

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

钢结构设计

(建筑工程专业方向适用)

于安林 主编
童根树 主审

中国建筑工业出版社

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材

(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

钢结构设计

(建筑工程专业方向适用)

于安林 主编

童根树 主审

中国建筑工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

钢结构设计/于安林主编. —北京: 中国建筑工业出版社, 2016. 7

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写) (建筑工程专业方向适用)

ISBN 978-7-112-19540-4

I. ①钢… II. ①于… III. ①钢结构-结构设计-高等学校-教材 IV. ①TU391.04

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2016) 第 146528 号

本书按照高等学校土木工程学科专业指导委员会编制的《高等学校土木工程本科指导性专业规范》编写, 为《钢结构基本原理》的后续教材。本书涉及轻型门式刚架结构、单层普通钢结构工业厂房、多层房屋钢结构及大跨屋盖结构等常用钢结构体系, 着重介绍了这些钢结构体系的基本形式、结构布置、结构的荷载、荷载效应组合、结构分析及设计方法。为了便于学生更好地掌握每一种结构体系, 每章均给出了相应的工程实例, 介绍了设计的基本过程及在设计中所依据的主要规范及规程, 章后均附有工程算例。

本书可作为各高校土木工程专业的教材, 也可供从事结构设计、科研和施工的工程技术人员参考使用。

为更好地支持本课程的教学, 本书作者制作了多媒体教学课件, 有需要的读者可以发送邮件至 jiangongkejian@163.com 索取。

* * *

责任编辑: 仕 帅 吉万旺 王 跃

责任校对: 王宇枢 刘梦然

高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材
(按高等学校土木工程本科指导性专业规范编写)

钢结构设计

(建筑工程专业方向适用)

于安林 主编

童根树 主审

*

中国建筑工业出版社出版、发行 (北京西郊百万庄)

各地新华书店、建筑书店经销

霸州市顺浩图文科技发展有限公司制版

环球东方 (北京) 印务有限公司印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 17 插页: 1 字数: 356 千字

2016 年 11 月第一版 2016 年 11 月第一次印刷

定价: 33.00 元 (赠课件)

ISBN 978-7-112-19540-4

(29056)

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)

本系列教材编审委员会名单

主任：李国强

常务副主任：何若全 沈元勤 高延伟

副主任：叶列平 郑健龙 高波 魏庆朝 戚大庆

委员：（按拼音排序）

陈昌富	陈德伟	丁南宏	高辉	高亮	桂岚
何川	黄晓明	金伟良	李诚	李传习	李宏男
李建峰	刘建坤	刘泉声	刘伟军	罗晓辉	沈明荣
宋玉香	王跃	王连俊	武贵	肖宏	徐蓉
徐秀丽	许明	许建聪	杨伟军	易思蓉	于安林
岳祖润	赵宪忠				

组织单位：高等学校土木工程学科专业指导委员会
中国建筑工业出版社

出版说明

近年来,高等学校土木工程学科专业教学指导委员会根据其研究、指导、咨询、服务的宗旨,在全国开展了土木工程学科教育教学情况的调研。结果显示,全国土木工程教育情况在2000年以后发生了很大变化,主要表现在:一是教学规模不断扩大,据统计,目前我国有超过400余所院校开设了土木工程专业,有一半以上是2000年以后才开设此专业的,大众化教育面临许多新的形势和任务;二是学生的就业岗位发生了很大变化,土木工程专业本科毕业生中90%以上在施工、监理、管理等部门就业,在高等院校、研究设计单位工作的本科生越来越少;三是由于用人单位性质不同、规模不同、毕业生岗位不同,多样化人才的需求愈加明显。土木工程专业教指委根据教育部印发的《高等学校理工科本科指导性专业规范研制要求》,在住房和城乡建设部的统一部署下,开展了专业规范的研制工作,并于2011年由中国建筑工业出版社正式出版了土建学科各专业第一本专业规范——《高等学校土木工程本科指导性专业规范》。为紧密结合此次专业规范的实施,土木工程教指委组织全国优秀作者按照专业规范编写了《高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(专业基础课)》。本套专业基础课教材共20本,已于2012年底全部出版。教材的内容满足了建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程和铁道工程四个主要专业方向核心知识(专业基础必需知识)的基本需求,为后续专业方向的知识扩展奠定了一个很好的基础。

为更好地宣传、贯彻专业规范精神,土木工程教指委组织专家于2012年在全国二十多个省、市开展了专业规范宣讲活动,并组织开展了按照专业规范编写《高等学校土木工程学科专业指导委员会规划教材(专业课)》的工作。教指委安排了叶列平、郑健龙、高波和魏庆朝四位委员分别担任建筑工程、道路与桥梁工程、地下工程和铁道工程四个专业方向教材编写的牵头人。于2012年12月在长沙理工大学召开了本套教材的编写工作会议。会议对主编提交的编写大纲进行了充分的讨论,为与先期出版的专业基础课教材更好地衔接,要求每本教材主编充分了解前期已经出版的20种专业基础课教材的主要内容和特色,与之合理衔接与配套、共同反映专业规范的内涵和实质。此次共规划了四个专业方向29种专业课教材。为保证教材质量,系列教材编审委员会邀请了相关领域专家对每本教材进行审稿。

