

DOI:10.20035/j.issn.1671-2668.2024.02.012

普通国省干线公路旧沥青路面技术状况 评定及改造方案研究

张革芬, 吴勇, 陈东

(广西交通设计集团有限公司, 广西 南宁 530029)

摘要: 依托广西普通国省干线公路服务能力提升工程 G322 线改造项目, 通过平整度、弯沉等检测, 对沥青路面进行技术状况评定, 提高路面服务能力提升工程改造方案的可靠性、准确性及合理性; 根据技术状况评定结果、交通量调查结果制定局部病害及连续病害路段处置方案, 提出两种路面改造方案并对其优缺点及经济性进行对比分析, 确定最终改造方案。

关键词: 公路; 普通国省干线公路; 沥青路面; 技术状况评定; 旧路改造

中图分类号: U418.6

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2024)02-0055-05

近年来, 随着经济的发展, 普通国省干线公路上交通量逐年增大, 在大交通量及重交通荷载作用下, 路面状况日益恶化^[1-5]。广西是西部陆海新通道的重要节点, 普通国省干线公路服务能力提升工程项目的实施将提升区域路网通行能力, 促进运输效率提升, 加快推进区域经济合作、产业联动发展, 对促进广西“南向、北联、东融、西合”全方位开放发展意义重大。但当前公路基础设施养护存在明显不足, 养护资金投入比例较低, “重建设、轻养护”的观念依然存在, 养护设计和评价依据仍不明确、不完善^[6-9]。科学、合理的路面设计需要依托准确的路面状况评定、病害成因分析和科学方案决策^[10-15]。本文通过对原路面技术状况评定及病害产生原因分析, 结合广西气候、交通和公路建设特点, 以提高路面耐久性为目标^[16-18], 研究适合于广西湿热地区的旧路面改造方案。

1 工程概况

广西普通国省干线公路服务能力提升工程 G322 线改造项目包括全州火车站至新汽车站段(桩

号为 K1516+733—K1517+733) 和成水至兴安段(桩号为 K1548+700—K1555+081), 路线全长 7.381 km。原路的技术等级为一级公路, 第一段路面结构为 6 cm AC-20 沥青混凝土面层+24 cm 混凝土板, 第二段路面结构为 6 cm AC-20 沥青混凝土层+20 cm 水泥稳定碎石层+24 cm 水泥混凝土板。主要改造内容包括路面病害处置、路基防护、路面加铺等。

2 原路路况调查

2.1 交通量统计

表 1 为 2018—2021 年该项目交通量调查结果。由表 1 可知: 2018—2021 年该项目年平均日双向交通量逐渐增长, 4 年时间交通量翻倍, 其中小型货车流量增长最快, 中型货车次之, 特大型货车流量增长速度也较快。

2.2 路面技术状况与病害调查

该项目路面技术状况、损坏状况、行驶质量检测结果见表 2, 病害统计见图 1。

表 1 交通量调查结果

年份	年平均日双向交通量/(辆·d ⁻¹)									自然交通量合 计/(辆·d ⁻¹)	当量交通量合 计/(pcu·d ⁻¹)
	中小客车	大客车	小型货车	中型货车	大型货车	特大型货车	集装箱	摩托车	拖拉机		
2018	2 529	186	583	313	200	1 240	67	610	5	5 733	10 319
2019	2 198	34	2 199	1 565	183	1 644	87	769	3	8 682	15 050
2020	1 887	24	1 596	1 299	92	895	47	407	2	6 249	9 927
2021	3 102	57	2 897	1 697	232	2 216	117	822	2	11 142	19 488

表 2 路面技术状况评定

桩号	长度/ m	路面技术状况指数 I_{PQI}		路面损坏状况指数 I_{PCI}		路面行驶质量指数 I_{RQI}	
		左幅	右幅	左幅	右幅	左幅	右幅
K1516+733—K1517+000	267	78.10	76.53	77.05	67.01	81.60	81.72
K1517+000—K1517+733	733	68.54	70.83	67.18	59.08	75.35	78.96
K1548+700—K1549+000	300	76.39	70.41	66.03	56.67	80.93	82.94
K1549+000—K1550+000	1 000	81.09	64.93	68.57	45.61	89.77	80.57
K1550+000—K1551+000	1 000	74.95	69.43	57.59	51.92	87.00	84.55
K1551+000—K1552+000	1 000	76.59	73.50	60.22	52.85	88.85	90.07
K1552+000—K1553+000	1 000	76.55	62.50	62.25	44.53	87.08	88.70
K1553+000—K1554+000	1 000	77.41	62.82	59.22	45.49	91.44	74.72
K1554+000—K1555+000	1 000	81.78	86.50	66.11	81.33	94.33	92.15
K1555+000—K1555+081	81	82.53	46.09	71.17	71.52	93.23	0.00
平均值		77.39	68.35	65.54	57.60	86.96	75.44

