

高等学校推荐教材

996730

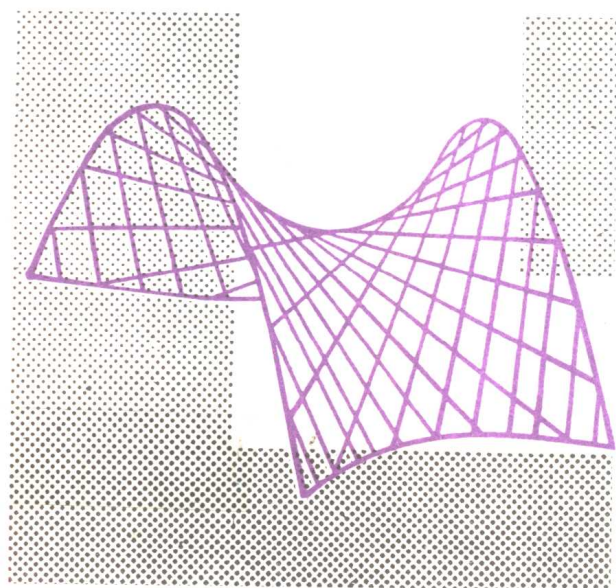
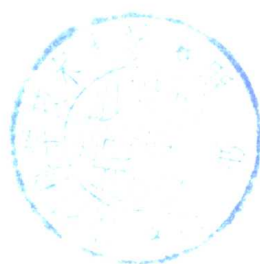
混凝土结构

下册

(第二版)

天津大学 同济大学 东南大学 主编
清华大学 主审

● 中国建筑工业出版社



996730

高等学校推荐教材

混凝土结构

下 册

(第二版)

天津大学 车宏亚

同济大学 颜德姮 主 编

东南大学 程文瀾

清华大学 江见鲸 主 审

中国建筑工业出版社

5-1

282

143

129

143

282

5-2

229

196

182

196

29

5-3

15

83

70

33

15

5-4

8

4

5

4

6

各基座

不考

,应分

进行

(京) 新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

混凝土结构 下册/天津大学等主编. -2 版. -北京:
中国建筑工业出版社, 1998
高等学校推荐教材
ISBN 7-112-02103-0

I. 混… II. 天… III. 混凝土结构-高等学校-教材 N. TU37

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (97) 第 24403 号

本教材分上、下两册。上册 11 章: 绪论、材性、计算原则、轴心受力构件、受弯构件正截面抗弯、受弯构件斜截面抗剪、受扭构件、偏心受力构件、刚度裂缝、预应力混凝土、梁板结构。下册 3 章: 单层厂房、框架结构、高层结构。

本书经建设部教育司审批作为高等学校推荐教材, 可作为土木结构专业、建筑工程专业的高等学校教材。也可供土建设计、施工技术人员参考。

高等学校推荐教材

混凝土结构

下册

(第二版)

天津大学 车宏亚

同济大学 颜德珏 主编

东南大学 程文瀾

清华大学 江见鲸 主审

*

中国建筑工业出版社出版 (北京西郊百万庄)

新华书店总店科技发行所发行

北京二二〇七工厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 18 字数: 438 千字

1998 年 6 月第二版 1998 年 6 月第三次印刷

印数: 36 601—50600 册 定价: 14.80 元

ISBN 7-112-02103-0

TU·1607 (8586)

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 可寄本社退换

(邮政编码 100037)

目 录

第十二章 单层厂房	1
第一节 概述	1
一、单层厂房特点	1
二、单层厂房结构分类	1
第二节 单层厂房的结构组成和结构布置	3
一、结构组成	3
二、柱网布置、变形缝	4
三、支撑作用和布置原则	7
四、抗风柱、圈梁、连系梁、过梁和基础梁的作用和布置原则	13
第三节 排架计算	16
一、计算简图	17
二、荷载计算	17
三、用剪力分配法计算等高排架	26
四、内力组合	32
五、单层厂房排架考虑整体空间作用的计算	39
六、排架计算中的几个问题	42
第四节 单层厂房柱	44
一、柱的形式	44
二、矩形、工字形柱的设计	45
三、牛腿	50
四、双肢柱设计要点	54
第五节 柱下独立基础	59
一、概述	59
二、柱下扩展基础设计	60
三、带短柱独立基础（高杯口基础）设计要点	69
第六节 单层厂房屋盖结构	71
一、概述	71
二、屋面构件	72
三、屋面梁和屋架	74
四、板梁（架）合一的屋盖结构	83
五、天窗架	88
六、托架	92
第七节 吊车梁	92
一、吊车梁的受力特点	92
二、吊车梁的型式和构造要点	94

三、钢筋混凝土等截面吊车梁的计算要点	97
参考文献	102
第十三章 多层框架结构设计	103
第一节 多层框架结构的组成与布置	103
一、多层框架结构的组成	103
二、框架结构分类	104
三、框架结构布置	105
第二节 框架结构内力与侧移的近似计算方法	110
一、框架结构计算简图	111
二、竖向荷载作用下的分层法	113
三、水平荷载作用下的反弯点法	114
四、水平荷载作用下的D值法	116
五、框架结构侧移计算及限值	120
第三节 内力组合	122
一、控制截面	122
二、荷载效应组合	122
三、最不利内力组合	123
四、竖向活荷载的最不利位置	123
五、梁端弯矩调幅	124
第四节 无抗震设防要求时框架结构构件设计	125
一、柱的计算长度 l_0	125
二、叠合梁的设计	126
三、框架节点构造要求	132
第五节 框架结构构件抗震设计	134
一、框架结构的延性	134
二、框架结构抗震设计的一般规定	136
三、框架梁抗震设计	138
四、框架柱抗震设计	142
五、框架节点抗震设计	147
第六节 多层框架结构基础	151
一、基础的类型及其选择	151
二、条形基础的内力计算	152
三、十字形基础的内力计算	155
四、条形基础的构造要求	157
五、筏板基础的计算与构造	158
第七节 多层框架结构设计示例	159
一、设计资料	159
二、结构布置及结构计算简图的确定	161
三、荷载计算	162
四、内力计算	166
五、内力组合	168
六、截面设计	168

