

高韧超薄沥青磨耗层在旧砼桥面铺装中的应用

罗检萍¹, 黄红明^{2,3}

(1. 中铁十二局集团 第七工程有限公司, 湖南 长沙 410004; 2. 佛山市交通科技有限公司, 广东 佛山 528041;

3. 佛山市公路桥梁工程监测站有限公司, 广东 佛山 528041)

摘要: 为提高旧砼桥面的使用功能, 降低行车噪声, 依托佛山一环西拓旧路改造工程, 分析旧砼桥面铺装改造特点, 研究旧砼桥面铺装改造设计方案。采用 PG-100 型高黏高弹聚合物改性沥青开展新型 GT-8 高韧超薄铺装材料配合比设计, 进行 2 cm 厚 GT-8 高韧超薄沥青磨耗层应用研究, 并对层间黏结、施工工艺及应用效果进行分析。

关键词: 桥梁; 桥面; 高韧超薄沥青磨耗层; 旧砼桥面铺装

中图分类号: U445.7

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2022)02-0126-04

在车辆荷载、时间、环境等因素的作用下, 一些老旧水泥砼桥面逐渐出现裂缝、坑槽等病害, 造成平整度不佳、行车舒适性差、抗滑性能衰减快及行车噪声大等问题, 采用沥青混合料加铺罩面开展水泥砼桥面预防性养护可有效解决这些问题。超薄磨耗层具有较高的整体性, 能与下承层连接成为一个整体, 属于超长耐久的表面层, 具有较好的抗车辙、抗滑、抗磨损的特点及优势, 已在中国多座桥梁铺装中得到较好应用, 养护效果显著。该文依托佛山一环西

拓旧路改造工程, 研究高韧超薄沥青磨耗层在旧砼桥面铺装中的应用。

1 桥面铺装层改造方案

佛山一环西拓旧路改造项目全长 44.803 km, 涉及特大桥及大桥 8 988.42 m、中小桥 510.09 m, 其中高明大桥、樵高路立交桥、三茂铁路跨线桥、三水二桥、杨西大道上的沧江四桥及步洲大桥均采用钢筋砼桥面。现有旧砼桥面的改造处理方案见表 1。

表 1 桥面铺装改造方案比选

改造方案	施工方法	优点	缺点
加铺 2 cm 超薄热拌沥青	对原有桥面铺装层进行病害处置, 精铣刨桥面后加铺 2 cm 超薄热拌沥青磨耗层	桥面改成沥青后, 颜色统一, 行车舒适, 上部荷载增加较少	2 cm 薄层沥青施工要求严格, 耐久性较差, 造价偏高
加铺 4 cm 沥青玛蹄脂	对原有桥面铺装层进行病害处置, 喷砂打毛桥面后加铺 4 cm 沥青上面层 SMA-13	桥面改成沥青后, 颜色统一, 行车舒适, 方案成熟, 耐久性好	桥面荷载增加较多, 对老桥的检测加固有较高要求
维持钢筋砼桥面铺装	对原有桥面铺装层进行病害处置, 不加铺面层, 不增加上部恒载	桥面铺装修复后能满足通行要求, 施工简单, 速度快, 造价低, 对道路通行影响较小	没有达到桥面统一改造的目标, 行车舒适性较差

为有效提升桥面平整度, 降低行车噪声, 提高行车舒适度, 同时避免桥梁增加过大恒载, 经桥梁结构验算和比选, 选用较小路面结构厚度的超薄磨耗层进行桥面铺装改造。在桥面病害处理完成后, 喷洒 0.8 kg/m^2 经化学处治的高性能 SBS 改性乳化沥青作为黏结层, 以确保超薄磨耗层和原桥面的紧密黏结, 然后加铺平均厚度为 2 cm 的热拌高韧超薄沥青磨耗层。

