

高 职 高 专 规 划 教 材

XIANDAI GUILIANG SHENGCHAN JISHU

现代轨梁生产技术

李登超 编著



冶金工业出版社

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

高职高专规划教材

现代轨梁生产技术

李登超 编著

北 京

冶金工业出版社

2008

内 容 提 要

本书为高职高专规划教材,以企业生产现场实际为主线,突出应用与实训技能,坚持新颖性、适用性原则。

全书共分 16 章,主要内容包括:钢材分类,H 型钢特点,H 型钢连铸坯生产技术,连铸坯热送热装技术,典型万能轧机,H 型钢和钢轨万能轧制理论以及孔型设计技术,型钢生产自动化技术,钢轨热处理技术,万能轧机操作画面等。

本书可作为大专院校和职业技术学院的相关专业教材,也可作为有关职业培训教材或有关人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

现代轨梁生产技术/李登超编著. —北京:冶金工业出版社,2008. 3

高职高专规划教材

ISBN 978-7-5024-4468-6

I. 现… II. 李… III. 型材轧制—高等学校:技术学校—教材 IV. TG335. 4

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 026418 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 postmaster@cnmip.com.cn

责任编辑 俞跃春 美术编辑 李 心 版式设计 张 青

责任校对 石 静 责任印制 丁小晶

ISBN 978-7-5024-4468-6

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

2008 年 3 月第 1 版;2008 年 3 月第 1 次印刷

787mm×1092mm 1/16;14.5 印张;385 千字;219 页;1-3000 册

28.00 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

(本书如有印装质量问题,本社发行部负责退换)

前 言

自从1998年马钢引进第一条万能轧机H型钢生产线以来,我国已有10多条万能轧机型钢生产线投产。这些生产线的工艺装备普遍达到世界一流水平,标志着我国轨梁(大型材)生产技术已实现现代化。

先进的工艺设备可以引进,但人才不能靠引进,目前迫切需要培养与先进设备相适应的高技能人才。本书正是适应这种人才培养的教学需要,为解决教材短缺问题而编写的。

本书的特点是:(1)选材贴近企业生产现场实际,保证学习内容的有用性和有效性;(2)图文并茂,通俗易懂,适合读者自学;(3)内容全面,可满足不同读者的需求。

本书汇集了众多专家和技术人员的研究成果,特向参考文献的各位著作者表示感谢!但是,某些文献由于各种原因本书未能刊列,请其著作者原谅!

本书的读者对象主要是职业技术学院材料成形及控制、金属材料工程、金属压力加工等专业学生,也适合普通高校和企业相应专业学生和职工使用。

由于自动化万能轧制技术在我国应用时间不长,国内研究不够,更由于编者水平所限,书中不妥之处,恳请读者批评指正。

李登超
2008年1月

目 录

1 轨梁生产概述	1
1.1 钢铁产品和钢材分类	1
1.2 型材分类	2
1.3 复杂断面型材生产特点	4
1.4 轨梁材种类及典型型材用途	4
1.4.1 轨梁材种类	4
1.4.2 典型型材用途	4
1.5 应用于钢结构中的型钢	5
1.5.1 钢结构特点及其对钢材的要求	5
1.5.2 建筑钢结构用钢材的分类	6
1.5.3 各类型钢特点	7
1.6 我国 H 型钢生产发展概况	15
1.7 我国铁路运输与重轨生产发展概况	17
1.7.1 铁道知识	17
1.7.2 铁路的重载化和高速化趋势	19
1.7.3 重轨生产技术发展	20
1.7.4 钢轨分类及断面特性	21
1.7.5 高速、重载铁路对重轨的要求	25
思考题	28
2 H 型钢连铸坯和异形坯生产技术	29
2.1 概述	29
2.1.1 连铸机基本形式	29
2.1.2 传统板坯连铸机的工艺流程	29
2.1.3 连铸机特性参数的表示	31
2.1.4 连铸坯分类及选用	31
2.2 异形坯连铸	31
2.2.1 选用异形坯的优点	31
2.2.2 异形坯连铸的特点	32
2.2.3 异形坯连铸的关键技术	32
2.2.4 马钢大方坯/异形坯连铸机概况	35
2.2.5 异形坯连铸结晶器中钢液的流动	39
2.3 连铸坯热送热装	43
2.3.1 热送热装和直接轧制技术的分类和发展层次	44

