

雨蓬网架结构设计

陈同顺

(冶金部建筑研究总院 100088)

摘要: 本文结合工程实践,介绍了变高度正放四角锥网架应用于大跨度悬挑雨蓬时的结构形式、网格数量、网架高度、内力计算和截面设计的确定方法,提出了新的边界支承条件和支座构造形式。

关键词: 雨蓬网架 网格 网架高度 支座布置 支座构造

DESIGN OF LATTICE FRAMED STRUCTURE FOR CANOPY

Chen Tongshun

(Central Research Institute of Building and Construction, MMI 100088)

Abstract: This paper presents methods for determining structural mode, lattice quantity, height of lattice frame as well as those for calculating internal forces and section design when a height-varying lattice framed structure of tetragonal quadrangulur pyramid is used for an overhanging canopy of large-span, it also puts forward new boundary conditions and seat configurations on the basis of combining engineering practices.

Keywords: lattice frame for canopy; lattice; height of lattice frame; seat arrangement; seat configuration

1 工程概况

西安中萃汉斯食品有限公司是一家中外合资专门从事世界著名饮料“可口可乐”的制造厂商,地处陕西省西安市湿陷性黄土地基上,其“可口可乐”联合生产车间是以8个9m柱距和12个6m柱距计总长144.50m、8个15m跨度计总宽120.10m的矩形平面,建筑面积为17354.45 m²,檐口标高分别为11.55m和8.70m,并在檐墙和山墙处设置了悬挑9m、长313.10m、覆盖面积为2817.90m²、底面标高分别为4.75m和8.00m的雨蓬。

主厂房采用钢筋混凝土柱,柱顶标高分别为10.00m和7.00m,焊接H型钢梁、轻型冷弯型钢檩条、双层彩色压型钢板中间夹超细玻璃纤维保温层做屋面。这种构造减轻了房屋自重,有利于湿陷性黄土地基的处理,由

于钢结构在工厂制造,因而加快了工程进度,降低了工程造价。

2 结构形式

建筑要求雨蓬既不能向外自由排水,又不能在外侧出现任何杆件或雨水管。因此,我们采用结构外侧上翘的形式,使雨水向内排放,由天沟、雨水管排至雨水沟。

由于雨蓬的荷载要通过雨蓬结构传给支座梁、柱、基础,再传给地基,因此,选用合理的雨蓬构造就成为雨蓬设计的重要一环。过去,人们习惯地采用钢筋混凝土作屋面结构材料,其优点是众所周知的;而今天,当我们重新审视这些材料时会发现它们自重大、不防水、须用大型起重设备、工序繁多、工期延长,且形成重盖、肥梁、胖柱、深基的落后状

收稿日期: 1994-11-25

况,不利于结构的抗震。随着彩色钢板工业的发展,出现了将彩色钢板轧制成波纹状的压型钢板,这种钢板自重轻,不透水,不燃烧,承载力大,连接简单,美观大方,不需要大型起重设备,可直接固定在檩条上构成金属屋面。况且,雨蓬地处室外,没有保温隔热的要求,因此,我们决定采用单层不保温彩色压型钢板屋面,轻型冷弯型钢檩条,钢结构骨架支托在钢筋混凝土支座梁上。

钢结构主要有两种:

(1)焊接 H 型钢:由于材料远离横截面惯性中心,因此,承载力大,断面灵活,制作方便。但是,为了保证梁在平面外的稳定性,需要设置许多支撑、系杆,安装时需要大型起重设备。

(2)网架结构:网架结构是一种杆系的空间结构,是由空间节点把杆件连成两个或三个方向的平面桁架,也可以把几个方向的杆件相互连接起来,组成一个空间结构,通过空间作用,把荷载传至支座。网架结构具有重量轻、用料省、刚度大、杆件布置灵活、杆件尺寸标准化、施工制造比较简单、美观大方等优点,适合于弯矩大、剪力小的受力场合,被广泛地应用于大跨度公共建筑和大跨度工业厂房。近年来,网架结构以其优美的造型在建筑中起到了一定的装饰作用。

经过分析比较,我们认为网架结构更适合本工程的需要。网架布置如图 1 所示。

为叙述方便,下文仅以网架 1(WJ1)为例加以说明。

3 网架形式

一般的网架结构为四边支承或三边支承一边自由,雨蓬网架结构则不同,为一边支承三边自由的悬臂结构,所以要求网架本身具有足够的刚度。因此,我们采用正放四角锥网架,较正交正放网架具有侧向刚度大的优点。