本系列规划教材贯彻了专业规范的有关要求,对土木工程专业教学的改革和实践具有较强的指导性。在本系列规划教材的编写过程中得到了住房和城乡建设部人事司及主编所在学校和单位的大力支持,在此一并表示感谢。希望使用本系列规划教材的广大读者提出宝贵意见和建议,以便我们在重印再版时得以改进和完善。

高等学校土木工程学科专业指导委员会

中国建筑工业出版社

2014年4月

前 言

2011年10月,住房和城乡建设部与全国高等学校土木工程学科专业指导委员会颁布了《高等学校土木工程本科指导性专业规范》,对土木工程本科专业教学内容进行了全面整合。在“本科专业规范”的指导下,组织编写了《钢结构设计》,本教材为《钢结构基本原理》的后续教材,适用于建筑工程专业方向。

学生在掌握了钢结构基本构件及连接设计的基础上,需进一步熟悉钢结构体系的设计方法,遵循设计规范和规程的要求,设计出既安全又经济的建筑钢结构。本教材涉及了轻型门式刚架结构、单层普通钢结构工业厂房、多层房屋钢结构及大跨屋盖结构等常用钢结构体系。着重介绍了这些钢结构体系的基本形式、结构布置、结构的荷载和荷载效应组合、结构分析及设计方法。为了便于学生更好地掌握每一种结构体系,每章均给出了相应的工程实例,介绍了设计的基本过程及在设计中所依据的主要规范及规程,章后均附有工程算例。

本书共分为4章。第1章介绍了单层门式刚架结构的组成、形式和结构布置,檩条、压型钢板、墙梁和支撑的连接构造及设计,刚架的荷载及荷载效应组合,变截面刚架梁、柱的设计,刚架主要节点的构造和设计。第2章阐述了单层普通钢结构工业厂房的组成、形式和结构布置,单层工业厂房的荷载计算和效应组合,阶形柱、柱间支撑、钢屋架和吊车梁的设计及连接节点的构造。第3章讲述了多层房屋钢结构的组成、形式和结构布置,多层房屋钢结构的荷载计算、效应组合及内力计算方法,楼盖、框架梁、柱、支撑以及连接节点设计和构造。第4章从大跨钢屋盖结构的种类入手,着重介绍了网架、网壳及管桁架结构的形式和结构布置,钢屋盖结构设计的荷载及其效应组合,网架、网壳和管桁架结构的内力计算要点,网壳结构的稳定性分析,网架、网壳及管桁架杆件设计,焊接空心球节点、螺栓球节点及相贯节点的设计和构造。

苏州科技大学的相关教师完成了本书的编写工作。全书由主编于安林修改定稿,参加本书各章编写工作的有:孙国华(第1章),李启才(第2章),毛小勇(第3章),赵宝成(第4章),姚江峰编写了第2章的钢屋架设计算例。苏州科技大学多名研究生对工程算例进行了校对和试算,并绘制了部分插图。苏州科技大学方恬副教授对本书也提出了许多建设性意见,浙江大学童根树教授对全书进行了细致地审阅。在本书编写过程中,也参考了相关资料,一并致谢。

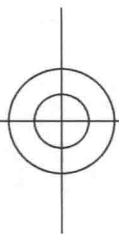
由于编者水平有限,在内容取舍及衔接方面难免存在不妥之处,敬请同行和读者对所发现的错误、疏漏及需要完善之处予以指正。

