

## 排水沥青混合料 PA-10 性能试验研究

郭志坚

(中国河南国际合作集团有限公司, 河南 郑州 450004)

**摘要:** 大孔隙沥青路面能减少雨水天气路面积水,保障行车安全。文中对 PA-10 细粒式大孔隙沥青路面展开研究,利用 PA-10 沥青混合料多孔特点降低路面噪声,同时加快路面积水排放。通过控制关键筛孔通过率调整混合料空隙率,利用析漏、飞散试验确定不同空隙率混合料最佳油石比,对不同空隙率 PA-10 混合料进行高温稳定性、低温抗开裂、抗水损害、排水及抗滑等路用性能研究。结果表明,空隙率为 20% 时,混合料高温抗车辙能力最优;空隙率为 17% 时,混合料抗水损害及低温抗开裂能力最优;空隙率为 23% 时,混合料排水及抗滑能力最优。

**关键词:** 公路;排水沥青混合料;细粒式大孔隙沥青路面;路用性能

**中图分类号:** U416.217

**文献标志码:** A

**文章编号:** 1671-2668(2021)04-0064-04

近年来对环境保护的要求越来越高,排水、降噪型路面的优势得以凸显。常见降噪路面形式包括小粒径表面处治、薄层罩面、单层及多层大孔隙结构层、改性沥青磨耗层等,其主要特点是小粒径、大孔隙,小粒径矿料能改善路表纹理、减少轮胎振动噪声,大孔隙结构对轮胎与路面之间摩擦产生的噪声能起到吸收效果。在中国,小粒径混合料常作为路面磨耗层,主要包括 UTAC-10、SMA-10 及 NovaChip 等,这类混合料空隙率一般较小,排水能力有限。大孔隙混合料最典型的排水就是排水沥青路面,其最为突出的缺点是飞散破坏,严重缩短路面使用年限、影响行车安全,路面病害出现后又严重降低排水功能。因此,在排水沥青路面技术指标支撑的基础上进行细粒式大孔隙混合料路用性能研究尤为重要。该文选用 PA-10 细粒式大孔隙混合料,通过对不同空隙率混合料进行高温稳定性、低温抗开裂、抗水损害、排水及抗滑等性能研究,评价不同空隙率混合料的路用性能。

## 1 原材料及配合比设计

### 1.1 沥青

沥青种类对混合料性能起着决定性的作用。PA-10 细粒式大孔隙混合料对沥青黏度有较高要求,较高黏度沥青能保证大孔隙混合料在车辆轴载制动作用下不易脱落,故选用高黏 SBS 改性沥青,其主要技术指标见表 1。

### 1.2 纤维

玄武岩纤维是以天然玄武岩在 1 450~1 500

表 1 高黏 SBS 改性沥青的主要技术指标

试验项目	技术要求	试验结果
针入度(25℃)/(0.1 mm)	40~60	51
软化点/℃	≥80	86
延度(5 cm/min, 5℃)/cm	≥30	38
动力黏度(60℃)/(Pa·s)	≥20 000	21 549
弹性恢复(25℃)/%	≥75	79
135℃运动黏度/(Pa·s)	≤3	1.85
质量变化/RTFOT 后	±1	-0.19
针入度比(25℃)/%	≥65	71
残留物	残留延度(5℃)/cm	≥15 21

℃高温时通过一定工艺拉丝而成,是一种新型无机环保高性能材料,其主要技术指标见表 2。

表 2 玄武岩纤维的主要技术指标

试验项目	技术要求	试验结果
纤维长度/mm	6×(1±10%)	6.213
直径/μm	6~18	12.38
断裂强度/MPa	1 400~2 400	1 964
密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	2.5~2.9	2.624
吸油率/%	≥50	176.3

### 1.3 配合比设计

沥青混合料级配类型选用 PA-10,粗集料为 3~5、5~10 mm 玄武岩碎石,细集料为 0~3 mm 石灰岩机制砂,填料为石灰岩磨制的矿粉,其各项指标均满足相关规范要求。玄武岩纤维掺量为沥青混合料质量的 0.4%。由于 4.75、9.5 mm 筛孔之间的间隔较大,为使细粒式多孔混合料粗集料能形成有效的骨架嵌挤结构,在两筛孔之间增加 7.5 mm 筛孔。

