

采矿废弃地的生态恢复与可持续景观设计

刘海龙

(北京大学景观设计学研究院, 北京 100871)

摘要: 采矿废弃地是剧烈人为干扰下的一种特殊景观类型, 其生态系统结构与功能退化严重, 同时其使用功能和美学价值被破坏。通过生态恢复和重建促使采矿废弃地的生态和经济价值再生, 并通过景观设计赋予利用和美学的价值, 对区域生态系统的健康、地方经济可持续发展以及人民的生活水平具有十分重要的意义。通过分析采矿废弃地的景观生态特征和环境影响, 对生态恢复与重建的各种工程与生物措施以及可持续利用途径进行综述, 并通过介绍和分析国内外一些案例, 进而对采矿废弃地景观设计的基本原则进行总结。

关键词: 采矿废弃地; 生态恢复; 可持续利用; 景观设计

Ecological restoration and sustainable landscape design of mining wastelands

LIU Hai-Long (Graduate School of Landscape Architecture, Peking University 100871, China). *Acta Ecologica Sinica*, 2004, 24(2): 323~329.

Abstract: Mining wastelands are unique landscapes, formed under the severe negative influence of human disturbance. The highly heterogeneous characteristics and low stability of these landscapes alters hydrologic, biological, and other natural processes. These alterations lead to many environmental problems, such as landscape fragmentation, diffusion of pollution, disruption of water flow, habitat degradation and biodiversity reduction. Engineering and biologically based measures are available to remedy these problems, including toxicity and pollution treatment, soil remediation, vegetation restoration and physical repair. Landscape architecture methods can augment such environmental restoration of mining wastelands, by incorporating considerations of regional ecosystem health, local economic development, the living environment of local people, and aesthetic values. This review first analyzes the landscape ecological characteristics and environmental effects of mining wastelands, then summarizes various methods of restoration and reconstruction based on engineering and biological measures and evaluates different resource-use approaches. After introducing some cases, principles for sustainable landscape design of mining wastelands are proposed, including ecological security, resource reuse, natural succession, alternative design and humanity.

Key words: mining wastelands; ecological restoration; sustainable use; landscape design

文章编号: 1000-0933(2004)02-0323-07 中图分类号: X171.4, X32 文献标识码: A

人地矛盾是可持续发展的一个核心问题。土地资源的有限与人类的爆炸式增长会制约社会、经济和生态环境的可持续。退化景观如矿山和废弃工业用地(Brownfield)浪费了大量土地资源, 并带来一系列生态环境问题。作为通过设计来协调人与自然关系的学科, 景观设计学对退化景观的可持续利用研究具有现实意义。美国景观设计师协会(ASLA, American Society of Landscape Architecture)和欧洲景观教育大学联合会(ECLAS, European Foundation for Landscape Architecture)等专业组织都在其宗旨中强调景观设计的工作范围包括对退化景观和废弃土地的恢复。澳大利亚景观设计学协会(AILA, Australia Institute of Landscape Architecture)更是强调要应用生态可持续设计来修复矿山等受干扰用地^[1~3]。同时, 对退化景观的恢复与设计可

基金项目: 石花洞国家级风景名胜区规划研究专项资金资助项目

收稿日期: 2003-05-30; 修订日期: 2003-12-20

作者简介: 刘海龙(1976~), 男, 陕西省宝鸡市人, 博士生, 主要从事景观生态学与景观规划设计研究。E-mail: liuhl@pku.edu.cn; c.dragon@163.com

Foundation item: Beijing Shihuadong Scenic Area Study Fund

Received date: 2003-05-30; Accepted date: 2003-12-20

Biography: LIU Hai-Long, Ph. D. candidate, main research field: landscape ecology and landscape architecture.

以产生新的美学和对美感新的理解^[4]。因此,对采矿废弃地进行生态恢复与重建,进而通过景观设计而变废为宝,恢复其利用价值,服务于人类,是具有巨大现实意义和研究价值的。

1 采矿废弃地的景观生态特征与环境影响

1.1 采矿废弃地的景观生态特征

从景观生态学来讲,采矿地是剧烈人为干扰下的一种特殊景观类型,是人类为获得矿产资源而对土地进行剧烈改造的区域^[5,6]。采矿废弃地的形成就是因为采矿活动破坏和占用了土地,并且非经治理而无法使用。在开采前后,采矿地会表现出十分不同的景观。采矿之前,当地生态系统通过生物之间、生物与环境之间的相互作用和系统内的自我组织、自我调整达到了相对稳定状态,具有正常的生产功能和保护功能^[7]。而开采后景观的稳定性往往会被破坏,景观的改变超出了自然系统的调节和物种的适应能力。因此采矿废弃地具有如下特征:

(1)景观异质性增强 采矿废弃地表现出比采矿前更大的景观异质性。采矿活动实际上就是将原来较为均质的景观进行异质化的过程。开采后的采矿地往往包括采矿点、尾矿、堆场、排土场、采空区、塌陷地等景观类型和厂房、矿井、采掘设施以及道路、水渠、积水坑等景观要素,原本均质的景观变得破碎化,同时具有斑块、廊道和基质的典型镶嵌格局特征。

(2)稳定性被破坏 强烈的干扰会超出了当地景观生态系统本身的自我恢复能力,干扰甚至会导致生态系统的退化,其最明显的标志是生态系统生产力降低、生物多样性减少或丧失、土壤养分维持能力和物质循环效率降低以及外来物种入侵和非乡土固有优势度的增加等^[8,9]。随着干扰加剧,生态系统自身的生态平衡和稳定性会受到破坏。

(3)生态过程受到影响 同时由于采矿地及其周边环境是一个完整的生态系统,采矿活动势必会影响到区域生态格局与各种生态过程的连续,如水的过程、物种迁徙的过程,同时造成污染扩散。

1.2 采矿废弃地的环境影响

1.2.1 景观碎裂化 景观的退化从形式上可分为景观结构退化和功能退化。结构退化指景观中各生态系统之间的各种功能联系断裂或连接度减少的现象;而功能退化指由于景观异质性的改变而导致稳定性和服务功能的衰退现象^[10]。采矿活动包括露天开采和地下开采都会造成地表景观的改变。露天开采剥离表土,挖损土地,破坏地被,以及堆放尾矿、煤矸石、粉煤灰和冶炼渣,地下开采造成采空区,引发地面塌陷,造成地面建筑、管道、道路、桥梁等设施变形及破坏。土地面貌变得千疮百孔、支离破碎,直接影响景观的环境服务功能。

1.2.2 污染及扩散 采矿活动会对周边地区环境带来严重的污染,污染源主要包括露天堆放的矿产品与废弃物,开采产生的矿井废水和有毒矿物元素等。露天堆放的矿产品与废弃物易发生氧化、风化和自燃,大量如 CO_2 、 SO_2 、 CO 、 NO_2 等有害气体及矿物灰尘会威胁人体健康,影响空气质量,污染周围环境。同时,采矿过程中排出的矿井废水中含有大量的悬浮物和污染物质,由于利用率较低,大部分会直接排入环境,导致地下水、土壤的质量下降。而露天堆放的矿物经雨水淋溶,地表水冲刷以及人为的洗煤会污染水系,形成浊流。同时有毒矿物元素会存在于尾料中,随废弃物堆放会加剧土壤的污染和退化,对植物的生长产生不利作用^[11]。

1.2.3 破坏水的过程 采矿破坏植被,造成水分涵养下降,破坏了地表径流的下渗过程。同时地下开采会改变地下水流的方向,严重会使河溪断流^[12]。同时河流作为水的运输通道,在矿区往往被作为废水排放的直接途径,河床常当作堆场阻碍行洪。而河岸植被带,如河岸防护林、乡土水生和湿生植物群落起着涵养水分、提供生境的作用,但往往在固化处理中被破坏,直接影响河流的生态效应的发挥。

1.2.4 破坏生物栖息生境,生物多样性降低 采矿活动破坏了一些地区的原生生境,如作为物种源的大型植被破碎为一些小型的残遗斑块,影响作为跳板(Stepping Stone)的林地斑块的功能发挥,造成生物迁徙受到阻隔。乡土植物群落并且受到破坏,植被急剧发生向下的演替过程。这些都直接影响了内部物种的数量和质量,造成野生物种如鸟类栖息数量和种类的减少,生物多样性降低。

1.2.5 诱发灾害 地表植被的破坏,水系的紊乱以及采空区的形成会加剧水土流失,带来极具破坏力的灾害,如泥石流和山洪暴发,更严重可能会加速荒漠化。据消息,人为的破坏尤其是矿山及矿石运输是形成沙尘暴的重要因素之一,同时采矿地裸露地面也是产生沙尘流动源的帮凶。如北京房山区地处首都西部,被称为北京市“五大风口”之一,但由于采矿活动十分严重,因此作为西部生态屏障的一部分,其生态恢复和建设意义重大^[13]。

