

中国 钢铁工业的崛起与 技术进步

■ 主 编 殷瑞钰

■ 副主编 王晓齐 李世俊 苏天森



冶金工业出版社

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

中国钢铁工业的崛起 与技术进步

主 编 殷瑞钰

副主编 王晓齐 李世俊 苏天森

北 京

冶金工业出版社

2004

图书在版编目(CIP)数据

中国钢铁工业的崛起与技术进步/殷瑞钰主编. —北京:
冶金工业出版社, 2004. 10

ISBN 7-5024-3466-6

I. 中… II. 殷… III. 钢铁工业—工业技术—研究—
中国 IV. TF

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 104357 号

出版人 曹胜利(北京沙滩嵩祝院北巷 39 号, 邮编 100009)

责任编辑 张 卫(联系电话: 010-64027930; 电子信箱: bull2820@sina.com)

美术编辑 王耀忠 责任校对 栾雅谦 李文彦 责任印制 牛晓波

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

2004 年 10 月第 1 版, 2004 年 10 月第 1 次印刷

148mm×210mm; 3.25 印张; 74 千字; 86 页; 1—3000 册

15.00 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

(本社图书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

“20 世纪 90 年代以来若干关键共性技术 对中国钢铁工业发展的影响与思考”

课题组成员

- | | |
|-----|-----------------------|
| 殷瑞钰 | 钢铁研究总院 |
| 王晓齐 | 国有资产管理委员会规划发展局 |
| 徐矩良 | 原冶金工业部科技司 |
| 李世俊 | 中国钢铁工业协会科技环保部 |
| 李文秀 | 中国金属学会 |
| 苏天森 | 中国金属学会 |
| 李忠娟 | 国家发展与改革委员会工业司冶金处 |
| 张春霞 | 钢铁研究总院冶金过程工程与环境工程技术中心 |
| 齐渊洪 | 钢铁研究总院冶金过程工程与环境工程技术中心 |
| 程相利 | 钢铁研究总院冶金过程工程与环境工程技术中心 |
| 许海川 | 钢铁研究总院冶金过程工程与环境工程技术中心 |

前 言

20 世纪 90 年代以来,中国钢铁工业快速发展,取得了举世瞩目的成就,自 1996 年起,粗钢产量超过 1 亿 t,且连续 8 年保持世界第一,是世界上唯一保持快速增长的主要产钢大国。

中国钢铁工业的发展经历了曲折、徘徊、崛起和实现跨越式发展的历史进程。1949~1986 年,中国用了 37 年的时间,年产粗钢突破了 5000 万 t 的水平;1987~1996 年,用了 10 年时间实现了年产粗钢突破 1 亿 t;1997~2001 年,用了 5 年时间,年产粗钢又增加了 5000 万 t;2002~2003 年两年间又增加 7000 万 t,2003 年粗钢产量达到了 2.22 亿 t,占世界粗钢产量 23% 以上,人均钢产量为 $172\text{kg}/(\text{人}\cdot\text{年})$ 。1990 年至 2003 年,中国粗钢产量增加了 2.4 倍。

中国钢铁工业的快速发展不仅体现在钢产量的增加上,更重要的是工艺流程和钢厂结构得到了调整和优化。首先,一大批钢厂在改革、发展的过程中加快了企业规模的经济合理化和大型化。1990 年,全国年产粗钢 100 万 t 以上的钢厂只有 14 家;而到 2003 年,年产粗钢 100 万 t 以上的钢厂已达到 59 家,其中粗钢产量超过 500 万 t 的钢厂已达 15 家。其次,中国钢铁行业技术经济指标明显改善。2002 年,全国平均钢的综

