

○ 陈 达/主编



钢结构

制造实例与工艺规程编制

上海科学技术出版社

钢结构制造实例与工艺规程编制

陈 达 主编

上海科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

钢结构制造实例与工艺规程编制 / 陈达主编. —上海: 上海科学技术出版社, 2015. 9

ISBN 978-7-5478-2647-8

I. ①钢… II. ①陈… III. ①钢结构—结构构件—生产工艺 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 102411 号

钢结构制造实例与工艺规程编制

陈 达 主编

上海世纪出版股份有限公司 出版
上 海 科 学 技 术 出 版 社

(上海钦州南路 71 号 邮政编码 200235)

上海世纪出版股份有限公司发行中心发行

200001 上海福建中路 193 号 www.ewen.co

上海中华商务联合印刷有限公司印刷

开本 787×1092 1/16 印张 27 插页 4

字数 550 千字

2015 年 9 月第 1 版 2015 年 9 月第 1 次印刷

ISBN 978-7-5478-2647-8/TG·83

定价: 97.00 元

内 容 提 要

全书共分九章,分别为:钢结构概述、钢结构工程施工材料、概论钢结构制作工艺规程编制、概述钢结构制作综合工艺流程工序程序规范内容、近代钢结构在制作中存在的缺陷、展开放样实例、典型钢结构构件制作实例、矫正钢结构构件各种变形、钢结构制作与安全生产;最后为附录资料。

本书对从事钢结构加工制作的技术人员和管理人员具有重要的参考价值,特别是对刚入门的同行,更是一本系统的培训教材。

序

PREFACE

钢结构制造实例与工艺规程编制

>>>>>>>>>>>>>>>>>>>

我国现代钢结构是从 20 世纪 80 年代开始发展起来的,对钢结构技术系统论说的专著不多。陈达先生从事钢结构技术工作 50 多年,积累了丰富的实践经验。为了适应钢结构的快速发展,他将本人从事钢结构加工制作过程中的宝贵经验进行了系统的总结。这些经验和要点源于独特的事例、独特的制作工艺、独特的技术秘诀,希望能为同行在钢结构加工制作施工中遇到的实际问题,提供一点思路和方法。

本书主要以“钢结构加工制作实例及怎样编制制作工艺规程”为主题,内容为:钢结构加工制作综合工艺流程、工序顺序与工艺流程之关系,钢结构加工制作施工和管理,钢结构制作施工材料,钢结构预拼装。本书特别涉及对钢结构在加工制作中预计会出现的问题,以及防治措施,从技术和管理上都做了详细的论述和规定。

本书对从事钢结构加工制作的技术人员和管理人员具有重要的参考价值;本书出版后也恳请同行提出宝贵意见。

上海市金属结构行业协会

2014年8月18日

钢结构制造实例与工艺规程编制

[illegible]

编者

钢结构制造实例与工艺规程编制

[illegible]

• 1 •

第五节 焊接施工中的缺陷和问题	272
第六章 展开开放样实例	274
第一节 可展表面和不可展表面	274
第二节 平行线展开法	275
第三节 放射线展开法	282
第四节 三角形展开法	287
第五节 相贯体的展开	293
第六节 不可展曲面的近似展开	300
第七节 板厚处理	305
第七章 典型钢结构构件制作实例	309
第一节 双梁桥式起重机箱形结构主梁制作	309
第二节 压力容器制作	313
第三节 球形储氧罐制作	319
第四节 煨弯悬臂梁轨道制作	331
第五节 胀接工艺	334
第六节 铆接工艺	352
第八章 矫正钢结构各种变形件	364
第一节 钢结构构件产生变形的原因	364
第二节 钢结构构件变形矫正方法	369
第三节 火焰矫正特殊变形杆件的方法与实例	376
第九章 钢结构施工与安全生产	387
第一节 钢结构构件生产制作安全	387
第二节 钢结构制作场地的环境卫生	388
第三节 电焊安全技术	388
第四节 钢结构矫正作业的安全与注意事项	396
第五节 涂装施工安全技术	398
第六节 高空作业安全措施	401
附录	408
附录一 钢结构常用英汉词汇	408
附录二 钢结构常用法定计量单位的名称和符号	420
附录三 螺栓、孔、电焊铆钉的表示方法	422

