

轻型钢结构 设计 指南

(实例与图集)

《轻型钢结构设计指南(实例与图集)》编辑委员会
中国建筑工业出版社

轻型钢结构设计指南

(实例与图集)

《轻型钢结构设计指南(实例与图集)》 编辑委员会

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

轻型钢结构设计指南:实例与图集 /《轻型钢结构设计指南》

编委会编. —北京:中国建筑工业出版社, 2000. 12

ISBN 7-112-04355-7

I. 轻... II. 轻... III. 轻型钢结构-结构设计

IV. TU392.504

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 42159 号

本书主要根据《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102:98)、上海市《轻型钢结构设计规程》(DBJ08—68—97)及有关新的标准、规范、规定的研究论文等,在总结国内近年来轻型钢结构设计经验的基础上,参考各种相关资料编写。内容包括:设计规定、计算、构造、制作、安装及工程应用。书中还列有常用轻型钢结构设计实例,以及形成结构系列的构件选用图表和详图 400 余幅,供实际工程参考和选用。

本书可供广大土建专业人员和大专院校师生参考使用。

轻型钢结构设计指南

(实例与图集)

《轻型钢结构设计指南(实例与图集)》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

有色曙光印刷厂印刷

*

开本:787×1092 毫米 1/16 印张:34 $\frac{3}{4}$ 字数:846 千字

2000 年 12 月第一版 2001 年 6 月第二次印刷

印数:4001—6000 册 定价:50.00 元

ISBN 7-112-04355-7

TU·3776(9824)

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)

《轻型钢结构设计指南(实例与图集)》 编辑委员会

主 任：汪一骏

副主任：熊家新 张其林 冯 东

委 员：张志平 王步伟 樊 立 沈祥发 樊 志 戴美麟

编写人：冯 东 张志平 刘彦青 王洪西 张利军 黄 杰

韩 煊 朱坊云 顾泰昌 郁银泉 王国平 朱 军

王 毅 王凤池 王少平

主 审：汪一骏

参加本书编写的单位：

北方交通大学

总装备部工程设计研究总院

同济大学

徐州安美固建筑空间结构有限公司

北京太空网架板业有限公司

上海大通钢结构有限公司

提供本书设计软件的单位：

中国建筑科学研究院 PKPM-CAD 工程部(STS)

同济大学土木工程学院创迪软件公司(3D3S)

北京云光建筑设计咨询开发中心(SFCAD)

前 言

我国自 60 年代兴起的轻型钢结构,主要是以石棉瓦等轻型斜坡屋面,与圆钢、小角钢组成的三角形屋架或斜坡门式刚架构成的房屋结构。这种轻型钢结构虽然得到大量应用,但其瓦材本身的牢固性和耐久性等缺陷始终未得到解决。90 年代随着压型钢板和太空板等轻型平坡屋面的引进和飞速发展,比石棉瓦材屋面的强度大大提高,又使钢屋盖结构的截面尺寸和重量比采用混凝土重屋面设计的大幅度降低,从而使轻型钢结构在应用范围上更加扩大。这种轻型钢结构完全可与传统的混凝土结构在用钢量、造价和建造速度上相竞争。

本书是在总结我国轻型钢结构设计经验的基础上,根据中国工程建设标准化协会标准《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102:98)和上海市《轻型钢结构设计规程》(DBJ08—68—97),以及有关《建筑结构荷载规范》、《钢结构设计规范》和《冷弯薄壁型钢结构技术规范》等研究论文的意见,结合我们的学习心得以及已有的轻型钢结构设计手册而编写。目的是为广大土建结构设计、施工及科研教学人员在应用轻型钢结构时提供一本实用的工具书。

全书共分十二章和十七个附录。除了重点介绍轻型钢结构的屋盖特点、应用范围、屋面和结构材料、结构形式,以及工程应用外,还论述了轻型钢结构的设计规定、计算方法、杆件与节点设计、构造与制作安装。

