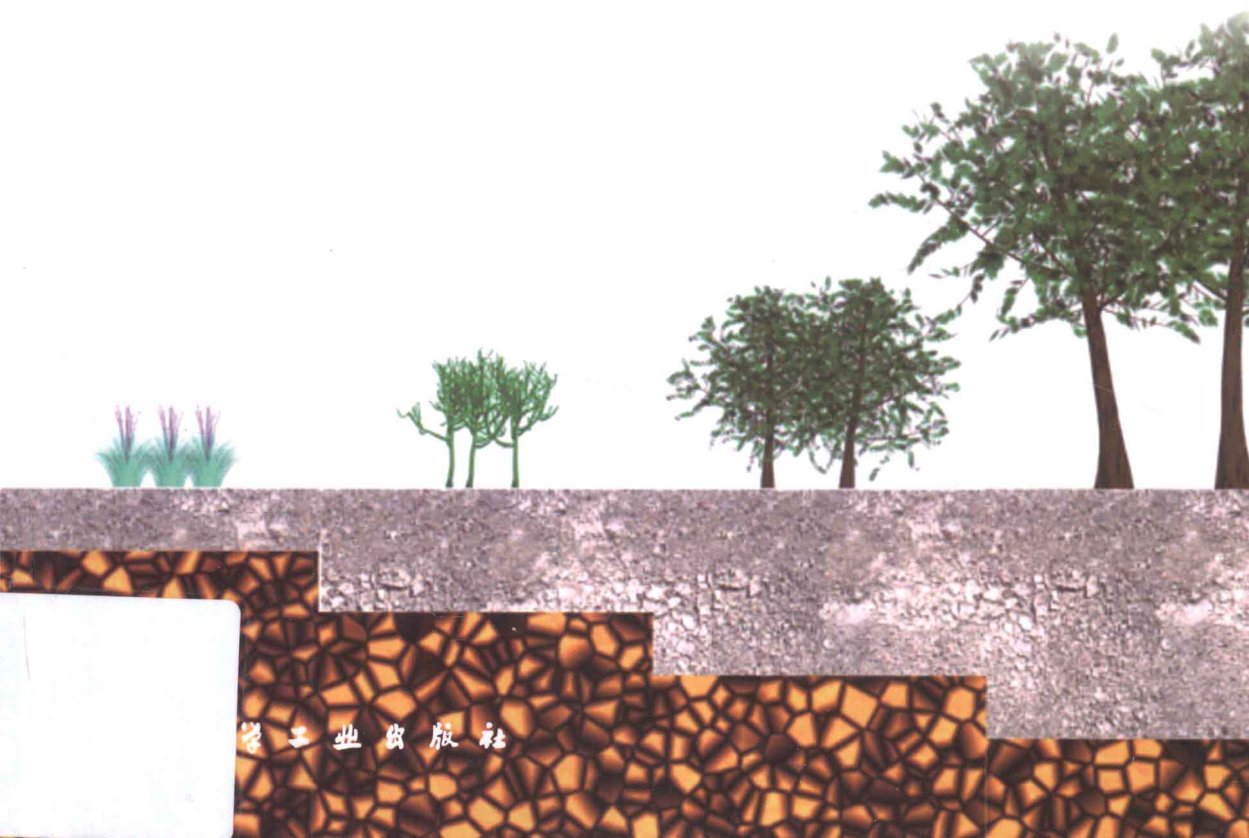


煤矿区次生裸地 水土保持与生态重建

Water and Soil Conservation and
Ecological Rebuilding at
Secondary Bare Land in Coal-mining Area

潘德成 吴祥云 著



学工业出版社

煤矿区次生裸地 水土保持与生态重建

Water and Soil Conservation and
Ecological Rebuilding at
Secondary Bare Land in Coal-mining Area

潘德成 吴祥云 著



化学工业出版社

· 北 京 ·

前言

我国是世界上最大的煤炭生产国和消费国,煤炭资源的开发对我国经济建设和社会发展起着重要的支撑作用。我国 95% 以上的一次性能源, 80% 以上的工业原料, 70% 以上的农业生产资料都来自矿产资源。其中, 煤炭在我国一次性能源消费结构中所占比率一直是 70% 左右。预计到“十二五”末, 我国煤炭消费将达到 $4.0 \times 10^9 \text{ t}$, 届时中国煤炭的消费约占全球煤炭总产量的 50% 左右。

