

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

房屋结构设计

蔡 洁 曾铁梅 □ 主 编
白应华 肖良丽 □ 副主编
张 川 □ 主 审



重庆大学出版社

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

013048061

应用型本科院校 **土木工程**

YINGYONGXING B

TUMU GONGCHENG ZHUANY

TU22-43

28

TUMU GONGCHENG

房屋结构设计

蔡 洁 曾铁梅 ■ 主 编
白应华 肖良丽 ■ 副主编
张 川 ■ 主 审



TU22-43
28



北航

C1655397

重庆大学出版社

170830810

内 容 提 要

本书适应二本及三本院校的土木工程(建筑工程)专业学生的学习。为突出应用型本科教育的特点,本书在编写中力求理论讲解深入浅出,突出例题及设计实例的实用性与指导性,并注重培养学生认识相应规范在本课程中的重要性,了解和熟悉规范的内容及应用。

本书注重理论联系实际,所编内容符合当前最新规范和技术标准,内容翔实、资料新颖、实用性强、适用面广。本书也可供相关专业的广大师生和有关建筑结构工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

房屋结构设计/蔡洁,曾铁梅主编. —重庆:重庆大学出版社,
2013.5

应用型本科院校土木工程专业系列教材

ISBN 978-7-5624-7108-0

I. ①房… II. ①蔡…②曾… III. ①房屋结构—结构设计—
高等学校—教材 IV. ①TU22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 294854 号

应用型本科院校土木工程专业系列教材

房屋结构设计

主 编 蔡 洁 曾铁梅

副主编 白应华 肖良丽

主 审 张 川

责任编辑:王 婷 版式设计:林青山

责任校对:秦巴达 责任印制:赵 晟

*

重庆大学出版社出版发行

出版人:邓晓益

社址:重庆市沙坪坝区大学城西路 21 号

邮编:401331

电话:(023) 88617183 88617185(中小学)

传真:(023) 88617186 88617166

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

重庆双百印务有限公司印刷

*

开本:787×1092 1/16 印张:16.5 字数:412 千 插页:8 开 1 页

2013 年 5 月第 1 版 2013 年 5 月第 1 次印刷

印数:1—3 000

ISBN 978-7-5624-7108-0 定价:29.00 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

本书是重庆大学出版社组织编写的应用型本科院校土木工程专业系列教材之一。全书结合我国对土木工程本科教育专业的教学改革要求,主要突出了应用型、适用性的特点。房屋结构设计是一门实践性非常强的专业课程,为了提高学生的实践动手能力,培养正确的结构设计概念,本书通过大量的例题及设计实例的讲解,指导和培养学生正确的结构设计概念,让学生能够掌握正确的设计过程,并为相关的课程设计和后续的毕业设计等实践性环节的学习打下坚实的基础。同时,本书在编写过程中注重培养学生认识相应规范在本课程和本专业中的重要性,了解和熟悉规范的内容及应用,提高学生对相关专业规范的认识程度。基础理论讲授以应用为目的,教学内容以够用为度,尽力做到语言简练、概念清楚、重点突出、简明扼要、便于教学。

本书共分4章,主要内容有单层厂房的基本构件、计算方法和设计例题;多层框架结构的设计理论、方法及设计例题;砌体结构的材料特性,结构布置及设计方法;高层建筑的结构体系和发展趋势。

本书由湖北工业大学蔡洁副教授和武汉地铁集团有限公司高级工程师曾铁梅担任主编,湖北工业大学白应华和武汉科技大学肖良丽为副主编。具体人员分工如下:

蔡洁编写第1.3节、第3.1节、第3.2节和第3.8节以及负责全书统稿工作;曾铁梅编写第1.2节、第3.3节和第3.4节;白应华编写第1.1节、第3.5~3.7节和第4章;肖良丽编写第1.4节、第1.5节和第2章。

本书由重庆大学土木工程学院张川教授担任主审,感谢重庆科技学院黄林青教授对本书

提出宝贵意见。本书编写过程中参考了相关文献、资料,包括专著、教材、标准、规范、手册、图集和工艺标准等,在此谨向书中引用内容的作者表示衷心的感谢。

因编者水平所限,书中错误和不妥之处在所难免,恳请讲者指正。

编 者

2012 年 12 月

目 录

1 单层厂房	1
1.1 单层厂房的结构形式、结构组成和结构布置	1
1.1.1 单层厂房的结构形式	1
1.1.2 单层厂房的结构组成	2
1.1.3 单层厂房的结构型式布置	4
1.2 排架内力计算	10
1.2.1 计算简图	10
1.2.2 排架荷载计算	11
1.2.3 剪力分配法	16
1.2.4 内力组合	18
1.3 单层厂房柱设计	19
1.3.1 柱的选型	19
1.3.2 柱子截面设计	20
1.3.3 牛腿设计	22
1.4 柱下独立基础	25
1.4.1 柱下独立基础的形式	25
1.4.2 杯形基础的构造要求及设计	25
1.5 单层厂房结构设计例题	32
1.5.1 设计资料	32
1.5.2 结构计算简图和截面尺寸的确定	33



