

非开挖施工法在校园道路电力电缆穿越工程中的实践与优化

程田田

上海信马建设工程有限公司 上海 201111

摘 要: 校园基础设施改造工程面临着施工周期短、环境影响小、安全要求高等特殊挑战,传统开挖式电缆敷设方式已难以满足现代化校园的建设需求。非开挖施工技术以其对地表干扰小、施工效率高的特点,为校园电力改造提供了新的技术路径。通过定向钻进、微型隧道等工法的应用,不仅能有效规避校园复杂的地下管网系统,更能最大限度降低对正常教学秩序的影响,实现基础设施升级与校园运行的和谐统一。

关键词: 非开挖施工法; 校园道路; 电力电缆; 穿越工程

引言

随着地下空间利用率的不断提升,校园地下管网系统日趋复杂化,这对电力电缆穿越工程提出了更高技术要求。非开挖施工法通过精准的地下轨迹控制技术和实时监测系统,能够确保电缆敷设的精确度和安全性。该技术特别适用于校区改造项目,在保护既有景观和建筑基础的同时,完成电力系统的现代化升级,为智慧校园建设提供可靠的能源输送保障。

1 校园道路电力电缆穿越工程的特点

校园道路电力电缆穿越工程具有环境敏感性强、施工限制多、安全要求高等特点。校园是人员密集区域,施工需尽量减少对师生正常学习、生活的影响,避免噪音、扬尘和交通堵塞。校园地下管线复杂,涉及给排水、通信、燃气等多种设施,施工过程中需精准定位,避免破坏既有管线。校园道路通常较窄,且可能涉及绿化带、人行道等特殊区域,传统开挖方式易造成地面破坏,影响校园美观和功能。同时,校园电力电缆穿越工程对供电可靠性要求较高,需确保施工不影响校园正常用电,并满足未来电力扩容需求。因此,非开挖施工法凭借其低干扰、高效率、环保性等优势,成为校园电力电缆穿越工程的理想选择,既能满足施工需求,又能最大程度减少对校园环境的影响。

2 校园道路电力电缆穿越工程的需求与挑战

2.1 校园道路功能与景观保护的双重约束

校园道路电力改造面临功能性与美观性的双重挑战。作为师生日常通行要道,道路开挖需严格控制工期和作业面。同时,百年校园的历史风貌保护区对景观协调性提出严

格要求,传统施工方式易破坏绿化植被和铺装景观。特殊时段如开学季、毕业季等还需遵守严格的施工禁令,这些时空约束大幅增加了工程实施的复杂度。如何在保证电力供应的同时,最小化对校园环境和日常活动的影响,成为工程规划的首要考量因素。

2.2 传统开凿施工与架空线路的局限性分析

传统开槽直埋施工在校园环境中存在明显缺陷。大面积道路开挖会破坏沥青面层结构完整性,后期修补易产生沉降差异。密集的地下管网增加了误挖风险,可能引发连锁事故。架空线路虽避免开挖,但影响校园整体美观,在台风多发地区还存在安全隐患。两种方式均需长时间封闭道路,对校园交通组织造成压力。此外,传统施工产生的噪声扬尘问题,与校园安静清洁的环境要求形成突出矛盾。

2.3 非开挖施工技术的兴起及其在校园场景中的适用性

非开挖技术为校园电缆敷设提供了解决方案。水平定向钻技术可精准穿越道路和绿化带,保持地面景观完整。微型隧道施工适用于管线密集区域,避免与其他地下设施冲突。顶管法特别适合穿越重要广场和历史建筑保护区。这些技术具有施工速度快、环境影响小、季节适应性强的特点,能有效克服校园特殊环境的限制。通过 BIM 技术预先模拟施工路径,可进一步优化方案,实现“无感化”施工,完美契合校园工程的特殊需求。

3 非开挖定向钻孔穿管技术原理与核心优势

3.1 定向钻孔穿管技术的基本原理与工艺流程

定向钻孔穿管技术通过导向钻机在地表下形成精确控制的钻孔轨迹,实现不开挖敷设管线的工程目标。其工艺流

程包含四个关键阶段：首先采用导向钻头进行小直径先导孔钻进，通过实时定位系统确保轨迹精度；随后通过分级扩孔形成满足管径要求的通道；最后在回拖阶段将预制管线同步牵引就位。整个过程依托于专业的导向控制系统，可灵活调整钻进参数以适应不同地质条件，形成完整的地下通道建设解决方案。

