

高层建筑施工中深基坑支护技术应用分析

林 璐

湖北禾晟水利水电工程有限公司 湖北 荆门 448000

【摘 要】：高层建筑深基坑受地下结构与周边建构筑物、城市管线制约，支护体系还承受土水压力并响应分层开挖的时空扰动。文章依据建设条件及失稳形式梳理围护结构、支撑锚固与地下水控制关系，从方案选型和土方开挖到结构施工及应力变形监测提出控制方法，并把材料复验和隐蔽验收、成品保护与智能预警接入质量链，使现场工序能够追踪且异常处置可以复核。

【关键词】：深基坑；支护施工；监测

DOI:10.12417/2811-0722.26.08.030

引言

高层建筑设置地下室后，围护受力、地下水渗流与邻近环境变形会相互影响，地层及施工荷载差异或开挖和支撑转换偏差可能在土体围护与支撑之间放大并波及道路管线和周边建筑。支护技术不能停留在构件选型，应把勘察复核与工序衔接、监测反馈和质量验收组成控制链，沿风险辨识、支护实施与质量闭合展开，说明各技术措施怎样接入开挖许可和异常处置。

1 高层建筑深基坑支护的重要性

深基坑支护为高层建筑地下结构施工提供作业边界，围护限制侧向位移，支撑或锚固建立传力路径，止水降水调节水压力与渗流。环节失配可能使变形扩展至道路管线和邻近基础，支护评价不能只看构件承载应结合开挖顺序、地下水变化及周边响应判断体系稳定。施工中将位移轴力和水位反馈接入工序许可，异常时核对开挖面节点与水位后再决定暂停或加固。

2 高层建筑深基坑支护风险成因分析

2.1 建设条件引发支护风险的原因分析

杂填土旧基础会干扰成孔，软黏土容易流变，粉细砂在水力坡降增大时会出现流砂，承压水会造成坑底突涌。支护体系需要同时校核坑内安全和坑外响应，构件承载合格不等于整体变形受控，必须根据开挖顺序和水位变化来判断^[1]。技术配置要同地层、水、敏感对象相对应，在不同的区段可以采取不同的构造方式^[2]。现场复核堆载、机械路线、塔吊基础，新增荷载纳入围护影响范围。

2.2 支护体系失稳形式的原因分析

支护体系失稳可按传力中断、土体破坏和渗流破坏三类形式识别。传力中断多出现在冠梁开裂、支撑偏心、节点滑移或锚头松弛处，表现为轴力重新分配和局部位移突增；土体破坏包括坑底隆起、整体滑移及被动区强度不足，其前兆可能是坑底鼓胀、围护深层位移转折或地表裂缝扩展。渗流破坏常由帷幕缺陷、接缝夹泥或井点滤层失效引起，涌水携砂会削弱坑底及围护背后的土体。判别时需对齐位移速率、受力方向、水位差和施工事件。若支撑轴力上升而坑外水位稳定，重点核查结构传力；若水位与沉降同步变化，则检查止水和降水边界。

3 高层建筑深基坑支护技术应用措施

3.1 深基坑支护形式的选择

支护形式选择先比较变形要求、场地边界、成孔条件和地下水控制难度。地下连续墙配内支撑刚度大，适合周边敏感且止水要求高的区域；排桩配锚索须具备可靠锚固层和坑外空间；型钢水泥土墙须复核接头止水和型钢回收条件。选型须以受力路径和可实施性为约束，比较围护刚度与止水能力^[3]。方案确定后对转角、出土坡道与塔吊基础附近单独验算和加强，避免标准剖面覆盖局部不利条件，坑内施工净空也须同步校核。构件测点关系见图1。

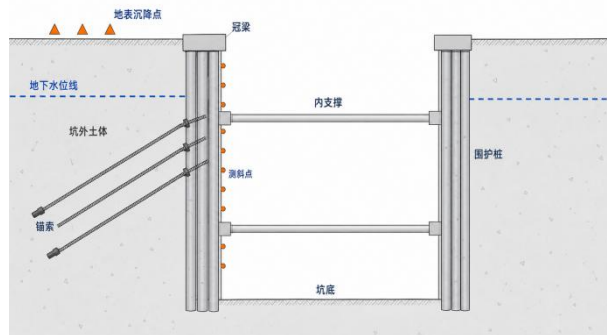


图1 支护与测点

3.2 分层开挖与支撑工艺控制

分层开挖的核心是控制土体卸荷尺度与支撑形成时间。施工前按支撑标高、机械半径和运输路线划分区块，开挖中部或指定先行区，再对称向围护侧推进；靠近墙体和立柱桩处改用小型设备配合人工清底，防止碰撞与超挖。每层土方到达控制面后，及时修整支撑工作面、施作垫层或安装构件，不让大面积临空状态跨越后续班次，坡道收口同步安排换撑，施工期间保持排水路径畅通。施工员完成标高复测、暴露面检查、支撑条件确认和监测核对应签发下一层许可；若一侧超前，应暂停该区土方并恢复空间平衡，防止偏载引起围护单向变形。

