

生物保护廊道研究进展*

李正玲¹ 陈明勇^{2,3} 吴兆录^{1,2,*}

(¹ 中国科学院西双版纳热带植物园, 昆明 650223; ² 云南大学生态学与地植物学研究所, 昆明 650091; ³ 西双版纳国家级自然保护区科研所, 云南景洪 666100)

摘要 生物保护廊道是景观生态廊道的一种应用类型。本文介绍了有关生物保护廊道的基本概念、理论基础、结构和作用、质量与功能、有效性验证、建设与管理等研究进展; 其基本现状是生物保护廊道的理论探讨较多而具体实践较少、社区参与的重要性成为共识却缺乏实际研究; 深入剖析西双版纳生物保护廊道规划与建设的实例, 发现社区参与成为生物保护廊道建设成败的关键。因此认为, 社区参与的共管模式将成为生物保护廊道规划和建设的重要方向。

关键词 生物保护廊道; 生境破碎化; 社区参与; 西双版纳

中图分类号 Q149 文献标识码 A 文章编号 1000-4890(2009)03-0523-06

Research advances in biological conservation corridor LI Zheng-ling¹, CHEN Ming-yong^{2,3}, WU Zhao-lu^{1,2} (¹ Xishuangbanna Tropical Botanical Garden, Chinese Academy of Sciences, Kunming 650223, China; ² Institute of Ecology and Geobotany, Yunnan University, Kunming 650091, China; ³ Institute of Xishuangbanna National Nature Reserve, Jinghong 666100, Yunnan, China). *Chinese Journal of Ecology*, 2009, 28(3): 523-528.

Abstract Biological conservation corridor (BCC) is an applied type of landscape ecological corridors. The basic concept, theoretical foundation, structure and role, quality and function, efficiency validation, construction and management of BCC were introduced. There were more theoretical discussions than practices on BCC, and the importance of community participation in BCC planning and design became common understanding but had lesser case study. A detailed analysis of Xishuangbanna BCC revealed the key roles of community participation in the BCC planning/design and practice. The co-management pattern of community participation would be the important way in BCC research and practice in the future.

Key words biological conservation corridor; habitat fragmentation; community participation; Xishuangbanna

生境破碎化是一个世界性的普遍现象 (Andren, 1994)。为保护残存的生境和重要的本地动植物物种, 我国各地兴起了建立自然保护区的热潮, 但是, 在自然保护区以外的生境破碎化现象没有得到遏止, 自然保护区成了“孤岛”, 受保护物种小种群倾向相当严重 (胡忠军等, 2005)。为了减小生境破碎化带来的影响, 曾提出了用廊道来连接相互隔离的生境的观点, 并认为这种做法能大大减少物种灭绝率 (Wilson & Willis, 1975)。随后的研究发现, 廊道

概念在生物多样性保护中发挥着重要作用, 特别提出了生物保护廊道, 作为一个重要工具以促进生物多样性保护。廊道是景观生态学的重要内容, 随着景观生态学在理论上的深入发展, 以及廊道概念在乡村农业景观绿篱建设和城市景观绿地系统建设的广泛应用 (黄艺等, 2006), 淡化了最初用廊道把自然保护区 (或保护地) 连接起来以减少区域性破碎化的观念。本文就生物保护廊道问题, 从理论到实践进行全面综述, 讨论生物保护廊道建设中亟待解决的问题, 并展望未来的发展。

1 生物保护廊道

廊道 (corridor) 是不同于两侧基质的线状、带状

* 国家自然科学基金项目 (30870431)、云南省科学技术厅省院省校企合作项目 (2006XY36) 和亚洲开发银行西双版纳生物多样性保护廊道建设示范资助项目 (BG-9E)。

** 通讯作者 E-mail: zkl@xtbg.ac.cn

收稿日期: 2008-08-25 接受日期: 2008-11-27

的土地 (Foman & Godron 1986), 这是从景观组分的形状和空间分布上给出的景观生态学意义上的廊道。根据廊道的宽度、结构可分出线状、带状、河流状廊道, 实践中则具体化为城市的条带状绿地、乡村的绿篱、道路、河流, 等等。

