

钢铁冶金概论

王社斌 林万明 等编著

GANGTIE YEJIN GAILUN



化学工业出版社

钢铁冶金概论

王社斌 林万明 等编著



化学工业出版社

· 北京 ·

本书以高度概括的语言,全面介绍了与钢铁冶金相关的各个方面的知识,主要包括钢铁工业概论、高炉炼铁原料、高炉原料的加工处理、高炉炼铁原理、高炉结构及其附属设备、高炉冶炼操作、非高炉炼铁、铁合金生产、炼钢基本原理、炼钢用原材料、氧气转炉炼钢、电炉炼钢、炉外精炼、钢的浇注、钢材的轧制工艺、钢铁材料的用途等方面。

本书适合冶金企业管理人员、各工序技术人员、高等院校冶金专业学生及冶金领域科研人员等阅读和参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢铁冶金概论/王社斌,林万明等编著. —北京:化学工业出版社,2014.3
ISBN 978-7-122-19594-4

I. ①钢… II. ①王…②林… III. ①钢铁冶金
IV. ①TF4

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第015670号

责任编辑:陈曦 李玉峰
责任校对:战河红

文字编辑:杨帆
装帧设计:关飞

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街13号 邮政编码100011)
印刷:北京永鑫印刷有限责任公司
装订:三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张26½ 字数674千字 2014年5月北京第1版第1次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价:68.00元

版权所有 违者必究

前言

2012年我国钢产量已超过7亿吨，占GDP 10%以上，这是我国由钢铁工业的现代化走向新型工业化国家的重要标志。然而我国却不是钢铁和工业化强国，因7亿吨的钢产量中，60%以上为建筑用钢，而机械制造、能源环境、国防建设和交通运输等方面急需的高级别钢材，至今仍不能摆脱从国外进口的局面。除客观原因外，多年来形成的专业条块划分、工序分类过细使工程技术人员只掌握本领域、本方向甚至本研究内容，而使钢铁行业这一涉及采矿、选矿、烧结、炼铁、炼钢、铁合金冶炼、轧钢和资源环保等方面知识的系统工程难于融会贯通；难于在短时期内实现钢铁冶金工作者的强国梦。同时，受资源、成本和环境困扰的钢铁企业，渴望从原来单一的钢铁材料制造功能向钢铁材料制造、社会废弃物消化与处理和高效能源转化功能转化，为实现同国家、地域共同走和谐和可持续发展道路而努力！

可以说，在新型工业化国家的发展进程中，不论是冶金企业高层次的管理决策人员，还是从事钢铁生产的工程技术人员乃至高等院校冶金专业的高年级学生，都希望能从一本书上看到能反映近年来钢铁冶金技术变化，包含采矿、选矿、烧结、炼焦、炼铁、铁合金、铁水预处理、炼钢、精炼、连铸和轧钢工序、涉及节能减排和净化生产等内容的参考书，都希望在冶金工程基础理论中找出本行业可持续发展的新思路！作者通过收集国内外资料、翻译整理，以钢铁冶金工艺流程为主线，以基础理论、主要工艺设备和环境保护为内容，编写出了反映钢铁冶金工艺技术、提高资源、能源利用率和减少环境负荷等新理论、新技术的《钢铁冶金概论》。

本书由太原理工大学材料科学与工程学院冶金工程系张金玲编写第1章、第10章、第11章和第16章，宋秀安编写第2~6章，林万明编写第7章、第8章、第12章、第14章、第15章，范晋平编写第9章、第13章。由王社斌、林万明统稿和定稿。

本书在编写过程中，得到“新材料界面科学与工程”省部共建教育部重点实验室和太原理工大学材料科学与工程学院冶金工程系许多老师的热情帮助。在此谨向鼓励、关心和支持本书出版的全体同仁和工作人员表示衷心感谢！

由于编者知识有限，加之该行业技术和设备更新很快，书中难免存在不妥之处，敬请读者不吝赐教。

王社斌

2014年1月于太原理工大学

目 录

第 1 章 绪论 / 1

1.1 钢铁工业	1
1.1.1 钢铁工业的发展	1
1.1.2 钢铁工业对国民经济的作用	2
1.2 钢铁生产过程	4
1.3 钢铁产品及副产品	5
1.3.1 钢铁产品	5
1.3.2 钢铁工业副产品	8
1.4 钢铁工业能源及能耗	10
1.4.1 能源及其分类	10
1.4.2 钢铁生产用能源	10
1.4.3 钢铁工业能耗	12
1.4.4 节能途径	13
1.5 钢铁工业的环境保护	13
1.5.1 钢铁工业的环境现状	13
1.5.2 钢铁工业的主要污染物	14
1.5.3 钢铁工业的绿色制造和循环经济	16
参考文献	18

