深埋地下车站主体结构施工阶段变形控制措施研究

胡　刚

广东华隧建设集团股份有限公司 广东 揭阳 522000

【摘　要】：深埋地下车站主体结构在开挖卸荷、构件浇筑、支撑拆除和覆土恢复之间多次转换受力状态，局部变形容易沿施工缝、节点和临时约束传递。施工控制应从受力路径入手，建立稳定的测量基准与状态判读方法，并把底板、侧墙、楼板、中柱和顶板的闭合顺序纳入工序协调。监测结果只有能够对应具体施工动作，才能及时修正浇筑节奏、拆撑条件和回填安排，使变形保持连续、可解释且不发生突变。

【关键词】：深埋地下车站；主体结构；施工阶段；变形控制；监测反馈

DOI:10.12417/2705-0998.26.14.047

1 主体结构施工变形的传递路径

1.1 开挖卸荷与结构受力转换

深埋地下车站从基坑开挖完成到主体结构封闭，围护体系、临时支撑与永久结构并非同时承担荷载。底板形成前，坑底隆起、围护侧移和地下水变化主要作用于临时体系；底板浇筑并达到允许状态后，底部约束增强，侧墙与楼板逐步参与抗弯和传力。每次新增构件或拆除支撑都会改变原有平衡，使相邻跨、施工缝和中柱节点出现新的内力分配。若只观察某个测点的瞬时位移，容易把正常的受力转换误判为异常，也可能忽略缓慢累积的差异变形。施工分析应把变形曲线与浇筑、张拉、拆撑、降水和材料堆载的时间对应起来，先判断荷载从何处退出、经哪些构件转移，再确定控制动作，才能避免用单一加固措施处理不同来源的变形。

1.2 混凝土早期响应与节点约束

主体结构的变形还受混凝土早期收缩、温度变化和边界约束共同影响[1]。底板与侧墙分段浇筑时，先成型构件已经形成刚度，后浇构件在升温、降温和收缩过程中受到钢筋、止水节点及相邻结构限制，施工缝两侧容易产生不一致的位移趋势。侧墙与楼板连接处若模板支撑刚度差异较大，局部挠度会通过节点传向已完成区域；预留洞口、端墙转角和中柱柱头附近的几何突变也会放大这种传递。判断这类响应不能只看最终位移，还要看变化方向是否与浇筑时序、养护条件和支撑卸载过程一致。现场应把构件龄期、模板保留状态、临时约束位置和测点变化放在同一施工状态图中，使裂缝、错台或接缝张开等表观现象能够追溯到具体边界条件。

2 施工状态诊断与控制依据

2.1 基准体系与监测项目配置

监测系统需要先保证基准稳定，再讨论结构变化。平面和高程基准点应布置在施工扰动影响较小的位置，工作基点与结构测点分开管理，测量路线、仪器设站和观测时段保持一致。主体结构测点不能平均铺设，而应围绕底板跨中、侧墙中部、楼板支座、中柱节点、施工缝和结构转角组织，并与围护位移、支撑轴力、地下水和周边沉降信息建立时间关联。数据进入施工判断前，要辨别基准漂移、测点松动、遮挡和突发跳值，避免把观测问题带入变形结论。基准点与结构测点应分别形成观测序列，前者出现同步漂移时先修正测量基准，不能把同向变化解释为主体结构整体位移。表 1 列出不同施工状态下需要联合观察的对象及其现场用途，使测量人员和施工人员能够围绕同一受力事件解释曲线变化。

表 1 施工状态监测对象与判读重点

施工状态	主要对象	判读重点	现场用途
底板成型	底板与围护	隆起及接缝变化	校正底部约束
侧墙浇筑	墙体与支撑	侧移及轴力变化	分区控制浇筑节奏
楼板转换	楼板与中柱	挠度及节点差异	判断传力状态
顶板闭合	顶板与周边	整体沉降趋势	安排拆撑回填

