



華夏英才基金學術文庫

刘江龙 编著

材料的环境影响评价



科学出版社

www.sciencep.com

内 容 简 介

本书首先介绍材料与环境的关系,然后结合国内外的发展现状,叙述材料的环境负荷概念等。本书还对污染物因子进行了重点阐述,介绍了相关数学模型基础、常用环境影响评价模型;各种评价模型的应用背景和约束条件,最后以各种典型金属材料、无机材料和高分子材料为例,讨论了若干材料的环境影响评价应用事例与具体的评价方法和评价过程。

本书适合于从事这一新兴领域及相关领域的科研、教学、管理、工程技术人员及高年级大学生和研究生选用。

图书在版编目(CIP)数据

材料的环境影响评价/刘江龙编著. —北京:科学出版社, 2002.10

ISBN 7-03-010451-X

I. 材… II. 刘… III. 工程材料-环境影响-评价 IV. X820.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2002)第 037818 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

新蕾印刷厂 印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2002年10月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2002年10月第一次印刷 印张:11 1/4

印数:1—2 000

字数:220 000

定价:27.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈新欣〉)

前 言

2001年初夏的中国,南方暴雨不断,气温持续偏低;北方久晴无雨,气温持续偏高。这种大规模的气候反常,使得人们十分不安,对此表示高度关注。环境恶化问题已经成为人们思考和言谈的焦点,并引起沉重的反思。

物质材料与自然生态环境有着十分密切的关系。取于环境的资源和能源为材料的有用性奠定了物质基础。与此同时,材料系统向环境排放大量的废弃物。正如书中各种统计数字表明的那样,从能源消费、资源消费的比例和造成环境污染的根源分析,材料及其制品的生产或制造过程是造成全球性的能源短缺、资源过度消耗乃至枯竭和各种形态的环境污染的主要原因之一。作为人类文明社会存在和发展基石之一的物质材料将来应当如何发展和存在下去呢?材料科技工作者正是在思考这些重大问题的基础上提出了材料的环境影响评价概念。材料的环境影响评价属于材料科学与工程、环境科学与工程、管理科学与工程的一个交叉学科领域,是目前国际上的一个研究热点。它属于环境材料的一个重要组成部分。研究材料环境影响评价的重要性在于:①研究材料生产与环境之间的关系,有助于改进材料的设计,控制和优化材料的生产过程,从而对保护环境具有特别重要的意义;②材料的环境影响评价和环境材料的研究代表着材料科学和工程的发展方向,它为新材料的研究和传统材料的改造提供了一个新的思路;③尽量不断地降低和减轻材料所造成的环境负担,是每个科技工作者应尽的义务和责任。

本人在国内较早地开始从事材料的环境影响领域的研究工作,并将其概念和成果引入本科生和研究生的教学之中。同学们对此给予高度评价,并积极参与。其热忱之高,课堂之踊跃,争论之激烈,极大地鼓舞了本人。本人曾在1998年出版专著《环境材料导论》,这是国内第一本关于环境材料的著作,该书出版之后,很快销售一空。这反映了国内各界人士对此问题的关注。在该书中曾涉及部分材料的环境影响评价内容。经过这几年的研究,已经又有若干新的成果,因而深感有义务尽快将相关的研究成果和国内外的研究成果较系统和全面地介绍给广大读者。

本书绪论中首先引入材料与环境的关系,并特别强调这种关系的双向性。这使人们对材料引发的严重环境问题有一个清醒的认识。然后,结合国内外的发展现状,引入材料的环境负荷概念及其内涵,这是本人在国内外首先明确提出和定义的。对具体的环境负荷指标可以根据具体的需求,分成综合性环境负荷指标与分项性环境负荷指标。这将有利于材料的环境负荷概念的普及和应用。由于材料的环境负荷指标由三个因子构成,也就是能源因子、资源因子、污染物因子,对于材料

环境负荷中的前两个因子,相对而言较为容易处理和分析,而对后一个因子——污染物因子则处理难度较大。本书对污染物因子进行了重点阐述。作为一种建立数学评价模型的知识背景,介绍了相关数学模型基础。由此而来,引入了常用环境影响评价模型。结合国内外的材料环境影响评价的研究现状,对各种评价模型的应用背景和约束条件给予一一介绍。根据模型的应用结果,必然涉及环境影响评价的综合判定问题。最后,以各种典型金属材料、无机材料和高分子材料为例,介绍了若干材料的环境影响评价应用事例与具体的评价方法和评价过程。

