

现代电炉炼钢生产 技术手册

名誉主编 傅 杰
主 编 王新江



冶金工业出版社

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

要 容 内

现代电炉炼钢生产技术手册

名誉主编 傅 杰
主 编 王新江
副 主 编 李京社 朱 荣 李 晶

目 录

冶金工业出版社
ISBN 978-7-302-17441-6

1. 绪论 2. 电炉炼钢 3. 电炉炼钢的原料 4. 电炉炼钢的工艺 5. 电炉炼钢的设备 6. 电炉炼钢的环保 7. 电炉炼钢的节能 8. 电炉炼钢的智能化 9. 电炉炼钢的展望

中国标准出版社

目 录

冶金工业出版社
ISBN 978-7-302-17441-6

1. 绪论 2. 电炉炼钢 3. 电炉炼钢的原料 4. 电炉炼钢的工艺 5. 电炉炼钢的设备 6. 电炉炼钢的环保 7. 电炉炼钢的节能 8. 电炉炼钢的智能化 9. 电炉炼钢的展望

中国标准出版社

编 者

地址：北京北河沿大街100000号 邮编：100000

电 话

电 话

电 话

编 者

地址：北京北河沿大街100000号 邮编：100000

电 话 (010) 64073250 电 话 (010) 64073250 电 话 (010) 64073250

电 话 (010) 64073250 电 话 (010) 64073250 电 话 (010) 64073250

北 京

冶金工业出版社

2009

内 容 提 要

本书共 10 章,内容包括:现代电炉炼钢技术的发展概况、电炉冶炼的原材料和辅助材料、电炉设备、现代电炉冶炼技术、电炉冶炼过程的物料平衡与能量平衡、与电炉冶炼配套的炉外精炼技术、典型钢种的电炉和精炼工艺路线与技术、电炉流程的清洁化生产和循环经济、现代电炉炼钢的冶金质量控制、现代电炉工厂设计和典型流程等。

本书可供钢铁企业的生产人员、工程技术人员以及相关专业的设计人员、科研人员、管理人员、教学人员阅读。

图书在版编目(CIP)数据

现代电炉炼钢生产技术手册 / 王新江主编. —北京:冶金工业出版社,2009.3

ISBN 978-7-5024-4751-9

I. 现… II. 王… III. 电炉炼钢—技术手册 IV. TF741-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 214271 号

出 版 人 曹胜利

地 址 北京北河沿大街嵩祝院北巷 39 号,邮编 100009

电 话 (010)64027926 电子信箱 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 刘小峰 尚海霞 美术编辑 张媛媛 版式设计 张 青

责任校对 刘 倩 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-4751-9

北京兴华印刷厂印刷;冶金工业出版社发行;各地新华书店经销

2009 年 3 月第 1 版,2009 年 3 月第 1 次印刷

787 mm × 1092 mm 1/16;32.25 印张;856 千字;499 页;1-3000 册

98.00 元

冶金工业出版社发行部 电话:(010)64044283 传真:(010)64027893

冶金书店 地址:北京东四西大街 46 号(100711) 电话:(010)65289081

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

现代电炉炼钢技术是应用现代科学技术,在传统电炉炼钢技术的基础上发展起来的电炉炼钢技术。

电炉炼钢已有一百多年的历史。传统的电炉炼钢分为熔化期、氧化期、还原期三个阶段,在冶炼特殊钢方面具有优势,因此主要用于冶炼特殊钢。从20世纪50年代始,传统电炉炼钢技术以“熔氧合并、薄渣吹氧、缩短还原期”的工艺特点为标志,进入成熟阶段。60年代后,弧形连铸技术成功的工业应用,促使电炉要进一步缩短冶炼周期以与连铸相匹配。70年代,发展了超高功率供电及其相关技术,使得电炉还原期移到炉外势在必行。80年代,LF技术及EBT技术的开发,使得电炉还原期得以移到炉外,冶炼周期缩短至60 min以内,形成了电炉+炉外精炼+连铸+连轧的现代化流程,第一条电炉—薄板坯连铸连轧生产线的投产标志着现代电炉炼钢技术进入了成熟阶段。现代电炉炼钢的特征是由现代电炉炼钢技术特点决定的。高效、节能、环保、可持续发展等,反映了现代电炉炼钢的发展方向。

