



TEACHING MATERIALS
FOR COLLEGE STUDENTS

高等学校教材

钢结构 实践教学指南

THE GUIDE TO
PRACTICAL TEACHING
ON STEEL STRUCTURE

高福聚 编



中国石化大学出版社
CHINA UNIVERSITY OF PETROLEUM PRESS



钢结构实践教学指南

The Guide to Practical Teaching on Steel Structure

高福聚 编

图书在版编目(CIP)数据

钢结构实践教学指南/高福聚编. —东营:中国石油大学出版社, 2013. 11
ISBN 978-7-5636-4183-3

I. ①钢… II. ①高… III. ①钢结构—高等学校—教学参考资料 IV. ①TU391

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 265227 号

中国石油大学(华东)规划教材

书 名: 钢结构实践教学指南

作 者: 高福聚

责任编辑: 秦晓霞 曹秀丽(电话 0532—86983567)

封面设计: 赵志勇

出 版 者: 中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址: <http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱: shiyoujiaoyu@126.com

印 刷 者: 沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者: 中国石油大学出版社(电话 0532—86981532, 86983437)

开 本: 180 mm×235 mm 印张: 21.5 字数: 463 千字 插页: 2

版 次: 2014 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

定 价: 40.00 元

前言

钢结构是土木工程专业的一门实践性非常强的专业课程,因而课程设计和毕业设计的实践性教学是本课程教学的重要环节。

目前,钢结构结构体系在土木工程结构中的应用越来越广泛,相关技术人才需求迫切。而目前钢结构的课时有限,学生对钢结构实际工程的接触较少,因而必须通过课程设计来加强学生对钢结构基本知识和结构体系设计全过程的掌握。

本书以实际应用为目的,以示例形式介绍了一般钢结构设计的全过程,可以使学生了解钢结构设计的一般程序和内容、施工图的表达方法和制图规定等基本知识;对设计中的难点和重要概念做了解释,对设计环节中应注意的问题做了强调。本书的宗旨在于尽可能地帮助学生做好钢结构的课程设计和毕业设计,将理论与实际联系起来,为毕业后进行实际工程设计做好技术铺垫和准备。

本书可作为土木工程及其相关专业本科生、专科生的教学用书,也可以作为研究生、初级技术人员的设计参考用书。

在本书的编写过程中,潍坊宏跃网架钢结构工程公司总经理徐玉平高级工程师,山东电力建设第一工程公司王永新高级工程师,天津大学建筑设计研究院张斗斗高级工程师为本书编写提供了大量工程设计资料,在此谨向这些资料提供者表示感谢;程玉梅、张明、肖光辉、李春宝老师和研究生房志刚、崔田田、刘畅、李涛、张继杰、时谦、袁洪兰、孙新为本书初稿的校对、勘误付出了很多时间和精力,也一并表示感谢。

限于编者水平和编写时间仓促,不妥之处在所难免,敬请广大读者批评指正。

高福聚
2013年12月

目录

第一章 普通梯形钢屋架设计指导	1
第一节 概 述	1
第二节 屋架的形式及主要尺寸	1
第三节 屋面系统的支撑布置	3
第四节 荷载和荷载组合	5
第五节 内力计算	6
第六节 屋架杆件的计算长度	7
第七节 杆件截面设计	8
第八节 节点设计	11
第九节 屋架施工详图	17
第十节 钢屋架设计实例	19
第二章 吊车梁设计指导	25
第一节 吊车梁设计要点	25
第二节 吊车梁设计实例	35
第三章 单层厂房钢结构设计指导	41
第一节 单层厂房钢结构形式及其结构布置	41
第二节 单层厂房钢结构设计	45
第三节 钢屋盖结构的形式、组成及布置	52
第四章 门式刚架轻型房屋钢结构设计指导	59
第一节 设计一般规定	59
第二节 荷 载	62
第三节 内力分析	65

第四节	荷载效应组合	65
第五节	截面验算	66
第六节	焊接工字形吊车梁的构造与计算	68
第七节	檩条的构造与计算	76
第八节	墙梁的构造与计算	82
第九节	刚架支撑的设计与构造	86
第十节	压型钢板的设计与计算	89
第十一节	柱脚设计	94
第十二节	门式刚架轻钢结构设计实例	96
第五章	多高层钢框架房屋结构设计	144
第一节	设计基本过程	144
第二节	结构布置的基本要求	145
第三节	主要结构构件形式	150
第四节	结构构件钢材的基本规定	152
第五节	荷载计算	153
第六节	框架结构内力计算	157
第七节	多层框架内力组合	161
第八节	梁柱截面验算	163
第九节	框架节点及构件连接设计	166
第十节	柱脚	176
第十一节	多层钢结构设计实例	181
第六章	压型钢板组合楼盖设计指导	210
第一节	压型钢板组合楼板设计	212
第二节	组合梁的设计	217
第三节	组合楼板设计实例	228
第四节	组合梁设计实例	234
附录 1	钢结构设计制图深度及表示方法	242
A1.1	钢结构制图基本规定	242
A1.2	钢结构设计制图阶段划分及深度	260
附录 2	钢结构设计常用数据和算法说明	263
A2.1	钢结构用主要钢材牌号的化学成分和机械性能	263

