

Discussion on the Design Method of Modified Pac-asphalt Mixture Mix

Haojie Cai

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400070, China

Abstract: In order to design a meet the drainage and satisfy the road performance of PAC asphalt mixture, first from the drainage asphalt surface structure and characteristics are expounded the characteristics of pavement drainage, and then according to the characteristics of the drainage pavement on PAC asphalt mixture is put forward, according to the requirements of related to the performance of raw materials were tested, the mixing ratio of raw materials selected to meet the requirements. Then, the gradation and the optimal ratio of asphalt were determined, and finally, the performance of drainage asphalt was tested to meet the relevant specifications.

Keywords: Drainage pavement; The PAC; High viscosity modified asphalt; Oil-stone rati; Asphalt mix ratio

浅谈 PAC 沥青混合料配合比设计方法

蔡豪杰

重庆交通大学, 重庆, 中国, 400070

摘要: 为了设计出即满足透水性又满足路用性能的 PAC 沥青混合料, 先从排水沥青路面的结构形式和特点阐述了排水路面的特点, 然后根据排水路面的特点对 PAC 沥青混合料提出了要求, 根据相关的要求对原材料的性能进行了测试, 选取符合要求的配合比原材料。然后进行了级配和最佳油石比的确定, 最后进行排水沥青各项指标性能的试验以符合

关键词: 排水路面; PAC; 高粘改性沥青; 油石比; 配合比

1 引言

近年来, 随着我国经济的快速发展, 高等级公路建设发展迅速, 提高路面的使用品质, 建立高效、安全、畅通的公路交通网, 向社会提供高品质的公路交通也成为行业目标。排水沥青路面具有大孔隙特征从而具有降低噪声、提高抗滑行、排除积水等一系列优点, 在公路建设中, 排水沥青路面得到大量应用。在排水沥青路面中, PAC 沥青混合料可用于做排水沥青路面表面层。

排水路面作为一种新兴的路面类型, 我国对透水沥青路面的研究和应用尚处于初级阶段, 主要是借鉴国外的技术, 铺设范围并不是十分广泛。但是随着我国“海绵城市”概念的提出, 为改善城市的生态环境, 实现城市的可持续发展, 透水沥青路面已经得到了广泛关注。

1.1 PAC 沥青路面研究背景和意义

随着城市的发展, 现代城市的地表被不透水的路

面层所覆盖, 导致降水主要通过城市排水系统排出, 这种不透水的路面使雨水不能及时排出, 造成路面积水, 给行人和驾驶人员带来了不便^[1], 特别是在暴雨天城市内涝的新闻已屡见不鲜。在“海绵城市”的建设中, 透水性铺装材料的使用是非常重要的。透水性铺装材料包括透水混凝土、透水沥青以及透水砖等。其中, 路面透水性铺装材料多使用透水沥青混合料^[2]。在可持续发展思想的指导下, 积极推广透水沥青路面的铺设, 让地下水得到充分的补充, 重视对雨水的有效利用, 改善城市的生态问题, 不仅有利于环境质量的优化, 更有利于促进经济的协调发展, 社会的稳定。透水沥青路面是指路面结构层选用较大空隙的沥青混合料铺筑, 雨水可以通过结构层空隙迅速排出的一类沥青路面^[3]。面层和基层铺设空隙率较大、具有良好透水功能的沥青混合料, 既能够保证路面结构具有一定的路用性能, 又能够快速将雨水排出。

1.2 PAC 沥青路面的一般结构形式结构

常见大孔隙沥青路面的结构如图 1 所示, 其大孔

隙沥青路面面层结构与常见的密级配沥青路面面层结构如图 2 所示:

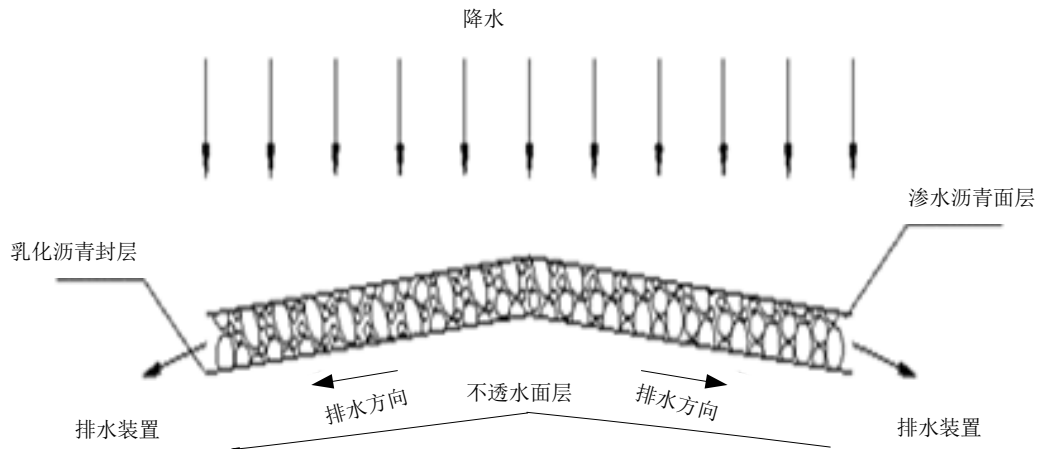


Figure 1. Curve: system result of standard experiment

图 1. 排水路面结构

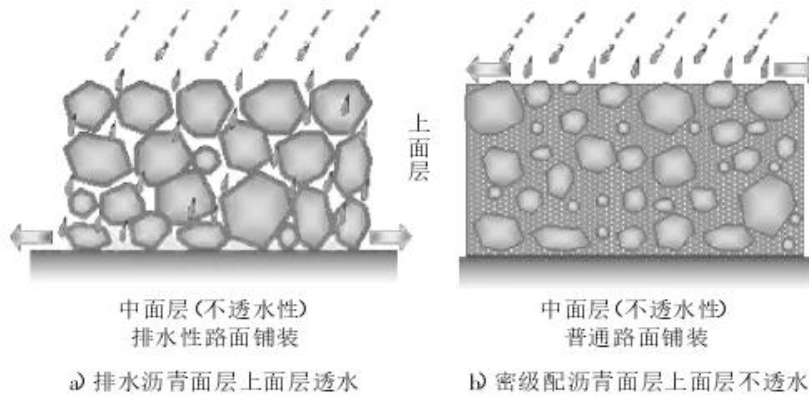


Figure 2. Curve: system result of standard experiment

图 2. 排水路面结构与密级配沥青路面结构对比

由于采用大孔隙沥青混合料，相对于常见的密级配沥青混合料，它粗集料多，细集料偏少，从混合料结构理论上看来，大孔隙沥青混合料是骨架空隙结构理论发展而来，排水沥青路面的技术优势可以分为三方面:1) 抗滑性能高，提高行车安全; 2) 改善雨天行车时舒适性; 3) 有效降低车轮与路面摩擦产生的噪声。

2 PAC 沥青混合料的组成设计

排水沥青路面的大孔隙沥青混合料组成设计主要包括原材料的选择、级配的确定、最佳沥青用量的确

定: 确定 PAC 的目标空隙率应该根据当地的实际降雨量、降雨历时、降雨强度等数据，建立空隙率与透水能力的函数关系，并结合水文、水力等方面综合考虑目标空隙率。此外，应注意在满足设计目标空隙率的前提下，尽量降低其空隙率，以提高混合料强度、耐久性等。

2.1 HVA 高粘度沥青的制备

2.1.1 试验参数的确定

大颗粒之间的相互黏结组合形成 PAC 混合料骨架，因此沥青的各项性能对 PAC 混合料的性能将产生

直接影响。其主要技术指标为 60℃动力黏度。相关研究表明,随着 60℃动力黏度提高,混合料的高温稳定性、低温抗裂性、抗水损害能力及耐老化性能均有明显提高。故必须采用高黏度改性沥青,才能满足 PAC 混合料内部结构强度和抵抗变形能力要求。高粘改性剂是所谓高粘度改性沥青是以提高沥青的 60℃粘度指标为主要目的的改性沥青。与普通改性沥青相比,其橡胶或热可塑性高分子化合物等添加量较高。主要特性是 60 下的粘度值在 20000Pa S 以上,软化点在 80℃以上,20℃粘韧性在 20N M 以上及 20℃韧性在 15N M 以上^[4]。高粘度改性沥青不仅是在沥青的高低温性能方面有了极大地提高,同时也满足了即使长时间与水接触也不会被剥离的高抗剥落性,并使混合料颗粒之间的粘结性也得到改善。在制备 HVA 高粘度沥青时,应事先测试道路石油沥青的技术指标,由于时间及试验条件的限制,选择了比较有代表性的道路石油沥青三大指标测试结果如下表 1:

Table 1. System resulting data of standard experiment
表 1. 基质沥青技术指标

技术指标	单位	测试值	技术要求
软化点 (R&B)	℃	49.5	≥45
延度 (5℃)	cm	68	≥25
针入度 (25℃, 5S,100g)	0.1mm	65.0	60~80

通过表 1 可知,用作制备 HVA 高粘度改性沥青的基质沥青在技术要求方面均达到规范标准,适用于制备 HVA 高粘度改性沥青。

2.1.2 高粘改性沥青制备方法

试验仪器装置: 佛鲁克 FA25 高速剪切机、温度计、烤炉、搅拌棒、电子天平,秒表等。

实验原料: HVA 高粘度改性剂、70#基质沥青等。

HVA 高粘度沥青制备方法:

A: 将基质沥青加热到约 180℃在加热状态下,要注意控制温度在 , 温度太低,改性剂不能融于沥青中,温度太高,容易引起沥青的老化,减低沥青的改性效果。然后加入 HVA 高粘度改性剂,用玻璃棒搅拌均匀^[5];

B: 将盛有基质沥青的样品放到高速剪切机下,慢慢调转速增加至 5000r/min,保持温度在 180℃,持续

剪切 10min, 剪切至 HVA 改性剂与沥青相溶;

C: 关闭剪切机,将制备好的 HVA 高粘度沥青放置于 180℃的烘箱中发育 20min。

在试验过程中,应控制试验条件,如加热温度、剪切速度、剪切时间、发育时间等,每一个因素的变化都可能对 HVA 高粘度沥青的性质有影响。温度过高,沥青易老化,不利于 HVA 改性沥青的性质,温度过低,HVA 改性剂融于沥青中的效果不理想。

制备好 HVA 高粘度改性沥青后,测试其技术指标,见表 2,并与基质沥青的技术指标对比:

Table 2. System resulting data of standard experiment
表 2. 高粘度改性沥青技术指标

技术指标	单位	测试值	沥青技术标准
软化点 (R&B)	℃	89.5	≥85
延度 (5℃), (R&B)	cm	393	≥40
针入度 (25℃, 5S,100g)	0.1mm	53	40~70

从基质沥青和高粘改性沥青的技术指标对比,明显可以看出,基质沥青经过改性,软化点升高 40℃,表明沥青的耐热性更好,针入度下降 13mm,表征沥青的粘度有上升,延度增加了 325cm,由于延度试验温度为 5℃,基质沥青脆性体现出来,由图 2.3 可以从延度指标上看,从基质沥青到改性沥青,延度的大幅度提高,试验完成后被拉伸的沥青逐渐恢复原状,说明沥青的粘弹性效果好,改性取得良好的效果,侧面的反映了沥青粘度的提高。

2.2 集料的相关性质

2.2.1 粗集料

透水沥青路面与密级配沥青路面最大的区别就是空隙率比较大,这样有利于路面水的下渗。为了能够形成骨架结构,PA C 中粗集料占很大比例,约为集料总量的 85%左右,而细集料只占 10%左右。粗骨料之间的嵌挤作用以及结合料的黏结作用是透水沥青路面强度的主要来源,然而不同比例的粗集料所形成的骨架-空隙结构的力学性能有很大差异,所以采用级配良好的 PA C 是保证路面路用性能优良的键。因此骨料的性质对大孔隙沥青混合料性能影响很大,国外部分国家针对排水沥青路面提出了专门的技术要求,我国在这方面还没有完善的技术标准,只给出了沥青混合料粗集料质量技术标准,本文参照我国《公路沥

青路面施工技术规范(JTJ F40—2004)》的标准来实施。

文中粗集料采用重庆地区石灰岩, 分别由 13.2~16mm、9.5~13.2mm、4.75~9.5mm、2.36~4.75mm 四档组成。粗集料部分技术性质的测试结果见表 3:

Table 3. System resulting data of standard experiment
表 3. 粗集料的技术性能

粗集料	13.2-16	9.5-13.2	4.75-9.5	2.36-4.75
表观密度 (g/cm ³)	2.783	2.881	2.823	2.815
表干密度 (g/cm ³)	2.724	2.674	2.764	2.716
毛体积密度 (g/cm ³)	2.795	2.784	2.816	2.768
吸水率(%)	3.49	2.56	3.09	4.17
压碎值(%)	-	25.1%	-	-