20世纪90年代以来,我国在电炉炼钢理论、技术、操作、设备、管理等方面取得长足进步,不仅电炉钢产量进一步提高,而且在推进、完善现代电炉炼钢技术、扩大品种、提高质量等方面不断进步。为系统地总结现代电炉炼钢技术,提升我国电炉炼钢技术水平,更好地推动我国冶金工业健康、持续发展,在冶金工业出版社的组织和金属学会炼钢分会电炉学术委员会的支持下,我们编写了《现代电炉炼钢生产技术手册》一书。

《手册》共分10章。第1章在立足于钢铁厂电炉生产技术的基础上,简要概括了电炉炼钢的发展、历史现状以及未来;第2章介绍电炉炼钢用原材料和辅助材料;第3章对世界各国各种电炉炉型进行了讨论,同时对电炉设备进行了分析比较;第4章介绍电炉冶炼技术和工艺;第5章重点论述了电炉冶炼过程的物料平衡和热平衡;第6章介绍了与电炉冶炼配套的精炼技术;第7章对典型钢种的工艺流程进行了分析;第8章从可持续发展的角度对电炉流程的清洁化生产进行了介绍;第9章重点介绍了电炉钢冶金质量控制,包括控制工艺和方法;第10章简要介绍了电炉工厂设计和典型流程。《手册》内容可供钢铁企业技术人员、管理人员学习使用,也可供高校师生、工程设计以及设备制造单位技术人员参考。

《手册》由王新江担任主编,李京社、朱荣、李晶担任副主编。第1章由北京科技大学傅杰、安阳钢铁集团公司王新江撰稿;第2章由韶关钢铁集团有限公司钟寿军撰稿;第3章由北京科技大学李京社撰稿,其中第3.1.4节电气自动化系统由安阳钢铁集团公司王冠军、杨伏林撰稿;第4章由北京科技大学李晶撰稿;第5章由北京科技大学朱荣撰稿,其中第5.5节电炉冶炼过程的供电由安阳钢铁集团公司王冠军、杨伏林撰稿,第6章由安阳钢铁集团公司王新江、靳秀礼、杨锬撰稿;第7章分别由江阴兴澄特种钢铁有限

公司阮小江、张广军(第7.1节轴承钢)、首钢集团总公司张玮、唐国志、崔京玉、周德光(第7.2节弹簧钢、第7.3节齿轮钢)、安阳钢铁集团公司苏小峰(第7.4节硬线钢)、天津钢管集团股份有限公司张露(第7.5节石油管用钢)、首钢集团总公司技术研究院薄板研究所刘阳春撰稿(第7.6节不锈钢);第8章由广州珠江钢铁有限责任公司柴毅忠、林名驰、卢平、熊涛涛撰稿;第9章由天津钢管集团股份有限公司张露、孙开明撰稿;第10章由宝钢工程技术有限公司王雷、丁于撰稿。全书由傅杰、王新江审稿、定稿。

在《手册》的编写酝酿、组织阶段,傅杰教授做了大量工作,包括编写提纲的拟定、主要作者的推选等,在编写提纲的讨论、审定,编写分工和内容修改等历次编写工作会议上和编写过程中,傅杰教授提出了很多宝贵意见,付出了辛勤劳动。在《手册》的编写工作中,安阳钢铁集团公司和北京科技大学冶金与生态工程学院、研究生院给予了热情支持和帮助;王子亮总经理、史美伦副总经理、李士琦教授等给予了热情鼓励和支持;中国金属学会炼钢分会电炉炼钢学术委员会王中丙、江苏沙钢集团张晓兵、钢铁研究总院郭征、韶关钢铁集团有限公司冯炳文、北京科技大学孔祥茂等专家为《手册》的编写提出了建议和意见。

《手册》的编写工作还得到了冶金工业出版社的支持和指导,得到了天津钢管集团股份有限公司、广州珠江钢铁有限责任公司、韶关钢铁集团有限公司、江阴兴澄特种钢铁有限公司、宝钢工程技术有限公司、首钢集团总公司等单位领导的支持和帮助。在此一并表示衷心的感谢!

