

分析 HVA 高黏剂的用量对 PAC-13 结构性能的影响

时宏为,郑雪冰

(中交路桥华东工程有限公司,上海市 200120)

摘要: 由于排水沥青路面 PAC-13 雨天行车的安全性、舒适性,我国高速公路在建设中也得到了越来越多地推广应用,为了研究高黏剂 HVA 的用量对 PAC-13 排水沥青混合料结构性能的影响规律,结合经验法和试验法拟定了 4 组目标掺量,对应成型了 HVA 高黏剂掺量 6%、10%、14%、18% 空隙率为 21.7% 的 PAC-13 沥青混合料试件,开展了原材料和 PAC-13 结构性能对比分析试验。试验结果显示:HVA 掺量在范围约在 10%,沥青的三大指标、动力黏度和混合料的析漏、飞散损失、TSR 指标均符合要求,且经济合理。

关键词: 排水沥青;高黏剂;PAC

中图分类号: U414

文献标志码: A

文章编号: 1009-7716(2024)06-0267-03

0 引言

鉴于排水沥青路面 PAC-13 良好地路用性能,具有有效消除中小雨时给行车带来不利的路表水膜,且路表无滞水、防滑安全以及吸音减噪等优良特性优点,是一种安全、经济、耐用的新型沥青路面结构。我国在山区及沿海多雨地区高速公路的建设中开始越来越多地大面积推广应用排水沥青路面,依托湖南官新路面 2 标开展分析 HVA 高黏剂的用量对 PAC-13 结构性能的影响。

PAC-13 沥青混合料的空隙率范围在现行《透水沥青路面技术规程》(CJJ/T190—2012)(以下简称现行规范)中已有规定:应在 18%~25% 的范围内^[1]。由于 PAC-13 空隙率较大,排水路面容易出现结构松散问题,进而影响路面结构性能。为提高排水路面使用寿命,必须采用与石料黏结性能良好的高黏沥青材料进行补强处理。排水沥青 PAC-13 其黏度和与集料表面的黏附性是高黏沥青的关键,其中对于排水沥青混合料影响性能的即黏结材料,其中改性剂是核心,当下有很多高黏改性剂的研究和应用,效果参差不齐,日本 TPS 高黏剂应用较早,技术成熟,但价格较高,对国内大规模推广排水路面有一定的制约。国产 TPS 高黏改性剂,掺量较高,当 TPS 高黏改性剂掺量 $\geq 14\%$ 时,60℃动力黏度才迅速升

高,不利于节约成本。国产 HVA 高黏改性剂克服了相关难题,掺量比国产 TPS 高黏改性剂少 3%~5%,黏度及其它性能指标均能满足设计要求,而价格适中,通过对比现选用国产交通运输部公路科学研究院的 HVA PTA-I 型的高黏改性剂,对 SBS 改性沥青分别按照(6:94,10:90,14:86,18:82)进行制备。分析其 SBS 改性沥青的三大基本指标、60℃动力黏度的变化趋势,和 HVA 不同掺量下对排水沥青混合料水稳定性能的影响。

1 HVA 不同掺量高黏改性沥青原材料性能的变化趋势

1.1 沥青试样的制备

试样制备步骤如下^[2]:(1)将盛样器皿放在可控温的砂浴上,加热至 180℃~190℃之间,然后加入设计掺量的 HVA 改性剂,用玻璃棒轻轻搅拌 10 min,防止局部过热;(2)将盛有试样的盛样器皿放在高速剪切机下高速搅拌剪切,转速调整至 4 500 转/min,温度保持在 185℃~195℃之间,持续剪切 30 min;(3)将高速剪切机关闭,然后将盛样器皿内沥青样品放入 180℃烘箱中持续保温约 30 min。

1.2 HVA 高黏改性剂的基本要求与优缺点

高黏性改性沥青应通过试验,不仅三大指标应满足设计和施工技术规范,60℃的动力黏度也应满足要求。排水沥青因空隙率较大,对其黏度的要求较高,一般的 SBS 改性沥青不能满足其粘度要求,因此需要通过添加 HVA 高黏性改性剂来实现黏度性能

