

Test and Application Research on the Road Performance of Warm-mixed Flame Retardant Asphalt Mixture

Cheng Feng

Chongqing Jiaotong University, Chongqing, 400074, China

Abstract: In this paper, the road performance and application effect of warm mix flame retardant asphalt mixture are studied by laboratory test and engineering application. Research shows that: the mixing of BFR-Ti flame retardant and Evotherm warm mix has little influence on the road performance of asphalt mixture, and the performance indexes are in the standard range. The engineering example shows that the warm mix asphalt mixture has good road performance, and the effect is very good, and the application prospect is broad.

Keywords: warm mix asphalt; flame retardant asphalt mixture; road performance; engineering application

温拌阻燃沥青混合料的路用性能试验及应用研究

冯成

重庆交通大学, 重庆市南岸区学府大道 66 号 重庆 400074

摘要: 本文通过室内试验与工程应用对温拌阻燃沥青混合料的路用性能及应用效果进行了研究。室内试验表明: 在温拌沥青混合料中加入 BFR-Ti 型阻燃剂与 Evotherm 温拌剂对沥青混合料的路用性能影响不大, 各路用性能指标均在规范标准范围内。工程实例表明: 温拌阻燃沥青混合料具有良好的路用性能, 且铺筑效果非常好, 应用前景广阔

关键词: 温拌; 阻燃沥青混合料; 路用性能; 工程实例

1 引言

随着我国公路隧道建设技术的快速发展, 对公路隧道的安全性、降噪性提出了更多的要求。目前, 我国公路隧道路面多采用沥青混凝土路面, 但由于隧道空间狭窄、通风不畅, 传统的热拌沥青混合料施工时产生的废气及灰尘会严重污染环境、危害人体健康。另一方面, 隧道内一旦发生火灾, 高温下沥青会发生燃烧, 从而产生大量的毒气与烟雾, 威胁生命安全[1-2]。为解决上述问题, 越来越多的隧道沥青混凝土路面采用沥青混合料温拌施工与阻燃技术。沥青混合料温拌施工可以减少施工时的热量散发与烟气排放。而阻燃剂的掺入可以有效的阻止沥青的燃烧, 控制有毒烟尘的排放。

国外从 20 世纪 80 年代开始对沥青阻燃剂展开了研究。Graham[3]等人在 1985 年采用卤素作为阻燃添加剂并为此申请了专利。随着研究的深入及发展, Brown[4]等人发现铝矾土与水镁石等无机物可作为沥青阻燃剂, 并具有良好的性能。国内对阻燃沥青的研究开始于 20 世纪 90 年代, 与国外研究类类似, 阻燃

沥青的研究集中在添加外加剂来改性沥青阻燃性能上。2001 年, 陈辉强[5]等人采用有机溴类作为外加剂制备阻燃沥青, 其研究发现当外加剂的掺入量为 7% 时, 该 SBS 改性沥青的极限氧指数达到了 23%, 并首次提出了在道路工程中, 阻燃沥青的极限氧指数应不低于 23%。张厚记[6]在 2007 年研究了添加阻燃矿粉与阻燃矿物纤维改善沥青阻燃性能的可行性, 该方法从沥青混合料本身来展开阻燃技术的研究, 具有重要意义。分析研究现状可知, 国内外目前对外加阻燃剂沥青混合料的燃烧性能进行了较系统的研究, 但对外加阻燃剂沥青混合料的路用性能及应用研究善不完善。

本文研究了特定温拌剂与阻燃剂对温拌阻燃沥青混合料路用性能的影响, 并通过工程实例对温拌阻燃沥青混合料在工程中的应用效果进行了评价, 具有重要意义。

2 室内试验

2.1 试验材料

(1) 沥青: 采用重交 AH-90 沥青作为本试验的

沥青，其各性能参数测得如表 1 所示。

表 1 沥青的性能指标

指标	测值	技术要求
软化点/℃	45	≥44
针入度 (25℃) /0.01mm	82	80~100
延度 (15℃, 5cm.min-1) /cm	>151	≥100
含蜡量 (蒸馏法) /%	1.76	<2.2
闪点/℃	274	≥245
溶解度/%	99.9	≥99.5
密度 (15℃) /%	1.011	实测
RTFOT 后残 留物	质量变化/% 残留针入度比 (25℃) /%	≤0.00085 ±0.8 ≥57

(2) 集料: 粗集料采用孔径为 5~10、10~15、10~20、15~20 四种规格的石灰岩碎石、细集料采用石灰岩石屑，其孔径为 0~5，并采用矿粉作为填料。根据相关规范标准[7-8]，对各集料的性能进行检测，结果表明各集料均满足相关要求。