1.5.3	荷载计算与计算简图的确定	35
1.5.4	排架结构内力分析	42
1.5.5	内力组合	49
1.5.6	①柱截面设计	51
1.5.7	柱下基础设计	60
本章小结		66
思考题		67
习题		67
2	多层框架结构设计	69
2.1	多层框架结构组成与布置	69
2.1.1	多层框架结构组成	69
2.1.2	多层框架结构布置	70
2.2	框架结构内力近似计算方法	73
2.2.1	计算简图确定	73
2.2.2	内力计算方法及侧移验算	75
2.3	框架结构内力组合	87
2.3.1	控制截面	87
2.3.2	最不利内力组合、竖向荷载的最不利位置	88
2.3.3	梁端弯矩调幅	90
2.3.4	框架结构设计及构造要求	90
2.4	框架结构设计例题	95
2.4.1	工程概况	95
2.4.2	结构布置方案及结构选型	96
2.4.3	确定结构计算简图	97
2.4.4	荷载标准值计算	99
2.4.5	内力计算	104
2.4.6	内力组合	113
2.4.7	梁柱截面设计	113
本章小结		123
思考题		124
习题		124
3	砌体结构	126
3.1	概述	126
3.1.1	砌体结构的特点	126
3.1.2	砌体结构的展望	127

3.1.3 砌体结构学习的任务及特点	127
3.2 砌体材料及砌体的力学性能	128
3.2.1 砌体材料和强度	128
3.2.2 砌体种类	130
3.2.3 砌体的抗压性能	133
3.2.4 砌体抗拉、抗弯和抗剪性能	136
3.3 砌体结构的基本计算原则	138
3.3.1 砌体结构可靠度设计方法的沿革	138
3.3.2 现行规范的设计方法	140
3.3.3 分项系数的确定	141
3.4 砌体结构构件的承载力计算	145
3.4.1 砌体受压构件的承载力计算	145
3.4.2 砌体局部受压承载力计算	149
3.4.3 轴心受拉、受弯和受剪构件的承载力	155
3.4.4 配筋砌体简介	156
3.5 混合结构房屋的结构布置及静力计算方案	159
3.5.1 混合结构房屋的结构布置	159
3.5.2 混合结构房屋的静力计算方案	162
3.6 混合结构房屋的墙、柱设计	167
3.6.1 墙、柱的高厚比验算	167
3.6.2 刚性方案房屋墙、柱的计算	175
3.6.3 弹性和刚性方案房屋墙、柱的计算要点	187
3.7 过梁、挑梁和墙梁	199
3.7.1 过梁	199
3.7.2 挑梁	204
3.7.3 墙梁	209
本章小结	221
思考题	222
习题	222
4 高层建筑结构	225
4.1 概述	225
4.1.1 高层建筑简介	225
4.1.2 高层建筑的受力特点	228
4.1.3 高层建筑发展趋势	228
4.2 高层建筑结构基本体系介绍	229
4.2.1 框架结构体系	229



4.2.2 剪力墙结构体系	229
4.2.3 框架-剪力墙结构体系	230
4.2.4 筒中筒结构体系	230
4.2.5 多筒结构体系——成束筒及巨型框架结构	230
4.3 高层建筑结构的布置原则	231
4.3.1 高层建筑结构平面布置	231
4.3.2 高层建筑结构立面布置	232
4.3.3 建筑高宽比的限制	233
4.3.4 变形缝的设置	233
4.4 高层建筑结构上的作用	235
4.4.1 风荷载	235
4.4.2 地震作用	239
本章小结	239
思考题	240
附 录	241
附录 1 单阶柱柱顶反力与水平位移系数值	241
附录 2 楼面和屋面活荷载	246
附录 3 高厚比 β 和轴向偏心距 e 对受压构件承载力的影响系数	251
参考文献	255

