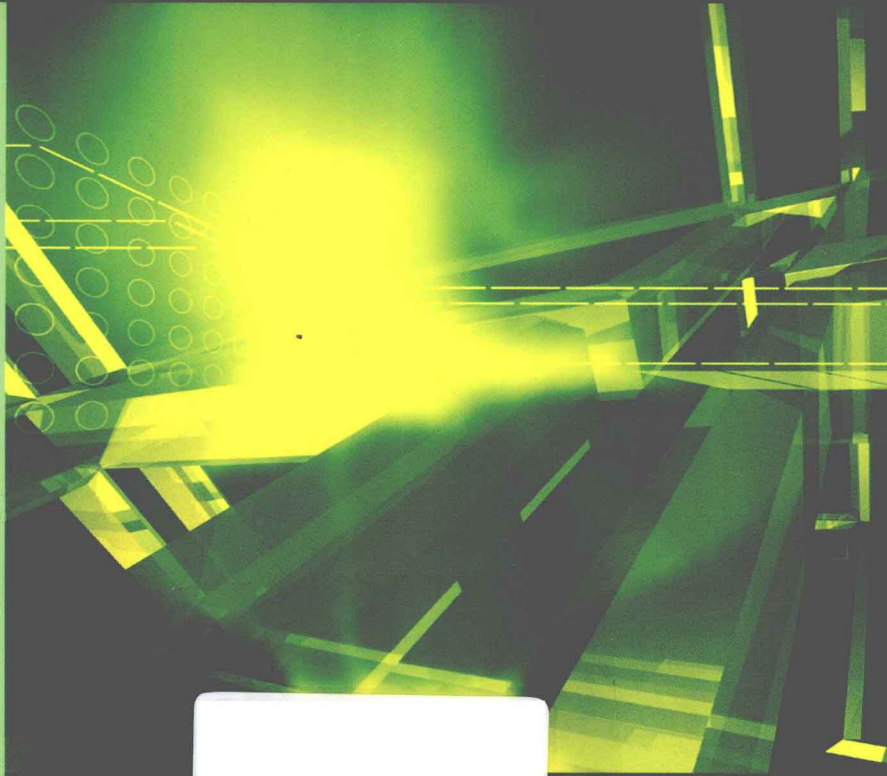




张 华 江志刚 编著

绿色制造系统工程理论与实践



科学出版社

绿色制造系统工程理论与实践

张 华 江志刚 编著



科学出版社

北京

内 容 简 介

本书将绿色制造技术与系统工程的理论和方法有机结合,从系统思维、学科综合、技术集成和整体优化的角度,介绍绿色制造系统工程的基础理论与实践。主要内容包括:绿色制造系统工程的基本概念与内涵、绿色制造系统的总体结构与运行原理、绿色制造系统的评价方法、绿色制造系统的过程优化技术以及机械制造企业绿色制造系统工程实践与钢铁绿色制造系统工程实践等。

本书可作为高等院校机械工程、工业工程、管理科学与工程、环境工程等绿色制造相关专业研究生的教材或参考书,也可供制造企业工程技术人员和管理人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

绿色制造系统工程理论与实践/张华,江志刚编著. —北京:科学出版社, 2013. 1

ISBN 978-7-03-036578-1

I. ①绿… II. ①张…②江… III. ①制造工业-无污染技术 IV. ①T

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 018736 号

责任编辑:耿建业 刘翠娜 / 责任校对:钟 洋

责任印制:张 倩 / 封面设计:耕者设计工作室

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>

源海印刷有限责任公司印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2013 年 1 月第 一 版 开本:B5(720×1000)

2013 年 1 月第一次印刷 印张:14 1/4

字数:276 000

定价:78.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换)

前 言

以“高投入、高消耗、高污染、低水平、低效益”为特征的经济增长方式仍占我国经济发展的主导地位,其中制造业及其产品的能耗约占全国能耗的 2/3。高消耗导致对资源的高依赖,将成为制约我国制造业发展的瓶颈,也给国家的能源和资源安全带来严峻挑战。鉴于此,尽可能少产生资源消耗和环境污染是当前制造业发展的一个重要方向。

我国在经济高速增长过程中投入大量土地和自然资源,造成资源短缺和环境污染,要转变经济增长方式,由粗放式向集约式发展方式转变,必须减少企业的资源消耗和环境排放,绿色制造无疑是一条非常好的途径。作为一种综合考虑资源效率和环境影响的先进制造模式,绿色制造是解决制造业环境污染问题的根本方法之一,是实施环境污染源头控制的关键途径之一,其实质是人类社会可持续发展战略在现代制造业中的体现。绿色制造研究的最终目的是在企业中得到应用和实施,使企业不仅获得经济效益,提高企业市场竞争力,更重要的是取得环境效益,使企业的社会价值和社会责任得到充分体现,真正实现企业的可持续发展。

