

JIANZHU GANGJIEGOU SHEJI

安徽省高等学校省级规划教材
——土木工程专业系列教材

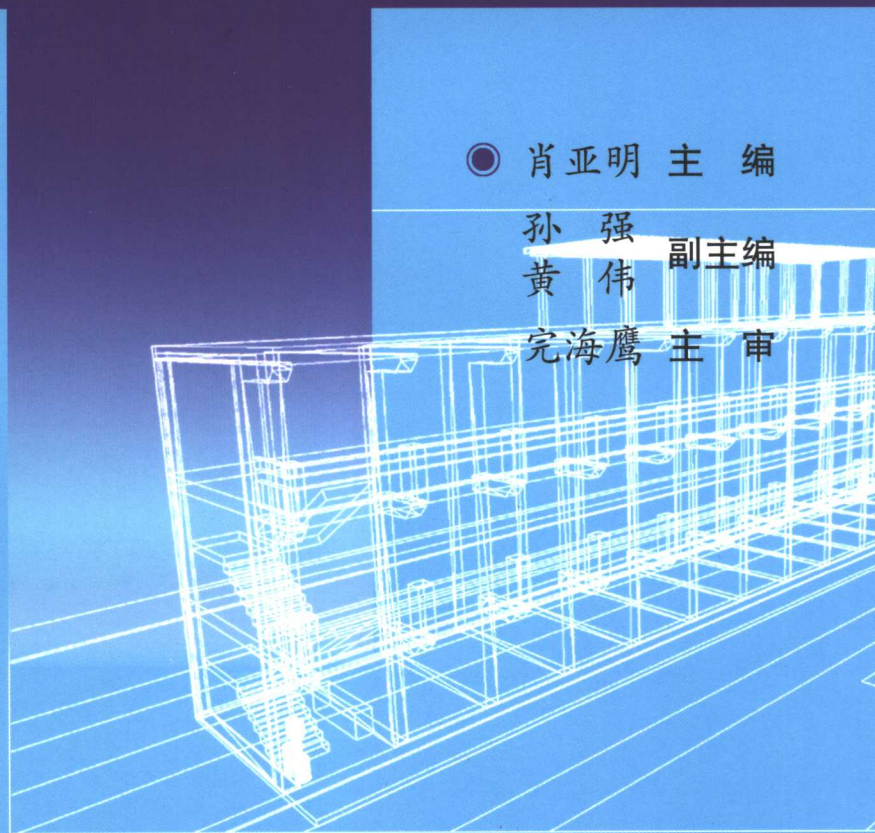
建筑钢结构设计

JIANZHU GANGJIEGOU SHEJI

◎ 肖亚明 主 编

孙 强 副主编
黄 伟

完海鹰 主 审



合肥工业大学出版社

安徽省高等学校省级规划教材

——土木工程专业系列教材

建筑钢结构设计

肖亚明 主 编

孙 强 副主编
黄 伟

完海鹰 主 审



合肥工业大学出版社

内 容 提 要

《建筑钢结构设计》是安徽省高等学校省级规划教材——土木工程专业系列教材之一。本书是高等学校土木工程专业本科的专业课教材,是《钢结构设计原理》的后续部分,主要讲述常用建筑钢结构的设计方法。全书共分为5章,分别为:单层厂房结构、轻型门式刚架结构、大跨度房屋结构、多高层钢结构和钢结构施工,并结合设计例题讲述钢结构设计的一般要求。

本书可作为高等院校土木工程专业以及相近专业本科生的教材,经过一定删节可用作专科生的教材,也可供工程设计人员在工作中参考。

图书在版编目(CIP)数据

建筑钢结构设计/肖亚明 主编. —合肥:合肥工业大学出版社,2006.4

ISBN 7-81093-379-5

I. 建... II. 肖... III. 建筑结构:钢结构—结构设计—高等学校—教材 IV. TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 025283 号

建筑钢结构设计

主编:肖亚明

责任编辑:陈淮民

出 版	合肥工业大学出版社
地 址	合肥市屯溪路 193 号
邮 编	230009
电 话	总编室:0551-2903038 发行部:0551-2903198
网 址	www.hfutpress.com.cn
E-mail	press@hfutpress.com.cn
版 次	2006 年 4 月第 1 版 2006 年 4 月第 1 次印刷
开 本	787×1092 1/16
印 张	15.75
字 数	387 千字
发 行	全国新华书店
印 刷	安徽江淮印务有限责任公司

ISBN 7-81093-379-5/TU·16

定价:22.00 元

如果有影响阅读的印装质量问题,请与出版社发行部联系调换

序 言

我国每年的钢产量已连续数年居世界首位,2005 年达到 2 亿多吨,超过几个发达国家钢产量的总和。同时国家的产业政策已明确对建筑钢结构给予支持,我国的钢结构产业得到了飞速的发展,各类钢结构建筑广泛应用,规模更大、技术更新,我国建筑钢结构事业蓬勃发展的时代已经到来。

本书根据高等学校土木工程专业指导委员会的课程教学大纲,结合新的国家标准《钢结构设计规范》GB50017—2003 和作者多年的教学经验编写。为了适应钢结构应用的快速发展以及高等学校土木工程专业的教学需要,将原来的《钢结构》课程分为《钢结构设计原理》和《建筑钢结构设计》两部分。本书主要介绍建筑钢结构设计,是《钢结构设计原理》的后续部分。

本书作为高等学校土木工程专业本科的专业课教材。全书共分为 5 章,包括:单层厂房结构、轻型门式刚架结构、大跨度房屋结构、多高层钢结构和钢结构施工。本书主要讲授建筑钢结构的设计方法和基本构造知识,还介绍施工图的内容与要求,钢结构的防护和施工方法。

本书内容均依照现行规范编写,知识体系完整,内容丰富,实用性强,学以致用。教师授课时,可根据具体情况选择讲授重点和学生自学章节。本书作为高等院校土木工程专业以及相近专业本科生的教材,经过一定删减也可作为专科生的教材,还可供相关工程技术人员参考。