(3) 阻燃剂: 本试验所采用的阻燃剂为兰州交通大学研制的 BFR-Ti 型阻燃剂，其掺入量为沥青的 5%。

(4) 温拌剂: 试验采用的 Evotherm 温拌剂由 MWV 公司研发，掺入量为沥青掺入量的 5%。

2.2 沥青混合料配合比设计

(1) 矿料级配: 试验采用的混合料级配组成为 AC-13C 型级配。其具体组成如表 2 所示。

表 2 AC-13C 型沥青混合料的级配组成与设计

筛孔尺寸 /mm	合成级配	级配中值	级配上限	级配下限
0.075	5.3	6.1	8.0	4.1
0.15	8.7	10.2	15.1	4.9
0.3	13.8	13.4	19.8	7.2
0.6	21.5	18.9	28.0	10.1
1.18	24.3	26.4	38.1	14.8
2.36	33.7	37.1	50.0	24.1
4.75	45.2	52.8	68.4	38.2
9.5	69.1	76.4	85.2	68.0
13.2	93.8	95.2	100	90.1
16	100	100	100	100

(2) 确定沥青最佳用量: 首先，采用马歇尔击实法将温拌沥青混合料击实成型，类比热拌沥青混合料求解最佳油石比的方法，可求出温拌沥青混合料的最佳油石比，并进行沥青混合料的性能测试，其马歇尔试验结果如表 3 所示。

表 3 温拌阻燃沥青混合料的马歇尔试验结果

油石比	毛体积	稳定度	流值	空隙	沥青饱	矿料间
-----	-----	-----	----	----	-----	-----

/%	密度	/KN	/mm	率/%	和度/%	隙率/%
3.6	2.17	6.74	2.93	4.18	75.27	16.88
4.1	2.24	8.45	3.19	3.96	74.35	15.48
4.4	2.28	9.33	3.21	3.66	76.17	15.42
5.1	2.32	10.12	3.33	3.42	81.42	18.35
5.6	2.31	8.95	3.35	3.38	81.64	18.35
5.9	2.34	9.12	3.23	3.06	83.50	18.62

根据表 3 所示试验结果，分别绘制温拌沥青混合料油石比与沥青饱和度、矿物间隙率的 2 种关系曲线，同时绘制油石比与沥青混合料毛体积稳定度、空隙率、流值、相对密度的 5 种关系曲线。根据所绘制的关系曲线，得出本试验的最佳油石比为 5%。

3 路用性能试验结果分析

根据相关规范要求[8]，按设计配合比及最佳油石比制备沥青混合料，并分别掺入占沥青掺入量 5% 的阻燃剂与温拌剂。拌合均匀后，制备温拌阻燃沥青混合料试样，对温拌阻燃沥青混合料的路用性能进行研究，分别进行 3 次平行试验。

3.1 水稳定性试验

水稳定性试验包括沥青混合料的浸水马歇尔试验及冻融劈裂试验。根据相应的规范标准[8]，将 3 组制备成型的马歇尔试件在 60℃ 的恒温水槽中保温 48h 后进行试验，并与常温下的试验结果进行比较，可得如表 4 所示试验结果。

表 4 温拌阻燃沥青混合料水稳定性试验结果

试验项目	试验分组			
	1 组	2 组	3 组	
标准马歇尔试验	稳定度/KN	10.04	10.12	10.01
	流值/mm	3.33	3.28	3.30
浸水马歇尔试验	稳定度/KN	8.94	9.01	8.89
	流值/mm	4.31	4.33	4.24
马歇尔模数 (KN/mm)		3.07	3.06	3.03
残留稳定度/%		89.04	89.03	88.72

由表 4 所示试验结果可知，温拌阻燃沥青混合料的残留稳定度满足规范上要求的大于 85% 的规定，且温拌阻燃沥青混合料具有良好的抗永久变形能力，有着较好的水稳定性。

3.2 高温稳定性试验

按照相关规范[8]，对温拌阻燃沥青混合料分别进行 3 组车辙试验，试验时的温度设定为 60℃，轮压为 0.7MPa。车辙试验结果如表 5 所示。

表 5 温拌阻燃沥青混合料的车辙试验结果

试验项目	温拌阻燃沥青混合料试验分组
------	---------------

	1组	2组	3组
60℃动稳定度(次/mm)	6103	6438	6273
平均值(次/mm)	6271		

表5所示试验结果表明,温拌阻燃沥青混合料的平均动稳定度达到了6271次/mm,具有良好的高温稳定性,与规范上要求动稳定次数不小于2800次/mm的规定相符。

3.3 低温抗裂性能试验

参照相关规范[8],低温抗裂性能试验采用低温弯曲试验进行测试,设定试验温度为-10℃,试验的小梁尺寸为20×50×240mm,以50mm/min的加载速率缓慢进行3组平行试验。低温弯曲试验结果如表6所示。

