

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2020.03.017

南友高速公路排水沥青路面长期性能调查与评价

汪继平¹, 廉向东², 范勇军³, 彩雷洲³(1. 广西桂东高速公路有限公司, 广西 贵港 537300; 2. 广西交通投资集团有限公司;
3. 中路高科(北京)公路技术有限公司)

摘要:排水沥青路面是一种环境友好型功能路面,在中国应用逐步增多。为分析排水沥青路面在运营多年后的路面综合性能,该文依托 G7 211 广西南(宁)友(谊关)高速公路,对排水沥青路面在通车 12 年后的路面状况指数和路面使用性能进行评价分析。研究表明:排水沥青路面的路面状况指数和路面使用性能依然保持良好状态,说明其耐久性可以满足重载交通和南方多雨地区的外界环境考验;排水沥青路面施工时应严格控制粗集料等原材料品性,避免出现掺杂抗滑性、抗压性不足的石灰岩等集料,以提高排水沥青路面的长期耐久性;排水沥青路面具备空隙自清洗功能,在广西或其他南方多雨地区,一般无需特意对排水沥青路面清孔养护;但对于没有车辆行驶的排水沥青路面停车道,因缺少空隙自清洗功能导致路面堵塞较为严重,可结合现场渗水检测结果及时进行路面空隙堵塞恢复。

关键词:道路工程;排水沥青路面;性能评价;耐久性;路面自清洗功能

排水沥青路面具有抗滑性能好、噪声低、抑制雨天行车水雾、防止高速行车“水漂”、减轻夜晚行车眩光等技术特点,可以实现增进道路安全性、提高雨天行车舒适性、减少交通噪声等三大路面服务性能优势。排水沥青路面具有较大的空隙率,能有效提高路面渗水能力,在越来越注重道路功能性的今天,作为一种环境友好型路面已逐渐成为公路建设的一个重要发展方向。

排水沥青路面在国外的研究应用历史已超过 40 年,在欧洲、美国和日本等国家应用广泛。日本的调查发现,高速公路普通路面的雨天事故率是晴天的 9 倍,而铺装排水沥青路面后,雨天事故可减少 80%,交通噪声可降低 3~5 dB,使得雨天安全行车速度大为提

高;由此,其突出的安全性使得排水沥青路面在日本高速公路被强制使用。在西欧部分国家和美国部分地区也有类似强制使用的情况。在中国,交通运输部公路科学研究院及其下属企业中路高科(北京)公路技术有限公司等单位自 2001 年开始系统深入研究排水沥青路面技术,至今为止在江苏、江西、四川、湖南、浙江、安徽、云南等多个省份得到推广应用,目前排水沥青路面在中国国内高速公路上的应用逐步增多,在新建和养护工程中均有所涉及。同时,对于重载、重交通高速公路,排水沥青路面也具有可实施性和可靠性,如 2005 年建成通车的江苏盐通高速公路排水沥青路面工程,至今其路用性能依然保持良好。

- *****
- [8] 赵纪飞,叶建龙,王骁帆,等.连续配筋混凝土路面横向裂缝传荷作用的数值模拟和敏感性分析[J].公路交通科技,2018(6).
- [9] JTG D40-2011 公路水泥混凝土路面设计规范[S].
- [10] 邹晓翎,谈至明,钱晨,等.路面温度日变化曲线的拟合[J].长安大学学报(自然科学版),2015(3).
- [11] 严作人.层状路面体系的温度场分析[J].同济大学学报,1984(1).
- [12] 董侨.沥青混凝土+连续配筋水泥混凝土复合式路面结构与材料研究[D].东南大学硕士学位论文,2006.

- [13] 廖公云,黄晓明.ABAQUS有限元软件在道路工程中的应用[M].2版.南京:东南大学出版社,2014.
- [14] 谈至明,姚祖康.非线性温度场下的水泥混凝土路面温度应力[J].中国公路学报,1993(4).
- [15] 胡昌斌,金王杰,孙增华.水泥混凝土路面早龄期温度场数值模拟研究[J].工程力学,2013(4).
- [16] 江见鲸,陆新征,叶列平.混凝土结构有限元分析[M].北京:清华大学出版社,2005.
- [17] GB/T 18204.13-2000 公共场所空气温度测定方法[S].

