

环境科学与工程系列丛书

HUANJIINGKEHUE YU GONGCHENG XILIECONGSHU

工业与生态

于秀娟 主编

孙晓君 田禹 李亚强 副主编



化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

环境科学与工程系列丛书

工业与生态

于秀娟 主编

孙晓君 田禹 李亚强 副主编

化学工业出版社

环境科学与工程出版中心

·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

工业与生态/于秀娟主编. —北京: 化学工业出版社,
2003.4

(环境科学与工程系列丛书)

ISBN 7-5025-4419-4

I. 工… II. 于… III. 工业-环境生态学 IV. X171

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 030856 号

环境科学与工程系列丛书

工业与生态

于秀娟 主编

孙晓君 田禹 李亚强 副主编

责任编辑: 管德存 陈 丽

文字编辑: 徐 娟

责任校对: 陶燕华

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社
环境科学与工程出版中心 出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

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

*

新华书店北京发行所经销

北京市彩桥印刷厂印刷

北京市彩桥印刷厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18 $\frac{1}{4}$ 字数 448 千字

2003 年 5 月第 1 版 2003 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4419-4/X·277

定 价: 40.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

《环境科学与工程系列丛书》编辑委员会

主 任 王宝贞 任南琪

副主任 马 放 于秀娟 赵庆良

委 员 (按姓氏笔画为序)

于秀娟 马 放 王 鹏 王宝贞 冯玉杰

任南琪 刘俊良 祁佩时 杨基先 汪群慧

赵庆良 姜安玺 黄君礼

出版者的话

环境科学是在环境问题日益严重后产生和发展起来的一门新兴的综合性学科。近年来,其各分支学科如环境工程学、环境化学、环境生物学、环境经济学等发展异常迅速,国内各高等院校环境科学工程专业学生数量迅猛增长,为给高等院校环境科学与工程专业学生系统地提供一套环境科学与工程专业教学参考书,同时也为满足从事环保科研、设计及工程技术人员的需要,化学工业出版社委托哈尔滨工业大学环境工程学院环境科学与工程系组织有关专家编写了这套丛书,丛书具有以下特点。

(1) 系统性 紧紧围绕环境科学与环境工程专业的研究方向,系统介绍了相关学科的基本理论与应用。

(2) 实用性 紧紧围绕环境科学与环境工程的应用实际,突出了科研成果的转化,因而实用性很强。

(3) 前沿性 突出了环境科学与工程各学科当前的研究进展与应用现状,并预测了今后的发展趋势。

(4) 交叉性 环境科学与工程各学科多为新兴的边缘学科,是众多学科交叉与渗透产生的,因此在编写过程中突出了学科之间的交叉性与渗透性。

(5) 权威性 丛书的编写人员都是在各自的研究领域有较高声望和一定造诣的专家、学者,因此,对于从事相关领域的教学和科学研究人员具有较高的参考和实用价值。

多年来,化学工业出版社一直把环保图书作为主要出书方向之一。2000年6月、2001年6月、2002年6月化学工业出版社成功地在全国各大、中城市举办了三届化工版环保图书展,2003年6月化学工业出版社将在全国各大、中城市的新华书店举办第四届化工版环保图书展。本套丛书也会在众多专家、学者的支持下如期出版参展,希望能得到广大读者的认可,也希望广大读者对化学工业出版社环保图书出版多提宝贵建议与意见。

前 言

20 世纪,科技进步和工业发展给人类带来辉煌物质文明的同时,也让人们感受到了环境污染、生态破坏和资源匮乏的威胁。环境问题日益突出,严重阻碍了社会经济的发展和人类生活质量的提高。世人逐渐觉醒,并不断反思人类的社会经济行为,开始认识到现有的“消耗资源、能源—制造产品—排放废物”这一单向性生产模式已无法持续下去。为寻求经济与环境的相互协调,实现可持续发展,各国学者做了大量的研究工作,提出了工业生态学的概念,将生态学、生态经济学、系统工程学等理论及信息科学与技术研究成果应用于工业领域,寻找工业物质优化循环的理论及方法,通过研究工业行为与环境的相互关系,仿效自然生态过程的物质循环模式,建立废物能在不同生产过程中循环、多产品共生的工业体系,即生态工业。

