

DOI:10.16799/j.cnki.esdqyfh.2023.09.027

城市水泥混凝土路面白改黑设计要点分析

田旺龙,李黎,魏晋,郭小文

[上海市市政工程设计研究总院集团第十市政设计院有限公司,甘肃 兰州 730000]

摘要:近年来,许多城市在老城区水泥混凝土路面上加铺沥青面层,将其改造成低噪声、平整度和舒适性等使用性能更优的沥青混凝土路面,俗称“白改黑”。白改黑路面在使用过程中常出现反射裂缝。迄今为止,国际上对反射裂缝的问题还没有真正解决^[1]。因此,如何有效抑制和延缓反射裂缝对白改黑设计具有重要意义。通过分析水泥混凝土路面白改黑后反射裂缝的类型、形成机理和处治措施,并以西安市某区城市道路白改黑项目为例,进行实践检验,取得良好效果,可为以后类似工程提供参考。

关键词:水泥混凝土路面;白改黑;病害;舒适性;反射裂缝

中图分类号: U416.2 **文献标志码:** B **文章编号:** 1009-7716(2023)09-0118-04

0 引言

水泥混凝土路面因承载力高、刚度大、耐久性好、疲劳寿命长、前期养护成本低等优点,被广泛运用于早期城市道路建设中。随着人们生活水平的提高,对出行环境的要求更高。水泥混凝土路面(以下简称“水泥路面”)行车噪声大,平整度、舒适性差,扬尘多,景观效果差,养护维修困难等缺陷日益凸显,已无法满足市民的使用要求。对水泥路面进行白改黑改造不仅能提升路面使用性能,降低工程造价,而且能缩短工期,减少对现状交通的影响。但是,随着沥青加铺层车辆累积通行时间的增长,路面反射裂缝逐渐显现。路表水沿裂缝逐渐下渗引起路基、路面病害加剧,承载力下降,路面使用年限缩短。因此,如何有效抑制和延缓反射裂缝,是白改黑改造设计的重点,也是改造成功与否的关键指标之一。

1 反射裂缝的类型与破坏机理

反射裂缝是指白改黑路面在交通荷载和环境温度及它们的耦合作用下使沥青加铺层在基层旧水泥路面的接缝或裂缝(以下简称“缝隙”)附近出现应力集中而产生的一种路面病害。反射裂缝分荷载型和温度型两类。

1.1 荷载型反射裂缝

在汽车荷载等各类交通工具的长期作用下,旧水泥面板接缝两侧因承受不同的竖向荷载而产生剪

切应力,导致两板块产生竖向位移差而引起面层发生剪切破坏,裂缝在原接缝上方逐步延伸至沥青加铺层表面而形成荷载型反射裂缝(见图1)。

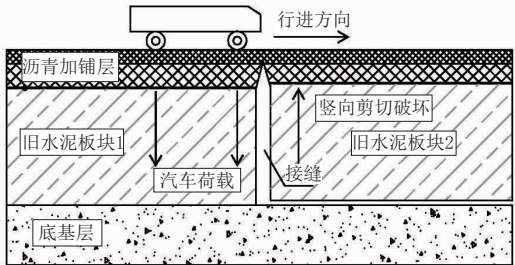


图1 荷载型反射裂缝形成机理

1.2 温度型反射裂缝

路面长期暴露在外界环境中,使旧水泥面板及其上部沥青加铺层受大气温度温差变化而产生热胀冷缩现象。水泥板块缝隙处会出现温度应力集中而使相邻板块产生水平位移,引起板块缝隙的扩张与收缩,其上部沥青加铺层因水泥面板缝隙处应力过大而出现开裂,形成温度型反射裂缝(见图2)。温度型反射裂缝通常更易发生在冬季气温下降时段或加铺层过薄的地方。

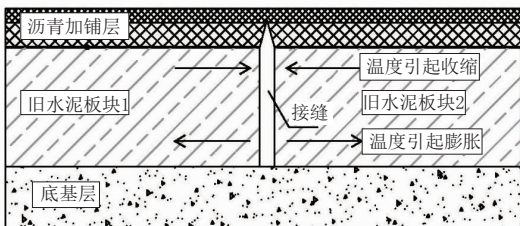


图2 温度型反射裂缝形成机理

1.3 反射裂缝破坏机理

路表水通过反射裂缝渗入沥青加铺层与旧水泥路面中间,形成层间水,在交通荷载作用下,层间水产

收稿日期: 2022-11-28
作者简介: 田旺龙(1988—), 男, 硕士, 工程师, 从事道路交通设计工作。

生动水压力,使加铺层与水泥面板间黏结力降低,加铺层剥离^[2]。水的不断下渗,会导致旧水泥路面基层强度变弱,出现唧泥,水泥板块的抗弯拉强度和抗剪强度降低,加速沥青加铺层的破坏,使其出现网裂、坑槽、断板等病害(见图 3)。