收稿日期:2019-11-20

作者简介:汪继平,男,大学本科,高级工程师.E-mail:274114147@qq.com

广西年平均降水量为 1 500~2 700 mm,是中国降雨量和降雨天数最多的省份之一,雨天行车安全性显得尤为重要。因此,广西地区特别适合应用排水沥青路面,它能发挥其安全性能,带来更显著的经济社会效益。而广西南(宁)友(谊关)高速公路作为与江苏盐通高速公路同期修筑的排水沥青路面,其路面性能状况将进一步验证排水沥青路面在重载交通和广西多雨环境下的适应性。该文对广西南友高速公路排水沥青路面通车运营 12 年后的性能进行评价,为排水沥青路面在广西地区的推广应用积累宝贵的工程经验。

1 旧路结构形式与配合比设计

1.1 路面结构

为提高广西南友高速公路的安全性能和功能性服务水平,于 2005 年路面新建时期,从日本引入排水沥青路面技术,在下行线 K51+700~K55+200 路段成功铺筑排水沥青路面试验段 4.5 km。路面结构为 4 cm 排水沥青混合料+SBR 改性乳化沥青防水层+5 cmAC20+SBR 改性乳化沥青黏结防水层+6 cmAC25+SBR 改性乳化沥青稀浆封层+煤油稀释沥

青透层+58 cm 水泥稳定碎石。至今为止,广西南友高速公路排水沥青路面已通车运营近 12 年,接近沥青路面设计年限。

1.2 原材料

南友高速公路排水沥青路面修筑时,其采用的原材料如下:基质沥青为泰普克重交 70# 沥青,加入 TPS 改性剂后动力黏度达到 80 314 Pa·s;集料为英安岩,矿粉采用憎水性岩石石灰岩,填料为 P. O. 32.5 级水泥,其相关技术指标均符合现行规范要求。

1.3 排水沥青混合料配合比设计

采用的排水沥青混合料级配和配合比设计试验结果如表 1、2 所示,其中沥青含量为 5%(TPS 为沥青内掺的 12%)。

表 1 矿料合成级配

筛孔尺寸/mm	通过率/%	筛孔尺寸/mm	通过率/%
19	100	1.18	14.3
16	100	0.6	12.0
13.2	91.9	0.3	9.8
9.5	44.8	0.15	8.2
4.75	21.9	0.075	6.4
2.36	17.5		

表 2 配合比设计试验结果

最大理论密度/(g·cm ⁻³)	毛体积密度/(g·cm ⁻³)	空隙率/%	连通空隙率/%	稳定度/kN	流值/(0.1 mm)	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	析漏损失/%
2.393	1.930	19.3	13.2	7.58	27.0	6 857	0.24

2 交通量分析

交通荷载是引起路面疲劳破损的直接原因。随着交通荷载的不断增大,路面会产生裂缝、车辙等病害,这些病害会对排水沥青路面的空隙产生影响,导致排水路面透水性能下降,影响排水降噪的能力。根据南友高速公路实际交通状况,对 G7 211 南友高速公路下行线方向 K51+700~K55+200 段落(苏圩—吴圩)近 5 年交通量进行统计分析。结果如表 3 所示。

表 3 南友高速公路苏圩—吴圩段近 5 年交通量统计

年份/年	交通量/(pcu·d ⁻¹)	年份/年	日交通量/(pcu·d ⁻¹)
2012	13 652	2015	17 548
2013	15 799	2016	16 731
2014	17 585		

由表 3 可以看出:苏圩—吴圩段排水沥青路面与整条高速公路的日平均交通量相差不大,基本成一致的趋势,通车前几年都成增长趋势,2005—2009 年增长趋势缓慢,2010—2014 年增幅较大;从 2014 年开始,交通量变化率较小,交通量呈现微减的趋势。

3 路用状况评价

3.1 路用状况技术指标评价

根据南友高速公路路面状况检测数据,对排水沥青路面代表性路段(K52+000~K53+000)在 2009—2016 年期间路面使用性能指数 PQI、路面损坏状况指数 PCI、路面行驶质量指数 RQI、路面车辙深度指数 RDI、路面抗滑性能指数 SRI 等公路技术状况评价指标进行统计分析,结果如图 1 所示。

