

电炉炼钢及工艺设计

闫立懿 编著



东北大学出版社
Northeastern University Press

电炉炼钢及工艺设计

闫立懿 编著

东北大学出版社

· 沈 阳 ·

内容提要

本书以超高功率电炉技术为主线,介绍了电炉炼钢发展及前景,超高功率电炉发展过程与理论依据、设备、工艺及其相关配套技术,LF炉设备、工艺及过程优化,并重点介绍了电炉及LF炉工艺设计,以及电炉炼钢车间工艺设计。

本书可作为冶金学科本科生、研究生教材,可供压力加工、金属材料及热处理,以及铸造等专业的本科生、研究生及教师参考,对研究院所及企业的有关工程技术人员,尤其是对电炉LF炉工程设计及工程技术人员具有一定的参考价值。

© 闫立懿 2010

图书在版编目(CIP)数据

电炉炼钢及工艺设计/闫立懿编著. —沈阳:东北大学出版社,2010.12

ISBN 978-7-81102-906-2

I. ①电… II. ①闫… III. ①电炉炼钢—工艺 ②电炉炼钢—设计
IV. ①TF741

中国版本图书馆CIP数据核字(2010)第261041号

出 版 者: 东北大学出版社

地址: 沈阳市和平区文化路3号巷11号

邮编: 110004

电话: 024-83687331(市场部) 83680267(社务室)

传真: 024-83680180(市场部) 83680265(社务室)

E-mail: neuph@neupress.com

http://www.neupress.com

印 刷 者: 抚顺光辉彩色印刷有限公司

发 行 者: 东北大学出版社

幅面尺寸: 184mm×260mm

印 张: 10.5

字 数: 249千字

出版时间: 2010年12月第1版

印刷时间: 2010年12月第1次印刷

责任编辑: 刘宗玉 石玉玲

封面设计: 唐敏智

责任校对: 王艺霏

责任出版: 杨华宁

ISBN 978-7-81102-906-2

定 价: 30.00元

前 言

电炉自用于炼钢生产以来已经走过了 110 多年，在这一个多世纪中，它的发展速度虽不如 20 世纪 60 年代前的平炉，也比不上 60 年代后的氧气转炉发展迅速，但随着科技的进步，电炉钢产量始终在稳步增长，尤其 20 世纪 70 年代后增长迅速。目前，电炉钢产量比例已达到总钢产量的三分之一，许多国家电炉钢产量比例已超过二分之一。

超高功率电炉及相关技术的出现促进了电炉炼钢技术迅速发展，使得电炉炼钢实现了高效、节能。目前，全球钢产量累计已超过 452 亿吨（中国已超过 57 亿吨），这说明就目前世界范围来看，废钢资源是不缺乏的，而且随着钢产量累计的增加，废钢利用率的提高，可利用的废钢量将继续增加，废钢循环达到动态平衡指日可待。加之，废钢 - 电炉“短流程”具有明显的经济效益与环境优势，有利于循环经济及可持续发展，使得废钢 - 电炉流程发展的前景光明。作者认为，“十二五”到“十三五”期间，我国的电炉炼钢将会有很大发展。

为了适应我国电炉炼钢的高速发展，满足冶金学科本科生、研究生学习需要，以及电炉 LF 炉工程设计及工艺技术人员工作需要，特撰写此书。

本书是作者近三十年教学、科研，特别是国家七五、八五攻关及国家 863 等课题研究成果，近十年电炉工程实践工作的总结，以及电冶金领域学习的体会，同时也融会了前辈们的心血。本书编写过程中，参考了国内外公开出版的有关文献，尤其是李士琦、傅杰等几位教授，以及我的老师武振廷教授生前的著作，对此书的完成帮助很大，在此深表谢意。同时，对本书给予指导的施月循教授、胡显坤总工程师及陈梦刚所长，以及曾给予过帮助和支持的同志们致诚挚谢意。