3.3 围护结构施工

围护结构质量决定后续支撑能否获得连续稳定的反力边界。地下连续墙从导墙轴线、槽段划分和成槽垂直度入手，泥

浆性能随循环检测，清槽后核对沉渣与接头，组织钢筋笼吊装和混凝土连续浇筑；刷壁不足或供应中断会形成渗漏和刚度薄弱带。灌注排桩重点控制桩位、孔深、垂直度、沉渣、钢筋笼定位及桩间止水，冠梁施工前凿除桩顶弱层并复测标高。记录须把异常对应到槽段或桩号。遇到塌孔、缩颈、导管堵塞时，先稳定孔壁并评估缺陷范围，不以补录代替实体处理；成墙后结合接缝与渗漏迹象安排验证，确定开挖期具体重点监测位置。

3.4 内支撑安装与换撑施工

内支撑施工应围绕轴力求从围护墙传至支撑、立柱和节点的路径组织。冠梁或围檩先清理找平，钢支撑吊装时校核轴线、端头间隙和连接螺栓，施加预应力后固定防松装置；钢筋混凝土支撑关注节点锚固、模板刚度和同条件养护。高层建筑深基坑的支撑构件只有在节点贴合、轴线一致并与围护可靠连接时才能发挥刚度，安装偏心或换撑顺序错误会改变荷载分配，局部问题还可能传至相邻支撑^[4]。地下结构达到条件后，形成楼板、传力带或临时撑，再分级卸载原支撑，观察轴力和围护位移；未经受力确认不得提前切割，拆除后及时修复接触区。

3.5 锚杆与锚索施工

锚杆与锚索属于隐蔽受力构件，控制应从孔位放样延伸到锁定后保护。钻孔前核对地下管线、坑外权属和锚固层，钻进中记录角度、孔深、返渣与塌孔；成孔后清孔，检查自由段防护、承载体和钢绞线，按工艺完成一次及补充注浆。桩锚支护需要把排桩刚度、锚固段土层和张拉锁定共同评价，锚索数量满足图纸仍不能替代成孔质量、浆体饱满度及锁定荷载的逐根核查^[5]。浆体达到条件后按序张拉，记录荷载、位移与回缩，异常锚索不得靠提高锁定值补偿；锚头封闭前完成验收并保留逐根张拉记录，随后检查松动、渗水和围檩变形，并纳入后续复核。

3.6 基坑降水、止水帷幕控制措施

地下水控制要同时满足坑内作业、坑底稳定和坑外环境保护。根据含水层分布、补给方向和帷幕入土条件布置降水井与观测井，试抽后分析水位响应，确定分区启井顺序。止水帷幕关注搭接连续性和进入隔水层的条件，砂层及接头列为渗漏巡查重点。抽水以开挖面以下安全水位和坑底抗突涌要求为边界，同时比较坑内外水位差、出水含砂和周边沉降；坑外水位快速下降时，检查帷幕缺陷、调整抽水强度，并按环境条件评估回灌。排水管路设置防倒流和备用电源，停泵、暴雨或封底工况均明确切换办法，防止水位反弹冲击未闭合主体结构。

3.7 支护结构应力监测措施

支护结构应力监测用于判断传力是否符合开挖阶段预期，不能孤立读取单个传感器。对象覆盖支撑、围檩节点、立柱及关键锚索，安装前记录编号、量程、方向和初始状态，受碰撞

后重新校核。数据采集与土方层次、预加力、换撑和拆撑同步，通过温度修正、同类构件对比及巡查排除零点漂移。轴力接近控制区间、增长加快或相邻构件反向变化时，先复核仪器和施工记录，再检查节点贴合、偏心受力与坑外荷载。处置采用暂停开挖、均衡卸载、补强节点或增加临时支撑，执行后观察受力是否回稳，用同一采样口径复测验证效果，登记处置时间并归档。监测处置闭环见图2。



图2 监测闭环

3.8 基坑变形监测试验

变形监测把基准网和风险对象连接起来，墙身位移、墙顶变位、地表建筑和管线测点全部包括进去，立柱和坑底的内部响应也被补充。开挖之前取得初始值，在雨后和支撑转换期加密。分析阶段增量、速率，墙体峰值向深部移动并伴随着地表沉降的时候核对开挖面与支撑状态。试验结论要回到施工许可里去，做为工序调整的依据。位移速率按式（1）计算。

$$v_d = \frac{d_t - d_{t-1}}{\Delta t} \quad (1)$$

式（1）中： v_d 为位移率， d_t 、 d_{t-1} 为相邻位移， Δt 为时隔。式（1）以 Δt 归一位移增量得到 v_d ，可辨别趋稳与加速；测点、方向和仪器须持续一致，判读界限服从专项方案。

