

建筑工程结构设计常用资料速查系列手册

轻型钢结构设计 常用资料速查手册

本书编委会 编



*qingxinggang jiegou sheji
changyong ziliao sucha shouce*

地震出版社

建筑工程结构设计常用资料速查系列手册

TU392.504-62

1

2006

轻型钢结构设计 常用资料速查手册

本书编委会 编

地震出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

轻型钢结构设计常用资料速查手册/本书编委会编.

—北京:地震出版社,2006.11

(建筑工程结构设计常用资料速查系列手册)

ISBN 7-5028-2908-3

I. 轻… II. 本… III. 轻型钢结构—结构设计—技术手册

IV. TU392.504-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 061361 号

地震版 XT200600099

轻型钢结构设计常用资料速查手册

本书编委会 编

责任编辑:王 伟

责任校对:张晓梅

出版发行:地震出版社

北京民族学院南路 9 号

邮编:100081

发行部:68423031 68467993

传真:88421706

门市部:68467991

传真:68467991

总编室:68462709 68423029

传真:68467972

工程图书出版中心:68721991

E-mail: 68721991@sina.com

经销:全国各地新华书店

印刷:北京市通州京华印刷制版厂

版(印)次:2006 年 11 月第一版 2006 年 11 月第一次印刷

开本:787×1092 1/16

字数:771 千字

印张:30

书号:ISBN 7-5028-2908-3/TU·211 (3546)

定价:58.00 元

版权所有 翻印必究

(图书出现印装问题,本社负责调换)

出版说明

近20年来,我国的建筑业取得了长足的进展,并以日新月异的速度飞速发展着。各种新型建筑如雨后春笋般拔地而起,各种新的施工技术随着一大批先进设备的自主研发和直接引进而在大型建筑工程中得到迅速推广和应用,加上现阶段我国经济的快速发展和人们对居住生活环境要求的不断提高,从而使如何加强和培养并保持一支较高素质的建筑工程设计队伍,已成为我国建筑工程行业一项紧迫的任务。

随着国家对一系列建筑工程施工设计标准规范的修订和颁布实施,广大从事建筑工程设计的人员为适应新形势的发展势必要不断学习,以跟上时代的步伐,从而杜绝由于工程设计人员对新修订和颁布的设计规范不熟悉,使工程设计中出现严重的技术经济不合理现象,甚至造成工程质量事故的发生。出于这种思考,我们编写了这套面向广大设计人员的资料汇编丛书——《建筑工程结构设计常用资料速查系列手册》,以期对广大设计人员学习理解应用新版设计规范会有所帮助。

本套图书各分册名称如下:

- 1.《钢结构设计常用资料速查手册》;
- 2.《混凝土结构设计常用资料速查手册》;
- 3.《建筑地基基础设计常用资料速查手册》;
- 4.《建筑抗震设计常用资料速查手册》;
- 5.《砌体结构设计常用资料速查手册》;
- 6.《轻型钢结构设计常用资料速查手册》。

《钢结构设计常用资料速查手册》根据现行规范《钢结构设计规范》(GB 50017—2002)进行编写。主要包括:钢结构设计计算的基本原则,结构布置与结构体系,构件和节点计算,组合楼盖、钢结构各种基本构件,构件连接以及框排架、变截面门式刚架、多层框架、屋盖、吊车梁、柱及支撑体系的设计计算方法。《混凝土结构设计常用资料速查手册》主要根据《混凝土结构设计规范》(GB 50010—2002)及相关的设计规范编写。主要包括:混凝土结构设计原则,混凝土结构的材料标准,混凝土结构构件的设计表,钢筋混凝土结构构件板、梁、柱截面的选用,预应力混凝土结构构件的设计,钢筋混凝土结构构件抗震的设计等。《建筑地基基础设计常用资料速查手册》依据《建筑地基基础设计规范》(GB 50007—2002)编写,主要包括:地基土的物理性质,地基中的应力和变形,土的抗剪强度和地基承载力,建筑物地基计算原则,浅基础设计,基槽检验与地基的局部处理,软弱地基以及桩基础等。《建筑抗震设计常用资料速查手册》以《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2001)为基础编写。主要包括:地震反应分析,地震波的基本知识,结构抗震设计规范化操作,各种抗震设计构造图例说明等。《砌体结构设计常用资料速查手册》以《砌体结构设计规范》(GB 50003—2001)为基础编写。主要包括:砌体材料及砌体的力学性能,砌体结构构件的计算方法,砌体结构承载力计算,

