

王国凡 主编 张元彬 罗辉 张青 霍玉双 副主编

# 钢结构焊接制造



**Chemical Industry Press**



化学工业出版社

工业装备与信息工程出版中心

# 钢结构焊接制造

王国凡 主 编  
张元彬 罗 辉 张 青 霍玉双 副主编



化学工业出版社  
工业装备与信息工程出版中心

· 北 京 ·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构焊接制造/王国凡主编. —北京: 化学  
工业出版社, 2004. 3  
ISBN 7-5025-5309-6

I. 钢… II. 王… III. 钢结构-焊接工艺  
IV. TG457.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 020466 号

---

钢结构焊接制造

王国凡 主编

张元彬 罗 辉 张 青 霍玉双 副主编

责任编辑: 任文斗

文字编辑: 王金生

责任校对: 顾淑云

封面设计: 于 兵

\*

化学工业出版社 出版发行  
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010)64982530

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

\*

新华书店北京发行所经销

聚鑫印刷有限责任公司印刷

三河市海波装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 18 $\frac{3}{4}$  字数 453 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-5309-6/TH·189

定 价: 39.00 元



---

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

# 前 言

钢结构焊接制造是一门理论和实践性较强的综合性技术。由于钢结构综合力学性能高、焊接密封性能好、便于拆装、重量轻、生产周期短等优点，钢结构在造船、航空、机械、运输等行业得到广泛的应用。特别是钢结构应用于高层建筑已有百年的历史，建国后的前四十年，由于钢产量一直不高，建筑钢结构长期处于停滞和缓慢发展状况。近几年我国钢产量年年超亿吨，建筑钢结构进入了建国以来最好的发展时期。当前建筑钢结构正在向轻型、高层、大跨度三个方向发展。高325m的深圳地王大厦、201m的大连远洋大厦都系钢结构建筑。随着新材料、新工艺、新方法的不断涌现，钢结构的应用会愈来愈广泛。

钢结构焊接制造是钢结构设计和生产的重要内容，它包括钢结构概述、焊接应力与钢结构变形、焊接接头的形式及静载强度的计算、钢结构焊接生产工艺、钢结构零件备料加工工艺、钢结构的装配、钢结构装配-焊接用机械、典型钢结构生产工艺、钢结构的焊接生产安全等内容。为了提高钢结构的生产质量，防止失效，就要全面、系统地掌握钢结构焊接生产知识。本书对钢结构焊接生产进行系统、全面的介绍，并结合具体实例，介绍了生产工艺。

本书对钢结构焊接生产进行了理论分析，并与实践密切结合，重点突出，逻辑性强，图文并茂，对生产中易出现的变形进行了准确的分析，提出防止的措施。编写中力求通俗易懂，深入浅出，避免繁杂的计算。本书可作为相关设计人员和企业技术人员指导设计、生产的工具书，同时也可作为本科院校相关专业的教科书。

本书第1章、第8章第2、3、4节由张青编写，第2章和第3章由王国凡编写，第5章、第6章和第8章第1、2节由罗辉编写，第4章、第7章、第8章第5节由张元彬编写，第9章和第7章第4节由霍玉双编写，全书由王国凡统定稿，由宋世军教授主审。

