

# 36m 跨螺栓球节点拱壳网架的安装

诸葛屹东 张欲晓

〔文摘〕 中等跨度的拱壳网架支座水平推力较大,支座安装就位有一定困难。本文介绍用节点卸荷、支座牵引技术解决这个难题,结合实际测量和经验判断推算支座就位牵引力。

〔关键词〕 拱壳网架 安装 支座就位 水平推力 牵引力

## 1 工程概况

济南市东郊体育训练基地游泳馆由原标准池改建而成,建筑面积 4566.7m<sup>2</sup>,总长 75.3m,总宽 67.57m,屋盖采用正交正放四角锥螺栓球拱壳网架,网架跨度 36m,纵长 57.6m,覆盖面积 2073.6m<sup>2</sup>,起拱高度 9m,矢高 2.887m,网格单元尺寸 3.6m×3.474m(图 1),在框架柱顶及主梁跨中设 34 处板式橡胶支座,间距 3.6m,支座构造如图 2。橡胶板用以消除附加弯矩,四支 M30 螺栓抵抗支座水平剪力。

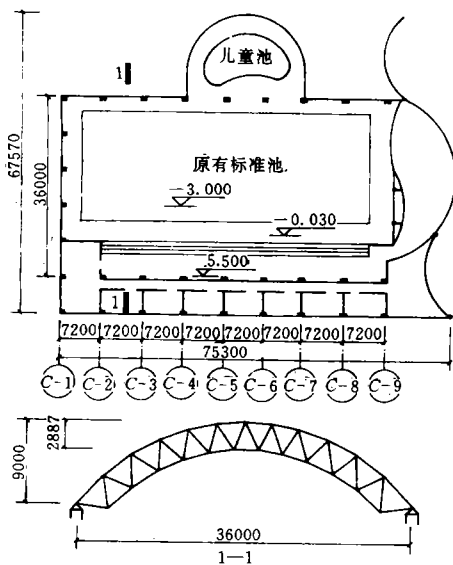


图 1

## 2 施工方案

本工程由于泳池一侧悬挑看台的阻碍,难以采用较先进的整体提(顶)升法或整体吊装法,而地面高差达 3m 多(游泳馆建在原有泳池上),亦无法使用移动式拼装平台,只能采取搭

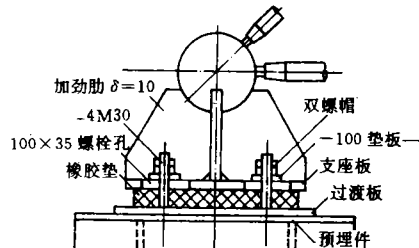


图 2

设满堂脚手架,高空散拼成型的方案。

## 3 施工准备

- 3.1 检查全部零部件质量,并编号放置。
- 3.2 测放支座轴线和水平控制线,校核支座预埋件位置、标高。
- 3.3 脚手架要在组装时支承网架、控制标高和作为操作平台。由于网架呈拱形,满堂脚手架在支座平面以上错级搭设,每级平台面位于下弦节点下 0.2m 处,以留出调整标高的操作面。

组装时,施工荷载分别传至已就位支座和脚手架,经计算,脚手架立杆间距 2.5m,但首间组装时,施工荷载全部由脚手架承担,因此 C—1~C—2 轴间立杆间距加密为 1.2m。脚手架沿全高设横杆(间距 1.5m)和斜撑。

## 4 施工顺序

因网架 C—1 轴处封头且与抗风柱相连,构造复杂,且该轴网格不能独立形成结构,施工荷载很大,故先由首间梁中支座开始组装,使网格形成一稳定结构,能承担一部分荷载后,再组装 C—1 轴杆件,这样既便于杆件空间定位,又对脚手架起减荷作用。确定组装顺序为: C—1a (a 为梁中支座)→C—2→C—2a→C—1→C—3

