



QING XING GANG JIE GOU
SHE JI SHOU CE

(第二版)

轻型钢结构 设计手册

《轻型钢结构设计手册》编辑委员会

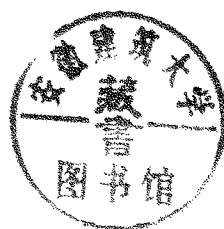


中国建筑工程工业出版社

轻型钢结构设计手册

(第二版)

《轻型钢结构设计手册》编辑委员会



中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

轻型钢结构设计手册/《轻型钢结构设计手册》编辑委员会. —2版. —北京: 中国建筑工业出版社, 2006
ISBN 7-112-08145-9

I. 轻... II. 轻... III. 轻型钢结构—结构设计—手册 IV. TU392.504-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 023709 号

轻型钢结构设计手册

(第二版)

《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

北京密云红光制版公司制版

北京蓝海印刷有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 42¼ 字数: 1053 千字

2006 年 6 月第二版 2006 年 6 月第十五次印刷

印数: 25801—30800 册 定价: 76.00 元

ISBN 7-112-08145-9

(14099)

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)

本社网址: <http://www.cabp.com.cn>

网上书店: <http://www.china-building.com.cn>

本手册是根据《钢结构设计规范》(GB50017—2003)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB50018—2002)、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》(GB51022—2002)等有关规范规程,结合近年来轻型钢结构的新发展和工程设计成果,按建设、设计和施工的需要,经综合整理编写而成。内容包括檩条、屋架、刚架、墙架、吊车梁等结构构件的设计计算资料,并列有代表性的计算实例、相应的施工详图,以及形成结构系列的构件布置和截面选用表,可供设计计算直接引用。本版修订中补充了热轧薄壁 H 型钢和高频焊接薄壁 H 型钢的檩条,高频焊接薄壁 H 型钢、热轧 H 型钢吊车梁和门式刚架的设计计算,以及单轴对称角钢组合截面、圆钢管、方钢管的轴心受压承载力表和冷弯薄壁卷边槽钢、卷边 Z 形钢的受弯构件等的整体稳定系数表;吊车梁中包括了 20t 以下的梁式和桥式吊车梁;墙梁中包括广告牌的设计。

本手册可供土木工程房屋结构专业建设、设计、施工技术人员,以及高等院校土木工程专业师生学习、应用参考。

* * *

责任编辑:黎 钟

责任设计:郑秋菊

责任校对:张景秋 张 虹

《轻型钢结构设计手册》编辑委员会

主 任：汪一骏

副 主 任：冯 东

委 员：汪一骏 冯 东 邱国桦 刘 敏 汪洪涛
刘树岭 钱奕峰 邓崎琳 杨树芬 王步伟
龚伯锋 樊 立 樊 志 侯天剑

编 写 人：汪一骏 冯 东 房鹏鹏 王亚曼 张丽娟
熊 瑛 吴燕燕 纪福宏 陆 健 吴保桥
谷超尧 李 锐 王 骏

主 审：汪一骏

主编单位：北京交通大学

北京交大科技发展中心

参编单位：马鞍山钢铁股份有限公司

长葛市通用机械有限公司

武汉钢实中亚科技发展有限公司

北京太空板业股份有限公司

徐州安美固建筑空间结构有限公司

北京首嘉钢结构有限公司轻型钢分公司

第 二 版 前 言

本手册在总结我国轻型钢结构设计经验的基础上,汇集了轻型钢结构设计的各种规定、构造、计算实例、结构系列、设计实例和图表。目的为广大建筑结构设计、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。

本手册共 12 章,主要根据《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2001)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)、《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)和《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102: 2002)等新的规范、规程而编写,按照规范和规程中的某些规定和条文对各种轻钢结构和构件的设计和计算展开详细的阐述,并运用实例和系列使其应用加以具体化。

本手册自 1996 年出版以来重印 14 次,这次再版仍以轻型坡屋面为主,但删除了第一版中近年不常用的构件,补充了热轧薄壁 H 型钢、高频焊接薄壁 H 型钢檩条,高频焊接薄壁 H 型钢、热轧 H 型钢吊车梁和门式刚架的弹性设计及结构系列。列出了常用单轴对称角钢组合截面、圆钢管、方钢管的轴心受压承载力表和冷弯薄壁卷边槽钢、卷边 Z 形钢、高频焊接薄壁 H 型钢、热轧 H 型钢受弯构件的整体稳定系数 φ_b' 表。同时增加了 20t 以下梁式和桥式吊车梁的内容;原来广告牌一章改为墙架,但仍适用于广告牌的设计。

