

GANGJIEGOU GONGCHENG
JILIANG YU JIJIA

钢结构工程 计量与计价

(第二版)

焦 红 王松岩 郭 兵 编著

中国建筑工程出版社

钢结构工程计量与计价

(第二版)

焦 红 王松岩 郭 兵 编著

中国建筑工程工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构工程计量与计价/焦红,王松岩,郭兵编著.

—2版. —北京:中国建筑工业出版社,2018.6

ISBN 978-7-112-22172-1

I. ①钢… II. ①焦… ②王… ③郭… III. ①钢结构-建筑工程-工程造价 IV. ①TU723.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2018) 第 090399 号

本书全面、系统地介绍了目前钢结构工程的计量与计价。全书分 8 章,包括第 1 章绪论;第 2 章钢结构工程计价的发展;第 3 章钢结构工程识图;第 4 章钢结构工程构造分析;第 5 章钢结构工程的制作与安装;第 6 章钢结构工程的造价分析;第 7 章钢结构工程计量与计价案例分析;第 8 章工程量清单与招标投标。书后还附有型钢规格表和螺栓、锚栓及栓钉规格。

本书可供钢结构工程造价人员和技术人员使用,也可作为大专院校师生教学参考书。

* * *

责任编辑:王华月 张 磊 岳建光

责任校对:李欣慰

钢结构工程计量与计价 (第二版)

焦 红 王松岩 郭 兵 编著

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京海淀三里河路 9 号)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

北京建筑工业印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:17 字数:412 千字

2018 年 7 月第二版 2018 年 7 月第六次印刷

定价:49.00 元

ISBN 978-7-112-22172-1

(32064)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题,可寄本社退换

(邮政编码 100037)

第二版前言

钢材以其优越的材料特性，成为建造超高层摩天大楼、大跨及超大跨公共建筑和工业厂房的重要建筑材料，钢结构亦成为首选的结构形式。世界上发达国家都非常重视发展钢结构，可以说，钢结构建筑发展水平往往是衡量一个国家或地区经济发展水平的重要标志之一。改革开放以来，我国的钢产量可以说是突飞猛进，钢产量从 1978 年的 3718 吨增加到 1996 年的超过 1 亿吨，2002 年的钢产量是 1.9 亿吨，成为世界第一钢材生产大国。同时，我国不断调整产业结构，钢与钢材的品种、规格日渐增多，为钢结构在我国的发展打下了物质基础。特别是 2008 年奥运会以来，我国建造了许多钢结构体育场馆，如鸟巢、水立方等。可以说，钢结构事业在我国方兴未艾，其发展前景非常广阔。

钢结构工程在国外无论在设计、施工、材料等方面，都已发展得相当完善。在计价方面，国外工程一般都按照国际惯例，推行工程量清单计价，钢结构工程也不例外，其造价管理也非常完善。

在我国，由于历史原因，钢结构工程的造价管理不是非常理想。众所周知，我国建筑工程计价经过了一个比较复杂的过程。在计划经济时期，所有工程的计价均执行国家定额，既控制企业的消耗量，也控制建筑工程的价格，企业利润由国家规定，企业没有一点自主权。随着我国改革开放、市场经济的不断发展，这种计价严重违背了市场经济的规律。1992 年，为了适应建设市场改革的要求，针对工程预算定额编制和使用中出现的问题，提出了“控制量、指导价、竞争费”的改革措施，工程造价管理由静态管理模式逐步转变为动态管理。这一措施在我国实行社会主义市场经济初期起到了一定的积极作用，但还不能充分体现市场公平竞争。随着我国建设市场的快速发展，招标投标制、合同制的逐步推行，以及加入 WTO 与国际接轨等要求，国家出台《建设工程工程量清单计价规范》（于 2003 年 7 月 1 日起实施），贯彻由政府宏观调控、市场形成价格的指导思想。《建设工程工程量清单计价规范》（GB 50500—2008），经过修订，自 2008 年 12 月 1 日起实施。五年后，《建设工程工程量清单计价规范》（GB 50500—2013），再次修订，于 2013 年 7 月 1 日起实施。

钢结构是近些年出现的新生事物，它的计价比较尴尬。用国家定额计价，步距大，缺项多，需要大量地补充定额；同时由于材料价格要素的频繁波动，钢结构工程采用定额计价的模式已不能满足当前钢结构工程的计价需求。目前钢结构工程的计价，基本上是市场定价。但是，由于目前很多施工企业钢结构工程经验积累较少，钢结构工程施工及生产的企业定额很难在较短的时间内总结、测算、完善，而同类工程在报价时参考资料也不多，从而导致钢结构计价偏差较大；同时由于企业无序竞争，恶意低价中标，从而导致钢结构工程建造质量降低，为工程质量埋下隐患。不过，随着钢结构建筑的快速发展，从业人员不断地总结其建造经验，完善其计价管理，以及《建设工程工程量清单计价规范》的执行，钢结构工程必将健康、蓬勃发展。

鉴于目前广大读者迫切需要一本钢结构工程量、计价的参考书，我们编著了此书，供广大工程技术人员和钢结构工程相关企业参考。在读者近年来的使用中，好评不断，多次印刷。鉴于计价规范的不断修订，应读者要求，本书从内容上按《建设工程工程量清单计价规范》(GB 50500—2013)进行重新改编，以满足广大读者需求。