多孔混合料空隙率一般为 15%~25%,选用 23%、20%、17% 3 种目标空隙率进行矿料级配设计,设计结果见表 3。不同目标空隙率、不同油石比时混

合料析漏和飞散试验结果分别见图 1、图 2。由图 1~2 可知:3 种混合料的最佳油石比分别为 4.8%、5.1%、5.3%。

表 3 不同空隙率 PA-10 沥青混合料配合比设计

空隙率/ %	通过下列筛孔(mm)的质量百分率/%								油石比/ %	实测空 隙率/%
	9.5	7.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075	
23	99.2	44.3	16.5	15.9	13.6	10.7	8.4	5.8	4.3	4.8
20	99.3	47.2	21.3	20.2	16.8	12.7	9.1	6.2	4.4	5.1
17	99.2	49.7	25.1	23.8	19.7	14.6	10.1	6.3	4.1	5.3
级配上限	100	40	35	10	5	2	0	0	0	
级配下限	90	75	65	35	22	16	12	9	6	
级配中值	95	58	50	22	14	9	6	4	3	

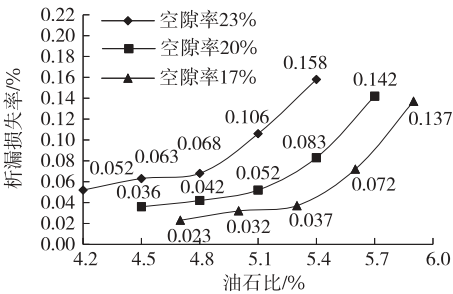


图 1 不同空隙率 PA-10 沥青混合料析漏试验结果

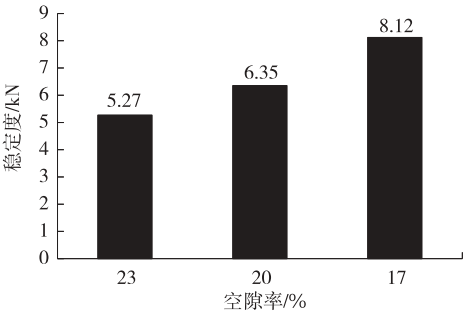


图 3 不同空隙率 PA-10 沥青混合料的稳定度

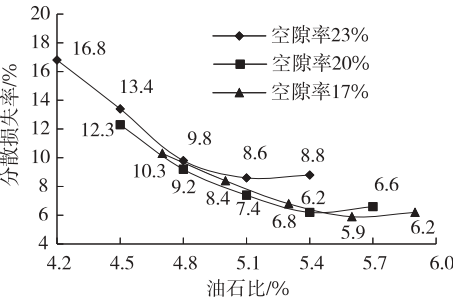


图 2 不同空隙率 PA-10 沥青混合料飞散试验结果

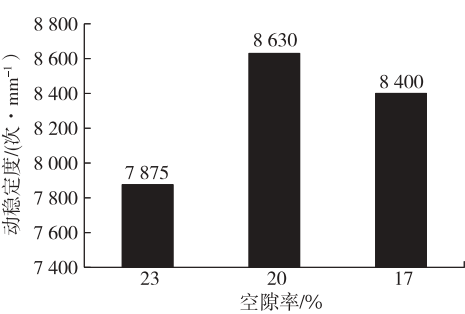


图 4 不同空隙率 PA-10 沥青混合料的动稳定度

2 路用性能分析

2.1 高温稳定性

高温稳定性是沥青路面在高温条件下抵抗车辆轴载塑性变形的能力,泛油、车辙、拥包等病害是沥青路面高温稳定性差的主要表现形式。沥青路面是一种柔性结构层,高温环境下,沥青黏韧性降低,在车辆轴载特别是重轴载作用下会产生塑性变形而出现车辙。选用马歇尔稳定度及车辙试验评价不同空隙率 PA-10 混合料的高温稳定性,试验结果见图 3、图 4。

由图 3 可知:随着空隙率的降低,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料马歇尔稳定度逐渐增大,且均

满足排水改性沥青混合料稳定度不小于 5 kN 的要求。这主要是因为空隙率越小,矿料之间内摩阻力越大,稳定度越高。

由图 4 可知:不同空隙率细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的动稳定度均满足排水改性沥青混合料动稳定度不小于 6 000 次/mm 的要求,表明矿料之间能较好地形成骨架嵌挤结构,具有较强的高温抗车辙能力;不同空隙率混合料之间抗车辙能力差异较大。

2.2 低温抗裂性

低温环境下,沥青脆性增强,韧性降低,这是北方季节性冰冻区沥青路面裂缝产生的主要原因。当混合料内部产生的温缩应力大于极限容许拉应力

时,沥青路面会出现裂缝,这些裂缝如果不能及时处治就会形成龟裂、坑槽等严重病害。选用低温小梁弯曲试验评价不同空隙率 PA-10 沥青混合料的低温抗开裂能力,试验结果见图 5、图 6。

