

工程结构

下 册

于英乐 主编 申建红 牛腾飞 副主编



化学工业出版社

工 程 结 构

下 册

于英乐 主编
申建红 牛腾飞 副主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

工程结构. 下册/于英乐主编. —北京: 化学工业出版社, 2006. 3

ISBN 7-5025-8364-5

I. 工… II. 于… III. 工程结构 IV. TU3

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 018090 号

工程结构

下册

于英乐 主编

申建红 牛腾飞 副主编

责任编辑: 董琳 邹宁

责任校对: 战河红

封面设计: 胡艳玮

*

化学工业出版社出版发行

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

购书咨询: (010)64982530

(010)64918013

购书传真: (010)64982630

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

*

新华书店北京发行所经销

北京永鑫印刷有限责任公司印刷

三河市延风装订厂装订

开本 787mm×1092mm 1/16 印张 21¼ 字数 565 千字

2006 年 6 月第 1 版 2006 年 6 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-8364-5

定 价: 39.50 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

前 言

工程管理专业是教育部 1998 年颁布的《普通高等学校本科专业目录》中设置的一个新专业。该专业整合了原专业目录中的建筑管理工程、国际工程管理、房地产经营管理（部分）等专业，具有较强的综合性和较大的专业覆盖范围。如何办好这一新专业，从而适应土木工程专业教育的发展和变化，有效地为国家、社会培养工程建设事业和房地产事业建设与发展所需的高级专业管理人才，是摆在国内设置了该专业的高等学校面前的一个重大课题。

《工程结构》课程是工程管理专业技术平台课程中的一门主干课程，其目的是通过本课程的教学使学生掌握工程结构的基本理论和实用设计方法，具备根据建筑（土木）工程项目的特点、性质、功能和业主要求正确、合理地进行工程结构设计尤其是施工管理的基本能力。根据教育部提出的“宽口径、厚基础”的高等教育办学思想，本教材广泛、充分地借鉴国内相关高校和专家的先进的科学技术成果，在此基础上还参照了工程管理专业指导委员会编制的全国高等学校工程管理专业本科教育培养目标和培养方案及主干课程教学基本要求。本教材综合了《混凝土结构设计原理》、《混凝土结构设计》、《砌体结构》、《道路工程》、《桥梁工程》、《特种结构》等课程的教材，既满足了该专业覆盖范围宽的要求，又解决了学时少的矛盾。

本教材共 15 章，分为上、下两册。上册注重基础知识，下册注重实际操作，主要内容包括混凝土结构及其材料的力学性能、混凝土结构基本设计原则、钢筋混凝土受弯构件截面承载力计算、钢筋混凝土轴向受力构件、受扭构件承载力计算、钢筋混凝土结构的适用性和耐久性、预应力混凝土构件、单层厂房、框架结构、砌体结构、道路工程、桥梁工程、特种结构等。本教材在编写时，注意以教学为主，以实际应用为重，在讲述基本原理和概念的基础上，结合规范和工程实际，注意与其他课程和教材的衔接与综合应用，体现了工程管理专业特点，突出了构造要求的阐述。全书章节中包括了典型的例题，而且各章附有提要、思考题、习题，方便学习使用。

本教材的编写人员都是具有丰富的教学经验的一线教师，上册主编夏宪成，副主编周盛世、胡龙伟；下册主编于英乐，副主编申建红、牛腾飞。书中的第 1、6、9 章由夏宪成编写，第 2、4、5 章由周盛世编写，第 3、7、8 章由胡龙伟编写，第 10、12 章由申建红编写，第 13、14、15 章由于英乐编写，第 11 章由牛腾飞编写。全书由青岛理工大学邵军义教授担任主审。

由于编者水平有限，书中不免有疏漏以及不足之处，欢迎读者批评指正。

编 者
2006 年 2 月

目 录

第 10 章 单层厂房结构	1	11.7.2 控制截面及最不利内力	55
10.1 概述	1	11.7.3 不利荷载布置及内力塑性调幅	55
10.1.1 单层厂房的特点	1	第 12 章 砌体结构	58
10.1.2 单层厂房的结构体系	1	12.1 概述	58
10.2 单层厂房的结构组成与结构布置	4	12.1.1 砌体结构的特点	58
10.2.1 结构组成及其主要构件	4	12.1.2 砌体结构的应用范围	58
10.2.2 平剖面结构布置及变形缝设置	13	12.2 砌体材料及其力学性能	59
10.3 排架内力分析	16	12.2.1 砌体材料	59
10.3.1 计算简图	17	12.2.2 砌体的种类	62
10.3.2 荷载计算	17	12.2.3 砌体的力学性能	64
10.3.3 排架内力分析	22	12.2.4 砌体的变形	68
10.3.4 排架内力组合	26	12.3 砌体结构设计方法及强度指标	69
10.4 钢筋混凝土柱设计	27	12.3.1 极限状态设计方法	69
10.4.1 柱的计算长度	28	12.3.2 砌体的强度标准值和设计值	71
10.4.2 吊装、运输阶段的承载力和裂缝 宽度验算	28	12.4 无筋砌体构件承载力计算	74
10.4.3 牛腿设计	29	12.4.1 受压短柱的承载力分析	74
10.5 钢筋混凝土柱下独立基础设计	32	12.4.2 砌体局部受压计算	77
10.5.1 独立基础底面积的确定	32	12.5 配筋砖砌体构件承载力及构造措施	80
10.5.2 偏心受压独立基础高度验算	33	12.5.1 网状配筋砖砌体受压构件	80
10.5.3 偏心受压基础配筋计算	35	12.5.2 组合砖砌体构件	81
10.5.4 偏心受压基础的其他构造要求	36	12.5.3 砖砌体和钢筋混凝土构造柱 组合墙	83
第 11 章 框架结构	38	12.5.4 配筋砌块砌体构件	84
11.1 概述	38	12.6 混合结构房屋墙、柱设计	84
11.2 结构布置、梁柱尺寸及计算简图	39	12.6.1 概述	84
11.2.1 框架结构布置	39	12.6.2 混合结构房屋的结构布置方案	84
11.2.2 梁、柱截面尺寸	40	12.6.3 房屋的静力计算方案	86
11.2.3 框架计算简图	41	12.6.4 砌体房屋墙、柱设计计算	89
11.3 在竖向荷载作用下框架内力的近似 计算——分层计算法	41	12.7 混合结构房屋其他构件及墙体构造 措施	94
11.4 水平荷载作用下框架柱剪力的近似 计算	45	12.7.1 圈梁	94
11.4.1 反弯点法	45	12.7.2 过梁	94
11.4.2 D 值法	46	12.7.3 墙梁	96
11.5 框架内力计算	51	12.7.4 混合结构房屋的构造措施	97
11.6 水平荷载作用下框架侧移近似计算	52	第 13 章 道路工程	105
11.6.1 梁、柱弯曲变形引起的侧移	52	13.1 概论	105
11.6.2 柱轴向变形引起侧移	52	13.1.1 道路的特点及功能	105
11.6.3 框架侧移	54	13.1.2 道路分类、等级和标准	106
11.7 荷载效应组合	54	13.1.3 道路基本组成	109
11.7.1 荷载效应组合公式	54	13.2 路基工程	109
		13.2.1 概述	109

