

普通高等教育“十一五”国家级规划教材

轧钢机械设计

主 编 黄庆学

副主编 肖 宏 孙斌煜

北 京

冶金工业出版社

2007

前 言

本书是在原太原重型机械学院王海文教授主编的《轧钢机械设计》的基础上重新编写的。原书已出版 20 多年,经过多年的教学使用,深受学生和社会上读者的欢迎。但是,随着轧钢机械的新设备、新技术飞速发展,加之高等教育改革的逐渐深入,原书已不适应当前的时代发展,因此我们在原书的基础上进行了重新编写。

本次编写在保持原有主要内容基础上,增加了近年出现的主要新技术、新设备;增加了无缝钢管和焊管等方面的内容。

本书由太原科技大学的博士生导师黄庆学教授任主编,燕山大学的博士生导师肖宏教授、太原科技大学的孙斌煜教授任副主编。黄庆学教授编写第 1 章、第 9 章,李玉贵副教授编写第 2 章,孙斌煜教授编写第 3 章,杨晓明教授编写第 4 章,秦建平教授编写第 6 章,博士生导师双远华教授和副教授周存龙博士编写第 7 章,梁爱生教授编写第 10 章,周存龙副教授编写第 12 章,孟进礼高级工程师编写第 13 章,东北大学轧制技术与连轧自动化国家重点实验室副教授胡贤磊博士编写第 5 章,燕山大学肖宏教授编写第 11 章,谢红飙副教授编写第 8 章。全书由梁爱生教授进行了审查和修改。

本书在编写过程中引用了参考文献中各作者的研究成果,在此对他们表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,加之时间仓促,书中不足之处,恳请读者批评指正。

黄庆学
2006 年 12 月

目 录

第 1 章 绪言	1
1.1 我国钢铁工业现状	1
1.1.1 2005 年我国钢铁工业生产情况	1
1.1.2 我国钢铁工业发展存在的主要问题	3
1.1.3 “十一五”我国钢铁技术发展趋势及对策	3
1.2 当代轧钢技术发展的特点	4
1.2.1 轧钢生产技术的内涵转变	4
1.2.2 轧钢生产技术发展的特征	5
1.2.3 轧钢生产技术研究与发展的发展方向	5
1.2.4 高速度、快节奏的技术开发与成果转化	6
1.3 轧钢机械及其分类	6
1.3.1 轧钢机械	6
1.3.2 轧钢机的分类	6
1.3.3 轧钢辅助设备的分类	14
1.4 轧钢机械发展概况	15
1.4.1 带钢热连轧机成套设备的技术发展特点	15
1.4.2 宽厚板轧制技术的发展特点	15
1.4.3 冷连轧成套设备的技术发展特点	15
1.4.4 中小型型钢连轧机的装备技术	16
1.4.5 高速线材轧机的技术发展特点	17
1.4.6 钢管轧机的发展概况	17
1.5 尽快提高我国轧钢机械的设计水平	17
1.5.1 形势对工程设计的要求	18
1.5.2 现代设计方法及其特点	18
1.5.3 产品设计类型及产品设计原则	19
1.5.4 机械产品开发程序	19
思考题	21
第 2 章 轧辊与轧辊轴承	22
2.1 轧辊	22
2.1.1 轧辊的基本类型	22
2.1.2 轧辊的结构	22
2.1.3 轧辊尺寸参数的确定	22

2.1.4 轧辊材质的选择	25
2.1.5 轧辊的强度计算	27
2.1.6 轧辊的变形计算	31
2.2 轧辊轴承	33
2.2.1 轧辊轴承的类型及工作特点	33
2.2.2 滚动轴承	33
2.2.3 轧辊滚动轴承的密封	34
2.2.4 滚动轴承的寿命计算	34
2.2.5 液体摩擦轴承	36
2.3 轧辊与轧辊轴承寿命研究及应用	39
2.3.1 四辊轧机工作辊滚动轴承寿命的研究	39
2.3.2 高线轧机油膜轴承寿命的研究	40
2.3.3 大型轧机油膜轴承锥套损伤问题的实验研究	41
思考题	41
第3章 轧辊调整、平衡及换辊装置	42
3.1 轧辊调整装置的用途及分类	42
3.2 轧辊手动调整装置	42
3.2.1 上辊手动调整装置	42
3.2.2 中辊手动调整装置	42
3.2.3 下辊手动调整装置	42
3.3 轧辊辊缝的对称调整装置	43
3.4 电动压下装置	44
3.4.1 快速电动压下装置	44
3.4.2 压下螺丝的回松装置	45
3.4.3 慢速电动压下装置	46
3.5 双压下装置	49
3.5.1 电动双压下装置	49
3.5.2 电-液双压下装置	49
3.5.3 快速响应电-液压下装置	50
3.5.4 立辊轧机电-液侧压装置	51
3.6 全液压压下装置	51
3.6.1 液压压下装置的特点	51
3.6.2 液压压下控制系统的基本工作原理	52
3.6.3 压下液压缸在轧机上的配置	53
3.7 轧机的压下螺丝与螺母	55
3.7.1 压下螺丝的设计计算	55
3.7.2 压下螺母的结构尺寸设计	57
3.7.3 转动压下螺丝的功率计算	58
3.8 轧辊平衡装置	61

