

# 高速公路隧道施工质量控制的现场检测技术应用探讨

董 斌

宇航交通建设集团有限公司 浙江 杭州 311100

**摘 要：**随着高速公路建设向山区拓展，隧道工程质量成为安全运营的关键保障，现场检测技术是施工质量管理的关键手段。本文界定了隧道施工质量核心控制指标，系统阐述了施工前期、开挖、支护、衬砌各阶段现场检测技术的具体应用，包括地质雷达法、锚杆拉拔仪检测法等实操方法。分析了当前检测应用中设备适配性不足、流程不规范、人员素养不均等问题，提出设备优化、流程规范、人员培训等针对性对策。

**关键词：**高速公路；隧道施工；质量控制；现场检测技术应用；优化对策

引言：隧道工程是高速公路建设的核心组成部分，其施工质量受地质条件、施工工艺等多种因素影响，易产生质量隐患，威胁道路运营安全。在高速公路隧道施工质量管理的关键环节，现场检测技术可实时把控施工全流程质量，及时排查隐患。当前，行业内部分隧道检测存在技术应用不规范、管控效果不佳等问题，难以满足高质量建设需求。基于此，本文聚焦高速公路隧道施工质量控制的现场检测技术应用，探讨各阶段检测要点、现存问题及优化对策，为工程实践提供技术支撑。

## 1 高速公路隧道施工质量核心控制指标及检测要求

### 1.1 隧道施工质量核心控制指标界定

高速公路隧道施工质量核心控制指标是保障隧道安全运营、延长使用寿命的关键，需结合施工全流程明确界定。核心指标主要涵盖围岩稳定性、支护可靠性、衬砌质量三大类，其中围岩等级、锚杆（索）锚固力、喷射混凝土强度与厚度、衬砌厚度及密实度、轮廓尺寸偏差为核心关键指标。围岩稳定性直接决定施工安全与支护方案合理性，锚杆（索）锚固力保障支护结构承载能力，喷射混凝土与衬砌质量则关乎隧道长期抗渗、抗裂及承载性能，轮廓尺寸偏差影响后续施工衔接与使用功能，各类指标需符合公路隧道施工规范要求。

### 1.2 现场检测的原则与基本要求

现场检测需遵循科学性、公正性、及时性、针对性四大原则，确保检测数据真实有效，为质量控制提供可靠依据。科学性要求检测方法符合规范标准，采用专业检测设备与技术；公正性要求检测人员独立开展工作，不受施工方干预；及时性要求同步跟进施工进度，及时发现质量隐患并整改；针对性要求结合隧道地质条件、施工工艺，聚焦关键环节与薄弱部位开展检测。基本要求包括检测人员需具备相应资质，检测设备需定期校准，检测流程需规范可追溯，检测数据需如实记录、准

确分析。

### 1.3 现场检测的流程

现场检测流程主要分为检测准备、现场实施、数据处理、结果反馈四个环节：检测前明确检测内容、制定方案、校准设备；施工过程中按规范开展现场采样、测试；检测后对数据进行整理、分析，判断是否符合标准；及时将检测结果反馈至施工、监理单位，对不合格项督促整改<sup>[1]</sup>。

## 2 高速公路隧道各施工阶段现场检测技术应用

### 2.1 施工前期现场检测技术应用

高速公路隧道施工前期现场检测是后续施工质量控制的基础，核心围绕地质条件、原材料、施工准备等关键环节开展，全程聚焦具体检测技术的实际应用，不侧重技术作用阐述，具体应用如下：（1）围岩地质条件现场检测，采用地质雷达法与地质钻探法相结合的方式，地质雷达法选用100-500MHz天线，沿隧道轴线及两侧布置检测剖面，每5-10m设置一个检测点，对围岩岩性、岩层产状、裂隙发育情况进行探测，同步记录雷达波形数据，判断围岩完整性；地质钻探法采用XY-1型钻机，钻孔深度根据隧道设计埋深确定，一般不小于10m，每钻进2m采集一次岩芯样本，通过岩芯观察、室内试验辅助判定围岩等级。（2）施工原材料现场检测，针对进场砂石料，采用标准筛进行颗粒级配检测，选用电子天平、容量瓶开展表观密度、堆积密度测试，采用压碎值仪检测碎石压碎值；针对水泥，采用维卡仪检测标准稠度用水量、凝结时间，采用压力试验机检测3d、28d抗压强度及抗折强度，每批次进场水泥抽样检测不少于3组。（3）施工机械设备性能检测，对隧道掘进机、锚杆钻机、混凝土搅拌设备等关键设备，检测掘进机刀盘转速、推进速度等参数，采用扭矩仪检测锚杆钻机输出扭矩，通过计量器具校准混凝土搅拌设备的计量精度，确保设备运

