

钢筋混凝土房屋结构

—钢筋混凝土结构原理(下)

戴自强 编著
于庆荣 主审
张祖光

天津大学出版社

1990年9月

钢筋混凝土房屋结构

—钢筋混凝土结构原理(下)

戴自强 编著
于庆荣 主审
张祖光

天津大学出版社

1990年9月

内 容 提 要

本书为《钢筋混凝土结构原理》的后继课程教材，主要介绍单层房屋、多层及高层房屋(包括平面楼盖及房屋基础)的结构布置、内力及变形计算和主要承重构件的设计与构造，同时讲述上述结构的抗震设计方法。

全书是按照我国新编国家标准编写的，可作为大专院校土建结构工程、工业与民用建筑工程等专业的教材，亦可供土建工程设计、施工和科研工作者参考。

钢 筋 混 凝 土 房 屋 结 构 ——钢筋混凝土结构原理(下)

戴自强 编著

天津大学出版社出版

(天津大学内)

河北省永清县印刷厂印刷

新华书店天津发行所发行

开本：787×1092毫米1/16 印张：25¹/₄ 字数：627千字

1990年9月第一版 1990年9月第一次印刷

印数：1—6000

ISBN 7-5618-0223-4

TU·26

定价：5.35元

目 录

第一篇 钢筋混凝土单层厂房

第一章 单层厂房结构的组成和布置	(1)
1-1 单层厂房的特点.....	(1)
1-2 单层厂房的组成和传力途径.....	(1)
1-3 结构布置.....	(3)
1-4 支撑布置.....	(8)
1-5 围护结构布置.....	(11)
第二章 单层厂房结构主要构件选型	(14)
2-1 厂房标准或通用、定型构件选型.....	(14)
2-2 屋面构件选型.....	(14)
2-3 屋架选型.....	(17)
2-4 吊车梁选型.....	(18)
2-5 常用柱型.....	(20)
第三章 排架内力分析	(21)
3-1 计算假定和计算简图.....	(21)
3-2 排架上的荷载.....	(23)
3-3 等高排架内力分析——剪力分配法.....	(29)
3-4 不等高排架内力分析——力法.....	(49)
3-5 排架的荷载组合和内力组合.....	(61)
3-6 厂房排架内力分析中的空间作用问题.....	(63)
3-7 排架横向变形验算.....	(71)
3-8 排架各列柱距不等时的内力分析.....	(72)
第四章 单层厂房的抗震验算	(74)
4-1 厂房横向抗震验算.....	(75)
4-2 厂房纵向抗震验算.....	(85)
4-3 抗震变形验算.....	(96)
4-4 单层厂房的抗震构造措施.....	(98)
第五章 单层厂房主要构件设计	(117)
5-1 钢筋混凝土柱设计.....	(117)
5-2 钢筋混凝土柱下基础设计.....	(133)
5-3 屋架设计要点.....	(145)
5-4 吊车梁设计要点.....	(148)

第二篇 钢筋混凝土多层及高层房屋

第六章 多层及高层房屋结构体系及布置	(153)
6-1 结构体系.....	(153)
6-2 结构布置.....	(157)
6-3 多层和高层房屋水平位移的限制.....	(161)
第七章 结构荷载和地震作用	(164)
7-1 竖向荷载.....	(164)
7-2 风荷载.....	(164)
7-3 地震作用.....	(167)
7-4 荷载组合原则.....	(188)
第八章 多层及高层房屋结构内力分析及位移计算	(190)
8-1 框架结构的内力及位移计算.....	(190)
8-2 剪力墙结构的内力及位移计算.....	(215)
8-3 框架—剪力墙结构的内力及位移计算.....	(241)
第九章 框架及剪力墙的截面设计及构造	(260)
9-1 结构的抗震等级.....	(260)
9-2 框架截面设计与构造.....	(261)
9-3 剪力墙截面设计与构造.....	(287)
第十章 钢筋混凝土现浇楼盖设计	(304)
10-1 单向板肋梁楼盖.....	(304)
10-2 双向板肋梁楼盖.....	(338)
10-3 无梁楼盖.....	(356)
第十一章 多层及高层房屋基础设计	(364)
11-1 概述.....	(364)
11-2 条形基础设计.....	(365)
11-3 十字交叉条形基础.....	(379)
11-4 片筏基础计算.....	(383)
11-5 箱形基础计算.....	(387)
主要参考资料	(396)

第一篇 钢筋混凝土单层厂房

第一章 单层厂房结构的组成和布置

1-1 单层厂房的特点

单层厂房是为工业生产服务的，常用于冶金和机械类厂房，如炼钢、铸铁、锻压、金工、装配、铆焊、机修等车间，这些车间往往有较重型设备，产品较重且外形尺寸较大。因此从结构上讲，单层厂房结构的荷载、跨度和高度都较大，而且还常受动力荷载（如吊车荷载、动力机械设备的荷载）的作用，因而构件的内力大、截面大、用料多。