13.2.2 一般路基设计	112	14.5.3 拱桥设计	245
13.2.3 路基稳定性分析	118	14.6 拱桥的计算	253
13.3 路面工程	123	14.6.1 悬链线拱的几何性质及弹性 中心	253
13.3.1 概述	123	14.6.2 恒载作用下拱的内力计算	257
13.3.2 沥青路面设计与施工	126	14.6.3 活载作用下拱的内力计算	259
13.3.3 水泥混凝土路面设计与施工	142	14.6.4 裸拱内力计算	263
第 14 章 桥梁工程	156	14.6.5 温度变化、混凝土收缩的内力 计算	264
14.1 概论	156	14.6.6 拱圈强度及稳定性验算	265
14.1.1 桥梁基本组成与分类	156	第 15 章 特种结构	269
14.1.2 桥梁的总体规划与设计原则	162	15.1 贮液池	269
14.1.3 桥梁断面设计、平面布置及 设计方案比较	164	15.1.1 概述	269
14.1.4 桥梁的设计荷载	167	15.1.2 贮液池的设计与构造	270
14.2 桥面构造	173	15.1.3 贮液池的荷载及荷载组合	275
14.2.1 桥面组成与布置	173	15.1.4 贮液池计算	278
14.2.2 桥面铺装	175	15.2 水塔	283
14.2.3 桥面排水设施	177	15.2.1 概述	283
14.2.4 桥面伸缩缝	179	15.2.2 水箱	284
14.2.5 人行道、栏杆、护栏与照明 设施	182	15.2.3 塔身	289
14.3 梁式桥的构造与设计	184	15.2.4 水塔基础	294
14.3.1 梁式桥梁的组成及类型	184	15.3 筒仓	295
14.3.2 简支板桥	188	15.3.1 概述	295
14.3.3 简支梁桥	191	15.3.2 筒仓的布置与构造	296
14.3.4 悬臂梁桥	196	15.3.3 筒仓计算	299
14.3.5 连续梁桥（简介）	201	15.3.4 筒仓的构造要求	308
14.4 梁式桥的计算	203	15.4 烟囱	310
14.4.1 概述	203	15.4.1 概述	310
14.4.2 行车道板的计算	203	15.4.2 烟囱的构造	311
14.4.3 荷载横向分布计算	212	15.4.3 烟囱的计算	313
14.4.4 主梁内力计算	228	15.4.4 烟囱的抗震设计	327
14.5 拱桥构造与设计	230	附录	330
14.5.1 概述	230	参考文献	332
14.5.2 拱桥的构造	234		

第 10 章 单层厂房结构

本章提要 本章讨论单层装配式钢筋混凝土厂房的结构设计。为掌握钢筋混凝土单层厂房整体结构布置与设计计算,对厂房的结构组成、构件选型、排架内力分析与组合及主要构件设计等作了介绍。其重点内容:单层厂房结构的选型与布置;钢筋混凝土排架结构的荷载计算、内力分析与组合;钢筋混凝土排架柱及柱下单独基础的设计。难点为:排架柱的内力组合;柱下单独基础抗冲切验算。

10.1 概述

10.1.1 单层厂房的特点

单层厂房结构(简称单厂结构)是服务于工业生产的、单层的空间结构骨架。这种骨架是根据工业生产的空间需求设计的,它能抵御工业生产中遇到的各种作用,能满足工业产品的生产工艺、工业厂房的安全耐用和建筑环境的协调优美等多方面的需要,为工业生产服务。这就需要在设计过程中,按照生产使用要求,认真研究和分析单层厂房的特点,力求做到技术先进、经济合理、安全可靠、施工方便。工业厂房按层数分类,可分为单层厂房(多用于机械、冶金等工业)、多层厂房(多用于食品、电子、精密机器制造等工业)和混合层数的厂房(多用于化学工业、热电站)三类。因为机械制造类、冶金类厂房(如炼钢、轧钢、铸工、锻压、金工装配等车间)设有重型设备,生产的产品重、体积大,既不利于上下搬动,又增加楼面荷载,因而大多采用单层厂房,以便将这些大型设备安装在地面,方便产品加工与运输。本章只讨论单层厂房的结构设计。

一般说来,单层厂房具有以下结构特点。

① 单层厂房结构的跨度大、高度大,承受的荷载大,因而构件的内力大,截面尺寸大,用料多。

② 单层厂房常承受动力荷载(如吊车荷载、动力机械设备荷载等),因此在进行结构设计时须考虑动力荷载的影响。

③ 单层厂房是空旷型结构,室内几乎无隔墙,仅在四周设置柱和墙。柱是承受屋盖荷载、墙体荷载、吊车荷载以及地震作用的主要构件。

④ 单层厂房的基础受力大,因此对工程地质勘察需提出较高的要求,并作深入的分析,以确定地基承载力和基础埋置深度、形式与尺寸。

10.1.2 单层厂房的结构体系

单层厂房结构体系分为“板、架(梁)、柱”组成的结构体系、门式刚架结构体系、V形折板结构体系、T形板结构体系、落地拱结构体系、壳体结构体系等。

(1) 传统的“板-架(梁)-柱”结构体系 传统的“板-架-柱”结构体系,由四种结构组成:

- ① 由“屋面板-屋架(或屋面梁,后同)”或“屋面板-檩条-屋架”组成的屋盖结构;
- ② 由“屋架-柱-基础”组成的排架结构;
- ③ 由屋盖支撑、柱间支撑组成的支撑结构;
- ④ 由纵墙、山墙组成的围护结构。

传统的“板-架(梁)-柱”结构体系按承重结构的材料可分为混合结构(砖柱、钢筋

混凝土屋架或木屋架或轻钢屋架)、混凝土结构(钢筋混凝土柱、钢屋架或预应力混凝土屋架)和全钢结构(钢屋架、钢柱)三类。排架结构是单厂结构的主要承重结构;支撑结构是保证厂房纵向刚度和传递厂房纵向作用的重要结构,也是屋盖结构和排架结构的组成部分。