目 录

第 1 章 轻型门式刚架结构	1	1.6.7 柱脚设计	55
本章知识点	1	1.6.8 位移计算	56
1.1 概述	1	1.6.9 屋面檩条设计	56
1.1.1 工程实例	1	小结及学习指导	61
1.1.2 组成	1	思考题与习题	63
1.1.3 门式刚架的特点	3	第 2 章 单层普通钢结构工业厂房	64
1.1.4 应用范围	3	本章知识点	64
1.1.5 设计过程	3	2.1 概述	64
1.2 结构形式和结构布置	4	2.1.1 工程实例	64
1.2.1 结构形式	4	2.1.2 组成	65
1.2.2 结构布置	5	2.1.3 特点	66
1.2.3 支撑布置	7	2.1.4 设计过程	66
1.3 屋面设计	8	2.2 结构布置	67
1.3.1 屋面板设计	8	2.2.1 柱网布置	67
1.3.2 檩条设计	12	2.2.2 柱间支撑布置	69
1.4 墙面设计	21	2.2.3 厂房竖向布置	70
1.4.1 墙面板设计	21	2.2.4 屋盖系统布置	71
1.4.2 墙梁设计	21	2.3 厂房结构的内力计算	78
1.4.3 支撑构件设计	22	2.3.1 荷载和荷载组合	78
1.4.4 抗风柱设计	23	2.3.2 单层厂房的内力分析	79
1.5 刚架设计	23	2.3.3 厂房结构的刚度计算	80
1.5.1 门式刚架的荷载及荷载组合	23	2.4 柱的设计	81
1.5.2 门式刚架的内力计算	26	2.4.1 柱截面形式	81
1.5.3 门式刚架的侧移计算	27	2.4.2 阶形柱的设计	83
1.5.4 门式刚架柱和梁设计	27	2.4.3 阶形柱的平面内计算长度	83
1.5.5 门式刚架节点设计	37	2.4.4 柱的节点设计	85
1.6 设计实例	43	2.5 柱间支撑设计	87
1.6.1 设计资料	43	2.5.1 柱间支撑形式	87
1.6.2 刚架形式及结构布置	44	2.5.2 柱间支撑设计	88
1.6.3 荷载计算	44	2.5.3 柱间支撑的工作原理	90
1.6.4 内力计算	46	2.5.4 柱间支撑的连接与构造	91
1.6.5 刚架梁、柱设计	46	2.6 屋架设计	91
1.6.6 梁柱连接节点验算	54	2.6.1 屋架杆件的截面形式	91

2.6.2	屋架内力计算	93	3.3.4	荷载效应组合	139
2.6.3	屋架杆件设计	94	3.4	结构计算	140
2.6.4	屋架节点设计	97	3.4.1	一般规定	140
2.6.5	屋架施工图	102	3.4.2	荷载效应计算方法	141
2.7	吊车梁系统的设计	103	3.4.3	结构变形限值	141
2.7.1	吊车梁系统的截面形式	103	3.5	组合楼盖设计	142
2.7.2	吊车梁系统的荷载作用	104	3.5.1	一般规定	142
2.7.3	吊车梁的内力计算	106	3.5.2	组合梁设计	144
2.7.4	吊车梁构件的截面验算	107	3.5.3	压型钢板组合楼板设计	149
2.7.5	吊车梁系统其他构件的设计	110	3.6	框架构件设计	152
2.7.6	吊车梁的连接计算和构造		3.6.1	一般规定	152
	要求	110	3.6.2	框架梁设计	153
2.8	普通梯形钢屋架的计算		3.6.3	框架柱设计	153
	实例	114	3.6.4	支撑设计	154
2.8.1	设计资料及说明	114	3.7	框架节点设计	158
2.8.2	确定屋架形式及其杆件主要		3.7.1	一般规定	158
	尺寸	114	3.7.2	梁-柱节点设计	158
2.8.3	屋盖支撑布置	114	3.7.3	柱-柱节点设计	160
2.8.4	荷载计算及荷载组合	115	3.7.4	梁-梁节点设计	161
2.8.5	杆件内力计算	116	3.7.5	柱脚节点设计	162
2.8.6	屋架杆件截面设计	116	3.7.6	支撑节点设计	164
2.8.7	屋架节点设计	120	3.8	设计实例	165
小结及学习指导		124	3.8.1	设计条件	165
思考题与习题		125	3.8.2	结构布置和计算简图	165
第3章 多层房屋钢结构		126	3.8.3	截面初选	165
本章知识点		126	3.8.4	荷载汇集	167
3.1 概述		126	3.8.5	内力分析	167
3.1.1 工程实例		126	3.8.6	内力组合	170
3.1.2 结构特点		126	3.8.7	构件设计	171
3.1.3 结构组成		128	3.8.8	节点设计	175
3.1.4 应用范围		128	小结及学习指导		181
3.1.5 设计过程		128	思考题与习题		182
3.2 结构体系和结构布置		129	第4章 大跨屋盖结构		184
3.2.1 结构体系		129	本章知识点		184
3.2.2 结构布置		131	4.1 概述		184
3.3 荷载作用及效应组合		134	4.1.1 工程实例		184
3.3.1 竖向荷载		134	4.1.2 大跨屋盖结构的种类		185
3.3.2 风荷载		134	4.1.3 应用范围		188
3.3.3 地震作用		135	4.1.4 设计过程		188

4.2	网架结构	189	4.5	管桁架工程实例	234
4.2.1	网架的结构形式	189	4.5.1	工程概述	234
4.2.2	网架结构的支承与选型	194	4.5.2	设计依据	235
4.2.3	荷载作用及效应组合	197	4.5.3	荷载及荷载组合	235
4.2.4	网架结构的几何不变性及内力 分析方法	198	4.5.4	结构布置及计算模型	237
4.2.5	网架杆件设计	199	4.5.5	材料选择	237
4.2.6	节点设计	200	4.5.6	动力特性	238
4.3	网壳结构	213	4.5.7	构件设计及位移校核	238
4.3.1	网壳的结构形式	213	4.5.8	屋盖钢结构施工图	240
4.3.2	网壳结构选型及容许挠度	218	小结及学习指导	245	
4.3.3	网壳结构内力计算要点	219	思考题与习题	247	
4.3.4	杆件设计	221	附录 1 常用的冷弯薄壁型钢 截面表	248	
4.3.5	节点设计	222	附录 2 阶形柱的计算长度系数	251	
4.4	管桁架结构	223	附录 3 框架柱的计算长度系数	257	
4.4.1	管桁架的结构形式	223	附录 4 钢屋架施工图	插页	
4.4.2	管桁架结构选型	225	附录 5 框架施工图	258	
4.4.3	管桁架结构分析模型	225	参考文献	260	
4.4.4	杆件设计	226			
4.4.5	节点设计	226			



