

# 超高层悬挑避难层模板支撑体系设计与施工技术

雷催

上海城建市政工程(集团)有限公司, 上海, 200000;

**摘要:** 本文以武汉市大华·锦绣前城项目为工程背景, 聚焦其中超高层塔楼(7#、9#楼, 建筑高度136.60m)避难层的悬挑结构施工。超高层住宅的主体结构施工常规采用铝模+爬架的组合进行施工, 但是对于突出于外立面的悬挑避难层结构最适宜的施工方案还是采用二次搭设下支撑钢平台+模板支撑体系。本文所总结的技术与管理经验, 可为类似超高层建筑悬挑避难层施工提供借鉴。

**关键词:** 超高层建筑; 悬挑避难层施工; 支撑体系; 安全管理

**DOI:** 10.69979/3029-2727.26.04.023

## 1 工程概况

本工程由2栋45层住宅楼、6栋18住宅、1栋3层幼儿园、2层地下室附属商铺组成, 总建筑面积约197761m<sup>2</sup>。其中7#、9#楼均为地下两层, 地上45层, 建筑高度为136.60m, 标准层层高为3.0m, 避难层层高为3.15m, 避难层设置在16层以及32层, 悬挑部位位于楼梯前室和公共前室, 最大悬挑宽度2.9m。

## 2 支撑体系设计方案及受力计算

7#和9#楼主体结构施工采用铝模+爬架的组合进行施工, 避难层悬挑结构在主体爬架分别爬升至17层、33层后再进行施工, 在主楼14层、15层、30层、31层结构面设置下撑式悬挑钢梁, 搭设悬挑钢平台用于避难层悬挑结构的支模施工, 此支撑体系设计方案经专家论证评审并通过。

### 2.1 基础设计及处理

本工程悬挑节点区域的模板支撑体系, 其基础直接设置于悬挑工字钢之上。该设计将上部施工荷载通过支撑体系传递至悬挑钢结构, 进而传递至主体结构。

### 2.2 悬挑工字钢系统设计

采用16#工字钢形成悬挑钢平台, 其体系分为三部分:

1) 操作钢平台(14层、30层): 工字钢自结构边线外挑长度为1200mm, 其作用为钢平台安装的操作平台。

2) 支撑钢平台(15层、31层): 工字钢自结构边线外挑最大长度为3.5m, 其作用为上部模板支撑体系的基础以及外层防护架的基础。

3) 初步固定好(15层、31层)16#工字钢后, 用16#工字钢作为斜撑将其与(14层、30层)预埋板焊接固定, 再加焊一块耳板加强。

所有工字钢的具体排布详见平面布置图, 本方案针对最不利位置(最大悬挑长度3.5m)进行验算。

工字钢梁布置间距控制在1000mm, 设置上拉下撑, 悬挑长度超过2.5米的设2道上拉。悬挑工字钢、钢丝绳的锚固位置和节点详图, 应符合JGJ130-2011规定。焊接按《钢结构设计标准》(GB50017-2017)核算, 按《钢结构工程施工质量验收标准》(GB50205-2020)制作、安装、验收。