3.8.1 轧辊平衡的目的	61
3.8.2 平衡装置类型	61
3.8.3 平衡力的选择与计算	66
3.9 换辊装置	67
3.9.1 一般换辊装置	67
3.9.2 快速换辊装置	70
3.9.3 立辊轧机的换辊装置	77
3.10 轧辊轴向调整及固定	79
3.10.1 轧辊轴向调整的作用及其结构	79
3.10.2 轧辊的轴向固定	80
思考题	81
第4章 轧钢机机架	82
4.1 机架的类型及其主要结构参数	82
4.1.1 机架的类型	82
4.1.2 机架的主要结构参数	82
4.2 机架的结构特点	84
4.2.1 闭式机架	84
4.2.2 开式机架	85
4.2.3 轨座的结构	86
4.3 工作机座的倾翻力矩及机座支反力计算	86
4.3.1 工作机座倾翻力矩的计算	86
4.3.2 轨座支反力及地脚螺栓的强度计算	89
4.4 机架强度计算	91
4.4.1 开式机架的强度计算	91
4.4.2 闭式机架的强度计算	94
4.4.3 形状复杂的闭式机架强度计算	103
4.4.4 机架材料和许用应力	104
思考题	105
第5章 工作机座刚度及板厚、板形控制	106
5.1 工作机座刚度及其测定方法	106
5.1.1 工作机座的刚度	106
5.1.2 轧机刚度的测定	108
5.1.3 不同因素对轧机刚度的影响	109
5.2 四辊轧机工作机座的刚度计算	110
5.2.1 轧辊系统的弹性变形	110
5.2.2 轧辊轴承的弹性变形	114
5.2.3 轴承座的弹性变形	114
5.2.4 压下螺丝和压下螺母的弹性变形	115

5.2.5 机架的弹性变形	116
5.3 提高轧机刚度的措施	117
5.3.1 合理确定各受力零件的尺寸	117
5.3.2 采用应力回线较短的轧机结构	118
5.3.3 采用预应力轧机	119
5.4 厚度控制的基本原理	120
5.4.1 轧件厚度波动的原因	120
5.4.2 轧制过程中厚度变化的基本规律	120
5.4.3 板厚控制的基本原理	123
5.4.4 液压压下轧机的当量刚度	124
5.4.5 自动厚度控制的基本类型	125
5.5 板形控制的基本原理	126
5.5.1 板形的基本概念及其表示方法	126
5.5.2 板凸度方程和板形控制方法	129
思考题	143
第6章 轧钢机主动传动装置	144
6.1 轧钢机主动传动装置的功用与组成	144
6.2 连接轴	145
6.2.1 连接轴的类型和用途	145
6.2.2 滑块式万向接轴	145
6.2.3 十字轴式万向接轴	152
6.2.4 弧形齿接轴	155
6.2.5 梅花接轴	157
6.2.6 接轴的平衡	158
6.3 联轴器	161
6.4 齿轮机座和主减速器	162
6.4.1 齿轮机座	162
6.4.2 主减速器	165
思考题	165
第7章 热轧无缝钢管轧机	166
7.1 管材生产方法简介	166
7.1.1 热压力加工法生产管材	166
7.1.2 冷压力加工法生产管材	167
7.1.3 焊管生产	167
7.2 穿孔机	167
7.2.1 二辊式穿孔机	167
7.2.2 立式大导盘(狄塞尔)穿孔机	168
7.2.3 锥形辊(菌式)穿孔机	169

7.2.4 三辊式穿孔机	170
7.3 热轧管机	171
7.3.1 自动轧管机组	171
7.3.2 连轧管机组	173
7.3.3 ACCU-ROLL 轧管机组	177
7.3.4 三辊式轧管机	178
7.3.5 周期式轧管机的工作原理	179
7.3.6 顶管机组及 CPE 工艺	181
7.3.7 三辊联合穿孔机	183
7.4 钢管定减径及矫直	185
7.4.1 定减径机	185
7.4.2 钢管矫直机	186
7.5 斜轧机力能参数计算	187
7.5.1 概述	187
7.5.2 接触面积的计算	188
7.5.3 变形速度及变形程度的确定	190
7.5.4 斜轧单位压力计算	191
7.5.5 顶头轴向力的确定	196
7.5.6 斜轧受力分析与力矩计算	197
思考题	200
第 8 章 冷拔、冷轧钢管和焊管生产	201
8.1 冷拔钢管生产方法	201
8.2 冷拔拔制力的计算	202
8.2.1 拔制力的基本公式	203
8.2.2 计算拔制力的简化公式	203
8.3 拔管设备	205
8.4 冷轧钢管生产方法	207
8.4.1 二辊周期式冷轧管机的工作原理	207
8.4.2 多辊式冷轧管机的工作原理和特点	208
8.5 二辊周期式冷轧管机的结构	209
8.5.1 主传动系统	209
8.5.2 工作机座	209
8.5.3 回转送进机构	212
8.5.4 平衡机构	214
8.6 焊管生产方法	216
8.7 直缝电焊管成形设备	216
8.7.1 连续冷弯辊式成形机	217
8.7.2 履带式成形器	217
8.7.3 排辊式成形机	218

