

钢铁冶金的 环保与节能

李光强 朱诚意 编著

GANGTIE YEJINDE
HUANBAO YU JIENENG



冶金工业出版社

<http://www.cnmp.com.cn>

钢铁冶金 的 环保与节能

李光强 朱诚意 编著

江苏工业学院图书馆
藏书章

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2006

内 容 简 介

全书共分9章,在环保部分简要介绍了环境保护的基本知识,讨论了钢铁冶金工艺过程的环境问题以及各种污染物的产生及处理方法,包括烟气脱硫脱硝、废水处理、冶金渣和炉尘的资源化与无害化处理,减少CO₂排放量的措施等。在节能部分介绍了提高能源利用效率的基本原理和热力学分析方法、生态冶金的概念和生命周期评估(LCA)方法的基本原理以及钢铁联合企业各环节的节能工艺和技术,如干熄焦、高炉煤气回收、转炉煤气回收和钢渣热能回收等。书中引用了国内外钢铁冶金环保和资源利用方面的最新文献,着重从冶金物理化学的观点分析了冶金废弃物的资源化问题和能源利用的效率问题,也从保护环境和节约资源的角度探讨了钢铁冶金未来的发展前景。

本书可作为大专院校冶金工程专业和相关专业学生的教材或参考书,亦可供钢铁企业和科研院所从事钢铁冶金生产和环保事业的工程技术人员和科研人員及管理工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁冶金的环保与节能/李光强等编著. —北京:
冶金工业出版社, 2006. 8
ISBN 7-5024-4074-7

I. 钢… II. 李… III. ①钢铁工业—环境保护
②钢铁工业—工业企业—节能 IV. ①X757 ②TK01

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第085952号

出 版 人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷39号,邮编100009)
责任编辑 朱华英(联系电话:010-64027929 电子信箱:zhuhuaying51@sina.com)
美术编辑 李 心 责任校对 刘 倩 李文彦 责任印制 丁小晶
北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销
2006年8月第1版,2006年8月第1次印刷
787mm×1092mm 1/16;17.5印张;423千字;269页;1—3000册
39.00元
冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893
冶金书店 地址:北京东四西大街46号(100711) 电话:(010)65289081
(本社图书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

冶金工业出版社部分图书推荐

书 名	作 者	定价 (元)
钢铁冶金原理 (第3版)	黄希祐 编	40.00
冶金物理化学研究方法 (第3版)	王常珍 主编	48.00
现代冶金学 (钢铁冶金卷)	朱苗勇 主编	36.00
冶金物理化学	张家芸 主编	39.00
冶金工程实验技术	陈伟庆 主编	39.00
合金相与相变 (第2版)	肖纪美 主编	37.00
金属学原理	余永宁 编	57.00
金属学原理习题解答	余永宁 编著	19.00
现代材料表面技术科学	戴达煌 等著	99.00
相图原理与冶金相图	陈国发 等编	20.00
现代流体力学的冶金应用 (英文)	李宝宽 著	25.00
球团矿生产知识问答	张一敏 主编	56.00
球团矿生产技术	张一敏 主编	38.00
炭材料生产技术 600 问	许 斌 编著	35.00
炼焦新技术	潘立慧 魏松波 编著	56.00
干熄焦	潘立慧 魏松波 编著	58.00
烧结生产技能知识问答	薛俊虎 主编	48.00
烧结生产管理	孙文东 主编	25.00
传递现象基础	梁文懂 等编著	29.00
炉外精炼	徐曾啓 主编	22.50
冶金过程检测与控制 (职业技术学院教材)	郭爱民 主编	20.00
炼钢原理及工艺 (职业技术学院教材)	刘根来 主编	40.00
冶金传输原理基础	沈颐身 等编著	49.00
现代色谱分析法的应用	王瑞芬 编	28.00
工程地震勘探	单娜琳 等编著	22.00
化验师技术问答	李华昌 符 斌 主编	79.00
系统综合评价技术及应用	叶义成 柯丽华 编著	39.00
冶金传输原理	沈巧珍 杜建国 编著	46.00
ISO 14001 (新版) 标准在企业中的贯彻执行	孙永军 编著	56.00
统计地球化学及其应用	蒋 志 著	15.00
冶金物理化学教程 (第2版)	郭汉杰 编著	45.00
现代金银分析	成都印钞公司	118.00
工业防毒技术	袁昌明 编著	28.00
湿法提锌工艺与技术	杨大锦 等编著	26.00
铁水预处理与钢水炉外精炼	冯聚和 编著	39.00
氮氧化物减排技术与烟气脱硝工程	杨 颀 编著	