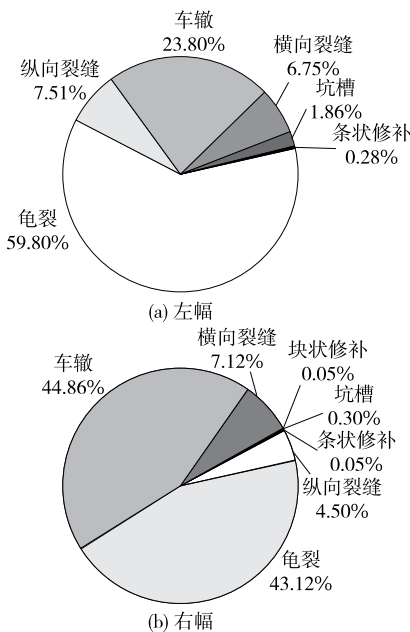


图 1 路面病害统计

由表 2 可知:1) 该项目右幅路面的技术状况指数 I_{PQI} 平均值为 68.35,左幅路面的 I_{PQI} 平均值为 77.39,大部分路段的 I_{PQI} 在 75 以下,根据公路技术状况分项指标等级划分标准,路面技术状况评价等级在“次”及以下,车辆通行能力差,严重影响行车安全性及舒适性。2) 右幅路面的损坏状况指数 I_{PCI} 平均值为 57.60,左幅路面的 I_{PCI} 平均值为 65.54,大部分路段的 I_{PCI} 小于 65,评价等级在“次”及以下,路面破损严重。3) 右幅路面的行驶质量指数 I_{RQI} 平

均值为 75.44,左幅路面的 I_{RQI} 平均值为 86.96,大部分路段的 I_{RQI} 小于 85,评价等级在“中”及以下,路面行驶舒适性较差。

从图 1 可以看出:左右幅路面均出现了严重的龟裂和车辙病害,左幅路面的龟裂、车辙病害分别占左幅路面病害的 59.80%、23.80%,右幅路面的龟裂、车辙病害分别占右幅路面病害的 43.12%、44.86%,龟裂和车辙是该项目路面的主要破坏形式。另外,还出现了较多的纵向裂缝、横向裂缝和坑槽等病害。

2.3 路面弯沉与厚度检测

路面弯沉检测结果见表 3。从表 3 可以看出:K1516+733—K1517+733 段、K1548+700—K1555+081 段弯沉代表值平均值分别为 18.35 (0.01 mm)、51.72 (0.01 mm),路面整体承载能力较好。

表 3 路面弯沉检测结果

桩号	幅位	检测点 数/个	弯沉/(0.01 mm)		
			平均值	标准差	代表值
K1516+733—	左幅	10	16.3	2.629	19.7
K1517+733	右幅	10	11.5	4.305	17.0
K1548+700—	左幅	3	28.6	4.225	34.0
K1549+000	右幅	3	36.2	7.019	45.2
K1549+000—	左幅	10	37.3	4.681	43.3
K1550+000	右幅	10	40.3	9.881	52.9

续表 3

桩号	幅位	检测点 数/个	弯沉/(0.01 mm)		
			平均值	标准差	代表值
K1550+000—	左幅	10	46.3	5.445	53.3
K1551+000	右幅	10	44.8	12.924	61.3
K1551+000—	左幅	10	45.3	5.814	52.7
K1552+000	右幅	10	53.4	10.030	66.2
K1552+000—	左幅	10	46.2	3.157	50.2
K1553+000	右幅	10	45.8	3.712	50.6
K1553+000—	左幅	10	51.4	6.530	59.8
K1554+000	右幅	10	49.1	5.573	56.2
K1554+000—	左幅	11	45.6	4.323	51.1
K1555+081	右幅	12	40.9	5.007	47.3