绿色制造在企业中的运行与实施是一个复杂的系统工程。绿色制造过程及相应的制造理论、制造技术(包括绿色制造工艺和绿色制造方法)越来越呈现两个显著的特性:一是系统科学性,即涉及系统理论和系统工程的方法越来越多;二是学科综合性或技术集成性,即绿色制造过程和绿色制造技术,绝非单一学科知识能够支撑,而是依赖于多门学科知识的有机结合。如果从孤立的绿色制造方法、绿色制造技术、绿色制造工具和绿色制造设备等方面去研究绿色制造过程,将无法从全局上使“绿色制造”运行于最优状态,发挥出最佳效益。因此,研究和学习绿色制造系统工程的理论、方法及有关技术显得十分必要。

本书作者在国家科技支撑计划项目和国家自然科学基金项目的资助下,致力于绿色制造系统工程的研究,取得了一定的研究成果,收集了大量的国内外研究文献资料,经过整理,完成了本书的撰写工作。本书从系统思维、学科综合和技术集成的角度,研究绿色制造系统工程所涉及的新概念、新技术和新方法,主要内容包括绿色制造系统工程的基本概念与内涵、绿色制造系统的总体结构与运行原理、绿色制造系统的评价方法、绿色制造系统的优化技术以及绿色制造系统工程实践等。

本书在编写过程中力求逻辑清晰、结构合理、重点突出、特色鲜明,具体体现在以下方面:

(1) 绿色制造的实施是一个复杂的系统工程。本书把研究对象(绿色制造)作

为一个系统,按照系统科学的思维方式展开论述,侧重于绿色制造系统的结构与功能、状态与过程、目标与方案的有机结合,从绿色制造系统的整体出发,诠释绿色制造系统工程实施的客观规律。

(2) 注重方法和手段的运用。由于绿色制造系统的变化规律比较复杂,难以用一般性的文字阐述清楚。为此,本书运用数学工具以及系统工程的基础理论来建立指标体系和数学模型,进行定性化和量化分析,避开复杂数学公式的推导,着重论述其具体涵义及其在实践中的使用方法。

本书由张华、江志刚撰写,王艳红、张旭刚、赵刚、陶平、肖明、鄢威等参加了部分编写工作和有关项目研究工作,周艳、何志朋、胡晓莉、陈凤银、黄昌先、冯朝辉、汪建华、蒋小利等博士、硕士研究生为本书的资料收集与初稿整理做了大量的工作。

本书涉及的有关研究工作,得到“十一五”国家科技支撑计划项目(2006BAF02A03)、国家自然科学基金项目(70571060和70971102)以及湖北省高等学校优秀中青年科技创新团队计划项目(T201102)的支持,在此表示衷心的感谢!

此外,本书在写作过程中参考了有关文献,并尽可能地列在书后的参考文献表中,在此向所有被引用文献的作者表示诚挚的谢意!

由于绿色制造系统工程是一门正在迅速发展的综合性交叉学科,涉及面广,技术难度大,加上作者水平有限,书中不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正!

编 者

2012年10月

目 录

前言

第 1 章 绪论	1
1.1 绿色制造的发展概况	1
1.1.1 绿色制造研究的意义	1
1.1.2 绿色制造的产生与发展	6
1.1.3 绿色制造的国内外研究现状总结	10
1.2 绿色制造系统工程的概念与内涵	10
1.2.1 绿色制造的概念	11
1.2.2 系统与系统工程	12
1.2.3 绿色制造系统与绿色制造系统工程	15
1.3 绿色制造系统工程的基本内容	19
1.4 绿色制造系统工程的学科特点	21
1.5 绿色制造系统工程的方法特点	23
1.6 绿色制造系统工程的工作程序和步骤	25
1.7 本章小结	26
第 2 章 绿色制造系统的体系结构与运行原理	27
2.1 绿色制造系统的环境边界及特性	27
2.1.1 绿色制造系统的环境	27
2.1.2 绿色制造系统的环境边界	28
2.1.3 绿色制造系统环境边界的特性	29
2.2 绿色制造系统的体系结构	31
2.2.1 绿色制造系统的统一单元结构模型	31
2.2.2 绿色制造系统的多层次体系结构	33
2.3 绿色制造系统的运行原理	39
2.3.1 绿色制造系统运行的“四流”分析模型	39
2.3.2 基于产品生命周期的绿色制造系统运行模型	47
2.4 本章小结	55
第 3 章 绿色制造系统的评价方法	56
3.1 绿色制造系统评价的内涵与特征	56
3.1.1 绿色制造系统评价的内涵	56

