

# 高固含量乳化型改性中温沥青路面施工技术

彭磊<sup>1</sup>, 张勇<sup>2</sup>, 张守城<sup>1</sup>, 陈绍平<sup>3</sup>

(1. 武汉市政工程设计研究院有限责任公司, 湖北 武汉 430023; 2. 武汉市市政建设集团有限公司, 湖北 武汉 430023;  
3. 武汉华邦泰富环保沥青工程有限公司, 湖北 武汉 430012)

**摘要:**结合工程实例, 提出乳化型中温沥青技术要求, 并进行了中温沥青混合料配合比设计, 编制了沥青混合料拌和楼改造方案; 利用中温沥青黏温曲线, 拌和成型出不同出料温度的马歇尔试件, 确定了改性中温沥青混合料施工温度; 制定施工过程中不同的室内成型方法和室内最佳成型方法; 通过施工质量检测, 验证了施工工艺以及施工控制要点的合理性。

**关键词:**中温沥青混合料; 配合比设计; 施工温度; 室内成型; 质量检测

中图分类号: U 414.1 文献标志码: B 文章编号: 1009-7767(2015)05-0027-04

## Construction Technology Essentials of High Solid Content Emulsified Mid-warm Modified Asphalt Pavement

Peng Lei, Zhang Yong, Zhang Shoucheng, Chen Shaoping

随着我国公路事业的快速发展, 公路里程不断增长, 截止 2013 年底, 我国公路通车总里程为 434.6 万 km, 其中高速公路达 10.4 万 km。虽然每年铺筑的沥青路面数量在不断增加, 但我国北方地区从 11 月份至次年 4 月份平均气温都在 0℃以下, 在这种气候条件下, 使用传统的热拌沥青混合料已无法满足施工要求, 同时还影响道路施工周期, 增加道路养护成本。

乳化型中温沥青混合料可用于新建、改扩建道路, 可在气温不低于 0℃的条件下施工, 其拌和、摊铺、碾压温度介于温拌与冷补沥青混合料之间, 路面性能可达到同类型热拌沥青混合料性能要求。但是, 乳化型中温沥青含有大量水分, 其混合料施工过程中有大量水分挥发, 降低了中温混合料拌和效果以及施工温度的把控, 这些都成为了乳化型中温沥青混合料施工的技术难题。

### 1 试验段道路概况

解放大道是武汉市贯穿城区东西的交通主干道, 沿线汇聚了大量商场、医院、公园等设施, 交通量大, 重载车辆多, 因此, 将试验段选址于解放大道下延线道路改造工程的施工断面内, 具体部位为 K3+730—K3+970 段西侧辅道, 断面宽度为 7~9 m。试验段铺筑 4 cm 改性 AC-16。

试验段于 2014 年 12 月 20 日铺筑, 当天气温为 -1~12℃, 风力 4 级, 试铺开始时间为 15:32, 地表温

度 9℃, 结束时间为 17:04, 地表温度 5℃。

### 2 配合比设计

#### 2.1 原材料

试验段所用高固含量乳化型改性中温沥青, 其检测结果见表 1; 采用玄武岩矿料, 矿粉采用 0~0.3 mm 石灰岩矿粉。材料各项指标均符合 JTG F40—2004《公路沥青路面施工技术规范》<sup>[1]</sup>的要求。

表 1 高固含量乳化型改性中温沥青检测结果

项目	测试结果	技术要求	
固含量/%	74.5	≥70	
黏度(80℃)/(Pa·s)	0.325	≤3	
蒸发残留物	针入度(25℃, 100 g, 5 s)/(0.1 mm)	50	30~60
	延度(5℃, 1 cm/min)/cm	28	≥20
	软化点(环球法)/℃	71.5	≥60

#### 2.2 矿料级配

中温沥青混合料矿料级配范围与热拌密级配沥青混合料相同。根据试验路粗集料、细集料、矿粉的筛分结果, 调整各种用量的比例, 得到 AC-16 型沥青混合料的合成级配, 见表 2。