混合结构房屋墙体设计等内容。《轻型钢结构设计常用资料速查手册》主要根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2002)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)编写。主要内容包括:轻型钢结构设计基本规定,轻型钢结构构件的计算,轻型钢结构的连接计算与构造,压型钢板的计算与构造,檩条与墙梁的计算与构造,屋架的计算与构造,刚架的计算与构造以及轻型钢结构的制作、安装和防腐蚀等。

本套丛书相对于同类手册有着鲜明的特点和优越性:

1. 简明实用。结合设计者的需要,将各种资料集合在一本书里面,并且仅针对设计人员,更实用,更专业,查找问题一目了然,从而节省了读者大量的时间,提高了工作效率。

2. 内容全面。本书从设计施工各个方面,参考了大量的文献资料编制而成,基本上能满足设计施工人员的各种要求。

3. 采用最新的标准。本书以国家最新颁布的现行设计、施工规范、规程以及相应的行业标准为依据编写而成。

本套丛书由一批具有丰富建筑工程设计工作经验的专家学者及高校教育工作者组织编写。主要编写人员有:李小林、苑辉、董军辉、黄志龙。另外,冯艳霞、刘巍、秦付良、卜永军、任慧、夏明进、孙雅辛等参加了丛书的部分编写工作。

本丛书在编写过程中,得到了部分专家的指导和帮助,在此深表谢意。限于编者的水平,同时建筑工程设计涉及面广,技术复杂,书中错误及疏漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。在此谨向给予我们热情关怀的领导和给予帮助的同志表示由衷感谢。

本书编委会

目 录

第一章 基础知识	(1)
第一节 轻型钢结构主要结构形式	(1)
一、轻型钢结构的类型	(1)
二、轻型钢结构的结构形式	(1)
三、轻型钢结构的特点和应用	(3)
第二节 轻型钢结构的组成和构造	(4)
一、轻型钢结构的组成	(4)
二、檩条	(6)
三、屋架	(7)
四、刚架	(8)
五、桁架	(9)
六、墙梁	(11)
第二章 轻型钢结构材料	(13)
第一节 结构钢材	(13)
一、钢材的品种和牌号	(13)
二、钢材的化学成分与机械性能	(14)
三、钢材的选用	(16)
第二节 围护结构用材料	(40)
一、围护结构板材的类型	(40)
二、围护结构板材的选用	(41)
第三节 连接材料	(42)
一、焊接连接材料	(42)
二、螺栓及其他连接材料	(44)
第三章 轻型钢结构设计规定	(45)
第一节 轻型钢结构设计原则	(45)
一、轻型钢结构荷载	(45)
二、钢材及连接强度设计值	(51)
三、轻型钢结构极限状态及抗震验算	(56)
第二节 轻型钢结构构造与设计计算	(58)
一、构造要求	(58)
二、轻型钢结构变形与构件截面的计算要求	(60)
三、普通钢结构构件计算	(61)

四、冷弯薄壁型轻型钢结构构件计算	(78)
第四章 屋架设计	(88)
第一节 屋架设计规定	(88)
一、屋架结构与所用材料	(88)
二、杆件截面的选择	(93)
三、屋架的适用范围	(97)
第二节 屋架设计计算	(98)
一、屋架荷载	(98)
二、内力分析	(99)
三、构造连接	(101)
四、屋架节点计算	(114)
第三节 天窗架设计计算	(118)
一、天窗架的结构	(118)
二、天窗架的荷载与内力计算	(120)
三、天窗架的设计实例	(122)
第四节 屋架设计实例	(125)
一、15m 三角形薄壁圆管屋架	(125)
二、18m 三铰拱屋架	(131)
三、18m 角钢屋架	(143)
四、24m 梯形钢屋架 (上下弦为 T 型钢, 其余杆件为角钢)	(152)
第五章 刚架设计	(160)
第一节 刚架结构	(160)
第二节 刚架设计计算	(166)
一、刚架荷载	(166)
二、内力和侧移计算	(168)
三、腹板设计计算	(170)
四、刚架柱设计计算	(175)
五、斜梁设计计算	(179)
六、隅撑设计计算	(181)
七、等截面刚架构件的设计计算	(181)
第三节 刚架设计实例	(183)
一、单跨双坡门式刚架设计	(183)
二、双跨双坡门式刚架设计	(190)
第六章 连接和节点设计	(195)
第一节 焊缝连接设计	(195)
一、焊缝连接的形式	(195)
二、焊缝连接的构造要求	(208)

