



人民交通出版社“十二五”
高职高专土建类专业规划教材

钢结构制作与安装

主 编 盛一芳
主 审 王 伟 尹敏达



人民交通出版社
China Communications Press



人民交通出版社“十二五”
高职高专土建类专业规划教材

主要内容

钢结构制作与安装

主 编 戚一芳
副主编 苏小梅
主 审 王 伟 尹敏达



人民交通出版社
China Communications Press

内 容 提 要

本书依据现行相关规范对各类结构构件的受力特点和构造要求进行了系统介绍,内容翔实,概念清晰,简明扼要,深入浅出。

全书共 11 个情境,主要包括:钢结构认知,钢结构连接,钢结构构件,钢屋架,轻型钢平台,大型钢结构构件的装配机械,钢结构工程识图,单层、多层和高层钢结构制作,单层、多层和高层钢结构安装,防腐与涂装,钢结构工程施工管理。

本书适合作为广大学校职业教育建筑工程技术、钢结构工程技术、工程监理等多个专业师生的教学用书,也可作为相关专业工程技术人员的参考资料。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构制作与安装/盛一芳主编. —北京:人民交通出版社,2011. 8

ISBN 978-7-114-09174-2

I. ①钢… II. ①盛… III. ①钢结构—结构构件—制作②钢结构—建筑安装工程 IV. ①UT391②TU758.11
中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 110555 号

书 名: 钢结构制作与安装

著 作 者: 盛一芳

责任编辑: 邵 江 刘彩云

出版发行: 人民交通出版社

地 址: (100011)北京市朝阳区安定门外外馆斜街 3 号

网 址: [http:// www.ccpres.com.cn](http://www.ccpres.com.cn)

销售电话: (010)59757969, 59757973

总 经 销: 人民交通出版社发行部

经 销: 各地新华书店

印 刷: 北京盈盛恒通印刷有限公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 16.75

字 数: 392 千

版 次: 2011 年 8 月 第 1 版

印 次: 2011 年 8 月 第 1 次印刷

书 号: ISBN 978-7-114-09174-2

定 价: 33.00 元

(如有印刷、装订质量问题的图书由本社负责调换)



高职高专土建类专业规划教材编审委员会

主任委员

吴 泽(四川建筑职业技术学院)

副主任委员

赵 研(黑龙江建筑职业技术学院) 危道军(湖北城市建设职业技术学院) 袁建新(四川建筑职业技术学院)
王世新(山西建筑职业技术学院) 申培轩(济南工程职业技术学院) 王 强(北京工业职业技术学院)
许 元(浙江广厦建设职业技术学院) 韩 敏(人民交通出版社)

土建施工类分专业委员会主任委员

赵 研(黑龙江建筑职业技术学院)

工程管理类分专业委员会主任委员

袁建新(四川建筑职业技术学院)

委员 (以姓氏笔画为序)

丁春静(辽宁建筑职业技术学院)	马守才(兰州工业高等专科学校)	毛燕红(九州职业技术学院)
王 安(山东水利职业学院)	王延该(湖北城市建设职业技术学院)	王社欣(江西工业工程职业技术学院)
邓宗国(湖南城建职业技术学院)	田恒久(山西建筑职业技术学院)	边亚东(中原工学院)
刘志宏(江西城市学院)	刘良军(石家庄铁道职业技术学院)	刘晓敏(黄冈职业技术学院)
吕宏德(广州城市职业学院)	朱玉春(河北建材职业技术学院)	张学钢(陕西铁路工程职业技术学院)
李中秋(河北交通职业技术学院)	李春亭(北京农业职业学院)	杨太生(山西建筑职业技术学院)
肖伦斌(绵阳职业技术学院)	邹德奎(哈尔滨铁道职业技术学院)	陈年和(江苏建筑职业技术学院)
侯洪涛(济南工程职业技术学院)	钟汉华(湖北水利水电职业技术学院)	涂群岚(江西建设职业技术学院)
郭 宁(深圳建设集团)	郭起剑(江苏建筑职业技术学院)	郭朝英(甘肃工业职业技术学院)
温风军(济南工程职业技术学院)	蒋晓燕(浙江广厦建设职业技术学院)	韩家宝(哈尔滨职业技术学院)
蔡 东(广东建设职业技术学院)	谭 平(北京京北职业技术学院)	

顾问

杨嗣信(北京双圆工程咨询监理有限公司) 尹敏达(中国建筑金属结构协会)
杨军霞(北京城建集团) 李永涛(北京广联达软件股份有限公司)
李 志(湖北城建职业技术学院)

秘书处

邵 江(人民交通出版社) 刘彩云(人民交通出版社)