第 2 章 高炉炼铁原料 / 19

2.1 铁矿石	19
2.1.1 矿物、矿石和岩石	19
2.1.2 铁矿石资源及利用	19
2.1.3 铁矿石的分类及主要特性	23
2.1.4 铁矿石的要求	23
2.2 铁矿石的开采	27
2.2.1 矿山建设的重要性	27
2.2.2 采矿方法	27
2.2.3 采矿技术发展	32
2.2.4 采矿对环境的影响	33
2.3 高炉炼铁辅助原料	34

2.3.1 熔剂	34
2.3.2 锰矿石及其他含铁原料	36
2.3.3 燃料	38
参考文献	38

第3章 高炉原料的加工处理 / 39

3.1 铁矿石的富选	39
3.1.1 铁矿石富选概述	39
3.1.2 选前加工处理	40
3.2 铁矿石的选矿	44
3.3 铁矿粉造块	47
3.3.1 铁矿粉烧结生产	47
3.3.2 球团矿生产	51
3.4 煤的焦化	56
3.4.1 高炉炼铁对焦炭的质量要求	56
3.4.2 焦炭的生产过程	57
3.4.3 焦化厂的车间组成	58
参考文献	58

第4章 高炉炼铁原理 / 60

4.1 高炉炼铁特点	60
4.1.1 高炉炼铁特点	60
4.1.2 高炉炉内的状况	61
4.2 蒸发、分解和气化反应	61
4.2.1 水分的蒸发与分解反应	61
4.2.2 挥发物的挥发	62
4.2.3 碳酸盐的分解	62
4.2.4 气化反应	63
4.2.5 析碳反应	63
4.3 还原过程和生铁的形成	63
4.3.1 基本概念	63
4.3.2 高炉内铁氧化物的还原	64
4.3.3 高炉内非铁元素的还原	66
4.3.4 生铁的生成与渗碳过程	69
4.4 高炉炉渣与脱硫	69
4.4.1 高炉炉渣来源与成分	69
4.4.2 炉渣碱度	70
4.4.3 成渣过程	71
4.4.4 生铁脱硫	71

4.5	高炉风口区碳素的燃烧	72
4.5.1	燃料燃烧	72
4.5.2	回旋区及燃烧带	72
4.6	炉料和煤气的运动	73
4.6.1	炉料运动	73
4.6.2	煤气的运动	74
4.7	高炉生产主要技术经济指标	76
	参考文献	78

第5章 高炉结构及其附属设备 / 80

5.1	高炉本体	80
5.1.1	高炉炉型	80
5.1.2	高炉炉体结构	81
5.2	高炉附属设备	90
5.2.1	高炉上料和装料设备	90
5.2.2	送风系统设备	94
5.2.3	铁渣系统设备	97
5.2.4	煤气除尘设备	100
5.2.5	喷煤系统	101
	参考文献	103

第6章 高炉冶炼操作 / 105

6.1	高炉基本操作制度	105
6.1.1	炉缸热制度	105
6.1.2	送风制度	106
6.1.3	装料制度	108
6.1.4	造渣制度	109
6.1.5	基本制度之间的关系	110
6.1.6	冶炼制度的调整	111
6.2	炉况判断	111
6.2.1	炉况判断依据	111
6.2.2	正常炉况	111
6.2.3	特殊炉况	112
6.3	开炉、休风、停炉	114
6.3.1	开炉	114
6.3.2	休风	115
6.3.3	停炉	115
6.4	高炉炼铁的环境保护	116
6.4.1	高炉炼铁煤气及烟气净化	116

6.4.2	高炉炼铁废水处理	118
6.4.3	高炉炉渣处理	119
6.5	高炉炼铁技术的发展	120
6.5.1	高炉大型化	120
6.5.2	高炉测控现代化	120
6.5.3	高炉生产高效化	122
6.5.4	高炉设备现代化	123
	参考文献	124

