

# 煤矸石山的危害及其植被恢复的一般途径

石磊<sup>1</sup>, 薛婷<sup>2</sup> (1. 东北林业大学林学院, 黑龙江哈尔滨 150040; 2. 东北石油大学土木建筑工程学院, 黑龙江大庆 163000)

**摘要** 以矸石山理化性质为切入点, 从环境污染、占用土地、破坏景观、引发地质灾害 4 个方面分析了矸石山的危害, 总结了煤矸石山植被恢复的一般途径, 包含基础调查、地形改造、基质改良、物种选择、植被栽植和管护等, 并提出煤矸石山植被恢复中需要深入研究的内容。

**关键词** 煤矸石山; 理化性质; 危害; 植被恢复; 一般途径

**中图分类号** S718.57; X752 **文献标识码** A **文章编号** 0517-6611(2013)36-14009-02

## Hazards and the General Approach to Vegetation Restoration of Coal Gangue

SHI Lei et al (College of Forestry, Northeast Forestry University, Harbin, Heilongjiang 150040)

**Abstract** Physicochemical properties of the waste dump was took as a starting point, and the waste dump hazards were analyzed from environmental pollution, land occupation, destruction of the landscape and geological disasters; the general approach to vegetation restoration in coal was summarized, including basic research, terraforming matrix improvement, species selection, planting and vegetation management and protection, etc., and in-depth study of the vegetation restoration in coal gangue was suggested.

**Key words** Coal gangue; Physical and chemical properties; Hazards; Vegetation restoration; General approach

煤一直都是世界最主要的能源之一, 我国对煤的开采历史悠久, 至今仍然没有停止。开采煤炭在带来能源材料的同时, 也导致煤矸石的大量堆放。堆放的煤矸石会占用大量土地, 甚至扰动原地貌和地表植被, 对水土资源、生态环境造成严重破坏<sup>[1]</sup>, 引发了一系列生态环境问题。如空气、地表水、地下水、土壤质量下降, 生态系统退化, 生物多样性丧失, 周边景观受到破坏, 农作物减产等<sup>[2]</sup>。随着工业化进程的日趋加快, 在矿区建设和利用过程中, 废弃物将进一步占用大面积土地。在所有废弃物中, 煤炭工业所产生的量居第 1 位, 其中以煤矸石的比例最大(占煤炭产量的 10% ~ 25%)<sup>[3]</sup>, 并且污染面积往往是其占地面积的数倍, 甚至数十倍, 严重影响人们的生产、生活和身心健康<sup>[4-5]</sup>。如果针对煤矸石继续采用过去的“先开采后治理”或“只开采不治理”的方法, 势必会导致生态恶化趋势更为严重。因此, 对煤矸石山的植被恢复就显得尤为重要。

### 1 煤矸石山的危害

矸石山是人工堆垫而成的石质山, 每座矸石山占地几公顷至几十公顷, 高的可达百余米。由于矸石的堆放工艺, 矸石山多数为锥形。虽然现在要求压平堆放, 但遗留的矸石山仍然为锥形, 且矸石山的坡度为矸石的自然安息角(36°左右)。因此, 多数矸石山宽阔平坦面少而斜坡多, 且坡度较大, 植被恢复的难度较大。

**1.1 煤矸石山的理化性质** 露天堆放的煤矸石山, 经风化, 会在其表面形成一定厚度的风化层, 风化层厚度随矸石山堆置年限增加而增大<sup>[6]</sup>。矸石山表层风化层以风化颗粒为主, 主要是石、砾等, 砂及粉砂可占 10% ~ 40%, 粉砂以下颗粒很少<sup>[7]</sup>。王伟<sup>[8]</sup>等研究山西省阳泉市 280 煤矸石山发现, 经 10 余年的堆积风化, 其表层风化层约 5 ~ 15 cm 厚, 石砾和石块

占 72.43%, 砂粒及以下细粒物质占 27.57%。煤矸石山风化层以下含石砾、石块物质约占 85% ~ 87%, 细粒物质仅占 12% ~ 15%。煤矸石山剖面发育不明显, 颗粒组成粗糙, 其土壤物理结构极差, 持水、保水、保肥能力差<sup>[9]</sup>。

