

高速公路隧道初期支护施工质量控制要点研究

袁张勇

四川蜀南投资管理有限公司 四川 成都 610041

【摘要】：高速公路隧道初期支护作为隧道工程的核心防护体系，直接决定隧道施工安全、结构稳定性及后期使用寿命。本文结合隧道施工实践和《公路隧道施工技术规范》（JTG/T 3660-2020）等现行规范，从施工准备、核心工序质量控制、施工监测及常见问题处理等方面，系统分析高速公路隧道初期支护施工质量控制要点，为提升隧道工程施工质量提供技术参考。

【关键词】：高速公路隧道；初期支护；质量控制；施工要点

DOI:10.12417/2811-0528.26.07.032

1 引言

当前，部分隧道工程因初期支护施工质量管控不到位，出现喷射混凝土剥落、锚杆锚固力不足、钢支撑变形等问题，不仅增加了后期维修成本，还埋下了安全隐患。因此，在严格遵守现行规范的基础上，结合施工现场实际情况，深入研究高速公路隧道初期支护施工质量控制要点，构建科学完善的质量管控体系，对推动隧道工程施工技术升级、保障工程质量安全具有重要意义。

2 施工准备阶段质量控制

（1）技术准备

严格落实图纸会审制度，组织技术人员深入研读设计文件，明确初期支护的结构参数、材料标准及施工工艺要求。针对隧道围岩等级、地质条件等实际情况，编制专项施工方案，重点明确锚杆布置间距、喷射混凝土厚度、钢支撑型号及安装精度等核心参数。同时，开展技术交底工作，确保施工人员全面掌握施工要点及质量标准。此外，需对隧道开挖断面进行精准测量放样，采用激光断面仪等精密仪器检测开挖轮廓线，确保开挖断面符合设计要求，避免因开挖偏差导致初期支护厚度不足或受力不均。

（2）材料质量控制

喷射混凝土所用水泥应选用强度等级不低于42.5级的普通硅酸盐水泥，砂石骨料需符合级配要求，石子粒径控制在5-16mm，砂率宜为45%-55%，并严格控制含水率。锚杆、钢支撑等钢材需选用符合设计标准的合格产品，进场前需查验产品合格证、性能检测报告，并抽样送检，确保其力学性能满足要求。速凝剂、外加剂等辅助材料需与水泥适配，进场后需进行相容性试验，避免因材料不匹配影响喷射混凝土凝结时间及强度。所有进场材料需按规范分类存放，做好防潮、防雨措施，严禁使用变质、过期材料。

（3）设备与人员管控

需配备性能稳定的施工设备，包括喷射混凝土机组、锚杆钻机、电焊机、注浆泵等，进场前进行全面检修调试，确保设备正常运行。喷射混凝土机组需具备精准计量功能，保证骨料、水泥、水及外加剂的配比精度；锚杆钻机需根据围岩硬度选用合适型号，确保钻孔效率及精度。施工人员需具备相应的从业资格，尤其是特种作业人员需持证上岗。施工前组织开展专业技能培训，提升施工人员的操作水平及质量意识，明确各岗位质量职责，构建全员参与的质量管控格局。

3 核心施工工序质量控制

（1）喷射混凝土施工质量控制需贯穿施工全过程

施工前需清理开挖断面的浮石、杂物及松动围岩，采用高压风或高压水冲洗岩面，确保岩面洁净，提高喷射混凝土与围岩的粘结力。喷射混凝土配合比需通过试验室试配确定，施工中严格按配比计量投料，采用机械搅拌，搅拌时间不少于2min，确保拌合物均匀。喷射作业时需控制好喷射角度和距离，喷嘴与岩面夹角宜为90°，距离控制在0.8-1.2m，采用分层喷射方式，每层厚度控制在5-7cm，后一层喷射需在前一层混凝土终凝前完成。喷射过程中需控制好喷射速度，避免出现离析、漏喷、空鼓等问题。喷射完成后及时进行养护，养护时间不少于14d，养护期间需避免碰撞、震动喷射混凝土表面。同时，需按规范抽样检测喷射混凝土强度，每作业循环至少留置1组标准养护试块，确保强度符合设计要求。

（2）锚杆施工质量直接影响初期支护的锚固效果

锚杆钻孔需严格按设计间距、深度及角度施工，钻孔深度应比锚杆长度大10cm以上，钻孔完成后清理孔内岩粉及杂物，确保孔道洁净。锚杆安装前需检查杆体质量，确保无锈蚀、弯曲等缺陷。采用机械锚固方式时，需确保锚杆垫板与岩面紧密贴合，垫板尺寸及厚度符合设计要求；采用注浆锚固方式时，注浆材料需选用水泥浆或水泥砂浆，浆液配合比需精准控制，注浆压力控制在0.5-1.0MPa，确保浆液饱满，待浆液凝固后方可施加预应力。锚杆安装完成后，需按规范进行锚固力检测，