第1章

轻型门式刚架结构

本章知识点

【知识点】 单层门式刚架结构的组成、形式和结构布置，檩条、压型钢板、墙梁和支撑的连接构造及设计，刚架的荷载计算和荷载效应组合，变截面刚架梁、柱的设计，刚架主要节点的构造和设计。

【重点】 轻型门式刚架的结构布置，刚架和檩条设计。

【难点】 冷弯薄壁型钢构件截面的有效宽度，变截面构件设计。

1.1 概述

在工业发达的国家，轻型门式刚架结构已经非常广泛地应用于各类房屋结构中。国内轻型门式刚架结构的应用大约始于 20 世纪 80 年代初期，中国工程建设标准化协会在 1999 年颁布了《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》CECS 102:98，此后轻型门式刚架结构的应用得到了迅速发展，国内采用轻型门式刚架结构的工程数量越来越多，工程规模越来越大，大约每年有上千万平方米的轻钢建筑竣工，充分展示了这种结构的优越性。国外也有大量钢结构制造商进入中国，加上国内几百家的轻钢结构专业公司和制造厂，市场竞争也日趋激烈。

1.1.1 工程实例

美的南沙工业园空调项目位于广州市南沙区珠江工业园内，建于 2011 年，厂房类别为丁类，抗震设防烈度 7 度，设计使用年限 50 年，建筑耐火等级二级。其中 1 号厂房为单层门式刚架结构，建筑高度 14.95m，建筑面积为 43152.2m²，结构平面尺寸 132m×297m，柱距 9m，共五跨（中间跨为 36m，其余跨均为 24m）。厂房 1.2m 以下外墙为 180mm 厚蒸压灰砂砖墙体，1.2m 以上外墙采用镀铝锌压型钢板，0.60mm 镀铝锌彩色压型钢板屋面，保温隔热采用 75mm 厚玻璃丝棉。刚架梁、柱采用焊接工字形变截面构件，檩条和墙梁为冷弯薄壁卷边槽钢。图 1-1 为该工程主体结构的施工安装过程。

1.1.2 组成

如图 1-2 所示，轻型门式刚架结构主要由门式刚架、支撑、屋面、墙面等组成。

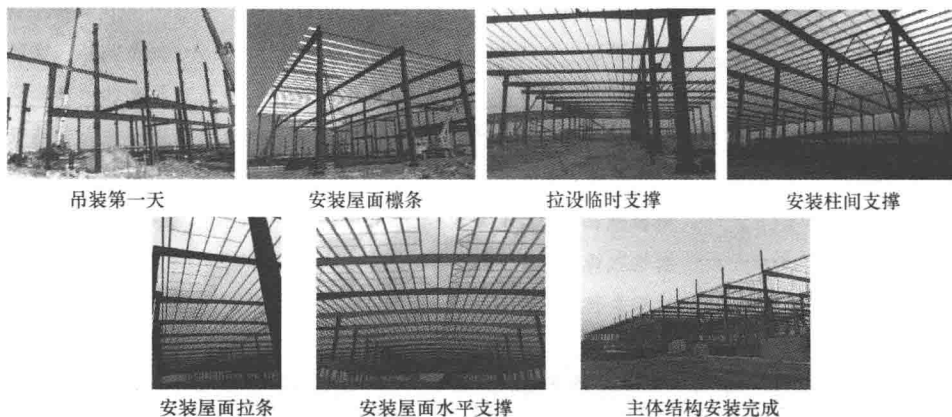


图 1-1 主体结构的安装过程

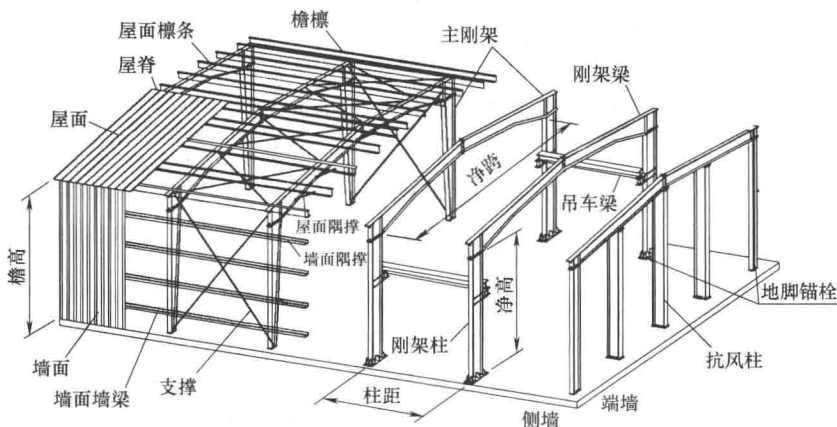


图 1-2 门式刚架轻型钢结构房屋的基本组成

1. 主体结构

门式刚架是结构的主要承重骨架，通常采用轻型焊接 H 型钢或热轧 H 型钢等构成。为节省钢材，刚架梁、刚架柱一般采用变截面构件。设有桥式吊车时，刚架柱则采用等截面构件。