第7章 非高炉炼铁 / 125

7.1	非高炉炼铁概述	125
7.1.1	非高炉炼铁的发展	125
7.1.2	非高炉炼铁原料及燃料	127
7.1.3	非高炉炼铁产品种类及应用	129
7.2	直接还原	129
7.2.1	气基直接还原	129
7.2.2	煤基直接还原	134
7.2.3	电热直接还原	137
7.3	熔融还原	139
7.3.1	COREX 法	139
7.3.2	FINEX 工艺	140
7.3.3	HISMELT 技术	140
7.3.4	ELRED 流程	141
	参考文献	143

第8章 铁合金生产 / 144

8.1	概述	144
8.1.1	铁合金的生产方法	144
8.1.2	铁合金生产主要技术经济指标	147
8.2	矿热炉及电极	148
8.2.1	矿热炉	148
8.2.2	电极	151
8.3	硅铁生产	155
8.3.1	硅铁的用途	155
8.3.2	硅铁的冶炼	155
8.4	锰铁生产	159
8.4.1	锰铁用途	159
8.4.2	锰铁的冶炼	160
8.5	铬铁生产	162

8.5.1 铬铁用途	162
8.5.2 铬铁合金生产	163
参考文献	166

第9章 炼钢基本原理 / 167

9.1 炼钢任务	167
9.2 炼钢炉渣	170
9.2.1 熔渣的物理性质	171
9.2.2 熔渣的化学性质	175
9.2.3 表面性质	180
9.3 炼钢过程的基本反应	183
9.3.1 熔池中元素的氧化反应次序及氧势图	183
9.3.2 锰、硅的氧化和还原反应	184
9.3.3 碳的氧化还原反应	186
9.3.4 脱磷反应	189
9.3.5 脱硫反应	191
9.3.6 脱氧反应	193
9.3.7 钢中气体	195
9.3.8 钢中非金属夹杂物	197
参考文献	197

第10章 炼钢用原材料 / 198

10.1 金属料	198
10.1.1 铁液	198
10.1.2 废钢	209
10.1.3 铁合金	211
10.2 辅助材料	212
10.2.1 造渣材料	213
10.2.2 氧化剂	215
10.2.3 冷却剂	215
10.2.4 增碳剂	216
10.2.5 炼钢用气	216
参考文献	217

第11章 氧气转炉炼钢 / 218

11.1 氧气顶吹转炉炼钢	219
11.1.1 氧气顶吹转炉炼钢的冶金特征	219
11.1.2 氧气顶吹转炉炼钢的主要设备	219

11.1.3	冶炼一炉钢的操作过程	229
11.1.4	转炉吹炼过程中金属成分的变化	231
11.1.5	转炉吹炼过程中熔渣成分的变化	236
11.1.6	转炉吹炼过程中熔池温度的变化	236
11.1.7	炼钢工艺制度	237
11.1.8	氧气顶吹转炉的自动控制	259
11.2	氧气底吹转炉炼钢	260
11.2.1	氧气底吹转炉的冶金特点	261
11.2.2	氧气底吹转炉的设备	261
11.2.3	氧气底吹转炉炼钢的熔池变化	262
11.2.4	氧气底吹转炉和顶吹转炉的比较	264
11.3	顶底复合吹炼转炉	265
11.3.1	顶底复合吹炼法的种类及其特征	265
11.3.2	顶底复合吹炼转炉的冶金特点	266
11.3.3	底吹气体及供气元件类型	267
11.3.4	顶底复吹转炉内的反应	270
11.4	氧气转炉的新技术	274
11.4.1	溅渣护炉	274
11.4.2	长寿复吹转炉炼钢工艺	275
11.5	氧气转炉炼钢的环境保护	276
11.5.1	烟气及烟尘的综合利用	276
11.5.2	烟气净化回收的防爆与防毒	277
11.5.3	二次除尘系统及厂房除尘	278
11.5.4	钢渣及含尘污水处理系统	281
	参考文献	282

第 12 章 电炉炼钢 / 284

12.1	电弧炉炼钢概述	284
12.2	电弧炉炼钢设备	285
12.2.1	电弧炉的构造	285
12.2.2	炉体的金属构件	286
12.3	电弧炉冶炼工艺	288
12.3.1	补炉	288
12.3.2	装料	289
12.3.3	熔化期	290
12.3.4	氧化期	291
12.3.5	还原期	294
12.3.6	出钢	296
12.4	电弧炉炼钢新技术	296
12.4.1	超高功率电弧炉	296

