

钢结构工程系列丛书

管桁架结构 设计与施工

戚 豹 康文梅 主编 刘劲松 副主编

中国建筑工程出版社

责任编辑:赵晓菲 张 磊
封面设计:兆远书装

钢结构工程系列丛书

轻钢及围护结构工程施工
钢结构工程量清单与计价
钢结构材料检测与管理
网架网壳结构设计与施工
☆ 管桁架结构设计与施工
钢结构施工支撑架设计与施工
钢结构选型与辅助设计
膜结构工程设计与施工
钢结构焊接工艺
钢结构工程事故分析与处理
钢结构基础



经销单位:各地新华书店、建筑书店

网络销售:本社网址 <http://www.cabp.com.cn>

网上书店 <http://www.china-building.com.cn>

博库书城 <http://www.bookuu.com>

图书销售分类:建筑施工·设备安装技术(C10)

ISBN 978-7-112-14152-4



9 787112 141524 >

(22205)定价: 29.00 元

钢结构工程系列丛书

管桁架结构设计与施工

戚 豹 康文梅 主编

刘劲松 副主编

中国建筑工业出版社

图书在版编目(CIP)数据

管桁架结构设计与施工/戚豹, 康文梅主编. —北京: 中国
建筑工业出版社, 2012. 5

钢结构工程系列丛书

ISBN 978-7-112-14152-4

I. ①管… II. ①戚…②康… III. ①桁架-钢管结构-
结构设计②桁架-钢管结构-工程施工 IV. ①TU392.304
②TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 050579 号

本书主要依据《钢结构设计规范》、《空间网格结构技术规程》和《钢结构工程施工质量验收规范》, 并结合钢结构加工和施工安装的常用工法, 按照管桁架基础知识→管桁架杆件的加工制作→杆件的除锈与涂装→管桁架拼装→管桁架结构的施工安装与质量控制→工程验收的工作过程进行编写。

本书内容覆盖面广且有一定深度, 涵盖了管桁架结构的大多数加工和施工技术, 并且对施工设计、构造、工法和经济等诸方面进行了分析, 能较大幅度开拓工程技术人员视野。

本书可作为高职高专建筑钢结构工程技术专业教材, 同时可供土建类工程技术人员学习参考。

责任编辑: 赵晓菲 张 磊

责任设计: 董建平

责任校对: 刘梦然 刘 钰

钢结构工程系列丛书

管桁架结构设计与施工

戚 豹 康文梅 主编

刘劲松 副主编

*

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

北京永峥排版公司制版

北京市铁成印刷厂印刷

*

开本: 787×1092 毫米 1/16 印张: 12½ 字数: 312 千字

2012 年 7 月第一版 2012 年 7 月第一次印刷

定价: 29.00 元

ISBN 978-7-112-14152-4

(22205)

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)

前 言

本书主要依据《钢结构设计规范》、《空间网格结构技术规程》和《钢结构工程施工质量验收规范》，并结合钢结构加工和施工安装的常用工法，按照管桁架基础知识→管桁架杆件的加工制作→杆件的除锈与涂装→管桁架拼装→管桁架结构的施工安装与质量控制→工程验收的工作过程进行编写。

本书内容覆盖面广且有一定深度，涵盖了管桁架结构的大多数加工和施工技术，并且对施工设计、构造、工法和经济等诸方面进行了分析，能较大程度地开拓工程技术人员的视野。可以作为有关工程技术人员的参考用书，也可以作为大、中专土木类专业的教材。

本书由江苏建筑职业技术学院戚豹、康文梅担任主编，南京南洋建筑设计院刘劲松担任副主编。参加编写的有戚豹（第1、5章），刘劲松（第2、3章），康文梅（第3、4、5章），全书由刘劲松统稿。

本教材的编写过程中，广泛参阅了有关管桁架结构设计与施工方面的专著、教材、学术论文和施工方案，从中得到许多启迪和帮助，并在本书中吸取了有关的成果。在此致谢！

由于编者水平所限，书中难免有错误或不当之处，敬请同行和读者批评指正。

目 录

第1章 管桁架基本知识	1
1.1 管桁架结构组成及其材料	1
1.1.1 管桁架结构分类	2
1.1.2 管桁架结构组成	4
1.1.3 管桁架结构优点和局限性	10
1.1.4 管桁架结构应用实例	12
1.1.5 管桁架材料	12
1.1.6 钢材规格	19
1.1.7 国内外钢材的互换问题	19
1.2 钢材的验收	20
1.3 钢管材料试验	20
1.3.1 钢管试验检测项目	21
1.3.2 钢管取样位置	21
1.3.3 试样取样方法及要求	22
1.3.4 试验方法	24
1.4 管桁架的构造要求	24
1.5 管桁架结构图纸识读	28
1.5.1 管桁架结构焊缝形式	28
1.5.2 管桁架结构施工图识读	29
第2章 管桁架结构设计	30
2.1 立体桁架、立体拱架与张弦立体拱架设计的基本规定	30
2.1.1 桁架经济尺寸的选取	30
2.1.2 立体拱架支座及支撑设置	30
2.1.3 起拱要求	31
2.1.4 挠度容许要求	31
2.2 管桁架结构计算	31
2.2.1 一般计算原则	31
2.2.2 结构静力计算	32
2.2.3 结构抗震计算	32
2.3 管桁架杆件和节点的设计与构造	34

