

Shengtai
Yingxiang Pingjia
Shicao Jishu

生态影响评价 实操技术

王家骥 成文连 苏德毕力格 / 主编



中国环境出版集团

生态影响评价实操技术

王家骥 成文连 苏德毕力格 主编

中国环境出版集团·北京

图书在版编目（CIP）数据

生态影响评价实操技术/王家骥等主编. —北京：中国环境出版集团，2018.8
ISBN 978-7-5111-3741-8

I. ①生… II. ①王… III. ①环境生态评价
IV. ①X826

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2018）第 169028 号

出 版 人 武德凯
责任编辑 付江平
责任校对 任 丽
封面设计 宋 瑞

出版发行 中国环境出版集团
(100062 北京市东城区广渠门内大街 16 号)
网 址: <http://www.cesp.com.cn>
电子邮箱: bjgl@cesp.com.cn
联系电话: 010-67112765 (编辑管理部)
发行热线: 010-67125803, 010-67113405 (传真)

印 刷 北京建宏印刷有限公司
经 销 各地新华书店
版 次 2018 年 10 月第 1 版
印 次 2018 年 10 月第 1 次印刷
开 本 787×1092 1/16
印 张 29
字 数 640 千字
定 价 80.00 元

【版权所有。未经许可，请勿翻印、转载，违者必究。】
如有缺页、破损、倒装等印装质量问题，请寄回本社更换

作者简介

王家骥 中国环境科学研究院研究员，注册环评工程师。原环保部评价司、评估中心、水利部水规总院、交通部环境办公室、中国国际工程咨询公司环评常聘专家，第六届中国生态经济学会常务理事，从事区域生态环境研究 30 多年。曾因主持第一部生态影响评价行业标准、多项区域生态规划研究和国家重大工程的生态影响评价获得部级科技进步一等奖 1 次、三等奖 3 次。在生态影响的调查与评价中深化了自然等级系统的生态完整性维护、珍稀自然资源耐受干扰的弹性限值判断、生物因子和非生物因子的保护、自然系统生态承载力的判定等基本理论与技术方法，为区域整体优化建设做出了突出贡献。上述成果已经在水利、水电、铁路、公路、矿业开发和工业原料林等的专业规划和建设项目中应用。出版了《景观生态学的理论与应用》等多部学术著作，在一级学术刊物上发表论文 20 余篇。

成文连 男，注册环评工程师，先后在中国人民解放军陆军防化学院、中国环境科学研究院、中国科学院生态环境研究中心从事环境影响评价、遥感与地理信息系统、生态环境规划等领域的教学和科研工作。擅长将生态学理论与遥感、地理信息系统等技术手段结合在一起，分析宏观的生态影响问题，并提出切实可行的解决方案。曾主持或参与 40 余个国家重大建设项目的生态影响专题，14 个建设项目的自然保护区生态影响专题，15 个规划环评生态影响专题。共发表论文 40 余篇，参与编制学术著作 4 部，获国家发明专利 1 项，荣立个人三等功 1 次。

苏德毕力格 男，蒙古族，博士，中国环境科学研究院研究员，环境保护部环境工程评估中心常聘专家，中国环境科学学会高级会员。长期致力于生态监测与评估领域研究，在研究探索“天地一体化”生态监测与预警、综合运用“3S”技术手段开展区域生态功能评估等方面积累了大量的研究成果。先后主持国家、地方和国际合作项目 30 余项。近年来，在国内外期刊上发表论文 30 余篇、出版专著 3 部、起草国家标准 1 项，获软件著作权 3 项、发明专利 2 项，获国家科学技术进步奖 1 项、国家环境保护科学技术奖 1 项。

前 言

自从我国环境保护行业标准《环境影响评价技术导则 非污染生态影响》(HJ/T 19—1997)公布实施后,生态学、景观生态学、现代自然保护等学科的理论与方法得到了广泛的应用,在区域规划、专项规划以及水利水电、交通运输、农林垦殖、旅游开发、能源输送和海岸带等行业的建设项目评价中取得了明显的成果。2011年《环境影响评价技术导则 生态影响》(HJ/T 19—2011)替代了该导则后,评价依据的理论与技术方法得到了全面的应用和延续,继续在我国建设事业中发挥着重要作用。