煤矸石是煤炭开采和加工过程中的必然产物, 矸石排出量为原煤的 20% 左右, 是矿区主要的污染源之一。据有关资料统计, 全国历年累计工业固体废物约 $6.0 \times 10^9 \text{ t}$, 其中煤矸石约 $2.0 \times 10^9 \text{ t}$, 占全国工业固体废料的 30%。矸石虽可发电, 用作建筑材料、化工原料, 但限于经济技术等原因, 目前我国矸石利用率还不到 15%。据统计, 全国因采矿累计占用土地面积约 $5.86 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 矿山破坏土地累计面积达 $2.88 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 并且每年仍以大约 $4.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的速度增长, 其中以煤和有色金属矿区的生态环境破坏最为严重, 因采矿而直接破坏的森林面积累计达 $1.06 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 破坏的草地面积约为 $2.63 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。大规模的矿产资源开发已经给我国生态环境造成了重大破坏, 矿区水土保持与生态重建已成为我国当前面临的紧迫任务之一, 也是中国实施可持续发展战略必须特别关注的一个问题。

然而我国大多数矿区地处干旱、半干旱地区, 气候干燥、蒸发强烈, 土壤有机质缺乏, 植被稀疏低矮, 是生态环境较为脆弱的过渡带。即使不是处于干旱、半干旱地区, 由于矿区的开采造成地下水资源和土壤资源污染等环境问题, 植被难以恢复, 从而加剧了矿区生态恢复的难度。因此, 矿区生态重建是生态学中最典型的极端条件下的恢复和重建。从长远发展看, 我国矿区因不合理开发, 导致环境恶化、水土流失加剧、矿区可持续发展受到制约等问题将依然突出。中国矿区的水土流失治理与生态恢复实质上是一种意义更为深远的矿区生态重建。

总体来看, 经过多年的努力, 我国有关矿区次生裸地水土保持与生态重建方面的研究已有了突飞猛进的发展, 有效地控制了水土流失, 减轻了环境污染, 并为矿区次生裸地的生态重建提供了有价值的理论指导。但我国矿区水土流失与生态重建研究多为定性描述与分析, 缺乏对矿区破损生态系统结构和功能的更深层次的认识, 而且我国矿业研究的理论水平还远落后于生产实践的需要, 缺乏系统性、长期性和更高的理论升华和实践成果。

本书以阜新煤矿区次生裸地为研究对象，依据生态学、恢复生态学、生态工程学原理，采用野外调查、人工模拟试验、室内实验分析相结合的方法，对矿区次生裸地水土流失与生态重建进行系统的结构和功能研究。研究的内容主要包括四个方面：①矿区次生裸地水土流失灾变规律研究与评价；②矿区次生裸地现有植被模式生态稳定性评价；③人工模拟植被模式生态适应性评价；④矿区次生裸地水土保持与生态重建关键技术集成。

本书得到辽宁工程技术大学张丹丹、李海燕、王海旺、李宏伟、屈文文等，辽宁省风沙地改良利用研究所苏君伟、吴占鹏、韩志松、姜涛、孟林、赵燕、吕林友、王海新、蔡倩、于树涛、蔡立夫、王慧新等，沈阳农业大学高东昌教授，阜蒙县张立岩、闫国林等的鼎力支持与帮助，在此一并表示衷心的感谢！

