

基于拍照技术的公路隧道裂缝快速检测效果评价

王辰晨^{1,2}, 田卿燕^{1,2}, 张彦龙^{1,2}, 林海山^{1,2}

(1. 广东华路交通科技有限公司, 广东 广州 510420; 2. 广东交科检测有限公司)

摘要:快速检测是目前公路隧道检测的一个发展趋势。为了探究基于拍照技术的公路隧道裂缝快速检测系统的检测效果,分别进行了模拟裂缝板现场比对试验以及快速检测与人工复核检测现场比对验证,得出如下结论:①快速检测方法具有高效、快捷、不影响交通安全等特点,但是技术还没有达到完全成熟;②快速检测对宽度小于0.2 mm的微裂缝识别效果较差,检测精度一般只能达到0.2 mm;③快速检测结果是自动识别并输出,但存在识别错误和遗漏等问题,还需要人工后期对结果进行筛选处理,存在一定主观性,影响了检测结果的唯一准确性。建议采用人工与快速检测相结合的方式,有利于结果的准确性,同时尽早形成快速检测相关规范标准,更有利于快速检测技术得到改进与优化。

关键词:拍照技术;公路隧道;快速检测;比对试验;效果评价

中国是交通大国,已经初步形成了横贯东西、纵贯南北的高速公路网络,截至2020年底,中国高速公路里程数突破16.1万km,里程规模居世界第一位,未来这一数字还将继续增长。同时,中国地形以山地为主,西部为高山地区,东部为沿海平原、丘陵地区,伴随着西部大开发、粤港澳大湾区等国家发展规划的实施,大量公路隧道、跨海隧道修建而成。从中国第一长的秦岭终南山公路隧道到世界最长公路沉管隧道的港珠澳大桥再到正在建设的世界最宽海底沉管隧道的深中通道等,均表明中国正在向交通强国、隧道强国迈进。据2020年底统计数据,中国已建成公路隧道21361座/2199.93万延米。随着隧道里程数的增长,传统的隧道人工检测方法存在效率低、周期长、现场安全风险大、受交通管制影响大等缺点,隧道快速检测系统基本不存在上述缺点,由此得到了较大推广。目前,中国铁路隧道快速检测系统应用较广、技术相对成熟,但公路隧道快速检测系统仍处于发展研究阶段,检测结果还不能完全替代人工检测,行业内也还没有形成专门的规范与标准,与此同时公路隧道快速检测系统仍是未来发展的一个趋势,中国多家检测单位也正在积极调研并推进公路隧道快速检测系统。鉴于此,为了确切了解公路隧道快速检测系统的检测效果,该文选取中国具有代表性的3家销售快速检测系统的厂家,拟定为A、B、C,分别进行公路隧道模拟裂缝板的快速检

测比对试验以及快速检测与人工复核检测现场比对验证,以得出各厂家快速检测系统的性能特点。

1 基于拍照技术的快速检测原理

目前,公路隧道快速检测技术主要包括基于拍照技术的快速检测和基于激光扫描技术的快速检测,由于激光扫描技术的检测速度较慢,在公路隧道检测中较少应用,故一般不做考虑。

基于拍照技术的公路隧道快速检测系统是一种通过采集图像信息并对其进行处理分析以达到快速检测目的的技术,该技术主要采用CCD工业相机(线阵或面阵)对隧道衬砌表面进行快速连续扫描,得到隧道衬砌表面影像图,再采用图像处理和图像识别算法提取病害信息,并绘制病害展开图。快速检测原理如图1所示。

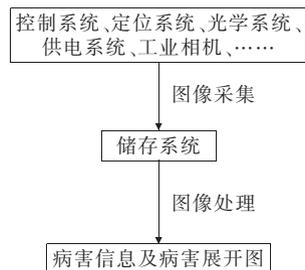


图1 快速检测原理

收稿日期:2021-03-10(修改稿)

基金项目:广东省交通运输厅科技项目(编号:科技-2016-02-015)

作者简介:王辰晨,男,硕士,工程师,E-mail:964760176@qq.com

2 模拟裂缝板现场比对试验

考虑到目前中国公路隧道主要是两车道和三车道,故该试验分别选择两车道和三车道隧道进行模拟裂缝板设置。

2.1 比对试验方案

试验采用人工设置的模拟裂缝板作为试验采集裂缝病害的载体,并在隧道边墙设置里程桩号牌,在三车道隧道安装4块标准裂缝板(洞口段和中间段两个断面,安装于两侧边墙),两车道隧道安装6块标准裂缝板(洞口段和中间段两个断面,安装于两侧边墙和中间段断面的拱腰处)。每块标准裂缝板平均包含不同宽度(0.1~0.8 mm)、不同长度(0.3~3 m)和不同类型(斜向裂缝、纵向裂缝和环向裂缝)组合的裂缝8~9条,共计裂缝85条。