书中在详细介绍轻型钢结构每一种构件设计内容的同时,还列举了大量设计实例,以及形成结构系列的构件选用图表和详图 400 余幅,供实际工程参考和选用。

为配合房屋结构构件截面和产品的更新,书中列出了高频焊接轻型 H 型钢、热轧 H 型钢及其剖分 T 型钢的产品和应用实例。

本书的组织和编写,在北方交通大学和总装备部工程设计研究总院等单位的大力支持下,组成了《轻型钢结构设计指南》(实例与图集)编辑委员会,并得到周廷垣、陈燕明、刘其祥等专家的指点,以及陈岱林、刘明保的帮助,在此表示衷心的感谢。

由于我们水平有限,书中谬误之处在所难免,望读者及时提出批评指正。

本书编辑委员会

目 录

第一章 轻型钢结构的范畴、种类和材料	1
第一节 结构范畴	1
一、范畴	1
二、应用场合和特点	1
第二节 结构种类	1
一、门式刚架	1
二、屋架	1
三、网架	3
第三节 结构材料	4
一、材质	4
二、选用	6
第四节 连接材料	7
一、焊接	7
二、螺栓	7
第二章 结构设计基本规定	9
第一节 设计原则	9
一、设计方法	9
二、极限状态	9
三、承载力设计表达式	9
四、正常使用极限状态验算	10
第二节 荷载	11
一、屋面荷载	11
二、风荷载	12
三、荷载组合	12
第三节 设计指标	12
一、钢材强度设计值	12
二、焊缝连接强度设计值	12
三、螺栓连接强度设计值	13
四、电阻点焊抗剪承载力设计值	14
五、强度设计值折减系数	14
六、钢材物理性能指标	14
第四节 变形规定	15
一、挠度	15
二、位移	16
第五节 构造	17

一、截面尺寸	17
二、板(壁)厚	17
三、受压板件的最大宽厚比	17
四、构件容许长细比	17
五、其他要求	18
第六节 基本构件计算	18
一、普通钢结构	18
二、薄壁型钢结构	24
第七节 连接计算及构造	29
一、焊接	29
二、螺栓连接	35
第三章 轻型屋面	40
第一节 轻型屋面的特点及应用	40
一、轻型屋面的特点	40
二、轻型屋面的应用	40
第二节 几种常用轻型屋面	40
一、压型钢板	40
二、太空板	40
三、石棉水泥波形瓦	41
四、瓦楞铁	41
五、加气混凝土屋面板	41
第三节 压型钢板	41
一、压型钢板的计算	41
二、压型钢板的构造	42
第四节 压型钢板屋面节点构造	42
一、非保温的单层压型钢板	42
二、保温的压型钢板	46
第五节 太空屋面板	48
第六节 太空屋面板节点构造	49
一、天沟节点	49
二、变形缝节点	50
三、屋面采光带节点	50
四、天窗架节点	50
五、屋面通风机口节点	52
第七节 注意事项	53
一、坡度	53
二、防水	54
三、耐久性	54
四、固定和连接	54
五、采光和通风	55
六、保温和隔热	55
第四章 檩条	56

第一节 檩条形式及特点	56
一、实腹式檩条	56
二、空腹式檩条	56
三、格构式檩条	56
第二节 檩条截面尺寸	59
一、截面高度	59
二、截面宽度	59
三、桁架式檩条的弦杆节间长度和腹杆	59
第三节 檩条荷载	59
一、永久荷载(恒荷载)	59
二、可变荷载(活荷载)	59
三、荷载组合	59
第四节 檩条计算	60
一、内力分析	60
二、强度计算	60
三、稳定性计算	61
四、变形计算	61
第五节 檩条的布置、连接与构造	62
一、檩条在屋架(刚架)上的布置和搁置	62
二、檩条与屋面的连接	62
三、檩条与屋架、刚架的连接	62
四、檩条的拉条和撑杆	64
五、檩条与屋架上弦横向水平支撑的连接	65
第六节 檩条设计实例	66
一、说明	66
二、实例目次	66
三、设计实例	67
【例题 4.6-1】 卷边槽形冷弯薄壁型钢檩条(L-1)	67
【例题 4.6-2】 卷边槽形冷弯薄壁型钢檩条(风吸力控制)(L-2)	69
【例题 4.6-3】 卷边槽形冷弯薄壁型钢檩条(网架屋盖)(L-3)	71
【例题 4.6-4】 直卷边 Z 形冷弯薄壁型钢檩条(L-4)	72
【例题 4.6-5】 斜卷边 Z 形冷弯薄壁型钢檩条(连续)(L-5)	73
【例题 4.6-6】 轻型 H 型钢檩条(L-6)	75
【例题 4.6-7】 轻型 H 型钢檩条(两跨连续)(L-7)	76
【例题 4.6-8】 轻型 H 型钢檩条(太空轻质条形屋面板屋面)(L-8)	77
第五章 门式刚架	79
第一节 特点及适用范围	79
一、刚架特点	79
二、适用范围	80
第二节 结构形式及有关要求	80
一、结构形式	80