合成材率达到 94.20%，与 1990 年相比，提高了 11 个百分点；钢厂的吨钢可比能耗下降到 0.715t 标煤；重点大、中型企业高炉利用系数平均达到了 $2.448\text{t}/(\text{m}^3\cdot\text{d})$ ，平均入炉焦比下降到 $415\text{kg}/\text{t}$ ，平均喷煤比 $125\text{kg}/\text{t}$ ；转炉炉衬寿命平均达到 4268 炉；中国钢铁行业的连铸比达到了 93.03%，而 1990 年仅为 25.07%，在钢产量快速增长的同时，连铸比增长速度高于钢产量的增长，创造了奇迹。第三，钢铁工业整体技术装备水平也上了一个大的台阶。20 世纪 90 年代初，只有宝钢、武钢等企业装备了为数不多的现代生产线，到 20 世纪 90 年代末几乎所有的重点大中型钢铁企业都装备了一条或几条具有国际先进水平的生产线。重点大中型钢铁企业炼铁、炼钢、轧钢三个主要工序设备的大型化、自动化、连续化比例大幅度提高。第四，钢材的产品结构发生了变化，特别是平(板)材的产能迅速扩大。2002 年板带材合计产量达到 6498 万 t，比 1990 年增加了 5126 万 t，增长 373.6%。其中，薄板产量为 2245 万 t，增长 406%。

20 世纪 90 年代以来，中国钢铁工业快速发展和优化的直接原因，一方面是在经济全球化的大环境中，由于我国政府宏观经济政策的正确引导以及由此产生的工业化、城市化发展步伐的加快所带动的巨大市场需求对钢铁产品需求的拉动作用；另一方面是对钢铁行业技术进步战略的正确判断、选择和有序展开，使中国钢铁工业工艺技术进步和结构优化，取得了大幅度提

高生产效率、大幅度节能降耗、降低成本和提高质量等突出成就,使全行业对国内外市场激烈竞争的适应能力大大提高;其中通过正确选择和重点研究若干关键共性技术,并将有效投资与技术进步紧密结合,迅速形成具有较强竞争力的生产力,这对于带动一大批钢铁企业生产流程的现代化和企业结构的优化起到了关键作用。当然,也必须认识到积极利用国际资源以及连铸、连轧机、高炉、转炉等大批技术装备的国产化,也是中国钢铁工业得以快速发展的直接原因。

钢铁生产流程是一个多尺度的复杂流程系统,通过动态搜索“技术瓶颈”,筛选出对整个流程关联度大的关键技术,重点有序地组织攻关和分步推进并系统集成起来,并将技术突破与有序有效的投资、技改相结合,以形成较强的竞争力。同时,行业管理部门在投资导向、技术开发应用和技术集成等方面起到了积极的推动作用。20世纪90年代以来主要研究和开发的关键共性技术有:

- (1)连铸技术;
- (2)高炉喷吹煤粉技术;
- (3)高炉一代炉役长寿技术;
- (4)棒、线材连轧技术;
- (5)流程工序结构调整的综合节能技术;
- (6)转炉溅渣护炉技术。

这六项关键共性技术是有序发展和突破的,连铸技术是核心。由于连铸技术的快速发展,促进了整个

生产流程的衔接、匹配和优化,具有明显的关联带动作用 and 协同效应。通过加速发展连铸,向上游带动了铁水预处理、溅渣护炉技术的应用,成倍地提高了转炉、电炉的生产效率;进一步向上游推动了高炉喷吹煤粉技术、高炉长寿技术的开发应用,促进了炼铁系统的技术优化并健康发展。向下游带动了连轧技术的发展(特别是棒材、线材轧机的连轧化)以及铸坯的热送热装甚至直接轧制等技术的发展。在上述各项技术突破性发展的同时,以流程优化为主体的综合节能技术也取得了良好的效果。

这六项关键共性技术的先后突破和有时序性地集成,使中国大多数钢厂的生产流程产生了结构性的变化,使绝大多数钢厂在增产、节能、降低成本、提高产品质量、减少各工序的排放量、提高劳动生产率等方面,都取得了明显的技术整合效果。