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。根据厂房生产工艺和使用要求的不同,排架结构可做成等高[图 10-1 (a)],不等高[图 10-1 (b)]和锯齿形[图 10-1 (c)],通常用于单向采光的纺织厂]等多种形式。

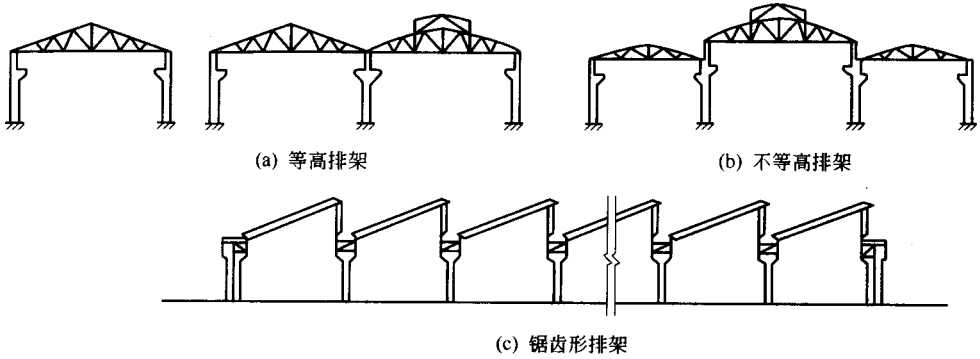


图 10-1 排架结构形式

传统“板-架-柱”体系在受力性能上,它是平面排架结构,在结构平面内的竖向力(主要为重力)和水平力(如风力、水平地震作用、吊车制动力)作用下,它具有良好的受力性能;在传力方式上,它是由屋面板、天窗架、屋架、吊车梁、墙、连系梁、柱、各种支撑、基础等多种构件组成的空间结构,各种荷载通过它们传至地基的传力途径明确(图 10-9);在建造方法上,除基础一般采用现浇混凝土构件外,其他几乎均为定型预制构件;而在结构和工艺上,将作为起重工具的桥式吊车与承重柱通过吊车梁紧密结合,节约了空间,也增加了承重结构的负担。

(2) 门式刚架结构体系 门式刚架是一种梁柱合一的钢筋混凝土构件,常用作中小型厂房的主体结构。按其横梁形式的不同,分为人字形门式刚架[图 10-2 (a)]和弧形门式刚架[图 10-2 (b)、(c)]两种;按其顶节点的连接方式不同,又分为三铰门式刚架[图 10-2 (a)]和两铰门式刚架[图 10-2 (b)]。

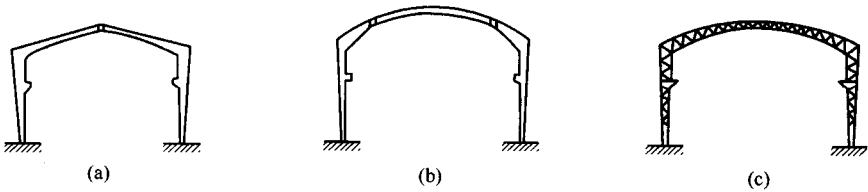


图 10-2 刚架结构形式

门式刚架的特点如下:

- ① 梁柱合一, 构件种类少, 制作较简单, 且结构轻巧;
- ② 门式刚架的横梁是人字形或弧形的, 内部空间较大;
- ③ 梁柱节点附近内力很大, 刚架常做成变截面;
- ④ 横梁在荷载作用下产生水平推力, 使柱顶的跨度有所变化, 梁柱转角处易产生早期裂缝, 因此, 当跨度较大时会影响柱上吊车安全行驶, 因而它不宜用于吊车起重量超过 10t

的厂房。

(3) V形折板结构体系 [图 10-3 (a)] V形折板是一种用于屋盖的板架合一的空间结构,由折板、三角架和托梁组成。也可将折板直接搁在墙上。内力分析时按中间一折为计算单元,沿纵向视作V形截面梁,沿横向视作简支板进行计算。这种体系的特点是体型新颖、传力简捷、构件自重轻、用料省、类型少、施工快,但屋面采光、通风不易处理好,屋盖不能承受吨位较大的悬挂吊车,目前只适用于无吊车或小于3t吊车的中小型厂房。

(4) T形板结构体系 [图 10-3 (b)] T形板分为单T板和双T板,是又一种用于屋盖的板梁合一构件。按T形截面梁进行内力和配筋计算,在国内用于单厂结构屋盖已有成熟的实践经验。若将双T板竖向搁置兼作承重墙柱,就发展为全T形板结构;这种结构只适用于无吊车或小吨位吊车的厂房。尚在试用阶段。