[illegible]

在承受相同荷载的情况下,钢结构件的截面更小,自重量更轻。这一特点可用材料的密度与屈服强度的比值来度量,比值较小则结构越轻。与常用的工程材料相比,钢材的密度与屈服强度之比最小。例如,在相同的跨度和荷载作用下,普通钢屋架重量只有同等跨度钢筋混凝土的 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ 。如果采用薄壁型钢屋架则更轻,只有 $\frac{1}{10}$ 。

由于自重量相对较轻,采用钢结构可减轻地基和基础部分的工程造价,提高结构抵抗地震的作用能力,且便于运输和安装,所以钢结构特别适用于跨度大、高度高、荷载大的结构,也更适用于抗地震、可移动、可装拆的结构。

(2) 塑性、韧性好

钢的材质均匀,各向同性,弹性模量大,有良好的塑性和韧性。钢材破坏前会经过很大的塑性变形过程,能吸收和消耗很大能量。钢材塑性好,所以钢结构不会因偶然超载或局部超载发生突然断裂。钢材韧性好,使钢结构较能适应不同温度情况下的振动荷载和冲击荷载作用。地震区的钢结构比其他材料的工程结构更耐震,钢结构是一般地震中损坏最少的结构。钢材是比较理想的弹性体系,钢结构在国民建设中占有很重要的地位。

(3) 密封性好

钢材组织非常致密,采用焊接可达到安全密封,一些要求气密性好的耐压容器、大型油库、煤气罐、流体输送管道等结构都采用钢结构。

(4) 施工速度快

钢结构由钢板和型材组成,采用机械加工和手工操作相结合,虽然有大量的手工操作,但在专业化的钢结构加工厂加工制作,由于专业技术人员的管理和专业操作者的熟练操作,不仅施工快速方便,而且对已建成的钢结构也易于拆卸、加固或改造,可降低成本、提高经济效益。

(5) 环保性能好

采用钢结构可大大减少沙、石、灰的用量,有关工程资料表明,使用 1 t 钢结构可减少 7 t 混凝土用量,从而减轻不可再生资源的浪费。钢结构拆除后可回炉再生使用,有的还可以搬迁复用,大幅度减少建筑垃圾的产生;因此,使用钢结构有利于保护环境、节约资源。

(6) 施工噪声低、粉尘少,文明施工程度高

钢结构构件制作等均采用工厂化生产,构件制作完成后运到施工现场,由专业施工人员安装就位,与其他结构类型的建筑物相比较,钢结构施工时所占临时用地很少,建筑工地相对较少机器轰鸣、尘土飞扬,现场管理的文明化施工程度高,非常适宜在人口密集的城市中施工。

二、钢结构缺陷

(1) 不可耐火

钢材随着温度升高而弹性模量降低,导致钢材强度下降。温度在 250℃ 以内,钢材的性质变化很小;温度达到 300℃ 以上,钢材强度明显下降;一般认为当温度达到 650℃ 时,

钢材的强度为零。因此,钢结构的抗火性能比钢筋混凝土结构差,一般用于温度不高于250℃的场所。

当钢结构长期受到100℃左右辐射热量时,钢材不会有质的变化;当温度达到150℃以上时,需要隔热层加以保护。需特殊防火要求的建筑,钢结构更需要用耐火材料围护,对于钢结构住宅或高层建筑,应根据建筑重要性的等级和防火规范加以特殊处理,做好防火涂料对钢结构的涂层工作。

(2) 耐腐蚀性差

钢材在潮湿环境中易腐蚀,处于有腐蚀性介质的环境中更易生锈,钢材腐蚀严重时,会影响结构的使用寿命;因此,钢结构必须进行防锈处理。钢结构的防护一般采用油漆、热镀锌、热喷涂铝(锌)复合涂层;这些防护并非一劳永逸,需定时重新维修保护;因而,钢结构的维护费用较高。