2 采矿废弃地的生态恢复与重建

2.1 概念

英文 restoration, reclamation 和 rehabilitation 都有恢复的意思。英国利物浦大学 A. D. Bradshaw 教授认为 restoration 指恢复到原来未受损害和有未损害和完美的状态的意思, rehabilitation 仅仅指部分恢复,而 reclamation 指恢复到一种新的状态,但结构或功能都不同于原来,比如发展耕种^[11]。而 reconstruction 是指根据目前的环境特点,人为地设计一个与环境相适应

的生态系统^[14]。因此这种方法是比较现实与可行的。作为退化景观的一种,采矿废弃地的可持续发展利用应首先修复由于采矿活动而带来的对生态系统的破坏及重建退化景观。

美国生态重建学会将生态重建(恢复)定义为将人类所破坏的生态系统恢复成具生物多样性和动态平衡的本地生态系统(indigenous ecosystem),其实质是将人为破坏的环境恢复或重建成一个与当地自然界相和谐的生态系统。还有人认为采矿废弃地生态重建就是使之具有某种形式和一定水平的生产力,维持相对稳定的生态平衡,且与周围景观价值相协调,最终达到生态整体性的目标。可见,采矿废弃地的生态恢复与重建的核心在于恢复生态系统的结构和功能,进而提高生态系统生产力和稳定性。因此,通过工程技术和生物技术等措施进行生态恢复与重建,使之恢复到可以再利用的状态,是采矿废弃地可持续景观设计的基础。

2.2 措施

2.2.1 毒性处理与污染治理 A. D. Bradshaw 认为毒性问题是采矿地恢复最难处理的问题,自然方法只能在污染还不是很严重的情况下采用。其他方法包括种植非生产性的耐酸性植被,或使用石灰石覆盖来消除酸性。重金属矿的残余金属物质会存在于大多数废弃物中,可以用有机方法即通过种植植物来吸收和降低毒性。针对剧毒废物,唯一的途径就是用无毒物质进行覆盖,建立环境隔离区。对于有毒和无毒物质的混杂,Bradshaw 认为对毒性的鉴别和处理应该是生态恢复的第一步工作^[11]。对矿山环境的污染治理研究已有许多较为成熟的措施,但采用何种措施要根据实际的问题与需要。采矿固体废弃物的堆放目前主要采取生物技术来处理。即通过播撒有机合成肥料,促使土壤微生物开始生长并增强生命力,再种植适生植物,恢复植被^[15,16]。针对采矿废弃物的粉尘污染可进行一定的遮蔽。矿井废水的处理可采取工程措施和生态技术结合的方法。包括拦截地表水,阻止地表径流流入采矿场,从而减少废水的补给量;封闭各种废弃矿井巷道,以隔绝空气减少氧化作用,排除生成酸性水的各种条件。可以通过利用微生物来将废水中的矿物成分中和或除去,选择有利于生物种群生长和固着的湿地基质,种植耐受酸性水污染的植物去除废水中的矿物离子^[17]。同时,针对采矿地的径流与水系,通过设置雨污分流系统和污水处理系统来处理污染,改造并修复河道为自然形式,恢复水的自然过程。

2.2.2 基质改良 采矿地中如磷、钾、镁和钙等营养元素的缺乏难以由自然过程所恢复,或者需要很长的一个时间,必须通过人为方式来恢复^[11]。作为植物生长的基质,对土壤必须进行改良,这是生态恢复与重建的关键。针对采矿地上的土壤状况,可以直接改良或者新覆土再进行改良。用于改良废弃地土壤的材料极其广泛,如表土、化学肥料、有机废弃物、绿肥、固氮植物及作物的秸秆等^[18]。而采取“以废治废”的方法具有很好的生态效益和社会效益。污水污泥、生活垃圾、泥炭及动物粪便含有大量的有机质,释放缓慢,可缓解金属离子毒性和提高基质的持水保肥能力,以一定比例施用能有效提高矿山废弃地的有机质含量和改变其结构性能。但由于这种方法促进了植物对基质中重金属的吸收,改良的废弃地不适于作为农业用地。长期的改良必须依靠植物。利用固氮植物和菌根植物改良废弃地是经济效益与生态效益俱佳的方法^[11,18,19]。同时,采矿地土壤由于机械受压会结构受损而板结,可以通过松土,切割或软化(ripping and scarifying)等措施来处理,或通过植被根部的生长、营养物质的聚集和微生物活动来阻止土壤重新板结^[11]。