2 原材料

2.1 沥青

采用 PG-100 型高黏高弹聚合物改性沥青作为高韧超薄沥青磨耗层的沥青胶结料, 如表 2 所示, 该改性沥青的 60°C 动力黏度 $> 580\,000 \text{ Pa} \cdot \text{s}$, 60°C 复合剪切模量为 15.7 kPa , 试验温度为 100°C 时 $G^*/\sin\delta \geq 2.2 \text{ kPa}$, PG 高温性能分级达到 PG-

100 的要求,具有很强的黏结性能、高温抗变形能力与变形恢复能力。

表 2 高黏高弹聚合物改性沥青性能试验结果

项目	技术要求	试验结果
25℃针入度/(0.1 mm)	30~50	39
25℃弹性恢复/%	≥98	99.3
软化点/℃	≥95	104.0
60℃动力黏度/(Pa·s)	≥58 000	>580 000
离析,48 h 软化点差/℃	≤2.5	2.0
60℃复合剪切模量/kPa	≥12	15.7
质量变化/%	±0.1	-0.09
TFOT 针入度比/%	≥70	85.6
试验后 $G^*/\sin\delta\geq 2.2$ kPa	≥100	100
临界温度/℃		

2.2 集料与填料

粗集料采用广西贵港辉绿岩,规格为 5~8、3~

5 mm;细集料采用广西贵港辉绿岩机制砂,规格为 0~3 mm;填料采用石灰岩矿粉。其技术指标与筛分结果见表 3、表 4。

表 3 集料与填料的技术指标

项目	技术要求	试验结果
压碎值/%	≤18	13.1
洛杉矶磨耗损失/%	≤20	15.6
与沥青的黏附性/级	5	5
表观相对密度	5~8 mm	≥2.6
	3~5 mm	2.950
	0~3 mm	2.937
	矿粉	≥2.5
吸水率/%	5~8 mm	2.906
	3~5 mm	2.745
针片状颗粒含量/%	5~8 mm	≤1.0
	3~5 mm	0.56
细集料砂当量/%	5~8 mm	≤8
	3~5 mm	3.5
		≥65
		82

表 4 集料与填料的筛分结果

材料类型	通过下列方孔筛(mm)的质量百分率/%							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
集料	5~8 mm	100	3.7	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1
	3~5 mm	100	92.1	4.4	0.4	0.4	0.4	0.1
	0~3 mm	100	100.0	91.6	67.2	51.7	36.2	21.8
矿粉	100	100.0	100.0	100.0	100.0	100.0	98.2	86.0

3 GT-8 高韧超薄磨耗层配合比设计

3.1 矿料级配组成

GT-8 高韧超薄沥青磨耗层的矿料级配为

特殊骨架密实型沥青砼,实现混合料结构性能与功能性能同步设计,其合成级配见表 5,各材料比例为 5~8 mm : 3~5 mm : 0~3 mm : 矿粉 = 43 : 30 : 24 : 3。

表 5 GT-8 高韧超薄沥青磨耗层的合成级配

级配类型	通过下列方孔筛(mm)的质量百分率/%							
	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配	100	56.2	26.3	19.2	15.5	11.8	8.3	5.3
级配范围	100	35~80	15~35	8~25	6~20	5~15	4~12	3~8

3.2 油石比的确定

采用马歇尔设计法进行 GT-8 高韧超薄沥青磨耗层配合比设计,根据其应用经验,初定油石比为 7.8%进行马歇尔试验,结果见表 6。由表 6 可知:油石比为 7.8%时,各项技术指标满足规范要求,故确定油石比为 7.8%。

3.3 路用性能验证

采用车辙试验、冻融劈裂试验、稳定度试验、抗滑试验与飞散试验等对高韧超薄沥青磨耗层沥青混

表 6 GT-8 高韧超薄沥青磨耗层的马歇尔试验结果

项目	规范要求	试验结果
油石比/%	≥7.5	7.8
最大理论相对密度	—	2.556
空隙率/%	3.0~5.0	4.3
稳定度/kN	≥6.0	11.52
毛体积相对密度	—	2.446
饱和度/%	—	78.6
矿料间隙率/%	≥19.0	20.1