生态工业的原理源于与生物生态学的类比。生态工业是模拟自然生态系统的功能,建立起相当于自然生态系统的“生产者—消费者—还原者”的工业生态链,以低消耗、低(或无)污染、工业发展与生态环境协调为目标的工业。其中,资源生产部门相当于生态系统的初级生产者,主要进行不可更新资源、可更新资源的生产和永续利用资源的开发,并以可更新资源逐渐取代不可更新资源为目标,为工业生产提供初级原料和能源;加工生产部门相当于生态系统的消费者,以生产过程无浪费、无污染为目标,将资源生产部门提供的初级资源加工转换成满足人类生产、生活需要的工业品;还原生产部门将各副产品再资源化,或无害化处理,或转化为新的工业品。

生态工业是人类在反复审视和思考工业发展与环境污染、生态破坏之间关系基础上提出的,并且在人类社会可持续发展的大趋势下得到广泛的认同,它使人们不再将工业发展与生态环境保护对立起来,指出了工业可持续发展的必由之路。工业生态学是一门新兴学科,至今才十几年时间,但已取得了一定的进展,在许多国家和工业部门得到应用。

为了广泛宣传工业生态学的理论体系和研究进展,1998 年,哈尔滨工业大学环境科学与工程系面向环境工程专业硕士研究生设置了“工业生态学”课程,2001 年哈工大要求面向全校本科生讲授该课程。本书即是在几年来不断收集国内外生态工业研究与实践的大量资料、完善教学内容的基础上编写的。在编写过程中注重将生态化产品、生态化企业、生态化工业系统的理论研究和各种实施方法加以整合,并最终归结到发展循环经济、建立循环型社会,这是实现环境与经济协调发展的重要途径。

全书共 8 章,分成四部分:第一部分(第 1 章、第 2 章),介绍工业发展的特征及其对生态环境的影响、可持续发展战略的提出、生态工业产生的背景及其研究内容;第二部分(第 3 章~第 6 章),介绍生态工业的理论基础、研究方法、实施途径,该部分涵盖了作为生态化建设的必要补救措施的末端治理技术;第三部分(第 7 章),介绍了与工业生态学的内涵相似、研究目标一致,但研究外延更广泛的生态工程学及其原理在生态恢复中的应用;第四部分(第 8 章),介绍了循环经济的理论及其实践。全书注意追踪国内外相关方面研究的新进展,力求做到原理与方法相结合。

本书由四位作者共同完成：于秀娟（第5章、第8章及第1、2、3、7章的部分内容）、孙晓君（第6章及第3、7章的部分内容）、田禹（第4章）、李亚强（第1章和第2章的部分内容）。于秀娟负责全书统稿。

本书的编写得到了哈尔滨工业大学环境科学与工程系资深教授周定先生的大力支持。正是在周定先生的积极倡导下，哈工大在国内大学中率先开设了“工业生态学”课程，并成为全校本科生素质教育中不可或缺的内容。本书写作过程中得到了周定先生的悉心指导，在此表示诚挚的感谢！

本书在编写过程中参考了许多学者的研究结果，每章后面均附有参考文献目录，有些引述的内容未能注明出处，在此向这些作者表示歉意，并致以深深的谢意。

由于工业生态学是一个较新的研究领域，而工业与生态之间协调发展研究的涵盖内容非常丰富和广泛，加之本书编者水平的限制，书中的观点和内容尚不完善，存在不足和疏漏在所难免，敬请专家、同行和广大读者批评和指正。

编 者
2003 年 1 月

内 容 提 要

本书从社会-经济-自然复合生态系统的角度，介绍了工业系统的发展特征及其与生态环境的关系，以及为适应可持续发展的需要，实施工业生态化建设的意义和途径。本书从分析工业发展对生态环境的影响入手，围绕工业可持续发展这一主线，按照工业产品生态化、工业企业生态化、工业系统生态化直至实现循环经济社会的脉络，介绍了工业与生态协调发展的理论基础、研究方法及相关实践。

本书注重结合当代生态工业研究领域的发展趋势，取材新，内容丰富，可以作为面向非环境专业学生讲授工业生态学课程的教材，也可以作为环境科学专业和环境工程专业教师 and 学生的参考书。对于环境管理人员、企业管理人员及政府有关职能部门人员，具有重要参考价值。