由于本书涉及的内容较为广泛，不足之处在所难免，恳请读者批评指正。

著者
2011年6月

目 录

第一篇 绪 论

第一章 研究的背景与意义	2
--------------	---

第一节 问题的提出	2
第二节 矿区水土保持与生态重建的意义	6
参考文献	8

第二章 研究的现状及存在问题	10
----------------	----

第一节 煤矿区水土保持与生态重建研究现状	10
第二节 目前存在的突出问题及发展趋势	14
参考文献	15

第二篇 研究的内容、方法及技术路线

第三章 研究区概况及研究内容	20
----------------	----

第一节 研究区概况	20
第二节 研究内容	26
参考文献	27

第四章 基本理论、研究方法及技术路线	28
--------------------	----

第一节 基本理论	28
第二节 研究方法	32
第三节 技术路线	38
参考文献	38

第三篇 矿区次生裸地水土流失灾变规律研究与评价

第五章 区域降水量时空分布规律研究	42
-------------------	----

第一节 区域降水量年际间变化规律分析	43
--------------------	----

第二节	区域降水量季节性变化规律分析	44
第三节	区域降水量月变化规律分析	45
第四节	区域浅层地下水位变化趋势分析	47
	参考文献	47

第六章 矿区次生裸地土壤水分动态规律研究 48

第一节	矿区土壤水分动态分析	48
第二节	矿区土壤水分垂直变化分析	52
第三节	矿区土壤水分季节性变化分析	57
第四节	土壤含水量模型的建立	60
	参考文献	63

第七章 矿区次生裸地土壤物理性状动态规律研究 64

第一节	矸石山土壤物理性状动态规律分析	64
第二节	排土场土壤物理性状动态规律分析	78
第三节	对照样地(CK)土壤物理性状分析	81
第四节	矿区次生裸地土壤物理性状比较分析	81
	参考文献	82

第八章 矿区次生裸坡土壤抗冲性规律研究 84

第一节	矿区次生裸坡土壤抗冲性空间变异规律研究	84
第二节	矿区次生裸坡土壤抗冲性比较分析	96
	参考文献	105

第九章 植被控制水土流失效应分析 106

第一节	植物根系对土壤抗冲性增强效应分析	107
第二节	矸石山和排土场水土流失主要指标对比	109
	参考文献	110

第十章 矿区次生裸地水土流失灾害程度评价 111

第一节	评价模型的建立	111
第二节	水土流失灾害级别的划分及评价	115
	参考文献	116

第四篇 矿区次生裸地现有植被模式生态稳定性评价

第十一章 矿区次生裸地植被演替规律研究 121

第一节 矿区次生裸地现有植被踏查	121
第二节 矸石山天然植被演替规律分析	121
第三节 排土场植被演替规律分析	127
第四节 排土场和矸石山植被演替进程比较分析	132
第五节 矿区次生裸地植被演替流程图	133
参考文献	134

第十二章 矿区现有植被模式内环境分析 135

第一节 不同植被模式内植物生长状况分析	136
第二节 不同植被模式对土壤水分的影响分析	140
第三节 不同植被模式对土壤物理性状的影响分析	141
参考文献	145

第十三章 不同植被模式对区域环境滞尘量的影响分析 146

第一节 阜新气候水文特征	146
第二节 矿区不同植被模式滞尘量的测定	147
第三节 气候因子对植被滞尘量的影响分析	147
第四节 不同植被模式对滞尘量的影响分析	149
参考文献	152

第十四章 不同植被模式生态稳定性评价 154

第一节 评价指标体系的建立	154
第二节 生态稳定性评价	155
参考文献	156

第五篇 人工模拟植被模式生态适应性评价

第十五章 人工模拟植被模式的构建 158

第一节 构建要素的准备	158
第二节 构建的主要植被模式	160
参考文献	164

第十六章 不同植被模式生态适应性评价 165

第一节 评价原理	165
第二节 花生模式的生态适应性评价	166
第三节 油松模式的生态适应性评价	186
第四节 矿区次生裸地主要树种生态适应性评价	199
参考文献	200

第六篇 矿区水土保持与生态重建关键技术集成

第十七章 水土保持工程节水技术 204

第一节 排土场平台工程节水技术	204
第二节 坡面工程节水技术	206
参考文献	207

第十八章 植被节水技术 208

第一节 优势植物的选择原则	208
第二节 主要植被配置模式	209

第十九章 轻简实用技术集成与应用 212

参考文献	221
------------	-----

结论与展望

第一篇

绪 论

第一章 研究的背景与意义

第一节 问题的提出

裸地 (bare area) 是指没有植物生长的裸露地面, 是群落形成、发育和演替的最初条件和场所。过去从未生长过植物的称为“原生裸地” (primary barren); 原来有植物生长, 后经破坏而形成的称为“次生裸地” (secondary barren)。裸地形成的原因多种多样, 或者是干旱、严寒、暴雪等恶劣气候; 或者是洪水对土地的侵蚀和在另一个地方又使泥沙沉积, 以及大风刮起沙土而后异地堆积, 还有重力下塌 (山坡滑塌) 等地形变迁; 或者是动物的严重危害, 使原有群落全部毁去。但是造成次生裸地规模最大、方式最多, 也最为严重的, 是人为活动的破坏。而在所有人为破坏的活动中, 采矿业是除农业外扰动土地最多的行业 (表 1.1), 采矿业对生态环境的破坏居于各行业首位 (表 1.2)。