本书的编者均是从事钢结构教学、科研、工程应用多年的专业教师和工程师。第1章及附录由山东建筑工程学院的郭兵编写；第2章由山东建筑工程学院的黄伟典编写；第3章、第4章、第5章、第6章由山东建筑工程学院的焦红编写；第7章由山东建筑工程学院的王松岩编写；第8章由山东大学的田文宝编写；全书由焦红统筹定稿。山东新概念钢结构公司曹丽、山东建筑工程学院徐阳为本书作了大量的文字编辑和图稿整理工作，对此我们深表感谢。

由于作者的水平有限，谬误之处在所难免，敬请读者批评指正。

目 录

第1章 绪论	1
1.1 钢结构工程的发展及现状	1
1.2 钢结构工程的特点	2
1.3 钢结构工程的材料	3
1.4 钢结构工程的结构形式	7
第2章 钢结构工程计价的发展	12
2.1 我国建筑工程计价的发展及现状	12
2.2 钢结构工程计价的发展及现状	37
第3章 钢结构工程识图	38
3.1 钢结构识图的基本知识	38
3.2 建筑工程施工图的内容及要求	45
第4章 钢结构工程构造分析	58
4.1 门式刚架	58
4.2 框架钢结构体系	63
4.3 网架结构体系	79
4.4 索膜结构简介	87
第5章 钢结构工程的制作与安装	97
5.1 钢结构的加工制作	97
5.2 钢构件的组装与预拼装	102
5.3 钢结构的安装	105
5.4 钢结构工程的防火与防腐	112
第6章 钢结构工程的造价分析	117
6.1 概述	117
6.2 钢结构工程的计量	119
6.3 钢结构工程的计价	128
第7章 钢结构工程量与计价案例分析	133
7.1 门式刚架工程量与计价案例分析	133
7.2 钢框架工程量与计价案例分析	157
7.3 钢网架工程量与计价案例分析	194
7.4 钢管结构工程量与计价案例分析	207
7.5 索膜结构工程量与计价	211
第8章 工程量清单与招标投标	214
8.1 建设工程招标投标概述	214

8.2 建设工程施工招标 219

8.3 建设工程施工投标 224

8.4 开标、评标与定标 225

8.5 工程量清单与招标 228

附录 1 型钢规格表 235

附录 2 螺栓、锚栓及栓钉规格 261

参考文献..... 265

第 1 章 绪 论

房屋建筑主要由结构体系、围护体系以及辅助设施等组成。结构体系是房屋的承重骨架,是建筑物赖以支撑的主要构件集合体,如梁、柱、楼板等。围护体系主要用来抵御自然界各种因素对室内的侵蚀作用,使得房屋能够正常使用,如墙体、门窗等。辅助设施主要为房屋创造方便舒适的条件和环境,如楼(电)梯、水电暖设施等。

钢结构是从承重骨架的材料角度定义的,即指结构体系中主要受力构件由钢材做成。除钢结构之外,还有木结构、砌体结构、钢筋混凝土结构以及组(混)合结构等多种。不同的结构有不同的优缺点和适用范围,工程造价也有所不同。

1.1 钢结构工程的发展及现状

我国是最早用铁建造结构的国家之一,比较著名的是铁链桥和一些纪念性建筑,比西方国家早数百年。但是在 18 世纪末的工业革命兴起后,西方国家的冶金技术和土木工程得到了快速发展,而此时的中国,由于封建制度下的生产力发展极其缓慢,特别是在新中国成立前的百年历史中,钢结构发展几乎完全停滞。

20 世纪 50~60 年代,在苏联的经济技术援助下,我国钢结构迎来了第一个初盛期,在工业厂房、桥梁、大型公共建筑和高耸构筑物等方面都取得了卓越的成就,至今仍发挥着巨大的作用,如鞍钢、包钢、武钢、沈阳飞机制造厂、大连造船厂、北京体育馆(跨度 57m 的两铰拱)、人民大会堂(跨度 60.9m 的钢屋架)、武汉长江大桥(全长 1670m)等等,并且编制了我国第一部钢结构行业规范《钢结构设计规范试行草案》(结规 4—54),缩小了与发达国家间的差距。

20 世纪 60 年代中后期至 70 年代,尽管我国冶金工业有了较大的发展,但各部门需要的钢材量也越来越多,国家提出在建筑业节约钢材的政策,并且在执行过程中出现了一定的失误,限制了钢结构的合理使用与发展,钢结构发展进入低潮。但这一时期的行业规范有了实质性的进展,编制了《弯曲薄壁型钢结构技术规范草案》(1969)、《钢结构工程施工及验收规范》(GBJ 18—66)和《钢结构设计规范》(TJ 17—74),标志着我国的钢结构设计技术已走上了独立发展的道路。

20 世纪 80 年代,我国引进国外现代钢结构建筑技术,促进了各种钢结构厂房的建成,如上海宝山钢铁厂(105 万 m^2)、山东石横火力发电厂等;深圳、北京、上海等地也相继兴建了一些高层钢结构建筑,如深圳发展中心大厦(高 165m,是我国第一幢超过 100m 的钢结构高层建筑)、北京京广大厦(高 208m),迎来了钢结构发展的又一次高峰。

自 20 世纪 90 年代至今,我国钢材产量持续多年世界第一,2004 年的产量达到 2 亿多吨,国家相继出台了多项鼓励建筑用钢政策,使得钢结构行业步入快速发展期,钢结构的发展日新月异,规模更大,技术更新,呈现出数百年来未曾有过的兴旺景象,被称为建