2.2.3 植被恢复 矿区的表土和植被往往被破坏的面目全非,整体的生态系统受到损害。短期内采矿地植被恢复的主要目标是控制水土流失,减少灾害,且对保护土壤防止侵蚀、促使形成良好的微粒及聚集营养等起到重要的作用^[11,15,16]。生态系统的恢复可以通过自然的过程来实现,即通过生态演替。这一自然恢复过程在破坏不是很剧烈的情况下会发挥作用,有时会比人们所预期的时间要长的多。自然演替一般大约需要 50~100a 时间来在采矿废弃地上恢复一个满意的植被覆盖^[11]。英国南约克郡的匹克国家公园(the Peak National Park)应用生态演替方式进行破坏景观的恢复,通过种植慢生地方草种代替种植速生但抵抗力低的农业草种,很好的适应了因为开矿而质量下降的土壤。植被在自然状态下会向上演替,而在人为不利干扰下则向下演替。如果停止人为干扰,封山育林,植被就会发生长期的、缓慢的向上演替,而向下演替过程往往是快速的。利用乡土植物来恢复植被群落十分重要。通过观察什么样的植物在废弃地最先自然的生长出来,而不是人工引种的,可以合理选择植物种类。尤其那些在矿业废弃地上自然定居的植物能适应极端条件,具有很强的忍耐性和可塑性,与栽培植物组成多层次的植物群落,可以形成多结构的生态系统,应该作为优先考虑的植物^[14~16]。往往采矿业关闭之后,恢复需要以低成本和有效的方式来进行,因此利用自然演替是可行而有效的途径。

2.2.4 工程安全处理 采矿废弃地往往形成一定的地下采空区,易造成地面陷落和裂缝,严重会引发坍塌等灾害事故,因此对于潜在的采矿地安全隐患要通过工程处理来减少事故和灾害爆发的几率。一些露天作业的矿山开采多为下挖式开采,采掘面近乎直立,挖开的山岩遇强降雨会造成解体,加大了滑坡和崩塌的可能。同时降雨会造成采坑积水,易造成坠入伤亡。因此应针对坑壁危岩体、矿坑进行安全设防,如建设挡土墙、护坡、拦沙坝、维护栏网,设立警示标牌以及夜间照明。利用削高垫低、土地平整、复土、深坑旁堆石或粉煤灰填充等措施整治沉陷土地^[20]。

3 采矿废弃地可持续利用

采矿地的可持续发展不仅表现在生态学恢复与重建上,同时还必须满足地方的社会和经济发展的需要以及自然和人文两方面结合的问题^[21]。这是对人类利用与自然资源保护两者的一种平衡,也体现了可持续景观设计的目标。

3.1 政策可行和经济投入与成本上合理的考虑 英国有学者提出“预防优于整治”的观点,即恢复措施应在最早阶段的工程项目规划中就进行考虑,并且是工程项目得以批准必不可少的内容,这样会减轻矿山关闭时的各方面财务负担。德国的矿山景观生态重建目标除了重建一个稳定的自然生态系统之外,还包括在满足社会和生态的要求下,使开采占用的土地和复垦的土地达到动态平衡,如对不可避免的村庄搬迁应充分注意受影响人员的要求,以求在搬迁过程中实现社会的可接受性。这表明了发展策略对采矿地的社会和经济系统的可接受性和生态恢复与景观设计同等重要。

3.2 可持续利用方式的选择 采矿废弃地可持续利用应在保持足够时间的生态恢复与保养的基础上,以对环境干扰较小,改造程度较轻的项目为引导,根据区域自然与社会经济特点以及发展方向来容纳兼容的人类活动,确定开发利用方式,如旅游观光、科普教育等,而禁止改造剧烈的开发项目。目前国际上矿区废弃地生态系统重建主要有几种形式:重建为耕地、林地、旅游休闲用地及牧业用地等。如英国把采矿地转变为国家森林(National Forest),其中包括了新的房地产、休闲和旅游设施的开 发以及绿色产业(Green company)。但是这些开发都需要限制在一定的尺度与规模下,不能与国家森林建设相冲突^[22]。所可能包括的开发项目包括:旅游、娱乐和休闲设施,林地、公共休闲空间以及野生动物保护区,多样化种植业,乡村产业(包括接待设施、林业和花卉业),商业设施和一定的工业以及一定的居住。而德国矿区景观生态重建从最初的绿化到多功能复垦区域的建立,经历了由简单到综合,由幼稚到成熟的过程,为合理规划土地用途,建立新景观提供了机会,进而满足了逐步提高的人们对娱乐休闲场所的需求^[23]。景观设计学在废弃地利用中发挥了重要作用,起到既满足休闲功能如作为公园、运动场地、露宿营地、研究和观察自然生态用地的作用,也顾及到了美学方面的要求。

