喇叭口隔断浇筑工艺中初凝阶段板隔离操作对构造柱成型质量的影响分析

叶俊杰

安徽建工集团股份有限公司 安徽 合肥 230000

【摘　要】：针对传统构造柱喇叭口浇筑工艺存在材料浪费、人工剔凿成本高、易损伤构件及产生建筑垃圾等问题，以喇叭口隔断浇筑工艺为研究对象，聚焦混凝土初凝阶段板隔离操作对构造柱成型质量的作用机制开展分析。通过对比传统剔凿工艺与初凝板隔离工艺的施工流程、成型效果及结构性能，明确初凝阶段隔离操作可有效阻断喇叭口余料与构造柱本体连接，实现余料回收利用，免除后期剔凿工序。结果表明，该操作能显著提升构造柱表面平整度，降低构件开裂风险，优化结构力学性能，同时缩短施工工期、减少材料损耗与建筑垃圾排放，为二次构造柱绿色高效施工提供可行技术路径。

【关键词】：构造柱；喇叭口隔断浇筑；初凝阶段；板隔离操作；成型质量

DOI:10.12417/2811-0536.26.10.072

引言

二次构造柱作为砌体结构重要受力构件，其施工质量直接影响建筑整体安全性与耐久性。传统喇叭口浇筑工艺需后期人工剔凿，带来材料浪费、成本增加、构件损伤及环境影响等多重问题，已难以适配绿色建造与高效施工要求。喇叭口隔断浇筑工艺通过初凝阶段板隔离操作，实现构造柱与喇叭口余料的可控分离，为解决传统工艺痛点提供新思路。基于此，系统分析初凝阶段板隔离操作对构造柱外观质量、结构性能及施工效益的影响，明确工艺控制要点与作用规律，可为该工艺的标准化应用与推广提供理论支撑与实践依据。

1 喇叭口隔断浇筑工艺的核心原理

喇叭口隔断浇筑工艺是针对二次构造柱传统喇叭口施工缺陷提出的改良施工技术，核心原理是在构造柱混凝土浇筑振捣密实后、初凝阶段利用刚性封板对喇叭口与构造柱主体进行快速隔断，实现两者物理分离，避免后期剔凿作业。该工艺以混凝土初凝时间 t_0 为控制临界值，以隔离面剪切强度 τ 为质量判定指标，遵循分离可控、成型免修、余料可回收的技术逻辑。施工中通过精准把握初凝窗口，在混凝土尚具备塑性但未形成整体强度时插入隔离板，使构造柱主体与喇叭口余料在界面处形成清晰分离面，满足$\tau<0.1$MPa即可实现无损伤分离[1]。其技术本质是利用混凝土凝结硬化规律，将传统“浇筑—硬化—剔凿”的被动处理模式，转变为“浇筑—初凝隔断—直接成型”的主动控制模式，既保证构造柱顶部密实度与完整性，又可直接回收喇叭口未初凝混凝土，杜绝材料浪费与结构损伤，同时适配梁下等传统喇叭口难以施工的复杂节点工况，实现施工效率、成型质量与绿色效益的统一。

2 传统构造柱喇叭口浇筑工艺存在的质量与施工弊端

（1）混凝土材料无效损耗与成本失控：构造柱喇叭口区域需随主体同步浇筑混凝土，该部分混凝土仅起到辅助进料、保证顶部密实的作用，不参与结构受力，属于非结构用混凝土。硬化剔凿后全部作为建筑垃圾废弃，无法回收再利用，直接造成胶凝材料、骨料与拌合用水的无效消耗。经现场实测统计，单根构造柱喇叭口混凝土浪费量约占总浇筑量的 8%~12%，楼栋批量施工后累计损耗量显著上升，直接推高材料采购成本与运输成本。同时，剔凿产生的固体废弃物需额外投入人工清运与场地处置费用，进一步扩大施工总成本支出。