2.2 比对试验结果

选取3个厂家的快速检测系统进行了模拟裂缝板的快速检测试验,以人工设置模拟裂缝板的裂缝数据作为比对标准,综合比对并分析3个厂家的检测效果,比对内容包括:裂缝覆盖率、裂缝桩号偏差、裂缝类型判断准确率、裂缝尺寸(宽度、长度)测量偏差、拼接图片效果、平均检测速度等。

图2为模拟试验板立面图。

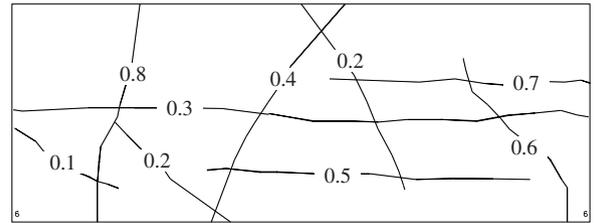


图2 模拟裂缝板立面图(单位:mm)

3厂家模拟裂缝板快速检测比对结果见表1。

表1 隧道快速检测比对结果

车道	快速检测系统	裂缝覆盖率/%	裂缝桩号定位偏差/m	裂缝类型判断准确率/%	裂缝尺寸测量偏差		拼接图片效果	平均检测速度/(km·h ⁻¹)
					宽度/mm	长度/m		
三车道	A	81.8	<1	85.2	0.22	0.15	图片较为清晰,无拼接缝痕迹,裂缝分布直观明了	41.2
	B	87.5	<1	95.2	0.20	0.16	图片黑白色彩暗淡、分辨率较低,凭肉眼观察较为模糊不清	31.6
	C	97.0	<1	100	0.16	0.06	图片分辨率较低,凭肉眼观察较为模糊不清,且拼接图片之间存在明显的接缝痕迹	46.0
两车道	A	88.6	<1	96.8	0.18	0.06	图片较为清晰,无拼接缝痕迹,裂缝分布直观明了	42.2
	B	96.2	<1	100	0.42	0.04	图片黑白色彩暗淡、分辨率较低,凭肉眼观察较为模糊不清,且单幅图片中不同部位存在不同程度大小的拼接错位	32.5
	C	100	<1	90.4	0.13	0.04	图片黑白色彩暗淡、分辨率较低,凭肉眼观察较为模糊不清,且单幅图片中不同部位存在不同程度大小的拼接错位	45.0

由表1可以得出:

(1) 三车道、两车道快速检测结果中3家厂家的平均裂缝覆盖率分别为88.8%、94.9%。说明目前快速检测系统裂缝覆盖率基本能够达到85%以上,两车道快速检测效果优于三车道。

(2) 两车道和三车道快速检测结果中3家厂家的裂缝桩号定位偏差均小于1 m,说明目前快速检测系统病害识别桩号基本能够满足要求。

(3) 三车道、两车道快速检测结果中3家厂家的平均裂缝类型判断准确率分别为93.5%、95.7%。说

明目前快速检测系统裂缝类型判断准确率基本能够达到90%以上,两车道和三车道快速检测效果相当。

(4) 三车道、两车道快速检测结果中平均裂缝宽度测量误差分别为0.193、0.243 mm;平均裂缝长度测量误差分别为0.123、0.047 mm。说明目前快速检测系统对于裂缝宽度测量误差相对较大,对于裂缝长度测量误差基本满足要求。

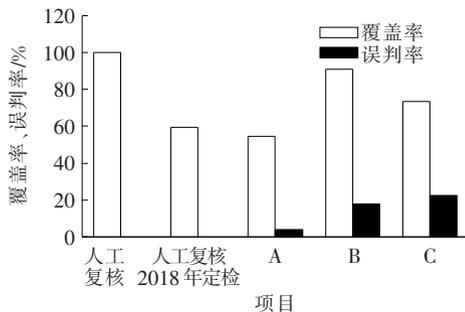
(5) 两车道和三车道快速检测结果中3家厂家的拼接图片效果总体一般,说明目前快速检测系统在图片后处理、成果展示方面还存在不足。

(6) 三车道、两车道快速检测结果中 3 家厂家的平均检测速度分别为 39.6、39.9 km/h。说明目前快速检测系统在有效可行的前提下速度能够保持 40 km/h 左右。

