

清华大学土木工程系
按新规范编写专业用书

混凝土与砌体结构设计

石裕翔 江见鲸 叶知满 编著



地震出版社

1994

前 言

本书是《钢筋混凝土基本结构设计》的续篇。全书共分四章，包括单层厂房结构、多层框架结构、砌体结构和房屋结构抗震设计，基本上概括了我国目前最常用的、量大面广的房屋结构设计问题。

为了便于大专院校师生和土建技术人员学习，本书力求内容充实，语言通顺，例题详尽。为加深对新规范条文本质的理解，本书在基本概念和理论方面力求讲得透彻，而不满足于套用规范公式；为便于应用，本书在设计计算步骤和例题方面力求丰富、详细。为了帮助读者掌握本书的基本内容，每章末附有习题和思考题。

参加本书编写的人员为：石裕翔（第一、二章），叶知满（第三章），江见鲸（第四章）。

本书承庄崖屏教授审阅，瞿履谦教授、王志浩副教授审阅了部分手稿，他们为本书提出了许多宝贵意见，在此深表感谢。

书中可能会有缺点和不足之处，恳请专家、读者惠予指正。

编 者

1993年10月于清华园

(京) 新登字 095 号

内 容 提 要

本书是清华大学土木工程系按新规范编写专业用书中的一册。内容包括单层厂房结构设计、多层房屋结构设计、砌体结构设计和房屋结构抗震设计。

本书可作为工业与民用建筑、建筑结构、城镇建设、建筑管理等专业的教学参考书，也可作为土建设计、施工和管理人员学习《混凝土结构设计规范(GBJ10-89)》、《砌体结构设计规范(GBJ3-88)》和《建筑抗震设计规范(GBJ11-89)》的辅导材料。

混凝土与砌体结构设计

石裕翔、江见鲸、林知满 编著

责任编辑：蒋乃芳

地 震 出 版 社 出版

北京民族学院南路9号

北京市丰华印刷厂 印刷

新华书店北京发行所发行

全国各地新华书店经售



787×1092 1/16 18印张 460千字

1994年10月第一版 1994年10月第一次印刷

印数 0001—6000

ISBN 7-5028-1118-4/TU·102

(1511) 定价：18.00元

清华大学土木工程系按新规范编写专业用书

编 委 会

主 编 王国周 龙驭球 沈聚敏 陈肇元

崔京浩

编 委 (以姓氏笔画为序)

支秉琛 邝守仁 刘元鹤 江见鲸

杨德麟 郑金床 裘宗濂

编 委 的 话

新规范已陆续颁布执行，工民建专业在教学、设计方面迫切需要这方面的专业参考书。为此，清华大学土木工程系组织教师编写了这套《按新规范编写专业用书》。主要读者对象是：大专院校、广播电视大学、职工业余大学、继续进修学院工民建专业的师生，土建专业工程设计、施工技术人员以及准备高等教育自学考试青年。

根据我们多年的教学经验，编写中遵循“内容充实，取材新颖，注重实用，便于自学”的原则，努力做到不仅包括学科的基本内容，而且反映科学技术的最新成果，既重视理论概念的阐述，也注意实际专题和工程实例的讲解。此外，为了减少自学的困难，对于个别内容较深的章节和习题标以注解和提示，绝大多数习题列有答案。以上是我们的主观意愿，问题和缺点一定不少，希望得到同行和读者指教。

在内容编排上，除了参照清华大学土木工程系有关教学大纲之外，还参考了全国高等教育自学考试土建类自学大纲（草案），以及电视大学、建设部职工高等专科学校等单位所制订的工民建专业的部分教学大纲，使这套专业用书具有较广泛的适用范围，便于有关部门选为教材或教学参考书。