三、焊缝连接设计计算	(212)
第二节 螺栓连接设计	(218)
一、连接螺栓的规格	(218)
二、螺栓连接的构造要求	(228)
三、螺栓连接的设计计算	(229)
第三节 连接节点设计	(231)
一、端板设计	(231)
二、焊接节点设计	(234)
三、柱脚设计	(241)
第七章 檩条设计	(246)
第一节 檩条的构造	(246)
一、檩条的形式	(246)
二、檩条的构造	(249)
三、檩条连接	(250)
四、檩条布置	(253)
第二节 檩条的设计计算	(258)
一、檩条的荷载	(258)
二、檩条的受力性能	(258)
三、简支实腹式檩条的设计计算	(260)
四、实腹式连续檩条的设计计算	(261)
五、多跨静定檩条的设计计算	(263)
六、檩条设计实例	(264)
第八章 墙架设计	(269)
第一节 墙架结构	(269)
一、墙架的布置	(269)
二、墙架的连接	(270)
三、墙架的受力性能	(272)
第二节 墙架的设计计算	(272)
一、墙架的荷载计算	(272)
二、墙架的内力计算	(273)
三、墙架的强度计算	(274)
四、墙架构件的稳定性	(275)
五、墙架的刚度与拉条计算	(282)
第三节 墙架设计实例	(282)
一、墙架设计	(282)
二、高层建筑屋顶广告牌设计	(284)
第九章 支撑设计	(288)
第一节 支撑构造与设计计算	(288)

一、支撑的形式	(288)
二、支撑构件的设计荷载	(288)
三、支撑构件的设计截面	(289)
四、支撑构件的内力计算	(290)
五、支撑体系的布置	(294)
六、支撑计算实例	(297)
第二节 支撑连接设计	(300)
一、屋架与支撑的连接	(300)
二、门式刚架与支撑的连接	(305)
第十章 压型钢板、夹芯板	(311)
第一节 概 述	(311)
第二节 压型钢板的构造	(311)
一、压型钢板的类型	(311)
二、压型钢板连接件	(312)
三、压型金属板密封材料	(314)
四、压型钢板的构造要求	(314)
五、压型钢板的构造形式	(315)
六、压型钢板的质量要求	(321)
第三节 夹芯板构造	(322)
一、夹芯板分类	(322)
二、夹芯板质量要求	(324)
三、夹芯板连接	(326)
四、夹芯板构造要求	(328)
第四节 压型钢板设计	(334)
一、压型钢板荷载	(334)
二、有效宽厚比	(334)
三、压型钢板挠度	(335)
四、压型钢板强度	(336)
五、压型钢板计算实例	(338)
第十一章 轻型钢结构制作	(343)
第一节 钢构件制作工艺	(343)
一、制作工艺流程与要求	(343)
二、放样与号料	(344)
三、切割	(347)
四、弯曲	(350)
五、焊接	(351)
六、边缘加工	(355)
七、矫正和成型	(356)

