

# 沥青路面回收料变异性影响分析

游珈骅<sup>1</sup> 席聪<sup>1</sup> 黄军瑞<sup>2</sup>

1 中建八局发展建设有限公司 2 山东省交通科学研究院

DOI:10.12238/jpm.v3i6.4969

**[摘要]** 是通过对沥青路面回收料特性分析,发现沥青路面回收料的变异性主要体现在级配细化和沥青的老化两个方面,采用变异系数来评价沥青路面回收料级配的变异程度,旋转蒸发器提取回收沥青溶液中沥青并进行技术指标的检测来评价沥青路面的老化程度,通过试验得知,铣刨速度越大,沥青路面回收料细化程度就越高,铣刨速度为7m/min时,沥青路面回收料的变异性最小级配更加稳定,而铣刨速度对沥青路面的老化程度没有显著影响;不同路面所得到的回收料特性不同,级配总体变异性很大,且行车道老化程度要比超车道和非机动车道要严重;为了取得级配稳定且老化程度较小的铣刨料,建议铣刨机速度为7m/min,选择非机动车道和超车道作为铣刨路面。

**[关键词]** 沥青路面回收料; 变异性; 沥青回收; 铣刨速度; 不同车道

**中图分类号:** TV442+.1 **文献标识码:** A

## Analysis of the variability influence of asphalt pavement recovery material

Jiahua You<sup>1</sup> Cong Xi<sup>1</sup> Junrui Huang<sup>2</sup>

1 China Construction 8 Bureau Development and Construction Co

2 Shandong Transportation Research Institute

**[Abstract]** Through the analysis of the characteristics of asphalt pavement recycled materials, It is found that the variability of asphalt pavement recycling material is mainly reflected in the grading refinement and asphalt aging, The coefficient of variation was used to evaluate the degree of variation of the asphalt pavement recycling material grading, The rotary evaporator extracts the asphalt from the asphalt solution and detects the technical indicators to evaluate the aging degree of the asphalt pavement, Through the test, The greater the milling speed, The higher the refinement degree of the asphalt pavement recycling material, At a milling speed of 7m / min, The minimum variability grading of asphalt pavement recycling material is more stable, The milling speed has no significant impact on the aging degree of asphalt pavement; The characteristics of recycled materials obtained from different roads are different, The overall cascade variability is very large, And the aging degree of the lane is worse than the overtaking lane and the non-motorized lane; To achieve a stable, graded and less aging milling material, Recommended milling machine speed is 7m / min, Select non-motorized lanes and overtaking lanes as milling surfaces.

**[Key words]** asphalt pavement recovery material; variability; asphalt recovery; milling speed; different lanes

## 引言

二十世纪九十年代,我国第一条高速公路沪嘉高速建设完成且顺利通车<sup>[1]</sup>,拉开了我国高速公路建设的序幕。二十一世纪以来,我国公路总里程持续增长,截止到2021年底,我国高速公路总里程已达世界第一<sup>[2-3]</sup>。随着经济发展水平的不断提高,我国的交通量与日俱增,而我国公路发展也由建设阶段转为养护、维修阶段<sup>[4-6]</sup>,在路面养护维修过程中会出现大量沥青路面回收料(reclaim asphalt pavement, RAP)以下简称RAP料, RAP料的存放不仅会造成地区空间的浪费,还会造成周围环境的污染<sup>[7-9]</sup>。

RAP料的不稳定性是造成材料难以高掺量利用的一个关键问题<sup>[10-11]</sup>, RAP料因原路面老化程度不同、级配细化程度不同等因素导致回收料在高掺量使用时造成施工质量的不稳定,从而导致高掺量RAP路面出现早期损害<sup>[12-14]</sup>。本文从回收料的特性进行分析,通过合理的评价方法,确定出RAP变异性最大的影响因素,并加以控制,以达到RAP料的稳定性。