二、建筑尺寸	80
三、结构平面布置	80
第三节 内力和侧移计算	81
一、变截面	81
二、等截面	83
第四节 构件截面设计	83
一、变截面	83
【例题 5.4-1】 单跨双坡门式刚架柱平面内的稳定计算	89
二、等截面	94
第五节 节点设计	94
一、横梁和柱连接及横梁拼接	94
二、梁柱节点域	96
三、刚架柱脚	96
四、牛腿	97
【例题 5.5-1】 牛腿与钢柱连接计算	97
第六节 刚架设计实例	98
一、说明	98
二、设计实例软件(3D3S)说明	99
三、设计实例	101
【例题 5.6-1】 单跨双坡门式刚架(GJ-1)	101
【例题 5.6-2】 单跨双坡门式刚架(GJ-2)	111
【例题 5.6-3】 单跨双坡门式刚架(GJ-3)	114
【例题 5.6-4】 设有吊车的单跨双坡门式刚架(GJ-4)	116
【例题 5.6-5】 双跨单坡(高低跨)门式刚架(GJ-5)	118
【例题 5.6-6】 双跨双坡门式刚架(GJ-6)	121
【例题 5.6-7】 双跨双坡门式刚架(GJ-7)	124
【例题 5.6-8】 四跨双坡门式刚架(GJ-8)	127
第七节 工程实例	130
第六章 屋架	134
第一节 屋架设计规定	134
一、结构形式及应用	134
二、荷载	134
三、内力计算	135
四、杆件截面	136
五、杆件连接	138
第二节 角钢和 T 型钢屋架	138
一、特点及适用范围	138
二、形式	138
三、杆件截面选择	139
四、构造	140
五、节点计算	146

第三节 钢管屋架	149
一、特点及适用范围	149
二、形式	149
三、杆件截面选择	149
四、构造	150
五、节点计算	155
第四节 屋架设计实例	164
一、说明	164
二、设计实例软件(STS)说明	164
三、设计实例	164
【例题 6.4-1】 24m 角钢(含上下弦 T 型钢)屋架(GWJ-1)	164
【例题 6.4-2】 18m 角钢(含上下弦 T 型钢)屋架(设 6m 天窗架)(GWJ-2)	183
【例题 6.4-3】 18m 角钢(含上下弦 T 型钢)屋架(带 1~3t 悬挂吊)(GWJ-3)	187
【例题 6.4-4】 24m 方钢管屋架(GWJ-4)	193
【例题 6.4-5】 24m 圆钢管屋架(GWJ-5)	201
第七章 天窗架	205
第一节 天窗架形式及应用	205
第二节 天窗架计算	205
第三节 天窗架杆件截面选择	207
第四节 天窗架节点构造	207
第五节 天窗架设计实例	209
【例题 7.5-1】 三铰拱式天窗架(TCJ-1)	209
【例题 7.5-2】 三支点式天窗架(TCJ-2)	213
第八章 网架	219
第一节 说明	219
第二节 网架形式选择	219
第三节 网架主要尺寸确定	220
一、网格尺寸	220
二、网架高度	220
第四节 网架杆件设计	221
一、材料	221
二、截面形式	221
三、杆件的计算长度及长细比	221
四、杆件截面选择	221
第五节 网架节点构造	222
一、概述	222
二、螺栓球节点	222
三、支座节点	223
四、屋顶节点	225
五、悬挂吊车节点	225
第六节 网架设计实例	226