在纪念我国第一部生态影响评价标准诞生 20 周年的时候,我们还应该看到,我国的生态影响评价还处在较低的起步阶段。除了相关学科的发展滞后于社会经济的发展需求外,评价依据的理论与技术方法没有得到足够的重视也是重要原因之一。例如,对自然系统生态完整性所受影响的评价不深入,对非生物保护对象受到的影响关注不够,用生物学评价替代生态学评价,偏重区位关系的分析而不重视主要保护对象所受影响的评价,等等。

当前,党的十九大精神已经深入人心,生态保护已经得到了各级政府的高度重视。为此,在生态学等学科现有水平的支持下,要进一步明确保护对象,规范评价内容,做好生态影响的预测与防护。本书编写的目的,就是在总结 20 多年生态影响评价工作的基础上,抛砖引玉,期望深化生态影响评价工作,不断夯实生态可持续这一基础,为社会经济可持续发展保驾护航。

一、生态环境保护现状不容乐观

1. 回顾历史

改革开放以来,尽管党和政府加大了生态保护的力度,但是,生态破坏的总趋势还在继续。类似于甘肃祁连山国家级自然保护区生态环境破坏问题不是个例,究其原因:首先,主要是管理制度不完善和管理者不作为;其次,生态保护理论与方法滞后

以及得不到重视也是重要的原因之一。

国家发展改革委等部门联合发布的《全国生态保护与建设规划(2013—2020年)》的数据显示,目前,我国水土流失面积达295万 km^2 ,年均土壤侵蚀量高达45亿t;全国沙化土地面积173万 km^2 ,石质荒漠化土地面积12万 km^2 ;草原超载过牧情况严重,可利用天然草原90%存在不同程度的退化。

中国许多主要林区,天然林面积大幅度减少是最典型的生态赤字,当代人已经过早过多地消耗了森林资源。现在的全国森林覆盖率仅为13%。

据估计,中国的植物物种中15%~20%处于濒危状态。近30多年来的资料表明,高鼻羚羊、白鳍豚、野象、熊猫、东北虎等珍贵野生动物分布区显著缩小,种群数量锐减。

2. 发展趋势

生态环境的持续恶化将严重影响我国经济社会可持续发展和国家的生态安全。因此,我国政府越来越重视生态环境保护和修复工作。近年来,我国各级政府和相关部门采取了一系列保护和综合治理措施,持续加大生态环境保护和修复力度。“十三五”规划在目标中提出加强生态文明建设,要科学布局生产空间、生活空间、生态空间,扎实推进生态环境保护,并把加强生态文明建设、美丽中国首度写入五年规划。

我国是个人口大国,不仅人口基数大,而且人口密度也大。虽然各种自然资源总量大,但人均占有量小,人均资源相当贫乏,远低于世界平均水平。同时,我国多种重要资源短缺,加上我国正处于全面建成小康社会的工业化和城镇化的快速发展阶段,对资源具有较高的需求,使我国生态文明建设面临着诸多挑战。

我国生态保护与建设中存在的问题:①生态退化趋势未得到有效遏制。目前我国森林总体质量呈下降趋势,草地退化依然严重,矿区资源开发、重大工程建设引发的生态破坏尚未得到有效制止。②生物与非生物自然资源濒危日益突出。过度的人类活动导致我国生物资源濒危和荒漠化发展问题日益突出。③生态保护基础薄弱,投入不足。生态保护资金投入少,投入渠道单一,生态治理工程效益有待继续提高。④生态保护的法制制度不完善,贪赃枉法屡禁不止,人为加大了生态损失的程度。⑤生态学、景观生态学和现代自然保护理论等学科的发展滞后,我国生态环境管理缺少前瞻水平,缺少从源头控制生态破坏的能力,缺少给予生态保护与管理者提供技术支持的能力。