目 录

第1章 概 论	1
1.1 工业发展的特点	1
1.1.1 工业的含义	1
1.1.2 工业发展的基本特征	3
1.2 工业生产的特点	5
1.2.1 工业生产促进国民经济的发展	6
1.2.2 工业生产对环境的负面影响	7
1.3 工业污染及其影响	8
1.3.1 工业污染的来源与危害	8
1.3.2 工业生产与全球性环境问题	13
1.4 人口增长对工业及生态的影响	15
1.4.1 世界人口增长动态	15
1.4.2 人口增长对生态系统的冲击和压力	16
1.5 人类对工业发展历程的反思	21
1.5.1 生态学家的思考	21
1.5.2 对传统工业发展模式局限性的反思	23
1.5.3 对经济发展模式的思考	24
1.5.4 对技术进步的反思	25
1.5.5 对工业管理模式的反思	28
1.6 新的发展模式	28
1.6.1 社会的发展战略	28
1.6.2 科技发展的模式	31
1.6.3 生态工业——可持续发展的要求	32
参考文献	33
第2章 工业的可持续发展	34
2.1 可持续发展的定义及其内涵	34
2.1.1 可持续发展的定义	34
2.1.2 可持续发展战略的基本思想	35
2.1.3 可持续发展的基本原则	36
2.2 工业可持续发展的策略	37
2.2.1 在整个工业领域实施基于可持续发展思想的技术革命	37
2.2.2 建立环境保护制度, 加强对生态环境破坏的有效约束与激励机制	38
2.2.3 与环境保护目标相协调的产业结构的制定	39
2.2.4 加强政府职能与市场调节作用的结合	40
2.3 工业可持续发展的基础	41

2.3.1	自然资源的可持续利用	41
2.3.2	可再生、清洁能源技术	42
2.4	生态工业——解决工业可持续发展的途径	46
2.4.1	生态工业的理论基础	46
2.4.2	生态工业学术研究	48
2.4.3	生态工业的研究内容	49
2.4.4	生态工业的发展模式	51
2.4.5	建立生态工业的措施	52
	参考文献	54
第3章	自然生态系统与工业生态系统	55
3.1	生态学发展产生的影响	55
3.1.1	生态学对科学技术发展的影响	55
3.1.2	生态学对政治的影响	56
3.1.3	生态学对经济的影响	56
3.2	自然生态系统及其特征	58
3.2.1	生态系统的概念	58
3.2.2	生态系统的组成及结构	58
3.2.3	生态系统的功能	61
3.2.4	生态系统的基本特征	66
3.3	工业生态系统	67
3.3.1	现代工业与生态环境的关系	67
3.3.2	自然生态系统对工业生态系统的启迪	68
3.3.3	工业体系的进化	70
3.4	工业生态系统和自然生态系统的异同	73
3.4.1	工业生态系统和自然生态系统之间的相同之处	73
3.4.2	两类生态系统的不同之处	74
3.5	生态工业与传统工业的比较	74
3.6	工业生态系统的综合评价	75
3.6.1	评价指标体系设计的原则	75
3.6.2	工业生态系统的评价指标体系	76
3.6.3	工业生态系统的综合评价	77
	参考文献	79
第4章	工业与生态关系的研究方法	80
4.1	工业代谢分析	80
4.1.1	工业代谢分析方法	80
4.1.2	工业代谢的度量	81
4.1.3	工业代谢研究的应用	82
4.1.4	材料流分析	83
4.2	生命周期评价	87
4.2.1	生命周期评价的产生和发展	88