由于参与编写《手册》的单位和人员较多,作者都是企业或学校的技术专家和生产组织者、教学科研的领导者,时间有限,加之主编水平所限,书中不足之处恳请读者批评指正。

王新江

2009年2月

目 录

1 现代电炉炼钢技术的发展概况	1
1.1 国外现代电炉炼钢生产的发展	1
1.2 我国现代电炉炼钢生产的发展	5
1.3 现代电炉炼钢的技术特点	6
1.4 现代电炉炼钢技术的发展	8
1.5 我国现代电炉炼钢技术进步	10
1.6 我国电炉炼钢存在的问题及解决对策	12
1.6.1 存在的问题	12
1.6.2 解决对策	13
1.7 电炉冶炼周期的综合控制理论	15
1.7.1 冶炼周期的综合控制理论	15
1.7.2 电炉冶炼周期综合控制理论应用之一——电炉加部分铁水冶炼技术	17
1.7.3 电炉冶炼周期综合控制理论应用之二——电炉工序效益最大化模型	19
1.8 我国电炉炼钢发展的前景	20
参考文献	21
2 电炉冶炼的原材料和辅助材料	22
2.1 废钢	22
2.1.1 废钢的几个有关概念	22
2.1.2 废钢的分类	22
2.1.3 对废钢的技术要求	25
2.1.4 废钢的加工处理	26
2.2 废钢代用品	26
2.2.1 铁水	26
2.2.2 生铁块	27
2.2.3 直接还原铁(DRI)	27
2.2.4 脱碳粒铁	28
2.2.5 碳化铁	28
2.2.6 改性生铁	28
2.2.7 复合金属材料	29
2.3 合金料	29
2.3.1 合金料的种类	29
2.3.2 各种合金料的技术要求	30

·IV· 目录

2.4 渣料	40
2.4.1 石灰石	40
2.4.2 石灰	41
2.4.3 萤石	41
2.4.4 轻烧白云石	42
2.4.5 废黏土砖块	42
2.4.6 硅石和石英砂	42
2.4.7 合成渣料	43
2.5 耐火材料	43
2.5.1 耐火材料的分类	43
2.5.2 电炉对耐火材料的技术要求	44
2.5.3 电炉用耐火材料及主要质量指标	44
2.5.4 电炉不同部位使用的耐火材料	46
2.6 电极	46
2.6.1 电极的基本技术要求	46
2.6.2 电极的种类	47
2.6.3 影响石墨电极消耗的主要因素	48
2.7 各种介质	48
2.7.1 介质的种类及要求	48
2.7.2 介质的标识	51
参考文献	51
3 电炉设备	53
3.1 现代电炉炼钢设备	53
3.1.1 机械设备	54
3.1.2 供电系统	67
3.1.3 供氧系统	79
3.1.4 电气自动化系统	85
3.1.5 装料系统及废钢预热系统	96
3.1.6 出钢系统	102
3.2 普通超高功率交流电炉	104
3.2.1 普通超高功率交流电炉技术要点	104
3.2.2 超高功率电炉的技术难点及其克服措施	106
3.2.3 超高功率交流电炉的短网布线	108
3.3 超高功率直流电炉	110
3.3.1 直流电炉的特点	110
3.3.2 直流电炉设备	111
3.4 烟道竖炉电炉	118
3.4.1 竖井式 Fuchs 竖炉电炉	118

3.4.2	双竖炉电炉	120
3.4.3	复式竖炉电炉	120
3.4.4	指形烟道竖炉电炉	121
3.4.5	ContiArc 烟道竖炉直流电炉	121
3.4.6	Comelt 烟道竖炉电炉	123
3.4.7	UL-BA 烟道竖炉电炉	124
3.4.8	IHI 烟道竖炉电炉	124
3.4.9	多级废钢预热竖炉电炉(MSP)	125
3.5	Consteel 电炉	126
3.6	ConArc 转炉型电炉	127
3.7	双炉壳直流电炉	129
3.8	Ecoarc 电炉	131
	参考文献	132
4	现代电炉冶炼技术	134
4.1	电炉冶炼周期及控制	134
4.1.1	电炉功能的演变与发展	134
4.1.2	现代电炉炼钢基本操作技术	135
4.1.3	缩短电炉冶炼周期、降低电耗的措施	138
4.1.4	电炉炼钢工艺与流程的匹配	139
4.2	快速熔炼技术	142
4.2.1	炼钢原材料的选择	142
4.2.2	泡沫渣技术	143
4.2.3	废钢预热技术	145
4.3	低氮电炉炼钢生产技术	146
4.3.1	铁水加入量对钢液中氮含量的影响	146
4.3.2	供氧方式对钢液氮含量的影响	147
4.3.3	泡沫渣操作对钢液氮含量的影响	147
4.3.4	出钢脱氧对钢包钢液氮含量的影响	147
4.3.5	电炉底吹不同气体对钢液氮含量的影响	148
4.3.6	电炉留钢操作对钢液氮含量的影响	149
4.4	电炉冶炼工艺优化模型	149
4.4.1	电炉炉料结构模型	149
4.4.2	以工序效益最大化为目标的现代电炉冶炼工艺优化模型	153
4.4.3	废钢熔化模型	156
4.4.4	碳含量动态预报模型	158
4.4.5	电炉供氧模型	159
4.5	电炉冶炼终点控制技术	161
4.5.1	电炉终点控制的意义	161

