

城市电力隧道浅埋暗挖法施工地表沉降控制措施

弓苏鹏

中国铁建电气化局集团第二工程有限公司 山西 太原 030000

【摘要】：城市电力隧道浅埋暗挖施工受覆土薄、道路荷载集中和地下管线密集影响，地层损失易向地表传递并形成差异沉降。本文分析施工概况、沉降风险和控制措施，识别浅覆土层扰动、管线道路荷载、开挖支护时序和注浆参数匹配问题，提出管棚支护、荷载分区、监测反馈、短进尺闭合和动态补偿注浆措施。控制重点是把预加固、开挖、支护、注浆和复测连成连续链条，用拱顶下沉、净空收敛和沉降速率校核现场参数，降低道路和管线受扰风险。

【关键词】：城市电力隧道；浅埋暗挖法；地表沉降；超前支护；监测反馈

DOI:10.12417/2811-0528.26.19.055

引言

城市电力隧道常沿既有道路和市政管线走廊布置，浅埋暗挖施工减少地面开挖扰动，却把围岩释放、掌子面挤出、初支闭合滞后和注浆扩散不足集中到有限覆土层内。地表沉降超过道路结构和管线接口允许变形后，路面裂缝、井室错台和接头渗漏会同步放大施工风险。沉降控制需要同时分析浅覆土层、邻近荷载、开挖支护时序和注浆参数影响，并通过管棚、荷载分区、监测反馈和动态注浆，把控制重点转向工序参数的连续修正。

1 城市电力隧道浅埋暗挖施工概况

城市电力隧道承担电缆敷设、运行巡检和市政廊道避让功能，线路多贴近既有道路、雨污水管、燃气管和通信管线。浅埋暗挖法可减少路面开挖，但施工空间受覆土厚度、交通荷载、地下水和管线基础共同限制^[1]。隧道开挖后，掌子面前方土体释放、拱顶变形和初支闭合滞后会形成地层损失，沉降槽沿覆土层向地表扩展。控制工作不能只在沉降超限后补救，而要在超前支护、分部开挖、初支成环、注浆填充和监测反馈中提前嵌入沉降约束。

2 城市电力隧道地表沉降风险问题分析

2.1 城市浅覆土层扰动敏感性偏高

浅覆土层厚度有限，地层拱效应难以充分形成，开挖扰动容易沿拱顶松动区传递到地表。城市道路下方常见杂填土、粉质黏土、砂层和旧管沟回填土，压缩性、含水状态和密实度不均，使掌子面释放后的变形通道更连续^[2]。若超前支护刚度不足或初支闭合延迟，拱顶上方松动区会扩大，沉降槽宽度和峰值由开挖轮廓向路面扩展。富水砂层还可能发生细颗粒流失，使地层损失通过渗流通道继续发展。浅覆土沉降传递关系见图1。

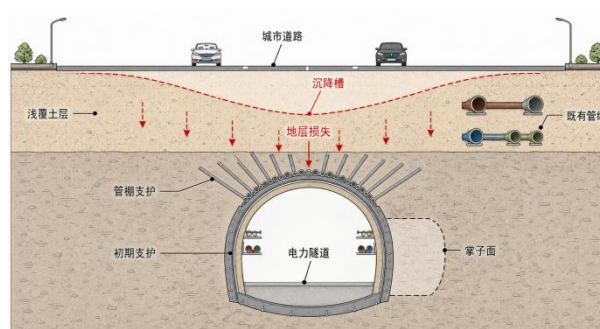


图1 城市电力隧道浅埋暗挖沉降风险剖面

图1中，沉降槽位于道路和既有管线上方，地层损失箭头由拱顶向地表传递；管棚支护和初期支护分别约束掌子面前方及已开挖断面，说明浅覆土段控制重点应落在开挖前预加固和开挖后快速成环。

2.2 邻近管线道路荷载约束明显突出

城市电力隧道多与给排水、燃气、热力和通信管线平行或交叉，管线基础和检查井对不均匀沉降敏感。道路荷载具有重复性和局部集中性，车辆轮载经基层传至覆土层后，会放大隧道上方土体附加应力。若施工分区没有区分管线密集段、井室邻近段和重载道路段，统一采用同一开挖步距和监测频次，就容易低估关键点的沉降风险。沉降控制必须把道路结构、管线接口和隧道拱顶作为共同受控对象。

2.3 开挖支护时序衔接管控不够严密

浅埋暗挖法要求短进尺、强支护和快封闭，循环工序之间的时间差最易放大沉降。上台阶开挖后钢架未及时闭合、喷射混凝土厚度不足、锁脚锚管角度偏差或仰拱封闭滞后，都会延长围岩释放时间，使拱顶沉降由单循环位移转为连续累积。地表沉降点、拱顶下沉点和净空收敛点若未与掌子面里程同步记录，曲线突变就难以区分开挖扰动、支护滞后、注浆不足或地面荷载变化，监测采集必须直接进入预警判定并反馈到施工参

