

DOI: 10.3963/j.issn.1671-4431.2009.12.029

# 超高层屋面大悬挑结构施工脚手架设计的探讨

李英攀<sup>1</sup>, 林伟洪<sup>2</sup>

(1. 武汉理工大学土木工程与建筑学院, 武汉 430070; 2. 中建三局第二建设工程有限责任公司, 武汉 430074)

**摘要:** 根据荷载传递的原理, 对超高层工程屋面大悬挑施工脚手架悬挑的型钢支撑及其相关锚固件从抗弯、抗剪、抗压、抗拉等方面进行力学分析和计算, 并对架杆搭设的整体稳定性进行验算。所建议的方法为超高层大悬挑钢筋混凝土结构施工用脚手架的使用材料和搭设形式的选择提供了切实可行的理论依据。

**关键词:** 超高层; 大悬挑屋面; 施工脚手架

**中图分类号:** TU 731.2

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1671-4431(2009)12-0109-04

## Discuss on Design of Construction Scaffolding of Super High-rise Structure with Large Cantilevered Roof

LI Ying-pan<sup>1</sup>, LIN Wei-hong<sup>2</sup>

(1. School of Civil Engineering and Architecture, Wuhan University of Technology, Wuhan 430070, China;

2. No2 Construction Engineering Co Ltd China Construction Third Engineering Bureau, Wuhan 430074, China)

**Abstract:** Structural steel support and related anchoring parts of super high-rise building construction scaffolding were calculated and analyzed on the aspects of bending, shearing, compression and tensile resistance based on loading transfer principle. And checking calculation for the global stability of side bars was also conducted. The method suggested in the paper provides feasible theoretical foundation for the choice of form and material for the construction scaffolding of super high-rise building.

**Key words:** super high-rise; large-cantilevered roof; construction scaffolding

随着经济建设和城市化的高速发展, 造型各异的高层和超高层建筑在各大中城市迅速地一幢幢拔地而起, 对施工用脚手架也不断提出新的要求<sup>[1]</sup>。施工脚手架的设计与应用是一般高层建筑建造的共同难题, 对于超高层建筑来说, 更是如此。在 20 世纪 80—90 年代, 我国曾发生过多起升降外脚手架在施工时倾斜、坠落等造成人员伤亡的重大安全事故<sup>[2]</sup>。因此, 针对特定的高层建筑都应在综合考虑的基础上进行合理的脚手架设计<sup>[3]</sup>。国内学者结合工程实际, 在该方面进行了大量的探讨<sup>[1-5]</sup>。

华中某地区外科病房大楼, 为超高层建筑, 目前为亚洲第一外科病房大楼, 该大楼为框架-剪力墙结构, 地上部分高为 144.7 m, 地下室 2 层, 地上 32 层, 32 层屋面以上标高 138.7 m 处为大悬挑钢筋混凝土结构造型, 其平面俯瞰外形呈橄榄形, 中间部分椭圆型空环, 该大悬挑钢筋混凝土结构悬挑出的宽度北面为 5.5—6.6 m, 南面分别为 2.6—3.6 m, 东、西面为 2.6 m, 悬挑钢筋混凝土反梁截面为 1 000 mm×700 mm(北面)、800 mm×700 mm(南面), 板厚 150 mm。该屋面大悬挑结构造型美观, 结构复杂, 悬挑距离和悬挑荷载大,

收稿日期: 2009-02-25.

作者简介: 李英攀(1978-), 女, 博士生, 讲师. E-mail: lisa8216@sohu.com

悬挑部分距可搭设悬挑脚手架的下层平面 126.3 m, 标高的距离为 12 m, 且由于该大楼东、南侧紧邻市中心繁华地段, 西、北面紧邻院内主要通道, 行人和车辆川流不息, 因此, 搭设何种支撑形式的悬挑脚手架以确保高空大屋面悬挑钢筋混凝土结构的施工需要和施工安全, 就显得尤其重要。