本书由肖亚明任主编,孙强、黄伟任副主编。各章节编写分工如下:安徽建筑工业学院孙强、韦路编写第 1 章(第 1.1~1.5、1.7 节),安徽理工大学马芹永编写第 1 章(第 1.6 节),安徽工业大学黄伟编写第 2 章,合肥工业大学王成刚编写第 3 章(第 3.1~3.4 节),李庆锋编写第 3 章(第 3.5 节),合肥工业大学肖亚明编写第 4 章、第 5 章。全书由完海鹰教授担任主审。

本书在编写过程中,引用了所列参考文献以及其他文献的部分内容,谨此向作者表示衷心的感谢。研究生石可、许业玉参与了书稿的整理工作,参编者所在院校有关领导给予了关心和支持,出版社对书稿的编辑、校对、照排等做了大量工作,对他们表示深切的感激之情。

由于作者的经验及水平有限,错误和不足之处在所难免,恳请读者批评指正并提出宝贵意见,以便再版时更正。

编 者

2006 年 3 月

目 录

第 1 章 单层厂房结构	1
1.1 厂房结构的形式与布置	1
1.2 厂房结构的框架形式	3
1.3 支撑体系	8
1.4 屋盖结构	13
1.5 厂房柱的设计	33
1.6 吊车梁设计	38
1.7 普通钢屋架设计实例	45
第 2 章 轻型门式刚架结构	58
2.1 结构材料、组成、形式	58
2.2 结构布置	61
2.3 刚架设计	64
2.4 压型钢板、檩条、墙梁、支撑设计	77
2.5 节点设计及构造设计	86
2.6 轻型门式刚架设计实例	92
第 3 章 大跨度房屋结构	104
3.1 概述	104
3.2 平面结构	105
3.3 网架结构	111
3.4 网壳结构	138
3.5 悬索结构	142
3.6 其他新型空间结构	145
第 4 章 多高层钢结构	156
4.1 多高层结构的体系和布置	156
4.2 高层钢结构的荷载及效应组合	166
4.3 高层钢结构的内力与位移分析	173
4.4 高层钢结构的构件及节点设计	184
4.5 组合楼盖设计	197

第 5 章 钢结构施工	210
5.1 设计文件的编制	210
5.2 钢结构的防护	219
5.3 钢结构的施工及验收	228
附录	239
参考文献	245

第 1 章 单层厂房结构

1.1 厂房结构的形式与布置

1.1.1 厂房结构的组成

厂房结构是工厂建筑物的骨干。它必须具有足够的强度、刚度和稳定性,以抵抗来自屋面、墙面和吊车设备等各种竖向及水平荷载的作用。厂房结构一般是由屋盖结构、柱、吊车梁(或桁架)、各种支撑以及墙架等构件组成的空间体系,如图 1-1 所示。

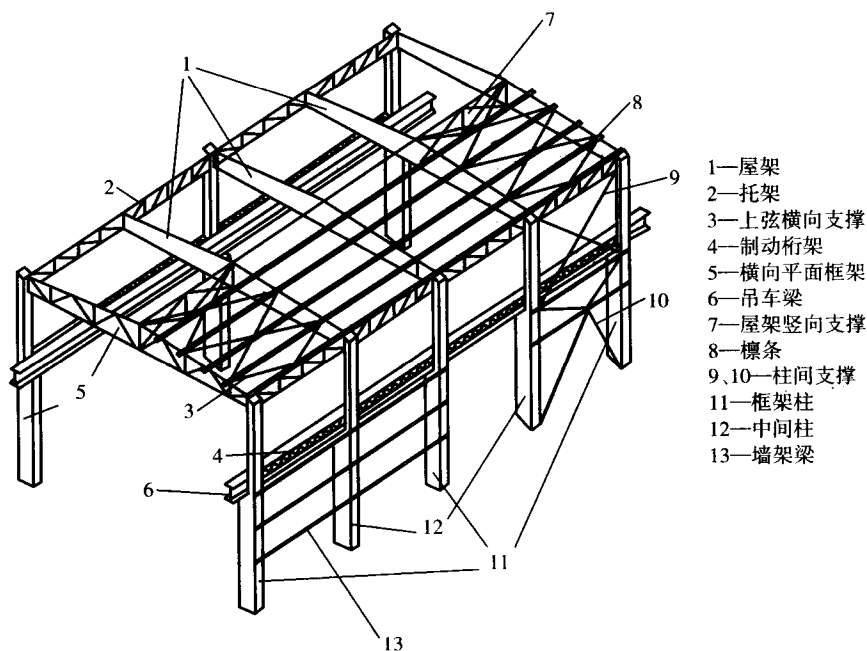


图 1-1 厂房结构示例

这些构件按其所起作用可分为下面几类:

(1) 横向框架 由柱和它所支承的屋架组成,它是厂房的主要承重体系,承受结构的自重、风、雪荷载和吊车的竖向与横向荷载,并把这些荷载传递到基础。

(2) 屋盖结构 由檩条、天窗架、屋架、托架和屋盖支撑所构成,承受屋面荷载。

(3) 支撑体系 包括屋盖支撑和柱间支撑,其作用是将单独的平面框架连成空间体系,从而保证了结构的刚度和稳定,同时也承受风荷载和吊车的制动力。

(4) 吊车梁和制动梁(或制动桁架) 主要承受吊车竖向及水平荷载,并将这些荷载传到横向框架和纵向框架上。

(5) 墙架 承受墙体的自重和风荷载。

此外,厂房结构还有一些次要的构件如梯子、走道、门窗等。在某些厂房中,由于工艺操作上的要求,设有工作平台。

1.1.2 厂房结构的设计步骤

第一步,要对厂房的建筑和结构进行合理的规划,使其满足工艺和使用要求,并考虑将来可能发生的生产流程变化和发展。

第二步,根据工艺设计确定车间平面及高度方向的主要尺寸,同时布置柱网和温度伸缩缝,选择主要承重框架的形式,并确定框架的主要尺寸。

第三步,布置屋盖结构、吊车梁结构、支撑体系及墙架体系。按设计资料进行静力计算、构件及连接设计。

第四步,绘制施工图,设计时应尽量采用构件及连接构造的标准图集。

1.1.3 柱网和温度伸缩缝的布置

1.1.3.1 柱网布置

进行柱网布置时,应注意以下几方面的问题:

