

基于高黏剂改性透水沥青混合料的工艺对比研究

陈超¹, 范子然^{2,3}, 李闯民^{2,3}

(1. 萍乡经济开发区农技水利站, 江西 萍乡 33700; 2. 长沙理工大学 交通运输工程学院;
3. 长沙理工大学 道路结构与材料交通行业重点实验室)

摘要:为了探讨干法和湿法工艺制备高黏剂改性透水沥青混合料的性能差异,该文采用干法和湿法两种工艺制作透水沥青混合料,并对透水沥青混合料马歇尔试件稳定度、流值、析漏、飞散、冻融劈裂比、动稳定度等技术指标进行试验与分析。试验结果表明:相同掺量下,湿法制备的高黏改性透水沥青混合料的各项性能均优于干投法制备的性能,当干投法高黏剂掺量增加4%时,干法与湿法制作的透水沥青混合料性能相当。因此,工程实际中考虑到现场改性沥青的制备设备费和加工费,推荐采用在干法中增加高黏剂掺量制备出性能满足技术要求的高黏剂改性透水沥青混合料工艺。

关键词:透水沥青混合料;高黏剂;干法;湿法;性能

1 前言

随着公路的建设与发展,“海绵城市”公路建设慢慢走进大众的视野,力推环保与绿色公路的建设与运行,透水沥青路面是目前广大学者研究的重中之重,与传统路面相比,透水沥青路面空隙率达到了18%~25%,在满足透水功能前提下,透水沥青路面的承载力颇受研究者担忧,为确保路面有足够的承载力且具有良好的抗车辙和抗剥落性能,高黏改性材料的性能和应用工艺是解决透水沥青路面出现病害的重要因素。

在国外,尤其是日本和荷兰,由于常年多雨,透水沥青路面的应用比较普遍,透水沥青混合料中改性剂,主要有SBS、TPS高黏剂和橡胶3种,应用最多的是前两种。大量实践表明:这几种改性剂对提高透水沥青路面性能效果显著。在中国透水沥青路面中,初期大多使用日本进口TPS高黏剂,但由于成本高的缘故没能大量推广。近几年研制了国产高黏剂,在提高透水沥青路面的抗车辙、耐久性等方面进行了大量的探索,并取得了显著效果。纵观国内外研究成果,在透水沥青路面中高黏剂的应用有两种方式:一种为成品改性(湿法);另一种为直投式改性(干法)。干法工艺是

- *****
- [3] 周育名,李金明,肖利明.我国公路养护行业现状及发展前景展望[J].华东公路,2010(6).
- [4] 何兆益,陈龙,等.厂拌热再生沥青混合料力学性能及应用研究[J].建筑材料学报,2016(5).
- [5] 杨彦海,张群,纪文强.SMA路面就地热再生技术试验研究及性能评价[J].中外公路,2016(4).
- [6] 薛彦卿,黄晓明.厂拌热再生沥青混合料力学性能试验研究[J].建筑材料学报,2011(4).
- [7] 庞琦,孙国强,孙大权.再生混凝土集料用于沥青混合料研究进展[J].石油沥青,2017(3).
- [8] Asphalt Hot-Recycling[J].Journal of Central South Highway Engineering,2006.

- [9] Yonggang W, Kejian L, Feng Y, et al. The Recycling of Waste Asphalt[J]. Science & Technology of Lcic, 2003.
- [10] 鲍世辉.高旧料掺量再生沥青混凝土配合比设计研究[D].东南大学硕士学位论文,2015.
- [11] 丁庆军,李春,彭波,等.钢渣作沥青混凝土集料的研究[J].武汉理工大学学报,2001(6).
- [12] 安连志.钢渣热闷工艺的设计与应用[J].金属世界,2015(1).
- [13] JT/T 1086-2016 沥青混合料用钢渣[S].
- [14] 牛哲.钢渣沥青混合料的制备与性能研究[D].东南大学硕士学位论文,2016.

