

徐晓军 张艮林 白荣林 等编著

矿业环境工程 与土地复垦

KUANGYE HUANJING GONGCHENG
YU
TUDI FUKEN



化学工业出版社

林林 白荣林 等编著

KUANGYE HUANJING GONGCHENG YU TUDI FUKEN



化学工业出版社

• 北京 •

前 言

矿业是工业的命脉，是人类社会赖以生存和发展的基础产业，为国民经济提供主要能源和冶金原料等，因此被誉为“工业和生活之母”。我国是世界上矿业起源最早的国家之一，矿产资源的开采和利用已有几千年的历史。目前，我国95%以上的能源、80%以上的工业原料、70%以上的农业生产资料都来自于矿产资源，是世界上矿产资源开采产量最高的国家之一，矿山开采是我国生产活动与经济增长的重要组成部分。

由于我国曾对矿产资源开采加工缺乏管理和规划，对矿山环境和“三废”排放缺乏有效治理，产生了严重的矿山生态环境问题，导致矿山生态环境恶劣。随着我国经济和社会的发展、环境保护意识的增强，以及清洁生产和社会可持续发展的需要，矿山环境保护、污染防治与治理已成为迫切需要解决的重大社会和环境问题。

为了满足我国矿业环境工程的生产与发展及相关人才的需要，根据近年来的大量文献资料，结合当前国内外的有关科研与工程实践最新技术和成果，编写了本书，力求做到以理论为基础，以实践为指导，深浅结合，易懂易学，为推动矿业环境工程事业发展做出一份贡献。本书可作为相关技术和科研人员的参考书，亦可作为相关专业人员学习的教材。

本书由昆明理工大学徐晓军教授（博士生导师）定稿。第1章第2节，第4章第1节和第2节，第7章第1节、第3节和第5节由徐晓军编写。第1章第1节，第4章第3节和第4节，第7章第2节、第4节、第6节和第7节由昆明冶金研究院白荣林高级工程师编写。第2章和第6章第1节、第2节和第3节由徐晓军、白荣林高级工程师编写。第3章和第5章由云南大学张良林副教授编写。第6章第4节和第5节由昆明理工大学周平副教授编写。在本书的编写过程中，得到了教育部矿物加工专业指导委员会、昆明理工大学、昆明冶金研究院和化学工业出版社的大力支持，同时得到中南大学胡岳华和冯其明、中国矿业大学赵跃明、北京科技大学林海、东北大学魏德州、贵州大学张覃和昆明理工大学童雄和宁平等教授的支持和帮助，昆明理工大学王宏宾教授为本书第7章进行了审核，本书参考了国内外相关文献，在此一并表示衷心感谢。

由于作者水平有限，时间仓促，书中疏漏和不足之处在所难免，敬请广大读者批评指正。

作者

2009年10月于昆明理工大学

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概述	1
1.1.1 环境与环境问题	1
1.1.2 环境质量与容量	2
1.1.3 环境标准与体系	2
1.1.4 环境污染与污染源	4
1.1.5 污染物在环境中的变化	5
1.1.6 自然资源与可持续发展	5
1.2 矿业工程的环境问题与环境保护	8
1.2.1 矿产资源及矿山简介	8
1.2.2 矿业工程污染源和污染物	9
1.2.3 矿业工程中的环境问题	9
1.2.4 矿业环境保护现行法律制度	11
1.2.5 矿业环境保护工作与任务	12
第 2 章 矿业水污染及其防治	13
2.1 概述	13
2.1.1 水资源与水的循环	13
2.1.2 水体污染	13
2.1.3 水体自净	14
2.2 矿业废水污染特点	16
2.3 矿业废水的来源与危害	18
2.3.1 矿业废水	18
2.3.2 矿山酸性水	19
2.4 矿业废水的主要污染物及特性	21
2.4.1 有机污染物	21
2.4.2 无机污染物	22
2.4.3 油类污染物	23
2.4.4 固体污染物	24
2.4.5 生物污染物	24
2.5 矿业废水水质指标与排放标准	25
2.5.1 水质指标	25
2.5.2 水质标准	29
2.5.3 废水排放标准	30
2.5.4 矿业废水水质监测方法	31
2.6 废水处理基本技术与方法	37

2.6.1	废水处理基本方法	38
2.6.2	废水处理系统	40
2.7	矿业废水污染控制技术与方法	41
2.7.1	矿业水污染预防技术与方法	41
2.7.2	采矿废水处理技术与方法	43
2.7.3	选矿厂废水处理技术与方法	47
2.7.4	矿业废水资源化利用	48
第3章	矿业大气污染及其防治	49
3.1	概述	49
3.1.1	大气组成与结构	49
3.1.2	大气污染的形成及类型	50
3.1.3	大气污染物	51
3.2	矿区气态污染物污染	57
3.2.1	矿区大气污染现状	57
3.2.2	矿区大气污染物分类	57
3.2.3	矿区大气污染的影响因素	58
3.2.4	矿区空气污染物来源、性质与危害	58
3.2.5	燃烧与矿区大气污染	60
3.3	矿山粉尘污染	61
3.3.1	矿山粉尘来源与分类	62
3.3.2	矿山粉尘性质与测定方法	63
3.3.3	矿山粉尘危害与评价	65
3.4	矿山大气相关标准	66
3.4.1	矿山安全规程规定	66
3.4.2	大气环境标准	67
3.5	矿业空气污染处理技术	70
3.5.1	矿业气态污染物防治技术	70
3.5.2	矿业粉尘防治技术	74
3.6	矿业大气污染与防治应用实例	86
3.6.1	平顶山煤烟型大气污染治理	86
3.6.2	平庄西露天煤矿粉尘防治	88
3.6.3	内蒙古某选煤厂破碎机粉尘治理实践	90
第4章	矿业固体废物处理与处置	92
4.1	概述	92
4.1.1	固体废物分类及特点	92
4.1.2	固体废物的资源化利用	93
4.1.3	固体废物污染控制与资源化基本方法	93
4.2	矿业固体废物的来源与危害	94
4.2.1	矿业固体废物的来源	94
4.2.2	矿山固体污染物的危害	95