二、国家生态保护力度越来越大

1. 《“十三五”生态环境保护规划》(以下简称《规划》)提出的生态环境保护思路与任务

“十三五”期间生态环境保护的总体思路和目标追求的是,以改善环境质量为核心,以解决生态环境领域突出问题为重点,全力打好生态环境保护的攻坚战和持久战,确保2020年实现生态环境质量总体改善的目标,为人民群众提供更多的优质生态产品。

《规划》的基本原则是“五个坚持”:坚持绿色发展,标本兼治;坚持质量核心,系统施治;坚持空间管控,分类防治;坚持改革创新,强化法治;坚持履职尽责,社会共治。

《规划》的主要目标是到2020年,生态环境质量总体改善。生产和生活方式绿色、低碳水平上升,主要污染物排放总量大幅减少,环境风险得到有效控制,生物多样性丧失势头得到基本控制,生态系统稳定性明显增强,生态安全屏障基本形成,生态环境领域国家治理体系和治理能力现代化取得重大进展,生态文明建设水平与全面建成小康社会目标相适应。

《规划》提出,坚持“山水林田湖是一个生命共同体”,强化生态保护与修复。《规划》增加了专章提出生态保护与修复重点任务和重点工程,明确环境治理与生态保护修复协同联动,要求系统推进重要生态系统保护与修复,扩大生态产品供给,提升生态系统的稳定性和基本功能。

2. 生态影响评价和保护的理论与方法在不断进步

生态影响评价关注的保护对象可以分为两大类,即自然系统生态完整性的维护和重要生态目标的保护。前者能否维护在生态承载力的阈值范围内关系到人类社会经济的可持续发展;后者关系到诸多重要生态因子,如水资源、土地资源、天然林、生物多样性等的保护和以自然保护区为代表的敏感区的保护。

对重要生态目标影响的评价比较复杂,要根据目标的生态特征来决定,需将人类干扰的途径、性质和强度控制在珍稀自然资源单体耐受的弹性限值内。建议在具体操作中参考以下思路:

对自然保护区和生物多样性影响的评价以采用生态机理法为主。建议在种群生存力分析和最小可存活种群理论支持下,分析是否满足生态保护目标对面积和生境多样

性的需求。

应用景观生态学关于廊道的通道和阻隔双重特性的理论与方法,对交通运输、能源和水资源输送等线性工程不可逆的生态影响进行评价。

对风景资源的评价推荐在现代美学理论的支持下,对工程或规划的建设是否改变了评价区景观资源的自然性、科学性、时空性、协调性和综合性进行预测和评价,是否符合科学规律是景观美学评价的核心。

对水文规律改变引起的生态影响要应用河流生态学、流域生态学方法,景观生态学等学科理论与方法,对水的四维运动规律改变带来的水生与陆生生态影响进行评价。

对荒漠化的评价要应用形态分析与生态完整性分析相结合的方法,基于不同侵蚀类型的判断,采取不同的理论与方法进行评价。

对地质遗迹影响的评价要在调查的基础上,根据遗迹成因和历史变化,判定工程建设会否破坏遗迹保存的条件,或加快破坏的外营力。

三、当前亟须确立的两个观点

1. 要确立珍稀自然资源“贵极无价”的观点

生态环境影响评价是实施可持续发展战略极其重要的一环。可持续发展战略的实质是促进社会经济与生态环境协调发展。在环境影响评价中首要的是保障人类社会的生存与发展,而生态可持续才是人类社会经济可持续发展的基础。

要从规划和建设项目所在自然等级系统生态完整性维护、敏感区和珍稀自然资源单体的保护出发,认识到生态功能的维护和珍稀资源的保护不是单纯的“为人”的服务功能可以替代的;不要把人凌驾于自然之上,而是把生态可持续作为人类社会经济可持续发展的基础来维护;不能片面地考虑社会效益而以损害生态环境为代价。要积极地揭示问题,采取对策,促进生态环境保护与社会经济的协调和可持续发展。因此,贵极无价指的是生态保护对象,包括自然等级系统的功能与过程、敏感区和珍稀自然资源单体的价值是不能用金钱来衡量的。要做到“公平对待”生态保护对象。