由于时间仓促，限于作者水平，书中一定存在缺点与不足，恳请批评指正。

作 者

2010 年 12 月于沈阳

目 录

前 言

第 1 章 电炉炼钢发展及前景	1
1.1 电炉炼钢发展	1
1.2 电炉炼钢发展前景	4
1.2.1 可持续发展概念	4
1.2.2 废钢铁资源	5
1.2.3 能源供应	6
1.2.4 电炉流程	6
1.2.5 电炉炼钢与生态环境	7
第 2 章 电炉炼钢设备	11
2.1 电炉的容量与分类	11
2.1.1 电炉的容量	11
2.1.2 电炉的分类	13
2.2 电炉的机械结构	13
2.2.1 炉体装置	15
2.2.2 炉体倾动机构	17
2.2.3 炉盖提升旋转机构	18
2.2.4 电极升降机构	19
2.3 电炉炼钢的排烟与除尘	20
2.3.1 排烟方法	21
2.3.2 除尘方法	22
2.4 电炉炼钢的能量平衡	23
2.4.1 能量平衡目的意义	23
2.4.2 能量平衡方法及效率	25
2.5 电炉电气设备	27
2.5.1 电炉的主电路	27
2.5.2 电炉电控设备	30
2.6 电炉的电气特性	32
2.6.1 电炉等值电路	32
2.6.2 电炉回路阻抗的确定	33
2.6.3 电炉的电气特性	34

2.7 电炉供电制度的确定	37
2.7.1 合理供电制度确定	37
2.7.2 高阻抗电炉供电制度	39
2.7.3 供电制度合理性的保障	40
第3章 电炉炼钢工艺	41
3.1 电炉冶炼操作方法	41
3.2 传统电炉炼钢工艺	41
3.2.1 补 炉	42
3.2.2 装 料	43
3.2.3 熔化期	44
3.2.4 氧化期	46
3.2.5 还原期	47
3.2.6 出 钢	49
3.3 现代电炉炼钢工艺	49
3.3.1 基本工艺思想	49
3.3.2 冶金工艺操作	49
3.4 钢液的合金化	51
3.4.1 合金加入时间	52
3.4.2 合金加入量	53
第4章 超高功率电炉及其相关技术	55
4.1 超高功率电炉的发展及其特征	55
4.1.1 超高功率概念的提出	55
4.1.2 超高功率电炉及其优点	55
4.1.3 超高功率电炉的技术特征	56
4.2 超高功率电炉相关技术	59
4.2.1 概 述	59
4.2.2 早期超高功率供电技术	62
4.2.3 降低电极消耗技术	63
4.2.4 短网改造技术	64
4.2.5 水冷炉壁水冷炉盖技术	65
4.2.6 氧-燃助熔技术	65
4.2.7 长弧泡沫渣技术	66
4.2.8 二次燃烧技术	67
4.2.9 炉壁多功能氧枪技术	68
4.2.10 底吹搅拌技术	69
4.2.11 偏心底出钢技术	69
4.2.12 高阻抗技术	71
4.2.13 废钢预热及余热回收技术	73

第 5 章 钢包精炼炉	80
5.1 炉外精炼发展	80
5.1.1 发展概况	80
5.1.2 炉外精炼的优越性	80
5.2 炉外精炼方法及冶金功能	82
5.3 LF 炉	84
5.3.1 LF 炉概述	84
5.3.2 LF 炉设备组成	84
5.3.3 LF 炉精炼手段与主要冶金功能	89
5.3.4 适用的钢种	90
5.3.5 LF 炉工艺过程优化	91
5.4 炉外精炼发展趋势	97
第 6 章 电炉 LF 炉工艺设计	98
6.1 设计原则、建厂依据及其基本条件	98
6.1.1 设计原则	98
6.1.2 建厂依据	98
6.1.3 建厂基本条件	98
6.2 工艺流程的选择	100
6.2.1 基本原则	100
6.2.2 电炉炼钢工艺流程	100
6.3 超高功率电炉的设计	102
6.3.1 我国超高功率电炉的发展	102
6.3.2 超高功率电炉容量选择与计算	105
6.3.3 超高功率电炉炉型及其设计	113
6.4 LF 炉工艺设计	121
6.4.1 产品对炉外精炼功能要求	121
6.4.2 LF 炉设备组成及分类方法	123
6.4.3 LF 炉容量选择及计算	124
6.5 电炉炼钢车间工艺布置	127
6.5.1 工艺布置原则	127
6.5.2 电炉、精炼及连铸机的布置	128
6.5.3 电炉炼钢车间工艺布置	137
参考文献	159

第1章 电炉炼钢发展及前景

电炉是采用电能作为热源进行炼钢的炉子的统称。按电能转换热能方式的差异,炼钢的电炉包括:电渣重熔炉——利用熔渣的电阻热;感应熔炼炉——利用电磁感应;电子束炉——依靠电子碰撞;等离子炉——利用等离子弧;电弧炉——利用高温电弧等,而不包括加热炉、热处理炉等。

目前,世界上电炉钢产量的95%以上都是由电弧炉生产的,因此电炉炼钢主要指电弧炉炼钢。电炉炼钢的工作原理是以废钢为主要原料,以三相交流电作电源,利用电流通过石墨电极与金属料之间产生电弧的高温,来加热、熔化炉料。它是用来产生特殊钢和高合金钢的主要方法。