单层厂房常采用装配式钢筋混凝土排架结构。在厂房设计时，应便于定型设计，使构配件标准化，生产工厂化，便于机械化施工，但单层厂房占地多，设计时必须加以注意。

1-2 单层厂房的组成和传力途径

1-2-1 结构组成

单层厂房结构通常由下列构件组成，见图1-1。

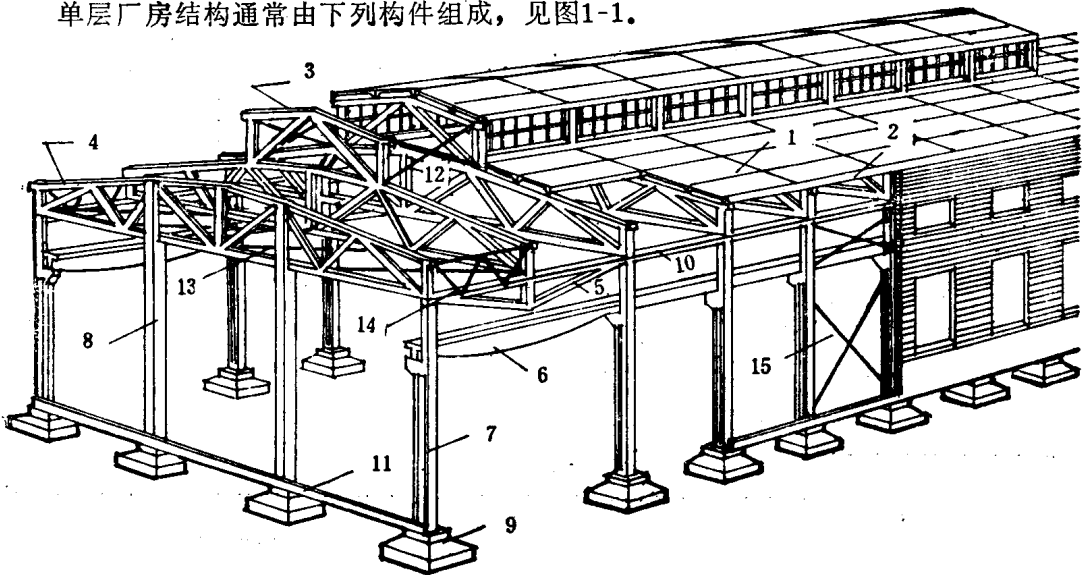


图1-1 单层厂房结构图

- 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. 屋盖和墙体围护结构体系

屋盖结构分无檩和有檩两种体系，前者由大型屋面板、屋面梁或屋架（包括屋盖支撑）组成，后者由小型屋面板、檩条、屋架（包括屋盖支撑）组成。屋盖结构有时还有天窗架、托架，其作用主要是围护和承重（承受屋盖结构自重、屋面活荷载、雪荷载和其它荷载），以及采光和通风。

墙体围护结构包括外墙、抗风柱、墙梁、基础梁等，其作用主要是围护和承重（承受墙体和构件自重以及作用在墙面上的风荷载）。

2. 横向排架结构体系

横向平面排架是由屋面梁或屋架、横向柱列和基础等组成，它是厂房的基本承重结构。厂房横向排架承受竖向荷载（如结构自重、屋面活荷载、雪荷载和吊车竖向荷载等）及横向水平荷载（如风荷载、吊车横向制动力和地震作用等）。如图1-2所示。

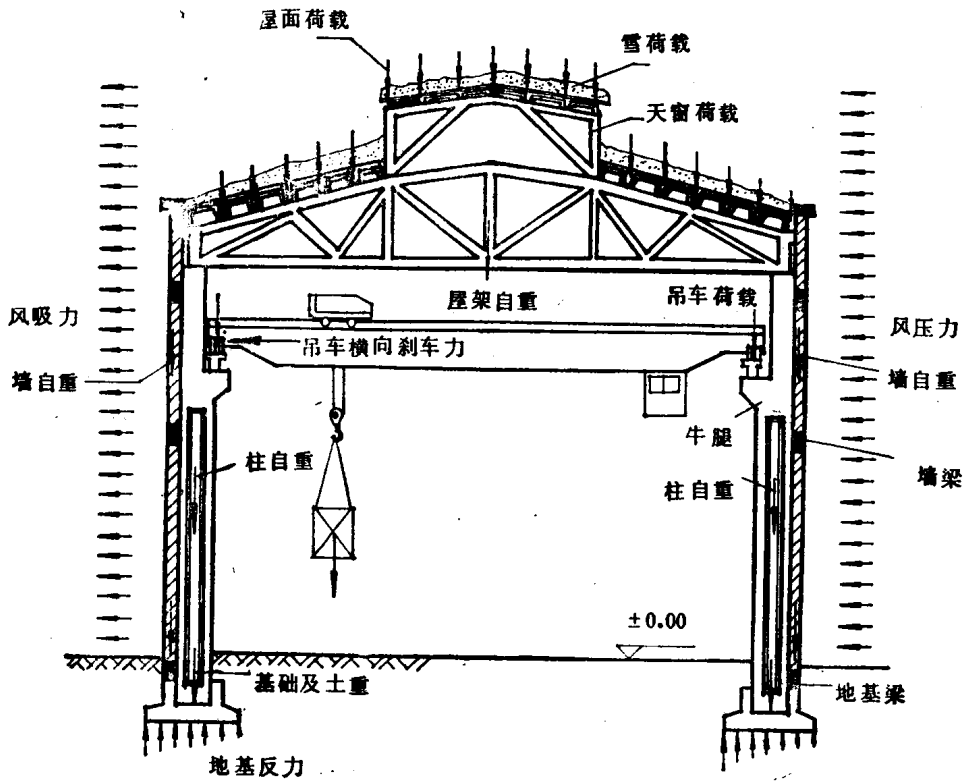


图1-2 横向排架荷载图

3. 纵向排架结构体系

纵向平面排架是由纵向柱列和基础、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和承重，厂房纵向排架主要承受纵向水平荷载如纵向风荷、吊车纵向制动力、纵向地震作用和温度应力等。见图1-3。