3.1.2	绿色制造系统评价的特征	56
3.1.3	绿色制造系统评价指标的设置原则与方法	57
3.2	绿色制造系统评价的内容体系及过程模型	58
3.2.1	绿色制造系统评价的内容体系	58
3.2.2	绿色制造系统评价的过程模型	59
3.3	绿色制造系统物料资源消耗分析与评价	63
3.3.1	绿色制造系统单种物料资源消耗状况分析模型	64
3.3.2	绿色制造系统多物料资源消耗状况评价	65
3.4	绿色制造系统的能量消耗分析评价及预测模型	67
3.4.1	绿色制造系统的能量消耗状况与特点分析	67
3.4.2	绿色制造系统能源消耗分析与评价	71
3.4.3	绿色制造系统能量消耗预测模型	75
3.5	绿色制造系统环境属性分析与评价	82
3.5.1	绿色制造系统环境属性分析	82
3.5.2	绿色制造系统环境质量评价方法	83
3.6	绿色制造系统资源环境属性综合分析与评价	86
3.6.1	绿色制造系统资源环境属性的关联分析方法	86
3.6.2	绿色制造系统资源环境属性综合评价	89
3.7	本章小结	92
第4章	绿色制造系统过程优化技术	93
4.1	绿色制造系统过程优化的内涵	93
4.2	绿色制造系统过程优化的理论模型	94
4.2.1	绿色制造系统过程优化的多目标体系	94
4.2.2	绿色制造系统过程优化的变量体系	96
4.2.3	绿色制造系统过程优化的约束体系	96
4.2.4	绿色制造系统过程优化的数学模型	96
4.3	绿色制造系统过程优化理论模型的求解方法	98
4.3.1	绿色制造系统过程优化的多目标分解方法	98
4.3.2	绿色制造系统过程优化的变量分解方法	99
4.3.3	绿色制造系统过程优化的模型求解方法	100
4.4	绿色制造系统的过程规划技术	107
4.4.1	面向绿色制造的材料选择技术	107
4.4.2	面向绿色制造的工艺方法选择技术	109
4.4.3	面向绿色制造的工艺设备选择技术	111
4.4.4	面向绿色制造的工艺路线选择技术	113

4.5	绿色制造系统的过程调度技术	116
4.5.1	面向绿色制造的一类模糊作业车间调度技术	117
4.5.2	面向绿色制造的机械加工系统任务优化调度技术	120
4.6	绿色制造系统的过程优化支持系统	123
4.6.1	绿色制造系统的过程优化支持系统的体系结构	123
4.6.2	绿色制造系统的过程优化支持系统数据库构建	125
4.6.3	绿色制造系统的过程优化支持系统模型库构建	127
4.7	本章小结	130
第5章	机械制造企业绿色制造系统工程实践	131
5.1	机械制造企业绿色制造系统工程研究概述	131
5.2	阀门绿色制造系统工程实施的总体方案及技术框架	133
5.2.1	阀门绿色制造系统工程实施的背景	133
5.2.2	阀门绿色制造系统工程实施的总体方案	136
5.2.3	阀门绿色制造系统工程实施的技术框架	138
5.3	阀门绿色制造系统评价方法及应用	140
5.3.1	典型阀门产品结构工艺分析	141
5.3.2	典型阀门制造工艺的资源环境属性清单分析	143
5.3.3	阀门绿色制造系统评价模型及求解	148
5.3.4	阀门绿色制造系统的评价支持系统	150
5.4	阀门绿色制造系统过程优化技术及应用	156
5.4.1	典型阀门绿色制造系统工艺过程优化技术	158
5.4.2	毛坯近净成形加工技术	158
5.4.3	少无切削液加工工艺过程监测与优化集成技术	161
5.4.4	焊接工艺过程绿色优化技术	164
5.4.5	测试涂装作业绿色优化技术	166
5.4.6	阀门车间绿色制造系统优化技术	169
5.5	阀门绿色制造系统工程实施的效果分析	178
5.6	本章小结	183
第6章	钢铁绿色制造系统工程实践	184
6.1	钢铁绿色制造实施的意义及发展趋势	184
6.1.1	钢铁绿色制造实施的意义	184
6.1.2	钢铁绿色制造的研究现状及发展趋势	185
6.2	钢铁绿色制造系统的体系结构及运行模型	187
6.2.1	钢铁绿色制造系统的内涵	187
6.2.2	钢铁绿色制造系统的体系结构	189

6.2.3	钢铁绿色制造系统的运行机制	191
6.2.4	钢铁绿色制造系统集成运行模式	198
6.3	钢铁绿色制造系统的评价方法	199
6.3.1	钢铁绿色制造系统物料资源与环境影响关联分析方法	200
6.3.2	钢铁生产流程污染贡献综合评价方法	203
6.4	钢铁绿色制造系统优化技术	207
6.4.1	基于辅料资源运行特性的烧结矿质量优化技术	209
6.4.2	基于辅料资源运行特性的高炉焦比优化技术	211
6.4.3	基于辅料资源运行特性的炼钢终点优化控制技术	212
6.5	本章小结	213
参考文献		214

