

# 钢结构

## 工程造价

贾廷芬  
常学林

编著



GANGJIEGOU GONGCHENG ZAOJIA



甘肃科学技术出版社

# 钢结构

## 工程造价

贾廷芬  
常学林

编著



GANGJIEGOU GONGCHENG ZAOJIA



甘肃科学技术出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

钢结构工程造价 / 贾廷芬, 常学林编著. -- 兰州 :  
甘肃科学技术出版社, 2014. 12  
ISBN 978-7-5424-2075-6

I. ①钢… II. ①贾… ②常… III. ①钢结构—建筑  
安装—工程造价 IV. ①TU723.3

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 290461 号

出版人 吉西平  
责任编辑 陈学祥(0931-8773274)  
封面设计 王国鹏  
出版发行 甘肃科学技术出版社(兰州市读者大道 568 号 0931-8773237)  
印刷 甘肃发展印刷公司  
开本 787mm×1092mm 1/16  
印张 15.25  
字数 355 千  
插页 1  
版次 2014 年 12 月第 1 版 2014 年 12 月第 1 次印刷  
印数 1~1 000  
书号 ISBN 978-7-5424-2075-6  
定价 36.00 元

# 前 言

钢结构是采用钢板及型钢经过加工成各种形状的钢构件后,通过焊接、螺栓连接、铆接将钢构件相互连接固定而成的承重结构物。钢结构在国民经济建设中的应用范围很广,主要体现在使用功能及结构方式的不同,钢结构种类繁多、形式各异。例如房屋建筑中,有大量的钢结构厂房、高层钢结构建筑、大跨度钢网架建筑、悬索结构建筑等;在公路及铁路上,有各种形式的钢桥,如板梁桥、桁架桥、拱桥、悬索桥、斜张桥等。钢结构具有质量轻、强度高、制件安装周期短、可靠性强、抗震性能好等优点。

自20世纪90年代以来,钢结构由于结构性能、使用功能等都具有较大的优越性,在各类工程中的应用范围不断扩大,已成为现代空间结构发展的主流。

随着我国工程建设的快速发展,招标投标制、合同制的逐步规范和完善,对钢结构工程技术和造价的要求越来越高。为帮助钢结构工程从业人员快速掌握相关知识,更好地进行工程预算造价的编制与管理,我们组织编写了《钢结构工程造价》一书。

本书内容包括:钢结构工程概述、钢结构施工图识读、钢结构工程定额计价、钢结构工程工程量清单计价、钢结构工程工程量计算、钢结构工程预算数据等。本书内容翔实、紧扣实际,可供钢结构工程预算编制与管理人员使用。

本书在编写过程中得到了有关领导和专家的大力支持和帮助,并参阅和引用了大量相关资料,在此一并表示感谢。由于编者水平有限,书中错误及疏漏之处在所难免,敬请广大读者和专家批评指正。

编 者  
2014年6月

# 目 录

<b>第一章 钢结构工程概述</b> .....	001
第一节 钢结构的概念及特点 .....	001
第二节 钢结构工程的基本构造及应用 .....	003
第三节 钢结构工程常用材料 .....	012
第四节 钢结构连接方式 .....	020
<b>第二章 钢结构施工图识读</b> .....	023
第一节 常用钢结构材料的表示方法 .....	023
第二节 钢结构焊缝基本符号 .....	027
第三节 钢结构表面防护 .....	038
第四节 钢结构施工图的内容及阅读技法 .....	039
<b>第三章 钢结构工程定额计价</b> .....	042
第一节 定额概念、特点、作用及分类 .....	042
第二节 基础定额编制内容及换算方法 .....	046
第三节 人工、材料、机械台班单价的组成及确定 .....	052
第四节 人工、材料、机械台班定额消耗量的计算 .....	057
第五节 工程单价和单位评估表 .....	064
<b>第四章 钢结构工程工程量清单计价</b> .....	068
第一节 工程量清单计价基础知识 .....	068
第二节 工程量清单计价费用组成及计算 .....	073
第三节 工程量清单及标准格式 .....	081
<b>第五章 钢结构工程工程量计算</b> .....	099

## 002 | 钢结构工程造价

第一节	钢网架工程量计算 .....	099
第二节	钢屋架、钢托架、钢桁架、钢架桥工程量计算 .....	103
第三节	钢柱工程量计算 .....	119
第四节	钢梁工程量计算 .....	136
第五节	钢板楼板、墙板工程量计算 .....	142
第六节	钢构件工程量计算 .....	160
第七节	金属制品工程量计算 .....	178
第八节	保温、隔热、防腐工程工程量计算 .....	179
第九节	钢构件运输及安装工程工程量计算 .....	193
第十节	钢结构垂直运输工程工程量计算 .....	204
第十一节	建筑物超高增加人工、机械工程量计算 .....	206
第十二节	钢结构房屋修缮工程工程量计算 .....	209
<b>第六章</b>	<b>钢结构预算数据总结 .....</b>	<b>210</b>
第一节	钢结构防腐涂装工程常用数据 .....	210
第二节	钢结构工程常用数据 .....	226
第三节	钢结构预算核心数据 .....	237

# 第一章 钢结构工程概述

随着建筑技术的飞速发展,钢结构作为国民经济发展的产物,成为世界各国建筑业逐步推广和应用的一种结构形式。它与其他结构材料相比,其结构的性能、使用功能及经济效益、社会效益,都具有较大的优越性,已成为现代空间结构发展的主流。