2.3.1	杆件	34
2.3.2	焊接空心球节点	35
2.3.3	铸钢节点	37
2.3.4	销轴式节点	38
2.3.5	预应力索节点	38
2.3.6	支座节点	40
2.4	3D3S 管桁架结构设计软件	42
2.4.1	3D3S 建模	43
2.4.2	荷载编辑	45
2.4.3	内力线性及非线性分析	53
2.4.4	设计验算	54
2.4.5	桁架节点验算	56
2.4.6	钢管相贯节点验算	57
2.4.7	后处理	58
2.4.8	施工图	63
2.5	管桁架结构设计案例	64
2.5.1	建模	64
2.5.2	内力分析及设计验算	66
第3章	钢管桁架的加工与制作	68
3.1	管桁架结构加工前准备	69
3.1.1	图纸审查	69
3.1.2	管桁架结构制作规划	70
3.1.3	技术准备	70
3.1.4	加工场地准备	70
3.1.5	原材料的选购	70
3.1.6	材料检验	74
3.1.7	编制工艺规程	75
3.1.8	组织技术交底	76
3.1.9	其他工艺准备	76
3.2	管桁架结构的加工	77
3.2.1	相贯线切割设备	77
3.2.2	PB660A 型相贯线切割机技术参数	77
3.2.3	PB690 型相贯线切割机	78
3.2.4	钢管相贯线切割方法	82
3.3	构件的表面处理和涂装、包装、出厂	91
3.3.1	构件的表面处理	91
3.3.2	构件的涂装	93
3.4	铸钢件的制作工艺和要求	94

3.4.1 铸钢的铸造工艺特点	96
3.4.2 铸钢件的热处理	96
3.4.3 铸钢的熔炼	97
3.4.4 铸钢生产设备和工艺流程	97
3.4.5 铸钢件的铸造工艺、质量控制及检测	97
3.4.6 铸钢焊接施工实例	104
3.5 成品检验、管理、包装、运输和堆放	106
3.5.1 钢构件成品检验	106
3.5.2 包装	108
3.5.3 运输和堆放	109
第4章 管桁架的现场拼装及施工安装	115
4.1 管桁架的现场拼装	115
4.1.1 拼装胎架设计和安装	115
4.1.2 钢管焊接方法	119
4.1.3 钢管焊接质量要求	126
4.1.4 焊接工艺评定	128
4.1.5 异种钢焊接	131
4.1.6 焊接检验、焊接补强和加固	133
4.2 管桁架结构安装	136
4.2.1 管桁架主结构安装	137
4.2.2 屋面安装	147
4.3 钢结构防火涂装	151
第5章 管桁架结构的验收	154
5.1 检验规则	154
5.2 工序检验	155
5.3 组装与施工安装验收	157
5.3.1 管桁架组装验收	158
5.3.2 管桁架安装验收	158
附录1 钢结构工程验收表格	160
附录2 焊接工艺评定	170
附录3 某体育场主席台管桁架图纸	185
参考文献	194

第1章 管桁架基本知识

◆ [学习目标]

掌握管桁架结构体系组成、材料、分类、力学特点、常见节点构造与形式；能正确识读管桁架结构设计图与加工图并组织图纸会审与交底。

◆ [关键概念]

管桁架结构——杆件截面为圆钢管或方钢管的桁架结构。

相贯线——两立体相交后，表面上的一系列共有点的集合，一般表现为封闭的空间曲线。

近年来，管桁结构（也称钢管桁架结构、管桁架、管结构）在大跨空间结构中得到了广泛应用。管桁结构的结构体系为平面或空间桁架，与一般桁架的区别在于连接节点的方式不同。网架结构采用螺栓球或焊接空心球节点，屋架经常采用板型节点，而管桁结构在节点处采用与杆件直接焊接的相贯节点（或称管节点）。在相贯节点处，只有在同一轴线上的两个主管贯通，其余杆件（即支管）通过端部相贯线加工后，直接焊接在贯通杆件（即主管）的外表面上，非贯通杆件在节点部位可能有一定间隙（间隙型节点），也可能部分重叠（搭接型节点）。相贯线切割曾被视为是难度较高的制造工艺，因为交汇钢管的数量、角度、尺寸的不同使得相贯线形态各异，而且坡口处理困难。但随着多维数控切割技术的发展，这些难点已被克服。目前国内一些企业装备了这一技术设备，相贯节点管桁结构在大跨度建筑中得到了前所未有的应用。

1.1 管桁架结构组成及其材料

[提示]

管桁架结构杆件一般为圆钢管，一些大型、重型管桁架可采用方钢管截面。

[相关知识]

空间管桁架结构通常为三角形断面，与平面管桁架结构相比，它具有较大的跨度，且三角形桁架稳定性好，抗扭转刚度大且外表美观。在不布置或不能布置面外支撑的场合，三角形桁架可提供较大的跨度空间。一组三角形桁架类似于一榀空间刚架结构，且更为经济。可以减少侧向支撑构件，提高了侧向稳定性和扭转刚度。对于小跨度结构，可以不布置侧向支撑。