本书的目的在于向广大读者介绍材料的环境影响评价原理、方法、体系及其实践,旨在阐述未来发展的若干趋势和当前的研究及进展现状。力求在内容上具有一定深度和系统性,同时具有较强的可读性,使读者在读完本书之后有所思、有所悟、有所获,这将使本人感到欣喜万分。本书适合于从事这一新兴领域及相关领域的科研、教学、管理、工程技术人员及高年级大学生和研究生选用。

本人期望本书的出版对推动材料环境影响评价的基础研究、应用研究、工程实践具有积极的作用。另外,由于所涉及的科学领域发展的不平衡,以及本人的个人兴趣所造成的片面性,书中难免存在一些缺陷,欢迎读者一一指正。

最后,本人衷心感谢华夏英才基金管理委员会,正是他们的支持,最终使本书面世。

刘江龙

2001年6月21日

于重庆大学东林村

目 录

前言

第一章 绪论	(1)
第一节 基本概念	(1)
一、材料	(1)
二、环境	(5)
第二节 材料对环境的影响	(6)
一、生产过程	(6)
二、EKC 曲线	(10)
第三节 材料的环境影响评价	(11)
一、评价概念	(11)
二、六面体结构	(13)
第四节 国内外现状	(14)
一、相关领域	(14)
二、发展方向	(15)
第二章 材料的环境负荷	(16)
第一节 环境负荷	(16)
一、结构框架	(16)
二、具体指标	(20)
第二节 评价判据	(22)
一、建立判据	(22)
二、评价分析框架	(24)
第三节 环境影响评价标准	(25)
一、制定原则	(25)
二、应用实例	(26)
第三章 污染因子与环境影响调查	(28)
第一节 污染因子	(28)
一、污染源	(28)
二、污染物分类	(29)
三、污染因子强度	(30)
四、污染强度预测	(33)

第二节 环境影响调查	(38)
一、环境影响调查原则	(38)
二、环境影响调查方法	(39)
三、环境影响调查内容	(41)
第四章 数学模型基础	(43)
第一节 基本概念	(43)
一、数学模型的定义	(43)
二、数学模型分类	(44)
第二节 模型的建立	(45)
一、基本要求	(45)
二、建模过程	(46)
第三节 模型参数	(49)
一、图解法	(49)
二、多元线性回归分析	(50)
第四节 模型验证	(52)
一、图形表示法	(52)
二、相关性验证	(53)
三、相对误差法	(56)
第五节 灵敏度分析	(57)
一、灵敏度分析的意义	(57)
二、状态和目标与灵敏度	(58)
第五章 常用环境影响评价模型	(63)
第一节 生命周期评价	(63)
一、生命周期评价的概念	(63)
二、生命周期评价的理论框架	(66)
三、生命周期评价的应用	(74)
四、生命周期评价的局限性	(81)
第二节 环境影响评价的权重系数	(86)
一、权重系数的概念	(86)
二、权重系数	(87)
第三节 经济损益分析模型	(101)
一、指标算法	(101)
二、简易分析法	(107)
第六章 环境影响评价的综合决策	(108)
第一节 基本概念	(108)

一、决策分类	(108)
二、决策过程	(109)
第二节 矩阵法	(111)
一、矩阵构成	(111)
二、矩阵应用	(112)
第三节 逆矩阵法	(119)
一、逆矩阵构成	(119)
二、逆矩阵应用	(121)
第四节 多目标决策法	(122)
一、环境评价中的多目标特征	(122)
二、多目标决策的基本概念	(123)
三、多目标决策方法	(125)
第五节 一般决策法	(128)
一、确定型决策	(128)
二、不确定型决策	(129)
第六节 线性规划法	(133)
一、线性规划模型	(133)
二、线性规划的图解	(135)
第七节 投入产出法	(140)
一、投入产出原理	(140)
二、投入产出模型	(142)
第七章 材料的环境影响评价应用	(147)
第一节 金属材料的环境影响评价	(147)
一、碳素钢	(147)
二、合金钢	(154)
三、纯金属材料	(157)
四、铝材料	(158)
第二节 铁合金及铸铁材料的环境影响评价	(161)
一、铁合金	(161)
二、铸铁材料	(163)
第三节 非金属材料的环境影响评价	(166)
一、硅酸盐水泥	(166)
二、包装材料	(169)
主要参考文献	(171)

第一章 绪 论

第一节 基本概念

一、材 料

在讨论材料的环境影响评价之前,首先应该弄清材料的概念。什么叫材料呢?一个古老而通俗的定义是,材料是自然界的物质,且可为人类用于制造有用物品的物质。该定义强调两个问题:①材料是物质的;②材料可以制成有用的物品。上述定义中的“物品”包括了食品、衣物和器件。显然这是一个广泛性的定义。如果将上述定义中的“物品”用“器件”来置换,它就变成了一个狭义的专业术语。在材料学中,人们将自然界的物质,且可为人类用于制造有用器件的物质称为材料。随着社会的发展,人们逐渐认识到地球上的资源和能源的总量是有限的,现代环境保护的意识正在加强,于是出现了可持续发展的新观点。相应地,新的现代材料观便应运而生。材料的新定义为,材料是自然界的物质,且可为人类经济地用于制造有用物品的物质。“经济地”含义是在材料的制造过程中低能耗、低物耗、低污染,可高循环再生。

