

基于矿业棕地的矿山公园工程设计研究

冯莹雪^{1,2}, 李桂文¹

(1. 哈尔滨工业大学 建筑学院, 150006 哈尔滨; 2. 中国矿业大学(北京) 力学与建筑工程学院, 100083 北京)

摘要: 我国矿业棕地数量巨大, 目前生态恢复的主要形式是建设矿山公园. 工程实施中生态恢复、遗址保护、经济效益、休闲娱乐项目互相争地, 生态恢复的比例被大量压缩, 且难以量化分析. 借用景观生态学斑块、廊道模式的分析模型推导出矿业棕地生态恢复的量化基准数据, 使之成为规划设计不可突破的红线: 作为生态物种栖息的林地面积不能小于 1.5 km²; 面积不足 30 km² 的场地应以造林为主; 应保持场地边界的自然状态, 增加形状指数且不得砌筑围墙; 生态廊道宽度不应小于 60 m; 尾矿堆等污染源必须植被覆盖, 缓冲带宽度不得小于最小允许值. 这些可以成为工程设计的理论依据, 切实保证基于矿业棕地的矿山公园成为名副其实的生态文明建设工程, 防止造成掠夺性二次开发.

关键词: 矿业棕地; 生态恢复; 矿山公园; 量化分析

中图分类号: TU986

文献标志码: A

文章编号: 0367-6234(2013)08-0090-04

The research on the mine parks engineering design based on mining brownfields

FENG Yingxue^{1,2}, LI Guiwen¹

(1. School of Architecture, Harbin Institute of Technology, 150006 Harbin, China;

2. School of Mechanics and Civil Engineering, China University of Mining and Technology, 100083 Beijing, China)

Abstract: By analytical model based on the patch-corridor model in landscape ecology, the quantitative benchmark data of the mining brownfield ecological restoration is deduced, and it would be become unbroken red line in the planning design. The forest area for ecological species perching can't be less than 1.5 km², and the area less than 30 km² should be mainly used for afforestation. The natural state of the site boundary should be kept, the shape index should be added and the fences should not be built. The width of ecological corridor should not be less than 60 m, the pollution sources such as tailing heap and so on should be covered by vegetation, and the width of buffer strips can't be less than the minimum allowable value. All of these could become theoretical foundation in the project design, thus, we could ensure the mine parks based on mining brownfields become genuine ecological civilization construction project, and could prevent predatory secondary development.

Key words: mining brownfield; ecological restoration; mine park; quantitative analysis

1 研究背景

矿业棕地系棕地的一种, 棕地一词来自工业化西方国家, 用“Brownfield”来表示废弃地, 我国

一般将其直译为“棕地”. 棕地是生态系统中的人造景观. “人类在取得伟大成就(工业革命)的同时产生了一些反面的问题, 这里发生了世界上空前的、非常严重的资源掠夺. 棕地是这些所作所为产生的后果, 这些地方越来越成为世界历史上前所未有的最丑陋和最庸俗的场所”^[1].

我国学者针对矿业实际, 特别是从生态系统退化的角度提出了矿业棕地的定义, 强调露天采矿场、排土场、塌陷区以及受重金属污染而失去经

收稿日期: 2012-08-20.

基金项目: 中央高校基本科研业务费专项资金资助项目(2010QL01).

作者简介: 冯莹雪(1982—), 女, 博士研究生;

李桂文(1943—), 女, 教授, 博士生导师.

通信作者: 冯莹雪, zisemao88@163.com.

济利用价值,对周边环境产生重大负面影响的土地均为矿业棕地^[2]。20 世纪 80 年代,国外开始矿业棕地的生态恢复研究,主要方向有:生态环境的可持续发展;土地复垦和生态演替;废弃矿区景观构造;生态重建等^[3]。在西方工业化国家,矿业棕地生态恢复工程已取得重大成果,并已形成多学科联合攻关的态势。

我国是世界第三大矿业国,大中型矿山就有 9 000 余座,地市级矿业城市 68 座,矿业占地达 4 万平方公里,大量矿业棕地急需治理,特别是生态恢复。目前,我国矿业城市的矿业棕地生态恢复工程基本是以矿山公园的形式实施,68 个地市级矿业城市中,61 个获批建设矿山公园^[4]。这样的方案是基于矿业城市生态恶化和基础设施落后,力图在对矿业棕地生态恢复的同时,通过人造景观对矿业城市的城市生态系统进行积极的改造。但实际操作中,生态恢复、遗址保护、建设开发、休憩娱乐项目互相争地,使生态恢复有名无实。这就需要通过量化分析划出生态红线,在工程设计中强制实行。矿业棕地这样的生态恢复工程,场地多呈由廊道连接的岛状斑块,因此,建筑工程设计的量化研究可以借助景观生态学斑块、廊道模式的量化分析模型^[5]。

