

AP-8 改性剂在湖州南浔大道的应用研究

曾怀武¹ 江建坤¹ 牛艳辉² 谢希望² 张 钊² 牛冬瑜²

(1. 浙江数智交院科技股份有限公司 杭州 310030; 2. 长安大学 西安 710054)

[摘 要] 为提高沥青路面使用性能,更好地服务湖州南浔大道路面修复工程,文章通过车辙试验、小梁弯曲试验、浸水马歇尔试验及冻融劈裂试验研究了掺加 AP-8 改性剂的沥青混合料各项路用性能。室内试验研究表明:掺加 0.3% AP-8 改性剂的普通沥青混合料,其高温稳定性有较大提高,动稳定度达到 8000 次/mm,抗水损害性能、低温抗裂性能略有改善,残留稳定度、冻融劈裂强度比、低温破坏应变分别在 89%、84%、2900 $\mu\epsilon$ 以上。在室内试验研究的基础上,将 AP-8 改性剂应用于湖州南浔大道路面修复工程,通过现场检测,压实度均值为 94.3%,渗水系数为 51.9ml/min,表明掺加 AP-8 改性剂的普通沥青混合料压实情况良好。通车两年后,通过车辙及平整度系统评价,路面仍保持良好的通行状态。室内试验研究和实体工程跟踪检测结果表明:AP-8 改性剂可有效提高沥青路面的使用性能,是一种性能优良且稳定的沥青混合料改性剂。

[关键词] 车辙; AP-8 改性剂; 高温稳定性

1 引言

湖州南浔大道是连接申苏浙皖高速公路和申嘉湖高速公路的重要通道,是一条连通湖州市南浔区南北的交通大动脉,双向六车道一级公路。根据申苏浙皖高速公路南浔互通收费站的数据,湖州南浔大道 2016 年日均混合交通流量为 9300 辆,其中货车占比约 29%,2020 年日均混合交通流量已达 12660 辆,年平均增长率 8%。路面结构为 5cm AC-13C 沥青混凝土上面层+7cm AC-20C 沥青混凝土下面层+20cm 水泥稳定碎石基层+33cm 水泥稳定碎石底基层,路面结构总厚度 65cm。经历 2016 年 7 月的持续高温(气温均在 35℃ 以上),部分路段出现严重的车辙病害,特别是北向南方向的交叉口路段,最大车辙深度达 5cm。

为提高沥青路面使用性能,减少病害发生,国内外学者研究采用 SBS、胶粉、环氧树脂等聚合物制备改性沥青,可明显提高基质沥青的高温稳定性、低温抗裂性和抗老化特性等路用性能^[1-6]。但由于聚合物与沥青相容性较差,在运输、存储过程中存在较为严重的离析问题^[7-9],

且由于生产厂商众多,存在聚合物掺量不足、助剂以次充好等问题,聚合物改性沥青质量难以控制。

外掺型改性剂可有效避免聚合物改性沥青生产质量问题,其添加方式简便,可通过设备自动投料至拌和锅中。目前常用的沥青混合料外掺剂主要分纤维类、抗车辙剂类、高模量剂类等^[10-13],可显著提高沥青路面抗变形能力、疲劳寿命等。基于外掺型改性剂的施工优势和技术性能,苏州拓博琳公司通过结合天然橡胶和合成高分子聚合物的性能特点,采用先进的纳米合成工艺合成制备 AP-8 外掺型改性剂。通过对普通沥青混合料的整体改性,提高沥青混合料的高温稳定性、低温抗裂性及抗水损等性能,从而综合提高路面的使用性能,延长道路的使用年限。

文章结合南浔大道路面修复工程,探究掺加 AP-8 改性剂对沥青混合料路用性能的影响。

2 室内试验方法及级配

根据已有研究^[14-15],并结合工程实际情况,确定 AP-8 改性剂掺量为沥青混合料总质量

收稿日期: 2021-07-01

作者简介: 曾怀武(1971-),男,正高级工程师,主要从事道路设计咨询工作。

的 0.3%，试验室的试验步骤如下：将集料加热至 180℃~190℃，投入试验室拌和机中，将相应量的改性剂加入拌和设备中在 175℃ 下干拌 60 秒；加入相应量的沥青，拌和 60 秒，然后加入相应量的矿粉继续拌和 60 秒，拌和以裹覆均匀为准，试件成型温度为 160℃。

表 1 A 级 70 号普通沥青技术指标

项目	试验结果	要求范围	试验依据
针入度 (25℃, 100g, 5s, 0.1mm)	64.8	60~80	T0604-2011
针入度指数 P.I	-1.25	-1.5~+1	T0604-2011
延度 (15℃, 5cm/min, cm)	>100	≥100	T0605-2011
软化点	47.2	≥46	T0606-2011
60℃ 动力粘度 (Pa.s)	201.4	≥180	T0619-2011