自人类社会诞生至今,人类社会的进步程度就是以材料的进步和发展作为标尺进行度量的。在人类的生活和生产中,各种材料是必需的物质基础。材料的使用和发展与生产力和科学技术的水平密切相关。众所周知,人类的文明史是以材料的发展而划分的,经历了石器时代、青铜器时代(包括红铜和青铜时代)和铁器时代。现在又进入人工合成材料时代,但这个过程伴随着生态环境的逐渐加速恶化。

历史学家证明,最早的人类只会使用天然材料。用石头和木棍等材料制成简单的工具,这在历史上称为石器时代。石器时代经历了大约 200~300 万年。由红铜时代到青铜时代大约经历了 1600 年;由青铜器时代进入到铁器时代又经历了 1000 年左右。由铁器时代开始至今已经历了约 5000 年。也就是说,随着金属材料冶炼技术的发展,人类由石器应用的几百万年缩短到金属材料(青铜器与铁器时代)应用的几千年。可以预测,各种合成材料将以更高的速度发展。如果从环境污染的角度来看,材料的进步导致了环境污染的多元化、高速化和普遍化。

人类最早使用的铁是陨石铁,又称自然铁,也叫陨铁。古埃及在距今 5000 年以前的前王朝时期,曾用含镍为 7.5% 的陨石铁做成铁珠。陨石铁的主要成分为

铁和镍,一般铁和镍的含量在 98% 以上,其中含镍量为 4.0%~20%,余量为铁。其他杂质元素中除含钴 0.3%~1.0% 以外,磷、硫和碳的含量是极低的(含 P 为 0.1%~0.3%;含 S 为 0.2%~0.6%;含 C 为 0.01%~0.2%)。陨石铁来自宇宙空间。从被撞击的陨石坑的数目来看,地球至少经受过 139 次重大撞击,每年新发现的陨石坑有 5~6 个。1994 年 7 月 17 日,苏梅克-列维 9 号按照科学家 1 年前的精确计算(误差只有几分钟),准确地与木星相撞。这是人类历史上第一次观察到的宇宙奇观。这个彗星直径为 10 千米,重达 5000 亿吨。

从美索布达米亚出土的文物证明,公元前 3000 年就有了铁器,公元前 2000 年就知道了铸铁技艺。尽管古希腊人和古罗马人在很有限的范围内知道铸铁的技艺,但是他们在早期对铸铁的应用远不能和中国古代所掌握的铸铁技艺和发展应用相比。我国重达 270 千克的铸铁刑鼎是在公元前 513 年完成的。出土的春秋晚期的江苏六合程桥楚墓的铁丸、长沙楚墓的铁镞和铁鼎,以及战国时期的韧性铸铁工艺和铁范等表明,中国生产铸铁要比其他国家早许多个世纪。中国在战国、秦、汉时期就将铁器的冶炼加工技术不断向外传播。战国时期传到了高丽(朝鲜),汉代时期传到了日本。应该说,此刻的环境污染从总体上尚未超过生态环境的承受能力。

铸铁历史经历了 5000 年的漫长岁月,只是到了瓦特发明蒸汽机以后,因铁轨、铸铁管的大量应用,才走上了工业发展的道路。在此之前,铸铁只是用来制作祭器、艺术品、兵器和农具。在此基础上,材料才真正开始成为工业的基础,也是大规模环境污染的开始。

进入 15 世纪以后,欧洲的社会生产力有了长足的发展。15 世纪初,炼铁高炉首先在欧洲迅速发展。到了 17 世纪,已有高达 9 米、日产铁 1 吨的高炉出现。炼钢技术则是在蒸汽机出现(1755 年),能够提供强大的鼓风和动力之后才得以发展的。贝塞麦于 1856 年发明了酸性转炉炼钢;1879 年托马斯发明了碱性转炉炼钢技术;1855 年西门子兄弟发明蓄热室以及 1864 年马丁利用这种蓄热室发明了平炉炼钢。随后,在 1899 年,赫鲁特发明了电弧炉炼钢,由此,奠定了近代钢铁材料的工业基础。遗憾的是当时的人们并未注意到相应的环境问题。这就是工业革命带来的副产物——环境污染。