4 国内外案例研究

4.1 日本国营明石海峡公园(Akashi Kaikyo National Government Park)

日本十分注重自然景观的保护以及景观的再生。国营明石海峡公园原来是一处大型采石采砂场。从 20 世纪 50 年代到 90 年代中期,这里为修建关西空港以及大阪与神户城市沿岸的人工岛提供了 1.06 万亿 m³ 的砂石,探掘深度达 100m 以上,构成范围达 140hm² 左右的裸露山体。20 世纪 80 年代开始,该岛所在的兵库县委托著名设计师安藤忠雄进行规划设计,并成立绿化专家委员会,进行恢复植被。规划强调恢复自然的状态、形成良好的景观和创造为人服务的游憩空间,其主题是“使园区得到生命的回归”。整体目标首先是治愈山体几十年来被开采留存的伤痕。绿化委员会认为种植必须从苗木开始,而成树在这样恶劣的自然环境中难于成活,苗木却能顺其自然,因此从 1994 年开始总计 24 万棵苗木的栽种工程。而科学的种植方式使这一计划得以实现,具体包括在基岩上固定蜂窝状的立体金属板网,灌入新土后覆以草帘,以涵养水分。灌溉系统采用埋置聚乙烯管,密度为 1 米间隔。而 2000 年 3 月至 9 月在此举办的“2000 淡路花卉博览会(Japan Flora 2000)”也成为植被恢复的一大契机。同时,由于当地降水量相对较低,因此为了植物生长的需要,采取收集地表水、中水循环再利用等技术。雨水收集管理设于道路下方。同时,公园还要成为区域的服务基础设施。包括国际会议中心、星级旅馆、大型温室、露天剧场等设施创造面向未来的休闲场所。设计师在规划设计中通过“大地艺术”和“水景”手法,在生态恢复的基础之上寻求人与人的交流以及人与自然对话的场所。这里目前还在继续维护和完善当中,规划和管理部门预计 50a 后植被可以达到自然群落状态。

4.2 法国代斯内娱乐基地(La base de loisir de desnes, France)

代斯内娱乐基地是由一个修建高速公路采料的砂石场改造而成的。砂石采集造成了坑洼不平的陡坡山地。设计师首先消除对生态环境造成破坏的各种外界因子,如针对起伏变化较大的地形,经过植物配置,形成既有遥远开阔的视野,又有丰富的近景效果,并且将水边处理成有利于多种动植物栖息的、不受人的活动干扰的生境系统。主旨是在节省投资造价的思想下营造集教育与游乐于一体的娱乐空间,并包括进行有关保护环境基础知识的教育^[24]。

4.3 马来西亚 Kinta 自然公园

马来西亚 Batu Gajah 的旧铅矿被建设成为 Kinta 自然公园。其技术委员会包括土地、采矿、灌溉和排水、国家公园和野生动物保护等部门以及马来西亚自然学会(MNS, Malaysian Nature Society)。利用自然恢复方法使植被开始重新生长,并建造人工湿地,提供自然、无污染的水面。这些措施恢复了当地生态系统,形成多样的生态栖息地。目前这里有 200 种植物种类,大约有 129 种鸟类在这里过冬。同时低环境影响和可兼容的旅游活动得到倡导,如观察鸟类和野生动物活动、自然摄影、钓鱼、划船、野外远足以及科学研究和自然教育等。其他措施包括改造利用铅矿遗迹、废弃工厂用房作为景点及游客中心,建设自然教育和野外实习设施,以及鸟巢、观光塔、野营和庇护所。接待设施主要在附近的城镇解决,不在公园当中建设^[25]。在这样最小限度的开发下,旧采矿地可以成为一个娱乐和保护性质的公园,更重要的是从长远角度成为鸟类必需的栖息地。

4.4 美国“再生之地”试验

美国景观设计师 Mel Chin 与美国农业部专家 Rufus L Chaney1990 年合作进行了“再生之地一号”试验。在经简单艺术设计

计的区域内种植特定植物吸收土壤中有毒的重金属,以引起人们关注污染并使其了解科学的解决办法。Mel Chin 称这一作品犹如雕刻艺术,只不过“原材料是看不见的,而雕刻工具是生物化学和农业技术;最终其审美价值将因土壤能重新生长植物而得到体现^[26]。”