收稿日期:2019-12-21(修改稿)

基金项目:湖南省教育厅科研项目(编号:18A117);湖南省自然科学基金资助项目(编号:2019JJ40312)

作者简介:陈超,男,硕士,工程师.E-mail:284922619@qq.com

指将沥青、改性剂、集料在拌和阶段一同加入拌和楼中,在高温和集料的快速挤压作用下,完成沥青的改性过程。湿法的施工工艺与普通沥青的施工工艺大致相同,由高速剪切机将沥青与高黏剂共混制备高黏改性沥青。与湿法工艺相比,干法省去了成品改性沥青的制备设备费和加工费用,能够避免湿法改性工艺难以解决的改性剂离析分层、热储存性能指标衰减等问题,在实际施工中多采用干投法,但对于干法和湿法的使用效果研究甚少,该文对这两种工艺进行室内试验研究与探讨,采用国产高抗飞散 HVA 高黏剂,以 8%、12%、16% 掺量与基质沥青剪切制成高黏改性沥青,制作改性沥青透水沥青混合料。与 3 种掺量用干法制作的透水沥青混合料试件一起进行性能测试。研究 3 种掺量不同工艺高黏改性透水沥青混合料性能的差异与规律。

2 原材料技术性质

基质沥青为 70[#] A 级,粗集料采用辉绿岩,细集料采用石灰岩机制砂,填料为石灰岩矿粉,添加剂为中国产高抗飞散 HVA 高黏剂及中国产木质素纤维。技术指标参照规范[11]、[12],试验方法按照文献[13—15]进行检测,检测结果均满足高速公路及一级公路和城

市快速道、城市主干路用原材料技术要求。表 1、2 为 HVA 高黏剂和木质素纤维检测结果。

表 1 HVA 高黏剂检测结果

技术指标	单位	检测结果	技术要求	试验方法
密度	g/cm ³	1.00	0.96—1.02	GB/T 533
灰分	%	0.1	≤0.5	GB/T 4498
熔融指数	g/(10 min)	8.0	≥5	GB/T 3682
300%定伸拉力	MPa	0.2	≤0.5	GB/T 533
伸长率	%	1 327	≥800	GB/T 533

3 不同工艺高黏改性透水沥青混合料性能测试

透水沥青路面的配合比设计方法参照 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》中开级配沥青混合料的配合比设计方法,矿料级配参照 CJJ/T 190—2012《透水沥青路面技术规程》中 PAC—13 沥青混合料级配。集料共分 10~15、5~10、0~5 mm 3 档,以目标空隙率确定的矿料级配配比为(10~15 mm):(5~10 mm):(0~5mm):矿粉=58%:30%:9%:3%,矿料合成级配结果如表 3 所示。

表 2 木质素纤维检测结果

检测项目	单位	检测结果	技术指标	试验方法
外观		灰色絮状		观看
灰分含量	%	17.6	18±5	高温 590~600 ℃ 燃烧后测定残留物
pH 值		7.8	7.5±1.0	水溶液用 pH 试纸
含水率(以质量计)	%	3.7	≤5	105 ℃ 烘箱烘 2 h 后冷却称量
吸油率		5.5	不小于纤维质量的 5 倍	用煤油浸泡后放在筛上经振敲后称量

表 3 PAC—13 矿料合成级配

项目	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%											
	26.5	19.0	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配	—	—	100	96.3	59.0	22.6	11.9	9.5	7.9	6.1	5.3	4.4
级配要求	—	—	100	90~100	50~80	12~30	10~22	6~18	4~15	2~12	3~8	2~6

级配确定之后,以计算的初始沥青用量为中值,配制沥青混合料进行析漏和飞散试验,确定最佳油石比范围。得出的沥青油石比范围为 5.0%~5.3%(沥青与高黏改性剂占矿料的百分比),结果如图 1 所示。试验中,用干法和湿法两种工艺制备沥青混合料试件,高黏改性沥青混合料油石比确定为 5.1%,高黏剂掺量分别为 8%、12%和 16%。纤维用量为高黏改性沥青混合料总质量的 0.3%。干法和湿法制备的马歇尔试

