

# 高空超大悬挑混凝土结构模板支撑体系 设计与施工关键技术

陈佐璇

江门市华联建筑工程有限公司, 广东 江门 529080

**【摘要】** 高空超大悬挑混凝土结构模板支撑体系设计与施工的技术难题, 已成功实施的工程案例, 对设计与施工过程中的关键技术要点进行分析, 某工程模板支撑系统设计, 分析了大悬挑现浇钢筋混凝土模板支架采用叠合贝雷梁-扣件式钢管满堂架组合支撑技术, 节约了施工成本, 降低了安全风险, 获得了良好的施工效益。

**【关键词】** 模板; 悬挑结构; 支撑设计

悬挑结构在混凝土结构工程中的应用较为常见, 我国在悬挑混凝土结构施工方面做出了较多的探索和创新。通过高空大悬挑混凝土梁模板支撑施工的技术难题, 采用斜拉型钢支撑平台作为施工临时支撑平台, 根据结构施工荷载, 建立了施工临时支撑平台整体受力模型, 在进行了主承力钢桁架的布置、钢构件和斜拉杆截面设计, 结合实践多个高空超大悬挑混凝土结构支撑体系设计进行施工。

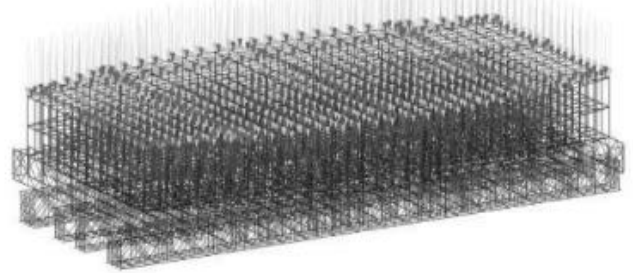
## 一、模板支撑系统设计

某工程总建筑面积 113155.2m<sup>2</sup>, 塔楼高为 70.2m, 在 46.970m 标高向钢筋混凝土梁板悬挑长度为 5.0m; 悬挑长度为 3.0m。模板支撑架的结构组成楼板的模板支撑架包括扣件式钢管脚手架部分和叠合贝雷片承重平台。结构传力体系, 楼层梁板钢筋混凝土质量、施工荷载及支架自重等经由扣件式钢管脚手架给叠合贝雷片承重平台, 再由叠合贝雷片平台给下层混凝土结构。

## 二、模板支撑系统计算模型

1、结构。荷载首先作用在梁板模板上, 按照底模→水平钢管→扣件→立杆→基础叠合贝雷片平台的传力顺序, 进行强度、刚度和稳定性验算时, 先计算钢管支架体系杆件的受力情况, 根据钢管支架立杆叠合贝雷片承重平台的荷载计算该平台的受力情况, 进行整个系统的承载能力计算分析。①依据规范进行验算时, 将扣件式支架立杆的底端简化为固定铰支座进行求解。在实际工程中, 扣件式支架底端贝雷梁刚接, 当受到竖向荷载作用时, 悬挑部分将产生一定数量的挠度, 使得悬挑区域中扣件式支架的底端有一定向下的位移, 此位移将改变扣件式支架各杆件的受力状态, 这使得依据规范的方法建立的计算模型与实际情况有比较大的差异。②依据规范对贝雷梁进行验算时, 把受到集中荷载和线分布荷载作用的悬臂梁来进行整体, 分析结果只能显示贝雷梁的最大位移所在位置及贝雷梁作为整体在荷载作用下所产生的最大弯矩。但此分析结果不能满足工程的实际需要。实际工程中必须知道贝雷梁中每根杆件的受

力状态及危险截面的具体位置, 即必须对贝雷梁进行局部应力验算, 而依据规范无法对此进行分析。在对悬挑贝雷梁-扣件式支架组合系统进行计算, 建立空间有限元模型, 如图所示。



2、计算模型的建立。建立支架模型时, 贝雷片竖杆与斜杆采用桁架单元, 弦杆采用梁单元模拟, 其销接采用释放梁单元端部约束来模拟其完全铰行为, 即释放销接处弦杆绕 y 单元坐标系轴的旋转自由度  $R_y$ , 其余节点为刚接。每榀贝雷片之间采用支撑架相连, 支撑架采用梁单元模拟, 支撑架与贝雷片端部相应节点采用刚性连接。钢管支架顶层水平杆采用梁单元模拟, 其余采用只受拉、压单元模拟, 并忽略其横向水平杆与立柱之间的轴线偏移。支架立柱各节点采用刚接节点模拟, 水平杆与立柱之间的节点采用铰接点模拟。扣件式钢管支架的立柱底端点与上层贝雷架相应节点位移协调, 在 Midas/Civil 有限元软件中通过刚性连接模拟。

3、计算结果。由计算结果可知, 贝雷梁的应力最大点均在悬臂端上、下弦杆处, 杆件最大应力均小于材料的屈服应力, 由于受到钢管支架传递的荷载作用时, 支撑作用的贝雷梁的竖向挠度相同, 使施工时需要对这些危险点采取加强措施, 以确保安全。

