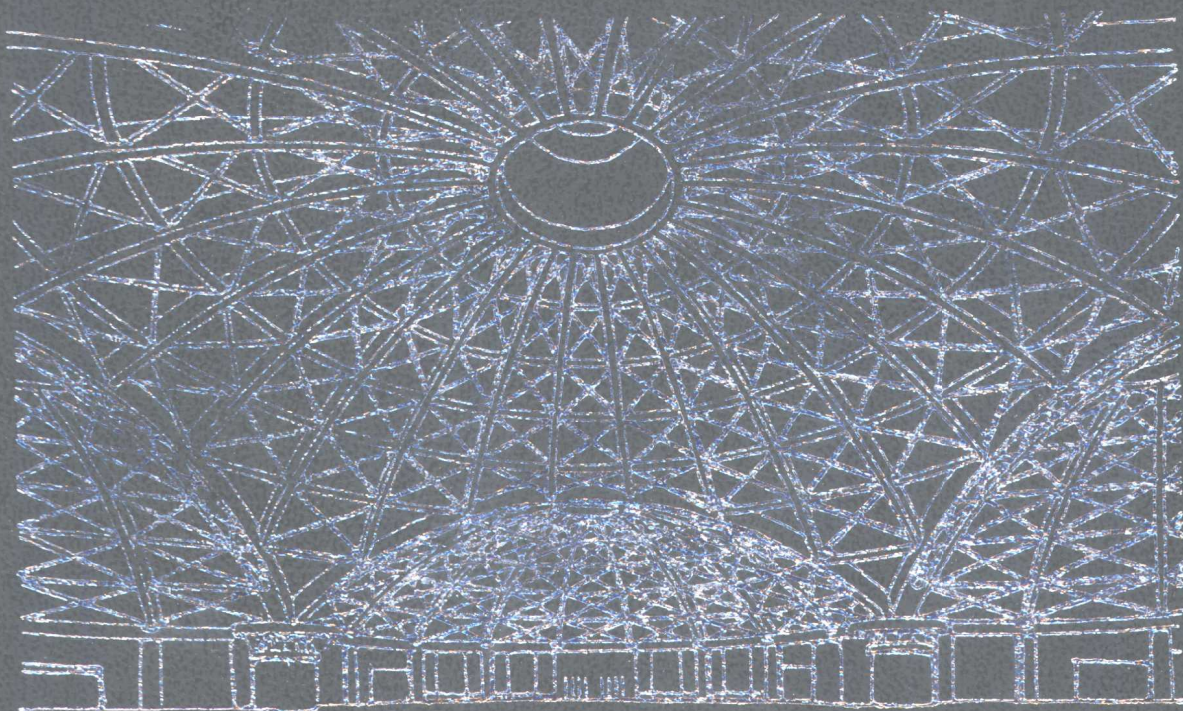




网架结构 设计手册

(实例及图集)

《网架结构设计手册》编辑委员会

中国建筑工业出版社

网架结构设计手册

(实例及图集)

《网架结构设计手册》编辑委员会

中国建筑工业出版社

(京)新登字 035 号

图书在版编目 (CIP) 数据

网架结构设计手册: 实例及图集/《网架结构设计手册》

编辑委员会编. —北京: 中国建筑工业出版社, 1998

ISBN 7-112-03614-3

I. 网… II. 网… III. 网架结构-建筑设计-手册 IV. TU

356.04-62

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 18659 号

本手册主要根据《钢结构设计规范》(GBJ17—88)、《网架结构设计与施工规程》(JGJ7—91)、《网架结构工程质量检验评定标准》(JGJ78—91) 及其他有关规范、标准及规定, 在总结国内工程实践的基础上, 参考有关资料编成。内容包括设计规定、计算、构造及工程应用。书中还列有常用网架的设计实例, 以及形成结构系列的网架构件选用图表和详图 400 余幅, 供工程实际参考选用。

本书可供广大土建专业人员和大专院校师生参考和使用。

* * *

责任编辑 黎 钟

责任设计 杨凤荣

网架结构设计手册

(实例及图集)

《网架结构设计手册》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

北京市彩桥印刷厂印刷

*

开本: 850×1168 毫米 1/16 印张: 33 $\frac{3}{4}$ 字数: 965 千字

1998 年 12 月第一版 1998 年 12 月第一次印刷

印数: 1—3000 册 定价: 60.00 元

ISBN7-112-03614-3

TU·2792 (8873)