筑行业的“朝阳产业”。代表建筑有深圳帝王大厦（高 325m）、上海金贸大厦（高 460m）、上海东方明珠电视塔（高 468m）等等。在这一时期，网架结构、门式刚架结构、钢管结构、多（高）层钢结构等都得到了快速发展。

尽管我国钢结构发展迅猛，但主要集中应用于工业厂房、大跨度或超高层建筑中，钢结构建筑在全部建筑中的应用比例还非常低，还不到 1%，而美国、瑞典、日本等国的钢结构房屋面积已达到总建筑面积的 40% 左右。我国建筑用钢在钢材总产量中的比例也很低，为 20%~30%，低于发达国家的 45%~55%，而且我国绝大多数建筑用钢是用于钢筋混凝土结构和砌体结构中的钢筋，钢结构用钢（板材、型材等）还不到建筑用钢的 2%。因此，我国钢结构还是一个很年轻的行业，总体水平与西方发达国家相比，仍有较大的差距。

1.2 钢结构工程的特点

钢结构房屋的结构体系主要是由钢板、热轧型钢或冷加工成型的薄壁型钢通过连接、制造、组装而成，和其他材料的房屋结构相比，具有以下几个方面的特点：

（1）强度高，质量轻

钢材与其他建筑材料诸如混凝土、砖石和木材相比，强度要高得多，弹性模量也高，因此结构构件质量轻且截面小，特别适用于跨度大、荷载大的构件和结构。即使采用强度较低的钢材，其强度与密度的比值也比混凝土和木材大得多，从而在同样受力条件下的钢结构自重轻。结构自重的降低，可以减小地震作用，进而减小结构内力，还可以使基础的造价降低，这个优势在软土地区更加明显。此外，构件轻巧也便于运输和安装。

（2）材料均匀，塑性、韧性好，抗震性能优越

由于钢材组织均匀，接近各向同性，而且在一定的应力幅度内几乎是完全弹性的，弹性模量大，有良好的塑性和韧性，为理想的弹性—塑性体。钢结构的实际工作性能比较符合目前采用的理论计算模型，因此可靠性高。

钢材塑性好，钢结构不会因偶然超载或局部超载而突然断裂破坏；钢材韧性好，使钢结构较能适应振动荷载，地震区的钢结构比其他材料的工程结构更耐震，钢结构一般是地震中损坏最少的结构。

（3）制造简单，工业化程度高，施工周期短

钢结构所用的材料单纯，且多是成品或半成品材料，加工比较简单，并能够使用机械操作，易于定型化、标准化，工业化生产程度高。因此，钢构件一般在专业化的金属结构加工厂制作而成，精度高，质量稳定，劳动强度低。

构件在工地拼装时，多采用简单方便的焊接或螺栓连接，钢构件与其他材料构件的连接也比较方便。有时钢构件还可以在地面拼装成较大的单元后再进行吊装，以降低高空作业量，缩短施工工期。施工周期短，使整个建筑更早投入使用，不但可以缩短贷款建设的还贷时间，减少贷款利息，而且提前收到投资回报，综合效益高。

（4）构件截面小，有效空间大

由于钢材的强度高，构件截面小，所占空间也就小。以相同受力条件的简支梁为例，混凝土梁的高度通常是跨度的 $1/10 \sim 1/8$ ，而钢梁约是 $1/16 \sim 1/12$ ，如果钢梁有足够的侧

向支承,甚至可以达到 1/20,有效增加了房屋的层间净高。在梁高相同的条件下,钢结构的开间可以比混凝土结构的开间大 50%,能更好地满足建筑上大开间、灵活分割的要求。柱的截面尺寸也类似,避免了“粗柱笨梁”现象,室内视觉开阔,美观方便。

另外,民用建筑中的管道很多,如果采用钢结构,可在梁腹板上开洞以穿越管道,如果采用混凝土结构,则不宜开洞,管道一般从梁下通过,从而要占用一定的空间。因此在楼层净高相同的条件下,钢结构的楼层高度要比混凝土的小,可以减小墙体高度,并节约室内空调所需的能源,减小房屋维护和使用费用。

(5) 节能、环保

与传统的砌体结构和混凝土结构相比,钢结构属于绿色建筑结构体系。钢结构房屋的墙体多采用新型轻质复合墙板或轻质砌块,如高性能 NALC 板(即配筋加气混凝土板)、复合夹心墙板、幕墙等;楼(屋)面多采用复合楼板,如压型钢板-混凝土组合板、轻钢龙骨楼盖等,符合建筑节能和环保的要求。

钢结构的施工方式为干式施工,可避免混凝土湿式施工所造成的环境污染。钢结构材料还可利用夜间交通流畅期间运送,不影响城市闹市区建筑物周围的日间交通,噪声也小。另外,对于已建成的钢结构也比较容易进行改建和加固,用螺栓连接的钢结构还可以根据需要进行拆迁,也有利于环境保护。

(6) 钢材耐热性好,但耐火性差

钢材耐热而不耐火,随着温度升高而强度降低。温度在 250℃ 以内,钢的性质变化很小,温度达到 300℃ 以后,强度逐渐下降,达到 450~650℃ 时,强度几乎为零。因此,钢结构的防火性比钢筋混凝土差,一般用于温度不高于 250℃ 的场所。当钢结构长期受到 100℃ 辐射热时,钢材不会有质的变化,具有一定的耐热性;当温度到 150℃ 以上时,需要隔热层加以保护。有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钢结构,应根据建筑物的重要性等级和防火规范加以特别处理,例如,利用蛭石板、蛭石喷涂层、石膏板或 NALC 板等加以防护。防护使钢结构造价有所提高。

