



报告

中国

2016

本报告与以下
机构合作完成：



WWF大熊猫保护研究报告

上册

主编：范志勇

主编：范志勇

编辑：陈沙沙 长有德 李 杨

世界自然基金会（瑞士）北京代表处

北京市西城区百万庄大街 22 号院 2 号楼 3 层 B 区

邮编：100037 www.wwfchina.org

中国环境科学研究院

北京市朝阳区安外北苑大羊坊 8 号

邮编：100012 www.craes.cn

中国科学院动物研究所

北京市朝阳区北辰西路 1 号院 5 号

邮编：100101 www.loz.ac.cn

中国林业科学研究院

北京市海淀区香山路东小府 2 号

邮编：100091 www.caf.ac.cn

清华大学

北京市海淀区中关村北大街

邮编：100084 www.tsinghua.edu.cn

东北林业大学

黑龙江省哈尔滨市香坊区和兴路 26 路

邮编：150040 www.nefu.edu.cn



世界自然基金会

世界自然基金会（WWF）是在全球享有盛誉的、最大的独立性非政府环保组织之一。拥有全世界将近 500 万支持者和一个在一百多个国家活跃着的网络。WWF 的使命是遏止地球自然环境的恶化，创造人类与自然和谐相处的美好未来。为此我们致力于：保护世界生物多样性；确保可再生自然资源的可持续利用；推动降低污染和减少浪费性消费的行动。

中国环境科学研究院

中国环境科学研究院是国家级社会公益非营利性环境保护科研机构。主要围绕国家可持续发展战略，开展创新性、基础性重大环境保护科学研究，致力于为国家经济社会发展和环境决策提供战略性、前瞻性和全局性的科技支撑，服务于经济社会发展中重大环境问题的工程技术与咨询需要。

中国科学院动物研究所

中国科学院动物研究所是以动物科学基础研究为主的社会公益性国家级科研机构。主要定位在围绕农业、生态、环境和人类健康及其人与自然协调并存等方面的重大需求和科学问题，在珍稀濒危动物保护、有害动物控制、资源动物可持续利用、动物疾病预警与防控、生殖与发育生物学、动物系统学和进化生物学等领域开展基础性、前瞻性、战略性研究。

中国林业科学研究院

中国林业科学院是国家级社会公益综合性专业研究机构。该院贯彻科学研究面向经济建设的方针，密切结合林业生产，以应用研究和开发研究为主，相应地开展基础研究。其主要任务是：围绕林业生产建设，研究解决有关加快绿化祖国、扩大森林资源、加强森林经营、提高森林生长量、合理利用森林资源、发挥森林多种效益等方面的重大科学技术和经济问题；同时致力于培养科技人才、搜集科技情报、组织学术交流、推广科技成果、开展国际科技合作、提供科技咨询服务等工作。

清华大学

清华大学是中国著名高等学府，是中国高层次人才培养和科学技术研究的重要基地之一。由中华人民共和国教育部直属，中央直管副部级建制，位列“211工程”、“985工程”，入选“珠峰计划”、“2011计划”、“111计划”、“卓越工程师教育培养计划”、“卓越法律人才教育培养计划”、“卓越医生教育培养计划”，为九校联盟、东亚研究型大学协会、环太平洋大学联盟、清华大学—剑桥大学—麻省理工学院低碳能源大学联盟成员。

东北林业大学

东北林业大学是中华人民共和国教育部直属的一所以林业工程为特色，农、理、工、经、管、文、法、医、艺相结合的多科性全国重点大学，是国家“211工程”、“985工程优势学科创新平台”重点建设院校，是高水平行业特色大学优质资源共享联盟成员高校，入选“2011计划”、“卓越工程师教育培养计划”、“111计划”，“卓越农林人才教育培养计划”，国家林业局、黑龙江省人民政府三方共建高校，设有研究生院。

主编的引言

作为仅分布于中国的珍稀孑遗物种大熊猫，被誉为“中国国宝”，更是全球旗舰保护物种之一。客观地说，中国没有哪个物种像大熊猫这样受到中国和世界的关注，其保护不但是中国投入最多最持久的，也是国际社会最关心和支持最多的。大熊猫的保护就像是一个保护伞，只要其种群得到有效保护并长久生存下去，将惠及其所在生态系统的所有生灵，包括那里的人们。

应该说，中国和世界自然基金会（WWF）对大熊猫的保护是尽了力的。纵观全球濒危物种保护，大熊猫保护可以说是一个相对成功的例子。上世纪 70-80 年代野生大熊猫的数量由多变少，随着上世纪末中国跟随国际自然保护运动再启野生动物保护活动，野生大熊猫的数量有所恢复，目前的状态是种群稳定且略有增加。

然而，为了维持和保护大熊猫所代表的生物多样性，进而贡献中国和世界生态安全，我们更需要关注的是大熊猫保护成功背后应该有的忧虑！大熊猫的未来是有希望的，但不是乐观的；维持大熊猫的长久生存还有时间，但留有的机会并不多，取决于当代人的意愿和努力！这主要是基于以下现状和事实：

- 大熊猫仅残存于中国陕、川、甘三省的秦岭、岷山、邛崃山、大相岭、小相岭、凉山六大已基本相互隔离的山系的局部区域，总数不到 1900 只的个体在上世纪末已被割裂为相互隔离的 18 个小群体，多的约 200 只左右，少的只有 3-5 只。2015 年最新国家调查报告表明，当前最少已割裂为 33 个小种群。

- 近 60 年来，在大熊猫分布区对其生存的传统负面影响如农业开垦、采伐、散牧、偷猎、采集、割竹打笋等尚未消除，更严重的且多为不可逆的威胁如公路和铁路建设、采矿、水电大坝回水区、大规模旅游已接踵而来，导致大熊猫栖息地前所未有的破碎、

丧失和退化，“孤岛化”对大熊猫的长期生存是致命性的。

- 大熊猫小群体间隔离，有效繁殖个体偏少，近亲繁殖或繁殖失败而致种群衰退，对环境适应能力和疾病的抵抗力下降，最终导致种群生存力降低，乃至小种群消亡。

- 大熊猫栖息地保护仍然存在着许多空缺，仍有相当数量的栖息地和大熊猫小种群未纳入自然保护区体系，更有大量大熊猫潜在栖息地的恢复和再现迫切需要整体行动。

- 气候变化导致的生态系统或生物群落的大规模变迁，对大熊猫长期生存繁衍的必然影响正在发生，而相应的适应和减缓对策缺失，特别是空间意义上的潜在演进栖息地基本没有预留考虑。

- 国家促进经济和拉动内需的大规模投入相当大的部分进入公路、铁路等基础设施建设领域，对大熊猫种群割裂和栖息地破碎的加剧更加严峻。

WWF 与大熊猫存在着密切的联系。早在 1961 年成立之初，独特的大熊猫就选定为 WWF 的标志。随着保护工作的拓展，大熊猫形象已经跟随 WWF 的脚步踏上了全球 150 多个国家的土地。作为第一个受中国政府邀请来华开展保护工作的国际非政府组织，WWF 在中国的工作始于上世纪 80 年代对大熊猫及其栖息地保护的引领性开拓。35 年来，WWF 与政府、科研机构、企业、社区等广泛合作，上在国家层面、下到四川、陕西和甘肃等大熊猫分布区开展了大量的政策倡导、科学研究、就地保护等工作。我们始终不敢忘记的是：WWF 是一个基于科学为基础的保护组织，任何建议和行动都来源于充分的科学依据。正是出于这样的宗旨和工作方法，WWF 长期致力于研究大熊猫保护的需求及存在的问题。为了寻求解决问题的思路并最终解决保护问题，WWF 组织和设计研究课题，和我们的专家学者及合作者一起，破解了一个又一个保护困境，交出了一系列保护研究报告，贡献于大熊猫保护政策和工程，引领大熊猫保护项目设计和实施。

我与 WWF 也很有渊源，从事野生动物学习、研究、管理和保护的 30 多年里，WWF 的大熊猫标志和在国际上倡导的重要文件始终影响着我……。在国家林业部（国家林业局）工作期间，曾是 WWF 的合作者；1996 年就有幸被邀加入 WWF 北京代表处，但由于所在单位原因未能成行；2005 年又再次申请来 WWF 中国办公室工作至今。由于在林业部就负责大熊猫保护工作，在 WWF 物种项目主任的位置上更是倾入全力，可以说这些保护研究中的大部分选题都是我根据国家和 WWF 大熊猫保护项目的需求拟定的，而且在随后的课题设计上深入参与、指导，在研究中多次讨论，报告撰写上逐句修改……。虽然这 10 年在 WWF 期间工作职务有变，但对大熊猫保护研究的参与和思考却从未间断。

新的时代呼吁新的变革，中国已经进入“生态文明”建设时期，大熊猫的保护有了更多期待和希望！想起多年前和同事讨论可借“秦岭中央公园”的概念策划大熊猫、金丝猴、朱鹮、羚牛四大秦岭主题“国家公园”的设想，以实现秦岭大熊猫栖息地破碎化和行政管理破碎化的治理和整合，现在中国政府已在全国试点“国家公园”概念，而且川、陕、甘都要在大熊猫分布区划建国家公园，目标之一就是针对破碎化治理。我以为，大熊猫国家公园的建设，加上正在倡导试点的“生态保护红线”在大熊猫分布区的落实，可以为大熊猫这一物种的长久生存增加一些保险系数，以降低栖息地破碎化对大熊猫生存繁衍的巨大威胁。

新的形势也将要求 WWF 跟随召唤探索新的战略规划。在此继往开来之际，将近 10 年大熊猫保护研究工作的成果修订成《WWF 大熊猫保护研究报告》，供更多的人参考和思考。一来作为珍贵资料加以留存，供 WWF 未来的同仁继承和开拓；二来分享给埋头在保护行列的更多读者，取其精华，让已有的思想与智慧给予你启迪；三是可以用这些研究成果去影响未来大熊猫保护政策和工程措施。这个集子分为上下两册，包含 10 份研究报告，收录了 2008 年至 2016 年间 WWF 与合作伙伴在

大熊猫及其栖息地保护方面共同开展的部分保护研究工作,内容涵盖基础设施建设、水电站大坝建设、矿产资源开发、气候变化、竹子开花等对大熊猫生存的影响研究及对策建议。此外,报告集中还评估和分析了中国大熊猫保护法规与政策情况,分析了秦岭、岷山山系大熊猫栖息地保护的空缺以及栖息地破碎化格局研究,并以大熊猫为实例探索和研究以关键物种为目标的生态保护红线划定方法。

本报告集在修订过程中得到中国环境科学研究院、中国科学院动物研究所、中国林业科学院、清华大学、东北林业大学和国家林业局等单位的多位专家、教授的大力支持,在此一并表示诚挚谢意。由于报告时间跨度较大,数据方面难免存在滞后和疏漏,敬请各界多加批评指正。

范志勇

世界自然基金会(瑞士)北京代表处

科学与政策创研中心高级总监

目 录

岷山山系矿产资源开发对大熊猫种群及其栖息地的影响 1

摘 要 1

Abstract 4

1. 研究概况 5

2. 调查区域概况与研究方法 8

 2.1 矿区调查概况 8

 2.2 研究方法 9

3. 结果 10

 3.1 调查结果 10

 3.1.1 露天金矿 11

 3.1.2 地下金矿 12

 3.1.3 砂金矿 13

 3.1.4 铁矿 14

 3.1.5 石灰矿 15

 3.2 金矿开采对大熊猫栖息地影响 16

 3.3 矿产开采模式与大熊猫栖息地 17

 3.3.1 矿区周围植被变化 18

 3.3.2 矿区植被格局变化 19

 3.4 不同类型矿产开采对大熊猫栖息地影响 23

 3.5 大熊猫栖息地评价 26

 3.5.1 大熊猫种群密度等级分布 26

 3.5.2 岷山山系保护区网络与大熊猫种群密度的关系 27

 3.5.3 岷山山系大熊猫栖息地适宜性评价 29

 3.6 金矿开采对大熊猫种群的影响 32

 3.6.1 金矿开采对大熊猫种群的影响模式 32

 3.6.2 金矿开采对岷山大熊猫种群隔离的影响 33

 3.6.3 典型矿区分析—以马脑壳金矿对大熊猫种群的影响为例 34

 3.6.4 金矿开采对岷山山系大熊猫保护区网络的影响 38

4. 结论与建议 40

参考文献 41

兰渝高速公路、铁路对岷山和洋太公路对秦岭大熊猫及其栖息地的影响研究 43

摘 要 43

前 言 45

1. 研究区概况 46

 1.1 兰渝高速公路 / 铁路 46

 1.2 洋太公路 50

 1.3 秦岭地区道路网 52

2. 野外调查分析 55

 2.1 野外调查方法 55

 2.2 结果分析 55

2.2.1 兰渝高速公路 / 铁路	55
2.2.2 洋太公路	57
2.3 结论与建议	63
3. 道路建设对大熊猫栖息地景观格局的影响	64
3.1 研究方法	64
3.1.1 景观制图方法	64
3.1.2 景观格局分析	66
3.2 结果分析	66
3.2.1 兰渝高速公路 / 铁路	66
3.2.2 洋太公路	69
3.3 结论与建议	73
4. 道路网对秦岭大熊猫的影响	75
4.1 研究方法	75
4.1.1 生境变化	75
4.1.2 大熊猫活动与生境面积的关系分析	76
4.1.3 对种群容纳量的影响	76
4.1.4 数据来源	76
4.2 结果分析	76
4.2.1 生境变化	76
4.2.2 大熊猫活动与生境面积的关系	78
4.2.3 对种群容纳量的影响	80
4.3 结论与建议	81
参考文献	82
附表 1 大熊猫活动及其生境状况样方调查表	85
附图 1 研究区遥感影像	86
附图 2 野外实地调查照片	87

秦岭、岷山山系大熊猫栖息地保护及空缺分析	89
摘 要	89
Abstract	92
1. 项目背景	99
2. 研究方法和数据	100
2.1 研究方法	100
2.2 环境数据的获取与处理	100
2.2.1 大熊猫适宜地形数据	100
2.2.2 大熊猫分布区内地被物数据	103
2.3 大熊猫及栖息地基础信息	106
3. 保护空缺 (GAP) 和关键区域的确定	106
4. 秦岭大熊猫栖息地保护与空缺分析	106
4.1 秦岭大熊猫分布区及种群概况	106
4.2 秦岭大熊猫分布区适宜地形空间的分布格局	108
4.2.1 适宜地形空间概况	108
4.2.2 各栖息地内适宜地形空间分布及相互联系	110
4.2.3 存在问题	110
4.3 秦岭大熊猫分布区森林的分布格局	111
4.3.1 森林分布格局概况	111

4.3.2 各栖息地森林分布与破碎化情况.....	112
4.3.3 各栖息地森林植被之间的相互关系.....	112
4.3.4 存在的问题.....	113
4.4 秦岭大熊猫承载力分析、食物资源和风险评估	113
4.4.1 秦岭大熊猫承载量概况	113
4.4.2 秦岭大熊猫的食物资源情况.....	114
4.4.3 风险区域	114
4.5 秦岭大熊猫保护区格局及评估.....	116
4.5.1 秦岭大熊猫保护网络概况	116
4.5.2 目前秦岭大熊猫保护网络面临的问题.....	117
4.6 秦岭大熊猫分布区森林权属	118
4.7 秦岭大熊猫保护 GAP、关键区域及保护对策.....	120
4.7.1 GAP 与保护网络优化	120
4.7.2 兴隆岭中南部地区及保护	120
4.7.3 秦岭大熊猫分布区东部和平河梁种群的保护	120
4.7.4 集体林区的保护管理.....	121
4.7.5 公路对 GAP 和关键区域的影响	121
5. 岷山大熊猫栖息地保护与空缺分析	122
5.1 岷山大熊猫分布区及种群概况.....	122
5.2 岷山大熊猫分布区适宜地形空间的分布格局	125
5.2.1 适宜地形空间概况.....	125
5.2.2 各亚种群分布区内的适宜地形景观格局及相互联系	127
5.2.3 各保护区内的适宜地形景观格局.....	127
5.2.4 存在问题	127
5.3 岷山大熊猫分布区针叶林和针阔混交林的分布格局	129
5.3.1 森林分布格局概况.....	129
5.3.2 各亚种群分布区内的最适选择植被景观格局及相互关系.....	130
5.3.3 各大熊猫保护区内针叶林和针阔混交林植被的分布情况.....	133
5.3.4 大熊猫最适植被分布存在的问题.....	133
5.4 岷山大熊猫承载力分析和风险评估	133
5.4.1 岷山大熊猫承载量概况	133
5.4.2 大熊猫的食物资源.....	136
5.4.3 风险区域	137
5.5 岷山大熊猫保护区格局及评估.....	137
5.5.1 目前岷山大熊猫保护区网络格局.....	137
5.5.2 岷山大熊猫保护区网络建设评估.....	139
5.6 岷山大熊猫分布区森林权属	139
5.7 汶川地震影响	143
5.8 岷山 A 种群与岷山 B 种群的连接	144
5.9 岷山大熊猫保护 GAP、关键区域及保护对策.....	146
5.9.1 GAP 及关键区域	146
5.9.2 公路、开矿对 GAP 及关键区域的影响	146
5.9.3 保护对策	146
6. 西秦岭分布区栖息地分析.....	150
6.1 概况	150
6.2 与主分布区连接的可能性.....	150

6.3 与岷山山系连接的可能性.....150

7. 建议.....152

8. 问题讨论.....154

8.1 地形隔离与种群隔离.....154

8.2 高密度区域存在的合理性.....154

8.3 保护范围和区域的确定.....154

8.4 协作机制的建立.....155

参考文献.....156

中国大熊猫保护政策的研究与分析.....161

摘要.....161

Abstract.....163

1. 中国大熊猫保护政策的研究与分析项目背景.....165

2. 大熊猫物种生存与保护现状.....166

2.1 自然界大熊猫的种群数量.....166

2.2 中国大熊猫栖息地.....166

2.3 中国大熊猫自然保护区的建设.....170

2.4 中国大熊猫的保护工程与效果.....174

2.4.1 陕西秦岭大熊猫的保护.....174

2.4.2 甘肃大熊猫的保护.....175

2.4.3 四川大熊猫的保护.....176

2.5 天然林保护与退耕还林工程对大熊猫保护的作用.....177

2.6 国际组织参与大熊猫保护起到了积极的作用.....178

2.7 中国大熊猫“出口”管理.....179

3. 结果与结论.....180

3.1 国家和地方现有大熊猫保护的政策法规的评估.....180

3.2 大熊猫保护的政策法规问卷调查评估.....181

3.3 法律法规及重大保护项目在大熊猫保护网络建设中的作用.....182

3.4 法律法规及重大保护项目与地方经济建设的矛盾与协调性.....182

3.5 法律法规及重大保护项目与大熊猫保护资金投入的作用与不足.....183

3.6 法律法规与国际政府与组织参与的作用与不足.....183

3.7 保护区管理体系有待进一步理顺.....183

3.8 法律法规对大熊猫科学研究的管理缺乏.....184

4. 建议.....184

4.1 法律法规的完善.....184

4.2 中国大熊猫保护区建设需改善的方面.....184

水电站大坝建设对秦岭大熊猫及其栖息地的影响研究.....187

摘要.....187

Abstract.....190

前言.....193

1. 研究区概况.....195

1.1 研究区地理位置.....195

1.2 研究区自然环境概况.....195

1.3 研究区大熊猫分布及生存状况.....196

1.3.1 大熊猫栖息地和潜在栖息地.....196

1.3.2 秦岭大熊猫局域种群特征及发展趋势.....197

1.3.3 大熊猫种群数量和种群密度.....198

1.3.4 面临的威胁.....	199
2. 典型流域及大坝的选取.....	200
2.1 典型流域的选取.....	200
2.2 渭水河概况.....	200
2.3 典型大坝的选取.....	204
2.4 观音峡水电站概况.....	205
3. 野外调查及结果分析.....	206
3.1 野外调查方法.....	206
3.2 调查结果分析.....	207
3.3 结论与建议.....	209
4. 典型大坝对大熊猫种群和栖息地的影响.....	210
4.1 工程占地对大熊猫栖息地的影响.....	210
4.2 施工期环境影响.....	211
4.2.1 施工废水影响.....	211
4.2.2 施工对大气环境影响.....	213
4.2.3 大坝建设期间噪声影响.....	214
4.2.4 固体废弃物环境影响.....	216
4.3 大坝运行期环境影响.....	216
4.3.1 对水文情势的影响分析.....	216
4.3.2 运行期噪声影响分析.....	220
4.3.3 生活垃圾影响分析.....	220
4.4 结论与建议.....	220
5. 梯级开发对秦岭大熊猫及栖息地的影响.....	222
5.1 梯级水电站建设对河流水文的影响.....	222
5.1.1 各水电站回水河段长度的估算.....	222
5.1.2 各水电站减水河段长度的估算.....	223
5.2 渭水河流域梯级开发景观影响分析.....	225
5.2.1 研究方法.....	225
5.2.2 景观格局现状.....	227
5.2.3 景观格局影响分析.....	228
5.3 渭水河流域梯级开发对大熊猫栖息地的影响分析.....	229
5.4 结论和建议.....	232
6. 梯级开发对秦岭大熊猫迁徙的影响.....	232
6.1 大熊猫迁徙走廊带的确定因子.....	232
6.2 大熊猫迁徙走廊带的确定及影响分析.....	233
6.3 结论和建议.....	234
7. 水电开发对大熊猫种群的影响评价.....	235
7.1 初步调查.....	235
7.1.1 总体概况.....	235
7.1.2 具体设施的相关调查说明.....	235
7.2 评价标准.....	235
7.2.1 河流流量管理.....	236
7.2.2 入坝公路、人流管理.....	236
7.2.3 水库管理.....	237
7.2.4 电站的设计和建设.....	237
7.2.5 社区管理.....	237
7.3 评价与监测.....	237
参考文献.....	238

附表 1 大熊猫活动及其生境状况样方调查表..... 240

附表 2 观音峡坝址丰水年（P=20%）逐日平均流量表..... 241

附表 3 观音峡坝址平水年（P=50%）逐日平均流量表..... 242

附表 4 观音峡坝址枯水年（P=80%）逐日平均流量表..... 243

岷山山系矿产资源开发对大熊猫种群 及其栖息地的影响

摘 要

自然干扰和人为干扰是影响动物栖息地景观演变主要驱动力。随着人类活动强度的增强和经济的发展,各种形式的人为干扰对动物栖息地的作用也在不断加强,使得栖息地景观格局在短时间内发生巨大变化。当前,矿产资源的开发与利用则是人类干扰自然的主要的活动方式之一。

岷山地区是大熊猫的主要分布区,拥有最大的大熊猫栖息地面积,达 $960\,313\text{hm}^2$, 占全国的 41.66%; 大熊猫潜在栖息地面积也最大, 占全国的 34.85%。因此, 岷山地区是我国能否成功保护大熊猫的关键区域。然而, 由于岷山地区蕴含了丰富的自然资源, 特别是丰富的金矿资源, 对矿产资源开发与利用将进一步加剧岷山生境破碎化程度, 直接威胁到岷山地区的野生大熊猫种群的生存与繁衍。

因此, 2008–2009 年对岷山山系金矿资源开发状况进行了调研, 调查范围包括四川省平武县、松潘县、九寨沟县、青川县、北川县、茂县等 6 个县和甘肃省文县。共计调查的矿点 13 个, 包括金矿 9 处、铁矿 2 处和石灰矿 2 处。选择利用 Landsat TM 遥感影像作为获取植被覆盖信息的手段, 所涉及的影像包括: 1977 年、1990 年、2000 年以及 2007 年等。在遥感软件 Erdas8.7 的支持下, 结合以 GIS 相关技术、景观格局指数法以及资源选择函数为研究手段, 解决了以下几个主要问题并根据研究结果提出可行性建议:

(1) 岷山山系大熊猫栖息地适宜性评价: 岷山山系大熊猫栖息地适宜性计算其分布图可以看出, 岷山山系大熊猫适宜栖息地集中在中部雪宝顶和中北部摩天岭一带及部分边缘栖息地。其中有适宜栖息地面积为 $12\,413.84\text{ km}^2$ (其中适宜生境为 $10\,981.19\text{ km}^2$, 最适宜生境为 $1\,432.65\text{ km}^2$) 占整个岷山面积的 35.93%; 不适宜栖息地面积为 $19\,853.34\text{ km}^2$, 占整个研究区域的 57.45%; 次适宜栖息地面积为 $2\,208.61\text{ km}^2$ 。

(2) 岷山山系大熊猫栖息地景观格局变化: 岷山山系大熊猫栖息地景观缀块的面积和数目具有

报告作者: 齐敦武 (成都大熊猫繁育基地)、魏辅文 (中国科学院动物研究所)

报告合作单位: 中国科学院动物研究所动物生态与保护生物学重点实验室

报告完成时间: 2009 年 6 月

不同程度的增减。在 5 种植被类型中，受金矿开采影响针叶林与针阔混交林都有减少，其中以针叶林植被面积变化较大；而对于阔叶林、灌丛和农田裸地则有显著增加的趋势，其中以灌丛增加最为明显，阔叶林与农田裸地变化趋势相似。在 90 年代，针阔混交林分布面积最大，占 49.19%，约 28800hm，其次为针叶林面积约 13297hm，约占 26.06%；最后为阔叶林林，面积约为 1200hm；灌丛与农耕地在整个区域内虽占一定比重，但分布面积相对较小，仅占整个区域的 20.8%。随着矿产资源的开发利用，在研究区域内各种类型森林植被均有所减少，其中针叶林面积随着金矿开采的加剧最为明显，至 2002 年减小至仅为总面积 16.41%，而在 1990 年为 26% 多；相比较而言，针阔混交林和阔叶林则有所较少，但不是特别明显；随着森林植被减少，灌丛和农田耕地等类型植被则有所增加，表明减少的森林植被由于金矿的开采使得地表植被受到较大的损害。为了研究这一变化过程，我们采用相关的空间格局分析指数试图分析植被破碎状况。1990 年前大熊猫生境从缀块密度来看，针叶林林的缀块密度最大（为 2.26）；其次是针阔叶混交林和农田裸地，分别为 1.71 和 1.67；然后为阔叶林，1.51，平均缀块面积最小的为灌丛。

（3）矿产开发对大熊猫栖息地景观的影响模式：在岷山地区金矿开采过程中，小型矿区的影响距离为一般为 2km，矿区将影响大约 3.69km² 的适宜栖息地，以及约 1.12km² 的次适宜栖息地；对一些中型矿区而言，其影响范围为 5km 时，将有 26.82km² 的适宜栖息地受到影响；对一些特大型金矿而言，由于其规模相当大，估计其影响距离为 10km 时，将有 120.32km² 的适宜栖息地受到影响。因此，采矿对大熊猫栖息地影响是非常明显的，而且这种趋势随着采矿规模的扩大，受影响的大熊猫适宜栖息地也在扩大。

（4）金矿开采对岷山大熊猫种群隔离的影响：岷山种群受金矿资源开采影响较大，其中岷山 A 种群受到的影响较大，一些较大型的金矿开采就位于 A 种群所在区域，将进步增加该种群的破碎化程度。此外，C 种群中的边缘小种群也非常突出。比如，插岗梁栖息地位于舟曲县境内，范围包括插岗乡嘎尔沟、片片沟和拱坝乡的张麻子沟。特别需要指出的是马脑壳金矿，由于马脑壳金矿地处岷山 C 种群与 A 种群交界之处，是连接岷山 A、C 种群的关键地带，连接岷山 A 种群与 C 种群。该地域现有九寨沟 - 黄龙公路穿过，并拟建九寨沟 - 黄龙高速公路，由于该路线是四川省旅游发展的重点地段，旅游活动对该区域的影响有加大的趋势，需重点保护和合理建设。目前，该区域的植被是连接的，但林下的竹类由于 1980 年代开花枯死至今没有恢复，在本次调查以及监测巡护中并未在此区域发现大熊猫活动痕迹。

（5）结合金矿资源开发对景观格局影响与栖息地适应性信息，在阐明景观格局变化中大熊猫的栖息地景观利用模式变化及其原因基础上，提出以下保护建议：1、在大熊猫分布区进行矿产开采时，应充分考虑开采地点与大熊猫栖息地（特别是适宜气息）的位置关系，开矿地点应避免较大的大熊猫栖息地景观缀块，如马脑壳金矿；2、就金矿开采模式来讲，由于砂金矿对大熊猫栖息地影响最大，因此，应严格避免在大熊猫重要栖息地内进行此类金矿开采；3、由于金矿开采规模对大熊猫适应

栖息地影响产生重要影响,开采规模越大影响越大。因此,应在大熊猫分布严格控制金矿开采规模。4、在金矿开采过程中,应严格控制矿区植被破坏,应采取一定措施(如边开采边恢复的方式),对矿区开采所破坏的林地缀块进行及时恢复,尽量将矿区开采的影响降至最低。在研究区域内各种类型森林植被均有所减少,其中针叶林面积随着金矿开采的加剧最为明显,至2002年减小至仅为总面积16.41%,而在1990年为26%多;相比较而言,针阔混交林和阔叶林则有所较少,但不是特别明显;随着森林植被减少,灌丛和农田耕地等类型植被则有所增加,表明减少的森林植被由于金矿的开采使得地表植被受到较大的损害。5、对地处关键区域(走廊带)的矿区,在矿区开采阶段,在施工时间选择上应避免大熊猫种群迁徙或扩散的时段(如4-5月份),因为在这一时期雄性大熊猫为参与繁殖而长距离迁徙,同时雌雄性大熊猫完成交配期。施工时间应避开晨昏时间,因为大熊猫属于晨昏型活动规律;在重要的大熊猫走廊带应避免进行矿产资源开采(如马脑壳金矿位于连接岷山A、C种群的重要连接带),以减少对大熊猫种群交流的影响;6、矿产资源开采对大熊猫栖息地破坏影响极大,通过对比表明,建立大熊猫自然保护区对保护大熊猫野生种群及其栖息地作用十分巨大。因此,在保护区管理方面,应加强对保护区内矿区资源的监管,减少或杜绝在保护区内进行的金矿资源的开采(如雪宝顶保护区内老营坪金矿资源开采应严格进行其管理)。

Abstract

Although human activities that mainly caused fragmentation of biological species habitat have been widely recognized, its underlying processes and mechanisms remain poorly understood. Habitat fragmentation included both the reduction in habitat area and the alteration of its spatial configuration. To minimize or eliminate conflicts between wildlife conservation and mining, we must understand how mining affects giant panda habitat so that to develop a conservation framework that integrates ecological, mine and socioeconomic.

Mining is becoming a serious threat in most of the panda landscapes, as these landscapes are abundant in mineral resources. Mineral exploitation, especially surface mining, destroys forest cover and creates tremendous noise pollution. Damage is not confined to the mine sites themselves, but extends outward through waste runoff and loss and fragmentation of habitat caused by the construction of access roads.

Recently years, more and more gold-mine has been inserted in the Minshan Mountains, the largest giant panda habitat in northern Sichuan and southern Gansu province. Mineral resources in the Minshan Region are abundant. For instance, the storage of golden mine in Wenxian County exceeds 300 000 kg and some mining spot will reach the core areas of Baishuijiang Nature Reserve, the largest nature reserve of giant panda in China. In Qingchuan County, there are 70 mine sites for extracting 20 different mineral resources. In recent years there has also been an increase in the mining of gold dust, iron and manganese. The mining will affect the giant panda in the area through both the immediate loss of habitat and increased isolation of remaining habitat patches. Those ecological impacts of mining can be classified as either direct or indirect. Direct effects eliminated habitat physically, and then reduced an individual's likelihood of survival and chanced for successful reproduction. For instance, the giant panda was temporarily excluded from preferred habitats and forced it to occupy little lower quality habitats. On the other hand, indirect effect of mining may not change habitat physically, but can reduce habitat quality through more subtle mechanisms, the effects of which may be difficult to recognize. For example, within each local population, the giant panda was required to adjust to the suddenly reduced area and more dried microclimate, and alter behavioral patterns for survival and reproduction.

In this study, we used the GIS-based software Biomapper (Hirzel et al., 2001) and the program FRAGSTATS (McGarigal and Marks, 1995) to analyses field data collected. We found that different size or activities gold mining will harm to different extent for the giant panda habitat during the past two decades, such as altered the overall landscape structure, and especially the patch structure of forest, within a representative portion of the Minshan Mountains. Bikou gravel gold mine in Wenxian County is focused largely in the Baishuijiang nature reserve and is a primary branch of Qialing River. Exploitation of gold mining (named

Manaoke gold mining) in Jiuzhaigou is focused largely in the corridor between giant panda population A and C of Minshan, because conserve these habitat for giant panda will most important for the distribution of small population in C population of Minshan. Those mine sites are located inside the nature reserve network, such as Taibai gold mine, Longdishui gold mine, and Laoyingping gold mine. In addition, to assess the effects of distance to mining site, we also sought to analysis the changing of landscape structure at three spatial distance scales. Furthermore, we also integrated the available species presence and habitat data to compute Habitat Suitable maps, and gain further insight into the determinants of habitat utilization and distribution of high habitat suitability of the giant panda.

1. 研究概况

动物栖息地景观演变是个复杂的过程,在这个过程中,自然干扰和人为干扰影响着它的速率和方向。随着人类活动强度的增强和经济的发展,人类对自然景观的影响不断加强,可在短时期内使景观格局发生明显变化。人类活动对大尺度景观生态系统的影响也成为景观生态学主要任务之一(邬建国 2004)。近几个世纪以来,物种绝灭的速度加快,生物多样性丧失最重要的原因是生物生境的人为破坏(欧阳志云 2002)。当前,由于人类活动影响的不断加剧,许多区域的生境出现明显的破碎化趋势,许多物种生活在破碎化的生境中。这将对物种的遗传多样性、遗传结构和迁移扩散能力造成负面影响,从而威胁到物种的生存和繁衍(Newman and Pilson, 1997; Groom, 1998)。人类活动主要作用方式为资源利用和土地覆盖变化,而资源开发与利用是影响景观结构、功能及动态的最普遍的主导因素,同时也是景观生态学和全球生态学中极重要和颇具挑战性的研究领域。

长期以来,人类从地球内部获得矿产资源加工制造成为人们生产与生活所需的各种物质。据统计全世界每年开采的金属、非金属矿石及化石燃料等矿产资源共约 900 万吨,估计到本世纪末矿石开采量至少提高到现有水平的 3 倍以上,才能满足全世界工业发展的需要。由于矿产资源的不断消耗,即使其储量很大,依然会出现资源枯竭的问题,这是当前全世界人们所关心的问题之一。另一方面,矿产资源的采掘使原有的生态环境结构或状态发生了巨大的变化,特别是露天开采造成局部环境景观的破坏,人为地加速了环境中的物质循环过程,造成了环境的污染。矿产资源的大规模消耗,是酿成资源和环境危机的重要原因。

自然资源的开发、土地利用的改变使大熊猫栖息地森林丧失和破碎化,大熊猫分布范围迅速缩小,种群下降甚至局部种群濒临灭绝(胡锦矗, 1990, 2001; 潘文石等 2001; 欧阳志云等 2002)。岷山地区是大熊猫的主要分布区,拥有最大的大熊猫栖息地面积,达 960313hm^2 , 占全国的 41.66%; 大熊猫潜在栖息地面积也最大,占全国的 34.85%。但近年来,岷山地区发展迅速,交通建设与资源开发在岷山地区大规模的开展将进一步加剧岷山生境破碎化程度,威胁包括大熊猫在内的野生生物的生存与繁衍。当前,岷山地区矿产资源开发对大熊猫栖息地产生越来越明显的威胁,特别对那些

矿产资源比较丰富的地区。部分金矿开采甚至处于大熊猫栖息地保护的关键位置，比如九寨沟县的马脑壳和草地金矿，其中马脑壳金矿就处于大熊猫岷山 A、C 种群保护关键地带。因此，对岷山地区研究矿产资源开发对大熊猫栖息地的影响是非常必要的、紧迫的。

现在多数学者认为社会、经济过程驱动资源利用 / 覆盖变化，而资源利用 / 覆盖变化反过来也会影响景观结构、功能与动态（肖笃宁 2003）。因此，人类自身及其活动在景观生态学中也日趋明显，运用景观生态学原理指导规划与设计可减少或避免不合理的资源利用状况。此外，了解栖息地空间格局及变化规律有助于对动物与景观等生态过程之间的相互作用关系的研究（Li and Reynolds 1995；邬建国 2007）。

大熊猫是第四纪冰川时期劫里逃生的古老孑遗动物。在地质史上，大熊猫曾广泛分布于我国的黄河、长江、珠江流域、北京周口店，以及越南和缅甸的北部。进入全新世后，尤其是近半个世纪以来，由于不断增强的人类生产和生活活动（比如城市化、道路、开采矿山等）的影响，大熊猫的栖息生境被不断分割隔离，迫使其分布区域退缩到青藏高原东缘的秦岭、岷山、邛崃、相岭和凉山等 5 大山系的高山深谷中（胡锦矗等 1985；胡锦矗 2001；O' Brien et al. 1994；Loucks et al. 2001）。其中岷山山系共有大熊猫分布 708 只，占全国总量的 44.36%。

岷山地区位于四川盆地西北部，主要包括岷江以东山地，东起甘肃省宕昌县、武都县及四川省青川县一带，西至四川省松潘县的郎木寺与毛尔盖一线，北抵甘肃省岷县，南到四川省都江堰市，面积为 346.07 万 hm^2 ，南北蜿蜒约 500km，总体呈南北走向。分布区地理坐标介于东经 $103^{\circ} 08' 24'' \sim 105^{\circ} 35' 22''$ ，北纬 $31^{\circ} 04' 18'' \sim 33^{\circ} 58' 28''$ ，最高峰为中段的雪宝顶，海拔高达 5588m。区内地形复杂，以高山峡谷地貌为主。气候的垂直变化明显，属山地亚热带向高原气候的过渡地带。由于生境的多样性与复杂性，岷山地区保存了丰富的生物多样性，是我国生物多样性保护的优先地区，也是全球生物多样性保护的关键地区。

岷山地区是大熊猫的主要分布区，拥有最大的大熊猫栖息地面积，达 960 313 hm^2 ，占全国的 41.66%；大熊猫潜在栖息地面积也最大，占全国的 34.85%。大熊猫种群密度仅次于秦岭山系，居第二。岷山山系大熊猫自然保护区数量最多，保护区面积最大，就保护区内大熊猫栖息地面积占各山系大熊猫栖息地总面积的比例看，岷山山系在 60% 左右，其它山系都在 40% 以下。因此，岷山地区是我国能否成功保护大熊猫的关键区域。但近年来，岷山地区发展迅速，交通建设与资源开发在岷山地区大规模的开展将进一步加剧岷山生境破碎化程度，威胁包括大熊猫在内的野生生物的生存与繁衍。

当前，矿产资源开发对大熊猫栖息地产生越来越明显的威胁，特别对那些矿产资源比较丰富的地区。资源开发最为明显表现是破坏矿区周边的乔木、灌木等森林植被；对水土保持产生巨大的威胁，采矿时要挖几米、十几米深的矿沟。有时资源开采的破坏作用并不是采矿活动的本身造成的，而在于为了满足开矿需要修筑的大量公路，因为公路修筑时要对周边栖息地植被和水土保持影响很大；

采矿活动还会造成一定环境破坏,因为爆破会产生一些有毒有害气体使栖息内环境受到污染。岷山地区不仅大熊猫资源丰富,其矿产资源也异常丰富。在该区的青川县,境内分布有 20 多种矿产资源的近 70 个矿点,近年又陆续发现大量的岩金矿、铁矿和锰矿等,大量的开采活动主要集中在青竹江一带,成为当地收入主要来源。然而,岷山地区部分金矿开采甚至处于大熊猫栖息地保护的关键位置,比如九寨沟县的马脑壳和草地金矿,其中马脑壳金矿就处于大熊猫岷山 A、C 种群保护关键地带。因此,对岷山地区研究矿产资源开发对大熊猫栖息地的影响是非常必要的、紧迫的。

随着亚洲最大储量为 308t 的甘肃阳山金矿的探明,标志着岷山地区金矿资源开发与利用一个新的高潮到来。金矿开采对大熊猫的直接影响是栖息地面积的减少和缀块隔离度的增加,这种影响表现在以下几种水平上。首先,在局部种群水平上,大熊猫必须适应这种栖息地骤减、干燥的小气候以及种群密度增加(个别局部种群密度增加,也面临天敌和同种个体间竞争压力的增大)。其次,在岛屿性斑块群落水平上,将导致种群多样性下降、食物资源改变,进而改变营养循环。另外,在生态系统水平上,整个系统适应这种景观配置和局部结构改变需要几十年或更长时间。开采金矿的间接的影响为改变大熊猫行为和物理压力的改变。动物行为随环境条件和生态压力的改变而变化,它是动物赖以生存和繁殖的适应性反应(Freemark et al. 2002; Merriam and Lanoue 1990)。大熊猫和竹子结下不解之缘,自然选择食它完全依赖于这种食物资源,以至它的生活的每个方面(包括从体型和消化率到活动)都受到竹子的影响。然而,大熊猫对竹子的依赖是绝对的,食性的变化大大地限制了它的行为的可变性(胡锦矗 2001)。当栖息地森林景观受到破坏(砍伐),虽然采伐后竹子一般还是能够生存下来,但失去林冠,它的生长受到影响。一般采伐过的区域内,由于郁闭度和对空间以及其它资源的竞争较弱,竹子比在森林覆盖的区域更密、更矮,更为枯燥,而且冬季枯死的叶子也更多(Reid and Hu 1991)。这样的竹子环境使得具有较大体型的大熊猫选择和采食竹子变得更加困难,采食的物理压力也就大大增加了(Wei et al. 2000)。另外,由于保留着肉食性动物简单的消化道,没有专门储留食物的腔室,也没有共生微生物将纤维素发酵成可吸收的营养素,造成大熊猫在对竹子的能量摄取上产生一定困难。因此,大熊猫的觅食方式在某种程度上取决于竹子的年龄、生长状况。当森林景观被破坏后,大熊猫会产生一些行为方式的改变,但这种改变有时不会太明显(胡锦矗等 1985; 胡锦矗 2001; Schaller et al. 1985)。此外,一个很重要的方面就是栖息地景观改变同时也增加了人类对高山地区大熊猫核心栖息地介入的可能性、便利性。

景观格局变化使森林的生态服务功能降低,导致生态环境恶化、自然灾害频繁、生物多样性下降、物种绝灭等严重后果(邬建国 2007)。1998 年长江流域特大洪水就是很明显的例证,说明长江流域源头森林所提供的涵养水源、保持水土等生态功能的降低。资源开发在创造经济效益的同时改变了森林的景观格局,进而改变了森林的生态效益,降低了森林的生态服务功能,对区域生态安全构成威胁。森林景观格局的破碎化导致重要物种生物多样性的降低,使动植物栖息地萎缩甚至丧失。

由于采矿活动改变了栖息地景观格局,大熊猫的生境选择上的行为势必受到影响,即大熊猫在

景观尺度上的生境选择取向的改变。生境选择和适应性分析对了解大熊猫生存和发展都是至关重要的，其主要目标是通过分析大熊猫的生境需求及其与岷山山系自然环境的匹配关系，比如，食物资源、水源、隐蔽地繁殖以及种群结构条件与自然自然环境之间的关系，明确其生境的分布的最适宜的范围与特征。大熊猫种群长期存活与发展受到其空间利用和行为的直接影响。行为方面包括活动预算（activity budgets）或空间利用（space use），行为改变最终结果是因为改变繁殖成功率、存活率和栖息地占有。明确大熊猫分布区内的那些生境是适宜、那些是不适宜的空间规划与设计，都离不开物种对栖息地生境选择的研究。当前，利用资源选择函数进行物种空间分布预测引起了生态学家的广泛重视，可以帮助对物种生态位需求和潜在分布理解。比如，用于物种的分布信息的管理，评价各种因子（如污染、气候变化）的生态影响、生物入侵风险、濒危物种保护（Scott et al 2002; Guisan and Thuiller 2005）。这些研究多基于对一系列环境变量的野外观测，推测一些像气候、地形、地质或土地利用等一些关键因子反映其物种生态位，进而提出空间预测表明特定物种、种群、生物多样性在特定区域上的适应性，比如在矿区和非矿区等特定区域上的适应性。目前，这类研究主要集中在物种资源选择函数（Resource Selection Function, RSF）方面的成果比较多，也是比较成熟的。

景观生态学的一个最基本假设是空间格局对过程（物流、能流和信息流）具有重要影响，而过程也会创造、改变和维持空间格局。因此，景观格局的优化问题在理论和实际上都有重要意义。格局优化指资源利用格局的优化、景观管理、景观规划与设计的优化。如何优化景观中缀块组成、空间配置以及基底特征，从而最有利于大熊猫栖息地保护、生态系统管理和栖息地景观的可持续发展？是非常紧迫的问题。由于开采矿产资源，森林景观中边缘生境增加，边缘性物种种群数量明显上升，建立起边缘种群（Primark 1998）。属于边缘性物种的大熊猫，随着边缘生境的增加，其食物资源和移动性增加了（Schaller et al. 1985; Yu et al. 2003）。但边缘生境增加的同时，造成的另一明显结果就是生境隔离度的增加和景观连接度在结构（structural）和功能（functional）上改变，大熊猫种群除了需要足够数量的生境外，它们的生长和繁殖还往往需要景观中生境缀块之间有一定的连续性。所有生态过程都在不同程度上受到缀块之间的距离和排列格局的影响（邬建国 2007）。这种改变将对局部的小种群产生重大的影响（Verboom et al. 1993; Johannesen et al. 2000）。

2. 调查区域概况与研究方法

2.1 矿区调查概况

为了更明确的说明金矿资源开采对大熊猫栖息地影响，根据金矿开采的方式，我们将调查的 9 个金矿进行分类说明：分别为露天金矿、砂金矿和地下金矿等 3 种类型，3 种类型的金矿数量分别为露天金矿 2 处、砂金矿 3 处以及地下金矿 4 处（图 2-1）。

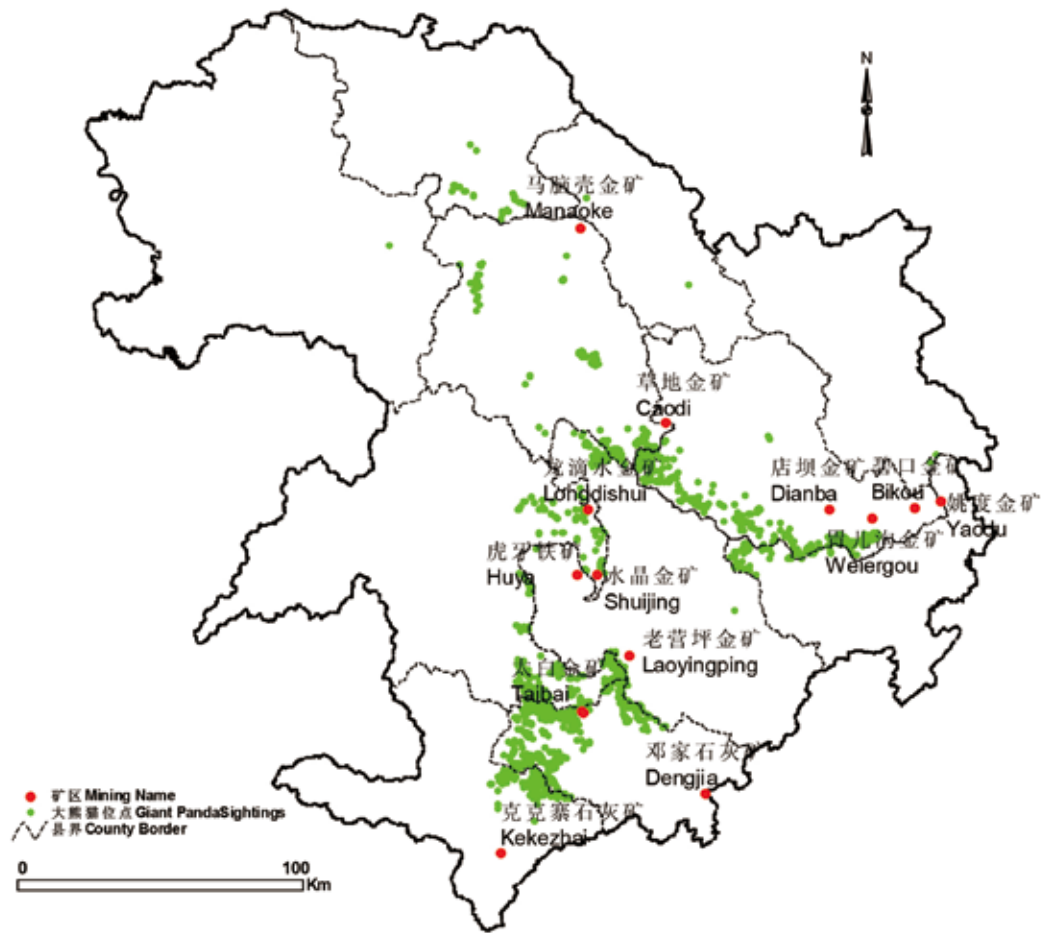


图 2-1 岷山山系矿产资源分布

Figure 2-1 Distribution of Mining in Minshan Mountains

调查发现,露天金矿位于植被保存比较完好的地点。植被类型多为针阔混交林,其郁闭度比较大,但在采金过程中各种植被几乎被全部毁掉。再加上在这些地方土层浅、土地瘠薄,植被一旦破坏难以恢复。地下金矿矿体窄、规模小,厚度、品位变化较大,稳定性差。我们调查的 4 处地下金矿都由开采规模比露天金矿小,其位置多位于主河道的比较大的支流上。在对周围植被的影响上也比露天金矿要小的多。砂金矿主要分布在文县和平武县境内大的河流流域内,然而该地是连接大熊猫岷山种群和陕西秦岭种群的重要通道,已被确定为岷山项目工作优先区。砂金矿有的尾矿堆放时间比较长,况且草本植被都难以生长。此外,砂金矿开采造成地表形态变化。采金船挖掘矿体,推土机剥离表土造成矿体下凹;选矿排放的尾矿堆会使地面形成十分明显的凸起。

2.2 研究方法

本研究选用 Landsat TM 遥感影像作为获取植被覆盖信息的手段,所涉及的影像包括:1977 年、1990 年、2000 年以及 2007 年等。根据岷山山系大熊猫对生境因子的要求,在遥感软件 Erdas8.7 的支持下,按照下列步骤将影像分为针叶林、针阔混交林、阔叶林、灌丛与农田裸地其它类型 5 类。

然后，将数字化植被图层输入进 Arcview3.3 和 ARC/INFO8.7，然后再导入 Fragstats3.3 软件（McGarigal 和 Marks 1995）进行研究区的空间面积和配置的计算。我们首先计算出成熟林地栖息地类型的含量（%LAND; percent of landscape comprised by patch type），成熟林地主要指针叶林、针阔混交林。其它类型的林地和非林地我们通过计算一些指数反映（比如，缀块密度等）。这些指数可以对空间配置从不同方面进行数量化。当然，在这些指数可能在包含信息上有所烦冗。

3. 结果

3.1 调查结果

首先确定调查范围包括四川省平武县、松潘县、九寨沟县、青川县、北川县、茂县等 6 个县和甘肃省文县。共计调查的矿点 13 个，包括金矿 9 处、铁矿 2 处和石灰矿 2 处（图 2-1），其中铁矿和石灰矿作为分析金矿开采对大熊猫栖息地影响时的对照样方。

为了更明确的说明金矿资源开采对大熊猫栖息地影响，根据金矿开采的方式，我们将调查的 9 个金矿进行分类说明：分别为露天金矿、砂金矿和地下金矿等 3 种类型，3 种类型的金矿数量分别为露天金矿 2 处、砂金矿 3 处和地下金矿 4 处（图 2-1、表 3-1）。

表 3-1 调查矿区的信息

Table 3-1 Information of mining in Minshan Mountains

矿点名称	采矿类型	主要影响形式	与大熊猫栖息地的位置关系的相关性	影响等级	造成的大熊猫种群隔离程度
1. 马脑壳金矿	1（露天开采为 1；砂金矿为 2；地下金矿为 3）	植被破坏、空气污染、与采矿相关的道路建设	4（1-4 级：1、2、3、4 分别指与大熊猫栖息地相关性等级大小，数值越高相关性就越大。如该金矿位于岷山山系大熊猫 C 种群其相关性就越高）	4（1-4 级：1、2、3、4 分别指影响等级大小，数值越高影响就越大）	4（1-4 级：1、2、3、4 分别指影响等级大小，数值造成种群隔离影响就越大）
2. 碧口金矿	2	水源污染、植被破坏、空气污染	1	2	4
3. 姚度金矿	2	水源污染、植被破坏、空气污染	2	3	2
4. 草地金矿	1	植被破坏、空气污染、与开矿有关的道路	3	3	2
5. 龙滴水金矿	3	植被破坏程度	4	2	2

6. 老营坪金矿	1	植被破坏、空气污染、与开矿有关的道路	4	4	3
7. 胃尔沟金矿	3	水源污染、植被破坏	2	2	1
8. 水晶金矿	2	水源污染、植被破坏	2	3	2
9. 太白金矿	3	植被破坏、空气污染、与开矿有关的道路	4	3	3

3.1.1 露天金矿

本次共调查了 2 处露天金矿，都位于于植被保存比较完好的地点。植被类型为针阔混交林，其郁闭度比较大，但在采金过程中各种植被几乎被全部毁掉（图 3-1）。再加上在这些地方土层浅、土地瘠薄，植被一旦破坏难以恢复。

我们调查的 2 处露天金矿都由国家控制开采，具体储量、产量一般都属保密内容，有的地方还有黄金部队把守。但透过我们的实地考察，发现这些露天开采造成了地表塌陷，大面积土地破坏，废弃物（尾矿、废渣）侵占大量土地；露天采开工作的钻孔、爆破以及矿石、废石的装载运输产生的粉尘、有害气体（瓦斯等），造成局部的环境污染。有资料表明金矿在采矿、选矿活动使地表水含酸性、重金属、有毒元素含量增高，进而破坏生态环境，威胁野生动物自身的生存。例如因马脑壳金矿的开采，需要修筑很长的山区公路，但当地坡度大，植被稀少，造成滑坡的可能性很大（3-1）。露天金矿一般属较大型金矿，其机械化程度非常高，投入的车辆和挖掘机等就相当的多，所以产生噪声污染也很严重（图 3-1）。



图 3-1 露天金矿及开采状况

Fig 3-1 Exploitation processes of the Strip Gold Mine

3.1.2 地下金矿

地下金矿矿体窄、规模小，厚度、品位都变化较大，稳定性差。我们调查的 4 处地下金矿都由开采规模比露天金矿小，其位置多位于主河道的比较大的支流上。在对周围植被的影响上也比露天金矿要小的多（图 3-2）。



图 3-2 地下金矿及其加工设备

Fig 3-2 Exploitation implement of the Underground Gold Mine

但是由于其位置多处于大熊猫栖息地的内部，所以对大熊猫生存活动影响比较大。我们在调查中发现，顺着采矿的山路走上去，所处的支流河道皆被污染，河水变得非常浑浊（图 3-3A）。有幸，我们拍摄到地下金矿所在支流和主河道交汇处的照片，被地下金矿开采污染和未被污染的主河道河水形成了鲜明的对比（图 3-3B）。这种污染的河水无疑对大熊猫等野生动物的饮用水造成了极大的困难。



图 3-3 地下金矿开采过程中河水及主干道和支流交汇处河水对比

Fig 3-3 Rivers were contaminated by the Underground Gold Mine

3.1.3 砂金矿

砂金矿主要分布在文县和平武县境内大的河流流域内，然而该地是连接大熊猫岷山种群和陕西秦岭种群的重要通道，已被确定为岷山项目工作优先区。砂金矿有的尾矿堆放时间比较长，况且草本植被都难以生长。此外，砂金矿开采造成地表形态变化。采金船挖掘矿体，推土机剥离表土造成矿体下凹（图 3-4A）；选矿排放的尾矿堆使地面形成十分明显的凸起（图 3-4B）。



图 3-4 砂金矿采金船与尾矿堆

Fig 3-4 Exploitation process of the Gravel Gold Mine

砂金矿面临的环境问题主要是水污染问题。砂金在生产过程中，主要污染物是悬浮物和化学耗氧量。有统计认为，若采金船为 100T，每年施工 120d，年泥沙向下游携带量为 670T/d。因此，砂金矿尾矿水将会是所在河流的水质变浑浊，透明度下降，河底质改变，悬浮泥浆增多，并且尾矿水直接排入河道（图 3-5）。况且砂金矿所在的河流是保护冷水鱼类和一些重要的两栖动物，比如娃娃鱼。这些水生动物都要求水体清澈、透明度高、低温、高氧、污染少，底质为砂石。



图 3-5 砂金矿开采抽水及污水排放

Fig 3-5 Rivers were contaminated by the Gravel Gold Mine

砂金的开采对多对私人开放，也是当地招商引资的重要渠道，外来投资者开采的规模一般比较

大，采用机械化作业（图 3-5）。占用河道边的农地和毁坏农作物由双方协商赔偿，由于赔偿额较高。通过访问发现，农民一般都比较满意。另外，也有一些当地村民季节性小型开采，他们只需向乡镇政府申请，由乡镇政府指定具体地段并报县国土资源部门备案。

砂金矿另一重要问题是对河道影响，使河道改流，即使砂金矿停止开采，尾矿堆残留严重（图 3-6）。



图 3-6 砂金矿开采后尾矿堆积使河流改道

Fig 3-6 Rivers ditch were changed by the Gravel Gold Mine

3.1.4 铁矿

调查中发现铁矿建设规模小、产量小是这些铁矿的一个突出特点（图 3-7）。但是各矿都有几个采矿点，占地相对较大，同时各矿矿石埋藏深度各不相同。同时，这些矿由于储量限制，服务期都较短。这些厂矿多为民营企业，投资者包括来自省外的，但厂矿工人一般都来自附近的村镇，月工资 800-1200 元左右。因此，金矿的开采、生产可吸收当地富余的劳动力，带动当地运输业和餐饮业的发展。

铁矿开采对生态破坏的具体体现是植被破坏、扰动土壤、表土破坏、矿井水排泄，以及由此引起的水土流失问题。对大熊猫生活比较大的影响就是采矿生产过程中的噪声、扬尘。一般地，铁矿的采矿点多处于大熊猫栖息地的边缘，所占用的土地植被覆盖率比较低，针叶林和针阔混交林比较稀少，一般是落叶林和灌丛较为丰富。由于边缘区域气候比较干燥，这样就对采矿后的植被恢复增加很大的困难。



图 3-7 铁矿开采及矿石采集

Fig 3-7 Exploitation processes by Iron mine

3.1.5 石灰矿

石灰矿开采对植被的影响主要表现在采剥过程对地表植被的破坏、车辆运输对生态的干扰、水土流失造成的植被生产力和生物量损失等(图 3-8)。由于开采过程中要先清除地表的植被和表层土壤和岩层,引起水土流失的急剧增加和加大土壤养分的缺失,造成植物生产能力降低,对植被恢复十分不利。另外,在炸山、运输等施工环节将会产生大量的扬尘,影响附近植物的生长。例如,我们通过访问得知,在壳壳寨石灰矿的实施现场,晴天是尘土飞扬,雨天是泥浆满地,给车辆和行人造成严重不便。同时产生的尘埃污染比较严重,当地人患肺病的比例较高。

石灰石矿山开采对大熊猫的直接影响主要是炸石等噪声,使得大熊猫不能在矿山附近生存和生活。由于大熊猫生活喜欢生活在温湿的小气候,可是石灰石的开采大大增加了当地气候的干燥程度。



图 3-8 石灰矿加工及开采运输

Fig 3-8 Exploitation processes by Limestone mine

3.2 金矿开采对大熊猫栖息地影响

矿产资源开发对大熊猫栖息地影响主要体现在其植被景观整体结构的变化上，而植被景观的整体结构能充分反映出各植被类型在分布面积和分布形状上的特征。故利用 Fragestats 软件对矿区周围典型植被类型图进行分析，得到该区植被景观的总体特征。

基于研究区内景观类型数量结构的数据分析结果，发现金矿开采区域内在近 20 年的发展历程中，景观各类缀块的面积和数目具有不同程度的增减（表 3-2）。在 1990 年时的研究区域内林地（指阔叶林、针叶林以及针阔混交林）分布面积最大，占总面积的 79.20%，说明该区域内森林植被状况良好，森林分布广阔；其中，针阔混交林分布面积最大，占 49.19%，约 28 800hm，其次为针叶林面积约 13297hm，约占 26.06%；最后为阔叶林林，面积约为 1200hm；灌丛与农耕地在整个区域内虽占一定比重，但分布面积相对较小，仅占整个区域的 20.8%。随着矿产资源的开发利用，在研究区域内各种类型森林植被均有所减少，其中针叶林面积随着金矿开采的加剧最为明显，至 2002 年减小至仅为总面积 16.41%，而在 1990 年为 26% 多；相比较而言，针阔混交林和阔叶林则有所较少，但不是特别明显；随着森林植被减少，灌丛和农田耕地等类型植被则有所增加，表明减少的森林植被由于金矿的开采使得地表植被受到较大的损害。

缀块性是自然界中最普遍的现象之一，它存在于各种生态系统的每一种时空尺度距离上，其特征和动态直接决定许多景观的空间格局和生态过程。因此，对景观各要素的缀块特征进行分析尤为重要。为了研究这一变化过程，我们采用相关的空间格局分析指数试图分析植被破碎状况（见表 3-2）。1990 年前大熊猫生境从缀块密度来看，针叶林林的缀块密度最大（为 2.26）；其次是针阔叶混交林和农田裸地，分别为 1.71 和 1.67；然后为阔叶林，1.51，平均缀块面积最小的为灌丛，仅为 1.47；从形状指数来看，针阔混交林的形状指数最大(8.66)，表明缀块形状最不规则，缀块边缘复杂，而阔叶林的形状指数最小(0.21)，缀块形状最规则，缀块边缘简单，其它植被类型介于二者之间。从缀块密度来看，灌丛的缀块密度最大（为 2.97）；其次是针叶林，为 2.32；然后为针阔混交林和阔叶林林，分别为 1.91 和 1.92，平均缀块面积最小的为农田裸地，仅为 1.66；从形状指数来看，针阔混交林的形状指数最大(8.87)，表明缀块形状最较 1990 年时变得更加不规则，缀块边缘复杂，而阔叶林的形状指数仍然为最小(0.21)，表明缀块形状也变得更加最规则，缀块边缘简单；总的说来，缀块密度(PD)指数表明，森林植被的缀块密度都有增加的现象；此外，各类缀块的平均面积在减少，表明 3 种森林植被出现了越来越多的岛状缀块、破碎化程度加剧。这种变化显示出两个时期比较看来大熊猫栖息地更加破碎化，适宜的生境更为减少。

表 3-2 研究区域内植被景观的总体特征

Table 3-2 The landscape characteristics of vegetation in study area

		针叶林 Conifer forest	针阔混交林 Mixture forest	阔叶林 Broadleaf forest	灌丛草地 Shrub	农田裸地 Others
1990	所占比例 PLAND	26.06	49.19	3.95	5.88	14.92
	缀块密度 PD	2.26	1.71	1.51	1.47	1.67
	最大缀块指数 LPI	3.75	8.66	0.21	0.25	7.39
	景观形状指数 LSI	80.44	83.58	56.53	57.95	52.45
	分维度 FRAC	0.06	0.06	0.05	0.05	0.05
	面积 TCA	13297.00	28800.00	1200.00	1090.00	9021.00
	核心面积 CORE	67.88	233.80	3.83	4.02	141.20
	相似度 SIMI	27560.67	10621.16	12465.44	15029.57	2088.33
	连接度 CONNECT	0.34	0.45	0.40	0.43	0.44
2002	所占比例 PLAND	16.42	45.09	3.58	13.89	21.03
	缀块密度 PD	2.32	1.91	1.92	2.97	1.66
	最大缀块指数 LPI	1.50	8.87	0.05	0.74	4.15
	景观形状指数 LSI	74.99	73.75	64.61	86.03	50.85
	分维度 FRAC	0.06	0.06	0.05	0.06	0.05
	面积 TCA	7671.00	27105.00	574.00	2701.00	10812.00
	核心面积 CORE	35.23	240.26	1.09	7.82	98.34
	相似度 SIMI	25657.94	5854.68	13397.22	6212.75	2075.31
	连接度 CONNECT	0.32	0.40	0.38	0.28	0.41

3.3 矿产开采模式与大熊猫栖息地

资源开发最为明显表现是破坏矿区周边的乔木、灌木等森林植被；对水土保持产生巨大的威胁，采矿时要挖几米、十几米深的矿沟。有时资源开采的破坏作用并不是采矿活动的本身造成的，而在于为了满足开矿需要修筑的大量公路，因为公路修筑时要对周边栖息地植被和水土保持影响很大；采矿活动还会造成一定环境破坏，因为爆破会产生一些有毒有害气体使栖息内环境受到污染。显然，开发方式的不同，对周围环境的影响也不一样。一般来说，其影响包括矿区开发后所造成的地质地貌状况的变化，所引起的植被破坏，露天开采剥离土层、废石堆的滑坡及泥石流的产生，由矿山排放的酸性含金属废水对天然水体的影响，以及由于使用该水进行灌溉所造成的农田生态系统的污染等。

一般采用露天开采的矿区比坑采方式对周围环境影响深刻得多，其能使该地区生态及地形产生不可逆的变化，能使原来的高山变成巨大的人工湖，伴随着这种地形地貌及生态的变化，还将使该地区的物质流向发生改变。露天开采由于其作业方式的需要，必须直接剥离大面积的表土层及其上面所生长的植被。而这些植被是经过长期演替而存在于这一生态系统中，一旦破坏将会引起这一区域原来的生态相对平衡的改变。

3.3.1 矿区周围植被变化

矿区对大熊猫栖息地的影响同时也受到采矿规模的影响，一般地，采矿规模越大其对植被影响也愈大。然而，由于金矿开采的独特性与隐私性较强，确切了解其开采规模大小无疑也是较为困难的事情。因此，研究金矿对大熊猫栖息地的影响，我们只有借助于影响距离来反映金矿对大熊猫栖息地影响等级。根据我们调查信息发现，较小的矿点的影响范围一般在距矿点中心大约 2km，而对于一些中型的采矿区域，则影响范围扩大至大约 5km 的区域。当然，也有些特大型金矿开采区域栖息地影响范围将达到 10km 的区域。为此，基于野外经验，我们选择 3 个缓冲距离来反映金矿开采对周围大熊猫栖息地的影响。

在 5 种植被类型中，受金矿开采影响针叶林与针阔混交林都有减少，其中以针叶林植被面积变化较大；而对于阔叶林、灌丛和农田裸地则有显著增加的趋势，其中以灌丛增加最为明显，阔叶林与农田裸地变化趋势相似（图 3-9 至 3-11）。表明金矿开采影响周围植被主要破坏了针叶林与针阔混交林，而这两种森林植被类型恰恰是大熊猫生存最为需要的森林植被。

就 3 种开采类型比较而言，以砂金矿对大熊猫栖息地影响最为明显，其次是地下金矿，而露天金矿则最不显著（图 3-9 至 3-11）。表明砂金矿开采对大熊猫栖息地植被破坏虽未严重，出现这种状况的原因主要是：砂金矿开采区域位于河谷处，同时河谷处也是居民居住区域，因此植被变化有可能并非单纯由矿产资源开发引起的；相反，地下金矿和露天金矿开采地点一般位于森林植被内部，远离居民区，因此，地下金矿和露天金矿区域反映矿区植被变化较砂金矿要强。

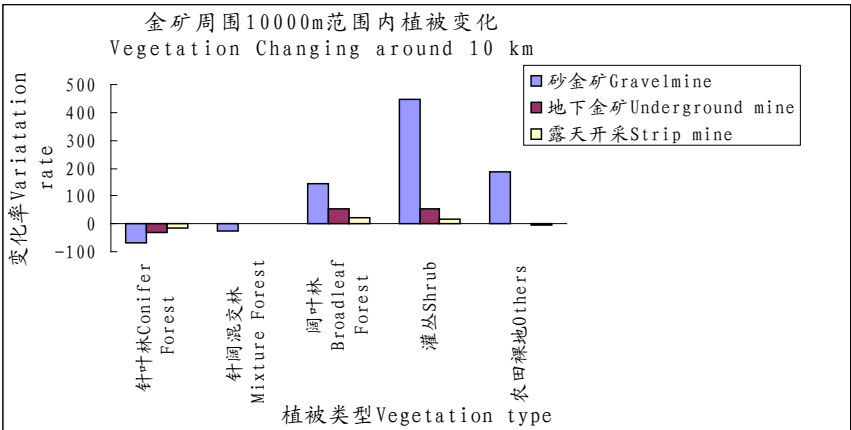


图 3-9 金矿周围 10000 米范围内植被变化

Fig 3-9 Vegetation changing around goldmine within 10 km distance

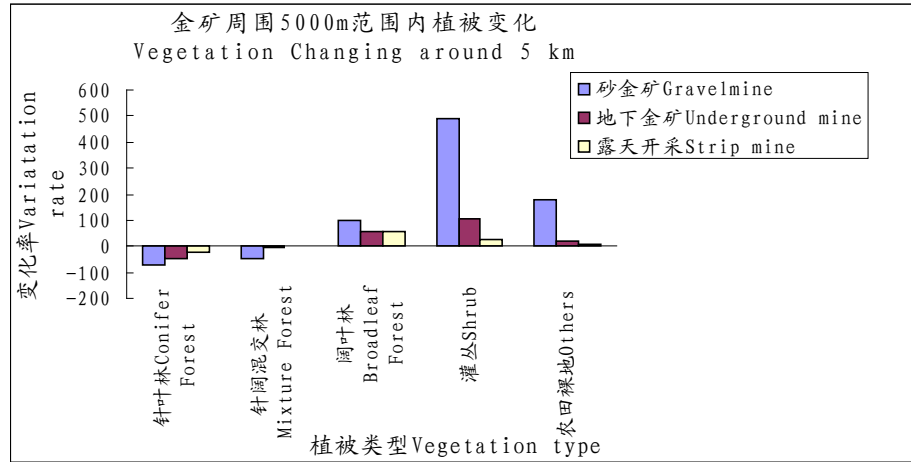


图 3-10 金矿周围 5000 米范围内植被变化

Fig 3-10 Vegetation changing around goldmine within 5 km distance

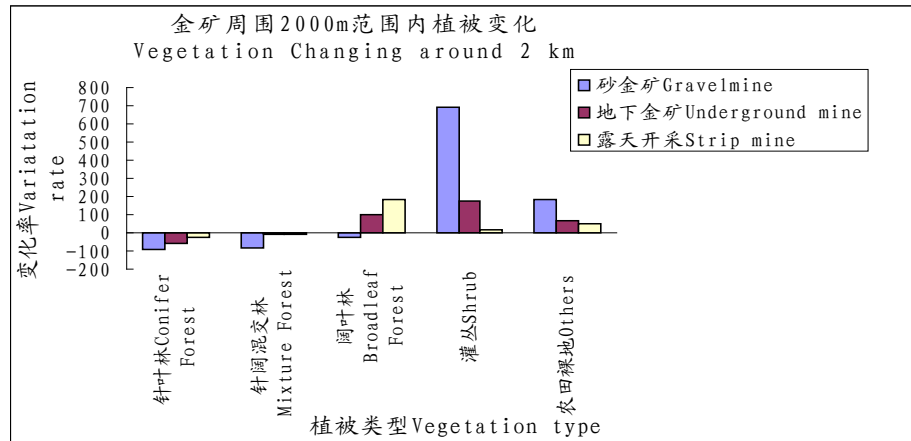


图 3-11 金矿周围 2000 米范围内植被变化

Fig 3-11 Vegetation changing around goldmine within 2 km distance

3.3.2 矿区植被格局变化

为了全面反映矿产资源开采对大熊猫栖息地的影响，拟以 2000 年时期的植被类型图为例，选定的矿点为中心，以 2km、5km 和 10km 为半径等 3 个缓冲距离尺度下进行研究。我们发现：在 3 个缓冲距离下，缀块密度随着距离的增加而减少，其中以露天金矿与地下金矿较为相似，且较砂金矿具有明显的距离效应变化（图 3-12）；景观连接度是衡量景观格局是否对动物的迁徙或移动重要的指标，缀块丰富度则是衡量栖息地破碎化程度的重要指标，我们的结果发现，景观连接度和缀块丰富度在 3 个距离具有极为相似的变化趋势，即随着距离增加景观连接度与缀块丰富度急剧下降（图 3-13、图 3-14），这一结果表明大熊猫栖息地随着距离矿区中心越大范围，缀块密度在不断下降，即景观的破碎化程度逐渐下降。很明显，这一点也恰好说明不论那种金矿类型都是具有一定破坏栖息地范围的，而且这种植被破坏能力随着周边距离增加而减小。

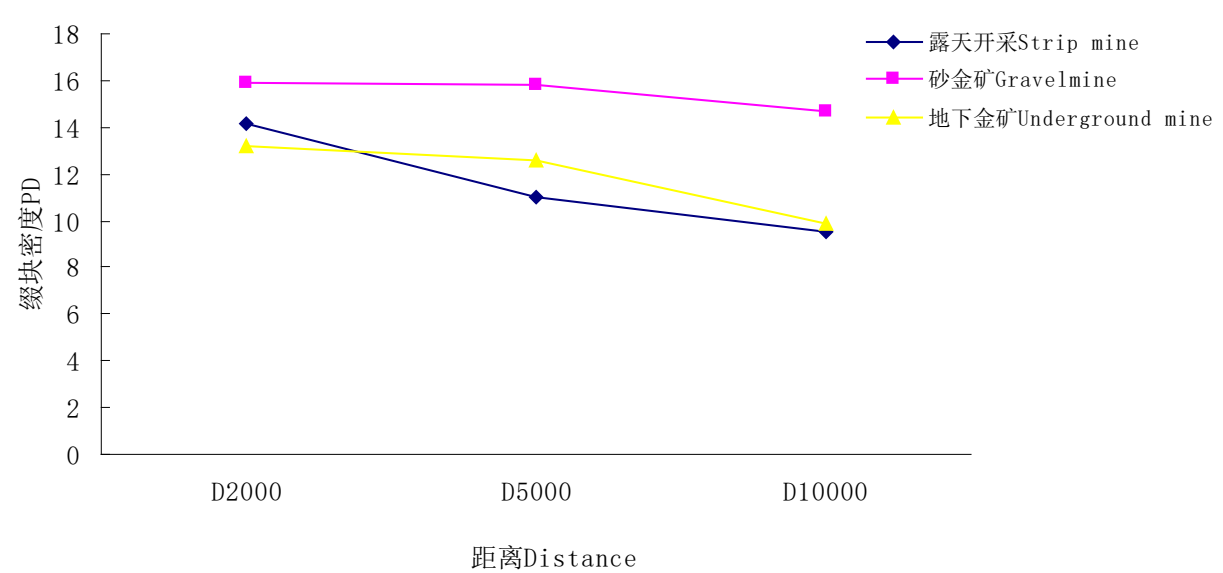


图 3-12 不同距离下金矿开采类型对大熊猫栖息地缀块密度（PD）的影响

Fig 3-12 Patch Density (PD) index of the giant panda habitat within three buffer distance

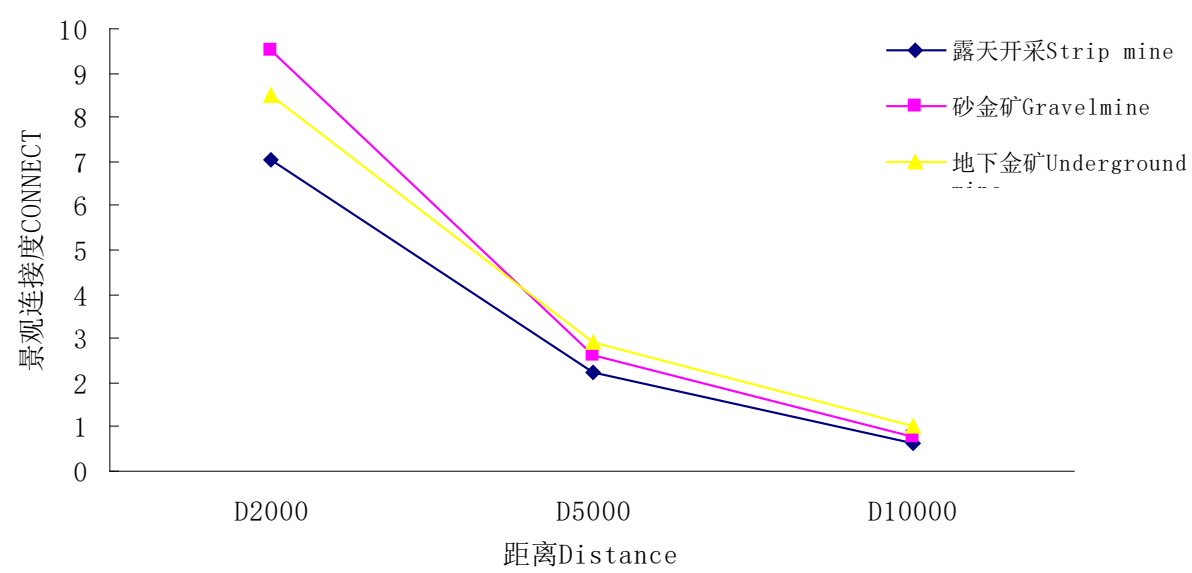


图 3-13 不同距离下金矿开采类型对大熊猫栖息地景观连接度（CONNECT）的影响

Fig 3-13 Connect (CONNECT) index of the giant panda habitat within three buffer distance

景观形状指数和相似度指数与前两种指数呈现相反的趋势，即随着距离增大这两种指数都不断增加（图 3-15、图 3-16），表明大熊猫栖息地受金矿开采的影响下，景观相似度不断增加，结合景观中植被数量的变化，由于大量的森林受到破坏，特别是针叶林和针阔混交林被大量砍伐变成裸地或灌丛，致使矿区周围大熊猫栖息地丧失或严重破碎化，其主要表现就是景观相似程度增加。

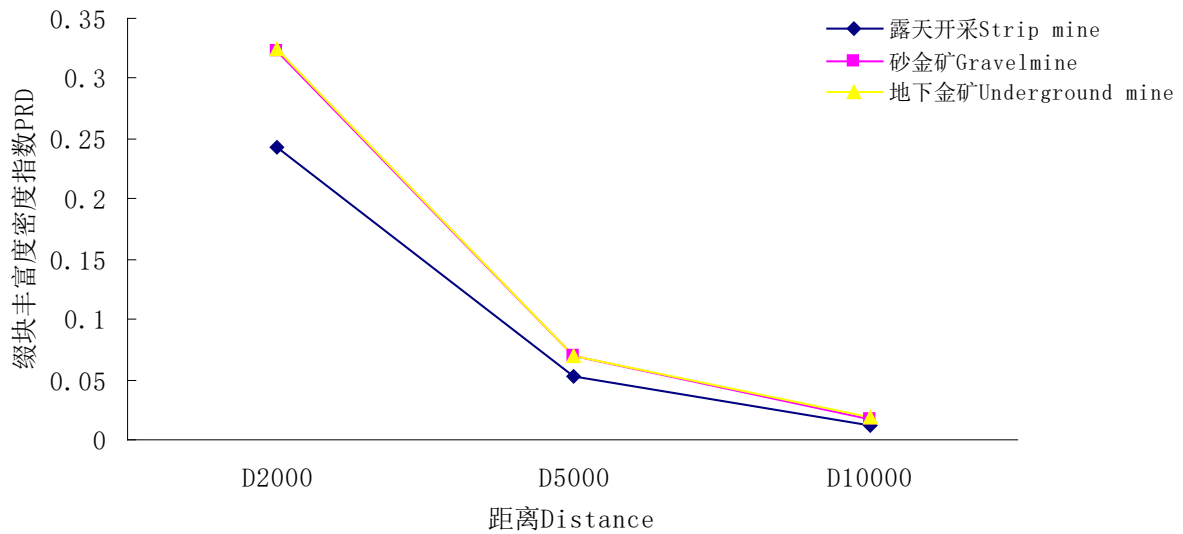


图 3-14 不同距离下金矿开采类型对大熊猫栖息地景观缀块丰富度密度指数（PRD）的影响

Fig 3-14 Patch Richness Density (PRD) index of the giant panda habitat within three buffer distance

对于最大缀块指数所表达信息,即露天金矿和砂金矿具有与地下金矿不同的随距离变化趋势(图 3-17)。如果要回答为什么砂金矿具有极为独特的影响最大缀块模式,这一点要和砂金矿开采过程结合起来。砂金矿一般位于海拔较高、栖息地类型以森林为主。由于海拔较高且森林内部,不得要求开采者在开采初期修筑一定的道理,但是由于砂金矿开采的规模较小,这样开采过程中又不能像露天金矿那样修筑大型的公路(可以通大型车辆的公路),只能修一些小路即仅仅可以通过运

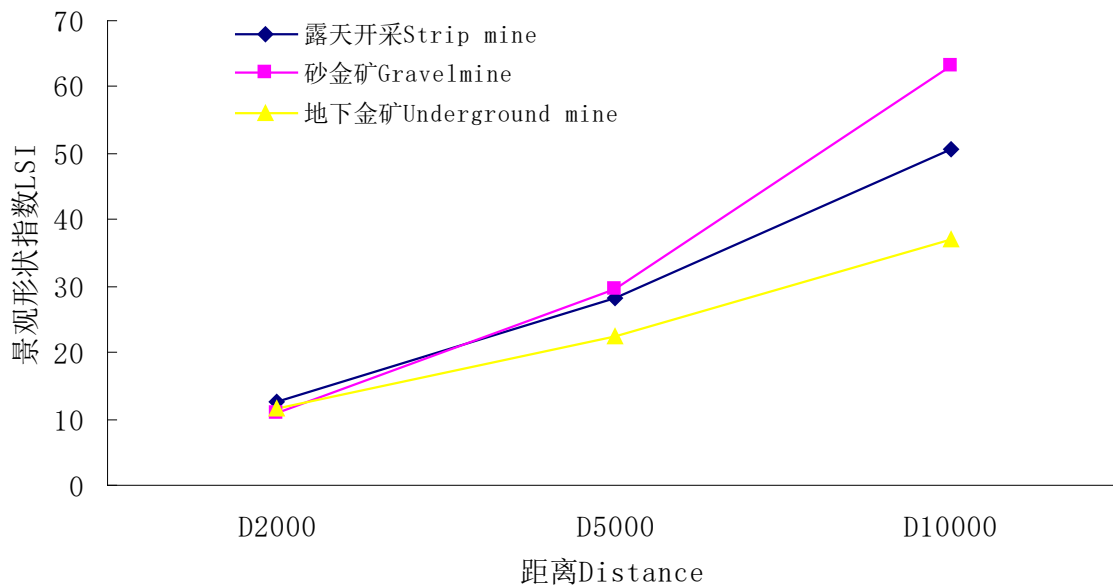


图 3-15 不同距离下金矿开采类型对大熊猫栖息地景观形状指数（LSI）的影响

Fig 3-15 Landscape Shape Index (LSI) of the giant panda habitat within three buffer distance

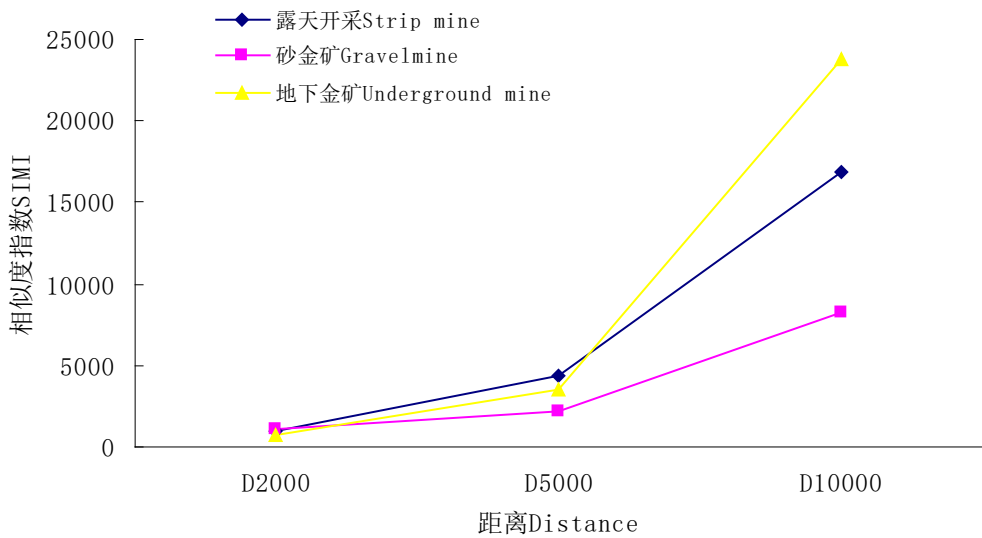


图 3-16 不同距离下金矿开采类型对大熊猫栖息地景观相似度指数（SIMI）的影响

Fig 3-16 Similarity Index (SIMI) of the giant panda habitat within three buffer distance

输物资的人行道，一般不超过 2 米的宽度，在修筑过程中势必要砍伐一些植被。但是，一旦开采初期完成投产后，周围的植被（如森林）则不会被大规模的破坏了，仅仅是一些薪材的砍伐。因此，地下金矿矿区周围最大缀块指数要大于露天金矿与砂金矿。这一现象也要求大熊猫管理者要特别注意地下金矿的这种开采特点，要密切关注其初期阶段对大熊猫栖息地破坏，而对于露天金矿和砂金矿则要密切关注其后期开采过程，因为这两种金矿开采会随着开采程度不断加深，对大熊猫栖息地的破坏愈加严重。

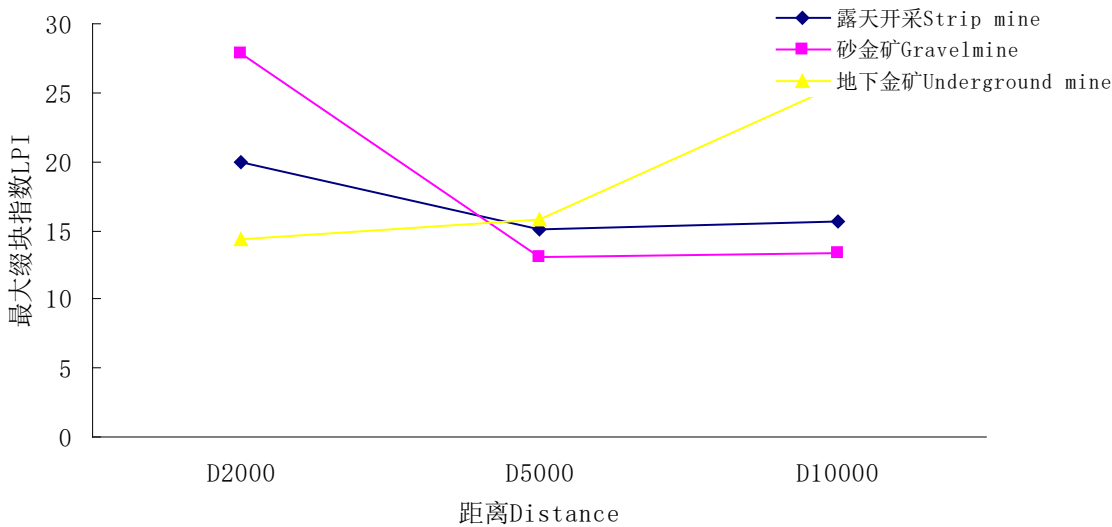


图 3-17 不同距离下金矿开采类型对大熊猫栖息地景观最大缀块指数（LPI）的影响

Fig 3-17 Largest Patch Index (LPI) index of the giant panda habitat within three buffer distance

综合各种指数在 3 个缓冲距离下的不同变化,表明 3 种类型的金矿对距离距离反映比较复杂,说明金矿由于开采形式与开采规模的差异对大熊猫适宜栖息地植被影响是不同的,如砂金矿在缀块密度对距离反映较弱而对景观连接度反映则明显,反之,露天金矿则不同。此外,研究表明矿山的生产规模和环境破坏的程度之间存在着关系,如产量与环境存在着非线性相关,若改变开采模式可能会加剧对环境的影响,若一个矿山总储量固定,提高产量等于缩短矿山开采年限,从而使一定时期内植被受破坏程度要重一些;若开采时间长些,大熊猫栖息地植被遭受破坏程度轻些。

3.4 不同类型矿产开采对大熊猫栖息地影响

当前,矿产资源开发对大熊猫栖息地产生越来越明显的威胁,特别对那些矿产资源比较丰富的地区。岷山地区不仅大熊猫资源丰富,其矿产资源也异常丰富。在该区的青川县,境内分布有 20 多种矿产资源的近 70 个矿点,近年又陆续发现大量的地下金矿、铁矿和锰矿等,大量的开采活动主要集中在青竹江一带,成为当地收入主要来源。因此,本研究中我们通过选择不同类型的矿产资源开发案例(金矿与煤矿、金矿与石材矿),比如马脑壳、龙滴水、银厂等金矿与邓家石材矿、虎牙乡锰铁矿对比,以发现不同开采类型的矿产作用下的栖息地景观格局的形成,说明它们对大熊猫栖息地作用的不同机制,以期表明采矿类型对大熊猫生存和繁衍的依赖因素影响。

通过计算金矿、铁矿和石灰矿等 3 种类型的矿区范围内的缀块密度,发现 3 种类型矿产开发对植被的破坏都使得缀块密度大大的增加(图 3-18),说明矿产开采对栖息地作用越来越大,破碎化也欲严重。特别对于石灰矿这种对植被影响更为明显;在 70 年代,3 种矿产开采区的缀块密度都非常低,几乎处于同一水平上;到了上世纪 80 年代,矿区的缀块密度都有了增加,其中以石灰矿增加明显,而金矿区域则小于其它两种矿区,这一差异可能和上世纪 80 年代的石灰矿的大开发有关,而金矿开采并不是很多;而同时期的铁矿区域缀块密度增加则处于金矿和石灰矿之间。至上世纪 90 年代,随着对黄金的需求大量增加,金矿区域开采更加严重,其表现在缀块密度增加几乎呈现直线上升。而同时期的石灰矿区域破碎化依然是最为严重的。因此,通过对比 3 种类型矿产资源开发区域的缀块密度可以了解矿区的大熊猫栖息地植被的破碎化随开发模式在不同时期的影响。

为了说明大熊猫栖息地植被类型这一重要景观基质,我们计算了 3 种矿产类型下的最大缀块指数,发现针金矿开采与石灰矿开采区最大缀块指数在 3 个历史时期具有非常相似的变化趋势,而同时期铁矿开采对植被最大缀块指数的影响则明显不同于金矿开采模式(图 3-19),进一步说明了铁矿开采影响栖息地特点是作用范围小,对影响时间短。因为在铁矿的开采过程中,一般开采规模较小,多分布在较为陡峭的岩石山地为主,由于其规模较小其服务期也较短,并不像金矿那样可以开采几年甚至十几年,所以铁矿开采对大熊猫栖息地植被影响较小,可以保存一定数量的植被。相比较而言,金矿的开采对植被影响是最大的,在其开发区周围对大熊猫栖息地植被受到较为严重的破坏,破碎化程度也最为突出,表现为最大缀块指数较低,表明该区域没有大的植被缀块可以提供给大熊猫以生存。

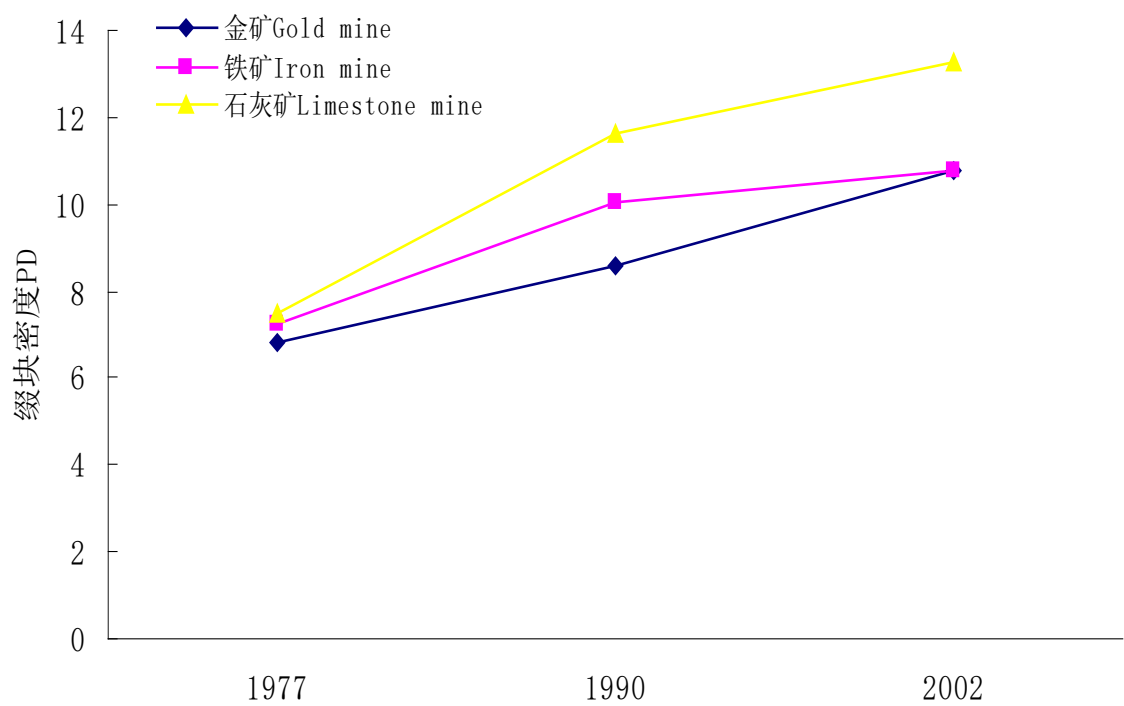


图 3-18 不同时期 3 种矿产开采类型对大熊猫栖息地缀块密度（PD）的影响

Fig 3-18 Patch Density (PD) index of the giant panda habitat in three different time

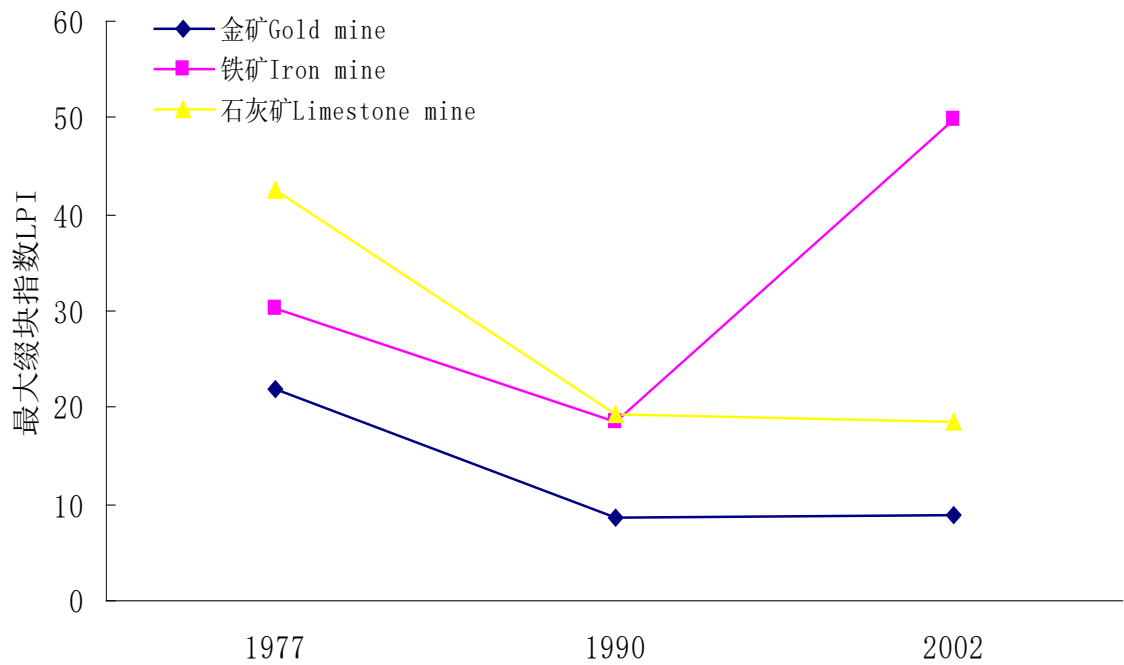


图 3-19 不同时期 3 种矿产开采类型对大熊猫栖息地最大缀块指数（LPI）的影响

Fig 3-19 Largest Patch Index (LPI) of the giant panda habitat in three different time

一般景观结构的复杂性也是大熊猫赖以生存需要的一个重要的指标。因此，我们计算矿区大熊猫栖息地植被的景观形状指数，说明不同类型资源开采模式对大熊猫栖息地的影响。通过对比 3 个历史时期的景观格局的形状指数，发现景观形状指数明显增加，反映了景观中缀块形状趋于复杂化（图 3-20）。以景观的结构复杂性来看，金矿开采对大熊猫栖息地景观形状的改变最为明显。这一点说明金矿开采过程中对大熊猫种群的影响也是最大的。产生这种景观格局变化的模式，主要是因为金矿开采规模一般大于铁矿与石灰矿的开采。在我们调查中发现金矿开采规模较大，在开采过程中需要修筑较长的公路，以便把大量的金矿石运至一定的地点。以马脑壳露天金矿开采规模最为庞大，由于露天开采矿区位于山顶，其开采过程把整个山顶以致山体都削平，对山体影响非常大，而且产生大量废弃物直接沿着山坡倾倒，造成周围山坡植被非常严重的破坏。同时由于产生大量废渣，也造成了河道淤积和堵塞。其次是碧口砂金矿的开采规模也是相当庞大，对河道影响是最为明显的，迫使河道改道和水流污浊。另外，铁矿开采由于规模较小，开发模式以索道式为主，对大熊猫栖息地影响主要体现在索道修筑过程中，需要砍伐大量的森林植被，造成矿区附近的森林缀块面积下降，缀块形状被大量改变。至索道修筑完成，受影响的森林植被一般仅仅局限于矿点周围，所以造成该区域的景观形状指数 77-90 年的变化明显大于 90-2002 年。