1.1 电炉炼钢发展

电炉是继转炉、平炉之后出现的又一种炼钢方法,它是在电发明之后的1899年,由法国的海劳尔特(Heroult)在La Praz发明的。它建于阿尔卑斯山(Alps)的峡谷中,原因是在距它不远处有一个火力发电厂。电炉炼钢法的出现,开发了煤的替代能源,使得废钢开始了经济回收,这最终使得钢铁成为世界上最易于回收的材料,也为循环经济和可持续发展作出了巨大贡献。

电炉炼钢在这110多年中,其发展速度不如20世纪60年代前的平炉,也比不上60年代后氧气转炉发展的那样快,但随着科技的进步,世界电炉钢产量及其比例始终在稳步增长。尤其20世纪70年代以来,电力工业的进步,科技对钢的质量和数量的要求提高,大型超高功率电炉技术的发展,以及炉外精炼技术的采用,使电炉炼钢技术有了长足进步。

在钢产量上,世界粗钢产量在2001年前的20多年一直在7.0亿~8.0亿吨之间徘徊,电炉钢产量比例却一直在稳步上升,由百分之十几增至百分之三十几,2001年达到35.1%,如图1.1和表1.1所示。之后电炉钢产量比例有所回落并一直在30%~34%之间徘徊。2010年世界粗钢产量为14.14亿吨,中国粗钢产量达到了6.267亿吨,同比增长了9.3%,占世界粗钢产量的44.3%,创人类历史上单个国家粗钢年产量的新纪录。

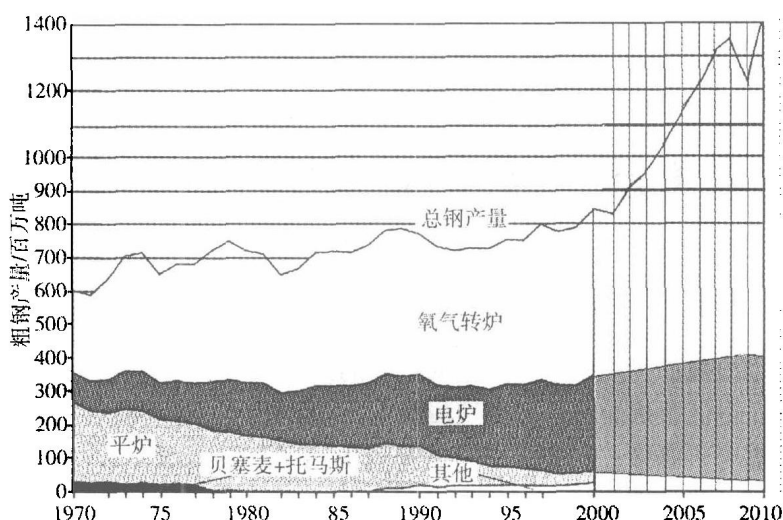


图 1.1 世界几种炼钢方法粗钢产量比较

表 1.1

近几十年世界及中国粗钢产量、电炉钢比例

时间/年 项目	1970	1990	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009
世界粗钢 产量/亿 t	6.00	7.70	8.477	8.45	9.04	9.63	10.60	11.39	12.2	13.44	13.28	12.20
世界电炉钢 产量比例/%	14.2	27.5	33.7	35.1	33.9	34	33.2	31.7	32.1	30.4	30.8	28.2
中国粗钢 产量/亿 t			1.285	1.516	1.823	2.223	2.829	3.532	4.190	4.893	5.030	5.678
中国电炉钢 比例/%			15.7	15.9	16.7	17.6	15.20	11.83	10.50	11.93	12.60	
中国电炉钢 产量/亿 t			0.202	0.240	0.305	0.391	0.430	0.418	0.440	0.584	0.634	

美国是世界主要产钢国，电炉钢产量最高，电炉钢比例也逐年提高（见表 1.2），其原因是其有丰富的废钢和充足廉价的电力，使得电炉发展迅速。与美国有类似情况的韩国及印度电炉钢发展及其电炉钢比例情况见表 1.3，2004 年电炉钢比例超过 50% 的国家见表 1.4。

表 1.2 美国电炉钢比例的增长情况

时间 项目	1975 年	1985 年	1995 年	1999 年	2005 年	2006 年
电炉钢比例/%	20.0	34.0	39.4	46.2	54.9	56.9
万吨					5200	5603