八、管球加工	(359)
九、制孔	(363)
十、薄壁构件的制作与构件验收	(366)
第二节 钢构件组装工程	(371)
第三节 钢构件预拼装工程	(382)
一、拼装要求	(382)
二、拼装方法	(383)
三、构件拼装	(383)
第四节 压型钢板加工制作	(392)
一、加工前的准备	(392)
二、压型钢板的选用	(393)
三、加工要点与成品叠放	(397)
第十二章 轻型钢结构安装工程	(399)
第一节 钢结构安装准备	(399)
一、钢结构安装要求	(399)
二、钢构件进场检验	(399)
三、构件的运输和堆放	(401)
四、安装机械的选择	(403)
五、钢结构的安装方法	(406)
六、钢构件吊装准备及稳定性验算	(407)
第二节 钢结构安装工艺	(410)
一、工艺流程与基础灌浆	(410)
二、地脚螺栓	(412)
三、垫铁垫放	(414)
四、钢结构安装	(415)
第三节 压型钢板、夹芯板安装	(440)
一、安装施工准备	(440)
二、安装放线	(441)
三、板材吊装	(442)
四、板材安装	(442)
第十三章 轻型钢结构涂装	(448)
第一节 概 述	(448)
第二节 轻型钢结构防腐涂装设计	(448)
一、涂装设计要求及除锈方法的选择	(448)
二、除锈等级的确定	(450)
三、防腐涂料的选择	(451)
四、防腐涂层的结构和厚度	(454)
第三节 轻型钢结构防腐涂装	(455)

一、一般规定	(455)
二、施工准备	(456)
三、防腐涂料涂装	(457)
四、压型钢板的防腐处理	(459)
第四节 轻型钢结构防火涂装	(462)
一、钢构件的耐火极限与防火措施	(462)
二、钢结构防火涂料	(463)
三、防火涂料施工与涂装质量要求	(466)
参考文献	(469)

第一章 基础知识

第一节 轻型钢结构主要结构形式

一、轻型钢结构的类型

轻型钢结构的类型

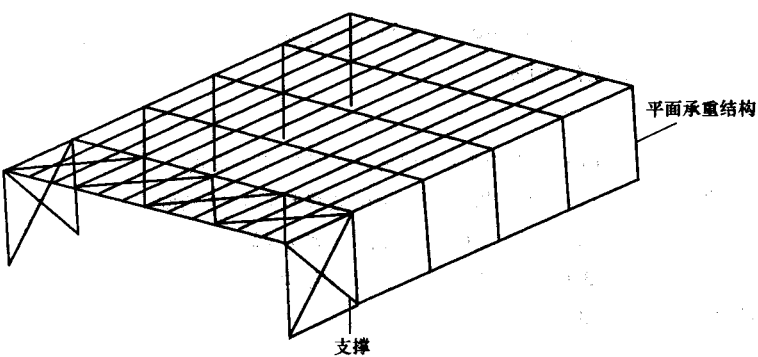
表 1-1

序号	项 目	内 容
1	简 述	轻型钢结构是指以轻型冷弯薄壁型钢, 轻型焊接和高频焊接型钢, 薄钢板、薄壁钢管, 轻型热轧型钢及以上各构件拼接、焊接而成的组合构件等为主要受力构件, 大量成用轻质围护隔离材料的单层或多层钢结构。轻型钢结构分为一般轻型和超轻型两种
2	一般轻型钢结构	一般轻型钢结构主要是指采用薄钢板焊接截面或冷弯薄壁型钢构件, 典型的结构体系是门式刚架, 广泛用于轻型厂房、住宅、商业建筑和库房
3	超轻型钢结构	超轻型钢结构主要采用压型钢板, 冷弯薄壁构件和圆钢为承重构件, 典型的结构体系是折皱拱壳屋面, 广泛用于仓储建筑、小型厂房、农业种植大棚
4	说 明	轻型钢结构也可分为如下两类: 一类是由圆钢和小角钢组成的轻型钢结构; 另一类是由薄壁型钢组成的轻型钢结构。目前后一类发展迅速, 也是轻型钢结构发展的方向。 建筑施工中, 轻型钢结构主要体系有: 焊接门式刚架结构体系、冷弯薄壁钢结构体系、多层框架结构体系、薄壁折皱拱壳屋面体系及空间和张拉结构体系