## 第一节 钢结构的概念及特点

### 一、钢结构的概念

钢结构是采用钢板及型钢经过加工成各种形状的钢构件后,通过焊接、螺栓连接、铆接将钢构件相互连接固定而成的承重结构物。它具有质量轻、强度高、制作安装周期短、可靠性强、抗震性能好等优点,因此在建筑工程中被广泛应用。

钢结构在国民经济建设中的应用很广泛,房屋建筑中,有大量的钢结构厂房、高层钢结构、大跨度钢网架、悬索结构等;公路及铁路建筑中,有各种形式的钢桥,如板梁桥、桁架桥、拱桥、悬索桥、斜张桥等。

钢结构的组成应满足结构使用功能的要求,结构应形成几何不变的空间整体,才能有效并经济地承受荷载。

### 二、钢结构的特点

钢结构与其他结构相比,具有如下特点:

#### (一) 钢结构质量轻

钢结构的密度虽然较大,但与其他建筑材料相比,它的强度却要高得多,因而当承受的荷载和条件相同时,钢结构要比其他类型结构轻。主要表现在:

(1) 恒荷载轻。由于采用轻质围护结构,恒荷载及地震作用大幅度减小,基础形式简单,对地基要求低,抗震性能得到了加强。

(2) 构件截面小。由于采用新的设计理论、高强度钢材和新结构体系,使得承重构件截面面积小,用钢量低。

钢结构工程与钢筋混凝土的深基、胖柱、肥梁、重盖结构相比,“轻”体现得更为突出。对于无吊车梁的工业和民用建筑,轻钢结构的钢材用量一般为  $20\sim 50\text{g}/\text{m}^2$ ,因此,它更适合

用于一些地基较为松软的地区。

### (二) 钢材的塑性和韧性好

对于建筑构件来讲,要求构件在受力破坏时为塑性破坏,最忌脆性破坏,或称为突然性破坏。而钢材由于其延伸性能好,说明了它的塑性良好,使钢结构工程一般不会因偶然超载或局部超载而突然破坏。由于钢材的韧性好,则使钢结构对动力荷载适应性较强。可以说,钢材的塑性和韧性为钢结构工程安全可靠度提供了充分的质量保证。

### (三) 钢结构制作简便,施工安装周期短

钢结构工程由各种 H 型钢、C 型钢、角钢或圆钢等型材所组成,制作简单。大量的钢结构构件均在专业化的制造厂中制作而成,质量可靠、精确度高。钢结构工程的工期与同等面积的钢筋混凝土工程相比,仅为钢筋混凝土工程的 1/4~1/3,因此,钢结构工程施工工期短是其最具有竞争力的特征。而且,钢结构构件的连接多采用焊接和螺栓连接,这样就具有施工方便的特点。

### (四) 跨度大,结构占有面积较小

因为钢材具有得天独厚的物理属性,所以可以用来建造大跨度、大空间的建筑,并且可以灵活地隔断空间。出于大跨度的结构,减少了钢柱、梁、墙、隔断等占有的面积,等于增加了单位使用面积。钢结构的占有面积可比同类钢筋混凝土结构的占有面积减少约 25%。这实际上是增加了建筑物的使用价值和投资者的经济效益。

### (五) 符合国家的“绿色、环保、节能”环保理念

钢结构工程的应用,使墙体围护材料也得到了改变。由于黏土被淘汰,保护了有限的土地资源。采用钢结构也减少了开山挖石烧水泥,有利于生态环境的保护。在安装施工现场,由于采用整体装配式连接,大大降低了混凝土搅拌、砌筑砂浆的搅拌、混凝土的养护等作业的工作量,限制了粉尘的污染,减少了建筑垃圾,降低了施工噪声。在节能方面,98%以上的钢结构构件可以回收利用,既节约了材料,又节约了能源,符合绿色环保和可持续发展的原则。

## 三、钢结构的缺点

钢结构虽然具有以上种种优势,但也有相应的缺点:

### (一) 钢结构防火性差

当钢材受热超过 200℃时,钢材就发生变化,抗拉、抗压强度降低;受热达到 600℃时,钢材进入塑性状态失去承载能力。

### (二) 钢结构耐腐蚀性差

钢材在潮湿的环境中,特别是处于腐蚀介质的环境中容易锈蚀。所以涂装质量一定要严格控制,而且在使用期间还需定期进行维护。

## 第二节 钢结构工程的基本构造及应用

### 一、门式刚架轻型钢结构

门式刚架轻型钢结构主要是指承重结构为单跨或多跨实腹式或格构式门式刚架,具有轻型屋盖和轻型外墙,可以设置起重量不大于 20t 的中、轻级工作制桥式起重机或 3t 悬挂式起重机的单层厂房钢结构。

#### (一) 门式刚架的特点

刚架结构是梁、柱单元构件的组合物,其形式种类繁多,但在单层工业与民用房屋的钢结构中,应用较多的为单层的单跨、双跨或多跨的双坡门式刚架,如图 1-1 所示。它可根据通风、采光的需要设置天窗、通风屋脊和采光带等。

