

钢铁冶金的 环保与节能

（第2版）

李光强 朱诚意 编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

钢铁冶金的环境与节能

(第2版)

李天德 孙成德 编著

冶金工业出版社
CHINA METALLURGICAL PRESS

钢铁冶金环保与节能

(第2版)

李光强 朱诚意 编著

北 京

冶 金 工 业 出 版 社

2010

内 容 提 要

全书共分9章,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,包括钢铁生产中的水污染与水处理、钢铁生产中的尾气处理、炉渣的处理与利用、尘泥的处理与利用以及噪声污染控制等。在节能部分介绍了能量利用过程热力学分析方法、钢铁生产中的节能工艺以及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和参考书,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员及管理工作参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁冶金的环保与节能/李光强,朱诚意编著.—2版.—北京:
冶金工业出版社,2010.1
ISBN 978-7-5024-5111-0

I. ①钢… II. ①李… ②朱… 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(2009)第242424号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷39号,邮编100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 刘小峰 朱华英 美术编辑 张媛媛 版式设计 孙跃红

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-5111-0

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,2010年1月第2版,2010年1月第5次印刷

787mm×1092mm 1/16;21印张;504千字;320页;7001-10000册

56.00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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

第2版前言

《钢铁冶金环保与节能》自2006年由冶金工业出版社出版以来,受到钢铁冶金专业的大专院校师生和一些钢铁公司、冶金环保企业的关注,并有幸被一些院校和企业选作大学生或职工培训的教材。到2009年9月,本书第一版共印刷4次,印数7000册,实在超出编者所料。在此首先向广大读者表示由衷的感谢!

本书初版出版以来,我国钢铁行业也发生了巨大变化。我国钢铁产品升级取得重大成绩,汽车用钢、电工钢、铁道用钢、管线钢、不锈钢等技术含量高的钢材品种的研制和生产达到国际先进水平,并完善了生产工艺与使用规范、标准;钢铁行业把系统节能作为指导方针,加快了节能减排技术的研究与应用,初步建成了具有一定示范意义的新一代可持续钢铁流程企业——京唐钢铁公司;干熄焦、高炉煤气干式除尘、转炉煤气干式除尘(“三干”)节能环保技术的大力推广应用对我国钢铁企业的节能、节水、减排和资源的循环利用发挥了重要的作用,烧结烟气脱硫也从无到有,逐渐推广。

近年来,国家发布了一系列环境保护和循环经济方面的法律,钢铁行业相关的环境保护国家标准也在不断完善。钢铁行业清洁生产系列标准、《钢铁工业发展循环经济环境保护导则》已经发布,《钢铁工业污染物排放标准》系列标准正在征求意见或即将发布。这些措施为环保事业的发展提供了法律的保障。

为了反映我国钢铁冶金的环保与节能方面的进步,编者在第一版的基础上对本书进行了修订。

第1章对我国环境保护的成就和存在的问题进行了简要的阐述;更新了世界钢铁产量及其地理分布、世界铁矿石储量、能源储量等数据;介绍了近年来我国钢铁行业污染物排放量的变化与节能进展和新一代可循环钢铁生产流程。

第2章引用了新的《钢铁工业水污染物排放标准》,新增了钢铁厂废水的反渗透处理与回用的例子,概要介绍了钢铁工业水污染物最佳控制技术。

第3章在关于二恶英的介绍中,提及了《关于持久性有机污染物的斯德哥尔摩公约》。引用了《钢铁工业污染物排放标准》中烧结(球团)和炼铁工序现有企业大气污染物的排放限值,增列了欧盟钢铁行业主要废气污染物排放值;充实了烧结烟气脱硫的工艺介绍和国内厂家的实例。在降低CO₂排放量与固定CO₂的措施方面,介绍了

超低 CO₂ 炼钢 (ULCOS) 项目和 CO₂ 减排新技术。

第4章新增了 HK 粒化轮法处理高炉渣和钢渣技术,对宝钢的 BSSF 钢渣处理工艺也做了较详尽的描述。介绍了我国通用硅酸盐水泥的新标准及其对水淬高炉渣添加量的限制和粒化高炉矿渣粉的应用,介绍了钢渣粉、钢渣水泥相关的新的国家标准。

