

钢结构设计

STEEL STRUCTURE DESIGN

(第二版)

主编 陈树华 张建华

普通高等院校土木专业“十三五”规划精品教材

Civil Professional Textbooks for the 13th Five-Year Plan

主审 刘锡良



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

普通高等院

精品教材

钢结构设计

(第二版)

Steel Structure Design

丛书审定委员会

王思敬 彭少民 石永久 白国良
李杰 姜忻良 吴瑞麟 张智慧

本书顾问委员会

刘锡良 李国强 石永久 柴昶
张耀春 陈敖宜 尹德钰 严慧
陆赐麟 王仕统 侯兆欣 周绪红
郝际平

本书主审 刘锡良

本书主编 陈树华 张建华

本书副主编 贾玉琢 赵欣

本书编写委员会

陈志华 陈树华 张建华 雷宏刚
赵占彪 贾玉琢 赵欣 王林
白正仙 张春玉 颜庆智 刘斌云
潘卫国 卢瑞华 李昊 闫亚杰
王治均

华中科技大学出版社

中国·武汉

内 容 提 要

本书是高等院校土木工程专业专业教材,重点介绍钢结构的设计方法。按最新实施的钢结构设计规范(GB 50017—2003)、建筑结构荷载规范(GB 50009—2012)、建筑抗震设计规范(GB 50011—2010)编写,具体内容包括普通钢屋架、特殊钢屋架、单层厂房结构、轻型门式刚架结构、拱形波纹钢屋盖结构、空间结构、多层钢结构设计、高层钢结构设计和建筑钢结构设计的依据和文件编制等九部分。各章附有本章要点、设计例题及思考题,便于读者掌握钢结构设计方法和设计流程,书后附录中列出钢结构设计中常用的参数,供设计时查用。

本书内容全面,实用性强,可作为土木工程专业和其他相近专业本科生的教材,也可以作为从事钢结构设计、施工和管理工程技术人员自学参考用书。

图书在版编目(CIP)数据

钢结构设计/陈树华,张建华主编.—2版.—武汉:华中科技大学出版社,2013.3
ISBN 978-7-5609-8778-1

I. ①钢… II. ①陈… 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 056626 号

钢结构设计(第二版)

Gangjiegou Sheji

陈树华 张建华 主编

策划编辑:金 紫

责任编辑:张秋霞

封面设计:原色设计

责任校对:何 欢

责任监印:张贵君

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)81321913

录 排:华中科技大学惠友文印中心

印 刷:武汉鑫昶文化有限公司

开 本:850mm×1065mm 1/16

印 张:23 插页:1

字 数:601 千字

版 次:2016年2月第2版第1次印刷

定 价:49.80 元



华中出版

本书若有印装质量问题,请向出版社营销中心调换
全国免费服务热线:400-6679-118 竭诚为您服务
版权所有 侵权必究

总 序

教育可理解为教书与育人。所谓教书,不外乎是教给学生科学知识、技术方法和动作技能等,教学生以安身之本。所谓育人,则是要教给学生做人的道理,提升学生的人文素质和科学精神,教学生以立命之本。我们教育工作者应该从中华民族振兴的历史使命出发,来从事教书与育人工作。作为教育本源之一的教材,必然要承载教书和育人的双重责任,体现两者的高度结合。

中国经济建设持续高速发展,国家对各类建筑人才需求日增,对高校土建类高素质人才培养提出了新的要求,从而对土建类教材建设也提出了新的要求。这套教材正是为了适应当今时代对高层次人才培养的需求而编写的。

一部好的教材应该把人文素质和科学精神的培养放在重要位置。教材中不仅要从内容上体现人文素质教育 and 科学精神教育,而且还要从科学严谨性、法规权威性、工程技术创新性上来启发和促进学生的科学世界观的形成。简而言之,这套教材有以下特点。

一方面,从指导思想来讲,这套教材注意到“六个面向”,即面向社会需求、面向建筑实践、面向人才市场、面向教学改革、面向学生现状、面向新兴技术。

二方面,教材编写体系有所创新。结合具有土建类学科特色的教学理论、教学方法和教学模式,这套教材进行了许多教学方式的探索,如引入案例式教学、研讨式教学等。

三方面,这套教材适应现在教学改革发展的要求,提倡所谓“宽口径、少学时”的人才培养模式。在教学体系、编写内容和课时数量等方面做了相应考虑,而且教学起点也可随学生水平做相应调整。同时,在这套教材编写中,特别重视人才的能力培养和基本技能培养,注重适应土建专业特别强调实践性的要求。

我们希望这套教材能有助于培养适应社会发展需要的、素质全面的新型工程建设人才,也相信这套教材能达到这个目标,从形式到内容都成为精品,为教师和学生,以及专业人士所喜爱。

