

中国长材轧制技术与装备

ZHONGGUO CHANGCAI ZHAZHI JISHU YU ZHUANGBEI

主 编 周 琳

副 主 编 陈其安 姜尚清

执行主编 彭兆丰



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

中国长材轧制技术与装备

主 编 周 琳
副 主 编 陈其安 姜尚清
执行主编 彭兆丰

北 京

冶金工业出版社

2014

内 容 简 介

本书以我国长材轧制技术的发展为背景,介绍了近年长材轧制技术的新进展,力求反映出在新的形势下,长材生产企业为了实现可持续发展,在轧制工艺、主辅设备及电气控制技术等方面所开展的创新性工作和取得的主要成果,以及长材轧制技术的发展趋势。书中所举的实例以其翔实的数据反映出我国已建和在建长材轧机的技术特点和先进程度。

本书可供从事轧钢生产、科研和管理工作的工程技术人员、科技人员和冶金院校相关专业师生阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国长材轧制技术与装备/周琳主编. —北京:冶金工业出版社, 2014. 6

ISBN 978-7-5024-6417-2

I. ①中… II. ①周… III. ①棒材轧制—中国 ②线材轧制—中国 IV. ①TG335.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 115544 号

出 版 人 谭学余

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 yjcs@cnmip.com.cn

责任编辑 李培禄 李 臻 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 石 静 责任印制 李玉山

ISBN 978-7-5024-6417-2

冶金工业出版社出版发行; 各地新华书店经销; 三河市双峰印刷装订有限公司印刷

2014 年 6 月第 1 版, 2014 年 6 月第 1 次印刷

210mm × 297mm; 47 印张; 1542 千字; 724 页

198.00 元

冶金工业出版社投稿电话:(010)64027932 投稿邮箱:tougao@cnmip.com.cn

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(100010) 电话:(010)65289081(兼传真)

(本书如有印装质量问题, 本社发行部负责退换)

《中国长材轧制技术与装备》

编辑委员会

主任委员：周 琳

副主任委员：王秉毅 褚建东 周积智 王京瑶

委 员：(按姓氏笔画排序)

丁 波	王国光	王 维	王 铁	于同仁	于根茂	任玉辉
李子文	李恒云	孔俊其	杜 斌	赵 云	吴立章	吴 迪
吴 伟	吴 焱	任国强	程 鼎	陈立坤	陈和铁	陈志伟
陆 波	谭雪峰	范思石	黎立璋	谈 震	雷 灿	徐佩笔
徐 寅	董志洪	唐劲松	谢永华	唐耀武	胡乃志	蒋泫弋
郭书奇	张玺成	熊 坚				

撰写委员会

主任委员：彭兆丰

副主任委员：范思石 王永明 吴 迪 徐 寅 董红卫 卢 勇

委 员：胡文超 耿承浩 张桂营 宋永琛 徐旭东 熊 坚 马志勇

任玉辉	张 欢	吴章忠	郭书奇	刘 炜	王任全	王京波
郭巨从	刘 辉	赵 云	谭文振	沈茂盛	李新林	王会东
徐 勇	朱宗铭	沐贤春	何家宝	王旭光	罗森光	

序 言

长材包括钢轨、大中小型型钢、棒材和线材，广泛应用于国民经济的建筑、铁路交通、航空航天、机械制造以及方兴未艾的新兴产业中，是社会经济可持续发展不可或缺的钢材品种。长材生产在我国钢铁工业中占有重要地位，其实际产量多年来高达3亿吨以上，占钢材总产量的50%左右。

长材生产技术和装备的进步一直是广受关注的热点之一。中国钢铁界历经几代人近半个多世纪的不懈努力终于使我国成为了长材的生产大国，技术装备水平进入了世界先进行列。

这些努力始于1958年的全民大炼钢铁之际，但直至20世纪80年代中期，仍收效甚微。当时我国的大中型、小型、棒材和线材生产仍然是横列式轧机的一统天下，且品种单一，落后面貌没能得到彻底改变。

