



高等学校（矿业）“十一五”规划教材

矿山环境保护

Kuangshan Huanjing Baohu

尹国勋 主编

中国矿业大学出版社

China University of Mining and Technology Press

X322
Y598

高等学校(矿业)“十一五”规划教材

矿山环境保护

尹国勋 主编



1045514



中国矿业大学出版社

内 容 简 介

本书针对矿山开发过程中产生的废水、废气、噪声、固体废物及采掘工程诱发的地质灾害等,分析了其对水环境、大气环境、声环境和生态环境诸方面的影响,论述了矿山环境保护的基本理论、对污染物处理与防治的技术及固体废物的资源化利用途径,还从可持续发展的角度,介绍了矿山清洁生产、矿山环境影响评价和矿区地方病等内容。本书可作为高等院校环境工程专业的本科生教材,也可作为矿山环保工作者和相关专业研究生的参考教材。

图书在版编目(CIP)数据

矿山环境保护/尹国勋主编. —徐州:中国矿业大学出版社,2010.5

ISBN 978 - 7 - 5646 - 0660 - 2

I. ①矿… II. ①尹… III. ①矿山—环境保护—高等学校—教材 IV. ①X322

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 073783 号

书 名 矿山环境保护

主 编 尹国勋

责任编辑 褚建萍 周 红

出版发行 中国矿业大学出版社

(江苏省徐州市解放南路 邮编 221008)

营销热线 (0516)83885307 83884995

网 址 <http://www.cumtp.com> E-mail: cumtpvip@cumtp.com

排 版 中国矿业大学出版社排版中心

印 刷 江苏淮阴新华印刷厂

经 销 新华书店

开 本 787×1092 1/16 印张 27 字数 674 千字

版次印次 2010 年 5 月第 1 版 2010 年 5 月第 1 次印刷

定 价 35.00 元

(图书出现印装质量问题,本社负责调换)



前言

矿产资源是人类社会赖以生存和发展的基础战略资源,我国 95% 的能源和 80% 以上的原材料均来自矿产资源。截至 2007 年年底,全国共发现矿产 171 种,已探明资源储量的 159 种,已查明的矿产资源总量和 20 多种矿产的查明储量居世界前列,其中铅、锌、钨、锡、锑、稀土、菱镁矿、石膏、石墨、重晶石等居第 1 位,煤炭查明资源储量居世界第 3 位,铜矿居第 3 位,铁矿居第 4 位,铝土矿居第 5 位,原油和天然气产量分别居世界第 5 位和第 11 位,原煤、铁矿石、钨、锡、锑、稀土、菱镁矿、石膏、石墨、重晶石、滑石、萤石开采量连续多年居世界第一^①。可以预计,随着科技进步和人们对地球物质可资源化利用认识的更新,可开采矿种将不断增加,工、农业和社会经济的发展对矿产资源的需求量将越来越大,对其依赖性也越来越强。

矿山作为矿产资源的载体,在其矿业生产对我国国民经济发展做出重大贡献的同时,一些矿山粗放的、以牺牲环境为代价的开发方式,也带来了严重的矿山环境问题,使矿山承受了太多的环境压力。矿山环境问题主要表现在对矿山水环境、大气环境、声环境、土壤环境和生态环境的影响,尤其是对生态环境的影响。矿产开发对环境的影响是全方位的。例如,据 2002~2006 年全国矿山环境调查数据统计^②,采矿活动每年产生废水、废液约 61.9 亿 t,年排放量约 48.6 亿 t。采矿及矿井水的抽排,不仅破坏了矿区地下水环境,造成水资源的浪费,还污染地表水、土壤。山西省因采煤导致全省井泉减少 3 000 多处,18 个县 26 万人吃水困难,30 万亩水田变成旱地。另据不完全统计,因废渣、尾矿造成水体严重污染的有色金属矿山达 30 多座。天然降水对废渣、废石淋溶所析出的有害物质污染地表水、地下水和土壤;矿山开采和选矿过程中排放大量以粉尘和有害气体为主要成分的废气,仅煤炭采矿行业废气排放量就占全国工业废气排放量的 5.7%,其中烟尘、SO₂、NO_x 和 CO 等有害物排放量为每年 73.13 万 t,废气的排放导致了矿区的大气污染;我国采矿活动每年产生废石、尾矿等固体废物约 17.6 亿 t,年排放量约 15.3 亿 t。全国累计采矿产生的废渣、废石等积存量约 221.8 亿 t,侵占土地达 586 万 ha,破坏森林 106 万 ha,破坏草地 26.3 万 ha;地表植被破坏和尾矿的大量堆放,导致严重的水土流失和土地荒漠化,如准格尔煤田土地沙化面积已占煤田面积的 21%。采矿活动诱发多种地质灾害,破坏矿区自然地地貌景观,2002~2006 年,采矿引发的矿山地质灾害累计 12 366 起,造成直接经济损失 166.3 亿元,人员伤亡 4 250 人。全国因采矿形成的采空区面积约 134.9 万 ha,引起大型塌陷 180 余处,塌陷坑 1 600 多个,塌陷面积 1 150 km²。全国发生采矿塌陷灾害的城市近 40 个,造成严重破坏的 25 个,每年因采矿地面塌陷造成的损失达 4 亿元以上^②。