中国工程院院士

王思敬

2006年6月于北京

第二版前言

随着国民经济的发展,钢结构在土木工程中的应用越来越广泛,设计理论也得到很大的发展和提高。本书是《钢结构原理》的后续,是钢结构设计理论的应用和扩展。

本书是在第一版的基础上,全面参照我国现行的《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)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)、《高层民用建筑钢结构技术规程》(JGJ 99—98)、《空间网格结构技术规程》(JGJ 7—2010)、《建筑结构的荷载规范》(GB 50009—2012)和《建筑抗震设计规范》(GB 50011—2010)等最新规范和规程对全书进行了梳理和修订。在修订的过程中,基本上保留了本书工程实例丰富、内容浅显的特点,同时对书中不合新规范的内容进行了修改,为了便于读者对相关概念和设计思路的理解,梳理了部分章节的逻辑顺序,对于一些文字上的差错和不妥之处,也进行了修正。

本书共分9章,包括普通钢屋架、特殊钢屋架、单层厂房结构、轻型门式刚架结构、拱形波纹钢屋盖结构、空间结构、多层钢结构设计、高层钢结构设计和建筑钢结构设计的依据和文件编制。主要介绍了钢结构设计特点、方法、原则和步骤,详细介绍了不同钢结构体系的荷载组合、内力分析、构件设计、节点设计、构造要求及成果文件编制等设计全过程,并给出相应的工程设计实例,有利于读者掌握理解,书末附录中列出钢结构设计中常用的参数,便于读者学习和应用。

本书由陈树华和张建华共同主编,陈树华负责章节大纲的确定,张建华负责全书内容的修订和统稿,具体分工为:哈尔滨工程大学陈树华编写第4、9章,东北电力大学贾玉琢编写第1、3章大部分内容,河北工业大学赵欣编写第7章,北京建筑工程学院王孟鸿编写第8章,黑龙江科技学院张春玉编写第2、5章,哈尔滨工程大学郭轶宏编写第6章大部分内容,哈尔滨工程大学张建华编写第1、6章部分内容及附录。全书由天津大学刘锡良教授主审。

本书在编写过程中得到了顾问委员会、编写委员会和华中科技大学出版社的大力支持和帮助,为此表示衷心的感谢。

因编者水平有限,书中难免有不足和错误之处,希望读者发现后及时告之,在此表示诚恳的谢意。

编 者

2015年12月

第一版前言

2006 年世界粗钢产量已经达到 12.395 亿吨。1949 年我国粗钢产量只有 15.8 万吨,1996 年我国粗钢产量为 1.012 亿吨,到 2001 年我国的粗钢产量已经上升到 1.509 亿吨,比 1996 年增长了 49.1%。2006 年我国粗钢产量为 4.188 亿吨,在仅仅 10 年之中即增长了 313.8%,我国粗钢产量在世界粗钢总产量中的比例同时也成指数增长。1996 年,我国第一次成为世界上最大的产钢国家,所占世界粗钢总产量的比例为 13.5%;2006 年,我国粗钢产量所占的比例上升到 33.8%,已占到世界粗钢总产量的三分之一以上。钢材产量的飞速增长,为我国钢结构产业的发展提供了良好的物质基础。

《钢结构设计》是以钢结构基本原理为基础,根据各方向的工程技术特点及行业规范要求,结合常用的建筑钢结构基本体系,重点阐述钢结构设计原理、设计方法及构造特点的专业书籍。

本书是为土木工程专业建筑工程方向编写的教材,共 9 章。其内容包括普通钢屋架、特殊钢屋架、单层厂房结构、轻型门式刚架结构、拱形波纹钢屋盖结构、空间网格结构、多层钢结构设计、高层钢结构设计、建筑钢结构设计的依据和文件编制。各种结构从结构体系的特点开始介绍,然后介绍荷载效应及组合、结构整体分析、构件设计、节点设计等。

参加本书编写的人员有:哈尔滨工程大学陈树华(主编,第 4、9 章)、东北电力大学贾玉琢(副主编,第 1、3 章)、河北工业大学赵欣(副主编,第 7 章)、北京建筑大学王孟鸿(第 8 章)、黑龙江科技大学张春玉(第 2、5 章)、哈尔滨工程大学郭轶宏(第 6 章)。全书由陈树华统稿,由天津大学刘锡良教授主审。

