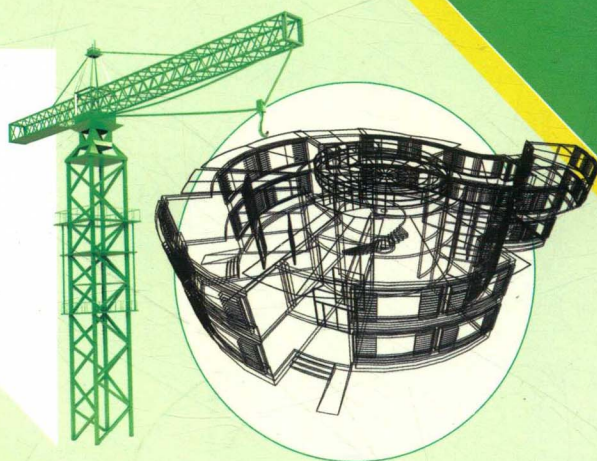


高等职业教育精品教材

钢结构工程 识图与施工

GANGJIEGOU
GONGCHENG
SHITUYU SHIGONG

主编 雷波 张凯



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

高等职业教育精品教材

钢结构工程识图与施工

主 编 雷 波 张 凯

副主编 鲜晓红 廖 健



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书分为三篇,第一篇为钢结构基础,主要包括钢结构的认识、建筑钢材和钢结构的连接;第二篇为钢结构识图,主要包括钢结构工程识图基础、钢结构工程施工图的识读;第三篇为钢结构工程施工,主要包括钢零件和钢部件加工工程、钢结构的连接施工、钢构件的组装与预拼装、钢结构安装工程、压型金属板工程和钢结构涂装工程等内容。

本书内容系统而全面,实用性强,可作为高等职业学校相关专业的教学用书,也可供钢结构工程设计与施工人员、建筑工程管理人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构工程识图与施工 / 雷波, 张凯主编. -- 上海:
上海交通大学出版社, 2015
ISBN 978-7-313-13537-7

I. ①钢… II. ①雷… ②张… III. ①钢结构—建筑工程—建筑制图—识别②钢结构—建筑工程—工程施工
IV. ①TU391②TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 181704 号

钢结构工程识图与施工

主 编: 雷波 张凯

出版发行: 上海交通大学出版社

地 址: 上海市番禺路 951 号

邮政编码: 200030

电 话: 021-64071208

出 版 人: 韩建民

印 制: 北京时捷印刷有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 18 字 数: 416 千字

版 次: 2015 年 10 月第 1 版

印 次: 2015 年 10 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-313-13537-7/TU

定 价: 48.00 元

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与发行部联系

联系电话: 010-62137141

前 言

随着经济的不断发展,我国建筑业发展迅速,钢结构在建筑结构中应用的比率越来越高,尤其是在高层与超高层建筑、大跨度空间结构、桥梁结构等建筑物中开始大量采用钢结构或钢与混凝土组合结构,这些都为钢结构提供了广阔的发展空间。为了适应钢结构工程发展的需要,国家对钢结构工程施工和管理人员提出了更高的要求。为此我们编写了本书。

具体来说,本书具有以下几个特点。

1. 新规范、新标准。本书根据最新发布的钢结构工程施工技术规范、质量验收规范及最新的相关技术资料编写而成。

2. 概念清晰,内容连贯。本书力求简明扼要、浅显实用、概念清晰、内容连贯,使理论知识、实践技能与实际应用紧密结合,保证学习内容的连贯性。

3. 应用性、针对性、实践性、职业性。本书编写时,力求按照高等职业教育的人才培养特征,紧扣技能型紧缺人才培养指导方案的要求,强调了工程技术专业课程的应用性、针对性、实践性和职业性等特点,以满足施工生产一线职业岗位工作的需要。

本书由广安职业技术学院雷波、四川职业技术学院张凯担任主编,由四川职业技术学院鲜晓红、四川交通职业技术学院廖健担任副主编。各章节的执笔人:第1、2、3章为鲜晓红,第4、5章为廖健,第6、7章为张凯,第8、9、10、11章为雷波。