件性能测试结果见表 4。

4 不同工艺高黏改性透水沥青混合料性能分析

4.1 高温稳定性

评价沥青混合料高温稳定性的技术指标为动稳定度。透水沥青混合料由于具有较大的空隙率使得与外

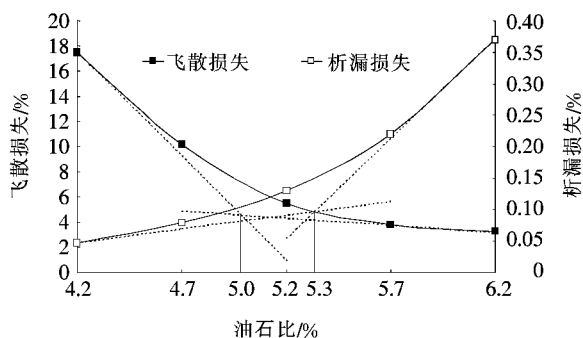


图1 透水沥青混合料析漏和飞散试验结果

界环境的接触较为紧密,在荷载的作用下,路面较传统路面更容易引起车辙,通常通过车辙试验的动稳定度来评价。动稳定度越高,抗车辙性能越好,越不容易引

起车辙病害。

由表4可知:干法掺量为8%、12%、16%的动稳定度分别为3 275、4 208、4 860次/mm,湿法掺量为8%、12%和16%的动稳定度分别为4 154、4 608、5 216次/mm,可见,湿法工艺的动稳定度都满足了规范技术要求,而干法工艺制作的高黏剂掺量8%的动稳定度不满足规范要求。同掺量条件下,湿法动稳定度值大于干法动稳定度值,湿法工艺的混合料高温稳定性明显高于干法混合料。通过分析数据可知,干法12%掺量的混合料动稳定度与湿法8%掺量的混合料动稳定度值接近,同理,干法16%掺量的混合料与湿法12%掺量的混合料动稳定度值也接近。试验表明当采用干法工艺时增加4%高黏剂,其高温性能与湿法沥青混合料相近。

表4 马歇尔试件性能测试结果

试验方法	高黏剂掺量/%	空隙率/%	连通空隙率/%	马歇尔稳定度/kN	流值/mm	析漏损失/%	飞散损失/%	渗水系数/[mL·(15 s) ⁻¹]	动稳定度/(次·mm ⁻¹)	冻融劈裂比/%
湿法	8	20.8	14.9	4.6	4.7	0.3	14.6	933	4154	82.8
	12	19.9	14.2	5.2	3.5	0.1	9.8	845	4608	86.2
	16	18.7	14.3	6.5	3.9	0.1	5.4	882	5216	88.8
干法	8	21.2	15.3	3.8	5.2	0.6	21.2	1168	3275	76.9
	12	20.6	14.8	4.7	4.6	0.2	13.6	1074	4208	81.2
	16	20.1	14.5	5.5	3.3	0.1	8.5	986	4860	85.7
技术要求		18~25	≥14	≥5	2~4	<0.3	<15	≥800	≥3 500	≥85

4.2 水稳定性

混合料的水稳定性表明混合料受水影响而表现的抗水损害的能力,评价的技术指标通常为冻融劈裂比。透水沥青混合料的空隙为20%左右,因此,雨水通过大空隙进入路面结构层,混合料受水影响较为严重,故水稳定试验测定的冻融劈裂比尤其重要,通过冻融循环测定不同工艺下马歇尔试件受水损坏前后劈裂破坏时其强度的比值来评价。

由表4可知:湿法12%和16%掺量的冻融劈裂比满足规范要求,而干法只有16%掺量时满足要求。与高温稳定性规律相同,同掺量条件下,湿法混合料水稳定性优于干投法混合料。湿法12%掺量的冻融劈裂比与干法16%掺量的冻融劈裂比相接近。干法通过增加4%高黏剂掺量制作的混合料水稳定性与湿法混合料性能相当。

4.3 低温抗裂性

在低温条件下,沥青混合料内部会产生温度应力,

当温度变化较大时,混合料应力松弛的速度如果跟不上温度应力的增长速度,不断累积的温度应力会超过混合料的抗拉极限从而产生开裂。评价沥青混合料的低温抗裂性能的指标为低温弯曲小梁试验检测的弯拉强度、弯拉应变、弯拉模量。

对不同掺拌条件下的高黏沥青混合料进行低温弯曲小梁试验,试件尺寸为高35 mm,长250 mm,宽30 mm,试验温度为-10℃。试验结果如表5所示。

透水沥青混合料的低温性能是弯拉强度、弯拉应变、弯拉模量综合作用的结果,相关文献表明,弯拉应变大于2 500 με时透水沥青混合料表现出良好的低温性能。由表5可知:无论湿法还是干法,小梁试验弯拉应变都满足技术要求,且随着掺量增加弯拉应变增加,低温抗裂性能越好。由表中数据也可以得出,同掺量条件下湿法沥青混合料低温性能优于干法。