本书在编写过程中得到了顾问委员会、编写委员会的大力支持和帮助,在此表示衷心的感谢。

因编者水平有限,书中难免有不足和错误之处,希望读者发现后及时告之,在此表示诚恳的谢意。

编 者

2007. 7

目 录

第 1 章 普通钢屋架	(1)
1.1 屋架结构的形式及主要尺寸	(1)
1.2 屋盖支撑	(2)
1.3 钢屋架设计	(9)
第 2 章 特殊钢屋架	(44)
2.1 轻型钢屋架	(44)
2.2 钢管屋架	(57)
第 3 章 单层厂房结构	(67)
3.1 厂房结构的形式和布置	(67)
3.2 厂房结构的横向框架	(75)
3.3 纵向框架柱间支撑及框架柱的设计	(78)
3.4 吊车梁设计	(84)
第 4 章 轻型门式刚架结构	(100)
4.1 轻型门式刚架结构的结构形式及布置	(100)
4.2 轻型门式刚架结构的荷载	(103)
4.3 轻型门式刚架结构的内力计算	(105)
4.4 轻型门式刚架结构的荷载效应组合	(107)
4.5 轻型门式刚架结构的侧移计算	(108)
4.6 轻型门式刚架结构的构件截面设计	(110)
4.7 轻型门式刚架结构的节点设计	(119)
4.8 轻型门式刚架结构的檩条的构造与计算	(125)
4.9 轻型门式刚架结构的墙梁的构造与计算	(132)
4.10 轻型门式刚架结构的刚架支撑的设计和构造	(136)
4.11 轻型门式刚架结构的计算实例	(138)
第 5 章 拱形波纹钢屋盖结构	(160)
5.1 拱形波纹钢屋盖结构的材料	(162)
5.2 拱形波纹钢屋盖结构的基本设计规定	(162)
5.3 拱形波纹钢屋盖结构的设计指标	(163)
5.4 拱形波纹钢屋盖结构的荷载	(164)
5.5 拱形波纹钢屋盖结构的构造要求	(165)

5.6	拱形波纹钢屋盖结构的结构计算	(167)
5.7	拱形波纹钢屋盖结构的制作	(169)
5.8	拱形波纹钢屋盖结构的安装	(169)
第6章	空间结构	(171)
6.1	刚性结构体系	(171)
6.2	柔性结构体系	(179)
6.3	杂交结构体系	(188)
第7章	多层钢结构设计	(195)
7.1	多层钢结构类型	(195)
7.2	多层钢结构布置的主要原则	(197)
7.3	多层钢结构的作用效应和组合	(199)
7.4	多层钢结构的内力分析	(202)
7.5	多层钢结构的梁	(207)
7.6	多层钢结构的柱	(207)
7.7	多层钢结构的支撑	(211)
7.8	钢与混凝土组合板和组合梁	(215)
7.9	多层钢结构的连接	(227)
第8章	高层钢结构设计	(258)
8.1	高层钢结构的体系和布置	(258)
8.2	高层钢结构的荷载及效应组合	(269)
8.3	高层钢结构的内力与位移分析	(275)
8.4	高层钢结构的构件及节点设计	(287)
第9章	建筑钢结构设计的依据和文件编制	(302)
9.1	钢结构制图基本规定	(302)
9.2	钢结构设计阶段	(304)
9.3	结构专业的初步设计	(310)
9.4	结构专业施工图设计	(311)
9.5	钢结构的施工图	(314)
9.6	钢结构工程法律法规规章	(316)
附录A	钢材和连接强度设计值	(319)
附录B	受弯构件的挠度容许值	(322)
附录C	梁的整体稳定系数	(323)
附录D	轴心受压构件的整体稳定系数	(325)
附录E	柱的计算长度系数	(329)
附录F	疲劳计算的构件和连接分类	(331)

附录 G 型钢表.....	(334)
附录 H 螺栓和锚栓规格	(352)
附录 I 混凝土强度设计值	(353)
附录 J 各种截面回转半径的近似值	(354)
参考文献	(355)

第1章 普通钢屋架

【本章要点】 理解钢屋盖支撑的作用;熟练掌握普通钢屋架设计的各个环节:支撑体系的布置、屋架形式和尺寸的确定、荷载和杆件内力的计算、杆件内力组合、杆件合理截面形式的选择、节点设计、屋架施工详图的绘制等。

1.1 屋架结构的形式及主要尺寸

1.1.1 屋架形式

屋架是由各种直杆相互连接组成的一种平面桁架,在竖向节点荷载作用下,各杆件将只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、便于加工成型和应用广泛的特点。常用的屋架外形有三角形、梯形、平行弦和人字形等。

屋架选型是设计的第一步,其基本原则如下。

① 满足使用要求。应满足排水坡度、建筑净空、天窗、天棚以及悬挂吊车的要求。

② 满足受力合理性要求。从受力的角度看,屋架的外形应尽可能与其弯矩图接近,这样能使杆件受力均匀,腹杆受力较小。腹杆的布置应使内力分布趋于合理,尽量使长杆受拉,短杆受压,腹杆数目宜少,总长度宜短。斜腹杆的倾角一般在 $30^{\circ}\sim 60^{\circ}$ 之间,布置腹杆时应注意:荷载都作用在桁架的节点上(石棉瓦等轻屋面的屋架除外),避免使弦杆承受节间荷载引起的局部弯矩。

③ 满足施工要求。屋架的节点数量宜少,杆件规格宜少,节点构造简单合理,便于制造。

设计时应按照上述基本原则和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,然后再确定屋架的合理形式。

1.1.2 天窗架形式

在工业厂房中,为了满足采光和通风等要求,常在屋盖上设置天窗。天窗的形式有纵向天窗、横向天窗和井式天窗三种。后两种天窗的构造较为复杂,较少采用。最常用的是沿房屋纵向在屋架上设置天窗架(见图 1-1),该部分的檩条和屋面板由屋架上弦平面移到天窗架上弦平面,而在天窗架侧柱部分设置采光窗。天窗架支承于屋架之上,将荷载传递到屋架。