4 深基坑支护质量保证措施

4.1 支护材料质量控制

支护材料控制从进场身份核验开始。钢筋、型钢、钢绞线、锚具、水泥、外加剂和泥浆材料按批次核对质量证明、规格与外观，并依要求取样复验；不同炉批或强度等级分区存放，标识随领用记录转到构件。钢支撑连接件检查孔位、变形和防腐状态，重复构件要评估损伤与残余变形。注浆材料按配合条件计量，受潮结块或超过适用期的材料不得混入；钢绞线自由段防护在下料、穿束时避免划伤。材料代换须经技术核定，不能以尺寸接近替代。仓储区垫高、防水并保护吊装，领料单关联桩号、槽段或锚索编号，使检测异常能够追溯供应批次和使用位置。

4.2 支护施工过程质量控制

施工过程质量控制结合首件验证、工序巡检和隐蔽验收。首个槽段、代表性桩孔、首道支撑和首批锚索完成后，核对设

备、作业节拍、记录方式及实体结果，将确认的工艺用于后续施工。巡检不能只填合格结论，还要保留桩位、垂直度、清孔、接头、节点贴合和张拉过程等原始信息。上一道工序未验收时，不得用混凝土、封锚或土方覆盖缺陷。发生偏差后，技术人员结合位置、成因和受力影响确定返工、补强或观察方案。处理后以复测、试验或连续监测验证，并把结论反馈相邻施工面，作为同类工序放行条件，同时核对责任岗位与关闭时间，防止缺陷重复。

4.3 支护结构成品保护

支护结构形成后仍受土方机械、材料堆载和主体施工扰动，成品保护须围绕受力功能划定边界。围护墙与冠梁附近设置防撞标识，挖机回转半径不得侵入支撑和立柱区；钢支撑禁止堆料、悬挂管线或擅自施焊开孔，锚头与监测电缆采用可检查的防护罩。坑边堆场和车辆路线按允许条件布置，排水沟保持畅通，避免积水软化被动区。主体施工接近支护构件时核对荷载并隔离，通道与保护区边界始终保持清晰。发生碰撞、焊缝损伤、锚具松动或测点破坏后，应保留状态并评估受力；修复后复测轴线、连接和监测基线，确认功能恢复再解除保护。

4.4 严控深基坑支护检查验收程序

检查验收程序应与支护体系受力形成顺序一致。围护验收先确认轴线、底部标高、垂直度、连续性和材料强度，首层开挖前检查冠梁、止水及监测初值；每道支撑或锚索完成后，责任主体核对实体、原始记录与设计条件，再签发下一层开挖许可。降水验收核对观测井、排水和备用保障。换撑阶段验收新传力构造、卸载过程及拆除后状态，避免一次签认掩盖中间风险。不合格项按位置列清单，整改后依原项目复验，未关闭事项不得随总体验收带过。资料将槽段、桩、支撑、锚索和测点编码贯通，使结论返回实体；设计变更同步更新验收依据和记录版本。

参考文献：

- [1] 郭红建.高层建筑施工中深基坑支护技术的应用与优化研究[J].建设机械技术与管理,2026,39(2):130-131+137.
- [2] 韩振彬.高层建筑深基坑支护施工技术应用分析[J].中国房地产业,2026,(10):214-217.
- [3] 张义刚.建筑施工中深基坑支护技术的应用分析[J].城市建设,2026,(9):65-67.
- [4] 吴华君.深基坑支护技术在高层建筑施工中的应用研究[J].现代工程科技,2026,5(3):29-32.
- [5] 刘荡.桩锚式深基坑支护技术在房屋建筑施工中的应用分析[J].建材发展导向,2025,23(24):82-84.

4.5 智能监测技术应用

智能监测可把轴力、位移、水位和环境数据组织到施工时间轴。传感器接入前统一测点编码、采样时钟和量程，平台对缺测、突跳、漂移及通信中断作出标记，不用补值掩盖异常。预警逻辑考虑累计变化、阶段增量和变化速率，并关联开挖区、支撑状态、降水启停及天气；触发后推送到责任岗位，再由人工复核现场和仪器。界面突出传力路径与空间分布，避免只堆叠曲线。系统配置离线存储、备用供电和权限管理，数据不得随意覆盖。智能判断给出线索后，施工决策仍以专业核查为依据，处置结果和复测数据回写平台，形成预警、核验、行动和复核闭环。施工情景设置见表1。

表1 监测参数

场景	周期/min	异常点/个	时限/min	级别
分层开挖	30.00	3	60.00	1
首撑加载	12.00	2	25.00	2
锚索锁定	10.00	2	20.00	2
降水切换	15.00	3	30.00	2
换拆撑	5.00	2	15.00	3
异常复核	4.00	4	10.00	4

表1显示换拆撑和异常复核的采样周期较短、复核时限较紧，处置级别随风险提高；数值按现场复核。

5 结语

深基坑支护成效取决于围护和支撑锚固、地下水控制与土方开挖的协同，单个构件合格不能替代体系稳定，施工须复核地层与周边条件并按开挖节奏形成传力体系，以应力变形及水位信息校正工序。材料追溯和隐蔽验收、成品保护与阶段验收提供质量证据，智能监测识别异常，设计边界、施工动作、监测反馈与处置复核形成闭合关系方能控制基坑及周边环境风险。