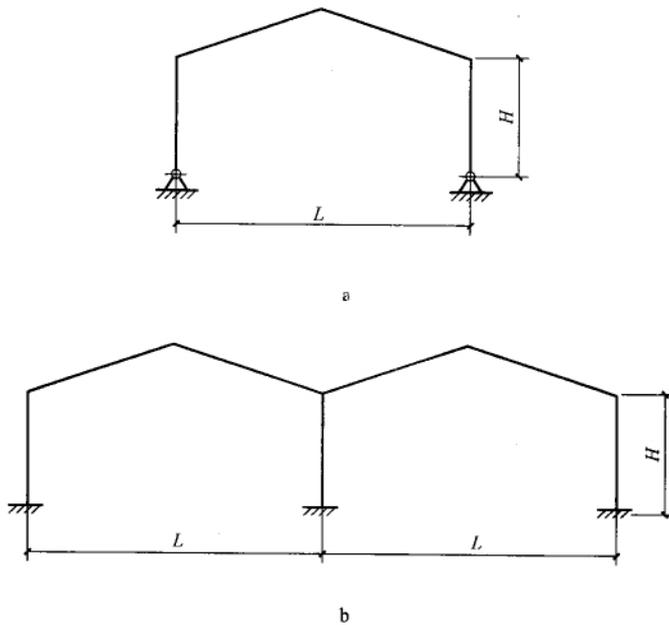


图 1-1 门式刚架简图

门式刚架与屋架结构相比,整个构件的横截面尺寸较小,可以有效地利用建筑空间,从而降低房屋的高度,减小建筑体积,在建筑造型上也较简洁美观。刚架构件的刚度较好,其平面内、外的刚度差别较小,为制造、运输、安装提供较有利的条件。因此刚架用于中、小跨度的工业房屋或较大跨度的公共建筑,都能达到较好的经济效果。

刚架屋面材料一般多用石棉水泥中小波瓦、瓦楞铁以及其他轻型瓦材。屋面坡度主要取决于屋面材料及排水要求,通常采用的屋面坡度为 1/3。当采用压型钢板屋面时,屋面坡度较平。

门式钢架的用钢量,与荷载、跨度、柱高以及结构形式有关。屋面采用石棉水泥瓦,跨

度为 12~18m,柱高为 4.5~6.0m 的门式钢架,一般用钢量为 8~13kg/m<sup>2</sup>,包括檀条、支撑、墙梁等构件在内,其总用钢量为 15~25kg/m<sup>2</sup>。因影响用钢量的参数较多,故其用钢量变化的幅度也比较大。

## (二) 门式钢架的结构形式

门式钢架的结构形式是多种多样的,按跨度可分为单跨、双跨、多跨等形式;按屋面坡度数可分为单脊单坡、单脊双坡、多脊多坡等形式,屋面坡度宜取 1/20~1/8,如图 1-2 所示。单脊双坡多跨刚架,用于无桥式起重机的房屋时,当刚架柱不是特别高且风荷载也不是很大时,依据“材料集中使用的原则”,中柱宜采用两端铰接的摇摆柱方案,门式刚架的柱脚多按铰接设计。当用于工业厂房且有桥式起重机时,宜将柱脚设计成刚接。门式刚架上可设置起重量不大于 3t 的悬挂起重机和起重量不大于 20t 的轻、中级工作制的单梁或双梁桥式起重机。

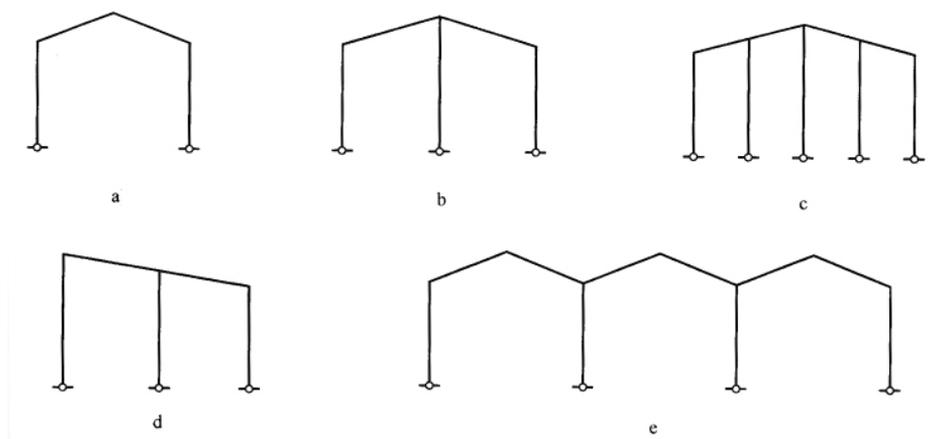


图 1-2 门式刚架形式简图

- a.单跨(单脊双坡) b.双跨(单脊双坡) c.多跨(单脊双坡)  
d.双跨(单脊单坡) e.多跨(多脊多坡)

门式刚架的结构形式按构件体系可分为实腹式与格构式;按截面组成可分为等截面与变截面两种。实腹式刚架的横截面为一整体,一般为工字形,少数为 Z 形;格构式的横截面为矩形或三角形,如图 1-3 所示。格构刚架的材料选择和截面组成比较灵活,组成形式可以因材制宜、多样化。当刚架内力较小时,宜采用等截面,其截面为单腹杆或双腹杆的矩形以及三腹杆的三角形,材料可用普通角钢、槽钢以及薄壁钢管等;当刚架内力较大时,宜采用变截面,其截面为双腹杆的矩形和三腹杆的三角形,材料可用普通角钢、槽钢以及无缝钢管等,如图 1-3d、e、f 所示。

