

张荣山 著

# 特种钢结构 设计与施工

中国建筑工业出版社

# 特种钢结构设计与施工

张荣山 著



中国建筑工业出版社

## 图书在版编目 (CIP) 数据

特种钢结构设计与施工/张荣山著. —北京: 中国建筑工业出版社, 2004

ISBN 7-112-06706-5

I. 特... II. 张... III. ①建筑结构: 钢结构—结构设计②钢结构—建筑工程—工程施工 IV. ①TU391.04  
②TU758.11

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 059237 号

## 特种钢结构设计与施工

张荣山 著

\*

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

北京市兴顺印刷厂印刷

\*

开本: 787×960 毫米 1/16 印张: 12¼ 字数: 307 千字

2004 年 11 月第一版 2004 年 11 月第一次印刷

印数: 1—4,000 册 定价: 21.00 元

ISBN 7-112-06706-5

TU·5860 (12660)

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)

本社网址: <http://www.china-abp.com.cn>

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

本书根据《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)、《型钢混凝土组合结构技术规程》(JGJ 138—2001)、《门式刚架轻型房屋钢结构技术规程》(CECS 102:2002)、《网壳结构技术规程》(JGJ 61—2003)、《冷弯薄壁型钢结构技术规范》(GB 50018—2002)、《钢结构工程施工质量验收规范》(GB 50205—2001)编写而成。全书详细介绍了门式刚架轻型房屋钢结构、钢—混凝土组合梁、钢管空间梭形屋架、折式钢屋架、人字形折式钢屋架、带式输送机栈桥轻钢空间结构、三角形断面钢管空间桁架和屋架、钢管架纵向力考虑整体作用和钢结构制作、拼装与防腐蚀等方面的设计与施工问题。对每种结构大都有工程实例,并编制有选用图表。

本书可供建设行业设计、施工、基建、科研等人员使用,并可供大专院校师生参考。

\* \* \*

责任编辑:郭 栋

责任设计:崔兰萍

责任校对:李志瑛 王金珠

## 前 言

在我国改革开放 20 多年来,笔者与同仁们一起,先后设计了一些新型的钢结构体系。这些新结构已广泛应用于石油化工、机械加工等工业建筑,以及影剧院、展览馆、农贸市场、大会议厅等公共建筑和其他一些构筑物的工程中,均收到了良好的社会 and 经济效益。其中有的成果获得了部级科技进步奖,有的则成为建设部的重要科技成果推广项目。这些新型的结构在多年的实践过程中,在设计 and 施工等方面都不断地得到改进和发展。为了满足广大工程技术人员的要求,促进工程技术的交流,以《钢结构设计规范》(GB 50017—2003)等最新的国家标准和技术标准为指导,根据多年的工程经验和研究,在吸收了国内外一些最新技术成果的基础上,对这些新型钢结构体系进行了系统的总结和提高,编写了这本书。我相信本书的出版,必将使这些新型的钢结构得到进一步的发展和推广应用,而且对推动钢结构的发展也必将起到一定的作用。

在本书所介绍的新型钢结构中,其中较多的为新型钢管空间结构体系。空间结构具有杆件受力合理,整体性和稳定性好,空间刚度大,抗震性能好,造型美观等优点。然而,一般来说,空间结构的制作、安装、连接等方面比平面结构体系要复杂得多,工程造价也高。就一般平板网架结构而言,比平面钢屋架体系造价高出 70% 左右,其中制作(包括材质)费用高 40% 左右,安装和拼装费用高 30% 左右。由此可见,对设计工作者来说,所设计的空间结构体系,如何使其保持和发展空间结构体系的优点,克服它的缺点,对空间结构的推广使用,并使其取得良好的效益具有十分重要的意义。本书所介绍的空间结构体系,正是发扬了空间结构体系的突出优点,而对它的弊病进行了革除,使得制作、连接简单化,安装和拼装灵活方便,因此也减少了用钢量,降低了造价。尤其是钢管空间结构体系,这些优点则更为明显。

钢管包括热轧无缝钢管和焊接钢管。钢管截面刚度大,受力性能好,易于防腐,耐久性能好。把钢管用作受力杆件比较合理,尤其是近年来,钢材焊接技术有了迅速的发展,特别是自动切割机的应用,使钢管节点可以很好地直接焊接而不需要节点板,同时节点强度计算理论和方法在国内外日趋成熟。本书所介绍的钢空间结构杆件,除少部分采用普通型钢外,大部分采用了钢管,这样充分利用受力性能好钢管也就大大降低了用钢量。例如,一个工业生产厂房屋盖为 24.0m 跨度的钢管空间梭形屋架体系,用钢量仅  $10\text{kg}/\text{m}^2$  左右(包括构造系杆)。而且