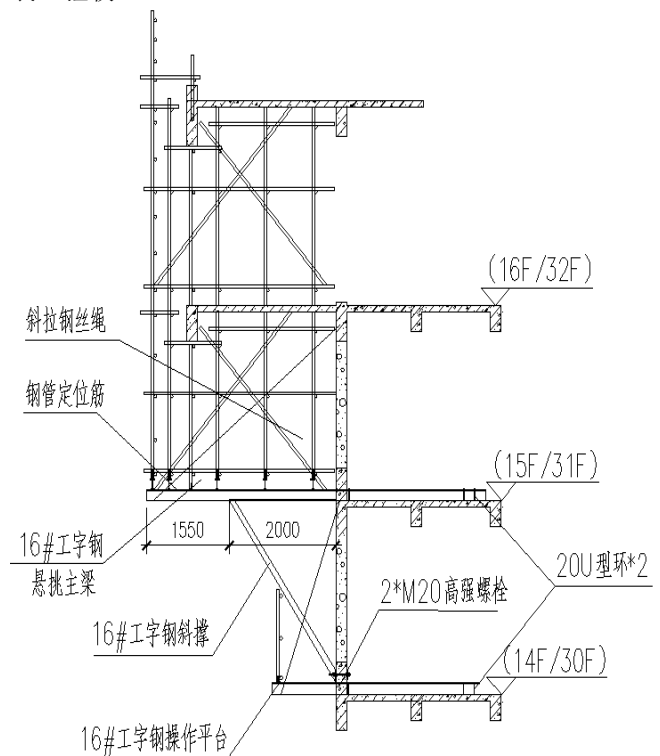


图1 支模体系剖面图示意



图2 工程施工现场

### 2.3 预埋与固定工艺

**预埋件设置:** 在对应楼层结构施工时,需严格按照排布图预留U型螺杆锚固环、剪力墙穿工字钢洞口(尺寸150mm×200mm)以及上层斜拉吊环预埋件。

**根部固定:** 工字钢在楼层内的根部采用双重固定措施确保抗拔与抗滑移:(1)使用 $\phi 20$ “U”型螺杆套压固定,U型螺杆预埋于梁底筋之上;(2)与楼板内预埋的钢

板进行焊接固定。U型螺杆的纵向排距为1.0m,其下部须预埋2根长度为1.5m、直径为18mm的HPB400级加强钢筋。

**立杆定位:** 在工字钢上对应立杆安装位置,焊接高度约100mm的定位短钢筋,确保立杆位置准确,防止位移。

### 2.4 斜拉系统构造

**拉结构件:** 采用6×19结构、公称直径为 $\phi 18$ 的钢丝绳进行斜拉,每根悬挑工字钢外端部设置一道。

**节点细部:** 钢丝绳上端固定于上层梁板预埋的 $\phi 20$ 圆钢吊环。钢丝绳两端各预留1000mm的甩头,采用“骑马式”绳夹固定,每端绳夹数量不少于3个,安装时须确保开口朝向钢丝绳受力方向,间距及拧紧力矩符合规范。

### 2.5 上部支模架搭设要求

板立杆间距1000×1000,支架和钢梁统一设计布置,每根立杆均应落在工字钢梁上,步距1500,支架立杆自由长度 $\leq 300$ mm;模板支架搭设应符合JGJ130-2011标准要求,并与周边结构连接,与内架至少连接2跨以上,支撑架向外延伸一跨做防护架。

表3 支撑体系设计参数表

梁及板编号	模板支撑类型	截面尺寸	梁(板)跨度	支撑架高度	支撑架基础	梁两侧立杆间距(梁宽+600)	小梁间距	主梁根数	纵横水平杆步距	纵横扫地杆离地高度
梁	支撑区	300×550	3000	3150	悬挑工字钢	900	200	2	1000	200
板	支撑区	100厚	3000×2800	3150	悬挑工字钢	1000	150	2	1000	200

### 2.6 悬挑钢平台受力计算

按照结构梁300×500(最大梁)和板100mm(最大板)两侧立杆受力进行分析,该处受力计算合格,表示其他部位均合格,并对多排悬挑主梁工字钢稳定性进行验算。悬挑钢梁以及下撑均采用16#工字钢,上拉钢丝绳采用 $\phi 18$ 的钢丝绳。

首先根据上部支模架立杆间距、步距、结构梁板尺寸等参数(其中活荷载取2.5KN/m<sup>2</sup>),计算每根立杆转到到工字钢钢梁上的荷载设计值。计算结果16#工字钢抗弯强度 $\sigma_{\max} = M_{\max}/W = 140.512\text{N}/\text{mm}^2 \leq [f] = 215\text{N}/\text{mm}^2$ ,抗剪强度 $\tau_{\max} = 30.177\text{N}/\text{mm}^2 \leq [\tau] = 125\text{N}/\text{mm}^2$ ,均符合要求。

