

应用型本科院校**土木工程**专业系列教材

YINGYONGXING BENKE YUANXIAO

TUMU GONGCHENG ZHUANYE XILIE JIAOCAI



TUMU GONGCHENG

钢结构原理与设计

赵风华 王新武 □ 主 编

齐永胜 □ 副主编

崔 佳 □ 主 审

下
册



重庆大学出版社

<http://www.cqup.com.cn>

应用型本科院校**土木工程**专业系列教材

YINGYONGXING BENKE YUANXIAO
TUMU GONGCHENG ZHUANYE XILIE JIAOCAI



TUMU GONGCHENG

钢结构原理与设计

赵风华 王新武 ■ 主 编
齐永胜 ■ 副主编
张 猛 ■ 参 编
崔 佳 ■ 主 审

下
册

清华大学出版社

内 容 提 要

本教材共分4章,内容包括:单层厂房钢结构、大跨房屋钢结构、多高层房屋钢结构和钢结构的制造及防护等。各章还列出了本章导读和章后提示,以便于对重点内容的学习和掌握。

本教材可作为土木工程专业建筑工程方向的专业必修课教材,也可作为其他方向的选修课教材,另外还可供有关工程技术人员学习参考。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构原理与设计.下册/赵风华,王新武主编

—重庆:重庆大学出版社,2010.6

(应用型本科院校土木工程专业系列教材)

ISBN 978-7-5624-5339-0

I. ①钢… II. ①赵…②王… III. ①钢结构—理论

—高等学校—教材②钢结构—结构设计—高等学校—教材

IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 057112 号

应用型本科院校土木工程专业系列教材

钢结构原理与设计(下册)

赵风华 王新武 主 编

齐永胜 副主编

崔 佳 主 审

责任编辑:刘颖果 郭一之 版式设计:林青山

责任校对:张洪梅 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:张鸽盛

社址:重庆市沙坪坝正街174号重庆大学(A区)内

邮编:400030

电话:(023) 65102378 65105781

传真:(023) 65103686 65105565

网址:<http://www.cqup.com.cn>

邮箱:fxk@cqup.com.cn(营销中心)

全国新华书店经销

重庆升光电力印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:14.25 字数:356千

2010年6月第1版 2010年6月第1次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-5339-0 定价:25.50元

本书如有印刷、装订等质量问题,本社负责调换

版权所有,请勿擅自翻印和用本书

制作各类出版物及配套用书,违者必究

前 言

本教材为应用型本科院校土木工程专业系列教材之一,编写思想是以“高等学校应用型人才培养体系的创新与实践”为宗旨,结合课程内容、体系改革,将钢结构课程的专业基础及专业教学内容,即钢结构基本原理、钢结构设计及实践性教学等几大部分统一考虑,分为上、下两册。上册为钢结构原理部分,属专业基础课教材,主要讲述钢结构的基本原理和基本构件;下册为钢结构设计部分,属专业课教材,主要讲述单层厂房钢结构、大跨房屋钢结构、多高层房屋钢结构及钢结构的制造及防护。另配有《钢结构实践性教学》,作为钢结构课程设计、毕业设计等的指导与示例,以便实践性教学的开展与实施。

本教材共分4章,内容包括:单层厂房钢结构、大跨房屋钢结构、多高层房屋钢结构和钢结构的制造及防护等。

本教材注重实际应用能力的培养,以建立基本概念、阐述基本理论、解决工程实际问题为重点,尽可能采用通俗易懂的方式阐述钢结构基本原理与常用钢结构的设计方法;同时,本教材加强对基本概念的阐述,不拘于计算公式的推导,对常用钢结构的设计则紧密结合现行规范、规程,列举大量的计算实例,使读者能够学以致用,触类旁通,达到理论与设计应用的融会贯通。

本教材可作为土木工程专业建筑工程方向的专业必修课教材,也可作为其他方向的选修课教材,同时也可作为从事钢结构设计、制造和施工工程技术人员的参考书籍。另外,教材中习题、例题充分考虑了历年国家一、二级注册结构师考试中的题型、考试重点和易设陷阱,可作为注册结构师考试的先期培训教材使用。