收稿日期:2024-01-06

作者简介:时宏为(1989—),男,学士,工程师,从事技术管理工作。

指标的增大。又因HVA高黏改性剂价格较高,所以对掺入HVA高黏改性剂的比例就提出了更高的要求,不仅能满足施工设计的要求,还要能掺量合理,以便节约资金。HVA改性剂其特点是熔点较高,与矿料的附着力大,外形呈颗粒状,颜色为黄色,见图1。高黏度添加剂基本要求见表1。



图1 HVA高黏剂

表1 高粘度添加剂的基本要求

指标	技术要求
外观	颗粒状、均匀、饱满
单粒颗粒质量/g	≤0.03
密度/(g·cm ⁻³)	≤1.0
熔融指数/(g·10 min ⁻¹)	≥2.0
灰分含量/%	≤1.0

高黏改性沥青的优点:(1)软化点高,高温时抗流动性能强,能承受较大的汽车荷载剪应力;(2)低温延展性大,路面不易产生开裂,增加路面使用寿命;(3)黏度高,有利于颗粒与沥青的黏结,抗剥落性高,抗飞散性能强。高黏改性沥青的缺点:造价较高,推广困难。

1.3 HVA不同掺量高黏改性沥青指标变化趋势

高黏改性沥青的技术要求见表2。

表2 高黏改性沥青的技术要求

技术指标	设计要求
针入度(25℃,5s,100g)/0.1mm	≥40
软化点(TR&B)/℃	≥90
延度(5℃,5cm/min)/cm	≥30
动力黏度(60℃)/(Pa·s)	≥400 000

通过试验对表3进行分析:(1)随着HVA高黏改性剂掺量的不断增加针入度(25℃,5s,100g)呈明显下降趋势,掺量为10%时,针入度为44.5,掺量为14%时针入度为38.3,已低于设计要求,根据内插法得出掺量不小于12.9%时其针入度合格;(2)软化

点(TR&B)与HVA高黏改性剂的掺量正相关,当掺量为6%时软化点为85.5,不满足规范要求,当掺量为10%时软化点为92.4,根据内插法得出掺量不小于8.6%时软化点合格;(3)延度(5℃,5cm/min)与HVA高黏改性剂掺量呈正相关,掺量为6%时已满足设计要求;(4)动力黏度(60℃)与HVA高黏改性剂掺量呈正相关,动力黏度的大小随着掺量大增大而增大,而掺量超过10%时,其增加量趋于平缓,掺量为6%时动力黏度为281 845,不符合设计要求,掺量为10%时动力黏度为452 775,根据内插法得出掺量不小于8.7%时动力黏度满足要求;(5)分析以上试验数据可知,HVA的合理掺量在8.7%~12.9%,各项指标均符合要求。

表3 HVA不同掺量高黏改性沥青三大指标及动力黏度对比

掺量/%	针入度/(0.1mm)	软化点/℃	延度/cm	动力黏度/(Pa·s)
6	49.1	85.5	31	281 845
10	44.5	92.4	39	452 775
14	38.3	94.7	45	467 732
18	33.6	97.2	48	476 626

2 HVA不同掺量改性沥青混合料性能指标的变化趋势

2.1 原材料检验

粗集料选用优质玄武岩;细集料采用新化县圳上镇荣华采石场优质细集料;沥青选用金牛I-D SBS改性沥青;矿粉采用新化县天马建筑新材料科技有限公司生产的矿粉;水泥采用P.O42.5水泥;聚酯纤维采用长沙北美孚材料科技有限公司的优质材料,高黏剂采用中路交建(北京)工程材料技术有限公司的PTA-I型,以上原材料通过试验各项技术指标均能满足排水沥青规范的要求。

2.2 配合比的设计

排水沥青混合料配合比设计,首先应对矿料进行筛分,根据筛分结果得到最佳级配组合,不仅要考虑其路面的强度、稳定性、耐久性的指标,还应根据现场实际的排水能力、地理位置、施工工艺的情况最终确定其级配范围和空隙率。PAC-13沥青混合料的空隙率范围根据现行规范进行了规定,设计的PAC-13沥青混合料空隙率应处于18%~25%之间的范围内,通过调整2.36mm关键筛孔通过率最终确定PAC-13沥青混合料空隙率为21.7%^[1-3]。

