

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyfh.2024.10.057

# RAP 料中沥青含量与混合料级配分析方法

王辉<sup>1</sup>,高菲<sup>2</sup>,梅朝<sup>1</sup>

(1.中国市政工程中南设计研究总院有限公司,湖北 武汉 430010; 2.长江勘测规划设计研究有限公司,湖北 武汉 430010)

**摘要:** RAP 料(回收沥青混合料)性能分析是沥青路面热再生技术的关键性步骤,分析 RAP 料中的沥青含量可以确定再生剂的掺量,分析级配可以确定新沥青混合料的级配和性能。通过理论分析和试验对比,比较离心抽提法和燃烧法的优缺点,研究适合分析热再生中 RAP 料沥青含量与矿料级配的方法。结果表明:离心抽提法可以得到混合料中的沥青,但测得的沥青含量偏高,级配离散性较高,2.36 mm 以下细集料误差较大;燃烧法的试验精度高,主要误差为 1.18 mm 以下集料;两种方法各有侧重,在实际工程中应该综合使用。

**关键词:** 沥青混合料;回收沥青混合料;沥青含量;级配

**中图分类号:** U414

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2024)10-0252-03

## 0 引言

随着我国公路建设热潮飞速发展,每年的公路投资规模已经超过 2000 亿元,我国各公路已陆续进入大中修养护期<sup>[1]</sup>。沥青路面再生技术是目前国内外常用的路面预防性养护技术之一,该技术是对即将翻修或废弃的沥青路面进行回收和再利用,经过翻挖、回收、破碎、筛分等工艺处理之后,添加一部分新集料和新沥青进行拌和压实,形成路用性能较好、符合规范要求的再生沥青混合料,是一套可以对沥青路面基层和面层进行养护的技术<sup>[2]</sup>。RAP 料(Reclaimed Asphalt Pavement,回收沥青混合料)性能分析是热再生技术的关键性步骤,分析 RAP 料中的沥青含量可以确定再生剂的掺量,分析级配可以确定新沥青混合料的级配和性能<sup>[3]</sup>。目前国内常用的分析沥青混合料中沥青含量与级配的试验方法主要为离心抽提法和燃烧法。本文将对比分析离心抽提法和燃烧法的机理,并通过试验评价两种方法的优缺点。

## 1 离心抽提法与燃烧法特性对比

### 1.1 离心抽提法

离心抽提法是测量沥青混合料中沥青含量的传统方法,90 年代就在我国广泛使用,《公路工程沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)<sup>[4]</sup>中规定

了该方法的详细步骤。该方法是将沥青混合料浸泡在油性溶剂中,在充分混合后得到沥青溶液和不溶的矿料,再通过阿布森法或旋转蒸发器法将沥青溶液中的液体蒸干,最终得到沥青。该方法是以氯化物、苯或者汽油等液体作为溶剂将沥青混合料分离为沥青溶液和矿料,从而计算得到沥青含量。该方法的缺点是忽略了部分矿粉也会溶解在沥青溶液中,造成所得沥青含量偏大,并且矿粉不可避免地会混合于从沥青溶液提取的沥青中,对后续沥青性能的测试也将产生影响;另一方面,抽提溶剂多为三氯乙烯等对人体有害且污染环境的化学制品,不符合绿色发展理念<sup>[5]</sup>。

### 1.2 燃烧法

燃烧法是 2011 年加入《公路沥青及沥青混合料试验规程》(JTG E20—2011)的试验方法,在国内外均有充分研究,由美国国家沥青技术中心率先开发了此方法。其主要步骤是,将沥青混合料放在燃烧炉中加热,由于沥青主要成分是碳氢化合物,在高温燃烧条件下会分解为气体,从而可将沥青与矿料分离开来。该方法需要具备特制燃烧炉和精密天平。缺点是燃烧过程中,矿料在高温条件下也会分解,产生矿料的烧失量,所测得的沥青含量会偏大,试验结果需要修正;同时,在高温条件下还会产生崩解破碎的矿料,造成级配测试不准确<sup>[6]</sup>。