2.3.2 鞍钢轨梁连铸坯热送热装步进式加热炉区域的生产工艺和设备特点	44
2.3.3 莱钢中型 H 型钢连铸坯热送热装	46
2.4 开合式水冷模铸异形坯生产	49
2.4.1 开合式水冷模铸异形坯介绍	49
2.4.2 生产能力和经济效益分析	49
2.4.3 开合式水冷模铸坯用途	50
思考题	51
3 万能轧机及其布置	52
3.1 概述	52
3.1.1 SC 型万能轧机	53
3.1.2 UD 型万能轧机	54
3.1.3 CU 型万能轧机	56
3.1.4 CCS 轧机(紧凑卡座式轧机)	58
3.2 万能轧机轧辊	60
3.2.1 水平辊	60
3.2.2 立辊	63
3.2.3 H 型钢万能轧机的主传动	63
3.3 万能轧机布置形式	64
3.3.1 轧机主要布置形式	64
3.3.2 中小型 H 型钢轧机布置	66
思考题	67
4 典型 H 型钢生产车间	68
4.1 大型 H 型钢生产车间	68
4.1.1 车间概述	68
4.1.2 主要设备及其工艺	70
4.2 马钢小型 H 型钢车间	73
4.2.1 主要产品	73
4.2.2 坯料	73
4.2.3 生产工艺流程	73
4.2.4 主要工艺特点	74
4.2.5 主要设备	75
4.2.6 轻型薄壁 H 型钢生产应注意的问题	76
思考题	79
5 H 型钢轧法与孔型设计	80
5.1 采用连铸板坯生产异形坯	80
5.1.1 切分法轧制 H 型钢坯的孔型系统	80

5.1.2 切分法轧制的几个问题	81
5.1.3 分步轧腰法	82
5.2 二辊孔型轧法与万能孔型轧法的比较	83
5.2.1 二辊孔型轧法的局限性	83
5.2.2 使用万能孔型轧制复杂断面型钢的优点	83
5.3 H型钢的轧制方法	84
5.3.1 普通二辊或三辊型钢轧机轧制 H 型钢	84
5.3.2 一架万能轧机轧制 H 型钢	84
5.3.3 多架万能轧机轧制 H 型钢	85
思考题	95
6 H 型钢万能轧制理论	96
6.1 概述	96
6.2 腰腿间金属流动及变形区长度	96
6.2.1 万能轧制时的金属流动	97
6.2.2 H 型钢万能轧制时的接触弧的投影长度	98
6.3 前滑系数	99
6.3.1 定义	99
6.3.2 前滑影响因素	100
6.3.3 前滑系数模型	101
6.4 轧制压力	103
6.4.1 轧制压力影响因素	103
6.4.2 万能轧制时轧制压力模型	105
6.5 腿部变形及其影响因素	108
6.5.1 腿、腰压下率差对腿宽展的影响	108
6.5.2 立辊锥角对腿宽展的影响	108
6.5.3 张力对腿部尺寸影响	109
6.5.4 腿端在轧边端孔型中变形特点	110
6.5.5 轧边压下率对其他参数影响	110
6.5.6 腿部宽展模型	111
6.6 连轧张力	112
6.6.1 万能-万能连轧	112
6.6.2 万能-轧边机	113
6.7 H 型钢立辊轴心可变式万能轧制法	113
6.7.1 立辊轴心移动前后的轧制变形区	113
6.7.2 立辊轴心移动量的确定	114
6.7.3 立辊轴心偏移的技术措施	116
思考题	116