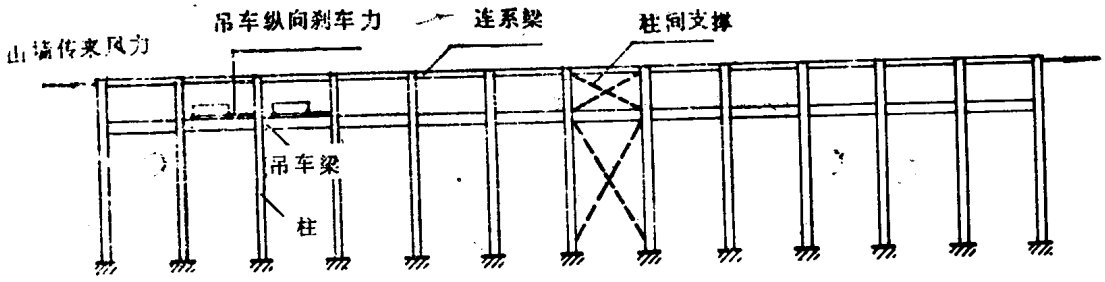


图1-3 纵向排架荷载图

1-2-2 厂房传力途径

我们将一个复杂的厂房结构看作几个结构比较简单、受力比较明确的体系进行受力分析。为了清楚起见，再把上面分析的荷载（包括竖向荷载、横向水平荷载、纵向水平荷载传递路线综合成图1-4（见4页）所示几个图表来表达。

从图1-4可以看出，作用在厂房结构上的大部分荷载，包括全部屋盖的竖向荷载，吊车的竖向荷载和横向水平荷载、横向风荷载、或横向地震作用、部分墙体和墙梁的自重以及设置在柱上的其它一些设备等荷载，均将通过横向排架的作用传给基础、再传到地基中去，所以在一般的单层厂房中，横向排架是主要承重结构，而屋架、吊车梁、柱和基础是厂房中的主要承重构件，设计时，这些构件不但应具有足够的承载力，而且还须有足够的刚度，以保证厂房安全和正常使用。

1-3 结构布置

1-3-1 柱网布置及定位轴线

结构平面的主要尺寸都由轴线表示。跨度方向的轴线称纵向定位轴线，一般以④、③、②、①、……表示；柱距方向的轴线称横向定位轴线，一般以①、②、③、……表示，见图1-5。

厂房的跨度在18m和18m以下，一般取3m的倍数；在18m以上，一般取6m的倍数，必要时允许采用21m, 27m, 33m的跨度。厂房的柱距，一般取6m或6m的倍数，个别也有取