支撑主要由屋面横向水平支撑、柱间支撑、系杆等组成，是确保结构能够整体工作的重要构件，同时也是结构纵向传力的主要构件。

此外，在山墙处，设有抗风柱；有桥式吊车时，还设有吊车梁；为保证刚架梁在负弯矩区段的稳定以及刚架柱内侧翼缘受压区段的稳定，还需设置隅撑。

2. 围护结构

屋面和墙面是房屋的围护结构，在轻型门式刚架结构中，一般不再采用砌体、预制板等传统材料，而是由檩条、墙梁、拉条和面板组成。

檩条和墙梁是屋面和墙面的承重构件，常采用冷弯薄壁型钢。拉条可阻止檩条和墙梁的面外失稳，用圆钢和钢管做成。

工程中多采用彩色镀锌（或镀铝锌）压型钢板作为面板，当确保面板和檩

条、墙梁等构件连接可靠时，面板可以考虑参与结构的共同受力（蒙皮效应）。保温隔热材料有玻璃棉、聚苯乙烯泡沫塑料、岩棉等，目前多采用玻璃棉。

1.1.3 门式刚架的特点

轻型门式刚架结构具有以下特点：

(1) 质量轻

由于围护结构采用压型金属板、玻璃棉及冷弯薄壁型钢等材料组成，屋面、墙面的质量都很轻，因而支承它们的门式刚架也很轻。根据国内的工程实例统计，单层门式刚架房屋承重结构的用钢量一般为 $10\sim 30\text{kg}/\text{m}^2$ 。在相同的跨度和荷载条件下，自重约为钢筋混凝土结构的 $1/30\sim 1/20$ 。

由于单层门式刚架结构质量轻，地基处理费用相对较低，基础可以做得比较小。同时在相同地震设防烈度下门式刚架结构的地震反应小，一般情况下，地震作用参与的内力组合对刚架梁、柱构件的设计不起控制作用。但是风荷载对门式刚架结构构件的受力影响较大，风荷载产生的吸力可能会使屋面的金属压型板、檩条反向受力，当风荷载较大或房屋较高时，风荷载可能是门式刚架设计的控制荷载。

(2) 工业化程度高，施工周期短

门式刚架结构的主要构件和配件均为工厂制作，质量易于保证，工地现场安装方便。除基础施工外，基本没有湿作业，构件之间多采用高强度螺栓连接，现场施工人员少。

(3) 柱网布置比较灵活

门式刚架结构的围护体系采用金属压型钢板，柱网布置不受模数限制，柱距大小主要根据使用要求和用钢量最省的原则来确定。

(4) 组成构件的板件较薄，对制作、涂装、运输、安装要求高

在门式刚架结构中，焊接构件中钢板的最小厚度为 3.0mm ，冷弯薄壁型钢构件中钢板的最小厚度为 1.5mm ，压型钢板的厚度为 0.4mm 。板件的宽厚比大，使得构件在外力撞击下易发生局部变形。同时，锈蚀对构件截面削弱带来的后果更为严重。

此外，构件的抗弯刚度、抗扭刚度较小，结构整体较柔，要注意防止构件发生弯曲和扭转变形。同时，要重视支撑体系和隅撑的布置，重视屋面板、墙面板与构件的连接构造，使其能参与结构的整体工作。

1.1.4 应用范围

轻型门式刚架结构主要应用于轻型厂房、仓库、交易市场、大型超市、体育馆、展览厅及活动房屋、加层建筑等。

1.1.5 设计过程

1.1.5.1 设计所依据的主要规范、规程

《建筑结构荷载规范》GB 50009—2012

《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》GB 51022—2015

《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

《建筑抗震设计规范》GB 50011—2010

《建筑地基基础设计规范》GB 50007—2011

《钢结构工程施工质量验收规范》GB 50205—2001

1.1.5.2 设计步骤

轻型门式刚架的使用要求确定以后，其设计步骤一般如下：

(1) 结构选型与布置：确定结构形式、建筑尺寸、结构平面布置。

(2) 初选构件截面：主要包括刚架梁和柱、屋面支撑、柱间支撑、系杆、墙梁、檩条、抗风柱以及吊车梁（有吊车时）等。

(3) 荷载计算与荷载组合：确定结构所承受的永久荷载、可变荷载以及各种作用，确定可能的荷载组合形式。

(4) 屋面板和檩条的设计。

(5) 刚架内力及侧移计算：确定刚架计算单元与计算模型，计算内力与侧移。

(6) 构件强度、稳定性的计算复核，及结构刚度校核：对刚架梁、刚架柱的强度、刚度及稳定性进行校核。当计算结果满足安全、经济要求时，可转到下一步骤，否则需调整截面后回到第(5)步，重新设计刚架。