4.4 渗水性能

通过渗水仪在车辙板上模拟现场道路的渗水试

表 5 低温弯曲小梁试验结果

工艺	高黏剂掺量/%	弯拉强度/MPa	弯拉应变/ $\mu\epsilon$	弯拉模量/MPa
湿法	8	7.247	2 844	2 548
	12	7.470	3 252	2 297
	16	7.661	3 680	2 082
干法	8	6.822	2 460	2 773
	12	7.045	2 802	2 514
	16	7.203	3 194	2 255

验,由表 4 可知:湿法和干法的渗水系数都能满足规范要求,不同工艺的渗水系数没有明显的规律;混合料的透水性能主要与连通空隙率指标相关,同样地,不同工艺连通空隙率没有表现出明显的差异,由此可知,对于透水性能而言,不同工艺对混合料透水性能影响不大。

4.5 透水沥青混合料的耐久性

透水沥青混合料的耐久性可由析漏和飞散损失两个指标进行评价。由表 4 可知:同掺量高黏剂条件下,干法析漏损失和飞散损失比湿法的大,其原因是,湿法通过高速剪切使沥青分子与高黏剂分子更好地混合在一起,内部分子结构更稳固,而干法只是把两者物理共混,对沥青的黏附作用只是片面的,少部分沥青在集料表面流淌而没有与高黏剂充分融合,进而为水的浸入提供了有利条件,所以干法混合料抗飞散能力较差。采用干法工艺施工时,高黏剂与集料拌和均匀性对透水沥青混合料的耐久性尤其重要,可以适当延长拌和时间进行解决。

5 结论

通过对不同工艺制作的高黏改性透水沥青混合料进行马歇尔试验、析漏和飞散试验、车辙试验、渗水试验、低温弯曲小梁试验,得出以下结论:

(1) 不同工艺的透水沥青混合料表现出不同的性能。对于湿法而言,不小于 12% 的高黏剂掺量,对于干投法,不小于 16% 的高黏剂掺量设计出来的透水沥青混合料满足中国规范技术要求。

(2) 相同高黏剂掺量条件下,采用湿法制作的混

合料表现出比干法更好的性能,与湿法制作的混合料性能相当时,干法要比湿法增加 4% 高黏剂掺量。

(3) 不同高黏剂添加工艺对混合料的透水性能影响不显著。

参考文献:

- [1] 蒋玮,沙爱民,等. 透水沥青路面对洁净水体和地表径流水质的影响[J]. 长安大学学报(自然科学版),2017(1).
- [2] 辜延艳. 海绵城市建设存在问题及对策[J]. 福建建筑,2017(7).
- [3] 仇保兴. 海绵城市(LID)的内涵、途径与展望[J]. 中国勘察设计,2015(7).
- [4] Richard Field, Hugh Masters, Melvin Singer. Status of Porous Pavement Research[J]. Water Research,1982,16(6):849—858.
- [5] 邢明亮. 透水性沥青混合料组成设计与性能研究[D]. 长安大学硕士学位论文,2007.
- [6] 蒋玮. 透水沥青路面混合料配合比设计与路用性能研究[D]. 长安大学硕士学位论文,2008.
- [7] 潘翔. 大孔隙排水沥青混合料下面层路用性能试验分析[J]. 交通标准化,2011(1).
- [8] Putman B J, Kline L C. Comparison of Mix Design Methods for Porous Asphalt Mixtures[J]. Journal of Materials in Civil Engineering,2012,24:1 359—1 367.
- [9] Smith, R. W., Rice, J. M., Spelman, S. R.. Design of Open — Graded Asphalt Friction Course [R]. FHWA Report No. FHWA — RD — 74 — 2, Washington D. C., 1974.
- [10] 黄维蓉,张宸,谭明,等. 不同拌和方式对水泥橡胶改性沥青性能的影响[J]. 中外公路,2016(3).
- [11] JTG F40—2004 公路沥青路面施工技术规范[S].
- [12] CJJ/T 190—2012 透水沥青路面技术规程[S].
- [13] JTG E20—2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].
- [14] JTG E42—2005 公路工程集料试验规程[S].
- [15] JT/T 860.2—2013 沥青混合料改性添加剂(第2部分:高黏度添加剂)[S].
- [16] 刘衡. 高黏改性沥青混合料设计与性能研究[D]. 大连理工大学硕士学位论文,2013.
- [17] 李晓娟. OGFC 沥青混合料路用性能研究[D]. 长安大学硕士学位论文,2008.
- [18] 孙洁. 基于 TPS 改性沥青应力吸收层材料性能研究[J]. 中外公路,2017(3).