



T/CECS G XXXX: 2019

中国工程建设协会标准

Standard of China Association for Engineering Construction
Standardization

公路隧道衬砌结构快速检测技术规程

Technical Specification for Rapid Inspection of Highway Tunnel
lining structures

中国工程建设标准化协会 发布

Issued by China Association for Engineering Construction Standardization

(空白)

征求意见稿

公路隧道衬砌结构快速检测技术规程

Technical Specification for Rapid Inspection of Highway

Tunnel lining structures

(征求意见稿)

CECS XXX: 20XX

主 编 单 位：重庆交通大学

广东华路交通科技有限公司

批 准 单 位：中国工程建设标准化协会

施 行 日 期：201X 年 XX 月 XX 日

人民交通出版社股份有限公司

前 言

根据中国工程建设标准化协会《关于开展 2017 年第二批中国工程建设标准化协会标准（CECSG）制修订项目编制工作的通知》（中建标公路[2017]71 号）的要求，由重庆交通大学和广东华路交通科技有限公司承担《公路隧道衬砌结构快速检测技术规程》（以下简称“本规程”）的制订工作。

本规程分为 7 章、2 个附录，即：1 总则、2 术语、3 基本规定、4 激光快速检测、5 视频快速检测、6 量化判定、7 检测报告，附录。

本规程由中国工程建设标准化协会公路分会负责归口管理，由重庆交通大学负责具体技术内容的解释，在执行过程中如有意见或建议，请函告本标准日常管理组，中国工程建设标准化协会公路分会（地址：北京市海淀区西土城路 8 号；邮编：100088；电话：010-62079839；传真：010-62079983；电子邮箱：shc@rioh.cn）；或林志（地址：重庆市南岸区学府大道 66 号，重庆交通大学土木工程学院；邮编：400074；邮箱：106829864@qq.com；电话：18008377619），以便修订时研用。

主 编 单 位：重庆交通大学（第一主编单位）

广东华路交通科技有限公司（第二主编单位）

参 编 单 位：招商局重庆交通科研设计院有限公司

武汉武大卓越科技有限责任公司

上海同岩土木工程科技有限公司

广东交科检测有限公司

四川省交通运输厅公路规划勘察设计研究院

南京中禧智能科技有限公司

主 编：林志、田卿燕

主要起草人：吴梦军 曹 民 刘学增 陶双江 吴益林

张立媛 张彦龙 胡学兵 卢 毅 邓 刚

秦 军

主 审：李玉文

主要审查人：

主要参加人：

目录

1	总则	1
2	术语	2
3	基本规定	3
3.1	一般规定	3
3.2	检测方案	4
3.3	检测验证	5
3.4	检测精度	6
4	激光快速检测	7
4.1	一般规定	7
4.2	技术性能	8
4.3	技术准备	8
4.4	检测实施	10
4.5	数据处理	12
5	视频快速检测	15
5.1	一般规定	15
5.2	技术性能	15
5.3	技术准备	16
5.4	检测实施	17
5.5	数据处理	19
6	量化评定	21
6.1	一般规定	21
6.2	衬砌量化评定标准	21
6.3	隧道病害量化分析	23
7	检测报告	25
7.1	一般规定	25
7.2	报告编制	25
7.3	数据标准	27
附录 A	衬砌结构激光快速检测记录表	28
附录 B	衬砌结构视频快速检测记录表	30
视频快速检测现场工作原始记录表		30
序号		30
隧道名称		30
车道		30
路幅（上/下行）		30
是否连测		30
隧道检测初步记录		30
备注		30

1 总则

1.0.1 为规范和指导公路隧道衬砌结构快速检测工作，提高土建结构养护检查评定工作的效率、质量和技术水平，制定本规程。

1.0.2 本规程适用于各等级山岭公路隧道衬砌结构的快速检测和技术状况评定，盾构隧道、沉管隧道和明挖隧道主体结构快速检测工作可以参考使用。

1.0.3 开展隧道衬砌结构检查工作时，宜采用快速检测技术完成定期检查及技术状况评定，也可采用快速检测技术进行经常检查和交竣工检查等。

1.0.4 隧道衬砌结构快速检测工作实施的频率和评定应按照《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）的规定执行。