高职高专土建类专业规划教材出版说明

近年来我国职业教育蓬勃发展,教育教学改革不断深化,国家对职业教育的重视达到前所未有的高度。为了贯彻落实《国务院关于大力发展职业教育的决定》的精神,提高我国土建领域的职业教育水平,培养出适应新时期职业需要的高素质人才,人民交通出版社深入调研,周密组织,在全国高职高专教育土建类专业教学指导委员会的热情鼓励和悉心指导下,发起并组织了全国四十余所院校一大批骨干教师,编写出版本系列教材。

本套教材以《高等职业教育土建类专业教育标准和培养方案》为纲,结合专业建设、课程建设和教育教学改革成果,在广泛调查和研讨的基础上进行规划和展开编写工作,重点突出企业参与和实践能力、职业技能的培养,推进教材立体化开发,鼓励教材创新,教材组委会、编审委员会、编写与审稿人员全力以赴,为打造特色鲜明的优质教材做出了不懈努力,希望以此能够推动高职土建类专业的教材建设。

本系列教材先期推出建筑工程技术、工程监理和工程造价三个土建类专业共计四十余种主辅教材,随后在2~3年内全面推出土建大类中7类方向的全部专业教材,最终出版一套体系完整、特色鲜明的优秀高职高专土建类专业教材。

本系列教材适用于高职高专院校、成人高校及二级职业技术学院、继续教育学院和民办高校的土建类各专业使用,也可作为相关从业人员的培训教材。

人民交通出版社

2011年3月



前言

QIANYAN

本书按照《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98)、《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)、《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ 81—2002)、《钢结构工程质量检验评定标准》(GB 50221—95)、《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》(JGJ 82—91)及其他相关现行规范编写。力求内容翔实,概念清晰,简明扼要,深入浅出,通俗易懂,注重理论联系实际。通过对各类结构构件的受力特点和构造要求的系统介绍,致力于对学生钢结构工程施工、组织与管理能力的培养。本书实用性强,满足建筑工程技术、工程监理、钢结构工程技术等多个专业使用。为了便于读者掌握重点内容,各章均附有小结、思考题。

本书由湖北城市建设职业技术学院盛一芳副教授、高级工程师担任主编,武汉工业职业技术学院苏小梅副教授担任副主编。具体编写分工:盛一芳编写情景六、九、十一,苏小梅编写情景八,徐俊编写情景七,南学平编写情景一、二、三、四,刘敏编写情景五、十。浙江建设职业技术学院高级工程师王伟和中国建筑金属结构协会钢结构专业委员会主任尹敏达担任主审。

在本书的编写过程中得到了湖北城市建设职业技术学院、武汉工业职业技术学院、浙江建设职业技术学院、中国建筑金属结构协会钢结构专业委员会的各位领导及教师的大力支持,并参考了一些公开出版和发表的文献,谨此一并致谢。

限于编者水平,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正。

编者
2011年6月

目 录

MULU

情景一 钢结构认知	1
单元一 钢结构的特点	1
单元二 钢结构的材料	7
小结	18
思考题	18
情景二 钢结构连接	19
单元一 钢结构的连接方法	19
单元二 焊接连接	20
单元三 螺栓连接	42
小结	57
思考题	58
情景三 钢结构构件	60
单元一 梁	60
单元二 轴心受力构件	71
小结	80
思考题	80
情景四 钢屋架	81
单元一 桁架的应用及外形	81
单元二 屋盖支撑	83
单元三 普通钢屋架	88
小结	98
思考题	98
情景五 轻型钢平台	99
单元一 概述	99
单元二 平台结构构件的形式、构造及计算	101
单元三 平台结构的连接和构造	110
小结	113
思考题	114
情景六 大型钢结构构件的装配机械	115
小结	120



思考题	120
情景七 钢结构施工图识读	121
单元一 钢结构施工图的内容与表示方法	121
单元二 门式刚架钢结构施工图识读	131
小结	157
思考题	157
情景八 单层、多层和高层钢结构制作	158
单元一 钢结构制作的特点及流程	158
单元二 钢结构加工前的准备工作	159
单元三 加工工序	165
单元四 钢结构的验收	171
小结	171
思考题	171
情景九 单层、多层和高层钢结构安装	172
单元一 厂房钢结构安装基础知识	172
单元二 单、多层厂房钢结构安装	173
单元三 高层建筑钢结构安装	180
小结	184
思考题	184
情景十 钢结构涂装工程	186
单元一 防腐涂装工程	186
单元二 防火涂装工程	195
单元三 涂装工程质量控制	198
单元四 钢结构涂装施工的安全技术	201
小结	203
思考题	203
情景十一 钢结构工程施工管理	204
单元一 钢结构工程现场技术管理	204
单元二 钢结构工程现场施工管理	209
单元三 钢结构工程现场质量管理	212
单元四 钢结构工程现场安全管理	214
小结	223
思考题	223
附录	225
参考文献	257