(1)满足生产工艺的要求 柱的位置应与地上、地下的生产设备和工艺流程相配合,还应考虑生产发展和工艺设备更新问题。

(2)满足结构方面的要求 为了保证车间的正常使用,有利于吊车运行,使厂房具有必要的横向刚度,应尽可能将柱布置在同一的横向轴线上(图 1-2),以便与屋架组成横向框架。

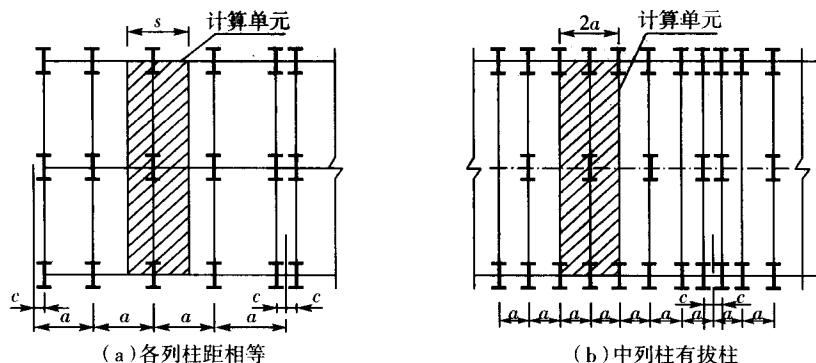


图 1-2 柱网布置和温度伸缩缝

(3)符合经济合理的要求 纵向柱距越大,柱及基础所用的材料就越少,但屋盖结构和吊车梁的用钢量增加。经济的柱距应使总用钢量最少,在实际工程中要结合工程的具体情况进行综合方案比较才能确定。

(4)符合柱距规定要求 近年来,随着压型钢板等轻型材料的采用,厂房的跨度和柱距都有逐渐增大的趋势。按《厂房建筑统一化基本规则》和《建筑统一模数制》的规定:结构构件的统一化和标准化可降低制作和安装的工作量。对厂房横向,当厂房跨度 $L \leq 18\text{m}$ 时,其跨度宜采用 3m 的倍数;当厂房跨度 $L > 18\text{m}$ 时,其跨度宜采用 6m 的倍数。只有在生产工艺有特殊要求时,跨度才采用 21m、27m、33m 等。对厂房纵向,以前基本柱距一般采用 6m 或 12m;现在采用压型钢板作屋面和墙面材料的厂房日益广泛,柱距可以不受 6m 的模数的限制,常以 18m 甚至 24m 作为基本柱距。多跨厂房的中列柱,常因工艺要求需要“拔柱”,其柱距为基本柱距的倍数,最大

可达 48m。

1.1.3.2 温度伸缩缝布置

厂房平面尺寸较大时,因温度变化使上部结构产生横向和纵向的变形,使柱内产生弯曲应力,并可能导致屋面和墙面破裂。因此,为避免产生过大的温度变形和温度应力,应在厂房的横向或纵向设置温度伸缩缝。

温度伸缩缝将厂房分成若干个互不影响的区段。它的布置主要决定于厂房的纵向和横向长度。根据使用经验和理论分析,钢结构设计规范规定,当温度区段长度不超过表 1-1 的数值时,可不计算温度应力。

表 1-1 温度区段长度值

结 构 情 况	温度区段长度(m)		
	纵向温度区段 (垂直于屋架或构架跨度方向)	横向温度区段(沿屋架或构架跨度方向)	
		柱顶为刚接	柱顶为铰接
采暖房屋和非采暖地区的房屋	220	120	150
热车间和采暖地区的非采暖房屋	180	100	125
露天结构	120	—	—

温度伸缩缝最普遍的做法是设置双柱。即在缝的两旁布置两个无任何纵向构件联系的横向框架,使温度伸缩缝的中线和定位轴线重合(见图 1-2(a));在设备布置条件不允许时,可采用插入距的方式(见图 1-2(b)),将缝两旁的柱放在同一基础上,其轴线间距一般可采用 1m,对于重型厂房由于柱的截面较大,可能要放大到 1.5m 或 2m,有时甚至到 3m,方能满足温度伸缩缝的构造要求。为节约钢材也可采用单柱温度伸缩缝,即在纵向构件(如托架、吊车梁等)支座处设置滑动支座,以使这些构件有伸缩的余地。不过单柱伸缩缝构造复杂,实际应用较少。

当厂房宽度较大时,也应该按规范规定布置纵向温度伸缩缝。

1.2 厂房结构的框架形式

厂房的主要承重结构通常采用框架体系,因为框架体系的横向刚度较大,且能形成矩形的内部空间,便于桥式吊车运行,能满足使用上的要求。

厂房横向框架的柱脚一般与基础刚接,而柱顶可分为铰接和刚接两类。柱顶铰接的框架对基础不均匀沉陷及温度影响敏感性小,框架节点构造容易处理,且因屋架端部不产生弯矩,下弦杆始终受拉,可免去一些下弦支撑的设置。但柱顶铰接时下柱的弯矩较大,厂房横向刚度差,因此一般用于多跨厂房或厂房高度不大而刚度容易满足的情况。当采用钢屋架、钢筋混凝土柱的混合结构时,也常采用铰接框架形式。

反之,在厂房较高,吊车的起重量大,对厂房刚度要求较高时,钢结构的单跨厂房常采用柱顶刚接方案。在选择框架类型时必须根据具体条件进行分析比较。

1.2.1 横向框架主要尺寸和计算简图

1.2.1.1 主要尺寸

框架的主要尺寸见图 1-3 所示。框架的跨度,一般取为上部柱中心线间的横向距离,可由

下式定出:

$$L_0 = L_k + 2S \quad (1-1)$$

式中

L_k ——桥式吊车的跨度;

S ——由吊车梁轴线至上段柱轴线的距离(图 1-4),应满足下式要求:

$$S = B + D + b_1/2 \quad (1-2)$$

B ——吊车桥架悬伸长度,可由行车样本查得;