1.0.5 实施隧道衬砌结构快速检测工作时，应采取安全保障措施，减少对交通的干扰。

1.0.6 应积极推广应用快速检测新技术。

1.0.7 公路隧道衬砌结构快速检测除应遵守本规程的规定外，尚应符合国家和行业现行有关标准的规定。

2 术语

2.0.1 视频快速检测系统 Video rapid inspection system

主要采用线阵相机或面阵相机作为数据采集手段，同时可配备摄像机、激光三维扫描仪、红外成像仪等，对公路隧道衬砌表面病害和衬砌内轮廓进行无损、快速检测的系统。

2.0.2 激光快速检测系统 Laser rapid inspection system

主要采用激光视频扫描仪作为数据采集手段，同时可配备红外热成像仪等，对公路隧道衬砌表面病害和衬砌内轮廓进行无损、快速检测的系统。

2.0.3 雷达快速检测系统 Radar rapid inspection system

主要采用雷达作为数据采集手段，且雷达天线的空气耦合距离大于 1.0m，对公路隧道衬砌内部缺陷进行无损、快速检测的技术。

2.0.4 隧道衬砌表面病害 Tunnel lining apparent disease

指肉眼可见的隧道衬砌病害，包括：裂缝、渗漏水、剥落、露筋等现象。

2.0.5 隧道衬砌内部缺陷 Tunnel lining internal defect

指肉眼不可见的隧道衬砌缺陷，包括衬砌背后空洞、衬砌厚度不足、钢筋保护层厚度不足、衬砌内部不密实等现象。

2.0.6 载车 Platform vehicle

搭载检测设备与数据处理系统的车辆。

3 基本规定

3.1 一般规定

3.1.1 隧道衬砌结构快速检测应根据检测需要选择使用视频、激光和雷达类三种快速检测系统。检测衬砌结构表面病害时可选用视频和激光快速检测设备；检测隧道内轮廓及限界、衬砌结构变形时应选用激光快速检测设备；检测衬砌内部缺陷时应选用雷达快速检测设备。实际工作中可按照表 3.1.1 选用合适的快速检测系统。

表 3.1.1 快速检测技术适用表

项目名称	检 查 内 容	适用快速检测系统
衬砌结构	衬砌裂缝，墙身施工缝	视频、激光
	衬砌表层起层、剥落	视频、激光
	衬砌渗漏水	视频、激光
	隧道轮廓线、断面形变	激光（扫描仪）
	衬砌厚度	雷达
	衬砌背后空洞	雷达
路面	路面拱起、沉陷、错台、开裂；路面积水、结冰等范围和程度	激光
检修道	检修道毁坏、盖板缺损；栏杆变形、锈蚀、缺损等的位置和状况	视频、激光
内装饰	表面缺损；装饰板变形、缺损的范围和程度等	视频、激光
标志、标线、轮廓标	外观缺损状况	激光
灯具及其线路	异常发热	激光
风机	异常发热	激光

3.1.2 视频快速检测宜采用车载的面阵或者线阵相机阵列，通过现场高频摄像、室内图像处理和拼接，得到衬砌表面影像。检测成果中应记录隧道衬砌表面的裂缝、起层剥落、渗漏水等病害，同时可以对隧道内装饰、吊顶、灯具、射流风机及线缆桥架等缺损情况进行记录。

3.1.3 激光快速检测宜采用车载高能激光探测器，通过连续不间断的对隧道表面进行扫描、室内图像处理，得到隧道表面图像、三维测量数据和红外热成像。检测成果中应记录衬砌表面病害、隧道内轮廓和结构变形等数据，同时可以对隧道路面、检修道、标志标线、内装饰、吊顶、灯具、射流风机及线缆桥架等缺损情况及设备异常发热情况进行记录。

3.1.4 雷达快速检测宜采用空气耦合雷达天线，通过连续不断的对衬砌内部情况进行电磁波检测、数据处理，得到隧道衬砌结构内部缺陷数据。检测成果中应记录隧道衬砌厚度、内部空洞和不连续面等情况。

条文说明：

鉴于目前雷达快速检测系统还不成熟，本规程不做详细规定。

3.1.5 公路隧道快速检测和评定工作完成后，应编制检查报告，给出隧道病害的量化统计分析数据。

3.2 检测方案

3.2.1 开展隧道衬砌结构快速检测工作时，应首先对设备技术状态进行校核与确认，然后进行现场检测、数据采集和数据处理，根据检测数据进行衬砌结构技术状况评定，并根据隧道交通运营状况、结构和设施技术状况以及病害程度、围岩地质条件等，制订相应的养护计划和方案建议，工作流程可按图 3.2.1 执行。