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

本手册是在总结我国网架结构设计经验的基础上,根据网架结构与施工规程而编制,目的是为广大土建结构设计、施工、科研、教学人员在应用网架结构时提供一本实用的工具书。

全书共分七章十个附录。除了重点介绍平板网架结构的屋盖特点、应用范围、屋面和结构材料、结构形式、工程应用外,还论述了网架的设计规定、计算方法,杆件和节点的设计、构造、制作与安装。

手册中在详细介绍网架设计内容的同时列举了17种网架的设计实例、102种网架平面布置、357个网架的结构系列,共400余幅详图,可供设计参考和选用。

由于电子计算技术的发展和设计软件的普遍应用,书中还简要介绍了本手册所应用的软件和某些单位的设计软件。

在北方交通大学、国防科工委工程设计研究总院和新加坡安美国集团徐州安美国建筑空间结构有限公司的大力支持下,组成了网架结构设计手册编辑委员会,并得到蓝天、刘锡良、张运田、陈远椿等专家的指点和帮助,在此表示衷心的感谢。

由于我们的水平有限,书中的谬误之处在所难免,望读者及时提出批评指正。

本书编辑委员会

《网架结构设计手册》编辑委员会

主 任：汪一骏

副 主 任：张志平 冯 东

委 员：汪一骏 冯 东 张志平 熊家新 王步伟

主要编写人：汪一骏 冯 东 张志平 谷钧宏 杨建新

王步伟 叶学杰 朱坊云 樊 立

参加编写人：沈祥发 樊 志 朱 军 叶 东 汪 源

主 审：汪一骏 熊家新

目 录

第一章 概述	1
第一节 网架的特点与应用范围	1
一、网架特点	1
二、网架的应用范围	2
第二节 网架屋面材料	2
一、轻型屋面	2
二、次轻型屋面	2
三、普通型混凝土屋面	2
第三节 网架结构的杆件和连接材料	3
第四节 网架结构形式	3
一、常用网架形式	3
二、其他形式网架	6
第五节 网架工程应用及分析研究	6
一、应用	6
二、结构及节点形式	7
三、计算分析	8
四、规程和标准	8
五、网架施工与检验	8
第二章 网架设计规定	9
第一节 网架形式选择	9
第二节 网架截面设计	10
一、网格尺寸	10
二、网架高度	10
三、网架腹杆布置	11
第三节 网架结构构造	12
一、屋面排水坡	12
二、多点支承网架的柱帽设计	12
三、网架再分式腹杆的设计	12
四、网架起拱度和容许挠度	12
第三章 网架结构计算	14
第一节 一般计算原则	14
第二节 计算方法简述	14
一、空间桁架位移法——矩阵位移法	14

二、交叉梁系差分法	16
三、拟夹层板法	16
四、假想弯矩法	16
第三节 温度、地震作用下的内力计算	17
一、温度应力	17
二、地震作用	18
第四章 网架杆件和节点的设计与构造	20
第一节 杆件	20
一、材料	20
二、截面型式	20
三、杆件的计算长度及长细比	20
四、杆件截面选择	20
第二节 节点设计与构造	21
一、概述	21
二、焊接空心球节点	21
三、螺栓球节点	23
四、板节点	26
五、支座节点	28
六、悬挂吊车节点	36
七、屋顶节点	36
第五章 网架的制作、安装与检验	37
第一节 一般规定	37
一、材料	37
二、质量评价	37
第二节 制作与检验	38
一、钢网架焊接球节点的制作与检验	38
二、钢网架螺栓球的制作与检验	39
三、焊接钢板节点的制作与检验	43
第三节 安装与检验	44
一、安装方法与适用范围	44
二、网架结构安装的检验	45
第四节 其他分项工程	47
第六章 网架结构设计实例	49
第一节 说明	49
第二节 设计实例软件 (SFCAD) 说明	50
一、建立网架结构数据	50
二、结构分析与设计	50
第三节 设计实例	51
一、实例目次	51
二、实例 (WJ-1~WJ-17)	51

第七章 网架结构系列	133
第一节 说明.....	133
第二节 网架系列软件说明 (GBSCAD)	134
第三节 网架结构选用及详图.....	135
一、檩条截面选用表	135
二、网架结构选用表及详图 (WJ)	135
三、网架支座选用表	504
附录	505
一、网架工程简介 (附表 1)	505
二、设计应用软件 (附表 2)	510
三、常用钢管规格及截面特性 (附表 3)	512
四、空心球节点系列 (附表 4A、4B)	514
五、实心球节点系列 (附表 5)	515
六、试件承载力检验要求 (附表 6)	516
七、建筑常用压型钢板产品规格 (附表 7A—1~3; 附表 7.B—1~3; 附表 7.C—1~3; 附表 7D—1.2; 附表 7E—1.2)	516
八、太空网架板产品及节点 (附表 8A、8B)	522
九、GRC 网架板产品 (附表 9)	525
十、网架及网架板生产厂 (附表 10)	526
参考文献	529