## 2 离心抽提法与燃烧法的试验分析

### 2.1 试验思路

为研究离心抽提法和燃烧法分离沥青和集料的

收稿日期: 2023-10-17

作者简介: 王辉(1980—),男,工学学士,高级工程师,从事道路桥梁设计工作。

效果,排除其他因素对试验结果的影响,故设置三组试验进行对比分析:1组为设计组,采用已知沥青含量和矿料级配的沥青混合料模拟RAP料;2组为测试组,将一组沥青混合料分别进行离心抽提法和燃烧法试验,得出沥青含量和矿料级配;3组为空白组,按1组级配配制矿料,不与沥青拌和,分别进行离心抽提法和燃烧法试验,得出矿料级配。

将2组与1组对比,可以得出两种试验方法测试沥青含量和矿料级配的效果;将2组与3组对比,可以得出两种试验方法测试的沥青含量和矿料级配的损失程度。

### 2.2 原材料及试验设备

沥青采用中海油SBS改性沥青,2.36 mm以上集料采用辉绿岩,2.36 mm以下集料采用石灰岩。矿料级配按照《公路沥青路面施工技术规范》(JTG F40—2004)<sup>[8]</sup>的要求,采用AC-13型级配,如表1所示。

表1 混合料级配设计表

级配名称	同下列筛孔(方孔筛/mm)的质量百分率/%									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
AC-13	100	95	76.5	53	37	26.5	19	13.5	10	6

根据马歇尔试验确定最佳沥青含量为4.9%,故制作沥青含量为4.9%的AC-13沥青混合料模拟RAP料。

离心抽提法采用GSY-V型全自动沥青抽提仪,如图1所示,并采用三氯乙烯作为溶剂。全自动沥青抽提仪器将沥青溶解和矿料筛分两个过程同时进行,加快了试验速度,也减小了误差。燃烧法采用LH-1型燃烧炉,如图2所示。



图1 GSY-V型全自动沥青抽提仪

### 2.3 离心抽提法试验结果

取制作好的沥青混合料分成2组,每组2 kg,再取不含沥青的集料2 kg作为空白对照试验组。沥青含量测试结果如表2所示。

可以看出,两组沥青含量测试结果均高于原设



图2 LH-1型燃烧炉

表2 离心抽提法沥青含量

实验组	沥青混合料质量/g	集料质量/g	沥青含量/%
1组	2 000	1 893.6	5.32
2组	2 000	1 897.5	5.13
平均值	2 000	1 895.55	5.22

计的4.9%,且两组数据相差较大。沥青含量平均值为5.22%,说明抽提过程中矿料有所损失,损失质量被计入沥青质量中,导致所得沥青含量偏高。

将采用离心抽提法的2个实验组与空白组抽提后的集料进行筛分,得到矿料级配表,如表3和图3所示,其中测试级配为两组试验的平均值。

表3 离心抽提法混合料级配设计表

级配类型	同下列筛孔(方孔筛/mm)的质量百分率/%									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
设计级配	100	95	76.5	53	37	26.5	19	13.5	10	6
测试级配	100	93.8	71.4	50.2	33.6	24.6	15.8	10.3	7.3	4.8
空白组	100	94.1	73.4	52.7	31.2	22.8	14.7	12.5	8.4	4.6

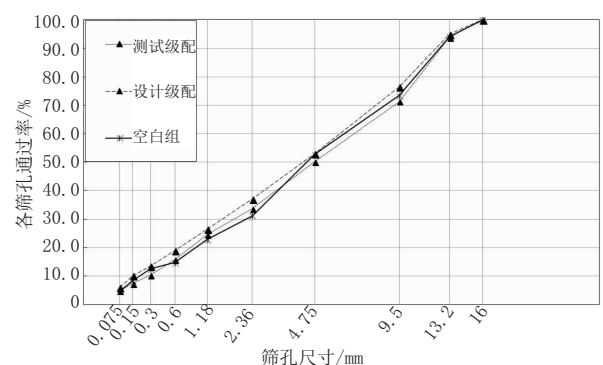


图3 离心抽提法混合料级配图

可以看出测试级配、空白组均与原设计级配有偏差,尤其是2.36 mm以下细集料和0.075 mm以下的矿粉损失较大,说明在试验中有部分矿粉混进了

沥青溶液中,并未在过滤和离心抽提时从沥青溶液中分离出来,试验不能充分还原 0.075 mm 以下集料的含量。

2.4 燃烧法试验结果

同样取制作好的沥青混合料分成 2 组,每组 2 kg,再取不含沥青的集料 2 kg 作为空白对照试验组。沥青含量测试结果如表 4 所列。

表 4 燃烧法沥青含量

实验组	沥青混合料质量 /g	集料质量 /g	沥青含量 /%
1 组	2000	1898.8	5.06
2 组	2000	1902.6	4.87
平均值	2000	1900.7	4.97