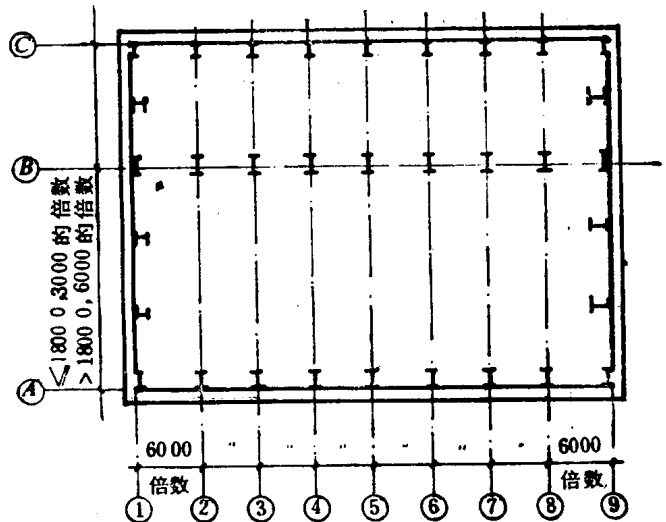


图1-5 柱网定位轴线图

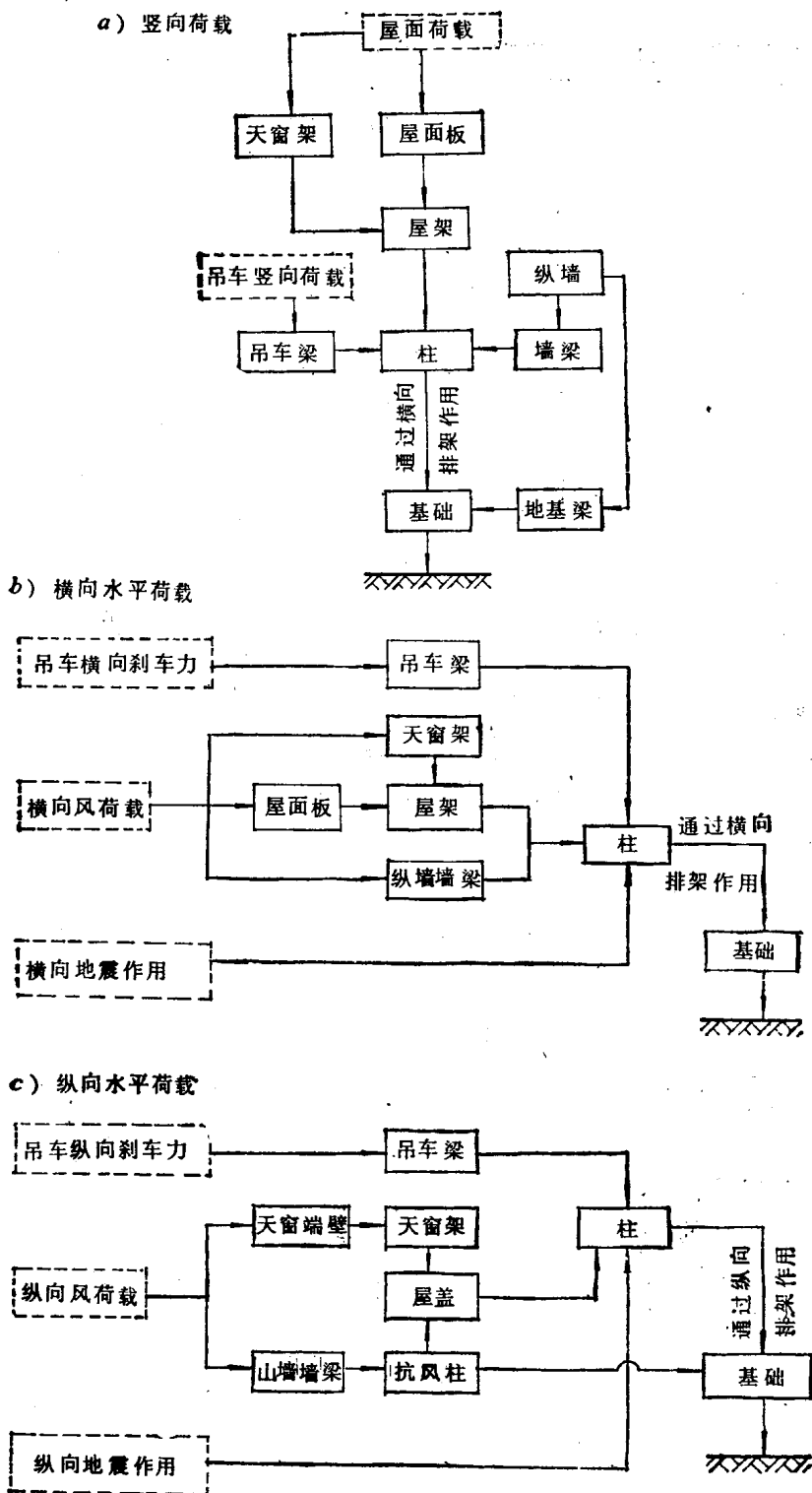


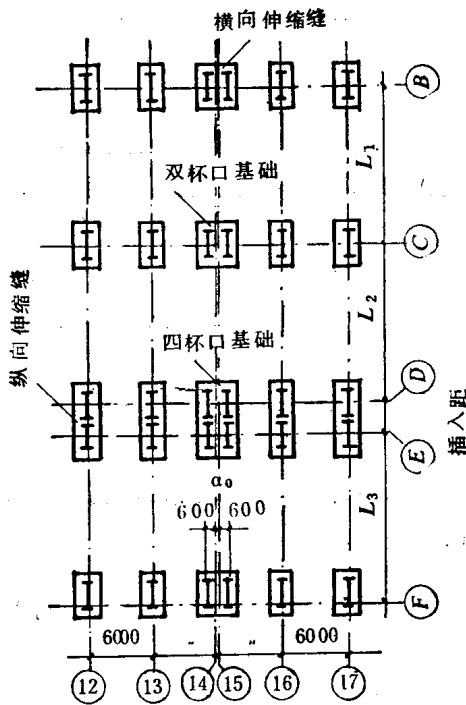
图1-4 荷载传递路线图

9m柱距,

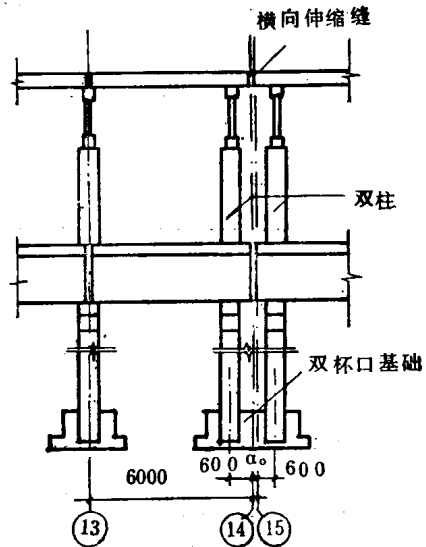
确定了定位轴线亦就确定了柱网尺寸。这既是确定柱的位置,同时也是确定屋面板、屋架和吊车梁等构件的跨度并涉及到厂房结构构件的布置,柱网布置合理与否,直接影响厂房结构的经济合理性和先进性,对生产使用也有密切关系。

柱网布置的原则一般应为: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《厂房建筑统一化基本规则》的有关规定;适应生产发展和技术革新的要求。

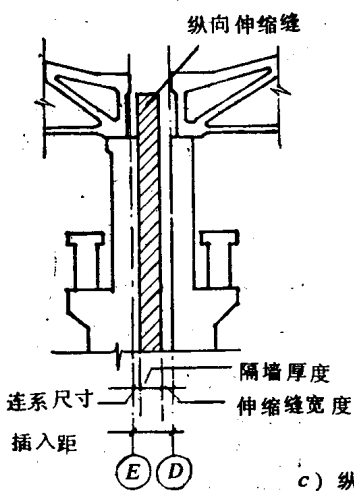
1-3-2 变形缝



a) 纵横向伸缩缝平面



b) 横向双柱伸缩缝



c) 纵向双柱伸缩缝

图1-6 厂房伸缩缝

变形缝包括伸缩缝、沉降缝和防震缝三种。如果厂房的长度或宽度过大,在气温变化时,由于埋在地下部分和暴露在大气中部分所受到的温度变化不同,伸缩程度也不一致,因而在结构内部(指柱、墙、吊车梁、连系梁内部)产生温度应力,严重时可使墙面、屋面等构件拉裂、影响厂房的正常使用。温度应力的大小与厂房长度(或宽度)成正比。目前采用沿厂房的纵向和横向在一定长度内设置伸缩缝的办法,将厂房结构分成若干个温度区段来减少温度应力,保证厂房正常使用。伸缩缝的做法是从基础顶面开始,将两个温度区段的上部结构完全分开,留出一定宽度的缝隙,使得温度变化时,结构可自由地胀缩,从而减小温度应力。

温度区段的长度取决于厂房结构类型和温度变化情况,《混凝土结构设计规范》规定:装配式单层厂房结构(指排架结构)伸缩缝最大间距,室内或土中时为100m,露天时为70m。

厂房横向伸缩缝一般采用双柱处理,如图1-6a所示,将两边柱子和屋架的中心线都自定位轴线向两边移600mm,纵向伸缩缝一般采用单柱处理,如图1-6b所示,将伸缩缝一侧的屋架搁置在活动支座上,也可采用双柱处理,如图1-6c所示,此时应设置两条纵向定位轴线,并加设插入距。

沉降缝用于相邻厂房高差很大,两跨间吊车起重重量相差悬殊,地基土压缩性有显著差异、厂房结构类型有明显差别处。沉降缝是将两侧厂房结构全部分开(包括基础),并可兼作伸缩缝。