7 H型钢孔型设计	117
7.1 概述	117
7.1.1 水平辊直径与立辊直径的确定	117
7.1.2 压下规程的设计原则	118
7.2 万能轧机孔型设计实例	119
7.2.1 马钢大型 H 型钢万能轧机 X-X 轧法孔型设计	119
7.2.2 UEU 机组压下规程的制定	123
7.2.3 X-H 轧法孔型设计	125
7.3 H 型钢轧机轧制规程优化设计	126
7.3.1 优化的数学模型	126
7.3.2 优化的效果	128
7.4 H 型钢常见缺陷	130
7.4.1 钢质缺陷	130
7.4.2 轧制缺陷	131
7.4.3 精整缺陷	132
思考题	133
8 H 型钢的控制冷却	134
8.1 提高 H 型钢性能的途径	134
8.2 H 型钢控制冷却	135
8.2.1 控制冷却目的	135
8.2.2 控制冷却方式	135
思考题	140
9 H 型钢生产自动化	141
9.1 型钢生产的关键和特点	141
9.2 型钢生产的主传动技术	141
9.3 大型 H 型钢及其他形状型钢生产自动化	142
9.3.1 自动化系统结构	142
9.3.2 自动化系统功能	142
9.3.3 主要控制系统简述	146
思考题	150
10 重轨生产工艺流程与车间平面布置	151
10.1 概述	151
10.1.1 重轨生产工艺流程	151
10.1.2 重轨成分设计和控制	152
10.2 连铸坯重轨坯生产	154
10.2.1 重轨坯连铸工艺特点	154

10.2.2 攀钢大方坯连铸机	156
10.3 鞍钢轨梁厂生产工艺流程与设备	158
10.3.1 生产规模与产品	158
10.3.2 工艺概述	158
10.3.3 主要生产设备概况	158
思考题	161
11 重轨万能轧法	162
11.1 万能轧法与孔型轧法的比较	162
11.1.1 孔型轧法	162
11.1.2 万能轧法	163
11.2 几种特殊的万能轧法	165
11.2.1 H形坯连续轧法	165
11.2.2 T形坯万能孔型轧法	166
11.2.3 一般化万能粗轧法	166
11.2.4 三辊孔型粗轧法	166
11.2.5 轧边孔型的改进	167
思考题	167
12 重轨万能轧法孔型设计	168
12.1 连铸坯尺寸确定	168
12.1.1 初轧坯改用连铸坯引起的问题	168
12.1.2 压缩比	169
12.2 帽形孔设计	170
12.2.1 最末帽形孔	170
12.2.2 其他帽形孔型	171
12.3 三种重轨成品孔	172
12.3.1 二辊成品孔	173
12.3.2 半万能成品孔型	173
12.3.3 万能成品孔型	173
12.4 万能轧机钢轨孔型设计	174
12.4.1 孔型系统	174
12.4.2 万能生产线孔型设计	175
思考题	176
13 全长淬火钢轨生产	177
13.1 全长淬火钢轨的基本要求	177
13.1.1 淬火层形状和深度	177
13.1.2 落锤试验要求	178

13.1.3 淬火层金相组织	178
13.1.4 允许变形量	178
13.2 钢轨全长热处理工艺分类	178
13.2.1 淬火+回火工艺(QT 工艺)	179
13.2.2 欠速淬火工艺(SQ 工艺)	179
13.2.3 控制轧制+在线热处理工艺	180
13.3 钢轨钢热处理工艺的选择	180
13.3.1 钢种	180
13.3.2 钢轨钢热处理的基本原理	180
13.3.3 钢轨钢热处理工艺参数的选择原则	181
13.3.4 喷风冷却淬火的优越性	182
13.3.5 U75V 75 kg/m 含钒微合金热处理钢轨	183
13.4 在线余热淬火钢轨生产工艺	185
13.4.1 概述	185
13.4.2 攀钢余热淬火轨生产机组自动控制	186
思考题	188
14 万能轧机导卫系统和辊缝调零	189
14.1 导卫系统	189
14.1.1 万能轧机导卫的装配形式	189
14.1.2 万能轧机腰部导卫的设计原则	190
14.1.3 万能轧机腰部导卫的使用特点	191
14.1.4 新型万能轧机导卫系统	192
14.2 万能轧机辊缝调零	193
14.2.1 概述	193
14.2.2 马钢大型 H 型钢万能轧机调零	194
思考题	196
15 轨梁材矫直	197
15.1 H 型钢矫直	197
15.1.1 变辊距型材矫直机	197
15.1.2 用万能轧机矫直 H 型钢	201
15.2 重轨矫直	203
15.2.1 用反弯法控制钢轨矫前弯曲度	203
15.2.2 重轨矫直	205
15.2.3 鞍钢重轨矫直机	207
15.2.4 钢轨压力补充矫直	209
15.2.5 钢轨拉伸矫直	210
思考题	211