2. 要提倡自然资源保护的“保守观点”

目前,由于生态等学科的发展还难以支持对各种类型生态影响评价,同时,生态保护又不能等待生态等学科完全成熟再进行。因此,要根据预防为主的原则开展评价工作。要遵守预防为主、贵极无价的原则;要依据法律、法规、条例和国际通行的公

约、协定来进行。

预防为主是指，基于自然资源亟待保护，而满足保护需要的理论和方法尚不成熟，因此，我们必须以现有的资料和不十分完备的理论和方法给自然资源保护提供支持。在缺少足够的根据时，就应该先把资源完整保护下来，等待认识水平提高以后，再决定是否开发。不能在判断不清损失的情况下，就决定开发。因为，当以后发现这个决定是错误时，已经没有挽回的余地了。

四、编著本书的情况

本书的第1、2、3章除署名节段外主要由王家骥编写，第4、5、6章分别由王家骥、成文连、苏德毕力格、李京荣、关彩虹、王飞飞、吴月芳、何萍、郭建辉、宋福、吴智勇、杨艳刚、李文丹、王瑾、魏卓等编写。全书由王家骥、成文连、苏德毕力格修改和统稿。

本书中第1、2、3章的点评案例选自编著者参加的规划或建设项目审查，希望在判断生态影响评价工作等级、评价范围、保护对象以及评价内容的确定上起到规范作用。第4、5、6章的典型案列均选自编著者主持和编写的规划和建设项目环评。在类型选择上包含了水利水电、公路铁路、输水管线、煤矿、旅游开发、港口建设等类型。

在纪念《环境影响评价技术导则 非污染生态影响》(HJ/T 19—1997)公布实施20周年并取得了可喜成果的今天，我们感谢国家和地方各级环境管理部门的长期关怀、指导，感谢从事生态保护事业同行的热情支持，感谢中政国评(北京)科技有限公司在本书编写过程中的帮助。

由于水平所限，书中恐有不当之处，希望得到广大环评工作者的批评指正，借此推动生态影响评价理论和技术的不断深入。

王家骥

2018年3月6日

目 录

第 1 章 理论基础	1
1.1 生态学概论	1
1.2 景观生态学	2
1.3 生态承载力	26
1.4 生态完整性	31
1.5 关于“水相关的景观过程与格局”及生态用水	35
1.6 自然保护理论	42
第 2 章 评价范围、工作等级和保护目标	75
2.1 评价范围	75
2.2 评价的工作等级	83
2.3 生态保护目标的筛选与确定	87
第 3 章 生态影响分析	93
3.1 生态影响分析的原则	93
3.2 生态影响分析的主要方法和内容	94
3.3 规划的生态影响分析重点与案例	95
3.4 交通运输类工程生态影响分析重点与案例	104
3.5 工业原料林基地和旅游开发建设工程生态影响分析重点与案例	113
3.6 水利水电建设工程生态影响分析的重点和案例	115
3.7 矿产资源开发类工程生态影响分析的重点与案例	122
第 4 章 生态现状调查与评价	128
4.1 一般性调查	129
4.2 生态完整性的调查与评价	136
4.3 土壤侵蚀的调查	163

4.4	荒漠化调查	168
4.5	生物多样性调查	173
4.6	敏感区调查	185
第 5 章	生态影响预测	198
5.1	概述	198
5.2	水利水电类	212
5.3	线性工程类	306
5.4	区域开发类	322
5.5	敏感区 宁夏固原水源工程对六盘山自然保护区的影响预测.....	343
5.6	荒漠化 北洛河流域规划环评生态专题	351
5.7	生物多样性	354
5.8	农林规划与工程	375
第 6 章	生态影响的防护、恢复及管理	384
6.1	生态影响防护与恢复的条件与方法	384
6.2	生态影响的防护	386
6.3	生态影响的恢复	389
6.4	建设项目生态恢复规划	393
6.5	生态管理措施	395
6.6	典型案例	399
参考文献		451