4.2.2 生命周期评价的技术发展·····	89
4.2.3 生命周期评价方法·····	89
4.3 清洁生产及清洁生产审计·····	93
4.3.1 清洁生产的内涵·····	93
4.3.2 清洁生产审计·····	94
4.3.3 清洁生产的方法与途径·····	96
4.3.4 推行清洁生产的影响因素·····	99
4.3.5 清洁生产的意义·····	99
4.3.6 我国经济发展所面临的挑战 ·····	100
4.3.7 清洁生产现状 ·····	101
4.3.8 阜阳化工总厂清洁生产实例 ·····	105
4.4 非物质化服务 ·····	107
4.4.1 非物质化的概念 ·····	107
4.4.2 非物质化的影响因素 ·····	107
4.4.3 非物质化的推动力 ·····	108
4.4.4 非物质化的评价方法 ·····	109
4.4.5 非物质化的意义 ·····	111
4.5 环境材料 ·····	111
4.5.1 环境材料产生的背景 ·····	111
4.5.2 环境材料的概念及研究内容 ·····	112
4.5.3 环境材料的发展现状及技术方法 ·····	113
4.5.4 生命周期评价与环境材料 ·····	118
4.5.5 环境材料的发展及意义 ·····	118
4.6 环境友好产品 ·····	118
4.6.1 环境友好产品的研究内容 ·····	118
4.6.2 产品的生态设计 ·····	119
4.6.3 产品环境标志 ·····	123
参考文献·····	128
第5章 工业生态化实施途径·····	129
5.1 工业生态化建设的研究内容 ·····	129
5.1.1 工业转型的研究 ·····	129
5.1.2 工业生态化建设的层次 ·····	132
5.1.3 工业生态化建设技术 ·····	136
5.1.4 工业生态化建设与管理 ·····	137
5.2 工业企业生态化建设 ·····	139
5.2.1 企业生态化战略 ·····	139
5.2.2 企业生态化的支持技术 ·····	141
5.2.3 我国生态化企业建设实例 ·····	147
5.3 生态工业园规划与建设 ·····	156
5.3.1 工业园区及其环境管理 ·····	156

5.3.2 生态工业园的类型与设计	157
5.3.3 国内外生态工业园的研究与实践	160
参考文献	170
第6章 环保产业与工业污染防治	172
6.1 环保产业的发展现状及趋势	172
6.1.1 国际环保产业的发展	172
6.1.2 中国环保产业的发展	173
6.2 水污染防治	174
6.2.1 水污染	174
6.2.2 水污染的防治	178
6.2.3 废水的回用	185
6.3 大气污染的防治	187
6.3.1 大气污染	187
6.3.2 大气污染的防治	193
6.4 固体废弃物的处理与综合利用	208
6.4.1 固体废弃物污染	208
6.4.2 固体废物处理	209
6.4.3 固体废弃物的综合利用	214
参考文献	217
第7章 生态工程与生态恢复	218
7.1 生态工程学概述	218
7.1.1 生态工程学	218
7.1.2 生态工程学原理	219
7.1.3 生态工程模型	221
7.1.4 生态工程设计	221
7.2 生态恢复基本理论与研究概况	224
7.2.1 生态恢复基本概念	224
7.2.2 生态恢复理论	225
7.2.3 生态恢复研究概况	228
7.3 受损生态系统的特征及其恢复	229
7.3.1 受损生态系统的特征	229
7.3.2 受损生态系统的恢复	231
参考文献	238
第8章 循环经济	239
8.1 循环经济的内涵和保障	239
8.1.1 循环经济的起源	239
8.1.2 循环经济的内涵	240
8.1.3 循环经济的框架	241
8.1.4 循环经济的作用	242
8.2 循环经济的制度保证	243

8.2.1 环境责任	243
8.2.2 法律支撑	244
8.2.3 循环经济的经济政策	245
8.3 循环经济的实践	246
8.3.1 垃圾中淘金	247
8.3.2 材料的再生循环利用	248
8.3.3 产品的回收与循环利用	252
8.4 清洁生产、生态工业及循环经济	255
8.4.1 清洁生产、生态工业及循环经济的共同点	256
8.4.2 清洁生产、生态工业及循环经济的联系	257
参考文献.....	257
附录1 《中华人民共和国清洁生产促进法》	259
附录2 《德国循环经济法》	263

第 1 章 概 论

1.1 工业发展的特点

1.1.1 工业的含义

工业这一概念在不同的国家、根据不同的国民经济部门分类方法，具有并不完全相同的含义。在西方一些国家，一般是根据格林·克拉克的“三分法”定义：将所有从自然界取得物质资源的社会生产归为一个部门，包括农业、林业、水产业和采掘业等，称为第一产业；将对第一产业的产品进行加工和再加工的社会生产归为一个部门，包括所有的加工制造业，称为第二产业；除第一产业和第二产业以外的所有非物质的劳务部门，包括运输业、商业、金融、公务及家务劳动等，称为第三产业。因此，在这些国家中一般没有工业的概念而只有产业的概念。当提到工业时，通常是指第二产业。由于世界各国的生产情况不尽相同，社会劳动分工的形式多种式样，以及人们考察产业结构的立场和角度不同，对于产业结构的分类也会有所不同。我国根据人类社会生产活动的历史顺序和各行各业的性质，从我国的具体国情出发，国家统计局参照国外三大产业分类法，对三大产业进行如下划分：第一产业是农业；第二产业是工业和建筑业；第三产业是第一、第二产业以外的所有行业的总称（见表 1-1）。三大产业是社会分工的产物。