情景一

钢结构认知

单元一 钢结构的特点

【知识目标】

1. 了解钢结构的特点和应用领域。
2. 了解钢结构的设计原则与规范。
3. 了解化学成分、生产过程、时效温度等因素对钢材的力学性能的影响。
4. 掌握钢材的力学性能、钢种和钢号,了解钢结构常用钢材的型号、规格和表示方法,根据结构类型、使用环境等合理选择钢材。

【能力目标】

具有钢结构材料识别和选择的能力。

【素质目标】

培养学生严谨认真的态度,自觉观察周围建筑实物,接受新鲜事物的能力。

钢结构是用型钢或钢板制成基本构件(梁、板、柱、桁架等),根据使用要求通过焊接、螺栓连接或铆钉连接按照一定的规律形成的承载结构。钢结构在工程建设中应用广泛,如工业厂房中的承重骨架或钢屋盖,道路工程中的钢桥,水工建筑中的钢闸门,加油站的钢顶棚,大跨度公共建筑、超高层和钢结构住宅等。

一 钢结构的特点

与钢筋混凝土结构、砌体结构、木结构相比,钢结构具有以下特点。

1. 重量轻、强度高

虽然钢材的密度比混凝土或其他建筑材料的密度大,但它的承载力比其他材料高很多,所以在承受相同荷载的情况下,钢结构的构件截面更小,自重更轻。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屋架的 $1/4 \sim 1/3$;如果采用薄壁型钢屋架则更轻,均为 $1/10$ 。可见,钢结构比钢筋混凝土结构自重更轻,截面更小,能承受更大的荷载,实现更大的跨度。

2. 塑性、韧性好

钢材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,能吸收和消耗很大的能量。因为钢材塑性好,所以钢结构不会因偶然超载或局部超载而发生突然断裂。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。

3. 钢结构计算准确,安全可靠

钢材质地均匀,各向同性,弹性模量大,是比较理想的弹塑性体,符合目前所用的计算方法和基本假定,因此,钢结构计算准确,安全可靠。

4. 钢结构制造简单,施工速度快

钢结构由各种型材和钢板组成,采用机械加工,在专业化的钢结构工厂制造,并由专业施工人员在工程现场安装。钢结构的工地拼装常用螺栓连接和焊接连接,不仅施工快速、方便,而且已建成的钢结构也易于拆卸、加固或改建。钢结构材料是可持续性好的材料,可以重复利用。

5. 钢结构的密封性好

钢材组织非常致密,采用焊接连接可做到完全密封,一些要求气密性和水密性好的耐压容器、大型油库、煤气罐、流体输送管道等结构,最适宜采用钢结构。

6. 钢材不耐高温

钢材随着温度升高而弹性模量降低,导致钢材强度下降。在火灾中,未加防护的钢结构一般只能维持很短的时间,因此其表面需采取防火措施。

7. 钢材耐腐蚀性差

钢材在潮湿的环境中易于锈蚀,处于有腐蚀性介质的环境中更易生锈,钢材锈蚀严重时,会影响结构的使用寿命。钢结构随着使用年限的增长被腐蚀的速度加快,工业大气中碳素钢的腐蚀速度为每年 0.1mm ,低合金钢的腐蚀速度为每年 $0.08 \sim 0.09\text{mm}$ 。因此,钢结构必须进行防腐蚀处理。

虽然钢结构优点甚多、用途广泛,但是钢材价格较贵。在设计中,应合理使用钢材,降低工程造价。



钢结构的应用

在土木工程中,钢结构有着广泛的用途,由于使用功能及结构组成方式不同,钢结构的种类也很多。钢结构应用范围大致有以下几方面。

1. 大跨度结构

对于大跨度结构,减轻其横梁自重会有明显的经济效果。轻质高强的钢结构能够充分满足这一要求。同时,钢结构在大跨度建筑中的应用,往往能够更好地体现和提升建筑物的自身形象。建筑物中属于大跨度结构的有体育馆、飞机库、航空港、汽车库、火车站、会议厅、展览馆、影剧院等,这些建筑的屋顶结构或整个建筑的结构经常采用钢结构。例如,上海大剧院的

屋盖体系是采用的钢桁架结构,由纵向两榀主桁架和两榀次桁架,横向 12 榀半月形无斜腹杆屋架组成(见图 1-1);举世瞩目的北京奥运会国家体育场鸟巢气势宏伟,其主体部分由巨大的门式刚架组成,内部组件相互支撑,形成网格状钢结构构架,图 1-2 是建造中的鸟巢。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(见图 1-3)。图 1-4 是建造中的北京理工大学体育馆图片,该体育馆的屋面结构体系采用双道圆弧拱形钢桁架下部悬吊整个屋盖体系。这是一种极稳定的结构体系,可以减少跨度,节约钢材。这种结构形式常用于桥梁,而用于建筑设计是非常少见的。