A2.2	钢结构连接强度的确定及焊接材料特性	267
A2.3	钢材和连接的强度设计值	272
A2.4	轴心受压构件的稳定系数	275
A2.5	各种截面回转半径的近似值	278
A2.6	角钢的规格及截面特性	279
A2.7	梁的整体稳定系数	298
A2.8	柱的计算长度系数	303
A2.9	螺栓和锚栓规格	313
A2.10	规则框架反弯点的高度比	314
A2.11	门式刚架风荷载计算说明	318
A2.12	卷边 Z 形冷弯型钢的截面特性	322
A2.13	卷边槽形冷弯型钢的截面特性	325
A2.14	楔形梁在刚架平面内的换算长度系数	327
A2.15	檩条在风吸力作用下的稳定计算	329
A2.16	单面角焊缝的技术要求	332
附录 3	钢屋架施工图示例	334
附录 4	吊车梁设计示例	334
参考文献		335

第一章

普通梯形钢屋架设计指导

第一节 概 述

钢屋架是屋盖结构的一部分,是主要的承重构件。按结构形式可分为三角形屋架、梯形屋架、两铰拱屋架、三铰拱屋架和梭形屋架;按照所采用的钢材规格的不同,可分为普通钢屋架、轻型钢屋架(杆件为圆钢和小角钢)和薄壁型钢屋架。

普通钢屋架是由普通角钢和节点板焊接而成的。这种屋架受力性能好,构造简单,施工方便,广泛应用于工业和民用建筑的屋盖结构中,一般采用大型钢筋混凝土屋面板等的重型屋面,将屋面板直接放在屋架或天窗架上。近年来通常采用的做法是先在钢屋架或天窗架上敷设檩条,再在檩条上铺设压型钢板或压型钢板夹芯板;普通屋架所用的等边角钢不小于 $L45 \times 4$,不等边角钢不小于 $L56 \times 36 \times 4$ 。

屋架一般采用 Q235B 或 Q345 钢材,冬季计算温度等于或低于 -30°C 时的屋架宜采用 Q235B $\cdot$ Z 钢材,荷载较大的大跨度屋架可采用 Q345 或 Q390 钢材。

第二节 屋架的形式及主要尺寸

一、普通梯形钢屋架概述

屋架的外形常用的有梯形、三角形和平行弦等几种,屋架的外形和腹杆形式应经过综合考虑分析确定。如图 1-1 所示。屋架的形式主要取决于房屋的使用要求、屋面材料及需要的屋面坡度、屋架与柱的连接方式(铰接或刚接)、屋盖的整体刚度等。同时,屋架的外形还要考虑在制造简单的条件下尽量与弯矩图形相接近,使弦杆的内力差别较小。屋面坡度 i 根据所采用的屋面材料可取为:

卷材防水屋面

$$i = 1/12 \sim 1/8$$

长尺寸压型钢板和夹芯板屋面	$i = 1/20 \sim 1/8$
波形石棉瓦屋面	$i = 1/4 \sim 1/2.5$
瓦楞铁、短尺压型钢板和夹芯板屋面	$i = 1/6 \sim 1/3$

普通梯形钢屋架通常用于屋面坡度较为平缓的大型屋面板或长尺寸压型钢板的屋面, 跨度一般为 15~36 m, 柱距 6~12 m, 跨中经济高度为 $(1/10 \sim 1/8)l$ 。梯形屋架外形比较接近弯矩图, 因而弦杆内力沿跨度分布比较均匀, 用料较经济, 且可以和柱刚接或铰接, 刚接可使建筑物横向刚度提高。与柱刚接的梯形屋架, 端部高度一般为 $(1/16 \sim 1/12)l$, 通常取 1.6~2.4 m; 与柱铰接的梯形屋架, 端部高度为 1.5~2.0 m。此时, 跨中高度可根据端部高度和上弦坡度确定。在多跨房屋中, 各跨屋架的端部高度应尽可能相同。

当采用大型屋面板时, 为使荷载作用在节点上, 上弦杆的节间长度宜等于板的宽度, 即 1.5 m 或 3.0 m。当采用压型钢板屋面时, 也应使檩条尽量布置在节点上, 以避免上弦杆受弯。对于跨度较大的梯形屋架, 为了保证荷载作用于节点, 并保持腹杆有适宜的角度和便于节点构造处理, 可沿屋架全长或只在屋架跨中部分布置再分式腹杆。