3.2.2 公路隧道快速检测与评定应制定工作方案，主要包括以下内容：

1) 设备准备：快速检测设备测试、电源、冷却液、载车等准备工作；

2) 隧道准备：隧道结构清洁、里程桩号或位置标记；

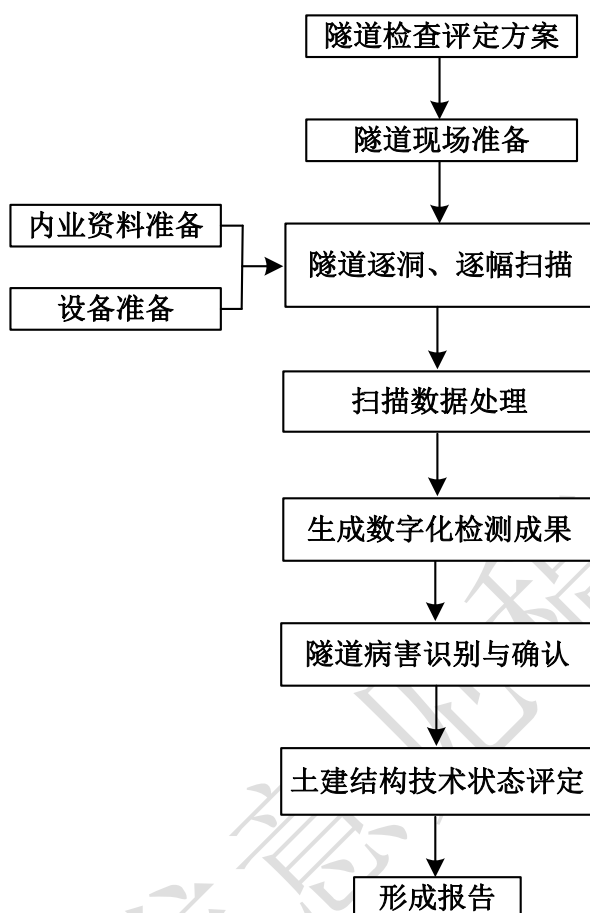


图 3.2.1 公路隧道快速检测工作流程图

3) 交通组织与人员安排；

4) 检查计划和工作程序；

5) 数据采集与处理；

6) 报告编写；等。

3.3 检测验证

3.3.1 当需要验证某一型快速检测系统的检测性能时，可以与同一座隧道的人工检测结果进行比对。

3.3.2 验证时宜查验以下主要数据：

1 人工检测到的裂缝数量及其长度和宽度；快速检测系统检测到的裂缝总数及其长度和宽度、实际存在的裂缝总数、误判的裂缝总数。

2 人工检测到的渗漏水总数及其面积；快速检测系统检测到的渗漏水总数及其面积、实际存在的渗漏水总数、误判的裂缝总数。

3.3.3 根据 3.4.2 的数据，可进一步统计分析快速检测系统的检测覆盖率、检测精度和误判率等技术指标。

1 检测覆盖率：快速检测系统检测到的某类病害总数占人工复核病害总数的百分比；

2 检测精度：快速检测所检测到的病害长度、宽度和面积比上人工检测结果，得到其精确度；

3 病害误判率：误判的病害数量占快速检测检测到的病害总数的百分比。

3.4 检测精度

3.4.1 快速检测应能识别宽度为 0.2~0.3mm 及其以上宽度的裂缝。

3.4.2 快速检测应能识别面积为 100cm²及其以上的渗漏水或者衬砌表面起层剥落、材质劣化区域。

3.4.3 快速检测应能识别 2mm 及其以上的隧道断面变形。

3.4.4 对衬砌裂缝和渗漏水等主要病害的误判率不应超过 20%。

4 激光快速检测

4.1 一般规定

4.1.1 激光快速检测系统适用于衬砌结构表面病害和结构变形的检测。

条文说明：

激光快速检测方法主要用于隧道衬砌结构的表面裂缝、内装饰完整情况的检测，由于检测成本相对较高，主要用于隧道的交工检测、隧道土建结构的定期检测等工作。如隧道病害比较严重，或交通量过大、隧道长度过长，人工检测难以保证检测质量和检测人员安全时，在经常性检查工作中，也可使用该方法。

对于隧道渗水状态的检测，在激光快速检测设备上应配备红外热成像仪。

4.1.2 定期检查工作中所要求的洞门、洞口、排水系统、各种预埋件、横洞等超出激光快速检测技术适用范围的检查项目，应采用视频摄像或人工辅助检查等方式开展检查工作。

4.1.3 对激光快速检测结果进行技术状况评定应采用《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）的方法，量化评定与分析宜按本规程第 6 章的规定执行。