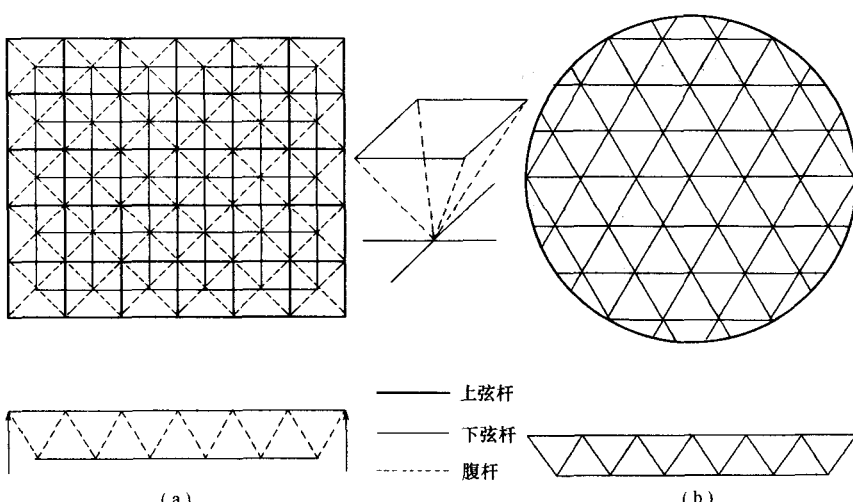
二、轻型钢结构的结构形式

轻型钢结构的结构形式

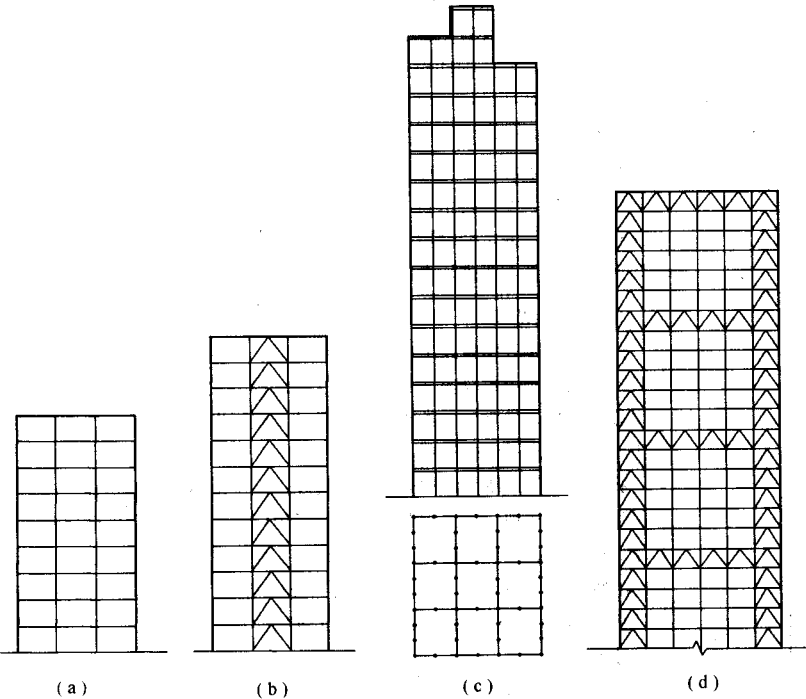
表 1-2

序号	项 目	内 容
1	简 述	轻型钢结构在工业与民用建筑中应用广泛, 其主要结构形式有单层工业厂房结构, 大跨度单层房屋结构, 多层、高层及超高层建筑结构等
2	单层工业厂房结构	单层工业厂房常用的结构形式是由一系列的平面承重结构用支撑构件联成空间整体 (图 1)。在这种结构形式中, 外荷载主要由平面承重结构承担, 纵向水平荷载由支撑承受和传递。平面承重结构又可有多种形式。最常见的为横梁与柱刚接的门式刚架和横梁 (桁架) 与柱铰接的排架  图 1 单层厂房常用结构形式