16 万能轧机计算机操作画面	212
16.1 操作画面	212
16.2 操作功能	212
参考文献	217

1 轨梁生产概述

1.1 钢铁产品和钢材分类

钢铁产品是以铁元素为基础组成成分的金属产品的统称,日常形态包括生铁、粗钢、钢材、铁合金等。由于铁合金在钢铁工业生产过程中主要用做炼钢时的脱氧剂和合金添加剂,在管理和统计上通常将铁合金归入钢铁生产主要原材料而非钢铁产品。此外,钢丝、钢丝绳、钢绞线、铁丝、铁钉等钢丝及其制品属于钢铁产品的再加工产品,不属于金属基础产品。所以在统计上,钢铁产品仅包括生铁、粗钢、钢材三大类产品。

生铁是钢铁产品的“初级产品”,经过进一步冶炼就可得到钢,二者主要根据铁基产品中含碳量多少来区别。铁经冶炼直接得到的产品为粗钢(固体状态称为钢坯或钢锭),粗钢通过铸、轧、锻、挤等方法处理加工后成为钢材。

钢材是钢铁工业为社会生产和生活提供的最终产品的主要形式。由于钢材产品品种规格复杂多样,为了适应统计、生产、营销、库存等多方面管理的需要,国际上通常将钢材分为长材(即型材或型钢)、扁平材(即板材或板带钢)、管材(钢管)和其他钢材四大类。

长材包括铁道用钢材、钢板桩、大型型钢、中小型型钢、冷弯型钢、棒材、钢筋、盘条。

铁道用钢材是指主要供铁道部门生产和建设用的钢材,主要包括轻轨、重轨、工业升降机用导轨、起重机用轨、导电轨、道岔轨等钢轨及钢轨配件;其中大于 30 kg/m 的钢轨称为重轨,30 kg/m 以下的钢轨称为轻轨。

钢板桩是指用于护岸工程、采掘工程、建筑的基础工程等处的钢材,主要包括薄板桩、组合支撑桩和管状支承桩等。在新的钢铁工业生产统计指标体系中,钢板桩单独作为一类,而原体系中,钢板桩包含在大型材中。

大型型钢是指高度不小于 80 mm 的 I 型钢(工字钢)、H 型钢、U 型钢(槽钢)、Z 型钢、T 型钢及角钢。

中小型型钢是指高度小于 80 mm 的 I 型钢(工字钢)、H 型钢、U 型钢(槽钢)、T 型钢、Z 型钢及角钢、球扁钢、窗框钢。

冷弯型钢是指用钢板或带钢在冷状态下弯曲成的各种断面形状的成品钢材。除能弯曲成一般的角钢、Z 型钢和槽钢之外,尚能弯曲很多种用热轧法不能获得的型材。冷弯型钢主要用于金属结构、金属家具、运输机械、农业机械以及管道等。

棒材是指断面为圆形、方形、扁形、六角形、八角形等简单形状,并以直条交货(混凝土用钢筋除外)。在新体系中,棒材单独作为一类,而原体系中棒材包含在大型材、中型材、小型材中。

盘条是热轧后成盘状交货的产品,又称线材,其横截面形状通常为圆形、椭圆形、方形、矩形、六角形、八角形、半圆形等。统计线材产量时,还包括企业自用于拔制钢丝的线材,但切断的直条列入型钢。

钢筋是指钢筋混凝土用钢材和预应力钢筋混凝土用钢材,其横截面为圆形,有时为带有圆角的方形,包括光圆钢筋、带肋钢筋、扭转钢筋等。钢筋单独作为一类,这是因为其用途的重要性及

它所占钢材产量的比例较大。而原体系中钢筋包含在中型材和小型材中。

为了与国际惯例、市场经济接轨,避免成品钢材产量的重复计算问题,我国于2004年1月1日正式实施新的钢铁工业生产统计指标体系。新体系与原体系(1989年)比较,做了较大的调整:

(1) 按化学成分不同进行钢分类,把普通钢(包括普通碳素钢和低合金钢)、优质钢(包括合金钢、其他优质钢、高合金钢)两类调整为非合金钢、低合金钢、合金钢(不含不锈钢)、不锈钢四类。

