

钢 铁 科 普 丛 书

中国科学技术咨询服务中心
中国金属学会

推荐出版

炫丽钢铁

XUANLI GANGTIE

钢铁的花样年华

武汉钢铁(集团)公司科学技术协会◎编

冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press



钢铁科普丛书



炫丽钢铁

钢铁的花样年华

武汉钢铁(集团)公司科学技术协会◎编



北京
冶金工业出版社
2014

图书在版编目(CIP)数据

炫丽钢铁：钢铁的花样年华 / 武汉钢铁(集团)公司科学技术协会编. — 北京：冶金工业出版社，2014.9

(钢铁科普丛书)

ISBN 978-7-5024-6700-5

I. ①炫… II. ①钢… III. ①钢铁工业—普及读物
IV. ①TF-49

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第200167号

出版人 谭学余

地址 北京市东城区嵩祝院北巷39号，邮编100009 电话 (010)64027926

网址 www.cnmp.com.cn 电子信箱 yjcs@cnmp.com.cn

责任编辑 曾媛 美术编辑 彭子赫 版式设计 彭子赫 孙跃红

责任校对 禹蕊 责任印制 牛晓波

ISBN 978-7-5024-6700-5

冶金工业出版社出版发行；各地新华书店经销；北京博海升彩色印刷有限公司印刷
2014年9月第1版，2014年9月第1次印刷

169mm×239mm；8.5印张；106千字；122页

39.00元

冶金工业出版社 投稿电话 (010)64027932 投稿信箱 tougao@cnmp.com.cn

冶金工业出版社营销中心 电话 (010)64044283 传真 (010)64027893

冶金书店 地址 北京市东四西大街46号(100010) 电话 (010)65289081(兼传真)

冶金工业出版社天猫旗舰店 yjgy.tmall.com

(本书如有印装质量问题，本社营销中心负责退换)

《钢铁科普丛书》编委会

总 策 划 邓崎琳
主 编 傅连春
技术顾问 于仲洁
副 主 编 蒋扬虎 毛新平 寇汉萍 李铁林
李国甫 李雁宁
责任编辑 贺才贵

委 员 (按姓氏笔画为序)

于仲洁 毛新平 邓崎琳 李国甫 李铁林
李雁宁 赵慧军 贺才贵 顾 钧 寇汉萍
蒋扬虎 傅连春 魏丛艳

本书编写人员 (按姓氏笔画为序)

马贵生 丰恒夫 王 隼 王永磊 王志强
史万顺 吕绉秀 朱付涛 苏 明 苏贤伟
杜 婉 杨 慧 杨华清 李国甫 肖 旭
吴振坤 张 昊 张 涛 张寿荣 陆小光
陈 敏 周学俊 段光豪 袁 伟 钱高伟
倪桂珍 徐希义 高荣生 唐秀兰 唐国成
黄海香 董存曦 詹胜利 熊 飏 潘金保
戴志宝

普及科技知识
提高公民素质
促进社会发展

张寿荣

中国工程院院士张寿荣题词

序

钢铁工业是国民经济的重要基础产业，是国家经济水平和综合国力的重要标志，钢铁冶炼技术的发展直接影响着与其相关的国防工业及建筑、机械、造船、汽车、家电等行业。

经过几代人不懈努力，中国钢铁工业取得了巨大成就。但我们也看到，虽然我国钢铁行业的产量已经连续十年居世界之首，但这绝不表示中国已是钢铁强国。产量的辉煌掩盖不了钢铁行业的内在危机。能耗大、总量严重过剩、产品结构不合理，是其危机的主要表象。钢铁行业的发展已经到了必须依靠科技创新为根本驱动力的新阶段，必须抓住机遇，加强科技创新，让钢铁行业切实转入创新驱动、未来转型升级、全面协调可持续发展轨道。

推动科技进步和创新，不仅需要广大科技人员的努力，而且需要广大职工的参与，促进科研与科普有机结合，加大钢铁前沿技术的传播速度和覆盖广度。为此，在中国科学技术咨询服务中心、中国金属学会等大力支持下，武汉钢铁（集团）公司科学技术协会历时三年编撰了本套《钢铁科普丛书》，以武钢发展历程为基础，进而阐述钢铁行业发展史、普及钢铁行业冶炼技术知



识。我们通过科普读物的形式，将钢铁冶金这个庞大的科学技术体系呈现给广大读者。撰写本书的作者都是武钢从事钢铁冶金技术研究的专家和钢铁生产一线的科技工作者，他们热爱企业、基础坚实、学风严谨、勤奋探索、成果斐然。他们毅然承担并严肃认真地撰写《钢铁科普丛书》，在此，我对他们献身钢铁工业和科普事业的精神深为钦佩，并表示由衷的感谢！