梯形屋架的斜腹杆一般采用“人”字形, 倾角宜为 $30^\circ \sim 60^\circ$ 。支座斜腹杆与弦杆组成的支承节点在下弦时为下承式, 在上弦时为上承式。

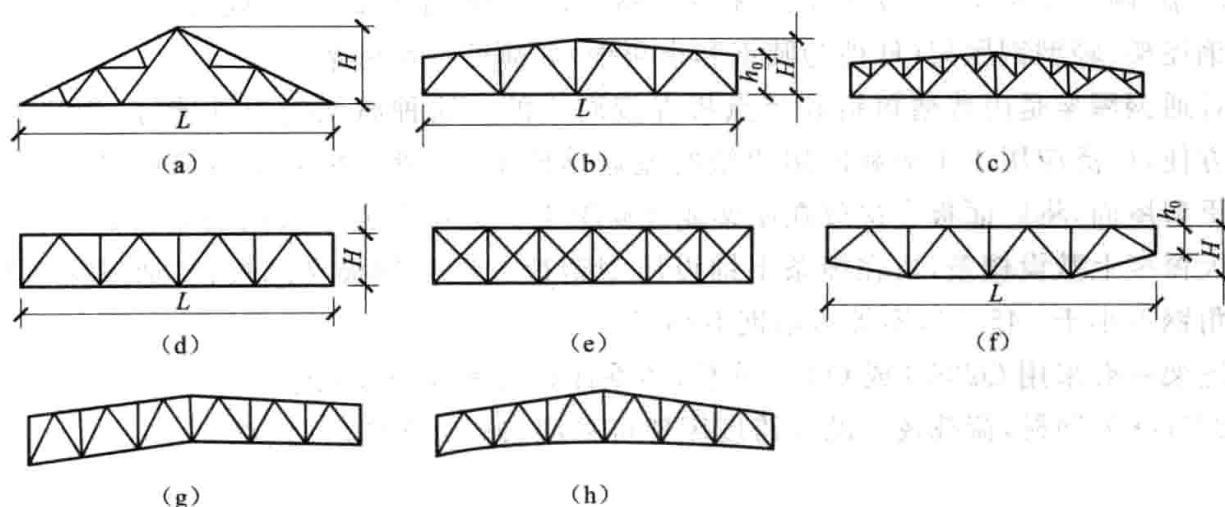


图 1-1 屋架常用形式

二、普通梯形钢屋架主要尺寸的确定

普通梯形钢屋架的主要尺寸包括屋架的跨度、跨中高度和端部高度。

(1) 屋架的跨度。屋架的跨度取决于柱网的布置, 柱网纵向轴线的间距就是屋架的标志跨度(公称跨度, L), 一般以 3 m 为模数, 屋架的计算跨度(l)是两端支座反力的距离, 在大多数情况下计算跨度比公称跨度小。对于封闭结合, 计算跨度 = 标志跨度 - $2 \times (150 \sim 300)$; 对于非封闭结合, 常取计算跨度 = 标志跨度(见图 1-2)。

(2) 跨中高度。屋架的跨中高度由经济要求、刚度要求、运输界限和屋面坡度等因素来确定; 根据屋架的允许挠度可决定其最小高度, 最大高度则取决于运输界限, 例如铁路

运输界限为 3.85 m。屋架的经济高度根据上下弦杆和腹杆的总质量最小的条件确定。三角形屋架的中部高度主要取决于屋面坡度,当 $i = 1/3 \sim 1/2$ 时, $H = (1/6 \sim 1/4)l$ 。梯形和平行弦屋架的中部高度主要取决于经济要求,一般取 $H = (1/10 \sim 1/6)l$ 。

(3) 端部高度 h_0 。它是与中部高度和屋面坡度相关的。一般陡坡梯形屋架取 $h_0 = 0.5 \sim 1.0$ m,缓坡梯形屋架取 $h_0 = 1.8 \sim 2.1$ m。多跨厂房梯形屋架的端部高度应力求统一。