生物保护廊道 (biological conservation corridor) 是景观生态廊道的一种应用类型, 主要指在结构上不同于周围植被的狭窄的植被带, 在功能上把曾经连为一体但因破碎化而产生的 2 个或多个植被斑块连接起来, 并有利于动植物在这些植被斑块之间运动和增强受隔离种群连接度 (Merriam, 1984)。生物保护廊道是物种利用的条带状植被带, 以实现连接生境、防止种群隔离、维持最小种群数量和保护生物多样性的目的。对这样的植被带的描述, 有不同的术语, 例如, 北美洲使用 greenway 或 conservation corridor 南美洲使用 ecological corridors (或 co-corridors), 欧洲使用 ecological networks 中国使用“走廊带”, 以及大部分国家使用 biological corridor (或 biocorridor), 等等, 同义或近义词达 30 多种 (Paul & Daniel 2006)。这些术语的内涵, 包括防风固沙、保持水土、涵养水源等具有生态防护作用含义的生态廊道, 以及以保护生物多样性为主要目的生物保护廊道。

就起源而言, 生物保护廊道可以是自然遗留的带状植被, 也可以是人工种植的植被带, 或者为自然遗留和人工种植混生的植被带。就建设管理而言, 有规划廊道和非规划廊道 (Hilty *et al.*, 2006)。规划廊道 (planned corridor) 是人为主观构建的、以增强生境连接度为主要目的, 实现单个物种、物种组合或者整个生物群落的保存、维持和恢复为目标的生物保护廊道。非规划廊道 (unplanned corridors) 主要指不以生物保护或生物利用为目的但却履行了生物保护功能的植被带, 如道路两侧的植被带、绿篱和高速公路带、河岸植被带等, 为生物的扩散和移动提供了通道, 发挥着生物保护的功能。现实中, 更多强调人类对生物多样性的积极保护, 即规划廊道。

2 生物保护廊道的理论基础

岛屿生物地理理论 (theory of island biology) 和复合种群 (meta-population) 概念为生物保护廊道提供了较好的理论基础。岛屿生物地理学说是 MacArthur 和 Wilson 于 1967 年提出的, 认为岛屿上物种丰富度具有与岛屿面积成正比, 与岛屿隔离程度

(到达大陆距离) 呈反比的函数关系, 取决于物种迁入和灭绝 2 个过程, 并进行了细致的模型推算 (邬建国, 2000)。生态学家认识到破碎化斑块的大小和距离影响着物种的灭绝率, 并且, 斑块越小越孤立, 物种灭绝率越高。沿着岛屿生物地理学理论思路, 把背景基质 (matrix) 比为海洋和把破碎的斑块比作岛屿, 应用岛屿生物学理论来分析破碎化生境斑块大小、距离与物种丰富度的关系。根据该学说的基本思想, Wilson 和 Willis (1975) 提出了用廊道来连接相互隔离的生境斑块, 以减少生境破碎化的负面影响。

自然状态下, 某个物种的分布区是个具有巨大异质性的地理空间 (景观), 有对该物种适宜和不适宜的生境, 在适宜生境斑块不连续条件下, 该物种需要在不适宜生境之间的运动、迁移以获得适宜生境。Levins 在 1970 年用复合种群概念来表述自然种群的这种存在方式, 即“由经常性局部性灭绝, 但又重新定居而再生的种群所组成的种群”。也就是说, 复合种群是由空间上彼此隔离, 而功能上又相互联系的 2 个或 2 个以上的亚种群 (sub-population) 或局部种群 (local population) 组成的种群斑块系统 (systems of patch populations) (邬建国, 2000)。复合种群学说得到广泛重视, 在 Levins 的基础上, 提出大陆-岛屿复合种群、斑块复合种群、不平衡复合种群等。在大陆-岛屿复合种群模式中, 种群的局部灭绝可能被邻近亚种群的迁入定居而抵消。在破碎化的生境中增加廊道, 或者在自然保护区之间建设生物保护廊道, 实际上就是为由于破碎化而隔离的物种提供寻找最适宜生境而运动扩散的良好通道。

3 生物保护廊道的结构与功能

通常的廊道结构, 主要指廊道的宽度、曲度、数目、连接度、内部结构和交叉点特征等度量指标的结合 (朱强等, 2005), 而廊道的功能则是廊道作为生物的栖息地, 以及为生物运动扩散提供通道、源、汇、阻碍、过滤等作用 (Foman 1995)。廊道的结构与功能是紧密联系的, 廊道结构特征的结合状况直接影响着功能的发挥, 体现出廊道质量的优劣。对于在人类干预或管理下的生物保护廊道而言, 廊道结构对生物多样性保护至关重要。

