

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.01.040

# 高速公路集料散失路面沥青混凝土抗飞散性能研究

杨思远<sup>1</sup>,陈桂良<sup>2</sup>

(1.浙江省交通集团检测科技有限公司,浙江 杭州 310000;

2.浙江省交通投资集团有限公司 黄衢南分公司,浙江 衢州 324000)

**摘要:**由于目前国内外缺乏量化评价高速公路沥青路面集料散失病害程度的方法,根据其表面层剥落掉粒的病害特点,该文采用肯塔堡标准飞散试验,对浙江省黄衢南高速公路(G3)集料散失病害路段混凝土进行取样试验,分析不同病害严重程度部位的混合料飞散冲击破坏模式,以质量损失率及吸水率指标评价混凝土的抗飞散性能。结果表明,集料散失病害会降低表面层混凝土结构密实性,病害路段抗飞散性能低于正常路面,外观散失程度越严重,吸水率也越高,混凝土抗飞散性能越低,飞散冲击产生的破碎试件也越多。最后,基于试验结论,对集料散失病害处理方法提出相关建议。

**关键词:**路面工程;沥青路面;集料散失;抗飞散性能;吸水率

**中图分类号:**U416.2

**文献标志码:**A

集料散失是车辆荷载作用下沥青混凝土发生集料剥落、飞散等病害现象<sup>[1]</sup>,是中国国内高速公路沥青路面早期病害类型之一,其特点为病害层位通常分布于表面层,病害规模较大,外观上难以界定其病害严重程度。目前国内外缺乏研究集料散失病害的评价方法,中国规范仅根据外观散失集料的粗细定性评价其病害程度<sup>[2]</sup>,而无法量化评价混凝土内部实际病害程度。

根据国内外相关规范<sup>[3-4]</sup>,肯塔堡飞散试验可评价在交通荷载作用下,路面表面集料脱落散失的程度,是一种模拟混合料在水作用下受到荷载冲击逐渐松散破坏过程的试验方法。这种试验方法广泛用于新建路面SMA、OGFC等间断级配或开级配混凝土配合比设计阶段的最少沥青用量确定。国外研究发现肯塔堡飞散试验可用于评价密级配混凝土的耐久性,质量损失率大小与空隙率、有效沥青含量、沥青PG等级、最大公称粒径等因素有关<sup>[5]</sup>,对于空隙率不高于6%的密级配混凝土,其飞散质量损失率不超过15%,随着空隙率增加,其质量损失率也逐渐增大<sup>[6]</sup>。而中国相关研究认为连续级配的混凝土比间断级配或开级配更难产生飞散损失<sup>[7-8]</sup>,需要增加钢球以增加飞散损失。肯塔堡飞散试验方法主要为室内试验研究,评价高速公路旧路路面沥青混合料稳

定性能的有效性有待研究。浙江省黄衢南高速公路(G3)沥青路面通车3年后,表面层出现集料散失现象,主要分布于衢黄段,近年来病害持续发展,分布里程超过20 km,对该路段病害开展肯塔堡飞散试验研究,探索沥青混凝土的抗飞散性能。

## 1 试验方法

### 1.1 钻芯法取样

黄衢南高速公路沥青路面结构见表1,经现场踏勘,路面存在明显集料散失。为调查集料散失病害路面的抗飞散性能差异,分别于病害路段行车道路面外观轻微(仅细集料散失)、中等(细集料散失且有少量粗集料散失)、严重(较多粗集料散失,表面形成密集细小坑洞)散失路面及正常路面(同区域相同结构的高速公路)的行车道部位采用钻芯法(直径100 mm)取样(图1),保留表面层AC-13C部分(试件厚度为3.5~4 cm)(表2)。

表1 沥青路面结构组成

结构层位	路面材料
上面层	4 cm 细粒式SBS改性沥青混凝土AC-13C
中面层	6 cm 中粒式SBS改性沥青混凝土SUP-20
下面层	8 cm 粗粒式沥青混凝土AC-25