本手册由北京交通大学会同有关单位、专家共同以编委会和编写人员为主体组织编写。为便于联系,在末页上列出各章节的主要负责人和联系方式。

最后,对在第一版编写中作出过贡献的同志表示衷心感谢。他们是:陈祥云、旷开长、谷钧宏、毕喜玲、李有、陈秋雯和于江等。

本书编辑委员会有关单位和人员

为拓开联系面，更好地发挥本书作用，兹将参加编写的主要单位及联系人列于下表：

序号	单 位 名 称	负责人	电 话	作 用
1	北京交通大学 北京交大科技发展中心	汪一骏 冯 东	010-62268575 010-51688357	主 编 副主编
2	马鞍山钢铁股份有限公司	钱奕峰	0555-2887266 13955550936	参 编
3	长葛市通用机械有限公司	谷超尧	010-87758131 13839022978	参 编
4	武汉钢铁中亚科技发展有限公司	杨树芬	027-86806868 13871331958	参 编
5	北京太空板业股份有限公司	樊 志	010-63729862 13801204145	参 编
6	徐州安美固建筑空间结构有限公司	王步伟	0516-3705002 13905206568	参 编
7	中国建筑科学研究院 PKPM CAD 工程部	马恩成	010-84272233 转 2559 13681447689	提供设计软件单位
8	北京首嘉钢结构有限公司 轻型钢分公司	李 锐	010-60756770 13671136587	参 编

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 轻型钢结构的特点及应用	1
1.2 屋面材料及建筑构造	3
1.3 结构材料及连接材料	7
第 2 章 设计基本规定与计算	12
2.1 设计基本规定	12
2.2 基本构件计算	17
2.3 连接计算与构造	35
第 3 章 檩条	46
3.1 檩条形式及特点	46
3.2 檩条截面尺寸	49
3.3 檩条荷载	50
3.4 檩条计算	51
3.5 檩条的布置、连接与构造	56
3.6 檩条计算实例	61
【例题 3-1】组合 Z 形钢檩条 (L-1)	62
【例题 3-2】冷弯薄壁直卷边 Z 形钢檩条 (L-2)	63
【例题 3-3】冷弯薄壁卷边槽钢檩条 (风吸力控制) (L-3)	66
【例题 3-4】冷弯薄壁斜卷边 Z 形钢檩条 (连续) (L-4)	68
【例题 3-5】热轧薄壁 H 型钢檩条 (L-5)	70
【例题 3-6】高频焊接薄壁 H 型钢檩条 (L-6)	71
【例题 3-7】剖分 T 型钢檩条 (网架屋盖) (L-7)	72
【例题 3-8】平面桁架式檩条 (L-8)	73
【例题 3-9】冷弯薄壁型钢平面桁架式檩条 (L-9)	74
【例题 3-10】空间桁架式檩条 (L-10)	76
第 4 章 屋架	79
4.1 屋架设计规定	79
4.2 三角形角钢屋架	82
4.3 三角形薄壁型钢屋架	89
4.4 三铰拱屋架	96
4.5 梭形屋架	97
4.6 屋架计算实例	103
【例题 4-1】18m 三角形角钢屋架 (JW18-0.75-2)	103
【例题 4-2】18m 三角形薄壁方管屋架 (FW18-1.5-3)	114
【例题 4-3】15m 三角形薄壁圆管屋架 (YW15-1.5-2) (焊接钢管)	120
【例题 4-4】12m 梭形屋架 (SW12-1)	124

