



教育部高等学校  
金属材料与冶金工程教学指导委员会规划教材

# 冶金 环境工程

主编 陈 津 王克勤

 中南大学出版社  
[www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

# 冶金环境工程

主 编 陈 津 王克勤

副主编 唐道文 王 皓

参 编 林万明 宋秀安

李香萍 于永波

中南大学出版社

网址: [www.csupress.com.cn](http://www.csupress.com.cn)

---

图书在版编目(CIP)数据

冶金环境工程/陈津,王克勤主编. —长沙:中南大学出版社,2009.4  
ISBN 978-7-81105-798-0

I. 冶... II. ①陈... ②王... III. 冶金工业-环境工程  
IV. X756

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 052862 号

---

冶金环境工程

主编 陈 津 王克勤

---

☐责任编辑 刘 辉

☐责任印制 文桂武

☐出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

☐印 装 长沙利君漾印刷厂

---

☐开 本 787×1092 1/16 ☐印张 19.25 ☐字数 464 千字 ☐插页

☐版 次 2009 年 4 月第 1 版 ☐2009 年 4 月第 1 次印刷

☐书 号 ISBN 978-7-81105-798-0

☐定 价 40.00 元

---

图书出现印装问题,请与经销商调换

# 前言

.....

冶金企业污染物具有排放量大、成分复杂等特点,治理的技术难度很大,因此冶金环境保护及废弃物处理不仅需要国家有关环境保护政策和法规的保证,更需要环境工程技术的支撑,需要一大批既懂得环境科学知识和熟悉环保政策法规、又精通冶金与环境工程的技术人才。为此在高等冶金院校或冶金工程系设立环境工程专业模块并讲授冶金环境工程课程是很有必要的。但目前有关冶金环境工程的教材非常稀少。早在 20 世纪 90 年代初,原中南工业大学出版社(现中南大学出版社)曾经出版过一本《有色冶金环境工程学》教材,但这十几年来再没有新版教材出现。目前已有不少大专院校新设冶金专业和冶金环境工程学科,并讲授冶金环保专业课程,其中中南大学还招收冶金环境工程硕士研究生,为此广大冶金环境工程专业师生迫切需要一本新版的冶金环境工程教材。本书就是为了满足这种需求,受中南大学出版社委托编写的金属材料与冶金工程专业教学指导委员会的规划教材。

由于冶金环境工程是环境科学、环境工程学和冶金工程学的交叉学科,所以本书内容不仅包括环境科学、环境工程学、环境生态学基础知识以及冶金企业废气、废水、固体废弃物的处理方法和综合利用,而且包括了冶金工艺概述、钢铁冶金和有色金属冶金环境工程实例及冶金环境保护的一些新技术,还有冶金工业节能减排、冶金清洁生产与资源再生利用、可持续发展的政策及实施途径、环境质量管理与评估网的建立等。全书内容较为宽广、翔实、丰富,如能适合于各冶金院校师生以及其他行业环境工作者使用和阅读,我们将感到非常高兴。

本书不仅可作为高等院校冶金工程专业(包括钢铁冶金、有色金

属冶金和冶金环境工程等)专业教材,亦可供铸造、化工、材料等专业本科生使用和参考。

本书由太原理工大学材料科学与工程学院冶金工程系陈津(第1章)、林万明(第2章)、宋秀安(第3章、第4章、第5章5.6)、王克勤(第5章5.1~5.3、第6章)、李香萍(第7章)、王皓(第8章),贵州大学材料科学与冶金工程学院唐道文(第9章、第10章)等共同完成。全书由林万明、于永波校对,由陈津教授主编并整理出版。

本书在编写过程中还引用了部分文献资料,在此谨对文献作者及所有关心、支持本书出版的全体同仁和工作人员一并表示衷心的感谢。

由于冶金环境工程属于新型学科,加之作者知识有限,书中不妥之处在所难免,恳请广大教师和学生批评指正。

作 者

2008年12月于太原

# 目 录

|                   |     |
|-------------------|-----|
| 第1章 绪 论           | 1   |
| 1.1 环境的概念         | 1   |
| 1.2 冶金环境工程        | 4   |
| 第2章 环境生态学基础知识     | 6   |
| 2.1 生态系统和生态平衡     | 6   |
| 2.2 现代生态学的发展趋势与体系 | 8   |
| 2.3 生态环境问题        | 11  |
| 第3章 冶金工业及其污染源     | 15  |
| 3.1 冶金工艺概述        | 15  |
| 3.2 冶金工业废气        | 38  |
| 3.3 冶金工业废水        | 59  |
| 3.4 冶金固体废物        | 72  |
| 第4章 冶金废气的治理和利用    | 77  |
| 4.1 概述            | 77  |
| 4.2 烟气除尘方法        | 79  |
| 4.3 冶金气态污染物的净化方法  | 90  |
| 4.4 二氧化硫烟气的净化回收   | 97  |
| 4.5 其他烟气治理技术      | 113 |
| 第5章 冶金工业废水处理      | 131 |
| 5.1 概述            | 131 |
| 5.2 废水的物理处理法      | 133 |
| 5.3 废水的化学处理法      | 143 |
| 5.4 废水的物理化学处理法    | 154 |
| 5.5 废水的生物化学处理法    | 165 |
| 5.6 冶金废水净化工艺      | 175 |
| 第6章 冶金固体废物的处理与利用  | 197 |
| 6.1 概论            | 197 |
| 6.2 矿山固体废物的处理     | 204 |