2.2 变形分级与原因辨识

变形判读应区分施工动作引起的可解释响应、连续发展的偏差和突然出现的异常。短时变化若与混凝土浇筑、支撑卸载或设备集中作业同步，且相邻测点方向协调，可先作为施工状态响应继续跟踪；同一部位在多个工序后仍保持单向累积，或相邻构件出现相反趋势，则需要追查受力路径、支承条件和施工缝状态[2]。突然跳变要先排除测点破坏、观测线路改变和仪器设站差异，再对照现场是否发生超前拆撑、局部堆载、降水波动或模板位移。原因辨识应从时间、空间和工序三条线索交叉判断，不能只凭某一条曲线下结论。每次判定都要形成“现象—关联动作—影响构件—处理要求”的简明记录，使后续班组知道为何暂停、观察或重新排定工序，而不是只接收到一个没有施工含义的预警颜色。

3 主体结构分阶段施工控制

3.1 底板与侧墙闭合顺序控制

底板施工应先处理基底扰动、垫层完整性和防水保护，避免后续钢筋、模板作业把局部软弱带继续放大。分段浇筑边界

应与结构受力、施工缝位置和材料供应能力协调，先成型区不宜长期承担相邻未闭合区域传来的不均匀约束。底板达到后续施工所需状态后再组织侧墙，墙体两侧的模板支撑、浇筑速度和分层高度保持匹配，防止单侧侧压力和支架变形叠加。侧墙与底板节点处的止水构造、钢筋密集区和转角模板要在封闭前标明实际位置，避免拆模后通过凿补破坏节点连续性。相邻区段施工时，应根据底板沉降、围护位移和墙体线形确定作业先后，使新旧区段逐步形成共同约束，而不是让某一短段在刚度尚未连续时承受过大的施工扰动。区段交接记录还应注明已完成构件、待闭合边界和临时支承位置，下一班组据此布置钢筋、模板及泵送路线，避免施工条件改变后仍沿用原先的受力判断。对于端部转角、设备洞口和侧墙高差较大的位置，可单独划分观测单元，待其与普通区段的变化方向趋于一致后再扩大相邻作业面，防止局部刚度突变被平均数据掩盖。

3.2 楼板中柱荷载转换控制

楼板与中柱施工承担着把临时支撑受力转入永久结构的任务，控制重点在于构件状态和卸载顺序相互匹配[3]。中柱垂直度、柱头节点和梁板支座先形成稳定传力条件，楼板模板支架再按分区荷载布置，不能用局部加密替代整体受力计算和支架布置确认。混凝土浇筑宜从结构稳定区域向相邻跨有序推进，泵管、材料和作业设备的临时荷载避免集中在跨中或悬挑边缘。拆除楼板支架或换撑时，先读取对应跨的挠度、中柱沉降和支撑轴力变化，确认荷载转移方向与设计意图一致，再按对称、分级的顺序卸载。某一跨出现持续差异时，应保留必要临时约束并追查模板沉降、柱底接触或节点刚度，不能通过加快相邻跨施工来掩盖已有偏差。楼板浇筑后的测点变化要与支架沉降观测同步读取，若两者方向一致，应先处理支架基础和顶部托撑；若只有结构测点持续变化，再把分析范围转向节点传力与相邻跨约束。支架卸载前还要标明每批构件的浇筑先后和保留支点，卸载中按批次比对楼板跨中与柱顶变化，某批次响应偏离相邻区域时立即停止下一批作业，以免异常继续向未卸载区传递。

3.3 顶板封闭拆撑与回填协同

顶板闭合后，车站主体才逐步形成完整空间体系，但顶板强度形成、内支撑拆除、防水施工和覆土回填之间仍存在明显的受力接口。顶板施工前应清理侧墙顶部标高和节点偏差，模板支架与中柱、侧墙的支承关系保持清楚，避免把未处理的高差锁入结构。拆撑不能只按施工进度安排，应结合顶板挠度、侧墙收敛和相邻支撑轴力确定顺序，拆除一处后保留观察窗口，确认受力重新分配平稳再进入下一处。回填材料、运输路线和分层作业范围要保持两侧协调，防水保护层未形成稳定防护前不得让机械扰动直接作用于顶板。表 2 把拆撑与回填接口中的条件、现场动作和异常处置并列列出，便于不同工种在同一状态下交接[4]。覆土推进还应标出车辆停留带、临时堆料区和已封闭结构边界，把顶板测点的读取时刻安排在相近作业间隔内，防止施工荷载位置改变后仍把数据差异解释为整体沉降。回填进入下一分区前，应把本区填筑厚度、车辆行走位置与两侧墙体响应并列核对，局部变化尚未稳定时保留相邻空区，利用空间缓冲避免连续作业把不对称荷载迅速推向车站端部。