沥青用量的确定,应根据现行《公路沥青路面施

工技术规范》(JTG F40—2004)(下文称现行技术规范)中式(1)计算集料的表面积。混合料的初试沥青用量 P_b 还应根据希望的沥青膜厚度按照式(2)计算。通常情况下排水沥青的沥青膜厚度 h 宜为 12 ~ 14 μm 之间^[4]。

$$A = (2 + 0.02a + 0.04b + 0.08c + 0.14d + 0.3e + 0.6f + 1.6g) / 48.74 \quad (1)$$

$$P_b = h \times A \quad (2)$$

式中: A 为集料的表面积。

其中 a, b, c, d, e, f, g 分别代表 4.75 mm、2.36 mm、1.18 mm、0.6 mm、0.3 mm、0.15 mm、0.075 mm 筛孔的通过百分率, %。

按相关规范文件推荐预估油石比计算公式,并结合已有相关类似工程经验油石比,均以 4.8% 油石比进行试验。

2.3 HVA 不同掺量对析漏及飞散损失的影响

析漏和飞散损失试验是 PAC-13 的重要检测指标,根据现行规范中对 PAC-13 沥青混合料的析漏损失范围进行了规定:PAC-13 沥青混合料析漏损失应不大于 0.3%,飞散损失应在 15% ~ 20% 之间^[1]。而现行排水沥青路面设计规范中对 PAC-13 对沥青混合料析漏损失的规定为应不超过 0.8%^[5]。

析漏试验用以检测沥青结合料在高温状态下从沥青混合料中析出多余的自由沥青数量,确定 PAC-13 混合料的最大沥青用量^[2],不仅可以避免沥青混合料在运输过程中滴漏和摊铺过程中泛油现象,还可以节约成本。PAC-13 最小沥青用量和与矿料的黏附性不足一般用标准飞散试验用来确定,在交通载荷作用下,观察路面表面集料脱落而飞散的程度。沥青混合料的水稳性一般用浸水飞散试验来评价。参照沥青试验规程中 T0732/T0733^[2],对 PAC-13 沥青混合料以空隙率为 21.7%,油石比为 4.8%,HVA 掺量为沥青用量的 6%、10%、14%、18% 分别测定析漏试验和飞散损失试验,试验结果见表 4。

表 4 HVA 不同掺量析漏及飞散损失对比

HVA 掺量 / %	析漏损失 / %	标准飞散损失 / %	浸水飞散损失 / %
6	0.38	8.9	11.3
10	0.41	5.9	8.9
14	0.43	5.6	8.7
18	0.46	5.2	8.2
设计指标	≤ 0.8	≤ 15	≤ 20

根据表 4 试验数据可得出此油石比下各项指标均符合规范要求,析漏损失随着 HVA 掺量的增加而增加,变化趋势不明显。而标准飞散损失和浸水飞散损失和 HVA 掺量负相关,飞散损失较大的集中在掺量 6% ~ 10% 之间。分析数据,以质量为保证,经济合理为原则,HVA 掺量在 10% 左右较为合理。

2.4 HVA 不同掺量对水稳定性的影响

浸水马歇尔稳定度试验一般用来评价沥青混合料受水损害时抵抗剥落的能力。残留稳定度的数值和沥青混合料的水稳定性呈正相关,水稳定性随着残留稳定度数值的增大而增大。沥青混合料冻融劈裂试验是测定混合料在受到水损害前劈裂破坏的强度比,也可用来评价混合料的水稳定性,TSR 数值的大小和混合料抗水损害能力呈正相关,其抗水损害的能力随着 TSR 数值的变大而变小。现行规范规定 PAC-13 残留稳定度应不小于 75% ~ 80%^[5],TSR 应不低于 80% ~ 85%^[5]。现根据表 4 中 HVA 的不同掺量来进行浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验,试验结果见表 5、表 6。

表 5 HVA 不同掺量残留稳定度对比

HVA 掺量 / %	标准马歇尔稳定度 / kN	浸水马歇尔稳定度 / kN	残留稳定度 / %
6	6.21	5.14	82.8
10	7.42	6.37	85.8
14	8.15	7.12	87.4
18	8.34	7.47	89.6