表 1.1 中国每年扰动的土壤数量

Tab. 1.1 Disturbed soil quantity every year in China

行 业	扰动量/t	行 业	扰动量/t
农业	3.26×10^{10}	林业	2.0×10^8
矿业	3.25×10^9	城市建设	1.1×10^8
牧业	1.65×10^9	总量	3.82×10^{10}
基础设施	3.6×10^8		

表 1.2 不同行业对生态环境的影响程度

Tab. 1.2 The effect of different industries on ecology

行 业	影响程度	行 业	影响程度
采矿业	2.4	建筑业	1.1
化学和加工业	1.8	纸浆制造业	1.0
冶金	1.5	运输业	1.0
燃料能源	1.4		

矿区是当今世界陆地生物圈中人为破坏最为典型、退化最为严重的生态系统。矿区生态环境的破坏,主要产生于露天采矿场、开采塌陷地、矿山固体废物排弃场(如尾矿池、煤矸石山)和选矿、烧结厂。它属于人为破坏,一般可分为景观破坏和生态破坏两种,景观破坏是在矿山开发与生产过程中对地表的破坏(改变地形、植被和土壤),生态破坏是破坏矿区土地及其邻近地区内的生物生存条件,减少生物量,降低环境的总适宜度。矿区生态环境的破坏不仅对动植物而且对于人类也会造成不利影响。

在众多的矿区生态环境的破坏因素中,土地的破坏是最直观也是最大量的。矿区次生裸地是指矿业生产过程中产生的弃土废渣及受重金属污染而失去经济利用价值的土地。它是一种极端裸地,植被稀少,水土流失严重。

矿区次生裸地根据其来源可划分为4种类型:

- ① 由剥离表土、开采的岩石碎块和低品位矿石堆积而成的废石堆废弃地。
- ② 随着矿物开采而形成的大量的采空区和塌陷区,即采矿坑废弃地。
- ③ 开采的矿石经分选出精矿后的剩余物排放堆积形成的尾矿废弃地。
- ④ 采矿作业面、机械设施、矿山辅助建筑物和道路交通等先占用而后废弃的土地。

矿区次生裸地具有众多危害环境的极端理化性质,其主要特征如下。

- ① 表土层破坏导致缺乏植物能够自然生根和伸展的介质、水分、营养物质,毒性物质含量过高。
- ② 极端贫瘠,N、P、K及有机质含量极低,或是养分不平衡。
- ③ 存在限制植物生长的物质,如重金属含量过高、极端pH值或盐碱化等。
- ④ 基质水分含量低,干旱现象普遍。

一、我国煤矿业发展越发突显重要

我国是世界上少数几个矿产资源丰富的资源大国之一,矿产资源总值占世界的12%,仅次于美国和独联体,位居世界第三位。我国95%以上的一次性能源,80%以上的工业原料,70%以上的农业生产资料都来自矿产资源。其中,煤炭在我国一次性能源消费结构中所占比例一直是70%左右(图1.1)。

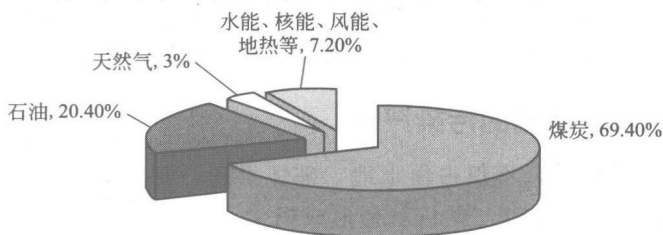


图 1.1 我国能源消费结构比率

Fig. 1.1 Energy consumption structure ratio of our country

我国已成为世界上最大的煤炭生产国和消费国。煤炭资源的开发对我国经济建设和社会发展起着重要的支撑作用。“十一五”期间,我国煤炭开发的新增量约为 $4 \times 10^8 \text{ t}$, 每年煤炭总产量达 20 多亿吨。根据中国能源研究会 2011 年 2 月 26 日公布结果,2010 年我国一次性能源消费量为 $3.25 \times 10^9 \text{ t}$ 标准煤,同比增长 6%。而且未来的经济快速发展意味着我国将迎来新一轮的煤炭用量高峰。预计到“十二五”末,我国煤炭消费将要达到 $4 \times 10^9 \text{ t}$, 届时中国煤炭的消费约占全球煤炭总产量的 50% 左右。

