

钢结构 构件计算

(第三版)

陈 骥 蒋焕南 编

建筑结构基本知识丛书

建筑结构基本~~知~~知识丛书

钢结构构件计算

(第三版)

陈 骥 蒋焕南 编

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035号

本书是建筑结构基本知识丛书之一,主要介绍钢结构的连接和构件计算的基本知识。全书分为四章,首先叙述了钢材的性能和选材原则,钢结构连接的构造和计算,然后介绍了钢结构构件的计算原理和设计方法,着重介绍了钢屋盖结构的设计方法。

本书是在1982年修订版的基础上,根据新修订的《钢结构设计规范》(GBJ17—88)重新编写的。为便于学习,书中编入了较多的例题和比较完整的吊车梁和钢屋架的设计计算例。

这套《建筑结构基本知识丛书》包括建筑力学,建筑结构和构件计算等方面的基本知识,按专题分册出版,每册都力求突出专题的重点,并有一定的独立性,便于读者根据需要自学选读。

本书可供具有初中以上文化水平的基本建设的土建方面的职工和青年自学,也可供夜大和职工培训使用。

建筑结构基本知识丛书

钢结构构件计算

(第三版)

陈 骥 蒋焕南 编

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

中国建筑工业出版社印刷厂印刷(北京阜外南礼士路)

开本: 787×1092毫米 1/32 印张: 7³/₈ 插页: 1 字数: 164千字

1991年11月第三版 1991年11月第六次印刷

印数: 258,781—265,850册 定价: 5.25元

ISBN7—112—01044—6/TU·755

(6116)

丛书第三版出版说明

为满足广大建筑职工自学的需要，我社1976年组织出版了一套《建筑结构基本知识丛书》包括建筑力学、建筑结构和构件计算等方面的知识，按专题分册出版，共十三分册，每册力求重点突出，并有一定独立性，读者可根据需要选读。丛书自出版以来，深受广大读者的欢迎和关怀，各分册先后重印四、五次，有的印数达30多万册。

随着经济建设和建筑技术的发展，广大建筑职工和青年学习建筑结构知识的要求进一步提高。原《建筑结构基本知识丛书》的内容，虽经1980年间修订一次，但目前已不能满足读者的需要。为此，我们组织力量对“丛书”再次修订。这次修订，一方面保持原来的编写目的和原则，另一方面根据建筑技术发展和读者要求，深度起点不变，仍以适合初中毕业文化程度的读者能读懂为基础，而对原丛书的内容加以扩展、提高和调整、使读者学完后，能基本上达到中专毕业水平。同时，丛书以1989年新颁布的各种建筑结构规范为依据，并采用国务院颁布的“法定计量单位”。为了增强便于自学的特点，并适应广大乡镇建筑职工学以致用的需要，各分册中均加强概念和例题的联系，尽量补充应用实例，并注意某些带有专题性内容的介绍。这次第三版丛书新增加了“烟囱”、“水池”、“多层框架结构”、“结构动力学基础”等分册。今后将根据需要与可能，再作适当补充。

丛书的修订工作绝非尽善尽美，一定有不少缺点错误，望读者提出意见，以助不断完善。

目 录

第 1 章	概述.....	1
1.1	钢结构的应用	1
1.2	钢结构用材	9
1.3	钢结构的计算方法	21
第 2 章	钢结构连接的构造和计算	33
2.1	焊接、铆接和螺栓连接的应用情况	33
2.2	焊缝形式和构造	38
2.3	焊缝的强度和计算	44
2.4	普通螺栓的受力情况和计算方法	53
2.5	高强度螺栓的受力情况和计算	65
第 3 章	钢结构构件的计算方法.....	77
3.1	轴心拉杆计算	77
3.2	轴心压杆的设计原理和计算方法	78
3.3	受弯构件的设计原理和计算方法	100
3.4	吊车梁的截面设计	121
3.5	拉弯构件的强度计算	135
3.6	压弯构件的稳定计算	139
第 4 章	钢屋盖结构设计	160
4.1	屋盖结构布置和屋架选型	160
4.2	钢屋架的稳定和支撑布置	164
4.3	屋架上的荷载和杆件内力	167
4.4	屋架杆件的计算长度	171
4.5	屋架杆件截面选择	175