12.4.2	直流电弧炉	297
12.4.3	偏心炉底出钢	298
12.4.4	Consteel 工艺	299
12.5	其他电炉炼钢方法	300
12.5.1	感应炉炼钢	300
12.5.2	真空感应炉炼钢	301
12.5.3	电渣重熔	303
12.5.4	真空电弧炉熔炼	305
12.5.5	电子束炉熔炼	305
12.5.6	等离子炉熔炼	306
	参考文献	308

第 13 章 炉外精炼 / 309

13.1	绪论	309
13.1.1	炉外精炼技术的发展历程	309
13.1.2	炉外精炼的概念	309
13.1.3	炉外精炼方法的分类	310
13.1.4	炉外精炼技术的发展趋势	310
13.2	常用的炉外精炼技术	311
13.2.1	渣洗	311
13.2.2	渣洗的精炼效果及其影响因素	315
13.2.3	搅拌	315
13.2.4	加热	318
13.2.5	真空	321
13.2.6	喷射冶金	322
13.2.7	喂丝	329
13.3	LF 钢包精炼	332
13.3.1	LF 精炼法的基本含义	332
13.3.2	LF 的设备构成	333
13.3.3	LF 法的功能及特点	334
13.3.4	LF 炉精炼工艺技术	335
13.3.5	LFV 真空装置及工艺	336
13.3.6	LF 的冶金效果	337
13.4	DH 精炼	337
13.4.1	DH 法脱气工作原理	337
13.4.2	DH 法的操作工艺	338
13.4.3	选定 DH 法主要工艺参数	339
13.4.4	DH 法的冶金效果	340
13.5	RH 法	340
13.5.1	RH 的基本原理	340

13.5.2	RH 主要设备	341
13.5.3	RH 法冶金特点	344
13.5.4	RH 法的冶金效果	346
13.6	AOD 氩氧精炼	346
13.6.1	AOD 法设备及其特点	347
13.6.2	AOD 法的操作工艺	348
13.6.3	AOD 法的主要优缺点	350
13.6.4	AOD 法的精炼效果	351
	参考文献	351

第 14 章 钢的浇注 / 352

14.1	模铸	352
14.1.1	模铸方法及特点	352
14.1.2	模铸设备	353
14.1.3	镇静钢钢锭	356
14.1.4	镇静钢浇注工艺	359
14.1.5	沸腾钢及半镇静钢钢锭	361
14.2	连续铸钢	364
14.2.1	连铸机的类型及其特点	364
14.2.2	连铸机的设备	366
14.2.3	连续铸钢生产工艺	373
14.2.4	铸坯的质量	376
14.3	连铸新技术	379
14.3.1	高效连铸	379
14.3.2	近终形连铸技术	380
	参考文献	381

第 15 章 钢材的轧制工艺 / 383

15.1	轧钢概述	383
15.1.1	轧钢品种及应用	383
15.1.2	轧钢设备	384
15.2	钢坯、型材、线材的生产	387
15.2.1	钢坯生产	387
15.2.2	型钢生产	388
15.2.3	线材生产	389
15.3	板带材生产	392
15.3.1	中厚板生产	393
15.3.2	热连轧带钢	396
15.3.3	冷轧板带材	399
15.4	钢管生产	401

15.4.1 热轧无缝钢管·····	402
15.4.2 冷加工钢管·····	405
参考文献·····	407

第 16 章 钢铁材料的用途 / 408

16.1 钢铁材料在交通领域的应用·····	408
16.1.1 汽车行业·····	408
16.1.2 轨道交通·····	408
16.1.3 航空航天·····	409
16.1.4 船舶·····	409
16.2 钢铁材料在能源领域的应用·····	409
16.3 钢铁材料在建筑行业的应用·····	409
16.4 钢铁材料在通信行业的应用·····	410
16.5 钢铁材料在国防上的应用·····	410
参考文献·····	411

第 1 章

绪 论

冶金是研究经济、环保地从矿石或其他原料中提取金属或金属化合物，并通过各种加工工艺技术制备具有特定性能金属材料的科学。

1.1 钢铁工业

钢铁工业是指生铁、钢、钢材、工业纯铁及铁合金的工业，是世界所有工业化国家的基础工业之一，是国民经济发展、国家基础设施建造、工业现代化和国防建设的物质基础。冶金工业水平是衡量一个国家工业化水平的标志。经济学家通常把钢产量或人均钢产量作为衡量各国经济实力的一项重要指标。