|                                |                             |              |
|--------------------------------|-----------------------------|--------------|
| 6.3                            | 火法冶炼渣的处理与利用 .....           | (205)        |
| 6.4                            | 赤泥的综合利用 .....               | (226)        |
| 6.5                            | 粉煤灰的综合利用 .....              | (234)        |
| 6.6                            | 煤矸石的综合利用 .....              | (239)        |
| 6.7                            | 污泥的处理和利用 .....              | (244)        |
| <b>第7章 冶金工业清洁生产的主要途径 .....</b> |                             | <b>(247)</b> |
| (1) 7.1                        | 概述 .....                    | (247)        |
| (4) 7.2                        | 清洁生产的理论基础和实施清洁生产的主要途径 ..... | (250)        |
| 7.3                            | 冶金行业中清洁生产的实施 .....          | (253)        |
| (2) 7.4                        | 冶金工业环境管理 .....              | (264)        |
| <b>第8章 环境质量评价 .....</b>        |                             | <b>(268)</b> |
| (1) 8.1                        | 环境问题与环境质量评价 .....           | (268)        |
| 8.2                            | 环境质量评价的目的、作用和类型 .....       | (270)        |
| <b>第9章 钢铁冶金工业的节能减排 .....</b>   |                             | <b>(277)</b> |
| (8) 9.1                        | 钢铁冶金节能减排方向、途径 .....         | (277)        |
| (2) 9.2                        | 钢铁冶金的先进的节能技术 .....          | (279)        |
| (5) 9.3                        | 钢铁冶金先进的减排技术及措施 .....        | (281)        |
| <b>第10章 有色冶金工业的节能减排 .....</b>  |                             | <b>(285)</b> |
| (7) 10.1                       | 氧化铝工业的节能减排 .....            | (285)        |
| (9) 10.2                       | 电解铝工业的节能减排 .....            | (287)        |
| (0) 10.3                       | 铅锌工业的节能减排 .....             | (289)        |
| (7) 10.4                       | 海绵钛工业的节能减排 .....            | (292)        |
| (1) 10.5                       | 工业硅的节能减排 .....              | (293)        |
| 10.6                           | 国家有色行业推荐的清洁生产技术 .....       | (295)        |
| <b>参考文献 .....</b>              |                             | <b>(297)</b> |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.1          |
| (8) (131)                      | .....                       | 1.2          |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.3          |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.4          |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.5          |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.6          |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.7          |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.8          |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.9          |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.10         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.11         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.12         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.13         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.14         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.15         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.16         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.17         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.18         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.19         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.20         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.21         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.22         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.23         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.24         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.25         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.26         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.27         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.28         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.29         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.30         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.31         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.32         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.33         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.34         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.35         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.36         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.37         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.38         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.39         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.40         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.41         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.42         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.43         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.44         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.45         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.46         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.47         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.48         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.49         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.50         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.51         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.52         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.53         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.54         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.55         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.56         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.57         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.58         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.59         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.60         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.61         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.62         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.63         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.64         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.65         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.66         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.67         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.68         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.69         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.70         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.71         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.72         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.73         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.74         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.75         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.76         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.77         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.78         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.79         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.80         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.81         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.82         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.83         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.84         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.85         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.86         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.87         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.88         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.89         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.90         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.91         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.92         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.93         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.94         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.95         |
| (4) (131)                      | .....                       | 1.96         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.97         |
| (7) (131)                      | .....                       | 1.98         |
| (1) (131)                      | .....                       | 1.99         |
| (4) (131)                      | .....                       | 2.00         |

# 第1章 绪论

要素和环境 1.1.1

## 1.1 环境的概念

### 1.1.1 环境

环境(environment)一般是指生物有机体周围一切的总和,它包括空间以及其中可以直接或间接影响有机体生活和发展的各种因素,包括物理、化学和生物环境。环境必须相对于某一中心或主体才有意义,不同的主体相应有不同的环境范畴。若以地球上的生物为主体,环境的范畴包括大气、水、土壤、岩石等;若以人为主体,还应包括整个生物圈(biosphere),除了这些自然因素,还有社会因素和经济因素。

对于环境科学而言,“环境”的含义是“以人类社会为主体的外部世界的总体”。这里所说的外部世界主要指:人类已经认识到的直接或间接影响人类生存与发展的周围事物。它既包括未经人类改造过的自然界众多要素,如阳光、空气、陆地(山地、平原等)、土壤、水体(河流、湖泊、海洋等)、森林、草原和野生生物等;又包括经过人类加工改造过的自然界,如城市、村落、水库、港口、公路、铁路、航空港、园林等。它既包括这些物质的要素,又包括由这些要素所构成的系统及其所呈现出的状态。《中华人民共和国环境保护法》给环境所下的定义也具有上述含义。