## 1 RAP变异性评价方法

### 1.1 RAP的细化

沥青回收料的细化的主要原因是车辆荷载和铣刨工艺,我国近几年经济发展迅猛,重载交通较多,在车辆荷载的反复作用

下,面层的空隙率会先减小,而后趋于稳定,路面结构层不断的受到水的冲刷,加速了结构中沥青和集料的剥离,且部分基层中的细小颗粒也被冲刷至面层,造成沥青路面回收料的细化。路面铣刨机在铣刨过程中有破损的工艺,一方面机械破碎会导致RAP料中集料的破损、另一方面这些破碎的RAP料上的沥青会因机械作用而剥离,这些也会造成RAP料的细化<sup>[15]</sup>。

### 1.2 RAP中沥青的老化

沥青老化的物理特征是沥青变得又硬又脆,具体在技术性能表现为延度降低、针入度降低、黏度增加、软化点增加,沥青老化后的微观成分变化较为明显,通常将沥青分为四个组分,饱和分、芳香分、胶质、沥青质,四种组分均在沥青中起到一定的作用,饱和分会使沥青稠度降低,温度敏感性增高,芳香分是沥青质的分散介质,具有较强的溶解能力,胶质具有较强的粘附性,胶质与沥青质之间的比例决定着沥青胶体的结构类型,沥青质主要影响沥青的流变性和黏滞性,沥青质越高沥青的软化点就越高表现的就又硬又脆。

沥青路面在长时间高温和紫外线的影响下,从微观的角度来看,其沥青中的芳香分向胶质转变,而胶质向沥青质转变,随着沥青路面使用时间越长,其路面中沥青的芳香分和胶质就减少,沥青质越多,最终沥青表现为硬和脆,沥青老化的过程中沥青胶体的状态从溶-凝胶型转变为凝胶型<sup>[16]</sup>。

### 1.3 RAP变异性评价方法

RAP料回收后的级配和沥青均产生了变化,级配整体细化且沥青出现老化,本文主要研究以下两种影响因素,铣刨机械的对于RAP料变异性的影响,以及路面车道对RAP料变异性的影响。RAP的变异性即为离散性,主要是用于评价RAP料整体的均匀性和稳定性,从沥青老化程度来看,其变异性主要表现为旧沥青的技术指标不同,从级配来看,主要表现为RAP料抽提筛分后的筛孔通过率的不同,本文引入变异系数对RAP的变异性进行评价。

变异系数主要用于分析数据的离散程度,在进行多个目标的离散型分析时,如果目标单位与均值相同,则采用均值进行评价,如若目标单位与均值有差异则采用变异系数进行评价。

$$C_v = \frac{S}{\bar{x}} \quad (1.1)$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (1.2)$$

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (1.3)$$

式中 $C_v$ ——变异系数;

$S$ ——标准差;

$\bar{x}$ ——目标平均值;

$n$ ——目标数量。

## 2 铣刨机械速度的影响

不同铣刨速度得到的RAP会有展现出不同的特性,从整体的角度来说,铣刨机的速度越快,所得到的RAP料的细化程度越低,RAP中的粗集料越多,细集料越少整体偏粗;本文中为研究不同铣刨机械速度对RAP料的级配和老化程度的变异性影响,且将试验外的影响因素降至最低,通过在同一条路面和同一条车道上,采用不同铣刨速度对原沥青路面的面层沥青混合料进行铣刨;在某施工现场选取双向四车道的长约2公里的超车道部分作为铣刨车试验车道,分别采用3m/min、5m/min、7m/min、9m/min、11m/min几组速度,对相应车道进行铣刨,对于回收得来的沥青混合料进行抽提、筛分试验,对回收的沥青进行技术指标的检测。

### 2.1 铣刨机械速度对RAP细化的影响

对不同的铣刨速度得到的回收料进行筛分试验后取得平均值作为基础数据进行分析,具体数据分析结果见表2.1,具体的级配曲线见图2.1。

表2.1不同铣刨速度下RAP关键筛孔通过率

筛孔 (mm)	铣刨速度 (m/min)				
	3	5	7	9	11
26.5	100	100	100	100	100
19	98.1	96.2	95.9	95.9	97.9
9.5	79.1	71.2	66.9	67.2	54.8
4.75	63.0	42.2	34.9	25.4	19.6
2.36	45.5	30.9	25.1	14.6	10.9
0.075	7.7	3.9	3.5	3.2	1.98
变异系数(%)	27.8	23.0	15.3	25.9	29.6