1.1.3 托架形式

在工业厂房的某些部位,常因放置设备或交通运输要求而局部抽掉一根或几根柱。这时该处的屋架(称为中间屋架)就需支承在专门设置的托架上(见图 1-2)。托架两端支承于相邻的柱上,跨中承受中间屋架的反力。钢托架一般做成平行弦桁架。其跨度一般不大,但所受荷载较重。通常情况下,钢托架设置在与屋架大致相同的高度范围内,中间屋架从侧面连接于托架的竖杆。这种形式构造方便且屋架和托架的整体性、水平刚度和稳定性都能得到很好的保证。

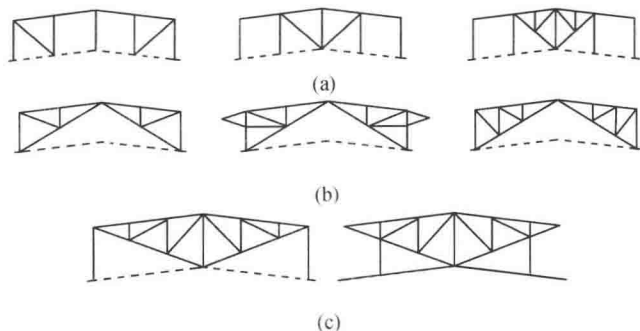


图 1-1 天窗架的形式

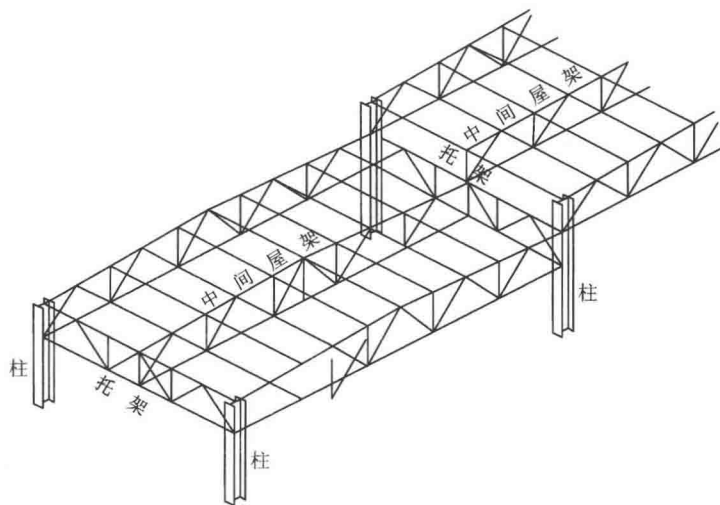


图 1-2 托架形式

1.2 屋盖支撑

平面屋架在其本身平面内,由于弦杆与腹杆构成了几何不变铰接体系而具有较大的刚度,能承受屋架平面内的各种荷载。但在垂直于屋架平面方向(通称屋架平面外),不设支撑体系的平面屋架的刚度和稳定性很差,不能承受水平荷载。因此,为使屋架结构具有足够的空间刚度和稳定性,必须在屋架间设置支撑系统(见图 1-3),否则屋架设计得再好,屋盖结构的安全也得不到保证。下面将对屋盖支撑的种类、作用和布置方法等分别做出说明。

1.2.1 屋盖支撑的种类

屋盖支撑系统包括下列四类。

① 横向水平支撑。根据其位于屋架的上弦平面还是下弦平面,又可分为上弦横向水平支撑和下弦横向水平支撑两种。

- ② 纵向水平支撑。设于屋架的上弦或下弦平面,布置在沿柱列的各屋架端部节间部位。
- ③ 垂直支撑。位于两屋架端部或跨间某处的竖向平面内。
- ④ 系杆。根据其是否能抵抗轴心压力而分成刚性系杆和柔性系杆两种。通常刚性系杆的截面采用由双角钢组成的十字形截面,而柔性系杆截面则为单角钢的形式。在轻型屋架中,柔性系杆也可采用张紧的圆钢来构成。

1.2.2 屋盖支撑的作用

1. 保证结构的几何稳定性

如图 1-3(a)所示,仅由平面桁架和檩条及屋面材料组成的屋盖结构,是一个不稳定的体系。在某种荷载作用下或者进行安装时,简支在柱顶上的所有屋架有可能向一侧倾倒。如果将某些屋架在适当部位用支撑联系起来,成为稳定的空间体系(见图 1-3(b)),其余屋架再由檩条或其他构件连接在这个空间稳定体系上,则可形成稳定的屋盖结构体系。

2. 避免压杆侧向失稳,防止拉杆产生过大的振动

支撑可作为屋架上弦杆(压杆)的侧向支撑点(见图 1-3(b)),减少弦杆在屋架平面外的计算长度,保证受压弦杆的侧向稳定,对于受拉的下弦杆,也可以减少平面外的计算长度,并可避免在某些动力作用下(例如吊车运行时)产生过大振动。

