



21世纪全国本科院校土木建筑类**创新型**应用人才培养规划教材

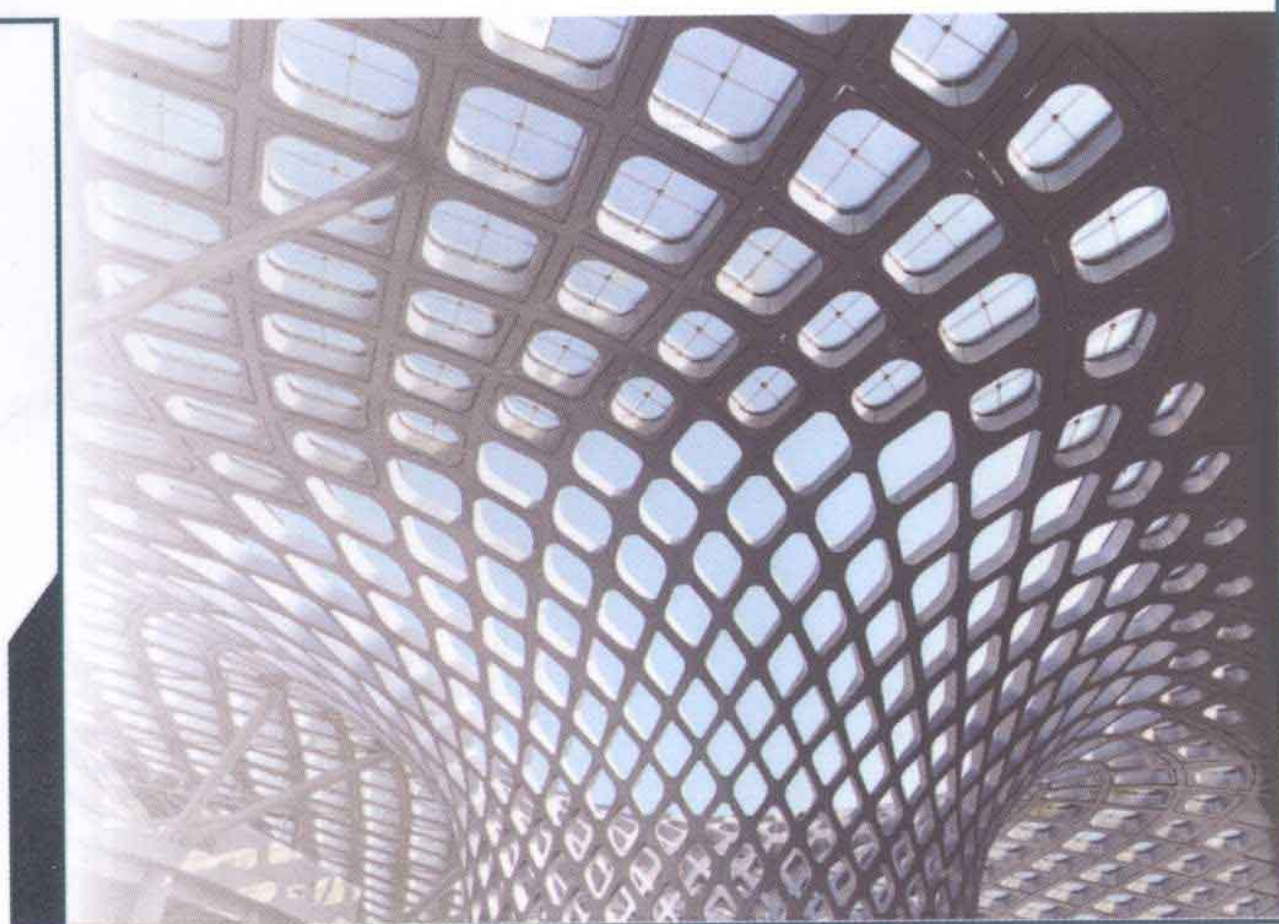
钢结构设计

(附施工图)

主 编 胡习兵 张再华
主 审 舒兴平

提供电子课件

- 依据最新教学大纲及国家规范编写
- 附有各种类型软件设计和施工图



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材

钢结构设计

(附施工图)

主 编	胡习兵	张再华
副主编	尹志明	袁智深
主 审	舒兴平	



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书着重讲述钢屋盖结构设计、单层工业厂房钢结构设计、多高层钢框架结构设计、钢管结构设计和钢网架结构设计等内容。各章还列举了必要的设计例题、软件操作、施工图表达和工程应用的相关知识,以便学习和掌握。

本书主要依据土木工程专业本科生培养方案进行编写,并对相关知识点的教学内容进行了适当调整。本书可作为土木工程专业本科生或专科生的教材,还可作为工程设计人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计/胡习兵,张再华主编. —北京:北京大学出版社,2013.11

(21世纪全国本科院校土木建筑类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-23344-3

I. ①钢… II. ①胡… ②张… 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(2013)第 245751 号

书 名: 钢结构设计(附施工图)

著作责任者: 胡习兵 张再华 主编

策划编辑: 卢东 吴迪

责任编辑: 卢东

标准书号: ISBN 978-7-301-23344-3/TU·0370

出版发行: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> 新浪官方微博: @北京大学出版社

电子信箱: pup_6@163.com

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

印 刷 者: 北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 21.25 印张 348 千字

2013 年 11 月第 1 版 2013 年 11 月第 1 次印刷

定 价: 42.00 元(附施工图)



未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究

举报电话: 010-62752024 电子信箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

近年来,随着我国经济迅速腾飞,钢结构在我国的应用也越来越广泛。钢结构具有结构轻、强度大等优点,但同时也存在易腐蚀、耐火性差等缺点,为解决好这些问题,工程界的学者和技术人员进行了不懈的努力,取得了丰硕的成果,积累了丰富的经验,促使新技术、新方法不断涌现,由此,钢结构的设计方法以及应用技术都得到了飞速的发展。

按照高等学校土木工程专业指导委员会关于“土木工程专业本科(四年制)培养方案”的要求,钢结构设计原理是高等院校土木类专业四年制本科教育的一门专业课。本书主要作为高等院校土木工程专业钢结构设计课程的教材,严格按照新修订的钢结构设计课程教学大纲要求和新的国家规范编写,分别介绍了常用钢结构的特点、组成、结构与构件的设计计算方法,相应钢结构设计软件的介绍与操作,以及相应结构形式的工程应用等。

本书内容一共有5章,包括钢屋盖结构设计、单层工业厂房钢结构设计、多高层钢框架结构设计、钢管结构设计和钢网架结构设计。本书以《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102:2002)、《网架结构与施工规程》(JGJ 7—1991)为依据,深入浅出地阐述了各种类型的钢结构设计理论和计算方法,较为系统地介绍了各种结构类型的软件设计方法和施工图表达方法,强调适用性和可操作性,以达到解决工程实际问题的目的。

本书由中南林业科技大学胡习兵和湖南城市学院张再华主编,编写人员具体分工如下:第1章、第3章由湖南城市学院张再华编写;第2章由湘潭大学尹志明编写;第4章由中南林业科技大学袁智深编写;第5章由中南林业科技大学胡习兵编写。全书由中南林业科技大学胡习兵统稿。

本书在编写过程中,得到中南林业科技大学许多教师的大力支持,研究生易飞华和张大龙对本书的图片和算例编辑做了大量工作,在此一并表示感谢。

最后,编者向本书的主审舒兴平教授、本书参考文献的所有作者、同行和相关结构设计软件单位表示感谢。

由于编者水平有限,书中不妥之处在所难免,恳请读者批评指正!