防震缝是减轻厂房震害的措施之一,当厂房平、立面布置复杂或结构高度或刚度相差很大时应设置防震缝。地震区的厂房,其伸缩缝和沉降缝均应符合防震缝的要求。防震缝的宽度按房屋高度和设防烈度不同,取不小于5~9cm(平行排架方向及厂房与披屋间设缝时)和10~15cm(在厂房的纵横跨交接处设缝时)。

1-3-3 厂房剖面尺寸

厂房高度取决于生产工艺要求,同时也应符合建筑模数制的规定。

有吊车和无吊车的厂房自室内地面(其标高为±0.000)至屋架下弦底面(或柱顶)的高度应为300mm的倍数,见图1-7a、b。有吊车厂房室内地面至支承吊车梁的柱牛腿面的高度应为300mm的倍数。自室内地面至吊车轨顶标志高度应为600mm的倍数,见图1-7b。

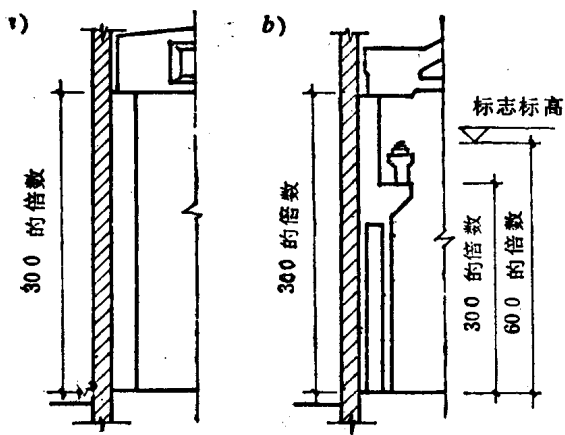


图1-7 厂房高度图

考虑到屋架挠度和地基不均匀沉降等不利因素,柱顶与吊车外轮廓线最高点之间的净空尺寸C值一般应不小于220mm,吊车桥架外缘与上柱内缘之间应有一定的净空尺寸。当吊车起重重量 $\leq 50t$ 时,净空尺寸B应不小于80mm;当吊车起重重量 $\geq 75t$ 时,应不小于100mm。当厂房建于湿陷性黄土地区或软弱地基上时,需考虑大面积地面荷载的影响时,上述C和B值均应分别增大。

在设有桥式、梁式吊车的厂房中，吊车轨道中心线至边柱或中柱纵向定位轴线的距离 λ 一般为750mm，当构造需要或吊车起重重量 $\geq 75t$ 时， λ 值宜为1000mm。见图1-8。

图1-8还表示了厂房剖面各主要尺寸之间的关系。图中 L 和 L_k 分别为厂房和吊车桥的跨度； H 为基础顶面至柱顶的高度； H_u 和 H_d 分别为上柱和下柱的高度。

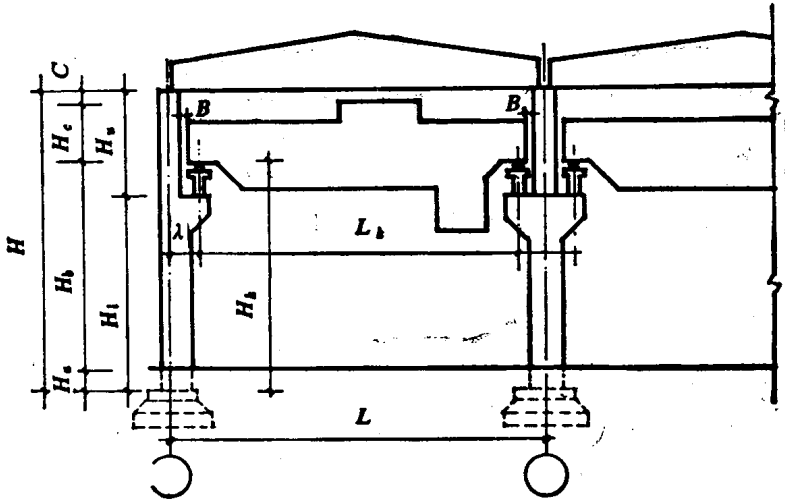


图1-8 厂房剖面尺寸图

1-3-4 天窗设置

天窗是因厂房通风和采光需要而设置的。纵向天窗是将屋盖上的部分屋面板用横向天窗架抬高，两侧安装垂直于跨度方向的纵向通长窗扇而形成。横向天窗架是天窗的承重结构。围护结构为两侧的天窗侧板和端部的天窗端壁板，见图1-9。纵向天窗的优点是能满足各类厂房通风和采光要求；缺点是构件种类多，自重大，地震作用大，对抗震不利，造价较高。