本书在编写过程中借鉴了大量与钢结构工程相关的资料和教材,在此,对这些资料的作者和编者表示衷心的感谢。

另外,本书配有丰富的教学资源包,读者可登录北京金企鹅文化发展中心的网站(www.bjjqe.com)下载。

编 者

2015年9月

目 录

第一篇 钢结构基础

第 1 章 钢结构的认识	2
1.1 我国钢结构概况	2
1.2 钢结构的特点	4
1.3 钢结构的应用范围	5
第 2 章 建筑钢材	6
2.1 建筑钢材的破坏形式	6
2.2 钢材的性能	6
2.2.1 钢材的主要力学性能	6
2.2.2 钢材的冷弯性能	10
2.2.3 钢材的可焊性能	11
2.2.4 钢材的耐火性能和耐候性能	11
2.3 影响钢材性能的因素	12
2.3.1 化学成分的影响	13
2.3.2 冶炼、轧制、浇铸和热处理的影响	14
2.3.3 钢材的硬化	16
2.3.4 温度的影响	17
2.3.5 复杂应力作用的影响	18
2.3.6 应力集中的影响	19
2.3.7 残余应力的影响	20
2.3.8 钢材的疲劳	20
2.4 钢和钢材的种类及选用	21
2.4.1 钢材的种类	21
2.4.2 钢结构用钢的牌号	21
2.4.3 钢材的选用原则	22
2.4.4 钢材的品种和规格	23

2.5 钢材的防护	25
2.5.1 钢材脆性断裂的预防	25
2.5.2 钢结构的防火保护	25
2.5.3 钢结构防腐蚀措施	26
第3章 钢结构的连接	27
3.1 焊接	27
3.1.1 钢结构焊接工艺	27
3.1.2 焊接(残余)应力和焊接(残余)变形	41
3.2 螺栓连接	45
3.2.1 普通螺栓连接的形式和规格	45
3.2.2 高强度螺栓连接副的形式	45
3.2.3 螺栓连接的布置	46
3.2.4 螺栓连接的破坏形式	47
3.2.5 螺栓的强度等级	47
第二篇 钢结构识图	
第4章 钢结构工程识图基础	50
4.1 制图的一般规定	50
4.1.1 图线	50
4.1.2 比例	51
4.1.3 符号	52
4.1.4 定位轴线	55
4.2 钢结构构件的标注	58
4.2.1 常用构件代号	58
4.2.2 尺寸界线标注	58
4.2.3 常用型钢的标注方法	62
4.2.4 常用螺栓、铆钉的标注	63
4.2.5 焊缝的标注	64
4.2.6 钢结构构件标注要求	70
第5章 钢结构工程施工图的识读	72
5.1 钢结构施工图的主要内容	72
5.1.1 钢结构施工图的组成	72
5.1.2 钢结构施工图的内容	73

5.2 钢结构施工图识读的目的与技巧	76
5.2.1 钢结构施工图识读的目的	76
5.2.2 钢结构施工图识读的技巧	76
5.2.3 钢结构施工图识读应注意的事项	77
5.3 钢结构施工图识读举例	78
5.3.1 门式刚架结构识图举例	78
5.3.2 多层及高层钢结构识图举例	79

第三篇 钢结构工程施工

第6章 钢零件和钢部件加工工程	84
6.1 构件加工准备工作	84
6.1.1 材料准备	84
6.1.2 工机具准备	86
6.1.3 加工环境准备	86
6.2 钢构件的放样与号料	87
6.2.1 放样	87
6.2.2 号料	88
6.3 钢构件的切割	90
6.3.1 常用切割方法	91
6.3.2 切割要求	91
6.3.3 剪切号料	93
6.3.4 气割号料	95
6.4 钢构件的矫正与成型	96
6.4.1 矫正操作与技巧	96
6.4.2 成型操作与技巧	102
6.5 钢构件的制孔加工操作	107
6.5.1 钻孔加工	107
6.5.2 冲孔加工	108
6.5.3 铰孔加工	109
6.5.4 扩孔加工	109
6.5.5 制孔尺寸允许偏差	110
6.6 螺栓球和焊接空心球加工	110
6.6.1 螺栓球加工	110

