

# 大跨度挑檐扣件式钢管悬挑支撑架设计与施工

吴剑生

(中国建筑第七工程局第二建筑公司, 安徽 芜湖 241002)

[摘要] 以皖西学院图书馆工程为例, 介绍了一种位置较高、跨度较大的现浇钢筋混凝土悬挑构件支撑系统的搭设技术, 该技术采用普通的扣件与钢管搭设悬挑支撑架, 解决了落地搭设脚手架费用较高的问题。

[关键词] 脚手架; 大跨度挑檐; 设计; 施工

[中图分类号] TU755.22

[文献标识码] A

[文章编号] 1002-8498(2006)02-0010-02

## Design and Construction of Steel Tubular Suspension Scaffolding with Couplers in a Large Span Suspension Eaves

WU Jian-sheng

(The Second Construction Company of China Construction Seventh Engineering Bureau, Wuhu, Anhui 241002, China)

**Abstract:** With the example of the library project of Wanxi College, the author introduces a new scaffolding set-up technology for the large span suspended cast in-situ concrete structure at the higher elevation. This technology adopts the common couplers and steel pipe to stand suspension scaffolding and to solve the problem that it is expensive to stand scaffolding on ground.

**Key words:** scaffold; large span suspension eaves; design; construction

安徽省皖西学院图书馆工程为框架结构, 建筑面积 2 万  $m^2$ , 分为主楼和裙楼, 裙楼 3 层, 主楼 6 层, 其中 1~5 层层高均为 3.9m, 6 层层高为 3.6m, 总高度为 23.1m; 主楼形状为矩形, 南北方向宽 23.1m, 东西方向长 99.2m, 在 6 层顶的四周设计有较大跨度的挑檐, 南北两面的悬挑净跨度为 2.7m; 东西两面的悬挑净跨度为 3m, 且为弧形板。其平面如图 1 所示。

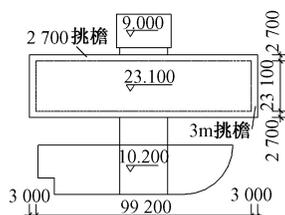


图 1 图书馆平面示意

根据工程情况, 挑檐距地面高度在 24m 以上, 若搭设落地式脚手架, 则需要 300 多 t 钢管, 租赁费用较高, 且工期较长; 若采用型钢(工字钢或槽钢)伸出楼面进行支撑, 由于挑檐的线性长度较大(达 260m 以上), 则需要大量的型钢, 费用会更高; 经过反复论证、验算, 我们采用普通的扣件和钢管搭设“下撑上拉”式悬挑脚手架支撑挑檐, 取得了良好的经济效益和社会效益。

### 1 悬挑架方案的确定

若从 6 层楼面进行支撑, 则斜撑钢管的倾斜角过大, 受力效果较差, 不能有效地承受上部荷载, 支撑系统易发生倾覆, 故从 5 层楼面进行支撑。

若从 5 层楼面直接支撑到 6 层顶挑檐, 则斜撑钢管的最小长度需要 6.8m 以上, 而单根钢管的最大长度为 6m, 钢管需进行搭接, 但搭接处钢管及扣件的受力情况复杂, 若操作不当易出现失稳现象。

经过研究, 我们采用了如下支撑方式: 在 6 层搭设垂直支撑系统(与满堂内脚手架搭设方式相同), 从 5 层楼面搭设斜向支撑系统, 支撑 6 层的脚手架, 同时在 6 层设置斜拉杆, 与内脚手架相连。如图 2 所示。

### 2 悬挑架搭设情况

南北两面的悬挑架立杆纵距按 1m 搭设, 横距按 0.9m 搭设; 东西两面的悬挑架立杆纵距和横距均按 1m 搭设; 斜撑杆及斜拉杆根据立杆的搭设情况对应设置。

搭设顺序为: 首先搭设第 6 层架体, 再搭设第 5 层的斜撑杆, 最后搭设第 6 层的斜拉杆。

整个架体为平面环状封闭搭设方式, 且与满堂内脚手架及框架柱相连。

### 3 技术要求

(1) 内脚手架的纵横扫地杆及大横杆与悬挑架的

[收稿日期] 2005-06-13

[作者简介] 吴剑生(1972—), 男, 河北石家庄人, 中国建筑第七工程局第二建筑公司工程师, 安徽省芜湖市芜石路 241002, 电话: (0553) 4827403