编 者

2013年6月

北京大学出版社土木建筑系列教材(已出版)

序号	书名	主编	定价	序号	书名	主编	定价
1	建筑设备(第2版)	刘源全 张国军	46.00	50	土木工程施工	石海均 马 哲	40.00
2	土木工程测量(第2版)	陈久强 刘文生	40.00	51	土木工程制图	张会平	34.00
3	土木工程材料(第2版)	柯国军	45.00	52	土木工程制图习题集	张会平	22.00
4	土木工程计算机绘图	袁 果 张渝生	28.00	53	土木工程材料(第2版)	王春阳	50.00
5	工程地质(第2版)	何培玲 张 婷	26.00	54	结构抗震设计	祝英杰	30.00
6	建设工程监理概论(第3版)	巩天真 张泽平	40.00	55	土木工程专业英语	霍俊芳 姜丽云	35.00
7	工程经济学(第2版)	冯为民 付晓灵	42.00	56	混凝土结构设计原理(第2版)	邵永健	52.00
8	工程项目管理(第2版)	仲景冰 王红兵	45.00	57	土木工程计量与计价	王翠琴 李春燕	35.00
9	工程造价管理	车春鹂 杜春艳	24.00	58	房地产开发与管理	刘 薇	38.00
10	工程招标投标管理(第2版)	刘昌明	30.00	59	土力学	高向阳	32.00
11	工程合同管理	方 俊 胡向真	23.00	60	建筑表现技法	冯 柯	42.00
12	建筑工程施工组织与管理(第2版)	余群舟 宋会莲	31.00	61	工程招投标与合同管理	吴 芳 冯 宁	39.00
13	建设法规(第2版)	肖 铭 潘安平	32.00	62	工程施工组织	周国恩	28.00
14	建设项目评估	王 华	35.00	63	建筑力学	邹建奇	34.00
15	工程量清单的编制与投标报价	刘富勤 陈德方	25.00	64	土力学学习指导与考题精解	高向阳	26.00
16	土木工程概预算与投标报价(第2版)	刘 薇 叶 良	37.00	65	建筑概论	钱 坤	28.00
17	室内装饰工程预算	陈祖建	30.00	66	岩石力学	高 玮	35.00
18	力学与结构	徐吉恩 唐小弟	42.00	67	交通工程学	李 杰 王 富	39.00
19	理论力学(第2版)	张俊彦 赵荣国	40.00	68	房地产策划	王直民	42.00
20	材料力学	金康宁 谢群丹	27.00	69	中国传统建筑构造	李合群	35.00
21	结构力学简明教程	张系斌	20.00	70	房地产开发	石海均 王 宏	34.00
22	流体力学(第2版)	章宝华	25.00	71	室内设计原理	冯 柯	28.00
23	弹性力学	薛 强	22.00	72	建筑结构优化及应用	朱杰江	30.00
24	工程力学(第2版)	罗迎社 喻小明	39.00	73	高层与大跨建筑结构施工	王绍君	45.00
25	土力学	肖仁成 俞 晓	18.00	74	工程造价管理	周国恩	42.00
26	基础工程	王协群 章宝华	32.00	75	土建工程制图	张黎骅	29.00
27	有限单元法(第2版)	丁 科 殷水平	30.00	76	土建工程制图习题集	张黎骅	26.00
28	土木工程施工	邓寿昌 李晓目	42.00	77	材料力学	章宝华	36.00
29	房屋建筑学(第2版)	聂洪达 鄯恩田	48.00	78	土力学教程	孟祥波	30.00
30	混凝土结构设计原理	许成祥 何培玲	28.00	79	土力学	曹卫平	34.00
31	混凝土结构设计	彭 刚 蔡江勇	28.00	80	土木工程项目管理	郑文新	41.00
32	钢结构设计原理	石建军 姜 袁	32.00	81	工程力学	王明斌 庞永平	37.00
33	结构抗震设计	马成松 苏 原	25.00	82	建筑工程造价	郑文新	39.00
34	高层建筑施工	张厚先 陈德方	32.00	83	土力学(中英双语)	郎煜华	38.00
35	高层建筑结构设计	张仲先 王海波	23.00	84	土木建筑 CAD 实用教程	王文达	30.00
36	工程事故分析与工程安全(第2版)	谢征勋 罗 章	38.00	85	工程管理概论	郑文新 李献涛	26.00
37	砌体结构(第2版)	何培玲 尹维新	26.00	86	景观设计	陈玲玲	49.00
38	荷载与结构设计方法(第2版)	许成祥 何培玲	30.00	87	色彩景观基础教程	阮正仪	42.00
39	工程结构检测	周 详 刘益虹	20.00	88	工程力学	杨云芳	42.00
40	土木工程课程设计指南	许 明 孟茁超	25.00	89	工程设计软件应用	孙香红	39.00
41	桥梁工程(第2版)	周先雁 王解军	37.00	90	城市轨道交通工程建设风险与保险	吴宏建 刘宽亮	75.00
42	房屋建筑学(上:民用建筑)	钱 坤 王若竹	32.00	91	混凝土结构设计原理	熊丹安	32.00
43	房屋建筑学(下:工业建筑)	钱 坤 吴 歌	26.00	92	城市详细规划原理与设计方法	姜 云	36.00
44	工程管理专业英语	王竹芳	24.00	93	工程经济学	都沁军	42.00
45	建筑结构 CAD 教程	崔钦淑	36.00	94	结构力学	边亚东	42.00
46	建设工程招投标与合同管理实务	崔东红	38.00	95	房地产估价	沈良峰	45.00
47	工程地质(第2版)	倪宏革 周建波	30.00	96	土木工程结构试验	叶成杰	39.00
48	工程经济学	张厚钧	36.00	97	土木工程概论	邓友生	34.00
49	工程财务管理	张学英	38.00	98	工程项目管理	邓铁军 杨亚频	48.00

序号	书名	主编	定价	序号	书名	主编	定价
99	误差理论与测量平差基础	胡圣武 肖本林	37.00	118	土质学与土力学	刘红军	36.00
100	房地产估价理论与实务	李 龙	36.00	119	建筑工程施工组织与概预算	钟吉湘	52.00
101	混凝土结构设计	熊丹安	37.00	120	房地产测量	魏德宏	28.00
102	钢结构设计原理	胡习兵	30.00	121	土力学	贾彩虹	38.00
103	钢结构设计	胡习兵 张再华	42.00	122	交通工程基础	王富	24.00
104	土木工程材料	赵志曼	39.00	123	房屋建筑学	宿晓萍 隋艳娥	43.00
105	工程项目投资控制	曲 娜 陈顺良	32.00	124	建筑工程计量与计价	张叶田	50.00
106	建设项目评估	黄明知 尚华艳	38.00	125	工程力学	杨民献	50.00
107	结构力学实用教程	常伏德	47.00	126	建筑工程管理专业英语	杨云会	36.00
108	道路勘测设计	刘文生	43.00	127	土木工程地质	陈文昭	32.00
109	大跨桥梁	王解军 周先雁	30.00	128	暖通空调节能运行	余晓平	30.00
110	工程爆破	段宝福	42.00	129	土工试验原理与操作	高向阳	25.00
111	地基处理	刘起霞	45.00	130	理论力学	欧阳辉	48.00
112	水分析化学	宋吉娜	42.00	131	土木工程材料习题与学习指导	鄢朝勇	35.00
113	基础工程	曹 云	43.00	132	建筑构造原理与设计(上册)	陈玲玲	34.00
114	建筑结构抗震分析与设计	裴星洙	35.00	133	城市生态与城市环境保护	梁彦兰 阎 利	36.00
115	建筑工程安全管理与技术	高向阳	40.00	134	房地产法规	潘安平	45.00
116	土木工程施工与管理	李华锋 徐 芸	65.00	135	水泵与水泵站	张 伟 周书葵	35.00
117	土木工程试验	王吉民	34.00				

相关教学资源如电子课件、电子教材、习题答案等可以登录 www.pup6.com 下载或在线阅读。

扑六知识网(www.pup6.com)有海量的相关教学资源和电子教材供阅读及下载(包括北京大学出版社第六事业部的相关资源),同时欢迎您将教学课件、视频、教案、素材、习题、试卷、辅导材料、课改成果、设计作品、论文等教学资源上传到 pup6.com,与全国高校师生分享您的教学成就与经验,并可自由设定价格,知识也能创造财富。具体情况请登录网站查询。

如您需要免费纸质样书用于教学,欢迎登陆第六事业部门户网(www.pup6.com)填表申请,并欢迎在线登记选题以到北京大学出版社来出版您的大作,也可下载相关表格填写后发到我们的邮箱,我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

