

轻型钢结构设计资料集

中国建筑科学研究院建筑标准设计研究所
铁道部建厂工程局勘测设计处

中国建筑工业出版社

轻型钢结构设计资料集

中国建筑科学研究院建筑标准设计研究所
铁道部建厂工程局勘测设计处

中国建筑工业出版社

本书总结汇集了近年来我国轻型钢结构设计应用方面的技术资料，包括由角钢、圆钢和薄壁型钢组成的各种类型的檩条、屋架、刚架和网架结构共十章。第一至第七章主要阐述设计的基本规定、材料选用、计算方法、节点构造和支撑设置等。第八至第十章以图、表为主，介绍设计计算和详图绘制的具体方法。其中包括：五种类型结构系列的206个构件的内力、截面和钢材指标；12个基本构件设计计算的全过程；7套完整的结构施工详图和1套屋面建筑构造详图；76个选自全国各有关单位的工程实例。书末附有设计计算常用数表。本书可供土建设计人员和高等院校土建专业师生参考。

轻型钢结构设计资料集

中国建筑科学研究院建筑标准设计研究所
铁道部建厂工程局勘测设计处

· *

中国建筑工业出版社出版（北京西郊百万庄）
新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售
中国建筑工业出版社印刷厂印刷（北京阜外南礼士路）

*

开本：850×1168 毫米 1/16 印张：24¹/₂ 字数：692 千字

1980年2月第一版 1980年2月第一次印刷

印数：1—24,080册 定价：3.60元

统一书号：15040·3601

前 言

近年来，轻型钢结构在我国得到了迅速发展，应用也逐渐广泛，并在结构改革中积累了丰富的实践经验。1975年首先在《钢结构设计规范》TJ17—74(试行)中将“圆钢、小角钢的轻型钢结构的若干规定”专门列为一章，随后又颁布了《薄壁型钢结构技术规范》TJ18—75(试行)，为进一步发展和推广轻型钢结构创造了有利的条件。

为了总结经验，巩固和推广轻型钢结构设计所取得的成果，我们汇编了这本资料集。本资料集重点介绍圆钢、小角钢和薄壁型钢的轻型钢屋盖结构，同时还包括一些屋面荷载较轻、构件截面较小、用钢指标较好的普通钢结构。书中首先简要论述各种轻型钢结构的特点、适用范围、设计计算与构造要求，然后在总结各单位的工程设计实践经验的基础上，对使用较普遍，易于系列化、通用化的各种结构构件编制了五种类型的结构系列，七个不同类型的结构单元设计实例。最后，从各单位的工程设计和通用图集中选录了具有代表性的八种结构类型的工程实例七十六个。本资料集主要供设计人员进行方案比较和设计时参考。

在本资料集的编写过程中，许多单位对我们给予大力支持和热情帮助，积极提供大量的宝贵资料，在初稿编成后又予认真审查，提出许多宝贵意见，我们谨在此一并致谢。由于我们水平有限，书中一定谬误不少，望读者及时提出批评指正。