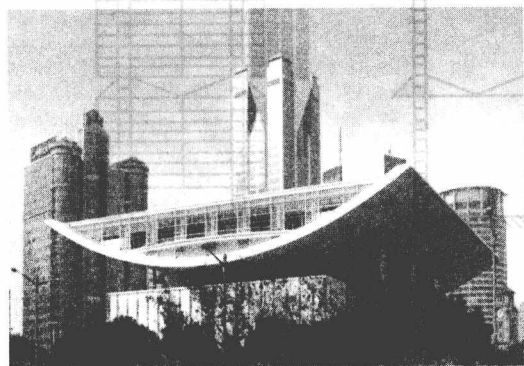


图 1-1

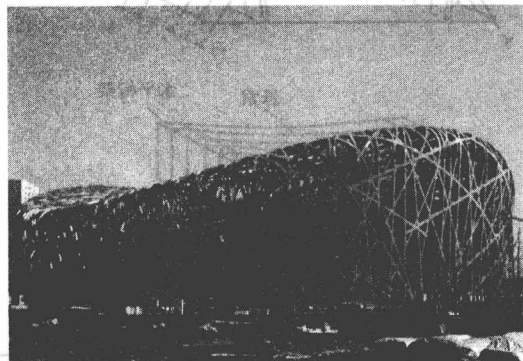
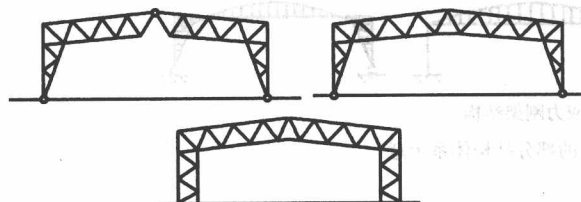
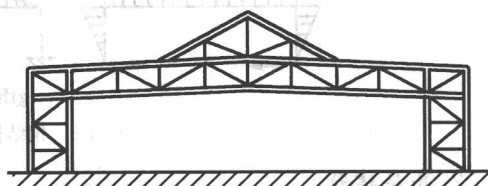


