

ZHONGXING H XING GANG

中型H型钢

生产工艺与电气控制

SHENGCHAN GONGYI YU DIANQI KONGZHI

郭新文 胡 洪 等编著



冶金工业出版社
Metallurgical Industry Press

中型 H 型钢生产工艺与 电气控制

郭新文 胡 洪 等编著

北 京
冶 金 工 业 出 版 社
2011

内 容 提 要

本书是作者的团队对首钢长治钢铁公司 H 型钢项目从筹建、设备安装调试到生产运行的系统性总结。内容共分 13 章,包括:中型 H 型钢生产线的生产工艺和技术特性;异型坯连铸;加热炉;开坯机与串列万能轧机机组;冷热锯与冷床;矫直;液压润滑系统;产品缺陷的分析与调整;工厂供配电系统;交直流传动系统;自动化系统;计算机通信网络;人机接口系统。

本书内容紧密结合生产实际,可供相关生产领域的工程技术人员和设计人员阅读,也可用于高级技术工人的培训。

图书在版编目 (CIP) 数据

中型 H 型钢生产工艺与电气控制/郭新文等编著. —北京:
冶金工业出版社, 2011. 11

ISBN 978-7-5024-5726-6

I. ①中… II. ①郭… III. ①炼钢—生产工艺 ②炼钢—
电气控制 IV. ①TF7

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 197238 号

出 版 人 曹胜利

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 宋 良 美术编辑 彭子赫 版式设计 孙跃红

责任校对 王贺兰 责任印制 张祺鑫

ISBN 978-7-5024-5726-6

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

2011 年 11 月第 1 版, 2011 年 11 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16; 18 印张; 428 千字; 270 页

55.00 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)

序

H 型钢产品是型钢产品的主要品种之一，可广泛用于工业厂房、民用住宅、高层建筑、大型公共活动场馆、桥梁、隧道、港口码头等。近年来，随着我国国民经济及城市现代化建设的发展，国内对热轧 H 型钢需求在数量、钢种和规格等方面范围不断扩大。H 型钢以其良好的力学性能和节能环保等特点而受到建筑业的青睐。

我国自 20 世纪 90 年代末首次引进 H 型钢轧机，开创了我国正式规模生产 H 型钢的历史，H 型钢的正式应用较国外落后约 40 年。近年来，我国相继引进了国外大、中、小型 H 型钢轧机十几套（含 3 套钢轨万能轧机），在吸收国外先进轧机的基础上，国产 H 型钢轧机装备水平也得到了很大的提升，已有十几套国产中、小型 H 型钢轧机投入生产。

长治钢铁有限公司于 2004 年引进的中型 H 型钢轧机，同时具有大型和小型 H 型钢轧机的特点，作者的团队参与了从引进谈判、设计联络、现场施工、安装调试到组织生产等各个环节的工作，有丰富的实践经验。本书是在他们工作资料、经验积累与总结的基础上形成的，比较系统全面。鉴于我国目前还没有一本类似的著作出版，因此将此生产线介绍给冶金同仁，将有助于进一步提高国产轧机装备水平和操作水平，也可供生产技术人员、设计单位和大专院校师生参考。该书的出版不仅填补了一项空白，也为冶金装备的技术进步起到推动作用。

高效轧制国家工程研究中心主任
北京科技大学冶金工程研究院院长



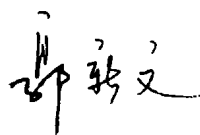
2011 年 6 月

前言

长期以来，对国外轧钢方面的先进工艺、设备、电气及自动化控制系统进行引进、消化吸收及自主创新，一直是轧钢界的重点任务。首钢长治钢铁有限公司中型 H 型钢生产线从设计、制造、调试直至正常生产就立足于此。本书的编写人员大都参与了项目谈判、设计资料转化、设备选型、设备制造监制、设备安装、单机试车、联动试车及热负荷试车以及产品开发的整个过程。特别值得一提的是：整条生产线大部分设备均由国内厂家制造，所有在线设备（不包括串列轧机）的电气及自动化控制系统均自主消化吸收，独立选型硬件并独立编制软件，控制程序语句达十余万条。历经千辛万苦，克服重重困难，在短期内便实现了工艺、设备、电气及自动化控制系统的稳定运行，达到了预期的设计效果，开国内 H 型钢生产线方面之先河。本书便是整个过程的最终结晶与升华，特布于此，以饕业界同仁！