(1) 网格数量: 网格数量减少、网格增

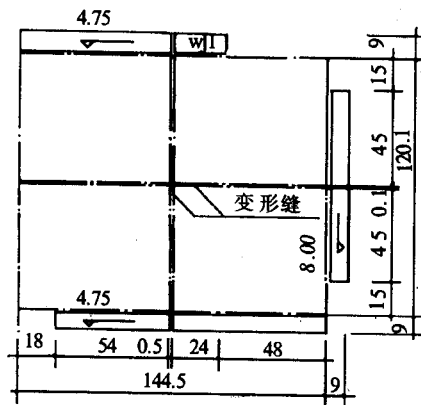


图 1 网架布置(单位:m)

大时,则上下弦杆内力增大,相应的受压弦杆的自由长度加大,长细比 λ 加大,稳定系数减少,对压杆不利,但是减少了节点数量;相反,当网格数量增多、网格减小时,则上下弦杆内力变小,受压弦杆自由长度减小,对压杆有利,但节点和腹杆数量增加,同时,构造腹杆增多,最终导致方案的不合理。

本工程网格的划分有: $3\text{m} \times 3\text{m}$ 、 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 、 $0.75\text{m} \times 0.75\text{m}$ 三种,雨蓬底面标高较低,宜采用网格较小、杆件数量较多、断面较小的网架比较美观,考虑到压型钢板对檩距的要求,我们采用 $1.5\text{m} \times 1.5\text{m}$ 的网格。

(2)网架高度:这是影响网架的重要原因之一,也是设计过程中必须解决的主要矛盾之一,直接影响到网架的经济合理。当网架高度变大时,上下弦杆内力减小,腹杆内力相应减小,但数量甚微,而使腹杆的自由长度加大,即长细比 λ 加大,受压腹杆的稳定系数减少。

雨篷网架为悬臂结构,其弯矩分布是自自由端为零,固定端为最大,如图 2 所示。

所以,合理的网架高度应是从自由端向固定端不断增大。而自由端的网架高度 h 受到腹杆与水平面夹角的影响,不宜太小,否则,杆件在交汇点上,由于腹杆与弦杆的夹角太小而增加节点的用钢量。同时,固定端的网架高度 H 不宜太大,否则会增加腹杆的用

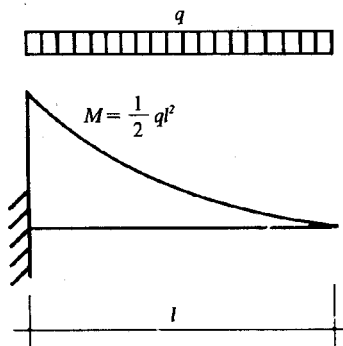


图2 悬臂梁弯矩

钢量,也受到房屋侧窗的影响。下弦杆与水平面的夹角 α 不能太小,当 α 太小时,上弦杆除受轴力外,还要承受很大的剪力和弯矩。同时,这一角度也不能太大,当 α 太大时,上下弦之间形成了方向相反的内力。合理的 α 角是当上弦杆仅承受轴力时所对应的夹角。经反复调整,确定: $h=534\text{mm}$, $H=1650\text{mm}$, $\alpha=21.8^\circ$ 。网架杆件布置如图3所示。

4 荷载和计算

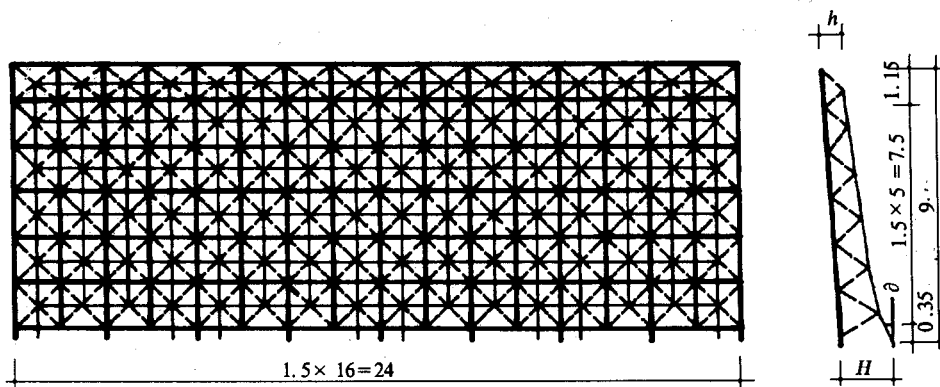


图3 WJ1杆件布置 (单位:m)

(粗实线表示上弦杆; 细实线表示下弦杆; 细虚线表示腹杆)

恒载: 30kg/m^2 (不包括网架自重)