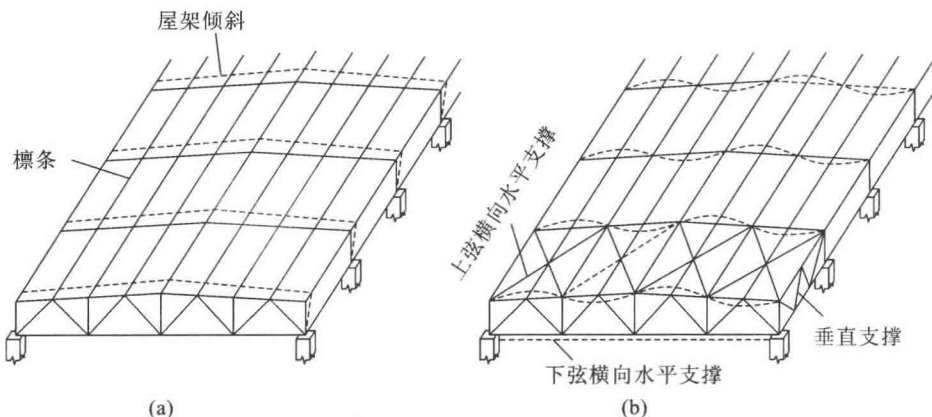


图 1-3 屋盖支撑作用示意图

3. 承受和传递纵向水平力(风荷载、悬挂吊车纵向制动力、地震荷载等)

房屋两端的山墙挡风面积较大,所承受的风压力或风吸力有一部分将传递到屋面平面(也可传递到屋架下弦平面),这部分的风荷载必须由屋架上弦平面横向支撑(有时同时设置下弦平面横向支撑)承受。所以,这种支撑一般都设在房屋两端,就近承受风荷载并把它传递给柱(或柱间支撑)。

4. 保证结构在安装和架设过程中的稳定性

屋盖的安装工作一般是从房屋温度区段的一端开始的,首先用支撑将两相邻的屋架连系起来组成一个基本空间稳定体,在此基础上即可按顺序进行其他构件的安装。因此,支撑能加强屋盖结构在安装中的稳定性,为保证安装质量和施工安全创造了良好的条件。

1.2.3 屋盖支撑的布置方法

1. 上弦横向水平支撑

在通常情况下,无论有檩屋盖还是无檩屋盖,在屋架上弦和天窗架上弦均应设置横向水平支撑。横向水平支撑一般应设置在房屋两端或纵向温度区段两端,如图 1-4 所示。有时在山墙承重或设有