1

单层厂房

本章重点:熟练掌握单层厂房基本构件及结构内力的基本计算方法;掌握排架结构的内力组合原则;了解柱下独立基础的设计方法。

本章难点:排架结构的内力计算方法。

1.1 单层厂房的结构形式、结构组成和结构布置

► 1.1.1 单层厂房的结构形式

适用于工业生产的厂房有单层和多层之分。单层厂房对各种类型的工业生产有较大的适用性,因而其应用范围比较广泛。例如,冶金或机械厂的炼钢、轧钢、铸造、锻压、金工、装配等车间,一般因设有大型机械或设备,产品较重且轮廓尺寸较大,故宜直接在地面上生产而设计成单层厂房。

目前,我国混凝土单层厂房的结构形式主要有排架结构和钢架结构两种。

排架结构由屋架(或屋面梁)、柱和基础组成,柱下端与基础刚接,上端与屋架(或屋面梁)铰接[见图 1.1(a)]。根据生产工艺和使用要求的不同,排架结构可以做成等高[见图 1.1(b)]、不等高[见图 1.1(c)]、锯齿形等多种形式[见图 1.1(d)]。钢筋混凝土排架结构是目前单层厂房结构的基本结构形式,其跨度可超过 30 m,高度可达到 20~30 m 或更高,吊车吨位可达 150 t 甚至更大。

刚架结构由横梁、柱和基础组成,与排架结构不同的是:柱下端与基础铰接,上端与横梁刚接。目前常用的刚架是装配式钢筋混凝土门式刚架,即梁柱合一的钢筋混凝土结构。

门式刚架按横梁的形式不同可以分为人字形门式刚架和拱形门式刚架(见图 1.2)。其中人字形门式刚架又分为三铰门式刚架[见图 1.2(a)]和两铰门式刚架[见图 1.2(b)],前者

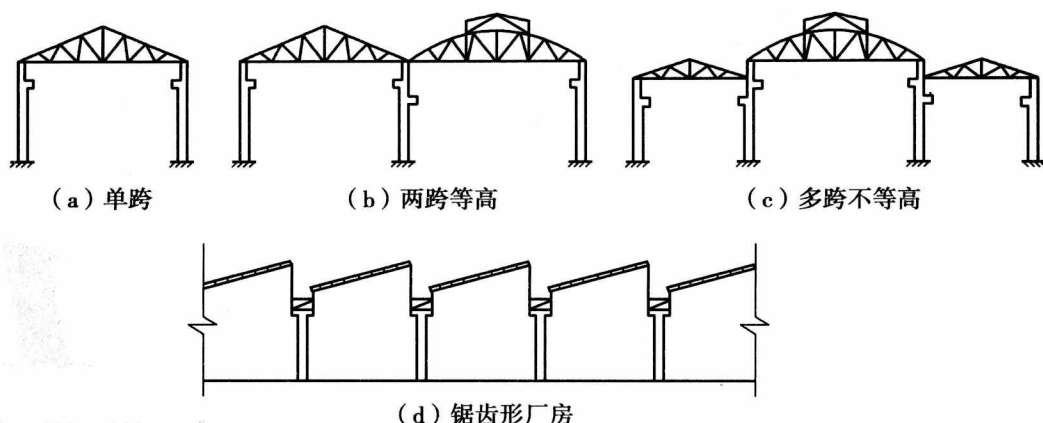


图 1.1 排架结构形式

为静定结构,后者为超静定结构。门式刚架结构具有结构轻巧、内部空间大、结构设计合理、构件种类少、制作简单等优点,常用于跨度不大于 18 m、柱顶标高不大于 10 m、吊车起重量不超过 10 t 或无吊车的仓库或车间建筑。