(3) 规格不齐

我国生产的型材品种不能满足建筑市场需求。如H型钢规格不齐,方钢管最大规格边长只有280 mm,冷弯薄壁型钢缺少,可搭接的斜卷型钢少。

(4) 品种少

我国普通钢材品种为Q235与Q345两种,可建筑钢结构高强度低合金钢品种较少,如Q390、Q420至今采用很少(Q420尚未见采用)。

(5) 厚度性能无法保证

高层建筑越来越高,钢结构截面及钢材的厚度日趋增大,由于钢材轧制方向决定了钢板厚度方向的性能最差。因而,钢结构中很多构件或节点,普遍存在钢材沿厚度方向受拉的情况。因此,较厚的钢板焊接时往往会在沿厚度方向出现层状撕裂破坏。

第三节 钢结构的应用和发展

钢结构是各类建筑工程结构中应用比较广泛的一种建筑结构。高度高、跨度大的结构,荷载或吊车起重量大的结构,有振动或有较高温度的厂房结构,要求能活动或经常装拆的结构,在地震多发区的房屋结构等,均可考虑采用钢结构。

一、钢结构的应用

(1) 大跨度结构

对于大跨度结构,应用钢结构对减轻结构重量有明显的效果;同时,钢结构在大跨度建筑物中的应用,往往能够更好地体现和提升建筑物的自身形象。建筑物中大跨度结构的有飞机库、航空港、粮库、物流转运中心库、火车站、会议厅、体育馆、影剧院等,这些建筑物基本采用钢结构。常用的结构体系主要有框架结构、拱式结构、网架结构、悬索结构、悬挂结构、预应力钢结构等。

近几年来,大跨度结构发展很快,首都机场、上海浦东机场都是大跨度网架结构机库,遍布各地区的体育场几乎全是各种形式的大跨度钢结构。

(2) 高层建筑

由于钢结构承载力大,在承载相同荷载时,构件截面更小,可以使建筑获得更大的使用空间。因此,商务楼、饭店、公寓等多层、高层、超高层建筑也越来越多地采用钢结构,如北京京伦饭店、上海新锦江宾馆、深圳地王大厦、上海浦东金茂大厦、上海环球金融中心,上海中心广场,改革开放以来中国建造了许多钢结构超高层建筑,发展之快是举世瞩目的。

新中国成立前,中国钢结构高层很少,见表 1-1;改革开放以来,在上海建造的部分钢结构高层建筑见表 1-2;世界著名钢结构高层建筑见表 1-3。

表 1-1 新中国成立前中国钢结构建筑(部分)

序号	建筑物名称	楼高(m)	层数	竣工年代
1	国际饭店	83.8	24	20 世纪 30 年代
2	百老汇大厦(现上海大厦)	76.6	22	20 世纪 30 年代
3	中国银行大厦	69	18	20 世纪 30 年代

表 1-2 上海建造的钢结构高层建筑(部分)

编号	建筑物名称	楼高(m)	层数	用钢量(t)	竣工年份
1	新锦江大酒店	153.09	43	6 300	1 985
2	上海国际贸易中心	155.25	37	11 000	1 987
3	新金桥大厦	212.30	39	6 250	1 996
4	上海证券大厦	177.70	27	9 300	1 997
5	世界广场	199	38	11 700	1 996
6	上海世界金融大厦	210	44	3 860	1 997
7	金茂大厦	420.50	88	19 000	1 998
8	上海国际航运大厦	232	52	6 300	1 998
9	上海国际金融大厦	226	53	9 400	1 998
10	上海申茂大厦	187.50	46	6 900	1 997
11	上海商品交易大厦	156	38	7 000	1 997
12	浦项广场	110.80	26	3 399	1 998
13	上海香港新世界大厦	206	60	6 830	2 001
14	上海正大商业广场	57	10	7 000	2 001
15	上海信息枢纽大厦	288	41	9 150	2 000

(续表)