行参数符合施工技术要求。(4)施工场地及周边环境检测,采用全站仪对施工场地进行平面定位测量,确定隧道进出口、弃渣场等位置坐标;采用水准仪检测场地平整度及高程,确保施工场地满足设备布置、材料堆放要求;同步检测周边既有道路、建筑物的沉降情况,采用沉降观测仪设置观测点,定期记录观测数据。

## 2.2 开挖施工阶段现场检测技术应用

隧道开挖阶段是施工质量控制的关键环节,现场检测重点聚焦开挖轮廓、超欠挖、围岩稳定性等核心内容,采用专业检测设备与规范检测方法,具体技术应用如下:(1)开挖轮廓尺寸检测,采用激光断面仪进行现场检测,检测前对仪器进行校准,将仪器放置于隧道开挖掌子面后方5-10m处,调整仪器水平、竖直状态,启动仪器扫描开挖断面,获取断面轮廓数据,与设计断面尺寸进行对比,记录偏差值,检测频率为每循环开挖后不少于1次,每断面检测不少于5个测点。(2)开挖超欠挖检测,采用全站仪结合激光测距仪的方式,在开挖掌子面选取均匀分布的10-15个测点,采用全站仪测定测点的三维坐标,计算测点与设计开挖轮廓的差值,确定超挖、欠挖深度;对超挖部位采用尺量法复核,欠挖部位及时标记并督促整改,检测频率与轮廓尺寸检测同步。

(3)围岩稳定性检测,采用围岩收敛计、测缝计开展现场监测,在开挖掌子面后方10m内设置收敛观测断面,每断面设置3-5对观测点,采用收敛计测量围岩水平收敛量、拱顶下沉量,测缝计检测围岩裂隙张开度,每天观测1-2次,连续观测至围岩变形稳定;同步采用地质罗盘仪检测围岩节理产状、间距,判断围岩变形趋势。(4)开挖坡度及轴线偏差检测,采用全站仪建立施工控制网,在隧道两侧边墙设置轴线控制点,每50m设置一个控制断面,检测开挖轴线与设计轴线的偏差,偏差值控制在规范允许范围内;采用水准仪检测开挖坡度,每20m测量一次高程,确保开挖坡度符合设计要求,避免出现坡度过陡或过缓的情况<sup>[2]</sup>。

## 2.3 支护施工阶段现场检测技术应用

隧道支护施工是保障开挖后围岩稳定的关键,现场检测重点针对锚杆、喷射混凝土、钢支撑等支护结构,聚焦具体检测技术的实操应用,具体如下:(1)锚杆施工质量检测,采用锚杆拉拔仪进行锚固力检测,检测时将拉拔仪与锚杆顶部连接牢固,匀速施加拉力,直至达到设计锚固力或锚杆出现破坏,记录最大拉拔力,每300根锚杆抽样检测不少于3根,不足300根按3根检测;采用尺量法检测锚杆长度,每批次抽样检测不少于5根,同时检测锚杆安装角度,采用量角器测量,确保角度偏差不

超过规范要求。(2)喷射混凝土施工质量检测,采用超声波检测仪检测喷射混凝土强度,检测前清理混凝土表面浮浆,涂抹耦合剂,将探头贴合混凝土表面,选取均匀分布的10个测点,记录超声波传播速度,换算混凝土强度;采用厚度测定仪检测喷射混凝土厚度,在混凝土表面选取测点,采用冲击钻钻取芯样,测量芯样厚度,每10m检测一个断面,每断面检测不少于5个测点;同步采用目测法检测喷射混凝土表面平整度,对蜂窝、麻面等缺陷进行标记。(3)钢支撑施工质量检测,采用卷尺检测钢支撑的间距、长度,每20m检测一个断面,每断面检测不少于3个测点,确保间距偏差不超过5cm;采用全站仪检测钢支撑的安装垂直度,将全站仪架设于控制点位,测定钢支撑顶部、底部的坐标,计算垂直度偏差;采用焊缝尺检测钢支撑焊缝厚度、长度,每道焊缝抽样检测不少于3个测点,确保焊缝质量符合规范要求。

(4)支护背后空洞检测,采用地质雷达法检测,选用200-500MHz天线,沿支护表面布置检测线,每2m设置一个检测点,通过雷达波形判断支护背后是否存在空洞,对疑似空洞部位采用钻孔法复核,记录空洞位置、尺寸<sup>[3]</sup>。

## 2.4 衬砌施工阶段现场检测技术应用

隧道衬砌施工是隧道结构成型的关键环节,现场检测重点围绕衬砌混凝土质量、厚度、缺陷等内容,采用专业检测技术,确保检测数据精准,具体应用如下:

(1)衬砌混凝土强度检测,采用回弹法结合钻芯法进行检测,回弹法检测时,选取衬砌表面均匀分布的检测区域,每个区域布置16个回弹测点,记录回弹值,剔除异常值后计算平均值;钻芯法用于回弹法检测结果的复核,采用钻芯机钻取直径100mm的混凝土芯样,选取3个芯样进行抗压强度试验,换算衬砌混凝土实际强度,每50m检测一个断面,每断面检测不少于3个芯样。(2)衬砌厚度与密实度检测,采用地质雷达法进行全面检测,选用500-1000MHz天线,沿衬砌环向、纵向布置检测线,环向每2m设置一条检测线,纵向每5m设置一个检测断面,通过雷达波形分析衬砌厚度及内部密实度,对厚度不足、密实度不合格的部位,采用钻孔法复核,记录具体位置及偏差值;同步采用超声透射法检测衬砌内部缺陷,在衬砌内预埋声测管,通过超声波检测仪发射、接收声波,判断衬砌内部是否存在空洞、疏松等缺陷。(3)衬砌钢筋布置检测,采用钢筋扫描仪检测钢筋的间距、直径、保护层厚度,检测前清理衬砌表面杂物,将扫描仪贴合衬砌表面,沿钢筋布置方向移动,记录钢筋位置及参数,每30m检测一个断面,每断面检测不少于5个测点。(4)衬砌表面缺陷检测,采用裂缝宽度仪、

裂缝深度仪检测衬砌表面裂缝,选取裂缝最长、最宽的部位,用裂缝宽度仪测量裂缝宽度,裂缝深度仪采用超声波反射法测量裂缝深度,记录裂缝的位置、长度、宽度、深度等参数;采用目测法结合放大镜检测衬砌表面的蜂窝、麻面、露筋等缺陷,对缺陷部位进行标记,记录缺陷范围及程度,检测频率为每20m检测一个断面<sup>[4]</sup>。

### 3 现场检测技术应用中的问题及优化对策

#### 3.1 现场检测技术应用中的主要问题

现场检测实践中存在三大核心问题:(1)检测技术适配性不足,部分检测设备受隧道狭小空间、粉尘多等环境影响,数据精准度下降,如地质雷达在高湿度围岩环境下易出现信号干扰,导致衬砌缺陷误判;(2)检测流程不规范,部分施工单位为赶进度,存在检测频次不足、测点布置不合理现象,且数据记录不完整,缺乏可追溯性;(3)检测人员专业素养参差不齐,部分人员对新型检测设备操作不熟练,对检测数据的分析解读能力不足,难以精准识别潜在质量隐患。

#### 3.2 现场检测技术应用的优化对策

针对上述问题,结合工程实际制定针对性优化对策,确保检测工作落地见效:(1)优化检测技术与设备,选用适配隧道环境的抗干扰检测设备,优先选用防水、防尘型地质雷达、超声波检测仪,定期委托具备资质的机构开展设备校准与维护,每月至少进行1次全面检修,对高湿度、高粉尘环境采用密封防护套、通风降尘等措施,减少环境对检测数据的干扰,切实提升数据精准度。(2)规范检测流程,严格按照《公路隧道施工技术规范》要求,结合隧道工程量确定检测频次、科学布置测点,建立电子与纸质双重检测数据台账,详细记录

检测时间、地点、人员、设备及数据结果,实现检测全流程可追溯,强化监理单位的现场监督,对检测流程不规范行为及时叫停整改。(3)提升检测人员专业能力,定期组织开展技能培训,邀请行业专家讲解新型设备操作、数据解读及规范要求,每季度开展1次考核,考核不合格者暂停上岗,确保检测人员具备相应资质,保障检测工作的专业性与规范性<sup>[5]</sup>。

结束语:高速公路隧道施工质量管控是系统性工程,现场检测技术贯穿施工全流程,对保障工程安全至关重要。本文结合宇航交通建设集团工程实践,梳理了各施工阶段现场检测技术的实操要点,明确了核心检测方法,针对应用中的突出问题提出了切实可行的优化对策。规范检测技术应用、完善管控体系,可有效提升隧道施工质量。后续可结合新型检测技术发展,进一步优化检测方案,提升检测效率与精准度,为企业隧道工程高质量建设提供更有力的保障,推动行业检测技术水平提升。

#### 参考文献

- [1]段平.高速公路隧道施工技术质量控制措施研究[J].工程建设与设计,2026(3):167-169.
- [2]章志新.无损检测技术在高速公路施工检测中的应用研究[J].智能建筑与智慧城市,2025(11):166-168.
- [3]郑树凯.高速公路工程试验检测与质量控制技术研究[J].风采童装,2025(2):0190-0192.
- [4]吴文辉.无损检测技术在隧道工程质量检测中的应用分析[J].科技资讯,2025,23(4):153-155.
- [5]黄伦松.智能检测技术在高速公路隧道通风系统维护中的应用研究[J].企业科技与发展,2025(3):92-95.