数。

2.4 注浆参数匹配掌子面稳定能力不足

注浆承担超前加固、空隙填充和沉降补偿作用，但浆液扩散受地层孔隙、含水状态和既有管线阻隔影响。压力不足时，加固圈难以连续闭合，拱顶背后空隙仍会保留沉降通道；压力过高时，浆液可能沿薄弱界面窜流并抬动路面。掌子面稳定还要求预留核心土、封闭掌子面和锁脚措施协同，不能只依靠事后补浆。注浆参数与开挖进尺、初支闭合时间脱节时，地层损失已形成，再补偿也难以消除差异沉降。

3 城市电力隧道地表沉降施工控制措施

3.1 提升浅覆土层管棚支护能力

浅覆土层控制应先提高开挖前方承载能力。管棚、超前小导管和预注浆可在拱部形成连续支护带，降低掌子面开挖后的拱顶松弛。施工中应控制管棚外插角、环向间距、搭接长度和注浆饱满度，避免支护盲区^[3]。软弱或富水地层可采用分段注浆和二次补浆，使浆液扩散半径与开挖轮廓匹配。开挖前复核管棚偏位和注浆压力，开挖后用拱顶下沉验证支护效果，保证支护先行于地层释放并削弱路面附加变形。

3.2 完善邻近地下管线道路荷载分区控制

管线与道路荷载管控需严格按照风险分区原则统筹现场施工管理。针对隧道与地下管线平行敷设区段，需结合管线实际管径、管材材质、接口构造形式及覆土埋深等关键指标综合研判，科学划定管线保护等级，分级落实对应的防护措施。对于道路交叉口、管线井室等风险较高的邻近区段，适当加密地表沉降监测点位，严控大型重载车辆长时间集中停靠^[4]。隧道支护参数避免采用全线统一标准，管线敏感影响段需优化施工方案，缩短单次开挖进尺，加密钢拱架布设，及时施作仰拱实现初期支护封闭成环，同时于路面关键位置及管线节点布设联合监测测点，实时跟踪变形数据。同步优化现场交通组织方案，减少重载车辆在隧道正上方路段低速行驶或长时间停留，必要时采取临时铺板、路面局部加固等工程手段，有效降低路面传递至地下管线的局部附加应力，保障地下管线运营安全。

参考文献：

- [1] 刘吉.浅埋暗挖法隧道施工技术及地面沉降控制分析[J].科技资讯,2026,24(6):143-145.
- [2] 李华林,韩伊凡.浅埋暗挖法隧道施工技术及地面沉降控制[J].工程建设与设计,2025,(14):195-197.
- [3] 赵春波.浅埋暗挖法隧道施工过程中地表沉降及洞室稳定性分析[J].工程建设与设计,2025,(12):84-86.
- [4] 侯亚飞.浅埋暗挖法在地铁隧道施工中的应用研究[J].中国科技纵横,2026,(3):115-117.

3.3 开挖支护时序模拟与沉降监测分析

开挖支护时序控制应先把参数阈值放入施工节拍：普通浅覆土段单循环进尺为1m、累计沉降预警18mm、闭合时间18h，管线密集段和道路重载段进尺均为0.80m，累计沉降预警分别为12mm和14mm，富水砂层段进尺0.60m、注浆压力0.60MPa，软弱夹层段进尺0.50m、沉降速率预警0.60mm/d、闭合时间8h。上述阈值再与超前支护、钢格栅架立、锁脚锚管、喷射混凝土和仰拱封闭共同执行。掌子面前方地层在开挖后完成应力重分布，若钢架间距偏大、喷层厚度不足或仰拱封闭延迟，拱顶下沉会在初支成环前积累。现场可将掌子面稳定、拱顶下沉、净空收敛和地表沉降点位组合判定，参数响应曲线用于比较风险段收紧幅度，避免把监测阈值孤立设置。

3.4 注浆参数动态匹配掌子面拱顶稳定状态

注浆施工需摒弃固定参数模式，结合掌子面地层条件与拱顶变形状态实现动态适配，精准发挥地层加固、空隙填充和沉降补偿的核心作用。正式开挖前，通过超前探孔探明施工区域地层松散程度、含水情况及软弱夹层分布，针对性选定浆液类型、凝结时长及分段注浆压力，筑牢前期加固基础。开挖施工过程中，实时观测掌子面渗水、土体掉块及拱顶下沉数据，动态调整施工方案，必要时加密补浆孔位、缩短开挖步距。初期支护施工完成后，需及时对拱顶背部空隙开展回填注浆，封堵地层沉降通道。同时严格把控补偿注浆时机，仅在沉降变形可控阶段实施分层补浆，若沉降速率持续攀升，优先完成掌子面加固与初支封闭作业，再开展注浆补偿，杜绝盲目加压引发路面隆起、管线错位等次生风险。

4 结语

城市电力隧道浅埋暗挖地表沉降控制应围绕浅覆土层稳定、邻近管线道路约束、开挖支护时序和注浆参数匹配展开。浅覆土层中，管棚支护和掌子面稳定是削弱地层损失的前提；道路及管线密集区中，荷载分区和差异化保护可降低接口错动；施工过程中，短进尺、快封闭、勤量测和动态补偿注浆应形成连续调整关系。只有把监测结果及时转化为下一循环进尺、支护和注浆参数，才能把地表沉降控制在可管理范围内。