## 1 高空悬挑脚手架结构形式的选定

图 1 为该楼高空悬挑大屋面平面示意图。因该悬挑结构最大悬挑长度达到 6.7 m, 且悬挑架体要承受整个悬挑梁板的施工荷载和风荷载, 故普通悬挑支撑系统肯定不能满足施工荷载要求, 故在支撑系统上经研究决定采用型钢三角联合支撑方式, 并采用加强型的预埋结构固定主要受力杆件。提高了悬挑架体的整体受力性能和支撑系统的三维稳定性, 加强了支撑系统的整体刚度。上部脚手架根据悬挑长度采用双排和多排架, 附墙和维护结构。

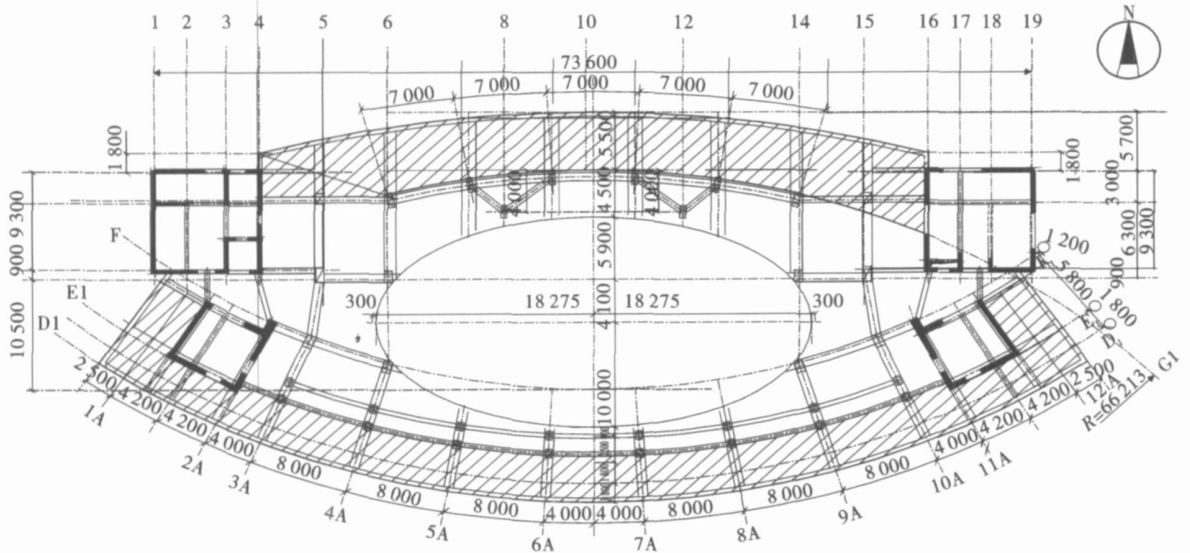


图1 高空悬挑大屋面平面示意图(图中阴影部分为悬挑结构区域)

## 2 高空悬挑脚手架搭设方式

以北最大悬挑长度 6.7 m 的 G1/4—16 轴悬挑区域的悬挑体系为例介绍本高空悬挑脚手架的具体搭设方式(如图 2 所示)。

### 2.1 底支撑及脚手架搭设

底支撑采用 20a 工字钢焊接形成支撑三角, 水平段通过 1 道穿板螺栓和 2 道预埋螺栓固定于主楼屋面层砼结构, 斜撑焊接于预埋在 32 层的锚板上, 同时相邻工字钢三角支撑间通过 4 道 16# 槽钢水平焊接, 防止三角支撑的水平变形。同时为增强悬挑工字钢梁的抗弯能力, 在电梯机房层梁外侧预埋  $\phi 32$  挂钩, 通过 3 道  $\phi 20$  钢丝绳和花篮螺栓拉结于悬挑工字钢梁上。为了减小施工荷载对楼层结构的影响, 悬挑架使用期间 32 层、31 层在悬挑固定端范围搭设满堂脚手架, 以提高楼层梁板的承载能力。

悬挑型钢上的脚手架采用多排架, 架体立杆纵横间距为 1 500 mm, 内侧立杆距楼层边线 300 mm; 大横杆水平步距 @1 800 mm, 小横杆 @1 800 mm, 间距 @6 000 mm, 设置 1 道剪力撑; 竹脚手板在底层满铺, 拦板高 1 200 mm。附墙杆采用预先在每层梁上预埋短钢管与脚手架横杆连接牢固。