4.5 国内的实践

我国浙江绍兴东湖风景区原是一处采石场,从汉代起开始采石,长时间以来形成了千奇百怪的峭壁和水塘,历史上经过不断的改造与维护而形成了风景旅游胜地^[18]。淮北杨庄煤矿利用地表塌陷形成的湖泊建成了皖北第一座“水上公园”,保护了生态环境,有效利用了土地,还具有丰富的环境效益和社会效益。北京石花洞风景名胜区内大量采矿、加工产业极大的影响风景区的自然生态功能和环境面貌。在风景区总体规划中采取生态安全格局理论方法,通过判别关键部位的采矿地对整体生态格局和过程的影响,从而制定污染治理、水过程的恢复以及植被恢复等措施,并通过对工矿业废弃地和设施的景观设计,达到变废为宝、资源再利用,促进旅游业发展的目的^[27]。

5 采矿废弃地可持续景观设计原则

5.1 生态安全原则

某些关键点(或称战略点)以及某些特定格局能对景观过程起到潜在的的决定性影响,构成了控制景观的安全格局。对其进行控制可以高效维护区域景观生态格局的健康与良好运行。矿山开采破坏对水土流失、污染扩散、诱发灾害以及生境破坏等具有重要影响。因此,对处于战略点的采矿废弃地进行恢复会对维护区域生态安全起首要的作用^[10,28,29]。如 McChesney 针对废矿地恢复过程,在比较了恢复地和自然景观中幼苗发生后指出在大尺度基质下选取恢复地点的重要性^[30]。

5.2 资源循环与持续利用原则

采矿废弃地上的各类要素应通过设计因地制宜地加以改造利用,使之重新参与生态系统的生产与循环并且塑造新的景观。走“资源再利用”的途径,可以产生新的经济效益,并且可以降低改造的成本,是一种变废为宝的积极利用的思路如通过设计^[31~33]。

5.3 自然优先原则

恢复自然生态状况应置于采矿废弃地可持续发展的优先考虑。利用自然过程,采取自然演替方法是重要的手段,包括采用乡土物种,恢复植被群落与演替,改善土壤质量,恢复自然河道与水的自然过程等,以提高自然生态系统生产力和稳定性。

5.4 过程与多样性原则

应尊重场地的的发展过程,在一定程度上保存地段的历史信息。应使采矿以及恢复的历史成为景观演替过程的一部分,而不是完全终结。通过设计提供后来者可以调整与发展的空间。这种过程体现了空间与时间上的脉络^[4]。针对人的审美体验,符合生态原理的景观设计也许不是完成的作品,而更多是对“过程”和“中介”的设计^[34,35]。采矿废弃地的可持续利用应考虑未来发展的多种可能,采取多样性设计和不同的恢复和利用方式,来满足功能的多样化和人的不同层次需要。

5.5 场所原则

景观不仅仅作为视觉艺术而存在,还应作为人的活动场所与使用环境。应强调观者的参与的重要性,考虑其场所环境的使用性质,使人可以产生震撼、凝聚情感、愉悦身心,从而使物质空间具有场所精神^[32~35]。采矿地设计应利用各种资源来提供给人以获得教育、锻炼和愉悦的机会。

6 结语

采矿地类型多样,应根据实际问题采取措施。相关生态和工程学科的协作可以对废弃地退化景观进行处理,而通过景观设计学,可以达到重新利用和“变废为宝”的目标,并且平衡生态退化带来的土地资源不足,遏制环境进一步恶化^[36]。因此,采矿废弃地的生态恢复与可持续景观设计涉及生态、工程、美学、经济以及社会等多方面的内容,具有很强的现实意义。我国的采矿废弃地、垃圾堆场以及工业废弃地(Brownfield)等退化景观规模巨大,针对有限的土地资源,应力求通过对退化景观的治理与可持续利用来达到缓解人地矛盾,争取更大的社会经济发展空间。未来退化景观的恢复与设计领域将会有广阔的发展前景。

References:

- [1] <http://www.asla.org/nonmembers/publicrelations/What—is—ASLA.cfm>.
- [2] <http://www.eclas.org/content/about—eclas/goals—origins.php>.
- [3] <http://www.aila.org.au/information/landscape-architecture/about-information.htm>.
- [4] Michael Laurie. Landscape architecture and the changing city. *Landscape architecture, ecological design and planning*. New York: John Wiley & Sons, 1994. 155~165.
- [5] Forman R T T and Godron M. *Landscape Ecology*, New York: John Wiley & Sons, 1986. 150.