1.1.1 管桁架结构分类

管桁结构以桁架结构为基础,因此其结构形式与桁架的形式基本相同,外形与其用途有关。就屋架来说,外形一般为三角形(图1-1a、b、c)、梯形(图1-1d、e)、平行弦(图1-1f、g)及拱形桁架(图1-1h)。桁架的腹杆形式常用的有芬克式(图1-1a)、人字式(图1-1b、d、f)、豪式(也叫单向斜杆式,图1-1c、h)、再分式(图1-1e)、交叉式(图1-1g)。其中前四种为单系腹杆,第五种交叉腹杆又称为复系腹杆。

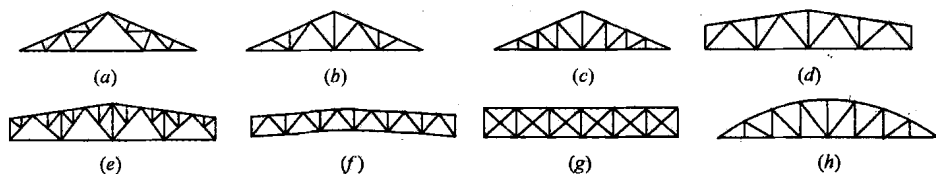


图1-1 桁架形式

(a)、(b)、(c) 三角形桁架; (d)、(e) 梯形桁架; (f)、(g) 平行弦桁架;
(h) 拱形桁架; (a) 芬克式腹杆; (b)、(d)、(f) 人字式腹杆; (c)、(h) 豪式腹杆;
(e) 再分式腹杆; (g) 交叉式腹杆

1. 按受力特点和杆件布置分类

根据受力特点和杆件布置不同,分为平面管桁架结构[普拉特(Pratt)式桁架、华伦(Warren)式桁架、芬克(Fink)式桁架和拱形桁架,及其各种演变形式,如图1-2所示]和空间管桁架结构(通常为三角形截面,如图1-3所示)。

平面管桁架结构的上弦、下弦和腹杆都在同一平面内,结构平面外刚度较差,一般需要通过侧向支撑保证结构的侧向稳定,普拉特(Pratt)式桁架(图1-2a)、华伦(Warren)式桁架(图1-2b)、芬克(Fink)式桁架(图1-2c)和拱形桁架(图1-2d),及其他各种演变形式,都可以用作平面管桁架结构。在现有管桁结构的工程中,多采用华伦桁架和普拉特桁架形式,华伦桁架一般是最经济的布置,与普拉特桁架相比华伦桁架只有它一半数量的腹杆与节点,且腹杆下料长度统一,这样可极大地节约材料与加工工时,此外华伦桁架较容易使用有间隙的接头,这种接头容易布置。同样,形状规则的华伦桁架具有更大的空间去满足放置机械、电气及其他设备的需要。

三角形空间管桁架结构截面分正三角形和倒三角形两种(图1-3和图1-4),两种截面形式的桁架各有优缺点。倒三角形截面中,上弦有两根杆件,而通常上弦是受压构件,从杆件的稳定性考虑,上弦受压容易失稳,下弦受拉不存在稳定性问题,因而倒三角截面形式是一种比较合理的截面形式。这种截面形式,由两根上弦杆通过斜腹杆与下弦杆连接后,再在节点处设置水平连杆,而且支座支点多在上弦处,从而构成了上弦侧向刚度较大的屋架。另外,这种形式的两根上弦贴靠屋面,下弦只有一根杆件,给人以轻巧的感觉。除此之外,这种倒三角截面形式也会减少檩条的跨度。因此,实际工程中大量采用的是倒三角截面形式的桁架。

