

# 国外大尺度生态廊道保护进展与秦岭国家公园建设

余付勤<sup>1,2</sup>, 张百平<sup>1</sup>, 王 晶<sup>1,2</sup>, 张兴航<sup>1,2</sup>, 姚永慧<sup>1</sup>

(1. 中国科学院地理科学与资源研究所, 资源与环境信息系统国家重点实验室,  
北京 100101; 2. 中国科学院大学, 北京 100049)

**摘要:** 大型山脉在其走向上往往是生物扩散和分布的天然廊道。然而, 由于人类干扰引起的生境碎片化, 山地廊道的连通性已大为降低。20世纪以来, 人们普遍意识到当前或过去的自然保护措施往往规模太小, 无法维持许多物种的长期生存及其所依赖的生态过程。因而, 山地廊道的连通性保护日益受到关注, 大尺度生态廊道被认为是长远意义上保护气候变化下生物多样性的最优策略。综述连通性保护和生态廊道的概念、发展历程及国外大尺度生态廊道建设实践的经验, 并从连通性保护的角度对秦岭国家公园建设提出一些建议, 强调大尺度的连通性保护和生态廊道建设对于国家公园自然生态系统的长远保护具有重要意义。

**关键词:** 大尺度生态廊道; 连通性保护; 自然保护地; 国家公园; 秦岭

山地因其独特、复杂的环境和气候条件, 往往具有极为丰富的物种多样性。大型山脉在其走向上往往是物种扩散和分布的天然廊道<sup>[1,2]</sup>, 如南北走向的安第斯山脉和东西走向的喜马拉雅山脉等。目前, 世界山地地区至少有21400个保护地, 约占全球保护区的32.4%, 覆盖南极洲以外的所有山区的17%<sup>[3]</sup>, 这一比例显著高于其他主要生物区系或陆地类型。然而, 由于人类活动的日益增强以及全球气候变化, 自然保护地正在成为“孤岛”, 规模过小, 大多不足以长远保护物种种群和自然生态过程; 在气候变化导致栖息地不再适宜时, 彼此隔离的保护地则使物种难以迁移而面临灭绝风险。因此, 迫切需要将保护地纳入到更大的空间尺度上, 保护、恢复和加强保护地之间的生态连通性<sup>[4]</sup>。20世纪80年代末期以来, 长达数百乃至数千公里的大尺度生态廊道在世界各地兴起, 不仅为生物迁移提供了通道, 有利于应对气候变化, 而且对于区域生态安全格局的优化具有重要意义, 受到了世界各地生物保护组织及政府部门的广泛关注。

在我国, 由于缺少顶层设计, 长期以来自然保护地体系存在着空间与功能重叠交叉、面积小、破碎化和孤岛化现象严重以及土地权属不清晰等问题<sup>[5]</sup>。为了解决这些问题, 我国于2013年首次提出建立国家公园体制, 目前已建立10个国家公园体制试点。国家公园是我国在优化及整合保护地体系上迈出的第一步, 其根本目的在于保护自然生态系统的完整性和原真性, 是提高自然保护地之间连通性、形成大尺度国家生态廊道的重要步骤。梳理国外大尺度生态廊道建设实践的经验, 对于我国当前国家公园建设以及未来构建区域乃至国家尺度生态廊道具有重要启示意义。作为横贯我国中部的东西向山

收稿日期: 2020-10-12; 修订日期: 2021-03-12

基金项目: 国家科技基础资源调查专项 (2017FY100900)

作者简介: 余付勤 (1991-), 女, 河南商丘人, 博士研究生, 主要从事山地地理、山地生态相关研究。

E-mail: yufq.17b@igsrr.ac.cn

通讯作者: 张百平 (1963-), 男, 河南博爱人, 博士, 研究员, 主要从事山地地理、山地生态相关研究。

E-mail: zhangbp@lreis.ac.cn

脉, 秦岭山脉是连接青藏高原与东部平原的天然廊道, 对于我国生物物种的东西向扩散、交汇、多样化和特化具有重要的意义。目前, 秦岭国家公园已经被纳入国家公园总体布局。基于国外大尺度生态廊道建设的经验与教训, 从连通性保护的角度提出国家公园建设的建议, 以期为秦岭国家公园建设提供决策参考。

## 1 大尺度生态廊道的相关概念

廊道用于提高破碎生境的连通性最早是由 Wilson 等<sup>[6]</sup>于 1975 年提出的。在生物保护领域, 廊道的主要理论依据是岛屿生物地理学理论<sup>[7]</sup>、复合种群理论<sup>[8]</sup>、景观生态学理论<sup>[9]</sup>等, 有学者称之为“廊道生态学”。在这些理论的基础上, 廊道被定义为“改善动植物在生境斑块间移动能力的任何空间(通常为条带状)”<sup>[10]</sup>。生态廊道(ecological corridor)是由廊道的涵义发展而来, 更偏重于其生态功能, 如保持水土、改善水质等, 同时可能兼具娱乐或美学功能<sup>[11]</sup>。在不同的语境, 生态廊道可能具有不同的含义, 相关术语有野生生物廊道(wildlife corridor)、生境廊道(habitat corridor)、景观连接(landscape linkage)等。为了促进国际上对于生态廊道的共同理解, 世界自然保护联盟(IUCN)于 2020 年发布指南界定了生态廊道与生态保护网络的涵义, 认为生态廊道是一个明确界定的、长期管理和经营以维持或恢复有效的生态连通性的地理空间; 生态保护网络则是由生态廊道连接的核心生境组成的系统<sup>[12]</sup>。生态廊道可以是连续的, 也可以是不连续的“踏脚石(stepping stones)”, 为动物通过景观提供所需资源和避难所。

尺度是生态廊道的重要特征, 包括空间尺度和时间尺度。根据规模, 可将廊道划分为三个空间尺度: 局地尺度(<1 km, 如树篱、道路交叉结构), 景观尺度(1~10s km, 如河流廊道), 区域或生物地理区尺度(100s~1000s km, 如山脉)<sup>[13]</sup>。生态廊道的时间尺度是指廊道发挥作用的年数或促进物种移动(如季节性或年度迁徙)的时间段等。本文所关注的大尺度生态廊道, 是指区域、生物地理区乃至大陆尺度的廊道, 区别于局地尺度小廊道。这类廊道较少关注于单个物种, 而是关注于长远意义上生态过程的完整性和群落的持久性<sup>[10]</sup>。

## 2 国外大尺度生态廊道与我国国家公园的发展历程

### 2.1 国外: 从国家公园到大尺度生态廊道

从 19 世纪末期起, 在世界范围内, 自然保护地体系从国家公园到大尺度生态廊道的过渡, 显示出自然保护从孤立的局地保护逐渐走向规模更大的连通性保护的转变<sup>[14]</sup>。梳理国际大尺度生态廊道的发展历程, 有助于我们认识生态连通性保护的重要性和必然趋势。

