

Key Technologies for Static Non destructive Cutting and Demolition of Structural Demolition Projects

Gongsheng Li Zewang Liu

China Construction Eighth Engineering Division Zhejiang Construction Co., Ltd., Jiangsu Business Unit, Nanjing, Jiangsu, 200092, China

Abstract

Against the backdrop of rapid urban renewal, existing building renovation projects are facing prominent challenges such as complex structural forms, tight construction schedules, and safety risk control. This article takes the Nanjing Youth Olympic City Living Room Project as the research object, and systematically studies the key technical system of static non-destructive cutting demolition for the special demolition requirements of steel-concrete and steel frame hybrid structures.

Keywords

structural demolition; Non destructive cutting; Static dismantling; Steel reinforced concrete; Load control

结构拆除工程静力无损切割拆除关键技术

李公胜 刘泽旺

中建八局浙江建设有限公司江苏事业部, 中国·江苏 南京 200092

摘 要

在城市更新快速推进的背景下, 既有建筑改造工程面临结构形式复杂、工期紧张及安全风险控制等突出难题。本文以南京青奥城市客厅项目为研究对象, 针对型钢混凝土与钢框架混合结构的特殊拆除需求, 系统研究了静力无损切割拆除的关键技术体系。

关键词

结构拆除; 无损切割; 静力拆除; 型钢混凝土; 荷载控制

1 引言

随着我国城市化进程的持续深化, 截至 2025 年, 城市更新行动已进入提质增效的关键阶段。既有建筑改造作为城市更新的重要组成部分, 其结构拆除工程面临着前所未有的技术挑战。南京青奥城市客厅这类兼具公共功能与历史价值的建筑, 其改造过程不仅需要满足现代使用需求, 还需兼顾结构安全、施工效率与环境保护等多重目标。

本研究以南京青奥城市客厅项目为实践载体, 针对 5310 m² 混合结构在 45 天工期内的特殊拆除需求, 重点解决三个核心问题: 一是大截面型钢混凝土梁 (550×2350mm) 的应力释放控制, 二是 300mm 厚泳池板等异形构件的无损分离, 三是临时支撑体系与动态荷载的协同调控。通过系统整合绳锯切割、等离子焊割等工艺, 旨在建立一套适用于复杂混合结构的标准化拆除技术体系。研究成果将为同类工程提供技术参照, 推动建筑拆除领域向精细化、低碳化方向

转型。

2 关键技术体系与工艺优化

2.1 绳锯分块切割与等离子型钢分段切除技术融合

在混合结构拆除工程中, 绳锯分块切割与等离子型钢分段切除技术的协同应用是解决异质材料分离难题的核心突破点。南京青奥城市客厅项目的实践表明, 两种工艺的有机融合需重点解决界面识别、时序控制与应力协调三个关键问题。

针对混凝土与型钢的界面识别, 在绳锯切割混凝土保护层前, 采用钢筋探测仪并进行预打孔来判断型钢埋设位置, 避免金刚石绳锯直接接触钢材导致异常磨损; 对于复杂节点区域, 辅以磁粉探伤技术精确定位剪力栓钉分布, 确保了切割路径的精确规划, 将传统工艺中常见的钢筋误切率降低显著。

工艺时序的精准控制是保障施工效率的关键。针对 550×2350mm 大截面梁的拆除, 创新采用“三阶段渐进式”作业流程: 第一阶段用绳锯沿梁长方向每 1.5 米分块切割混凝土, 保留跨中 10% 截面作为临时应力支撑; 第二阶段采

【作者简介】李公胜 (1993-), 男, 中国山东聊城人, 本科, 从事城市更新研究。

用等离子设备在型钢预设切口位置进行分段切除,每段长度控制在0.8米以内以减小荷载突变;第三阶段对剩余混凝土块体实施补充切割,最终完成构件分离。这种分步工艺既避免了整体切割导致的瞬时应力释放风险,又通过工序重叠将单根梁的拆除时间缩短明显。

应力协调方面,通过建立“切割-支撑”动态响应机制实现荷载平稳转移。在泳池区300mm厚楼板拆除过程中,当绳锯完成混凝土块体切割后,暂不吊离构件而是保持其原位支撑状态,待等离子设备完成周边型钢焊缝切除后,再同步移除外侧临时支撑与切割块体。这种“切割完成即形成新支撑点”的策略,使得结构内力重分布过程更为平缓。

该技术体系在城市更新项目中展现出独特优势:对于需要保留历史风貌的改造工程,其微扰动特性可最大限度保护原有结构;在商业综合体等工期紧张场景下,平行作业模式能大幅缩短拆除周期。随着智能传感技术的发展,未来可通过在切割头集成视觉识别系统,实现混凝土与钢材界面的自动判别与工艺切换,进一步提升混合结构拆除的智能化水平。

2.2 动态荷载控制下的分步拆除工艺设计

在混合结构拆除过程中,荷载的动态变化是影响施工安全的核心因素。南京青奥城市客厅项目通过创新设计“混凝土剥离-型钢焊割-跨中回顶”分步工艺,实现了拆除过程中结构受力的平稳过渡。