4.3 矿业固体废物的处理与利用	96
4.3.1 矿业固体废物处理与利用的一般原则	96
4.3.2 煤矸石的处理与利用	96
4.3.3 选矿尾矿的处理与利用	100
4.3.4 煤泥的综合利用	103
4.3.5 矿山废石的处理与利用	104
4.4 矿业固体废物的处置	105
4.4.1 尾矿库	105
4.4.2 排土场	108
4.4.3 尾矿库事故案例	109
第5章 矿业噪声污染及其控制	112
5.1 概述	112
5.1.1 声学基础知识	112
5.1.2 噪声和噪声污染	114
5.1.3 噪声的物理量度	115
5.2 矿业噪声污染及控制标准	115
5.2.1 矿业噪声污染源	116
5.2.2 几种主要矿山设备噪声的特点	118
5.2.3 矿业噪声的特点与危害	118
5.2.4 矿业噪声控制标准	120
5.3 噪声控制基本原理及技术	122
5.3.1 噪声控制基本原理	122
5.3.2 噪声控制的基本方法	128
5.3.3 矿业噪声防治技术	131
5.4 矿业噪声污染与防治应用实例	135
5.4.1 阳泉矿业集团大南沟工业场区噪声综合控制实践	135
5.4.2 平朔公司安家岭露天煤矿噪声污染防治	137
第6章 矿井热污染及其防治	139
6.1 概述	139
6.2 人体的热平衡与矿井环境质量的关系	140
6.2.1 矿井热污染来源	140
6.2.2 人体的热平衡	141
6.2.3 矿井热污染的危害	143
6.3 矿井气候条件的监测与指标	146
6.3.1 监测方法与仪器	146
6.3.2 热环境的舒适指标	148
6.3.3 矿内气温的影响因素	151
6.4 矿井热污染防治技术及应用	157
6.4.1 通风降温	157
6.4.2 天然水湿及干式冷护降温	162

6.4.3	冷冻机制冷降温	163
6.5	热污染防治常用设备	169
6.5.1	通风降温设备	169
6.5.2	水湿及干式降温设备	170
6.5.3	冷冻制冷降温设备	170
第7章	矿业废弃土地复垦	172
7.1	概述	172
7.1.1	矿业废弃地及危害	172
7.1.2	矿业废弃地土地复垦	174
7.1.3	矿业废弃地生态恢复	176
7.1.4	矿业废弃地土地复垦与生态恢复的相互关系	177
7.1.5	国内外矿业土地复垦发展情况	178
7.2	矿业废弃地土地复垦规划与设计	180
7.2.1	矿业土地复垦规划设计基本原则	180
7.2.2	矿业土地复垦目标和利用方式	182
7.2.3	矿业土地复垦规划与设计技术体系	184
7.3	矿业废弃地土地复垦技术与方法	187
7.3.1	矿业废弃地工程复垦	188
7.3.2	矿业废弃地生物复垦	191
7.3.3	复垦土地植被恢复及植物配置	192
7.4	矿区环境绿化	196
7.4.1	植物在环境保护中的作用	196
7.4.2	矿区绿化的一般原则	197
7.4.3	矿区绿化植物的选择	197
7.5	矿业废弃地土地复垦措施	198
7.5.1	地下(井下)开采沉陷地土地复垦	198
7.5.2	露天开采的土地复垦	199
7.5.3	尾矿库的土地复垦	202
7.5.4	排土场的土地复垦	203
7.6	矿业废弃地复垦与生态恢复的管理途径	204
7.6.1	国内矿业废弃地复垦与生态恢复管理途径	204
7.6.2	国外土地复垦与生态恢复管理途径介绍	205
7.7	矿区土地复垦技术实例	207
参考文献		212

第1章 绪论

1.1 概述

1.1.1 环境与环境问题

(1) 环境组成与分类

① 环境概念 按照《中华人民共和国环境保护法》，环境是指影响人类生存和发展的各种天然和经过人工改造的自然因素的总体，即大气、水、海洋、土地、矿藏、森林、草原、野生生物、自然遗迹、人文遗迹、自然保护区、风景名胜区、城市和乡村等。

② 环境组成 包括自然环境和人工环境。自然环境是在人类出现之前存在，是人类目前赖以生存、发展所必需的自然条件和自然资源的总称，即阳光、温度、气候、地磁、空气、水、岩石、土壤、动植物、微生物以及地壳稳定性等自然因素的总和。用一句话概括就是“直接或间接影响到人类的一切自然形成的物质、能量和自然现象的总体”。

人工环境是指由于人类的活动而形成的环境要素，它包括由人工形成的物质、能量和精神产品，以及人类活动中所形成的人与人之间的关系。

③ 环境分类 人类的生存环境，按由近及远、由小到大可分为聚落环境、地理环境、地质环境和星际环境，形成一个庞大的多级体系。聚落环境按其性质、功能和规模又分为院落环境、村落环境和城市环境。

(2) 环境问题与分类

① 环境问题 广义上讲就是由自然力或人为引起生态平衡破坏，最后直接或间接影响人类的生存和发展的一切客观存在的问题。狭义上讲就是由于人类的生产和生活活动使自然生态系统失去平衡，引起环境质量变化，反过来影响人类生存和发展的一切问题。环境问题的实质是人类社会发展与环境不和谐所引起的问题。

② 环境问题分类 从引起环境问题的根源考虑，可分为两类。a. 由自然演变和自然灾害引起的原生环境问题，属于第一类环境问题，如地震、洪涝、干旱、台风、崩塌、滑坡、泥石流等。b. 由人类活动引起的次生环境问题（又称为“公害”），属于第二类环境问题，一般又分为环境污染和环境破坏两大类。如乱砍滥伐引起的森林植被的破坏，过度放牧引起的草原退化，大面积开垦草原引起的沙漠化和土地沙化，工业生产造成大气、水环境恶化等。原生与次生环境问题常常互相影响、互相作用、相互转化。