### 2.2 悬挑脚手架使用的主要材料及安全围护

悬挑脚手架主要使用 20a 工字钢, 16# (160 mm×65 mm×8.5 mm) 槽钢,  $\phi 48 \times 3.5$  钢管, 扣件, 花篮螺丝, 卡环, 钢丝绳,  $\phi 20$  的螺杆, 20 mm 厚钢垫片, 螺纹 28 钢筋拉钩(钢梁), 预埋  $\phi 32$  的吊钩, 外挂密目安全网、钢板网、兜网, 3 000 mm×300 mm×50 mm 竹脚手板, 50 mm×100 mm 木枋、18 mm 厚层板。

安全围护由外挂密目网、钢板网、兜网及底部脚手板组成, 外挂密目安全网、钢板网、兜网, 按现场文明施工规定采用全封闭式。外脚手架每层工作面上铺设竹脚手板, 踢脚板高度为 150 mm, 外侧边铺设 1 200 mm 高拦板。

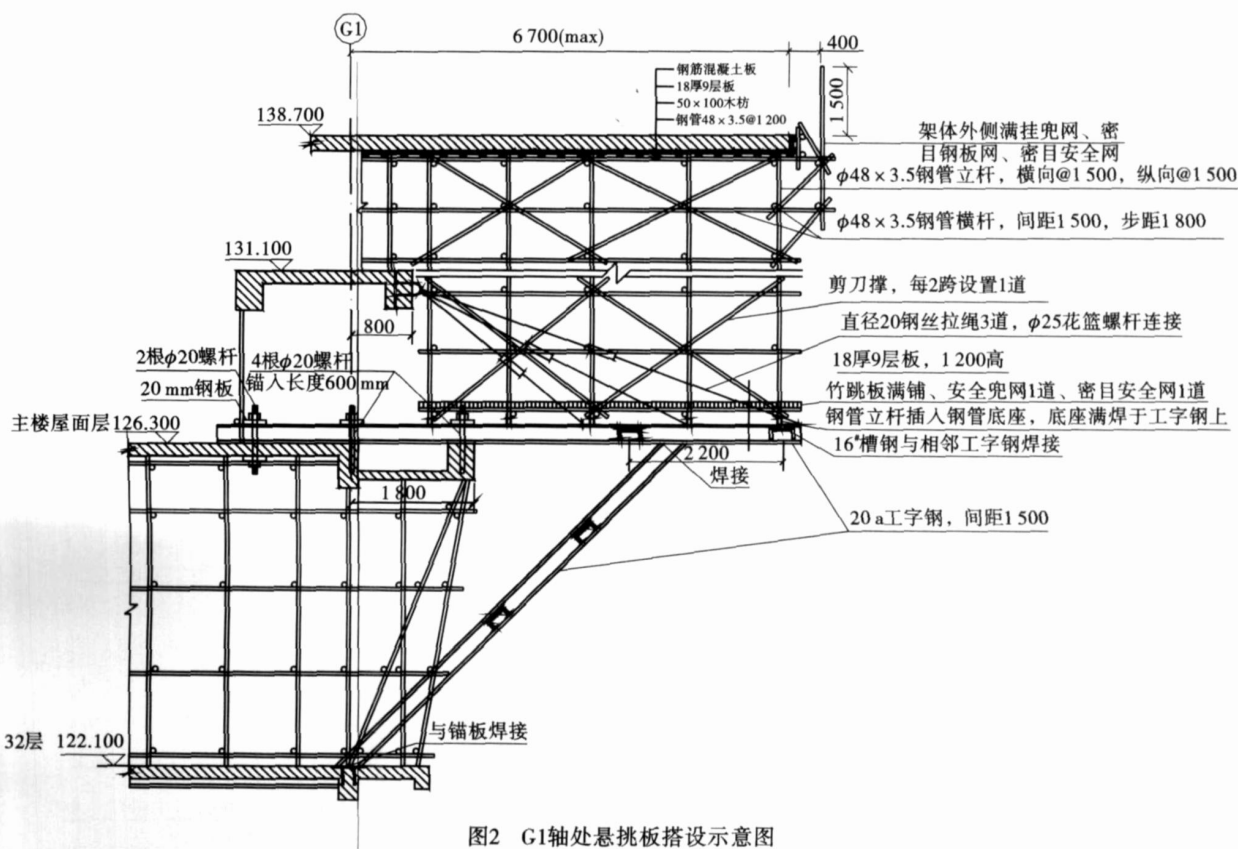


图2 G1轴处悬挑板搭设示意图

### 3 高空悬挑脚手架受力和内力验算

#### 3.1 计算荷载

恒载:立杆自重(12 m高):  $G_{1K} = 12 \times 3.85 = 46.2$  kg; 纵横向横杆及扣件:  $G_{2K} = 3.85$  kg/m; 工字钢 20a:  $G_{3K} = 27.929$  kg/m; 脚手板(考虑2层):  $G_{4K} = 45$  kg/m<sup>2</sup>; 拦板:  $G_{5K} = 5$  kg/m; 钢板网、安全网、兜网:  $G_{6K} = 10$  kg/m<sup>2</sup>; 剪刀撑(投影):  $G_{7K} = 6$  kg/m。