D ——吊车外缘和柱内边缘之间的必要空隙;当吊车起重量不大于 500kN 时,不宜小于 80mm;当吊车起重量大于或等于 750kN 时,不宜小于 100mm;当在吊车和柱之间需要设置安全走道时,则 D 不得小于 400mm。

b_1 ——上段柱宽度。

S 的取值:对于中型厂房一般采用 0.75m 或 1m,重型厂房则为 1.25m 甚至达 2.0m。

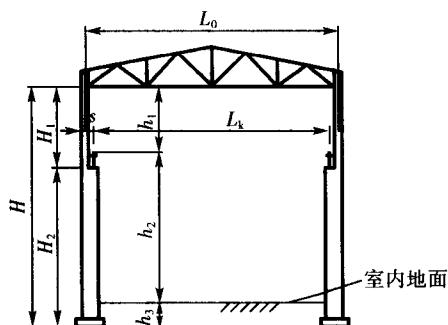


图 1-3 横向框架的主要尺寸

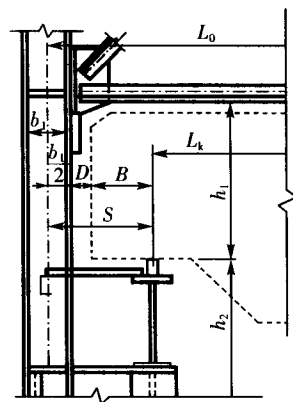


图 1-4 柱与吊车梁轴线间的净空

框架由柱脚底面到横梁下弦底部的距离:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 \quad (1-3)$$

式中 h_3 ——地面至柱脚底面的距离。中型车间约为 0.8~1.0m,重型车间为 1.0~1.2m;

h_2 ——地面至吊车轨顶的高度,由工艺要求决定;

h_1 ——吊车轨顶至屋架下弦底面的距离:

$$h_1 = A + 100 + (150 \sim 200) (\text{mm}) \quad (1-4)$$

式中 A 为吊车轨道顶面至起重小车顶面之间的距离;100mm 是为制造、安装误差留出的空隙;(150~200)mm 则是考虑屋架的挠度和下弦水平支撑角钢的下伸等所留的空隙。

吊车梁的高度可按 $(1/5 \sim 1/12)L$ 选用(L 为吊车梁的跨度),吊车轨道高度可根据吊车起重量决定。框架横梁一般采用梯形或人字形屋架,其形式和尺寸参见本章 1.3 节。

1.2.1.2 计算简图

单层厂房框架是由柱和屋架(横梁)组成。各个框架之间有屋面板或檩条、托架、屋盖支撑等纵向构件相互连接在一起,故框架实际上是空间工作的结构,应按空间工作计算才比较合理和经济。由于其计算较繁,工作量大,所以通常均简化为单个的平面框架(图 1-5)来计算。框架计

算单元的划分应根据柱网的布置(图1-2)确定,使纵向每列柱至少有一根柱参加框架工作,同时将受力最不利的柱划入计算单元中。对于各列柱距均相等的厂房,只计算一个框架。对有拔柱的计算单元,一般以最大柱距作为划分计算单元的标准,其界限可以采用柱距的中心线,也可以采用柱的轴线。如采用后者,则对计算单元的边柱只应计入柱的一半刚度,作用于该柱的荷载也只要计入一半。

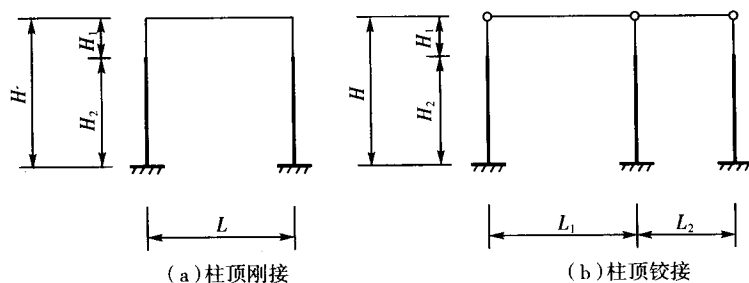


图 1-5 横向框架的计算简图

对于由格构式横梁和阶形柱(下部柱为格构柱)所组成的横向框架,一般考虑桁架式横梁和格构柱的腹杆或缀条变形的影响,将惯性矩(对高度有变化的桁架式横梁按平均高度计算)乘以折减系数 0.9,简化成实腹式横梁和实腹式柱。对柱顶刚接的横向框架,当满足下式的条件时,可近似认为横梁刚度为无穷大,否则横梁按有限刚度考虑:

$$\frac{K_{AB}}{K_{AC}} \geq 4 \quad (1-5)$$

式中 K_{AB} ——横梁在远端固定使近端 A 点转动单位角时在 A 点所需施加的力矩值;

K_{AC} ——柱在 A 点转动单位角时在 A 点所需施加的力矩值。

横向框架的计算高度 H 的取值方法包括:柱顶刚接时,可取为柱脚底面至框架下弦轴线的距离(横梁假定为无限刚性),或柱脚底面至横梁端部形心的距离(横梁为有限刚性),如图 1-6 (a)、(b);柱顶铰接时,应取为柱脚底面至横梁主要支承节点间距离,如图 1-6(c)、(d)。对阶形柱应以肩梁上表面作分界线将 H 划分为上部柱高度 H_1 和下部柱高度 H_2 。