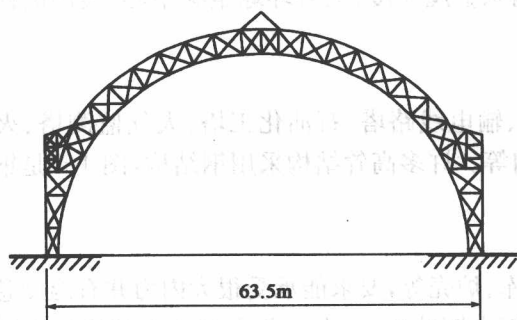
图 1-2 建造中的鸟巢



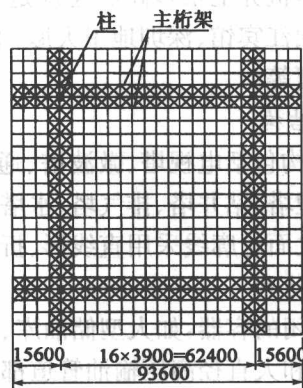
a)三铰、双铰和无铰框架结构



b)格构式框架结构



c)拱式结构



d)四支点网架结构

图 1-3

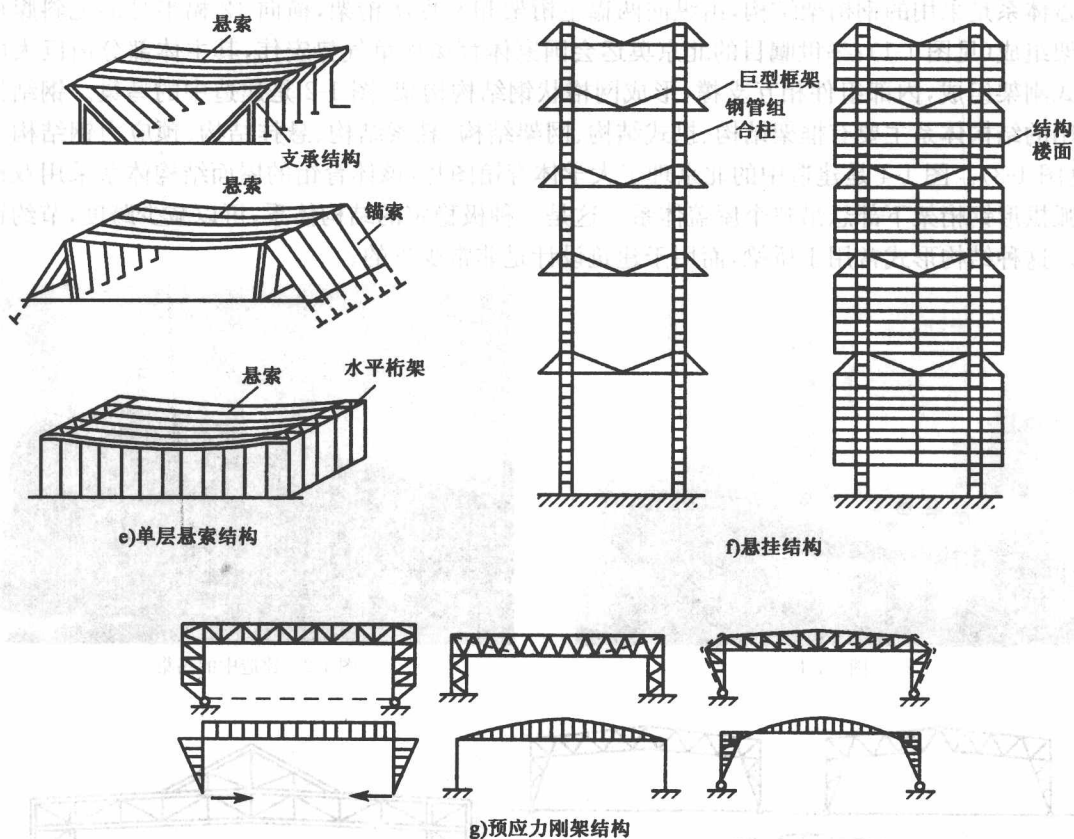


图 1-3 钢结构的部分结构体系示意

2. 高层建筑

由于钢结构的承载力大,在承受相同荷载时,构件截面往往更小,可以使建筑物获得更大的使用空间,世界上很多高层建筑是采用钢结构或钢结构和混凝土组合结构,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,美国的西尔斯大厦、帝国大厦等。

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、大气监测塔、火箭发射塔、旅游瞭望塔、钻井塔、排气塔、水塔、烟囱等。许多高耸结构采用钢结构,图 1-5 是钢结构塔桅结构,其立面轮廓线采用直线形、折线形。

4. 板壳结构

要求密闭的容器,如大型储油库、煤气库、炉壳等,要求能承受很大内力并有温度急剧变化的高炉结构和大直径高压输油管道都采用板壳钢结构,还有一些大型水工结构的水闸闸门也常采用钢结构制造。

5. 承受重型荷载的结构

重型车间,如冶金工厂的平炉车间、初轧车间、冶炼车间,重机厂的铸钢车间、锻压车间,造船厂的船台车间,飞机制造厂的装配车间,以及其他一些车间的屋架、柱、吊车梁等承重体系和

一些结构的支撑,一般都采用钢结构。这在后面的章节中再学习。

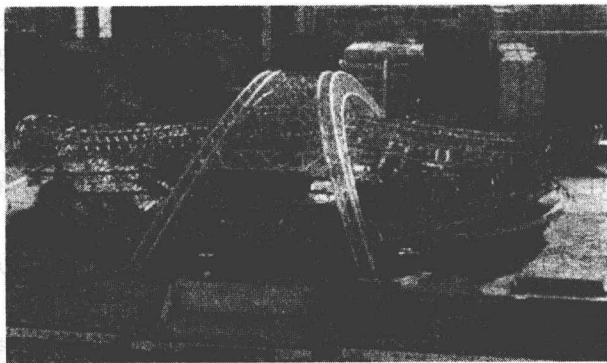


图 1-4 建造中的北京理工大学体育馆

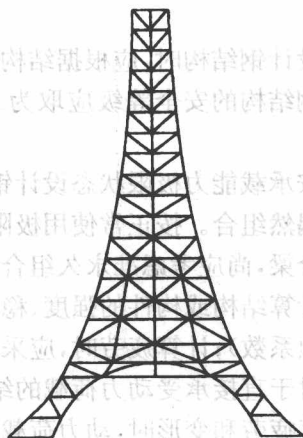


图 1-5 塔桅结构

6. 轻型结构

轻型钢结构是一种以轻型冷弯薄壁型钢、轻型焊接和高频焊接型钢、薄钢板、薄壁钢管、轻型热轧型钢拼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。中小型房屋建筑、体育场看台、雨篷、小型仓库等多采用轻型钢结构。图 1-6 是某机场外面采用轻型钢结构的雨篷。

7. 桥梁结构

钢结构桥梁被越来越多的应用,特别是中等跨度和大跨度的斜拉桥和悬索桥应用非常广泛。例如,上海著名的大桥——南浦大桥、杨浦大桥,江苏的江阴长江大桥,近年建成的公铁两用双层九江大桥等,均采用钢结构。