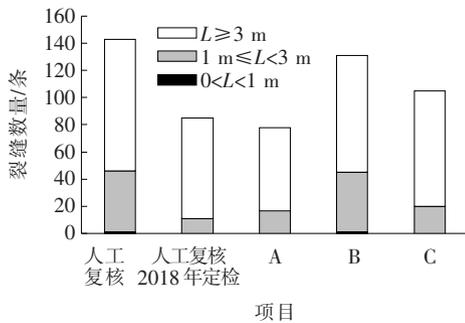
3 快速检测与人工复核检测现场比对验证

3.1 比对验证方案

比对验证方案采取快速检测系统提前进行检测的方式,拿到快速检测结果,再到典型隧道进行人工复核



(a) 裂缝覆盖率与误判率



(c) 不同尺寸(长度)裂缝数量

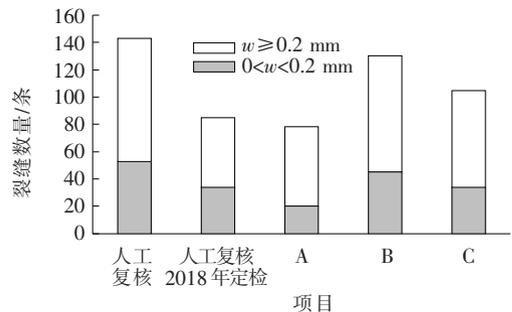
检测,比对验证技术指标与模拟裂缝板比对试验相同。为方便统计分析,比对验证分成拱部和边墙两部分进行比对。

3.2 比对验证结果

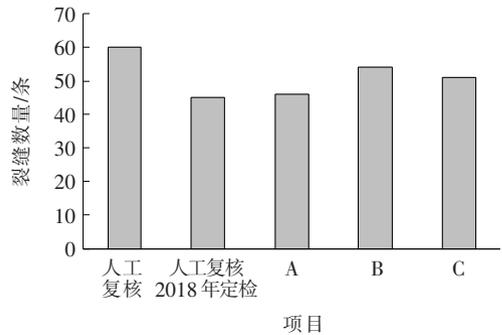
3.2.1 拱部比对验证结果

典型隧道快速检测结果与 2018 年定检结果以及现场人工复核检测结果统计整理如图 3 所示。

由图 3 可知:典型隧道拱部主要存在宽度大于等于 0.2 mm 或者长度大于等于 3 m 的长裂缝,3 家厂家快速检测系统的检测结果也基本符合该规律。



(b) 不同尺寸(宽度)裂缝数量



(d) 长裂缝($w \geq 0.2$ mm 且 $L \geq 3$ m)数量

图 3 典型隧道快速检测与人工现场检测结果比对(拱部)

3 家厂家快速检测系统结果中拱部平均裂缝覆盖率为 72.9%,平均裂缝误判率为 14.5%。平均裂缝覆盖率高于 2018 年定检结果,但是存在一定的误判,误判者主要为宽度大于等于 0.2 mm 且长度在 3 m 以内的短裂缝和中短裂缝。

经统计得,裂缝宽度大于等于 0.2 mm 且同时裂缝长度大于等于 3 m 的长裂缝共计 60 条,3 家厂家对应的检测数量如图 3(d)所示,分别占比 76.7%、90%、85%,平均占比 83.9%,高于 2018 年定检。

此外,2018 年人工定检结果在拱部裂缝覆盖率上均小于 3 家厂家快速检测结果,造成这一结果的原因是多方面的,首先可能是定检人员自身原因,如检测疏忽与不仔细等,其次是外部原因,如高空作业车速过快、存在安全隐患等。

3.2.2 边墙比对验证结果

典型隧道快速检测结果与 2018 年定检结果以及现场人工复核检测结果统计整理如图 4 所示。

由图 4 可知:典型隧道边墙裂缝主要为宽度小于 0.2 mm 且长度为 1~3 m 的中短裂缝以及长度大于 3 m 的长裂缝,3 家厂家快速检测系统的检测结果与该分布规律较为一致。

经统计得,3 家厂家快速检测系统结果中边墙平均裂缝覆盖率为 11.6%,远小于裂缝实际数量,漏检裂缝主要为分布于边墙瓷砖上的宽度小于 0.2 mm 的微裂缝,同时也说明目前快速检测系统检测精度最小只能达到 0.2 mm。