① 资料来源:全国矿产资源规划(2008~2015)。

② 资料来源:国土资源部地质环境司,矿山环境保护法律法规建设专题研究汇报材料,2007 年 12 月。

矿山是我国环境保护的重灾区,也是环境保护工作相对薄弱的领域。目前,矿山环境问题越来越突出,严重影响和制约着矿业自身乃至整个国民经济的可持续发展。矿业兴衰在经济危机中表现出的影响滞后性和影响长远性已被人们所认识。矿山环境问题已引起国务院和环境保护部、国土资源部等相关部委的高度重视,相继颁布了一系列的法律、法规和规定。2000年以来,中央财政安排巨额资金支持矿山环境恢复治理项目,取得了一定进展,但还任重道远。

为满足教学的需要并配合方兴未艾的矿山环境保护工程,编写组在尹国勋自编环境工程专业《矿山环境保护》课程讲稿的框架基础上扩展、补充,编写了本书。书中试图从水、气、声、固废、生态、环境地质灾害和矿区地方病诸方面全面论述矿山环境保护的基本理论和污染治理的技术方法,还介绍了矿山环境管理、矿山环境影响评价和矿山清洁生产的有关知识。

本书共分十一章,前言由尹国勋编写,第一章由赵丽编写,第二章由尹国勋、李成杰、张东、王海邻、李艳利编写,第三章由王海邻、李成杰、杨伟、田彩霞、刘丹编写,第四章由尹国勋、王海邻、黄兴宇、赵丽、刘丹、冯爱云编写,第五章由冯爱云、田彩霞编写,第六章由黄兴宇、孟红旗、杨英编写,第七章由贾保军编写,第八章由王明仕、尹国勋、李艳利编写,第九章由张东、贾保军编写,第十章由杨伟、王明仕编写,第十一章由赵丽编写。尹国勋负责全书的策划、修改、统稿与审定。

在本书的编写过程中,除采用了编者科研工作的有关成果外,更多的是参考了同行专家、学者的大量学术成果和资料,在此对他们表示敬意和感谢。

由于编者水平有限,书中难免存在疏漏或错误,敬请读者批评指正。

编 者

2010年2月于河南理工大学



目 录

第一章 矿山环境问题	1
第一节 矿产资源	1
第二节 矿产资源开发对环境的影响(以煤矿开发为例)	4
参考文献	9
第二章 矿山废水的处理与综合利用	10
第一节 矿山废水污染	10
第二节 环境标准	14
第三节 煤矿矿井水处理与利用	40
第四节 水处理设备	64
第五节 矿井水的综合利用	72
参考文献	73
第三章 矿区大气污染与防治	75
第一节 矿山常见大气污染物性质及危害	75
第二节 露天矿大气污染与防治	79
第三节 井巷开采矿大气污染与防治	86
第四节 矿区大气污染物排放标准	91
第五节 锅炉烟气的治理	92
第六节 贮煤场灰尘对大气环境的影响及防治措施	101
第七节 废石临时堆放场对大气环境的影响及防治措施	102
第八节 运输过程扬尘对大气环境的影响及防治措施	103
第九节 除尘设备	104
第十节 脱硫设备	116
第十一节 煤烟型大气污染的宏观控制	120
参考文献	133

第四章 矿山固体废物与资源化利用	134
第一节 固体废物的定义及其分类	134
第二节 矿山固体废物的定义及来源	135
第三节 矿山固体废物对环境的影响	136
第四节 矿山固体废物的分类及性质	141
第五节 矿山固体废物的资源化利用	143
参考文献	160
第五章 矿山噪声污染与防治	161
第一节 矿山噪声源、特点及其危害	161
第二节 噪声的量度	165
第三节 有关环境噪声的标准	168
第四节 噪声的测试	170
第五节 噪声的控制原理和方法	172
第六节 矿山机械设备噪声控制	181
参考文献	191
第六章 矿山生态环境治理	192
第一节 矿山开发对生态环境的影响	192
第二节 矿山治理的法律法规	201
第三节 矿山生态环境保护的阶段划分及理论基础	206
第四节 矿山生态环境恢复与重建	214
第五节 矿区土地复垦及其技术	233
参考文献	258
第七章 矿山清洁生产	259
第一节 清洁生产的概念	259
第二节 国内外清洁生产的进展	263
第三节 矿山清洁生产	266
第四节 矿山清洁生产指标体系	268
第五节 各类矿山清洁生产标准及评价案例	270
参考文献	284
第八章 矿山地质灾害与防治	286
第一节 地质灾害的概念	286
第二节 矿山地质灾害	290
第三节 地质灾害的分类	291
第四节 矿山主要地质灾害	293