从图 1 可以看出:路面损坏状况指数 PCI、路面

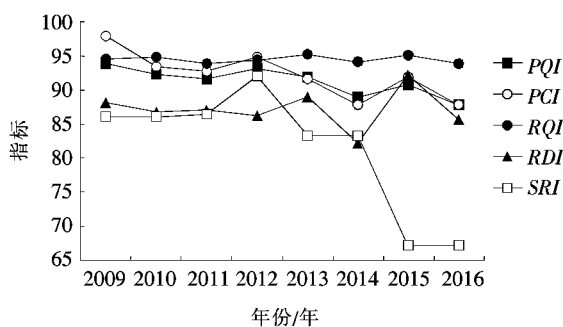


图 1 2009—2016 年排水沥青路面路面状况变化曲线

使用性能指数 PQI 随时间基本呈下降趋势,但在 2015 年各指数都有小幅提高;路面行驶质量指数 RQI 历年来数据大小无波动,基本保持一致,表明该路段路面平整度保持不变;路面车辙深度指数 RDI 随时间基本呈下降趋势,在 2015 年各路段路面车辙深度指数有小幅提高。

从整体趋势上来说, SRI 在 2009—2014 年基本保持不变,其中在 2012 年抗滑性能指数有明显提高,但 2015—2016 年各路段抗滑性能指数下降明显,总体呈现平稳—上升—下降的趋势。出现上述现象的原因在于:随着使用年限的增加,排水沥青路面表面沥青膜变薄或小面积脱落,部分集料裸露在外界环境中,路面摩擦系数有所提高;当沥青路面脱落范围较大,主料英安岩中掺杂的石灰岩集料大面积裸露时,又因石灰岩杂料自身抗滑性能不足而导致路面整体抗滑性能迅速衰减。

3.2 排水沥青路面与密级配沥青路面状况对比分析

为了与普通密级配沥青路面的路面状况进行比较,统计对比了 2009—2016 年 $K52+000 \sim K55+000$ 段排水沥青路面和 $K50+000 \sim K51+000$ 、 $K56+000 \sim K57+000$ 、 $K57+000 \sim K58+000$ 段普通密级配路面的各项指数,结果如图 2~6 所示。