第一章 概 述

由于网架结构重量轻、刚度大、抗震性能好、便于成批生产,便于提高构件加工质量等这些特有的优点,已引起大家对它的普遍关注,从学术上加以探讨、论证,从技术上解决了许多疑难问题,再加上电算事业的发展,近十多年来网架结构在我国发展很快。目前我国建成的网架结构就有数千余座。从1990年在北京举行的十一届亚运会场馆建筑来看,13个场馆中有11个采用了网架和网壳,其中网架占一半以上。全国各省、市、地区的体育场馆中,也大部分采用网架。从国际上看,网架结构采用的也极普遍,它们用于楼盖、屋盖、塔架……等,就连法国巴黎罗浮宫旁,著名建筑师贝聿铭设计的金字塔透光厅也采用了轻型网架结构。

近年来,网架结构在大柱网工业建筑中的应用也得到迅猛发展。例如:在汽车工业方面,第一汽车制造厂轻型发动机联合厂房采用了近4万 m^2 的螺栓球节点网架,高尔夫轿车总装厂近8万 m^2 的厂房采用了焊接球节点网架,在天津无缝钢管厂加工车间内建成了6万 m^2 的网架…。早已建成的还有唐山机车车辆厂的客车总装车间、唐山齿轮厂联合厂房、北京燕山石油化工总公司东方化工厂地毯车间、青岛第二橡胶厂内轮胎车间、石家庄机车车辆厂总装配厂房、江西新余长村机械厂…等的网架结构。从全国看,网架结构用于工业厂房已较普遍。

在网架结构的加工方面,我国专门或部分生产网架结构的厂家就有百余家之多。

在高等学校也开设了网架的专业课并组织网架结构课题的毕业设计。网架的设计、生产和施工力量遍布全国。网架结构在今后我国将会继续迅速的发展。

第一节 网架的特点与应用范围

一、网架特点

网架结构是由很多杆件从两个方向或几个方向有规律地组成的高次超静定空间结构。它改变了一般平面桁架受力体系,能承受来自各方向的荷载。

网架结构最大的特点是由于杆件之间互相支撑作用,刚度大、整体性好、抗震能力强,而且能够承受由于地基不均匀沉降所带来的不利影响;即使在个别杆件受到损伤的情况下,也能自动调节杆件内力,保持结构的安全。

网架结构的自重轻,节约钢材,已建成的18m跨度的钢管网架用钢量仅为7~10 kg/m^2 。某112m跨度的角钢网架用钢量仅为65 kg/m^2 。而且,由于网架结构高度较小,可以有效地利用建筑空间。

网架结构的适应性大,既适用于中小跨度的建筑,也适用于大跨度的房屋,而且从建筑物平面形式来说,网架结构也可以适应于各种平面形式的建筑:如矩形、圆形、扇形及各种多边形的平面建筑形式。

网架结构取材方便,一般多采用Q235钢或16Mn钢,杆件截面形式多采用钢管或型钢(型钢以角钢为主),并且可以用小规格的杆件截面建造大跨度的建筑。

另外,网架结构由于它的杆件规格划一,适宜工厂化生产,这就为加速工程进度提供了有利条

件和保证。

网架结构的计算有通用的计算程序,制图简单,加上网架本身所具有的特点和优越性,给网架结构的发展提供了有利条件。

二、网架的应用范围

网架结构是一种应用范围很广的结构形式,从用途讲,它可用于公共建筑,也可用于工业建筑;从跨度讲,可大至100m跨度以上的房屋建筑,小至几米跨度的门头装饰或广告牌等;从平面形式讲,它既适用于一般矩形平面建筑,也适用于圆形、扇形、六边形乃至多边形平面的建筑;从支承条件讲,它既适用于四周周边支承、三边支承的建筑,也适用于四点或多点支承的建筑,还可适用于周边支承和点支承二者结合的情况。

网架结构主要用于体育馆、俱乐部、展览馆、影剧院、车站候车大厅、餐厅、食堂、仓库和飞机库等。由于网架结构的优越性,近年来网架结构也越来越多地用于工业建筑中,甚至对设有桥式或悬挂吊车的车间屋盖也采用了网架结构;网架结构还可用于广告牌、脚手架、栈桥、楼板、门头装饰架等。