(1) 萌芽阶段(1960s 以前)。从 19 世纪末期开始, 世界各国纷纷探索建立各类保护地, 主要集中在局地尺度上保护土地本身范围内的措施。1865 年, 美国的约塞米蒂(Yosemite)自然保护区被认为是第一个由国家主导的现代自然保护区。1872 年, 第一个国家公园——黄石国家公园的建立, 使国家公园的理念迅速传播到世界各地。1948 年, 世界自然保护联盟(IUCN)成立, 倡导在世界范围内建立自然保护地以保护生物多样性。这些保护区建立较早, 面积通常较大, 对于物种的保护则往往取决于该物种的商业价值及是否受人喜爱。后来, 科学家们乃至整个社会逐渐意识到生态系统的所有层次及其所

有物种（尤其是食肉动物）的重要性，引起了人们对生物多样性作为一个整体的关注，尤其是珍稀濒危物种及其生境。

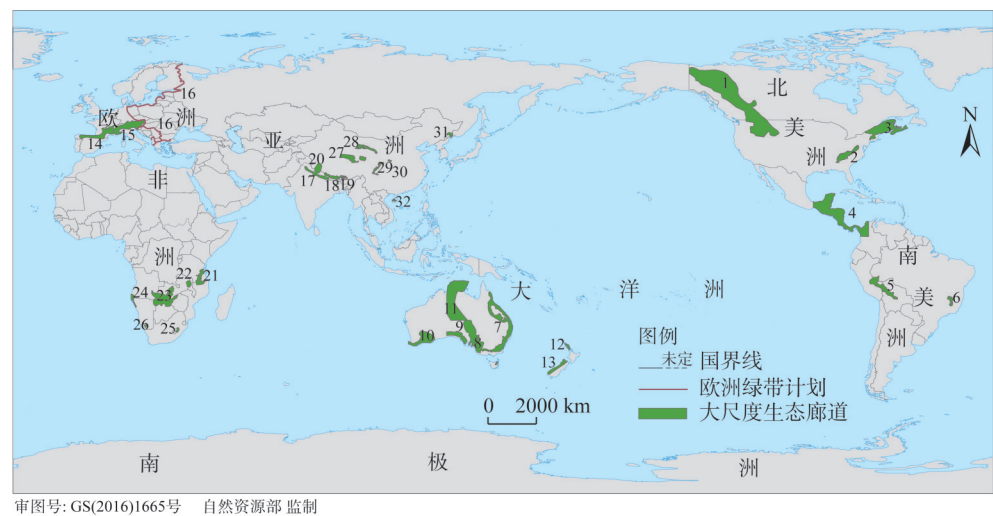
（2）初步发展阶段（1970s—1990s）。自1962年第一届世界国家公园大会以来，世界上80%的自然保护地得以建立。20世纪70年代以来，由于保护地规模的迅速扩大，人类社区与保护地之间的关系日益密切，单纯的生物多样性保护开始转变为保护与可持续发展并存。这一时期，生态学家和生物学家们逐渐认识到，早期的保护区尽管面积很大，却越来越无法实现其保护目标。例如，当时面积最大的黄石国家公园并不能够支持足够数量的灰熊，要维持灰熊种群的可持续性所需面积可能是公园本身的十倍<sup>[15]</sup>。对于自然保护地历史模式的局限性，20世纪70年代中期，联合国教科文组织的人与生物圈计划<sup>[16]</sup>将缓冲区纳入保护区的基本设计，提出了“核心—廊道—缓冲”的新模式，将保护区从独立的、严格自然保护的区域转变为更广泛保护区的一部分，使自然保护和自然资源管理相辅相成。这一思想后来成为许多自然保护措施的理论基础。

再者，人们日益认识到保护区之间连通性的重要性，即散布在大地理区域中的保护地在生态上是如何相互联系和作用的，以及它们与当地居民之间的关系<sup>[17]</sup>。自20世纪90年代以来，国际上陆续开展了许多基于大尺度生态廊道的保护行动。其中，较早的廊道有1990年中美洲的Paseo Pantera、1991年北美洲的“荒地项目”（Wildland Project，后为Wildways Network）。前者是沿着中美洲地峡为美洲狮（*Puma concolor*）所设计，是中美洲生物廊道的前身<sup>[18]</sup>，后者则横跨整个北美洲，旨在促进整个北美保护地综合系统的发展<sup>[19]</sup>。这些项目将景观尺度的保护规划纳入了保护工作和思想的主流，促进了北美地区许多大型保护廊道的产生，如美国西南部和墨西哥西北部的Sky Islands地区，“黄石—育空倡议（Y2Y）”，“阿迪朗达克公园到阿尔冈昆省公园走廊（A2A）”，以及北部阿巴拉契亚山脉等。

（3）实践发展阶段（2000s至今）。如果说黄石国家公园是19世纪的保护范式，生态系统管理是20世纪的保护模式，那么生态连通性保护已然成为21世纪的保护方式。21世纪以来，生境破碎化和气候变化所引起生物多样性下降日益严峻，大尺度生态廊道在全球呈指数级增长，被认为是保护生物多样性应对这一形势最为有效的手段<sup>[10,20]</sup>。2010年《生物多样性公约》的爱知目标5、7和11都包含了生态连通性，其中目标11特别呼吁“将保护区整合到更广阔的陆地和海洋景观中形成连接良好的系统”。联合国环境署发布的“2018/19前沿报告：全球环境的新兴问题（Frontiers 2018/19: Emerging Issues of Environmental Concern）”中也提出生态连通性是目前全球面临的五个关键问题之一。在国家层面，澳大利亚、哥斯达黎加、不丹等国家都对连通性保护进行了立法。在这一时期，仅在北美，就有300多个自主确定的尺度保护倡议<sup>[21]</sup>。澳大利亚、非洲南部、欧洲等地的大型连通性保护倡议也纷纷涌现（图1、表1）。这些廊道绝大部分位于山地与高原地区，取得了突出的成就。

## 2.2 我国：建立以国家公园为主体的自然保护地体系

自1956年第一个自然保护区建立以来，我国已建立了自然保护区、风景名胜区、地质公园、森林公园、湿地公园、水利风景区等各类自然保护地约1.18万个，约占我国陆域国土面积的18%。各类自然保护地是通过地方“自愿申报”方式建立，缺少国家层面的系统规划，存在空间和能够交叉重叠、面积小、破碎化、土地权属不清等一系列问题<sup>[5]</sup>，制约着我国保护地体系的良性发展，因而整合自然保护地体系、建立国家公园的