活载: 30kg/m^2

基本雪压: 20kg/m^2

基本风压: 35kg/m^2

以此荷载,按照空间杆件位移法计算出各杆件的内力如图4、图5、图6所示。

按照钢结构和网架结构设计规范计算,并经两次优化后的杆件断面分别为 $\phi 48 \times 3.5$ 和 $\phi 60 \times 3.5$ 。

最大挠度 $f_m = 2.60\text{cm} \leq [f] = [l/400] = 2 \times 900/400 = 4.50\text{cm}$

5 支座布置和支座构造

由于我们采用了轻质构造,支座反力比较小。支座的加工和安装比较复杂,所以支座布置时应尽量地减少支座的数量。我们采用每隔3m布置一个上弦支座,每隔6m布置两个下弦支座,如图3所示。

雨篷网架不同于一般网架,一般网架为压力支座,而雨篷网架必有一个拉力支座。由于螺栓球为45号钢,高强螺栓为40Cr钢,而杆件为Q235钢,如果采用焊接连接,很难保证45号钢和Q235的焊接质量。并且拉

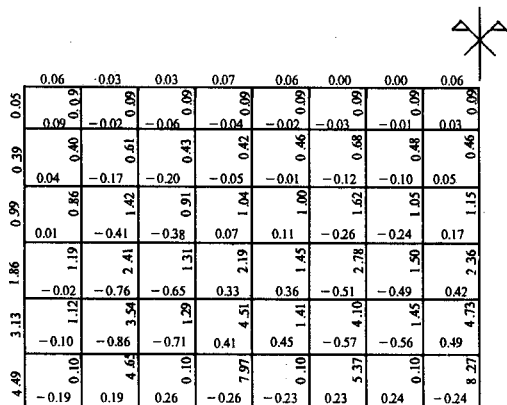


图4 WJ1上弦杆内力(单位:kN)

力支座的破坏会引起整体网架的倒塌,后果非常严重。所以,我们采用了如图 7 所示的拉力支座构造。

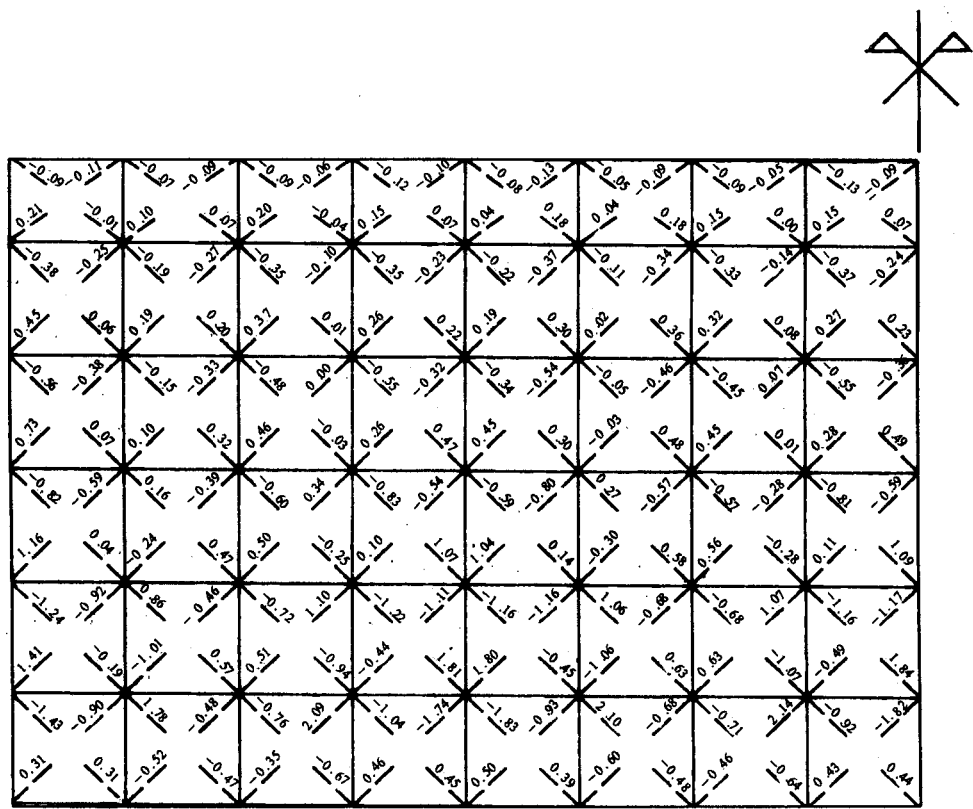


图 5 WJ1 腹杆内力(单位:kN)

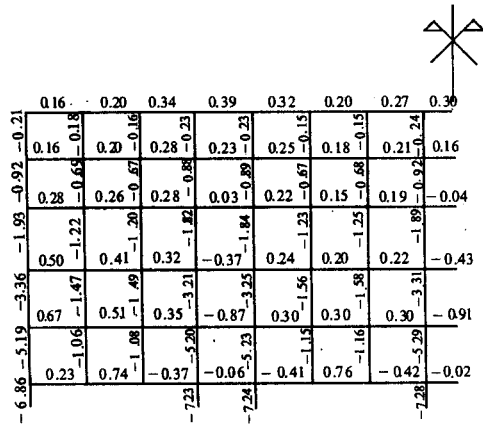


图 6 WJ1 下弦杆内力(单位:kN)