扑六知识网将打造成全国最大的教育资源共享平台,欢迎您的加入——让知识有价值,让教学无界限,让学习更轻松。

联系方式: 010-62750667, donglu2004@163.com, linzhangbo@126.com, 欢迎来电来信咨询。

目 录

第 1 章 钢屋盖结构设计	1	习题	55
1.1 屋盖结构组成与体系分类	2	第 2 章 单层工业厂房钢结构设计	56
1.2 钢屋架的选型与结构特点	3	2.1 结构体系和布置	57
1.2.1 钢屋架选型基本原则	3	2.1.1 结构体系	57
1.2.2 不同形式钢屋架的 结构特点	4	2.1.2 主要尺寸	59
1.3 钢屋盖支撑系统	6	2.1.3 柱网布置	60
1.3.1 钢屋盖支撑的类型、作用与 布置	6	2.1.4 温度伸缩缝	61
1.3.2 钢屋盖支撑的形式、计算和 构造	9	2.2 荷载与作用效应计算	61
1.4 钢屋盖设计内容与步骤	10	2.2.1 荷载计算	61
1.5 钢屋架结构施工图的绘制	11	2.2.2 主刚架的内力计算及 荷载组合	64
1.6 普通钢屋架设计	12	2.2.3 主刚架的变形计算	65
1.6.1 钢屋架主要尺寸的确定	12	2.3 钢柱设计	66
1.6.2 钢屋架内力计算及 基本假定	13	2.3.1 柱的计算长度	66
1.6.3 钢屋架杆件计算长度与 长细比	14	2.3.2 柱的截面验算	67
1.6.4 钢屋架杆件截面形式	16	2.4 钢梁设计	68
1.6.5 杆件截面选择	18	2.4.1 斜梁设计	68
1.6.6 钢屋架节点设计	21	2.4.2 隅撑设计	68
1.7 三铰拱钢屋架设计	39	2.5 吊车梁设计	69
1.7.1 三铰拱钢屋架的特点	39	2.5.1 吊车梁的荷载	71
1.7.2 三角拱钢屋架的外形	40	2.5.2 吊车梁的内力计算	71
1.7.3 钢屋架杆件的选择	40	2.5.3 吊车梁及制动结构的 验算	72
1.7.4 钢屋架的内力分析	41	2.5.4 吊车梁与柱的连接	74
1.7.5 钢屋架的节点构造	43	2.6 构件设计	75
1.8 结构设计软件应用	45	2.6.1 檩条设计	75
1.8.1 软件应用操作流程	45	2.6.2 墙架构件设计	77
1.8.2 软件操作使用说明	45	2.6.3 支撑构件设计	78
1.9 工程应用	54	2.6.4 屋面板和墙板设计	78
本章小结	55	2.7 节点设计	78
		2.7.1 梁柱连接节点与梁梁拼接 节点	78
		2.7.2 柱脚节点	82

2.7.3 牛腿节点	88	3.7.1 柱与柱的拼接	140
2.7.4 摇摆柱与斜梁的连接构造	89	3.7.2 梁与梁的拼接	142
2.8 结构设计软件应用	90	3.7.3 拼接的计算	142
2.8.1 参数限制	90	3.8 结构设计软件应用	143
2.8.2 使用说明	90	3.8.1 软件应用操作流程	143
2.9 工程应用	109	3.8.2 使用说明	143
本章小结	110	3.9 工程应用	164
习题	110	本章小结	165
习题	110	习题	165
第3章 多高层钢框架结构设计	111	第4章 钢管结构设计	166
3.1 结构体系与布置	112	4.1 钢管结构的特点	167
3.1.1 钢框架结构体系与适用范围	112	4.2 截面类型与节点形式	168
3.1.2 钢框架结构布置	113	4.2.1 截面类型及材性	168
3.2 钢框架结构设计主要内容	116	4.2.2 平面桁架的节点形式	168
3.3 荷载与作用	117	4.2.3 空间桁架的节点形式	169
3.3.1 竖向荷载	117	4.3 内力分析与截面设计	170
3.3.2 风荷载	118	4.3.1 节点视为铰接需符合的条件	171
3.3.3 地震作用	118	4.3.2 管桁架杆件计算长度	171
3.4 钢框架的结构分析与效应组合	119	4.3.3 构件的局部稳定性要求	172
3.4.1 结构分析一般原则	119	4.3.4 构件的截面设计	172
3.4.2 钢框架结构的静力分析要点	121	4.4 构造要求	173
3.4.3 钢框架结构的稳定分析要点	123	4.5 节点焊缝连接计算	174
3.4.4 钢框架作用效应组合	123	4.5.1 主管为圆管时的焊缝计算	175
3.4.5 作用效应验算	124	4.5.2 主管为矩形管时的焊缝计算	177
3.5 钢框架构件设计	125	4.6 节点承载力计算	177
3.5.1 钢框架梁设计	125	4.6.1 主管和支管均为圆管的直接焊接节点承载力计算	177
3.5.2 钢框架柱设计	126	4.6.2 矩形管直接焊接节点承载力计算	181
3.5.3 钢框架支撑结构设计	128	4.7 钢管桁架结构设计步骤	187
3.6 钢框架梁柱连接节点设计	134	4.8 结构设计软件应用	187
3.6.1 框架梁柱连接节点的类型与受力特点	134	4.8.1 软件功能及特点	188
3.6.2 刚性连接节点	135	4.8.2 使用说明	188
3.6.3 铰接连接节点	139	4.9 工程应用	191
3.6.4 半刚性连接节点	140	本章小结	195
3.7 钢框架构件的拼接	140		

习题	195	5.5 结构设计软件应用	218
第 5 章 钢网架结构设计	196	5.5.1 参数限制	218
5.1 网架的常用形式及选择	197	5.5.2 使用说明	218
5.1.1 平板式网架的分类及特点	197	5.6 工程应用	222
5.1.2 网格尺寸与网架高度	204	本章小结	225
5.1.3 网架结构的选型	204	习题	225
5.2 网架结构的几何不变性分析	205	参考文献	226
5.3 网架作用效应计算	207	附施工图	
5.3.1 荷载代表值	207	附录 A 第 1 章施工图	1
5.3.2 网架结构的计算模型	208	附录 B 第 2 章施工图	7
5.3.3 网架结构的计算方法	210	附录 C 第 3 章施工图	17
5.4 网架结构杆件与节点设计	211	附录 D 第 4 章施工图	36
5.4.1 网架结构的杆件	211	附录 E 第 5 章施工图	44
5.4.2 网架结构的节点构造及设计	212		

第1章

钢屋盖结构设计

教学目标

主要讲述钢屋盖结构设计的基本理论和方法。通过本章学习，应达到以下目标。

- (1) 了解钢屋盖的结构特点和形式。
- (2) 掌握钢屋盖支撑系统的组成与布置方式。
- (3) 掌握钢屋盖的结构分析和设计方法。
- (4) 掌握钢屋盖施工图绘制方法。
- (5) 能够较好地运用相关钢结构设计软件进行钢屋盖结构设计。

教学要求

知识要点	能力要求	相关知识
钢屋盖体系	(1) 了解钢屋盖体系的结构特点与组成形式 (2) 掌握钢屋盖支撑体系的作用与布置要求	(1) 屋盖支撑系统组成 (2) 屋盖支撑系统作用于布置要求
钢屋架设计	(1) 了解钢屋架的选型要点 (2) 掌握钢屋架的结构分析与设计方法	(1) 不同类型钢屋架的特点及使用范围 (2) 钢桁架杆件计算长度的确定方法 (3) 屋架杆件截面的确定方法 (4) 屋架节点设计方法
设计软件的应用	能较为熟练地进行相关软件的操作	(1) 钢桁架结构设计的相关参数 (2) 软件操作的基本步骤



基本概念

普通钢屋架，轻型钢屋架，支撑系统，桁架杆件计算长度，节点设计



引例

平面桁架式钢屋盖结构是钢结构工程的一个非常传统的结构类型，作为单层厂房结构、多层框架顶楼大空间结构的屋盖系统应用十分广泛，它的跨越能力较大，而加工制作又相对比较简单，基本上是先工厂预制然后再现场安装，工业化程度高，施工周期短。