目 录

前 言	
第一章 概述	1
第一节 轻型钢结构的特点及应用	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
第二节 屋面材料及建筑构造	3
一、屋面材料	3
二、屋面建筑构造	5
第三节 结构材料及连接材料	6
一、结构材料	6
二、连接材料	9
第二章 设计的基本规定与计算	11
第一节 设计的基本规定	11
一、设计计算原则	11
二、容许应力	11
三、容许应力的折减系数	12
四、钢材的物理性能	13
五、构件的计算长度	13
六、构件的容许长细比	14
七、薄壁型钢结构构件的最大容许宽厚比	15
第二节 基本构件计算	16
一、普通钢结构	16
二、薄壁型钢结构	20
第三节 连接计算与构造要求	25
一、焊缝连接	25
二、螺栓连接	30
第三章 檩条设计	33
一、檩条特点	34
二、檩条的形式、特点及适用范围	34
三、檩条的截面尺寸和杆件布置	37
四、檩条荷载	37
五、檩条的计算	37
六、檩条的布置、连接与构造	42
第四章 屋架设计	47
第一节 屋架的设计规定	47
一、屋架结构形式及应用	47
二、屋架荷载	47
三、屋架内力分析	48
四、屋架杆件截面的选用原则	48
五、屋架杆件截面的构造要求	49
六、缀条的构造要求	49
七、屋架的杆件连接设计	49
第二节 三角形角钢屋架	49
一、屋架特点及适用范围	49
二、屋架的结构形式	50
三、屋架的杆件截面选择	51
四、屋架的构造连接	52
五、屋架的节点计算	54
第三节 三角形薄壁型钢屋架	56
一、屋架特点及适用范围	56
二、屋架的结构形式	56
三、屋架的杆件截面选择	56
四、屋架的构造连接	57
五、屋架的节点焊缝计算	60
第四节 三铰拱屋架	61
一、屋架特点及适用范围	61
二、屋架内力分析	61
三、屋架的杆件截面选择	63
四、屋架的节点构造、焊缝计算和拼接	63
第五节 梭形屋架	67
一、屋架特点及适用范围	67
二、屋架的结构形式	67
三、屋架内力分析	68
四、屋架的杆件截面选择	68
五、屋架的节点构造和焊缝计算	70
六、屋面板的连接构造	71
第六节 屋架的支撑设计	72
一、支撑的设置	72
二、支撑的形式、截面、计算和构造	74
三、屋架与支撑的连接	78
第五章 刚架设计	81
一、刚架特点及适用范围	81
二、刚架的结构形式	81
三、刚架的设计与计算	82
四、刚架的构造连接	90
五、刚架的支撑设置	91

第六章 平板网架设计	96	1.5-1)	192
一、网架特点与适用范围	96	例8 18米三角形薄壁圆管屋架 (YWb	
二、网架的形式	96	18-1.5-1)	197
三、网架的设计	99	例9 18米三铰拱屋架 (GW18-0.75-4)	200
四、网架计算方法简述	101	例10 12米梭形屋架 (SW12-1)	208
五、网架的节点构造	102	例11 15米门式实腹刚架 (GJ15-1)	210
第七章 制造、安装和防腐蚀	108	例12 斜放四角锥体网架 (WJ21×30)	219
一、轻型钢结构的制造	108	第二节 施工详图	224
二、轻型钢结构的安装	109	一、三角形角钢屋架及空腹式檩条 (JWa18	
三、轻型钢结构的防腐蚀	109	-0.75-2)	225
第八章 结构系列	113	二、三角形薄壁方管屋架及薄壁卷边Z形	
一、一般说明	113	钢檩条 (FWa18-1.5-1)	231
二、结构系列选用表	114	三、三角形薄壁圆管屋架及薄壁型钢平面	
三、结构系列及用钢指标	116	桁架式檩条 (YWb18-1.5-1)	237
(一) 檩条BL-1~6, KL-1~3, BHL-		四、三铰拱屋架及平面桁架式檩条 (GW	
1~5, HL-1~2, KHL-1~6(L=		18-0.75-4)	244
6米)	116	五、梭形屋架(SW12-1)	250
(二) 三角形角钢屋架JWaL-0.75-1~4,		六、门式实腹刚架及薄壁卷边Z形钢檩条	
JWaL-1.5-1~3, (L=9、12、		(GJ15-1)	253
15、18、21、24米)	121	七、斜放四角锥体网架 (WJ21×30)	259
(三) 三角形薄壁方管、圆管屋架 F(Y)		八、屋面建筑构造	261
WaL-1.5-1~3, F(Y)WaL-3.0-		第九章 工程实例	264
1~3, (L=12、15、18、21、24米)	135	一、檩条(13例)	264
(四) 三角形薄壁圆管、方管屋架 Y(F)		二、三角形角钢屋架(11例)	276
WbL-1.5-1~3, Y(F)WbL-3.0-		三、三角形薄壁方管屋架(9例)	288
1~3, (L=12、15、18、21、24米)	149	四、三角形薄壁圆管屋架(4例)	288
(五) 三铰拱屋架GWL-0.75-1~5(L=		五、三铰拱屋架(8例)	302
9、12、15、18米)	163	六、梭形屋架(6例)	311
第九章 设计实例	171	七、门式刚架(13例)	318
第一节 设计计算	171	八、平板网架(12例)	332
例1 薄壁卷边Z型钢檩条(BL-5)	171	附录	349
例2 空腹式檩条(KL-2)	172	一、焊缝及螺栓连接图例	349
例3 薄壁型钢平面桁架式檩条(BHL-1)	179	二、普通钢结构轴心、偏心受压构件稳定	
例4 平面桁架式檩条(HL-2)	181	系数 附表1~8	351
例5 空间桁架式檩条(KHL-4)	182	三、薄壁型钢结构轴心、偏心受压构件稳	
例6 18米三角形角钢屋架 (JWa18-		定系数 附表9~12	358
0.75-2)	185	四、常用钢材截面特性表 附表13~24	361
例7 18米三角形薄壁方管屋架(FWa18-		五、连接计算及连接零件数据表 附表25	
		~36	379