正三角截面桁架的主要优点在于上弦是一根杆件,檩条和天窗架支柱与上弦的连接比

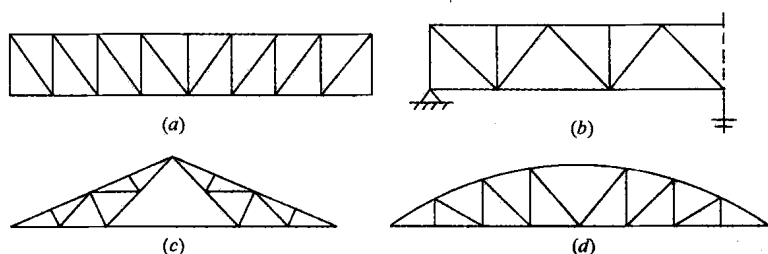


图 1-2 平面管桁架结构

(a) 普拉特 (Pratt) 式桁架; (b) 华伦 (Warren) 式桁架;
(c) 芬克 (Fink) 式桁架; (d) 拱形桁架

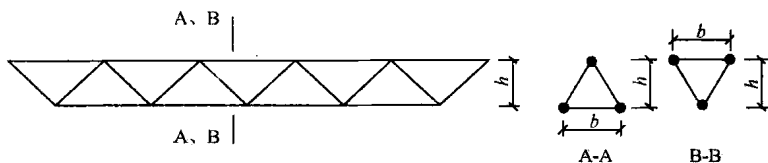


图 1-3 空间管桁架结构

较简单,多用于屋架及输管栈道。

2. 按连接构件的不同截面分类

根据连接构件的截面不同,分为 C—C 型桁架、R—R 型桁架和 R—C 型桁架。

C—C 型桁架:主管和支管均为圆管相贯,相贯线为空间马鞍形曲线。

C—C 型桁架是目前国内应用最为广泛的一种,一方面因为圆管出现及对其研究较早,应用也比较成熟。20 世纪 50 年代美国就开始进行管节点的研究,从 60 年代起管节点的研究在许多国家广泛开展,60 年代末、70 年代初一些规范开始纳入圆管节点的设计。除了具有空心管材普遍的优点外,圆钢管与其他截面管材相比具有较高的惯性半径及有效的抗扭截面。圆管相交的节点相贯线为空间的马鞍形曲线,设计、加工、放样比较复杂,但由于钢管相贯自动切割机的发明和使用,促进了管桁结构的发展与应用。

R—R 型桁架:主管和支管均为方钢管或矩形管相贯。

方钢管和矩形钢管用作抗压、抗扭构件有突出的优点,用其直接焊接组成的方管桁架具有节点形式简单、外形美观的优点,在国外得以广泛的应用,近年在国内也开始使用,如吉林滑冰练习馆、哈尔滨冰雪艺术展览馆、上海“东方明珠”电视塔等。我国现行钢结构设计规范中加入了矩形管的设计公式,这将进一步推进管桁结构的应用。

R—C 型桁架:矩形截面主管与圆形截面支管直接相贯焊接。

圆管与矩形管的杂交型管节点构成的桁架形式新颖,能充分利用圆形截面管作轴心受力构件,矩形截面管作压弯和拉弯构件。矩形管与圆管相交的节点相贯线均为椭圆曲线,比圆管相贯的空间曲线易于设计与加工。

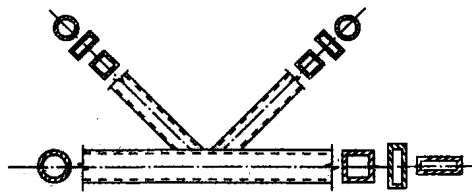


图 1-4 连接构件的截面组合形式

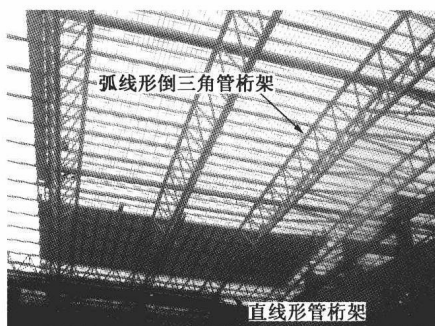


图 1-5 直线形与曲线形管桁架结构

3. 按桁架的外形分类

直线形与曲线形管桁架结构,如图 1-5 所示。随着社会对美学要求的不断提高,为了满足空间造型的多样性,管桁架结构多做成各种曲线形状,丰富结构的立体效果。当设计曲线形管桁架结构时,有时为了降低加工成本,杆件仍然加工成直杆,由折线近似代替曲线。如果要求较高,可以采用弯管机将钢管弯成曲管,这样可以获得更好的建筑效果。

1.1.2 管桁架结构组成

1. 管桁架结构概述

桁架是指由杆件在端部相互连接而组成的格子式结构,管桁架结构也称钢管桁架结构、管桁架、管结构,是指杆件均为圆或方管杆件的桁架结构。与一般桁架的区别在于连接节点的方式不同,管桁架结构在节点处采用杆件直接焊接的相贯节点(或称管节点)。相贯节点处,只有在同一轴线上的两个主管贯通,其余杆件(即支管)通过端部相贯线加工后,直接焊接在贯通杆件(即主管)的外表,非贯通杆件在节点部位可能有一定间隙(间隙型节点),也可能部分重叠(搭接型节点),如图 1-6 所示。某火车站管桁架结构如图 1-7 所示。