4.5.2	电炉中的碳—氧反应分析	161
4.5.3	电炉终点控制的措施	163
4.6	电炉智能炼钢技术	164
4.6.1	智能电炉炼钢技术	164
4.6.2	智能电炉炼钢技术的发展	165
4.6.3	智能化炼钢对钢冶炼成本及质量的影响	166
4.6.4	智能化炼钢的发展方向	167
	参考文献	167
5	电炉冶炼过程物料平衡与能量平衡	170
5.1	物料平衡计算模型	171
5.1.1	单项物料平衡计算表达式	171
5.1.2	按工艺计算物料平衡表达式	176
5.2	能量平衡计算模型	178
5.2.1	单项物料的热量计算表达式	178
5.2.2	热收入及热支出计算表达式	179
5.3	单项物料平衡与热平衡计算	179
5.3.1	单项物料平衡计算	180
5.3.2	单项物料产生热量计算	183
5.4	不同原料配比下的物料平衡与热平衡理论计算	185
5.4.1	不同铁水比下的物料与能量平衡计算	185
5.4.2	其他原料结构下的物料与能量平衡计算	196
5.5	电炉炼钢冶炼过程供电	200
5.5.1	交流供电与直流供电	200
5.5.2	电炉电气运行技术	201
5.5.3	供电曲线	203
5.5.4	辅助能源输入控制	205
5.6	电炉炼钢冶炼过程物理热与化学热的利用	206
5.6.1	电炉炼钢冶炼过程的铁水热装	206
5.6.2	电炉炼钢冶炼过程的强化用氧	213
5.6.3	电炉炼钢冶炼过程的二次燃烧	229
5.6.4	电炉炼钢冶炼过程的底吹工艺	235
5.6.5	电炉炼钢冶炼过程的泡沫渣工艺	241
5.6.6	电炉炼钢氧枪设计	245
5.6.7	电炉炼钢的用氧自动化	259
附录 5.1	电炉物料平衡与能量平衡计算用参数及变量	268
附录 5.2	电炉废钢熔化实验	272
附 5.2.1	油氧火焰废钢熔化实验	272
附 5.2.2	冰块模拟熔化实验	272

附 5.2.3 回转炉废钢熔化实验	273
参考文献	273
6 与电炉冶炼配套的炉外精炼技术	277
6.1 与电炉冶炼配套的炉外精炼技术概述	277
6.1.1 与电炉炼钢相匹配的主要炉外精炼方法	277
6.1.2 以电炉为初炼炉的不同种类钢种精炼工艺路线的选择	277
6.1.3 主要几种精炼方式与电炉的节奏匹配	278
6.2 钢包精炼炉(LF)	279
6.2.1 钢包精炼炉出现和发展的必然性	279
6.2.2 钢包精炼炉的技术特点和核心功能	279
6.2.3 钢包精炼炉生产工艺过程实践	294
6.2.4 钢包精炼炉生产常见问题探讨	300
6.2.5 钢包精炼炉设备	301
6.2.6 钢包精炼炉耐火材料	303
6.2.7 钢包精炼炉存在的问题和发展趋势	307
6.3 VD/VOD/RH 精炼方法功能描述	308
6.4 低硫钢的生产	309
6.4.1 LF-IR 精炼方法生产低硫钢关键技术要点	310
6.4.2 其他低硫钢生产技术和极低硫化新技术的探索	311
6.5 低碳钢的生产	312
6.5.1 通过 RH 生产低碳钢	313
6.5.2 通过 LF + VD 生产低碳钢	314
6.5.3 低碳钢生产中防止钢水增碳技术	316
6.6 精炼工艺与产品质量	316
6.6.1 钢液中夹杂物对产品质量的影响	316
6.6.2 精炼提高钢液洁净度的技术手段	318
6.6.3 通过精炼处理后钢液的质量水平	319
参考文献	320
7 典型钢种的电炉和精炼工艺路线与技术	321
7.1 轴承钢	321
7.1.1 轴承钢的种类及应用	322
7.1.2 轴承钢合金元素组成及性能要求	323
7.1.3 轴承钢常见缺陷、危害、产生原因及防范措施	325
7.1.4 轴承钢的冶炼与连铸	334
7.2 弹簧钢	340
7.2.1 弹簧钢的分类及应用	340
7.2.2 弹簧钢的合金元素组成及性能要求	340