钢铁工业只是到了 19 世纪后半叶才得到了发展。一方面是由于当时欧洲社会生产力和科学技术的进步,从而对钢铁材料的生产提出了更高的要求;另一方面是由于各种炼钢方法的发明,扩大了钢的生产规模和提高了钢材的质量。特别是进入 20 世纪 50 年代,由于氧气顶吹技术的出现,钢的生产得到了迅速发展。从 50 年代初至 70 年代末,全世界的钢产量由 2.1 亿吨增加到 7.5 亿吨。在 1998 年,我国的钢产量已达到 1 亿吨。表 1-1 是以钢为主的全世界金属材料产量的变化情况。材料产量的急剧增加意味着不可再生资源的掠夺性消费。

分析图 1-1 可知,随着社会的发展,全球金属产量的增加趋势是十分明显的。如果在该图中对曲线进行数学分析可以发现,在 1900~1940 年期间,该曲线的斜率为 29.6,这意味着在这一时期内,每 10 年金属产量增加 29.6 兆吨;而在 1980~2000 年期间,该曲线的斜率却猛增到 496.9,表明在该时期,每 10 年金属产量增加 496.9 兆吨。后 10 年的增加率几乎为前 10 年的增加率的 17 倍。这个增量数值是十分惊人的。另外,该曲线可以用指数函数 $Y = Y_0 + A_0 e^{x/t}$ 来加以定量分析。其中,常数项分别为: $Y_0 = 0$, $A_0 = 3.60 \times 10^{-28}$, $t = 27.35$ 。则有函数 $Y = 3.60 \times 10^{-28} e^{x/27.35}$ 成立。 Y 为全球主要金属产量,单位为兆吨; x 为年代,单位为年。

表 1-1 全世界金属材料的产量变化(单位:兆吨)

金属材料	产量									
	1900 年	1910 年	1920 年	1930 年	1940 年	1950 年	1960 年	1970 年	1980 年	1990 年
铜	7.5	11.3	13.5	16.3	23.8	32.4	61.4	82.5	136	206
铝	0.18	0.94	1.88	3.9	12.7	31.1	70.9	133	218	356
铅	10.7	11.2	14.2	14.6	14.9	24.0	33.0	48.0	50.0	61.0
锌	7.0	8.8	11.1	13.3	17.1	27.0	42.3	58.0	79.0	102
钢	520	700	900	1200	1700	2700	4800	6900	10 200	13 800

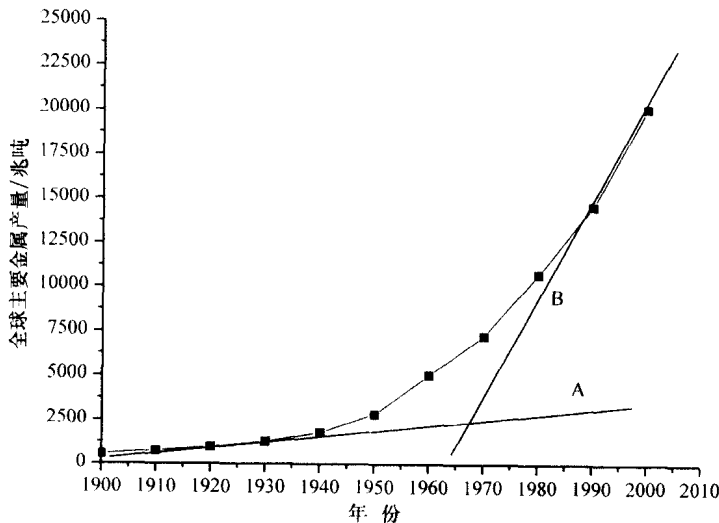


图 1-1 全球主要金属产量变化趋势示意图

除了钢铁材料之外,在此期间,有色金属也得到了极大的发展。1866 年哈尔先生发明了电解铝,至今它已成为用量仅次于钢铁的金属材料。1910 年用钠还原

得到了纯钛,从而满足了航天工业的需要,核工业的需求促进了铀及其他核材料和核燃料的发展。而电子工业和半导体工业则促进了超纯材料(如单晶硅等)的发展。应当注意,有色金属的污染问题更加严重。

此外,在非金属材料领域,特别是进入 20 世纪以来,也取得了许多重大进展。人工合成高分子材料从 20 世纪 20 年代至今,其产量之大,发展之快,应用之广,可以和传统的钢铁材料相比。1984 年全世界合成高分子聚合物的产量已经达到 1 亿吨,其中,包括塑料、合成纤维和合成橡胶。特别值得一提的是,早在 1970 年,全世界合成高分子材料为 4000 万吨,其中,除 3000 万吨是塑料以外,橡胶产量为 500 余万吨,这已超过天然橡胶的产量。1970 年的合成纤维产量为 400 万吨,与当年的天然纤维产量相当。这样快的发展速度是其他任何材料不可比拟的。