前 言

铁是人类社会发展的重要原因，铁是现代社会的骨骼，能源是现代社会的血液。没有铁就没有现代社会。作为人类用量最大的结构材料和产量最高的功能材料而言，钢铁材料的地位在可预见的将来不会改变。尽管钢铁工业在西方被视为“夕阳工业”已经多年，但2004年全世界钢铁工业的经济价值已超过7500亿美元，钢铁工业的经济价值是不可低估的。对中国而言，钢铁工业是国民经济的基础产业，对国民经济的发展有着举足轻重的作用。自1996年以来，中国钢产量已经连续10年超过1亿t，2005年达到3.49亿t。尽管如此，我国的人均钢材消费量还比较低；与世界上的发达国家相比差距较大。21世纪中国钢铁工业的希望和前景，是伴随着国民经济的发展而存在的。

钢铁生产消耗大量的能源和资源，同时也产生大量的副产品。这些副产品如果不进行处理就直接排放，将对环境产生较大的影响。我国钢铁行业的进一步发展，面临着资源、能源和环境的制约。自“九五”以来，我国钢铁行业贯彻落实可持续发展战略，加大污染治理力度，通过增加污染防治投入，实施清洁生产、技术改造和结构调整，在钢铁工业经济保持快速增长的情况下，主要污染物排放强度逐年下降并保持在较稳定的水平，钢铁工业污染防治取得了重要进展。

我国钢铁行业在能耗和环保水平、环保治理深度上与国外先进企业相比还存在较大差距。国外已普遍把挥发性有机物、重金属、二恶英、CO₂减排、降低噪声放到重点治理日程上，我国钢铁厂的烧结生产甚至还没有烟气脱硫，也没有烧结脱硫脱硝技术。行之有效的节能降耗技术还未能在全行业普遍推广应用，同行业间差距较大，发展不平衡，在思想认识和管理体制上也亟待完善和提高。节能环保的科研工作还不够深入。我国钢铁工业仍然面临资源短缺、生态环境污染的潜在危机。

工业发达国家提出了“工业生态化”概念，一些国家正在摒弃传统的生产和消费观念，积极建设生态化的工业系统，逐步向“循环型”社会过渡。我国钢铁工业的生态化系统建设也已经开始。钢铁企业未来的社会、经济角色应当（特别是高炉—转炉长流程）是实现三种主要功能：钢铁产品制造、能源转换和社会大宗废弃物处理。

综上所述，钢铁企业面临新的挑战，学习冶金工艺的学生必须拓展知识面，培养环保意识，了解与冶金工艺相关的资源、能源消耗、环境影响和环保技术。为加强冶金工程专业学生的环保教育，各院校的同类专业相继开设

了冶金环保与节能的课程。编者李光强 2002 年赴任武汉科技大学“楚天学者”特聘教授,开始在武汉科技大学冶金工程系为本科生和研究生开设“钢铁冶金的环保与节能”课程。由于缺乏适合冶金类专业学生的环保与节能方面的教材,萌生了编写一本教材的想法。于是历时 4 年,根据编者多年的教学和科研工作积累,参考大量国内外有关文献编成了本书。

本书的内容不仅限于污染治理技术,在有限的篇幅内还介绍了环境科学的基本知识,以详实可靠的数据反映了国内外钢铁工业在资源、能源消耗和环保技术方面的最新进展。书中能量利用过程的热力学基础和能量的质量评价的基本方法和应用实例有助于读者从理论上理解提高能量转化过程的效率才是节能的根本。关于生命周期评价方法及其在钢铁冶金过程中的应用的内容可以使读者了解如何定量地分析和比较不同的产品或工艺的环境影响。在废水、废气、废渣、尘泥、噪声治理和节能工艺的相关章节选编了一些先进的工艺实例,其中包括了国内尚未实施的环保技术,希望对读者在全面认识钢铁冶金的环保和节能技术方面有所帮助。

两位编者的专业是冶金物理化学,在介绍环保工艺时尽可能给出一些物理化学方面的解释,以便冶金工程专业的学生从原理上理解工艺过程。图表较多也是本书的特色之一,这些图表使繁杂的工艺流程简单明了。

很多先进的环保工艺都富有创造性。希望读者通过学习、思考、实践,充分发挥创造性思维,开发出更新更好的节能环保技术,为我国钢铁工业的可持续发展做出贡献,这是编者的心愿。

本书由武汉科技大学钢铁冶金及资源利用教育部重点实验室李光强、朱诚意编写。朱诚意编写第 5 章和第 6 章,李光强编写其余 7 章。彭其春编写了第 8 章的部分内容,全书由李光强统编。编者特别感谢武汉科技大学教务处和钢铁冶金及资源利用教育部重点实验室对本书编写的大力支持,还要特别感谢东京大学月桥文孝教授,他对编写本书给予了热情的鼓励并提供了一些宝贵的资料。编者还由衷感谢湖南工业大学高泽平、贺道中老师对编写本书的鼓励。

本书的编写参考了大量国内外公开发表的论文资料,编者对这些文献的作者及其所在单位表示衷心的感谢。编者研究室的研究生为本书的文字录入、插图绘制等方面付出了辛勤劳动,特别是张峰、马江华、张鹏科、董廷亮、刘君、王建丽和张丽琴,编者对他们的无私帮助表示感谢。