8.8 螺旋焊管机组	220
8.8.1 螺旋焊管的特点	220
8.8.2 螺旋焊管生产工艺及设备布置	220
思考题	220
第9章 剪切机	221
9.1 剪切机的用途及分类	221
9.2 剪切机结构参数的选择	221
9.2.1 平行刃剪切机结构参数的选择	221
9.2.2 斜刃剪切机结构参数的选择	224
9.2.3 圆盘式剪切机结构参数的选择	225
9.3 剪切机力能参数计算	226
9.3.1 剪切理论	226
9.3.2 平行刃剪切机的剪切力与剪切功	236
9.3.3 斜刃剪切机的剪切力与剪切功	239
9.3.4 圆盘剪的剪切力和电机功率	242
9.4 例题	244
9.4.1 剪刀行程的确定	244
9.4.2 剪刀尺寸的确定	245
9.4.3 剪切次数	245
9.4.4 剪切机公称能力的确定	245
9.4.5 剪切力的计算	245
9.4.6 剪切功的计算	247
9.4.7 电机功率预选	247
9.5 剪切机结构	251
9.5.1 剪切机结构方案的确定	251
9.5.2 平行刃剪切机	252
9.5.3 斜刃剪切机	257
9.5.4 滚切式剪板机	261
9.5.5 圆盘剪	272
思考题	279
第10章 飞剪机	280
10.1 概述	280
10.1.1 飞剪的用途	280
10.1.2 飞剪设计应满足的基本要求	280
10.1.3 飞剪的组成及分类	280
10.2 飞剪定尺长度调整	283
10.2.1 飞剪定尺长度基本方程式和工作制度	283
10.2.2 启动工作制的定尺长度调整	284

10.2.3 连续工作制的定尺长度调整	285
10.2.4 用空切的方法调整定尺	286
10.2.5 用调整飞剪转速的方法调整定尺	289
10.2.6 用改变相邻两次剪切间的时间 t 的方法调整定尺	297
10.3 飞剪的设计计算	298
10.3.1 基本参数的选择	298
10.3.2 剪切力的计算	301
10.3.3 电力传动计算	303
10.4 飞剪的结构	306
10.4.1 曲柄偏心式钢坯飞剪	306
10.4.2 切头飞剪	308
10.4.3 IHI 摆式飞剪	311
10.4.4 曲柄摆式飞剪	320
10.4.5 宝钢 2030 mm 外耦滚筒式机构协衡飞剪机	330
10.4.6 热轧薄带高速飞剪简介	331
10.5 飞剪的控制	333
10.5.1 飞剪与送料装置的联系	333
10.5.2 采用电气和液压组成的反馈回路控制剪切长度公差	335
10.5.3 连轧时飞剪数字控制的基本原理	336
思考题	339
第 11 章 矫直机	341
11.1 矫直机的用途及分类	341
11.2 矫直理论	342
11.2.1 弯曲矫直理论	342
11.2.2 拉弯矫直理论	353
11.3 辊式矫直机力能参数计算	355
11.3.1 平行辊矫直机矫直力与传动功率计算	355
11.3.2 斜辊矫直机矫直力与传动功率计算	360
11.4 辊式矫直机的基本参数	362
11.4.1 钢板矫直机基本参数的确定	362
11.4.2 型钢矫直机基本参数的确定	366
11.5 矫直机结构	367
11.5.1 板材辊式矫直机	367
11.5.2 型材矫直机	377
11.5.3 拉弯矫直机	380
11.5.4 斜辊矫直机	384
11.6 中厚板矫直工艺的计算机过程控制	388
11.6.1 首钢中厚板十一辊矫直机情况简介	388
11.6.2 中厚板矫直工艺计算机控制中的几个问题	389

11.6.3 矫直工艺计算机控制程序	390
11.7 十五辊微张力中厚板组合矫直机	392
11.7.1 主要技术参数	392
11.7.2 设备主要结构	393
11.7.3 技术特点	395
思考题	395
第12章 开卷机与卷取机	396
12.1 热带卷取机	396
12.1.1 地下式卷取机的布置及卷取工艺	396
12.1.2 地下式卷取机的设备构成	397
12.1.3 卷筒传动功率的计算及电机功率的选择	403
12.2 热卷箱	405
12.2.1 采用热卷箱的意义	405
12.2.2 热卷箱的工作原理及设备组成	406
12.2.3 热卷箱的操作过程及控制系统	406
12.3 冷带开卷机	407
12.3.1 双锥头开卷机	407
12.3.2 双柱头开卷机	408
12.3.3 悬臂筒开卷机	408
12.4 冷带卷取机	409
12.4.1 冷带卷取机的类型及工艺特点	409
12.4.2 冷带卷取机的结构	412
12.4.3 冷带卷取机的设计计算	416
思考题	422
第13章 辊道与冷床	423
13.1 辊道的基本类型与结构	423
13.1.1 辊道的基本类型	423
13.1.2 辊道的结构	423
13.1.3 辊子及轴承	426
13.2 辊道设计计算	427
13.2.1 辊道参数选择	427
13.2.2 辊子的强度计算	428
13.2.3 辊子传动力矩和电机功率的计算	432
13.3 冷床	433
13.3.1 输入设备	434
13.3.2 冷床本体	440
13.3.3 输出设备	446
思考题	448
参考文献	449