(7) 节点和柱脚的构造设计及强度计算。

(8) 屋面支撑、柱间支撑、系杆、隅撑、抗风柱以及吊车梁（有吊车时）等构件的内力计算及构件验算等。

(9) 基础设计，柱脚以下部分的设计，可参考基础及混凝土相关资料。

(10) 绘制施工图，编制计算书。结构施工图主要包含目录、结构设计说明、结构布置图、构件图、节点图等。结构计算书需包含详尽的荷载取值及荷载组合、材料选用、结构模型、结构分析结果、主要受力构件及节点的设计过程，以及分析所选用设计软件等信息。

一般情况下，可采用上述设计步骤进行，实际设计中结构工程师也可根据设计经验先设计主刚架，后设计次要结构。

1.2 结构形式和结构布置

1.2.1 结构形式

门式刚架又称山形门式刚架，是梁、柱单元构件的组合物，其形式种类繁多。通常情况下，门式刚架可分为单跨（图 1-3a、d）、双跨（图 1-3b、e、f）、多跨（图 1-3c）、带挑檐的（图 1-3d）和带毗屋的（图 1-3e）刚架等形式。多跨刚架宜采用双坡（图 1-3c、h）或单坡屋盖（图 1-3f），必要时也可采用由多个双坡屋盖组成的多跨刚架形式。当需要设置夹层时，夹层可沿纵

向设置 (图 1-3g) 或设置在横向端跨 (图 1-3h)。

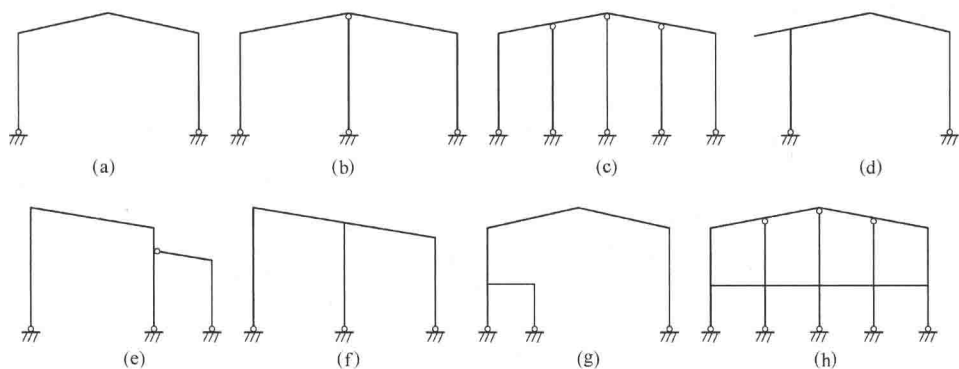


图 1-3 门式刚架的结构形式示例

(a) 单跨双坡刚架；(b) 双跨双坡刚架；(c) 四跨双坡刚架；(d) 带挑檐刚架
(e) 双跨单坡 (毗屋) 刚架；(f) 双跨单坡刚架；(g) 纵向带夹层刚架；(h) 端跨带夹层刚架

根据跨度、高度和荷载不同, 门式刚架的梁、柱可采用变截面或等截面实腹焊接工字形截面或 H 形截面。一般情况下, 变截面构件通过改变腹板的高度做成楔形截面, 必要时也可改变腹板厚度。变截面梁端高度不宜小于跨度的 $1/40 \sim 1/35$, 中段高度则不小于跨度的 $1/60$, 等截面梁的截面高度一般取跨度的 $1/40 \sim 1/30$ 。变截面柱在铰接柱脚处的截面高度不宜小于 $200 \sim 250\text{mm}$ 。当设有桥式吊车时, 刚架柱宜采用等截面构件, 其截面高度不宜小于柱高的 $1/20$ 。结构构件在安装单元内一般不改变翼缘截面, 必要时可改变翼缘厚度。邻接的安装单元可采用不同的翼缘截面, 但两单元相邻截面高度宜相等。

门式刚架可由多个梁、柱单元构件组成。刚架柱一般为独立单元构件, 刚架梁可根据运输条件划分为若干个单元。单元构件本身采用焊接, 单元构件之间可通过端板用高强度螺栓连接。