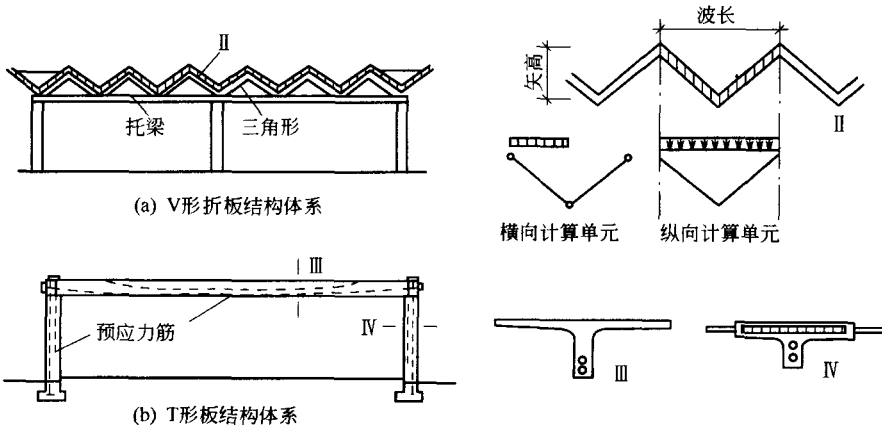


图 10-3 板的结构形式

(5) 落地拱结构体系 [图 10-4 (a)] 一些无吊车或使用将轨道铺设在地面的龙门吊车

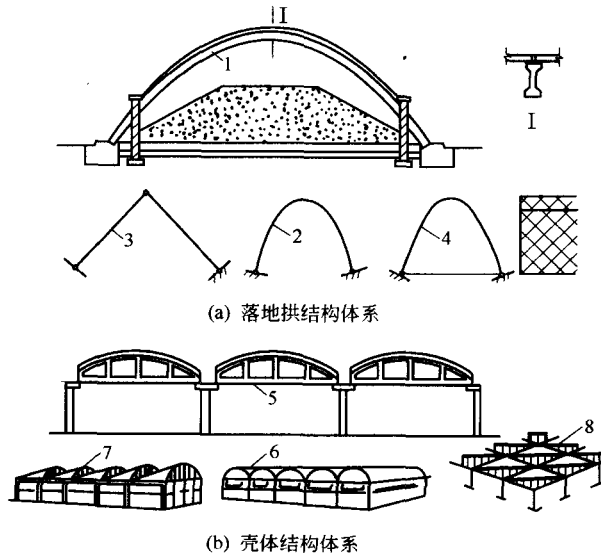


图 10-4 拱的结构形式

1—两铰有拉杆抛物线落地拱; 2—两铰无拉杆抛物线落地拱; 3—三角形落地拱;
4—网格落地拱; 5—椭圆抛物面壳体; 6—圆柱形长筒壳体; 7—劈锥壳体; 8—扭壳

的单厂结构，可采用各种形式的落地拱。如若将双 T 板一端支承于基础、另一端互相搭接，就成为三角形落地拱，按三铰斜直线拱进行设计计算；若采用装配或现浇拱肋，上面搁置各种混凝土板，可做成各种抛物线落地拱；若采用网格杆件作为拱面，可做成各种网格落地拱。拱结构的特点是必须处理好拱脚推力的支承问题，其做法是可在基础中设置拉杆，可将基础底面斜置以抵抗斜向推力也可做成斜桩基础。

(6) 壳体结构体系 [图 10-4 (b)] 空间薄壳结构具有很大的空间刚度，用料很省，还可使厂房屋盖有较大的覆盖面积。国内外采用壳体结构作为屋盖的单层厂房已屡见不鲜，如圆柱形长筒壳体、劈锥壳体、椭圆抛物面壳体、扭壳等。但由于壳体外形各异，制造时需用较多的模板，限制了它的推广。

本章主要讲述“板-架(梁)-柱”结构体系的设计问题。

10.2 单层厂房的结构组成与结构布置

单层工业厂房结构的布置包括结构组成部分布置及主要构件选型；平剖面布置和变形缝设置。

10.2.1 结构组成及其主要构件

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(图 10-5)。根据组成构件的作用不同，可将单层厂房结构组成为屋盖结构、排架结构、支撑结构和围护结构四部分。

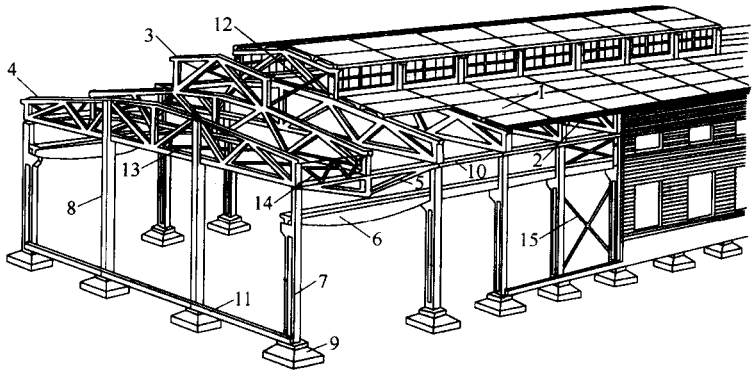


图 10-5 钢筋混凝土单层厂房的组成

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

将组成单层厂房结构的各种构件及其作用列于表 10-1 中，以便读者了解和掌握。

10.2.1.1 屋盖结构

单层厂房屋盖结构分无檩体系和有檩体系两种。当大型屋面板直接支承(焊牢)在屋架或屋面梁上的称为无檩体系，其刚度和整体性好，目前应用很广泛；当小型屋面板(或瓦材)支承在檩条上，檩条支承在屋架上(板与檩条、檩条与屋架均需有牢固的连接)，通常称为有檩体系。该体系由于采用了小型屋面板及檩条，所以构件重量轻，便于运输与安装。但因构件种类多，荷载传递路线长，故其刚度和整体性较差，其造价比无檩体系的大，所以它只有在运输、吊装等困难的情况下，或在轻型不保温的厂房中才被采用。

表 10-1 单层厂房结构构件及其作用

构件名称		构件作用	备注
屋盖结构	屋面板	承受屋面构造层重量、活荷载(如雪荷载、积灰或施工荷载),并将它们传给屋架(屋面梁),起覆盖、围护和传递荷载作用	支承在屋架(屋面梁)或檩条上
	天沟板	屋面排水并承受屋面积水及天沟板上构造层重量、施工荷载等,并将它们传给屋架	
	天窗架	形成天窗以便采光和通风,承受其上屋面板传来的荷载及天窗上的风荷载,并将它们传给屋架	
	托架	当柱间距比屋架间距大时,用以支承屋架,并将荷载传给柱	
	屋架(屋面梁)	与柱形成横向排架结构,承受屋盖上的全部荷载,并将它们传给柱	
	檩条	支承小型屋面板(或瓦材),承受屋面板传来的荷载,并将它们传给屋架	有檩体系屋盖中采用
柱	排架柱	承受屋盖结构、吊车梁、外墙、柱间支撑等传来的竖向和水平荷载,并将它们传给基础	既是横向平面排架中的构件,又是纵向平面排架中的构件
	抗风柱	承受山墙传来的风荷载,并将它们传给屋盖结构和基础	也是围护结构的一部分
支撑体系	屋盖支撑	加强屋盖空间刚度,保证屋架的稳定,将风荷载传给排架结构	
	柱间支撑	加强厂房的纵向刚度和稳定性,承受并传递纵向水平荷载至排架柱或基础	
围护结构	外纵墙山墙	厂房的围护构件,承受风荷载及自重	
	连系梁	连系纵向柱列,以增强厂房的纵向刚度并传递风荷载至纵向柱列,同时还承受其上部墙体的重量	
	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	承受围护墙体的重量,并将它们传给基础	
吊车梁		承受吊车竖向和横向或纵向水平荷载,并将它们分别传给横向或纵向排架	简支在柱牛腿上
基础		承受柱、基础梁传来的全部荷载,并将它们传给地基	

