

新编职业技能

实用技术丛书

- 便于自学技术
- 帮你成功就业
- 助你步入成功殿堂

高级冶金工 实用技术

董原◎编著

双色图文版

内蒙古人民出版社

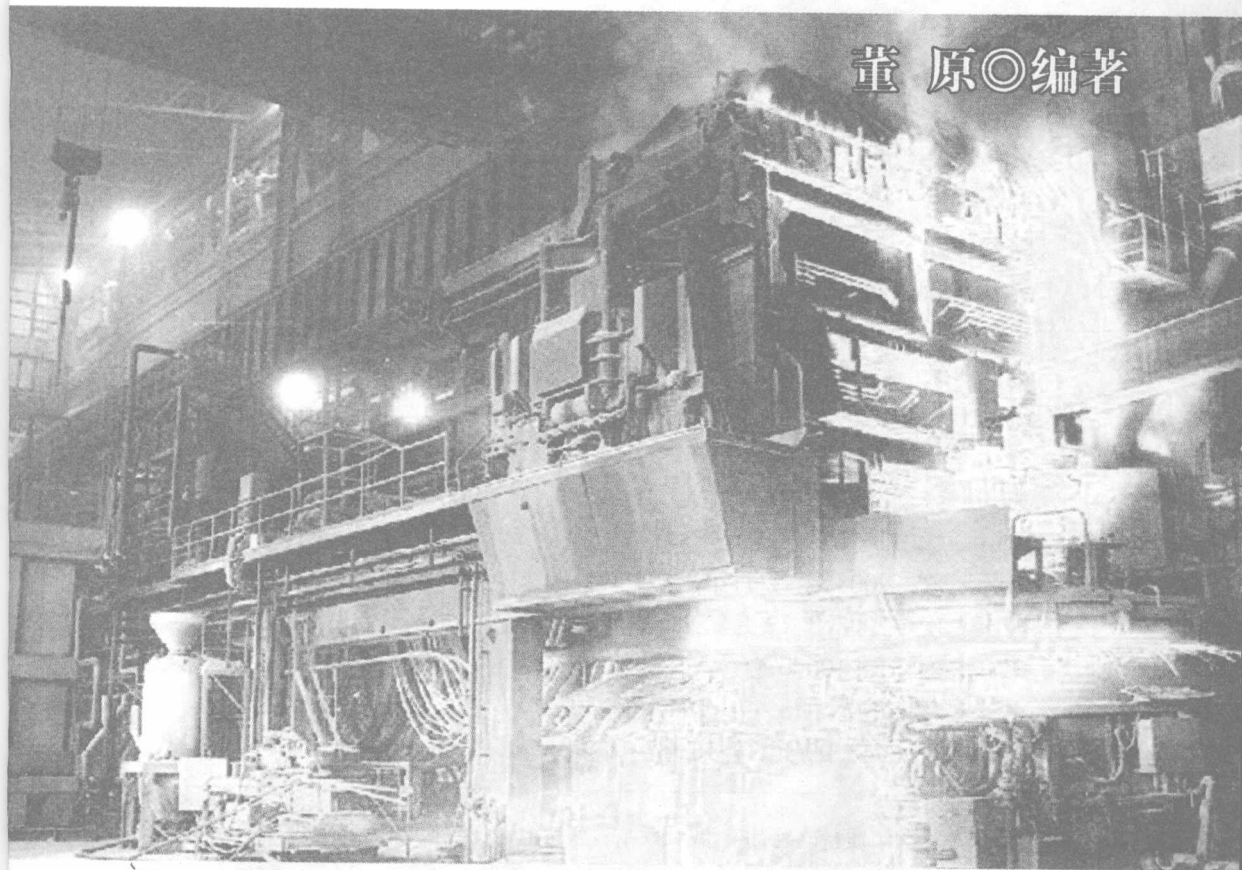
新编职业技能

实用技术丛书

- 便于自学技术
- 帮你成功就业
- 助你步入成功殿堂

高级冶金工 实用技术

董原◎编著



内蒙古人民出版社

图书在版编目(CIP)数据

高级冶金工实用技术/董原 编著. —呼和浩特:内蒙古人民出版社,
2008. 10

(新编职业技能实用技术丛书)