活载: 结构施工和结构自重:  $Q_{1K} = 1400$  kg/m<sup>2</sup>; 装饰施工荷载(考虑2层):  $Q_{2K} = 400$  kg/m<sup>2</sup>。

#### 3.2 计算简图

按3跨连续梁考虑, 对不同的部位分别取计算单元如图3所示。

对于计算单元1、2、3, 其受力简图见图4(支座为小横杆), 大横杆计算简图见图5(支座为立杆), 工字钢的计算简图见图6。

#### 3.3 计算结果与分析

根据结构力学的计算理论, 对工字钢上A点与O点的抗剪与抗弯能力进行验算, 其中A点需设置直径为φ20的钢丝绳均能满足抗弯和抗剪要求。

验算斜杆上A点的抗压承载力, 计算表明截面上压应力满足要求。

螺栓直径为20 mm, 抗剪承载力按钢丝绳能承受的最大荷载进行计算。同时, 由于螺栓主要承担O点弯矩引起的拉力, 因此根据O点的弯矩, 抗拉承载力按6个螺栓考虑, 计算每个螺栓承受的拉应力。计算表明螺栓的抗剪承载力和抗拉承载力均满足要求。

每个吊环按2个截面验算, 其拉应力均不能超过50 N/mm<sup>2</sup>, 设3根钢丝绳拉力相等, 均取计算所需的最大力。以此计算, 结果表明吊环承载力满足要求。

根据实际情况, 横杆传给立杆最大力的部位为立杆顶部承受结构和结构施工荷载处, 取3跨连续梁计算, 计算单元为计算单元1、2、3。计算表明扣件的抗滑移承载力满足要求。

由于 $\lambda = 5.6$ , 查表并计算得  $N/\Psi_A = 34.6$ , 而  $K_A * K_H * f = 64 > 34.6$ , 即脚手架整体结构稳定(其中各字母符号的意义参见文献[9])。