参考文献	176
第十四章 高层建筑结构设计	177
第一节 概述	177
一、高层建筑的发展概况	177
二、高层建筑的定义	177
三、高层建筑结构受力特点	178
四、高层建筑侧向位移的限制	178
五、高层建筑结构设计的一般规定	180
第二节 高层建筑结构体系与布置原则	180
一、高层建筑的竖向承重结构体系	180
二、高层建筑的水平向承重结构体系	188
三、高层建筑结构布置的一般原则	190
第三节 高层建筑上的作用	193
一、风荷载	193
二、地震作用	195
三、温度作用	197
第四节 剪力墙结构	197
一、结构组成与结构布置	197
二、剪力墙结构计算中的几个问题	199
三、整截面剪力墙及整体小开口剪力墙的内力与位移计算	204
四、双肢剪力墙的内力与位移计算	207
五、 D 值法应用于壁式框架的内力与位移计算	214
六、剪力墙结构的分类	217
七、剪力墙截面设计	219
第五节 框架-剪力墙结构	227
一、框架-剪力墙结构组成及受力特点	227
二、框架-剪力墙结构中剪力墙的数量及布置	228
三、框架-剪力墙结构计算	230
四、框架与剪力墙的共同工作性能	237
五、截面设计及构造要求	241
第六节 筒体结构	243
一、筒体结构的布置	243
二、筒体结构在侧向力作用下的受力特点	246
三、筒体结构的计算方法	247
四、框筒(筒中筒)结构的截面设计与构造要求	252
第七节 高层建筑结构基础	253
一、概述	253
二、箱形基础	254
三、桩基础	262
参考文献	269
附录 1 钢筋混凝土结构伸缩缝最大间距 (m)	270
附录 2 单阶柱柱顶反力与水平位移系数值	271

附录 3	规则框架承受均布及倒三角形分布水平力作用时反弯点的高度比	275
附录 4	高层建筑结构抗震等级	280
附录 5	箱形基础基底反力系数	281

第十二章 单 层 厂 房

第一节 概 述

一、单层厂房特点

单层厂房与多层厂房或民用建筑相比较，具有下列特点：

(1) 厂房内可采用水平运输，如桥式吊车、梁式吊车、壁行吊车、电瓶车、汽车甚至火车等。设计时应考虑所采用运输工具的通行问题。

(2) 对各种类型的工业生产均有较大的适应性，特别是可以构成较大的空间，布置大型设备，生产重型产品。因而厂房结构要承受较大的荷载，以及振动和撞击作用等。

(3) 可充分利用地基的承载力，布置大型设备基础，并可比较自由地构筑地坑、地沟等地下构筑物。

(4) 可利用其屋盖设置天然采光和自然通风设施。在不采用人工照明和机械通风的情况下也可以布置较大跨度和多跨的大面积厂房。

(5) 扩建和改建比较方便，以适应生产发展的需要。

(6) 某些工业生产过程会散发出大量的余热、烟尘、有害气体、侵蚀性液体及产生噪声，有的厂房要求防振、防爆、防放射线等，设计时必须采取相应的技术措施。有的厂房中生产过程需有各种技术管网，如上、下水道、热力管道、压缩空气、煤气、氧气管道及电缆等，设计时应考虑各种管道的敷设和相应的荷载。

(7) 单层厂房便于定型设计，使构配件标准化、系列化、通用化，因而可提高构配件生产工厂化、现场施工机械化的程度，缩短设计和施工时间。

(8) 单层厂房占地多，设计时应予注意。

综上所述，单层厂房的优点较多，能较好地适应各种类型的工业生产，因而其应用范围广。一般说来，冶金、矿山、机械制造、纺织、交通运输和建筑材料等工业部门的许多车间均适宜采用单层厂房。

二、单层厂房结构分类

单层厂房按结构材料大致可分为：混合结构、混凝土结构和钢结构。一般说来，无吊车或吊车吨位不超过 5t，跨度在 15m 以内，柱顶标高在 8m 以下，无特殊工艺要求的小型厂房，可采用混合结构（砖柱、钢筋混凝土屋架或木屋架或轻钢屋架）。当吊车吨位在 250t（中级工作制）以上、跨度大于 36m 的大型厂房或有特殊工艺要求的厂房（如设有 10t 以上锻锤的车间以及高温车间的特殊部位等），一般采用钢屋架、钢筋混凝土柱或全钢结构。其他大部分厂房均可采用混凝土结构。这时应优先采用装配式和预应力混凝土结构。

按结构类型单层厂房目前主要有排架结构和刚架结构两种。

排架结构由屋架（或屋面梁）、柱和基础组成，柱与屋架铰接，而与基础刚接。根据生产工艺和使用要求的不同，排架结构可做成等高（图 12-1a）、不等高（图 12-1b）和锯齿形