陶瓷材料是人类文明的象征。50 万年以前,人类学会了用火以后,就开始烧制陶器。这就是用热处理改变材料性质的萌芽。在新石器时代,世界先后在不同地区制出了原始陶器。我国开始出现原始陶器的年代可追溯到距今 10 000 年左右以前。至于玻璃的生产,则早在公元前 1600 年的古埃及就已经开始。

在古希腊和古罗马时代,已有石灰和火山灰混合而成的胶结材料。而近代的硅酸盐水泥则是在 1824 年由阿斯普丁发明的。混凝土作为建筑材料已有数百年的历史,但在现代结构工程中所使用的混凝土则是 19 世纪的事。在一次偶然的機會,一位花匠把水泥撒在花盘中,因而得到了混凝土。

最近二三十年来,随着材料科学与工程技术的不断发展,陶瓷材料在冶金、建筑、化工及尖端技术领域,已成为耐高温、耐腐蚀和具有各种特殊功能材料的主要来源。例如耐高温、耐腐蚀的氧化铝;将电信息转变为光信息的铌酸锂;用于切削刀具的氮化硅;具有高温超导性能的氧化钇等。

20 世纪 90 年代,欧洲航天局宣布:将在 40 年内向月球移民。那时的登月飞船采用的主要材料之一将是陶瓷材料,因此,陶瓷材料既是最古老的传统材料,又是近代发展的新材料。它和金属材料、人工合成高分子材料一起,构成了当今工程材料的 3 大支柱。

从上述讨论可以看出,人们既可以从自然科学的角度去研究材料,也可以从社会科学的角来研究材料。前者属于材料科学与工程学科的范畴,主要偏向技术科学,而后者属于自然科学与社会科学的交叉,但其重点偏向技术科学和社会科学的结合。材料的环境影响评价是一个新的材料研究领域,它主要侧重于后者。

在讨论了材料的基本概念之后,将在下节讨论与环境有关的基本概念。

二、环 境

环境在环境科学中系指围绕着人群的空间及其中可以直接或间接影响人类生活和发展的各种自然因素和社会因素的总体。其中,自然因素的总体称为自然环境,社会因素的总体称为社会环境。目前,把自然环境认为是以大气、水、土壤、地形、地质等一次要素为基础而构成,并把植物、动物、微生物等作为二次要素构成的系统的总体。社会环境是人类在利用和改造自然环境中创造出来的人工环境和人类生产活动中所形成的人与人之间的关系的总体。它包括各种人工构筑物和经济、政治、文化等要素。

环境是一个非常复杂的体系。目前还没有形成一个统一、公认的分类方法。如果按照环境的主体来分,可以划分为两种体系。一种是以人或人类作为主体,其他的生命物体和非生命物体都被认为是环境的要素,即环境就是以人为本,指人类的(生存环境)生存空间。在环境科学中,多数人采用这种分类方法。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是环境要素。在生态学中,往往采用这种分类的方法。如果按照环境的尺度或范围大小来分类,则比较简单。如将环境分为特定空间环境(如航空、宇航的密封船环境等)、车间环境、生活区环境、城市环境、区域环境(如流域环境,行政区域环境等)、全球环境和宇宙环境等。按照环境要素进行分类则较复杂,如按环境要素的属性可分成自然环境和社会环境两类。自然环境按其主要的环境组成要素可再分为大气环境、水环境、土壤环境、生物环境和地质环境等。社会环境常依照人类对环境的利用或环境的功能再分为聚落环境(如院落环境、村落环境、城市环境等)、生产环境、交通环境和文化环境等。以下主要涉及和讨论自然环境。

在讨论自然环境时,必须研究环境要素的特征。这是因为环境要素具有一些十分重要的特点。它们不仅反映了制约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。环境要素的一些基本属性可概括如下:

(1) 最差(小)限制定律 这是针对环境质量而言的。它由德国化学家J.V. 李比希于1804年首先提出,在20世纪初由英国科学家布莱克曼所发展而趋于完善。该定律指出:“整体环境的质量,不能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所控制”。这就是说,某一待研究的系统的环境质量的好坏,取决于诸要素中处于‘最低状态’的那个要素,不能用其余的处于优良状态的环境要素去代替或弥补。在评价自然环境和改善自然环境质量时,必须对环境诸要素的优劣状态进行数值分类,遵循由差至优的顺序,依次分析每个要素,使之均衡地达到最佳状态。

(2) 等值性 无论各个环境要素本身在规模上或数量上如何的不同,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。也就是说,任何一个环境要素,对于环境质量的限制,只有它们处于最差状态时,才具有等值性。