表 1.3 近年韩国与印度电炉钢比例情况

%

时间 国别	1995 年	1997 年	2000 年	2002 年	2004 年	2006 年
韩国	37.8	43.1	42.8	45.2	43.9	45.7
印度	29.7	31.6	32.1	42.7	43.8	50.5

表 1.4 2004 年电炉钢比例超过 50% 的国家

国别 项目	美国	墨西哥	意大利	西班牙	土耳其	印度*
年产粗钢量/万 t	9890	1670	2840	1770	2050	4400
电炉钢比例/%	53.6	71.5	62.5	76.2	71.5	50.5

注：印度 2006 年产钢 4400 万 t，电炉钢比例为 50.5%。

日本于 1985—1994 年 9 年间，电炉年生产能力增加了 2074 万 t（增加 73%），而高炉—转炉年生产能力降低了 2619 万 t。电炉钢产量比例由 29% 提高到 31.6%，1996 年电炉钢比例达到 33.3%。

欧洲近 20 多年电炉炼钢也有大幅度发展，1978—1998 年 20 年间转炉钢与电炉钢产量的变化如下。

德国：转炉钢从 3150 万 t 到 3200 万 t，增加 2%；电炉钢从 600 万 t 到 1210 万 t，增加 102%。2006 年电炉钢比例达到 33.1%。

法国：转炉钢从 1790 万 t 到 1210 万 t，减少 32%；电炉钢从 340 万 t 到 810 万 t，增加 138%。

西班牙：转炉钢从 590 万 t 到 430 万 t，减少 27%；电炉钢从 480 万 t 到 1050 万 t，增加 119%。

意大利：转炉钢 1050 万 t，不变；电炉钢从 1230 万 t 到 1550 万 t，增加 24%。

2008 年，意大利有 3 家转炉钢厂、37 家电炉钢厂，电炉钢比例为 64%；俄罗斯电炉钢比例为 29%。

也就是说，全世界电炉钢比例为 1/3，部分发达国家超过 1/2。近些年，中国粗钢产量见表 1.1，电炉钢产量及钢产量比例如图 1.2。

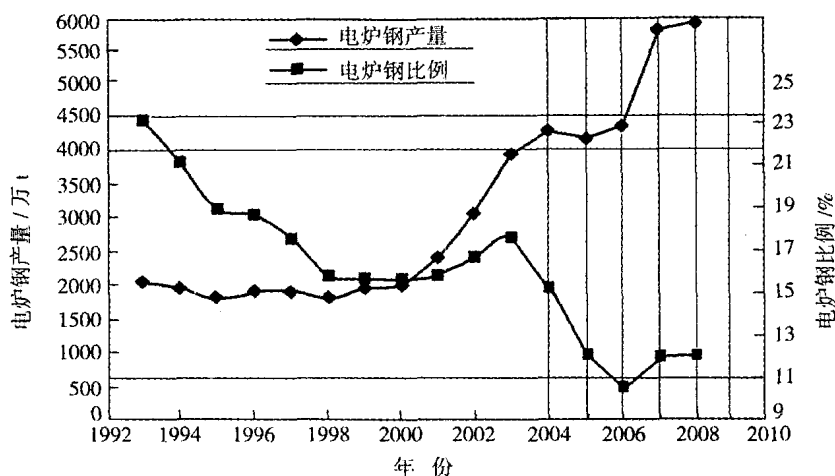


图 1.2 中国电炉钢产量及比例变化

由图 1.2 可以看出,近十多年中国电炉钢产量一直在增加,但钢产量比例总的趋势是降低的,尽管 1998—2003 年期间有所增加,尤其是 2003 年以后,但因房地产业的发展、建筑钢需求大幅度增加、粗钢产量的猛增(这也是世界电炉钢比例回落的原因之一),以及废钢短缺、质量差、价格高,电力供应紧张、电价高,吨钢生产成本低,使得电炉增长的幅度减小、电炉钢产比例降低。但电炉钢产量一直在增加,到 2008 年,中国电炉钢产量达到 6340 万 t,超过美国成为世界上电炉钢产量最高的国家。

在钢的品种结构上,实现“全方位竞争”,电炉钢不但在传统的特殊钢和高合金钢领域继续保持其相对优势,而且正在普钢领域表现出强劲的竞争态势。在产品结构上,电炉钢几乎覆盖了整个长材领域,诸如圆钢、钢筋、线材、小型钢、无缝管,甚至部分中型钢材等,并且正在与转炉钢争夺板材(热轧板)市场。