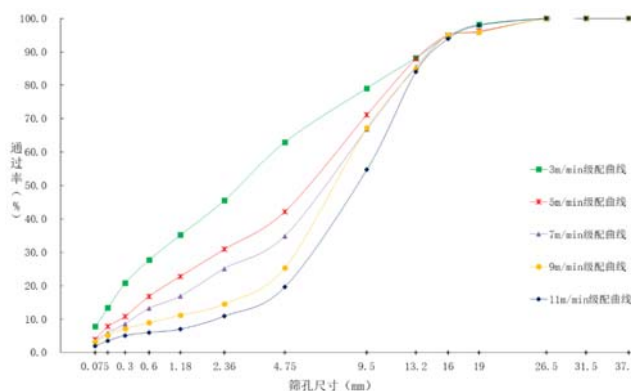


图2.1不同铣刨速度下RAP料级配曲线

由上述图表可以看出,如若只控制铣刨机铣刨速度为单一变量,则RAP料级配的变异性有着明显的规律,铣刨速度越快,沥青回收料的级配整体就越细,铣刨速度虽有不同,但是几种混合料配比在2.36mm和4.75mm筛孔的通过率变异性最大,且沥青回收料多集中于2.36mm-13.2mm之间,占比均超过50%。当控制铣刨机速度为7m/min时,所得到的沥青回收料变异系数最小,而铣刨机速度为3m/min和11m/min时铣刨机得到的沥青回收料变异系

数都较大, 级配相对更不稳定。据此可以说明, 铣刨速度对RAP料级配影响较大, 且随着铣刨速度的增加, 级配相应变细, 当铣刨机速度控制在7m/min时, RAP料级配变异性最低。

### 2.2 铣刨机械速度对沥青老化的影响

将回收的RAP料抽提后进行旋转蒸发试验, 即利用三氯乙烯低沸点的特性, 将抽提回收的沥青溶液放入旋转瓶中, 在旋转瓶内真空负压状态下, 对旋转瓶加热, 将沥青溶液中的三氯乙烯蒸发出来, 达到提取沥青的目的, 将回收的沥青进行技术指标试验, 具体试验数据见表2.2。

表2.2 不同铣刨速度下RAP回收沥青的技术指标

技术指标	铣刨速度 (m/min)					技术指标 (70#)
	3	5	7	9	11	
针入度 (25℃, 100g, 5s), 0.1mm	42	41	39	41	40	60-80
延度 (15℃), cm	9.6	9.0	9.9	8.6	9.2	≥100
软化点, ℃	48.4	49.2	48.8	51.5	47.9	≥45

从表格中可以看出, 不同铣刨速度得到的回收料中沥青的技术指标变化不大, 回收沥青中针入度减小、延度减小、软化点增大, 总体呈现老化趋势, 因此得出结论, 同一条路面上铣刨机不同铣刨速度对于回收料中沥青的性能影响较低, 并不会出现过于老化的现象。

## 3 路面车道的的影响

### 3.1 不同路面车道对RAP细化的影响

不同车道承受的交通量和车辆荷载存在着一定的差异, 不同车道之间回收得到的RAP料也存在着一定的变异性, 通常在双向四车道的国省道路上超车道承受的交通量要更多、小车更多, 而重载车辆较少, 因此行车荷载相对较小, 行车道上交通量虽然少, 但车多, 重载交通更多。本文选取某双向四车道省道, 对相应的两个车道加一条非机动车道进行定速铣刨, 确定铣刨速度为7m/min。具体级配结果见图3.1。