ISBN 978 - 7 - 204 - 09940 - 5

I. 高… II. 董… III. 冶金—技术—基本知识 IV. TF1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 163821 号

新编职业技能实用技术丛书

编 著 董 原

责任编辑 哈 森

图书策划  腾飞工作室
15301350288

封面设计 腾飞文化

出版发行 内蒙古人民出版社

地 址 呼和浩特市新城区新华大街祥泰大厦

印 刷 北京中创彩色印刷有限公司

开 本 710 × 1000 1/16

印 张 288

字 数 3000 千

版 次 2008 年 12 月第 1 版

印 次 2008 年 12 月第 1 次印刷

印 数 1 - 10000 套

书 号 ISBN 978 - 7 - 204 - 09940 - 5/T · 5

定 价 448.00 元(全 16 册)

如出现印装质量问题,请与我社联系。联系电话(0471)4971562 4971659

新编职业技能实用技术丛书

编委会

编 著:董 原

委 员:史明新 李新纯 常 青 吕春兰

孙义新 张艳娇 聂圆圆 徐小丽

张敬娜 杨俊峰 刘 俊 周海涛

邹 云 柳 华 徐学成 吕晓滨

杨小立 朱 华 王 蕾 李 奇

刘云龙 王英杰 黄志良 王红媚

前言

我国是一个工业大国,近年来,随着制造业的不断发展,新技术的广泛应用,科技创新显得尤为重要,科技进步的关键在于提升劳动者的职业技能素质,它是科技成果转化成为生产力的关键环节,是经济发展的重要基础。

我国资源丰富,但唯一的不足是缺乏精湛的技术人员,因此,我国大力强调要把“培养高技能人才”作为重点任务来抓。同时,农村劳动力已经成为产业工人的重要组成部分,提高农村劳动力的职业技能、培养高技能人才是产业结构调整升级的需要,是加快城镇化发展的要求,也是提高农民素质的治本之策。

为此我们采用新的国家标准,力求体现新技术、新工艺、新设备的应用,精心编写了《新编职业技能实用技术丛书》,本书集科学性、实用性、先进性、可靠性于一体,选用了国家最新标准、规范、法规、名词和术语。在内容上,除了着重解决各种职业技能在实际工作中经常遇到的有关技术问题外,也考虑到指导现场施工的技术人员的工作需要。书中内容针对性强,系统连贯,数据资料丰富,实用性强,文字简练,便于学习掌握。

真诚希望通过这本书,有助于科技的进一步发展、优势产业进一步拓展,从而加快城市化的发展。同时,我们也希望通过这本书的出版发行,更有利于广大群众学习、掌握职业技能,提高综合素质,尽快适应现代化发展的需要。

本书可作为职业院校学生的学习教材,高技能人才上岗的随身口袋书,普通老百姓家中的常备实用手册。

本书参考引用了大量的相关文献资料、图表等,在此对这些著作的作者致以衷心的感谢。限于编者水平,加之时间仓促,书中难免会有不足之处,敬请广大读者批评指正,在此深表谢意。

编者



Contents

目 录

第一章 绪 论

第一节 冶金基本概念	1
一、冶金方法	1
二、主要冶金过程简介	5
第二节 钢铁工业	6
一、我国钢铁工业的发展	6
二、现代钢铁冶炼的发展历程	7
复习题	9

第二章 高炉炼铁原料

第一节 铁矿石	10
一、天然矿物	10
二、铁矿石的分类及特性	11
三、铁矿石质量评价	12
四、铁矿石的准备处理	15
第二节 高炉燃料	17
一、焦炭	18
二、喷吹煤粉	22



