

# 干拌直投式复合胶粉改性沥青混合料应用技术研究

徐琦, 岳光华, 姜帅, 刘洪磊, 王海赞

(许昌金欧特沥青股份有限公司, 河南 许昌 461000)

**摘要:** 干拌直投式胶粉改性沥青混合料在国内发展较晚, 相比于湿法橡胶沥青至今未大面积推广应用。文中通过室内试验及试验路段铺筑, 研究干拌直投式胶粉改性沥青混合料的最佳级配范围及合适的施工工艺。结果表明, 间断密集配适用于干拌直投式胶粉, 这种沥青混合料具有良好的高低温性能及其他路用性能; 适当的胶轮碾压在一定程度上可增加路面的压实度及密水性。

**关键词:** 公路; 干拌直投; 复合胶粉; 改性沥青混合料; 施工技术

中图分类号: U416.217

文献标志码: A

文章编号: 1671-2668(2019)02-0057-03

目前, 国内橡胶沥青以湿法为主, 并已在较多工程中得到应用。由于干拌直投式胶粉改性沥青混合料技术在国内起步较晚, 研究较少, 特别是由于部分省份的失败案例, 干法橡胶沥青混合料技术在国内至今未大面积推广应用。该文通过室内试验优选级配, 设计适用于干拌直投胶粉改性沥青混合料的间断密集配, 并通过试验和铺筑试验路段验证其高温、低温及水稳定性等路用性能。

## 1 试验原材料及配合比设计

### 1.1 原材料

(1) 沥青使用韩国 SK 重交通 70# 基质沥青, 其技术指标见表 1。

表 1 沥青的技术指标

项目	规范要求	试验结果
25℃针入度/(0.1 mm)	60~80	69
软化点/℃	≥46	47.0
延度(15℃)/cm	≥100	>100

(2) 粗集料采用汶川产石灰岩, 其性能见表 2。

表 2 粗集料的技术指标

规格/mm	表观密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	毛体积密度/ (g·cm <sup>-3</sup> )	吸水率/%
11~19	2.753	2.732	0.28
6~11	2.751	2.722	0.39
3~6	2.762	2.717	0.60
0~3	2.750	2.691	0.80

(3) 矿粉采用石灰石磨制, 粒径 0~0.3 mm, 亲水系数 0.8, 密度 2.795 t/m<sup>3</sup>。

(4) 胶粉采用大车轮胎胎顶胶破碎而成, 粒径为 40 目。

### 1.2 混合料级配

采用 AC-16 间断密集配, 级配曲线见图 1。

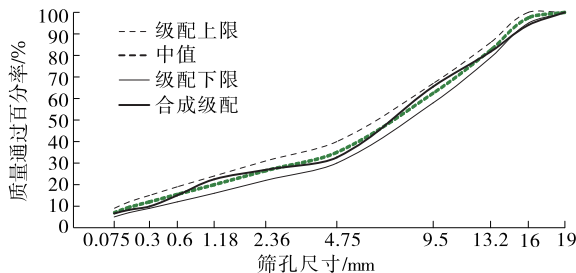


图 1 AC-16 混合料级配

## 2 混合料性能检验

### 2.1 试验温度

沥青混合料室内试验温度见表 3。

表 3 沥青混合料室内试验温度

项目	试验值/℃
矿料加热温度	170~180
沥青加热温度	150~160
沥青混合料拌和温度	160~170
击实和车辙成型温度	150~160

### 2.2 最佳油石比

根据沥青混合料级配, 以 4.0%、4.5%、5.0%、5.5%、6.0% 5 组油石比进行马歇尔击实试验, 胶粉掺量为沥青用量的 20%, 检测沥青混合料体积指标及力学指标, 结果见表 4。油石比的确定见图 2~7。

根据马歇尔试验结果, 按下式计算毛体积密度

表4 沥青混合料马歇尔试验结果

油石比/%	毛体积相对密度	理论相对密度	空隙率/%	矿料间隙率/%	沥青饱和度/%	稳定度/kN
4.0	2.437	2.550	4.4	13.9	68.0	12.00
4.5	2.451	2.538	3.4	13.8	75.1	12.07
5.0	2.466	2.517	2.0	13.7	85.2	11.08
5.5	2.461	2.507	1.8	14.2	87.1	10.78
6.0	2.449	2.483	1.4	15.1	90.9	10.40