### 1.1.2 环境的分类

环境是一个非常复杂的体系,目前尚未形成统一的分类方法。通常是根据下述原则对环境进行分类。

按照环境的主体来分类,目前有两种体系:一种是以人或人类作为主体,其他的生命物体和非生命物质都被视为环境要素即环境就指人类生存的环境或称人类环境。在环境科学中,多数人采用这种分类法。另一种是以生物体(界)作为环境的主体,不把人以外的生物看成环境要素。在生态学中,往往采用这种分类法。

按照环境的范围大小来分类,此分类比较简单。如把环境分为特定空间环境(如航空、航天的密封舱环境等)、车间环境(劳动环境)、生活区环境(如居室环境、院落环境等)、城市环境、区域环境(如流域环境、行政区域环境等)、全球环境和星际环境等。

按照环境要素进行分类,此分类则较复杂。如按环境要素的属性可分成自然环境和社会环境两类。目前地球上的自然环境,虽然受到人类活动的影响而发生了很大变化,但其仍按自然的规律发展着。在自然环境中,按其主要的环境组成要素,可再分为大气环境、水环境(如海洋环境、湖泊环境等)、土壤环境、生物环境(如森林环境、草原环境等)、地质环境等。社会环境是人类社会在长期的发展中,为了不断提高人类的物质和文化生活而创造出来的,

社会环境常依人类对环境的利用或环境的功能再进行下一级的分类,分为聚落环境(如院落环境、村落环境、城市环境)、生产环境(如工厂环境、矿山环境、农场环境、林场环境、果园环境等)、交通环境(如机场环境、港口环境)、文化环境(如学校及文化教育区、文物古迹保护区、风景旅游区和自然保护区)等。

### 1.1.3 环境要素

环境要素是指构成环境整体的各个独立的、性质不同而又服从总体演化规律的基本物质组分,亦称环境基质。它可分为自然环境要素和社会环境要素两种。环境科学所讲的环境要素通常是指自然环境要素,主要包括水、大气、生物、土壤、岩石和阳光等要素。这些要素可组成环境的结构单元,环境的结构单元又组成环境整体或环境系统。如由水组成水体,全部水体总称为水圈;由大气组成大气层,全部大气层总称为大气圈;由土壤构成农田、草地和林地等,由岩石构成岩体,全部岩石和土壤构成的固体壳层—岩石圈或土壤—岩石圈;由生物体组成生物群落,全部生物群落集称为生物圈,阳光则提供辐射能为其他要素所吸收。

环境要素不仅制约着各环境要素间互相联系、互相作用的基本关系,而且是认识环境、评价环境、改造环境的基本依据。

### 1.1.4 环境结构与环境系统

环境要素的配置关系称为环境结构。总体环境(包括自然环境和社会环境)的各个独立组成部分在空间上的配置,是描述总体环境的有序性和基本格局的宏观概念。通俗地说,环境结构表示环境要素是怎样结合成一个整体的。环境的内部结构和相互作用直接制约着环境的物质交换和能量流动的功能。人类赖以生存的环境包括自然环境和社会环境两大部分,各自具有不同的结构和特点。

自然环境结构可分为大气、陆地和海洋三大部分。聚集在地球周围的大气层,约占地球总质量的百万分之一,约为  $5 \times 10^{15}$  t。陆地是地球表面未被海水浸没部分,总面积约 14 900 万  $\text{km}^2$ , 约占地球表面积 29.29%。海洋是地球上广大连续水体的总称。其中,广阔的水域称为洋,大洋边缘部分称为海。海洋的面积有 36 100 万  $\text{km}^2$ , 占地表面积的 70.8% 左右。海和洋沟通组成了统一的世界大洋。

社会环境结构则可分为城市、工矿区、村落、道路、农田、牧场、林场、港口、旅游胜地及其他人工环境。

从全球环境而言,环境结构的配置及其相互关系具有圈层性、地带性、节律性、等级性、稳定性和变异性等特点。

### 1.1.5 环境的现状及对人类的影响

#### 1. 环境问题

人类环境问题(environmental problem)按成因的不同,又分为自然的和人为的两类。前者是指自然灾害问题,如火山爆发、地震、台风、海啸、洪水、旱灾、沙尘暴、地方病等所造成的环境破坏问题,这类问题在环境科学中称为原生环境问题(original environmental problem)或第一环境问题(primal environmental problem)。后者是指由于人类不恰当的生产活动所造成的环境污染、生态破坏、人口急剧增加和资源的破坏与枯竭等问题,这类问题称为次生环境

问题(secondary environmental problem)或第二环境问题。

环境问题自人类诞生以来就存在,但真正的环境问题出现在18世纪中叶开始的工业革命以后。由于生产力的大幅度提高和新型生产关系建立,扩大并强化了人类利用、改造环境的能力,从而破坏了原有的生态平衡,产生了新的环境问题。一些工业化的先驱城市和工矿企业区,排出大量污染环境的废弃物,出现了一系列污染环境的事件。如:英国伦敦在1873—1892年间,由于大量排放煤烟型有害气体,多次发生可怕的有毒烟雾事件;19世纪后期,日本足尾铜矿区排出的废水污染了大片农田。但此时的环境污染尚属局部、暂时的,其造成的危害也有限。因此,环境问题未能引起人们的足够重视。