第6章新增了《工厂企业厂界环境噪声排放标准》的介绍和钢铁企业噪声治理的实例。

第8章引入了国家节能基础标准《综合能耗计算通则》和《单位产品能源消耗限额编制通则》,讨论了近年来我国钢铁行业的节能进展和影响因素。充实了烧结节能技术的内容。

第5章、第7章、第9章本次未做修订。

本次修订由原作者李光强和朱诚意完成,作者的学生陈敏、董训祥等对书稿做了文字的订正和部分插图的绘制,在此向他们表示感谢。唐山华科冶金技术开发公司、龙净脱硫脱硝工程有限公司提供了宝贵的技术资料,也向他们致以诚挚的谢意。

钢铁冶金的环保与节能涉及非常广泛的科学和工程领域,由于编者水平和掌握的资料有限,本次修订难免还有缺点和不足,恳请读者批评指正。

作 者

2009年9月2日

第1版前言

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	7
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	15
1.2 现代钢铁冶炼的基本流程与特点	17
1.2.1 现代钢铁冶炼的基本流程与特点	17
1.2.2 钢铁材料在工业用材料中的地位	19
1.2.3 我国钢铁工业在世界钢铁业界的地位	20
1.3 钢铁冶金资源、能源消耗与环境问题	24
1.3.1 钢铁冶金的资源、能源消耗	24
1.3.2 钢铁生产的环境问题	27
1.3.3 钢铁工艺进步和环境保护	30
1.4 我国钢铁冶金环保与节能的现状	35
1.4.1 我国钢铁企业节能环保工作的成绩	35
1.4.2 我国节能环保工作存在的主要问题	36
2 钢铁生产中的水污染与水处理	38
2.1 钢铁厂的用水与污水产生情况	38
2.1.1 水资源的重要性	38
2.1.2 钢铁企业废水来源、分类及污染特征	38
2.1.3 我国钢铁企业用水现状与改进方向	39
2.1.4 中国钢铁工业废水治理技术现状	41
2.2 钢铁厂污水排放标准与水处理的常用方法	41
2.2.1 钢铁厂污水排放标准	41
2.2.2 废水处理方法概论	42
2.2.3 废水处理的一般流程	68
2.2.4 按工艺过程区分的水处理技术	68
2.2.5 钢铁工业水污染物最佳控制技术简介	85

3 钢铁生产中的尾气处理	88
3.1 大气中 SO_x 、 NO_x 和 CO_2 的危害	88
3.1.1 大气中 SO_x 、 NO_x 导致酸雨	88
3.1.2 大气中的 CO_2 与温室效应	89
3.1.3 钢铁生产与温室气体排放	90
3.1.4 钢铁企业的二恶英污染	92
3.2 钢铁冶炼过程中的尾气来源、特点与排放标准	95
3.2.1 钢铁工业废气的来源及特点	95
3.2.2 钢铁厂废气排放标准	98
3.3 烟尘控制技术	101
3.3.1 除尘技术简介	101
3.3.2 粉尘、烟尘控制的工程实践	107
3.4 焦炉煤气净化技术	114
3.4.1 塔卡哈克斯 (Takahax) 法	114
3.4.2 宝钢法 (B-H) 脱硫脱氰工艺	116
3.4.3 Sulfiban 法	117
3.4.4 FRC 法	120
3.5 烧结尾气脱 SO_x	122
3.5.1 石灰-石膏法	124
3.5.2 氢氧化镁浆液吸收法	125
3.5.3 氨水吸收-硫铵回收法	126
3.5.4 NID 法	128
3.5.5 LEC 法	129
3.5.6 西门子-VAI 的 MEROS 工艺	130
3.5.7 循环流化床法烧结烟气脱硫工艺	131
3.5.8 烧结烟气脱硫的成绩与存在的问题	132
3.6 SO_2 排污权交易	133
3.7 NO_x 防止技术	133
3.7.1 烧结尾气脱硝技术	134
3.7.2 氨选择接触还原法	135
3.7.3 选择性非催化还原法	137
3.8 降低 CO_2 排放量与固定 CO_2 的措施	137
3.8.1 降低 CO_2 排放量	137
3.8.2 二氧化碳资源化	139
3.9 《京都议定书》与清洁发展机制 (CDM)	144
4 炉渣的处理与利用	146
4.1 高炉渣、转炉渣、电炉渣的产生和性质	146
4.2 炉渣处理技术	150