经试制测定混合料的空隙率, 其级配符合规范要求。

#### 2.3 最佳油石比

乳化型中温沥青与集料拌和过程中有很大的质

表 2 AC-16 合成级配

筛孔尺寸/mm	19	16	13.2	9.5	4.75	2.36	1.18	0.6	0.3	0.15	0.075
合成级配/%	100	95.2	84.8	67.9	39.4	26.7	17.9	11.5	7.9	6.2	5.6
规范上限/%	100	100	92	80	62	48	36	26	18	14	8
规范下线/%	100	90	76	60	34	20	13	9	7	5	4

量损失,结合工程运用情况,中温沥青混合料初试油石比可采用热拌沥青混合料的油石比除以乳化型中温沥青的固含量得到。

根据吕伟民<sup>[2]</sup>的经验公式,可结合表 2 的合成级配,运用式(1)计算得到热拌沥青混合料的沥青用量为 4.69%,运用式(2)计算中温沥青混合料的初试油石比为 6.3%。

$$P=0.021A+0.056B+0.099C+0.12D+1.2。 (1)$$

式中: $P$ 为热拌沥青混合料结合料用量,%; $A$ 为大于 2.36 mm 颗粒质量百分率,%; $B$ 为 0.3~2.36 mm 颗粒质量百分率,%; $C$ 为 0.075~0.3 mm 颗粒质量百分率,%; $D$ 为小于 0.075mm 颗粒质量百分率,%。

$$Q=P/n。 (2)$$

式中: $Q$ 为中温沥青混合料初试油石比,%; $P$ 为热拌沥青混合料结合料用量,%; $n$ 为乳化型中温沥青固含量。

笔者根据计算的中温沥青混合料初试油石比,采用热拌沥青混合料配合比设计的马歇尔试验方法,来确定中温沥青混合料的最佳油石比。按规范要求,取油石比为 5.7%、6.0%、6.3%、6.6%、6.9%拌和改性中温沥青混合料,制备马歇尔试件,测定不同油石比的马歇尔试件试验结果;再根据马歇尔试验结果,分别绘制密度、稳定度、流值、空隙率、VFA、VMA 与油石比的关系;最后确定的改性中温沥青混合料最佳油石比为 6.2%。

### 3 施工要点

#### 3.1 拌和

根据相关研究成果<sup>[3]</sup>和工程应用情况,乳化型中温沥青中含有大量水分,拌和时会产生大量水蒸汽,严重影响拌和楼称重系统,降低了生产效率,容易对拌和设备造成一定程度的锈蚀;同时拌和楼在热拌沥青与乳化型中温沥青切换使用时,会因热拌沥青加热温度高于乳化型中温沥青,导致乳化型中温沥青在灼热的沥青管道中产生大量的水蒸汽,并形成负压,导致沥青难以泵送至沥青混合料拌锅中,严重影响生产效率。因此,需要对现有拌和楼进行改造。具体改造方法是在拌和楼一、二级沥青提升设备以及沥青混合

料拌和锅处添加排放、收集蒸汽的装置,添加纤维送风延时自动投放装置。拌和楼改造后工程运用效果良好。

#### 3.2 施工温度

文献[1]规定:普通沥青混合料拌和与压实温度宜采用黏温曲线的等黏温度来确定,在黏温曲线上对应于黏度(0.17±0.02) Pa·s 和(0.28±0.03) Pa·s 时的温度作为沥青混合料的拌和与压实温度。由于聚合物改性沥青混合料的施工温度较普通沥青混合料高 10~20℃<sup>[4]</sup>,没有根据改性沥青流变特性选择合适的温度<sup>[5]</sup>,所以根据普通沥青的黏温曲线确定的改性沥青施工温度只能作为参考温度。