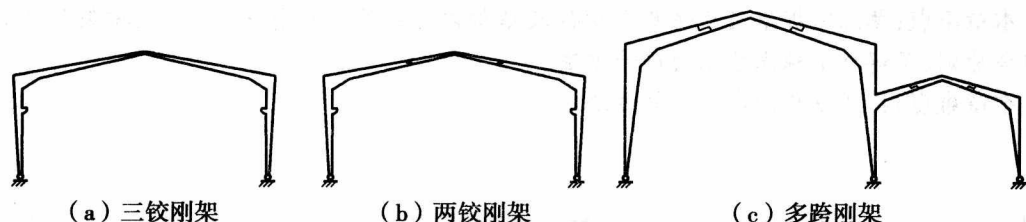


图 1.2 刚架形式

目前钢筋混凝土刚架结构已很少采用,钢结构刚架仍应用广泛。本章主要讲述单层厂房装配式钢筋混凝土排架结构设计中的主要问题。

► 1.1.2 单层厂房的结构组成

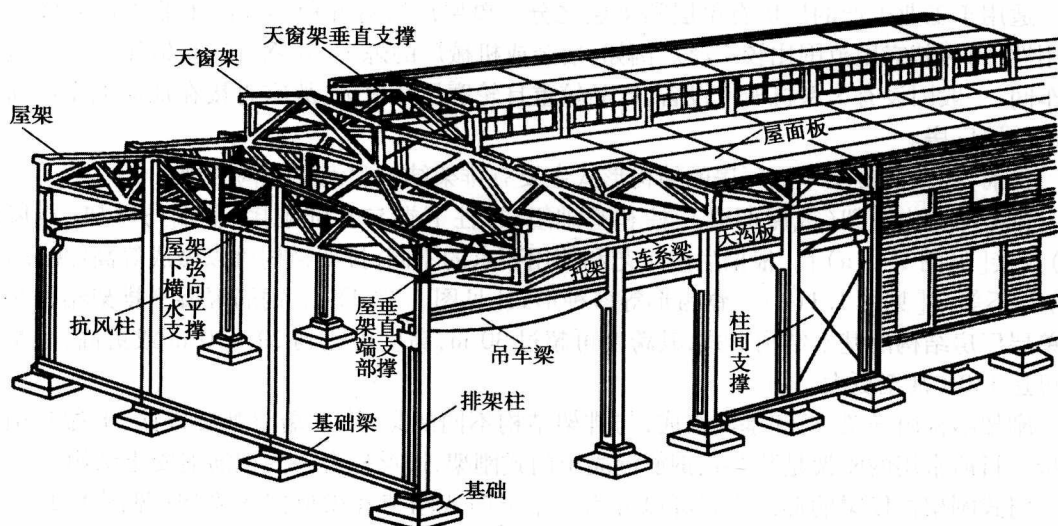


图 1.3 单层厂房结构组成

装配式钢筋混凝土单层厂房结构是由多种构件组成的空间整体结构体系(见图 1.3)。根据组成构件作用的不同,可将单层厂房结构分为承重结构、围护结构和支撑体系三大部分。直接承受荷载并将荷载传递给其他构件的构件为承重结构构件,主要包括屋面板、天窗架、屋架、排架柱、吊车梁、基础等;以承受自重和风荷载为主的构件为围护结构构件,主要包括外纵墙、山墙、连系梁、抗风柱、基础梁等;支撑体系则是连系屋架、天窗架、柱等主要结构构件,并形成结构整体的构件。各主要构件的作用、受力、传力特点如表 1.1 所示。

表 1.1 单层厂房主要构件的作用、受力及传力特点

结构组成	构件名称		构件主要受力、传力特点、作用
承重结构	屋盖结构	屋面板	承受屋面自重、各种活荷载并将它们传给屋架(或屋面梁),起封闭围护作用
		天沟板	承受屋面积水及自重、施工荷载等,并将它们传给屋架(或屋面梁),起屋面排水作用
		天窗板	形成天窗便于采光通风,承受天窗架上屋面板传来的及作用在天窗上的风荷载,并将它们传给对应的屋架(或屋面梁)
		屋架(屋面梁)	与柱形成横向排架结构,承受屋盖上的荷载,并将荷载传给柱或托梁(托架)
		托架(托梁)	支承屋架将屋架上的荷载传给柱
	吊车梁		承受吊车荷载,并将吊车荷载传给排架柱
	排架柱		承受屋架、吊车梁、外墙和支撑传来的荷载,并将荷载传给基础
	基 础		承受排架柱和基础梁传来的荷载,并将荷载传给地基
支撑系统	屋盖支撑	屋架支撑	加强屋盖空间刚度,保证屋架稳定性,将风荷载传给纵向排架结构
		天窗架支撑	保证天窗架的侧向稳定性,并把天窗端壁上的风荷载传给屋架
	柱间支撑		加强厂房的纵向刚度和稳定性,将风荷载传给纵向排架结构
围护结构	抗风柱		承受山墙传来的风荷载,并将其传给基础和屋盖结构
	外纵墙、山墙		承受风荷载及自重,并将其传给柱和基础
	连系梁		连系纵向柱列,增强厂房的纵向刚度并将纵向风荷载传给纵向柱列
	圈 梁		加强厂房的整体刚度,防止由于地基不均匀沉降或较大振动荷载引起的不利影响
	过 梁		承受门窗洞口上部墙体重量,并将它们传给门窗两侧墙体
	基础梁		承受外墙荷载,并将它们传给基础