审图号: GS(2016)1665号 自然资源部 监制

注：本图基于自然资源部标准地图服务系统下载的标准地图制作，底图无修改；图中数字注解见表1。

图1 国际大尺度生态廊道示意图

Fig. 1 Sketch map of international large-scale corridors

理念应运而生。也有学者认为，国家公园可能是一种能够合理处理生态环境保护 and 资源开发利用关系的一种保护地类型，引入国家公园保护模式，是与国际接轨、完善我国保护地体系的必然结果<sup>[22]</sup>。

在我国，云南省率先开展了国家公园保护模式的探索，2006年在地方一级建立了普达措国家公园，2009年制定了一系列国家公园的地方标准，为国家层面国家公园体制建设提供了宝贵的经验。2013年，党的十八届三中全会首次提出“建立国家公园体制”。2015年5月，9个省份开始了为期3年的试点。2017年，在总结试点经验的基础上，《建立国家公园体制总体方案》明确了国家公园体制建设的具体要求。目前，我国已建成十个国家公园试点。

近年来，我国国家公园坚持将山水林田湖草作为一个生命共同体，对相关自然保护地进行功能重组，致力于保护自然生态系统的原真性和完整性。这与2016年《全国生态保护“十三五”规划纲要》所提出的“以主要的山脉、江河、海岸带等防护林体系为脉络，构建形成大尺度国家生态廊道，提高生态保护区域的连通性”高度契合。也就是说，我国国家公园不同于以往的自然保护地“孤岛”，与国际大尺度生态廊道的保护目标基本一致，是未来创建国家大尺度生态廊道以更长远、有效保护野生生物种群的重要前奏。然而，我国国家公园面积相对较小（图1、表1），最大的三江源国家公园面积为12.31万km<sup>2</sup>，其次为祁连山、大熊猫国家公园，分别为5.02万km<sup>2</sup>、2.71万km<sup>2</sup>，最小的长城国家公园仅有60 km<sup>2</sup>。此外，国家公园建设中还存在着功能定位不清、破碎化管理、界线限于行政边界、未能真正实现生态完整性保护、科研支撑不足等问题<sup>[23,24]</sup>，在大尺度上实现真正的连通性还任重道远。

3 国外大尺度生态廊道实践的经验与教训

进入21世纪以来，气候变化才被认为是生物保护的巨大挑战之一。尤其是山区，气



表1 国际大尺度生态廊道基本信息

Table 1 Details for international large-scale ecological corridors

序号	廊道名称	国家	面积/km <sup>2</sup>	开始年份
1	黄石—育空保护倡议 Yellowstone to Yukon Conservation Initiative	美国/加拿大	1300000	1993
2	南阿巴拉契亚生态区 Southern Appalachian Ecoregion	美国	283280	1996
3	北阿巴拉契亚/阿卡迪亚地区连接倡议 Northern Appalachian/ Acadian Region Connectivity Initiative	美国/加拿大	335345	2001
4	中美洲生物廊道 Mesoamerican Biological Corridor (MBC)	墨西哥、危地马拉、伯利兹、洪都拉斯、萨尔瓦多、尼加拉瓜、哥斯达黎加、巴拿马	124000	1997
5	维尔卡班巴—安博罗保护走廊 Vilcambia-Amboro Conservation Corridor	玻利维亚、秘鲁	300000	2003
6	塞拉·多·埃斯皮尼亚苏生物圈保护区 Serra do Espinhaço Biosphere Reserve	巴西	30765.58	2005
7	大东部山脉 Great Eastern Ranges (GER)	澳大利亚		2007
8	生境 141 Habitat 141/Outback to Ocean	澳大利亚	180000	2008
9	南澳大利亚自然连接 South Australian Nature Links, SANL	澳大利亚		2002
10	冈瓦纳连接 Gondwana Link	澳大利亚		2003
11	北领地生态连接 Territory Eco-link (TEL)	澳大利亚	134800	2009
12	重新连接北境 Reconnecting Natural Northland	新西兰	17000	2012
13	蒂瓦希波纳穆—新西兰西南部世界遗产区 Te Wahipounamu South West New Zealand World Heritage Area	新西兰	26000	1990
14	大山区走廊 Cantabrian Mountains-Pyrenees-Massif Central-Western Alps Great Mountain Corridor	西班牙、法国和意大利	206000	2003
15	阿尔卑斯生态网络与自然保护区 ALPARC-Alpine Ecological Network and Protected Areas	法国、意大利、瑞士、德国、奥地利、斯洛文尼亚、利肯斯坦和摩纳哥公国	190600	1995
16	欧洲绿带 European Green Belt	*24个国家	1250000	2003
17	特莱弧形廊道 Terai Arc Landscape (TAL)	印度、尼泊尔	51002	2001
18	圣喜马拉雅景观 Sacred Himalaya Landscape	印度、尼泊尔、不丹	39021	1999
19	不丹生物保护综合体 Bhutan Biological Conservation Complex (B2C2)	不丹	14800	2004
20	冈仁波齐圣地 Kailash Sacred Landscape	中国、印度和尼泊尔	31252	1999
21	塞卢斯—尼亚萨野生动物保护走廊 Selous and Niassa Wildlife Protection Corridor	莫桑比克和坦桑尼亚	150000	2001
22	马拉维—赞比亚跨界保护区 Malawi- Zambia TFCA**	马拉维和赞比亚	32278	2015
23	卡万戈—赞比西跨界保护区 Kavango Zambezi (KAZA) TFCA	安哥拉、博茨瓦纳、纳米比亚、赞比亚和津巴布韦	519912	2011
24	伊奥娜—骷髅海岸跨界保护区 Iona - Skeleton Coast TFCA	安哥拉和纳米比亚	47698	2016
25	马洛蒂—德拉肯斯堡跨界保护区 Maloti- Drakensberg TFCA	莱索托和南非	14740	2001
26	埃—埃斯·理乍得得维德跨境国家公园 Ai /Ais-Richtersveld Transfrontier Park	南非和纳米比亚	5920	2003
27	三江源国家公园 Three-River-Source National Park	中国	123100	2017
28	祁连山国家公园 Qilian Mountain National Park	中国	50200	2017
29	大熊猫国家公园 Giant Panda National Park	中国	27134	2017
30	湖北神农架国家公园 Shennongjia National Park	中国	1170	2017
31	东北虎豹国家公园 Northeast China Tiger and Leopard National Park	中国	14600	2017
32	海南热带雨林国家公园 Hainan Tropical Rainforest National Park	中国	4400	2019

