

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2021.08.026

浅谈“白改黑”路面设计

——基于 G323 章贡区梅林大桥至沙石段公路改建工程

丁新慧, 刘 振
[同济大学建筑设计研究院(集团)有限公司, 上海市 200092]

摘 要: 首先,简单概述了水泥混凝土路面改造成沥青混凝土路面的方式,了解各种方式的优缺点和适用范围;然后,以工程实例为背景,简述 G323 章贡区梅林大桥至沙石段公路改建工程中“白改黑”的设计过程,提出了适宜的旧路改造方式,并通过理论计算验证了旧路改造方式的适用性。
关键词: 水泥混凝土路面;白改黑;旧路改造;理论计算
中图分类号: U418.8 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2021)08-0100-04

1 旧水泥路面改造技术概述

目前针对旧水泥路面的处置方法集中在白改黑、白加黑、挖除新建 3 种^[1]。

(1)白改黑。“白改黑”即是将旧水泥混凝土路面破碎化作为垫层再加铺沥青路面的一种改造方法。碎石化是一种水泥混凝土路面破碎处治技术,与路面破碎不同之处为碎石化后颗粒粒径小,力学模式更趋向于级配碎石,一般是在水泥混凝土路面使用期末,病害严重时使用较多。破碎后的处理方式有原位移除与原位利用,但移除的成本高、对环境也有不利影响,并且破碎后的水泥混凝土板块尺寸不一,不可以再用作结构基层或底基层,故一般原位利用的情况比较多。破碎后水泥混凝土路面强度降低,需加铺结构层。因该方法是对路面加铺,需抬高高程,所以适用于对标高限制没有很大要求的公路改建。路面破碎化方案施工简单,设计施工得当时可以有效防止和延缓反射裂缝,但需要选择合适的机械进行路面破碎,破碎过程中可能对周围建筑物造成一定程度的影响。

(2)白加黑。当水泥混凝土板路面检测良好、面层结构损坏情况和接缝传荷能力均为优良或中时,可对水泥混凝土板存在的裂缝、错台、脱空等病害进行修复后,加铺沥青层。这种方法造价少、对周围环境影响小、工期短,但必须对原水泥混凝土板病害进

行修复,否则容易产生反射裂缝。设置裂缝松弛层、设计厚的沥青混凝土加铺层、设置应力吸收层等方法可以减少沥青加铺层的反射裂缝^[2]。

(3)挖除新建。当水泥混凝土路面破损较严重时,可以采取挖除新建的方法。该方法施工时间短、机械需求少,但施工工期长。适用于对道路标高要求很高的路面设计。

老路改造方案比选表见表 1。
表 1 老路改造方案比选表

比较	白改黑	白加黑	挖除新建
优点	能较好地解决白色路面加铺黑色沥青面层后的反射裂缝问题;施工工期短,不需要全封闭交通;节约环保;耐久性好	充分利用老路材料,符合节约的原则;对环境的影响较大;工程造价相对较低	可以彻底解决反射裂缝的问题;老路标高没有抬高,有利于排水
缺点	需要专门的施工机械	不能彻底解决反射裂缝问题;板块检测工作数量巨大;施工周期较长	此方法生产的废料多,不能做到绿色环保的要求;封闭施工,影响周围居民生活出行;挖除白色路面后,相接路段的路基需处理;造价高

2 项目概述

G323 国道是 1 条国家级主干道。G323 国道为江西省“十纵十横”干线公路网中的“第八横”,是赣州市中心城区连接周边邻省的重要公路通道,是赣州市东西向客货运输的主要通道之一,也是沟通江西省南部县市,连接周边邻省的重要公路通道之一。G323 国道在赣州市区域段约 230 km。G323 国道赣

收稿日期: 2021-01-12
作者简介: 丁新慧(1993—),女,硕士,工程师,从事道路设计工作。

州市章贡区梅林大桥至沙石路口段改建工程,起点位于赣州市章贡区梅林大桥桥头,终点位于规划沙峰路与和谐大道交叉口,全长约 14.09 km。本工程公路采用 60 km/h 设计速度,路基宽度为 24.5 m。汽车荷载为公路 -I 级。