这套书的出版，得到了地震出版社的大力支持，在此谨致谢意。

清华大学土木工程系
按新规范编写专业用书编委会
1990年1月

目 录

第一章 单层厂房结构	(1)
§ 1-1 概述	(1)
§ 1-2 单层厂房结构的组成和传力途径	(2)
一、单层厂房结构的组成	(2)
二、单层厂房的传力途径	(2)
§ 1-3 单层厂房的主要构件	(4)
一、屋面构件	(4)
二、屋架	(4)
三、吊车梁	(4)
四、柱子	(8)
五、基础	(11)
§ 1-4 结构平剖面布置	(12)
一、柱网尺寸	(12)
二、定位轴线	(13)
三、变形缝	(14)
四、厂房高度	(15)
五、支撑布置	(15)
六、圈梁、连系梁、过梁、基础梁及抗风柱的布置	(18)
§ 1-5 排架内力计算	(19)
一、排架的计算简图	(19)
二、排架上的荷载	(19)
三、等高排架的内力计算	(26)
四、排架柱的内力组合	(30)
§ 1-6 钢筋混凝土柱设计	(31)
一、柱截面配筋计算	(32)
二、柱施工时吊装验算	(32)
三、牛腿设计	(33)
§ 1-7 柱下单独基础的设计	(38)
一、杯口基础的破坏形态及设计要求	(38)
二、基础底面积的确定	(38)
三、基础高度验算	(41)
四、基础底面配筋计算	(42)
五、基础的构造要求	(44)
六、双杯口基础及高杯口基础	(46)
§ 1-8 单层厂房构件之间的连接	(46)
一、屋架与柱的连接	(47)

二、屋架与天窗架、屋面板的连接	(47)
三、屋架与屋盖支撑的连接	(47)
四、屋架与抗风柱的连接	(47)
五、柱与吊车梁的连接	(48)
六、柱与连系梁的连接	(48)
七、柱与柱间支撑的连接	(48)
八、柱与圈梁的连接	(49)
九、柱与外墙的连接	(49)
§ 1-9 单跨厂房计算实创	(50)
思考题	(69)
习 题	(69)
第二章 多层框架结构	(72)
§ 2-1 概述	(72)
§ 2-2 多层及高层房屋的结构体系	(72)
一、框架结构体系	(72)
二、剪力墙结构体系	(72)
三、框架-剪力墙结构体系	(73)
四、筒体结构体系	(73)
§ 2-3 框架结构的布置	(75)
一、布置原则	(75)
二、柱网及层高	(76)
三、框架承重体系	(76)
§ 2-4 框架结构上的荷载	(77)
一、竖向荷载	(77)
二、风荷载	(78)
§ 2-5 框架结构的计算简图	(78)
一、梁柱截面尺寸的确定	(78)
二、计算简图	(79)
§ 2-6 框架结构的内力计算	(80)
一、竖向荷载作用下的近似计算——分层计算法	(80)
二、水平荷载作用下的近似计算法——反弯点法	(82)
三、水平荷载作用下的改进反弯点法——D 值法	(85)
§ 2-7 框架在水平荷载作用下侧移的近似计算	(93)
一、用 D 值法计算梁柱弯曲变形产生的侧移	(93)
二、侧移限制值	(94)
§ 2-8 框架结构的内力组合与截面设计	(94)
一、框架结构的内力组合	(94)
二、框架梁柱截面计算要点	(96)
三、叠合梁受力特点	(97)

§ 2-9 现浇框架的节点构造	(98)
一、梁与柱的连接	(99)
二、上下柱的连接	(99)
§ 2-10 框架结构的基础	(100)
一、基础类型	(100)
二、条形基础内力计算简介	(101)
三、静力平衡法	(102)
四、条形基础的构造要求	(102)
§ 2-11 剪力墙与框架-剪力墙结构的受力特点	(103)
一、剪力墙结构的受力特点	(103)
二、框架-剪力墙结构的受力特点	(105)
§ 2-12 多层框架结构计算实例	(106)
思考题	(120)
习 题	(120)
第三章 砌体结构	(121)
§ 3-1 砌体结构的特点和体系	(121)
一、砌体结构的简介	(121)
二、砌体结构的特点和应用范围	(122)
三、工业与民用建筑物中的砌体结构体系	(122)
§ 3-2 块体、砂浆、砌体的物理力学性能	(124)
一、块体的物理力学性能	(124)
二、砂浆的物理力学性能	(125)
三、砖砌体的力学性能	(126)
四、砖砌体的变形性能和摩擦系数	(132)
§ 3-3 砌体结构设计方法	(134)
一、极限状态设计法	(134)
二、极限状态设计的实用表达式	(134)
三、砌体强度计算指标	(135)
四、砌体房屋静力计算的基本规定	(137)
§ 3-4 砌体结构构件的设计计算	(140)
一、墙、柱高厚比的验算	(140)
二、无筋砌体受压构件承载力计算	(143)
三、砌体局部受压承载力计算	(151)
四、砌体轴心受拉、受弯、受剪构件承载力计算	(157)
五、网状配筋砖砌体构件承载力计算	(159)
§ 3-5 墙体的设计计算	(162)
一、房屋的空间性能影响系数	(162)
二、墙体的验算	(164)
三、墙体的构造措施	(172)

