

# 聚合磷酸改性沥青及其混合料性能研究

仝佳

(山西交通职业技术学院, 山西 太原 030031)

**摘要:** 采用 Marshall 试验和车辙试验,以残留稳定度、劈裂强度比和动稳定度为评价指标,对比研究了聚合磷酸在不同添加剂量条件下,对克拉玛依 70# 沥青、70# A 级道路石油沥青和弘润 70# 沥青及混合料的各方面性能作用效果。研究表明:聚合磷酸能够提高沥青混合料的水稳定性能、抗老化性能和高温性能。克拉玛依 70# 沥青混合料,在添加剂量为 1.25% 时,试件的残留稳定度、劈裂强度比和动稳定度均达到最优;70# A 级道路石油沥青混合料,在添加剂量为 1.00% 时,试件的残留稳定度和劈裂强度比达到最优,在添加剂量为 1.25% 时,试件的动稳定度达到最优;弘润 70# 沥青混合料,在添加剂量为 1.00% 时,试件的残留稳定度和动稳定度达到最优,在添加剂量为 1.25% 时,试件的劈裂强度比达到最优。在多雨地区,建议沥青路面采用克拉玛依 70# 沥青,且聚合磷酸的添加剂量为 1.25%;在夏季高温地区或者交通量较大的路段,建议沥青路面采用弘润 70# 沥青,且聚合磷酸的添加剂量为 1.00%。

**关键词:** 路面工程; 改性沥青; 聚合磷酸; 对比研究

## 1 前言

中国道路建设经验表明,沥青路面的使用期限要远小于设计使用期限。其原因主要有两个方面:① 普通的沥青混合料其性能不能满足长期疲劳作用,以及各种外界因素的干扰,如雨水、地震等;② 现代社会的快速发展,其道路交通量日益繁重,通行的重载车辆逐渐增多,使得普通沥青路面达不到预计使用年限。鉴于此,为延长沥青路面的使用年限,中国国内采用一些聚合物改性沥青。

用于改性沥青的改性剂大多数为聚合物,种类各异的聚合物,其制备的改性沥青以及混合料性能也不一样。但现在聚合物的使用也存在一些不足之处,比如:聚合物价格本身比较贵,一般添加剂量为 2.5% 以上,改性效果才能比较明显;聚合物改性沥青,其沥青不与聚合物本身发生化学反应,只是物理混合,储存时间长久后,容易发生离析。与聚合物改性沥青不同,聚合磷酸能够促使沥青之间发生化学反应,能够增强改性沥青及其混合料的各方面性能。该文通过研究聚合磷酸对改性沥青及其混合料性能的作用效果,为聚合磷酸改性沥青及其混合料的使用推荐合理的参数。

## 2 试验方法与原材料

### 2.1 试验方法

添加剂原材料聚合磷酸中  $\text{H}_3\text{PO}_4$  含量为 105%,采用浸水 Marshall 试验、老化试验和车辙试验,对比研究聚合磷酸在不同添加剂量作用下,对克拉玛依 70# 沥青、70# A 级道路石油沥青和弘润 70# 沥青及混合料的各方面性能作用效果。在室温条件下,聚合磷酸是一种无色透明黏稠状液体,流动性能较差,因此在与沥青拌和之前,需要利用烘箱加热至 55℃,然后再进行拌和。聚合磷酸的添加剂量为聚合磷酸的质量与沥青的质量之比。先将基质沥青加热到 160℃,进行脱水,然后将加热好的聚合磷酸,按照试验预计比例加入其中,并搅拌均匀,搅拌时间为  $(25 \pm 1)$  min。将制备好的聚合磷酸改性沥青再与集料进行拌和。

试验油石比均采用 4.4%,级配采用 AC-20C。

### 2.2 原材料技术指标

#### (1) 聚合磷酸

聚合磷酸为无色透明黏稠状液体, $\text{P}_2\text{O}_5$  含量为 75.8%,密度为  $1.942 \text{ g/cm}^3$ ,沸点为 310℃。