(3) 整体性作用大于个体之和作用性 或者说环境的整体性大于环境诸要素之和,即某一环境的性质,不等于组成该环境各个要素性质的简单和,而是比这种“和”丰富得多,复杂得多。环境诸要素互相联系、互相作用产生的整体效应是在个体效应基础上形成了质的飞跃。

(4) 互相联系和互相依赖性 环境诸要素在地球演化史上的出现,具有先后之别,但它们又是相互联系,相互依赖的。从发展和变化的意义上看,某些要素孕育着其他要素。例如,钢铁冶金过程中,废渣的形成成为废固体污染物的出现提供了条件,而废渣的存在又为水污染和大气污染的产生提供了条件。来自土壤圈、大气圈和水圈的污染又最终导致对人的污染。这意味着在研究环境的要素作用时,必须综合考虑要素间的相互依赖和相互影响的复杂性。

第二节 材料对环境的影响

一、生产过程

材料与环境作为两个不同的体系,它们之间存在相互作用的关系,如图 1-2 所示。这种作用是一种双向作用。首先研究材料与环境间的反向作用,即环境对各种材料的作用。这种作用主要包括各种材料的腐蚀、分解、风化或降解效应。这是材料科学与工程研究的一个重要领域。在此不详述,有兴趣的读者可以参考相关资料。另外,材料与环境间也存在正向作用,即材料对环境的质量有极大的影响,这是我们研究的重点。

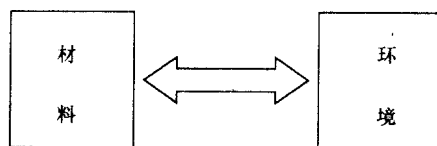


图 1-2 材料系统与环境系统的相互关系

材料对环境的影响同样也包含着两个方面的影响,也就是正面影响和负面影响。所谓材料对环境的正面影响是指用各种材料来不同程度地修复环境所受到的损伤、治理或减轻环境污染等。但是,从长远和系统的观点来看,这种修复作用、

治理作用或减轻作用是暂时的、局部的和相对的。材料对环境的负面影响主要指在材料的生产、制备、加工、使用、再生等相关过程中对环境造成的直接的或间接的损伤和破坏。材料对环境的负面影响是我们讨论的重点内容。

众所周知,在材料的生产、制备、加工、使用和再生等过程中,一方面,过程要求消耗大量的各种不同类型的资源和能源,以保证过程的顺利进行;另一方面,过程在进行之中由于物理变化或化学变化,必然导致排放出大量的废气、废水、废渣等各种物理形态的污染。在此,以普通的炼钢过程为例加以分析,如图 1-3 所示。为获得 1000 吨合格的钢水,在一般的转炉炼钢过程中,需要输入大量的各种资源,包括主料和辅料及大量的能源,其具体的项目可见图 1-3。与此同时,需要排出大量的各种物理形态的废弃物,以保证过程的物质守恒和能量守