该类型结构通常由屋面、屋架、支撑三部分组成。要使结构能正常良好地工作，必须整体考虑屋面、屋架和支撑三部分的配合，如考虑不当，往往会引发严重的工程事故。图 1.1 所示为一跨度为 38m 的屋盖结构在施工过程中发生垮塌后的照片，照片显示该屋盖结构为一平面桁架式屋盖系统，该结构的屋架已经整体垮塌。

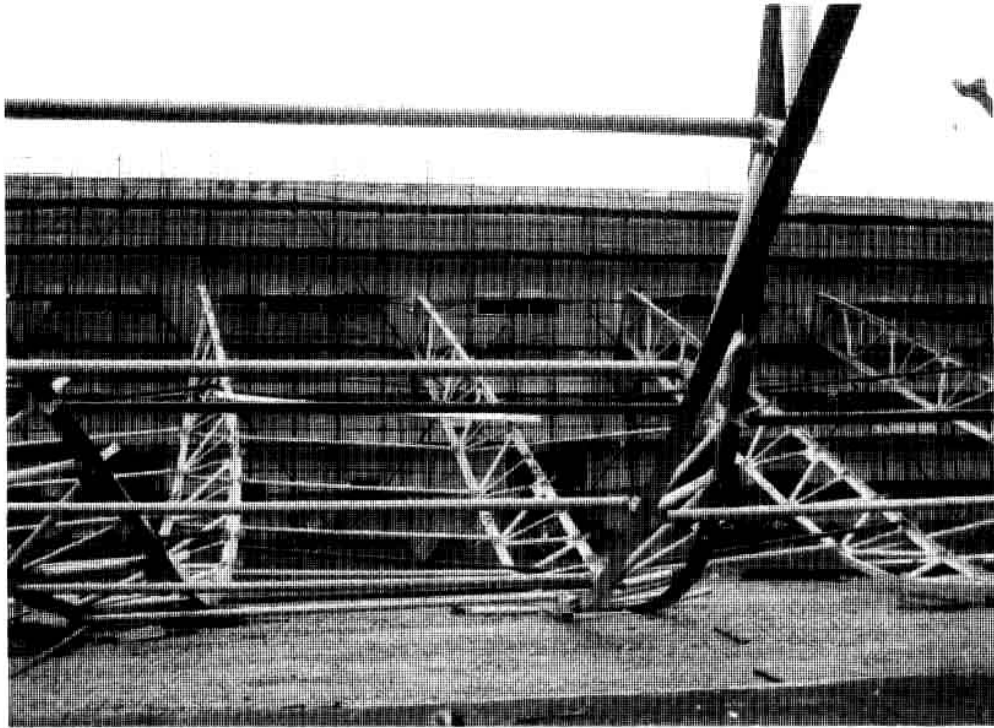
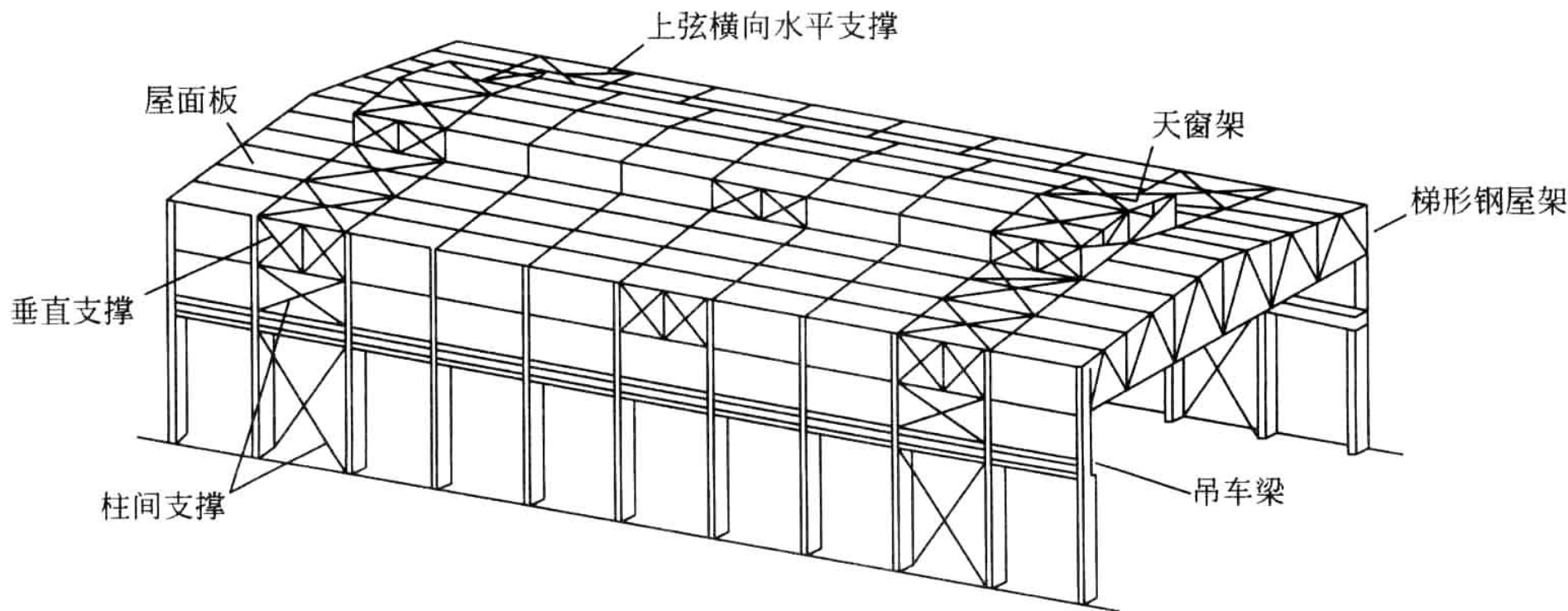


图 1.1 屋盖坍塌现场

引起钢屋盖结构工程发生事故的原因多种多样，有设计选型、结构布置与设计计算等方面的原因，也有施工质量控制不严、施工工序不合理等方面的原因。希望通过本章的学习，大家对这类传统结构形式有较全面的了解，在以后的工程实际中避免发生类似的工程事故。

1.1 屋盖结构组成与体系分类

典型的钢屋盖结构由屋面板、檩条、屋架、托架、天窗架、支撑等构件组成。依据屋面板形式的不同，钢屋盖结构分为有檩体系与无檩体系两种类型，图 1.2 分别显示了这两种钢屋盖体系的基本组成形式。