第 1 章 绪 论

绿色制造是一种综合考虑资源消耗和环境影响的现代制造模式。从系统科学与系统工程的角度对绿色制造进行研究,是使绿色制造运行于最优状态,发挥最佳效益的重要途径。本章从绿色制造的发展概况出发,讨论绿色制造系统的概念与内涵、基本内容、学科特点、方法特点和绿色制造系统工程的工作程序和步骤。本书的后续章节将在上述基本理论的指导下深入讨论绿色制造系统工程所涉及的理论、技术与方法。

1.1 绿色制造的发展概况

1.1.1 绿色制造研究的意义

1. 环境污染和环境破坏给人类带来严重的危害

环境问题、资源问题和人口问题是当前人类社会面临的三大主要问题。特别是环境问题——人类不合理地开发使用自然资源所造成的环境污染与破坏,是当前全球性的问题,正严重威胁着人类社会的生存和发展。随着全球环境问题的日益恶化,人们越来越重视对环境问题的研究。

在过去的 20 世纪里,制造业表现出“双面刃”效应,它一方面创造了人类 70% 的财富,另一方面又成为产生废弃物污染环境的主要源头。当前环境问题主要表现在以下几方面:

(1) 环境污染和环境破坏直接制约着我国制造业的可持续发展。发展与人口和资源与环境的承载能力相协调,这是可持续发展的基本条件。我国人口众多,人均资源相对短缺,环境形势相当严峻,城市环境污染仍在加剧,并向农村蔓延,生态破坏的范围逐渐扩大,这些严重制约着我国制造业的可持续发展。我国的煤炭存量比较丰富,但人均占有量却很低。一些地方的乡镇及个体小煤矿,对这种不可再生的资源进行掠夺式的开采,造成煤炭资源的极大浪费。我国的石油探明存量居世界第 9 位,但人均仅 2.9t,居世界第 49 位。据预测,按目前的开采速度,只需五六年即可耗去全部存量。

(2) 环境污染和环境破坏危害人类健康。制造业导致环境污染的日益严重,致使人们呼吸被污染的空气,饮用被污染的水,食用被污染的瓜果蔬菜,遭受噪声的折磨,严重危害人体的健康。环境污染对人体的危害,具有影响范围大、接触时

间长、潜伏时间久等特点。

(3) 环境污染和环境破坏威胁生态平衡。环境污染与破坏使生态系统的结构和功能失调,致使环境质量下降,甚至造成生态危机,直接威胁到人类的生存。在地球上,除了生物,人类难以找到其他可以果腹的东西,是生物物种为人类提供了食物的来源。许多物种还是药物的来源、工艺原料的来源,具有重要的科研价值。然而,由于环境污染与破坏,导致大量物种灭绝。现在已经发展到每天消灭一个动物物种的程度,而且物种灭绝的速度仍在继续加快,严重破坏了生态平衡,也给人类带来危害。例如,在地球上空的大气中,有一层薄薄的臭氧层,它像一道天然屏障,阻挡了太阳紫外线的有害辐射。由于受工业污染的影响,臭氧层破坏日益严重,导致人类恶性皮肤病增加、农作物减产,造成地球生态系统的巨大危机。

2. 传统制造业发展面临严重问题

制造业是将有用资源(包括能源)转换成产品的工业。在过去的一个世纪,它不仅已经成为创造人类财富的支柱产业,而且消耗了大量资源,并成为产生废弃物污染环境的重要源头。

欧洲每年有 80 万 t 废旧的电视、计算机设备、收音机和测量装置以及几百万吨的废旧汽车设备被弃置。在美国,工业设施和家庭产生的城市固体垃圾(MSW)为平均每人每天 41b(11b=0.45359227kg)。当前,国际上都注意到这样一个现实:人类正在耗费巨资来保护环境,控制污染,但环境污染状况改善有限。据最近报告,全球制造业每年大约产生 55 亿 t 非有害废物和 7 亿 t 有害废物;美国在过去 10 年中废物堆放地已减少了 70%以上,并且许多废物堆放地正趋于饱和;美国每年用于环境保护的投资达 800~900 亿美元,日本达 700 亿美元以上。