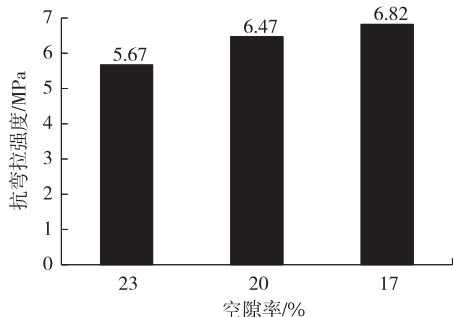


图 5 不同空隙率 PA-10 沥青混合料的抗弯拉强度

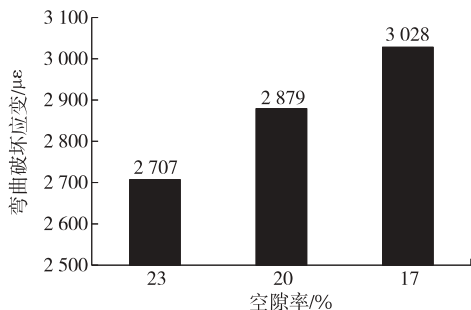


图 6 不同空隙率 PA-10 沥青混合料的弯曲破坏应变

由图 5、图 6 可知:随着空隙率的降低,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的抗弯拉强度及弯曲破坏应变均逐渐升高,且弯曲破坏应变均满足排水改性沥青混合料不小于  $2\,500\ \mu\epsilon$  的要求。这主要是因为空隙率越小,油石比越大,矿料之间的黏韧性越强,低温抗开裂能力越强。

### 2.3 水稳定性

水损害是沥青路面破坏的主要形式之一,主要表现为松散、坑槽、麻面、剥离、网裂等病害。在车辆轴载及雨水的共同作用下,沥青与矿料之间的黏附性降低,造成沥青胶浆从混合料孔隙中脱落。选用浸水马歇尔残留稳定度及冻融劈裂残留强度比评价不同空隙率 PA-10 混合料的抗水损害能力,结果见图 7、图 8。

由图 7、图 8 可知:随着空隙率的降低,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的浸水马歇尔残留稳定度及冻融劈裂残留强度比均逐渐增加,且满足排水改性沥青混合料残留稳定度不小于 85%、残留强度比不小于 80% 的要求。这主要是因为空隙率越小,油石比越大,矿料之间的黏韧性越强,渗透到矿料之

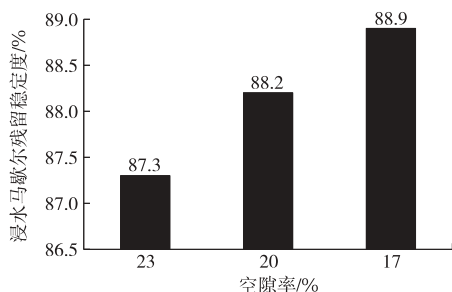


图 7 不同空隙率 PA-10 沥青混合料的浸水马歇尔残留稳定度

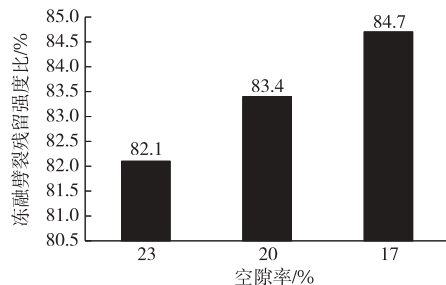


图 8 不同空隙率 PA-10 沥青混合料的冻融劈裂残留强度比

间的水分越少,抗水损害能力越强。

### 2.4 排水及抗滑性能

细粒式大孔隙 PA-10 混合料主要起排水及降噪作用,良好的排水能力能降低雨水天气路面积水,保障行车安全。沥青路面良好的抗滑性能能增强车辆的制动效果,减少交通事故的发生。从行车安全方面考虑,对 PA-10 混合料进行排水及抗滑能力研究尤为重要。选用渗水及抗滑试验评价不同空隙率 PA-10 混合料的排水及抗滑能力,试验结果见图 9、图 10。

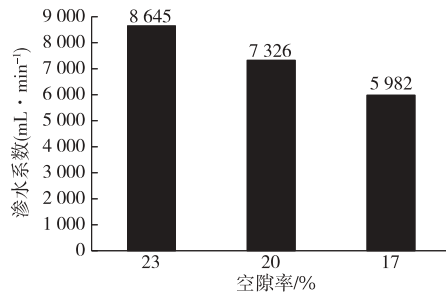


图 9 不同空隙率 PA-10 沥青混合料渗水试验结果

由图 9、图 10 可知:随着空隙率的降低,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的渗水系数及摆值均逐渐降低,且满足排水改性沥青混合料渗水系数不小于  $3\,500\ \text{mL}/\text{min}$ 、摆值不小于 60 BPN 的要求。这主要是因为空隙率越小,油石比越大,矿料之间的孔