收稿日期:2022-06-06(修改稿)

作者简介:杨思远,男,硕士,工程师.E-mail:yangpave@126.com



(a) 轻微散失



(b) 中等散失



(c) 严重散失

图 1 集料散失病害外观严重程度

表 2 试验对象

结构层位	外观病害特点	取样数量/个
表面层(AC-13C)	正常路面	6
	轻微散失	12
	中等散失	14
	严重散失	7

## 1.2 吸水率试验

由于病害部位混凝土空隙被泥砂填充,无法准确测得其空隙率,因此在肯塔堡飞散试验之前检测各个试件的吸水率,间接表征混凝土空隙水平。

## 1.3 肯塔堡飞散试验

为观察飞散破坏过程,在试验中滚筒每旋转 50 次即记录一次剩余质量,累计旋转 300 次时终止试验(试件过于破碎无法合理称量损失质量时则提前终止试验),计算分计质量损失率,见式(1)。完成试验后计算累计的质量损失率。

$$\Delta S_i = \frac{m_0 - m_i}{m_0} \times 100\% \quad (1)$$

式中: $\Delta S_i$ 为第  $i$  个 50 次飞散冲击后试件的分计质量

损失率(%); $m_0$ 为试验前完整试件的质量(g); $m_i$ 为第  $i$  个 50 次飞散冲击后试件剩余部分的质量。

## 2 试验结果及分析

### 2.1 抗飞散性能

按路面外观特征统计表面层混凝土飞散试验结果(表 3),并绘制各个试件的飞散冲击次数-质量损失率曲线(图 2)。

表 3 飞散试验结果统计

路面外观特征	质量损失率均值/%	试件破碎比例/%
正常路面	19.9	0
轻微散失	44.8	16.7
中等散失	47.3	35.7
严重散失	70.8	100.0

对比正常路面与病害路面混凝土飞散试验结果,可知:

(1) 如表 3 所示,病害路面质量损失率高于正常路面,外观严重散失路面质量损失率高于轻微散失路面。正常路面表面层质量损失率平均值为 19.9%,而轻微散失、中等散失以及严重散失路面质量损失率平均值分别为 44.8%、47.3%、70.8%,高于正常路面两倍以上。其中,病害路段部分试件出现了提前破碎而中止试验,实际质量损失率可能更高。

(2) 如图 2 所示,正常路面飞散曲线接近线性分布,病害路段存在发生破碎的试件,飞散曲线出现拐点。正常路面无破碎个体,试件中心均保持完整,轻微散失、中等散失路段分别存在 16.7%、35.7% 破碎试件,严重散失路段试件均出现破碎,曲线于 50~150 次飞散冲击时出现拐点。

(3) 外观散失越严重,表面层混凝土结构性越低。正常路面的试件质量损失率分布区间为 18%~27%,试件表现为表面损伤,无破碎试件。而轻微散失、中等散失路面未破碎试件分布区间分别为 25%~45%、17%~49%,严重散失路段一半以上的试件在飞散冲击 50 次时就已经破碎,所有试件质量损失率均超过 50%。