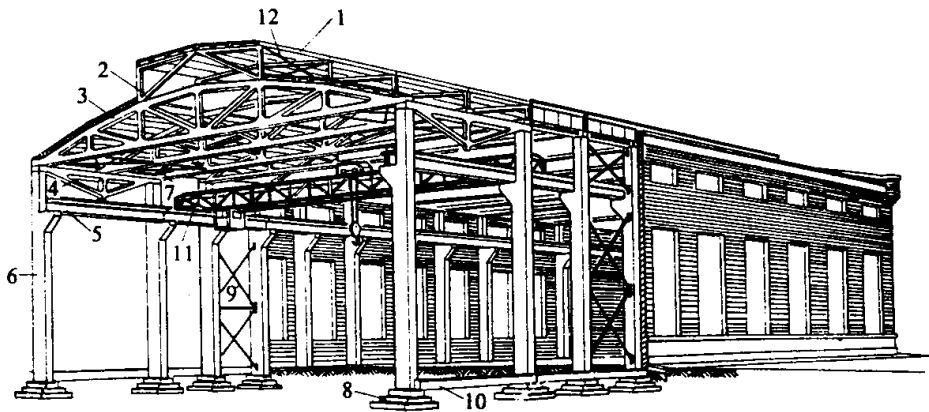
§ 3-6 过梁、墙梁、挑梁、砖砌体条形刚性基础设计计算	(177)
一、过梁的设计计算	(177)
二、墙梁的设计简介	(181)
三、挑梁的设计计算	(183)
四、砖砌体条形刚性基础设计计算	(187)
思考题	(189)
习 题	(191)
第四章 建筑结构抗震设计	(194)
§ 4-1 抗震设计的基本概念	(194)
一、地震的成因及分布	(194)
二、地震波、震级、地震烈度	(195)
三、地震造成的破坏现象	(196)
四、工程结构的抗震设防	(196)
§ 4-2 场地类别与地基的抗震验算	(202)
一、场地	(202)
二、地基及基础的抗震验算	(204)
§ 4-3 地震作用和结构抗震计算	(206)
一、单自由度体系的地震作用计算	(206)
二、多自由度体系的地震作用计算	(211)
三、竖向地震作用计算	(221)
四、结构抗震验算	(222)
§ 4-4 多层砌体房屋抗震设计要点	(227)
一、结构方案布置	(227)
二、抗震验算	(229)
三、抗震构造措施	(235)
§ 4-5 单层钢筋混凝土厂房抗震设计要点	(242)
一、抗震设计的一般措施	(242)
二、横向抗震计算	(247)
三、纵向抗震计算	(256)
§ 4-6 钢筋混凝土多层房屋抗震设计要点	(263)
一、结构选型与结构布置	(263)
二、地震作用下的内力计算与内力组合	(265)
三、设计内力的调整	(267)
四、梁、柱截面的配筋设计	(268)
五、节点核芯区的抗震强度验算	(269)
六、框架结构抗震构造措施	(271)
七、框架梁柱截面设计具体步骤	(273)
思考题	(275)
习 题	(276)
参考文献	(278)

第一章 单层厂房结构

§ 1-1 概 述

单层厂房在工业建筑中应用最为普遍,因为它对各种工业生产有较大的适应性。尤其在冶金、机械、纺织等工业工厂中,由于其产品重量较重和尺寸较大,多采用单层厂房结构。

单层厂房一般采用“屋面板—屋架—柱—砖墙”结构,称之为“板—架—柱”结构体系(图 1-1)。这种结构安全可靠,能满足各种厂房的需要;并且从材料,设计到制造、施工等方面已经积累了成套经验,是标准化、装配化很高且适应性较广的结构类型。根据构件连接不同,可分为排架结构(屋架与柱铰接,柱与基础刚结)及刚架结构(屋架与柱刚结,柱与基础刚结);根据厂房高度、跨度不同又可分为单跨、等高多跨、不等高多跨等形式。这种结构体型较老,构件品种较多、传力途径较长、自重较大、用料较多是有待改进的问题。



1. 屋面板; 2. 天窗架; 3. 屋架; 4. 托梁; 5. 吊车梁; 6. 柱; 7. 屋架支撑 (纵向水平支撑); 8. 基础; 9. 柱间支撑; 10. 基础梁; 11. 吊车; 12. 天窗架支撑