1.1.1 钢铁工业的发展

近代钢铁工业起源于英国，并在德国、法国、美国、俄罗斯、日本等国陆续得到发展。1875 年全世界生铁产量仅为 1400 万吨，钢产量只有 190 万吨。1875~1913 年，西欧各国和美国等的工业化需要大量的钢铁材料，又相继大力发展了转炉和平炉炼钢，因此，生铁产量和钢产量都迅速增长，1913 年分别达 8000 万吨和 7650 万吨。1914~1950 年由于两次世界大战的破坏和世界发达国家多次经济危机的影响，钢铁生产技术发展缓慢。1950 年生铁产量和钢产量分别只增长到 1.30 亿吨和 1.89 亿吨。20 世纪 50 年代中期至 70 年代初期，随氧气顶吹转炉炼钢、连续铸钢、带钢热连轧和冷连轧技术的突破，以及各国经济的恢复和发展，世界上钢铁产能又得到大幅度提高，于是钢铁生产又以较快的速度发展。从 20 世纪 50 年代中期起，日本、前苏联和一些发展中国家的钢铁工业发展速度较快。到 20 世纪 70 年代末，世界最大产钢国前苏联的钢产量已占世界钢总产量的 20% 左右。1982 年全世界产铁的国家 and 地区已增至 50 个左右，产钢的国家 and 地区增至 100 个左右。

在主要产钢国中，日本钢产量增长速度最快。日本年产钢量从 2000 万吨增加到 1 亿吨只用了 13 年，前苏联花了 18 年，而美国经历了 48 年。在相应期间内，钢产量年平均增长率，日本高达 13.8%，苏联为 8.6%，而美国仅为 3.4%。

2005~2012 年全球钢产量如图 1-1 所示。2012 年各国在全球钢铁产量中的比例如图 1-2

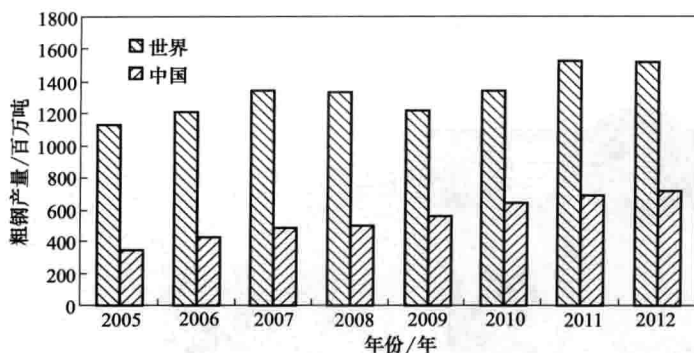


图 1-1 2005~2012 年全球钢产量

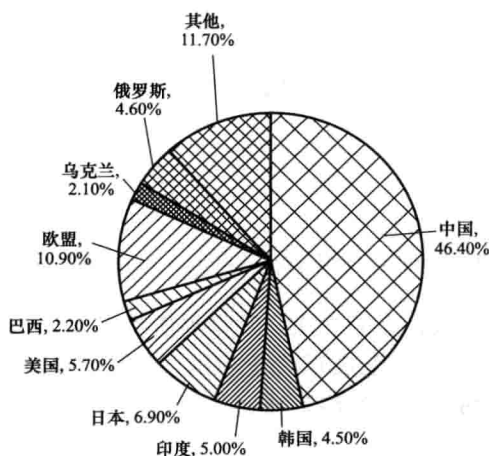


图 1-2 2012 年各国在全球钢铁产量中的比例

所示。

我国是世界上最早使用铁器的国家之一，但实现工业化生产较晚。1890年张之洞创办汉阳铁厂，这是我国第一个近代钢铁企业。从1895年到1949年，全国最高年钢产量均未超过100万吨。

新中国成立六十多年来，我国的钢铁工业取得了巨大的成就。1949年中国的钢铁产量只有15.8万吨，居世界第26位，不到当时世界钢铁年总产量1.6亿吨的0.1%。到1978年，我国钢产量达到3178万吨，居世界第五位，占当年世界钢铁产量的4.42%。据统计，1952~1978年期间，钢铁工业的钢产量平均每年递增12.9%，产值递增11.8%/年，实现利税递增