第五节 矿区主要地质灾害与防治·····	299
参考文献·····	332
第九章 矿山环境影响评价·····	333
第一节 国内外环境影响评价概况·····	333
第二节 矿山环境影响评价·····	336
第三节 煤矿环境影响评价要点·····	339
第四节 矿山地质环境影响评价·····	361
第五节 矿山环境影响评价报告案例(节选)·····	371
参考文献·····	388
第十章 矿区地球化学与地方病·····	390
第一节 矿区地方病的地球化学特点·····	390
第二节 矿山地方病的发病机理和防治·····	400
参考文献·····	408
第十一章 矿山环境管理·····	410
第一节 矿山环境管理概述·····	410
第二节 与矿山环境管理有关的法律、法规和政策·····	411
第三节 与矿山环境管理有关的标准·····	420
第四节 环境监测·····	422
参考文献·····	423



第一章

矿山环境问题

矿山是具有工业开采价值的矿产资源的赋存地,是矿业开发活动集中的区域。

矿山环境是指由人类采矿活动产生的矿建系统及选、冶系统等人为环境与矿山自然环境的统称。它以人类采矿活动为主体,与矿山及周边一定区域内的各种环境要素相互作用。

本书所指矿山环境保护,主要论述矿山采矿活动及选矿等矿业活动和矿山地质灾害对矿山大气环境、水环境、声环境、土壤环境和生态环境的影响及其防治措施,不涉及“井下矿山环境”、矿产资源成矿和赋存环境以及由矿业活动发展起来的矿业城市环境。

第一节 矿产资源

一、矿产资源的概念

矿产资源简称矿产,是指由地质作用形成的,具有利用价值的,呈固态、液态、气态的天然矿物和矿石资源,它们是在地球演化进程中,由成矿作用使地球中分散的化学元素富集形成的。由于矿山物质是否被称为“矿产”取决于目前人类对其认识和利用的程度,故随着科技的进步和开发活动的进展,将有更多的矿山物质被称为“矿产”。矿产资源的形成需经过以百万年计的漫长地质时期,所以一般将矿产资源视为不可更新资源。

矿产资源是自然资源的重要组成部分,是国民经济、社会发展和人民生活的重要物质基础。截至2007年底,我国共有非油气矿山126 370个,开采的矿种多达193种^[1]。目前95%以上的能源、80%以上的工业原料、70%以上的农业生产资料、30%以上的工农业用水均来自矿产资源^[2]。矿产资源属耗竭性资源,以不可更新性为其基本特点。中国成矿时空跨度大,矿种齐全,并拥有一批储量大、远景好的矿种,除少数矿产资源比较缺乏外,绝大多数矿种探明储量可观,其中至少有20种重要矿产名列世界前茅。

二、矿产资源的分类

国内外有关矿产资源的分类多种多样,有按化学元素分类的,有按不同工业矿物和岩石分类的,有按工业用途分类的,还有按矿产自然赋存状态分类的。

根据1994年国务院第152号令发布的《中华人民共和国矿产资源法实施细则》的附件“矿产资源分类细目”,我国矿产资源分为能源矿产、金属矿产、非金属矿产和水气矿产四类。

① 能源矿产:指可作为能源利用的矿产,主要有煤、石油、天然气、油页岩、铀、钍等。按赋存状态分为固体和液气体2个矿组、11个矿种。

② 金属矿产:指为冶金工业所需的主要金属原料,主要有铁、锰、铬、钒、铜、铅、锌、汞、金、银等。

按相关产业部门分为黑色金属、有色金属、贵金属、稀有和稀土元素 4 个矿组、59 个矿种。

③ 非金属矿产:按相关产业部门分为化学工业、冶金辅助原料、建筑材料和其他非金属等 3 个矿组、92 个矿种,其中有部分矿种还可按不同的用途再细分出若干个亚矿种。主要有硫铁矿、磷、钠盐、明矾石、芒硝、天然碱、重晶石、云母、石英、石墨、石膏、金刚石、滑石等。

④ 水气矿产类:分为液态、气态 2 个矿组、6 个矿种。如地下水和矿水,二氧化碳、硫化氢、氦气和氖气等。

按上述分类,截至 2006 年年底,我国已发现的矿产合计 171 种,其中有探明储量的矿产 159 种^[3]。

三、矿产资源的特性

(一) 不可再生性

有用元素或有用矿物的富集和成矿经历了以百万年为单位的地质年代,可是现代人类利用和开采矿产资源的速率却是相当惊人的,往往在几年、十几年,多则几十年就可以把一个矿采挖一空。所以矿产资源形成的历史相对于人类社会的发展而言,是不会再生、不可更新的。在人类以现代科学技术对矿产资源大规模采掘的形势下,资源的枯竭是不可避免的。当然,人类如果有计划地利用矿产资源,提高矿产资源的综合利用率,扩大矿产的种类和范围,寻找更多的矿产替代品,可以延长某些矿产资源的枯竭期限。