表 2 拆撑回填接口控制表

接口状态	进入条件	现场动作	异常处置
顶板闭合	节点连续	标明支承关系	保留局部约束
分区拆撑	变形趋势平稳	对称分级卸载	暂停相邻拆除
防水保护	表面完整	限制交叉作业	修复后再交接
覆土恢复	受力转换清楚	两侧协调回填	缩减机械作业范围

4 监测反馈驱动的现场校正

4.1 偏差诊断与参数动态修正

现场纠偏应以施工状态变化为单位，而不是等到累计位移接近控制边界才集中处理。监测人员把最新曲线与构件完成状态、支撑卸载记录、降水运行和材料堆载逐项对应，施工技术人员据此判断偏差来自观测、工序还是结构响应。若变化集中在浇筑阶段，可缩小分区范围、重排入模顺序并转移临时荷载；若变化出现在拆撑后，则要还原卸载顺序、相邻跨刚度和保留约束；若与回填同步，应重排运输路线和两侧作业节奏。参数修正后继续观察关联测点，重点看变化方向是否收敛、相邻构件是否协调，而不是只追求单点数值下降。这样形成的施工记录能够说明具体动作、改变的施工条件以及结构响应，为后续相似工序提供可直接使用的判断依据。处置动作生效后还应保留一个完整施工状态的对照记录，若关联测点没有出现预期变化，就要撤销无效参数并重新辨识来源，不能让多轮处置叠加后失去因果关系。本轮修正量随当前施工状态结束而终止，新一轮浇筑、拆撑或回填前重建基线，避免上阶段修正量套用于不同边界条件。

4.2 工序接口与异常响应

变形控制涉及测量、土建、模板支架、防水、降水和材料运输等多类岗位，异常处理必须明确接口责任。测量组发现趋势变化后应提交测点位置、变化时段和关联施工事件，技术组判断受影响构件与允许继续的作业范围，现场负责人再落实暂停、卸载、加固或重排顺序等动作[5]。班组交接不能只传递“继续观察”的口头要求，而要写明哪些区域可以施工、哪些临时约束不得拆除、下一次数据判读针对什么问题。若出现测点突变、接缝张开、构件线形异常或支撑状态不明，应先控制人员和设备进入范围，保留当前受力状态并完成原因排查。恢复施工前确认处理措施已作用于对应对象，后续工序不会再次触发

同一变形来源，使安全处置、质量控制和进度计划保持一致。异常解除记录应附带复测位置、恢复范围和下一工序限制，由测量、技术与现场负责人分别确认各自信息，使恢复生产建立在同一状态判断上，而不是依赖口头转述。当异常跨越两个施工区段时，应指定一名技术负责人统筹边界处的测点与临时约束，相关班组使用同一版状态图交接，避免各自只处理本区现象而遗漏跨区传力。

5 结语

深埋地下车站主体结构施工阶段的变形并非孤立测点问题，而是开挖卸荷、构件早期响应、临时支撑转换和永久结构闭合共同作用的结果。控制工作应沿受力路径组织，把底板、侧墙、楼板、中柱和顶板的施工顺序与监测状态对应起来。基准稳定、原因辨识准确之后，现场才能针对浇筑、拆撑和回填条件进行修正，并在工序交接中保留清楚的限制与处置要求，使结构变形在施工推进中保持连续和协调。

参考文献：

[1] 曹平,王亮,田定胜,等.大断面软岩地铁车站双侧壁导坑法施工安全步距优化研究[J].四川建筑,2026,46(5):141-146.

[2] 苗朋勃.既有车站底板开洞改造对车站主体结构响应影响研究[J].建筑技术,2026,57(18):2206-2209.

[3] 褚继龙,许奎,王昊,等.综合交通枢纽地铁车站盖挖逆作法施工技术研究[J].建筑机械化,2026,47(9):30-35.

[4] 高波,陈理平,朱海军,等.顺逆组合施工下超深基坑变形特性及其对邻近地铁车站的影响研究[J].工程勘察,2026,54(9):1-8.

[5] 刘扬,张君,芦睿泉,等.融合 BIM 与 SLAM 的地铁车站竣工质量智能检测方法[J].城市勘测,2026,(4):140-145.