4.1.4 激光快速检测过程中宜采取封道作业；条件受限时，可采用专用车辆押道进行检测。

4.1.5 检测方案应获得主管部门的认可，交通组织方案、应急预案等应通过交通执法部门的审批。

4.1.6 激光快速检测过程中应避免激光束和液氮冷却液对人体的伤害。

4.2 技术性能

4.2.1 激光快速检测系统应达到以下技术性能要求。

1 激光快速检测系统采集衬砌表面病害时，载车行驶速度应达到 5km/h 及以上；仅用作衬砌内轮廓及结构变形检测时，载车行驶速度应达到 60km/h 及以上。

2 隧道表面渗漏水、剥落和缺损的识别面积应大于 10cm²。

3 隧道表面裂缝的最小识别宽度不应大于 0.3mm。

4 隧道结构内轮廓变形量识别精度应在 1mm 以上。

5 红外成像仪热灵敏度不宜低于 0.1℃。

4.2.2 激光检测设备工作及保养环境应满足下列要求。

1 设备存放温度：-10℃ ~ 50℃。

2 扫描头操作温度：0℃ ~ 40℃。

3 控制单元操作温度：15℃ ~ 40℃。

4 湿度：≤80%，无凝结。

4.2.3 激光检测设备满足以下条件之一时，应进行标定：

1 连续作业每满 2 年至少标定一次；

2 检测里程每 1000 km 至少标定一次。

4.2.4 激光检测设备标定内容应包括设备仪器标定、整车系统标定、软件系统维护升级。

4.3 技术准备

4.3.1 激光快速检测前，应收集、整理、分析隧道下列相关资料，编写检测方案、交通组织方案、应急预案等。

1 待检隧道勘察、设计和施工资料、近年定期检查、专项检查报告及保养维修、病害处治等相关记录。

2 检测前应对隧道进行现场查勘并记录，查勘内容主要包括：隧道所在路段的交通状况、隧道及隧道群分布情况、隧道两端洞口内外不良线形、是否存在影响检测工作的异常情况。

4.3.2 检测方案应包括下列内容：

1 被检测隧道工程概况、方案编制依据、检测工作概述、检测工作计划等。

2 工程概况包括隧道名称、起始里程桩号、终止里程桩号、车道数、项目来源、隧道结构设计参数、隧址区地质条件及环境状况等重要信息。

3 方案编制依据应明确本次检测应执行的合同、相关标准规范和法律法规。

4 检测工作概述应介绍本次检测整体情况，包括本次检测目的、检测内容、检测方法以及检测设备。

5 检测工作计划应根据隧道位置、不同隧道之间的距离等实际情况，计划检测工作所需要的时间，并明确每座隧道的计划检测日期。

4.3.3 检测前应编制交通组织方案，落实检测期的交通组织事宜，并符合下列规定：

1 交通组织方案应符合《中华人民共和国安全生产法》、《公路养护安全作业规程》（JTG H30）以及地方法律法规的相关规定。

2 交通组织方案应根据检测作业的内容与要求、时间和周期、

交通量、经济效益等因素，结合现场查勘的实际情况，综合拟定。

3 实施交通组织前应对项目组成员进行安全培训，学习相关法律法规和规程，提高安全意识，落实各项安全保障措施。

4 根据激光快速检测的技术特点，交通组织方案可以采取封闭单洞全部车道或封闭部分车道两种方式进行，具体方式可根据当地车流量确定。

5 车道封闭宜选择在白天进行；车流量特别大的路段，也可在夜间封闭车道进行检测。

4.3.4 编制交通组织方案的同时应编制突发事件应急预案。

4.3.5 检测前应做好检测仪器的校验与准备，并满足下列规定：

1 激光检测设备在每次更换载车之后都应重新进行静态校正，根据静态校正的结果确定仪器高度、初始角度等基本参数。

2 激光检测设备在每次检测前应提前打开设备内的电子记录和扫描系统以测试仪器是否正确运转，避免在道路封闭之后因设备故障增加交通组织的时长。

3 检测前应准备好激光检测所需要的辅助工具，包括液氮、丙酮、喷漆、粉笔、电筒、独轮测距仪、皮尺、钢卷尺、反光背心、记录纸等。

4 检测出发前应提前确认设备载车的车况是否正常，是否存在胎压不足、减震不足、供电系统无法正常工作、车速控制系统无法正常切换等问题。

4.4 检测实施

4.4.1 检测过程中应对工作现场条件是否满足要求进行确认，主要内容如下：

1 现场检测前应确认现场环境是否符合安全检测作业条件，并排除可能影响检测效果的异常情况。

2 合理进行交通组织，减小检测过程中对运营车辆的影响，保障现场检测安全。

3 检测作业应避开大雾、暴雨、洞内空气污浊等能见度低等影响检测安全和检测结果的情况。

4 检测前应在隧道边墙设置清晰可辨的里程标识，每两个桩号之间的距离宜为 10m~100m 之间。

4.4.2 现场检测过程中应满足以下规定：

1 现场工作人员应保证自身安全，穿着规范的施工作业服或反光标志背心，不得在作业区外活动或将任何机具、物料置于作业控制区以外，不随意横穿公路，不得擅自变更控制标志和区域或扩大作业范围。

2 载车严禁在施工区域外随意停放，严禁穿越中央分隔带调头，严禁倒车、逆行；车辆不得将物料、泥土带出作业区域污染路面，进出封闭区域、停车等不能影响其他社会车辆的正常通行。

3 现场检测人员在使用液氮、丙酮等物品时应做好相应的防护措施，带上胶棉手套及护目镜。

4 在扫描仪器组装及拆卸的过程中应避免仪器发生摔落、碰撞等，保证仪器的正常工作。

5 仪器操作技术人员在检测工作进行时应保持对仪器检测状态的关注,如果发现有异常情况或设备出现报警状态,应立即停止检测,关闭仪器并进行检修,在异常状态得到修复之后方可继续工作。

6 在检测过程中载车应使用车速控制系统匀速直线前进,如遇突发状况需紧急制动时,应在下次启动检测前,让载车后退 30m~50m 后,重新开始检测工作。

7 检测过程中宜同时开展辅助检测工作,对洞门、洞口、路面、检修道、排水系统、吊顶及各种预埋件、标志标线轮廓标、横洞等进行检查。

8 检测作业完成后,应及时清理和恢复正常交通组织。

4.4.3 检测过程中应做好以下检测记录。

1 应按要求填写“激光快速检测现场工作原始记录表”(附表 A.1)和“现场辅助检查结果原始记录表”(附表 A.2)。

2 检测过程中发现的异常病害应留存相关影像资料,并记录下相应位置的里程桩号。

3 检测记录完成后应填写记录人员的姓名和日期。

4.4.4 现场检测完成后应根据现场检查情况给出隧道技术状况的初步判断。对于病害状况较为严重的部位应及时向管养部门报告,对于影响行车安全的情况应建议管养部门立即给予处理。