就一般钢结构来说,可以采用焊接钢管,焊接钢管的价格与普通型钢的价格相差不大,所以如果采用焊接钢管,经济效益还可以进一步提高。

本书中的每种空间结构体系,大都有工程实例,使读者能更好地掌握设计的全过程并能清楚施工中应注意的问题。同时,书中还编制了一些结构选型图表,这样可使设计工作者省去主要计算工作量。此外本书还提供了结构的布置图,读者可以参照工程实例,很快就能完成施工图。

除张荣山外,参与本书编写的还有赵纳新、崇晓飞。在编写本书过程中,王冬高级工程师帮助完成了一些计算工作,在此表示感谢。

限于作者技术水平,书中难免存在不妥或错误之处,望读者指教。

# 目 录

|                                 |    |
|---------------------------------|----|
| <b>第一章 钢管空间梭形屋架设计与应用</b> .....  | 1  |
| 第一节 钢管空间梭形屋架外形尺寸的确定原则 .....     | 1  |
| 第二节 构造要点 .....                  | 3  |
| 一、构件之间的比例关系 .....               | 3  |
| 二、主要节点形式 .....                  | 4  |
| 三、檩条与屋架的连接 .....                | 6  |
| 四、天窗架与屋架上弦的连接 .....             | 7  |
| 第三节 简化计算方法 .....                | 8  |
| 一、屋架内力和挠度计算 .....               | 8  |
| 二、上弦杆的局部弯矩计算 .....              | 9  |
| 三、弦杆偏心引起次弯矩的计算 .....            | 10 |
| 四、关于杆件计算长度、水平系杆和支撑设置的考虑 .....   | 10 |
| 五、节点强度计算 .....                  | 11 |
| 六、连接焊缝计算 .....                  | 13 |
| 第四节 工程实例之一——正三角形断面形式梭形屋架 .....  | 14 |
| 一、工程概况 .....                    | 14 |
| 二、屋盖平面布置 .....                  | 14 |
| 三、屋架设计 .....                    | 15 |
| 第五节 工程实例之二——倒三角形断面形式梭形屋架 .....  | 20 |
| 一、工程简介 .....                    | 20 |
| 二、中间大厅屋盖结构方案的确定及其布置 .....       | 20 |
| 三、屋架设计 .....                    | 22 |
| 第六节 钢管空间梭形屋架杆件内力选用表 .....       | 26 |
| 第七节 小跨度空间梭形屋架设计与应用 .....        | 33 |
| 一、屋架设计和构造特点 .....               | 33 |
| 二、小跨度空间梭形屋架杆件选用表 .....          | 36 |
| 三、工程实例 .....                    | 40 |
| <b>第二章 折式钢屋架的设计、试验与施工</b> ..... | 45 |
| 第一节 设计 .....                    | 46 |
| 一、外形尺寸的确定 .....                 | 46 |

|                               |           |
|-------------------------------|-----------|
| 二、杆件材料选型和主要构造特点               | 47        |
| 三、简化计算方法                      | 49        |
| <b>第二节 试验</b>                 | <b>50</b> |
| 一、工程概况                        | 50        |
| 二、试验                          | 51        |
| 三、试验结果与分析                     | 51        |
| <b>第三节 吊装与安装方法</b>            | <b>53</b> |
| 一、分片吊装                        | 53        |
| 二、多片吊装                        | 54        |
| <b>第四节 工程实例</b>               | <b>55</b> |
| 一、工程简介                        | 55        |
| 二、折式钢屋架布置图                    | 55        |
| 三、折式钢屋架计算及详图                  | 57        |
| 四、屋面板设计                       | 59        |
| 五、折式钢屋架的制作与吊装                 | 59        |
| <b>第五节 折式钢屋架杆件内力及杆件选型图表</b>   | <b>63</b> |
| <b>第三章 人字形折式钢屋架设计与施工</b>      | <b>71</b> |
| <b>第一节 设计</b>                 | <b>72</b> |
| 一、屋架几何尺寸的确定与布置                | 72        |
| 二、杆件之间的连接形式                   | 73        |
| 三、简化计算方法                      | 75        |
| <b>第二节 施工</b>                 | <b>76</b> |
| <b>第三节 工程实例</b>               | <b>78</b> |
| 一、工程概况及结构选型                   | 78        |
| 二、屋架主要尺寸的确定及其布置               | 78        |
| 三、屋架计算、主要节点构造及安装              | 79        |
| 四、屋架试验                        | 82        |
| <b>第四章 带式输送机栈桥轻钢空间结构设计与应用</b> | <b>84</b> |
| <b>第一节 钢管空间桁架设计</b>           | <b>85</b> |
| 一、外形尺寸的确定                     | 85        |
| 二、计算方法                        | 86        |
| 三、几点主要构造的考虑                   | 88        |
| <b>第二节 钢管组合柱设计</b>            | <b>89</b> |
| 一、组合柱形式和主要尺寸的确定               | 89        |
| 二、计算方法                        | 91        |