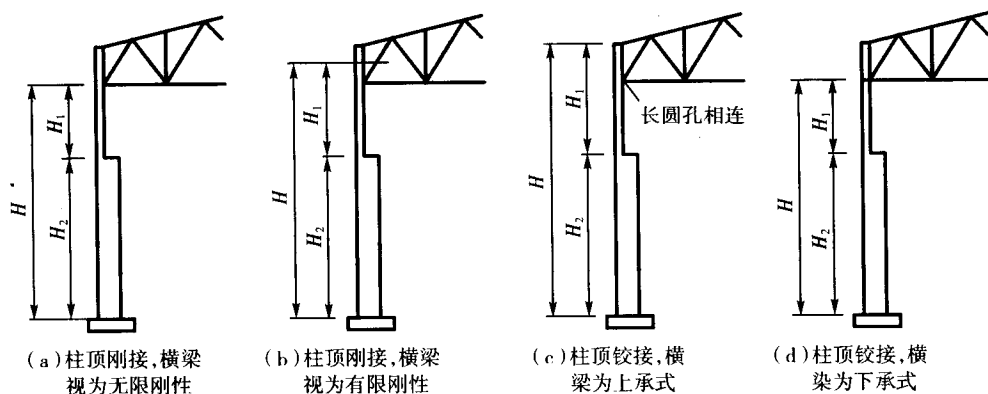


图 1-6 横向框架的计算高度取值方法

框架的计算跨度 L (或 L_1 、 L_2)取为两上柱轴线之间的距离。

1.2.2 横向框架的荷载和内力

1.2.2.1 荷载

作用在横向框架上的荷载可分为永久荷载和可变荷载两种。

永久荷载 有屋盖系统、柱、吊车梁系统,墙架、墙板及设备管道等的自重。这些重量可参考有关资料、表格、公式进行估计。

可变荷载 有风、雪荷载,积灰荷载,屋面均布活荷载,吊车荷载,地震荷载等。这些荷载可由荷载规范和吊车规格查得。

对框架横向长度超过容许的温度缝区段长度而未设置伸缩缝时,则应考虑温度变化的影响;对厂房地基地质较差、变形较大或厂房中有较重的大面积地面荷载时,则应考虑基础不均沉陷对框架的影响。永久荷载的荷载分项系数为 $\gamma_G = 1.2$ (计算柱脚锚栓时取 1.0),可变荷载的荷载分项系数 $\gamma_Q = 1.4$ 。雪荷载一般不与屋面均布活荷载同时考虑,积灰荷载与雪荷载或屋面均布活荷载两者中的较大者同时考虑。屋面荷载化为均布的线荷载作用于框架横梁上。当无墙架时,纵墙上的风力一般作为均布荷载作用在框架柱上;有墙架时,尚应计入由墙架柱传于框架柱的集中风荷载。作用在框架横梁轴线以上的屋架及天窗上的风荷载按集中在框架横梁轴线上计算。吊车垂直轮压及横向水平力一般根据同一跨间、两台满载吊车并排运行的最不利情况考虑,对多跨厂房一般只考虑 4 台吊车作用。

1.2.2.2 内力分析和内力组合

框架内力分析可按结构力学的方法进行,也可利用现成的图表或计算机程序分析框架内力。应根据不同的框架,不同的荷载作用,采用比较简便的方法。为便于对各构件和连接进行最不利的组合,对各种荷载作用应分别进行框架内力分析。

为了计算框架构件的截面,必须将框架在各种荷载作用下所产生的内力进行最不利组合。要列出上段柱和下段柱的上下端截面中的弯矩 M 、轴向力 N 和剪力 V 。此外还应包括柱脚锚固螺栓的计算内力。每个截面必须组合出 $+M_{\max}$ 和相应的 N 、 V ; $-M_{\max}$ 和相应的 N 、 V ; $N_{\max}$ 和相应的 M 、 V ; 对柱脚锚栓则应组合出可能出现的最大拉力:即 $M_{\max}$ 和相应的 N 、 V ; $-M_{\max}$ 和相应的 N 、 V 。

柱与屋架刚接时,应对横梁的端弯矩和相应的剪力进行组合。最不利组合可分为四组:第一组组合使屋架下弦杆产生最大压力,见图 1-7(a);第二组组合使屋架上弦杆产生最大压力,同时也使下弦杆产生最大拉力,见图 1-7(b);第三、四组组合使腹杆产生最大拉力或最大压力,见图 1-7(c)、(d)。组合时考虑施工情况,只考虑屋面恒载所产生的支座端弯矩和水平力的不利作用,不考虑它的有利作用。

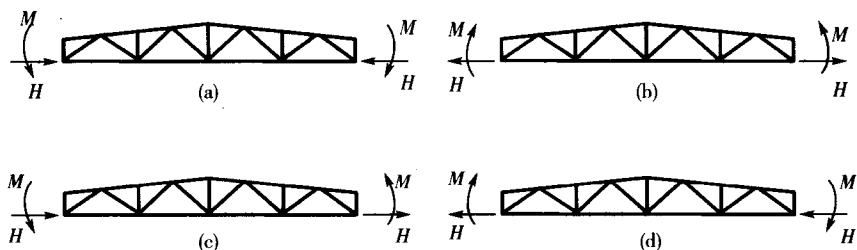


图 1-7 框架横梁端弯矩最不利组合

在内力组合中,一般采用简化规则由可变荷载效应控制的组合:当只有一个可变荷载参与组

合时,组合值系数取 1.0,即:恒+可变荷载;当有两个或两个以上可变荷载参与组合时,组合值系数取 0.9,即:恒+0.9(可变荷载 1+可变荷载 2)。在地震区应参照《建筑抗震设计规范》进行偶然组合。对单层吊车的厂房,当对采用两台及两台以上吊车的竖向和水平荷载组合时,应根据参与组合的吊车台数及其工作制,乘以相应的折减系数。比如两台吊车组合时,对轻中级工作制吊车,折减系数为 0.9;对重级工作制吊车,折减系数取 0.95。

1.2.3 框架柱的类型

框架柱按结构形式可分为等截面柱、阶形柱和分离式柱三大类。

等截面柱有实腹式和格构式两种(见图 1-8(a)、(b)),通常采用实腹式。等截面柱将吊车梁支于牛腿上,构造简单,但吊车竖向荷载偏心大,因此等截面柱只适用于吊车起重量 $Q < 150\text{kN}$,或无吊车且厂房高度较小的轻型厂房中。