4.5 数据处理

4.5.1 数据处理工作应保证数据处理结果的真实性和有效性。

4.5.2 激光快速检测系统宜按照以下程序进行数据处理。

-
- 1 应至少保留 2 个数据备份；
 - 2 对原始数据进行分解，分别生成待处理的几何数据、图像数据和温度数据，以及里程数据等文件。
 - 3 对数据文件进行降噪处理，去除或修正数据中异常的几何、亮度和温度等数据。
 - 4 对数据文件进行纵向几何校正和环向横断面几何校正。
 - 5 对温度数据进行环境温度校正。
 - 6 处理完成后的数据进行病害显示和分析。
- 4.5.3** 数据处理过程中，对于较为严重的病害应对比现场记录，给予评定或判定。
- 4.5.4** 数据处理时如果发现因设备故障造成的数据缺失，应设法完成数据缺失部分隧道的病害检查和技术状况评定，保证检测工作的完整性。
- 4.5.5** 条件允许时，数据处理完成后宜到隧道现场进行对比检查，修正错漏。
- 4.5.6** 数据处理结束后应通过软件输出隧道洞身衬砌及内装饰各类型病害的统计表、分布图、隧道病害展布图。
- 4.5.7** 展布图中的内容应包含隧道背景图像、病害位置、病害基本状况定量数据等内容。展布图的输出宜用 A3 纸，每副展布图的纵向长度应按照隧道车道数量的不同分类型输出，其中两车道隧道的展布图每副纵向长度宜为 40m，三车道隧道的展布图每副纵向长度宜为 50m。

4.5.8 检测报告应包括病害统计表、病害展布图、隧道技术状况评定、隧道病害病因分析、隧道检测结论及建议等内容。

4.5.9 病害统计表应做到内容详尽，给出每一处病害位置、规模、技术状况值，并附上状况值为 2 以上病害的影像资料。

4.5.10 隧道检测结论中应给出隧道土建结构技术状况评定值及评定等级。

征求意见稿

5 视频快速检测

5.1 一般规定

5.1.1 视频快速检测系统适用于衬砌结构的表观病害检测：隧道土建结构的定期检测等工作。经常性检查工作中也可使用该方法。

5.1.2 视频快速检测中，对于超出检测范围的项目：洞门、洞口、路面、检修道、排水系统、吊顶及各种预埋件、标志标线、轮廓标、横洞等应采用其他快速检测方式或者人工辅助检查开展检查工作。

5.1.3 对视频快速检测结果进行技术状况评应采用《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）的方法，量化数据宜采用本规程第 6 章评定标准进行评定。

5.1.4 视频快速检测过程中应采取确保行车和检测活动安全的措施。

5.2 技术性能

5.2.1 视频检测设备应达到以下技术性能要求。

- 1 检测速度不低于 60km/h。
- 2 里程定位精度不低于 1‰。
- 3 裂缝最小识别宽度不应大于 0.2mm，允许偏差 $\pm 0.1\text{mm}$ ；裂缝长度允许偏差 $\pm 0.1\text{m}$ 。

- 4 隧道表面渗漏水、剥落和缺损的识别面积应大于 100cm^2 。

5.2.2 视频快速检测系统中的激光扫描仪应达到以下技术性能要求。

- 1 隧道三维激光扫描环向点间距宜小于 0.1m，纵向点间距宜小于 0.5m。

2 隧道内轮廓变形检测精度不应低于 2mm，内轮廓变形检测断面间隔不宜大于 10m。

5.2.3 红外热成像仪热灵敏度不宜低于 0.1℃，精度不宜低于 2℃。图像帧率不宜低于 5Hz。

5.2.4 视频检测设备工作及保养环境应满足下列要求。

- 1 设备存放温度：-20℃ ~ 50℃。
- 2 扫描头操作温度：0℃ ~ 40℃。
- 3 辅助照明系统：-30℃ ~ 60℃
- 4 控制单元操作温度：-10℃ ~ 45℃。
- 5 湿度：≤80%，无凝结。
- 6 当传动部分有明显卡阻现象时，应立即进行保养。

5.2.5 视频检测设备满足以下条件之一时，应进行标定。

- 1 每满 1 年至少标定 1 次；
- 2 连续行驶里程每 10000 km 至少标定 1 次；
- 3 传动机构每半年保养一次。

5.2.6 视频检测设备标定内容应包括整车系统标定（含传动机构）、软件系统维护升级。

5.3 技术准备

5.3.1 视频快速检测前，应收集、整理、分析隧道相关资料，编写检测方案、交通组织方案、应急预案等，具体内容可按第 4.3 节执行。

5.3.2 视频快速检测前，应确保交通路况畅通，不会影响检测车正常通行。

5.3.3 当载车运行时速低于路段最低限速时应采取限制通行或临时封闭等交通管制措施。

5.3.4 快速检测作业前应检查载车、快速检测系统、数据处理系统运行情况，确保检测作业正常进行。

5.3.5 快速检测作业时载车上应最少配置两人，即一名驾驶员、一名操作员。

5.4 检测实施

5.4.1 除特殊规定外，视频快速检测的实施可以参考 4.4 节执行。

5.4.2 检测过程中应对工作现场条件是否满足要求进行确认。在检测车行驶过程中，严禁开启传动部位。

5.4.3 视频快速检测宜按以下程序开展检测工作。

- 1** 首先确认车辆及设备状态（发电机、供电及控制系统、传感器、照明系统等）；

- 2** 在开始检测前应在安全区域安装编码器；

- 3** 在距离被测隧道最近的安全区域，在静止状态下打开载车传动部分，将传感器支架旋转至工作位，检测衬砌右侧拱圈时旋转至右侧，检测衬砌左侧拱圈时旋转至左侧；

- 4** 开启发电机散装装置；

- 5** 对数据采集和处理系统进行配置，填写起始里程、隧道名、施测方向和车道等信息；

- 6** 启动其他检测设备以及照明设备，检查数据采集、控制系统和各显示系统工作是否正常；

-
- 7 进入被检隧道 500 米前，准备开始实施检测；
 - 8 沿单一车道匀速直线行驶通过所测隧道，车尾驶出洞口停止检测；
 - 9 完成后，关闭设备。
 - 10 载车到达停车位后，关闭爆闪灯、箭头灯、舱内照明灯等，车辆熄火，取出钥匙。