### 2.7 方案比选

对比常规单层上拉式悬挑主梁工字钢支撑体系,本

设计方案采用了双层悬挑钢平台,且悬挑主梁同时采用下撑上拉的双保险支撑模式。其一层钢平台设置在14层、30层,作为钢平台安装的操作平台。二层设置在15层、31层,作为上部模板支撑体系的基础以及外层防护架的基础。

本悬挑方案对比常规悬挑体系优势有:1)下撑上拉同时采用,可以将下撑工字钢作为悬挑主梁的主要支撑构件,上拉钢丝绳作为保险储备,安全性更高。2)多设置一层悬挑操作平台,更有利于工人对于悬挑主梁、下斜撑工字钢的安装和焊接方便,也更能保证工人的操作安全。3)下斜撑工字钢下端采用的焊接方式与埋件连接,此处为应力集中部位,易发生滑移开裂。穿剪力墙的操作平台悬挑工字钢正好可以作为下斜撑工字钢的附加牛腿使用,更能增加支撑体系的安全性。

### 3 悬挑避难层模板支撑体系施工技术

总体施工流程为：预埋 U 型卡环、预留高强螺杆穿墙眼、穿工字钢预留孔→安装悬挑层操作层工字钢钢梁→安装悬挑层工字钢钢梁及斜撑→搭设防护脚手架安→装斜拉钢丝绳→测量放线→搭设满堂架→安装梁、板模板→钢筋绑扎→检查验收→验收合格→浇筑混凝土→拆除。

#### 3.1 悬挑工字钢安装流程

第一步：预埋与初步就位

在 14、15、30、31 层结构施工时，同步预埋 U 型环、预留洞口。当楼层混凝土浇筑完成 2-3 天后，将工字钢吊运至楼面，初步放入预埋的 U 型卡环内，此时工字钢暂不向外悬挑，以确保不影响外爬架的提升作业。

第二步：安装与固定

待该悬挑层混凝土强度达到要求且爬架提升过后，正式安装工字钢。将其按排布图移动至设计位置，悬挑出结构边线至规定长度，利用 U 型螺杆、木楔及与预埋钢板的焊接进行固定。所有连接焊缝必须饱满、连续，焊缝高度不小于 6mm。

第三步：斜撑与整体稳定

对于 15 层、31 层的长悬挑工字钢，在初步固定后，立即采用 16# 工字钢作为斜撑，将其根部与下层（14 层、30 层）预埋的节点板焊接牢固，并加焊加强耳板。最后，在悬挑工字钢构成的平台上满铺脚手板，形成操作层。

#### 3.2 模板支撑架搭设步骤及构造要求

支撑架体高度 3.15m，悬挑梁截面 300mm×550mm，悬挑长度 3350mm，板厚 100mm，混凝土强度等级 C35。

放线定位：在工字钢上精确弹出梁、板立杆的中心位置线，遵循“先梁后板”的顺序。每根立杆必须对应于工字钢上的定位短钢筋。

梁两侧立杆布置：梁两侧立杆中心距梁边各 400mm，即立杆间距为梁宽加 600mm。

板下立杆布置：板下立杆按 1000mm×1000mm 的纵横间距布置。梁、板下方的水平杆须贯通设置，形成整体受力体系。

搭设顺序：立杆搭设顺序为由内（靠近结构根部）向外（悬挑端部）进行，并须与室内已有的模板支撑架体进行可靠连接，增强整体稳定性。

水平杆与扫地杆：按步距 1500mm 自下而上搭设纵

横水平杆。在距工字钢上表面（或板底模）200mm 处设置纵横扫地杆。最上一道水平杆（扫天杆）距梁底或板底的高度不得大于 300mm。

剪刀撑设置：整个支撑架体外侧周圈及内部每隔不大于 3m 应设置一道竖向剪刀撑，斜杆与地面夹角宜在 45°~60° 之间。

架体连接：悬挑区域支撑架必须与室内满堂架连接成整体。当遇到门窗洞口时，应与洞口内的辅助立杆或结构进行可靠拉结。

安全防护同步：支撑架搭设完成后，应及时挂设安全网、铺设脚手板。

质量控制点：架体搭设须横平竖直，连接牢固，确保每根立杆底部受力于工字钢，严禁悬空。剪刀撑应连续设置。

#### 3.3 模板工程施工

材料与配制：梁模板均采用 15mm 厚覆膜木胶合板，钢管采用  $\Phi 48.0 \times 3.25$  钢管。背楞采用 45mm×900mm 木方，板底间距 150mm，梁底间距 200mm。梁侧模设对拉螺杆，并采用双钢管配合扣件夹紧，竖向木方间距 200mm，水平钢管夹持间距 500mm。