三、喷吹其他燃料	25
第三节 高炉熔剂	25
一、熔剂的作用	26
二、熔剂的种类	26
三、对碱性熔剂的质量要求	26
第四节 铁矿粉造块	27
一、铁矿粉造块的意义	27
二、铁矿粉造块的联结力	28
第五节 烧结矿的生产过程	29
一、烧结矿生产的工艺流程	29
二、抽风式烧结过程概述	29
三、烧结过程主要化学反应	31
四、烧结矿的质量指标	32
五、烧结过程中的固相反应	33
六、烧结过程液相生成与冷却结晶	37
七、烧结矿的矿物组成及结构	43
八、强化烧结的技术措施	45
九、烧结厂生产技术经济指标	49
十、烧结生产设备	51
十一、烧结新工艺	52
第六节 球团矿生产	56
一、球团矿质量指标	56
二、生球形成	58
三、球团焙烧固结	59
四、球团焙烧设备及工艺特点	63
复习题	67

第三章 高炉炼铁工艺

第一节 高炉炼铁概述	68
一、高炉炼铁生产过程	68
二、高炉炼铁的基本原则	70



第二节 高炉操作制度	73
一、装料制度	73
二、送风制度	78
三、造渣制度	82
四、炉缸热制度	83
五、高炉冷却制度	84
第三节 炉况判断	85
一、正常炉况	85
二、异常炉况	87
第四节 开炉、休风、停炉	88
一、开炉	88
二、休风	90
三、高炉停炉	91
第五节 炼铁技术的发展	91
一、高炉大型化	91
二、精料	92
三、高压操作	92
四、高风温	93
五、喷吹燃料及综合鼓风	94
六、炉顶煤气余压发电	95
七、高炉长寿技术	95
八、高炉中心加焦技术	96
九、冶炼低硅生铁	99
十、含钛物料护炉技术	104
复习题	107

第四章 高炉炼铁设备

第一节 高炉本体	108
一、高炉内型	108
二、高炉炉衬	110
三、高炉冷却设施	112



四、高炉基础	117
五、高炉金属结构	118
六、炉顶装料装置	119
第二节 原料供应系统	121
一、原料的卸车、贮存与运输	122
二、贮矿槽、焦槽	122
三、槽下供料	122
四、炉顶上料系统	123
第三节 送风系统	123
一、高炉鼓风机	123
二、热风炉系统	124
第四节 煤气净化除尘系统	126
一、除尘的基本原理	126
二、常用除尘设备	127
第五节 渣铁处理系统	129
第六节 高炉喷吹系统	130
一、喷煤工艺及设备	131
二、喷煤技术的发展	133
三、烟煤喷吹的安全措施	135
复习题	136

第五章 炼钢材料

第一节 金属料	137
一、铁水	137
二、生铁块	139
三、废钢	139
四、直接还原铁	140
五、碳化铁	140
六、铁合金	141
第二节 炼钢辅助材料	141



一、造渣材料	141
二、氧化剂	144
三、冷却剂	145
四、增碳剂	145
五、炼钢用气体	145
第三节 炼钢用耐火材料	146
一、耐火材料的分类	146
二、耐火材料的主要性质	147
三、耐火材料损毁的原因及防止措施	148
复习题	150

第六章 炼钢工艺

第一节 氧气转炉炼钢	151
一、氧气顶吹转炉炼钢特点	153
二、一炉钢的冶炼过程	153
三、转炉吹炼过程金属成分的变化规律	154
四、熔渣成分的变化规律	162
五、熔池温度的变化规律	163
六、氧气顶吹转炉炼钢工艺	164
七、氧气顶吹转炉炼钢过程自动控制	180
八、氧气顶吹转炉炼钢主要设备	185
第二节 电弧炉炼钢	204
一、现代电弧炉的功能演化	204
二、超高功率电弧炉冶炼工艺	205
三、UHP 电弧炉炼钢多元化的能量利用技术	212
四、直流电弧炉	217
五、电弧炉炼钢的节能降耗技术	221
六、电弧炉炼钢设备	225
七、电弧炉的机械设备	226
八、电炉电气设备	233
复习题	236