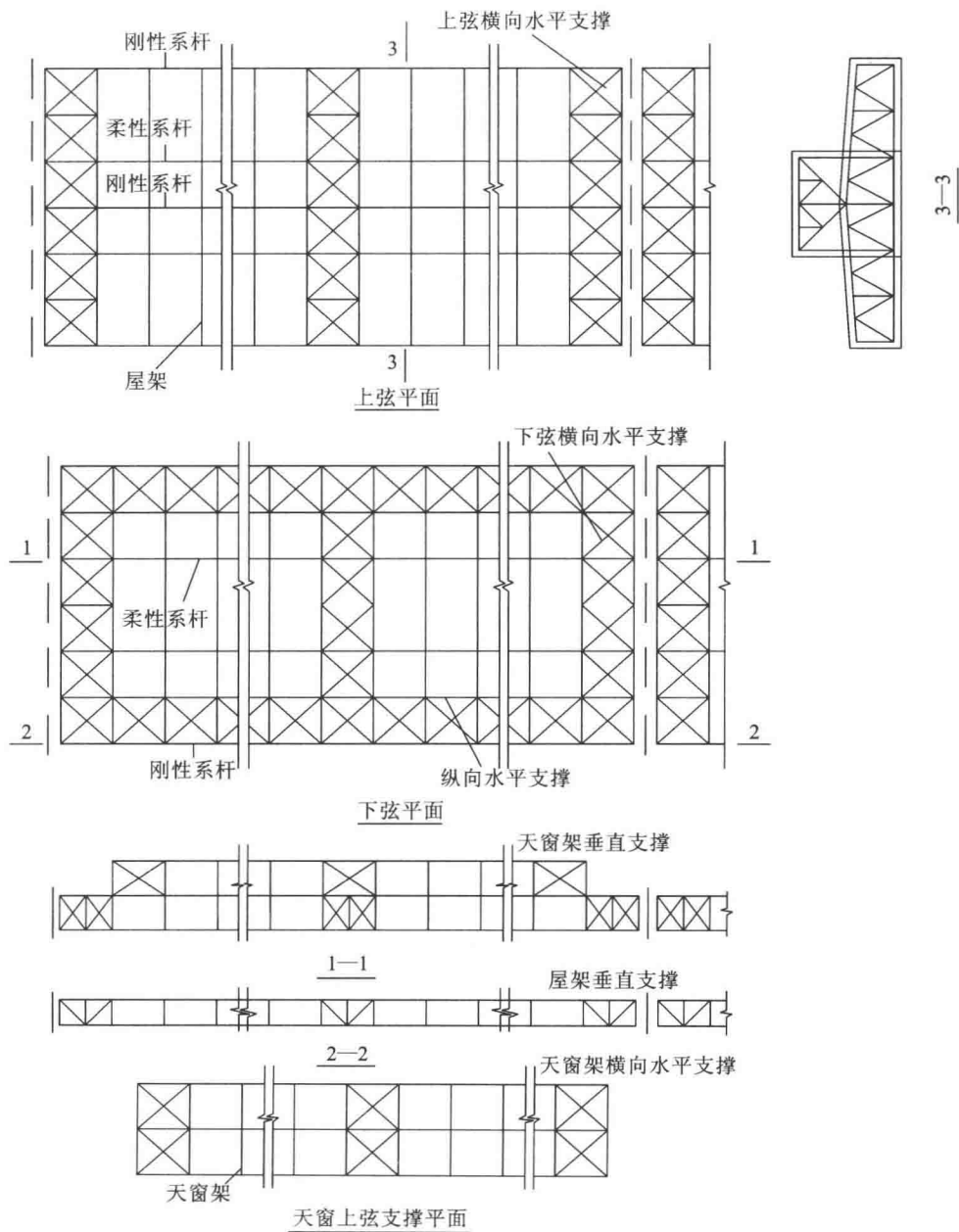


图 1-4 屋盖支撑布置

纵向天窗,但此天窗又未到温度区段尽端而退一个柱间断开时,为了与天窗支撑配合,可将屋架的横向水平支撑布置在第二柱间,但在第一柱间要设置刚性系杆以支持端屋架和传递端墙(又称山墙)风力。两道上弦横向水平支撑间的距离不宜大于 60 m,当温度区段长度较大(大于 60 m)时,尚应在温度区段中部设置支撑,以符合此要求。

当采用大型屋面板的无檩屋盖时,如果大型屋面板与屋架的连接满足每块板有三点支撑处进行焊接等构造要求时,可考虑大型屋面板起一定支撑作用。但由于施工条件的限制,很难保证焊接质量,一般只考虑大型屋面板起系杆作用。而在有檩屋盖中,上弦横向水平支撑的横杆可用檩条代替。

2. 下弦横向水平支撑

凡属下列情况之一者,宜设置下弦横向水平支撑,且除特殊情况外,一般均与上弦横向支撑布置在同一开间以形成空间稳定体系(见图 1-5)。

- ① 屋架跨度大于 18 m;
- ② 屋架下弦设有悬挂吊车,或厂房内有起重量较大的桥式吊车或有振动设备;
- ③ 屋架下弦设有通长的纵向水平支撑时;
- ④ 端墙抗风柱支承于屋架下弦时;
- ⑤ 屋架与屋架间设有沿屋架方向的悬挂吊车时(见图 1-5(a));
- ⑥ 屋架下弦设有沿厂房纵向的悬挂吊车时(见图 1-5(b))。

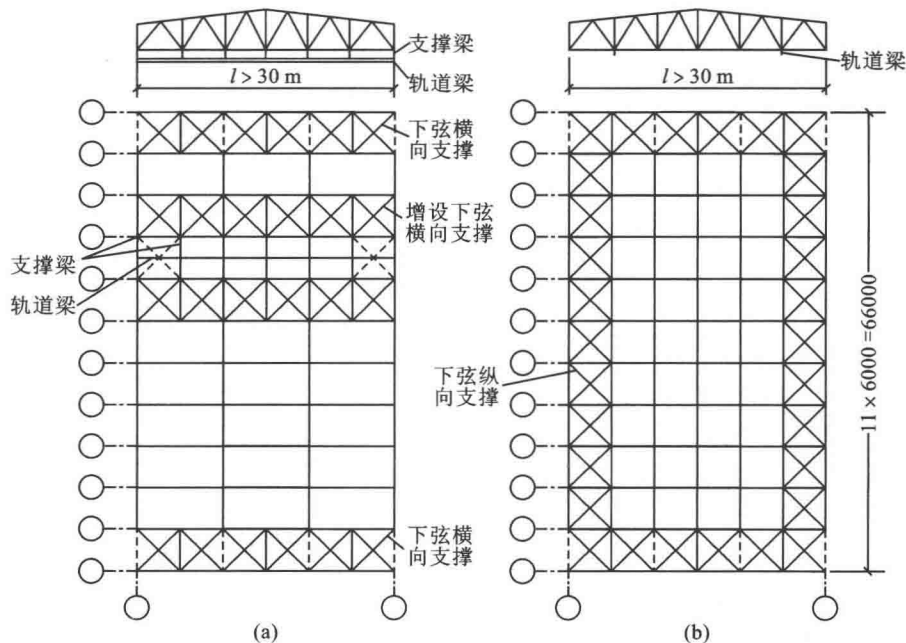


图 1-5 有悬挂吊车时的下弦支撑布置

3. 下弦纵向水平支撑

下弦纵向水平支撑与横向支撑形成一个封闭体系,如图 1-4 所示,以增强屋盖空间刚度,并承受和传递吊车横向水平制动力。

凡属下列情况之一者,宜设置下弦纵向水平支撑。

- ① 当房屋较高、跨度较大、空间刚度要求较高时;
- ② 当厂房横向框架计算考虑空间工作时;
- ③ 当设有重级或大吨位的中级工作制吊车时;
- ④ 当设有较大振动设备时;
- ⑤ 当设有托架时。