4.7 屋架支撑	127
【例题 4-5】角钢支撑	131
【例题 4-6】圆钢管支撑	133
第 5 章 网架	139
5.1 网架的特点与适用范围	139
5.2 网架结构形式	139
5.3 网架结构形式选择	143
5.4 网架主要尺寸的确定	144
5.5 网架结构计算	144
5.6 网架杆件设计	145
5.7 网架节点设计与构造	146
5.8 网架计算实例	152
【例题 5-1】正放四角锥网架	152
【例题 5-2】斜放四角锥网架	155
第 6 章 吊车梁	160
6.1 概述	160
6.2 吊车梁系统的组成和类型	160
6.3 设计的基本要求	161
6.4 实腹式焊接吊车梁	162
6.5 悬挂式吊车梁	174
6.6 吊车梁与柱的连接构造	175
6.7 轨道和车挡	178
6.8 吊车梁计算实例	190
【例题 6-1】6m 热轧 H 型钢吊车梁 (DL-1)	190
【例题 6-2】7.5m 焊接工字形吊车梁 (DL-2)	195
第 7 章 门式刚架	203
7.1 刚架特点及适用范围	203
7.2 刚架的结构形式	204
7.3 刚架截面尺寸	205
7.4 刚架荷载	205
7.5 刚架的设计方法	206
7.6 节点设计	216
7.7 刚架计算实例	221
【例题 7-1】18m 单跨双坡门式刚架 (GJ-1)	221
【例题 7-2】21m 单跨双坡门式刚架 (GJ-2) (有 3t 梁式吊车)	226
【例题 7-3】15m 单跨双坡门式刚架 (GJ-3) (按塑性理论设计)	233
第 8 章 墙架	245
8.1 概述	245
8.2 墙架结构布置	247
8.3 墙架构件内力及截面计算	247
8.4 墙架构件的构造	249
8.5 墙架构件计算实例	251

【例题】面板面积为 $8\text{m} \times 15\text{m}$ 架空广告牌计算	251
第 9 章 制作、安装、涂装和隔热	256
9.1 概要	256
9.2 制作	256
9.3 安装	264
9.4 涂装和隔热	268
第 10 章 结构系列	277
10.1 檩条	277
10.2 屋架	282
10.3 吊车梁	322
10.4 门式刚架	338
10.5 墙架	360
10.6 支撑	367
第 11 章 设计实例	370
11.1 焊缝及螺栓连接图例	370
11.2 施工详图	372
1-1 ~ 1-6 三角形角钢屋架及空腹檩条 (JW18-0.75-2)	373
2-1 ~ 2-6 三角形薄壁方管屋架及薄壁 Z 形钢檩条 (FW18-1.5-3)	379
3-1 ~ 3-7 三角形薄壁圆管屋架及薄壁型钢平面桁架式檩条 (YW15-1.5-2)	385
4-1 ~ 4-3 梭形屋架 (SW12-1)	392
5-1 ~ 5-6 门式实腹刚架及薄壁 Z 形钢檩条 (GJ15-1)	395
6-1 ~ 6-2 斜放四角锥体网架 (WJ21 $\times$ 30)	401
7-1 ~ 7-3 屋面建筑构造	403
第 12 章 计算图表	406
12.1 普通钢结构轴心受压构件截面分类 (板厚 $t < 40\text{mm}$) 表 12-1	406
12.2 普通钢结构轴心受压构件稳定系数 φ 表 12-2、3	407
12.3 薄壁型钢结构轴心受压构件稳定系数 φ 表 12-4、5	411
12.4 受压板件的有效宽厚比 b_e/t 表 12-6	413
12.5 柱的计算长度系数 μ 表 12-7 ~ 10	424
12.6 角钢截面特性表 表 12-11 ~ 14	429
12.7 高频焊接薄壁 H 型钢截面特性表 (JG/T 137—2001) 表 12-15	446
12.8 热轧薄壁 H 型钢截面特性表 (GB/T 11263—2005) 表 12-16	450
12.9 热轧 H 型钢截面特性表 (GB/T 11263—2005) 表 12-17	451
12.10 剖分 T 型钢截面特性表 (GB/T 11263—2005) 表 12-18	454
12.11 薄壁方钢管截面特性表 (GB 50018—2002) 表 12-19	456
12.12 常用圆钢管截面特性表 表 12-20	459
12.13 冷弯薄壁卷边槽钢 (C 形钢) 截面特性表 (GB 50018—2002、CECS102: 2002) 表 12-21	464
12.14 冷弯薄壁卷边 Z 形钢截面特性表 (GB 50018—2002) 表 12-22	465
12.15 冷弯薄壁斜卷边 Z 形钢截面特性表 (GB 50018—2002、CECS102: 2002) 表 12-23	466
12.16 螺栓球规格系列 表 12-24	467
12.17 两个等边及不等边角钢连接填板间距及尺寸表 表 12-25	467
12.18 构件承载力 表 12-26 ~ 40	469