网架结构的屋面材料多用与网格大小相同的各种带檩的轻型屋面、轻质夹心网架板和普通型混凝土板。网架可以定型化生产,这就为网架发展提供了有利的条件。

第二节 网架屋面材料

屋面材料是网架设计中的一个重要问题。屋面荷载的大小直接影响网架的耗钢量指标,而且对墙、柱、基础等承重结构及建筑物的抗震性能也都有较大影响。因此在网架设计中应尽量采用轻质、高强、多功能的新型屋面,力求减轻屋面自重。目前网架的屋面做法大致分为三种:

一、轻型屋面

轻型屋面均为有檩体系。檩条采用冷弯薄壁槽钢或轻型槽钢。早期多在檩条上架设木椽和木望板(可设保温层),再铺油毡及镀锌薄钢板或石棉瓦。近年来多在3m以上的大檩距上直接铺设压型钢板。当有保温或隔热要求时,可采用双层钢板中间夹保温层(超细玻纤棉或岩棉)的做法。这种屋面全部荷载标准值(包括活荷载)一般不超过 1.0kN/m^2 ,是目前应用量大面广的轻型屋面。附录七中列出几种常用的压型钢板板型。

二、次轻型屋面

早期多采用钢丝网水泥或加气混凝土板的无檩体系。近年来大量推广采用保温承重合一的多功能板。例如,太空板,板的标准尺寸为 $3\text{m}\times 3\text{m}$,直接搁置在网架上弦节点加焊的支托上。这种屋面的全部荷载标准值(包括活荷载)一般不超过 1.5kN/m^2 。附录八中列出太空板的板型及节点做法。

三、普通型混凝土屋面

它为周边带肋(中间带次肋)的普通混凝土田字形板或三角板(无檩)。为了减轻板重,应尽量减小板厚($h=22\sim 25\text{mm}$)或采用以玻璃纤维增强的15mm厚水泥砂浆面板及对混凝土主肋施加预应力。这种屋面的全部荷载标准值(包括活荷载)为 $1.5\text{kN/m}^2\sim 2.5\text{kN/m}^2$ 。板重虽较大,但取材方便,目前在网架中应用不少。1988年江苏省徐州市建筑构配件工程公司研制成功的预应力复合轻型网架板(GRC网架板),可归纳在这个范畴内(见附录九)。

第三节 网架结构的杆件和连接材料

网架结构的杆件和连接材料可按表 1.3-1 选用。

杆件和连接选用材料 表 1.3-1

杆件	焊接空心球	螺栓实心球
Q235 或 16Mn	Q235 或 16Mn	①钢球 45 号钢 ②高强度螺栓、销子或螺钉 40Cr, 40B 或 20MnTiB ③封板、锥头和套筒 Q235 或 16Mn

- 注：1. 表中高强度螺栓为 8.8S 时也可用 45 号钢；
2. 套筒也可采用 20 号钢或 45 号钢；
3. 表中的材料应符合有关标准及规定。

第四节 网架结构形式

网架常采用平面桁架系和角锥体形式，近年又成功研究了三层网架以及周边支承和多点支承相结合的支承形式。

周边支承的网架可分成周边支承在柱上或周边支承在圈梁上两类形式：周边支承在柱上时，柱距可取成网格的模数，将网架直接支承在柱顶上，这种形式一般用于大、中型跨度的网架；周边支承在圈梁上时，它的网格划分比较灵活，适用于中小跨度的网架。

多点支承的网架可分成四点支承的或多点支承的网架：四点支承的网架，宜带悬挑，一般悬挑出中间跨度的 1/3；多点支承的连续跨悬挑出中间跨度的 1/4。这样可减少网架跨中弯矩，改善网架受力性能，节约钢材；多点支承网架可根据使用功能布置支点，一般多用于厂房、仓库和展览厅等建筑。对点支承网架一般受力最大的是柱帽部分，设计施工时，应注意柱帽处的处理。

周边支承和多点支承相结合的网架多用于厂房结构。

三边支承的网架多用于机库和船体装配车间，一般在自由边处加反梁或设托梁。

一、常用网架形式

(一) 由平面桁架系组成的两向正交正放网架、两向正交斜放网架（两向斜交斜放网架）三向网架、单向折线形网架，见图 6.3-1、6.3-4、6.3-7、6.3-10。

(二) 由四角锥体组成的正放四角锥网架、正放抽空四角锥网架、棋盘形四角锥网架、斜放四角锥网架、星形四角锥网架，见图 6.3-13、6.3-16、6.3-19、6.3-22、6.3-25。