(7) 钢材耐腐蚀性差,应采取防护措施

钢材在潮湿环境中易于锈蚀,处于有腐蚀性介质的环境中更易生锈,因此,钢结构必须进行防锈处理。尤其是暴露在大气中的结构、有腐蚀性介质的化工车间以及沿海建筑,更应特别注意防腐问题。

钢结构的防护可采用油漆、镀铝(锌)复合涂层。但这种防护并非一劳永逸,需相隔一段时间重新维修,因而其维护费用较高。目前国内外正发展不易锈蚀的耐候钢,此外,长效油漆的研究也取得进展,使用这种防护措施可延长钢结构寿命,节省维护费用。

虽然钢结构体系具有很多优点,但在我国毕竟还处于发展的初期阶段,目前需要解决的问题还很多,比如钢结构技术及配套体系有待于进一步开发、研究和完善;需要妥善解决防腐、防火问题;工程造价也需要进一步降低。

1.3 钢结构工程的材料

我国《钢结构设计规范》(GB 50017—2017)推荐的结构钢材主要有以下四个牌号:Q235、Q345、Q390 和 Q420。Q235 属于普通碳素结构钢,其余为低合金高强度结构钢。

1.3.1 建筑钢材的主要性能

1.3.1.1 力学性能

钢材的力学性能是指标准条件下钢材的屈服强度、抗拉强度、伸长率、冷弯性能和冲击韧性等，也称机械性能。

(1) 屈服强度

钢材单向拉伸应力-应变曲线中屈服平台对应的强度称为屈服强度，也称屈服点，是建筑钢材的一个重要力学特征。屈服点是弹性变形的终点，而且在较大变形范围内应力不会增加，形成理想的弹塑性模型。低碳钢和低合金钢都具有明显的屈服平台，而热处理钢材和高碳钢则没有。

(2) 抗拉强度

单向拉伸应力-应变曲线中最高点所对应的强度，称为抗拉强度，它是钢材所能承受的最大应力值。由于钢材屈服后具有较大的残余变形，已超出结构正常使用范畴，因此抗拉强度只能作为结构的安全储备。

(3) 伸长率

伸长率是试件断裂时的永久变形与原标定长度的百分比。伸长率代表钢材断裂前具有的塑性变形能力，这种能力使得结构制造时，钢材即使经受剪切、冲压、弯曲及捶击作用产生局部屈服而无明显破坏。伸长率越大，钢材的塑性和延性越好。

屈服强度、抗拉强度、伸长率是钢材的三个重要力学性能指标，钢结构中所有钢材都应满足规范对这三个指标的规定。

(4) 冷弯性能

根据试样厚度，在常温条件下按照规定的弯心直径将试样弯曲 180° ，其表面无裂纹和分层即为冷弯合格。冷弯性能是一项综合指标，冷弯合格一方面表示钢材的塑性变形能力符合要求，另一方面也表示钢材的冶金质量（颗粒结晶及非金属夹杂等）符合要求。重要结构中需要钢材有良好的冷、热加工工艺性能时，应有冷弯试验合格保证。

(5) 冲击韧性

冲击韧性是钢材抵抗冲击荷载的能力，它用钢材断裂时所吸收的总能量来衡量。单向拉伸试验所表现的钢材性能都是静力性能，韧性则是动力性能。韧性是钢材强度、塑性的综合指标，韧性越低则发生脆性破坏的可能性越大。韧性值受温度影响很大，当温度低于某一值时将急剧下降，因此应根据相应温度提出要求。

1.3.1.2 化学成分

碳素结构钢由纯铁、碳及多种杂质元素组成，其中纯铁约占 99%。低合金结构钢中，还加入合金元素，但总量通常不超过 5%。钢材的化学成分对其性能有着重要的影响。

碳 (C) 是形成钢材强度的主要成分。纯铁较软，而化合物渗碳体及混合物珠光体则十分坚硬，钢的强度来自渗碳体和珠光体。碳含量提高，钢材强度提高，但塑性、韧性、冷弯性能、可焊性及抗锈蚀性能下降，因此不能采用碳含量高的钢材。含碳量低于 0.25% 时为低碳钢，介于 0.25%~0.6% 时为中碳钢，大于 0.6% 时为高碳钢，结构用钢材的含碳量一般不大于 0.22%。

锰 (Mn)、硅 (Si)、钒 (V)、铌 (Nb)、钛 (Ti) 都是有益元素，我国低合金钢都

含有后三种元素，作为锰以外的合金元素。硫（S）、磷（P）、氧（O）、氮（N）则都是有害元素，因此其含量必须严格控制。

1.3.2 建筑钢材的类别

1.3.2.1 钢材牌号的表示方法

钢材的牌号也称钢号，如 Q235-B·F，由以下四部分按顺序组成：

- (1) 代表屈服强度的字母‘Q’，是屈服强度中“屈”字的第一个汉语拼音字母；
- (2) 钢材名义屈服强度值，单位为牛顿每平方毫米（N/mm²）；
- (3) 钢材质量等级符号，碳素钢和低合金钢的质量等级数量不相同，Q235 有 A、B、C、D 四个级别，Q345、Q390 和 Q420 则有 A、B、C、D、E 五个级别，A 级质量最低，其余按字母顺序依次增高；
- (4) 钢材脱氧方法符号，有沸腾钢（符号 F）、半镇静钢（符号 b）、镇静钢（符号 Z）和特殊镇静钢（符号 TZ）四种，其中镇静钢和特殊镇静钢的符号可以省去。