续表

序号	项 目	内 容
3	大跨度 单层房屋 结构	大跨度单层房屋的结构形式众多,常用的有以下几种: (1) 平板网架。图2给出了两种双层平板网架,图2(a)为由杆件形成的倒置四角锥组成,图2(b)由三个方向交叉的桁架组成。这种结构形式在单层工业房屋中广泛应用。  图 2 平板网架 (a) 由倒置的角锥组成的双层平板网架; (b) 由桁架组成的双层平板网架 (2) 网壳。网壳的形式比较多,筒壳结构可以是单层或双层的,双层时一般由倒置四角锥组成。球状网壳,也称球壳,无论是单层其网格都可以有多种分格方式。 (3) 空间桁架或空间刚架体系。多用于机场航站楼的车盖。 (4) 悬索。悬索结构是一种极为活跃的结构,其形式之多可谓不胜枚举。 (5) 杂交结构。杂交结构是指不同结构形式组合在一起的结构。 (6) 张拉集成结构。张拉集成结构是一种主要用拉索通过预应力张拉与少量压杆组成的结构。这种结构形式可以跨越较大空间是目前空间结构中跨度最大的结构,具有极佳的经济指标。 (7) 索膜结构。索膜结构由索和膜组成,具有自重轻,体形灵活多样的优点,适宜用于大跨度公共建筑
4	多 层、 高层及超 高层建筑 结构	多层、高层及超高层建筑结构有以下几种形式。 (1) 刚架结构。梁和柱刚性连接形成多层多跨刚架,参见图3(a),承受水平荷载。 (2) 刚架-支撑结构。由刚架和支撑体系(包括抗剪桁架、剪力墙和核心筒)组成的结构[图3(b)],即为刚架-抗剪桁架结构。 (3) 筒体结构。图3(c)为一束筒结构形式。 (4) 巨型结构。巨型桁架和巨型框架,参见图3(d)

续表

序号	项 目	内 容
4	多 层、 高层及超 高层 建筑 结构	 (a) (b) (c) (d) 图3 多层、高层及超高层建筑的结构形式 (a) 刚架结构；(b) 刚架—支撑结构；(c) 筒体结构；(d) 巨型结构

三、轻型钢结构的特点和应用

轻型钢结构的特点和应用

表 1-3

序号	项 目	内 容
1	轻 型 钢 结 构 的 特 点	相对于普通钢结构而言，轻型钢结构具有很多优越性。 (1) 自重轻是轻型钢结构最显著的特点。 轻型钢结构的承重结构采用轻型焊接 H 型钢、冷弯薄壁型钢，截面利用系数高，单位重量轻，可节省钢材 20%~50%。轻型钢屋面系统用钢量一般为 8~15kg/m²，单层轻钢仓库的用钢量为 16~30kg/m²，接近甚至低于相同条件钢筋混凝土结构的用钢量。因此，轻钢结构可大幅降低上部结构自重，也大大降低了基础工程的材料用量及工程量，节省了基础费用和总造价，具有良好的经济效益。 (2) 轻钢构件工业化程度高，结构现场施工快是其又一显著特点。 轻钢结构建筑构造简单，材料单一，容易做到设计标准化、定型化、构件加工制作工业化、现场安装预制装配化程度高，销售、设计、生产可以全部采用计算机控制，产品质量好，标准定型装配化程度高，现场安装简单快捷，无湿作业，不需支模，也不需要养护期，现场安装不受气候影响，利于保持现场文明施工和环境。一般厂房仓库签订合同后 2~3 个月可以交付使用，对于工期较紧的工程采用轻钢结构是很有利的 (3) 轻钢结构可采用先进的设计理论