(a) 无檩体系钢屋盖

图 1.2 两种体系钢屋盖结构

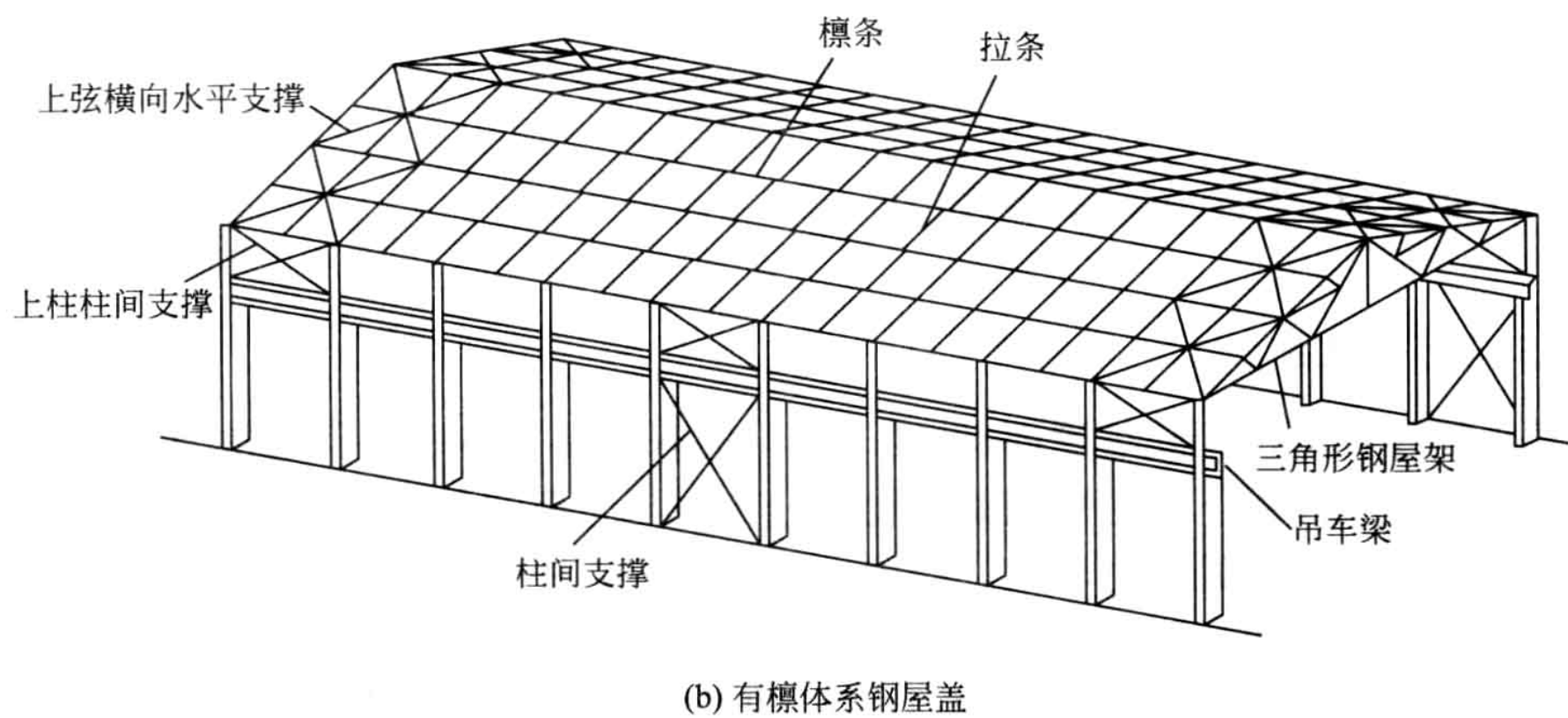


图 1.2 两种体系钢屋盖结构(续)

钢屋盖结构中，屋架的跨度和间距取决于柱网布置，柱网布置取决于建筑物的工艺要求和经济要求。钢屋架跨度较大时，为了采光和通风，屋盖上通常设置天窗。柱网间距较大时，超出屋面板长度，应设置中间屋架和柱间托架，中间屋架的荷载通过托架传给柱。

无檩钢屋盖和有檩钢屋盖各自均具有一定的优点与不足：无檩钢屋盖的屋面荷载直接通过大型屋面板传递给屋架 [图 1.2(a)]，屋盖横向刚度大，整体性好，构造简单，施工方便等，但屋盖自重大，不利于抗震，多用于有桥式吊车的厂房屋盖中；有檩钢屋盖适用于轻型屋面板(如石棉瓦、瓦楞铁、压型钢板和铁丝网水泥槽板等)，屋面荷载通过檩条传递给屋架 [图 1.2(b)]，构件重量轻，用料省，但屋盖构件数量较多，构造较复杂，整体刚度较差。

1.2 钢屋架的选型与结构特点

钢屋架是由各种直杆相互连接组成的一种平面桁架结构。在竖向节点荷载作用下，各杆件产生轴心压力或轴心拉力，因而杆件截面应力分布均匀，材料利用充分，具有用钢量小、自重轻、刚度大和便于加工成型等特点。

1.2.1 钢屋架选型基本原则

钢屋架选型的基本原则如下。

- (1) 使用要求。应满足排水坡度、建筑净空、天窗、天棚以及悬挂吊车等的需要。
- (2) 受力合理性要求。从受力的角度看，屋架的外形应与弯矩图相近，杆件受力均匀；应尽可能使短杆受压、长杆受拉；荷载作用在节点上，以减少弦杆局部弯矩；屋架中部应有足够高度，以满足刚度要求。
- (3) 施工要求。屋架的杆件和节点数量宜减少，规格、构造宜简单，尺寸应划一，夹角在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ ，跨度和高度要避免超宽、超高。

设计时应按照上述基本原则和钢屋架的主要结构特点，在全面分析的基础上根据具体情况进行综合考虑，从而确定钢屋架的合理形式。

1.2.2 不同形式钢屋架的结构特点

1. 三角形钢屋架

三角形钢屋架适用于陡坡屋面(坡度 $>1/3$)的有檩屋盖体系，且通常与柱子铰接连接。因这种屋架在荷载作用下的弯矩图是抛物线分布，与屋架的三角形外形相差悬殊，致使屋架弦杆受力不均，支座处内力较大，跨中内力较小，弦杆的截面不能充分发挥作用，而且支座处上、下弦杆夹角过小，内力又较大，支座节点构造比较复杂。

三角形钢屋架的腹杆布置常采用芬克式 [图 1.3(a)、(b)] 和人字式 [图 1.3(c)、(d)]。芬克式的腹杆虽然较多，但它的压杆短、拉杆长，受力相对合理，且可分为两个小桁架制作与运输，使用较为方便。人字式腹杆的节点较少，但受压腹杆较长，适用于跨度较小 ($L \leq 18\text{m}$) 的情况。但是，人字式屋架的抗震性能优于芬克式屋架，所以在地震烈度较高的地区，即使跨度大于 18m，也常采用人字式腹杆的屋架。单斜式腹杆的屋架 [图 1.3(c)]，其腹杆和节点数目均较多，只适用于下弦需要设置天棚的屋架，一般情况较少采用。由于某些屋面材料要求檩条的间距很小，不可能将所有檩条都放置在节点上，从而使上弦产生局部弯矩，因此，三角形屋架在布置腹杆时，要同时处理好檩距和上弦节点之间的关系。

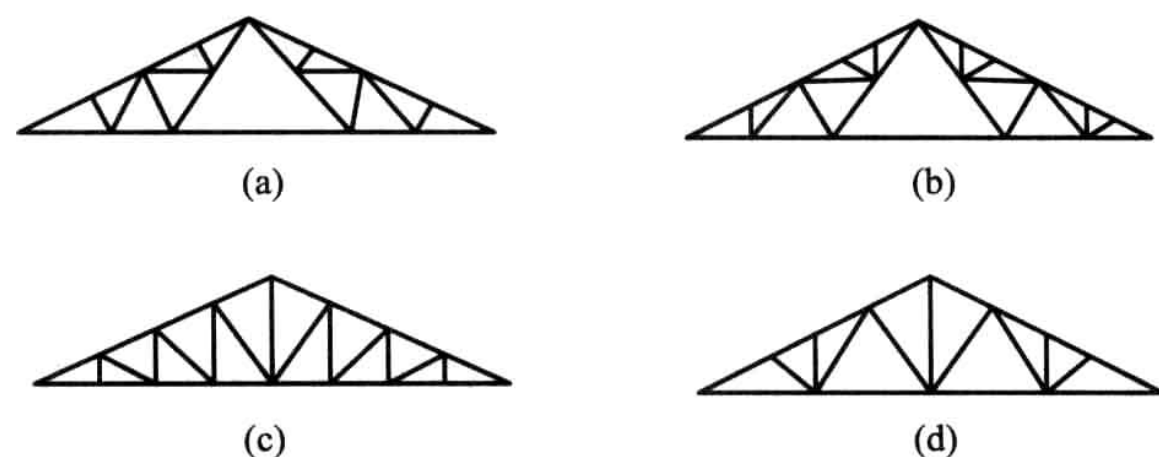


图 1.3 三角形屋架

从内力分配的观点来看，三角形钢屋架的外形尽管存在着明显的不合理性，但是从建筑物的整个布局和用途出发，在屋面材料为石棉瓦、瓦楞铁皮以及短尺压型钢板等，且需要上弦坡度较陡的情况下，往往还是采用三角形屋架。当屋面坡度为 $1/3 \sim 1/2$ 时，三角形钢屋架的高度取 $H = (1/6 \sim 1/4)L$ 。