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。它是相对于普通钢结构而言的。由于屋面荷载较轻，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。它对加快基本建设的速度，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 $8\sim 15$ 公斤/米²，接近在相同条件下钢筋混凝土结构的用钢量，并能节约大量木材、水泥及其它建筑材料，减轻结构自重 $70\sim 80\%$ ，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。当屋面材料为钢筋混凝土槽形板或加气混凝土板时，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十多年发展起来的一种新型的轻型钢结构。它具有较好的截面特征，壁厚一般为 $1.5\sim 5$ 毫米，截面形状合理且多样化；与热轧型钢比较，在相同截面面积的情况下，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，较普通钢结构节省钢材 30% 。上海、湖北等地已在近 50 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益，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。用钢量为 $3\sim 7$ 公斤/米² (跨度为 6 米)，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4~6公斤/米²（跨度为9~18米），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3~7公斤/米²（跨度为12~24米），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18米的工业房屋中。

4. 梭形屋架为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，但节点构造较复杂，制造较费工。一般多用于跨度为9~15米，柱距为3~4.2米的民用建筑中。

（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。

近十多年来，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，如前所述，因具有自重轻，用钢量省，取材、制造和安装方便，以及建设速度快等特点，应用较普遍。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《普通碳素钢钢号和一般技术条件》、《普通低合金结构钢钢号和一般技术条件》和《低碳钢及低合金高强度钢焊条》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。必要时应按偏心值进行验算。

(五) 结构的构件与构件间以及杆件与杆件间的连接, 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。在国外普遍采用压型的复合钢板、瓦楞铁、平白铁和各种优质石棉水泥瓦。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。

兹将国内已采用的几种轻型屋面材料分述于下:

(一) 粘土瓦或水泥平瓦

这种屋面瓦每平米的自重55公斤, 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

这种屋面瓦每平米的自重约8公斤。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, 如屋面定时用涂料维护保养, 一般可使用十年左右。

(三) 石棉水泥波形瓦

这种屋面瓦每平米自重20公斤。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、加附加剂, 进行饰面处理和改革生产工艺等使石棉瓦有较好的技术性能。目前, 在我国石棉瓦的产量不多, 有些质量还不够高, 正积极研究采取措施, 扩大生产, 提高质量; 有些工程则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20公斤。它是继过去试制的加筋小波瓦发展起来的新品种, 1975年经国家建材总局鉴定, 在上海石棉瓦厂定点生产。全部利用短纤维石棉加一层 $\phi 1.4 \times 15 \times 15$ 毫米钢丝网(合2公斤/米²)制成, 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, 减少了运输安装过程中的损耗率。它的最大支点距离可到1.5米, 比不加筋石棉瓦增大近一倍, 故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。但因目前尚属新产品, 成本稍高。

(五) 钢丝网水泥波形瓦

这种屋面瓦每平方米自重40~50公斤。它是采用10×10毫米钢丝网（最好用点焊网）和400号水泥砂浆振动成型的。瓦厚平均15毫米左右，瓦型类似石棉水泥大波瓦。为了提高瓦的强度和抗裂性，瓦型由开始时的六波改为现在的四波和三波。生产这种瓦的设备简易，施工方便，技术经济指标好；在保证操作要求的情况下，瓦的质量和耐久性能符合一般工业房屋的使用要求。但据有些单位反映，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。