6.6.2 焊接空心球加工	113
6.7 钢构加工工程质量控制	115
6.7.1 钢构件加工主控项目检验标准	115
6.7.2 钢构件加工一般项目检验标准	116
第7章 钢结构的连接施工	117
7.1 焊接	117
7.1.1 钢结构焊接施工操作与技巧	117
7.1.2 钢结构焊接质量控制	126
7.2 螺栓连接	131
7.2.1 普通螺栓连接的构造与连接操作	131
7.2.2 高强度螺栓连接的构造与连接操作	133
7.2.3 螺栓连接质量控制	139
第8章 钢构件的组装与预拼装	142
8.1 钢构件的组装	142
8.1.1 钢构件组装方法及要求	142
8.1.2 胎模组装与技巧	145
8.1.3 钢板拼装	146
8.1.4 桁架拼装	148
8.1.5 实腹工字形吊车梁组装	148
8.1.6 预总装	149
8.2 钢构件的预拼装	149
8.2.1 钢构件预拼装方法及要求	150
8.2.2 典型的梁、柱拼装	151
8.2.3 钢屋架拼装	154
8.2.4 托架拼装	156
8.3 钢构件组装与预拼装施工质量检验	157
8.3.1 钢构件组装质量验收标准	157
8.3.2 钢构件预拼装质量验收标准	165
第9章 钢结构安装工程	167
9.1 起重设备和吊具	167
9.1.1 常用起重设备	167
9.1.2 常用吊具	173
9.1.3 起重设备和吊具使用要求	176

9.2 基础施工	177
9.2.1 一般规定	177
9.2.2 基础标高的调整	178
9.2.3 垫放垫铁	179
9.2.4 基础灌浆	180
9.2.5 地脚螺栓预埋	182
9.3 单层钢结构安装	183
9.3.1 钢柱安装	183
9.3.2 多吊车梁安装	189
9.3.3 钢屋架安装	193
9.3.4 钢桁架、水平支撑安装	196
9.3.5 钢梯、钢平台、栏杆安装	197
9.4 多层、高层钢结构安装	207
9.4.1 施工一般规定	207
9.4.2 吊装顺序和方法	208
9.4.3 钢柱吊装和校正	209
9.4.4 钢构件安装	211
9.5 钢网架结构安装	213
9.5.1 钢网架的绑扎	213
9.5.2 钢网架的吊装	214
9.5.3 整体吊升法	215
9.5.4 钢网架高空散装法安装	217
9.5.5 钢网架高空滑移法安装	218
9.5.6 钢网架整体提升法安装	221
9.5.7 钢网架顶升施工法安装	224
9.6 施工质量验收	226
9.6.1 单层钢结构安装工程质量验收标准	226
9.6.2 多层及高层钢结构安装工程质量验收标准	232
第 10 章 压型金属板工程	237
10.1 压型金属板加工	237
10.1.1 压型金属板加工准备	237
10.1.2 压型金属板加工操作	238
10.2 压型金属板的连接	240
10.2.1 连接形式	240

10.2.2 连接要求	241
10.3 压型金属板安装	243
10.3.1 压型金属板安装施工要点	243
10.3.2 压型金属板连接固定	244
10.3.3 组合楼层的安装	246
10.3.4 屋面压型板防腐处理	249
10.4 施工质量验收	250
10.4.1 压型金属板制作	251
10.4.2 压型金属板安装	252
第 11 章 钢结构涂装工程	254
11.1 表面处理	254
11.1.1 腐蚀和除锈等级	254
11.1.2 钢材表面的除锈方法	256
11.1.3 表面油污和旧涂层处理	257
11.2 防腐涂料涂装	258
11.2.1 防腐涂料的选用	258
11.2.2 防腐涂装的施工	259
11.2.3 漆膜质量检查	264
11.3 防火涂料涂装	265
11.3.1 防火涂料的选用	265
11.3.2 防火涂层厚度的确定	266
11.3.3 防火涂装施工	268
11.4 施工质量验收	271
11.4.1 钢结构防腐涂料涂装	271
11.4.2 钢结构防火涂料涂装	272
11.4.3 钢结构涂层厚度检测	273
参考文献	276