4.2.1 高炉渣处理技术	150
4.2.2 钢渣的处理工艺	156
4.3 炉渣的资源化途径与存在的问题	174
4.3.1 高炉渣利用途径	174
4.3.2 钢渣利用途径	176
4.4 少渣冶炼	181
4.4.1 日本几个钢铁公司的少渣冶炼工艺	181
4.4.2 转炉渣再利用和钢渣发生量的模拟	185
4.5 复合矿冶炼渣中有价元素的回收	187
5 尘泥的处理与利用	190
5.1 高炉瓦斯泥、转炉炉尘、电炉炉尘的产生和性质	190
5.1.1 高炉瓦斯泥	190
5.1.2 转炉炉尘、电炉炉尘	191
5.2 各种尘泥资源化途径、处理技术与存在的问题	193
5.2.1 高炉瓦斯泥的处理方法	193
5.2.2 转炉炉尘和电炉炉尘的处理方法	196
6 噪声污染控制	206
6.1 概述	206
6.1.1 噪声的定义、分类及特点	206
6.1.2 噪声的危害	206
6.2 噪声的评价	208
6.2.1 噪声的客观物理度量	208
6.2.2 噪声的主观评价	210
6.3 工业噪声测量技术	212
6.3.1 工业噪声测量的基本仪器	212
6.3.2 工业企业厂界环境噪声排放标准	214
6.3.3 噪声测量方法	215
6.4 噪声控制基本原理及具体措施	216
6.4.1 吸声降噪原理及措施	216
6.4.2 隔声原理及措施	218
6.4.3 消声原理及措施	220
6.4.4 隔振与阻尼减振	221
6.4.5 个人防护	222
6.5 钢铁企业噪声控制实例	222
6.5.1 钢铁企业噪声污染状况	222
6.5.2 钢铁企业噪声来源	223
6.5.3 钢铁企业主要噪声控制措施及效果	223

6.5.4 钢铁企业噪声治理实例	226
6.5.5 对钢铁企业噪声污染控制的展望	230
7 能量利用过程的热力学分析	232
7.1 能源的一般常识	232
7.1.1 能源用量的激增	233
7.1.2 能量利用过程中能量的转化	234
7.2 能量的质量评价——焓	235
7.2.1 能量转换过程的焓分析	239
7.2.2 焓 (Exergy) 的数学表达	239
7.2.3 焓的应用	240
7.3 钢铁工业中的焓分析示例	243
7.3.1 高炉炼铁	244
7.3.2 直接炼铁工艺	245
7.3.3 各种钢铁生产流程的焓效率	246
8 钢铁生产中的节能工艺	251
8.1 概论	251
8.1.1 我国钢铁企业的能耗指标	251
8.1.2 我国钢铁工业能耗现状	258
8.1.3 钢铁厂的能量流与节能措施	259
8.1.4 日本钢铁企业的能量流和节能举措	260
8.1.5 钢铁工业的主要节能工艺设备	261
8.2 日本的 SCOPE21 炼焦新技术	262
8.2.1 SCOPE21 工艺的概况	262
8.2.2 小规模试验	263
8.2.3 半工业性工厂试验	264
8.2.4 工业化设备的设计概念和经济性	265
8.2.5 SCOPE21 工艺的工业化	266
8.3 干熄焦工艺	267
8.3.1 干熄焦的基本原理及工艺流程	267
8.3.2 干熄焦技术与设备的国产化开发	271
8.3.3 煤调湿技术	272
8.4 烧结节能技术	273
8.4.1 日本的烧结节能技术	273
8.4.2 环冷机废气余热锅炉	274
8.4.3 烧结主排废气余热锅炉	275
8.5 高炉节能技术	276
8.5.1 概述	276