(三) 由三角锥体组成的三角锥网架、抽空三角锥网架、蜂窝形三角锥网架，见图 6.3-28、6.3-31、6.3-34。

网架结构的组成方式、几何特征、刚度特征和施工见表 1.4-1。

网架组成及特征 表 1.4-1

名称	组成方式	几何特征	刚度特征	受力特征	施工
两向正交正放网架	由两个分别平行于建筑物边界方向的平面桁架交叉组成。各向桁架的交角为 90 度，即上下弦杆均正放。见图 6.3-1	上下弦杆的长度相等，且上下弦杆和腹杆位于同一垂直平面内，在各向平面桁架的交点处有一根公用的竖杆	基本单元为几何可变。为增加其空间刚度并有效地传递水平荷载，应沿网架支承周边的上（下）弦平面内设置附加斜杆	受平面尺寸及支承情况的影响极大。周边支承接近正方形平面，受力均匀，杆件内力差别不大。随边长比加大，单向受力特征明显。对于点支承网架，支承附近的杆件及主桁架跨中弦杆内力大，其他部位内力小	杆件类型少，可先拼装成平面桁架，然后再进行总拼，较有利于施工

续表

名称	组成方式	几何特征	刚度特征	受力特征	施工
两向正交斜放网架	同上,只是将它在建 筑平面上放置时转动 45 度角,即上下弦杆均斜放。见图 6.3-4	同上	由于网架为等高,故角部短桁架刚度较大,并对与它垂直的长桁架起一定的弹性支承作用,从而减少了桁架中部的弯矩。刚度较两向正交正放网架为大	短形平时,受力较均匀。网架四角处的支座产生向上的拉力,为减少拉力可设计成不带角柱	同上
两向斜交斜放网架	由两个方向的平面桁架交叉组成,但其交角不是正交,而是根据下部两个方向支承结构间距变化而成任意交角,即上下弦杆均斜放。可参见图 6.3-4	同上	同上	受力性能不理想	同上。但节点构造复杂
三向网架	由三个方向的平面桁架交叉组成。其交角为 60 度角,即上下弦杆有正放和斜放。见图 6.3-7	同上。网架的网格一般是正三角形	基本单元为几何不变。各向桁架的跨度、节间数及刚度各异,整个网架的空间刚度大于两向网架。适合于大跨度工程	所有杆件均为受力杆件,能均匀地把力传至支承系统,受力性能较好	节点构造复杂(最多一个节点汇交 13 根杆件);用于圆形平时,周边有不规则网格
单向折线形网架(折板形网架)	由一系列平面桁架互相斜交成 V 形而成,即上下弦杆均正放,也可看成无上下弦杆的正放四角锥,见图 6.3-10	同上	比单纯的平面桁架刚度大,不需布置支撑体系。为加强其空间刚度,应在其周边增设部分上弦杆件	只有沿跨度方向上下弦杆,呈单向受力状态	杆件类型较少
正放四角锥网架	以倒置四角锥为组成单元,将各个倒置的四角锥体底边相连,再将锥顶用与上弦杆平行的杆件连接起来,其上下弦杆均与边界平行,即上下弦杆均正放。见图 6.3-13	上下弦平面内的网格均呈正方形,上弦网格的形心与下弦网格的角点投影重合,并且没有垂直腹杆	空间刚度比其他四角锥网架及两向网架为大	受力比较均匀	上下弦杆等长。如果腹杆与上下弦平面为 45 度角,则杆件全部等长。如以四角锥为预制单元,有利于定型化生产。屋面板规格少