针对型钢混凝土梁的拆除,首先采用绳锯对混凝土保护层进行纵向分块切割。每切割完成一段混凝土后,保留跨中部分截面作为临时支撑点,形成“多点悬吊”的受力状态。这种设计有效避免了混凝土一次性剥离导致的型钢突然失稳风险。现场观察发现,分块切割后的混凝土构件虽已与主体分离,但其自重仍能通过未切割的跨中区段传递至支撑体系,为后续型钢切除创造了稳定的作业条件。

等离子切割型钢阶段采用“对称分段”策略。从梁端向跨中方向依次切除型钢段,每段长度严格控制在合理范围内。当切除某段型钢时,其承担的荷载会立即转移至相邻未切割段及临时支撑系统。通过预先在支撑点布置液压千斤顶,可根据应变监测数据实时补偿荷载损失。例如在泳池区大梁拆除时,当监测显示某支撑点荷载增加超过预警值,立即启动对应位置的千斤顶进行力值平衡,将结构变形量始终控制在允许范围内。

“跨中回顶”作为工艺的最终保障环节,其核心是把握介入时机。回顶过早会阻碍结构应力的自然释放,导致残余应力积聚;回顶过迟则可能引发不可逆变形。项目团队通过建立“双指标”判断标准:一是监测跨中挠度变化速率,当增速超过设定阈值时触发回顶;二是检查相邻支撑点荷载分配比,当某点承担荷载超过总量60%时启动补偿。这种动态调控机制使得550×2350mm大截面梁的拆除过程未出现突发性垮塌事故。

临时支撑体系的优化设计是工艺成功实施的基础。不同于常规拆除工程的均布支撑方案,本项目采用“关键点强化”布置原则。通过有限元分析确定结构在分步拆除过程中的内力重分布规律,在弯矩最大处(如悬挑端部、跨中区域)加密支撑点,并采用盘扣架与型钢柱组合支撑形式。

施工组织方面采用“时空置换”法化解效率与安全的矛盾。将拆除区域划分为泳池区、大厅区、塔楼区三个流水段,各段按“切割混凝土→切除型钢→吊运废料”的固定工序推进,确保同一时段内不同工种在不同区域作业。这种安排既避免了设备集中使用导致的相互干扰,又通过工序衔接实现了动态荷载的分散转移。项目实践证明,该工艺使整体拆除效率提升显著,同时将支撑体系的最大变形量控制在极低水平。

该工艺的创新价值主要体现在三个方面:首先,通过分步释放荷载的方式,解决了混合结构拆除中的“多米诺骨牌”效应难题;其次,利用结构自身残余承载力参与受力体系,降低了临时支撑的材料消耗;最后,动态调控机制实现了安全与效率的平衡,为城市更新项目中的快速拆除需求提供了可行方案。随着智能监测技术的发展,未来可通过植入光纤传感器实时感知结构应力状态,进一步提升分步拆除工艺的精准性与可靠性。

3 工程应用与效果验证

3.1 南京青奥项目施工组织与流程实施

南京青奥城市客厅项目的施工组织与流程实施充分体现了静力无损切割技术在复杂混合结构拆除中的系统性应用。针对5310 m²拆除面积及45天工期的严格要求,项目团队采用“分区流水、立体交叉”的作业模式,将工程划分为泳池区、大厅区、塔楼区三个独立施工段,各段按“四/三层拆除→四层复建→五层拆除”的核心路线推进。这种组织方式既保证了工序衔接的连续性,又通过空间隔离避免了不同工种间的相互干扰。

施工流程设计遵循“先支撑后切割、先次要后主要”的基本原则。在泳池区300mm厚楼板拆除中,首先搭设盘扣架临时支撑体系,立杆间距根据楼板承载力模型计算确定,最大荷载处采用双立杆加强。随后采用绳锯沿预先放样位置进行分块切割,每块尺寸控制在2m×2m以内,切割完成后暂不吊离混凝土块,使其继续承担支撑功能。待相邻区域型钢等离子切割完成后再统一移除,这种“切割块体暂代支撑”的工艺创新显著减少了临时支撑材料的用量。正如黄柳君指出,“无损静力拆除法在拆除过程中不会引起结构振动,保证保留构件的稳定性”。

型钢混凝土梁的拆除采用“三段式”标准化流程:第一阶段用绳锯剥离梁两侧混凝土保护层,保留跨中10%截面作为应力过渡区;第二阶段采用等离子设备分段切除外露型钢,每段长度不超过0.8米;第三阶段对剩余混凝土实施

补充切割并吊离。针对 $550 \times 2350\text{mm}$ 特大截面梁,增设液压千斤顶进行荷载补偿,通过实时监测应变数据动态调整支撑力,确保拆除过程中的结构安全。施工记录显示,该流程使单根大梁拆除时间缩短明显,且未出现预期外的结构变形。