在国内,我国制造业过去 30 年经历了快速发展,但资源问题、能源问题和环境问题已成为我国制造业发展的制约因素。目前我国电动机、变压器、风机和水泵等 21 类机电产品的用电量占全国总用电量的 70%;发电锅炉和工业锅炉的年耗煤量约占全国年耗煤量的 1/3;内燃机消耗的油料占全国油料的 80%以上;通用机械耗电量占全国用电量的 30%~40%。污染物排放的 70%源于制造业,制造业生产车间粉尘、油烟、水雾、噪声及废弃物排放等对生产人员身体健康和自然环境危害严重,目前我国大中城市的大气质量普遍较差,全国五百多个城市中,达到国家一级标准的不到 1%。北京、石家庄、太原等都在世界十大污染程度最严重的城市之列。

纵观国内外制造业资源消耗和环境污染状况,限制制造业持续发展的主要方面如下:

(1) 资源供给能力的削弱。人类活动在“环境资源账户上的透支”意味着资源的缺乏,如森林、矿物、水、物种和沃土的耗竭。也就是说,人类消耗资源的速度超

过了资源的恢复再生速度。投入资源所得到的收益会不断减少,因为资源可得到的补偿也在减少。而且,人类今天过度使用资源,将使后代人对资源的使用及相应的生产和消费完全无选择余地。

(2) 净化污染物质功能的削弱。自然环境的污物净化功能可直接为社会提供环境服务。然而,由于人类活动产生过多的污染物质,使环境的服务功能明显削弱。而且,由于人类对森林和水的过度使用,更降低了环境的服务能力。由于净化污染物质功能的削弱,对人类生存构成严重威胁的环境问题,包括全球温室效应、臭氧层耗竭、酸雨及各种无机和有机物污染等。

(3) 国际贸易中的绿色贸易壁垒。绿色贸易壁垒是指进口国政府以保护生态环境为由,以限制进口、保护贸易为目的,通过颁布复杂多样的环保法规、条例,建立严格的环保技术标准和产品包装要求,建立繁琐的检验、认证和审批程序,实施环境标志制度,以及课征环境进口税等方式对进口产品设置的贸易障碍。绿色贸易壁垒是在全球自由贸易程度不断加强、各种关税和非关税壁垒以及贸易补贴受到国际自由贸易条约和协议的限定而逐步走向消亡的情况下,在西方主要发达工业国家中兴起的。其主要表现形式有提高进口产品的环境监测标准,在数量和价格上限制没有“环境标志”的产品进口和严格审查进口产品在其生产过程中对自然环境的影响等。由于我国长期不够重视绿色产业的发展,因此绿色贸易壁垒对我国的产品出口影响巨大。比如,欧盟规定进口纺织品禁用 118 种偶氮染料,2003 年仍有 104 种被我国印染厂家使用;1986 年,美国认为我国陶瓷产品中对人体有害的金属铅严重超标,致使我国的陶瓷产品在美国市场中的份额大大下降,仅占同期日本同类产品的 10%。

3. 实现制造业的可持续发展——实施绿色制造

鉴于资源环境问题越来越严重,世界各国普遍认识到,通过高消耗追求经济数量的增长和“先污染后治理”的传统制造业发展模式已不能适应 21 世纪制造业发展的要求。因此,世界各国普遍推行“可持续发展”战略,即“在不超越资源与环境承载能力的条件下,在不危及后代人需要的前提下,寻求满足我们当代人需要的发展途径”。可见,可持续发展的核心思想就是人类社会当前的决策不应该对保持和改善将来的生活水平的前景造成危害。这就意味着,我们应随经济系统、社会系统和其他系统协调管理,以使人类能够依靠资源的“股息”为生,而不是吃“老本”,从而保持并改善资源基础。

制造业可持续发展要求尽可能有效地利用资源,尽可能少产生污染和废物,更多地立足于可再生资源而不是不可再生资源,最大限度地减少对人体健康和环境产生的不可逆转的影响。绿色制造就是一个综合考虑环境影响和资源效率的现代制造模式,其目标是使产品从设计、制造、包装、运输、使用到报废处理的整个产品

生命周期中,对环境的影响(副作用)最小,资源效率最高,实现经济效益与社会效益的协调优化^[1]。可见,绿色制造的优点在于其包括了更加安全和清洁的工厂、规范的劳动者保护措施,降低了未来的废物处理成本,减少了对环境和健康的威胁,在更低的成本下提高产品质量、公众形象和生产力,绿色制造允许制造商将废物量降到最低,并可将废物转化为有利的产品。因此,积极发展绿色制造,可以使人类的生产、生活主要依靠资源的“股息”,而不是靠吃资源“老本”,从而使资源得以永续利用。而可持续发展的指导思想、理论基础、发展战略,则为绿色制造的发展提供了充分的理论依据。可见,绿色制造是可持续发展战略在制造业的体现,绿色制造也可称为可持续制造。