9.67%/年。

改革开放后，我国引进了新技术、新装备，建设了宝钢、武钢等现代化钢铁企业，并对老企业进行了大规模的技术改造。在增加产量的同时，加快了结构调整，淘汰了平炉，发展了氧气转炉和连铸。钢产量以400万~500万吨/年的速度快速增长，增加了低合金高强度和板带钢等高附加值产品的产量。1990年至2011年中国粗钢产量增长情况如图1-3所示。

20世纪90年代以来，中国钢铁工业飞速发展，钢产量从1990年的6535万吨，以600万~700万吨/年的速度大幅度增长；1996年首次突破1亿吨大关，跃居世界第1位，在基本满足国民经济需要的同时，已成为钢材净出口国。2012年中国粗钢产量达到了7.17亿吨，为1990年的10倍。

1.1.2 钢铁工业对国民经济的作用

在经济全球化的大环境中，我国政府采取了正确的宏观经济政策，扩大内需，加强基础设施建设，保持了国民经济以较快的速度增长，人民生活水平日益提高，国内市场需求快速增长，这些因素都是我国发展钢铁材料的推动力。

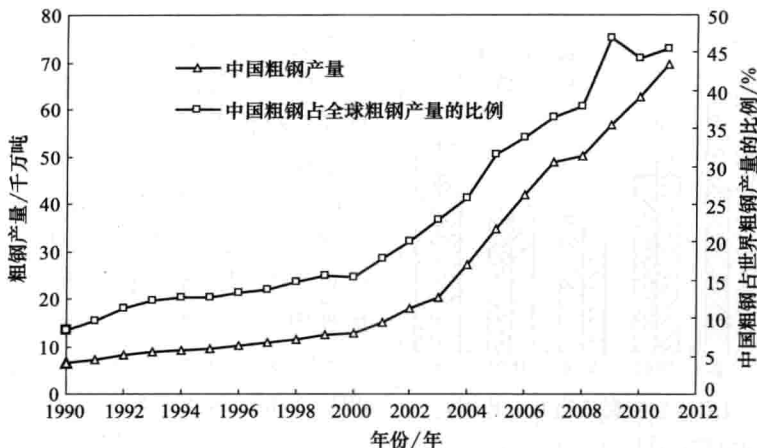


图 1-3 中国粗钢产量及中国粗钢占世界粗钢产量的比例

我国是钢铁生产和消费大国，粗钢产量连续多年居世界第一。进入 21 世纪以来，我国钢铁产业快速发展。“十一五”期间，我国粗钢总产量超过 26 亿吨，是“十五”期间粗钢总产量的 2.2 倍以上。与此同时，粗钢消费量持续增长，钢材消费增长主要是由国内需求支撑，特别是建筑业。从建筑、机械、汽车、造船、铁道、石油、家电、集装箱等八大用钢行业来看，建筑用钢是钢材最大的消费行业，以总建筑规模每年 20 亿平方米左右，平均直接消耗钢材每平方米 50 千克计，每年需要建筑钢材 1 亿吨，2006 年中国建筑用钢约 1.8 亿吨，这相当于日本、美国钢铁产量的总和。其次是机械，这八大行业用钢消费量基本占全国钢材消费量的 70% 以上。

日本汽车工业用钢占钢材总量的 19.3%，而我国现在只占 4%，汽车工业的发展要求钢铁工业提供大量的、多品种的、优质钢材，这将全面促进钢铁工业的发展。世界制造业正在向我国转移，发展制造业是国家的既定方针，我国有希望成为世界制造业的中心，这将进一步增加对钢铁材料的需求。

1990~2011 年中国粗钢表观消费量见图 1-4，平均增幅达到 11.41%/年。在满足国内对于钢材需求量的同时，我国钢材品种结构和质量不断优化，绝大多数钢材已经基本可以满足下游行业对材料质量性能不断提升的需求。