在 K1549+000 下行第一车道距中 7.3 m 处钻取芯样,取芯间距控制在 200 m 左右。结果显示:芯样厚度为 53 mm;芯样中、下面层断裂,顶部龟裂。

3 病害成因

实地勘察发现该项目路面出现了龟裂、车辙、横向裂缝、纵向裂缝、块裂等病害^[19-21],路面主要病害类型及产生原因如下:

(1) 龟裂。路面服役一段时间后,沥青路面整体强度或路基强度劣化,且沥青老化、脆化,在行车荷载及雨水等因素作用下,多条裂缝连通起来形成多边、锐角的小块,进而发展成为网状或龟纹状裂缝。

(2) 车辙。沥青混凝土中细集料过多,粗集料没有形成骨架嵌挤结构;沥青用量过多,高温性能较差,在行车荷载反复作用下,结构层材料产生侧向位移,产生累积永久变形。

(3) 纵向裂缝。路基压实度不佳,横向压实不均匀,在荷载作用下路基产生横向沉降差异,导致路面产生纵向裂缝。

(4) 横向裂缝。沥青路面在温度应力反复作用下产生疲劳裂缝;温差较大,温度下降速率过快,导致温度应力较大,超过沥青路面抵抗开裂的极限能力;随着时间的增长,沥青老化,沥青面层的抗裂缝能力逐年降低,产生温度裂缝。

(5) 块裂。横向裂缝和纵向裂缝产生后没有及时修复,同时沥青老化,在行车荷载或温度应力反复

作用下裂缝继续发展,进而相交,产生块状裂缝;路面基层块状开裂产生反射裂缝。

(6) 坑槽。集料间缺乏咬合力,沥青黏附性较差,在荷载、水和其他因素反复作用下,路面出现松散、水毁等现象,进而形成坑槽。

4 路面改造方案

4.1 病害处置措施

根据 JTG 5421—2018《公路沥青路面养护设计规范》和该项目路面检测结果,该项目的路面状况评价分项指标中至少有一项指标值小于 85,因此全路段均采用修复养护措施。根据路面病害情况及路面承载能力,采用结构性修复养护措施。不同病害处置措施见表 4。

表 4 病害处置措施

位置及病害		处置措施
机动 车道	K1516+733— K1517+733 段	铣刨旧沥青面层,更换破碎板
	K1548+700— K1555+081 段	铣刨、清除旧沥青面层 6 cm AC-20+ 破碎挖除水稳碎石基层 20 cm+ 碎石化旧水泥混凝土层 24 cm
	非机动车道的龟裂、车辙	铣刨面层并重铺
	坑槽	采用沥青混合料填补
纵横向裂缝		对裂缝进行灌缝处理

4.2 路面改造方案

综合考虑路面技术状况检测结果及病害处置措施,对两路段分别提出两种路面结构层改造方案进行比选。

4.2.1 路面改造方案一

K1516+733—K1517+733 段改造方案:铣刨旧沥青面层 6 cm+水泥混凝土破碎板更换+1.5 cm 热沥青同步碎石封层+8 cm ATB-25 沥青混合料下面层+4 cm ARAC-16 橡胶改性沥青混凝土面层[见图 2(a)]。

K1548+700—K1555+081 段改造方案:水泥路面碎石化层(铣刨、清除旧沥青面层 6 cm AC-20+破碎挖除水稳碎石基层 20 cm+碎石化旧水泥混凝土层 24 cm)+18 cm 低剂量水泥大粒径级配碎石基层+1.5 cm 热沥青同步碎石封层+9 cm 厂拌冷再生粗粒式改性乳化沥青混合料(回收利用铣刨旧沥青层+新料)+4 cm ARAC-13 橡胶改性沥青混

凝土上面层[见图 2(b)]。

4 cm ARAC-16橡胶改性沥青混凝土上面层
8 cm ATB-25沥青混合料下面层
1.5 cm热沥青同步碎石封层
铣刨旧沥青面层6 cm+混凝土破碎板更换
(a) K1516+733—K1517+733段
4 cm ARAC-13橡胶改性沥青混凝土上面层
9 cm厂拌冷再生粗粒式改性乳化沥青混合料
1.5 cm热沥青同步碎石封层
18 cm低剂量水泥大粒径级配碎石基层
水泥路面碎石化层
(b) K1548+700—K1555+081段

图 2 路面改造方案一(机动车道)