图 1-1

此外, 工程中还采用了一些多功能结构构件, 如板梁合一或板架合一而形成的 T 形板、V 形折板(图 1-2、1-3); 梁柱合一而形成的门式刚架结构(图 1-4)。这种多功能结构一般都有自重轻、构件少、传力路线短、型式新颖的特点。另外, 为适应生产工艺技术不断更新的要求, 采用大柱网的灵活车间, 是单层厂房结构今后发展的方向。

单层厂房根据其生产规模可分为大、中、小型, 根据其主要承重结构材料可分为钢筋混凝土结构, 钢结构和混合结构。当厂房内无吊车或吊车吨位不超过 5t、跨度在 15m 以内、柱高在 6m 以内无特殊工艺要求时, 通常选用混合结构, 即采用以钢筋混凝土或轻钢屋架、承重砖墙作为主要构件的结构。对于有重型吊车、跨度在 36m 以上或有特殊工艺



(a) 双T板



(b) 单T板

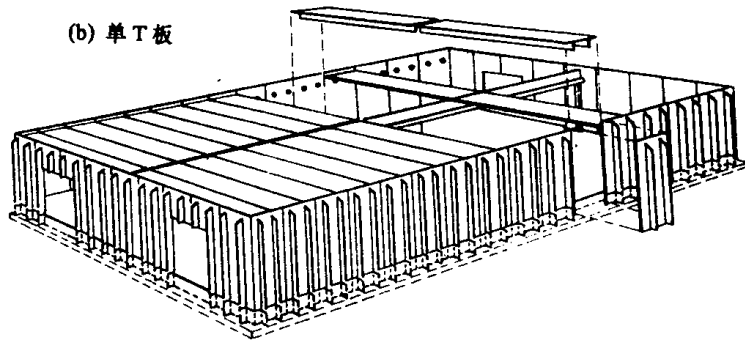


图 1-2

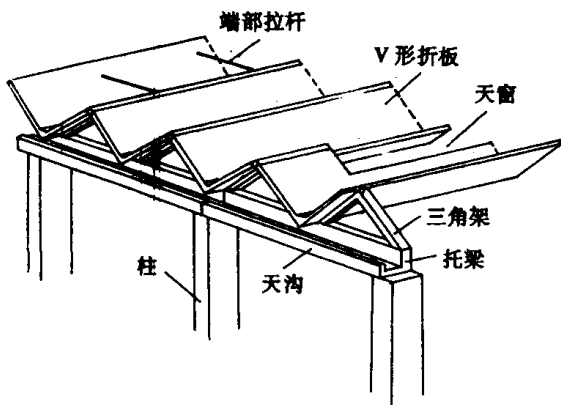


图 1-3

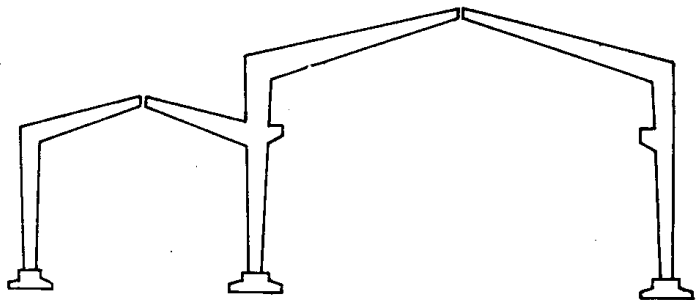


图 1-4

要求的大型厂房，通常选用钢屋架、钢筋混凝土柱或全钢结构。其他中型厂房采用钢筋混凝土结构。

本章主要讲述装配式钢筋混凝土排架结构厂房。

§ 1-2 单层厂房结构的组成和传力途径

一、单层厂房结构的组成

装配式钢筋混凝土单层厂房结构，通常由以下构件组成(图 1-1)：

(1)屋盖结构：屋面板、天沟板、天窗架、屋架（屋面大梁）、托架、檩条、屋盖支撑等。

(2)吊车梁。

(3)柱：排架柱、柱间支撑等。

(4)围护结构：外纵墙、山墙、抗风柱、连系梁（墙梁）、过梁、圈梁、基础梁等。

(5)基础。

二、单层厂房的传力途径

由屋架、柱和基础组成的横向平面排架结构是厂房的基本承重结构。厂房的竖向荷载（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（风荷载、吊车横

向水平荷载等) 都是通过横向平面排架传给地基的。由连系梁、吊车梁、柱、柱间支撑和基础组成的纵向平面排架结构主要传递沿厂房纵向的水平荷载 (纵向风载、吊车纵向水平荷载), 并把它传给地基。