(2) 按加工工艺不同进行钢材分类,把热轧钢材、冷加工钢材、锻压钢材、挤压和液压钢材四种调整为热轧钢材、冷轧(拔)钢材、镀涂层钢材、锻挤旋压钢材、其他加工工艺钢材五种,突出了冷轧和镀涂层加工工艺。

按品种不同进行钢材分类,把钢材从18大品种细化为22大品种。这22大品种包括:铁道用钢材、大型型钢、中小型型钢、棒材、钢筋、线材(盘条)、特厚板、厚钢板、中板、热轧薄板、冷轧薄板、中厚宽钢带、热轧薄宽带、冷轧薄宽带、热轧窄钢带、冷轧窄钢带、镀层板(带)、涂层板(带)、电工钢板(带)、无缝钢管、焊接钢管、其他钢材。

1.2 型材分类

常用的分类方法有以下几种:

(1) 按生产方法分类。型材按生产方法可以分成热轧型材、冷弯型材、冷轧型材、冷拔型材、挤压型材、锻压型材、热弯型材、焊接型材和特殊轧制型材等。生产型材的主要方法是热轧,因为热轧具有生产规模大、生产效率高、能量消耗少和生产成本低等优点。

(2) 按断面特点分类。型材按其横断面形状可分成复杂断面型材和简单断面型材。复杂断面型材又叫异形断面型材,其特征是横断面具有明显凸凹分支,因此又可以进一步分成凸缘型材、多台阶型材、宽薄型材、局部特殊加工型材、不规则曲线型材、复合型材、周期断面型材和金属丝材等等。

部分型钢断面形状、表示方法、规格范围及用途如表1-1、表1-2所示。

表 1-1 部分简单断面型钢

名 称	断面形状	表示方法	规格/mm	交货状态	用 途
圆 钢		直径	10~40 >40 50~350	条(卷) 条 条	钢筋、螺栓、零件 冲、锻零件 无缝管坯、轴
方 钢		边长	4~250	条	零 件
角 钢	等 边 	边长的 1/10	No. 2~No. 25	条	金属结构、桥梁等
	不等边 	长边长/短边长的 1/10	No. 2.5/1.6~ No. 25/16.5	条	金属结构、桥梁等

表 1-2 部分异形断面型材

名 称	断面形状	表示方法	规 格	用 途
工字钢		以腰高的 1/10 表示。如高为 200 mm, 则为 20 号	80~630 8~63 号	
槽 钢		以腰高的 1/10 表示。如高为 200 mm, 则为 20 号	50~400 5~40 号	
钢 轨		以每米单位重量表示, 如 50 kg/m	5~24 kg/m 38~75 kg/m 80~120 kg/m	轻轨、矿山用 重轨、铁路用 起重机轨、吊车用
T 形钢		以腿宽表示, 如腿宽 200 mm, 表示为 T ₂₀₀	20~400	结构件、铁路车辆
Z 形钢		以高度表示, 如高 310 mm, 为 Z ₃₁₀	60~310	结构件、铁路车辆
窗框钢			品种规格 20 余种	钢窗
钢板桩			槽形、Z 形、板形、U 形	矿山、码头、海洋、井下工程
球扁钢		宽×厚	5×4~270×14	造船
履带钢				拖拉机、电铲等链板
鱼尾板		以对应的钢轨号表示		钢轨接头

(3) 按使用部门分类。型材按使用部门分类有铁路用型材(钢轨、鱼尾板、道岔用轨、车轮、轮箍)、汽车用型材(轮钢、轮胎挡圈和锁圈)、造船用型材(L 形钢、球扁钢、Z 形钢、船用窗框钢)、结构和建筑用型材(H 型钢、工字钢、槽钢、角钢、吊车钢轨、窗框和门框用材、钢板桩等)、矿山用钢(U 形钢、II 形钢、槽帮钢、矿用工字钢、刮板钢)、机械制造用异型材等。

(4) 按使用范围分类。有通用型材、专用型材和精密型材。

此外,按断面金属分布合理程度,型钢分为普通型钢和经济断面型钢。经济断面型钢是指通过使钢材断面或断面与长度方向上的金属分布合理,或减少钢材断面面积,既能保证使用要求,又可节约金属的钢材。根据生产方式的不同,经济断面型钢可分为纵轧、冷弯、热弯、楔横轧和斜轧等经济断面型钢。