从图 2~6 可以看出:在通车运营 6、7 年内,广西南友高速公路排水沥青路面的路面状况指标基本与传

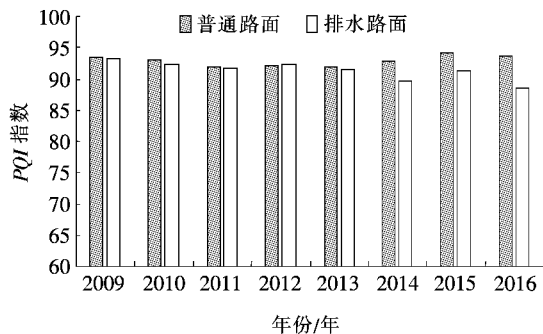


图 2 2009—2016 年路面使用性能指数 PQI 统计柱状图

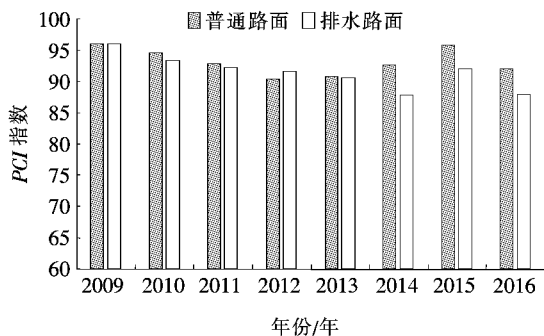


图 3 2009—2016 年路面损坏状况指数 PCI 统计柱状图

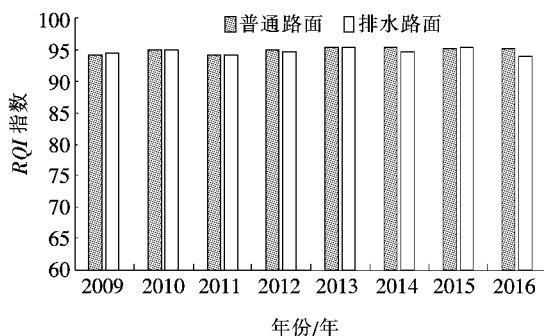


图 4 2009—2016 年路面行驶质量指数 RQI 统计柱状图

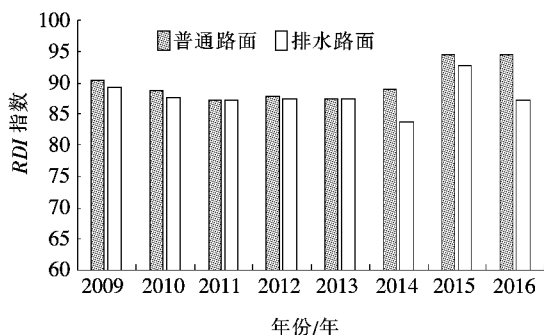


图 5 2009—2016 年路面车辙深度指数 RDI 统计柱状图

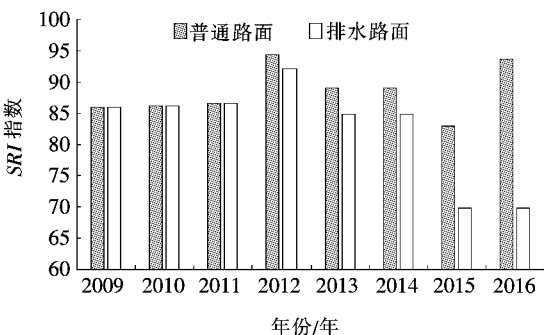


图 6 2009—2016 年路面抗滑性能指数 SRI 统计柱状图

统密级配沥青路面相同;在后期运营过程中,因未对排水沥青路面采取过任何预防性养护、清孔措施,部分路面状况指标有所下降,但总体下降幅度不明显;其中,

2012 年后排水沥青路面的路面抗滑性能指数 SRI 下降较为明显,上节已分析出现原因,此处不再赘述。

4 路面抗滑性能和渗水性能分析

4.1 路面渗水性能

为评价广西南友高速公路排水沥青路面通车运营至今其路面渗水性能变化情况,随机抽取代表性路段进行路面渗水检测。2005 年排水沥青路面施工结束后路面渗水检测平均用时为 5.6 s,渗水系数为 4 285

mL/min。2017 年渗水检测结果如表 4 所示。

由表 4 可知:与 2005 年排水沥青路面施工结束抽检结果相比,广西南友高速公路排水沥青路面在通车运营 12 年后,路面渗水系数衰减较为严重,路面孔隙已基本堵塞。但是对比行车道和停车道路面渗水结果,发现行车道仍具有一定的渗水能力,其渗水系数明显优于停车道。因施工管制原因,该次未对超车道进行路面渗水检测,但根据超车道路面孔隙堵塞情况,结合排水沥青路面工程经验,超车道路面渗水情况也明显优于停车道。

表 4 通车运营 12 年后排水沥青路面渗水试验结果

检测桩号	检测车道	检测位置	第 1 次读数时 间水量/mL	第 2 次读数时 间水量/mL	渗水时 间/s	渗水系数/ (mL · min ⁻¹)
K52+300	行车道	左轮迹带	100	500	178	135
	停车道	右轮迹带	100	500	>180	基本不渗
K52+450	行车道	左轮迹带	100	500	120	200
	停车道	右轮迹带	100	500	>180	基本不渗
K52+600	行车道	左轮迹带	100	500	94	255
	停车道	右轮迹带	100	500	>180	基本不渗
K52+750	行车道	左轮迹带	100	500	204	118
	停车道	右轮迹带	100	500	>180	基本不渗

出现上述原因可能在于:① 车辆在排水沥青路面高速行驶时,高速旋转的轮胎与路面接触时会快速挤压路面而形成真空泵吸的现象,将路面内部灰尘、泥砂等堵塞杂物排除出体内,起到路面自清洗的效果;② 广西区内降雨量较大,对处于横坡高位的超车道和行车道冲刷效果相对较为明显。

4.2 路面抗滑性能

在该次调研过程中,采用摆值指标对路面的抗滑性能进行评价。摆值通过 BM—Ⅲ 型摆式摩擦系数测定仪测定。2005 年排水沥青路面施工结束后路面抗滑检测平均值为 54 BPN。2017 年抗滑检测结果如表 5 所示。

表 5 通车运营 12 年后排水沥青路面抗滑性能检测结果

测点桩号	车道	位置	修正前摆 值/BPN	修正后摆 值/BPN	技术要求/ BPN	合格情况
K52+750	停车道	左轮迹带	52	54	潮湿区 ≥52	合格
	行车道	右轮迹带	60	62		合格
K52+600	停车道	左轮迹带	51	53		合格
	行车道	右轮迹带	49	51		不合格
K52+450	停车道	左轮迹带	49	51		不合格
	行车道	右轮迹带	59	61		合格
K52+300	停车道	左轮迹带	48	52		合格
	行车道	右轮迹带	44	55		合格