参加编写的还有王胜辉、严雪松、马海龙、汤爱君、王吉岱、王庆军、王新民、郜建中、李建刚、周英勤、杨兴华、刘杰、李长龙、冯立明、刘喜俊等。

由于编者水平有限，书中缺点错误在所难免，敬请各界读者批评指正，提出宝贵意见。

编 者  
2004年1月

# 目 录

<b>第 1 章 钢结构概述</b> .....	1
1.1 钢结构的特点和类型 .....	1
1.1.1 钢结构的特点 .....	1
1.1.2 钢结构的类型 .....	2
1.2 钢结构的材料 .....	5
1.2.1 钢结构对材料的要求 .....	5
1.2.2 钢结构的破坏形式 .....	5
1.2.2.1 结构的整体失稳破坏 .....	5
1.2.2.2 结构和构件的局部失稳 .....	7
1.2.2.3 结构的塑性破坏 .....	8
1.2.2.4 结构的损伤累积破坏 .....	9
1.2.2.5 防止钢结构各种破坏的总体思路 .....	9
1.2.3 钢材料的主要性能.....	10
1.2.3.1 受拉、受压及受剪性能.....	10
1.2.3.2 冷弯性能.....	11
1.2.3.3 冲击韧性.....	11
1.2.4 影响钢材主要性能的因素.....	12
1.2.4.1 化学成分.....	12
1.2.4.2 冶金缺陷.....	12
1.2.4.3 钢材硬化.....	13
1.2.4.4 温度影响.....	13
1.2.4.5 结构中的应力集中现象.....	14
1.2.4.6 反复荷载作用.....	14
1.2.5 钢结构用钢材的分类.....	15
1.2.5.1 钢材的品种和牌号.....	15
1.2.5.2 国外钢材品种和牌号简介.....	16
1.2.6 钢材的选择.....	18
1.2.6.1 选用原则.....	18
1.2.6.2 钢材选择的建议.....	18
1.3 钢结构的应用与发展.....	18
1.3.1 钢结构的应用.....	18
1.3.2 钢结构的发展.....	19
<b>第 2 章 焊接应力与钢结构的变形</b> .....	21
2.1 焊接应力与变形.....	21

2.1.1	应力与变形的概念	21
2.1.1.1	应力	21
2.1.1.2	温度产生内应力的原因	21
2.1.1.3	残余应力	21
2.1.2	变形	22
2.1.3	研究焊接应力与变形的基本假定	22
2.2	焊接应力与变形产生的原因	23
2.2.1	简单杆件受热的应力和变形	23
2.2.1.1	不受约束的自由杆件均匀加热和冷却时应力变形	23
2.2.1.2	受绝对刚性约束杆件均匀加热和冷却时的应力变形	23
2.2.2	长板条不均匀受热时的应力和变形	24
2.3	焊接残余应力及分布	26
2.3.1	焊接残余应力	26
2.3.1.1	纵向应力	26
2.3.1.2	横向应力	27
2.3.1.3	厚板中的残余应力	28
2.3.1.4	管板焊接的残余应力分布	29
2.3.1.5	工字梁中的残余应力	29
2.3.1.6	拘束状态下焊缝的残余应力分布	30
2.3.2	残余应力对结构的影响	30
2.3.2.1	对静载强度的影响	30
2.3.2.2	对构件加工尺寸精度的影响	30
2.3.2.3	对受压杆件稳定性的影响	31
2.3.2.4	对应力腐蚀裂纹的影响	31
2.3.3	焊接变形及其对钢结构的影响	31
2.4	消除焊接残余应力的方法	32
2.4.1	热处理	32
2.4.2	锤击法	32
2.4.3	振动消除法	32
2.5	常见的变形及产生原因	33
2.5.1	焊接变形	33
2.5.1.1	纵向收缩变形计算及其影响因素	34
2.5.1.2	横向收缩变形计算及影响因素	35
2.5.1.3	收缩引起的挠曲变形(弯曲变形)	38
2.5.1.4	角变形	39
2.5.2	原材料的变形	40
2.5.3	其他加工过程产生的变形	40
2.6	防止和减少变形的措施	41
2.6.1	从设计方面考虑防止变形	41
2.6.1.1	合理选择构件截面提高构件的抗变形能力	41