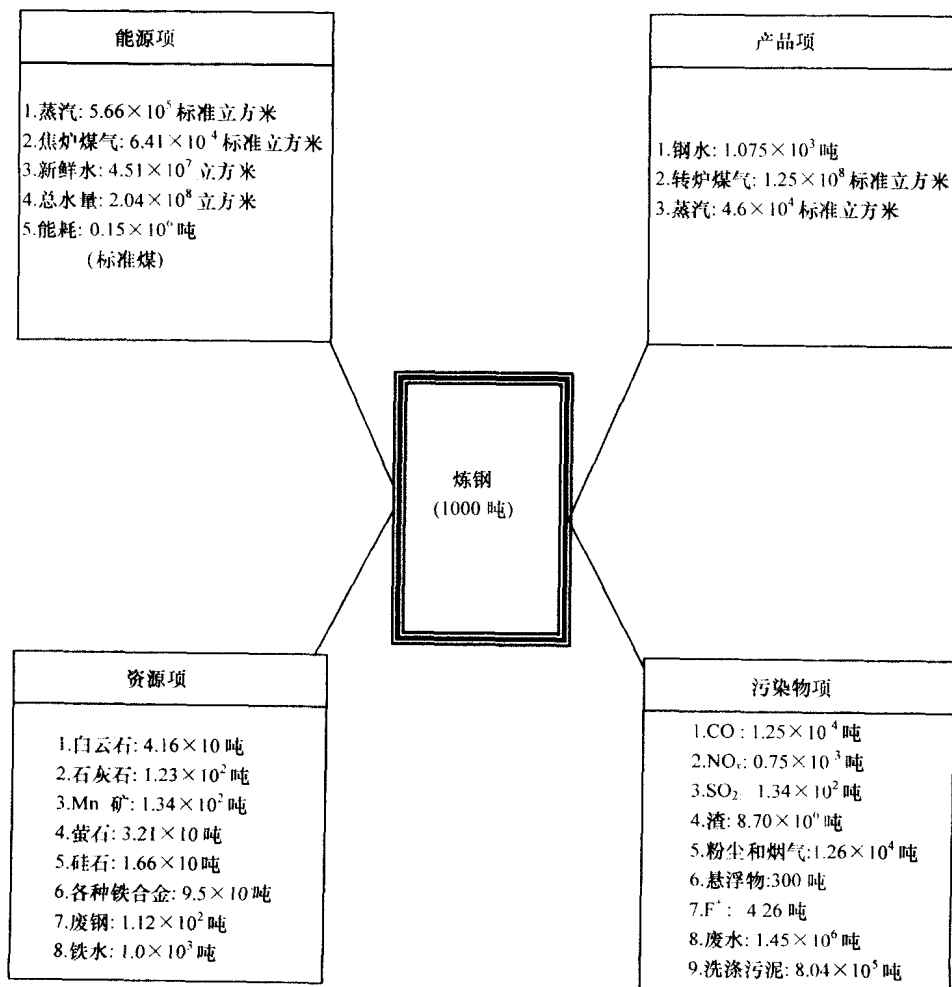


图 1-3 在典型的转炉炼钢过程中,生产 1000 吨钢水的环境影响

恒,于是,便从3个方面影响或破坏了生态环境,一是资源和能源的吸收;二是废弃物的排放;三是其他物理形态的污染,如热污染、声污染、光污染、电磁辐射污染等。

表1-2和表1-3分别列出了我国在各种材料生产、制备、制造和加工过程中的能源消耗和污染物排放的统计情况。材料在生产和加工过程中所消耗的能源约占整个工业总能源消耗的48.6%,已接近二分之一,而材料在其生产和加工过程中造成的环境污染量约占整个工业总污染的三分之一到二分之一。其中固体废弃物的排放量大于整个工业固体废物排放总量的二分之一。图1-4直观地给出了全国各种工业废弃物排放量和能耗指标与材料工业的同类指标的对比情况。该图中的废水单位为万吨,废气单位为千万标准立方米,废固体的单位为千吨,能耗的单位为千吨标准煤。

表 1-2 1996 年材料制造业的污染物排放情况统计调查结果

材料工业类型	工业废水/万吨	工业废气/亿标准立方米	固体废弃物/万吨
采矿业	122 966	3536	26 132
化学纤维	52 302	2541	291
橡胶制品	11 021	535	91
塑料制品	3330	170	24
建筑材料	46 997	13 982	946
水泥材料	24 266	11 090	380
黑色金属	273 695	17 011	10 868
有色金属	49 589	7180	2113
金属制品	7110	202	69
合 计	580 266	56 247	40 914
全国总量	2 058 881	111 196	65 897
占工业排放总量的百分数/%	28.18	50.58	52.1

表 1-3 1995 年材料制造业的能源消耗统计结果

材料工业类型	能耗(以标准煤计)/万吨	占工业总能耗的百分比/%
黑色金属采矿	268.2	0.278 8
有色金属采矿	557.2	0.579 3
非金属矿采选	553.4	0.575 3
其他矿采选	30.3	0.031 5
橡胶材料	644.1	0.669 6
塑料材料	541.9	0.563 4
黑色金属	18 532.2	19.266 6
有色金属	2841.7	2.954 2
金属制品	993.9	1.033 3
非金属材料	13 058.0	13.575 0
合 计	39 299.5	48.60
全国工业能耗总量	96 191.3	100

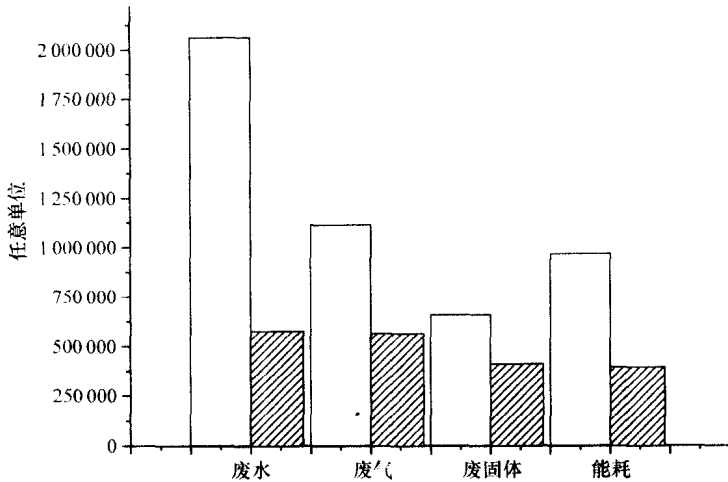


图 1-4 材料工业的各种废弃物指标和能源消耗指标与全国同类指标的对比

□表示全国工业值；▨表示材料工业值

各种统计数字表明,从能源消费、资源消费的比例和造成环境污染的根源分析,材料及其制品的生产或制造过程是造成全球性的能源短缺、资源过度消耗乃至枯竭和各种形态的环境污染的主要原因之一。