首先, 廊道结构是否科学合理, 应该优先考虑目标物种的种群生态、生境需求、取食要求、行为, 及其与其他物种的相互关系 (Fleury & Brown 1997)。同

时,也要考虑廊道的宽度、内环境和廊道通过的基质。廊道宽度对廊道的作用最关键,太窄的廊道难以满足运行其中的目标物种的基本需要,太宽的廊道又需要更多的土地而增加与土地所有者的利益冲突 (Andreassen *et al*, 1996)。廊道的具体宽度则应根据不同的目标物种而定。廊道内环境指廊道内有别于两侧基质的小环境,可以用小气候、养分、水分、入侵度和捕食水平等指标来度量 (Hobbs, 1992)。太窄的廊道,内环境与两侧基质没有明显差别,难以发挥廊道的功能。另外,廊道两侧的基质对廊道的功能也是至关重要的,需要弄清楚基质的植被覆盖度、生境转化、植被类型的不可取代性、区域生境网络的保护现状和土地利用的潜在压力等相关问题 (Rouget *et al*, 2006)。

其次,任何给定的廊道只可能为一个或几个目标物种提供通道或栖息地功能,是否满足目标物种需求则是确定廊道功能的主要依据 (Hobbs, 1992)。廊道结构的不同,廊道的质量功能就有差别。高质量的廊道的基本特点是:具有足够的宽度、丰富的内部结构 (Davies & Pullin, 2007)、适合的内部环境和充足的食物资源等 (Deckers *et al*, 2004),能够满足目标物种穿过廊道时所需的基本条件。只有高质量的廊道,才有利于动物的扩散运动,发挥廊道功能,起到功能廊道 (functional corridor) 的作用。与此相反,低质量的廊道在宽度、内部结构、内部环境和食物方面难以满足目标物种通过廊道时的需求,一般只在结构上具有良好的植被覆盖,目标物种对其利用率较小,只有结构廊道 (structural corridor) 的作用 (Henein & Merriam, 1990)。

第三,生物保护廊道,不应该是仅仅让生物穿过即可的“生物行走通道”,而是要把因破碎化而隔离的生境斑块或者自然保护区永久性地连接起来。在这层意义上说,廊道的长期发展应该考虑尽可能多的目标物种,为它们提供高质量的廊道更有利于生物多样性的保护。

4 生物保护廊道的作用及其验证

生物保护廊道在总体上增加区域物种多样性和栖息地质量,但对不同的物种而言,有正面的作用也有一些负面的影响。积极作用主要包括增加破碎化斑块之间目标物种的迁移效率 (Aars & Ims, 1999)、维持种群数量 (Coffman *et al*, 2001)、增加基因流动 (Mech & Hallett, 2001)、提高局部种群的稳定性

(Darcy & Eggleston, 2005)和增加破碎化区域的物种多样性 (Constantine *et al*, 2004)。

然而,生物保护廊道的形成也不可避免地带来一些负面作用。其一是促进“有害生物”的扩散。廊道的形成使外来入侵物种、捕食者、害虫和疾病等原本不能扩散开的物种有了更便捷的扩散通道 (Simberloff & Cox, 1987),增加入侵速率 (Maurer-Giroux & deBis, 2007),使曾经通过或生活于廊道中的目标物种和本地种遭受威胁。其二是引诱目标物种进入危险区域。生物保护廊道可能会引导目标物种的个体远离生境斑块,进入边缘效应占优势的廊道中,遭受更严重的伤亡和被捕食。

所以,用生物保护廊道连接破碎化斑块,以便通过改善栖息地质量来提高目标物种的生存率,这种假设是需要验证的。这是近年来景观生态学和保护生物学主要的发展方向,就生物保护廊道在鸟类、昆虫、小型哺乳动物和少量大型哺乳动物保护等领域的有效性已经得到了一些验证。