钢铁冶金的环保与节能技术进步很快,涉及的科学和工程领域很广。由于编者水平所限,书中一定会有缺点和不足,恳请读者批评指正。

编 者

2006 年 7 月 18 日

目 录

1 绪论	1
1.1 环境和环境保护的基本概念	1
1.1.1 环境的概念	1
1.1.2 环境要素和环境质量	2
1.1.3 环境科学	6
1.1.4 环境管理与环境法规	8
1.1.5 国际环境管理标准 ISO 14000	12
1.2 现代钢铁冶炼的流程特点与钢铁工业的重要地位	14
1.2.1 现代钢铁冶炼的基本流程与特点	14
1.2.2 钢铁材料在工业用材料中的地位	14
1.2.3 我国钢铁工业在世界钢铁业界的地位	16
1.3 钢铁冶金资源、能源消耗与环境问题	19
1.3.1 钢铁冶金的资源、能源消耗	19
1.3.2 钢铁生产的环境问题	22
1.3.3 钢铁工艺进步和环境保护	24
1.4 我国钢铁冶金环保与节能的现状	26
1.4.1 我国钢铁企业节能环保工作的成绩	26
1.4.2 节能环保工作存在的主要问题	27
2 钢铁生产中的水污染与水处理	29
2.1 钢铁厂的用水与污水产生情况	29
2.1.1 水资源的重要性	29
2.1.2 钢铁企业废水来源、分类及污染特征	29
2.1.3 我国钢铁企业用水现状与改进方向	30
2.1.4 我国钢铁工业废水治理技术现状	31
2.2 钢铁厂污水排放标准与废水处理的常用方法	32
2.2.1 钢铁厂污水排放标准	32
2.2.2 废水处理方法概论	33
2.2.3 废水处理的一般流程	58
2.2.4 按工艺过程区分的水处理技术	59

3 钢铁生产中的废气处理	75
3.1 大气中 SO_x 、 NO_x 和 CO_2 的危害	75
3.1.1 大气中 SO_x 、 NO_x 导致酸雨	75
3.1.2 大气中的 CO_2 与温室效应	76
3.1.3 钢铁生产与温室气体排放	77
3.1.4 钢铁企业的二恶英 (dioxin) 污染	78
3.2 钢铁冶炼过程中的废气来源、特点与排放标准	80
3.2.1 钢铁工业废气的来源及特点	80
3.2.2 钢铁厂废气排放标准	81
3.3 烟尘控制技术	84
3.3.1 除尘技术简介	84
3.3.2 粉尘、烟尘控制的工程实践	90
3.4 焦化煤气净化技术	97
3.4.1 塔卡哈克斯 (Takahax) 法	97
3.4.2 宝钢法 (B-H) 脱硫脱氰工艺	98
3.4.3 Sulfiban 法	100
3.4.4 FRC 法	102
3.5 烧结废气脱 SO_x	104
3.5.1 石灰-石膏法	105
3.5.2 氢氧化镁浆液吸收法	105
3.5.3 氨水吸收-硫酸回收法	107
3.6 SO_2 排污权交易	108
3.7 NO_x 防止技术	109
3.7.1 烧结废气脱硝技术	110
3.7.2 氨选择接触还原法	110
3.8 降低 CO_2 排放量与固定 CO_2 的措施	112
3.8.1 节能与减排	112
3.8.2 二氧化碳资源化	113
3.9 《京都议定书》与清洁发展机制 (CDM)	116
4 炉渣的处理与利用	118
4.1 高炉渣、转炉渣、电炉渣的产生和性质	118
4.2 炉渣处理技术	122
4.2.1 高炉渣处理技术	122
4.2.2 钢渣的处理工艺	127
4.3 炉渣的资源化途径与存在的问题	140
4.3.1 高炉渣利用途径	140
4.3.2 钢渣利用途径	140

4.4 少渣冶炼	144
4.4.1 日本几个钢铁公司的少渣冶炼工艺	144
4.4.2 转炉渣再利用和钢渣发生量的模拟	149
4.5 复合矿冶炼渣中有价元素的回收	150
5 尘泥的处理与利用	153
5.1 高炉瓦斯泥、转炉炉尘、电炉炉尘的产生和性质	153
5.1.1 高炉瓦斯泥	153
5.1.2 转炉炉尘、电炉炉尘	154
5.2 各种尘泥资源化途径、处理技术与存在的问题	156
5.2.1 高炉瓦斯泥的处理方法	156
5.2.2 转炉炉尘和电炉炉尘的处理方法	159
6 钢铁企业噪声污染控制	169
6.1 概述	169
6.1.1 噪声的定义、分类及特点	169
6.1.2 噪声的危害	169
6.2 噪声的评价	171
6.2.1 噪声的客观物理度量	171
6.2.2 噪声的主观评价	173
6.3 工业噪声测量技术	175
6.3.1 工业噪声测量的基本仪器	175
6.3.2 工业企业噪声测量方法	176
6.4 噪声控制基本原理及具体措施	177
6.4.1 吸声降噪原理及措施	177
6.4.2 隔声降噪原理及措施	178
6.4.3 消声降噪原理及措施	180
6.4.4 隔振与阻尼减振	181
6.4.5 个人防护	182
6.5 钢铁企业噪声控制实例	182
6.5.1 钢铁企业噪声污染状况	182
6.5.2 钢铁企业噪声来源	183
6.5.3 钢铁企业主要噪声控制措施及效果	183
6.5.4 对钢铁企业噪声污染控制的展望	186
7 能量利用过程的热力学分析	188
7.1 能源的一般常识	188
7.1.1 能源用量的激增	189
7.1.2 能量利用过程中能量的转化	190