抽样数量不少于锚杆总数的1%，且每组不少于3根，检测合格后方可进入下道工序。

(3) 钢支撑安装需重点控制安装精度及连接质量

钢支撑加工需在工厂进行，严格按设计尺寸下料、焊接，加工完成后进行试拼，确保节段连接紧密、轮廓尺寸符合要求。现场安装时，需先测量放样确定钢支撑的安装位置，采用定位筋固定钢支撑底部及顶部，确保钢支撑中心轴线与隧道轴线重合，安装偏差控制在规范允许范围内。钢支撑节段连接采用螺栓连接或焊接，螺栓连接需确保螺栓拧紧，焊接需保证焊缝饱满、无夹渣、气孔等缺陷。钢支撑安装完成后，需及时喷射混凝土包裹，确保钢支撑与喷射混凝土紧密结合，形成整体受力体系。同时，需控制钢支撑与岩面的间隙，间隙较大处采用混凝土垫块填充，避免出现受力薄弱点。

4 施工监测与质量验收

(1) 施工监测

建立完善的监测体系，监测项目包括围岩收敛、拱顶下沉、初期支护应力及锚杆轴力等。监测点需按设计要求布设，布设位置需具有代表性，靠近开挖工作面的监测点需及时布设，确保监测数据的连续性。监测频率需根据隧道施工进度及变形情况调整，开挖初期监测频率宜为1-2次/d，待变形稳定后可适当降低频率。监测数据需及时整理分析，绘制变形时态曲线，若发现变形速率异常或变形量超过预警值，需立即停止施工，采取加强支护等应急措施，待变形稳定后方可恢复施工。

(2) 质量验收

严格按规范及设计要求执行，实行“三检制”，即自检、互检及交接检。每道工序施工完成后，施工班组先进行自检，自检合格后报项目部质检部门进行互检，互检合格后报请监理单位进行验收，验收合格后方可进入下道工序。验收内容包括材料质量、施工工艺参数、结构尺寸及性能指标等。喷射混凝土

验收重点检查厚度、强度及表面平整度；锚杆验收重点检查锚固力、钻孔深度及安装精度；钢支撑验收重点检查安装位置、连接质量及轮廓尺寸。对验收中发现的质量问题，需下达整改通知，明确整改要求及整改期限，整改完成后重新验收，确保所有质量问题闭环处理。

(3) 常见质量问题及处理措施

初期支护施工中常见的质量问题包括喷射混凝土剥落、空鼓、裂缝，锚杆锚固力不足，钢支撑变形等，需针对不同问题采取针对性处理措施。喷射混凝土剥落、空鼓主要因岩面清理不彻底、喷射角度不当或配合比不合理导致。处理时需凿除剥落、空鼓部分的混凝土，重新清理岩面，按规范要求进行喷射施工，必要时增设钢筋网片增强粘结力。喷射混凝土裂缝若为表面收缩裂缝，可采用密封胶封闭处理；若为结构性裂缝，需分析裂缝成因，采取增设锚杆、注浆加固等措施，确保结构稳定。

锚杆锚固力不足多因钻孔清理不彻底、浆液质量不合格或注浆不饱满导致。处理时需对锚固力不足的锚杆进行补打，或采用二次注浆方式增强锚固效果。若锚杆存在锈蚀、弯曲等缺陷，需更换合格锚杆，重新进行安装锚固。钢支撑变形主要因安装精度不足、围岩压力过大或支撑连接不牢固导致。处理时需对变形的钢支撑进行校正，采用千斤顶等设备顶推复位，增设加固撑杆增强稳定性。

5 结论

高速公路隧道初期支护施工质量控制是一项系统工程，需贯穿施工准备、核心工序施工、监测验收全过程。施工单位需强化质量管控意识，严格落实技术交底制度，重点把控材料质量、核心工序施工精度及施工监测力度，及时处理施工中出现的质量问题。通过科学合理的质量控制措施，可有效提升初期支护施工质量，确保隧道结构稳定性及施工安全，为高速公路隧道工程的高质量建设提供有力保障。

参考文献:

- [1] 张正蕾.公路隧道初期支护施工质量控制有关思考[J].散装水泥,2024,(02):176-178.
- [2] 刘惠义.韶惠高速公路隧道洞身开挖施工与初期支护安全措施[J].黑龙江交通科技,2023,46(03):124-126.
- [3] 张旭.高速公路超长隧道支护湿喷混凝土施工技术及其质量控制[J].交通世界,2022,(08):129-130.
- [4] 中华人民共和国交通运输部.公路隧道施工技术规范:JTG/T 3660-2020[S].北京:人民交通出版社,2020.
- [5] 中华人民共和国国家标准.锚杆喷射混凝土支护技术规范:GB 50086-2015[S].北京:中国计划出版社,2015.