(图 12-2) 等多种形式, 后者通常用于单向采光的纺织厂。排架结构是目前单层厂房结构的基本形式, 其跨度可超过 30m, 高度可达 20~30m 或更高, 吊车吨位可达 150t 甚至更大。排架结构传力明确, 构造简单, 施工亦较方便。

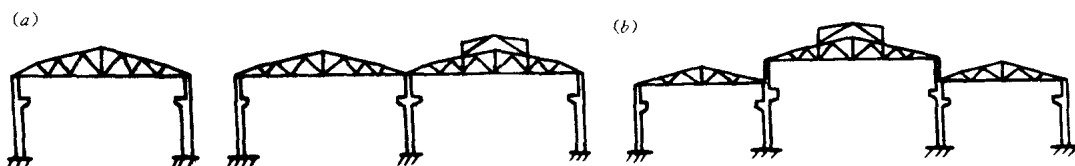


图 12-1 排架类型

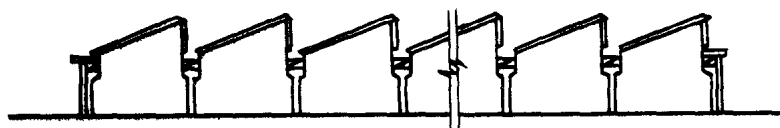


图 12-2 锯齿形厂房

目前常用的刚架结构是装配式钢筋混凝土门式刚架 (以下简称门架)。门架的特点是柱和横梁刚接成一个构件, 柱与基础通常为铰接。门架顶节点做成铰接的, 称为三铰门架 (图 12-3a), 做成刚接的称为两铰门架 (图 12-3b), 前者是静定结构, 后者是超静定结构。为便于施工吊装, 两铰门架通常做成三段, 在横梁中弯矩为零 (或很小) 的截面处设置接头, 用焊接或螺栓连接成整体。门架横梁的形式一般为人字形 (图 12-3a、b), 也有做成弧形的 (图 12-3c、d)。门架立柱和横梁的截面高度都是随内力 (主要是弯矩) 的增减而沿轴线方向做成变高的, 以节约材料。构件截面一般为矩形, 但当跨度和高度均较大时, 为减轻自重, 也有做成工字形或空腹的 (图 12-3d)。门架的优点是梁柱合一, 构件种类少, 制作较简单, 且结构轻巧, 当跨度和高度均较小时, 其经济指标稍优于排架结构。门架的缺点是刚度较差, 承载后会产生跨变, 梁柱转角处易产生早期裂缝, 所以在有较大吨位吊车的厂房中门架的应用受到了一定的限制。此外, 由于门架构件呈 “Γ” 形或 “Y” 形, 使构件的翻身、起吊和对中就位等都比较麻烦, 跨度大时尤甚。

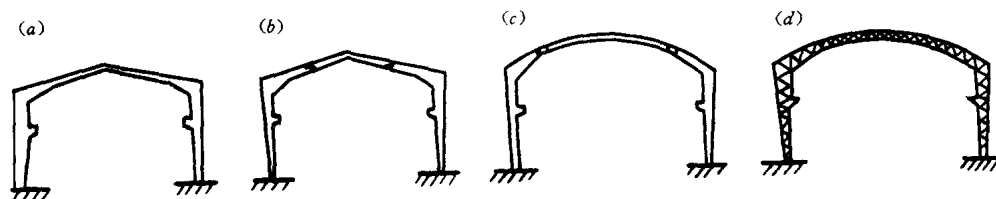


图 12-3 门架形式

我国从 60 年代初期以来, 门架已较广泛地用于屋盖较轻、无吊车或吊车吨位不大 (一般不超过 10t、个别用至 20t)、跨度一般不超过 18~24m (国内已建成的两铰门架最大跨度达 38m)、立柱高度 6~10m (最高已达 14m) 的金工、机修、装配等车间或仓库。目前已成为单层厂房中的一种结构体系。

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。

第二节 单层厂房的结构组成和结构布置

一、结构组成

单层厂房结构通常由下列结构构件组成并相互连接成整体（图 12-4）。

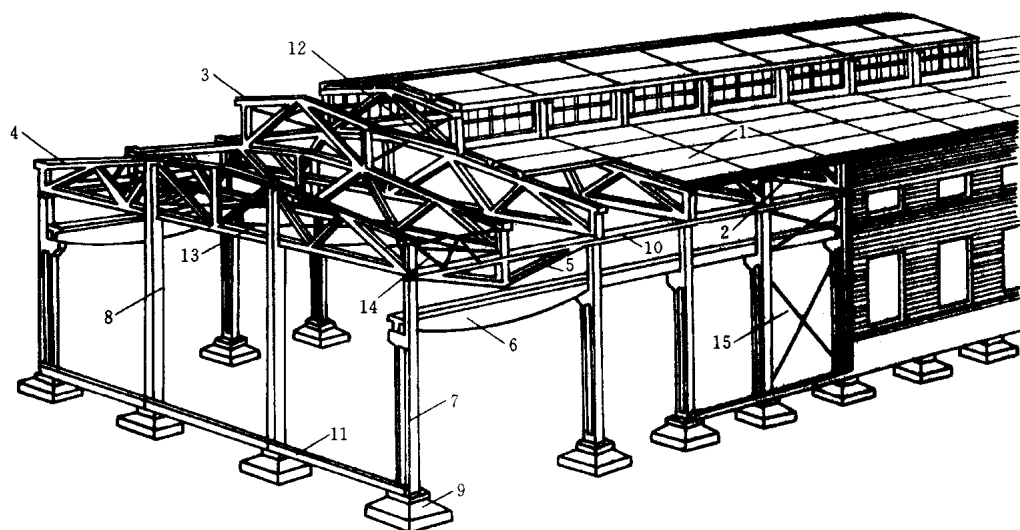


图 12-4 厂房结构组成

1—屋面板；2—天沟板；3—天窗架；4—屋架；5—托架；6—吊车梁；7—排架柱；8—抗风柱；9—基础；10—连系梁；11—基础梁；12—天窗架垂直支撑；13—屋架下弦横向水平支撑；14—屋架端部垂直支撑；15—柱间支撑