《钢铁科普丛书》收录的文章涉及面广，知识性、趣味性和可读性强。相信本丛书对于传播钢铁技术、弘扬钢铁文化、增强企业自主创新能力起到促进作用；希望通过普及钢铁冶金知识，凝聚更多的热爱钢铁冶金事业的工作者，积极投身于技术创新实践中，为我国钢铁事业进步，为全面建成小康社会，实现“中国梦”而努力奋斗。

中国金属学会副理事长、科普委员会主任
武汉钢铁(集团)公司董事长、党委书记、科协主席

前言

在我国钢铁行业还处在春寒料峭的时期，《钢铁科普丛书》即将在冶金工业出版社付梓。该丛书的出版，犹如春天的使者，给钢铁行业送来了一抹暖融融的春光。

钢铁，文明之基石；钢铁，国家之脊梁。钢铁是工程技术中最重要、用量最大的金属材料。大到航空母舰、铁路桥梁，小至家用电器、锅碗瓢盆，钢铁无所不在，无所不能，无所不有，无所不至。为了弘扬钢铁文化、传播钢铁知识、普及钢铁技术、宣传钢铁产品，武钢科协历时三年，精心编辑了这套《钢铁科普丛书》。全套丛书由《魅力钢铁》、《炫丽钢铁》、《绿色钢铁》3册书组成。其中，《魅力钢铁》，让我们品味钢铁源远流长的历史和博大厚重的文化；《炫丽钢铁》，让我们领略钢铁点石成金的魔力和日新月异的科技；《绿色钢铁》，让我们感受钢铁节能减排的神奇和综合利用的魅力。每一篇文章，深入浅出，娓娓道来，通俗易懂；每一册书，主题鲜明，图文并茂，生动有趣。因此，可以说，这套丛书是一部反映人类文明与钢铁文明共同进步的“史话”，是一部传播钢铁科学技术的“全书”。

丛书共收录83篇科普短文，将钢铁冶金这个庞大的科学体系庖丁解牛般地呈现给广大读者，贴近实际、覆盖面广、可读性强，使钢铁生产火光冲天、热闹非凡的场景得以用全景图的形式铺展开来。参与编写这套丛书的作者，绝大部分人是来自武钢生产一线的科技人



员，其中不乏初次撰写科普文章的作者。为了提高作品质量，武钢科协先后举办了科普创作培训班、科普创作笔会，建立网上创作交流平台，邀请科普作家指导、修稿，聘请技术专家审稿、把关。很多文章都是几易其稿，精益求精；每篇文章的标题更是反复推敲，精心制作，有很强的艺术感染力。每一篇文章做到科学性、思想性、趣味性的完美统一，给读者以智慧、美感、愉悦和启迪。因此，也可以说，这套丛书是集体智慧的结晶，是科普佳作和美文的集结。

武钢长期重视企业科普工作，形成了具有武钢特色的“文画声光网”科普工作格局，是蜚声企业界的科普标杆单位。本套丛书的出版，再一次凝聚了武钢各级领导的殷切关怀。武钢副总经理傅连春亲自担任主编；《钢铁研究》主编于仲洁担任技术顾问；武汉钢铁（集团）公司董事长、党委书记邓崎琳百忙之中为本丛书作序；原武钢领导、中国工程院院士张寿荣，已是耄耋之年，不仅为本书题词，还奉献了他的一篇钢铁科普佳作，更使本丛书熠熠生辉。相信读者打开这套丛书，一定会爱不释手，阅必终篇，在获得钢铁科学知识的同时，对被誉“国之脊梁”的钢铁有更深刻的认识和感受。让我们共同努力，为实现“钢铁梦”、“中国梦”作出新贡献！