(1) 屋面板 目前,单层厂房屋面板主要有以下几种(图 10-6):预应力混凝土大型屋面板、预应力混凝土“F”形屋面板、预应力混凝土单肋板和预应力混凝土夹心保温屋面板,其中应用较多的是预应力混凝土屋面板(或称为预应力混凝土大型屋面板),其外形尺寸常用的是 $1.5\text{m}\times 6\text{m}$ 的双肋槽形板,每肋两端底部设有预埋钢板与屋架上弦预埋钢板现场三点焊接。其形式见国家标准图集 92G410(四)。

预应力混凝土屋面板由面板、横肋和纵肋组成,主肋(纵肋)中配有预应力钢筋,是屋面板主要受力部分。横肋和端肋可增加板的刚度和减小板的弯矩,横肋的间距一般为 1.5m ,高度一般为 120mm 。

屋面板的混凝土强度等级常用 C30,屋面板的受力情况与现浇钢筋混凝土肋梁楼盖相似,横肋相当于次梁,纵肋相当于主梁。面板依肋间距的不同,可分为单向板和双向板两种。

用于有檩体系的屋面板有预应力混凝土槽瓦、波形大瓦等小型屋面板。

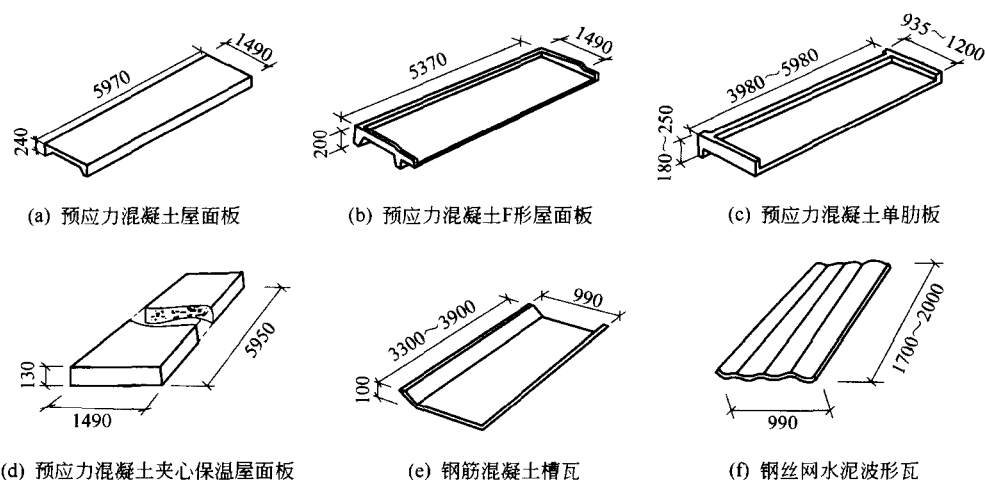


图 10-6 各种屋面板

(2) 屋架 屋架和屋面梁（下面统称屋架）是厂房屋盖的主要承重构件，它的主要作用是：

- ① 作为排架结构的水平横梁，传递水平方向的拉力或压力；
- ② 承受屋面板、檩条、天沟板、天窗架传来的荷载，并传给柱；
- ③ 承受悬挂吊车或悬挂工艺设备（如管道等）的重量；
- ④ 与屋盖支撑系统组成水平和竖向结构，以保证屋盖水平和垂直方向的刚度和稳定；
- ⑤ 与屋面板、柱均连接，形成空间整体结构，对于保证厂房空间刚度具有重要的作用。

常用屋架形式有钢筋混凝土或预应力两铰屋架、三铰屋架、折线形屋架、梯形屋架、组合屋架、空腹屋架（图 10-7）等。屋架形式的合理选择，不仅要考虑受力合理与否，而且还要综合考虑其他因素，如施工条件、材料供应、跨度大小等。

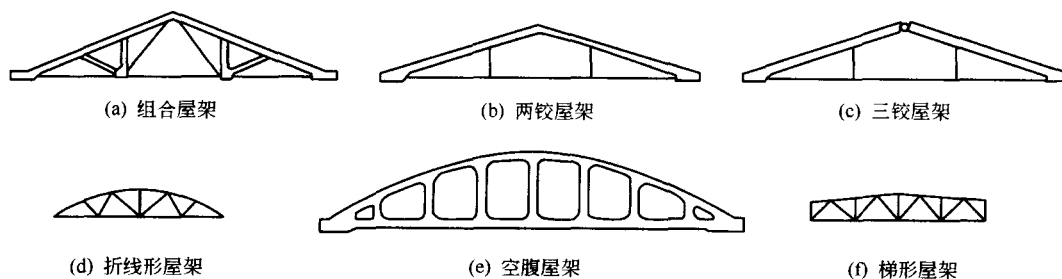


图 10-7 屋架形式

(3) 檩条 在有檩体系屋盖中，檩条搁在屋架或屋面梁上，支承小型屋面板并将屋面荷载传给屋架或屋面梁。它与屋架的连接应牢固，使其与支撑构件共同组成整体，以保证厂房的空间刚度，可靠地传递水平荷载。檩条的跨度一般为 4m 和 6m，应用较普遍的是钢筋混凝土和预应力混凝土“Γ”形檩条，也可采用上弦为钢筋混凝土、腹杆和下弦为钢材的组合式檩条以及轻钢檩条。

檩条支承于屋架上弦杆一般有正放和斜放两种。正放时，屋架上弦要做一个三角形支座，檩条其翼缘可做成倾斜的，其坡度与屋面坡度相同 [图 10-8 (a)]。对于斜放檩条，则往往在屋架上弦支座处的预埋件上事先焊以短钢板，防止倾翻 [图 10-8 (b)]。

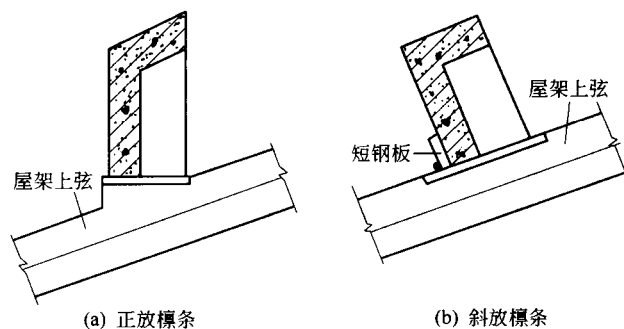


图 10-8 正放檩条与斜放檩条

10.2.1.2 排架结构

钢筋混凝土单层厂房结构是由各种承重构件相互连接起来的一个空间骨架。根据这个空间骨架的组成和承受荷载的方向，可分为横向平面排架和纵向平面排架两个部分。

横向平面排架是由屋架（屋面梁）、横向柱列和基础组成，是单层厂房的基本承重结构（图 10-9）。厂房结构荷载和横向水平荷载主要通过它传给地基。因此，在单层厂房的结构设计中，一定要进行横向平面排架计算。