第 1 章 绪 言

1.1 我国钢铁工业现状

1.1.1 2005 年我国钢铁工业生产情况

(1) 钢铁生产继续保持高速增长。

1996 年我国钢产量突破年产 1 亿 t 大关,成为世界上第一产钢大国。2005 年我国粗钢产量为 34936.15 万 t,比 2004 年增长 24.56%,近十年,我国钢铁工业高速发展,这在世界钢铁发展中是前所未有的。2005 年全世界钢产量为 110714.5 万 t,我国占 30.93%。实际上我国产钢能力已达 4 亿 t。

(2) 钢铁企业规模进一步扩大。

目前钢铁企业发展一个总的趋势是扩大企业规模,而我国钢铁企业规模普遍偏小,还有相当一批钢铁企业的钢年产量在 300 万 t 以下。目前,国外有不少钢铁企业年产量在几千万吨以上,有的钢铁企业进行重组,其规模突破年产 1 亿 t。

2004 年我国年产钢在 1000 万 t 以上的只有宝钢和鞍钢两家。而 2005 年猛增至 8 家,即宝钢、鞍钢、武钢、首钢、沙钢、莱钢、济钢和唐钢。年产量 500~970 万 t 的有马钢、包钢、邯钢、太钢等 10 家。年产量 300~500 万 t 的有柳钢、南京钢铁等 16 家。在此,我们仅对沙钢和莱钢的发展情况简要介绍如下:

1) 沙钢是 1975 年靠 45 万元自筹资金起家的,由原来的张家港锦丰镇一家轧棉花厂兴办的小轧钢车间,经过 30 年的艰苦奋斗,目前已成为占地 10 km²、职工 9800 余人、总资产 330 多亿元,年产铁、钢、材分别为 1100 万 t、1500 万 t、1500 万 t 国内最大的民营钢铁企业;成为目前国内最大的电炉钢和优特钢材生产基地。名列中国民营企业 500 强的第二位。

沙钢从诞生那天起,就依靠自力更生、艰苦奋斗、自我积累、滚动发展走着一条与众多钢铁企业不同的发展道路。沙钢的建设没有国家一分钱的拨款,也没有享受到计划内原、辅材料的供应,产品销售也没有国家的计划安排。市场决定沙钢的命运。因此沙钢是在市场经济大潮中,抓住机遇,科学决策,把企业做大、做强的。

2) 莱钢的发展是以速度制胜,大而图强。莱钢 1970 年建厂,是当时根本不起眼的地方小钢厂。直到 1996 年前,莱钢的生产和管理问题很多,传说那时莱钢是工人横着走,喝酒就打架。多数技术经济指标处于中国钢铁企业末位。1996 年该钢厂发生一次大事故,重新调整了领导班子。新的领导班子上台后,狠抓管理,在全厂实行“学习型组织”的管理。2002 年钢产量为 289 万 t,仅用了三年时间,2005 年的钢产量达 1020 万 t,升至我国第六位。该厂从 200 万 t 到 1000 万 t 年产量激增 4 倍,但职工总人数不变,劳动力成本在管理成本中的比例由 21%降至 4.2%。

由于该厂实行学习型组织的新的管理办法,全厂职工掀起一个学习高潮,做到学习工作化,工作学习化,掀起了一个技术革新和技术创新高潮,使莱钢由跨越式发展走上了持续发展的道

路。2004年莱钢获全国企业管理现代化创新成果一等奖,在全国重点大中型钢铁企业57项可比的技术经济指标中,有9项居第一名,15项进入前三名,36项进入前10名。现在莱钢已成为全国规模最大、品种最全、最具有市场竞争力的H型钢生产基地,全国最大的粉末冶金生产基地,山东省特钢生产基地。

莱钢的快速发展,主要依靠技术创新。2003年莱钢各个层面的创新成果368项,其中获得省、部级创新成果奖127项。2003年莱钢建立了两座750 m³高炉,建设这样规模的高炉通常要一年时间,投产半年才能达产。结果第一座高炉仅用了9个月建成投产,5天达到设计产量,而第二座高炉建设仅用5个月零19天速成,并创造了三天达产的新纪录,当年就回收了建设投资。这两座高炉上采用了当今世界上最前沿的10项新技术。由于这两座高炉装备先进,建设和达产快,国内外不少企业纷纷要求与莱钢合作。目前,莱钢在全国已卖出9座高炉,从设计到施工全由莱钢人负责,是名副其实的交钥匙工程。