纵轧经济断面型钢按用途分为通用型钢与专用型钢。通用经济断面型钢是指用途广泛,用量大的经济断面型钢,包括 H 型钢和轻型薄壁型钢。专用经济断面型钢是指用于专一用途的型钢,常见的有重轨、垫板、接板、汽车轮网、汽车挡圈、槽帮钢、吊车梁、轻轨、钢桩、履带板、U 形钢、

II型钢、帽形钢、Z₃₁₀钢、护型板、窗框钢、叶片钢等。

1.3 复杂断面型材生产特点

复杂断面型材生产具有如下特点:

(1) 品种规格多。目前已达万种以上,而在生产中,除少数专用轧机生产专门产品外,绝大多数型材轧机都在进行多品种多规格生产。

(2) 断面形状差异大。在型材产品中,除了方、圆、扁钢断面形状简单且差异不大外,大多数复杂断面型材(如工字钢、H型钢、Z形钢、槽钢、钢轨等)不仅断面形状复杂,而且互相之间差异很大,这些产品的孔型设计和轧制生产都有其特殊性,在生产中,必须采用相应的技术措施。

(3) 断面形状复杂。在轧制过程中各部分金属变形不均匀,断面各处温度不均匀,工具磨损也不均匀,轧件尺寸难以精确计算,轧机调整和导卫装置的安装复杂。由于以上原因,其复杂断面型材的单个品种或规格通常都批量较小,故复杂断面型材的连轧技术发展缓慢。

(4) 轧机结构和轧机布置形式多种多样。在结构形式上有二辊式轧机、三辊式轧机、四辊万能孔型轧机、多辊孔型轧机、Y形轧机、45°轧机和悬臂式轧机等。在轧机布置形式上有横列式轧机、顺列式轧机、棋盘式轧机、半连续式轧机、连续式轧机等。

1.4 轨梁材种类及典型型材用途

1.4.1 轨梁材种类

长材即国内所谓的型材(或型钢),它是经各种塑性加工成形的具有一定断面形状和尺寸的直条实心钢材。轨梁材属于长材,主要指钢轨和H型钢、工字钢。目前我国轨梁厂除了生产钢轨、H型钢、大型工字钢外,还生产Z形钢、L形钢、槽钢、角钢、槽帮钢、履带钢、球扁钢、鱼尾板、垫板、电车用槽形轨等大型复杂断面钢材以及大型方钢、圆钢等简单断面钢材。H型钢专业生产厂家主要生产H型钢,其次也生产角钢、槽钢等型材。重轨和H型钢产量占型钢总产量的比例较高,生产工序多,生产难度大,是极具代表性的产品,因此,本书主要介绍这两种长材的现代生产技术——万能轧制工艺技术。

1.4.2 典型型材用途

从材料本身的使用特征来划分,型材可以分成钢结构用材、交通运输用材和机械工程用材等几大类。在钢结构用材中用量最大的品种依次为H型钢(工字钢)、角钢和槽钢。交通运输用材中用量最大且对产品质量要求最高的当属重轨。

球扁钢、T形钢和L形钢(不等边不等厚角钢)是船用型钢。球扁钢用于建造5000t以下的中小船舶。5000t以上船只则广泛采用比截面系数大的L形钢,这种钢材具有剖面模数大、惯性矩大、自重轻等优点。T形钢具有能最合理地使用材料而得到最高强度的特点,实用性很大,广泛应用在各类船舶上。目前,我国除能生产球扁钢外,船用L形钢和T形钢尚不能成批生产,除了进口部分钢材外,大量地用人工剖剪钢板,拼装焊接成形,人力、材料浪费很大,成本也很高,因此发展船用型钢是刻不容缓的。

钢板桩结构特殊,强度高、轻型、隔水性能好;耐久性强,使用寿命达到20~50年;可重复使用,一般可使用3~5次;环保效果显著,在施工中可大大减少取土量和混凝土的使用量,有效保护土地资源;具有较强的救灾抢险的功能,尤其是在防洪、塌方、塌陷、流沙的抢险救灾中,见效特别快;施工简单,工期缩短,建设费用较省。由于钢板桩具有如此多的独特功能和优势,它的用途在发达国家非常广泛,比如在永久性结构建筑上,可用于码头、卸货场、堤防护岸、护墙、挡土墙、