(二) 成矿作用的多样性与复杂性

地壳是由近百种元素组成的,其中最主要的 9 种元素含量是:O 45.2%、Si 27.2%、Al 8.0%、Fe 5.8%、Ca 5.1%、Mg 2.8%、Na 2.3%、K 1.7%、Ti 0.9%,总计含量占 99%,而其他 90 多种元素含量之和才占 1%,说明地壳中元素含量分布极不均匀。有用元素必须相对富集,并远远超过它们在地壳中的平均含量才能形成矿石,大量集中的矿石形成矿床才具有开采价值。矿床可分为三大类,即内生矿床、外生矿床、变质和多成因矿床。

(三) 共生与伴生性

矿产资源通常具有多种组分共生或伴生的特点。有的矿产是由若干种平均含量差不多的元素或矿种组成,称为共生;多数情况下是以某一种矿产为主,另有若干种相对含量较少的矿种或元素组分在一起,称为伴生。例如内蒙古白云鄂博铁矿的成分十分复杂,已发现有用元素 20 多种,各种矿物百余种,其中可以综合利用的稀有、稀土矿物 30 多种。我国最大的甘肃铜镍矿,伴生有金、银、钴、硒、硫、镉、镓、锗等有用元素;四川攀枝花铁矿共生有钒、钛、钴、镓、锰等 13 种主要矿产。这些矿床都是拥有多种矿产的综合性矿床,这类矿床在我国较多,虽然可以一矿多用,但是矿石的选冶技术条件较复杂,在开采利用上难度较大。

(四) 分布的不均衡性

矿产资源在地球上的分布极不均匀,世界各地矿产资源盈缺不一、贫富不均,金属矿产资源常常分布在人烟稀少的山区。由于矿产资源空间分布的不均衡,就造成了一些国家某些矿产很丰富,另一些矿产资源却缺乏,而另一些国家或地区富有的矿产资源,又可能是别国短缺的资源,这就必然形成国家或地区之间矿产的交流贸易问题,这也正是历史上和当今时代某些发达的大国对弱小国家和第三世界国家进行资源掠夺的客观原因。例如中东地区石油总储量占世界的 65.9%,而日本石油需要量的 70%、西欧石油需要量的 50%、美国石油需要量的 43%均来自中东地区^[4]。我国一些主要的矿产分布不均衡,而且又常常集中分布在僻远、经济开发较晚的地区,这就要求必须把大量矿产运往经济发达地区。以煤为例,1982 年,我国煤炭的调运及外运出口量就达 3.0×10^8 t。我国已探明和已开采的矿山多分布于东部和中部,西部较少。图 1-1 为我国的矿产资源分布图。

(五) 数量与产量的不确定性

由于目前勘探、钻探和物探等勘探方法的局限性,已探明的矿产资源绝大多数隐伏在地面以下约 2 000 m 以浅的地带,这些不同形态的矿体只能根据地质条件间接地推测其储量,误差往往较大,不规则的复杂矿体给矿产资源的寻找和勘探造成很大困难,需要投入大量资金和时间,因此矿产资源不确定性使开发投资具有一定的风险性。

四、中国矿产资源利用概况

中国是世界上矿产资源总量比较丰富、矿种配套程度比较高的国家之一,已探明的矿产资源总量约占世界的 12%。在我国已查明资源储量的矿产 159 种,其中能源矿产 10 种,金属矿产 54 种,非金属矿产 92 种,水气矿产 3 种^[3]。其中钨、锑、稀土、锌、萤石、重晶石、煤、锡、汞、钼、石棉、菱镁矿、石膏、石墨、滑石、铅等矿产的储量在世界上居前列,占有重要地位。另外,铂、铬、金刚石和钾盐等矿的储量较少,不能满足国内的需要。中国矿产资源特点如下:

(一) 矿产资源总量多,但人均占有量较少

中国矿产资源总量居世界第三位,但人均占有量只有世界平均水平的 58%,居第 53 位。

(二) 资源结构与需求结构不协调

部分在世界上具有明显优势的矿产需求量大,而需求量大的矿产资源量不足或是质量欠佳。大宗急需矿产(如石油、天然气、铁、铜、铝、磷、钾等)多半储量不足,或者受区位条件限制,开发利用条件差,难以满足经济建设的需要。

(三) 矿石质量欠佳,贫矿多、富矿少

中国矿石品位多数低于世界平均水平,尤其是需求量大的大宗矿产更为突出。如中国铁矿平均品位仅 33%,比世界平均水平低 10 个百分点以上;铜矿平均品位仅是富铜国家(如智利和赞比亚)的一半左右;铝土矿几乎全部为能耗高、碱耗大、生产成本低的一水硬铝土矿,而国外大部分为生产成本低三水软铝土矿。

(四) 地理分布不够理想

矿产分布多数远离资源消费区。中国主要矿产的地理分布极不均匀,不少待开发的大宗重要矿产主要分布在中、西部经济欠发达、开发条件差或交通运输困难的边远地区和生态环境脆弱地区,而矿产品加工消费区则主要集中在东部沿海地区。

(五) 大型矿少、中小型矿居多

中国已探明的 2 万多个矿床中,大型或超大型矿床仅占矿床总数的 8.6%,矿床规模以中小型为主^[5]。

第二节 矿产资源开发对环境的影响(以煤矿开发为例)