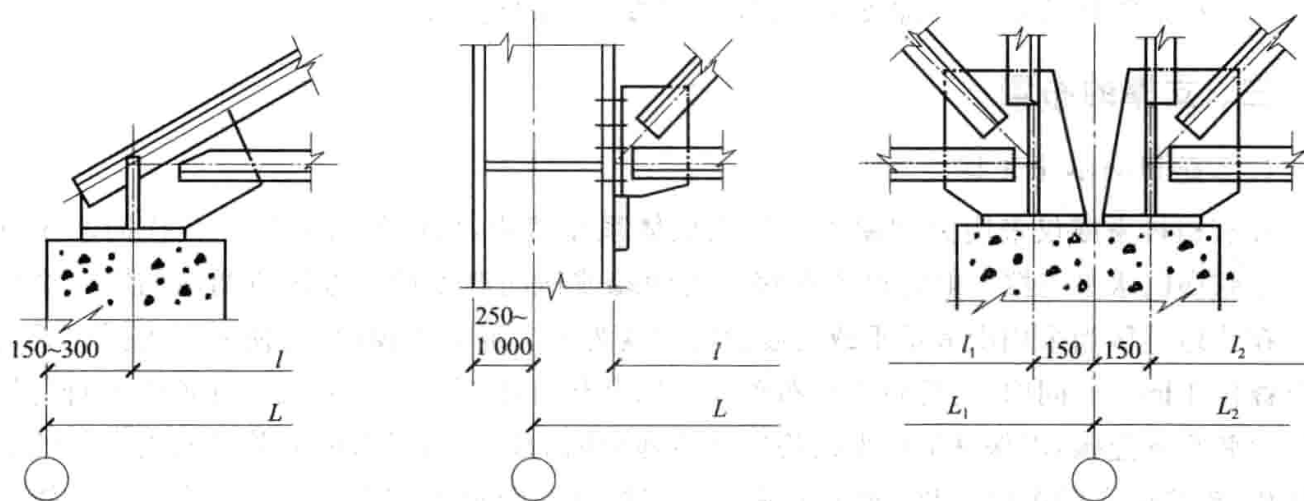


图 1-2 屋架的跨度

三、屋架的起拱要求

跨度 $l \geq 24$ m 的梯形屋架,当下弦无曲折时,宜起拱,起拱高度 $v = l/500$ 。起拱方法一般是使下弦成直线弯折而将整个屋架抬高,即上、下弦同时起拱。

第三节 屋面系统的支撑布置

一、支撑布置的必要性

屋架是屋盖结构中最主要的承重构件,虽然屋架之间有檩条或屋面板联系,但仍然是一个不稳定的空间体系。通过合理设置支撑可以将屋盖变成几何不变体系;支撑还保证了屋盖的刚度和空间的整体性,减少了屋盖在水平力作用下的变形;支撑为屋架提供了侧向支点,减少了屋架杆件的计算长度,使受压弦杆保证侧向的稳定,使受拉弦杆具有足够的刚度;支撑还能够传递水平荷载,并能保证屋架在施工安装时的稳定与方便。

二、支撑布置的原则

- (1) 在设置纵向支撑的平面内必须同时设置横向支撑,并将两者布置为封闭型。
- (2) 所有的横向支撑、纵向支撑和竖向支撑均应与屋架、托架、天窗架等的杆件或檩条组成几何不变的桁架形式。

(3) 房屋中每一温度区段或分期建设的区段中,应分别设置能独立构成空间稳定结构的支撑系统。

(4) 传递风力、吊车水平力和水平地震作用的支撑,应能使外力由作用点尽快地传递到结构的支座。

(5) 柱距越大或吊车工作量越繁重,支撑的刚度也应越大。

(6) 在地震区应适当增加支撑,并加强支撑节点的连接强度。

三、支撑的布置

1. 上弦横向水平支撑

在有檩体系或仅采用大型屋面板的无檩体系屋盖中,均应设置屋架上弦横向水平支撑。上弦横向水平支撑一般应设置在房间的两端或横向温度伸缩缝区段两端的第一个柱间。在非地震区当采用山墙承重或抗震设防烈度为 6、7 度有天窗时,为使屋架支撑与天窗架支撑位于同一开间内,也可将支撑布置在第二个开间,但第一个开间必须用刚性系杆与端屋架上弦牢固连接,以保证端屋架的稳定和传递山墙的风。为了保证上弦横向支撑间的有效作用,提高屋盖的纵向刚度,两个上弦横向支撑间的距离不宜大于 60 m,故当房屋较长(大于 60 m)时,还应在中间柱间增设横向水平支撑。

2. 下弦横向水平支撑

下弦横向水平支撑一般和上弦横向水平支撑布置在同一开间,它们和相邻的两个屋架组成一个空间桁架体系。一般情况下,应设置下弦横向水平支撑,但当跨度大于 18 m 且未设悬挂起重运输设备和吊车,或者虽有吊车但吨位不大也没有较大的振动设备时,可不设置下弦横向水平支撑。

3. 下弦纵向支撑

下弦纵向水平支撑的主要作用是与横向水平支撑一起形成封闭体系,以提高房屋的整体刚度。当厂房内设有较大吨位的重级、中级工作制桥式吊车、壁行式吊车或有锻锤等较大振动设备,以及厂房较高、跨度较大、空间刚度要求较高时,均应在屋架下弦端节间内设置纵向水平支撑。

