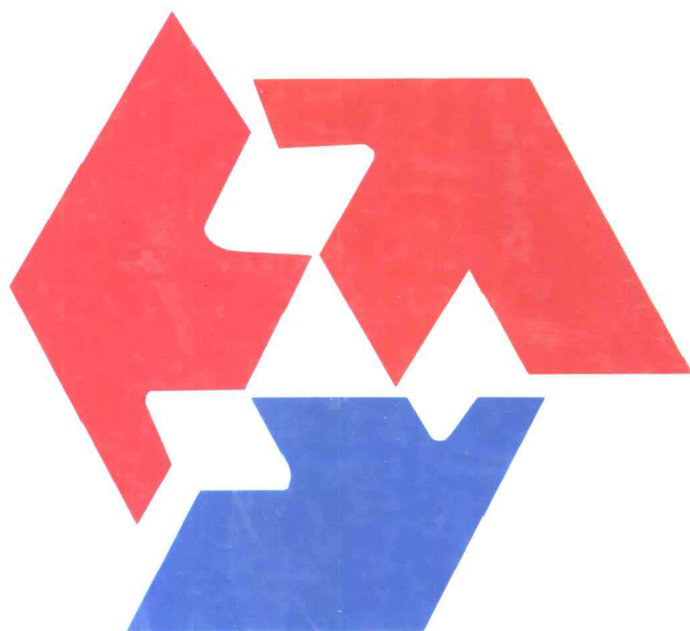


# 轻型钢结构 设计手册

《轻型钢结构设计手册》编辑委员会



中国建筑工业出版社

# 轻型钢结构设计手册

《轻型钢结构设计手册》 编辑委员会

中国建筑工业出版社

本手册主要根据《钢结构设计规范》(GBJ17—88)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GBJ18—87),按近年来轻型钢结构的新发展及工程设计成果,考虑建设、设计和施工的要求,将各方面的经验资料总结编成。内容包括檩条、屋架、刚架、网架以及独立广告牌墙架等详细资料。书中还列有代表性的计算实例和相应的施工详图,以及形成结构系列的常用屋盖结构的布置和杆件截面选用表,供工程实际参考应用。

本书可供广大土建专业人员和大专院校师生参考和使用。

\* \* \*

责任编辑:黎 钟

### 轻型钢结构设计手册

《轻型钢结构设计手册》编辑委员会

\*

中国建筑工业出版社出版、发行(北京西郊百万庄)

新华书店经销

北京建筑工业印刷厂印刷

\*

开本:880×1230毫米 1/16 印张:19¼ 字数:679千字

1996年5月第一版 2001年1月第五次印刷

印数:10,101—11,600册 定价:48.00元

ISBN 7-112-02767-5

TU·2123(7877)

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)

## 《轻型钢结构设计手册》编辑委员会

**主 任：**汪一骏

**副 主 任：**邱国桦 冯 东

**委 员：**

**主要编写人：**汪一骏 邱国桦 冯 东 陈祥云 谷钧宏

毕喜玲 李 有 旷开长 陈秋雯

**参加编写人：**朱 军 于 江 汪 源 刘丽萍 汪 迪

李 捷

**联 系 人：**北方交通大学土木建筑系 冯 东

地址：北京市西直门外上园村

邮编：100044

电话：63240247

寻呼：62051188-6379

# 前 言

本手册在总结我国轻型钢结构设计经验的基础上，汇总了轻型钢结构设计所需的各种资料 and 施工实例图，目的是为广大土建结构设计、施工、科研、教学人员在应用轻型钢结构时提供一本实用的参考工具书。

全书共分十章，46个附录。其中除了重点介绍圆钢、小角钢和薄壁型钢等轻型钢屋盖结构外，同时还包括一些构件截面较小、用钢指标较好的普通钢结构。

本书首先论述各种轻型钢结构的特点、适用范围和相应的屋面材料，其次以表格形式分别列出普通钢结构、轻型钢结构和薄壁型钢结构构件和连接的强度设计值、设计基本规定和设计计算公式，以利于读者将基本原理与实用资料相互对照和沟通。书中在深入介绍基本构件设计计算的基础上再对各种檩条、屋架、刚架、平板网架和广告牌架的特点、适用范围、结构形式、内力分析、构件截面选择和构造连接进行详细论述，并附有代表性的计算实例及相应的施工详图。最后在总结工程设计实践经验的基础上，对使用普遍，易于系列化、通用化的各种结构构件编制了五种类型的屋盖结构系列（结构布置及结构构件截面选用表），便于设计施工中选择和应用。附录中附有轴心受压构件的稳定系数 $\varphi$ 、常用钢材截面特性表、焊缝和螺栓的承载力设计值选用表，以及压型钢板的产品规格等。

参加本手册编写的主要人员有中国建筑标准设计研究所、铁道部建厂工程局勘测设计院、北方交通大学及北京天启广告公司等的专家和教授。各章分别由编委会主要编写人员分工负责，参加编写人员分别参加各章部分工作。

全书由北方交通大学汪一骏组织、统一、校对和审定。由于我们水平有限，书中谬误之处，望读者及时提出批评指正。

最后，我们对编写本手册中曾经作出过贡献的同志表示衷心的感谢，他们是：刘锡良、姜峻岳、刘其祥、符史瑶、李瑞骅、张新觉、窦守盈、董秀华、唐铁汉、翁大厚、徐金城、陈国琪、吴淑兰、孙庆珠和张祥莹等。