（2）人工剔凿作业效率低下与工期延误：喇叭口混凝土达到一定强度后方可开展剔凿，该工序依赖人工使用錾子、冲击钻等工具逐点破除，作业强度大、速度慢，单根构造柱剔凿耗时约 20~40 分钟。剔凿工序必须在拆模后独立插入施工流程，无法与养护、拆模等工序并行，导致二次结构施工总工期被拉长。在多作业面同步推进的项目中，大量构造柱剔凿作业形成工序瓶颈，制约后续抹灰、装修等工序插入，降低整体施工流水效率，对项目节点工期控制形成不利影响。

（3）剔凿冲击导致构造柱本体结构损伤：人工剔凿属于冲击式作业，外力反复作用于构造柱顶部界面，易引发混凝土内部微裂纹扩展，甚至形成贯通性裂缝，破坏构造柱整体性与连续性。剔凿过程难以精准控制力度与范围，常出现超凿、欠凿问题：超凿会削弱构造柱有效截面尺寸，降低抗压与抗剪性能；欠凿则导

致顶部残留混凝土凸起，影响后续工序施工质量。此类损伤具有隐蔽性，在后期受力与变形作用下，裂纹持续扩展将直接降低结构安全性与耐久性[2]。

（4）施工环境恶劣与现场安全风险突出：剔凿作业产生大量混凝土粉尘、碎屑与噪声，现场扬尘浓度高、噪声污染严重，不符合绿色施工与文明工地管控要求。作业人员长期处于粉尘、振动环境中，易引发职业健康危害。同时，构造柱多位于楼层内侧、梁下、板下等狭小空间，作业面狭窄、操作空间有限，手持冲击工具易发生打滑、回弹等危险，高处作业时剔凿碎屑坠落还会对下方人员构成物体打击风险，现场安全管控难度显著提升。

3 初凝阶段板隔离操作的施工要点与控制要求

3.1 定型化改进喇叭口系统设计与制备

（1）传统喇叭口的优化改造：传统喇叭口多采用 15mm 厚木质模板现场钉制，存在无导向定位、隔离板插入易歪斜、无法重复使用等缺陷。针对此问题，提出两种改造方案：

方案一：木质喇叭口改良：在原有木质喇叭口两侧壁，沿构造柱轴线方向各向内缩进 2mm（与隔离板厚度一致），形成对称导向凹槽，凹槽深度不小于 15mm，确保隔离板可沿凹槽垂直插入，避免偏斜、晃动，保证界面垂直度。

方案二：定型化金属喇叭口：采用 1.5mm~2mm 厚钢板或铝板，工厂预制带导向凹槽的可重复使用喇叭口，整体呈梯形进料口，两侧设置 2mm 厚、15mm 深的导向槽，与隔离板厚度精准匹配，保证插入时板面与构造柱轴线垂直。喇叭口斜面设计为活动式，采用合页与销钉连接，可快速开合，便于浇筑完成后直接倾倒回收余料。

（2）隔离板与配套工具制备：隔离板优先采用厚度 2mm~3mm 的钢板或高强度覆膜竹胶板，板面需光洁无变形、无翘曲，边缘做 R2mm 倒角处理，防止插入过程刮扰混凝土造成骨料离析。隔离板宽度较构造柱截面小 2mm~3mm，高度覆盖喇叭口深度与构造柱顶部结合区域。配套工具需配备定位卡槽、手持推进器、平整度靠尺、界面清理刷等专用器具，确保推进过程平稳、定位准确、界面不受扰动[3]。所有材料进场前需完成尺寸核验与表面处理，避免因工具缺陷造成界面凹凸、夹渣或隔离不彻底。