2.6.1.2	合理选择焊缝尺寸和布置焊缝的位置	42
2.6.1.3	合理选择焊缝的截面和坡口形式	42
2.6.1.4	尽量减少不必要的焊缝	42
2.6.2	制定合理的工艺措施	42
2.6.2.1	钢材的运输堆放	42
2.6.2.2	焊前准备	43
2.6.2.3	选择合理的焊接线能量	43
2.6.2.4	选择合理的装配焊接顺序	44
2.6.2.5	刚性固定	45
2.6.2.6	散热法	46
2.6.3	加工中防止变形	47
2.6.3.1	制造零件或部件留余量	47
2.6.3.2	焊接前反变形	47
2.6.3.3	装配中防止变形	49
2.7	钢桥对变形的要求	49
2.8	焊接变形的矫正	50
2.8.1	冷加工矫正	50
2.8.1.1	手工矫正	50
2.8.1.2	机械矫正	51
2.8.2	火焰矫正法	51
2.8.2.1	加热位置的确定	51
2.8.2.2	加热温度的控制	51
2.8.2.3	加热方式	51
2.8.3	火焰矫正对钢结构承载能力的影响	53
<b>第3章</b>	<b>焊接接头形式及静载强度的计算</b>	<b>54</b>
3.1	焊接接头的基本类型	54
3.1.1	常用接头类型	55
3.1.1.1	对接接头	55
3.1.1.2	T形接头	55
3.1.1.3	搭接接头	55
3.1.1.4	角接接头	55
3.1.2	电弧焊接头与焊缝	56
3.1.3	焊接接头的力学性能检验	57
3.1.3.1	取样的一般原则	57
3.1.3.2	焊缝金属和焊接接头的拉伸性能	58
3.1.3.3	接头的冲击试验及试样	58
3.1.3.4	焊接接头的弯曲试验	59
3.1.3.5	管接头的压扁试验	59
3.1.3.6	对接接头的硬度试验	59
3.2	常用手弧焊接头应力分布	60

3.2.1	焊接接头的应力集中概念	60
3.2.2	电弧焊对接接头的应力分布	60
3.2.3	搭接接头的应力分布	61
3.2.3.1	正面角焊缝	61
3.2.3.2	侧面角焊缝	62
3.2.3.3	斜向角焊缝	62
3.2.4	T形(十字形)接头的应力分布	63
3.2.4.1	未开坡口T形(十字形)接头	63
3.2.4.2	开坡口T形(十字形)接头	64
3.3	点焊接头的应力分布	64
3.4	焊接接头的选择与静载强度计算	65
3.4.1	工作焊缝和联系焊缝	65
3.4.2	焊接接头的设计与选择	65
3.4.2.1	设计与选择焊接接头应考虑的问题	65
3.4.2.2	钢结构焊接接点	67
3.4.2.3	坡口的设计原则	67
3.4.3	焊缝的符号	68
3.4.4	焊接接头的静载强度计算	71
3.4.4.1	静载强度计算的假定	71
3.4.4.2	对接、搭接和T形接头焊缝强度计算	72
3.5	焊接接头的疲劳断裂	76
3.5.1	疲劳断裂特征	76
3.5.2	疲劳断口的宏观和微观形貌	76
3.5.2.1	疲劳断口的宏观形貌	76
3.5.2.2	疲劳断口的微观形貌	77
3.5.3	疲劳裂纹的萌生和扩展机理	78
3.5.3.1	疲劳裂纹的萌生机理	78
3.5.3.2	疲劳裂纹的扩展机理	79
3.5.4	影响焊接接头疲劳强度的因素	81
3.5.4.1	应力集中的影响	81
3.5.4.2	表面状态	82
3.5.4.3	零件的几何形状及载荷特性	83
3.5.4.4	金属材料的组织和性能	83
3.5.5	提高疲劳强度的措施	83
3.5.5.1	降低应力集中和危险部位上的实际应力	83
3.5.5.2	表面强化	84
3.5.5.3	减少焊缝中的缺陷	84
3.6	脆性断裂	84
3.6.1	脆性断口宏观形貌特征	84
3.6.1.1	解理断口	84



