

陶瓷刀具仿形造纹技术在提高隧道水泥路面 抗滑性能中的应用研究

展宏图^{1,2}, 刘亮³

(1.广东华路交通科技有限公司, 广东 广州 510420; 2.公路交通安全与应急保障技术及装备交通运输行业研发中心;
3.河南省高远公路养护技术有限公司)

摘要: 介绍了水泥混凝土路面陶瓷刀具仿形造纹技术(HOG 纹理化)工作机理、施工工艺,在广东省4条高速公路多个隧道水泥路面中的应用,并对工后隧道路面抗滑性能进行跟踪检测与评价,结果表明:HOG 纹理化对改善隧道水泥路面抗滑性能具有良好效果。

关键词: HOG 纹理化; 隧道水泥路面; 施工工艺; 抗滑性能

随着高速公路建设逐渐向山区和丘陵地区延伸,隧道工程在高速公路中所占的比例越来越高。由于长大隧道内温差小、湿度大、地下水和地表水丰富,中国国内高速公路长、特长隧道路面常采用水泥混凝土路面结构。隧道路面最突出的问题是路面抗滑性能衰减快、抗滑耐久性差,极大地影响了高速公路隧道的行车安全性和舒适性。因此,如何改善水泥混凝土路面抗滑性能,一直是人们关注的焦点。

目前用于改善隧道水泥路面抗滑性能的措施主要有:常规铣刨、精铣刨、加铺罩面等。常规铣刨和精铣刨均属于刚性刻纹,对路面结构强度造成不利的影响,易引起断板等结构性病害,且对隧道路面抗滑性能改善效果不理想,一般处治后约1.5年,路面横向力系数(SFC)将衰减到工前水平。加铺罩面可明显提高隧道路面的抗滑性能,但受到隧道净空以及处治费用等条件的制约。

1 HOG 纹理化技术简介

水泥混凝土路面 HOG 纹理化技术(图1)是河南高远公路养护技术有限公司(以下简称河南高远)从加拿大引入的飞机跑道高仿形纹理化技术,其原理是通过作用在刀头上的恒定压力,高强度陶瓷刀具的刀头可沿行车方向转动,具有独特的无冲击方式,可在水泥混凝土表面层削出0.5~1.0 cm深的波浪形纹理(图2)。HOG 纹理化可避免旋转刀具对路面造成的冲击

和损伤。具体特点如下:

(1) 提高水泥混凝土路面抗滑性能:HOG 处理后的水泥混凝土路面具备丰富的宏观纹理以及微观纹理,微观纹理可增大轮胎与地面的接触面积,宏观路面纹理可及时排除轮胎与路面间的水分,保持轮胎与路面间处于“干燥接触”状态,提高路面抗滑性能。

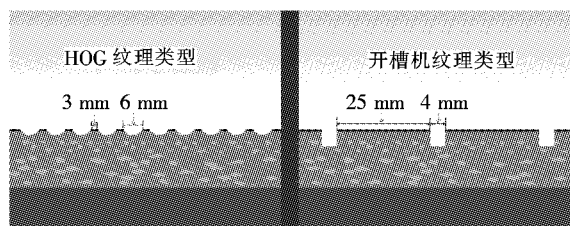


图1 HOG 技术处理后与开槽机形成的路面纹理对比

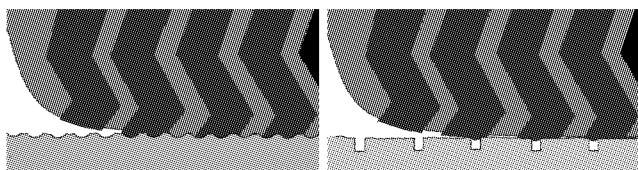


图2 波浪形浅纹路面轮胎变形(左)普通锯片刻槽纹路面轮胎变形示意图(右)

(2) 路面处治深度均匀,对原路面耐久性影响小:铣刨机为“刚性切削”方式,该种铣刨方式铣刨深度固定,路面低凹位置会出现无法铣刨到的“漏刻留白”,在路面凸起位置会出现铣刨较大,造成混凝土骨料脱落损伤路面,铣刨机铣刨的纹理深度深浅不一(图3)。HOG水泥混凝土路面纹理化技术采用高强度陶瓷刀