8. 移动结构

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。



图 1-6 钢结构雨篷

近年来,我国钢结构的设计和制造取得了巨大的进步,建造“鸟巢”的钢材是在设计单位、施工单位和国内钢厂通力合作下,经过反复研究、反复试验,完全由我国自主研发的 Q460 高强度钢材,整个工程使用钢材的合格率达到 100%。正因如此,“鸟巢”钢结构在我国建筑用钢史上树立了一个新的里程碑,可以预见我国未来钢结构的应用必将有更广阔的前景。



钢结构的设计原则与规范

承重结构应按承载能力极限状态和正常使用极限状态进行设计。承载能力极限状态包括构件和连接的强度破坏、疲劳破坏和因过度变形而不适于继续承载,结构和构件丧失稳定,结构转变为机动体系和结构倾覆。正常使用极限状态包括影响结构、构件和非结构构件正常



使用或外观的变形,影响正常使用的振动,影响正常使用或耐久性能的局部损坏(包括混凝土裂缝)。

设计钢结构时,应根据结构破坏可能产生的后果,采用不同的安全等级。一般工业与民用建筑钢结构的安全等级应取为二级,其他特殊建筑钢结构的安全等级应根据具体情况另行确定。

按承载能力极限状态设计钢结构时,应考虑荷载效应的基本组合,必要时尚应考虑荷载效应的偶然组合。按正常使用极限状态设计钢结构时,应考虑荷载效应的标准组合,对钢与混凝土组合梁,尚应考虑准永久组合。

计算结构或构件的强度、稳定性及连接的强度时,应采用荷载设计值(荷载标准值乘以荷载分项系数);计算疲劳时,应采用荷载标准值。

对于直接承受动力荷载的结构,在计算强度和稳定性时,动力荷载设计值应乘动力系数;在计算疲劳和变形时,动力荷载标准值不乘动力系数。

与钢结构有关的现行规范、规程和标准有:

《建筑结构可靠度设计统一标准》(GB 50068—2001);

《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010);

《建筑结构设计术语和符号标准》(GB/T 50083—97);

《建筑结构制图标准》(GB/T 50105—2001);

《建筑结构荷载规范》(GB 50009);

《钢结构设计规范》(GB 50017—2003);

《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002);

《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98);

《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102:2002);

与施工相关的规范、规程有:

《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001);

《建筑钢结构焊接技术规程》(JGJ 81—2002);

《钢结构高强度螺栓连接的设计、施工及验收规程》(JGJ 82—91);

《网架结构工程质量检验评定标准》(JGJ 78—91);

《钢网架螺栓球节点》(JGJ 75.1—91);

《钢网架焊接球节点》(JGJ 75.2—91)。

另外,还有与上述设计和施工规范、规程配套的钢材、焊条、型钢、钢板、紧固件等标准。这些标准既是制定各种钢结构规范的依据,又是施工现场材料检验的标准。其他还有与建筑抗震、防火、防腐有关的规范,它们分别是建筑抗震设防、防火设计及防腐设计和施工的依据。

按照适用范围,我国的工程建设标准可分为国家标准、行业标准、地方标准和企业标准等若干层面。按执行效力,可分为强制性标准和推荐性标准。上述规范、规程、标准名称后面的括号内容是其代号,GB 和 GBJ 表示国家标准,JGJ 表示建设部制定的行业标准,CECS 表示由工程建设标准化协会制定的工程建设推荐性标准。推荐性标准不具备强制性,可以由用户自愿选用。

单元二 钢结构材料

一 钢种与钢号

钢结构所用的钢材依据分类标准的不同有不同的种类,每个种类中又有不同的牌号,简称钢种与钢号。

在普通钢结构中采用的钢材主要有两个种类,即碳素结构钢和低合金高强度结构钢。后者因含有锰、钒等合金元素而具有较高的强度。另外,还有一些特殊用途的钢结构钢材。

1. 碳素结构钢[《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)]

根据钢材厚度(或直径) $\leq 16\text{mm}$ 时的屈服点数值,碳素结构钢的牌号有 Q195、Q215A 及 B、Q235A、B、C 及 D、Q255A、B 及 Q275。

钢材的牌号由代表屈服点的字母 Q、屈服强度的大小、质量等级符号(A、B、C 或 D)、脱氧方法的符号四个部分按顺序组成。

钢号中质量等级由 A~D,表示质量的由低到高。质量高低主要是以对冲击韧性(夏比试验)的要求区分的,对冷弯试验的要求也有所区别。对 A 级钢,只保证其抗拉强度、屈服点和伸长率,冲击韧性不作要求,对冷弯试验只在需方有要求时才进行;而 B、C、D 各级则都要求保证其抗拉强度、屈服点、伸长率,冷弯性能和冲击韧性(分别对应 20°C 、 0°C 、 -20°C 时的冲击韧性)。