施工技术 1995. No. 6

→C—3a→……→C—8→C—8a→C—9。

工艺流程:一侧支座就位→安装支座间水平连杆→组装小拼单元→将小拼单元组装为整体网格→用倒链牵引两端支座,令支座螺栓球就位并焊接固定→紧固杆端螺栓。

## 5 组装工艺

### 5.1 网架组装

先将部分杆件组装成小拼单元,小拼单元外伸杆件对准相应螺栓球,按照下弦→腹杆→上弦的顺序逐个将螺栓旋入螺孔,下弦球在平台上用砖垛和木方垫高至设计标高,依次将小拼单元组装完毕,待本跨支座就位后,重复操作直至整体组装完毕。

组装时部分杆端螺栓不宜一次拧紧,避免支座就位时杆件内力过大。

### 5.2 支座就位

由于拱壳在支座处存在较大水平推力,支座螺栓球不能直接落在支座板上,需采用节点卸荷、支座牵引技术完成支座就位。该方法是将网架下弦节点垫高,垫高高度由支座至跨中依次加大,使网架产生“负变形”,以卸除部分水平推力,另以倒链向网架内侧牵引两个支座螺栓球,克服水平推力,使螺栓球就位。

如何确定就位牵引力,涉及到空间力学分析问题。安装过程中,网架结构不断变化,而且受很多因素影响,计算必然十分繁杂,难以满足工程实际应用要求。

为确定牵引力,将拱壳视作一镂空的拱形板,每次安装的条形部分视为从该板上切取的一条状拱形单元,则牵引力  $N$  由下式求出:

$$N = N_H + N_\Delta$$

式中:  $N_H$  —— 拱形单元支座水平力;

$N_\Delta$  —— 已安装部分安装误差及支座位移时该支座的影响值;

由《建筑结构静力计算手册》可以查得:  $N_H = K A_1 q l^2 / f$ , 而对指定拱壳,  $A_1$ 、 $l$ 、 $K$  均为定值,故  $N_H = B q$

式中:  $B$  —— 支座水平力系数,与跨度、起拱高度、拱壳结构有关;

$q$  —— 均布荷载,就位阶段即拱壳自重。

$N_H$  为  $q$  的线性函数,  $q$  仅与一次组装宽度有关,若每次组装宽度相等,可假定  $q=1$ ,而  $B$  值受多种因素影响,不易计算,可在 C—1a 轴支座试就位时,在倒链上连接测力计,测出实际拉力,由此推算出  $B$  值。

据以往安装经验,支座就位时,会带动拱壳已就位的支座向内侧位移,同时由于各节点存在安装误差,会使牵引力增大。我们假设该增大值  $N_\Delta$  完全由支座位移引起,忽略安装误差影响,由《手册》查得  $N_\Delta = K S^5 E I \Delta / 24 \varphi_1 f^2 l$ , 对指定拱壳,该式也可化为  $\Delta$  的线性函数,即:

$$N_\Delta = D \Delta$$

式中:  $D$  —— 位移影响系数, C—2 支座试就位时,据实测拉力推算;

$\Delta$  —— 支座位移值,实际测量。

同时假设,已就位各支座对就位支座的影响程度,按距该支座距离由近及远以算术级数递减,这与安装时实测各支座位移量基本吻合。

计算得出各支座就位牵引力在 2.6~8.4t 之间,故选用一台 5t 倒链进行支座牵引,安装至 C—5a 轴时,实测牵引力达 6.3t (与计算值较接近),这时再配用一台 3t 倒链牵引相邻支座,使该支座产生预加位移,减小  $N_\Delta$  值。配用 3t 倒链后,支座牵引力大大减小,整个支座就位工作比较顺利。

## 6 几点体会

6.1 尽管目前整体吊装法、整体顶升法等先进的网架安装技术已得到普遍应用,但遇到建筑物体型复杂、网架结构特殊时,高空散拼法仍有很好的适用性。使用高空散拼法时,安装平台应尽可能利用已有建筑物或采用移动平台,以取得良好的经济效益。

6.2 本工程计算就位牵引力时采用若干假设,虽然计算比较粗糙,假设也不尽合理,但配合经验判断和实际测量,计算结果与实测牵引力大致吻合,可以满足施工需要,而计算也大为简化,因此该法还是可行的。

作者单位: 诸葛屹东 济南炼油厂 250101

张欲晓 济南第一建筑公司

收稿日期: 1994—12—16