|                                      |     |
|--------------------------------------|-----|
| 三、构造要点 .....                         | 93  |
| 第三节 通廊设计 .....                       | 96  |
| 一、基准层 .....                          | 96  |
| 二、侧向围护结构和屋面 .....                    | 97  |
| 第四节 工程实例 .....                       | 98  |
| 一、工程简介 .....                         | 98  |
| 二、桁架设计 .....                         | 99  |
| 三、组合柱设计 .....                        | 102 |
| <b>第五章 三角形断面钢管空间桁架和屋架设计与应用</b> ..... | 105 |
| 第一节 三角形断面钢管空间跨越桁架设计与应用 .....         | 105 |
| 一、桁架形式和尺寸的确定 .....                   | 106 |
| 二、简化计算方法 .....                       | 109 |
| 三、算例 .....                           | 110 |
| 第二节 三角形断面钢管空间屋架设计与应用 .....           | 113 |
| 一、屋架设计 .....                         | 114 |
| 二、工程实例 .....                         | 116 |
| <b>第六章 门式刚架轻型房屋钢结构的设计与施工</b> .....   | 121 |
| 第一节 结构形式和截面选择 .....                  | 121 |
| 一、结构形式 .....                         | 121 |
| 二、截面选择 .....                         | 124 |
| 第二节 支撑系统的设计 .....                    | 126 |
| 一、柱间支撑 .....                         | 126 |
| 二、屋盖横向支撑 .....                       | 128 |
| 三、隅撑作用和布置 .....                      | 129 |
| 四、拉条设置 .....                         | 130 |
| 五、吊车梁水平支撑 .....                      | 130 |
| 第三节 设计与施工应注意的一些问题 .....              | 131 |
| 一、设计中的几个问题 .....                     | 131 |
| 二、施工中的几个问题 .....                     | 134 |
| <b>第七章 钢-混凝土组合梁设计与施工</b> .....       | 136 |
| 第一节 组合梁的类型和应用 .....                  | 136 |
| 一、现浇钢筋混凝土板 .....                     | 136 |
| 二、混凝土叠合板 .....                       | 136 |
| 三、压型钢板混凝土组合板 .....                   | 137 |
| 第二节 组合梁计算与设计 .....                   | 138 |
| 一、组合梁计算的几个规定 .....                   | 138 |

|                                    |     |
|------------------------------------|-----|
| 二、组合梁计算与设计 .....                   | 139 |
| 三、抗剪连接件的设计 .....                   | 144 |
| 四、挠度计算 .....                       | 146 |
| 第三节 组合梁构造要求 .....                  | 148 |
| 一、组合梁构造要求 .....                    | 148 |
| 二、压型钢板混凝土组合板连接措施 .....             | 149 |
| <b>第八章 钢管架纵向力考虑整体作用的设计方法</b> ..... | 151 |
| 第一节 管架的形式简介及纵向力作用合理分析方法 .....      | 151 |
| 一、管架形式及其构件作用的简介 .....              | 151 |
| 二、管架纵向作用力的合理分析方法 .....             | 152 |
| 第二节 作用在管架上的纵向水平力 .....             | 153 |
| 一、关于摩擦力 .....                      | 153 |
| 二、关于补偿器反弹力和介质内压力 .....             | 154 |
| 三、作用在固定管架上的水平推力计算 .....            | 154 |
| 第三节 工程实例 .....                     | 155 |
| 一、工程概况 .....                       | 155 |
| 二、固定管架Ⅱ基础计算 .....                  | 155 |
| <b>第九章 钢结构制作、拼装和防腐蚀</b> .....      | 158 |
| 第一节 制作 .....                       | 158 |
| 一、钢管应用 .....                       | 158 |
| 二、制作 .....                         | 159 |
| 三、焊接和焊缝质量等级及其选用 .....              | 159 |
| 第二节 拼接连接 .....                     | 162 |
| 一、工厂拼接连接 .....                     | 162 |
| 二、现场安装拼接连接 .....                   | 163 |
| 第三节 钢结构的除锈和防锈蚀 .....               | 167 |
| 一、设计注意事项 .....                     | 167 |
| 二、除锈 .....                         | 168 |
| 三、涂装 .....                         | 170 |
| <b>附录一 钢管的规格及截面特性</b> .....        | 172 |
| <b>附录二 轴心受压构件的稳定系数</b> .....       | 181 |
| <b>附录三 轴心受压构件的承载力设计值</b> .....     | 185 |
| <b>附录四 圆柱头焊钉</b> .....             | 189 |
| <b>参考文献</b> .....                  | 193 |