赵风华、王新武及齐永胜任本书主编及副主编。参加本书编写的有:常州工学院赵风华(第3章)、常州工学院齐永胜(第1章)、洛阳理工学院王新武(第2章)、郑州大学张猛(第4章)。重庆大学崔佳教授审阅了全稿,并提出许多宝贵的建议和意见,在此表示衷心的感谢。



本书编写过程中参考了大量文献,书中部分内容还引用了同行专家论著中的成果,在此表示衷心的感谢!另外,常州工学院郭荣华、杨俊等参加了部分文字校稿工作,在此谨致谢意。

限于编者的水平,教材中难免还有不妥之处,恳请同行专家及读者不吝指正。

编 者

2009年12月

目 录

1 单层厂房钢结构	1
本章导读	1
1.1 单层厂房钢结构形式及其结构布置	1
1.2 单层钢结构厂房计算原理	6
1.3 单层钢结构厂房支撑体系	9
1.4 单层钢结构厂房屋盖结构	11
1.5 框架柱的设计	43
1.6 吊车梁的设计	48
1.7 门式刚架轻型房屋钢结构	61
章后提示	85
习题与思考题	87
2 大跨房屋钢结构	88
本章导读	88
2.1 空间网架结构	91
2.2 网壳结构	109
2.3 悬索结构	119
2.4 膜结构	128
章后提示	137
习题与思考题	138
3 多、高层房屋钢结构	139
本章导读	139



3.1 结构布置原则	139
3.2 多、高层钢结构的结构体系	143
3.3 结构的内力和位移分析	152
3.4 构件与连接节点设计	165
3.5 楼盖设计	186
章后提示	198
习题与思考题	200
4 钢结构的制造及防护	201
本章导读	201
4.1 概述	201
4.2 钢结构的制作和安装	203
4.3 钢结构的防护	211
章后提示	216
习题与思考题	216
参考文献	217

1

单层厂房钢结构

【本章导读】

一、本章需掌握、熟悉的基本内容

1. 结构体系布置的基本原则。
2. 结构承受荷载的取定。
3. 结构的内力计算。
4. 构件设计、构造处理。

二、本章重点、难点

1. 钢结构单层厂房支撑体系的布置原则。
2. 单层厂房荷载的取定及相应的内力计算。
3. 单层厂房钢结构梁、柱、吊车梁的设计。

1.1 单层厂房钢结构形式及其结构布置

单层钢结构房屋可分为民用房屋和工业厂房两种。单层钢结构民用房屋在国外,尤其在发达国家,已广泛用于学校、体育馆、超市等公共和民用建筑;而在国内,由于造价较高采用较少,但随着我国经济的迅速发展,随着社会对建筑结构抗震性能的日益重视,单层钢结构民用房屋在国内也正在不断增加。

单层厂房钢结构是工业建筑中较为常见的钢结构形式,其基本承重结构通常采用框架结构体系。这种体系能够保证必要的横向刚度,同时其净空又能满足使用上的要求;在刚度较弱的纵向则通过支撑系统保证必要的刚度,使水平位移限制在允许范围内。



单层厂房钢结构必须具有足够的强度、刚度和稳定性,以抵抗来自屋面、墙面、吊车设备等的各种竖向及水平荷载的作用,在有抗震设防要求的情况下还要确保其能安全地承受地震作用。

单层厂房钢结构根据其承受荷载的大小和吊车吨位的大小,可以分为普通钢结构厂房和轻型钢结构厂房两类,本章1.1~1.6节介绍普通钢结构单层厂房的有关内容,1.7节为轻型钢结构单层厂房中最常见的门式刚架轻型钢结构的内容。

► 1.1.1 单层厂房钢结构结构体系的组成

单层厂房钢结构一般是由屋盖结构(由屋面板、檩条、天窗、屋架或梁、托架等组成)、柱、吊车梁、制动梁(或制动桁架)、各种支撑以及墙架和基础等构件组成的空间体系,承受并传递作用在厂房结构上的各种荷载与作用,是整个建筑物的承重骨架。单层厂房构造简图如图1.1所示,各组成部分的功能分述如下:

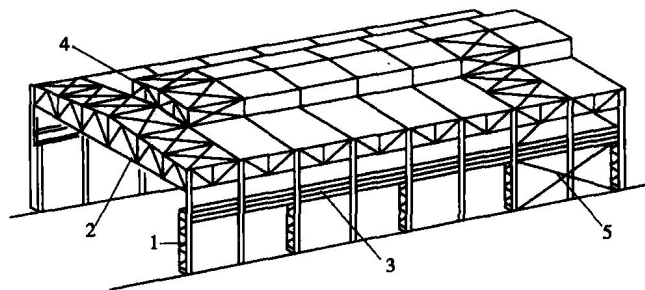


图 1.1 单层厂房构造简图

1—柱;2—屋架;3—吊车梁;4—天窗架;5—柱间支撑

1) 横向框架

横向框架由柱和它所支撑的屋架或屋盖横梁组成,是单层厂房钢结构的主要承重体系,承受结构的自重、风荷载、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) 纵向平面框架

由柱、托架、吊车梁及柱间支撑等构成。其作用是保证厂房骨架的纵向几何不变性和刚度,承受纵向水平荷载(吊车的纵向制动力、纵向风荷载等)并传递到基础。

3) 屋盖结构

屋盖结构是承担屋面荷载的结构体系,包括横向框架的横梁、托架、中间屋架、天窗架、檩条等。单层厂房钢结构具有跨度大、高度大、吊车起重量大等特点,屋架可以采用钢屋架—大型屋面板结构体系、钢屋架—檩条—轻型屋面板结构体系或横梁—檩条—轻型屋面板结构体系。

4) 支撑体系

支撑体系包括屋盖部分的支撑和柱间支撑以及其他附加支撑等。它一方面与柱、吊车梁等组成单层厂房钢结构的纵向框架,承担纵向风荷载及吊车制动力等水平作用;另一方面又把主要承重体系由独立的平面结构连成空间的整体结构,从而保证了单层厂房钢结构所必需

的纵向刚度、整体性和稳定性。

5) 吊车梁和制动梁(或制动桁架)

厂房中由于生产工艺需要常设置桥式吊车,吊车本身自重和起吊的重物产生竖向荷载,吊车启动和刹车产生水平荷载。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。

6) 墙架

墙架承受墙体的自重和风荷载,一般由墙架梁和墙架柱(也称抗风柱)等组成。当墙为自承重砖墙时,只承受墙面风荷载,而全部墙重则传到底部搁置在相邻柱基础上的钢筋混凝土梁上或专设的墙基础上。对纵向柱距较小的侧墙,只设墙架梁;对山墙和纵向柱距较大的侧墙,则需加设墙架柱作为墙架梁的支撑。墙架柱下端设基础,上端连于屋盖上弦或下弦水平支撑的节点上。

7) 其他

由于使用的要求,厂房中还有一些次要的构件如梯子、走道、门窗等。在某些单层厂房钢结构中,由于工艺操作上的要求,还设有工作平台。

▶ 1.1.2 厂房结构的设计步骤

第1步,要对厂房的建筑和结构进行合理规划,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,使车间具备扩建、提升工艺或转产的可能。

第2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主要尺寸。

第3步,布置屋盖结构、吊车梁结构、支撑体系及墙架体系。按设计资料进行内力计算、构件及连接设计。

第4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 柱网布置

柱网布置就是确定单层厂房钢结构承重柱在平面上的排列,即确定它们的纵向和横向定位轴线所形成的网格,如图1.2所示。单层厂房钢结构的跨度就是柱纵向定位轴线之间的尺寸,柱距就是柱子横向定位轴线之间的尺寸。

进行柱网布置时,应注意以下几方面的问题:

①应满足生产工艺要求。厂房是直接为工业生产服务的,不同性质的厂房具有不同的生产工艺流程,各种工艺流程的主要设备、产品尺寸和生产空间都是决定跨度和柱距的主要因素。柱的位置(包括柱下基础的位置)应和地上及地下设备、机械及起重运输设备等相协调。此外,柱网布置尚应考虑未来生产发展和生产工艺的可能变动。

②应满足结构的要求。为了保证车间的正常使用,使厂房具有必要的刚度,应尽量将柱布置在同一横向轴线上,以便与屋架或横梁组成横向框架,提供尽可能大的横向刚度。

③应符合经济合理的原则。从经济观点来看,柱的纵向间距的大小对结构重量影响较大。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重量将随之增加。在柱

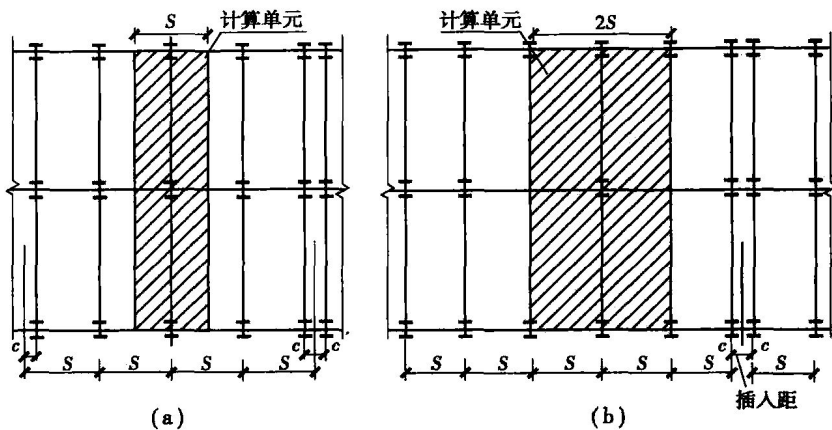


图 1.2 柱网布置和温度伸缩缝

(a) 各列柱距相等; (b) 中列柱有抽柱

子较高、吊车起重量较小的车间中,放大柱距可能会收到经济效果。最经济柱距虽然可通过理论分析,但最好还是通过具体方案比较来决定。

在一般车间中,边列柱的间距采用 6 m 较经济。各列柱距相等,且又接近于最经济柱距的柱网布置亦最为合理。但是,在某些场合下,由于工艺条件的限制或为了增加厂房的有效面积或考虑到将来工艺过程可能改变等情况,往往需要采用不相等的柱距。

增大柱距时,沿厂房纵向布置的构件,如吊车梁、托架等由于跨度增大而用钢量增加,但柱子和柱基础由于数量减少而使用钢量降低。经济的柱距应使总用钢量最少。表 1.1 给出设有 50/10 t 吊车、柱距为 6 m 的厂房,不同跨度对吊车梁、屋盖结构用钢量的影响。

表 1.1 厂房跨度对用钢量的影响

跨度/m		18	24	30
耗钢量 /($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	屋盖结构	270	282	310
	吊车梁	118	93	83
	合计	388	375	393

由表 1.1 中数据可见,吊车梁与屋盖结构两项的总用钢量随跨度的加大而略有变化。但一般而言,柱子用钢量则随跨度的增大而减小,因此在厂房面积一定时采用较大跨度比较有利。近来国内外厂房都有扩大柱网尺寸的趋势(特别是在轻型和中型车间中),设计成能适用于多种生产件的灵活车间,以适应工艺过程的可能改变;同时可节约车间面积和降低安装劳动量,如日本、西德新建厂房的柱距一般为 12 m, 15 m 甚至更大,而且把 15 m 做为冷、热轧车间的经济柱距。

从构件统一化、标准化考虑,构件的统一化和标准化可降低制作和安装费用,因而设计时,跨度应以 3 m、柱距应以 6 m 为模数。

综上所述,一般当厂房内吊车起重 $Q \leq 100 \text{ t}$ 、轨顶标高 $H \leq 14 \text{ m}$ 时,边列柱采用 6 m,中列柱采用 12 m 柱距;当吊车起重量 $Q = 150 \text{ t}$ 、轨顶标高 $H \leq 16 \text{ m}$ 时,或当地基条件较差,处理较