表 6 HVA 不同掺量 TSR 对比

HVA 掺量 / %	冻前劈裂强度 / MPa	冻后劈裂强度 / MPa	TSR / %
6	0.414	0.341	82.4
10	0.476	0.413	86.8
14	0.527	0.461	87.5
18	0.552	0.489	88.6

根据表 5、表 6 试验数据可得出残留稳定度随着 HVA 的掺量增加的变大,变化较大拐点在 10% 开始,TSR 的变化与 HVA 掺量正相关,而掺量在 10% 左右时符合规范要求。

3 结语

文章通过试验的方法拟定了 6%、10%、14%、18%、4 个 HVA 不同掺量分别对沥青原材料和沥青混合料开展了三大指标、动力黏度、析漏损失、飞散损失、浸水马歇尔和冻融劈裂强度试验。通过对比分

(下转第 288 页)

标线逆反射系数,且无需清除旧热熔标线,具有良好的环保效益和经济效益。施工时注意搅拌均匀度、玻璃珠喷洒量及沉降的控制,以保证施工质量。

(2)反应型标线涂料修复路面中央分隔带边线、路中虚线和路缘振动线的逆反射系数均大于 $300 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 1\text{x}^{-1}$ 。施工后3个月,逆反射系数均有所下降,中线和震动边线下降较多。这是因为车辆频繁碾压所致。总体上看,工后3个月,逆反射系数仍然维持在 $200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 1\text{x}^{-1}$ 左右。

(3)反应型标线涂料修复隧道振荡标线逆反射系数均有大幅提升,中线检测结果集中在 $250 \sim 300 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 1\text{x}^{-1}$ 之间,右侧边线检测结果在 $100 \sim 200 \text{ mcd} \cdot \text{m}^{-2} \cdot 1\text{x}^{-1}$ 范围内。灰尘及油污对标线逆反射系数影响较大,为保证标线亮度,建议日常维护注意路面的清洁。

参考文献:

- [1] 钱华信,梁映平,吴晓明,等. 双组分道路交通标线研究进展[J]. 科学技术与工程, 2021, 21(35):14892-14900.
- [2] 王建波. 公路交通标线应用的选型分析[J]. 中国公路, 2020(5):66-68.
- [3] TAHERI M, JAHANFAR M, OGINO K. Synthesis of acrylic resins for high-solids traffic marking paint by solution polymerization[J]. Designed Monomers and Polymers, 2019, 22(1): 213-225.
- [4] GUO D H. Research on application of waterborne marking paint with material properties[J]. Advanced Materials Research, 2013, 700: 45-49.
- [5] NAIDOO S, STEYN W J, Vd M. Performance of thermoplastic road-marking material[J]. Civil Engineering, 2018, 60(2): 9-22.
- [6] GB/T 16311—2009, 道路交通标线质量要求和检测方法[S].
- [7] 郭旭. 耐久型热熔道路交通标线涂料技术性能研究[D]. 济南: 山东建筑大学, 2019.
- [8] 杨波, 邓华. 基于驾驶员眼动特征的蓄能荧光标线诱导特性及设置方法[J]. 科学技术与工程, 2020, 20(35):1-8.
- [9] 张文才, 杨勇, 乔忠浩. 双组分涂料及其在道路交通标线中的应用[J]. 中国涂料, 2014, 29(9): 40-43.

(上接第 269 页)

析得出以下结论:

(1)HVA 改性剂掺量在 8.7% ~ 12.9% 之间时, 沥青三大指标、动力粘度均能符合排水沥青路面规范要求。

(2)析漏损失与 HVA 改性剂掺量正相关, 而标准飞散和浸水飞散损失与 HVA 改性剂掺量负相关, HVA 掺量在 10% 左右较为经济合理。

(3)残留稳定性和 TSR 均与 HVA 改性剂掺量正相关, 且掺量在 10% 左右时符合规范要求。

参考文献:

- [1] CJJ/T 190—2012, 透水沥青路面技术规程[S].
- [2] JTG E20—2011, 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [3] JTG D50—2017, 公路沥青路面设计规范[S].
- [4] JTG F40—2004, 公路工程沥青路面施工技术规范[S].
- [5] JTG/T 3350—03—2020, 排水沥青路面设计与施工技术规范[S].