横向天窗沿厂房跨度方向设置，可将屋面大梁高低错落设置形成，亦可利用屋架高度间的空间形成。其优点是采光均匀，通风良好，抗震性能较好，缺点是构造复杂。

井式天窗是利用屋架高度间的空间，在厂房局部地区设置天窗。见图1-10。这类天窗布置灵活，有较好的采光和通风效果，但它的高度受屋架高度限制，构造比较复杂。

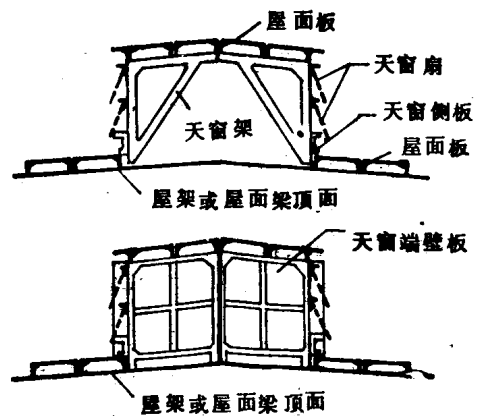


图1-9 天窗构造图

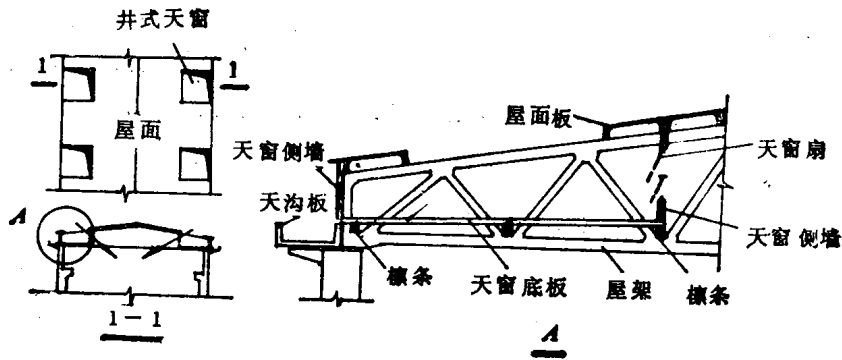


图1-10 井式天窗构造图

1-4 支撑布置

1-4-1 支撑作用

厂房支撑是厂房整体刚性的重要组成部分，在抗震设计中尤为重要，支撑布置不当，不仅会影响厂房的正常使用，甚至可能引起主要承重结构的破坏。

支撑的作用主要是：

1. 保证厂房结构的纵向和横向水平刚度；
2. 在施工和使用阶段，保证结构构件的稳定性；
3. 将水平荷载（如风荷载、纵向吊车制动力、纵向地震作用等）传给主要承重结构和基础。

单层厂房的支撑包括房盖支撑和柱间支撑两部分。

1-4-2 屋盖支撑

屋盖支撑包括上、下弦横向水平支撑、下弦纵向水平支撑、垂直支撑和系杆。

1. 横向水平支撑

横向水平支撑布置在温度区段的两端，加强屋盖的刚性，将山墙抗风柱所承受的纵向水平力传到两侧柱列。

凡屋面为有檩体系或屋面虽为无檩体系，但屋面板与屋架连接点的焊接质量不能保证，且山墙抗风柱的风力传至屋架上弦时应设置上弦横向水平支撑。当天窗通过伸缩缝时，应在伸缩缝处天窗缺口下设置上弦横向水平支撑。当屋架下弦设有悬挂吊车或抗风柱风力传至屋架下弦时应设置下弦横向水平支撑。见图1-11。

2. 纵向水平支撑

纵向水平支撑的设置应根据厂房跨度、跨数和高度、屋盖承重结构方案、吊车吨位及工作制等因素而定，布置在下弦平面端节点中。当厂房有托架时必须设置下弦纵向水平支撑见图1-12a。当局部柱间设有托架时，则必须在设有托架的柱间和两端相邻的一个柱间设置下

