



试件,待静力拉伸实验合格后,方可大量加工连接。

4.2 直螺纹接头的制作和安装过程中,每道工序都有质检员严格把关,按照比例抽检并填写好记录表,经检查合格后才允许进行下道工序。

4.3 在钢筋下料时,每个接头要预留 500mm 长的镦粗消耗量。

4.4 为便于区别连接套筒,各种规格的连接套筒外表面,均有明显的钢筋级别及规格标记。

4.5 为避免连接套筒内进入杂物或受潮锈蚀,连接套筒两端必须用与其相应的塑料密封盖封严,并有产品合格证。

4.6 钢筋套丝加工必须比工程进度提前一个施工段,以保证施工进度。

4.7 连接钢筋之前,先回收待连接端的塑料保护帽和连接套筒上的密封盖,并检查钢筋规格是否与连接套筒规格相同,检查螺纹丝扣是否完好无损、清洁。发现杂物或锈蚀,应该用钢丝刷清除干净。

4.8 连接完毕的钢筋接头要用明显的标记示意,以防钢筋接头漏拧。抽检时,目测已做油漆标记的钢筋接头丝扣是否有 1 个完整的丝扣外露。如发现有 1 个完整的丝扣外露,即为连接不合格,必须查明原因,重新拧紧或做加固处理。

#### 5. 施工效果

5.1 质量稳定,经过检验,接头质量的合格率 100%。钢筋的位置准确,避免了钢筋接头位置钢筋的间距和位置不准的质量通病,钢筋工程的外观质量提高。

5.2 解决了由于钢筋密集而采用搭接所无法克服的钢筋间距不符合规范的矛盾。

5.3 所有结构工程的实体检验,钢筋的位置和保护层厚度均符合要求,受到当地质量监督部门的好评,为公司赢得了一定的社会信誉。

5.4 通过在中国科技大学基础科学实验中心、中国科技大学生命科学教研楼、安徽省移动通信枢纽楼、安徽省科苑生化研究院等工程中的应用,加快了施工进度,平均每个施工段节省钢筋安装时间 2~3d,同时减轻了劳动强度。

5.5 不但节约钢材,而且业主内外签证效益显著。中建八局安徽公司在这 4 个体量大的工程通过采用钢筋等强直螺纹连接技术,产生直接经济效益达 268 万元。

5.6 采用钢筋等强直螺纹连接,接头的强度、刚度和韧性 with 母材相等,接头位置受限制减少,从而减少了在钢筋翻样中安排钢筋接头的精力,在满足设计要求的前提下,还可以优化下料,减少钢筋下料加工过程中的工料损耗。

#### 6. 结束语

实践证明,中建八局安徽公司通过采用钢筋等强直螺纹连接技术具有明显的经济效益和社会效益,特别适用于受力结构复杂的结构工程,能很好地解决较密集、大直径钢筋的连接问题。

收稿日期:2003-11-09

[摘要]的选型,网格尺寸的确定,杆件节点及支座基础的设计,并详细介绍了柱面网壳的拼装和积累滑移法施工。

[关键词]干煤棚;双层三心圆柱面网壳;设计;积累滑移法施工

[中图分类号]TU22;TU755

[文献标识码]B

#### 1. 工程概况

合肥二电厂干煤棚网壳长度为 120m,跨度为 95m,是目前安徽省最大的网壳结构。本工程采用落地式焊接球节点双层柱面网壳,网壳外型采用三心圆形式。主檩采用槽钢,次檩为冷弯薄壁型钢,外铺彩色压型钢板。由于本工程施工受到场地条件的限制,而且工期较紧,所以采用积累滑移法施工。