表 1-1 我国三大产业的划分

三大产业		包括的部门与行业
第一产业	农业	种植业、林业、牧业、副业、渔业
第二产业	工业	采掘业、制造业、自来水、电力、蒸汽、热水、煤气等
	建筑业	勘察、设计、房屋建筑和其他构筑物的施工及维修
第三产业	流通部门	交通运输业、邮电通讯业、商业、饮食业、物资供销和仓储业等
	服务部门	为生产和生活服务的部门(金融、保险、地质、普查、房地产、旅游等) 为提高科学文化水平和居民素质服务的部门(文教、卫生、广电、体育、福利等) 为社会公共服务的部门(国家和党政机关、军队和警察、社会团体等)

上面所进行的产业划分，指的是信息产业以外的传统的产业划分方法，而其中的工业是以生产有形产品为主的传统工业。

工业不是人类社会一产生就有的，它是伴随着社会生产力的发展，从农业中分离出来并逐渐发展起来的。工业最初是以手工业的形式存在，资本主义社会确立以后，才逐渐发展为机器大工业形式。我们通常所说的工业，一般是指机器大工业，它是在瓦特发明蒸汽机后逐步建立的。此时，工业才真正成为一个完全独立的社会物质生产部门。

手工作坊是工业的最初形式，到资本主义社会，由于商品经济的充分发展，自然经济逐步解体，推动了社会生产力和科学技术的突飞猛进，引起了社会分工和产业结构的巨大变革。经过第一次产业革命，机器大工业代替了手工业劳动为基础的工场手工业，一系列新的

工业部门不断兴起，陆续出现了机器制造、铁路运输、纺织、钢铁、煤炭等现代产业，并且使整个工业超过农业，发展成为主要的产业部门，逐步实现了工业化。

伴随着工业的迅速发展，为生产服务的行业在自由资本主义时期开始崭露头角，而后异军突起。第二次世界大战以后，各种各样的服务逐步发展成为独立的产业部门，这就是继农业、工业之后的第三产业。为什么会出现第三产业呢？这是因为，一方面，现代生产中的分工越来越细，一种最终产品的形成往往需要经过许多中间环节，而各个生产环节又需要其他产业部门提供多种服务，包括提供资金、能源、技术、人才、信息、产品销售等；另一方面，人们的消费水平不断提高，消费需求多样化，各种为生活消费服务的行业也迅速发展起来，如美容美发、参观游览、家电维修等。可见，第三产业的兴起是社会生产和社会生活的需要，是生产力发展和社会进步的必然结果。

但是三大产业之间并不存在严格的界限。例如，酒是以农业生产的粮食为原料的，而酿酒又是一个工业过程，酒能否卖出去则靠的是商业和广告业等其他第三产业部门。

按照原料来源，工业包括采掘工业和加工制造业。采掘工业是以原始的自然物质资源为劳动对象进行开采的工业，如采矿、采煤、采油、伐木等。采掘工业提供的是初级产品，进行初级产品的生产是为了从自然界获取物质实体，作为下一个阶段生产的劳动对象。加工工业是对原材料进行加工处理的工业，它既包括直接对采掘工业品和农产品进行加工的工业，如金属冶炼业、制糖业等，也包括对经过加工工业加工的产品进行再加工的工业，如机器制造业等。可见，加工工业是以各种原材料为劳动对象进行加工、组装，改变其形态或性能，制成生产或生活所需的产品的工业。加工工业提供的是中间产品和最终产品。通常所说的工业，就是指采掘自然物质资源和对各种原材料进行加工、再加工的独立的社会物质生产部门。

人们提到“工业”这一概念时，往往有两个方面的含义：一是指一定的生产领域，二是指在这个领域中活动的各单个生产单位的集合。就前一方面而言，它包括对矿物资源的开采和对林木的采伐，利用矿产品、农产品和其他资源、能源为原材料进一步加工成各种制成品的各个生产部门；就后一方面而言，它包括各种规模、采取各种有利形式和分配形式、处在不同空间位置上的生产单位，是这些生产单位的总和。概括起来说，工业这一概念具有生产性和集合性。