► 1.1.3 单层厂房的结构形式布置

在单层厂房的结构形式确定后,就可以根据厂房生产工艺等各项要求进行厂房结构布置,这主要包括厂房平面布置、支撑布置和围护结构布置等。

1) 柱网与定位轴线

(1) 柱网

纵向定位轴线与横向定位轴线在平面上形成的网格称为柱网。为使单层厂房的构配件逐步达到统一,提高设计标准化、生产工业化和施工机械化水平,促进工业建筑多快好省地发展,在考虑厂房结构的布置时,必须使其主要尺寸和标高符合《厂房建筑模数协调标准》(GBJ 6—86)规定的同一模数制,以 100 mm 为基本单位,用 M 表示。并且规定,当厂房跨度在 18 m 及以下时,应采用 30M 数列(3 m 的倍数),即 9 m、12 m、15 m 和 18 m;当厂房跨度大于 18 m 时,应采用 60M 数列(6 m 的倍数),即 24 m、30 m、36 m 等,见图 1.4。

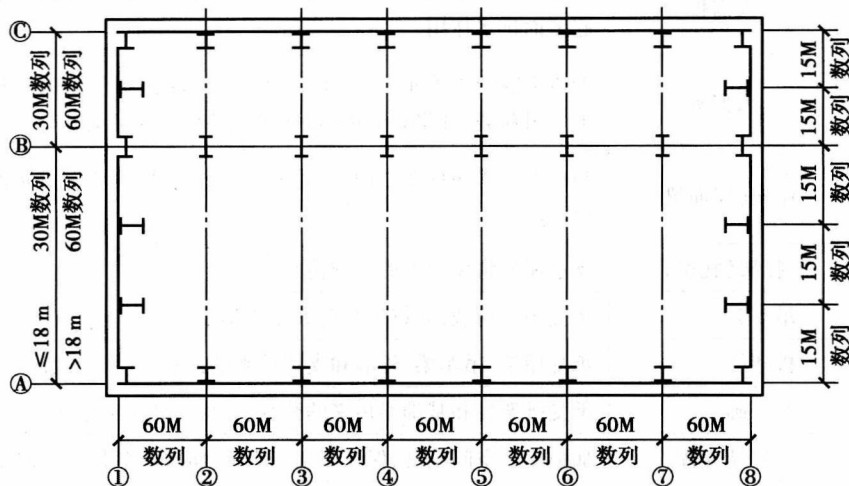


图 1.4 跨度和柱距示意图

柱距一般采用 6 m,也可以采用 9 m 和 12 m 的。

(2) 定位轴线

横向定位轴线一般用编号①②③…表示。纵向定位轴线一般用编号A①B①C…表示。

定位轴线之间的距离和主要构件的标志尺寸相一致,且符合建筑模数,构件的标志尺寸是构件的实际尺寸加上两端必要的构造尺寸。例如,大型屋面板的实际尺寸是 1 490 mm × 5 970 mm,标志尺寸是 1 500 mm × 6 000 mm;屋架的实际跨度是 17 950 mm,标志跨度为 18 000 mm。

横向定位轴线与柱距方向的屋面板、吊车梁、连系梁、基础梁、纵向支撑等构件的标志尺寸相一致,即横向定位轴线通过柱截面的几何中心,且通过屋架中心和屋面板的横向接缝。但在厂房端部,为避免端部屋架与山墙、抗风柱位置的冲突,使横向定位轴线与山墙内边缘重合,将山墙内侧第一排柱中心内移 600 mm,并将端部屋面板(吊车梁)作成一端伸臂板(梁)(见图 1.5)。这样,可使端部屋面板(吊车梁)与中部屋面板(吊车梁)的长度相等;使屋面板