门式刚架结构体系主要包括:基础、主刚架、次结构、外围护结构和辅助结构。其中主刚架主要包括钢柱、钢梁、钢吊车梁等构件。它常采用焊接 H 型钢(等截面或变截面)、热轧 H 型钢(等截面)或冷弯薄壁型钢等构成的实腹式门式刚架或格构式门式刚架。单层门式钢结构根据主刚架构成可分为无起重机和带起重机两类。无起重机门式刚架结构组成如图 1-4 所示,带起重机刚架结构组成与此类同,只是在柱上设计标高位置加上一道或几道吊车梁。次结构主要包括水平支撑、柱间支撑、系杆、隅撑、拉条、套管、檩条、墙梁等构件,用来保证主刚架的整体稳定性,构件材料常采用型钢(圆钢、钢管、角钢、槽钢等)做支撑、

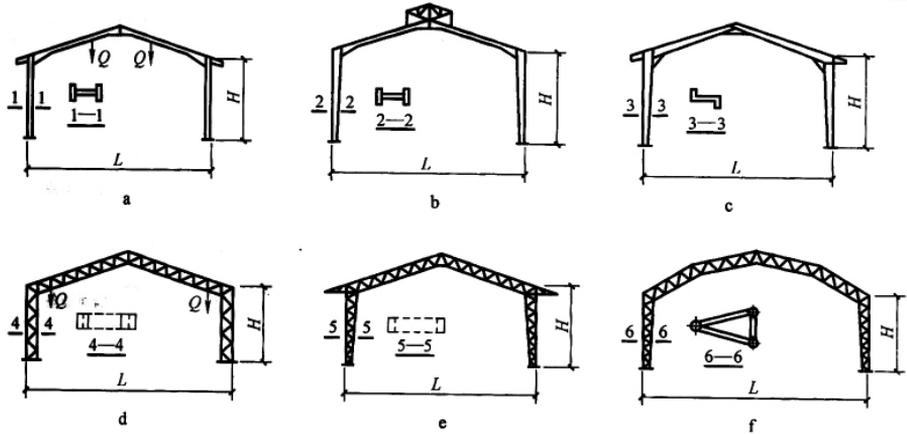


图 1-3 门式刚架形式

- a.实腹式(等截面) b.实腹式(变截面) c.实腹式(Z形)  
d.格构式(等截面矩形) e.格构式(变截面矩形) f.格构式(三角形)

冷弯薄壁型钢(槽钢、C型钢、Z型钢等)做檩条和墙梁。外围护结构屋盖常采用压型钢板屋面面板,也可采用隔热卷材和带隔热层的板材作屋面。外墙常采用压型钢板墙板,也可以采用砌体外墙或底部为砌体、上部为轻质材料的外墙。辅助结构主要包括楼梯、天窗架、车挡、走道板等构件,构件材料常采用槽钢、H型钢、角钢、花纹板、钢管、方钢等。

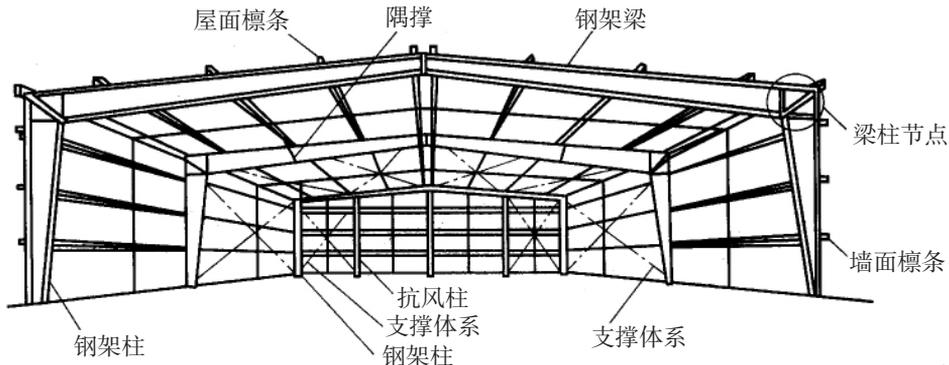


图 1-4 单层门式刚架结构的组成(无起重机)

### (三) 门式刚架的适用范围

门式刚架通常用于跨度为 9~18m,柱高为 4.5~6.0m,设有起重量较小的悬挂起重机的工业房屋和辅助性建筑。对于无起重机的房屋,柱高多在 5m 以内;对于设有起重机的房屋,则柱高多在 6m 左右。在某些情况下,门式刚架也可用于跨度为 21~30m,柱距为 6~12m,柱高为 9m 左右的工业房屋和公共建筑。

门式刚架轻型房屋钢结构的主要应用范围,包括单层工建厂房、民建超级市场和展览馆、库房以及各种不同类型仓储式工业及民用建筑等,有广泛的市场应用前景。

## 二、钢框架结构

### (一) 钢框架结构特点

钢框架结构是常用的钢结构形式,由于结构自身的特点,近年来在高层和超高层建筑

中应用越来越广泛。不同立面形式的框架具有不同的特点,纯框架结构延性好,但侧向刚度差;中心支撑框架通过支撑提高框架刚度,但支撑受压会屈曲,支撑屈曲将导致原结构的承载力降低;偏心支撑框架可通过偏心梁段剪切屈服限制支撑的受压屈曲,从而保证结构具有稳定的承载力和良好的耗能性能,而结构侧向刚度介于纯框架和中心支撑框架之间;框筒实际是密柱框架结构,由于梁跨度小、刚度大,使周围柱近似构成一个整体受弯的薄壁筒体,具有较大的侧向刚度和承载力,因而框筒结构多用于高层建筑。