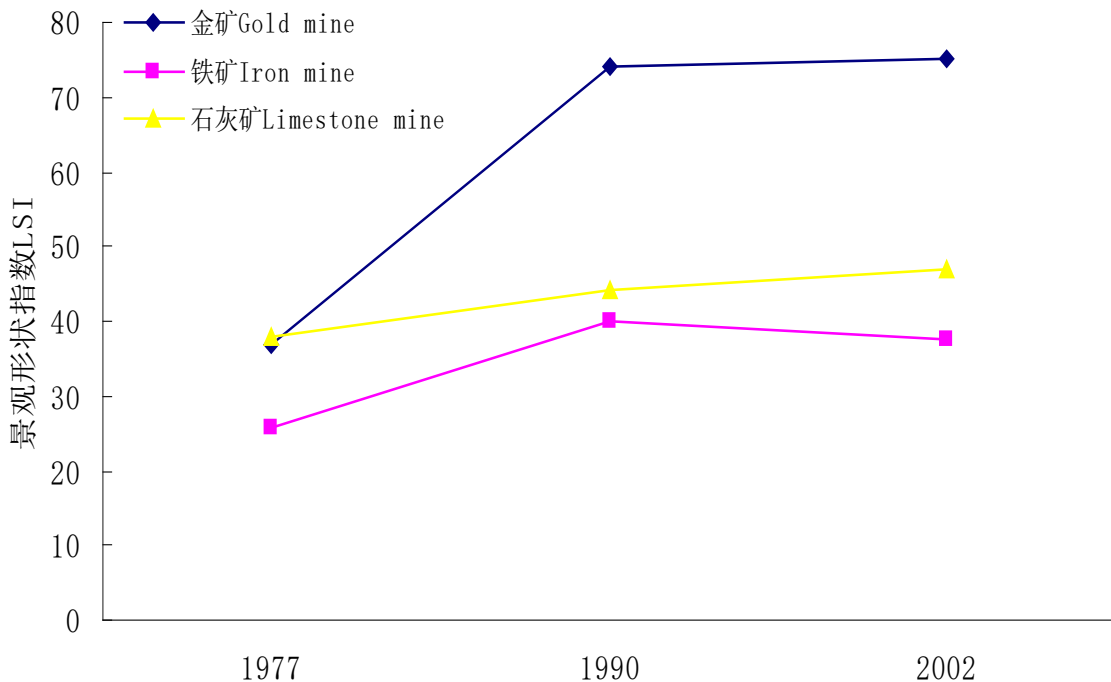


图 3-20 不同时期 3 种矿产开采类型对大熊猫栖息地景观形状指数（LSI）的影响

Fig 3-20 Landscape Shape Index (LSI) of the giant panda habitat in three different time

综上所述，矿山的开采模式和环境破坏的程度之间存在着关系，如改变开采模式可能会加剧对环境的影响；随着工业生产的发展，对矿产资源利用的要求不断增加，总的趋势是金矿开采对环境

破坏由于日益增加的开采量，必然导致矿业废弃物增多，造成环境的严重污染。就其对大熊猫栖息地影响而言，金矿开采对栖息地景观影响与铁矿相似，而石灰矿对栖息地影响则与金矿、铁矿有明显不同。结合矿产资源开采的特点发现，对环境的影响与开采模式关系较为紧密。

3.5 大熊猫栖息地评价

生境的破坏与退化是人类对生境的较为直接的影响，人为的捕杀使得野生动物对人类的恐惧增加，影响了动物的行为，使得野生动物对原本适宜的生境结构的选择下降。同时人类有意或无意引进的其他动物，也改变了野生动物的生境适宜度。

生境变化可能降低野生动物对生境的选择性，如核心区受到干扰后，因为边缘效应，使得很多野生动物的生境的质量下降，它们只能在不是很适宜的生境中生活。但生境变化在一些情况下也可能提高野生动物对生境的选择性，有些生境变化，如采伐活动使森林变成了灌丛或处于不同的演替阶段，这些不同的演替阶段为一些草食兽类如鹿提供了丰盛食物资源，使动物的生境选择性提高。大多数野生动物对生境的选择具有某些可塑性。若不是这样的话，某些动物就不可能扩散到与原来生境很不一样的新生境之中，如当局部环境中出现巢箱某鸟类就可能栖息于这类生境之中。利用人工巢箱进行益鸟招引对一些鸟类如喜鹊曾获得了很大的成功。

3.5.1 大熊猫种群密度等级分布

岷山山系大熊猫密度等级图其密度等级划分为三级，即低密度为 0.001—0.3，中密度为 0.3—0.6，高密度为 0.6—0.9。必须说明该密度值仅仅反应大熊猫数量的密集程度和对栖息地利用频度，并不能代表单位面积上的大熊猫数量。岷山山系大熊猫的种群密度是以岷山 A 种群为高，而岷山 C 种群种群密度较低。而在岷山 A 种群中以北川与茂县、松潘、平武交界区域密度较高；另外，青川唐家河与甘肃文县白水江保护区密度较高；还有平武与九寨沟、文县交接处也是种群密度较高的区域（图 3-21）。

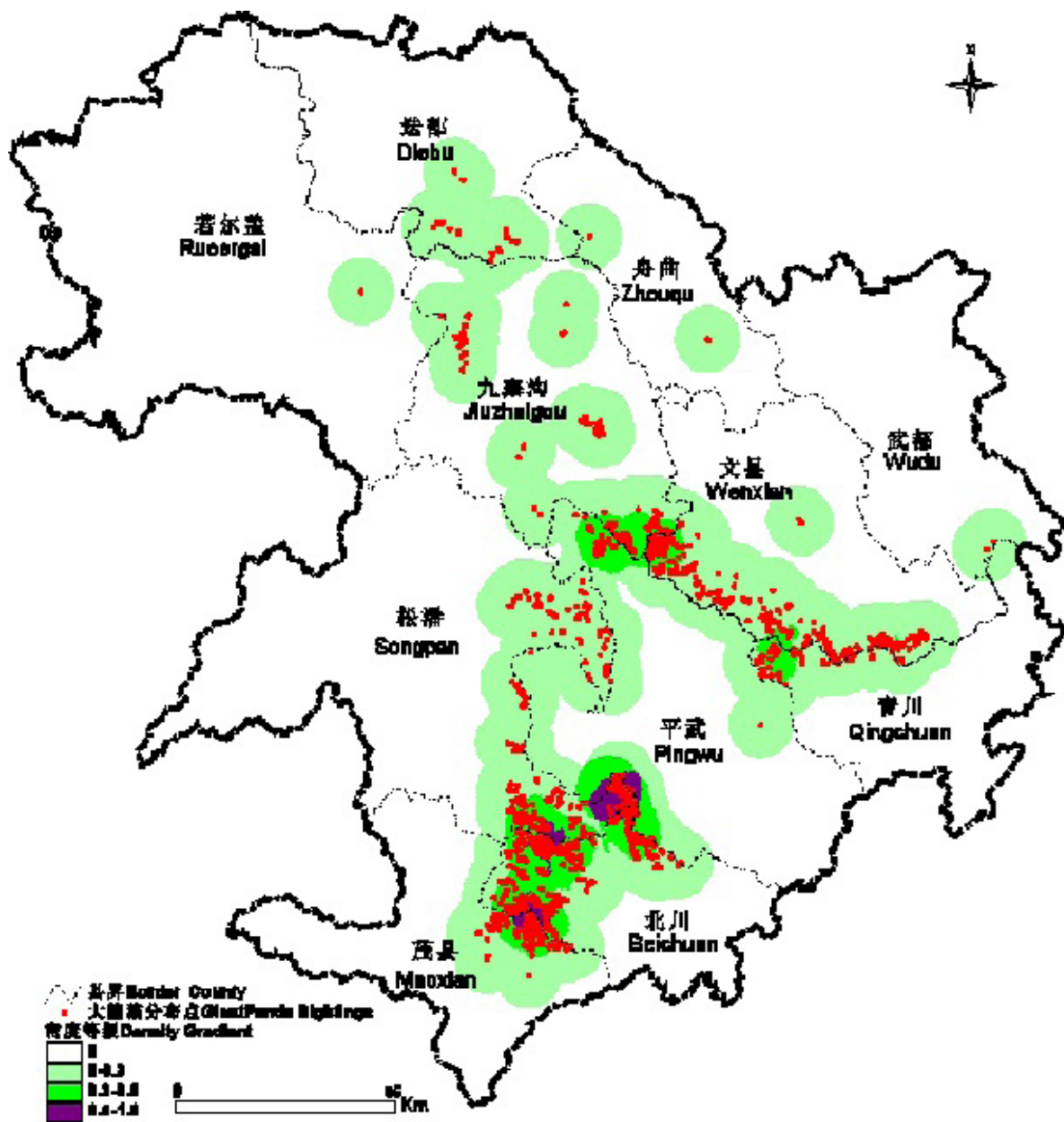


图 3-21 岷山山系大熊猫种群密度分布

Fig 3-21 Giant panda population gradient in Minshan Mountains

3.5.2 岷山山系保护区网络与大熊猫种群密度的关系

岷山保护区建设起步较早，1963 年四川省人民委员会批准建立我国第一批以保护大熊猫为主要对象的白河、王朗、喇叭河、卧龙等 4 个自然保护区，总面积为 91897 公顷（其中卧龙达 20000 公顷，白河 16200 公顷，王朗 32200 公顷，喇叭河 23400 公顷），其中有白河、王朗等 2 个保护区属于岷山山系。同年，甘肃省在文县建立了让水河自然保护区，面积为 3988 公顷，它是甘肃省第一个大熊猫自然保护区，该保护区 1978 年经省革委会批准扩建成甘肃白水江自然保护区，面积为 100000

公顷。1978 年 12 月国务院同意批准建立唐家河、九寨沟等保护区。1991 年甘肃省政府批准建立尖山保护区,面积为 10040 公顷。1993 年四川省政府批准建立白羊、泗耳(后改名为雪宝顶)、片口、千佛山等 12 个大熊猫自然保护区,总面积为 392500 公顷。1998 年建立白水河保护区,面积 30150 公顷;1999 年建立九顶山保护区。岷山山系共有大熊猫自然保护区 25 个,跨四川甘肃两个省行政范围,总面积为 1144766 公顷,大熊猫栖息地面积为 611287 公顷,大约保护大熊猫 508 只,保护区内大熊猫种群密度平均为 0.083 只 / 平方公里。

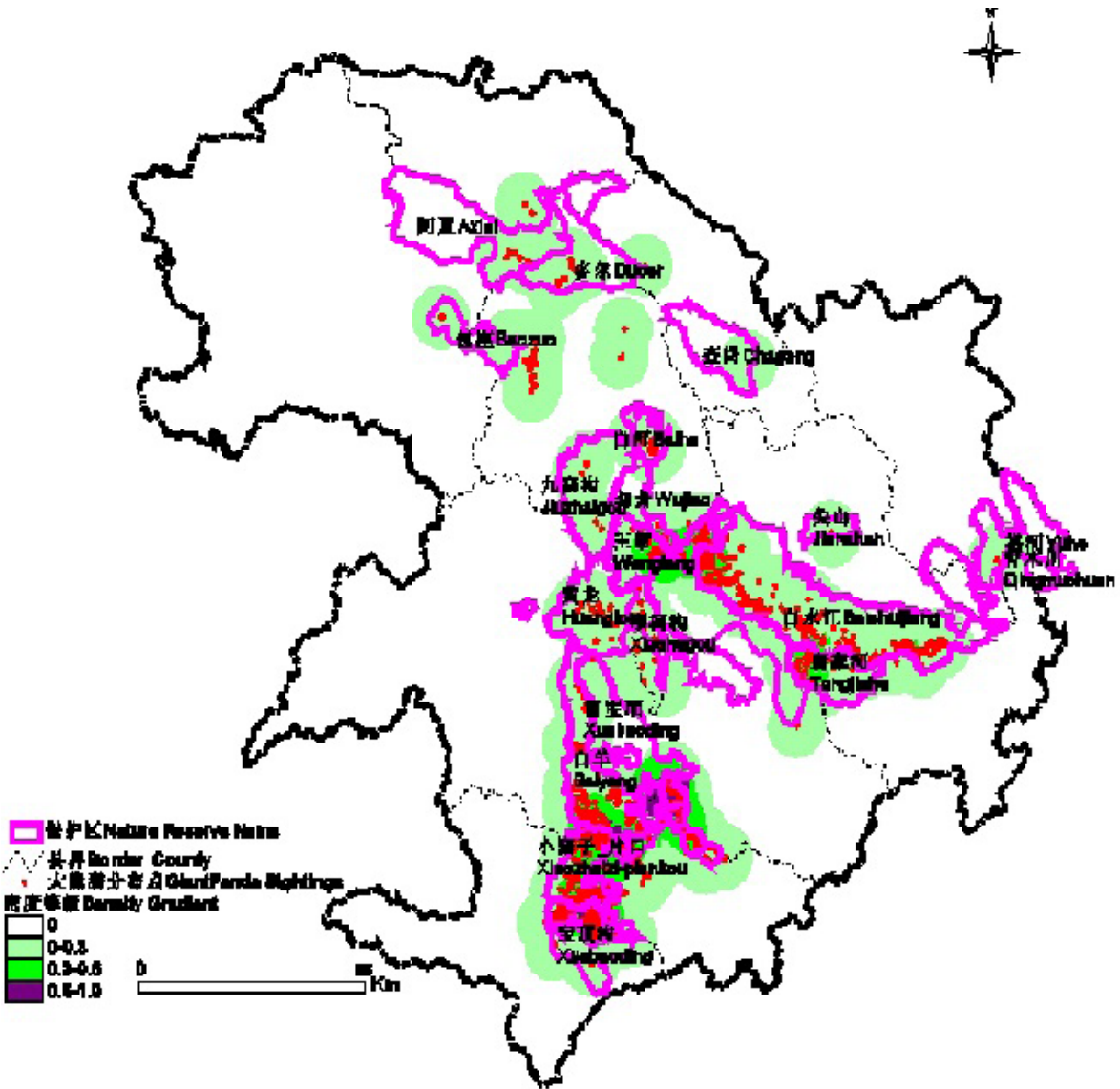


图 3-22 岷山山系保护区内种群密度分布状况

Fig 3-22 Giant panda population gradient within nature reserve network of Minshan Mountains

从大熊猫分布看,岷山山系是我国大熊猫分布范围和数量最大的地区,这个山系共建立了 25 个大熊猫自然保护区,使大熊猫岷山 A、B、C 三大种群中每个种群都有相应的自然保护区进行保护。从保护效果看,岷山山系保护区已经形成三个较大的保护区群,能够有效地保护大熊猫三个种群(即

岷山 A、岷山 B 和岷山 C 种群），使全国近三分之一的野生大熊猫种群得到有效保护；在岷山保护区网络中，各个保护区内大熊猫种群密度分布呈现不均匀状态。其中以小寨子—片口、王朗、白水江、唐家河等保护区密度较高；而尖山、包座等保护区种群密度较低（图 3-22）。另外一个特点就是新建保护区（如阿夏等）种群密度低于一些建立时间较长的保护区（如王朗等），当然，也有的老保护区种群密度较小，如九寨沟保护区。

3.5.3 岷山山系大熊猫栖息地适宜性评价

本研究利用生态位因子分析（Ecological Niche Factor Analysis）的资源选择函数（Hirzel 2002）计算岷山山系大熊猫栖息地适宜以及对生态位因子利用。该方法可以综合岷山地理条件、森林覆盖与森林分布特征，根据模型计算的栖息地适应关键因子和适应图分布情况。

运用 ENFA 软件结果发现，岷山大熊猫对针叶林（ $M=0.45$ ）有最为明显的偏好，其次为针阔混交林（ $M=0.22$ ）有一定的偏好，而对灌丛（ $M=-0.38$ ）和农田裸地（ $M=-0.27$ ）分别表现出较强的回避；对于阔叶林（ $M=-0.20$ ）也产生一定的回避（表 3-3），表明针叶林与针阔混交林对岷山大熊猫种群的生存与繁衍具有重要的作用，因此，保护好这两种类型的植被对大熊猫保护起着至关重要的作用。通过对不同历史时期矿区大熊猫栖息地植被的分析，矿产资源开采对针叶林和针阔混交林影响较为明显。在矿区，由于受到矿产开发的影响，针叶林与针阔混交林随着矿产开采的进行其面积大大的减少，而栖息地空间格局破碎化更为严重。而这种情况势必将严重威胁到大熊猫生存。对大熊猫这一重要的、濒危物种保护工作也是非常严峻的考验。

岷山山系大熊猫栖息地适宜性计算其分布图可以看出，岷山山系大熊猫适宜栖息地集中在中部雪宝顶和中北部摩天岭一带及部分边缘栖息地（图 3-23）。其中有适宜栖息地面积为 12413.84 km^2 （其中适宜生境为 10981.19 km^2 ，最适宜生境为 1432.65 km^2 ）占整个岷山面积的 35.93%；不适宜栖息地面积为 19853.34 km^2 ，占整个研究区域的 57.45%；次适宜栖息地面积为 2208.61 km^2 。

岷山山系有大熊猫分布的自然保护区数量最多，保护区面积最大，保护区面积共有 8398.65 km^2 ，占研究区域的 24.30%。同时保护区内大熊猫适宜生境面积为 5145.09 km^2 ，（包括其中适宜生境为 4448.50 km^2 ，最适宜生境为 696.59 km^2 ），占保护区面积的 61.29%，说明岷山山系承载了较多的适宜大熊猫生境（图 3-24）。

表 3-3 岷山山系大熊猫生境选择因子

Table 3-3 Correlation between the ENFA factors and the ecogeographical variables for the giant panda

生态变量 Ecological variable	因子 1 Factor1	因子 2 Factor2	因子 3 Factor3	因子 4 Factor4	因子 5 Factor5	因子 6 Factor6	因子 7 Factor7	因子 8 Factor8	因子 9 Factor9	因子 10 Factor10
	-74%	-20%	-2%	-1%	-1%	-0.60%	-0.50%	-0.30%	-0.10%	0%
阔叶林出现频率 Broadleaf-fq_ST	-0.2	0.15	0.13	0.19	-0.07	-0.14	-0.14	0.26	-0.15	0.08
针叶林出现频率 Conifer-fq_ST	0.45	0.4	0.39	0.38	0.34	-0.39	-0.39	0.52	-0.36	0.3
与阔叶林的距离 DisBroadleaf	0.08	0	0	0.01	-0.07	0	0.01	-0.01	0	0
与针叶林的距离 DisConifer	-0.14	0.12	0.01	-0.02	0.03	0	0	0.02	0	0.04
与针阔混交林的距离 DisMixforest	-0.12	0	-0.05	-0.06	-0.2	0	0	-0.01	-0.01	-0.07
与农田等的距离 DisPlantation	0.54	0	0	0	0.01	0	0	0.14	-0.02	-0.57
与灌木丛的距离 DisShrub	-0.39	0	0	0	-0.01	0	0	0	-0.03	-0.66
针阔混交林出现频率 Mixforest-fq_ST	0.22	0.63	0.62	0.6	0.49	-0.63	-0.62	0.33	-0.62	0.25
农田等出现频率 Plantation-fq_ST	-0.27	0.53	0.52	0.58	0.73	-0.54	-0.54	0.53	-0.54	0.11
灌木丛出现频率 Shrub-fq_ST	-0.38	0.35	0.41	0.34	0.26	-0.38	-0.38	0.5	-0.4	0.27

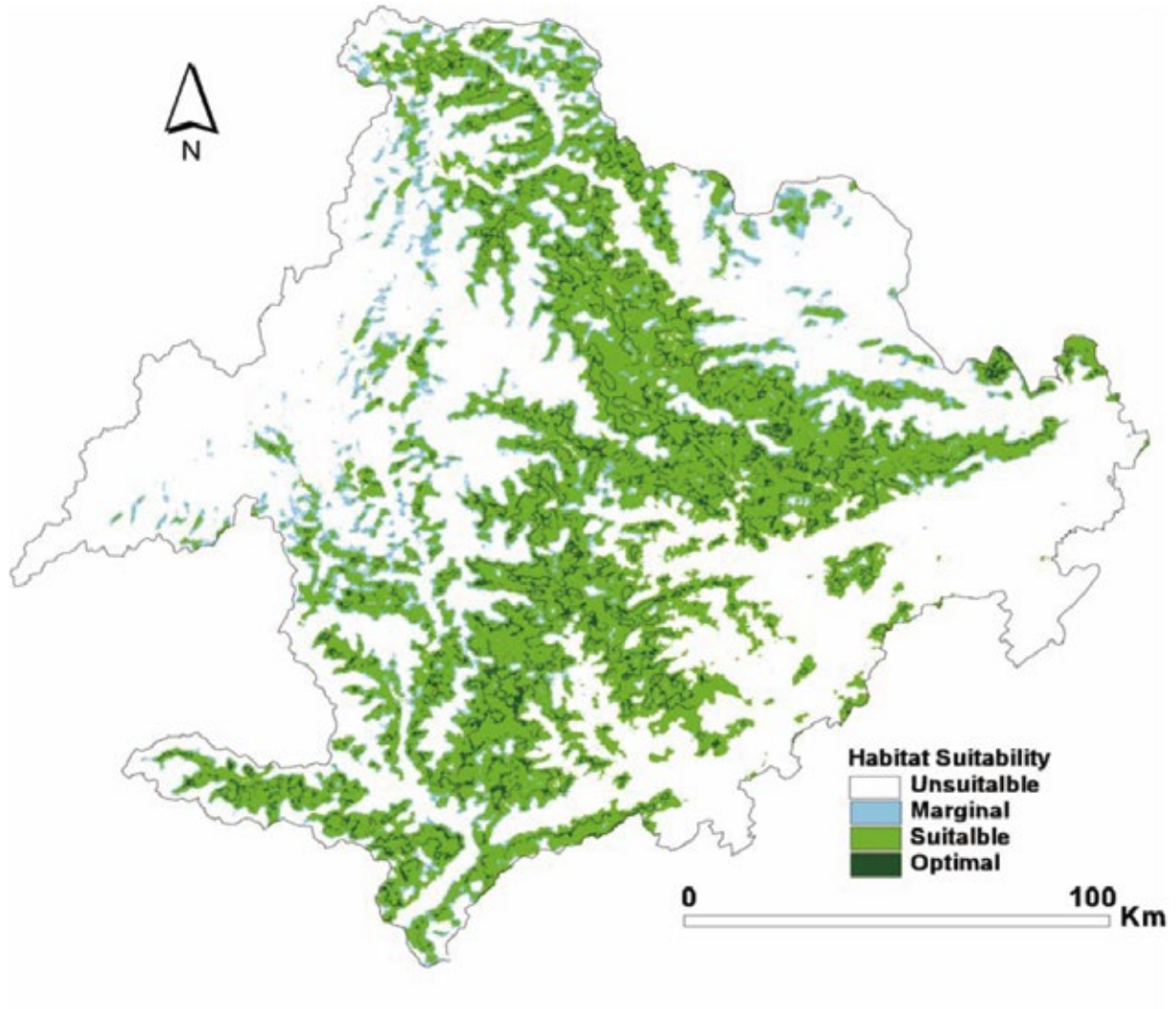


图 3-23 岷山山系大熊猫栖息地适宜性分布

Fig 3-23 The suitable habitat distribution of giant pandas in Minshan Mountains

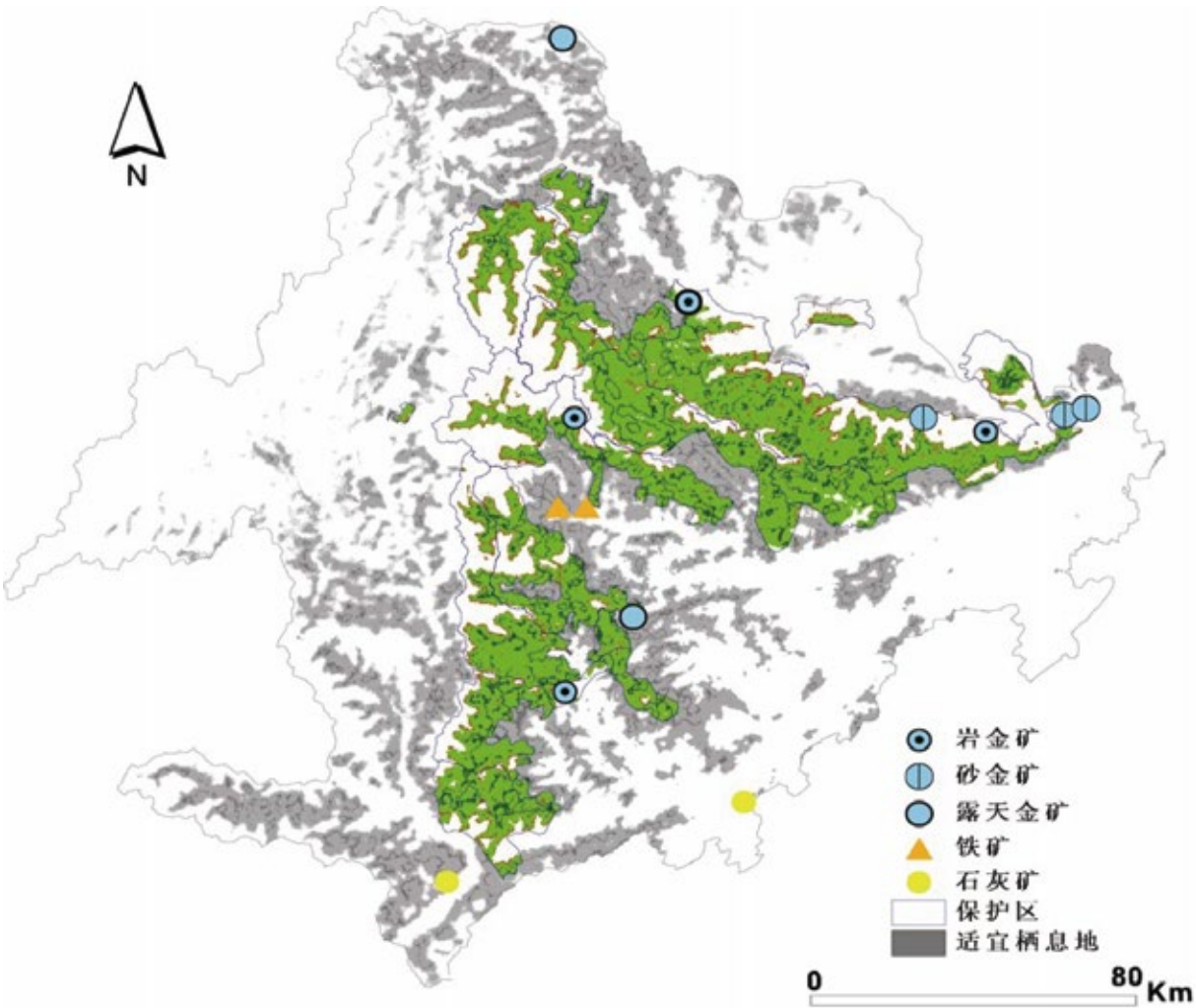


图 3-24 岷山山系保护区内大熊猫适宜性分布与矿产资源开发位点

Fig 3-24 The relationship between suitable habitat distribution of giant pandas and mining sighting in Minshan Mountains

尽管岷山保护区内含有多处大熊猫适宜栖息地，但是有近 40% 的大熊猫适宜栖息地处在自然保护区之外。由于岷山山系具有丰富的矿产资源，所以有多处矿产资源开发地点位于大熊猫适宜的栖息地内。因此，这些区域也是非常值得关注的。

3.6 金矿开采对大熊猫种群的影响

3.6.1 金矿开采对大熊猫种群的影响模式

尽管岷山具有较为丰富的大熊猫适宜栖息地，然而，当考虑各个金矿开采地点对大熊猫栖息地影响时，若矿区的影响距离为 2km，那么每个矿区将影响约 0.38km² 的最适宜栖息地，同时有

3.31km² 与 1.12km² 的适宜和次适宜栖息地；当矿区规模扩大影响范围为 5km 时，将有 26.32km² 的高质量栖息地（包括最适宜栖息地和适宜栖息地，分别为 3.48km²、23.34km²）受到影响；如果矿区规模相当大，影响距离为 10km 时，将有 120.32km² 的高质量栖息地（包括最适宜栖息地和适宜栖息地，分别为 14.46km²、105.86km²）受到影响（表 3-4）。因此，采矿对大熊猫栖息地影响是非常明显的，而且这种趋势随着采矿规模的扩大，受影响的大熊猫适宜栖息地也在扩大。

表 3-4 单个金矿开采区域对大熊猫栖息地适宜性的影响

Table 3-4 Suitable habitat loss by each of Gold mining in Minshan Mountains

栖息地适宜性 Habitat suitability	大熊猫栖息地影响的平均面积 (Km ²) Mean of habitat loss by each gold mining		
	2Km 影响范围 Distance within 2 km	5KM 影响范围 Distance within 5 km	10km 影响范围 Distance within 10 km
适宜 Suitable	3.69	26.82	120.32
次适宜 Marginal suitable	1.12	5.39	17.52
不适宜 Unsuitable	6.17	35.25	119.59

3.6.2 金矿开采对岷山大熊猫种群隔离的影响

金矿开采对大熊猫种群的影响主要体现在：对边缘小种群的影响（碧口金矿对尖山）、廊道（马脑壳金矿对连接岷山 A、C 种群）、核心栖息地影响（平武县老营坪金矿对岷山核心栖息地的影响）。

大熊猫隔离种群划分的原则是以人为活动的干扰造成栖息地隔离为基础。由于近几十年的人类活动（如公路的修建、农田和居民点的扩大、森林大面积的砍伐等）而造成了大熊猫栖息地的断裂，在短期内难以恢复其连接，因此亦划分为隔离种群，如岷山 A、B、C 种群。岷山山系大熊猫种群可以分为 3 个种群（即岷山 A、B、C 种群），以岷山 A 种群（青川、平武、松潘、北川、茂县宝顶沟自然保护区、九寨沟县的九寨沟、白河、勿角自然保护区范围内的大熊猫）数量最大，岷山 B 种群（千佛山、九顶山、白水河、龙溪虹口自然保护区范围内的大熊猫）和岷山 C 种群（九寨沟县的黑河、大录地区的大熊猫、甘肃迭部与舟曲）数量较少。岷山 A 种群与岷山 B 种群之间的最小隔离距离为 14.4km，隔离原因主要是沿茂县到北川公路沿线的森林采伐和人居及耕地面积的扩大；岷山 A 种群与岷山 C 种群之间的最小隔离距离为 29.3km，隔离原因主要是九寨沟林业局（原南坪林业局）的森林采伐和九寨沟环线旅游公路的修建。在岷山山系的边缘也出现了一些孤立分布点，如若尔盖的包座乡、九寨沟的黑河乡都是孤立分布点。

孤立分布的小种群中比较明显的有：尖山和曹家河两个小种群（图 3-25）。尖山栖息地是文县境内的另一块大熊猫栖息地，孤立于白水江北岸，大部分为文县尖山自然保护区的核心区。面积很小，仅 36.15km²。曹家河栖息地是甘肃省唯一属秦岭山系的一块栖息地，位于武都县枫香乡境内，范围

包括曹家河和周边的部分林区。面积也很小，仅 50.50km²，占甘肃省大熊猫栖息地总面积的 2.8%。

岷山 C 种群在全国第二次大熊猫调查时没有调查，而第三次大熊猫调查发现有大熊猫分布，但由于松潘至九寨沟的公路（九环线松潘至九寨沟段）已经将该栖息地与岷山 A 种群栖息地隔离，两栖息地之间的距离最短有 10km 左右，虽然其间森林在弓嘎岭山脊是相连的，但由于森林被九寨沟林业局大量采伐，现林下没有竹类，且公路车流量大，该区域已没有大熊猫分布，因此，基本造成了完全隔离。对 C 种群栖息地干扰来说，放牧这种干扰方式最为突出，其次是采伐虽然放牧较多，但影响最大的是采伐和因采伐需要而修建的公路。由于采伐已经使若尔盖的银青、抗美暂时失去了作为大熊猫栖息地的功能。只在与九寨沟大录乡接壤的森林中发现了大熊猫一年前采食竹类的食迹。可见采伐大大缩小了岷山 C 种群栖息地的面积。国家天然林保护工程实施后，当地部分村民又开始把偷猎作为创收的途径之一，对大熊猫栖息地影响发生变化。

由于栖息地及周边金矿开采项目的实施，给大熊猫栖息地带来负面影响是难免的，并且直接影响大熊猫的生存，特别是对一些种群数量少、分布较为分散的边缘小种群。这些项目的建设过程中将大规模地改变栖息地的自然状况和原始植被，破坏大熊猫栖息地和生态环境并且在建成后将带来人类活动频繁和区域的深度开发，如森林资源采伐、道路修建等，大熊猫栖息地因人类的金矿开采需要而被再分割，种群隔离现象将进一步加剧。

岷山种群受金矿资源开采影响较大，其中岷山 A 种群受到的影响较大，一些较大型的金矿开采就位于 A 种群所在区域，将进步增加该种群的破碎化程度。此外，C 种群中的边缘小种群也非常突出（图 3-25）。比如，插岗梁栖息地位于舟曲县境内，范围包括插岗乡嘎尔沟、片片沟和拱坝乡的张麻子沟。迭部栖息地也是甘肃省重要的大熊猫栖息地之一，位于甘南州迭部县多儿乡、阿夏乡境内，范围包括迭部县多儿沟的工布龙、后西藏和阿夏沟娄纳、兴达吕瓦、大板、克浪一线。

3.6.3 典型矿区分析—以马脑壳金矿对大熊猫种群的影响为例

马脑壳金矿位于四川省九寨沟县境内，与甘肃省南侧交界。矿区东起上马梁城沟，西至羊布梁沟，南起冬瓜树坝沟，北到羊布梁子南侧，面积约 7.5km²。地理坐标为：东经 104°02′—104°05′，北纬 33°38′—33°40′。矿区对外有 30km 简易公路与南坪—大录公路的水口坝相连，矿区至九寨沟县城 71km，距著名的九寨沟风景区 50km，距成都 480km，距宝成铁路昭化站 304km，交通较为方便。矿区矿床在川、甘边界南侧，属高寒山区，海拔高程 +2700—+3725m，相对高差 1000 余米，矿区盘山公路约 6km。九寨沟的大小河流均属嘉陵江水系，发源于松南交界的弓杠岭斗鸡台，都流入白水江。白水江在九寨沟县有 3 条主要支流，即白河、黑河、汤珠河，加上众多的小溪形成了嘉陵江支流白龙江上游的白水江水系。达舍沟从矿区流过，位于矿区坡下。该沟平均比降约为 20‰，矿区附近为 25‰，除降雨时流量较大外，5—10 月流量较稳定，平均流量为 1.7m³/s，最小流量约为 1.5m³/s。水质检测期实测流量为 1.6m³/s，平均流速为 1.5m³/s。矿区废水经达舍沟 22km 进入黑河然后进入白水江。

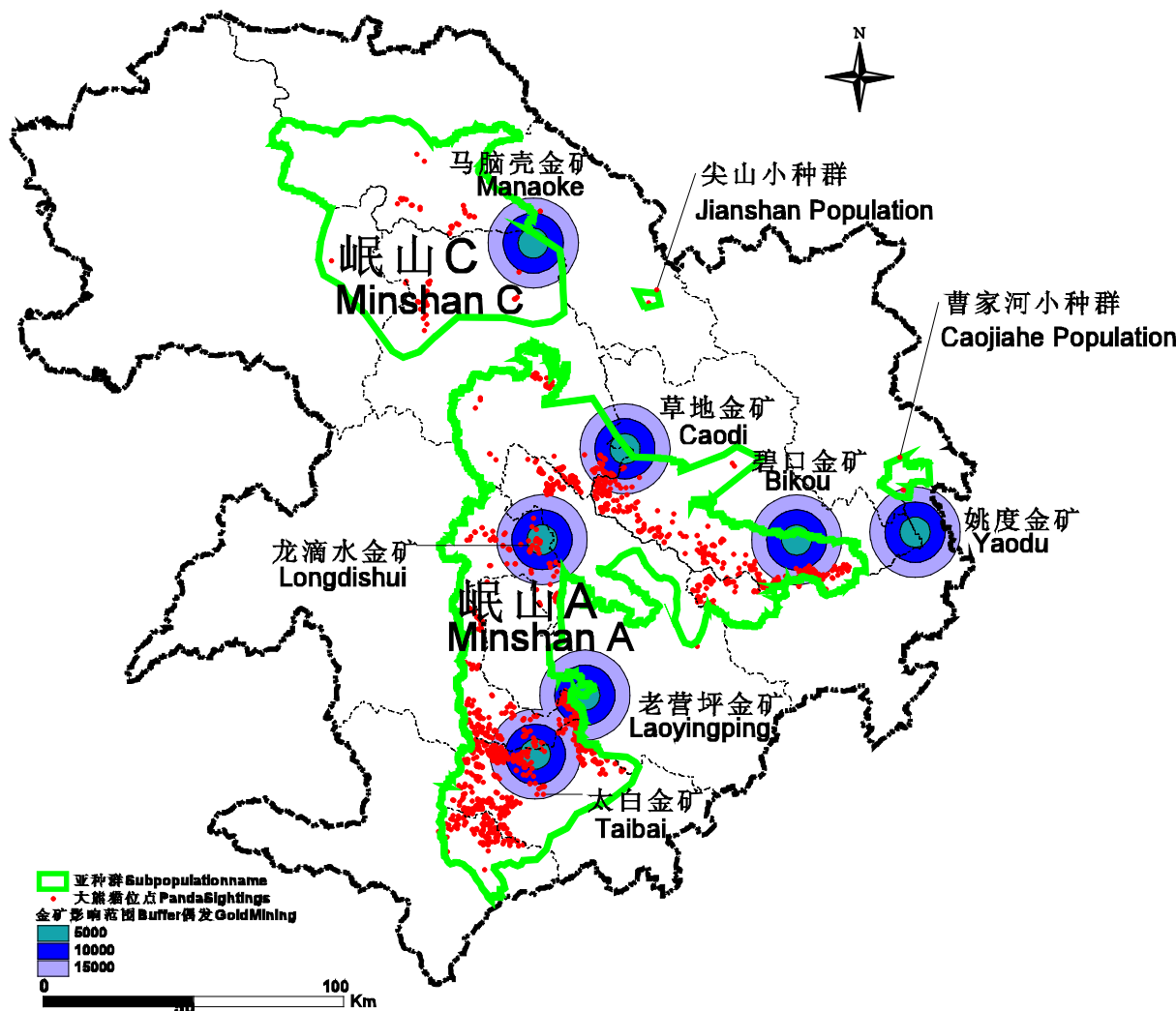


图 3-25 金矿开采对岷山山系大熊猫种群的影响

Fig 3-25 Effect for giant pandas population by gold mining exploitation in Minshan Mountains

四川九寨沟马脑壳金矿开发有限责任公司始建于 1996 年 2 月，历经 10 余年的开发建设，马脑壳金矿完成了一系列的地质研究，勘查评价、采矿、选矿、冶炼等技术改造工作，其矿山场地面积也形成了一定的规模（表 3-5）。2006 年完成采剥总量 330 万 m³，处理矿量 35 万 t，堆场规模扩大到 17000m³。

表 3-5 矿山场地面积

Table 3-5 The square of mining

场地 mining ground	面积（km ² ）
采矿场 exploited ground	0.669
公路 15km road for mountain climbing	0.144
山下场地 submontane ground	0.0166
废石场 mullock ground	0.24

马脑壳采矿分为东西两个开采区，各采区地势陡峭，矿体部分直接露出地表，采用水平阶段采矿方法，沿走向开采。金矿目前以露天开采方式，采用公路开拓汽车运输方案，柴油挖掘机铲装，矿石用汽车运至堆浸场，废石用汽车运至排土场。尾渣库区域内存放的物料主要为堆浸场存放的选冶尾渣。

在调查过程中发现，金矿在开采及生产过程中主要产生以下 3 方面的问题：1、为开采过程中所修建的辅助设施（如公路）；2 采矿过程中；3、生产过程中（表 3-6）。

表 3-6 开采过程中产生的问题

Table 3-6 The problem in exploitation

项目	面临问题
为开采过程中所修建的辅助设施（如公路）	砍伐周边林木，植被被破坏
采矿过程中	矿点周围森林受到破坏，水土流失严重，废石堆积严重，开采爆破过程空气污染、噪声干扰等，水体污染
生产过程中	尾矿渣、清洗废水对水体污染严重

随着生产规模扩大，露天剥采规模加大，每年剥土量达 300 万立方米以上，剥采区植被完全消亡。矿渣区及倾渣区由于不断进行倾渣，植被基本被矿渣压死。而开采区、矿渣区及倾渣区、矿山公路边界外 1000m 范围内的植被由于受到水土流失的影响也受到重度影响，大部分已死亡。其他地区由于离矿区开采作业地远，所以植被基本完好。

在采矿过程中，地表土层严重破坏、大量松散堆积物加之地形陡峭，水土流失加剧，植被生长困难。根据影响的程度将整个矿区域分为三个区域：严重影响区：矿渣场，开采区 0-2km，生物量减少 100%，区域完全被沙石覆盖。弱影响区：开采区边界外 2000-5000m 范围内，生物量减少 30%。轻度影响区：开采区边界外 5000-10 000m 范围内：其他区域，生物量减少 10%。由于矿区地处高寒山区，受地形陡峭、植被生长期短等因素的影响，在严重影响区，生态恢复极为困难。

矿山开采中对生态环境的保护不够，特别是对地表植被及地面水影响比较大，废石的堆放以及倾倒，已造成了部分景观与植被的破坏，堆放的废石废土已经大大的改变的原有的地质环境，使得土质变得疏松（图 3-26）。

据资料显示马脑壳金矿开采年限为 12 年，采剥总量为 1547 万 t，其中矿石与岩石的比例为 1:4.5，矿石量为 281 万 t。工程的弃渣主要由矿石堆浸处理后的尾矿渣与开采剥离的废石组成。根据矿区生产能力，年产渣量 21.59 万 t；每年产生采矿废石（含表土）104 万 t。目前开采规模已经达到 500 万 t，必须立即规划新的弃渣场。由于马矿处于一个比较偏远的无人区，目前矿山对排土场没有再利用规划，对弃渣没有相应的处理措施，造成了原来生态环境的破坏，不利于生态的恢复工作。

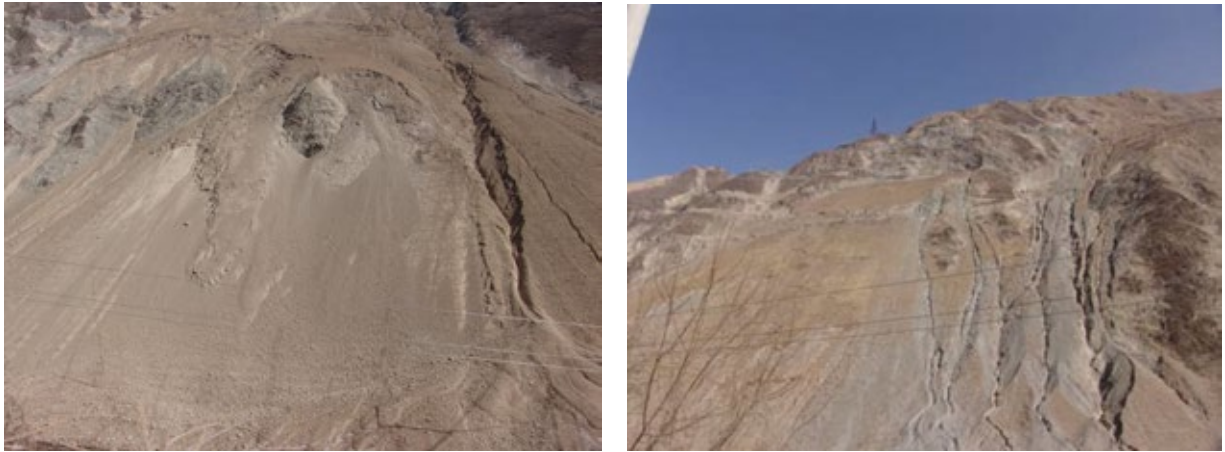


图 3-26 马脑壳金矿开采过程中水土流失状况

Fig 3-26 Water and soil loss by exploitation in Manaoke gold mining

我们特别利用马脑壳金矿开采区域植被分布图说明 3 个历史时期植被变化，可以从图上可以清楚看到，马脑壳金矿区域针叶林和针阔混交林都有明显减少，而灌丛和裸地则有明显增加（图 3-27）。

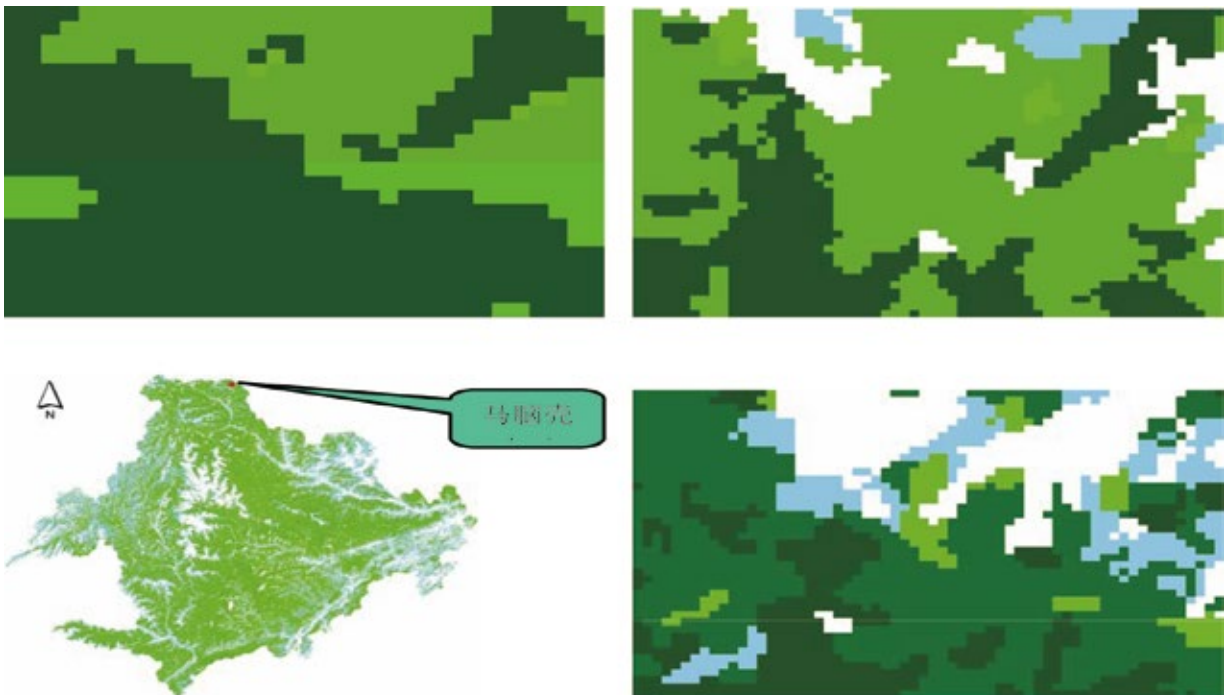


图 3-27 马脑壳金矿区域植被变化图

Fig 3-27 The component vegetation cover of Manaoke gold mining in three period

同时，由于马脑壳金矿地处岷山 C 种群与 A 种群交界之处，是连接岷山 A、C 种群的关键地带，连接岷山 A 种群与 C 种群（图 3-28）。该地域现有九寨沟－黄龙公路穿过，并拟建九寨沟－黄龙高速公路，由于该路线是四川省旅游发展的重点地段，旅游活动对该区域的影响有加大的趋势，需

重点保护和合理建设。目前，该区域的植被是连接的，但林下的竹类由于 1980 年代开花枯死至今没有恢复，还没有发现有大熊猫活动的痕迹。尽管有的矿点开采已经基本废弃（如龙滴水金矿），然而，在本次调查以及监测巡护中并未在此区域发现大熊猫活动痕迹，因此，可以考虑人工恢复的方法恢复大熊猫栖息地植被，以减少开矿区域对大熊猫种群的影响；

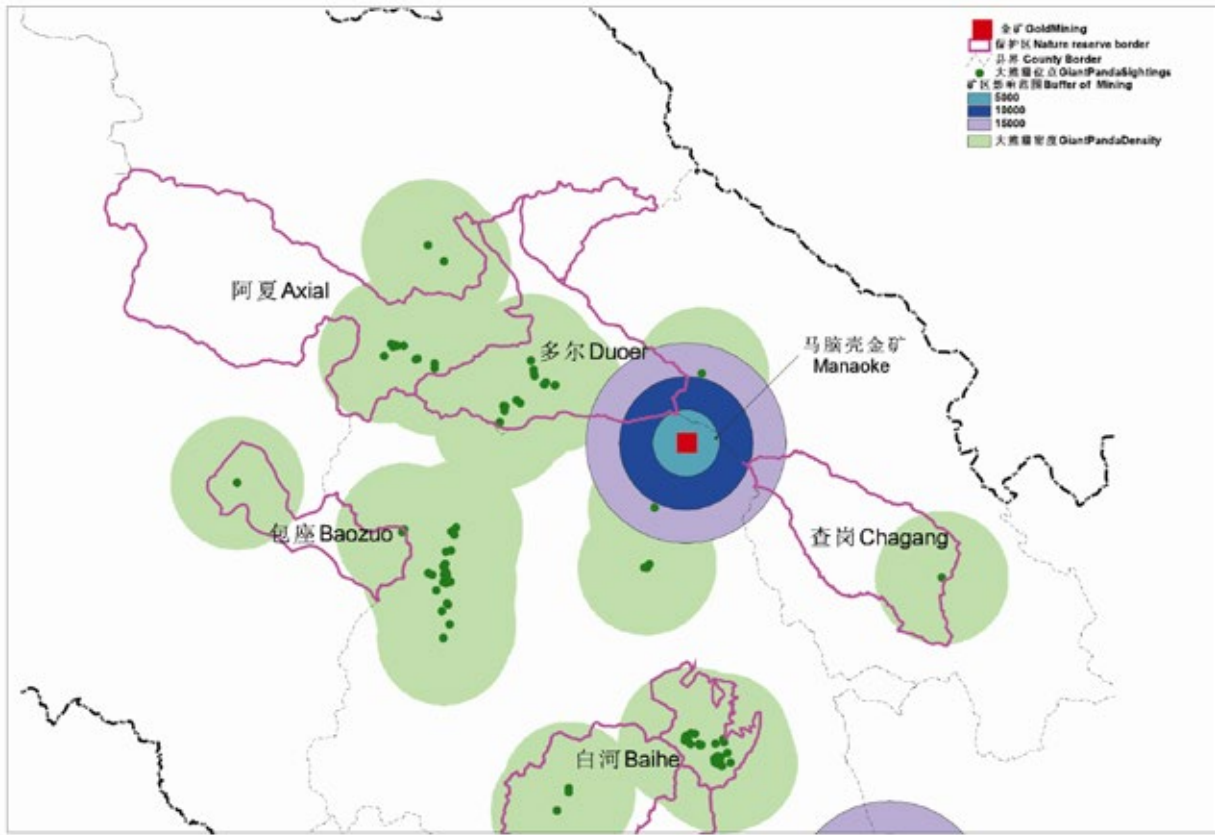


图 3-28 马脑壳金矿对岷山 A 和 C 种群的影响

Fig 3-28 The effect for population A and C of Minshan by Manaoke gold mining

3.6.4 金矿开采对岷山山系大熊猫保护区网络的影响

应以完整保护大熊猫栖息地和野生大熊猫种群为主要目的。为更有效地保护大熊猫的栖息地，应尽可能将已建成的多个大熊猫自然保护区连在一起形成大熊猫自然保护区群，并由大熊猫走廊带相衔接进而形成面积更大、功能更完整的大熊猫自然保护区网络（大熊猫自然保护区群带）。

目前岷山大熊猫自然保护区已经相互连成大熊猫自然保护区群，成为大熊猫栖息地中植被保护最好、管理程度最高、科研成果最多的保护地域主体。大熊猫走廊带是连接几个孤立大熊猫种群之间的生物廊道，用来解决大熊猫个体之间的遗传物质交流。由于环境和竹子状况较好，很多大熊猫个体都能在自然保护区内生息繁衍应当说大熊猫自然保护区网络的生态效益，不只是简单的几个保护区效应相加而是效应的叠加或倍加。实际监测也表明，大熊猫自然保护区群带范围内的大熊猫种群数量不仅是几个大熊猫自然保护区内大熊猫个体数量的相加，而是数量不断增加和种群相当稳定的效果体现。

然而,通过调查发现,在平武县,老营坪金矿位于雪宝顶保护区管辖范围内,也是岷山大熊猫栖息地核心区域,并且这一区域是连接岷山北部与南部大面积栖息地的关键地带。太白金矿位于小寨子沟管辖范围内;龙滴水金矿位于新建龙滴水保护区管辖范围内;胃尔沟金矿位于白水江管辖范围内;草地金矿位于白水江保护区的边缘(图 3-29)。

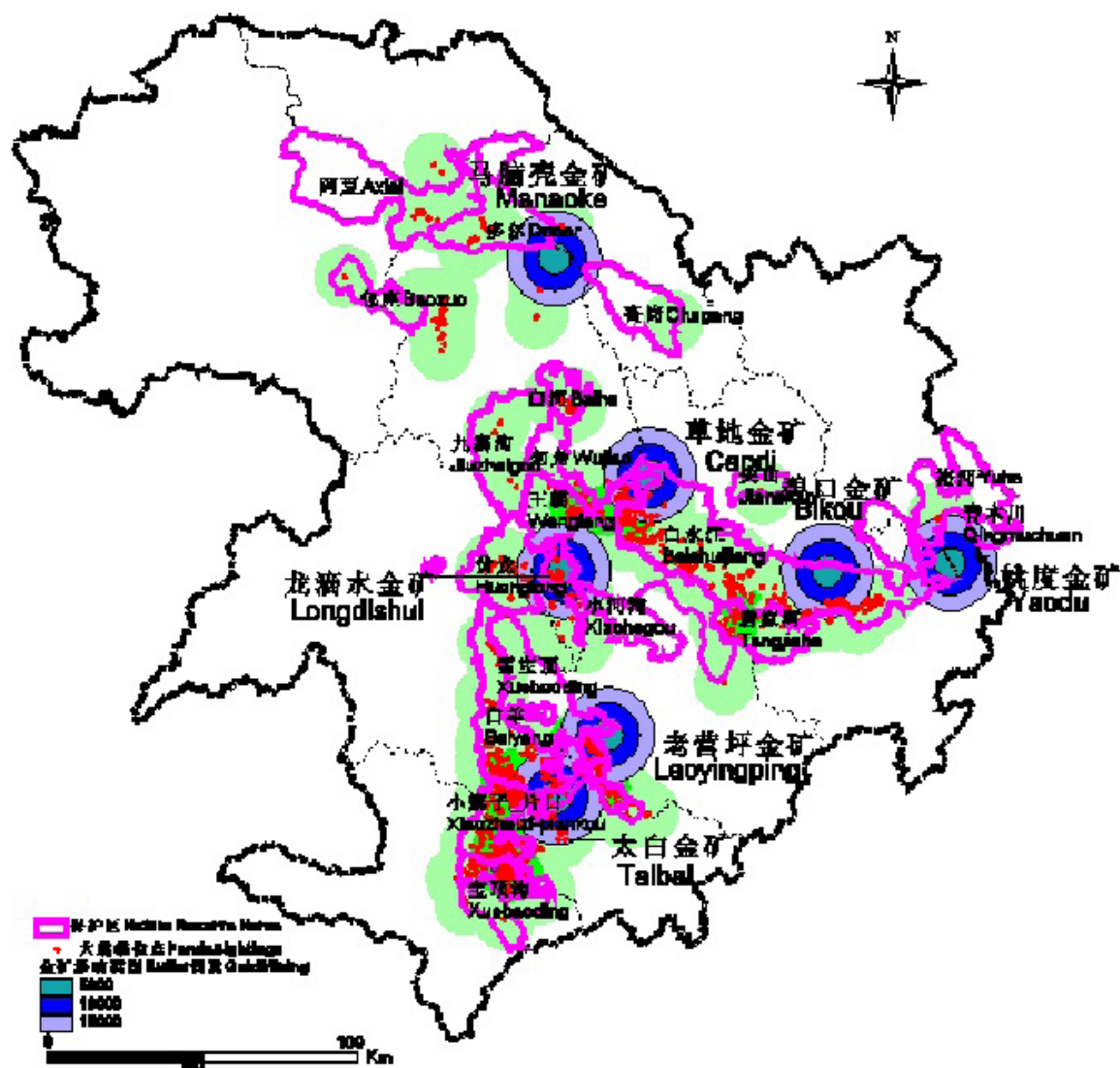


图 3-29 岷山山系保护区网络内金矿开采的影响

Fig 3-29 The effect for nature reserve network by gold mining

金矿开采区域对大熊猫边缘小种群的影响是较为突出的问题。以碧口砂金矿为例，该金矿位于文县境内，是连接白水江保护区裕河保护区大熊猫种群的关键地带。裕河保护区孤立干白水江北岸，面积很小。碧口金矿属于较大型金矿，因此，其影响范围按 5km 计算，该金矿将影响约 26.32 Km² 的高质量栖息地。如果碧口金矿开采进一步扩大或持续，将对这一小种群（估计种群数量仅为 2 只个体）产生致命的影响。

金矿开采区域对重要大熊猫走廊带的影响也是较为明显的。比如，马脑壳金矿位于九寨沟县的与若尔盖县的交界区域，而此处亦为连接岷山 A 与 C 种群的重要地带。位于岷山山系北部的 C 种群仅有大熊猫数量 26 只，包括甘肃迭部、舟曲，四川九寨沟的黑河、若尔盖的巴西、求吉等地因公路修建和南坪林业局采伐而导致的呈零星分布的隔离种群。马脑壳金矿的开采无疑对保护该种群以及保存与岷山 A 种群关键栖息地将产生深远的影响。通过我们的调查发现，马脑壳金矿属于大型露天金矿、深入林区，因此其影响范围将达到 10km 的距离，其受影响大熊猫较为适宜栖息地将达到约 120 Km²。

金矿开采区域对岷山大熊猫核心栖息地影响。大熊猫核心栖息地主要指岷山大熊猫 A 种群，是岷山大熊猫种群的主体，也是现存最大的野生大熊猫种群。同时，在该区域分布有较多的矿产资源（包括金矿、铁矿等），对该区资源的开采将会影响整个大熊猫种群生存。例如，雪宝顶保护区内的老营坪金矿开采。

4. 结论与建议

基于以上分析，我们得出以下几点结论：1、当金矿开采发生时，针叶林与针阔混交林受影响，覆盖面积较开采前小，景观破碎化加剧（表现为缀块密度增加、景观形状指数增加）；2、金矿对大熊猫栖息地植被影响特点具有随着矿点距离增加其影响越弱，景观破碎化程度也愈弱；3、就开矿模式而言，开采方式的不同对栖息地影响亦不相同，其中以砂金矿影响最大，周围的植被变化率最大，其次为地下金矿；4、岷山区域有 35.93% 为大熊猫适宜栖息地，而保护区网络中适宜栖息地比例为 61.29%；5、每个金矿开采区域影响较多大熊猫适宜栖息地，小型矿（影响距离 2km 范围）将影响大约 3.69 km² 高质量栖息地（包括最适宜栖息地和适宜栖息地），中型矿（影响距离 5km 范围）将影响大约 26.32 km² 高质量栖息地，而大型矿（影响距离 10km 范围）则影响大约 120.32 km² 高质量栖息地。

大熊猫保护以完整保护大熊猫栖息地和野生大熊猫种群为主要目的。为更有效地保护大熊猫的栖息地，应尽可能减少人为干扰（开矿、公路、薪材采集等）。基于本项目金矿开采对大熊猫栖息地影响的研究，提出以下建议：

1、在大熊猫分布区进行矿产开采时，应充分考虑开采地点与大熊猫栖息地（特别是适宜气息）的位置关系，开矿地点应避免较大的大熊猫栖息地景观缀块，如马脑壳金矿；2、就金矿开采模式来讲，由于砂金矿对大熊猫栖息地影响最大，因此，应严格避免在大熊猫重要栖息地内进行此类金矿开采；3、由于金矿开采规模对大熊猫适宜栖息地影响产生重要影响，开采规模越大影响越大。因此，应在大熊猫分布严格控制金矿开采规模。4、在金矿开采过程中，应严格控制矿区植被破坏，应采取一定措施（如边开采边恢复的方式），对矿区开采所破坏的林地缀块进行及时恢复，尽量将矿区开采的影响降至最低。在研究区域内各种类型森林植被均有所减少，其中针叶林面积随着金矿开采的加剧最为明显，至 2002 年减小至仅为总面积 16.41%，而在 1990 年为 26% 多；相比较而言，

针阔混交林和阔叶林则有所较少,但不是特别明显;随着森林植被减少,灌丛和农田耕地等类型植被则有所增加,表明减少的森林植被由于金矿的开采使得地表植被受到较大的损害。5、对地处关键区域(走廊带)的矿区,在矿区开采阶段,在施工时间选择上应避免大熊猫种群迁徙或扩散的时段(如4-5月份),因为在这一时期雄性大熊猫为参与繁殖而长距离迁徙,同时雌雄性大熊猫完成交配期。施工时间应避免晨昏时间,因为大熊猫属于晨昏型活动规律;在重要的大熊猫走廊带应避免进行矿产资源开采(如马脑壳金矿位于连接岷山A、C种群的重要连接带),以减少对大熊猫种群交流的影响;6、矿产资源开采对大熊猫栖息地破坏影响极大,通过对比表明,建立大熊猫自然保护区对保护大熊猫野生种群及其栖息地作用十分巨大。因此,在保护区管理方面,应加强对保护区内矿区资源的监管,减少或杜绝在保护区内进行的金矿资源的开采(如雪宝顶保护区内老营坪金矿资源开采应严格进行其管理)。

参考文献

- 胡锦涛,夏勒,潘文石,朱靖. 1985. 卧龙的大熊猫,成都:四川人民出版社.
- 胡锦涛. 2001. 大熊猫研究. 上海:上海科技教育出版社.
- 肖笃宁,李秀珍,高峻. 2003. 景观生态学. 北京:科学出版社.
- 欧阳志云,李振新,刘建国,安力等, 2002, 卧龙自然保护区大熊猫生境恢复过程研究,生态学报, 22(12): 1840-1849
- 邬建国 2004. 景观生态学中的十大研究论题 生态学报 24: 2074-2076
- 邬建国 2007. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级(第二版). 北京:高等教育出版社.
- Freemark, K., Bert, D., Villard, M., 2002. Corridors and species dispersal. In: Gutzwiller, K.J. (Ed.), Applying landscape ecology in biological conservation. Springer, New York, pp.84-104.
- Grumbine, E.R. 1994. What is ecosystem management? Conservation Biology, 8, 27 - 38
- Guisan, A., Thuiller, W. 2005. Predicting species distribution: offering more than simple habitat models. Ecology Letter, 8, 993-1009.
- Hirzel, A.H., Hausser J., Chessel D., Perrin N. 2002. Ecological-niche factor analysis: how to compute habitatsuitability maps without absence data? Ecology, 83, 2027-2036.
- Li H., Reynolds J.F. 1995. On definition and quantification of heterogeneity. Oikos, 73, 280-284
- Johannesen, E., Andreassen, H.P., Ims, R.A., 2000. Spatial explicit demography: the effects habitat patch isolation have on vole matriline. Ecology Letters, 3, 48-57.
- Loucks C.J., Lu Z., Dinerstein E., Wang H., Olson D.M., Zhu C., Wang D. 2001. Giant pandas in a changing landscape. Science, 294, 1465.

Luck M., Wu J. 2002. A gradient analysis of the landscape pattern of urbanization in the Phoenix metropolitan area of USA. *Landscape Ecology*, 17, 327–339.

Merriam, G., Lanoue, A., 1990. Corridor use by small mammals: Field measurements for three experimental types of *Peromyscus leucopus*. *Landscape Ecology*, 4, 123–131.

O’ Brien S.J., Pan W., Lu Z. 1994. Pandas, people and policy. *Nature*, 369, 179–180.

Primark, R. 1998. *Essentials of conservation biology* (2nd ed.). Sinauer Associates Inc.

Reid D.G., Hu J. 1991. Giant panda selection between *Bashania faberi* habitats in Wolong Reserve, Sichuan, China. *Journal of Applied Ecology*, 28, 228 – 243.

Schaller, G.B., Hu, J., Pan, W., Zhu, J., 1985. *The giant pandas of Wolong*. Chicago: Chicago, University Press.

Scott J.M., Heglund P.J., Morrison M.L., Haufler J.B., Raphael M.G., Wall W.A., Samson F.B. 2002. *Predicting species occurrences: issues of scale and accuracy*. Island Press, Washington.

Verboom J., Metz J.A.J., Meelis E. 1993. Metapopulation models for impact assessment of fragmentation. In: Vos C.S. and Opdam P. (eds), *Landscape Ecology of a Stressed Environment*. Chapman & Hall, London, pp. 172 – 191.

Wei F., Feng Z., Wang Z., Hu J., 2000. Habitat use and separation between the giant panda and the red panda. *Journal of Mammal*, 80, 448 – 455.

Yu, G., Jiang, Z., Zhao, Z., Wang, B., Wang, Y. 2003. Feeding habitat of giant pandas (*Ailuropoda melanoleuca*): why do they prefer bamboo patch edges? *Journal of Zoology*, 261, 307–312.

兰渝高速公路、铁路对岷山和洋太公路对秦岭大熊猫及其栖息地的影响研究

摘 要

公路和铁路等基础交通设施在经济建设和社会发展中起重要作用。在当前进一步扩大内需促进经济增长的背景下,我国的交通设施建设迎来新的高潮,势必对野生大熊猫这一珍稀物种的生存环境造成不可逆转的影响,从而给野生大熊猫保护带来新的挑战。为有效评估道路建设对野生大熊猫产生的影响,更好地为大熊猫分布区的道路规划和大熊猫保护提供有益建议,本课题以兰渝高速公路/铁路、洋太公路和秦岭地区道路网为例,运用地理信息系统技术,通过野外实地调查、景观格局对比分析、生境质量对比评价等方法,评价了上述道路(网)对大熊猫活动及其栖息地产生的影响。研究主要结论如下:

1、兰渝高速公路/铁路穿越了西秦岭山系的青木川+曹家河大熊猫栖息地,该区域与秦岭主山系、岷山山系大熊猫存在较大程度的地理隔离。兰渝高速公路/铁路在该区域主要以隧道形式修建,且道路沿线两侧150 m范围内植被并非大熊猫的可利用的生境类型(竹子样方比例分别为7%和16%,竹子盖度均低于5%)。因此,兰渝高速公路/铁路对大熊猫及其栖息地的影响十分微弱。

2、洋太公路穿越了秦岭主山系的牛尾河大熊猫栖息地和太白山+兴隆岭大熊猫栖息地的结合部。洋太公路对大熊猫的影响主要集中在苏家沟林场-黄柏塬乡-二郎坝路段,该路段多次发现大熊猫出没,是牛尾河与太白山+兴隆岭大熊猫种群交流的必经之地。该路段两侧植被类型主要为落叶阔叶林和针阔混交林,竹子样方比例达69%。洋太公路穿越了约9.4 km长的大熊猫生境(主要指森林植被类型),使大熊猫生境面积减少约0.7 km²,并且使公路两侧500 m范围内的生境比例由29%下降为28%。公路建设同时使大熊猫生境的破碎化程度加大,最大生境斑块面积比例由9.9%下降为9.3%,生境斑块平均面积由0.65 km²下降为0.59 km²。公路建设对整体景观格局的影响在距道路两侧300 m处最大。

3、道路网叠加前,秦岭地区大熊猫的适宜生境面积约1560.87 km²,次适宜生境面积约1498.55

报 告 作 者: 李俊生

报告合作单位: 中国环境科学研究院

报告完成时间: 2009年9月

km²，不适宜生境面积约 18055.40 km²。道路网叠加后，大熊猫适宜生境面积下降为 1093.32 km²，减少约 30%，次适宜和不适宜生境面积均有所增加。在 634.33 km² 的退化生境面积中，有 414.01 km² 的适宜生境转化为次适宜生境，占退化生境面积的 65.3%。大熊猫活动痕迹点数量与生境面积存在显著的相关性（ $R^2=0.447$ ， $P<0.01$ ）。在 5 km × 5 km 大小的网格内，至少要保证生境面积 ≥ 10.10 km²，才可能出现大熊猫活动痕迹点。由此最小生境面积推断出道路网建设后，秦岭地区大熊猫的理论种群容纳量由 240 只下降为 217 只。

4、大熊猫保护对策：

（1）虽然兰渝高速公路\铁路对大熊猫及其栖息地的影响微弱，但由于道路施工期对植被的破坏较大，仍需加强对施工期所产生的大量废土石堆放处理的监督，以尽可能保护该区域的自然植被。

（2）现阶段由于洋太公路未完全贯通，车流量较小，沿线的人居活动干扰相对较弱，因此，苏家沟林场—黄柏塬乡—二郎坝沿线相对频繁地发现有大熊猫出没。待洋太公路完全贯通后，公路上的车流量将加大，并可能带来旅游开发等间接人类活动，若不加强管理，势必会影响大熊猫的种群交流，加剧两块栖息地之间的隔离程度，甚至可能造成牛尾河与太白山+兴隆岭两块大熊猫栖息地之间的完全隔离。因此建议：①控制车流量，在大熊猫出没较多的地段设置大熊猫通道；②加强对大树坪大熊猫走廊带及二郎坝大熊猫走廊带的监管，同时把苏家沟林场至大树坪之间路段两侧区域建立为大熊猫走廊带，并把沿线大熊猫活动及其栖息地保护纳入陕西省的大熊猫监测工作计划中；③扩建黄柏塬自然保护区范围，把大树坪大熊猫走廊带区域及其西北侧的大树坪至苏家沟林场之间的区域一并纳入其扩建范围内。这样有助于大熊猫栖息地的恢复与有效保护，也有助于道路两侧大熊猫种群的交流与扩散；④在已建及拟建的大熊猫走廊带区域的道路两侧设立减速警示牌，提醒过往车辆已进入大熊猫活动区域，需减缓车速行驶以避免伤害大熊猫。同时在各个弯道处设立反光镜，利于司机观察前方路况，避免与大熊猫相撞；⑤严格控制道路沿线的旅游开发等间接干扰因素。

（3）道路网造成的大熊猫生境退化主要发生在那些海拔较高、森林覆盖程度较高的区域。由洋太公路与兰渝高速公路/铁路的比较可知，道路选线对大熊猫的影响最大，因此建议：①在全国第三次大熊猫调查确定的大熊猫栖息地范围内，禁止规划或修建高速公路、国道和省道，其它低等级公路也应严格控制；②公路选线应尽量沿山谷、河流等低海拔区，同时避免穿越大面积的森林斑块，必要路段不论道路等级高低均须采用隧道方式修建；③对已造成生境退化的道路，要严格控制道路车流量及开矿、旅游等间接影响，及时对道路两侧的大熊猫生境进行恢复，同时加强对周边大熊猫活动的监测。

前 言

加快铁路、公路等重大基础设施建设是当前进一步扩大内需促进经济增长的一项重要举措。截至 2008 年 11 月 12 日,国家已批准的新建铁路里程有 2.3 万公里、投资规模超过 2 万亿元。根据《中长期铁路网调整规划》,2020 年全国铁路营业里程将由目前的 7.8 万公里左右发展到 12 万公里以上。按照《国家高速公路网规划》,中国国家高速公路规划网络也是一项庞大的工程,计划用 30 年的时间完成,静态投资将达两万亿元人民币;而今明两年的高速公路建设也预计每年新增高速公路里程在 3000 公里左右。然而,公路和铁路网的迅速扩张,不仅限制了许多物种的移动,减少了动物种群之间的连通性,也阻碍了隔离种群间的基因流动,导致动物种群的遗传多样性迅速下降 (Trombulak & Frissell, 2000; Underhill & Angold, 2000; Epps et al., 2005)。因此,道路对野生动物的影响日渐受到重视 (殷宝法等, 2006)。道路和交通对野生动物及其生境的影响是多方面的,从直接的栖息地被破坏至破碎化与丧失,到影响生态系统的理化特性,造成动物的道路致死等等 (Spellerberg, 1998; 李俊生等, 2009)。

大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 是我国的特有珍贵野生动物,有“国宝”和“活化石”之称,被列为国家 I 级重点保护野生动物和《濒危野生动植物种国际贸易公约》(简称 CITES 公约)附录 I 物种,是我国乃至全球野生动物保护战线的旗舰物种,其种群数量和栖息地质量是我国生物多样性保护工作的重要体现。尽管随着 1992 年我国政府启动的“中国保护大熊猫及其栖息地工程”以及大批保护区的建立,野生大熊猫及其生境得到了有效的恢复和保护,但是,目前野生大熊猫生存仍然面临许多困难与挑战,从宏观角度来讲,大熊猫的分布格局没有多大变化,仍然分布于被隔离的多个生境单元中,各单元之间存在着许多保护空缺 (龚明昊, 2009),以岷山地区为例,约有 45% 的核心生境仍然处于保护区之外 (Shen GuoZhen, et al., 2009)。从影响大熊猫的因素来说,森林采伐、挖药、偷猎、耕作等传统人为干扰因素仍然存在,基础设施建设、旅游开发、气候变化、矿山开发等新的威胁因素逐渐突出,必将继续导致大熊猫生境面积缩减、生境破碎化程度增加,从而极大威胁野外大熊猫的生存。

基于上述状况,本课题以兰渝高速公路/铁路、洋太公路和秦岭地区道路网为例,通过研究它们对大熊猫及其栖息地的影响,科学、客观地评价上述道路(网)修建可能对所在区域内大熊猫种群及其生境的影响,以期为大熊猫栖息地保护、大熊猫栖息地道路建设规划与环境评价等提供参考或依据。

1. 研究区概况

兰渝高速公路 / 铁路系指自北向南连接甘肃省兰州市至四川省重庆市之间的高速公路 / 铁路，洋太公路系指自北向南连接陕西省太白县县城至洋县县城之间的公路，途经太白县的苏家沟林场、黄柏塬乡与二郎坝乡及洋县的平堵乡与华阳镇。兰渝高速公路 / 铁路、洋太公路的大致线路与全国大熊猫分布县的关系如图 1-1 所示：

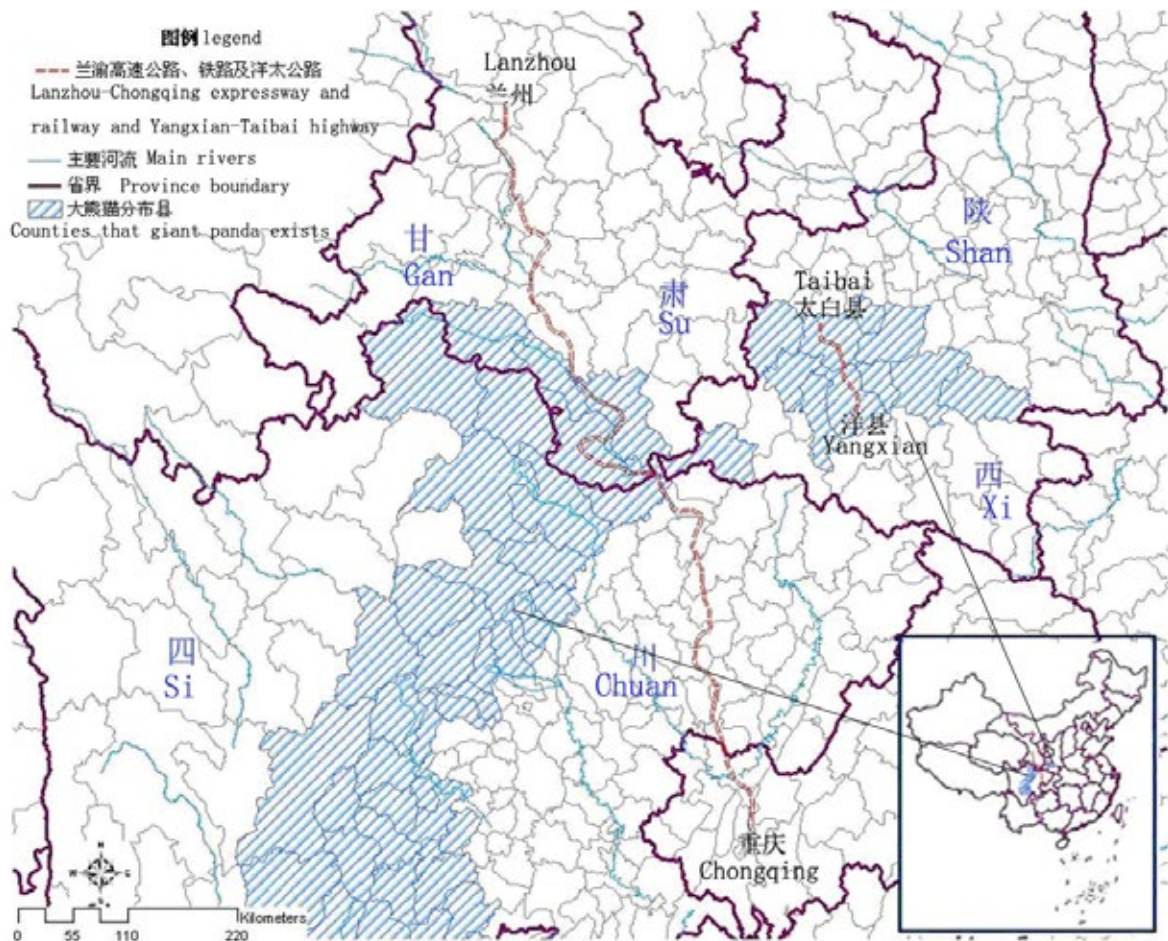


图 1-1 兰渝高速公路 / 铁路、洋太公路大致路线和全国大熊猫分布县位置示意图

Fig. 1-1 The spatial location of Lanzhou-Chongqing expressway and railway and Yangxian-taibai highway and counties which giant panda exists

1.1 兰渝高速公路 / 铁路

兰渝公路与铁路沿线自甘肃省宕昌县至四川省青川县姚渡镇辖区一段 [简称兰渝道路（公路 / 铁路）中段] 与大熊猫的栖息地及潜在栖息地有一定的关系。该线段穿越的及其附近的大熊猫栖息地均为斑块状栖息地，从东到西分别为青木川 + 曹家河栖息地、白水江（岷山）栖息地、尖山栖息地和插岗栖息地（图 1-1），这些道路沿线的周边栖息地之间均存在着明显的地理隔离；前一块栖息地上分布的大熊猫属西秦岭山系大熊猫，后三块栖息地上的大熊猫属岷山山系大熊猫（国家林业

局，2006）。虽然兰渝公路 / 铁路中段在大熊猫的陕西青木川 + 甘肃曹家河栖息地与甘肃白水江（岷山）栖息地之间穿行，即在不同山系大熊猫分布区之间穿行，所造成的影响可能不大；但由于它们还直接穿越了青木川 + 曹家河大熊猫潜在栖息地，相关线段值得关注（图 1-2）。大熊猫潜在栖息地的定义为：与大熊猫栖息地相连、有适于或比较适于大熊猫生存繁衍的生境条件、以往有或可能有或从来无大熊猫分布但通过加强管理能使大熊猫在未来 10-15 年内有可能扩散过来的地域（国家林业局，2006）。



图 1-2 兰渝高速公路 / 铁路沿线及周边大熊猫栖息地状况

Fig. 1-2 The distribution of Lanzhou-Chongqing expressway and railway and giant panda's haibitat

从大熊猫的分布状况来看，兰渝高速公路 / 铁路中段的洛唐镇至姚渡镇一线的东北侧紧邻或穿越了大熊猫的低密度（0.001~0.015 只 / km²）分布区，而它们的西南侧远处则均是大熊猫的中密度

（0.015~0.065 只 /km²）和高密度（> 0.065 只 /km²）分布区（图 1-3）。资料显示，兰渝道路中段沿线及附近所在的陕西省宁强县、甘肃省武都县、文县和舟曲县分别分布有大熊猫 2 只、2 只、103 只和 1 只（国家林业局，2006）。

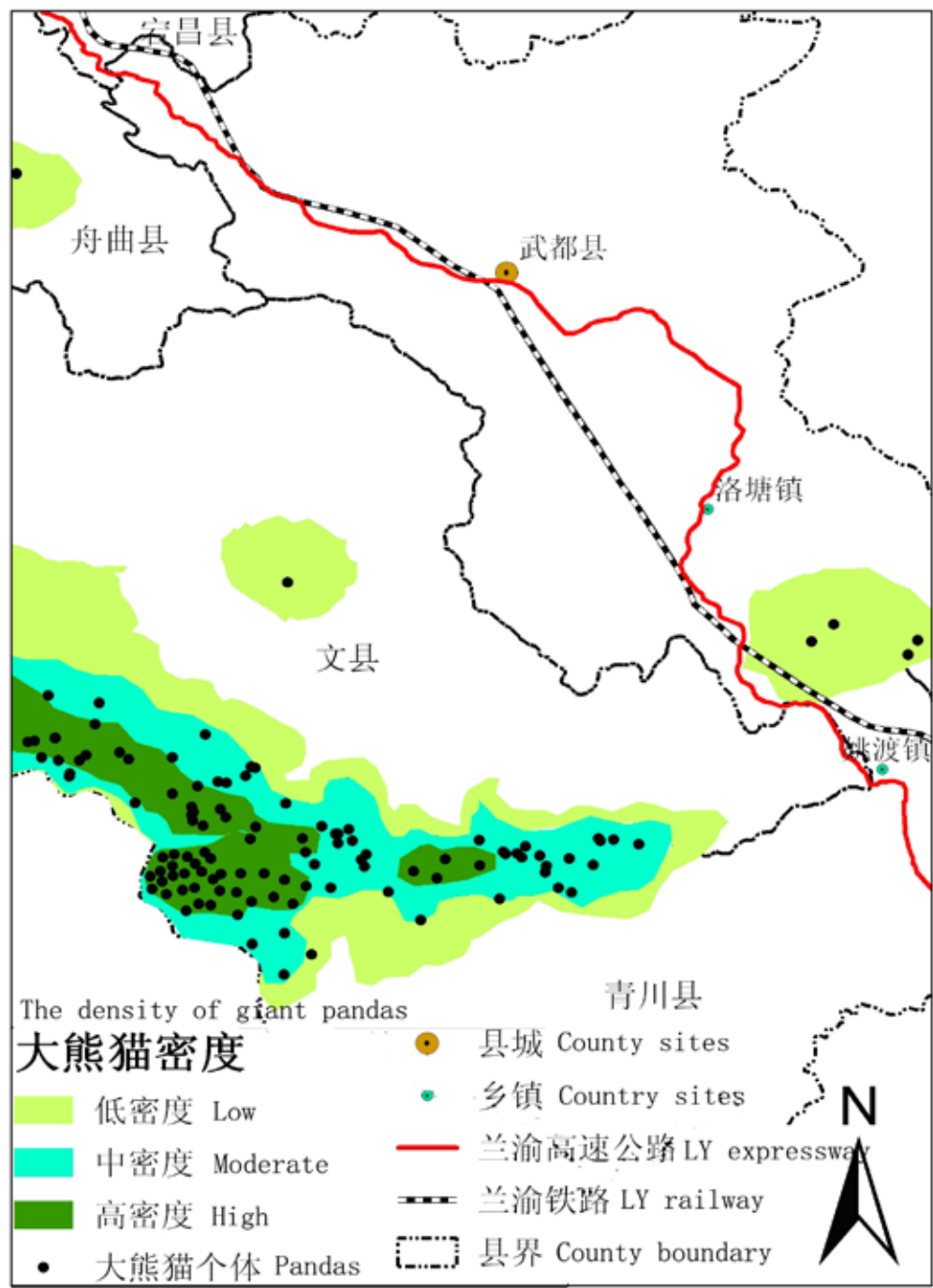


图 1-3 兰渝公路与铁路沿线周边大熊猫分布状况

Fig. 1-3 The distribution of Lanzhou-Chongqing expressway and railway and giant pandas

为保护珍稀濒危的国宝大熊猫，我国在兰渝道路中段沿线及附近建立了 6 个自然保护区，包括陕西青木川自然保护区、四川毛寨自然保护区、甘肃裕河自然保护区、甘肃白水江国家级自然保护区、

甘肃尖山保护区及甘肃插岗自然保护区(图 1-4)。在这些区域的大熊猫栖息地上分布有大熊猫 108 只,其中白水江保护区内分布的大熊猫数量达 102 只,在青木川、毛寨和裕河 3 个保护区范围内分布有 4 只大熊猫,其余 2 个保护区各分布有 1 只大熊猫(图 1-4; 国家林业局, 2006)。

由于种群数量较小,青木川+曹家河栖息地、尖山栖息地与插岗栖息地上的大熊猫都属于小种群。这些小种群将来灭绝的危险都比较大(孙儒泳, 2001)。

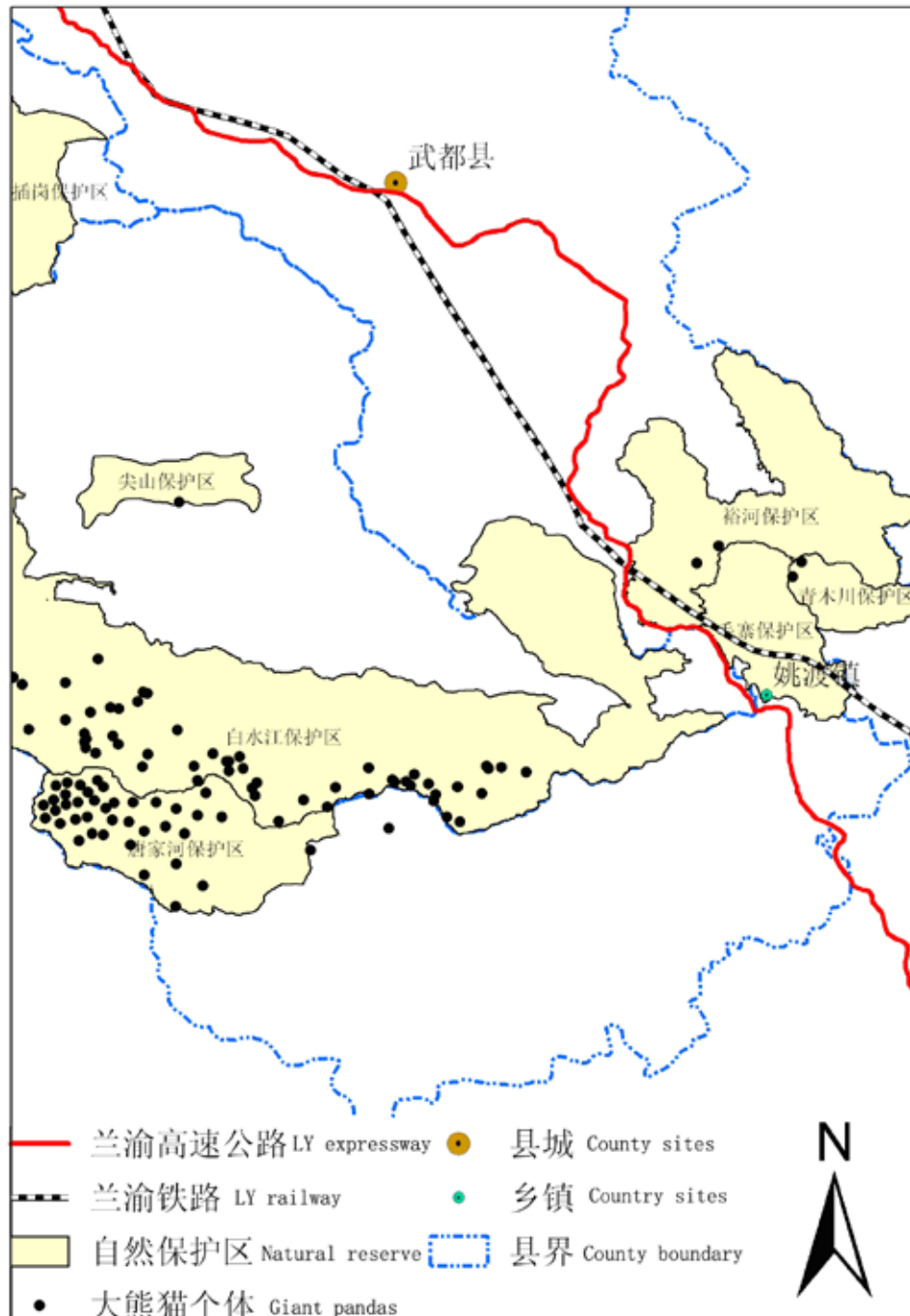


图 1-4 兰渝高速公路 / 铁路沿线及周边大熊猫保护区的分布

Fig. 1-4 The distribution of Lanzhou-Chongqing expressway and railway and Natural Reserves for giant pand

1.2 洋太公路

洋太公路沿线自苏家沟林场的大树坪至华阳镇一段（简称洋太公路中段）的东西两侧是大熊猫的大片的适宜栖息地，东侧的兴隆岭 + 太白山栖息地与西侧的牛尾河栖息地之间存在一定程度的隔离（国家林业局，2006）；而洋太公路中段则主要穿越了大熊猫的潜在栖息地区域，其中部分路段还紧邻大熊猫的适宜栖息地（图 1-5）。

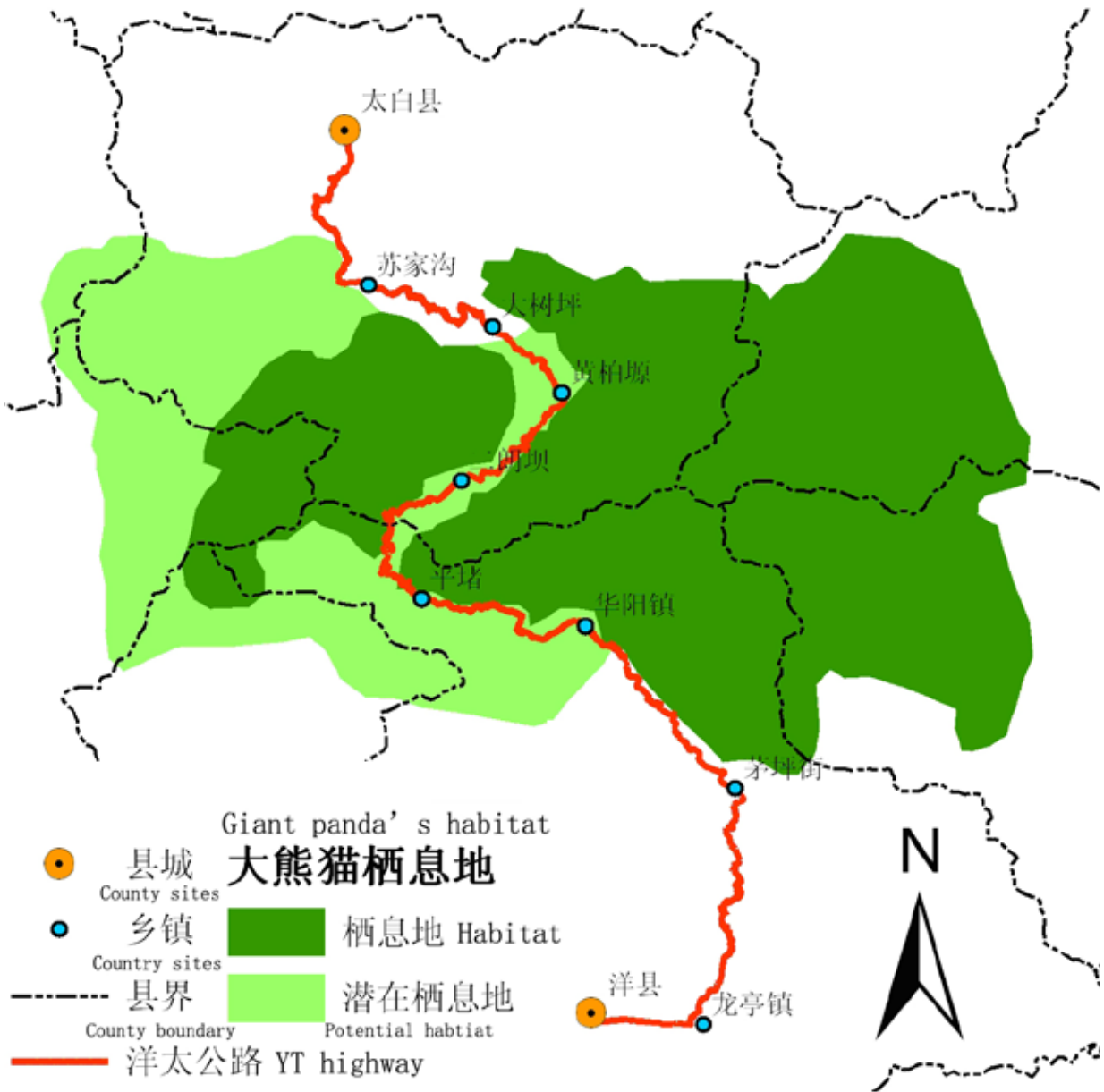


图 1-5 洋太公路沿线及周边大熊猫的栖息地状况

Fig. 1-5 The distribution of Yangxian-Taibai highway and giant panda's habitat

从大熊猫的分布状况来看，洋太公路中段穿越了大熊猫的低密度（0.001~0.06 只 /km²）分布区；虽然公路距大熊猫高密度（> 0.20 只 /km²）分布区边缘的最短距离达 5-8 km，却紧邻大熊猫的中密

度（0.06~0.20 只 /km²）分布区（图 1-6）。资料显示，洋太公路所在的太白县和洋县分别分布有大熊猫 43 只和 58 只（国家林业局，2006）。

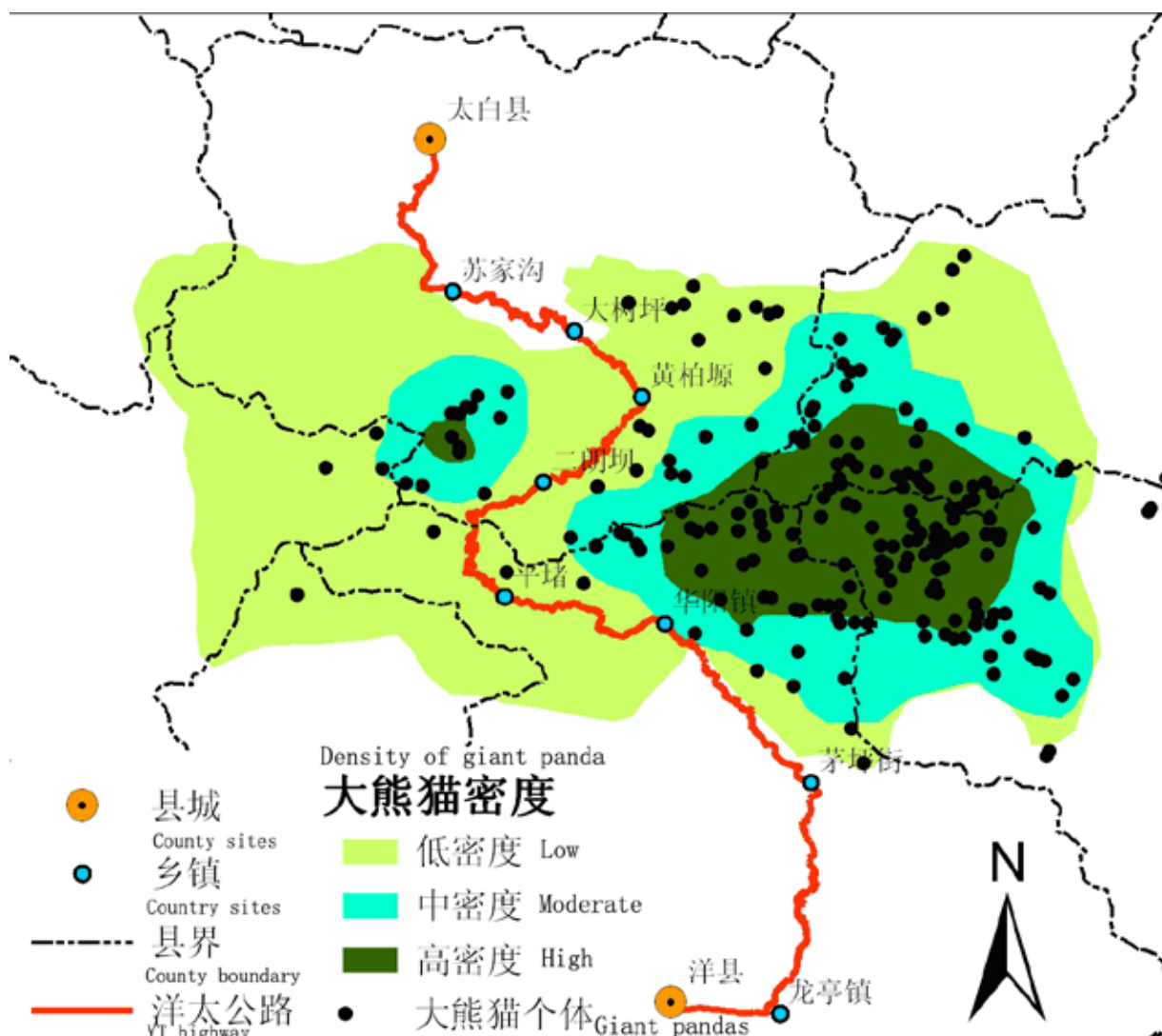


图 1-6 洋太公路沿线周边大熊猫的分布状况

Fig. 1-6 The distribution of Yangxian-Taibai highway and giant pandas

为保护珍稀濒危的国宝大熊猫，我国在该区域建立了 4 个国家级自然保护区、4 个省级自然保护区及两处大熊猫走廊带，同时还有 2 个拟建的自然保护区。洋太公路两侧的自然保护区包括，东侧的陕西太白山国家级自然保护区、黄柏塬省级自然保护区及长青国家级自然保护区的辖区，西侧的牛尾河省级自然保护区与拟建的平堵自然保护区的辖区（图 1-7）。在这些区域的大熊猫栖息地上分布有大熊猫 91 只，其中太白山保护区 11 只、牛尾河保护区 12 只、黄柏塬保护区 15 只、长青保护区 52 只、平堵保护区 1 只（图 1-7；国家林业局，2006）。两处大熊猫走廊带为太白县的大树坪大熊猫走廊带（黄柏塬区域）与二郎坝大熊猫走廊带，它们正好被洋太公路所穿越（图 1-7）。