端头与山墙内边缘重合,屋面不留缝隙,以形成封闭式横向定位轴线。同理,双柱伸缩缝两边柱的中心线各离横向定位轴线 600 mm,使伸缩缝中心线与横向定位轴线重合。

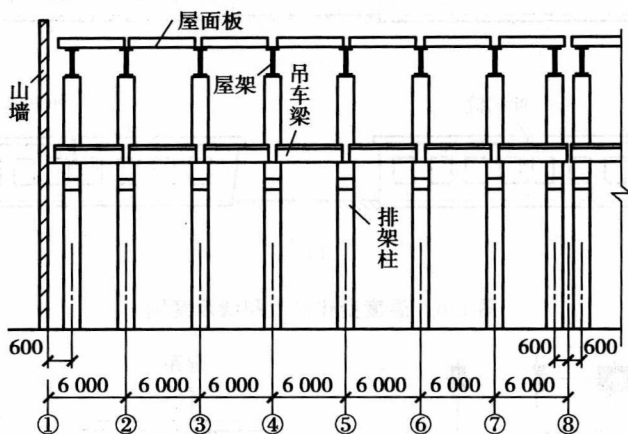


图 1.5 厂房的横向定位轴线

与纵向定位轴线有关的承重构件主要是屋架。此外,还与吊车规格、起重量和柱距有关。因此,确定纵向定位轴线时,首先应考虑屋架的跨度的标志尺寸,使纵向轴线间距与屋架的标志尺寸相一致。其次要考虑吊车规格。一般而言,吊车和屋架都为标准构件,吊车跨度(L_k)比屋架跨度(L)小 1 500 mm,即吊车轨道中心线至定位轴线的距离一般为 750 mm;当吊车起重量 ≥ 75 t 时,此距离宜为 1 000 mm。当吊车起重量 ≥ 75 t 时,此距离宜为 1 000 mm。

定位轴线布置的一般原则如下:

①处理定位轴线时,要有利于标准构件的选用、构造节点的简化和施工方便。

②凡是承重墙(非承重墙)、柱,都要设置定位轴线,定位轴线之间的尺寸,要和主要构件的标志尺寸相一致,且符合建筑模数要求。

③定位轴线的具体位置,总是沿屋面板的接缝处,屋架的端部外侧设置,或与屋架的侧面中心重合。对于通过墙、柱的轴线位置,需视结构、构件搭接等情况确定。一般而言,在横向是与墙、柱中心线重合,在纵向则由墙内缘或柱外缘通过。

2) 变形缝的设置

变形缝包括伸缩缝、沉降缝和防震缝 3 种。

(1) 伸缩缝

如果厂房的长度和宽度过大,当气温发生变化时,厂房的地上部分要热胀冷缩,而厂房的地下部分受温度变化影响很小,从而使厂房上部结构的伸缩受到限制,在结构构件内部产生温度应力,严重时可使墙面、屋面、纵向梁拉裂,使柱的承载力降低。因此,对过长或过宽的厂房,在厂房纵向或横向的中间位置设置伸缩缝,以减小温度应力(见图 1.6)。《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2010)(以下简称《规范》)规定,装配式排架结构伸缩缝的最大间距在室内或土中宜为 100 m,露天宜为 70 m。

横向伸缩缝两侧结构一般采用双柱处理(见图 1.7),将缝两边柱和屋架中心线都自定位轴线向两边移 600 mm。纵向伸缩缝一般采用单柱处理,将伸缩缝一侧的屋架搁在活动支座上,也可以采用双柱处理,此时应设置两条定位轴线,并设插入柱。