(3) 环境问题的产生与发展

① 人类社会早期的环境问题 因乱采、乱捕破坏人类聚居的局部地区的生物资源而引起生活资料缺乏甚至饥荒，或者因为用火不慎而烧毁大片森林和草地，迫使人们迁移以谋生存。

② 以农业为主的奴隶社会和封建社会的环境问题 在人口集中的城市，各种手工业作坊和居民抛弃生活垃圾，曾出现环境污染。

③ 产业革命以后到 20 世纪 50 年代的环境问题 出现了大规模的环境污染, 局部地区的严重环境污染导致“公害”病和重大公害事件的出现。另外, 自然环境的破坏, 造成资源稀缺甚至枯竭, 开始出现区域性生态平衡失调现象。

④ 当前世界的环境问题 环境污染出现了范围扩大、难以防范、危害严重的特点, 自然环境和自然资源难以承受高速工业化、人口剧增和城市化的巨大压力, 世界自然灾害显著增加。到目前为止已经威胁人类生存并已被人类认识到的环境问题主要有全球变暖、臭氧层破坏、酸雨、淡水资源危机、能源短缺、森林资源锐减、土地荒漠化、物种加速灭绝、垃圾成灾、有毒化学品污染等众多方面, 可归纳为以下四类: a. 人口问题。这是一切环境问题的根源, 并具有相对独立性, 人口急剧增长是人类当前所面临的首要问题。b. 资源问题。全球资源危机主要表现在土地和森林资源不断减少、水资源不足、矿产资源濒临枯竭等。c. 生态破坏问题。全球性生态破坏造成森林减少、土地退化、沙漠化和生物物种大量减少等。d. 全球性环境污染问题。全球性的环境污染已造成全球变暖、大气污染、臭氧层破坏、酸沉降、海洋污染、危险废物越境转移、有毒化学品污染转移等问题。

1.1.2 环境质量与容量

(1) 环境质量 指在一个具体的环境内, 环境的总体或环境的某些要素的好坏, 反映了对人群的生存和繁衍以及社会经济发展的适宜程度, 是为满足人类评定环境的具体要求而形成的一种概念。到 20 世纪 60 年代, 随着环境问题的出现, 常用环境质量的好坏来表示环境遭受污染的程度。

环境科学所指的环境是围绕着人群的空间以及其中可以直接、间接影响人类生活和发展的各种自然要素和社会要素的总体, 所以环境质量的好坏又是根据人类的某种要求而定的。例如, 根据人体健康对空气的要求, 大气污染严重的地方, 环境质量就坏, 空气清新的地方就好; 根据人群对生活舒适的要求, 嘈杂的闹市环境质量就坏, 恬静的郊野就好; 对经济开发来说, 水热条件适宜、土地肥沃、资源丰富、交通方便的区域, 环境质量就好, 反之则差。控制污染、保护环境、改造自然和合理利用资源等, 都可属于改善环境质量。因此, 环境质量又具有人类发展与环境相协调程度的含意。

环境质量包括环境综合质量和各种环境要素的质量, 如大气环境质量、水环境质量、土壤环境质量、生物环境质量、城市环境质量、生态环境质量、文化环境质量等。由于环境质量是依据人类的各種要求来评价的, 对环境污染程度的评价叫做环境质量评价, 一些环境质量评价的指数, 就称为环境质量指数。可见, 环境质量和环境质量标准是不能分开的, 环境质量标准也依不同的要求而有很多种, 这样就产生了环境质量标准的体系。

(2) 环境容量 指对一定区域, 根据自然净化能力, 在特定的污染源布局 and 结构条件下, 为达到环境目标值所允许的污染物最大排放量。

(3) 总量控制 是根据水体和大气环境使用功能、要求及自净能力, 对污染源排放的污染物总量实行控制的管理方法, 基本出发点是保证水体和大气环境使用功能质量的限制性要求。总量控制制度是指国家环境管理机关依据所勘定的区域环境容量决定区域中的污染物质排放总量, 根据排放总量削减计划, 向区域内的企业个别分配各自的污染物排放总量额度的一项法律制度。

1.1.3 环境标准与体系

(1) 环境标准 环境标准是指为了保护人类健康、防治环境污染、促使生态良性循环, 同时又合理利用资源、促进经济发展, 依据环境保护法和有关政策, 对环境中污染物的容许

含量和污染源排放污染物的数量和浓度等所做的技术规范。环境标准也是国家和地方政府的政策、法规的具体体现。

在一定时间和空间范围内,根据社会经济的发展需要,以保护生态环境和生活环境为目标而制定的统一规范称为环境标准。为保护环境和有利于生态平衡,对大气、水、土壤、噪声、振动等环境质量、污染源、检测方法以及其他事项制定的标准,称为环境保护标准。

环境标准是随着环境问题的产生而出现的。英国早在 1863 年就制定了《碱业法》,对污染物的排放量做出了规定。到了 20 世纪 60 年代之后,各国相继开始制定各种环境标准。国际标准化组织于 1972 年开始制定基础标准和方法标准,以统一各国环境保护工作的名词、术语、单位、取样和监测方法等。我国环境标准是与环境保护工作同时产生和发展起来的。1973 年我国发布了第一个环境标准《工业“三废”排放试行标准》。从 1979 年开始,在原有环境标准的基础上制定了一系列环境标准,经过数次清理和调整,形成了较为完善的环境标准体系。

(2) 我国环境标准的体系结构 我国环境标准的制定是根据国家环境政策和有关法令,在综合分析我国的环境质量状况、经济技术水平和社会总体要求的基础上制定的。根据不同的环境功能类别、区域性和行业之间的不同环境问题、适用范围和地区的差别,制定不同的环境质量标准和相应的污染物排放标准。