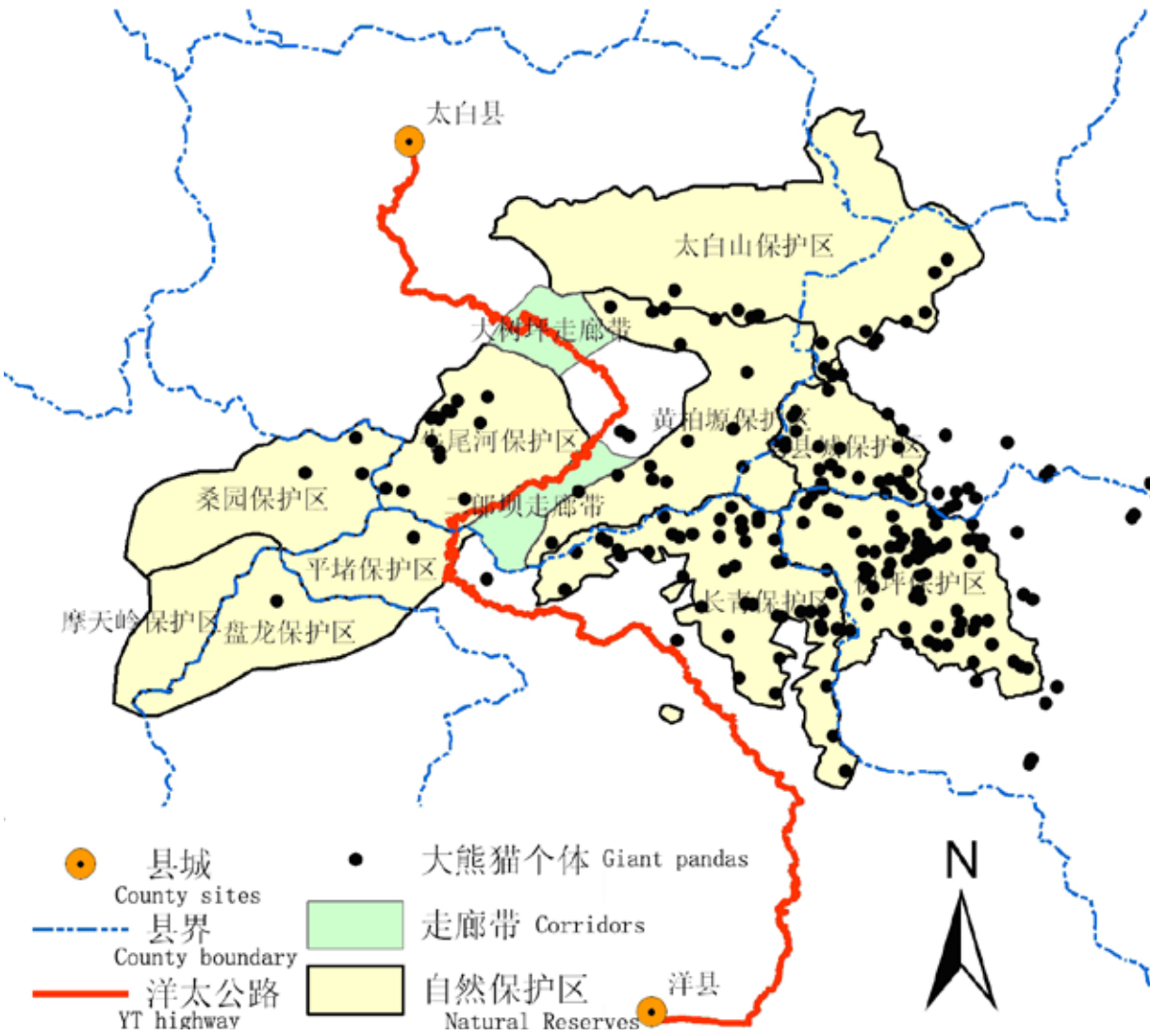


图 1-7 洋太公路沿线及周边大熊猫保护区与走廊带的分布

Fig. 1-7 The distribution of Yangxian–Taibai highway and Natural Reserves for giant panda

1.3 秦岭地区道路网

本研究选取秦岭大熊猫主分布区为研究区域，分布区的地理坐标为东经 106° 29′ 50″ – 108° 47′ 57″，北纬 32° 50′ 18″ – 34° 00′ 18″，行政区划包括佛坪、洋县、太白、周至、宁陕、留坝、城固、凤县 8 个县（图 1-8）。该地区具有明显的山地地形特征，海拔约 390 m–3800 m，其中太白山为秦岭最高峰，海拔约 3800 m，是我国南北气候的分界线。高大的太白山阻挡了来自北方的寒流，使该区气候温暖，雨量丰富，生长有种类繁多而茂盛的植物，特别适宜大熊猫可食竹类的生长。研究区的道路网主要由西汉高速公路、108 国道、多条省级公路和更低等级的道路构成，道路网在低海拔地区密度较高，主要集中在人类活动较多的平原和山谷，但也有少数道路翻越了海拔较高的山脊。

研究区大熊猫主要集中分布在秦岭南坡的中山和亚高山地区，即佛坪、洋县、周至、太白 4 县

交界处的秦岭支脉兴隆岭地区以及太白和留坝两县交界处的牛尾河地区，北坡仅有少量个体分布，种群数量约 270 只。目前研究区至今相继建立了以保护大熊猫及其栖息地为主的自然保护区 18 个，总面积 4200 km²，初步形成了针对秦岭大熊猫及其栖息地和其他珍稀野生动植物保护的自然保护区网络体系（图 1-8）。

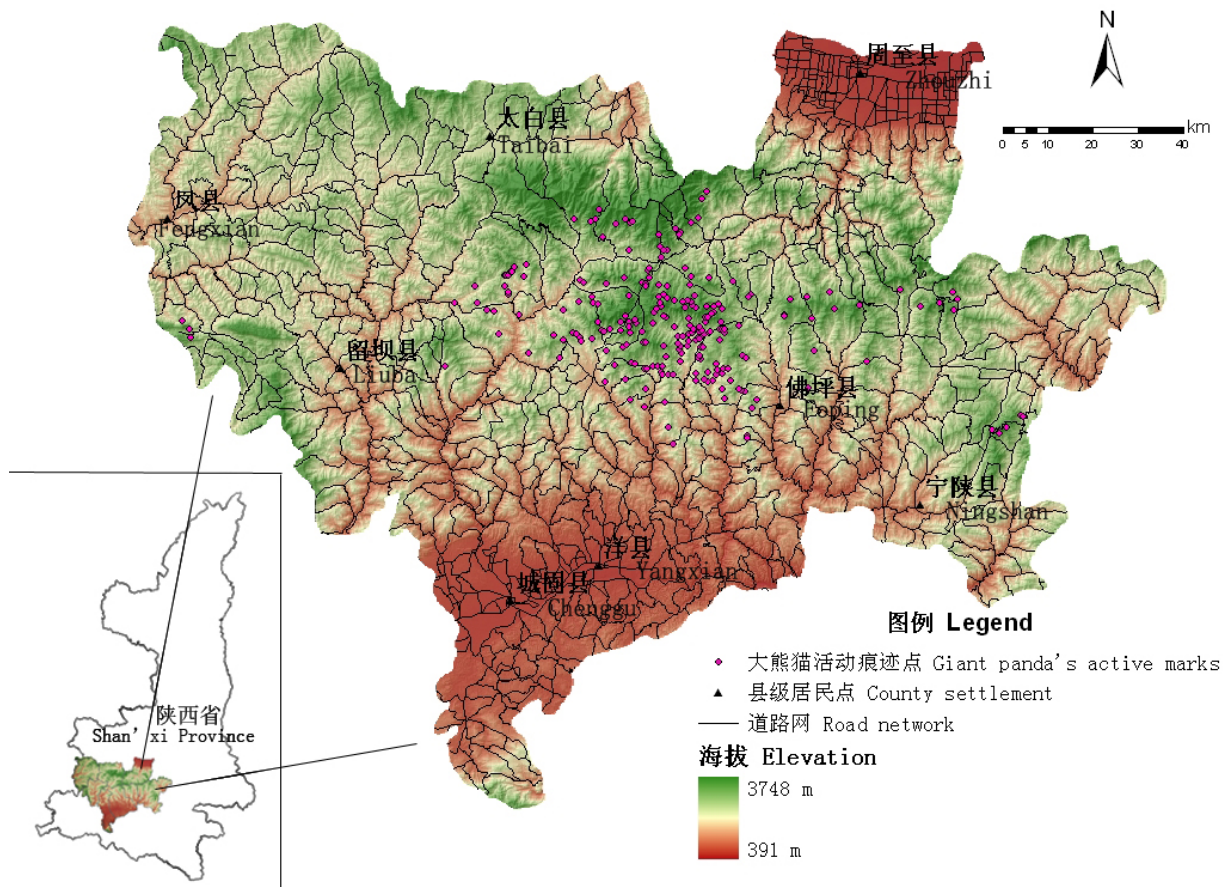


图 1-8 秦岭地区道路网、海拔与大熊猫活动痕迹点分布

Fig.1-8 The distribution of road network, elevation and giant panda's active marks in Qinling Mountain

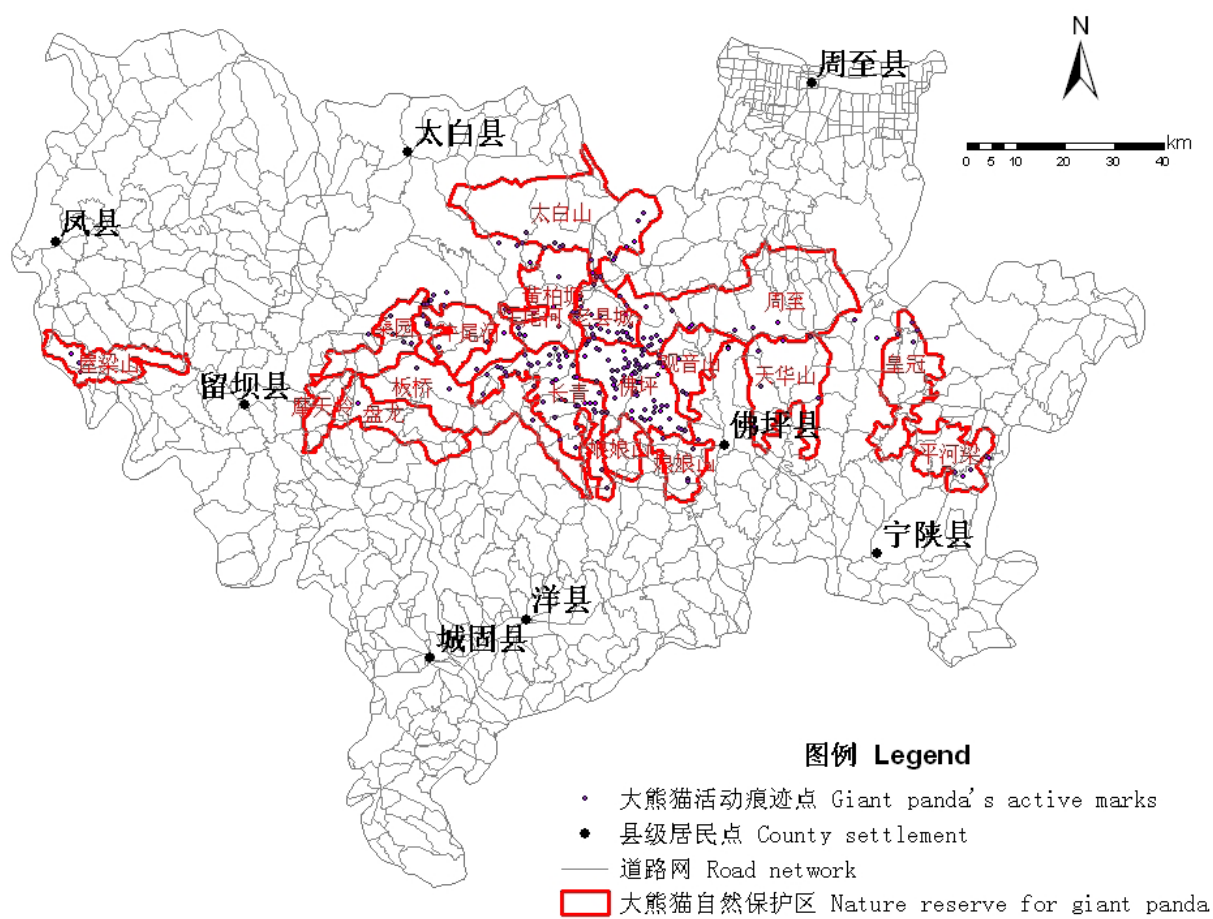


图 1-9 秦岭地区道路网与大熊猫自然保护区

Fig. 1-9 The road network and Natural Reserves for giant panda in Qinling Mountain

2. 野外调查分析

为进一步明确道路空间位置及其与大熊猫种群、栖息地的关系，正确评估道路建设对大熊猫的影响，我们采用了野外实地走访调查和样方调查方法，对道路沿线的大熊猫出没情况、道路两侧的植被类型、可食竹分布、人类活动干扰状况进行了调查，以期为下一阶段的数据分析奠定基础。

2.1 野外调查方法

兰渝高速公路与铁路沿线对大熊猫及其栖息地影响的路段主要是公路 / 铁路中段，即起自甘肃省武都县城至四川省青川县姚渡镇辖区一段；而洋太公路沿线对大熊猫及其栖息地影响的路段主要是公路中段，即起自苏家沟林场至华阳镇的一段。为此，我们重点对这段区域进行了野外的实地调查访问工作，以具体了解道路对大熊猫活动及其栖息地保护的影响。

由于评价的是公路或铁路对大型动物种群及其栖息地保护的影响，依据环境评价中要求主要考察道路两侧 100 m 内所导致的影响的原则，我们在可能对大熊猫种群及其栖息地存在影响的路段以样线套样方的方法，在道路两侧 150 m 内设置调查样方。同时，我们还采用了访问调查的方法了解道路沿线及周边的大熊猫活动状况。

对兰渝公路 / 铁路中段而言，由于甘肃省武都县县城至洛唐镇一段远离大熊猫的栖息地且人为干扰大，调查样线主要布置在甘肃省武都县洛唐镇至四川省青川县姚渡镇辖区路段。同样地，由于陕西省太白县县城至苏家沟林场路段和洋县县城至华阳镇路段人口密度高、人为干扰大，也不处于大熊猫的栖息地范围内，对洋太公路中段而言，调查样线主要布置在太白县苏家沟林场至洋县华阳镇路段。

本调查中样方布设方案为：每条样线在公路两侧距离公路边缘 15 m、75 m、135 m 处布置调查样方，每侧各三个，共六个调查样方；考虑到 GPS 定位时存在一定程度的误差，样方大小设计为 30 m × 30 m。样方内生境因子的调查方法参照第三次全国大熊猫调查时采用的方法：主要记录样方内大熊猫的活动痕迹、生境类型、乔木高度、乔木郁闭度、乔木胸径、灌木高度和盖度、竹子高度和盖度等，以及各种生境干扰方式等（见附表 1）。

2.2 结果分析

2.2.1 兰渝高速公路 / 铁路

实地考察及走访武罐高速路施工通道线 S206 线项目管理部发现，兰渝高速公路武罐路段将沿白龙江、大团鱼河、洛唐河河谷旁的甘肃省道 S206 线折弯取直修建，自洛唐镇至姚渡镇多以隧道的方式穿越。此段高速路段沿线是处于白水江自然保护区试验区的外围及裕河自然保护区试验区的边缘上。此外，上述河谷两岸自洛唐至姚渡居住着 9 个村的约 7000 多人，加上目前 S206 线的

存在，已实际地分隔了东侧的青木川 + 曹家河大熊猫栖息地（可能分布有 4 只大熊猫）与其西侧的大熊猫潜在栖息地（自 1995 年至目前未再发现大熊猫分布）。由于道路的西侧仅是大熊猫的潜在栖息地，因此高速公路的修建固然进一步加剧了两侧栖息地之间的隔离，但实际追加的阻隔影响应该不大。调查还发现，由于白龙江流域上白龙湖及两座大型水库即碧口水库和麒麟寺水库的存在，高速路段两侧的秦岭山系青木川 + 曹家河大熊猫栖息地与岷山山系白水江栖息地之间已完全隔离。

与高速公路不同的是，兰渝铁路不仅穿越了毛寨自然保护区的实验区和缓冲区，还穿越了其核心区，且越过裕河自然保护区的情况也是如此。令人欣慰的是，铁路主要以隧道形式穿越，且其在沟谷部分的少数外露路段也是人为干扰较大及海拔低的无大熊猫分布区域。根据路线设计方案，铁路将主要以隧道形式穿越毛寨自然保护区的实验区、缓冲区和核心区共计 12.1 km，同时以主要以隧道形式穿越裕河自然保护区的实验区 9.1 km。甘肃省第三次大熊猫调查时，根据粪便、毛发等痕迹判断，认为裕河自然保护区分布有 1-3 只大熊猫；2005 年 10 月至 2006 年 6 月四川省林业勘查设计研究院对毛寨自然保护区的科考也发现区内有大熊猫活动的粪便和踪迹。早在上世纪 70-80 年代，曾发现过一只大熊猫进入毛寨自然保护区边缘的姚渡镇一农户猪圈内。这些说明铁路穿越区域确为大熊猫的栖息地或潜在栖息地。调查还发现，在四川姚渡镇平原村将修建火车站，但该区域本身在人口密度较高的村庄（约 1000 多人）附近，且距离大熊猫栖息地的最近距离大约 6 km 左右，因此所产生的对大熊猫活动的实际影响也不大。

兰渝高速公路与铁路的四川姚渡镇至甘肃洛唐镇路段沿线的植被主要是落叶阔叶林、针阔混交林和灌木林。此路段共记录了 174 个生境样方中的数据，其中兰渝高速公路沿线 78 个、兰渝铁路沿线 96 个（表 2-1）。样方调查分析发现，兰渝铁路和兰渝高速公路沿线的竹子（竹种为钢竹或水竹）分布很少，具有竹子分布的样方比率很低：兰渝铁路沿线有 16%，兰渝高速公路沿线只有 7%；而且样方中竹子的盖度也低于 5%。兰渝高速公路沿线的样方中灌木林和农田的比率分别为 40% 和 22%，兰渝铁路沿线的样方中灌木林和农田的比率分别为 17% 和 26%。调查结果表明，兰渝高速公路与铁路沿线的植被并非大熊猫的可利用的生境类型。

表 2-1 兰渝高速公路\铁路中段的样方生境类型

Tab. 2-1 The habitat types of quadrat in the middle of the Lanzhou-Chongqing expressway\railway

	样方数量	落叶阔叶林	针阔混交林	灌木林	农田	具有竹子分布的样方
兰渝高速公路沿线	78	21	9	31	17	6
兰渝铁路沿线	96	42	18	16	20	15

2.2.2 洋太公路

从地理分布格局看，洋太公路中段东侧的兴隆岭 + 太白山栖息地与西侧的牛尾河栖息地之间存在一定的隔离，主要因为渭水河沿岸的农业生产活动（国家林业局，2006）。实地考察洋太公路发现，该公路除平堵乡至二郎坝乡之间的山区路段（也即是二郎坝大熊猫走廊带区域的路段）为新修建公路外，其余路段均是在原有乡村道路的基础上扩建而成。整个路段均以地面通行的形式修建，因此，在原有的基础上进一步加剧了对公路两侧大熊猫兴隆岭 + 太白山栖息地与牛尾河栖息地之间的隔离。道路对大熊猫及其栖息地的影响主要体现在，修建道路后，各种人为活动明显增加，从而干扰大熊猫的生息繁衍（国家林业局，2006）。大熊猫分布区内早期伐木道路的修建及所带来的人为干扰被认为是造成大熊猫栖息地缩小和破碎化的重要根源之一（国家林业局，2006）。

太白县苏家沟林场至黄柏塬乡公路两侧生境主要为落叶阔叶林和针阔混交林（表 2-2）。对距公路不同距离样方的各生境因子进行 Kruskal-Wallis H 检验，发现各生境因子没有显示出显著差异。但是随着距公路的距离增加，乔木高度、乔木胸径和乔木郁闭度都有增加。本路段 69% 的调查样方中有竹子（主要为秦岭箭竹）分布，竹子盖度平均在 10% 左右。二郎坝至洋县华阳镇公路两侧生境也主要是落叶阔叶林和针阔混交林（表 2-2）。对距公路不同距离样方的各生境因子进行 Kruskal-Wallis H 检验，也发现各生境因子没有显示出差异。但本路段 78% 的调查样方中有竹子（主要为巴山木竹）分布，竹子盖度平均在 25% 左右。对这两段中的样方数据进行 Mann-Whitney U 检验表明，苏家沟林场至黄柏塬乡路段的乔木郁闭度显著高于二郎坝至华阳镇路段（ $P < 0.01$ ），而它们的灌木盖度等其它植被条件没有差异（ $P > 0.1$ ）。此外，太白县黄柏塬乡和二郎坝公路两侧的样方中，农田所占的比率达到 28%（表 2-2）。虽然 59% 的样方具有竹子分布，但样方内的竹子盖度却很低。

表 2-2 洋太公路中段的样方生境类型

Tab. 2-2 The habitat types of quadrat in the middle of Yang-Tai highway

	样方数量	落叶阔叶林	针阔混交林	农田	具有竹子分布的样方
苏家沟林场至黄柏塬乡	42	24	18	--	29
黄柏塬乡至二郎坝	39	30	1	11	23
二郎坝至华阳镇	36	30	6	--	28

分段分析洋太公路各区间段人居干扰情况发现，由于周边的人口密度大且土地多为农地和荒坡地，从洋县县城至华阳镇路段及从太白县县城至苏家沟林场路段的人为干扰非常大，周边环境基本上不适合大熊猫栖息；从华阳镇至苏家沟林场之间路段周边的人口数量虽然已大为减少（表

2-3），但自华阳镇至平堵乡之间及二郎坝至黄柏塬之间路段的人口数仍然不少，加上沿路旁河道上 4 座水库的修建，这两路段的人居干扰及地理状况也已严重阻隔了两侧大熊猫的迁移扩散；而真正人居干扰弱的路段应是从平堵乡至二郎坝之间及从黄柏塬至苏家沟林场之间的路段，这两段间的人口数量相对较少、人口密度低（表 2-3）。二郎坝大熊猫走廊带及大树坪大熊猫走廊带正是处于这两个路段上。

表 2-3 洋太公路沿线自太白县苏家沟林场至洋县华阳镇之间的人口统计

Tab. 2-3 The vital statistics of Sujiagou tree farm to Huayang country along the Yang-Tai highway

路段	华阳镇至平堵乡	平堵乡至二郎坝	二郎坝至黄柏塬乡	黄柏塬乡至苏家沟林场
人口数量	约 1500 人	约 600 人	约 1600 人	约 100 人
公里数	30 km	32 km	35 km	45 km

目前公路上的车流量在各区间段均不大，两侧距公路 15 m 处的瞬间噪声也弱（表 2-4），所带来的对周边野生大熊猫活动的影响可能不大。但公路通行后，道路上的车流量将不可避免地增加，噪声也将随之增加，所带来的对周边大熊猫活动的影响也将加大。

表 2-4 当前洋太公路沿线的车流量及两侧距公路 15 m 处的噪声情况

Tab. 2-4 The vehicle flow rate of Yang-Tai highway and yawp from 15 m to the highway

路段	华阳镇至平堵乡	平堵乡至二郎坝	二郎坝至黄柏塬乡	黄柏塬乡至苏家沟林场
车流量(辆/小时)	3 ~ 5	3 ~ 5	10 ~ 25	3 ~ 10
瞬间噪声 (dB)	10 ~ 20	5 ~ 20	10 ~ 30	5 ~ 25

走访沿线林场职工、各保护站职工及周边村民得知，近 5 年来在上述人为干扰强的路段周边 1 km 范围内均未发现大熊猫活动的痕迹。公路自平堵乡至二郎坝一段，虽然人居干扰弱，且调查发现其林下的巴山木竹林生长良好，应可作为冬季大熊猫的栖息地，但近十年来在路段周边也未发现大熊猫活动的痕迹。值得注意的是，自 2008 年元月份以来，先后有多次发现有大熊猫活动于自黄柏塬乡至苏家沟林场路段的公路上或其附近沟谷地带（表 2-5；图 2-3）。2008 年 1 月 25 日在太白县林业局黄柏塬林场葡萄沟发现并抢救一只老年雌性大熊猫；2008 年 6 月 19 日 16 点左右太白县电力公司职工用手机在苏（苏家沟）黄（黄柏塬）线 12 公里附近拍到大熊猫照片，有过往司机多次见到活动在路边的大熊猫身影（图 2-1）；2008 年 7 月 5 日在太白县林业局苏家沟林场 68 林班 1 小

班处海拔 1940 m 的公路边发现并救护了一只雄性大熊猫幼体（图 2-2）。此外，从 2008 年 4 月份以来，林场护林员在苏黄线 8 至 17 公里沿线，烟囱沟一带不断发现大熊猫实体及活动痕迹；公路边收购松果的一名当地百姓也告诉：他于 2008 年 6 月初时在大树坪西侧 3 km 处（牛尾河自然保护区的北侧边缘附近）的半坡上见到一只大熊猫带两只幼仔活动。上述这些信息表明，洋太公路在苏家沟林场至大树坪之间路段上及其周围是近年来发现活动较频繁的区域。该区域目前归属于太白县林业局管辖，处于牛尾河自然保护区的北侧及在大树坪大熊猫走廊带之外，但又连接着西侧的牛尾河自然保护区与东侧的太白山自然保护区西南侧及黄柏塬自然保护区西北侧，是秦岭主脉和大岭子向西延伸相夹的一个相对封闭的沟谷地带。虽然全国第三次大熊猫调查时未在该区域发现大熊猫，但大熊猫近年来在该区域一带的活动状况表明，苏家沟林场至大树坪之间路段的周边应该是现实上的公路两侧大熊猫迁移扩散的区域（图 2-3）。天保工程的实施及保护力度的加大所导致该路段周边生态环境的不断改善，可能是秦岭大熊猫兴隆岭种群的栖息地在向西向北扩延或牛尾河种群的栖息地向北侧扩延的原因。

苏家沟林场至大树坪之间路段的周边区域在海拔 1750–2000 m 之间，植被为针阔混交林，主要树种有红桦、华山松、山杨等，郁闭度约为 0.6，林下秦岭箭竹团状分布，竹子盖度 5–30%，植被状况良好，经常活动在此处的伴生动物有羚牛、黑熊、斑羚、果子狸、野猪等。向西 6 公里外有四户农家，距苏家沟林场七公里管护站不足 1.5 公里，附近临时有两家修路工队，但过往行人相对较少，人为活动相对较弱。

道路沿线的人口密度及人类活动的增加可能会导致野生动物对道路沿线栖息地利用的降低。二郎坝至华阳镇路段与苏家沟林场至黄柏塬乡路段之间的植被状况基本相似，前者的竹子（巴山木竹）盖度甚至更高一些。但是，在二郎坝至华阳镇路段沿线却未见到过大熊猫的分布。这可能与该路段的两端区域存在较大的人口密度及较严重的人为干扰有关。

表 2-5 洋太公路沿线 2008 年发现的大熊猫活动的主要案例

Tab. 2-5 The cases of giant pandas activities found along the Yang-Tai highway in 2008

时间	发现地点	至公路距离 (km)	至大熊猫走廊带的最近距离 (km)	附注
2008 年 1 月 25 日	黄柏塬林场葡萄沟	3	3	发现并抢救一只老年雌性大熊猫
2008 年 6 月 19 日 16 点左右	距太白县城 38 km 的黄柏塬乡大岭子	公路上	2	大熊猫成体，拍有照片
2008 年 7 月 5 日 9 点 20 分	太白县林业局苏家沟林场 68 林班 1 小班处公路边	公路上	3	雄性大熊猫幼体，拍有照片



图 2-1 2008 年 6 月 19 日在洋太公路的大岭子段行走的大熊猫个体（图片来源：太白县林业局）

Fig. 2-1 The giant panda individual found in Dalingzi section of Yang-Tai highway on Jun. 19, 2008
(Photo by Forestry Bureau of Taibai County)



(a)



(b)

图 2-2 2008 年 7 月 5 日在洋太公路苏家沟路段上被抢救大熊猫幼体 (图片来源: 太白县林业局)

Fig. 2-2 The larvae of giant panda salved in Sujiagou section of Yang-Tai highway on Jul. 5, 2008 (Photo by Forestry Bureau of Taibai County)

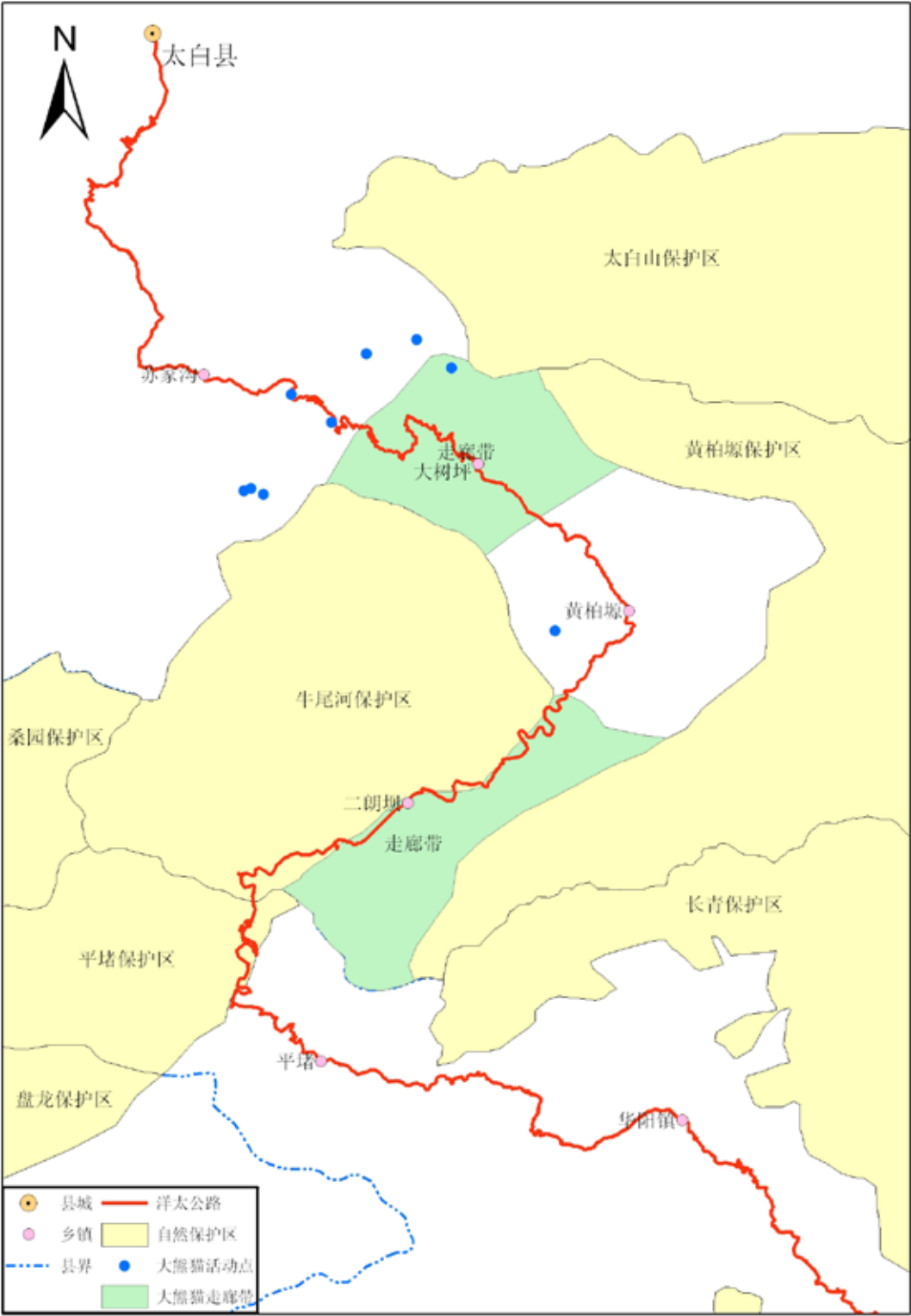


图 2-3 近两年在洋太公路沿线附近发现的大熊猫实体或粪便的位置

Fig. 2-3 The entities or droppings of giant panda found in the Yang-Tai highway in the last 2 years

2.3 结论与建议

兰渝高速公路/铁路的穿越使青木川+曹家河大熊猫栖息地的破碎化程度加剧,并扩大青木川+曹家河栖息地与白水江(西秦岭)潜在栖息地之间的隔离间隔。但是,鉴于这些栖息地及潜在栖息地之间已经存在一定程度的隔离,所分布的大熊猫种群数量少、密度低,加上兰渝高速公路与铁路主要以隧道的形式穿越该区域,因此,道路的建设与运营实际追加给周边大熊猫种群的影响不大。为了更好地保护青木川、毛寨和裕河3个保护区范围内的大熊猫种群及其栖息地,建议:

(1) 加强道路施工期间对沿线周边栖息地与潜在栖息地上大熊猫活动的监测。

(2) 加强对道路修建时期挖掘隧道产生的大量废土石堆放处理的监督,以尽可能保护大熊猫的栖息地和潜在栖息地。

洋太公路的修建及带来的道路沿线人居活动的增加将进一步加剧两块栖息地之间的隔离。由于车流量小、人居活动的干扰小及大熊猫栖息走廊带的建立,目前太白县的大岭子(大树坪)区域及二郎坝牛尾河区域对东西两侧大熊猫栖息地的隔离作用弱,基本上能把两块栖息地串联起来。大熊猫也被发现相对频繁地出没于苏家沟林场至大树坪沿线活动。洋太公路贯通后,公路上的车流量将加大,若不加管理,势必会影响大熊猫的活动及加剧两块栖息地之间的隔离化程度,甚至造成两块栖息地之间的完全隔离。因此建议:

(1) 加强对大树坪大熊猫走廊带及二郎坝大熊猫走廊带的监管。

(2) 把对苏家沟林场至大树坪之间路段沿线两侧的区域建立为大熊猫栖息地的重要生态走廊,并把沿线大熊猫活动及其栖息地保护纳入陕西省的大熊猫监测工作计划中;苏家沟大熊猫走廊带的建设对促进秦岭山系内部大熊猫局域种群的基因交流具有极其重要的作用,也具有重要的生态通道功能。

(3) 扩建黄柏塬自然保护区的范围,把大树坪大熊猫走廊带区域及其西北侧的大树坪至苏家沟林场之间的区域一并纳入其扩建范围内。这样有助于大熊猫栖息地的恢复与有效保护,也将有助于道路两侧大熊猫种群的交流与扩散。

(4) 在已建及拟建的大熊猫走廊带区域的道路两侧设立减速警示牌,提醒过往车辆已进入大熊猫活动区域,需减缓车速行驶以避免伤害国宝大熊猫。同时各个弯道处设立反光镜,利于司机观察前方路况,避免与大熊猫相撞。

(5) 严格控制道路沿线尤其是在华阳镇至平堵之间路段的旅游开发等干扰因素。大熊猫栖息地内或周边的规模性旅游活动将会惊扰大熊猫的正常活动。因此,未来道路开通所带来旅游活动的实际和潜在影响应引起管理部门足够的重视。

3. 道路建设对大熊猫栖息地景观格局的影响

景观格局一般指大小和形状不一的景观斑块在空间上的配置，是各种生态过程在不同尺度上作用的结果，也是景观功能和动态变化的重要因素 (Forman & Gordon, 1986；肖笃宁和李秀珍, 2003)。同时，景观格局变化强烈影响着生境内种群的生物学过程，种群的结构和分布状况同栖息地景观格局之间也存在一定的联系 (张爽等, 2004)。道路建设是影响景观格局变化的重要因素之一 (刘世梁等, 2007)，如道路建设使景观出现新增廊道，造成景观的斑块数量增加 (Miller et al., 1996)、破碎化程度提高 (Thinker et al., 1998)、异质性增加 (McGarigal et al., 2001) 等，从而改变了景观空间格局和自然变化过程，阻碍物种在不同景观斑块间的流动，降低复合种群遗传多样性，尤其对种群数量较小的稀有物种影响更为显著 (刘敏等, 2004)。

表 3-1 景观类型划分

Tab. 3-1 The classification of landscape

大熊猫生境类型	景观类型	基本含义
适宜生境	有林地	郁闭度大于 30% 的林地
次适宜生境	灌木林	覆盖度大于 40%、高度 2m 以下的灌丛
	疏林地	郁闭度为 10%–30% 的林地
不适宜生境	高覆盖度草地	覆盖度大于 50% 的草地
	中覆盖度草地	覆盖度为 20%–50% 的草地
	低覆盖度草地	覆盖度为 5%–20% 的草地
	水田	有水源保证和灌溉设施的种植水稻的耕地
	旱地	无灌溉设施，靠天然降水种植作物的耕地
	农村居民点	镇以下的居民用地
	其它建设用地	除居民点以外的建设用地

3.1 研究方法

3.1.1 景观制图方法

采用 2002 年 9 月份的北京一号小卫星 32m 多光谱与 4m 全色融合影像为数据源，根据中国科学

院资源环境数据库土地利用类型划分标准，制定景观类型分类系统 (表 3-1)。在 ERDAS 支持下，采用分层提取法对景观类型进行判读，具体步骤见李四海和恽才兴 (1999) 的研究。对于最难区分的植被类型，主要通过归一化植被指数即 NDVI，对照实地植被调查结果来划分，将 NDVI 指数划分为 6 级：有林地 (0.9-1.0)、灌木林 (0.8-0.9)、疏林地 (0.7-0.8)、高覆盖度草地 (0.6-0.7)、中覆盖度草地 (0.5-0.6)、低覆盖度草地 (0.4-0.5)。最后得到道路建设前大熊猫栖息地景观类型分类图。

GIS 技术的发展与应用为道路生态学研究提供了更为多样化的手段，图层叠加分析方法是普遍利用的一种空间分析方法 (梅晓丹，2004；汪自书等，2007)。为了模拟道路修建后景观格局变化，将路基和路面按平均占地 30m 宽度建立缓冲区 (张慧等，2004；段禾祥等，2008)，并给定属性为其它建设用地，尔后在 ArcMap 9.2 支持下更新现状景观类型图。

表 3-2 景观指数及其含义

Tab. 3-2 The landscape index and significations

层次	名称	生态意义
斑块类型层次指数	斑块类型面积 (CA)	度量的是景观的组分，也是计算其它指标的基础，其值的大小制约着以此类型斑块作为聚居地的物种的丰度、数量等
	斑块所占景观面积的比例 (%LAND)	度量的是景观的组分，反映景观中优势景观元素的依据之一，其值趋于 0 时说明景观中此斑块类型十分稀少
	最大斑块所占景观面积的比例 (LPI)	反映景观中的优势类型，其值的大小可以决定着景观中的优势种、内部种的丰度等生态特征，可以反映人类活动的方向和强弱
	斑块平均面积 (MPS)	反映斑块类型的破碎化程度和景观异质性，具有较小 MPS 值的斑块类型比具有较大 MPS 值的斑块类型更破碎
	斑块密度 (PD)	反映各景观类型的破碎化程度，同时也反映其空间异质性程度
景观层次指数	斑块数量 (NP)	反映景观的异质性，与破碎度呈正相关
	散布与并列指数 (IJI)	在景观级别上计算各个拼块类型间的总体散布与并列状况。IJI 取值小时表明拼块类型 i 仅与少数几种其它类型相邻接；IJI=100 表明各拼块间比邻的边长是均等的，即各拼块间的比邻概率是均等的，IJI 对那些受到某种自然条件严重制约的生态系统的分布特征反映显著
	香农多样性指数 (SHDI)	反映景观的异质性，特别对景观中各斑块类型非均衡分布状况较为敏感指数越大，斑块类型越多，景观类型越丰富，景观类型的多样性越大
	蔓延度指数 (CONTAG)	该指数描述的是景观里不同斑块类型的团聚程度或延展趋势，其范围为 0-100，指数较小时表明景观中存在许多小斑块，趋于 100 时表明景观中有连通性极高的优势斑块类型存在

3.1.2 景观格局分析

景观指数是指能够高度浓缩景观格局信息并反映其结构组成和空间配置特征的定量指标 (赵景柱, 1990; 邬建国, 2004), 在景观类型图的基础上, 考虑景观指数的生态意义和各指数间的相关性 (布仁仓等, 2005), 利用景观格局分析软件 Fragstats 3.3 对道路建设前后大熊猫栖息地的景观格局进行分析 (段春霞等, 2004; 董有福等, 2004; 刘淳等, 2007)。景观格局分析包括两个层次: (1) 在斑块类型层次上, 主要在公路两侧共 500m 范围内进行分析 (段禾祥等, 2008), 所选指数包括斑块类型面积、斑块所占景观面积比例、最大斑块所占景观面积比例、斑块平均面积、斑块密度五个指数, 前三个指数反映景观中的优势斑块类型, 后两个指数反映斑块类型的破碎化程度; (2) 在景观层次上, 分别从公路两侧不同的距离 (100 m–1500 m 范围, 200 m 步长) 进行分析, 主要选取能反映景观整体的异质性和连通性的斑块数量、IJI 指数、Shannon 多样性指数、CONTAG 指数四个指数进行分析。

3.2 结果分析

3.2.1 兰渝高速公路 / 铁路

3.2.1.1 景观格局现状

在整个景观类型中, 有林地斑块, 即大熊猫适宜生境斑块面积最大, 占整个景观面积的 57.7%, 该类型斑块在景观中的破碎化程度最小; 其次是疏林地和中覆盖度草地, 即大熊猫次适宜生境斑块; 所大熊猫适宜生境和次适宜生境共占景观面积的 76.5%; 占景观面积的最小的是山区水田和农村居民点, 分别为 0.036% 和 0.079, 山区旱地占 2.775%, 同时农村居民点的破碎度最高, 分布较散。表明该栖息地和潜在栖息地大多位于保护区内, 大熊猫生境是其主要斑块类型, 受人为干扰较小, 且连通性较高。

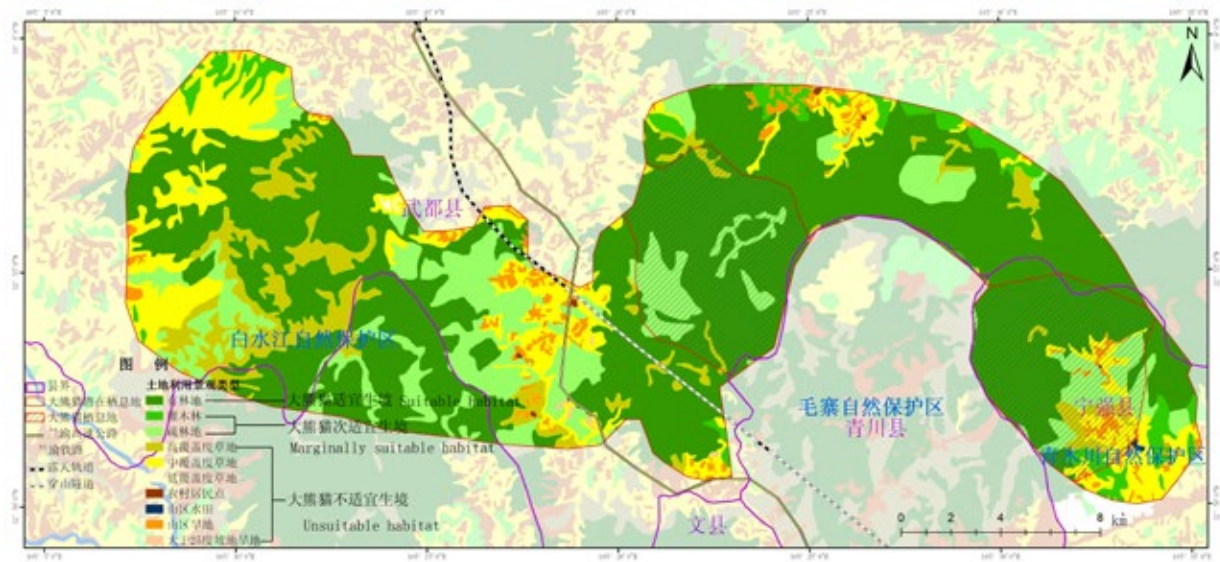


图 3-1 青木川 + 曹家河栖息地景观格局现状图

Fig. 3-1 The landscape pattern of Qingmuchaan+Chaojiahe habitat

3.2.1.2 景观格局影响分析

(1) 道路沿线两侧 500 m 范围内景观指数变化

兰渝铁路主要以隧道形式穿越青木川 + 曹家河大熊猫潜在栖息地，对景观格局的影响不大，因此仅评价兰渝高速公路建设前后对青木川 + 曹家河栖息地和潜在栖息地沿线景观格局的影响。

表 3-3 兰渝高速公路建设前后沿线 500m 范围内斑块层次景观指数

Tab. 3-3 The landscape index on patch level within the range of 500 m along the Lan-Yu expressway before and after road construction

	景观类型	斑块层次							
		CA /ha		%LAND /%		LPI /%		PD/(块 /km ²)	
		前	后	前	后	前	后	前	后
大熊猫适宜生境	有林地	97.81	92.41	12.66	12.25	12.65	11.50	0.26	0.66
大熊猫次适宜生境	灌木林	0.61	0.09	0.079	0.01	0.07	0.01	0.26	0.13
	疏林地	287.42	271.62	37.21	36.01	24.68	12.24	1.17	1.59
大熊猫不适宜生境	中覆盖度草地	273.40	245.69	35.39	32.57	19.09	10.70	1.04	1.99
	公路	-	44.46	-	5.90	-	5.70	-	0.27
	农村居民点	8.01	6.97	1.04	0.92	1.04	0.91	0.13	0.27
	山区旱地	81.175	69.80	10.51	9.25	1.83	1.01	2.46	3.05
	大于 25 度坡地旱地	24.039	23.21	3.11	3.07	1.40	1.35	0.39	0.40

兰渝高速公路建设后，沿线 500m 范围内各景观类型的面积（CA）均有减少，面积减少最多的依次为中覆盖度草地、疏林地、山区旱地、有林地、大于 25 度坡地旱地、农村居民点、灌木林，减少的面积约占新增公路面积的 86.3%。最大斑块所占景观面积的比例（LPI）均有不同程度的减小，这

表明公路建设使各景观类型的破碎化程度增加，但优势类型没有改变，仍然是疏林地。各类型的缀块密度(PD)均有一定程度的增加，平均增幅为 0.10 块 / km²，其中中覆盖度草地最大增幅达 0.95 块 / km²，其次为山区旱地（0.59 块 /km²）和疏林地（0.42 块 /km²），该变化也表明道路建设使景观破碎度增加，空间异质性加强。

(2) 道路沿线两侧不同范围内景观指数变化

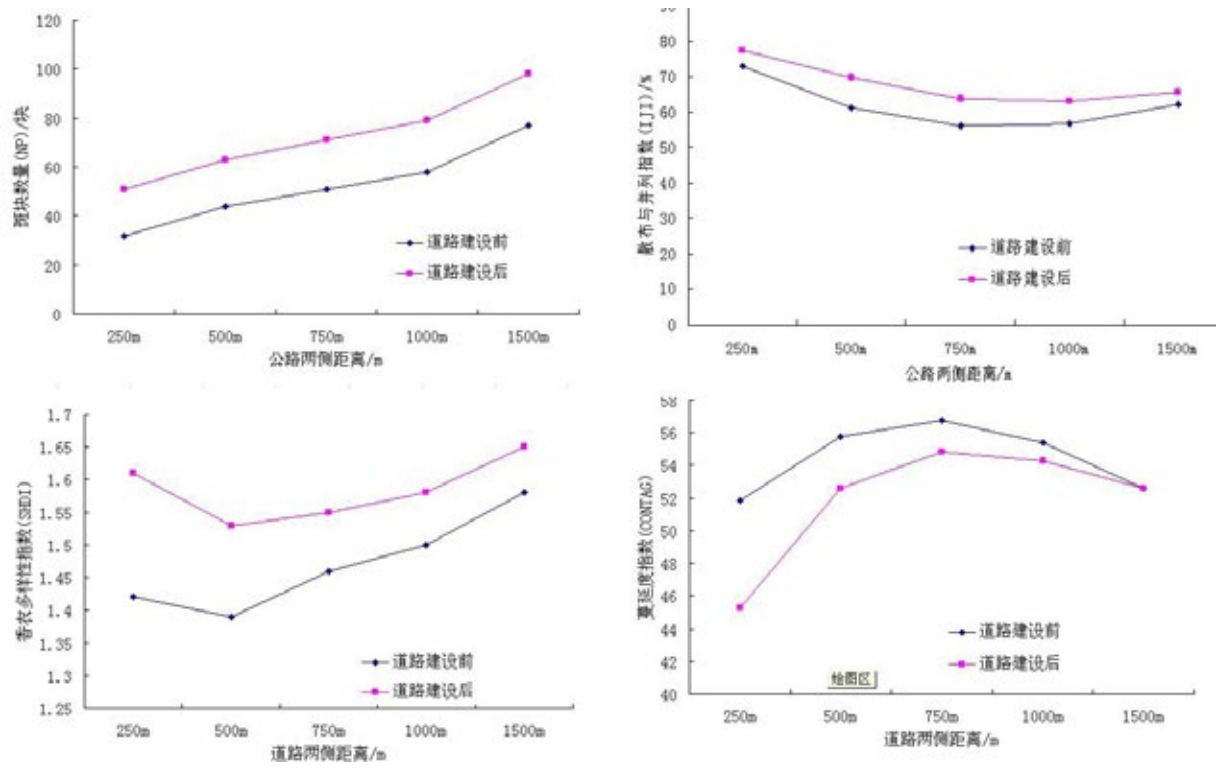


图 3-2 兰渝高速公路修建前后沿线不同范围内景观指数变化

Fig. 3-2 The variation of landscape indices in different ranges alongside the Lan-Yu expressway before and after road construction

3.2.2 洋太公路

3.2.2.1 景观格局现状

由斑块层次的景观指数(表3-4)分析可知,在洋太公路建设前,整个大熊猫栖息地景观类型中,有林地斑块类型面积最大,占整个景观面积的61.5%,其次是高覆盖度草地和疏林地,分别占景观面积的18.3%和8.6%,林地和草地的面积共占景观总面积的97.4%,从最大斑块所占景观面积比例来看,林地是该区域的优势类型;该区域的农业用地是水田和旱地,分别占景观总面积的0.99%和1.56%,从斑块密度和斑块平均面积指数看,耕地破碎化程度远高于林地和草地;农村居民点和建设用地占景观总面积的0.05%,破碎化程度最高。

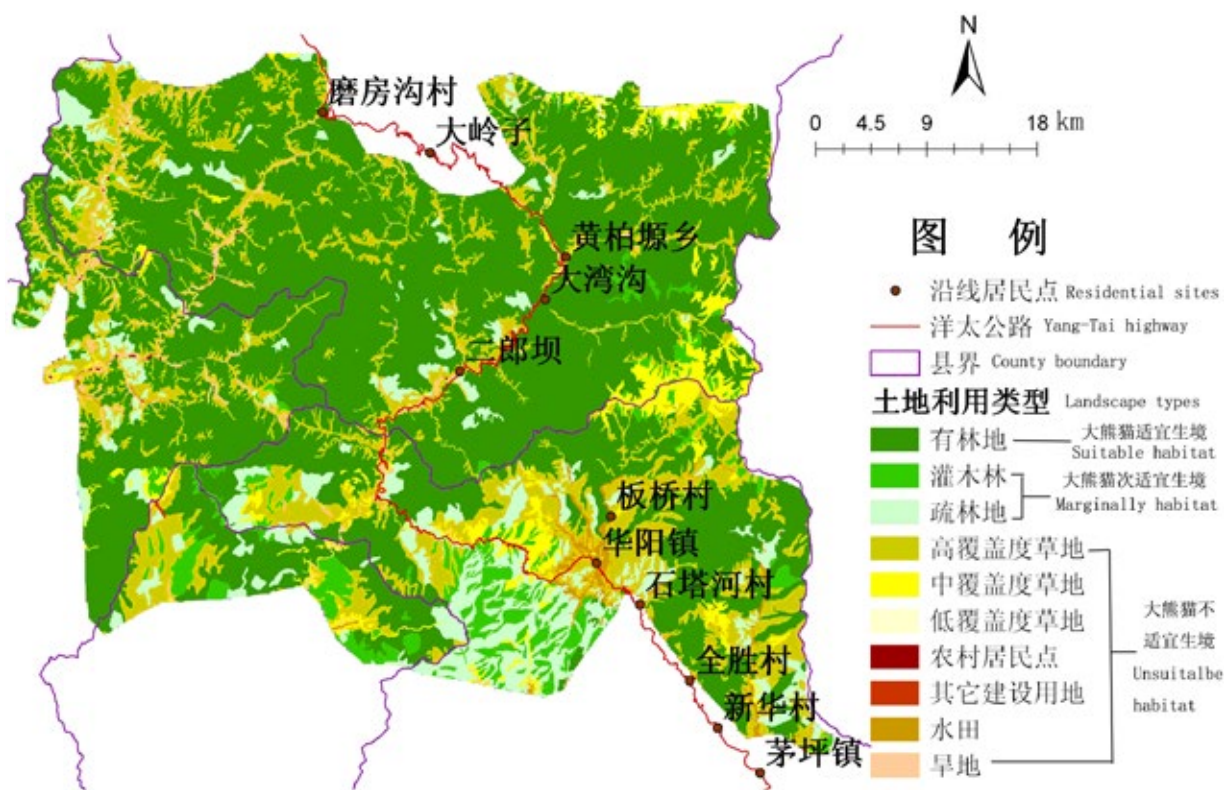


图 3-3 洋太公路建设前大熊猫栖息地景观格局

Fig. 3-3 Landscape pattern of giant panda's habitat before Yang-Tai highway construction

在景观层次上,该区域大熊猫栖息地斑块总数为1457,Shannon多样性指数为1.22,CONTAG指数为59.98,表明景观连通性较为理想,IJI指数为52.87,表明各斑块的比邻概率趋于均等。由以上分析可以看出,该区域总体范围内自然环境较好,且大部分位于自然保护区内,因此受人为干扰活动较小。

表 3-4 洋太公路建设前大熊猫栖息地斑块层次景观指数

Tab. 3-4 Landscape indices of giant panda's habitat before road construction

大熊猫生境类型	景观类型	斑块层次景观指数				
		斑块面积 (hm ²)	斑块面积所占景观比例 (%)	最大斑块面积比例 (%)	斑块平均面积 (hm ²)	斑块密度 (块 · 100hm ⁻²)
适宜生境	有林地	157495.99	61.54	53.54	2669.42	0.02
次适宜生境	灌木林	2008.73	4.69	0.71	100.91	0.05
	疏林地	21907.69	8.56	2.41	139.54	0.06
不适宜生境	高覆盖度草地	46936.20	18.34	1.34	82.93	0.22
	中覆盖度草地	10548.91	4.12	1.22	61.33	0.07
	低覆盖度草地	355.93	0.14	0.02	16.95	0.01
	农村居民点	103.17	0.04	0.00	6.45	0.01
	其它建设用地	36.11	0.01	0.01	36.11	0.00
	水田	2532.77	0.99	0.33	49.21	0.02
	旱地	4002.91	1.56	0.07	10.58	0.05

3.2.2.2 景观格局影响分析

(1) 道路沿线两侧 500 m 范围内景观指数变化

洋太公路在不同斑块类型中穿越的长度为：旱地 18.5 km、高覆盖度草地 18.4 km、中覆盖度草地 17.9 km、水田 9.9 km、有林地 9.4 km、疏林地 2.8 km、农村居民点 1.1 km、灌木林 0.3 km，由此可见，洋太公路穿越的主要景观类型是耕地和草地，同时还穿越了 9.4 km 的有林地，道路建设对沿线有林地斑块的分割可能是影响大熊猫栖息地连通性和种群交流的主要原因。

洋太公路建设后，公路沿线两侧 500 m 范围内的各斑块类型景观指数均有明显变化（表 3-5）。公路建设前，该区域无其它建设用地，公路建设后，该范围内 6.9% 的土地面积转化为其它建设用地，其中，作为大熊猫生境和通道的林地面积减少 0.9%，各景观类型的面积均有减少（图 3-4），面积减少从多到少依次为高覆盖度草地、旱地、中覆盖度草地、有林地、山区水田、疏林地、农村居民点

和灌木林，分别减少 118.9 hm²、116.4 hm²、109.9 hm²、65.6 hm²、58.2 hm²、15.6 hm²、5.7 hm² 和 1.6 hm²。另外，各类型斑块平均面积有不同程度的减小，斑块密度有不同程度的增加，这表明公路建设使各斑块类型的破碎化程度增加，尤其是旱地和中覆盖度草地。

表 3-5 洋太公路建设前后沿线两侧 500 m 范围内各斑块类型景观指数

Tab. 3-5 Landscape indices of different patch types within the range of 500 m alongside the road before and after the construction

大熊猫生境类型	景观类型	斑块层次景观指数									
		斑块面积 (hm ²)		斑块面积所占景观比例 (%)		最大斑块面积比例 (%)		斑块平均面积 (hm ²)		斑块密度 (块 · 100hm ⁻²)	
		前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
适宜生境	有林地	2074.77	2009.16	29.16	28.24	9.90	9.30	64.84	59.09	0.45	0.48
次适宜生境	灌木林	233.72	232.08	3.29	3.26	1.51	1.50	15.58	15.47	0.21	0.21
	疏林地	699.52	683.94	9.83	9.61	2.26	2.21	24.12	22.80	0.41	0.42
不适宜生境	高覆盖度草地	2014.08	1895.17	28.31	26.63	5.34	3.08	41.96	28.72	0.68	0.93
	中覆盖度草地	916.83	806.95	12.89	11.34	4.82	3.86	31.62	15.82	0.41	0.72
	农村居民点	37.72	31.98	0.53	0.45	0.07	0.07	3.14	2.67	0.17	0.17
	水田	524.02	465.80	7.36	6.55	5.22	3.82	34.94	21.17	0.21	0.31
	旱地	615.05	498.60	8.64	7.01	1.42	1.08	11.18	5.87	0.77	1.20
	其它建设用地	0.00	429.04	0.00	6.92	0.00	0.35	0.00	4.32	0.00	1.60

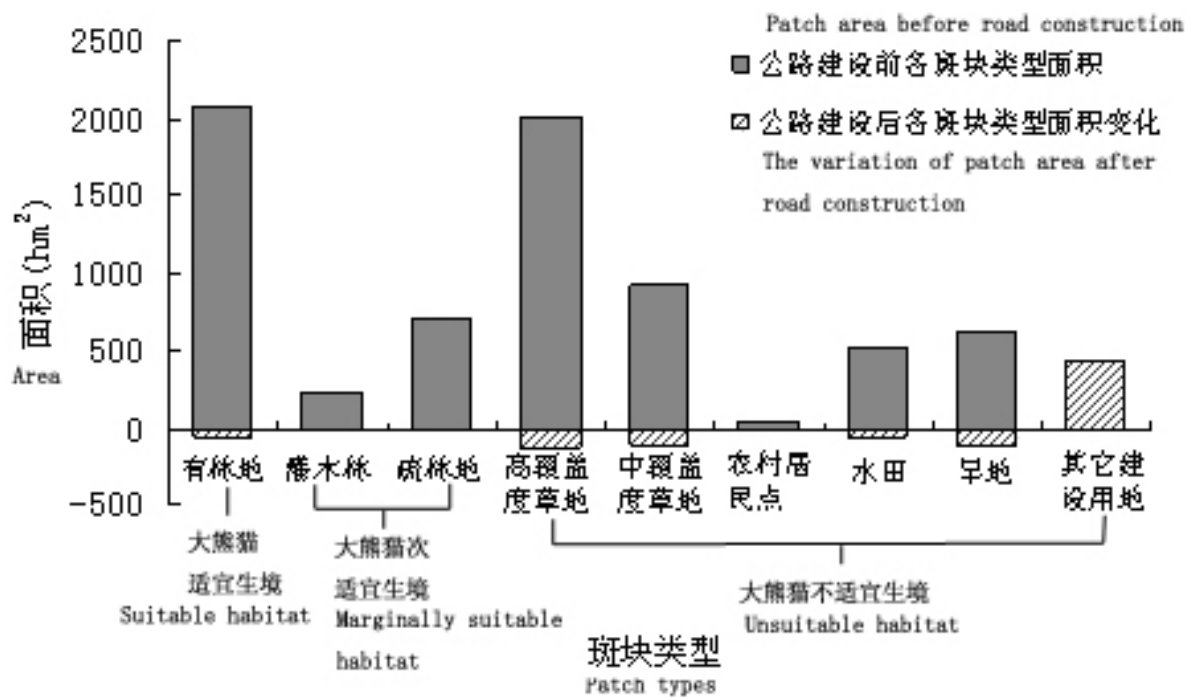


图 3-4 洋太公路建设后沿线两侧 500 m 范围内斑块类型面积变化

Fig. 3-4 The area variation of each patch within the range of 500 m alongside the road after the construction

(2) 道路沿线两侧不同范围内景观指数变化

由图 3-5 可以看出，在离公路两侧不同的范围内，公路建设后的斑块数量均大于公路建设前，说明公路建设作为一种线性地物，将原来较大的斑块切割成数量较多的小斑块。LJI 指数在公路建设后大于建设前，表明公路建设使各斑块类型间相互比邻的概率增大了，即空间异质性有所加强，随着空间范围的增大，LJI 指数有下降趋势，表明空间范围越大，景观的空间异质性逐渐下降。Shannon 多样性指数在公路建设后大于建设前，表明公路的修建使景观多样化，破碎化程度增加，Shannon 多样性指数在 300 m 处有明显的转折点，说明在离公路两侧 300 m 范围内，公路对景观的影响最明显。随着空间范围的增大，Shannon 多样性指数逐渐下降且趋于相同，表明随着空间尺度的增大，景观多样性下降，公路对景观格局的影响也逐渐减弱。CONTAG 指数在公路建设后均小于公路建设前，表明公路建设使景观内部的连通性降低，破碎化加剧，在公路两侧 300 m 处，CONTAG 指数在公路建设前后的差值最大，也表明了离公路两侧 300 m 的范围内景观格局所受到的影响最大。CONTAG 指数随空间尺度的增加而逐渐上升，表明景观连通性随着尺度增加而增加。

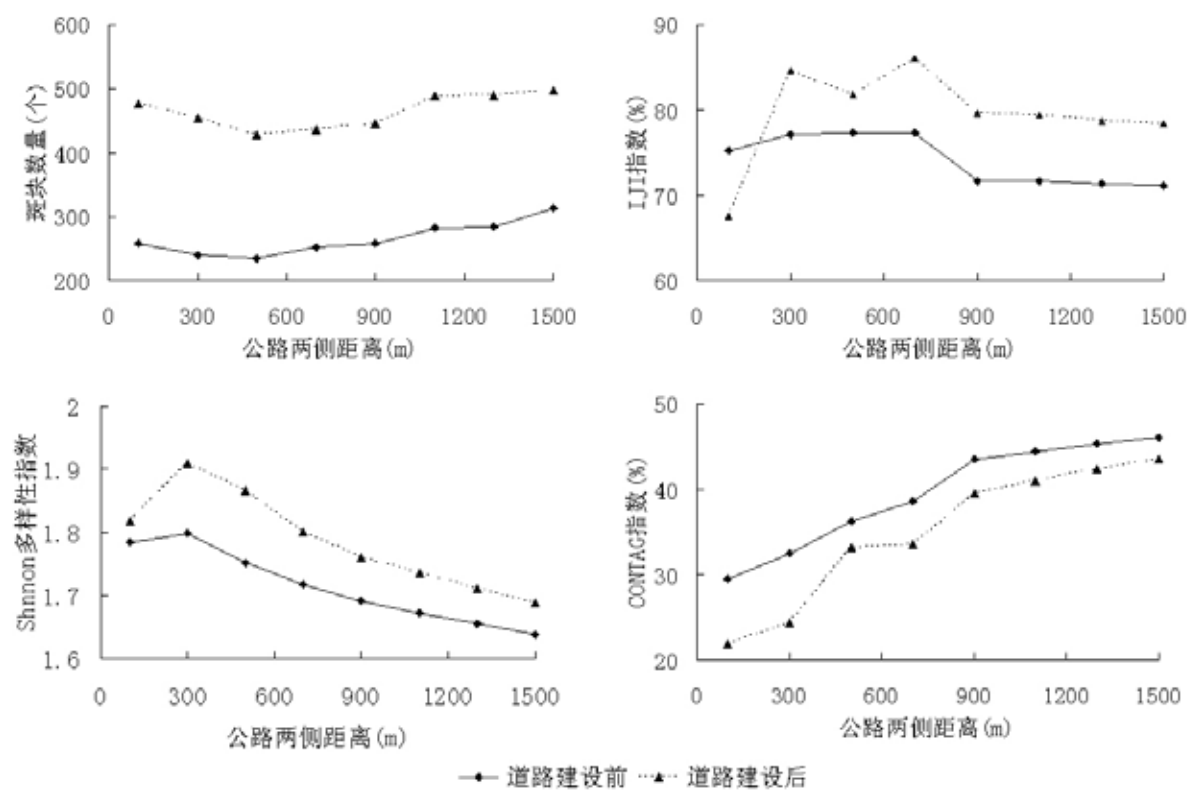


图 3-5 洋太公路修建前后沿线不同范围内景观指数变化

Fig. 3-5 The variation of landscape indices in different ranges alongside the road before and after the construction

3.3 结论与建议

兰渝高速公路/铁路多以隧道方式穿越研究区，因此对研究区大熊猫栖息地的景观格局影响不大。

洋太公路整体以路面修建形式穿越大熊猫的栖息地，因此它对栖息地景观的切割作用不容忽视。洋太公路建设前，在整个大熊猫栖息地范围内，林地是主要的斑块类型，即大熊猫适宜生境占栖息地总面积的 61.5%，在景观中占有绝对优势，Shannon 多样性指数和 CONTAG 指数分别为 1.2 和 60.0%，表明该范围内景观破碎化程度较小，连通性较高。洋太公路所穿越的景观类型主要是耕地和草地，同时还穿越了 9.4 km 的适宜生境，主要集中在苏家沟至二郎坝路段，通过实地走访调查发现，洋太公路苏家沟至大树坪段附近多次发现大熊猫活动，表明公路建设对有林地斑块的切割可能是影响大熊猫栖息地连通性和种群交流的主要因素。洋太公路的修建使沿线两侧 500 m 范围内 6.9% 的土地面积转化为其它建设用地，其中，作为大熊猫生境和通道的林地面积减少 0.9%，斑块平均面积减小 8%，斑块密度增加 6%。各斑块类型的破碎化程度加大。

通过比较洋太公路修建前后的沿线两侧不同范围内的景观指数发现，离公路越近，景观指数变化越大，在离公路两侧 300 m 的处，景观指数变化最大。随着离公路距离的增大，景观指数的变化

逐渐减小，表明公路建设对景观格局的影响程度受到空间尺度的限制，在不同的空间尺度上，公路建设对景观格局的影响程度不同。

由于洋太公路的建设及沿线人居活动的增加将进一步加剧该区域大熊猫栖息地景观破碎化程度，甚至可能造成栖息地斑块的完全隔离，严重影响大熊猫的迁移和交流，因此建议：

(1) 未来在大熊猫分布区进行道路设计时，应充分考虑道路线路与景观斑块的位置关系，选线时避免直接穿越较大的森林斑块，尽管洋太公路建设已经基本完工，但在磨房沟、大岭子等大熊猫出没较多的路段，可以考虑补充设立桥涵构筑物以及专门动物通道降低公路的阻隔效应；

(2) 在道路施工阶段，应严格控制路基填挖，采取边填挖边复垦的方式，对道路建设所破坏的林地斑块进行及时恢复，尽量将道路的影响降至最低；

(3) 在道路运营阶段，应严格控制车流量，车流量越小对大熊猫的影响越小，在已建及拟建的大熊猫走廊带设立减速警示牌，提醒过往车辆在大熊猫活动区域需减速行驶；

(4) 在保护区管理方面，应加强对大树坪和二郎坝已建大熊猫走廊带的监管，把苏家沟林场至大树坪路段沿线建立为新的大熊猫走廊带，并纳入陕西省大熊猫监测工作计划中，同时扩建黄柏塬保护区，把苏家沟林场至大树坪路段纳入其扩建范围，以利于大熊猫栖息地的保护与恢复。

4. 道路网对秦岭大熊猫的影响

道路网密度和种群衰退的生态风险程度具有很高的线性相关关系 (李双成等, 2004; 刘世梁等, 2005), 当道路网密度达到一定的阈值后, 将使动物自然种群密度趋于减少 (Findlay & Houlihan, 1997; Strittholt & Dellasala, 2001), 最终导致生物多样性的下降。此外, 道路的生态学影响具有扩散的特征, 其影响面积超过道路本身面积的数十倍 (胡忠军等, 2005), 道路网建设对整个秦岭山系大熊猫所带来的干扰是长期和不可逆的 (李月辉等, 2003)。

4.1 研究方法

4.1.1 生境变化

大熊猫生境评价模型可以分为三类, 即: 回归模型、生境因子分析模型和机理模型。机理模型通常只选择有限的几个因子, 如果选择合适, 能反映单个因子的变化对生境质量变化的效果。由于本研究目的是反映道路网叠加前后大熊猫生境质量的变化, 因此采用机理模型进行评价。

影响大熊猫生境质量的因素可以分为非生物因子、生物因子以及人类活动因子 (欧阳志云等, 2001)。在传统的大熊猫生境质量评价模型当中, 非生物因子一般指地形, 包括海拔、坡度和坡向, 而生物因子一般是指植被和竹林。考虑以上两个因子所得生境被认为是潜在生境, 在此基础上考虑了道路网对大熊猫潜在生境可能产生的影响, 由此可以得出大熊猫在道路网影响之下所能利用的实际生境。根据前人对大熊猫种群生态学、行为学、生理学、主食竹等方面的研究成果, 建立大熊猫生境评价的指标体系 (表 4-1、表 4-2 和表 4-3)。根据评价准则, 在 GIS 的支持下, 对道路网叠加前后大熊猫生境的变化进行模拟。

表 4-1 自然环境因子评价准则

Tab. 4-1 Criteria for suitability assessment of the abiotic and biotic factors

		适宜	次适宜	不适宜
非生物因子 Abiotic factors	海拔 Elevation(m)	1500-3100	1350-1500	<1350, >3100
	坡度 Slope(°)	<30	30-45	>45
生物因子 Biotic factors	植被 Vegetation	森林 Forest	灌丛 Shrub	其它 Others
	竹子 Bamboo	大熊猫主食竹 Edible bamboo for giant panda	-	无竹子 No bamboo

表 4-2 道路影响评价准则及对大熊猫潜在生境的影响

Table 2 Criteria for assessment of road construction and its impact on giant panda’s potential habitat

人类活动类型 Types of human activities	强烈影响 Strong impact	中等影响 Moderate impact	弱影响 Weak impact	无影响 None
与国道、省道距离 Distance from national or provincial highway (m)	<180	180-300	300-720	>720
与一般公路距离 Distance from common road (m)	<60	60-210	210-720	>720
潜在生境 Potential habitat	实际生境 Actual habitat			
适宜 Suitable (S)	US	MS	MS	S
次适宜 Marginally suitable (MS)	US	US	MS	MS
不适宜 Unsuitable (US)	US	US	US	US

4.1.2 大熊猫活动与生境面积的关系分析

在 GIS 的支持下，将 5 km × 5 km 的网格叠加到大熊猫的实际生境上，对每一网格内的大熊猫生境面积和大熊猫活动痕迹点数量进行统计分析，得出生境面积与活动痕迹点数量的相关性，并建立两者之间的回归方程，最后得出大熊猫活动痕迹点出现的最小生境面积。

4.1.3 对种群容纳量的影响

根据 1.2.2 节的统计分析得出的大熊猫最小生境面积，在 5 km × 5 km 的网格上，扣除小于此最小生境面积的所有网格，分别得到道路网建设前后的大熊猫生境的有效面积，利用此有效面积除以最小生境面积，分别得到道路网建设前后秦岭地区大熊猫生境所能容纳的最大种群数量。

4.1.4 数据来源

本研究所用到的基础数据及来源如下：（1）1：25 万 DEM，来自国家测绘局；（2）2001 年 1：10 万土地利用及道路网矢量数据，来自于北京中科永生数据科技有限公司；（3）大熊猫活动痕迹点及可食竹分布数据，来自于全国第 3 次大熊猫调查结果。

4.2 结果分析

4.2.1 生境变化

在道路网叠加前，秦岭地区大熊猫的适宜生境面积约 1560.87 km²，次适宜生境面积约 1498.55 km²，非生境面积约 18055.40 km²。道路网叠加后，大熊猫适宜生境面积下降为 1093.32 km²，减少约 30%，次适宜生境面积和非生境面积分别增加约 247.23 km² 和 220.40 km²（图 4-1）。

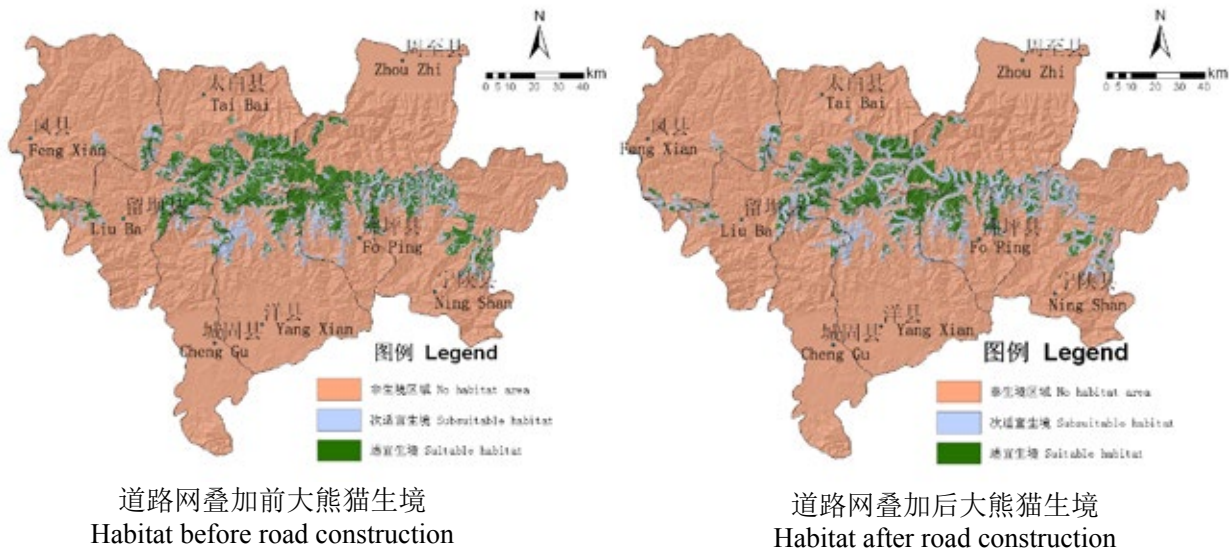


图 4-1 道路网叠加前后秦岭大熊猫生境状况

Fig. 4-1 The habitat of giant panda before and after road construction in Qinling Mountains

在道路网的影响下，研究区约有 414.01 km² 的适宜生境转化为次适宜生境，约占退化生境总面积的 65.3%；约有 166.79 km² 的次适宜生境转化为非生境，约占退化生境总面积的 26.3%；约有 53.53 km² 的适宜生境直接转化为非生境，约占退化生境总面积的 8.4%（表 4-3）。由此可见，在道路网影响下大熊猫生境退化的主要类型是适宜生境转化为次适宜生境。

发生生境退化的区域如图 4-2 所示，若严格控制这些区域相关道路的车流量，并在相关路段建立大熊猫通道，同时尽量恢复道路两侧的大熊猫生境，能有效降低道路网对大熊猫生境及种群交流所带来的负面影响。

表 4-3 道路网影响下各类型退化生境面积

Tab. 4-3 The area of degradation types under the impact of road network

退化类型 Degradation types	面积 Area (km ²)	占退化生境总面积的比例 Accounted for proportion of total area of degraded habitat (%)
适宜生境→次适宜生境 S → MS	414.01	65.3
次适宜生境→非生境 MS → US	166.79	26.3
适宜生境→非生境 S → US	53.53	8.4
退化生境总面积 Total area of degraded habitat	634.33	100

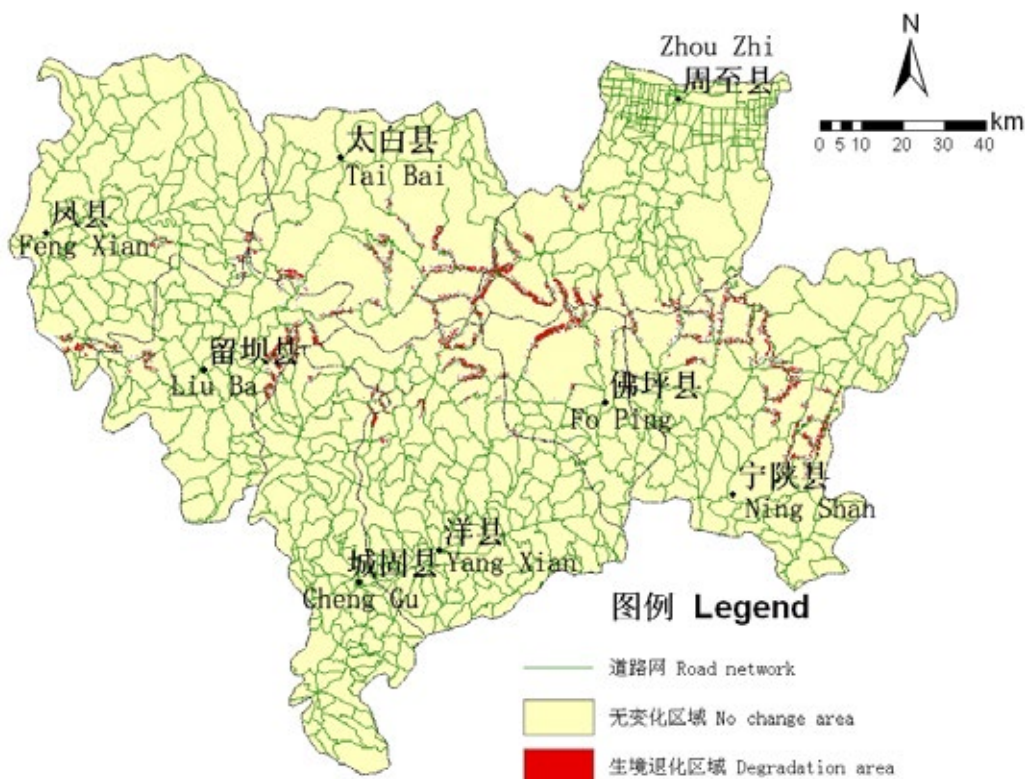


图 4-2 秦岭地区道路网及大熊猫生境退化区域

Fig. 4-2 The road network and degradation area of giant panda’ s habitat in Qinling Mountains

4.2.2 大熊猫活动与生境面积的关系

通过对 5 km × 5 km 的网格中大熊猫生境面积（包括适宜生境与次适宜生境）和活动痕迹点数量进行 Pearson 相关性分析可知，生境面积与活动痕迹点数量存在显著的相关性（R²=0.447，P<0.01）（表 4-4）。

表 4-4 大熊猫活动痕迹点与生境面积的相关性检验

Tab. 4-4 The correlation test of giant panda’ s active marks and habitat area

		每网格生境面积 The area of habitat in each grid
每网格大熊猫活动痕迹点数量 The amount of giant panda’ s active marks in each grid	Pearson Correction	0.447 *
	Sig.(2-tailed)	0.000
	N	287

通过对 5 km × 5 km 网格内大熊猫活动痕迹点数量与平均生境面积进行统计（表 4-5），然后进行二次回归曲线拟合可知，大熊猫活动痕迹点数量（y）与平均生境面积（x）满足下列回归方程：y

* * 相关性在 0.01 水平（双尾）上显著

$= 0.0685x^2 - 1.2446x + 5.5825$ ($R^2 = 0.8747$) (图 4-3)。也就是说, 在 $5\text{ km} \times 5\text{ km}$ 大小的网格内, 至少要保证生境面积 $\geq 10.10\text{ km}^2$, 才可能出现大熊猫活动痕迹点。

表 4-5 大熊猫活动痕迹点与生境面积网格统计

Tab. 4-5 The statistics of giant panda's active marks and habitat area

每网格大熊猫活动痕迹点数量 The amount of giant panda's active marks per grid	网格数 Cell numbers	网格内平均生境面积 average area of habitat per grid (km^2)
0	197	7.32
1	44	14.08
2	17	13.09
3	9	17.63
4	9	17.97
5	2	17.09
6	4	17.47
7	4	18.51
10	1	21.06

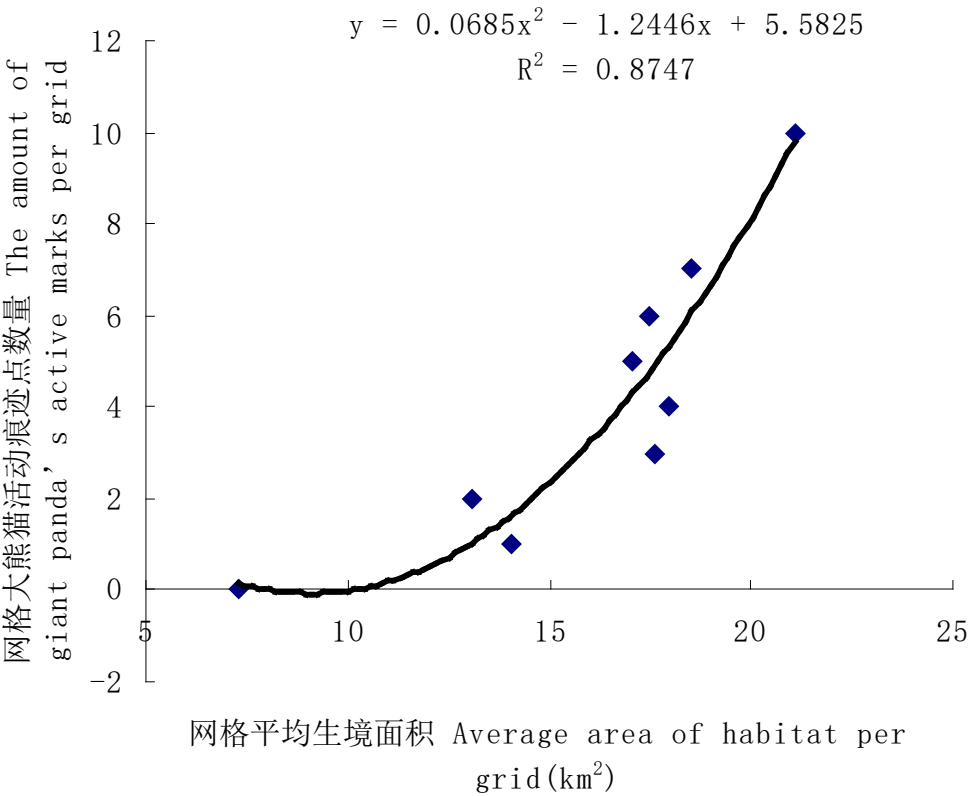


图 4-3 大熊猫活动痕迹点与生境面积的回归分析

Fig. 4-3 The regression analysis between giant panda's active marks and habitat area

4.2.3 对种群容纳量的影响

根据 2.2 节的回归分析所得出的大熊猫最小生境面积约 10 km²，在 5 km×5 km 的网格上，扣除生境面积< 10 km²的所有网格（图 4-4），得到道路网建设前和建设后的大熊猫有效生境面积，再将有效生境面积除以最小生境面积，得到道路网建设前和建设后大熊猫生境所能容纳的最大种群数量（表 4-6）。由表 6 可知，在道路网建设前，秦岭地区大熊猫的理论种群容纳量为 240 只，道路网建设后，该地区大熊猫理论种群容纳量下降为 217 只。根据全国第 3 次大熊猫调查，目前该地区实际大熊猫种群数量约为 270 左右。

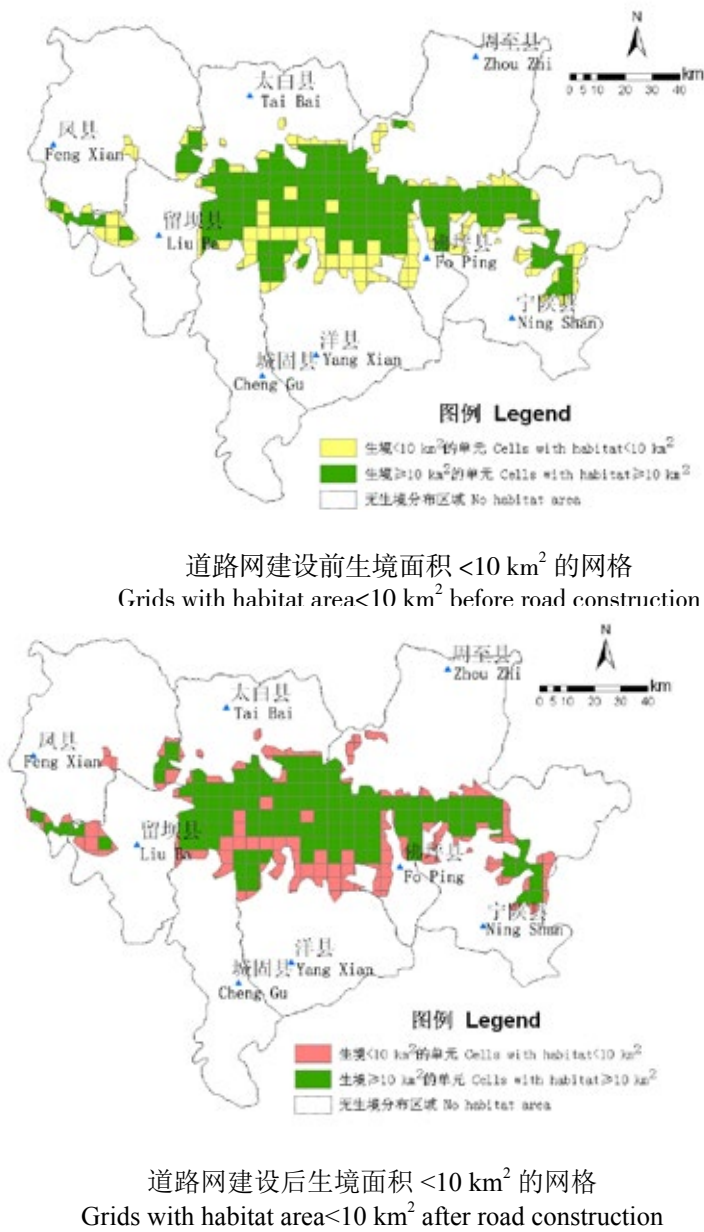


图 4-4 道路网建设前和建设后生境面积 <10 km² 的网格
Fig. 4-4 The grids with habitat area<10 km² before and after road construction

表 4-6 道路网建设前后大熊猫有效生境面积及种群理论容纳量

Tab. 4-6 The effective habitat area and population capacity in theory

	生境面积 Habitat area (km ²)	有效生境面积 Effective habitat area (km ²)	理论种群容纳量 Population capacity in theory
道路网建设前 Before road construction	3059.42	2402.37	240
道路网建设后 After road construction	2839.10	2167.71	217

4.3 结论与建议

大熊猫生境评价模型可以分为三类，即：回归模型、生境因子分析模型和机理模型。机理模型通常只选择有限的几个因子，如果选择合适，能反映单个因子的变化对生境质量变化的效果。由于本研究目的是反映道路网建设前后大熊猫生境的变化，因此采用机理模型进行评价能取得较好的效果。通过对比道路网叠加前后的生境发现，道路网使秦岭地区大熊猫的适宜生境面积由 1560.87 km² 下降为 1093.32 km²，减少约 30%，次适宜生境面积和非生境面积分别增加约 247.23 km² 和 220.40 km²。在道路网的影响下，研究区约有 414.01 km² 的适宜生境转化为次适宜生境，约占退化生境总面积的 65.3%，可见在道路网影响下大熊猫生境退化的主要类型是适宜生境转化为次适宜生境。

将大熊猫生境划分为 5 km × 5 km 的网格，对每一网格内的大熊猫生境面积和大熊猫活动痕迹点数量进行统计分析发现，生境面积与活动痕迹点数量存在显著的相关性（R²=0.447，P<0.01）；通过对网格内大熊猫活动痕迹点数量与平均生境面积进行二次回归曲线拟合可知，大熊猫活动痕迹点数量（y）与平均生境面积（x）满足回归方程： $y = 0.0685x^2 - 1.2446x + 5.5825$ （R² = 0.8747），由此得出出现大熊猫活动痕迹点的最小生境面积约为 10 km²。扣除所有小于此生境面积的网格，最后得出道路网建设前秦岭地区大熊猫的理论种群容纳量为 240 只，道路网建设后，该地区大熊猫理论种群容纳量下降为 217 只。

以上结果说明，道路网对秦岭大熊猫生境及其种群容纳量的影响是不可忽视的。因此建议：不仅需要严格控制该地区未来道路的规划和建设，还需要在已建道路网的基础上，严格控制生境退化区内相关道路的车流量，在相关路段建立大熊猫通道，并尽量恢复道路两侧的大熊猫生境，以有效降低道路网对大熊猫生境及种群交流所带来的负面影响。

参考文献

- Andrews A. 1990. Fragmentation of habitat by roads and utility corridors: a review. *Australian Zoologist*, 26: 130–142.
- Epps CW, Palsbøll PJ, Wehausen JD, et al. 2005. Highways block gene flow and cause a rapid decline in genetic diversity of desert bighorn sheep. *Ecology Letters*, 8: 1029–1038.
- Findlay CS, Houlihan J. 1997. Anthropogenic correlates of species richness in southeastern Ontario wetlands. *Conservation Biology*, 11: 1000–1009.
- Forman RRT, Gordon M. 1986. *Landscape Ecology*. New York: John Wiley and Sons.
- Gagnon JW, Theimer TC, Dodd NL, et al. 2007. Traffic volume alters Elk distribution and highway crossings in Arizona. *Journal of Wildlife Management*, 71(7): 2318–2323.
- McGarigal K, Romme WH, Crist M. 2001. Cumulative effects of roads and logging on landscape structure in the San Juan Mountains, Colorado(USA). *Landscape Ecology*, 16(4): 327–349.
- Miller JR, Joyce LA, Knight RL. 1996. Forest roads and landscape structure in the southern Rocky Mountains. *Landscape Ecology*, 11(2): 115–127.
- Rebecca AR, Johnson–Barnard J, Baker WL. 1996. Contribution of roads to forest fragmentation in the Rocky Mountains. *Conservation Biology*, 10(4): 1098–1106.
- Reh W, Seitz A. 1990. The influence of land use on the genetic structure of populations of the common frog (*Rana temporaria*). *Biological Conservation*, 54: 239–249.
- Shen GZ, Feng CY, Xie ZQ, et al. 2009. Proposed conservation landscape for giant pandas in the Minshan mountains, China. *Conservation Biology*, 22(5): 1144–1153.
- Spellerberg IF. 1998. Ecological effects of roads and traffic: a literature review. *Global Ecology and Biogeography*, 7 (5): 317–333.
- Strittholt JR, Dellasala DA. 2001. Importance of roadless areas in biodiversity conservation in forested ecosystems: Case study of the Klamath–Siskiyou Ecoregion of the United States. *Conservation Biology*, 15(6): 1742–1754.
- Thinker DB, Resor CAC, Beauvais GP. 1998. Watershed analysis of forest fragmentation by clearcuts and roads in a Wyoming forest. *Landscape Ecology*, 13(3): 149–165.
- Trombulak SC, Frissell CA. 2000. Review of ecological effects of roads on terrestrial and aquatic communities. *Conservation Biology*, 14: 18–30.
- Underhill JE, Angold, PG. 2000. Effects of roads on wildlife in an intensively modified landscape. *Environmental Reviews*, 8: 21–39.

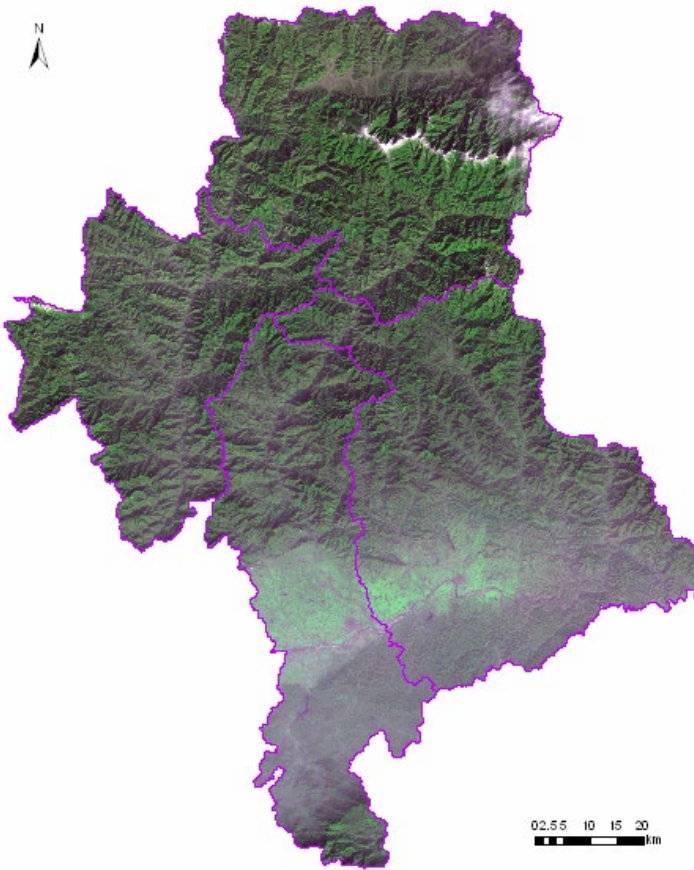
- 布仁仓, 胡远满, 常禹, 李秀珍 .2005. 景观指数之间的相关分析 .生态学报, 25(10): 2 7642-2775.
- 段春霞, 胡远满, 李月辉等 .2004. 大兴安岭北部林区景观格局变化及其影响分析 .生态学杂志, 23(2): 133-135.
- 段禾祥, 王崇云, 彭明春等 .2008. 大理至丽江高速公路建设对沿线景观格局的影响 .云南大学学报 (自然科学版), 30(S1): 398-402.
- 董有福, 赵永华, 全志杰 .2004. 退耕政策下小流域景观格局变化研究 .生态学杂志, 23(6): 29-32.
- 国家林业局 .2006. 全国第三次大熊猫调查报告 .北京: 科学出版社 .
- 龚明昊等 .2009. WWF 资助项目: 秦岭、岷山大熊猫栖息地保护及空缺分析 .
- 胡忠军, 于长青, 徐宏发, 等 .2005. 道路对陆栖野生动物的生态学影响 .生态学杂志, 24(4): 433-437.
- 刘淳, 刘明, 王克林, 等 .2007. 湘江流域中上游景观格局及其变化 .生态学杂志, 26(11): 1822-1827.
- 李俊生, 张晓岚, 吴晓莆等 . 道路交通的生态影响研究综述 .生态环境学报, 2009, 18(3): 1169-1175.
- 刘敏, 张合平, 厉悦 .2004. 岩溶地区公路修建对景观物种流的影响研究 .江苏林业科技, 31(4): 6-10.
- 李双成, 许月卿, 周巧富, 等 .2004. 中国道路网与生态系统破碎化关系统计分析 .生态学杂志, 23(5): 78-86.
- 刘世梁, 温敏霞, 崔保山 . 2007. 不同道路类型对澜沧江流域景观的生态影响 .地理研究, 26(3): 486-489.
- 刘世梁, 杨志峰, 崔保山等 .2005. 道路对景观的影响及其生态风险评价 .生态学杂志, 24(8): 897-901.
- 李四海, 恽才兴 .1999. 土地覆盖遥感专题信息的分层提取方法及其应用 .遥感技术与应用, 14(4): 24-28.
- 李月辉, 胡远满, 李秀珍, 等 .2003. 道路生态研究进展 .应用生态学报, 14(3): 447-452.
- 梅晓丹 .2004. 浅谈 GIS 在道路生态学中的应用 .哈尔滨师范大学自然科学学报, 20(4): 105-108.
- 欧阳志云, 刘建国, 肖寒 .卧龙自然保护区大熊猫生境评价 .生态学报, 2001, 21(11): 1869-1874.
- 邬建国 .2004. 景观生态学 - 格局、过程、尺度与等级 .北京: 高等教育出版社 .
- 汪自书, 曾辉, 魏建兵 .2007. 道路生态学中的景观生态问题 .生态学杂志, 26(10): 1665-1670.