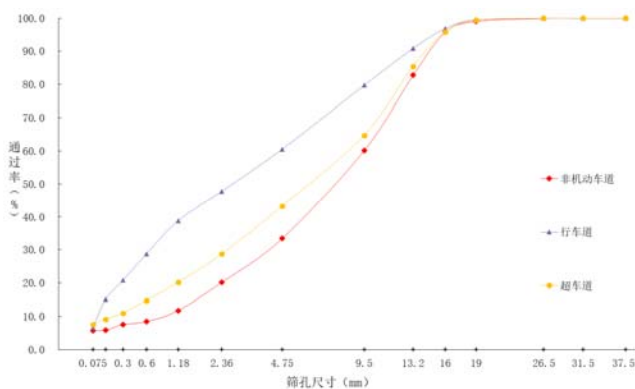


图3.1 不同车道铣刨得到的RAP料级配曲线

从图3.1可以看出不同车道铣刨所得到的RAP料的级配曲线有所不同, 非机动车道级配比机动车道级配曲线整体偏细, 非机动车道和超车道级配曲线差别相对较小, 而行车道级配细化较为严重, 与另外两条路面的差距较大, 行车道车辆荷载和交通量远大于超车道和非机动车道, 且原路面在施工过程中布料机会将粗集料撒布在两侧, 因此在路面铺筑过程中行车道级配本身

也相对较细, 也使得一幅路面边缘的车道级配偏粗。

### 3.2 路面车道对沥青老化的影响

同样采用上述试验方法将沥青溶液中的沥青提取后, 对沥青进行关键技术指标的检测, 用以判别沥青的老化程度。

表3.2 不同车道铣刨得到的RAP回收沥青的技术指标

技术指标	车道种类			技术指标 (70#)
	行车道	超车道	非机动车道	
针入度 (25℃, 100g, 5s), mm	38	31	43	60-80
延度 (15℃), cm	9.7	8.8	9.8	≥100
软化点, ℃	51	58	49	≥45

从上述表格中可以看出, 无论哪种车道, 沥青均发生了一定的老化, 三种车道回收得到的沥青针入度和延度均发生了降低, 软化点升高, 而不同车道之间回收得到的RAP料中沥青老化程度不同, 主要体现在针入度和软化点两个指标上, 在同样的自然条件下, 沥青老化程度一致, 而行车道的重载交通要大于超车道和非机动车道, 而非机动车道更是鲜有机动车行驶, 因此非机动车道上沥青老化程度最小, 超车道次之, 行车道上的沥青老化程度最严重; 而延度均在9.0cm左右, 这主要是由于在实际检测过程中三种沥青均发生了脆断, 因此延度老化的区分度不高。

## 4 结论

(1) 沥青路面会在外界条件下产生一定的老化, 具体体现在路面回收料级配的细化和路面回收料的老化, 变异系数可以很好的对路面回收料级配的变异性进行评价。

(2) 铣刨机铣刨速度会对沥青路面回收料级配的变异性产生一定的影响, 且不同铣刨速度回收得到回收料的级配细化程度不同, 通过试验得知, 当铣刨速度控制在7m/min时路面回收料变异系数最小, 铣刨得到的回收料级配相对稳定, 铣刨速度对沥青路面的老化没有显著的影响。

(3) 不同路面铣刨得到的回收料级配变异性也较大, 同一种路面的变异性较小, 且不同路面铣刨得到的路面回收料老化程度不同, 具体表现为行车道路面老化最严重, 超车道次之, 非机动车道老化程度最小, 如若取得良好稳定的铣刨料, 建议铣刨速度为7m/min, 选择路面为行车道或者非机动车道。

### 【参考文献】

- [1] 裴秋波, 施公佐, 熊分清, 等. RAP料级配变异性对厂拌热再生混合料级配离析的影响研究[J]. 公路, 2022, 67(04): 28-34.
- [2] 姚玉权, 黄伯承, 宋亮, 等. 多来源RAP下RHMA材料组成的动态控制策略[J/OL]. 山东大学学报(工学版): 1-10 [2022-05-30]. <http://kns.cnki.net/kcms/detail/37.1391.T.20220301.1334.008.html>.
- [3] 徐金枝, 郝培文, 郭晓刚, 等. 厂拌热再生沥青混合料组成设计方法综述[J]. 中国公路学报, 2021, 34(10): 72-88.
- [4] 黄军瑞, 郭德栋, 王腾, 等. 沥青浸渍法在热再生中的应用研究[J]. 公路, 2020, 65(09): 9-15.
- [5] 孙学楷. 厂拌改性热再生沥青路面施工过程质量控制与

改进研究[D].华南理工大学,2020.