煤矸石主要的化学成分为 SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、CaO、MgO、TiO<sub>2</sub>、P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>、K<sub>2</sub>O 和 Na<sub>2</sub>O 等。其中 SiO<sub>2</sub> 含量通常在 40% ~ 60%, 少数达 80% 以上; Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 的含量在 15% ~ 30%, 铝质岩为主的矸石则达 40% 以上; Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub> 含量大部分小于 10%, CaO、MgO 等含量较低<sup>[10]</sup>。由于煤矸石山是采矿业产生的固体废弃物作为母质, 且其表层风化土壤粒级较大, 导致煤矸石山中有有机质含量少, 缺乏营养元素, 尤其缺乏植物生长必需的氮和磷等含量极低<sup>[5]</sup>。另外, 由于矸石成分中的硫铁矿等成分, 其在氧化后被淋溶, 能够产生硫酸等酸性物质, 造成矸石山土壤的酸化, 有时甚至呈强酸性, 严重时 pH 可达到 3; 强酸的环境还可能导致重金属等有毒有害物质释出, 严重妨碍植物和微生物的成活和生长, 影响煤矸石山植被的恢复和生态重建<sup>[9]</sup>。

**1.2 煤矸石山的危害** 煤矸石山的物理性质和化学性质决定了其对人类的危害是不可避免的, 其危害主要表现在环境污染、占用土地、破坏景观、引发地质灾害等方面。

**1.2.1 环境污染。**煤矸石山中含有残煤、碳质泥岩、废木材和硫铁矿, 硫铁矿氧化发热能够导致矸石山自燃。1994 年在淮河以北半干旱地区的矿山环境调查显示, 矸石山的自燃率达 43.3%<sup>[11]</sup>。煤矸石山自燃时排放有害气体(如 SO<sub>2</sub>、H<sub>2</sub>S、CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 等), 并伴有大量烟尘。据统计, 常年自燃的煤矸石山, 其燃烧的部分每天将向大气排放出 CO 10.8 g/m<sup>2</sup>、SO<sub>2</sub> 6.5 g/m<sup>2</sup>、H<sub>2</sub>S 2.0 g/m<sup>2</sup> 和 NO<sub>2</sub> 2.0 g/m<sup>2</sup><sup>[12]</sup>, 超过了国家对污染物排放标准的规定, 污染大气并严重危害人类身体健康。矸石山的自燃还常常影响林区树木的正常生长, 使树木生长缓慢, 病虫害增多。

煤矸石山还是沙尘暴的源头, 大量粉尘飞扬、悬浮于大气中。研究表明, 甘肃窑街煤矿区的大气总悬浮物微粒年平

作者简介 石磊(1979-), 男, 黑龙江大庆人, 博士研究生, 研究方向: 水土保持与荒漠化防治研究。

收稿日期 2013-11-16

均浓度超过国家一级标准9倍,冬季严重时超标25.4倍,铜川矿区曾因污染严重被称为卫星上看不到的城市<sup>[13]</sup>。而且粉尘中含有许多对人体有害的元素,被人体吸入肺中后会致各种呼吸系统疾病的发生。

暴露在空气中的煤矸石经过自然风化、雨水淋溶,其中的重金属(如Cr、As、Pb、Cd等元素)及其他有害物质(如F、Cu、Zn等),极易进入土壤和水体,严重污染土壤、地表水、地下水,造成土地沙化。研究发现,俄罗斯莫斯科近郊煤矿区距矸石堆底部50~60m的土壤中,土壤中Fe含量达1460~1600mg/kg,Al含量达110~190mg/kg,分别超过允许值3~4倍和1.5倍,土壤被毒化<sup>[14]</sup>。

**1.2.2 占用土地。**据不完全统计,我国每年排放矸石约1.7亿t,历年堆积量达45亿t,且随着煤炭采选工业发展以每年10%的速度增加,而将其作为建筑和工业原料的直接利用率不足30%<sup>[15]</sup>,大量的煤矸石不断堆积形成矸石山。土壤是难再生资源,形成1cm厚土壤需要300~500年,迄今为止,全国共有矸石山1600多座,占地约1.5万hm<sup>2</sup><sup>[13]</sup>。因此煤矸石山占压大面积土地资源,对社会和经济的可持续发展造成严重影响。

**1.2.3 破坏景观。**煤矸石山与周边环境是一个完整的生态系统,由于其恢复植被缓慢,早期的光秃矸石山势必影响生态景观的连续性。自然前后煤矸石山分别为灰黑色和黑褐色,这两种颜色都与周边的自然景观极其不符,会引发景色干扰。矸石山的风蚀扬尘也会使周边地面或建筑物蒙上灰黑色灰尘,影响景观和城市形象<sup>[16]</sup>。