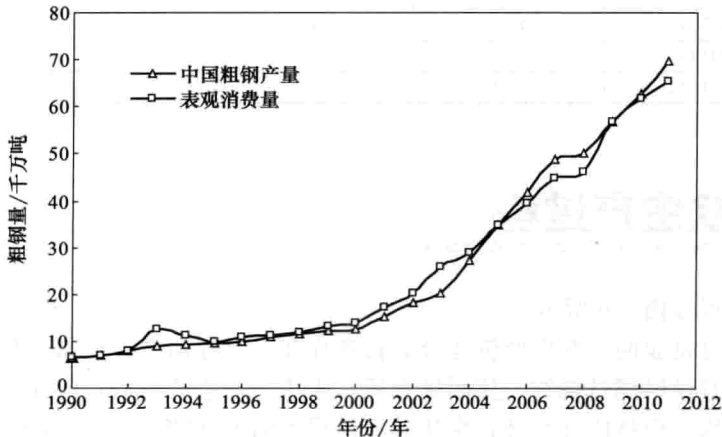


图 1-4 中国粗钢表观消费量

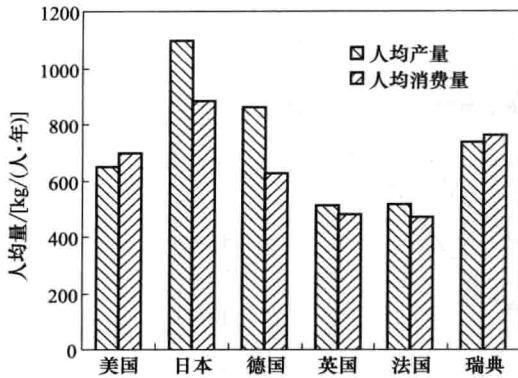


图 1-5 工业国家达到钢材峰值时人均钢材产量和消费量/[kg/(人·年)]

工业国家达到钢材峰值时人均钢材产量和消费量如图 1-5 所示。

国际钢铁协会公布的数据表明，2011 年世界钢材消费量达到 13.7 亿吨的历史新高，与 2010 年相比增加 7200 万吨，同比增长 5.6%，并且与遭受经济危机冲击最严重的 2009 年相比增加 2.30 亿吨，增幅高达 21%。2011 年世界大部分国家和地区钢材消费量都出现增长，其中亚洲在世界所占份额仍保持在 64% 左右的水平。2011 年我国所占比重从 2010 年的 45.2% 微升至 45.4%。

2011 年世界人均钢材消费量同样达到历史新高，从 2010 年的 205.5kg 上升至 214.7kg。在全球范围内，韩国人均钢材消费量最高，达到 1156.6kg/(人·年)；中国台湾地区排名第二，人均钢材消费量为 784.4kg/(人·年)；中国人均钢材消费量为 459.8kg/(人·年)，几乎是亚洲平均水平 238.8kg/(人·年) 的两倍。从地域上来看，欧盟 (EU) 的人均钢铁消费量最高，为 310kg/(人·年)。其他欧洲国家和北美、亚洲、中东的人均钢铁产品名义消费量分别为每人每年 284.1kg、263kg、238.8kg 和 233.9kg。由以上数据可看出，工业欠发达的国家和地区，在国家工业化过程中，需要发达国家数倍的人均钢材消费量，才能完成本国的基础和现代化建设。

表 1-1 是 2004~2011 年钢铁行业工业总产值占 GDP 份额的对比表。2010 年，钢铁行业的工业总产值同比增速达到 27.51%，占 GDP 的份额上升至 12.89%，钢铁行业在国民经济中的地位和作用显而易见。

表 1-1 2004~2011 年钢铁行业工业总产值占 GDP 比重 (亿元)

年份/年	国内生产总值	增长率/%	钢铁行业工业产值	增长率/%	工业产值比重/%
2004	159878	10.1	15641.04	56.83	9.78
2005	183868	10.4	21168.97	31.45	11.51
2006	210871	11.1	25473.37	20.12	12.08
2007	257306	13.0	30853.87	35.85	13.08
2008	300670	9.0	40932.49	34.79	14.85
2009	335353	8.7	37612.46	-6.88	12.24
2010	397983	10.3	47040.65	27.51	12.89
2011	471564	9.2			

1.2 钢铁生产过程

钢铁生产流程如图 1-6 所示。

现代钢铁联合企业的主要生产流程分为长流程和短流程两类。长流程目前应用最广，其工艺特点是铁矿石原料经过烧结、球团处理后，采用高炉生产铁液，经铁液预处理后，由转炉炼钢、炉外精炼至合格成分钢液，由连铸浇注成不同形状的铸坯，轧制成各类钢材。全球大约 70% 的钢铁企业采取长流程生产钢材。