2 斑块、廊道模式工程设计的量化分析

景观生态学中的斑块是指不同于周围背景的、相对均质的非线性区域。斑块是有尺度的、与周围环境(基底)在性质上或外观上不同的空间实体。

廊道是一种带状空间结构,可以看作一种特殊的斑块,当长宽比超过 20,又与斑块相连通即可称为廊道。

基于矿业棕地的矿山公园工程设计研究需量化分析的主要指标有:具有最佳生态/规模比的斑块大小;斑块形状指数;廊道尺度;污染源植被缓冲区的宽度。

2.1 通过物种-面积关系研究具有最佳生态/规模效益比的斑块大小

矿业棕地生态的恢复首先是当地动植物物种的恢复,这就要求在矿山公园工程设计中,林地(绿地)的面积必须足以保证动植物自组织能力的恢复,即人工再造后物种大量存活和繁衍再生,构成生态链所需的物种多样性。对物种与栖息地面积关系的研究以岛屿生物地理学理论最为常用,其理论被广泛应用于岛状生境的研究中,矿业

棕地生态斑块属于此类。该理论认为物种丰富度随岛状面积呈单调增加的趋势,物种数量(S)和生境面积(A)的关系式表达为

$$S = cA^z.$$

式中: c 和 z 为正的常数, z 的理论值为 0.263,通常在 0.18 ~ 0.35。 c 值反映地理位置变化对物种丰富度的影响。 $A-S$ 函数关系如图 1 所示。

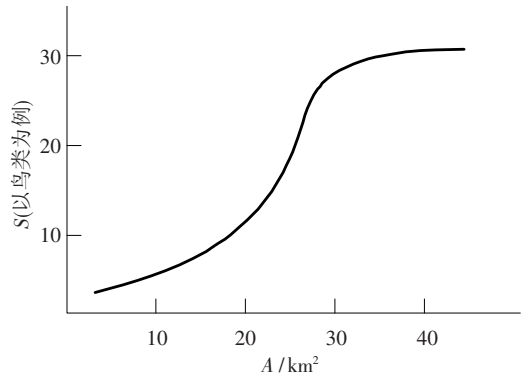


图 1 物种数量与栖息地大小的关系

通过分析物种-面积曲线,可确定具有最佳生态/规模效益比的斑块大小的取值范围。由此得出,矿业棕地公园工程设计中,作为生态物种栖息的林地(绿地)斑块面积不能小于 1.5 km^2 。即林地不应碎片化,也不能以路边林、防风林等替代物种栖息林地。

当生态斑块面积在 $1 \sim 30 \text{ km}^2$ 时,物种-面积关系曲线较陡,即在此范围内应尽可能地增加林地(绿地)面积。在一块矿业棕地上,如果规划面积不足 30 km^2 ,则应以造林为主,不宜设置大型游乐设施和硬质地面的广场、停车场等。

2.2 斑块形状指数

斑块形状指数是通过计算某一斑块形状与相同面积的圆或正方形之间的偏离程度来测量斑块形状的复杂程度,即

$$S = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}}$$

式中: P 为斑块周长, A 为斑块面积。

当斑块为圆时, S 取值最小,为 1。斑块的形状越复杂 S 值越大。对于矿业棕地类型的场地,因处于大的自然生态环境之中,斑块形状指数 S 越大,越有利于生物多样性的发展。

这一指数在传统的建筑设计中常常被忽略,因为建筑专业人士都已经习惯于对建筑场地以推土机开路,去弯取直、见方见圆。但从生态恢复的角度, S 值越大,即形状越复杂,越具有生态学效益。如图 2 所示的具有一个近似圆形的核心区,其

边界呈锯齿状且具有多个指状突出带,可以使面积有限的场地通向更远的区域,易于和周边区域发生相互作用;有利于物种的散布和捕获.这种生态特征对矿业棕地的生态恢复至关重要,在矿山公园工程设计时应给予充分关注,改变建筑设计的传统思维.同时不能以方便管理为由砌筑围墙,造成人为阻断.

2.3 廊道尺度

理想条件下生态廊道宽度见表 1^[5].

表 1 理想条件下生态廊道宽度

生态廊道类型	最小宽度	生态保护潜力
线状廊道	12 ~ 30 m	能包含多数边缘种,但多样性低
陆地廊道	带状廊道 60 ~ 100 m	能包含多数边缘种和较多内部种,可满足动物迁徙和传播以及生物多样性保护的一般要求
栖地廊道	600 ~ 1 200 m	具有内部生境,物种丰富度很高.但尺度很大,在城市生态公园中较少见
河流廊道	植被宽度 > 30 m	可满足控制水土流失和过滤污染物,有利动物迁徙和传播以及生物多样性保护的一般要求

廊道宽度是廊道尺度的主要指标.生态廊道的宽度因设置的目标不同,具有内在的规律性.矿业棕地公园工程设置的生态廊道以提高生境质量和生物多样性为目标,而不是通常意义的通道.廊道尺度在满足最小宽度的基础上当然越宽越好,但矿业棕地大多处于山区地带,廊道受地形地貌所限宽度不可能随意拓展.生态学廊道宽度与物种数关系如图 3 所示.