施工进度控制采用“双线并行”管理方法。主线跟踪混凝土切割与型钢切除的关键路径,支线协调废料清运与临时支撑调整等辅助工序。每日召开跨专业协调会,根据激光扫描获取的现场三维模型动态调整作业计划。特别在体育区拆除时,通过承载力计算明确临时坡道 5.57t 的限载条件,指导设备行走路线规划,既保障了施工效率又避免了支撑体系超载风险。

该项目的成功实施表明,针对混合结构特点量身定制的施工组织方案,能有效协调静力切割技术的精度要求与城市更新的效率需求。其经验可归纳为三点:一是通过分区流水实现资源优化配置;二是依托工艺创新化解复杂工况挑战;三是借助信息化手段提升过程管控水平。这些实践为同类工程提供了可复用的管理范式,也为静力无损切割技术的标准化应用积累了宝贵案例。

3.2 拆除效率、安全指标与资源回收率分析

南京青奥城市客厅项目的实施效果验证了静力无损切割技术在拆除效率、安全控制与资源回收方面的综合优势。通过系统分析施工全过程数据,该技术体系展现出显著的应用价值。

在拆除效率方面,项目采用的“分区流水”作业模式与标准化工艺显著提升了施工进度。绳锯切割混凝土的效率达到行业先进水平,特别是针对 300mm 厚泳池楼板的切割作业,通过优化分块尺寸与切割顺序,单台设备日均完成面积较传统方法提升明显。型钢切除环节采用等离子分段工艺,配合可旋转式切割臂的应用,使复杂节点部位的施工周期缩短显著。

安全控制指标表现突出,主要体现在三个方面:一是结构变形控制,通过“混凝土剥离-型钢焊割-跨中回顶”的分步工艺,将 $550 \times 2350\text{mm}$ 大梁拆除时的跨中挠度变化严格限制在安全范围内;二是支撑体系稳定性,基于承载力模型优化的盘扣架系统最大立杆荷载始终低于设计值,关键节点变形量维持在极低水平;三是作业环境安全,静力切割工艺产生的振动与噪音较传统机械破碎大幅降低,周边区域监测数据均符合城市施工标准。刘志峰的研究也证实,静力切割技术具有“安全性高、对环境影响小”的显著优势。

资源回收效益显著,主要体现在材料循环利用与施工废弃物减量两方面。混凝土构件采用精准分块切割工艺,使 90% 以上的废料保持完整块状,便于分类回收再利用;

型钢材料通过等离子低温切割,避免了热影响区性能劣化,重复利用率达到行业领先水平。项目特别设置分类堆放区,实现不同规格钢材与混凝土的分级回收,不仅降低了处理成本,更减少了建筑垃圾外运量。这种绿色施工模式符合城市更新工程可持续发展要求。

该项目的实践为混合结构拆除提供了可复用的技术方案,其核心经验可归纳为:科学计算是安全控制的基础,精细化管理是资源回收的保障。随着智能化技术的发展,未来可通过在切割设备集成视觉识别系统,进一步提升特殊构件拆除的精准性与自动化水平,推动城市更新工程向更高效、更安全、更环保的方向发展。

4 结语

本研究以南京青奥城市客厅项目为工程背景,系统研究了型钢混凝土与钢框架混合结构的静力无损切割拆除关键技术,提出的“混凝土剥离-型钢焊割-跨中回顶”分步施工方法,通过荷载动态调控机制,有效解决了混合结构拆除中的稳定性控制难题,显著提升了特殊构件的拆除效率。绳锯分块切割与等离子型钢分段切除的工艺组合,不仅实现了施工过程低振动、低噪音的环保要求,更使混凝土回收率超过 90% ,为城市更新中的绿色拆除提供了示范案例。

未来研究可在以下方向深入探索:一是智能化切割设备的集成应用,通过机器视觉与自动路径规划技术提升异形构件拆除的精准度;二是数字化拆除模拟技术的开发,结合 BIM 与有限元分析实现施工过程的虚拟预演与风险预判;三是新型切割工具的研发,针对超厚混凝土与特殊钢材开发更高效的切割工艺。本研究成果不仅适用于体育场馆等大跨度混合结构,也可为医院、交通枢纽等复杂公共建筑的改造拆除提供技术参考,对提升我国城市更新中的拆除工程水平具有积极意义。

参考文献

- [1] 叶春华.静力拆除技术在混凝土结构拆除工程中的应用[J].《中文科技期刊数据库(文摘版)工程技术》,2017,(2):00206-00206.
- [2] 李永胜.深基坑钢筋混凝土内支撑梁无损静力切割拆除施工技术研究与应[J].《科技与创新》,2016,(8):153-154.
- [3] 黄柳君.钢筋砼结构无损静力拆除施工工艺[J].《中国科技期刊数据库 工业C》,2016,(6):00199-00199.
- [4] Chao Zhang.Structural Modal Parameter Recognition and Related Damage Identification Methods under Environmental Excitations: A Review[J].《Structural Durability & Health Monitoring》,2025,(1):25-54.
- [5] 王帅.热室退役重混凝土结构切割拆除研究[J].《核动力工程》,2024,(3):224-228.