## 三、悬挑混凝土结构模板施工技术

1、预埋件制作与安装。钢桁架、斜拉杆均通过预埋件与主体结构连接, 预埋件的施工质量会直接影响后续结构的安

装和施工阶段的受力。预埋件制作时,应充分考虑主体结构构件钢筋的现场放样图,对预埋件的锚筋布置进行调整,避免锚筋与构件主筋相碰;同时,应充分考虑实际施工过程中可能导致的预埋件偏移量,对锚板尺寸进行调整,避免钢桁架安装时无法与预埋件对位焊接。预埋件的安装穿插在主体结构钢筋绑扎期间,应确保锚筋的规格、锚筋的锚固长度、锚板的标高、锚板的厚度以及构件材质等与设计图纸一致;预埋件表面应与混凝土构件表面平齐,避免因增设预埋件导致的模板开洞等;为防止预埋件在混凝土浇筑过程中产生位移,应将预埋件与钢筋焊接固定;在混凝土浇筑过程中,预埋件位置的混凝土应注意振捣密实;混凝土构件拆模后,应立即将预埋件清理出来,并对其标高、水平位置等进行复核。

2、钢桁架制作与安装。主承力钢桁架的制作与安装是整个悬挑型钢支模平台的关键所在,其制作与安装质量应严格把控,确保整个悬挑结构施工期间的安全性。钢桁架放样和号料时,应根据施工详图放出足尺节点大样,并预留出收缩量、切割加工的余量;宽翼缘型钢的下料,应采用锯切,防止变形;钢桁架出厂时,应在显著部位按施工图要求标注上构件编号、标明构件质量和吊点位置;在运输时应采取措施防止钢桁架变形。钢桁架安装应编制专项安装施工方案,确保塔式起重机的吊装能力满足要求,并应做全过程施工质量控制;钢桁架安装前应对预埋件位置及标高进行复核,确保无误后方可进行安装;钢桁架锚固在框架梁上时,应在钢桁架安装前对主体结构框架梁进行卸载加固,确保钢桁架安装及使用过程中对原结构无影响;钢桁架安装需由专业人员进行安装,安装期间需由专业测放人员对安装标高及轴线偏差进行全过程跟踪,校正无误后方可进行焊接安装,焊接完成后必须进行焊缝检测;钢桁架与预埋件的连接节点优先选用焊接及高强螺栓连接的混合连接;钢桁架杆件与预埋件对位焊接时,应避免焊接高温灼伤混凝土,

可采用小电流、间断式焊接方式。

3、斜拉杆制作与安装。斜拉杆的制作长度应根据设计图纸确定,杆体的可调长度应充分考虑施工误差,若斜拉杆两端调节余量不足时可在斜拉杆中部增设调节段。斜拉杆两端应采用机械连接方式,对于精扎螺纹钢、钢拉杆等,端部采用螺母支撑式连接方式;斜拉杆一端锚固在主承力钢桁架上,一端锚固在主体结构的预埋件上,为确保斜拉杆与钢桁架在同一平面内,其上锚固点的连接节点板可在钢桁架安装完成后进行焊接。斜拉杆安装完成后应进行初紧,确保每根斜拉杆都处于绷紧状态,在支模架搭设及后续混凝土浇筑过程中与钢桁架共同受力;若设计图纸标明为预应力斜拉杆,则应根据设计图纸的具体要求,对斜拉杆进行预应力张拉,张拉时应注意设计文件标明的钢桁架平台荷载条件。

4、支撑架和外作业架搭设。支撑架和外作业架搭设应编制专项施工方案,待斜拉型钢支模平台施工完成且形成封闭区域后进行。搭设前由专业测放人员对支撑架及作业架进行放线定位,支撑架及作业架搭设在钢平台的工字钢顶面,通过焊接短钢筋头确保架体搭设顺直及牢靠;搭设前需安排周边安全防护架体的搭设。支撑架的立杆间距、水平杆步距和剪刀撑的布置等均应控制在专项方案要求以内,不得随意增大。在支撑架搭设过程中,若水平杆与斜拉杆相碰,则应在距离该水平杆范围内上下各增加水平杆将其替换,避免混凝土浇筑过程中斜拉杆的挤压导致架体失稳。支撑架应与已成型的混凝土构件形成刚性连接、与主体结构内部支撑架形成有效搭接,避免因高宽比过大导致的支撑架体自身稳固性不足。

在整个施工过程中,脚手架系统、模板支撑系统和悬挑承力平台构件均稳定可靠,以期能够为国内外高空超大悬挑混凝土结构支模体系的设计与施工提供技术支持。

## 参考文献:

- [1] 任华琼,沈兴东. 高空大悬挑支撑架的设计与施工[J]. 建筑施工, 2018, 30(4): 29.
- [2] 张杭生,夏晓峰,耿文. 超高层建筑顶部悬挑结构支撑模板体系的计算及应用[J]. 建筑施工, 2017, 13.
- [3] 张杭生,夏晓峰,耿文. 超高层建筑顶部悬挑结构支撑模板体系的计算及应用[J]. 建筑施工, 2018.23.