单跨厂房一般沿两纵向柱列设置,多跨厂房则根据具体情况沿全部或部分纵向柱列设置,有托架的房屋为了保证托架的侧向稳定在有托架处也应设置纵向水平支撑。

4. 竖向支撑

所有房屋均应设置竖向支撑。它的主要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形成空间几何不变体系,以保证屋架在使用和安装时整体稳定。故在设有横向支撑的开间内,均应设置竖向支撑。

对于梯形屋架,当跨度 ≤ 30 m 时,一般只需在屋架两端及跨中竖杆平面内布置三道竖向支撑,当跨度 > 30 m 时,应在两端和跨度的 $1/3$ 处或天窗架侧处各布置一道竖向支

撑。对于三角形屋架,当跨度 $\leq 18\text{ m}$ 时,一般只需在跨中布置一道竖向支撑,当跨度 $>18\text{ m}$ 时,应根据具体情况设置两道竖向支撑。

5. 系杆

为了保证未设横向水平支撑屋架的侧向稳定以及传递水平荷载,应在横向水平支撑或竖向支撑的节点处,沿房屋纵向通长设置系杆。系杆分为刚性系杆和柔性系杆。只能承受拉力的为柔性系杆,一般采用单角钢;能承受压力的为刚性系杆,一般由两个角钢组成的十字形截面。刚性系杆主要设置在三角形屋架的两端、梯形屋架的主要支撑处、屋架上弦脊节点处以及其他可能有受压要求的位置,其余处一般都设置柔性系杆。

第四节 荷载和荷载组合

一、作用在屋架上的荷载

1. 永久荷载

永久荷载包括屋面构造层的重量、屋架和支撑的重量及天窗等结构的自重。屋架和支撑的重量及天窗重量(按屋面水平投影面积计算, kN/m^2)可参考表 1-1,屋架和支撑的重量也可按经验公式 $q = 0.12 + 0.011l$ 估计(l 为屋架的跨度,单位为 m)。

表 1-1 屋面荷载的标准值 q_k 单位: kN/m^2

名 称	跨度/ m	屋面荷载的标准值			
		$q_k < 1.5$	$1.5 \leq q_k < 3.0$	$3.0 \leq q_k < 4.0$	$4.0 \leq q_k \leq 5.0$
屋 架 (包括支撑)	12	0.08~0.13	0.14~0.17	0.18~0.21	0.22~0.25
	18	0.10~0.17	0.18~0.22	0.23~0.27	0.28~0.32
	24	0.14~0.22	0.24~0.28	0.29~0.33	0.34~0.38
	30	0.18~0.28	0.29~0.34	0.35~0.40	0.41~0.46
	36	0.20~0.32	0.33~0.38	0.39~0.45	0.46~0.52
天窗架 (包括支撑)	6	0.07~0.10	0.09~0.12	0.11~0.14	0.13~0.16
	12	0.10~0.14	0.13~0.16	0.15~0.18	0.17~0.20
檩 条	—	0.05~0.10	0.07~0.12	0.10~0.15	—
托 架	—	0.05~0.09	0.09~0.13	0.13~0.16	0.16~0.20

2. 可变荷载

可变荷载包括屋面活荷载、雪荷载、积灰荷载、风荷载和悬挂吊车荷载等。其中雪荷载、积灰荷载、风荷载等应按《建筑结构荷载规范》(GB 50009—2012)的规定采用,积灰荷载应与雪荷载或屋面均布活荷载(雪荷载和屋面均布活荷载通常不能同时出现,我们取其较大者)应同时考虑。

按水平投影面积计算的屋面均布活荷载标准值如下:

(1) 不上人的屋面:对于压型钢板、压型铝合金板、石棉瓦、瓦楞铁等轻屋面以及平瓦屋面,取 0.5 kN/m^2 ;对于钢筋混凝土屋面,取 0.7 kN/m^2 。

(2) 上人屋面:按使用要求确定,但不小于 1.5 kN/m^2 。

二、荷载组合

为了求出各个杆件的最不利内力,必须对作用在屋架上的荷载根据施工和使用过程可能出现的分布情况进行组合,一般为以下三种情况:

- (1) 全跨永久荷载+全跨可变荷载。
- (2) 全跨永久荷载+半跨可变荷载。
- (3) 全跨屋架和支撑自重+半跨屋面板重+半跨施工荷载。

第五节 内力计算

我们可以用数解法、图解法或电算法进行内力的计算,先求出全跨或半跨单位荷载作用下的杆件内力系数,然后乘以实际的节点荷载,屋架在上节第一种荷载组合下,屋架的弦杆、竖杆和靠近两端的斜腹杆,内力均达到最大,在第二种荷载组合或第三种荷载组合下,靠近跨中的斜腹杆的内力可能达到最大或发生变号。