续表

名称	组成方式	几何特征	刚度特征	受力特征	施工
正放 抽空四 角锥网 架	同上。除周边网格中的锥体不变外,其余网格可根据网架的支承情况有规律的抽掉一些锥体而成。见图 6.3-16	同上	空间刚度较正放四角锥网架为小	下弦杆内力增大,且均匀性较差	同上。但杆件数目减少,相应构造简单
棋盘 形四角 锥网架	将斜放四角锥网架(见下)转动 45 度角而成,即上弦杆正放,下弦杆斜放。见图 6.3-19	上弦网格正交正放,下弦网格正交斜放,上下弦的网格形心投影重合	同上。当周边布置成满锥时,刚度较好	这种网架受压上弦杆短,受拉下弦杆长,能充分发挥杆件截面的作用,受力合理	节点汇交杆件少,上弦节点处 6 根,下弦节点处 8 根,节点构造简单
斜放 四角锥 网架	以倒置四角锥为组成单元,但以各个倒置的四角锥体底边的角与角相连,即上弦杆斜放,下弦杆正放。见图 6.3-22	上弦网格正交斜放,而下弦网格与边界平行	空间刚度较正放四角锥网架为小	同上	同上
星形 四角锥 网架	其组成单元体由两个倒置的三角形小桁架正交而成,在节点处有一根公用的竖杆。将单元体的上弦连接起来就形成网架的上弦,将各星体顶点相连就形成网架下弦,即上弦杆斜放,下弦杆正放。见图 6.3-25	上弦杆为倒三角形的底边,下弦杆为倒三角形顶点的连线,网架的斜腹杆均与上弦杆位于同一垂直平面内	其刚度稍差,不如正放四角锥网架	同上。其竖杆受压,内力等于上弦节点荷载	节点汇交杆件少,上下弦节点处 5 根,节点构造简单
三角 锥网架	以倒置三角锥为组成单元,将各个倒置的三角锥体底边相连即形成网架的上弦,再将锥顶用杆件连接起来即形成网架的下弦。三角锥的三条棱即为网架的斜腹杆。见图 6.3-28	其上下网格均为三角形。倒置三角形的锥顶与上弦三角形的形心投影重合,平面为六边形	基本单元为几何不变体系,整体抗扭和抗弯刚度较好。适用于大跨度工程中	受力比较均匀	如果网架高度为 $h = \sqrt{\frac{2}{3}} S$, S 为弦杆长度,则全部杆件均等长。上下弦节点汇交的杆件均为 9 根,可统一节点构造

续表

名称	组成方式	几何特征	刚度特征	受力特征	施工
抽空三角锥网架	同上。适当抽去一些三角锥单元的腹杆和下弦杆。见图 6.3-31	上弦平面为正三角形,下弦平面为正三角形及正六边形组合成,平面为六边形	刚度较三角锥网架差。为增加刚度,其周边宜布置成满锥	下弦杆内力增大且均匀性稍差	节点和杆件数量比三角锥数量少。上弦网格与三角锥网架一样密,有利于铺设屋面板。下弦杆稀疏,有利于省料及施工
蜂窝形三角锥网架	将倒置的三角锥体底面角与角相连形成网架的上弦。锥顶用杆件相连即形成网架的下弦。见图 6.3-34	上弦平面为有规律排列的三角形与六边形。下弦网格为单一的六边形。其斜腹杆与下弦杆位于同一平面内	同上	这种网架受压上弦杆短,受拉下弦杆长,能充分发挥杆件截面的作用,受力合理	在常见的网架形式中,杆件数和节点数量少。但上弦平面的三角形及六边形网格增加了屋面板的规格

二、其他形式网架

除以上所述平面桁架系网架及角锥体网架两大类外,还有三层网架及组合网架等结构形式。

(一) 三层网架

三层网架分全部三层和局部三层两种,一般中等跨度的网架,可采用后者。因材料关系,内力值受到限制的情况下采用局部三层网架会取得良好的效果。对大跨度的机库或体育馆则采用全部三层网架较为合理;三层网架对中、小跨度来说,因构造复杂,一般不采用,近年来有些跨度超过 50m 的网架也有采用的。

(二) 组合网架

所谓组合网架是指利用钢筋混凝土屋面板代替网架上弦杆的一种结构形式,它可使屋面板与网架结构共同工作,节约钢材,改善网架的受力性质。这是一种有很大发展前途的结构形式。这种组合网架不但适用于屋盖,更适用于楼盖,因目前尚属发展阶段,应用面有限,故本手册不作专门介绍。

注:本手册中的大、中、小跨度划分系针对屋盖网架而言;当跨度 $L_2 > 60\text{m}$ 为大跨度; $L_2 = 30 \sim 60\text{m}$ 为中跨度; $L_2 < 30\text{m}$ 为小跨度。

第五节 网架工程应用及分析研究

一、应用

在我国,第一个网架结构于 1964 年首次应用于上海师范学院球类房,平面尺寸为 $31.5\text{m} \times$

40.5m, 采用角钢焊接板节点。经过 30 多年的发展, 网架已遍及全国, 成为屋盖结构的一种主要形式。

一开始网架主要应用于体育馆, 后逐步扩大到公共建筑、飞机库乃至带有悬挂吊车的工业厂房。例如:

60 年代有上海师范学院球类房、上海航空俱乐部滑翔机库、上海体育学院篮球房和排球房, 北京首都体育馆、天津科学宫礼堂;