7.2 能量的质量评价——烟	191
7.2.1 能量转换过程的烟分析	194
7.2.2 烟 (Exergy) 的数学表达	195
7.2.3 烟的应用	195
7.3 钢铁工业中的烟分析示例	199
7.3.1 高炉炼铁	200
7.3.2 直接炼铁工艺	201
7.3.3 各种钢铁生产流程的烟效率	202
8 钢铁生产中的节能工艺	207
8.1 概论	207
8.1.1 我国钢铁企业的能耗指标	207
8.1.2 我国钢铁工业能耗现状	209
8.1.3 钢铁厂的能量流与节能措施	213
8.1.4 日本钢铁企业的能量流和节能举措	214
8.1.5 钢铁工业的主要节能设备	215
8.2 日本的 SCOPE21 炼焦新技术	216
8.2.1 SCOPE21 工艺的概况	216
8.2.2 小规模试验	217
8.2.3 半工业性工厂试验	218
8.2.4 工业化设备的设计概念和经济性	219
8.3 干熄焦工艺	220
8.3.1 干熄焦工艺	221
8.3.2 国产化开发	225
8.3.3 煤调湿技术	225
8.4 烧结节能技术	227
8.5 高炉节能技术	228
8.5.1 概述	228
8.5.2 高炉的节能工艺	231
8.6 高炉煤气余压发电 (TRT) 技术	233
8.6.1 TRT 的发展历程	234
8.6.2 TRT 设备及工艺流程	235
8.7 高炉煤气燃气轮机、蒸汽联合循环发电 (CCPP)	240
8.7.1 宝钢的 CCPP 系统简介	241
8.7.2 300MW 的 CCPP 发电装置	242
8.7.3 CCPP 设备参数	244
8.8 用高炉和焦炉回收废塑料的技术	245
8.8.1 高炉回收废塑料	245
8.8.2 废塑料焦炉化学原料化技术	247

8.9 转炉煤气回收技术	248
8.9.1 鲁奇—蒂森 (LT) 法干式处理技术	249
8.9.2 OG 法湿法除尘煤气回收流程	251
8.9.3 主要设备的选配	253
9 生命周期评价与钢铁冶金环保与节能	255
9.1 国际上 LCA 的产生和发展	255
9.2 LCA 的技术框架和类型	256
9.2.1 LCA 的定义	256
9.2.2 LCA 的技术框架	256
9.2.3 LCA 的类型	258
9.3 国外 LCA 的应用情况	259
9.4 LCA 对钢铁冶金的环保与节能的研究	259
9.4.1 我国钢铁产品的生命周期清单	260
9.4.2 不锈钢产品的生命周期清单分析	260
9.4.3 钢铁厂构成的优化	261
9.5 LCA 的一些结论	265
9.6 LCA 的局限	266
参考文献	267

1 绪 论

1.1 环境和环境保护的基本概念

1.1.1 环境的概念

环境是指以人类社会为主体的外部世界的总体，主要指人类已经认识到的直接或间接影响人类生存和社会发展的周围世界。环境的中心事物是人类的生存及活动，它具有整体性与区域性、变动性与稳定性、资源性与价值性等基本特征。

《中华人民共和国环境保护法》对环境的内涵叙述为：“本法所称环境，是指影响人类生存和发展的各种天然的和经过人工改造的自然因素的总体，包括大气、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”。

环境可分为自然、人工等环境。

(1) 自然环境。自然环境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和。是人类赖以生存、生活和生产所必需的自然条件和资源的总称，即阳光、温度、气候、地磁、空气、水、岩石、土壤、动植物、微生物以及地壳的稳定性等自然因素的总和。

(2) 人工环境。由于人类的活动而形成的各种事物，包括人工形成的物质、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。人工环境由综合生产力（包括人）、技术进步、人工建筑物、人工产品和能量、政治体制、社会行为、宗教信仰、文化与地方因素等形成。