3.6.1.2	准解理断口	85
3.6.1.3	晶界脆性断口	85
3.6.2	脆性断口微观形貌特征	85
3.6.2.1	解理断口	85
3.6.2.2	准解理断口	86
3.6.2.3	沿晶断口	86
3.6.3	影响脆性断裂的原因	86
3.6.3.1	拉应力	86
3.6.3.2	使用温度	87
3.6.3.3	加载速度	87
3.6.3.4	焊接质量	87
3.6.3.5	化学成分与组织	87
3.6.4	防止脆性断裂的措施	88
3.6.4.1	零件的设计与制造	88
3.6.4.2	冶金方面	88
3.6.4.3	钢材的热处理	89
<b>第4章</b>	<b>钢结构焊接生产工艺</b>	<b>90</b>
4.1	钢结构加工工艺的基本知识	90
4.2	钢结构焊接工艺审查	92
4.2.1	产品结构工艺性审查的一般要求和任务	92
4.2.2	工艺性审查的内容	92
4.2.3	工艺性审查的方式和程序	96
4.3	焊接生产工艺方案的设计	97
4.3.1	工艺分析和编制工艺方案的原则	97
4.3.2	工艺分析的依据和内容	97
4.3.3	工艺方案设计的程序	98
4.4	钢结构焊接加工工艺流程	98
4.4.1	焊接工艺流程的内容	98
4.4.2	工艺流程的类型和工艺流程的文件	99
4.4.3	设计工艺流程的基本要求	101
4.4.4	设计工艺流程的主要依据和审批程序	101
4.5	钢结构的焊接工艺评定	102
4.5.1	焊接工艺评定的程序	102
4.5.2	焊接工艺评定的规则	102
4.5.3	焊接工艺评定试验	104
4.5.4	焊接工艺评定报告	105
<b>第5章</b>	<b>钢结构零件备料加工工艺</b>	<b>106</b>
5.1	型材的矫正	106
5.1.1	型材变形的原因	106
5.1.2	矫正原理	107

5.1.3	型材的矫正方法 .....	107
5.2	材料的预处理 .....	109
5.2.1	机械除锈法 .....	109
5.2.1.1	喷砂法 .....	109
5.2.1.2	弹丸法 .....	110
5.2.1.3	抛丸法 .....	110
5.2.2	化学除锈法 .....	110
5.3	加工前的准备 .....	110
5.3.1	钢结构施工图 .....	110
5.3.2	划线 .....	111
5.3.3	放样 .....	111
5.3.3.1	放样工具 .....	111
5.3.3.2	放样方法 .....	112
5.3.4	样板与样杆 .....	116
5.4	号料 .....	118
5.4.1	号料的方法 .....	118
5.4.2	材料的合理利用 .....	118
5.5	下料 .....	119
5.5.1	剪切 .....	119
5.5.1.1	剪床的分类 .....	119
5.5.1.2	剪切断面 .....	121
5.5.1.3	剪切力 .....	121
5.5.2	冲裁 .....	121
5.5.2.1	冲裁设备 .....	121
5.5.2.2	冲裁变形过程 .....	122
5.5.2.3	冲裁间隙的影响 .....	122
5.5.2.4	冲裁模 .....	124
5.5.3	热切割 .....	124
5.5.3.1	气割的原理和条件 .....	124
5.5.3.2	仿形气割 .....	125
5.5.3.3	光电跟踪气割 .....	127
5.5.3.4	数控气割 .....	127
5.5.4	等离子弧切割 .....	128
5.5.4.1	等离子弧切割原理 .....	128
5.5.4.2	等离子弧切割应用 .....	128
5.5.5	激光切割 .....	128
5.6	坯料的边缘加工 .....	129
5.7	弯曲 .....	131
5.7.1	弯曲的基本原理及弯曲过程 .....	131
5.7.1.1	弯曲过程 .....	131