防波堤、导流堤、船坞、闸门等；在临时性结构物上，可用于封山、临时扩岸、断流、建桥围堰、大型管道铺设临时沟渠开挖的挡土、挡水、挡沙墙等；在抗洪抢险上，可用于防洪、防塌方、防塌陷、防流沙等。

发达国家钢板桩种类有 U 形、Z 形、AS 形等几个大类、数十个规格。按生产工艺，钢板桩分为冷弯薄壁轻型和热轧型钢板桩，由于前者具有较大的加工、使用局限性，因而，热轧钢板桩成为钢板桩产品发展的主流，但由于钢板桩生产工艺极其复杂，在我国应用刚开始，需求较少，故目前我国只有 U 形一种类型、两个规格，且只有马钢生产。

热轧 H 型钢是一种具有优越力学性能的经济断面型材，其应用领域广，包括建筑、机械、石油化工、电力、交通等行业，被广泛用作工业厂房、设备基础桩、机械设备的构件、铁道车辆的大梁、市政及民用建筑的钢结构等。

1.5 应用于钢结构中的型钢

1.5.1 钢结构特点及其对钢材的要求

钢结构是指用钢材制成的结构。钢结构通常由型钢和钢板等制成的钢梁、钢柱、钢桁架等构件组成；各构件或部件之间采用焊缝、螺栓或铆钉连接。有些钢结构还用钢绞线、钢丝绳或钢丝束以及铸钢等材料组成。钢结构在各项工程建设中的应用极为广泛，如钢桥、钢厂房、钢闸门、各种大型管道容器、高层建筑和塔轨机构等。

与其他材料的结构相比，钢结构有如下一些特点：

(1) 材料的强度高，塑性和韧性好。钢材和其他建筑材料诸如混凝土、砖石和木材相比，强度要高得多。因此，特别适用于跨度大或荷载很大的构件和结构。钢材还具有塑性和韧性好的特点。塑性好，结构在一般条件下不会因超载而突然断裂；韧性好，结构对动力荷载的适应性强。良好的吸收能力和延性还使钢结构具有优越的抗震性能。另外，由于钢材的强度高，做成的构件截面小而壁薄，受压时需要满足稳定的要求，强度有时不能充分发挥。图 1-1 给出同样断面的拉杆和压杆受力性能的比较：拉杆的极限承载能力高于压杆。这和混凝土抗压强度远远高于抗拉强度形成鲜明的对比。

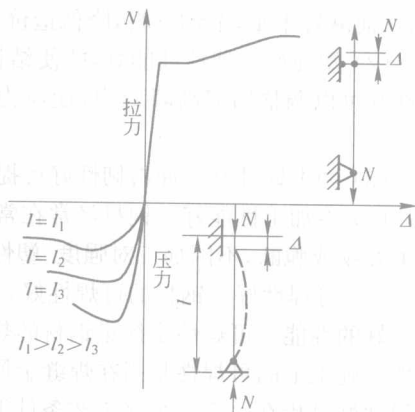


图 1-1 钢拉杆和压杆性能比较

(2) 材质均匀，和力学计算的假定比较符合。钢材内部组织比较接近于匀质和各向同性体，而且在一定的应力幅度内几乎是完全弹性的。因此，钢结构的实际受力情况和工程力学计算结果比较符合。钢材在冶炼和轧制过程中质量可以严格控制，材质波动的范围小。

(3) 制造简便，施工周期短。钢结构所用的材料单纯而且是成材，加工比较简便，并能使用机械操作。因此，大量的钢结构一般在专业化的金属结构厂做成构件，精确度较高。构件在工地拼装，可以采用安设简便的普通螺栓和高强度螺栓，有时还可以在地面拼装和焊接成较大的单元再行吊装，以缩短施工周期。小量的钢结构和轻钢屋架，也可以在现场就地制造，随即用简便机具吊装。此外，对已建成的钢结构也比较容易进行改建和加固，用螺栓连接的结构还可以根据需要进行拆迁。