(六) 预应力混凝土槽瓦

这种屋面瓦每平方米自重85~100公斤。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，大大提高了瓦的质量，减少了瓦的裂缝和损耗，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。

(七) 加气混凝土屋面板

这种屋面板每平方米自重75~100公斤。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。

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 (kg)	最大支点距离 (mm)	参考量 (kg/张)
1	石棉水泥大波瓦	2800	994	8.0	50	6	300	1300	48.0
		1650	994	6.0	50	6	120	1500	28.0
2	石棉水泥中波瓦	2400	745	6.5	33	7.5	200/170	800	22.0
		1800	745	6.0	33	7.5	200/170	800	14.2
		1200	745	6.0	33	7.5	200/170	800	10.0
3	石棉水泥小波瓦	1820	720	6.0	14~17	11.5	170/130	800	17.5
		1820	720	8.0		11.5	170/130	800	20.0
4	石棉水泥脊瓦	850	180×2	8.0	—	—	—	—	4.0
		780	230×2	6.0	—	—	—	—	4.0
5	加筋石棉水泥中波瓦	1800	745	7~8	33	6	200/150	1500	20~22
6	木质纤维波形瓦	1700	765	6.0	40	4.5	200	1500	7~8

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)	强度 (kg)	最大支点距离 (mm)	参考量 (kg/m ²)
1	钢丝网水泥波形瓦	1700	830	14	80	3	—	220	1500	60
2	预应力混凝土槽瓦	3300	980~990	25~30	120~130	—	32~450	—	3000	99

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；后者国家未正式生产，瓦材规格尚未定型，个别工程中多系自行压制的。

瓦材规格、最大支点距离见表1-1和表1-2。

二、屋面建筑构造

屋面建筑构造随瓦型和材性的不同而有不同的特点和要求。具体做法见第九章第二节中的屋面建筑构造图。

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，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，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，并将板互相拉锚，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，施工天沟防水油毡时上口不易严密，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；混凝土天沟每6米长接缝处应采用优质油膏，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。目前在我国的南方自防水构件多采用加强屋盖下的自然通风，和在瓦面上涂刷浅色涂层以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、顶吹氧气转炉钢和侧吹碱性转炉钢。平炉钢质量好而稳定，应用较广。顶吹转炉钢当氧的纯度达到99.5%以上时，可与平炉钢等同对待。侧吹碱性转炉钢的质量差异较大，低温性能较差。

2. 按浇注方法可分镇静钢、沸腾钢和半镇静钢。镇静钢脱氧较充分，钢锭组织紧密坚实，气泡少，偏析程度小，屈服点比相同钢号的沸腾钢略高，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，故在低温条件下使用受到一定的限制。半镇静钢的脱氧程度介于镇静钢和沸腾钢之间，目前应用较少。

3. 按化学成分可分碳素钢和合金钢。建筑结构中采用的是普通碳素钢和普通低合金钢。普通碳素钢按含碳量的百分率大小，分为7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。普通低合金钢的强度高于普通碳素钢，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，它的强度提高了，韧性并不降低。在普通低合金钢中，16锰钢的综合性能较好，在我国已有近二十年的工程实践经验。