总之,电炉的发展加速了平炉的淘汰,并与转炉形成竞争,此格局将在较长时期内存在。

1.2 电炉炼钢发展前景

电炉从诞生至今已超过 110 年了,在这百年中,电炉的设备、工艺技术在不断发展,产量不断地提高,废钢—电炉炼钢流程越来越显示出经济效益与环境优势,有利于钢铁工业的可持续发展。

1.2.1 可持续发展概念

“可持续发展”概念是在 1992 年 6 月联合国在巴西的里约热内卢召开“环境与发展大会”提出的,会上 100 多个国家首脑参加,并签署了“关于环境与发展里约热内卢宣言”,会议要求将可持续发展纳入到各国政策和具体行动中。

“可持续发展”定义:满足当代人物质文化需求,又不危机后代人的发展和生存的需求。这一概念的提出,是人类实现持久发展和生存观念的根本改变。

我国是签署国之一，并于1994年发布了“中国二十一世纪人口、环境与发展白皮书”，其后又将可持续发展作为重要战略纳入“九五”计划和“2010年远景目标”，将可持续发展与科教兴国并列为我国今后发展的两大基本战略。

1.2.2 废钢铁资源

废钢铁是电炉的主要原料，也是电炉发展的主动力，随着地球上钢产量累计的不断增加，废钢铁资源逐年递增，不断产生的废钢铁通过经济的回收、回炉熔炼，可反复使用。从某种意义上讲，这是一个无穷无尽的铁资源。为此，各个国家均把废钢铁视为宝贵资源，各种物质的回收情况及世界历年废钢的消耗情况分别见表1.5和图1.3。

表 1.5 几种物质的回收利用率 %

物质名称	钢铁	玻璃	纸	铝	塑料
回收率/%	55	45	35	27	10

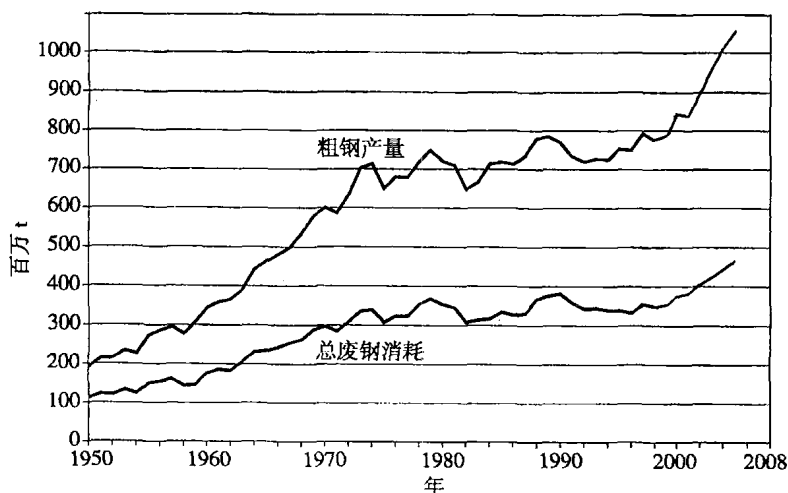


图 1.3 世界废钢逐年消耗情况

近十年世界电炉钢产量在3亿~4亿t，其比例在30%~35%，每年所消费的废钢铁量也在3亿~4亿t左右。自从有钢铁产品以来，按全世界所生产的粗钢逐年相加，所得的钢产量累计到2010年末已超过452亿t。按废钢循环动态平衡的观点来分析，钢铁产品大约10~20年将转化为废钢。若按20年折旧计算，每年由此而产生的废钢量将达到22.5亿t。中国在解放前钢产量累计很少，从1950~2010年钢产量累计量已超过57亿t。目前，废钢利用率较低，若按55%的回收利用率，全世界每年可利用的废钢超过12亿t，除转炉用的部分废钢（2~3亿t）外，其余可以用来生产8亿t电炉钢，这相当于目前电炉钢产量的2倍。

这说明就目前世界范围来看，废钢资源是不缺乏的，而且随着钢产量累计的增加，废钢利用率的提高，可利用的废钢量将继续增加。不难预测，当世界钢产量达到稳定、废钢循环达到动态平衡，世界电炉钢产量比例可以接近废钢利用率。

1.2.3 能源供应

电炉用电能炼钢，除废钢原料外，电能占炼钢成本比例最大。随着电力工业的发展，对电炉尤为有利。美国电炉发展速度快的原因是与电力充足、电价便宜分不开的。另外，废钢铁为非氧化物，相比铁氧化物来说属于一种化学能的载能体，相当于载能原料，几乎可以无限再生利用。使用废钢代替生铁炼钢，可以节约生产生铁过程所需的能源消耗，每吨生铁需消耗 500 ~ 600 kgce（标煤），所以多用废钢可以降低能源消耗。这使得“废钢—电炉炼钢流程”比“高炉—转炉炼钢流程”的吨钢能耗减少约一半，见表 1.6。