1979年改革开放后，中国钢铁界以新的视觉观察世界，开始引进当时的国际先进技术与装备，如高速线材和合金钢小型连轧机等，走上了“引进、消化、吸收、再创新”的道路，实现了长材“高速、无扭、无张力”生产。至2000年左右，我国就已建成了几十套连续式小型棒材和线材轧机，国产化的比例持续提高。与此同时，我国长材的品种和质量也有了大幅度的提高。如高级别带肋钢筋和紧固件用圆钢、H型钢、高速铁路用钢轨、汽车用长材和高级别、多样化的特钢棒材等都实现了国产化，有力地支撑了一系列传统产业和新兴产业的技术更新换代和结构调整。

从20世纪末期开始，我国长材的产品、技术和装备就开始逐步进入国际市场，不少单位都能够向国外出口全套的技术装备。

进入21世纪的我国钢铁产业必须转变发展模式，走可持续发展的道路，克服资源环境制约，这已成为全社会的共识。基于庞大的产量基数和在经济建设中不可替代的作用，长材产业首当其冲，必须全面贯彻科学发展观，以创新驱动实现技术与产品的升级换代，为我国社会和经济的可持续发展做出贡献。

恰逢此时，中国金属学会轧钢分会和中国钢铁工业协会科技环保部组织了

全国与长材相关的研究设计单位、大学和生产厂 60 多位专家编著了《中国长材轧制技术与装备》一书，分轨梁、大中型型钢、小型棒材、线材、精整热处理等方面对长材的生产工艺、设备、自动化技术和产品的现状以及发展趋势进行了较为全面的论述。本书全面反映了我国长材产业的发展历史和当前的综合水平，必将对我国产业结构调整、技术与产品的升级换代、向世界长材强国迈进有所裨益。对于关注长材产业的国内外读者，它也是一本不可多得的参考书。

由衷感谢参与本书撰写、编辑、出版和发行的同志们。

中国金属学会轧钢分会理事长
鞍钢集团公司总经理



前 言

(一)

长材也称型钢，包括钢轨、大中小 H 型钢和其他型钢、棒材和线材。我国是名副其实的长材生产大国，多年来产量稳居世界第一。近 40 年来长材的产量在我国钢材总产量中所占的比例一直在 50% 左右。例如，2011 年和 2012 年我国长材产量分别为 40281.4 万吨和 44398.8 万吨，分别占当年钢材总产量 88415.6 万吨和 95186.1 万吨的 45.57% 和 46.63%。与此同时，长材主流生产企业的技术装备及产品质量也进入了世界先进行列。我国长材的产量和质量的稳步提高，不仅为解决全国人民的住房、出行的道路（包括公路和铁路）、国家安全等直接提供了不可或缺的物质基础，还为国民经济其他产业部门的发展提供了有力的支撑，在国民经济中的重要性不言自明。

这些成绩的取得是中国钢铁界从 20 世纪 50 年代起，几代人大半个世纪的苦苦探索，并为之付出了巨大代价的结果，着实来之不易。

进入 21 世纪，可持续发展已成为全球经济发展的普适原则，如何实现资源环境友好的协调发展已是各领域共同探索、努力追求的主流目标。在我国长材已经远离供不应求转而面临产能严重过剩局面、钢铁工业正面对污染和资源消耗严重指责的今天，如何以创新驱动实现转型发展就是所有长材工作者继往开来的重任，光荣而艰巨。

这些年来，轧钢分会组织编辑出版了热轧带钢、冷轧带钢、厚板、无缝管、焊管等专业丛书，旨在系统地总结我国在相应生产技术领域的发展现状，提示今后的发展主题。但是，要在 21 世纪第二个 10 年出版的本书，却必须更加突出当前可持续发展的时代主题，以更高更开阔的视野总结过去展望未来。