一、说明	226
二、设计实例软件(SFCAD)说明	226
三、设计实例	227
【例题 8.6-1】 正放四角锥网架(WJ-1)	228
【例题 8.6-2】 正放抽空四角锥网架(WJ-2)	231
【例题 8.6-3】 斜放四角锥网架(WJ-3)	234
【例题 8.6-4】 棋盘形四角锥网架(WJ-4)	237
【例题 8.6-5】 正放四角锥网架(有吊车)(WJ-5)	239
第九章 墙架	243
第一节 墙架设计与构造	243
一、组成和布置	243
二、墙架构件的强度	243
三、墙架构件的稳定性	244
四、墙架构件的截面	245
五、墙梁与墙板的连接	245
第二节 墙架设计实例	247
【例题 9.2-1】 高层建筑屋顶架空广告牌(QJ-1)	247
【例题 9.2-2】 墙架设计(QJ-2)	251
第十章 支撑	254
第一节 一般要求	254
一、梯形钢屋架	254
二、天窗架	257
三、门式刚架	257
第二节 杆件设计及截面	258
第三节 连接构造	259
一、支撑与角钢屋架的连接	259
二、支撑与方钢管屋架的连接	261
三、支撑与刚架的连接	263
第四节 支撑设计实例	263
【例题 10.4-1】 承受风荷载的横向支撑(ZC-1)	263
【例题 10.4-2】 屋架端部垂直支撑(ZC-2)	264
第十一章 制作、安装、涂装和隔热	267
第一节 概要	267
第二节 轻型钢结构的制作	267
一、放样、号料和切割	267
二、矫正和成型	268
三、制孔	268
四、高强度螺栓连接的摩擦面处理	269
五、组装和拼装	269
六、焊接	269
七、构件验收	270

第三节 安装	274
第四节 涂装和隔热	278
一、一般规定	278
二、钢材表面处理	279
三、表面处理钢板	280
四、防腐涂料	281
五、隔热	283
第十二章 结构系列	285
第一节 檩条	285
一、说明	285
二、檩条构件选用表	285
第二节 门式刚架	288
一、说明	288
二、刚架系列软件说明	289
三、刚架选用表	290
四、刚架计算结果	294
五、刚架详图	298
第三节 屋架	370
一、说明	370
二、屋架系列软件说明	371
三、屋架杆件选用表、屋架杆件内力及截面	371
第四节 网架	392
一、说明	392
二、网架结构选用表及详图	393
第五节 墙架	449
一、墙梁	449
二、墙架柱	452
第六节 支撑	454
附录	459
一、普通钢结构轴心受压构件截面分类(板厚 $t_f < 40\text{mm}$)	449
二、普通钢结构轴心受压构件稳定系数 φ	460
三、薄壁型钢结构轴心受压构件稳定系数 φ	466
四、受压板件的有效宽厚比	468
五、计算薄壁型钢受弯构件整体稳定系数 φ_b 中的参数	473
六、常用钢材截面特性表	474
(一) 热轧等边角钢截面特性表	474
(二) 等边角钢组合截面特性表	478
(三) 热轧不等边角钢截面特性表	483
(四) 不等边角钢组合截面特性表	487
(五) 高频焊接轻型 H 型钢截面特性表	491
(六) 热轧 H 型钢截面特性表	494

(七) 剖分 T 型钢截面特性表	498
(八) 薄壁方钢管截面特性表	501
(九) 常用圆钢管的规格及截面特性表	502
(十) 卷边槽形冷弯薄壁型钢截面特性表(A)	508
(十一) 卷边槽形冷弯薄壁型钢截面特性表(B)	510
(十二) 卷边槽形冷弯薄壁型钢截面特性表(C)	511
(十三) 直卷边 Z 形冷弯薄壁型钢截面特性表	512
(十四) 斜卷边 Z 形冷弯薄壁型钢截面特性表	514
(十五) 轧制薄钢板的规格及尺寸	516
七、螺栓球规格系列	518
八、两个等边及不等边角钢连接填板间距及尺寸表	518
九、等边角钢组合截面角焊缝长度表	520
十、不等边角钢组合截面长边相连角焊缝长度表	521
十一、不等边角钢组合截面短边相连角焊缝长度表	523
十二、一个普通螺栓(C 级)的承载力设计值(kN)	525
十三、热轧角钢螺栓孔距规线表(单位:mm)	526
十四、双坡及单坡屋面房屋的风荷载体型系数	526
十五、常用压型钢板产品规格	530
十六、太空板产品规格	536
十七、与本书有关的单位及人员	542
参考文献	544