注：\*欧洲绿带计划参与国家（24个）分别为芬兰、俄罗斯、挪威、爱沙尼亚、拉脱维亚、立陶宛、波兰、德国、捷克共和国、奥地利、斯洛伐克、匈牙利、克罗地亚、斯洛文尼亚、意大利、塞尔维亚、罗马尼亚、保加利亚、马其顿、科索沃、黑山、阿尔巴尼亚、希腊、土耳其；\*\*TFCA 全称为 Transfrontier Conservation Area。

候变化对生物多样性构成了很大的威胁,一些局限于高山的物种可能因此丧失生境。大尺度生态廊道建设的主要目的之一就是帮助物种应对气候变化,缓解其可能面临的灭绝风险。相比于平坦地区,气候梯度廊道在地形复杂的山地更容易实现<sup>[19]</sup>。本文就大尺度生态廊道建设与管理的主要经验与教训进行阐述,以期为我国国家公园及大尺度生态廊道建设提供参考。

### 3.1 国外大尺度生态廊道实践的经验

(1) 开展大尺度综合保护,应对气候变化。相比于局地尺度的小廊道,大尺度生态廊道长达数百乃至数千公里,不仅提供了生物扩散迁移的通道,还提供了栖息地。它们包含多种地形,跨越不同的生态、海拔和气候梯度,包含多种景观类型,有助于物种适应气候变化,如澳大利亚的大东部山脉廊道(GER)、生境141度(Habitat 141)、冈瓦纳连接(Gondwana Link)等以及北美洲横跨24个纬度的Y2Y廊道等。

(2) 着眼长远,生态改善与恢复需在长期的时间尺度上逐步实现。大尺度生态廊道至少需要几十年乃至上百年,才能够在景观以及更大尺度上实现生态系统改善与恢复,因而需要长远的眼光。如澳大利亚的生境141度、南澳大利亚自然连接(SANL)规划的时间尺度分别是50年和100年。考虑到实施时间很长,且有多利益相关者,成功地倡议将项目和活动按优先次序排列,以便在早期建立支持,然后在后期应对较长期的保护、社会和经济需求。

(3) 保护生态系统的完整性。大尺度生态廊道不仅为野生生物提供扩散通道,还在于维持野生生物生境及生态系统的完整性。生态完整性是指生态系统的主要特征(组成、结构、功能和生态过程)处于其自然变化的范围内,可以抵御大多数干扰并从中恢复<sup>[25]</sup>。在大黄石地区,Y2Y的最终目标是维护和恢复一个沿落基山脉的大型野生生物廊道,以保护生物多样性和生态系统的完整性。在欧洲,“阿尔卑斯公约”的8个签署国先后于1995年、2007年开展了阿尔卑斯保护区网络(ALPARC)和“生态连续体(Ecological Continuum Project)”项目,旨在维护整个阿尔卑斯山脉的生态完整性和连通性。

(4) 维持和修复关键栖息地间的生态连通性。虽然大型保护区是大尺度生态廊道的基石,但区域的生态复原力更多来自其核心保护景观之间的实际和潜在连通性。在保护地间建设、恢复或增强连通性,被认为是能够在根本上实现气候适应管理的关键<sup>[26]</sup>。通过在野生动物移动的关键位置改进桥梁涵洞、设置道路交叉结构、标牌、围栏等措施,能够减轻道路的负面影响,如在Y2Y地区班夫国家公园,这类措施使20年中野生动物—车辆冲突事件在82 km的范围减少了80%<sup>[27,28]</sup>。

(5) 跨界合作,实现保护价值的最大化。为了实现保护价值的最大化,大尺度生态廊道往往需要跨行政区域的协作。跨界保护对于需要大面积生境的大型物种、迁徙物种以及分布范围随气候变化的物种尤为重要<sup>[5]</sup>,例如,印度、尼泊尔、不丹和西藏之间的冈仁波齐圣地、非洲地区面积广大的跨界公园等对于保护大型野生动物(大象、犀牛等)以及恢复大陆尺度的连通性具有重要作用<sup>[29]</sup>。在澳大利亚,南澳大利亚和北领地政府于2010年合作将SANL与TEL合并为跨澳大利亚生态链(Trans-Australia Eco-Link, TAEL),形成一条横跨整个澳大利亚中部的3500多公里的走廊,以增强应对气候变化、火灾、干旱和疾病的能力<sup>[30]</sup>。

(6) 有效的伙伴关系和管理方式。大型廊道涉及多个利益相关者,有效的伙伴关系和管理方式非常重要。通过沟通和谈判,使各参与团体对生态廊道的愿景达成一致的理

解,并建立信任。在管理方式上,主要有三类<sup>[30,31]</sup>:政府管理,如欧洲地区的许多廊道、不丹的B2C2、南澳大利亚自然连接等;非政府组织(NGO)管理,如北美的Y2Y、NAPA,澳大利亚的冈瓦纳连接、生境141度、塔斯马尼亚中部景观和GER以及非洲的各跨界保护区等;NGO-政府共同管理,如印度和尼泊尔的Terai弧形廊道等。

(7)鼓励社区参与,保护与发展并存。多数情况下,大型廊道并不排除人类对其资源的合理使用。同时,社区居民的生计保障和减轻贫困等需求在规划阶段就需要得到充分考虑,将保护与社会、经济和农村发展的利益结合起来,使居民能够共同分享自然资源保护所带来的效益<sup>[31]</sup>。在澳大利亚,最优质的原始生境大多位于私人土地上,在符合私有土地主的利益和愿望的前提下,廊道工作组鼓励和支持他们参与廊道计划。在Terai弧形廊道中,社区居民可以管理、适度开采森林资源,并成立了反偷猎小组,有效保护了老虎和其他大型物种。

### 3.2 国外大尺度生态廊道实践的教训

经过30余年的发展,国际大尺度生态廊道在实践中积累了很多建设和管理经验,也面临着诸多难题和挑战。对大尺度生态廊道实践中的一些教训归纳如下:

(1)基于少数物种的廊道可能产生其他危险。大尺度生态廊道构建时,应从规划少数明星物种的生境连通性转向生态系统方法,使整个生物区系能够通过景观应对气候变化。例如,Y2Y廊道的水生研究小组发现,基于单一伞护种的廊道规划可能是危险的,如蒙大拿州天鹅山谷为保护灰熊而设计的廊道未能保护濒危鲑鱼的栖息地,且将更密集的人类活动引入到了这些水生保护的关键区域<sup>[32]</sup>。

(2)参与组织较多,难以协调。很多大尺度生态廊道是涉及多个部门和合作伙伴的大型倡议,如Y2Y廊道,生境141度等。这既是其优势,也是制约因素。要协调和支持多个伙伴团体需要强大的组织能力,要寻求和吸收他们的观点和价值理念,往往会使决策过程较为漫长和复杂。建立一个高效的组织结构框架和管理制度,对于推动保护计划具有重要作用。