7.2.3 弹簧钢常见缺陷、产生原因及防范措施	341
7.2.4 弹簧钢的冶炼与连铸	342
7.2.5 小结	343
7.3 齿轮钢	343
7.3.1 齿轮钢的分类及应用	343
7.3.2 齿轮钢的合金元素组成及性能要求	344
7.3.3 齿轮钢常见缺陷、产生原因及防范措施	346
7.3.4 齿轮钢的冶炼与连铸	346
7.3.5 小结	347
7.4 硬线钢	347
7.4.1 硬线钢的分类及应用	347
7.4.2 硬线钢的合金元素组成及性能要求	347
7.4.3 硬线钢的常见缺陷、产生原因及防范措施	349
7.4.4 硬线钢的冶炼与连铸	352
7.4.5 小结	357
7.5 石油管用钢	357
7.5.1 石油管的分类及作业环境	357
7.5.2 石油管的合金元素组成及性能要求	360
7.5.3 石油管用钢的常见缺陷、产生原因及防范措施	370
7.5.4 石油管用钢的冶炼与连铸	375
7.6 不锈钢	380
7.6.1 不锈钢的应用及分类	380
7.6.2 不锈钢的冶炼工艺路线	381
7.6.3 不锈钢的冶炼	383
7.6.4 不锈钢的浇铸	393
参考文献	395
8 电炉流程的清洁化生产和循环经济	397
8.1 炉气净化系统	398
8.1.1 电炉烟气主要指标和净化要求	398
8.1.2 电炉除尘系统基本设计	399
8.1.3 电炉除尘系统新技术	404
8.2 炉渣处理系统	405
8.2.1 炉渣主要指标和处理要求	405
8.2.2 炉渣处置与利用技术	406
8.2.3 炉渣处理新技术	409
8.3 循环水系统	411
8.3.1 电炉循环水质和排放要求	411
8.3.2 电炉炼钢循环水系统的组成	412

8.3.3	循环冷却水的处理	412
8.3.4	循环冷却水系统管道的处理	413
8.3.5	循环水系统的运行	415
	参考文献	419
9	现代电炉炼钢的冶金质量控制	420
9.1	现代电炉炼钢的技术特点	420
9.1.1	能源特点	420
9.1.2	原料特点	421
9.1.3	冶炼过程特点	427
9.2	成分控制	428
9.3	洁净度控制	433
9.3.1	非金属杂质元素氧、硫、磷对钢质量的影响	433
9.3.2	非金属夹杂物对钢质量的影响	434
9.3.3	气体对钢组织性能的影响	437
9.3.4	金属杂质对钢质量的影响	439
9.4	现代电炉钢质量水平	441
9.4.1	关于钢的纯净度要求	441
9.4.2	铁资源质量控制	441
9.4.3	钢水质量控制	449
9.4.4	洁净钢生产技术	456
9.4.5	我国电炉产品的质量水平	458
9.5	现代电炉钢水的检验方法	463
9.5.1	钢水的检验	463
9.5.2	钢水常用的检测设备及分析原理	465
9.5.3	取样与制样	467
	附录 钢中常见残余元素的主要用途	467
	参考文献	470
10	现代电炉工厂设计和典型流程	472
10.1	工厂设计	472
10.1.1	概况	472
10.1.2	生产规模	473
10.1.3	产品方案及代表钢种化学成分	473
10.1.4	原材料及金属平衡	473
10.1.5	生产能力	475
10.1.6	工艺流程决定	475
10.1.7	车间工作制度	476
10.1.8	车间组成及工艺布置选择	476

10.1.9	设备选型及其主要性能	479
10.1.10	车间主要技术经济指标	480
10.1.11	车间主要消耗指标	480
10.1.12	车间劳动定员	480
10.2	典型流程	480
10.2.1	电炉工艺流程的设计	480
10.2.2	电炉—CSP 薄板坯连铸连轧生产线	48
10.2.3	电炉—中板生产线	483
10.2.4	电炉—棒材生产线	486
10.2.5	电炉—无缝管生产线	491
10.2.6	电炉—AOD/VOD 不锈钢生产线	494

1 现代电炉炼钢技术的发展概况

1.1 国外现代电炉炼钢生产的发展

电炉包括电弧炉、感应炉和电渣炉等,本书将电弧炉简称为电炉。

电炉炼钢已有一百多年的历史。传统的电炉炼钢过程分为熔化、氧化、还原三个阶段,由于炼钢过程中有一个还原期,在冶炼特殊钢方面具有优势。20 世纪 50 年代,传统的电炉炼钢技术发展成熟阶段,“熔氧合并,薄渣吹氧,缩短还原期”是其技术特征。