#### (2) 沥青材料

收稿日期:2018-07-10

作者简介:仝佳,女,硕士,讲师.E-mail:41817575@qq.com

克拉玛依 70# 沥青、70# A 级道路石油沥青、弘润 70# 沥青检测结果分别见表 1、2。

表 1 克拉玛依 70# 沥青检测结果

检测项目	单位	检测结果	技术要求	检测方法
60 ℃动力黏度	Pa · s	173	≥160	T0620—2000
针入度	0.1 mm	64.9	60~80	T0604—2011
软化点 $T_{R\&B}$	℃	49.7	≥43	T0606—2011
$PI$		-0.75	-1.5~1.0	T0604—2011
10 ℃延度	cm	8	≥6	T0605—2011
TFOT 后 质量改变	%	-0.116	≤±0.8	T0609—2011
25 ℃针入度比	%	74.7	≥61	T0604—2011

表 2 70# A 级道路石油沥青、弘润 70# 沥青检测结果

检测项目	单位	检测结果		技术要求	检测方法
		70# A 级道路石油沥青	弘润 70# 沥青		
闪点	℃	274	294	≥260	T0611—2011
针入度	0.1 mm	65	76	60~80	T0604—2011
60 ℃动力黏度	Pa · s	169	217	≥160	T0620—2000
溶解度(三氯乙烯)	%	99.64	99.78	≥99.5	T0607—2011
蜡含量	%	—	1.8	≤2.2	T0615—2011
软化点 $T_{R\&B}$	℃	47.9	47.0	≥43	T0606—2011
10 ℃延度	cm	8	8	≥6	T0605—2011
TFOT 后 质量改变	%	-0.328	-0.05	≤±0.8	T0609—2011
25 ℃针入度比	%	70.4	64	≥61	T0604—2011

(3) 集料与矿粉

集料与矿粉检测指标如表 3~5 所示。

(4) 矿料级配

矿料级配检测指标如表 6 所示。

表 3 粗集料技术指标

检测指标	单位	3~5 mm	5~10 mm	10~20 mm	技术要求	检测方法
表观相对密度		2.641	2.657	2.650	≥2.5	T0304—2005
吸水率	%	1.70	1.46	1.41	≤3.0	
压碎值	%			14.3	≤28	T0316—2005
针片状颗粒含量	%			5.1	≤15	T0312—2005
	%		4.2		≤18	

表 4 细集料技术指标

检测指标	单位	检测结果	技术要求	检测方法
亚甲蓝值	g/kg	7.2	≤25	T0349—2005
表观相对密度		2.686	≥2.50	T0328—2005

3 试验结果及分析

3.1 水稳定性试验结果与分析

为检测添加聚合磷酸材料的沥青混合料水稳定性

能。采用浸水 Marshall 试验,研究不同添加剂量的聚合磷酸对克拉玛依 70# 沥青、70# A 级道路石油沥青和弘润 70# 沥青混合料水稳定性能的影响。Marshall 残留稳定度如图 1 所示。

表 5 矿粉技术指标

检测指标	单位	检测结果	技术要求	检测方法
亲水系数		0.5	<1	T0353—2000
粒度范围	<0.075 mm	83.4	75~100	T0351—2000
	<0.15 mm	98.0	90~100	
	<0.6 mm	100.0	100.0	
含水量	%	0.5	≤1	T0103—1993

