

X-PAVE10超薄磨耗层技术在江苏省国省道预防性养护中的应用研究

蔡玉斌 朱 艳

江苏省盐城市公路事业发展中心 江苏盐城 224000

摘要: 超薄磨耗层作为目前高速公路预防性养护技术的一种常用技术,能够对路面出现的微小病害进行有效修复,极大地提升高速公路使用效果。但在江苏省国省道预防性养护中应用研究相对较少。为了研究超薄磨耗层技术在江苏省国省道预防性养护工程中应用的可行性,本文依托相关实体工程的应用,研究了X-PAVE10超薄磨耗层的原材料要求、配合比设计、沥青混合料性能以及施工控制要点等。可为X-PAVE10超薄磨耗层技术在江苏省国省道预防性养护工程中使用提供借鉴依据。

关键词: 超薄磨耗层; X-PAVE10; 国省道预防性养护

引言:

我国公路路面典型设计结构是“强基薄面”的半刚性基层沥青路面结构,在这种结构中,半刚性基层由于刚度较大通常是承重层,而沥青层则是作为表面功能层^[1]。从众多高速公路早期应用情况来看,沥青路面病害往往表现为沥青层的各项表面功能的衰减,而承重层通常结构完整,这意味着只要及时对表面功能层进行预防性养护,就能够延缓病害对路面结构的损害,有效延长道路整体使用寿命^[2]。超薄磨耗层作为一种预防性养护技术,铺筑厚度通常为15~25mm,主要用于预防、修复部分病害以及需要改善抗滑性能等使用性能的沥青路面,逐渐成为我国高速公路预防性养护的重要技术之一^[3, 4]。国内外现有超薄磨耗层技术主要有ECA-10、Novachip、BBUM、OGFC、X-PAVE等,这些超薄磨耗层技术已在高速公路预防性养护工程中达到了大量成功应用。但是,超薄磨耗层技术在江苏省国省道预防性养护工程中应用相对较少。与高速公路不同,国省道中重载、超载车辆比例大,车辙病害更严重。因此,对超薄磨耗层的高温车辙性能提出更高的要求。本文通过研究X-PAVE10原材料要求、配合比设计,并对比ECA-10、Novachip、X-PAVE10的沥青混合料高温抗车辙性能,并依托盐城市某国道实体养护工程,进行了施工工艺控制要点研究,为X-PAVE10超薄磨耗层技术在江苏省国省道预防性养护工程中使用提供借鉴依据。

一、工程概括

盐城市某省道采用双向四车道设计,其中K65~K68路段早期进行了稀浆封层养护,现该路段出现了稀浆封

层脱落、抗滑不足、行车舒适性差、裂缝、轻微车辙等早期路面病害问题,并未出现结构性的病害,路面整体情况较好。因此,经研究确定,本次养护采用原路面铣刨后回铺20mm X-PAVE10超薄磨耗层预防性养护技术,为了提高超薄磨耗层与原路面见的黏结,设计采用二阶水性树脂沥青材料作为黏层油。

二、原材料

1. 沥青

X-PAVE10使用SBS改性沥青,其技术指标见表1。

表1 SBS改性沥青技术指标

| 试验指标 | 单位 | 技术要求 | 检测结果 |
|-------------------------------|-------|-------|------|
| 针入度(25℃, 100g, 5s) (0.1mm) | 0.1mm | 40~60 | 58.3 |
| 延度(5cm/min, 5℃)(cm) | cm | ≥ 20 | 31.8 |
| 软化点(环球法)(℃) | ℃ | ≥ 60 | 78.5 |
| 运动粘度135℃(Pa.s) | Pa.s | ≤ 3.0 | 1.53 |
| 溶解度(三氯乙烯) | % | ≥ 99 | 99.5 |
| 离析, 48h软化点差 | ℃ | ≤ 2.5 | 0.6 |
| 弹性恢复(25℃) | % | ≥ 75 | 80 |
| TFOT(或RTFOT)后残留物 | | | |
| 质量损失 | % | ± 1.0 | 0.01 |
| 针入度比(25℃) | % | ≥ 60 | 73 |
| 残留延度(5℃) | cm | ≥ 15 | 18 |