人类生存的环境可按由小到大、由近及远分为聚落环境、地理环境、地质环境和宇宙环境。这些规模、性质不同的环境相互交叉、转化，形成一个庞大的系统。

(3) 聚落环境。聚落环境是人类有计划、有目的地利用和改造自然环境而创造出来的生存环境，它与人类生活和工作关系最密切、最直接。人生大部分时间是在聚落环境中度过的。聚落环境的发展为人类提供了越来越方便而舒适的生活和工作环境，同时也因聚落环境中人口密集、活动频繁而造成环境污染。

(4) 地理环境。地理环境是自然环境和人文环境两个部分的统一体。自然地理环境是由岩石、土壤、水、大气、生物等自然要素有机结合而成的综合体；人文地理环境是人类社会、文化和生产活动的地域组合，包括人口、民族、政治、社团、经济、交通、军事、社会行为等许多成分，它们在地球表面构成的圈层称为人文圈。

(5) 地质环境。地质环境为人类提供了大量的生产资料——矿产资源。随着生产的发展，大量矿产资源引入地理环境，在环境保护中是一个不容忽视的方面。地质环境与地理环境是有区别的，地质环境是指地表以下的地壳层，而地理环境主要指对人类影响较大的

地表环境。

(6) 宇宙环境。宇宙环境是由广袤的空间和存在于其中的各种天体以及弥漫物质组成的。目前环境科学对它的认识还很不足。是有待于研究和认知的极其广阔的领域。

20 世纪 70 年代以来,人类对环境认识发生了一次飞跃,人类开始认识到地球的生命支持系统中的各个组分和各种反应过程之间的相互关系。对一个方面有利的行动,可能会给其他方面引起意想不到的损害。

1.1.2 环境要素和环境质量

1.1.2.1 环境要素

构成环境整体的各个独立的、性质各异而又服从总体演化规律的基本物质组分称为环境要素,也称作环境基质。环境要素分自然环境要素和社会环境要素。目前研究较多的是自然环境要素,故环境要素通常是指自然环境要素,包括水、大气、生物、土壤、岩石、阳光等等。环境要素组成环境结构单元,环境结构单元又组成环境系统,例如由水组成河流、湖泊和海洋等水体,地球上的全部水体又组成水圈(水环境整体);由土壤组成农田、草地和林地等,由岩石组成岩体,全部岩石和土壤构成岩石圈或称土壤—岩石圈;由生物体组成生物群落,全部生物群落构成生物圈。环境要素具有一些非常重要的属性,这些属性决定了各个环境要素间的联系和作用的性质,是人们认识环境、改造环境的基本依据。在这些属性中,最重要的是:

(1) 最差限制律。整体环境的质量不是由环境诸要素的平均状态决定,而是受环境诸要素中那个与最优状态差距最大的要素的控制。这就是说,环境质量的好坏,取决于诸要素中处于“最差状态”的那个要素,而不能够因其他要素处于优良状态得到弥补。因此,环境要素之间是不能相互替代的。

(2) 环境整体大于诸要素之和。一处环境所表现出的性质,不等于组成该环境的各个要素性质之和,而是比这种“和”丰富得多,复杂得多。环境诸要素之间相互联系、相互作用形成环境的总体效应,这种总体效应是个体效应基础上的质的飞跃。

(3) 相互依赖性。环境诸要素是相互联系、相互依赖的。首先,环境诸要素的相互作用和制约关系,是通过能量流,即能量在各要素之间的传递,或能量形式在各要素之间的转换实现的。再其次,通过物质循环,即物质在环境要素间的传递和转化,环境要素相互联系在一起。

1.1.2.2 环境质量

所谓环境质量,一般是指一处具体环境的总体或某些要素,对于人群的生存和繁衍以及社会发展的适宜程度,是反映人群对环境要求的,对环境状况的一种描述。环境质量通常要通过选择一定的指标(环境指标)并对其量化来表达。自然灾害、资源利用、废物排放以及人群的规模和文化状态都会改变或影响一个区域的环境质量。

1.1.2.3 当前全球性环境问题

目前,环境问题困扰着整个世界。危及人类生存的环境问题主要有: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。

(1) 全球变暖。全球变暖是指全球气温升高。近 100 多年来,全球平均气温经历了冷

一暖-冷-暖两次波动,总的来看全球气温为上升趋势。1981~1990 年全球平均气温比 100 年前上升了 0.48°C 。导致全球变暖的主要原因是人类在近一个世纪以来大量使用矿物燃料(如煤、石油等),排放出大量的 CO_2 等多种温室气体。由于这些温室气体对来自太阳的短波辐射具有高度的透过性,而对地球反射出来的长波辐射具有高度的吸收性,也就是常说的“温室效应”,导致全球气候变暖。全球变暖的后果,会使全球降水量重新分配,冰川和冻土消融,海平面上升等,既危害自然生态系统的平衡,更威胁人类的食物供应和居住环境。