莱钢从日本引进的中型H型钢生产线,原设计年生产能力40万t,现在已达年产110万t,日本人不相信派专人来考察,他们讲这样的设备在日本也只能达到年产80万t。另外莱芜市是一个缺水的地方,为了节约用水,1999年吨钢耗新水量为17.72 t,目前降为3.51 t,打破了冶金界吨钢耗新水4 t的理论极限。

总之,莱钢经过这几年艰苦创业形成一种精神是:学习是基础,创新是核心,发展是目的。莱钢的共同愿望是:全员学习型企业,绿色生产企业,持续发展型企业。

(3) 钢铁工业现代化建设取得新成绩。

2005年,我国新建1000 m³以上高炉15座;100 t以上转炉21座;新建热连轧宽带轧机11套,产能2390万t;新建冷连轧宽带轧机6套,产能746万t;攀钢、包钢100 m长轨生产线投产;鞍钢具有国际先进水平的新区500万t规模两座3200 m³高炉、260万t转炉和ASP2150 mm连铸连轧生产线建成投产;宝钢不锈钢生产线冶炼设备配套,5000 mm宽厚板轧机建成投产;已有宝钢、武钢、攀钢、马钢等23个企业,完成了信息化阶段目标。

(4) 钢铁企业科技创新、技术进步取得了丰硕成果。

- 1) 低碳铁素体/珠光体钢的超细晶强韧化与控轧技术,获得科技进步一等奖。
- 2) 宝钢等级汽车板品种生产及使用技术研究获2005年科技进步一等奖。
- 3) 鞍钢1780 mm大型宽带冷轧生产线工艺装备技术,国内自主集成与创新,得到中国钢铁协会的特等奖。
- 4) 宝钢制造的冷却壁占据世界大型高炉冷却壁的50%。
- 5) 节能技术自主研发取得新突破,使我国在干熄焦领域完全拥有了自主知识产权,摆脱了对国外的依赖。

(6) 非高炉炼铁项目在宝钢正式全面开工建设。

(5) 节能、节水、环境保护取得新的成绩。

大中型企业吨钢能耗达741.05 kg标准煤;大中型企业吨钢耗用新水8.03 t,工业重复利用水达93%;吨钢外排废气16100 m³,比2004年下降1.75%;SO₂排放量2.96 kg,比2004年下降3.9%;尘泥利用率98.5%。

(6) 全行业钢材产品结构进一步改善。

2005年板带材比重达38.56%,长材下降52.21%。进口2583.13万t,其中板材占2242.84万t;出口2052.26万t,其中板材占41.17%。

(7) 国内钢铁企业深化改革,联合重组取得进展。

(8) 国内市场总体供大于求,钢铁价格大起大落,市场竞争激烈。

1.1.2 我国钢铁工业发展存在的主要问题

(1) 生产布局不合理。华北、华东地区占全国钢产量的 63.77%，而西北地区仅占 9.45%；生产厂布局主要依据矿山建设，小而分散，34 家建在 100 万以上人口的城市，水资源严重缺乏。

(2) 产业集中度低。2004 年我国 15 家年产量在 500 万 t 以上的钢铁企业的产量之和占全国总产量的 45%，而美国、日本、欧盟前 4 家所占的比例分别为 61.2%、75.17%、72.59%，韩国前两家即占 79.55%。

(3) 产品结构不合理。目前自给率大于 100% 的产品有大型材、棒材、带肋钢筋、线材、特厚板、中厚板、热轧窄带钢和冷轧窄带钢、无缝钢管和焊管。自给率接近 100% 的产品有钢轨、热轧板。而自给率低的产品有冷轧薄板卷、镀层板、涂层板和电工板。

(4) 企业自主创新能力不强。2004 年，重点大中型企业科技投入 199.93 亿元，仅占销售收入的 1.99%，其中用于研究开发的只有 86.77 亿元。

(5) 低水平生产能力过大。

(6) 钢铁生产粗放型特点明显。

1.1.3 “十一五”我国钢铁技术发展趋势及对策

1.1.3.1 “十一五”钢铁技术发展重点

(1) 钢铁制造过程向绿色高效发展。

(2) 适应市场需求，调整产品结构，发展高强度钢材。

(3) 进一步节能降耗。理论上吨钢能耗只需要 500 kg 标准煤。目前世界上先进水平为 600 kg 标准煤。我国 2005 年重点大中型企业是 741.05 kg 标准煤，其发展空间很大，但任务也很艰巨。

1.1.3.2 “十一五”钢铁市场五大趋势

(1) 钢材市场需求保持平稳增长，工业化和城镇化等仍是拉动钢材需求的主要力量。国际钢铁协会统计说明，钢材消费达年饱和状态的条件为人均 GDP 3500~6000 美元，我国 2005 年人均 GDP 为 1700 美元。