12.19 连接承载力 表 12-41 ~ 44 620

12.20 热轧角钢螺栓孔距规线表 表 12-45 630

12.21 风荷载计算 表 12-46 630

12.22 常用压型钢板产品规格 表 12-47 ~ 59 632

12.23 发泡水泥复合板（太空板）产品规格^[15] 表 12-60 ~ 67 638

12.24 吊车技术资料 表 12-68 ~ 71 644

12.25 横梁的固端弯矩 表 12-72、73 656

12.26 单跨等截面门式刚架弯矩剪力计算公式 表 12-74、75 659

参考文献 665

第 1 章 概 述

1.1 轻型钢结构的特点及应用

1.1.1 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。轻型钢结构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，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。当屋面材料为纤维水泥波形瓦时，宜选用坡度较大的有檩屋盖结构体系，如冷弯薄壁 Z 形钢或桁架式檩条、三角形屋架等。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。三角形屋架主要由角钢组成；桁架式檩条和梭形屋架为圆钢和角钢的组合结构。

冷弯薄壁型钢结构是在近几十年发展起来的轻型钢结构。冷弯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 $50\% \sim 60\%$ ，截面惯性矩和截面模量可增大 $0.5 \sim 3.0$ 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，为轻型钢结构的发展开辟了蹊径。

1.1.2 结构形式及应用范围

1. 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 $3 \sim 7\text{kg/m}^2$ (跨度为 6m)，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，宜用于荷载和檩距较大的情况。

2. 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 $4 \sim 8\text{kg/m}^2$ (跨度为 $9 \sim 24\text{m}$)，取材方便，节点构造简单，制造、运输和安装方便，适用于跨度不太大、吊车为轻、中级工作制 (工作级别 $A1 \sim A5$) 的中、小型工业房屋。

(2) 三角形薄壁型钢屋架用钢量省，为 $3 \sim 7\text{kg/m}^2$ (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 $A1 \sim A5$) 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。由于整体结构的刚度较差，一般不宜用于有桥式吊车和跨度较大的工业房屋中。

(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 $9 \sim 15\text{m}$ ，柱距 $3.0 \sim 4.2\text{m}$ 的民用建筑中。

3. 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，目前正逐年用于大跨度和大柱网的工业房屋中。

4. 门式刚架

门式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，特别采用高频焊接薄壁 H 型钢和热轧 H 型钢时，可使制造工作简化。

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时屋面轻，具有较好的抗震性能，故不论在震后恢复重建，或在地震区的建设和加固工作中，轻型钢结构都受到了应有的重视。

1.1.3 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,轻型钢结构设计中应注意下列事项:

1. 在钢结构施工详图中应注明所采用的钢材牌号和焊条型号,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》(GB/T700—1988)、《低合金结构钢技术条件》(GB/T1591—1994)、《碳钢焊条》(GB/T5117—1995)和《低合金钢焊条》(GB/T5118—1995)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材牌号的要求时,才能酌情使用。

2. 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。

3. 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。

4. 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。

5. 结构的构件及杆件间的连接,应足以承受其内力值和保证结构的稳定性。

1.2 屋面材料及建筑构造

1.2.1 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、瓦楞铁和各种纤维水泥瓦。在我国由于料源的限制,有时还需沿用传统的黏土瓦和水泥平瓦。

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:

1. 黏土瓦或水泥平瓦

这种屋面瓦的自重 0.55kN/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、机械化施工水平不高的建设项目和地方性工程。因此,有时还有一定的应用价值。

2. 木质纤维波形瓦

这种屋面瓦的自重约 0.08kN/m^2 ,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 10 年左右。

3. 纤维水泥波形瓦

这种屋面瓦自重 0.20kN/m^2 , 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。纤维水泥瓦的材性存在着脆性大、易开裂破损、吸水后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, 可使纤维水泥瓦有较好的技术性能。目前, 我国纤维水泥瓦的产量不多, 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。有些工程在纤维水泥瓦下加设木望板, 以改善其使用效果, 及便于检查和维修。