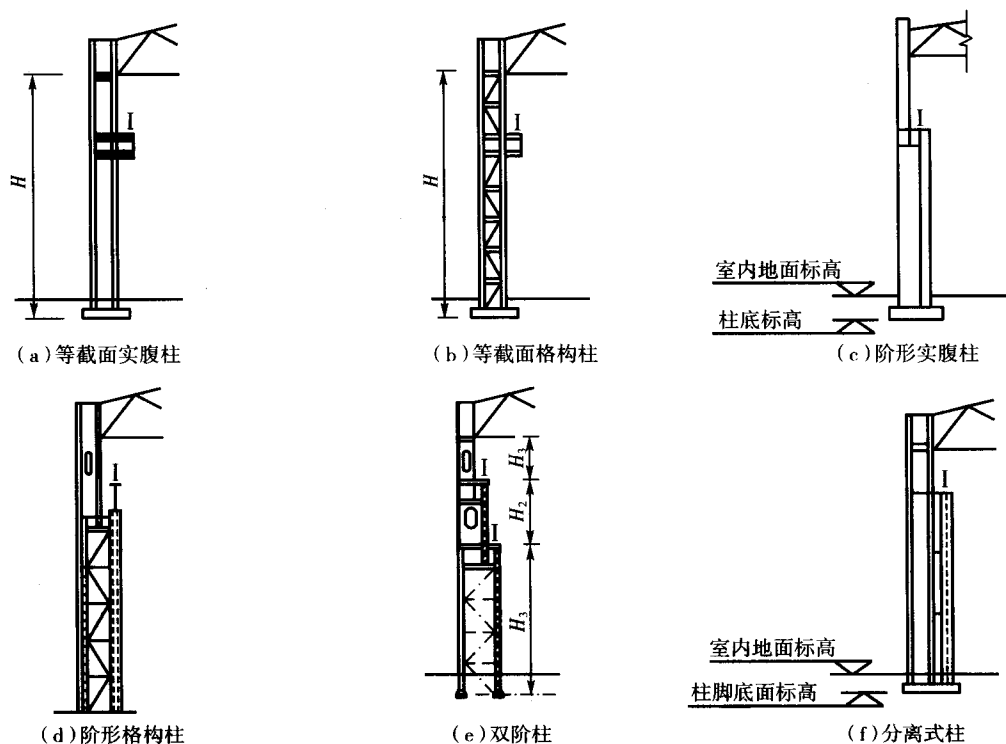


图 1-8 框架柱的形式

阶形柱也可分为实腹式和格构式两种,如图 1-8(c)、(d)、(e)。从经济角度考虑,阶形柱由于吊车梁或吊车桁架支承在柱截面变化的肩梁处,荷载偏心小,构造合理,其用钢量比等截面柱节省,因而在厂房中广泛应用。阶形柱还根据厂房内设单层吊车或双层吊车做成单阶柱或双阶柱。阶形柱的上段由于截面高度 h 不高(无人孔时 $h = 400 \sim 600\text{mm}$; 有人孔时 $h = 900 \sim 1000\text{mm}$),并考虑柱与屋架、托架的连接等,一般采用工字形截面的实腹柱。下段柱,对于边列柱来说,由于吊车肢承受的荷载较大,通常设计成不对称截面,中列柱两侧荷载相差不大时,可以采用对称截面。下段柱截面高度 $\leq 1\text{m}$ 时,采用实腹式;截面高度 $\geq 1\text{m}$ 时,采用缀条柱(如图 1-8(d)、(e))。

分离式柱(图 1-8(f))由支承屋盖结构的屋盖肢和支承吊车梁或吊车桁架的吊车肢所组成,

两柱肢之间用水平板相连接。吊车肢在框架平面内的稳定性就依靠连在屋盖肢上的水平连系板来解决。屋盖肢承受屋面荷载、风荷载及吊车水平荷载,按压弯构件设计。吊车肢仅承受吊车的竖向荷载,当吊车梁采用突缘支座时,按轴心受压构件设计;当采用平板支座时,仍按压弯构件设计。分离式柱构造简单,制作和安装比较方便,但用钢量比阶形柱多,且刚度较差,只宜用于吊车轨顶标高低于10m、且吊车起重量 $Q \geq 750\text{kN}$ 的情况,或者相邻两跨吊车轨顶标高相差很悬殊,而低跨吊车的起重量 $Q \geq 500\text{kN}$ 的情况。

1.3 支撑体系

平面屋架在其本身平面内为几何形状不变体系并具有一定的刚度,能承受屋架平面内的各种荷载。但是,平面屋架在垂直于屋架平面方向(称为屋架平面外)的刚度和稳定性则很差,不能承受水平荷载。因此,为使屋架结构具有足够的强度、刚度和稳定性,必须在屋架间设置支撑系统。厂房支撑体系可分为屋盖支撑和柱间支撑两部分,如图1-9。

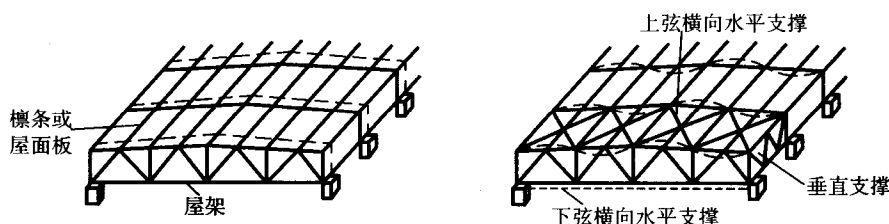


图1-9 屋盖支撑示意图

1.3.1 屋盖支撑的种类和作用

1.3.1.1 屋盖支撑的种类

屋盖的支撑系统包含下列4类:

(1) 横向水平支撑 根据其位于屋架的上弦平面或下弦平面,又可分为上弦横向水平支撑和下弦横向水平支撑两种。

(2) 纵向水平支撑 设于屋架的上弦或下弦平面,布置在沿柱列的各屋架端部节间部位。

(3) 垂直支撑 位于两屋架端部或跨间某处的竖向平面或斜向平面内。

(4) 系杆 根据其是否能抵抗轴心压力而分成刚性系杆和柔性系杆两种。通常刚性系杆采用由双角钢组成的十字形截面,而柔性系杆截面则为单角钢。在轻型屋架中柔性系杆也可采用张紧的圆钢。

1.3.1.2 屋盖支撑的作用

(1) 提高结构的整体刚度,发挥结构的空间作用;

(2) 保证结构的几何稳定及受压构件的侧向稳定;

(3) 防止构件在动力荷载作用下产生较大的振动;

(4) 承担和传递房屋所受水平荷载(如风荷载、悬挂吊车水平荷载和地震荷载等);