5.4.4 现场检测过程中应满足以下规定：

- 1 检测人员在检测工作进行时应保持对整车系统的关注，如果发现有异常情况或设备出现报警状态，应立即停止检测，关闭系统行驶至安全地带，查明原因并进行检修，在异常状态得到修复之后方可继续工作。
- 2 在检测过程中，应实时关注影像拍摄效果，及时调整系统参数。
- 3 视频快速检测系统，在检测过程中应沿当前车道中心线行驶，偏差不宜大于 10cm。

5.4.5 检测过程中应做好以下检测记录。

- 1 应按要求填写“视频快速检测现场工作原始记录表”（见附录表 B.1）和“现场人工辅助检查结果原始记录表”（见附录表 A.2）。
- 2 检测过程中发现的异常病害应留存相关影像资料（人工复核），并记录下相应位置的里程桩号。
- 3 检测记录完成后应填写记录人员的姓名和日期。

5.4.6 检测和行驶过程中禁止拷贝数据，载车在安全位置停止后方可

拷贝数据。

5.5 数据处理

5.5.1 视频快速检测系统宜按照以下程序进行数据处理。

- 1 在数据拷贝时，原始数据应至少保留 2 个备份；
- 2 原始数据包括影像数据、激光数据、DMI 数据等文件；
- 3 用多功能数据处理软件复核原始数据的路幅、影像及激光数据完整性，并及时修正；
- 4 拼接之前，核实隧道起止桩号，并对里程进行校正；
- 5 对影像数据进行拼接；
- 6 自动或人工识别病害；
- 7 病害分析与处理。

5.5.2 数据处理过程中，对于较为严重的病害应对比现场记录，给予正确合理的评定或判定。

5.5.3 在数据处理时如果发现因设备故障或交通封路等突然情况造成的数据缺失，应设法完成数据缺失部分隧道的病害检查和技术状况评定，保证检测工作的完整性。

5.5.4 数据处理结束后应通过软件输出隧道洞身衬砌及内装饰各类型病害的统计表、隧道病害展布图。展布图中的内容应包含隧道背景图像、病害位置、病害基本状况定量数据等内容。展布图的输出宜用 A3 纸，可用 A4 纸，每副展布图的纵向长度（行车方向）可按照 10 米、20 米、30 米、50 米等几种间隔进行选择。

5.5.5 检测报告应包括病害统计表、病害展布图、隧道技术状况评

定、隧道病害病因分析、隧道检测结论及养护建议等内容。

5.5.6 病害统计表应做到内容详尽，给出每一处病害位置、规模、技术状况值，并附上典型病害的影像资料。

5.5.7 条件允许时，数据处理完成后宜对重点隧道或评定有异议的隧道进行现场对照检查，修正错漏。

征求意见稿

6 量化评定

6.1 一般规定

6.1.1 快速检测完成后，应综合其他辅助检查成果，采用《公路隧道养护技术规范》（JTG H12）的评定方法对隧道土建结构技术状况进行评定。

6.1.2 技术状况评定时可以参考本章量化评定标准进行。

6.1.3 应按照本规程规定对隧道病害进行量化整理与分析。

6.2 衬砌量化评定标准

6.2.1 裂缝量化评定可按照表 6.2.1 执行。

表 6.2.1 衬砌结构裂缝定量评定标准表

状况值	技术状况描述
1	裂缝宽度发展速率小于 1mm/a；裂缝宽度小于 3mm，长度小于 5m。
2	裂缝宽度发展速率 1~3mm/a；裂缝宽度小于 3mm，长度大于 5m，或裂缝宽度 3~5mm，长度小于 5m；裂缝多于三条，且有交叉。
3	裂缝宽度发展速率 3~10mm/a；裂缝宽度 3~5mm，长度大于 5m，或裂缝宽度大于 5mm，长度小于 10m；有错台或错位裂缝，长度小于 5m；拱部裂缝呈网状，衬砌有掉落风险。
4	裂缝发展速率大于 10mm/a；裂缝宽度大于 5mm，长度大于 10m；有错台或错位裂缝，长度大于 5m；拱部裂缝呈网状，有衬砌剥落掉块。

6.2.2 结构变形量化评定可按照表 6.2.2 执行。

表 6.2.2 衬砌结构变形定量评定标准表

状况值	技术状况描述
1	衬砌变形和移动速率小于 1mm/a，
2	衬砌变形和移动速率大于等于 1mm/a，小于 3mm/a。
3	衬砌变形和移动速率大于等于 3mm/a，小于 10mm/a。
4	衬砌变形和移动速率大于等于 10mm/a；山体滑动、地下水突涌水等地