4.6	屋架的节点设计	182
4.7	钢屋架的施工图	200
附 录		204
(一)	钢材的设计强度	204
(二)	焊缝的设计强度	204
(三)	螺栓连接的设计强度	205
(四)	3号钢轴心受压构件的稳定系数	205
(五)	型钢规格表	208
(六)	普通螺栓规格	228
(七)	角钢上螺栓或铆钉线距	228
(八)	法定计量单位与非法定计量单位换算关系	228
参考文献		229

第 1 章 概 述

1.1 钢结构的应用

在建筑结构中有几种不同类型的结构，如钢筋混凝土结构、砖石结构、木结构和钢结构。和其他类型的结构相比，钢结构具有重量轻，安全可靠和建造时工业化程度高等一系列优点。但是长期以来钢材一直是国家的紧缺物资，因此钢结构的可用范围虽然十分广泛，而具体应用时却受到严格限制。

1.1.1 结 构 的 特 点

1. 钢结构的重量轻是它的一个显著特点。表 1.1 是同一跨度的两种结构的不同特点的比较。一种是钢屋架，另一种是预应力钢筋混凝土屋架，它们的跨长都是 24 米，屋面都用的是 6×1.5 米的钢筋混凝土大型屋面板。钢结构用材单一，钢屋架的重量只有钢筋混凝土屋架重量的三分之一至四分之一，钢材的消耗前者是后者的三至二倍半。从过去的统计资料看，钢屋架的造价约为钢筋混凝土屋架的一倍半。钢结构重量轻的原因是钢材的强度高，其容重与屈服强度的比值相对说来比钢筋混凝土和木材的都小的多，这样一来钢结构构件的截面尺寸比其它结构的都小。壁薄是组成钢结构构件中诸板件的特点，它导致结构的重量轻。

24米钢屋架和预应力钢筋混凝土屋架比较 表 1.1

类 别	每 榀 屋 架 材 料		重 量 (吨)
	混 凝 土 (立方米)	钢 (吨)	
预应力钢筋混凝土屋架	2.6~4.5	0.65~1.05	6.4~11.3
钢 屋 架	0	2.1~2.7	2.1~2.7

2. 钢结构安全可靠是它的又一个显著特点。钢材质地均匀, 是各向同性体, 具有良好的塑性和韧性, 非常接近理想的弹塑性材料, 它的弹性模量大和动力性能好。钢材性能的这些优点导致钢结构的实际受力情况最符合结构计算的基本假定。钢筋混凝土的受拉构件和受弯构件以及木结构构件在受力的过程中普遍地会出现开裂现象, 但是钢结构构件却不会出现这种现象。1976年唐山遭受地震灾害时大量钢筋混凝土结构和砖石结构建筑物发生倒塌破坏事故, 但是钢结构除个别建筑物的局部地方曾出现过不太严重的损坏外, 总的说来都是十分完好的。

3. 钢结构制造的工业化程度高是它的另一个显著特点。除了制造上非常简易、构件数量又不很多外, 一般钢结构都是在工厂或工场制造的, 由于工厂具备复杂的精密的机械设备和采用严格的工艺操作方法, 所以钢结构具有工业化程度高和成批生产的特点, 制造的质量高。

除了上面所说的三个显著特点外, 钢材可以作成不透气和不漏水的封闭结构。

钢结构的严重缺点是容易生锈, 为了延长它的使用年限, 需要加强保养并定期除锈和涂刷涂料(油漆), 因此钢结构

的经常性维护费用较高。另外，结合我国的具体条件，钢材的供需矛盾较大，钢结构的造价比一般钢筋混凝土结构造价大的多，为了节约钢材，钢结构的应用受到严格限制。什么时候采用钢结构，对于这个问题，要从经济与适用两个方面考虑，在保证结构安全可靠和实用性的同时，要从节约钢材、结构耐久，建设周期和建筑物建成投入使用以后的经济效益等方面全面衡量来决定。