困难时,边列柱与中列柱均宜采用 12 m 柱距。

当生产工艺有特殊要求时,也可采用局部抽柱的布置方案。

▶ 1.1.4 温度伸缩缝

温度变化将引起结构变形,使厂房钢结构产生温度应力。故当厂房平面尺寸较大时,为避免产生过大的温度变形和温度应力,应在厂房钢结构的横向和纵向设置温度伸缩缝。

温度伸缩缝的布置决定于厂房钢结构的纵向和横向长度。纵向很长的厂房在温度变化时,纵向构件伸缩的幅度较大,引起整个结构变形,使构件内产生较大的温度应力,并可能导致墙体和屋面的破坏。为了避免这种不利后果的产生,常采用横向温度伸缩缝将单层厂房钢结构分成伸缩时互不影响的温度区段。按《规范》规定,当温度区段长度不超过表 1.2 的数值时,可不计算温度应力。

表 1.2 钢结构房屋温度区段长度限值

单位:m

结构情况	纵向温度区段 (垂直屋架或构架跨度方向)	横向温度区段 (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,如图 1.2(a)所示;在设备布置条件不允许时,可采用插入距的方式,如图 1.2(b)所示,将缝两旁的柱放在同一基础上,其轴线间距一般可采用 1 m,对于重型厂房由于柱的截面较大,要放大到 1.5 m 或 2 m,甚至 3 m,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。

▶ 1.1.5 主要尺寸

框架的主要尺寸如图 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,可由下式确定:

$$L_0 = L_k + 2S \quad (1.1)$$

$$S = B + D + b_1/2 \quad (1.2)$$

式中: L_k 为桥式吊车的跨度。 S 为吊车梁轴线至上段柱轴线的距离(见图 1.3(a)),对于中型厂房一般采用 0.75 m 或 1 m,重型厂房则为 1.25 ~ 2.0 m。 B 为吊车桥架悬伸长度,可由行车样本查得。 D 为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 500 kN 时,不宜小于 80 mm;当吊车起重量大于或等于 750 kN 时,不宜小于 100 mm;当在吊车和柱之间需要设置安全走道时,则 D 不得小于 400 mm。 b_1 为上段柱宽度。

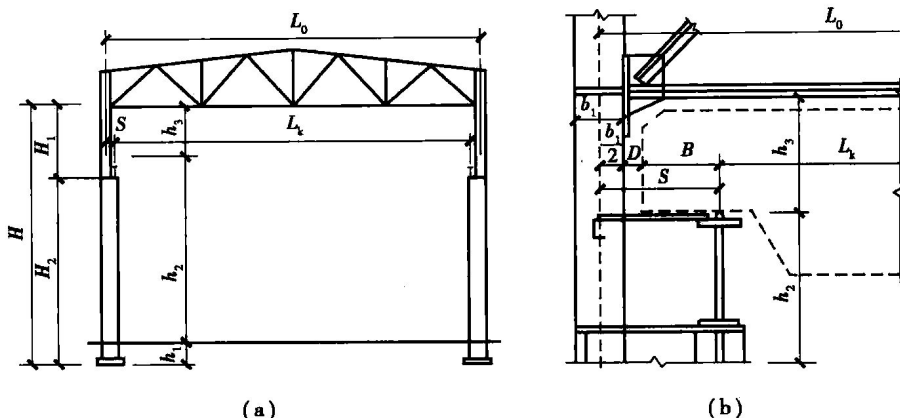


图 1.3 框架的主要尺寸
(a) 横向框架主要尺寸; (b) 柱与吊车梁轴线间的净空

框架高度 H 为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_1 为地面至柱脚底面的距离(中型车间为 0.8~1.0 m, 重型车间为 1.0~1.2 m); h_2 为地面至吊车轨顶的高度, 由工艺要求决定; h_3 为吊车轨顶至屋架下弦底面的距离。

$$h_3 = A + 100 \text{ mm} + (150 \sim 200 \text{ mm}) \quad (1.4)$$

式中: A 为吊车轨道顶面至起重小车顶面之间的距离; 100 mm 是为制造、安装误差留出的空隙; 150~200 mm 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 $(1/12 \sim 1/5)L$ 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 1.4 节。