1. 屋盖结构

屋盖结构由屋面板（包括天沟板）、屋架或屋面梁（包括屋盖支撑）组成，有时还设有天窗架和托架等。分无檩和有檩两种屋盖体系；将大型屋面板直接支承（焊牢）在屋架或屋面梁上的称为无檩屋盖体系；将小型屋面板（或瓦材）支承在檩条上，再将檩条支承在屋架上的（板与檩条、檩条与屋架均需有牢固的连接），通常称为有檩屋盖体系。屋面板起覆盖、围护作用；屋架或屋面梁承受屋架结构自重和屋面活荷载（包括雪荷载和其他荷载，如积灰荷载、悬吊荷载等），并将这些荷载传至排架柱，故称为屋面承重结构。天窗架是用于设置供通风、采光用天窗的，也是一种屋面承重结构。

2. 横向平面排架

横向平面排架由横梁（屋架或屋面梁）和横向柱列（包括基础）所组成，是厂房的基本承重结构。厂房结构承受的竖向荷载（结构自重、屋面活荷载和吊车竖向荷载等）及横向水平荷载（风荷载、吊车横向水平荷载和横向水平地震作用等）主要是通过横向平面排架传至基础和地基。

3. 纵向平面排架

纵向平面排架由纵向柱列（包括基础）、连系梁、吊车梁和柱间支撑等组成，其作用是

保证厂房结构的纵向稳定性和刚性，并承受作用在山墙、天窗端壁以及通过屋盖结构传来的纵向风荷载、吊车纵向水平荷载（图 12-5）、纵向水平地震作用、温度应力等。

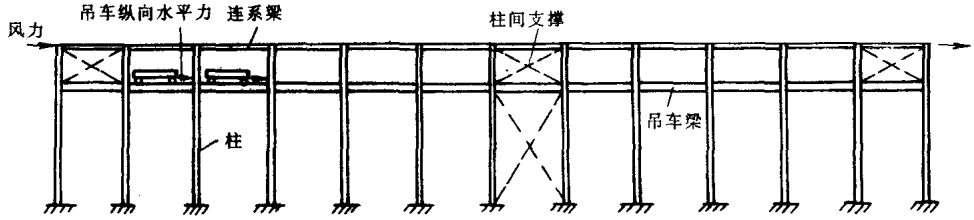


图 12-5 纵向平面排架

4. 吊车梁

吊车梁一般简支在柱牛腿上，主要承受吊车竖向荷载、横向或纵向水平荷载，并将它们分别传至横向或纵向平面排架。

5. 支撑

支撑包括屋盖和柱间支撑，其作用是加强厂房结构的空间刚度，并保证结构构件在安装和使用阶段的稳定和安全；同时起着把风荷载、吊车水平荷载或水平地震作用等传递到主要承重构件上去的作用。

6. 基础

基础承受柱和基础梁传来的荷载并将它们传至地基。

7. 围护结构

围护结构包括纵墙和横墙（山墙）及由连系梁、抗风柱（有时还有抗风梁或抗风桁架）和基础梁等组成的墙架。这些构件所承受的荷载，主要是墙体和构件的自重以及作用在墙面上的风荷载。

单层厂房结构的荷载传递路线见图 12-6。

由图 12-6 可知，单层厂房结构所承受的各种荷载，基本上都是传递给排架柱，再由柱传至基础及地基的，因此柱和基础是主要承重构件；在有吊车的厂房中，由于吊车梁对安全生产的重要性以及其材料用量较多，吊车梁也是主要承重构件。设计时应更予以重视。

根据对一般中型厂房（跨度 24m，吊车起重量 15t）所作的统计，表 12-1 列出了其中几种主要构件的材料用量；表 12-2 列出了一般中型钢筋混凝土单层厂房中厂房各部分造价占土建总造价的百分比。

二、柱网布置、变形缝

1. 柱网布置

厂房承重柱（或承重墙）的定位轴线，在平面上排列所形成的网络，称为柱网。柱网布置就是确定纵向定位轴线之间（跨度）和横向定位轴线之间（柱距）的尺寸。柱网布置既是确定柱的位置，也是确定屋面板、屋架和吊车梁等构件跨度的依据，并涉及结构构件的布置。柱网布置恰当与否，将直接影响厂房结构的经济合理性和先进性，对生产使用也有密切关系。