第七章 铁水预处理与钢水炉外精炼

第一节 概述	237
第二节 铁水炉外预处理	239
一、铁水炉外预脱硅处理	239
二、铁水炉外预脱硫处理	241
三、铁水预脱磷处理	245
四、铁水同时脱硫脱磷预处理	246
第三节 钢水炉外精炼	248
一、炉外精炼简介	248
二、炉外精炼的理论基础	253
三、炉外精炼技术的选择	265
复习题	266
答案	267



第一章 绪论

第一节 冶金基本概念

冶金是一门研究如何经济地从矿石或其他原料中提取金属或金属化合物,并用各种加工方法制成具有一定性能的金属材料的学科。

用于提取各种金属的矿石具有不同的特性,故提取金属要根据不同的原理,采用不同的生产工艺过程和设备,从而形成了冶金的专门学科——冶金学。

冶金学以研究金属的提取、加工和改进金属性能的各种技术为重要内容,发展到还包括对金属成分、组织结构、性能和有关基础理论的研究。就其研究领域而言,冶金学分为提取冶金和物理冶金两门学科。

提取冶金学是研究如何从矿石中提取金属或金属化合物的生产过程,由于该过程伴有化学反应,故又称化学冶金。

物理冶金学是通过成形加工制备有一定性能的金属或合金材料,研究其组成、结构的内在联系,以及在各种条件下的变化规律,为有效地使用和发展特定性能的金属材料服务。它包括金属学、粉末冶金、金属铸造、金属压力加工等分支学科。

一、冶金方法

从矿石或其他原料中提取金属的方法很多,可归结为以下三种方法。

1) 火法冶金

火法冶金是指在高温下矿石经熔炼与精炼反应及熔化作业,使其中的金属和杂质分开,获得较纯金属的过程。整个过程可分为原料准备、冶炼和精炼三个工序。过程所需能源,主要靠燃料燃烧供给,也有依靠过程中的化学反应热来提供的。

2) 湿法冶金

湿法冶金是在常温或低于 100℃ 下,用溶剂处理矿石或精矿,使所要提取的金



属溶解于溶液中,而其他杂质不溶解,然后再从溶液中将金属提取和分离出来的过程。由于绝大部分溶剂为水溶液,故也称水法冶金。该方法包括浸出、分离、富集和提取等工序。

3) 电冶金

电冶金是利用电能提取和精炼金属的方法,按电能形式可分为两类:

①电热冶金。利用电能转变成热能,在高温下提炼金属,本质上与火法冶金相同。

②电化学冶金。用电化学反应使金属从含金属的盐类的水溶液或熔体中析出。前者称为溶液电解,如铜的电解精炼,可归入湿法冶金;后者称为熔盐电解,如电解铝,可列入火法冶金。

采用哪种方法提取金属,按怎样的顺序进行,在很大程度上取决于所用的原料以及所要求的产品。冶金方法基本上是火法和湿法,钢铁冶金主要用火法,而有色金属冶炼则火法和湿法兼有。

1. 火法冶金

火法冶金科技发展目标是:结合火法冶金资源、能源特点和环境保护要求,以世界前沿为目标,深入学科基础研究,加强创新,使火法冶金某些领域的研究水平与国际同步或领先。具体为:

1) 结合我国金属矿产资源贫化、复杂化的特点,开展火法冶金过程效率高、污染小、能耗低的清洁的综合利用的新工艺的理论研究;二次再生资源的回收利用和与环境治理新工艺的应用基础研究;积极探索冶金—材料一体化新工艺;随着我国航天技术的发展,对太空冶金也应予以重视。

2) 加强材料冶金基础研究,火法冶金方法直接制备结构材料、功能材料及高纯金属等,发展“特殊冶金”、“精细冶金”或“增值冶金”。

3) 继续加强火法冶金应用基础研究,强化冶金过程反应机理研究,发展冶金过程的模拟—仿真—优化—控制及反应器设计理论,流变学、触变学在冶金熔体理论中的应用基础研究,加强对冶金过程的指导作用。冶金的最终目的是为了制造国民经济和国防所需材料。从产业生态出发,集冶金与材料一体化而直接制备成材;或借鉴冶金的方法和设备,进行新材料制备和开发,不仅可以降低能源消耗,而且还可以得到各种特殊性能的新材料,由此产生了材料冶金这一新兴冶金学科方向。近年来几乎所有的冶金会议和发展战略研究中,都把材料冶金放在一个重要位置。