# 第一章 钢管空间梭形屋架设计与应用

本章较详细地介绍了一种新型的在静荷载作用下的空间轻型钢结构——钢管空间梭形屋架（钢管为圆钢管的简称，下同）。根据历年来的工程实践，并吸取了国内外的一些最新技术成果，论述了这种屋架外形尺寸的确定原则、节点构造特点、简化计算方法，列举了工程实例和选用图表，可供读者参考应用。

这种屋架可用于有檩屋盖，也可用于无檩屋盖。近年来在多种工业生产厂房、某些公共建筑及仓库等轻型屋盖中，钢管空间梭形屋架得到了广泛地应用，并且迅速地发展，尤其是压型钢板等轻型建筑材料大量地用于屋面板，与梭形屋架构成了经济指标优良的轻型平、坡屋盖体系，获得了较好的经济和社会效益。例如某外资企业生产厂房，跨度21.0m，为采暖房屋，并设有天窗。它改变了传统的平面钢屋架体系，采用了钢管空间梭形屋架和具有保温功能的压型钢板。建成后，业主、施工单位等，无论从施工还是从使用等方面都比较满意，图1-1为该厂房屋盖的内部实景。再如一些防爆厂房（包括压缩机厂房）、锅炉房等

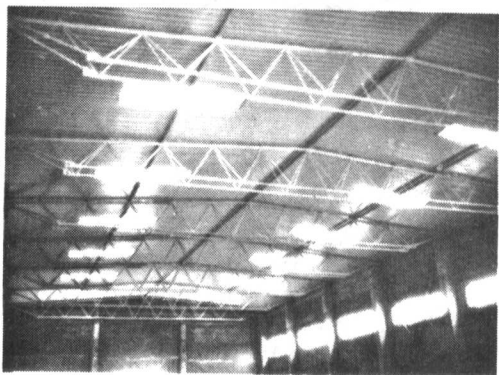


图 1-1 厂房屋盖内部

屋盖，既要满足房屋的保温要求，又要符合防爆条件，这类屋盖采用压型钢板或夹筋波形石棉瓦，承重结构为钢管空间梭形屋架就相当合适了。这种屋架的应用跨度和屋架间距根据需要可以取用任意值，非常灵活。到目前为止，我们设计和应用的屋架间距最大为9.0m，屋架跨度达54.0m。

## 第一节 钢管空间梭形屋架外形尺寸的确定原则

所谓梭形屋架，其形状两端尖中间粗，如同织布的梭子。如果外形尺寸确定恰当，不但各杆件受力合理，而且外观也相当漂亮。根据多年的工程设计经验，它的主要外形尺寸及其比例介绍如下。这里所介绍的外形尺寸的确定原则，主要是针对夹筋波形石棉瓦（具有保温层）和压型钢板作为屋面材料的轻型屋面，其

他轻型板材的屋面也同样适用,且跨度大于或等于 15.0m 的屋架。对于荷载较大的屋盖也可参照使用。如图 1-2 所示,棱形屋架的高度  $h$  要根据荷载大小和使用要求等综合考虑而定,通常取  $h/L = 1/20 \sim 1/13$ ,对夹筋波形石棉瓦、压型钢板等屋面,屋面荷载设计值(包括屋架自重)多数不超过  $3.0\text{kN/m}^2$ ,取高跨比  $h/L = 1/15$  左右比较经济;而当屋面荷载设计值小于或等于  $1.0\text{kN/m}^2$  时,高跨比  $h/L$  可取  $1/20 \sim 1/15$ 。C—C 剖面图为屋架的实际尺寸。