二、我国煤矿产生的次生裸地面积巨大

煤矸石是煤炭开采和加工过程中的必然产物,矸石排出量为原煤的 20% 左右,是矿区主要的污染源之一。据有关资料统计,全国工业固体废弃物最多的是煤矸石,全国历年累计工业固体废弃物约 $6 \times 10^9 \text{ t}$, 其中煤矸石约 $2 \times 10^9 \text{ t}$, 全国每年工业固体废弃物排放 $(5 \times 10^8) \sim (6 \times 10^8) \text{ t}$, 其中煤矸石有 $(1.5 \times 10^8) \sim (2.0 \times 10^8) \text{ t}$, 占全国工业固体废料的 20% 以上。根据国土资源部资料,我国每年排出煤矸石累计占用土地近 $6.5 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 且每年仍以 $200 \sim 300 \text{ hm}^2$ 的速度增加。矸石虽可发电,用作建筑材料、化工原料,但限于经济技术等原因,目前矸石的利用率还不到 15%, 采煤大省山西省利用的矸石仅占排出量的 3%~5%, 大量的煤矸石不断堆积形成矸石山,成为最大的工业固体废弃物源。

我国现有国营矿山企业 8000 多个,个体矿山达到 23 万多个,其中我国现有 28000 处煤矿,小煤矿 25000 多处,占煤矿总数的 90%, 这些矿山企业在开采矿区过程中对土地的破坏是惊人的。据统计,全国因采矿累计占用土地面积约 $5.86 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 矿山破坏土地累计面积达 $2.88 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 并且每年仍以大约 $4.67 \times 10^4 \text{ hm}^2$ 的速度增长。其中以煤和有色金属矿区的生态环境破坏最为严重,仅大、中型煤矿就占用土地达 $1.62 \times 10^6 \text{ hm}^2$ 。因采矿而直接破坏的森林面积累计达 $1.06 \times 10^6 \text{ hm}^2$, 破坏的草地面积约为 $2.63 \times 10^5 \text{ hm}^2$ 。目前,全国有矸石山 1500 多座,占地约 $2 \times 10^4 \text{ hm}^2$, 而矿区土地复垦率仅为 10% 左右。

我国人均耕地面积仅有 0.084 hm^2 , 而国际规定耕地减少的危险点是人均 0.053 hm^2 。煤矿区已经成为典型的严重受损生态系统,其产生的负效应,从岩石圈传递、波及大气圈、水圈和生物圈,影响整个生态平衡,对生态的破坏已成为矿业与农业、林业甚至区域可持续发展的突出矛盾。

三、矿区次生裸地造成的污染严重

煤矸石的大量堆积,不仅占压土地,破坏景观,而且煤矸石经风化形成粉尘颗粒,在风速达 4.8 m/s 时,颗粒就会形成扬尘,其含有的有害元素如 Hg、Cd、Cr、Cu、As、Mn、Zn、Al 等就会对人体造成伤害。小于 $5 \mu\text{m}$ 的颗粒会被人体吸入肺部,导致气管和肺部各种疾病;大于 $10 \mu\text{m}$ 的颗粒会留在人的鼻腔中,导

致鼻腔感染,若进入眼中,会引起各种眼疾。据实测,在距阜新海州矿边的矸石山下风方向 500m 处,总悬浮微粒浓度可达 $0.8\text{mg}/\text{m}^3$ 。这些严重超标的有害气体污染大气环境,危害着人民的身体健康。矸石山在造成大气环境灾害的同时,还是引起其他灾害的又一诱因。