综上所述,为了减少资源消耗和废物排放,实现制造业的可持续发展,迫切需要在制造企业内开展绿色制造。其意义主要体现在以下几个方面。

1) 实施绿色制造是 21 世纪制造业的重要发展趋势

绿色制造是可持续发展战略思想在制造业中的体现,致力于改善人类技术革新、生产力发展与生态环境的协调关系,符合时代可持续发展的主题。世界主要经济体积极推进绿色计划,促进社会的可持续发展。例如,美国政府提出了可持续制造促进计划(Sustainable Manufacturing Initiative, SMI),并出台了可持续制造度量标准;欧盟第 7 框架计划设立“未来工厂(The Factories of the Future)”重大项目,开展新型生态工厂模型(new eco-factory model),绿色产品研发是其中的重要内容;日本公布《绿色革命与社会变革》的政策草案,提出至 2015 年将环境产业打造成日本重要的支柱产业和经济增长核心驱动力量。绿色制造成为各国重振传统制造业、培育和发展新兴产业的发力点^[2]。

在我国,绿色制造被明确列为《国家中长期科学和技术发展规划纲要(2006~2020 年)》中制造业领域发展的三大思路之一。其中规定,积极发展绿色制造,加快相关技术在材料与产品开发设计、加工制造、销售服务及回收利用等产品全生命周期中的应用,形成高效、节能、环保和可循环的新型制造工艺,使我国制造业资源消耗、环境负荷水平进入国际先进行列^[3]。

2) 实施绿色制造是推进生态文明建设、发展循环经济的迫切需要

自党的“十六大”提出将全面建设小康社会作为我国 21 世纪头 20 年的奋斗目标,并将可持续发展列入全面建设小康社会的基本奋斗目标以来,生态文明建设一直是我国政府关注的重点。国务院在 2006 年工作要点中明确指出,发展循环经济是建设资源节约型、环境友好型社会和实现可持续发展的重要途径;要大力发展循环经济,在重点行业、产业园区、城市和农村实施一批循环经济试点;完善资源综合利用和再生资源回收的税收优惠政策,推进废物综合利用和废旧资源回收利用;并将“建设资源节约型、环境友好型社会”列入“十一五”时期的重要任务之一。刚闭幕的党的“十八大”,更是将生态文明纳入社会主义现代化建设总体布局,把大力推

进生态文明建设独立成篇、集中论述。建设生态文明,是关系人民福祉、关乎民族未来的长远大计。面对资源约束趋紧、环境污染严重、生态系统退化的严峻形势,必须树立尊重自然、顺应自然、保护自然的生态文明理念,把生态文明建设放在突出地位,融入经济建设、政治建设、文化建设、社会建设各方面和全过程,努力建设美丽中国,实现中华民族永续发展。

建设资源节约型、环境友好型社会,推进生态文明建设,是要在社会生产、建设、流通、消费的各个领域,在经济和社会发展的各个方面,切实保护和合理利用各种资源,提高资源利用率,以尽可能少的资源消耗和环境排放来获得最大的经济效益和社会效益。绿色制造的基本思想是实现制造业产品全生命周期中资源消耗、环境污染及人体安全健康危害的减量化和源头控制,并有利于资源循环利用。因此,绿色制造是建设资源节约型、环境友好型社会,推进生态文明建设,发展循环经济政策的关键技术之一。

3) 实施绿色制造是实现我国节能减排目标的有效途径

我国的经济增长是以牺牲环境和对能源的过度消耗为代价的。中国的能源消费量由1978年的5.7亿t标准煤增加到2006年的24.6亿t标准煤,增长了3.3倍,占全球能源消费量的比例达到11%;中国消耗的铁矿石从2000年的2亿t急速增长到2006年的6亿t,占全球铁矿石消费量的比例达到45%。环境污染不断加剧,二氧化硫排放量从20世纪初的1800多万t增加到2005年的2594万t,增长了44.1%;废水排放量从1997年的416亿t增加到2006年的536亿t,增长了28.8%。2007年,我国创造的GDP占全球的6%,却消耗了全球15%的能源、30%的铁矿和54%的水泥。世界银行的发展报告将中国和印度同列为经济高速增长、环境高污染的国家。因此,转变经济增长模式,从高资源消耗、高环境污染的高增长转向低资源消耗、低环境污染的高增长,已成为科学发展的当务之急。

《中华人民共和国国民经济和社会发展第十一个五年规划纲要》提出“十一五”期间单位国内生产总值能耗降低20%左右,主要污染物排放量减少10%的约束性指标;《“十二五”节能减排综合性工作方案》提出“十二五”期间,全国万元国内生产总值能耗下降16%,化学需氧量和二氧化硫排放总量下降8%,氨氮和氮氧化物排放总量下降10%。在这种大背景下,从各级政府到企业对节能减排都非常重视,形成一股节能减排的浪潮。企业实施绿色制造、研发应用绿色新技术、对传统工艺技术进行绿色改造无疑是实现节能减排的有效途径。