8.5.2 高炉的节能工艺	279
8.6 高炉煤气余压发电 (TRT) 技术	281
8.6.1 TRT 的发展历程	282
8.6.2 TRT 设备及工艺流程	283
8.7 高炉煤气燃气轮机、蒸汽联合循环发电 (CCPP)	288
8.7.1 宝钢的 CCPP 系统简介	288
8.7.2 300MW 的 CCPP 发电装置	290
8.7.3 CCPP 设备参数	292
8.8 用高炉和焦炉回收废塑料的技术	293
8.8.1 高炉回收废塑料	293
8.8.2 废塑料焦炉化学原料化技术	295
8.9 转炉煤气回收技术	297
8.9.1 “LT” 法干式处理技术	297
8.9.2 “OG” 法湿法除尘煤气回收流程	300
8.9.3 主要设备的选配	302
9 生命周期评价与钢铁冶金的环境与节能	304
9.1 国际上 LCA 的产生和发展	304
9.2 LCA 的技术框架和类型	305
9.2.1 LCA 的定义	305
9.2.2 LCA 的技术框架	305
9.2.3 LCA 的类型	308
9.3 国外 LCA 的应用情况	308
9.4 LCA 对钢铁冶金的环境与节能的研究	309
9.4.1 我国钢铁产品的生命周期清单	309
9.4.2 不锈钢产品的生命周期清单分析	309
9.4.3 钢铁厂构成的优化	309
9.5 LCA 的一些结论	315
9.6 LCA 的局限	315
参考文献	316

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》对环境的内涵叙述如下：“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”。

环境可分为自然环境和人工环境等。

(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。

(1) 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。

(2) 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。

(3) 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。

(4) 宇宙环境。宇宙环境是由广漠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及其广阔的领域。

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保障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,可能会给其他方面带来意想不到的损害。

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,也称为环境基质。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。最差限制律是 1840 年德国化学家 J. V. 李比希提出的,20 世纪初为英国科学家布莱克曼所发展而臻于完善。整个环境的质量,不能由环境诸要素的平均状况去决定,而是受环境诸要素中那个与最优状态差距最大的要素所控制。这就是说,环境质量的高低,取决于诸要素中处于“最低状态”那个要素,不能用其余的处于优良状态的环境要素去代替,去弥补。因此,在改造自然和改进环境质量的同时,必须对环境诸要素的优劣状态进行数值分类,循着由差到优的顺序,依次改造每个要素,使之均衡地达到最佳状态。

(2) 等值性。任何一个环境要素,对于环境质量的限制,只有当它们处于最差状态时,才具有等值性。这就是说,各个环境要素,无论它们本身在规模上或数量上是如何的不相同,但只要是一个独立的要素,那么对于环境质量的限制作用并无质的差异。这种等值性同最小限制律有密切的联系,不过前者强调要素间作用的比较,后者则是从制约环境质量的主导要素上着眼的。

(3) 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。

(4) 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。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。

环境要素演变的动力,主要依靠来自地球内部放射性元素衰变所产生的内生能,以及以太阳辐射能为主的外来能。太阳辐射能共分为三个主要部分:紫外部分(波长小于

0.4 μm), 包括 X 射线、 γ 射线等, 它占据太阳辐射总量的 7%, 主要对于一些化学反应起着显著的作用, 对于生命有致死的作用; 可见光部分 (波长为 0.4 ~ 0.7 μm), 约占太阳辐射总量的 50%, 其中以波长在 0.475 μm (青光) 附近的辐射能力最强, 可见光对于植物的光合作用具有特殊的意义; 红外部分 (波长大于 0.7 μm), 约占太阳辐射总量的 43%, 主要具有热效应的特性。阳光作为环境的一个基本要素, 它是环境变化的基本动力源泉之一, 同时它在地球表面上的时空分布特性, 对地球表面的温度、大气运动、水循环、生物的分布形式和轮廓以及人类的活动等, 均具有决定性的影响。除其他环境要素外, 生物的生长量, 生化反应的速度主要取决于温度所处的范围。

1.1.2.2 环境质量

所谓环境质量, 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—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 $^{\circ}\text{C}$ 。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, 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象的要严重得多。

(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地区总面积达 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》中说,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 2/3。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,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。