环境问题引起人们重视的规模性爆发和逐步的恶化发展始于20世纪40年代,并在80年代前出现了环境问题的第一次高潮,形成第一代环境问题。在这个时期,发生了震惊世界的“八大公害事件”,其中四件发生在“二战”后经济以惊人速度重新崛起的日本,其他发生在工业化起步最早的国家或地区,如英国、欧洲、美国。日本人民在得到物质享受同时也尝到了环境污染的苦果,并为此付出了沉痛的代价,创造了“公害”这个名词,公害是指环境污染对公众所造成的伤害。

## 2. 环境现状及对人类的影响

世界范围的环境危机正使人类面临空前严峻的挑战。环境污染、臭氧层破坏、酸雨危害、全球变暖、生物物种多样性锐减等问题严重威胁着世界经济的发展、人类的健康和社会的安定。由于现代工业的迅速发展,工业污染已成为环境恶化的重要原因。

目前环境污染主要由冶金、化工等工业过程引起,包括大气污染、水污染、土地污染、噪声污染等。

大气污染主要是煤、石油、天然气等燃烧所致,而排入大气中的主要污染物有烟尘、硫氧化物、氮氧化物、 $\text{CO}_2$ 和碳氢化物等。大气污染引起酸雨、气候变异、温室效应、臭氧层破坏等现象。

### (1) 水污染

随着工业的发展和人口的增长,将产生越来越多的工业废水和城市生活污水,这样势必造成水资源的严重污染。目前水体污染主要包括有机污染物污染和无机污染物污染。

①有机污染物污染:主要是由于各种工业废水排入水体,以及农药的农田径流、大气沉降、降水等面源污染物进入水体,使地表水源遭受多种有机污染物的污染。当人们饮用这种被污染的水时会得各种疾病。近年来河流、湖泊的“富营养化”引起各方面专家的重视,它主要是排入江河、湖泊的氮、磷等营养物质造成的。

②无机污染物污染:主要指重金属污染。在采矿、冶炼及金属表面精加工等工业中产生的重金属废水是其主要污染源。重金属(如汞、镉、铅、铬等)在水体中不能被微生物降解,但能发生多种状态之间的相互转化以及分散、富集过程。在物质循环过程中,通过食物链进入人体,给人类身体健康造成严重危害。

### (2) 土地污染

土地是人类赖以生存的物质基础,但是随着人类文明的发展对土地也产生了污染。土地污染主要有以下几个方面:

①农业生产中农药、化肥对土地的污染;

②酸雨造成土壤酸化,肥力下降;

## ③废水、废渣、污水灌溉。

## 3. 噪声污染

噪声污染是另一种重要的环境污染。研究表明, 45 dB 时影响睡眠, 65 dB 时对工作和学习有影响。噪声也影响呼吸系统、血液循环系统和神经系统, 噪声达到 165 dB 时动物就会死亡, 达到 175 dB 时, 人就会丧命。噪声主要来源于交通、运输、工业生产、建筑施工等。

此外, 还有一些污染, 如放射性污染、电磁辐射污染、热污染和光污染等。

环境污染使环境中某些化学物质增加, 或出现原来没有的新合成物质, 破坏了人与环境的对立统一关系, 引起人机体的疾病, 甚至死亡。主要表现为急慢性中毒; 致癌、致突变等作用; 引起人的寿命缩短; 引起人体生理和生化变化等。

空气、水、土壤及食物是环境中与人类相关的四大要素, 这些要素遭到污染后, 它们将直接或间接地对人体健康产生影响。这种能对人体健康产生影响并发生病理变化的环境因素, 称为环境致病因素。人类的疾病是由生物的、化学的和物理的致病因素引起的, 如由大气污染产生的有毒气体、化肥、农药、重金属及其他有机或无机化合物称为化学的致病因素; 虫卵、细菌、病毒等为生物的致病因素; 噪声、振动、放射性和热污染等为物理的致病因素。

## 1.2 冶金环境工程

### 1.2.1 冶金环境工程的定义

近几十年来, 冶金工业得到迅速发展, 对环境的污染也愈来愈严重, 冶金工业所造成的环境问题日益引起人们重视。冶金企业污染物具有排放量大、成分复杂等特点, 治理的技术难度很大。这不仅需要国家有关环境保护政策和法规的保证, 更需要环境工程技术的支撑。因此建立冶金环境工程学科, 从工程学角度研究和探索冶金企业环境污染控制和治理的有效手段非常必要。

关于冶金环境工程, 目前还没有确切和广泛使用的定义, 但根据环境工程学的一般概念, 冶金环境工程是环境科学、环境工程学和冶金工程学的交叉学科, 是研究冶金工业污染防治技术的原理和方法的学科, 即对冶金废气、废水、固体废物、车间噪声、放射性物质、热、电磁波等的防治技术和工艺; 还包括冶金工业环境系统工程、环境影响评价、环境工程经济和环境监测技术等方面的研究。冶金环境工程的任务就是通过工程技术措施, 控制冶金工业环境污染, 改善冶金工厂内外环境质量, 最大限度地减轻对厂内外人与生物的危害, 并保护和合理利用冶金资源, 达到清洁化生产的最高目标。