第 1 章 理论基础

1.1 生态学概论

1.1.1 概念

生态学来源于生物学。生态学是由德国生物学家赫克尔于 1869 年首次提出的。生态学研究的基本对象有两个方面的关系，其一为生物之间的关系，其二为生物与环境之间的关系。简洁地表述为：生态学是研究生物之间、生物与环境之间的相互关系的科学。生物的生存、活动、繁殖需要一定的空间、物质与能量。生物在长期进化过程中，逐渐形成对周围环境某些物理条件和化学成分，如空气、光照、水分、热量和无机盐类等的特殊需要。各种生物所需要的物质、能量以及它们所适应的理化条件是不同的，这种特性称为物种的生态特性。

随着人类活动范围的扩大与多样化，人类与环境的关系问题越来越突出。因此近代生态学研究的范围，除生物个体、种群和生物群落外，已扩大到包括人类社会在内的多种类型生态系统的复合系统。人类面临的人口、资源、环境等几大问题都是生态学的研究内容。

1.1.2 学科内容

生态学是论述个体、种群、群落、自然系统与环境的关系。学者认为，任何物种（个体或群体）、种群、群落和自然系统都与环境条件，包括其他物种和非生物因子存在着相互依赖和相互制约的关系。现代生态学认为，生物圈是由不同的自然等级系统，按照一定的规律组合而成。不同等级的自然系统都有特定的生态学规律，人类的活动要遵循自然规律。自然系统大小不一，多种多样，小到土体、生境，大到由森林、平原、荒漠等相对同质的生态系统，以及由生态系统组成的景观系统，区域、大陆、地球和生物圈。

一切生物都是通过从外界摄取能量和物质以维持生命的，自然系统中的能量和物质流动正是通过各种生物摄取食物的方式形成的，而这种将各种生物联系到一起的能量和物质流动的链条则叫作食物链。

生物多样性是自然系统中基因、物种和系统的总和。一个自然系统内，组成的成分越

多样，能量和物质流动的途径越复杂，食物链网的组成越错综，自然系统自动调节恢复稳定状态的能力越强；成分越单调、结构越简单，应对环境变化的能力越低。因此生物多样性也是衡量一个区域环境状况的指标。

在自然条件下，由于环境的变化，会出现生态系统的演替。但如果变化过快，也会出现大量物种灭绝的危机，如恐龙在不到一万年的时间内全部灭绝；火山爆发造成当地生态系统的灭绝，都是生态危机。但最常见的是由于人类活动造成的局部地区的自然系统严重破坏，多处自然系统的破坏导致整个生态圈的结构和功能紊乱，最终会威胁人类本身的生存和发展。

生态危机主要成因是因为人类过分发展，破坏生态环境所引致，一旦人类不做出改善，最后威胁的是人类。

1.1.3 学科分支

(1) 按所研究的生物类别分，有微生物生态学、植物生态学、动物生态学、人类生态学等；还可细分如昆虫生态学、鱼类生态学等。

(2) 按生物系统的结构层次分，有个体生态学、种群生态学、群落生态学、生态系统生态学和景观生态学等。

(3) 按生物栖居的环境类别分，有陆地生态学和水域生态学，前者又可分为森林生态学、草原生态学、荒漠生态学等，后者可分为海洋生态学、湖沼生态学、河流生态学等。

(4) 生态学与非生命科学相结合的，有数学生态学、化学生态学、物理生态学、地理生态学、经济生态学等；与生命科学其他分支相结合的有生理生态学、行为生态学、遗传生态学、进化生态学、古生态学等。

(5) 应用性分支学科有：农业生态学、医学生态学、工业资源生态学、环境保护生态学、城市生态学等。

(注：参考李振基等编著的生态学第三版)