(3)难以保障充分的政治和资金支持。在规划、实施、监测、执行等过程中,大尺度生态廊道需要充分的政府支持和大量、持续的资金支持。例如,廊道实施过程中一些具有关键连通性价值的地块可能属于私人所有,则需要大量资金收购或租赁。对于由NGO主导的廊道,需要吸纳多种来源的资金,政府部门的支持也是其获取其他渠道资金的重要推动力。然而一旦资助活动停止,就可能导致项目的失败,许多工作可能随之停止,影响项目期间建立的合作关系,导致新的冲突出现<sup>[33]</sup>。

(4)不合理的人类活动给廊道实施带来挑战。大尺度生态廊道实施的区域不仅具有丰富的生物多样性,还包括了依赖廊道内自然资源的人口,而这些人口极为贫困,如横跨八个国家的中美洲生物廊道,印度和尼泊尔的Terai弧形廊道,以及南部非洲的诸多跨界保护区等。在这些地区,人们毁林开荒、过度放牧、盗采偷猎等不合理行为,加之内战、自然灾害和政治的不稳定,给廊道的实施带来很大的压力和挑战。外部环境的压力就被认为是中美洲生物廊道实施10年后宣告失败的原因之一。

## 4 基于连通性保护的秦岭国家公园规划研究

秦岭山脉横亘于我国中部地区,是我国南北气候、水系、生物、土壤和地质等自然

地理要素的分界线，在东西方向则是连接青藏高原与东部平原的天然廊道。作为黄河与长江的分水岭，秦岭还是我国“南水北调”中线工程的水源地。独特的地理位置和气候特征，使秦岭山脉孕育了丰富的生物多样性。目前，秦岭国家公园已经被纳入国家公园总体布局，但还处于概念阶段<sup>[34]</sup>。建立秦岭国家公园，对于优化秦岭国土空间格局、有效保护生物多样性具有重要战略意义。

4.1 秦巴山地自然保护地概况

本文以秦巴山地这一完整地理单元，即广义上的“大秦岭”为研究对象，对秦巴山地自然保护地进行分析，以期为秦岭国家公园建设提供科学依据。通过收集资料统计得到，目前秦巴山地共有各类自然保护地约435个，其中自然保护区145个（国家级56个、省级67个，县市级22个）、国家森林公园73个、国家地质公园23个，国家级风景名胜区13个，国家湿地公园33个、国家水利风景区37个。这些自然保护地总面积约6.64万km<sup>2</sup>，占本区域的21.69%（未计入国家地质公园、国家水利风景区与国家公园，表2）。

表2 秦巴山地自然保护地概况  
Table 2 Number and area of nature protected areas  
in Qinling-Daba Mountains

类型	级别	数量/个	面积/km <sup>2</sup>
自然保护区	国家级	56	24000.60
	省级	67	18167.85
	市级	10	1888.65
	县级	12	2911.30
森林公园	国家级	73	11089.21
	省级	83	1876.91
地质公园	世界级/国家级	5/23	—
风景名胜区	国家级	13	3544.06
	省级	28	1872.19
国家湿地公园	国家级	33	1019.69
水利风景区	国家级	37	—
合计		435	66370.44

从空间分布上看，秦巴山地地区自然保护地分布并不均匀，主要集中于西秦岭岷山地区、陕西太白—留坝—佛坪一带以及神农架周边区域，即当前国家公园试点区域所在的三大核心区域（图2）。其中，以嘉陵江以西的西秦岭区域保护地最为密集，仅西秦岭就有各类自然保护地130个，占有所有保护地的30%，总面积达3.95万km<sup>2</sup>。在自然保护区的保护类型方面，秦巴山地自然保护区的保护对象主要为野生动物，接近全部自然保护区的一半，其次为森林生态，有49个，以野生植物为主要保护对象的仅有7个。总体而言，秦巴山地虽然呈现出一定的生境碎片化，但当前自然保护地较为密集，保护程度较好，起到了我国中部地区生态屏障的重要作用。

4.2 秦巴山地自然保护地连通性分析

本文收集了秦巴山地保护地位置、形状、面积等信息，通过Conefor Sensinode 2.6和ArcGIS 10.6软件对本区域的结构连通性进行了分析，采用整体连通性指数（Integral Index of Connectivity，IIC）和斑块重要值<sup>[35]</sup>评估了保护地斑块对景观连通性的重要程度，并识别了保护地间具有重要连通价值的生态廊道，以及结合国家森林公园数据的潜在廊道（图3）。着眼于秦巴山地这一完整的地理单元，探究其景观结构特征，对于秦岭国家公园及其可能形成的大尺度生态保护网络、从长远上维护秦岭生物多样性具有重要的参考价值。

通过分析，以20 km为阈值距离建立自然保护区间的生态连接，这些连接主要分布在西秦岭大熊猫国家公园区域、秦岭北坡陕西段及陕甘交界（陕甘片区）及伏牛山地区，而在大巴山中段、甘肃定西—陇南一带、陕西南部等区域，则连通程度较弱。在这



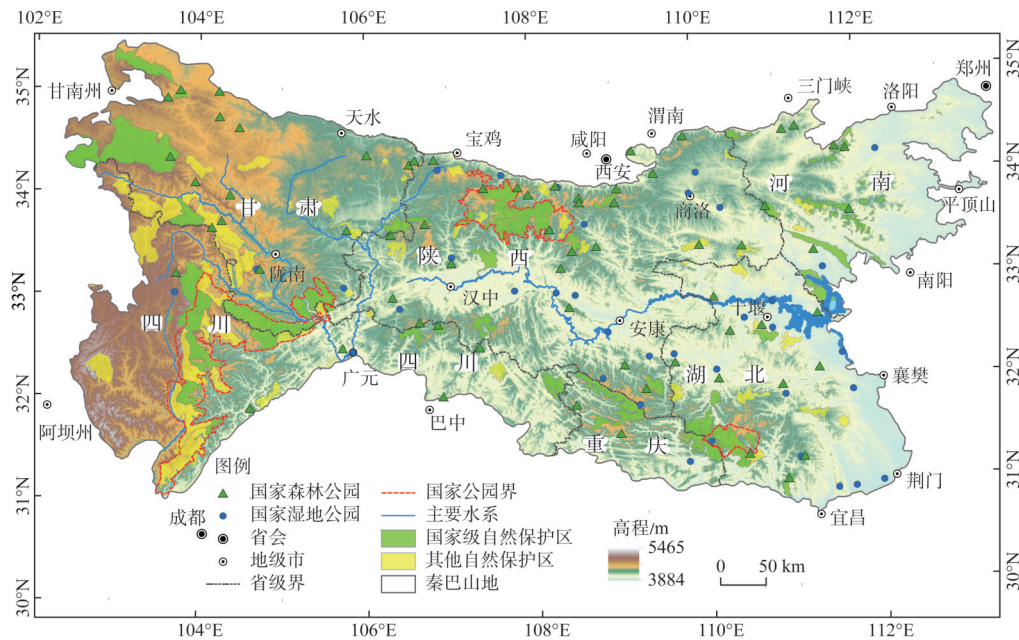


图2 秦巴山地部分自然保护地分布

Fig. 2 Spatial distribution of some nature protected areas in the Qinling-Daba Mountains