建筑结构在碳素结构钢这一钢种中主要应用 Q235 这一钢号。不同等级的 Q235 钢的化学元素含量略有区别。对 C 级和 D 级钢要求锰含量较高以改进韧性,同时降低其含碳量的上限以保证可焊性,此外,对硫、磷含量的控制更严格以保证质量。

在浇铸过程中由于脱氧程度的不同钢材有镇静钢、半镇静钢与沸腾钢之分。用汉语拼音字首表示,符号分别为 Z、b、F。此外,还有用铝补充脱氧的特殊镇静钢,用 TZ 表示。按国家标准规定,符号 Z 和 TZ 在表示牌号时予以省略。对 Q235 钢来说,A、B 两级的脱氧方法可以是 Z、b 或 F,C 级只能是 Z,D 级只能是 TZ。这样,其牌号表示法及代表的意义如下:

Q235A-b(F) 屈服强度为 235MPa, A 级,半镇静钢(沸腾钢)和镇静钢

B-b(F) 屈服强度为 235MPa, B 级,半镇静钢(沸腾钢)和镇静钢

C 屈服强度为 235MPa, C 级,镇静钢

D 屈服强度为 235MPa, D 级,特殊镇静钢

另外,随着对进口产品使用的增多,在使用钢材时,要确认国外的钢材牌号是用屈服强度还是抗拉强度。由以上内容可知,我国使用的是屈服强度,但国外的钢材牌号一般使用的是抗拉强度。

2. 低合金高强度结构钢[《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008)]

低合金钢是在普通碳素钢中添加一种或几种少量合金元素,总量低于 5% 的钢称低合金钢,高于 5% 的称高合金钢。建筑结构只用低合金钢,其屈服点和抗拉强度比相应的碳素钢高,并具有良好的塑性和冲击韧性(特别是低温冲击韧性),也较耐腐蚀。

根据国家标准《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008)的规定,低合金高强度结构钢

分为 Q295、Q345、Q390、Q420 及 Q460 五种。阿拉伯数字表示以 MPa 为单位的屈服强度的大小,其中 Q345、Q390 为钢结构常用的钢种。这种钢的牌号仍有质量等级符号,除与碳素结构钢四个等级 A、B、C、D 相同外,增加一个等级 E,主要是要求 -40℃ 的冲击韧性。低合金高强度结构钢无沸腾钢和半镇静钢,因此牌号中不标注脱氧符号。

3. 专用结构钢

专用结构钢是在碳素结构钢或低合金结构钢的基础上冶炼的,其要求更高,价格也较贵。专用结构钢的钢号用在相应钢号后再加上专业用途代号,如压力容器、桥梁、船舶和锅炉用钢材的专业用途代号分别为 r、q、c 和 g 来表示。

为了克服钢材易于锈蚀这一弱点,在钢材冶炼时加入少量的合金元素如铜(Cu)、铬(Cr)、镍(Ni)、钼(Mo)、铌(Nb)、钛(Ti)、锆(Zr)、钒(V)等,使其在金属基体表面形成保护层,提高钢材的耐腐蚀性能,这种钢材称为耐大气腐蚀钢,简称耐候钢。

我国生产的耐候钢牌号、化学成分及机械性能等标准可参见《焊接结构用耐候钢》(GB/T 4172—2000)、《高耐候结构钢》(GB/T 4171—2000)、《结构用高强度耐候焊接钢管》(YB/T 4112—2002)。高耐候结构钢的牌号有 Q295GNH、Q295GNHL、Q345GNH、Q345GNHL、Q390GNH。

高耐候结构钢其牌号的含义:由代表屈服点的字母 Q、屈服强度的大小、“高”的代号“G”、“耐”的代号“N”、“候”的代号“H”等部分按顺序组成,铬(Cr)、镍(Ni)的高耐候钢在牌号后加代号“L”表示。

焊接结构用的耐候钢具有良好的焊接性能,厚度可达 100mm。牌号有 Q235NH、Q295NH、Q355NH、Q460NH。其牌号的含义:由代表屈服点的字母 Q、屈服强度的大小、“耐”的代号“N”、“候”的代号“H”等部分按顺序组成,另外有质量等级 C、D、E 等级。

结构用高强度耐候焊接钢管多用于脚手架、铁塔、支柱、网架结构等。

对于外露结构且对抗大气腐蚀有特殊要求,或在腐蚀性介质环境下工作的承重结构,宜选用耐候钢。

随着高层建筑、大跨度结构的发展,对于构件的承载力要求越来越高,各种钢结构构件的截面厚度日趋加大。钢板沿厚度方向性能最差,当构件或节点材料沿厚度方向受拉时,较厚的钢板存在沿厚度方向发生层状撕裂破坏的可能性。为了保证结构安全,研究人员专门开发了一种能抗层状撕裂的钢材,这种钢材称之为厚度方向性能钢板,简称 Z 向钢。Z 向钢是一种在母级钢的基础上经过特殊冶炼、处理的钢材,其含硫量控制十分严格,沿厚度方向具有更好的延性。当焊接承重结构为防止钢材的层状撕裂而采用 Z 向钢时,其材质应符合现行国家标准《厚度方向性能钢板》(GB/T 5313—2010)的规定。