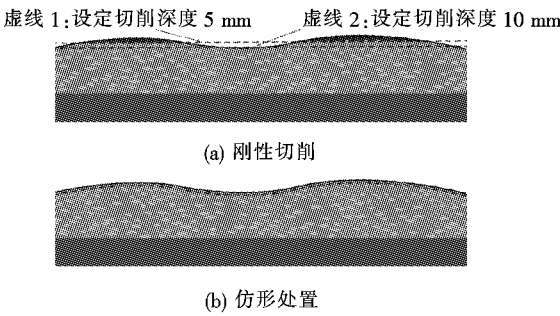


图3 铣刨机与HOG水泥混凝土路面纹理化技术仿形对比示意图

具,其刀头可沿行车方向转动,并且作用于刀头上的压

力恒定,刀头可随着路面的高低起伏而做出相应升降调整。通过作用在刀头上的压力恒定这一特有的作业方式实现纹理深度一致,同时也避免旋转刀具对路面造成冲击,导致路面出现小裂痕,影响路面耐久性。

2 工程应用

2.1 工程概况

采用HOG纹理化技术对4条高速公路上13条隧道总计19 380 m的水泥路面进行处治,改善隧道路面抗滑性能。概况见表1。

表1 HOG纹理化隧道路面情况汇总

项目名称	隧道名称	行车方向	长度/ m	HOG 方式	HOG 时间/ (年.月)	养护情况	通车时间/ 年
HMDQ 高速	BH	上行	390	一代机	2017.12	未养护	1997
		下行	360	一代机	2017.12	未养护	
EG 高速	NMS	上行	315	一代机	2017.12	未养护	2014
	ZGS	下行	1 300	一代机	2017.09	未养护	
JL 高速	SCD	上行	2 580	一代机	2016.06	未养护	2016
		下行	2 580	一代机	2016.06	未养护	
	BWA	上行	3 080	一代机	2016.06	未养护	
		下行	3 080	一代机	2016.06	未养护	
JZB 高速	PSO	下行	755	一代和二代机结合	2017.09	2014 年常规铣刨	2003
	YP	下行	2 063	一代和二代机结合	2017.09	2014 年常规铣刨	
	WKB	下行	1 342	一代和二代机结合	2017.09	2014 年常规铣刨	
	WQ	下行	405	一代和二代机结合	2017.09	2014 年常规铣刨	
	SMA	下行	1 130	一代和二代机结合	2017.09	2014 年常规铣刨	
合计			19 380				

2.2 施工工艺

HOG纹理化设备左右各50 cm作业宽度,间隔140 cm,车道宽度3.75 m,需4次往复作业。纹理化设备50 cm作业宽度范围内共由4排刀头(图4),每排有12个(图5)。

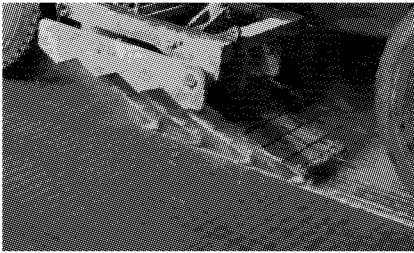


图4 纹理化设备作业宽度刀头分布图

HOG纹理化对水泥路面抗滑性能的改善效果与纹理间距和纹理稀疏有较大关系,在纹理化施工过程中,需密切关注纹理宽度以及纹理深度。当纹理间的宽度增大,纹理深度达不到要求时,需调整作用在刀头上的恒定压力值或者更换刀头。



图5 纹理化设备用刀头

一代纹理机(一代机)是 2009 年引进加拿大 HOG 型飞行跑道纹理化处理技术结合北方奔驰底盘进行安装改造而成,工作原理采用“按压拖动”的方式工作,每个刀头接触点均可随路面高低不同做出相应变化。经过 5 年的工程应用,于 2014 年推出河南高远完全自主研发的二代处理机车,二代纹理机(二代机)采用“分段”式旋转卧铣方式,把作业宽度分成若干小段,每个分段上的每个刀头接触点不但可以随路面高低不同做出相应变化,并且可以在小幅范围内左右变化,刻出更为致密的纹理。

EG 高速和 HMDQ 高速上隧道未进行过铣刨处置,水泥浆体对刀头接触点影响较小,刻出的纹理均匀致密。

JZB 高速上隧道进行过铣刨处置,面板表面水泥浆已被铣刨,水泥面板上裸露的粗集料以及小损伤,对刀头接触点分布的均匀性影响较大,仅采用一代机难以刻出均匀致密纹理。采用二代纹理机在一代纹理化的基础上加密了 JZD 高速上 YP 隧道、WKB 隧道、WQ 隧道、PSO 隧道、SMA 隧道共 5 个隧道的纹理。