门式刚架的柱脚多按铰接支承设计, 通常为平板支座, 设一或两对地脚锚栓。当用于工业厂房且有 5t 以上桥式吊车时, 柱脚宜设计成刚接。

当门式刚架跨度较大时, 中间柱上下两端均采用铰接形式, 称之为摇摆柱。摇摆柱只用于承担竖向荷载, 不能用于承担水平荷载及提供侧向刚度。

轻型门式刚架房屋的屋面坡度宜取 $1/20 \sim 1/8$, 在雨水较多地区宜取用较大值。此外, 多跨刚架采用双坡或单坡屋顶有利于屋面排水, 在多雨地区宜采用这些形式。

根据通风、采光的要求, 轻型门式刚架房屋可设置通风口、采光带和天窗架等。

1.2.2 结构布置

轻型门式刚架房屋的结构布置主要包括柱网尺寸、温度区段、支撑和系

杆布置、檩条及墙梁布置等。

1.2.2.1 柱网

轻型门式刚架房屋的柱网尺寸一般由生产工艺要求和建筑使用功能决定。特别是工业建筑各种生产工艺流程所需的设备、产品尺寸、生产空间，以及民用或公共建筑的空间分区、房间的使用功能等均是决定刚架跨度及柱距的重要影响因素。门式刚架的跨度应取横向刚架柱轴线间的距离，其单跨跨度宜为12~48m，如有依据，可采用更大跨度。虽然门式刚架的跨度没有严格的模数限制，但习惯上仍采用3m的倍数。当边柱宽度不等时，其外侧应对齐。

门式刚架的间距（即柱网轴线在纵向的距离）除考虑生产工艺要求及建筑使用功能外，还应考虑刚架跨度、荷载情况和使用条件等，一般宜采用6~9m，最大可用到12m，跨度较小时可用4.5m。当柱距超过10m，门式刚架屋面系统的用钢量会显著增加，一般需设置托架或托梁。

挑檐长度可根据使用要求确定，宜为0.5~1.2m，其上翼缘坡度宜与刚架梁坡度相同。

门式刚架的高度，应取地坪至柱轴线与刚架梁轴线交点的高度，主要根据使用要求的室内净高确定，有吊车的厂房应根据轨顶标高和吊车净空要求确定，宜取4.5~9m，必要时可适当放大，但不宜大于18m。

1.2.2.2 温度区段

结构构件在环境温度发生改变时产生伸缩变形，如果变形受到约束，在结构及主要受力构件内部产生温度应力。目前，精确计算结构内部的温度应力仍比较困难，通常采用构造解决，即设置温度变形缝。将较长、较宽的结构分为若干个独立部分，称为温度区段。门式刚架轻型房屋的主要受力构件和维护结构通常刚度不大，其温度应力相对较小，与传统结构形式相比可适当放宽，《门式刚架轻型房屋钢结构技术规范》规定的温度区段长度（伸缩缝间距）应符合下列规定：

- (1) 纵向温度区段不大于300m；
- (2) 横向温度区段不大于150m。

当满足上述规定时，可不计算门式刚架的温度应力。当有合理的计算依据时，温度区段长度也可适当增加。

当不满足上述规定时，需设置温度伸缩缝，通常有两种做法：(a) 在搭接檩条的螺栓连接处采用长圆孔，并使该处屋面板在构造上允许胀缩；(b) 设置双柱。

1.2.2.3 檩条及墙梁布置

屋面檩条的布置，应考虑天窗、通风屋脊、采光带、屋面材料、檩条供货规格等因素影响，采用等间距布置。屋脊两侧通常各布置一根檩条，双檩间距一般小于400mm，以避免屋面板外伸悬挑过长。檐口檩条的布置需考虑天沟位置及宽度。

门式刚架房屋墙梁的布置应考虑设置门窗、挑檐、遮阳和雨篷等构件和

围护材料的要求。门式刚架房屋的侧墙采用压型钢板做围护墙面时,墙梁宜布置在刚架柱的外侧,其间距应根据墙板板型和规格确定,且不应大于计算要求的值。

当抗震设防烈度为 8 度及以下时,轻型门式刚架房屋的外墙宜采用压型钢板或砌体;当抗震设防烈度为 9 度时,应采用压型钢板或与柱柔性连接的轻质墙板。

1.2.3 支撑布置

门式刚架支撑系统主要包含屋面支撑系统和柱间支撑系统。支撑体系的设置应遵循布置均匀、传力简捷、结构对称、形式统一、经济可靠的原则。

(1) 在每个温度区段或者分期建设的区段中,应分别设置能独立构成空间稳定结构的支撑体系。在设置柱间支撑开间的同时设置屋面横向支撑,以组成完整的空间稳定体系。

(2) 屋面横向支撑宜设在温度区段端部的第一或第二开间,当支撑设置在端部第二开间时,在第一开间的相应位置需设置刚性系杆。在门式刚架转折处,如单跨房屋边柱柱顶、屋脊处、多跨刚架某些中间柱顶和屋脊处等,均应沿房屋全长设置刚性系杆。

(3) 由支撑斜杆等组成的水平桁架,其直腹杆宜按刚性系杆考虑。刚性系杆也可采用檩条兼作,此时檩条应满足压弯构件的承载力及刚度要求。若不满足,可在刚架梁间增设钢管、H 型钢或其他截面的杆件。