钢框架结构因为钢梁、钢柱截面面积小,墙板一般采用预制板材。预制板材主要有钢板、挤压铝板、以钢板为基材的铝材罩面的复合板、夹心板、预制轻混凝土大板等。各种墙板的夹层或内侧应配有隔热保温材料,并由密封材料保证墙体的水密性。现代多层民用钢结构建筑外墙面积相当于总建筑面积的30%~40%,施工量大,高处作业难度大,建筑速度缓慢,同时出于美观、耐久性要求和减轻建筑物自重等因素的考虑,外围护墙已开始采取标准化、定型化、预制装配、多种材料复合等构造方式,多采用轻质薄壁和高档饰面材料,幕墙就是其中主要的一种类型。

钢框架结构的楼盖主要有两种形式:现浇钢筋混凝土组合楼盖、压型钢板—混凝土板组合楼盖。前一种形式组合楼盖楼面刚度较大,但由于在现场浇筑混凝土板,施工工序复杂,需要搭设脚手架、安装模板和支架、绑扎钢筋、浇筑混凝土及拆模等作业,施工进度慢。后一种形式组合楼盖是目前在多层和高层钢结构中采用最多的一种,它不仅具备很好的结构性能和合理的施工工序,而且综合经济效益显著。这类组合楼盖由压型钢板—混凝土板、剪力键和钢梁三部分组成,如图1-5所示。

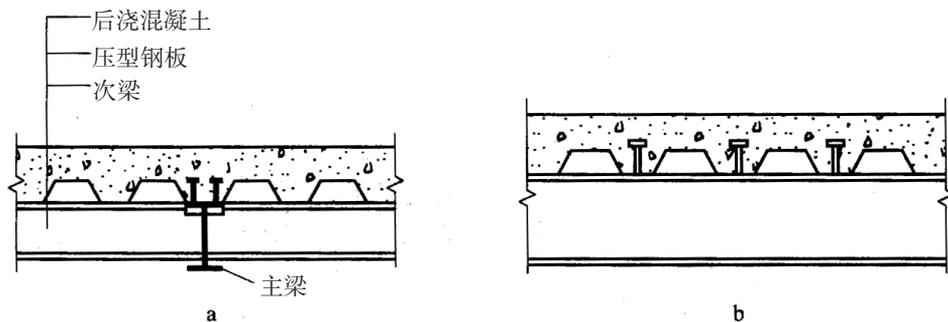


图 1-5 压型钢板—混凝土板组合楼盖类型

a.肋平行于钢梁 b.肋垂直于钢梁

屋顶是房屋最上层起覆盖作用的围护构件,为了减小承重结构的截面尺寸、节约钢材,除个别特殊要求外,首先应采用轻型屋面。轻型屋面的材料宜采用高强,耐火、防火、保温和隔热性能好,构造简单,施工方便,并能工业化生产的建筑材料,如压型钢板等。