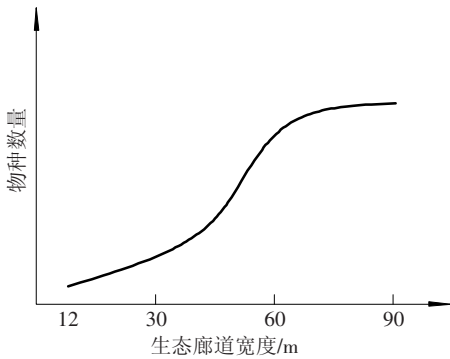


图 3 生态廊道宽度与物种数量关系

12 m 为一阈值,廊道宽度在 3 ~ 12 m,与物种多样性之间的相关性接近于零,宽度在 12 ~ 30 m,物种多样性较低.但在矿山地区要达到 1 200 m 的理想宽度很困难.从取样统计数据看,矿业棕地生态斑块间的廊道宽度应以不小于 60 m 为宜.这样的宽度基本上可以保证多样性的要求,同时有利于通过绿色廊道向城区传输高含氧空气.这样的矿业棕地在恢复后才不是一个生态孤岛,只有人们进入其中才能感受其生态效应,而是成为矿业城市的绿色基础设施,成为老城区的绿色腹地.

2.4 污染源植被缓冲区的宽度

矿业棕地的污染源主要为尾矿堆、矸石堆等,

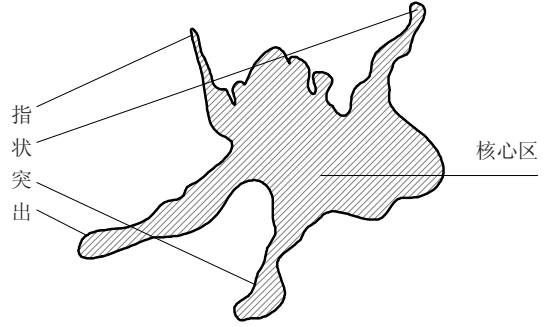


图 2 最佳斑块形状原理

防扩散措施是植被覆盖——设计植被缓冲区,这是矿业棕地公园工程设计的重要环节.

植被缓冲区是置于污染源区与周边地表水系之间由林木、草本植物覆盖的区域(通常为带状),其主要作用是去除过境的污染物和泥沙.植物缓冲区主要通过以下过程截留和去除地表及地下径流中的污染物: 1)降低地表径流速度并对其中的颗粒态污染物起过滤和拦截作用; 2)缓冲区的植物吸收溶解态的污染物; 3)缓冲区的土壤吸附溶解态的污染物.

植被缓冲区的去污效果随缓冲带宽度的变化依 MCR 模型(minimum cumulative resistance)得出.此模型来自 Knaapen 等的阻力面模型^[6]和俞孔坚的安全格局理论^[7].基本公式表达为

$$R_{MC} = f \min \sum_{j=n}^{i=m} D_{ij} R_i$$

式中: f 为一个未知的正函数,反映空间中任一点最小阻力与其到所有源的距离和景观基面特征的正相关关系; D_{ij} 为物种从源 j 到空间某一点所穿越的某景观基面 i 的空间距离; R_i 为景观 i 对物种运动的阻力.在实际操作中,植被、地表地貌和地形高差是主要影响因素,导致 R_{MC} 值与距离的关系曲线时而平缓时而陡峭,有某些阶段性阈值存在.文献[8]提出,可以通过分析景观过程与景观格局关系曲线的阈值来判断不同安全等级下的缓冲区边界,见图 4.

对用于控制污染源扩散的缓冲区要有较大的景观阻力.如图 4 所示, a_2 对应的等阻力面区域具有较高的“生态-效率”比.通过 R_{MC} 关系曲线给出的这些阈值点,可以得到不同保护强度下的缓冲区布局方案.