下面简要介绍图解法的计算过程(不考虑起拱)(见图 1-3)。通常,我们可以采用理论力学的方法或电算法进行。

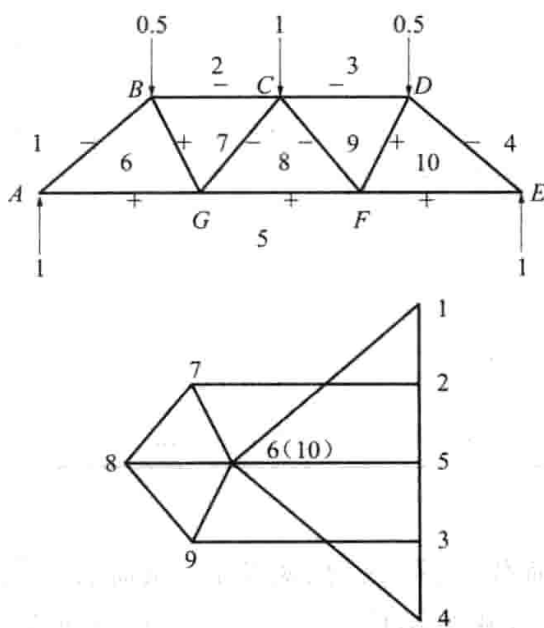


图 1-3 图解法

应用图解法求得单位荷载作用于全跨及半跨各节点的各杆内力,即内力系数,然后可求出当荷载作用于全跨及半跨各节点时的杆件内力,并求出荷载组合下的杆件内力,取其中不利内力(正、负最大值)作为设计屋架的依据。

图解法求杆件内力系数的方法及步骤:

- (1) 按一定比例尺画出屋架几何尺寸的单线图(不考虑起拱)。
- (2) 计算节点力及支座反力,并标在相应节点及支座处。
- (3) 根据杆件及节点力、支座反力将整个屋架所在平面分区,并编号。
- (4) 取一定的力比例尺,绘制力多边形。
- (5) 根据力多边形及屋架几何图判断杆件的拉、压。

第六节 屋架杆件的计算长度

在理想的铰接屋架中,杆件在屋架平面内的计算长度应该是节点中心间的距离。实际上,交汇于节点处的各杆件是通过节点板焊接在一起的,并非真正的铰接,节点具有一定的刚度,杆件两端均属弹性嵌固。此外,节点的转动还会受到交汇于节点拉杆的约束,这些拉杆的线刚度越大,约束作用也越大。节点的嵌固程度越大,杆件的计算长度就越小。所以,我们要视节点的嵌固程度来确定各杆的计算长度。

一、平面内计算长度

弦杆、支座斜杆和支座竖杆因本身截面较大,其他杆件在节点处对它的约束作用很小,同时考虑到这些杆件在屋架中是主要杆件,故计算长度取节点间的距离,即 $l_{0x} = l$,其他腹杆,与上弦相连的一端拉杆少,嵌固程度小,另一端与下弦相连,拉杆多,嵌固程度较大,其计算长度取 $l_{0x} = 0.8l$ 。

二、平面外计算长度

弦杆在屋架平面外的计算长度等于侧向支承节点之间的距离, $l_{0y} = l_1$ 。

上弦杆在有檩屋盖中,若檩条与横向水平支撑的交叉点用节点板连牢,则取 l_1 等于檩条之间的距离;若檩条与支撑的交叉点不连接,则 l_1 取支撑节点间的距离。在无檩屋盖中,大型屋面板在三个角点与屋架上弦焊接,起一定支撑作用, l_1 可取两块屋面板间的宽度。

屋架下弦的平面外计算长度 l_{0y} 等于侧向支承点间的距离,即纵向水平支撑节点与系杆或系杆与系杆之间的距离。腹杆在平面外的计算长度等于杆端节点间距,即 $l_{0y} = l$ 。

当屋架上弦侧向支承点间的距离 l_1 为节间长度的两倍,且两节间的轴心压力不相等,一个节间作用着较大的压力 N_1 ,另一个节间作用着较小的压力或拉力 N_2 时,压杆的

临界力要比两端作用着较大的轴压力 N_1 时要高。计算这种压杆在屋架平面外的稳定时,杆件轴力仍取用较大的轴力 N_1 ,为了考虑上述有利因素,计算长度应按下式计算(但不应小于 $0.5l_1$)。计算时压力取正号,拉力取负号。

$$l_{0y} = l_1 \left(0.75 + 0.25 \frac{N_2}{N_1} \right) \quad (1-1)$$

三、斜平面计算长度

单面连接的单角钢杆件或双角钢组成的十字形截面杆件,因截面的主轴均不在屋架平面内,杆件可能向着最小刚度的斜向屈曲,此时,杆件两端的节点对其两个方向均有一定的嵌固作用,这类腹杆的计算长度 $l_0 = 0.9l$ 。