(2) 钢材供应能力还会继续增强，特别是高端产品供应不足的问题将会得到缓解。

(3) 钢材进出口会稳定增长，全球范围内配置资源的能力和水平不断提高。

(4) 钢材流通向集约化、规模化、现代化方向发展。

(5) 影响钢材市场价格的不确定因素增加，价格仍会震荡。

1.1.3.3 我国钢铁工业“十一五”发展对策

(1) 全面提升装备技术水平。

1) 优化流程，环保为先，提高技术。

炼铁需要解决的首要问题是：对铁矿石中污染物流，要在烧结过程中，通过特殊的工艺和设备将它转化为硫化物进入渣中，将燃料燃烧和高温产生的氮氧化物在燃烧过程中转化为无害氮气。

高炉长寿(如在线维修)、节能(喷煤、余热和余气的利用)及环保等技术装备优化上不断发展；直接还原和熔融还原等炼铁新技术也将得到快速发展。

转炉炼钢技术装备的发展方向是：转炉炼钢将更好地与铁水预处理、炉外精炼、连铸等环节匹配；转炉炼钢将更加注重生态环境的保护，减少炉渣，回收煤气，利用余热生成蒸汽，推广干式除尘，努力实现负能炼钢；扩大采用脱磷转炉+脱碳炼钢转炉生产流程，炼钢周期可减少一半，还

可减少排渣 20%。

2) 淘汰落后,法律介入,加速落实。

“十一五”期间我国钢生产能力控制在 4 亿 t,拟淘汰 1 亿 t 落后的炼铁能力,5500 万 t 落后的炼钢能力。容积 300 m³ 及以下的小高炉,20 t 以下的小转炉、小电炉都应淘汰。

3) 新建装备:门槛提高,注重衔接。

冶金设备要向大型化、高效化、连续化、自动化和长寿化方向发展;工艺装备要使钢铁企业实现节能、降耗、降成本、环境友好、减少污染物排放,并吸纳企业内部产生的废弃物,实现资源综合利用;技术改造要高起点。

(2) 根据用户需求调整品种质量。

1) 要求:针对行业,不一而足。

2) 障碍:品种配套不足,品种利润不符。

3) 关键:关注用户,注重标准。

首先要密切关注用户行业的发展,了解各行业对钢材需求的新要求,企业能及时研发出各行业急需的新钢材。其次,要加强品牌建设,优化产品组合。2005 年 9 月 1 日太原重型机械集团公司生产的 T2 牌油膜轴承被评为“中国名牌产品”,成为我国重矿行业的第一个中国名牌产品。目前 T2 油膜轴承在国内占有率达 70% 以上,而且出口日本、德国、南非等国。第三,要注重重新增加生产能力的设计质量水平的保持和提高。第四,加快企业标准化体系的建设。第五,加强质量体系建设,努力提高体系运行的有效性。

(3) 关键是提高钢铁企业的自主创新能力,尽快使我国由钢铁生产大国变成钢铁生产强国。

2006 年 1 月 9 日,胡锦涛同志在全国科学技术大会上发表了“坚持走中国特色自主创新道路,为建设创新型国家而努力奋斗”的重要讲话。1 月 26 日,《中共中央国务院实施科技规划纲要增强自主创新能力的决定》正式公布。从此,我国把扎实完成建设创新型国家作为今后 15 年的重大战略任务。

走中国特色自主创新道路,增强自主创新能力,关键是强化企业在技术创新中的主体位置,建立以企业为主体,市场为导向,产学研相结合的技术创新体系。采取更加有力措施,营造更好的环境,使企业真正成为研究开发的主体、技术创新活动的主体和创新成果应用主体。鼓励国有大型企业加快研究开发机构建设和加大研究开发投资,努力形成一批集研究开发、设计、制造于一体具有国际竞争力的大型骨干企业。重视和发展民营科技企业在自主创新、发展高新技术产业中的生力军作用,创造公平竞争环境,支持其做大做强并参与国际竞争。支持有条件的企业承担国家研究开发任务,主持或参与重大科技攻关。加强创新创业服务体系建设,为中小企业特别是科技型中小企业技术创新提供良好条件。大力推进产学研相结合,鼓励和支持企业同科研院所、高等院校联合创新、研究研发机构、产业联盟等技术创新组织。逐步把我国 67% 的高水平科技人员集中在高校和科研院所,变成绝大多数科技人员到企业进行研究开发。只有这样,才能实现把我国变成创新国家的宏伟目标。

1.2 当代轧钢技术发展的特点

1.2.1 轧钢生产技术的内涵转变

20 世纪轧钢生产技术的发展,以提高生产力,满足用户对钢材数量上的要求为目标,追求的

是大幅度提高产量。这使轧钢生产技术发展的特点表现为生产的大型化、高速化、连续化和自动化。

进入 21 世纪,随着国民经济发展和整体科学技术水平的提高,以及人们生活水平的提高,加上市场的竞争,对钢材的要求已从增加产量向提高产品质量、增加产品品种、降低生产成本方向转化。钢材使用部门的技术进步已成为轧钢生产技术研究与开发的主要导向和推动力。