2.2.2 细集料

一般将粒径为 0.075mm-2.36mm 部分的集料称为细集料在整个大孔隙沥青混合料中, 细集料所占比重很少(不足 10%), 但是细集料在整个混合料中的作用不可忽略, 起到填充粗集料空隙, 增加大孔隙沥青混合料的强度起到至关重要的作用。经检测满足《公路沥青路面施工技术规范》(JTGF40—2004)。

2.2.3 矿粉

矿粉是沥青混合料中集料与沥青之间的粘结剂, 使沥青吸附在集料表面形成沥青结合料, 对粗集料和细集料产生粘附作用。在《技术规程》(CJJ__T190—2012)中对矿粉的性能做出了规。

2.3 纤维的选择

2.3.1 纤维的基本作用

纤维主要用于复合材料的加筋, 将具有某种期望性质的材料加到缺乏这些性质的其他材料中。加筋的作用主要有两种, 一种是纤维在沥青混凝土和水泥混凝土中的随机排列, 一种是纤维的定向排列。有些纤维具有比沥青混合料更高的拉伸强度, 从而提高沥青混合料的内聚强度和拉伸强度, 它赋予沥青混合料一定的物理变化。其次, 在降低沥青混合料析漏方面, 纤维表现的聚合物更好。向沥青中加入纤维, 由于沥青和纤维内在的相容性和出色的力学性质, 改善材料的强度和疲劳特性。

为了提高排水沥青混合料中的集料与沥青的粘结能力, 可适当的添加一些纤维。至于纤维的使用, 欧

洲多采用木质素纤维, 而美国则以矿物纤维为主。纤维还能对沥青混合料的力学性质产生有益的作用, 具体效果与纤维的类型有关。纤维与沥青具有较强的粘附力, 在沥青混合料中使用纤维, 提高沥青混合料的水稳定性和抗剥落能力。但考虑到试验条件, 为提高大孔隙沥青混合料的性能, 还是添加沥青混合料质量的 0.3%的木质素纤维, 同时, 在沥青混合料掺木质素纤维存在三个方面的缺陷: 一是在改善混合料力学性质方面不如矿物纤维; 二是在混合料高温拌和时不耐高温, 容易遭到破坏; 三是容易吸水受潮。

2.4 配合比的确定

2.4.1 级配的确定

对于排水型沥青混合料配合比设计, 主要是将混合料空隙率作为设计关键指标。在满足空隙率要求的前提下, 进行适当的调整, 使得整个排水沥青混合料的性能达到最优。目前我国《技术规程》(CJJ__T190—2012)中使用的 PAC 配合比设计方法, 主要参照了日本《排水性路面技术指南》中的方法并加以改进。改进的日本级配设计方法在于关键筛孔的选取, 根据各筛孔通过率对空隙率的影响程度, 确定级配设计的关键筛孔。通过改变关键筛孔通过率来调整空隙率, 并根据目标空隙率和马歇尔稳定度确定级配方案。

合成的级配曲线位于规范要求的中间值, 由于不同于常用的沥青混合料, 不是标准的“S”型曲线, 采用了较多的粗集料, 少部分细集 4.75~9.5mm 该档集料接近总量的 60%。

2.4.2 最佳油石比的确定(最佳沥青用量)

预估油石比:

计算沥青膜厚度 14μm 的排水沥青路面预估油石比:

$$SA = (2 + 0.02a + 0.04b + 0.08c + 0.14d + 0.30e + 0.60f + 1.60g) / 48.74 \quad (1)$$

SA—集料总的表面积;

其中 a、b、c、g、d、e、f 分别代表 4.75mm、2.36mm、1.18mm、0.6mm、0.3mm、0.15mm 和 0.075mm 筛孔的百分通过率(%) :

$$P_b = SA \times h \times rb \quad (2)$$

$$Pa = P_b \times (1 + P_b / 100) \quad (3)$$

Pb—沥青含量(%) ;

h—沥青膜厚度(μm) ;

γ_b —沥青相对密度 (25°C/25°C) ;

Pa—沥青油石比 (%)