表 6 AC—20C 级配组成 %

矿粉	0~3 mm	3~5 mm	5~10 mm	10~20 mm
4	25	7	21	43

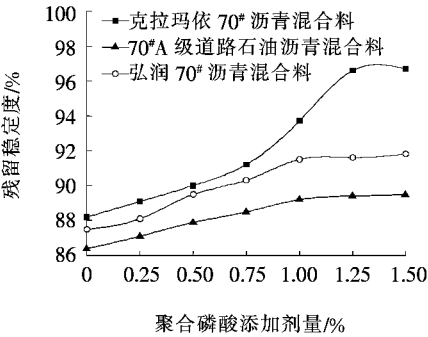


图 1 残留稳定度与聚合磷酸添加剂量的关系

由图 1 可知:未添加聚合磷酸材料的沥青混合料,其试件的 Marshall 残留稳定度均满足 $\geq 85\%$ 的要求。克拉玛依 70# 沥青混合料、70# A 级道路石油沥青混合料、弘润 70# 沥青混合料中聚合磷酸的最佳添加剂量分别为 1.25%、1.00%、1.00%。3 种不同的沥青混合料,在最佳聚合磷酸添加剂量条件下,其试件的水稳性能依次为:克拉玛依 70# 改性沥青混合料 $>$ 弘润 70# 改性沥青混合料 $>$ 70# A 级道路石油改性沥青混合料。3 种沥青混合料 Marshall 残留稳定度的提高速率先升高后降低,这是因为聚合磷酸在沥青混合料的拌和过程中,促使沥青之间发生化学接枝反应和关联反应等,使沥青混合料形成整体网络结构,从而提高改性沥青混合料的 Marshall 残留稳定度。当聚合磷酸添加剂量达到一定值时,改性沥青的表面自由能下降,此时聚合磷酸改性效果就会下降,导致 Marshall 残留稳定度的提高速率大大降低。

3.2 抗老化性试验结果与分析

采用 Marshall 试验,以 Marshall 试件的劈裂强度比为检测指标,研究不同聚合磷酸添加剂量下,拌和改性沥青混合料老化前后,3 种试验沥青混合料的性能。混合料拌和好以后,放入 160 ℃ 的烘箱中 45 min,进

行老化。随后再进行试件成型,检测试件的各项指标。试件老化前后的劈裂强度比如图 2 所示。

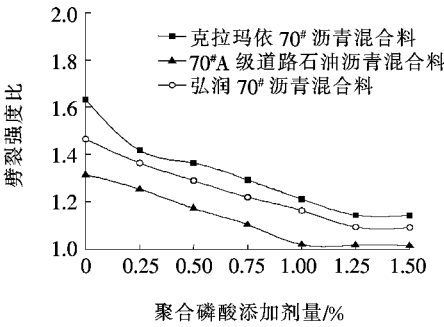


图 2 劈裂强度比与聚合磷酸添加剂量的关系

由图 2 可知:沥青混合料老化后,由于试件硬度增加,导致试件老化前后的劈裂强度比增大,其数值越大,说明其老化越严重。3 种不同改性沥青混合料,其试件的劈裂强度比均随着聚合磷酸添加剂量的增加而逐渐减小,说明聚合磷酸能够有效提高试件的抗老化能力。并且降低速度越快,效能越好。克拉玛依 70# 沥青混合料、70# A 级道路石油沥青混合料、弘润 70# 沥青混合料中聚合磷酸的最佳添加剂量分别为 1.25%、1.00%、1.25%。3 种沥青混合料老化前后的劈裂强度比的降低速率先升高后降低。

3.3 高温稳定性试验结果与分析

采用车辙试验,以试件动稳定度为检测指标,研究不同聚合磷酸添加剂量下,3 种混合料试件的性能。按照规范要求行车辙试验,其动稳定度如图 3 所示。

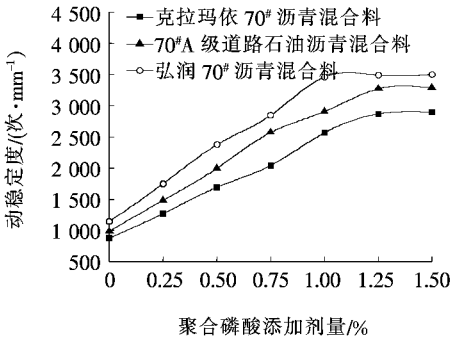


图 3 动稳定度与聚合磷酸添加剂量的关系

# 再生沥青混合料路用性能研究

王明刚<sup>1</sup>, 孙静<sup>2</sup>

(1.林同棧国际工程咨询(中国)有限公司, 重庆市 401121; 2.重庆能源职业学院)