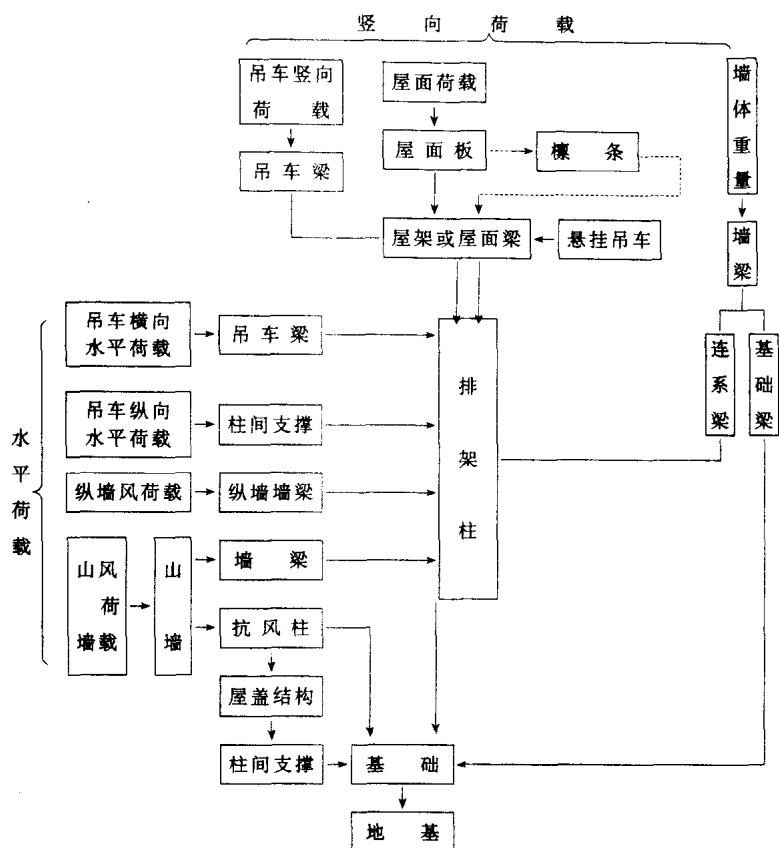


图 12-6 单层厂房荷载传递路线示意

中型钢筋混凝土结构单层厂房各主要构件材料用量表^①

表 12-1

材 料	每 m ² 建筑面积 构件材料用量	每种构件材料用量占总用量的百分比 (%)				
		屋 面 板	屋 架	吊 车 梁	柱	基 础
混 凝 土	130~180mm	30~40	8~12	10~15	15~20	25~35
钢 材	18~20kg	25~30	20~30	20~32	18~25	8~12

中型钢筋混凝土结构单层厂房各部分造价占土建总造价的百分比^②

表 12-2

项 目	屋 盖	柱、梁	基 础	墙	地 面	门、窗	其 他
百分比 (%)	30~50	10~20	5~10	10~18	4~7	5~11	3~6

柱网布置的原则一般为：符合生产和使用要求；建筑平面和结构方案经济合理；在厂房结构形式和施工方法上具有先进性和合理性；符合《厂房建筑模数协调标准》(GBJ6—86)的有关规定；适应生产发展和技术革新的要求。

① 摘自文献 [12-3]。

② 摘自文献 [12-2]。

厂房跨度在 18m 及以下时,应采用扩大模数 30M 数列;在 18m 以上时,应采用扩大模数 60M 数列(图 12-7)。当跨度在 18m 以上,工艺布置有明显优越性时,也可采用扩大模数 30M 数列。

厂房的柱距应采用扩大模数 60M 数列(图 12-7)。

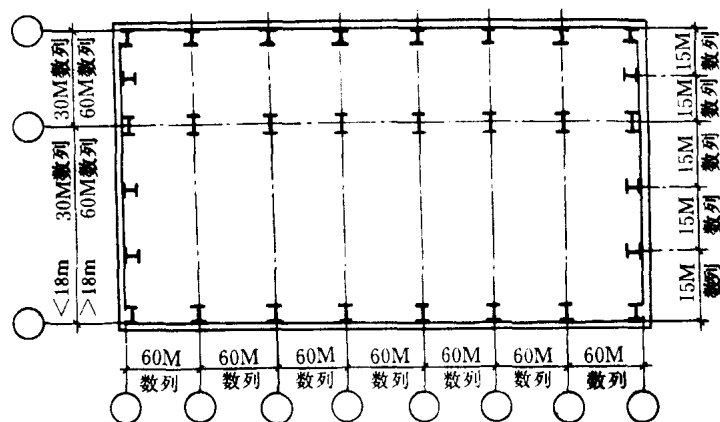


图 12-7 跨度和柱距示意图

目前,从经济指标、材料用量和施工条件等方面来衡量,一般的,特别是高度较低的厂房,采用 6m 柱距比 12m 柱距优越。但从现代化工业发展趋势来看,扩大柱距对增加厂房有效面积,提高设备布置和工艺布置的灵活性,机械化施工中减少结构构件的数量和加快施工进度等,都是有利的。当然,由于构件尺寸增大,也给制作、运输和吊装带来不便。12m 柱距是 6m 柱距的扩大模数,在大小车间相结合时,两者可配合使用;此外,12m 柱距可以利用现有设备做成 6m 屋面板系统(设托架),当条件具备时又可直接采用 12m 屋面板。所以,在选择 12m 柱距和 9m 柱距时,应优先采用前者。