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75公斤/毫米²。

(二) 钢号及其表示方法

1. 普通碳素钢

普通碳素钢钢号的表示方法应包括：

(1) 供应所保证的条件(钢类)：

甲类钢(A)：按机械性能供应的钢；

乙类钢(B)：按化学成分供应的钢；

特类钢(C)：按机械性能及化学成分供应的钢。

(2) 冶炼方法(炉种)，标注于钢号前：

平炉(不加注)；顶吹氧气转炉(D)；侧吹碱性转炉(J)。

(3) 钢号，按含碳量分1~7号。

(4) 浇注方法，标注于钢号后：

镇静钢(不加注)；半镇静钢(b)；沸腾钢(F)。

【例】 A3——甲类平炉3号镇静钢；

A3F——甲类平炉3号沸腾钢；

AD3F——甲类顶吹氧气转炉3号沸腾钢。

按现行国家标准《普通碳素钢钢号和一般技术条件》(GB700—65)的规定，甲类钢的基本

保证条件是：抗拉强度、伸长率以及硫、磷的含量。此外，根据需方要求，补充保证下列条件的一项或数项：含碳量、屈服点、冷弯试验、常温冲击韧性等。

需方提的附加保证条件愈多，钢材价格也愈高。因此，必须根据实际需要提出所需的保证条件。

建筑结构中一般采用甲类钢，并补充若干附加保证条件，而不采用乙类钢；特类钢一般不供应。

2. 普通低合金钢

普通低合金钢钢号的表示方法应包括：

(1) 冶炼方法（炉种），标注于钢号前：

平炉（不加注）；顶吹氧气转炉（D）；侧吹碱性转炉（J）。

(2) 钢号，按含碳量与所含主要合金元素表示：

含碳量，用平均含碳量的万分之几表示，标注于钢号的最前面。主要合金元素的平均含量小于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%的普通低合金钢。

09锰2（或09Mn2），表示平均含碳量为0.09%（≤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2.5%的普通低合金钢。

(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 (σ_s)

屈服点是衡量结构的承载能力和确定基本容许应力的重要指标。普通碳素钢和普通低合金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，钢材所能容许的最大应力，一般都以屈服点除以适当的安全系数来控制。

(2) 抗拉强度 (σ_b)

抗拉强度是衡量钢材经过巨量变形后的抵抗能力。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 (δ)

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受巨量变形时，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，建筑结构用钢的含碳量不能过高，特别是焊接结构，应保证含碳量在0.22%以下。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、1-4。

(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。轻型钢结构与其它建筑结构一样，应用的钢材既需具有一定的强度，又要具有一定的塑性和韧性。因此，所用钢号不宜过高，通常应用最多的是甲类平炉3号沸腾钢，它不仅具有较适宜的强度，而且具有较好的制造加工和焊接等工艺性能。平炉3号镇静钢和16锰钢具有更好的性能，但价格较贵，供应也较少，一般应用于承受较大的动力荷载或计算温度等于或低于-30℃低温状态下的焊接结构，及其它的重要结构。当结构构件的截面系按强度控制并有条件时，宜采用16锰钢。16锰钢与3号钢相比，屈服点提高

钢 材 的 机 械 性 能

表 1-3

标准代号	钢 号	组 别	机 械 性 能				180°冷弯试验 d = 弯心直径 a = 试样厚度
			屈服点 σ_s (kg/mm ²) 不小于	抗拉强度 σ_b (kg/mm ²)	伸 长 率 (%)		
					δ_5	δ_{10}	
			不 小 于				
GB700-65	3号	沸 腾 钢	第 1 组	38~40	27	23	$d = 1.5a$
				41~43	26	22	
				44~47	25	21	
		第 2 组	38~40	27	23		
			41~43	26	22		
			44~47	25	21		
第 3 组	38~40	27	23				
	41~43	26	22				
	44~47	25	21				
号	镇 静 钢	第 1 组	38~40	27	23		
			41~43	26	22		
			44~47	25	21		
		第 2 组	38~40	27	23		
			41~43	26	22		
			44~47	25	21		
第 3 组	38~40	27	23				
	41~43	26	22				
	44~47	25	21				
YB13-69	16锰钢	第 1 组	35	≥ 52	21	—	$d = 2a$
		第 2 组	33	≥ 50	19	—	$d = 3a$
		第 3 组	31	≥ 48	19	—	

钢 的 化 学 成 分

表 1-4

标准代号	钢 号		化 学 成 分 (%)				
			碳	硫	磷	硅	锰
				不 大 于			
GB700-65	3号钢	平炉	0.14~0.22	0.055	0.045	≤0.07	0.30~0.60
		镇静钢				0.12~0.30	0.40~0.65
	侧吹碱性转炉	沸腾钢	0.10~0.20			≤0.07	0.30~0.60
		镇静钢				0.10~0.30	
YB13-69	16 锰 钢		0.12~0.20	0.050	0.050	0.20~0.60	1.20~1.60