### 1.2.2 冶金环境工程学的主要内容

冶金环境工程为新型学科, 对其研究内容目前还没有明确的划定, 但从环境工程学发展的现状来看, 其基本内容应包括冶金工业大气污染防治工程、水污染防治工程、固体废物的处理和利用、环境污染综合防治、环境系统工程等几个方面。

①冶金工业大气污染控制工程。它的主要任务是研究冶金工厂废气、烟气、荒煤气等的净化工艺, 预防和控制其对大气的污染、保护和改善厂内外大气质量的工程技术措施。

②冶金工业水污染控制工程。它的主要任务是研究冶金工厂废水及污水治理和净化、保

护和改善水环境质量、合理利用水资源以及提供不同用途和要求的用水工艺技术和工程措施。

③冶金工业固体废弃物处置与利用。主要任务是研究冶金工业废渣、尾矿、放射性及其他有毒有害固体废弃物的处理、处置和回收利用资源化等的工艺技术措施。

④冶金工业车间噪声、振动与其他公害防治技术。主要研究冶金工业车间声音、振动、电磁辐射等对人类的影响及消除这些影响的技术途径和控制措施。

⑤冶金工业车间环境规划、管理和环境系统工程。主要任务是利用系统工程的原理和方法,对区域性的环境问题和防治技术措施进行整体的系统分析,以求取得综合整治的优化方案,进行合理的环境规划、设计整理,它也研究环境工程单元过程系统的优化工艺条件,并用计算机技术进行设计、运行管理。

⑥环境监测与环境质量评价。主要任务是研究冶金工业环境中污染物的性质、成分、来源、含量和分布、状态、变化趋势以及对环境的影响,在此基础上,按一定的标准和方法对环境质量进行定量的判定、解释和预测。此外,它还研究某项冶金工程建设或资源开发所引起的环境质量变化及对人类生活的影响。

冶金环境工程学是一个庞大而复杂的技术体系。它不仅研究防治冶金环境污染和公害的措施、而且还研究自然资源的保护和合理利用、探讨冶金废物资源化技术、改革生产工艺、发展少害或无害的闭路生产系统,以及按区域环境进行运筹学管理,以获得较大的环境效果和经济效益,这些都成为冶金环境工程学的重要发展方向。

冶金环境工程学是一个庞大而复杂的技术体系。它不仅研究防治冶金环境污染和公害的措施、而且还研究自然资源的保护和合理利用、探讨冶金废物资源化技术、改革生产工艺、发展少害或无害的闭路生产系统,以及按区域环境进行运筹学管理,以获得较大的环境效果和经济效益,这些都成为冶金环境工程学的重要发展方向。

## 参考文献

参考文献

## 第2章 环境生态学基础知识

当今世界面临的5大问题：粮食、人口、能源、自然资源 and 环境保护，它们正在向生态学家提出挑战，要求科学家们依据生态学的理论提出解决这些问题的途径。现代科学技术的新成就已经渗透到生态学领域，赋予它以新的生命和动力，使生态科学成为当代最活跃的科学领域之一。

### 2.1 生态系统和生态平衡

#### 2.1.1 生态系统

德国动物学家黑格尔(Ernst Haeckel)1866年在《有机体普通形态学》一书中所提出的定义指出“生态学是研究生物有机体与无机环境之间相互关系的科学”。许多教科书中至今仍然沿用着这样的定义。但事实上，这个传统的定义已经不能反映当今生态学的丰富内容了。比较确切的现代生态学定义的解释应该是“生态学是一门多学科性的自然科学，它研究生命系统与环境系统之间相互作用的规律及其机理”。这种建立在生态学最新理论基础之上的解释，自然对生态科学本身也提出了更高的标准。

传统的生态学基本上局限于研究生物与环境之间的相互关系，隶属于生物学的一个分支学科。随着现代科学技术的不断发展，生态学突破了原来纯生物科学的范畴，向微观与宏观两极发展。例如，微观研究已深入到细胞与基因的水平，而宏观研究已从生物群落与环境条件的统一，发展为生物圈与非生物因素之间相互作用的地球系统，即全球生态学。

根据生态系统的环境性质和形态特征，可分为陆地生态系统、淡水生态系统和海洋生态系统等类型。陆地生态系统又可以根据它们的组成成分和特性，再分为森林、草原、荒漠、山地等自然生态系统和农田、城市、工矿区等人工生态系统。淡水生态系统包括湖泊、河流、水库等。海洋生态系统则分为海岸、河口、浅海、大洋及海底等。此外，还可以按照它的结构和对外界进行物质与能量交换的关系，再分为闭环系统和开环系统。

#### 2.1.2 生态平衡

在每个生态系统中，都具有由一定生物群体和生物栖居的介质所组成的结构，并进行着物质流动和能量交换。在一定的时间和相对稳定条件下，生态系统各部分的结构与功能处于相互适应与协调的动态平衡之中，即通常我们所说的生态平衡。

生态平衡的体现是随处都存在的，如池塘里大鱼吃小鱼，小鱼吃浮游生物；而鱼死亡的尸体被微生物分解，又成为浮游生物的珍贵佳肴。这样鱼类、浮游生物与微生物之间保持着往返不息的物质循环的营养关系，这就是生态平衡。