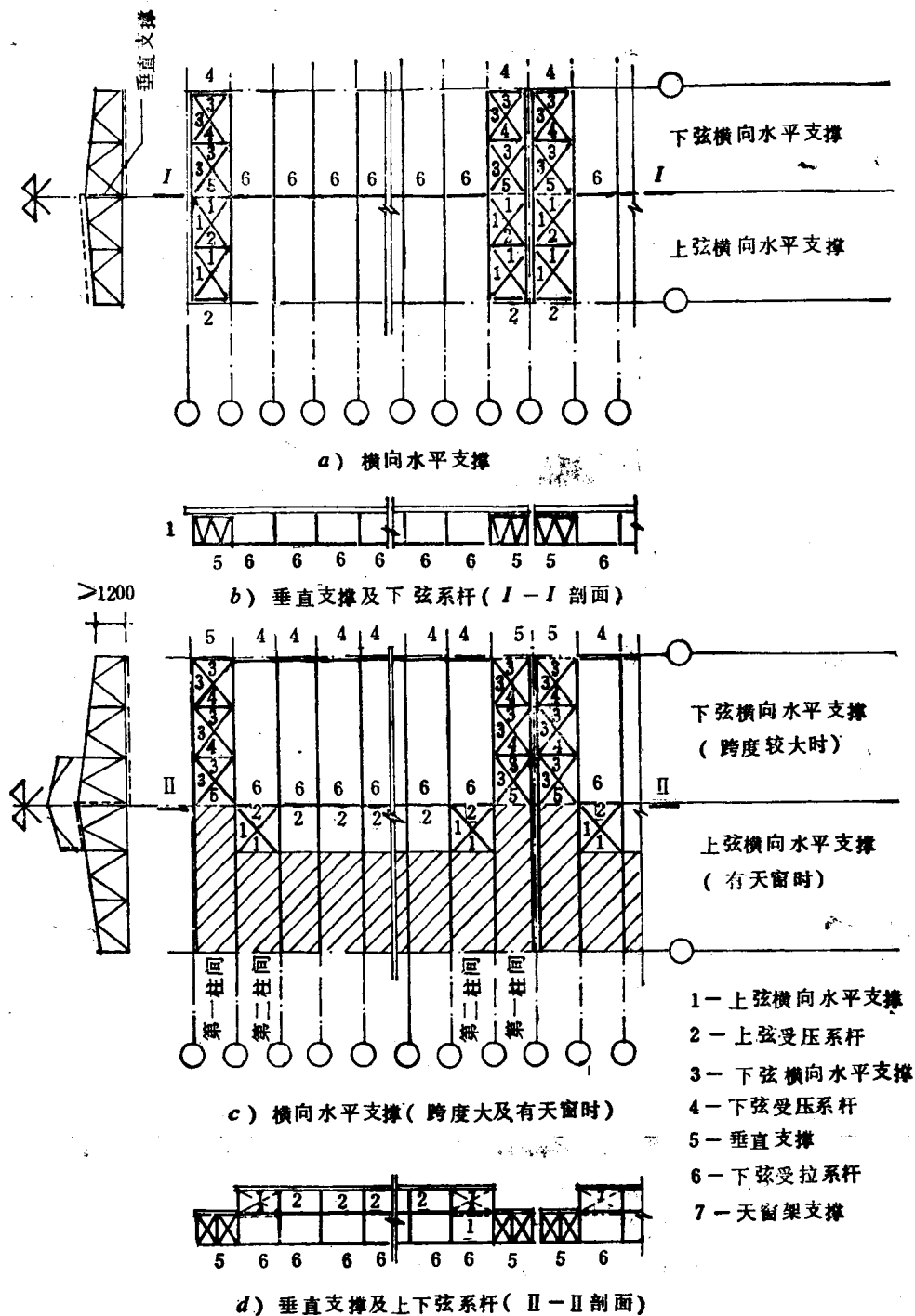


图1-11 横向水平支撑布置图

弦纵向水平支撑，见图1-12b。

当厂房已设有下弦横向水平支撑时，则纵向水平支撑应尽可能与横向水平支撑形成封闭的支撑体系。见图1-12c。

3. 垂直支撑和系杆

当屋架跨度 $\leq 18\text{m}$ ，且无天窗时，一般可不设垂直支撑和系杆，当屋架端部高度 $> 1.2\text{m}$ 时应在第一或第二柱间屋架两端设置垂直支撑，并下弦设置通长水平系杆。

地震设防区厂房屋盖支撑布置要求见第四章。

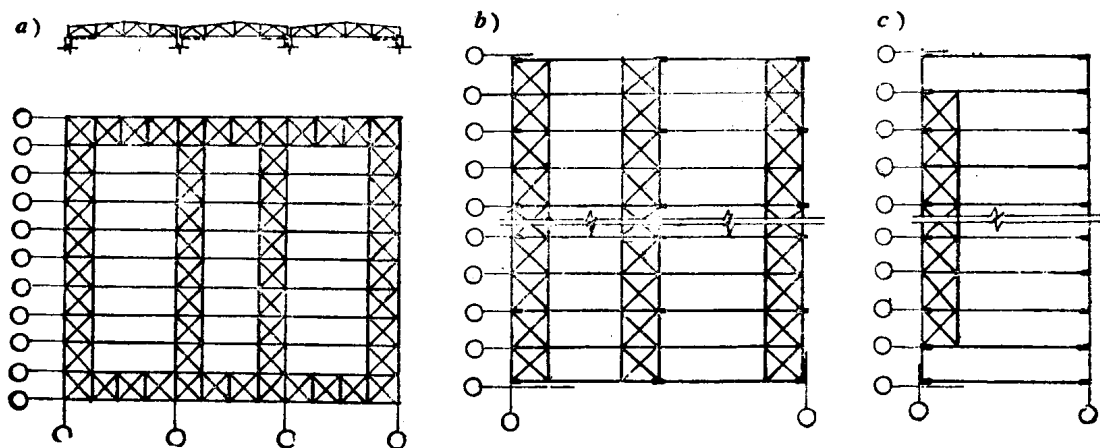


图1-12 纵向水平支撑布置图

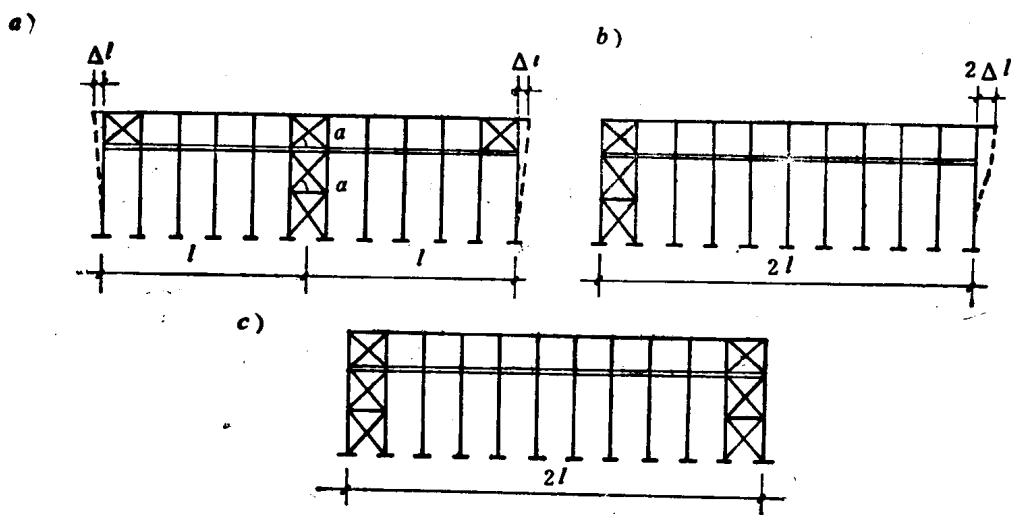


图1-13 柱间支撑布置图

1-4-3 柱间支撑

当单层厂房属下列情况之一时，应设置柱间支撑，把各种纵向水平力（纵向风力、纵向吊车制动力、纵向地震作用）有效地传给基础。

1. 设有重级工作制吊车或中、轻级工作制吊车起重量 $\geq 10t$ 时；
2. 厂房跨度 $\geq 18m$ 或柱高 $\geq 8m$ 时；
3. 纵向柱的总数每排 < 7 根；
4. 设有 $3t$ 及 $3t$ 以上悬挂吊车时；
5. 露天吊车柱列。

柱间支撑分上部和下部，上柱柱间支撑位于吊车梁上部，设置在温度区段两侧与屋盖横向水平支撑相对应的柱间，以及温度区段中央的柱间。下柱柱间支撑位于吊车梁下部，设置在温度区段中部与上柱柱间支撑相应位置。见图1-13。

柱间支撑宜用交叉形式，交叉倾角通常在 $35^\circ \sim 55^\circ$ 之间。当柱间支撑因交通、设备布置或柱间距较大而不宜采用交叉式支撑时，可采用门架式支撑，如图1-4所示。