为此，轧钢分会提议以中国金属学会轧钢分会和中国钢铁工业协会科技环保部出面组织，编写一部长材生产技术与装备的专著，并请中冶京诚瑞信长材

工程技术有限公司具体负责本书的编写工作。中冶京诚瑞信长材工程技术有限公司成立了以总经理周琳领衔、技术总监范思石主管、彭兆丰教授执掌日常编写事务的执编组。在拟出初步的编写提纲后,经过认真讨论认可,邀请有关大学、院所和工厂在长材生产和理论研究方面有造诣的专家为本书撰稿。

为长材出一本书,是我国许多钢铁人的共同愿望,也是笔者多年的夙愿。能够承担此重任并尽力赋予本书上述的时代特点,实为一大幸事。

(二)

关于本书的定位:本书可以是工程师、大学生和研究生的参考书,但它不是教科书,也不是设计手册。本书要以最新的资料和生产经验,较为全面地介绍长材轧制技术的各个领域,介绍它的过去、现在和可能的未来。尽管水平有限,我们仍然力图给读者一个完整、清晰的概念。

为此,笔者参考了这些年新出版类似的钢铁书籍,也查阅了美国、德国、前苏联在 20 世纪 80 年代以来出版的几本老书。其中,美国钢铁协会主编的《The Making、Shaping and Treating of Steel》一书从 1925 年至 1985 年的 60 年间再版了 10 次,被称为钢铁生产的“圣经”;德国钢铁协会主编的《钢铁生产概况》(冶金工业出版社 2011 年出版)等为本书的编写提供了很好的借鉴。笔者从中体会到一本好的技术著作尽管要有详尽、最新的资料,但更为重要的是要把握住它的定位和时代特点,给出明确的观点。即便对书中个别观点尚存在争议,也必须坚持这个原则。

在本书中介绍了一些炼钢—连铸的基本知识,其初衷来自笔者多年实际工作中的体会。其实,连续化、集成的生产模式以及产品应用的牵引已经成为当代钢铁工业发展的重要特征。将各工序分别单独考虑的处理方法已经让位于充分体现工序间协调互动的流程工程学的理念和方法。在长材物流中,轧钢工序正处于“承上启下”的重要位置,上承炼钢—连铸,下启长材的应用客户。近年来在长材新产品研发(应用牵引)的过程中,研发者逐渐发现,仅有先进的轧钢工艺和设备并不能生产出好的产品,需要从钢种研究开始,将炼钢—连铸工艺和轧钢工艺结合起来才能出好产品和取得好的经济效益。炼钢—连铸的知

识对轧钢工作者绝对不是多余的,而是必备的。因此,本书理应引导读者尽可能一体化地看待长材炼钢—连铸—轧制—应用技术进步的现状和发展趋势。其实,轧钢工程师具有相关炼钢—连铸知识是再自然不过的事。美国另一本名著《Hot Rolling of Steel》一书中就对炼钢—铸锭和连铸进行了较为详细的介绍。联想到我的前辈,学机械或别的专业,为轧钢做出了开拓性贡献者就有好几个。重要原因之一,就是他们有比较宽的知识面。因此,笔者大胆地将向国内众多炼钢—连铸专家学习的心得体会写进了书中。

长材中的大型、中型、小型和线材的分类是有界定的。如何划分这些产品在正文中有较详细的论述。本书中的小型棒材、线材基本遵循了传统的按类别叙述的方法;而大型、中型则没有。按传统的分类,重轨、大型H型钢、大规格圆钢应列入大型材,中型H型钢以其规格而论亦应属于大型材。对这些重量级产品本书采用分别独自建章的方式叙述。

重轨年产量不过300万~350万吨,并不是很高。但其质量却在长材中位于要求最高之列,是我国长材装备和生产水平的主要标尺。因此,列出单独的一章专门介绍。H型钢在我国不仅是新生事物,而且发展速度超快,2012年的年产量和消费量都在1000万吨左右,超过了其他所有异型材的总和。对这种“新而大”的产品当然要给以重点介绍,也专门列出了一章。

至于大规格圆钢,在我国和世界都不算新鲜,但我国在短短的几年中竟建设了近20条大圆钢生产线,在世界却是新鲜事。按“存在即合理”的哲学原理,大、中规格的圆钢生产线在我国大量新建与存在定有其合理成分,因此也列了一章来介绍它。