**1.2.4 引发地质灾害。**煤矸石山为人工堆积而成,坡度为矸石滚落的自然安息角,其组成物质颗粒大小不均匀,结构松散,受到人为开挖和暴雨侵蚀时会发生坍塌、滑坡以及形成泥石流等灾害,造成土地被埋、建筑物被毁,给矿区和人类造成巨大经济损失<sup>[5,17]</sup>。

## 2 矸石山植被恢复的一般途径

虽然针对废弃地的恢复研究历时短,经验也不成熟,是一个新兴的学科,但结合前人的研究成果,不难总结出比较普遍适用的方法。

**2.1 基础调查** 被恢复前期的基础资料调查可分为两个部分,即本底调查和现状调查。本底调查是指对植被恢复地区土地利用前的历史资料调查。对其在土地利用前的土壤、气候、植被、动物、自然资源,甚至人文遗产等进行详查记录,并拍下原貌照片。现状调查是指针对将要进行植被恢复的矸石山展开调查,从矸石山的排矸年代、堆放高度、风化层厚度、物理化学性质等影响其表面植被种类及生长状况的重要因素分析<sup>[4,18]</sup>,对矸石山进行酸害、盐害、干旱和贫瘠的类型划分。基础调查尤其注重植被恢复地区破坏前原有乡土物种和破坏后现有先锋植被种的调查和记录,在条件允许的情况下保存原生的动植物资源。

**2.2 地形改造和基质改良** 煤矸石山多数呈锥形,坡度较大,不利于植被恢复的施工。地形改造是将坡度较大的煤矸石山自然地形整理为能够满足植被栽种工程施工、灌溉排水

要求和适宜植被生长,并便于后期管理的地形<sup>[9]</sup>。经济发达国家,多采用推平整地、减缓坡度、覆盖土壤以及添加营养物质等措施,较大规模改良煤矸石山的立地质量。我国限于经济条件、土地资源状况和技术水平等因素,多以小规模、局部的整形措施和较少的经济投入达到尽量改善立地环境的目的<sup>[19]</sup>,如梯田状改造。

煤矸石山基质改良是为了解决其土壤熟化和培肥问题,提高土壤肥力,真正为植物生长创造条件<sup>[19]</sup>。其方法主要有在矸石山局部或全面客土;适当施加含N、P、K等营养元素的化学肥料<sup>[13]</sup>;施加碳酸氢盐和生石灰或盐碱化土壤调节矸石山基质的酸碱性<sup>[20]</sup>;利用对极端恶劣环境有较强耐性的重金属富集植物、固氮类植物、绿肥植物、固氮微生物、菌根、真菌等改善煤矸石山表层土壤的理化性质<sup>[12,20]</sup>。成功的煤矸石山地形改造和基质改良能够达到减缓坡度、改善空隙状况,提高土壤的持水和供水能力,改善局部土壤的养分和水分状况,稳定地表结构和减少水土流失的效果。地形改造和基质改良便于植被恢复施工,提高造林质量,增加栽植区土层的厚度,提高栽植成活率<sup>[21]</sup>。

**2.3 植被恢复** 煤矸石山的植被恢复主要包含三部分内容,即植物种的选择和配置、植被的栽植、植被的管护。

**2.3.1 植物种的选择和配置。**植物种的选择是煤矸石山植被恢复的关键。植物有各自的特点,煤矸石山的立地类型各异,应从矸石山实际的立地条件出发(如阴坡和阳坡、坡上和坡下等),并借鉴以往其他地区植被恢复的经验,科学地选择不同的植被物种<sup>[18]</sup>。植被物种选择原则应遵循:①生态适应性原则:生长迅速、适应性强、抗逆性好;②优先乡土植物原则:尽量选择当地优良的乡土物种和先锋物种,也可以适当考虑引进外来速生或固氮物种;③多功能效益原则:不仅要选择经济价值高的物种,而且要选择能抗旱、耐瘠薄、抗病虫害能力强,且具有改土、护土功能、绿化等多功能生态效益的植物;④景观效应原则:选择具有良好景观效应的植物,以便为今后该区域的园林建设奠定基础;⑤多样性原则:植被群落结构模拟天然植被结构,实行乔灌草复层混交,造林尽量配置成混交林,增加植物生态系统的物种多样性和层次结构,增强其改善生态环境的功能<sup>[22-23]</sup>。