可以看出,第 1 组的沥青含量高于原设计的 4.9%,说明矿料有所损失,而第二组的沥青含量小于原设计,原因可能是沥青未充分燃烧。同时,燃烧法测试精度要明显优于离心抽提法。

将燃烧后的 2 个实验组与空白组抽提后的集料进行筛分,得到矿料级配表,如表 5 和图 4 所示,其中测试级配为两组试验的平均值。

表 5 燃烧法混合料级配设计表

级配类型	同下列筛孔(方孔筛 /mm)的质量百分率 /%									
	16.0	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
设计级配	100	95	76.5	53	37	26.5	19	13.5	10	6
测试级配	100	94.7	75.2	52.6	37.7	25.2	16.3	10.9	7.6	5.0
空白组	100	95.6	75.9	53	37.5	25.2	19.3	13.5	9.9	5.8

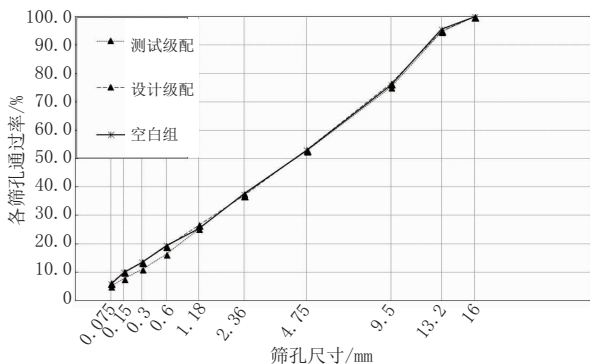


图 4 燃烧法混合料级配图

可以看出沥青燃烧之后,测试集配、空白组级配与原设计级配相差不大,误差主要集中在 1.18 mm 以下的细集料和矿粉上,总体级配曲线与原设计级配基本一致。说明燃烧法的试验精度较高,得到的沥

青含量更准确,得到的矿料级配也与原设计级配更相符。

由图 4 与图 3 对比可以看出,相比离心抽提法,燃烧法测试得到的 3 组级配离散性更低,更能反映真实的矿料级配。

4 结 语

本文通过试验分析比较了离心抽提法和燃烧法的优缺点,研究适用于分析沥青路面热再生中 RAP 料沥青含量与矿料级配的方法,结果表明:

(1)离心抽提法可以得到混合料中的沥青,并进而进行沥青性能的分析,而旧沥青性能是热再生的关键控制因素,但测试得出沥青含量偏高、级配离散性较高、2.36 mm 以下细集料误差较大;

(2)燃烧法的操作更简单、试验精度更高、重复性和再现性误差小,且经燃烧法试验后的级配变化程度小,基本可以当做原矿料级配分析;

(3)两种方法各有侧重,在实际工程中应该综合利用,通过离心抽提法可得到混合料中的旧沥青,而测试沥青含量和矿料级配则应以燃烧法为主;

(4)通过离心抽提法得到的沥青不可避免地混有 0.075 mm 以下矿粉,会导致后续测试沥青性能时产生误差,并对沥青混合料的再生产产生影响,后续研究应进一步探究如何消除矿粉对抽提的沥青性能的影响,燃烧法测得的 1.18 mm 以下细集料误差较大,实际工程中应在设计再生级配时进行修正。

参考文献:

[1] 黄明锋.浅析旧沥青混合料再生工艺及利用[J].江西建材,2014(9):151-152.  
 [2] 张永明,宋晓燕,李正中,等.沥青路面热再生综述[C]//第三届(2009)国际路面养护技术论坛论文集,2009:83-85.  
 [3] 张清平.沥青路面现场热再生技术研究[D].长沙:长沙理工大学,2011.  
 [4] JTG E20—2011,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].  
 [5] 王淑萍,刘生海.评价测定沥青混合料中沥青含量的几种方法[J].东北公路,2000(2):26-27.  
 [6] 石红星,吕伟民.沥青混合料中沥青含量的几种测定方法[J].中外公路,1999(2):48-50.  
 [7] 吴立强.燃烧法测定沥青混合料中沥青含量在威海高速公路中的应用[J].华东公路,2008(1)17-20.  
 [8] JTG F40—2004,公路沥青路面施工技术规范[S].