对于高层钢结构和重要钢结构，根据行业标准《高层建筑结构用钢材》（YB 4104）的规定，其牌号的表示方法有所不同，如 Q345GJC，有以下四部分顺序组成：

- (1) 代表屈服强度的字母‘Q’；
- (2) 钢材名义屈服强度值，单位为牛顿每平方毫米（N/mm²）；
- (3) 代表高层建筑的汉语拼音字母‘GJ’；
- (4) 质量等级符号，有 C、D、E 三种。

1.3.2.2 碳素结构钢

根据国家标准《碳素结构钢》（GB/T 700—2006）的规定，依据屈服点不同，碳素结构钢分为 Q195、Q215、Q235 及 Q275 四种。Q195 和 Q215 的强度较低，而 Q255 和 Q275 的含碳量较高，已超出低碳钢的范畴，故 GB 50017—2017 仅推荐了 Q235 这一钢号。

1.3.2.3 低合金高强度结构钢

国家标准《低合金高强度结构钢》（GB/T 1591—2008）规定，低合金高强度结构钢分为 Q345、Q390、Q420、Q460、Q500、Q550、Q620 及 Q690 等八种，其中 Q345、Q390 和 Q420 是 GB 50017 推荐使用的钢种，目前最常用的是 Q345 钢。

1.3.2.4 国产板材及型材的规格

钢结构构件宜优先选用国产型材，以减少加工量，降低造价。型材有热轧和冷成型两类。当型材尺寸不合适时，则用钢板、型材制作。各种规格及截面特征均应按相应技术标准选用，钢结构常用板材、型材的技术标准如下：

- (1) 《热轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及其允许偏差》（GB/T 709—2006），厚度 0.5~200mm，用“-”表示。
- (2) 《冷轧钢板和钢带的尺寸、外形、重量及其允许偏差》（GB/T 708—2006），厚度 0.2~5.0mm。
- (3) 《热轧花纹钢板及钢带》（GB/T 33974—2017），厚度 2.5~8.0mm。
- (4) 《高层建筑结构用钢板》（YB 4104—2000），厚度 16~100mm。
- (5) 《热轧 H 型钢和剖分 T 型钢》（GB/T 11263—2017），H 型钢分为：宽翼缘

(HW)、中翼缘(HM)、窄翼缘(HN)、薄型H型钢(HT)四个系列,截面高度100~700mm,截面表示方法:HN350×175×7×11(截面高度×截面宽度×腹板厚度×翼缘厚度)。部分T型钢分为:宽翼缘(TW)、中翼缘(TM)、窄翼缘(TN)。

(6)《热轧型钢》(GB/T 706—2016),各种规格工字钢、槽钢、角钢等。

(7)《焊接H型钢》(GB/T 33814—2017),规格WH100×50×3.2×4.5~WH2000×850×20×55。

(8)《结构用高频焊接薄壁H型钢》(JG/T 137—2007),H型钢分为普通和卷边。规格:普通LH100×50×2.3×3.2~LH500×250×6.0×10.0;卷边CLH100×100×20×2.3×2.3~CLH400×750×40×4.5×6.0。

(9)《结构用无缝钢管》(GB/T 8162—2008),规格 $\phi 32 \times 2.5 \sim \phi 630 \times 16$ 。

(10)《直缝电焊钢管》(GB/T 13793—2016),规格 $\phi 32 \times 2 \sim \phi 152 \times 5.5$ 。

(11)《石油天然气工业管线输送系统用钢管》(GB/T 9711—2017),规格 $\phi 219.1 \times 5.5 \sim \phi 1420 \times 16$ 。

(12)《通用冷弯开口型钢》(GB/T 6723—2017),包括冷弯角钢、冷弯C型钢、冷弯Z型钢。

部分国产热轧型材及冷弯型钢的规格、尺寸见附录1。

1.3.3 焊接材料

焊条的型号根据熔敷金属力学性能、药皮类型、焊接方位、焊接电流、熔敷金属成分和焊后状态等分为很多种类,焊条直径的基本尺寸有1.6、2.0、2.5、3.2、4.0、5.0、5.6、6.0、6.4、8.0mm等规格。

碳素钢焊条有E43系列(E4300~E4316)和E50系列(E5001~E5048)两类,低合金钢焊条也有E50系列(E5000- $\times$ ~E5027- $\times$)和E55系列(E5500- $\times$ ~E5518- $\times$)两类。

焊丝是成盘的金属丝,按其化学成分及采用熔化极气体保护电弧焊时熔敷金属的力学性能进行分类,直径有0.5、0.6、0.8、1.0、1.2、1.4、1.6、2.0、2.5、3.0、3.2mm等规格。碳素钢焊丝和低合金钢焊丝的型号有ER50系列、ER55系列、ER62系列、ER69系列等。

1.3.4 螺栓

钢结构用螺栓主要有普通螺栓和高强度螺栓两大类。普通螺栓包括C级螺栓、A级和B级螺栓。C级螺栓也称粗制螺栓,一般由Q235钢制成,包含4.6级和4.8级两个级别。级别符号含义以4.6为例:‘4’表示材料的最低抗拉强度为400N/mm²,‘.6’表示屈强比(屈服强度与抗拉强度的比值)为0.6。C级螺栓加工粗糙,制造安装方便,但需要的数量较多。A、B级螺栓也称精制螺栓,加工尺寸精确,制造安装复杂,目前在钢结构中已比较少用。常用C级螺栓的规格见附录2。