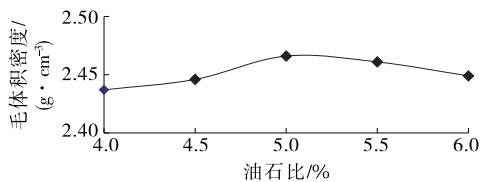


图2 油石比—毛体积密度关系曲线

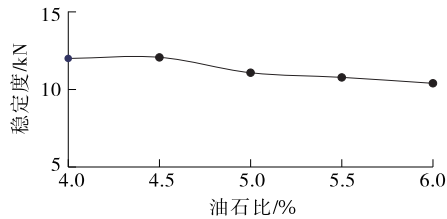


图3 油石比—稳定度关系曲线

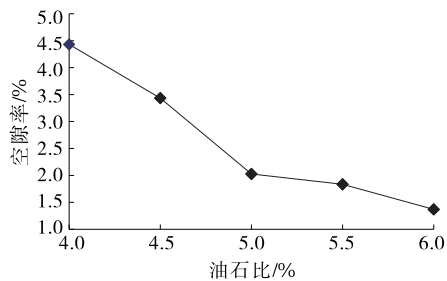


图4 油石比—空隙率关系曲线

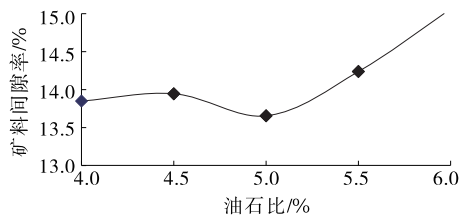


图5 油石比—矿料间隙率关系曲线

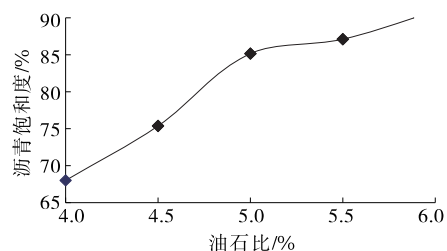


图6 油石比—沥青饱和度关系曲线

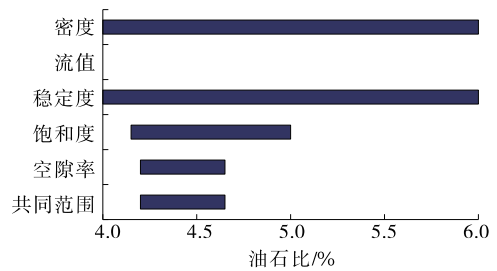


图7 油石比的比选

最大值、稳定度最大值、目标空隙率、饱和度中值对应的油石比：

$$OAC_1 = (a_1 + a_2 + a_3 + a_4) / 4 = (5.0 + 4.5 + 4.5 + 4.6) / 4 = 4.65\%$$

根据各指标应符合标准油石比范围  $OAC_{min} \sim OAC_{max}$  的要求,计算得:

$$OAC_2 = (OAC_{min} + OAC_{max}) / 2 = (4.20 + 4.65) / 2 = 4.43\%$$

$$OAC = (OAC_1 + OAC_2) / 2 = (4.65 + 4.43) / 2 = 4.5\%$$

目标配合比的最佳油石比为 4.5%。

### 2.3 混合料性能检验

根据选定的级配和最佳油石比,对马歇尔残留稳定度、冻融劈裂残留强度比、车辙动稳定度等路用性能进行检测,结果见表5。检测结果表明,该沥青

表5 沥青混合料性能检验结果

项目	试验结果	技术要求
毛体积相对密度	2.446	—
理论最大相对密度	2.533	—
马歇尔稳定度/kN	12.0	$\geq 7$
空隙率/%	3.4	3~4
矿料间隙率/%	14.6	$\geq 14.5$
沥青饱和度/%	75.4	70~85
残留稳定度/%	95.7	$\geq 85$
冻融劈裂强度比/%	92.0	$\geq 80$
车辙试验动稳定度 (60℃)/(次·mm <sup>-1</sup> )	4 921	$\geq 2 000$