4) 推广应用绿色制造技术,是突破绿色贸易壁垒、改善和促进出口贸易、拉动相关产业发展的需求

随着中国加入世界贸易组织和世界经济一体化,绿色贸易壁垒正日益成为国际贸易发展的障碍。绿色贸易壁垒包括环境进口附加税、绿色技术标准、绿色环境标准、绿色市场准入制度、消费者的绿色消费意识等方面的内容。将环境保护措施

纳入国际贸易的规则和目标,是环境保护发展的大趋势,但同时在客观上导致了绿色贸易壁垒的存在。我国是世界上的发展中国家,在发达国家的绿色贸易壁垒面前,已付出了较大的代价。专家普遍认为,提高科技和生产水平是突破绿色贸易壁垒的基本措施之一。推广应用绿色制造技术将实现我国企业出口产品的技术革新,提高出口产品的环境意识水平,有助于突破绿色贸易壁垒,改善和促进出口贸易,拉动相关产业的发展。

5) 绿色制造技术将带动一大批新兴产业,形成新的经济增长点

绿色制造的实施将导致一大批新兴产业形成,如:①绿色产品制造产业。制造业不断研究、设计和开发各种绿色产品以取代传统的资源消耗和对环境影响较大的产品,将使这方面的产业持续兴旺发展。②实施绿色制造的软件产业。企业实施绿色制造,需要大量实施工具和软件产品,如产品生命周期评估系统(LCA)、计算机辅助绿色设计系统、绿色工艺规划系统、绿色制造的决策支撑系统、ISO14000国际认证的支撑系统等,这将会推动一批新兴软件产业的形成。③废弃产品回收处理产业。随着汽车、空调、计算机、冰箱、传统机床设备等产品的废旧和报废,一大批具有良好回收利用价值的废弃产品需要进行回收处理、再利用或再制造,由此将导致新兴的废弃物流和废弃产品回收处理产业。回收处理产业通过回收利用、处理,将废弃产品再资源化,节约了资源、能源,并可以减少这些产品对环境的污染。

1.1.2 绿色制造的产生与发展

绿色制造有关内容的研究可追溯到20世纪80年代,但比较系统地提出绿色制造的概念、内涵和主要内容的文献是美国制造工程师学会于1996年发表的关于绿色制造的专门蓝皮书“*Green Manufacturing*”^[4]。近年来,围绕制造系统或制造过程中的环境问题,已提出了一系列与绿色制造相似、相近或相关的概念,如可持续制造(sustainable manufacturing)、环境和谐制造(environmentally benign manufacturing)、环境意识制造(environmentally conscious manufacturing, ECM)、面向环境的制造(manufacturing for environment, MFE)、清洁生产(cleaner production)、生态意识制造(ecologically conscious manufacturing)等。目前这些概念内涵有逐渐趋同的倾向,差异越来越小。

绿色制造是制造业制造技术和制造模式发展的重要趋势,将成为未来工业界的重要挑战和竞争领域。在欧洲、日本和美国等发达地区和国家,无论是政府、高校、科研院所,还是有远见的企业都非常重视绿色制造的技术研发、立法和宣传,并将其列入制造业或企业的发展战略目标。

发达国家和国际组织纷纷制定、倡导和出台了很多与绿色制造相关的立法、标

准等^[5],如 ISO14001 环境管理标准体系、OHSAS18001 职业健康与安全管理体系、欧盟的 RoHS 和 WEEE 指令以及德国“蓝色天使”、美国“能源之星”等产品环境认证标志等。日本先后通过了《促进建立循环型社会基本法》、《固体废弃物管理和公共清洁法》、《促进资源有效利用法》以及《促进容器与包装分类回收法》、《家用电器回收法》、《建筑材料回收法》、《食品回收法》、《绿色采购法》等。这些立法、标准等对产品质量,特别是节能、无毒无害、低排放和可回收等与绿色制造技术相关方面提出了严格的限制,逐步形成了国际贸易之间的绿色壁垒。2005年,香港生产力促进会联合香港电子业协会、香港电器制造业协会、香港玩具协会、香港钟表工业协会、香港工业总会以及香港理工大学、香港城市大学成立了绿色制造联盟(Green Manufacturing Alliance),开展绿色制造技术研发和政策咨询与合作,以协助企业符合欧洲 RoHS 及 WEEE 指令要求,突破绿色贸易技术壁垒。但从另一方面看,国际绿色贸易壁垒的形成将“绿色”的概念融入贸易中,将极大地推动绿色产品和绿色制造技术的研究和应用。