2. 梯形钢屋架

梯形钢屋架适用于屋面坡度较为平缓的无檩屋盖体系，它与简支受弯构件的弯矩图比较接近，弦杆受力较为均匀。梯形屋架与柱的连接可以做成铰接也可以做成刚接。刚性连接可提高建筑物的横向刚度。

梯形钢屋架的腹杆体系可采用单斜式、人字式和再分式(图 1.4)。人字式按支座斜杆与弦杆组成的支承点在上弦或在下弦分为下承式 [图 1.3(a)] 和上承式 [图 1.4(b)] 两种。一般情况下，与柱刚接的屋架宜采用下承式；与柱铰接时下承式或上承式均可采用。

由于下承式使排架柱计算高度减小又便于在下弦设置屋盖纵向水平支撑,故以往较多采用;上承式使屋架重心降低,支座斜腹杆受拉,且给安装带来很大的方便,故近年来逐渐得到推广使用。当桁架下弦要做天棚时,需设置吊杆[图 1.3(a)中虚线所示]或者采用单斜式腹杆[图 1.4(a)],当上弦节间长度为 3m,而大型屋面板宽度为 1.5m 时,常采用再分式腹杆[图 1.4(d)]将节间减小至 1.5m,有时也采用 3m 节间而使上弦承受局部弯矩(虽然构造较为简单,但因耗钢量增多,一般很少采用)。

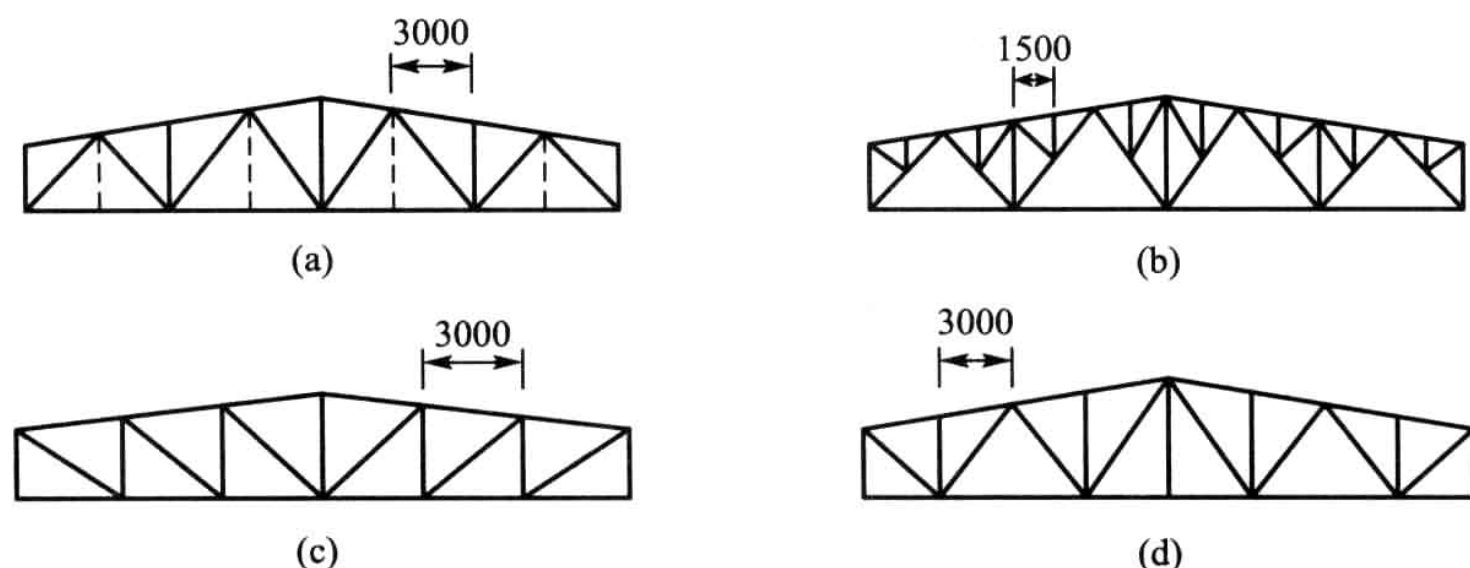


图 1.4 梯形屋架

3. 平行弦钢屋架

当屋架的上、下弦杆相平行时,称为平行弦屋架(图 1.5)。这种形式多用于单坡屋盖和双坡屋盖[图 1.5(a)、(b)],或用作托架、支撑体系[图 1.5(c)、(d)、(e)、(f)]。平行弦屋架的腹杆体系可采用人字式、单斜杆式、菱形、K 形和交叉式。单斜杆式[图 1.5(c)]斜长杆受拉,短腹杆受压,较经济。菱形[图 1.4(d)]两根斜杆受力,腹杆内力较小,用料多。K 形腹杆[图 1.5(e)]用在桁架高度较高时,可减小竖杆的长度。交叉式[图 1.5(f)]常用于受反复荷载的桁架中,有时斜杆可用柔性杆。平行弦屋架的同类杆件长度一致、节点类型少、符合工业化制作要求,有较好的效果。

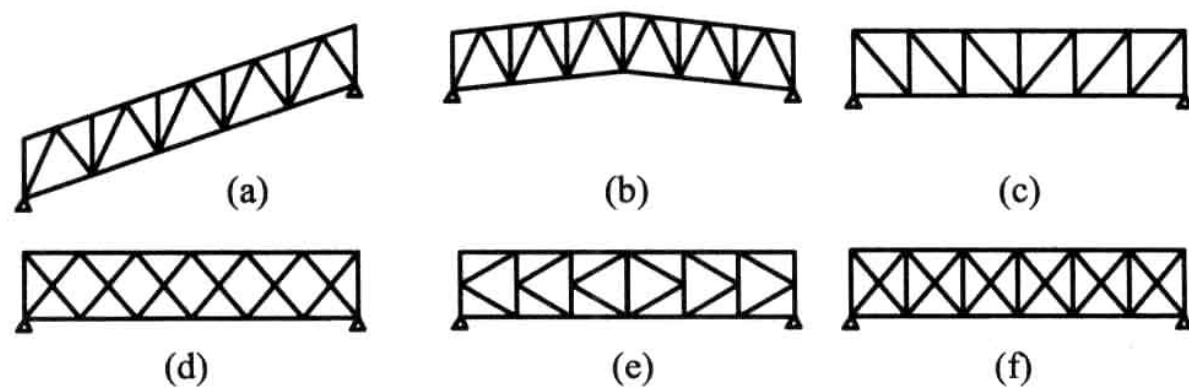


图 1.5 平行弦屋架的腹杆体系

4. 三铰拱钢屋架

三铰拱钢屋架由两根斜梁(桁架梁)和一根水平拱拉杆组成,其形式如图 1.6(a)所示。斜梁的截面形式可分为平面桁架和空间桁架两种[图 1.6(b)]。这种屋架的特点是杆件受力合理,斜梁的腹杆长度一般为 0.6~0.8m,这对杆件受力和截面的选择十分有利。这种结构能充分利用普通圆钢和小角钢,且具有便于拆装运输和安装的特点。但由于三铰拱屋架的杆件多数采用圆钢,不用节点板连接,故存在节点偏心,设计中应予以注意。