矿业在其开采、加工和运输过程中会对自然环境造成较大的破坏,产生各种各样的污染物,造成大气、水体和土壤的污染,并给生态环境和人体健康带来直接或间接、近期或远期、急性或慢性的不利影响,而且还会引起土地退化、沙漠化和水环境变化等。例如,我国是一个产煤大国,煤炭是生产和生活的主要能源,在我国一次性能源中,煤炭占 75%。由于大量地使用煤炭,我国的大气污染主要是煤烟型污染,酸雨区的分布也与区域性煤炭的使用量有密切关系。同时,煤炭资源的开发利用还直接影响着社会经济的发展。事实证明,一些国家或地区的环境污染状况,在某种程度上和这些国家或地区的矿产资源消耗水平相一致。同时,矿产资源是一种不可更新的自然资源,所以,开发矿业所产生的环境问题,日益引起各国的重视:一方面



是保护矿山环境,防治污染;另一方面是合理开发利用,保护矿产资源。

矿业活动诱发的环境问题与矿产种类、开发方式、环境地质背景以及矿山企业的规模、性质有关。不同的矿山由于开采的矿种不同,会产生不同的矿山环境问题。

露天煤炭的开采导致的环境问题主要有:破坏和占用大量土地,露天开拓、运输及废石堆放产生的大气污染,直接破坏生态环境和自然景观,采场和排土场风、水复合侵蚀造成的边坡稳定问题,排土场煤矸石酸性渗流污染,露天采坑造成的地下水疏干和区域水位下降等。

井工开采的环境问题主要有矿井涌水诱发排、供水及生态环境三者之间的矛盾,采矿诱发的地面塌陷及其对地面建筑物、土地和生态环境的影响,固体废弃物占地及不合理堆放引起的滑坡和泥石流等。

金属矿山环境问题主要有尾矿废渣引起水体的重金属污染;非金属矿山的开采主要是产生的粉尘造成大气污染和严重的水土流失;石油油田的环境问题主要集中在地表水、地下水和土壤的严重污染^[6]。

煤炭资源开发对生态环境四大圈层的影响如表 1-1 所列。

表 1-1 煤炭资源开发对生态环境四大圈层的影响

圈 层	环 境 影 响
大气圈	粉尘;煤矸石自燃的有毒气体;甲烷逸散;煤烟型大气污染等
水 圈	疏干排水导致的地表水和地下水污染;改变地下水赋存条件及流向;区域地下水位下降等
生物圈	表层土直接剥离挖损;土地荒漠化;水土流失;耕地质量恶化;植被破坏;地面塌陷;煤矸石堆占土地等
岩石圈	冒顶、突水、突泥、瓦斯突出或爆炸等井下地质灾害;土地塌陷、地裂缝、滑坡、泥石流等地面地质灾害等

一、对大气环境的影响

在各类矿山中,煤矿的环境问题颇具代表性。煤炭资源开发利用对环境的影响是长期和复杂的,其后果是严重的。影响方式可以是物理或化学的、直接或间接的、长期或短期的。

煤炭资源开采造成的大气污染是指煤矿开采产生的粉尘、废气和有害气体改变了矿区大气自然状态的成分和性质,甚至形成酸雨,导致大气环境质量下降的现象。有害气体和酸雨的沉降,污染地表水、土壤、农作物和植被。据专家估计,全国煤炭系统每年由燃烧排入大气中的废气估计在 1 700 亿 m³,烟尘 0.3 Mt 以上,SO₂ 0.32 Mt 左右,年排出甲烷量为 90 亿~100 亿 m³,约占世界甲烷排放总量的 30%^[6]。

(一) 粉尘

露天煤矿和井工开采工业广场建设剥离的表土、基岩和煤层的穿孔、爆破以及岩块和煤炭在破碎、装载和运输过程中,都将会产生大量的煤尘及其他粉尘,对矿区大气环境造成影响。

(二) 煤矸石自燃产生的有毒气体

煤矸山自燃产生的有毒、有害气体和烟尘也是矿区大气污染的主要污染源之一。据统计,我国现在有 130 余座煤矸山正在发生自燃,占矸石山总数的 13%。由于煤矸山燃烧周期长,产生大量的 CO、CO₂、NO_x、H₂S 等有毒、有害气体,同时伴有大量的烟尘,给矿区大气造成长期的严重污染。有的煤矸山燃烧时表面每小时可释放出 0.5~2.2 m³ 的 CO₂,进入大气中的 CO₂ 的总体积每天可达数万立方米,同时引起大气中颗粒物含量的增加。

(三) SO₂ 及酸雨污染

燃煤产生的 SO₂ 是导致我国西南、华南、华中地区酸雨污染的直接原因。由 1992 年监测

结果可知:我国的酸雨区域主要分布在西南的南充、宜宾、重庆、遵义、贵阳,华南的广州、韶关、柳州、南宁以及华中的赣州、南昌、株洲、长沙、怀化等地。酸雨进入土壤,危害农作物和森林生态系统;进入地表,引起水体酸化,破坏水生生态系统。酸雨还可能导致建筑物中某些金属和非金属材料部件受到缓慢腐蚀,损害人体健康,影响野生动植物生存。