编号	建筑物名称	楼高(m)	层数	用钢量(t)	竣工年份
16	上海震旦国际大厦	159.80	37	4 300	2 002
17	上海银行大厦	229.90	50	8 500	2 003
18	上海世茂国际广场	333	60	10 400	2 004
19	上海环球金融中心	492	101	45 000	2 008
20	上海会德丰广场	298	59	10 000	2 010
21	上海中心广场	623	120	在建	在建
22	上海恒隆广场	288	60	9 500	2 010

表 1-3 世界著名钢结构高层建筑(部分)

序号	建筑物名称	国家	地区	高度(m)	层数	竣工年代
1	迪拜塔/哈利法塔	阿联酋	迪拜	828	163	2010
2	台北 101 大楼	中国	台北	508	101	2004
3	上海环球金融中心大厦	中国	上海	492	101	2008
4	环球贸易广场	中国	香港	484	108	2010
5	国家石油大厦/双峰塔 1 号楼	马来西亚	吉隆坡	452	88	1998
6	国家石油大厦/双峰塔 2 号楼	马来西亚	吉隆坡	452	88	1998
7	南京紫峰大厦	中国	南京	450	66	2010
8	西尔斯大厦/韦莱集团大厦	美国	芝加哥	442	108	1974
9	川普国际酒店大厦	美国	芝加哥	423	98	2009
10	金茂大厦	中国	上海	421	88	1999
11	香港国际金融中心二期	中国	香港	412	88	2003
12	广州中信广场	中国	广州	390	80	1996
13	深圳信兴广场地王大厦	中国	深圳	384	69	1996
14	帝国大厦	美国	纽约	381	102	1931
15	中环广场大厦	中国	香港	374	78	1992
16	中国银行大厦	中国	香港	367	70	1989
17	美洲银行大厦	美国	纽约	366	55	2009
18	阿尔玛斯钻石大楼	阿联酋	迪拜	360	68	2008
19	阿联酋大厦塔楼一	阿联酋	迪拜	355	54	2000
20	高雄东帝士 85 国际广场	中国	高雄	348	85	1997
21	芝加哥怡安中心	美国	芝加哥	346	83	1973

(续表)

序号	建筑物名称	国家	地区	高度(m)	层数	竣工年代
22	中环中心	中国	香港	346	73	1998
23	约翰汉考克大厦	美国	芝加哥	344	100	1969
24	瑞汉金玫瑰罗塔纳酒店	阿联酋	迪拜	333	72	2007
25	上海世贸国际广场	中国	上海	333	60	2006
26	民生银行大厦	中国	武汉	331	68	2008
27	中国国际贸易中心第三期	中国	北京	330	74	2009
28	Q1 大厦	澳大利亚	黄金海岸	323	78	2005
29	七星帆船酒店	阿联酋	迪拜	321	60	1999
30	克莱斯勒大厦	美国	纽约	319	77	1930
31	如心广场	中国	香港	319	80	2006
32	纽约时代城堡	美国	纽约	319	52	2007
33	国家银行广场大厦	美国	亚特兰大	317	55	1993
34	联邦银行大厦/第一洲际世界中心	美国	洛杉矶	310	73	1990
35	吉隆坡电讯大厦	马来西亚	吉隆坡	310	55	2001
36	阿联酋大厦塔楼二	阿联酋	迪拜	309	56	2000
37	美国电话电报企业中心	美国	芝加哥	303	64	1990
38	摩根大通大厦	美国	休斯顿	305	75	1982
39	彩虹中心第二期	泰国	曼谷	304	85	1997
40	慎行广场二号大厦	美国	芝加哥	303	64	1990
41	韦斯非高银行广场大厦	美国	休斯顿	302	71	1983
42	王国中心	沙特阿拉伯	利雅得	302	41	2002
43	地标酒店	阿联酋	迪拜	302	63	2008
44	Arraya 办公中心大楼	科威特	科威特	300	60	2009
45	多哈渴望之塔	卡塔尔	多哈	300	36	2006
46	香港港岛东中心	中国	香港	298	69	2008
47	第一银行广场大厦	加拿大	多伦多	298	72	1975
48	上海会德丰广场	中国	上海	298	59	2010
49	尤里卡公寓大楼	澳大利亚	墨尔本	297	91	2006
50	康卡斯特中心	美国	费城	297	57	2008
51	里程碑大厦	日本	横滨	296	73	1993