5.7.1.2	最小弯曲半径 .....	131
5.7.1.3	弯曲回弹 .....	132
5.7.2	折弯设备及弯模 .....	133
5.7.2.1	折弯设备 .....	133
5.7.2.2	弯曲模具 .....	133
5.7.2.3	通用模具弯曲 .....	134
5.7.3	卷弯 .....	135
5.7.3.1	卷弯的基本原理 .....	135
5.7.3.2	弯卷 .....	136
5.7.3.3	型材的辊弯 .....	138
5.7.3.4	管子弯曲 .....	139
5.8	压制成型 .....	141
5.8.1	拉延 .....	141
5.8.1.1	拉延基本原理 .....	141
5.8.1.2	封头坯料的计算 .....	142
5.8.1.3	封头的拉延 .....	143
5.8.2	旋压 .....	144
5.8.2.1	旋压成型的基本原理 .....	145
5.8.2.2	封头的旋压 .....	145
5.8.3	爆炸成形 .....	145
5.8.4	缩口、缩颈、扩口成形 .....	146
5.8.4.1	缩口 .....	146
5.8.4.2	扩口 .....	147
5.9	锅炉气包筒身备料举例 .....	147
<b>第6章</b>	<b>钢结构的装配</b> .....	<b>149</b>
6.1	钢结构的装配 .....	149
6.1.1	装配的基本条件 .....	149
6.1.2	装配基准的选择 .....	149
6.1.3	零件的定位原理及定位焊 .....	150
6.1.3.1	定位原理 .....	150
6.1.3.2	定位基准的选择 .....	150
6.1.3.3	零件的定位方法 .....	151
6.1.3.4	定位焊 .....	151
6.1.4	装配中的测量 .....	152
6.1.4.1	测量基准 .....	152
6.1.4.2	测量项目的测量 .....	152
6.2	装配用工具与设备 .....	154
6.2.1	装配中常用的工具 .....	154
6.2.2	装配中常用的设备 .....	154
6.2.2.1	对装配用设备的一般要求 .....	154

6.2.2.2	装配用平台 .....	154
6.2.2.3	胎架 .....	155
6.2.3	钢结构的装配 .....	155
6.2.3.1	装配前的准备 .....	155
6.2.3.2	零件的定位和装配方法 .....	156
6.2.4	装配方法的选择 .....	158
6.2.4.1	装配工作中应该注意的问题 .....	158
6.2.4.2	装配-焊接顺序的类型 .....	159
6.2.4.3	装配工艺方法的选择 .....	159
6.3	典型焊接结构的装配 .....	160
6.3.1	钢板的拼接 .....	160
6.3.2	框架柱的装配 .....	160
6.3.3	梁的拼接 .....	161
6.3.3.1	T形梁的装配 .....	161
6.3.3.2	箱形梁的装配 .....	162
6.3.3.3	工字梁的装配 .....	162
6.3.4	屋架结构的装配 .....	163
6.3.5	容器的装配 .....	164
6.3.6	机架结构的装配 .....	165
6.4	钢结构的焊接工艺参数选择 .....	166
6.4.1	焊接工艺参数的内容和原则 .....	166
6.4.1.1	焊接工艺参数的内容 .....	166
6.4.1.2	制定焊接工艺参数的原则 .....	166
6.4.2	焊接方法的选择 .....	166
6.4.3	焊接工艺参数的选定 .....	166
6.4.4	确定合理的焊接热参数 .....	167
<b>第7章</b>	<b>钢结构装配-焊接用机械装备</b> .....	<b>168</b>
7.1	概述 .....	168
7.1.1	装配-焊接机械装备在焊接中的作用 .....	168
7.1.2	装配-焊接机械装备的分类 .....	169
7.1.3	装配-焊接机械装备的设计 .....	169
7.1.3.1	设计原则 .....	169
7.1.3.2	设计的程序和方法 .....	169
7.1.4	装配-焊接机械的选用 .....	170
7.2	装配-焊接夹具 .....	171
7.2.1	概述 .....	171
7.2.1.1	装配-焊接工装夹具的分类与组成 .....	171
7.2.1.2	装配-焊接工装夹具的特点 .....	171
7.2.1.3	装配-焊接工装夹具的设计要求 .....	172
7.2.2	加工定位 .....	173