现行的环境标准体系是由国家环境标准、环保行业标准和地方环境标准组成的。国家环境标准由国家环境质量标准、国家污染物排放标准、污染物测定方法标准、标准样品标准和基础标准五大类组成;环保行业标准的内容是在全国的环境保护工作中需要统一的、除国家环境标准以外的技术要求;地方标准包括地方环境质量标准和地方污染物排放标准两类。

① 国家环境标准 国家环境标准是对全国范围内环境保护和生态平衡所做的统一的技术规范。国家环境标准是一个国家制定的最高级别的环境标准,在全国范围内实施。强制性国家环境标准的代号是“GB”,推荐性国家环境标准的代号是“GB/T”。

② 环保行业标准 环保行业标准是为了适应我国经济体制改革,加强环保行业管理而提出的一类新标准,是对没有国家环境标准而又需要在全国环保行业内统一的技术要求所做的规定。环保行业标准的提出是对我国环境体系认识不断深化的结果,它的制定将使我国环境体系更趋完善。强制性环保行业标准代号是“HJ”,推荐性环保行业标准代号是“HJ/T”。

③ 地方环境标准 地方环境标准是国家环境标准体系的重要组成部分。这些地方环境标准在各地环境管理实践中发挥了重要作用,逐步形成了国家环境标准和地方环境标准同步发展的新格局。地方环境标准是对没有国家环境标准和环保行业标准而又需要在省、自治区、直辖市范围内统一的技术规范。地方环境标准的代号由汉语拼音字母“DB”加上省、自治区、直辖市行政区划代码前两位数再加斜线组成,即“DB××/”。再加“T”组成推荐性地方环境标准,即“DB××/T”。

(3) 我国环境标准体系的分类 我国环境标准体系可分为环境质量标准、污染物排放标准、环境基础方法标准、污染控制技术标准和企业环境管理认证及环保标志产品认证标准五大类。

① 环境质量标准 环境质量标准是以保障人的健康和生活环境为目标而确定的各种污染物在环境中的允许含量。我国目前已经颁发的环境质量标准有《环境空气质量标准》、《地表水环境质量标准》、《地下水环境质量水质标准》、《生活饮用水水质标准》、《城市区域环境噪声标准》、《海水水质标准》、《渔业水域水质标准》、《工业企业设计卫生标准》、《农田灌溉水质标准》等。

② 污染物排放标准 污染物排放标准是为了有效地控制污染、达到环境质量标准的要求而对污染源容许排放浓度和排放量所做出的限定。我国目前颁发的污染物排放标准主要有水污染物综合排放标准、工业废水排放标准和工业废气排放标准及噪声标准等，标准中对各类污染物的排放都做了明确规定。

③ 环境基础方法标准 环境基础方法标准是为了制定、修订和执行各项环境标准而提出的基本原则、监测分析方法以及标准中名词、术语、符号的规范性解释等。我国目前颁发的《地方污染排放标准制定原则》以及《污染物的监测和采样方法的统一规定》都属于这类标准。

④ 污染控制技术标准 污染控制技术标准是由污染物排放标准引申而来的，是生产、设计和环保管理人员执法的具体技术措施。它是以污染物排放标准为依据，对燃料、原料、生产工艺、产品、治理技术、排放设施及设计等各环节做出的具体技术规定。如对某种生产设备明文规定必须配备何等效率的净化装置或安装多高的排气筒等。制定这种技术标准的目的为了便于执行和检查，因此在企业环境管理实践中具有非常实际的意义。

⑤ 企业环境管理认证及环保标志产品认证标准 这类标准主要由国际标准 ISO9000、ISO14000、ISO18000 等引进而来，目的是从可持续发展及产品生命周期的角度规范企业或机构的管理体系。

1.1.4 环境污染与污染源

(1) 环境污染与分类

① 环境污染 是指有害物质或因子进入环境并在环境中扩散、迁移、转化，使环境系统的结构和功能发生变化，对人类以及其他生物的生存和发展产生不利影响的现象。简言之，环境因受人类活动影响而改变了原有性质或状态的现象称为环境污染。

② 环境污染类型分类 a. 按环境要素可分为大气污染、水污染、土壤污染等。b. 按产生的原因可分为生活污染和生产污染，生产污染又可分为工业污染、农业污染、交通运输污染等。c. 按污染物的性质可分为物理污染、化学污染、生物污染等。d. 按污染物的形态可分为废气污染、废水污染、固体废物污染、噪声污染和辐射污染等。e. 按污染涉及的范围可分为全球性污染、区域性污染、局部性污染等。

(2) 污染源与分类

① 污染源 通常是指向环境排放的有害物质或对环境产生有害影响的场所、设备或装置的总称，是造成环境污染的污染物的发生源。

② 污染源分类 按造成环境污染的原因分为天然污染源和人为污染源。天然污染源如火山喷发、泥石流、天然森林火灾等；人为污染是由人类生产和生活活动排放的污染物对环境的污染，人为污染是环境保护研究和控制的主要对象。

人为污染源可分类如下。a. 按污染物排放的种类可分为有机污染源、无机污染源、热污染源、放射性污染源、病原体污染源和混合污染源等。b. 按污染对象（受体）可分为大气污染源、水体污染源、土壤污染源和生物污染源等。c. 按污染物排放、空间分布形式可分为点源和非点源污染源，非点源污染源又可细分为线源和面源污染源。d. 按污染物排放的时间间隔可分为连续排放污染源、间隔排放污染源、瞬间排放污染源。e. 按人类活动可分为工业污染源、农业污染源、交通污染源和生活污染源。

③ 污染物的产生 污染物的产生来自自然（天然污染源）和人为过程（人为污染源）。自然来源的污染物的产生取决于自然环境状况，如火山喷发产生 SO_2 、尘埃。人为污染物的产生取决于人类对自然资源的利用情况。这是由于人类目前尚不能完全消耗和利用从环境中