第一章 轻型钢结构的范畴、种类和材料

第一节 结 构 范 畴

一、范畴

轻型钢结构与普通钢结构并无明确的分界线和设计上的差异。早在 70 年代我国钢结构设计规范首次将圆钢、小角钢的轻型钢结构列为专门一章,对推广轻型钢结构起了很大作用。但人们易片面地认为轻型钢结构只是指“跨度不超过 18m 且起重量不大于 5t 的轻、中级工作制桥式吊车的房屋中采用有圆钢或小角钢(小于 $L 45 \times 4$ 或 $L 56 \times 36 \times 4$)的钢结构”,而忽视了大量应用的其他截面尺寸较小、壁厚较薄的轻型钢结构。因此轻型钢结构的范畴应包括所有轻型屋面下采用的钢结构。本书着重介绍压型钢板和太空板为主的轻型屋面下的轻型刚架、屋架和网架的设计。

二、应用场合和特点

根据轻型钢结构的发展,其应用范围将不局限于具有小跨度、小吊车的房屋,而且已逐渐扩展,可以取代部分普通钢结构的应用。

轻型屋面的应用和屋面荷载的大幅度降低,使钢屋盖结构的截面尺寸和重量比按传统混凝土重屋面设计的大幅度降低,不仅节约钢材用量,加快建设速度,更引人触目的是它本身具有较强的抗震能力而且能提高整个房屋的综合抗震性能。但由于轻型钢结构的截面尺寸相对较小,在制作、运输、安装以及防护、隔热等方面必须引起足够的注意。

第二节 结 构 种 类

单层轻型房屋一般采用门式刚架、屋架和网架为主要承重结构。其上设檩条、屋面板(或板檩合为一体的太空轻质大型屋面板),其下设柱(对刚架则梁柱合一)、基础,柱外侧有轻质墙架,柱的内侧可设吊车梁。轻型钢结构房屋的具体布置见图 1.2-1~图 1.2-3。

一、门式刚架

国内外单层轻型房屋大量采用门式刚架结构。我国《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》(CECS 102:98)^[1]的颁布,为我国轻型钢结构的推广应用起了促进和更加规范化的作用。门式刚架结构的形式、构造及设计见图 1.2-1 及第五章。

二、屋架

目前大量应用的压型钢板有檩体系和太空轻质大型屋面板无檩体系多采用平坡的轻型梯形钢屋架。当房屋跨度较大、高度较高或承重柱采用混凝土构件时宜采用屋架结构。屋架结构的形式、构造及设计见图 1.2-2 及第六章。图 1.2-2 示出了设有天窗架的屋架结构。