第一篇 钢结构基础

第 1 章

钢结构的认识

1.1 我国钢结构概况

我国具有悠久的钢结构应用历史,根据史料记载,早在汉明帝(公元 60 年前后)时期,在我国西南地区交通要道的深山峡谷上就已建造了铁链桥,用作与西域通商和进行宗教、文化交流。其中,兰津桥是铁链桥中最早的一座,它约建于公元 58~75 年,比欧洲最早的铁链桥早 70 余年。在这之后,以明代建造的云南沅江桥、清代建造的贵州盘江桥和四川泸定大渡河桥最著名。大渡河桥建于清康熙四十四年(1705 年),全桥由 9 根桥面铁链(上铺木板)和 4 根扶手铁链组成,净长 100 m,宽 2.8 m,可通行两辆马车。铁链锚固在直径 0.2 m、长 4 m 的铸铁锚桩上。

铁塔是我国古代的一种宗教建筑。例如,湖北荆州玉泉寺 13 层铁塔、山东济宁铁塔寺铁塔和江苏镇江甘露寺铁塔等,都以其建筑造型和冶金技术的高超水平,反映了我国古代在金属结构方面的卓越成就。

而近百余年来,钢结构在欧美各国的工业与民用建筑中得到广泛应用,但我国在新中国成立前却发展很缓慢。在此期间建造的为数不多的高层建筑以及铁路桥和公路桥,主要是由外商承包设计和施工的,如上海的国际饭店、永安公司、上海大厦等。我国钢结构工作者建造的建筑物有 1931 年建成的广州中山纪念堂、1934 年建成的上海体育馆(三铰拱,跨度 42.6 m)和 1937 年建成的杭州钱塘江大桥等。

新中国成立后,我国冶金工业和钢结构的设计、制造及安装水平有了很大提高,发展十分迅速。1957 年建成的武汉长江大桥,正桥三联九孔,每孔跨度 128 m,全长 1 555.5 m。与此同时,新建的武汉钢铁公司和包头钢铁公司以及其他重工业厂房,如长春第一汽车制造厂、富拉尔基重型机器制造厂、洛阳拖拉机厂等,都大量应用了钢结构。在公用建筑中,有北京的人民大会堂钢屋架(跨度 60.9 m、高 7 m)、工人体育馆的车辐式悬索屋顶结构(直径 94 m)等。至此我国钢结构发展到了一个新的阶段。

在20世纪70年代后期至80年代,随着我国经济建设形势的好转,钢产量逐年稳步增长,钢结构也得到了广泛应用。在此期间建成的武汉钢铁公司一米七热轧薄板厂和冷轧薄板厂及上海宝山钢铁公司第一、二期工程,其钢结构用量都以10万吨计。此外,还有铁路公路两用的九江长江大桥(最大跨度216 m),以及石油化工厂、发电厂、造船厂和塔桅结构等,都大量应用了钢结构。

自20世纪90年代以来,我国钢结构更是进入了一个蓬勃发展时期。钢结构在特大型钢铁联合企业(如鞍山、武汉、包头、宝山、攀枝花等钢铁公司)中得到上百万吨的应用,并且还相继建成了一批特大跨度的桥梁,如西陵长江大桥(单跨跨度900 m)、江阴长江大桥(单跨跨度1385 m)、芜湖公铁两用长江大桥(中跨跨度312 m)等。在超高层建筑领域中也有一些规模宏大的建筑,如1996年建成的深圳地王商业中心(地上78层,地下3层,高342.95 m,加桅杆总高383.95 m)、1999年建成的上海金茂大厦(88层,高420.5 m)和2008年建成矗立其旁的上海环球金融中心(101层,高492 m)。

除此之外,我国钢结构在大跨度建筑方面也取得了很好成绩,如天津体育馆网架(跨度108 m,挑檐13.5 m)、长春体育馆网架(120 m×166 m)、国家体育场(鸟巢,333 m×297 m)。在轻型结构方面,如彩色拱形波纹屋面也得到很大应用,最大跨度达到36 m。

图1-1至图1-3为近年来新建的几个具有代表性的钢结构建筑;图1-1为上海宝钢钢结构生产车间;图1-2为国家大剧院网壳(212.24 m×143.64 m,重6750 t)。图1-3为上海金茂大厦、上海环球金融中心和上海中心大厦。