注：目前顶吹氧气转炉钢系按平炉钢标准进行生产与验收。

45%左右，故采用16锰钢可比3号钢节约钢材15~25%。侧吹碱性转炉钢的镇静钢可用于计算温度高于-15℃，并承受静力荷载或间接承受动力荷载的焊接结构中。

二、连接材料

轻型钢结构的构件通常采用焊接或螺栓连接。

焊接连接是目前钢结构最主要的连接方法，它的优点是，不削弱杆件截面、构造简单和加工方便。

焊接方法有很多种，一般钢结构中主要采用电弧焊。电弧焊是利用电弧热熔化焊件及焊条（或焊丝）以形成焊缝。目前应用的电弧焊方法有：手工焊、自动焊和半自动焊。在轻型钢结构中，由于焊件薄，通长焊缝少，故多数采用手工焊。手工焊施焊灵活，易于在多种不同位置施焊，唯质量低于自动焊。

螺栓连接主要用在结构的安装连接以及可拆装的结构中。螺栓连接的优点是拆装便利，安装时不需要特殊设备，操作较简便。但由于粗制螺栓连接传递剪力较差，而精制螺栓和高强螺栓连接在施工上的要求又较高，因而在轻型钢结构中应用较少。目前，轻型钢屋架与支撑等连接，一

焊条的药皮类型和焊接电源

表 1-5

标准代号	型 号	药皮类型	焊接电源	简 要 说 明
GB980-67	T××0	不属于规定的类型	不 规 定	
	T××1	钛 型	直流或交流	药皮含有大量氧化钛（金红石或钛白粉）适用于各种位置焊接，特别适用于薄板焊接，但熔敷金属塑性及抗裂性能较差。
	T××2	钛钙型	直流或交流	药皮含有多量氧化钛及相当量钙或镁的碳酸盐矿石，适用于各种位置焊接。
	T××3	钛铁矿型	直流或交流	药皮含有多量钛铁矿，适用于各种位置焊接。
	T××4	氧化铁型	直流或交流	药皮含有多量氧化铁矿及较多的锰铁脱氧剂，宜用于中厚度以上钢板的平焊。立焊及仰焊操作性较差，熔敷金属抗热裂性能较好。
	T××5	锰 型	直流或交流	药皮含有多量氧化锰矿及多量锰铁脱氧剂。适用于含碳量较高的中等厚度以上的钢板焊接。立焊及仰焊操作性较差，熔敷金属抗热裂性能良好。
	T××6 T××7	低氢型	直流或交流	直 流

般采用粗制螺栓，受力较大时可用粗制螺栓加安装焊缝的连接方法。

(一) 焊接材料

钢结构的焊接材料直接影响结构的安全，设计时要根据结构构件的具体情况，选用相适应的焊条、焊丝和焊剂。

手工焊接用的焊条，应符合现行国家标准《低碳钢及低合金高强度钢焊条》GB981—67规定的要求，此类焊条简称结构钢焊条。按其主要性能的不同分成若干型号。

焊条型号的表示方法为T×××，其含意是：T表示焊条的条字，T后的第一、二位数字表示焊条熔敷金属抗拉强度（公斤/毫米²）的等级，第三位数字表示药皮类型和焊接电源。以T426为例，其中42系表示其焊条熔敷金属的抗拉强度为42公斤/毫米²，末尾的6字，表示其药皮类型为低氢型，焊接电源为直流或交流。