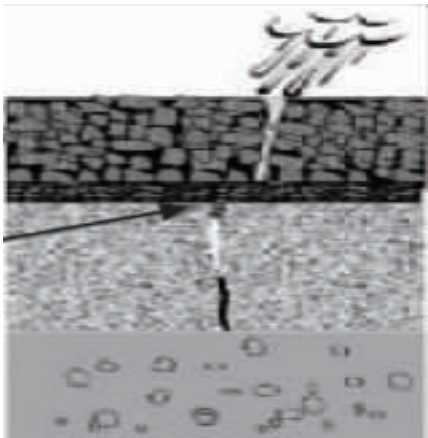


图 3 反射裂缝破坏机理

2 水泥路面白改黑设计要点

根据反射裂缝的形成及破坏机理,影响水泥路面白改黑的关键因素自下而上依次为对旧水泥路面的病害处治、水泥面板与加铺层间的夹层设计、沥青加铺层设计。

2.1 旧水泥路面病害处治措施

水泥路面病害按性质分为功能性和结构性两类。功能性病害通常为路面的浅层病害,不影响道路的正常行驶,但路面行车舒适性会变差。结构性病害为路基或路面的深层病害,会使路面承载能力下降而影响正常使用。在白改黑中,根据路面的病害性质及破损程度,旧水泥路面病害处治方法有修缮加铺、破碎改建、翻挖新建 3 种。

2.1.1 修缮加铺

存在功能性病害或局部轻度结构性病害的水泥路面,需进行病害处治和路面修缮。处治后的水泥路面在其上部加铺沥青面层形成组合路面结构。水泥路面病害类型及处治措施见表 1^[1]。

修缮加铺是现阶段我国水泥路面白改黑的常用方法。这种方法具有工期短,对现状交通影响小,施工噪声低、震动小等优点。缺点是只能延缓沥青加铺层反射裂缝的出现时间而无法消除,路面使用年限相对较短,后期养护复杂,成本高。

2.1.2 破碎改建

对存在严重结构性病害或水泥面板基本丧失结构承载力的路面,需将旧水泥板块破碎后作为道路

表 1 水泥路面病害类型与处治

病害类型		处治措施
裂缝类	轻微(缝宽<3 mm)	扩缝灌浆
	中等(3 mm≤缝宽≤15 mm)	条带罩面补缝
	严重(15 mm<缝宽)	全深度补块(集料嵌锁法)
接缝类	张开维修	聚氯乙烯、沥青砂填缝
	破碎维修	切割补强
修补类	板边修补	沥青混合料修补平整
	角隅断裂	按破裂面确定范围
脱空类	弯沉<0.2 mm	无脱空不处治
	0.2 mm≤弯沉	注浆处理
错台类	高差≤10 mm	磨平机磨平或人工凿平
	高差>10 mm	沥青砂处治/全深度补块
沉陷类	局部沉陷	注浆处理
	整板沉陷并破碎	整板翻修
唧泥类	局部唧泥	注浆处理+灌缝
	弥补设计、施工不合理	设置排水设施
坑洞类	个别坑洞	水泥砂浆填充
	较多坑洞	薄层修补
拱起类	板端拱起但路面完好	切缝消除应力
	板端断裂或破损	全深度补块(集料嵌锁法)
起皮类	剥落、露骨	稀浆封层处治/罩面

基层或底基层,再铺设沥青加铺层。水泥板破碎压实后不仅能降低温度变化引起的热胀冷缩现象,也能消除板块间弯沉差,有效降低反射裂缝产生的概率。

2.1.3 翻挖新建

为彻底消除旧水泥路面白改黑后所产生的各种弊端,将旧水泥面板破碎后废弃,并结合旧路沿线地质概况对原路路基处理后重新铺筑基层和沥青面层。翻挖新建施工噪声大,震动强烈,对道路沿线居民生活影响较大,废弃的破碎板对环境也有影响。水泥路面病害处治方法与技术经济比较见表 2。

表 2 旧水泥路面病害处治方法与技术经济比较

影响因素	水泥路面处治方案		
	修缮加铺	破碎处理	翻挖新建
原路面状况	较好	一般	较差
改建后标高	抬高 10~13 cm	抬高 12~18 cm	维持原标高
施工工艺	复杂	一般	简单
工期	较快	一般	较长
施工质量控制	一般	一般	较易
交通影响	较小	一般	极大
工程造价	较低	较高	较高

2.2 水泥路面与沥青加铺层间夹层设计

旧水泥路面表面光滑,摩阻力小,若在其上部直

接加铺沥青层,汽车荷载的剪切破坏会加速沥青面层剥离水泥面板,影响加铺层使用寿命。因此,在旧水泥面板和沥青加铺层间设置一道可防水、抗滑移、能吸收应力的夹层具有十分重要的工程意义。白改黑中常用的夹层有应力吸收层、格栅和土工织物^[3]。

