

高支模支架体系施工技术与变形监测研究

文 / 卢励松 工业和信息化部电子第五研究所

摘要: 本文结合工程案例, 阐述高支模支架体系施工中的技术难点, 主要体现在危险性高、场地空间有限、场地为斜坡等方面, 并介绍支架设计、搭设与安装、混凝土浇筑、支架拆除等环节的技术要点。同时, 针对施工变形问题, 提出切实可行的监测方案。研究表明, 通过合理布设监测点位、监测频率与预警、监测系统安装与调试、监测数据分析等方式, 能够及时发现支架结构的异常, 并采取相应处理措施, 使高支模支架体系施工效果达到预期。

关键词: 高支模支架体系; 支架搭设; 支架拆除; 变形监测

【DOI】 10.12254/j.issn.2096-6539.2025.21.036

引言

在现代建筑工程中, 高支模支架体系因其能满足大跨度、大空间结构施工需求而得到广泛应用。但在实际施工中, 该体系施工过程较为复杂, 受多种因素影响, 存在许多技术难题与安全风险, 如施工危险性高、场地条件受限等。为确保施工安全与结构质量, 技术人员要重视高支模支架体系的变形监测, 通过引入高精度传感器、采用合理的监测方法等, 能及时发现潜在的安全隐患, 并制定完善的应急方案, 使支架体系始终牢固稳定, 为后续施工提供强大助力。

一、工程概况

某一期用地单体建设项目建设中, 总建筑面积约 9000m², 占地面积 2600m², 为地上四层、地下一层建筑, 建筑高度达 22m。主要施工内容包括基坑支护、桩基工程、土建装修与电气、消防、给排水工程等, 因支护高度达 18m, 跨度 25m, 梁截面尺寸大, 主梁有 600*1800、450*1700 等规格, 次梁为 350*1300, 施工危险性极高; 场地空间有限, 单体工程的地基承载力不均, 给基础处理和支架搭设带来较大挑战。受此影响, 对施工技术和管

二、高支模支架体系施工难点

(一) 施工危险性高

该项目高支模支架体系施工具有较高的危险性, 主要因支护高度达 18m, 属于超高支模作业, 作业人员长时间处于高空危险环境, 一旦防护不当, 很容易发生高处坠落事故。在大跨度及大截面梁施工时, 支架体系承受的荷载巨大, 且构成较为复杂, 任何细微的构造缺陷或施工偏差都可能导致局部失稳, 进而引发整体坍塌。混凝土浇筑过程中, 因泵管振动、布料机移动、现场人员频繁走动等, 均会对动态荷载带来一定影响, 降低支架体系稳定性。该项目所处场地环境复杂, 材料堆放、机械作业等相互干扰, 在很大程度上提高了安全风险管控难度^[1]。

(二) 场地空间有限

该工程的 19# 楼单体施工场地空间极为有限, 为高

支模支架体系施工带来较大难题。究其原因, 场地只设置了单边出口, 基本没有现成施工道路, 材料运输极为不便。因场地空间局促, 材料堆放区域较为紧张, 无法按照规范要求对不同类型建材进行分类堆放, 许多规格、型号不一的材料混杂, 增加了材料管理和查找的难度。施工机械的操作范围也同样受到限制, 特别是塔吊等大型设备, 难以充分发挥其效能, 施工效率低下, 加上现场多工种交叉作业, 相互干扰严重, 很容易引发碰撞、触电等安全事故。

(三) 单体工程场地为斜坡

因单体工程场地为斜坡状, 导致地基承载力分布不均。在支架搭设前, 需投入大量人力物力进行平整和加固。若处理不当, 在后续施工过程中, 特别是混凝土浇筑等荷载增加时, 很容易出现地基不均匀沉降, 进而使支架体系产生局部变形, 严重时还会失稳, 威胁施工安全。受斜坡影响, 施工现场的排水难度增加, 雨水沿斜坡汇聚在低洼处, 如若没有及时排放出去, 容易浸泡支架基础, 削弱支架稳定性。在斜坡上进行材料堆放和设备安置也较为困难, 需要科学规划布局, 才能使其放置平稳, 防止滑落^[2]。