续表

序号	项 目	内 容
1	轻 型 钢 结 构 的 特 点	轻钢结构由于采用先进的设计理论,如采用空间体系分析法,利用屈服后强度,进行塑性计算。这样可以使计算结果和实际受力非常接近,从而尽最大可能利用钢材的强度,达到节约钢材的目的。同时轻钢结构的强度高,塑性和韧性好,檩条的抗剪和抗扭作用及杆、梁间的支撑大大加强了整体结构的稳定性和抗震性能。 此外,轻钢结构还属于环保节能产品,钢材可以回收利用,厂房亦可搬迁复用,有利于环境保护、节约资源和美化环境,符合可持续发展战略。但是,轻型钢结构也有一些缺点。由于其设计、制作、安装技术新,精度要求高。所以对设计和施工人员的专业素质要求较高,一般要进行专门的培训。轻钢构件的加工制作需要专用的生产线,先期投入较大。此外,轻钢结构的防腐和防火都需要进行专门处理
2	轻 型 钢 结 构 的 应 用	(1) 应用范围。 门式刚架是轻钢建筑中应用最为广泛的一种结构形式。轻型门式刚架结构体系始于美国,在日本和欧洲应用也较多。目前国外这种结构形式已广泛应用于商业建筑、大型工业厂房、交通设施、学校、教堂等各类建筑中,且已实现了设计、分析、出图的程序化,构件加工、安装施工、经营管理一体化流程。 我国轻型门式刚架结构体系起步较晚。近年来随着压型钢板、冷弯薄壁型钢、H型钢的大量生产得以实现,门式刚架体系得到了较广泛的推广。国内低层建筑主要应用于工业厂房、机库、候车室、超市、仓库、体育设施及各种临时性建筑。我国已建成的门式刚架结构房屋已达800多万m^2,且以每年约100万m^2的速度增加。多层轻钢建筑则主要应用于住宅、多层工业厂房、学校、医院、办公娱乐等公共建筑,及超市、百货、零售等商业建筑和旧建筑加层、改扩建等。 (2) 发展前景。 国际上轻钢结构建筑经历50年的发展,已被广泛应用于各种建筑,美国的轻钢建筑约占非住宅建筑投资的一半以上,日本60%的多、低层建筑由轻钢结构建成。工业发达国家的基本建设用钢量一般占钢总产量的30%以上。轻钢结构自20世纪80年代初引入我国,至今,已在建筑工程各领域尤其是单层厂房、仓库等工业建筑领域得到大量应用且发展迅速,使我国长期以来钢筋混凝土结构和砌体结构一统天下的局面逐渐发生了变化。 近几年,各种尺寸热轧H型钢、T型钢、厚钢板、冷弯薄壁型钢和彩色涂层钢板产量大幅度增长,国家也制定了《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS102:2002)。在钢结构设计领域,引进了国外的轻钢设计软件 STAA - DIII/pro 系列,国内研制了 PKPM 系列、3D3S、PS2000 等通用软件,所有这些都为轻钢结构的发展,创造了良好的发展基础和空间。轻钢结构必将凭借自身的优势,得到快速健康发展

第二节 轻型钢结构的组成和构造

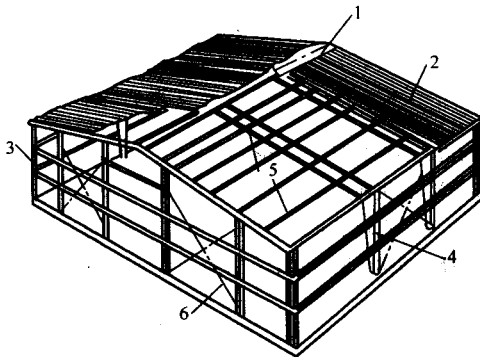
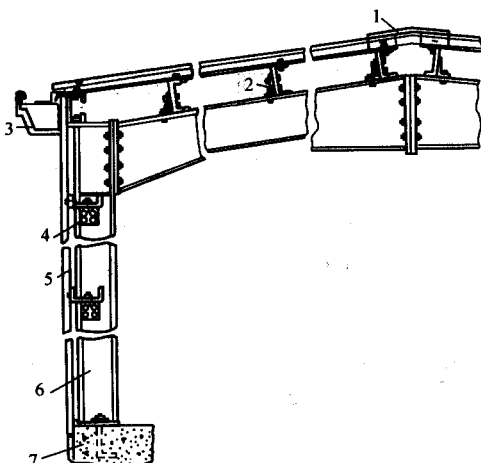
一、轻型钢结构的组成

轻型钢结构的组成

表 1-4

序号	项 目	内 容
1	概 述	轻型钢结构主要指由圆钢、小角钢和冷弯薄壁型钢组成的结构,其适用范围一般是檩条、屋架、刚架、网架、施工用托架等。其优点是结构轻巧、制作和安装可用较简单的设备、节约钢材、减少基础造价

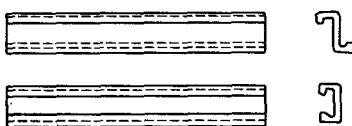
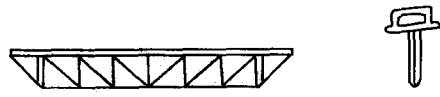
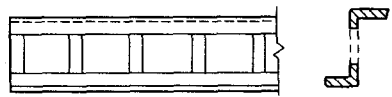
续表