表 2 SBS 改性沥青技术指标

项目	试验结果	要求范围	试验依据
针入度 (25℃, 100g, 5s, 0.1mm)	57	40~60	T0604-2011
延度 (5℃, 5cm/min, cm)	27.1	≥20	T0605-2011
软化点 (℃)	79.9	≥75	T0606-2011
60℃ 动力粘度 (Pa.s)	201.4	≥180	T0619-2011
135℃ 运动粘度 (Pa.s)	2.25	≤3	T0625-2011
48h 软化点差 (℃)	2.1	≤2.5	T0661-2011
25℃ 弹性恢复 (%)	97	≥75	T0662-2011

试验级配分别采用 AC-13、AC-20，沥青为 A 级 70 号普通沥青与 SBS 改性沥青，沥青的技术指标见表 1、表 2，下面层 AC-20 集料为石灰岩，上面层 AC-13 集料为玄武岩。采用马歇尔试验对 AC-13、AC-20 沥青混合料进行设计，沥青用量分别是 4.8%、4.2%，级配分别见表 3。

表 3 沥青混合料级配组成

孔径 (mm)	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
通过率 (%)	AC-13		100	94.7	77.7	51.8	31.9	22.4	16.2	12.3	9.6	6.4
	AC-20	100	94.7	81.4	71.7	61.3	39.8	30.9	19.3	14.3	11.0	9.7

3 室内试验方案及结果分析

为了指导工程使用，采用室内试验对掺加 AP-8 改性剂的普通沥青混合料进行综合评价。采用了车辙试验、浸水马歇尔试验、冻融劈裂试验及低温小梁弯曲试验对 AP-8 改性剂沥青混合料的高温性能、抗水损害性能及低温性能进行研究，并以 SBS 改性沥青混合料作为参照对象。试验结果分别如表 4 所示：

表 4 沥青混合料试验结果

级配类型	AC-13		AC-20		技术要求
沥青类型	SBS 改性沥青	普通沥青 +0.3% AP-8	SBS 改性沥青	普通沥青 +0.3% AP-8	
动稳定度 (次/mm)	4132	7983	4539	8352	≥2800
低温弯曲试验破坏应变 (με)	2879	2955	2897	2968	≥2500
残留稳定度 S ₀ (%)	90.9	89.9	90.3	89.2	≥85
冻融劈裂强度比 TSR (%)	82.2	84.8	83.5	84.7	≥80

从表 4 可知，掺加 AP-8 改性剂混合料的动稳定度比 SBS 改性沥青混合料提高了 84~93%，表明掺加 AP-8 改性剂对混合料的高温性能有显著的提高。掺加 AP-8 改性剂后混合料的抗水损害性能、低温性能与 SBS 改性沥青混合料相当，略有提高。

通过室内试验评价可以得到如下结论：掺加 0.3% AP-8 改性剂的普通沥青混合料在高温性能比 SBS 改性沥青混合料有很大提高，而且抗水损害性能和低温性能也满足规范要求。

4 掺加改性剂的现场试验结果

室内试验验证结果发现，掺加 0.3% 的 AP-8 改性剂在普通沥青 AC-13、AC-20 级配中性能表现优异，全面提高了混合料路用性能。

研究表明，沥青路面结构中路表以下 5~10cm 的区域发生车辙病害的程度最大^[15-16]。通过现场取芯发现湖州南浔大道路面的车辙主要产生于沥青路面上面层，因此路面修复工程具体措施为：铣刨 5cm 上面层，撒布沥青粘层，

然后铺设 5cm AC-13C 沥青混凝土面层（掺加 0.3% AP-8 改性剂）。现场检测表明，路面外观与改性沥青路面无明显区别，路段的压实度最小值 93.8%、最大值 96.2%、平均值 94.3%，渗水系数 49.7~53.7ml/min，平均值为 51.9 ml/min，均满足技术要求，具有良好的施工便宜

性。现场取样的车辙、小梁弯曲、马歇尔稳定性和冻融劈裂数据与室内实验结果相当。

5 后期跟踪检测结果

通车两年后，采用激光路面断面系统 SHN-SL-M13 对修复路段进行车辙和平整度系统评价，测试系统见图 1，检测结果见表 5。



图 1 激光路面断面系统 SHN-SL-M13

表 5 车辙与平整度检测结果

桩号	幅别	车道类别	RD (mm)	RDI	评价 等级	平均值 (IRI)	行驶质量 (RQI)	评价 等级
K0+000 ~ K0+120	上行	超车道	4.95	90.11	优	2.5	90.03	优
		行车道 1	6.47	87.06	良	2.93	87.57	良
		行车道 2	6.95	86.11	良	3.37	84.53	良
	下行	超车道	3.76	92.48	优	3.17	85.94	良
		行车道 1	5.62	88.76	良	3.42	84.10	良
		行车道 2	6.85	86.30	良	3.22	85.60	良
K0+760 ~ K0+830	上行	超车道	4.95	90.09	优	3.03	86.91	良
		行车道 1	8.52	82.96	良	3.23	85.56	良
		行车道 2	5.00	90.01	优	2.95	87.40	良
	下行	超车道	4.09	91.83	优	2.49	90.07	优
		行车道 1	4.86	90.29	优	3.35	84.66	良
		行车道 2	5.60	88.81	良	3.51	83.41	良
K1+040 ~ K1+100	上行	超车道	6.63	86.75	良	3.12	86.30	良
		行车道 1	8.39	83.23	良	3.46	83.82	良
		行车道 2	5.76	88.48	良	3.42	84.09	良
	下行	超车道	4.69	90.62	优	2.50	90.03	优
		行车道 1	7.20	85.59	良	3.79	81.05	良
		行车道 2	6.21	87.57	良	3.63	82.38	良
	均值		5.92	88.17	良	3.17	85.75	良