编者

2014年9月

目 录

钢铁制造流程技术创新史话 / 1

钢铁食粮

港口码头的“水上坦克”——浮趸式桥式卸船机 / 13

混匀取料的“大胃王”——滚筒取料机 / 18

165 度的华丽转身——翻车机 / 22

橡胶输送带连接技术“三剑客” / 26

原料场矿石堆积工艺的奥秘 / 32

话说混匀矿 / 36

为高炉烹饪美味佳肴 / 40

“其貌不扬”的煤焦油 / 45

粗苯为什么要加氢? / 48

炼焦煤调湿是咋回事? / 51

诱人的干熄焦技术 / 56

百炼成钢

漫谈高炉鼓风机拔风系统 / 61

现代高炉炼铁辅助技术 / 64

“面粉”的再利用——铁水脱硫造渣剂 / 70

钢铁中的“害群之马”——硫、氮、氢 / 73

“镁不胜收”话脱硫 / 77

转炉炼钢“粗粮”代替“细粮” / 80

“补锅”——冶炼用锅修补工艺 / 83

炉外精炼 风光无限 / 87

重轨高洁净度的保障——RH 真空处理工艺 / 90

真空炼钢的“好帮手”——真空设备 / 93

百变成钢

炼钢—轧钢一体化的“功臣”——连铸坯热送热装技术 / 99

历久弥新的钢铁热处理技术 / 102

热轧带钢起“皱纹”的秘密 / 106

探秘热轧氧化铁皮 / 110

冷轧机的精确“制导系统”——厚度自动控制技术 / 113

HMI 技术在轧制润滑工艺中的应用 / 118

后记 / 122



钢铁制造流程技术 创新史话

高等动物人类的祖先与其他动物的主要区别之一在于能使用和制造工具，这是人类得以发展和创造出文明的重要前提。人类祖先要使用工具就要寻找制造工具的材料，首先是石头，然后是青铜，最后是铁。考古学家们把人类的文明史划分为石器时代、青铜时代和铁器时代，就是以人类制造工具的主要材料为依据的。

考古研究认为，公元前 2900 年就已冶炼出金属铁（在埃及金字塔中发现），但至今未发现有文字的记载。关于冶炼过程的第一个描述是埃及公元前 1500 年古墓墙上的壁画。我国约在公元前 1500 年进入青铜时代，公元前 600~500 年进入铁器时代。铁以其在地球上特有的赋存状况和物理化学性能优势，在人类文明形成过程中，成为人类社会所使用的最主要的材料，而且在可预见的未来中不会改变。钢铁工业已成为支撑人类社会文明的基础产业。



古人从富铁矿中得到铁。由于工艺简陋，不可能达到金属铁融化的温度，首先冶炼出的不是液态金属，而是半熔融状态的金属铁和液体渣的混合物，把渣挤压出去得到含碳低的熟铁。按现代的分类，熟铁属于钢的范畴。因此可以认为，在人类文明史上，人类先冶炼出“钢”，许多年之后才冶炼出铁。据考古学者的研究，早期的冶炼炉是熔融洞，用石块砌筑并涂上泥衬，用风箱送风。风箱是人力驱动的，使用的燃料和还原剂是木炭。熟铁太软，不能制造器具，古代人创造了熟铁渗碳的技术，使熟铁转变为钢。

随着冶炼炉容的增大，炉体高度的增加，冶炼炉演变成立式炉。随着炉容增大，竖炉内温度升高，冶炼出的不是熔融状态的熟铁而是液态铁水，铁水凝固后得到生铁，生铁可以铸成器具。14世纪欧洲出

现了竖炉，这种还原和熔化铁矿石的竖炉是近代高炉的前身。

生铁与熟铁不同，可以铸成器具，虽硬但质脆，不具备韧性和延展性而不能制成工具。要得到具备韧性和延展性的钢，必须使生铁中的碳降低并除去含有的杂质。办法是将生铁中的碳氧化。西方采用的工艺是用搅钢炉将生铁炼成熟铁，然后用渗碳工艺得到钢。

我国是最早掌握冶铁技艺的世界文明古国之一。秦朝时期已在主要产铁地区设置铁官，当时我国的冶铁技术处于世界领先地位。详细记载我国古代冶铁技艺的书有宋应星著的《天工开物》（此书初刊于1637年）。书中对当时铁、钢冶炼过程有详细的描述。



炼铁



随着冶铁工艺的不断改进，钢、铁产量规模不断扩大。长期经验的积累，使钢铁冶炼和加工成为一门技艺。无论在西方或东方，钢铁冶炼加工均以一定规模的冶铁手工作坊的形式成为农业之外手工业的重要组成部分。

进入 19 世纪，欧洲的工业革命已经开始。当时蒸汽机、铁路、轮船都已经出现，需要大量生产钢铁来支持工业、交通、运输业的发展。当时木炭高炉的生铁产量可以达到每周 15 吨，但搅钢炉一炉的产量只有 500 磅。生铁太脆，而熟铁不能大量生产，均无法满足要求。铁路的轨道是木制的，上面包一层铁皮，船舶、建筑物、大部分桥梁都是木制的，甚至容器也是木制的。工业革命期盼着新的材料制造业的诞生。