这种支座构造有几个显著的优点:

(1)用高强螺栓和套筒连接 45 号钢螺栓球和 Q235 钢管,与其它节点无异,构造是可靠的,且便于加工、安装;

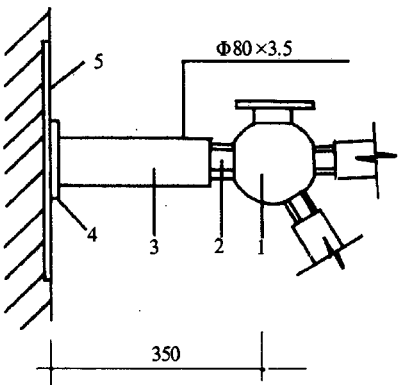


图 7 拉力支座构造

- 1—螺栓球; 2—高强螺栓和套筒;
- 3—钢管; 4—节点板; 5—预埋板

(2)焊接连接同一钢种的预埋板、节点板和钢管,避免了不同钢种之间的焊接,容易保证焊接质量;

(下转第 39 页)

变形增加 15% 左右。而配筋率较大时, 变形增加 25% 左右。当温度 $\geq 400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 以后, 变形的增加更为明显, 抗弯能力的衰减也更为明显, 且配筋率越大, 愈明显。图 3、图 4 给出了变量之间的关系。

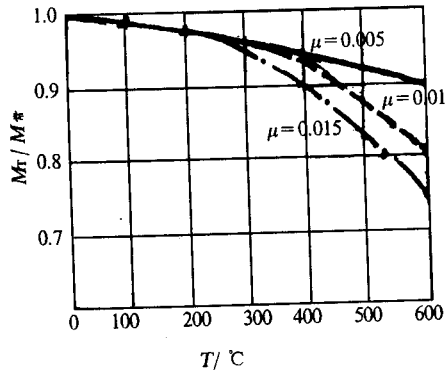


图 3 M_T / M_{T0} 与 T 的关系

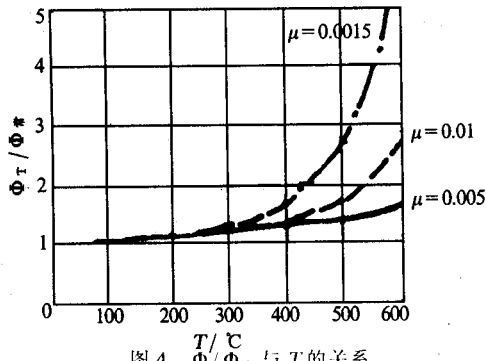


图 4 Φ_T / Φ_{T0} 与 T 的关系

4 结论

(1) 用本文方法编制的程序分析高温下钢筋混凝土受弯构件的受力性能是可行的。

(2) 高温对钢筋混凝土受弯构件的变形影响很显著, 当 $T < 300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 对抗弯能力影响较小。

(3) 配筋率越高, 温度对抗弯能力和变形的影响愈大。

(4) 随着温度的增加, 对接近界限配筋率的钢筋混凝土受弯构件, 当温度接近于 $400\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 即会发生压区混凝土先压碎, 而钢筋尚没有屈服的超筋破坏。

(5) 根据分析表明, 在温度低于 $300\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时, 钢筋混凝土受弯构件的承载力验算和评估可参照普通钢筋混凝土结构。

(6) 温度较高时, 将由于结构变形过大, 使结构丧失使用价值。

参考文献

- 1 过镇海, 高温下混凝土性能的试验研究概况. 清华大学土木系, 1989, 2
- 2 过镇海, 混凝土耐热力学性能的试验研究总结. 清华大学土木系, 1991, 1
- 3 滕智明. 钢筋混凝土基本构件. 北京: 清华大学出版社, 1987
- 4 GBJ10-89 混凝土结构设计规范

(上接第 28 页)

(3) 可先测量混凝土预埋板水平方向、垂直方向和垂直度偏差, 然后再据此偏差对钢管切割下料, 以保证节点板与预埋板的密切接合, 使网架准确就位。

紧钉: 4kg
封板: 254kg
总计: 5721kg
单方用钢: 26.49kg/m²

6 主要指标

WJ1 建筑面积: 216m²
钢管: 3687kg
球节点: 1000kg
高强螺栓: 388kg
套筒: 388kg

7 结 语

由于我们针对雨蓬网架结构的特点, 进行分析研究, 成功地完成了 9m 悬挑雨蓬网架的设计工作, 取得良好的技术经济效益, 受到有关部门的一致好评。