1.2 景观生态学

1.2.1 基本理论

1. 景观

一个空间异质性的区域，由相互作用的拼块(Patch)或生态系统组成，以相似的形式重复出现。由定义可知，景观是高于生态系统的自然系统，是生态系统的载体。生态系统是相对同质的系统，而景观是异质性的。

2. 景观结构

景观是由景观元素(Landscape element)组成,景观元素(或称景观结构组分)是地面上相对同质的生态要素或单元,包括自然因素或人文因素。从生态学角度看,景观元素可以看成是生态系统。景观元素有三种类型:拼块、廊道和模地。

1) 拼块

拼块是一个在外观上与周围环境明显不同的非线性地表区域。它的大小、形状、类型、异质性、边缘等重要性状有很大差别,与周围地区有不同的物种结构和成分。一般来说,拼块是物种的集聚地,可以是生物群落,但也有一些拼块是没有生物群落或主要含有微生物的拼块。

2) 廊道

廊道是指不同于两侧模地的狭长地带,可以看作是一个线状或带状的拼块。廊道可以是一个独立的带,但经常与有相似组分的拼块(至少在一端)相连。例如,一个树篱可能完全被田野或空地包围,但更常见的是连接着一块林地。景观具有双重性质,一方面被分割成许多部分(或组分),另一方面又被廊道连接在一起,所以廊道在很大程度上影响景观的连通性,也在很大程度上影响着拼块间物种、矿物质和能量的交流。

廊道产生的机理与拼块相同。带状的干扰一般可以产生干扰廊道,如铁路、线状伐木;来自周围模地上的干扰产生残存廊道,如树木砍伐后残留下的林带;空间环境异质性产生环境资源廊道,如河流。防风林带则是种植廊道。廊道的持续性或稳定性与其产生的机理相关,环境资源廊道,如河流是相对长期的,而线状伐木作业这样的干扰廊道则是短期的,因为树木很快会重新生长起来。

3) 模地

模地是景观中的背景地域,是一种重要景观元素类型,在很大程度上决定着景观的性质,对景观的动态起着主导作用。不同景观中的拼块、廊道和模地的比例以及排布状况极其不同,模地是范围广阔、相对同质的景观元素,具有自己的特征,其原理与拼块不同,它是面积最大、连通性最强的景观元素。判断模地的三个标准如下:

(1) 相对面积(Relative area) 景观中某一类元素明显地比其他元素占有的面积大得多,可以据此来推断这种元素是模地。模地中占优势的物种在景观中也占优势。模地对景观中的“流”往往有控制作用。面积是表现模地在景观中的重要的作用的重要参数。因此,我们采用模地的相对面积作为定义模地的第一标准。一般来说,模地的面积超过现存其他类型景观元素的面积总和。假如一种景观元素覆盖了景观的50%以上的面积,就可以认为它是模地。但如果各种景观元素的覆盖面积都低于50%,则要由模地上的其他特性来决定模地,有的均匀,有的不均匀,这一特征提示我们模地面积不是辨认模地的唯一标准,模地的空间分布状况也是重要的特性。

(2) 连通性 树篱网覆盖一般只占总面积的 1/10 以下, 因此直观上使人怀疑树篱网是不是模地。但是, 由于树篱以网状包围了田野, 它构成了单一的连续地域。也就是说一个空间假如没有被与周边相接的边界穿过, 它就是完全连通的。一个景观元素的高度连通性具有如下作用:

①这个元素具有隔离其他元素的物理屏障功能, 对于阻断两种元素间风灾、火灾的传播是一个有效的物理、化学和生物屏障。

②当这些细而长的带相互交叉连接时, 它具有系列廊道的功能, 有利于物种间的迁移和遗传基因的交换。

③这种元素包围其他景观元素形成孤立的生物“岛屿”。

因此, 当一种元素完全连通, 并包围着其他元素, 它就是模地。但模地常常不是完全连通的, 而被分割成几段, 因此, 要慎重地分析景观中的元素。可见, 判别模地的第二标准是连通性高低。模地比其他任何景观元素连通程度更高。