项目工程地理位置图见图 1。

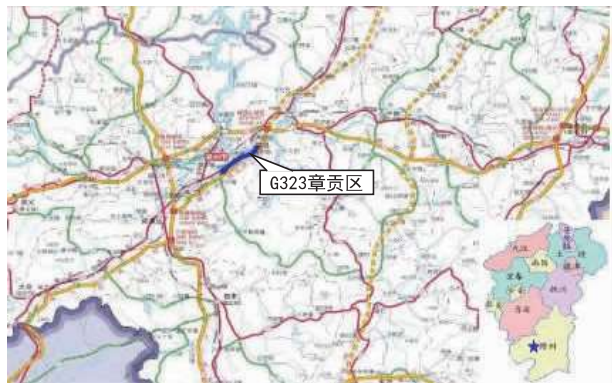


图 1 项目工程地理位置图

3 旧路现状调查

3.1 路基现状

通过对老路路基的特定位置进行钻芯取样,可以分析判断出原路基和基层土质、材料种类及施工质量、老路路面结构组成、厚度等。

老路标准断面图见图 2。

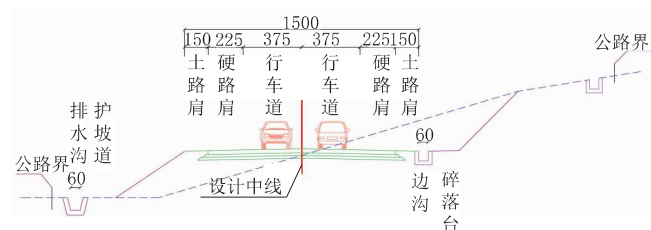


图 2 老路标准断面图(单位:cm)

该段现状道路为二级公路,于 2003 年初开建,2005 年 9 月竣工验收。道路宽度为 1.5 m(土路肩)+2.25 m(硬路肩)+7.5 m(行车道)+2.25 m(硬路肩)+1.5 m(土路肩)=15 m,为双向 2 车道。

老路经长时间运营,沉降已基本完成,路基稳定,全线基本没有发现局部沉降现象。地形相对平坦,挖方高度相对较低,边坡基本稳定,未发现塌方滑坡病害现象。

通过对各种路基损坏的分值进行汇总,加权平均计算,得到路基损坏状况指数 SCI,见表 2。由表 2 可见,上行线方向路基技术状况优于下行线方向。

3.2 路面现状

旧水泥混凝土路面综合评价方式分为路面表观破损状况评价、路面脱空状况评价、路面板强度状况

表 2 路基技术状况指数汇总表

车道 方向	SCI	路基损坏状况指数 SCI 分布百分率 /%				
		优(≥ 90)	良(≥ 80)	中(≥ 70)	次(≥ 60)	差(< 60)
上行	83.13	30.2	52.7	17.1	0	0
下行	82.01	29.6	56.5	13.9	0	0

评价。

路面表观破损状况评价主要是调查裂缝、角隅断裂、交叉裂缝、板块沉陷、错台、坑洞、路表波浪等。在路面调查时,需做好详细书面记录。通过断板率 DBL、路面状况指数 PCI 等指标进行分车道评价。

路面脱空状况评价肉眼不可见,需借助相应的仪器进行勘测。地质雷达勘探可通过高频电磁脉冲遇到不同介电常数的地质界面产生不同反射波,记录地下地层物体的位置、分布范围、埋深等参数。

路面板强度状况评价需通过对水泥混凝土板钻孔取芯,对芯样进行劈裂试验以确定其抗折强度。取芯样品应包括所有水泥混凝土路面所有情况,包括破损和完好的路面。通过劈裂试验测试其劈裂强度,折算成水泥混凝土面板的抗折强度。

老路面结构为:厚 25 cm 水泥混凝土面层;厚 17 cm 水泥稳定碎石基层;厚 18 cm 碎石掺砂垫层。其中起点 K128+060 至南方万年青水泥厂 K130+500 段,除局部出现网裂、裂缝等,大部分路面状况较好(见图 3);其余段原路面病害严重(见图 4)。