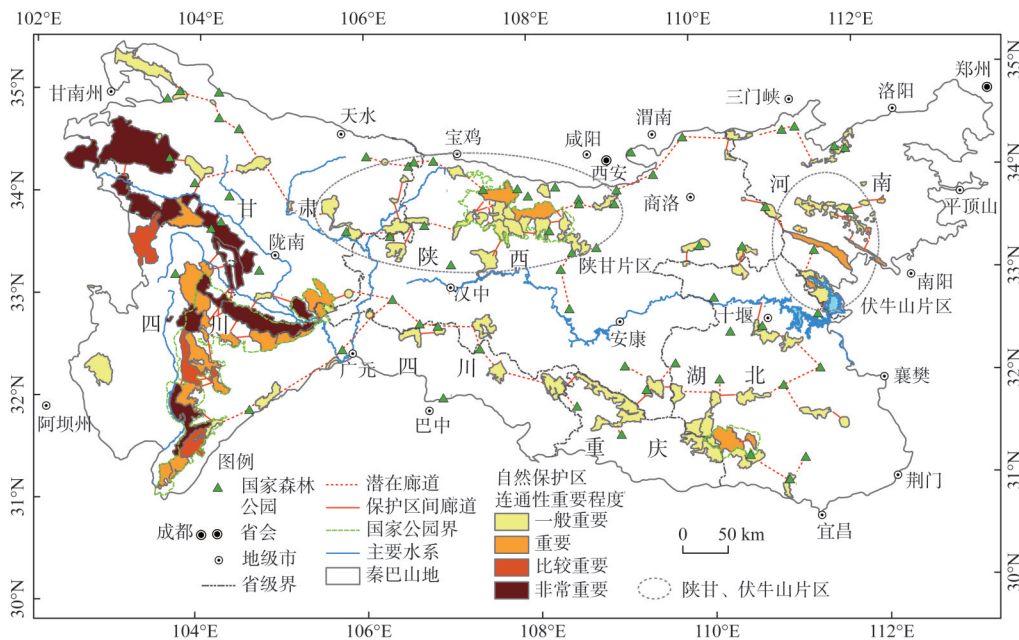


图3 秦巴山地自然保护区斑块的连通性重要程度与潜在生态廊道

Fig. 3 Connectivity importance of nature reserves and potential ecological corridors in the Qinling-Daba Mountains

些保护区间，具有重要连通价值的廊道有四川勿角—甘肃博峪河、四川铁布梅花鹿—甘肃洮河以及甘肃裕河—甘肃白水江自然保护区等，对于提升区域的生态连通性具有非常重要的意义。

在斑块的重要性分析上,可以看出由于西秦岭整体连通性较好,这一区域的保护区斑块对于生态连通性的提升尤为重要。在这些自然保护区中,白水江国家级自然保护区、黄龙国家级自然保护区、白龙江阿夏省级自然保护区、洮河国家级自然保护区以及甘肃插岗梁省级自然保护区的连通性价值非常高,其次为小寨子沟、九顶山、雪宝顶、包座、甘肃裕河、陕西太白山、周至金丝猴、湖北神农架等自然保护区。

秦巴山地为两列东西向并行山地,其自然保护地的分布格局很好地反映了其山脉走向。在识别潜在廊道的过程中,可以看出秦巴山地自然保护区间整体上可形成自西向东的两列大尺度生态廊道,一列从西秦岭的甘肃洮河国家级自然保护区、太子山国家级自然保护区经岷县、成县、凤县、佛坪县、洛南县到达河南境内的熊耳、伏牛山地,另一列从大熊猫国家公园白水江片区经大巴山中部的南江县、城口市与神农架国家公园相连接。在这些廊道中,国家公园是其核心保护区,国家森林公园则往往是其重要的节点或“踏脚石”,需要予以关注。尤其是陕甘交界处的小陇山、紫柏山区,可作为秦岭国家公园的重要缓冲区以及和西秦岭实现连接的纽带。因此,从景观连通性的角度,秦岭国家公园建设在以大熊猫国家公园秦岭片区为核心的前提下,可从更大范围上加以规划,将秦岭北坡陕甘交界处与伏牛山地区纳入规划范围内,即由陕甘片区和伏牛山片区形成的大型连通性保护区(图3)。

## 5 结论与讨论

相对于平原地区,山地地区所受人类扰动较小,为地球上一些野生生物和生态系统提供了最后的据点。目前,山脉已成为少数能够提供大尺度连通性的区域,也是大尺度连通性保护的重点区域。山脉内部保护地之间连通性的保护、加强与恢复,使物种能够根据气候变化而迁移。如,南北走向的山脉如阿巴拉契亚等能够为物种极向迁移(*poleward migration*)以适应温度变化提供机会,而喜马拉雅山脉等为东西迁移(以适应降水变化)提供机会;延伸到低地的山脉,则可能帮助物种向上迁移到较冷的生态系统。生物多样性保护的最终取决于在大型景观上所作出的努力,只有在功能上相互连接并嵌入更大、可渗透的景观中,保护地才能实现关键的保护目标,包括对气候变化的响应以及物种、生态系统和生境的代表性。对于保护地系统,生态完整性比各部分的总数量更为重要<sup>[24,36]</sup>。

通过对国际大尺度生态廊道实践的经验教训,从山地连通性保护的角度对秦岭国家公园的设计提出如下建议:

(1) 扩大部分现有保护地,加强、恢复保护地之间的连通性。在国家公园规划过程中,对于具有重要连通性价值的自然保护地优先保护,并尽量加强、恢复其与周边生境斑块的连通性,如陕甘交界处的自然保护地(尤其是甘肃白水江国家级自然保护区)以及在大型保护区群间作为“踏脚石”的各类保护地。在功能连通性方面,根据重点保护物种的栖息地和迁移需求,加强和恢复邻近保护地核心区之间的连通性,构建生态廊道,识别并尽可能规避关键位置可能出现的连通性威胁。在秦巴地区,珍稀野生动物羚牛<sup>[37]</sup>、川金丝猴<sup>[38]</sup>、林麝<sup>[39]</sup>等都面临着生境空间过小、栖息地连通性不足的问题。如,秦岭羚牛的一些重要迁移廊道的缺失,使其与当地居民的冲突事件较多,川金丝猴、林麝则目前仍有近70%的生境未受到保护<sup>[38,39]</sup>。