安装安全：模板安装时，小型工具及配件应放入工具袋，严禁散放在模板或架体上，防止坠落。

#### 3.4 混凝土浇筑

浇筑严格按照规范要求进行，从搭设区域从内向外浇筑、先从最大梁开始浇筑，每层浇筑不超过 400mm，分层、对称、均匀的浇筑。浇筑时应加强施工观测，观测人员不得在悬挑部位，施工人员需要佩戴安全带并系在安全绳上，做好应急救援准备。

#### 3.5 悬挑工字钢系统拆除

拆除时机：待悬挑结构混凝土强度达到设计值后，方可拆除模板支撑体系。悬挑工字钢及防护架的拆除，必须待外墙装饰工程全部完成后进行。

拆除顺序：遵循“后装先拆”的逆序。先拆除脚手板、平台次梁，然后解除斜拉钢丝绳，再切割拆除斜撑工字钢，最后将主悬挑工字钢抽回结构楼层内。拆除过程中需利用预埋的临时吊环作为保险措施。

#### 3.6 关键注意事项

所有工字钢焊接必须为满焊，焊缝高度  $\geq 6$ mm，确

保焊接质量。混凝土浇筑过程中,必须动态监控架体变形,严禁人员大量集中。搭设、拆除作业必须由持证专业架子工进行,并做好安全防护。

#### 4 安全管理

该“避难层施工”涉及大悬挑的复杂模板支撑体系,需要做到如下几点:一是方案及交底的现场落实情况,核验支撑系统的立杆间距、水平杆步距、剪刀撑设置是否与经专家论证的专项方案完全一致;二是材料与构配件的材料进场检查,确保符合方案及规范要求;三是关键节点与构造,重点检查支撑体系与主体结构的拉结措施是否按设计设置且牢固可靠,悬挑钢梁的锚固方式、长度及压点是否符合要求,底座垫板是否规范设置,这些是防止架体失稳的核心;四是检查高处、悬空、临边作业的安全防护措施,施工现场应设置警戒隔离区域;五是施工过程动态荷载管理与监测,其间必须严格控制支撑架上的堆载,并在混凝土浇筑等荷载剧增阶段,设专人对架体关键受力部位进行实时变形监测。

#### 5 结语

本文以武汉市大华·锦绣前城项目为例,通过具体工程实践,系统阐述了从悬挑工字钢基础平台设计、模

板支撑体系搭设、混凝土浇筑、拆除以及现场安全管理的全套施工工艺。通过同时设置上拉下撑的加固方式,以及安装双层悬挑钢平台:一层钢平台作为安装主梁悬挑工字钢的操作平台,二层作为上部模板支撑体系的基础以及外层防护架的基础平台。该方案可实现在保证上下两层避难层材料周转,节约措施费的情况下,还具备剪性强、方便高效且安全可靠,应用效果非常良好,具有较高的推广价值。

#### 参考文献

- [1]徐伯君,王俊晓.超高层建筑避难层设计研究以西安某超高层建筑项目为例[J].房地产世界,2025,(07):37-39.
- [2]刘伟杰,赵道亮,郑祝雨,等消防电梯的高层建筑火灾初期混合疏散模式[J].应用技术学报,2025,25(01):35-41.
- [3]刘士伟,高层住宅建筑救生缓降器设置研究[J].绿色建造与智能建筑,2024,(09):133-137.
- [4]赵亚峰,唐中辉,刘传雄,等超高层住宅建筑悬挑避难层施工工艺研究[J].中国建筑装饰装修,2023,(18):145-147.