1.1.2 钢结构的应用范围

由于钢结构具有上述诸特点，因此其应用范围十分广泛，主要的有以下几个方面。

1. 屋盖结构

屋盖结构由屋架、檩条和支撑组成，有时还有压型钢板。屋盖结构承受屋面材料，活荷载和屋盖结构的自重，主要是钢屋架的自重。屋架的自重随着屋架跨度的扩大增加得很快。屋架跨度达到30米一般就应该考虑采用钢屋盖结构。实际上，为了减轻屋盖结构的重量，在工业厂房中，跨度在18至24米时采用钢屋架的情况还是很多的。如果采用轻型屋面材料，那么跨度即使小于18米，也可以采用轻钢屋架或冷弯薄壁型钢屋架。图1.1是每跨均为21米的钢结构制造厂的零件加工车间的钢屋盖结构，包括了钢屋架，天窗架和支撑系统三个组成部分。

钢结构的重量轻和其受力性能可靠这两个特点对于大跨度屋盖结构特别重要。大会堂、体育馆、展览馆和飞机库等重要建筑物可以采用多种形式的大跨度结构，其中平板网架结构是一种在公共建筑中应用十分广泛的大跨度屋盖结构，如首都体育馆，上海体育馆和上海文化广场，其平面尺寸的

跨度和长度均超过了100米。图1.2是北京国际俱乐部的40×40米正交平板球形节点的网架屋盖结构，每个球形节点都连结着五根至九根杆件，如图中上弦和下弦的节点A和A'都有七根杆，节点B只有五根杆，而B'点有九根杆。

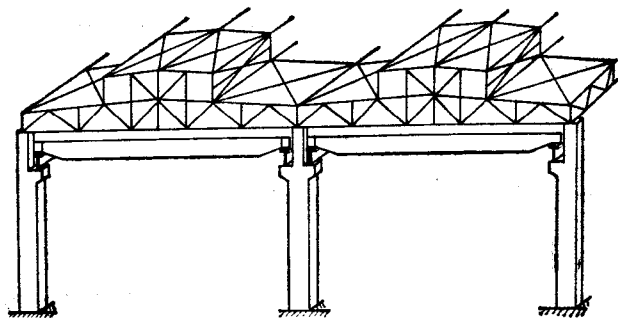


图 1.1 零件加工车间的屋盖结构

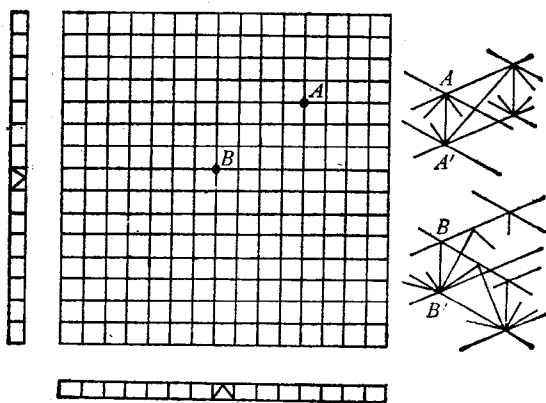


图 1.2 40×40米正交平板网架

2. 钢骨架厂房

吊车起重量很大或者工作很频繁的重型厂房常常采用钢骨架结构，如大型炼钢车间、初轧车间、大吨位的水压机车间和重型机械厂的铸钢车间等。图 1.3 是在吊装中的哈尔滨大型电机厂的钢骨架，厂房中安装有 400 吨的桥式起重机，车间的跨度为 36 米。