1.2 单层钢结构厂房计算原理

习惯上一般将单层厂房结构简化为平面刚架来分析并进行内力计算, 这种方法计算简图简洁、受力明确、计算量较小, 适合手工计算, 本书将较详细地介绍此方法。分析中将墙架结构、吊车梁系统等均以明显的集中力方式作用于刚架上, 必要时亦可将刚架的自重用静力等效原则化作集中力, 作用于刚架上。

1.2.1 计算简图

单层厂房钢结构一般由横向框架作为承重结构, 而横向框架通常由柱和桁架(横梁)所组成。横梁与柱子的连接可以是铰接, 亦可以是刚接, 相应地, 称横向框架为铰接框架(又称排架)或刚接框架。

对一些刚度要求较高的厂房(如设有双层吊车, 装备硬钩吊车等), 尤其是单跨重型厂房, 宜采用刚接框架。在多跨时, 特别在吊车起重量不很大和采用轻型围护结构时, 适宜采用铰接框架。各个横向框架之间由屋面板或檩条、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,但由于计算较烦琐,工作量大,所以通常均简化为单个的平面框架(见图 1.4)来计算。框架计算单元的划分应根据柱网的布置确定(见图 1.2(b)),使纵向每列柱至少有一根柱参加框架工作,应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单层厂房钢结构,只计算一个框架。对有抽柱的计算单元,一般以最大柱距作为划分计算单元的标准,其界限最好采用柱距的中心线,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计入一半。

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,当满足式(1.5)的条件时,可近似认为横梁在水平荷载作用下刚度为无穷大,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} 为横梁远端固定,使近端 A 点转动单位角时在 A 点所需施加的力矩值; K_{AC} 为柱基础处固定,使 A 点转动单位角时在 A 点所需施加的力矩值。

框架的计算跨度 L_0 (或 L_{01}, L_{02}) 取为两上柱轴线之间的距离,如图 1.4 所示。

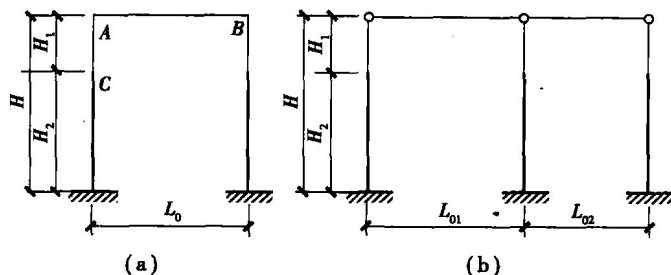


图 1.4 横向框架的计算简图

(a) 柱顶刚接图;(b) 柱顶铰接

横向框架的计算高度 H :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),如图 1.5(a)所示,或柱脚底面至横梁端部形心的距离(横梁为有限刚性),如图

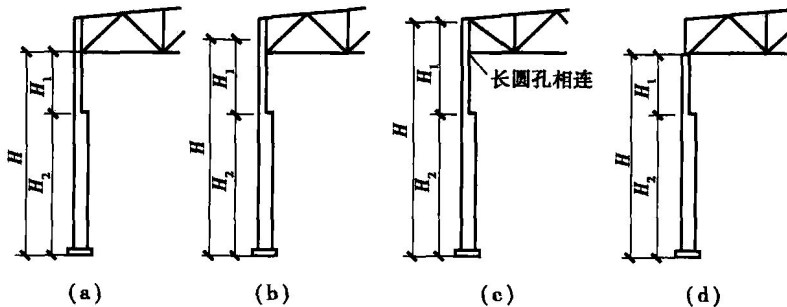


图 1.5 横向框架的高度取值方法

(a) 柱顶刚接,横梁视为无限刚性;(b) 柱顶刚接,横梁视为有限刚性;
(c) 柱顶铰接,横梁为上承式;(d) 柱顶铰接,横梁为下承式

1.5(b)所示;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1.5(c)、(d)所示。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 。