(2) 臭氧层破坏。在地球大气层近地面约 20~30km 的平流层里存在着一个臭氧层,其中臭氧含量占这一高度气体总量的十万分之一。臭氧含量虽然极微,却具有强烈的吸收紫外线的功能,因此,它能挡住太阳紫外辐射对地球生物的伤害,保护地球上的一切生命。

然而人类生产和生活所排放出的一些污染物,如冰箱、空调等设备制冷剂的氟氯烃类化合物以及其他用途的氟溴烃类等化合物,它们受到紫外线的照射后可被激化,形成活性很强的原子与臭氧层的臭氧(O_3)作用,使其变成氧分子(O_2),这种作用连锁般地发生,臭氧迅速耗减,使臭氧层遭到破坏。

南极的臭氧层空洞,就是臭氧层破坏的一个最显著的标志。到 1994 年,南极上空的臭氧层破坏面积已达 2400 万 km^2 。南极上空的臭氧层是在 20 亿年里形成的,可是在一个世纪里就被破坏了 60%。北半球上空的臭氧层也比以往任何时候都薄,欧洲和北美上空的臭氧层平均减少了 10%~15%,西伯利亚上空甚至减少了 35%。因此科学家警告说,地球上空臭氧层破坏的程度远比一般人想像的要严重得多。

(3) 酸雨。酸雨是由于空气中二氧化硫(SO_2)和氮氧化物(NO_x)等酸性污染物引起的 pH 值小于 5.6 的酸性降水。受酸雨危害的地区,出现了土壤和湖泊酸化,植被和生态系统遭受破坏,建筑材料、金属结构和文物被腐蚀等等一系列严重的环境问题。由于全世界使用矿物燃料的量有增无减,使得受酸雨危害的地区进一步扩大。

(4) 淡水资源危机。地球表面虽然三分之二被水覆盖,但是 97% 为海水,只有不到 3% 是淡水,其中又有 2% 封存于极地冰川之中。在仅有的 1% 淡水中,25% 为工业用水,70% 为农业用水,只有很少的一部分可供饮用和其他生活用途。然而,在这样一个缺水的世界里,水却被大量滥用、浪费和污染。加之区域分布不均匀,致使世界上缺水现象十分普遍,全球淡水危机日趋严重。

目前世界上 100 多个国家和地区缺水,其中 28 个国家被列为严重缺水的国家和地区。我国广大的北方和沿海地区水资源严重不足,据统计我国北方缺水区总面积达 58 万 km^2 。全国 500 多座城市中,有 300 多座城市缺水,每年缺水量达 58 亿 m^3 ,这些缺水城市主要集中在华北、沿海和省会城市、工业型城市。

世界上任何一种生物都离不开水,人们把水比喻为“生命的源泉”。然而,随着地球上人口的激增,生产迅速发展,水已经变得比以往任何时候都要珍贵。一些河流和湖泊的枯竭,地下水的耗尽和湿地的消失,不仅给人类生存带来严重威胁,而且许多生物也正随着人类生产和生活造成的河流改道、湿地干化和生态环境恶化而灭绝。

(5) 资源、能源短缺。当前,世界上资源和能源短缺问题已经在大多数国家甚至全球范围内出现。这种现象的出现,主要是人类无计划、不合理地大规模开采所致。

从目前石油、煤、水利和核能发展的情况来看,要满足世界能源需求量是十分困难的。因此,在新能源(如太阳能、快中子反应堆电站、核聚变电站等)开发利用尚未取得较大突破之前,世界能源供应将日趋紧张。

此外,其他不可再生性矿产资源的储量也在日益减少,这些资源终究会被消耗殆尽。

(6) 森林锐减。森林是人类赖以生存的生态系统中的一个重要的组成部分。地球上曾经有 76 亿公顷的森林。由于世界人口的增长,对耕地、牧场、木材的需求量日益增加,导致对森林的过度采伐和开垦,使森林受到前所未有的破坏。

联合国粮食及农业组织 2005 年 11 月 14 日发表的《全球森林资源评估报告》说,全球有 40 亿公顷的森林,占陆地面积 30%。澳大利亚、巴西、加拿大、中国、刚果民主共和国、印度、印度尼西亚、秘鲁、俄罗斯和美国这 10 个国家的森林面积占全球森林面积的三分之二。目前全球每年损失 1300 万公顷的森林,但森林面积净流失量比率呈逐年下降的趋势。1990~2000 年,全球每年净流失 890 万公顷森林,而 2000~2005 年,全球每年净流失 730 万公顷森林,净流失面积比率为 0.18%。近年,美洲、非洲、大洋洲的森林面积都不同程度地出现净流失。而亚洲则出现净增长。在 20 世纪 90 年代,亚洲每年净流失 80 万公顷森林;而 2000~2005 年,亚洲每年净增长 100 万公顷森林。这主要归因于中国开展大规模的植树造林。另外,欧洲的森林面积也在稳步增长。森林面积净流失量比率下降的原因是各国政府较以往更加重视保护森林资源,一方面加大保护原始森林的力度,另一方面展开大规模植树造林。