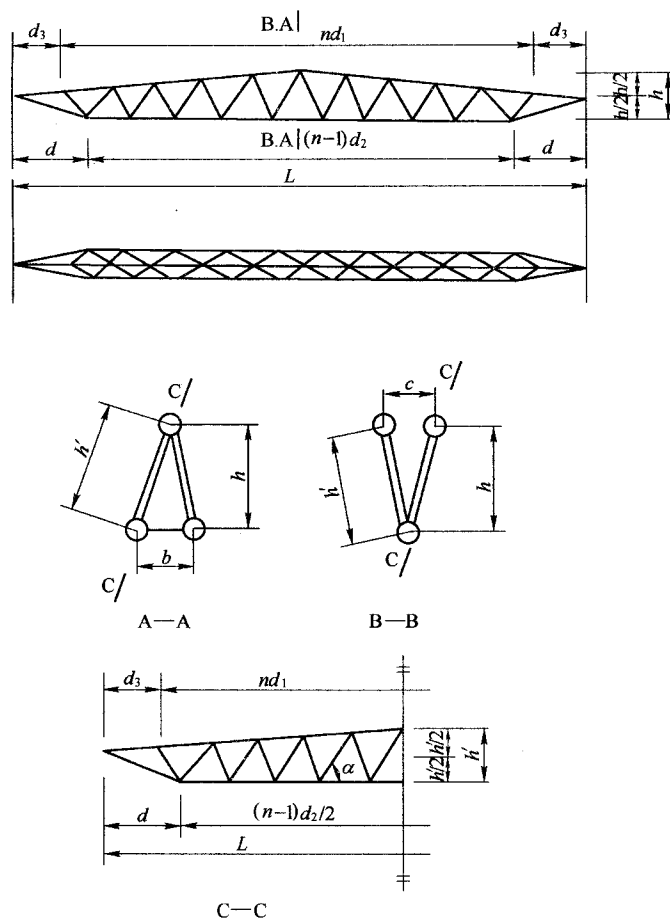


图 1-2 棱形屋架外形图

根据所选用的屋面材料、屋面坡度、檩条间距以及腹杆与弦杆的夹角  $\alpha$  等确定  $d_1$  和  $d_3$  的尺寸,一般  $d_1$  和  $d_2$  比较接近,甚至  $d_1 = d_2$ ,通常  $d_1$  是檩条的间距,  $d_3$  接近  $d_1$ ,有时  $d_3 = d_1$ ,  $d = (1.2 \sim 1.5) d_1$ 。 $\alpha$  值最好在  $30^\circ \sim 55^\circ$  之间,不过要求所有的腹杆与弦杆夹角都在这个范围之内有时很难实现,个别的夹角不

在这个范围之内也是允许的，但要尽量接近这些角度为好。

屋架的断面形式（如 A—A，B—B 图所示）分为正三角形和倒三角形两种。在具体工程设计中，选择哪种断面形式，要视具体工程实际情况而定。一般来说，当屋架跨度  $L$  和间距  $s$  不太大时（例如  $L \leq 40.0\text{m}$ ， $s \leq 8.0\text{m}$ ），多采用正三角形断面形式，当  $L > 40.0\text{m}$  和  $s > 8.0\text{m}$  时多采用倒三角形断面形式。屋架宽高比  $b/h$  和  $c/h$  在  $1/3 \sim 1/2$  之间。有时根据需要，宽高比也取  $1/1.5$  左右。

这两种断面形式各有优缺点，正三角形上小下大，重心偏低，自身稳定性更好，且上弦压杆仅为 1 根，和倒三角形（上弦压杆为 2 根）相比较，对上弦相同的截面面积，用 1 根压杆比分为 2 根可以承受较大的压力，也就是说上弦用 1 根压杆比用 2 根要经济。对于倒三角形，上弦为 2 根，除斜腹杆与上弦相连接外，上弦之间还设有水平连杆，因此上弦的支撑条件比正三角形要好。同时倒三角形断面形式，可以减小檩条的跨度，即降低了檩条的用钢量。另外，上弦平面可做成矩形（非梭形），其抗扭刚度大于正三角形，但是要增大支座的宽度。如果在平面外做成梭形，虽然有一定的优点，但施工较麻烦。上弦为 2 根经济性较差。当屋盖山墙处需要较大的挑檐（例如无围护墙的厂房）时，檩条用作悬挑构件，采用倒三角形断面可以减小悬挑长度，另外采用倒三角形断面，下弦只有 1 根拉杆，使人感觉杆件既少而且轻巧。总之，具体采用哪种断面形式，要结合具体工程和各种因素综合考虑来确定。不过根据多年来的实际工程经验，正三角形断面更好一些，目前用的较多。