2. 变形缝

变形缝包括伸缩缝、沉降缝和防震缝。

如果厂房长度和宽度过大,当气温变化时,将使结构内部产生很大的温度应力,严重的可使墙面、屋面和构件等拉裂(图 12-8a),影响使用。为减小厂房结构中的温度应力,可设置伸缩缝将厂房结构分成若干温度区段。伸缩缝应从基础顶面开始,将两个温度区段的上部结构构件完全分开,并留出一定宽度的缝隙,使上部结构在气温有变化时,水平方向可以较自由地发生变形,不致引起房屋开裂(图 12-8b)。温度区段的形状,应力求简单,并使伸缩缝的数量最少。温度区段的长度(伸缩缝之间的距离),取决于结构类型和温度变化情况。《规范》对钢筋混凝土结构伸缩缝的最大距离作了规定,详见附表 1。当厂房的伸缩缝间距超过规定值时,应验算温度应力。伸缩缝的具体做法,可参考房屋建筑学教材。

在有些情况下,为避免厂房因基础不均匀沉降而引起开裂和损坏,需在适当部位用沉降缝将厂房划分成若干刚度较好的单元。在一般单层厂房中可不设沉降缝,只有在特殊情况下才考虑设置:如厂房相邻两部分高度相差很大(如 10m 以上),两跨间吊车起重量相差悬殊,地基承载力或下卧层土质有巨大差别,或厂房各部分的施工时间先后相差很长,基土的压缩程度不同等情况。沉降缝应将建筑物从屋顶到基础全部分开,以使在缝两边发生

不同沉降时而不致损坏整个建筑物。沉降缝可兼作伸缩缝。

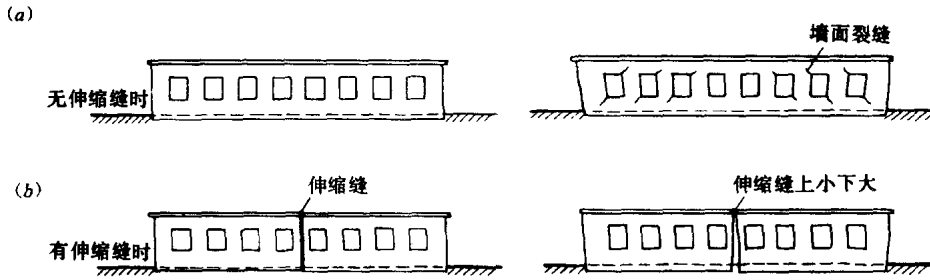


图 12-8 温度变化产生裂缝示意图

防震缝是为了减轻厂房震害而采取的措施之一。当厂房平、立面布置复杂，结构高度或刚度相差很大，以及在厂房侧边贴建生活间、变电所、炉子间等披屋时，应设置防震缝将相邻部分分开。地震区的伸缩缝和沉降缝均应符合防震缝要求。

三、支撑作用和布置原则

在装配式钢筋混凝土单层厂房结构中，支撑虽然不是主要的承重构件，但却是联系各种主要结构构件并把它们构成整体的重要组成部分。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，故应给予足够的重视。

厂房支撑分屋盖支撑和柱间支撑两类。就整体而言，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；把有些水平荷载（如纵向风荷载、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。此外，在施工安装阶段，应根据具体情况设置某些临时支撑以保证结构构件的稳定。

下面扼要讲述屋盖支撑和柱间支撑的作用和布置原则，至于具体布置方法及构造细节可参阅有关标准图集或参考文献 [12—4、5]。

1. 屋盖支撑

屋盖支撑通常包括上、下弦水平支撑、垂直支撑及纵向水平系杆。

屋盖上、下弦水平支撑系指布置在屋架（屋面梁）上、下弦平面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形式。交叉杆件的倾角一般为 $30^\circ \sim 60^\circ$ ，如图 12-9 所示。

屋盖垂直支撑系指布置在屋架（屋面梁）间和天窗架（包括挡风板立柱）间的支撑。垂直支撑的形式见图 12-10。

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

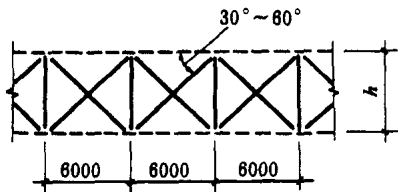


图 12-9 屋盖上、下弦水平支撑形式

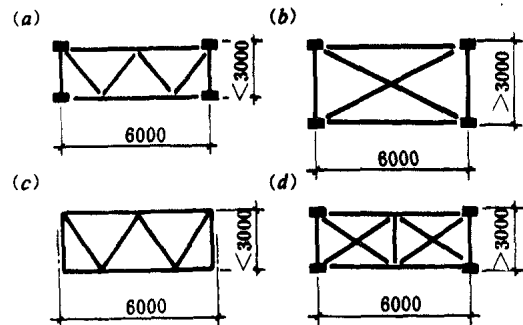


图 12-10 屋盖垂直支撑形式

(a)、(b)、(d) 钢支撑；(c) 钢筋混凝土支撑

天窗上弦平面内。

屋盖支撑的布置应考虑下列因素：

- (1) 厂房的跨度及高度；
- (2) 柱网布置及结构形式；
- (3) 厂房内起重设备的特征、起重量大小及工作制度等；
- (4) 有无振动设备及特殊的局部水平荷载。

1) 屋架（屋面梁）上弦支撑

屋架上弦支撑系指厂房每个伸缩缝区段端部的横向水平支撑，其作用是：构成刚性框，增强屋盖的整体刚度，保证屋架上弦或屋面梁上翼缘平面外的稳定，同时将抗风柱传来的风荷载传递到（纵向）排架柱顶。