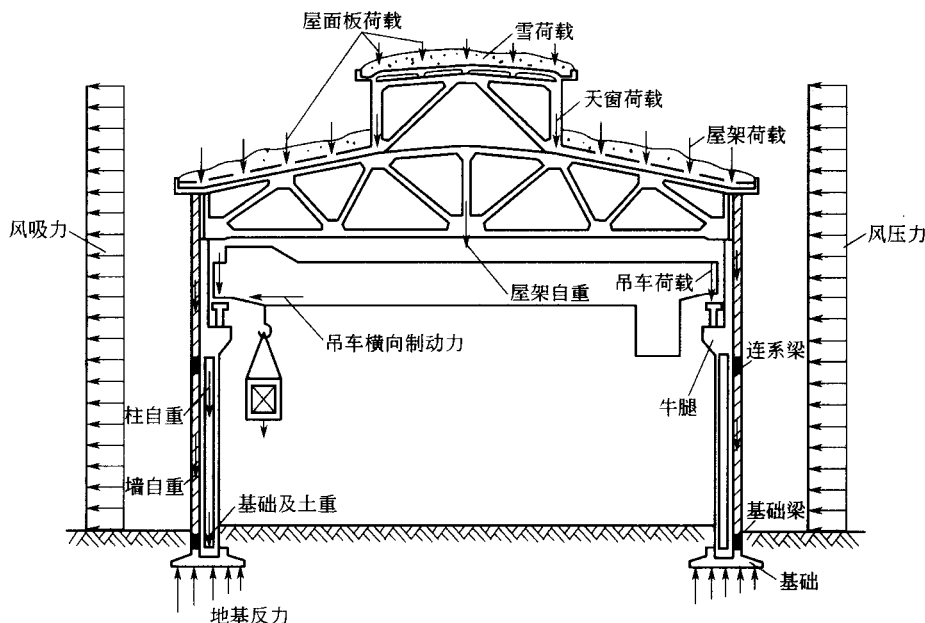


图 10-9 横向平面排架主要荷载示意图

纵向平面排架是由连系梁、吊车梁、纵向柱列（包括柱间支撑）和基础组成（图 10-10）。其作用主要是保证构的纵向稳定和刚度，承受作用在厂房结构上的纵向水平荷载，并将其传给地基，同时也承受因温度收缩变形而产生的内力。由于厂房纵向长度比宽度大得多，纵向柱列中柱子数量较多，并有吊车梁和连系梁等多道联系，又有柱间支撑的有效作用，因此，纵向排架中构件由纵向荷载产生的内力通常都不大。当结构设计不考虑地震作用时，一般可不进行纵向平面排架计算。纵向平面排架与横向平面排架间主要依靠屋盖结构和支撑体系相连接，以保证厂房结构的整体性和稳定性。

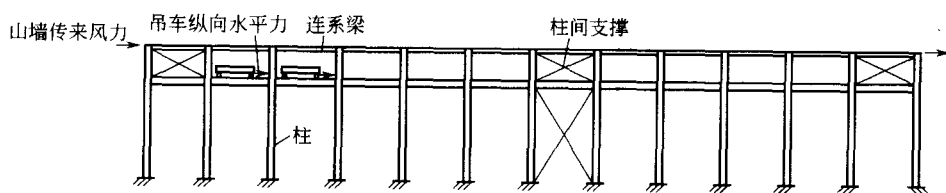


图 10-10 纵向平面排架主要荷载示意图

(1) 柱

① 柱的形式 单层厂房钢筋混凝土柱按其截面形式分为两大类：单肢柱（包括矩形、I形、环形截面）和双肢柱（包括平腹杆、斜腹杆、双肢管柱）。下面分别介绍各种截面柱的特点及适用范围。

a. 矩形截面柱 [图 10-11 (a)] 构造简单，施工方便，但重量大，用料多，经济指标较差。它主要适用于截面高度小于 600mm 的装配式偏心受压柱，以及牛腿以上的上柱。

b. I 形截面柱 [图 10-11 (b)] 与矩形截面柱相比，I 形截面柱在不改变柱承载力和刚度的情况下，可省去受力较小部分的腹板混凝土，材料利用合理，制作比较方便。因此，目前在单层厂房中应用比较广泛，常用于截面高度在 600~1400mm 范围。必须指出，I 形截面柱并非都是 I 形截面，排架柱的上柱及牛腿附近和柱底插入基础杯口高度内宜做成实腹矩形柱。

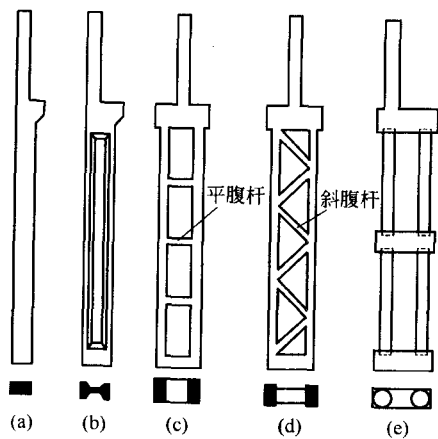


图 10-11 柱的形式

c. 双肢柱 双肢柱有平腹杆 [图 10-11 (c)] 和斜腹杆 [图 10-11 (d)] 两种，前者由两个肢柱和若干横向连杆所组成，构造比较简单，制作方便，在一般情况下受力比较合理，应用较为广泛，而且腹部整齐的矩形孔洞便于布置工艺管道，适用于吊车起重量较大的厂房。斜腹杆双肢柱呈桁架形式，杆件内力以轴力为主，弯矩较小，因而能节省材料，刚度比平腹杆的好。但斜腹杆双肢柱的节点多，构造复杂，施工较麻烦，它适用于吊车起重量大，且水平荷载较大的厂房。

d. 管柱 [图 10-11 (e)] 管柱有圆管和外方内圆管两种，可做成单肢、双肢或四肢柱。目前应用较多的是双肢管柱。管柱的优点是生产机械化程度高（管子采用高速离心法生产），混凝土强度高，自重轻，可减少施工现场工作量，节约模板和水泥。但管柱接头比较复杂，耗钢量也较多，并且受生产设备条件的限制。

② 柱的截面尺寸 为了满足使用要求，除了保证柱具有一定的承载力外，还必须保证有足够的刚度，以免造成厂房横向和纵向变形过大，发生吊车轮和轨道的过早磨损，影响吊车正常运行；或导致墙及屋盖发生裂缝，影响厂房的正常使用。