本书从 20 世纪 90 年代中国钢铁工业技术进步的角度出发,重点针对六项关键共性技术对中国钢铁工业发展的影响,进行了深入的分析和探讨,并对 21 世纪初中国钢铁工业的发展思路提出了相应的思考和建议。作者希望通过总结 20 世纪 90 年代以来中国钢铁工业技术进步的宝贵经验,为今后中国钢铁工业进一步健康发展提供有益的启示。

本书可作为钢铁企业的领导、科技人员,研究院所和设计院等钢铁从业人员和相关行业人员的参考书,也可为其他流程工业的发展提供借鉴。

在殷瑞钰院士的提议下,本书从2002年10月开始准备,组织行业专家,进行广泛的调研和研讨,历时一年半,于2004年上半年完成初稿。

全书分为三章,第一章回顾、归纳了中国钢铁工业20世纪90年代以来的发展进程;第二章针对连铸、高炉喷吹煤粉、高炉长寿、棒线材连轧化、流程工序结构调整综合节能技术和转炉溅渣护炉技术等六项关键共性技术的背景、技术开发过程和集成产生的效果进行了深入分析;第三章分析了有序、有效投资对关键共性技术的推广应用和对钢铁工业技术进步产生的影响,提出了对今后钢铁工业发展的一些思考和建议。第一章和第三章由王晓齐、李忠娟和殷瑞钰共同完成,第二章由徐矩良、李世俊、苏天森、李文秀、张春霞、齐渊洪、程相利和许海川合作完成。苏天森对全书进行校阅,程相利博士为书稿的编排等做了大量的工作。全书最终由殷瑞钰院士总纂定稿。

在成稿过程中还承蒙中国工程院张寿荣院士、陆钟武院士、中国节能促进项目办公室蒋汉华教授、钢铁研究总院张士敏教授、中国钢铁工业协会徐寅处长等提供资料并提出宝贵意见。钢铁研究总院的王成喜先生、尹建威博士、胡长庆和陈丽云参与了本书的校对、排版。在此谨对他们的大力支持和帮助表示衷心的感谢!

限于时间和水平,书中不当之处,敬请批评指正。

作 者

2004年9月30日

目 录

1	20 世纪 90 年代中国钢铁工业发展和技术进步的 简要回顾·····	1
1.1	概况·····	1
1.2	六项关键共性技术的突破·····	4
1.3	六项关键共性技术的协同效益及与投资的 有效结合·····	8
2	20 世纪 90 年代中国钢铁工业若干关键共性技术的 发展及演变·····	11
2.1	连铸技术·····	11
2.1.1	1990 年以来中国钢铁工业大力发展连铸 的背景·····	11
2.1.2	中国连铸生产的发展历程·····	13
2.1.3	1990 年以来连铸技术对钢铁工业发展的 重要推动作用·····	17
2.2	高炉喷吹煤粉技术促进炼铁集约化发展·····	22
2.2.1	提出加速发展高炉喷煤的背景·····	22
2.2.2	20 世纪 90 年代以来高炉喷煤技术的 发展历程·····	24
2.2.3	高炉喷煤技术的发展促进了炼铁整体 水平的提高和经济环境效益的改善·····	31
2.3	延长高炉炉役寿命·····	34
2.3.1	提出延长高炉炉役寿命的国内外背景·····	34