2.2.1 应力吸收层

白改黑中,为解决基层水泥路面在缝隙处的应力集中现象,通常在基层上部设置应力吸收层。该层能降低基层与面层之间的黏附阻力,消解基层的应力集中,防止面层在汽车荷载或环境温度作用下产生推移、剥离或剪切破坏,从而有效地抑制和延缓面层中反射裂缝的出现。常见的应力吸收层有砂胶、橡胶沥青碎石、改性沥青及 STRATA 等^[4]。

2.2.2 格栅和土工织物

格栅包括土工格栅、玻纤格栅和金属格栅。土工织物包括聚丙烯或聚酯织物和聚乙烯、聚丙烯或聚酯无纺布^[3]。二者厚度接近,因材料差异,其拉伸强度和弹性模量相差较大。格栅抗拉强度高(≥ 50 kN/m),弹性模量高,延伸率低($\leq 4\%$)和耐高温性能好。土工织物抗拉强度低(≥ 7.5 kN/m),弹性模量低。加铺格栅对削减旧水泥路面的应力集中效果显著,对反射裂缝的产生有明显的延缓作用。加铺土工织物对减少应力集中作用小,但可阻止路表水下渗到道路基层,同时起黏结面层和基层的作用,延缓反射裂缝的出现。

2.3 沥青加铺层设计

旧水泥路面加铺沥青前需对路面损坏状况(断板率、平均错台量)、板底脱空状况、路面结构参数(面层的厚度、弯拉强度、弯拉弹性模量、基层顶面当量回弹模量)、接缝传荷能力进行调查评定^[5]。根据综合评定结果选择加铺方案。加铺层厚度根据改建道路等级取值不同,一般不小于 8 cm。

3 工程案例

3.1 项目概况

为迎接第十四届全国运动会,西安市鄠邑区对老城区主要道路进行白改黑改造提升。改造道路人民路南起新城路,北至汉陂路,全长 4.16 km,城市主干路,设计速度 50 m/h,双向六车道,红线 50 m(见图 4)。

现状道路为水泥路面,使用年限超过 15 a,路面已出现纵向裂缝、横向裂缝、角隅断裂、断板、胀起、板底脱空、填充料破坏等病害(见图 5)。



图 4 改造道路位置



图 5 现状道路病害与钻芯

3.2 现状路面使用状况调查及评价

现状路面结构:22 cm C30 水泥面层+50 cm 二灰碎石基层,总厚度 72 cm。

人民路路面调查评定指标包括国际平整度指数(IRI)、路面行驶质量指数(RQI)、路面损坏状况指数(PCI)、断板率、脱空率、错台、弯沉值、路面弯拉强度、接缝传荷能力等(见表 3)。

3.3 水泥路面白改黑方案设计

根据路面调查评定结果,人民路路面损坏状况及接缝传荷能力评定等级为次级以上,采用沥青混凝土加铺方案,具体改造步骤如下:

(1) 水泥板块修缮加固

a. 板角断裂或板边破碎板块,根据破裂面大小确定切割范围进行补块。

b. 板块坑洞较少,用水泥砂浆填充;坑洞较多,采取薄层修补。

c. 断板、网裂等病害严重板块,需翻挖换板,并用 C30 混凝土重新浇筑。板块纵缝处设置长 70 cm、直径 14 mm、最大间距 60 cm 螺纹钢筋(HRB335)拉杆。在横缝处设置长 40 cm、直径 28 mm、最大间距 30 cm 光圆钢筋(HPB235)传力杆。若水泥路面基层损坏,应处治补强。

(2) 板块注浆

表 3 人民路路面调查评定

国际平整度 指数(IRI)	路面行驶质量 指数(RQI)	路面状况 指数(PCI)	断板率	脱空率 /%	错台	弯拉强度值 / MPa	弯拉弹性 模量 /MPa	弯沉代表值 / 0.01 mm	接缝传荷 能力
5.69	中~次	中~次	13.6	5.6	中等以上	4.5	38 444	11.77~33.36	中~次

弯沉超过 0.2 mm 的,应确定为脱空板^[1]。对脱空板需进行注浆处理,步骤如下:确定注浆孔位置→水泥板打孔→安装法兰螺帽→注浆孔清理→压力机注浆→封孔养生。注浆孔与注浆嘴大小应一致,为 5 cm 左右^[2],注浆孔距板边的距离应大于 0.5 m,同时钻孔深度需延伸至面板以下 5 cm 处。灌注孔布设见图 6。灌注浆分有机类和无机类。无机类应用较广,通常由水泥、粉煤灰和水组成,外加早强减水剂。灌注浆应有较好的流动性、早强性、无离析、无泌水、无收缩等特性^[5]。脱空板注浆后路面结构见图 7。