K1516+733—K1517+733 段改造方案的优缺点:ATB-25 沥青混合料具有较高的抗剪性能和抗高温车辙能力,较适合夏季气温高且高温时间长的地区。但施工中 ATB-25 沥青混合料比 AC-20 更容易出现离析现象,造成渗水和耐久性下降,对施工质量要求较高。该方案的造价为 133 元/ m^2 。

K1548+700—K1555+081 段改造方案的优缺点:与普通级配碎石基层相比,大粒径级配碎石基层采用更粗的级配,具有更稳定的骨架结构和更好的抗变形能力。但施工中大粒径碎石较容易离析,其性能受现场施工水平影响较大,对施工质量要求高。该方案的造价为 171 元/ m^2 。

4.2.2 路面改造方案二(见图 3)

4 cm ARAC-16橡胶改性沥青混凝土面层
8 cm AC-20沥青混合料下面层
1.5 cm热沥青同步碎石封层
原沥青路面(病害处理)
(a) K1516+733—K1517+733段
4 cm ARAC-13橡胶改性沥青混凝土上面层
9 cm冷再生粗粒式改性乳化沥青混合料
1.5 cm热沥青同步碎石封层
18 cm 5%水泥稳定碎石基层
水泥路面碎石化层
(b) K1548+700—K1555+081段

图 3 路面改造方案二(机动车道)

K1516+733—K1517+733 段改造方案的优缺点:AC-20 沥青混合料中沥青及细集料用量较多,空隙率较小,密实性和防渗水能力优于 ATB-25 沥青混合料。但高温环境下 AC-20 沥青混合料的稳定性和抗车辙能力比 ATB-25 沥青混合料稍差。该方案的造价为 140 元/ m^2 。

K1548+700—K1555+081 段改造方案的优缺点:水泥稳定碎石基层的模量高,整体性好,承载能力强。但水泥稳定碎石基层的收缩开裂及由此引起的沥青路面反射裂缝普遍存在,在裂缝得不到及时有效处理时,雨水通过裂缝下渗至基层易造成水损坏;半刚性基层破坏后,养护、修复较困难。该方案的造价为 179 元/ m^2 。

4.2.3 方案比选

由于广西地区夏季气温高且高温时间长,应重点考虑沥青混合料的高温稳定性。K1516+733—K1517+733 段改造方案一的高温性能优于方案二,且造价较低,推荐采用方案一。

综合考虑原道路状况、交通量及气候特点,K1548+700—K1555+081 段改造方案一在后期养护维修、交通影响、环境影响等方面优于方案二,同时其造价较低,推荐采用方案一。

4.3 路面加铺结构设计

K1516+733—K1517+733 段机动车道路面加铺结构为铣刨旧沥青面层 6 cm+水泥混凝土破碎板更换+1.5 cm 热沥青同步碎石封层+8 cm ATB-25 沥青混合料下面层+4 cm ARAC-16 橡胶沥青混凝土面层;非机动车道路面加铺结构为原沥青路面+1.5 cm 热沥青同步碎石封层+6 cm AC-16 普通沥青混凝土面层(见图 4)。

4 cm ARAC-16橡胶改性沥青混凝土面层
8 cm ATB-25沥青混合料下面层
1.5 cm热沥青同步碎石封层
原水泥路面(铣刨表面沥青面层, 换板)
(a) 机动车道
6 cm AC-16普通沥青混凝土面层
1.5 cm热沥青同步碎石封层
原沥青路面
(b) 非机动车道

图 4 K1516+733—K1517+733 段路面加铺结构设计

K1548+700—K1555+081 段机动车道路面加铺结构为水泥路面碎石化(铣刨、清除旧沥青面层 6 cm AC-20+碎石化旧水泥混凝土层 24 cm)+18 cm低剂量水泥大粒径级配碎石+1.5 cm 热沥青同步碎石封层+9 cm 厂拌冷再生粗粒式改性乳化沥青混合料(回收利用铣刨旧沥青层+新料)+4 cm ARAC-13 橡胶沥青混凝土;非机动车道路面加铺结构为局部病害修复(龟裂处铣刨换填、坑槽修补)+1.5 cm 热沥青同步碎石封层+5 cm AC-16 沥