本书编辑委员会

# 目 录

<b>第一章 概述</b> .....	(1)
<b>第一节 轻型钢结构的特点及应用</b> .....	(1)
一、结构特点.....	(1)
二、结构形式及应用范围.....	(1)
三、设计中注意事项.....	(2)
<b>第二节 屋面材料及建筑构造</b> .....	(2)
一、屋面材料.....	(2)
二、屋面建筑构造.....	(4)
<b>第三节 结构材料及连接材料</b> .....	(5)
一、结构材料.....	(5)
二、连接材料.....	(8)
<b>第二章 设计的基本规定与计算</b> .....	(9)
<b>第一节 设计的基本规定</b> .....	(9)
一、设计计算原则.....	(9)
二、结构和连接的强度设计值.....	(9)
三、强度设计值的折减系数.....	(10)
四、钢材的物理性能.....	(11)
五、构件的计算长度.....	(11)
六、构件的容许长细比.....	(12)
七、薄壁型钢结构构件的最大容许宽厚比.....	(13)
<b>第二节 基本构件计算</b> .....	(13)
一、普通钢结构(含轻型钢结构).....	(13)
二、薄壁型钢结构.....	(18)
<b>第三节 连接计算与构造要求</b> .....	(21)
一、焊缝连接.....	(21)
二、螺栓连接.....	(26)
<b>第三章 檩条设计</b> .....	(29)
<b>第一节 檩条的形式、特点及适用范围</b> .....	(29)
一、实腹式檩条.....	(29)
二、空腹式檩条.....	(30)
三、下撑式和桁架式檩条.....	(30)
<b>第二节 檩条的截面尺寸和杆件布置</b> .....	(32)
<b>第三节 檩条荷载</b> .....	(32)
一、永久荷载.....	(32)
二、可变荷载.....	(32)
三、荷载组合.....	(32)

第四节 檩条的计算 .....	(33)
一、实腹式檩条 .....	(33)
二、空腹式檩条 .....	(34)
三、平面桁架式檩条 .....	(36)
四、空间桁架式檩条 .....	(37)
五、桁架式檩条的节点和焊缝计算 .....	(38)
第五节 檩条的布置、连接与构造 .....	(38)
一、檩条在屋架上的布置和搁置方案 .....	(38)
二、檩条与屋面的连接 .....	(39)
三、檩条与屋架的连接 .....	(39)
四、檩条的拉条和撑杆 .....	(39)
五、关于Z形钢、空腹式和T形桁架式檩条的加劲问题 .....	(41)
六、檩条与屋架上弦横向水平支撑的连接 .....	(42)
第六节 檩条的计算实例 .....	(42)
【例 3.6-1】 薄壁卷边Z形钢檩条 (BL) .....	(42)
【例 3.6-2】 组合Z形钢檩条 (ZL) .....	(43)
【例 3.6-3】 普通槽钢檩条 (GL) .....	(45)
【例 3.6-4】 空腹式檩条 (KL) .....	(46)
【例 3.6-5】 薄壁型钢平面桁架式檩条 (BHL) .....	(52)
【例 3.6-6】 平面桁架式檩条 (HL) .....	(54)
【例 3.6-7】 空间桁架式檩条 (KHL) .....	(55)
第七节 檩条的经济指标 .....	(57)
第四章 屋架设计 .....	(59)
第一节 屋架的设计规定 .....	(59)
一、屋架结构形式及应用 .....	(59)
二、屋架荷载 .....	(59)
三、屋架内力分析 .....	(60)
四、屋架杆件截面的选用原则 .....	(60)
五、屋架杆件截面的构造要求 .....	(61)
六、缀条的构造要求 .....	(61)
七、屋架的杆件连接设计 .....	(61)
第二节 三角形角钢屋架 .....	(61)
一、屋架特点及适用范围 .....	(61)
二、屋架的结构形式 .....	(61)
三、屋架的杆件截面选择 .....	(63)
四、屋架的构造连接 .....	(64)
五、屋架的节点计算 .....	(66)
第三节 三角形薄壁型钢屋架 .....	(67)
一、屋架特点及适用范围 .....	(67)
二、屋架的结构形式 .....	(68)
三、屋架的杆件截面选择 .....	(68)
四、屋架的构造连接 .....	(69)
五、屋架的节点焊缝计算 .....	(73)
第四节 三铰拱屋架 .....	(73)
一、屋架特点及适用范围 .....	(73)

二、屋架内力分析 .....	(73)
三、屋架的杆件截面选择 .....	(74)
四、屋架的节点构造、焊缝计算和拼接 .....	(75)
第五节 梭形屋架 .....	(78)
一、屋架特点及适用范围 .....	(78)
二、屋架的结构形式 .....	(79)
三、屋架内力分析 .....	(79)
四、屋架的杆件截面选择 .....	(80)
五、屋架的节点构造 .....	(81)
六、屋面板的连接构造 .....	(82)
第六节 屋架的计算实例 .....	(83)
【例 4.6-1】 18m 三角形角钢屋架 (JW18—0.75—2) .....	(83)
【例 4.6-2】 18m 三角形薄壁方管屋架 (FW18—1.5—3) .....	(92)
【例 4.6-3】 15m 三角形薄壁圆管屋架 (YW15—1.5—2) .....	(97)
【例 4.6-4】 18m 三铰拱屋架 (GW18—0.75—4) .....	(101)
【例 4.6-5】 12m 梭形屋架 (SW12—1) .....	(109)
第七节 屋架的支撑设计 .....	(111)
一、支撑的设置 .....	(111)
二、支撑的形式、截面、计算和构造 .....	(113)
三、支撑的计算实例 (假设仅按长细比选用) .....	(114)
四、屋架与支撑的连接 .....	(117)
第五章 刚架设计 .....	(121)
第一节 刚架特点及适用范围 .....	(121)
一、刚架特点 .....	(121)
二、刚架适用范围 .....	(121)
第二节 刚架的结构形式 .....	(121)
一、门式刚架 .....	(121)
二、门式格构刚架 .....	(122)
第三节 刚架的设计与计算 .....	(122)
一、刚架荷载 .....	(122)
二、刚架的截面尺寸 .....	(123)
三、刚架的设计方法 .....	(123)
第四节 刚架的构造连接 .....	(130)
一、梁、柱拼接节点 .....	(130)
二、横梁屋脊拼接节点 .....	(131)
三、柱脚锚固连接节点 .....	(131)
第五节 刚架的支撑设置 .....	(131)
第六节 刚架的计算实例 .....	(132)
【例 5.6-1】 15m 门式实腹刚架 GJ15—1 .....	(132)
第六章 平板网架设计 .....	(142)
第一节 概述 .....	(142)
第二节 网架的特点与适用范围 .....	(142)
一、网架特点 .....	(142)
二、网架的适用范围 .....	(143)
第三节 网架结构的形式 .....	(143)