2.3 抗滑性能评价

根据 JTGE60—2008《路基路面现场测试规程》要

求,采用 SCRIM 型横向力系数检测车对 EG 高速、HMDQ 高速和 JZB 高速隧道主车道进行 SFC 检测,每 20 m 输出一个数据,计算 SFC 百米均值,并按照 JTGH20—2007《公路技术状况评定标准》进行评定,具体情况见表 2~5,其中表 4、5 为 JL 高速隧道跟踪工后和工后 1 年的检测数据。

表 2 纹理化隧道路面主车道 SFC 均值统计

项目 名称	隧道名称	SFC 均值		
		工前	一代 纹理机	二代 纹理机
HMDQ 高速	BH 隧道	41	54	—
	BH 隧道	44	50	—
	NMS 隧道	39	53	—
EG 高速	ZGS 隧道	28	54	—
	PSO 隧道	37	42	60
	YP 隧道	27	38	64
JZB 高速	WKB 隧道	28	41	62
	WQ 隧道	34	45	59
	SMA 隧道	34	46	59

表 3 隧道路面主车道抗滑性能指数(SRI)各评定等级长度统计表(工后)

项目名称	隧道名称	HOG 方式	长度/m					合计
			优	良	中	次	差	
HMDQ 高速	BH 隧道	一代机	360	0	0	0	0	360
		一代机	390	0	0	0	0	390
	NMS 隧道	一代机	315	0	0	0	0	315
EG 高速	ZGS 隧道	一代机	1 000	300	0	0	0	1 300
	PSO 隧道	二代机	740	0	0	0	0	740
		一代机	140	200	400	0	0	740
JZB 高速	YP 隧道	二代机	2 060	0	0	0	0	2 060
		一代机	40	300	1 720	0	0	2 060
		二代机	1 440	0	0	0	0	1 440
	WKB 隧道	一代机	200	300	940	0	0	1 440
		二代机	400	0	0	0	0	400
	WQ 隧道	一代机	40	300	60	0	0	400
SMA 隧道	SMA 隧道	二代机	1 120	0	0	0	0	1 120
		一代机	220	900	0	0	0	1 120

由表 2~5 可知:

(1) 采用一代机对未经过铣刨的水泥路面进行 HOG 纹理化处治,路面抗滑性能有明显提高,SFC 均

值提高 6~26,各路段均能达到优良等级;采用一代纹理化经过铣刨的水泥路面,路面抗滑性能虽有所提高,但个别位置仍处于中等级。

表 4 JL 高速隧道路面主车道 SRI 各评定等级长度统计

隧道名称	长度/m					
	优	良	中	次	差	合计
SCD 隧道	1 580	1 000	0	0	0	2 580
	2 380	200	0	0	0	2 580
BWA 隧道	100	2 760	200	0	0	3 060
	2 860	200	0	0	0	3 060

表 5 JL 高速纹理化隧道路面 SFC 均值统计

隧道	车道	上行		下行		
		工后	工后 1 年	工后	工后 1 年	下降幅度
SCD 隧道	慢车道	—	53	—	43	—
	主车道	—	50	70	45	25
	超车道	—	54	73	52	21
BWA 隧道	慢车道	—	50	70	46	24
	主车道	—	44	63	44	19
	超车道	—	53	65	46	19

(2) 采用二代纹理机在一代纹理化的基础上加密经过铣刨的水泥路面,隧道路面抗滑性能有显著提高,二代纹理机处治后,SFC 均值较未处治前(工前)提高 20 以上。按照百米均值进行评定,各路段抗滑性能指数 SRI 均评定为优等级。

(3) JL 高速工后 SFC 均值均在 63 以上,工后 1 年 SFC 均值虽有所衰减,仍能保持优良等级。

2.4 行驶质量评价

根据 JTG E60—2008《路基路面现场测试规程》要求,采用道路多功能检测车对 EG 高速、HMDQ 高速和 JZB 高速隧道主车道进行路面国际平整度指数 (IRI) 检测,每 20 m 输出一个数据,计算 IRI 百米均值,结果见表 6。

由表 6 可知:采用 HOG 纹理化处治后,路面 IRI 值有所降低,路面行驶质量有所改善。

3 经济效益分析

将 HOG 纹理化与其他改善隧道水泥路面抗滑性

表 6 纹理化隧道路面主车道 IRI 均值统计

项目名称	隧道名称	行车方向	IRI 均值/(m · km ⁻¹)	
			工前	工后
HMDQ 高速	BH 隧道	下行	4.30	4.02
	BH 隧道	上行	3.07	2.91
	NMS 隧道	上行	1.73	1.71
EG 高速	ZGS 隧道	上行	3.85	3.69
	PSO 隧道	下行	1.83	1.71
JZB 高速	YP 隧道	下行	2.18	2.01
	WKB 隧道	下行	2.08	1.91
	WQ 隧道	下行	1.74	1.59
	SMA 隧道	下行	2.05	1.84