60 年代初,弧形连铸机技术成功地用于生产,转炉因冶炼周期短,生产节奏快,与连铸匹配,大大提高了金属收得率,因而得到了迅速发展。同时,电炉冶炼也围绕缩短冶炼周期,开发了一系列新技术,以保证电炉小时产量能适应多炉连铸要求,电炉也能与连铸配合,以增强自身的市场竞争力。

20 世纪 60 年代,被称为 Mini-mill 的钢厂始于欧洲。Mini-mill 的兴起使现代电炉炼钢进入了发生发展期。

美国是一个经济高度发达的国家,废钢资源丰富,电力充足,废钢价格及电价便宜,有利于电炉炼钢的发展。20 世纪 70 年代,一类以生产长材为主的电炉钢厂(电炉+连铸)在美国兴起。初期,这些钢厂的规模不大,一般年产不超过 30 万 t,被称为小钢厂(Mini-mill)。

第一次石油危机以后,美国钢铁工业走下坡路,钢产量从 1973 年的最高年产量 1.368 亿 t 降到 1984 年的 6000 万 t。从 1982 年到 1987 年的五年内,美国为了振兴钢铁工业,他们大力发展电炉钢生产,建起了几千万吨的电炉短流程钢厂,电炉钢比例超过 30%,电炉钢生产技术也取得了长足进步。

70 年代发展了超高功率供电及其相关技术。由于超高功率供电,电炉冶炼过程的还原期移到炉外成为必然,否则会降低大变压器的功率利用率。80 年代初期 LF 及 EBT 技术的开发,形成了“电炉冶炼+在线炉外精炼+连铸”的现代电炉流程,电炉平均冶炼周期从 1965 年的 180 min 缩短到 1988 年的 60 min,可以与 50 mm 厚的薄板坯连铸节奏匹配。连铸与连轧配合,1989 年美国纽柯第一条 EAF—CSP 生产线是薄板坯连铸连轧技术发展的里程碑,是当时集成创新的典范,标志着现代电炉炼钢进入了成熟阶段。随着 Mini-mill 规模的不断扩大,人们开始将这类小钢厂称为现代电炉钢厂。

90 年代以来,由于连铸单流产量提高,一机多流、多炉连铸技术以及薄板坯厚度的增加,要求进一步缩短冶炼周期。欧洲和日本的一些电炉厂开发了一系列电炉炼钢技术,主要包括两个方面,一个是强化用氧;另一个是不同类型的废钢预热。这样就出现了形形色色的现代电炉。

技术进步促进了电炉钢生产的发展。

当今世界钢铁生产主要有两种流程,一种是以铁矿石为主要原料的高炉转炉长流程,另一种是以废钢为主要原料的电炉短流程。2006 年,世界转炉钢产量占世界总钢产量的 65.5%,电炉钢产量占世界总钢产量的 32%;不少国家电炉钢比例已超过 50%。

图 1-1 示出了 19 世纪 80 年代至 20 世纪 80 年代末世界主要产钢国家及地区钢产量的变化。图 1-2 为 1993 年~2005 年主要产钢国家及地区粗钢产量及电炉钢比例的变化。表 1-1 和表 1-2 则分别列出了 1950 年~1988 年及 1995 年~2006 年世界主要产钢国家的电炉钢比例。