2. 二阶水性树脂沥青黏层油

X-PAVE10采用二阶水性树脂沥青黏层油,具有快速破乳,高温不粘轮的特点,可提高超薄磨耗层与下承层层间的黏结力。其主要技术指标见表2。

表2 二阶水性树脂沥青黏层油技术指标

| 试验项目 | 单位 | 技术指标 | 检测结果 |
|-----------------|---------------------|---------|---------|
| 恩格拉粘度 (25℃) | / | 1~25 | 19 |
| 破乳速度 | / | 快裂或中裂 | 中裂 |
| 离子电荷 | / | 阳离子 (+) | 阳离子 (+) |
| 筛上剩余量 (1.18mm筛) | % | ≤ 0.3 | 0.1 |
| 常温储存稳定性 | 1d | % | ≤ 1 |
| | 5d | % | ≤ 5 |
| 蒸发残留物 | 针入度 (100g, 25℃, 5s) | 0.1mm | 5~30 |
| | 残留物含量 | % | ≥ 50 |
| | 软化点 | ℃ | ≥ 75 |
| 附着力拉拔强度 | 20℃ | MPa | ≥ 1.0 |
| | 40℃ | | ≥ 0.5 |
| 70℃粘轮情况 (室内) | / | 不粘轮 | 不粘轮 |

3.粗集料、细集料、矿粉

X-PAVE10超薄磨耗层使用的粗集料、细集料均为玄武岩碎石,矿粉为石灰岩矿粉,上述各项原材的技术指标均符合《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004) [5]中的相应要求。

4.复合多效增强剂

X-PAVE10超薄磨耗层采用复合多效增强剂,该材料通过特殊工艺制备的一种热塑性弹性体和聚烯烃复合材料,可以提高改性沥青的低温黏度,降低高温黏度,保证在超薄铺装厚度下沥青混合料的压实性,同时具有“温拌-高黏-抗车辙-抗裂-抗水损”等多种功能。其

表4 X-PAVE10马歇尔配合比体积指标结果

| 实验项目 | 油石比 (%) | 马歇尔稳定度 (kN) | 流值 (0.1mm) | 空隙率 (%) | 矿料间隙率 (%) | 饱和度VFA (%) | 毛体积密度 (g/cm ³) | 最大理论密度 (g/cm ³) |
|------|---------|-------------|------------|---------|-----------|------------|----------------------------|-----------------------------|
| 设计结果 | 5.4 | 16.34 | 40.2 | 4.6 | 16.3 | 70.2 | 2.435 | 2.552 |
| 设计要求 | / | ≥ 8.0 | 20~50 | 3~6 | ≥ 14 | 65~75 | / | / |

6.X-PAVE10路用性能评价

(1) 高温抗车辙性能

采用车辙实验,试验轮压强为0.7MPa,分别测试60℃、70℃的动稳定度,并与ECA-10和Novachip沥青混合料进行对比。实验结果见图2。从图2中可看出,X-PAVE10的动稳定度比ECA-10和Novachip大。在60℃时,X-PAVE10的动稳定度为9386次/mm,是ECA-10和Novachip沥青混合料的1.8倍和1.9倍。在夏天极端高温天气下,路表温度会超过60℃,进行了70℃车辙试验。从70℃车辙试验结果看,随着车辙试验温度的提高,沥青混合料动稳定度都有所下降。但X-PAVE10在70℃的动稳定度仍然有5182次/mm。与ECA-10和Novachip的

技术指标如表3所示。

表3 复合多效增强剂技术指标

| 特性 | 技术要求 | 检测结果 |
|---------------------|------------------------|------|
| 熔融温度 | 70~120℃ | 87 |
| 熔融指数 (190℃, 2.16kg) | ≥ 1.0g/10min | 30 |
| 密度 | ≤ 1.0g/cm ³ | 0.92 |
| 灰分 | ≤ 1.0% | 0.1 |

5.X-PAVE10配合比设计

本次工程中预防性养护超薄磨耗层设计厚度为20mm,设计公称最大粒径为9.5mm的X-PAVE10级配。X-PAVE10粗集料部分参考SMA-10级配,形成良好的骨架嵌挤结构,提高沥青混合料的高温抗车辙性能,细集料部分参考AC-10级配,降低矿粉用量和油石比,节约成本。采用玄武岩(5~10mm、3~5mm,0~3mm)碎石料,矿粉选用石灰岩矿粉。设计级配曲线见图1。采用不同油石比进行混合料的拌和,成型标准马歇尔试件,通过马歇尔试验确定最佳油石比为5.4%。其体积指标见表4。