- 肖笃宁, 李秀珍 .2003. 景观生态学的学科前沿与发展战略 .生态学报, 23(8): 1615-1621.
- 徐卫华 . 全国大熊猫生境动态特征及影响因子研究 . 中国科学院研究生院博士学位论文 ,2006.
- 徐卫华, 欧阳志云, 李宇等 . 2006. 基于遥感和 GIS 的秦岭山系大熊猫生境评价 . 遥感技术与应用, 21(3):238-242.
- 殷宝法, 淮虎银, 张懿锂, 等 . 2006. 青藏铁路、公路对野生动物活动的影响 . 生态学报, 26(12): 3917-3923.
- 张慧, 沈渭寿, 张华等 .2004. 青藏铁路建设对沿线景观格局的影响 . 农村生态环境, 20(3): 20-23.
- 赵景柱 .1990. 景观生态空间格局动态度量指标体系 .生态学报, 10(2): 182-186.
- 张爽, 刘雪华, 靳强, 等 .2004. 秦岭中段南坡景观格局与大熊猫栖息地的关系 . 生态学报, 24(9): 1951-1956.

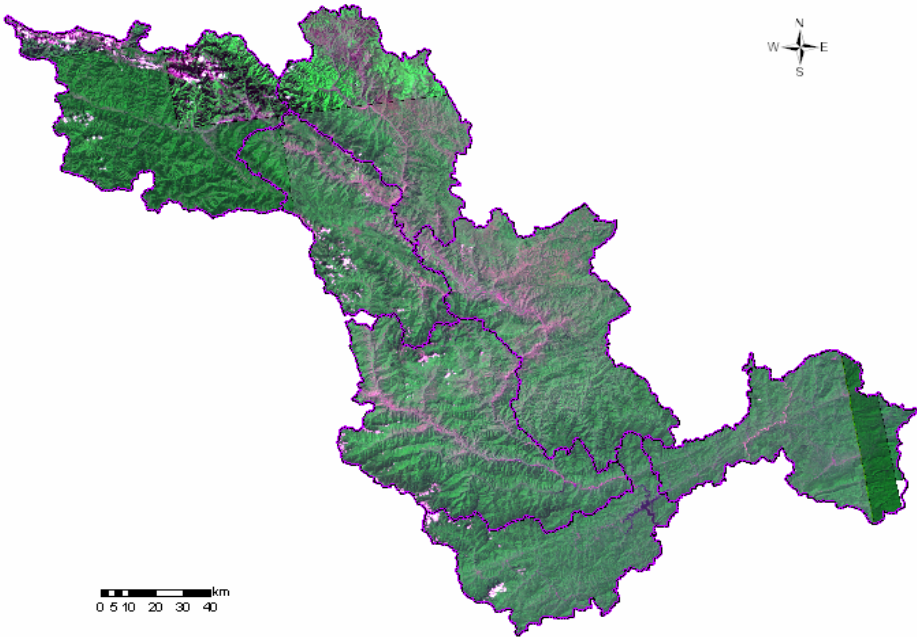
附表 1 大熊猫活动及其生境状况样方调查表

样线编号						日期： 年 月 日						天气			
地 点		县 / 市				大地名				小地名					
样方编号						调查人									
海拔高度		GPS 定位				北纬： ° ′ ″				东经： ° ′ ″					
部 位	脊部	上部	中部	下部	谷地	平地	坡 形	均匀坡	凹坡	凸坡	复合坡	无坡形			
坡 向		北	东北	东	东南	南	西南	西	西北	无坡向					
坡 度		0°-5°	6°-20°	21°-30°	31°-40°	>41°									
大熊猫活动类型	实体	粪便	食迹	足迹	卧穴	洞穴	爪痕	标记	尸体						
实 体		数量		大小		性别		行为							
粪 便	数量 (团)	1	2	3-10	11-20	>20	新鲜 程度	1-3	4-15	>15 天					
		咀嚼	细	中	粗	组成	茎	茎叶	叶	笋	其它				
		程度													
样本编号										小粪便	数量	(团)			
粪便量度		(cm)				(cm)					量度	(cm)			
生境 类型	常绿阔叶	常阔落阔混交		落叶阔叶		针阔混交	针叶林	灌丛	草坡	农田					
森林起源		原始林				次生林				人工林					
乔木层	平均高度 (米)		5-9		10-19		20-29		>30						
	郁 闭 度		0-0.24		0.25-0.49		0.5-0.74		0.75-1						
	平均胸径 (厘米)		0-10		11-20		21-30		31-50		>50				
灌木层	高度 (米)	0-1	1-2	2-3	3-4	4-5	盖 度	0-24%	25-49%	50-74%	75-100%				
竹 种															
高度 (米)	0-1	1-2	2-3	3-5	>5	盖 度	0-24%	25-49%	50-74%	75-100%					
生长类型	散生	簇生	混生	生长状况	好	中	差	水 源	有	无					
干扰 种类	人 类 干 扰								自然干扰				其 它		
	公路	采伐	猎棚	放套	放牧	割竹	挖笋	挖药	耕种	旅游	竹开花	火灾	滑坡		
时 间	1														
	2														
	3														
	4														
强 度	无														
	弱														
	强														
	很强														
备注															

附图 1 研究区遥感影像



洋太研究区遥感影像



兰渝研究区遥感影像

附图 2 野外实地调查照片



兰渝高速公路 / 铁路野外实地调查



洋太公路野外实地调查

秦岭、岷山山系大熊猫栖息地保护 及空缺分析

摘 要

中国大熊猫保护事业取得了显著的成就，全国已经设立 67 个大熊猫保护区，71% 的野外大熊猫和 57% 的大熊猫栖息地进入了保护区网络，并得到了有效保护。秦岭、岷山是中国大熊猫分布的主要地区，两山系占全国野生大熊猫总量的 61.59%，占全国大熊猫栖息地的 56.97%。长期的保护建设使两山系的大熊猫及栖息地得到了较好的保护，但仍然有一些对整个山系大熊猫分布格局、稳定性相关的重要区域没有被纳入现有的保护网络，导致现有保护网络还不完善，水平不均衡，功能不明显，成效受影响。

基于提升整个山系大熊猫及栖息地的保护水平和效能，从景观水平上实现大熊猫及栖息地的整体保护，通过 GAP 分析方法和景观分析法，以秦岭、岷山山系整个大熊猫分布区景观为尺度，通过地理信息系统（GIS），对两山系的大熊猫种群格局、适宜栖息地、食物资源、种群风险、保护网络、森林权属进行了分析，发现了目前两山系大熊猫及栖息地保护中存在的 GAP（空缺）和关键地带，对其现有的种群安全风险进行了评估，提出了提高和优化现有保护网络功能的途径，研究结果表明：

1. 在秦岭大熊猫分布区，满足大熊猫栖息地所需的海拔、坡度和坡向的适宜的地形空间有 92788.69 公顷，占整个分布区面积的 15.11%；牛尾河与兴隆岭太白山种群栖息地在地形上基本是隔离的；秦岭大熊猫分布区森林总面积为 383672.77 公顷，占整个分布区面积的 62.49%，整个大熊猫分布区森林分布呈现中、西部完整，东部破碎的格局；兴隆岭太白山栖息地具有秦岭最大的森林植被斑块，是承载秦岭最大大熊猫种群的坚实保障。以下区域为秦岭大熊猫保护的 GAP 或关键区域：锦鸡梁种群分布区、牛尾河种群和兴隆岭太白山种群的连接区域、厚畛子地区。由于环境超载、栖息地不足或种群过小，以下区域有种群安全风险：兴隆岭中南部佛坪、长青、老县城三保护区及周

报 告 作 者： 龚明晃（国家林业局调查规划设计院）、宋廷龄（中国科学院动物研究所）、
曾治高（中国科学院动物研究所）、颜文博（中国科学院动物研究所）、
官天培（中国科学院动物研究所）、金学林（陕西省林业厅珍稀野生动物
抢救饲养研究中心）、杨志松（四川西华师范大学）、古晓东（四川
省林业厅野生动植物保护管理站）、范志勇（WWF）、长有德（WWF）

报告合作单位：中国科学院动物研究所

报告完成时间：2009 年 9 月

边地区由于种群密度过高，影响该区域的种群安全；平河梁种群由于隔离严重和种群规模太小，存在灭绝的可能和风险。洋太公路将加剧牛尾河与兴隆岭种群的隔离；另外秦岭西部和东部的保护区域布局、边界设置不科学，影响保护网络的功能，需要优化（图 1）。

2. 在岷山大熊猫分布区，满足大熊猫栖息地所需的海拔、坡度和坡向的适宜地形空间有 584350 公顷，占整个分布区面积的 47.17%，岷山 B 种群分布区内的适宜地形相对最少，岷山 A 种群与岷山 B 种群的隔离也有强烈的地形因素；大熊猫最适植被类型针叶林和针阔混交林的总面积为 348866 公顷，占整个分布区面积的 30.29%，岷山 A3 的适宜植被质量最好，岷山 C 分布区内的熊猫最适植被破碎化最严重；小寨子沟保护区内的适宜植被最好，黄龙自然保护区内的适宜植被最差。以下区域为 GAP 区域或关键区域：九寨沟县西北、白水江源头的折母钦念地区，平武县木座乡与白马乡之间、平武县木座境内九寨环线两侧、木皮乡与青川县唐家河自然保护区之间的大熊猫分布区域，岷山 A 种群与岷山 B 种群之间的区域，施家堡与高山堡、虎牙之间的区域。岷山大熊猫分布区现有的空间环境、栖息地和食物资源都能满足现有大熊猫种群的需求；平武木座乡境内的九寨环线将加剧岷山 A1 和 A2 种群的隔离；因汶川地震，岷山 B 种群的大熊猫及栖息地遭受重创，可能导致一些小种群出现（图 2）。

3. 无论是秦岭还是岷山，目前都面临集体林管理和改革的政策障碍，特别是岷山地区大熊猫分布的主要区域集体林比重较大，是以后保护管理的重大隐患；另外，还面临保护区管理体制不顺、投入水平较低和保护水平差异较大影响保护网络功能等问题。

4. 西秦岭大熊猫分布区由于周边地区人类生产活动和严重干扰，特别是一些永久性工程项目使该种群无法与岷山山系的大熊猫进行交流，考虑到自身种群太小和日益加剧的种群和栖息地隔离趋势，该种群面临灭绝的可能。

5. 保护对策

（1）将秦岭山系大熊猫分布区东北部的锦鸡梁种群分布区纳入大熊猫保护网络；在岷山山系白水江源头的大熊猫种群分布区和平武县木皮、木座乡的大熊猫种群分布区新建保护区；在秦岭山系的大树坪、厚畛子地区，岷山山系 A、B 种群之间的区域、施家堡与高山堡之间的区域设立走廊带，完善保护网络。

（2）对秦岭山系牛尾河和桑园保护区及周边地区进行整合、调整，增加牛尾河和桑园保护区内的栖息地；天华山保护区通过扩界将保护区西边界外的栖息地纳入保护区进行管理；调整摩天岭和宁陕保护区的范围，提高土地使用的效率和保护效益。

（3）秦岭的兴隆岭中南部地区大熊猫种群密度过高而面临种群安全风险，需要制定大熊猫救护和竹子开花的应急预案来及时、有效地应对大熊猫可能面临的安全风险；建议通过大熊猫放归平河梁地区来增加遗传多样性或实施整体转移来保护秦岭的平河梁种群。

（4）加强调查与监测，防止岷山 B 种群分布区内因汶川地震而导致一些隔离小种群的出现，

特别是西北部地区。

(5) 加强对秦岭洋太公路黄柏塬至大树坪段和岷山九寨环线木座段公路的管理, 需要通过工程措施和管理措施来实现沿线大熊猫种群的交流和栖息地恢复, 建议在木座乡境内的平石板和南一里附近设立公路走廊带。

(6) 为发挥施家堡、高山堡等地的大熊猫走廊带功能, 需要控制或关停周边的部分矿点; 适度控制白水江保护区东北部地区的矿业开发, 维持岷山大熊猫栖息地东北部边缘地带的稳定和与西秦岭大熊猫栖息地的连接。为有效保护西秦岭大熊猫种群和栖息地, 建议通过工程和人为措施, 为岷山和西秦岭大熊猫种群和栖息地的交流与连接创造条件。

(7) 争取在大熊猫分布区单独制定大熊猫分布区的集体林权改革政策, 应采取有利于大熊猫栖息地保护、林农可接受的方式来推进大熊猫分布区的集体林改, 建议采取国家长期租赁的形式流转大熊猫分布区内的集体林管理和经营权。

(8) 在岷山南部地区引入一跨区域的协作机制, 各保护区共享信息、技术和资源, 提高保护能力, 实现保护网络整体水平的提升, 提高保护网络的功能和效益。

关键词: 大熊猫; 栖息地; GAP; 关键区域; 种群安全; 集体林权改革; 景观指数; 景观格局; 保护对策

Abstract

Over past more than forty years of efforts on giant panda conservation, a giant panda conservation network has been established for a total of 67 nature reserves in all panda areas. However, there are still several big challenges for the long-term survival of whole giant panda population. Firstly, it is estimated that there are still 29% of giant panda population and 43% of their habitats existing out of the conservation network. These uncovered giant populations have faced a certain risk for their long-term survival, and consequently leading to a big negative impact on the whole giant panda population. Secondly, new challenging threats have transformed from the traditional grazing, poaching and herb collection to large-scale infrastructure construction of road, mining and dam networks as well as mass tourism. These new threats directly result in the fragmentation, loss and degradation of giant panda habitats. Thirdly, a series of under-going policy adjustments such as collective forest management reforming and the end approaching of natural forest conservation programme by the Chinese governments are now posing a potential challenge to the safety and long-term survival of giant pandas.

With the purpose to find the solutions and recommendations to properly deal with these hot issues at a landscape level, this landscape- and geographical information system (GIS)-based project was conducted to search the gap areas and crucial areas in both Qinling and Minshan Mountains through analyzing a series of essential ecological and policy factors which are important for giant pandas' long-term survival, including topography of elevation, slop and aspect for suitable habitat, food resource, nature reserve conservation network, collective forest reforming and management, population survival safety. The suitable habitat of giant pandas is calculated according to giant panda ecology of essential topographic factors of elevation, slop and aspect. The GAPs and crucial areas are valued through bio-factors and abiotic factors essential to giant panda ecology as well as forest types with different ownership. We have drawn the following conclusions:

1. In Qinling Mountain, the total areas of suitable giant panda habitats are 92788.69 ha, accounting for 15.11% of the entire giant panda distribution areas, and the total suitable forest areas are 383672.77 ha, accounting for 62.49% of the entire distribution areas. The suitable forest is complete in the central and western regions, but fragmented in the eastern region. With the largest suitable forest pitch, Xinlongling-Taibaishan habitat areas provide a solid guarantee to inhabit the largest giant panda population in this Mountains. The only GAP is the area of JJL population locates in Qinling mountains, Dashuping and Houzhenzi should be the crucial linkage area around its region. With overloading and limit of habitat, the population within Foping, Changqing and Laoxiancheng reserves in the middle and south of Xinglongling is facing the risk of population safety. Because of small population size and great isolation, the population of Pingheliang is facing the probability of extinction. The unscientific setting and boundary decrease the function of present conservation network in the

west and east of total network, and some practice of readjustment need to be done there.

2. In Minshan Mountain, there are 584350 ha of suitable habitats for giant pandas with a combination of above essential factors, accounting for the entire distribution of 47.17%. It has lowest suitable terrain space in the population of Minshan B among all populations. The topography has played a strong role in the isolation between two populations of Minshan A and Minshan B. The areas of suitable forest with conifer forest and conifer mixed broadleaf forest are 348866 ha, accounting for the entire distribution areas of 30.29%, the highly qualified habitats in population of Minshan A3, but the most seriously fragmented in Minshan C. The beginning source of Baishuijiang river in Jiuzhaigou county, the area between Muzuo township and Baima township and the area between Mupi township and Tangjiahe reserve in Pingwu county are the GAPS in Minshan mountains. The following area should be the crucial linkage, the area between population of Minshan A and Minshan B in Maoxian county, the area among Shijiapu, Gaoshanpu and Huya in Pingwu county. With the great destruction of earthquake, the total area of population Minshan B may have some small and isolated population now or in the future.

3. Both Qinling and Minshan Mountains have a policy barrier of collective forest management how to make a contribution to giant pandas. There are large areas of collective forest with mosaic patterns among state owned forest, covering a high risk of panda habitat fragmentation if improperly managed under the current collective forest reform. There are also other problems to the collective forest such as the limited administration system, lower funding investment, and the capacity differences among nature reserves.

4. The population of giant panda in western Qinling Mountain will face a probability of local extinction because of strong human activity disturbance and some eternal constructions, creating a big difficulty to potentially exchange with populations in northern Minshan Mountain.

5. Based on the above conclusions, the relevant conservation recommendations are as bellows:

1) Establish new nature reserves to integrate the GAPS and crucial areas into conservation network, and key corridors to reconnect giant panda habitats.

It needs to set up new reserves to expand the conservation network in two mountains. There are several areas as following: the area of Jinjiling population in northeast of Qinling Mountain, the source of Baishuijiang River, Mupi town and Muzuo town with giant panda in Minshan Mountain. These crucial areas should be as a corridor to connect around habitat, the area of Dashuping and Houzhenzi in Qinling mountains, the area between Minshan A and Minshan B, Shijiapu and Gaoshanpu in Minshan mountains. With these practices, all main giant panda population will be included into conservation network and get effectively protected, and keep the stable pattern of giant panda distribution and promote the development of population in two mountains.

2) Adjust the boundary of exiting nature reserves to improve the function of the conservation network.

Through integration around Niuweihe and Sangyuan nature reserve, it will increase the amount of habitat within the two reserves. Tianhuashan reserve should expand its west boundary to include the area of outside this reserve. Motianling and Ninshan reserves spend a lot land resource with too big size, so it needs to decrease the size of two reserves to improve the efficiency of land using and conservation achievement. With great human disturbances, the area of north east of Baishuijiang reserve should be rule out.

3) Protect the giant panda in the central and south of Xinlongling and Pingheliang areas

The giant panda faces the risk of population safety with high density in the central and south of Xinglongling. It needs to formulate a collaborative mechanism to protect giant panda across this area, and make an emergency plan to deal with the accident of giant panda and bamboo flowering. As for Pingheliang population, two choices can be considered, one way is to release some giant panda individuals into this area to improve its genetic diversity, and another way is to translocate all individual to other place of local population with enough habitat and food resource.

4) Monitor and promote exchange of fragmented smaller populations caused by the earthquake in the areas of Minshan B population

Through strengthening monitoring and investigation, we can find the small and local population by earthquake immediately. As for eliminating the isolation population and breeding obstacle, we need to extend and link the habitat among all populations and reserves by human activity and nature evolution.

5) Strengthen management on transportation

With the future great disturbance on giant panda and its habitat, it need to pay more attention on the management of transportation in the segment of Huangboyuan to Dashuping in Yangtai Road and Muzuo village township in Jiuzhai Circle Road. Through the project measure and management measure, it will realise the exchange of giant panda and the linkage of habitat along these roads. Based on suitable forest and terrain pattern, there is a idea place to set up corridor in Pingshiban and Nanyili with Muzuo , Pingwu county along Jiuzhai circle road.

6) Control human disturbance and promote the conservation of habitat

To develop the function of corridor in Shigapu , Gaoshanpu , it need to control or stop some mine factories in this area. Based on keeping the stability of giant panda habitat and connection with western Qinling mountains , it need to control the development of mine in north-east of Baishuijiang reserve. With conservation of giant panda and habitat in western Qinling mountains, we suggest that establish the essential environment to facilitate the exchange of giant panda and connection of habitat between Minshan and Western Qinling mountains through project and human measure.

7) Release a panda-friendly policy to reform collective forest to benefit the reconnected and qualified

habitats

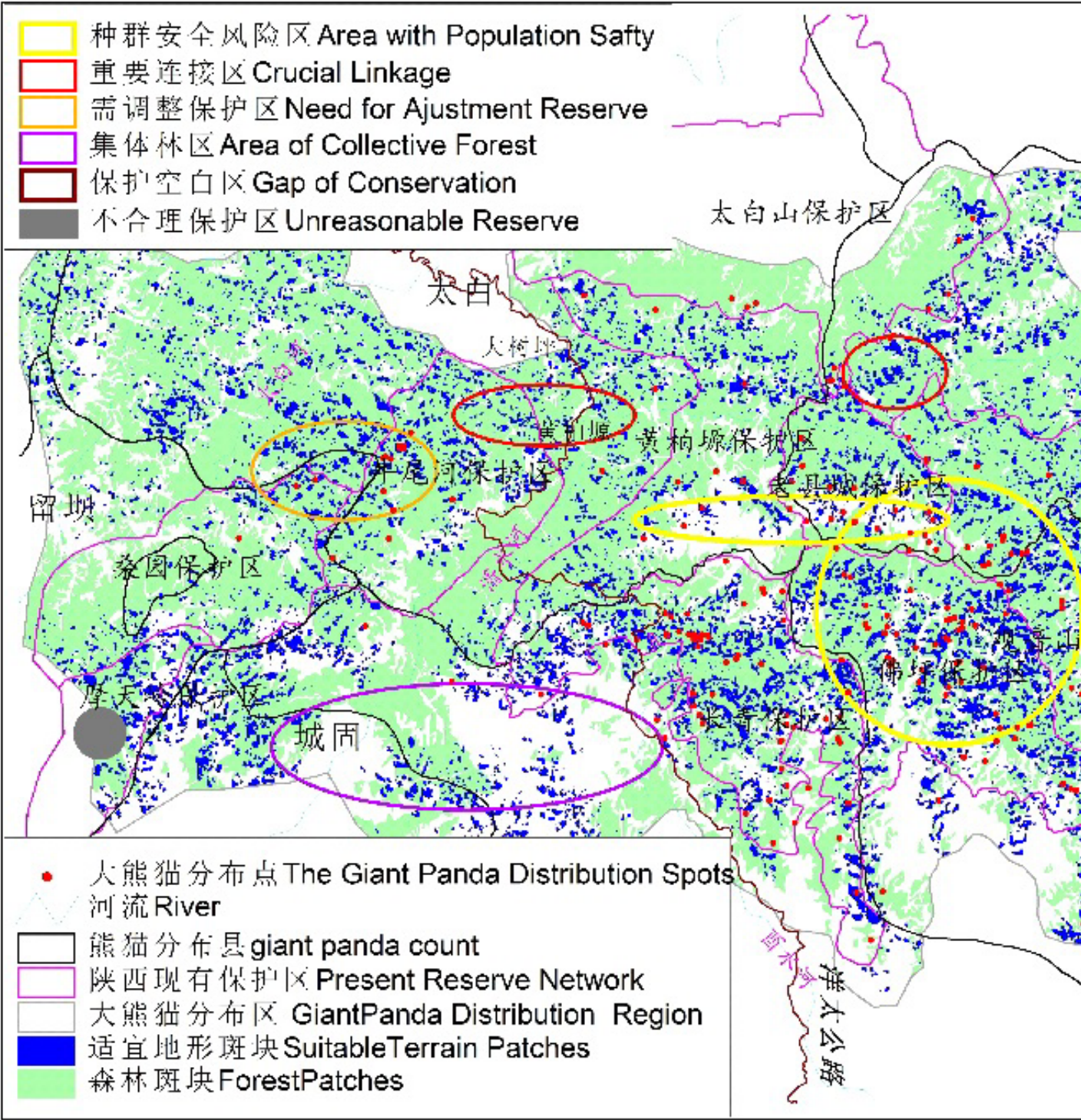
Considering the present government reform policy of collective forest, it needs to innovate new ways, modes and measures to develop collective forest reform in giant panda distribution regions. According to the current policy of collective forest reform, we strongly suggest government acquire forest farmer to delive their right of management and operation through lease.

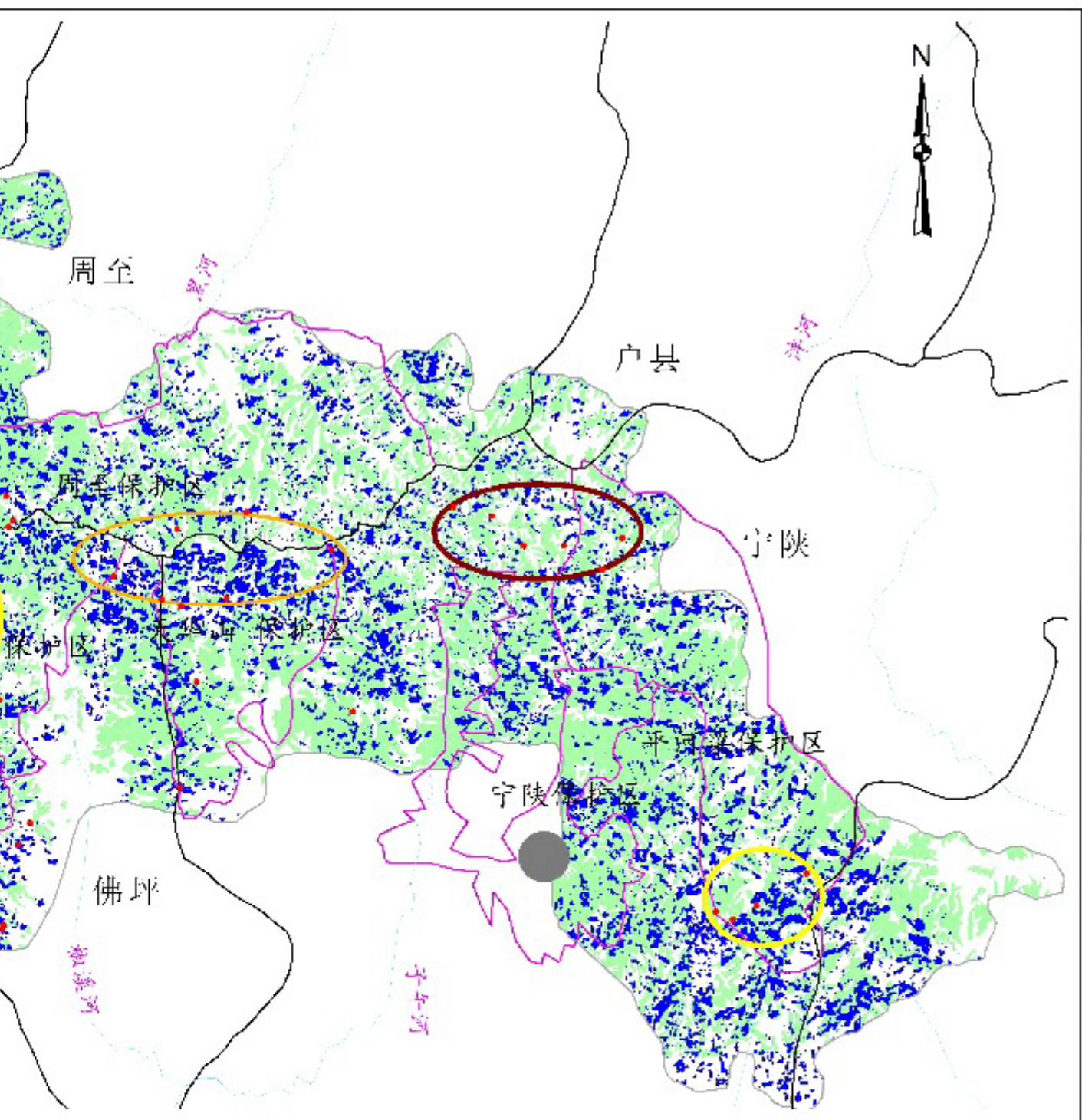
8) The construction of conservation capability and level

The distinct difference of conservation capacity among all reserves results in the decline of the function of conservation network. It needs to have a reasonable mechanism of management and investment for all national reserves, and improve the field allowance for all staff during monitoring and patrolling. Introducing the cooperation mechanism in south area of Minshan mountains, it will share information , technology and conservation resource and facilitate the total improvement of conservation level in whole mountains.

Key words: Giant panda, Habitat, GAPS, Crucial area, Population safety, Collective forestry reform, Landscape index, Conservation strategies

图 1：岷山大熊猫保护 GAP 及关键区域分布图
Fig 2 The GAP and crucial area for giant panda conservation in Minshan Mountains





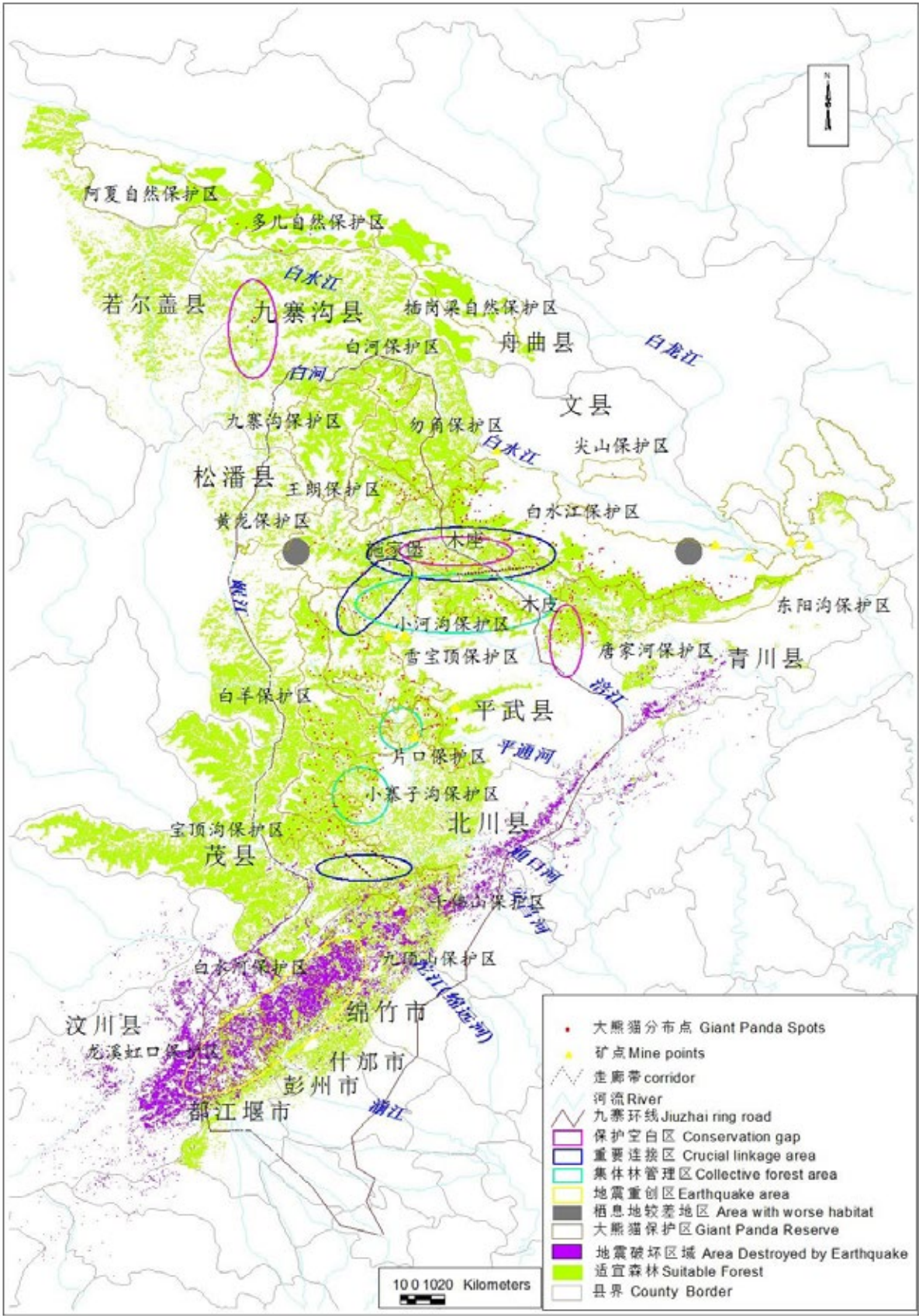


图 2：岷山大熊猫保护 GAP 及关键区域分布图
Fig 2 The GAP and crucial area for giant panda conservation in Minshan Mountain

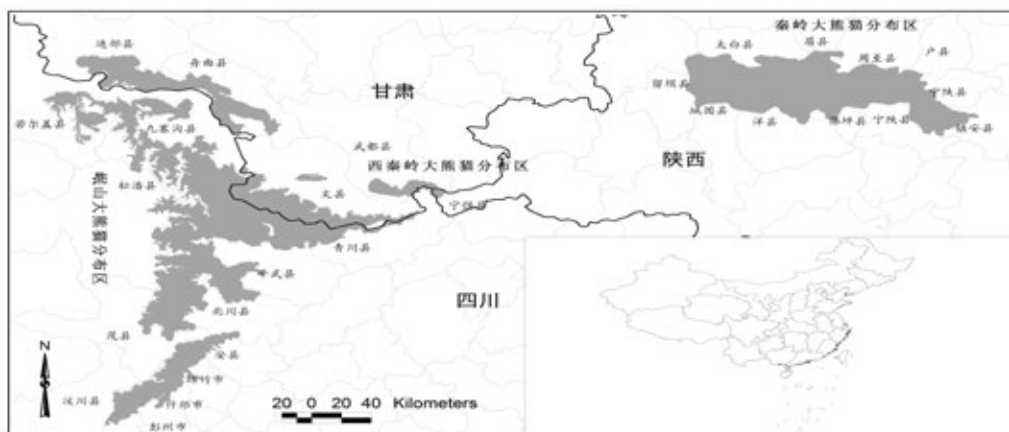
1. 项目背景

经过中国政府、国际社会和社区公众的多年努力，中国大熊猫保护事业取得了显著的成就。到目前为止，已经成功开展了三次大熊猫种群和栖息地调查；在各大熊猫分布区实施了天然林保护、退耕还林、自然保护区和野生动植物保护等生态建设工程，一大批大熊猫保护区得到建立和完善；邛崃山大熊猫栖息地被纳入世界自然遗产名录；大熊猫的人工繁育工作取得了突破性的进展；大熊猫的放归工作正在进行；社会各界的大熊猫保护意识不断深入；大熊猫生态文化日逐形成。

秦岭、岷山是中国大熊猫分布的主要地区（图 1—1），秦岭有野生大熊猫 275，岷山有野生大熊猫 708，两山系占全国野生大熊猫总量的 61.59%；秦岭有大熊猫栖息地 352914 公顷，岷山有大熊猫栖息地 960313，两山系的大熊猫栖息地占全国大熊猫栖息地的 56.97%。秦岭、岷山也是 WWF 在中国境内率先开展大熊猫保护工作的地区，从上世纪 80 年代开始，WWF 就分别在两山系开始实施一些大熊猫及栖息地保护方面的研究项目，取得了大量的基础数据和信息，为大熊猫保护和研究奠定了坚实的基础。通过中国政府和 WWF 及其它合作伙伴的努力，秦岭和岷山地区大熊猫保护的基础设施不断完善、人员素质不断提高、自然资源稳步增长、社区经济持续发展、保护意识深入人心，使秦岭和岷山地区成为了大熊猫最为和谐的生存环境，秦岭和岷山地区的大熊猫保护成效成为了其它大熊猫分布区和整个中国自然保护事业的典范，极大地促进了中国自然保护事业的发展。

在全国第三次大熊猫调查成果中比较详细地介绍了大熊猫目前的分布、种群数量、栖息地情况和干扰等情况。随着各大熊猫分布区区域经济的发展，大熊猫所面临的外部环境也发生着巨大变化，比如建设项目、食物短缺、自然灾害、政策变化、保护水平等。面对不断变化的保护环境，正确认识和分析大熊猫目前的分布格局、种群的隔离情况、栖息地的破碎程度、食物风险、种群安全和保护状况，及时了解目前大熊猫保护工作的空缺，准确把握未来保护工作中需要关注的重点领域和区域，对将来大熊猫的保护工作就显得尤为重要。因此，为进一步发挥秦岭和岷山地区的大熊猫保护工作对其它地区的示范作用，为其它地区的大熊猫保护工作提供经验。我们在 WWF 的资助下，进行“秦岭、岷山大熊猫栖息地保护及空缺分析”研究。

图 1—1 研究区域位置图 The Location of Study Area

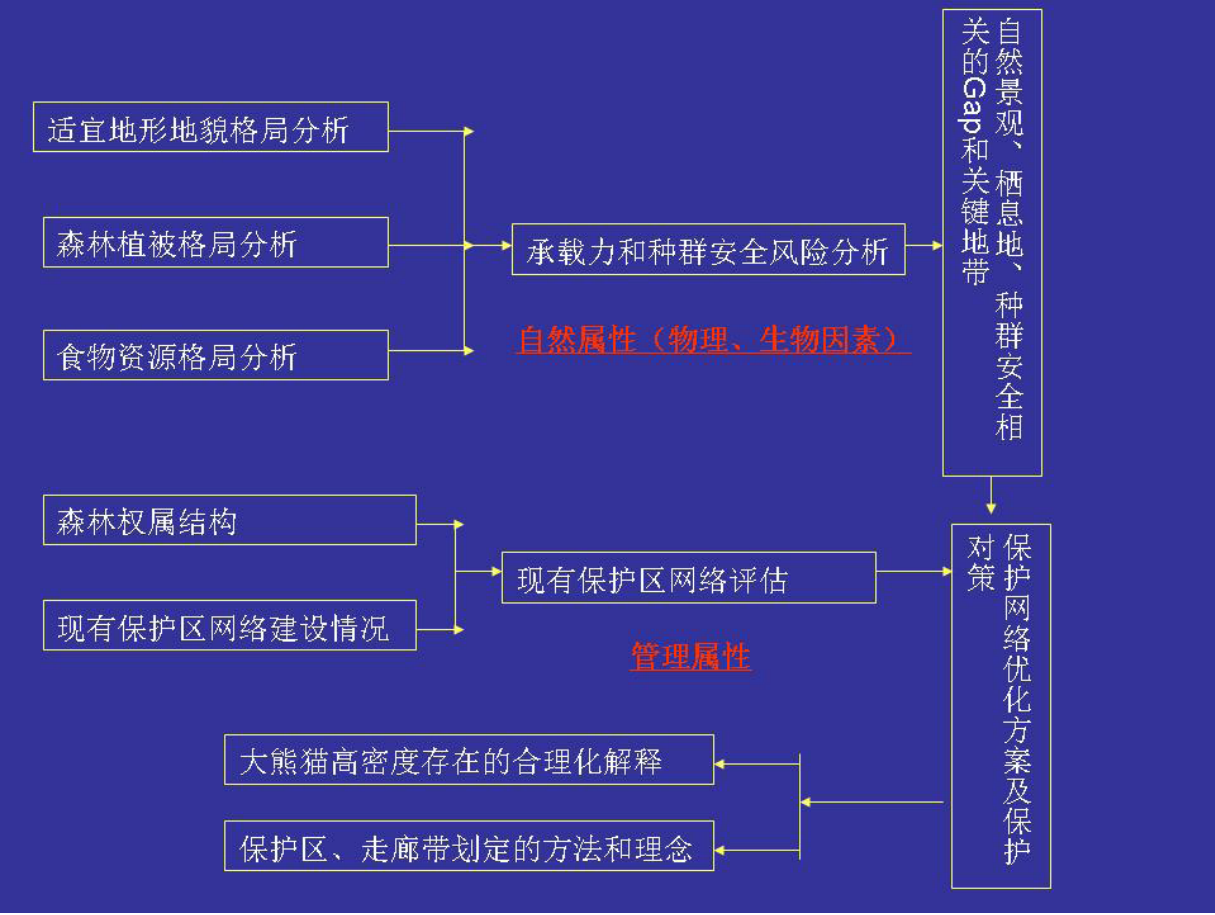


2. 研究方法和数据

2.1 研究方法

鉴于 GAP 分析方法和景观分析法的优点和成功案例（李迪强，宋延龄，2000；李晓文等，2007；Crutis et al., 1997; National gap pmalysis program,1994; Scott et al., 1993; Myers,1988; Wu and Hobbs,2002; 邬建国，2001），我们拟以秦岭、岷山山系整个大熊猫分布区为尺度，通过地理信息系统（GIS），以大熊猫为代表物种，根据其植被状况、适宜栖息地、大熊猫分布、食物情况、林地权属、保护管理等方面的信息，利用 Arcgis、Arcview、Fragstats 等软件的的空间分析功能，在分布区内捕获大熊猫及栖息地保护的空白区域和关键地带，确立将来保护行动的优先序列（Brown et al.,1994;Ginsberg,1999;Moran et al.,1996），从而完善秦岭、岷山山系的大熊猫及栖息地保护网络 (Pressey et al., 1994)，提升整个山系大熊猫及栖息地的保护水平和效能，从景观上实现大熊猫及栖息地的整体保护（Ritters et al.,1995; 图 2 — 1）。

图 2 — 1 研究路线图 The Study Process



2.2 环境数据的获取与处理

2.2.1 大熊猫适宜地形数据

大熊猫喜在适宜的地形空间生活，对海拔、坡度、坡向有明确的选择倾向。在大熊猫的微生物境

研究是大熊猫生态学研究较早开展的项目，研究成果也比较多，基本掌握了秦岭、岷山大熊猫栖息地的特征和大熊猫对栖息地选择的信息。通过 GIS 计算物种适宜的地形空间，是研究和分析大熊猫栖息地的准确、便捷方法 (李天文等，2004；李军锋等，2005；徐卫华等，2006)。

图 3 — 1 秦岭大熊猫分布区 DEM

The DEM of Giant Panda Region in Qingling Moutains

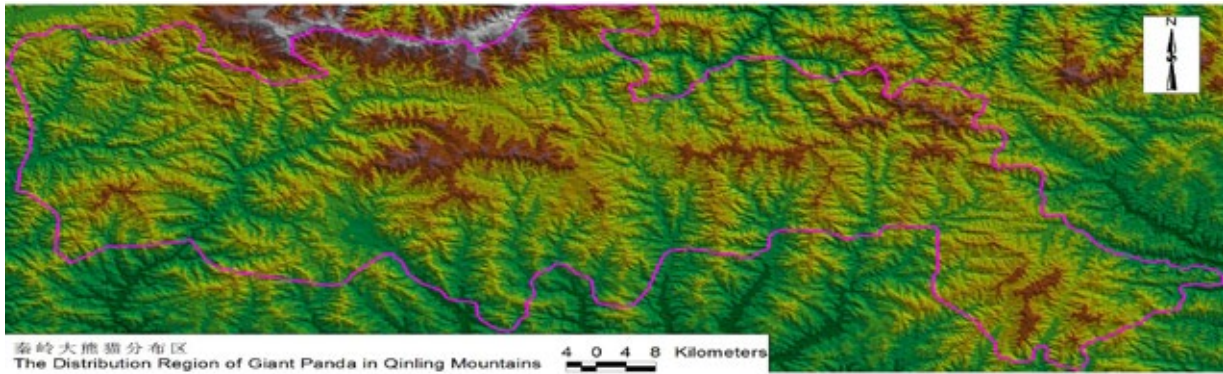
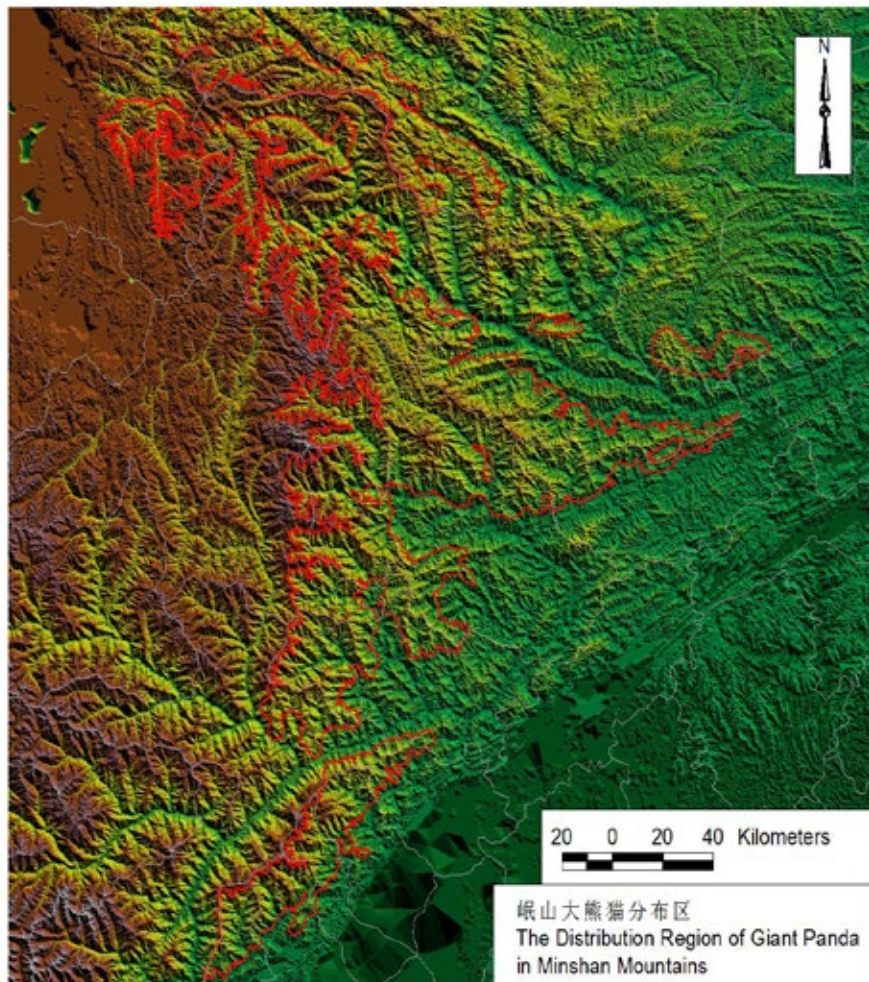


图 3 — 2 岷山大熊猫分布区 DEM

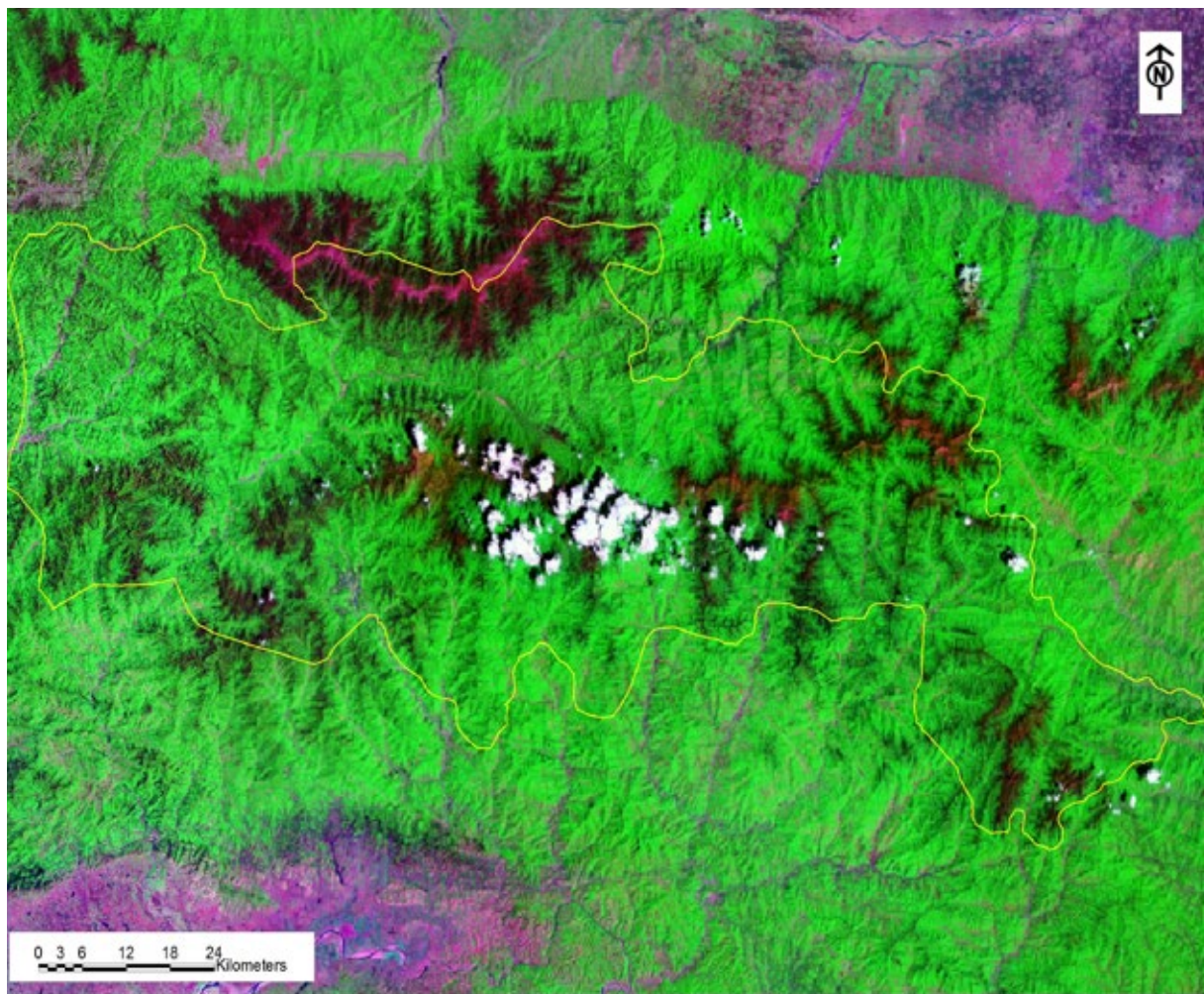
The DEM of Giant Panda Region in Minshan Moutains



通过对已有成果的总结和分析，我们把秦岭大熊猫主要适宜地形特征确定为：海拔区间为 1500 米 ~ 2400 米，坡度在 $0^{\circ} \sim 30^{\circ}$ ，坡向 $67.5^{\circ} \sim 292.5^{\circ}$ （杨兴中等，1998；潘文石等，2001；Loucks et al.,2003；孙承骞,2007）；岷山山系大熊猫主要利用符合以下地形因子条件的环境：海拔在 1500 ~ 3800 米、坡度为 $0^{\circ} \sim 40^{\circ}$ 、坡向在 $67.5^{\circ} \sim 337.5^{\circ}$ 范围内的地形空间（中华人民共和国林业部和世界野生生物基金会,1989；张泽钧，2000；胡锦涛，2001；四川省林业厅，2001；肖焱，2004；王学志等，2008）。在研究时，先基于 1:250 000 等高线建立了秦岭、岷山大熊猫分布区的 DEM（图 3—1、3—2），在此基础上分别生成海拔（elevation）、坡度（slop）和坡向（aspect）图层。根据上述两山系的大熊猫适宜地形的特征，通过 Arcview 的空间分析功能（Spatial analysis）得出秦岭、岷山大熊猫分布区内大熊猫适宜的海拔、坡度和坡向空间的分布和面积。

图 3—3 秦岭大熊猫分布区 2006 年遥感影像

The Landsat TM of Giant Panda Region in Qinling Mountains,2006.

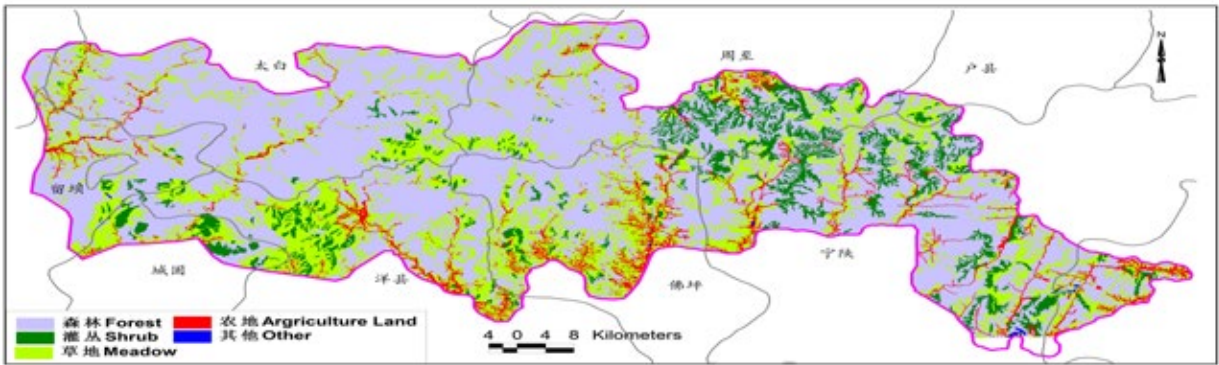


2.2.2 大熊猫分布区内地被物数据

秦岭地区的土地覆盖数据采用中国科学院全国 1:100 000 土地利用数据，该数据的分类系统来自《土地利用现状调查技术规程》。研究中，基于其土地分类系统，对原有的类别进行了适当整合后，将秦岭大熊猫分布区地被物分成森林、灌丛、草地、农田和其它类型共 5 类，同时也把森林作为研究大熊猫栖息地质量的主要因素，其余不喜选择的类型。部分区域也通过 2006 年遥感图像进行了修正和更新（图 3 — 3），最后生成了秦岭大熊猫分布区地被物分布图（图 3 — 4）。

图 3 — 4 秦岭大熊猫分布区植被图

The Land Cover Map of Giant Panda Region in Qinling Moutains



岷山地区的土地覆盖数据主要基于第三次大熊猫调查成果，根据研究的需要和大熊猫主要选择的植被类型（魏辅文，1996；国家林业局，2006；Shen Guozhen et al, 2006），把已有植被中的寒温性针叶林、暖温性针叶林、温性针阔混交林、温性针叶林作为大熊猫主要选择的植被类型，作为最适植被，并将其归并为一类，作为研究大熊猫栖息地质量的主要因素；而把其他的植被类型裸岩、草甸、常绿阔叶林、落叶阔叶灌丛、落叶阔叶林、农耕地、硬叶常绿阔叶林都作为大熊猫不喜选择的植被类型。一些重要区域还基于 2006 年遥感图像进行了修正和更新（图 3 — 5），最后生成了岷山大熊猫分布区地被物分布图。（图 3 — 6）

图 3 — 5 岷山大熊猫分布区 2006 年遥感影像

The Landsat TM of Giant Panda Region in Minshan Moutains,2006.

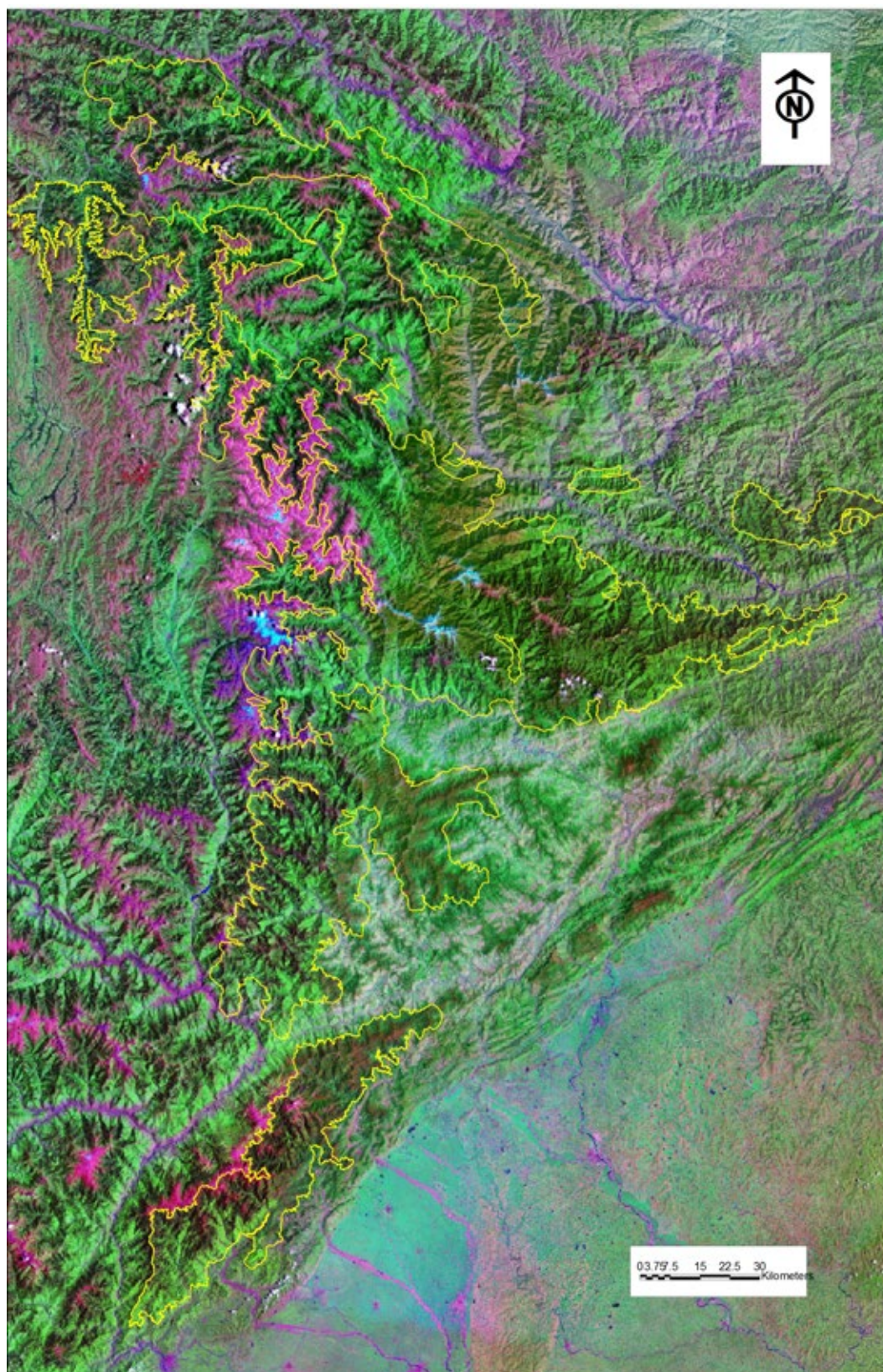
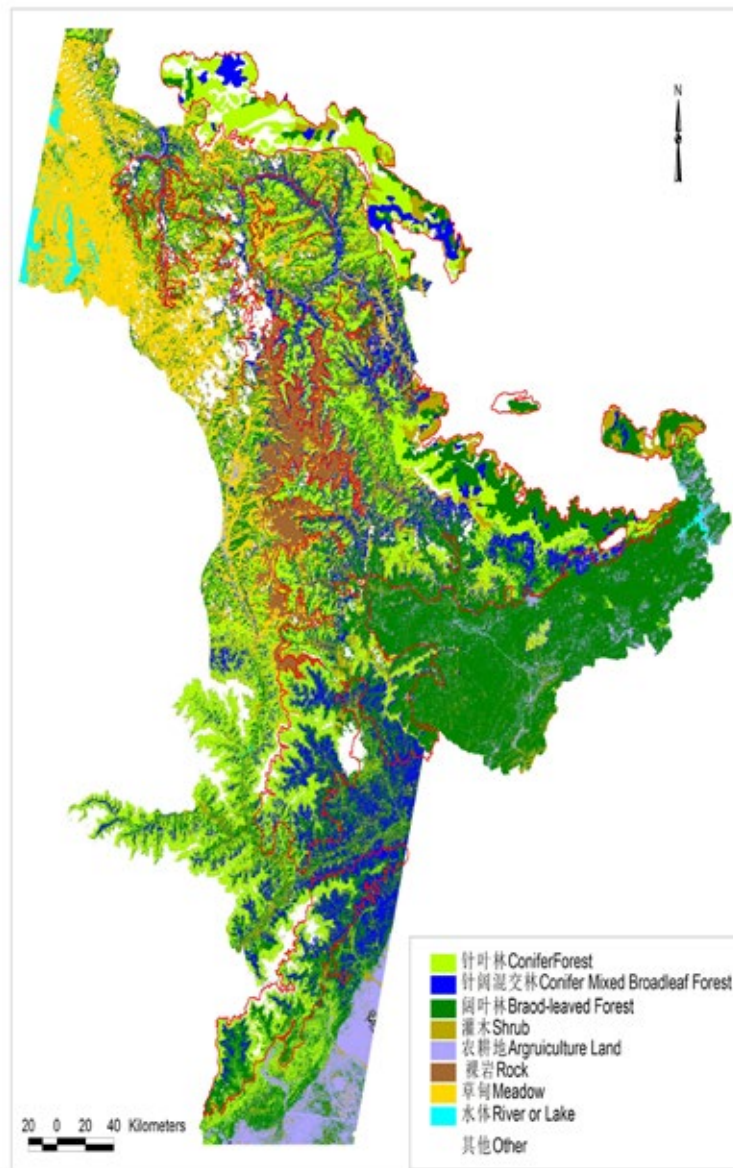


图 3 — 6 岷山大熊猫分布区植被图

The Vegetation Map of Giant Panda Region in Minshan Moutains



已有的研究都认为森林采伐使大熊猫栖息地的丧失是导致大熊猫种群数量的下降的主要原因。森林是大熊猫主要利用的植被，原始林、次生林和人工林，都对大熊猫生存具有重要意义（魏辅文，1996；李军锋等，2005；徐卫华等，2006）。鉴于森林对大熊猫的重要性，拟把森林植被分布格局作为分析大熊猫分布区内各栖息地质量的重要手段，并通过景观指数来反映各栖息地的状况（O’Neill et al.,1988; Riitters et al.,1995; 邬建国,2001）。因此，本研究只对森林分布的格局进行研究，不再对森林组成和其它地被物进行分析。

研究中，为准确了解森林的分布格局和破碎化程度，先通过 Arcview、Arcgis 的空间分析功能对森林格局的基本属性进行分析；然后再通过 Fragstats3.3 来计算相关的景观指数并进行进行景观格局和破碎化分析。

2.3 大熊猫及栖息地基础信息

本研究的大熊猫分布区、大熊猫分布点、主食竹分布、栖息地和局域种群划分和范围也来自全第三次大熊猫调查成果；80年代大熊猫分布信息根据第二次大熊猫调查报告及附图在GIS中生成矢量数据；最新的大熊猫保护区信息来自国家林业局大熊猫管理办公室；大熊猫的林权信息来自四川和陕西林业厅；大熊猫保护区的保护管理信息来自实地调查与问卷。

3. 保护空缺（GAP）和关键区域的确定

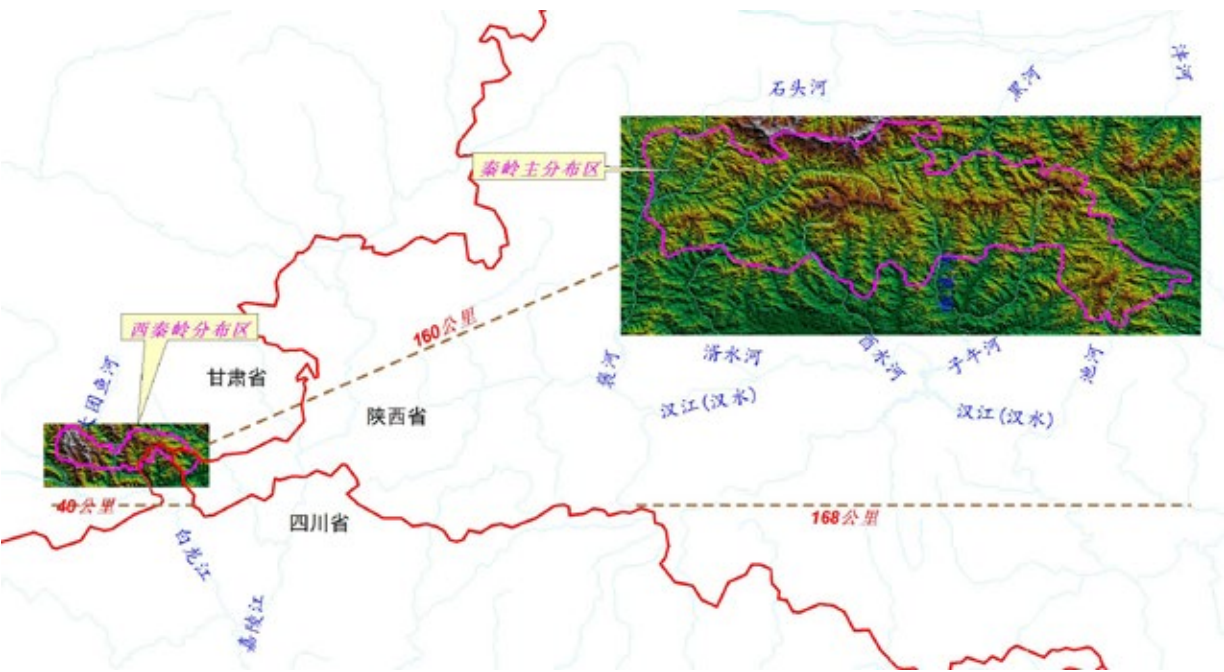
Gap方法主要是寻找保护网络以外物种和栖息地分布的关键区域。而基于Gap分析的理念，根据秦岭、岷山大熊猫分布区目前各种群、适宜地形、森林植被、食物资源和保护网络的分布格局，结合当前和将来大熊猫及栖息地的保护需求，寻找目前还游离于大熊猫保护网络外，但对种群之间的交流、扩散和栖息地的连接有重要作用的关键区域(Jennings,2000; 俞孔坚, 1999; 刘吉平等, 2005);同时对现有的保护网络进行评估，发现影响大熊猫种群安全、分布格局，并关系到将来整个山系大熊猫种群和栖息地发展的关键区域，并确定保护的优先序列。

4. 秦岭大熊猫栖息地保护与空缺分析

4.1 秦岭大熊猫分布区及种群概况

秦岭大熊猫的分布为两块，一块是由太白、凤县、周至、户县、宁陕、佛坪、洋县、留坝、城固、镇安等地的分布区连成一片，构成秦岭主分布区，东西长168公里，南北宽75公里（ $107^{\circ} 11' 12'' \sim 108^{\circ} 47' 57''$ ， $33^{\circ} 18' 45'' \sim 34^{\circ} 00' 18''$ ）。主分布区呈东西走向，分布面积613942.18公顷，属长江水系和黄河水系中上游，境内河流分属于渭河和汉江支流，该分布区内有大熊猫适宜栖息地344043公顷，秦岭主分布区大熊猫主要集中在中、西部，东部干扰较大，有108国道、210国道和西汉高速从境内通过。另一块是由陕西安强县分布区和与甘肃武都县、四川青川县的部分区域连接的区域，这一地区是秦岭的西延部分，为大熊猫分布的西秦岭分布区（ $105^{\circ} 29' 29'' \sim 105^{\circ} 34' 35''$ ， $32^{\circ} 50' 18'' \sim 32^{\circ} 54' 45''$ ），西秦岭分布区面积40938公顷，分布区从东到西距离40公里，有大熊猫适宜栖息地8871公顷（陕3821公顷、甘5050公顷），分布区与南部岷山山系的大熊猫种群和栖息地隔白水江相望，境内河流为嘉陵江支流，属长江水系。两分布区相距直线距离160公里，整个秦岭有野生大熊猫275只，占全国野生大熊猫总量的17.23%，其中主分布区有熊猫271只，西秦岭分布区有4只（图4—1）。

图 4-1 秦岭大熊猫分布区 The Distribution Region of Giant Panda

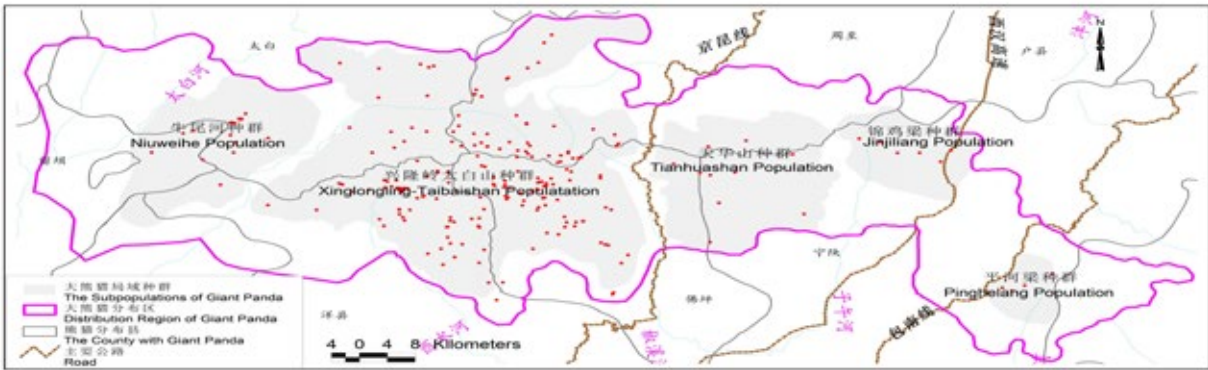


根据第三次大熊猫调查报告和孙承骞等（2006）的报道，秦岭主分布区有 5 个大熊猫局域种群，由东向西分别为平河梁局域种群、天华山局域种群、锦鸡梁局域种群、兴隆岭—太白山局域种群、牛尾河局域种群（图 4 — 2、表 4 — 1），加上西秦岭宁强地区秦岭共有 6 个大熊猫局域种群。

表 4 — 1 秦岭大熊猫局域种群及数量
All Local Populations and Its' Size of Giant Panda in Qinling Mountains

名称	种群数量	备注
平河梁局域种群	5	
锦鸡梁局域种群	6	
天华山局域种群	12	
兴隆岭—太白山局域种群	219	
牛尾河局域种群	29	
西秦岭局域种群	4	宁强 2 武都 2

图 4 — 2 秦岭大熊猫种群分布示意图
The Distribution Map of Giant Panda Subpopulations in Qinling Mountains



4.2 秦岭大熊猫分布区适宜地形空间的分布格局

4.2.1 适宜地形空间概况

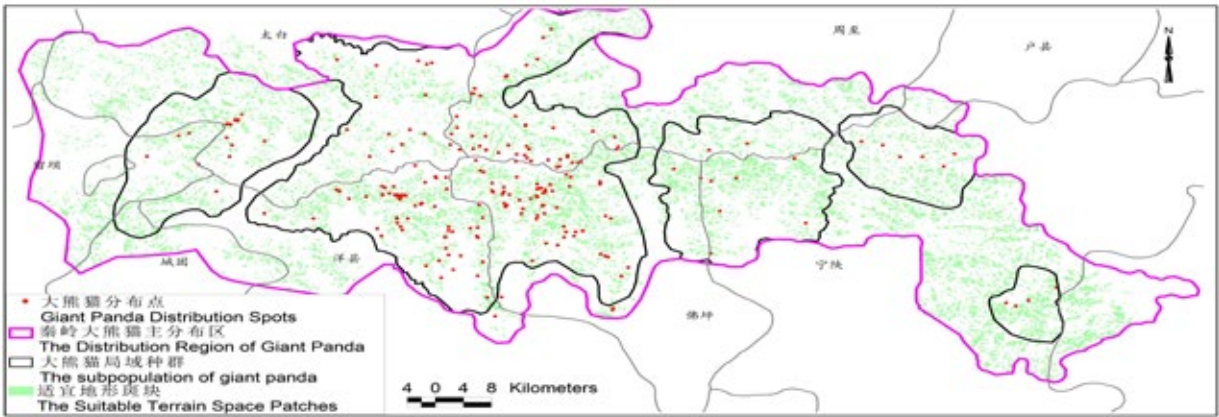
以选定的适宜地形因子计算，整个秦岭大熊猫主分布区内满足大熊猫栖息地所需的海拔、坡度和坡向的适宜的地形空间有 92788.69 公顷，占整个分布区面积的 15.11%；5 块栖息地内（平河梁、锦鸡梁、天华山、兴隆岭—太白山、牛尾河）的适宜地形空间有 59934.11 公顷，占主分布区整个适宜地形空间的 64.59%，即适宜地形主要分布在 5 局域种群栖息地内（表 4 — 2、图 4 — 3）。

表 4 — 2 秦岭主分布区内大熊猫适宜的地形空间分布表（海拔、坡度、坡向）单位：公顷
The Suitable Terrain Space for Giant Panda in All Local Populations region , Qinling Mountains. Unit: ha

名称	牛尾河	兴隆岭太白山	天华山	锦鸡梁	平河梁
各适宜地形斑块总面积	8852.59	31380.02	11716.06	4347.98	3637.46
斑块数	1586.00	5393.00	1905.00	1025.00	377.00
平均斑块面积	5.58	5.82	6.15	4.24	9.65
最大斑块面积	145.85	282.78	426.85	68.37	376.77
各栖息地面积	53242.87	195011.26	59063.33	26057.86	10667.68
各栖息适宜地形斑块占所在栖息地面积百分比	16.63%	16.09%	19.84%	16.69%	34.10%
大熊猫分布区内适宜地形空间总面积	92788.69				
各栖息适宜地形斑块占分布区适宜地形斑块百分比	64.59%				
海拔：1500 米 ~ 2400 米，坡度：0° ~ 30° ，坡向：67.5° ~ 292.5°					

图 4 — 3 秦岭大熊猫分布区适宜地形斑块分布图

The Distribution Map of Suitable Terrain Patches for Giant Panda in Qinling Mountains



根据其适宜地形分布图可发现适宜地形空间的分布格局与目前分布区内大熊猫的分布和隔离情况完好吻合，其适宜地形空间斑块的密集区域与大熊猫分布的密集区域重叠，这也证明了我们在地形因子选择的正确性。为进一步了解大熊猫与适宜地形空间的关系，根据秦岭大熊猫目前的分布格局，分别以 5km*5km 的网格为单位，其中共有 84 个网格内有大熊猫分布，并得出了每网格内的熊猫数量与网格内的适宜地形空间面积有显著关系（ $P = 0.291; F = 0.007$ ，表 4-3, 图 4 — 4）。过去的报道中都把牛尾河与兴隆岭种群的隔离归咎于渭水河两岸的农业生产，通过本研究发现，两种群隔离的原因与两分布区适宜地形空间的隔离应该有密切联系。从适宜地形分布格局分析，适宜地形空间最密集的区域是兴隆岭栖息地中南部的佛坪和长青自然保护区，天华山中部和平河梁栖息地及周边地区，这些区域全为秦岭主峰南坡；比较而言，牛尾河栖息地以西、兴隆岭栖息地中部和北部地区、锦鸡梁栖息地全部及以北地区为适宜地形空间分布比较破碎的区域，特别是兴隆岭太白山栖息地的中部出现了大熊猫适宜地形空间的空白区域。

表 4 — 3 适宜地形空间与大熊猫分布的相关性检验表

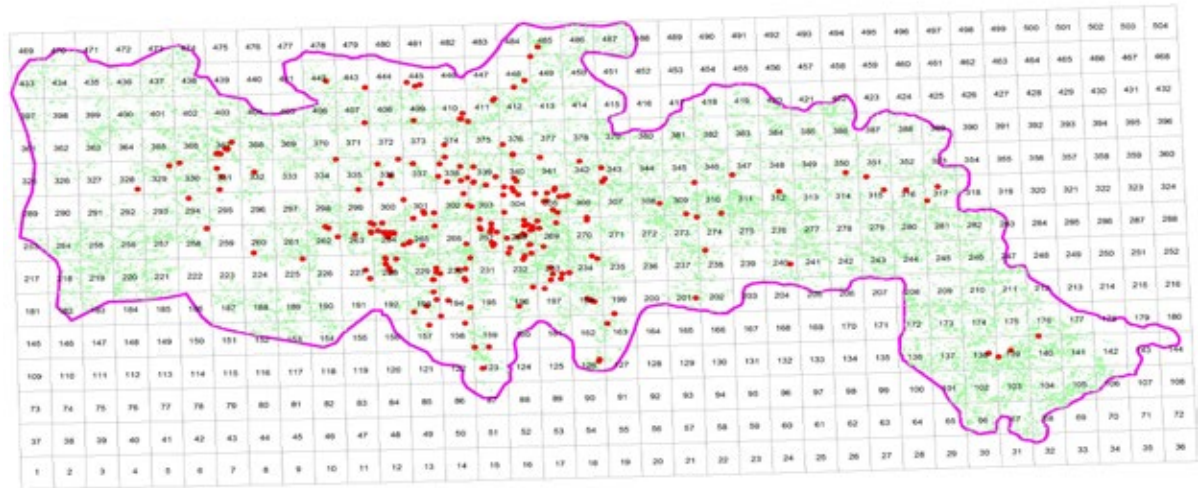
The Test Table for the Correlation between Suitable Terrain Space and Giant Panda Distribution.

		每网格熊 猫数量	网格适宜 地形面积
每网格熊猫数量	Pearson Correlation	1	.291**
	Sig. (2-tailed)		.007
	N	84	84
网格适宜地形面积	Pearson Correlation	.291**	1
	Sig. (2-tailed)	.007	
	N	84	84

** . Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

图 4 — 4 每网格内的适宜地形和大熊猫分布点 网格大小：5km × 5km

The Suitable Terrain Space and Giant Panda within Every Grid Grid Size: 5km × 5km



4.2.2 各栖息地内适宜地形空间分布及相互联系

栖息地中天华山、平河梁栖息地内的适宜地形斑块平均面积较大（6.15ha、9.65ha），特别是最大斑块的面积远大于其它栖息地（426.85 ha、376.77 ha），连续成片的适宜地形斑块密集，适宜空间面积占所在栖息地面积的比例也较高（19.84%、34.10%），其境内大熊猫少的原因可能与植被或其它因素有关；兴隆岭太白山栖息地适宜地形斑块密集分布区在南部，也是大熊猫的主要分布区；牛尾河栖息地的适宜地形空间的平均斑块面积与兴隆岭接近，但最大斑块面积较小，从地形上该栖息地不如天华山、平河梁、兴隆岭太白山三栖息地；锦鸡梁栖息地是所有栖息地中适宜地形空间破碎化最严重的区域，平均斑块面积最小，最大斑块面积才 68.37 公顷。

从适宜地形空间的分布格局可以发现牛尾河与兴隆岭太白山局域种群栖息地在地形上基本是隔离的，仅在两栖息地北部、太白山南坡一狭窄带有大熊猫适宜地形空间将两栖息地连接起来。兴隆岭太白山栖息地与天华山之间从地形上看已经有了充足的、密集的适宜地形空间，即两种群的交流从地形上不存在障碍；天华山栖息地和锦鸡梁栖息地之间、锦鸡梁栖息地和平河梁栖息地之间从北到南都有一些适宜地形空间分布，能保证两种群的交流，特别是平河梁往北还有大面积、密集的的适宜地形空间分布。

4.2.3 存在问题

从地形上分析，两块区域应引起关注，一是牛尾河与兴隆岭太白山局域种群栖息地之间适宜地形空间不足，使两栖息地从地形上连接困难，可能对两种群的交流及动物迁移扩散产生影响，特别是洋太公路的改造和贯通将进一步加剧栖息地和种群的隔离程度（李俊生，2009）；二是兴隆岭太白山栖息地中部出现了大熊猫适宜地形空白，面积为 10126 公顷，但其周边地区大熊猫密集，适宜地形的空白可能对周边大熊猫的生存产生影响。

4.3 秦岭大熊猫分布区森林的分布格局

4.3.1 森林分布格局概况

森林为秦岭大熊猫分布区的主要植被类型，经计算秦岭大熊猫分布区森林总面积为 383672.77 公顷，占整个分布区面积的 62.49%。其中 5 大栖息缀块的森林总面积 226089.29 公顷，以牛尾河与兴隆岭太白山栖息地森林所占栖息地面积比例最高（78.08%、67.29%）。整个大熊猫分布区森林分布呈现中、西部完整，东部破碎的格局；从景观角度中西部地区森林植被斑块密集、分布连续、大斑块较多，东部地区森林植被斑块离散分布、斑块面积较小、分布间断、破碎化严重（表 4—4、图 4—5）。

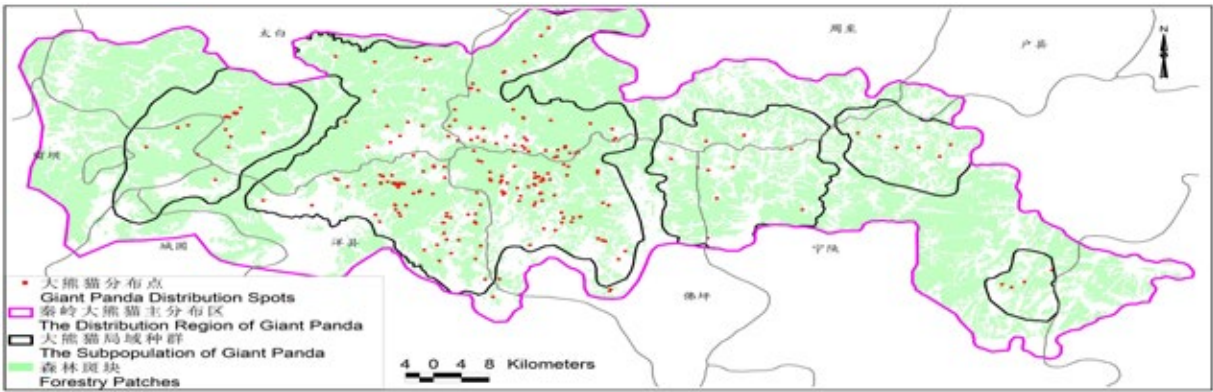
表 4—4 秦岭大熊猫分布区森林植被斑块景观指数
The Landscape Index of Forestry Land Cover in the Giant Panda Distribution Region ,Qinling Mountains

景观指数	栖息地名称					备注
	牛尾河	兴隆岭太白山	天华山	锦鸡梁	平河梁	
CA	41571.09	131229.2	33700.32	14350.77	5237.91	总面积
PLAND	78.2278	67.4219	57.1679	55.1813	49.1965	
NP	32	172	62	37	25	
PD	0.0602	0.0884	0.1052	0.1423	0.2348	斑块密度
AREA-LP	30920.9	47235.49	9505.54	3153.26	1864.65	最大斑块面积
LPI	72.2779	34.4457	32.7256	37.0028	17.7668	
LSI	11.1478	26.4888	22.4706	20.0713	10.7992	
AREA_MN	1299.097	762.9603	543.5535	387.8586	209.5164	平均斑块面积
CLUMPY	0.9313	0.9351	0.9179	0.8931	0.9196	
COHESION	99.9485	99.8644	99.7852	99.7612	99.2951	
DIVISION	0.4768	0.8637	0.8824	0.86	0.9456	
SPLIT	1.9113	7.3341	8.5046	7.1416	18.3755	
AI	98.5039	97.8866	96.4851	95.2098	95.9168	

景观指数说明：斑块总面积 (CA)、景观类型百分比 (PLAND)、斑块个数 (NP)、最大斑块面积（AREA-LP）、最大斑块指数 (LPI)、景观形状指数 (LSI)、平均斑块面积（AREA_MN）、斑块聚集度指数 (CLUMPY)、斑块结合度 (COHESION)、分离度 (DIVISION)、聚合度 (AI)，下同。（邬建国，2001; 王兮等，2002）

图 4—5 秦岭大熊猫分布区森林植被分布图

The Distribution Map of Forest in Giant Panda Region of Qinling Mountains



4.3.2 各栖息地森林分布与破碎化情况

根据魏辅文等 (1996) 人的研究，大熊猫喜欢选择比较连续的、遮阴性好的森林。邬建国等 (2001) 认为对某一物种而言，大斑块更有能力持续和保存基因的多样性，最大斑块对景观的功能有重要作用。因此，森林植被的最大斑块将直接关系栖息地的完整性。在 5 栖息地中，兴隆岭太白山栖息地内的具有最大森林植被斑块，面积为 47235.49 公顷，远大于其它几块栖息地面积，是承载秦岭最大大熊猫种群的坚实保障，在生态学上称其为具有不可替代意义的大型自然植被斑块 (Forman,1995)。牛尾河栖息地内的最大森林斑块面积是东部平河梁、锦鸡梁栖息地内最大森林斑块面积的 10 ~ 15 倍；由于长期采伐，森林景观严重破碎化，东部平河梁、天华山、锦鸡梁栖息地内森林植被斑块的平均面积也远小于牛尾河与兴隆岭太白山栖息地。

为定量分析各栖息地的景观格局和质量，我们还通过景观指数对各栖息地内的森林植被斑块进行了研究。平河梁、天华山、锦鸡梁三块栖息地的斑块密度 (PD)、景观分割度 (DIVISION)、分离度 (SPLIT) 等尽管指数的值明显高于另牛尾河与兴隆岭太白山栖息地，尤以平河梁的分离度指数最高；牛尾河栖息地斑块密度小但平均斑块面积最大，平河梁栖息地斑块密度最大而且平均斑块面积最小，很好地反映生境破碎化的程度。由于大熊猫的栖息地必须要以良好的森林植被作为依托，因此，平河梁森林植被的完整性和连续性直接影响大熊猫栖息地的质量。兴隆岭太白山栖息地和牛尾河栖息地由于有较多的大森林斑块存在，使得这两块栖息地的景观聚集度、聚合度、斑块结合度等指数都较高，特别是兴隆岭太白山栖息地内的大斑块使境内所有森林斑块的物理连接更为紧密，其聚集度指数甚至超过牛尾河栖息地 ($0.9351 > 0.9313$)；由于破碎化严重，森林斑块过于离散，导致一些森林斑块作为大熊猫栖息地从功能上实现连接也显得困难，如平河梁栖息地的连接指数 (99.2951) 远低于其它栖息地。

4.3.3 各栖息地森林植被之间的相互关系

从整个秦岭大熊猫分布区森林分布格局分析，牛尾河与兴隆岭太白山栖息地之间有大面积、成

片的森林植被，理论上两栖息地森林植被已经连接。兴隆岭东部与天华山之间有一小块森林植被可以实现两栖息地的连接，但需要对之间的植被进行进一步恢复，增大森林斑块的面积，为连接创造条件。天华山与锦鸡梁由于本身破碎，尽管有细小的斑块连接，但实现两栖息地的连接取决于两栖息地质量的整体恢复和提升。平河梁栖息地面积较小，自身栖息地也比较破碎，同时距离西部的栖息地最近面积为 30 公里，两种群栖息地暂时还无法实现连接。

4.3.4 存在的问题

秦岭地区森林植被面临的问题是东部地区森林植被破碎化严重，对大熊猫生存构成威胁；另一问题为洋县的平堵、佛坪的石印、周至的老县城和太白的黄柏塬等地因农业生产导致森林植被的丧失，导致大熊猫栖息地减少并影响大熊猫的生存安全。根据第二次大熊猫调查报告（1989），石印是第二次调查以来秦岭地区大熊猫分布区唯一缩减的区域；另外老县城和黄柏塬地区出现了面积为 11306 公顷的森林植被空白区，而该区域大熊猫种群密度较大，森林的空白更加重了该区域大熊猫的生存压力。

4.4 秦岭大熊猫承载力分析、食物资源和风险评估

4.4.1 秦岭大熊猫承载量概况

GAP 分析中，完成物种分布和适宜栖息地分析后，还需要评价维持物种种群所需要的最小面积（Boone, 2000），认识秦岭大熊猫种群的承载量是了解大熊猫种群安全和风险的重要途径。每只大熊猫有其特定的巢域，巢域是分析物种承载量的重要基础。潘文石的研究认为秦岭大熊猫巢域为 3.26 ~ 28.93 平方公里（宋成军等，2006；潘文石等，2001），平均为 10.62 平方公里。以此为基础分析，整个秦岭大熊猫分布区理论能容纳 578 只大熊猫，分布区内的森林面积理论能容纳 361 只，分布区内的适宜地形空间理论能容纳 87 只；5 栖息地理论能容纳 324 只大熊猫，5 栖息地内的森林理论只能容纳 213 只大熊猫，当然适宜地形空间就更少了。目前 5 栖息地大熊猫数量为 271 只，超过了其森林和适宜地形空间的理论容纳值（表 4—5）。当然考虑到巢域的重叠和大熊猫对环境变化的适应（潘文石 2001；冉江洪 2004），目前的大熊猫种群规模有其存在的合理性。5 栖息地中天华山、锦鸡梁和平河梁三局域种群的数量在理论容量范围内，而中部地区的兴隆岭太白山种群的超载明显，现有的种群数量超过了其空间的理论容纳量，几乎为森林容纳量的 2 倍。特别地，在兴隆岭太白山局域栖息地的中部出现了几乎重叠的森林植被空白区 11306 公顷和适宜地形空间空白区 10126 公顷，这些空白区使大熊猫的适宜环境更少，进一步加剧了增加了该区域大熊猫种群的空间压力。

表 4 — 5 秦岭大熊猫各种群分布区、森林、适宜地形理论容纳量
The Theoretical Carrying Capacibilty of Giant Panda in All Local Population Distribution Region ,
and Forestry Area , Suitable Terrain within its’ Region in Qinling Mountains

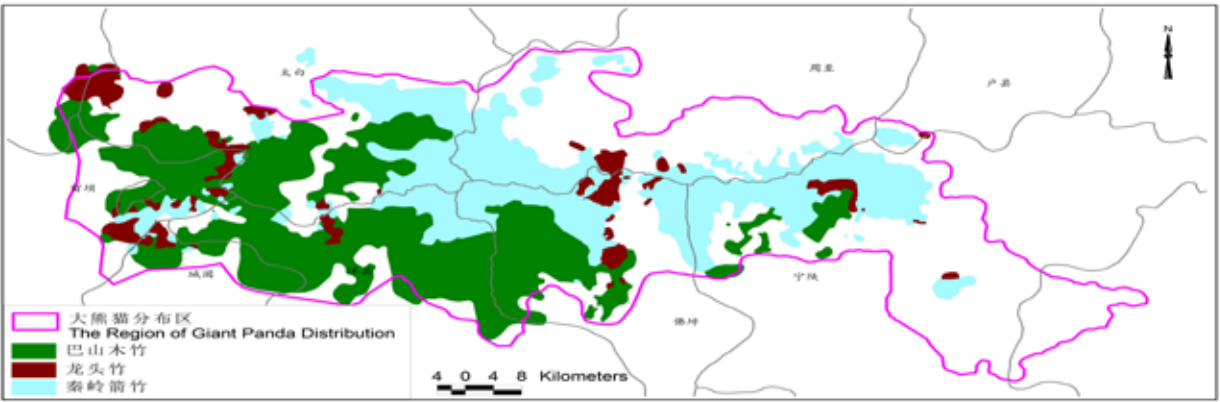
栖息地名称	栖息地面积 (ha)	栖息地理论容纳量	各栖息地森林面积 (ha)	森林理论承载量	各栖息地适宜地形空间 (ha)	地形空间理论承载量	目前种群数量
牛尾河	53242.87	50	41573.24	39	8852.59	8	29
兴隆岭太白山	195011.26	184	131222.02	124	31380.02	30	219
天华山	59063.33	56	33700.86	32	11716.06	11	12
锦鸡梁	26057.86	25	14346.39	14	4347.98	4	6
平河梁	10667.68	10	5238.05	5	3637.46	3	5

4.4.2 秦岭大熊猫的食物资源情况

秦岭大熊猫的食物资源主要为巴山木竹和秦岭箭竹，并且呈单一分布，即某一个特定区域内或者海拔区间内，只有一种竹子可供大熊猫食用而没有可替代的食物来源。秦岭大熊猫分布区相对较小，一旦某区域出现竹子大面积开花的现象，大熊猫即使采用长距离迁徙也很难找到充足的食物资源，很可能对局部区域的大熊猫造成毁灭性的打击。任毅、魏辅文等人已经对此进行过报道过秦岭大熊猫主食竹的分布格局对大熊猫的风险（严句，2005；赵学敏，2007），特别是兴隆岭中部的大熊猫密集分布区，这种威胁就更为明显（图 4 — 6）。

图 4 — 6 秦岭大熊猫分布区食物资源分布图

The Distribution Map of Bamboo As Giant Panda Food in Qinling Mountains



4.4.3 风险区域

(1) 兴隆岭中南部

兴隆岭太白山种群内尤其以中南部的佛坪、长青、老县城三保护区的种群密度过大，超载现象

明显（表 4 — 6）。特别是老县城保护区最为严重，整个保护区南部森林面积仅 1891 公顷，由于地处光头山的北坡，该区域几乎没有大熊猫的适宜地形空间，但却有 14 只大熊猫分布（图 4 — 7）。从理论上分析，无论是空间，还是食物资源都难以满足大熊猫长期生存的需要。第三次大熊猫调查报告中显示秦岭地区的大熊猫种群密度为 0.078 只 / 平方公里（国家林业局，2006），该区域为秦岭地区大熊猫种群密度最高的区域。以佛坪为例，目前佛坪自然保护区的大熊猫种群密度为 0.259 只 / 平方公里，而雍严格报道的 1990 年以前的种群密度 0.22 只 / 平方公里、潘文石（1997 年）报道的种群密度为 0.228 只 / 平方公里，说明该保护区的种群密度一直维持在这一相近水平上。但该保护区一直有大熊猫患病、受困和救护的报道，并且呈上升趋势（雍严格，1993；<http://env.people.com.cn/GB/huanbao/259/4481/index.html>）。

表 4 — 6 兴隆岭中南部各保护区理论容量
The Theoretical Carrying Capacity of All Reserve in South Middle of Xinglongling Mountain

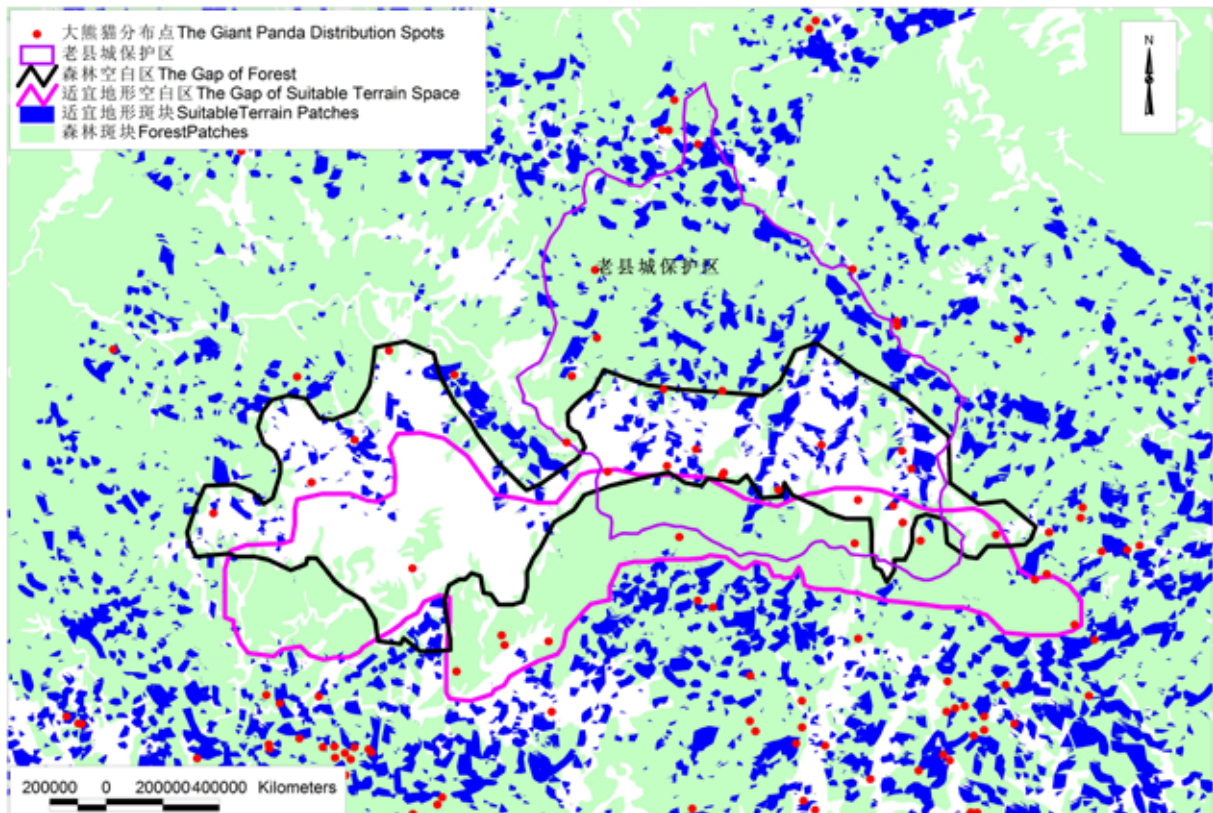
保护区名称	总面积 (公顷)	总面积理论承载量	现有森林面积	森林理论承载量	实际大熊猫数量 (只)	种群密度 (只 / 平方公里)
佛坪	29240	28	19162.67	18	76	0.2599179
长青	29906	28	18756.66	18	52	0.1738782
老县城	12611	12	8860	8	28	0.2220284
小计	71757	68	46779.33	44	156	0.2174004
第三次调查报告秦岭的平均密度					0.078 只 / 平方公里	
潘文石报道的 1997 年该区域的大熊猫种群密度					0.228 只 / 平方公里	

90 年代，除这些已建设保护区的地方外，周边地区的大熊猫保护工作较滞后，保护区外干扰大、栖息地质量较差等，导致大熊猫无法向外迁移，所以该区域大熊猫一直以高密度状态存在，所以事故也不少；随着整个秦岭地区保护工作的加强和保护形势的好转，现在大熊猫更容易向周边地区迁移，相比较而言，现在该区域大熊猫向外扩散的可能比以前增加。但也正是大熊猫更容易扩散的情况下，该区域大熊猫的突发事件仍然频发(WWF 网站、陕西新闻网、人民网)，充分说明了目前的种群密度确实过高，表面上看这些是突发事件，其实有其发生的必然原因，过高的种群密度对种群安全确实构成了影响。

考虑到食物资源单一对大熊猫构成的生存威胁，兴隆岭太白山种群中、南部地区的高密度种群分布格局确实使该区域大熊猫面临种群安全风险。

图 4 — 7 老县城保护区南部森林与适宜地形分布图

The Distribution Map of Suitable Terrain Space and Forest in the South of Laoxiancheng Reserve