一、交叉梁系网架·····	(143)
二、角锥体系网架·····	(144)
三、其他形式的网架·····	(147)
第四节 网架型式的选择·····	(148)
第五节 网架的设计·····	(148)
一、网格尺寸·····	(148)
二、网架高度·····	(149)
三、网架腹杆的布置·····	(150)
四、杆件的计算长度和长细比·····	(150)
五、网架计算方法简述·····	(151)
第六节 网架的节点构造·····	(152)
一、角钢板节点·····	(152)
二、钢管球节点·····	(153)
三、支座节点·····	(156)
第七节 网架的计算实例·····	(158)
【例 6.7-1】 平面为 21m×30m 斜放四角锥网架 WJ21×30 ·····	(158)
第七章 广告牌墙架·····	(163)
第一节 概述·····	(163)
一、一般说明·····	(163)
二、墙架构件形式·····	(163)
第二节 墙架结构的布置·····	(164)
第三节 墙架构件的内力及截面计算·····	(165)
一、内力计算·····	(165)
二、截面计算·····	(166)
第四节 墙架构件的构造·····	(166)
一、面板·····	(166)
二、纵梁和次横梁·····	(167)
三、横梁·····	(167)
四、柱·····	(167)
第五节 墙架构件的计算实例·····	(168)
【例 7.5-1】 板面面积为 8m×15m 架空广告牌的计算 ·····	(168)
第八章 制造、安装和防腐蚀·····	(172)
第一节 轻型钢结构的制造·····	(172)
第二节 轻型钢结构的安装·····	(173)
第三节 轻型钢结构的防腐蚀·····	(174)
一、轻型钢结构防腐蚀的重要性的措施·····	(174)
二、除锈方法·····	(174)
三、防锈涂料的选择·····	(175)
四、油漆的施工与维护·····	(177)
第九章 结构系列·····	(178)
一、一般说明·····	(178)
二、结构系列选用表·····	(179)
(一) 三角形角钢屋架及檩条 ·····	(179)
(二) 三角形薄壁方管、圆管屋架及檩条 ·····	(180)
(三) 三铰拱屋架及檩条 ·····	(180)

三、结构系列及用钢指标	(180)
(一) 檩条	(180)
(二) 三角形角钢屋架	(185)
(三) 三角形薄壁方管、圆管屋架	(199)
(四) 三铰拱屋架	(206)
<b>第十章 设计实例</b>	(213)
一、焊缝及螺栓连接图例	(213)
二、关于对称符号和厂房纵向插入距	(215)
三、施工详图	(215)
三角形角钢屋架及空腹式檩条 (设计实例图 1.1~1.6)	(216)
三角形薄壁方管屋架及薄壁卷边 Z 形钢檩条 (设计实例图 2.1~2.6)	(222)
三角形薄壁圆管屋架及薄壁卷边 Z 形钢檩条 (设计实例图 3.1~3.7)	(228)
三铰拱屋架及平面桁架式檩条 (设计实例图 4.1~4.6)	(235)
梭形屋架 (设计实例图 5.1~5.3)	(241)
门式实腹刚架及薄壁卷边 Z 形钢檩条 (设计实例图 6.1~6.6)	(244)
斜放四角锥体网架 (设计实例图 7.1~7.2)	(250)
屋面建筑构造 (设计实例图 8.1~8.3)	(252)
<b>附录</b>	(255)
一、普通钢结构轴心受压构件的截面分类 附表 1	(255)
二、普通钢结构轴心受压构件稳定系数 $\varphi$ 附表 2~7	(256)
三、薄壁型钢结构轴心受压构件稳定系数 $\varphi$ 附表 8、9	(259)
四、受压板件的有效宽厚比 附表 10~16	(260)
五、计算薄壁型钢受弯构件整体稳定系数 $\alpha_b$ 中的参数 附表 17	(264)
六、常用钢材截面特性表 附表 18~33	(265)
七、圆管相贯连接的焊缝长度 ( $l_w$ ) 系数 附表 34	(287)
八、两个等边及不等边角钢连接垫板间距及尺寸表 附表 35	(287)
九、等边角钢组合截面角焊缝长度表 附表 36	(288)
十、不等边角钢组合截面长边相连角焊缝长度表 附表 37	(289)
十一、不等边角钢组合截面短边相连角焊缝长度表 附表 38	(290)
十二、一个普通螺栓 (C 级) 的承载力设计值 附表 39	(291)
十三、热轧角钢螺栓孔距规线表 附表 40	(291)
十四、热轧普通工字钢和热轧普通槽钢螺栓孔距规线表 附表 41	(292)
十五、六角螺栓与六角螺母的基本数据 附表 42	(293)
十六、压型钢板产品规格 附表 43~45	(294)
十七、钢网架结构主要加工厂一览表 附表 46	(297)
主要参考资料	(298)

# 第一章 概 述

## 第一节 轻型钢结构的特点及应用

### 一、结构特点

轻型钢结构主要指由圆钢、小角钢和薄壁型钢组成的结构。这是相对于普通钢结构而言的。轻型钢结构的屋面荷载较轻，因而杆件截面较小、较薄。它除具有普通钢结构的自重较轻、材质均匀、应力计算准确可靠、加工制造简单、工业化程度高、运输安装方便等特点外，一般还具有取材方便、用料较省、自重更轻等优点。它对加快基本建设速度，特别是对中小企业的建设，以及对现有企业的挖潜、革新、改造等工作能起一定的作用，因而受到建设单位的普遍欢迎。

轻型钢结构的经济指标较好。轻型钢屋盖结构的用钢量一般为 $8\sim 15\text{kg}/\text{m}^2$ ，接近在相同条件下钢筋混凝土结构的用钢量，且能节约大量木材、水泥及其他建筑材料，将结构自重减轻为普通钢结构的 $70\sim 80\%$ ，总的造价较低。由于结构自重轻，也为改革笨重的结构体系创造了条件。因此，轻型钢结构是很有发展前途的一种结构。