- [6] Fu B J, Chen L D, Ma K M, *et al.* *Theory and application of landscape ecology*, Beijing: Science Press, 2001, 76~77.
- [7] Long H L. A Study on the theories and practices of landscape ecological reconstruction of mined-land. *Process in Geography*, 1997, **4** (16): 68~74.
- [8] Wu J G. *Landscape ecology: pattern, scale and hierarchy*. Beijing: Higher Education Press, 2000, 15~17.
- [9] Bao W K, Liu Z G, Liu Q. Ecological restoration and Rehabilitation: Development, Researching Features and Existing major problems. *Research and Development of World Science and Technology*, 2000, **23**(1): 4~48.
- [10] Guan W B, Xie C H, Ma K M, *et al.* A vital method for constructing regional ecological security pattern: Landscape ecological restoration and rehabilitation. *Acta Ecologica Sinica*, 2003, **23**(1): 64~73.
- [11] Anthony Bradshaw. Restoration of mined lands——using natural processes. *Ecological Engineering*, 1997, (8): 255~269.
- [12] Gregory K J and Walling D E. Man and Environmental process. *Studies in Physical Geography*. England: Dawson Westview Press, 1979, 169~180.
- [13] Guo H C, Song J P. Study on Ecological Environment Construction and Ecological Economic Development of Beijing Mountainous Area. *Journal of Beijing Union University*, 2001, **15**(1): 126~130.
- [14] Song S Q, Zhou Y Z. Mining Wasteland and its Ecological Restoration and Reconstruction. *Conservation and Utilization of Mineral Resources*, 2001, (5): 43~49.
- [15] Yang X, Gao L. A study on re-vegetation in mining wasteland of Dexing Copper Mine, China. *Acta Ecologica Sinica*, 2001, **21**(1): 1933~1940.
- [16] Wang W Y, Li J C, Lu C E, *et al.* Exploration on Restoring Vegetation Relevant Techniques in Mining Area Dump Land. *Journal of Shanxi Agricultural Sciences*, 2002, **30**(3): 82~86.
- [17] Lin Q T, Liao B H, Yang R B. Recent Advance on the comprehensive treatments of Wasted Mine soils and Waters. *Techniques and Equipment for Environmental Pollution Control*, 2000, **1**(6): 7~10.
- [18] Su W S, Zhang Z Q, Lan C Y. Strategies for Restoration of Mining Wastelands in China (I). *Ecological Science*, 2000, **19**(2): 73~78.
- [19] Mo C H, Cai Q Y, Wang J H, *et al.* Application of Sewage Sludge to the Abandoned Mining Land Reclamation. *Chinese Journal of Ecology*, 2001, **20**(2): 44~47.
- [20] He S J, Guo H C, Wei C Y, *et al.* A Study on the Land Restoration in Coal Mining Fields in China. *Geographical Restoration*, 1996, **5**(3): 23~32.
- [21] Petr Sklenicke, Tomas Lhota. Landscape heterogeneity——a quantitative criterion for landscape reconstruction. *Landscape and urban planning*, 2002, (58): 147~156.
- [22] Paul Cloke, Bristol, Paul Milbourne, *et al.* From Wasteland to wonderland: opencast mining, regeneration and the English National Forest. *Pergamon Geoforum*, 1996, **27**(2): 159~174.
- [23] Liang L K, Chang J, Wu C F, *et al.* Study on the Ecological restoration of landscape in Germany Mining regions and reference to China. *Economic Geography*, 2002, **22**(6): 711~715.
- [24] Zhu J N. The Pioneer of the French Modern Landscape Architect Jacques Simon. *Chinese Landscape Architecture*, 2002, (1): 44~48.
- [25] <http://thestar.com.my/services/file=/2001/2/13/features/13libird.asp>.
- [26] Luo T Q. A Review of Ideas of Modern Ecological Design for Landscape in the Western Countries. *Chinese Landscape Architecture*, 2000, (3): 81~83.
- [27] Liu H L. A key method for the redevelopment of urban fringe: ecological restoration and sustainable utilization of industrial and mining wastelands—— case study of Shihuadong Scenic Area of Beijing. *Journal of The Japanese Institute of Landscape Architecture*, International Edition No. 2, 2003, **10**: 179~184.
- [28] Yu K J. Security patterns and surface model and in landscape planning. *Landscape and Urban Planing*, 1996, **36**(5): 1~17.
- [29] Yu K J. Landscape Ecological Security Patterns of Biological conservation. *Acta Ecologica Sinica*, 1999, **19**(1): 8~15.
- [30] McChesney C J, Koch J M and Bell D T. Jarrah forest restoration in western Australia: Canopy and topographic effects. *Restoration Ecology*, 1995, **3**: 105~110.
- [31] Wang J G, Rong J Q. Conservation and Adaptive Reuse of Historical Industrial Building and Sites. *Modern Architecture*, 2001(4): 10~13.
- [32] Brown. B. Reconstructing the Ruhrgebiet. *Landscape Architecture*, 2001, (4): 66~75.
- [33] Yu K J. The culture Being ignored and the Beauty of Weeds-The regenerative Design of An Industrial Site, The Zhongshan Shipyard Park. *landscape architecture*, 2001, (5): 17~20.
- [34] Mark Johnson. Ecology and the urban aesthetic. *Landscape architecture; ecological design and planning*. New York: John Wiley & Sons.