获取的物质能量，即在生产消费和生活消费过程中存在“耗散和废弃物”，这部分不为人类利用的物质或能量排放到环境形成污染物，就有可能造成环境污染。

1.1.5 污染物在环境中的变化

(1) 污染物的迁移 污染物的迁移是指污染物在环境中发生空间位置的移动及其引起的富集、分散和消失过程，其迁移方式有机械迁移、物理-化学过程、生物迁移与富集三种。

① 机械迁移 a. 水的机械迁移：污染物在水中扩散，被水流搬运。b. 气的机械迁移：污染物在大气中的扩散，被气流搬运。c. 重力的机械迁移：颗粒污染物在重力的作用下发生沉降作用。

② 物理-化学过程 通过物理化学作用实现迁移，这种迁移决定了污染物的存在形式、富集危害（如溶解-稀释作用、氧化-还原作用、水解作用、络合和螯合等）。

③ 生物迁移与生物富集 通过食物链对污染物的放大积累（如：浓度为 3×10^{-12} 的 DDT 进入水体经过生物富集后浓度为 30×10^{-6} ，扩大了 1000 万倍）。

(2) 污染物的转化与降解 污染物的转化与降解是指污染物在环境中通过物理、化学和生物作用改变其形态或转变为另一种物质的过程。根据污染物所处介质的不同，又可分为在大气、水体、土壤中的转化与降解形式。污染物的迁移、转化与降解通常是相伴的，其转化与降解的原理方式有以下 3 种。

① 物理转化 自然蒸发、渗透、凝聚、吸收及放射性元素蜕变等。

② 化学转化与降解 光化学氧化、氧化还原、络合水解等最为常见。

③ 生物转化与降解 生物分解、生物吸收、生物富集、生物转化等。

此外，污染物的迁移、转化与降解受两方面因素的制约：污染物自身的物理化学性质；外界环境条件，包括外界物理化学条件、自然地理条件和生物环境条件等。

1.1.6 自然资源与可持续发展

(1) 自然资源

① 自然资源 一般是指一切物质资源和自然过程，通常是指在一定技术经济环境条件下对人类有益的资源，从资源再生性角度可划分为可再生资源 and 不可再生资源。

② 可再生自然资源 即在人类参与下可以重新产生的资源，如农田如果耕作得当，可以使地力常新，不断为人类提供新的农产品。再生资源有两类：一类是可以循环利用的资源，如太阳能、空气、雨水、风和水能、潮汐能等；另一类是生物资源。

③ 不可再生自然资源 又称或耗竭性资源，主要指自然界的各种矿物、岩石和化石燃料等矿产资源，如泥炭、煤、石油、天然气、金属矿产、非金属矿产等。这类资源是在地球长期的演化过程中，在一定阶段、一定地区、一定条件下，经历漫长的地质时期形成的。与人类社会的发展相比，其形成非常缓慢，与其他资源相比，再生速度很慢，或几乎不能再生。人类对不可再生资源的开发和利用只会消耗，而不可能保持其原有储量或再生。其中一些金属资源可再生利用，如金、银、铜、铁、铅、锌等金属资源，煤、石油、天然气等化石燃料是不能重复利用的资源。

(2) 我国资源状况及资源问题 我国水资源总量占世界水资源总量的 7%，居第 6 位，但人均占有量仅有 2400m^3 ，为世界人均水量的 25%，居世界第 119 位，是全球 13 个贫水国之一。我国森林面积为 15894.1 万公顷，全国森林覆盖率达到 16.55%，森林蓄积量 112.7 亿立方米。全国除香港、澳门、台湾地区外，人工林面积 4666.7 万公顷，居世界首位。我国石油资源量约为 1040 亿吨，天然气资源量约 47 万亿立方米。通过对不同类型盆地

油气勘察、新增储量规律和各种方法的分析，测算出我国石油可采资源量为 150 亿~160 亿吨，天然气可采资源为 10 万~14 万立方米。按照国际上（油气富集程度）通常的分类标准，我国在世界 103 个产油国中，属于油气资源“比较丰富”的国家；煤的资源总量稳居世界第一，而且如果全世界都只烧煤的话，我国的煤的储量可供全世界的人烧大约 100 年。

我国资源总量丰富，但人均占有量少，总体质量不高，分布不均，具体为总量大、人均少、开发程度和利用率低，存在着严重的资源和水危机以及资源使用不当造成的严重浪费和环境污染。

（3）清洁生产 根据《中华人民共和国清洁生产促进法》中的定义，清洁生产是指不断采取改进设计、使用清洁的能源和原料、采用先进的工艺技术与设备、改善管理、综合利用等措施，从源头削减污染，提高资源利用效率，减少或者避免生产、服务和产品使用过程中污染物的产生和排放，以减轻或者消除对人类健康和环境的危害。

要从根本上解决工业污染的问题，即在污染前采取防止对策，而不是在污染后采取措施治理，将污染物消除在生产过程之中，实行工业生产全过程控制，这是 20 世纪 80 年代以来发展起来的一种新的、创造性的保护环境的战略措施。美国首先提出其初期思想，这一思想一经出现，便被越来越多的国家接受和实施。20 世纪 70 年代末期以来，不少发达国家的政府和各大企业集团（公司）都纷纷研究开发和采用清洁工艺（少废无废技术），开辟污染预防的新途径，把推行清洁生产作为经济和环境协调发展的一项战略措施。1992 年联合国在巴西召开的“环境与发展大会”提出了全球环境与经济协调发展的新战略，中国政府积极响应，于 1994 年提出了“中国 21 世纪议程”，将清洁生产列为“重点项目”之一。