(5) 保证结构安装时的稳定与方便。

1.3.2 屋盖支撑的布置

1.3.2.1 横向水平支撑

(1) 上弦横向水平支撑

在通常情况下,在屋架上弦和天窗架上弦应设置横向水平。横向水平支撑一般应设置在房屋两端或纵向温度区段两端(图 1-10,图 1-11)。有时在山墙承重,或设有纵向天窗,但此天窗又未到温度区段尽端而退一个柱间断开时,为了与天窗支撑配合,可将屋架的横向水平支撑布置在第二个柱间,但在第一个柱间要设置刚性系杆以支持端屋架和传递端墙风力(图 1-11)。两道横向水平支撑间的距离不宜大于 60m,当温度区段长度较大时,还应在中部增设支撑,以符合此要求。

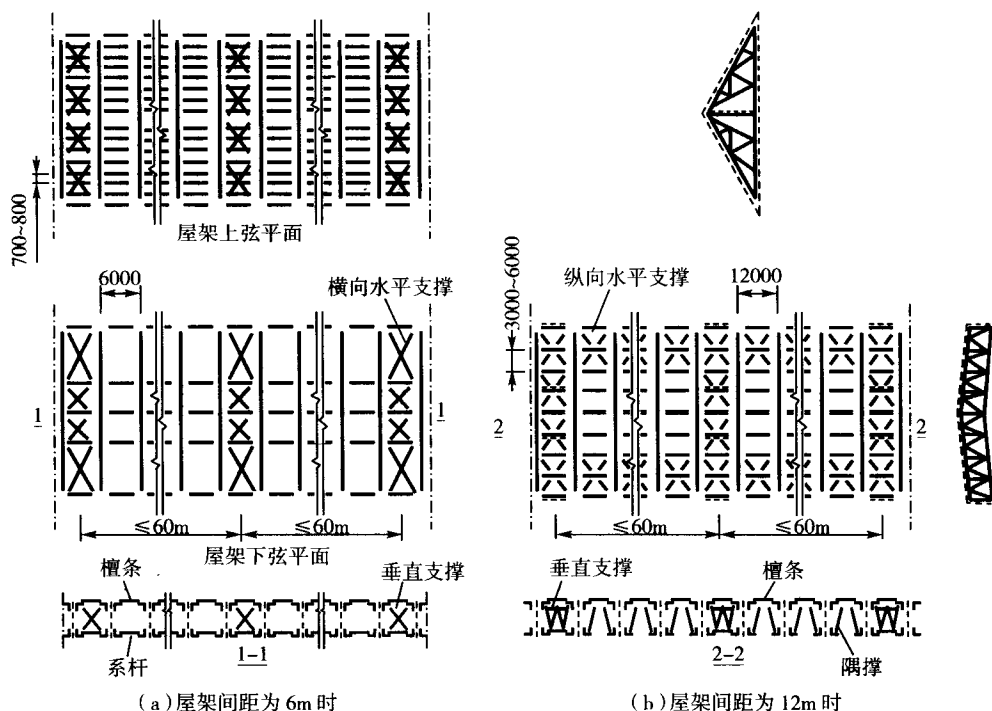


图 1-10 有檩屋盖的支撑布置

当采用大型屋面板的无檩屋盖时,如果大型屋面板与屋架的连接满足每块板有三点支承处进行焊接等构造要求时,可考虑大型屋面板起一定支撑作用。但由于施工条件的限制,很难保证焊接质量,一般只考虑大型屋面板起系杆作用。而在有檩屋盖中,上弦横向水平支撑的横杆可用檩条代替。

当屋架间距 $>12\text{m}$ 时,上弦水平支撑还应予以加强,以保证屋盖的刚度。

(2) 下弦横向水平支撑

当屋架间距 $<12\text{m}$ 时,尚应在屋架下弦设置横向水平支撑,但当屋架跨度比较小($L<18\text{m}$)又无吊车或其他振动设备时,可不设下弦横向水平支撑。

下弦横向水平支撑一般和上弦横向水平支撑布置在同一开间,它们和相邻的两个屋架组成一个空间桁架体系,如图 1-10(a)和图 1-11。

当屋架间距 $\geq 12\text{m}$ 时,由于在屋架下弦设置支撑不便,可不必设置下弦横向水平支撑,但上

弦支撑应适当加强,并应用隅撑或系杆对屋架下弦侧向加以支承(图 1-10(b))。

当屋架间距 $\geq 18\text{m}$ 时,如果仍采用上述方案则檩条跨度过大,此时宜设置纵向次桁架,使主桁架(屋架)与次屋架组成纵横桁架体系,次桁架间再设置檩条或设置横梁及檩条,同时,次桁架还对屋架下弦平面外提供支承。

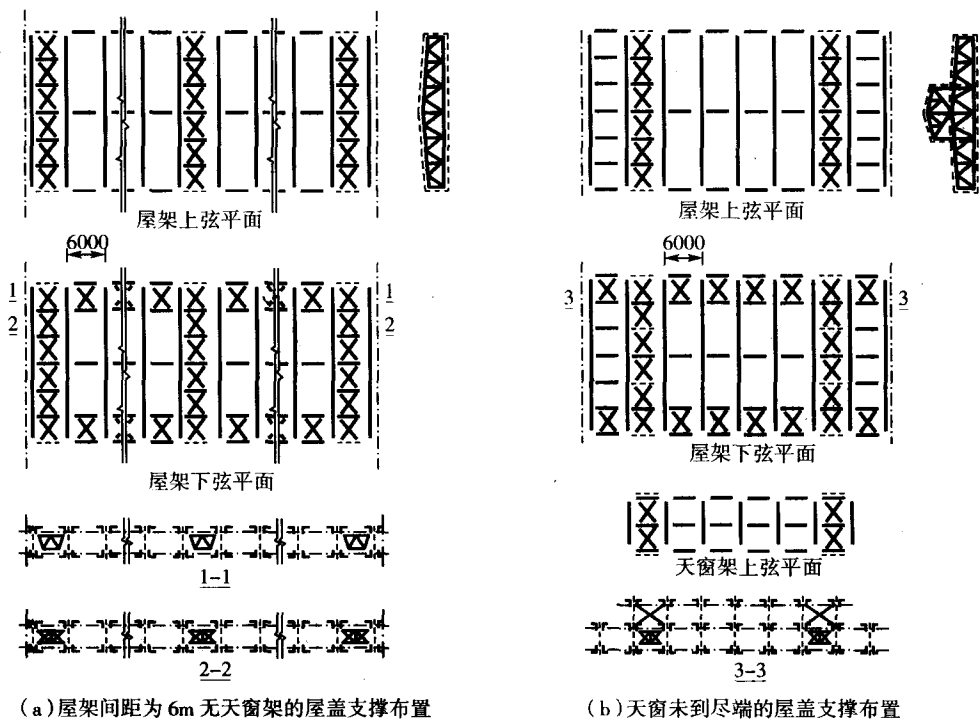


图 1-11 无檩屋盖的支撑布置

1.3.2.2 纵向水平支撑

当房屋较高、跨度较大、空间刚度要求较高时,设有支承中间屋架的托架为保证托架的侧向稳定时,或设有重级或大吨位的中级工作桥式吊车、壁行吊车或有锻锤等较大振动设备时,均应在屋架端节间平面内设置纵向水平支撑。