3.2 技术核心：导向钻进、扩孔与回拖施工的关键环节

导向钻进环节依赖电磁定位系统实时监控钻头空间坐标，操作人员根据反馈数据动态调整钻进方向，确保轨迹偏差控制在允许范围内。扩孔施工采用分级扩孔器循序扩大孔径，通过泥浆循环系统稳定孔壁并排出钻屑。回拖阶段重点控制牵引速度与管线保护，采用专用回拖头均衡受力分布，避免管线变形或涂层损伤。三个环节形成有机整体，共同保障施工质量与安全。

3.3 校园场景下的技术适配性分析

该技术特别契合校园环境对施工文明的严苛要求，其微创特性可完全保持道路结构和绿化景观的完整性。通过精准的轨迹规划避开地下密集管网，避免传统开挖可能引发的次生损害。施工期间仅需设置小型工作坑，大幅减少施工围挡范围，最大限度降低对校园正常秩序的视觉干扰和通行影响，实现工程建设与校园运行的和谐共存。

4 工程实践：某高校道路电力电缆穿越项目案例解析

4.1 工程概况与施工目标

本工程为校园主干道电力电缆穿越项目，基于保护现有道路完整性的严格要求，经多轮现场勘查与技术论证，采用非开挖定向钻孔穿管工艺实施。针对架空线路存在的视觉污染与通行干扰问题，通过精确的轨迹设计与分级扩孔技术，在确保零路面破坏的前提下完成双电缆管道敷设。施工中前瞻性预埋备用管道，为未来电力增容预留扩展空间，既满足当前供电需求，又实现校园景观与功能性的双重提升，展现出现代化校园基础设施建设的先进理念。

4.2 施工方案设计与技术路线选择

针对校园道路的特殊环境，制定了“分区分段、精准穿越”的技术路线。方案设计重点考量了地下既有管网的避让策略，采用三维建模技术预先规划最优钻孔轨迹。根据地质勘察报告，选择适配的导向钻机型号和扩孔级配方案，同时制定详细的应急预案。特别优化了工作坑布局，将施工区域控制在最小范围，确保教学区与生活区的正常通行不受影响。

4.3 关键施工环节的技术实施

施工过程严格执行轨迹动态监测制度，每2米进行一次定位校准，确保钻孔精度控制在设计范围内。在电缆回拖阶段，采用同步注浆工艺稳固孔道，并配备专业监测设备实时跟踪管线受力状态。针对遇到的局部软弱地层，及时调整泥浆配比和钻进参数，有效预防了孔壁坍塌风险。全过程实施封闭式管理，落实扬尘控制与噪声防护措施，实现了绿色文明施工目标。

5 非开挖施工法的实践成效与经验总结

5.1 道路结构保护与交通运行零中断的实证效果

该技术通过地下精准钻孔完全避免了传统开挖对道路结构的破坏，既保持了路基的整体稳定性，又杜绝了因路面修复可能引发的沉降隐患。施工期间仅需设置小型工作井，无需封闭道路或改道，确保了校园交通的持续畅通。这种微创式施工模式特别适合对运行连续性要求高的校园环境，为类似场景的基础设施改造提供了可复制的技术范本。

5.2 架空线路替代方案的美学价值与社会接受度提升

地下敷设方案彻底消除了架空线缆对校园视觉环境的干扰，使建筑立面与自然景观保持和谐统一。相较于明线架设可能引发的安全顾虑，隐蔽式布线显著提升了师生群体的心理接受度。这种注重环境美学的工程决策，体现了现代校园建设中人文关怀与工程技术相结合的设计理念。

5.3 预留管设计的前瞻性价值——未来电缆增容的可行性验证

前瞻性的双管敷设方案为校园电力系统升级预留了弹性空间，当未来用电负荷增长时，可通过既有管道快速完成电缆增容。这种全生命周期设计思维不仅降低了后期改造的难度和成本，更避免了重复施工对校园秩序的二次干扰。预留管道的设置充分展现了基础设施规划应当具备的战略眼光和可持续发展理念。

6 技术优化方向，基于校园场景的施工工艺改进

6.1 施工参数动态调整与地质适应性优化

针对校园复杂地质条件，建议开发智能钻进参数调控系统，通过实时岩土识别技术自动优化钻进速度与泥浆配比。重点加强软硬交替地层的应对策略，研发模块化钻具组合方案，实现不同地质单元的无缝衔接施工。同时建立校园地质数据库，为后续工程积累基础参数，提升穿越施工的精准度和可靠性。