(2) 平河梁种群

大熊猫分布的地理范围狭窄，分布区面积缩小且相对孤立存在，栖息地减少且破碎化，种群数量下降基因交流受阻，不得不面临来自栖息地破碎化及隔离小种群的挑战（Wilcox, 1985; 武正军, 2003）。对局部小种群而言，随着时间的推移其灭绝风险将不断加大，即使其栖息地得到良好保护并将人为捕杀等因素降到最低亦很难保障其长期存活（Wang et al., 2002）。平河梁种群为秦岭最东南的边缘种群，种群规模过小（5 只），适宜栖息环境有限，与其它种群的交流面临距离遥远和公路阻隔等问题，与最近的大熊猫种群锦鸡梁距离 30 公里。根据已有的大熊猫生物学和 PVA 研究成果，考虑其种群规模和栖息地的隔离情况，该种群面临灭绝的可能性。

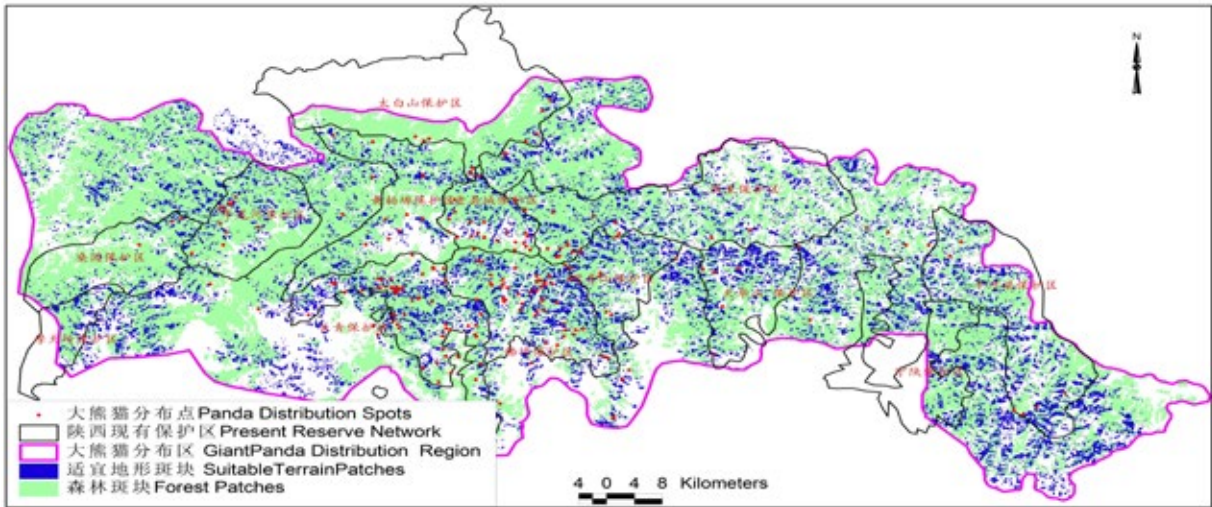
4.5 秦岭大熊猫保护区格局及评估

4.5.1 秦岭大熊猫保护网络概况

1993 年“大熊猫工程”实施前后，在秦岭大熊猫的主要分布区建立了 5 个自然保护区，分布在兴隆岭太白山栖息地，保护了秦岭主要的大熊猫种群和栖息地，为秦岭大熊猫的保护做出了重大贡献（表 4 — 7，图 4 — 8）；2000 年“天保工程”、“退耕还林”实施后原大熊猫分布区的部分森工企业、林场转为了保护区，如观音山、桑园、天华山等新保护区，并初步形成了秦岭的大熊猫保护区网络，88.19% 的秦岭野生大熊猫进入了保护网络（严句，2005）。

图 4 — 8 目前秦岭大熊猫保护区网络分布图

The Distribution Map of Conservation Network in Giant Panda Region of Qinling Mountains



4.5.2 目前秦岭大熊猫保护网络面临的问题

(1) 部分保护区边界的设置影响保护网络的功能和效益

尽管目前大熊猫保护网络对大熊猫分布区和栖息地的覆盖很好，但由于每个保护区内的大熊猫栖息地的差异较大，导致每个保护区内适宜大熊猫生存的有效面积不同，如佛坪保护区境内的森林植被和适宜地形都占较大比例，导致该保护区的适宜栖息地较多，是秦岭大熊猫栖息地质量最好的保护区，也是秦岭密度最大、大熊猫数量最多的保护区；但是而摩天岭、宁陕、平河梁等保护区境内的大熊猫适宜栖息地所占比例非常少，摩天岭、宁陕均为新近发现的大熊猫分布区，是大熊猫栖息地质量最差的保护区。由于每个保护区内的栖息地比例差异巨大，导致各个保护区为大熊猫提供救护的能力水平也差异巨大，最终导致影响整个保护网络功能的发挥。这种现象出现的原因是一些保护区边界的设置没有基于科学规划，没有将大熊猫栖息地的分布格局纳入保护区边界的设置因素，而只考虑行政管辖区域，没有考虑生物边界。保护区边界设置缺乏科学性除了使保护网络的功能下降外，还导致保护成本增加，导致保护网络的效率和该区域土地利用效率的降低。因为将过多对大熊猫保护没有贡献的土地纳入保护区范围，将会造成大熊猫保护使用的土地成本过高，并且影响该区域生态旅游的发展和经济水平的提升。理论上，就大熊猫保护而言周至和太白山两保护区也不需要现在如此大面积的保护区范围。

(2) 保护网络缺乏协作机制

兴隆岭中南部佛坪、长青、老县城、周至 4 保护区交界区域大熊猫种群密度过高，超过其森林和环境的理论承载量，面临安全风险，大熊猫在保护区之间的交流频繁。但这些保护区之间缺乏协作机制，保护区之间的联合监测、巡护、执法等无法开展，信息和资源无法共享，对突发事件的处理缺乏必要的预案，致使该区域大熊猫的突发事件不断发生。

(3) 大熊猫保护区网络存在保护和管理水平不一

从保护区的人力、投入分析，原 5 个保护区和大型森工企业转化过来的保护区拥有充足的人力资源，对保护的投入也较高；而一些由县属小林场转过来的保护区无论是人力还是财力、设备都不足，严重影响保护工作的开展。当然原 5 大保护区由于开展保护时间较长，在保护水平、能力上都优于新建保护区。另外，所有的保护区都面临一线员工的野外补助整体偏低，影响员工的积极性（田萍萍等，2006）。同时大部分保护区都存在巡护人员老化问题，巡护是一非常艰苦的工作，对巡护人员的体力和毅力要求较高，目前巡护工作主要由老员工承担，年轻员工较少，如何培养年轻员工对巡护工作的热情是将来大熊猫保护需要解决的问题。

4.6 秦岭大熊猫分布区森林权属

秦岭的森林权属有国家所有和集体所有两种，也称国有林和集体林。其中，国有林的权属单位主要有省林业厅所辖森工企业、保护区和县辖森工企业（林场）；集体林主要由社区组织即村民委员会所拥有，在集体所有的山林中按政策规定划给农户一定的自留山，主要是解决村民自用材所需。

从总体上分析，目前的大熊猫分布区都主要以国有林为主，特别在东部由于以保护区和森工企业为主，几乎全为国有林区（图 4 — 9）。目前，秦岭秦岭大熊猫分布区内的集体林主要分布在胥水河流域和分布区西南部，并且大部分集体林已经划为个人的自留山，如牛尾河、黄柏塬、娘娘山、板桥等保护区。集体林较多，容易引发林木利用矛盾，给大熊猫分布区的森林保护与管理带来一定的影响。结合目前的林权制度改革，如何实现对集体林内的大熊猫及栖息地的有效保护与管理是将来大熊猫保护工作中必须要妥善解决的问题。

图 4 — 9 秦岭大熊猫分布区林权结构图

The Map of Forestry Property in Giant Panda Region of Qinling Mountains

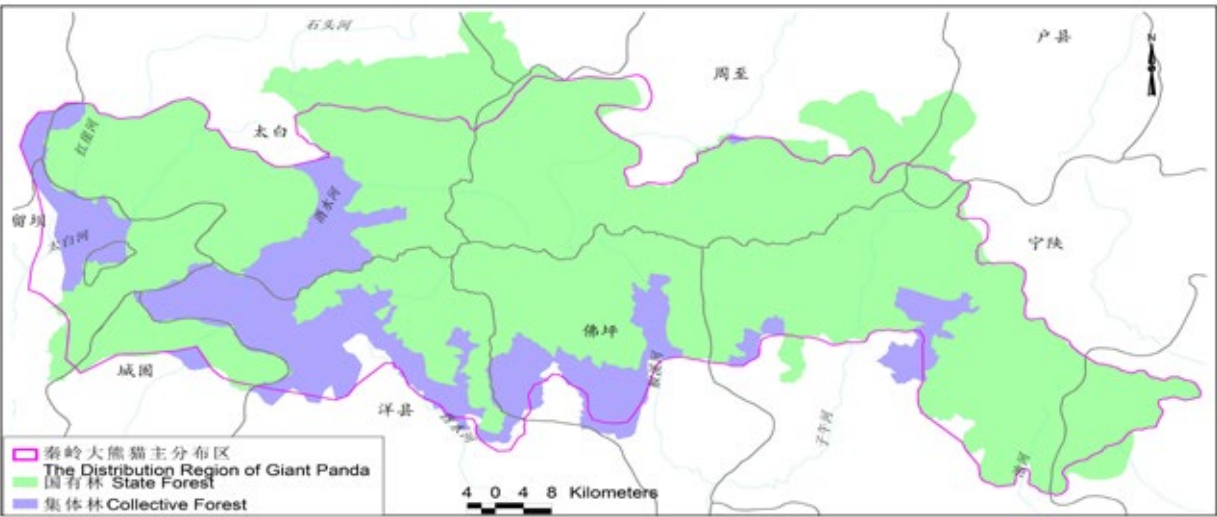


表 4-7 秦岭各大熊猫保护区林权及建设情况（单位：公顷、万元）

The Present Condition of Forestry Property Right and Construction of All Giant Panda Reserves in Qinling Mountains										
保护区名称	林地属性	面积	国有林	集体林	国有林比重	林地类型	人员	年度经费	经费来源	巡山补助(元/天)
太白山国家级自然保护区	国有林	56325	56325	0	100.00%	天保	95	112	天保工程	20
佛坪国家级自然保护区	国有林	29240	26698	2262	91.31%	天保	85	56	天保工程	20
长青国家级自然保护区	国有林	29906	29571.00	0	98.88%	天保	174	56	天保工程	30
平河梁省级自然保护区	国有林	21152	21152	0	100.00%	天保	60	45	天保工程	40
天华山国家级自然保护区	国有林	25485	25085	400	98.43%	天保	60	54	天保工程	6
黄柏塬省级自然保护区	国有林	21865	13630	8235	62.34%	天保	76	46	天保工程	0
摩天岭自然保护区	国有林	8520	7010	1510	82.28%	天保	32	18	天保工程	10
观音山省级自然保护区	国有林	13534	12068	1467	89.17%	天保	78	28	天保工程	0
周至国家级自然保护区	国有林	56393	49384.4	5742.1	87.57%	水源涵养地、天保	146	380	西安市财政	0
周至老县城自然保护区	国有林	12611	11863	710	94.07%	水源涵养地、天保	25	27.5	县财政	30
屋梁山省级自然保护区	国有林	13078	9108	4576	69.64%	天保	13	220	天保工程	20
牛尾河省级自然保护区	国有林、集体林	13492		13276.5	0.00%	天保	7	46	县财政、天保工程	30
保护区名称	林地属性	面积	国有林	集体林	国有林比重	林地类型	人员	年度经费	经费来源	巡山补助(元/天)
鹰嘴石省级自然保护区	国有林	11462	9415	2047	82.14%	天保	50		县财政	15
皇冠山省级自然保护区（宁陕）	国有林	18027	5444	6928	30.20%	天保	32		县财政	0
桑园省级自然保护区	国有林、集体林	13806	9342	4464	67.67%	天保	32	17.9	天保工程	0
青木川省级自然保护区（马家山）	国有林	10200	4070	5838	39.90%	天保、退耕	10	38.6	县财政	15
城固盘龙保护区	国有林、集体林	18844	13721	5423	72.81%	天保	54	26	天保工程	0
洋县板桥保护区	集体林	31617	3128	28489	9.89%	天保	0	无	无	30
佛坪娘娘山自然保护区	集体林	21155	4380	16775	20.70%	天保、退耕	3	无	无	0

4.7 秦岭大熊猫保护 GAP、关键区域及保护对策

4.7.1 GAP 与保护网络优化

锦鸡梁种群分布区目前还在保护区网络外，为真正的 GAP，该区域对秦岭大熊猫的分布格局有重要意义，应通过新建保护区将其纳入保护网络。针对牛尾河种群和兴隆岭太白山种群的栖息地连接不足的问题，应将大树坪地区纳入保护区网络，以促进太白山保护区的大熊猫和牛尾河种群的交流；厚畛子地区对太白山保护区东部的大熊猫与老县城和周至保护区的大熊猫交流有重要意义，也应纳入保护网络；平河梁与锦鸡梁种群之间的区域随着两种群的增长，将可能成为成为未来两种群交流的重要通道（图 4—10）。

一些保护区的布局、边界设置不科学，影响保护网络的功能，建议对桑园、摩天岭及牛尾河保护区进行整合；调整宁陕、天华山、观音山保护区的范围，通过调整提高保护区内适宜栖息地的比重，使保护区能为大熊猫提供更好的生存环境并提高保护区的功能。就大熊猫保护而言，建议对摩天岭、宁陕、周至、太白山四保护区进行边界调整或重新区划，降低大熊猫保护所占用的土地资源，提高保护效益，同时也有助于保护区其它事业的发展。

4.7.2 兴隆岭中南部地区及保护

兴隆岭太白山种群中部地区的大熊猫密集分布区域，有一处适宜地形（10126 公顷）和森林（11306 公顷）的空白区域，并且两空白区域几乎重叠。该空白区域具体为老县城和黄柏塬保护区的南部，尽管出现了地形和森林的空白区域，导致该区域大熊猫的栖息地严重不足，而该区域周边大熊猫种群密度为秦岭种群密度最高的区域，理论上现有种群规模不仅超过其栖息地的承载量，同时也远远超过了其环境的承载量，应为秦岭种群安全风险最高的区域。另外，兴隆岭中南部的佛坪、长青、老县城三保护区的种群密度过大，超载现象明显，在考虑到食物资源格局，该区域整体面临着种群密度过高、环境超载、食物资源单一等因素而使该区域大熊猫种群面临安全风险。

对该区域大熊猫及栖息地的保护区需要在老县城、佛坪、长青、周至等自然保护区内建立一跨保护区、跨行政界限的协作机制（Mittermeier et al., 2005），加强监测和保护工作，并实现信息和资源共享，互相通报巡护监测中发现的问题和突发事件，特别地要加强主食竹资源的监测。同时考虑到该区域大熊猫种群的安全，需要建立大熊猫救护、疾病、竹子开花的预警系统，制定应急预案来及时、有效地应对大熊猫可能面临的风险。另外，根据已有报道过的该区域大熊猫扩散的现象，考虑到现有的种群密度状况，建议适度控制该区域的大熊猫种群规模，疏散部分熊猫到其它种群密度较低（Joshua, 2009），栖息地充足的区域，如黄柏塬保护区北部、天华山保护区等地。

4.7.3 秦岭大熊猫分布区东部和平河梁种群的保护

加快秦岭大熊猫分布区东部森林植被的恢复进程，特别是平河梁为秦岭最东南的边缘种群，种群规模较小（5 只），与其它种群的交流面临距离遥远和公路阻隔等问题，若该种群灭绝，将改变秦岭大熊猫的分布格局，使整个秦岭大熊猫分布区向西北萎缩 30 公里。对该种群的保护除了尽快

恢复境内的栖息地外，可以考虑从高密度区域转移部分大熊猫到该区域，以增加其遗传多样性，逐渐实现该种群的稳定和发展。同时平河梁与锦鸡梁栖息地之间这一区域具有适合大熊猫栖息地的地形和植被，应增加营造大熊猫的主食竹，尽通恢复为适宜栖息地，将来作为大熊猫放归和疏散的备选区域。另外，理论上还可以考虑将该区域的大熊猫整体转移到其它区域。

4.7.4 集体林区的保护管理

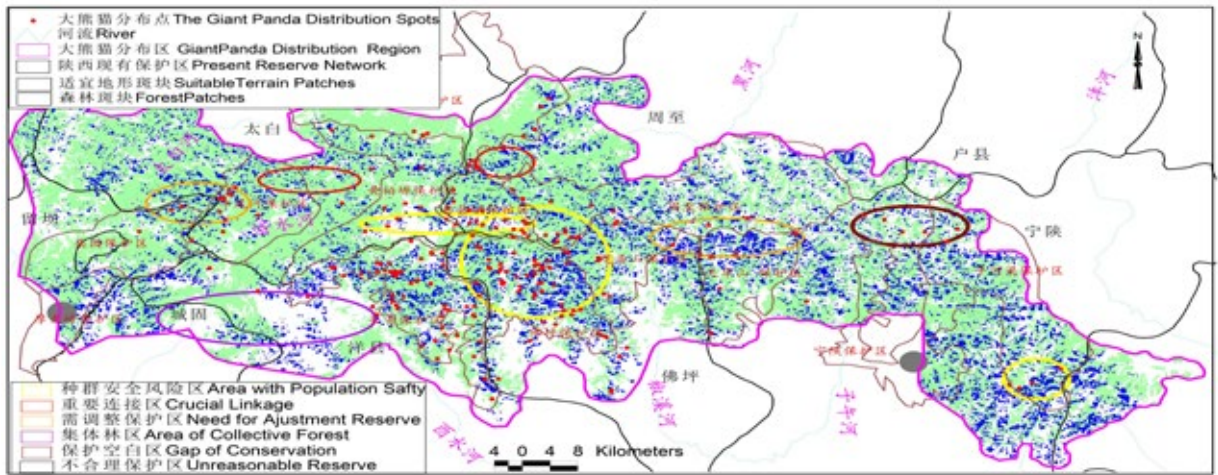
对集体林占比重大大熊猫分布区及栖息地的管理是当前和将来一段时间内需要面临的问题，特别是结合正在进行的集体林权制度改革，探索大熊猫分布区集体林的保护管理对策，实现大熊猫及栖息地的全面保护具有重要意义。尤其是对集体林较多、同时大熊猫也分布较多的胥水河流域流域保护区，如牛尾河、黄柏塬、桑园等保护区地迫切需要一可行的集体林管理政策来促进该区域大熊猫及栖息地的保护。根据现行的集体林权改革政策，国家采用租赁的形式来流转该区域的集体林经营权也许是一条可行的途径；或者单独出台政策，像这种情况的集体林不纳入林改范围，国家通过其它政策来弥补当地林农的损失。

4.7.5 公路对 GAP 和关键区域的影响

秦岭主要国道在东部，108 国道、西汉高速和 210 国道，108 国道由于秦岭隧道的建设，大熊猫栖息地的影响逐渐在减小，根据监测信息部分原道路开始有了大熊猫活动的痕迹（WWF）；西汉高速由于隧道较多，对大熊猫及野生动物的影响相对较小；210 国道对平河梁种群的影响较大，主要是对该种群向锦鸡梁种群的交流形成障碍。特别需要注意洋太公路对胥水河流域的影响，由于洋太公路等级的提高和贯通，洋太公路的车流将明显提高，对大熊猫及栖息地的影响也会加剧（李俊生，2009）。考虑到胥水河流域是牛尾河种群和兴隆岭太白山种群的重要连接区，尤其是上游黄柏塬至大树坪一带，该公路穿越了这一区域，使两种群本来就连接不充分的问题更为严重；另外胥水河主要为集体林区，由于公路的建设使该区域的管理也更为复杂。

图 4 — 10 秦岭大熊猫保护关键区域分布图

The Distribution Map of GAP and Crucial Area for Giant Panda in Qinling Mountains



5. 岷山大熊猫栖息地保护与空缺分析

5.1 岷山大熊猫分布区及种群概况

岷山山系地跨四川、甘肃两省，岷山山系北段由若尔盖山、光盖山、迭山、古麻山、大腊山、插岗梁等组成，略呈西北走向；中段为岷山山系的主体，由日尔朗山、红岗山、羊贡岭、弓杠岭、雪宝顶、摩天岭等组成，略呈西北——东南走向；东南段由龙门山、茶坪山、九顶山等组成，呈东北——西南走向。最高峰为中段的雪宝顶，海拔 5588 米，地貌为典型的高山峡谷景观。岷山山系是我国大熊猫的主要分布地，拥有我国最大的野生大熊猫种群，分布区地理坐标介于东经 $103^{\circ} 08' 24'' \sim 105^{\circ} 35' 22''$ ，北纬 $31^{\circ} 04' 18'' \sim 33^{\circ} 58' 28''$ ，行政区划包括甘肃省的 3 个县和四川省的 12 个县（市），共计 15 个县（市）、74 个乡镇。岷山山系为岷江、嘉陵江、涪江、沱江、白水江、白龙江的发源地，大熊猫分布于其各支流源头及上游地区（表 5—1）。

岷山山系是我国大熊猫的主要分布地，拥有我国最大的野生大熊猫种群，岷山山系有野生大熊猫数量 708 只，占全国的 44.36%；有大熊猫栖息地 960313 公顷，占全国大熊猫栖息地的 41.66%。由于人类活动，岷山山系大熊猫栖息地被分割为三个种群，即岷山 A、B、C 种群，以岷山 A 种群（青川、平武、松潘、北川、茂县宝顶沟自然保护区、九寨沟县的九寨沟、白河、勿角自然保护区和甘肃白水江自然保护区范围内的大熊猫）数量最大，岷山 B 种群（千佛山、九顶山、白水河、龙溪虹口自然保护区范围内的大熊猫）和岷山 C 种群（九寨沟县的黑河、大录地区的大熊猫和甘肃境内该区域的大熊猫）数量较少。岷山 A 种群和 B 种群在全国第二次调查（1989）中就有清楚的阐述，其形成原因是北川至茂县的公路造成隔离及沿线的森林采伐和人居及耕地面积的扩大，岷山 A 种群与岷山 B 种群之间的最小隔离距离为 14.4 公里；岷山 C 种群是原南坪森工局（现南坪林业局）的施业范围及白龙江上游多尔沟源头的大熊猫种群分布区，由于松潘至南坪的公路（九环线松潘至南坪段）已经将该栖息地与岷山 A 种群栖息地隔离，岷山 A 种群与岷山 C 种群之间的最小隔离距离为 29.3 公里，虽然其间森林在弓嘎岭山脊是相连的，但由于森林被南坪林业局大量采伐，且公路车流量大，该区域已没有大熊猫分布，因此，基本造成了完全隔离。

由于人类活动加剧，岷山 A 种群大熊猫栖息地内部又因九环线、平武至松潘的公路及公路沿线的人类活动、农业生产、旅游开发等干扰因素而造成 3 块有隔离危险的栖息地（四川省林业厅，2001）。

岷 A1 平武至南坪公路以东区域：包括九寨沟县草地乡、青川县、平武县、文县等区域。从目前情况来看，该区域平武县部分仅在木座乡附近大熊猫栖息地是连接的，在九寨沟县境内，黄土梁北坡马家、勿角和草地乡也是连接的。但若不注意保护，车流量继续增大、连接部位再有大规模旅游设施、居民点、开垦地出现，则将有完全隔离的危险。

岷 A2 平武至南坪公路以西、平武至松潘公路东北部之间的区域：包括平武县白马、木座、木皮三个乡的平武至南坪公路以西区域、王朗自然保护区、小河沟自然保护区、水柏乡、阔达乡、黄

羊乡；松潘县小河、施家堡两乡以及黄龙自然保护区的平武至松潘公路以东的区域。目前在黄龙自然保护区内的丹云峡大熊猫栖息地是完全连接的，加上黄龙自然保护区在冬季有封山期，因此暂时没有危险，但若不加强保护，也有被隔离的危险。

岷 A3 平武至松潘公路西南区域：包括松潘黄龙自然保护区的平武至松潘公路以西的区域、平武县的雪宝顶自然保护区、松潘县的白羊自然保护区、茂县的宝顶自然保护区及北川县的小寨子、片口自然保护区等。是岷山保存较好的区域。

为研究方便，在已有岷山 A（A1、A2、A3）、B、C 三种群的基础上，由于岷山 A1 种群西北部栖息地过于离散，考虑到对研究结果的影响，结合四川潜在栖息地和现实栖息地的划分，我们将勿角保护区内潜在栖息地以北的区域也划出本研究区域。对于尖山、插岗梁、若尔盖等地的离散小种群不做为本次研究的重点。整个研究区域面积 1238796 公顷，境内大熊猫数量为 688 只（图 5—1）。

同时，为使本研究更有针对性，特将白水江、唐家河、王朗、雪宝顶、黄龙、白羊、小寨子沟、宝顶沟、九顶山、龙溪虹口 10 个自然保护区的栖息地情况进行专门研究（表 5—2）。

图 5—1 研究区域大熊猫及种群分布图

The Map of All Subpopulations in Minshan Mountains



表 5 — 1 岷山山系大熊猫种群、栖息地状况 (单位: 公顷、只、只 /km ²) The Present Condition of Giant Panda Population and Habitat in Minshan Mountains						
县(市、区)	大熊猫分布的乡镇数量及名称	栖息地面积	种群数量	种群密度	省	地(市、州)
迭部	阿夏、多儿	51891	11	0.0211983	甘肃	甘南
舟曲	插岗	5663	1	0.0176585	甘肃	甘南
文县	铁楼、上丹、刘家坪、店坝、范坝、碧口、尖山、石鸡坝	120131	103	0.0857397	甘肃	陇南
若尔盖	包座	3499	2	0.0571592	四川	阿坝
九寨沟	草地、大录、郭元、黑河、马家、勿角、漳扎、白河	106275	44	0.041402	四川	阿坝
松潘	白羊、黄龙、施家堡、小河	111361	102	0.091594	四川	阿坝
平武	白马、木座、木皮、古城、高村、阔达、水晶、土城、大桥、黄羊虎牙、泗耳、大印、锁江、徐塘、叶塘、旧堡	277071	230	0.0830112	四川	绵阳
青川	三锅、清溪、薤溪、桥楼	32256	42	0.1302083	四川	广元
茂县	富顺、石大关、沟口、永和、土门、渭门、光明、东兴	36520	36	0.0985761	四川	阿坝
北川	坝底、白什、开坪、青片、小坝、片口	88951	106	0.1191667	四川	绵阳
安县	高川、茶坪	9150	3	0.0327869	四川	绵阳
绵竹	清平、金花、天池	23670	9	0.0380228	四川	德阳
什邡	红白、莹华	23873	5	0.0209442	四川	德阳
彭州	大宝、小鱼洞、白鹿、通济	35494	5	0.0140869	四川	成都
都江堰	虹口、龙池、青城山、两河	34508	9	0.0260809	四川	成都
15 个县		960313	708	0.073726		

表 5 — 2 各研究保护区概况

The General Information of All Studied Reserves

序号	保护区名称	保护区面积	栖息地面积	大熊猫数量
1	白水江	213750	116515	102
2	黄龙	55051	25435	14
3	白羊	76710	58025	65
4	王朗	32297	19701	27
5	雪宝顶	63615	47514	52
6	唐家河	40000	28907	38
7	宝顶沟	19920	18600	30
8	小寨子沟	44391	40445	58
9	九顶山	61511	41151	11
10	龙溪 - 虹口	31000	27626	6
小计	19 个	638245	423919	403

5.2 岷山大熊猫分布区适宜地形空间的分布格局

5.2.1 适宜地形空间概况

经计算，整个岷山大熊猫主分布区研究区域内满足大熊猫栖息地所需海拔、坡度和坡向的适宜地形区域有 584350 公顷（海拔在 1500 ~ 3800 米、坡度为 0° ~ 40°、坡向在 67.5° ~ 337.5°），适宜地形面积占整个岷山大熊猫分布区的 47.17%。白水江、唐家河、王朗、雪宝顶、黄龙、白羊、小寨子沟、宝顶沟、九顶山、龙溪虹口 10 个自然保护区内适宜地形总面积 236149.7 公顷，占保护区面积的 37.04%。

从分布格局分析，岷山适宜地形空间的分布格局与大熊猫的分布和隔离情况也完好吻合，凡是大熊猫分布的密集分布的区域也是适宜地形空间斑块的密集分布区域；保护区内的适宜地形密集分布区也是保护区内的大熊猫主要分布区（图 5 — 2）。

图 5 — 2 岷山大熊猫各种群分布及适宜地形分布图

The Distribution Map of Suitable Terrain Patches for Giant Panda in Minshan Mountains

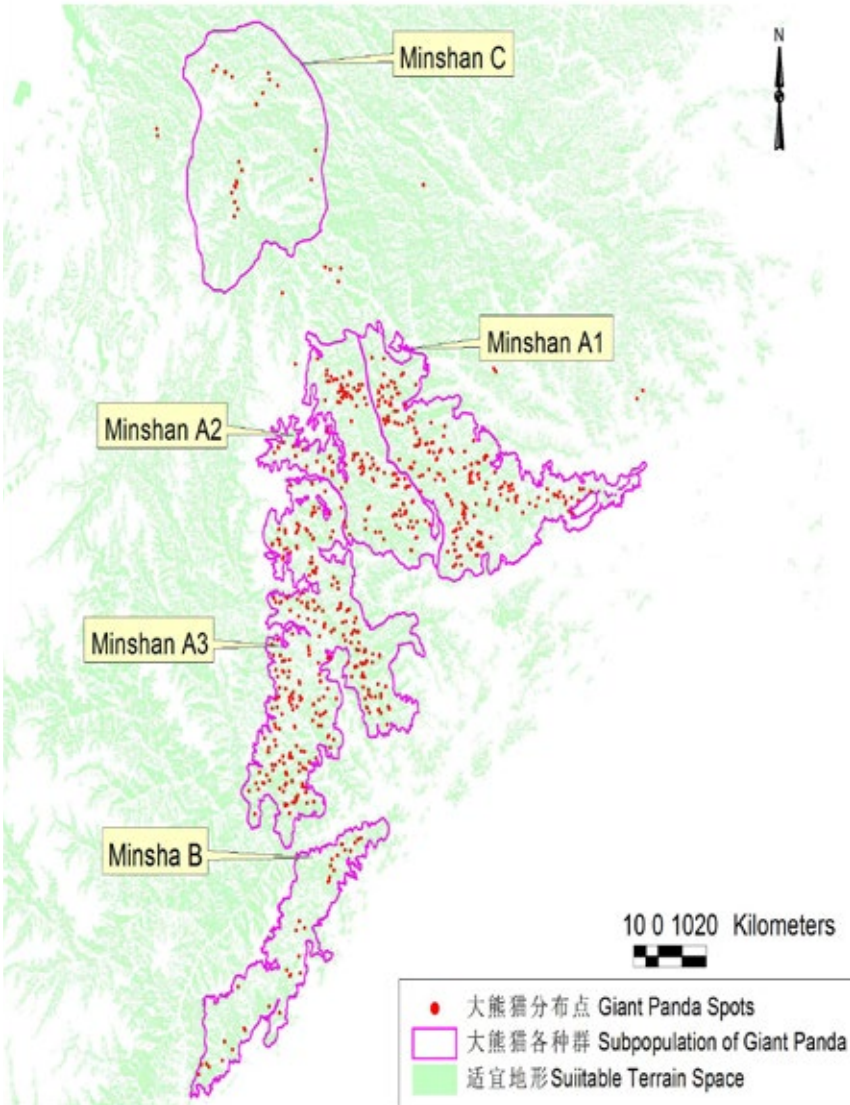


表 5 — 3 岷山大熊猫各种群分布区大熊猫适宜地形分布表

The Suitable Terrain Space for Giant Panda in All Local Populations region , Minshan Mountains.

区域	CA	Area	Percentage	NP	PD	LPI	LSI	AREA_MN	PLAD	COHESION	AI	DIVISION	SPLIT	LPA
岷山 A1	116513.28	266129	43.78%	4621	3.9661	17.2776	111.4214	25.2139	90.2056	99.4075	90.285	0.9527	21.1496	20130.75
岷山 A2	88338.15	147682	59.82%	2433	2.7542	18.2422	88.1887	36.3083	91.0961	99.5828	91.1882	0.9128	11.471	16114.86
岷山 A3	159381.45	319729	49.85%	4327	2.7149	17.0666	109.1788	36.8342	91.7942	99.5372	91.8632	0.9435	17.704	27200.97
岷山 B	74944.26	185580	40.38%	1944	2.5939	15.8493	74.718	38.5516	91.8078	99.5097	91.9086	0.9295	14.186	11878.11
岷山 C	145172.88	319676	45.41%	2482	1.7097	20.5728	95.3636	58.4903	92.4887	99.6133	92.5616	0.9276	13.8042	29866.14

表 5 — 4 岷山各保护区适宜地形斑块景观指数

The Landscape Index of Suitable Terrain Patches in the Giant Panda Distribution Region ,Minshan Mountains.

保护区名称	CA	Reserve Area	Percentage	NP	PD	LPI	LSI	AREA_MN	AREA_LP	PLAD	COHESION	DIVISION	SPLIT	AI
文县白水江自然保护区	52942.86	213750	24.77%	2858	5.3983	7.8699	78.5626	18.5244	4166.55	89.7566	98.4823	0.9774	44.2137	89.8737
松潘白羊自然保护区	36368.64	76710	47.41%	1053	2.8954	9.7073	54.2146	34.5381	3530.43	91.4673	98.9901	0.9585	24.0934	91.6114
茂县宝顶沟自然保护区	12442.05	19920	62.46%	109	0.8761	97.1869	19.8374	114.1472	12092.04	94.662	99.9684	0.0554	1.0587	94.9174
都江堰龙溪虹口自然保护区	16082.01	31000	51.88%	300	1.8654	38.0085	31.2352	53.6067	6112.53	92.6059	99.6153	0.7901	4.7646	92.8256
松潘黄龙自然保护区	12758.13	55051	23.18%	542	4.2483	32.2559	36.0981	23.539	4115.25	90.3998	98.9949	0.8724	7.838	90.6408
绵竹九顶山自然保护区	24737.76	61511	40.22%	803	3.246	16.1127	47.2479	30.8067	3985.92	90.9841	99.0422	0.944	17.8546	91.158
平武雪宝顶自然保护区	31440.96	63615	49.42%	1088	3.4605	11.0481	50.7625	28.8979	3473.64	91.405	98.9785	0.9518	20.7653	91.5601
青川唐家河自然保护区	18234.63	40000	45.59%	628	3.444	31.9101	42.6204	29.036	5818.68	90.5233	99.3942	0.8566	6.9746	90.725
平武王朗自然保护区	10716.03	32297	33.18%	315	2.9395	33.0049	32.1809	34.0191	3536.82	90.662	99.0072	0.8735	7.9048	90.9258
北川小寨子沟自然保护区	20426.58	44391	46.02%	672	3.2898	9.1725	43.5981	30.3967	1873.62	90.8467	98.714	0.9611	25.7287	91.0378

5.2.2 各亚种群分布区内的适宜地形景观格局及相互联系

岷山 A (A1、A2、A3)、B、C 五大景观单元中,从景观内部的连接程度、景观斑块的完整情况、适宜地形的比重、斑块质量分析,岷山 A2、A3 具有比较好的斑块结构和类型,其中 A3 的最大斑块面积较大,其次是岷山 C,岷山 A1 和岷山 B 较差。其中岷山 A2、A3 分布区内适宜地形的比重最高,而岷山 B 分布区内的适宜地形比重相对最低,其地形因素导致栖息地质量较差;而岷山 C、A3 的最大斑块面积较大,对栖息地的贡献较大。

从景观破碎化指数分析 (DIVISION、SPLIT),岷山 A1 的破碎化指数最高,说明这该栖息地中的大熊猫的适宜地形空间破碎化最严重,作为大熊猫的栖息地景观质量相对较差。

从大景观格局上分析,岷山最大的种群岷山 A 内部从地形上没有隔离的情况,岷山 A1、A2、A3 之间有充足的适宜地形实现各种群分布区地形上的连接,岷山 C 种群从地形上也比较适宜大熊猫栖息,与岷山 A 种群之间也有比较适宜的地形连接;岷山 B 种群全位于岷江分水岭的东部,适宜地形所占分布区的比例较低,从地形上分析,岷山 A 与岷山 B 的隔离有强烈的地形因素,适宜地形的隔离造成其种群的自然隔离。根据现在的分布区划分成果,两分布区只在岷山 A 的南端和岷山 B 的西北部有一小块区域有适宜的地形分布,即茂县凤仪与光明之间的往东的区域(表 5—3、图 5—2)。

5.2.3 各保护区内的适宜地形景观格局

白水江、唐家河、王朗、雪宝顶、黄龙、白羊、小寨子沟、宝顶沟、九顶山、龙溪虹口 10 个自然保护区中适宜地形所占比重最大的是宝顶沟和龙溪虹口,其次是唐家河、雪宝顶,比例最低的是黄龙和白水江;最大斑块面积最大的是宝顶沟和龙溪虹口,其次唐家河;平均斑块面积最大的宝顶沟和龙溪虹口,最小的是黄龙和白水江;表示适宜斑块的连接程度和聚集程度的指数最高的是宝顶沟和龙溪虹口,其次是唐家河、王朗、九顶山,连接程度和聚集程度最小的是黄龙和白水江;表示适宜斑块离散、破碎程度的指数最高的白水江、小寨子沟,其次是雪宝顶、白羊,破碎程度最低的是宝顶沟和龙溪虹口两保护区。综上分析,保护区地形的景观格局以宝顶沟和龙溪虹口两保护区质量最好,而黄龙和白水江最差(表 5—4、图 5—3)。

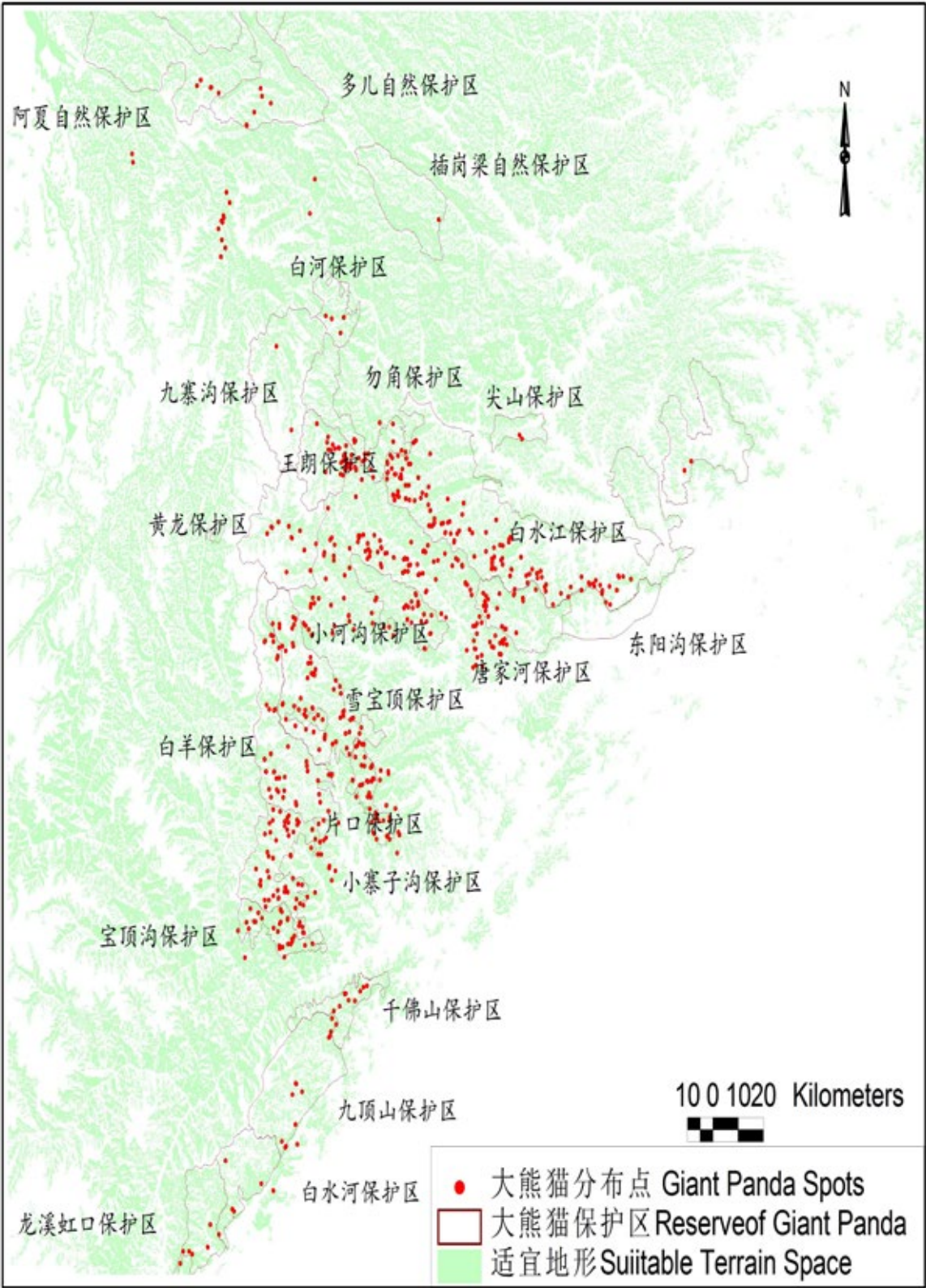
5.2.4 存在问题

根据已有适宜地形分布结果,结合目前岷山地区大熊猫分布的现状,需要科学、准确地认识岷山 A 与 B 种群在地形上的隔离情况,只有对该区域大熊猫的适宜地形分布情况有了准确的了解,那么将来为两种群栖息地的连接和实现两种群的交流所制定的保护对策和措施才有意义,才能真正实现保护的目。岷山北部的白水江保护区是大熊猫种群数量最大的自然保护区,但其适宜地形的比重和分布格局都相对较差,离散和破碎程度较高,考虑到边缘效应和周边面临的干扰越来越严重(兰渝铁路、碧口水库、矿业开发等),在将来的保护中需要予以更多的关注,以确保岷山山系北部大熊猫分布格局的稳定。同时根据离散和破碎指数,黄龙自然保护区的适宜地形的分布格局也比较差,

考虑到旅游的影响，该保护区的保护区工作也需要进行重点关注。

图 5 — 3 岷山各大熊猫保护区适宜地形分布图

The Distribution Map of Suitable Terrain for Giant Panda in All Reserves of Minshan Mountains



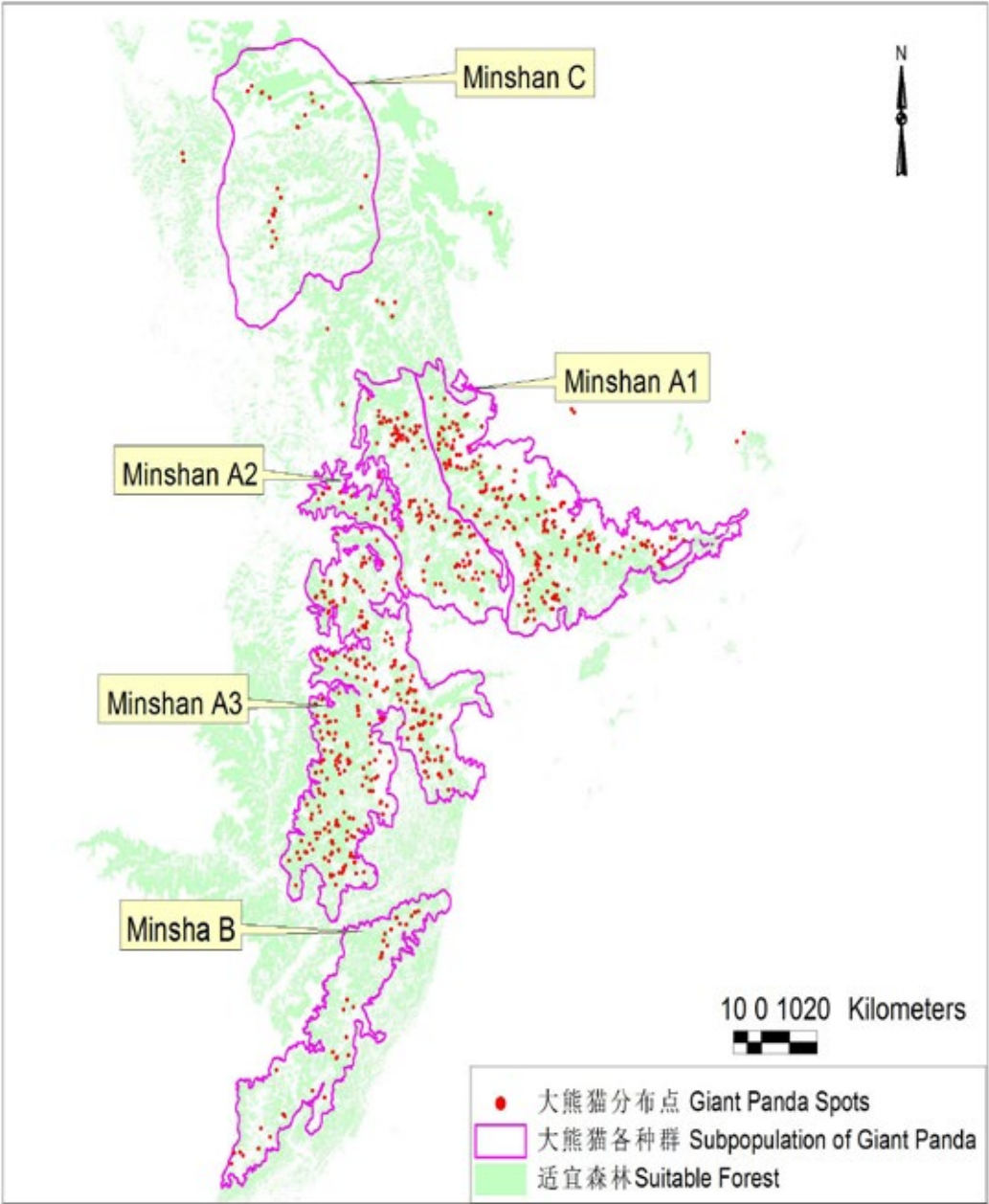
5.3 岷山大熊猫分布区针叶林和针阔混交林的分布格局

5.3.1 森林分布格局概况

经计算，整个岷山大熊猫主分布区研究区域内针叶林和针阔混交林的总面积为 348866 公顷，占整个分布区面积的 30.29%；所选择的唐家河、王朗、雪宝顶、黄龙、白羊、小寨子沟、宝顶沟、九顶山、龙溪虹口自然保护区内的针叶林和针阔混交林的总面积为 190919 公顷，占保护区面积的 44.98%。说明大熊猫最适选择的植被类型均为该区域的主体，同时其植被的质量也与大熊猫的分布情况密切相关（表 5 — 5、图 5 — 4）。

图 5 — 4 岷山大熊猫各种群分布及针叶林和针阔混交林分布图

The Distribution Map of Staple Forest for Giant Panda in MinshanMountains



5.3.2 各亚种群分布区内的最适选择植被景观格局及相互关系

基于现有的数据，我们在研究岷山 A1 时只针对岷山 A1 的主体即九寨环线以东的木皮、木座、唐家河、东阳沟等摩天岭以南的区域的针叶林和针阔混交林情况进行研究；同样对岷山 C 也只对四川境内的范围进行分析。

岷山 A（A1、A2、A3）、B、C 三种群分布区内针叶林和针阔混交林所占比例最高的是岷山 A1 种群分布区，其次是岷山 A3 种群分布区，比例最低的是岷山 A2 和岷山 C 种群分布区；针叶林和针阔混交林植被斑块平均面积最大的是岷山 C，其余相近；岷山 A3 的最大斑块面积最大，为松潘县白羊保护区和小寨子沟境内，岷山 C 的最大斑块面积最小；由于大斑块的存在也使得岷山 A3 分布区内各针叶林和针阔混交林植被斑块的连接程度较高，从斑块的聚集程度分析，岷山 A1 分布区内针叶林和针阔混交林植被斑块聚集程度较高，岷山 B 种群分布区内的斑块聚集程度较低；从破碎化指数分析，可以发现岷山 C 的针叶林和针阔混交林植被斑块分布最离散、破碎化最严重，其次是岷山 B，破碎化程度最轻的是岷山 A3 种群分布区。总之，从大熊猫最适的植被景观分析，岷山 A3 的质量最好，岷山 C 分布区境内的熊猫最适植被破碎化严重。

从各分布区之间的关系分析，各分布区均有比较充足的最适森林植被作为分布区之间大熊猫交流的环境。需要注意的是岷山 A2 与岷山 A3 之间的针叶林和针阔混交林植被的量相对较少，大斑块不多，具有一定程度的破碎化现象。该区域具体为施家堡与高山堡、虎牙之间的区域（www.wwfchina.org），由于为两大种群之间的交流地带，同时本身的大熊猫密度也较大，所以需要予以重点关注。

表 5 — 5 岷山各大熊猫种群分布区针叶林和针阔混交林斑块景观指数
The Landscape Index of the Suitable Forestry Land Cover in the Giant Panda Distribution Region ,Minshan Mountains

POPULATION	AREA OF FOREST	PROPORTION	NP	PD	AREA_MIN	AREA_LP	LPI	CONTAG	AI	COHESION	DIVISION	SPLIT	SHDI
岷山 A1	58000.23	52.25%	2810	4.8448	20.6407	9199.71	15.8615	58.1408	88.4982	99.3076	0.9459	18.4837	1.1325
岷山 A2	43540.83	29.48%	2367	5.4363	18.3949	11460.42	26.3211	38.6961	87.2465	99.1324	0.92	12.5048	0.6543
岷山 A3	159231.78	49.80%	8082	5.0756	19.702	44964.72	28.2385	68.5611	84.812	99.6042	0.9096	11.0562	0.6894
岷山 B	72156.15	38.88%	3803	5.2705	18.9735	9901.8	13.7227	52.0837	81.7241	99.2884	0.9524	21.0117	0.9572
岷山 C	73937.61	31.80%	2917	3.9452	25.3471	4484.88	6.0658	44.1871	88.267	98.1278	0.9869	76.347	0.6448

表 5 — 6 岷山各大熊猫保护区针叶林和针阔混交林斑块景观指数

The Landscape Index of Suitable Forestry Patches in the Giant Panda Reserves ,Minsan Mountains

RESERVE NAME	AREA OF FOREST	RESERVE AREA	PROPORTION	PLAND	NP	PD	LPI	LSI	AREA_ MN	AREA_LP	PLADJ	COHESION	AI	DIVISION	SPLIT
白羊保护区	37500.75	76710	48.89%	50.76%	1135	3.0266	58.1554	65.9234	33.0403	21808.71	89.7794	99.8483	89.9189	0.6064	2.5408
宝顶沟保护区	12652.65	19920	63.52%	67.74%	270	2.1339	88.5386	44.2693	46.8617	11202.48	88.1915	99.9097	88.4274	0.2118	1.2686
都江堰保护区	11192.4	31000	36.10%	39.08%	458	4.0921	74.9107	71.2351	24.4376	8384.31	79.7797	99.7538	80.0068	0.4342	1.7674
黄龙保护区	16768.17	55051	30.46%	31.44%	263	1.5684	27.2525	35.9734	63.7573	4569.75	91.6589	99.3093	91.872	0.8676	7.5545
九顶山保护区	27379.17	61511	44.51%	47.30%	951	3.4734	89.7174	80.1404	28.7899	24563.88	85.4584	99.9376	85.6137	0.1948	1.2419
雪宝顶保护区	24657.03	63615	38.76%	39.66%	566	2.2955	21.7457	47.6543	43.5637	5361.84	90.8942	99.4473	91.0682	0.871	7.7506
唐蒙河保护区	21491.82	40000	53.73%	60.31%	296	1.3773	78.7017	34.3344	72.6075	16914.42	92.9692	99.8823	93.1599	0.3664	1.5783
王朗保护区	11677.23	32297	36.16%	37.82%	152	1.3017	40.9759	26.3911	76.8239	4784.85	92.6673	99.6565	92.9255	0.6985	3.3172
小寨子保护区	27599.67	44391	62.17%	63.62%	233	0.8442	96.9941	73.6968	118.4535	26770.05	86.6864	99.9823	86.8432	0.0591	1.0628

5.3.3 各大熊猫保护区内针叶林和针阔混交林植被的分布情况

从大熊猫最喜选择的针叶林和针阔混交林植被所占保护区比例分析,宝顶沟、小寨子沟、唐家河保护区内的最适植被最充足,黄龙最低,其次是王朗、都江堰、雪宝顶;小寨子沟保护区内的针叶林和针阔混交林植被斑块平均面积最大,其次是王朗和唐家河,都江堰和九顶山两保护区最小;对大熊猫栖息地质量贡献最大的大森林斑块以小寨子沟最大,其次为九顶山和白羊,黄龙保护区内的最大斑块面积最小;保护区内大熊猫最喜选择植被的斑块连接程度最好的是小寨子沟、最差的是黄龙;斑块的聚集和紧密程度最高的是王朗和唐家河,最低的是都江堰和九顶山两保护区;根据破碎化指数,破碎化程度最高的是黄龙与雪宝顶自然保护区,最低的是小寨子沟,其次是宝顶沟。因此,根据以上信息,就各大熊猫保护区内针叶林和针阔混交林植被的分布情况,最好的应为小寨子沟,其次为宝顶沟,接下来应为王朗、唐家河、白羊、雪宝顶、九顶山、都江堰等,最差的应是黄龙自然保护区(表5—6、图5—5)。

5.3.4 大熊猫最适植被分布存在的问题

大熊猫最适植被分布存在的问题主要为岷山 A2 与岷山 A3 种群分布区之间最适植被不足和破碎问题,其次是黄龙自然保护区的植被质量较差可能对境内大熊猫造成影响。

5.4 岷山大熊猫承载力分析和风险评估

5.4.1 岷山大熊猫承载量概况

根据已有研究结论(胡锦矗等,1985),以巢域最大值6.4公里为基础分析,整个岷山研究区域内大熊猫的理论能容纳量为1500只(按960313公顷栖息地面积计算),研究区域内的针叶林和针阔混交林面积理论能容纳545只,分布区内的适宜地形空间理论能容纳913只。目前岷山共有大熊猫708只,研究区域内大熊猫的数量为688只,岷山山系从适宜地形上能满足现有大熊猫的需要,考虑到栖息地和巢域的重叠、阔叶林植被类型未计算等因素,其植被也能满足其需要。

所选择的10个大熊猫自然保护区理论能容纳997只大熊猫,其栖息地面积理论能容纳662只大熊猫,其适宜地形面积理论能容纳369只大熊猫。目前,所选择的10个大熊猫保护区大熊猫种群数量为403只,小寨子沟和宝顶沟自然保护区的大熊猫数量已经达到了其保护区和栖息地的理论容纳量,即达到了理论上的饱和状态,其余保护区都未达到其饱和值(表5—7)。因此,基于以上分析,岷山山系目前的大熊猫还处于一较低密度的状态,除局部地区饱和外,总体上还有足够的空间确保大熊猫的生存所需。

图 5 — 5 岷山大熊猫各大熊猫保护区及针叶林和针阔混交林分布图

The Distribution Map of Staple Forest for Giant Panda in Reserves of Minshan Mountains

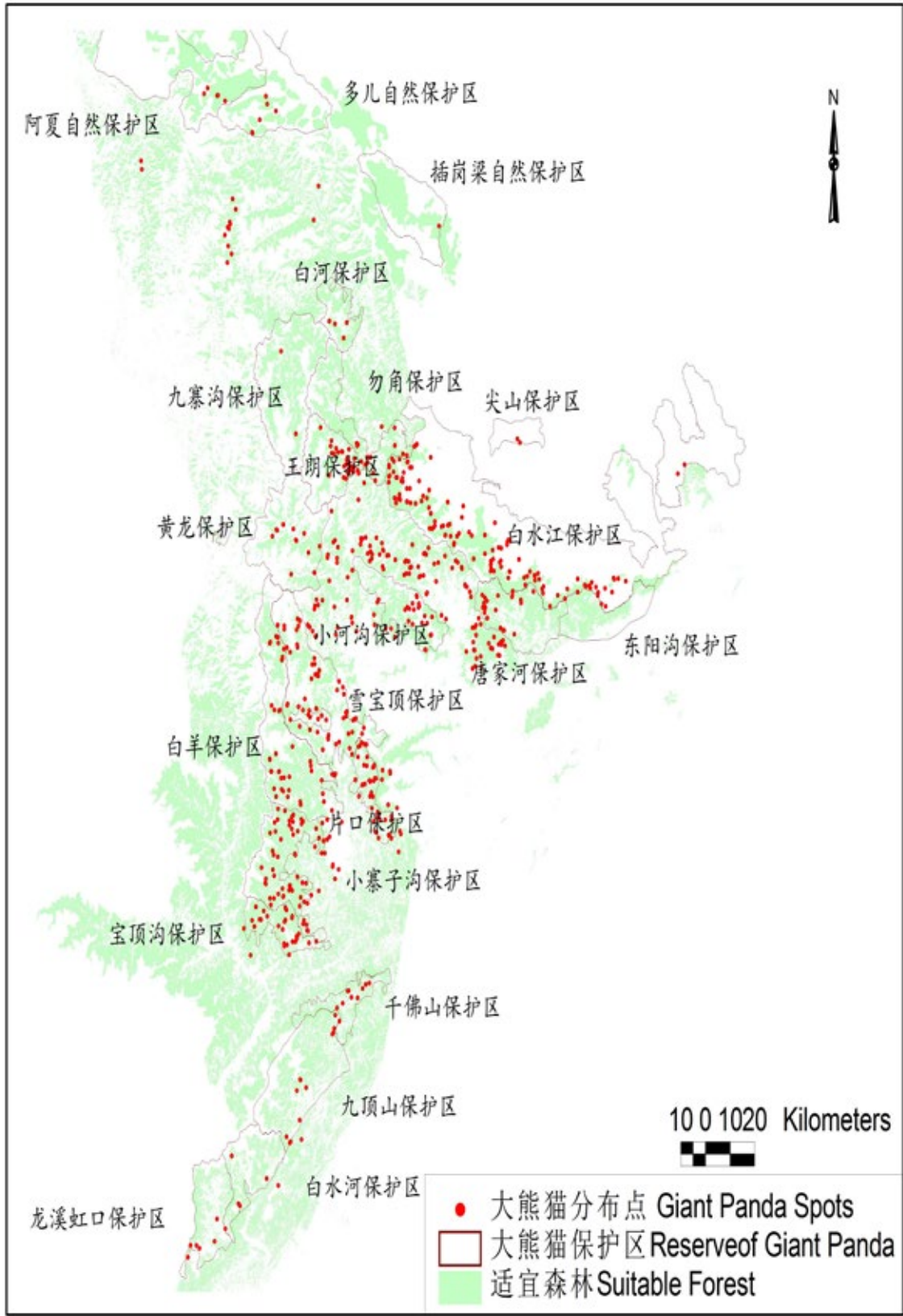


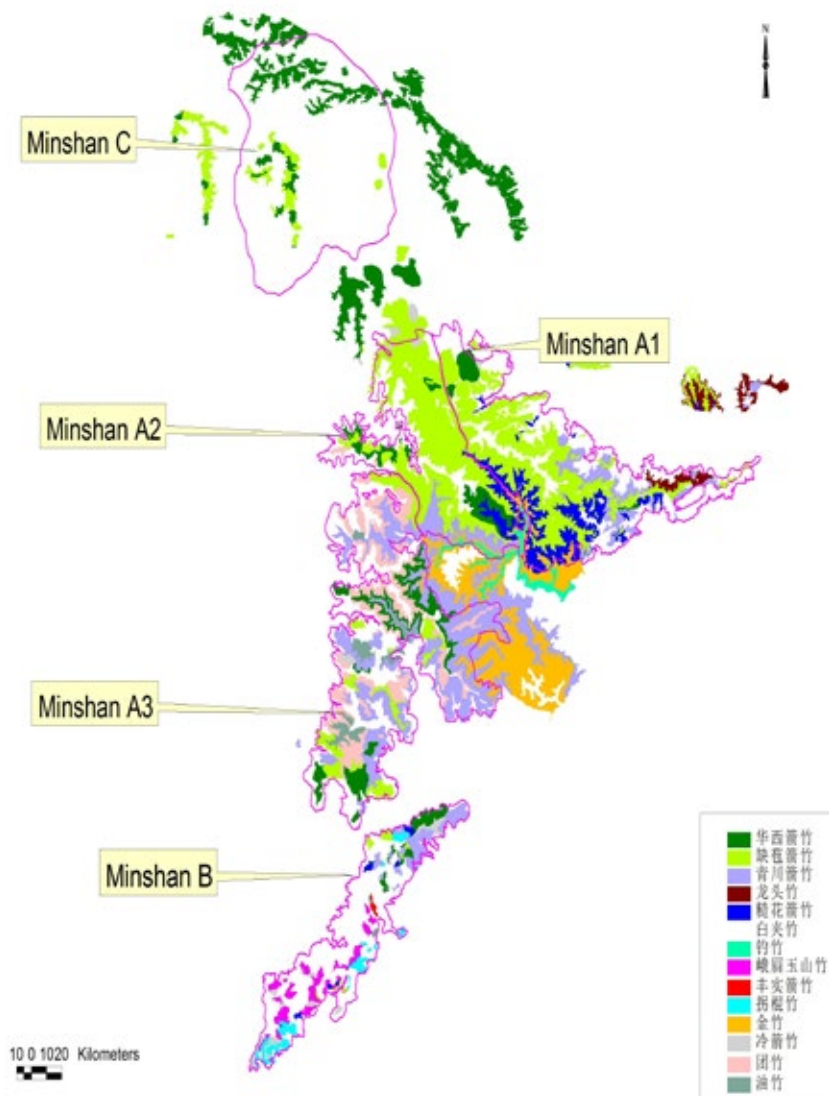
表 5 — 7 岷山山系各大熊猫自然保护区各理论容纳量表
The Theoretical Carrying Capacity of All Studied Reserves in Minshan Mountains

序号	保护区名称	保护区 面积 ha	栖息地 面积 ha	适宜地形 面积 ha	大熊猫数量 Individual	保护区容纳量 Individual	栖息地容纳量 Individual	适宜地形容纳量 Individual
1	文县白水江自然保护区	213750	116515	52942.86	102	334	182	83
2	松潘黄龙自然保护区	55051	25435	12758.13	14	86	40	20
3	松潘白羊山自然保护区	76710	58025	36368.64	65	120	91	57
4	平武王朗自然保护区	32297	19701	10716.03	27	50	31	17
5	平武雪宝顶自然保护区	63615	47514	31440.96	52	99	74	49
6	青川唐家河自然保护区	40000	28907	18234.63	38	63	45	28
7	茂县宝顶沟自然保护区	19920	18600	12442.05	30	31	29	19
8	北川小寨子沟自然保护区	44391	40445	20426.58	58	69	63	32
9	绵竹九顶山自然保护区	61511	41151	24737.76	11	96	64	39
10	都江堰龙溪虹口自然保护区	31000	27626	16082.01	6	48	43	25
小计	19 个	638245	423919	236149.65	403	997	662	369

5.4.2 大熊猫的食物资源

岷山山系竹类以中山混生竹及亚高山箭竹为主（秦自生，1985），不仅种类多，且资源丰富。竹种有刚竹属的毛金竹、白夹竹 2 种；寒竹属的刺黑竹 1 种；镰序竹属钓竹 1 种；箭竹属有糙花箭竹、团竹、缺苞箭竹、青川箭竹、华西箭竹、丰实箭竹、油竹子、拐棍竹 8 种；玉山竹属有短锥玉山竹 1 种；巴山木竹属有巴山木竹、冷箭竹 2 种；箬竹属有箬叶竹 1 种。共计 16 种。其中以糙花箭竹、团竹、缺苞箭竹、青川箭竹、华西箭竹野生面积较大，均为中山温性竹种，分布高度一般为 1500 ~ 3000m 左右。该山系大熊猫的主要取食竹种为团竹、糙花箭竹、缺苞箭竹、青川箭竹、华西箭竹 5 种。根据胡锦矗等（1990）的研究，考虑岷山地区景观复杂、竹种多样、竹子开花不同步和营养成分改变等因素（魏辅文，1999），在岷山地区由于保护区域的不断扩大，只要不出现大面积开花的现象，就食物资源而言，对大熊猫生存的影响不大（图 5 — 6）。

图 5 — 6 岷山山系大熊猫食物资源竹种分布图
The Distribution Map of Bamboo As Giant Panda's Food in Minshan Mountains



5.4.3 风险区域

根据岷山山系目前的适宜地形、大熊猫最适植被、食物资源和大熊猫的分布格局综合分析,由于岷山山系地域较大、景观类型丰富、气候多样、植被保存较好,总体上能满足现有种群规模大熊猫生存的需要。基于已有的研究成果,就其栖息地质量相关的适宜地形、最适植被的分布格局,需要重点关注以下区域:

(1) 准确、科学认识岷山 A 与岷山 B 种群分布区之间的隔离格局,对将来栖息地连接、走廊带建设具有重要意义。

(2) 从适宜地形和大熊猫最适植被类型分析,黄龙保护区都为质量最差的区域,考虑到其旅游活动的开展情况,应予以重点关注。

(3) 岷山 A2 与岷山 A3 种群分布区之间大熊猫最适植被不足和破碎问题应在将来的工作中解决。

(4) 岷山最北部的白水江保护区是大熊猫种群数量最大的自然保护区,但其适宜地形的格局不尽合理,考虑到边缘效应和周边不断增加的干扰因素,如何改进保护对策、提高保护效率、提升保护效果对该区域和整个山系大熊猫保护具有重要意义。

5.5 岷山大熊猫保护区格局及评估

5.5.1 目前岷山大熊猫保护区网络格局

截止 2001 年,岷山地区共设立大熊猫自然保护区 19 个(表 5—8)。近年来,还有一些边缘地带也正在积极划立保护区,如北部的茶岗梁地区,迭部地区等。就目前岷山地区大熊猫自然保护区的分布格局看,各种不同类型的自然保护区基本将该山系大熊猫种群和栖息地的主体纳入了自然保护区网络,并通过这些保护区的运行,使得其境内的大熊猫种群和栖息地也得到了不同程度的保护。根据目前岷山地区大熊猫种群和栖息地的分布情况和现有保护区网络的布局,以下区域应在将来的保护管理中予以关注(图 5—7)。

1. 九寨沟县西北、白水江源头地区的折母钦念和东北之间的区域有 11 只大熊猫分布,是岷山 C 种群中最大、最密集的大熊猫分布区,同时对岷山西北部地区大熊猫的分布格局有重要影响;由于各种原因,该区域没有设立大熊猫保护区。该区域植被良好、针叶林所占比例较大,干扰也相对较少,设立保护区的条件相对较为优越。

2. 平武县木座乡与白马乡之间、九寨环线两侧之间的大熊猫种群没有纳入保护区网络。该区域大熊猫密度较大,有大熊猫 69 只,跨岷山 A1、A2 种群,是岷山 A1、A2 种群,平武与文县、青川大熊猫种群交流和栖息地连接的主要区域,对岷山北部地区大熊猫保护具有重要意义。该区域由于九寨环线从中穿越,干扰相对较大;同时平武县已经有两个国家级大熊猫自然保护区和一个省级自然保护区,地方政府和行业管理部分对是否在该区域设立保护区的问题上难以决断。

平武县另外一处是木皮乡与青川县唐家河自然保护区之间的区域,该区域干扰较少,大熊猫栖息地质量较好,大熊猫种群密度也比较大,共有大熊猫 27 只,甚至略高于王朗自然保护区的种群密度,

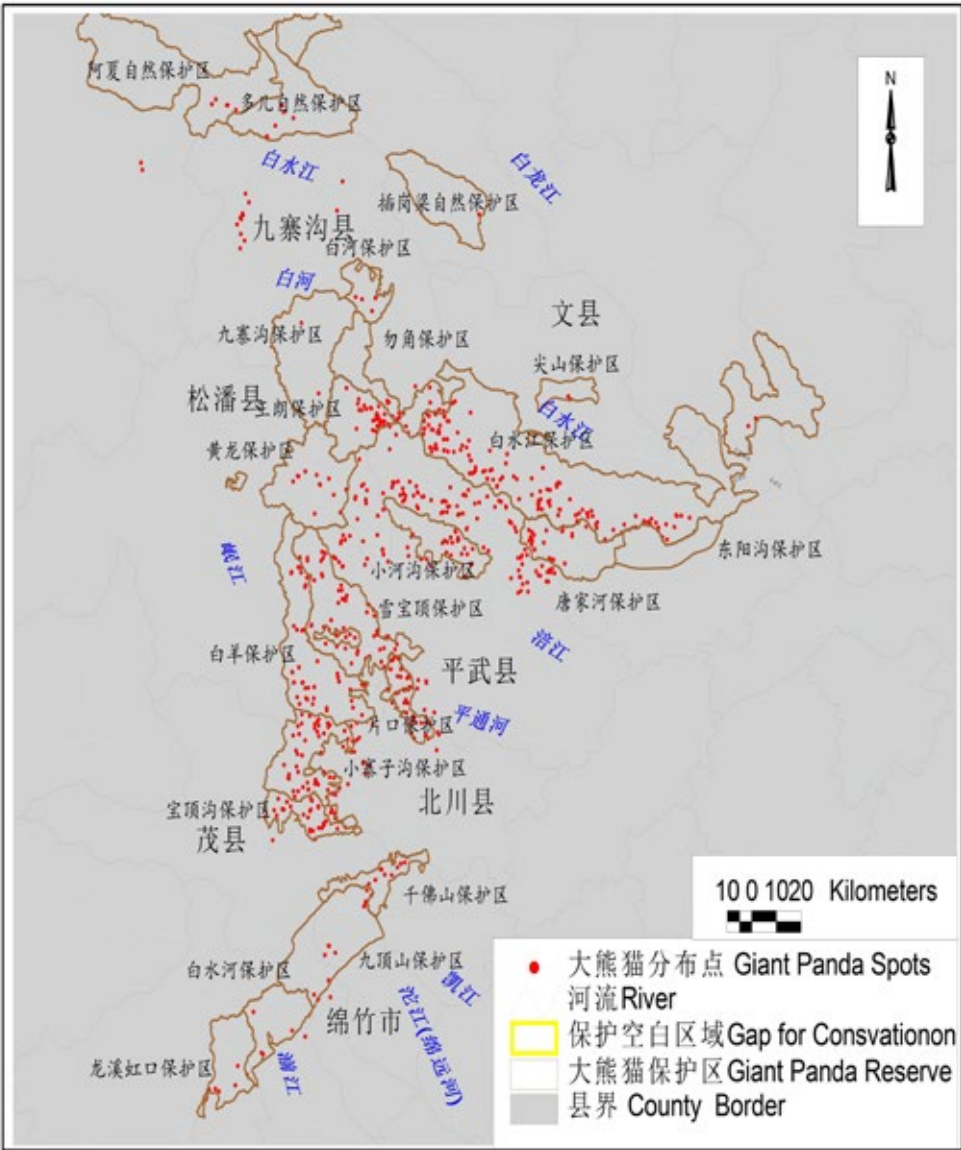
目前面临的主要问题就是公路造成的栖息地和种群隔离，是另一处游离于目前保护区网络之外较大的种群。

3. 岷山 A 与岷山 B 之间的区域是实现两种群之间交流和栖息地连接的唯一区域，在光明附近也有大熊猫的适宜地形和比较好的栖息地。就目前我国保护工作的管理方式和投资体制，自然保护区是最有效和可行的模式。该区域对岷山山系大熊猫将来的保护具有重要意义，不少学者和组织都对该区域的保护区提出了许多观点 and 对策。由于该区域目前没有大熊猫分布，该区域所在地茂县地方政府也没有将该区域设立为自然保护区的意愿。

以上四区域为目前保护区网络所存在的 GAP，各区域的大熊猫种群及栖息地不同，所面临的外部环境也各异，需要针对各自不同的情况提出有效的解决对策。

图 5 — 7 岷山大熊猫保护分布图

The Map of Present Conservation Network for Giant Panda in Minshan Mountains



5.5.2 岷山大熊猫保护区网络建设评估

截止 2001 年，岷山地区共设立大熊猫自然保护区 19 个，保护区面积共 870196 公顷，有大熊猫 492 只，占整个岷山大熊猫总量的 69.49%。其中，岷山地区有国家级自然保护区 7 个，省级保护区 11 个，市级 1 个。按处级建制的保护区 5 个；按科级建制的保护区 11 个，其中 4 个国家级自然保护区；另外还有两个保护区没有机构，由其它单位托管。保护区成立最早为白河和王朗自然保护区，已经成立 46 年；最近成立的九顶山自然保护区仅成立 10 年；成立 30 年以上的保护区有 6 个，国家级 4 个。隶属国家林业局直接管理的保护区有 1 个，由省林业厅管理的 1 个，由县林业局管理的有 13 个，市林业局管理的 2 个，由地方政府管理的有 2 个。

目前，岷山保护区网络存在的问题主要为：

(1) 部分国家级自然保护区的行政级别较低，特别是一些国家级保护区的管理体制使保护区对其它保护区的示范价值无法实现，不利于保护区开展工作；一些保护区由于各种因素被托管，对保护区的发展极为不利；保护区的隶属关系混乱，如何管理各种不同层次的保护区存在许多问题，需要理顺保护管理渠道，才可能使保护区的建设走上规范、有序的道路。

(2) 大多保护区的编制不足，对保护区的影响较大；其人才结构也不合理，特别是技能型人员和高技术人才缺乏，对保护区现在的管理和将来的建设都有较大的制约。

5.6 岷山大熊猫分布区森林权属

通过调查，迭部、舟曲境内的大熊猫分布区全部为白龙江林业局的管护范围，全为国有林区，没有集体林。尖山保护区内核心区 4165 公顷为国有林、缓冲区与实验区 5876 公顷为集体林；扩界后，核心区 21728 公顷为国有林、缓冲区与实验区 30170 公顷为集体林。裕河保护区内核心区 20252 公顷与缓冲区 20426 公顷为国有林、实验区 34266 公顷为集体林。白水江保护区的缓冲区和实验区全为集体林，核心区全为国有林，也全为林地。白水江林地总面积 106694 公顷，核心区面积 88446 公顷，全为国有林。四川除一些边缘地带的大熊猫保护区内集体林占一定比例外，大部分保护区都以国有林为主，并且大部分都全为国有林，为保护区的有效管理奠定了坚实基础（表 5—9）。

表 5 — 8 岷山山系各大熊猫自然保护区建设和机构现状表
The Present Condition of Construction and Organization of All Reserves in Minshan Mountains

名称	类别	机构级别	批建时间	建设时间	主管部门	备注	人员编制	实际人数	编制缺口	一线人员比例	技能人员比例	中级职称比例
白水江	国家级	处级	1978	31	国家林业局		132	147	15	53.06%	54.42%	15.65%
尖山	省级	股级	1990	19	县林业局		8	15	7	53.33%	46.67%	13.33%
九寨沟	国家级	处级	1979	30	州政府		280	275	120	16.50%	54.50%	1.75%
白河	省级	科级	1963	46	县林业局		27	9	-5	77.27%	22.73%	0.00%
勿角	省级	科级	1993	16	县林业局		32	16	-7	80.00%	36.00%	0.00%
黄龙	省级	处级	1983	26	州政府		150	197	85	21.28%	59.57%	1.28%
白羊	省级	科级	1993	16	县林业局		10	19	37	68.09%	61.70%	2.13%
王朗	国家级	科级	1963	46	县林业局		30	24	8	55.26%	26.32%	0.00%
小河沟	省级	托管	1993	16	县林业局	雪宝顶托管	6		-6			
雪宝顶	国家级	科级	1993	16	县林业局		25	26	36	86.89%	39.34%	3.28%
唐家河	国家级	处级	1978	31	省林业厅		43	39	3	17.39%	60.87%	2.17%
东阳沟	市级	托管	2001	8	县林业局	县林业局托管	50	7	0	98.00%	20.00%	0.00%
宝顶沟	省级	科级	1993	16	县林业局		25	15	0	40.00%	64.00%	4.00%
小寨子沟	省级	科级	1979	30	县林业局		9	8	9	83.33%	88.89%	5.56%
片口	省级	科级	1993	16	县林业局		10	6	0	90.00%	70.00%	10.00%
千佛山	省级	科级	1993	16	县林业局		17	7	6	78.26%	52.17%	13.04%
九顶山	省级	处级	1999	10	市林业局		64	13	-51	76.92%	100.00%	0.00%
白水河	国家级	科级	1998	11	县林业局		30	6	-16	42.86%	50.00%	7.14%
龙溪－虹口	国家级	科级	1993	16	市林业局		30	4	6	69.44%	88.89%	5.56%

表 5-9 岷山大熊猫自然保护区林权结构表

The Structure of Forestry Property of All Reserves in Minshan Mountains

保护区名称	国有林 (ha)	集体林 (ha)	总面积 (ha)	国有林比例
白河保护区	16204		16204	100.00%
白水河保护区	30150		30150	100.00%
白水江保护区	88446	18248	213750	41.38%
白羊保护区	76710		76710	100.00%
东阳沟保护区	9841.6		30760	31.99%
黄龙保护区	55051		55051	100.00%
尖山保护区	4165	5876	10040	41.48%
九顶山保护区	61511		61511	100.00%
九寨沟保护区	34895.6		64297	54.27%
龙溪虹口保护区	30920.7	79.3	31000	99.74%
毛寨保护区	4258	10087	14345	29.68%
片口保护区	8293		8293	100.00%
千佛山保护区	17740		17740	100.00%
唐家河保护区	28800	11200	40000	72.00%
王朗保护区	26427.1		32297	81.83%
勿角保护区	36280		36280	100.00%
小河沟自然保护区	28227		28227	100.00%
小寨子沟保护区	44391		44391	100.00%
雪宝顶保护区	46400		63615	72.94%
裕河保护区	40678	34266	74944	54.28%

根据岷山北部地区的林权调查结果（甘肃境内和九寨沟、平武、松潘、青川、北川、茂县等地），即岷山 A 和 C 种群分布区域。结合目前大熊猫的分布情况，发现上述区域共有大熊猫 663 只，其中 582 只分布在国有林区，93 只大熊猫分布在集体林区，即 85.97% 的大熊猫分布在国有林区，而这些国有林区也几乎全被保护区覆盖，对这些区域的保护确保了现有大熊猫的种群安全。上述地区中，大熊猫分布最多的是平武县和北川县，但也是集体林比例较大的区域，特别是北川县个人拥有的林地比例太大，占 53.80%，根据现有的林权制度改革精神，集体和个人所有的林地要按照大熊猫栖息地的要求来经营的难度极大，需要国家出台特殊的政策和措施（表 5 — 10、图 5 — 8）。

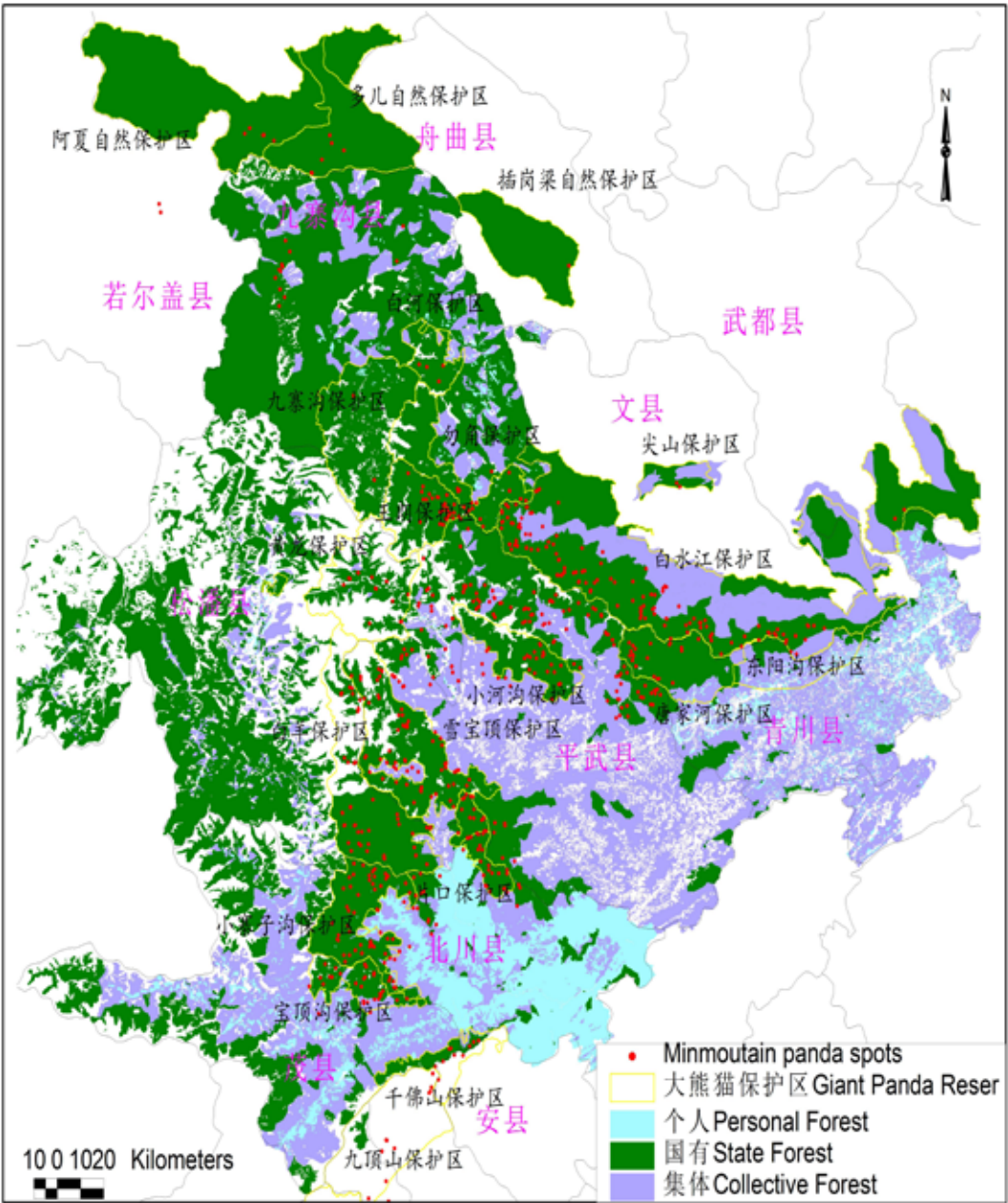
表 5 — 10 北川、平武、青川三县林权结构

The Structure of Forestry Property in Beichuan ,Pingwu and Qingchuan County

林地属性	北川	平武	青川
国有林	26.24%	36.04%	17.01%
集体林	19.78%	44.04%	54.47%
个人林（自留山）	53.80%	19.92%	13.97%

图 5 — 8 岷山北部大熊猫分布区林权结构示意图

The Map of Forestry Property within the Giant Panda Region in North of Minshan Mountains

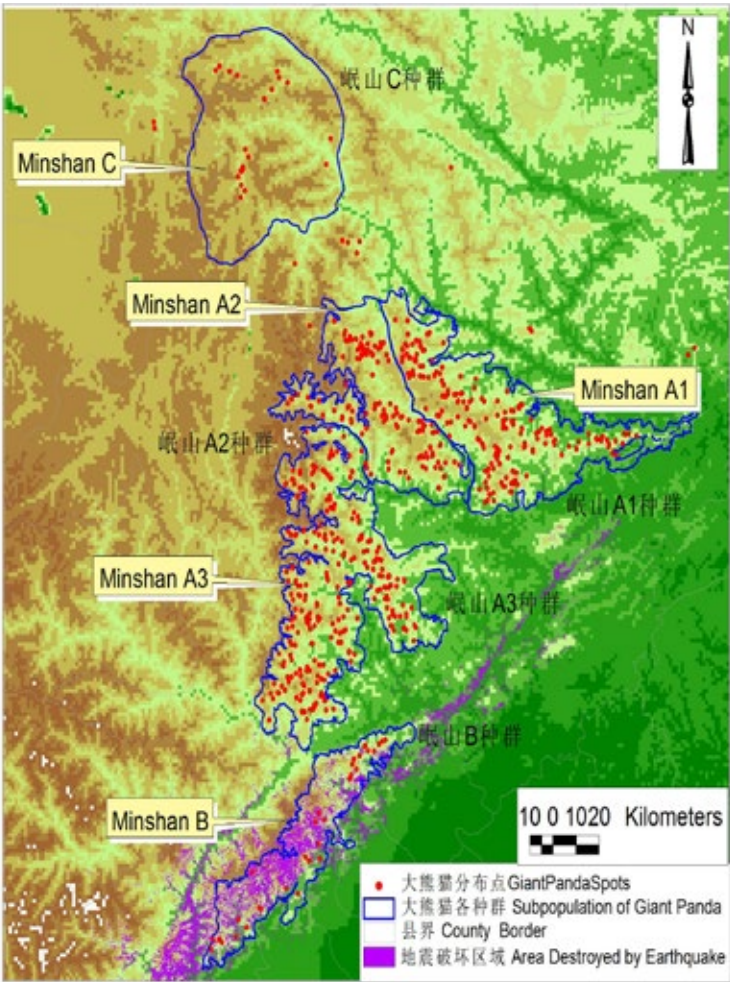


5.7 汶川地震影响

2008 年四川汶川地震引发了大范围和大面积的滑坡、崩塌和泥石流等次生灾害，生态系统和生物多样性受到严重破坏，自然景观损毁，生态环境问题加剧，对区域生态安全带来巨大的威胁。从地震带的走向分析，岷山南部处于地震的核心地带（图 5 — 9），而北部地区距离地震带较远。岷山北部的大熊猫种群及栖息地受本次地震影响不大，即岷山 C 和 A 种群及栖息地都没有受到较大影响；而岷山南部大熊猫种群安全和栖息地则招受重创，具体地为岷山 B 种群的大熊猫及栖息地，即安县、绵竹、什邡、彭州、都江堰五县市，涉及白水河自然保护区、龙溪虹口自然保护区、九顶山自然保护区、千佛山自然保护区 4 保护区，其中栖息地受损最严重的是白水河自然保护区，栖息地受损面积达 46.97%；其次是龙溪虹口自然保护区，栖息地受损面积达 33.93%（Xu,2009）。除栖息地被破坏外，由于地震可能出现地貌的变化，一些新的堰塞湖、大面积的流石滩等，这些新的地貌景观可能致使大熊猫种群的隔离和栖息地的割裂，一些新的局域小种群可能产生，新的种群生存风险也可能出现。如：绵竹和彭州西北部地区的大熊猫及栖息地。

图 5 — 9 汶川地震对大熊猫栖息地破坏示意图

The Destroyed Area of Giant Panda Habitat by Wenchuan Earthquake



5.8 岷山 A 种群与岷山 B 种群之间的连接

关于岷山 A 种群与岷山 B 种群之间的连接，已经有许多的研究成果和尝试 (www.wwfchina.org)，但是目前进展缓慢，效果也不理想。现就两种群之间的地形、植被、认为干扰进行分析，有两个问题需要重视。一是两种群之间的适宜地形和植被都较少，使得两种群的交流和栖息地连接先天不足（图 5 — 10）；另一个问题该区域长期以来形成的大量的人类聚居地和农业生产活动已经对之间的栖息地构成了严重破坏，并且持续构成干扰 (图 5 — 11)，这使得这之间的栖息地恢复极为困难。

该区域的栖息地恢复，除了需要植被恢复、生态重建等技术措施外，还涉及人口安置、城镇布局等非常复杂的社会问题，根据对适宜地形的研究、现有的植被和干扰格局的分析，该区域建设走廊带是最经济、可行的对策。目前，面临一个好的机遇就是地震灾后重建，能否在重建过程中结合人口安置、城镇布局在两分布区的关键地带为大熊猫留下一 1 ~ 2 公里宽的区域，将其恢复为大熊猫栖息地，真正发挥走廊带的作用，在灾后重建中为人类留下自然保护的宝贵遗产。考虑到土地资源和保护成本，建议在光明附近或光明与土门之间的区域，或东兴以东的位置设置走廊带（图 5 — 10、图 5 — 11、图 5 — 12）。

图 5 — 10 岷山 A 种群与 B 种群分布区之间的地形

The Terrain between Population Minshan A and Minshan B

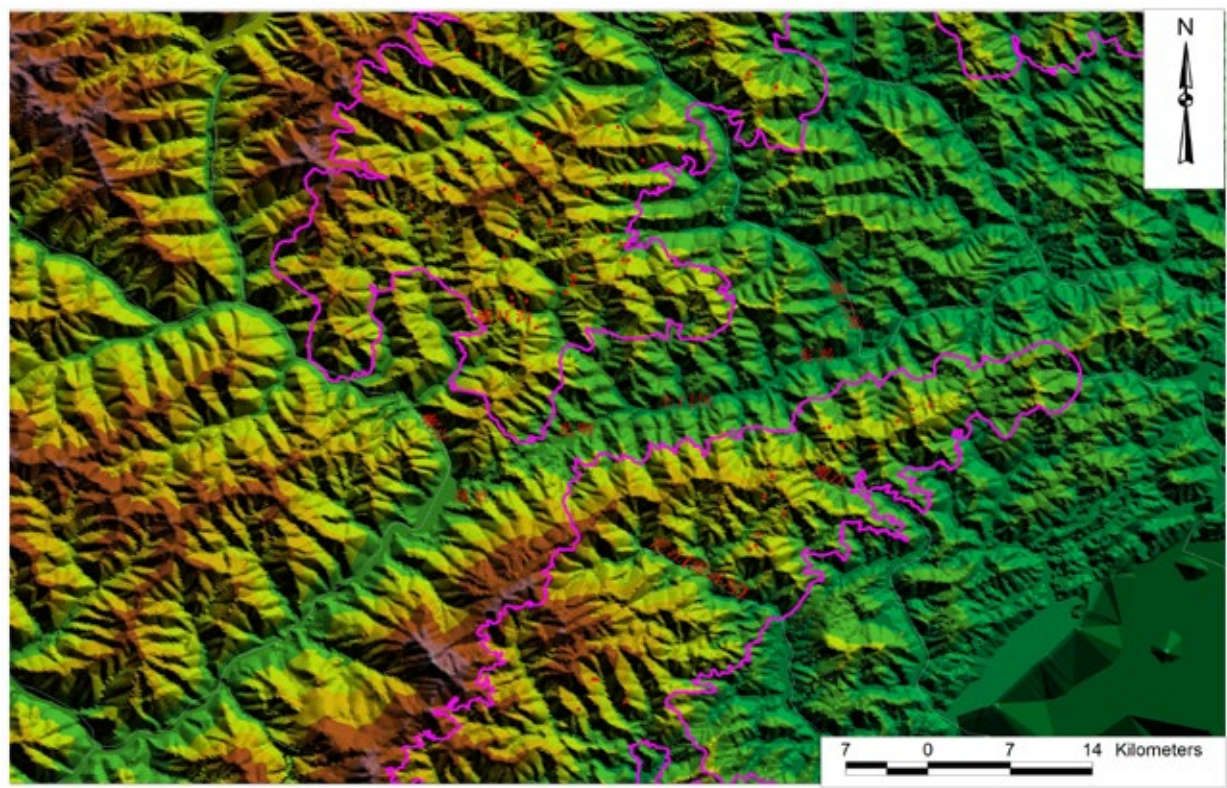


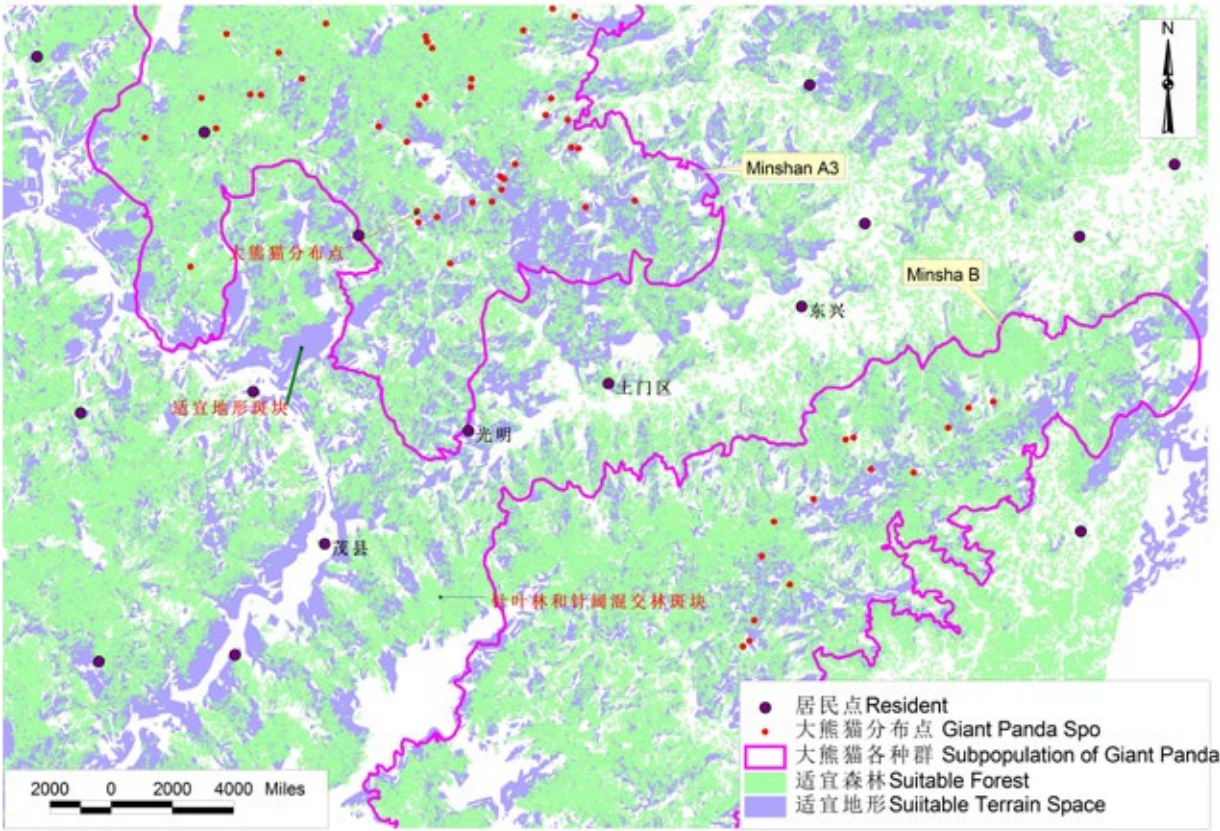
图 5 — 11 岷山 A 种群与 B 种群分布区之间的遥感图像

The Landsat TM between Population Minshan A and Minshan B



图 5 — 12 岷山 A 与 B 种群之间大熊猫、适宜地形斑块和森林斑块分布图

The Suitable Terrain Space and Forest Type between Population Minshan A and Minshan B



5.9 岷山大熊猫保护 GAP、关键区域及保护对策

5.9.1 GAP 及关键区域

九寨沟县西北、白水江源头地区的折母钦念和东北之间的大熊猫密集分布区域，平武县木座乡与白马乡之间、九寨环线两侧之间的大熊猫分布区域，平武县另木皮乡与青川县唐家河自然保护区之间的大熊猫分布区域，岷山 A 种群与岷山 B 种群之间的区域是目前游离于保护网络外，但对大熊猫保护有重要意义的区域。

从适宜地形和植被的格局分析，岷山 A 种群与岷山 B 种群的隔离有强烈的地形因素；黄龙和白水江自然保护区内适宜地形的比重和分布格局都相对较差；施家堡与高山堡、虎牙之间的区域是岷山 A2 与岷山 A3 之间的连接区域，但该区域大熊猫的适宜植被破碎化程度相对较高，对该区域承担的功能造成了障碍；黄龙保护区内的大熊猫适宜植被的分布和斑块格局最差。由于汶川地震的破坏，整个岷山 B 种群分布区的大熊猫栖息地遭受重创，对境内的大熊猫种群安全造成影响，并可能出现新的局域小种群。

从林权结构上分析，平武县和北川县的集体林比例较大，特别是北川县个人拥有的林地比例过大，对将来大熊猫栖息地的保护与发展极为不利；现有大熊猫分布的集体中，木座、高山堡、施家堡三区域对岷山北部的大熊猫整体保护具有重要意义；白水江保护区是岷山大熊猫保护区中集体林比例最大的保护区，其林权结构严重影响保护区的管理。