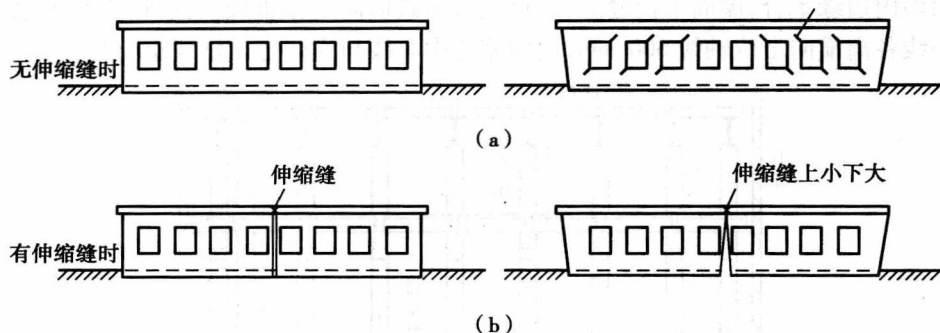


图 1.6 温度变化产生裂缝示意图

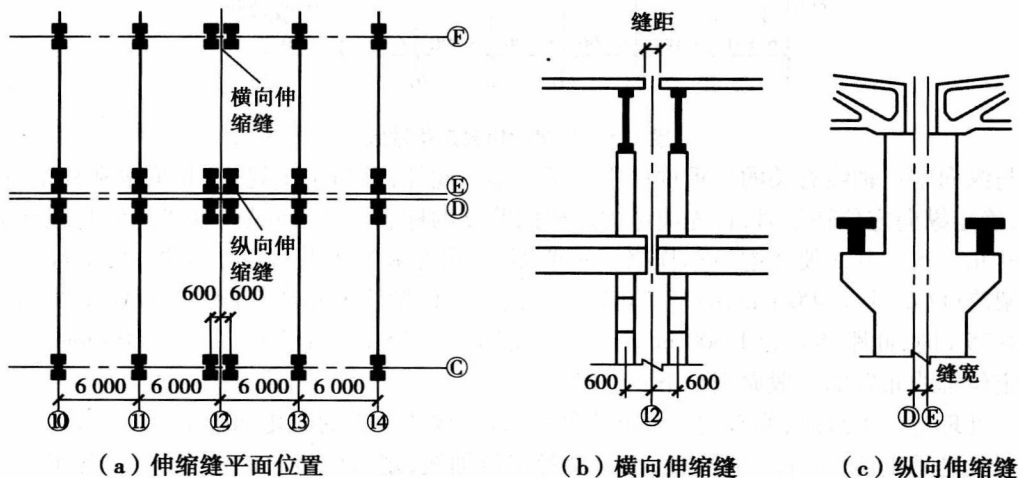


图 1.7 伸缩缝处定位轴线和主要受力构件的关系

(2) 沉降缝

当相邻厂房高差很大、荷载相差悬殊、地基土压缩性能有显著差异、厂房结构(或基础)类型明显不同、或者分期建造的厂房间隔时间很久时,为了避免由于地基不均匀沉降在结构中产生附加应力使结构破坏,应设置沉降缝。

沉降缝应将建筑物从屋顶到基础底部全部断开,以免在缝两边发生不同沉降时而导致整个建筑物损坏。沉降缝可以兼作伸缩缝。

(3) 防震缝

当厂房体形复杂、平、立面特别不规则时,或有贴建的房屋和构筑物时,应设置防震缝将厂房分成若干相对规则的结构单元,以减轻地震的震害。在地震区,温度缝或沉降缝必须兼作防震缝。防震缝的宽度可参照《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)中的相关规定。

3) 单层厂房的支撑

从整体上讲,支撑的主要作用是:保证结构构件的稳定与正常工作;增强厂房的整体稳定性和空间刚度;把纵向风荷载、吊车纵向水平荷载及水平地震作用等传递到主要承重构件;保证在施工安装阶段结构构件的稳定。工程实践表明,如果支撑布置不当,不仅会影响厂房的

正常使用,甚至可能引起工程事故,因此应予以足够的重视。

厂房支撑分为屋盖支撑和柱间支撑。下面将扼要讲述屋盖支撑和柱间支撑的作用和布置原则。

(1) 屋盖支撑

屋盖支撑包括上、下弦水平支撑,垂直支撑和纵向水平系杆。

屋盖上、下弦水平支撑是指布置在屋架(或屋面梁)上、下弦平面以内以及天窗架上弦平面内的水平支撑。支撑节间的划分应与屋架节间相适应。水平支撑一般采用十字交叉的形式。交叉杆件的交角一般为 $30^\circ \sim 60^\circ$,其平面图见图 1.8。