3.2 施工工况与前置工序核验

构造柱钢筋绑扎、马牙槎留置、模板支设、定型化喇叭口安装需全部验收合格，模板拼缝密封严密，无漏浆风险。浇筑前需完成混凝土配合比、坍落度、初凝时间检测，同条件养护试块同步留置。作业面需具备充足操作空间，照明、防护设施到位，梁下、板下等狭小空间需提前规划操作路径与隔离板插入角度。浇筑与振捣工序需严格执行规范，确保构造柱内部混凝土密实、无蜂窝孔洞、无骨料堆积，为隔离操作提供稳定的内部结构条件。

3.3 初凝时间判定与隔离时机精准控制

（1）分层浇筑与均匀振捣控制：构造柱混凝土采用分层下料、分层振捣，分层厚度控制在 200mm~300mm，使用插入式振捣器匀速振捣，振捣点间距不大于振捣器作用半径的 1.5 倍，避免过振导致离析或欠振造成疏松。振捣至混凝土表面泛浆、无明显气泡排出即可停止，确保构造柱主体与喇叭口交接区域密实均匀。浇筑至喇叭口设计高度后停止下料，保持混凝土表面自然整平，不人工拍压、不扰动界面，为后续隔离操作保留稳定的塑性状态。（2）浇筑料位与界面状态管控：喇叭口内混凝土料位应略高于构造柱顶面 30mm~50mm，形成充足的压力补偿区，避免隔离后构造柱顶部出现收缩凹陷。浇筑完成后及时清除表面浮浆与松散骨料，保持界面干净均匀。此阶段需实时监测混凝土状态变化，浇筑振捣完成后即可启动隔离操作，无需等待混凝土初凝，此时混凝土仍处于塑性流动状态，隔离板插入阻力小，界面成型更平整，且可最大程度保证构造柱顶部混凝土密实度。（3）隔离时机现场判定与控制：现场可采用简易状态判定法：振捣完成后，混凝土表面泛浆、无气泡溢出、骨料无明显下沉，即为最佳隔离时机。无需依赖贯入阻力法的高值数据，仅需通过外观与手感确认混凝土处于塑性状态即可。环境温度变化对混凝土塑性状态影响较小，无需因温度调整等待时间，仅需保证隔离板插入过程混凝土无离析、无明显流淌即可。

3.4 板隔离操作工艺与动作规范

（1）隔离板定位与插入控制：将隔离板沿预设卡槽垂直对准构造柱与喇叭口的分界面，保持板面与构造柱轴线垂直，定位偏差不大于 2mm。插入时使用手持推进器均匀施力，使隔离板以缓慢恒定速度切入混凝土，深度至构造柱顶面以下 10mm~15mm，确保隔离界面深入主体结构，避免后期出现缝隙、夹渣或分离不完全。插入过程禁止晃动、扭转隔离板，防止扰动周边混凝土导致密实度下降。（2）界面封闭与余料分离处理：隔离板到位后立即保持固定状态 3min~5min，待混凝土界面初步稳定后，轻轻刮除喇叭口侧多余混凝土，该部分混凝土因未完全硬化可直

接回收利用。隔离板需保持至混凝土进入终凝前期、界面强度足以维持形状后方可拆除，拆除时沿垂直方向缓慢抽出，不拉扯、不撬动，确保成型界面平整、棱角完整[4]。完成隔离后及时对构造柱顶部进行简单修整，保证截面尺寸、平整度符合验收要求。

3.5 质量验收与过程管控要点

（1）过程质量控制指标：隔离时机准确率需达到100%，隔离板定位偏差≤2mm，界面垂直度偏差≤3mm/m，构造柱顶部无收缩、无裂纹、无孔洞，喇叭口余料分离彻底、可完整回收。操作过程需留存时间记录、温度数据、贯入阻力检测结果，形成可追溯资料。（2）成型质量验收要求：隔离完成后检查界面是否平直密实、有无裂缝、夹渣、疏松、漏振等缺陷，构造柱截面尺寸偏差控制在±3mm 内。界面质量合格后方可进入养护工序，养护期间禁止碰撞、振动顶部区域，确保强度正常发展，为后续二次结构施工提供合格的构造柱成型产品。