门式刚架和屋架均为平面结构体系,为保证结构的整体性、稳定性及空间刚度,在每榀

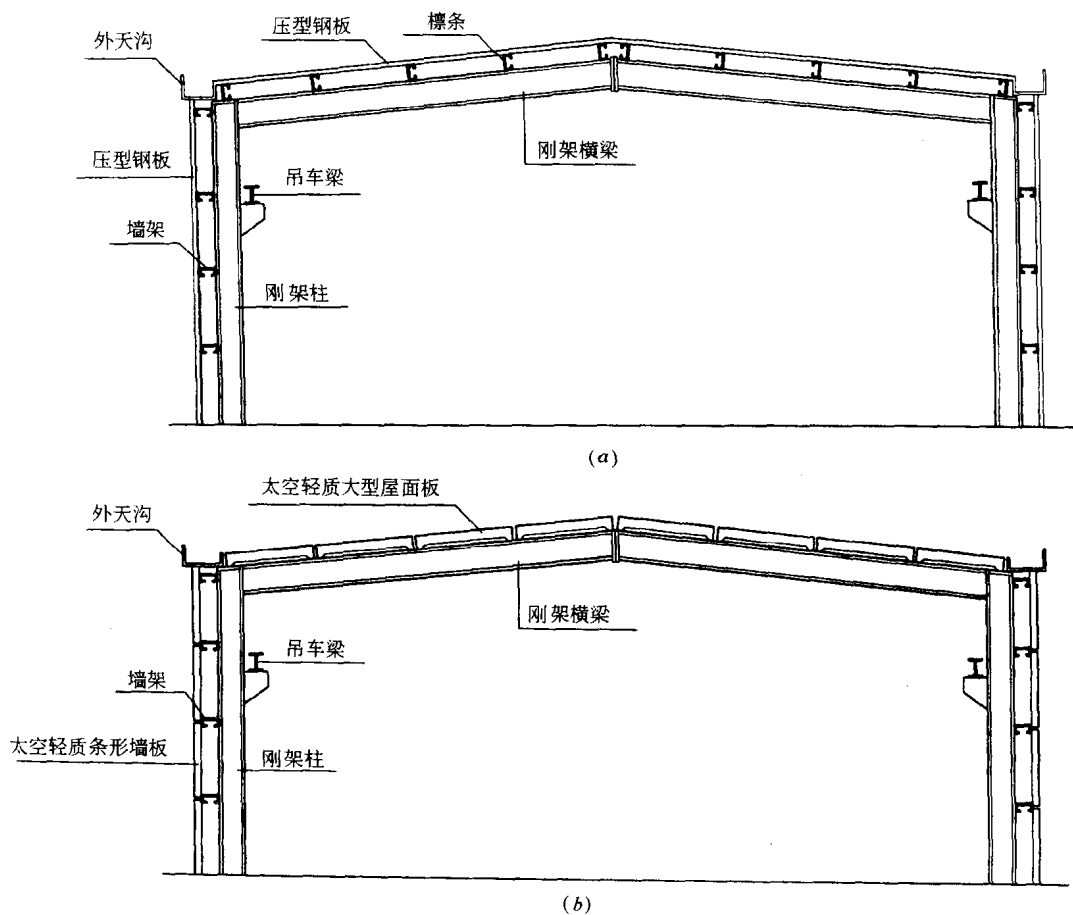


图 1.2-1 门式刚架
(a)有檩体系;(b)无檩体系

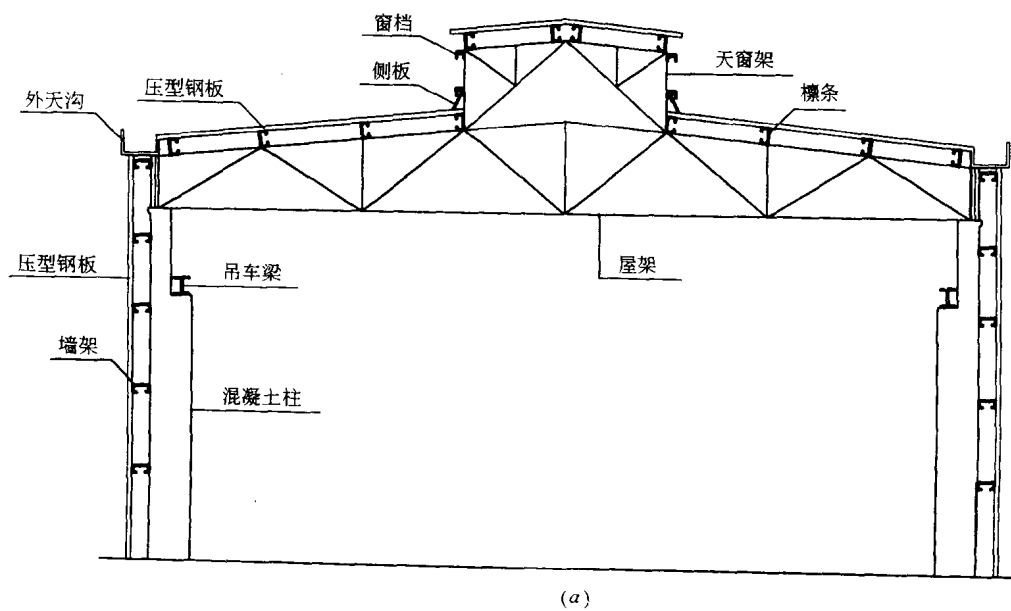


图 1.2-2 屋架(一)
(a)有檩体系