横向、纵向平面排架结构上主要传力途径如下:

(1) 横向平面排架(图 1-5):

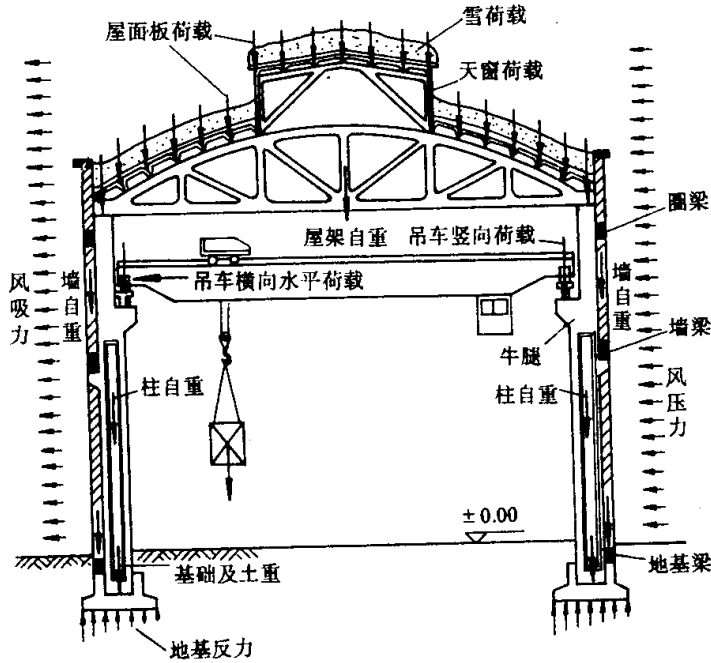
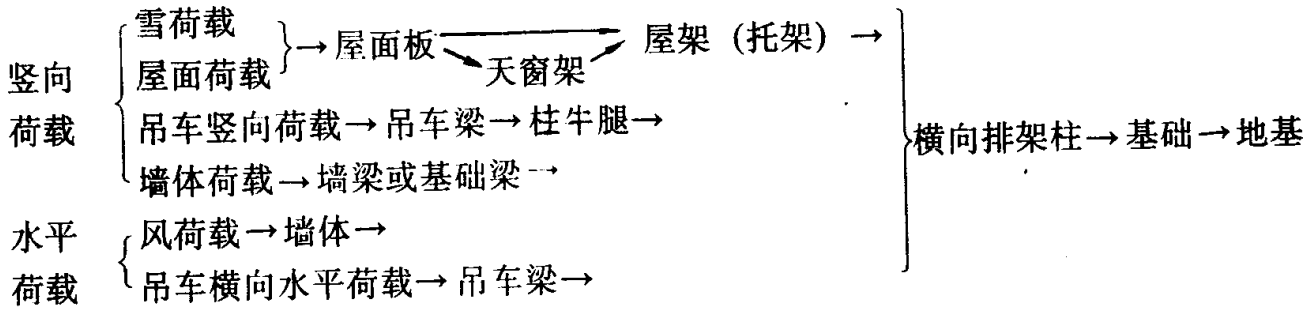


图 1-5



(2) 纵向平面排架(图 1-6):

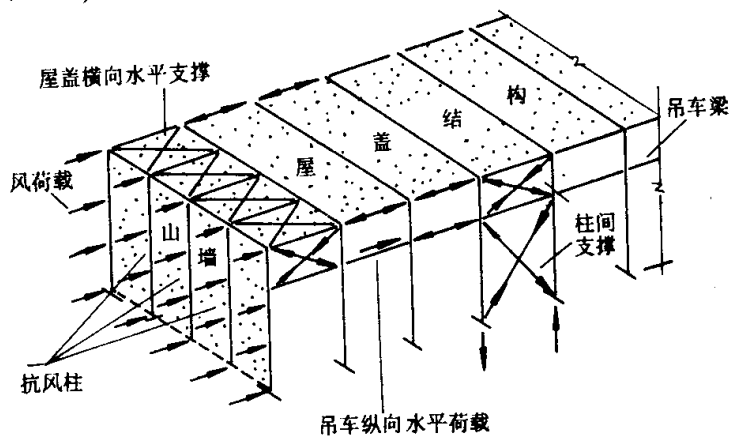
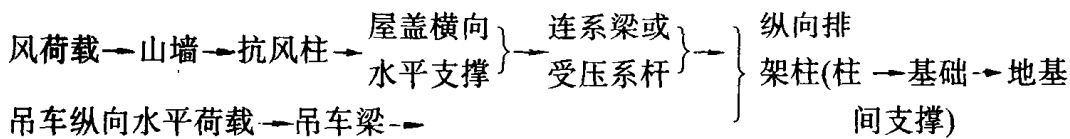