表 1-2 中的腹杆计算长度是指单系腹杆。若是交叉腹杆,在屋架平面内的计算长度,无论是拉杆还是压杆均取节点中心到交叉点之间的距离,即 $l_{0x} = 0.5l$ 。在屋架平面外的计算长度按下列规定采用:

(1) 对于压杆,当相交的另一杆受拉,且两杆在交叉点处均不中断时, $l_{0y} = 0.5l$;当相交的另一杆受拉,两杆中有一杆在交叉点处中断,并与节点板搭接时, $l_{0y} = 0.7l$;其他情况时, $l_{0y} = l$ 。

(2) 对于拉杆, $l_{0y} = l$ 。 l 指节点中心间距离(交叉点不作为节点考虑)。

表 1-2 屋架杆件的计算长度

项 次	弯曲方向	弦 杆	腹 杆	
			支座斜杆和支座竖杆	其他腹杆
1	在屋架平面内	l	l	$0.8l$
2	在屋架平面外	l_1	l	l
3	斜平面	—	l	$0.9l$

注:① l —构件的几何长度(节点中心间距离); l_1 —屋架弦杆侧向支承点之间的距离。

② 斜平面是指与屋架平面斜交的平面,适用于构件截面两主轴均不在屋架平面内的单角钢腹杆和双角钢十字形截面腹杆。

③ 无节点板的腹杆计算长度在任意平面内均取其几何长度(钢管结构除外)。

第七节 杆件截面设计

一、截面形式

选择屋架杆件截面形式时,应考虑构造简单、施工方便,且取材容易、易于连接,尽可能增大屋架的侧向刚度。对轴心受力杆件,宜使各杆件在两个主轴方向的长细比接近,即 $\lambda_x \approx \lambda_y$ 。

普通钢屋架的杆件通常采用两个角钢组成的 T 形截面或十字形截面(见图 1-4)。

(1) 屋架上弦,宜采用由两个不等肢角钢短肢相并的 T 形截面(见图 1-4a)。如果上弦杆有节间荷载作用,为了增强屋架平面内的抗弯刚度宜采用由两个等肢角钢组成的 T 形截面或两个不等肢角钢长肢相并的 T 形截面。

(2) 屋架的端斜杆,应采用两个不等肢角钢长肢相并的 T 形截面(见图 1-4b)或两个等肢角钢组成的 T 形截面(见图 1-4c)。

(3) 其他腹杆,应采用两个等肢角钢组成的 T 形截面(见图 1-4c),连接竖向支撑的竖腹杆为了传力时不产生偏心,便于与支撑连接,以及吊装时屋架两端可以互换,宜采用两个等肢角钢组成的十字形截面(见图 1-4d)。对于受力很小的腹杆,也可用单角钢截面,角钢最小不能小于 $\angle 45 \times 4$ 或 $\angle 56 \times 36 \times 4$ 。