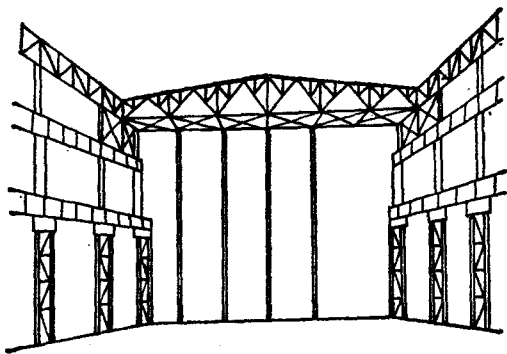


图 1.3 钢骨架厂房

立体仓库的货架结构，因其很高，一个方向很长，另一方向却很短。楼面层的位置有时需随储存货物的要求而变动，对于这种货架也宜采用钢结构。图 1.4 是已经安装好的北京汽车制造厂自动化立体仓库的货架结构，在图的右侧显示了钢骨架中的一个主框架，框架的每一个支柱都是空间塔架。

组成以上钢骨架结构构件的都是热轧型钢和钢板。但是对于屋面采用轻质材料，跨度和高度也不大的产品仓库和库房内的货架结构，还可以采用冷弯薄壁型钢骨架结构。图 1.5 是用冷弯薄壁型钢构件组成的框架结构，屋面、檩条和

墙梁也都采用了冷弯薄壁型钢构件。

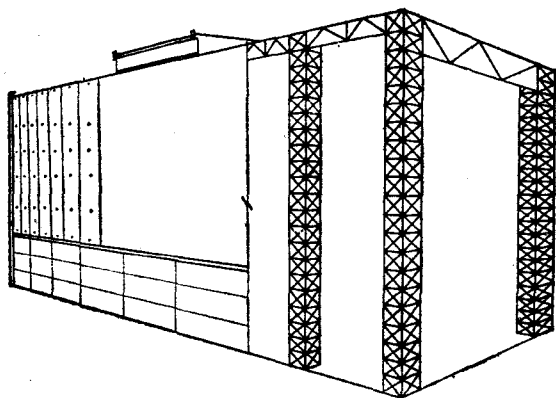


图 1.4 立体仓库货架结构

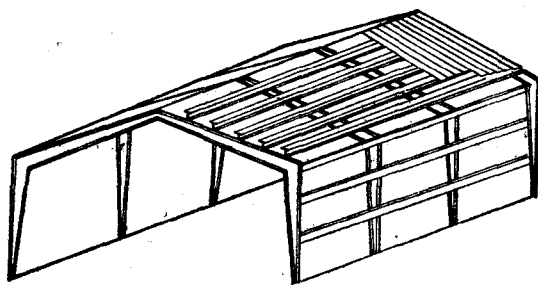


图 1.5 冷弯薄壁型钢框架结构

3. 高层建筑

高层建筑因其占地面积小，建筑功能好和有时经济效益突出，因此在世界各国都有很大发展。多年来我国在各地建造的高层建筑绝大多数是钢筋混凝土骨架结构，但是最近几

年在北京、上海和深圳等地建造了多座钢骨架高层建筑，如北京的京广中心大厦高达208米，在地面以上的53层全都是钢骨架结构。图1.6是在四周设置斜撑的钢骨架筒体结构。

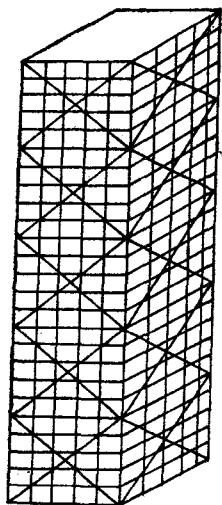


图 1.6 钢骨架筒体结构

石油化工厂的球形贮油罐。

6. 钢脚手架

在工地上的临时建筑中钢脚手架都是可拆卸的钢结构，其特点是轻巧灵活、便于装卸搬迁、成本低、可以重复使用，利用率很高。图1.9是一种扣件式钢管脚手架。这种脚手架的每一吨钢材可以代替2.58~4.48立方米木材，在反复使用期间可代替木材6.7~11.19立方米。