[6]杨大庆.厂拌热再生沥青混合料在兴龙大道的应用研究[D].重庆交通大学,2020.

[7]韩方元.寒区旧沥青混合料热再生关键技术研究[D].长安大学,2020.

[8]弥海晨,张娟,郭平等.老化后橡胶沥青混合料高温性能研究[J].中外公路,2019,39(04):251-254.

[9]肖满哲.高RAP掺量热再生沥青混合料路用性能实验及疲劳预估模型研究[D].湘潭大学,2019.

[10]陈瑞璞,崔亚楠,冯蕾.老化作用下沥青混合料的疲劳及自愈合性能[J].建筑材料学报,2019,22(03):487-492.

[11]任永凯.高RAP掺量下新旧沥青混溶状态对热再生沥青混合料路用性能的影响研究[D].北京建筑大学,2018.

[12]王雪莲,黄晓明,胡林.再生沥青混合料RAP关键参数分

析[J].广州航海学院学报,2017,25(04):40-44.

[13]王超.沥青结合料路用性能的流变学研究[D].北京工业大学,2015.

[14]黄文通.北美岩沥青及其混合料特性研究[D].华南理工大学,2014.

[15]董玲云.厂拌热再生沥青混合料疲劳性能研究[D].重庆交通大学,2013.

**作者简介:**

游珈骅(1988--),男,汉族,山东省胶州市人,本科,项目经理/工程师,中建八局发展建设有限公司,土木工程。

席聪(1994--),男,汉族,山东省青岛市人,本科;项目总工/工程师,中建八局发展建设有限公司,交通工程。

黄军瑞(1996--),男,汉族,山东省枣庄市人,研究生,助理工程师,山东省交通科学研究院。交通运输工程。

**中国万方数据库简介:**

万方数据成立于1993年。2000年,在原万方数据(集团)公司的基础上,由中国科学技术信息研究所联合中国文化产业投资基金、中国科技出版传媒有限公司、北京知金科技投资有限公司、四川省科技信息研究所和科技文献出版社等五家单位共同发起成立——“北京万方数据股份有限公司”。

万方数据是国内较早以信息服务为核心的股份制高新技术企业,经过20年来快速稳定的发展,万方数据目前拥有在职员工近千人,其中硕士以上学历约占25%,专业技术人员占70%,已经发展成为一家以提供信息资源产品为基础,同时集信息内容管理解决方案与知识服务为一体的综合信息内容服务提供商,形成了以“资源+软件+硬件+服务”为核心的业务模式。

万方数据以客户需求为导向,依托强大的数据采集能力,应用先进的信息处理技术和检索技术,为决策主体、科研主体、创新主体提供高质量的信息资源产品。在精心打造万方数据知识服务平台的基础上,万方数据还基于“数据+工具+专业智慧”的情报工程思路,为用户提供专业化的数据定制、分析管理工具和情报方法,并陆续推出万方医学网、万方数据企业知识服务平台、中小学数字图书馆等一系列信息增值产品,以满足用户对深层次信息和分析的需求,为用户确定技术创新和投资方向提供决策支持。

在为用户提供信息内容服务的同时,作为国内较早开展互联网服务的企业之一,万方数据坚持以信息资源建设为核心,努力发展成为中国优质的信息内容服务提供商,开发独具特色的信息处理方案和信息增值产品,为用户提供从数据、信息到知识的全面解决方案,服务于国民经济信息化建设,推动全民信息素质的提升。