(续表)

序号	建筑物名称	国家	地区	高度(m)	层数	竣工年代
52	阿联酋王冠中心	阿联酋	迪拜	296	63	2008
53	伟基河畔南 311 号	美国	芝加哥	293	65	1990
54	赛格广场	中国	深圳	292	71	2000
55	美国国际广场	美国	纽约	290	67	1932
56	钥匙大厦	美国	克利夫兰	289	57	1991
57	恒隆广场	中国	上海	288	66	2001
58	自由广场 1 号大厦	美国	费城	288	61	1987
59	千禧大楼	阿联酋	迪拜	285	59	2006
60	明天广场	中国	上海	285	58	2003
61	哥伦比亚中心	美国	西雅图	284	76	1984
62	重庆世贸中心大厦	中国	重庆	283	60	2005
63	长江集团中心	中国	香港	283	63	1999
64	川普大厦	美国	纽约	283	71	1930
65	国家银行广场大厦	美国	达拉斯	281	72	1985
66	大华银行广场一期	新加坡	新加坡	280	66	1992
67	共和广场大厦	新加坡	新加坡	280	66	1995
68	海外联合银行中心	新加坡	新加坡	280	63	1986
69	花旗银行中心大厦	美国	纽约	279	59	1977
70	香港新世界大厦	中国	上海	278	61	2002
71	地王国际商会中心	中国	南宁	276	54	2006
72	斯克希亚广场大厦	加拿大	多伦多	275	68	1989
73	威廉姆斯大厦	美国	休斯顿	275	64	1983
74	武汉世界贸易中心	中国	武汉	273	60	1998
75	文艺复兴大楼	美国	达拉斯	270	56	1975
76	天玺 1 号大厦	中国	香港	270	68	2008
77	天玺 2 号大厦	中国	香港	270	68	2008
78	广州西塔	中国	广州	270	62	2007
79	大鹏国际广场	中国	广州	269	47	2006
80	陆家嘴时代金融中心	中国	上海	269	55	2008
81	21 世纪大楼	阿联酋	迪拜	269	55	2003

(续表)

序号	建筑物名称	国家	地区	高度(m)	层数	竣工年代
82	纳比惠赞那亚大楼	俄罗斯	莫斯科	268	61	2007
83	阿法沙利亚中心	沙特阿拉伯	利雅得	267	30	2000
84	国家银行合作中心大厦	美国	夏洛特	265	60	1992
85	北密西根 900 号大厦	美国	芝加哥	265	66	1989
86	AL Kazim 1 号住宅大楼	阿联酋	迪拜	265	53	2008
87	AL Kazim 2 号住宅大楼	阿联酋	迪拜	265	53	2008
88	交通银行金融大厦	中国	上海	265	50	1999
89	柯林街 120 号大楼	澳大利亚	墨尔本	265	52	1991
90	凯旋宫酒店	俄罗斯	莫斯科	264	61	2005
91	太阳信托广场	美国	亚特兰大	264	60	1993
92	大楼广场三期 G 座	韩国	首尔	264	73	2004
93	川普世界大厦	美国	纽约	262	72	2001
94	水塔广场大厦	美国	芝加哥	262	74	1976
95	港汇广场 1 号塔楼	中国	上海	262	54	2005
96	港汇广场 2 号塔楼	中国	上海	262	54	2005
97	芝加哥水楼	美国	芝加哥	262	86	2009
98	洛杉矶怡安中心	美国	洛杉矶	262	62	1974
99	澳门新葡京酒店	中国	澳门	261	47	2008
100	加拿大信托大厦	加拿大	多伦多	261	53	1990