图 1-6



§ 1-3 单层厂房的主要构件

单层厂房主要承重构件为屋面板、屋架、天窗架、吊车梁、柱、支撑、墙梁、基础梁、基础等，这些构件除柱和基础外，一般都可以根据工程具体情况，从结构构件标准图集中选用，而不必另行设计。为了对厂房中各主要构件有一个全面的了解，表 1-1 列出了中型厂房主要构件材料用量表，供设计构件时参考。

中型厂房主要构件材料用量

表 1-1

	每平方米建筑面积	每种构件用量占材料总用量的百分比(%)				
		屋面板	屋架	吊车梁	柱	基础
钢材	0.18-0.20 kN	25-30	20-30	20-32	18-25	8-12
混凝土	130-180 mm	30-40	8-12	10-15	15-20	25-35

注：这些数据是根据中型厂房(跨度 24m，吊车起重量 15t)所做的统计。

下面介绍几种构件常用型式。

一、屋面构件

屋盖结构分两大类：无檩体系和有檩体系。

无檩体系采用大型屋面板并将它焊接在屋架上，其整体性和刚度都很好。有檩体系由小型屋面板（或各种瓦材）、檩条、屋架组成，其屋面构件尺寸小，重量轻，便于运输安装，但其整体性和刚度较差，一般只用于小型车间。

无檩体系屋盖常用的屋面构件列于表 1-2。有檩体系屋盖常用的屋面构件列于表 1-3。

二、屋架（屋面梁）

我国常用的屋架型式很多，且都有现成的标准图集。表 1-4 给出了常用屋架的形状和跨度。不同型式屋架的受力性能、经济指标及施工条件等也各不相同，设计时要根据工艺对土建提出的要求（如跨度、天窗等），建筑对结构提出的要求（如采光通风等），以及材料、施工条件，按照各种屋架的受力特点，选择合理的屋架型式。

三、吊车梁

在介绍吊车梁前，首先要了解吊车的分类和它的荷载特点，下面介绍应用最广的桥式吊车。

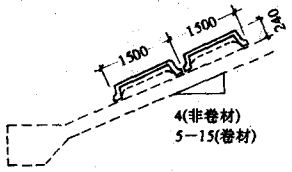
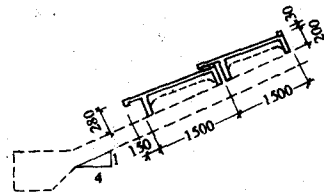
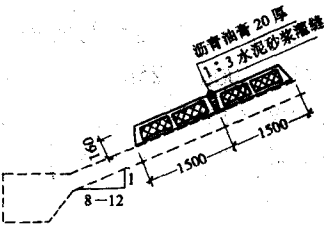
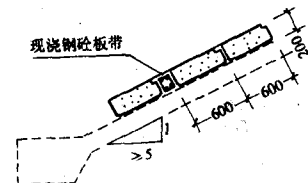
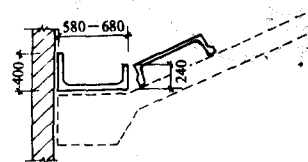
桥式吊车的分类如下：

(1) 按照它在生产使用中的频繁程度分为重级、中级和轻级工作制，划分的主要指标见表 1-5。

(2) 按吊钩种类分为软钩吊车和硬钩吊车。前者用钢索通过滑轮组带动吊钩起吊重

无檩体系屋盖各种屋面板

表 1-2

构件名称	截面形状及排列情况	尺寸 (mm) (宽×长×高)	说 明
预应力混凝土屋面板		1500×6000×240	型式简单, 施工方便, 屋面水平刚度大。用于卷材防水屋面, 是目前应用很广的一种板型
预应力混凝土 F 型屋面板		1500×6000× $\begin{cases} 280 \\ 200 \end{cases}$	纵向缝互相搭接, 横缝扣盖瓦, 是自防水屋面板。屋面水平刚度及防水性能略差
预应力自防水保温屋面板		1500×6000×160	由预应力混凝土承重层和夹心保温层组成, 具有承重、防水、保温三种作用
钢筋加气混凝土板		600×6000×200	容重轻、保温效果好, 可加工性好, 但刚度差, 常和现浇钢筋混凝土板带结合使用, 以加强刚度
钢筋混凝土天沟板		(580—860)×6000× $\begin{cases} 400 \\ 240 \end{cases}$	有内天沟、外天沟两种