合料的路用性能进行评价,同时采用四点弯曲疲劳试验评价其疲劳寿命,结果见表 7。

表 7 路用性能与抗疲劳性能试验结果

项目	技术要求	试验结果
动稳定度/(次·mm ⁻¹)	≥3 000	7 453
残留稳定度/%	≥85	94.6
冻融劈裂强度比/%	≥80	92.8
析漏/%	≤0.3	0.25
飞散损失/%	≤8	4.5
构造深度/mm	≥0.6	0.9
疲劳寿命(15℃, 1 000 με)/次	≥300 000	1 246 832

由表 7 可知:采用 PG—100 型高黏高弹聚合物改性沥青,高韧超薄沥青磨耗层混合料骨架嵌挤稳定性增强,具有良好的抗车辙性能、水稳定性能与抗滑性能,即使在高油石比下依具有很好的抗析漏性能,且抗疲劳开裂性能大幅提升,在大应变测试水平下疲劳寿命达到百万次的级别,远超技术要求。

4 工程应用

4.1 桥面病害处理

为确保旧砼桥面改造效果,在加铺改造前对桥面铺装砼表面裂缝、边角剥落、破碎板、蜂窝及麻面等病害进行处理。对于轻、中型裂缝,轻微破碎板及轻微边角破损,采用环氧树脂胶进行修补;对于严重、较深的裂缝,采用壁可法灌注修复;对于成片破损及密布、难以修复的裂缝,凿除原有桥面铺装层,重做桥面钢筋网后浇筑微膨胀钢纤维砼。砼桥面病害处理完成后,对水泥铺装层表面进行精铣刨拉毛处理(见图 1、图 2),提高桥面平整度及沥青磨耗层与水泥铺装层的黏结强度。



图 1 现场精铣刨

4.2 乳化沥青黏层

GT—8 高韧超薄沥青磨耗层黏层采用偶联型 SBS 聚合物改性高黏乳化沥青,其技术指标见表 8。

该高黏乳化沥青粒度小,乳化效果好,且具有很强的层间黏结能力和高温稳定性。



图 2 精铣刨效果

表 8 乳化沥青的技术指标

项目	技术要求	试验结果
筛上残留物(1.18 mm 筛)/%	≤0.1	≤0.06
粒子电荷	阳离子(+)	阳离子(+)
黏度(沥青标准黏度计 C25.3)/s	12~60	31
残留分含量/%	≥55	≥56.7
针入度(25℃)/(0.1 mm)	40~60	54
蒸发 软化点/℃	≥80	84.0
残留物 延度(5℃)/cm	≥20	24
60℃动力黏度/(Pa·s)	≥20 000	23 540
弹性恢复(25℃)/%	≥92	94

4.3 施工工艺

高韧超薄沥青磨耗层采用 PG—100 型高黏高弹改性沥青作为胶结材料,对拌合工艺提出了更高的要求。采用日工 5000 型进口拌合设备,集料加热温度控制在 210~220℃,沥青加热温度控制在 180~190℃,干拌时间调整为 10 s,湿拌时间调整为 40 s,出料温度控制在 200~210℃。

采用同步摊铺机进行乳化沥青和混合料同步喷洒摊铺、一次成型(见图 3),洒布量按 0.8 kg/m² 控制,洒布温度为 70~80℃。同步摊铺能最大程度防止黏层材料遭受污染或破坏,确保薄层材料与原桥面有效紧密黏结,并可减少施工工序,提高工作效率。碾压依靠摊铺机熨平板基本可达到初步密实效果,仅采用 11~13 t 双钢轮压路机静压 1~2 遍和收光整平,路面效果见图 4。

4.4 效果评价

施工完成后,对高韧超薄沥青磨耗层在砼桥面的应用效果进行检测和评价,检测结果见表 9。该高韧超薄沥青磨耗层平整、抗滑性能好、密实不渗水,与原砼桥面层间黏结强度高,整体质量优异,在