4. 加筋纤维水泥中波瓦

这种屋面瓦每平米自重 0.20kN , 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水泥加一层 $\phi 1.4 \times 15 \times 15\text{mm}$ 钢丝网 (含 2kg/m^2) 制成的, 比一般纤维水泥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 1.5m , 比不加筋纤维水泥瓦增大近一倍, 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。

5. 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形的压型板; 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原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; 目前已编制了国家标准《建筑压型钢板》和行业标准《压型金属板设计施工规程》, 同时已正式列入《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB50018—2002) 指定的使用中。

目前冶金建筑研究总院可生产几十种截面规格的压型钢板, 截面都呈波形, 从 2~6 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 51mm 。板厚 $0.6 \sim 1.6\text{mm}$ (一般可用 $0.6 \sim 0.8\text{mm}$)。压型钢板的最大允许檩距, 根据支承条件、荷载及芯板厚度, 可自产品规格中选用。在屋面中常用的压型板为板宽 600mm 、波高 130mm (75mm) 的二波 (三波)、大波压型板及板宽 750mm 、波高 35mm 的六波小波压型板。详见表 12-47~表 12-59。

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。

6. 钢丝网水泥波形瓦

这种屋面瓦自重为 $0.40 \sim 0.50\text{kN/m}^2$, 是采用 $10\text{mm} \times 10\text{mm}$ 网孔的钢丝网 (最好用点焊网) 和水泥砂浆振动成型的。瓦厚平均 15mm 左右, 瓦型类似纤维水泥大波瓦。为了提高瓦的强度和抗裂性, 瓦型由开始时六波改为后来的四波和三波。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。

7. 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。在上世纪 60 年代后半期开始大量推广应用, 发现部分槽瓦有裂、渗、漏等现象。后来经改进的新瓦型, 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承载力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。

8. 加气混凝土屋面板

这种屋面板自重 $0.75 \sim 1.0 \text{ kN/m}^2$, 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, 具有自重轻、保温效能高, 吸声好等优点。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。

9. 发泡水泥复合板 (太空板)

这是由钢边框或预应力混凝土边框、钢筋桁架、发泡水泥芯材、上下水泥面层 (含玻纤网) 复合而成, 集承重、保温、轻质、隔热、隔声、耐火、耐久等优良性能于一身的新型建筑板材。它自上世纪 90 年代初兴起, 至今已在全国几百万平方米的工业及民用建筑中应用。发泡水泥复合板已编制成国家建筑标准图 02-ZG710, 是轻型钢结构建筑中具有发展前途的一种耐久配套屋面和墙体材料。

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 1-1 和表 1-2。

瓦材规格表 (一)

表 1-1

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	纤维水泥 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	纤维水泥 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	纤维水泥 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	纤维水泥 脊 瓦	850	180×2	8.0	—	—	—	—	0.04
		780	230×2	6.0					0.04
5	加筋纤维水 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	—	由表 12-47~ 表 12-59 产 品规格选用	0.10~0.18

注: 表中未列夹芯板, 夹芯板为中间夹保温的双层金属板, 详见国家建筑标准图 01J925-1。

瓦材规格表 (二)

表 1-2

序号	名 称	长 (mm)	宽 (mm)	厚 (mm)	弧(肋)高 (mm)	弧 数 (个)	边 肋 (倾角)	荷 载 (kN/m ²)	最大支点 距离(mm)	参考重 (kN/m ²)
1	钢丝网水泥 波形瓦	1700	830	14	80	3	—	0.5 ~ 1.0	1500	0.60
2	预应力混凝土槽瓦	3300	980 ~ 990	25 ~ 30	120 ~ 130	—	320 ~ 450	1.0 ~ 2.0	3000	0.90
3	发泡水泥 复合板 (太空板)	3000 ~ 10000	1500 ~ 4500	80 ~ 150	—	—	100 ~ 400	1.9 ~ 5.0 kN/m ²	10000	0.5 ~ 1.1 多数 0.65

1.2.2 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 11 章第 7 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:

1. 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 4 章表 4-1,设计时可酌情选用。

2. 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。对纤维水泥瓦,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,并将板瓦相互拉锚,浇灌成整体等。

3. 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。一般瓦屋面中容易引起漏水的部位在瓦材接缝、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。