18 世纪以前炼铁作坊的高炉使用的燃料是木炭，当时产铁大国英国不得不大量砍伐森林来烧制木炭。进入 18 世纪，英国政府下令禁止砍伐森林烧木炭，使许多木炭高炉停产，开始试用煤代替木炭炼铁。直到 1718 年，英国人 Abraham Darby 在 Shropshire 的 Coalbrookdale 厂的高炉上成功地用焦炭全部取代了木炭。此项技术在 1771 年以后得以推广，为其后炼铁高炉进一步发展提供了重要的物质基础。

早期的高炉使用的是冷风，高炉冬天产量高，夏天产量低。有人错误地认为冷风比热风好，却忽视了冬天空气湿度低，利于提高燃烧温度的特点。直到 1828 年，James Neilson 在苏格兰的高炉上进行了加热鼓风试验成功后，使高炉炼铁由冷风改为热风，这一技术创新为高炉提高生产力、降低能源消耗提供了重要的技术支撑。

工业革命要求炼钢工艺在提高生产力上有新的突破。1850 年至 1860 年间英国人 Henry Bessemer 根据化学热力学计算，推算出使用铁水炼钢向铁水中吹氧气，去除铁水中碳和其他杂质，其所产生的热量

足以使得到的钢水处于高温的流动状态。Bessemer 提出用转炉替代搅钢炉的设想。Bessemer 的向液态热铁水表面吹氧去除杂质的实验最终在 Sheffield 取得成功。Bessemer 的技术创新使炼钢工艺的生产力上了一个大台阶，开创了炼钢史上第一次重大的工艺技术革命，为现代钢铁工业的形成奠定了基础。这一工艺被称为贝氏炼钢法。

搅钢炉一炉的产量只有 500 磅（约 227 千克），出一炉钢要 6~7 个小时。转炉一炉钢数以吨计，冶炼一炉钢只要数十分钟。贝塞麦转炉的出现适应了工业化对钢的需求。贝塞麦转炉的钢水可以直接铸成钢锭，炼钢过程不需要外加燃料。因此，贝塞麦转炉迅速得到推广。

贝氏炼钢法也显示出缺点，其去硫去磷能力差，钢水中气体含量高，钢的质量不如搅钢炉的熟铁。1855 年，英国工程师 William Siemens 发明了另一种炼钢工艺。该法由蓄热室加热燃烧煤气与空气，以此获得高温，将废钢和生铁融化成液态进行精炼，同时燃烧废气将热量传给蓄热室，如此反复循环。钢中的杂质靠炉渣中的氧化铁去除。这就是近代炼钢平炉的雏形。法国人 Pierre-Emile Martin 取得 Siemens 的专利权后加以改进，称之为 Siemens-Martin 法。由于其钢质优于贝氏炼钢法，1867 年在巴黎博览会上获得金奖。

当时平炉和转炉使用的耐火材料都是酸性的，因而脱硫脱磷效果差。1875 年英国的 S. G. Thomas 和 P. G. Gilchrist 发明了采用碱性炉衬和碱性炉渣的转炉炼钢方法，利用高磷生铁炼钢。其后平炉也改用了碱性炉衬和碱性炉渣，由此，平炉炼钢工艺得到大发展，成为 19 世纪后期和 20 世纪中期占统治地位的炼钢工艺。

自 1880 年碱性平炉炼钢法出现后，钢的生产能力大幅度提高，搅钢炉工艺逐渐被淘汰。以液态炼钢工艺为核心，形成了高炉—平炉炼



钢—铸锭—开坯—轧钢—热处理等工艺组成的钢材生产流程。与以前的钢铁生产作坊相比，该流程不仅生产规模大，成本低，而且产品质量好。最重要的是，这一工艺流程适时地满足了当时社会对钢铁产品的大量需求，支撑了人类社会的工业化进程（当时这一进程出现在欧洲和北美）。

随着钢铁生产能力的大幅度提高，钢铁厂数量增多，从业人员增加，使以手工作坊为主的钢铁冶炼技艺形成了产业——钢铁工业。

19世纪，工业发源地的英国钢产量在世界领先。1871年，英国钢年产量为33.4万吨，德国为25.1万吨，法国为8.6万吨，美国为7.4万吨。炼钢工艺技术革命后，由于拥有矿石、焦炭资源优势，在美国贝氏炼钢法得到迅速推广。1890年美国钢产量超过英国，成为第一产钢国，德国位居第二。碱性平炉出现后，取代了贝氏炼钢法。19世纪末出现了世界上第一代钢铁联合企业，如美国钢铁公司（1882年）、德国的蒂森钢铁公司（1890年）、日本八幡制铁所（1891年）、美国伯利恒钢铁