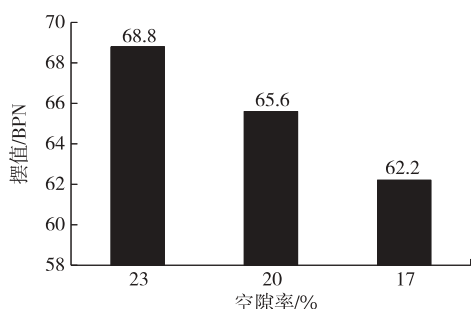


图 10 不同空隙率 PA-10 沥青混合料抗滑试验结果

隙越小,水渗透到混合料内部的能力越低,同时沥青路面表层构造深度越小。

### 3 结论

(1) 随着空隙率的降低,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的马歇尔稳定度逐渐增大,且均满足排水改性沥青混合料稳定度不小于 5 kN 的要求;空隙率为 20% 时,混合料动稳定度最优,从高温抗车辙能力角度考虑,空隙率为 20% 时最优。

(2) 随着空隙率的降低,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的浸水马歇尔残留稳定度、冻融劈裂残留强度比及弯曲破坏应变均逐渐增加,且均满足排水改性沥青混合料的相关规范要求。从抗水损害及低温抗开裂能力角度考虑,空隙率为 17% 时最优。

(3) 随着空隙率的降低,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的渗水系数及摆值均逐渐降低,且均满足排水改性沥青混合料的相关规范要求。从排水及抗滑能力角度考虑,空隙率为 23% 时最优。

(4) 综合考虑,细粒式大孔隙 PA-10 沥青混合料的空隙率宜为 17%~23%。

### 参考文献:

- [1] 李辉.城市道路交通噪声污染特征分析与管理对策研究[D].长沙:湖南农业大学,2012.
- [2] 储益萍.道路交通噪声控制措施的技术、经济比较分析[J].环境污染与防治,2011,33(5):107-110.

- [3] FAN Y, PING S, CAO D, et al. Investigation and modeling of sound absorption properties of thin layer wearing course[J]. Journal of Testing and Evaluation, 2017, 46(1): 46-54.
- [4] 唐国奇.双层排水降噪沥青路面关键技术研究[D].南京:东南大学,2015.
- [5] 齐琳.多孔沥青路面吸声性能评价与优化研究[D].西安:长安大学,2011.
- [6] WAN J, YUE X, WEI S, et al. Self-healing property of ultra-thin wearing courses by induction heating[J]. Materials, 2018, 11(8): 1392-1405.
- [7] 郑健龙.基于结构层寿命递增的耐久性沥青路面设计新思想[J].中国公路学报,2014,27(1):1-7.
- [8] 吴后选,袁怡,邢成伟,等.新型高速公路沥青面层结构组合设计研究[J].中外公路,2017,37(6):55-60.
- [9] 朱琨琨,刘黎萍,陈长,等.上海逸仙高架 NovaChip® 超薄磨耗层降噪效果实测与分析[J].公路工程,2009,34(3):158-161.
- [10] 高晓伟,颜薇,宋琿,等.温度与移动荷载作用下特重交通 RCC 基层沥青路面结构响应分析[J].中外公路,2019,39(1):28-33.
- [11] 李江龙.用于薄层罩面的 SMA-8 组成设计工艺及路用性能试验研究[D].长沙:长沙理工大学,2014.
- [12] 咸红伟,张肖宁.ECA-10 超薄磨耗层在高速公路预防养护中的应用[J].中外公路,2011,31(1):209-212.
- [13] 何志敏.复合改性 UTAC 薄层罩面在北京高速公路中的应用[J].中外公路,2018,38(2):75-79.
- [14] 刘博.高黏改性剂在排水沥青混合料中的应用研究[D].大连:大连理工大学,2016.
- [15] 郑立宝,郭利扬,薛晓飞,等.基于不同沥青胶结料的抗滑防水超薄罩面性能评价[J].中外公路,2018,38(3):48-50.
- [16] 肖晶晶,沙爱民,蒋玮,等.多孔沥青混合料路用性能研究[J].武汉理工大学学报,2013,35(4):49-53.
- [17] 中交路桥技术有限公司.公路沥青路面设计规范:JTG D50-2017[S].北京:人民交通出版社股份有限公司,2017.

收稿日期:2020-08-24

\*\*\*\*\*  
(上接第 63 页)

- 料配合比设计方法研究[J].中外公路,2016,36(4):284-288.
- [7] 交通部公路科学研究院.公路土工试验规程:JTG E40-2007[S].北京:人民交通出版社,2007.
- [8] 马川义.乳化沥青冷再生混合料设计方法优化研究[D].济南:山东建筑大学,2014.

- [9] 杨彦海,邬宇航,杨野,等.水泥对乳化沥青冷再生材料性能影响的宏微观分析[J].公路交通科技,2018,35(10):1-8.
- [10] 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.

收稿日期:2020-11-19