对于小于 0.2 mm 的微裂缝,人工复核检测凭借肉眼近距离观察较快速检测系统更易于识别,这也是

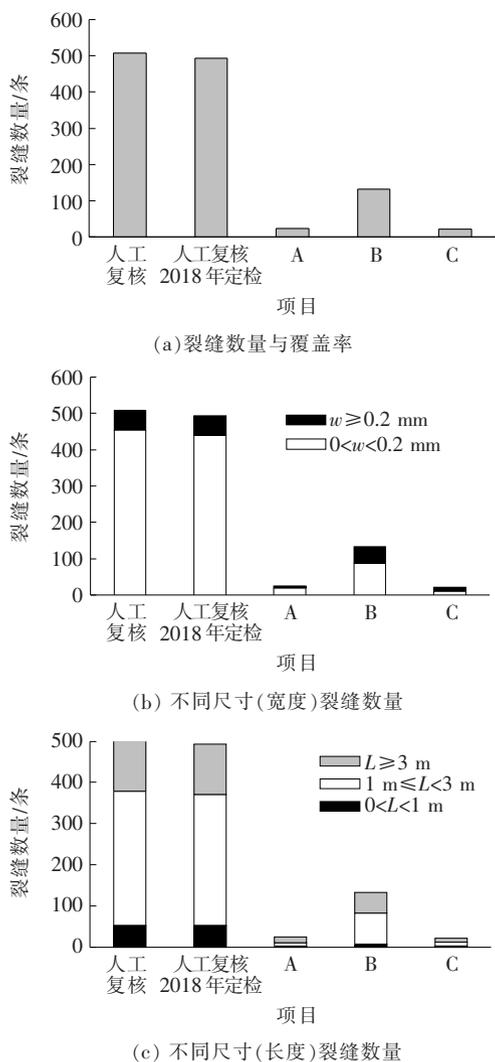


图4 典型隧道快速检测与人工现场检测结果比对(边墙)

2018年定检结果边墙裂缝覆盖率远高于3家厂家快速检测系统结果的直接原因。

4 结论与建议

4.1 结论

通过调研中国具有代表性3家厂家的快速检测系统,分别进行了模拟裂缝板现场比对试验以及快速检测与人工复核检测现场比对验证,得出如下结论:

(1) 基于拍照技术的快速检测系统目前是一个发展趋势,具有高效、快捷、不影响交通安全等特点,但是技术还没有达到完全成熟的程度。

(2) 模拟裂缝板现场比对试验得出3家厂家的快速检测系统效果整体较好,裂缝覆盖率均在85%以上,裂缝判断准确率均在90%以上。但是裂缝宽度测量误差较大,拼接图片效果及成果展示仍存在不足。

(3) 快速检测与人工复核检测现场比对验证得出3家厂家的快速检测系统在拱部裂缝检测效果上均好于2018年人工定检,这是由于高空作业车内检测人员疏忽及高空作业车作业区间的局限性。在边墙裂缝检测效果上均不佳,对宽度小于0.2 mm的微裂缝识别效果较差,检测精度一般只能达到0.2 mm。

(4) 快速检测系统检测结果具有自动识别并输出的功能,但是存在识别错误或者遗漏等问题,还需要人工后期对结果进行筛选处理,存在一定的主观性,进而影响了检测结果的唯一准确性。

(5) 快速检测系统具有其适用性,但仍存在不足,隧道动态病害难以检测,如衬砌喷射、涌水、滴漏等。

4.2 建议

(1) 如购置或租用隧道快速检测系统进行检测,应将快速检测系统作为一种初步筛查的手段,后期再针对问题段落进行人工复检,确保检测结果的准确性。

(2) 针对快速检测系统中裂缝宽度测量结果数据宜进行折减修正,可进一步开展裂缝宽度校核比对试验,得到可适用的折减修正系数。

(3) 针对隧道动态病害进一步开展试验检测比对试验及技术研究。

(4) 推动形成行业内快速检测的规范与标准,更有利于厂家对其快速检测系统技术进行改进与优化。

(5) 搭建快速检测系统数据实时传输平台,做到外业快速检测数据采集完成后,内业采集数据便可同步生成并进行识别处理。

参考文献:

- [1] 冯英会,龚伦,俞景文. 三维激光扫描技术在既有交通隧道快速检测中的应用[J]. 工程建设与设计,2019(10).
- [2] 王兆宁. 铁路隧道建筑限界快速检测技术研究与应用[J]. 铁道建筑,2019(3).
- [3] 戚怡锋. 车载式公路隧道快速检测设备的具体应用[J]. 交通世界,2019(8).
- [4] 贺建. 地铁隧道病害快速检测技术浅析[J]. 城市建设理论研究(电子版),2018(28).
- [5] 杨俊,刘笑娣,刘新根,等. 公路隧道结构快速检测车综述[J]. 华东交通大学学报,2018(4).
- [6] 刘晓. 公路隧道智能检测系统设计与实现[J]. 机械设计与制造,2018(8).
- [7] 唐继民. 一种用于地铁隧道快速扫描的自移动健康检测车的设计研究[J]. 科技风,2018(17).
- [8] 雷坚强,赵其林,梁政. 车载式公路隧道快速检测设备应用探讨[J]. 隧道建设(中英文),2017(S2).