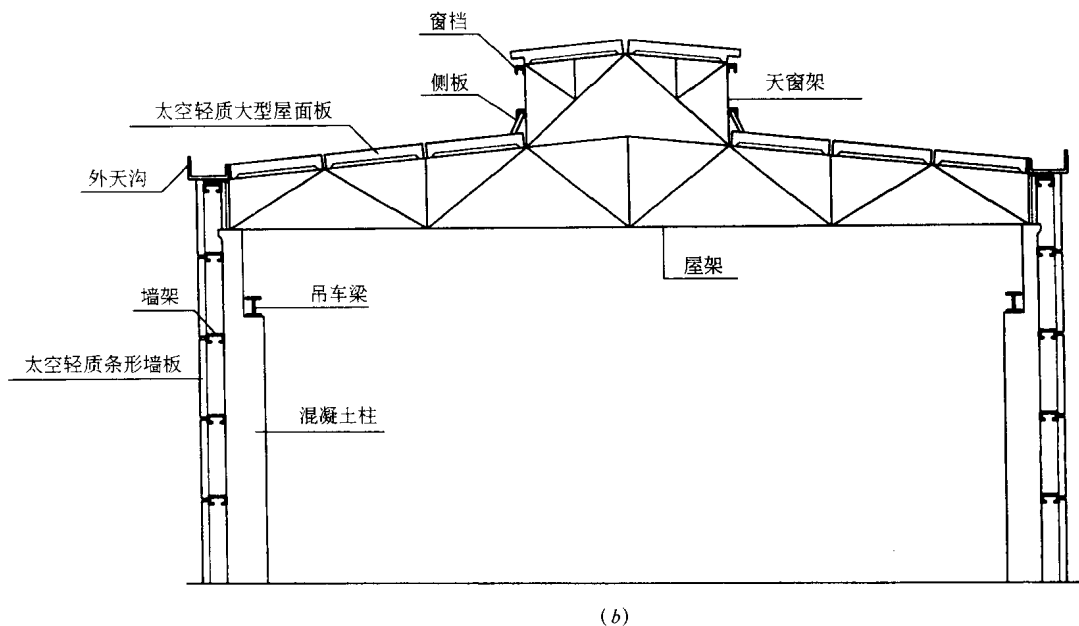


图 1.2-2 屋架(二)

(b)无檩体系

刚架或屋架间应由纵向构件或支撑系统连接。

三、网架

当房屋跨度较大,其平面尺寸长短边之比接近于 1 或不超过 2 时,宜采用网架结构。网架结构可提供较大的房屋平面及净空,外形美观。网架结构的形式、构造及设计见图 1.2-3 及第八章。网架为空间结构体系,不像刚架和屋架需另设支撑。