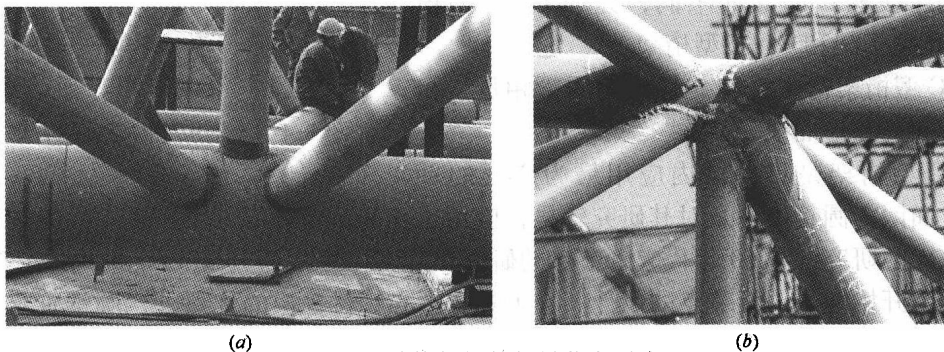


图 1-6 管桁架杆件相贯节点形式
(a) 间隙型节点; (b) 搭接型节点

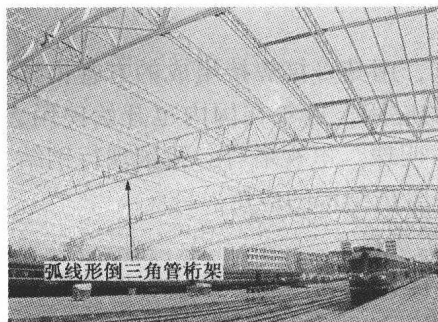


图 1-7 某火车站管桁架结构

管桁架同网架比,杆件较少,节点美观,不会出现较大的球节点,利用大跨度空间管桁架结构,可以建造出各种体态轻盈的大跨度结构。管桁架结构中的杆件大部分情况下只受轴线拉力或压力,应力在截面上均匀分布,因而容易发挥材料的作用,这些特点使得桁架结构用料省、结构自重小。易于构成各种外形以适应不同的用途,譬如可以做成简支桁架、拱、框架及塔架等,因而桁架结构在如今的许多大跨度的场馆建筑,如会展中心、体育场馆或其他一些大型公共

建筑中得到了广泛运用。

管桁架结构中的杆件均在节点处采用焊接连接,而在焊接之前,需预先按将要焊接的各杆件焊缝形状进行腹杆及弦杆的下料切割,这就需要对腹杆端头进行相贯线切割及弦杆的开槽切割。由于桁架结构中各杆件与杆件之间是以相贯线形式相交,杆件端头断面形状比较复杂(图 1-8),因此在实际切割加工中一般采用机械自动切割加工和人工手工切割加工两种方法进行加工。

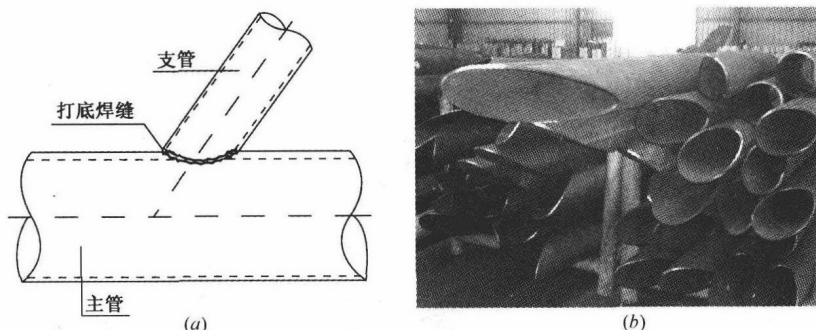


图 1-8 管桁架杆件相贯

(a) 管桁架杆件相贯示意图; (b) 相贯线切割后的杆件

广东某多功能体育馆管桁架结构如图 1-9 所示,该工程主要由体育馆、训练馆和会展中心三大功能区组成,是承办 2010 年第 13 届省运会艺术体操、跆拳道等比赛项目的场馆,场馆内设计座位数 2802 席。屋盖的平面为椭圆形,平面尺寸大约为 $98\text{m} \times 133\text{m}$,外挑 6.5m ,屋面实际最大跨度 85m 。屋盖由正交立体三角桁架组成(图 1-9d、e),其中短向为弧形三角立体桁架,长向为直线三角立体桁架,桁架高度均为 3m ,长向和短向的立体桁架轴线间距约 $9\text{m} \times 11\text{m}$ 。

整个屋盖结构为沿长短轴双轴对称的结构,支承于外围箱形立体桁架上,箱形立体桁架支承于由外围 32 个混凝土柱及屋盖内部四个框架柱上升起的伞形斜柱上。主桁架与边桁架及部分支撑节点采用了铸钢件(图 1-9g、h)。

主桁架最大跨度 79.7m ,单榀最重 23.38t 。整个桁架钢管种类有 15 种,钢管最大规格为 $\phi 245 \times 20$,最小规格 $\phi 60 \times 4$ 。

2. 管桁架结构节点与破坏形式

管桁架结构相贯节点的形式与其相连杆件的数量有关,可分为:单平面节点:腹杆与弦杆在同一平面内;如图 1-10 所示。多平面节点:腹杆与弦杆不在同一平面内,如图 1-11 所示。

管桁架结构在工作过程中,杆件只承受轴向力的作用,支管将轴向力直接传给主管,主管可能出现多种破坏形式。在保证支管轴向力强度(不被拉断)、连接焊缝强度、主管局部稳定、主管壁不发生层状撕裂的前提下,节点的主要破坏模式有以下几种:主管局部压溃,主管壁拉断,主管壁出现裂缝导致冲剪破坏,K 形节点可能在支管间主管剪切破坏,如图 1-12 所示。