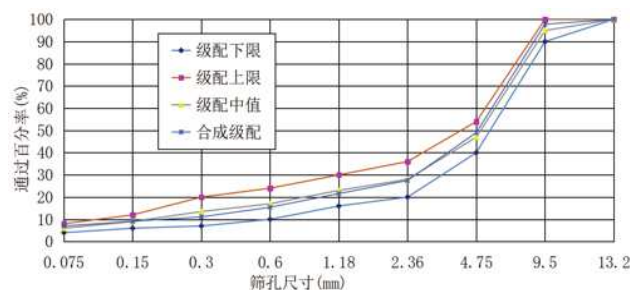


图1 X-PAVE10合成级配曲线

60℃动稳定度数据基本相当。70℃动稳定度是ECA的2.17倍,是Novachip的2.49倍。这表明X-PAVE10的高温抗车辙性能优于超薄磨耗层常用的ECA-10和Novachip沥青混合料。

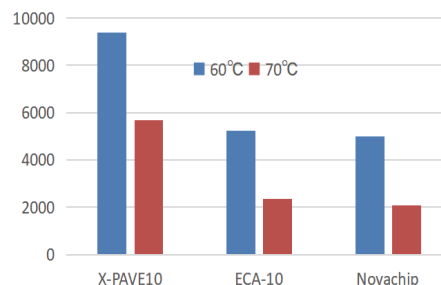


图2 车辙试验结果

(2) 低温性能

通过低温小梁弯曲试验评价X-PAVE10低温抗裂性能, 试验温度为 -10°C , 加载速度为 $50\text{mm}/\text{min}$ 。试验结果见表5。从表5中可看出, X-PAVE10的 -10°C 的低温弯曲破坏应变为 $2846\mu\epsilon$ 。根据《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40-2004)^[5]的要求, 盐城地区属于冬冷区(年极端最低气温为 $-9.0\sim-21.5^{\circ}\text{C}$ 的地区属于冬冷区), 其改性沥青混合料的极限弯曲应变应不小于 $2500\mu\epsilon$, X-PAVE10沥青混合料的低温弯曲破坏应变大于 $2500\mu\epsilon$, 低温性能满足规范要求。

表5 X-PAVE10低温性能试验结果

| 最大荷载 (kN) | 跨中挠度 (mm) | 抗弯拉强度 (MPa) | 劲度模量 (MPa) | 破坏应变 ($\mu\epsilon$) |
|--------------|--------------|----------------|---------------|---------------------------|
| 1.27 | 0.542 | 10.37 | 3642 | 2846 |

(3) 水稳定性

通过浸水马歇尔试验和冻融劈裂试验来评价X-PAVE10沥青混合料的水稳定性。采用残留稳定度比和冻融劈裂强度比来表征水稳定性。其试验结果见图3。从图3中可看出, X-PAVE10沥青混合料具有优异的水稳定性, 残留稳定度比为 92.8% , 冻融劈裂强度比为 85.6% 。满足规范要求的残留稳定度比大于 85% , 冻融劈裂强度比大于 80% 的技术要求。

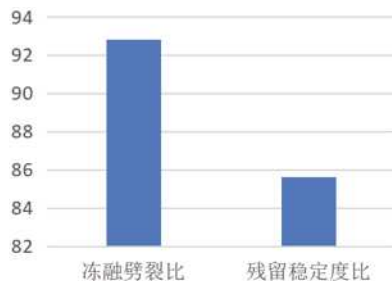


图3 X-PAVE10水稳定性试验结果

7.X-PAVE10现场施工技术要点

将上述设计完成的目标配合比作为X-PAVE10超薄磨耗层的生产依据进行调试, 得到生产配合比, 在盐城某省道的K65~K68段进行X-PAVE10超薄磨耗层的铺设。在铺筑过程中总结施工控制要点如下。

(1) 原路面处理

本次工程先对原路面进行铣刨处理, 然后加铺 20mm X-PAVE10超薄磨耗层。由于超薄磨耗层的铺筑厚度较薄(20mm), 路面裂缝不处理易产生反射裂缝, 所以对于宽度大于 3mm 的裂缝, 必须进行灌缝或高聚物注浆处理。铣刨路面凹凸不平或者表面杂质较多, 也会导致超薄磨耗层与原路面之间无法较好地粘结成一个整体, 从

而影响超薄磨耗层的应用效果^[6], 所以在进行超薄磨耗层的摊铺之前, 必须要对铣刨路面的平整度和洁净度进行处理, 并对有坑槽、松散或者其他严重的路面病害, 先进行处理后才能进行摊铺。

(2) 二阶水性树脂沥青洒布

施工前, 对精铣刨路面进行及时清扫, 包括清除浮尘、泥土、碎屑及可见水分, 确保表面无杂物、无大面积灰尘覆盖。采用人工洒布前, 必须进行试洒, 对洒布量进行标定, 控制二阶水性树脂沥青的洒布量在 $0.4\sim 0.6\text{kg}/\text{m}^2$ 左右。喷洒的二阶水性树脂沥青必须成均匀雾状, 在路面全宽度内均匀分布成薄层状, 不得有洒花漏空或成条带状, 也不得有堆积。喷洒不足的要补洒, 喷洒过量处应予刮除。喷洒黏层油后, 在实干不粘轮之前, 严禁运料车外的其他车辆和行人通过。