至于中型型钢,我国只建设了两条连续中型型钢生产线,且建成后的生产情况不是太好。横列式中型型钢轧机,只有两家国企和民企还在生产。因此,无论连续式还是横列式中型型钢轧机,不仅数量少,而且在技术上也并没有什么特色,故不作介绍。

随着合金钢比重的增加和对产品质量越来越高的要求,需要精整热处理的长材产品逐年增多。有关内容在过去教科书和技术专著中都介绍得比较少,而近年又涌现了一些新的热处理和精整方法,笔者认为这个短缺需要及时补上。

因此，也列出一专门的章节。

孔型设计是非常专业的技术，非有丰富实践经验的专家撰稿不可。原计划单独成为一章，请各专业生产厂的孔型设计专家执笔。收齐各方稿件后发现，就各单独品种而言，各孔型设计的稿件都写得不错；而就孔型设计技术自身而言，则显得系统性不足，一些相关的基础知识没有介绍，且并没有涵盖所有型钢产品的孔型设计方法。若将这内容补齐，恐过于繁杂，占用篇幅太多。因此，改而将孔型设计附在大、中型或小型、线材的章节中，这样较自由地发挥，可长可短。

特别要指出的是，有前苏联留学背景，在鞍钢孔型设计室、特别是攀钢大型厂工作过，有 30 年生产实践经验的老专家林建椿老先生，对大中型的孔型设计进行了仔细的审核，指正了其中的一些错误，并亲自撰写了球扁钢槽式轧制法一节，笔者在此对林老先生表示深深的谢意。

(三)

如前所述，以创新驱动实现转型发展是长材工作者继往开来的重任。如何创新？如何从我国钢铁及长材发展的坎坷历史中感悟“开来”的方向？本书虽然是一本技术专著，但越来越多的事实说明，技术并非万能。

20 世纪 80 年代以后，我国钢铁工业迅速走上了大型化、现代化、自动化的道路，迈入了大发展阶段。但长材生产却有一个挥之不去的困扰。欧洲、北美等先进地区，电炉钢占总量的 30% ~ 35% 左右，小型、线材生产多采用电炉钢，炼钢—连铸与轧制能力匹配，形成典型的短流程，优势明显。而我国废钢资源短缺、电力供应紧张且价格高，没有条件发展电炉炼钢，小型、线材轧制只能与高炉—转炉—连铸配合。由于产品单重小、轧机机时产量低，与先进的转炉炼钢—连铸能力严重失衡，发展受到严重的制约。经过多年努力，在 2003 年轧钢界终于将小型和线材轧机的单机产量提高到 80 万 ~ 100 万吨，甚至更高。高产量的棒材与线材轧机很适合与先进的转炉—连铸相匹配，这是我们 50 年来第一次找到了适合中国国情的小型和线材的生产工艺流程，即 1 炉（1 座转炉）—1 机（1 台 5 ~ 6 流的小方坯连铸机）—1 轧（1 套小型或线材轧机）的

生产模式。继首次在江西萍乡钢厂的设计中推出这个模式后，很快得到推广，为中国长材生产的快速发展提供了技术支撑。因此，从我国国情出发进行技术创新是长材发展的灵魂。

然而，此后却出现了始料不及的后果——对创新技术成果的喜悦和推广应用的激情很快被产能过剩的焦虑所取代。早在 2006 年，即已出现产能过剩的苗头；在随后的几年里势头仍然不减，长材从供不应求很快转变为严重过剩。我们多年努力获得的创新成果，从根本上改变了长达 50 多年之久长材短缺的局面，却在随后几年之内就坠入了产能严重过剩的困境。这些年来长材生产技术进步并没有停顿，尤其是主流企业的技术和产品都已迈入了国际先进之列。但与之形成鲜明对照的是，我们却也没有停顿地陷入越来越深的产能过剩的深渊。这究竟是因为什么？如何破解？