轻型钢结构的用途是多方面的，较多的应用于房屋的屋盖结构。轻型钢结构得以推广的关键在于使用轻型屋面材料。因此，研究并推广具有较好保温、隔热和防水性能的轻型屋面材料，对轻型钢结构的发展有很大的意义。

圆钢、小角钢的轻型钢结构除具有取材方便、能小材大用、制造和安装方便等优点外，用钢量也较省。这种结构的形式可以是多种多样的，它与屋面材料和结构材料有关。当屋面材料为瓦材时，宜选用坡度较大的有檩屋盖结构体系，如空腹式或桁架式檩条、三角形屋架或三铰拱屋架等。当屋面材料为加气混凝土板时，宜选用坡度较平的无檩屋盖结构体系，如梭形屋架。空腹式檩条和三角形屋架主要由角钢组成；桁架式檩条、三铰拱屋架和梭形屋架为圆钢和角钢的组合结构。

薄壁型钢结构是在近几十年发展起来的轻型钢结构。薄壁型钢具有较好的截面特征，壁厚为 $1.5\sim 5\text{mm}$ ，一般采用 $2.0\sim 3.0\text{mm}$ ；它的截面形状合理且多样化；与热轧型钢相比，在相同截面面积的情况下，薄壁型钢的回转半径可增大 $50\%\sim 60\%$ ，截面惯性矩和抵抗矩可增大 $0.5\sim 3.0$ 倍，因而能较合理地利用材料的强度，与普通钢结构相比，可节约钢材 $30\%$ 。上海、湖北等地已在近百万平米的建筑中应用了三角形薄壁型钢屋架和薄壁Z形钢檩条，薄壁型钢和圆钢组合的平面桁架式檩条，并获得了较好的技术经济效果，为薄壁型钢结构的设计、制造、安装和使用维护，积累了经验。它将是轻型钢结构发展的方向。

### 二、结构形式及应用范围

#### (一) 檩条

檩条的形式主要有实腹式、空腹式和桁架式等。用钢量为 $3\sim 7\text{kg}/\text{m}^2$ （跨度为 $6\text{m}$ ），随檩距大小而不同。在一定檩距范围内，檩距大者用钢量省。有条件时一般应优先采用实腹式薄壁型钢檩条。当屋面荷载和檩距较小时，也可采用轻型槽钢或角钢和缀板拼焊组成的空腹式檩条。桁架式檩条的制造比较麻烦，宜于荷载和檩距较大的情况下使用。

#### (二) 屋架

屋架的形式主要有：三角形屋架、三铰拱屋架和梭形屋架。三角形屋架中又有三角形角钢屋架和三角形薄壁型钢屋架。

1. 三角形角钢屋架用钢量较省，为 $4\sim 6\text{kg}/\text{m}^2$ （跨度为 $9\sim 18\text{m}$ ），取材方便，节点构造简单，制造、运输和安装方便，适用于跨度和吊车吨位（轻、中级工作制）不太大的中、小型工业房屋。

2. 三角形薄壁型钢屋架用钢量省，为 $3\sim 7\text{kg}/\text{m}^2$ （跨度为 $12\sim 24\text{m}$ ），杆件刚度较大，制造、运输和安装方便。

它适用的屋架跨度和吊车吨位（轻、中级工作制）比三角形角钢屋架要大，有条件时宜尽量采用。由于它的杆件较薄，应用时应注意除锈、油漆等防腐蚀问题。

3. 三铰拱屋架用钢量与三角形角钢屋架相近，能充分利用圆钢和小角钢，取材容易，能小材大用，便于拆装和运输，但节点构造较复杂，制造较费工。由于整个结构的刚度较差，一般不宜用于有桥式吊车和跨度超过 18m 的工业房屋中。

4. 梭形屋架是由角钢和圆钢组成的空间桁架，属于小坡度的无檩屋盖结构体系。具有取材方便，截面重心低，空间刚度较好等特点，但节点构造复杂，制造较费工。一般多用于跨度 9~15m，柱距 3.0~4.2m 的民用建筑中。

### （三）刚架

刚架结构可以有效地利用建筑空间，降低房屋的高度，使建筑造型比较简洁美观，并使构件的规格整齐划一。其中格构刚架多属于轻型钢结构；实腹刚架则多属于普通钢结构。实腹刚架刚度较大，便于设置悬挂吊车和长途运输，在工地安装方便，特别采用 H 形钢时，可使制造工作简化。但它的用钢指标较高，国内工程应用较少，多在援外的中、小型工业房屋中应用。

### （四）网架

随着生产工艺的不断改进和建筑水平的提高，建筑结构体系不断向大跨度大柱网方向发展，并从平面结构发展到空间结构。钢网架屋盖结构是其中的一种。在钢网架屋盖结构中，平板型的钢网架屋盖结构在我国已较好地解决了设计和施工问题，它的应用正逐年增加。钢网架屋盖结构具有空间作用，较梁、板和屋架体系的平面结构具有整体性好、刚度大等优点，能有效地承受地震作用等动力荷载。它不仅适用于大跨度结构，在中、小跨度结构中应用也不少。过去，钢网架屋盖结构多应用于体育馆、俱乐部等建筑，目前正逐步用于大跨度和大柱网的工业房屋中。

近几十年来，我国各地建筑设计和施工部门在轻型钢结构方面，结合当地的具体情况，就地采用简易的材料和吊装方法，创造了不少各具特点的结构形式，建造了不少工程。这些工程用钢省、花钱少、上马快，加速了国民经济的发展。特别由于轻型钢结构的屋面轻，钢材的延性好，具有较好的抗震性能，故不论在震后的恢复重建，或地震区的建设和加固工作中，都使轻型钢结构受到了应有的重视。