表6 温拌阻燃沥青混合料小梁弯曲试验结果

试验分组	1	2	3
弯曲劲度模量/MPa	3687.83	3538.61	3543.46
弯拉破坏强度/MPa	10.75	10.65	10.96
弯拉破坏应变/ $\mu\epsilon$	2965	3002	3041
平均破坏应变/ $\mu\epsilon$	3002.67		

由表6所示试验结果可知,温拌阻燃沥青混合料的破坏应变值为3002.67 $\mu\epsilon$,超过规范要求的不低于2500 $\mu\epsilon$ 的要求,表明温拌阻燃沥青混合料的低温抗裂性能良好。

4 温拌阻燃沥青混合料的工程应用

4.1 工程概况

重庆市某隧道处于新建一级公路上,隧道全长约为4.53km,由于隧道过长,通风效果较差,若采用普通的热拌沥青混和料进行施工会产生大量的有毒烟雾,不利于工人的身体健康。同时考虑到隧道过长,隧道阻燃问题突出。与该项目相关负责人协商后,同意在该工程中双向各铺筑1km的温拌阻燃沥青混合料试验路段,沥青混合料的配合比与所用工程材料与室内试验一致,隧道的路面结构如图1所示,采用温拌技术进行施工。

4.2 施工工艺

为了确保施工的连续性,路面铺筑前,应在隧道外面对配合比及施工工艺进行检验,并对温拌阻燃沥青混合料进行试拌、试铺。温拌阻燃沥青混合料采用

3000型混合料拌和楼设备,外加剂掺入采用喷洒方式。其中,温拌剂应在沥青掺入3s后再掺入,同时应保证温拌剂的掺入时间不超过10s。阻燃剂应在温拌剂加入混合料并拌合均匀后加入。阻燃沥青混合料的施工工艺与一般温拌沥青混合料的施工工艺相同。



图1 路面结构图

4.3 施工检测与评价

由于采用了温拌施工技术,温拌阻燃沥青混合料在进行铺筑的过程中,施工可见度较好,烟雾与气味大大减少。同时,温拌施工技术的采用使得路面均匀性更好,老化程度降低。路面施工完成后对隧道内铺筑的温拌阻燃沥青路面进行了路面性能检测及钻芯取样,检测结果如表7所示。

表7 温拌阻燃沥青混合料试验路段检测结果

检测项目	测试结果(平均值)	规范标准
压实度/%	94.3	93-97
构造深度/mm	0.64	≥ 0.55
摆值/BPN	69	≥ 45
渗水系数/(mL/min)	81	≤ 300

表7结果表明,温拌阻燃沥青混合料路面的各项技术指标均满足规范要求,具有良好的使用与研究价值。

5 结论

- (1) 在温拌沥青混合料中加入BFR-Ti型阻燃剂与Evotherm温拌剂对沥青混合料的路用性能影响不大,各路用性能指标均在规范标准范围内。
- (2) 隧道中采用温拌施工技术大大改善了作业环境,满足环境与防火要求。
- (3) 工程实例表明:温拌阻燃沥青混合料具有良好的路用性能,且铺筑效果非常好,应用前景广阔。

References (参考文献)

- [1] 杨树人,李力.阻燃沥青及其混合料的研究现状[J].石油沥青,2007,21(4):2-3.

-
- [2] 陈辉强,郝培文.公路隧道沥青阻燃技术研究现状及应用前景[J].公路交通技术,2009(4):31-33.
- [3] Graham, Joseph. Flame resistant asphaltic composition [P]. US Patent, 4512806, 1985.
- [4] Brown, Steve, Mead,et al. Bauxite flame-retardant fillers for insulators or sheathing[P]. US Patent, 6252173, 2001.
- [5] 李祖伟,陈辉强,牟建波等.沥青阻燃改性技术研究及其阻燃机理[J].长沙交通学院学报,2002,18(12):44-47.
- [6] 张厚记.沥青路面的矿物组分阻燃机理与技术研究[D].武汉:武汉理工大学,2007(7):47-49.
- [7] 交通运输部公路科学研究院. JTG F40-2004 公路沥青路面施工技术规范[S].北京:人民交通出版社,2005.
- [8] 交通运输部公路科学研究院. JTG E20-2011 公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].北京:人民交通出版社,2011

Subscriptions and Individual Articles:

User	Hard copy:
Institutional:	800 (HKD/year)
Individual:	500 (HKD/year)
Individual Article:	20 (HKD)