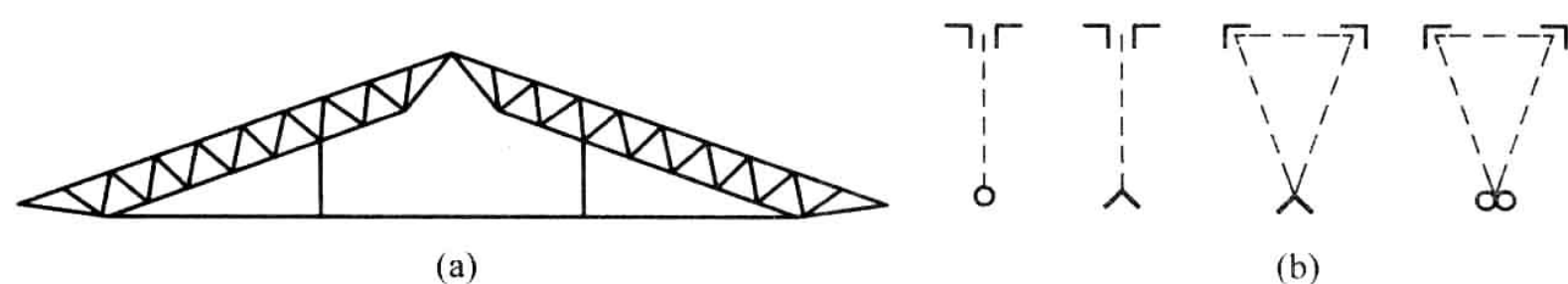


图 1.6 三铰拱屋架形式

1.3 钢屋盖支撑系统

大型钢屋面板与屋架牢固连接，则屋面板的面内刚度可以保证上弦平面的几何不变。但由屋架、檩条和屋面材料等构件组成的有檩屋盖是几何可变体系。钢屋架的受压上弦杆虽然用檩条连接，但所有屋架的上弦有可能向同一方向以半波的形式鼓曲(图 1.7)，这时上弦的计算长度就等于屋架的跨度，所以承载能力极低。其次，钢屋架下弦虽是拉杆，但当侧向没有联系时，在某些不利因素作用下，如厂房吊车运行时的振动，会引起较大的水平振动和变位，增加杆件和连接中的受力。此外，房屋两端的屋架往往要传递由山墙传来的风荷载，仅靠屋架的弦杆来承受和传递风荷载是不够的。根据以上分析，要使钢屋架具有足够的承载能力，保证钢屋架结构有一定的空间刚度，应根据结构布置情况和受力特点设置各种支撑体系，把平面屋架联系起来，使屋架结构形成一个整体刚度较好的空间体系，所以，屋盖支撑是钢屋盖结构中不可缺少的组成部分。

1.3.1 钢屋盖支撑的类型、作用与布置

1. 钢屋盖支撑的类型及作用

钢屋盖的支撑体系包括：上弦横向水平支撑、下弦横向水平支撑、下弦纵向水平支撑、垂直支撑和系杆，图 1.7 所示为一典型的钢屋盖支撑系统布置情况。

屋盖支撑主要具有如下作用：①保证屋盖结构的整体稳定；②增强屋盖的刚度；③增强屋架的侧向稳定；④承担并传递屋盖的水平荷载；⑤便于屋盖的安装与施工。

2. 钢屋盖支撑的布置

1) 上弦横向水平支撑

上弦横向水平支撑是屋架上弦弦杆的侧向支承点，它减小了弦杆在平面外的计算长度，减小了动力荷载作用下的屋架平面外的受迫振动。它是以斜杆和檩条作为腹杆，两榀相邻屋架的上弦作为弦杆组成的水平桁架，它将两榀竖放屋架在水平方向联系起来。在没有横向支撑的开间，则通过系杆的约束作用将屋架在水平方向联成整体，以保证屋架的侧向刚度和屋盖的空间刚度，减少上弦在平面外的计算长度以及承受并传递山墙的风荷载。

在屋盖体系中，一般都应设置屋架上弦横向水平支撑(包括天窗架的横向水平支撑)。上弦横向水平支撑布置在房屋两端或在温度缝区段两端的第一柱间或第二柱间；如果布置

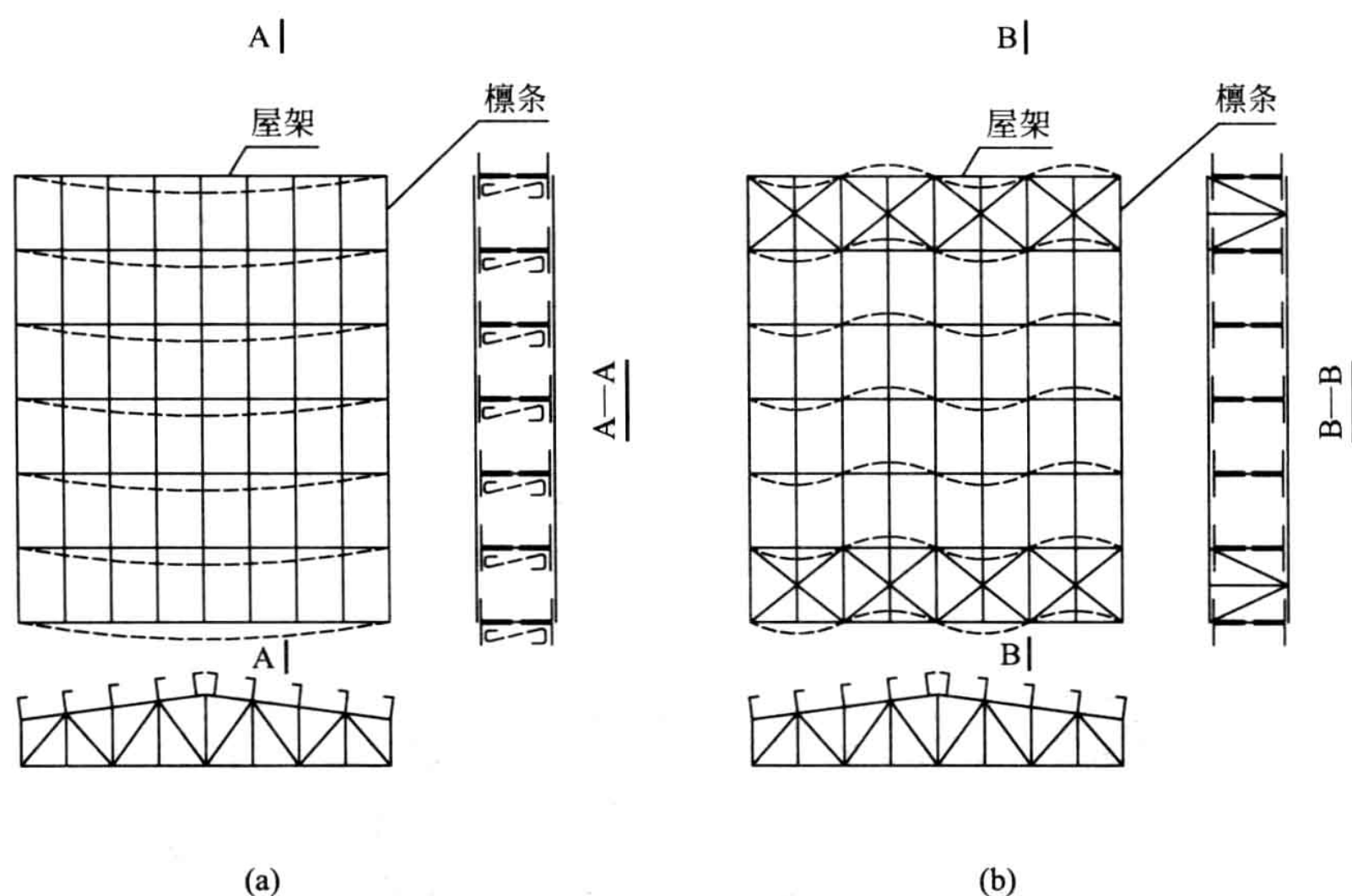


图 1.7 屋架上弦屈曲情况

在第二开间，则必须用刚性系杆将端屋架与横向支撑的节点连接，以保证端屋架的稳定和传递风荷载。横向水平支撑的间距不宜大于 60m，房屋长度大于 60m 时，还应另加设水平支撑。

2) 下弦横向水平支撑

下弦横向水平支撑能作为山墙抗风柱的支点，承受并传递水平风荷载、悬挂吊车的水平力和地震引起的水平力，减少下弦的计算长度，从而减少下弦的振动。

凡属下列情况之一者，宜设置屋架下弦横向水平支撑。

- (1) 屋架跨度大于等于 18m。
- (2) 屋架跨度小于 18m，但屋架下弦设有悬挂吊车。
- (3) 厂房内设有吨位较大的桥式吊车或其他振动设备。
- (4) 山墙抗风柱支承于屋架下弦。
- (5) 屋架下弦设有通长的纵向支撑。