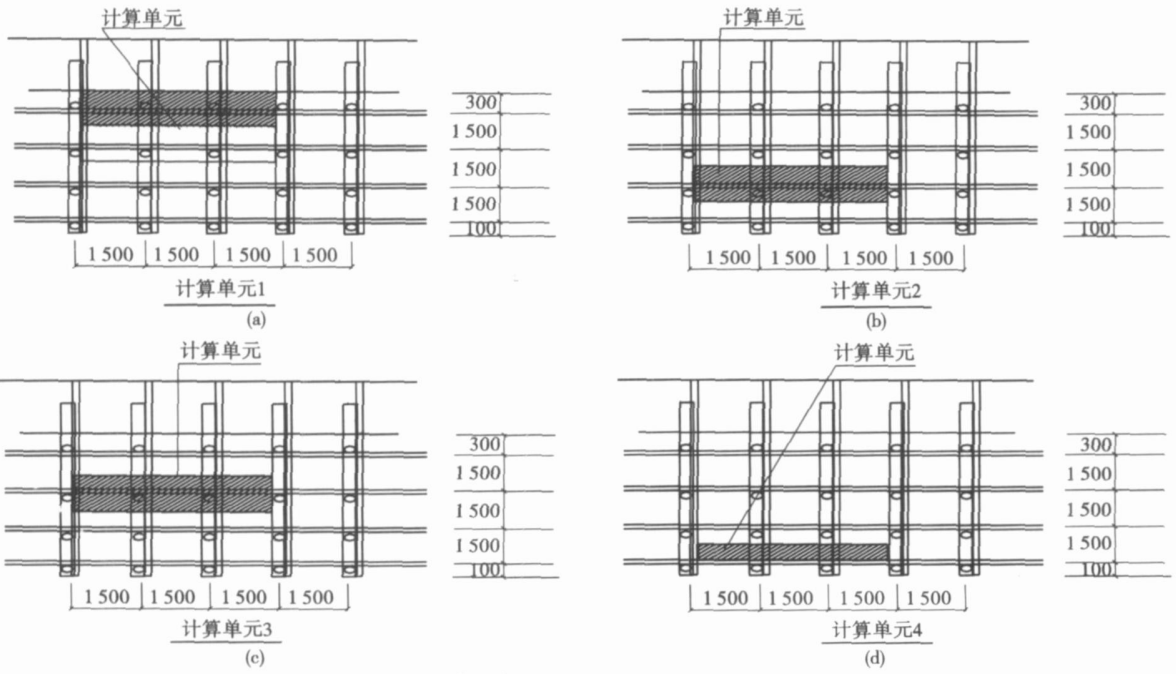


图3 小横杆传力大横杆计算单元示意图

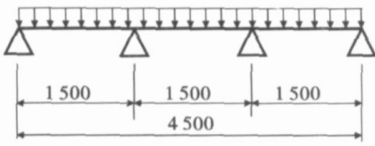


图4 计算单元1、2与3的计算简图

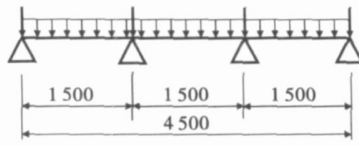


图5 大横杆计算简图

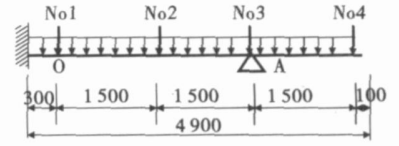


图6 工字钢的计算简图

## 4 结语

结合工程实际,对超高层屋面大悬挑结构施工脚手架进行了设计及验算。同时,通过在施工现场严格组织和实施,并且在大悬挑脚手架搭设和大悬挑结构施工过程中,对悬挑脚手架的变形情况进行严密监控,整个设计方案满足施工要求,未发生任何质量和安全事故。该超高层屋面大悬挑钢筋混凝土结构施工脚手架的设计方案是合理可行的,对类似超高层大跨度结构的施工脚手架设计具有很好的实践指导意义。

## 参考文献

- [1] 陈炳连,黄纲. 异型结构超高层建筑组合式脚手架施工实践[J]. 建筑施工, 2002, 22(4): 288-290.
- [2] 张辉明,邢志义,杨启泉. 滑升脚手架在超高层建筑施工中的应用[J]. 工程质量, 2005(3): 48-50.
- [3] 张晖,廖原,张正科. 高层折线型外墙悬挑脚手架的施工[J]. 青岛理工大学学报, 2007, 28(4): 112-116.
- [4] 赵罗轩. 超高层建筑整体升降脚手架的施工[J]. 建筑施工, 2000, 22(2): 3-5.
- [5] 谢永超. 附着升降脚手架在超高层建筑施工中的应用[J]. 建筑技术, 2006, 35(8): 77-80.
- [6] 中华人民共和国行业标准. JGJ 130—2001 建筑施工扣件式钢管脚手架安全技术规范[S]. 北京:[s.n.], 2001.