本书由首钢长治钢铁有限公司郭新文、胡洪主编，参加编写工作的人员还有陈晓东、吴杰、陈虎明、杜坚、金宪军、黄永强、李海洋等。在编写过程中，得到 SMS MEER 公司王国顺、北京科技大学程知松、中冶东方董红卫、中冶华天金持平、包钢吴章忠、马钢聂庆文及张文满、莱钢刘福宁、津西张桂盈和邯钢解广文等专家的支持和帮助，尤其得到高效轧制国家工程研究中心主任、北京科技大学冶金工程院院长唐菽教授的精心指导并为本书作序，在此一并表示衷心感谢。

由于书中内容是针对企业自身的装备与技术、控制与维护等特点进行总结与编写的，难免受到专业的局限，书中若存有缺点和不足，恳请读者批评指正。



2011 年 6 月

目 录

上篇 轧钢工艺与设备

1 中型 H 型钢生产线的生产工艺和技术特性	3
1.1 概述	3
1.2 工艺技术特点	3
1.3 工艺流程	4
1.4 工艺流程图	5
1.5 产品名称、规格	5
1.6 轧机技术性能	6
1.6.1 开坯轧机主要设备及性能	6
1.6.2 万能轧机、轧边机主要技术参数	7
2 异型坯连铸	10
2.1 异型坯连铸的发展概况	10
2.1.1 异型坯连铸的发展简史	10
2.1.2 发展异型坯连铸的重要意义	10
2.1.3 异型坯连铸的特点	10
2.2 首钢长钢异型坯连铸机	11
2.2.1 连铸机基本技术参数	11
2.2.2 连铸机工艺参数的确定	12
2.2.3 连铸机生产工艺流程	16
2.2.4 连铸机主要工艺参数和技术指标	16
2.2.5 连铸机主要技术要点的确定及说明	17
3 加热炉	25
3.1 原料技术标准及有关技术要求	25
3.1.1 中型 H 型钢生产线坯料	25
3.1.2 尺寸要求	25
3.1.3 H 异型坯外形尺寸允许偏差	26
3.1.4 表面质量要求	26

3.1.5 铸坯外形尺寸测量要求	26
3.1.6 H 型钢采用的钢种和组坯原则	26
3.2 炉子工艺流程	27
3.2.1 工艺过程简述	27
3.2.2 炉型	27
3.3 炉子主要尺寸、技术数据	29
3.4 加热炉区设备	30
3.4.1 水梁和热滑道	30
3.4.2 水封及排渣机构	31
3.4.3 加热炉步进机械	31
3.4.4 液压、干油润滑系统	32
3.4.5 烧嘴类型及供热能力	33
3.5 加热炉的主要技术特点	33
3.6 加热炉本体结构	34
3.6.1 炉壳钢结构	34
3.6.2 加热炉砌体	34
3.6.3 供排水系统及安全用水	35
3.7 燃烧系统	35
3.8 空、煤气管道系统	36
3.8.1 煤气管道系统	36
3.8.2 空气管道系统	36
3.8.3 助燃空气鼓风机	37
3.8.4 高效空气换热器	37
3.9 排烟系统	37
3.10 H 型钢加热炉加热工艺制度	37
3.11 加热炉开炉、停炉技术要点	38
3.11.1 炉子点火前检查项目	38
3.11.2 开炉操作程序	39
3.11.3 停炉操作程序	40
3.12 煤气操作时的一些注意事项及操作中一般事故的处理	40
3.13 加热炉维护要点	41
3.14 加热炉节能	41
3.14.1 加热炉节能具体指标	42
3.14.2 炉子结构和操作节能技术	43
3.15 轧钢加热炉基础知识	45
3.15.1 燃料燃烧	45
3.15.2 耐火材料	49
3.15.3 钢的加热工艺	51
3.15.4 加热炉的生产能力	55