1) 动物扩散运动是否选择廊道作为通道。动物在生境中的运动,受食物和安全的影响。一些研究表明,动物更喜欢在连接良好的廊道中进行扩散 (Haas, 1995),而且,它们的扩散速度,廊道两侧基质中,在适宜生存的生境斑块中最慢 (Douglas-Hamilton *et al*, 2005),而在廊道中以中等速度扩散 (Berggren *et al*, 2002)。因为相对于两侧基质来讲,廊道降低了动物被捕、饥饿和失水的危险性,是一个比较安全的地方,但适宜生存的生境斑块中的安全性和食物可获得性更高 (Berggren *et al*, 2002)。因而,在破碎化的基质中建立廊道,可以促进动物更安全地在适宜生存的生境斑块之间的运动扩散。有研究还发现雌雄两性个体对廊道的不同利用,例如, Aars 和 Ims (1999) 研究小型鼠类时,发现廊道更有利于雌性鼠类转移运动。

但是,也有研究证明,连接破碎斑块的廊道对动物的扩散运动并没有预期的效果。Ockinger 和 Smith (2007) 研究发现,廊道只影响动物的短距离运动,对长距离运动无效,例如,廊道对蝴蝶的运动是无效的。也有研究发现,仅当廊道连接的斑块与核心生境的距离较近时,廊道才发挥其连接功能 (Hilty & Merenlender, 2004)。

2) 廊道并不总是促进基因流动。廊道的存在有利于种群间的基因交流是一个假说, Dion 等 (2006) 利用非入侵样本取样、微卫星分析和种群分

配测试的方法对廊道连接的两个佛罗里达黑熊种群进行的研究支持了这一假说。而 Horskins 等 (2006) 对 2 种相近的啮齿动物的基因研究发现, 2 个由廊道连接的种群的基因差异与隔离生境内的种群的基因差异是相同的, 说明廊道把生境连接起来了, 却并不因此而促进种群间的基因交流。

3) 廊道对种群稳定性的影响取决于斑块的破碎时间。从种群大小的瞬时变化率来看, 在破碎时间不长的斑块之间建立的廊道对维持种群动态稳定方面有一定的作用, 但是, 破碎时间较长的斑块间的廊道仅起到结构廊道的作用, 对种群动态无显著影响 (Coffman *et al.*, 2001)。

4) 廊道提供生境而增加物种丰富度及种群个体数量的积极作用。例如, Constantine 等 (2004) 指出, 廊道的管理可以加强生境多样性和生态可持续性, 对小型哺乳动物群落的多样性产生积极影响; Theuerkauf 和 Rouys (2006) 研究直翅目昆虫对草地的利用; Sieving 等 (2000) 研究鸟类在森林中的活动, 均发现廊道为昆虫和鸟类的运动提供了资源和栖息地, 部分昆虫和鸟类利用廊道作为短期停留的生境。

5) 廊道具有环境过滤器的作用。由于廊道内不适合的小气候可以阻止部分物种通过廊道而产生环境过滤器的功能。Roy 和 de Bbis (2006) 的研究发现, 早春开花植物在灌木篱墙中的生长较慢, 而无性繁殖植物在灌木篱墙中生长快, 原因可能是不适合的小气候状况; 研究还指出, 无性繁殖植物还有另一套生活史对策而在灌木篱墙中生存和扩散, 而有性繁殖植物因无法适应而退缩。

5 生物保护廊道建设缺乏社区参与

目前, 对生物保护廊道建设和管理的研究较少, 涉及的一些研究主要是政府对廊道的法制和政策管理 (Priemus & Zonneveld 2003; Whitelaw & Eagles 2007)。很少针对生物保护廊道区域内社区居民的态度、利益等开展研究。廊道的建设与管理, 由于没有与社区居民达成参与保护的共识, 使廊道的建设还停留在规划阶段的尴尬局面。在部分廊道建设实践中, 人们已认识到没有社区居民的参与, 廊道的功能很难有效发挥, 因而提倡调动居民参与调查研究, 并对居民实行补偿, 但没有成果性结论。例如, Brown 和 Harris (2005) 在对纽约 Adirondack 公园与 Adirondack 公园之间的野狼及其他野生动物廊道的