(2) 消除行政区划限制,在大尺度上逐步实现国家公园的整体连通性。国家公园的规模、完整性和连通性对于生物多样性的长期保护至关重要。由于国家公园内部及周边环境不是静止不变的,尤其是人类干扰的持续增强,以及气候变化的潜在影响,物种和群落的适宜生境可能会发生变化。在秦巴山地,为了保护自然生态系统的原真性、完整性,国家公园建设需要着眼长远,以整个山地为保护目标,不同行政单元间加强合作,在整个区域的水平上以长达数十年乃至数百年的时间尺度进行生态保护与修复行动的规划。只有这样,国家公园才能世代传承,给予子孙后代留下珍贵的自然遗产。

(3) 增加国家公园周边生境的渗透性。在大尺度生态廊道规划设计中,廊道的边界被认为不是基于明显生态差异的锐利的分割,而应该是可渗透的“膜”,动物、河流和生态过程可以通过该“膜”而不被阻挡<sup>[40]</sup>。这一原则同样也适用于面积广阔的国家公园,即,国家公园需要有清晰的边界以便于管理,但其边界不应是与外界生态系统截然不同的分界线,而应该与其外部环境保持一定的渗透性。除国家公园外,保护其周边的生境斑块并尽可能保持一定的连通性,能够为野生动物保护提供较为灵活的范围,在一定程度上有利于野生动物的自由移动和迁移。

在秦岭国家公园建设中,为了保护其自然生态系统的原真性和完整性,识别其重点物种的潜在生境及生存威胁,在公园内关键生境(保护地等)之间建立或恢复连通性,尽可能使公园边界具有一定的渗透性,对于实现国家公园的长远、可持续发展具有重要意义。目前,对于秦岭国家公园的研究尚且较少,未来可以关注以下几点:(1)对秦岭国家公园的野生动植物资源分布进行彻底地摸底排查,并识别其所有生境斑块,制定适宜的保护策略;(2)基于秦岭国家公园的生态本底情况,对其生态环境的结构连通性及对重点物种(如大熊猫、川金丝猴等)生境的功能连通性进行评估和监测,以更好地满足其生境需求;(3)探究气候变化对秦岭地区高山林线的物种组成和分布高度,对重点野生动物生活习性、活动范围等的影响,以制定适用于气候变化的生物保护策略。

### 参考文献(References):

- [1] 方精云,沈泽昊,崔海亭. 试论山地的生态特征及山地生态学的研究内容. 生物多样性, 2004, 12(1): 10-19. [FANG J Y, SHEN Z H, CUI H T. Ecological characteristics of mountains and research issues of mountain ecology. Biodiversity Science, 2004, 12(1): 10-19.]
- [2] CHESTER C, HILTY J A, HAMILTON L S. Mountain gloom and mountain glory revisited: A survey of conservation, connectivity, and climate change in mountain regions. Journal of Mountain Ecology, 2014, 9: 1-34.
- [3] RODRÍGUEZ-RODRÍGUEZ D, BOMHARD B, BUTCHART S H, et al. Progress towards international targets for protected area coverage in mountains: A multi-scale assessment. Biological Conservation, 2011, 144(12): 2978-2983.
- [4] ROBILLARD C M, CORISTINE L E, SOARES R N, et al. Facilitating climate-change-induced range shifts across continental land-use barriers. Conservation Biology, 2015, 29(6): 1586-1595.
- [5] 欧阳志云,杜傲,徐卫华. 中国自然保护区体系分类研究. 生态学报, 2020, 40(20): 7207-7215. [OUYANG Z Y, DU A, XU W H. Research on China's protected area system classification. Acta Ecologica Sinica, 2020, 40(20): 7207-7215.]
- [6] WILSON E O, WILLIS E O. Applied biogeography. In: CODY M L (edited), Ecology and Evolution of Communities. Cambridge, Mass.: Belknap Press of Harvard University Press, 1975: 522-534.
- [7] MACARTHUR R H, WILSON E O. Equilibrium-theory of insular zoogeography. Evolution, 1963, 17(4): 373-378.
- [8] HANSKI I. Metapopulation dynamics. Nature, 1998, 396: 41-49.
- [9] FORMAN R T T, GODRON M. Landscape Ecology. New York: John Wiley Sons, 1986.
- [10] HILTY J A, KEELEY A T, MERENLENDER A M, et al. Corridor Ecology: Linking Landscapes for Biodiversity Conservation and Climate Adaptation. Washington, DC: Island Press, 2019: 91-93.