(四) 煤层瓦斯气

煤炭的井工开采中所散发出来的甲烷,也称之为煤层瓦斯(气),是宝贵的能源,但若不加利用,排入大气中,将对臭氧层和地球温室效应产生很大影响,不仅污染矿区大气,而且还污染土壤。释放大量的煤矿区,土壤呈灰色,无一定结构,使农作物部分或全部死亡。

据估计,我国的烟煤和无烟煤中含有 30 万亿~35 万亿 m^3 煤层气,大多数矿山仍是未加利用便将其通过井下通风直接排到空气中,全国煤矿年瓦斯排放量为 77 亿 m^3 [7]。由于不同地区煤层瓦斯的生成条件和赋存条件不同,煤层瓦斯的含量在空间分布上存在较大的差异,表现为高瓦斯矿井和高瓦斯矿区常常集中分布在某些地区。在各大地区中以华南地区的高瓦斯矿井的总数和平均矿井相对瓦斯涌出量最高(见表 1-2)。

表 1-2 我国煤层瓦斯的分布概况 [3]

区 域	矿井数			平均矿井相对瓦斯涌出量大于 $20 \text{ m}^3/(\text{t} \cdot \text{d})$ 的矿区数
	总 数	高瓦斯	低瓦斯	
华 南	1 065	516	549	23
		49 %	51 %	
华 北	580	173	407	5
		29 %	71 %	
东 北	230	120	110	5
		52 %	48 %	
西 北	107	16	91	0
		15 %	85 %	
西藏滇西	25		25	0
			100 %	

二、对水环境的影响

(一) 废水排放污染

矿山废水污染主要来自矿山建设和生产过程中排放的矿井水、选矿废水、尾矿水及废石堆放场淋溶水等。

矿井水是由于在矿产开采过程中,破坏了地下水原始的赋存状态并产生裂隙,或激活了导水断层,促进了各含水层之间的水力联系,大气降水和地表水也可通过渗透补给,使各种水沿着原有的和新形成的裂隙、断层渗入井下采掘空间形成的。地下水与矿层、岩层和空气接触时,发生一系列物理、化学和生化反应而形成各种类型的矿井水。

煤矿高悬浮物矿井水除悬浮物含量高外(一般在 $100 \sim 500 \text{ mg/L}$ 之间),往往含大肠菌群和细菌总数也较高,全国大多数矿井排水属此类型。高矿化度矿井水是由于地下水与煤系地层中碳酸盐类及硫酸盐类等岩层接触,使矿井水中 Ca^{2+} 、 Mg^{2+} 、 CO_3^{2-} 、 HCO_3^- 、 SO_4^{2-} 等离子浓度增高所致,矿化度一般在 $1\,500 \sim 4\,000 \text{ mg/L}$ 之间,最高者达 $15\,000 \text{ mg/L}$,溶解性总固体高



于1 000 mg/L,往往还含有较高的悬浮物、细菌,感观性状指标差,不能达到生活饮用水的标准。酸性矿井水指 $\text{pH} < 6.0$ 的矿井水, pH 值一般在 2~5 之间,广泛分布于南方的高硫煤矿区。特殊污染型矿井水主要是指微量元素超标或含放射性元素的矿井水,主要有含氟矿井水、含重金属矿井水(铁、锰、铜、锌、铅等)以及含放射性元素矿井水。

选矿废水具有水量大、悬浮物含量高、有害物种类多的特点,主要有害物质是重金属和选矿药剂。我国的选矿废水,年排放总量大约为 36 亿 t。这类废水排入河流湖泊后,大量的悬浮固体会使河道淤塞;一些有毒的浮选剂等使水体及周围空气都有异臭,造成水中鱼虾减少,鱼肉有异味,鱼体变形等;有毒的重金属同样会对水源造成污染,尤其通过鱼及农作物的富集而对人体构成威胁。

煤炭的分选会排出大量黑色的洗煤水,其中主要含有大量的悬浮煤粉等,焦煤的浮选洗煤水中还含有油、酚、杂醇等有害物质。洗煤水的直接外排不仅严重浪费能源(煤泥),而且染黑水域,影响景观,同时还淤塞河道,妨害水生生物生长等。我国邯郸、抚顺等地的选煤厂都曾发生过外排洗煤水严重污染生活和生产水源、堵塞河道的事故,造成经济损失达数万至数十万之多。

露天矿、排矿堆、尾矿及矸石堆经雨水淋滤、渗透后,形成含有高浓度硫酸和硫酸盐以及 Cu、Pb、Zn、As、Hg、Cr、Ni 等有害元素的淋溶水地表径流,若未经处理排放,会直接或间接地污染地表水、地下水和周围的农田、土地,并进一步污染农作物,有害元素成分经挥发也会污染空气。