研究中, 发现大多数居民都不信任廊道的约束力, 只有部分居民愿意将自己的土地规划在廊道内, 表明在廊道建设和管理中, 争取社区参与是相当重要的。

6 西双版纳生物保护廊道规划和建设的案例

中国现存亚洲象集中分布在云南南部的西双版纳, 生境破碎化严重威胁着亚洲象的生存。2006 年, 启动了由云南省科技厅支持的亚洲象保护走廊带的调查规划与建设项目。该廊道处于 $21^{\circ}10'50''\text{N}$ — $21^{\circ}57'25''\text{N}$, $100^{\circ}58'38''\text{E}$ — $101^{\circ}16'50''\text{E}$, 南北带长约 37 km, 东西宽约 15 km, 规划总面积为 330.4 km^2 , 在理论上, 可以促进亚洲象及其他野生动物在勐养、勐仑 2 片自然保护区之间迁徙。但是, 该廊道涉及 3 个乡镇、10 个村委会和 25 个村民小组。廊道通过社区居民的承包土地, 实施廊道建设就要与社区居民的经济发展产生冲突。其次, 在西双版纳, 人象冲突已经形成了严峻的社会问题 (陈明勇等, 2006), 社区居民都担心廊道建设会引导野生亚洲象进入村寨或农地, 影响其生产和生活, 甚至威胁生命安全。于是, 社区居民对该廊道的建设与管理持保留意见。实地调查发现, 90% 以上的居民都愿意支持国家因保护亚洲象而规划的廊道建设, 但希望能得到相应的补偿和扶持, 以抵消廊道建设带来的负面影响。由于缺乏具体的补偿资金, 该项目还停滞于规划阶段。

2007—2008 年, 西双版纳被选择为由亚洲开发银行、荷兰和瑞典政府及减贫合作基金共同资助的“大湄公河次区域核心环境计划生物多样性保护行动计划”的示范区, 开展了生物保护廊道建设, 试图把西双版纳纳板河流域与曼稿两片自然保护区、勐腊与尚勇两片自然保护区连接起来。在纳板河流域与曼稿两片自然保护区之间, 海拔较高, 多为集体林地, 农业用地少, 社区居民很支持廊道建设, 并试图从中得到补偿以摆脱贫困; 而勐腊与尚勇两片自然保护区之间, 海拔较低, 多被开垦种植橡胶, 绝大部分社区居民都强烈反对廊道建设。

从西双版纳生物保护廊道的实例中可看出, 廊道建设是有效保护大型野生动物的重要途径, 但廊道建设要占用社区居民承包以发展经济为主要目的土地, 没有社区居民的支持和参与, 生物保护廊道, 只能停留在理论研究状态。

7 生物保护廊道研究展望

综上所述, 生物保护廊道是以实现连接生境、防

止种群隔离、维持最小种群数量和保护生物多样性为目的,通过人为规划构建并为物种利用的条带状植被带,是区域性生物多样性保护的重要工具。一些学者对天然存在的并有利于生物保护的廊道的结构、作用和功能进行了研究和探讨,而对经人为规划和建设形成的生物保护廊道,却研究不多,且还停留在理论讨论和规划阶段。推动理论探索走向实际运用,是生物保护廊道研究的一个重要方向。

就土地使用而言,生物保护廊道与自然保护区有很大差别。自然保护区的土地使用是在国家法律规范下的强制保护,而生物保护廊道的土地使用方式却是多种多样的。要把规划的生物保护廊道区域从以发展经济为主转化为以生物保护为主,就存在着保护与发展的冲突。就协调自然保护区保护与社区发展问题,已经有了一些研究(徐建英等, 2005),但如何缓解在社区居民的土地上的保护与发展冲突,则需要规划者、管理者与土地所有者共同协商,发展社区居民参与的共管模式(吴兆录等, 2003)。这是生物保护廊道能否从理论研究走向社会实践的关键。