3.15.5 炉子热平衡	56
4 开坯机与串列万能轧机机组	57
4.1 H 型钢孔型设计	57
4.1.1 概述	57
4.1.2 水平辊直径与立辊直径的确定	57
4.1.3 压下规程的设计原则	58
4.1.4 轧机孔型设计	59
4.2 开坯机操作台工艺操作	62
4.2.1 开坯机区工艺制度	62
4.2.2 开坯轧机岗位技术操作规程	63
4.2.3 换辊操作	69
4.2.4 轧机启动条件	75
4.3 串列万能轧机机组工艺技术操作	76
4.3.1 串列万能轧机机组轧制工艺制度	76
4.3.2 串列万能轧机机组温度制度	76
4.3.3 串列万能轧机机组速度制度	77
4.3.4 操作台按钮	77
4.3.5 万能轧机岗位工艺技术操作规程	82
4.4 轧机轴承装配	101
4.4.1 BD 轧机轴承装配	101
4.4.2 串列轧机轴承的安装说明	117
5 冷热锯与冷床	133
5.1 热锯	133
5.1.1 设备布置和技术参数	133
5.1.2 设备组成	133
5.1.3 热锯工艺操作	134
5.2 冷锯	136
5.2.1 设备布置	136
5.2.2 技术参数	136
5.2.3 设备组成	136
5.2.4 冷锯操作工艺制度	138
5.3 H 型钢的控制冷却	141
5.3.1 提高 H 型钢性能的途径	141
5.3.2 控制冷却的理论基础	141
5.3.3 型钢的控制冷却方式	143
5.4 冷床	143
5.4.1 技术参数	143

5.4.2 设备组成	144
5.4.3 冷却工艺制度	144
5.4.4 冷床岗位工艺技术操作规程	145
5.4.5 稀油站和液压站操作规程	146
6 矫直	147
6.1 H 型钢矫直综述	147
6.2 矫直原理	147
6.3 矫直机设备	148
6.3.1 技术参数	148
6.3.2 设备组成	148
6.4 矫直工艺	149
6.4.1 大变形矫直方案	149
6.4.2 小变形矫直方案	149
6.5 矫直机设计特点	149
6.5.1 矫直辊	149
6.5.2 矫直辊辊环设计	150
6.5.3 矫直辊压下量分配	150
7 液压润滑系统	151
7.1 开坯机液压系统	151
7.1.1 系统设备组成及功能要求	151
7.1.2 液压泵站设备主要参数及规格	153
7.1.3 液压阀站技术参数	153
7.2 万能轧机辅助、冷锯、打包装运区液压系统	155
7.2.1 系统的设备组成及要求	155
7.2.2 液压泵站设备主要参数及规格	155
7.2.3 液压阀站技术参数	156
7.3 万能轧机液压系统	160
7.3.1 系统的组成及要求	160
7.3.2 液压泵站设备主要参数及规格	160
7.3.3 液压阀站技术参数	161
7.4 热锯、矫直机、冷床区液压系统	164
7.4.1 系统的组成及要求	164
7.4.2 液压泵站设备主要参数	164
7.4.3 液压阀站技术参数	166
7.5 加热炉区液压系统	168
7.5.1 系统的组成及要求	168
7.5.2 液压泵站设备主要参数及规格	168

7.5.3 液压阀站技术参数	169
7.6 稀油集中润滑系统	171
7.6.1 稀油润滑系统的发展及工作原理	171
7.6.2 H 型钢厂齿箱润滑系统	171
7.6.3 H 型钢厂电动机轴承润滑系统	173
7.7 干油集中润滑系统	175
7.7.1 干油润滑系统的发展及应用	175
7.7.2 H 型钢厂干油润滑系统的组成及工作原理	175
7.8 油气润滑系统	176
7.8.1 油气润滑系统的工作原理	176
7.8.2 油气润滑系统的组成	177
7.8.3 油气润滑系统的优点	178
8 产品缺陷的分析与调整	179
8.1 钢质缺陷	179
8.2 轧制缺陷	179
8.2.1 尺寸缺陷	179
8.2.2 几何尺寸缺陷	180
8.2.3 弯曲问题	182
8.2.4 其他轧制缺陷	183
8.3 精整缺陷	187