	质灾害引起衬砌移动、变形、下沉发展迅速，已危及结构安全和行车安全
--	----------------------------------

6.2.3 渗漏水量化评定可按照表 6.2.3 执行。

表 6.2.3 衬砌渗漏水定量评定标准表

状况值	技术状况描述
1	隧道渗漏水，但不影响正常行车。
2	隧道拱部严重滴漏，侧墙涌水，影响正常行车。
3	隧底冒水喷砂、路面积水、结冰，拱部涌流、挂冰，边墙地下水喷射，影响正常行车。
4	突发性大规模突水涌泥，淹没路面，危及结构安全和行车安全。

6.2.4 衬砌压溃或起层剥落量化评定可按照表 6.2.4 执行。

表 6.2.4 衬砌压溃或起层剥落定量评定标准表

状况值	技术状况描述
1	衬砌有局部风化剥落。
2	拱部压溃或剥落面积小于 1 m^2 ，剥落块体厚度小于 30mm。
3	拱部压溃或剥落面积 $1\text{ m}^2\sim 3\text{ m}^2$ ，剥落块体厚度 30mm~50mm。
4	拱部压溃或剥落面积大于 3 m^2 ，或衬砌掉块最大厚度大于衬砌厚度的 $1/4$ ，危及行车安全。

6.2.5 衬砌厚度量化评定可按照表 6.2.5 执行。

表 6.2.5 衬砌厚度定量评定标准表

状况值	技术状况描述
1	衬砌有效厚度 $2/3 \leq h_i/h < 5/6$ ，且长度 $< 5\text{m}$ ；衬砌有效厚度 $h_i/h \geq 5/6$ ；衬砌有剥蚀。
2	衬砌有效厚度 $1/2 \leq h_i/h < 2/3$ ，且长度 $< 5\text{m}$ ；衬砌有效厚度 $2/3 \leq h_i/h < 5/6$ ，且长度 $\geq 5\text{m}$ 。
3	衬砌有效厚度 $h_i/h < 1/2$ ，且长度 $< 5\text{m}$ ；衬砌有效厚度 $1/2 \leq h_i/h < 2/3$ ，且长度 $\geq 5\text{m}$ 。
4	因施工缺陷或腐蚀致使衬砌有效厚度 $h_i/h < 1/2$ ，且长度 $\geq 5\text{m}$ 。

注： h_i —检测衬砌厚度，当衬砌混凝土存在内部缺陷时，检测衬砌厚度应换算为有效衬砌厚度，即将检测衬砌厚度减去内部缺陷削弱的部分厚度； h —设计衬砌厚度；长度指沿隧道纵向连续长度。

6.2.6 背后空洞量化评定可按照表 6.2.76 执行。

表 6.2.6 衬砌背后空洞定量评定标准表

状况值	技术状况描述
1	衬砌背后空洞深度 $l_k < 100\text{mm}$ 。
2	衬砌背后空洞深度 $300\text{mm} \geq l_k > 100\text{mm}$ ，衬砌侧面存在空隙，受地下水作用，空隙可能会扩大。
3	衬砌背后空洞深度 $500\text{mm} \geq l_k > 300\text{mm}$ ，拱部空洞上方落石可能掉落至拱背。
4	衬砌背后空洞深度 $l_k > 500\text{mm}$ ，衬砌拱部背面存在较大的空洞，且有效衬砌厚度小于 30cm ，空腔落石可能砸坏衬砌拱部结构。

6.3 隧道病害量化分析

6.3.1 量化分析单个病害时可按照下列两种方式进行。

1 仅对单次检测数据进行分析时，应分析评价裂缝等线状病害的长度和宽度、渗漏水、起层剥落等面状病害的面积和最大长宽等参数，按照 6.2 节规定进行定量评定其状况值。

2 多次检测数据对比分析时，应计算裂缝等线状病害长度和宽度的增长率，渗漏水、起层剥落等面状病害的面积增长率。

6.3.2 量化分析单段衬砌或单座隧道的病害时可按照下列两种方式进行。

1 仅对单次检测数据进行分析时，应计算裂缝等线状病害的数量和总长度，还可按照裂缝宽度进行分档统计每档裂缝长度和，分三挡，界限值宜为 3mm 和 5mm ；渗漏水、起层剥落等面状病害的数量和总面积。

2 多次检测数据对比分析时，应计算裂缝等线状病害的数量增长率和总长度增长率，渗漏水、起层剥落等面状病害的数量增长率和

面积增长率。

6.3.3 量化分析单段衬砌或单座隧道病害总体情况时还可以将所有病害均换算成面积计算病害总面积，多次检测对比分析时可计算病害总面积增长率。线状病害影响宽度宜为 0.5 m；面状病害应按实际面积进行计算；体状病害宜按病害区域的表面积进行计算。

6.3.4 多次检测数据对比分析时，病害增长率宜按照年增长率计算，并划分为下列四种增长类型。

1 增长率为零，表示病害没有发展，可按照正常程序进行结构检查和保养维修。

2 增长率不断收敛，表示病害发展速度在不断降低，趋于稳定，可按需进行保养维修和病害处治。

3 增长率不变，表示病害还在持续发展，没有稳定迹象，应及时进行病害处治。

4 增长率不断增大，表示病害发展速度在不断增加，病害加速发展，应立即采取措施进行抢险加固。

7 检测报告

7.1 一般规定

7.1.1 公路隧道土建结构快速检查报告应包括以下内容：

- 1 工程概况；
- 2 检测评定依据；
- 3 检测工具与检查内容；
- 4 相关调查资料、检查记录表与检查结果；
- 5 本次检查与上次检查对比结论；
- 6 技术状况评定结论；
- 7 需要实施专项检查的建议；
- 8 土建结构养护维修与加固处治建议。