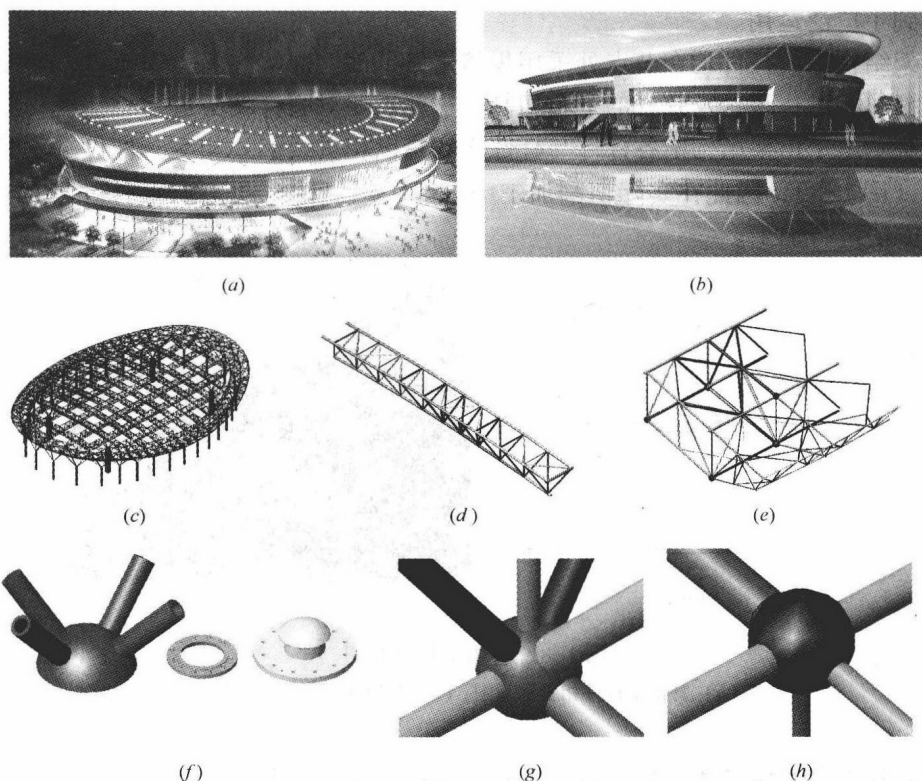


图 1-9 广东某多功能体育馆管桁架结构

(a) 外观效果图 1; (b) 外观效果图 2;
 (c) 管桁架结构体系; (d) 管桁架示意图 1; (e) 管桁架示意图 2; (f) 支座节点;
 (g) 节点示意图 1; (h) 节点示意图 2

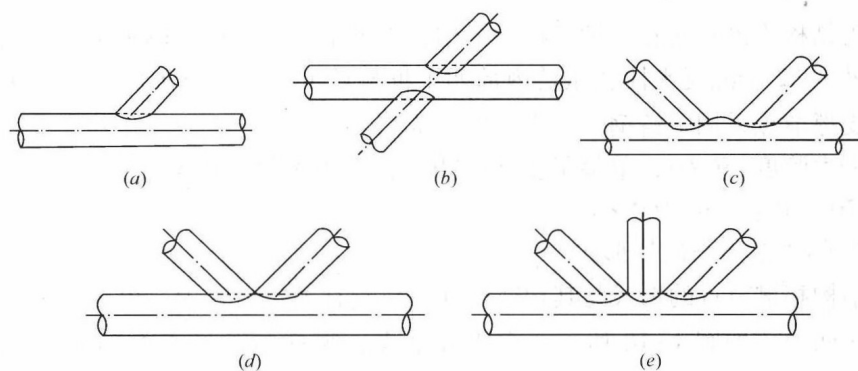


图 1-10 管桁架结构单平面节点

(a) Y 形节点; (b) X 形节点;
 (c) K 形 (间隙型) 节点; (d) K 形 (搭接型) 节点; (e) KT 形节点

节点出现明显的塑性变形或出现初裂缝以后, 才会达到最后的破坏。
 一般认为有如下破坏准则:

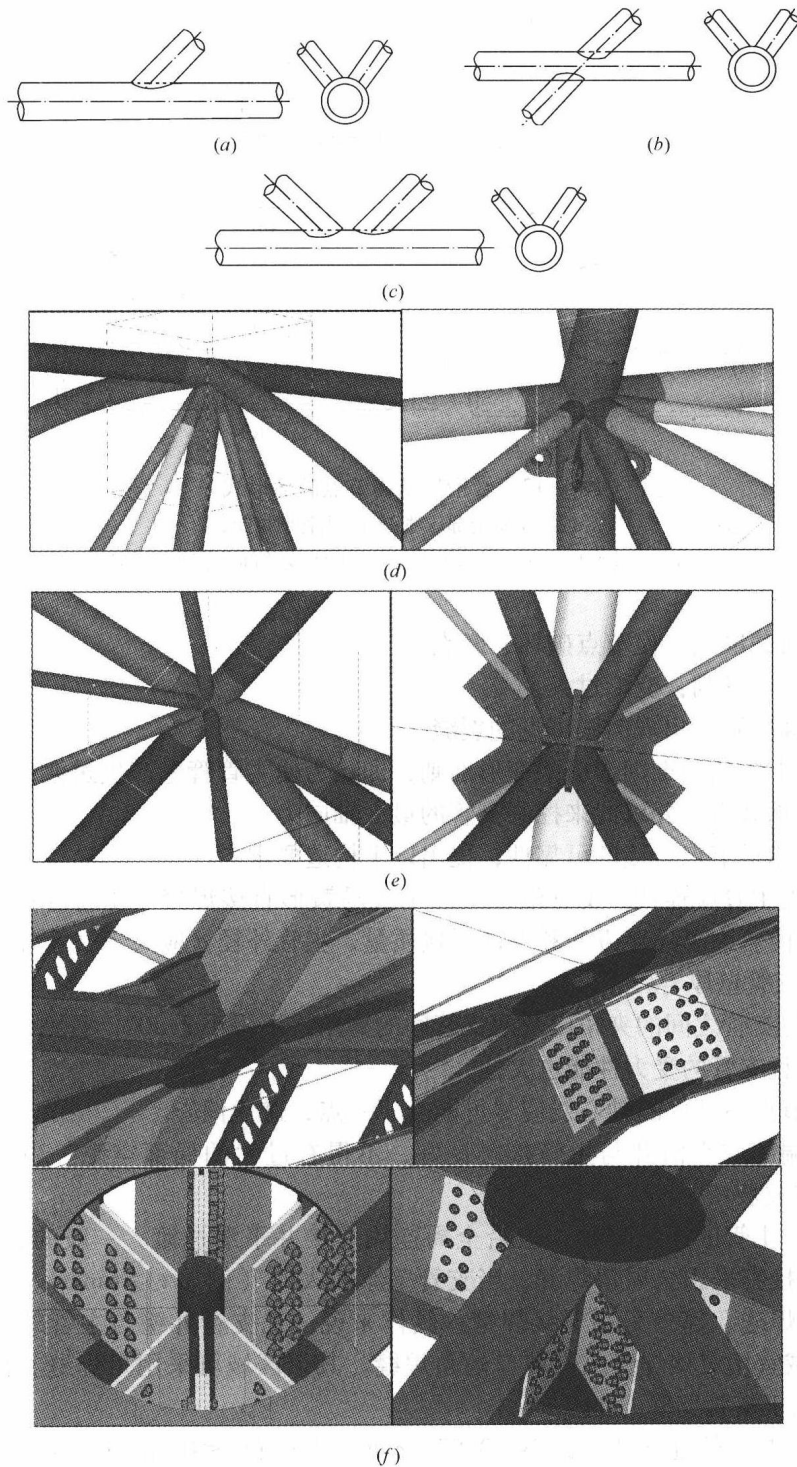


图 1-11 管桁架结构多平面节点

(a) DY 形节点; (b) DX 形节点; (c) DK 形 (间隙型) 节点;
 (d) 多杆件汇交复杂节点 1; (e) 多杆件汇交复杂节点 2; (f) 多根 H 形钢杆件汇交复杂节点

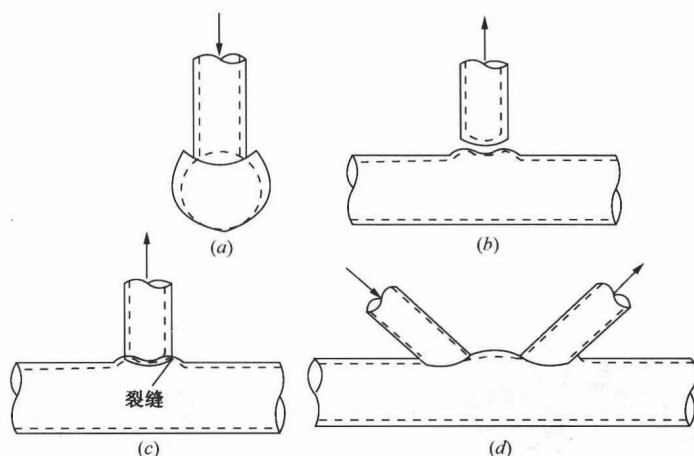


图 1-12 管桁架结构节点破坏形式一

(a) 主管局部压溃; (b) 主管壁拉断;

(c) 主管壁出现裂缝导致冲剪破坏; (d) 支管间主管剪切破坏

1) 极限荷载准则: 使节点破坏、断裂。

2) 极限变形准则: 变形过大。

3) 初裂缝准则: 出现肉眼可见的裂缝。

目前国际上公认的准则为极限变形准则, 即认为使主管管壁产生过渡的局部变形的承载力为其最大承载力, 并以此来控制支管的最大轴向力。

为了保证相贯节点连接的可靠性, 提出以下构造要求:

1) 节点处主管应连续, 支管端部应加工成马鞍形直接焊接于主管外壁上, 而不得将支管插入主管内。为了连接方便和保证焊接质量, 主管外径 d 应大于支管外径 d_s ; 主管壁厚 t 不得小于支管壁厚 t_s 。