高强度螺栓采用经过热处理的高强度钢材做成,从性能等级上可分为8.8级和10.9级,记作8.8S、10.9S,符号含义同普通螺栓。高强度螺栓从受力特征上可分为摩擦型连接、承压型连接两类。根据螺栓构造及施工方法不同,可分为大六角头高强度螺栓和扭剪型高强度螺栓两类,尺寸及规格见附录2。8.8级仅用于大六角头高强度螺栓,10.9级用于扭剪型高

强度螺栓和大六角头高强度螺栓。一个螺栓连接副包括螺栓、螺母、垫圈三部分。

1.3.5 圆柱头栓钉

圆柱头栓钉是一个带圆柱头的实心钢杆，在钉头埋嵌焊丝，起到拉弧的作用。它需要专用焊机焊接，并配置焊接瓷环，以保证焊接质量。圆柱头栓钉适用于各类钢结构构件的抗剪件、埋设件和锚固件。

焊接瓷环根据焊接条件分为下列两种类型：B1 型，用于栓钉直接焊于钢梁、钢柱上；B2 型，用于栓钉穿透压型钢板后焊于钢梁上。圆柱头栓钉的规格、外形尺寸见附录 2。国家标准《电弧螺栓焊用圆柱头栓钉》(GB/T 10433—2002) 规定的公称直径有 10~25mm 共七种，钢结构及组合楼板中常用的栓钉直径有 16mm、19mm 和 22mm 三种。

1.3.6 锚栓

锚栓是用于钢构件与混凝土构件之间的连接件，如钢柱柱脚与混凝土基础间的连接、钢梁与混凝土墙体的连接等。锚栓分受力和构造配置两种，受力时仅考虑承受拉拔力，构造配置主要起安装定位作用。

锚栓是一种非标准件，直径和长度随工程情况而定，用于柱脚时通常采用双螺母紧固，以防止松动。锚栓一般采用未经加工圆钢制作而成，材料宜采用 Q235 钢或 Q345 钢。锚栓的常用规格及尺寸见附录 2。

1.4 钢结构工程的结构形式

在钢结构工程中，根据结构形式不同，可划分成多种类型，如门式刚架结构、框架结构、网架结构、钢管结构、索膜结构等。

1.4.1 门式刚架结构

门式刚架结构起源于 20 世纪 40 年代，在我国也已经有 20 年的发展史，由于投资少、施工速度快，目前广泛应用于各种房屋中，在工业厂房中最为常见，单跨跨度可达 36m，很容易满足生产工艺对大空间的要求。

门式刚架屋盖体系大多由冷弯薄壁型钢檩条、压型钢板屋面板组成，外墙一般采用冷弯薄壁型钢墙梁和压型钢板墙板，也可以采用砌体外墙或下部为砌体上部为轻质材料的外墙。当刚架柱间距较大时，檩条之间、墙梁之间一般设置圆钢拉条。由于山墙风荷载较大，山墙需要设置抗风柱，同时也便于山墙墙梁和墙面板的安装固定，如图 1-1 所示。

另外，为了保证结构体系的空间稳定，还需要设置柱间支撑、屋面支撑、系杆等支撑体系。柱间支撑一般由张紧的交叉圆钢或角钢组成，屋面支撑大多采用张紧交叉圆钢，系杆采用钢管或其他型钢。当有吊车时，除了吊车梁外，还需要设置吊车制动系统，如制动梁或制动桁架等。门式刚架的基础一般采用钢筋混凝土独立基础。

1.4.2 框架结构

框架是由钢梁和钢柱连接组成的一种结构体系，梁与柱的连接可以是刚性连接或者铰

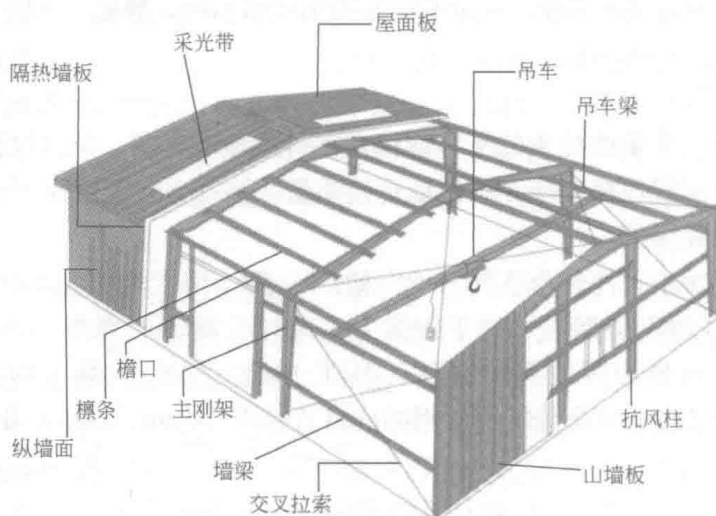


图 1-1 门式刚架房屋的组成示意图

接，但不宜全部铰接。当梁柱全部为刚性连接时，也称为纯框架结构，如图 1-2 所示。中、低层钢结构房屋多采用空间框架结构体系，即沿房屋的纵向和横向均采用刚接框架作为主要承重构件和抗侧力构件，也可以采用平面框架体系。