#### 2. 网壳设计的特点

##### 2.1 网壳结构的选型

在选择结构的类型时应综合考虑结构的受力性能和经济性。结构的受力性能与结构的平面形状尺寸、结构的矢高、曲面形式、网格形式、边界支承条件等因素有关。本工程长跨比为 1:0.79,平面形状接近正方形,有利于发挥结构的平面工作性能。矢高对结构的受力性能也有较大影响,所以未选用传统的平板网架结构形式,而选用矢高较大的双层柱面网壳,这样的构造较为合理、经济。此外曲面形式对结构的受力性能和经济性(耗钢量)都有较大影响。本工程原可以采用圆柱面或三心圆柱面网壳形式,但是,就二者比较而言,三心圆柱面网壳可以很大地提高建筑空间利用率,若采用三心圆柱面网壳,则结构顶部标高为 37.38m 就可以满足作业空间的要求;若采用圆柱面网壳,当结构顶部标高为 37.38m 时,结构下弦位于工艺界线以内,影响斗轮机作业,若使其满足作业空间的要求,有研究资料表明,其结构顶部标高必须提高 10% 以上。所以本工程采用三心圆柱面网壳(大小圆半径分别为 63.165m 和 31.020m),这样不仅满足了使用要求,还有利于减小支座处的水平推力。考虑到施工和受力性能等因素,本工程网壳基本单元采用了受力均匀且空间刚度较大的正放四角锥形式。另外,结构的支承条件,特别是结构刚度和支承刚度之间的关系,对结构的受力性能也有较大影响。本工程采用落地式支承和刚性支座,这样增强了支承刚度,从而降低了网壳结构的内力和挠度,并且有利于结构的稳定。

# 浅谈合肥二电厂干煤棚网壳的设计与施工

李坤<sup>1</sup>、刘建国<sup>2</sup>、盛海<sup>1</sup>

(<sup>1</sup>合肥工业大学土木建筑工程学院,安徽 合肥 230009; <sup>2</sup>陕西省机械施工公司,陕西 西安 710032)

## 2.2 网壳尺寸的确定

以网壳的总造价为目标函数,综合考虑网壳的杆件、节点、屋面、材料、制作、运输、构造和施工等因素,结合设计经验,进行优化设计,确定网壳纵向尺寸和横向上弦杆尺寸均为 4m。

## 2.3 杆件及节点设计

本网壳工程的大部分杆件受到压力作用,纵向端部上下弦杆件应力都较大,最大可达 -161.3kN,而中部上下弦杆件应力较小;横向上下弦杆件应力都较大,最大可达 -169.6kN;而腹杆应力也较大,中部的一处高达 -166.4kN。杆件截面尺寸要根据强度和稳定性来确定。确定杆件计算长度时要考虑焊接空心球节点对杆件的约束作用。焊接空心球节点除满足承载力要求外,还必须满足构造要求。由于本工程所采用的焊接空心球节点外径均 $\geq 300\text{mm}$ 且杆件内力较大,所以设置了加劲环肋,以提高承载力。本网壳工程采用了空间网格结构计算机辅助设计系统(MST2000),计算机程序自动生成网壳自重,进行满应力优化设计。纵向上下弦杆截面除靠近支座的三排加大为 $\phi 114 \times 4$ 外,其余的均为 $\phi 89 \times 4$ ;横向上弦杆截面尺寸由网壳跨中向支座处先递减后递增,跨中为 $\phi 180 \times 8$ ,支座处为 $\phi 219 \times 12$ ;横向下弦杆截面由跨中依次向两侧支座增大,跨中为 $\phi 114 \times 4$ ,支座处为 $\phi 180 \times 8$ ;腹杆除支座附近的加强以外,其余的截面尺寸均为 $\phi 89 \times 4$ 。本工程共使用了 24 种杆件,3 种焊接空心球,其中最大杆件截面为 $\phi 219 \times 12$ ,最大焊接球直径为 500mm。本工程杆件和节点的总重为 472 779kg,耗钢量为 41.5kg/m<sup>2</sup>。

## 2.4 支座及基础设计

网壳结构,由于支座处存在水平推力,所以其边界的法向是存在约束的,否则将大大降低网壳结构的空间壳体性能,严重影响网壳的承载力和稳定性。因为网壳结构的弦杆并不在一个平面内,所以杆件伸缩变形时,节点可有一定弹性变形的可能,使得部分温度应力得以释放,因此温差对网壳拱向杆件内力的影响很小,对支座水平推力影响也不大。考虑到以上原因,本工程采用了焊接空心球节点刚性支座,而未采用弹性支座。网壳拱脚杆件内力的合力与水平面存在一夹角,这一夹角对支座水平推力的大小影响很大,夹角越大,水平推力越小。在初步设计方案中,原拟采用上弦边界节点支承的单排支座,由于支座处水平推力很大(最大一处达 464kN),为了增大夹角,减小水平推力,以及调整上、下弦杆内力分布,使其尽可能均匀,同时考虑到结构稳定性的加强,方案改为上下弦边界节点共同支承的内外双排支座,支座节点用地脚螺栓固定在桩基承台上。基础采用长 13.5m 和 10.5m 的人工挖孔桩,桩直径为 800。