图 3 起点 K128+060 至南方万年青水泥厂
K130+500 段路面状况

对老路路面进行检测,得到的路面状况评定结果见表 3。



图4 混凝土路面老路现状

表3 老路面状况评定表

序号	桩号	PCI/%	DR
1	K127+900~K129+000	87.8	1.55
2	K129+0000~K130+000	87.0	1.63
3	K130+0000~K131+000	86.6	1.70
4	K131+0000~K132+000	81.2	2.03
5	K132+0000~K133+000	79.6	3.45
6	K133+0000~K134+000	78.3	3.12
7	K134+0000~K135+000	79.1	3.30
8	K135+0000~K136+000	76.5	3.71
9	K136+0000~K137+000	74.6	3.03
10	K137+000~K138+000	77.8	3.45
11	K138+0000~K139+000	82.2	2.68
12	K139+0000~K140+000	83.7	2.43
13	K140+0000~K141+000	78.4	3.09
14	K141+0000~K141+600	77.6	3.21

4 路面结构设计

4.1 交通量组成

(1)根据工可报告交通量预测结果,公路运营期间交通组成及各特征年交通量见表4,特征年各种车型所占比例见表5。

表4 特征年交通量							单位: pcu/d
年份	小货车	中货车	大货车	拖挂车 / 集装箱车	小客车	大客车	合计
2020	1 310	1 073	717	133	3 433	947	7 614
2025	1 563	1 867	1 022	312	3 504	1 038	9 307
2030	1 884	2 594	1 459	714	3 791	1 327	11 769
2035	2 651	3 262	1 329	792	4 606	1 853	14 492
2040	2 886	3 772	1 806	818	6 151	2 017	17 448

(2)沥青路面以设计弯沉值、沥青层层底拉应力为设计指标时,各种轴载换算成标准轴载P的当量

表5 特征年车型比例(按照绝对量计算) 单位:%

年份	小货车	中货车	大货车	拖挂车 / 集装箱车	小客车	大客车	合计
2020	17.2	14.1	9.4	1.7	45.1	12.4	100
2025	16.8	20.1	11.0	3.4	37.6	11.2	100
2030	16.0	22.0	12.4	6.1	32.2	11.3	100
2035	18.3	22.5	9.2	5.5	31.8	12.8	100
2040	16.5	21.6	10.4	4.7	35.3	11.6	100

轴次N。计算式为:

$$N=\sum_{i=1}^k C_1 \cdot C_2 \cdot n_i \left(\frac{P_i}{P}\right)^{4.35}$$
 (1)

式中: C₁为被换算车型的轴数系数,当轴间距大于或等于3 m时,按1个单独的轴载计算;当轴间距小于3 m时,双轴或多轴的轴数系数应按公式 C₁=1+1.2(m-1)计算,其中 m 为轴数; C₂为被换算车型的轮组系数,单轮组为6.4,双轮组为1.0,4轮组为0.38; n_i为被换算车型的各级轴载作用次数,次/d; P 为标准轴载, kN; P_i为被换算车型的各级轴载, kN。

(3)沥青路面设计基准期内1根车道上的累计当量轴次N_e。计算式为:

$$N_e=\frac{[(1+\gamma)^t-1] \times 365}{\gamma} \cdot N_1 \eta$$
 (2)

式中: γ 为设计基准期内交通量的年平均增长率, γ=4.46%; t 为设计基准期(a),设计道路为次干路时,取 t=15; N₁为路面营运第1年单向日平均当量轴次,次/d,以设计弯沉值、沥青层剪应力和沥青层层底拉应变为设计指标; η 为设计车道分布系数,根据《公路沥青路面设计规范》(JTG D50—2017),双向4车道 η 取值范围为0.4~0.5,本次计算中取 η=0.45。

交通等级见表6。

表6 交通等级

交通等级	BZZ-100 累计标准轴次(1根车道)N _e /次	大客车及中型以上的各种货车日交通量(1根车道)/辆
轻	<3 × 10 ⁶	<600
中	3 × 10 ⁶ ~1.2 × 10 ⁷	600~1 500
重	1.2 × 10 ⁷ ~2.5 × 10 ⁷	1 500~3 000
特重	>2.5 × 10 ⁷	>3 000

根据《公路沥青路面设计规范》,1根车道上的累计当量轴次N_e。计算结果处于8 × 10⁶~19 × 10⁶次之间,对照表6可知,所设计的交通荷载等级为重载交通。

4.2 路面结构方案

参照当地最近修建高等级公路的路面结构,结

合沿线筑路材料供应情况,拟订路面结构方案见表7。

表7 路面结构方案

结构	方案
上面层	4 cm AC-13C
中面层	6 cm AC-20C
下面层	8 cm AC-25C
基层	36 cm 水泥稳定碎石
底基层	18 cm 级配碎石
总厚度/cm	72