我们回顾中国钢铁工业发展的坎坷历史。先后有“在 15 年超英赶美号召下的 1958 年的全民大炼钢铁”、“经历了 9 年文革之后，1975 年在提出建设 10 个鞍钢”和“1985 年提出用小、洋、群等土办法把钢铁搞上去”等一而再、再而三的非理性行为。现在，并不能否认那些时期钢铁工业的技术的确有所进步，但还是走了弯路，没有得到正常的发展，反而给国家造成了巨大的损失。原因固然是多方面的，尚待后人给出中肯的评述。不过，结合今天的困境对我国钢铁业和长材走过 60 年的颠簸历程进行反思，不难得出这样的看法：技术很重要，但技术并不能决定一切。历史证明，最重要的是只有在科学发展观的正确指引下技术才能充分发挥它应有的作用。现在，创新驱动转型发展为长材的发展指明了方向，我们肩负着继往开来的重任，牢牢把握科学发展观必须放在首位。

(四)

本书是我国钢铁界相关专家集体创作的结晶。参加撰稿的有来自中冶京诚、东北大学、包钢、中冶东方、中冶华天、攀钢、鞍钢、唐钢、中国钢研科技集团公司、株洲硬质合金集团有限公司、淮阴钢厂、永锋钢铁有限公司、重庆川深金属新材料公司、青岛雷霆重工机械研究所等单位共计 60 余位业内

专家。

在轧钢分会的组织下，经过专家们的共同努力，这本包括长材轧制理论、生产工艺、设备与电控技术的《中国长材轧制技术与装备》就要交付出版了。这是几代人对我国长材轧制技术所做的较为系统的总结，学术水平的高低且留待大家评议。我们能说的是：我们尽力了。感谢各位撰稿人为本书所付出的辛勤劳动，感谢中国金属学会轧钢分会理事长张晓刚先生为本书作序，笔者更要感谢本人服务了半个多世纪的中冶京诚公司（北京钢铁设计研究总院）和瑞信长材工程技术有限公司的领导和各位同仁，是他们提供了如此宽松的工作环境又提供了如此丰富的资料，让笔者能与国内众多的专家共同来总结这些经验并结集出版。谢谢大家，谢谢为本书的出版而出过力的各位女士们、先生们！

彭兆丰

2013年12月27日于北京

目 录

第 1 篇 长材生产总论

1 长材概况	1
1.1 中国和世界的长材生产	1
1.2 长材的品种规格、分类和标准	3
1.2.1 长材的品种规格	3
1.2.2 我国长材产品标准	6
1.2.3 长材轧机形式、轧机尺寸和命名原则	7
1.3 我国长材生产的发展历史	11
1.3.1 1949 年以前的中国长材生产	11
1.3.2 1949 ~ 1979 年的中国长材生产	11
1.3.3 1979 年以后的中国长材生产	12
1.4 现代长材生产技术的特点	14
1.4.1 产品	14
1.4.2 装备现代化	14
1.4.3 坯料绝大部分采用连铸坯	15
1.4.4 轧机配置和布置高效化	15
1.4.5 上与炼钢连铸、下与精整热处理系统设计	15
1.4.6 普遍采用控轧控冷技术	16
1.5 中国长材生产的特点	16
1.6 长材轧制技术展望	17
1.6.1 轨梁轧制工艺和装备	17
1.6.2 开坯和大圆钢生产	18
1.6.3 小型棒材生产	19
1.6.4 线材生产	20
参考文献	21
2 长材生产系统中的炼钢与连铸	23
2.1 概述	23
2.1.1 导言	23
2.1.2 钢铁生产的基本流程	24
2.2 转炉炼钢	25
2.2.1 炼钢概述	25
2.2.2 转炉炼钢生产技术	27
2.2.3 炼钢方法的重大创新	29
2.3 连铸与模铸	33
2.3.1 概述	33