不管梭形屋架是哪种断面形式，它的外形都和简支梁在竖向均布荷载作用下的弯矩图很相似，弦杆跨中和两端的杆件内力相差不是很大，各杆的受力比较合理，从而避免了梯形屋架端部和三角形屋架跨中弦杆截面面积富余较多的弊病。

## 第二节 构造要点

### 一、构件之间的比例关系

在设计钢管空间梭形屋架时，设计工作者必须首先考虑正确地确定节点构造，恰当地选择斜腹杆与弦杆直径之比  $d_1/d_0$ （ $d_1$  为腹杆直径， $d_0$  为弦杆直径）、弦杆壁厚与腹杆壁厚之比  $t_0/t_1$ （ $t_0$  为弦杆壁厚， $t_1$  为腹杆壁厚）、弦杆直径和壁厚之比  $d_0/t_0$ 、腹杆壁之间的间隙  $a$ （如图 1-4（a）所示）。

选择  $d_1/d_0$  值以使腹杆与弦杆之间具有良好的焊接，而且腹杆端头切割简单，连接方便，应该使  $d_1/d_0$  小于 1.0，而且弦杆的壁厚不应小于腹杆的壁厚。腹杆与弦杆的连接最好采用自动切管机（或半自动切管机）将腹杆端部切割成马鞍形，直接焊于弦杆的外壁上，而不允许将腹杆穿入弦杆壁内；否则，弦杆节点处的整体性受到破坏，会造成节点强度下降。当  $d_0 \geq 0.08d_1^2 + 3$ （单位：mm）

时,腹杆端部可以切割成直线与弦杆焊接,如图1-3所示。图中 $a_1 \leq t_1$ ,  $t_1 \leq t_0$ ,  $a_2 \leq 3\text{mm}$ 。表1-1列出了部分腹杆可以直线切割焊接的 $d_1$ 和对应的 $d_0$ 直径大小。

$t_0/t_1$  值在可能条件下应大一点为好,一般在2.0左右。 $d_0/t_0$  通常为20~30,对受压弦杆要尽量选取 $d_0/t_0$  值大一些的为好,这样对抗压稳定性有利;而对受拉弦杆尽可能选择 $d_0/t_0$  值小一些。腹杆壁之间的间隙 $a \geq t_1 + t_2$  ( $t_1$  和 $t_2$  为两腹杆之壁厚),主要是为了确保腹杆脚趾处有足够的空隙,能很好地完成施焊和便于焊缝检验,但是 $a$  值又不能太大,因为随着 $a$  值的增加节点强度将随之降低。弦杆和腹杆或两腹杆轴线之间的夹角不宜小于 $30^\circ$ ,目的是为了保证施焊条件能使焊根熔透,同时受力也较好。上述比例关系的最终取值要综合考虑,达到受力性能好、制作加工方便和经济合理之目的。

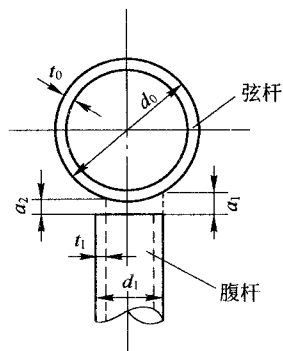


图 1-3 腹杆直切割图

腹杆可直线切割,焊接时的 $d_1$ 和 $d_0$ 值 (mm)

表 1-1

| $d_0$   | $d_1$ | $d_0$ | $d_1$ |
|---------|-------|-------|-------|
| 89~114  | 32    | 245   | 54    |
| 121~140 | 38    | 273   | 57    |
| 146~159 | 42    | 299   | 60    |
| 168~194 | 45    | 325   | 63.5  |
| 203~219 | 50    |       |       |

## 二、主要节点形式

正三角形断面形式的腹杆与下弦的连接和倒三角形断面形式的腹杆与上弦的连接节点,可称为单平面屋架节点;正三角形断面形式的腹杆与上弦的连接和倒三角形断面形式的腹杆与下弦的连接节点,可称为双平面屋架节点。其节点形式主要有图1-4所示几种。其中单平面X型节点,在棱形屋架受力杆件连接中基本上不存在,但在其他钢管结构中存在。

在图1-4所示节点形式中,就偏心距和腹杆之间是否搭接而言,存在有图1-5所示的四种主要的偏心节点。

通常在实际工程设计中采用无偏心有间隙节点(图1-5(a)),尽量避免偏心。但是,有的节点不可避免地产生了一定的偏心,如图1-5(b)、(c)、(d)所示。由于偏心作用,在弦杆中必定产生一定的次弯矩,如果偏心保持在 $-0.55$