混合料的性能良好,各项指标能满足施工技术要求。

### 3 试验段铺筑

试验路段采用 4.5% 的油石比,橡胶粉用量为沥青用量的 20%,设计厚度 4 cm。沥青混合料采用间歇式拌和站集中拌和,运至施工现场,平均运距 36 km,各种热料比例为 11~19 mm : 6~11 mm : 3~6 mm : 0~3 mm : 矿粉 = 25 : 44 : 5 : 25 : 1。施工时天气晴朗,气温 37~39 ℃,风力 3 级。碾压方案如下:第一种为初压(钢轮静压 1 遍)+复压(钢轮碾压 4 遍)+终压(钢轮静压 1 遍);第二种为初压(钢轮静压 1 遍)+复压(钢轮碾压 3 遍,胶轮碾压 1 遍)+终压(钢轮静压 1 遍)。两种碾压方案下的路用性能见表 6。

表 6 不同碾压方案下的路用性能

碾压方案	压实度/%	路面现场 空隙率/%	渗水系数/ (mL · min <sup>-1</sup> )
第一种方案	97.1	6.3	33
第二种方案	99.3	5.1	14
技术要求	≥97	3~7	≤300

由表 6 可知:两种碾压方案下的路用性能指标都能满足规范要求,其中第一种碾压方案下路面压实度处于规范要求的下限,第二种碾压方案下路面经过胶轮揉搓后压实度和渗水系数明显改善,建议在路面温度降至 100~120 ℃ 时进行胶轮碾压。

### 4 结论

干法橡胶沥青混合料目前在国内研究及应用较少,且由于施工温度及质量控制的制约一直难以大面积推广。该文通过对干拌直投式复合胶粉改性沥青混合料的室内试验及试验路段验证,得到以下主要结论:

(1) 采用间断密集配生产干拌直投式胶粉改性沥青混合料,不仅其各项路用性能满足规范要求,节约沥青用量,降低工程造价,且相对于湿法施工更便捷,可用于改性沥青路面。

(2) 低沥青含量的干拌直投式胶粉改性沥青混合料施工中,若只采用钢轮进行碾压,路面压实度在规范要求的下限,而在合适的温度下采用胶轮碾压可改善路面的压实度及密水性,提高沥青路面的耐久性能。

### 参考文献:

- [1] 韩秀山.我国公路应推广使用废胶粉改性沥青[J].橡胶工业,2001(8).
- [2] State of California Department of Transportation. Use of scrap tire rubber: state of the technology and best practices[S].2005.
- [3] State of California Department of Transportation. Asphalt rubber usage guide[S].2003.
- [4] 叶智刚,孔宪明,余剑英,等.橡胶粉改性沥青的研究[J].武汉理工大学学报,2003,25(1).
- [5] 王琪.废旧胶粉改性沥青的实验与应用[J].辽宁交通科技,2000(6).
- [6] 吕伟民.橡胶沥青路面技术[M].北京:人民交通出版社,2011.
- [7] 曾蔚.干拌法橡胶粉沥青混合料的蠕变试验研究[A].橡胶沥青在路面工程中应用技术交流会议论文资料汇编[C].2006.
- [8] 傅大放,惠先宝,符冠华,等.废弃轮胎胶粉干法改性热拌沥青混合料(RUMAC)试验研究[J].公路交通科技,2001,18(5).
- [9] 许光宇,李志刚.小浪底专线改造工程 CTOR 干法橡胶沥青混合料性能研究[J].交通科技,2013(6).
- [10] 郭桂爽,封晓桃.成品湿法橡胶沥青 SMA13 混合料应用特点分析[J].公路与汽运,2018(2).

收稿日期:2018-09-18

(上接第 56 页)

- [25] Anderson D, Marasteanu M. Physical hardening of asphalt binders relative to their glass transition temperatures[J]. Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, 1999, 1661(1).
- [26] Zhang Lei, Tan Yiqiu, Hussain Bahia. Relationship between glass transition temperature and low temperature properties of oil modified binder[J]. Construction Building Material, 2016, 104.

- [27] Crisian Druta. A micromechanical approach for predicting the complex shear modulus and accumulated shear strain of asphalt mixtures from binder and mastics [D]. Louisiana State University Dissertation, 2006.
- [28] 郭永梅,倪富健.基于 DSR 的改性沥青及混合料动态粘弹性能[J].东南大学学报:自然科学版,2014,44(2).

收稿日期:2018-09-07