5.9.2 公路、开矿对 GAP 及关键区域的影响

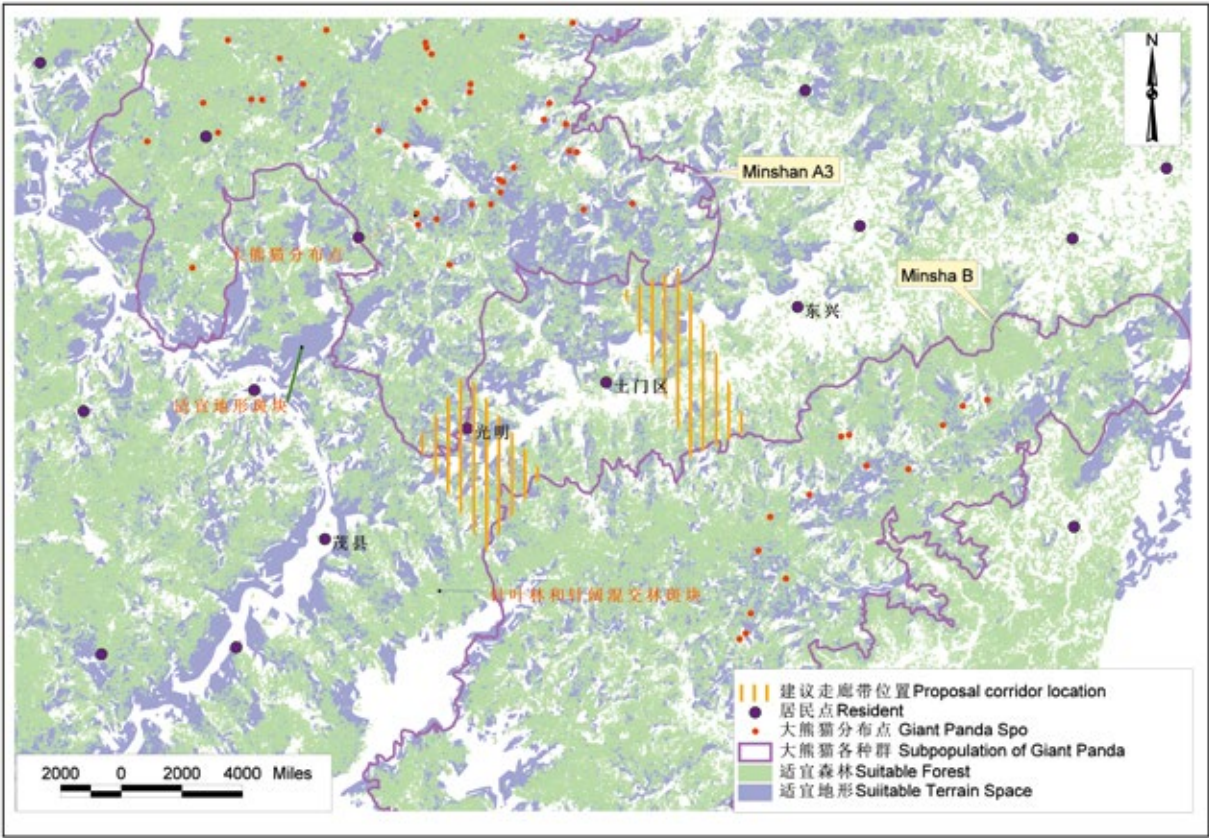
公路、开矿是岷山地区大熊猫分布区的主要干扰因素（国家林业局，2006）。白水江保护区内开矿活动主要影响保护区西北部 and 东北部的大熊猫栖息地，考虑到将来的阳山金矿的开发，将使岷山东北部的大熊猫丧失，导致岷山大熊猫栖息地向南萎缩，岷山与西秦岭分布区内的连接也将彻底丧失；虎牙铁矿和水晶金矿对施家堡与高山堡、虎牙一带的栖息地影响较大，影响该区域作为大熊猫栖息地连接带的功能（魏辅文，2009）。九寨环线是岷山地区主要的公路，也是主要的车流干扰源，目前正在灾后重建工程中提高等级和扩宽，建成后的新九环线对沿途大熊猫及栖息地的干扰也将越来越大，其中对上述区域中平武县木座乡与白马乡之间、木皮乡与青川县唐家河保护区之间的保护空白区内的大熊猫种群影响尤为明显，具体为白水江自然保护区内的大熊猫与平武木座境内的大熊猫种群，并使岷山 A1 与岷山 A2 之间的隔离程度进一步加剧。

5.9.3 保护对策

考虑到我国目前对保护事业的相关政策和投资体制，设立保护区应是最有效和可行的措施，因此，对目前游离于保护网络外，但对区域、周边地区或整个山系大熊猫保护有重要作用的 GAP 或关键区域尽量设立自然保护区，以使这些区域能纳入保护区网络进行管理。对岷山 A 种群与岷山 B 种群之间的地区，建议茂县凤仪与光明之间及往东的区域，或者东兴以东的位置通过植被恢复、生态重建等措施建立大熊猫走廊带（图 5-13）。

图 5-13 岷山 A、B 种群间建议走廊带位置

Prososol location for corridor between Minshan A and B population



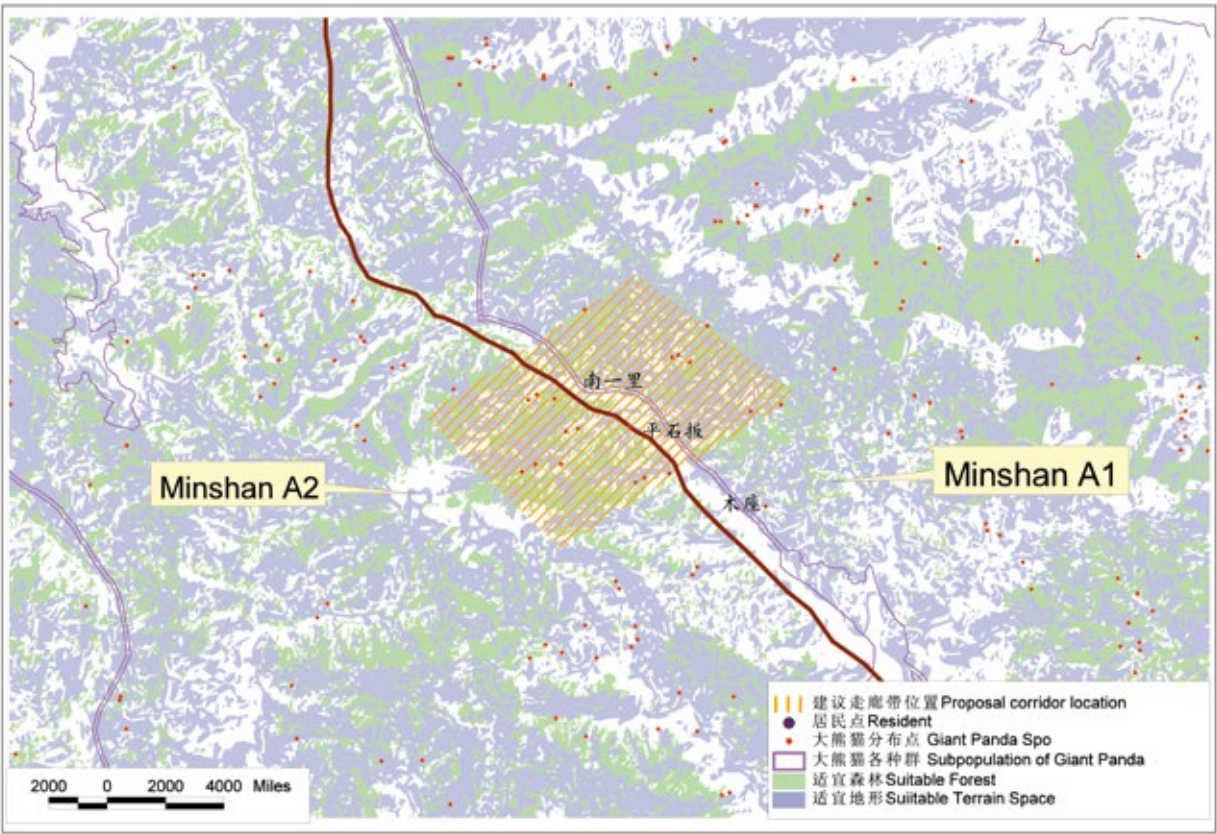
加快施家堡与高山堡、虎牙之间森林植被的恢复，建议通过适度经营，使适宜大熊猫栖息的针叶林和针阔叶林成为该区域植被的主体，各斑块的连接程度更大，使栖息地的质量得到提高，能促进周边大熊猫交流和栖息地连接，真正实现大熊猫走廊带的功能。

根据适宜地形和植被状况，白水江和黄龙保护区都处于较低水平，特别是白水江自然保护区是岷山东北部大熊猫种群数量最大的自然保护区，该区域的保护工作对整个岷山山系大熊猫分布格局的稳定具有重要意义，需要引起重视；由于栖息地质量较差，同时旅游的干扰较大，黄龙自然保护区也需要考虑如何加强管理和提高大熊猫栖息地质量。

控制白水江保护区东北部地区的矿业开发，要减少对大熊猫栖息地的干扰和破坏；需要对九寨沟环线的交通进行管理，以控制车流对沿线大熊猫及栖息地的影响，特别是在木座一带的公路建设和改造中研究实现岷山 A1 和 A2 大熊猫种群交流的工程措施，具体位置可以参考本文中地形、适宜森林的研究成果，建议设立公路走廊带，具体位置为木座乡境内的平石板 and 南一里周边区域（图 5-14）。

图 5-14 九寨环线木座境内岷山 A1、A2 种群间建议走廊带位置

Prososal location for corridor between Minshan A1 and A2 in Muzuo along Jiuzhai circle road



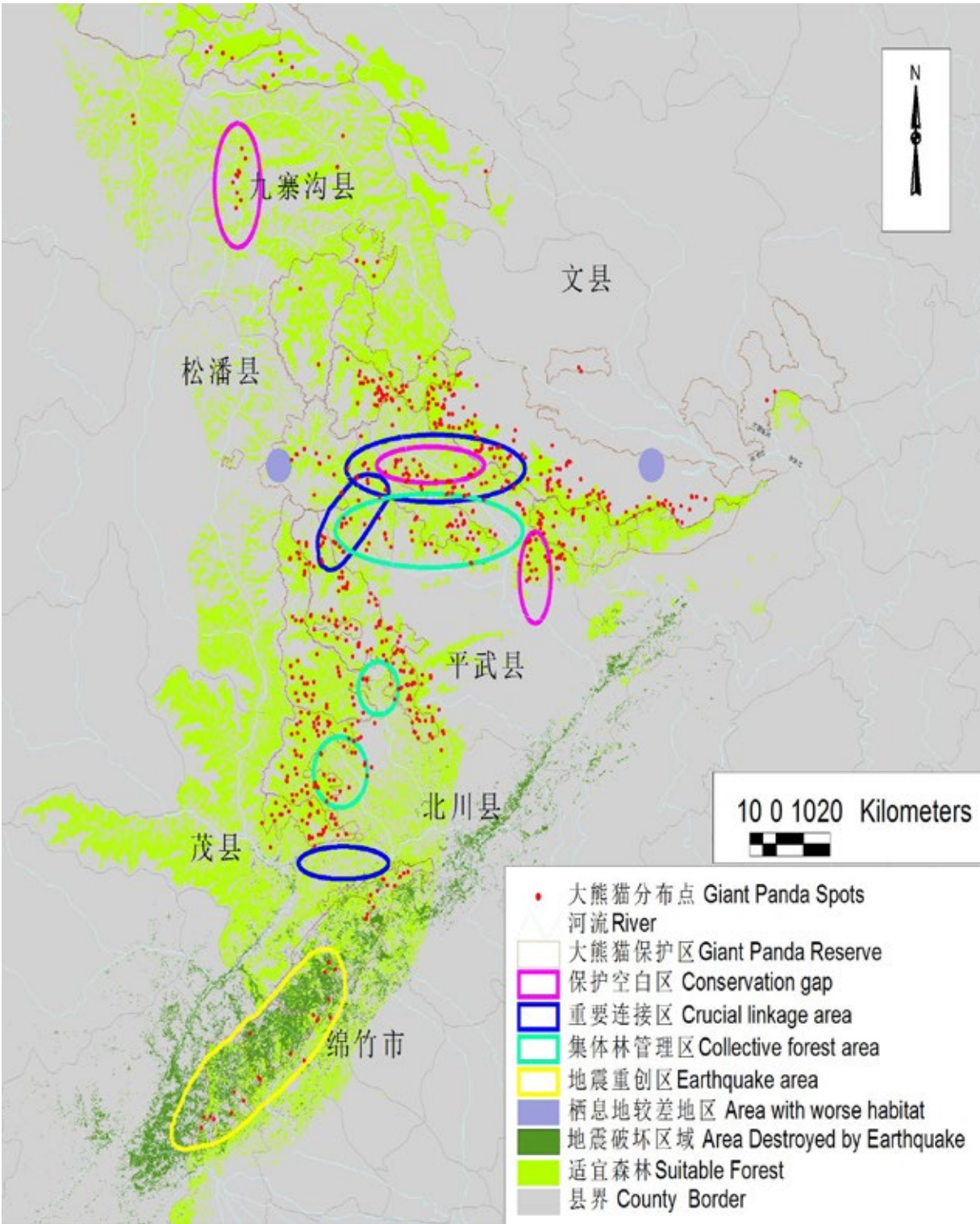
另外，岷山北部地区目前已经有跨保护区、跨区域的“岷山联盟”组织，其跨区域的模式对岷山保护水体的提升、实施景观水平上的保护具有重要意义，除了继续充实该联盟的工作机制，提高工作效果外，还应将这种机制推广到其它区域，特别是岷山 B 种群分布区。

通过人工种树、种草、竹等措施，加快岷山南部地区的自然植被恢复，提高栖息地质量。考虑地震可能造成一些新的局域小种群的出现，建议加大调查和监测的力度，通过工程和自然措施，扩大和连接各种群、保护区之间的栖息地，尽可能消除因地震形成的种群孤岛、生殖隔离的现象。

目前，岷山山系各保护区还面临体制、编制、经费等方面的问题，各保护区的功能和保护水平参差不齐、差异巨大，也制约整个保护网络功能的发挥。需要理顺所有保护区的管理和投资体制，提高员工的工作能力，提升保护能力，真正实现整个山系保护事业的全面进步。建议首先理顺国家级自然保护区的管理体制，统一提升为由省林业厅或地市级政府直接管理。

图 5 — 15 岷山大熊猫保护 GAP 及关键区域分布图

The Distribution Map of GAP and Crucial Area for Giant Panda in Minshan Mountains



6. 西秦岭分布区栖息地分析

6.1 概况

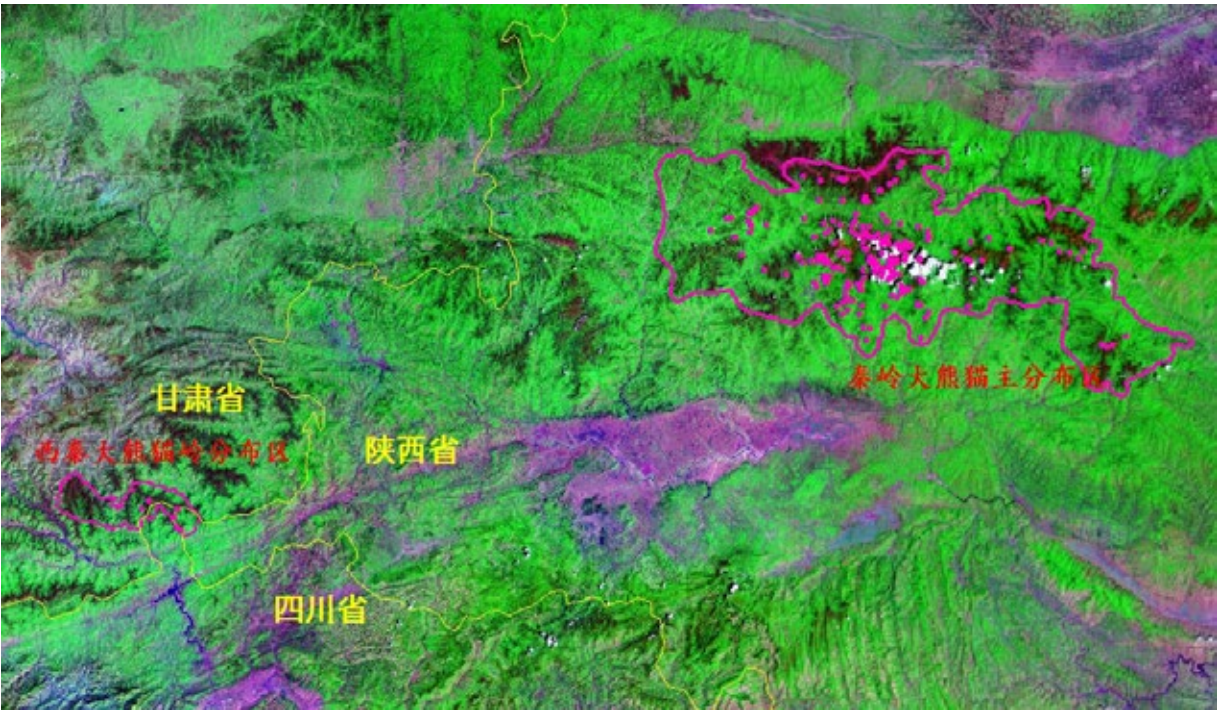
西秦岭分布区境内有大熊猫栖息地 8871 公顷，西秦岭分布区内有大熊猫适宜的地形空间 5057 公顷，主要分布在三省交界处，最大的斑块面积 331 公顷。西秦岭境内有青木川、裕河、白水江保护区的部分区域。

6.2 与主分布区连接的可能性

从遥感影像分析可见西秦岭北部、西北、西南和中部大团鱼河流域都有大量的人类生产活动区域，对大熊猫及栖息地构成严重干扰，西秦岭及周边地区的植被和栖息地完整程度都远低于主分布区。考虑两分布区相距甚远，中间还有许多地形、植被不适宜地区和人类生产活动严重干扰地区，从理论上探讨西秦岭大熊猫分布区与主分布区实现栖息地地连接和种群交流，既不可行，又没有实际意义，更没有任何科研、学术上的价值（图 6-1）。

图 6-1 西秦岭与秦岭主分布区之间的遥感图像

The Landsat TM of Main Region and Western Region in Qinling Mountains



6.3 与岷山山系连接的可能性

从大熊猫的适宜地形分析，西秦岭与岷山在自然上已经处于隔离状态，及两山系之间大熊猫的适宜地形不多，且在白水江保护区东部有一较大的适宜地形空白区，这一空白区域不适宜大熊猫栖息，给两山系大熊猫的交流造成困难。从该区域干扰格局分析，可发现西秦岭有与岷山之间目前已经存在的地理隔离有碧口水库的大面积水面是大熊猫无法跨越的，212 国道及白

龙江流域的农业开发和人为活动加剧使两山系的大熊猫无法实现交流和栖息地连接，同时还导致西秦岭大熊猫向西、向南移动的可能性都比较小。另外该区域在建和规划建设的项目还有兰渝铁路、兰渝高速和矿业开发等（李俊生，2009；魏辅文，2009），这些因素的叠加，就使西秦岭与岷山山系将来连接的可能性变得更加渺茫，并使西秦岭大熊猫种群真正成为了一孤立种群。因此，就目前的情况分析，探讨两山系大熊猫栖息地的连接和种群交流也无实际意义（图 6-2、6-3）。因此，由于周边人类活动频繁、干扰过多，特别是一些永久性工程项目使西秦岭保护区与周边大熊猫种群及栖息地的隔离也越为严重，加之自身种群太小，该种群面临灭绝的可能。

基于现有的大熊猫分布格局和栖息地状况，对于该区域的大熊猫只能伴随着时间的流失而逐渐消亡，西秦岭将不再成为大熊猫分布区。尽管这一预测很有可能成为事实，人类将再次导演物种消失的案例。但就其适宜地形和现有植被分析，现有的空间满足目前的种群的生存是能保证的。西秦岭大熊猫面临的最大问题是种群过小和隔离问题，所以该区域大熊猫的保护也完全取决于人类和管理者保护自然、保护大熊猫的决心和勇气，一旦通过工程和人为措施，能增加该区域大熊猫的遗传多样性和与岷山大熊猫交流的机会，西秦岭大熊猫的长远存在也是可以值得期待的。

图 6-2 西秦岭与岷山山系交接处地形地貌

The Terrain between Western Qinling and Minshan Mountains

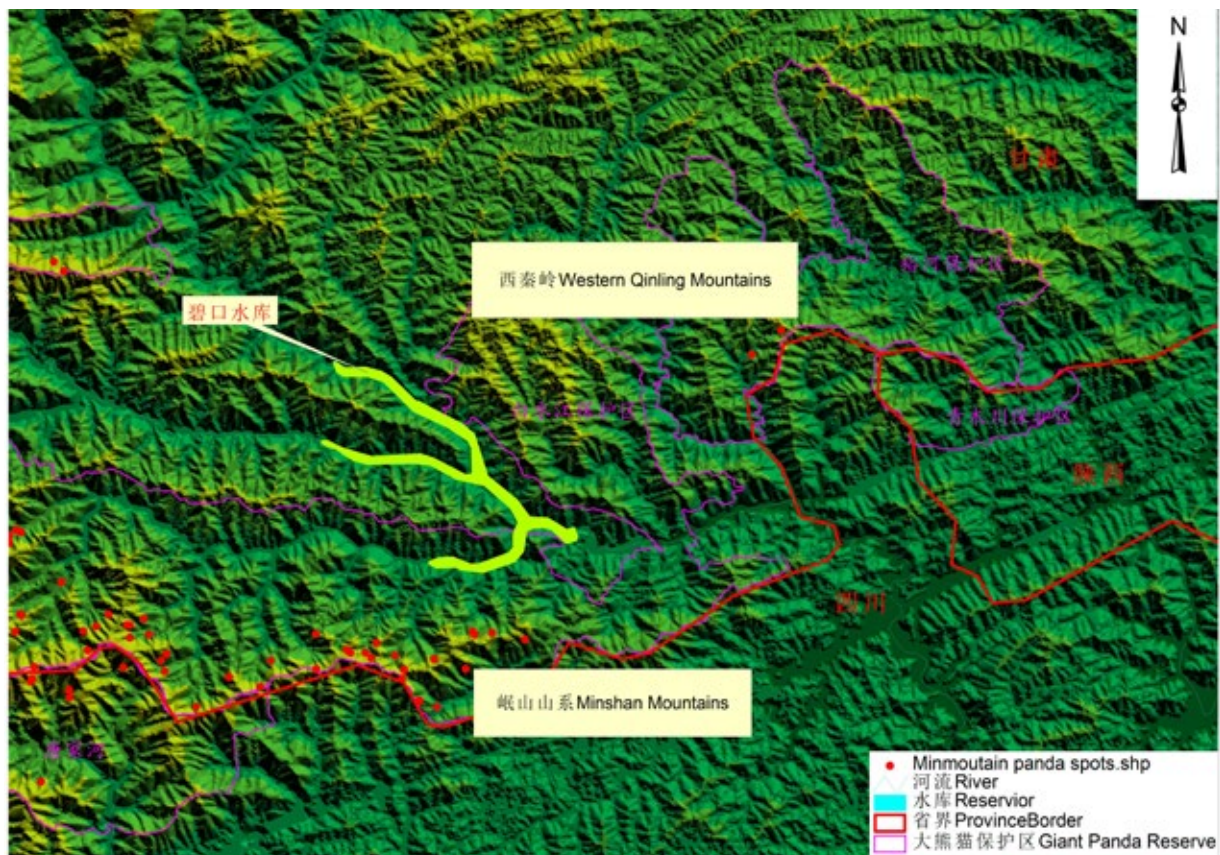
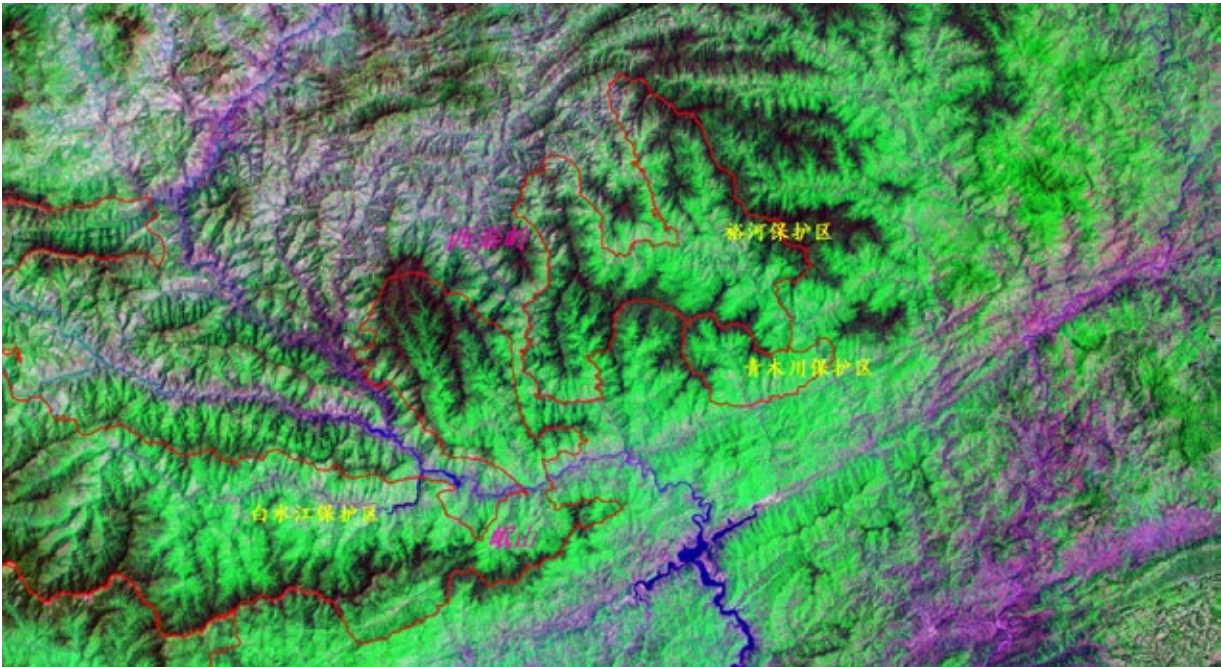


图 6-3 西秦岭周边遥感图像

The Landsat TM around the Giant Panda Region of Western Qinling



7. 建议

通过对秦岭、岷山两山系大熊猫适宜地形、植被、食物资源的研究，了解了两山系大熊猫各种群的生存状况，分析了大熊猫及栖息地保护面临的问题，基于 GAP 分析和景观分析，要从景观水平上实现两山系大熊猫种群及栖息地保护需要对以下问题予以重点关注：

（1）新建保护区，设置走廊带，完善保护网络

将目前游离在保护网络外的两处重要大熊猫种群纳入大熊猫保护网络，具体为秦岭山系大熊猫分布区东北部的锦鸡梁种群分布区、岷山山系白水江源头地区的大熊猫种群分布区和平武县木皮、木座地区的大熊猫种群分布区。

以下区域对大熊猫的交流、扩散和栖息地连接有重要影响，建议在这些区域设置走廊带来完善保护网络。具体为秦岭山系的大树坪地区和厚畛子地区；岷山山系茂县光明附近或光明与土门之间的区域，施家堡与高山堡之间的区域。

（2）优化局部地区保护网络，提高整个山系保护网络的功能

对秦岭山系的牛尾河保护区、桑园保护区、摩天岭保护区、天华山保护区和宁陕保护区进行适当调整，增加牛尾河和桑园保护区内的栖息地；天华山保护区建议通过扩界将保护区西部的栖息地纳入保护区进行管理；调整摩天岭和宁陕保护区的范围，提高土地使用的效率和保护效益。岷山白水江保护区东北部面临的干扰过大，该区域的大熊猫栖息地对岷山的大熊猫分布格局有重要意义，需要维持和改善该区域的栖息地质量。

（3）制定应急预案，应对安全风险

秦岭兴隆岭中南部地区大熊猫种群密度过高，面临种群安全风险。特别是主食竹的单一分布更加剧了风险程度，需要加强监测和保护工作，特别是需要建立大熊猫救护、疾病、竹子开花的预案来及时、有效地应对大熊猫可能面临的安全风险；平河梁种群规模太小，面临灭绝的可能，需要通过人工途径增加大熊猫个体来增加遗传多样性或实施整体转移。

（4）加强调查与监测，防止隔离小种群的出现

岷山 B 种群分布区内的大熊猫栖息地招受汶川地震的破坏，需要加大调查和监测的力度，及时发现因地震出现的小种群；同时通过工程和自然措施，扩大和连接各种群、保护区之间的栖息地，尽可能消除因地震形成的种群孤岛和生殖隔离的现象。

（5）集体林改革

正在进行的集体林改给大熊猫栖息地的保护与管理带来了政策障碍，秦岭山系的渭水河流域和岷山山系平武和北川的大熊猫分布区是将来受林改影响较大的地区。根据现有的林改政策，考虑到大熊猫保护的需要，应在大熊猫分布区单独出台大熊猫分布区的集体林权改革政策，应采取有利于大熊猫栖息地保护、林农可接受的方式来推进大熊猫分布区的林改，建议采取国家长期租赁的形式流转大熊猫分布区内的集体林管理和经营权。

（6）公路管理

岷山地区的九寨环线和秦岭的洋太公路对沿线大熊猫保护影响较大，需要减少公路建设和车流对沿途大熊猫种群及栖息地的影响，建议通过加强管理和工程措施促进两边大熊猫种群的交流栖息地恢复。

（7）保护水平差异

两山系均存在各保护区的功能和保护水平参差不齐，制约整个保护网络功能发挥的问题；岷山山系需要理顺保护区的管理和投资体制，应发挥国家级保护区的示范和带动作用；特别需要注意保护区人员结构的调整 and 培训，需要增加对监测、巡护和野外工作的投入，保证一线员工的稳定和积极性。

8. 问题讨论

8.1 地形隔离与种群隔离

文中 4.2 通过统计分析得出了适宜地形与大熊猫的分布密切的相关关系。秦岭山系两最大种群牛尾河与兴隆岭种群出现了隔离、岷山山系岷山 A 与岷山 B 种群出现了分布上的隔离，并且这种隔离由来已久，关于隔离的原因过去的报道对牛尾河与兴隆岭之间的隔离主要是由于渭水河两岸的农业生产，而岷山 A 与岷山 B 种群的隔离主要是因为北川至茂县的公路造成隔离及沿线的森林采伐和人类活动加剧所导致。根据本研究，除了上述原因外，其大熊猫的隔离分布格局，地形因素应该占一个重要成分。因为，在大熊猫的所有生态因子中只有地形因素是不变的，其余因素都可能发生改变，如植被、干扰因素、社区环境，同时动物只选择适合的地形环境栖息，而不愿意选择不适宜的地形环境，所以出现了分布区域的相对隔离。这对于正确理解和分析大熊猫的分布格局、隔离原因、制定有效的保护对策非常重要；同时正确认识该地形因素，对保护生物学的发展和完善具有积极意义。

8.2 高密度区域存在的合理性

兴隆岭中南部大熊猫高密度存在的原因在于这一区域是秦岭最早开展大熊猫保护的区域，也是目前国家级自然保护区群的分布区，长期的保护为这一区域熊猫种群的增长奠定了基础；尽管有森林植被和适宜地形空间的空白区，但两空白区间毕竟不完全重叠，同时根据冉江洪等人 (2004) 的研究，大熊猫能以扩大生境选择范围或转移对生境类型的选择来适应受人类干扰形成的生境，这使得森林植被空白处的大熊猫可以通过选择其他植被存活下来，在适宜地形空间空白处森林里的大熊猫可以通过选择更陡峻、海拔更高或更低、环境更阴冷的地区暂时存活下来，目前老县城南部大熊猫分布区的大部分区域就为光头山的北坡。这一现象说明了大熊猫对干扰的能动适应，但必须说明的是这种现象不是大熊猫的主动行为，或者说进化到喜爱选择被破坏的自然环境，而是面对人为干扰被迫做出的选择。另外，大熊猫巢域的重叠也能增加一定范围内大熊猫的理论容纳量 (潘文石等，2001)。

当然，大熊猫通过扩大生境选择范围或转移对生境类型暂时存活下来了，但是该行为否是以牺牲大熊猫自身的体质、繁殖能力、寿命以及种群存活力为代价，仍然不得而知；同时各保护区近年来频繁地出现的熊猫突发事件确实需要进行科学评估，这对将来的保护决策非常重要。

8.3 保护范围和区域的确定

保护一个物种需要多大的空间，特别是土地资源越来越紧张的情况下，不可能把动物分布的所有区域都划为保护区。如何寻找物种保护的最低有效范围，对于保护事业的持续发展具有重要的现实意义。自然保护区设计就是在一定的预算（如土地面积、资金等）范围内，最大程度地保护生物多样性，或者在一定的保护目标（如包含所有物种或典型生态系统）下，使保护区数或总面积最少。

大熊猫保护区范围的设置和调整都基于“保护收益”机制，以最小的面积保护最多的物种和栖

息地，同时根据种群数量、地形和适宜栖息地的分布而划定，最终结果为一综合考虑各方因素的比选值，即景观优化中的平衡原则（Smits and Annoni, 1999）。就保护大熊猫物种而言，周至、太白、摩天岭、宁陕似乎没有必要保留如此大面积的保护区或新建保护区，当然从保护生物多样性出发，如同域分布的金丝猴、羚牛等，目前这样大的范围又是非常必要的。保护区网络优化的目的是提高保护区内适宜栖息地的比重（Nevo et al., 1996），使保护区能为大熊猫提供更好的生存环境并提高保护区的功能，最终目的是为了为更好地发挥网络的作用，并最大限度地节约保护成本、提高土地使用效益。

第二次大熊猫调报告里建议在秦岭的二郎坝和 108 国道龙草坪设立大熊猫走廊带（龚明昊等，2003），WWF 曾于 2005 年规划了大树坪、厚畛子、二郎坝、九池河、菜子坪 5 走廊带。我们的结果表明大树坪、厚畛子确实为大熊猫的适宜栖息环境，能发挥走廊带的作用；然而，太白县二郎坝、洋县九池河区域由于缺少大熊猫的适宜地形空间，实难发挥走廊带的作用；菜子坪走廊带曾规划的面积 4 万多公顷，甚至超过佛坪、长青等保护区的面积，明显缺乏合理性。

通过完善和优化秦岭、岷山大熊猫保护网络，使各大熊猫种群的主体都能进入保护区得到有效保护。随着保护区边界的调整和走廊带建设，各大熊猫种群间、各保护区熊猫间将建立安全、科学的交流通道，同时各保护区对大熊猫保护的能力将得到进一步增强，大熊猫保护网络的功能将得到真正发挥，现有的大熊猫分布格局得到维持，各大熊猫种群将实现稳定和健康发展。

8.4 协作机制的建立

研究中发现了目前大熊猫保护存在的安全风险，这是以前没有报道的。保护好兴隆岭中南部地区的大熊猫对整个秦岭的大熊猫保护事业有决定性作用，本文针对该地区大熊猫安全风险的保护对策对整个秦岭大熊猫的生存安全具有重要意义。同时保护对策中提出的保护区之间的协作机制，与国际上兴起的跨区域合作、景观保护、流域保护是相似的保护理念（Mittermeier et al., 2005；德班会议，2003），这对于在我国探索跨区域合作机制具有重要意义。

参考文献

- Bibby C. J. 1992. Putting biodiversity on the map: priority areas for global conservation. International Council for Bird Preservation, Cambridge.
- Bissonette J.A. (Ed.) 1997. Wildlife and landscape ecology: effects of pattern and scale. Springer-Verlag, New York City, New York.
- Boone, R.B., and W.B. Krohn. Predicting broad-scale occurrences of vertebrates in patchy landscapes. *Landscape Ecology*, 2000, 15: 63–74.
- Brown S., Schreier H., Thompson W.A., Vertinsky I. 1994. Linking multiple accounts with GIS as decision support system to resolve forestry wildlife conflicts. *Journal of Environmental Management* 42: 349–364.
- Curtis H. F., Kenneth R. W., Denis J. D. 1997. Identifying gaps in conservation networks : Of indicators and uncertainty in geographic-based analyses. *Ecological Application* (2): 531–542.
- Draper D., Rossello-Graell A., Garcia C., Tauleigne G.C., Sergio C. 2003. Application of GIS in plant conservation programmes in Portugal. *Biological Conservation* 113: 337–349.
- Forman R.T.T., 李秀珍, 肖笃宁. 1996. 景观与区域生态学的一般原理. *生态学杂志* .15 (3) : 73–79.
- Forman, R.T.T., 1995. *Land Mosaic: the Ecology of Landscapes and Regions*. Cambridge University Press, Cambridge.
- Ginsberg J. 1999. Global conservation priorities. *Conservation Biology* 13(1): 5.
- Jennings M, D. 2000. Gap analysis : concepts, methods, and recent result. *Landscape Ecology* 15: 5–20.
- Joshua Millsaugh, F. R. T. 2009. *Modeling for planning wildlife conservation in large landscapes*, Elsevier Inc.
- Loucks C.J., Lü Z., Dinerstein E., Wang D., Fu D., Wang H. 2003. The Giant Pandas of the Qinling Mountains, China: a case study in designing conservation landscapes for elevational migrants. *Conservation Biology* 17 : 558–565.
- Mittermeier, R.A., C.F. Kormos, C.G. Mittermeier, P. Robles Gil, T. Sandwith, C. Besancon. 2005. *Transboundary Conservation: A New Vision for Protected Areas*. CEMEX-Agrupacion Sieera Madre-Conservation International, Mexico, 372 pp.
- Moran D., Pearce D., Wendelaar A. 1996. Global biodiversity priorities. *Global Environment Change* 6(2): 103–119.
- Myers N. 1988. Threatened biotas: hot spot in tropical forests. *Environmentalist* 8: 187–208.
- National Gap Analysis Program. 1994. *A Handbook for Gap Analysis*. Moscow, Idaho, USA.
- Nevo, A., Luis Garcia. 1996. Spatial optimization of wildlife habitat. *Ecology modeling*, 91: 271–281.

O' Neill R.V., Krummel J.R., Gardner R.H., Sugihara G., Jackson B., DeAngelis D.L., Milne B.T., Turner M.G., Zygmunt B., Christensen S.W., Dale V.H., Graham R.L. 1988. Indices of landscape pattern. *Landscape Ecology* 1:153–162.

Pressey R. L., Bedward M., Keith D. A. 1994. New procedures for reserve selection in New South Wales: maximizing the chances of achieving a representative network. In: Forey P I, Humphries C. J (eds.), *Systematics and Conservation Evaluation* 351–373.

Riitters K.H., O' Neill R.V., Hunsaker C.T., Wickham J.D., Yankee D.H., Timmins S.P., Jones K.B., Jackson B.L. 1995. A factor analysis of landscape pattern and structure metrics. *Landscape Ecology* 10:23–39.

Scott J. M., and Davis F.L. 1993. Gap analysis: a geographical approach to protection of biological diversity. *Wildlife Monographs* 123:1–41.

Shen Guozhen et al, 2006. Proposed Conservation Landscape for Giant Pandas in the Minshan Mountains, China. *Conservation Biology*, Volume 22, No. 5, 1144 – 1153.

Smits P.C. and Annoni A. 1999. Spatial analysis of land–use changes as knowledge tools in support of European spatial policies and ecosystem health. *Ecosystem Health* 5:276–284.

Wang, H., Li, S. & Pan, W.S. 2002. Population Viability Analysis of Giant Panda (*Ailuropoda melanoleuca*) in Qinling Mountains. *Acta Scientiarum Naturalium Universitatis Pekinensis* ,38(6):756–761. (In Chinese)

Wei F., Feng Z., Wang Z., Hu J. 2000a. Habitat use and separation between the giant panda and the red panda. *Journal of Mammal* 81:448–455.

Wei F., Wang Z., Feng Z., Li M., Zhou A. 2000b. Seasonal energy utilization in bamboo by the red panda (*Ailurus fulgens*). *Zoo Biology* 19: 27–33.

Weihua Xu, Xuezhi Wang, Zhiyun Ouyang, Jindong Zhang, Zhiqi Li, Yi Xiao, and Hua Zheng, 2009. Conservation of giant panda habitat in South Minshan, China, after the May 2008 earthquake. *Front Ecol Environ* 2009; doi:10.1890/080192.

Wilcox B.A. and Murphy D.D. 1985. Conservation strategy: the effects of fragmentation on extinction. *The American Naturalist* 125:879–887.

Wu J. and Hobbs R. 2002. Key issues and research priorities in landscape ecology: An idiosyncratic synthesis. *Landscape Ecology* 17:355–365.

Wu J. and Loucks O.L. 1995. From balance of nature to hierarchical patch dynamics: a paradigm shift in ecology. *Quarterly Review of Biology* 70:439–466.

Wu J.G. 2001. *landscape Ecology: Pattern, Process, Scale and Hierarchy*. 2nd Ed. Higher Education Press, Beijing.

<http://scitech.people.com.cn/GB/6666272.html>

http://shaanxi.cnwest.com/content/2008-03/20/content_1184427.htm

<http://tech.sina.com.cn/d/2006-07-03/14561018578.shtml>

<http://www.wwfchina.org/wwfpress/presscenter/pressdetail.shtm?id=682>)

<http://www.wwfchina.org/wwfpress/presscenter/pressdetail.shtm?id=605>

<http://news.sohu.com/20090430/n263710727.shtml>

http://www.greentimes.com/green/news/stwh/ryzr/content/2009-05/14/content_46663.htm

龚明昊, 于长青, 陈劲松, 杨志松, 古晓东. 2003. 中国大熊猫走廊带建设与评估 [M]. 北京: 林业出版社

国家林业局. 2006. 全国第三次大熊猫调查报告. 北京: 科学出版社.

胡锦涛, George B Schaller, 潘文石, 朱靖. 1985. 卧龙的大熊猫 [M]. 成都: 四川科技出版社.

胡锦涛, G.B.Schaller, K G.Johnson. 1990. 唐家河自然保护区大熊猫的觅食生态研究. 四川师范学院学报 (自然科学版). 11(1):1 ~ 13.

胡锦涛. 1985. 大熊猫的生态地理分布 [J]. 南充师范学院学报 (自). 6(2):7-15.

胡锦涛. 1997. 大熊猫的现状与展望 [J]. 四川师范学院学报 (自). 18(2):129-133.

胡锦涛. 2001. 大熊猫的种群现状与保护 [J]. 四川师范学院学报 (自). 21(1):5-11.

胡锦涛. 2001. 大熊猫研究 [M]. 上海: 上海科技教育出版社.

胡锦涛等. 1981. 大熊猫的生物学 [J]. 科学杂志. 38(3):181-191.

李迪强, 宋延龄. 2000. 热点地区与 GAP 分析研究进展. 生物多样性 [J]. 8(2):208-214.

李俊生. 2009. 兰渝高速公路、铁路对岷山和洋太公路对秦岭大熊猫及其栖息地的影响研究.

李军锋, 李天文, 金学林, 刘学军, 吴琳. 2005. 基于 GIS 的秦岭地区大熊猫栖息地质量因子研究 [J]. 地理与地理信息科学. 21(1): 38-42.

李天文, 刘学军, 陈正江, 汤国安, 李军锋. 2004. 规则格网 DEM 坡度坡向算法的比较分析 [J]. 干旱区地理. 27(03):398-404.

李晓文, 郑钰, 赵振坤, 黎聪. 2007. 长江中游生态区湿地保护空缺分析及其保护网络构建 [J]. 生态学报. 27(2):4979-4989.

李欣海, 李典漠, 雍严格, 张坚. 1997. 佛坪大熊猫种群生存力分析的初步报告 [J]. 动物学报. 43(3):285-293.

刘吉平, 吕宪国, 殷书柏. 2005. GAP 分析: 保护生物多样性的地理学方法. 地理科学进展. 24(1):41-51.

潘文石, 高郑生, 吕植. 1988. 秦岭大熊猫的自然庇护所. 北京: 北京大学出版社.

潘文石, 吕植, 朱小健, 王大军, 王昊, 龙玉, 付达莉, 周欣. 2001. 继续生存的机会 [M]. 北京: 北京大学出版社.

- 秦自生. 1985. 四川大熊猫的生态环境及主食竹种更新 [J]. 竹子研究汇刊. 4 (1):1-10.
- 全国农业区划综合委员会. 1984. 土地利用现状调查技术规程. 北京: 测绘出版社.
- 冉江洪, 曾宗永, 王昊, 刘少英, 王鸿加, 刘世昌. 2004. 大熊猫在原始林和次生林中生境利用的比较研究 [J]. 北京林业大学学报 (自). 26(4):8-14.
- 孙承骞. 2007. 陕西省第三次大熊猫综合调查报告. 西安: 西安地图出版社.
- 四川省林业厅. 2001. 四川省第三次大熊猫综合调查报告 (内部资料)
- 宋成军, 杨兴中, 李宇, 秦岭, 高洁. 2006. 秦岭大熊猫家域的季节、性别和年龄效应 [J]. 野生动物杂志. 2006, 27(3): 21-24
- 孙承骞, 张哲邻, 金学林. 2006. 秦岭大熊猫局域种群的划分及数量分布 [J]. 陕西师范大学学报 (自然科学版). 34:163-167.
- 田萍萍, 马俊杰, 刘玉龙. 2006. 秦岭自然保护区群可持续发展途径探析. 环境保护. 2006 年 21 期.
- 王兮之, HelgeBruehlheide, MichaelRunge, 王刚. 2002. 基于遥感数据的塔南策勒荒漠-绿洲景观格局定量分析 [J]. 生态学报. 22(9):1491-14500.
- 王学志, 徐卫华, 欧阳志云, 刘建国, 肖燚, 陈佑平, 赵联军, 黄俊忠. 2008. 生态位因子分析在大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca*) 生境评价中的应用. 生态学报. 28(2):821-828.
- 魏辅文, 周昂. 1996. 马边大风顶自然保护区大熊猫对生境的选择 [J]. 兽类学报. 16(4): 241-245.
- 魏辅文, 冯祚建, 王祖望. 1998. 野生动物对生境选择的研究概况 [J]. 动物学杂志. 33(4):48-52.
- 魏辅文, 齐敦武. 2009. 岷山山系矿产资源开发对大熊猫种群及其栖息地的影响.
- 邬建国. 1996. 生态学范式变迁综论 [J]. 生态学报. 16(5):440-466.
- 邬建国. 2001. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级 (第二版) [M]. 北京: 高等教育出版社.
- 武正军, 李义明. 2003. 生境破碎化对动物种群存活的影响 [J]. 生态学报. 23(11):2424- 2435.
- 肖燚, 欧阳志云, 朱春全, 赵景柱, 何国金, 王效科. 2004. 岷山地区大熊猫生境评价与保护对策研究. 生态学报. 24(7):1373-1379.
- 徐卫华, 欧阳志云, 李宇, 刘建国. 2006. 基于遥感和 GIS 的秦岭山系大熊猫生境评价, 遥感技术与应用. 21(3):238-242.
- 严旬. 2005. 中国大熊猫保护战略讨论 [J]. 动物学杂志. 40(2):57-60.
- 严旬. 2005. 野生大熊猫现状、面临的挑战及展望. 兽类学报, 25(4):402-406
- 杨兴中, 蒙世杰, 张银仓等. 1998. 佛坪保护区大熊猫的冬居地选择 [A]. 胡锦矗, 吴毅. 脊椎动物资源及保护. 成都: 四川科学技术出版社. pp.20-32.
- 雍严格, 张坚, 张陕宁. 1993. 佛坪大熊猫疆的分布与数量. 兽类学报. 13(4):245-250.

俞孔坚 .1999. 生物保护的景观生态安全格局 . 生态学报 .19(1):8 ~ 15.

张勃, 张凯 . 2002 干旱区绿洲空间分异演化研究——以黑河流域绿洲为例 [J]. 冰川冻土 . 24 (4):414-420.

张泽钧, 胡锦矗 . 2000. 大熊猫生境选择研究 [J]. 四川师范学院学报 (自). 21(1):18-21.

赵学敏 .2007. 大熊猫研究进展 . 北京: 科学出版社 .

中华人民共和国林业部, 世界野生生物基金会 . 1989. 中国大熊猫及其栖息地综合考察报告 . 成都 .

中国大熊猫保护政策的研究与分析

摘 要

中国大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca David*)，目前分布区只限于中国长江上游向青藏高原过渡的高山深谷地带，包括秦岭，岷山、邛崃山、大小相岭和大小凉山等山系。根据国家林业局和 WWF 于 1999–2003 年共同进行的第三次全国大熊猫调查结果，中国野生大熊猫种群数量增加到了 1596 只。截至 2009 年，共有圈养大熊猫 270 余只。

中国自 1963 年建立 (4 个) 大熊猫自然保护区以来，截至 2009 年 10 月，在四川、陕西和甘肃三省大熊猫分布区已建立保护大熊猫及其栖息地为主的自然保护区 60 个，保护区总面积达到 32274.53 km²。通过多年保护管理，野生大熊猫分布范围已经扩大。第三次全国大熊猫调查时，野生大熊猫分布的县增加到了 45 个。

在中国的现行法律《中华人民共和国宪法》、《中华人民共和国刑法》、《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国环境保护法》中都对野生动物的做出了相应的法律规定，这是野生动物乃至大熊猫的保护提供了法理依据。

中国 1988 年推出了《野生动物保护法》后，在之后 20 年间，形成了以 1988 年《野生动物保护法》为主体的 50 余部涉及到大熊猫保护的规范性法律文件。在几十年的大熊猫保护工作中，起到了积极的作用，为大熊猫这一物种的保护工作奠定了法律基础。中国现行的法律法规对于大熊猫乃至野生动物保护是基本适用的，但有些尚需完善。

建议：

1、进一步完善法律法规

(1) 现有的法律和政策从宏观上对规范大熊猫保护管理起到了很好的作用，但系统性差。应加强制定科学全面的大熊猫保护规范性法规定或政策，避免“一事一文件”的管理方式。可以考虑制订“大熊猫保护管理条例”。

(2) 为大熊猫栖息地的有效保护与管理立法，重点是加强自然保护区以外大熊猫栖息地的保护；

报 告 作 者： 吴建平 (东北林业大学野生动物资源学院)、
刘振生 (东北林业大学野生动物资源学院)、
滕立微 (东北林业大学野生动物资源学院)

报告合作单位：东北林业大学

报告完成时间：2010 年 6 月

健全完善大熊猫巡护监测体系，动态掌控大熊猫野外种群及其栖息地动态变化规律；

(3) 加强对大熊猫无形知识产权的保护，对涉及大熊猫形象的商业赢利活动制定具体的管理办法；

(4) 建立健全大熊猫疫源疫病监测防控体系、流行病应急处置预案以及大熊猫栖息地竹子开花监测评估办法；

(5) 规范大熊猫野外救护、收容、放归、出展管理。对大熊猫野外保护和人工饲养工作，制定不同的保护和利用政策；规范国际、国内大熊猫借展政策和程序并规范基金的管理。

(6) 制订科学研究项目在大熊猫捕捉、实验中的具体要求与规范（如佩戴无线电项圈及其完成研究后的处理、捕捉采样等）。

2、改善中国大熊猫保护区的建设

(1) 编制完善全国大熊猫保护区建设和管理规划，将大熊猫保护区建设纳入相关省、市各级政府经济和社会发展体系；

(2) 对现有大熊猫保护区实行示范保护区、国家级保护区和地方级保护区“三位一体”的分级管理体制，明确大熊猫保护区管理目标。将大熊猫保护工程纳入国家和地方五年国民经济发展规划，确定稳定的投资渠道；

(3) 对大熊猫走廊带实行自然保护区模式管理，固定人员，配备设备、装备并提供日常办公经费；加大加快“大熊猫走廊带”工程建设。将原来相互隔离的自然保护区连接成片，扩大大熊猫种群交流范围。

(4) 强化各级各类自然保护区管理人员和技术业务骨干培训工作，提高其管理水平和业务素质。

(5) 积极应对“集体林权制度改革”对大熊猫保护工程带来的新情况、新问题，探索有效的解决途径。

Abstract

The Giant panda (*Ailuropoda melanoleuca* David) presently is only distributed in interim mountain areas from upstream of the Yangtze River to the Qinghai–Tibet Plateau, including Qinling Mountain, Min Mountain, Qionglai Mountain, Large and Little Xiang Mountain, Large and Little Liang Mountain. According to the Third National Survey on the Giant Panda, wild population size has increased to 1596. By 2009, captive populations also have more than 270 individuals.

Since the first four nature reserves had been established in 1963, up to October of 2009, total sixty reserves, covering 32274.53 km² of gross area, have been upbuilt to preserve the Giant Panda and their habitats in Sichuan, Shanxi and Gansu provinces. After year-by-year protection and management, data of the Third National Survey on the Giant Panda illustrated distribution range of wild pandas now has been enlarged to 45 counties.

All current laws in China such as the Constitution, the Criminal Law, the Forest Law, and the Law of Environmental Protection of The People's Republic of China have legal rules around wildlife, these further provide legal basis for conservation of wildlife and even the Giant Panda.

During the following twenty years after promulgation of the Wildlife Conservation Law in 1988, more than 50 legal documents geared to the Wildlife Conservation Law were related to and promoted conserving the Giant Panda. Until now, though still be applicable for protecting the Giant Panda and even wildlife, these laws and legal documents are need consummate in some respects as:

1. Ulterior consummation of laws and regulations

(1) Though functioned well for the Giant Panda's conservation and management, the current laws and regulations are lack in systematicness. To avoid the one–document–one–event management style and be more scientific, formulation of “the Regulation on Administration of the Giant Panda” could be taken into account now.

(2) Promote legislation on effective protection and management of the Giant Panda's habitats, particularly those outside the nature reserves; strengthen inspection and monitoring system to control wild population and habitats dynamics.

(3) Enhance protecting immaterial intellectual property rights of the Giant Panda, and constitute practical measures for commercial profit activities involving the Giant Panda.

(4) Establish and strengthen monitoring system and contingency plan of epidemic disease of the Giant

Panda, and monitoring and evaluating methods for blooming bamboo within the Giant Panda' s habitats.

(5) Standardize wild rescue, detention, reintroduction and exhibit management; constitute different conservation and utilization policies for wild and artificial feeding; Standardize international and internal exhibit policies and procedures and foundation management of the Giant Panda.

(6) Formulate exact requirements and standards for catching and experiments of scientific programs (eg, radio collar, its post-treatment, catching and sampling methods, etc.).

2. Improve construction of reserves for the Giant Panda

(1) Compile and consummate construction and management planning for national reserves, and bring them into economical and social development framework of all level of governments.

(2) Implement the trinity hierarchical management system, which is consist of demonstration reserves, national reserves and local reserves, for current reserve system of the Giant Panda, and clarify manage objects; bring the Giant Panda Protection Project into the national and local five-year economical development framework to ensure stable investment channels.

(3) Implement reserve-mode management at the Giant Panda' s corridor regions, fix personnel, equip facility, and provide official expense; quicken construction of the Giant Panda Corridor project, joint the isolated reserves and enlarge population interflow.

(4) Strengthen executive personnel training in reserves and improve managerial skill and professional quality.

(5) Positively face new circumstances and novel problems brought by the Collectively-owned Forestry Rights Reformation to the Giant Panda Protection Project, and explore effective methods of resolution.

1. 中国大熊猫保护政策的研究与分析项目背景

中国国宝大熊猫 (*Ailuropoda melanoleuca David*), 是我国特有的濒危野生动物物种, 也是当今世界野生动物保护的旗舰和标志。

目前中国大熊猫的分布区只限于中国长江上游向青藏高原过渡的高山深谷地带, 包括秦岭, 岷山、邛崃山、大小相岭和大小凉山等山系。根据国家林业局和 WWF 于 1999–2003 年共同进行的第三次全国大熊猫调查, 中国野生大熊猫种群数量已由第二次调查时的 1114 只增加到了 1596 只。

由于人类活动的影响和自身结构的原因, 大熊猫种群数量已很稀少, 且分布区呈断裂 (岛状) 分布。大熊猫经过漫长的进化与历史发展而能够生存到今天, 反映了它顽强的生命力。但是, 由于受历史发展因素的不利影响, 使它目前已处于一种濒危状态。在各种不利因素中, 其内在原因是由于食性、繁殖能力和育幼行为的高度特化。外在原因则是栖息环境受到破坏, 形成互不联系的孤岛状分布, 导致种群分割, 近亲繁殖, 物种退化。再加上主食竹子的周期性开花死亡, 人为的捕捉猎杀, 天敌危害, 疾病困扰。这就构成了对大熊猫生存的严重威胁, 使其面临濒危的境地。

在大熊猫保护的先期主要靠政府的“指示”“通令”“通知”等的规定进行。在 1980 年代以后, 加快了法制建设, 在《中华人民共和国宪法》之下, 已先后制定了《中华人民共和国野生动物保护法》、《森林法》、《环境保护法》《中华人民共和国陆生野生动物保护实施条例》、《中华人民共和国自然保护区条例》、《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》等多部保护野生动物的法律法规, 并相继颁布实施, 这些法律法规的制定为保护大熊猫等珍稀动物提供法律依据, 对大熊猫的保护发挥了重要的作用。

中国政府在进行野生动物保护法律法规建设的同时, 积极建立大熊猫自然保护区并相继实施了中国保护大熊猫及其栖息地保护工程 (1992), 将大熊猫列为 15 个 (类) 重点保护物种之首。截至 2009 年底, 四川、陕西和甘肃 3 省已建立大熊猫自然保护区 60 个 (其中四川省 37 个, 陕西省 16 个, 甘肃省 7 个), 保护区总面积达到 322 万多 hm^2 , 有 1130 多只大熊猫位于自然保护区内, 使 50% 以上的栖息地和 70.80% 以上的大熊猫在自然保护区内得到很好的保护。在保护大熊猫野生种群的同时, 易地保护大熊猫也得到了足够的重视和发展, 截至 2009 年, 共有圈养大熊猫 270 余只, 成为一个重要的人工种群。

中国大熊猫的保护从第一个大熊猫保护区建立开始算起已经进行了 46 个年头, 与大熊猫保护相关的国家法律、法规、政策、研究计划和保护工程等制订和执行的过程中是否对大熊猫的保护起作用, 与之相配套的措施、方法对大熊猫保护的积极影响和消极影响各占多少? 在这些法规、政策和研究项目中给大熊猫保护带来多少负面影响一直没有进行过科学的评估。本项目将着重研究和分析国家与大熊猫保护相关的政策法规以及与政策和法规的实施所配套的相关文件、标准等对大熊猫保护所扮演的角色, 通过分析总结经验与教训, 进而提出合理建议。

2. 大熊猫物种生存与保护现状

2.1 自然界大熊猫的种群数量

目前大熊猫的分布区只限于中国长江上游向青藏高原过渡的高山深谷地带，包括秦岭、岷山、邛崃山、大小相岭和大小凉山等山系。根据国家林业局和 WWF 于 1999–2003 年共同进行的第三次全国大熊猫调查，中国野生大熊猫种群数量已由第二次调查时的 1114 只增加到了 1596 只。

尽管从第三次与第二次大熊猫调查结果看，2000 年时的大熊猫数量和栖息地面积较 80 年代中期相比都有所增加。但由于第三次较第二次调查，范围更全面，布点方法更密集，技术手段更先进，调查遗漏会更少。因此，2000 年时的大熊猫和其栖息地面积实际上较 80 年代中期不会增加太多。相反，在凉山山系的雷波县，大熊猫数量由 80 年代中期的 35 只减少到 2001 年的 2 只，大熊猫栖息地面积也比第二次调查时减少了 82%；岷山山系的九寨沟县由 80 年代中期的 74 只减少到 2000 年的 47 只。

在保护大熊猫野生种群的同时，移地保护大熊猫也得到了足够的重视和发展，截至 2009 年，共有圈养大熊猫 270 余只，成为一个重要的人工种群。这为大熊猫的保护研究提供了重要的基础保证。

2.2 中国大熊猫栖息地

大熊猫是中国的国宝，中国的特产物种，是世界著名的珍稀动物，受到全世界的珍爱和广泛关注。同时，大熊猫也是一种古老的动物，是在更新世初期发展起来的一种珍贵的活化石。历史上，大熊猫分布范围很广，在整个更新世，大熊猫分布相当广泛，几乎遍布中国东部和南部，大熊猫发展到全盛时期，广泛分布于我国北京周口店、西南、华南、华中、华北、西北等十六个省市，以及缅甸、越南、泰国北部。当时的大熊猫与剑齿虎、剑齿象以及北京猿人、南方猿人一起生活，构成典型的更新世大熊猫—剑齿象动物群。在更新世中晚期，特别是在距今约 1 万 8 千年前的第四纪冰期之后，大熊猫—剑齿象动物群衰落，大部分动物灭绝，北方的大熊猫绝迹，南方的大熊猫分布区也骤然缩小（图 2-1），进入历史的衰退期。

目前大熊猫仅分布于中国西南青藏高原东部边缘的温带森林中，包括陕西西南部的秦岭、甘肃东南部的岷山和南北贯穿四川中部的岷山、邛崃山、大小相岭和大小凉山等山系，据全国第三次大熊猫调查结果报告（国家林业局，2006），大熊猫现今的栖息地分布面积约为 230 多万公顷（表 2-1）。其中四川省大熊猫栖息地面积约占总面积的 76.98%；陕西省约占 15.09%；甘肃省约占 7.93%（图 2-2）。因此，必须采用严格的保护措施，保护大熊猫及其栖息地。

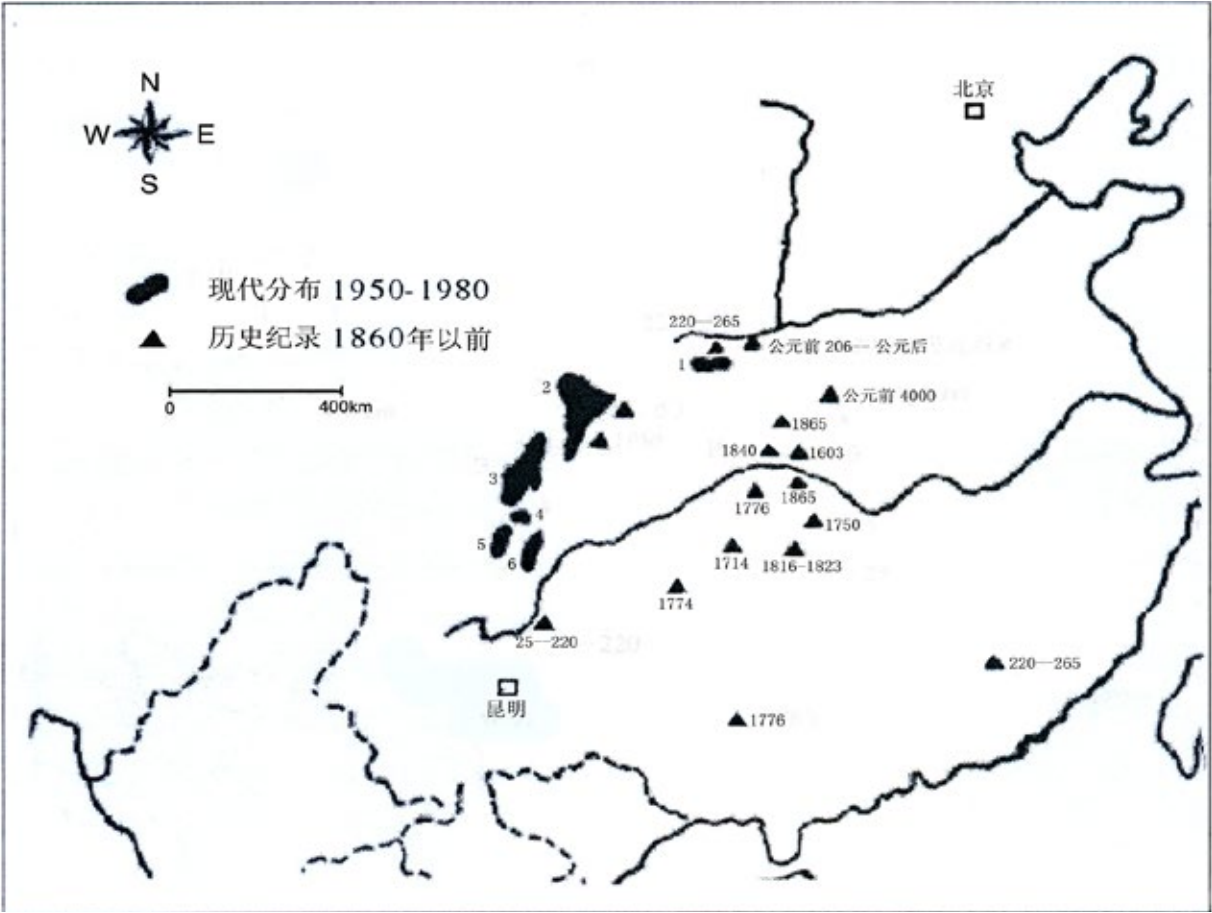


图 2-1 历史上对大熊猫的记载及大熊猫现今的分布（自潘文石，2001）

表 2-1 各省大熊猫栖息地面积统计表

省 名	面积/hm ²	比例/%
四 川	1 774 392	76.98
陕 西	347 864	15.09
甘 肃	182 735	7.93
合 计	2 304 991	100

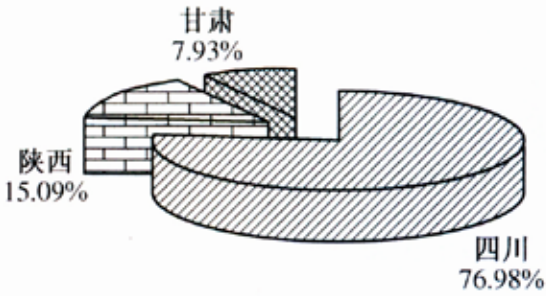


图 2-2 各省大熊猫栖息地面积比例

四川省大熊猫的栖息地和潜在栖息地南北几乎贯穿四川中部，为岷山、邛崃山、大小相岭和大小凉山等山系，分布在 33 个行政县（市、区），其中种群数量最多的有平武、汶川（包括卧龙特别行政区）和宝兴三个县；种群密度最大的有青川、北川和汶川（包括卧龙特别行政区）三个县（图 2-3）。

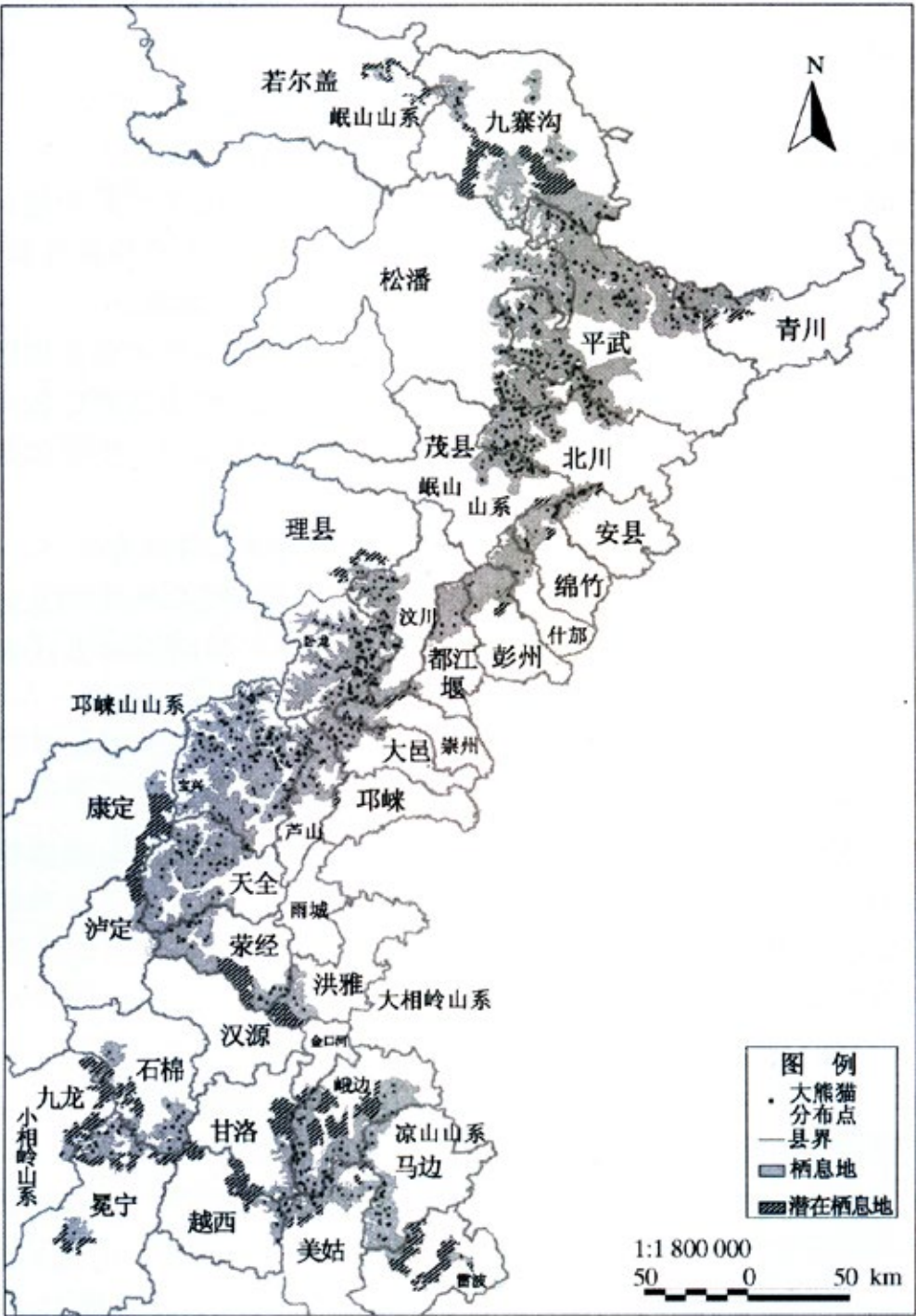


图 2-3 四川省大熊猫栖息地、潜在栖息地分布图（国家林业局，2006）

甘肃境内大熊猫的栖息地主要为岷山山系的北段，少部分栖息地为秦岭向西部的延伸。岷山山系地跨四川、甘肃两省，岷山山系大熊猫种群是我国最大的野生大熊猫种群，野生大熊猫数量占全国大熊猫种群数量的 44.4%。70 年代，大熊猫研究人员普遍认为甘肃境内大熊猫活动范围仅在甘肃白水江以南地区。在上世纪 90 年代，人们在白水江和白龙江之间的岷山山系之间发现了大熊猫活动的痕迹，并得到了确认。现今甘肃境内的大熊猫栖息在相对隔离的 5 个斑块之中（图 2-4）。

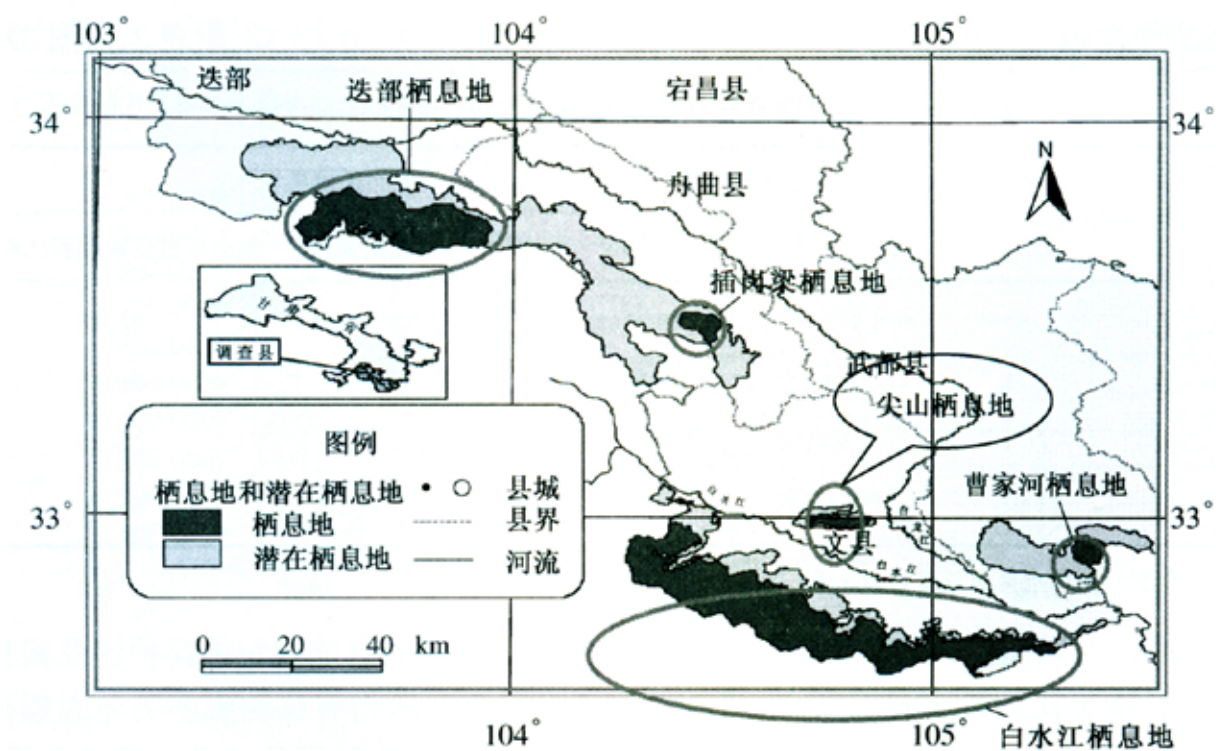


图 2-4 甘肃省大熊猫栖息地、潜在栖息地分布图（国家林业局，2006）

陕西省的大熊猫栖息地主要位于秦岭山脉主峰太白山以南地区，呈现为 5 个相对隔离的斑块，即由东到西分别称之为平河梁栖息地、天华山 -- 锦鸡梁栖息地、兴隆岭 -- 太白山栖息地、牛尾河栖息地和青木川栖息地（图 2-5）。陕西省秦岭大熊猫栖息地的种群密度是全国最高的，其中兴隆岭 -- 太白山栖息地的佛坪、洋县、周至则是秦岭大熊猫的分布中心。

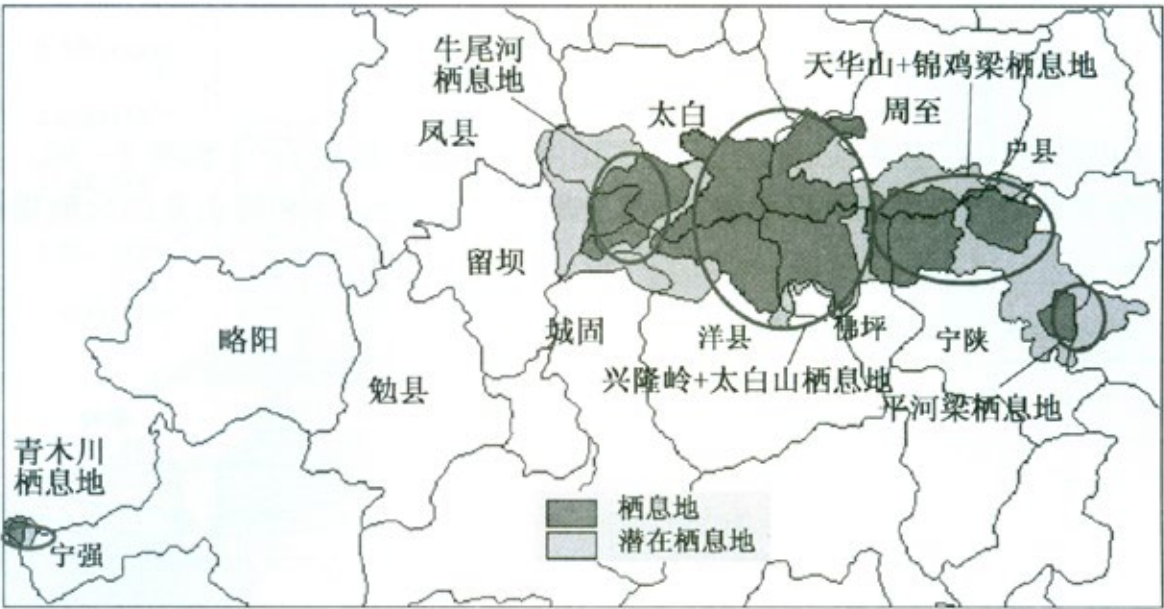


图 2-5 陕西省大熊猫栖息地、潜在栖息地分布图（国家林业局，2006）

2.3 中国大熊猫自然保护区的建设

栖息地的丧失是目前野生动物面临的最大的威胁，森林是野生动物的栖息地，对动物的生存繁衍具有重要的意义。森林采伐改变了生态系统，使依存于森林的野生动物失去了其生存必需的环境，其结果必然是种群数量减少，甚至物种灭绝。栖息地的破碎化使生存于栖息地的动物种群的隔离度增加，限制了种群间的个体交换，降低了物种的遗传多样性。此外，栖息地破碎化造成边缘生境面积的增加，严重威胁那些生存于森林内部的物种的生存。栖息地的破碎化改变了原来栖息地能够提供的食物的质和量，同时也改变了隐蔽条件和物种的联系，增加了寄生率、捕食率和种间的竞争，放大了人类的影响。

中国政府历来注重大熊猫自然保护区的建设。1963 年中国第二批建立的 5 个自然保护区中（1956 年建立了鼎湖山自然保护区），有 4 个属大熊猫自然保护区，即汶川县卧龙自然保护区，南坪县（现九寨沟县）白河自然保护区，平武县王朗自然保护区，天全县喇叭河自然保护区。截至 2009 年 10 月，在四川、陕西和甘肃三省大熊猫分布区已建立保护大熊猫及其栖息地为主的自然保护区 60 个（表 2-3），保护区总面积达到 32274.53 km²（表 2-2；表 2-3；图 2-6），有效的保护大熊猫的栖息地，遏制了人们对大熊猫的侵害，使大熊猫野外种群数量基本保持了稳定。

表 2-2 大熊猫保护区变化统计表

区域 年代	全国		四川		陕西		甘肃	
	保护区数 量	保护区增加面积 hm ²	保护区数 量	保护区增加面积 hm ²	保护区数 量	保护区增加面积 hm ²	保护区数 量	保护区增加面积 hm ²
1963-1967	5	328263	4	271938	1	56325	0	0
1968-1972	0	0	0	0	0	0	0	0
1973-1977	1	39039	1	39039	0	0	0	0
1978-1982	7	491514	5	238603	1	29240	1	223671
1983-1987	2	111493	1	55100	1	56393	0	0
1988-1992	1	10040	0	0	0	0	1	10040
1993-1997	16	946634	14	904117	2	42517	0	
1998-2002	16	617618	8	445073	7	97601	1	74944
2003-2007	12	682852	4	218009	4	67971	4	396872
合计	60	3227453	37	2171879	16	350047	7	705527

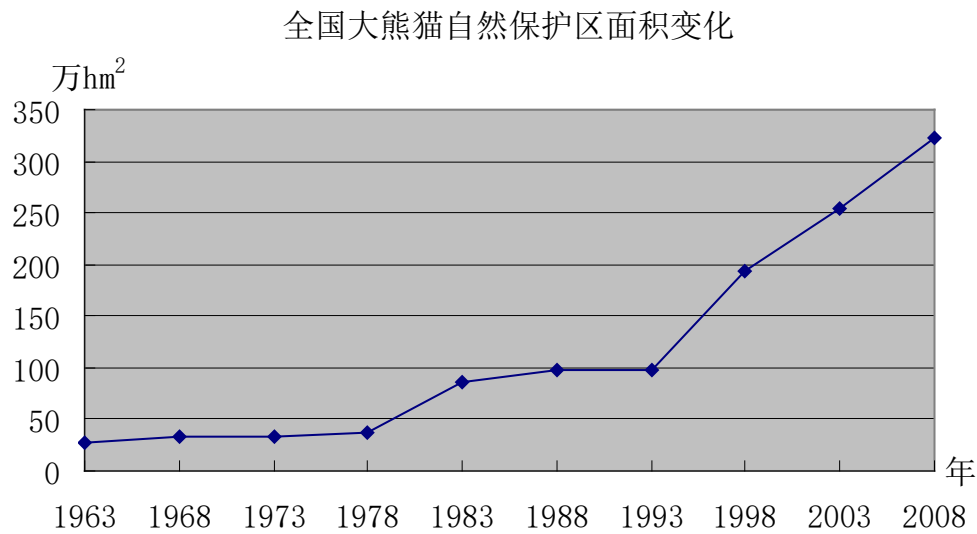


图 2-6 全国大熊猫自然保护区面积增长图

在大熊猫分布的三省中，四川省野外生存的大熊猫种群数量为 1206 只，占全国 76%。四川省已建立了以大熊猫保护区 37 个，面积 21718.79 km²，确保了 50% 左右的大熊猫栖息地和 60% 左右的野生大熊猫个体在保护区内得到很好的保护。陕西秦岭地区是中国大熊猫分布的重点区域。根据全国第三次大熊猫调查的结果，这里的大熊猫种群数量 273 只，现陕西省已建立大熊猫保护区 16 个，面积 3500.47 km²，加上拟建的板桥、盘龙和娘娘山 3 处省级自然保护区，保护区总面积达到 4353 km²，占秦岭大熊猫栖息地总面积的 71.7%。甘肃省 7 个大熊猫保护区面积达到了 7055.27 km²，甘肃省境内大熊猫分布区基本都划归到了自然保护区，使岷山北部大熊猫分布区和岷山中部主分布区连为一体，大熊猫栖息地和潜在栖息地以及相互孤立的大熊猫分布区连接成片。

在全国 60 个大熊猫自然保护区中，列为国家级自然保护区的有 19 个，面积为 14474.89 km²，占保护区总面积的 44.85%；省级自然保护区有 38 个，面积为 16027.86 km²，占 49.66%；市县级自然保护区有 3 个，面积为 1771.78 km²，占 5.49%。

经过 45 年的努力，已有 1130 多只大熊猫栖息于自然保护区内，使 57.17% 以上的栖息地和 70.8% 以上的大熊猫个体在自然保护区内得到很好的保护。

表 2-3 中国大熊猫自然保护区名录

序号	名称	行政区域	面积 hm ²	主要保护对象	类 型	级别	批建 年份	晋级 年份	主管 部门
1	四川卧龙	汶川县	200000	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1963	1975	林业
2	四川王朗	平武县	32297	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1963	2002	林业
3	四川贡嘎山	康定、 泸定、 石棉、 九龙县	409143	珍稀动物及高山生物多样性	森林生态	国家级	1996	1997	林业

序号	名称	行政区域	面积 hm ²	主要保护对象	类 型	级别	批建 年份	晋级 年份	主管 部门
4	四川蜂桶寨	宝兴县	39039	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1975	1994	林业
5	四川马边大风顶	马边县	30164	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1978	1994	林业
6	四川唐家河	青川县	40000	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1978	1986	林业
7	四川九寨沟	九寨沟县	73400	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1978	1994	林业
8	四川美姑大风顶	美姑、 雷波、 马边县	50655	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1982	1994	林业
9	四川龙溪— 虹口	都江堰市	34000	亚热带山地森林生态系统、 珍稀动植物	森林生态	国家级	1993	1997	林业
10	四川雪宝顶	平武县	63615	大熊猫、金丝猴、牛羚及自然 生态系统	野生动物	国家级	1993	2006	林业
11	四川白水河	彭州市	30150	森林生态系统、野生动物	森林生态	国家级	1996	2002	林业
12	四川喇叭河	天全县	23437	大熊猫、牛羚等珍稀动物	野生动物	省级	1963		林业
13	四川白河	九寨沟县	16204	金丝猴等野生动物	野生动物	省级	1963		林业
14	四川黄龙寺	松潘县	55100	大熊猫及森林生态系统	野生动物	省级	1983		林业
15	四川冶勒	冕宁县	24293	大熊猫、金丝猴、牛羚等珍 稀动物	野生动物	省级	1993		林业
16	四川黑水河	大邑县	39805	大熊猫及森林生态系统	野生动物	省级	1993		林业
17	四川鞍子河	崇州市	10141	大熊猫、川金丝猴、牛羚及 森林生态系统	野生动物	省级	1993		林业
18	四川千佛山	北川县	17740	大熊猫、金丝猴、牛羚及自然 生态系统	野生动物	省级	1993		林业
19	四川小河沟	平武县	28227	大熊猫、金丝猴、牛羚及自然 生态系统	野生动物	省级	1993		林业
20	四川宝顶沟	茂县	88400	森林及野生动物	野生动物	省级	1993		林业
21	四川瓦屋山	洪雅县	36490	大熊猫、金丝猴、牛羚等珍 稀动物	野生动物	省级	1993		林业
22	四川白羊	松潘县	76710	大熊猫、金丝猴、牛羚及自然 生态系统	野生动物	省级	1993		林业
23	四川勿角	南坪县	37110	大熊猫、金丝猴、牛羚及自然 生态系统	野生动物	省级	1993		林业
24	四川小寨子 沟	北川县	44384	大熊猫、金丝猴、扭角羚及 森林生态系统	野生动物	省级	1979	1994	林业
25	四川片口	北川县	8293	大熊猫、金丝猴、森林生态 系统	野生动物	省级	1994		林业
26	四川米亚罗	里县	160731	森林生态系统、红豆杉、闽 江柏、大熊猫、金丝猴	森林生态	省级	1999		林业
27	四川九顶山	绵竹市	63700	大熊猫等珍稀动物	野生动物	省级	1999		林业
28	四川草坡	汶川县	55678	大熊猫及生境	野生动物	省级	2000		林业
29	四川东阳沟	青川县	30761	大熊猫、金丝猴等	野生动物	省级	2001		林业
30	四川栗子坪	石棉县	40903	森林生态系统	森林生态	省级	2001		林业
31	四川麻咪泽	雷波县	38800	野生动物、珍稀植物及其生 境	森林生态	省级	2001		林业
32	四川毛寨	青川县	20800	金丝猴、大熊猫及其森林生 态系统	森林生态	省级	2001	2003	林业
33	四川申果庄	越西县	33700	大熊猫等野生动物	野生动物	省级	2002		林业

序号	名称	行政区域	面积 hm ²	主要保护对象	类 型	级 别	批建 年份	晋级 年份	主管 部门
34	四川马鞍山	甘洛县	40826	野生动植物	森林生态	省级	2003		林业
35	四川羊子岭	雅安雨城区	6335	珙桐、红豆杉、大熊猫等	森林生态	市级	2003		林业
36	四川包座	诺尔盖县	143848	大熊猫、梅花鹿等	森林生态	县级	2003		林业
37	四川龙滴水	松潘县	27000	大熊猫等珍稀野生动植物	野生动物	县级	2004		林业
	小 计	11 个国家级保护区、23 个省级保护区、3 个市县级保护区；共 2171879 hm ²							
38	陕西太白山	太白、周至、眉县	56325	森林生态系统、自然历史遗迹	森林生态	国家级	1965	1986	
39	陕西佛坪	佛坪县	29240	大熊猫及森林生态系统	野生动物	国家级	1978	1978	
40	陕西周至	周至县	56393	金丝猴等野生动物及其生境	野生动物	国家级	1984	1988	
41	陕西长青	洋县	29906	大熊猫、羚牛、林麝等珍稀动物及其生境	野生动物	国家级	1995		
42	陕西天华山	宁陕县	25485	大熊猫及其生境	野生动物	国家级	2002	2008	
43	陕西青木川	宁强县	10200	大熊猫为主的珍稀动植物及其生境	野生动物	国家级	2002	2009	
44	陕西桑园	留坝县	13806	大熊猫及栖息生境	野生动物	国家级	2002	2009	
45	陕西老县城	周至县	12611	大熊猫及其生境	野生动物	省级	1993	2004	
46	陕西皇冠山	宁陕县	12372	大熊猫、金丝猴等珍稀动物及其生境	森林生态系统	省级	2001	2006	
47	陕西观音山	佛坪县	13534	大熊猫等珍稀动物及其生境	野生动物	省级	2002		
48	陕西摩天岭	留坝县	8520	大熊猫、羚牛、林麝等珍稀动物及栖息地	野生动物	省级	2002		
49	陕西屋梁山	凤县	13684	羚牛、云豹等珍稀动物	野生动物	省级	2002		
50	陕西牛尾河	太白县	13492	大熊猫、金丝猴等珍稀动物及其生境	森林生态系统	省级	2004		
51	陕西鹰嘴石	镇安县	11462	大熊猫栖息地	森林生态系统	省级	2004		
52	陕西平河梁	宁陕县	21152	大熊猫、金丝猴等珍稀动物及其生境	森林生态系统	省级	2006		
53	陕西黄柏塬	太白县	21865	大熊猫及栖息地	野生动物	省级	2006		
	小 计	7 个国家级保护区、9 个省级保护区；共 350047 hm ²							
54	甘肃白水江	文县、武都县	223671	大熊猫、金丝猴、羚牛等野生动物	野生动物	国家级	1978		
55	甘肃尖山	文县	10040	大熊猫及森林生态系统	野生动物	省级	1992		
56	甘肃裕河	武都县	74944	金丝猴及其生境	野生动物	省级	2002		
57	甘肃阿夏	迭部县	135536	大熊猫及森林生态系统	野生动物	省级	2004		
58	甘肃多尔	迭部县	55275	大熊猫及森林生态系统	野生动物	省级	2004		
59	甘肃插岗梁	舟曲县	114361	金丝猴、大熊猫及森林生态系统	野生动物	省级	2005		
60	甘肃博峪河	舟曲县	91700	大熊猫及森林生态系统	野生动物	省级	2006		
	小 计	1 个国家级保护区、6 个省级保护区；共 705527 hm ²							
	总 计	国家级 19 个 1447489hm ² 、省级 38 个 1602786hm ² 、市县级 3 个 177178hm ² ；共 3227453 hm ²							

2.4 中国大熊猫的保护工程与效果

中国政府一直十分重视大熊猫栖息地保护工作，为从根本上拯救大熊猫这一濒危物种，相继实施了中国保护大熊猫及其栖息地工程（1992）和野生动植物保护及自然保护区建设工程（2002），并将大熊猫列为 15 个（类）重点保护物种之首。野生大熊猫是大熊猫种质资源中最重要、最宝贵的部分，“中国保护大熊猫及其栖息地工程”实施后，大熊猫集中分布区的森林采伐活动逐渐减弱，并陆续建立了一批大熊猫自然保护区，有效地遏制了大熊猫栖息地范围持续缩小的趋势，特别是近几年来开展的各项保护工程的综合效应日渐显现。

通过多年保护管理，野生大熊猫分布范围已经扩大。第三次全国大熊猫调查时，野生大熊猫分布的县增加到了 45 个，在秦岭地区大熊猫分布范围已经向北扩展了近 13 公里；与分布范围扩大相对应，全国大熊猫栖息地总面积已由第二次调查时的 139 万多 hm^2 增加到了 230 万多 hm^2 ，同比增长了 39.57%。其中栖息地面积增加的县有 30 个，栖息地面积减少的县只有 4 个。除凉山大熊猫栖息地面积减少 11.47% 外，其他各山系栖息地面积均有较大幅度的增长，其中秦岭增幅达 211.06%，从 11 万多 hm^2 增加到了 35 万多 hm^2 ，栖息地环境也得到了改善。大熊猫栖息地面积最大的是四川省，达到 177 万多 hm^2 ，占栖息地总面积的 76.98%。

2.4.1 陕西秦岭大熊猫的保护

在秦岭，1998 年启动的天然林资源保护工程更是完全停止了大熊猫分布区的天然林采伐（此前，在 1993 年陕西长青林业局即已停止采伐，全体转产后，1995 年成立了陕西长青国家级自然保护区），得到恢复的林地重新成为大熊猫的栖息地，为大熊猫种群保持稳定和回升提供了条件。通过中国保护大熊猫及其栖息地工程和野生动植物保护及自然保护区建设工程的实施，完善了已建的大熊猫保护区的管理和建设；新建了一批大熊猫保护区；在秦岭大熊猫各局域种群间先后建立了厚畛子、大树坪、九池河、菜子坪、二郎坝 5 个大熊猫走廊带，使局域种群间交流有了通道。据陕西秦岭大熊猫及其栖息地监测结果显示：秦岭大熊猫栖息地范围明显扩大，与全国第三次大熊猫调查的极点坐标比，活动范围向东扩展约 26 公里（据监测大熊猫痕迹的最东点的地理坐标为 $E108.52^\circ$ ，与全国第三次大熊猫调查的最东点坐标 $E108.80^\circ$ 比，秦岭大熊猫的活动范围向东扩展约 26 公里），向西扩展约 39 公里（秦岭屋梁山保护区在全国第三次大熊猫调查时未发现大熊猫活动痕迹，2005 年这里首次发现了大熊猫活动痕迹，经专家调查，确定这一地区至少有 3 只大熊猫，从而使秦岭大熊猫活动范围从桑园保护区向西延伸了约 39 公里），南北各扩展了约 4 公里（2006 年 6 月 28 日，保护人员在厚畛子龙骨峡抢救了一只大熊猫，这是厚畛子走廊带首次发现大熊猫，抢救大熊猫的地点与全国第三次大熊猫调查所确定的栖息地最北处之间的最短距离约 4 公里。青木川保护区位于秦岭大熊猫栖息地最西南端，发现大熊猫痕迹的最南点的地理坐标与全国第三次大熊猫调查极点坐标相比，活动范围向南扩展约 4 公里）。

在陕西秦岭已经建立各类大熊猫保护区的面积约为 35 万多 hm^2 ，占秦岭大熊猫栖息地总面积的

71.7%。秦岭大熊猫的保护在近十年得到了足够的重视和长足的发展，从保护区的建设来看，陕西省的 16 个大熊猫自然保护区，2000 年以后建立的有 11 个；从陕西省的大熊猫自然保护区面积来看，从 1965 至 2000 年的 35 年，大熊猫保护区的面积有 184475hm²，现在陕西省已建成的大熊猫保护区的面积为 350047hm²，10 年之内大熊猫保护区的面积增长了近一倍。

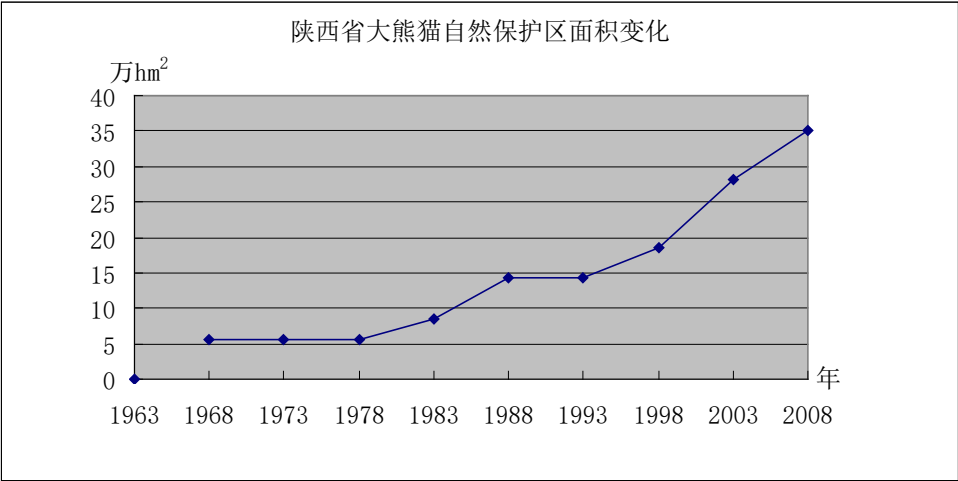


图 2-7 陕西省大熊猫保护区面积增长曲线

2.4.2 甘肃大熊猫的保护

甘肃境内大熊猫的栖息地为岷山山系的北段，少部分栖息地为秦岭向西部的延伸。据全国第三次大熊猫调查，目前甘肃境内有大熊猫 117 只，大熊猫栖息地为 182735hm²（有专家研究显示，甘肃省境内大熊猫尚存的适宜生境约 77 万 hm²）。甘肃大熊猫分布在行政区划上属陇南的文县、武都县和甘南藏族自治州的迭部县、舟曲县等 4 个县内东西走向的狭长地带。栖息在相对隔离的白水江、尖山、插岗梁、迭部和曹家河 5 个斑块之中（图 2-4）。曹家河栖息地处于秦岭山系与岷山山系的交汇地带。甘肃境内大熊猫的栖息地与四川的青川、平武、九寨沟等大熊猫栖息地相毗邻，东部与陕西秦岭大熊猫栖息地相连。甘肃大熊猫的主要栖息地是文县的白水江流域以南的地区。

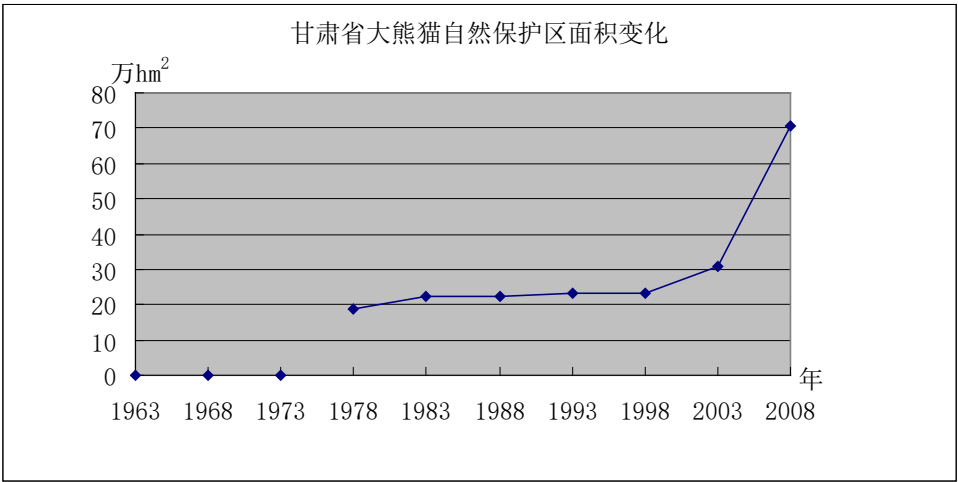


图 2-8 甘肃省大熊猫保护区面积变化曲线

甘肃省的第一个大熊猫保护区“甘肃白水江国家级自然保护区”建立于1978年，是国家林业局直属的三个大熊猫保护区之一。2000年11月加入世界人与生物圈。与陕西省的大熊猫保护一样，近十年是大熊猫保护区快速发展的时期。2000年以前建立的有2个大熊猫保护区，2000年以后建立的有5个；从自然保护区面积来看，2000年以前，大熊猫保护区的面积有233711hm²，现在甘肃省已建成的大熊猫保护区的面积为705527hm²，10年之内大熊猫保护区的面积增长了两倍还多。更让人们高兴的是近几年里加大了大熊猫生态廊道的规划建设，随着插岗梁、博峪2个大熊猫自然保护区的建立，甘肃省大熊猫栖息地已基本连成一片，形成一个“生态廊道”。将会有效保护大熊猫的生存环境。