## (二) 钢框架的结构形式

钢框架一般可分为单层单跨、单层多跨等结构形式,以满足不同建筑造型和功能的需求,如图1-6所示。

根据钢框架抗侧力体系的不同,可将其分为纯框架、中心支撑框架、偏心支撑框架和框筒几种立面形式,如图1-7所示。

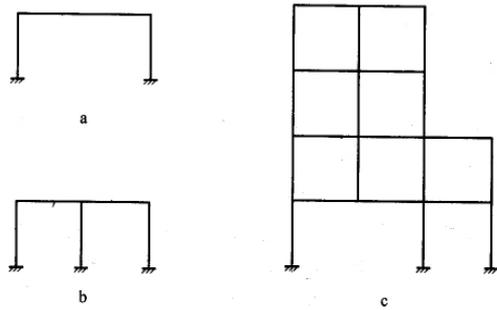


图 1-6 钢框架的结构形式

a. 单层单跨 b. 单层多跨 c. 多层多跨

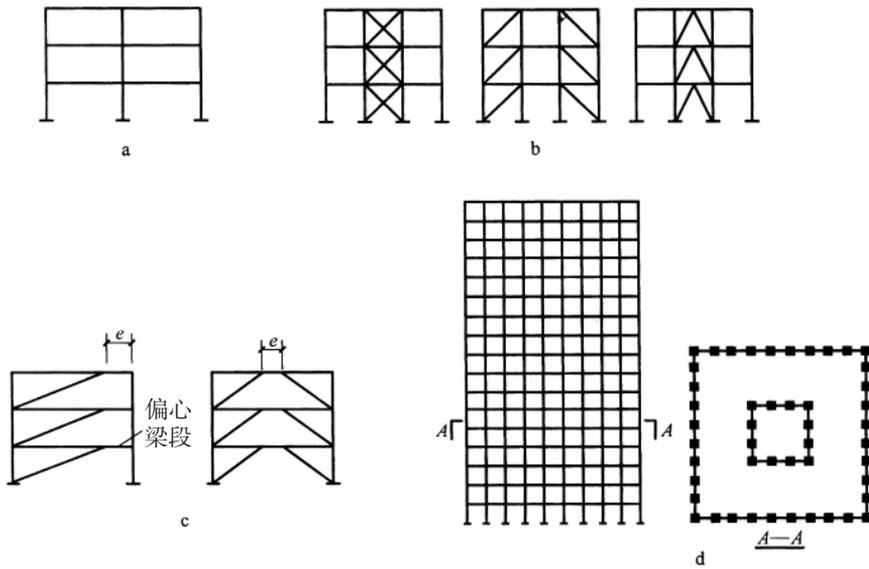


图 1-7 钢框架的立面形式。

a. 纯框架 b. 中心支撑框架 c. 偏心支撑框架 d. 框筒

### (三) 钢框架的适用范围

钢框架多用于大跨度公共建筑、工业厂房和一些对建筑空间、建筑体形、建筑功能有特殊要求的建筑物和构筑物中,如剧院、商场、体育馆、火车站、展览厅、造船厂、飞机厂、停车库、仓库、工业车间、电厂锅炉刚架等,并在高层和超高层建筑中被越来越广泛地应用。

### 三、钢网架结构

钢网架是由很多杆件从两个方向或几个方向有规律地组成的高次超静定空间结构。它改变了一般平面桁架受力体系,能承受来自各方向的荷载。

#### (一) 钢网架的特点

钢网架结构最大的特点是由于杆件之间互相支撑作用,它的刚度大、整体性好、抗震性好,而且能够承受由于地基不均匀沉降所带来的不利影响。即使在个别杆件受到损伤的情况下,也能自动调节杆件内力,保持结构的安全。

钢网架结构自重轻,节约钢材,已建成的 18m 跨度的钢管网架用钢量仅为  $7\sim 10\text{kg}/\text{m}^2$ 。某 112m 跨度的角钢网架用钢量仅为  $65\text{kg}/\text{m}^2$ ,并且由于钢网架结构高度较小,可以有效地

利用建筑空间。

钢网架结构的适应性大,它既适用于小跨度的建筑,又适用于大跨度的房屋,而且从建筑物平面形式来说,钢网架结构可以适应于各种平面的建筑,如矩形、圆形、扇形及各种多边形的平面建筑形式。

钢网架结构取材方便,一般多采用 Q235 钢或 Q345 钢,杆件截面形式多采用钢管或型钢(型钢以角钢为主),并且可以用小规格的杆件截面建造大跨度的建筑。

钢网架结构由于它的杆件规格划一,适宜工厂化生产,这就为加速工程进度提供了有利条件和保证。

钢网架结构的计算有通用的计算程序,制图简单,加上钢网架本身所具有的特点和优越性,给钢网架结构的发展提供了有利条件。

### (二) 钢网架的结构形式

钢网架结构的形式较多,按其外形可分为曲面网壳和平板网架两大类,在国内采用平板网架比较多,这里主要介绍平板网架。

平板网架除常采用的交叉梁系和角锥体系形式,还有桥板形网架、三层网架以及利用钢筋混凝土代替网架上弦杆的组合网架。

平板网架按其支承形式可分成周边支承、三边支承、多点支承以及周边支承和多点支承相结合的支承形式。

周边支承的网架可分成周边支承在柱子上或周边支承在圈梁上两类形式:周边支承在柱子上时,柱距可取成网格的模数,将网架直接支承在柱顶上,这种形式一般用于大、中型跨度的网架;周边支承在圈梁上,这种形式的网格划分比较灵活,适用于小跨度的网架。

多点支承的网架可分成四点支承的网架或多点支承的网架:四点支承的网架,宜带悬挑,一般挑出 1/4,这样可减小网架跨中弯矩,改善网架受力性能,节约钢材;多点支承的网架可根据使用功能布置支点,一般多用于厂房、仓库和展览厅等建筑。多点支承的网架一般受力最大的是柱帽部分,设计施工时,应注意柱帽处的处理。

周边支承和多点支承相结合的网架多用于厂房结构。

三边支承的网架多用于机库和船体装配车间,一般在自由边处加反梁或设托梁。

钢网架常用的结构形式如图 1-8 所示。

### (三) 钢网架的适用范围

钢网架结构是一种适用范围很广的结构形式,从用途上来讲,可用于公共建筑,也可用于工业建筑;从跨度上来讲,有大至 100m 以上的房屋建筑,小至几米的站头装饰架或广告牌;从平面形貌上来讲,它既适用于一般矩形平面建筑,也适用于圆形、扇形及多边形平面的建筑;从支承条件上来讲,它既适用于周边支承、三边支承的建筑,也适用于四点或多点支承的建筑,还可适用于周边支承和多点支承二者结合的情况。

钢网架结构主要用于体育馆、俱乐部、展览馆、体育练习馆、游泳馆、影剧院、车站候车大厅、餐厅、食堂、仓库和飞机库等。由于钢网架结构的优越性,近些年来,钢网架结构也越来越多地用于工业建筑中,甚至对设有桥式起重机的车间屋盖也采用了钢网架结构;钢网架结构还可用于广告牌、脚手架、栈桥、楼板、门头装饰架等。