矿山废水引起的污染,不仅限于矿区本身,影响的范围远比矿区范围广。如美国由于选矿的尾矿池和废石堆所产生的化学及物理废水污染,致使 14 000 km 的河流水质恶化。在美国的阿肯色、加利福尼亚等十几个州内,主要河流均受到金属矿山废水的污染,河水中所含的有毒元素,如 As、Cu、Pb 等,都超过了允许标准浓度。

(二) 疏干排水引起的水文地质环境问题

露采和井巷开掘均会使地下水的赋存状态发生变化。矿井疏干排水可改变地下水的天然径流和排泄条件,同时导致地下水资源的巨大浪费,使区域地下水水位大幅度下降,造成矿区水文地质环境的恶化。如山西省因采矿而造成 18 个县缺水,26 万人吃水困难,30 多万亩水浇地变成旱地。焦作九里山矿区的多年排水使地下水位最大降深达 90 m。疏干碳酸盐围岩含水层时,其溶洞则构成了地面塌陷的隐患;当采空区或井巷与地表储水体存在水力联系时,更会酿成淹没矿井的重大事故。

矿井突水是煤矿常见的地质灾害。我国由于矿山疏干排水导致的矿井突水事故不断发生。据统计,近 30 多年来我国主要煤矿区因突水淹没矿井 58 次,部分淹井 64 次,造成经济损失 27 亿元。1984 年开滦范各庄特大水灾,一次造成的损失就近 5 亿元。在河南焦作矿区,突水事故共发生 270 余次,最大突水量达 $243 \text{ m}^3/\text{min}$,突水淹井事故 19 起,每次直接损失数千万元,矿区排水量高达 $8.86 \text{ m}^3/\text{s}$,平均每采 1 t 煤就需排 60 t 水^[7]。开滦范各庄矿突水后,以突水点为中心的 10 余千米范围内,水位下降了 20~30 m,使厂矿、工业和生活供水原有系统失灵,发生“吊泵”现象,形成无水可供的局面。

在我国沿海地区的有些矿区(如复州湾黏土矿、金州湾石棉矿等),因疏干排水形成海水入侵,其入侵范围现仍在不断扩大,破坏了当地淡水资源,影响了植物生长。更严重的是,某些矿山由于排水,疏干了附近的地表水,浅层地下水长期得不到补充恢复,影响植物生长;有的矿区甚至形成土地石化和沙化,生态环境遭到破坏。晋城地区有 7.8 万亩耕地质量下降,4.5 万亩

水地变成旱地;甘肃省因石油开采,导致区域性地下水位下降数十米甚至上百米,造成大面积疏干漏斗,破坏了整个地下水均衡系统,使水资源短缺,井泉干枯,影响了人们的生活用水、工业用水和农业用水。

三、对土地资源的影响

采矿对土地的破坏主要是指采矿工程占用和破坏土地,为采矿服务的交通(公路、铁路等)设施和采矿生产过程中因堆放大量固体废弃物占用土地,以及因矿山开采而产生地面裂缝、变形及地表大面积的塌陷等。据估计,到目前为止,我国采矿工业占用和破坏的土地已达 2 000~3 000 万亩之多^[6]。

(一) 露天采矿对土地资源的破坏及其他环境的影响

露天采矿对土地资源破坏的最主要形式是对表土层直接剥离挖损,这对土地的破坏是最严重和最直接的。1949~1989 年底,全国露天煤矿采煤约 800 Mt,挖损及排土场压占破坏的土地约 1.76 万 ha;1991~2000 年开采原煤约 100 Mt,年破坏土地面积 2 200 ha;今后 30 年累计破坏土地面积将达 13.5 万 ha。虽然露天煤矿产量仅占全国煤炭总量的 4%,但其对矿区土地资源及生态环境的破坏是最为严重的。

我国的露天煤矿大都位于人口密度较稀疏的西部和北部,这些地区属于干旱或半干旱的生态环境脆弱区,如霍林河矿区、伊敏河矿区位于草原风沙区,平朔矿区、准格尔矿区位于水土流失严重区,神府东胜矿区位于毛乌素沙漠和西北黄土高原过渡地带的沙化区。矿区的开发加剧了水土流失和土地沙漠化。例如,准格尔煤田土地沙化面积已占煤田面积的 21%。陕西东胜矿区开发前的风蚀入河沙量为 3 433.46 万 t/a,因一、二期开发工程的建设就新增入河沙量 479.47 万 t/a,这些泥沙从窟野河进入黄河,对下游防洪航运极为不利,给当地农、林、牧生产带来很大困难,同时对矿区自身建设也带来严重危害,如 1988 年 7 月的特大洪水,由于河床淤积,大柳塔大桥泄洪受阻,洪水漫过河堤,席卷大柳塔小区,造成了数百万元的经济损失。此外,伴随矿区一、二期工程,将新增沙化面积 129.64 km²,是自然沙漠化面积的 1.54 倍,若加上该区沙漠化的自然发展,将使开发范围内的 85.5% 的土地沙漠化。因此,我国西北露天煤矿的水土保持和土地荒漠化防治应引起高度重视。