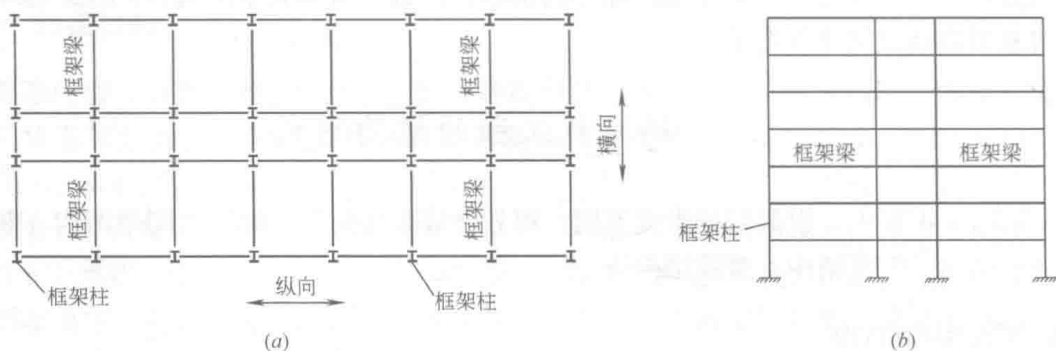


图 1-2 纯框架结构体系

(a) 结构平面图；(b) 横向框架图

框架结构是现代高楼结构中最早出现的结构体系，也是从中、低层到高层范围内广泛采用的最基本的主体结构形式。框架结构无承重墙，对建筑设计而言具有很高的自由度，建筑平面布置灵活，可以做成有较大空间的会议室、餐厅、营业室、教室等，便于实现人流、物流等建筑功能。需要时可用隔断分割成小房间，或拆除隔断改成大房间，使用非常灵活。外墙采用非承重构件，可使建筑立面设计灵活多变，另外轻质墙体的使用还可以大大降低房屋自重，减小地震作用，降低结构和基础造价。框架结构的构件易于标准化生产，施工速度快，而且结构各部分的刚度比较均匀，对地震作用不敏感。

框架梁、柱大多是焊接或轧制 H 形截面，层数较多时框架柱也可以采用箱形截面或者钢管混凝土。楼板一般采用现浇钢筋混凝土楼板或压型钢板—钢筋混凝土组合楼板，为了减轻自重，围护墙及内隔墙一般采用轻质砌块墙、轻质板材墙、幕墙等轻质墙体体系。

当框架结构层数较多时，往往以框架为基本结构，在房屋纵向、横向或其他主轴方向布置一定数量的抗侧力体系，如桁架支撑体系、钢筋混凝土或钢板剪力墙、钢筋混凝土筒

等，来增大结构侧向刚度，减小侧向变形，这些结构体系分别称为框架-支撑体系、框架-剪力墙体系、框筒体系。

1.4.3 网架屋盖结构

网架结构是空间网格结构的一种，它是以大致相同的格子或尺寸较小的单元组成。由于网架结构具有优越的结构性能，良好的经济性、安全性与适用性，在我国的应用也比较广泛，特别是在大型公共建筑和工业厂房屋盖中更为常见。

人们通常将平板型的空间网格结构称为网架，将曲面型的空间网格结构称为网壳。网架一般是双层的，在某些情况下也可以做成三层，网壳只有单层和双层两种。网架的杆件多为钢管，有时也采用其他型钢，材质为 Q235 或 Q345。平板网架无论在设计、制作、施工等方面都比较简便，适用于各种跨度屋盖。

平板网架的类型很多。根据支承条件不同，可以分为周边支承网架（图 1-3a）、三边支承网架、两边支承网架、点式支承网架（图 1-3b）以及混合支承网架等多种。周边支承是指网架周边节点全部搁置在下部结构的梁或柱上，受力条件最好；三边、两边支承是指网架仅有两边或三边设置支承；点式支承是指仅部分节点设置支承，主要用于周边缺乏支承条件的网架；混合支承是上述几种情况的组合。

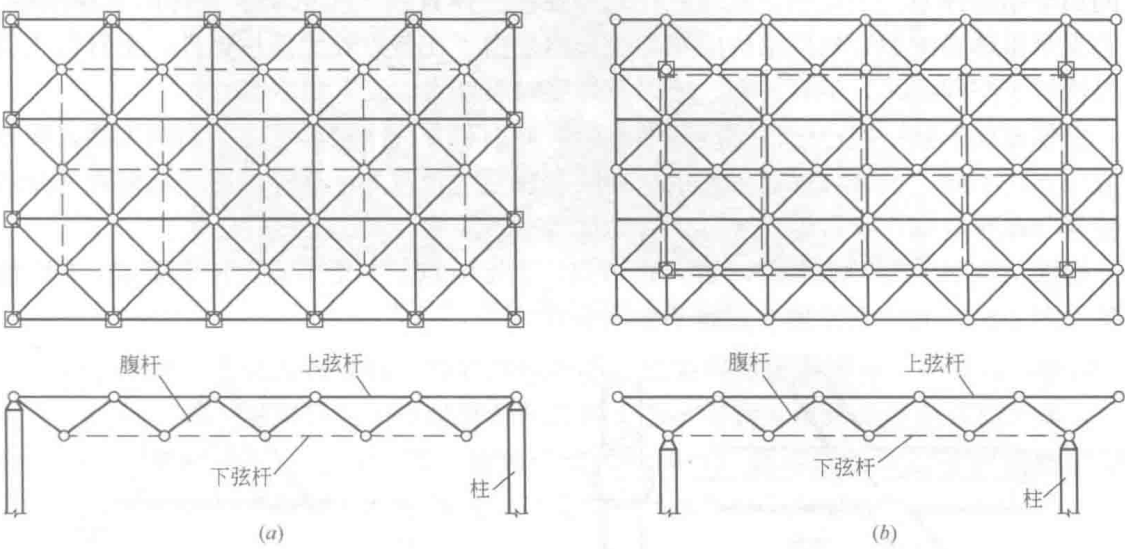


图 1-3 四角锥网架
(a) 正交正放；(b) 正交斜放

根据网格组成情况不同，可以分为四角锥网架（图 1-3）和三角锥网架；根据网格交叉排列形式不同，可分为两向正交正放网架（图 1-3a）、两向正交斜放网架（图 1-3b）、三向网架，比较常用的网架形式是正交正放或正交斜放四角锥网架。