下篇 电气控制

9 工厂供配电系统	191
9.1 电压等级及主要负荷计算	191
9.2 高压供配电	191
9.3 高压配电柜的选型和特点	192
9.4 开关柜结构特点	192
9.4.1 外壳与隔板	192
9.4.2 手车	193
9.4.3 开关柜内的隔室	193
9.4.4 防止误操作、联锁、装置	194
9.4.5 其他装置	194
9.4.6 接地装置	195
9.5 变压器的选型及参数	196
9.5.1 动力变压器的选型	196
9.5.2 整流变压器的选型	197

9.6	高压保护装置	197
9.7	高次谐波的治理	198
9.8	低压配电系统	198
9.9	外围供水系统的供电	199
10	交直流传动系统	200
10.1	主轧机直流传动系统	200
10.1.1	直流传动控制系统的构成	200
10.1.2	SIEMENS' 直流传动装置结构及特点	201
10.1.3	直流控制系统操作	202
10.2	交流辅助传动装置	203
10.2.1	交流变频传动系统概述	204
10.2.2	直流母线供电变频调速系统的特点	204
10.2.3	直流母线供电变频调速系统的结构	206
11	自动化系统	208
11.1	自动化系统概述	208
11.1.1	自动化系统的分级	208
11.1.2	自动化系统的分区	208
11.2	各区域控制功能描述	208
11.2.1	加热炉区的控制功能	208
11.2.2	开坯机区的控制功能	209
11.2.3	万能轧机区的控制功能	209
11.2.4	热锯、冷床、冷锯的控制功能	209
11.2.5	堆垛收集区的控制功能	209
11.3	主要设备的自动化控制原理	210
11.3.1	加热炉主要设备的控制原理	210
11.3.2	主轧线主要设备的控制原理	214
11.4	操作功能配置	246
11.4.1	操作室	246
11.4.2	操作箱	246
12	计算机通信网络	248
12.1	自动化网络结构	248
12.1.1	通信系统的配置	249
12.1.2	加热炉区的配置和控制功能	249
12.1.3	BD 区的配置和控制功能	250
12.1.4	万能区的配置和控制功能	251
12.1.5	冷床-矫直-冷锯区的配置和控制功能	253

12.1.6 堆垛打包装运区的配置和控制功能	254
12.2 H 型钢厂以太网的应用	255
12.3 H 型钢厂 MELSECNET/H 网络的应用	256
12.4 H 型钢厂 CC - Link 网的应用	256
12.5 H 型钢厂 Profibus - DP 网的应用	257
13 人机接口系统	259
13.1 硬件配置及系统软件	259
13.1.1 HMI 功能	259
13.1.2 硬件配置	261
13.1.3 系统软件	262
13.2 应用软件	264
13.3 各区域的人机接口	264
13.3.1 加热炉区的人机接口	264
13.3.2 开坯区的人机接口	265
13.3.3 万能区的人机接口	265
13.3.4 热锯区的人机接口	267
13.3.5 冷床区的人机接口	267
13.3.6 矫直与编组台架区的人机接口	268
13.3.7 冷锯区的人机接口	268
13.3.8 堆垛与打包收集区的人机接口	269
参考文献	270

上 篇



轧钢工艺与设备

1 中型 H 型钢生产线的生产工艺和技术特性

1.1 概述

首钢长治钢铁有限公司中型 H 型钢厂设计年产量为 60 万吨，产品规格：腹板高 100 ~ 500mm，翼缘宽为 100 ~ 260mm。由德国 SMS Meer 公司进行基本设计，并对主要设备进行详细设计和制造；其余辅助设备由国内进行技术转化、详细设计和制造。H 型钢厂采用国际先进成熟的轧机机组和轧制方法，以及先进的控制技术。该工程总投资 8.8 亿元，机械设备总重 5600 余吨，电气总容量 28 兆瓦。