(3) X-PAVE10混合料拌合生产

X-PAVE10沥青混合料生产工艺与普通的热拌沥青混合料基本相同, 但是由于X-PVE10超薄磨耗层的摊铺厚度较薄, 其混合料在摊铺过程中会出现温度散失较快的现象, 这就要求严格控制好沥青混合料在拌和生产过程中的各项温度。一般碎石集料的加热温度建议控制在 $180\sim 195^{\circ}\text{C}$, 沥青加热温度建议控制在 $165\sim 175^{\circ}\text{C}$, 沥青混合料的拌和温度建议控制在 $170\sim 180^{\circ}\text{C}$, 出料温度建议控制在 $170\sim 180^{\circ}\text{C}$ 。同时确保沥青混合料生产拌和过程中应均匀、无明显离析、花白等质量问题。复合多效增强剂采用直投方式, 拌合生产工艺为先将复合多效增强剂与集料进行干拌 $5\sim 8\text{s}$, 再加入沥青, 进行湿拌 $40\sim 45\text{s}$, 总拌和时间不少于 55s 。

(4) X-PAVE10混合料摊铺与碾压

为了适应 20mm 厚超薄磨耗层施工质量要求, 摊铺机必须具备加热熨平板、自动找平及夯实装置。启动速度尽可能放慢, 接头时要进行人工找补, 以保证接头混合料温度和新老路面相接平顺。在整个摊铺过程中要匀速、缓慢、平稳、连续摊铺, 控制好平整度。摊铺速度控制在 $2.0\sim 3.0\text{m}/\text{min}$ 左右, 松铺系数约 1.20 。摊铺温度应专人负责, 摊铺温度应控制在 150°C 以上。碾压过程中最主要的是确保混合料在高温下碾压成型。这就要求配备合理的机械组合, 按照“高振频低振幅、紧跟住慢碾压”的原则进行碾压施工, 同时做好施工过程的温度控制, 确保X-PAVE10沥青混合料能够被碾压成型。

(5) 应用效果评价

在试验路段的X-PAVE10超薄磨耗层施工完成后, 进行了压实厚度、构造深度、摩擦系数、渗水系数、平

整度、层间拉拔强度等方面的检测,具体结果如表6。从6可看出:X-PAVE10施工后,路用的构造深度和摩擦系数较大,具有良好的抗滑性能;渗水系数为45mL/min,防水性能优异;层间拉拔强度达到0.41MPa,二阶水性树脂黏层油的层间黏结性能好;路面平整度为0.92mm,路面平整度好,行车舒适性高。

表6 X-PAVE10超薄磨耗层施工性能检测结果

| 压实厚度 (mm) | 构造深度 (mm) | 摩擦系数 (BPN) | 渗水系数 (mL/min) | 平整度 σ (mm) | 拉拔强度 (MPa) |
|--------------|--------------|---------------|------------------|----------------------|---------------|
| 20.2 | 0.77 | 62 | 45 | 0.92 | 0.41 |

三、结论

本文通过结合盐城市某省道养护工程施工建设项目,针对该试验路段出现的沥青路面早期病害,提出采用X-PAVE10超薄磨耗层进行处理,从室内配合比设计、路用性能评价、施工控制要点,实际应用效果等角度进行全面的阐述。从高温抗车辙性能看,X-PAVE10的高温抗车辙性能远大于ECA-10和Novachip沥青混合料。从

X-PAVE10超薄磨耗层的铺筑效果来看,其主要路用指标均满足规范要求,表明X-PAVE10超薄磨耗层技术在国内省道预防性养护工程中应用是切实可行的。

参考文献:

- [1]王敏华,吴文信,陶小磊,等.SMA-5超薄磨耗层在高速公路预养护中的应用研究[J].西部交通科技,2021(8):4.
- [2]高达.抗滑超薄沥青路面快速修补与养护材料[D].武汉:武汉理工大学,2018.
- [3]罗艳玲.高速公路沥青路面超薄磨耗层养护技术的应用[J].广东公路交通,2011(1):12-15.
- [4]宋阳.Novachip超薄磨耗层在高速公路预防性养护中的应用研究[D].广州:华南理工大学,2016.
- [5]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.
- [6]廖晓阳.SMA-10超薄磨耗层在高速公路养护中的应用研究[J].西部交通科技,2021(2):3.