单跨厂房一般沿两纵向柱列设置,多跨厂房则要根据具体情况,沿全部或部分纵向柱列设置。设有托架的屋架,为保证托架的侧向稳定,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,如图 1-6 所示。

4. 竖向支撑

无论是有檩屋盖还是无檩屋盖,通常均应设置垂直支撑。它的作用是使相邻屋架和上、下弦横向水平支撑所组成的四面体构成空间几何不变体系,以保证屋架在使用和安装时的整体稳定。因此,屋架的垂直支撑与上、下弦横向水平支撑设置在同一柱间。

对梯形屋架、人字形屋架或其他端部有一定高度的多边形屋架,必须在屋架端部布置垂直支撑,此外,尚应按下列条件设置中部的垂直支撑:当屋架跨度 ≤ 30 m 时,一般在屋架端部和跨中布置三道垂直支撑(见图 1-7(a));当跨度 > 30 m 时,则应在跨度 1/3 左右的竖杆平面内各设一道垂直支撑图(见图 1-7(b));当有天窗时,宜设在天窗腿下面(见图 1-7(b))。当屋架端部有托架时,就用托架来代替,不另设垂直支撑。

对三角形屋架的垂直支撑,当屋架跨度 ≤ 18 m 时,可仅在跨中设置一道垂直支撑(见图 1-7(c));当跨度 > 18 m 时,宜在跨度 1/3 左右处各设置一道,见图 1-7(d))。

天窗架垂直支撑一般在天窗两侧柱平面内布置,当天窗架的宽度 ≥ 12 m 时,还应在天窗中央设置一道。

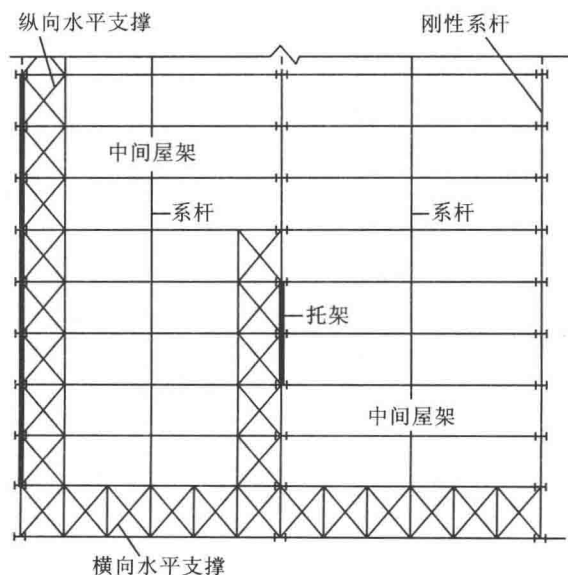


图 1-6 托架处下弦纵向支撑布置

5. 系杆

为了支撑未连支撑的平面屋架和天窗架,保证它们的稳定和传递水平力,应在横向支撑或垂直支撑节点处沿厂房通长设置系杆(见图 1-4、图 1-6)。系杆分刚性系杆(既能受拉也能受压)和柔性系杆(只能受拉)两种。刚性系杆通常采用圆管或双肢角钢,柔性系杆采用单角钢。

系杆在上、下弦平面内按下列原则布置。

① 一般情况下,竖向支撑平面内屋架上、下弦节点处应该设置通长的系杆,且除了下面所述的②③情况外,一般均为柔性系杆。

② 屋架主要支承节点处的系杆,屋架上弦屋脊节点设置通长的刚性系杆。

③ 当横向水平支撑设置在房屋温度区段端部第二柱间时,第一柱间应设置刚性系杆。其余开间可采用柔性系杆或刚性系杆。

在屋架下弦平面内,当屋架间距为 6 m 时,应在屋架端部处、下弦杆有折弯处、与柱刚接的屋架下弦端节间受压但未设纵向水平支撑的节点处、跨度 ≥ 18 m 的芬克式屋架的主斜杆与下弦相交的节点处等部位皆应设置系杆。当屋架间距 ≥ 12 m 时支撑杆件截面将大大增加,钢材耗量较多,比较合理的做法是将水平支撑全部布置在上弦平面内并利用檩条作为支撑体系的压杆和系杆,而作为下弦侧向支撑的系杆可用支撑檩条的隅撑代替。

1.2.4 屋盖支撑的形式和构造

屋架的横向和纵向水平支撑均为平行弦桁架,屋架或托架的弦杆均可兼作支撑桁架的弦杆,斜腹杆一般采用十字交叉式(见图 1-7),斜腹杆和弦杆的交角值在 $30^\circ \sim 60^\circ$ 之间,通常横向水平支撑节点间的距离为屋架上弦节间距离的 2~4 倍,纵向水平支撑的宽度取屋架端节间的长度,一般为 3~6 m。