能的措施如:常规铣刨、精铣刨、加铺 4 cm AC—16 以及 2 cm Novachip 罩面等的直接工程费进行对比(直接工程费主要参考市场价格)。各项措施直接工程费及特点如表 7 所示。

表 7 各措施直接工程费及特点统计

处治方式	单价/(元 · m ⁻²)	处治效果	特点
常规铣刨	8	抗滑改善不明显	耐久性不佳
精铣刨	28	抗滑改善不明显	耐久性不佳
加铺 Novachip	65	抗滑改善明显	耐久性良好,造价较高并且受到隧道净空限制
加铺 AC—16	85	抗滑改善明显	耐久性良好,造价较高并且受到隧道净空限制
HOG 纹理化	15	抗滑改善明显	耐久性良好

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2019.04.041

基于区间有序加权算子的地铁车站深基坑 支护方案灰色评价

尹小延

(中原工学院 信息商务学院, 河南 郑州 450007)

摘要: 地铁车站深基坑支护方案选择的科学合理性直接关系到整个工程的施工安全, 针对传统深基坑支护方案评价方法主观性强、信息不足等问题, 提出基于区间有序加权算子的地铁车站深基坑支护方案灰色评价模型。首先, 从支护方案的安全性、经济性、技术可行性和环境影响 4 个方面系统地构建支护方案评价指标体系。然后, 利用多粒度语言实现评价指标重要度的语言转换, 引入区间有序加权 (IOWA) 算子中正态分布密度函数对指标赋权, 利用 θ 系数对权重做进一步调整, 求得指标权值, 提高赋权的科学性。最后, 考虑支护方案评价指标的不完整性、数据贫乏性, 利用灰色关联拟合出各个方案与最优方案的贴进度, 得出最佳支护方案。将其运用于郑州地铁 1 号线紫荆山车站支护方案的评价, 认为在施工过程中应选择地下连续墙十内支撑的支护方式, 拟合结果与实际情况相符合, 验证了模型的科学性。

关键词: 地铁车站深基坑; 支护方案; 评价; IOWA; Gray

地铁成为解决城市交通压力的绿色出行工具, 逐渐得到推广, 车站作为连接的纽带是一项复杂的系统工程, 关于支护方案的选择在现实施工中多数基于半理论半经验的方法。此外, 地铁车站往往设置在人流密集的区域, 尤其是换乘车站, 周边交通甚为繁忙, 临近高层建筑, 对车站深基坑工程开挖支护提出更高要求。支护方案作为深基坑重要的组成部分, 选择的

科学合理性与深基坑施工安全密切相关。故对地铁车站深基坑支护方案作出科学的评价有利于提高基坑施工安全性, 具有重要的现实意义。

关于地铁车站深基坑支护方案的评价, 国内外学者作了大量的研究。Bjerrum 对深基坑支护结构的可靠性作了研究并分析支护方案失效作用机理、不确定性因素; 王梦恕对北京地铁复兴门车站施工工艺作了

4 结论

(1) HOG 水泥混凝土路面纹理化技术处理后路面具备良好镶嵌性的波浪形浅纹理, 可明显改善水泥路面的抗滑性能。

(2) 一代纹理化机对未经过铣刨的水泥路面抗滑性能改善效果较为明显; 经过铣刨的水泥路面可采用一代纹理化处理后, 接着采用二代纹理机加密纹理的组合方式, 效果较佳。采用 HOG 纹理化处治后, 可改善水泥路面行驶质量。

(3) HOG 纹理化技术经过多条高速公路应用表

明, 对隧道水泥路面抗滑性能改善明显, 耐久性良好。工程造价低, 经济效益明显。

参考文献:

- [1] 杨学良, 杨良, 等. 隧道路面表面抗滑性能的调查与分析[J]. 公路, 2003(12).
- [2] 李浩. 云南省高速公路隧道段交通事故特征调查及分析[J]. 公路交通科技: 应用技术版, 2014(3).
- [3] 张晓华, 张蓉, 周水文, 等. 铣刨工艺提高隧道内水泥混凝土路面抗滑性能应用探讨[J]. 中外公路, 2016(2).
- [4] JTG E60—2008 路基路面现场测试规程[S].
- [5] JTG H20—2007 公路技术状况评定标准[S].

收稿日期: 2018-10-10

基金项目: 河南省高等学校重点科研项目(编号: 16A560026)

作者简介: 尹小延, 女, 硕士, 讲师, Email: 779629409@qq.com