对于采用钢筋混凝土屋面梁的屋盖系统，当采用檩条时，应在梁的上翼缘平面内设置横向水平支撑。支撑应布置在伸缩缝区段两端的第一或第二个柱距内，见图 12-11。当采用大型屋面板且连接可靠，能保证屋盖平面的稳定并能传递山墙风荷载时，则认为能起上弦横向支撑的作用，可不设置横向水平支撑。但当屋盖上的天窗通过伸缩缝时，则应在伸缩缝两侧天窗下面的柱距内设置上弦横向水平支撑，见图 12-12。

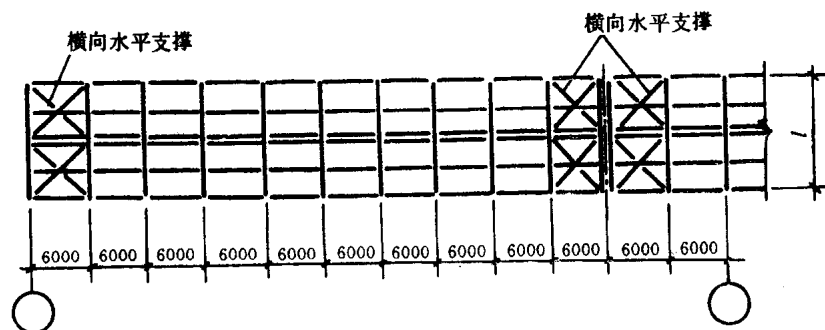


图 12-11 屋面梁上弦横向水平支撑

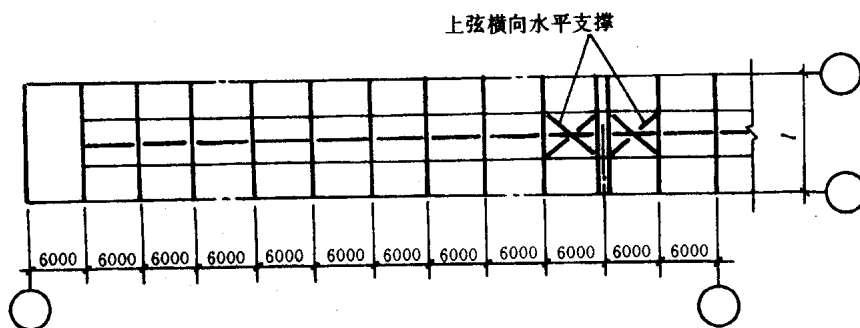


图 12-12 上弦横向水平支撑

对于采用钢筋混凝土拱形及梯形屋架的屋盖系统，应在每一个伸缩缝区段端部的第一或第二个柱距内布置上弦横向水平支撑。当厂房设置天窗时可根据屋架上弦杆件的稳定条件，在天窗范围内沿厂房纵向设置连系杆。

2) 屋架（屋面梁）下弦支撑

下弦横向水平支撑的作用是承受垂直支撑传来的荷载，并将山墙风荷载传递至两旁柱上。

当厂房跨度 $L \geq 18\text{m}$ 时，下弦横向水平支撑应布置在每一伸缩缝区段端部的第一个柱距内，见图 12-13。当 $L < 18\text{m}$ 且山墙上的风荷载由屋架上弦传递时，可不设屋盖下弦横向水平支撑。当设有屋盖下弦纵向水平支撑时，为保证厂房空间刚度，必须同时设置相应的下弦横向水平支撑。

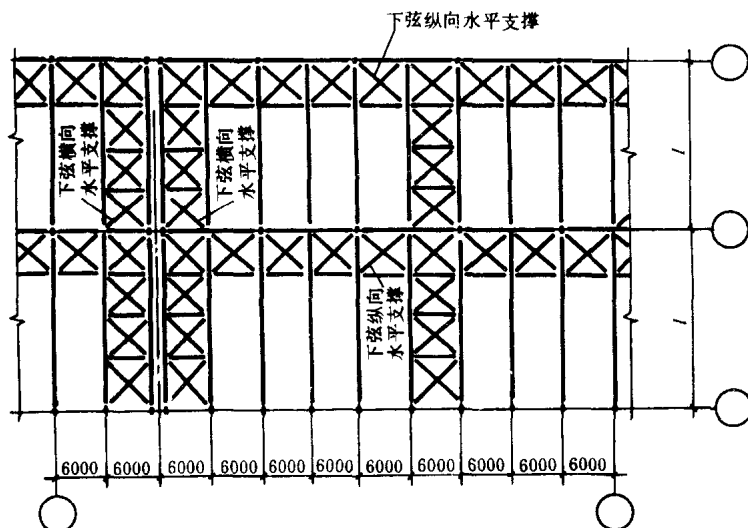


图 12-13 屋架下弦水平支撑

下列情况应设置下弦横向水平支撑：当悬挂吊车沿厂房纵向行驶，吊车纵向水平荷载较大而又无其他措施传至屋盖时，吊车纵向水平荷载应传至屋盖下弦水平支撑的节点上，见图 12-14 (a)。这时，下弦横向水平支撑应设在吊车梁的两端。当悬挂吊车沿厂房横向行驶时，则应在其相邻两侧的柱间内增设下弦横向水平支撑，并在轨道两端增设水平支撑，见图 12-14 (b)。当抗风柱的风荷载传至屋架下弦时，也应设置屋架下弦横向水平支撑。