近年来,我国学者对生物保护廊道给予了密切关注。朱强等(2005)通过对国内外相关研究进行了归纳整理,讨论了生态廊道的适宜宽度。吕海燕等(2007)从景观格局、生物多样性保护、城市、道路规划和河流廊道几个方面评述了廊道的生态学意义,并分析了廊道景观的研究进展、缺陷和发展方向。对生物保护廊道的结构、功能、有效性及管理研究方面的研究目前还很缺乏。吴兆录(2000)概念性地提出西双版纳自然保护区体系和绿色生物廊道的构想,认为有必要按照生物圈保护区的理念,用生物廊道把西双版纳连接为一个大的受保护区域;林柳等(2006)以亚洲象作为目标保护物种,通过野外收集的GPS数据和对西双版纳州卫星遥感图片的解析,初步探讨了建立生态走廊带的规划区域及其可能性;王永健等(2006)研究了岷江上游秦岭大熊猫走廊带恢复植被与干扰的关系。所以,在介绍、引用国际上生物保护廊道的理论、方法、经验的基础上,针对中国国情,应该对已经有一定基础的区域开展生物保护廊道规划、建设,促使社区居民支持和参与廊道建设管理,从单纯的增加自然保护区数量走向用廊道来连接已有自然保护区,提高区域自然保护效益。

参考文献

- 陈明勇, 吴兆录, 董永华, 等. 2006 中国亚洲象研究. 北京: 科学出版社.
- 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.
- 黄 艺, 陈 晖, 黄志基, 等. 2006 利用廊道网络构建城市绿地生态系统——以东营市西城区为例. 应用生态学报, **17**(9): 1683-1687.
- 林 柳, 冯利民, 赵建伟, 等. 2006 在西双版纳国家级自然保护区用 3S 技术规划亚洲象生态走廊带初探. 北京师范大学学报(自然科学版), **42**(4): 405-409.
- 吕海燕, 李政海, 李建东, 等. 2007 廊道研究进展与主要研究方法. 安徽农业科学, **35**(15): 4480-4482, 4484.
- 王永健, 陶建平, 张炜银, 等. 2006 四川茂县土地岭大熊猫走廊带植被恢复格局及其与干扰的关系. 生态学报, **26**(11): 3524-3532.
- 郭建国. 2000 Metapopulation(复合种群)究竟是什么? 植物生态学报, **24**(1): 123-126.
- 吴兆录, 张小萍, 李翌宏, 等. 2003 药山自然保护区与周边社区的共管研究. 云南大学学报(自然科学版), **25**(6): 537-540.
- 吴兆录. 2000 生境格局与土地利用——西双版纳勐养自然保护区景观生态研究. 北京: 高等教育出版社.
- 徐建英, 陈利顶, 吕一河, 等. 2005 保护区与社区关系协调: 方法和实践经验. 生态学杂志, **24**(1): 102-107.
- 朱 强, 俞孔坚, 李迪华. 2005 景观规划中的生态廊道宽度. 生态学报, **29**(9): 2406-2412.
- Aars J, Ims RA. 1999 The effect of habitat corridors on rates of transfer and interbreeding between vole demes. *Ecology*, **80**: 1648-1655.
- Andreassen HP, Halle S, Ims RA. 1996 Optimal width of movement corridor for root voles: Not too narrow and not too wide. *Journal of Applied Ecology*, **33**: 63-70.
- Andren H. 1994 Effects of habitat fragmentation on birds and mammals in landscapes with different proportions of suitable habitat: A review. *Oikos*, **71**: 355-366.
- Berggren A, Birath B, Kindvall O. 2002 Effect of corridors and habitat edges on dispersal behavior, movement rates and movement angles in Roosevelt's Bush-Cricket (*Metrioptera roeseli*). *Conservation Biology*, **16**: 1562-1569.
- Brown R, Harris G. 2005 Comanagement of wildlife corridors: The case for citizen participation in the Adirondack proposal. *Journal of Environmental Management*, **74**: 97-106.
- Coffman CJ, Nichols JD, Pollock KH. 2001 Population dynamics of *Microtus pennsylvanicus* in corridor-linked patches. *Oikos*, **93**: 3-21.
- Constantine NL, Campbell TA, Baughman WM, et al. 2004 Effects of clearcutting with corridor retention on abundance, richness, and diversity of small mammals in the Coastal Plain of South Carolina, USA. *Forest Ecology and Management*, **202**: 293-300.