2.3.2	20 世纪 90 年代以来高炉长寿技术的发展历程和关键技术·····	35
2.3.3	高炉长寿的成果与效益·····	39
2.4	棒线材连轧化·····	41
2.4.1	发展棒线材连轧化的背景·····	41
2.4.2	棒线材连轧化和国产化的进程·····	43
2.4.3	棒线材连轧化的关键技术和集成·····	48
2.4.4	棒线材连轧化、国产化的成就·····	48
2.5	流程工序结构调整为主的综合节能技术·····	51
2.5.1	钢铁工业重视节能工作的起因·····	52
2.5.2	节能降耗的发展过程·····	53
2.5.3	20 世纪 90 年代以来取得的节能效果·····	54
2.5.4	节能对环境的影响·····	58
2.6	转炉溅渣护炉技术·····	60
2.6.1	溅渣护炉技术发展的背景·····	60
2.6.2	溅渣护炉技术在我国的发展过程·····	61
2.6.3	溅渣护炉技术取得的主要成果·····	62
3	及时有序的投资对 20 世纪 90 年代中国钢铁工业技术进步的重要推动作用·····	66
3.1	关键共性技术与有效投资的结合对 90 年代中国钢铁工业增长方式转变的推动·····	66
3.2	有关思考与建议·····	72
附 录	·····	79
附录 1	1970~2002 年世界主要产钢国的粗钢产量·····	79

附录 2	1981~2002 年世界主要产钢国的连铸坯 产量和连铸比	80
附录 3	1980~2002 年中国钢产量和主要技术 经济指标	82
附录 4	1980~2002 年国产铁矿石和进口铁矿石及 进口废钢	83
附录 5	日本高炉容积大于 4000m^3 以上的高炉及 所属厂	84
主要参考文献		85

1 20 世纪 90 年代中国钢铁工业发展和 技术进步的简要回顾

1.1 概况

20 世纪 90 年代以来是中国钢铁工业快速发展的时期,粗钢产量由 1990 年的 6535 万 t 增加到 2002 年的 18225 万 t(图 1-1),13 年间增长了 1.78 倍,年均增长 893.8 万 t。2002 年中国人均钢产量达到 141 kg/(人·年),首次超过了 138 kg/(人·年)的世界平均水平。自 1996 年以来我国钢产量已连续 8 年居世界首位。

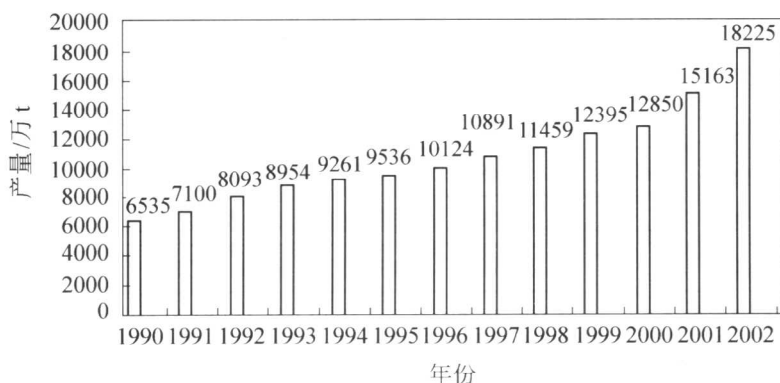


图 1-1 1990 年以来中国的粗钢产量的变化

90 年代以来,由于中国钢铁工业采取了一系列技术进步和有效投资的措施,钢铁企业结构得到了调整和优化,中国钢铁工业的技术水平得到了全面提升。90 年代初,全行业 51 项主要技术经济指标还普遍低于国际平均水平,到 2001 年不仅绝大多

数技术经济指标达到了国际平均水平,而且相当一部分达到了国际(日本、德国)先进水平(表 1-1、图 1-2)。特别是钢的综合成材率在 2002 年已达到 94.20 %,与 1990 年的 83.21 % 的全国平均综合成材率相比较,提高了 11 个百分点。2002 年钢厂的吨钢可比能耗下降到 0.715 t 标煤,与 1990 年的 0.997 t 标煤相比较,每吨钢下降了 0.282 t 标煤。2002 年,重点大、中型企业高炉利用系数平均达到了 $2.448 \text{ t}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$,平均入炉焦比下降到 415 kg/t,平均喷煤比为 125 kg/t。转炉炉衬寿命平均达到 4000 炉以上,不少转炉寿命在 10000 炉以上。2002 年全国连铸比达到了 92.65 %,较 1990 年的 22.65 % 的连铸比有了大幅度的增长,而且分别从 1999 年和 2001 年起,钢铁行业连铸比和全国连铸比分别超过了国际钢铁工业的平均水平。