在一个生态系统中，植物是初级生产者，它通过光合作用，把无机元素合成为有机化合

物,维持着地球上的生命。动物是物质与能量转换者,也是物质的再生生产者,它利用植物制造的有机物质进行能量转换和物质生产,所以被称为消费者或次级生产者。微生物在生态系统中,能把动、植物尸体复杂的有机分子还原为简单的化合物或元素,再由植物吸收,被称为分解者。这种生产、消费、分解的过程,构成了生态系统的平衡。基本代谢功能是生态系统动态平衡形成的基础。所以细分起来,生态平衡实际上包括三个方面,这就是结构上的平衡,功能上的平衡,以及输出和输入物质在质量上的平衡(图2-1)。

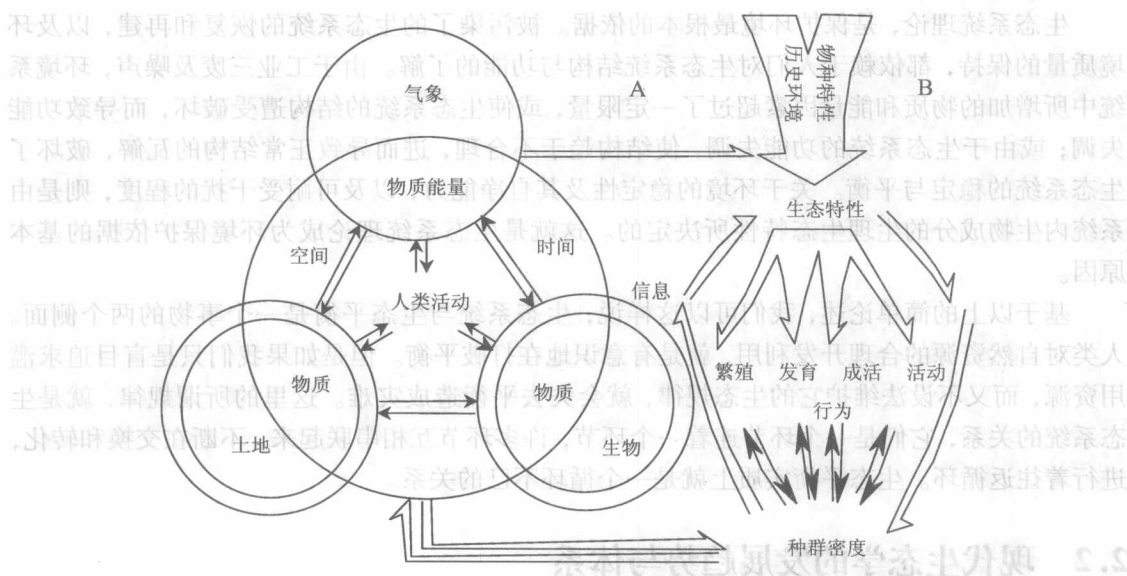


图2-1 生物种群的系统生态学基础

A. 现时环境系统; B. 生物种群调节系统

### 2.1.3 生态系统与环境的关系

自然生态系统是在长期历史发展中形成的。组成一个生态系统的生命系统和环境系统中的各种因素,基本上是协调的。加进来一个新的因素,或者减少某个重要成分,使物质和能量的输出与输入发生变化,或超过一定的限度,就可能使生态系统的平衡遭到破坏。因而,改变生态系统结构,无论出于提高农林牧渔的生产力,或是在某种地理环境中建设工厂,都必须充分了解该地区的生态地理环境特点,根据当地生态地理所具有的特殊规律采取措施。以往在西北干旱地区,由于废牧改农等不合理的土地利用,造成了局部草原荒漠化;在西南亚热带地区,由于不顾当地自然地理条件,毁掉原有茂密的森林植被,以致出现严重的土壤冲刷和生产力的大幅度下降,以及在某些隐蔽的地理环境中建造化工厂或发电厂,设计时忽视了当地水、热、气流的自然运行规律,建厂后不久就发生了环境污染问题,影响了人、畜健康和农业生产这都是由于没有按照生态学原理办事所造成的恶果,值得我们引以为戒。

对于自然资源的开发利用,生态学更是大有用武之地。按照自然资源的性质可分再生资源、自然恒定资源和非再生资源三大类。生物资源与土壤资源都是再生资源矿物资源是非再生资源,来自太阳的光、热等动力资源,是属于不以人类意志为转移的自然恒定资源,又可

称为区域性的生态地理资源。对生物资源的合理管理,可以取之不尽,用之不竭。因为生物资源依赖于环境源源不断供给生物所需要的营养物质及适宜的空间,生物得以持续地生长、发育和繁衍。至于生长发育的快慢和繁殖数量的多少,还决定于环境条件质量和生物自身的基本数量。在基本数量中,生物的年龄及性别比例,都直接影响着生物的繁殖速率。因此,合理利用生物资源,必须保持生物的基本数量及一定的年龄和性别的比例,这已成为森林采伐、渔业捕捞、草场放牧和经济鸟兽狩猎等须遵循的基本生态学原则。违背了这个原则,就可能造成资源枯竭。