图1-1 上海宝钢钢结构生产车间

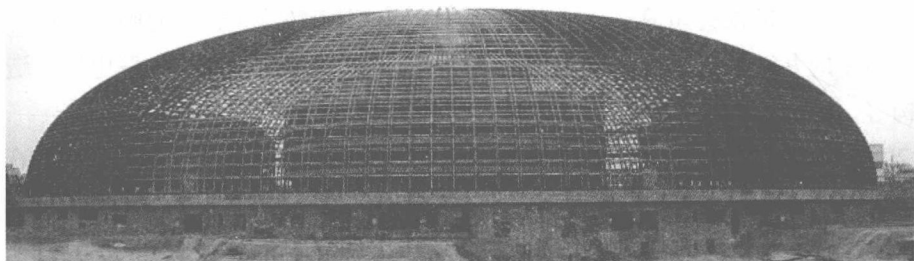


图 1-2 国家大剧院网壳



图 1-3 上海中心大厦、上海金茂大厦和上海环球金融中心

1.2 钢结构的特点

与钢筋混凝土结构、砌体结构和木结构相比，钢结构具有以下特点。

- ① 钢材的材质均匀，质量稳定，可靠性好；实际受力情况与力学计算结果比较符合。
- ② 钢材的强度高、塑性和韧性好，抗冲击和抗振动能力强；因而，钢结构本身重量较轻，如普通钢屋架的重量仅为相同跨度和荷载的钢筋混凝土屋架重量的 $1/4 \sim 1/3$ 。

③ 工业化程度高,便于运输、安装和拆迁,因而,钢结构具有加工精度高、制造周期短、生产效率高和建造速度快等特点。

④ 钢结构密封性强,耐热性较好,可用于建造压力容器和大直径输送管道。长期经受 150°C 以内环境,钢材不会有质的变化。

⑤ 钢结构的耐腐蚀性和耐火性差。钢材在潮湿或有侵蚀性介质的环境中易锈蚀,应采取除锈、刷漆、镀锌等防锈措施,并需定期检修,所以维修费用高。当温度超过 200°C 时,材质变软,强度降低,当超过 150°C 时钢结构需采用防火和隔热措施。

⑥ 钢材在低温和其他特殊条件下可能发生脆性断裂。

1.3 钢结构的应用范围

目前,钢结构常用于大跨、超高、过重、振动、密闭、高耸、空间和轻型的工程结构中,其应用应根据钢结构的特点做出合理选择,大致范围如下。

- **大跨度结构:** 指要求大空间的公共建筑和工业建筑,多需采用重量轻、强度高的大跨度钢结构,如飞机制造厂的装配车间、飞机库、体育馆、大会堂、剧场、展览馆等,多采用钢网架、拱架、悬索以及框架等结构体系。
- **重型厂房结构:** 主要是设有起重重量较大的中级和重级工作制桥式起重机的车间,如炼钢车间、轧钢车间、铸钢车间、水压车间、船体车间、热加工车间等重型车间的承重骨架和桥式起重机梁。
- **高层和超高层建筑:** 主要是工业建筑中的多层框架和商贸中心、饭店等高层或超高层建筑,多采用钢框架结构体系,以加快建设速度,提高抗震性能。
- **高耸构筑物:** 主要是承受风荷载的高耸塔桅结构,如高压输电线塔架、石油化工排气塔架、电视塔、卫星发射塔、环境气象监测塔、无线电桅杆、钻井塔等。
- **容器、贮罐、管道:** 主要是大型油库、气罐、囤仓、料斗和大直径煤气管、输油管等,多采用板壳钢结构,以保证在压力作用下耐久、不渗漏。
- **可拆装和搬迁的结构:** 如流动式展览馆、装配式活动房屋等多用螺栓和扣件连接的轻钢结构。
- **其他构筑物:** 如高炉、热风炉、锅炉骨架,大跨度铁路和公路桥梁、水工闸门、起重桅杆、运输通廊、管道支架和海洋采油平台等,一般多采用钢结构。