表 1-1 90 年代以来中国的钢产量和连铸主要技术指标

年 份		1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2001(世界 平均水平)
产 量 /万 $\text{t} \cdot \text{a}^{-1}$	钢	6535	8093	9261	10124	11459	12850	18225	
	增 量	376	993	667	588	568	454	3062	
	连铸坯	1480.0	2482.2	3654.2	5392.9	7883.2	10522.4	16885.0	
	增 量	475.6	588.7	623.7	960.4	1277.3	931.2	3253	
全国连铸比/%		22.65	30.67	39.46	53.27	68.80	81.89	92.65	
钢铁行业连铸比/%		25.07	31.79	41.75	55.91	71.11	84.81	93.03	86.60
钢铁行业吨钢综合能 耗(标煤)/ $\text{t} \cdot \text{t}^{-1}$		1.611	1.574	1.519	1.392	1.009	0.920	0.815 ^①	
钢铁行业吨钢可比能 耗(标煤)/ $\text{t} \cdot \text{t}^{-1}$		0.997	0.964	0.958	0.959	0.901	0.781	0.715	
钢铁行业高炉喷吹煤 粉量/ $\text{kg} \cdot \text{t}^{-1}$		50.0	50.30 ^①	61.30 ^①	72.0	94.9	117.0	125.0 ^③	80.0~190.0

续表 1-1

年 份	1990	1992	1994	1996	1998	2000	2002	2001(世界 平均水平)
钢铁行业高炉入炉焦 比/ $\text{kg}\cdot\text{t}^{-1}$	557	550.63	566	495	496	437	415 ^①	420~475
钢铁行业高炉利用系 数/ $\text{t}\cdot(\text{m}^{-3}\cdot\text{d}^{-1})$	1.73	1.81	1.81	1.75	2.02	2.15	2.45 ^①	2.2
重点企业转炉利用系 数/ $\text{t}\cdot(\text{t}\cdot\text{d})^{-1}$	22.60	30.24	28.19	25.59	27.37	31.80	36.43	
钢铁行业转炉炉龄/炉	438	487	592	1127	1858	3500	4268	
重点企业综合成材率 /%	83.21	84.5	86.76		89.81	92.48	94.20	

数据来源:历年《中国钢铁统计》。①重点企业数据。

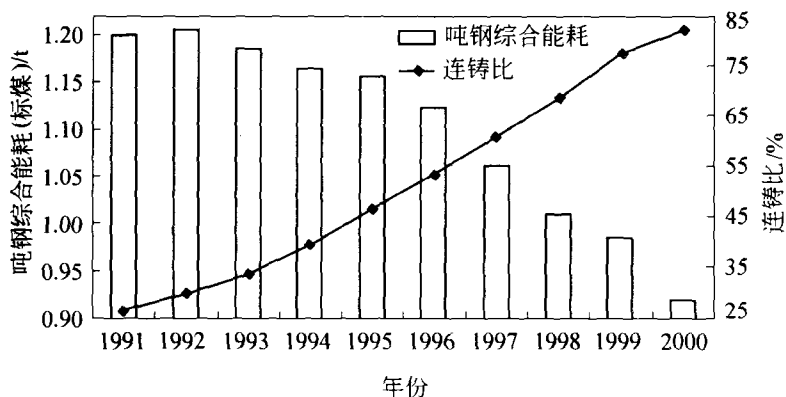


图 1-2 1991~2000 年间中国连铸比与吨钢能耗的变化

钢铁工业整体技术装备水平也上了一个大的台阶。90年代初,只有宝钢、武钢等企业装备了为数不多的现代生产线,到90年代末几乎所有的重点大中型钢铁企业都装备了一条或几条具有国际先进水平的生产线,鞍钢、攀钢、首钢、太钢、邯钢、济钢、唐钢、莱钢、湘钢等一大批老企业经过整体现代化技术改造