三、高支模支架体系施工技术的应用

(一) 支架设计

该单体项目因高支模支护较高、跨度和梁截面均较大, 在支架设计方面需要给予高度重视, 对结构选型、荷载等多项因素综合分析, 选出最佳的设计方案, 才可保证工程结构稳定牢靠。在荷载计算上, 活荷载要考虑施工人员及设备荷载、混凝土浇筑时的冲击荷载等, 依据规范对风荷载进行取值计算, 还要格外关注斜坡场地可能产生的特殊风效应。在结构选型方面, 优先选用承载能力高、稳定性好的盘扣式钢管支架体系, 其立杆采用 Q345 高强度钢材, 横杆、斜杆连接牢固, 以有效分散荷载。

针对大截面梁, 在梁底增设加强立杆和水平杆, 形成加密支撑区域, 增强局部承载能力。技术人员还要对高支模支架进行稳定性验算, 建立三维模型, 模拟支架

在各种荷载组合下的受力状态。通过线性屈曲分析, 评估支架的整体稳定、长细比等是否满足要求, 避免发生失稳破坏; 对节点进行详细设计, 采用专用连接件, 使节点刚度和强度良好, 减少应力集中。值得注意的是, 单体施工场地为斜坡, 需要对支架基础进行特殊设计。在斜坡低处设置扩大基础, 增加基础承载面积; 高处则采用台阶式基础, 保证立杆垂直度, 还要设置排水系统, 防止雨水浸泡基础, 威胁支架稳定^[3]。

(二) 支架搭设与安装

高支模支架体系施工中, 支架搭设与安装水平对整体结构安全具有直接影响, 技术人员先要做好基础处理工作。由于场地存在斜坡情况, 为保证支架基础的平整与坚实, 立杆底部需铺设厚度为 50mm 的通长木垫板, 达到分散立杆传递荷载的作用。对于坡地, 采用 C20 混凝土进行找平处理, 将坡度严格控制在 1:50 以内, 防止支架受力不均, 发生倾斜或沉降等不良情况。在支架体系中, 立杆属于主要受力构件, 施工人员采用对接扣件进行连接, 如图 1 所示。为确保立杆稳定牢靠, 相邻立杆的接头应错开布置, 错开距离不小于 500mm, 且在同步内隔一根立杆的两个相隔接头, 在高度方向上的高差也要超过 500mm。

安装过程中, 使用线坠和水平尺对立杆的垂直度进行实时校正, 保证立杆垂直偏差在规范允许范围内。在水平构件布置时, 扫地杆与地面高度应不超过 200mm, 由此增强支架的整体刚度和稳定性。剪刀撑按照 45°—60° 的角度设置, 并连续布置到架体顶部, 与立杆、水平杆有效连接, 形成空间受力体系, 提高支架的抗侧移能力。施工人员在布置水平杆时, 应做到步距均匀, 与立杆紧密连接, 使整个支架体系形成有机的整体, 共同承受施工过程中的各种荷载^[4]。



图 1 支架搭设现场图

(三) 混凝土浇筑工艺

单体项目高支模施工中, 采用分层分段浇筑工艺, 为避免结构出现冷缝, 使混凝土整体性良好, 施工人员

先浇筑柱墙混凝土到梁底 50mm 的位置。在柱墙混凝土浇筑过程中, 合理控制浇筑速度和高度, 防止混凝土离析。待柱墙混凝土初凝后, 再浇筑梁板混凝土, 此举可使柱墙与梁板混凝土有效结合, 减少因不同时浇筑产生的应力差异, 避免结构出现裂缝等质量问题。在振捣控制中, 采用插入式振捣棒与平板振捣器配合的方式, 振捣需要快插慢拔, 快插可避免出现表面混凝土振实, 但与下面混凝土出现分层、离析等现象; 慢拔则是为了使混凝土能填满振捣棒抽出时所造成的空洞, 直至混凝土表面泛浆, 不再冒气泡, 方可停止振捣。平板振捣器适用于板面混凝土的振捣, 可使板面混凝土密实平整。待混凝土终凝后, 立即覆盖塑料薄膜进行保湿养护, 有效阻止混凝土内部水分蒸发, 并将麻袋盖在上面, 起到保温作用, 减少混凝土内外温差。养护时间至少 14 天, 养护期间, 派遣专人定期检查覆盖物的完好情况, 使混凝土始终处于湿润状态, 以保证混凝土强度正常增长, 提高耐久性。