(4) 钢结构的质量轻。钢材的密度虽比混凝土等建筑材料大，但钢结构却比钢筋混凝土结

较轻,原因是钢材的强度与密度之比要比混凝土大得多。以同样的跨度承受同样荷载,钢屋架的质量最多不过钢筋混凝土屋架的 $1/3$ 至 $1/4$,冷弯薄壁型钢屋架甚至接近 $1/10$,为吊装提供了方便条件。对于需要远距离运输的结构,如建造在交通不便的山区和边远地区的工程,质量轻也是一个重要的有利条件。屋盖结构的质量轻,对抵抗地震作用有利。另外,质轻的屋盖结构对可变荷载的变动比较敏感,荷载超额的不利影响比较大。受有积灰荷载的结构如不注意及时清灰,可能会造成事故。风吸力可能造成钢屋架的拉、压杆应力反号,设计时不能忽视。这在钢筋混凝土屋盖结构中是不会出现的。

(5) 钢材耐腐蚀性差。钢材耐腐蚀的性能比较差,必须对结构注意防护。这使维护费用比钢筋混凝土结构高。不过在没有侵蚀性介质的一般厂房中,构件经过彻底除锈并涂上合格的油漆,锈蚀问题并不严重。近年来出现的耐大气腐蚀的钢材具有较好的抗锈性能,已经逐步推广应用。

(6) 钢材耐热但不耐火。钢材长期经受 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 辐射热时,强度没有多大变化,具有一定的耐热性能,但温度达 $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以上时,就须用隔热层加以保护。钢材不耐火,重要的结构必须注意采取防火措施。例如,利用蛭石板、蛭石喷涂层或石膏板等加以防护。

当前钢结构的适用范围,就民用建筑和工业企业范围来说,大致如下:大跨度结构,重型厂房结构,受动力荷载影响的结构,可拆卸的结构,高耸结构和高层建筑,容器和其他构筑物,轻型钢结构。在有侵蚀性介质的环境里如果要用钢结构,则应采用耐大气腐蚀的钢种。

钢结构对钢材的要求是多方面的,主要有以下几个方面:

(1) 有较高的强度。要求钢材的抗拉强度和屈服点比较高。屈服点高可以减小构件的截面,从而减轻重量,节约钢材,降低造价。抗拉强度高,可以增加结构的安全储备。

(2) 塑性好。塑性性能好,能使结构破坏前有较明显的变形,可以避免结构发生脆性破坏。塑性好可以调整局部高峰应力,使应力得到重分布,并提高构件的延性,从而提高结构的抗震能力。

(3) 冲击韧性好。冲击韧性好可提高结构抗动力荷载的能力,避免发生裂纹和脆性断裂。

(4) 冷加工性能好。钢材经常在常温下进行加工,冷加工性能好可保证钢材加工过程中不发生裂纹或脆断,不因加工对强度、塑性及韧性带来较大的影响。

(5) 可焊性好。钢材的可焊性好,是指在一定的工艺和构造条件下,钢材经过焊接后能够获得良好的性能。可焊性是衡量钢材的热加工性能。可焊性可分为施工上的可焊性和使用上的可焊性。施工上的可焊性是指在焊缝金属及近缝区产生裂纹的敏感性,近缝区钢材硬化的敏感性。可焊性好是指在一定的焊接工艺条件下,焊缝金属和近缝区钢材不产生裂纹。使用性能上的可焊性是指焊缝和焊接热影响区的力学性能不低于母材的力学性能。

(6) 耐久性好。耐久性是指钢结构的使用寿命。影响钢材使用寿命主要是钢材的耐腐蚀性较差,其次是在长期荷载、反复荷载和动力荷载作用下钢材力学性能的恶化。

1.5.2 建筑钢结构用钢材的分类

迄今为止,我国建筑钢结构采用的钢材仍以碳素结构钢和低合金结构钢为主,尚未形成像桥梁结构钢和锅炉用钢那样的专业用钢标准。但随着建设规模的发展和新型结构的出现,这一情况将逐步有所改变,例如高层建筑钢结构用钢板就将颁发专用标准。

1.5.2.1 碳素结构钢

按现行国家标准《碳素结构钢》(GB 700—88)规定,碳素结构钢分 5 个牌号,即 Q195、Q215、Q235、Q255 和 Q275,其中 Q 是代表钢材屈服点的字母,随后的数值表示屈服点的大小,如 Q235