对于通车时间较短的正常路面,路面材料抗飞散性能较高且稳定,所以质量损失率较低且分布较为集中。对比沥青路面施工技术规范中 SMA 与

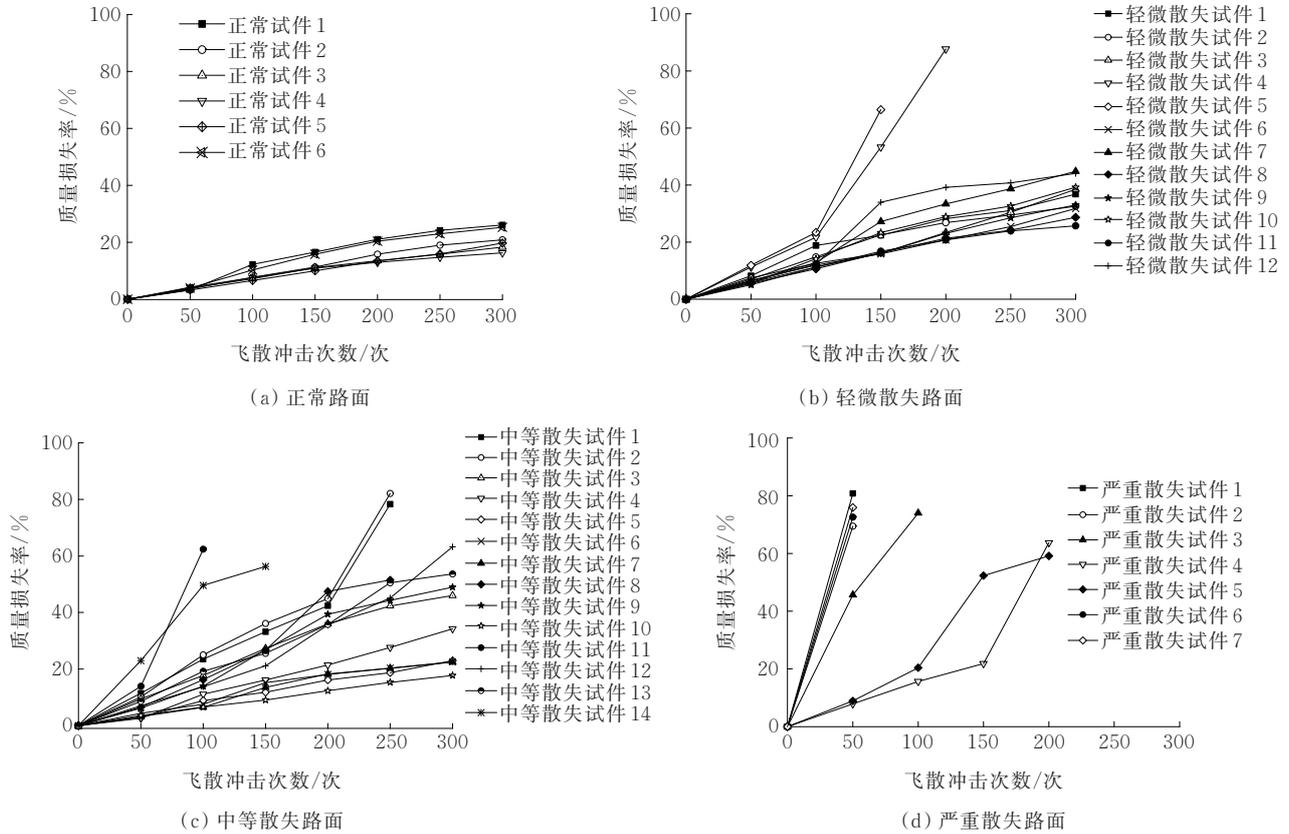


图2 质量损失率发展曲线

OGFC路面的要求,为保证混凝土具有充分的结构性,骨架型混凝土质量损失率最大不超过20%<sup>[9]</sup>,病害路面混凝土为更耐飞散冲击作用的悬浮密级配结构,其质量损失率达到40%以上,说明集料散失病害造成了混凝土结构性损伤,外观散失越严重的地方,抗飞散性能下降越明显,甚至出现破碎试件。

2.2 吸水率

统计不同路面类型表面层沥青混合料吸水率平均值与变异系数,如表4所示。为关联抗飞散性能与吸水率关系,按试件是否发生破碎分类,绘制全部试件的质量损失率-吸水率分布图,如图3所示。

表4 吸水率结果统计

路面类型	吸水率均值/%	变异系数/%
正常路面	0.74	15.41
轻微散失	1.05	77.66
中等散失	1.40	91.38
严重散失	2.85	42.34

由表4和图3可知:

(1) 正常路面吸水率均值、变异系数均明显小于病害路段,外观病害程度越严重,吸水率越高。3种

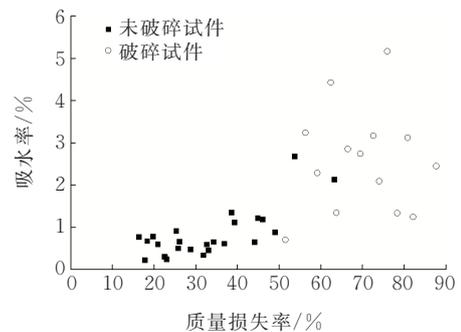


图3 抗飞散性能与吸水率关系

病害路段吸水率变异系数均高于40%,高于正常路面15.41%。

(2) 混凝土抗飞散性能与吸水率呈负相关性。对于吸水率低于1%的试件,其质量损失率不超过30%;当吸水率超过1.5%时,质量损失率超过50%,并且出现较多的破损试件。集料散失后使得结构中的空隙增加,形成贯通空隙后亲水杂质在其中不断淤积,混凝土容纳水分能力逐渐增强,进一步加速沥青-集料界面发生水置换,结构在集料持续散失下逐渐瓦解。因此抗飞散性能低的破碎试件多为高吸水率。

### 3 结 论

(1) 集料散失病害路面的抗飞散能力低于正常路面。试验结果显示正常路面表面层质量损失率平均值为 19.9%，病害路面质量损失率超过 40%，高于正常路面两倍以上。

(2) 外观散失病害越严重，表面层混凝土结构性越低。外观严重散失路面的表面层混凝土质量损失率高于外观轻微、中等散失路面，且试验中破碎试件的比例也高于轻微、中等散失路面。

(3) 集料散失病害降低了表面层混凝土的结构密实性。混凝土抗飞散性能与吸水率呈负相关性。对于吸水率低于 1% 的试件，其质量损失率不超过 30%；当吸水率超过 1.5% 时，质量损失率超过 50%，并且出现较多的破损试件。吸水率高说明结构中孔隙增加，容纳水的能力增加，结构内部更易形成动水压力，导致结构加速发生破坏。

(4) 为避免新建路面出现集料散失早期病害，应严格控制混合料的吸水率与抗飞散性能，对于用于表面层密级配混合料，吸水率不宜超过 1%，标准飞散试验质量损失率应低于 20%；对于运营路面已出现集料散失病害的，应考虑采取薄层罩面等处治手段，及时封闭表面水侵蚀路径，减缓病害发展速度。对于严重散失路面，可根据吸水率与混合料抗飞散性能相关性，在加铺薄层罩面前，对吸水率大于 1.5% 的路面进行铣刨回铺处理。

### 参 考 文 献：

- [1] MEHRARA A, KHODAII A. A review of state of the art on stripping phenomenon in asphalt concrete[J]. Construction & Building Materials, 2013, 38:423-442.
- [2] 交通运输部公路科学研究院. 公路技术状况评定标准: JTG 5210—2018[S]. 北京: 人民交通出版社股份有限公司, 2018.
- [3] 交通运输部公路科学研究院. 公路工程沥青及沥青混合料试验规程: JTG E20—2011[S]. 北京: 人民交通出版社, 2011.
- [4] American society for testing and materials. Standard practice for open-graded friction course (OGFC) mix design: D7064/D7064M-08[S]. West Conshohocken, PA, United States: ASTM International, 2008.
- [5] DOYLE J, HOWARD I. Characterization of dense-graded asphalt with the cantabro test[J]. Journal of Testing and Evaluation, 2016, 44(1):77-88.
- [6] DOYLE J D, HOWARD I L. Evaluation of the cantabro durability test for dense graded asphalt[C]//Geo-frontiers 2011: Advances in Geotechnical Engineering, Dallas, Texas, United States: American Society of Civil Engineers, 2011:4563-4572.
- [7] 张轲. 沥青混合料松散破坏研究[D]. 西安: 长安大学, 2015.
- [8] 张宜洛, 王涛, 张轲. 改进肯塔堡飞散试验沥青混合料松散性能研究[J]. 中外公路, 2016, 36(5):305-310.
- [9] 交通运输部公路科学研究所. 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.