(四) 支架拆除技术

待支架作用发挥完毕后, 施工人员应严格按照拆除方案的相关要求, 将其科学有序的拆卸下来。正式拆除前, 需要对混凝土养护试块强度进行检验, 保证 100% 达到设计值才可拆除, 如若在实验结果不符合标准的前提下强制拆除, 则会因结构承载能力不足而出现不同程度的变形, 重则出现局部甚至整体坍塌, 引发严重的安全事故。在拆除过程中, 施工人员应遵循先拆非承重模板、后拆承重模板的原则, 自上而下逐层拆除, 严禁上下同时作业, 避免因上方拆除的材料坠落对下方作业人员造成伤害, 现场还要设置专门的指挥人员, 保证拆除作业的有序开展, 防止因操作混乱引发安全事故。此外, 拆除现场要设置明显的警戒区域, 拉设警戒线, 悬挂警示标志, 禁止无关人员进入; 配备专职安全员进行全程监护, 及时纠正违规行为, 使拆除作业符合安全规范; 拆除下来的材料应通过塔吊等垂直运输设备进行转运, 严禁向下抛掷, 防止材料坠落伤人, 同时也能避免对周边环境造成破坏。

四、高支模支架体系施工变形监测的措施

(一) 监测点位布设

高支模支架体系使用过程中, 受混凝土浇筑产生超设计荷载、杆件锈蚀缺陷导致强度不足以及施工搭设偏差、连接松动等影响, 均会引发变形。为掌握该项目高支模支架体系在施工过程中的变形情况, 建立三维监测网络, 选取立杆垂直度、水平位移、立杆轴力及模板沉降等指标作为监测重点, 每间隔 10—15m 设置一个监测剖面, 使监测范围覆盖整个支架体系。在监测点位设计方面, 在每个监测剖面的跨中、1/4 跨处, 布置 2 个水平位移监测点, 用于捕捉支架在不同位置的水平变形情况; 在立杆底部及模板跨中位置, 布置 3 个沉降观测点,

有效监测支架沉降及模板下挠程度。根据实际监测需求,选用倾角传感器用于监测立杆倾斜,及时发现立杆的微小倾斜变化;利用轴压传感器,监测立杆受力情况,为评估支架承载能力提供依据。支架体系的水平位移监测也十分重要,该项目利用精度 $\pm 1\text{mm}$ 的激光位移计,快速准确地获取位移数据,为高支模支架体系变形监测提供可靠的技术支持^[5]。

(二) 监测频率与预警

在支架变形监控中,技术人员要合理设定监测频率与预警值,并提前制定完善的应急处置措施。在混凝土浇筑阶段,支架受力情况十分复杂,受多种因素影响处于动态变化之中,因此需要监测人员给予高度重视,每间隔20—30min便要监测一次,待混凝土初凝后,支架受力相对稳定,可将监测频率延长到每2h采集一次数据,以保证支架在后续施工过程中始终处于安全状态。为切实保障施工安全,技术人员还要设置合理的预警值,规定立杆垂直度偏差始终 $\leq H/600$ (H 为立杆高度),水平位移应控制在10mm以内,沉降量不得大于8mm。当监测值达到预警值的80%时,立即启动黄色预警,提醒施工人员密切关注支架变形情况,并加强现场巡查。一旦监测值达到100%,则迅速启动红色预警,此时必须马上停止施工,组织相关人员对支架进行全面检查和评估,一旦确定支架变形异常,便要第一时间疏散现场所有作业人员,以免出现人员伤亡事件。