## 三、设计中注意事项

轻型钢结构，特别是圆钢、小角钢的轻型钢结构，虽应用已较为普遍，但采用轻型钢结构时，如对设计、施工问题不够重视，往往容易发生工程质量事故。产生事故的原因，有的是钢材不合要求；有的是主要结构未经计算或构造不当，有的是缺少必要的支撑系统。根据过去的经验，设计中应注意下列事项：

（一）在钢结构施工详图中应注明所采用的钢号和焊条型号，以及对钢材所要求的机械性能和化学成分的保证项目。其质量标准应分别符合现行《碳素结构钢》技术条件、GB700—88、《低合金结构钢技术条件》GB1591—88、《碳钢焊条》GB5117—85 和《低合金钢焊条》GB5118—85 规定的要求。对无证明书的钢材必须经试验证明其机械性能和化学成分符合相应标准所列钢号的要求时，才能酌情使用。

（二）在结构形式上，应力求杆件布置合理和节点构造简单。结构的杆件单元体应具有几何不变性，注意区分拉、压杆。对可能产生压力的拉杆应符合压杆的有关要求。

（三）根据结构形式、跨度和计算的要求，以及使用特点，设置必要的支撑系统，以保证结构在安装和使用阶段的强度和稳定性。

（四）在节点处所有杆件的几何轴线应尽量汇交于一点，如构造上确有困难也应力求减少偏心值，并考虑其偏心影响。

（五）结构的构件与构件间以及杆件间的连接，应足以承受其内力值和保证结构的稳定性。

## 第二节 屋面材料及建筑构造

### 一、屋面材料

轻型钢结构的屋面材料，宜采用轻质高强，耐火、防火、保温和隔热性能好，构造简单，施工方便，并能工

业化生产的建筑材料。如压型钢板、瓦楞铁和各种石棉水泥瓦。在我国由于料源的限制，有时还需沿用传统的粘土瓦或水泥平瓦。

1965年后我国曾普遍应用过钢丝网水泥波形瓦和预应力混凝土槽瓦等自防水构件作为轻型屋面的瓦材，获得了较好的经济指标，也取得了一定的经验。但这些屋面的自重还不够轻，在防水、保温和隔热性能等方面还需要进一步改进。近年来我国又正逐步推广使用加气混凝土板等屋面材料。

兹将国内已采用的几种屋面材料分述于下：

#### (一) 粘土瓦或水泥平瓦

这种屋面瓦的自重  $0.55\text{kN/m}^2$ ，是一种传统性材料。由于取材、运输、施工都较方便，适应性强，特别适用于零星分散的、机械化施工水平不高的建设项目和地方性工程。因此，目前还有一定的应用价值。

#### (二) 木质纤维波形瓦

这种屋面瓦的自重约  $0.08\text{kN/m}^2$ 。它是在木质纤维内加酚醛树脂和石蜡乳化防水剂后预压成型，再经高温高压制成的。其特点是能充分利用边角料，具有轻质高强、耐冲击和一定的防水性能，运输和装卸无损耗，适用于料棚、仓库和临时性建筑。这种瓦的缺点是易老化，耐久性差；对屋面定时使用涂料进行维护保养，一般可使用十年左右。

#### (三) 石棉水泥波形瓦

这种屋面瓦自重  $0.20\text{kN/m}^2$ 。它在国内外都属于广泛采用的传统性材料；具有自重轻、美观、施工简便等特点；除适用于工业和民用建筑的屋面材料外，还可以做墙体围护材料。石棉瓦的材性存在着脆性大，易开裂破损，因吸水而产生收缩龟裂和挠曲变形等缺陷。国外通过对原材料成分的控制、掺加附加剂，进行饰面处理和改革生产工艺等，可使石棉瓦有较好的技术性能。目前，我国石棉瓦的产量不多，有些质量还不够高，正在积极研究采取措施，以扩大生产，提高质量。有些工程在石棉瓦下加设木望板，以改善其使用效果，及便于检查和维修。

#### (四) 加筋石棉水泥中波瓦

这种屋面瓦每平米自重  $0.20\text{kN}$ ，是继过去试制的加筋小波瓦发展起来的新品种；这种瓦于1975年经国家建材总局鉴定，在上海石棉瓦厂定点生产。它是全部利用短纤维石棉加一层  $\phi 1.4 \times 15 \times 15\text{mm}$  钢丝网（合  $2\text{kg/m}^2$ ）制成的，比一般石棉瓦大大提高了抗折强度，改变了受荷破坏时骤然脆断的现象，也减少了运输安装过程中的损耗率。它的最大支点距离可达  $1.5\text{m}$ ，比不加筋石棉瓦增大近一倍，故在工程中总的用钢量并没有增加，而且适用于高温和振动较大的车间。这是一种有发展前途的瓦材。但在我国目前成本仍稍高。

#### (五) 压型钢板

压型钢板是采用镀锌钢板、冷轧钢板、彩色钢板等作原料，经辊压冷弯成各种波型的压型板；它具有轻质高强、美观耐用、施工简便、抗震防火的特点，它的加工和安装已经达到标准化、工厂化、装配化。

我国的压型钢板是由冶金部建筑研究总院首先开发研制成功的，至今已有十多年历史；目前已编制了《建筑压型钢板》国家标准和《压型金属板设计施工规程》冶金部标准，同时已正式列入《冷弯薄壁型钢结构技术规范》GBJ18—87中。

目前该院可生产17种截面规格的压型钢板。它的截面呈波形，从2波到6波，板宽  $550 \sim 930\text{mm}$ 。大波（2~3波）波高  $75 \sim 130\text{mm}$ ，小波（4~6波）波高  $14 \sim 38\text{mm}$ ，个别（3波）波高达  $51\text{mm}$ 。板厚  $0.6 \sim 1.6\text{mm}$ （一般可用  $0.6 \sim 0.8\text{mm}$ ）。压型板的最大允许檩距，根据支承条件、荷载及芯板厚度，由产品规格中选用。在屋面中常用的压型板为板宽  $600\text{mm}$ 、波高  $130\text{mm}$ （ $75\text{mm}$ ）的二波（三波）、大波压型板及板宽  $750\text{mm}$ 、波高  $35\text{mm}$  的六波小波压型板。详见附表43~45。