7.2.2.1	物体定位原则——六点定则	173
7.2.2.2	定位基准的选择	174
7.2.2.3	定位方法及定位器	175
7.2.3	装配-焊接夹紧机构	176
7.2.3.1	夹紧力的确定	176
7.2.3.2	各种夹紧机构	179
7.2.3.3	典型夹紧结构的分析	188
7.3	装配-焊接中的变位机械	194
7.3.1	焊件变位机械	194
7.3.1.1	焊件变位机械的功能及结构形式	194
7.3.1.2	驱动系统	195
7.3.2	焊接滚轮架	197
7.3.2.1	焊接滚轮架的功能及结构形式	197
7.3.2.2	导电装置及焊剂垫	198
7.3.3	焊接翻转机械	200
7.3.4	焊接回转台	202
7.3.5	焊机变位机械	202
7.3.6	焊工的操作台	208
7.4	焊接机器人	210
7.4.1	焊接机器人的发展概论	210
7.4.2	焊接机器人的分类	211
7.4.3	焊接机器人的系统组成	213
<b>第8章</b>	<b>典型钢结构生产工艺</b>	<b>214</b>
8.1	压力容器的生产工艺	214
8.1.1	压力的容器的基础知识	214
8.1.1.1	压力的容器的分类	214
8.1.1.2	压力的容器的结构特点	215
8.1.2	压力的容器焊缝规定	215
8.1.3	压力的容器焊接接头的设计要求	216
8.1.3.1	压力的容器中的A类和B类焊缝	216
8.1.3.2	压力的容器C类焊缝	217
8.1.3.3	压力的容器D类焊缝	217
8.1.3.4	压力的容器E类焊缝	217
8.1.4	HG410/100锅炉气包容器工艺	219
8.1.4.1	主要规格及技术条件	219
8.1.4.2	HG410/100锅炉气包制造工艺方案	219
8.2	起重机械	221
8.2.1	桥式起重机的生产工艺	221
8.2.1.1	桥式起重机的结构及技术要求	221
8.2.1.2	桥架结构特点及技术要求	221

8.2.1.3	主梁工艺分析 .....	222
8.2.1.4	主梁制造工艺要点 .....	223
8.2.2	桁架起重机生产工艺 .....	226
8.2.2.1	桁架起重机的种类 .....	226
8.2.2.2	桁架起重机的焊接生产 .....	227
8.2.3	塔式起重机的生产工艺 .....	228
8.2.3.1	零部件加工 .....	228
8.2.3.2	组装 .....	229
8.2.3.3	焊接 .....	230
8.2.3.4	检验 .....	231
8.2.3.5	塔机钢结构工艺文件 .....	232
8.3	混凝土搅拌机的生产工艺 .....	232
8.3.1	JS1000 双卧轴强制式搅拌机的基本构造 .....	232
8.3.2	JS1500 双卧轴强制式搅拌机的生产工艺 .....	232
8.4	建筑用钢结构 .....	237
8.4.1	建筑用钢结构生产工艺 .....	237
8.4.1.1	建筑用钢结构的特点 .....	237
8.4.1.2	钢结构的制作过程 .....	237
8.4.1.3	钢结构安装过程 .....	239
8.4.1.4	钢结构焊接工艺和质量检验 .....	240
8.4.2	金属网架生产工艺 .....	245
8.4.2.1	网架的制作和安装 .....	245
8.4.2.2	网壳的制作和安装 .....	253
8.4.3	轻型钢结构生产工艺 .....	255
8.4.3.1	轻型钢结构的制作 .....	255
8.4.3.2	安装 .....	257
8.5	船体结构加工工艺流程的制定 .....	258
8.5.1	备料加工 .....	259
8.5.2	拼装焊接 .....	259
8.5.3	组件合拢 .....	260
8.5.4	部件合拢 .....	260
8.5.5	大合拢 .....	261
<b>第9章</b>	<b>钢结构的焊接生产安全</b> .....	<b>263</b>
9.1	备料及成形加工过程中的安全技术 .....	263
9.1.1	备料的安全技术 .....	263
9.1.1.1	划线、号料工序操作注意事项 .....	263
9.1.1.2	下料工序注意事项 .....	263
9.1.2	成形加工中的安全技术 .....	263
9.2	装配中的安全技术 .....	264
9.3	钢结构焊接生产中的安全用电 .....	264