屋架的竖向支撑也是一个平行弦桁架(见图 1-7(f)、(g)、(h)),其上、下弦可兼作水平支撑的横杆。有的竖向支撑还兼作檩条,屋架间竖向支撑的腹杆体系应根据其高度与长度之比采用不同的形式,如交叉式、V 式或 W 式(见图 1-7(e)、(f)、(g)、(h))。天窗架垂直支撑的形式也可按其选用,见图 1-7(e)、(f)、(g)、(h)。

支撑中的交叉斜杆以及柔性系杆按拉杆设计,通常用单角钢做成;非交叉斜杆、弦杆、横杆以及刚性系杆按压杆设计,宜采用双角钢做成 T 形截面或十字形截面,其中横杆和刚性系杆常用十字形截面使其在两个方向具有等稳定性。屋盖支撑杆件的节点板厚度通常采用 6 mm,重型厂房屋盖支撑杆件的节点板厚度宜采用 8 mm。

屋盖支撑受力较小,截面尺寸一般由杆件容许长细比和构造要求决定,但对兼作支撑桁架的弦杆、横杆或端竖杆的檩条或屋架竖杆等,其长细比应满足支撑压杆的要求,即 $\lambda < [\lambda] = 200$;兼作柔性系杆的檩条,其长细比应满足支撑拉杆的要求,即 $\lambda < [\lambda] = 400$ (一般情况)或 350(有重级工作制的厂房)。对于承受端墙风力的屋架下弦横向水平支撑和刚性系杆,以及承受侧墙风力的屋架下弦纵向水平支撑,当支撑桁架跨度较大(大于或等于 24 m)或承受风荷载较大(风压力的标准值大于 0.5 kN/m^2),或垂直支撑兼作檩条以及考虑厂房结构的空间工作而用纵向水平支撑作为柱的弹性支撑时,支撑杆件除应满足长细比要求外,尚应按桁架体系计算内力,并据此内力按强度或稳定性选择截面并计算其连接。

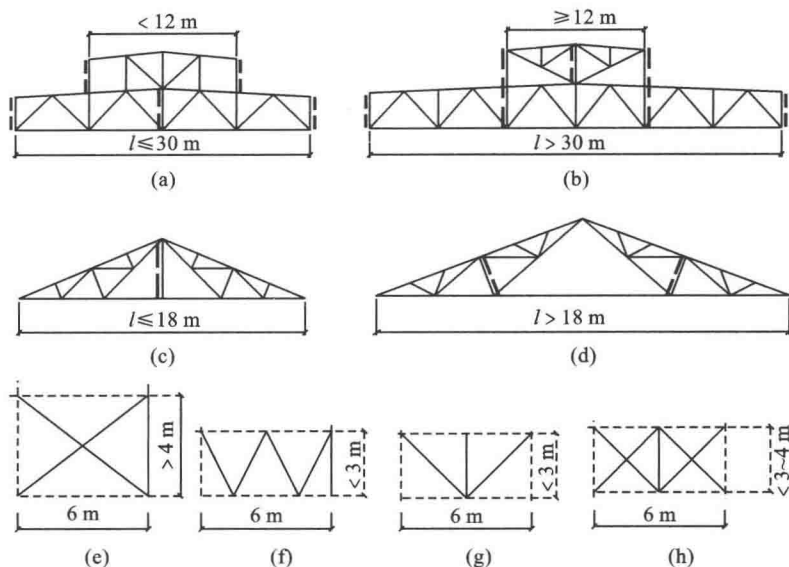


图 1-7 竖向支撑的布置及形式

具有交叉斜腹杆的支撑桁架属于超静定体系,计算时通常将斜腹杆视为柔性杆件,只能受拉,不能受压。因而每节间只有受拉的斜腹杆参与工作,如图 1-8 所示,在荷载作用下,实线斜杆受拉,虚线斜杆因受压而不参与工作。在相反方向的荷载作用下,则虚线斜杆受拉,实线斜杆因受压而不参与工作。

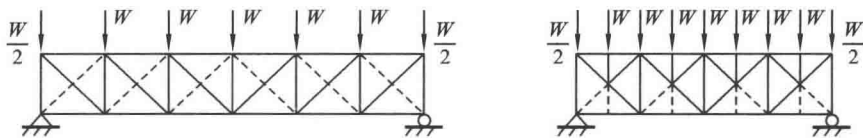


图 1-8 支撑桁架杆件的内力计算简图

支撑与屋架的连接应使构造简单,便于安装。通常采用普通 C 级螺栓,每一杆件接头处的螺栓数不少于两个,螺栓直径一般为 20 mm,与天窗架或轻型钢屋架连接的螺栓直径可用 16 mm。在有重级工作制吊车或有较大振动设备的厂房中,屋架下弦支撑和系杆(无下弦支撑时为上弦支撑和隅撑)的连接,宜采用高强螺栓或 C 级螺栓再加焊缝将节点板固定,每条焊缝的焊脚高度尺寸不宜小于 6 mm,长度不宜小于 80 mm。仅采用螺栓连接而不加焊缝时,在构件校正固定后,可将螺纹处打毛或者将螺杆与螺母焊接,以防止松动。支撑与屋架的连接构造见图 1-9。