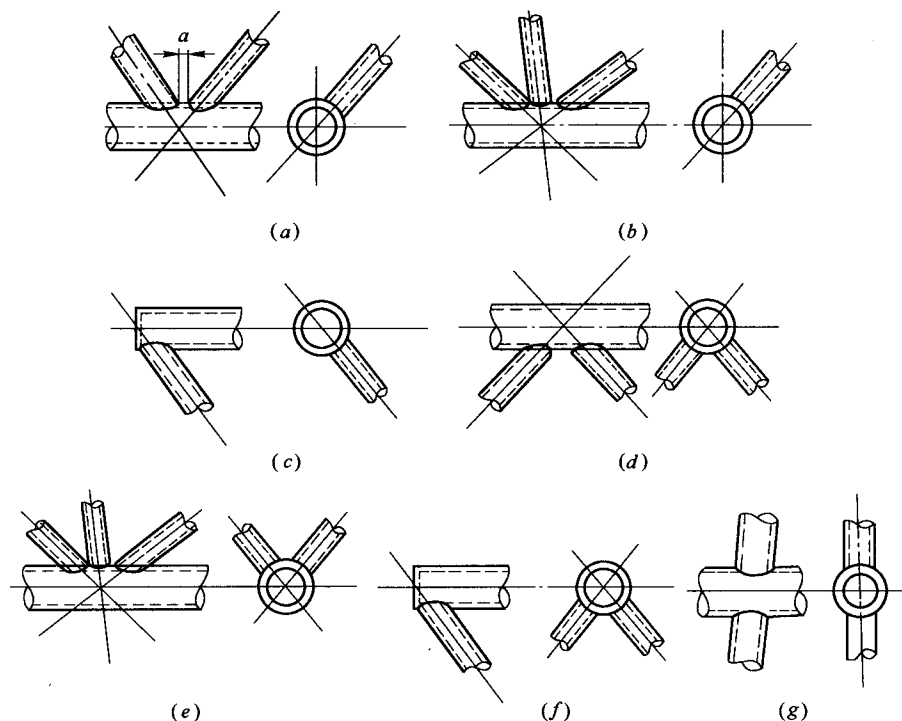


图 1-4 节点形式图

- (a) 单平面 K 型节点; (b) 单平面 KY 型节点;  
 (c) 单平面 Y 型节点; (d) 双平面 KK 型节点;  
 (e) 双平面 KYKY 型节点; (f) 双平面 YY 型节点; (g) 单平面 X 型节点

$\leq e/d_0 \leq 0.25$  ( $e$  为偏心距) 范围内, 对受拉弦杆产生的偏心次弯矩影响可以忽略不计, 而对于受压杆件, 不论偏心的大小, 所产生的次弯矩影响都必须考虑<sup>[1][2]</sup>。

图 1-5 (a) 节点是比较好的, 不但受力好, 而且杆件加工简单, 施焊方便, 焊接质量便于检验。当弦杆与腹杆直径比值选取恰当、屋架整体布置合理时, 这种节点是可以实现的。有时对主要节点做成这种节点并使得  $a \geq t_1 + t_2$  时, 腹杆的端部, 在满足连接焊缝强度的前提下, 也可以做成缩径, 如图 1-6 所示。

图 1-5 (d) 所示为负偏心全部搭接节点, 它的杆件比较整齐, 下料也较方便, 受力性能也较好, 但是要产生偏心距  $e \approx -0.55d_0$ , 也就是说产生较大的次弯矩, 对弦杆的承载力和节点强度均会产生不利影响。