70 年代有上海文化广场、上海体育馆、北京国际俱乐部网球馆、天津二七影院, 江苏、辽宁、保定、福建及山东的体育馆, 大同矿务局工人俱乐部及食堂、江西上饶剧院、呼和浩特铁路局俱乐部、石家庄机车车辆厂装配厂房、天津塘沽站候车室及北京南苑机场飞机检修库等;

80 年代有上海体育中心万人体育馆、北京燕山石化公司东风化工厂、深圳体育馆、广州天河体育中心体育馆、唐山机车车辆厂客车总装车间、唐山齿轮厂联合厂房、广州石化发电厂, 以及上海、咸阳、长沙、沈阳等地的飞机库等;

90 年代有在北京的第十一届亚运会体育馆(七个馆)、北京首都机场四机位机库; 大面积应用的有长春第一汽车厂轿车总装厂房、天津无缝钢管厂管加工车间、深圳体育场、广州标致汽车制造厂、云南红河州卷烟厂及玉溪卷烟厂主厂房等。

二、结构及节点形式

(一) 网架结构形式

网架形式与建筑物平面形状、跨度、屋面类型、制造方式等因素有关。《网架结构设计施工规程》JGJ7—91(以下简称“网架规程”)中列出了 13 种常用网架的形式。具体可按表 2.1-1 选用:

1. 在网架发展的初期, 即 60、70 年代人们较多地采用斜放四角锥、两向正交斜放; 正放四角锥和两向正交正放次之。“网架规程”编制组分析表明:

当建筑物平面形状为方形和接近方形的矩形平面($L_1/L_2 \leq 1.5$), 斜放四角锥和棋盘形四角锥用钢量最少, 故在规程中推荐优先采用斜放四角锥、棋盘形四角锥和正放抽空四角锥, 其次选用两向正交斜放、两向正交正放和正放四角锥。但当 $1.5 \leq L_1/L_2 < 2.0$ 时, 即平面形状比较狭长时, 情况则相反, 此时应优先采用两向正交正放、正放四角锥或正放抽空四角锥等正放类网架。根据近几年的工程应用实践看, 由于正放四角锥(含抽空类)具有受力均匀、空间刚度大、屋面板规格少及工厂预制单元的定型化等优点, 在国内外均较广泛地应用。

2. 对于狭长的矩形平面, 可采用单向折线形(折板形)网架, 这种网架形式符合单向受力, 但在国内应用刚开始。如福建厦门湖里工业区的厂房网架(30m×99m), 用钢量还不足 20kg/m², 比一般网架节省用钢量 1/3。

3. 三层网架已逐渐在大跨度中应用, 并取得了一些研究成果, 如对三层网架的内力分析、模型试验、优化设计以及组合三层网架等。三层网架有全部三层和局部三层两种: 在大跨度飞机库或体育馆中宜采用全部三层, 它构造简单, 受力合理, 如新建的首都机场四机位机库就是采用三层网架; 对于中小跨度可在网架的中部或三边支承、一边开口的自由边处采用局部三层的加强办法, 如长沙黄花机场 48m×64m 的维修机库即采用支座双层、中间三层的网架。

4. 其他如组合网架、钢筋混凝土平面桁架系网架、装配式正放四角锥网架、预应力钢网架国内均进行过研究, 取得了一定的成果。其中组合网架已正式列入“网架规程”, 并列出了简化计算方法及节点构造。

(二) 节点形式

网架的杆件连接主要有焊接球节点、螺栓球节点和板节点三种。从已建成的网架统计, 焊接球节点应用最多, 螺栓球次之, 板节点最少。

1. 空心球节点构造简单、造价低、承受杆件的内力大, 附录四列有系列产品。它分不加肋和加

肋两种。为了提高空心球的承载力,还提出对球加双肋和十字肋的办法。球的直径一般最大为500mm。个别网架公司,曾在某工程中采用800mm×32mm的大球。

2. 螺栓球节点在中小跨度中,甚至在大跨度中应用逐渐增多,主要优点是现场施工简单。曾对螺栓球节点进行了大量研究改进工作,如:对水雷式螺栓球节点、半螺栓球节点、空腹半螺栓球节点、空心螺栓球节点、提高螺栓球节点上高强度螺栓的承载力等,都取得一定成果,有些已应用于工程中。

3. 支座节点多采用平板式支座。根据网架跨度和使用要求,近年来采用了各种受力明确、可自由转动的弧形球铰式支座。在大、中跨度网架中,也采用了可转动、可转动的板式橡胶支座。这将在第四章第二节中论述。