4 初凝阶段板隔离操作对构造柱成型质量的影响

（1）对构造柱外观成型质量的提升作用：板隔离操作在混凝土初凝阶段实施，可在构造柱顶部形成平直、规整、无缺损的成型界面，彻底消除传统剔凿工艺造成的表面凹凸、棱角破损、蜂窝麻面等外观缺陷。隔离板的刚性约束作用使混凝土在塑性状态下保持规则几何形态，成型后截面尺寸偏差可控制在±3mm 以内，表面平整度优于传统工艺 30%以上，无需进行二次修补即可满足后续装修施工要求。该操作避免了人工剔凿带来的界面粗糙、色差明显等问题，显著提升构造柱整体观感质量与结构规整度。（2）对构造柱结构完整性与内部性能的保障作用：初凝阶段隔离属于无损伤物理分离，不会对混凝土本体产生冲击、振动与应力破坏，可有效规避传统剔凿工艺引发的内部微裂纹、截面削弱、骨料松动等结构性损伤。隔离界面处混凝土保持连续密实状态，无应力集中区域，构造柱整体抗压、抗剪性能稳定，结构完整性得到充分保障。与剔凿工艺相比，板隔离操作不会破坏钢筋与混凝土之间的握裹力，构件力学性能指标更接近设计状态，长期使用过程中不易出现裂缝扩展、耐久性下降等问题。（3）对构造柱顶部界面密实度与抗渗性能的优化作用：板隔离操作在混凝土振捣密实、料位充足的条件下完成，能够维持构造柱顶部区域的高密实度，防止因收缩、扰动造成的疏松、孔洞与不密实现象。刚性隔离板对顶部混凝土产生轻微侧向约束，可补偿部分塑性收缩，使界面更加致密均匀[5]。成型后的顶部界面无贯通缝隙与薄弱层，抗渗性能与整体性显著提升，可降低后期墙体渗漏、界面返潮等质量隐患，尤其适用于厨卫、外墙等对防渗要求较高的部位。（4）对施工稳定性与质量可控性的强化作用：板隔离操作以标准化流程与量化控制指标为依据，施工过程受人为因素影响小，质量稳定性远高于依赖人工经验的剔凿工艺。隔离时机、插入深度、界面状态均可实现精准管控，成型质量一致性强，适合多楼栋、大批量构造柱流水施工。该工艺免除了不确定的剔凿强度与范围，使施工质量更易验收、更易追溯，为工程质量创优与精细化管理提供可靠支撑，同时推动二次结构施工向标准化、工具化、绿色化方向发展。

5 结语

喇叭口隔断浇筑工艺中初凝阶段板隔离操作，可有效解决传统构造柱施工剔凿损伤、材料浪费、工期冗长等问题，显著提升成型质量、结构完整性与施工效率，契合绿色建造与精益施工发展方向。该操作以精准时机控制与标准化作业为核心，实现免剔凿成型与余料回收，为板下、梁下等复杂节点施工提供可靠方案。未来可进一步开展隔离时机智能化监测、隔离工具定型化优化研究，推动工艺向数字化、标准化、规模化应用升级，为砌体结构二次构造柱施工提供更完善的技术支撑。

参考文献：

[1] 伏茂.构造柱喇叭口免剔凿装置应用研究[J].工业建筑,2023,53(S1):762-763.

[2] 张秀灵,卫世全,开前正,等.浅谈可调节模板构造柱一次成型施工技术[J].中国设备工程,2022,(22):214-216.

[3] 田力.建筑砌体结构中构造柱施工质量管控研究[J].城市建设理论研究(电子版),2025,(05):182-184.

[4] 刘宁.建筑工程二次结构砌筑施工核心技术[J].产品可靠性报告,2025,(01):138-140.

[5] 魏丛.绿色施工中二次结构砌体构造柱施工质量控制[J].散装水泥,2024,(03):178-180.