清洁生产包含了生产全过程和产品整个生命周期全过程两个全过程控制。对生产过程来说，清洁生产是指通过节约能源和资源，淘汰有害原料，减少废物和有害物质的产生和排放；对产品来说，清洁生产是指降低产品全生命周期即从原材料开采到寿命终结的处置的整个过程对人类和环境的影响；对服务来说，清洁生产是指将预防性的环境战略结合到服务的设计和提供服务的活动中。

清洁生产思考方法与以往不同之处在于过去考虑对环境的影响时，把注意力集中在污染物产生之后如何处理，以减小对环境的危害，而清洁生产则是要求把污染物消除在它产生之前。因此，清洁生产是可持续发展战略的要求，也是控制环境污染的有效手段，可大大降低末端处理的负担和费用，降低运营成本，有利于减少对环境和生态的破坏。清洁生产内容主要包括清洁的能源、清洁的生产过程和清洁的产品三个方面。推行清洁生产的目的在于揭示传统生产技术与管理的缺陷和不足，针对生产全过程，不断提高资源、能源利用效率，采取改造、替代、淘汰和科学管理等方法，谋求实现如下目标：①通过资源的综合利用，短缺资源的代用，二次能源的利用，以及节能、降耗、节水，合理利用自然资源，减缓资源的耗竭。②减少废物和污染物的排放，促进工业产品的生产、消耗过程与环境相融，降低工业活动对人类和环境的风险。③以最小的资源环境代价，获取最大的社会效益。

（4）循环经济 循环经济是物质闭环流动型经济的简称，是 20 世纪 90 年代后期在工业化国家正在逐渐兴起的概念与实践，特征是物质与能量的梯次使用和闭路循环使用，在环境方面表现为污染低排放甚至零排放。基本要点是以生态思维做经济活动全过程的总体设计，努力使经济活动像生态系统一样，自我调节控制能量流动和物质循环，达到反复综合利用资源，把传统的物质与能量使用方法从过去的“摇篮”到“坟墓”转变为现在的从“摇篮”到“摇篮”，变以往末端污染治理为源头消除污染或最大限度地减少污染，以此来保护日益减少的环境资源，保护自然环境，提高环境资源的配置效率，从而产生最大的环境效益、经济效益和社会效益。

循环经济是相对于传统的“自然资源→产品→污染排放”单向流动的线性经济模式而言的，在以往传统线性经济模式中，人们高强度地把地球上的物质和能源提取出来，经过生产以及消费，然后又把污染和废物大量地抛弃到空气、水体、土壤中，地球被当作“垃圾箱”，造成经济活动的“高开采、低利用、高排放”。而对于循环经济，要求形成“自然资源→产品→资源再生利用”的物质循环，所有的物质和能源要能在这个不断进行的经济循环中得到合理和持久地利用，从而使生产和消费过程中投入的自然资源最少，将人类活动对环境的排放或危害降低到最小程度，即实现低投入、高效率 and 低排放的经济发展。因此，循环经济可以看做是对物质闭环流动型经济的简称，它以物质、能量梯次使用为特征，在环境方面表现为低排放甚至零排放，从而能够形成“低开采、高利用、低排放”的结果。一个理想的循环经济系统通常包括四类主要行为者——资源开采者、处理者（制造商）、消费者和废物处理者。循环经济可以为优化人类经济系统各个组成部分之间的关系提供整体性的思路，为工业化以来的传统经济转向可持续发展的经济提供战略性的理论范式，从而从根本上缓解长期以来环境与发展之间的尖锐冲突。

循环经济是一种以资源高效利用和循环利用为核心，以“减量化、再使用、再循环”作为经济活动的行为准则（称为 3R 原则），以低消耗、低排放、高效率为基本特征，以生态产业链为发展载体，以清洁生产为重要手段，达到实现物质资源的有效利用和经济与生态的可持续发展。其中“3R 原则”中，减量化原则（Reduce）属于输入端方法，旨在减少进入生产和消费过程的物质量。它要求用较少的原料和能源投入，达到既定的生产或消费目的，特别在生产活动的源头就注意节约资源和减少污染物排放。再使用原则（Reuse）属于过程性方法，目的在于提高产品和服务的利用效率，大力实施物料的多次重复使用，而不是用过一次就了结。从许多产品的设计开始，就研究零件的可拆性和重复利用性，从而实现零件的再使用。再循环原则（Recycling）是输出端方法，意在把废弃物变成再生资源循环利用。它要求生产出来的物品在完成其使用功能后，尽可能重新变成可以利用的资源而不是无用的垃圾。

矿产资源是人类生存与发展的重要物质基础。在当今世界上，95% 的能源以及 80% 的工业原材料来自于矿产资源。现代工业生产对矿物资源的消耗不断增加，呈现急剧上升的趋势。20 世纪以来，美国的人口约增加了 3 倍，然而整个矿产资源的消耗却增加了 10 倍。我国曾对 13 个省区 700 余个大型坑采矿山调查结果显示矿山开采和生产过程的资源耗费率，损失浪费严重，有 56% 的矿山回采率低于要求，全国矿产开发的综合回收率只有 30%~50%，而众多的集体、个体采矿的消耗、浪费则更为严重。

我国目前污染的 80% 来自企业，而企业往往把控制污染的重点放在排放口（末端），希望通过“末端治理”达到排放标准。清洁生产与循环经济末端治理不同，它是在追求经济效益的前提下解决污染问题，它要求在生产全过程中节能、降耗、减污，从而在源头预防和削减污染，同时给企业带来经济效益。

（5）可持续发展 可持续发展指经济、社会、资源和环境保护协调发展。《我们共同的未来》中对“可持续发展”定义为：“既满足当代人的需求，又不对后代人满足其自身需求的能力构成危害的发展”。

可持续发展就是建立在社会、经济、人口、资源、环境相互协调和共同发展的基础上的一种发展，其宗旨是既能相对满足当代人的需求，又不能对后代人的发展构成危害。可持续发展与环境保护既有联系，又不等同。环境保护是可持续发展的重要方面。可持续发展的核心是发展，但要求在严格控制人口、提高人口素质和保护环境、资源永续利用的前提下进行经济和社会的发展。