下弦横向水平支撑应与上弦横向水平支撑在同一柱间内，以便形成稳定的空间体系。

3) 下弦纵向水平支撑

下弦纵向支撑的作用主要是与横向支撑一起形成封闭体系，以增强屋盖的空间刚度，并承受和传递吊车的横向水平制动力。当有托架时，在托架处必须布置下弦纵向支撑，并由托架两端各延伸一个柱间(图 1.8)，以保证托架在平面外的稳定。

凡属下列情况之一者，宜设置屋架下弦纵向支撑。

- (1) 厂房内设有重级工作制吊车或起重吨位较大的中、轻级工作制吊车。
- (2) 厂房内设有锻锤等大型振动设备。
- (3) 屋架下弦设有纵向或横向吊轨。
- (4) 设有支承中间屋架的托架和无柱间支撑的中间屋架(图 1.9)。

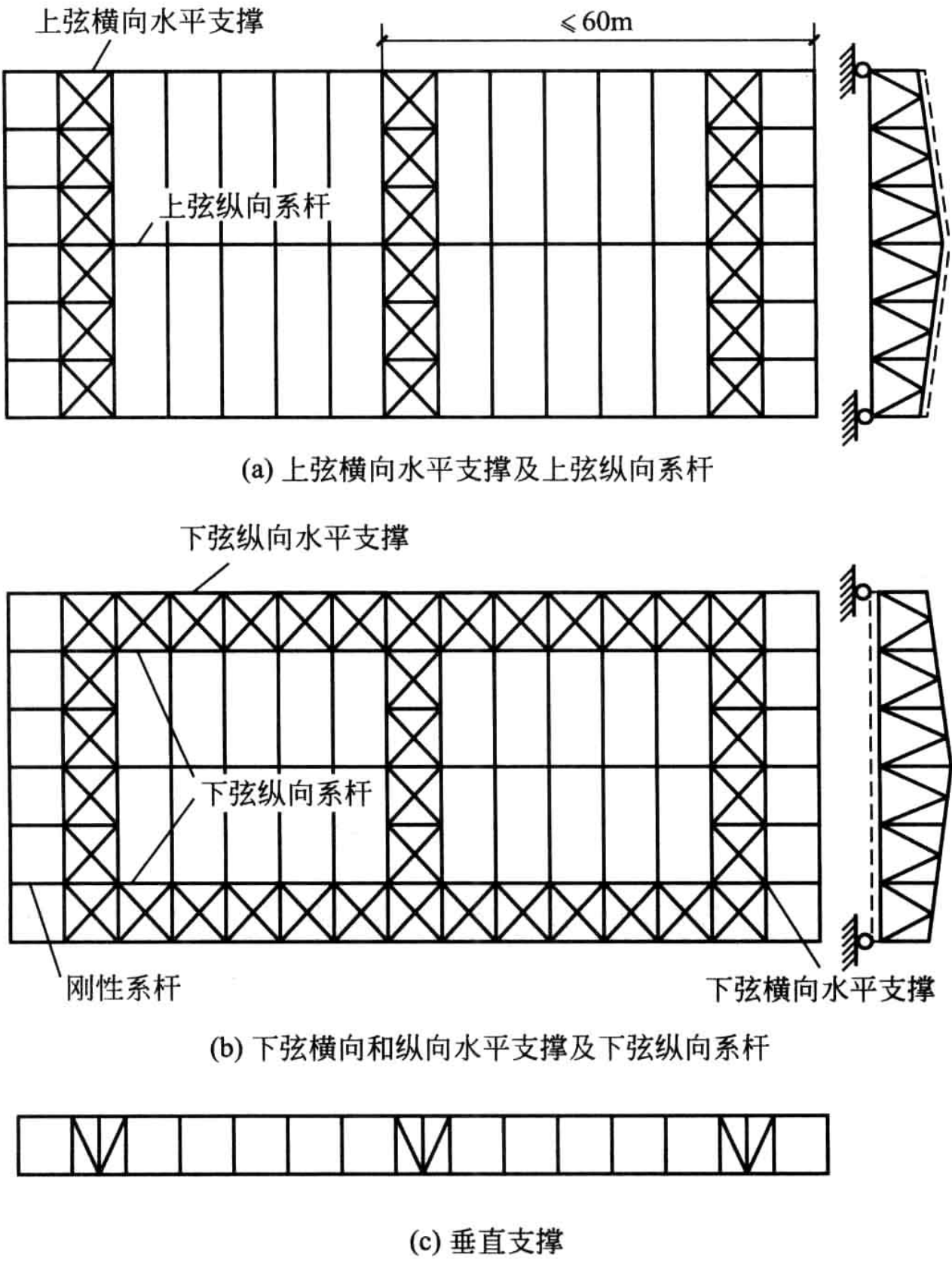


图 1.8 屋盖支撑布置

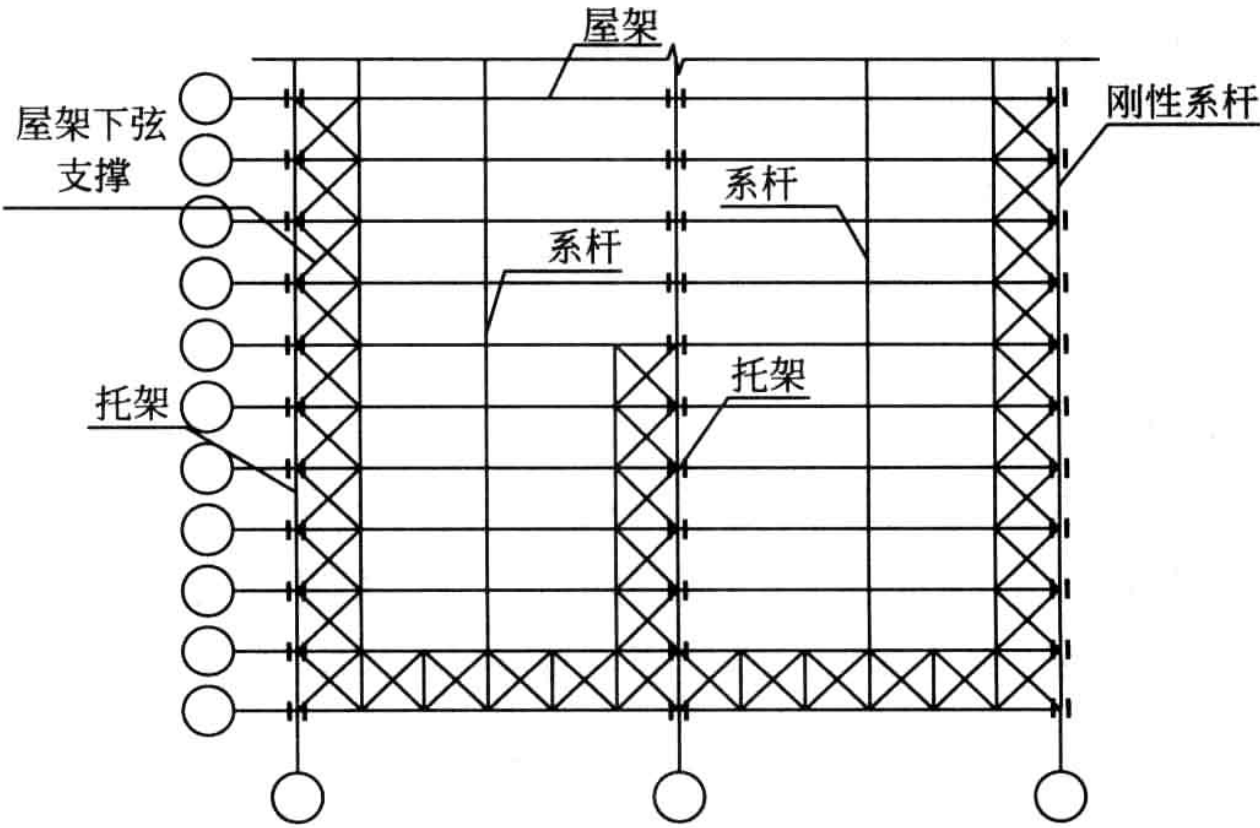


图 1.9 托架处下弦纵向支撑布置