就其产品性质，工业可以分为重工业和轻工业两大类。

重工业是主要生产生产资料的各工业部门的总称，如采矿、冶金、机械、电力、建筑材料、化学工业，以及新兴的电子计算机工业、核工业、航天工业等。重工业产品大部分用于满足生产的需要，也有一部分供生活消费需要，如生活用的电力、煤炭等。

轻工业是主要生产消费资料的各工业部门的总称，如纺织、食品、皮革、造纸、化学药品、钟表、家用电器、自行车等工业。轻工业产品大部分是生活消费品，也有一部分用于生产方面，如工业用的织物、纸张等。

在我国，重工业是为农业、轻工业和国民经济其他部门提供技术装备、燃料动力和原材料的部门，它所生产的生产资料是进行扩大再生产的物质基础，也是提高劳动生产率的基本条件。因此，要重视发展重工业。轻工业是生产除农副产品以外的消费资料的主要部门。轻工业发展的快慢，直接影响着社会主义生产目的实现。因此，要把发展消费品工业放到重要地位。

此外，在现实经济活动中，又可以将工业划分为劳动密集型工业、资金密集型工业和技

术密集型工业。工业与国民经济其他部门的领域划分具有一定相对性，例如，在广义的农业中，也包括一部分林业生产；在商业中，也包括一部分对商品进行再加工的物质资料生产；在交通运输部门中，也包括对交通运输工具的维修性甚至制造性的生产。

1.1.2 工业发展的基本特征

工业水平是衡量国家、地区经济发达程度的重要标志，工业发展有其自身的特点。

1.1.2.1 工业发展需要的基本条件

工业生产主要是物理和化学变化过程，以及少量的微生物作用（如食品工业的发酵）过程。不同的企业构成不同的工业部门，工业企业不论属于哪个行业或部门，要在社会上发挥自己的功能，必须具备一些共同的基本条件。这些条件可以大致地分为三类：第一类是有形的条件，包括土地、厂房建筑、机器设备、动力供应、供水设施、运输条件和原材料等；第二类是无形的条件，如资金、工艺、管理、市场、信息等；第三类则是劳动力。后两类条件不受空间的限制，具有流动性的特点，而第一类条件具有相对的固定性，具有一定的地域性，是工业生产的必要条件。工业作为独立的物质资料生产部门，经历了几百年的历史，其独立性表现在专有性上，即工业生产要求具有专有的技术设备，如各种机器体系；专有的工艺过程，如以物理和化学方法为主的生产工艺；专有化的职工，如掌握一定工业技术的工业劳动力；专有的劳动对象，如各种天然或人工的工业原料；此外还生产出专有的工业品。正是在劳动者、劳动手段和劳动对象等方面的专有性质，使工业与国民经济其他部门具有比较明显的区别和界限，成为独立的物质资料生产部门。

1.1.2.2 技术进步推动工业发展

（1）技术进步与人类社会的演进 回顾历史，人类文明是从制造和使用工具开始，每一次工具的革新都会带来生产力的极大进步。从旧石器时代到新石器时代，从青铜器到铁器的使用，每一次技术的进步，都使人类改造和征服自然的能力上升了一个台阶。但总的来讲，在原始社会和封建社会早期，人类虽然在技术上取得了长足的进步，但对于自然环境的破坏还是有限的，人类仍然依附于自然环境之中，人与自然的关系是和谐的。在此阶段，工具的使用成为人类从蒙昧走向文明的标志，技术的进步使人类开始了征服自然、追求美好生活的光明之旅，并为下一阶段的发展奠定了基础。