生态系统理论,是保护环境最根本的依据。被污染了的生态系统的恢复和重建,以及环境质量的保持,都依赖于人们对生态系统结构与功能的了解。由于工业三废及噪声,环境系统中所增加的物质和能量因素超过了一定限量,或使生态系统的结构遭受破坏,而导致功能失调;或由于生态系统的功能失调,使结构趋于不合理,进而导致正常结构的瓦解,破坏了生态系统的稳定与平衡。关于环境的稳定性及其自净能力,以及可耐受干扰的程度,则是由系统内生物成分的生理生态特性所决定的。这就是生态系统理论成为环境保护依据的基本原因。

基于以上的简单论述,我们可以这样说,生态系统与生态平衡是一个事物的两个侧面。人类对自然资源的合理开发利用,就是有意识地在打破平衡。但是如果只是盲目追求滥用资源,而又不设法维护它的生态规律,就会失去平衡造成灾难。这里的所谓规律,就是生态系统的关系,它们是一个环节连着一个环节,许多环节互相串联起来,不断在交换和转化,进行着往返循环。生态平衡实质上就是一个循环不已的关系。

## 2.2 现代生态学的发展趋势与体系

### 2.2.1 现代生态学的发展趋势

正是由于生态学在解决人类面临的许多重大问题方面所发挥出来的作用,而日益受到重视,现代科学技术又为生态学进一步发展开拓了道路,原来就是以多学科为基础的生态学,20世纪60年代以来,分支学科相继形成。这是现代生态学的一个重要发展趋势。

以系统工程学与生态学的结合所形成的系统生态学,属于生态学领域中方法论的发展,这种趋势贯穿在整个生态学的观点中(见图2-2)。大系统的兴起,正在受到人们的普遍注意,这类系统的性能如有所改善,预测其经济效益将是非常大的。

生态学与数学的结合,产生了数学生态学这样一门交叉科学。它不仅对认识及阐明各种复杂的生态系统提供了有效的工具,如系统分析、模型应用等,而且数学的抽象概念及推导方法将对未来的生态学起显著作用。此外,计算科学和计算技术的应用,有可能帮助人们进一步认识和解释生态系统中的复杂现象,并从中找出规律。近年来,数学模型已逐渐在害虫控制、益虫利用、鱼群捕捞、森林管理、牧场改良中得到应用,提供了一系列最优管理策略和预测方法。数学生态学的迅速发展,必将导致生态学新理论、新方法的出现,使人类在了解自然、利用自然和改造自然的斗争中更加主动。

近代工业及城镇都市化的发展,使生态学和社会科学的结合更加突出了,生态-经济系统及都市生态学,就是20世纪70年代为适应这种形势而迅速发展起来的生态学分支。

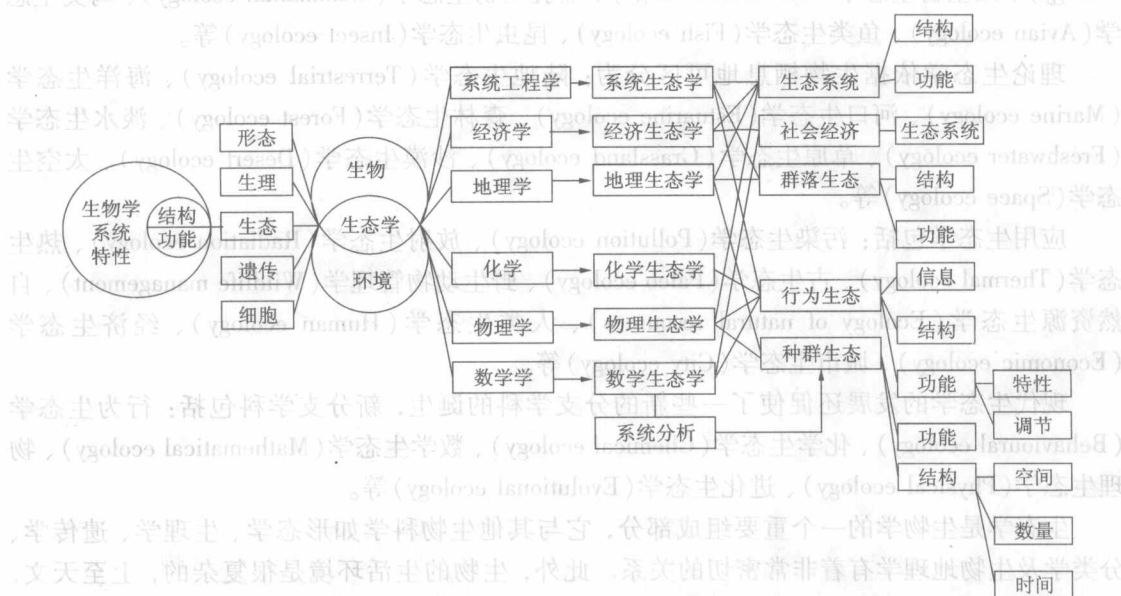


图 2-2 生态学的多学科及其与分支学科的关系

模拟自然生态系统物质和能量代谢的基本结构与过程,以保护工矿区及大城市的环境质量的研究工作,在某些技术先进国家也已有若干成功的事例。

生态学与社会学及经济学结合,从而产生了社会科学和自然科学之间的杂交科学——自然生态-社会经济系统。早在 20 世纪初期,就有学者提出了经济生态学的概念,认为在精确的经济学分析中不可能不考虑生态学因素。因为生态学和经济学有许多共性,例如这两门科学都有平衡作用问题——在经济学上称为经济平衡,在生态学上称为生态平衡;都有个体之间和种群间的交换系统关系,在生态学中有发育、演替问题,在经济学中则有人口累积生长、同种货物大数量的资本类型积累等问题。正是因为这样,才使得它们的规律可以相互引用,难解难分地结合到一起了。