砼桥面“白改黑”中可进行大规模推广应用。



图3 现场同步摊铺



图4 路面效果

表9 现场检测结果

项目	技术要求	检测结果
平整度,最大间隙/mm	≤ 5	1.3
构造深度/mm	≥ 0.6	0.92
平均厚度/mm	设计厚度 $\pm 15\%$	2.1
摩擦系数/BPN	≥ 55	64.4
渗水系数/($\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}$)	≤ 120	12.2
15℃拉拔强度/MPa	≥ 0.3 或原路面拉裂	0.78

5 结语

针对佛山一环西拓旧路改造项目中砼桥面“白

改黑”技术难题,采用高韧超薄沥青磨耗层进行处理。从现场实施效果来看,高韧超薄沥青磨耗层整体质量优异,显著提升了原桥面铺装的功能性能(平整、封水)、安全性能(抗滑)及整体性能(层间黏结强度高)等,并显著降低了原砼桥面行车噪声,实现了对原桥面的综合品质提升,优化了行车环境。

参考文献:

- [1] 黄勇新.GT TECH 聚合物复合改性沥青混合料在超薄磨耗层中的应用[J].广东公路交通,2018(4):32—36.
- [2] 黄晓明.水泥混凝土桥面沥青铺装层技术研究现状综述[J].交通运输工程学报,2014,14(1):1—10.
- [3] 陈照亮.超薄磨耗层施工技术在金丽温高速公路温州段养护罩面中的应用[J].科技信息,2012,41(4):26—27.
- [4] 彭华荣.超薄磨耗层 NovaChip 在广深高速公路的应用研究[D].广州:华南理工大学,2011.
- [5] 孔保林,蔡燕霞.水泥混凝土桥面构造对桥面防水层粘结性能的影响[J].公路工程,2012,37(4):207—209.
- [6] 王火明,凌天清,肖友高,等.刚柔复合式路面界面层强度特性试验研究[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2009,26(6):1033—1036.
- [7] 交通部公路科学研究所.公路沥青路面施工技术规范:JTG F40—2004[S].北京:人民交通出版社,2004.
- [8] 虞将苗,陈富达,彭馨彦,等.高韧超薄沥青磨耗层在港珠澳大桥珠海人工岛通道上的应用[J].清华大学学报(自然科学版),2020,60(1):48—56.
- [9] 裴佩,彭国婧.超薄磨耗层技术在高速公路养护中的应用[J].西部交通科技,2015,15(12):23—26.
- [10] 张秋福.超薄路面层间抗剪强度研究[D].重庆:重庆大学,2016.

收稿日期:2021—09—22

(上接第125页)

- [2] 长安大学.公路桥梁荷载试验规程:JTG/T J21—01—2015[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2015.
- [3] 交通运输部公路科学研究院.公路桥梁承载能力检测评定规程:JTG/T J21—2011[S].北京:人民交通出版社,2011.
- [4] 姚玲森,徐光辉,胡明义.公路桥涵设计手册:梁桥上册[M].北京:人民交通出版社,2000.
- [5] 余钱华,于强.斜交空心板桥横向分布系数计算方法研究[J].公路与汽运,2013(3):171—173.
- [6] 梁志广,石现峰.横向分布测试在既有桥梁状态评估中的应用[J].公路,2003(4):27—29.
- [7] 钟小军.装配式小箱梁桥荷载横向分布系数探究[J].中

国市政工程,2013(2):17—19.

- [8] 刘能文,杨勇.铰接板桥梁病害分析及优化设计方法研究[J].公路交通科技,2016,33(2):73—81.
- [9] 梁宇.简支T梁桥荷载横向分布影响因素研究[J].湖南交通科技,2019,45(3):135—139.
- [10] 沈小平,梁峰.组合箱梁横向湿接缝纵向裂缝成因分析及内力计算[J].中外公路,2015,35(4):221—223.
- [11] 王宏宾.先张法空心板裂缝成因案例分析[J].公路与汽运,2005(4):133—134.
- [12] 张小华.先张法预应力混凝土空心板裂缝的产生及预控[J].山西建筑,2008,34(9):206—207.

收稿日期:2021—06—07