对热带雨林的破坏主要发生在热带地区的发展中国家,尤以巴西的亚马逊情况最为严重。亚马逊森林居世界热带雨林之首,但是,平均每 5s 就有一个足球场大小的森林消失。亚太地区、非洲的热带雨林也在遭到破坏。

(7) 土地荒漠化。简单地说土地荒漠化就是指土地退化。1992 年联合国环境与发展大会对荒漠化的概念作了这样的定义:“荒漠化是由于气候变化和人类不合理的经济活动等因素,使干旱、半干旱和具有干旱灾害的半湿润地区的土地发生了退化”。

1996 年 6 月 17 日第二个世界防治荒漠化和干旱日,联合国防治荒漠化公约秘书处发表公报指出:当前世界荒漠化现象仍在加剧。全球现有 12 亿多人受到荒漠化的直接威胁,其中有 1.35 亿人在短期内有失去土地的危险。荒漠化已经不再是一个单纯的生态环境问题,而且演变为经济问题和社会问题,它给人类带来贫困和社会不稳定。

到 1996 年为止,全球荒漠化的土地已达到 3600 万 km^2 ,占到整个地球陆地面积的四分之一,相当于俄罗斯、加拿大、中国和美国国土面积的总和。全世界受荒漠化影响的国家有 100 多个,尽管各国人民都在进行着同荒漠化的抗争,但荒漠化却以每年 5~7 万 km^2 的速度扩大,相当于爱尔兰的面积。我国荒漠化面积达 267.4 万 km^2 ,占国土面积的 27.8%,1994~1999 年间,全国荒漠化土地净增 5.2 万 km^2 ,年均增长 1 万多平方米。土地荒漠化“局部治理,整体恶化”的态势还没有得到有效遏制,防治荒漠化仍然是我国生态建设面临的一项十分紧迫而艰巨的任务。在人类当今诸多的环境问题中,荒漠化是最为严重的灾难之一。对于受荒漠化威胁的人们来说,荒漠化意味着他们将失去最基本的生存基础——有生产能力的土地的消失。

(8) 物种加速灭绝。物种就是指生物种类。现今地球上生存着 500~1000 万种生物。一般来说物种灭绝速度与物种生成的速度应是平衡的。但是,由于人类活动破坏了这种平

衡,使物种灭绝速度加快,据《世界自然资源保护大纲》估计,每年有数千种动植物灭绝。世界野生生物基金会发出警告:本世纪鸟类每年灭绝一种,在热带雨林,每天至少灭绝一个物种。物种灭绝将对整个地球的食物供给带来威胁,对人类社会带来的损失和影响是难以预料和挽回的。

(9) 垃圾成灾。全球每年产生垃圾近 100 亿 t,而且处理垃圾的能力远远赶不上垃圾增加的速度,特别是一些发达国家,已处于垃圾危机之中。美国素有垃圾大国之称,其生活垃圾主要靠表土掩埋。过去几十年内,美国已经使用了一半以上可填埋垃圾的土地,30 年后,剩余的这种土地也将全部用完。我国的垃圾排放量也相当可观,在许多城市周围,排满了一座座垃圾山,除了占用大量土地外,还污染环境。危险垃圾,特别是有毒、有害垃圾的处理问题(包括运送、存放),因其造成的危害更为严重、产生的危害更为深远,已成了当今世界各国面临的一个十分棘手的环境问题。近十几年来,随着中国经济的迅猛发展,中国的固体废弃物的产生量也在不断增加。由于我国固体废弃物的处置率低和处理技术落后等原因,大量的固体废弃物引发了严重的环境污染问题。固体废弃物的污染控制已成为我国环境保护领域的一个突出问题。1998 年我国城市生活垃圾清运量达到 1.13 亿 t,2004 年全国 661 个城市年清运城市生活垃圾 1.55 亿 t。垃圾无害化处理量 8089 万 t。在 1990~2004 年期间,城市生活垃圾清运量年平均增长率为 6.34%,略高于城市人口平均增长率,与城市建成区面积增长率基本相同。工业固体废弃物的累积问题也十分严重,中国每年产生 6.2 亿 t 工业废弃物,但其处理率仅为 10%,目前已累积堆存 59 亿 t,其中危险废物约占 2%~5%。中国准备在未来 10 年内,使垃圾焚烧达到垃圾处理总量的 3%。在中国东部地区,经济较发达,许多城市的人口密度比日本还大,可用土地相对较少,使得人们对城市生活垃圾等废弃物减容无害化处理的要求越来越高,因此垃圾焚烧的比例将会越来越大。这些焚烧设备简单而且规模小,焚烧处理和尾气净化装置不完全,通常造成焚烧废气和飞灰中含有大量的二恶英。