实现可持续发展的基本原则包括公平性原则、阶段性原则、持续性原则和共同性原则四个方面。保持资源的持续利用和生态系统可持续性是人类社会可持续发展的首要条件,要求生态系统受到某种干扰时仍具有保持其生产率的能力。可持续发展不仅要实现当代人之间的公平,而且也要实现当代人与未来各代人之间的公平、人与自然及其他生物之间的公平。

(6) 矿业可持续发展问题 中国目前矿产资源发展面临来自两方面的巨大压力。一是国民经济持续、快速的增长要求矿业提供更多的矿产资源;二是矿山开发过程中环境保护的任务也越来越重,要大力推进资源节约,做好环境保护;三是如何实施可持续发展战略,为国家经济建设和社会发展提供矿产资源保障。

矿产资源是矿业发展的基础,又是不可再生资源。为了实现矿业的可持续发展,必须适度开发,均衡生产,严格控制新上高耗能、高耗水项目,遏制低水平重复建设。广泛推广节能降耗的生产技术工艺,坚决淘汰浪费资源的落后工艺、设备和产品。充分利用二次能源,大力发展循环经济,提高资源利用率。积极发展绿色矿业,加强矿区环境整治和生态重建,依法管理矿产资源和矿业活动,坚决禁止浪费和破坏矿产资源的行。

适度开发就是要寻找一个最优资源耗竭量。矿产资源最优耗竭量是指在一定的时间范围内,为满足该区域社会经济资源需求,该区域实际可以开发利用的矿产资源量。合理开发利用资源就是努力挖掘资源潜力,提高资源采收率和利用率,对矿产资源进行综合开发和综合利用,避免矿产资源的破坏和浪费,延长矿山服务年限,实现可持续发展。

1.2 矿业工程的环境问题与环境保护

1.2.1 矿产资源及矿山简介

矿产资源指经过地质成矿作用,使埋藏于地下或出露于地表并具有开发利用价值的矿物或有用元素的含量达到具有工业利用价值的集合体。根据《矿产资源法实施细则》第2条规定,所谓矿产资源是指由地质作用形成的,具有利用价值的,呈固态、液态、气态的自然资源。

矿产资源是重要的自然资源,是社会生产发展的重要物质基础,现代社会人们的生产和生活都离不开矿产资源。矿产资源属于非可再生资源,其储量是有限的。目前世界已知的矿产有1600多种,其中80多种应用较广泛,按其特点和用途,通常分为金属矿产(如铁、锰、铜)、非金属矿产(如金刚石、石灰岩、黏土)、能源矿产(如煤、石油、地热)和水气矿产(如地下水、矿泉水、二氧化碳气)四大类。目前我国已发现矿种171个,可分为能源矿产、金属矿产、非金属矿产三大类。

全世界矿产资源的开发每年多达数百亿吨,加上废石、废渣、尾矿等固体废物其数量将达上亿吨。随着埋藏在地下的矿产资源大量地被开发利用,在采矿、选矿等生产过程中,含汞、铅、镉、砷、放射性元素等对人体有害的物质会通过大气、水、固体废物、土壤等各种途径污染生态环境,参与自然界中的各种循环,造成环境危害,影响人类健康。

矿山按其产品性质可分为冶金矿山和非金属矿山,冶金矿山包括黑色金属矿山、有色金属矿山、稀土元素矿山、放射性元素矿山等,非金属矿山包括煤矿矿山、化工矿山、石料矿山、陶土矿山等;按其开采方式可分为露天开采矿山和地下开采矿山。不同性质的矿山和不

同的开采和选矿方式产生的矿业环境问题及其对生态环境破坏的过程和特征有很大差异。

1.2.2 矿业工程污染源和污染物

矿业工程产生的污染按照特性可分为以下七大类。

(1) 大气污染及污染物 污染源主要有：①矿岩表面、矿仓、采矿场、矿岩的氧化、水解渗透、渗漏析出。②采空区、废旧巷道、老窿。③柴油及汽油设备尾气。④爆破作业及矿井火灾。⑤选矿药剂。⑥燃料燃烧。污染物主要有：①化学污染物，包括一氧化碳、二氧化碳、二氧化硫、二氧化氮、硫化氢、烃类等。②粉（烟）尘污染物，包括硅尘、粉尘、黑烟、气溶胶。

(2) 放射性污染及污染物 污染源主要有：①含放射性元素的矿岩表面、矿仓、采矿场。②采空区、废旧巷道。污染物主要为氡及其子体。

(3) 水污染 污染源主要有：①采矿、选矿工艺流程排水。②地表各种污染物渗漏水。③硫化矿水解、地下水、矿坑水。④湿法选矿、选冶联合工艺、湿式收尘排水。污染物主要为病菌、含毒矿物、重金属离子、酸碱、有机及无机有毒物质。

(4) 热污染及污染物 污染源主要有地热、热水、温泉、空气压缩以及爆破、照明、人员、管道、设备等产热；污染物主要为高温空气。

(5) 湿污染及污染物 污染源主要有矿岩散湿、工艺以及设备用水、地表水渗透、地下水、矿坑水等蒸发散湿；污染物为高湿空气。

(6) 噪声污染及污染物 污染源主要有风机、凿岩机、柴油机、破碎机、球磨机、水泵、砂泵、其他采选设备等机械设备；污染物为机械噪声。

(7) 固体废物污染源及污染物 污染源主要有采矿、选矿作业；污染物主要有废矿石、废石、废渣、尾矿等。

1.2.3 矿业工程中的环境问题

矿山的开采在很大程度上改变了矿山原有的环境。矿山开采耗费过量的土地资源；开采后破坏的土地，既丧失原有的自然生态系统，又难以直接成为进一步服务于某种社会-经济目的的用地；矿山废弃物堆置场是周围环境的严重污染源；当矿山位于城市、河流或交通干线附近时，采矿地的破坏性发展将成为干扰城市和区域经济规划和实施的主要障碍之一。