当煤矸石中含硫量大于 1% 时,在加压、通风、氧化的条件下,煤矸石会发生自燃。煤矸石山一旦自燃,不但释放出 CO 、 SO_2 、 CO_2 、 H_2S 和氮氧化物、碳氢化合物等有害气体,同时还伴有大量的烟尘,严重污染矿区的大气环境,损害人体健康。在目前的 1500 多座矸石山中,有近 300 座矸石山发生过自燃或正在自燃。目前,阜新海州露天矿矿坑及排土场内大量的残煤自燃,在积极灭火的同时,矿坑内仍尚有 200 余处着火点,而排土场煤矸石的自燃点更是不计其数。

同时,由于矸石山是裸露、松散的堆积体,在长期露天堆放过程中,极易被雨水冲刷,其有害物质随雨水形成的地表径流进入土壤、地表水体或地下水体而造成污染。阜新地区于家沟地下水的污染就是由于新邱露天矿煤矸石淋溶水造成的,水中常量化学组分 SO_4^{2-} 、 Cl^- 、 NO_3^- 、 H^+ 等普遍升高,有毒有害组分氰、酚、Hg、As 等均有检出,有些组分明显超出环境背景值,平均超出背景值 2.7 倍以上。阜新海州露天矿排土场表层土壤重金属元素 Mn、Ni、Cd 含量分别是背景值的 1.53 倍、1.22 倍和 1.56 倍,Cr 和 Pb 含量分别为背景值的 2.60 倍、2.03 倍,Cu 以及 Zn 的浓度显著增高,是背景值浓度的 4 倍,见表 1.3。这些有害成分的存在,会通过食物链危及人体健康。

表 1.3 海州煤矿土壤 (0~5cm) 重金属浓度

Tab. 1.3 Heavy metal concentration in soil of haizhou mine (0~5cm)

平均值	Mn /(mg/kg)	Ni /(mg/kg)	Cr /(mg/kg)	Cu /(mg/kg)	As /(mg/kg)	Cd /(mg/kg)	Pb /(mg/kg)	Zn /(mg/kg)
矿区	475.40	17.80	85.26	66.10	3.20	0.10	20.80	113.8
背景值	310.58	14.57	32.12	9.87	6.10	0.05	10.22	28.18
倍数	1.53	1.22	2.60	6.70	0.53	1.56	2.03	4.04

更有资料表明,我国每年因固体废物污染环境所造成的直接经济损失超过 90 亿元,间接损失约 300 亿元。所以煤炭开采造成的环境污染,最终导致生态系统结构与功能的失调或生态系统的解体,生物多样性急剧减少,或种群消亡或更替,使原来的生态系统发生严重的逆向演替。

四、矿区次生裸地的次生地质灾害频发

据有关资料统计,不包括个体矿山及国有小型矿山,仅国有中型以上矿山企业造成的次生地质灾害面积为 19195.4hm^2 。其中,土壤侵蚀面积 17063.7hm^2 ,

土壤沙化面积 743.5hm², 泥石流面积 460.9hm², 崩塌面积 349.5hm², 滑坡面积 577.8hm²。据卫星遥感普查, 阜新露天煤矿区 10349.7km² 的土地中, 总流失面积仍有 5498.4km², 占全市总面积的 53.1%, 高于全省 18 个百分点。其中, 轻度侵蚀面积 4268.1km², 中度侵蚀面积 1039.5km², 强度侵蚀面积 190.8km², 分别占总流失面积的 77.6%、18.9% 和 3.5%。如此之大的水土流失面积, 造成每年土壤流失量高达 1.74×10^7 t, 导致水库、塘坝、河床大量的泥沙淤积。同时新构成的排土场, 其土地破坏的最大特征是岩土侵蚀, 也是滑坡、崩塌自然灾害的易发区。阜新海州露天矿排土场最为严重之处每 100m 宽有侵蚀沟 20~50 条, 平均间距 2~5m。距平盘边缘 10 余米范围内, 可有一条或数条大裂隙, 长达百米甚至数百米, 平行边坡走向, 等高带状分布, 宽 10cm 以上局部错位可达 20~40cm, 大裂隙充水, 易形成局部滑坡。同时盲洞、盲沟、穿洞分布在岩土混堆下垫层中, 内部集中渗流, 细粒物质严重冲移形成暗流, 隐患巨大。