2.4.3 四川大熊猫的保护

四川省是大熊猫栖息地面积最大的栖息地，四川省大熊猫的栖息地和潜在栖息地南北几乎贯穿四川中部，为岷山、邛崃山、大小相岭和大小凉山等山系，分布在33个行政县（市、区）。四川省野外生存的大熊猫种群数量为1206只，占全国76%。四川省已建立了以大熊猫保护区37个，面积2171879 km²，确保了50%左右的大熊猫栖息地和60%左右的野生大熊猫个体在保护区内得到很好的保护。

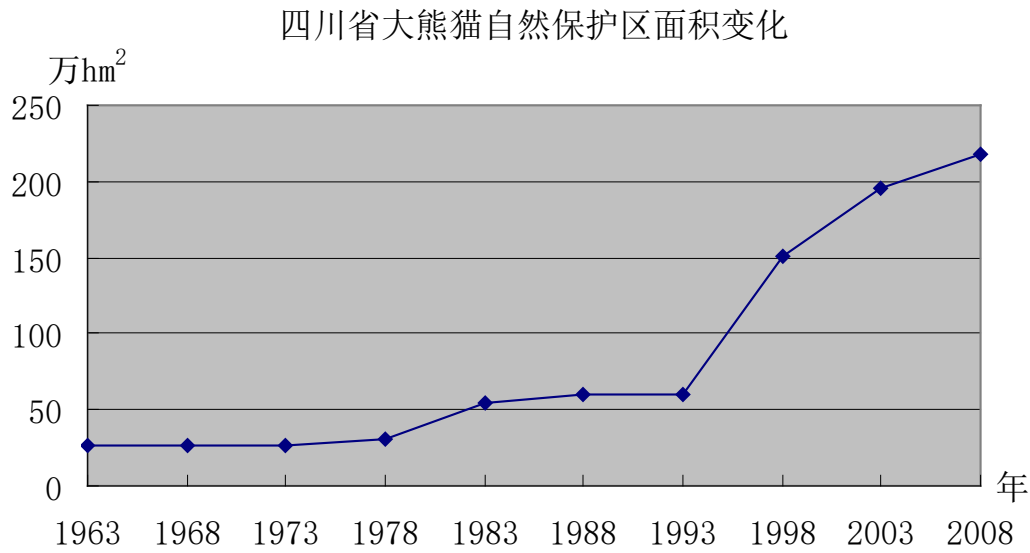


图 2-9 四川省大熊猫保护区面积变化曲线

四川省最早建立大熊猫保护区开始了大熊猫的保护工作，1963年建立的5个自然保护区中有4个属大熊猫自然保护区，即汶川县卧龙自然保护区，南坪县（现九寨沟县）白河自然保护区，平武县王朗自然保护区，天全县喇叭河自然保护区。此后在1970年代建立了5个大熊猫自然保护区，1980年代速度放缓，只建立了2个大熊猫自然保护区，在1990年代和2000年之后这20年里，大熊猫自然保护区建设事业得到快速发展，共建立了26个大熊猫自然保护区，大熊猫自然保护区面积近20年增长了近两倍。

四川省近几年加大了大熊猫生态廊道的规划建设,有效保护和恢复了大熊猫的生存环境。如在茂县—汶川土地岭开展的大熊猫栖息地恢复及生态廊道建设项目,能将岷山山系 20 个自然保护区(其中:国家级 6 个,省级 12 个,县级 2 个),连成一片,形成一个有效保护网络,对岷山山系大熊猫和野生动植物的有效保护和基因交流起到关键性的作用。

由于大熊猫种群及栖息地进一步扩大,目前四川 10 个市(州)33 个县 159 个乡镇有大熊猫分布,大熊猫野外种群 1206 只。

2.5 天然林保护与退耕还林工程对大熊猫保护的作用

据调查资料显示,自 1998 年 9 月四川省实施天然林保护工程以来,四川大熊猫的栖息地面积扩大了近四成,大熊猫的生存环境得到进一步优化,其种群数量稳中有升,大熊猫得到了有效保护。

四川省天保工程实施范围包括 174 个县(市、区)、22 个国有重点森工企业以及卧龙、唐家河自然保护区等。天保工程实施 10 年来,一是有效地保护了森林资源。实施天保工程后,全面停止天然林采伐,四川省森林面积由工程实施之初的 1172 万 km^2 上升到 1516 万 km^2 ,活立木总蓄积由 14.65 亿 m^3 增加到 16.73 亿 m^3 ,森林覆盖率由 24.23% 提高到 2007 年的 31.27%。二是改善了生态环境,保护了生物多样性。天保工程生态效益定点监测表明全省森林、野生动植物、湿地等各种类型的自然保护区面积由 2.8 万 km^2 上升到 7.5 万 km^2 ,占幅员面积的比例由 5.8% 提高到 15.5%,形成了类型多样、价值极高的保护网络体系,90% 以上的珍稀物种和生态资源得到有效保护。随着天保工程的实施,生态效益、经济效益和社会效益逐步显示出来,森林资源增加,生物多样性得到有效保护,为野生动植物提供了更广阔的生存环境。大量生物资源得到有效保护,维护了生态平衡。

卧龙自然保护区实施天然林保护工程以来,社区共管,天然林资源得到了有效的保护,大熊猫等珍稀濒危野生动物的栖息环境逐步改善,有效地保护了天然林和野生动植物资源。保护区实施天然林保护工程以来,农民得到了保护自然资源的实惠,积极参与到保护天然林资源的行列中,改变了能源消费结构,减少了使用烧火柴的数量,杜绝了砍伐树木用于烧火柴的现象。据统计,卧龙自然保护区农户每户年用电从实施天然林保护工程前的 800 度增加到现在的 2800 度,而烧火柴的用量从能源结构的 90% 下降到现在的 50% 左右,烧火柴的砍伐量从人均 1.4 立方米下降到现在的 0.3 立方米。对大熊猫生存环境的破坏大大降低。同时卧龙自然保护区早在 1986 年就由世界粮农组织提供项目经费开展了退耕还林工程,共退耕还林 113 km^2 。1999 年国家启动退耕还林工程后,又完成退耕还林(竹)500 余 km^2 ,生态环境得到了有效的改善,从而为卧龙自然保护区大熊猫等珍稀濒危野生保护动物提供了非常良好的生存条件。

陕西省的天然林保护工程自 98 年试点 10 年来,国家在陕西投入天保工程资金 46.71 亿元,通过天保工程的实施,使天然林资源得到了休养生息,面积不断扩大,林分质量不断提高,林区生物多样性增加,野生动物种群数量不断扩大,生物群落结构趋于合理,呈现出人类与野生动物和谐共处的可喜局面。在十年中天然林面积增加到 7776 万亩,较 1999 年增加了 762 万亩;活立木总蓄

积 3.61 亿立方米,较 1999 年净增 0.27 亿立方米,年均净增 544 万立方米,天然林蓄积 3.18 亿立方米,较 1999 年净增 0.06 亿立方米,年均净增 120 万立方米;森林覆盖率 37.26%,较 1999 年增加 4.71%。天保工程及其他林业重点工程的实施,有效增加了森林植被,提高了林分质量。生态环境明显改善,生物多样性得到有效保护。大熊猫栖息地面积有了较大幅度的增长,岭增幅达 211.06%。通过实施天保工程,生物物种丰富度不断提高。随着林草植被的增加,动植物生长环境得到明显改善,野生动物种群不断扩大,数量不断增加。大熊猫、朱鹮、金丝猴、羚牛等国家一级保护动物种群数量不断扩大。初步实现了人类与自然和谐相处的可喜局面。同时有效地改善了当地的农业生产条件,促进了粮食的稳产丰收,推动了地方经济的发展,加快了群众脱贫致富的步伐。

在进行天然林保护与退耕还林工程对大熊猫保护的作用的评估问卷调查中,收回调查问卷 163 份中,在问及“天然林保护与退耕还林工程对大熊猫保护的作用”时,选择天然林保护与退耕还林工程对大熊猫保护起到了非常大的作用的 121 份,占 74.23%;在问及“天然林保护与退耕还林工程对保护区周边的影响”时,选择天然林保护与退耕还林工程对经济发展起到了积极作用的 120 份,占 73.61%;在问及“天然林保护与退耕还林工程对社会的影响”时,选择天然林保护与退耕还林工程促进了生态文明建设的 117 份,占 71.78%;可见天然林保护与退耕还林工程对大熊猫保护的作用在受访民众心目中的地位。

2.6 国际组织参与大熊猫保护起到了积极的作用

大熊猫保护是国际关注的一个重要合作领域,许多国家的政府、国际组织、民间团体以至于一些企业参与了中国大熊猫的保护工作,如:

1) 全球环境基金(GEF)参与了陕西秦岭大熊猫保护区建设。对长青林业局转产、职工安置赠款 434 万美元;对长青保护区建设投入 43 万美元;对佛坪保护区建设投入 41 万美元等。

2) 动物园和动物园协会对中国大熊猫的保护区建设提供了支持。据不完全统计美国哥伦布动物园捐助 30 万美元,美国美洲动物园和水族馆协会(AZA)捐助 3 万美元,共同用于陕西老县城保护区建设;澳大利亚动物园捐助 76 万美元用于甘肃白水江和尖山保护区建设;1994 年,通过中国动物园协会,日本和歌山动物园和韩国自然农园为《大熊猫工程》建设共提供 100 万美元的支持。

3) 日本零售业巨头永旺集团 2008 年向中国捐款 2500 万日元(约合 24 万美元),用于四川卧龙大熊猫保护基地的活动。

4) 世界自然基金会(WWF)一直是中国进行大熊猫保护工作的合作伙伴,多年来为中国保护大熊猫保护工作做出了巨大贡献,先后帮助中国政府联合启动了大熊猫及其栖息地管理计划;帮助林业部共同组织完成了 80 年代中期的大熊猫综合考察和第三次全国熊猫调查;帮助林业部建立了卧龙大熊猫研究中心;帮助陕西省林业厅新建 13 个自然保护区及 5 条生态走廊,将秦岭区域破碎的熊猫种群重新联系起来;支持四川省林业厅开始岷山区域的十几个自然保护区开展生物多样性监测;提供资金支持开办了多期保护人员业务培训班。

据统计,截至2009年,世界自然基金会共资助中国开展了100多个重大项目,投入总额超过3亿元人民币,其中保护大熊猫的项目资金估计超过1亿元人民币。

2.7 中国大熊猫“出口”管理

据不完全统计,1949年之前国外从中国获得16只(胡锦涛统计为14只)活体大熊猫,其中寿命最长的活到1953年。1936年去美国的大熊猫“苏琳”是西方国家获得的第一只活体大熊猫。1941年,宋氏姐妹向美国赠送一对大熊猫。此后,国民党政府于1946年向英国政府赠送了一只大熊猫。

被视为动物界“活化石”的大熊猫,是中国的国宝,全人类的朋友,世界的和平使者。新中国成立后,熊猫在中国的对外关系上发挥了无可替代的作用。1957年,中国政府将“平平”和“磬磬”两只大熊猫赠送给苏联,大熊猫作为和平友好的使者,走出了国门,向这些国家表达善意和祝福。熊猫作为独一无二的外交使者,起到了无可替代的外交效果,成为中国与各国之间促进文化交流与友谊的媒介,播种着和平与友谊,受到各国人民的欢迎。

从1957年到1982年的26年间,中国共赠送给9个国家23只大熊猫:

苏联:1957年获赠一对大熊猫平平、磬磬。产自宝兴县盐井乡的雄性“平平”和产自磬碛乡的雌性“磬磬”在莫斯科动物园饲养展出一段时间后,由于性别的误判,认为两只大熊猫均为雄性,便将“磬磬”送回北京动物园来换一只雌性大熊猫与“平平”配对。1959年,产自宝兴中坝乡的“安安”被误认为雌性大熊猫,送到莫斯科动物园。

朝鲜:1965年至1980年,相继获赠丹丹、三星、琳琳等5只大熊猫;

美国:1972年4月获赠一对大熊猫玲玲和兴兴;

日本:1972年10月获赠一对大熊猫兰兰和康康,1980年获赠雌性大熊猫欢欢,1982年获赠雄性大熊猫飞飞;

法国:1973年获赠一对大熊猫燕燕和黎黎;

英国:1974年4月获赠一对大熊猫佳佳和晶晶;

联邦德国:1974年11月获赠一对大熊猫天天和宝宝;

墨西哥:1975年9月获赠一对大熊猫迎迎和贝贝;

西班牙:1978年9月获赠一对大熊猫绍绍和强强。

另外,在1958年,奥地利动物商人海尼通过谈判用3头长颈鹿、2头犀牛、2匹河马、2匹斑马的代价,与北京动物园交换了一只3岁的雌性大熊猫“姬姬”。后又将“姬姬”卖给英国伦敦动物园。“姬姬”在1971年7月去世。

目前,这24只大熊猫仅有5只后代健在(日本1只、墨西哥3只、德国1只),所有权属所在国。

1982年,鉴于大熊猫生态环境恶化导致其数量急剧减少,为了保护濒危动物,中国政府宣布停止向他国赠送大熊猫。但是由于西方国家的民众对大熊猫异乎寻常的热爱,致使许多国家采用租借的方式,花钱租借大熊猫去巡展。由于频繁的巡展对圈养大熊猫的正常生活与繁殖产生影响,为

此，中国野生动物保护协会与国际动物保护机构等经过研究，达成一项沿用至今的有关协议：中国送1对健康、有繁殖能力的大熊猫出国，可以留在所在国进行为期10年的合作研究，该国每年付给中方100万美元，10年总共付给1000万美元，作为大熊猫保护科研基金；此外，在国外合作研究期间繁殖的大熊猫后代仍归属中国。

据统计，截至2009年12月，海外共有大熊猫34只。其中，美国有13只，日本9只，墨西哥3只，德国1只，奥地利2只，西班牙：2只，泰国2只，澳大利亚：2只。在这34只大熊猫中29只仍属中国所有，只有5只所有权归所在国，这5只大熊猫是1982年以前对外赠送的“国礼”熊猫和它们的后代，包括日本东京上野动物园的“陵陵”（雄性），墨西哥查普特佩克动物园 (Chapultepec Zoo) 的“秀华”、“双双”和“欣欣”（都是雌性），以及德国柏林动物园27岁高龄的“宝宝”（雄性）。

中国大熊猫从“赠送”到“合作研究”走过了一段不平常的路，从对大熊猫这一濒危物种的拯救和管理来讲，现今的“合作研究”管理模式应该说是比较好的一个方法。作为中国国宝的大熊猫，全人类的宝贵财富，世界人民的朋友，我们既要让人们享受到观赏大熊猫给人们带来的欢愉，又不会给大熊猫的保护工作带来负面影响，同时又让热爱大熊猫的人有机会为拯救这一物种做出贡献，减少大熊猫保护资金缺少的压力，“合作研究”的模式是可行的。

大熊猫“合作研究”为大熊猫保护筹集了大笔的“大熊猫保护科研基金”，中国政府应制定“大熊猫保护科研基金的管理办法”，以便更好地管理使用这笔基金，让“大熊猫保护科研基金”发挥应有的作用。

3. 结果与结论

3.1 国家和地方现有大熊猫保护的政策法规的评估

在中国的现行法律《中华人民共和国宪法》、《中华人民共和国刑法》、《中华人民共和国森林法》、《中华人民共和国环境保护法》中都对野生动物的做出了相应的法律规定，这是野生动物乃至大熊猫的保护提供了法理依据。

中国1988年推出了《野生动物保护法》后，在之后20年间，先后以政府指示、管理办法、通知、条例和规定的形式对野生动物进行法律保护和管理，形成了以1988年《野生动物保护法》为主体的50余部涉及到大熊猫保护的规范性法律文件。在几十年的大熊猫保护工作中，起到了积极的作用，为大熊猫这一物种的保护工作奠定了法律基础。

《中华人民共和国野生动物保护法》是中国进行野生动物保护的根本大法。《中华人民共和国野生动物保护法》5章42条概括了立法目的、野生动物保护的对象、野生动物的管理制度以及法律责任等内容。中国的野生动物保护立法比较分散，而且它们的法律效力高低不一，参差不齐。除1988年11月8日由七届人大通过的《中华人民共和国野生动物保护法》（2004年8月28日第十届

全国人民代表大会常务委员会第十一次会议修正)外,还有由七届人大同次会议通过的《关于惩治捕杀国家重点保护的珍贵、濒危野生动物犯罪的补充规定》,1990年由最高人民法院、最高人民检察院、林业部、公安部联合发布的《关于严厉打击非法捕杀、收购、倒卖、走私野生动物活动的通知》,2001年发布的国家林业局、公安部关于森林和陆生野生动物刑事案件管辖及立案标准;国家林业局2001年关于印发野外大熊猫救护工作规定的通知;1991年由林业部制定的《国家重点保护野生动物驯养繁殖许可证管理办法》等。此外,还存在一些关于野生动物保护管理方面的地方性法规。

专家认为中国现行的法律法规对于大熊猫乃至野生动物保护是基本适用的,基本能够适应中国的野生动物保护法律的需要。但任何一部法律都不可能解决所有的问题,因此尚有一些问题需要重视:

一是有专家认为,我国关于野生生物的立法体系杂乱,从形式上看行政部门有许多“规定”、“办法”和“通知”,在某一阶段扮演“法律”的角色。这与《野生动物保护法》的规定过于简单,与“摸着石头过河”、“出现一个问题解决一个问题”、“法律宜粗不宜细”等立法指导思想有着直接的关系。

二是我国对野生动物的保护管理并无特殊的机构,法律规定林业、农(渔)业行政主管部门分别主管全国陆生、水生野生动物管理工作。可见管理和保护野生动物只是林业、农(渔)业部门众多管理职能中的一项。这难免造成各部门相互推诿或相互争夺职权、各自为政的局面。

三是专家认为我国的《野生动物保护法》保护对象范围较窄。第8条是关于保护对象的总的规定,即“国家保护野生动物及其生存环境,禁止任何单位和个人非法猎捕或者破坏”其他涉及野生动物生境的规定仅有第11条和12条,分别为“各级野生动物行政主管部门应当监视、监测环境对野生动物的影响。由于环境影响对野生动物造成危害时,野生动物行政和主管部门应当会同有关部门进行调查处理。”以及“建设项目对国家或者地方重点保护野生动物的生存环境产生不利影响的,建设单位应当提交环境影响报告书,环境保护部门在审批时,应当征求同级野生动物行政主管部门的意见,可见,我国还未充分认识到保护野生动物生境的重要意义,对生境的保护仅停留在“末端控制”、“事后保护”的阶段。

尽管有以上一些问题,但不会影响到大熊猫的保护。现行的法律法规对于大熊猫保护是基本适用的。

3.2 大熊猫保护的政策法规问卷调查评估

2008年12月初、2009年2-3月,我们在陕西、四川大熊猫保护区开展了调查工作,通过在几个大熊猫自然保护区(陕西佛坪、长青等自然保护区;四川白水河、喇叭河自然保护区等)、陕西省林业厅及西北濒危动物研究所、四川省林业厅、四川省林科院、及中国保护大熊猫研究中心雅安碧峰峡基地等单位的管理专家,科研调查对象的座谈、访问研讨并请他们填写了调查问卷,调查共收回调查问卷163份(其中保护区工作人员88份、社区人员43份,专家学者32份),调查对象有长期从事大熊猫保护管理的专家学者,有从事大熊猫保护一线工作的科研人员、管护工作者,还有

保护区周边社区的农村干部和农民，具有很广泛的代表性。同时我们还就有关大熊猫保护和自然保护区建设与管理的法律问题咨询了有关专家学者，并进行了研讨，为此提出了许多好的意见和建议。

在进行对现行大熊猫保护政策法规的评估问卷中，收回调查问卷 163 份中，认为现行大熊猫保护的政策法规对大熊猫保护力度不够的有 71 人，占 43.56%；认为现行大熊猫保护的政策法规对大熊猫保护力度合理的有 64 人，占 39.26%；认为现行大熊猫保护的政策法规对大熊猫保护力度太强的有 25 人，占 15.34%。

在进行现行大熊猫保护的政策法规对大熊猫开展保护实施效果评估问卷中，认为现行大熊猫保护的政策法规实施状况良好的有 86 人，占 52.76%；认为现行大熊猫保护的政策法规实施状况一般的有 74 人，占 45.39%。

在进行地方大熊猫保护政策与法规建设状况的问卷调查时，有 44.17% 的受访人认为地方性的大熊猫保护政策法规建设全面、合适，有 50.30% 的受访人认为地方性的大熊猫保护政策法规还需进一步进行充实建设。

3.3 法律法规及重大保护项目在大熊猫保护网络建设中的作用

中国野生动物保护的法律法规是大熊猫物种保护工作的基础，是开展大熊猫保护和实施重大保护项目的依据，没有法律法规就没法进行大熊猫的保护，也不可能进行有效的保护。

重大保护项目在大熊猫保护网络建设中能够起到非常关键的作用，中国大熊猫物种保护工作开展的五十多年中，重大保护项目的实施在大熊猫保护网络建设中起到了“骨架”的作用。在中国保护大熊猫和大熊猫保护区建设中，实施的“全国大熊猫及其栖息地管理计划”项目；“卧龙大熊猫研究中心”建设项目，陕西长青林业局转产项目；天然林保护与退耕还林工程等重大项目的实施为大熊猫保护和大熊猫保护区的建设奠定了基础。

在进行“大熊猫自然保护区的建设对大熊猫保护的作用”的评估问卷调查中，收回调查问卷 163 份中，在问到“大熊猫自然保护区建设对大熊猫的数量的影响”时，选择“大熊猫数量增加明显”的 129 份；在问及“大熊猫自然保护区的建设规模”时，选择“扩大保护区规模”的 116 份，占 71.17%；选择“保持现有规模”的 48 份，占 29.45%；在问及“大熊猫保护区建设的作用”时，选择“保护区作用明显”的 132 份，占 80.98%；在问及“大熊猫保护区建设对周边的影响”时，选择“促进当地经济发展”的 93 份，占 57.06%，认为“对经济影响不大”的 36 份，认为“影响当地经济发展”的 30 份；在问及“大熊猫保护区建设对社会的影响”时，选择“增强了政府环保意识”的有 102 份，占 62.58%，认为“提高当地的知名度”的 64 份，占 39.26%认为“促进和谐社会的建设”的 55 份，占 37.74%；从一个侧面反映了大熊猫自然保护区的建设的作用和受访民众的对大熊猫自然保护区的建设的态度与认识。

3.4 法律法规及重大保护项目与地方经济建设的矛盾与协调性

中国野生动物保护的法律法规及重大保护项目与地方经济建设有许多矛盾与不协调的问题，在

一些大型的地方经济建设项目实施过程中,如公路、铁路建设项目会对大熊猫的栖息地分割造成大熊猫种群的隔离,施工噪音污染、光污染、开矿等也会对大熊猫和大熊猫的栖息地造成影响,没有足够的相关法律法规和治理标准来限制和解决这些问题与矛盾。

3.5 法律法规及重大保护项目与大熊猫保护资金投入的作用与不足

中国是一个最大的发展中国家,国民经济距发达国家的水平尚有很大的差距,国家对野生动物保护事业的投资相对不足,距野生动物保护事业健康发展的要求有较大的差距,因此在大熊猫保护资金投入力度上不可能满足实际的需要,项目资金缺口很大。因此在实际工作中,大熊猫保护和大熊猫保护区经费没有法律保障,经费明显不足,特别是省级及以下级别的保护区,由于正常维持经费没有保障,甚至有的连职工工资都难保证,这就造成在大熊猫保护区许多必须进行的项目难以开展。产生这种情况的根本原因是法律的缺失。

1994年10月9日国务院令发布,1994年12月1日起施行的《中华人民共和国自然保护区条例》第四条中规定了“国家采取有利于发展自然保护区的经济、技术政策和措施,将自然保护区的发展规划纳入国民经济和社会发展规划”。但怎样纳入和由谁来纳入都不明确。

在1985年6月21日国务院批准,1985年7月6日林业部公布施行《森林和野生动物类型自然保护区管理办法》第九条规定“自然保护区的管理机构属于事业单位。机构的设置和人员的配备,要注意精干。国家或地方自然保护区管理机构的人员编制、基建投资、事业经费等,经主管部门批准后,分别纳入国家和省、自治区、直辖市的计划,由林业部门统一安排”。但执行起来上存在一定的问题。

3.6 法律法规与国际政府与组织参与的作用与不足

中国现行的法律法规在国际政府与组织参与中国的野生动物保护、参与中国大熊猫保护方面没有特定的法律法规,只有《中华人民共和国自然保护区条例》

第六条中规定“自然保护区管理机构或者其行政主管部门可以接受国内外组织和个人的捐赠,用于自然保护区的建设和管理”。对国际政府与组织参与中国的野生动物保护、参与中国大熊猫保护具体怎样参与,有何要求与限制都没有明确的规定。不利于发挥国际政府与组织参与的积极性,也不利于对他们的管理和协调。

3.7 保护区管理体系有待进一步理顺

中国的自然保护区管理体系目前还比较混乱,在《中华人民共和国自然保护区条例》里第八条规定“国家对自然保护区实行综合管理与分部门管理相结合的管理体制。

国务院环境保护行政主管部门负责全国自然保护区的综合管理。国务院林业、农业、地质矿产、水利、海洋等有关行政主管部门在各自的职责范围内,主管有关的自然保护区。

县级以上地方人民政府负责自然保护区管理的部门的设置和职责,由省、自治区、直辖市人民政府根据当地具体情况确定”。

在我们各自然保护区调查过程中，发现各地自然保护区管理人员的配备可以说是千差万别，同时国家级自然保护区有司局级的，有处级的，也有科级的，还有股级的。这种局面不利于大熊猫保护区的建设与管理，不利于大熊猫保护事业的发展。

3.8 法律法规对大熊猫科学研究的管理缺乏

在野生动物科学研究的管理方面，《中华人民共和国野生动物保护法》第四条中规定“国家鼓励开展野生动物科学研究”；在林业部关于实行《特许猎捕证》有关问题的通知〔1989〕“一”中明确规定“凡因科学研究、驯养繁殖展览等特殊需要，猎捕国家重点保护野生动物，必须按本通知规定申领“特许猎捕证”，凭“特许猎捕证”猎捕”等许多法律法规中都有所涉及。但在研究过程中没有任何规定。如捕捉大熊猫进行无线电追踪，完成追踪研究后，大熊猫依然戴着无线电项圈活动，这也会给大熊猫带来影响和伤害。应制定相关的科学研究项目在大熊猫捕捉、实验中的具体要求与规范，减少对大熊猫的影响与伤害。

4. 建议

4.1 法律法规的完善

(1) 除野生动物保护法，自然保护区管理条例等一些大的野生动物管理的法律法规外，大熊猫作为一个特殊的旗舰物种，国家林业局和相关省制定了有针对性的政策，如大熊猫巡护监测技术管理规程，大熊猫饲养、展出及谱系标记等政策性文件规定，现有的法律和政策从宏观上对规范大熊猫管理起到了很好的作用，但系统性差，对工作过程规定的多，轻视工作结果。应加强制定科学全面的大熊猫保护规范性规定或政策，避免“一事一文件”的管理方式。可以考虑制订“大熊猫保护管理条例”。

(2) 为大熊猫栖息地的有效保护与管理立法，重点是加强自然保护区以外大熊猫栖息地的保护；健全完善大熊猫巡护监测体系，动态掌控大熊猫野外种群及其栖息地动态变化规律；

(3) 加强对大熊猫无形知识产权的保护，对涉及大熊猫形象的商业赢利活动制定具体的管理办法；

(4) 建立健全大熊猫疫源疫病监测防控体系、流行病应急处置预案以及大熊猫栖息地竹子开花监测评估办法；

(5) 规范大熊猫野外救护、收容、放归、出展管理。对大熊猫野外保护和人工饲养工作，制定不同的保护和利用政策；规范国际、国内大熊猫借展政策和程序并规范基金的管理。

(6) 制订科学研究项目在大熊猫捕捉、实验中的具体要求与规范（如佩戴无线电项圈及其完成研究后的处理、捕捉采样等）

4.2 中国大熊猫保护区建设需改善的方面

(1) 编制完善全国大熊猫保护区建设和管理规划，将大熊猫保护区建设纳入相关省、市各级政府经济和社会发展体系；

(2) 对现有大熊猫保护区实行示范保护区、国家级保护区和地方级保护区“三位一体”的分级管理体制，明确的大熊猫保护区管理目标。将大熊猫保护工程纳入国家和地方五年国民经济发展规划，确定稳定的投资渠道；

(3) 对大熊猫走廊带实行自然保护区模式管理，固定人员，配备设备、装备并提供日常办公经费；加大加快“大熊猫走廊带”工程建设。将原来相互隔离的自然保护区连接成片，扩大大熊猫种群交流范围。

(4) 强化各级各类自然保护区管理人员和技术业务骨干培训工作，提高其管理水平和业务素质。

(5) 积极应对“集体林权制度改革”对大熊猫保护工程带来的新情况、新问题，探索有效的解决途径。

水电站大坝建设对秦岭大熊猫及其栖息地的影响研究

摘要

大坝是实施水资源管理的重要基础设施。渴望建坝的发展中国家已经充分地认识了蓄水与经济社会福利之间的直接联系。随着开发水利水电事业，大坝建设迅猛发展。根据国际大坝委员会统计，我国已建、在建高于 15m 及以上的大坝占全世界的 53%，特别是近 10 年来，高坝大库巨型水电站日益增多，为我们的能源供应和经济发展提供了有力的支持。世界大坝委员会对全世界大坝的性能及其对人类发展做出的贡献进行过广泛的研究。在确认大坝对全球发展做出过重大贡献的同时，还认为大坝在许多方面产生过重大的影响，包括环境与社会影响。就环境问题而论，高强度的梯级水电开发，将会对流域的水文环境及生态环境产生严重的干扰，这些干扰不仅会彻底改变水生生物的栖息环境，还会对陆生生物的正常活动和栖息环境造成影响。

秦岭地区是大熊猫的主要分布区之一，拥有大熊猫栖息地面积为 347864hm²，占全国的 15.09%，同时还有较大面积的潜在栖息地。因此，秦岭地区是我国保护大熊猫的关键区域之一。然而，由于秦岭地区水利资源丰富，且当地经济社会发展较为落后，所以水电开发成为当地发展社会经济的主要方式之一。然而大量的水电站大坝建设势必对大熊猫的生存环境造成不可逆转的影响，威胁到岷山地区的野生大熊猫种群的生存与繁衍，从而给野生大熊猫保护带来新的挑战。

为有效评价大坝建设对野生大熊猫产生的影响，更好地为大坝选址、规划和大熊猫保护提供有益建议，2009 年在对秦岭地区的水电开发进行初步调查以后，选定渭水河流域为典型研究区，并对渭水河流域的水电开发情况和大熊猫分布和活动情况做了详细的调查。并在 GIS 相关软件的支持下，

报告作者：李俊生（中国环境科学研究院）、范志勇（WWF）、全占军（中国环境科学研究院）、胡理乐（中国环境科学研究院）、肖能文（中国环境科学研究院）、徐靖（中国环境科学研究院）、范俊韬（中国环境科学研究院）、周宁（北京林业大学）、吴晓箫（中国环境科学研究院）、纪中奎（中国环境科学研究院）、曾治高（中国科学院动物研究所）、长有德（WWF）、刘志涛（中国科学院动物研究所）、李振海（中国水利水电科学研究院水环境研究所）、王世岩（中国水利水电科学研究院水环境研究所）、王伟峰（陕西省林业厅野生动物保护管理站）、顾海军（四川省林业厅野生动物保护管理站）

报告合作单位：中国环境科学研究院

报告完成时间：2010 年 6 月

结合以景观指数法和流域水文分析法为研究手段，从景观尺度和种群尺度上评价区域内水电建设项目对大熊猫栖息地的直接影响和间接影响。研究的主要结论如下：

1. 渭水河流域水电站高密度梯级开发是水电站大坝建设对大熊猫及其栖息地影响的主要模式。渭水河流域 18 个已建和规划的大坝中，有 13 个大坝分布在秦岭大熊猫活动区域内。根据模拟计算结果，18 个梯级水电站的建设共造成 38.6km 的回水河段和 81.3km 的脱减水河段，干扰河段长度占渭水河总长度的 72%。由此表明，梯级水电站的开发建设对渭水河流域的影响是强烈的。这一影响模式在大熊猫分布区域的其它主要河流上也是广泛存在的，例如岷江流域。
2. 观音峡水电工程总占地 9.61hm²，其中永久占地 5.93hm²，施工临时占地 3.68hm²；拦河坝水库淹没影响面积 24.8hm²；工程影响范围总面积 9km²。工程建设总计破坏林地面积 0.28km²，主要为常见天然乔灌木林。在水电站建设期间，噪声是对环境有较大的影响，但是按照国家声环境质量标准，噪声的影响范围是 600m 以内。噪声源主要是砂石料加工系统。其次是施工废水对河流水质的影响，主要污染物为悬浮颗粒，最大影响长度为 2500m。观音峡电站运行期间，坝前最大水深 42m，回水长度 2.2km，库区水面宽 25 ~ 59m，由于该坝址正好处于兴隆岭种群和盘龙种群交流的走廊带上，对大熊猫活动隔离效应明显。大坝下游减水河段长度 14.3km，水文情势不稳定，在枯水期水量很小，甚至干涸，在丰水期和开闸放水时水量很大，最大水深达 2m，影响大熊猫的通过能力。
3. 水电站大坝建设对大熊猫造成的影响主要是加剧种群的隔离。这一隔离效应主要表现在两个方面：其一，对大熊猫种群交流的隔离效应，在原有的公路和河流的隔离效应的基础上，水电站大坝的建设使上游水位抬高，使走廊带完全失去作用，加重了隔离效应。秦岭东西两种群（兴隆岭种群和牛尾河种群）的完全隔离充分证明了这一点；其二，对大熊猫冬居地和夏居地之间迁徙的影响，梯级大坝的修建，抬高了上游整段河流的水位，使大熊猫无法穿越，从而隔断了大熊猫冬居地和夏居地之间迁徙路线。这一影响主要体现在大熊猫兴隆岭种群的迁徙上。如果这种隔离效应得不到有效的缓解，秦岭大熊猫种群将会被分割，从而引起种群的退化乃至最终消亡。
4. 由于渭水河本身的景观隔离作用，水电站的建设不会明显的增加大熊猫栖息地的景观破碎程度。渭水河流域水电站的建设，占用土地面积占流域总面积的 0.09%，且都是河谷地带的土地，仅侵占了 23.4 km² 潜在栖息地，没有侵占到大熊猫的栖息地，这主要是因为大坝位于低海拔河谷地带，这些区域通常不是大熊猫的栖息地。
5. 水电站大坝建设对大熊猫种群及其栖息地的次生性影响因素主要是与大坝相关的道路建设、大坝的噪音、较高的人流量以及河流水质的变化。这些次生性影响因素会引起大熊猫栖息地质量的下降。入坝公路和人流量频繁流动，会惊扰到大熊猫的正常活动，会使公路和大坝周围生态环境的恶化，从而造成大熊猫活动范围的缩小。而水电站大坝的修建，会造成大坝上游水质的富营养化，水质下降，同时大坝下游的河段在枯水季节会干涸，这些都会威胁大熊猫等陆生动物的饮水安全。

6. 根据以上研究成果,并结合国外绿色水电的认证标准,制定了水电开发对大熊猫种群影响的评价标准,并对其评价程序进行了说明,以期今后大熊猫种群和栖息地的保护工作提供参考。
7. 结合流域梯级水电开发的模式,及其对大熊猫种群影响的方式和特点,针对在高强度水电开发的情景下,提出大熊猫保护建议如下:
 - (1) 流域的梯级水电开发,要本着“适度开发、控制规模”的原则,尽量减少河流的梯级开发所造成的区域生态环境剧烈的变化。尤其是在一些珍稀动植物保护和生物多样性保护的关键区域,要减少水电开发,或者不开发。河流的上游地区一般是生态环境脆弱而又具有重要生态保护价值的地区,所以应减少对河流上游的水电开发程度,以利于流域的可持续利用和发展。
 - (2) 对大熊猫栖息地内大熊猫迁徙路线进行调查,明确大熊猫迁徙路线的分布,并对其进行保护。对一些潜在的大熊猫迁徙廊道,应进行恢复措施,如搬迁区域内的村民、退耕还林、在林下种植大熊猫主食竹等。在每年秋季和春季,大熊猫在其冬居地和夏居地之间迁徙的季节,应该停止海拔在 1400m 以上的水电站的施工建设,以防干扰大熊猫的迁徙。
 - (3) 加强对水电站周边栖息地与潜在栖息地上植被的变化及大熊猫活动的监测,从而研究水电站大坝建设对大熊猫种群及栖息地长期的影响模式。入坝公路应尽量沿河谷修建,避免对地形造成重大的改变,减少沿途陡坡的形成。
 - (4) 建立水电站建设的生态补偿机制。按比例提取水电开发的部分收益,建立流域大熊猫保护基金,在尽力减少水电开发对大熊猫的影响的基础上,消除农业生产、森林采伐等传统的影响因素。以流域梯级开发为契机,搬迁渭水河沿岸的农户,对渭水河沿岸的农田退耕还林,减少农业生产、生活对大熊猫栖息地和大熊猫迁徙的干扰,强化大熊猫走廊带建设和潜在栖息地的恢复。
 - (5) 在合适的条件下,可以对一些已建的水电站进行对大熊猫影响的评价,根据评价结果,对其进行适当的环境保护措施。

Abstract

Dam is an important water resource management infrastructure. Developing countries that eager to build the dam have been fully aware of the direct link between the storage water and the social-economic welfare. With the development of Water Resources and Hydropower, dam construction has entered a rapid development period. According to the International Commission on Dams to statistics, China has dams built and being built that higher than 15m accounted for 53% of the world. Especially in the past 10 years, more and more high dams and giant hydropower stations have been built, providing strong support for our energy supply and economic development. World Commission on Dams carried out extensive research on the performance of the dam over the world and its contribution to human development. They believe the dams had a significant in many ways, including environmental and social impact, while verify significant contributions to he global development of the Dam. In terms of environmental issues, high-strength hydropower developments have serious interferences on the hydrological and ecological environment, which are not only fundamental changes in aquatic habitats, but also affect the normal activities and habitats of terrestrial animals.

Qinling is one of the main giant panda distribution area, with an area of giant panda habitat 347864hm², accounting for 15.09%, as well as a large area of potential habitat. Therefore, Qinling region is one of the key areas which protect giant pandas in. However, due to abundant water resources rich in the Qinling area, and local economic and social development is lagging behind, hydropower development become the main way that develop local socio and economic. Water conservancy project on the giant panda's living environment will certainly cause irreversible effects, and thus brought new challenges to the protection of wild giant pandas.

In order to effectively evaluate the impact of dam construction to wild giant pandas and provide helpful advice for the dam site selection, planning and giant panda protection, the selected Xushuihe River Basin is the typical study area after preliminary investigation in the Qinling region in 2009, and investigates hydropower development situation and the giant panda distribution and activities in Xushuihe River valley.

And at the support of GIS software, combined with the landscape index and hydrological analysis as study means, evaluation the direct effects and indirect effects of hydropower projects on the region panda habitat from the landscape scale and the population scale. Main research conclusions are as follows:

- 1.The main pattern of the effect on giant panda and its habitat is high density hydropower cascade development in Xushui River Basin. 18 dams have been planning or construction in Xushui River basin, there are 13 dams located in the region of Qinling giant pandas .According to the analysis of submergence analysis and watershed results, the construction of cascade hydropower stations in Xushui River basins caused the backwater reaches 38.6km and 81.3km of river water cut off, interference length accounted 72% of the total

length. It is suggested that construction of cascade hydropower stations impacted on the Xushuihe River basin hydrology greatly. The impact model is widespread in the other major rivers of giant panda distribution area; especially the Minjiang River.

2. Guanyinxia hydropower project covers a total area of 9.61 hm², which permanently covers 5.93 hm², temporary construction covering 3.68 hm²; dam reservoir inundation affected area 24.8 hm²; project total surface area of 9 hm². 0.28km² forestland was destroyed; most of these is natural shrubs and timber. During the construction of hydropower stations, noise has a greater impact on the environment. However, according to the national standards for acoustic environmental quality, noise impact range is within 600m. Noise source is mainly aggregate processing system. The wastewater of construction also has impact on river water quality, the main pollutants is suspended particles, whose greatest impact length is 2500m. Due to local high air quality, light pollution will not cause a decline in air quality. During Guanyinxia Power Station operating period, the water depth before dam is 42m, backwater length is 2.2km, and reservoir water surface width of 25 ~ 59m. As the dam stood at the corridor of Xinglongling population and Panlong population, its isolation effect on the giant pandas was obvious. The length of water reduction is 14.3km, and hydrological situation is instability. The situation influence the passage of giant panda, that a small amount of water in the dry season, or even dry, but in the wet period and the time of release water, the maximum water depth is 2m.
3. Increased isolation degree of giant panda population is the main impact of Dam construction. This shown in two aspects: first, the isolation effect of panda population exchange was strengthened by the construction of hydropower dam besides the highway and rivers, because it raises the upstream water level so as to the corridor completely loses function. This is proofed by the complete isolation of the Xinglongling and Niuweihe populations. Secondly, the isolation effect of the migration of giant panda between winter and summer homes for the same reason. This impact is mainly reflected in the movement of Xinglongling population. If this isolation effect gets little of effective mitigation, Qinling giant panda population will be split, and the population will degenerate or eventually die.
4. Dam construction will result in the loss of panda habitat, but the lost less. This is mainly because the dam is located in lower elevation valley areas which are usually not the giant panda habitat.
5. The secondary factors of impact of Dam construction are mainly related to road to dam, dam of noise, high-traffic flow and water quality deterioration. These factors make the quality of habitat decline. With the station building, road into the dam and the increase of pedestrian flow will disturb the normal activities of the giant panda, but also make the ecological environment around the roads and dam worsen, resulting in a narrower range of giant pandas. Drinking water safety of giant pandas and other terrestrial animals was threatened by eutrophication of water in upstream and dry up in downstream in the dry season.

6. Based on the above findings, combined with the foreign green hydropower certification standards, the evaluation criteria that describe the impact of hydropower development on giant panda population was established and its evaluation procedures are described.

7. Therefore, the giant panda protection recommendations are as follows:

- (1) In the principle of "moderate development, control the development scale", Radical changes in the regional ecological environment caused by River hydropower development should be minimize. Particularly, in key areas which have some rare animal and plants or rich in biodiversity, we should reduce hydropower development, or do not develop. Upper reaches of the river is generally a fragile ecological environment but ecologically important areas of conservation value, it should reduce the level of its hydropower development in order to facilitate the sustainable use and development of river basin.
- (2) Investigate the giant panda migratory routes, clear distribution of giant panda migration routes, and protect them. Restoration measures should be implemented in some potential giant panda migration corridors, such as the relocation of villagers in the region, returning farmland to forests, planting bamboo in the forest, and so on. Each fall and spring, in giant panda's migration between winter and summer residence season, we should stop the construction of hydropower stations above 1400m, to prevent interference with the giant panda migration.
- (3) Strengthen monitoring to giant pandas in the surrounding habitats and potential habitats, so as to study long-term effects model of dam construction in the giant panda habitat. The road into the dam should be built along the river valley, to avoid significant changes of the terrain and the steep slopes.
- (4) Ecological compensation mechanism of station construction should be established. Withdraw proportional part of the proceeds of hydropower development, and establish giant panda conservation fund, try to reduce the impact of hydropower development on the giant panda based on the elimination of agricultural production, forest harvesting and other traditional factors. Taking the opportunity of cascade development, move farmers along Xushui River, and return the grain plots to forestry, reduce the interference of farming to the giant panda habitats and migration, strengthening the Giant Panda Corridor building and potential habitat restoration.
- (5) In the right conditions, the giant panda impact assessment can be carried out for some hydropower stations have been built. The appropriate environmental protection measures should implement according to the evaluation results.

前言

我国水电建设从解放初期装机 16.3 万 KW, 发展到 2002 年底装机 8607.5 万 KW, 预计到 2010 年, 全国水电装机容量达到 1.9 亿 KW, 占电力总装机容量的 26% 左右, 开发程度达到 35%, 其中大中型常规水电 1.2 亿千瓦, 小水电 5000 万千瓦。近年来, 随着国内外各界对生态和环境的问题日益重视起来。水电事业在走出技术、资金、市场等因素的困扰后, 又面临新的问题。随着经济社会的快速发展, 我国电力紧缺矛盾正在日益加剧, 发展水电是解决能源短缺的重要措施。但是修建大坝带来的生态问题应如何认识并妥善解决, 这已成为当前水电事业发展面临的一个重大挑战。可以说, 修建大坝带来的生态问题又将成为水电发展新的制约因素。只有把生态问题解決好了, 我国的水电事业才能得到进一步的发展。

不同的水利水电工程项目, 或同一工程的不同区域, 由于所处的地理位置不同, 其环境影响的特点各异。一般来说, 水利水电工程通常不直接产生污染问题, 其影响的对象主要为区域生态环境, 因而多属非污染生态项目。环境影响主要源于水库淹没和移民安置、水库水文情势的变化, 受影响最大和最为重要的通常是生物多样性、水质、水温、环境地质、景观、人群健康、土壤侵蚀、土地利用、社会经济等因子, 受影响的性质多数为不利影响, 有些是间接性的。尤其是蓄水大坝的建设, 使河岸带边缘发生剧烈变化。在蓄水后, 河岸带的长度一般会增加数倍, 老河岸带被新的河岸所替代。河岸带边缘的变化显著地影响着生物的分布格局、运动、采食, 而且在生物扩散、物种的局部灭绝、生物进化甚至形态趋异也扮演着重要的角色(姚维科 2006)。

大熊猫是我国的特有珍稀孑遗动物, 被誉为“国宝”和“活化石”, 已被列为国家 I 级重点保护野生动物和《濒危野生动植物种国际贸易公约》(简称 CITES 公约或华盛顿公约)附录 I 物种。目前, 大熊猫仅分布于秦岭、岷山、邛崃山、大相岭、小相岭和凉山 6 大山系中, 行政区划包括四川、陕西、甘肃三省的 16 个地(市、州)、45 个县, 栖息地总面积为 2304991 公顷, 野外种群数量约为 1596 只(国家林业局, 2006)。其中秦岭山系共有大熊猫分布 273 只, 占全国总量的 17.11%。人类活动的干扰和栖息地的破碎已经将野生大熊猫分隔为 20 多个孤立的小群体, 有的群体只有 3—5 只大熊猫, 遗传多样性的丧失正严重威胁大熊猫种群的生存。

在各级政府和 WWF 的长期努力下, 野生大熊猫及其栖息地保护工作虽然已取得一定进展, 但是目前大熊猫的正常生存和繁衍的形势依然不容乐观, 导致大熊猫栖息地退化、丧失和破碎化的威胁因素依然很多。根据以往的数据和研究, 原有的采伐、偷猎、放牧、耕种等传统威胁因素还没有完全消除, 大规模的道路建设、采矿、旅游、水坝等新的威胁因素又接踵而至。2003 年国际大坝委员会统计资料表明, 全球大坝总数近 49697 座, 中国约占 52%, 排名第一, 远远高于第二的美国(贾金生, 袁玉兰, 李铁洁, 2004)。大坝的修建使河流宽度和平均深度变大, 形成了许多大型哺乳动物

其迁徙路线上不可克服的障碍。大坝建设淹没了大片土地，毁坏了部分陆生植物的栖息地，使依赖于这些陆生植物生存的生物资源发生了变化。例如，伯利兹 2001 年建设 Chalillo 大坝淹没了 1000 公顷的原始热带雨林，使当地金刚鹦鹉（*Anser brachyrhynchus*）的巢穴被毁，并造成当地獾（*Tapirus bairdii*）种群的下降和美洲虎（*Pantera Onca*）捕猎区域的减少；又如，冰岛修建的 K á rahnj ú kar 大坝将影响北极圈大片的原始苔原，工程将淹没五百个当地稀有的红腿雁（*Anser brachyrhynchus*）的筑巢点，并且可能使冰岛仅存的驯鹿群消失（祁继英，阮晓红，2005）。大坝建设将改变该地区的土地利用方式，例如在中国澜沧江小湾大坝，入坝公路的修建将使当地物种栖息地更加破碎化（宋萌勃，2004）。大坝建设期的采石取土、弃渣、噪声、大气污染，均会对库区周围的陆生动物及其栖息地造成破坏。大坝生态效应具有累积性、复杂性、系统性以及不确定性。多种生态效应并不是独立存在和作用的，其间都会存在这样或那样的联系，在不同时空尺度上同时出现或相继频繁出现链式特征明显，起到强化或弱化作用，最终会形成生态效应群。大坝对该地区生态系统和野生动物的影响还表现在一些大坝的建设改变了当地的生产生活方式，从而对该地区的野生动物种群和栖息地产生更为深远的间接影响。

据统计，十五期间直接在大熊猫栖息地及周边地区的大型建设项目投资总额接近 1357 亿元人民币，主要以交通项目和水利项目为主，基础设施和工程建设成为影响大熊猫种群生存和恢复的一道新的障碍。因此，非常有必要开展重大地表建设工程对大熊猫栖息地生态环境影响研究，特别是水电建设项目对大熊猫栖息地的影响。

基于上述状况，在 WWF 的支持下，本课题以陕西秦岭地区大熊猫栖息地作为研究区域，从景观尺度和种群尺度上评价区域内的水电建设项目对大熊猫栖息地的直接影响和间接影响。在流域尺度上全面系统地分析水电站建设对秦岭地区大熊猫栖息地保护带来的影响，并选取有代表性的水电站进行典型案例分析，探索水电站建设对大熊猫的影响途径和方式，并建立一套评价指标体系，以评价其影响程度；在典型水电站研究的基础上，尝试对高密度梯级水电站开发模式对大熊猫种群的影响进行评价，并由此建立一套评价指标体系和技术体系。最后，在评价的基础上，分析该区域大熊猫保护及自然保护区建设的对策，以期为该区域大熊猫及其栖息地保护和经济建设协调发展提供对策和参考依据。

1. 研究区概况

1.1 研究区地理位置

秦岭地区是我国大熊猫主要分布地区之一，拥有大范围的大熊猫栖息地。研究区域为秦岭中段南坡和汉江以北的自然保护区群，地处陕西省南部，秦岭主梁的正南方，行政区划包括佛坪、洋县、太白、周至、宁陕、留坝、城固等 8 个县境内。位于东经 $106^{\circ} 29' 50''$ - $108^{\circ} 47' 57''$ ，北纬 $32^{\circ} 50' 18''$ - $34^{\circ} 00' 18''$ 。由板桥自然保护区、牛尾河自然保护区、黄柏塬自然保护区、太白山自然保护区、盘龙自然保护区、长青自然保护区、佛坪自然保护区和观音山自然保护区等 20 个保护区组成（见图 1-1）。

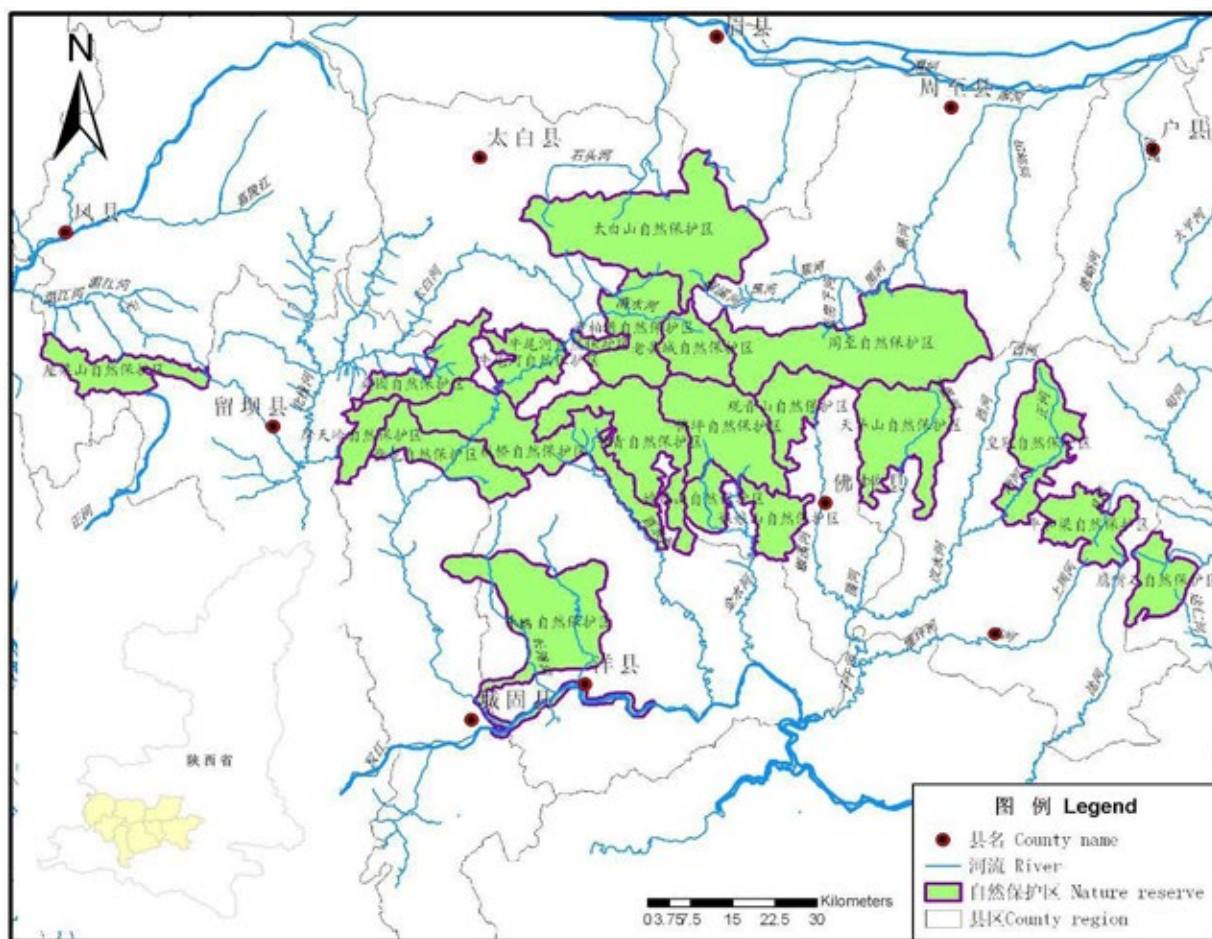


图 1-1 研究区地理位置及保护区分布

Fig1-1. The Location of Research Area and Distribution of Reserve

1.2 研究区自然环境概况

研究区地处中纬度地带中国西北部暖温带南缘，冬季盛行偏北、西北气流，寒冷而干燥，降水偏少；夏季受西南及太平洋暖湿气流影响，气候炎热湿润；春秋季处于冬夏季的过渡期，气候变化

较大，四季分明，属典型的内陆季风气候。大熊猫栖息地主要位于秦岭的南坡，属典型的亚高山气候，由于受山地条件及大气环流的影响，与秦岭北坡气候差异明显，但与北坡一样，各种自然因素也形成了明显的垂直变化和气候带。从气候垂直变化来看，由低向高依次出现了暖温带（1400m 以下）、温带（1400 ~ 2650m）、寒温带（2650 ~ 3400m）和亚寒带（3400m 以上）。由于受高大的秦岭山脉阻挡，在冬季来自西北的寒流对栖息地影响减弱，所以大熊猫栖息地在冬季没有北坡寒冷，而夏季高大的山体又截获了来自太平洋的东南暖湿气流和印度洋的西南暖湿气流，降水明显又多于北坡。

由于该区地处暖温带和北亚热带的过渡区域，更由于相对高差很大，因而成土因素的组合复杂多样，形成的土壤类型繁多，并且在山体上分布的垂直地带性分异十分明显，由下向上分别为山地沼泽土（隐域）、山地褐土（1300m 以下）、山地棕壤（1300~2300m）、山地暗棕壤（2200~3200m）、亚高山草甸土（3100~3400m）和高山草甸土（3300~3760m）六个类型（唐征等，2003 年）。

在水文上，本区地处长江与黄河两个流域，西半部为秦岭南坡，属长江流域汉江的支流渭水河的上游，渭水河在太白山南坡流向自东向西，接纳了龙洞沟、太白河、大小干河、海塘河和红崖河的水流后在黄柏塬流出；东南部属于黄河流域渭河支流的黑河上游，黑河自南向北流入渭河，依次接纳了钓鱼台河、后沟和大蟒河等主要河流的水流后从沙梁子流出。由于太白山的山势陡峭，河谷深切，比降较大，因此河流的流速很大，年径流量最大的有钓鱼台河、红崖河、太白河和大蟒河，一般年径流量在 2 亿 m^3 左右，其它河流的径流量约 1 亿 m^3 左右。

在中国植被区划中，该地区的植被属暖温带落叶阔叶林区域与亚热带常绿阔叶林区域的过渡地带，植被种类丰富，区系组成复杂（中国植被编辑委员会 1995）。受高大山体的影响，植被垂直分布特征比较明显，自下而上形成了以栓皮栎、锐齿栎、红桦、牛皮桦、巴山冷杉、太白红杉及高山灌丛等为建群种的植被群系，森林覆盖率 94.3%。在太白山南坡形成的森林垂直带谱十分明显，海拔 750~2650m 为山地落叶阔叶林带，主要树种有栓皮栎、锐齿栎、辽东栎、红桦、牛皮桦及华山松等，林下竹子有秦岭箭竹、拐棍竹和巴山木竹；海拔 2600~3350m 为亚高山、高山针叶林带，主要树种有巴山冷杉、太白落叶松、云杉、油杉、槭等，林下竹子为秦岭箭竹一种；海拔 3300m 以上为高山灌丛草甸带，主要灌丛有聚枝杜鹃、爬柳、高山绣线菊等，几乎无竹子分布（雷明德等，1999 年）。大熊猫栖息地主要处于落叶阔叶林带、桦木林带、针叶林带 3 个植被带内。

1.3 研究区大熊猫分布及生存状况

1.3.1 大熊猫栖息地和潜在栖息地

陕西省的大熊猫栖息地面积为 347864 hm^2 ，占全国大熊猫栖息地总面积的 15.09%。在 8 个分布县中，栖息地面积居前三位的县依次是：太白、周至、宁陕，分别占全省栖息地总面积的 22.91%、19.47% 和 19.27%。陕西省大熊猫栖息地主要位于秦岭山脉主峰太白山以南地区。从大的地理分布格局看，呈现为 5 个相对隔离的斑块，由东到西分别称之为平和梁栖息地、天华山 + 锦鸡梁栖息地、

兴隆岭 + 太白山栖息地、牛尾河栖息地和青木川栖息地。其中平和梁和天华山 + 锦鸡梁栖息地是由于森林采伐和农业生产而造成隔离；天华山 + 锦鸡梁和兴隆岭 + 太白山栖息地是由于 108 国道的修建以及国道沿线的人居活动而造成隔离；渭水河沿岸的农业生产则导致了兴隆岭 + 太白山和牛尾河栖息地之间的隔离；宁强青木川栖息地距离秦岭主分布区较远，隔离原因主要是农业生产。在这五块栖息地中，兴隆岭 + 太白山栖息地面积最大，其次是天华山 + 锦鸡梁栖息地，青木川栖息地面积最小。兴隆岭 + 太白山栖息地、天华山 + 锦鸡梁栖息地和牛尾河栖息地构成陕西省大熊猫栖息地的主体部分。

1.3.2 秦岭大熊猫局域种群特征及发展趋势

全国第三次大熊猫调查 (2006) 调查结果表明，陕西秦岭山区分布的大熊猫可分为 6 个局域种群，由东向西分别是平河梁局域种群、锦鸡梁局域种群、天华山局域种群、兴隆岭 - 太白山局域种群、牛尾河局域种群和紫柏山局域种群。

(1) 平河梁局域种群

位于宁陕县旬阳坝乡平河梁与镇安县木王乡相交地带，栖息地面积约为 10663hm^2 ，分布有大熊猫 5 只左右，是野生大熊猫分布的最东界。根据野外调查收集的粪便分析，该局域种群中多为成年大熊猫，最少有雌性成年大熊猫 1 只。

(2) 锦鸡梁局域种群

位于宁陕县钢铁乡锦鸡梁与秦岭主梁交汇地带，栖息地面积约 19337hm^2 ，分布有 6 只大熊猫。历史上应和天华山局域种群连在一起 (前两次调查)，后由于栖息地植被退化被隔离成两个小的局域种群。近年来实施的天然林保护工程已经使该区域内的植被得到较好恢复，竹林生长良好，是秦岭大熊猫东扩的理想地。该局域种群可能会因由天华山局域种群扩散过来的大熊猫加入而壮大，也会有部分扩散到平河梁一带。

(3) 天华山局域种群

位于宁陕的四亩地 (原宁西林业局)、佛坪的长龙 (原龙草坪林业局) 以及周至的板房子、安家岐 (周至保护区 108 国道以东) 一带，栖息地面积约 43366hm^2 ，分布有大熊猫 12 只。该栖息地斑块和局域种群是秦岭大熊猫种群向东扩散的关键，目前该地区的竹林已经由 20 世纪 80 年代末采伐期的枯死转向良性生长，逐年茂盛起来 (天华山自然保护区监测数据)。尽管由于 108 国道的阻隔，没有与兴隆岭 - 太白山主种群连接起来，但由其稳步增长的数量来看，可以推测兴隆岭种群有大熊猫向此处扩散。该栖息地内大熊猫种群密度较低，有较大发展潜力，如果该处栖息地能不断得到改善，将会成为秦岭地区大熊猫的另一重要栖息地。

(4) 兴隆岭—太白山局域种群

是秦岭大熊猫的最大局域种群，也是主种群。位于佛坪、洋县、太白、周至 4 县相交的地带，包括佛坪、长青、周至、老县城、太白山 5 个自然保护区以及太白林业局黄柏源一带和周至厚珍子

林场部分地区。栖息地面积约 188828hm^2 ，分布有大熊猫 219 只。由于 5 个自然保护区的庇护，该栖息地斑块生境条件良好，大熊猫种群密度高，大熊猫个体之间交流也相对容易。按照集合种群理论，该局域种群应当属秦岭地区的“源”，起着向其它局域种群补充个体的重要作用。限制其扩散的原因有栖息地破碎化，如公路阻隔、农业耕作区、长距离的食物匮乏（无竹子）等。因此，在各栖息地斑块之间建立走廊带以恢复其通行所需的植被条件和消除通行障碍是迫切之举。

（5）牛尾河局域种群

位于太白县黄柏源乡（原二郎坝乡）牛尾河一带和留坝桑园乡松坪子一带，由于渭水河沿岸的农业生产将其与兴隆岭—太白山局域种群隔开。该处栖息地面积为 48676hm^2 ，有大熊猫 29 只，属秦岭第二大局域种群。该局域种群密度仅次于兴隆岭—太白山局域种群，根据近年的监测结果，大熊猫种群有向西扩散的趋势，2004 年在摩天岭自然保护区就已经在多处发现大熊猫食迹和粪便。

（6）紫柏山局域种群

位于凤县境内的紫柏山一带，现在凤县屋梁山自然保护区境内，2004 年 12 月首次在该地发现大熊猫。2005 年 6 月陕西林业厅组织到该地进行了调查，估计栖息地面积 6400hm^2 ，分布有大熊猫 3–4 只，据推测应该是由牛尾河局域种群中扩散而来。

从秦岭大熊猫的分布格局来看，南北分布主要是受农业耕作带和高山的影响，而东西向分布却有一定的规律。大熊猫的东西向分布以兴隆岭—太白山为中心，向东西两端逐渐扩散，数量和种群密度都在逐渐递减，形成对称局势。尤其是在凤县发现大熊猫后，这种格局更加明显。各局域种群之间的距离也由中心（兴隆岭）向两边逐渐增大。兴隆岭—牛尾河痕迹点之间的最大距离为 7.8km ，兴隆岭—天华山痕迹点之间距离为 9km ，天华山—锦鸡梁 10.1km ，锦鸡梁—平河梁 27.4km ，牛尾河—紫柏山 41km 。

1.3.3 大熊猫种群数量和种群密度

陕西省大熊猫种群数量为 273 只，占全国大熊猫种群数量的 17.11%；种群密度为 $0.078\text{只}/\text{hm}^2$ （第三次全国大熊猫普查）。在 8 个分布县中，种群数量位居前三位的是：佛坪、洋县、周至，分别占全省大熊猫总数量的 33.33%，21.25% 和 19.78%；种群密度位居前三位的是：佛坪、洋县、周至。

将大熊猫种群密度等级划分为三级，其中低密度为 $0.001\text{--}0.06\text{只}/\text{km}^2$ ，中密度为 $0.06\text{--}0.2\text{只}/\text{km}^2$ ，高密度为 $>0.2\text{只}/\text{km}^2$ 。如图 1–2。

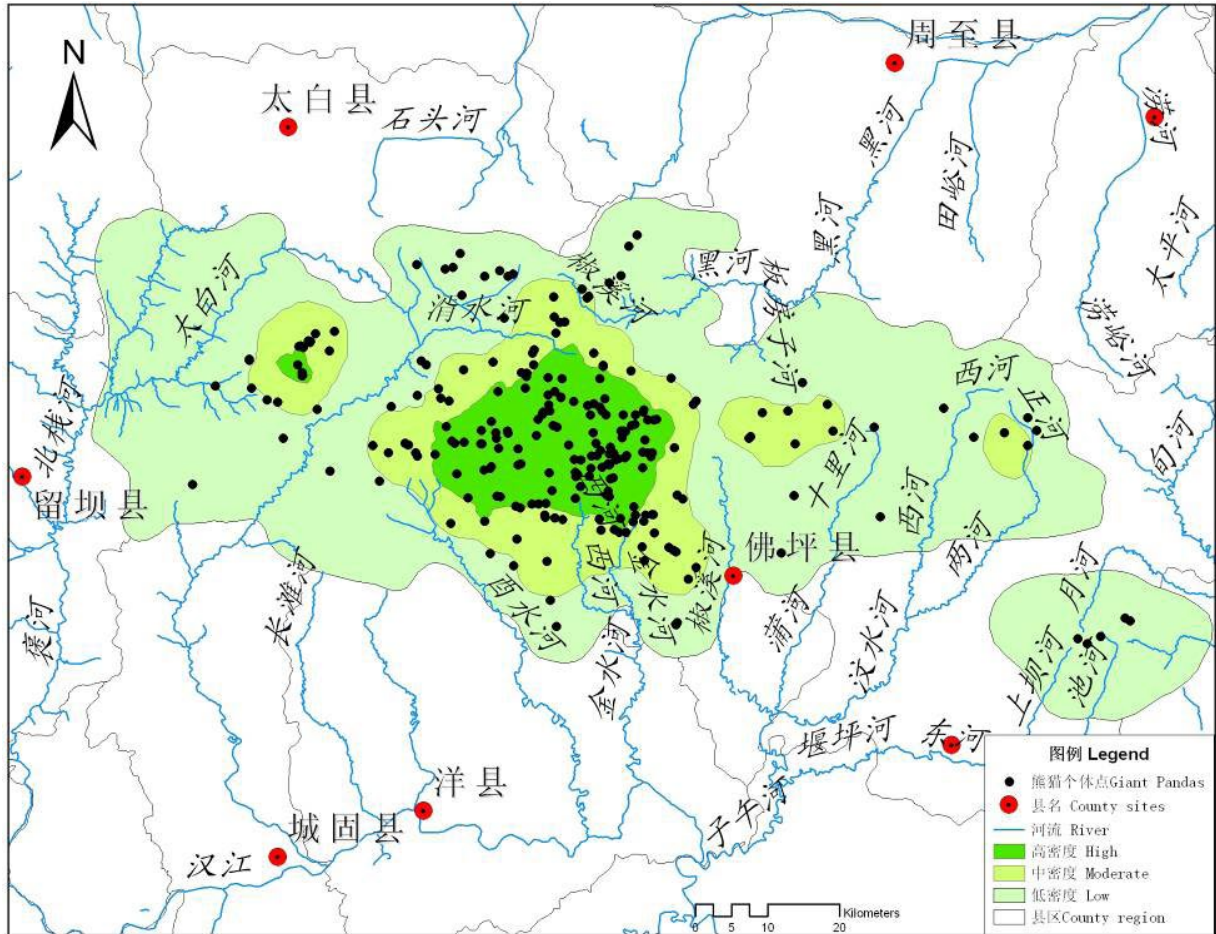


图 1-2 秦岭大熊猫种群密度等级图

Fig.1-2 Density Level of Panda Population in Qinling

从图中可以看出, 高密度区域主要位于佛坪、洋县、周至、太白 4 县交界处的秦岭支脉兴隆岭地区以及太白和留坝两县交界处的牛尾河地区。兴隆岭周边地区、牛尾河周边地区、天华山主峰周围以及锦鸡梁周围为中密度区, 其余地区为低密度区。

1.3.4 面临的威胁

大熊猫所面临的威胁主要来自于人的生活生产活动。人为干扰活动按其作用方式可分成对栖息地有影响的和对栖息地有破坏作用的 2 大类。对栖息地有影响的干扰因子主要有: 打猎、挖药、旅游、割漆和养蜂。这类干扰主要是由于人类在大熊猫栖息地内活动, 获取木材之外的资源, 基本不改变栖息地结构。安套子的打猎方式会误伤大熊猫, 其余的会使大熊猫暂时离开该干扰活动发生的区域。

对栖息地有破坏作用的包括采伐、道路、放牧、割竹挖笋、耕种、火灾、采矿、砍柴、烧炭和造林。这类干扰直接会改变大熊猫生存的栖息地的生态系统的结构, 采伐、砍柴、烧炭等会改变乔木层的组成, 放牧、割竹挖笋等会改变竹林的结构, 道路、耕种、采矿等则会彻底改变栖息地的面貌和结构, 并且有隔离的作用。

此外，还有竹子开花、滑坡、泥石流等自然灾害对大熊猫栖息地的威胁。但是，滑坡、泥石流等自然灾害从某种程度上说也是由人类过分的生活生产活动所造成的。根据研究，竹子开花，有利于大熊猫种群的迁徙扩散。但是由于人类对大熊猫栖息地的破坏，使大熊猫的适宜生境大面积破碎化和消失，迁徙通道也受到破坏。从而使竹子开花严重威胁到了大熊猫的生存。

2. 典型流域及大坝的选取

2.1 典型流域的选取

根据本研究的需要，我们按照流域与大熊猫栖息地的位置和流域的水利开发强度为基本原则，选取典型流域进行研究。

表 2-1 汉江流域主要支流水电开发强度及水电站分布
Tab.2-1 Hydropower Development Intensity and Distribution Hydropower Station of Main Tributaries in Hanjiang Basin

项目 河流	已建电站数量	规划电站数量	在大熊猫栖息地内 水电站数量	在大熊猫潜在栖 息地数量
北栈河	0	3	0	1
太白河	0	0	0	0
渭水河	6	13	5	8
酉水河	0	4	0	0
金水河	2	0	0	0
汶水河	0	0	0	0
池河	2	0	1	1

表 2-1 表明，在汉江以北大熊猫栖息地内主要的七条支流中，从已建电站数量、规划电站数量和水电站在大熊猫栖息地和潜在栖息地内的数量上看，渭水河均居首位。可见渭水河的水电资源开发强度很大，对大熊猫栖息地及潜在栖息地的可能影响也较大。因此，我们选取渭水河流域为典型研究对象。

2.2 渭水河概况

渭水河是汉江北岸的一级支流，发源于秦岭南麓周至境内的光头山，从周至老县城开始折向西流，在青龙寨附近流入太白县，在黄柏塬附近渭水河折向西南，在黑峡子下游附近流出太白县进入洋县，然后在文家坝附近进入城固县，于城固县城东南约 7km 的汉王城附近注入汉江。先后流经周至、太白、洋县和城固四县，河流全长 165.5km，流域总面积 2307km²，河口断面多年平均径流量 11.32 亿 m³，多年平均流量 35.90m³/s。渭水河两岸支流发育较对称，流域呈羽状，右岸较大支流从上到下

有太白河、红岩河、观音峡、牛尾河等，左岸较大支流从上到下有大箭沟、平堵河、板凳河等。

渭水河河系发育，支流呈羽型分布，流域面积大于 100km² 支流在大熊猫栖息地内和潜在栖息地内的有太白河、红岩河、大箭沟等 3 条，小支流有小箭沟、猫儿河等 2 条。其中大箭沟是渭水河左岸较大支流，河长 20.4km，河流比降 5.25‰，流域面积 117.6km²，多年平均径流量 6470 万 m³。流域上游段流经太白山自然保护区及渭水河水生野生动物保护区，海拔 3000 ~ 2000m，该区水源涵养条件好，植被覆盖良好，河水无污染，水质清澈。渭水河流域中游和上游主要河流水文参数详见表 2-2。

表 2-2 渭水河流域中游和上游主要河流水文参数表

Tab.2-2 Main Hydrological Parameter of Middle and Upper of Xushui River

水系	河流	支流	河长 (km)	河流比 降 (‰)	落差 (m)	流域 面积 (km ²)	多年平均 径流量 (亿 m ³)	多年平 均流量 (m ³ /s)	水能理论 蕴藏量 (MW)	可开发 量 (MW)
汉江	渭水河		41.1	13.7	625.13	883	5.43	17.2	110.10	42.60
		太白河	18.8	7.58	1425.04	70.5	0.317	1.00	3.03	0.15
		红水河	20.8	5.69	1103.52	116.2	0.639	2.013	11.76	
		大箭沟	20.4	5.25	1281.0	117.6	0.647	2.026	12.89	0.73
		小箭沟	11.4	8.96	1021.44	26.7	0.147	0.466	2.33	
		猫儿沟	8.5	8.31	706.35	23.5	0.129	0.409	1.02	0.20
		观音峡	23.0	4.74	1090.20	98.1	0.540	1.712	9.15	
		石塔河	9.7	7.20	698.40	26.9	0.148	0.470	1.61	
		积鱼河	8.9	9.65	858.85	20.5	0.113	0.358	1.51	
		牛尾河	22.4	3.92	878.08	89.4	0.465	1.474	6.35	0.42

渭水河水力资源丰富，干流水能理论蕴藏量约 16.67 万 kW，对渭水河水力资源开发利用的前期工作始于上世纪六十年代初期，先后有多家单位对渭水河开展过规划和研究工作，并针对不同时期的开发目标与要求，提出过深度不同的成果资料，促进了渭水河水力资源的开发利用。

2002 年 4 月陕西省水利电力勘测设计研究院根据渭水河流域的地形地质条件和社会经济发展等方面的实际情况，在渭水河中游河段（太白县金龙一期电站尾水至升仙村共 74km，水能理论蕴藏量 9.53 万 kW）规划了五个梯级电站，自上而下为洋县的沙坝水电站、城固县的石槽、白崖子、双溪、焦崖，其中沙坝为混合式电站、双溪为引水式电站，其余 3 级均为堤坝式布置形式，5 个梯级电站总装机容量 8.96 万 kW，占全河水能蕴藏量的 53.7%，占该河段水能蕴藏量的 94%。

目前陕西省有关部门已经批准河段规划中的沙坝水利枢纽工程由一级开发调整为八仙洞和清溪河口两级开发。2004 年 7 月汉中市水利水电建筑勘测设计院完成的《陕西省湑水河城固段流域梯级开发调整规划报告》将湑水河城固段梯级开发拟定为马家沟、白果树、狮子坝、双溪、焦崖两库五级开发方式。

2004 年 2 月水利部农村电气化研究所受陕西省太白县水利局委托，对太白县境内湑水河段水能梯级进行开发规划，并于 2004 年 5 月编制完成了《陕西省太白县湑水河水能梯级开发规划报告》，根据该规划报告，在湑水河中游河段已先后开发建设核桃坪、黄柏源、二郎坝以及金龙水电站的基础上，规划在太白县境内的上游河段，自上而下建设古字梁水电站、双洞子水电站、将军台水电站、观音峡水电站、金观水电站、黑峡子等 6 座水电站，规划总装机容量 3.6 万 kW，其梯级布置已基本形成。湑水河水电梯级开发方案指术经济指标见表 2-3，各梯级电站位置见图 2-1。

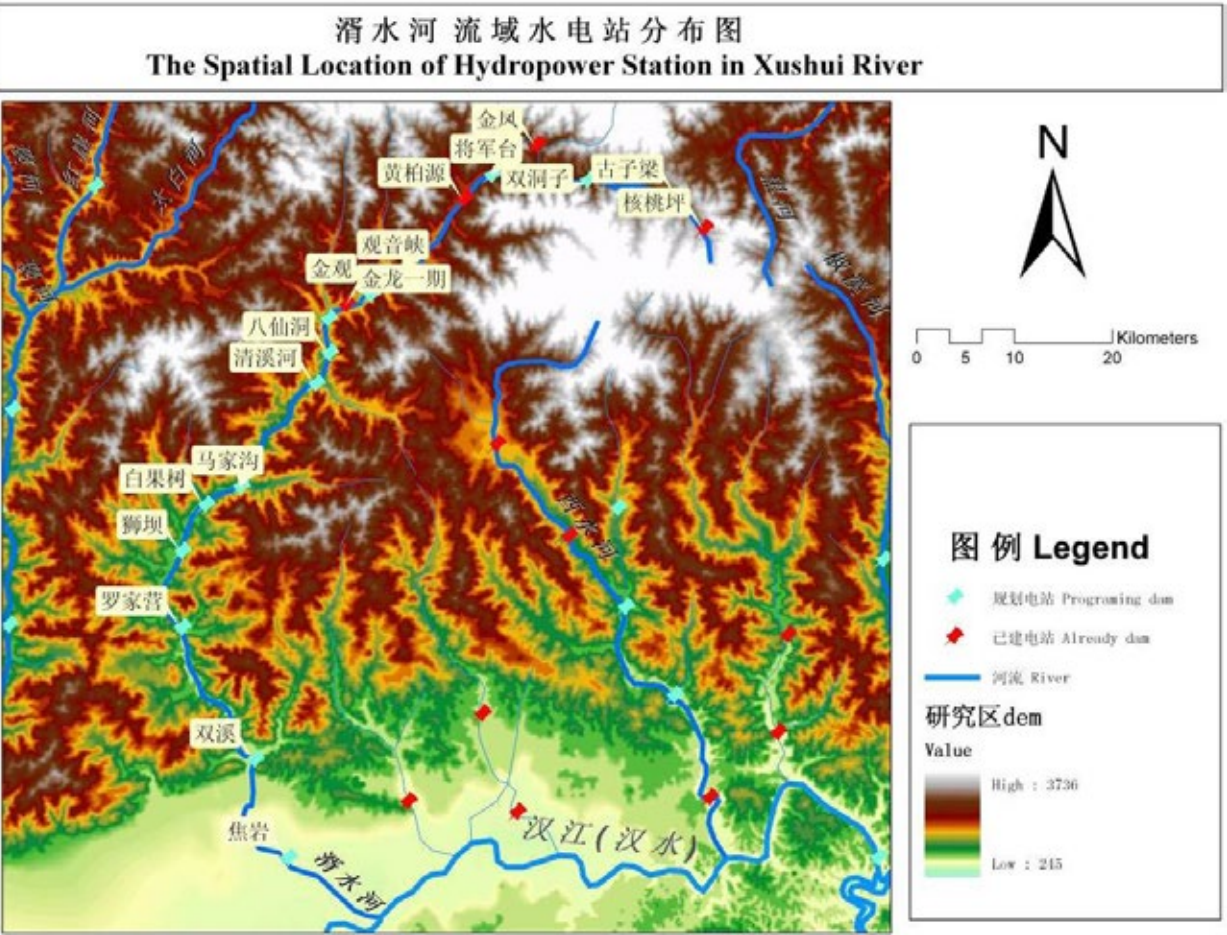


图 2-1 湑水河流域水电站分布图

Fig.2-1 The Spatial Location of Hydropower Station in Xushui River

表 2-3 渭水河梯级开发方案技术经济指标

Tab.2-3 The Technical and Economic Indicators of Cascade Development Programs in Xushui River

梯级电站名称	控制流域面积 (km ²)	年径流量 (亿 m ³)	调节性能及调节库容	开发方式	正常蓄水位 (m)	装机 (kW)	保证出力 (kW)	年发电量 (万 kW.h)	备注
古字梁	145	0.75	0	混合式	1466.0	2000	908	936	规划
双洞子	261	1.34	0	引水式	1283.0	2000	1181	839	规划
将军台	294	1.52	30	引水式	1233.0	2000	930	798	规划
观音峡	542	2.79	714	引水式	1225	26000	4435	9424	已建
金观子	717	3.70	0	引水式	——	1000	——	358	规划
黑峡子	933	4.81	50	引水式	914	4000	288	682	规划
黄柏塬	——	——	——	——	——	110	——	12	已建
核桃坪	——	——	——	——	——	55	——	5	已建
金龙二期	780	4.5	——	——	1066.0	12000	——	——	已建
金龙一期	810	3.63	——	——	1004.5	8000	2000	3100	已建
八仙洞	——	——	——	——	——	2500	——	——	规划
清溪河口	——	——	——	——	——	2000	——	——	规划
马家沟	1311	6.41	季调节	混合式	790	25000	2120	7936	规划
白果树	1434	7.03	无调节	引水式	715	13000	1360	4763	规划
狮 坝	1627	7.95	无调节	引水式	670	14000	1460	5144	规划
双 溪	1754	8.99	无调节	引水式	619.5	10800	1748	4240	规划
罗家营	——	——	无调节	引水式	——	2000	——	——	已建
焦 崖	2143	10.83	不完全年	坝后式	580	25200	4788	8698	规划

从大熊猫的分布状况来看，位于渭水河段上的水电站穿越了大熊猫的低密度（0.001~0.06 只 / km²）分布区，而核桃坪水电站位于大熊猫的中密度分布区（0.06~0.20 只 / km²），谷子梁水电站则位于大熊猫的中密度分布区（0.06~0.20 只 / km²）且紧临高密度（> 0.20 只 / km²）分布区（见图 2-2）。第三次全国大熊猫调查资料显示，秦岭山区水电建设所在的陕西省太白县、洋县、佛坪县和宁陕县分别分布有大熊猫 11 只、52 只、82 只和 4 只（国家林业局，2006）。

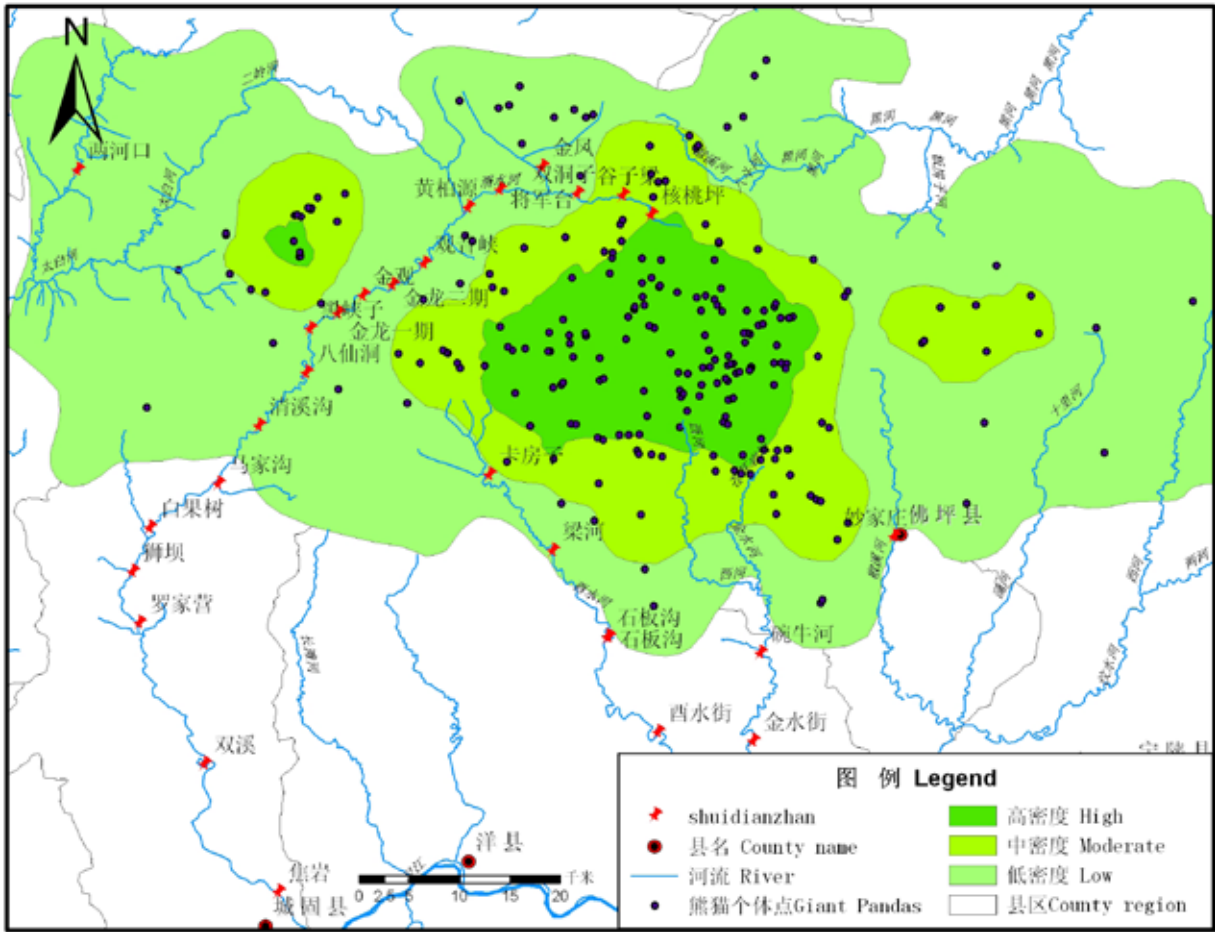


图 2-2 渭水河水电站分布与大熊猫分布密度关系图

Fig.2-2 The Distribution of Hydropower Station and Panda Density in Qinling

2.3 典型大坝的选取

大坝的建设规模直接关系到大坝对当地生态环境的受影响程度，大坝的规模越大，水库淹没的土地就越多，水库水文情势的变化也越大。大坝建设期的采石取土、弃渣、噪声、大气污染，均会对库区周围的陆生动物及其栖息地造成破坏（宋萌勃 2004）。大坝所处的位置直接关系到对大熊猫栖息地的影响程度。

本研究从大坝建设规模、建设的年限、大坝位于大熊猫栖息地位置特点三个层次上选取典型坝点。

由表 2-4 可知，在渭水河上已建的 6 个水电站中，观音峡水电站的调节性能及调节库容是最大为 714，保证出力最大为 4435KW，其年发电量远远大于其它水电站，为 9424 万 KW · h，而且观音峡水电站于 2004 年开始规划，2005 年对其项目进行了环境评价，2006 年开始兴修于 2008 年完工。从大坝位于大熊猫栖息地的位置特点来看，观音峡水电站位于渭水河两岸大熊猫栖息地的中央位置，是大熊猫兴隆岭、平河梁和桑园种群迁徙和交流的走廊地带，对大熊猫栖息地的影响具有代表性。

表 2-4 渭水河典型大坝选取指标

Tab.2-4 The Selection Indicators of Typical Dam in Xushui River

梯级电站 名称	控制流 域面积 (km ²)	调节性 能及调 节库容	正常蓄 水位 (m)	装机 (kW)	保证 出力 (kW)	年发电量 (万 kW.h)	与大熊猫栖息地位置关 系
观音峡	542	714	1225	26000	4435	9424	位于兴隆岭、桑园和平 和梁种群栖息地之间
黄柏塬	——	——	——	110	——	12	位于兴隆岭和桑园种群 栖息地之间
核桃坪	——	——	——	55	——	5	位于平和梁栖息地内
金龙二期	780	——	1066.0	12000	——	——	位于兴隆岭、桑园和平 和梁种群栖息地之间
金龙一期	810	——	1004.5	8000	2000	3100	位于兴隆岭、桑园和平 和梁种群栖息地之间
罗家营	——	无调节	——	2000	——	——	不在大熊猫栖息地内

综合上述几点，选择观音峡水电站大坝作为本研究的典型大坝，研究该水电站大坝建设对大熊猫栖息地及其种群的影响方式及作用途径。

2.4 观音峡水电站概况

太白县观音峡水电站位于太白县境内的渭水河上游。坝址位于渭水河与其支流大箭沟汇合口上游约 500m 的渭水河峡谷河段，发电厂房位于渭水河与支流观音峡汇合口处的渭水河右岸的滩地上，坝址距太白县城 80km，距宝鸡市约 130km。地理坐标为东经 107° 30'，北纬 33° 47'，海拔高程在 1500m 以下。该处河谷较窄，谷底宽约 30m，为基本对称的“V”形河谷，两岸基岩大多裸露，坡度为 35° ~ 60°，基岩岩性为花岗岩，构造不发育。其任务以发电为主，并承担季调节洪水的综合利用任务。

观音峡水电站主要由干流拦河大坝、支流堰坝、支流引水系统、发电引水系统、电站厂房及升压站等建筑物组成。拦河大坝为混凝土拱坝，坝顶高程约 1227m，最大坝高 49m，坝顶长约 192.5m，正常蓄水位 914m，总库容 700 万 m³，正常蓄水位库容 625 万 m³。电站发电引水洞布置于渭水河右岸，进口位于坝址上游约 50m 处，为竖井式，进水口后接隧洞，至调压井前隧洞长 8481m，调压井后为压力管道长度 546m，分别由平洞段、竖井段、下平洞段和钢岔管段组成。拱坝至电厂之间的引水隧洞全长 9027m；支流引水系统位于支流大箭沟与渭水河汇合口上游 1.25km 处，为混凝土重力引水堰坝，大箭沟引水隧洞全长 1453m；电站地面厂房布置于右岸的下游，距上游坝址约 9km。

观音峡水电站回水长度为 2.2km，所形成的水库水面面积不大，约 24.8hm²，淹没范围内有耕地、林地及天然杂灌，植被损失面积约 22.8 hm²，淹没范围内土地利用类型完全改变，生态系统由陆生改变为水生。根据调查，淹没所占耕地多为坡度大于 25° 的坡耕地，无珍稀植物，无基本保护农田。该地区土地利用现状以农林业为主，气候类型为暖温带气候，本应属于低山丘陵水源涵养与水土保持功能区。

根据《陕西秦岭国家级生态功能保护区规划》，观音峡水电站工程开发区在整个秦岭生态功能区规划中总体属于Ⅱ区。该区水源涵养和生物多样性资源相对丰富集中，功能重要性极其重要，生境敏感性极高，生态环境现状优，分区为中心保护区。该区发展的主要目标与任务之一为：加快大熊猫自然保护区、珍稀动物走廊带建设，使秦岭西段主脊一线的自然保护区连成一片，形成秦岭自然保护区群。因此，有必要将观音峡水电站作为典型研究对象，分析其建设对大熊猫栖息地和走廊带的影响，为秦岭自然保护区群的建设提供参考。

3. 野外调查及结果分析

为进一步明确水电站空间位置及其与大熊猫种群、栖息地的关系，正确评估水电站建设对大熊猫的影响，我们采用了野外实地走访调查和样方调查方法，对渭水河中游沿线的大熊猫出没情况、两侧的植被类型、可食竹分布、人类活动干扰状况进行了调查，以期为下一阶段的数据分析奠定基础。

3.1 野外调查方法

渭水河发源于秦岭南麓周至境内的光头山，从周至老县城开始折向西流，在青龙寨附近流入太白县，在黄柏塬附近渭水河折向西南，在黑峡子下游附近流出太白县进入洋县，然后在文家坝附近进入城固县，于城固县城东南约 7km 的汉王城附近注入汉江。先后流经周至、太白、洋县和城固四县，河流全长 165.5km，流域总面积 2307km²。

从地理分布看，渭水河已建水电站主要集中在黄柏塬至平堵河口段，该河段的黄柏塬大坝至八仙洞大坝河段对东侧的兴隆岭 + 太白山栖息地与西侧的牛尾河栖息地之间存在一定程度的隔离，主要因为渭水河沿岸的农业生产活动，而水电站的建设使河流水位升高，进一步加剧了对公路两侧大熊猫栖息地兴隆岭 + 太白山栖息地与牛尾河栖息地之间的隔离。

渭水河段所建水电站对大熊猫及其栖息地影响的主要是核桃坪至文家坝河段上的大坝，观音峡水电站坝址位于渭水河与其支流大箭沟汇合口上游约 500m 的渭水河峡谷河段。为此，我们重点对观音峡水电站拦河大坝到发电厂房及 2.2km 的大坝回水段进行了野外的实地调查访问工作，以具体了解水电站建设对大熊猫活动及其栖息地保护的影响。

依据观音峡水电站环境评价中要求，重点考虑减水段河道及拦河坝水库淹没的范围，结合周围自然社会环境情况，主要考察电站两侧河谷 500 m 内所导致的影响的原则，我们在可能对大熊猫种

群及其栖息地存在影响的回水河段和断流河段以样线套样方的方法，在河流两侧 500 m 内设置调查样方。同时，我们还采用了访问调查的方法了解河流两岸周边的大熊猫活动状况。调查样线主要布置在太白县黄柏塬、二郎坝、平堵乡一带。

本调查中样方布设方案为：每条样线在河流两岸距离河流边缘 100 m、300 m、500 m 处布置调查样方，每侧各三个，共六个调查样方；考虑到 GPS 定位时存在一定程度的误差，样方大小设计为 30 m × 30 m。样方内生境因子的调查方法参照第三次全国大熊猫调查时采用的方法：主要记录样方内大熊猫的活动痕迹、生境类型、乔木高度、乔木郁闭度、乔木胸径、灌木高度和盖度、竹子高度和盖度等，以及各种生境干扰方式等。

3.2 调查结果分析

从地理分布格局看，渭水河中游东侧的兴隆岭 + 太白山栖息地与西侧的牛尾河栖息地之间存在一定程度的隔离，主要原因为渭水河沿岸的农业生产活动(国家林业局,2006),以及洋太公路的建设。实地考察洋太公路发现，该公路除平堵乡至二郎坝乡之间的山区路段（也即是二郎坝大熊猫走廊带区域的路段）为新修建公路外，其余路段均是在原有乡村道路的基础上扩建而成。整个路段均以地面通行的形式修建，因此，在原有的基础上进一步加剧了对公路两侧大熊猫兴隆岭 + 太白山栖息地与牛尾河栖息地之间的隔离。

渭水河中游两侧生境主要为落叶阔叶林和针阔混交林（表 3-1）。对距河流不同距离样方的各生境因子进行 Kruskal-Wallis H 检验，发现各生境因子没有显示出显著差异。但是随着距河道的距离增加，乔木高度、乔木胸径和乔木郁闭度都有增加。本区域 59% 的调查样方中有竹子（主要为秦岭箭竹和巴山木竹）分布，农田所占的比率达到 28%。虽然 59% 的样方具有竹子分布，但样方内的竹子盖度却很低。

表 3-1 渭水河中游的样方生境类型

Tab.3-1 The Habitat Types of Sample in the Middle of Xushui River

地域	样方数量	落叶阔叶林	针阔混交林	农田	具有竹子分布的样方
黄柏塬乡至二郎坝	39	30	1	11	23
二郎坝至平堵乡	36	30	6	——	28

分段分析渭水河各区间断人居干扰情况发现，由于周边的人口密度大且多为农地和荒坡地，自二郎坝至黄柏塬之间的河段的人口数量仍然不少，水库的修建以及附近沿河道方向洋太公路的通行，该路段的人居干扰及地理状况已严重阻隔了两侧大熊猫的迁移扩散；而从平堵乡至二郎坝之间的河段内人口数量相对较少，人口密度低，二郎坝大熊猫走廊带正处于该区段上。

表 3-2 渭水河两岸人口数量统计

Tab.3-2 Population Statistics in Cross-strait of Xushui River

河段	人口数量	河段长度
平堵乡至二郎坝	约 600 人	32km
二郎坝至黄柏塬	约 1600 人	35km

走访沿线林场职工、各保护站职工及周边村民得知，近 5 年来在上述人为干扰强的河段周边 1 km 范围内均未发现大熊猫活动的痕迹。平堵乡至二郎坝的范围内，虽然人居干扰弱，且调查发现其林下的巴山木竹林生长良好，应可作为冬季大熊猫的栖息地，但近十年来在该范围内也未发现大熊猫活动的痕迹。

通过沿途的调查，我们发现入坝公路的修建，使原本较缓大熊猫可以通过的山坡变成陡峭的山壁，从而阻断大熊猫可能的迁徙通道，同时还会造成大熊猫潜在猫栖息地的破碎化、生境退化甚至是丧失。（见图 3-1）



图 3-1 入坝公路的修建所造成的陡峭的山壁

Fig.3-1 The Steep Mountain Caused by the Construction of The Dam Road

3.3 结论与建议

水电站对大熊猫及其栖息地的影响主要体现在，水电站建成后，各种人为活动明显增加，从而干扰大熊猫的生息繁衍，同时入坝公路的修建，改变了小地形，从而影响了大熊猫的迁徙。大熊猫分布区内早期伐木道路的修建及所带来的人为干扰被认为是造成大熊猫栖息地缩小和破碎化的重要根源之一（国家林业局，2006）。大规模水电站建设的同时，必将伴随着入坝公路的大量建设，如此将造成大熊猫栖息地，尤其是走廊带的破坏。因为水电站的海拔基本在 1400m 以下，属于大熊猫不适宜生境地区，所以对大熊猫栖息地的影响不大。但是，河流、大坝和入坝公路所形成的综合阻隔效应将会严重的阻碍大熊猫不同种群间的交流，从而导致大熊猫种群质量的下降。

水电站修建在渭水河道上，对大熊猫栖息地的直接影响较小，不占用大熊猫的栖息地。主要影响是大坝建设期噪声影响以及大坝建成后，蓄水水位升高以及入坝公路的建成，阻断了大熊猫迁徙的通道。为此，我们建议：