事实上,环境问题的根本原因在于现代文明追求的是单向发展而不是协调发展,即人类社会一直在单方面地消费有限的、不可再生的石油资源、煤炭资源、天然气资源和其他矿产资源。从自然环境的角度看,对于人类所需要的各种材料而言,实际上存在两个有限性。第一个有限性是地球所含的某种具体资源的量是相对有限的,某种材料的资源不是可以无限开采或取之不尽、用之不竭的。第二个有限性是地球所能容纳的污染物总量是有限的,且其自净化能力是极其有限的。在材料的制造、生产、制备、使用和再生过程中所形成的废弃物,如二氧化碳、六价铬、废高炉渣等,在某一地点或地球表层并不是可以无限制地消化(净化)和容纳它们的。一旦超过了某一时空的生态环境的承受能力,就形成不可逆的环境污染。

从理论上讲,材料的生产、制备、加工和使用过程对环境所造成的负面影响具有必然性、不可逆性、普遍性。材料所引起的环境问题具有上述 3 种性质是与人类的欲望、经济的发展、科技的进步同时产生和发展的,表现出相互依存的孪生关系。有人认为随着科学技术的进步,人类社会的环境问题将不再存在的观点是不全面的。当然我们可以利用某些材料来修复环境损伤,治理环境污染,减轻对环境的危害,例如,目前人类开发的生态水泥、生物降解材料、氟里昂的

替代材料等。但是,这种修复、治理、减轻作用是相对的、局部的、暂时的。

二、EKC 曲线

在 20 世纪 60 年代,经济学家西蒙·库兹尼茨(Kuznet)提出了一个非常著名的经济学假设:经济在发展过程中,某些衡量生活质量的指标先是随着经济增长而恶化,随后再逐步改善。在二维平面坐标系上,这个假设可以用“U”形曲线来表示。如果把这个假设引入材料的环境影响评价领域,将其经济增长指标改为材料用量增长指标,则可以发现某些非常有趣的现象,即环境质量的恶化与材料的社会用量也存在这种倒“U”形的关系,如图 1-5 所示。刘江龙将其称为环境与材料的库兹尼茨曲线(EKC 曲线)。在图 1-5 中, L_1 被称为安全警戒线, L_2 则被称为环境承受能力极限。环境质量与材料的社会总用量的 EKC 曲线的意义在于:在文明社会的发展过程中,随着人类社会对材料需求量的日益增加,生态环境先是恶化,然后通过人为地积极努力,这种恶化程度可以得到一定程度的改善,而且,其恶化趋势可以得到有效遏制。但是,必须强调:①人类的积极努力;②恶化趋势可以得到有效遏制;③恶化程度只能是得到一定程度的改善。

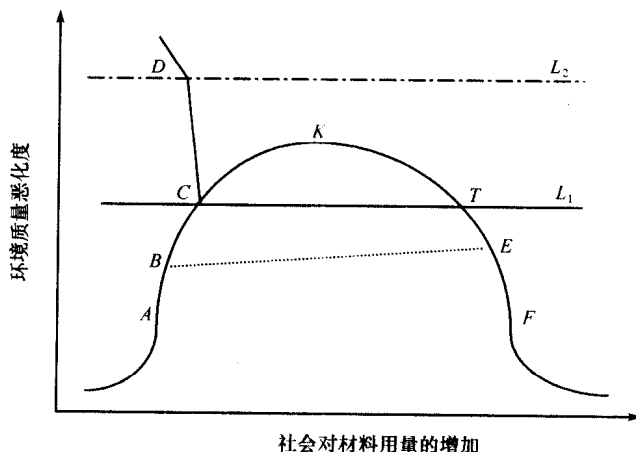


图 1-5 环境与材料的库兹尼茨曲线关系示意图

从图 1-5 可以发现,环境质量与材料用量之间存在 3 种可能的相互关系。下面分别加以讨论。

(1) ABCD 曲线 文明社会的发展以牺牲环境质量为代价,在突破安全警戒线 L_1 之后,由于环境恶化得不到有效治理,导致环境被急剧破坏,引起材料系统与环境系统最终崩溃。在传统的材料总量增长模式,即资源(能源)—生产—使用—消费—废弃的材料流程中,废弃物是该流程的必然的副产品。在具备了一定