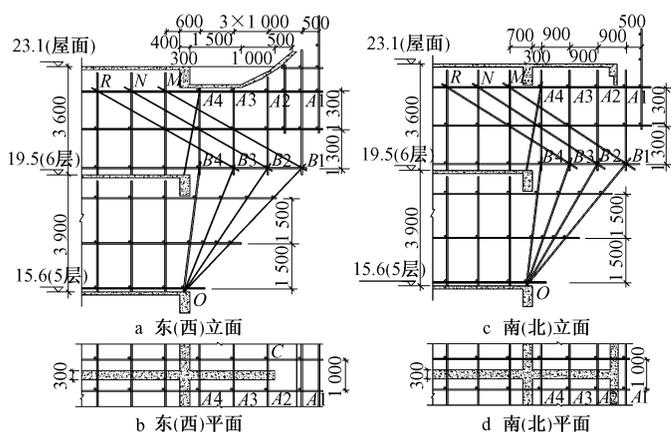


图2 悬挑架搭设示意

水平杆相连。所有水平杆均采用旋转扣件连接,不得采用对接扣件;所有扣件在使用前进行检查,不得采用有裂纹、滑扣等缺陷的扣件;扣件必须拧紧、不脱扣。

(2)在第6层设置1排斜撑杆,可以起到卸载作用,即减轻传至5层斜撑系统的荷载,以增大其稳定性。

(3)浇筑第5层及第6层楼面的混凝土时,在框架边梁的中部预埋 $\phi 25$ 钢筋,搭设悬挑架时,预埋钢筋与内脚手架的扫地杆相连,而斜撑杆的根部与扫地杆相连,以防止悬挑架的水平滑移。

(4)第5、6层的框架边柱设置钢管柱箍,与悬挑架相连,起到拉接作用,其中第6层梁底以下柱混凝土应提前浇筑。

(5)在悬挑架外侧立面满挂密目安全网,水平面铺设跳板,第5层楼面标高处设安全平网。

#### 4 悬挑架受力计算

经过分析验算,图2中的A2B2杆件所承受的荷载最大,相应地,斜撑杆OB2杆在斜撑杆中所受的荷载也是最大的,故对上述2根杆件所承受的内力进行计算,如果这2根杆件能够满足要求,则其它杆件也能够满足要求。

取1跨架体进行分析计算,计算简图如图3所示。

验算时,按照《建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范》JGJ130-2001进行取值,并按永久荷载和活荷载乘以相应的荷载分项系数。首先计算出各节点所承受的荷载,并以此检验节点处的扣件抗滑承载力,扣件满足要求后,再检验扣件间的钢管杆件,其承载力及稳定性满足要求后,该跨架体的承载力即满足要求。由于整个架体为平面环状封闭搭设,故整个架体也是稳定的。

#### 4.1 荷载计算

楼板及弧形板厚度均为100mm,框架悬挑梁截面

尺寸为300mm×600mm,混凝土自重按25kN/m<sup>3</sup>取值,则各种荷载标准值计算如下:

永久荷载:①模板及其支架自重0.75kN/m<sup>2</sup>;②平面部分楼板自重2.5kN/m<sup>2</sup>;③弧形板在水平面上的平均厚度为150mm,则其水平面上的自重为3.75kN/m<sup>2</sup>;④框架悬挑梁自重4.5kN/m。

活荷载:①施工人员及设备荷载1.5kN/m<sup>2</sup>;②振动荷载2kN/m<sup>2</sup>。

#### 4.2 架体受力计算

##### 4.2.1 立杆A2B2

支撑钢管按集中荷载作用下的3跨连续梁计算,取悬挑梁截面两侧立杆的纵距作为支撑钢管的计算跨度,每个扣件连接点作为支座。计算简图如图4所示。计算所得A2点的最大支座反力为 $P = 11.16\text{kN} > [F] = 8\text{kN}$ (式中 $[F]$ 为扣件的抗滑承载力设计值),说明单扣件抗滑承载力不能满足要求,故此处采用双扣件。再按照图3计算斜拉杆和斜撑杆的内力。