工厂建筑面积约 3.7 万平方米，厂房为高架结构，轨面标高 13 米，在线设备均安装在 5 米高的平台上。

产品主要为 H 型钢，也可开发生产槽钢、角钢、扁钢、工字钢。主要钢种为碳素结构钢、桥梁结构钢、低合金钢、矿用钢和耐候钢。

该厂采用最先进的中型型材轧机，尤其是带有液压压下的 CCS 万能机架、应用 X-H 轧制技术以及配套的二辊可逆开坯机、步进式加热炉、带喷雾冷却的步进式冷床及优化的精整设备。坯料采用近终型异型连铸坯，在串列可逆连轧机中采用 X-H 轧制方法，比传统的轧机工艺布置减少了轧机机架、轧辊及导卫数量，使得生产设备投资费用大大降低，是一种极具竞争力、生命力的工艺生产方式。

1.2 工艺技术特点

该生产线的工艺装备配置如下：

- 步进式加热炉
- 高压水除鳞装置
- 开坯机（BD）机架为重型闭口式，采用上辊电动机机械压下、自动防卡装置，过载保护和轧制力测量

• CCS 串列可逆式万能轧机机组采用全液压压下系统和液压轴向移动系统，TCS 用于液压压下系统的动态控制

- CCS 辊系自动更换
- 步进式冷床采用喷雾冷却
- 八辊悬臂式矫直机
- 固定及可移式冷锯切割线
- 堆垛床布置用于 6 ~ 24 米的不同的堆垛方式、堆垛尺寸和堆垛长度
- 用于起重运输的装运台架
- 公辅系统

1.3 工艺流程

炼钢异型连铸机生产出的异型坯可由两种方式装入加热炉：

热坯，由提升机从连铸坯输送辊道上将坯料提升至上料台架上，然后经入炉辊道入炉。

冷坯，由行车吊运至上料台架，然后经入炉辊道入炉。

先进的步进梁式加热炉燃料采用高焦混合煤气。加热炉由炉前装料装置装料，并由出钢装置通过炉门出料。

装料机从加热炉入炉辊道上将坯料移动到炉内合适位置。所有钢坯在加热炉中按照既定的间隔步距前进，直到钢坯出炉。

加热炉出炉辊道将坯料送入高压水除鳞箱除鳞，除鳞水压力 17MPa 左右。

除鳞后的坯料由辊道输送到二辊可逆式开坯机进行轧制。开坯机前后的推床按照轧制程序把坯料送入孔型。如果轧制有要求，坯料可由钳式翻钢机翻转。根据坯料的尺寸，在开坯机中轧制 5~7 道次（最多 9 道次）。

更换可逆开坯机轧辊和导卫时，整套设备将移出机架到横移平台上。在平台侧移后，新准备好的成套辊系将移入机架。整套辊系包括轧辊、轴承座和安在横梁上的导卫，横梁连接着轴承座。这种布置确保了最少的更换时间，同时操作安全可靠。

在可逆开坯机后面，轧件将进入如下布置的串列万能轧机机组中：

UR—E—UF

UR/UF 为万能粗轧机/万能精轧机；E 为轧边机。

采用 X—H 轧法轧制 H 型钢，即 UR 采用 X 孔型，UF 采用 H 孔型。

轧机机架设计成 CCS—紧凑式机架。机架为闭口式。

根据不同产品规格，串列轧机既可用万能模式，也可用二辊模式。

水平轧边机是可移动的，在辊身上可配置一个以上的孔型。

可自动更换轧辊和导卫，操作侧牌坊包括带导卫的整套辊系可以移出轧制线。在平台侧移后，装配好的新辊系将与操作牌坊连接，一起移入轧制线。

在串列万能轧机机组前后布置带对中装置的升降辊道，用于轧制线调整，使轧件安全咬入。

在串列万能轧机机组后有一台热锯，用于切尾、分段及取样。在进入冷床前，长度比冷床长的产品将分成两段。切尾取样定期进行。一座液压控制步进梁式冷床对产品进行冷却。采用喷雾冷却装置，冷却效果将会得到提高。通过开/关冷却管道及水压控制，可调节冷却速度。

一套输出装置将轧件从步进梁上移出并将它们输送到冷床的下床辊道上。如果精整后面区域出现故障，可以在冷床缓冲 2 支或 3 支料（根据轧件尺寸而定）。

成品出冷床温度低于 80℃。

对于设计的产品结构，在冷床长度范围内提供单线矫直。最大矫直速度约 6 米/秒。咬入速度约 1.5 米/秒。矫直机为悬臂式，其矫直辊通过液压锁紧螺母固定在矫直轴上。