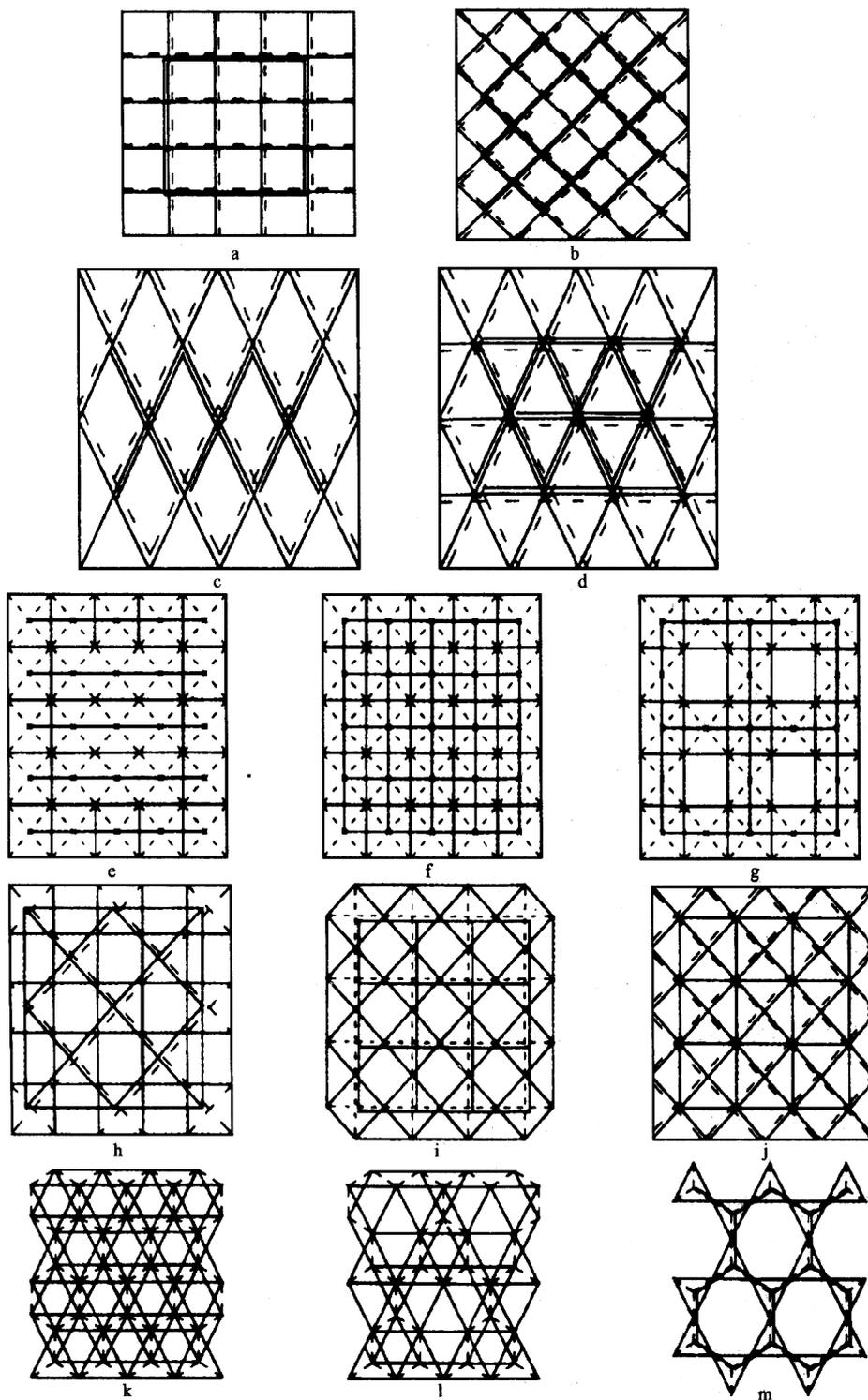


图 1-8 钢网架常用形式

- a. 两向正交正放网架    b. 两向正交斜放网架    c. 两向斜交斜放网架    d. 三向网架  
 e. 单向折线形网架    f. 正放四角锥网架    g. 正放抽空四角锥网架    h. 棋盘形四角锥网架  
 i. 斜放四角锥网架    j. 星形四角锥网架    k. 三角锥网架    l. 抽空三角锥网架    m. 蜂窝形三角锥网架

钢网架结构的屋面材料多用与网格大小相同的各种钢筋混凝土肋形板和各种带檩的轻型屋面。钢网架可以定型化生产,这就为钢网架发展提供了有利的条件。

#### 四、索膜结构

由膜面和支承结构共同组成的,属于建筑物或构筑物的一部分或整个结构称为膜结构。

##### (一)索膜结构的特点

目前,膜结构是世界上最轻的建筑物。膜建筑的屋面质量仅为常规钢屋面的 1/30,这很明显降低了墙体与基础的造价;由于膜工程中所有的加工与制作均在工厂内完成,施工现场的安装施工工期几乎要比传统的建筑施工工期短一半;膜建筑中所用的膜材,热传导性较差,单层膜的保温效果可与砖墙相比,优于玻璃,其半透明性在建筑内部产生均匀的自然漫散射光,减少了白天电力照明时间,非常节能;膜材对紫外线有较高的过滤性,可过滤大部分的紫外线;同时膜材有很强的自洁性,通过雨水的冲刷,可保持外观的清洁,所以说膜建筑是 21 世纪的绿色环保建筑;由于膜建筑自重轻,可以不需要内部支撑而覆盖大面积的空间,人们可更自由地创造更大的建筑空间,跨度越大,越能体现出膜建筑的经济性;膜建筑在吸声和防火方面效果也很好。