从表5可以看出,根据车辙与平整度检测结果,在两年的车辆荷载作用下路面仍保持良好的通行状态。

6 经济效益分析

与传统沥青改性工艺相比,AP-8改性剂直接投入拌和锅内与集料一起进行拌和,不需要增加特殊设备,且掺量只需0.3%,可降低生产过程中的成本,同时避免了改性沥青储存稳定性差的问题。采用湖州市建筑材料市场信息价组成的概算单价见表6。

表6 沥青混合料概算价格

级配类型	沥青方案	单价 (元/m ³)
AC-13	A级70号沥青	1200
	A级70号沥青+AP-8改性剂	1355
	SBS改性沥青	1350

由表6可知,AP-8改性沥青混合料与SBS改性沥青混合料的单价基本相当,比普通沥青混合料的单价增加约155元/立方米。根据室内试验与工程检测结果,AP-8改性沥青混合料路用性能远高于SBS改性沥青混合料,可使道路使用年限增加,养护维修次数减少,并有效延长路面养护周期,大大降低全寿命周期成本。

7 结语

(1) AP-8改性剂的添加方式简便,可通过人工或设备自动投料至拌和锅中,混合料拌和施工工艺要求与SBS改性沥青相当。

(2) 在南浔大道路面修复工程中,采用普通沥青+0.3% AP-8改性剂的混合料方案,现场检测各项指标均满足要求,压实效果良好。通车两年后,道路仍保持良好的通行状态。

(3) 掺加AP-8改性剂的普通沥青混合料性能远超SBS改性沥青混合料,特别是高温抗车辙改善尤其明显。在重载交通的高等级公路以及道路交叉口、公交场站、长大纵坡等特殊路段使用,可有效保障沥青路面的使用质量,提高路面使用寿命,降低全寿命周期成本。

参考文献

- [1] 于华洋,马涛,王大为,等.中国路面工程学术研究综述·2020[J].中国公路学报,2020,33(10):1-66.
- [2] 周晓东,常春清,王岚.盐冻融循环对温拌胶粉改性沥青混合料疲劳性能的影响[J].建筑材料学报,2020,23(3):650-656.
- [3] 黄子义,刘攀.碳纳米管/SBS复合改性沥青路用性能研究[J].公路交通技术,2019,35(1):24-29.
- [4] Koyun A N, Büchner J, Wistuba M P, et al. Laboratory and field ageing of SBS modified bitumen: Chemical properties and microstructural characterization [J]. Colloids and Surfaces A: Physicochemical and Engineering Aspects, 2021, 624: 126856.
- [5] Li L, Zhang H, Chen Z. Effect of thermochromic materials on physical and aging properties of SBS modified asphalt [J]. Petroleum Science and Technology, 2018, 36(24): 2119-2124.
- [6] 韦潇树.环氧沥青钢桥面铺装结构层间粘结性能及影响试验研究[D].广州:华南理工大学,2020.
- [7] 王俊岩.聚合物改性沥青在热储存及运输过程中的降解研究[D].西安:长安大学,2020.
- [8] 闵祥波,倪永良,张健.SBS改性沥青现场储存稳定性分析[J].石油沥青,2020,34(6):34-40.
- [9] 徐周聪,李迪.胶粉目数对橡胶沥青混合料的粒子干涉效应试验研究[J].公路交通技术,2019.
- [10] 范钊.外掺剂对SMA-13沥青混合料长期性能影响试验研究[D].扬州:扬州大学,2020.
- [11] 夏洋洋.不同高模量外掺剂对沥青混合料路用性能影响的研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2017.
- [12] 李亚平,冯旭阳,曾勇,等.改性剂掺量对高模量沥青混合料动态模量的影响研究[J].公路交通科技,2015,14(5):136-138.
- [13] 聂金峰,王伟赫,吴鸿飞,等.抗老化玻璃纤维沥青混合料路用性能研究[J].公路交通技术,2021,37(3):34-39.
- [14] 陈慧,牛艳辉.高性能沥青混合料改性剂在重载道路养护中的应用[J].江苏交通科技,2016,1:2-5.
- [15] 段号炎,慕海瑞,杨锐.PR抗车辙剂在高速公路沥青混合料中的应用研究[J].中外公路,2011,31(1):221-224.
- [16] 朱彦,翟锐,李春雷.高性能沥青混合料改性剂应用探讨[J].中国公路,2013,9:127-128.