构件名称	截面形状	尺寸 (mm) (宽×长×高)	说 明
钢筋混凝土槽瓦		1000 ×(3300—3900) ×100	自防水构件，在横缝和脊缝上铺盖瓦，屋面坡度 1/3—1/4，屋面刚度较差，易渗水，易碳化
檩 条		200×6000 ×315	<p>(a) 正放檩条 (b) 斜放檩条</p>

物；后者用刚臂起吊重物或进行操作。

(3) 按动力来源分为手动和电动。前者运行时振动轻微，后者运行时振动较大。

(4) 按起重量分为 3t, 5t, 10t, 15t, 30t, 50t, 75t, 100t, 125t, 150t, 200t 等数种，以上均指吊车额定最大起重量。起重量一般用 30/5t, 100/15t 等符号表示，其中，30t, 100t 是吊车起重主钩额定起重量，5t, 15t 是副钩额定起重量，两者不同时出现。

桥式吊车与吊车梁、柱的关系如图 1-7 所示。

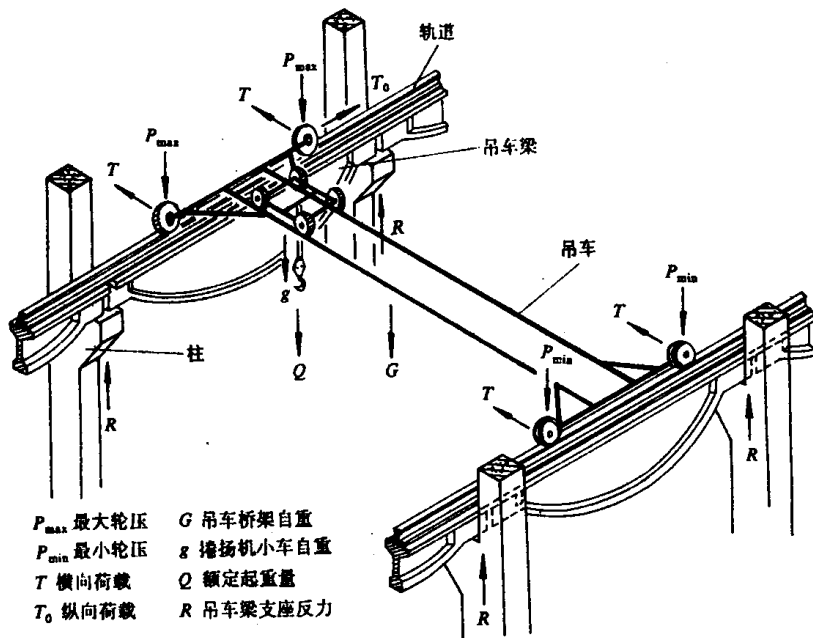
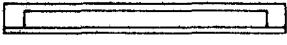

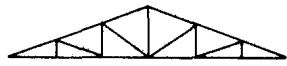
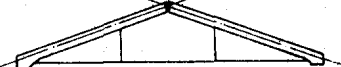
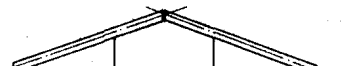

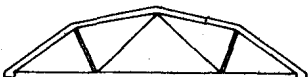
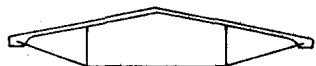
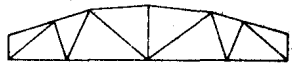
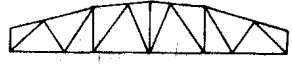