青混凝土面层(见图 5)。

4 cm ARAC-13橡胶沥青混凝土面层
9 cm厂拌冷再生粗粒式改性乳化沥青混合料
1.5 cm热沥青同步碎石封层
18 cm低剂量水泥大粒径级配碎石基层
水泥路面碎石化
(a) 机动车道
5 cm AC-16沥青混凝土面层
1.5 cm热沥青同步碎石封层
局部病害修复
(b) 非机动车道

图 5 K1548+700—K1555+081 段路面加铺结构设计

5 结语

本文依托广西普通国省干线公路服务能力提升工程,对 G322 线开展交通量调查及路面行驶质量检测。调查结果表明,2018—2021 年交通量迅速增长,尤其是货车比例大幅度增加,导致路面行驶质量变差,大部分路段路面行驶质量指数小于 85,评价等级在“中”及以下;主要病害形式为龟裂、车辙、横向裂缝、纵向裂缝等;路面芯样中、下面层断裂,顶部龟裂。交通量大、重车比例高是造成路面病害的主要原因。根据病害类型提出局部处置措施,同时结合广西气候、交通和公路建设特点,以提高路面耐久性为目标,提出适合于广西湿热地区的旧路面改造方案,实现改扩建工程的经济效益最大化。

参考文献:

- [1] 吴飞富.广西旧水泥路面加铺沥青面层合理结构研究[D].西安:长安大学,2017.
- [2] 何雄伟,薛永杰,朱继东,等.旧混凝土路面沥青混合料加铺层的结构设计[J].武汉理工大学学报,2003,25(12):26-29.
- [3] 侯锋,罗红芬.基于老路分类的山区二级公路改扩建工程路线设计探讨[J].公路交通技术,2017,33(4):5-7.
- [4] 张海忠,赵云安,姜正晖.高速公路连续高边坡路段改扩建方案研究[J].公路交通技术,2017,33(4):11-15.
- [5] 何健嫦.贵州山区高速公路改扩建存在问题及推荐方案[J].公路交通技术,2013,29(5):26-28+33.
- [6] 饶法强,高亮,黄文元,等.基于病害发展阶段分类的公路路面检测方法发展综述[J].上海公路,2022(1):31-35.
- [7] 王指明.上三高速公路路面检测评价与病害处治方法研究[D].西安:长安大学,2015.
- [8] 李佑珍,王恒.高速公路养护成本分析与控制对策[J].公路交通技术,2009,25(4):165-168.
- [9] 王宝松,青光焱.基于路面性能预测的高速公路养护决策研究[J].公路交通技术,2022,38(4):48-56.
- [10] 杨彦昌,李红涛,李良.某二级公路改建项目旧路评价及处治措施[J].山西建筑,2018,44(29):159-160.
- [11] 陈忠云,王佳,黄红明.软基路段旧路性能综合评价及改造技术研究[J].中外公路,2022,42(6):30-35.
- [12] 姚国鑫.高速公路改扩建工程旧路的检测及改善设计[J].低碳世界,2019,9(1):219-220.
- [13] 王笑风,杨博,侯明业.高速公路改扩建工程旧路的检测及改善设计[J].筑路机械与施工机械化,2018,35(4):108-112.
- [14] 葛浩.张岗公路升级改造旧路检测与处治研究[C]//中国公路学会养护与管理分会.中国公路学会养护与管理分会第七届学术年会论文集.北京:人民交通出版社股份有限公司,2017:236-240.
- [15] 郝孟辉,李旭瑞,贾海洋,等.干线公路升级改造旧路检测与处治研究[J].中外公路,2015,35(5):6-9.
- [16] 易克勤.基于物元分析法的高速公路沥青路面结构方案优化研究[J].公路与汽运,2020(2):56-61.
- [17] 杨捷,孙建武.高抗车辙沥青路面技术在高速公路互通匝道路面维修中的应用[J].公路与汽运,2023(1):95-100.
- [18] 徐衍亮,吕正龙.面向 30 年的长寿命沥青路面设计研究[J].公路与汽运,2023(2):44-48+72.
- [19] 吴传海,杨艺,王旺,等.基于病害特征的湿热地区公路沥青路面破损状况评价研究[J].交通科学与工程,2023,39(4):9-16.
- [20] 张四恒,黄运军,邵景干,等.矿料级配与沥青对薄层罩面路用性能的影响[J].长沙理工大学学报(自然科学版),2022,19(3):59-68.
- [21] 林子杰.基于 Transformer 的沥青路面病害识别研究[D].重庆:西南大学,2023.

收稿日期:2023-04-03