(4) 屋架下弦受拉,所选截面除满足强度和容许长细比外,应尽可能增大屋架平面外的刚度,以利于运输和吊装。因此下弦杆常采用两个不等肢角钢短肢相并的 T 形截面。

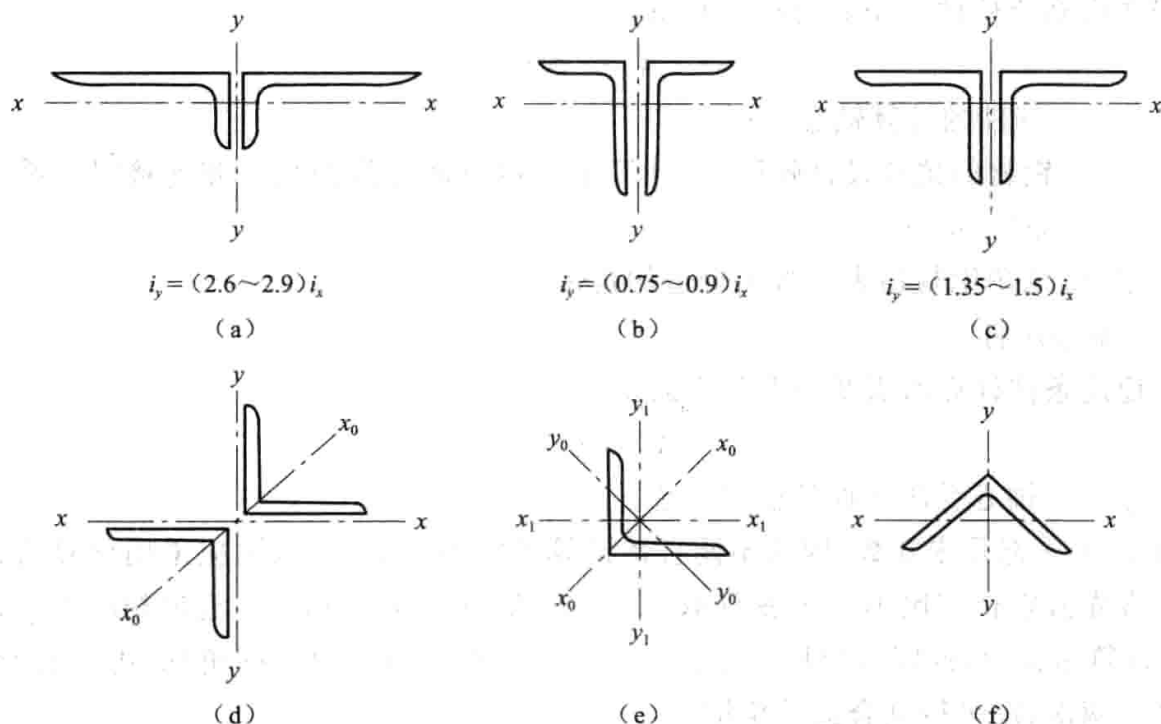


图 1-4 屋架杆件的角钢截面

二、填板

为了使两个角钢组成的截面能够整体工作,应在角钢相并肢之间每隔一定间距焊上一块填板。填板宽度由构造要求决定,一般取 $60 \sim 100 \text{ mm}$; 长度 c , 对于 T 形截面应伸出角钢肢边各 $10 \sim 20 \text{ mm}$, 对于十字形截面则应缩进角钢肢边 $10 \sim 20 \text{ mm}$ 。填板间距 l_d 在受压杆件中不大于 $40i$, 在受拉杆件中不大于 $80i$ 。对于 T 形截面, i 为一个角钢平行于填板的形心轴的回转半径; 对于十字形截面, i 取一个角钢的最小回转半径。在受压杆件的两个侧向支承点之间填板数不得少于两个。

三、屋架杆件截面选择

(1) 选择截面时应考虑下列原则:

- ① 应选用肢宽而壁薄的角钢,但最薄不能小于 5 mm;
- ② 为了便于订货和制造,相近的角钢应尽量统一,同一屋架所采用的角钢型号一般不超过 5~7 种;

③ 屋架弦杆一般采用等截面,但当跨度大于 30 m 时,弦杆可根据内力的变化改变截面,通常厚度不变而缩小肢宽,以利于拼接节点的构造处理。

④ 普通钢屋架的角钢不得小于 $L45 \times 4$ 或 $L56 \times 36 \times 4$ (对焊接结构)。直接与支撑或系杆相连的角钢最小肢宽应根据连接螺栓的直径而定,当螺栓直径 $d = 16, 18, 20$ mm 时,角钢最小肢宽分别为 63、70、75 mm。

(2) 轴心拉杆。

按强度确定杆件所需要的截面面积:

$$A_n = N/f \quad (1-2)$$

式中 N ——杆件的计算轴心力;

f ——钢材的抗拉设计强度,当计算单角钢单面连接的强度和连接时应乘以折减系数 0.85。

根据 A_n 从角钢规格表中选出合适的角钢。

(3) 轴心压杆。

按稳定条件计算所需要的毛截面面积:

$$A = N/(\varphi f) \quad (1-3)$$

式中 φ ——轴心受压杆件的稳定系数。

由于 A, φ 都是未知数,因此不能直接计算所需要的截面,因而应采用试算法选择截面。通常先假定长细比 λ (一般弦杆取 80~100,腹杆取 100~120),查出相应的 φ 代入式 (1-3),计算截面 A ,同时算出回转半径 i_y, i_x ,从角钢规格表中选择角钢,再进行验算,这样反复一两次,即可得到合适的角钢。

(4) 压弯杆件。

当上弦有节间荷载时,应根据轴心压力和局部弯矩按压弯杆件进行计算。

初选截面后按下列公式验算:

① 在弯矩作用平面内的稳定计算。

$$\sigma = \frac{N}{\varphi_x A} + \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{1x} (1 - 0.8 \frac{N}{N_{Ex}})} \leq f \quad (1-4)$$

$$\sigma = \left| \frac{N}{A} - \frac{\beta_{mx} M_x}{\gamma_x W_{2x} (1 - 1.25 \frac{N}{N_{Ex}})} \right| \leq f \quad (1-5)$$