(二) 井下开采引起崩塌、滑坡、地面开裂与沉降等土地破坏

矿山井下开采,由于采空和顶板岩石的冒落,地面发生大面积塌陷,致使大量良田废弃,村庄搬迁。我国 96% 的煤炭来自于井工开采,因而采煤沉陷是我国煤矿区最主要的生态破坏形式。据不完全统计,截至 2007 年底,我国因煤炭开采沉陷土地总面积已达 40 万 ha,平均开采万吨煤沉陷土地面积 0.2 ha,按年采 2 000 Mt 计,采煤沉陷土地还以 44 000 ha/a 的速度递增^[6]。由于我国各矿区地形、地貌、自然环境及地质采矿条件不同,开采沉陷对土地的影响和破坏程度也各不相同。西北、西南、华中、华北和东北大部分地区的山地、丘陵矿区开采沉陷后地表、地貌无明显变化,基本不积水,对土地影响相对小;黄河以北的大部分平原矿区属中、低潜水位平原沉陷区,开采后沉陷地只有小部分常年积水,积水区周围部分缓坡地易发生季节性积水,造成水土流失和盐渍化,对土地影响较为严重。位于黄淮平原的华东矿区(主要位于安徽、山东、江苏等省)属高潜水位沉陷地,开采沉降后地表大部分常年积水,造成耕地绝产,积水区周围沉陷坡地大部分发生季节性积水,并使原地面农田水利设施遭到严重破坏,对土地影响严重。同时,华东矿区人口密集,是我国重要的商品粮基地,采煤沉陷造成的耕地损失和人地矛盾最为突出。



(三) 煤矸石和粉煤灰的堆放侵占大量土地

煤炭的开采和分选加工产生了大量的煤矸石,坑口发电厂又产生大量的粉煤灰。据统计,我国国有煤矿现有的矸石山有 1 000 余座,总堆积量达 30 亿 t,并且每年排放 1.5 亿~2.0 亿 t,占地面积超过 55 km²。由于我国现阶段技术经济条件的限制,其综合利用率只占 20%~40%,致使大量的矿山固体废弃物侵占大量的农田、污染矿区环境、破坏生态平衡。例如,大同矿区的固体废弃物堆存量日益增多,主要是煤矸石和粉煤灰,占废弃物总产生量的 80%。

四、对地貌景观以及植被的影响

煤炭资源的开发对景观破坏的形式有:工业广场井架高耸、管线密布;排矸(矸石山、矸石堆)无观赏价值且污染大气、土壤和水体环境;地表下沉引起地表积水或地貌改变;建筑物倒塌、裂缝;地表水污染、河水倒灌等。露天开采可将矿区土地破坏得面目全非,原有的生态环境难以恢复。

全国因采矿而破坏的森林面积已达 106 万 ha。据调查,矿山开发占用林地面积最多的 4 个省区依次为黑龙江、四川、山西和江西。全国矿山开发占用草地面积为 26.3 万 ha,草地退化日趋严重,退化率由 20 世纪 70 年代的 16%上升到目前的 37%,平均每年以 67 万 ha 的速度递增。

五、噪声污染

矿山噪声的来源主要有矿山采矿机械振动(包括凿岩机、钻机、风机、空压机和电机等)、爆破、机械维修、选矿作业以及矿区运输系统。矿山噪声源数量多、分布广,普遍未采取适当的控制措施,许多设备和作业区的噪声超过 90 dB 的国家标准,对矿山工厂和附近居民造成危害。超过 140 dB 的噪声会引起耳聋,诱发疾病,并能破坏仪器的正常工作,对栖息于该地区的动物亦构成生存威胁。

六、引发地质灾害

采矿过程中,在一定的地质、地形及气象条件下,在矿山及其相邻地带会发生山体崩塌、滑坡、泥石流、尾矿库溃坝等地质灾害。矿山地质灾害的环境影响在第八章中详述。

综上所述,矿产开发对矿山水环境、大气环境、土壤环境、声环境和生态环境的影响是严重的,而各种不利的环境影响最终都集中表现在对矿山生态系统的影响。研究各类污染产生的原因,提出经济、实用、高效的污染防治措施,是保障矿山可持续发展和生态平衡的重要任务。

参考文献

- [1] 国土资源部地质环境司. 矿山环境保护法律法规建设专题研究汇报材料[R]. 2007,12.
- [2] 桂和荣. 环境保护概论[M]. 北京:煤炭工业出版社,2002.
- [3] 张文驹. 中国矿产资源与可持续发展(中国可持续发展总纲第 9 卷)[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [4] 中国自然资源丛书编撰委员会. 中国自然资源丛书矿产卷[M]. 北京:中国环境科学出版社,1996.
- [5] 魏振枢. 环境保护概论[M]. 北京:化学工业出版社,2007.
- [6] 中国生态补偿机制与政策研究课题组. 中国生态补偿机制与政策研究[M]. 北京:科学出版社,2007.
- [7] 尹国勋. 煤矿环境地质灾害与防治[M]. 北京:煤炭工业出版社,1997.