2. 湿法冶金

人类社会生活的发展要求湿法冶金科技发展的目标是遵循原子经济过程的四项规则:①高效率,即高选择性、原子经济性(高回收率和产品高价值)和直接性(短流程);②绿色、即无污染、环境友好;③温和,即活化能小、条件不苛刻、过程快速;④粒子守恒,即物质循环、综合利用、能量耗散低,质能相互转换。从而,实现湿



法提取冶金、湿法精细冶金及冶金环保的“高效益、低能耗、无污染”,为实现资源开发利用、材料加工与环境的协调发展提供新技术。

根据国内外湿法冶金学科发展趋势,针对我国资源特点及湿法冶金技术现状,围绕我国可持续发展战略,湿法冶金学科发展战略目标是:

1) 针对我国特大型多金属共生矿进行湿法冶金的理论和新工艺研究,综合回收主要金属及伴生有价元素,提高矿产资源综合利用率。

2) 开展针对我国极其丰富的低品位氧化矿、复杂硫化矿、尾矿的就地浸出、堆浸—萃取—电积的湿法冶金的理论和新工艺原理研究,为新型矿产资源开发利用提供关键技术。

3) 加强金属矿产和再生资源的预处理、浸出、净化和分离、提取和材料加工等基础理论与新技术研究,以期提高湿法冶金综合水平,提高金属回收率和产品质量,降低消耗。

4) 加强湿法精细冶金、材料改性等理论与新技术研究,针对我国丰产金属研制高纯材料、超细纳米材料等。

5) 湿法冶金一方面采用清洁新工艺处理各种金属矿产和再生资源,减少对环境的污染;另一方面对各种废弃物进行有效处理、综合利用有价元素和治理三废污染,实现冶金与环境协调发展。在过去 20 年里,湿法冶金已取得了长足的进展。

①湿法提取冶金。湿法提取冶金系指在水溶液中进行提取冶金的过程,由原料预处理、在水溶液中浸出金属的矿物原料或再生原料以从中提取有价金属、含有价金属的水溶液的净化除杂及其中有价金属的相互分离以及从纯金属盐水溶液中析出金属或金属化合物等基本过程组成。

湿法冶金各过程,不管是浸出、净化,还是沉积、沉淀,一般都包括化学反应过程和液固(相)分离过程,化学反应过程是在反应器(堆)中实现的,涉及相应的工程技术;液固(相)分离过程是采用沉降、过滤等方法完成的,亦涉及各种液固分离设备和相应的工程技术。

②湿法电冶金。湿法电冶金包括水溶液电解、电解精炼:电镀和矿浆电解四种方法。前三种方法都可归纳为电沉积。矿浆电解技术(slurry electrolysis process)是将精矿浸出、净化和电解过程结合在矿浆电解槽中进行,使精矿粉浆液直接经电解制备出金属产品。1971 年美国克鲁西(P R Kruesi)申请第一个矿浆电解专利,以碱金属或碱土金属氯化物溶液为电解液,电解硫化铅精矿,产出电解铅。我国北京矿冶研究总院自 1978 年以来首先在国内开展矿浆电解研究,矿浆电解利用电解沉积过程阳极的氧化作用和能量,同时在低槽电压、低能耗下实现金属的电沉积。其在金属分离和防止污染方面具有明显优点,因而是一种很有发展前途的方法。但由于矿浆电解槽的复杂性和处理能力低,矿浆电解技术只适用于价值高、产量小的贵金属和小金属。



③湿法精细冶金。精细冶金也可以称之为材料冶金,包括精细冶金单元过程、化工材料冶金、高纯材料冶金和超细纳米材料冶金、功能材料冶金及多元材料冶金等。随着科学技术的迅速发展,对材料提出越来越高的要求。液相沉积法是新型粉体制备的重要方法,特别是它与湿法冶金工艺联合,具有成本低、产量高等优点。