按照预估油石比 ± 0.5 间隔进行大孔隙沥青混合料析漏试验, 选择 3%、3.5%、4.0%、4.5% 等 4 个油石比进行大孔隙沥青混合料析漏试验, 最终数据

拟合方法确定最佳油石比。

沥青混合料析漏试验, 烧杯法是目前世界上使用最普遍的试验方法, 本文析漏试验参照 JTG E20-2011 《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》规范中规定的烧杯法, 试验过程按照规范进行。实验结果见表 4:

Table 4. System resulting data of standard experiment
表 4. 析漏试验结果

油石比 (%)	3.0	3.5	4.0	4.5
析漏损失 (%)	0.016	0.02	0.037	0.063

排水沥青路面目标初步最佳油石比, 按照析漏拐点和规定最大析漏之间确定的原则, 按照预估油石比 ± 0.5 进行析漏试验, 在根据马歇尔混合料测试的析漏值绘制图, 参考两端点油石比 (3% 和 4.5%) 的切线, 两切线交点对应的横坐标即为最佳油石比, 选作出来为 3.8%:

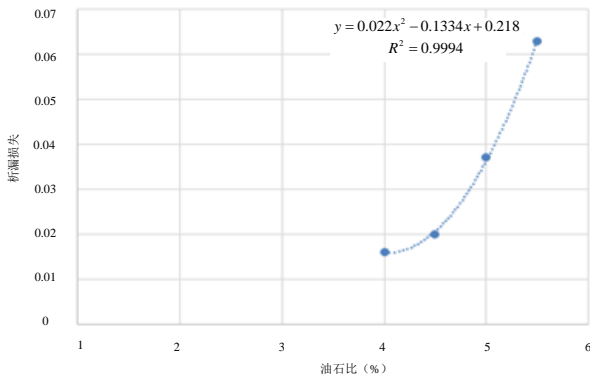


Figure 1. Curve: system result of standard experiment
图 1. 析漏试验曲线

2.5 排水沥青各项性能指标

排水沥青混合料的各项性能试验根据以上试验所确定的级配和最佳沥青用量, 在 180°C 温度下拌和混

合料, 然后制作 3 组马歇尔试件 (每组 5 个)、3 个车辙板试件, 进行相关试验。其试验结果满足设计和《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004) 要求。详见表 5 所示

Table 5. System resulting data of standard experiment
表 5. 排水沥青混合料各项性能试验

检测项目	单位	试验结果	技术要求
马歇尔稳定度	kN	5.1	≥ 3.5
空隙率	%	20.4	20 ± 1
动稳定度	次/mm	5601	≥ 3000
冻融劈裂残留强度比	%	89	≥ 85
透水量	ml/15s	1301	≥ 800

3 结语

PAC 沥青混合料的设计主要是根据排水路面的特点, 混合料的性质要满足路面的透水性和路面结构的强度, 耐久性等, 对原材料的选取提出来很高的要求。PAC 沥青混合料要采用高粘沥青, HVA 高粘度沥青的制备中, 要精确控制试验条件, 控制试验中的变量, 确保制备的 HVA 高粘度改性沥青符合技术标准; 粗集料形成骨架, 粗集料的级配非常重要, 在设计的时候根据《透水沥青路面技术规程》(CJJ/T190—2012) 要求, 采用马歇尔试件的体积设计方法进行, 并以空隙率作为配合比设计主要指标。析漏试验确定油石比, 保证试验过程中的准确性, 在利用数据拟合的数学方法得出最佳油石比。在初步的配合比设计完成后, 需要进行混合料性能的验证, 例如水稳定性、高低温稳定性等。各项指标如果均符合规范要求, 则完成 PAC 配合比设计。

References (参考文献)

- [1] 王德蜜, 姜迪, 狄升贵. 透水路面设计与材料应用综述. 城市道桥与防洪. 2013, (09), 35-38.
- [2] 董祥, 何培玲, 李磊. 道路透水路面不同面层材料的特性探讨. 西部交通科技. 2008, (05), 35-38.
- [3] 侯瑞芳. 透水性沥青路面的结构与施工探讨. 建设科技. 2015, (03), 106-107.
- [4] 蒋玮. 透水性沥青路面混合料配合比设计方法与路用性能研究. 长安大学. 2008.
- [5] 张玉霞. 聚合物结构对改性沥青性能的影响研究. 中国石油大学 (华东). 2007.