9.3.1	焊接用电特点 .....	264
9.3.2	电流对人体的危害 .....	265
9.3.3	发生触电事故的原因 .....	265
9.3.4	防护措施 .....	266
9.3.4.1	焊钳和电缆的安全要求 .....	266
9.3.4.2	焊接电源的安全措施 .....	267
9.3.4.3	安全操作 .....	268
9.3.4.4	焊条的安全更换 .....	268
9.3.4.5	水下电弧焊接安全措施 .....	268
9.3.5	触电急救 .....	269
9.4	焊接劳动卫生与防护 .....	269
9.4.1	焊接有害因素来源和危害 .....	270
9.4.1.1	弧光辐射 .....	270
9.4.1.2	金属烟尘 .....	271
9.4.1.3	有毒气体 .....	273
9.4.1.4	高频电磁场 .....	275
9.4.1.5	放射性物质 .....	275
9.4.1.6	噪声 .....	276
9.4.2	焊接卫生防护措施 .....	276
9.4.2.1	有毒气体的防护措施 .....	276
9.4.2.2	焊接弧光防护 .....	280
9.4.2.3	放射性防护 .....	280
9.4.2.4	噪声防护 .....	281
9.4.2.5	高频电磁场的防护 .....	281
	<b>参考文献</b> .....	282

# 第 1 章 钢结构概述

## 1.1 钢结构的特点和类型

### 1.1.1 钢结构的特点

以热轧型钢（角钢、工字钢、槽钢、钢管等）、钢板、冷加工成形的薄壁型钢以及钢索作为基本元件，通过焊接、螺栓或铆钉连接等方式，按一定的规律连接起来制成基本构件后，再用焊接、螺栓或铆钉连接将基本构件连接成能够承受外载荷的结构称为钢结构。

目前钢结构已在国民经济各部门获得非常广泛的应用。不仅在传统的工业部门，如工业与民用建筑业中的建筑结构，交通运输业中的船舶、车辆、飞机、桥梁，电力部门中的高架塔桅，水利建筑中的闸门、大型管道以及机械工业中的工程机械、重型机械等方面，而且在新兴的宇航工业、海洋工程中大规模应用了钢结构。钢结构如此广泛的应用，原因在于钢结构与其他材料制成的结构相比，具有下列特点。

1) 强度高、重量轻 钢材比木材、砖石、混凝土等建筑材料的强度要高出很多倍，因此，当承受的载荷和条件相同时，用钢材制成的结构自重较轻，所需截面较小，运输和架设亦较方便。

2) 塑性和韧性好 钢材具有良好的塑性，在一般情况下，不会因偶然超载或局部超载造成突然断裂破坏，而是事先出现较大的变形预兆，以便采取补救措施。钢材还具有良好的韧性，对作用在结构上的动力载荷适应性强，为钢结构的安全使用提供了可靠保证。

3) 材质均匀 钢材的内部组织均匀，各个方向的物理力学性能基本相同，很接近各向同性体，在一定的应力范围内，钢材处于理想弹性状态，与工程力学所采用的基本假定较符合，故计算结果准确可靠。

4) 制造方便 钢结构是由各种加工制成的型钢和钢板组成，采用焊接、螺栓或铆接等手段制造成基本构件，运至现场装配拼接。故制造简便、施工周期短、效率高，且修配、更换也方便。这种工厂制造、工地安装的施工方法，具备了成批大件生产和成品精度高等优点，同时为降低造价、发挥投资的经济效益创造了条件。