其他如铁路桥梁、皮带运输通廊、起重运输机械、水工闸门、管道支架和海上石油平台等结构也广泛地采用钢结构。

4. 塔桅结构

几十米高的输电铁塔，几十米甚至几百米高的桅杆结构或电视塔以及运载火箭的发射塔等都宜采用钢结构；图1.7a是酒泉卫星发射中心运载火箭的发射塔架。图1.7b是带纤绳的无线电桅杆。

5. 板壳结构

密封的储液库，大型煤气罐和氧气罐都是用钢板锻压成型焊接而成的。这些板壳结构不仅容积很大而且有时要承受很大压力，不漏水，不漏气，要求非常安全可靠。图1.8是

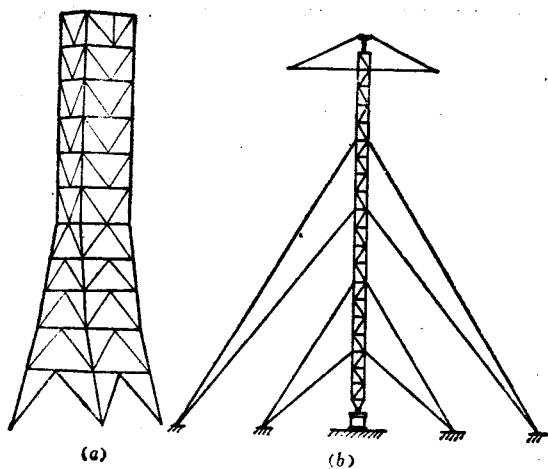


图 1.7 塔桅结构

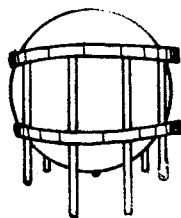


图 1.8 贮油罐

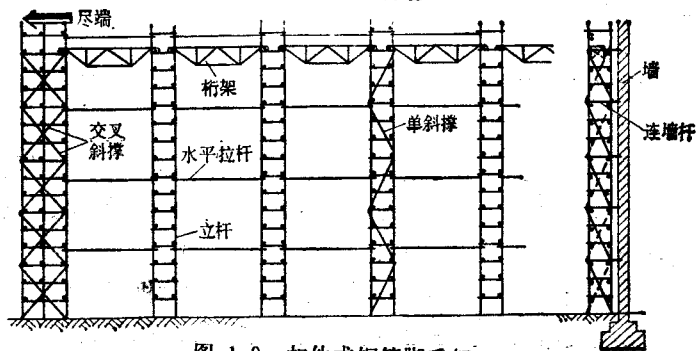


图 1.9 扣件式钢管脚手架

1.2 钢 结 构 用 材

我国现有的钢牌号有几百种，但是适宜于制作钢结构的却只有非常有限的几种，它们属于普通碳素钢中的3号钢以及普通低合金钢中的16锰钢和15锰钒钢。

1.2.1 钢结构用材的性能

钢是铁和碳的合金，碳在钢中含量的多少对钢材性能的影响极大。按含碳量的多少把钢分为低碳钢、中碳钢和高碳钢。低碳钢的含碳量少于0.25%，中碳钢的含碳量在0.25和0.60%之间；而高碳钢的含碳量高于0.60%。钢的含碳量增大虽然能提高钢的强度，但是却使塑性、韧性和可焊性降低。用于作钢结构的钢材有严格要求，应具有强度高、塑性好和韧性好的特点，对于焊接结构，还应具有良好的可焊性。在建筑结构中只采用低碳钢，惟有低碳钢的综合性能才符合钢结构的使用要求。

钢材的力学性能可以通过在常温条件下的静力拉伸试验来确定。试验前按照冶金工业部颁布的规定，从型钢或钢板中切割出试样的毛坯。对于型钢沿轧制方向取样，如图1.10a的工字钢，应在其截面高度的三分之一处取样，角钢在其宽度的三分之一处取样，如图1.10b，对于钢板则应如图1.10c，在垂直于板的轧制方向，位于板中央的三分之一宽度的范围内并且在板的端部取样。垂直于板轧制方向的钢材的力学性能比轧制方向的略差，而型钢的受力一般是顺轧制方向的。取样毛坯应比照图1.11a或b所示要求加工成标准试样，其截面形状有圆形和矩形的两种。在试样上需标志M和N两点，