目前保证厂房刚度的办法主要不靠计算，而靠如下两种方法：一是在构造上采取措施，加强厂房的整体刚度；二是根据已建厂房实际经验和实测试验资料，来控制柱截面尺寸，一般可参考表 10-2。

(2) 基础 单层厂房结构的基础主要采用单独柱下现浇钢筋混凝土杯口基础，承受由排架平面内柱传来的作用力（轴向压力、弯矩和剪力）。有柱间支撑的基础尚需承受排架平面外由下柱柱间支撑传来的作用力。两者的最大值并不同时出现。伸缩缝两侧双柱下的基础，

表 10-2 6m 柱距单层厂房矩形、I 形截面柱截面尺寸限值

项 次	柱 的 类 型	截 面 尺 寸			
		宽度 b	高 度 h		
			$Q \leq 10t$	$10t < Q \leq 30t$	$30t \leq Q \leq 50t$
1	有吊车厂房下柱	$\geq \frac{H_l}{25}$	$\geq \frac{H_l}{14}$	$\geq \frac{H_l}{12}$	$\geq \frac{H_l}{10}$
2	露天吊车柱	$\geq \frac{H_l}{25}$	$\geq \frac{H_l}{10}$	$\geq \frac{H_l}{8}$	$\geq \frac{H_l}{7}$
3	单跨无吊车厂房	$\geq \frac{H}{30}$	$\geq \frac{1.5H}{25}$		
4	多跨无吊车厂房	$\geq \frac{H}{30}$	$\geq \frac{1.25H}{25}$		
5	山墙柱(仅承受风荷载自重)	$\geq \frac{H_b}{40}$	$\geq \frac{H_l}{25}$		
6	山墙柱(同时承受由连系梁传来的墙重)	$\geq \frac{H_b}{30}$	$\geq \frac{H_l}{25}$		

注：1. H_l 为下柱高度（算至基础顶面）。
2. H 为柱全高（算至基础顶面）。
3. H_b 为山墙抗风柱从基础顶面至柱平面外（柱宽方向）支撑点的高度。

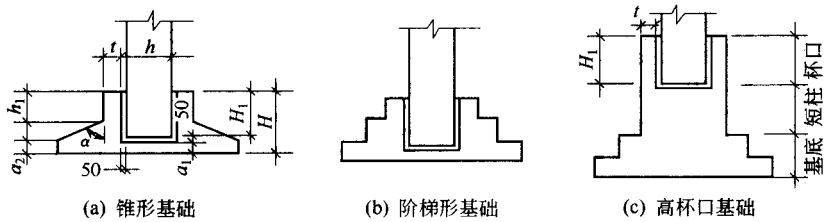


图 10-12 单独柱下杯口基础

则需要构造上做成双杯口基础。在柱基础由于地质条件或附近有深埋设备基础而需将基础底面下降的情况下，若基础顶面标高不变则需在构造上做成高杯口基础 [图 10-12 (c)]。一般边柱和山墙柱基础外侧还需贴柱边设置在杯口基础顶面上的基础梁，以承受围护墙传给基础的重力荷载。

单独柱下基础的外形尺寸如图 10-12 (a) 所示。其中基础高度为 H ；柱的插入深度 H_1 、杯底厚度 a_1 、杯壁厚度 t 参照表 10-3 确定。 t/h_1 值的要求与柱的受力状态和杯壁内配筋有关。当杯口基础外形为锥形且顶面非支模制作 [图 10-12 (a)] 时，坡度 $\tan\alpha \geq 2.5$ ，边缘高度 $a_2 \geq a_1$ ；外形为阶梯形 [图 10-12 (b)] 时， $H \leq 850\text{mm}$ 时宜采用双阶， $H \geq 900\text{mm}$ 时宜采用三阶，每阶高 $300 \sim 500\text{mm}$ 。

表 10-3 钢筋混凝土杯口基础外形尺寸 H_1 、 a_1 、 t 的基本要求

柱截面尺寸/mm	H_1/mm	a_1/mm	t/mm
$h < 500$	$(1.0 \sim 1.2)h$	≥ 150	$150 \sim 200$
$500 \leq h < 800$	h	≥ 200	≥ 200
$800 \leq h < 1000$	$0.9h$ 且 ≥ 800	≥ 200	≥ 300
$1000 \leq h < 1500$	$0.8h$ 且 ≥ 1000	≥ 250	≥ 350
$1500 \leq h \leq 2000$		≥ 300	≥ 400
双肢柱	$(1/3 \sim 2/3)h_A$ $(1.5 \sim 1.8)h_B$	≥ 300 (可适当加大)	≥ 400

注： h 为柱截面长边尺寸； h_A 为双肢柱整个截面长边尺寸； h_B 为双肢柱整个截面短边尺寸。

10.2.1.3 支撑结构

在装配式钢筋混凝土单层厂房结构中，支撑体系是联系屋架、柱等主要构件，并使其构成整体的重要组成部分，对单层厂房抗震设计尤为重要。大量工程实践表明：支撑布置不当，不仅会影响厂房的正常使用，甚至可能引起工程质量事故。单层厂房的支撑体系包括屋盖支撑和柱间支撑两部分。

(1) 屋盖支撑 由于屋架只能承受其平面内的作用力，又由于施工时屋面板和屋架间的三点焊接难以确保质量，所以屋架平面外的荷载、屋架杆件在其平面外的稳定以及屋盖结构在屋架平面外的刚度，都需要屋盖支撑系统来承受和保证。屋盖支撑包括上、下弦横向水平支撑、纵向水平支撑、垂直支撑及纵向水平系杆、天窗架支撑。

① 横向水平支撑 横向水平支撑是由交叉角钢和屋架上弦或下弦组成的水平桁架，布置在厂房端部及温度区段两端的第一或第二柱间。其作用是构成刚性框，增强屋盖的整体刚度，保证屋架（屋面梁）的侧向稳定，同时将山墙抗风柱所承受的纵向水平力传到两侧柱列上。设置在屋架上弦、下弦平面内的水平支撑分别称为屋架上弦（图 10-13）、下弦横向水平支撑（图 10-14）。