5) 密封性好 钢结构采用焊接方法连接易做到紧密不渗漏，密封性好，适用于制作容器、油罐、油箱等。

6) 耐腐蚀性差 黑色金属制造的钢结构处在空气中容易生锈，特别是在湿度大或有侵蚀性介质中腐蚀加速，因而需经常维修和保养，如除锈、涂涂料等，维护费用较高。

7) 耐高温性差 钢材不耐高温，随着温度的升高，钢材强度会降低，在火灾中，未加防护的钢结构一般只能维持 20 min 左右，因此对重要的结构必须注意采取防火措施，如在钢结构外面包混凝土或其他防火材料，或在构件表面喷涂防火涂料等。

8) 钢材的低温脆性 当钢材在其临界温度以下服役时会发生脆性断裂。



### 1.1.2 钢结构的类型

钢结构应用在各种建筑物和工程构筑物上，类型很多，通常可以根据钢结构基本元件的几何特征、结构外形、连接方式及建立的力学计算模型、外载荷与结构构件在空间的相互位置以及计算方法等几种情况来区分。

钢结构根据其基本元件的几何特征，可分为杆系结构和板壳结构。

若干杆件按照一定的规律组成几何不变结构，称为杆系结构。其特征是每根杆件的长度远大于宽度和厚度，即截面尺寸较小。常见的塔式起重机的臂架和塔身是杆系结构（见图 1-1）；高压输电线路塔架、变电构架、广播电视发射塔架也是杆系结构（见图 1-2）。

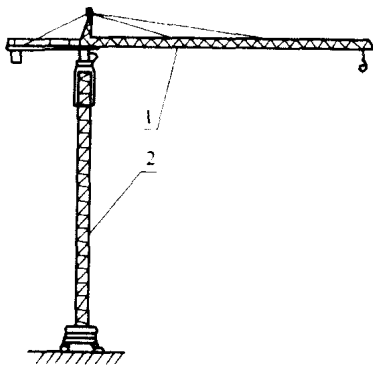


图 1-1 塔式起重机

1—臂架；2—塔身

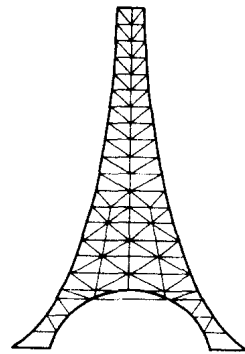


图 1-2 广播电视发射塔架

网架结构是一种高次超静定的空间杆系结构，也称为网格结构。网架结构空间刚度大、整体性强、稳定性好、安全度高，具有良好的抗震性能和较好的建筑造型效果，同时兼有重量轻、材料省、制作安装方便等优点，因此是适用于大、中跨度屋盖体系的一种良好的结构形式。近 30 年来，网架结构在国内外得到了普遍的推广应用。

网架结构按外形可分为平板网架（简称网架，见图 1-3）和曲面网架（简称网壳，见图 1-4），平板网架在设计、计算、构造和施工制作等方面都比曲面网架简便，应用范围较广。

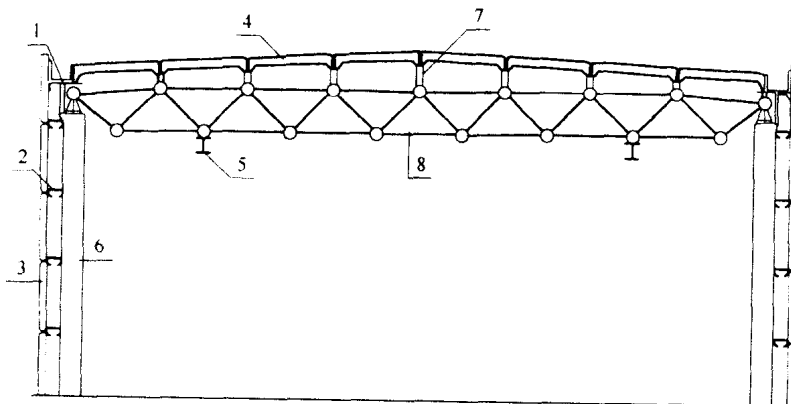


图 1-3 网架

1—内天沟；2—墙架；3—太空轻质条形墙板；4—太空网架板；5—悬挂吊车；  
6—混凝土柱；7—找坡小立柱；8—网架