生态学与地理学相结合而建立的地理生态学,已由过去的描述定性阶段过渡到精确的定量阶段。结合能源调查等问题,进而发展了经济地理生态学,用经验模型和数学模型来表达区域性的经济地理生态学特征,已经成为自然资源的开发利用和经济建设规划的理论根据。

化学生态学的发展,不仅在揭示种内和种间关系的物质基础方面开辟了一条新的途径,使我们有可能去认识有机体与环境之间相互作用关系的实质,而且已经在有害生物的防治等方面开始了实际应用的探索。

### 2.2.2 生态学的分支学科及与其他学科的关系

生态学是一门综合性很强的科学,一般可分为理论生态学和应用生态学两大类。

理论生态学中的普通生态学(General ecology)是概括性最强的一门生态学,它阐述生态学的一般原则和原理,通常包括个体生态、种群生态、群落生态和生态系统生态四个研究层次。

理论生态学依据生物类别可区分为:动物生态学(Animal ecology)、植物生态学(Plant

ecology)、微生物生态学(Microbial ecology)、哺乳动物生态学(Mammalian ecology)、鸟类生态学(Avian ecology)、鱼类生态学(Fish ecology)、昆虫生态学(Insect ecology)等。

理论生态学依据生物栖息地可区分为:陆地生态学(Terrestrial ecology)、海洋生态学(Marine ecology)、河口生态学(Estuarine ecology)、森林生态学(Forest ecology)、淡水生态学(Freshwater ecology)、草原生态学(Grassland ecology)、沙漠生态学(Desert ecology)、太空生态学(Space ecology)等。

应用生态学包括:污染生态学(Pollution ecology)、放射生态学(Radiation ecology)、热生态学(Thermal ecology)、古生态学(Paleo ecology)、野生动物管理学(Wildlife management)、自然资源生态学(Ecology of natural resources)、人类生态学(Human ecology)、经济生态学(Economic ecology)、城市生态学(City ecology)等。

现代生态学的发展还促使了一些新的分支学科的诞生,新分支学科包括:行为生态学(Behavioural ecology)、化学生态学(Chemical ecology)、数学生态学(Mathematical ecology)、物理生态学(Physical ecology)、进化生态学(Evolutional ecology)等。

生态学是生物学的一个重要组成部分,它与其他生物科学如形态学、生理学、遗传学、分类学及生物地理学有着非常密切的关系。此外,生物的生活环境是很复杂的,上至天文,下至地理,地球内外的一切自然现象都可能成为生物生存的环境因子。因此,深入地研究生态学必然会涉及数学、化学、自然地理学、气象学、地质学、古生物学、海洋学和湖泊学等自然科学以及经济学、社会学等人文科学。作为一个生态学家应当具有广博的学识。

### 2.2.3 生态学的一般规律

生态学的一般规律大致可从种群、群落、生态系统和人与环境的关系四个方面说明。

(1) 在环境无明显变化的条件下,种群数量有保持稳定的趋势。一个种群所栖环境的空间和资源是有限的,只能承载一定数量的生物,承载量接近饱和时,如果种群数量(密度)再增加,增长率则会下降乃至出现负值,使种群数量减少;而当种群数量(密度)减少到一定限度时,增长率会再度上升,最终使种群数量达到该环境允许的稳定水平。对种群自然调节规律的研究可以指导生产实践。例如,制定合理的渔业捕捞量和林业采伐量,可保证在不伤及生物资源再生能力的前提下取得最佳产量。

(2) 一个生物群落中的任何物种都与其他物种存在着相互依赖和相互制约的关系。常见的有:①食物链。居于相邻环节的两物种的数量比例有保持相对稳定的趋势,如捕食者的生存依赖于被捕食者,其数量也受被捕食者的制约;而被捕食者的生存和数量也同样受捕食者的制约,两者间的数量保持相对稳定。

②竞争。物种间常因利用同一资源而发生竞争,如植物间争光、争空间、争水、争土壤养分;动物间争食物、争栖居地等。在长期进化中,竞争促进了物种的生态特性的分化,结果使竞争关系得到缓和,并使生物群落产生出一定的结构。例如森林中既有高大喜阳的乔木,又有矮小耐阴的灌木,各得其所;林中动物或有昼出夜出之分,或有食性差异,互不相扰。

③互利共生。如地衣中菌藻相依为生,大型草食动物依赖胃肠道中寄生的微生物帮助消化,以及蚁和蚜虫的共生关系等,都表现了物种间的相互依赖的关系。以上几种关系使生物群落表现出复杂而稳定的结构,即生态平衡,平衡的破坏常可能导致某种生物资源的永久性消失或灭绝。