膜结构采用的是一种高强度、柔韧性很好的柔性材料。它是由织物基材和涂层复合而成的一种复合材料,其构造如图 1-9 所示。膜材基本上是一种织布,织材由纤维构成,纤维分为尼龙、聚酯类、玻璃纤维和人造纤维。常用的涂层材料分为聚氯乙烯、聚四氟乙烯、硅树脂和涂层处理,其中涂层处理通常是为了额外保护织布上的覆盖层免于紫外线的破坏而增加的又一层涂层,增加膜材的自洁性。如 PVC 上再涂覆 PVDF 二氟化乙烯等。常用的建筑膜材分为 PTFE 玻璃纤维膜材、PVC 聚酯纤维膜材、PTFE 芳纶膜材和加面层的 PVC 膜材等。

膜结构对膜材性能有以下几点要求:

- (1)高抗张拉强度。
- (2)高抗撕裂强度。
- (3)材料尺寸的稳定性,即对伸长率的要求。
- (4)抗弯折性,有一定的柔软度。
- (5)要有较高的透明度和放射太阳光的能力。

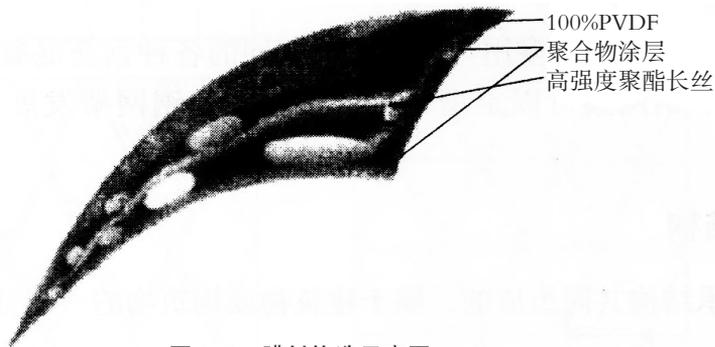


图 1-9 膜材构造示意图

- (6) 耐久性,包括防水、耐热、耐腐、自洁性。
- (7) 防火性能。
- (8) 可加工性,便于裁剪和拼接。

膜材的优点很多,是理想的膜结构覆盖材料。它的弹性模量较低,有利于膜材形成复杂的曲面造型;它轻质高强,中等强度的 PVC 膜,其厚度仅 0.61mm,但它的拉伸强度相当于钢材的一半;中等强度的 PTFE 膜,其厚度仅 0.8mm,但它的拉伸强度已达到钢材的水平。膜材对自然光有反射、吸收和透射能力;它不燃、难燃或阻燃;具有耐久、防火、气密良好等特性;表面经处理(涂覆 PVC 或 PVDF)的膜材,自身不发黏,有很好的自洁性能。但它也有不足之处,膜材的不可回收性,使得膜材成为并不完全的环保材料。

索是膜结构建筑的重要受力构件。大多数的膜结构工程都是通过钢索来张拉膜面的。

### (二) 索膜结构的结构形式

膜建筑的结构形式比较多,按支承方式可分为充气膜结构和张力膜结构。其中充气膜结构又有气承式和气肋式,就是向气密性好的膜材所覆盖的空间注入空气,利用内外空气的压力差使膜材受拉,结构就具有一定的刚度来承重。而张力膜结构是对膜施加预应力,使得结构具有一定的刚度和稳定的形状。它又可分为刚性支承体系、柔性支承体系和混合支承体系。所谓刚性支承体系,又称框架膜结构,膜直接张覆在刚架、网架(网壳)等变形较小的结构上;柔性支承体系,又称索膜结构,膜张覆在柔性索、索网、索结构上,索与膜共同受力;混合支承体系,膜部分张覆在刚架等刚性支承上,部分张覆在柔性索上。按膜对建筑覆盖的形式,膜结构可分为开敞式膜结构、封闭式膜结构和开合式膜结构。按膜材层数,膜结构可分为单层膜结构和双层膜结构,双层膜结构,内膜保温、隔热,满足声学性能,外膜直接受荷载作用。

根据造型需要和支承条件等,可将膜结构分为气膜式膜结构、索系支承式膜结构、骨架支承式膜结构和整体张拉式膜结构。气膜式膜结构主要依靠膜曲面内外的气压差来维持膜曲面的形状。该结构要求有密闭的充气空间,并应设置维持内压的充气装置。索系支承式膜结构由空间索系作为主要的受力构件,在索系上布置按要求设计的张紧膜材。骨架支承式膜结构是由钢构件或其他刚性结构作为承重骨架,在骨架上布置按设计要求的张紧膜材。整体张拉式膜结构是由桅杆等支承结构提供吊点,并在周边设置锚固点,通过预张拉而形成的稳定体系。

### (三) 索膜结构的适用范围

目前膜建筑被广泛用于以下各个领域:

- (1) 文化设施。展览中心、剧场、会议厅、博物馆、植物园和水族馆等。
- (2) 体育设施。体育场、体育馆、健身中心、游泳馆、网球馆和篮球馆等。
- (3) 商业设施。商场、购物中心、酒店、餐厅、商店门头(挑檐)和商业街等。
- (4) 交通设施。机场、火车站、公交车站、收费站、码头、加油站和天桥连廊等。
- (5) 工业设施。工厂、仓库、科研中心、处理中心、温室和物流中心等。
- (6) 景观设施。建筑入口、标志性小品、步行街和停车场等。