表 1.6 两种流程吨钢可比能耗比较（kgce）

工序	高炉—转炉流程	废钢电炉流程	备注
焦化	34.17		
烧结	57.91		
炼铁	413.88		
炼钢	1.34	186.27（含 LF 炉）	
连铸	16.53	16.53	
热轧	68.64	68.64	
冷轧	64.71	64.71	
燃料加工、 运输及损失	41.95	21.46	按占总能耗 6% 估算
合计	699.13	357.61	

由表 1.6 可见，生产一吨电炉钢比生产一吨转炉钢，可比能耗节约 342 kgce，吨钢能耗减少约为 49%。

1.2.4 电炉流程

当今钢铁工业所采用的钢铁生产流程，经 100 多年的发展竞争，目前基本形成了两类流程：

以铁矿石、煤炭为源头的“高炉—转炉炼钢流程”；

以废钢、电力为源头的“废钢—电炉炼钢流程”。

对应的两种炼钢生产流程如下：

（矿石）—采、选矿—高炉—铁水预处理—转炉炼钢—炉外精炼—连铸—轧钢—（钢材）；

（废钢）—电炉炼钢—炉外精炼—连铸—轧钢—（钢材）。

废钢—电炉炼钢流程，具有流程短，设备布置、工艺衔接紧凑，投入产出快的特点（如图 1.4 和图 1.5 的比较），故称其为“短流程”。“短流程”的特征是：该流程高效、节能，是世界上流行的“三位一体”（一个车间由一座电炉、一座炉外精炼及一台连铸机组成的流程），或者“四个一”（一个厂内由一座电炉、一座炉外精炼、一台连铸机及一套主力连轧组成的流程）。也正是由于这种高效、节能的短流程才赋予给电炉炼钢强大的生命力。

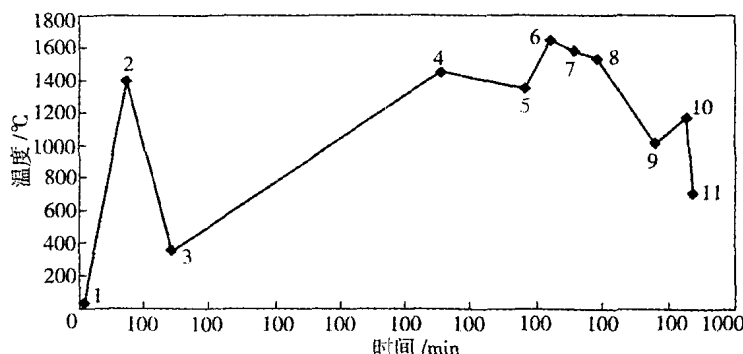


图 1.4 高炉—转炉炼钢流程温度、时间轨迹

1—矿石；2—烧结机；3—矿槽；4—高炉出铁；5—转炉装料；6—转炉出钢；
7—精炼；8—连铸；9—铸坯传送；10—加热炉；11—轧制

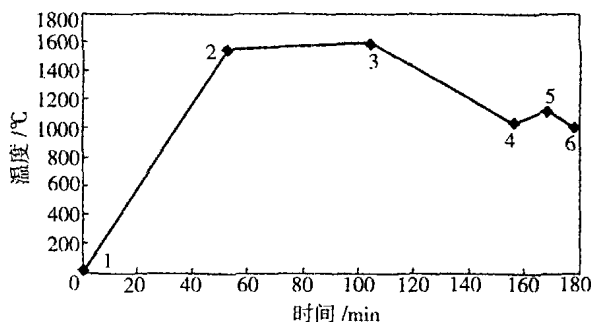


图 1.5 废钢—电炉炼钢流程温度、时间轨迹

1—装料；2—电炉出钢；3—精炼；4—连铸；5—均热炉；6—轧制

“短流程”的优点如下：

①投资省 1/3 以上：每吨钢的投资长流程为 1000 ~ 1500 美元，短流程为 500 ~ 800 美元；

②建设周期短 1/3 以上：长流程为 2 ~ 4 年，短流程为 1 ~ 2 年；

③生产能耗低 1/2；

④劳动生产率高 1 ~ 3 倍：长流程为 500 ~ 900 t/a · p，短流程为 1000 ~ 3000 t/a · p；

⑤占地面积小 1/2 ~ 3/5；

⑥环境污染少：可减少冶金渣 40%，减轻水污染 76%，减少废弃物 97%，减少废气 88%。尤其是减少废气主要是 CO₂ 的排放量，改善生态平衡，有利于可持续发展。