序号	项 目	内 容
1	概 述	轻型钢结构分为两类，一类是由圆钢和小角钢组成的轻型钢结构；另一类是由薄壁型钢组成的轻型钢结构。目前后一类发展迅速，也是轻型钢结构发展的方向。 轻钢结构单层房屋应用于单层厂房、仓库等领域。 轻钢结构单层房屋（图1）主要由钢柱、屋盖细梁、檩条、墙梁（檩条）、屋盖和柱间支撑、屋面和墙面的彩钢板等组成。钢柱一般为H型钢，通过地脚螺栓与混凝土基础连接，通过高强螺栓与屋盖梁连接，连接形式有直面连接（图2）或斜面连接。屋盖梁为I字形截面，根据内力情况可呈变截面，各段由高强螺栓连接。屋面檩条和墙梁多采用高强镀锌彩色钢板辊压成型的C形或Z形檩条。檩条可由高强螺栓直接与屋盖梁的翼缘连接。屋面和围护墙采用槽钢或Z形钢檩条和墙梁，用钢筋拉结，外表挂镀锌压型板或铝合金压型板。钢构件之间用普通螺栓连接；屋面板用钩头螺栓连接；墙板用铝铆钉铆接
2	示意图	 图1 轻钢结构单层房屋构造示意图 1—屋脊盖板；2—彩色屋面板；3—墙筋；4—刚架；5—C型檩条；6—钢支撑  图2 轻钢构件连接图 1—屋脊盖板；2—檩条；3—天沟；4—墙筋托板；5—墙面板；6—钢柱；7—基础

二、檩条

檩 条

表 1-5

序号	项 目	内 容
1	简 要 说 明	檩条的用钢量在房屋结构中所占的比重较大,因此减少檩条的用钢量是节约钢材的主要途径之一。根据经验,节约檩条用钢量的有效措施是增大檩条间距、选用合适的檩条形式及减小屋面材料的重量等。冷弯薄壁型钢檩条的使用比较普遍,常用截面形式有实腹式和格构式两种
2	实 腹 式 檩 条	实腹式檩条可选用现成的冷弯薄壁 Z 形型钢或 C 形槽钢制成,见图 1。这种檩条主要用于跨度不大、屋面荷载较轻的情况。它构造简单,制作、安装方便,耗钢量较格构式檩条大,但比普通热轧型钢檩条小。  图 1 实腹式型钢檩条 卷边 Z 型钢檩条适用于屋面坡度 $i \geq 1/3$ 的情况,这时屋面荷载作用线接近于其截面的弯心(扭心),并可通过叠合形成连续构件。它的主平面 x 轴的刚度大,挠度小,用钢量省,制造和安装方便,在现场可叠层堆放,占地少,是目前较合理和普遍采用的一种檩条形式。卷边 C 形槽钢檩条适用于屋面坡度 $i \leq 1/3$ 的情况,其截面在使用中互换性大,用钢量省
3	格 构 式 檩 条	当屋面荷载较大或檩条的跨度、檩距较大时,采用实腹式檩条就显得不经济且也受到截面规格的限制,此时宜选用格构式檩条。目前常用的格构式檩条有以下 3 种: (1) 平面桁架式檩条(图 2):平面桁架式檩条上弦杆多采用冷弯薄壁型钢,端压腹杆多采用薄壁方管,下弦杆和其他腹杆用圆钢制作。这种檩条优点是较易取材、平面内刚度大、用钢量省(约 $3 \sim 4 \text{ kg/m}^2$),缺点是侧向刚度较差,需要在跨中设置拉条,檩条制作费工。  图 2 平面桁架式檩条 (2) 下撑式檩条(图 3):下撑式檩条的下弦杆和撑杆均为冷弯薄壁型钢,下弦常采用圆钢。这种檩条杆件数量少、构造简单、制作方便,用钢量小(约 $3 \sim 4 \text{ kg/m}^2$),缺点是刚度较差。  图 3 下撑式檩条 (3) 空腹式檩条(图 4):空腹式檩条系由薄壁角钢焊接而成,其优点是构造简单,取材容易,与实腹式檩条相比用钢量小,缺点是制作费工,焊接后变形较大  图 4 空腹式檩条