三、计算分析

过去网架计算多采用空间桁架位移精确法、交叉梁系(即差分法)、拟夹层板及假想弯矩等简化算法。近年来由于计算机软件的大量开发,各单位都用精确法上机计算而基本上已不用图表的手算近似法。采用电子计算机不仅可以进行理论分析、优化设计,而且能绘制施工图。不少高等院校、科研设计院都编制了具有各自特色的软件,能自动形成复杂几何数据和完善的前后处理功能,实现菜单式人机对话和图形互换,并有剪裁拼接和弯折等功能,有些已通过鉴定达到国内外先进水平,并为多数单位应用过。这对网架结构的推广和应用创造了极有利的条件。“网架规程”根据国内一些单位提供的科研成果,列入了网架在竖向地震、温度作用下的内力计算、组合网架结构的计算及拟夹层板法的网架简化算法等。

四、规程和标准

已出版现行规程和标准有《网架结构设计施工规程》(JGJ 7—91)、《网架结构工程质量检验评定标准》(JGJ 8—91)、《钢网架螺栓球节点》(JGJ 75.1—91)、《钢网架焊接球节点》(JGJ 75.2—91)、《钢网架检验及验收标准》(JGJ 75.3—91)、《钢网架螺栓球节点用高强度螺栓》(GB/T 16939—1997)等。

五、网架施工与检验

在已建的几千座网架中,采用各式各样的吊装方法,积累了丰富的经验。螺栓球节点网架多采用高空散装法(满堂脚手架),焊接球节点网架大多采用整体吊装法。用拔杆人工铰盘或电动铰盘,也有用推移法的。必须指出,网架的施工质量直接影响结构的安全与否,在第五章专门论述网架的制作、安装与检验。

网架的质量问题事关生命财产应引起特别注意。过去国内曾出现过数起较大的倒塌事故,有的为对施工资质与检验要求不严;有的为在设计中所选取的支座约束条件与实际不符;有的为对网架厂提供的设计图纸未经设计部门严格审查和把关,这些均应引起有关部门的重视。

目前国内网架及其配套板的生产厂家有数百家之多,施工水平高低相差悬殊,这些应引起人们足够的注意。

第二章 网架设计规定

第一节 网架形式选择

网架选型应根据建筑物的平面形状、跨度大小、支承情况、荷载大小、屋面构造、建筑要求、制造安装方法以及材料供应情况等因素综合考虑。例如，网架跨度很大，材料供应只有角钢，则只能采用板节点的角钢网架；此时如建筑平面为方形或长方形，则宜采用两向正交正放或正交斜放网架；当建筑平面为扇形、圆形或多边形时，则只宜采用三向网架。在材料正常供应的情况下，综合以上各种因素。建议按表 2.1-1 选用网架型式。

常用网架选型表

表 2.1-1

支承方式	平面形状		网架形式		
周边支承	矩形	$L_1/L_2 \leq 1.5$	中、小跨度	轻型屋盖	棋盘形四角锥网架,正放抽空四角锥网架,蜂窝形三角锥网架,星形四角锥网架
				一般屋盖	斜放四角锥网架,棋盘形四角锥网架,正放抽空四角锥网架,两向正交斜放网架,两向正交正放网架,正放四角锥网架
			大跨度	—	两向正交正放网架、两向正交斜放网架,正放四角锥网架、斜放四角锥网架
		$1.5 < L_1/L_2 \leq 2$	—	—	两向正交正放网架,正放四角锥网架,正放抽空四角锥网架,斜放四角锥网架
		$L_1/L_2 > 2$	—	—	单向折线形网架,两向正交正放网架,正放四角锥网架
	圆形、多边形	中小跨度	轻型屋盖	蜂窝形三角锥网架、抽空三角锥网架	
			一般屋盖	三向网架、三角锥网架、抽空三角锥网架	
			大跨度	—	三向网架、三角锥网架
	三边支承	矩形	参照上述周边支承矩形平面网架的选型,但要处理开口自由边: 1. 将整个网架的高度适当增高,开口边杆件的截面增大,增加整体刚度; 2. 在开口边局部增加网格层数,以增强开口边的刚度		
—	—		轻型屋盖	正放抽空四角锥网架	
			一般屋盖	正放四角锥网架,正放抽空四角锥网架,两向正交正放网架	
周边支承与点支承结合	—	—	—	—	两向正交斜放网架或斜放四角锥网架

注：当建筑物长度 L_1 、 L_2 两个方向的支承间距不等时可采用表 1.4-1 中的两向斜交斜放网架。

L_1 ——建筑物长跨；

L_2 ——建筑物短跨。