压型板的重量为  $0.10 \sim 0.18\text{kN/m}^2$ 。分长尺和短尺两种。一般采用长尺，板的纵向可不搭接。适用于平坡的梯形屋架。

#### (六) 钢丝网水泥波形瓦

这种屋面瓦自重为  $0.40 \sim 0.50\text{kN/m}^2$ 。它是采用  $10 \times 10\text{mm}$  钢丝网（最好用点焊网）和425号水泥砂浆振动成型的。瓦厚平均  $15\text{mm}$  左右，瓦型类似石棉水泥大波瓦。为了提高瓦的强度和抗裂性，瓦型由开始时六波改为现在的四波和三波。生产这种瓦的设备简单，施工方便，技术经济指标好。在保证操作要求的情况下，瓦的质量和耐久性符合一般工业房屋的使用要求。但有些单位反映，目前尚存在以下问题，如：制作时钢丝网易回弹露筋，起模运输吊装过程中易产生裂缝且损耗较多，以及在长期使用过程中因大气作用而出现钢丝网锈蚀和砂浆起

皮脱壳等现象，有待研究改进。

### (七) 预应力混凝土槽瓦

这种屋面瓦自重  $0.85 \sim 1.0 \text{ kN/m}^2$ 。它的最大优点是构造简单，施工方便，能长线叠层生产。在六十年代后半期经大量推广应用，发现部分槽瓦有裂、渗、漏等现象。目前经改进的新瓦型，一般在制作时采用振、滚、压的方法，起模运输时采取整叠出槽、整叠运输、整叠堆放以及双层剥离等措施，大大提高瓦的质量，减少瓦的裂缝和损耗，在建筑防水构造上也做了相应的改进。此外，还有采用离心法生产的预应力混凝土槽瓦，对发展机械化生产，提高混凝土密实性和构件强度都具有较大的优越性。经改进后的槽瓦具有一定的推广价值，可用于一般保温和隔热要求不高的工业和民用建筑。

### (八) 加气混凝土屋面板

这种屋面板自重  $0.75 \sim 1.0 \text{ kN/m}^2$ 。它是一种承重、保温和构造合一的轻质多孔板材，以水泥（或粉煤灰）、矿渣、砂和铝粉为原料，经磨细、配料、浇注、切割并蒸压养护而成。具有容重轻、保温效能高、吸音好等优点。因系机械化工厂生产，板的尺寸准确，表面平整，一般可直接在板上铺设卷材防水，施工方便。目前国外多以这种板材作为屋面和墙体材料。

除上述几种常用的瓦材外，还有塑料瓦和瓦楞铁。前者较柔软，安装不便，老化问题较严重，多用于临时性建筑；后者造价较高。

瓦材规格、最大支点距离见表 1.2-1 和表 1.2-2。

瓦材规格表（一）

表 1.2-1

序号	名 称	长 (mm)	宽 (mm)	厚 (mm)	弧 高 (mm)	弧 数 (个)	横向抗折强度 (kN)	最大支点距离 (mm)	参 考 重 (kN/张)
1	石棉水泥大波瓦	2800	994	8.0	50	6	3.0	1300	0.48
		1650	994	8.0	50	6	1.2	1500	0.28
2	石棉水泥中波瓦	2400	745	6.5	33	7.5	2.0/1.7	800	0.22
		1800	745	6.0	33	7.5	2.0/1.7	800	0.14
		1200	745	6.0	33	7.5	2.0/1.7	800	0.10
3	石棉水泥小波瓦	1820	720	6.0	14~17	11.5	1.7/1.3	800	0.18
		1820	720	8.0		11.5	1.7/1.3	800	0.20
4	石棉水泥脊瓦	850	180×2	8.0	—	—	—	—	0.04
		780	230×2	6.0	—	—	—	—	0.04
5	加筋石棉水泥中波瓦	1800	745	7~8	33	6	2.0/1.5	1500	0.20~0.22
6	木质纤维波形瓦	1700	765	6.0	40	4.5	2.0	1500	0.07~0.08
7	压型钢板	按需要	550~930	0.6~1.0	14~130	2~6	—	由附表 43~45 产品规格选用	0.10~0.18

瓦材规格表（二）

表 1.2-2

序 号	名 称	长 (mm)	宽 (mm)	厚 (mm)	弧 (肋) 高 (mm)	弧 数 (个)	边 肋 (倾角)	强 度 (kN)	最大支点距离 (mm)	参 考 重 (kN/m <sup>2</sup> )
1	钢丝网水泥波形瓦	1700	830	14	80	3	—	2.2	1500	0.60
2	预应力混凝土槽瓦	3300	980~990	25~30	120~130	—	320~450	—	3000	0.90

## 二、屋面建筑构造

屋面建筑构造随瓦型和材质的不同而有不同的特点和要求。具体做法见第十章第八节屋面建筑构造图。

兹将采用以上各种瓦（板）材构造中的一些问题简述如下：

### (一) 屋面坡度

屋面坡度与所采用的瓦型有关。坡度太大，瓦材容易下滑，应使屋面瓦材与檩条有较好的连接；坡度太小，屋面容易渗漏，应做好屋面防水处理。对于常用各种屋面瓦材较合理的屋面坡度，详见第四章表 4.1-1，设计时可酌情选用。

### (二) 瓦(板)的固定和连接

各种瓦与檩条的固定和连接应使构件受力良好,避免应力集中,造成瓦板材开裂。对石棉瓦,要避免在瓦的搭接处用一个螺栓同时固定两层瓦,以及将螺栓拧得过紧,使瓦材局部挤压开裂;对钢丝网水泥波形瓦,因瓦较厚,横向连接宜采用平接,不用搭接,以免上一层瓦局部悬空引起压裂;预应力混凝土槽瓦与檩条的连接,当用预留孔插销连接时,预留孔的大小及位置应准确,以免销钉脱落和将板边拉裂;加气混凝土板的端部要保证有足够的支承长度,并将板瓦相拉锚,浇灌成整体等。