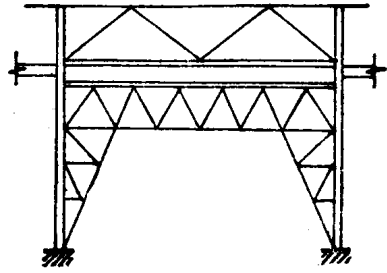


图1-14 门架式支撑图

1-5 围护结构布置

1-5-1 抗风柱

厂房山墙受风面积较大，一般需设置抗风柱将山墙分成几个区段，使墙面所受到的风荷，一部分（靠近纵向柱列区段）直接传给纵向柱列，另一部分则经抗风柱下端传给基础，上端通过屋盖系统传给纵向柱列。

当厂房高度和跨度均不大（如柱顶在 $8m$ 以下，跨度为 $9 \sim 12m$ ）时，可在山墙设置砖壁柱作为抗风柱；当高度和跨度较大时，一般都设置钢筋混凝土抗风柱。在很高的厂房中，为使抗风柱的截面尺寸过大，可加设水平抗风梁或钢抗风桁架，作为抗风柱的中间铰支座。

抗风柱一般与基础刚结，与屋架上弦铰结，也可根据具体情况与屋架上、下弦同时铰结。抗风柱与屋架连接应满足两个要求：一是在水平方向必须与屋架有可靠的连接以保证有效地传递风荷；二是在竖向应允许两者之间有一定相对位移的可能性，以防厂房与抗风柱沉降不均匀时产生不利影响。所以抗风柱与屋架连接一般采用竖向可以移动，水平方向又有较大刚度的弹簧板连接，见图1-15a。如厂房沉降较大时，则宜采用螺栓连接，见图1-15b。

1-5-2 圈梁、连系梁、过梁和基础梁

当用砖墙作为围护墙体时，一般要设置圈梁、连系梁、过梁和基础梁。

设置圈梁的目的是将墙体和柱、抗风柱等箍在一起，增加厂房的整体刚性，防止由于地基发生过大的不均匀沉降或较大振动荷载引起的不利影响。圈梁埋在墙体内，和柱子拉结，在平面上尽可能沿整个厂房交圈，

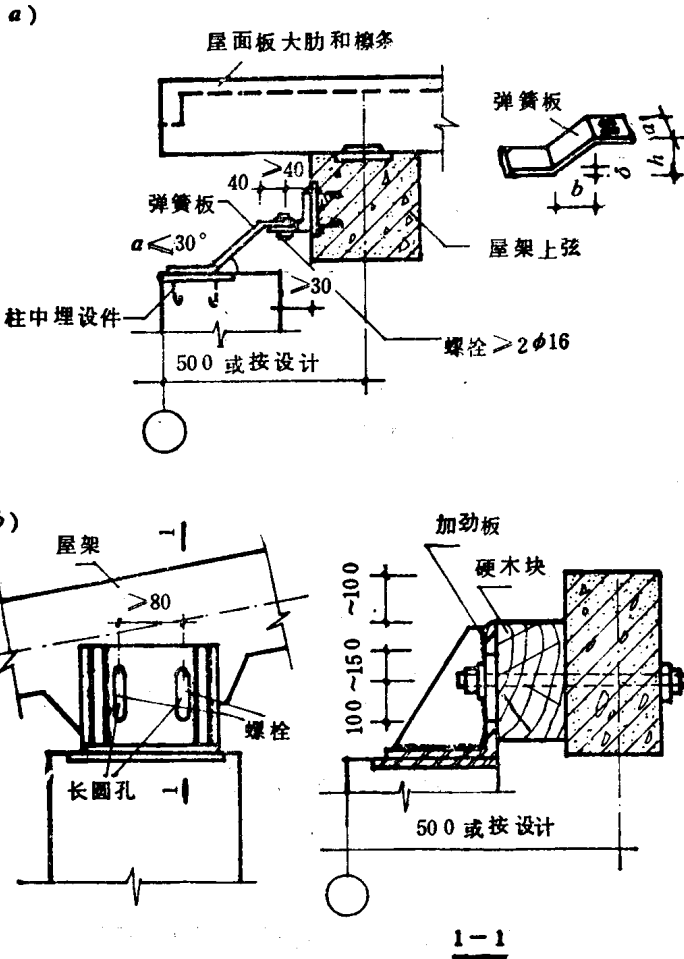


图1-15 抗风柱与屋架连接图

圈梁的布置与墙体高度对厂房刚度的要求以及地基情况有关，对无桥式吊车的厂房，檐高不足8m时，应在檐口附近设置一道圈梁；当檐高大于8m时，宜在墙体适当部位增设一道圈梁。对有桥式吊车的厂房，除檐口附近或窗顶处设置一道圈梁外，尚应在吊车梁标高处或墙体适当部位增设一道圈梁；当外墙高度在15m以上时还应根据墙体高度适当增设。对于有振动设备的厂房，除满足上述要求外，每隔4m应设一道圈梁。

圈梁应尽可能连续设置在墙体的同一平面内，除伸缩缝处不得不切断外，其余部分应沿整个厂房形成封闭状，当圈梁被门窗洞口切断时，应在洞口上部设置一道附加圈

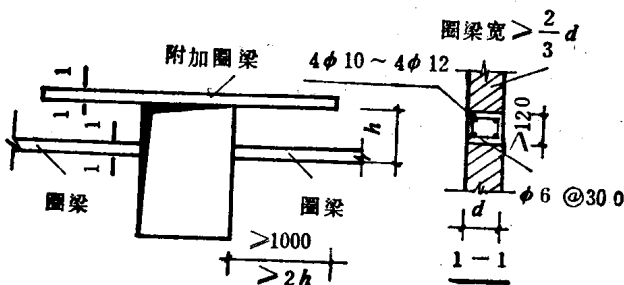


图1-16 圈梁搭接图