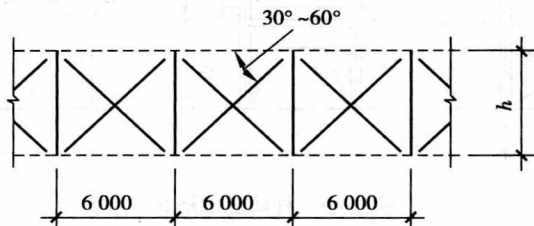


图 1.8 屋盖上、下弦水平支撑

屋盖垂直支撑是指布置在在屋架(或屋面梁)间或天窗架(包括挡风板立柱)间的支撑。垂直支撑的形式见图 1.9。

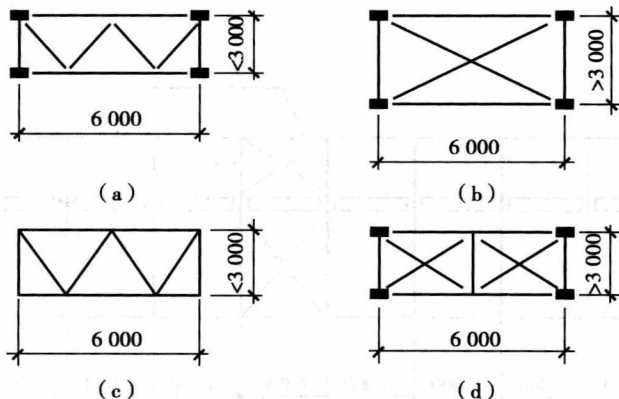


图 1.9 屋盖垂直支撑形式

(a)、(b)、(c)为钢支撑;(d)为钢筋混凝土支撑

系杆分刚性压杆和柔性拉杆两种。系杆设置在屋架上下弦及天窗上弦平面内。系杆应按下列原则布置:有上弦横向水平支撑时应设上弦受压系杆;有下弦横向水平支撑或纵向水平支撑时应设下弦受压系杆;屋架中部有垂直支撑时,在垂直支撑同一铅垂面内应设通长的上弦受压系杆和通长的下弦受拉系杆;屋架端部有垂直支撑时,在垂直支撑同一铅垂面内应设通长的受压系杆;屋架横向水平支撑设置在端部的第二柱间时,第一柱间的所有杆件均应为刚性系杆。

(2) 柱间支撑

柱间支撑一般包括上部柱间支撑和下部柱间支撑。上柱柱间支撑位于吊车梁上部,下柱柱间支撑位于吊车梁下部。柱间支撑通常采用十字交叉形,它具有构造简单、传力直接、刚度

较大等特点。交叉杆件的倾角一般为 $35^{\circ} \sim 50^{\circ}$ 。当 $l/h \geq 2$ 时可采用人字形支撑; $l/h \geq 2.5$ 时可采用八字形支撑; 当柱距为 15 m 且 h_2 较小时可采用斜柱式支撑(见图 1.10)。

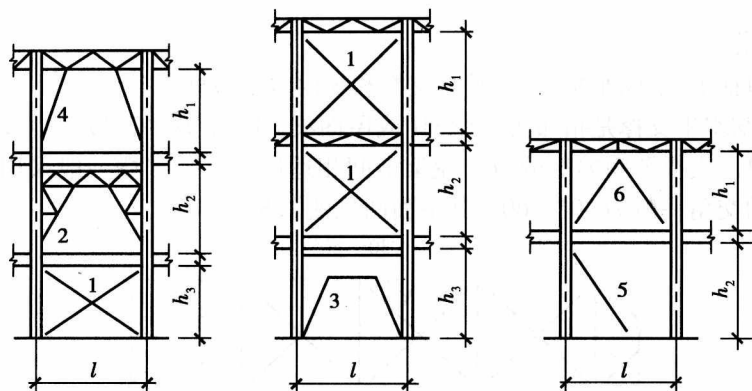


图 1.10 柱间支撑形式

1—十字交叉形支撑; 2—空腹门形支撑; 3—大八字形支撑; 4—小八字形支撑;
5—单斜撑; 6—人字撑

上柱柱间支撑一般设置在伸缩缝区段两侧与屋盖横向水平支撑相对应的柱间, 以及伸缩缝区段中央的柱间。下柱柱间支撑一般设置在伸缩缝区段中部与上柱柱间支撑相应的位置(见图 1.11)。

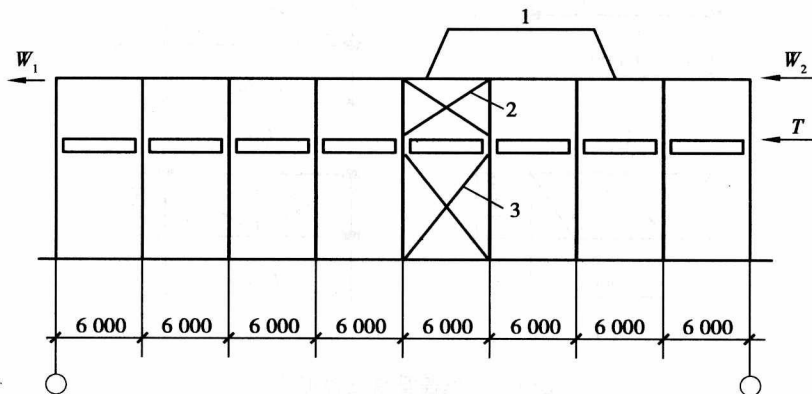


图 1.11 柱间支撑

1—柱顶系杆; 2—上部柱间支撑; 3—下部柱间支撑

当单层厂房属下列情况之一时, 应设置柱间支撑:

- 厂房内设有悬臂吊车或 3 t 及以上悬挂吊车;
- 厂房内设有重级工作制吊车, 或设有中级、轻级工作制吊车, 起重重量在 10 t 及以上;
- 厂房跨度在 18 m 以上或柱高在 8 m 以上;
- 纵向柱列的总数在 7 根以下;
- 露天吊车栈桥的柱列。