### (三) 防水构造中应注意的几个问题

瓦屋面都是通过各种搭接形式达到防水的,因此,它们搭接的构造是防水的关键。在一般瓦屋面中容易引起漏水的部位是在瓦材接缝、天沟、山墙、天窗侧壁及通风屋脊等处。

1. 根据屋面的坡度,构件间的搭接应保证有适当的长度,不用砂浆满铺或填塞缝隙,以免引起爬水现象。

2. 瓦与山墙和高低跨处的连接应做铁皮泛水或挑砖粉滴水线盖缝。

3. 当采用混凝土天沟支承屋面瓦,在天沟防水油毡施工时上口不易做得严密,故有将天沟改为自承重而另增设檩条承重屋面的,也有取消天沟内的油毡而改为抹压乳化沥青防水或采用自防水天沟等做法的;混凝土天沟每6m长接缝处应涂优质油膏,保证柔性连接。雨水斗的布置要合理,并应考虑它周围的防水,施工时尤要精细严密。

在内天沟处采用桁架式钢檩时,由于檩条端部高度小,不能满足天沟必要的积水和找坡深度,应变换屋架形式,采用上弦端节间处向下弯折的上折式三角形屋架,以增加天沟的高度。

4. 为避免屋脊部位进风、进雨水的问题,脊瓦应有足够的遮挡深度。波形瓦的波谷深处应用砂浆填塞。

### (四) 自防水构件的表面涂层

一般钢筋混凝土和钢丝网水泥构件,在制作和使用过程中有时会产生干缩裂缝、温度裂缝或碳化、风化等现象,而影响它们的防水和使用寿命。为了提高它们的防水性和耐久性,有必要对瓦面涂以一定厚度的各种涂料。

### (五) 屋面采光和通风

一般轻型钢屋架,单跨时多利用房屋侧窗采光,多跨时可采用一般的或钢丝的玻璃平天窗和玻璃钢球形点式采光窗采光。在通风方面,采用一般的人工通风或从工艺布置上加以改善多能满足使用要求。因此,一般不设高大的矩形天窗架。

对房屋高度较小的门式刚架等可在屋脊上设置通风屋脊。

### (六) 轻型屋面的保温和隔热

上述各种屋面材料中,除加气混凝土板外其余的瓦材都不具有保温和隔热性能。在单层工业房屋中为了解决屋面的保温和隔热问题,常常会导致构造复杂、施工困难及加大屋盖自重。当使用石棉瓦或粘土瓦屋面时可利用木望板加设保温夹层的构造方案。近年来也有在加筋瓦下加衬瓦夹保温层的;也有个别工程在石棉瓦材上铺沥青珍珠岩再加沥青涂料兼作保温防水的。上述几种做法所增加的屋盖自重不多,构造合理,施工较简便。目前我国南方应用自防水构件时,多采用加强屋盖下的自然通风,和在瓦面上涂刷浅色涂层来加强反射来降低构件内表面的温度,也有在檩条下做纸板斜吊顶或平吊顶以达到隔热效果的。

## 第三节 结构材料及连接材料

### 一、结构材料

#### (一) 钢材分类

1. 按冶炼方法(炉种)可分平炉钢或电炉钢、氧气转炉钢和空气转炉钢。平炉钢质量良好而稳定,应用较广。氧气转炉钢当氧的纯度达到99.5%以上时,可与平炉钢等同对待。空气转炉钢的质量差异较大、低温性能较差,一般只用于非承重钢结构中。致于采用平炉、电炉、氧气转炉三种冶炼方法,除非需方有特殊要求,并在合同中注明外,一般由供方自行决定。

2. 按浇注方法可分镇静钢和沸腾钢。镇静钢脱氧充分,钢锭组织紧密坚实,气泡少,偏析程度小,低温冷脆性能和焊接性能以及抗大气腐蚀的稳定性好。沸腾钢脱氧不完全,钢锭组织不够密实、气泡较多,偏析程度大,冲击韧性较低,故在低温下使用受到一定的限制。

3. 按化学成分不同,在建筑结构中采用的是碳素结构钢和低合金结构钢。碳素结构钢按含碳量的百分率大小,分为5个钢号。钢号愈大,含碳量愈高,强度也随之增高,但塑性及韧性却随之降低。低合金结构钢的强度高,其强度的增高不是靠增加含碳量,而是靠加入合金元素的程度,因此,它的强度提高而韧性并不降低。在低合金结构钢中,16锰钢的综合性能较好,在我国已有几十年的工程实践经验。

有些国家将钢结构的钢材,按抗拉强度或屈服点划分为若干强度等级,简称钢级,其最大钢级的屈服点已达到 $750\text{N/mm}^2$ 。

## (二) 牌号或钢号表示方法、代号和符号

### 1. 碳素结构钢

#### (1) 牌号或钢号表示方法

钢的牌号代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法符号等四个部分按顺序组成。

例如:Q235—A.F 屈服点为 $235\text{N/mm}^2$ 的A级沸腾钢(相当于原标准3号沸腾钢);

Q235—A 屈服点为 $235\text{N/mm}^2$ 的A级镇静钢(相当于原标准3号镇静钢);

#### (2) 符号

Q——钢材屈服点“屈”字汉语拼音首位字母;

A、B、C、D——分别为质量等级;一般钢结构均可用A级,本书以后A级字母省略。

F——沸腾钢“沸”字汉语拼音首位字母;

b——半镇静钢“半”字汉语拼音首位字母;

Z——镇静钢“镇”字汉语拼音首位字母;

TZ——特殊镇静钢“特镇”两字汉语拼音首位字母;

在牌号组成表示方法中,“Z”与“TZ”符号予以省略。

按国家标准《碳素结构钢》技术条件(GB700—88)的规定,钢材的基本保证条件为屈服点、抗拉强度、伸长率以及碳、锰、硅、硫、磷的含量合格,以及钢的残余元素,铬、镍、铜等含量合格等。