(10) 有毒化学品污染。市场上约有 7~8 万种化学品。对人体健康和生态环境有危害的约有 3.5 万种。其中有致癌、致畸、致突变作用的约 500 余种。随着工农业生产的发展,如今每年又有 1000~2000 种新的化学品投入市场。由于化学品的广泛使用,全球的大气、水体、土壤乃至生物都受到了不同程度的污染、毒害,连南极的企鹅也未能幸免。如果不采取有效防治措施,涉及有毒有害化学品的污染事件日益增多,将对人类和动植物造成严重的危害。

环境是人类生存发展的物质基础和制约因素,人口的增长要求工农业迅速发展,从环境中取得食物、资源、能量的数量必然要增大。然而,环境的承载能力和环境容量是有限的,如果人口的增长、生产的发展,不考虑环境条件的制约作用,超出了环境允许的极限,就会导致环境污染与破坏,造成资源的枯竭和对人类健康的损害。人口急剧增长是当今影响环境的最主要、最根本的因素。人类人口 1830 年是 10 亿人,1975 年是 40 亿人,1995 年是 56.8 亿人,2000 年已超过 60 亿人,2005 年是 64.77 亿人。预计 2025 年全球人口可能超过 87 亿人。人类为了生存需要消耗大量的耕地、矿产和能源等自然资源,在大量的生产过程中排出大量废物,必然造成环境污染和生态破坏。

因此,可以认为,环境问题的实质在于人类经济活动索取资源的速度超过了资源本身及其替代品的再生速度,以及向环境排放废弃物的数量超过了环境的自净能力。

面对严峻的环境问题,“先污染,后治理”是十分不明智的选择。人类要征服自然,就必须尊重自然。只有尊重自然,遵循自然规律,才能控制自然,使人类利益与自然协调发展。

1.1.2.4 生态平衡

生态系统的科学定义为:生态系统就是在一定的时间和空间内,生物和非生物的成分之间,通过不断的物质循环和能量流动而相互作用、相互依存的统一体,构成一个生态学的功能复合体。生物地理群落(biogeocoenosis)为生态系统的同义语。

生态系统中的能量流和物质循环在通常情况下(没有受到外力的剧烈干扰)总是平稳地进行着,与此同时,生态系统的结构也保持相对的稳定状态,这称作生态平衡。生态平衡的最明显表现就是系统中的物种数量和种群规模相对平稳。当然,生态平衡是一种动态平衡,即它的各项指标,如生产量、生物的种类和数量,都不是固定在某一水平,而是在某个范围内来回变化。这同时也表明生态系统具有自我调节和维持平衡状态的能力。当生态系统的某个要素出现功能异常时,其产生的影响就会被系统做出的调节所抵消。生态系统的能量流和物质循环以多种渠道进行着,如果某一渠道受阻,其他渠道就会发挥补偿作用。对污染物的入侵,生态系统表现出一定的自净能力,也是系统调节的结果。生态系统的结构越复杂,能量流和物质循环的途径越多,其调节能力,或者抵抗外力影响的能力就越强。反之,结构越简单,生态系统维持平衡的能力就越弱。农田和果园生态系统是脆弱生态系统的例子。

一个生态系统的调节能力是有限度的。外力的影响超出这个限度,生态平衡就会遭到破坏,生态系统就会在短时间内发生结构上的变化,比如一些物种的种群规模发生剧烈变化,另一些物种则可能消失,也可能产生新的物种。但变化总的结果往往是不利的,它削弱了生态系统的调节能力。这种超限度的影响对生态系统造成的破坏是长远性的,生态系统重新回到和原来相当的状态往往需要很长的时间,甚至造成不可逆转的改变,这就是生态平衡的破坏。作为生物圈一分子的人类,对生态环境的影响力目前已经超过自然力量,而且主要是负面影响,成为破坏生态平衡的主要因素。人类对生物圈的破坏性影响主要表现在三个方面:一是大规模地把自然生态系统转变为人工生态系统,严重干扰和损害了生物圈的正常运转,农业开发和城市化是这种影响的典型代表;二是大量取用生物圈中的各种资源,包括生物的和非生物的,严重破坏了生态平衡,森林砍伐、水资源过度利用是其典型例子;三是向生物圈中超量输入人类活动所产生的产品和废物,严重污染和毒害了生物圈的物理环境和生物组分,包括人类自己,化肥、杀虫剂、除草剂、工业三废和城市三废是其代表。

1.1.3 环境科学

环境科学是一门新学科,至今只有40来年的历史,而其发展速度是任何一门其他学科都无法比拟的。

环境科学的主体是人,与之相对的是围绕着人的生存环境,包括自然界的大气圈、水圈、岩石圈、生物圈。人的活动遵循社会发展规律,向自然界索取资源,产生出一些新的东西再返回给自然,而环境科学就是研究人和环境间的这样一种关系。人类给予环境的有正面影响,也有负面影响,环境又往往将这些影响反过来作用于人,环境科学就是因为负