第2章

建筑钢材

2.1 建筑钢材的破坏形式

钢材有塑性破坏和脆性破坏两种破坏形式。材料在破坏之前有显著的变形，且持续时间较长，能吸收较多的能量，使破坏有明显的预兆，这种破坏为塑性破坏；相反，材料在破坏之前没有显著变形，且突然发生，吸收能量很少，这种破坏称为脆性破坏。在材料力学中介绍过的低碳钢和铸铁试件在常温下单向受拉试验时的破坏形式，分别属于塑性破坏和脆性破坏。

塑性破坏在破坏发生前有明显的变形且持续时间较长，易于发现，及时补救，因此不会引起严重后果；而脆性破坏由于事先无显著变形且突然发生，无法及时察觉和采取补救措施，其一旦发生可能会导致整个结构坍塌，所以脆性破坏造成的危害和损失比塑性破坏严重得多。我们应当充分意识到钢材脆性破坏的危险性，在钢结构的设计、施工、制造和使用中采取适当的措施，避免其发生。

钢材的破坏形式除了与钢材的品种有关外，还与钢结构的工作环境、结构形式、加工条件等因素有关。

2.2 钢材的性能

2.2.1 钢材的主要力学性能

钢结构在使用过程中会受到各种作用，选用钢材时应保证它们具备抵抗各种作用的能力。钢材在各种作用下表现出来的各种特性（如强度、塑性、韧性、冷弯性能等）称为钢

材的力学性能。钢材的力学性能是钢结构设计的重要依据。

1. 强度

在静载、常温条件下,对钢材标准试件(如图2-1所示)进行一次单向均匀拉伸试验是力学性能试验中最具有代表性的。它简单易行,可得到反映钢材强度和塑性的几项主要力学性能指标,且对其他受力状态(受压、受剪)也有代表性。

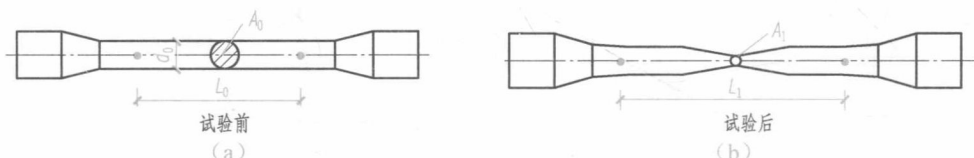


图 2-1 静力拉伸试验的标准试件

如图2-2(a)所示为低碳钢单向均匀拉伸试验的应力—应变曲线,图2-2(b)所示为曲线的局部放大图。下面根据图2-2对低碳钢在单向受拉过程中经历的几个阶段以及强度、塑性的几项指标进行介绍。

1) 弹性阶段

曲线开始处的斜直线终点A所对应的最大应力称为比例极限 f_p 。设试件承受的轴心拉力为 N ,试件的横截面积为 A ,则当试件横截面上的应力 $\sigma = N/A \leq f_p$ 时,应变 ε 有

$$\varepsilon = \Delta L / L_0$$

式中, L_0 为原标距长度, ΔL 为其伸长量。由此可知,应力和应变成正比,符合胡克定律,即

$$\sigma = E\varepsilon$$

式中, $E = \tan \alpha$,为斜直线的斜率,称为钢材的弹性模量,一般可统一取 $E = 206 \times 10^3 \text{ N/mm}^2$ 。

当 $\sigma > f_p$ 以后,曲线弯曲,应力—应变关系呈非线性,但钢材仍具有弹性性质,即此时若卸荷(N 回零),则应变也降至零,不出现残余变形,该阶段称为钢材受力的弹性阶段。弹性阶段(图2-2(b)中区段I)终点B对应的应力称为弹性极限 f_e ,它通常与比例极限 f_p 十分接近,一般可不加区分。

2) 屈服阶段

当 $\sigma > f_e$ 后,钢材受力进入弹塑性阶段(图2-2(b)中区段II),其变形包括弹性变形和塑性变形两部分,即后者在卸荷后不会消失而成为残余变形。其后,曲线出现锯齿形波动,直到点C,此时即使应力保持不变,应变仍持续增大,这称为钢材受力的塑性流动阶段(图2-2(b)中区段III),也就是钢材对外力的屈服阶段,对应的应力称为屈服点 f_y 。