其间距即为标距 l_0 ，圆试件的标距有100和200毫米两种。矩形截面试件的标距按其分为长试样和短试样分别取 $l_0 = 11.3\sqrt{A_0}$ 和 $5.65\sqrt{A_0}$ ， A_0 为试样的截面积以 mm^2 计。

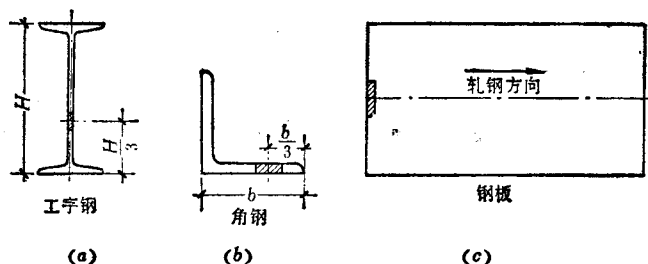


图 1.10 拉力试样的取样位置

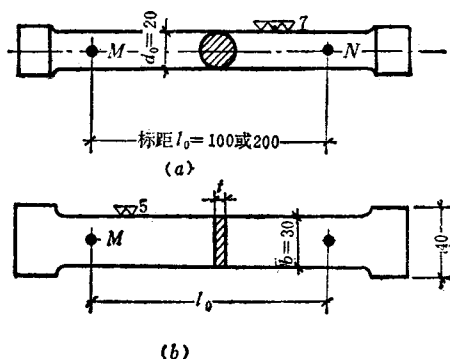


图 1.11 钢材拉伸试验的标准试样

将试样装在拉伸试验机上作拉力试验，试件随着荷载的逐渐增加而被逐渐拉长，直至被拉断。在试验过程中表现出钢材的力学性能。图1.13是钢材的拉伸图，纵座标记录了试验荷载 P ，横座标是与荷载 P 值相对应的试件的总伸长 Δl_0 。不同品种钢材的拉伸图是不同的，高碳钢试件在拉断之前的

最大荷载 P_0 比低碳钢的大得多，说明其强度比低碳钢高的多，但是相应的总伸长却比低碳钢的小得多，说明其强度虽高但是塑性却很差，很容易被拉断而呈脆性破坏。低碳钢在拉断之前有一个相当长的变形过程，在到达屈服荷载 P_y 时就开始流动，而后强度又有所提高，直到达到最大荷载 P_0 时才被拉断。这种低碳钢对于制造钢结构有十分重要的现实意义，首先它可以缓和构件在受力过程中某些部位存在的高峰应力，不致出现局部裂缝，同时构件在被拉断之前有明显的变形征兆，易于为人们所发现，以便及时采取预防措施，不致造成严重后果。如果不重视钢材的综合性能，只注意利用钢材的强度，在设计和建造钢结构时如盲目地用强度高的中碳钢代替建筑用的低碳钢，必然会出现结构的脆性断裂，以致酿成事故，这种事故国内外都曾经发生过，应引以为诫。

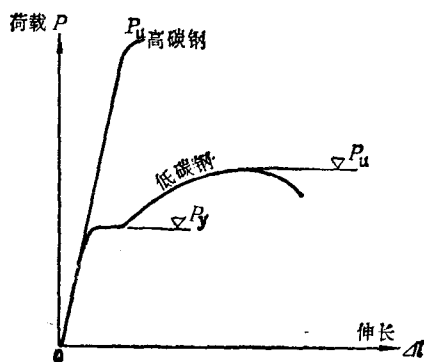


图 1.12 钢材的拉伸图

用荷载 P 除以试样的截面积 A_0 得到应力 σ ，用伸长 Δl 除以标距 l_0 得到应变 ϵ ，即可以画出如图1.13a所示的应力