由表 5 可知:与 2005 年排水沥青路面施工结束抽检结果相比,广西南友高速公路排水沥青路面在通车运营 12 年后,除部分路段路面抗滑不合格外,总体抗滑值仍保持良好的合格率。说明在排水沥青路面通车运营后期,路面抗滑性能仍可以保持良好状态,耐久性功能可以经受路面使用年限的考验。而局部路段存在抗滑不足的现象,原因在于:① 随着通车运营时间的增长,在轮胎摩擦、沥青疲劳老化以及水损害导致的水分置换沥青反应等因素作用下,路面集料表面裹附的沥青膜发生脱落现象;② 英安岩集料中掺加了石灰岩杂石。

5 结论

通过对广西南友高速公路排水沥青路面长期性能调查与评价研究,得到如下结论:

(1) 在通车运营 12 年后,广西南友高速公路排水沥青路面的路面状况指数和路面抗滑效果依然保持良好状态,说明排水沥青路面的耐久性可以满足重载交通和多雨地区的外界环境考验。

(2) 排水沥青路面施工时应严格控制粗集料等原材料品性,避免出现掺杂抗滑性、抗压性不足的石灰岩等集料,以提高排水沥青路面的长期耐久性能。

(3) 广西南友高速公路排水沥青路面自 2005 年通车运营至今,未曾进行过路面清孔养护,但至今路面超车道和行车道仍存在渗水能力。说明排水沥青路面具备空隙自清洗功能,在广西或其他南方多雨地区,一般无需特意进行排水沥青路面清孔养护。

(4) 对于没有车辆行驶的排水沥青路面停车道,因缺少空隙自清洗功能导致路面堵塞较为严重,可结合现场渗水检测结果适当进行路面空隙堵塞恢复。

参考文献:

- [1] 王宏畅,葛辉,周明刚.基于常水头渗透试验的 PAC 排水和抗堵塞能力[J].东南大学学报(自然科学版),2016(1).
- [2] 肖鑫,张肖宁.基于工业 CT 的排水沥青混合料连通空隙特征研究[J].中国公路学报,2016(8).
- [3] 向浩,朱洪洲,陈柳晓.沥青路面面层渗透性研究[J].中外公路,2018(2).
- [4] 肖鑫,张肖宁.排水沥青路面排水能力分析 & 目标空隙率确定[J].中外公路,2016(1).
- [5] 矫芳芳.排水沥青混合料性能影响因素研究[D].长安大学硕士学位论文,2010.
- [6] 曹东伟,刘清泉,唐国奇.排水沥青路面[M].北京:人民交通出版社,2009.
- [7] 郭勇.高速公路排水性沥青混合料应用研究[D].东南大学硕士学位论文,2006.
- [8] 许斌.排水沥青路面预防性养护技术研究[D].大连理工大学博士学位论文,2016.
- [9] 交通运输部公路科学研究所,等.山区公路沥青面层排水技术的研究[R],2004.
- [10] 魏广才,李明亮,李俊,等.排水沥青路面在宁宿徐高速公路中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2016(12).
- [11] 徐秀芹,赵明方,李明亮,等.盐靖高速公路排水沥青路面配合比设计方法研究[J].公路交通科技(应用技术版),2016(10).
- [12] 王毅,唐国奇,魏娟,等.双层排水路面在遂资眉高速公路工程中的应用[J].交通科技,2014(2).
- [13] 钱国超,刘清泉,曹东伟,等.排水性沥青路面技术在盐通高速公路上的应用与创新[J].公路交通科技,2006(10).
- [14] 李政,黄小鹏,李明亮,等.排水沥青路面在浙江省金丽温高速公路的工程适应性研究[J].公路交通科技(应用技术版),2017(9).
- [15] 彭庆华.排水沥青路面在遂广高速公路的应用研究[J].公路交通科技(应用技术版),2016(6).
- [16] 曹佳斌.以石灰岩为粗集料的排水沥青路面结构性及功能性研究[D].重庆交通大学硕士学位论文,2017.
- [17] 东南大学,交通部公路科学研究所.沿海高速公路(南通段)排水性沥青路面试验段五年跟踪观测报告[R],2010.
- [18] 汪宽平,陈先华,唐国奇,等.盐城至南通高速公路排水性沥青路面长期性能观测与评价[J].公路交通科技(应用技术版),2014(2).
- [19] 孙桂凯,高沫,黄亚,等.广西近 50 年降水结构时空变化特征分析[J].水电能源科学,2016(9).
- [20] JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [21] JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [22] 樊统江,贾敬鹏,陈富强,等.排水沥青混凝土路面技术及其在日本的发展[J].公路,2007(1).
- [23] 杨孟余,等,译.日本铺装技术答疑[M].北京:人民交通出版社,2006.