- （1）加强水电站施工期间对周边栖息地与潜在栖息地上大熊猫活动的监测。
- （2）加强对大坝建设及引水洞修建时期爆破和挖掘产生的大量废土石堆放处理的监督，以尽可能保护大熊猫的潜在栖息地和迁徙廊道。
- （3）应建立水电站建设占地的生态补偿机制。根据第三次全国大熊猫普查，渭水河流域的农业生产对渭水河两岸的大熊猫种群有强烈的隔离作用，因此建议将水电站下游的农户拆迁安置到平原地区，同时将农地退耕还林，将其建设成为大熊猫迁徙的走廊带。

4. 典型大坝对大熊猫种群和栖息地的影响

4.1 工程占地对大熊猫栖息地的影响

观音峡大坝建设工程建设总占地面积 143 亩，工程占地包括枢纽永久占地和施工临时占地。永久占地主要是拦河坝、发电引水建筑物、电站厂房等建筑物和管理站占地，占地面积 89 亩；临时占地主要是施工道路、工区临时设施、弃渣场等占地，占地面积 54 亩。工程占地类型包括河道地、耕地和林地，主要为林地。工程占地情况详见表 4-1。

表 4-1 工程占地面积与占地类型表

Tab.4-1 Land of Covers Type and Area of the Project 单位：亩

占地类型		河道砂砾地	坡耕地	林地	合计
永久占地	拦河坝	6.50	3.50	5.40	15.40
	引水建筑物	3.80	0	15.00	18.80
	电站厂房	14.60	2.50	7.60	24.70
	管理站	3.00	4.00	23.10	30.10
	小 计	27.90	10.00	51.10	89.00
临时占地	施工道路	8.10	0	12.40	20.50
	施工辅企工厂	0	1.50	0.50	2.00
	办公生活区	0	0.50	1.00	1.50
	弃渣场	0	0	30.00	30.00
	小 计	8.10	2.00	43.90	54.00
合 计		36.00	12.00	95.00	143.00

工程永久占地主要位于渭水河主河道内及两侧滩地，多数占地为河床地，为卵漂石覆盖层，无植被覆盖；工程永久占耕地 10 亩，仅占该流域内耕地总面积 1.6%，均为旱坡地，不会对当地群众农业生产产生较大影响；工程占林地 51.10 亩，仅为流域内林地面积的 0.1%，且主要为低山山坡植被，多灌木林，如松花竹、绣线菊、胡枝子等树种，无珍稀树种，乔木林少，没有大熊猫栖息地和潜在栖息地，但是有可能会成为大熊猫迁徙的走廊带。因此，此工程占地有可能会干扰到大熊猫的迁徙。

工程临时占地主要位于施工区场内拦河坝左岸，下游厂房两侧，区间河段部分支沟等，临时占地面积很小。根据现场查勘，占用土地大部分为无法利用的荒地，占耕地仅 2.0 亩，且临时占地随施工结束后，通过采取土地整治措施基本恢复到原貌。并且，通过渣场顶部改造，土地复垦利用，

增加耕地 20.0 亩左右,使工程占用的耕地得到完全补偿。耕地的开垦,会破坏大熊猫潜在栖息地和走廊带。

综上所述,观音峡水电站工程施工过程中的永久及临时占地地处低山公路沿线,工程占地影响部分河滩荒地生态系统和少量农业生态系统、四旁树及灌木林生态系统。由于各系统受影响的面积与各系统总面积的比例都很小,不会造成某一系统的消失,对物种多样性不会受到影响。不致危及到区域生态体系的完整性和稳定性,区域景观体系的性质和功能不会改变。

由于大熊猫主要分布于秦岭的亚高山地带和海拔在 1400m—1800m 的针阔叶混交林带巴山木竹林,在农耕地和灌木林地没有大熊猫的栖息地和潜在栖息地,所以大坝建设不占用大熊猫栖息地和潜在栖息地,但是会破坏大熊猫迁徙的走廊带生境,干扰大熊猫的种群交流。

4.2 施工期环境影响

4.2.1 施工废水影响

施工期对地表水环境的影响主要来自施工生产废水和生活污水。根据工程建设内容与施工布置特点,施工期生产废水主要为基坑排水、砂石料冲洗废水、混凝土拌和系统废水、施工机械车辆维修冲洗排水等,生活污水主要来源于施工营地餐、浴生活排污及粪便。

(1) 砂石骨料加工冲洗废水

工程天然砂砾料场位于电站拦河大坝上游约 2.6km 处的红水河与渭水河交汇地带,块石料场位于大坝上游约 300m 处左岸,工程共需砂石骨料 9.06 万 m^3 ,块石料 0.39 万 m^3 ,在砂石骨料粗碎、中细碎、筛分等机械加工工艺过程中需要加水冲洗和降尘,加入水量除少量消耗于生产过程外,大部分废水间接产生。据统计,工程施工期产生的砂石骨料加工冲洗废水为 0.75 万 m^3 ,根据施工组织设计,该部位施工用水强度为 40 m^3/d ,每天废水产生量为 32 m^3/d 。

砂石骨料加工冲洗废水主要污染物为悬浮物。通过调查,初步分析悬浮物浓度可达 50000 mg/L 。因此,废水如果直接排入河道,将对河流中悬浮物浓度影响较大,水体感官变差,对河道水生物栖息繁殖产生不利影响。

(2) 混凝土拌和系统冲洗废水

此工程混凝土用量最大在拦河坝施工点,拦河坝设计为砼拱坝,工程共需浇筑砼 8.07 万 m^3 ,砼拌和站布置在拦河坝左岸上游,生产能力为 50 ~ 70 m^3/d ,砼浇筑高峰时段平均强度为 1.13 万 $\text{m}^3/\text{月}$ 。废水主要产生于砼拌和、转筒和料灌的冲洗以及养护过程,其中养护过程多采用草帘覆盖洒水养护和脱膜剂喷洒,用水少,废水不易形成径流,根据实际调查,每拌和养护单位砼产生废水 0.3 m^3 ,共产生废水 2.42 万 m^3 ,冲洗拌和系统每次用水 0.5 m^3 ,共产生废水 1200 m^3 ,总计产生废水 2.54 万 m^3 ,预测每天产生废水量为 68 m^3/d 。

砼拌和系统废水为碱性废水,pH 值在 9 ~ 12 之间,废水悬浮物浓度约为 5000 mg/L ,废水具有悬浮物浓度高,间歇集中排放的特点,未经处理排入河道,将会对水体产生一定影响。

（3）维修系统含油废水

工程施工、运输需要大量的机械设备和车辆，这些设备和车辆都需要维护和保养，工程在大坝和厂房施工现场分设一个施工机械修配站，主要承担施工机械定期保养和简单零部件修配及运输车辆的保修。含油污水主要来源于车辆维修、保养和机械修配冲洗废水，为间歇式排放。工程施工机械约 150 辆（台），按照每台车辆（设备）每周冲洗一次，每次每辆 0.3m³，车辆冲洗废水总计 5760 m³，平均每天产生废水量为 6.4m³/d。

含油废水石油类浓度一般可达 30 ~ 150mg/L，若直接排放入河中，将在水体表面形成油膜，影响河水中溶解氧的交换，对水体功能危害较大，而且感观效果也较差。

（4）基坑排水

基坑废水产生于电站大坝及厂房等主体建筑物在基础开挖过程中，形成的坑凹中的渗水、降水，工程基坑形成时间为施工期第一年 10 月 ~ 12 月，第二年 10 月 ~ 11 月，根据地质勘察分析，预测废水产生量为 40m³/h，排放量为 86400m³。基坑废水中悬浮物（SS）的浓度约 2000mg/L，直接排入河道，对水体产生轻度污染。

（5）生活污水

生活污水来源于施工期施工人员集中生活点的餐浴等生活排污和粪便的排放。此工程施工生活和办公设施主要布置在坝址左岸，根据施工组织设计，工程施工高峰期人数约 950 人，按用水量 60L/ 人 · d，污水产流排放系数以 0.5 计，则生活污水最大排放量约 28.5m³/d，主体工程施工期按 30 个月计算，则施工期生活污水总排放量为 25650m³。废水主要污染物为 BOD₅、SS 等，根据石头河水库工程施工区生活污水监测资料，BOD₅ 一般浓度为 120mg/L，SS 浓度为 300mg/L。直接排放对周围水环境有一定影响。生活污水源强及主要污染物排放量详见表 4-2。

表 4-2 施工期生产废水生活污水污染物排放量表

Tab.4-2 Pollutant Discharge During the Construction period

废水类别	用水量 (m ³ /d)	高峰时段废水排放量 (m ³ /d)	SS 排放量 (kg/d)	BOD ₅ 排放量 (kg/d)
生活污水	57	28.5	8.550	3.56
生产废水	133	106.4	532	

综上所述，工程施工期对水环境的影响主要包括生产废水和生活污水两大部分，废水总体排放量较小，但污染物浓度较高，生产废水中大于 1.0mm 的粗颗粒物质由于比例大，沉降快，可在水体中影响 25m 的距离，小于 1.0mm 而大于 0.5mm 的颗粒将影响 100m，而小于 0.1mm 的颗粒漂移距离长达 2500m，成为悬移质，不易沉降，虽然 SS 对水体功能的影响并不严重，但对水体的感官效果影响明显。因此，大坝施工期废水对当地水环境质量的影响不大，但最大影响范围为 2500m。

4.2.2 施工对大气环境影响

工程建设区大气环境质量现状良好，达到《环境空气质量标准》（GB3095 — 1996）一级标准。施工期大气污染物主要是粉尘、扬尘、CO、SO₂、氮氧化物和碳氢化合物等，其对周围环境的影响与气象条件、施工强度、工区地形等因素有关。

粉尘主要来自开挖、粉碎、筛分、转运及拌和等施工过程，属间歇性、暂时性的无组织非点源排放，根据类比分析，粉尘粒径大部分大于10μm，属自然降尘，在重力作用下，短时间内可沉降到地面，影响范围有限，一般污染范围为半径50 ~ 100m 以内，对下风向影响距离稍远一些。粉尘造成大气中TSP 浓度在大坝施工区、料场开采区等局部范围部分时段会超过二级标准要求，危害对象主要是直接接触粉尘的施工人员，对施工区周围的大气环境质量影响不大。

工程施工炸药爆破主要产生CO、NO_x、C₂H₂ 等有害气体和TSP，由于工程施工爆破都是间歇性的排放污染物，而且炸药使用量较少，属浅孔小药量松动爆破，且主要在引水隧洞钻爆施工中使用，在块石料场也少量使用，爆破场所狭窄，对外界大气环境造成的污染很小。

施工机械燃油尾气也会产生一定污染，施工机械预计柴油用量为3200t，以柴油为主要燃料机械，排放的废气中有害物质为SO₂、CO、NO_x、C₂H₆ 等，根据类似水利工程类比，施工机械废气排放量较少，大气污染源强小，详见表4-3，不足以对周围大气环境造成影响。

表 4-3 施工机械废气排放量表

Tab.4-3 Emissions Scale of Construction Machinery

有害气体	燃烧单位柴油废气产生量 (g/kg)	废气排放总量 (t)	单位时间排放量 (t/h)	备注
CO	9.13	29.2	0.0040	施工期按 30 个月计算，每天 8 小时。
CO ₂	8.48	27.1	0.0037	
NO _x	9.78	31.2	0.0043	
碳氢化合物	6.52	20.85	0.0028	

施工期汽车运输产生的扬尘对道路两侧一定范围会造成污染，扬尘量的大小与车流量、道路状况、气候条件、汽车行驶速度等均有关系。

由于项目场区道路为泥结石路面，区内气候湿润，主要运输量少，车流量不足20 辆/h，远小于一般公路的车流量，运输距离不足20km，行驶速度不超过50km/h，因此道路扬尘浓度极小，且影响范围仅限两侧附近，对周围环境空气质量影响极小。

TSP 浓度随距离增加而衰减，主要影响范围基本在道路两侧50m 内，对下风向影响距离稍远一些。

综上所述，此工程施工期产生有害气体数量不大，且多属间歇性排放，影响范围仅限施工场界

内，影响半径小于 80m，公路两侧小于 50m，由于水电站建设区环境质量背景值良好，大气污染源少，施工区现对开阔，施工区环境空气质量不会劣于国家空气质量二级标准。

4.2.3 大坝建设期间噪声影响

施工期噪声污染源主要来自砂石骨料加工系统噪声、混凝土拌和系统、钻孔爆破、施工机械运行、机动车运输等，除砂石骨料加工系统噪声为连续噪声源外，其它为间歇性噪声源。根据同类型工程施工噪声监测数据，上述噪声源大多在 90 ~ 110dB(A) 之间，其中载重汽车在加速行驶时声级达 90dB(A)，砂石料加工系统噪声级可达 112dB(A)，混凝土拌和系统可达 85 ~ 90dB(A)，根据噪声衰减情况及施工场地布置、施工区地形，分析可知工程施工时受噪声影响的主要是施工区近距离处（约 150m）居民以及场区内施工工作人员，其中对施工工作人员影响最大，但这些影响都是暂时性的。工程各噪声源对环境的影响分述如下。

（1）固定声源噪声影响距离分析

此工程施工场地的固定声源主要是砂石料加工系统、混凝土拌和该系统等，布置于大坝左岸，主要工艺设备包括破碎机、筛分机、下料振动器、搅拌机等。

表 4-4 砂石料加工系统噪声衰减至不同距离噪声值表

Tab.4-4 Noise Value of Aggregate Processing System Noise Attenuation to Different Distance

噪声源	源强	至不同距离噪声值								声环境质量标准 GB3096 — 2008 1 类	
		50m	100m	150m	200m	250m	300m	450m	600m	昼	夜
破碎机	98	78	72	68	66	64	62	55	50	55	45
筛分机	111	91	85	81	79	77	75	67	61	55	45
震动器	110	90	84	80	78	76	74	65	59	55	45
搅拌机	90	70	64	60	58	56	54	50	45	55	45

由上表可知，砂石料加工系统的噪声影响范围在 600 范围内。

（2）流动声源噪声影响距离分析

流动声源主要时施工区载重汽车运输噪声，其运行最大噪声源可达 90 dB(A) 以上，声源呈线性分布，源强与行车速度和车流量关系密切。

表 4-5 施工道路两侧不同距离噪声值表

Tab.4-5 The Noise Values of Both Sides of Road Construction

噪声源	源强	至不同距离噪声值								环境质量标准 GB3096 — 93 1 类
		50m	100m	150m	200m	250m	300m	450m	600m	
交通噪声(昼)	77	68	65	64	63	62	60	54	48	55
交通噪声(夜)	70	62	59	57	56	55	53	47	42	45

(3) 爆破及其它机械噪声影响

工程施工区的其它噪声主要来自施工机械运行、爆破等，多位间歇性噪声源，声源强度一般为 90 ~ 110 dB(A) 之间，其中爆破噪声强度可达 130 ~ 140 dB(A)，爆破噪声主要集中在引水隧洞内及块石料场施工点，场地封闭或周围人烟稀少，加上山体及林木阻隔，噪声值大大降低，对周围环境影响很小。其它各类施工机械运行时噪声源强及衰减情况预见表 4-6。

表 4-6 其它施工机械设备噪声源强及衰减预测结果表

Tab.4-6 Noise Source Strength and Attenuation Prediction of Other Construction Equipment

单位: dB(A)

噪声源	源强	至不同距离噪声值								环境质量标准 GB3096 — 93 1 类	
		50m	100m	150m	200m	250m	300m	450m	600m	昼	夜
挖掘机	80	60	54	50	48	46	44	39	34	55	45
推土机	85	65	59	55	53	51	49	43	38	55	45
装载机	90	70	64	60	58	56	54	49	43	55	45
空压机	90	70	64	60	58	56	54	49	43	55	45
凿岩机	110	85	79	75	73	71	69	63	禁止	55	45
振捣器	90	70	64	60	58	56	54	48	42	55	45
潜水泵	80	60	54	50	48	46	44	37	31	55	45

根据以上分析预测，此工程施工期噪声源主要是施工机械运行、砂石料加工、爆破、车辆运输等产生，多数间歇性声源。由于声源衰减作用，除砂石料加工系统噪声外，其余声源噪声在衰减至 300m 外时，即满足环境质量标准《声环境质量标准》(GB3096 — 2008) 1 类昼间标准要求。

根据现场调查，施工地区林木较多，对声音的消减作用较大，因此工程施工噪声环境影响是很小的。工程施工结束后噪声影响即可消除，因此工程施工噪声的影响比较局限并且是暂时的、可逆的。

4.2.4 固体废弃物环境影响

工程产生的固体废弃物包括施工生产弃土弃渣和生活垃圾。施工弃渣主要为拦河坝枢纽工程以及输水隧洞、输水管道、厂房基础、道路改建等施工活动中开挖后未能回填利用尽的土石方量，根据此工程土石方平衡计算，预计施工产生的弃渣总量为 18.83 万 m³。弃渣主要为砂土，不含有毒物质，在按照水土保持方案要求，合理堆放并采取拦护措施后，产生流失较少，对周围环境产生影响较小。

此工程施工高峰期出工人数 950 人 /d，生活垃圾按每人每天 0.7kg 计算，日产生生活垃圾量为 665kg，工程施工期内生活垃圾产生总量为 718t，垃圾容重为 0.85t / m³，生活垃圾共计 845m³。生活垃圾主要是日常生活废弃物、果皮、剩饭菜叶等，如不妥善处理，将会腐烂，污染水土资源，并会产生白色污染，影响山区景观。在采取集中收集，定期清运等措施后，可满足 GB 18599-2001《一般工业固体废物贮存、处置场污染控制标准》要求，对周围环境影响是较小的。但是由于人为活动的增加，一些零星丢弃的垃圾如：塑料包装袋、塑料瓶、碎玻璃瓶等，会造成大熊猫的误食和伤害。

4.3 大坝运行期环境影响

4.3.1 对水文情势的影响分析

观音峡电站为拱坝引水式水电站，水库为季调节，电站建成后，在工程运行期将会改变库区、减水河段及电站尾水下游河段的水文情势。但该电站属小水电，电站库容很小，调节能力有限，引水流量占来水量的 78.63%，发电利用小时 3625h，约 151 天，因此对河段水文情势影响较小。各区段的变化情况分述如下。

（1）库区河段的水文情势变化分析

观音峡电站拦河拱坝水库具有季调节功能，水库运行期正常蓄水位 1225m，正常蓄水位以下库容 625 万 m³，最大坝高 49m，坝址处河床高程 1183m，坝前最大水深 42m，回水长度 2.2km，库区水面宽 25 ~ 59m。水库运行后库内水流流速减缓，水库调度时库水位在死水位 1210m ~ 正常蓄水位 1225m 之间变化，水位最大变幅 15m。支流大箭沟堰坝不具有调节功能，溢流堰高 15.5m，回水长度 276m，对支流水文情势无明显影响，因此库区河段水文主要变化集中于干流拦河拱坝前河段。建库前和建库后干流坝前河流水文情势变化详见表 4-7。

表 4-7 建库前和建库后干流坝前河段水文情势变化表

Tab4-7 Hydrological Changes at the Front of Dam before and after the Construction of Dam

项目	正常水位 (m)	正常水位变幅 (m)	最大水深 (m)	流速 (m/s)
建库前	1184	0 ~ 0.5	1	0.25
建库后	1225	0 ~ 15	42	0.01

由表4-7可以看出,观音峡电站建库后,水库坝前河段最大水文情势变化是水位升高、水深增加,流速极大减缓,但由于库区面积较小,回水较短,相对来看这种变化对整个河流影响较小。



图 4-1 观音峡大坝蓄水区

Fig.4-1 Storage Area of Guangyinxia Dam

(2) 对减水河段的水文情势影响预测

观音峡电站渭水河干流拦河坝坝址处多年平均来水量 19731 万 m^3 , 多年平均流量 $6.47\text{m}^3/\text{s}$, 大箭沟支流堰坝坝址处多年平均来水量 5082 万 m^3 , 多年平均流量 $1.62\text{m}^3/\text{s}$, 观音峡电站发电从大箭沟多年平均引水量 4729 万 m^3 , 引水流量 $1.50\text{m}^3/\text{s}$, 支流引水量占其来水量的 93%。

加上支流大箭沟的引水量, 观音峡电站拦河大坝水库多年平均入库水量 24460 万 m^3 , 发电引水流量 $14.7\text{m}^3/\text{s}$, 年发电用水量 19232.89 万 m^3 , 水量利用系数 78.63%, 发电利用小时 3625h, 约 151 天。电站运行方式为汛期在最大发电引水流量情况下运行, 枯水期一般在天然来水流量下运行, 最小可在保证调节流量下运行。

工程运行一般在枯水季节下闸蓄水, 当天然流量小时, 在水库坝后与发电厂房之间将形成减脱水段。根据调查分析, 由于大箭沟水量基本全引, 无法补给大坝后下游河道, 下游河道来水只能靠大坝调节运行下泄水量, 将在拱坝坝后~葡萄沟段渭水河干流将形成脱水河段长度为 2850m, 大箭沟支流堰址~河口脱水河段长度 1250m, 因此形成的脱水河段总长度 4100m, 减水河段 10.30km, 脱水时段长达 9 个月, 详见表 4-8。并且由于大箭沟支流被几乎全引, 造成下游河段唯一较大的补

水来源丧失，致使减水河段水量极少，河段水量仅能靠区间自产径流维持，河流生态功能受到极大影响。

表 4-8 观音峡水电站运行期干流大坝引水量和弃水量年内分配表
Tab.4-8 Distribution of Diversion and Disposable Water During Guanyingxia Hydropower Station
Operation Period 单位: m³/s

月 份			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
观 音 峡 水 电 站	丰水年 (P=20%)	来水量	2.29	1.81	2.10	3.07	10.90	7.06	25.39	5.03	42.35	20.42	5.99	3.28
		用水量	2.51	2.51	2.51	2.95	10.52	6.91	14.32	6.29	14.32	13.2	5.8	3.16
		弃水量	0.1	0.1	0.1	0.1	0.33	0.13	8.87	0.4	26.12	7.05	0.18	0.1
	平水年 (P=50%)	来水量	2.21	1.94	1.94	4.12	16.86	4.60	12.03	7.92	29.49	10.94	3.07	2.17
		用水量	2.48	2.48	2.48	4.1	11.36	6.11	11.65	7.66	14.32	10.20	3.25	2.48
		弃水量	0.1	0.1	0.1	0.1	3.74	0.17	0.35	0.2	13.37	0.69	0.1	0.1
	枯水年 (P=80%)	来水量	1.22	1.25	1.79	9.99	1.76	1.28	13.23	1.46	3.66	6.58	12.98	3.37
		用水量	1.94	1.94	1.94	7.92	2.26	2.26	10.87	3.04	3.53	6.40	10.81	3.25
		弃水量	0.1	0.1	0.1	0.35	0.1	0.1	0.53	0.1	0.1	0.16	0.38	0.1

(3) 减水河段水文情势分析小结

观音峡水电站运营期，当观音峡水电站和大箭沟支流引水系统将水全部引完时，两坝的下游至发电厂房之间有 14.4km 河段处于减水状态，但由于区间仍有葡萄沟、三官殿沟、小箭沟及猫儿沟等支流汇入，由于该地区降水丰富，多年平均降水量 782mm，减水段区间也无取水口，减水区间的自产径流量也较大，对减水段水量有所补充，故即使不考虑水电站运行调节的情况下，也不会出现全河道完全的断流现象。减水区间河段自产径流计算结果见表 4-9。

表 4-9 减水区间自产径流量计算表

Tab.4-9 Computation of Runoff in Reducing Water Interval

区 间	流域面积 (km^2)	年径 流深 (mm)	年平均 降水量 (mm)	区间年自产径流量 (万 m^3/a)	
				经验公式法	年径流深法
葡萄沟	9.53	500	782	379.15	476.50
三官殿沟	4.41	500	782	165.73	220.50
小箭沟	25.75	500	782	1102.64	1287.50
猫儿沟	24.46	500	782	1043.43	1223.00
其它小支沟汇总	19.64	500	782	824.32	982.00
合 计	83.79	500	782	3915.33	4189.50

根据计算, 观音峡水电站大坝坝址到下游约 3km 处 (小箭沟与渭水河干流汇合口) 其区间的年自产径流量约 2345.57 万 m^3 , 平均流量为 $0.74\text{m}^3/\text{s}$; 由此再往下到观音峡水电站发电厂房附近断面处的整个减水河段汇水面积总计为 83.79km^2 , 自产径流量为 3728.24 万 m^3 , 流量约为 $1.18\text{m}^3/\text{s}$ 。

减水区间河段自产径流量能从一定程度上缓解因水电站修建而造成的渭水河减水河段的水量缺乏, 但并不能根本上解决工程运行后多数月份河流的水量缩减, 因此还需要在水电站工程建成运行后, 发挥工程的调节作用, 采取并制定实际措施和制度, 确保在来水量小于发电引水流量时留出一部分的水量作为渭水河下游河道生态用水。

综上所述, 电站运行期, 干流坝址到发电厂房之间河段径流相对天然状态将减少了 $2/3$, 多年平均流量由 $6.47\text{m}^3/\text{s}$ 下降到 $2.47\text{m}^3/\text{s}$; 支流大箭沟堰址 ~ 河口之间河段每年枯水期 11 月 ~ 4 月将出现断流。因此, 将对减 (脱) 水河段河道生态用水产生一定影响, 根据调查, 该段河道地处中低山区, 河谷窄深, 河床下切, 基岩裸露, 植被多分许在河谷侵蚀线以上, 主要依靠大气降水生存, 河道水体中分布有一定数量的浮游动物、底栖动物, 以及少量的大鲵、秦岭细鳞鲑等珍稀野生动物, 河段减 (脱) 水后, 使河道水位小幅下降, 河道内深潭泉洞减少, 使大鲵等水生生物栖息洄游环境受到影响, 将可能造成其活动范围改变及种群数量的减少。故减 (脱) 水河段对水生生态系统有较大影响, 对陆生生态系统影响较小。考虑减脱水区间河段还有小箭沟、猫儿沟等支流, 这些支沟多年平均流量 $0.88\text{m}^3/\text{s}$, 枯水期平均流量 $0.20\text{m}^3/\text{s}$, 加上电站运行期的一定的弃水量, 可使对减脱水河段水生物影响得到降低。

(4) 电站尾水下游河段的水文情势变化

根据电站水库调度运行分析, 经水库调节后各典型年丰水期 (5 月 ~ 10 月) 的出库水量多小于

河道天然来水量，枯水期（11月～次年4月）出库流量多大于天然径流量，全年径流量基本保持不变。即通过电站运行，使电站尾水下游河段的流量相对建库前河道天然流量来说，全年各月较稳定，丰平枯水期流量差异不大。

按 $P = 90\%$ 保证率进行径流调节计算，观音峡电站年发电利用小时 3625h，约 151 天，日平均发电维持 18h 左右，每日约有 6h 不发电。发电时河道径流量比建库前有明显增加，不发电时径流量则会明显减少。由于水库具有季调节功能，电站将根据电网负荷运行，一般夜间部分时间多停机，用电高峰时间发电，使得厂房尾水昼夜间变幅增大，厂房下游河道其流量变化一般为 $1.0 \sim 14.7\text{m}^3/\text{s}$ ，水位变幅在 $0 \sim 1\text{m}$ ，由于水位流量变幅相对较小，因此对厂房下游河道水文情势影响不大。

4.3.2 运行期噪声影响分析

电站运行期噪声主要是水轮机等机电设备运行时产生，属固定的噪声源，根据类比工程实测结果表明，其噪声级一般可达 $80 \sim 110\text{dB}(\text{A})$ ，详见表 4-10。采用点声源衰减模式预测噪声对周围的影响距离，预测结果表明，电站厂房区的噪声影响范围为 250m，经调查，电站生产区地处河岸滩地，周围没有居民，由于电站运行及工作人员的活动，野生动物也会远离电站生产区，加上噪声经厂房和围墙的阻挡，噪声影响范围更加有限。因此，生产噪声主要是对长期处于生产区的管理人员的影响，对周围环境影响不大。

表 4-10 电站运营期主要噪声源噪声级

Tab.4-10 Noise Level of the Main Noise Source in the Power Station Operation Period

序号	声源	声级 LAeq(dB)	数量（台、套）	备注
1	水轮机	95 ~ 110	2	生产设备
2	发电机	85 ~ 100	2	
3	变压器	70 ~ 85	1	

4.3.3 生活垃圾影响分析

观音峡电站运行期初步拟定管理人员共 40 人，其中水库管理站 10 人，电站生产运行管理人员 30 人，管理机构建筑面积 2700m^2 。按人均每天生活垃圾 $0.7\text{kg}/\text{人} \cdot \text{d}$ 计，则运行期每年生活垃圾产生量为 10.22t，生活垃圾主要为废弃生活用品、剩饭果皮菜叶以及白色垃圾。，并对电站周围景观产生不良影响。虽然这些生活垃圾量不大，但是如不妥善处理，将会污染水土资源环境。长时间的生活垃圾无序排放，将会对河流水质，尤其是水库水质造成污染，

4.4 结论与建议

观音峡水电工程总占地 9.61hm^2 ，其中永久占地 5.93hm^2 ，施工临时占地 3.68hm^2 ；拦河坝水库淹没影响面积 24.8hm^2 ；工程影响范围总面积 9km^2 。工程建设总计破坏林地面积 0.28km^2 ，生物量减少

< 50%，主要为常见天然乔灌木林。但是由于大熊猫栖息地为海拔 1400m 以上的落叶阔叶林和针叶林，所以水电站建设不对大熊猫栖息地构成威胁。

在水电站建设期间，噪声是对环境有较大的影响。大熊猫性情温顺，听到异常响声时常常立即逃避。所以施工噪声会惊走附近的大熊猫。按照国家声环境质量标准，噪声的影响范围是 600m 以内。噪声源主要是砂石料加工系统。其次是施工废水对河流水质的影响，主要污染物为悬浮颗粒，最大影响长度为 2500m。由于当地空气质量很高，轻微污染不会造成空气质量的下降。

观音峡电站运行期间，坝前最大水深 42m，回水长度 2.2km，库区水面宽 25 ~ 59m，由于该坝址正好处于兴隆岭种群和盘龙种群交流的走廊带上，对大熊猫活动隔离效应明显。大坝下游减水河段长度 14.3km，水文情势不稳定，在枯水期水量很小，甚至干涸，在丰水期和开闸放水时水量很大，最大水深达 2m，同样影响大熊猫的通过能力。

大熊猫常有嗜饮溪水习性，水电站的建设使水体富营养化和悬浮颗粒的增加，会造成大熊猫饮水水源的减少。

因此，建议如下：

- （1）在今后的水电站建设中，认真落实环保措施，尤其是水土保持措施，减少水土流失。
- （2）禁止在大熊猫栖息地和潜在栖息地内进行水电开发，因为入坝公路的修建，会占用大面积的栖息地，同时也会使栖息地景观破碎化。
- （3）禁止在大熊猫走廊带或潜在走廊带范围内修建水电站，保证各栖息地内的大熊猫能够迁徙、交流。
- （4）在每年秋季和春季，大熊猫在其冬居地和夏居地之间迁徙的季节，应该停止海拔在 1400m 以上的水电站的施工建设，以防干扰大熊猫的迁徙。

5. 梯级开发对秦岭大熊猫及栖息地的影响

河流梯级开发（river cascade development）是指在河流或河段上布置一系列阶梯式水利枢纽的开发方式。主要目的是为了充分利用河流落差和渠化河道，最大限度地开发河流的水能、水运资源。然而，流域的梯级开发是一把双刃剑，在带来利益的同时也会带来危害，对区域生态与环境产生深远影响，其影响涉及的范围广、时间长、因素多。在河流开发过程中，伴随着水能利用效益的提高，人类对水电需求得到满足的同时，一些负面影响，如水质变坏、水环境失衡、水土流失加剧、区域小气候的变化等，也随之显现并有加剧趋势，对库区周围人民及动植物的生存环境造成了巨大影响，同时对水库本身及下游河道、灌区、城市工业生活用水等也形成一定的威胁。因而研究河流梯级开发与环境的相互作用，使水利建设与环境保护相协调，实现可持续发展，已经成为社会各界普遍关注的问题。

河流作为景观基质上的廊道，对两岸的动植物迁移起到一定的阻隔作用。在河流实现梯级开发后，尤其是在一些引水式电站系统，坝下河流流量可能减少，甚至干涸，从而改变了原来的隔离功能，使景观学上的两个“岛屿”连接起来。而对于一些季节性河流或者水深较浅的野生动物可以涉水穿过的河流，水电站拦河坝的修建会抬高河流上游的水面高度，形成几公里长的回水区，从而隔断了野生动物的迁徙通道。

5.1 梯级水电站建设对河流水文的影响

5.1.1 各水电站回水河段长度的估算

大坝的建设将会造成坝前河流水位升高，淹没河流两岸的林灌植被。从坝址到大坝上游河流水位不再升高的河段的距离，为回水长度。坝高和大坝上游的地形是影响回水长度的主要因素。

大坝建设回水长度的估算，采用淹没分析的方法。淹没分析是水利工程前期选址中最重要的分析项目之一。利用 GIS 技术与水动力水文模型相结合，再根据数字高程模型 DEM 提供三维数据，按照规划设计方案中工程设计的坝高，来预测、估算大坝蓄水的回水长度。结果见表 5-1 和图 5-1。

表 5-1 中回水长度仅为理论估计值，并不代表大坝建设后真实的回水长度。因为回水长度的估算存在如下 3 条不确定性：

- （1）由于现有的渭水河水电站资料是 2004 年做的汉江流域水电站规划数据，坝高、蓄水位等指标在大坝的实际建设中会有变化，所以规划电站的回水长度并不能完全代表大坝建成后的真实回水长度。
- （2）渭水河河流水文存在年度变化，在丰水年、平水年和枯水年，水电站大坝的回水长度变化较大。
- （3）由于计算大坝回水长度的 DEM 数据是基于 1：5 万地形图数字化得到的，无法精确反应渭水河流域复杂的山地地形，所以计算的回水长度会和实际回水长度有差距。

5.1.2 各水电站减水河段长度的估算

脱减水河段是指大坝的蓄水，将会使大坝上游对下游供水量的减少，从而造成大坝下游河流水量减少。在 11 月到翌年 3 月的枯水季节，甚至会造成下游的干涸。

对河流水文造成更严重影响的是引水式电站。引水式水电站是指由于大坝选址的原因和河流干流水量不足，通过开凿引水洞从其他支流引水，从而满足水电站蓄水发电的需要。而被引水的河流的引水点下游将会干涸，造成长度不等的脱水河段。脱水河段的形成将会导致脱水河段两岸的生态环境发生重大变化。

大坝建设减水河段长度的估算，采用流域分析的方法。流域分析是根据数字高程模型 DEM 提供三维数据，利用 GIS 技术的流域分析方法，计算大坝下游的集水汇水面积，并结合当地的降水量数据和水文资料，来计算大坝下游河流恢复到原流量水平所需要的距离。这段距离也就是减水河段长度。结果见表 5-1 和图 5-1。

表 5-1 中减水长度仅为理论估计值，并不代表大坝建设后真实的减水长度。因为减水长度的估算存在如下 3 条不确定性：

- (1) 由于现有的渭水河水电站资料是 2004 年做的汉江流域水电站规划数据，各规划水电站的具体坝址，以及大坝的蓄水量等数据也许会有变化，从而造成预测数据与实际值的差距。
- (2) 渭水河河流水文存在年度变化，在丰水年、平水年和枯水年，水电站大坝下游河段减水长度变化较大。
- (3) 由于计算大坝回水长度的 DEM 数据是基于 1:5 万地形图数字化得到的，无法精确反应渭水河流域复杂的山地地形，所以计算的减水长度会和实际减水长度有差距。

表 5-1 湑水河水电站大坝回水、减水河段长度估算表

Tab.5-1 Estimating of the Length of Backwater and Lowwater of Xushuihe River Dam

梯级电站名称	控制流域 面积 (km ²)	年径 流量 (亿 m ³)	正常蓄水位 (m)	装机 (kW)	回水长度 (km)	减水长度 (km)	备注
古字梁	145	0.75	1466.0	2000	1.6	4.9	规划
双洞子	261	1.34	1283.0	2000	1.8	3.4	规划
金凤	——	——	——	——	——	——	规划
将军台	294	1.52	1233.0	2000	1.3	2.4	规划
观音峡	542	2.79	1225	26000	2.2	14.3	已建
金观子	717	3.70	——	1000	2.3	2.2	规划
黑峡子	933	4.81	914	4000	1.5	5.5	规划
黄柏塬	——	——	——	110	1.6	5.8	已建
核桃坪	——	——	——	55	0.8	4.9	已建
金龙二期	780	4.5	1066.0	12000	1.9	5.4	已建
金龙一期	810	3.63	1004.5	8000	1.8	4.1	已建
八仙洞	——	——	——	2500	2.6	3.6	规划
清溪河口	——	——	——	2000	2.3	7.2	规划
马家沟	1311	6.41	790	25000	3.7	6.2	规划
白果树	1434	7.03	715	13000	2.5	3.4	规划
狮 坝	1627	7.95	670	14000	1.8	4.3	规划
双 溪	1754	8.99	619.5	10800	2.7	1.6	规划
罗家营	——	——	——	2000	2.3	1.4	已建
焦 崖	2143	10.83	580	25200	3.9	0.7	规划

根据计算结果，各梯级水电站的建设共造成 38.6km 的回水河段和 81.3km 的脱减水河段，干扰河段长度占湑水河总长度的 72%。由此表明，梯级水电站的开发建设对湑水河流域的影响很大。

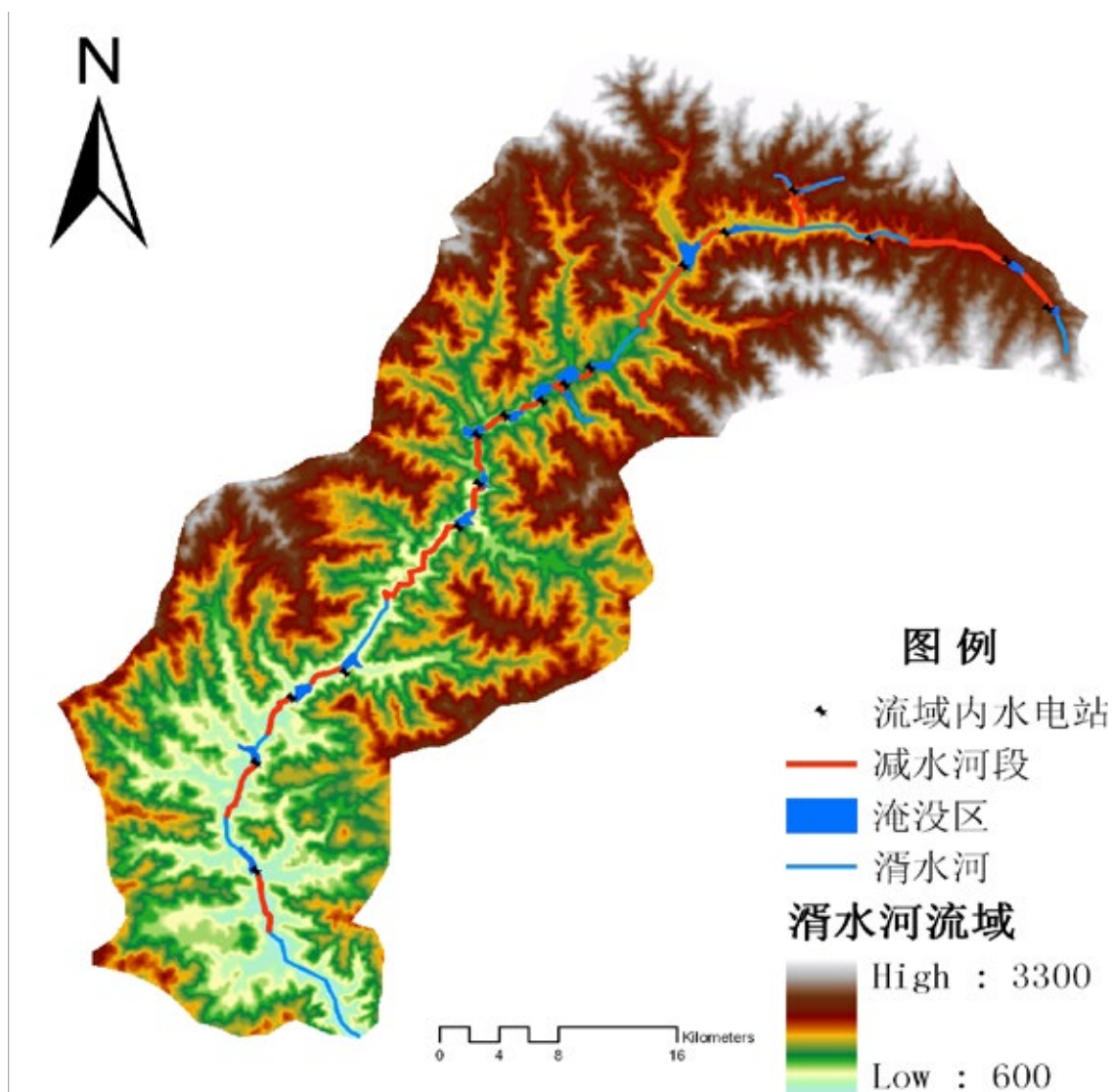


图 5-1 渭水河大坝建设回水淹没区和减水河段示意图

Fig.5-1 Schematic of the Length of Backwater and Lowwater of Xushuihe River Dam

5.2 渭水河流域梯级开发景观影响分析

5.2.1 研究方法

(1) 景观制图方法

采用 2002 年 9 月份的北京一号小卫星 32m 多光谱与 4m 全色融合影像为数据源, 根据渭水河流域主要植被类型, 和大熊猫对不同植被类型的偏好程度, 制定植被景观类型分类系统, 将渭水河流域划分为 9 种植被景观类型, 分别为: 华山松林、栎树林、红桦林、巴山冷杉林、栓皮栎 + 杨树林、华山松 + 铁杉 + 桦木林、马尾松林、油松林、灌木林。在 ERDAS 支持下, 结合实地调查数据和研究区的植被分布数据, 采用分层提取法对景观类型进行判读, 具体步骤见李四海和恽才兴 (1999) 的研究。对于最难区分的植被类型, 主要通过归一化植被指数即 NDVI, 对照实地植被调查结果来划分, 最后得到道路建设前大熊猫栖息地景观类型分类图。

GIS 技术的发展与应用为道路生态学研究提供了更为多样化的手段，图层叠加分析方法是普遍利用的一种空间分析方法 (梅晓丹, 2004; 汪自书等, 2007)。为了模拟水电站修建后景观格局变化，将水电站影响区域叠加到原景观图上，然后在 ArcMap 9.2 支持下更新现状景观类型图。

(2) 景观格局分析

景观指数是指能够高度浓缩景观格局信息并反映其结构组成和空间配置特征的定量指标 (赵景柱, 1990; 邬建国, 2004)，在景观类型图的基础上，考虑景观指数的生态意义和各指数间的相关性 (布仁仓等, 2005)，利用景观格局分析软件 Fragstats 3.3 对水电站建设前后大熊猫栖息地的景观格局进行分析。景观格局分析包括两个层次：(1) 在斑块类型层次上，对湑水河流域范围内进行分析，所选指数包括斑块类型面积、斑块所占景观面积比例、最大斑块所占景观面积比例、斑块平均面积、斑块密度五个指数，前三个指数反映景观中的优势斑块类型，后两个指数反映斑块类型的破碎化程度；(2) 在景观层次上，对湑水河流域进行分析，主要选取能反映景观整体的异质性和连通性的斑块数量、IJI 指数、Shannon 多样性指数、CONTAG 指数四个指数进行分析。

表 5-2 景观指数及其含义

Tab.5-2 Landscape Indices and Their Meanings

层次	名称	生态意义
斑块类型层次指数	斑块类型面积 (CA)	度量的是景观的组分，也是计算其它指标的基础，其值的大小制约着以此类型斑块作为聚居地的物种的丰度、数量等
	斑块所占景观面积的比例 (%LAND)	度量的是景观的组分，反映景观中优势景观元素的依据之一，其值趋于 0 时说明景观中此斑块类型十分稀少
	最大斑块所占景观面积的比例 (LPI)	反映景观中的优势类型，其值的大小可以决定着景观中的优势种、内部种的丰度等生态特征，可以反映人类活动的方向和强弱
	斑块平均面积 (MPS)	反映斑块类型的破碎化程度和景观异质性，具有较小 MPS 值的斑块类型比具有较大 MPS 值的斑块类型更破碎
	斑块密度 (PD)	反映各景观类型的破碎化程度，同时也反映其空间异质性程度
景观层次指数	斑块数量 (NP)	反映景观的异质性，与破碎度呈正相关
	散布与并列指数 (IJI)	在景观级别上计算各个拼块类型间的总体散布与并列状况。IJI 取值小时表明拼块类型 i 仅与少数几种其它类型相邻接；IJI=100 表明各拼块间比邻的边长是均等的
	香农多样性指数 (SHDI)	反映景观的异质性，特别对景观中各斑块类型非均衡分布状况较为敏感指数越大，斑块类型越多，景观类型越丰富，景观类型的多样性越大
	蔓延度指数 (CONTAG)	该指数描述的是景观里不同斑块类型的团聚程度或延展趋势，其范围为 0-100，指数较小时表明景观中存在许多小斑块，趋于 100 时表明景观中有连通性极高的优势斑块类型存在

5.2.2 景观格局现状

根据第三次全国大熊猫调查，在阔叶林和针阔混交林中发现大熊猫活动痕迹最多，其次是针叶林，在灌木林中很少有大熊猫活动痕迹。在整个景观类型中，有栎林斑块面积最大，占整个景观面积的 48.37%，该类型斑块在景观中的破碎化程度最小；其次是华山松 + 铁杉 + 桦木林和灌木林地斑块，分别占整个景观面积的 13.72 和 10.67；占景观面积的最小的是油松林、华山松林和马尾松林，分别为 3.63%、2.61% 和 0.52%。栎林、栓皮栎 + 杨树林和红桦林等阔叶林共占整个景观面积的 64.11%，针阔混交林占整个景观面积的 13.72%，针叶林占整个景观面积的 11.5%。从最大斑块所占景观面积比例来看，栎林所占比例最大，为 34.8%，是该区域的优势植被类型。同时，栎林和华山松 + 铁杉 + 桦木林斑块平均面积最大。因此，渭水河流域是大熊猫较理想的栖息地。

表 5-3 大坝建设前渭水河流域植被斑块层次景观指数

Tab.5-3 Patch-level Landscape Vegetation Index of Xushui River before the Dam Construction

景观类型	斑块层次景观指数				
	斑块面积 (hm ²)	斑块面积所占 景观比例 (%)	最大斑块面 积比例 (%)	斑块平均面 积 (hm ²)	斑块密度 (块 · 100hm ⁻²)
华山松林	9601.28	2.61	1.35	2400.32	0.04
马尾松林	1926.50	0.52	0.64	1926.50	0.05
油松林	13360.57	3.63	2.04	4453.52	0.02
华山松 + 铁杉 + 桦木林	50495.24	13.72	7.52	10099.05	0.01
巴山冷杉林	17432.26	4.74	2.32	2905.38	0.03
栎林	178029.80	48.37	34.8	14835.82	0.01
栓皮栎 + 杨树林	32073.69	8.71	5.92	4009.21	0.02
红桦林	25867.23	7.03	2.12	3695.32	0.03
灌木林	39269.45	10.67	3.84	4908.68	0.02

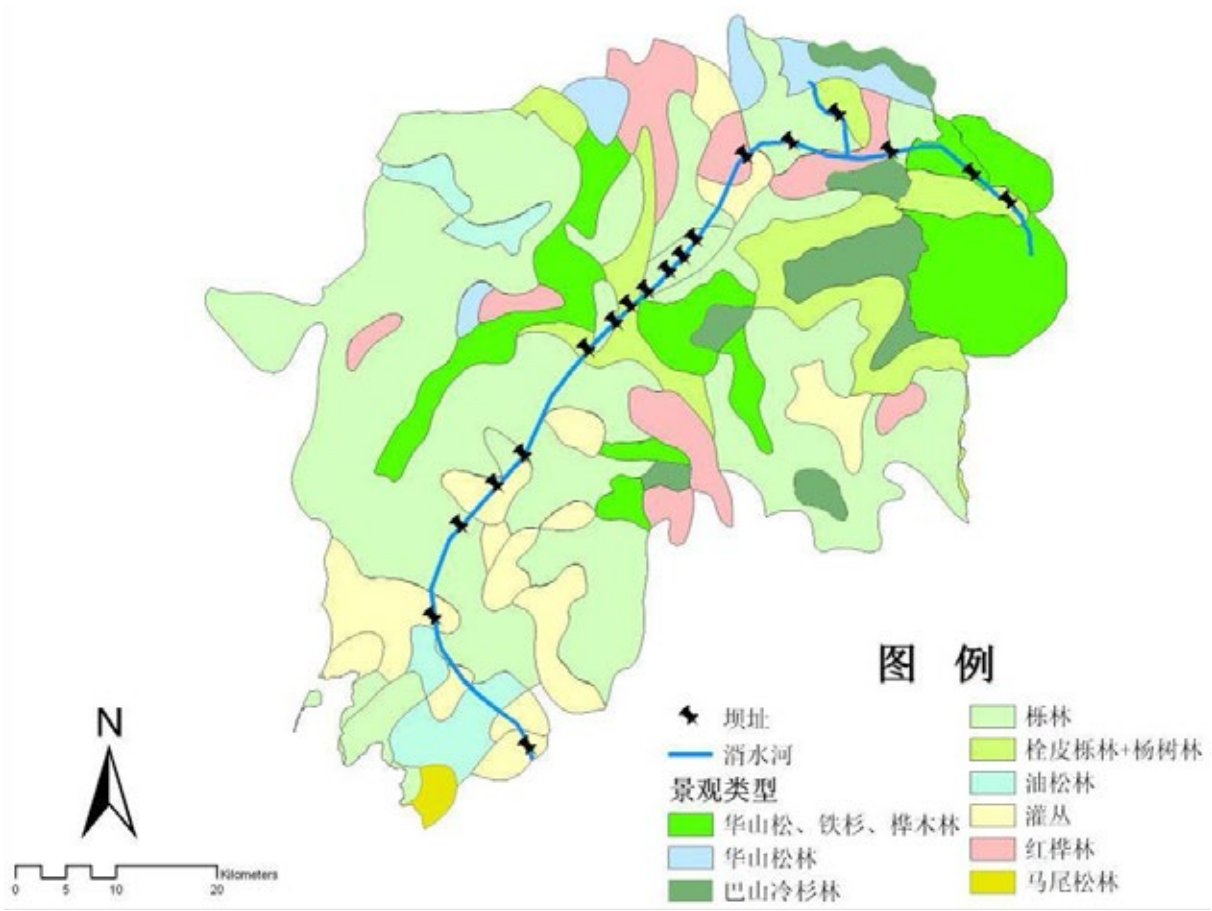


图 5-2 渭水河流域大坝建设前景观类型图

Fig.5-2 Landscape Type of Xushui Rive before Dam Construction

在景观层次上，该区域大熊猫栖息地斑块总数为 54，Shannon 多样性指数为 1.31，CONTAG 指数为 74.9，表明景观连通性较理想。栎林的 IJI 指数最大，为 87.89，表明栎林与其它各斑块的比邻概率趋于均等。其次为华山松林和巴山冷杉林，IJI 指数都在 70 以上。由以上分析可以看出，渭水河流域范围内自然环境较好，植被类型及其分布较适合大熊猫的活动。

5.2.3 景观格局影响分析

由于水电站是沿河而建，所以各水电站占用的植被类型主要是栎林、灌木林、栓皮栎 + 杨树林、红桦林和华山松 + 铁杉 + 桦木林。其中，占用的栎林面积最大，为 137.44hm²，其次为栓皮栎 + 杨树林和灌木林，分别为 91.55 hm² 和 84.59 hm²，占用的华山松 + 铁杉 + 桦木林和红桦林面积最小，分别为 10.67 hm² 和 10.5 hm²。这说明水电站的建设主要占用了落叶阔叶林和灌木林地，对针叶林和针阔混交林的影响较小。这主要是因为针叶林和针阔混交林分布的海拔较高，而水电站的海拔较低的河谷地带，海拔大都在 1500m 以下。

另外，大坝所在的斑块的平均面积有不同程度的减小，栎林的斑块平均面积减小的最多，为

11.46hm²，其次为灌木林，为 10.57hm²。斑块密度没有明显变化，这表明水电站建设并没有明显增加各斑块类型的破碎化程度。

表 5-4 渭水河流域大坝建设前后各斑块类型指数

Tab.5-4 Patch-level Landscape Vegetation Index of Xushui River after the Dam Construction

景观类型	斑块层次景观指数									
	斑块面积 (hm ²)		斑块面积所占景观比例 (%)		最大斑块面积比例 (%)		斑块平均面积 (hm ²)		斑块密度 (块 · 100hm ⁻²)	
	前	后	前	后	前	后	前	后	前	后
华山松林	9601.28	9601.28	2.61	2.61	1.35	0.74	2400.32	2400.32	0.04	0.04
马尾松林	1926.50	1926.50	0.52	0.52	0.64	0.64	1926.50	1926.50	0.05	0.05
油松林	13360.57	13360.57	3.63	3.63	2.04	2.04	4453.52	4453.52	0.02	0.02
华山松 + 铁杉 + 桦木林	50495.24	50494.57	13.72	13.72	7.52	6.74	10099.05	10096.91	0.01	0.01
巴山冷杉林	17432.26	17432.26	4.74	4.74	2.32	2.32	2905.38	2905.38	0.03	0.03
栎林	178029.80	178022.36	48.37	48.33	34.8	28.9	14835.82	14824.36	0.01	0.01
栓皮栎 + 杨树林	32073.69	32072.14	8.71	8.69	5.92	2.47	4009.21	3997.77	0.02	0.03
红桦林	25867.23	25866.73	7.03	7.03	2.12	1.79	3695.32	3693.82	0.03	0.03
灌木林	39269.45	39264.86	10.67	10.65	3.84	3.26	4908.68	4898.11	0.02	0.02
水电站占地	0	334.75	0	0.09	0	0.007	0	18.60	0	5.38

由于河流本身就隔离的作用，所以本次分析并没有将河流这一线性景观考虑在内。而只是提取出了大坝的蓄水区域，重点分析大坝蓄水对流域景观造成的影响。在景观层次上，水电站建设后的斑块数量均大于水电站建设前，增加的斑块主要是大坝的蓄水区。

IJI 指数在大坝建设后稍大于建设前，表明大坝建设使各斑块类型间相互比邻的概率有所增大，即空间异质性加强了。Shannon 多样性指数在大坝建设后大于建设前，表明大坝的修建使景观多样化，CONTAG 指数在大坝建设后虽有所下降，但是变化微小，表明大坝建设没有使景观内部的连通性降低，没有加剧景观的破碎化。

5.3 渭水河流域梯级开发对大熊猫栖息地的影响分析

栖息地 (habitat) 定义为特定物种可以生活的任何生物物理环境部分，可以是暂时的，也可以是

永远的。栖息地，也被称为生境，最早由美国的 Grinnel 于 1917 年提出，指的是生物的居住场所，即生物个体、种群或群落能在其中完成生命过程的空。其中不仅包括对生命有机体有影响的自然条件，也包括生物体种内和种间的相互影响。

大熊猫对其栖息地的选择有 3 各因素，分别是：觅食条件、隐蔽条件、气候条件。

野生大熊猫食谱中 99% 是竹子，因此大熊猫栖息地必须生长有大量的竹子。但是如果竹密度过大，则大熊猫在其中穿行困难，而且过密的竹林其营养质量也常较差；过稀则能量收入少，因此，大熊猫一般选择中等密度的竹林（张泽钧，胡锦矗，2000；杨兴中，蒙世杰 1998）；大熊猫喜欢选择具有一定乔木郁闭度的发育成熟的浓密林灌下生境（林英华，顾海军，2005），较大的乔木郁闭度可为其提供良好的隐蔽条件和适宜的微气候条件（赵德怀，夏未铭，2005）。大熊猫喜欢在坡度平缓的竹林觅食、活动，特别是二、三级支沟的夷平地（张泽钧，胡锦矗，2000），一是为了节约活动时的能量消耗，二是为适应其采食行为（大熊猫有坐着食竹的习性（吕益新，周永年，1966））。大熊猫对温、湿气候条件的要求首先表现在其季节性迁移习性上。大熊猫是一种山地林栖动物，既畏炎热，又惧寒冷，因此会随季节的变化，主动选择不同气候条件的局部生境，具有垂直迁移的习性，具有冬居地和夏居地（杨光，胡锦矗，魏辅文，1998）。在秦岭地区的大熊猫，其夏居地一般在海拔 1700m–3100m 之间，而冬居地一般在海拔 1400m–1700m 之间（杨兴中，蒙世杰，1998）。

因此，根据前人对大熊猫种群生态学、行为学、生理学、主食竹等方面的研究成果，我们将渭水河流域的大熊猫分布区划分为栖息地和潜在栖息地，划分标准见表 5-5，划分结果见图 5-3。

表 5-5 大熊猫栖息地和潜在栖息地划分标准

Tab.5-5 criteria for the classification of Giant panda habitat and potential habitat

项目		栖息地	潜在栖息地
非生物因子	海拔	1500–3100m	1350–1500m
	坡度	<30°	30° –45°
生物因子	植被	森林	灌丛
	竹子	大熊猫主食竹	

在 GIS 的支持下，将大坝建设的淹没区叠加到大熊猫栖息地和潜在栖息地图上，对大坝建设前后大熊猫生境的变化进行模拟。结果表明：在大坝淹没区叠加前，渭水河流域大熊猫的栖息地面积约 360.87 km²，潜在栖息地面积约 218.55 km²。大坝淹没区叠加后，大熊猫栖息地面积没有减少，潜在栖息地面积减少 23.4 km²。这说明水电站大坝建设没有侵占大熊猫栖息地，占用大熊猫潜在栖息地也较少，对大熊猫栖息地和潜在栖息地基本没有较明显的影响作用。

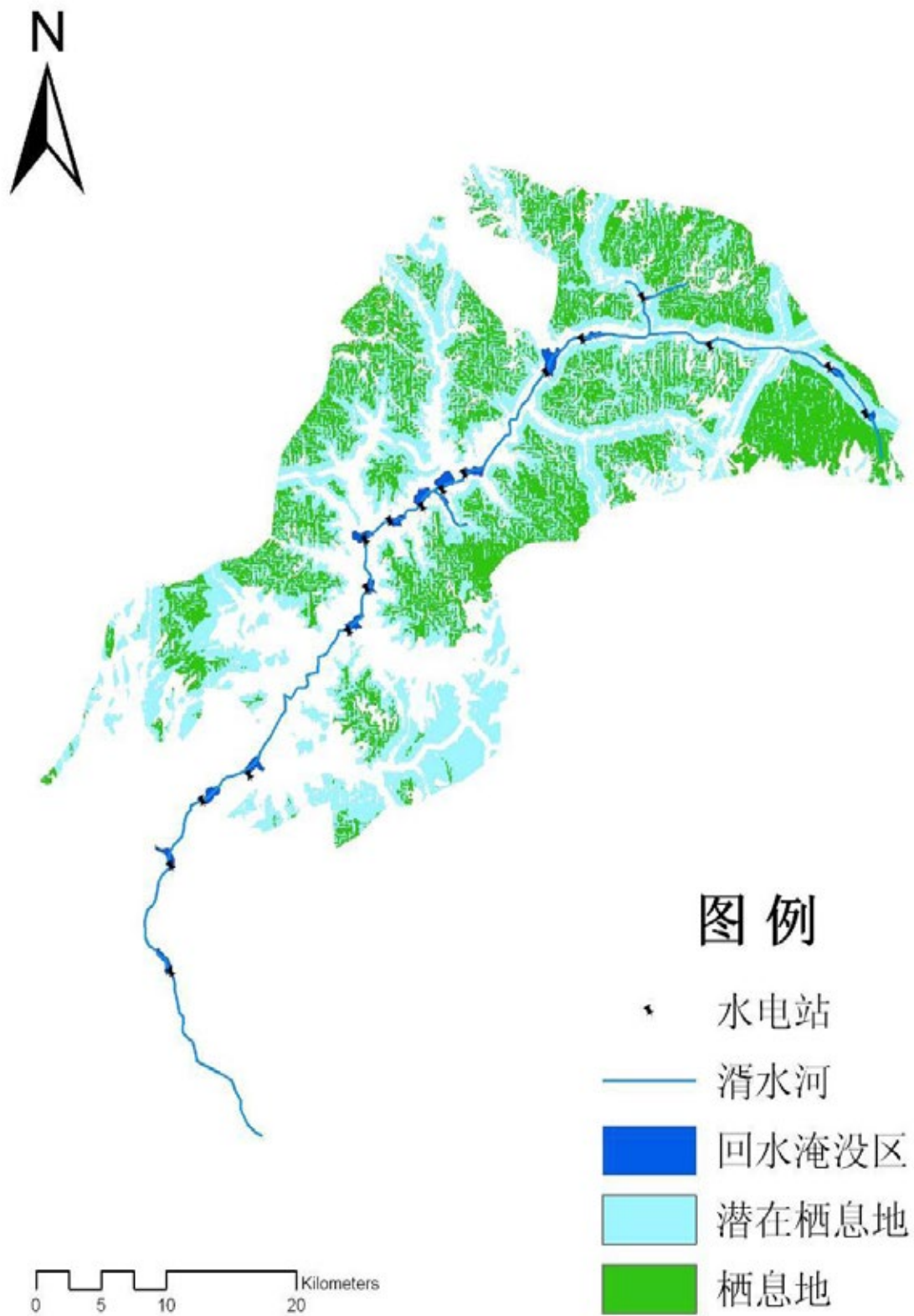


图 5-3 渭水河流域大熊猫栖息地和潜在栖息地分布图

Fig.5-3 Giant Panda Habitat and Potential Habitat Distribution in Xushui River Basin

5.4 结论和建议

根据淹没分析和流域分析的计算结果，渭水河流域各梯级水电站的建设共造成 38.6km 的回水河段和 81.3km 的脱减水河段，干扰河段长度占渭水河总长度的 72%。由此表明，梯级水电站的开发建设对渭水河流域的水文状况影响很大。对水生动物和两栖类动物有较大的影响，但是对陆生动物的影响较小。对陆生动物的影响主要表现在对其迁徙路线的改变和以及陆生动物的饮水造成困难。

由于渭水河本身的景观隔离作用，水电站的建设不会明显的增加大熊猫栖息地的景观破碎程度。渭水河流域水电站的建设，占用土地面积占流域总面积的 0.09%，且都是河谷地带的土地，仅占据了 23.4 km² 潜在栖息地，没有侵占到大熊猫的栖息地。

由于渭水河梯级开发正在规划实施中，大规模梯级水电站建设对流域的植被演替、气候，以及地质变化等方面的影响还没有显现出来。因此，今后我们应当加强对大熊猫栖息地的气候和植被演替的研究和监测，研究梯级电站开发对大熊猫种群和栖息地的长期影响。同时，整合与调整野外保护管理、监测站点和建立巡护监测体系，构建全面覆盖秦岭大熊猫栖息地就地保护的的网络体系。以流域梯级开发为契机，搬迁渭水河沿岸的农户，对渭水河沿岸的农田退耕还林，减少农耕对大熊猫栖息地和迁徙的干扰，强化大熊猫走廊带建设和潜在栖息地的恢复。

6. 梯级开发对秦岭大熊猫迁徙的影响

大熊猫的迁徙分为两种情况，一种是在其冬居地和夏居地之间的迁徙，即沿海拔的垂直迁徙；另一种是种群交流的迁徙，即繁殖期寻找配偶或寻找更好的栖居地。水电站的修建会改变河流两岸的水文地质情况，也会影响到两岸的植被组成，从而影响到大熊猫的迁徙，甚至阻断大熊猫的迁徙路线。

大熊猫对其栖息地有着严格的要求，如对可食竹密度、乔木层郁闭度、风向、坡度、坡向、隐蔽条件等因子有严格的要求（杨兴中等，1997）。大熊猫特化的食性表明其生态位狭窄，以低营养低能量的竹子为食，因此大熊猫一天中有 54.86% 的时间用于觅食，43.06% 用于休息，2.08% 用于游玩（胡锦涛，2001）。由此可知，大熊猫对迁徙走廊带的要求也是较高的，尤其是走廊带是否有大量的可食竹的分布，以及走廊带地形是否方便于大熊猫行动。

其次，大熊猫性情温顺，对外界的感扰异常敏感，听到异常响声时常常立即逃避。因此人类活动多的地带不适合做大熊猫的迁徙走廊带。

6.1 大熊猫迁徙走廊带的确定因子

（1）由于大熊猫分布在秦岭的海拔 1300 米到 2900 米之间，大熊猫迁徙的走廊带应分布在海拔 1100 米以上。

(2) 大熊猫迁徙过程中, 需要不断的进食, 所以迁徙的走廊带要有足够的竹子分布, 以保证大熊猫迁徙的能量需求。

(3) 走廊带地形坡度要在 40 度以下, 不能有陡坡、陡坎、断崖, 以及茂密难以穿越的灌丛和竹林。

(4) 此外, 大熊猫迁徙走廊带要有较少的人为活动。所以, 农田的面积、人口的密度和道路网的密度, 都将会对大熊猫走廊带造成破坏。

6.2 大熊猫迁徙走廊带的确定及影响分析

通过将渭水河流域竹子分布图叠加到高程图上, 分析得出观音峡水电站上游 3.66 千米范围内和将军台水电站上游都满足大熊猫迁徙的海拔高程要求和竹子分布, 有可能成为大熊猫的迁徙走廊带。

观音峡水电站上游 3.66 千米的走廊带, 是联系兴隆岭、桑园坝和盘龙三个大熊猫种群的通道。但是附近居民的农业生产活动和采樵已经威胁到了大熊猫的迁徙, 更严重的是洋太公路的建成, 以及观音峡大坝的修建, 有可能已经使这个走廊带失去了作用。

由表 6-1 可知, 二郎坝至黄柏塬乡的车流量相对于其它路段还是较大的, 而观音峡走廊带正是处于这一地带, 持续的公路噪声的影响已经使大熊猫不可能穿越这以走廊带。其次, 由于观音峡大坝的修建, 大坝上游将回水 2.2 千米, 河流水位的大幅度上涨, 使大熊猫即使在枯水季节也无法穿越河流的阻隔。

因此, 即使观音峡上游 3.66 千米地域的自然条件是适合做为大熊猫迁徙走廊带的, 但是人为的活动和开发工程, 已经使这一地域丧失了做为大熊猫走廊带的条件。

表 6-1 洋太公路沿线的车流量及两侧距公路 15 m 处的噪声情况

Tab. 6-1 The vehicle flow rate of Yang-Tai highway and yawp from 15 m to the highway

路段	华阳镇至平堵乡	平堵乡至二郎坝	二郎坝至黄柏塬乡	黄柏塬乡至苏家沟林场
车流量 (辆/小时)	3 ~ 5	3 ~ 5	10 ~ 25	3 ~ 10
瞬间噪声 (dB)	10 ~ 20	5 ~ 20	10 ~ 30	5 ~ 25

将军台水电站上游是兴隆岭大熊猫种群由夏居地向冬居地迁徙的必经之地, 但是其情况和观音峡走廊带的情况一致, 公路和水电站的开发使大熊猫很难安全通过这一地区。将军台水电站上游渭水河长 29.2 千米, 但是由于将军台、双洞子、古子梁和核桃坪等水电站的修建, 河流回水段长达 5.7 千米, 整体抬升了渭水河上游的水位, 使大熊猫无法通过。大熊猫冬居地和夏居地之间的迁徙通道被切断, 直接影响了大熊猫的生存, 可能导致兴隆岭大熊猫种群的衰亡。

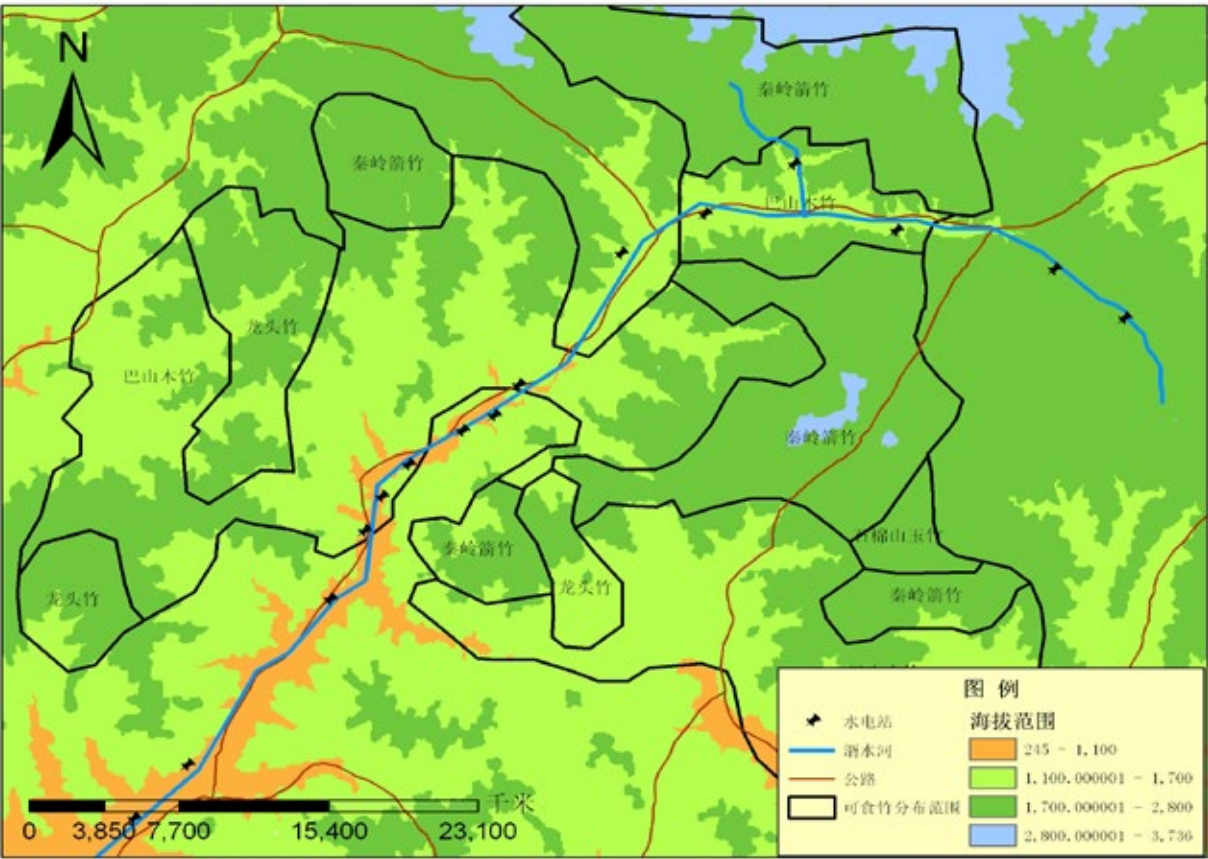


图 6-1 大熊猫走廊带示意图

Fig.6-1 Giant Panda Corridor Schematic

6.3 结论和建议

在大熊猫栖息地和潜在栖息地内进行梯级水电站的开发，改变的河流的水文，使整条河流的水位上升，大熊猫无法穿越，从而完全阻隔了大熊猫的迁徙路线。因此建议：

- (1) 对大熊猫的迁徙路线进行调查，以便于对大熊猫走廊带进行针对性的保护。
- (2) 梯级水电站的建设尽量避开大熊猫的迁徙走廊带，如果不得已，要建设若干大熊猫的人工走廊带，以保证大熊猫的正常迁徙。

7. 水电开发对大熊猫种群的影响评价

7.1 初步调查

初步调查的目的是要识别水电站可能对流域内植被类型、地形地貌和水文地质产生的影响，而这些影响是否会对大熊猫种群不利。

初步调查包括以下两个步骤：

第一步：总体概况

第二步：具体设施的相关调查说明。

7.1.1 总体概况

总体概况是对已开发或受影响流域内的河流生态系统的生态状况进行描述，能够为从一系列生态角度了解环境退化的范围提供概括性说明。同时，对受影响流域内的大熊猫栖息地进行评价，并对大熊猫的活动进行监测。这样就可以表明什么样的开发活动会对大熊猫种群造成不利影响，并了解其影响途径。

总体概况的信息尽可能从电站和环境的现有信息中获得，可以向本地利益相关者和社区居民进行咨询，还可以对调查区域进行考察。评价标准（见表 7-1）是进行这项工作的基础。

调查范围应该包括受水电站影响的所有河段，即调查范围取决于水电开发的影响区，而不是流域的自然水文边界。

7.1.2 具体设施的相关调查说明

在做出总体概况的结果之后，就可以对水电工程的具体设施和措施进行专项调查，如干流拦河大坝、支流堰坝、支流引水系统、电站厂房、入坝公路等水电设施的建设和运行对大熊猫栖息地及其活动的影响。

7.2 评价标准

通过以上几个章节的研究和论述，并参照国外绿色水电的认证标准，制定水电开发对大熊猫种群影响的评价标准，见表 7-1。

表 7-1 水电开发对大熊猫种群影响的评价标准

Tab.,7-1 The Evaluation Standard of The Influence of Hydropower Development on Panda Population

环境\管理	河道水流调节	入坝道路、人流管理	水库管理	电站设施设计和建设	社区管理
水文特征	依照天然水流的季节变化和多样性 最小径流管理，避免脱水河段的形成	——	不在大熊猫迁徙季节大量泄水，造成下游水文的突然变化	应包括在任何时候都能满足最小径流的技术措施	保证农村社区的生活生产需水量
河流形态和地貌	保持河床的天然结构	——	陆地的淹没造成河流形态和地貌的变化	——	——
栖息地环境	河道两岸的植被类型	入坝公路的修建造成栖息地的破碎化，以及人流的增加造成栖息地的退化	水库是否淹没了大熊猫栖息地 水质是否出现富营养化	在栖息地和受保护区域避免修建任何新建筑 施工期间应避免施工噪声对栖息地的影响	水电站所有者对当地社区的扶持，如能源补贴、退耕还林，以增加大熊猫的栖息地
迁徙环境	依照天然水流的季节变化和多样性 在迁徙季节采用最大径流管理	入坝公路的修建所造成的陡坡阻碍了大熊猫的迁徙 人流的增加也会造成大熊猫的趋避	——	——	进行村民搬迁和小村的合并，从而进行大熊猫走廊带的恢复和建设

7.2.1 河流流量管理

流量管理的目标是要保证水流情势接近于所涉及的河流的自然特性。最小流量应当具有符合河流类型的近自然流态，保证河流的连通性，保护动植物的自然多样性。最小流量应该保持典型的河流栖息地及两岸的植被类型，防止两岸植被的退化。最小流量要有足够的水流来净化排入河道的污水，保证陆生动物的饮水安全。引水式电站不应造成被引水河段的长时间断流，引水应保证被引水河流的基本生态需水。

最大流量是指水库泄水时，要保证下游陆生动物的安全。在大熊猫的迁徙季节，应避免大规模的水库泄水，造成下游水深的突然增加。

7.2.2 入坝公路、人流管理

水电站建设不可避免的会带来入坝公路的修建和人流的增加。入坝公路的建设导致公路沿线的

植被破坏。而公路建设所造成的山体垂直切面，使大熊猫无法跨越，造成大熊猫迁徙的困难，增加了大熊猫迁徙的不安全因素。

人流的增加也会造成大熊猫的趋避，从而减少了大熊猫的实际可活动范围。

7.2.3 水库管理

水库的管理应包括水库的水位变化和水质。水库的建设不应淹没大面积的大熊猫栖息地或迁徙走廊带。如不可避免，应该另建大熊猫的迁徙走廊带和栖息地恢复。

水库的富营养化，会导致水库水质的恶化，从而导致整个下游的水质总体恶化，无法保证陆生动物的饮水安全。

7.2.4 电站的设计和建设

如果在需要保护的栖息地内有电站建筑物和设施，应当从生态角度对这些建筑物和设施进行整合，以避免他们对栖息地造成无法避免的破坏。在大熊猫栖息地内不许修建新的建筑物。已存的建筑物应当尽可能与自然景观相协调。

水电站应当采取建设性的措施保证基本流量一直能够下泄进入最小流量河段。电站控制系统设计应当确保不会突然下泄大流量水流。

7.2.5 社区管理

水电站的投资商应该和当地村民社区做好利益分配，实现利益共享。水电站投资商应减少水电站对当地村民社区的生活环境的不利影响，保证当地村民的饮用水安全。

水电站投资商应加大对当地社区的扶持，如能源补贴、退耕还林，减少农业生产和樵采对大熊猫栖息地的破坏。以水电站建设移民为契机，进行村组合并，在远离大熊猫的栖息地的地方建设新的村民社区，从而进行大熊猫走廊带和栖息地的恢复和建设。

7.3 评价与监测

依据以上所提的评价标准，对水电站进行评价，针对突出问题，提出合理的建设性意见，对水电站不符合要求的地方进行整改。

在水电站运行期对评价区进行长期的监测，以检验评价结果和整改措施的有效性。并根据监测结果对评价标准进行适当的修正，使其更加具有可操作性和合理性。

参考文献

- [1] 贾金生, 袁玉兰, 李铁洁 .2004.2003 年中国及世界大坝情况 .中国水利 ,(13): 25–33.
- [2] 姚维科, 崔保山, 刘杰等 . 2006. 大坝的生态效应: 概念、研究热点及展望 . 生态学杂志 , 25(4): 428–434.
- [3] 祁继英, 阮晓红 . 2005. 大坝对河流生态系统的环境影响分析 . 河海大学学报 , 33(1): 38–40.
- [4] International coalition to save the Macal River. Stop Fortis Campaign –Update August 2005 www.stopfortis.org.
- [5] Matola, S (2005) Belize Zoo, Personal communication.
- [6] OECD (2005) Economic Survey of Iceland, 2005. www.oecd.org.
- [7] WWF. Rivers at Risk, Dams and the future of freshwater ecosystems.
- [8] 宋萌勃 . 2004. 水利水电开发对环境的影响及其措施 . 长沙工程职业技术学院学报 . 21(4):37–39.
- [9] 布仁仓, 胡远满, 常禹, 李秀珍 .2005. 景观指数之间的相关分析 . 生态学报 , 25(10): 2 7642–2775.
- [10] 段春霞, 胡远满, 李月辉等 .2004. 大兴安岭北部林区景观格局变化及其影响分析 . 生态学杂志 , 23(2): 133–135.
- [11] 国家林业局 .2006. 全国第三次大熊猫调查报告 . 北京: 科学出版社 .
- [12] 欧阳志云, 刘建国, 肖寒 . 卧龙自然保护区大熊猫生境评价 . 生态学报 ,2001,21(11): 1869–1874.
- [13] 邬建国 .2004. 景观生态学 – 格局、过程、尺度与等级 . 北京: 高等教育出版社 .
- [14] 徐卫华 . 全国大熊猫生境动态特征及影响因子研究 . 中国科学院研究生院博士学位论文 ,2006.
- [15] 徐卫华, 欧阳志云, 李宇等 . 2006. 基于遥感和 GIS 的秦岭山系大熊猫生境评价 . 遥感技术与应用 , 21(3):238–242.
- [16] 赵景柱 .1990. 景观生态空间格局动态度量指标体系 . 生态学报 , 10(2): 182–186.
- [17] 张爽, 刘雪华, 靳强, 等 .2004. 秦岭中段南坡景观格局与大熊猫栖息地的关系 . 生态学报 , 24(9): 1951–1956.
- [18] ROSENBERG D M, MCCULLY P, PRINGLE C M. Global-scale environmental effects of hydrological alterations: introduction .Bioscience,2000,50(9):746–751.
- [19] WCD . Dams and Development :A New Framework for Decision-making. World Commission on Dams. London: Earthscan Publications,2000.
- [20] Bednarek A T. Undamming River: A Review of the Ecological Impacts of Dam Removal . Environmental Management,2001,27(6):803–814.
- [21] Verbunt M , Zwaafink M Q, Gurtz J. et al. The Hydrologic Impact of Land Cover Changes and Hydropower station In Alpine Rhine Basin. Ecological Modelling,2005, 187(1):71–84.

- [22] Naiman R J, Turner M G. A Future Perspective on North American' s Freshwater Ecosystems. Ecological Application, 2000(10):958-970.
- [23] Doyle M W, Stanley E H, Orr C H, Et al. Stream Ecosystem Response to small Dam Removal; Lessons from Heartland. Geomorphology, 2005, 71(1-2):227-244.
- [24] Doyle M W, Harbor J M. Toward Policies and Decision-Making for Dam Removal. Environmental Management, 2002, 31(4):453-465.
- [25] 李正霞. 水利工程与生态环境. 陕西水力发电, 2000, 16(3): 31-32.
- [26] 张育新, 马克明, 牛树奎. 异质种群动态模型: 破碎化景观动态模拟的新途径. 生态学报, 2003, 23(9): 1877-1890.
- [27] 张泽均, 胡锦矗. 大熊猫生境选择研究. 四川师范学院学报(自然科学版), 2000, 21(1): 18-21.
- [28] 杨兴中, 蒙世杰. 1998, 佛坪大熊猫环境生态的研究(II): 夏季栖居地的选择. 西北大学学报(自然科学版), 1998, 28(4): 348-353.
- [29] 陈利项, 刘雪华, 傅伯杰. 卧龙自然保护区大熊猫生境破碎化研究. 生态学报, 1999, 19(3): 291-297.
- [30] 应俊生, 李云峰, 郭勤峰, 崔禾. 秦岭太白山地区的植物区系和植被. 植物分类学报, 1990, 28(4): 261-293
- [31] 孙承募, 张哲邻, 金学林. 秦岭大熊猫局域种群的划分及数量分布. 陕西师范大学学报(自然科学版), 2006, 34(3): 163-166.
- [32] 杨兴中, 蒙世杰, 张银仓, 等. 佛坪自然保护区大熊猫的冬居地选择. 见: 脊椎动物资源及保护. 四川科技出版社, 1998, 20-31.
- [33] 杨光, 胡锦矗, 魏辅文, 等. 马边大风顶自然保护区大熊猫的空间分布格局和季节性垂直迁移行为的研究. 见: 脊椎动物资源及保护. 成都: 四川科技出版社, 1998, 8-14.
- [34] 梁齐慧, 李岗. 秦岭野生大熊猫繁殖生态的初步研究. 动物学杂志, 1993, 28(5): 23-27.
- [35] 刘仁义, 刘南. 一种基于数字高程模型 DEM 的淹没区灾害评估方法. 中国图象图形学报, 2001, 6(2): 118-120.
- [36] 何宗宜, 韩用顺. 基于 GIS 技术的洪水淹没计算分析系统. 地理空间信息, 2003, 1(3): 5-7.
- [37] 葛小平, 许有鹏, 张琪, 等. GIS 支持下的洪水淹没范围模拟. 水科学进展, 2002, 13(4): 456-460.
- [38] 胡瑞鹏, 黄少华, 王迅. GIS 在洪水淹没灾害评估中的应用. 水利水文自动化, 2007(2): 5-8.
- [39] 郭利华, 龙毅. 洪水淹没分析. 武汉: 中国测绘通报, 2002, 10(11): 15-19.
- [40] 刘仁义, 刘南. 基于 GIS 的复杂地形洪水淹没区计算方法. 地理学报, 2001, 18(1): 4-9.
- [41] 禹雪中, 唐万林, 等译. 2006. 绿色水电与低影响水电认证标准. 科学出版社.

附表 1 大熊猫活动及其生境状况样方调查表

样线编号												日期： 年 月 日				天气										
地 点		县 / 市								大地名				小地名												
样方编号										调查人																
海拔高度						GPS 定位				北纬： ° ′ ″				东经： ° ′ ″												
部 位	脊部	上部		中部		下部		谷地		平地		坡 形	均匀坡	凹坡		凸坡		复合坡		无坡形						
坡 向		北		东北		东		东南		南		西南		西		西北		无坡向								
坡 度		0°-5°				6°-20°				21°-30°				31°-40°				>41°								
大熊猫活动类型	实体	粪便		食迹		足迹		卧穴		洞穴		爪痕		标记		尸体										
实 体		数量				大小				性别				行为												
粪 便	数量 (团)	1		2		3-10		11-20		>20		新鲜程度	1-3		4-15		>15 天									
		咀嚼		细		中		粗		组成	茎		茎叶		叶		笋		其它							
		程度																								
样本编号																		小粪便		数量		(团)				
粪便量度		(cm)								(cm)										量度		(cm)				
生境类型	常绿阔叶	常阔落阔混交				落叶阔叶				针阔混交				针叶林		灌丛		草坡		农田						
森林起源		原始林								次生林								人工林								
乔木层	平均高度（米）		5-9								10-19								20-29							
	郁 闭 度		0-0.24								0.25-0.49								0.5-0.74							
	平均胸径（厘米）		0-10								11-20								21-30							
灌木层	高度（米）	0-1		1-2		2-3		3-4		4-5		盖 度	0-24%		25-49%		50-74%		75-100%							
竹 种																										
高度（米）	0-1		1-2		2-3		3-5		>5		盖 度	0-24%		25-49%		50-74%		75-100%								
生长类型	散生		簇生		混生		生长状况	好		中		差		水 源	有		无									
干扰种类	人 类 干 扰												自然干扰				其 它									
	公路	采伐	猎棚	放套	放牧	割竹	挖笋	挖药	耕种	旅游	竹开花	火灾	滑坡													
时 间	1																									
	2																									
	3																									
	4																									
强 度	无																									
	弱																									
	强																									
	很强																									
备注																										

附表 2 观音峡坝址丰水年 (P=20%) 逐日平均流量表

单位: m^3/s

日期	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1	2.04	1.68	1.43	1.33	15.0	2.30	3.27	5.68	5.82	102	6.48	3.18
2	2.04	1.68	1.54	1.33	11.5	2.15	8.14	4.39	7.66	55.8	6.34	2.99
3	1.94	1.76	1.54	1.24	10.1	2.15	162	4.20	11.0	40.2	7.29	2.99
4	1.94	1.76	1.80	1.24	7.62	2.30	76.2	3.65	8.33	28.9	8.71	2.99
5	1.85	1.76	1.94	1.24	5.49	2.02	45.4	2.93	17.1	20.5	5.91	2.99
6	1.85	1.68	1.80	1.24	4.30	2.15	19.8	3.03	53.0	15.5	5.58	2.99
7	1.85	1.58	1.54	1.24	3.80	2.15	11.3	3.42	56.8	12.5	5.20	3.18
8	1.85	1.58	1.67	1.24	3.46	1.87	8.89	3.65	22.2	10.2	4.87	3.18
9	1.85	1.58	1.67	1.24	3.27	1.64	51.6	4.46	12.3	9.32	5.20	2.99
10	1.85	1.58	1.67	1.15	3.46	1.75	53.5	5.82	8.47	8.89	5.58	2.99
11	1.85	1.58	1.54	1.15	3.46	2.15	23.4	5.82	7.57	12.6	5.58	2.80
12	1.85	1.33	1.54	1.06	3.51	2.91	13.8	4.83	6.72	8.89	5.20	2.62
13	1.85	1.33	1.54	1.06	9.65	2.03	9.56	4.46	9.27	12.8	5.20	2.62
14	1.85	1.33	1.94	0.984	7.00	1.51	7.48	3.65	21.2	21.9	4.87	2.46
15	1.85	1.33	1.94	0.984	6.34	1.43	5.91	3.22	41.6	15.1	4.87	2.30
16	1.85	1.33	1.80	0.984	4.87	1.43	4.87	2.63	8.75	11.3	4.58	2.29
17	1.85	1.33	1.80	1.20	39.7	1.54	3.81	2.23	7.57	9.32	4.58	2.30
18	1.76	1.33	1.80	4.05	43.1	1.33	3.81	2.04	5.91	7.71	4.31	2.30
19	1.76	1.33	1.80	4.97	17.4	1.24	3.38	1.75	12.2	7.33	4.31	2.46
20	1.76	1.33	1.80	4.66	13.0	1.06	3.59	2.68	20.2	6.95	4.05	2.46
21	1.76	1.24	1.80	3.46	10.4	1.40	3.59	2.55	12.5	7.33	4.05	2.46
22	1.76	1.24	1.67	2.92	7.48	8.14	2.99	2.06	20.1	9.32	3.81	2.46
23	1.76	1.24	1.67	2.45	5.91	55.8	2.62	1.77	39.4	8.47	3.60	2.46
24	1.76	1.24	1.67	2.45	4.87	24.5	3.96	1.77	46.0	8.09	3.39	2.30
25	1.76	1.24	1.67	3.28	4.31	11.7	8.18	2.06	32.5	7.33	3.39	2.30
26	1.76	1.24	1.54	4.31	3.81	8.47	12.5	7.95	43.5	7.33	2.98	2.30
27	1.76	1.24	1.54	4.31	3.81	7.71	11.0	8.80	80.4	7.33	3.18	2.30
28	1.76	1.37	1.54	5.11	3.60	5.82	13.6	6.43	77.1	8.09	3.18	2.30
29	1.68		1.54	4.09	3.23	4.31	17.7	5.87	167	8.47	3.18	2.30
30	1.68		1.54	7.14	2.80	3.46	12.0	5.49	148	7.57	3.18	2.30
31	1.68		1.43		2.46			4.83		6.86		2.30

附表 3 观音峡坝址平水年（P=50%）逐日平均流量表

单位: m^3/s

日期	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1	1.95	1.52	1.35	1.96	1.96	2.43	20.3	6.53	9.60	4.97	3.60	1.99
2	1.94	1.41	1.35	1.96	1.92	2.25	19.0	4.66	6.20	4.92	3.49	1.97
3	1.85	1.52	1.35	2.03	5.20	2.11	10.5	3.03	4.65	7.95	3.48	1.97
4	1.83	1.62	1.35	2.47	7.48	2.32	6.15	2.23	4.08	6.58	3.39	1.96
5	1.83	1.52	1.35	2.57	18.9	3.42	5.06	1.83	4.55	4.87	3.31	1.85
6	1.83	1.56	1.35	2.59	9.79	8.23	6.91	1.54	4.34	4.09	3.20	1.84
7	1.83	1.62	1.36	2.60	5.91	5.30	5.11	1.81	5.96	3.61	3.18	1.84
8	1.83	1.69	1.44	2.78	4.16	3.48	3.94	1.98	28.4	3.49	3.28	1.84
9	1.83	1.64	1.45	2.85	3.30	2.76	3.29	2.78	37.9	3.58	3.10	1.84
10	1.77	1.56	1.45	3.18	2.80	2.34	3.14	4.92	24.3	3.61	2.93	1.84
11	1.69	1.51	1.36	3.04	4.83	2.79	50.1	3.96	22.9	3.65	2.90	1.84
12	1.69	1.57	1.35	3.88	12.1	4.78	48.3	4.87	28.7	4.31	2.75	1.73
13	1.69	1.57	1.35	7.38	32.1	5.96	17.5	3.82	116	8.14	2.73	1.72
14	1.69	1.57	1.39	5.96	90.4	5.49	10.0	5.16	94.1	14.9	2.58	1.72
15	1.62	1.57	1.36	5.77	32.4	4.05	6.53	3.51	68.1	20.5	2.57	1.71
16	1.39	1.57	1.32	4.71	17.7	3.27	18.5	2.12	51.1	21.0	2.56	1.60
17	1.60	1.68	1.36	3.88	50.6	2.68	11.9	2.44	32.9	19.4	2.42	1.55
18	1.69	1.69	1.36	3.27	37.2	2.51	7.62	2.46	21.3	19.4	2.41	1.60
19	1.69	1.64	1.33	2.72	18.8	2.36	5.44	3.42	15.8	18.9	2.41	1.60
20	1.69	1.57	1.45	2.43	11.5	3.08	5.06	4.31	11.8	17.9	2.34	1.60
21	1.76	1.56	1.45	2.21	7.38	7.81	4.20	3.25	17.7	13.9	2.35	1.60
22	1.83	1.46	1.32	2.10	6.01	6.62	3.81	2.62	16.2	10.8	2.32	1.60
23	1.90	1.45	1.44	1.97	5.06	4.48	3.78	2.40	11.5	8.61	2.24	1.60
24	1.98	1.45	1.45	2.67	4.29	3.68	3.38	2.38	9.41	7.05	2.18	1.60
25	1.97	1.45	1.45	7.29	3.86	2.93	3.43	2.36	8.94	5.77	2.12	1.60
26	1.84	1.45	1.46	5.54	4.14	2.40	2.70	2.17	13.3	5.39	2.11	1.60
27	1.76	1.41	1.61	3.59	4.00	2.19	2.37	2.36	11.6	5.20	2.11	1.60
28	1.71	1.36	2.13	2.91	3.49	2.17	2.43	2.81	9.04	4.83	2.11	1.60
29	1.69		3.23	2.45	2.92	2.58	2.12	73.3	7.10	4.44	2.11	1.65
30	1.69		2.57	2.09	2.77	3.29	2.21	22.7	5.49	4.13	2.11	1.77
31	1.64		2.07		2.77		1.95	11.7		3.86		1.73

附表 4 观音峡坝址枯水年 (P=80%) 逐日平均流量表

单位: m^3/s

日期	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月	7 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
1	0.970	0.984	1.44	1.32	3.12	0.606	30.5	2.72	1.02	1.70	2.16	2.92
2	0.970	0.989	1.53	1.41	2.57	0.606	13.1	2.24	0.984	1.64	2.05	2.74
3	0.970	0.989	1.53	1.54	2.32	0.606	5.49	1.94	6.53	1.53	2.01	2.67
4	0.970	0.989	1.53	1.45	2.28	0.606	7.24	1.82	5.20	1.46	1.94	2.67
5	0.970	0.989	1.53	1.43	2.04	0.558	4.78	1.21	3.18	1.41	1.90	2.67
6	0.970	0.989	1.53	1.43	1.85	0.582	2.73	0.937	2.28	1.41	1.83	2.67
7	0.970	0.989	1.53	1.43	1.74	0.629	1.67	1.02	1.61	1.32	1.79	2.67
8	0.970	0.989	1.53	1.43	1.63	1.30	3.32	1.19	1.27	1.30	1.68	2.67
9	0.970	0.989	1.53	5.06	1.63	1.59	42.2	1.31	1.13	1.51	1.61	2.67
10	0.970	0.989	1.53	10.1	1.56	1.14	12.4	1.07	1.04	1.57	1.58	2.67
11	0.970	0.989	1.53	12.3	1.63	0.823	38.1	1.18	1.09	1.58	1.51	2.67
12	0.970	0.989	1.53	13.2	1.56	0.639	54.9	1.04	2.31	1.72	1.51	2.67
13	0.970	0.989	1.53	13.4	1.42	0.615	26.2	0.960	3.23	2.12	2.06	2.67
14	0.970	0.989	1.53	7.81	1.32	0.615	12.4	0.880	2.50	2.04	42.3	2.67
15	0.970	0.989	1.53	5.44	1.30	0.615	7.38	0.828	2.10	1.93	77.1	2.67
16	0.970	0.989	1.53	3.89	1.22	0.625	4.97	0.766	3.15	4.30	59.1	2.67
17	0.970	0.989	1.53	2.95	1.21	0.776	6.95	0.795	10.5	26.5	24.3	2.67
18	0.970	0.989	1.53	2.64	1.21	0.790	12.2	0.724	7.14	23.9	14.8	2.67
19	0.970	0.989	1.53	4.64	1.13	0.757	6.67	0.766	4.58	23.9	12.4	2.67
20	0.970	0.989	1.53	52.5	1.11	0.681	4.24	0.695	3.43	17.3	10.1	2.67
21	0.970	0.989	1.53	33.0	1.16	0.710	4.20	0.710	2.96	9.60	8.04	2.67
22	0.970	0.989	1.58	14.8	1.11	0.710	4.26	0.748	2.56	6.15	6.62	2.67
23	0.970	0.989	2.40	8.94	0.970	0.615	3.23	0.748	2.49	4.49	5.49	2.67
24	0.970	0.989	2.07	7.10	0.828	0.606	2.02	0.748	2.36	3.54	4.83	2.67
25	0.970	0.989	1.83	6.25	0.757	2.02	1.90	0.757	2.13	3.08	4.33	2.67
26	0.970	0.989	1.58	5.68	0.823	5.54	1.85	0.738	2.06	2.70	3.94	2.67
27	0.970	0.989	1.56	5.20	0.889	2.14	1.36	2.02	2.13	2.51	3.60	2.67
28	0.970	0.989	1.56	4.52	0.847	1.28	1.13	1.52	2.26	2.44	3.33	2.67
29	0.970		1.45	3.86	0.748	0.861	1.20	1.47	2.09	2.52	3.12	2.67
30	0.970		1.45	3.43	0.677	1.01	4.27	1.29	1.90	2.55	2.93	2.67
31	0.970		1.34		0.615		3.59	1.13		2.37		2.67

WWF大熊猫保护研究报告



+100

WWF的工作范围遍及
100多个国家和地区，
横跨6大洲

1961

自1961年以来，WWF就始
终是一家领先全球的生态保
护组织



+5M

全球有500多万人支持
WWF

+50M

WWF全球有5000
余名员工



我们致力于
遏止地球自然环境的恶化，创造人类与自然和谐相
处的美好未来。

www.wwfchina.org



© 1986 Panda symbol WWF – World Wide Fund For Nature (Formerly World Wildlife Fund)
© “WWF” is a WWF Registered Trademark. WWF, Avenue du Mont-Blanc, 1196 Gland,
Switzerland – Tel. +41 22 364 9111; Fax. +41 22 364 0332. For contact details and further
information, visit our international website at panda.org