频发的次生地质灾害也给人们的生产生活造成重大损失, 如 1994 年枣庄煤矿北煤井一矸石堆发生坍塌, 导致 17 人死亡, 7 人受伤。2004 年 5 月, 重庆万盛区的矸石山发生泥石流, 造成 14 间房屋被埋, 5 人遇难, 16 人失踪。2005 年 5 月, 河南省平顶山平煤集团矸石山自燃崩塌, 造成 100m 外的 18 间居民房不同程度受损, 房中人员被埋压, 在抢险过程中, 矸石山先后又 3 次喷发, 造成 8 人遇难, 另有 122 人不同程度被灼伤, 其中 6 人伤势较重。

五、自然恢复需要漫长时间才能实现

据 Dancer、Boomfield 等研究, 在煤矿废弃地上至少要积累全氮 750kg/hm², 一个自我维持的生态系统才能建成, 而靠种植豆科植物需要生长 50 年、人工连续施肥需要 15 年才可积累等量氮; 如果凭借自然恢复, 建立灌草群落的自然演替一般需要 15~30 年, 森林群落则需 100 年或更长的时间。

因此, 矿业开发破坏的植被靠自然恢复是相当缓慢的, 也是不现实的, 所以必须进行人为的干预。多年的实践证明, 在人为破坏严重的采矿区, 利用人工措施进行矿区次生裸地水土保持与生态重建, 既缩短了生态恢复的周期, 又提高了生态恢复的质量, 是完全符合矿区客观实际的, 是切实可行的。

第二节 矿区水土保持与生态重建的意义

一、矿区水土流失与生态重建的概念

1. 矿区水土流失的概念

水土流失 (water and soil loss) 是指由水、重力、风等外营力引起的水土资

源和土地生产力的破坏和损失。这一概念常与广义的土壤侵蚀 (soil erosion) 相等同。水土流失是我国土地资源最常见的地质灾害, 在自然状态下, 纯粹由自然因素引起的地表侵蚀过程非常缓慢, 常与土壤形成过程处于相对平衡状态, 因此坡地还能保持完整, 这种侵蚀称为自然侵蚀, 也称为地质侵蚀。在人类活动影响下, 特别是人类严重地破坏了坡地植被后, 由自然因素引起地表土壤破坏和土地物质的移动, 流失过程加速, 即发生水土流失。矿区水土流失就是由于人为扰动地面或堆置废弃物而造成的岩土、废弃物的混合搬运、迁移和沉积, 其结果是导致水土资源的破坏和损失, 最终使土地生产力下降甚至完全丧失。

矿区水土流失是一种典型的人为加速侵蚀, 存在着明显不同于原地貌的侵蚀特征。其中, 井工开采会引起地表塌陷, 使地表变形, 坡度加大, 侵蚀加重, 对地下水水质也造成污染; 露天开采排出的大量松散堆积物, 破坏了地表的植被资源, 同时地表塌陷或排土场堆置, 占用大量土地, 改变了原有的地形地貌, 地表严重压实和非均匀沉降, 促使径流大量汇集, 为水土流失人为地创造了条件, 引起崩塌、滑坡、泥石流等地质灾害, 同时增加了入河泥沙量, 造成河道淤积, 行洪困难。矿区水土流失属人为作用诱发产生的特殊工程侵蚀类型, 与原地貌条件下的水土流失在侵蚀程度和方式上存在着明显的区别。因此, 矿区水土流失的产生, 虽有自然因素作用, 但人为因素占主导地位, 它是区域自然条件和不合理的社会经济活动相互作用的结果。

2. 矿区生态重建的概念

白中科等认为, 矿区生态重建是指对采矿引发的结构缺损、功能失调的极度退化的生态系统, 借助人工支持和诱导, 对其组成、结构和功能进行超前性的计划、规划、安排和调整, 同时对逐渐逼近最终目标这一逆向演替过程中可能出现的各种问题, 进行跟踪评价并匹配相应的技术经济措施, 最终重建一个符合代际(间)需求和价值取向的可持续发展的生态系统。包括土地要素、水文要素、植被要素、景观要素的重建。