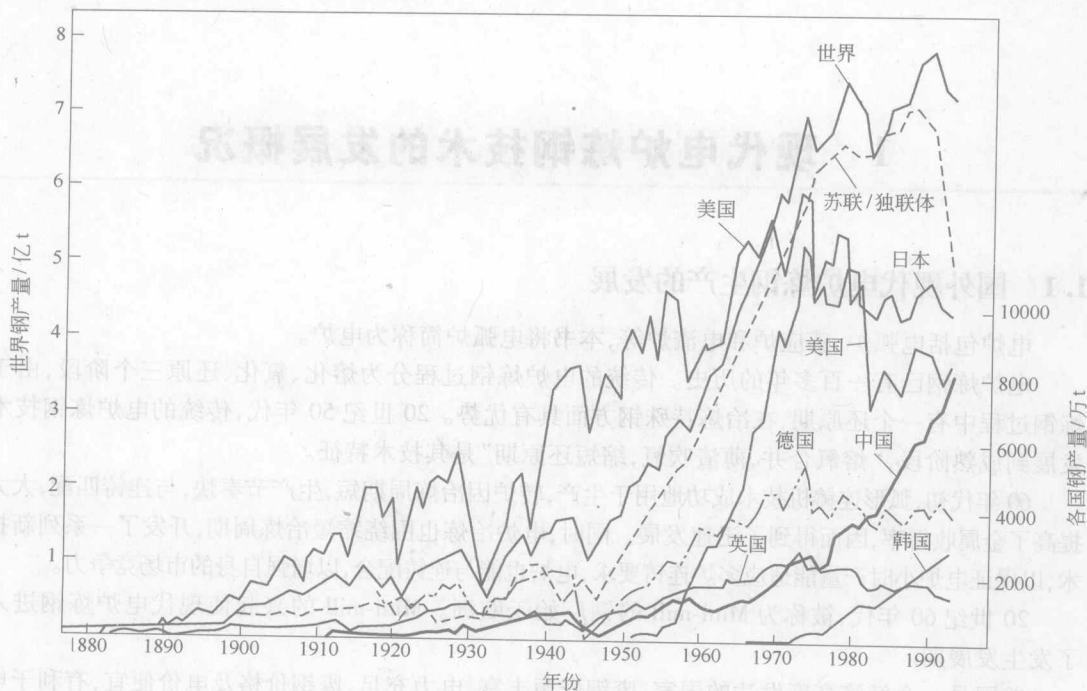


图 1-1 主要国家和地区钢产量(1870 年~1992 年)

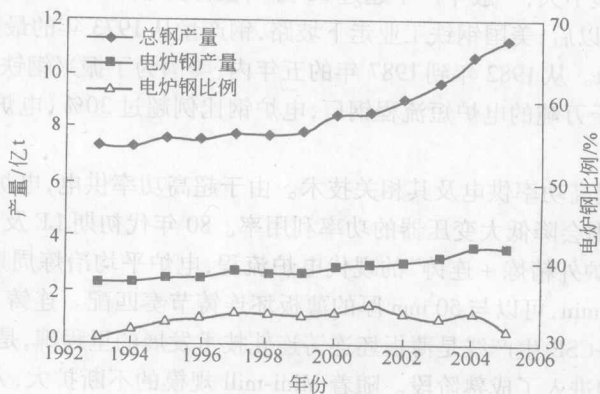


图 1-2 1993 年~2005 年世界粗钢产量及电炉钢比例的变化

表 1-1 1950 年~1988 年世界电炉钢生产的发展

年 份	电炉钢比例 ^① /%				美国现代电炉钢 产量比 ^② /%
	美 国	日 本	欧 共 体	全 世 界	
1950	6.2	15.6	6.4	7.3	0.6
1955	6.9	12.6	8.6	8.0	0.9
1960	8.4	20.2	10.7	10.6	2.0
1965	9.6	20.3	12.0	12.5	2.8
1970	15.3	16.7	13.7	14.4	5.3
1975	19.4	16.4	19.7	16.6	6.7

续表 1-1

年 份	电炉钢比例 ^① /%				美国现代电炉钢 产量比 ^② /%
	美 国	日 本	欧 共 体	全 世 界	
1980	27.9	24.5	23.8	21.1	12.1
1985	33.9	29.0	25.1	24.8	19.9
1988	36.9	29.7	29.1	26.6	21.5

① 电炉钢比例 = 电炉钢产量/总钢产量, %;

② 现代电炉钢产量比 = 钢产量/总钢产量, %。

表 1-2 世界主要产钢国的电炉钢比例

电炉钢比 年份	电炉钢比例/%					
	世 界	日 本	美 国	韩 国	德 国	印 度
1995	32.6	32.3	39.4	37.8	24.1	29.7
1996	32.9	33.3	42.1	39.5	26.0	25.9
1997	33.7	32.8	43.2	43.1	26.4	31.6
1998	33.9	31.9	44.6	40.3	27.5	31.8
1999	33.5	30.5	46.2	41.6	29.2	32.1
2000	33.7	28.8	46.8	42.8	28.7	32.1
2001	35.1	27.6	47.4	43.6	29.3	42.5
2002	33.9	27.1	50.7	45.2	29.3	42.7
2003	34.0	26.4	48.9	44.8	30.0	45.6
2004	33.2	26.4	53.6	43.9	30.7	43.8
2005	31.7	25.6	55.0	44.1	30.7	44.9
2006	32.0	26.0	56.9	45.7	33.1	50.5

由图 1-1、图 1-2、表 1-1、表 1-2 可见:

(1) 100 多年来,世界钢产量逐步增加,美国是世界上最早钢产量和电炉钢比例最高的国家。二次世界大战以后,美国、苏联、日本钢产量激剧增加,从而使世界钢产量激剧增加;尽管美国和欧洲经历过几次产能过剩的困境,例如 1973 年第一次石油危机引发的美国钢铁产能过剩,1980 年欧共体宣布欧洲钢铁工业处于危机之中,1991 年欧洲钢铁工业再次陷入产能过剩的困境,美国从 1975 年至 1985 年丧失了其 20% 的钢铁生产能力,欧盟决定从 1993 年至 1995 年削减钢铁产能 1900 万~2600 万 t,但世界电炉钢比例不断增长,从 1965 年的 2.8% 增至 2001 年的 35%,美国从 1975 年至 1988 年接近翻番,现代电炉流程与转炉流程成为当今世界钢生产的两个主要流程,电炉钢比例为 1/3 左右。

(2) 20 世纪 70 年代以后,发达国家钢产量趋于稳定,美国波动在 8000 万 t/a,日本 1 亿 t/a,德国 4000 万 t/a,英国 2000 万 t/a;发展中国家(主要包括中国、韩国、印度)处于钢不断增长阶段。

(3) 现代电炉炼钢(Mini-mill)比例不断增长。但进入 21 世纪以后,世界电炉钢比例有所下降,其中主要产钢国的电炉钢比例一直在上升,仅日本的电炉钢比例从 33.7% 下降到 32%。日

本电炉钢比例下降的原因有待进一步分析,但有两点可以肯定,一是日本废钢不缺,二是日本电炉生产能力不小。图 1-3 显示了近年日本废钢的进出口情况,2001 年、2002 年日本每年出口废钢六七千万吨,日本电炉年生产能力远大于年电炉钢的实际生产能力。

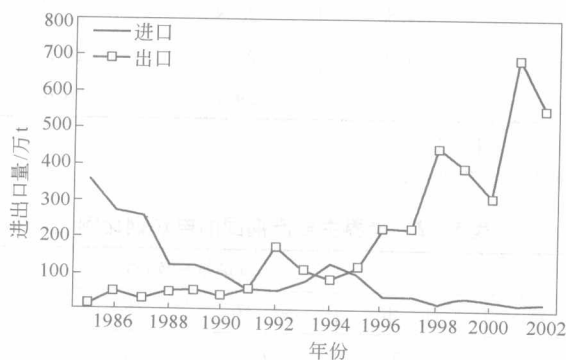


图 1-3 日本废钢进出口量(1985 年~2002 年)

(4) 21 世纪前几年世界及中国大陆钢产量的变化如表 1-3 和图 1-4 所示。图 1-4 示出了 2000 年~2007 年世界及我国大陆地区钢产量及世界电炉钢比例的变化。由图可见,随着中国大陆钢产量的迅速增长,世界钢产量迅速增长,世界电炉钢比例有所下降。

表 1-3 2001 年~2005 年世界钢生产情况

年 份		2001	2002	2003	2004	2005
世 界	钢产量/亿 t	8.453	9.005	9.631	10.548	11.269
	电炉钢比例/%	35.0	33.9	33.1	33.8	31.7
	钢增长速度 ^① /%		6.53	6.95	9.52	6.83
美 国	钢产量/亿 t	0.91	0.922	0.904	0.989	0.949
	电炉钢比例/%	47.4	50.7	48.9	53.0	55.0
	钢增长速度/%		2.44	-1.95	9.40	-4.04
德 国	钢产量/亿 t	0.448	0.450	0.448	0.464	0.445
	电炉钢比例/%	29.3	29.3	30.0	30.7	30.7
	钢增长速度/%		0.40	-0.40	3.57	-4.28
日 本	钢产量/亿 t	1.029	1.007	1.105	1.127	1.125
	电炉钢比例/%	27.6	27.1	26.4	26.4	25.6
	钢增长速度/%		4.66	2.60	1.99	-1.77
中国大陆	钢产量/亿 t	1.516	1.823	2.224	2.725	3.494
	电炉钢比例/%	15.8	16.7	17.6	16.5 ^②	12.9
	钢增长速度/%		20.2	22.0	22.5	28.2

① 钢增长速度 = (当年钢产量 - 去年钢产量) / 去年钢产量 × 100% ;

② 根据中国钢铁工业协会宣布的电炉钢产量计算。

可以认为,世界电炉钢比例有所下降的主要原因是由于中国大陆钢增长速度,主要是转炉钢增长速度过快造成的。2007 年世界(67 个国家和地区)钢产量合计 13.22 亿 t,除中国大陆以外,