

# 网架(网壳)设计中常见的几个问题

纵兆峰,孔祥秋

(徐州淮海工业建筑设计院,江苏 徐州 221006)

**[摘 要]** 通过对网架(网壳)结构设计中常见的结构建模时支座参数的选定,结构计算时挠度、位移的控制,绘制施工图纸时出现的锥头相碰的问题产生的原因分析和讨论的基础上,提出在设计中避免出现该类问题应注意的事项及可采取的多方补救措施,并对补救措施的适用性进行了比较。

**[关键词]** 支承结构;支座;支座刚度;挠度

**[中图分类号]** TU356 **[文献标识码]** B **[文章编号]** 1003-6083(2004)02-0076-02

## 0 引 言

网架(网壳)结构作为一种高次超静定空间杆系结构,由于其受力性能好(理论上杆件只受轴力作用),刚度大,整体性及抗震性能好,非对称悬持承载力强,受支座不均匀沉降影响小,适应性强,经济安全,制作、安装方便,特别是近年来,随着计算机的广泛普及,网架(网壳)结构的设计、计算变得非常简便,因此网架(网壳)结构被广泛应用于工业与民用建筑领域<sup>[1]</sup>。在实际工作中,笔者设计、审查过相当数量的网架(网壳)结构工程设计图。下面就网架(网壳)结构设计中的常见问题进行简要分析和讨论,以便引起设计同行的注意。

## 1 网架(网壳)结构设计中支座参数选定

由于现行《网架结构设计施工规程》(JGJ 91)没有规定必须把网架和下部结构连成一体整体分析计算,国内多数网架专用程序都是把网架和下部结构分开来计算,这显然是不妥的。约束条件的不同,使得杆件的内力也不同,从而导致了用钢量的不同,采用固定计算出的网架用钢量最少,弹性次之,自由边界最大。但在当前市场经济条件下,由于网架的优化设计往往是以经济指标(用钢量)作为目标函数的,再加上从事网架设计人员多数专门仅仅设计网架。因此网架和下部结构分开来计算时,通常假定网架支座刚度为无穷大,所有支座刚度相同(类似于结构力学中简支板的支座假定),算出支座反力后再由其他设计者加到下部结构上<sup>[2]</sup>。下部结构可能是柱,也可能是梁,也可能是其他结构形式,不仅刚度是有限的,而且具体工程刚度差异可能很大。在这种假

定条件下,算出来的网架内力和支座反力及下部结构内力与采用网架支座刚度为实际刚度且上、下部结构共同工作的力学模型所计算出来的结果肯定是不相同的,因为超静定的网架结构的内力和反力分配与结构刚度分配有关。

计算分析表明,网架和下部结构分开来计算会导致不合理的结果。那么为什么出事故的工程只占少数呢?这是因为钢网架结构是高次超静定空间结构,钢材又是非常理想的弹塑性材料,个别杆件出现超载达到流限,会立即发生塑性内力重分布,使该杆件不至于断裂破坏。这正是钢网架结构的重要优点之一,但不应认为分开计算是正确的。

计算时,不管使用什么软件,边界条件的处理不外乎三种形式:固定、自由和弹性。那么到底如何选定支座参数施加约束呢?这要联系具体的工程实际来看,灵活处理,原则当然要尽量同实际受力(支座的构造)情况相符。影响因素有网架的形式,荷载的作用情况,下面支撑的形式(是柱,是梁,还是墙……),还要联系网架最终的变形进行考虑。

当支承结构在某方向上的刚度足够大时,支座参数取决于支座类型。固定支座,参数应为0;可滑动铰支座,近似自由,参数应为1;其余铰支座,应按弹性处理,参数应为K,橡胶支座,支座刚度由橡胶垫的抗剪模量求出。各种钢铰支座,支座刚度视具体工程而定,但均应大于橡胶支座。