1.2.5 电炉炼钢与生态环境

由于钢的良好可再生性及环境、资源和能源等方面日益苛刻的要求，使得尽可能多地利用废钢成为国际趋势，国家政策也向此倾斜。废钢如果得不到有效的回收和利用，将成为巨大的潜在环境污染源，有些甚至可能对水质、土壤等构成严重威胁。大量锈蚀的钢铁废料，不但造成资源的浪费，也将造成严重的粉尘污染。废钢的堆积本身也给环境带来不利的影响。

早在1972年6月5日联合国在瑞典首都召开的“人类环境会议”上通过的《人类环境宣言》，指出了“人类只有一个地球可以赖以生存”。对我们每一个人而言，必须清楚“这个地球不是从上一代人那里继承的，而是从我们的子孙后代手里借来的！”会议建议并经联大通过，将大会的开幕日这一天作为“世界环境日”，即每年的6月5日举行“世界环境日”纪念活动，发表《环境现状的年度报告书》及表彰“全球500佳”，并根据当年的世界主要环境问题及环境热点，有针对性地制定每年的“世界环境日”主题。

卢旺达被选定为2010年“世界环境日”纪念活动的主办国，主题是“Many Species. One Planet. One Future”——“多个物种，一颗星球，一个未来”。中国2010年的主题：低碳减排、绿色生活。

政府间气候变化专门委员会（IPCC）第一工作组第四次评估报告指出，近100多年来全球平均地表温度升高了 $0.3 \sim 0.6^{\circ}\text{C}$ ，海平面平均升高了 $100 \sim 250 \text{ mm}$ 。根据气候模型预测，到2100年为止，全球气温估计将上升大约 $1.4 \sim 5.8^{\circ}\text{C}$ 。根据这一预测，全球气温将出现过去一万年中从未有过的巨大变化，从而给全球环境带来潜在的重大影响。2009年11月24日发布的《哥本哈根诊断》报告指出，到2100年全球气温可能上升 7°C ，海平面可能上升 1000 mm 以上。现今全球工业化加速， CO_2 的排放与日俱增，南极升温将会变快，冰雪融化后果不堪设想。（这也是2007年世界环境日的主题确定为“冰川消融，后果堪忧”的原因之一）

为了限制全球气候变暖，各国领导人于1997年由“联合国气候变化框架公约”缔约方，在日本签署了“京都议定书”，并于2005年2月16日正式生效。

2009年12月在丹麦召开《联合国气候变化框架公约》第15次缔约方会议，经过数日的“争辩”之后，最终通过了《哥本哈根协议》。结果虽然不够理想，但各缔约方对于限制全球气候变暖还是有充分的认识及决心的。在2009年哥本哈根联合国气候大会前，中国政府就主动宣布了中国到2020年温室气体排放控制目标，即到2020年，单位GDP碳排放比2005年降低 $40\% \sim 45\%$ ，为推动全球应对气候变化工作做出巨大努力。但这确实是一个很艰巨的任务，中国目前环境保护的形势还是非常严峻的。

根据再生能源国际经济论坛（IWR）报道，2009年全球二氧化碳排放量约为311亿t，其中中国为74.3亿t，占全球总量的23.9%，连续三年取代美国成为世界上最大的温室气体排放国，年人均约5.4吨；美国为59.5亿吨，占全球总量的19.1%，年人均约19.5吨。哥本哈根气候会议的“争辩”，也说明“减排”是一个非常艰巨的任务，世界各国必须要花大气力进行研究寻求减少温室气体排放的办法。

就钢铁工业来说，全世界钢铁工业二氧化碳排放量占人类总排放的5%左右，而中国二氧化碳排放量约占全国排放量的14%左右。主要减排法有：减少高炉还原剂用量，如降低焦比，减少 CO_2 排放量；增加转炉炼钢废钢比例，减少铁水产量，减少 CO_2 排放量；发展电炉炼钢，用电炉流程取代高炉—转炉流程。