矿业棕地的污染源由于体量巨大,其扩散机制和过程要比 MCR 模型复杂得多,实际运用时还要参考其他因素,特别是水土流失的影响。

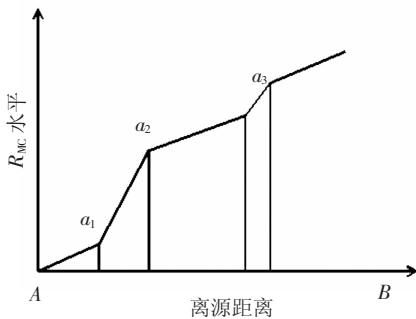


图4 R_{MC} 与离源距离的关系

矿业污染的产生和迁移与降雨-产流过程密切相关,降雨及随之形成的地表和地下径流是污染产生的主要原因,水土流失是污染物迁移的主要载体^[9-10]。相关研究显示,一般当植被缓冲带宽度大于10 m时,缓冲带对过境泥沙的总体拦截率即可达80%以上,溶解态污染物吸附超过50%。这应视为植被缓冲带的理论基准值^[11](相当于 R_{MC} 曲线的 a_1 点)。如污染源靠近河流或矿业城市地处雨量丰沛地区,须进行雨洪控制,依取样地块适当修正,如图5所示。

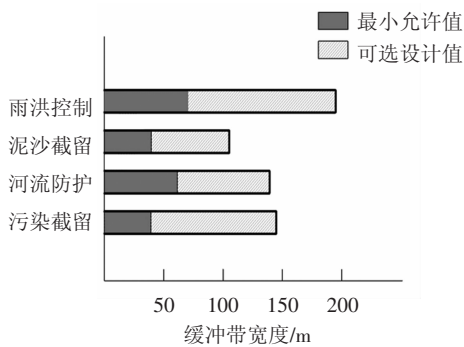


图5 以防止污染为目的的缓冲带宽度

矿业棕地的污染在停产后主要是防止水污染,特别是地表水的流动携带。污染源主要是尾矿堆、矸石堆、矿渣堆等,在矿业棕地公园工程设计中,对此类场地设置植被缓冲区是唯一有效的方法。

如果污染源场地距水道较远且相对孤立,可采用全面隔离的方式,以植被全面封闭,不应做任何开发利用。否则应依图4的数据设置植被缓冲区,以确保污染不外泄。在此缓冲区范围内不应设计游览项目和铺设硬质路面,禁止车辆和非专业人员进入。

3 结语

基于矿业棕地的矿山公园工程设计中,生态恢复、遗址保护、经济效益、休憩娱乐项目之间存在很

大矛盾,互相争地。生态恢复的长远利益与经济开发的现时利益的矛盾尤为突出。在生态文明建设已成为基本国策的当今,人工环境建构必须基于自然,高于自然。建筑学应引导生态的良性变化,为此需要做出根本决策的勇气^[12]。借助生态学斑块、廊道模型进行的量化分析,对场地的面积、形状、廊道宽度及防污染植被带宽度给出生态恢复必须达到的量化指标,使之成为矿业棕地公园工程设计的标准,作为不可突破的设计红线:作为生态物种栖息的林地面积不能小于1.5 km²;面积不足30 km²场地应以造林为主;应保持场地边界的自然状态,增加形状指数且不得砌筑围墙;生态廊道宽度应不小于60 m;尾矿堆等污染源必须植被覆盖,缓冲带宽度依防护性质不得小于最小允许值。从而可以切实保证工程有利于生态恢复而不是被其他利益所取代,使我国的矿业棕地公园成为名副其实的生态文明建设工程,防止因眼前的经济诱惑而造成掠夺性二次开发。

参考文献

- [1] 麦克哈格. 设计结合自然[M]. 天津:天津大学出版社,2008:95.
- [2] 李永康,蒋高明. 矿山废弃地生态重建研究进展[J]. 生态学报,2004,24(1):95-100.
- [3] 周进生,石森. 矿区生态恢复理论综述[J]. 中国矿业,2004,13(3):10-12.
- [4] 《中国矿业年鉴》编辑部. 中国矿业年鉴[M]. 北京:地震出版社,2006.
- [5] 邓毅. 城市生态公园规划设计方法[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2007:138-186.
- [6] KNAAPEN J P, SCHEFFER M, HARMS B. Estimating habitat isolation in landscape planning[J]. Landscape and Urban Plan, 1992, 23: 1-16.
- [7] YU K J. Security patterns and surface model in landscape planning[J]. Landscape and Urban Plan, 1996, 36(5): 1-17.
- [8] 俞孔坚,李迪华,段铁武. 敏感地段的景观安全格局设计及地理信息系统应用[J]. 中国园林,2001(1):11-16.
- [9] 陈利顶,傅伯杰. 农田生态系统管理与非点源污染控制[J]. 环境科学,2000,21(2):98-100.
- [10] 全为民,严力蛟. 农业面源污染对水体富营养化的影响及其防治措施[J]. 生态学报,2002,22(3):291-299.
- [11] UUSI K J, BRASKERUD B, JANSSON H, et al. Buffer zones and constructed wetlands as filters for agricultural phosphorus[J]. Environ Qual, 2000, 29: 151-158.
- [12] 吴良镛. 人居环境科学导论[M]. 北京:中国建筑工业出版社,2011:148-311.

(编辑 刘彤)