许多高校也纷纷成立以绿色制造技术为研究方向的研究机构,如加州大学伯克利分校绿色设计与制造联盟(Consortium on Green Design and Manufacturing, CGDM)^[6-8],由美国亚利桑那大学牵头联合麻省理工学院、斯坦福大学、加州大学伯克利分校成立 NSF/SRC 环境友好半导体制造工程技术中心^[9,10],英国可持续设计中心 CfSD(The Center for Sustainable Design)^[11-13],加拿大 Windsor 大学的环境意识设计和制造实验室(Environmentally Conscious Design and Manufacturing, ECDM)^[14],德国斯图加特大学生命周期工程学院(Department of Life Cycle Engineering)^[15]等。还召开了不少以绿色制造技术为主要议题的国际学术会议,如环境意识设计与逆向制造国际研讨会(International Symposium on Environmentally Conscious Design and Inverse Manufacturing)等。

欧洲、日本、美国等发达国家和地区的一些企业,特别是一些跨国公司制订了绿色制造实施目标和措施,开展节能、降耗、产品生命周期评估、环境审核、绿色产品开发等具体工具。在松下、索尼、IBM、丰田等多家跨国公司赞助下,国际电子电气工程师协会(IEEE)和日本生态设计(Eco-Design)协会联合发起的环境意识设计与逆向制造国际研讨会迄今已成功举办了7届,对环境意识制造和逆向制造技术展开了讨论^[16]。特别是,近年来随着 ISO14000 环境管理体系系列标准、OHSAS18000 职业健康与安全卫生标准系列、绿色产品标志认证等的颁布,企业环境管理和绿色制造的研究更加活跃。环境保护和绿色制造研究形成的强大绿色浪潮,正在全球企业界悄然兴起。表 1.1 简要介绍了各个典型跨国公司实施绿色制造的情况。

表 1.1 一些跨国公司的绿色制造实施情况^[17]

公司名称	实施绿色制造的目标	实施绿色制造的具体措施	实施绿色制造面临的问题
德国西门子公司	<p>(1) 在所有的工厂建立起环境管理体系</p> <p>(2) 建立内部环境审计系统</p> <p>(3) 加强环境协调性产品设计,并集成环境保护的方法到各个领域</p> <p>(4) 优先选择获得环境管理体系认证的供应商</p>	<p>(1) 改善材料和机械加工过程</p> <p>(2) 生产无铅和无氯的产品</p> <p>(3) 在降低成本的基础上,进行面向环境的产品设计</p> <p>(4) 回收和利用报废的电器产品</p> <p>(5) 对实施 ISO14001 没有具体的政策,但要根据顾客的要求制订正规的环境规范</p> <p>(6) 实施产品生命周期评估</p>	<p>(1) 由于公司生产的产品本身属高能量消耗产品,市场的扩大会导致能耗成指数增长</p> <p>(2) 软件的更新将导致硬件的过早淘汰和报废,造成环境污染的增加</p>
日本丰田公司	<p>(1) 在所有的分厂内改善环境,减少能量和资源的消耗</p> <p>(2) 不仅在加工中实施绿色制造,也要把绿色方法应用到商业中去</p> <p>(3) 在开发符合法规要求的清洁燃料的发动机和技术领域,保持领先地位</p>	<p>(1) 为 450 家供应商建立了环境采购的规范</p> <p>(2) 高度重视加工过程中的环境友好性较差的工艺</p> <p>(3) 在减少和消除垃圾废弃物方面取得了持续性的进步</p> <p>(4) 减少加工过程中的废弃物</p> <p>(5) 对废弃物和污染物建立了内部的标准</p>	需要进一步实施绿色制造来保持公司在清洁能源的发动机和技术领域的领先地位
美国福特公司	<p>(1) 确立“三重底线(triple bottom line)”政策,即公司战略服务于经济、环境和社会</p> <p>(2) 在全球范围内,获取 ISO14001 的认证</p>	<p>(1) 减少汽车制造过程中能量的消耗</p> <p>(2) 开发和使用重量轻的材料生产汽车,减少汽车使用中能量的消耗</p> <p>(3) 成立了一个产品生命周期小组,进行产品生命周期的研究,包括生命周期的清单分析,以及环境影响</p> <p>(4) 加强产品的可回收性,在产品中使用可回收的材料</p>	如何在各个分公司内部建立一个统一的环境管理体系,又能保持各个分公司的独立性和差异性
日本日立公司	<p>(1) 所有日立公司的子公司都要获取 ISO14001 的认证</p> <p>(2) 到 2010 年减少 20% 的能量消耗,减少 90% 的废弃物</p>	<p>(1) 无铅焊接的研究</p> <p>(2) 回收评价方法的研究,目的是给产品设计者提供一个可以评估产品回收性的工具</p> <p>(3) 举办逆向制造研讨会,以及研究信息交互系统</p>	在各个领域都制订一个面向环境设计和制造的规范