综上,考虑工期要求和改造路面质量要求,兼顾经济、环保、耐久性等因素,确定采用白改黑方案对本工程老路段进行路面改造。

经路面结构计算,推荐改造路面结构见表8。

表8 推荐改造路面结构

结构	方案
上面层	4 cm 细粒式沥青混凝土(AC-13C)(SBS改性)
中面层	6 cm 中粒式沥青混凝土(AC-20C)(SBS改性)
下面层	8 cm 粗粒式沥青混凝土(AC-25C)
基层	15 cm 水泥稳定碎石基层(7 d 抗压强度 5.0 MPa) 25 cm 老路混凝土路面板碎石化

4.3 路面结构计算分析

根据交通量及其组成和使用要求,考虑当地气候、水文、土质等自然条件,并结合当地实践经验,按照全寿命周期成本的理念,进行路面结构设计。

(1)设计弯沉值 L_d 计算式为:

$$L_d=600 N_e^{-0.2} A_e A_s A_b \tag{3}$$

式中: A_e 为公路等级系数,一级公路为1.0; A_s 为面层类型系数,沥青混凝土面层为1.0; A_b 为基层类型系数,半刚性基层沥青路面为1.0,柔性基层沥青路面为1.6。

计算得到路面设计弯沉值为21.8(0.01 mm)。

(2)材料的容许拉应力 σ_R 计算式为:

$$\sigma_R=\sigma_s/K_s \tag{4}$$

式中: σ_s 为沥青混凝土或半刚性材料的极限劈裂强度,MPa; K_s 为抗拉强度结构系数。

计算所得路面结构层容许拉应力见表9。

表9 路面结构层容许拉应力

层位	结构材料名称	劈裂强度/MPa	容许拉应力/MPa
1	细粒式沥青混凝土	1.4	0.41
2	中粒式沥青混凝土	1.0	0.29
3	粗粒式沥青混凝土	0.8	0.23
4	水泥稳定碎石	0.5	0.23
5	级配碎石(碎石化)		0.16
6	水泥稳定碎石	0.35	0.16
7	填隙碎石		

(3)改建路面结构厚度计算。路面结构及参数见表10。

表10 路面结构及参数

层位	结构层材料名称	厚度/mm	20℃平均抗压模量/MPa	15℃平均抗压模量/MPa	容许应力/MPa
1	细粒式沥青混凝土	40	1 400	2 000	0.41
2	中粒式沥青混凝土	60	1 200	1 800	0.29
3	粗粒式沥青混凝土	80	900	1 200	0.23
4	水泥稳定碎石	150	1 500	3 600	0.23
5	级配碎石(碎石化)	250	700	700	
6	水泥稳定碎石	170	900	2400	0.16
7	填隙碎石	180	240	240	
8	老路路基		50		

按设计弯沉值计算设计层厚度: $L_D=21.8(0.01\text{ mm})$;
 $H(4)=150\text{ mm}$; $L_S=18(0.01\text{ mm})$ 。

由于设计层厚度 $H(4)=H_{\min}$ 时, $L_S\leq L_D$,故弯沉计算已满足要求。

最后得到路面结构设计结果见图5。

细粒式沥青混凝土 40 mm
中粒式沥青混凝土 60 mm
粗粒式沥青混凝土 80 mm
水泥稳定碎石 150 mm
级配碎石 250 mm
水泥稳定碎石 170 mm
填隙碎石 180 mm
土基

图5 路面结构设计图

5 结 语

(1)根据赣州当地的工程实际经验,考虑工程造价、施工方案的可行性、工期的要求以及养护维修的方便性,结合沿线涉及的老路路面破损情况,选择“白改黑”方法不仅可以较好地解决混凝土路面加铺沥青混凝土面层后出现的反射裂缝问题,同时还能改善路面的性能指标,施工工期短,不需要全封闭交通、节约环保、耐久性好。

(2)老路混凝土路面板碎石化后,不具备称重能力,仅可以作为级配碎石结构层使用。通过路面结构计算后,可以满足路面结构的设计弯沉值和容许拉应力要求。

参考文献:

[1] 张玉宏,黄晓明,王松根.水泥混凝土路面碎石化综合技术研究[M].南京:东南大学,2006:33-38.
[2] 周富杰.防治反射裂缝的措施及其分析[D].上海:同济大学,1998.