2) 主管与支管之间的夹角以及两支管间的夹角, 不得小于 30° , 否则, 支管端部焊缝不易保证, 并且支管的受力性能也欠佳。

3) 相贯节点各杆件的轴心线应尽可能交于一点, 避免偏心。

4) 支管端部应平滑并与主管接触良好, 不得有过大的局部空隙。当支管壁厚大于 6mm 时, 应切成坡口。

5) 支管与主管的连接焊缝, 应沿全周连续焊接并平滑过渡。一般的支管壁厚不大, 其与主管的连接宜采用全周角焊缝, 当支管壁厚较大时 (例如 $t_s \geq 6\text{mm}$), 则宜沿支管周边部分采用角焊缝、部分采用对接焊缝。具体来说, 凡支管外壁与主管外壁之间的夹角 $\alpha \geq 120^\circ$ 的区域宜用对接焊缝或带坡口的角焊缝, 其余区域可采用角焊缝。角焊缝的焊脚尺寸 h_f 不宜大于支管壁厚 t_s 的 2 倍。

6) 若支管与主管连接节点偏心 $-0.55 \leq e/h$ (或 e/d) ≤ 0.25 时, 在计算节点和受拉主管承载力时, 可忽略因偏心引起的弯矩的影响, 但受压主管必须考虑此偏心弯矩 $M = \Delta Ne$, 如图 1-13 所示。

7) 对有间隙的 K 形或 N 形节点, 支管间隙 a 应不小于两支管壁厚之和。

8) 对搭接的 K 形或 N 形节点, 当支管厚度不同时, 薄壁管应搭在厚壁管上; 当支管

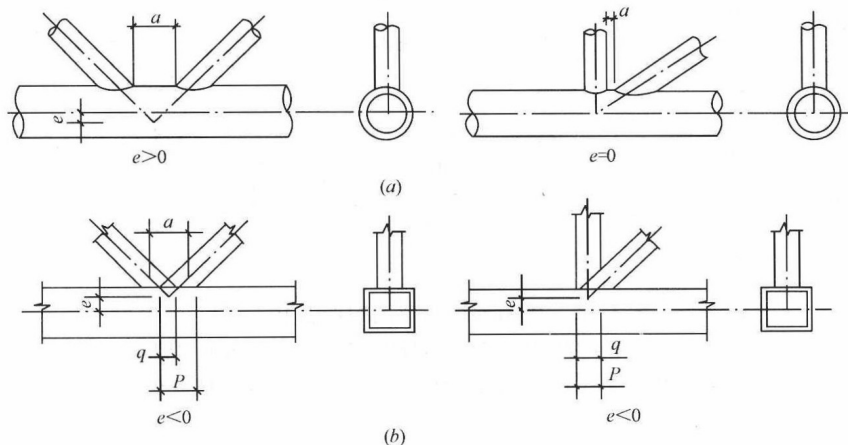


图 1-13 管桁架结构节点破坏形式二

(a) 有间隙的节点; (b) 搭接的节点

钢材强度等级不同时, 低强度管应搭在高强度管上。搭接节点的搭接率 $Q_v = q/p \times 100\%$, 应满足 $25\% \leq Q_v \leq 100\%$, 且应确保在搭接部分的支管之间的连接焊缝能很好地传递内力。

钢管构件在承受较大横向荷载的部位, 其工作情况较为不利, 应采取适当的加强措施, 防止产生过大的局部变形。钢管构件的主要受力部位应尽量避免开孔, 不得已要开孔时, 应采取适当的补强措施, 例如在孔的周围加焊补强板等。

节点的加强要针对具体的破坏模式, 主要有: 主管壁加厚、主管上加套管、加垫板、加节点板及主管加肋环或内隔板等多种方法, 如图 1-14 所示。

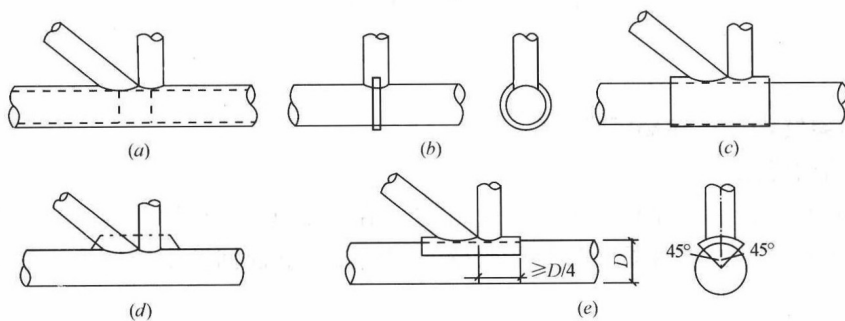


图 1-14 管桁架结构节点的加强方式一

(a) 加内隔板; (b) 加肋环;

(c) 加套管; (d) 加节点板; (e) 加垫板

钢管构件的接长或连接接头宜采用对接焊缝连接。当两管径不同时, 宜加变管径过渡段, 大直径或重要的拼接, 宜在管内加短衬管; 两直径之差小于 50mm 时, 可用法兰板连接; 轴心受压构件或受力较小的压弯构件也可采用通过隔板传递内力的形式; 对工地拼接也可采用法兰板的螺栓连接, 如图 1-15 所示。