6.2 环保与安全措施升级

需完善全封闭式泥浆循环处理系统,实现钻屑的即时分离与无害化处置。研发低噪声钻探设备和振动抑制技术,最大限度降低声环境干扰。强化师生安全防护体系,设置智能感应警示装置和可视化隔离围挡,构建“人机分离”的立体化安全作业空间。

6.3 预留管功能的深度开发

探索预留管道的多功能复合应用,集成光纤传感监测系统,实现对地下管网的实时健康诊断。开发模块化内衬结构,使单一管道具备电力、通信等多介质分舱敷设能力。研究智能标识定位技术,为后期管线运维提供数字化管理基础,全面提升校园地下空间资源利用效率。

6.4 智能导航与轨迹精准控制技术

针对校园地下空间交错复杂的特性,需重点发展基于BIM+GIS的智能导航系统,集成惯性测量单元(IMU)与电磁波定位技术,实现钻进轨迹的亚米级精度控制。开发自适应纠偏算法,当遇到地下障碍物时可自动生成优化路径,避免与既有管线冲突。同时引入数字孪生技术,通过施工模拟预演提前规避风险区域。建立实时数据中台,将钻机姿态、地层反馈等参数可视化,支持远程专家会诊决策。此外,研发轻量化导向钻头,适应校园狭窄作业面要求,确保在操场、绿化带等敏感区域实现零偏差穿越。

6.5 快速施工与模块化装备创新

为适应校园寒暑假等有限施工周期,需开发快速组装式钻机系统,采用液压快拆结构实现4小时内完成设备转场。优化一孔多缆敷设工艺,通过分束导向器一次性完成3-5回电缆的同步铺设。研制折叠式泥浆箱和集装箱式配电单元,减少现场占地面积。针对校园道路狭窄特点,设计微型顶管设备,其外径可压缩至1.2米以下,满足人行道区域的低影响施工。同时开发移动式3D打印修复机器人,对意外破损的管道实现现场即时修复,将意外停工时间缩短80%以上。

6.6 数字运维与全生命周期管理

构建校园地下管线的数字孪生运维平台,集成施工期地质数据、管线敷设参数和实时监测信息。部署分布式光纤传感网络(DAS),通过振动频率分析提前预警电缆外力破

坏风险。开发AR巡检系统,运维人员通过智能眼镜即可调取管线埋深、荷载数据等关键信息。建立基于AI的寿命预测模型,综合土壤腐蚀速率、电缆负载变化等20余项参数,智能规划管线更换周期。此外,设计区块链技术赋能的资产管理模块,实现从施工到报废的全流程数据不可篡改存证,可以为校园基础设施数字化改造提供底层支撑。同时探索数字资产证券化路径,将运维数据转化为可交易的数字资产,为校园基建融资开辟新渠道,推动智慧校园建设可持续发展。

6.7 绿色施工与生态修复技术

使用生物降解型泥浆添加剂,其28天自然降解率需达95%以上,避免对校园土壤生态造成累积性影响。采用光伏储能系统为施工设备供电,降低柴油发电机的碳排放原位土壤修复技术,对施工扰动区实施微生物、植物联合修复,6个月内恢复植被覆盖率至施工前水平。建立施工碳足迹监测平台,实时计算并优化碳排放强度。针对校园特色景观区域,使用仿生伪装井盖系统,其表面可种植草坪或铺设透水砖,实现功能性与美观性的有机统一。同步构建校园生态补偿机制,将施工结余经费转化为绿化提升专项基金,形成可持续的环保闭环。

结束语

综上所述,非开挖技术在校园电力工程中的应用展现出了显著的技术优势和发展潜力。未来应进一步研发智能化导向设备和环保型施工工艺,建立校园地下空间数字化模型,实现施工过程的精准模拟与优化。通过完善技术标准和人才培养体系,推动非开挖技术在校区改造中的规范化应用,为教育基础设施的可持续发展提供创新性的技术解决方案。

参考文献:

- [1] 杨超峰.城市暗挖法电缆隧道围闭式穿越工程设计[J].中国高新科技,2022,(23):141-142.
- [2] 李嘉业,杨振中.电缆隧道穿越珠江重要风险分析及对策研究[J].广东土木与建筑,2022,29(08):33-36.
- [3] 魏辉龙.新型双插式井下电缆穿越器结构及其在渤海油田的应用[J].石化技术,2022,29(03):31-32.

作者简介:程田田,(1981-12-15),男,汉族,江苏省宜兴市人,职称:工程师,本科,研究方向:工程管理。