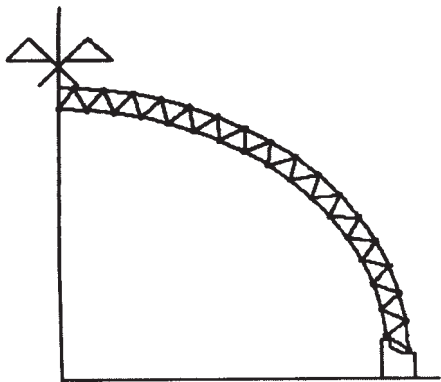


图 1 内外双排支座

## 3.网壳施工的特点

### 3.1 网壳拼装

网壳块体制作与单元拼装是从第 31 轴向第 1 轴单元进行施工的。每个单元由 9 个块体拼装而成。块体组装顺序:下弦球—下弦杆—上弦球—较粗的杆件—斜杆—上弦杆。焊接一般从中间向两边进行,先下弦后上弦。脚手架顶设安装支点用于安装定位,采用 1.5t 倒链临时固定块体,块体间散装补空,形成滑移单元。第 1 拼装单元共 3 个节间,跨度方向次序为两边支座向拱顶进行。散装杆件安装次序为先下弦,后腹杆,再上弦。安装支点由 4 根脚手架组成,顶部抄平后焊一盖板(柱帽)。柱帽上设 10t~16t 千斤顶 1 台,用于控制标高和滑移前网壳与安装支点脱离。

### 3.2 网壳滑移

滑移轨道采用[18 槽钢,反扣在支座基础梁上与预埋件焊接,为增加槽钢刚度,每隔 2m 焊接 1 块 10mm 厚的加劲板。为防止水平推力引起支座外移,在滑移支座下设置了侧挡板,在滑移过程中设置临时拉杆作保险。在施工过程中,随着滑移网壳单元的增加,侧挡板逐渐靠近轨道,最后紧贴轨道,并引起支座向外倾斜。

在滑移之前,所有千斤顶同步降落使网壳与拼装架脱离,并临时拆除脚手架。为减少摩擦阻力,在滑轨表面和内侧应涂上黄油。牵引设备为 2 台 HH 型 10t 环链电动葫芦。滑移牵引点设在基础预埋件上,第 1、2 滑移单元由于阻力最小,采用 10t 电动倒链直接牵引;其余的滑移单元采用电动倒链和滑轮组牵引,滑轮组规格须相同。

为了使滑移同步,滑移轨道侧面 1~5 轴 16m 范围内标注进程刻度尺,滑移设总指挥 1 人,分指挥 3 人,用对讲机协调,当步差 $>30\text{mm}$ 时,进行调整。滑移时要防止突然滑移,牵引速度 $\leq 1\text{m/min}$ 。每次起滑的时候要用大锤敲击支座,使其克服摩擦力。为防止超滑,滑移单元终点设阻进器,距终点约 1m 时必须将步差调至 5mm 以内。

网壳滑移就位,最后一个单元补空完毕,整个网壳质量检验合格后可进行支座固定。先穿螺杆,安装垫片和螺帽,然后填塞 H-40 无收缩浆料。支座板下 70 厚浆料在侧板焊好后填塞。

## 4. 结束语

合肥二电厂干煤棚网壳工程采用优化设计和先进施工,取得了良好的技术经济指标,值得同类工程借鉴。

## 参考文献

- 1.网架结构与施工规程编制组 网架结构与施工(规程应用指南)[S] 北京 中国建筑工业出版社 1995
- 2.钱若军 沈祖炎等 嘉兴电厂干煤棚双层网架分析研究[J] 空间结构 1994.1
- 3.董继斌 刘晓勇 双层柱面网壳设计研究[J] 建筑结构 1999.6
- 4.王 勇 合肥第二发电厂干煤棚网架结构施工图[Z]上海 华东电力设计院 2002

收稿日期:2003-10-31