- [11] ANDERSON A B, JENKINS C N. Applying Nature's Design: Corridors as a Strategy for Biodiversity Conservation. Columbia University Press, 2006: 2-6.
- [12] HILTY J, WORBOYS G, KEELEY A, et al. Guidelines for conserving connectivity through ecological networks and corridors Gland. Switzerland: IUCN-WCPA, 2020: 14-18.
- [13] BENNETT A F. Linkages in the Landscape: The Role of Corridors and Connectivity in Wildlife Conservation. IUCN, Gland and Cambridge, 2003: 57-60.
- [14] 宋峰, 代莹, 史艳慧, 等. 国家保护地体系建设: 西方标准反思与中国路径探讨. 自然资源学报, 2019, 34(9): 1807-1819. [SONG F, DAI Y, SHI Y H, et al. Construction of national protected areas system: A reflection on the Western-based criteria and exploration of a Chinese approach. Journal of Natural Resources, 2019, 34(9): 1807-1819.]
- [15] CRAIGHEAD F C. Track of the Grizzly. New York: Random House, 1979.
- [16] UNESCO. Task Force on: Criteria and Guidelines for the Choice and Establishment of Biosphere Reserves. Paris: UNESCO, 1974.
- [17] LAYZER J A. Natural Experiments: Ecosystem-based Management and the Environment. Cambridge: MIT Press, 2008: 9-13.
- [18] HOLLAND M B. Mesoamerican biological corridor. Climate and Conservation. In: HILTY J A, CHESTER C C, CROSS M S. Climate and Conservation. Washington, DC: Island Press/Center for Resource Economics, 2012: 56-66.
- [19] NOSS R F. Landscape connectivity: Different functions at different scales. In: HUDSON W E. Landscape Linkages and Biodiversity. Washington, DC: Island Press, 1991: 27-39.
- [20] IUCN-WCPA. Connectivity conservation: International experience in planning. Establishment and Management of Biodiversity Corridors, 2007: 3-10.
- [21] KEELEY A T, BEIER P, CREECH T, et al. Thirty years of connectivity conservation planning: An assessment of factors influencing plan implementation. Environmental Research Letters, 2019, 14(10): 103001.
- [22] 唐芳林. 中国国家公园建设的理论与实践研究. 南京: 南京林业大学, 2010. [TANG F L. Study on theory & practice of national parks construction in China. Nanjing: Nanjing Forestry University, 2010.]
- [23] 黄宝荣, 王毅, 苏利阳, 等. 我国国家公园体制试点的进展、问题与对策建议. 中国科学院院刊, 2018, 33(1): 76-85. [HUANG B R, WANG Y, SU L Y, et al. Pilot programs for national park system in China: Progress, problems and recommendations. Bulletin of the Chinese Academy of Sciences, 2018, 33(1): 76-85.]
- [24] 魏钰, 雷光春. 从生物群落到生态系统综合保护: 国家公园生态系统完整性保护的理论演变. 自然资源学报, 2019, 34(9): 1820-1832. [WEI Y, LEI G C. From biocenosis to ecosystem: The theory trend of conserving ecosystem integrity in national parks. Journal of Natural Resources, 2019, 34(9): 1820-1832.]
- [25] KARR J R, DUDLEY D R. Ecological perspective on water quality goals. Environmental Management, 1981, 5(1): 55-68.
- [26] ELSEN P R, MONAHAN W B, MERENLENDER A M. Global patterns of protection of elevational gradients in mountain ranges. Proceedings of the National Academy of Sciences, 2018, 115(23): 6004-6009.
- [27] PAUL K, QUINN M S, HUIJSER M P, et al. An evaluation of a citizen science data collection program for recording wildlife observations along a highway. Journal of Environmental Management, 2014, 139: 180-187.
- [28] SAWAYA M A, KALINOWSKI S T, CLEVINGER A P. Genetic connectivity for two bear species at wildlife crossing structures in Banff National Park. Proceedings of the Royal Society B: Biological Sciences, 2014, 281(1780): 20131705.
- [29] TILSON R, NYHUS P J. Tigers of the World: The Science, Politics and Conservation of Panthera Tigris. Oxford: Academic Press, 2009: 163-175.
- [30] PULSFORD I, FITZSIMONS J, WESCOTT G. Linking Australia's Landscapes: Lessons and Opportunities from Large-scale Conservation Networks. Collingwood VIC: Csiro Publishing, 2013: 15-18.
- [31] WANGCHUK S. Maintaining ecological resilience by linking protected areas through biological corridors in Bhutan. Tropical Ecology, 2007, 48(2): 176-187.
- [32] WORBOYS G L, FRANCIS W L, LOCKWOOD M. Connectivity Conservation Management: A Global Guide (with Particular Reference to Mountain Connectivity Conservation). London: Earthscan, 2010: 34-51.
- [33] 徐建英, 陈利顶, 吕一河, 等. 保护区与社区关系协调: 方法和实践经验. 生态学杂志, 2005, 24(1): 102-107. [XU J Y, CHEN L D, LYU Y H, et al. Harmonization of protected areas management and local development: Methods, practices and lessons. Chinese Journal of Ecology, 2005, 24(1): 102-107.]
- [34] 周语夏, 刘海龙, 赵智聪, 等. 秦巴山脉国家公园与自然保护地空间体系研究. 中国工程科学, 2020, 22(1): 86-95. [ZHOU Y X, LIU H L, ZHAO Z C, et al. Spatial system of national parks and protected areas in Qinba Mountain Area.



- Chinese Engineering Science, 2020, 22(1): 86-95.]
- [35] PASCUAL-HORTAL L, SAURA S. Comparison and development of new graph-based landscape connectivity indices: Towards the prioritization of habitat patches and corridors for conservation. *Landscape Ecology*, 2006, 21(7): 959-967.
- [36] BALDWIN R F, TROMBULAK S C, LEONARD P B, et al. The future of landscape conservation. *Bioscience*, 2018, 68(2): 60-63.
- [37] 麻应太, 王西峰. 秦岭羚牛资源现状与保护. *陕西林业科技*, 2008, 2: 80-83. [MA Y T, WANG X F. Current status and protection measures of golden takin (*Budorcas taxicolor*) in Qinling Mountain Range. *Shaanxi Forest Science and Technology*, 2008, 2: 80-83.]
- [38] 徐卫华, 罗翀. MAXENT模型在秦岭川金丝猴生境评价中的应用. *森林工程*, 2010, 26(2): 1-3, 26. [XU W H, LUO C. Application of MAXENT model in habitat evaluation of Sichuan Golden Monkey in Qinling. *Forest Engineering*, 2010, 26(2): 1-3, 26.]
- [39] 罗翀, 徐卫华, 周志翔, 等. 基于生态位模型的秦岭山林麝生境预测. *生态学报*, 2011, 31(5): 1221-1229. [LUO C, XU W H, ZHOU Z X, et al. Habitat prediction for forest musk deer (*Moschus berezovskii*) in Qinling Mountain range-based on niche model. *Acta Ecologica Sinica*, 2011, 31(5): 1221-1229.]
- [40] CHESTER C C, HILTY J A. The Yellowstone to Yukon Conservation Initiative as an Adaptive Response to Climate Change. *Handbook of Climate Change and Biodiversity*. Springer, 2019: 179-193.

## Suggestions for the Qinling National Park Construction based on experiences of international large-scale ecological corridors

YU Fu-qin<sup>1,2</sup>, ZHANG Bai-ping<sup>1</sup>, WANG Jing<sup>1,2</sup>, ZHANG Xing-hang<sup>1,2</sup>, YAO Yong-hui<sup>1</sup>

(1. State Key Laboratory of Resource and Environmental Information System, Institute of Geographic Sciences and Natural Resources Research, CAS, Beijing 100101, China; 2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

**Abstract:** Mountain ranges are often natural corridors for wildlife's dispersal and distribution in their trendings. However, due to the habitat fragmentation caused by human activities, the connectivity of mountain corridor has been greatly reduced. Since the 20th century, it is generally recognized that current and previous conservation efforts are often not implemented at scales large enough for long-term persistence of many species and the ecological processes they depend on. Therefore, connectivity conservation of mountains has received increasing attention, and large-scale ecological corridors have been considered to be the best strategy for protecting the long-term biodiversity under climate change. This article reviews the concepts and development history of ecological corridor, the experiences of large-scale ecological corridor practices abroad, and proposes some suggestions for the coming Qinling National Park from the perspective of connectivity conservation. This study points out that large-scale connectivity conservation and ecological corridors are of great significance for the long-term protection of the natural ecosystem of national parks.

**Keywords:** large-scale ecological corridor; connectivity conservation; protected areas; national parks; Qinling Mountains