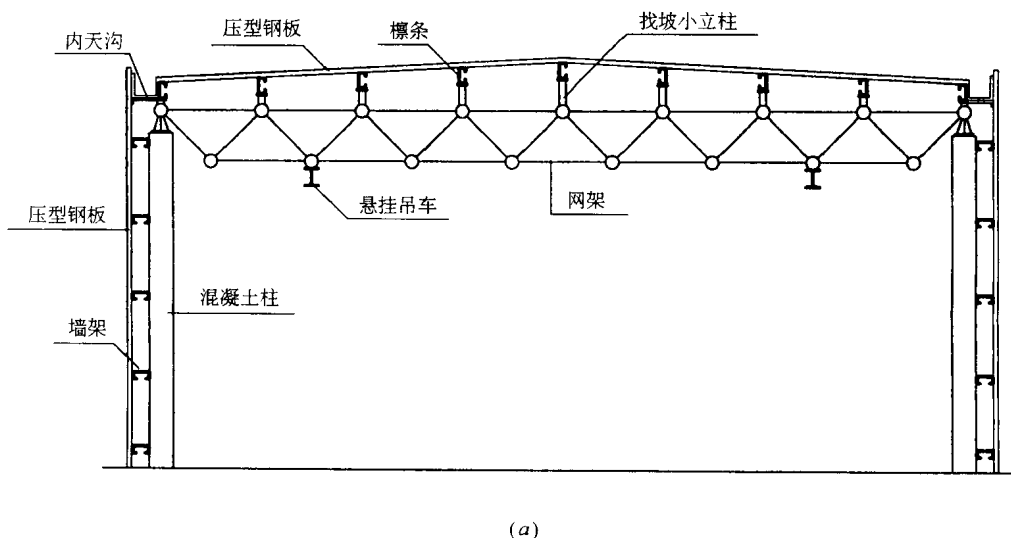


图 1.2-3 网架(一)

(a)有檩体系

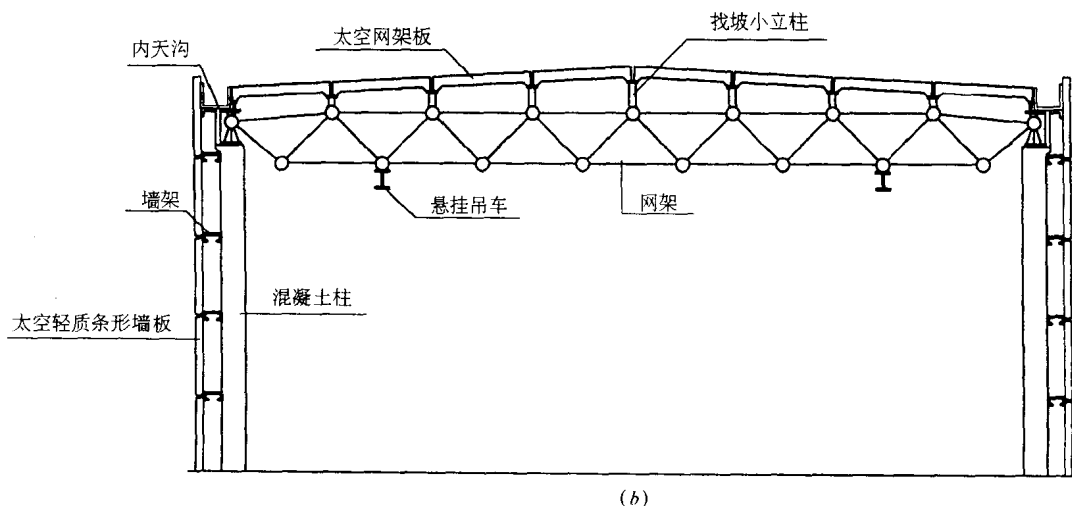


图 1.2-3 网架(二)

(b)无檩体系

第三节 结 构 材 料

一、材质

(一) 材料的分类

结构用钢材可以按下述方法分类：

1. 按冶炼方法(炉种)分为平炉钢和电炉钢、氧气转炉钢或空气转炉钢。承重结构钢一般采用平炉或氧气转炉 Q235 钢。
2. 按炼钢脱氧程度分为沸腾钢(F)、半镇静钢(b)、镇静钢(Z)及特殊镇静钢(TZ)。
3. 按钢的牌号和化学成分分类。钢的牌号按钢的屈服点数值命名,钢的质量等级分为 A、B、C、D 四级,这四个等级与钢的化学成分、力学性能及冲击试验性能有关。

普通碳素钢的牌号由代表屈服点的字母、屈服点数值、质量等级符号、脱氧方法等四个部分按顺序组成。

例如, Q235-B·F 符号含义如下:

Q——钢材屈服强度;

235——屈服点(不小于)235N/mm²;

A、B、C、D——质量等级,从次到优顺序排列;

F、b、Z、TZ——沸腾钢、半镇静钢、镇静钢、特殊镇静钢,在牌号表示中“Z”与“TZ”符号可忽略。

在碳素结构钢中,钢号越大,含碳量越高,强度也随之增高,但塑性和韧性降低。在承重结构钢中经常采用掺加合金元素的低合金钢。其强度高于碳素结构钢,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,所以,其韧性并不降低。在低合金钢中 Q345 钢(16Mn)的综合性能较好,在我国已有几十年的工程实践经验。

(二) 钢材的机械性能和化学成分