- Darcy MC, Eggleston DB. 2005. Do habitat corridors influence animal dispersal and colonization in estuarine systems? *Landscape Ecology*, **20**: 841–855.
- Davies ZG, Pullin AS. 2007. Are hedgerows effective corridors between fragments of woodland habitat? An evidence-based approach. *Landscape Ecology*, **22**: 333–351.
- Deckers B, Henry M, Muys B. 2004. Factors affecting plant species composition of hedgerows: Relative importance and hierarchy. *Acta Oecologica*, **26**: 23–37.
- Dixon JD, Ollm K, Wooten MC, et al. 2006. Effectiveness of a regional corridor in connecting two Florida black bear populations. *Conservation Biology*, **20**: 155–162.
- Douglas-Hamilton J, Klink T, Vollrath F. 2005. Movements and corridors of African elephants in relation to protected areas. *Naturwissenschaften*, **92**: 158–163.
- Fleury AM, Brown RD. 1997. A framework for the design of wildlife conservation corridors with specific application to southwestern Ontario. *Landscape and Urban Planning*, **37**: 163–186.
- Foman RTT, Godron M. 1986. *Landscape Ecology*. New York: Wiley.
- Foman RTT. 1995. *Land Mosaics: The Ecology of Landscapes and Regional Ecology*. Cambridge: Cambridge University Press.
- Haas CA. 1995. Dispersal and use of corridors by birds in wooded patches on an agricultural landscape. *Conservation Biology*, **9**: 845–854.
- Henein KM, Merriam G. 1990. The elements of connectivity where corridor quality is variable. *Landscape Ecology*, **4**: 157–170.
- Hilty JA, Lillicker WZ, Merriam AM. 2006. *Corridor Ecology: The Science and Practice of Linking Landscapes for Biodiversity Conservation*. Washington DC: Island Press.
- Hilty JA, Merriam AM. 2004. Use of riparian corridor and vineyards by mammalian predators in Northern California. *Conservation Biology*, **18**: 126–135.
- Hobbs RJ. 1992. The role of corridors in conservation: Solution or bandwagon? *Trends in Ecology and Evolution*, **7**: 389–392.
- Horskins K, Mather PB, Wilson JC. 2006. Corridors and connectivity: When use and function do not equate. *Landscape Ecology*, **21**: 641–655.
- Maher-Gioux M, de Blois S. 2007. Landscape ecology of *Phragmites australis* invasion in networks of linear wetlands. *Landscape Ecology*, **22**: 285–301.
- Med SG, Hallett JC. 2001. Evaluating the effectiveness of corridors: A genetic approach. *Conservation Biology*, **15**: 467–474.
- Merriam G. 1984. Connectivity: A fundamental ecological characteristic of landscape pattern // Brandt J, Agger P, eds. *Proceedings of the First International Seminar of the International Association of Landscape Ecology*. Denmark: Roskilde: 5–15.
- Ockinger E, Smith HG. 2007. Do corridors promote dispersal in grassland butterflies and other insects. *Landscape Ecology*, **23**: 27–40.
- Paul CH, Daniel SS. 2006. *Designing Greenways*. Washington DC: Island Press.
- Priemus H, Zonneveld W. 2003. What are corridors and what are the issues? Introduction to special issue: The governance of corridors. *Journal of Transport Geography*, **11**: 167–177.
- Rouget M, Cowling WM, Lombard AT, et al. 2006. Designing large-scale conservation corridors for pattern and process. *Conservation Biology*, **20**: 549–561.
- Roy V, de Blois S. 2006. Using functional traits to assess the role of hedgerow corridors as environmental filters for forest herbs. *Biological Conservation*, **130**: 592–603.
- Sieving KE, Wilson MF, Desanto TL. 2000. Defining corridor functions for endemic birds in fragmented south-temperate rainforest. *Conservation Biology*, **14**: 1120–1132.
- Simberloff D, Cox J. 1987. Consequences and costs of conservation corridors. *Conservation Biology*, **1**: 63–71.
- Theuerkauf J, Rouys S. 2006. Do Orthoptera need human land use in central Europe? The role of habitat size and linear corridors in the Białowieża Forest, Poland. *Biodiversity and Conservation*, **15**: 1497–1508.
- White GW, Eagles PFJ. 2007. Planning for long wide conservation corridors on private lands in the oak ridges moraine, Ontario, Canada. *Conservation Biology*, **21**: 675–683.
- Wilson EO, Willis EO. 1975. *Applied Biogeography: Ecology and the Evolution of Communities*. Massachusetts: Harvard University Press.

作者简介 李正玲, 女, 1984 年生, 硕士研究生。主要从事景观生态学研究。E-mail: lizhengling_009@126.com
责任编辑 刘丽娟