(4) 柱间支撑一般设置在边墙柱列,当建筑物宽度大于 60m 时,在内柱列宜适当设置柱间支撑。有吊车时,每个吊车跨两侧柱列均应设置吊车间支撑。

(5) 同一柱列不宜混用刚度差异大的支撑形式。在同一柱列设置的柱间支撑共同承担该柱列的水平荷载,水平荷载按各支撑的刚度进行分配。若无法实现不同柱列间的抗侧刚度与其承受的风或地震作用相匹配时,应采用力学方法进行空间建模分析,以确定内力在各列支撑上的分配。

(6) 柱间支撑的间距应根据房屋纵向受力情况、纵向柱距及温度区段等情况确定。无吊车时,一般取 30~45m 或 4~6 个开间,端部柱间支撑宜设置在房屋端部的第一或第二开间内。当有吊车时,吊车牛腿下部支撑宜设置在温度区段中部,且柱间支撑最大间距不宜超过 50m。

(7) 当房屋高度大于柱距 2 倍时,柱间支撑宜分层设置。当沿柱高有质量集中点、吊车牛腿或矮屋面连接点时应设置相应支撑点。

(8) 门式刚架的柱间支撑宜采用带张紧装置的十字交叉圆钢支撑,圆钢应采用特制的连接件与梁、柱腹板连接。连接件应能适用不同夹角,圆钢端部均应有丝扣,校正定位后宜采用花篮螺栓张紧固定。圆钢支撑与构件的夹角应控制在 45° ~ 60° 之间,宜接近 45° 。

(9) 当设有起重量不小于 5t 的桥式吊车时,宜采用型钢交叉支撑。当房屋不允许设置柱间支撑时,需设置纵向刚架。

1.3 屋面设计

1.3.1 屋面板设计

1.3.1.1 屋面板的材料和类型

门式刚架轻型房屋的屋面板主要有压型钢板(图1-4a)和复合板(图1-4b)两类。无论哪种形式,其主要受力部件均是压型钢板。

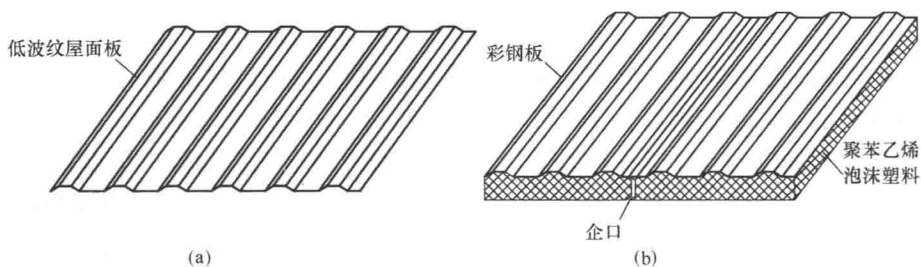


图1-4 金属屋面板的类型

(a) 单层压型钢板; (b) 复合板

压型钢板的基板钢材厚度通常为 $0.4\sim 1.6\text{mm}$,多采用热浸镀锌或热浸镀锌铝的方式在压型钢板基材表面形成保护层以防锈蚀。基板钢材按屈服强度级别宜选用250级(MPa)与350级(MPa)结构级钢材,其强度设计值等计算指标可参考《冷弯薄壁型钢结构技术规范》的有关规定取用。

压型钢板是轻型钢结构中最常用的屋面材料,常采用镀锌钢板、彩色镀锌钢板或彩色镀铝锌钢板,将其辊压、冷弯成各种波形,具有轻质、高强、施工方便等优点。目前,压型钢板制作和加工已完全工业化、标准化,大多数加工单位均有一套完整的板材生产线,国内厂家已能生产出几十种板型,但工程中常用的也就十几种。图1-5给出了几种常用的压型钢板截面形式。

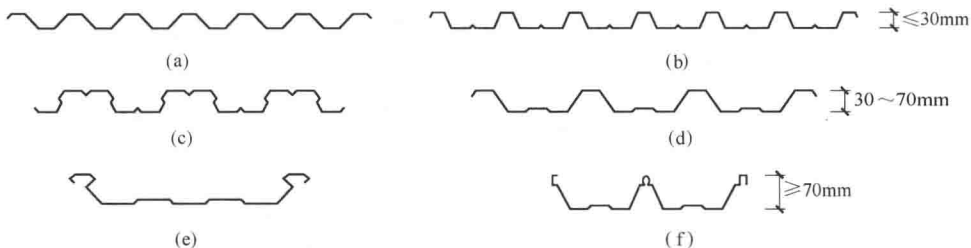


图1-5 常用的压型钢板截面形式

压型钢板的表示方法为YX波高-波距-有效覆盖宽度,如YX75-200-600即表示波高为75mm,波距为200mm,有效覆盖宽度为600mm的板型。压型