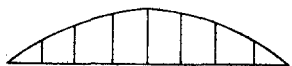


图 1-7

常用屋面梁和屋架

表 1-4

构件名称	构件跨度 (m)	形状示意	说 明
钢筋混凝土工字形薄腹屋面梁	9, 12, 15		高度小, 重心低, 施工方便, 侧向刚度好, 但自重大, 费材料, 适用于跨度 18m 以下的中小型厂房
预应力混凝土工字形薄腹屋面梁	单坡跨度 9, 12 双坡跨度 12, 15, 18 (坡度 1/8—1/12)		
钢筋混凝土三角形屋架	9, 12, 15 (坡度 1/2.5)		受力不够合理, 自重大, 但构造简单, 适用于石棉瓦屋面
钢筋混凝土组合式三铰拱屋架	9, 12, 15 (坡度 1/3, 1/4)		上弦及受压腹杆采用钢筋混凝土, 下弦及受拉腹杆采用钢材, 自重轻, 省材料, 刚度较差。一般用于小型厂房
预应力混凝土组合式三铰拱屋架	9, 12, 15, 18 (坡度 1/3, 1/4)		
钢筋混凝土组合式两铰拱屋架	9, 12, 15 (坡度 1/3, 1/4)		
钢筋混凝土组合屋架	12, 15, 18		
钢筋混凝土梭形组合屋架	12, 15 (坡度 1/10, 1/12, 1/15)		
钢筋混凝土折线形屋架	15, 18 (坡度 1/5—1/15)		
预应力混凝土折线形屋架	18, 21, 24, 27, 30 (坡度 1/5—1/15)		
预应力混凝土梯形屋架	18, 21, 24, 27, 30 (坡度 1/6—1/12)		自重较大, 刚度好, 可用于中、大型厂房
预应力混凝土空腹屋架	18, 24		无斜腹杆, 构造简单, 钢材用量较多, 适用于采用横向天窗或井式天窗的厂房

划分吊车工作制的主要指标

表 1-5

工 作 制	重 级	中 级	轻 级
经常起重量 / 额定最大起重量	(50—100)%	< 50%	—
每小时平均操作次数	240	120	60
接电持续率	40%	25%	15%
平均 50 年使用次数	600 万次	300 万次	—
运行速度 (m / min)	80—150	60—90	60

注：接电持续率指在一个工作循环中，工作时所占的百分比。

桥式吊车将起吊重物质量和吊车自身质量所产生的重力以吊车轮压的形式传递给吊车梁，吊车梁两端简支在柱子的牛腿上，并将该重力传递给柱。由于吊车起吊重物后要沿厂房纵横行走，所以作用在吊车梁上的是一组移动的竖向集中荷载 P (轮压)，当吊车满载卷扬机小车到达桥架一端的极限位置时，靠近小车一端的垂直轮压为 P_{\max} ，另一端的垂直轮压为 P_{\min} 。又由于吊车在纵横向行车时要进行启动和制动，因而在吊车梁上还作用一组移动的横向水平集中荷载 T (吊车横向制动力)。设计吊车梁除应考虑 P_{\max} 及 T 外，还应考虑吊车梁和轨道联结的自重。

吊车梁选用可根据吊车起重量、跨度、工作制等采用不同形式。表 1-6 给出了常用吊车梁的跨度、形状及适用起重量。

四、柱子

柱是单层厂房中的主要承重构件，柱的截面形状有单肢柱、双肢柱两种，每个肢的截面又有矩形、工形、环形等(图 1-8)。常用的几种截面形状柱的主要经济指标及适用条件见表 1-7。

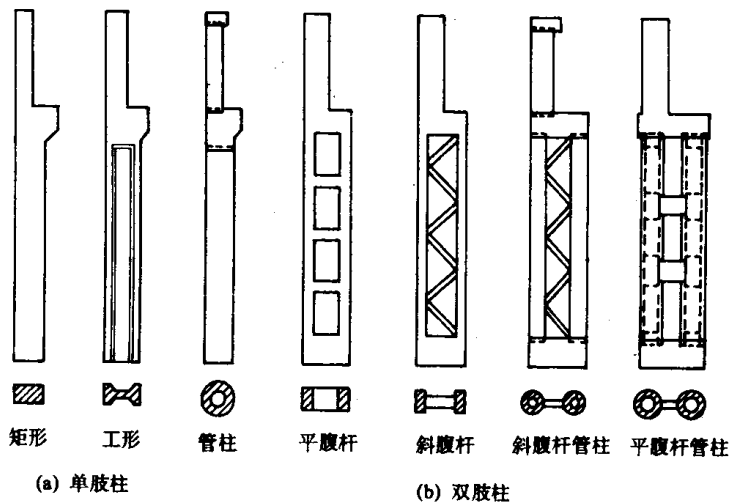


图 1-8

柱截面尺寸不仅要满足承载力要求，还必须保证刚度要求，以免造成厂房变形过大，影响吊车正常运行或导致墙及屋盖发生裂缝，影响厂房正常使用。截面尺寸主要取决于厂