7.1.2 公路隧道土建结构快速检查报告应由具备相应资质或能力的单位编写，编写单位对报告的质量负责。多个单位共同承担项目时，应确定一个主办单位，主办单位应对检查报告全面负责。

7.2 报告编制

7.2.1 检查报告正文宜由以下十个部分（全部或部分）与附件组成。

- 1 第一部分 工程概况
- 2 第二部分 检查目的
- 3 第三部分 检查评定依据
- 4 第四部分 土建结构检查内容和结果
- 5 第五部分 本次检查结果与上次检查结果的对比
- 6 第六部分 主要病害分析
- 7 第七部分 技术状况评定

8 第八部分 检查结论

9 第九部分 病害处治对策建议

7.2.2 工程概况应主要说明被检测隧道以下内容：

- 1 隧道类型、具体位置、所在道路及公路等级；
- 2 建造年代、基本参数、里程桩号；
- 3 洞门形式、衬砌结构类型、路面类型、横通道里程桩号；
- 4 隧道使用环境、隧址处地质及围岩情况、周边地质灾害和其他工程活动；
- 5 隧道遭受损害、维修加固历史；
- 6 上一次定期检查时间、单位、主要结果与结论。

7.2.3 应依据《公路隧道养护技术规范》(JTG H12)和本规程 6.2 节的规定进行衬砌结构技术状况评定，还可以按照本规程 6.3 节的规定对隧道衬砌结构病害规模、程度和发展进行量化分析。

7.2.4 检测评定依据应包括相关标准规范、设计施工资料、前期检查评定成果及维修处治记录等。

7.2.5 衬砌结构快速检测可根据所采用的快速检测技术和隧道实际状况增减检查项目，《公路隧道养护技术规范》(JTG H12)规定而又无法完成的检查项目应采用其他方式开展。

7.2.6 应将本次检查结果与上次检查结果进行对比分析，给出病害发展变化的量化分析结论。

7.2.7 应对主要病害类型、特征、位置进行描述，对其发展变化和产生原因进行分析，给出病害处治建议。

7.2.8 检查结论应包含以下内容：

- 1 对衬砌结构或者隧道土建结构技术状况和使用功能做出总体性、总结性的评价。

2 定量评估主要病害及其发展规律，总结主要检查结果及与上次检查的主要差别。

3 分析总结主要病害成因或主要诱因。

7.2.9 病害处治对策建议应包括以下主要内容：

1 对于异常原因不明时，应提出专项检查的建议，内容包括专项检查的原因、项目、目的、要求等。

2 根据检查中发现的问题，对养护工作提出改进建议或措施，对车辆通行是否进行管制提出建议。

3 对于已确定的结构病害，应提出采取处治措施的建议，内容包括实施处治的原因、项目、处治措施、所需的工程费用以及实施时间等。

7.3 数据标准

7.3.1 视频快速检测后应提供以下主要数据。

1 衬砌裂缝、施工缝错台等病害数据，应包括编号、长度、宽度、起点里程、终点里程、病害走向、环向位置、病害类型。

2 渗漏水、劣化和起层剥落等病害数据，应包括编号、区域面积、区域最大长宽、中心里程、环向位置、病害类型。

3 数据分析成果应包括：病害数据及病害影像图、病害展布图、病害 CAD 展示图、渗漏水红外成像展布图、病害统计信息等。

7.3.2 除 7.3.1 所列主要数据外，激光快速检测后还可以提供以下数据或功能。

1 隧道内轮廓变形数据，应包括断面位置、各点变形量极值、内轮廓检测数据与设计轮廓、历史检测数据比对图。

2 隧道内轮廓变形分析结果。

3 隧道检测成果的三维虚拟浏览。

附录 A 衬砌结构激光快速检测记录表

附录 A.0.1 激光快速检测现场工作原始记录宜使用附录表 A.1。

附录表 A.1 激光快速检测现场工作原始记录表

工程名称：

隧道名称：

隧道洞别：

天气：

项目名称	内容		
检测方向			
进口端里程桩号		出口端里程桩号	
文件名			
洞门形式	进口		
	出口		
检测停顿/重启			
激光快速检测初步记录	衬砌		
	内装饰		
	其他		

记录：

复核：

日期：

附录 A.0.2 现场辅助检查结果原始记录宜使用附录表 A.2。

附录表 A.2 现场辅助检查结果原始记录表

隧道名称: _____;

隧道编码: _____; 路线名称: _____

养护机构: _____; 路线编码: _____

上次检查日期: _____年____月____日; 本次检查日期: _____年____月____日

里程桩号	结构名称	缺损位置	检查内容	状 况 描 述 (性质、范围、程度等)	状况值 (0~4)	影像或图片 (编号/时间)

检查人：
记录人：

附录 B 衬砌结构视频快速检测记录表

附录 B.0.1 视频快速检测现场工作原始记录宜使用附录表 B.1。

附录表 B.1 视频快速检测现场工作原始记录表

视频快速检测现场工作原始记录表						
序号	隧道名称	车道	路幅（上/下行）	是否连测	隧道检测初步记录	备注