**摘要:** 针对 AC-25 型再生沥青混合料和新拌沥青混合料,通过劈裂强度试验、间接拉伸试验和三轴重复荷载试验对比分析了掺加 30%旧料的再生沥青混合料与新拌沥青混合料的路用性能。研究结果表明:在相同温度时,再生沥青混合料的劈裂强度和劲度模量均比新拌沥青混合料要大,水平变形略低。依据间接拉伸疲劳试验,新拌 AC-25 型沥青混合料的疲劳性能要优于再生 AC-25 型沥青混合料。建立了新拌和再生 AC-25 型沥青混合料的应力疲劳方程和应变疲劳方程,其拟合相关系数之平方均大于 0.91,相关性较好。在温度 60℃、相同应力水平下,再生 AC-25 沥青混合料的永久应变小于新拌 AC-25 型沥青混合料,再生沥青混合料的抗永久变形性能优于新拌沥青混合料。建立了新拌和再生 AC-25 型沥青混合料在重复荷载作用下的黏弹性力学模型,相关系数达 0.99。

**关键词:** 道路工程;再生沥青混合料;劈裂强度;疲劳性能;永久变形

再生沥青混合料(RAP)是一种循环利用的资源,应用于高等级公路上,最主要的问题是疲劳性能和永久变形。文献[5]研究表明新加沥青的标号较高制备的再生混合料试件具有较好的疲劳性能;文献[6]建立

了再生沥青混合料虚应变能释放率和疲劳寿命的关系方程,并随着 RAP 掺量的增加,其疲劳性能下降;文献[7]建立了温拌再生沥青混合料的疲劳应变方程,其疲劳寿命大于普通热拌沥青混合料。目前相关文献研

由图 3 可知:3 种混合料试件的动稳定度随聚合磷酸掺量的增加而逐渐增大,说明聚合磷酸能够有效提高试件的高温性能。克拉玛依 70# 沥青混合料、70# A 级道路石油沥青混合料、弘润 70# 沥青混合料中聚合磷酸的最佳添加剂量分别为 1.25%、1.25%、1.00%。3 种不同的沥青混合料,聚合磷酸在最佳添加剂量条件下,其试件的高温性能最优的是弘润 70# 改性沥青混合料,动稳定度性能类似于试件的 Marshall 残留稳定度。

## 4 结论

(1) 聚合磷酸能够有效提高沥青混合料的水稳定性、抗老化性能和高温性能。

(2) 添加聚合磷酸的克拉玛依 70# 沥青混合料,在添加剂量为 1.25%时,试件的残留稳定度、劈裂强度比和动稳定度均达到最优性能。

(3) 添加聚合磷酸的弘润 70# 沥青混合料,在掺

量为 1.00%时,试件的残留稳定度增长率和动稳定度增长率达到最大值;在掺量为 1.25%时,试件的劈裂强度比降低率达到最大值。

(4) 在多雨地区,沥青路面建议采用克拉玛依 70# 沥青,且聚合磷酸的添加剂量为 1.25%;在夏季高温或者交通量较大的路段,建议采用弘润 70# 沥青,且聚合磷酸掺量为 1.00%。

## 参考文献:

- [1] 宋小金,樊亮.多聚磷酸与 SBS 复合改性沥青混合料的路用性能研究[J].中外公路,2016(4).
- [2] 丁海波,周刚,王火明.多聚磷酸对沥青化学组分与路用性能的影响[J].中外公路,2014(4).
- [3] 余文科.多聚磷酸改性沥青的研究[D].重庆交通大学硕士学位论文,2011.
- [4] 张增平,贾猛,魏龙,等.多聚磷酸改性沥青的研究进展[J].中外公路,2016(2).
- [5] JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

收稿日期:2018-04-10

基金项目:河北省高等学校科学技术研究重点项目(编号:ZD2017226);河北省科技计划项目(编号:16211249)

作者简介:王明刚,男,硕士,高级工程师.E-mail:35561568@qq.com