钢结构的应用不仅限于高层超高层的建筑,甚至 6~8 层、12~16 层的小高层建筑也采用钢结构;同时,小型住宅别墅房正在采用轻型钢结构建筑。据有关数据显示,使用 BH 型钢支座的钢结构与混凝土结构比较,自重可减轻 20%~30%,提高使用面积达 5%~8%。

(3) 高耸结构

高耸结构包括电视塔、微波塔、通信塔、输电线路塔、石油化工塔、大气监视塔、火箭发射塔、钻井塔等;许多高耸结构都采用钢结构。

(4) 板壳钢结构

要求密闭的容器,如大型储油罐、煤气库、炉壳等,要求能承受很大内力并有高温急剧变化的高炉结构和大直径的高压输油管道都采用钢壳钢结构,还有一些大型水利工程结构的水闸闸门也都采用钢结构制造,如葛洲坝、三峡水电库闸门。

(5) 承受重型荷载的结构

重型生产车间,如冶金工业工厂的平炉车间、轧钢车间、冶炼车间、重型机械厂的锻压

车间,造船厂的船体装配车间,飞机制造厂装配车间,以及重型厂房的屋架、柱、吊车梁等承重体系,一般都采用钢结构;如宝钢、鞍钢、武钢等都建有各种规模的钢结构厂房。

(6) 轻钢结构

轻钢结构由以轻型冷弯薄壁型钢、轻型焊接的高频焊接型钢、薄钢板、薄壁钢管、轻型热轧型钢拼接、焊接而成的组合构件为主要受力构件,大量采用轻质围护隔离材料的单层或多层建筑。此类结构主要用于小型房屋建筑、体育馆看台雨篷、小型仓库等采用轻钢结构,近年来,由薄板做成的折板结构和拱形波纹屋盖结构也在推广使用;但近年来多采用中板(厚度大于4 mm,小于20 mm)的板材组合制作成承载结构,如吊车梁、钢柱、屋面梁等构件,其腹板的厚度基本为6 mm(最厚的腹板不超过8~10 mm),这些结构用于大型粮库、物流转运站,其跨度60 m、72 m、144 m(中间有钢柱)的屋面梁,钢柱以及其他厂房结构的钢柱、吊车梁、屋面梁等构件。屋面及墙面采用轻质围护隔离材料,这种把屋面结构和屋盖承重结构及轻质围护材料结合为钢结构体系,具有很低的用钢量,成为一种新型的轻钢结构体系。

(7) 桥梁结构

桥梁结构越来越多,特别是中等跨度的斜拉桥和悬索桥,钢结构在桥梁结构中的应用广泛,例如上海地区的南浦大桥、杨浦大桥、徐浦大桥,江苏的江阴大桥、苏通大桥,铁路两用双层九江大桥等。

(8) 移动式钢结构

由于钢结构强度较高,相对较轻,因此一些经常需要进行拆装的结构,如装配式房屋、水工闸门、升船机、桥式吊车和各种塔式起重机、龙门起重机、缆索起重机等,都采用钢结构。

二、钢结构发展

钢结构是一种具有较大优势的建筑结构,近年来随着我国改革开放进程的加快和钢材产量的不断提高,更加速了钢结构发展。钢结构的开发、计算的改进、新结构体系的应用等方面都有了很大进展。

(1) 高强度钢材的研制开发

钢结构普遍采用的钢材有Q235(屈服强度 $=235\text{ N/mm}^2$)、Q345(屈服强度 $=345\text{ N/mm}^2$)、Q390(屈服强度 $=390\text{ N/mm}^2$)和Q420(屈服强度 $=420\text{ N/mm}^2$)。第一种钢材是普通碳素结构钢,后三种是低合金高强度结构钢。这四种钢材均被刊入我国《钢结构设计规范》(GB50017—2003)。采用高强度钢材可用较少的材料制成高效的结构,对特大跨度结构、超高层建筑和高耸结构极为有利。

(2) 连接材料开发

钢结构加工制作除了钢材制造外,连接材料也是钢结构加工制作的内容,连接材料的开发主要有以下几个方面:

① 焊条匹配。

为配合高强度钢材的应用《钢结构设计规范》(GB50017—2003),工程上规定了与上