2.3.2 连铸机的主体设备	33
2.3.3 方坯连铸机的工艺参数	35
2.3.4 连铸工艺	35
2.3.5 连铸新技术	37
2.4 与长材轧机配套的炼钢—连铸生产系统	37
2.4.1 长材生产系统中的炼钢—连铸	38
2.4.2 长材生产系统组成实例	41
参考文献	46
3 长材轧制理论	48
3.1 长材轧机的典型布置形式	48
3.1.1 串列式布置	48
3.1.2 横列式布置	48
3.1.3 半连续式布置	49
3.1.4 全连续式布置	49
3.2 二辊孔型与四辊万能孔型轧制凸缘型钢的区别	50
3.2.1 凸缘型钢的轧制特点及使用万能孔型轧制的优点	50
3.2.2 在万能孔型和轧边端孔型中轧件的变形特点	51
3.2.3 横列式轧机与二辊开坯机接万能轧机轧制凸缘型钢的区别	52
3.3 型钢轧制的咬入条件	53
3.3.1 光辊的咬入条件	53
3.3.2 箱形孔型的咬入条件	53
3.4 型钢轧制的宽展和弯曲	56
3.4.1 Z. Wusatowski 法 (相对宽展公式)	56
3.4.2 相似轧件法	57
3.4.3 外接矩形法	58
3.4.4 等效轧件法	59
3.4.5 型钢轧制时轧件的弯曲	60
3.5 型钢轧制的力能参数计算	62
3.5.1 计算力能参数的意义	62
3.5.2 在孔型中轧制时单位压力和摩擦力的分布	63
3.5.3 轧辊与轧件接触面积的确定	64
3.5.4 平均变形速度计算	68
3.5.5 单位压力、轧制力和轧制力矩计算	68
参考文献	70
4 长材原料	71
4.1 概况	71
4.1.1 用钢锭作原料	71
4.1.2 用初轧坯作原料	71
4.1.3 用连铸坯作原料	71
4.2 钢锭	72
4.2.1 钢锭的种类	72
4.2.2 仍需要铸锭的钢种	72
4.2.3 钢锭重量和钢锭本体体积的确定 ^[3]	73

4.2.4 钢锭断面的选择	74
4.2.5 镇静钢钢锭的参考尺寸	78
4.2.6 钢锭的锭重和锭型数量	79
4.2.7 钢锭的处理	80
4.3 连铸坯	80
4.3.1 连铸坯的选择	80
4.3.2 连铸坯的缺陷及其分类	85
4.3.3 连铸坯的热送热装	88
4.4 钢坯修磨生产线	91
4.4.1 概述	91
4.4.2 需要检查清理的钢种和产品	92
4.4.3 方坯精整的工艺流程及平面布置	93
4.4.4 钢坯精整线主要设备	94
参考文献	96
5 长材坯料加热与加热炉	97
5.1 坯料的加热	97
5.1.1 坯料加热的工艺要求	97
5.1.2 炉内坯料的传热过程	97
5.1.3 加热炉产量和影响产量的因素	100
5.1.4 加热温度制度的选择	103
5.1.5 坯料加热的均匀性	103
5.1.6 炉压和影响炉压因素	104
5.1.7 坯料的氧化烧损	104
5.1.8 坯料的脱碳	106
5.1.9 坯料加热的能耗	107
5.2 加热炉炉型结构和设备	108
5.2.1 加热炉炉型	108
5.2.2 加热炉用烧嘴	109
5.2.3 预热器	110
5.2.4 加热炉钢结构	111
5.2.5 耐火材料的选用和砌筑结构	111
5.2.6 炉内水梁和垫块	112
5.2.7 加热炉附属设备	113
5.2.8 加热炉管道系统	117
5.2.9 汽化冷却管道系统	119
5.2.10 加热炉平面布置	121
5.2.11 加热炉操作	121
5.3 加热炉参数检测与控制	123
5.3.1 加热炉热工检测项目	123
5.3.2 加热炉热工控制回路	124
5.3.3 加热炉物料跟踪控制	129
5.3.4 加热炉过程优化控制	132
5.4 加热炉的节能与环保	136
5.4.1 加热炉的节能措施	136