1.2.2 轧钢生产技术发展的特征

高新技术的应用是轧钢生产技术发展的显著特征。

近几十年来,轧钢生产的技术进步取得了长足发展。在板带材生产方面,板厚和板形控制技术已趋于成熟,中厚板平面形状控制技术和无切边技术的应用,大幅度提高了成材率和产品的质量档次;在型钢生产方面,H 型钢自由尺寸轧制、型钢的多线切分轧制、三辊 Y 形轧制技术得到了应用和发展;在钢管生产方面,限动芯棒连轧管技术,ACCUROLL 成形技术,UOD、CBR 和复合成形技术等,都是高新技术在轧钢生产领域应用结出的成果。

特别应当提出的是,以计算机为核心的高技术的应用给轧制生产技术带来了巨大的变革。金属变形力学发展到计算力学与数值模拟相结合,大大地改变了轧制技术的研究方法;对板带材、型钢和钢管轧制的三维解析和模拟,提高了模型精度,有效地用于力能参数的优化、产品质量预报、工艺参数优化和设备设计;在判断变形过程是否可行或合理的方法上,计算机数值模拟已成功地替代了试验机物理模拟,并由几何形状预报和控制,深化到合金组织性能预报和控制。轧机的计算机控制由模型转向专家系统和人工智能控制,诸如加热炉控制和加热制度优化、动态辊缝调整、张力控制、相关控制的协调、故障诊断等。与此同时,高精度、多参数的在线综合检测技术与高响应速度的控制系统相结合,保证了轧钢生产的高精度、高速度、高质量,使轧钢生产达到新的水平。例如,在几何精度方面,热轧带钢的厚度偏差达到 $\pm 30\ \mu\text{m}$,冷轧带钢厚度偏差达到 $\pm (2\sim 5)\ \mu\text{m}$,板形精度达到 $5\sim 10\text{I}$,棒材直径偏差达到 $\pm 0.1\ \text{mm}$,线材直径偏差向着 $+0.05\ \text{mm}$ 迈进。

伴随着高新技术的应用,轧钢生产在改变着面貌,“轧制产品就是高新技术产品”的论断,已被人们所接受。

1.2.3 轧钢生产技术研究与发展方向

冶金生产过程的短流程,与上下游生产工序集成一体化,是当代出现的发展总趋势。市场经济发展是这一趋势的客观需要,高新技术的应用是这一趋势的技术保证,对生产过程中各工序物理化学本质的深入理解是实现这一趋势的基础。

在热轧方面,以节能降耗、降低成本为初衷,开始大力推广热轧坯料热送热装和直接轧制技术,继之发展出现了连铸连轧工艺。近年来基于对固液共存状态下液态金属流动、结晶、化学成分分布的固态金相组织特征,应力应变状态的解析等科研成果,出现了熔融金属凝固与变形、铸轧技术等。基于对多组元计算相图、第二相粒子与晶界交互作用、相变、再结晶、结构形成与发展、组织模拟与性能预报等研究成果,热轧对金相组织性能的调节及有效控制能力大幅度增加,出现了诸如控制轧制、控制冷却、热心回火、钢轨在线全长淬火、钢管在线直接淬火常化、双相及多相钢材生产技术等,把钢材热轧和金相热处理结合起来。在冷轧方面,带钢酸轧机组把酸洗和轧制工序连成一体。带钢全连续联合机组把酸洗、轧制、退火、平整工序连成一体。

可以看出,轧钢的内涵已经突破了原有的界限,显著地向着上、下工序拓展。与之相适应,为

满足最终产品质量的要求,上、下游工序的要求对轧钢生产技术的发展及工艺规程的规定也起着越来越明显的作用,轧钢已不再是单纯意义上的轧钢了。

1.2.4 高速度、快节奏的技术开发与成果转化

由于市场需要的推动和高新技术的应用,轧钢生产技术的研究和开发成果向生产力转化进入了高速度、快节奏的阶段。研究开发的指导思想和组织管理,由原来的研究开发向工程化转变,许多成熟的生产技术很快就被科技含量更高的新技术所取代。

21 世纪将是知识经济时代,然而世界仍然是物质的,人类社会的生存、发展不可能脱离物质。“数码”(信息)是非常重要的,但它永远不可能代替物质。在知识经济时代,钢铁工业必将发生更为深刻的变化。在轧钢生产中,以新工艺取代老工艺、以新流程取代老流程、以新技术装备的设备取代老设备的发展趋势不断变革轧钢生产。我们要很好地驾驭这个发展规律,逐步地把我国由钢铁大国推向钢铁强国。

1.3 轧钢机械及其分类

1.3.1 轧钢机械

轧钢机械或轧钢设备主要指完成由原料到成品整个轧钢工艺过程中使用的机械设备,一般包括轧钢机及一系列辅助设备组成的若干个机组。通常把使轧件产生塑性变形的机器称为轧钢主机列,也称轧钢车间主要设备。主机列类型和特征标志着整个轧钢车间的类型及特点。除轧钢机以外的各种设备,统称轧钢车间辅助设备。辅助设备数量大、种类多。随着车间机械化程度的提高,辅助设备的重量所占的比例越来越大。如 1700 mm 热轧带钢厂,设备总重量为 51000 t,其中辅助设备的重量在 40000 t 以上。