进入封建社会以后，人类改造自然的能力迅速提高，农业、手工业以及兵器工业的发展很快，生产能力有了很大改善，人口不断增加，人类社会的发展也达到了一个新的阶段。在此期间出现了包括古埃及、古巴比伦、古印度以及中国在内的四大文明古国，它们共同创造了人类辉煌灿烂的古代文明。与此同时，为了满足人口增加所需的土地和粮食，人类毁林开荒，破坏原生植被的现象屡有发生，生态破坏从局部逐渐扩大到区域。人类陶醉在自己创造的文明的同时，也遭受到来自自然的惩罚，古巴比伦王国的消亡和玛雅文化的消失都与人类盲目征服自然有关。人类在享受技术进步所带来的喜悦和便利的同时，由于历史的局限性，却没有认识到技术的负面效应，因而遭受了惩罚。尽管如此，人类对自然的改造仍然是局部的和区域的，产生的环境负效应是有限的，甚至是可恢复的。总之，在这一时期，地球作为一个大系统还是维持着整体的平衡。技术是人类开发、利用、改造自然的物质手段、精神手段和信息手段的总和。科学技术的进步，增强了人类改造自然、征服自然的能力，不断创造出更多的物质财富，促进了经济的发展，带动了整个社会的文明进步，但也产生了负面效应，污染了环境，破坏了生态平衡，甚至危及人类自身的生存。特别是工业革命以来，技术的双刃剑效应格外显著。技术进步对工业发展，乃至整个人类社会文明的演进都具有重要意

义。技术使用的盲目性和随意性使人类已经并且还在继续遭受惩罚。

(2) 技术进步推动工业的发展 科学技术的进步和社会分工的细化以及商品经济的发展，一方面使大机器工业代替了工场手工业，使工业最终从农业分离出来；另一方面又使大机器工业本身以越来越快的速度向现代工业发展。现代工业的产生和发展经历了四次革命。从历史上看，每一次科技的重大革新，都会促进工业的飞跃发展，工业地区的分布也随之发生重大变化（表 1-2）。

表 1-2 技术革命对工业生产的影响

技术革命次别	第一次	第二次	第三次	第四次
年代	18 世纪 80 年代	19 世纪 70 年代	20 世纪 40 年代	20 世纪 70 年代
主要标志	蒸汽机的发明	电气化（内燃机、电力广泛使用）	微电子技术的发展和普遍应用	信息技术或微电子技术为中心
新出现的工业部门	棉纺织、采煤、钢铁、机械	电力、化学、汽车、加工、石油开采、飞机制造	电子计算机、半导体、高分子合成、航天、激光、核工业	信息产业，包括生物工程、光导纤维、新能源、新材料和机器人
代表性工业中心	英国：曼彻斯特——棉纺织工业中心，伯明翰——钢铁工业中心	西欧、美国两大工业地带形成 西欧：德国鲁尔区、英国英格兰中部区 美国：东北部工业区	原苏联：乌克兰工业区 美国西部南部：休斯敦、旧金山——“硅谷” 日本：九州——“硅岛” 英国：苏格兰 德国：慕尼黑、斯图加特	
工业布局变化及原因	工厂能够远离河谷，向煤、铁产地和交通方便处集中	工业规模越来越大，生产更加集中	出现超高压输电技术和核电技术；原料来源扩大；能耗减少；科技、环境、交通条件为主；使分布趋于分散	

① 18 世纪后半叶，产生于英国纺织业的产业革命，以纺纱机的发明和应用为序幕，以产生驱动力的第一种形态动力机器——蒸汽机的出现为主要特征，最终以大机器工业代替工场手工业、生产的机械化为主要标志。这场革命不仅使工业内部生产技术和生产组织发生空前的变化，还导致社会经济关系的重大变革。此后，纺织行业相继出现了一系列新的工具机，使整个纺织生产过程逐步形成有复杂分工的机器体系。随着生产能力的日益扩大，迫切要求以新的机械动力取代原有的人力和畜力。18 世纪 80 年代蒸汽机的发明和应用带动了煤炭工业、钢铁工业和机器制造业的技术改造与进步，使社会生产力呈现出飞跃的发展。到 19 世纪初，建立了现代机器制造业，开创了用机器制造机器，并用机器装备各个工业部门的新时代，使工业最终建立在机器技术基础之上，从而改变了整个工业面貌。由此产生了现代大机器工业。

② 19 世纪末 20 世纪初，以电力的发明和应用为主要标志的第二次技术革命，使工业由蒸汽时代步入电气时代。这次技术革命为工业的发展开辟了广阔的前景。动力始终是现代工业发展的物质前提。由于电能的出现，加以又能转换成其他各种形式的能，因而在工业生产中得到广泛的应用，为工业的现代化奠定了坚实的物质基础。同时，使工业部门结构发生巨大变化。在广泛使用电力的基础上，不仅许多原有的工业部门，如煤炭工业、冶金工业和机