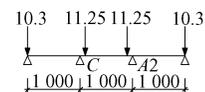


图4 梁底支撑钢管计算简图(单位:kN)

##### 4.2.2 斜撑杆OB2

为压杆,经计算,其内力为 $S = 6.587\text{kN} < [F] = 8\text{kN}$ ,扣件满足要求。

杆件的计算长度: $l_0 = k\mu h = 3088\text{mm}$ ,其中: $k$ 为受压杆件计算长度附加系数,取1.155; $\mu$ 为考虑脚手架整体稳定因素的单杆计算长度系数,取1.5; $h$ 为斜撑杆的步距, $h = 1500/\cos 32.7^\circ = 1783\text{mm}$ 。

则: $\lambda = l_0/i = 195.5 < [\lambda] = 250$ ,满足要求。

其中, $i$ 为 $\phi 48\text{mm} \times 3.5\text{mm}$ 钢管的回转半径,取15.8mm, $[\lambda]$ 为受压杆件的容许长细比,按规定取250。

由 $\lambda = 195.5$ ,查表得: $\varphi = 0.189$ 。

则压杆OB2的压应力为:

$$\sigma = S/(\varphi A) = 71.27\text{N/mm}^2 < f = 205\text{N/mm}^2$$

其中, $f$ 为钢管抗拉、抗压强度设计值。

由以上计算可知,斜撑杆的抗压强度满足要求。

##### 4.2.3 斜拉杆MB2

为拉杆,经计算,其内力 $S = 6.136\text{kN} < [F] = 8\text{kN}$ ,扣件满足要求;由于其内力小于压杆OB2的内力,故其刚度及抗拉强度也能够满足要求。

##### 4.2.4 水平杆件PB2

内力较小,可以忽略不计。

#### 5 转角处搭设情况

挑檐转角处,在第5层及第6层的4根角柱的根部分别预埋4根 $\phi 25$ 的钢筋,用于支撑转角处受力最大

(下转第24页)

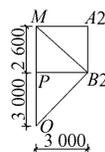


图3 计算简图

根据长细比查表得, 轴心受压构件稳定系数  $\varphi = 0.186$ ,

$$N = 1.2(N_{G1K} + N_{G2K}) + 0.85 \times 1.4N_{QK}$$

$$N_{G1K} = g_{k1}H_0 = 0.1248 \times 48.25 = 6.02\text{kN}$$

$$N_{G2K} = (nahg_{k2} + ng_{k3}h + 2ahg_{k4})/2 = 1.367\text{ kN}$$

$$N_{QK} = [(q_{k1} + \omega_k)ah + 0.85]/2 = 3.73\text{kN}$$

$$N = 1.2(N_{G1K} + N_{G2K}) + 0.85 \times 1.4N_{QK} = 13.30\text{kN}$$

$$M_W = 0.85 \times 1.4 \times M_{WK} = 0.25\text{kN} \cdot \text{m}$$

$$\frac{N}{\varphi_1} + \frac{M_W}{W} = 195\text{N/mm}^2 <$$

205N/mm<sup>2</sup>, 满足要求。

### 2.5 斜撑、拉杆验算

脚手架荷载内立杆受力  $N_1$  及外立杆受力  $N_2$  由底部架中的剪刀撑承担, 为简化计算, 按斜撑杆与斜拉杆所受到的竖向力分别为  $(N_1 + N_2)/2$  进行计算。

撑杆受力示意如图 3 所示。

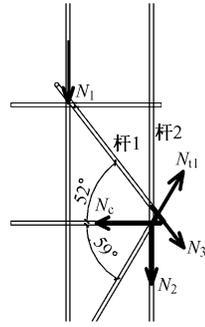


图 3 撑杆受力示意

#### (1) 斜撑

$$N = 1.2(N_{G1K} + N_{G2K}) + 0.85 \times 1.4N_{QK}$$

$$N_{G1K1} = g_{k1}H_0 = 5.48\text{kN}$$

$$N_{G1K2} = g_{k2}H_0 = 5.68\text{kN}$$

$$N_1 = 1.2(N_{G1K1} + N_{G2K}) + 0.85 \times 1.4N_{QK} = 12.66\text{kN}$$

$$N_2 = 1.2(N_{G1K2} + N_{G2K}) + 0.85 \times 1.4N_{QK} = 12.90\text{kN}$$

由计算模型可知:

$$N_{11}\sin 59^\circ - (N_1 + N_2)/2 = 0$$

得:  $N_{11} = 14.95\text{kN} < \varphi f_c = 18.64\text{kN}$ , 满足要求。

#### (2) 小横杆

分别由水平和竖向合力为 0 可得:

$$N_3\cos 52^\circ - N_c + N_{11}\cos 59^\circ = 0$$

$$N_3\sin 52^\circ + N_2 - N_{11}\sin 59^\circ = 0$$

解上述方程得到:  $N_3 = 0.15\text{kN}$ ,  $N_c = 7.8\text{kN} < A_c f_c = 18.64\text{kN}$ 。

#### (3) 斜拉杆验算

斜拉杆受力如图 4 所示。

由水平方向合力为 0 可得:

得:

$$N_1\sin 52^\circ - (N_1 + N_2)/2 = 0$$

解上述方程得到:  $N_1 = 16.26\text{kN}$

$< \varphi f_c = 18.64\text{kN}$ , 满足要求。

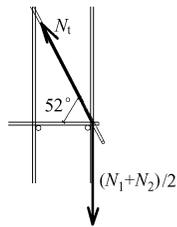


图 4 斜拉杆受力示意

搭设高度验算:

$$H_S = \frac{\varphi f_c - [1.2N_{G2K} + 0.85 \times 1.4 \times (\sum N_{QK} + M_{WK} \varphi_A / W)]}{1.2g_k}$$

$$= 49.15\text{m}$$

脚手架搭设高度限值:

$$[H] = \frac{H_S}{1 + 0.002H_S} = 44.61\text{m} < H_{\text{max}} = 48.25\text{m}$$

故底部 12m 采用双杆满足要求。

### 2.6 连墙件计算

$$N_H \leq nR_c$$

式中,  $R_c$  为扣件的抗滑移设计值, 取 8.5kN;  $n$  为连接扣件的数量。连墙件的水平荷载  $N_H = 1.4W_kA_w + 5 = 15.2\text{kN} \leq nR_c = 17\text{kN}$ , 满足要求。

### 3 应注意的事项

施工过程中应注意: ①要做好直螺纹套丝工作, 直螺纹丝扣必须逐一检查是否符合要求; ②预埋的  $\phi 25$ 、 $\phi 28$  钢筋头(锚固长  $35d$ ), 丝扣加润滑油, 出墙面 50mm 用套筒拧紧; ③软拉点靠近竖向立杆附近(200mm 范围之内), 每个软拉点设 1 个小横杆撑到墙上, 形成既拉又撑受力体系; ④若操作人员搭设不当, 个别水平杆有下弯现象要及时纠正, 加设钢丝绳拉接。

参考文献:

[1] JGJ130-2001, 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S].

(上接第 11 页)

的斜撑杆; 同时在柱根部设置钢管柱箍, 受力较小的斜撑杆支撑在钢管柱箍上, 斜拉杆与梁底处的钢管柱箍相连。经计算各杆件均能满足要求。

### 6 混凝土浇筑过程中的注意事项

(1) 在浇筑梁板混凝土时, 按照先里后外、先中间后两边的顺序进行, 确保满堂内脚手架比悬挑架先受力, 以防倾覆。

(2) 采用泵送混凝土时, 混凝土不得直接倾倒在悬挑部位的梁板内, 而应倒在框架边梁的内侧, 由人工铲运至悬挑部位, 以减小泵送混凝土对悬挑部位的冲击。

(3) 操作人员不得在悬挑部位集中, 要分散开来, 由尽量少的人员在悬挑部位进行操作。

(4) 在混凝土浇筑过程中, 派专人看护支撑系统, 不少于 2 人, 密切注意支撑系统的变化。

### 7 结语

采用“下撑上拉”式搭设较大跨度的悬挑支撑架, 是利用普通的扣件与钢管, 不需要增加其它的工具有材料, 操作简便快捷, 施工成本低廉。但在方案的制定过程中, 应进行全面而细致的策划, 确保设计计算详细准确、施工方法得当、措施到位。

参考文献:

[1] JGJ130-2001, 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S].

[2] 江正荣. 建筑施工计算手册[M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 2001.