1993. 167~184.

[35] James Corner. Ecology and landscape as agents of creativity. *Landscape architecture; ecological design and planning*. New York: John Wiley & Sons, 1993. 80~108.

[36] Cairns J Jr, Balancing ecological destruction and restoration—the only hope for sustainable use of the planet. *Aquatic Ecosystem Health and Management*, 1999, (2): 91~95.

参考文献:

[6] 傅伯杰, 陈立顶, 马克明, 等. 景观生态学原理及应用. 北京: 科学出版社, 2001. 76~77.

[7] 龙花楼. 采矿迹地景观生态重建的理论与实践. 地理科学进展, 1997, 4(16): 68~74.

[8] 邬建国. 景观生态学——格局、过程、尺度与等级. 北京: 高等教育出版社, 2000. 15~17.

[9] 包维楷, 刘照光, 刘庆. 生态恢复重建研究与发展现状及存在的主要问题. 世界科技研究与发展, 2000, 23(1): 4~48.

[10] 关文彬, 谢春华, 马克明, 等. 景观生态恢复与重建是区域生态安全格局构建的关键途径. 生态学报, 2003, 23(1): 64~73.

[13] 郭焕成, 宋金平. 北京市山区生态环境建设与生态经济发展研究. 北京联合大学学报, 2001, 15(1): 126~130.

[14] 宋书巧, 周永章. 矿业废弃地及其生态恢复与重建. 矿产保护与利用, 2001, (5): 43~49.

[15] 杨修, 高林. 德兴铜矿矿山废弃地植被恢复与重建研究. 生态学报, 2001, 21(1): 1933~1940.

[16] 王文英, 李晋川, 卢崇恩, 等. 矿区废弃地植被重建技术. 山西农业科学, 2002, 30(3): 82~86.

[17] 林亲铁, 廖柏寒, 杨仁斌. 废弃矿山土地、水体综合治理研究进展. 环境污染治理技术与设备, 2000, 1(6): 7~10.

[18] 束文圣, 张志权, 蓝崇钰. 中国矿业废弃地的复垦对策研究(I). 生态科学, 2000, 19(2): 73~78.

[19] 莫测辉, 蔡全英, 王江海, 等. 城市污泥在矿山废弃地复垦的应用探讨. 生态学杂志, 2001, 20(2): 44~47.

[20] 何书金, 郭焕成, 韦朝阳, 等. 中国煤矿区的土地复垦. 地理研究, 1996, 5(3): 23~32.

[23] 梁留科, 常江, 吴次芳, 等. 德国煤矿区景观生态重建/土地复垦及对中国的启示. 经济地理, 2002, 22(6): 711~715.

[24] 朱建宁. 法国现代风景园林设计先驱雅克·西蒙. 中国园林, 2002, (1): 44~48.

[26] 骆天庆. 近现代西方景园生态设计思想的发展. 中国园林, 2000, (3): 81~83.

[27] 刘海龙. 城市边缘区复兴与发展的重要途径: 工矿废弃地的生态恢复与可持续利用——以北京石花洞风景区为例. 日本造园学会学报(国际版第二期), 2003, 10: 179~184.

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

[31] 王建国, 戎俊强. 关于产业类历史建筑 and 地段的保护性再利用. 时代建筑, 2001, (4): 10~13.

[33] 俞孔坚. 足下的文化与野草之美——中山歧江公园设计. 新建筑, 2001, (5): 17~20.