**2.3.2 植被的栽植。**煤矸石山的植被恢复要根据植物种的生物学特性而定。但由于煤矸石山立地条件极差,造林时应在种植穴挖好的下一个或隔一个季节栽植较好,这样种植穴内不仅风化物增加,而且积聚了一定的水分和养分,有利于植物的成活和生长。为了进一步提高植被成活率,还可以在采取栽植穴内客土、育苗容器和苗木一起栽植,栽植穴上覆盖秸秆和地膜减少水分蒸发、利用保水剂和生根粉等处理栽植苗木根系等技术<sup>[9,13]</sup>。研究结果显示,植被恢复措施可显著降低矸石山地温,并且随着植物生物量的逐年增加,土壤养分的改良效果也会更明显<sup>[24]</sup>。

**2.3.3 植被的管护。**管理养护是植物栽培工作中非常重要的环节,俗语有“三分栽植、七分管理”,尤其全球气候变化、

防治;支持企业清洁生产技术改造的实施,并逐步实现年底治疗预防污染。

## 6 总结

现在的许多城市在发展循环经济的过程中仍然遵循一个政府治理模式,往往会使效果并不理想。这是因为传统的思维方式是无法避免市场失灵和政府失灵。笔者认为,在现代管理理论的基础上,城市循环经济发展,必须引入新的第三部门等组织要素,建立由政府、企业、社会多元化的城市管理框架,并综合运用国家和政府组织、市场机制和盈利性企业,社会机制和公共组织三套工具,建立对政府、企业和社会三种主体,针对土地、能源、水、不同的区域,如输入的重要原材料,过程,输出,包括调节政策、市场化和参与政策,全面的政策体系。它是城市循环经济发展的重要保证。基于经济学和新公共管理,做系统性的研究治理城市循环经济的理论。基于国内外相关理论和实践的理解和思考,并提出了循

(上接第 14010 页)

极端天气多发的情况下,对矸石山上植被的养护管理更加重要。煤矸石山恢复植被的养护管理目的是通过对植被的管理与保护,为植被的成活、生长、繁殖、更新创造良好的环境条件,使之迅速覆盖矸石山。根据煤矸石山的立地条件、植被恢复目标,煤矸石山植被养护管理主要应做好土壤管理(灌溉、施肥等)、植被管理(平茬、修枝等)、植被保护(防止病虫害、火灾和人畜破坏等)等工作<sup>[25-26]</sup>。一般在种植后的第一年需要较高强度的管护,如灌溉、追肥、植被的抚育等,以后的管护强度可以逐年降低,第3~4年可以让其自然生长,以促进其建立起稳定的自维持生态系统。最终达到建立稳定的矸石山人工植被生态系统,治理矸石山对生态环境的破坏与污染,恢复土地生产力的目的。

## 3 结论与建议

(1)煤矸石山的治理工作首先要认真做好矸石山的本底和现状调查,通过分析煤矸石山土壤酸碱性、植被生长限制因子、乡土和先锋植物等现状条件,在生态理念的基础上,兼顾景观规划要求,选择矸石山植被恢复的适宜物种。

(2)植被恢复过程中,植物栽植应采用适当、有效的技术措施,以达到保水、增肥、降温的目的,提高植物成活率。同时还要加大并落实植被管护力度,使矸石山上的植物早日成为稳定的、可以自我调控的生态系统。

(3)煤矸石山植被恢复研究多集中于土壤(基质)改良、植物种选择、小气候改善等方面,缺少矸石山立地类型划分标准及其评价的研究,同时还应进一步加强煤矸石山植物栽植技术、人工恢复植物群落的优化配置模式和多样性、植被恢复对改善矿区生态环境综合效益等方面的研究。

## 参考文献

- [1] 姜洋,宫冰,王奇.鞍钢矿区生态恢复与可持续发展[J].水土保持研究,2006,13(4):190-192,196.
- [2] 黎炜,陈龙乾,赵建林.我国煤炭开采对生态环境的破坏及对策[J].煤,2011(5):35-37.
- [3] 赵方莹,刘飞,巩潇.煤矸石山危害及其植被恢复研究综述[J].露天采矿技术,2013(2):77-81.