(三) 监测系统安装与调试

为保障高支模支架体系监测数据可靠,该项目团队安装了专门的监测系统,并对相关设备的运行状态进行调试。将水平位移传感器固定在临近参照物的架体横杆上,安装时保证弹性杆与参照物垂直,使水平位移变化能够得到准确无误的监测。将倾角传感器安装到立杆顶端,借助水平仪等工具,使其处于水平状态,最大限度地缩短测量误差;在立杆顶部U托与木枋主楞之间安装轴压传感器,反映立杆所承受的轴向压力,该设备应与上下接触面平整、紧密贴合,避免出现间隙影响测量结果。在各类传感器运行中,利用智能数据采集仪获取相关数据,并实时传输到监控终端,由终端分析软件进行实时数据分析处理,生成直观的图表和报告,便于施工人员及时掌握支架体系的变形情况。系统安装完成后,先要检查监测点位布置是否符合设计要求,禁止存在监测死角;检查传感器安装是否牢固,有无松动、移位等现象,避免因安装不当致使数据失真。技术人员还要检查仪器的工作状态,开展模拟测试,验证仪器是否能正常采集、传输数据,使整个监测系统处于良好的工作状态。

(四) 监测数据分析

在获取监测数据后,技术人员需要将立杆垂直度、

水平位移、立杆轴力及模板沉降等参数进行整理,运用专业软件绘制出各参数随时间或施工进程的变化曲线图,观察曲线走势,直观地分析出支架体系在不同施工阶段的变形趋势。例如在混凝土浇筑期间,水平位移和沉降量是否呈加速增大趋势,立杆轴力是否在某一时刻出现突变等,从而及时发现潜在的变形风险。对监测数据深入分析后,编制完整的监测报告,要求纳入监测点布置平面图,能清晰展示各监测点在支架体系中的具体位置,利用监测成果表记录每个监测点在不同时间点的监测数据,便于进行数据对比和分析;还要绘制变化速率—时间曲线图,突出各参数变化速率随时间的变化情况,帮助技术人员准确衡量当前变形情况,以及缺陷的发展速度。针对监测过程中发现的问题,如某些部位变形过大、传感器安装不稳定导致数据异常等,提出切实可行的改进措施。将支护施工过程中总结的成功经验、失败教训等汇总起来,形成系统的知识体系,为后续类似工程的开展提供宝贵参考,避免重复问题发生。

结语

在高支模支架体系施工中,由于支护高度较高、跨度较大,使得现场施工危险性提升,加上受到场地空间、地形等因素影响,在很大程度上增加了施工难度。对此,技术人员通过合理应用支架设计、搭设与安装、混凝土浇筑及拆除等技术,有效应对施工难点,保障施工的顺利开展。同时,还对变形监测措施进行完善,包括准确设置监测点位、合理设置监测频率、安装可靠的监测系统,并展开深入的数据分析等,使支护施工的关键指标得到动态监测,整体施工质量得到显著提升。

参考文献

- [1] 薛晓宏. 地铁车辆段上盖开发工程大跨度转换梁高支模盘扣式支架体系有限元分析及现场监测[J]. 施工技术(中英文), 2025, (12): 100-107.
- [2] 曹建明. 房屋建筑工程高支模施工技术分析[J]. 城市开发, 2025, (04): 153-155.
- [3] 杨柳, 余方园, 唐建章, 等. 基于高斯贝叶斯网络的高支模支架体系安全性能评定[J]. 安徽建筑, 2024, 31(11): 91-92+147.
- [4] 陈强伟, 杨柳, 余方园, 等. 基于激光扫描的高支模支架体系施工变形监测关键技术研究[J]. 山西建筑, 2024, 50(23): 172-175.
- [5] 黄富鑫. 框架结构高支模安全施工技术研究[J]. 砖瓦, 2024, (10): 137-140.

作者简介: 卢励松, 男, 1975年9月, 民族, 汉, 湖北黄陂, 大学本科, 高级工程师, 研究方向, 建筑工程管理。