二、矿区水土保持与生态重建任重道远

大规模的矿产资源开发已经给我国生态环境造成了重大破坏。矿区水土保持与生态重建已成为我国当前面临的紧迫任务之一, 也是中国实施可持续发展战略必须特别关注的一个问题。然而我国大多数矿区地处干旱、半干旱地区, 气候干燥、蒸发强烈, 土壤有机质缺乏, 植被稀疏低矮, 是生态环境较为脆弱的过渡带。即使不是处于干旱、半干旱地区, 由于矿区的开采造成地下水资源和土壤资源污染等环境问题, 植被难以恢复, 矿产资源开发的结果是光温不变、水土废弃、矿石耗竭, 从而加剧了矿区生态恢复的难度。由于矿区生态重建是生态学中典型的极端条件下的恢复和重建, 不能指望一步到位, 而需要通过一系列目标来实现。

估计到 21 世纪中期,我国矿石的开采量至少要提高到现有水平的 3 倍才能满足经济发展的需求。因此,从长远发展看,我国矿区因不合理开发,导致环境恶化、水土流失加剧、矿区可持续发展受到制约等问题将依然突出。中国矿区的水土流失治理与生态恢复实质上是一种意义更为深远的矿区生态重建,未来矿区的生态重建工作任重而道远。

参 考 文 献

- [1] 肖兴田,王志宏.煤炭资源开发对土地破坏及土地复垦之研究[J].露天采煤技术, 2001, (4): 31-34.
- [2] 卞正富,许家林,雷少刚.论矿山生态建设[J].煤炭学报, 2007, 32 (1): 13-19.
- [3] 潘德成,吴祥云.矿区次生裸地水土保持与生态重建技术探讨[J].水土保持应用技术, 2009, 4: 23-25.
- [4] 卞正富.我国煤矿区土地复垦与生态重建研究[J].资源·产业, 2005, 7 (2): 18-24.
- [5] 付梅臣,吴淦国,周伟.矿山关闭及其生态环境恢复分析[J].中国矿业, 2005, 14 (4): 28-31.
- [6] 籍成静,范晋轩.矸石山对矿区环境的污染机制与治理方法[J].Coal, 2002, 11 (3): 47-48.
- [7] 张凤辰.煤矸石及其综合利用[J].节能与环保, 2005, 1: 54-56.
- [8] 江洪青.煤矸石对环境的危害及其综合治理与利用[J].煤炭加工与综合利用, 2003, (3): 43-46.
- [9] 李皎,陈晋,耿宝军.海州露天矿环境地质灾害演化趋势及对策[J].辽宁工程技术大学学报, 2005, 24 (4): 520-523.
- [10] 刘志斌,范军富,丛鑫.煤矸石山对地下水环境质量影响的分析研究[J].露天采煤技术. 2002, (2): 6-9.
- [11] Burger Joanna, Gochfeld Michae. On developing bioindicators for human and ecological health[J]. Environmental Monitoring and Assessment. 2001, 66 (1): 23-46.
- [12] 胡振琪.半干旱地区煤矸石山绿化技术研究[J].煤炭学报, 1995, 20 (3): 322-327.
- [13] 马喜君,常志华,程建龙.阜新露天煤矿区生态风险分析[J].中国矿业, 2006, 15 (8): 19-22.
- [14] 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.
- [15] Skousen J G, Call C A, Knight R W. Natural revegetation of an unreclaimed lignite surface mine in east-central Texas (USA) [J]. South-western Naturalist, 1990, 35: 434-440.
- [16] Bradshaw A. Restoration of mined lands using natural processes [J]. Ecological Engineering, 1997, 8: 255-269.
- [17] 李文银,王治国等.工矿区水土保持[M].北京:科学出版社, 1996.
- [18] Truman P Young. Restoration ecology and conservation biology [J]. Biological Conserva-

tion. 2000, 92: 73-83.

- [19] 白中科, 赵景逢, 朱荫泥. 试论矿区生态重建 [J]. 自然资源学报, 1999, 14 (1): 35-41.
- [20] 马锐, 韩武波, 白中科. 黄土区大型露天矿水流失致灾因子的确定 [J]. 能源环境保护, 2006, 20 (2): 50-53.
- [21] McNearny. Knight mine reclamation: A study of revegetation difficuldies in a semiarid environment. IJSM, R&E, 1995, (9): 113-119.
- [22] 李永庚, 蒋高明. 矿山废弃地生态重建研究进展 [J]. 生态学报, 2004, 24 (1): 95-101.