(3) 动态控制 树篱网由先锋种(如樱桃)及后来的种(如栎树)混合构成时, 它是高度动态的。有翅的种子从篱笆上被风吹落到附近的田野中, 鸟和哺乳动物吃树篱上结的果子, 将种子带到景观的各个地方, 因此树篱起了一个物种源的作用, 把整个景观引向可能达到的某种稳定状态或发生其他变化, 这样模地发挥了景观的动态控制作用, 提供了向未来景观发展的动力。

3. 景观的功能

景观的功能就是景观元素之间的相互作用, 即能量流、养分流和物种流都可以从一种景观元素迁移到另一种元素, 没有一个是静止的。通过大量的“流”, 一种景观元素对另一种景观元素施加着控制作用, “流”的产生是由于景观元素之间的差异性。研究异质性景观中不同组分在时间和空间上的相互作用, 研究能量与物质的交流, 研究异质性对生物和非生物过程的影响是景观生态学研究的核心内容之一。

1) 景观间流的运动机制

通过景观的流有三种: ①能量流(包括热能和生物能); ②养分流(包括无机物质、有机物质和水); ③物种流(包括各种类型的动植物以及遗传基因)。当这些“流”超常量流动时, 就会成为一种干扰因素, 导致景观中生态系统或者生物群落发生变化。

2) 空气流和土壤流

在景观的规划和管理中必须评价的流有三种, 即空气流、地面流和土壤流。

对空气流和土壤流的运动特征进行分析发现, 有两种空间运动模式, 一种是连续运动(Continuous movement), 即不存在运动速度为零的状况, 其速度可以是匀速的、加速的或者减速的。例如, 热量被风携带连续运动越过景观, 再如有纵向冲沟的陡直山坡上雨水将泥沙从山上直接冲刷到河谷之中。可是, 如果山坡上修筑了梯田, 或者在等高线上种植

了许多树木,山上的泥沙在每次大雨之后一般只移动了一段距离,多次冲刷才能到达河谷之中,这种有间歇和停顿的运动模式属于第二种,叫做跳跃运动(Saltatory movement),这种运动的重要特征是“流”与停顿地点的物质相互间发生了关系。例如,土壤流在这些点上为当地的植物提供了矿物营养,也可能把那里的种子和小动物埋住。这两种运动形式的差别在于景观结构的异质性。异质性的增强使得:①运动由连续状况变为跳跃状况;②运动中的停顿点越多,流的物质与沿线环境之间的相互关系就越密切;③速度降低(原因之一是需要越过更多的边界),运动时间从数小时延长到数十年乃至数世纪。可见景观的结构与功能是密切相关的。

3) 物种流

物种流即动、植物越过景观的运动。影响运动有两方面的因素:一是取决于廊道、障碍和拼块等结构因素。在趋于同质性的地区,这种流有较稳定的运动速度,并且是连续运动。而当动物从一种景观元素进入另一种景观元素时会发生变速或者停顿;二是取决于运动的方向,景观元素是有利于运动还是障碍运动。所以,为了分析物种运动,首先需要分析景观的异质性程度和景观中的对比度。

动、植物的运动同样分为连续运动和跳跃运动。但作为物种的扩散,在跳跃运动中存在两种停顿类型。当一个生物体滞留一个短的时期后继续运动叫做休息停顿;相反,一个生物体移动到一个地点后能成功地生长繁殖,叫中途站,这种停顿的重要性是物种利用了那个地点成功地繁殖了个体,扩散了它的干扰,使那里成为传播该物种的新源。南美北部的一些植物种,可能就是以一系列岛屿为中途站,越过加勒比海进行传播的。相反,休息停顿仅是物种的一个临时处所,例如,一只豹子在越过稀树草原时,趴在树上做短暂休息。

4) 景观的功能

(1) 廊道与流:

①它是某些物种的栖息地。无论线状廊道还是带状廊道都存在着边缘种,宽的廊道还存在内部种。廊道是有别于模地和拼块的生境,因此廊道上的物种也有别于模地或者拼块。

②它是物体运动的通道。例如,河水沿河道流淌,车辆、行人沿公路运动。动、植物是沿廊道运动的主要物流,如树篱可以帮助动、植物越过景观。当廊道存在时,干扰(如火与虫害)会沿廊道运动,扩大干扰的范围。有时与拼块相连的廊道好似细脖瓶颈,人们在那里可以有效地控制某些干扰继续扩大。

③屏障或过滤效应。比如人们种植灌木树篱的主要目的是为了保护农田和房舍,防止动物侵入。而河流廊道的树林对水分和养分有重要的过滤作用。树篱对某些动物是通道,而对另一些动物则是障碍,例如,宽的河流可能是障碍,甚至可以造成两岸狐狸种群差异。宽的廊道有利于沿廊道运动而不利于穿越廊道的运动,窄的廊道则利于穿越而不利于沿廊道的运动。

还有一点应引起注意,即廊道结构中的中断。中断阻挡了沿廊道运动的动物的前进,但对于某些把廊道视为屏障的物体,中断则有利于它们通过景观。

④廊道还是一个对周围模地产生环境和生物方面影响的源。例如,一条公路穿过田野,它就成为向周围排放尘土、污染物、热能的源。树篱上存在许多田野里所不具有的物种,甚至是森林的内部种,借助于风和动物的传播也可以散布到田野中去。

廊道的上述四种功能均包括物种流,后两种还包括了能量流和养分流。

(2) 模地和流模地的八种特征影响着流:

①连通性。在连通性高的模地中,不存在或很少存在阻挡物体运动的屏障。空气流形成的风把热量、灰尘和种子带过景观,而火灾和虫害的扩散也不受阻挡。因此人们常在火灾多发区设置防火障,在森林繁育时注意多物种团块式混交。前者是为了降低连通性防止火灾蔓延,后者除具有一定的防火功能外,主要是为了防止虫害扩散。模地的高连通性有利于保护那些不能越过窄廊道的内部种。可以推测,在高连通性的模地中,运动的平均速度高,缺少屏障,基因变化较小,种群差异小。

②景观的阻抗。即影响物体运动速度的结构特征,由4种因素造成。其中两个是边界特征:a.穿越边界的频率,由于水、风和移动力造成的运动一般越过边界较慢,所以它们是比较容易测定的指标;b.边界的不连续性,也就是说边界是突变的或是渐变的,都使流的速度改变。突变比渐变的边界对动、植物的运动有更大的阻力,热量流、水流等可以顺利地通过不连续边界;c.适宜性,即景观元素是否适合于物体的运动,同一景观元素对不同的物体或物种运动的适宜性等级不同;d.每一个景观元素的总长度,这是比较容易测定的。

③狭窄(地带)物体的运动会受到模地宽度的影响。模地有的地方很窄,物体运动速度会因此发生变化。风和流经狭窄处,由于有文氏效应,速度会变快,所以在峡谷的出口处风速变大了。相反,当大队人马涌入峡谷时,速度变慢,须滞留较长时间。这说明靠迁移力运动的目标遇到狭窄处一般速度变慢。狭窄处尤如一个瓶颈,对于流十分重要,而且正如廊道中的中断一样。狭窄处邻近一小块区域有特殊意义,应该引起管理者和规划者的注意。

④孔隙率及拼块间的相互关系与高连通性相反,高孔隙率模地上有许多拼块,对物体通过模地造成了或大或小的影响。影响的大小取决于流的性质,如果拼块是不宜通过的,例如,当食草动物要通过拼块,而那里隐藏着食肉猛兽,这些食草动物就会放慢速度,时走时停,表现不安。如果拼块是适宜于通过的,则高孔隙性的模地适合以跳跃方式通过景观。

相似拼块间的相互关系等级取决于它们之间的距离。对于有些种类的流,拼块的面积对相互间的作用也很重要。

⑤影响范围是受一个特定节点或拼块影响的区域,影响的强度随着与拼块的距离而改