下弦纵向水平支撑能提高厂房的空间刚度，增强排架间的空间作用，保证横向水平力的纵向分布。当厂房柱距为 6m，且属下列情况之一时，应设置下弦纵向水平支撑：

厂房内设有 5t 或 5t 以上的悬臂吊车；厂房内设有较大振动设备，如 5t 或 5t 以上的锻锤、重型水压机或锻压机、铸件水瀑池或其他类似振动设备；厂房内设有硬钩吊车；厂房内设有普通桥式吊车，吊车吨位 $\geq 10\text{t}$ (重级) 或 30t (中级) 时^①；跨间内设有托架；厂房排架柱之间设有墙架柱，并且墙架柱支承于屋架下弦纵向水平支撑时；厂房排架分析考虑空间工作时。

当屋盖结构中设有托架，且没有保证托架上弦稳定的特殊结构措施时，应沿托架的一侧设置下弦纵向水平支撑，见图 12-15。为了保证结构的刚度，在局部柱间设有纵向水平支撑时，纵向水平支撑应自托架的两端向外各延伸一个柱距，如图 12-15 中虚线所示部分。

① 还与厂房的跨数、屋架下弦标高等因素有关，见文献 [12-5]。

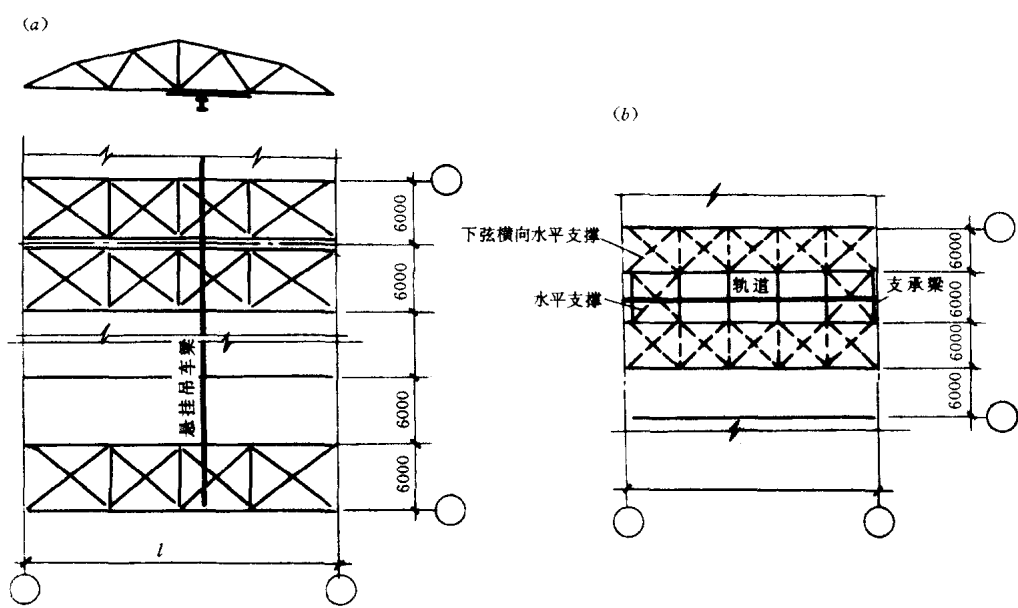


图 12-14 下弦横向水平支撑

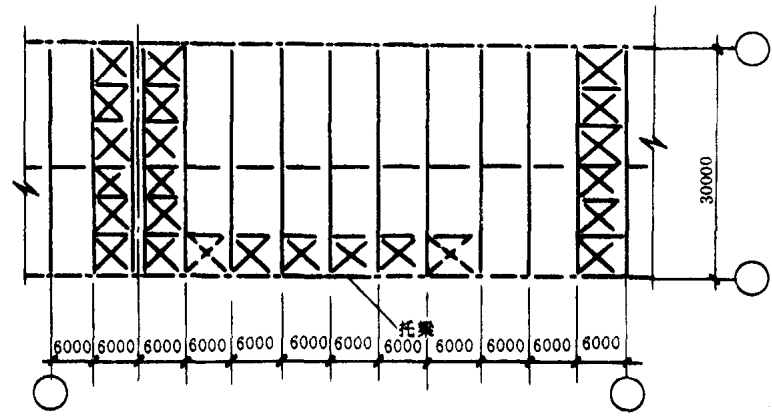


图 12-15 下弦纵向水平支撑

3) 屋架（屋面梁）垂直支撑和水平系杆

垂直支撑除保证屋盖系统的空间刚度和屋架安装时结构的安全外，并将屋架上弦平面内的水平荷载传递到屋架下弦平面内。所以垂直支撑应与屋架下弦横向水平支撑布置在同一柱间内。在有檩屋盖体系中，上弦纵向水平系杆则是用来保证屋架上弦或屋面梁受压翼缘的侧向稳定（即防止局部失稳）及上弦杆的计算长度。

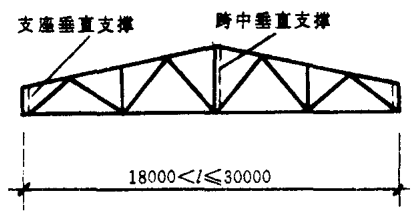


图 12-16 屋架垂直支撑

当厂房跨度为 18~30m，屋架间距为 6m，采用大型屋面板时，应在屋架跨度中点布置一道垂直支撑，见图 12-16、图 12-7。对于拱形屋架及屋面梁，因其支座处高度不大，故该处可不设置垂直支撑（但需对梁支座进行抗倾覆验算，如稳定