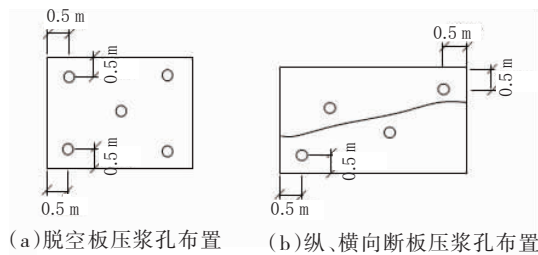


图 6 灌注孔布设

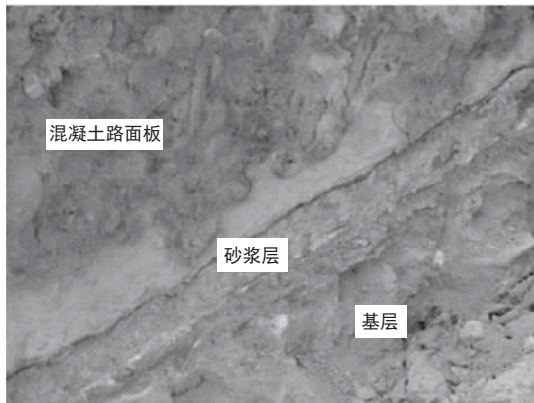


图 7 注浆后路面结构

(3)错台处治

水泥面板修缮加固和注浆处理后,为确保加铺层底面平整度,须对面板错台进行处理。错台值小于 10 mm 时,路面铣刨拉毛时铣刨磨平即可。错台值大于 10 mm 时,先凿平,再加铺调平层。若错台过大,水泥板块应翻挖新建。

(4)夹层设置

旧水泥路面铣刨拉毛→路面缝隙处清缝、灌缝→缝隙处铺设抗裂贴→铺设玻纤格栅→撒布黏层油→铺 1 cm 橡胶沥青碎石应力吸收封层。

(5)加铺层设计

鄂邑区公路自然区划为Ⅲ,现场实测数据为:面

板厚 22 cm,板块长 5 m,宽 4 m;水泥路面面层最大温度梯度 92℃/m,弯拉强度 4.5 MPa,弯拉弹性模量 38 444 MPa;基层顶面回弹模量 200 MPa。

旧混凝土面层荷载疲劳应力为 3.59 MPa。

旧混凝土面层温度疲劳应力为 3.59 MPa。

考虑可靠度系数后,旧混凝土面层综合疲劳应力为 4.39 MPa,小于 4.5 MPa。

旧混凝土面层最大荷载应力为 2.655 MPa。

旧混凝土面层最大温度应力为 1.061 MPa。

考虑可靠度系数后,旧混凝土面层最大综合应力为 4.16 MPa,小于 4.5 MPa

满足路面结构极限状态要求的沥青加铺层设计厚度为 10 cm。人民路白改黑路面结构见图 8。

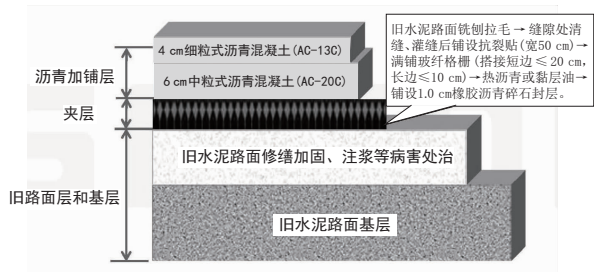


图 8 白改黑路面结构

3.4 改造后评价

人民路白改黑后通车以来,目前加铺层路面无反射裂缝,使用状况良好。

4 结 论

旧水泥路面进行白改黑改造具有诸多优势,已越来越受城市建设者的青睐。如何抑制和延缓沥青加铺层反射裂缝的出现是影响白改黑的关键。本文分析了白改黑路面反射裂缝的产生及破坏机理,提出了旧水泥路面白改黑设计要点,并运用于工程实例。通过跟踪已改造道路的使用情况,效果良好,对以后水泥路面白改黑设计具有借鉴意义。

参考文献:

[1] JTJ 073.1—2001,公路水泥混凝土路面养护技术规范[S].
[2] 李明.道路改造路面结构工艺研究——淄博市世纪路改造工程[J].城市道桥与防洪,2018(11):61-63.
[3] JTG/T D32—2012,公路土工合成材料应用技术规范[S].
[4] 沈旭,武和平.应力吸收层在旧水泥混凝土路面改造中的应用[J].湖南交通科技,2010(3):9-11.
[5] JTG D40—2011,公路水泥混凝土路面设计规范[S].