焊条药皮类型和焊接电源见表1-5。

焊条的机械性能和化学成分见表1-6。选择焊条型号时务必注意使熔敷金属与主体金属的强度相适应。

自动焊或半自动焊应采用与主体金属强度相适应的焊丝和焊剂。焊丝应符合现行冶金部部颁标准《焊条用钢丝》YB199—63规定的要求。

焊条的机械性能和化学成分

表1-6

标准代号	焊条型号	机 械 性 能				熔敷金属化学成分		用 途
		熔敷金属 对接焊缝 抗拉强度 σ_b (kg/mm ²)	熔敷金属 伸 长 率 δ_5 (%)	熔敷金属 冲击韧性 a_k (kg-m/ cm ²)	对接接头 冷弯角度	硫 (%)	磷 (%)	
		不 小 于				不 大 于		
GB981-67	T420	42	16	8	—	0.035	0.050	用于由3号钢制造的一般结构
	T421	42	17	8	—	0.035	0.050	
	T422	42	18	8	180°	0.035	0.050	
	T423	42	18	8	180°	0.035	0.050	
	T424	42	18	8	180°	0.035	0.050	
	T425	42	18	8	180°	0.035	0.050	
	T426	42	22	14	180°	0.035	0.040	用于3号钢制造的重级工作制吊车梁或类似结构
	T427	42	22	14	180°	0.035	0.040	
	T500	50	16	6	—	0.035	0.050	用于由16锰钢制造的一般结构
	T501	50	15	6	—	0.035	0.050	
	T502	50	16	6	90°	0.035	0.050	
	T503	50	16	6	90°	0.035	0.050	
	T504	50	16	6	90°	0.035	0.050	
	T505	50	16	6	90°	0.035	0.050	
T506	50	20	13	150°	0.035	0.040	用于16锰钢制造的重级工作制或中级工作制吊车梁或类似结构	
T507	50	20	13	150°	0.035	0.040		

(二) 普通螺栓材料

普通螺栓可采用现行国家标准《普通碳素钢钢号和一般技术条件》GB700—65中规定的3号钢制成。

第二章 设计的基本规定与计算

第一节 设计的基本规定

一、设计计算原则

(一) 本书的设计计算和构造,基本上以《钢结构设计规范》TJ17—74和《薄壁型钢结构技术规范》TJ18—75为根据。为了使用方便,本章以表格形式列出规范中的有关常用公式。其中关于受弯构件部分,见檩条一章。

(二) 计算需要的标准荷载和容许应力按现行规范采用。

(三) 所有承重结构均应计算其强度和稳定性。

(四) 计算承重结构时,荷载的取值与组合,按《工业与民用建筑结构荷载规范》TJ9—74的规定执行。

(五) 本书未考虑使用条件复杂的情况,如:直接承受动力荷载;有重级工作制吊车的厂房;处于高温、高湿及强烈侵蚀环境等所需的特殊要求。

(六) 对于在地震区的、有防火要求的,或在其它特殊情况下的结构设计,尚应符合有关专门规范和规定的要求。

二、容许应力

(一) 钢材的容许应力

钢材的容许应力 $[\sigma]$ 以屈服点 σ_s 除以相应的安全系数得出。它随钢材的钢号、钢材尺寸分组(表2-1)和结构安全度的不同,取值不同。同一钢号的普通钢结构和薄壁型钢结构所采用的容许应力是不同的,分别列于表2-2。采用表2-2时还应考虑表2-5中的容许应力折减系数。圆钢、小角钢(有小于L45×4或L56×36×4)轻型钢结构的容许应力,应采用普通钢结构的容许应力并乘以表2-5中相应的容许应力折减系数。这是考虑到圆钢、小角钢与薄壁型钢的轻型钢结构相似,其截面尺寸相对较小、厚度较薄,以及受力性能、构造、制造等与普通钢结构均有所不同,故要求容许应力取值稍低,使其具有较大的安全系数。

(二) 焊缝的容许应力

焊缝的容许应力按表2-3中的数值采用,并考虑表2-5中的容许应力折减系数。

钢材分组的尺寸(mm)

表2-1

组别	钢材的钢号			
	3号钢			16锰钢
	棒钢的直径 或厚度	型钢和异型 钢的厚度	钢板的厚度	钢材的直径 或厚度
第1组	≤40	≤15	4~20	≤16
第2组	>40~100	>15~20	>20~40	17~25
第3组		>20		26~36

注:①棒钢包括圆钢、方钢、扁钢和六角钢;型钢包括角钢、工字钢和槽钢;

②工字钢和槽钢的厚度系指腹板的厚度。