轧钢机标称的许多习惯称谓,一般与轧辊或轧件尺寸有关。

钢坯轧机和型钢轧机的主要性能参数是轧辊名义直径,因为轧辊名义直径的大小与其能够轧制的最大断面尺寸有关,因此,钢坯及型钢轧机是以轧辊名义直径标称的,或用人字齿轮节圆直径标称。当轧钢车间中装有多架或数架轧机时,则以最后一架精轧机轧辊的名义直径作为轧钢机的标称。

钢板车间轧钢机的主要性能参数是轧辊辊身长度,因为轧辊辊身长度与其能够轧制的钢板最大宽度有关,因此,钢板轧机是以轧辊辊身长度标称的。

钢管车间轧钢机则是直接以其能够轧制的钢管最大外径来标称的。

应当指出,性能参数相同的轧钢机,采用不同布置形式时,轧钢车间产品、产量和轧制工艺就不同。因此,上述轧钢机的标称方法还不能全面反映各种轧钢车间的技术特征,还应考虑轧钢机的布置形式。例如,250 mm 半连续式线材车间,其中 250 mm 是指最后一架精轧机轧辊名义直径为 250 mm,而半连续式则是指轧钢机的布置形式。

1.3.2 轧钢机的分类

1.3.2.1 轧钢机按用途分类

轧钢机按用途分类及主要技术特性见表 1-1。

表 1-1 轧钢机按用途分类及主要技术特性

轧 机 类 型		轧辊尺寸/mm		最大轧制速度 /m·s ⁻¹	用 途
		直 径	辊身长度		
开坯机	初轧机 板坯轧机	750~1500 1100~1370	约 3500 约 2800	3~7 2~6	用 1~45 t 钢锭轧制 120 mm×120 mm~ 450 mm×450 mm 的方坯及 (75~300) mm× (700~2050) mm 的板坯
	钢坯轧机	450~750	800~2200	1.5~5.5	将大钢坯轧成 55 mm×55 mm~150 mm× 150 mm 的方坯
型钢轧机	轨梁轧机	750~900	1200~2300	5~7	生产 38~75 kg/m 的重轨以及高达 240~600 mm 甚至更大的其他重型断面 钢梁
	大型轧机	500~750	800~1900	2.5~7	生产 80~150 mm 的方钢和圆钢、高 120~300 mm 的工字钢和槽钢、18~24 kg/m 的钢轨等
	中型轧机	350~500	600~1200	2.5~15	生产 40~80 mm 的方钢和圆钢、高达 120 mm 的工字钢和槽钢、50 mm×50 mm~100 mm× 100 mm 的角钢、11 kg/m 的钢轨等
	小型轧机	250~350	500~800	4.5~20	生产 8~40 mm 的方钢和圆钢、20 mm× 20 mm~50 mm×50 mm 的角钢等
	线材轧机	250~300	500~800	10~102	生产 φ5~9 mm 的线材
热轧板 带轧机	厚板轧机		2000~5600	2~4	生产 (4~50) mm×(500~5300) mm 的 厚钢板,最大厚度可达 300~400 mm
	宽带钢轧机		700~2500	8~30	生产 (1.2~16) mm×(600~2300) mm 的带钢
	叠轧薄板轧机		700~1200	1~2	生产 (0.3~4) mm×(600~1000) mm 的 薄钢板
冷轧板 带轧机	单张生产的钢板 冷轧机		700~2800	0.3~0.5	
	成卷生产的宽带 钢冷轧机		700~2500	6~40	生产 (1.0~5) mm×(600~2300) mm 的 带钢及钢板
	成卷生产的窄带 钢冷轧机		150~700	2~10	生产 (0.02~4) mm×(20~600) mm 的 带钢
	箔带轧机		200~700		生产 0.0015~0.012 mm 的箔带
热轧无缝 钢管轧机	400 自动轧管机	690~1100	1550	3.6~5.3	生产 φ27~400 mm 的无缝钢管,扩孔后 钢管最大直径达 φ650 mm 或更大
	140 自动轧管机	650~750	1680	2.8~5.2	生产 φ70~140 mm 的无缝钢管
	168 连续轧管机	520~620	300	5	生产 φ80~165 mm 的无缝钢管
冷轧钢管轧机					主要轧制 φ5~500 mm 的薄壁管,个别情 况下也轧制 φ400~500 mm 的大直径钢管
特殊用 途轧机	车轮轧机				轧制铁路用车轮
	圆环-轮箍轧机				轧制轴承环及车轮轮箍
	钢球轧机				轧制各种用途的钢球
	周期断面轧机				轧制变断面轧件
	齿轮轧机				滚压齿轮
	丝杠轧机				滚压丝杠