图 1-5 (c) 为局部搭接节点, 这种节点虽然也是允许的。但是, 腹杆端部切割比较复杂, 下料麻烦, 焊接不方便, 焊缝质量也不好检查, 而且受力性能差,

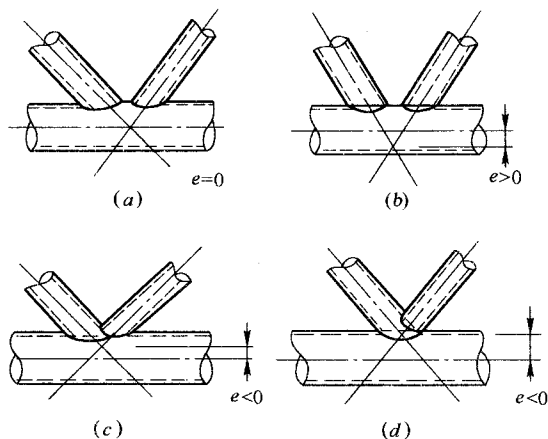


图 1-5 节点偏心图

(a) 无偏心有间隙节点; (b) 正偏心有间隙节点;  
(c) 负偏心局部搭接节点; (d) 负偏心全部搭接节点

还具有一定的偏心,是四种节点形式中最差的一种,所以在可能条件下应尽量避免采用这种节点方式。

另外,对于 KY 型和 KYKY 型节点,由于较多杆件交会在一起的,腹杆相互搭接不可避免,对于屋盖荷载和跨度比较大的屋架,在腹杆受力大的这种节点处(多为支座斜腹杆和下弦连接处),为了安全可靠和施工方便,以增设节点板或焊接空心球为好。

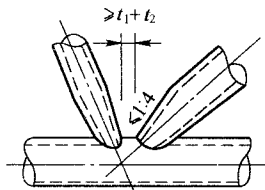


图 1-6 腹杆缩径图

以上节点形式及其要求,原则上可用于本书其他结构钢管之间的连接。

### 三、檩条与屋架的连接

檩条与屋架的连接形式虽然多种多样,但主要是螺栓连接和直接焊接两种。檩条无论采用薄壁“Z”字钢、槽钢、工字钢还是其他轻型钢檩条,与屋架的上弦连接都是比较方便的。下面介绍几种具体的连接方法。如图 1-7 所示,在屋架上弦焊接一块槽钢用短螺栓连接是比较方便的;图 1-8 为另一种用螺栓连接的方法,在屋架上弦焊接一块连接板,用螺栓连接“Z”字钢和槽钢檩条;图 1-9 为直接焊接的方法,尤其适用于地震区,在上弦焊一块连接角钢或槽钢,把檩条直接焊于上面。

用螺栓连接方法,速度快,减少了高空焊接作业,但是对构件制作和安装的精度要求较高。目前在实际工程中,有的由于精度不够,螺栓与孔不能完全吻合,造成螺栓连接与焊接“并肩”进行。直接焊接方法,由于高空焊接工作量



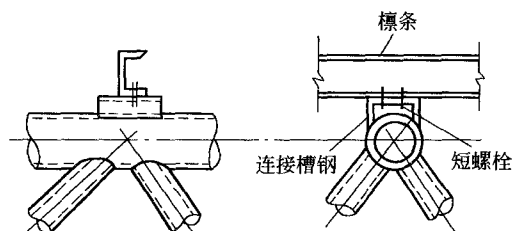


图 1-7 檩条与屋架连接图 (一)

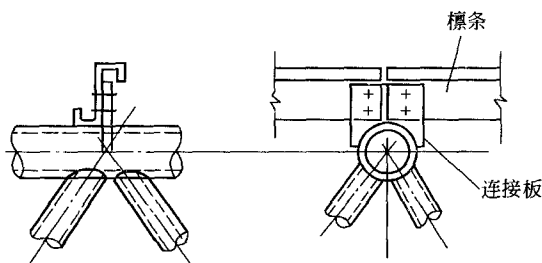


图 1-8 檩条与屋架连接图 (二)

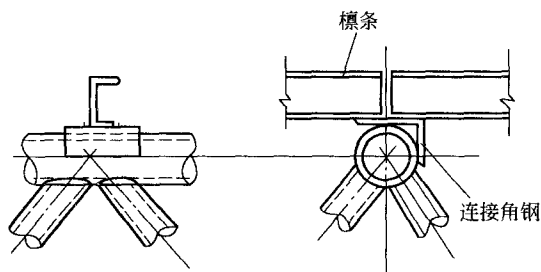


图 1-9 檩条与屋架连接图 (三)

大，同时不利于减少安装偏差，所以在实际工程中用得并不多。

目前对轻型屋面材料和相应的檩条，标准尺寸和檩条的连接方法并不统一，各生产厂家都有自己的习惯连接方法，所以在施工图中，在未落实生产厂家的情况下，有时不表示其具体的连接方法，由生产厂家具体处理，或者按照生产厂家的连接方法表示在施工图上，但必须注意，在上弦的节点处必须放置檩条。

#### 四、天窗架与屋架上弦的连接

有的生产厂房，因采光、通风等的需要，所设置天窗的天窗架也是采用轻型钢结构，其柱子多采用钢管，横梁为工字钢，顶板和围护侧板采用和厂房屋盖相同的板材。天窗架钢管柱脚与屋架上弦的连接不外乎也是两种基本的方法，即焊接连接和螺栓连接。下面仅举两个连接的例子。