3. 电冶金

电冶金是近年来冶金领域中最为活跃的,在跟踪国际最新研究成果的同时,针对我国的资源特点开发具有自己特点的新工艺、新技术研究。力争在近期内,在环境友好冶金新工艺、新方法等方面都有突破性的发展。

由于电冶金独特的优势,此领域已成为新型冶金技术的主要生长点,其重点的发展方向是:

1) 环境友好的电化学冶金方式。对环境最为友好的冶金过程应该是在阳极释放氧气的电化学冶金方式,围绕该主题有以下的前沿问题:

①水溶液电解中低成本阳极材料:实际上在许多现有的水溶液电解(如锌电解)中主要阳极气体为氧气,而关键问题在于良好的阳极材料往往都价格昂贵,限制了此方法进一步扩大。有待于新的阳极材料的开发。

②熔盐及氧化物体系的惰性阳极:现行的熔盐体制电解的阳极产物多为碳氧化物(CO_2 , CO)或氯气(Cl_2),要实现阳极气体为氧气的熔融盐电解,最大的问题在于稳定的惰性阳极,这无论是在氟氧化物电解还是纯氧化物电解都是共同的问题。

③稳定、低温有效的固体电解质:在利用固体电解质的氧化物电解中,固体电解质的导电率、高温稳定性、使用寿命始终是技术的瓶颈,只有在获得了良好的固体电解质之后此技术才有可行性。

④直接电解氧化物熔体的可能性:如有可能直接电解氧化物熔体,冶金技术将进入另一个阶段。尽管此技术仍有许多的问题需要解决,但作为方向性探索还是非常值得的。

2) 新型的电化学冶金方式的探索。

①以固体氧化物为原料的电解方式:这一方式的实现将改变许多金属材料的冶金方式,尤其是钛等多价元素。至今为止报道的关于以氧化钛为原料的熔融盐电解还无法实现连续性生产,且产物金属中氧浓度难以控制。另外,当熔融氯化钙作为电解液时,阳极产物是否能保证为氧气或者氧化钙仍有待细致确认。仍有许多研究需要深入探讨。但这一技术显然是冶金领域中前沿性的。此外,由于上述的熔融氯化钙中电解氧化钛局限性,探索其他的便于连续操作且能获得低氧含量的金属钛的方式是战略性重要方向。

②短流程冶金方式:直接制备金属合金,如在铝电解中加入其他元素直接生产



合金,我国的科技人员已在这方面做了一定的工作。但在稳定生产以及其他体系的电化学冶金方面仍缺少研究,比如具有巨大发展前景的镁基合金,目前仍然以金属熔炼的方式制取,电化学方法直接生产将大大地提高生产效率,降低生产成本,并且大幅度减少 SF_6 等温室效应气体的使用。

3) 用电化学冶金方式的处理核废料。由于现行的水溶液萃取分离处理核反应堆废料的方式存在着处理过程中废料量大幅度增量的问题,欧美各国相继开始了以熔融盐为介质通过电化学冶金的方式分离阿系与稀土元素的工作。无论是阿系元素还是镧系元素,其在熔融盐中的电化学行为都不够明确,针对这一分离技术,有大量的冶金电化学的研究需要开展。

二、主要冶金过程简介

在生产实践中,各种冶金方法往往包括许多个冶金工序,如火法冶金中有选矿、干燥、煅烧、焙烧、烧结、球团、熔炼、精炼和浇注等工序。

1) 干燥。指除去原料中的水分的过程。干燥温度一般为 $400 \sim 600^\circ\text{C}$ 。

2) 焙烧。指将矿石或精矿置于适当的气氛下,加热至低于它们熔点的一定温度,发生氧化、还原或其他化学变化的冶金过程。其目的是为改变原料中提取对象的化学组成,满足熔炼的要求。按焙烧过程控制气氛的不同,可分为氧化焙烧、还原焙烧、硫酸化焙烧、氯化焙烧等。