矿山开采引起的生态破坏主要是由以下三个过程导致的：开采活动对土地的直接破坏，如露天开采会直接毁坏地表土层和植被，地下开采会导致地层塌陷，从而引起土地和植被的破坏；矿山开采过程中的废弃物（如尾矿、矸石等）需要大面积的堆置场地，从而导致对土地的过量占用和对堆置场原有生态系统的破坏；矿山废弃物中的酸性、碱性、毒性或重金属成分，通过径流和大气飘尘会破坏周围的土地、水域和大气，其污染影响面将远远超过废弃物堆置场的地域和空间。

由上述三个过程，在生态系统层次上采矿地生态破坏具有三个特征：景观型破坏，对采矿地地貌的影响；环境质量型破坏，对所在地区土质、水质甚至大气质量的影响；生物型破坏，对原有生物群落的摧毁及对当地生物群落的严重破坏甚至摧毁。

一般可以认为，冶金矿山引起的环境质量型破坏以及由此导致的生物型破坏要比非金属矿山更严重；露天开采的矿山引起的景观型破坏和生物型破坏要比地下开采的矿山更严重。矿山开发的生态环境影响具体体现在以下几个方面。

(1) 水文地质环境的破坏 井巷开掘、矿床排水疏干所形成的降压漏斗的水力影响半径有时可达数十公里之外，可能造成区域性的水文环境的破坏，使农牧业因缺水而受损。

另外，疏干碳酸盐围岩含水层时，其岩溶和溶洞会成为地面塌陷下沉、地面设施被破坏的隐患；而当塌陷区或井巷地表贮水体存在水力的沟通时，则会酿成淹没矿井的重大事故；当岩层疏干影响的设计计划不周时，还可导致露天边坡、台阶的滑动和变形从而出现相应的灾难性后果。

(2) 对水体的严重污染 矿山开采后的废矿堆和尾矿库如不能妥善处理，在一定条件下将成为一个稳定的地下水污染源。

废矿堆和尾矿库长期处在氧化、风蚀、溶滤过程中，会使各种有毒矿物成分或有害物质（有些矿山的矿石成分中没有或有很微量的有毒矿物存在，则属例外）随水转入地下、地表水体和农田、土壤之中，造成地下、地表水体长期不断的化学污染。

开矿工业用水远远小于选矿工业的用水量，但不论是采矿或选矿，若不注意处理对水体的污染，都会造成严重的后果。据报道，美国由于采矿对水体的污染，使 20600km 长水域和 449 个天然和人工湖泊不再适于养鱼。在国内也不乏其例，如攀矿选矿厂有部分的尾矿废水长期排入金沙江，对其造成严重的污染；东鞍山矿由于外排废水中含有大量的细粒级悬浮物，使杨柳河的河水呈红色，不仅妨碍水生物的生长，使鱼虾绝迹，还影响农业灌溉，成为鞍山地区的一大公害。此外，硫化矿床的开采，由于贮存的低品位黄铁矿随矿石开采、自然堆放或送进废石场，经风化、雨水的浸蚀产生酸性水。在我国冶金矿山中因酸性水污染造成的危害是十分严重的，如南山铁矿的酸性水波及周围 10000km² 农田和渔业生产，多年来共赔偿农业损失费累计约百万元。其他如梅山铁矿、钟山铁矿等均有类似的酸性水污染。

此外，各冶金矿山的外排水中浮选药剂的污染、硝基苯的污染以及其他重金属的污染也是屡见不鲜的。

(3) 土地的占用与破坏 矿山开采后，将会产出大量的废石、排土和尾砂（露天开采 1t 矿石通常剥离 5~10t 覆盖的岩土），堆存它们将需占用大量的地表面积。例如美国的明尼苏达州北部由于大型露天磁铁矿的近半世纪的大量开采，如不进行有效的治理将有沙漠化的危险。

地下开采时，地面下沉如果是在受控状态下和圈定的范围内发生的，不致造成人身安全和建筑物破坏事故，但在下沉区内的土地却会受到严重破坏。位置及安全状况都无查可考的废弃老矿洞对地表的突然坍塌，对人身和财产安全都可造成严重的潜在威胁。

另外，尾矿坝或废石堆场设置不当或管理不严，都会造成严重的滑坡或泥石流事故，使大面积的土地受到破坏，污染水体并危及人身和财产的安全。1992 年美国西弗吉尼亚州的一座尾矿坝失事，冲垮九座桥梁和一段公路，造成 106 人死亡，400 余人无家可归。1985 年我国的南方一座尾矿砂坝在暴雨中倒塌，使土地和地面、井下设施等受到严重破坏。

此外，矿区的建设也将不可避免地要改变地形、自然景观和植被状况等。

土地破坏的后果是水土流失加剧，淤塞污染水体，增加扬尘，严重影响生态环境。

(4) 对大气的严重污染 在矿山生产中，氧化、风蚀作用可使废石堆场、尾矿库形成一个周期性的尘暴源。此外，主要尘源还有矿石破碎、筛分和选矿等工序，矿山对大气的污染还有公路运输时形成的大量扬尘。对于冶金矿山生产，粉尘污染是大气污染的一种主要类型。在我国，由于大气污染而使矿区农牧各业受害的情况也不少见。

(5) 对土壤的严重污染 矿山开采产生的废石、选矿尾矿常含有 Cu、Pb、Zn、Ni、Co、Ag、Cd、As 等有害元素，废石和尾矿经风化淋滤使有害元素转移到土壤中，造成土壤质量下降和农作物的污染，最后农作物通过食物链进入人体，影响人类健康。日本宫崎县土吕久矿区，砷在铜、铅、锌和金等的硫化物矿石中含量较高，由于矿区开发，土壤砷含量