当支承结构在某方向上的刚度不够大时,无论采用何种类型的支座,边界条件均应按弹性处理,参数应为-1,其支座刚度视具体工程而定。

下面举例说明:当端节点支座处于刚度很大

的墩体上时,可以认为是固定,即  $xyz$  三个方向不能移动,边界条件处理为  $0_x, 0_y, 0_z$ ;当支座处于独立柱上时(柱间没有支撑,如加油站、收费站等), $z$  竖直方向为固定,其他两个方向为弹性,弹性系数取决于柱的长细比<sup>[3]</sup>,具体为  $3EI/H^3$ ,注意  $I$  值为两个  $I_x$  及  $I_y$  时,边界条件为  $3EI_x/H^3, 3EI_y/H^3, 0_z$ ;对于柱间设有墙体支撑的周边支承情况,如厂房,要看具体情况,一般多采用单面弧形支座,这时沿切线方向(即沿墙体方向)和竖直方向可以假定为固定,沿法向处理为自由,即为  $1_x, 0_y, 0_z$  和  $0_x, 1_y, 0_z$  (水平面两个方向)。值得注意的是,如果柱间没有墙体,沿切向刚度不是很大,仍然要按照弹性来处理。另外,需要特别提醒的是支座支承在梁上,并且梁的刚度不大时(如图 1 所示 B 支座),沿切线方向(即沿梁方向)可以假定为固定,竖直方向和沿法向均应处理为弹性,即为  $0_x, K_y, K_z$  和  $K_x, 0_y, K_z$  (水平面两个方向),此时  $K$  可近似取为梁在相应方向的抗弯刚度。总之,网架设计时选用的约束条件,一定要与实际的支座和计算的假定相符。

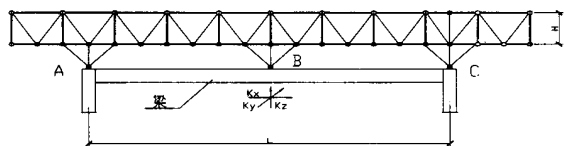


图 1 支座支承在梁上

## 2 网架(网壳)结构设计中挠度、位移控制

钢结构往往不是因为强度不够而破坏,很多情况是因为失稳造成的。因此,跨中挠度非常重要,不可忽视。网架位移的控制方法是多种多样的,从设计方面讲,最常见的有 4 种,网格尺寸、支座设定、矢高、预应力。除预应力外,前三种可以互相协调,互相影响。控制竖向位移即挠度,可以调小网格,可以结构起拱,可以增加矢高,这样设置大多会导致支座反力增大的后果。除按规范严格控制挠度值外,对于水平位移应通过支座的水平移动将其位移释放掉,否则会产生较大的水平推力,对下部结构不利。相比之下,处理支座位移要容易些,可以通过选择不同的支座形式,例如采用弹性、固定、滑动、橡胶、弧形支座等等,来使挠度值控制在规范允许的挠度范围内。但要切记:无论选择何种支座形式,计算出的支座反力必须

在支承结构的承载范围内。

## 3 网架(网壳)结构设计中锥头相碰

锥头相碰时,网架的杆件无法安装。此问题多出现在从事网架设计时间不长的设计者设计的图纸中,究其原因乃是设计经验不足,使网架的杆件夹角偏小(小于  $30^\circ$ ),解决该问题的办法有:

(1)增大球的直径(此方法在球很大时,不宜采用);

(2)调整杆件的角度(此方法较好);

(3)切削锥头(此方法在受力不大时采用,因为切削锥头降低了承载力)。

设计中尽量不要出现大球,因为大球会增加含钢量,且安装起来也相对麻烦。如果是结构的问题可调整方案,变化一下结构形式,改变一下网格或矢高也很有效果。实在不行就把杆件抽掉,至于切削锥头笔者认为那只能是亡羊补牢的做法,不可取。

## 4 结 语

一个网架工程,从结构选型—计算绘图—制作安装—投入使用,都对整个网架的质量有一定影响,其中前两步是最重要的。设计网架,不但要考虑网架本身,还要考虑网架作用的客体,主要是支座客体,也就是支座的支撑体(混凝土柱,钢柱,牛腿,剪力墙,楼面等等),这些支撑体都有自身的承载力极限,而且大多时候它已经承受着一定的荷载,在网架设计得出的支座反力,必须和支撑体其他的荷载一起组合,组合出来的荷载,应在支撑体的承载力范围内。这一点很多设计人员往往容易忽略。

### [参 考 文 献]

- [1] 沈祖炎,严慧,马克俭,陈扬骥. 空间网架结构[M]. 贵阳:贵州人民出版社,1987.
- [2] 姜学诗. 钢结构房屋结构设计中常见问题分析[J]. 建筑结构,2003,(6).
- [3] JG7-91,网架结构设计与施工规程.

### [作者简介]

纵兆峰(1971-),汉族,1993年毕业于河北煤炭建筑工程学院,现工作于徐州淮海工业建筑设计院。

[收稿日期:2003-12-06]