► 1.2.2 横向框架的荷载

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、公式进行计算。

可变荷载有:风荷载、雪荷载、积灰荷载、屋面均布活荷载、吊车荷载、地震作用等。这些荷载可由荷载规范和吊车手册查得。

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;对单层厂房钢结构地基土质较差、变形较大或单层厂房钢结构中有较重的大面积地面荷载时,则应考虑基础不均匀沉降对框架的影响。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桁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,对多跨单层厂房钢结构一般只考虑4台吊车作用。

► 1.2.3 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进行。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。

为了进行框架构件的截面设计,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。

柱与桁架刚接时,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4组:第一组组合使桁架下弦杆产生最大压力,如图1.6(a)所示;第二组组合使桁架上弦杆产生最大压力,同时也使下弦杆产生最大拉力,如图1.6(b)所示;第三、四组组合使腹杆产生最大拉力或最大压力,如图1.6(c)、(d)所示。组合时对于施工情况,只考虑屋面恒载所产生的支座

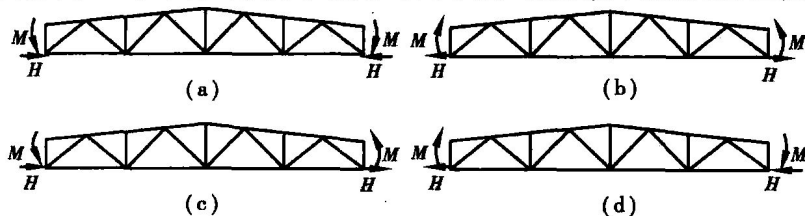


图 1.6 框架横梁端弯矩最不利组合

端弯矩和水平力的不利作用,不考虑它的有利作用。

根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001),在单层厂房钢结构的框架(排架)内力组合中,一般采用简化规则由可变荷载效应控制组合: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 seismic 区应参照《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)进行组合。

关于吊车荷载,《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)有如下规定:

①计算排架考虑多台吊车竖向荷载时,对一层吊车单跨厂房的每个排架,参与组合的吊车台数不宜多于 2 台;对一层吊车的多跨厂房的每个排架,不宜多于 4 台。

②考虑多台吊车水平荷载时,对单跨或多跨厂房的每个排架,参与组合的吊车台数不应多于 2 台。

③计算排架时,多台吊车的竖向荷载和水平荷载的标准值,应乘以表 1.3 中规定的折减系数。

④对于多层吊车的单跨或多跨厂房,计算排架时,参与组合的吊车台数及荷载的折减系数,应按实际情况考虑。

表 1.3 多台吊车的荷载折减系数

参与组合的吊车台数	吊车工作级数			
	A1	A5	A6	A8
2	0.90		0.95	
3	0.85		0.90	
4	0.80		0.85	

1.3 单层钢结构厂房支撑体系

单层钢结构厂房是以若干榀平面框架为主结构的框架(排架)结构,这种结构在习惯上一般按平面结构设计,而不按空间结构考虑,但结构本身必须是一个稳定的空间几何不变体系,这就需要在各榀框架间设置必要的支撑结构体系。

再从刚度方面分析,单层钢结构厂房在横向平面内一般具有足够的刚度,但在纵向由于圆柱是绕弱轴方向弯曲,并且联系构件与横向体系采用铰接,因而纵向刚度较弱,不能满足刚度需要和正常使用要求,必须设置支撑体系以保证结构的纵向刚度,同时保证结构的整体性和稳定性。可见支撑体系的设置对钢结构单层厂房具有非常重要的作用,支撑体系设置不够或不合理可能引起工程事故(尤其是在飓风和地震发生时更是如此),需引起足够的重视。