后,结构得到了优化,面貌焕然一新,企业竞争力明显提高。

重点大中型钢铁企业的炼铁、炼钢、轧钢三个主要工序设备的大型化、自动化、连续化比例(按生产能力计算)大幅提高,炼铁工序大于 1000 m^3 的大型高炉产铁占全国生铁产量的比例,由 90 年代初的不到 30 % 提高到 2001 年的 51 %;炼钢工序大于 50 t 的转炉产钢比例由 22 % 提高到 54 %;轧钢工序连续式或半连续式棒线材轧机所产钢材比例由不到 20 % 提高到 2001 年棒钢连轧比近 55 %,高线比达 60 %。连轧薄板轧机的能力迅速扩大,水平不断提高,相当一部分是当代一流的。

在这一发展时期,行业管理部门发挥了主导作用。首先是通过动态搜索钢铁工业发展的“技术瓶颈”问题,对若干关键共性技术作出判断和正确选择;其次是分步重点突破,对选择的关键共性技术组织科技攻关,并在行业中选择具备条件的企业,实施示范工程;第三是普及推广,发挥市场配置资源的基础作用,调动企业作为投资主体的积极性,使技术突破与有效投资结合,形成竞争力。行业的作用主要体现在积极推动这些关键共性技术的延伸、扩展、深化;积极组织通过国产化技术和装备使投资费用降低,同时促进关联技术、关联产业、关联产品的集约化发展。

中国钢铁工业自 20 世纪 90 年代以来,在技术进步战略的选择和展开上,发生了明显的转折,从只注重单体技术的攻关(而且往往是有限的“点”上攻关)转向关键技术、共性技术的大面积突破,进而通过及时、有序的战略投资使之集成为钢厂生产流程的整体优化,实现企业技术整体结构升级。

1.2 六项关键共性技术的突破

90 年代以来,中国钢铁工业大面积突破和推广了六项关键

共性技术,主要有:连铸技术、高炉喷吹煤粉技术、高炉长寿技术、棒线材连轧化技术、溅渣护炉技术和贯穿流程工序结构调整的综合节能技术等。

(1) 连铸技术

连铸技术在现代钢铁生产流程的运行过程中处于核心工序的位置,它对上游工序和下游工序的运行和发展都有极大的关联度。

从20世纪80年代后期开始,我国钢铁工业确立了“以连铸为中心”的生产技术方针,90年代以来更加重视发展连铸技术,先后攻克了连铸机达产技术关、全连铸生产技术关、高速高效连铸技术关、铸坯质量关和多炉连铸关,并积极进行了薄板坯连铸—连轧技术的有关工程项目的投资与开发。这期间,中国钢铁行业的连铸比由1990年的25.07%(1480万t)增长到2002年的93.03%(16885万t)。连铸技术的快速发展获得了如下几方面的技术—经济效益:

① 钢的综合成材率提高了约11个百分点(包含连轧技术的贡献);

② 转炉利用系数快速增长,特别是中、小转炉的利用系数由1990年的22.60 t/(t·d)增长到1999年的53.08 t/(t·d),实现了成倍增长(1999年以后,不再单独统计中、小转炉的利用系数,全国转炉利用系数仍呈上升趋势,见表1-1);

③ 快速淘汰了初轧/开坯工序,促进了横列式和复二重棒、线轧机的连续化改造;

④ 一火成材、铸坯热送—热装等工序结构性节能效益实现;

⑤ 当全国连铸比超过50%以后,平炉—模铸工艺由于成本高等原因,被迅速淘汰。2001年底全国冶金行业的平炉全部关闭。