图1.6和图1.7说明钢铁工艺是 CO_2 排放大户，同时说明电炉炼钢有利于环境保护。两种流程物质、能源及环境负荷情况比较见表1.8。

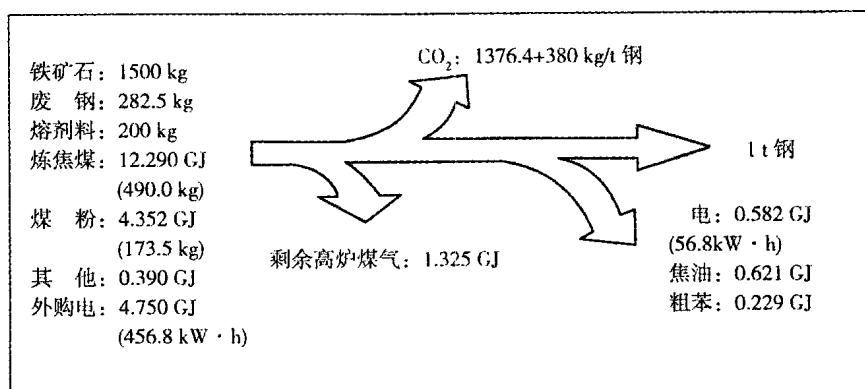


图 1.6 高炉—转炉炼钢流程物质、能源及环境负荷情况

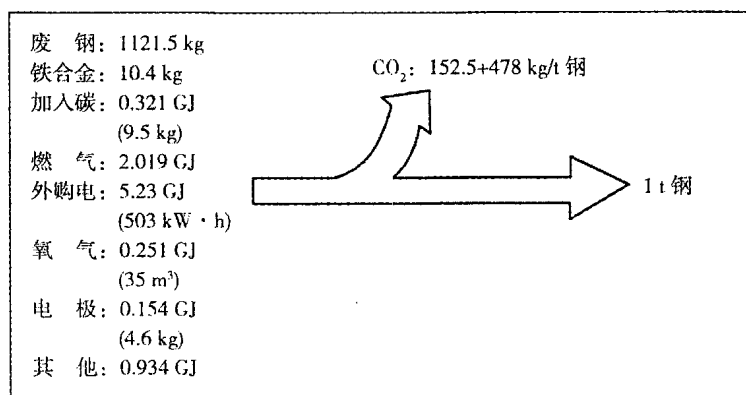


图 1.7 废钢—电炉炼钢流程物质、能源及环境负荷情况

表 1.7 两种流程物质、能源及环境负荷情况比较

吨钢消耗 流程	主要物质消耗/kg		能源消耗/GJ	CO ₂ 排放/kg
长流程	铁矿石 + 废钢	1500 + 282.5	19.03	1376 + 380 = 1756
短流程	废钢	1121.5	8.91	153 + 478 = 631

图 1.6 的例子是高炉—转炉—薄板坯连铸—连轧生产流程，年产连铸坯 280 万 t，吨钢能耗 19.03 GJ/t 钢（折合 649.5 kgce），吨钢 CO₂ 排放 1376.4 kg，如考虑所耗电力（456.8 - 56.8 = 400 kW·h）由厂外电厂排放 CO₂ 380 kg（电的二氧化碳排放因子按 0.95），吨钢总 CO₂ 排放量为 1756 kg。

图 1.7 的例子是废钢电炉—薄板坯连铸—连轧生产流程，年产连铸坯 200 万 t，吨钢能耗 8.91 GJ/t 钢（折合 304.1 kgce），吨钢 CO₂ 排放 152.5 kg，如考虑所耗电力（503 kW·h）由厂外电厂排放 CO₂ 478 kg，吨钢总 CO₂ 排放量为 631 kg。

由表 1.7 可见，电炉短流程的吨钢综合能耗仅为长流程的 47.8%，吨钢有害气体排放仅为长流程的 35.9%，比较说明电炉炼钢节能、减排有利于环境保护。

因此,有的国家还对吨钢温室气体排放量作出规定:“高炉—转炉—热轧”长流程与“电炉—热轧”短流程分别为 1400 kg 与 160 kg,即相当于短流程减排 88.6% 以上。

我国是世界第一产钢铁大国,钢铁工业是二氧化碳排放大户。目前,钢铁工业年二氧化碳排放总量超过 8 亿 t,占全国二氧化碳排放总量的 14% 以上。目前,我国的电炉钢比例仅为 12% 左右,不合理、且发展空间很大,如将我国电炉钢比例提高一倍的话,经计算其减排量超过 7 000 万 t,相当于减少钢铁工业年二氧化碳排放总量的 10%。

综上所述可见,充足的废钢资源与环保意识的加强,以及能源与流程的优势,有利于钢铁工业的可持续发展,使得以废钢为主要原料的电炉炼钢前途看好。近年世界范围电炉“短流程”的发展及其钢产量的增长,也正是由于电炉短流程的经济效益与环境优势。电炉炼钢有利于环境保护,无论从当前还是长远考虑,都会迫使人们去发展电炉炼钢。