环经济发展路径和行动领域,运用经济学和公共管理理论分析了治理理论应用于城市循环经济的内在机制;建立了城市循环经济的管理主体和相应政策矩阵;建立了黑河循环经济发展的评价;通过未来趋势预测黑河市未来的发展,并提出了黑河市发展循环经济倍数4战略,并依据治理理论建立了3P+3R+3I政策体系模型,并将其应用于黑河市土地、能源和水等重要物质流领域。

## 参考文献

- [1] 童亮.循环经济立法刍议[J].同济大学学报,1999(4):11.
- [2] 诸大建.从可持续发展到循环型经济[J].世界环境,2000(3):6-12.
- [3] 段宁.清洁生产、生态工业和循环经济[J].环境科学研究,2001(6):1-4,8.
- [4] 许江萍.循环经济:从理念到实践[J].中国科技投资,2006(8):1.
- [5] 江翔.可持续发展的必由之路——循环经济[J].华东经济管理,2005(3):86-88.
- [6] 杨娟.发展农业循环经济 创建节约型社会[J].现代农业科学,2008(5):62-64.
- [4] 樊金拴,霍锋,左俊杰,等.煤矿矸石山植被恢复的初步研究[J].西北林学院学报,2006,21(3):7-10.
- [5] 隋淑梅,徐颖.对矿区煤矸石山植被恢复限制性条件的研究[J].能源环境,2006(5):50-51.
- [6] 谷金锋.煤矿矸石山植被恢复机理研究——以鸡西市滴道矿区和城子河矿区为例[D].哈尔滨:东北林业大学,2004.
- [7] 段永红,赵景逵.煤矸石山表层矸石风化物的盐分状况与复垦种植[J].山西农业大学学报,1998,18(4):337-339.
- [8] 王伟,张洪江,张成梁,等.煤矸石山植被恢复影响因子初探——以山西省阳泉市280煤矸石山为例[J].水土保持通报,2008,28(2):147-152.
- [9] 李鹏波,胡振琪,吴军,等.煤矸石山植被恢复技术模式的研究[J].山东林业科技,2006(4):13-15.
- [10] 陈建平.煤矸石对矿区环境污染及其防治[J].能源与环境,2006(3):66-67.
- [11] 高英旭.矿区废弃地植被恢复进展情况及对策[J].辽宁林业科技,2013(6):41-43,45.
- [12] 李鹏波,胡振琪,吴军,等.煤矸石山的危害及绿化技术的研究与探讨[J].矿业研究与开发,2006,26(4):93-96.
- [13] 赵方莹,刘飞,巩潇.煤矸石山危害及其植被恢复研究综述[J].露天采矿技术,2013(2):77-81.
- [14] 朱秀梅,邓晓成.煤矸石对环境的危害及其防治[J].化学工程与装备,2011(3):172-173.
- [15] 徐云强,龚碧凯,张文波,等.矸石废弃地栽植金银花的绿化可行性分析[J].煤炭科学技术,2011,39(8):125-128.
- [16] 程功林,陈永春.煤矸石山的危害及植被生态重建途径探讨[J].煤田地质与勘探,2009,37(4):54-56.
- [17] 樊金拴.煤矸石对环境的危害与开发利用研究[J].资源开发与市场,2008,24(1):56-59.
- [18] 樊金拴,左俊杰,霍锋.煤矸石废弃地景观恢复研究[J].西北林学院学报,2006,21(2):27-29.
- [19] 程功林,陈永春.煤矸石山的危害及植被生态重建途径探讨[J].煤田地质与勘探,2009,37(4):54-56.
- [20] 范亚辉,于桂芬.煤矸石山植被恢复限制因素分析及治理对策[J].煤,2010,19(2):54-56.
- [21] 胡振琪.土地复垦与生态重建[M].徐州:中国矿业大学出版社,2008:234-235.
- [22] 崔丽丽,杨波,李志辉.宝山矿区废弃地植物配置技术初探[J].湖南林业科技,2006,33(3):42-44.
- [23] 宋书巧,周永章.矿业废弃地及其生态恢复与重建[J].矿产保护与利用,2001(5):43-49.
- [24] 王尚义,石瑛,牛俊杰,等.煤矸石山不同植被恢复模式对土壤养分的影响——以山西省河东矿区1号煤矸石山为例[J].地理学报,2013,68(3):372-379.
- [25] 张婷,王日鑫.煤矸石山生态恢复研究进展[J].水土保持研究,2007,14(5):412-416.
- [26] 左俊杰,樊金拴.三里洞矸石废弃地人工植被群落构建初探[J].环境科学与技术,2009,32(4):145-148.