单层钢结构厂房支撑体系,可分为柱间支撑和屋盖支撑两部分,屋盖支撑部分将在本章 1.4 节屋盖结构中详细阐述,本节仅介绍柱间支撑部分。

► 1.3.1 柱间支撑的作用

①和框架柱组成纵向框架,保证厂房的纵向刚度。因为柱在框架平面外的刚度远低于框架平面内的刚度,而柱间支撑的抗侧移刚度比单柱平面外的刚度大 20 倍左右,因此设置柱间支撑对加强厂房的纵向刚度十分有效。

②承受厂房的纵向力,把吊车的纵向制动力、山墙风荷、纵向温度作用、地震作用等传至基础。

③为框架柱在框架平面外提供可靠的支撑,减小柱在框架平面外的计算长度。

► 1.3.2 柱间支撑的布置原则

①对单层厂房的每一纵列柱都必须设置柱间支撑。

②对于设有吊车的单层厂房,一般以吊车梁为界将柱间支撑分为上柱支撑和下柱支撑。

③当温度区段 $\leq 150\text{ m}$ 时,可在温度区段中部设置一道下段柱间支撑,这样可使吊车梁等纵向构件随温度变化比较自由地伸缩,以免产生过大的温度应力;当温度区段 $> 150\text{ m}$ 时,则在三分点处各设一道下段柱间支撑,且支撑的中距 $\leq 72\text{ m}$,如图 1.7 所示。

④上段柱间支撑布置在有下段柱间支撑处以及温度区段的两端(见图 1.7),以便直接传递端墙的风荷载,并为安装提供必要的刚度。

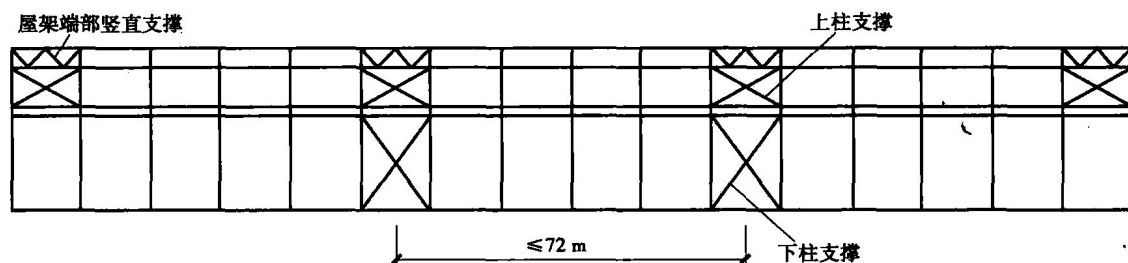


图 1.7 柱间支撑设置

⑤当厂房的高度和跨度较大或有较大的吊车梁或振动设备时,山墙墙架通常至少设置一道墙架柱间支撑。支撑可设在某两根墙架柱之间,也可各层支撑分散在不同柱间。

⑥柱间支撑在柱的侧面位置可按单片布置和双片布置两种形式考虑。一般上段柱的柱间支撑均为单片布置,即布置在柱截面的中线上。下段柱的柱间支撑可根据柱的截面尺寸和形式选用其中的一种布置形式,对于双肢格构柱和截面尺寸较大的柱可采用双片布置(分别设在两个翼缘中线或两个分肢的中线上),一般等截面柱仍然选用单片布置。

► 1.3.3 柱间支撑的形式

柱间支撑的形式较多,图 1.8 所示是普通钢结构厂房中常见的几种形式。其中人字形和八字形支撑适用于上段柱高度比较小的情况,如图 1.8(d)、(e)所示。图 1.8(b)、(c)的下柱支撑形式可进一步减小柱的侧向计算长度。当柱间有运输、通行、放置设备等要求时,下段柱间可采用门架式柱间支撑,如图 1.8(d)、(e)所示。图 1.8(e)中的门架顶部专设一横梁,其目的是为了保证门架不承受吊车轮压荷载,以便与柱间支撑的作用和应承担的荷载(纵向水平力)相一致,设计中应予以注意。