《建筑结构用钢板》(GB 19879—2005)的规定,体现了我国建筑结构用钢板的技术发展,该规范与《碳素结构钢》(GB/T 700—2006)、《低合金高强度结构钢》(GB/T 1591—2008)、《厚度方向性能钢板》(GB/T 5313—2010)等基础通用标准相协调一致,同时又考虑到使用部门的要求,特别是结合了建设部的标准《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98),满足了钢结构建筑规范的规定。本标准中的牌号分为屈服点 Q235、Q345、Q390、Q420、Q460 五个强度级别,各强度级别分为 Z 向和非 Z 向钢,Z 向钢有 Z15、Z25、Z35 三个等级,各牌号又按照不同的冲击实验要求分质量等级,均具有良好的焊接性能。例如, Q345GJCZ25,其含义是屈服强度为 345MPa, GJ 代表高层建筑, C 是其质量等级,对应 0℃ 时的冲击试验温度, Z25 代表

的是厚度方向性能要求。

二 钢材的规格

建筑钢结构常用钢材,主要品种有中厚板、薄板、镀锌卷板、彩色涂层卷板、中小型钢(工字钢、槽钢、角钢)、热轧 H 型钢、焊管(直缝管和螺旋管)、冷弯型钢(C 形钢、Z 形钢、矩形管、方形管)及无缝钢管、压型板等,目前我国用钢市场很大,更加速了钢结构的发展。下面介绍常见的品种。

1. 热轧钢板

在图纸中钢板用符号“—”(表示钢板横断面)后加“宽×厚×长”(单位为 mm)的方法表示,如一 800×12×2100 等。

2. 热轧型钢

1) 扁钢

扁钢厚度为 4~60mm,宽度为 30~200mm,长度为 3~9m,可用于梁的翼缘板。

2) 角钢

角钢有等边和不等边两种。等边角钢(也叫等肢角钢),以边宽和厚度表示,如 L 1000×10 为肢宽 100mm、厚 10mm 的角钢;不等边角钢(也叫不等肢角钢)则以两边宽度和厚度表示,如 L 100×80×8 等。角钢用途很广,可用一对或两对角钢作独立的受力构件如桁架杆件、格构柱等,也可用作构件间的连接件。

3) 槽钢

我国槽钢有两种尺寸系列,即热轧普通槽钢与普通低合金钢热轧轻型槽钢。前者用 Q235 号钢轧制,表示方法如 [30a,指槽钢外廓高度为 30cm 且腹板厚度为最薄的一种;后者的表示方法如 [25Q,表示外廓高度为 25cm,Q 是汉语拼音“轻”的字首。同样号数时,轻型者由于腹板薄及翼缘宽薄,故而截面积小但回转半径大,能节约钢材减少自重,但轻型系列的实际产品较少。

4) 普通工字钢、H 型钢、T 型钢

普通工字钢由 Q235 号钢热轧而成。与槽钢相同,普通工字钢也分为上述两种尺寸系列,其外廓高度的厘米数即为型号。对于普通工字钢,当型号大于 20 号时,腹板厚度分 a、b 及 c 三种,轻型工字钢由于壁薄而不再按厚度划分。两种工字钢表示方法,如 I32C、I32Q。

H 型钢亦称“宽翼缘工字钢”,是钢结构建筑中使用的一种重要型钢。H 型钢与普通工字钢相比,其翼缘内外两侧平行,便于与其他构件相连,回转半径大,能单独作为梁柱构件,可使钢结构构件用钢量减少 6%~17%。H 型钢分为宽翼缘 H 型钢(代号 HW,翼缘宽度 B 与截面高度 H 相等)、中翼缘 H 型钢[代号 HM,翼缘宽度 $B=(1/2\sim2/3)H$]、窄翼缘 H 型钢[代号 HN,翼缘 $B=(1/3\sim1/2)H$]。各种 H 型钢可剖分为 T 型钢供应,代号 TW、TM 和 TN,H 型钢和部分 T 型钢的规格标记均采用“高度 H×宽度 B×腹板厚度 t_1 ×翼缘厚度 t_2 ”表示,如 HM340mm×250mm×9mm×14mm,其剖分的 T 型钢为 TM170mm×250mm×9mm×14mm,用剖分的 T 型钢作桁架杆件比双角钢组合截面省材料。

5) 钢管