### 2. 低合金结构钢

低合金结构钢钢号按所含合金元素和含碳量不同划分,其钢号的表示方法为:开头两位数表示出其平均含碳量的万分之几,其后列出其主要合金元素名称。其平均含量小于1.5%时,仅标注合金元素名称,不标注含量;平均含量等于或大于1.5%,2.5%…时,分别在主要合金元素名称后加注2,3…等,以标明其含量。例如:

16锰(或16Mn),表示平均含碳量为0.16%(0.12~0.20%),即16‰,主要合金元素锰的平均含量为1.4%(1.2~1.6%),小于1.5%的低合金钢。

09锰2(或09Mn2),表示平均含碳量为0.09%( $\leq 0.12\%$ ),即9‰,主要合金元素锰的平均含量1.6%(1.4~1.8%)大于1.5%而小于0.25%的低合金钢。

## (三) 钢材的机械性能和化学成分

所有承重结构的钢材均应要求保证屈服点、抗拉强度、伸长率和硫、磷的极限含量,对焊接结构尚应保证碳的极限含量。对某些重要结构还应有冷弯试验等项目的保证。

### 1. 机械性能

#### (1) 屈服点( $f_y$ )

屈服点是衡量结构的承载能力和确定基本强度设计值的重要指标。碳素结构钢和低合金结构钢在应力到达屈服点后,应变急剧增长,使结构的实际变形突然增加到不能再继续使用的情况。所以,钢材所采用的强度设计值,一般都以屈服点除以适当抗力分项系数来控制。

#### (2) 抗拉强度( $f_u$ )

抗拉强度是衡量钢材经过其本身所能产生的足够变形后的抵抗能力。它不仅是反映钢材质量的重要指标,而且直接与钢材的疲劳强度有密切的关系。由抗拉强度变化范围的数值,可以反映出钢材内部组织的优劣。

#### (3) 伸长率( $\delta$ )

伸长率是衡量钢材塑性性能的指标。钢材的塑性实际上是当结构经受其本身所能产生的足够变形时,抵抗断裂的能力。因此,结构所用的钢材,无论在静力荷载或动力荷载作用下,以及在加工制造过程中,除要求具有一定的强度外,还要求有足够的伸长率。



(4) 冷弯试验

冷弯是衡量材料性能的综合指标，也是塑性指标之一。通过冷弯试验不仅可以检验钢材颗粒组织、结晶情况  
和非金属夹杂物的分布等缺陷。在一定程度上也是鉴定焊接性能的一个指标。结构在加工制造和安装过程中进行  
冷加工时，尤其焊接结构在焊后变形的调直，都需要有较好的冷弯性能。用于承重结构的薄壁型钢的热轧带钢或  
钢板也应有冷弯试验保证。

(5) 冲击韧性

冲击韧性是衡量钢材抵抗脆性破坏能力的一个指标。因此，直接承受较大动力荷载的焊接结构，为了防止钢  
材的脆性破坏，应具有常温冲击韧性的保证，在某些低温情况下尚应具有负温冲击韧性的保证。轻型钢结构主要  
承受静力荷载，一般不要求保证冲击韧性。

2. 化学成分

对于钢材的化学成分，要特别注意碳、硫和磷的含量。钢中含碳量大，可提高钢材强度，但却降低了钢材的  
塑性和韧性，使冷弯性能降低。特别对焊接结构，含碳量增大将显著影响钢材的可焊性。因此，建筑结构用钢应  
保证含碳量。硫在钢中完全是有害成分，它使钢的焊接性能变坏，降低钢的冲击韧性和塑性，降低钢的疲劳强度  
和抗腐蚀稳定性。磷也是有害成分，其害处与硫相似，含磷量大，则增加钢的冷脆性（低温变脆），使钢材焊接性  
能和冷弯性能都降低。建筑结构用钢应保证硫、磷含量不超过国家标准的规定。

建筑结构用钢的机械性能和化学成分见表 1.3-1、1.3-2。

钢材的机械性能

表 1.3-1

标准代号	钢 号	厚 度 (mm)	机 械 性 能				
			屈服点 $f_y$ (N/mm <sup>2</sup> ) 不小于	抗拉强度 (N/mm <sup>2</sup> )	伸 长 率 (%)		
					$\delta_5$ 不小于		
GB700—88	Q235 沸腾钢和 镇静钢	≤16	235	≥375	26		180°冷弯试验 $d$ = 弯心直径 $B$ = 试样宽度 $a$ = 试样厚度  $B=2a$ $d=1.5a$ (试样方向为横向) $d=a$ (试样方向为纵向)
		17~40	225		25		
		41~60	215		24		
GB1591—88	16Mn	≤16	345	≥510	22		$d=2a$
		17~25	325	≥490	21		$d=3a$
		26~36	315	≥470	21		$d=3a$
GB1591—88	15MnV	<5	410	≥550	19 <sup>①</sup>		$d=2a$
		5~16	390	≥530	18		$d=3a$
		17~25	375	≥510	18		$d=3a$
		26~36	355	≥490	18		$d=3a$
		38~50	335	≥490	18		$d=3a$

① GB1591—88 中无厚度<5的伸长率数值，19是按GB1591—79写出的。

钢的化学成分

表 1.3-2

标准代号	钢 号	化 学 成 分 (%)					
		碳	硫	磷	硅	锰	钒
			不大于				
GB700—88	Q235	0.14~0.22	0.05	0.045	≤0.07	0.30~0.60	—
	(A级) 镇静钢				0.12~0.30	0.35~0.65	—
GB1591—88	16Mn	0.12~0.20	0.045	0.045	0.20~0.55	1.20~1.60	—
GB1591—88	15MnV	0.12~0.18	0.045	0.045	0.20~0.55	1.20~1.60	0.04~0.12

(四) 钢材的选用

合理地选用钢材与结构的安全和经济效果直接相关。轻型钢结构与其他建筑结构一样，应用的钢材既需具  
有一定的强度，还要具有一定的塑性和韧性。因此，所用钢号不宜过高，通常应用最多的是Q235沸腾钢，它不仅具