5.4.2 加热炉的环保要求	136
参考文献	136
第 2 篇 长材轧制工艺	
6 钢轨与钢板桩生产技术	137
6.1 概述	137
6.1.1 钢轨发展简史	137
6.1.2 我国钢轨发展简史	139
6.1.3 高速铁路用钢轨的断面、钢种及强度	140
6.2 热轧钢轨生产线	150
6.2.1 现代钢轨生产的工艺流程	150
6.2.2 钢轨钢的冶炼和连铸	151
6.2.3 钢轨轧制法与典型布置	153
6.2.4 钢轨的轧制与精整	159
6.2.5 钢轨的主要缺陷及其预防措施	178
6.3 钢轨的钢种	183
6.3.1 钢轨钢的分类	183
6.3.2 我国钢轨钢的情况	186
6.3.3 钢轨钢的发展趋势	187
6.4 钢轨的热处理	189
6.4.1 钢轨热处理简史	190
6.4.2 钢轨热处理的基本原理	190
6.4.3 钢轨热处理工艺	191
6.4.4 国内外钢轨热处理厂家及工艺介绍	192
6.4.5 钢轨热处理工艺发展趋势	193
6.4.6 钢轨热处理实践	194
6.5 钢轨生产技术发展现状	197
6.5.1 世界各国钢轨研究现状	197
6.5.2 珠光体钢轨钢的成分、组织和性能	197
6.5.3 新型的合金钢轨和贝氏体钢轨	199
6.6 钢板桩生产技术	200
6.6.1 钢板桩国内外发展史	200
6.6.2 钢板桩的品种、规格及标准	201
6.6.3 钢板桩特征及用途	204
6.6.4 热轧钢板桩的轧制方法与典型工艺及孔型系统	204
参考文献	208
7 H 型钢生产	209
7.1 概述	209
7.1.1 H 型钢的断面特性	209
7.1.2 H 型钢在国民经济各个领域的应用	211
7.1.3 H 型钢的发展历史和当前概况	212
7.1.4 H 型钢的新发展	215

7.1.5 H型钢的钢种	216
7.2 大、中型H型钢生产线	218
7.2.1 大型H型钢生产线	219
7.2.2 中小型H型钢生产线	221
7.3 H型钢的生产工艺	223
7.3.1 原料的种类和尺寸	223
7.3.2 H型钢的加热	226
7.3.3 H型钢的轧制	229
7.3.4 H型钢的精整	233
7.4 型钢孔型设计	236
7.4.1 H型钢的轧制规程和孔型设计	236
7.4.2 履带板孔型设计	245
7.4.3 球扁钢孔型设计	251
7.4.4 矿用U型钢孔型设计	255
参考文献	259
8 开坯与大规格棒材生产	260
8.1 开坯与大规格棒材生产的发展概况	260
8.1.1 发展史概况	260
8.1.2 产品与市场情况	261
8.2 大棒生产线的轧制工艺介绍	263
8.2.1 大棒生产线的产品定位	263
8.2.2 大棒生产线的坯料选择	263
8.2.3 炼钢与轧钢之间生产能力匹配问题	264
8.2.4 大棒圆钢生产线的工艺流程	266
8.2.5 大棒生产线的平面布置	266
8.2.6 大棒生产线的轧制工艺	267
8.3 大棒生产的主要工艺设备	272
8.3.1 加热设备	272
8.3.2 中间坯清理设备	273
8.3.3 二辊可逆式初轧开坯机	274
8.3.4 剪机	275
8.3.5 二辊连轧机	275
8.3.6 编组设备	276
8.3.7 切定尺设备	276
8.3.8 冷床	276
8.3.9 热处理设备	276
8.4 中型棒材生产线	277
8.4.1 中型棒材与开坯—大型生产线的主要区别	277
8.4.2 中型棒材生产线特点	278
参考文献	280
9 小型棒材生产	281
9.1 小型棒材生产发展简史	281
9.1.1 小型轧机在世界的发展	281