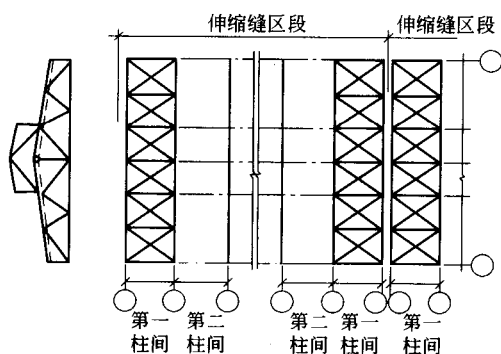


图 10-13 屋盖上弦横向水平支撑

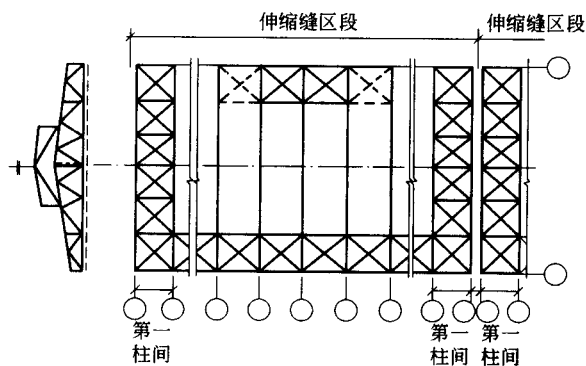


图 10-14 屋盖下弦横向水平支撑

② 纵向水平支撑 纵向水平支撑一般是由交叉角钢等钢杆件和屋架下弦第一节间组成的水平桁架，其作用是加强屋盖结构在横向水平面内的刚度，保证横向水平荷载的纵向分布，增强排架的空间工作。在屋盖设有托架时，还可以保证托架上缘的侧向稳定，并将托架区域内的横向水平风荷载有效地传到相邻柱上。

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连接，以形成封闭的水平支撑系统（图 10-14）。

③ 屋架间的垂直支撑及水平系杆 垂直支撑一般是由角钢杆件与屋架的垂直腹杆或天窗架的立柱组成的垂直桁架。屋架垂直支撑做成十字交叉形或 W 形，视屋架高度而异；天窗架垂直支撑则一般做成斜叉形。垂直支撑的作用是保证屋架及天窗架在承受荷载后的平面外稳定和屋架安装时的结构安全；并将屋架上弦平面内的水平荷载传递到屋架下弦平面内。因此，垂直支撑宜与横向水平支撑配合使用。

当屋架的跨度较小（小于或等于 18m），且无天窗时，一般可不设垂直支撑及水平系杆。当屋架跨度较大（大于 18m），应在厂房温度缝区段两端第一或第二柱间（与上弦横向水平）在相应的下弦节点处设置通长水平系杆（图 10-15），以增加屋架下弦的侧向刚度。

当采用梯形屋架时，由于屋架端部较高，为将屋面传来的水平荷载可靠地传给柱顶，除按上述要求处理外，还应在温度缝区段第一或第二柱间内，于屋架支承处设置屋架端部垂直支撑及相应的纵向水平系杆，当屋架下弦设有悬挂式吊车时，在悬挂吊车所在节点处应设置

垂直支撑及相应水平系杆（图 10-16）。

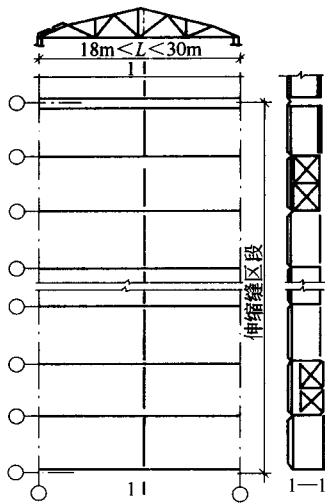


图 10-15 三角形屋架间的垂直支撑及水平系杆

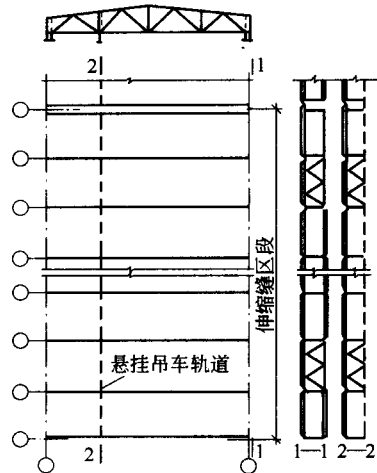


图 10-16 梯形屋架间的垂直支撑及水平系杆

④ 天窗架支撑 天窗架支撑包括天窗架上弦水平支撑（图 10-17）及天窗架间的垂直支撑（图 10-18），一般设置在天窗架两端，它的作用是保证天窗架上弦的侧向稳定和把天窗端壁上的水平风荷载传递给屋架。天窗架支撑与屋架上弦横向水平支撑一般布置在同一柱间。

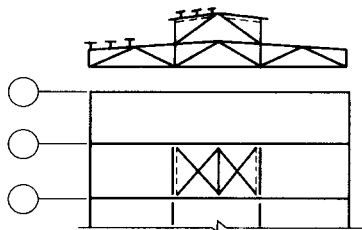


图 10-17 天窗上弦水平支撑

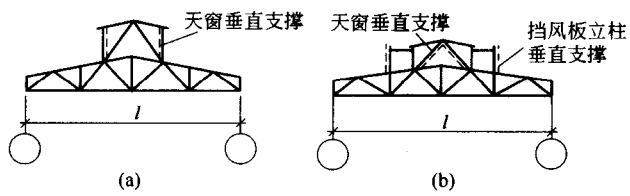


图 10-18 天窗垂直支撑

（2）柱间支撑 柱间支撑的作用主要是增强厂房的纵向刚度和稳定性。对于有吊车的厂房，柱间支撑按其位置分为上部柱间支撑和下部柱间支撑。前者位于吊车梁上部，承受作用在山墙上的风荷载并保证厂房上部的纵向刚度和稳定；后者位于吊车梁下部，承受上部支撑传来的力和吊车梁传来的吊车纵向制动力，并把它传给基础（图 10-19）。

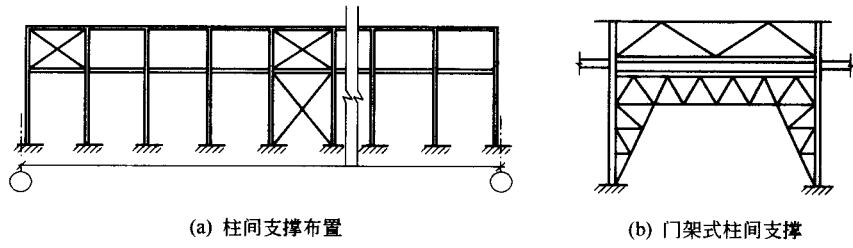


图 10-19 柱间支撑布置