根据网架节点类型不同，可以分为螺栓球网架、焊接空心球网架、焊接钢板节点网架三类，钢板节点应用较少。螺栓球节点由螺栓、钢球、销子（或止紧螺钉）、套筒、封板或锥头组成，见图 1-4。套筒、封板或锥头多采用 Q235 或 Q345 钢，钢球采用 45 号钢，螺栓、销子（或止紧螺钉）采用高强度钢材，如 45 号钢、40B 钢、40Cr 钢或 20MnTiB 钢。空心球可以分为不加肋和加肋两种，见图 1-5，材料为 Q235 或 Q345 钢。

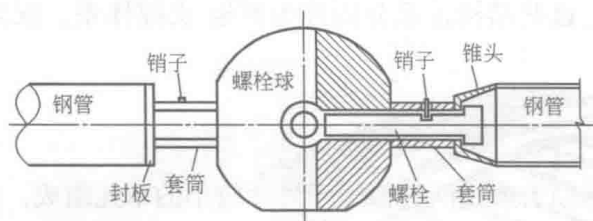


图 1-4 螺栓球节点

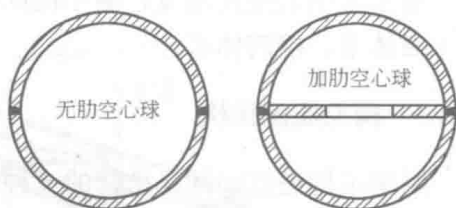


图 1-5 焊接空心球

为减轻自重，网架屋面材料大多采用轻质复合板、玻璃、阳光板等，有时也采用混凝土预制板。轻质板通过冷弯型钢檩条或铝型材与网架上弦球上的支托板连接，混凝土板则通过四角预埋件与支托板连接。

1.4.4 钢管结构

由闭口管形截面组成的结构体系称为钢管结构。闭口管形截面有很多优点，如抗扭性能好、抗弯刚度大等。如果构件两端封闭，耐腐蚀性也比开口截面有利。此外，用闭口管形截面组成的结构外观比较悦目，也是一个优点。

近些年来，钢管结构在我国得到了广泛的应用，除了网架（壳）结构外，许多平面及空间桁架结构体系均采用钢管结构，特别是在一些体育场、飞机场等大跨度索膜结构中，作为主承重体系的钢管桁架结构应用广泛。但是由于在节点处无连接板件，支管与主管的交界线属于空间曲线，钢管切割、坡口及焊接时难度大，工艺要求高。

根据截面形状不同，闭口管形截面有圆管截面和方管（矩形管）截面两大类。根据加工成型方法不同，可分为普通热轧钢管和冷弯成型钢管两类，其中普通热轧钢管又分热轧无缝管和高频电焊直缝管等多种。钢管的材料一般采用 Q235 或 Q345 钢。

钢管结构的节点形式很多，如 X 形节点、T 形节点、Y 形节点、K 形节点、KK 形节点等（图 1-6），其中 KK 形节点属于空间节点。

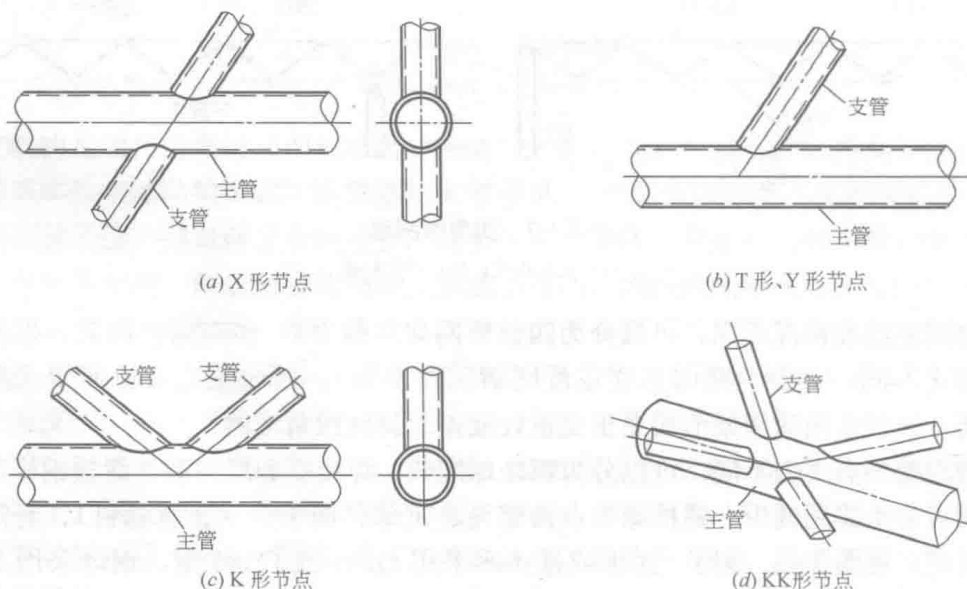


图 1-6 钢管结构的节点形式