为了覆盖所有产品范围，矫直辊在水平方向上有不同的固定间距。

在矫直机后，成品在编组台架上收集，为分段完成编组。

编组产品通过一台固定冷锯和一台移动冷锯分段，在固定锯后配有定尺装置。另外，也可在固定冷锯完成切尾，并能移走可输送的短尾。

编组成品通过锯切分成销售长度，然后送至 12 米、15 米和 18 米的三台全自动堆垛机。对于长度超过 18 米的成品，两台堆垛机可通过电气控制同步操作。

每一捆产品的宽度、高度及数量是可以变化的。每捆形状是矩形或正方形。对于槽钢和角钢，每第二层通过磁性翻转装置翻转 180°。

通过磁性堆垛控制器完成堆垛。

打包由人工完成。收集台架收集打捆的成品，为起重发货做好准备。

1.4 工艺流程图

H 型钢生产线工艺流程如图 1-1 所示，工艺平面布置如图 1-2 所示。

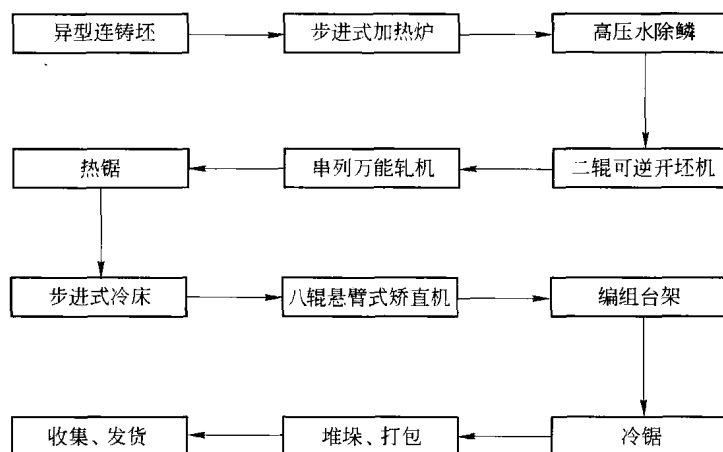


图 1-1 首钢长治钢铁有限公司中型 H 型钢生产线工艺流程图

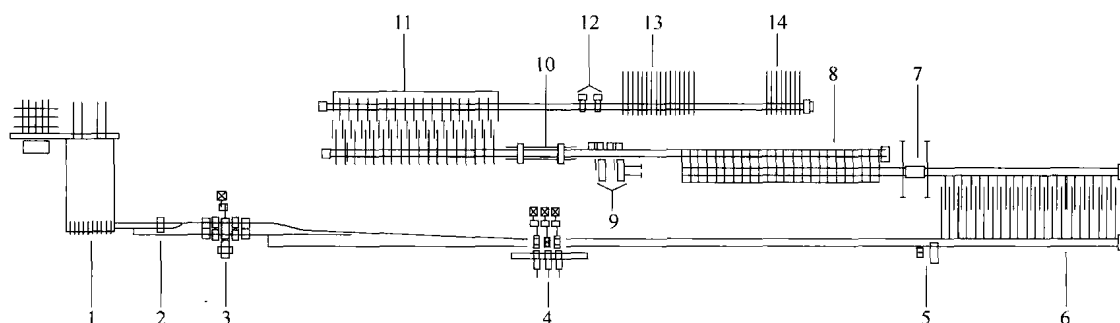


图 1-2 首钢长治钢铁有限公司 H 型钢厂工艺平面布置示意图

- 1—步进式加热炉；2—除鳞机；3—二辊逆式开坯机；4—串联万能轧机机组（UR-E-UF）；
5—摆式热锯；6—步进式冷床；7—八辊悬臂式矫直机；8—编组台架；9—冷锯；10—定尺装置；
11—堆垛台架；12—打包装置；13、14—收集发货台架

1.5 产品名称、规格

H 型钢产品数据如表 1-1 所示。