纵向水平支撑的作用有:

- (1) 纵向水平支撑和横向水平支撑形成封闭体系将大大提高房屋的纵向刚度。
- (2) 当房屋为工厂车间并设有吊车时,在吊车横向制动力作用下使框架起空间作用,可减轻受荷较大的框架所受水平荷载和产生的水平变形。
- (3) 当有托架时,可保证托架的侧向稳定。

单跨厂房一般沿两纵向柱列设置,多跨厂房(包括等高的多跨厂房和多跨厂房的等高部分)则要根据具体情况,沿全部或部分纵向柱列布置。

屋架间距 $< 12\text{m}$ 时,纵向水平支撑通常布置在屋架下弦平面,但三角形屋架及端斜杆为下降式且主要支座设在上弦处的梯形屋架和人字形屋架,也可以布置在上弦平面内。

屋架间距 $\geq 12\text{m}$ 时,纵向水平支撑宜布置在屋架的上弦平面内(图 1-10(b))。

1.3.2.3 垂直支撑

无论有檩屋盖或无檩屋盖,通常均应设置垂直支撑。垂直支撑的形式如图1-12。屋架的垂直支撑应与上、下弦横向水平支撑设置在同一柱间(见图1-10、图1-11)。

垂直支撑的作用是:①保持屋架侧向的几何稳定性;②下弦无侧向支撑时,作为下弦系杆的支点;③传递山墙所受纵向风荷载等至屋架支柱;④保证吊装屋架时的稳定和安全。

对三角形屋架的垂直支撑,当屋架跨度 $\leq 18\text{m}$ 时,可仅在跨度中央设置一道;当跨度 $> 18\text{m}$ 时,宜设置两道(在跨度 $1/3$ 左右处各一道)。

对梯形屋架、人字形屋架或其他端部有一定高度的多边形屋架,必须在屋架端部设置垂直支撑,此外尚应按下列条件设置中部的垂直支撑:当屋架跨度 $\leq 30\text{m}$ 时,可仅在屋架跨中布置一道垂直支撑;当跨度 $> 30\text{m}$ 时,则应在跨度 $1/3$ 左右的竖杆平面内各设一道垂直支撑;当有天窗时,宜设置在天窗侧腿的下面(如图1-12)。若屋架端部有托架时,就用托架等代替,不另设端部垂直支撑。

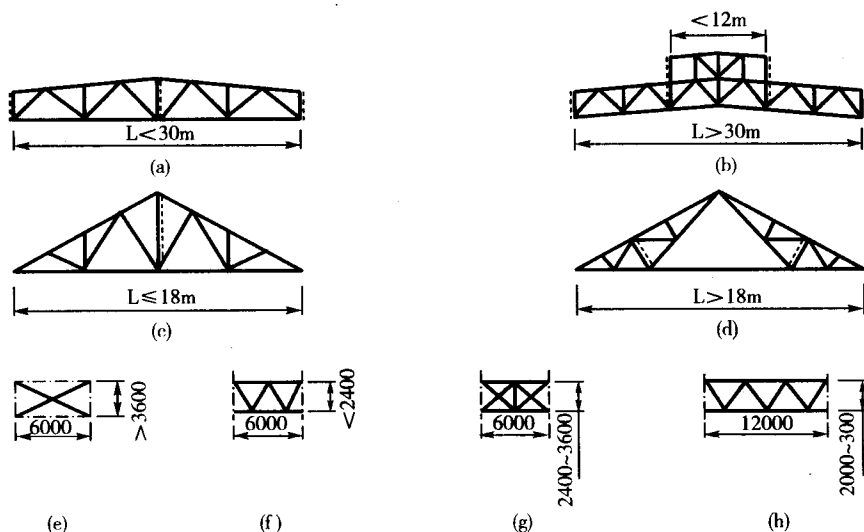


图1-12 垂直支撑的布置和形式

与天窗架上弦横向支撑类似,天窗架垂直支撑也应设置在天窗架端部以及中部有屋架横向支撑的柱间(图1-11(b)),并应在天窗两侧柱平面内布置(图1-12(b))。对多竖杆和三支点式天窗架,当其宽度 $> 12\text{m}$ 时,尚应在中央竖杆平面内增设一道垂直支撑。

1.3.2.4 系杆

为了保证未设置横向水平支撑屋架的侧向稳定以及传递水平荷载,应在横向支撑或垂直支撑节点处,沿房屋纵向通长地设置系杆(图1-10、图1-11)。

在屋架上弦平面内,对无檩体系屋盖应在屋脊处和屋架端部处设置系杆;对有檩体系只在有纵向天窗下的屋脊处设置系杆。

在屋架下弦平面内,当屋架间距为 6m 时,应在屋架端部处、下弦杆有弯折处、与柱刚接的屋架下弦端节间受压但未设纵向水平支撑的节点处、跨度 $\geq 18\text{m}$ 的芬克式屋架的主斜杆与下弦相交的节点处等部位皆应设置系杆。当屋架间距 $\geq 12\text{m}$ 时,支撑杆件截面将大大增加,多耗钢材。比较合理的做法是将水平支撑全部布置在上弦平面内并利用檩条作为体系的压杆和系杆,而作为下弦侧向支承的系杆可用支于檩条的隅撑代替。

系杆分刚性系杆(既能受拉也能受压)和柔性系杆(只能受拉)两种。屋架主要支承节点处的