3) 煅烧。指将碳酸盐或氢氧化物的矿物原料在空气中加热分解,除去二氧化碳或水分变成氧化物的过程,也称焙解。如石灰石煅烧成石灰,作为炼钢熔剂。

4) 烧结和球团。将粉矿经加热焙烧,固结成多孔块状或球状的物料,是粉矿造块的主要方法。

5) 熔炼。指将处理好的矿石或其他原料,在高温下通过氧化还原反应,使矿石中金属和杂质分离为两个液相层即金属液和熔渣的过程,也叫冶炼。按冶炼条件可分为还原熔炼、造锍熔炼、氧化吹炼等。

6) 精炼。进一步处理熔炼所得含有少量杂质的粗金属,以提高其纯度。如熔炼铁矿石得到生铁,再经氧化精炼成钢。精炼方法很多,如炼钢、真空冶金、喷射冶金、熔盐电解等。

7) 浇注。指将精炼后合格的金属熔液浇注成要求的尺寸和凝固组织的过程。现代钢冶金中主要指连续铸钢。

可见,冶金过程是应用各种化学和物理化学的方法,使原料中的主要金属和其他金属或非金属元素分开,以获得纯度较高的金属的过程。

冶金是一门多学科的综合运用科学,一方面,冶金学不断吸收其他学科特别是物理学、化学、力学、物理化学、流体力学等方面的新成就,指导着冶金生产技术向



新的广度和深度发展;另一方面,冶金生产又以丰富的实践经验充实冶金学的内容,也为其他学科提供新的金属材料和新的研究课题。电子技术和计算机的发展和应用,对冶金生产产生了深刻的影响,促进了新金属和新合金材料不断产出,进一步满足了高精尖科学技术发展的需要。

第二节 钢铁工业

一、我国钢铁工业的发展

1. 近代钢铁工业状况

我国近代钢铁生产开始于 1890 年清末时期,当时的湖广总督张之洞在湖北汉阳开办了汉阳钢铁厂。旧中国钢铁工业非常落后,产量很低,从 1890 年到 1948 年的半个世纪中,累计产钢不到 200 万 t,年产钢量最多的是 1943 年 92.3 万 t,1949 年只有 15.8 万 t。

新中国成立以来,特别是改革开放以来,我国钢铁工业有了迅速的发展。1980 年钢产量为 3712 万 t,1990 年达到 6500 万 t;1991 年钢产量为 7100 万 t,居世界第三位,1996 年突破 1 亿 t,钢产量为 10124 万 t,列世界第一位;2002 年我国钢产量达 1.82 亿 t,到 2003 年钢产量突破 2 亿 t,达到 22234 万 t,中国钢铁工业发展进入高速增长的时期。2004 年钢产量仍保持快速发展的势头,达到 27280 万 t(见图 1-1),2005 年中国钢产量达到 34936.15 万 t,比上年增加 6887.6 万 t,增长超过 24%;2006 年已达到 41878 万 t;2007 年中国的钢产量则达到 48900 万 t。这样,中国钢产量从 1 亿 t 到 2 亿 t,花了七年时间,而从 2 亿 t 钢到 4 亿 t 钢,仅用 3 年时间。中国是世界上第一个钢产量超 2 亿 t 的国家。中国钢产量平均年增长率在 20 世纪 90 年代为 6.99%,而 2000~2004 年的四年间平均年增长率高达 20.71%,在 1 亿多吨钢产量的基础上,连续四年保持在 20% 以上的年增长速度,这引起了全球钢铁界的关注,中国正由钢铁大国向钢铁强国迈进。

2. 现代钢铁工业的可持续发展

主要重在增加高附加值的产品,提高质量,不能片面追求数量扩张;重在提高产业集中度,加强现有企业的改组改造,不能单纯依靠铺新摊子,上新项目;重在节能减排,提高企业和产品的竞争力,不能依赖消耗资源污染环境。

我国钢铁工业要坚持走新型工业化道路,实现我国从钢铁大国向钢铁强国的根本转变:

1) 坚持以内需为主导。结合实际情况,要着力解决产能过剩问题,严格控制新