笔者采用布氏黏度计测定普通高固含量乳化型中温沥青 70,80,90℃黏度,其结果见图 1。根据黏温曲线回归得到高固含量乳化型中温沥青的黏温公式为:

$$N=-0.0013T+0.3873(R^2=0.9995)。 (3)$$

式中: $N$ 为乳化型中温沥青表观黏度,Pa·s; $T$ 为黏度试验温度,℃。

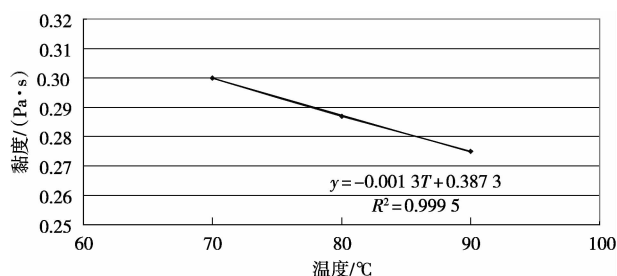


图 1 高固含量乳化型中温沥青黏温曲线

根据式(3)计算得到普通中温沥青混合料拌和与压实的温度为 150~180℃、60~105℃,由此推算改性中温沥青混合料拌和与压实温度为 160~190℃、70~125℃。根据改性中温沥青混合料工程运用情况可知,该拌和与压实温度明显偏高。

笔者采用上述改性中温沥青混合料配合比,根据出料温度调整集料加热温度,运用拌和楼拌制 100,110,120,140,160℃的改性中温沥青混合料,室内制备马歇尔试件,测定马歇尔试件指标,结果见图 2。

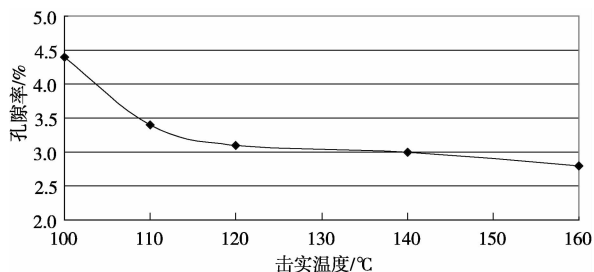


图2 改性中温沥青混合料空隙率与击实温度曲线图

由图2可知,改性中温沥青混合料随着击实温度的升高,空隙率逐渐减小;空隙率减小速率逐渐变小,105℃趋于稳定。因此,确定改性中温沥青混合料的最佳击实温度为105℃,由此通过热力学公式<sup>[6]</sup>计算,结合工程实践,得到改性中温沥青混合料施工温度,见表3。

表3 改性中温沥青混合料的施工温度

项目	施工温度/°C	
沥青加热温度	75~90	
集料加热温度	150~165	
出料温度	125~140	
废弃温度,高于	125~140	
摊铺温度,不低于	正常气温施工	110
	低温季节施工	125
初压开始温度,不低于	正常气温施工	105
	低温季节施工	120
碾压终了表面温度,不低于	75	
开放交通路表温度,不高于	50	

### 3.3 施工过程中室内试件成型

文献[1]规定:沥青混合料生产过程中需对混合料外观、拌和温度、矿料级配、油石比进行检验,以及进

行马歇尔试验、浸水马歇尔试验、车辙试验。中温沥青混合料因其独特属性,施工过程中,从拌和楼取回的改性中温沥青混合料试样会因室内试验温度不均匀,影响马歇尔成型效果,进而影响马歇尔稳定度。因此,笔者制定了如下室内检验马歇尔试件成型方法:

1)将拌和楼拌制的混合料样品放入120℃恒温烘箱中保温2h,再双面击实75次,试件高度控制在(63.5±1.3)mm;

2)将拌和楼拌制的混合料样品放入120℃恒温烘箱保温2h,以115℃为击实温度双面击实50次;连同试模一起以侧面竖立方式放入120℃恒温烘箱中保温30min,再双面击实25次,试件高度控制在(63.5±1.3)mm;

3)将拌和楼拌制的混合料样品放入120℃恒温烘箱保温30min,以115℃为击实温度双面击实50次;连同试模一起以侧面竖立方式放入120℃恒温烘箱中保温2h,再双面击实25次,试件高度控制在(63.5±1.3)mm。

待养生后,按文献[7]要求,测定3组马歇尔试件的60℃马歇尔稳定度,测试结果见表4。由表4可知,相同的改性中温沥青混合料,不同的成型方法,马歇尔空隙率及稳定度差别较大,采用成型方法(3)制备的马歇尔试件空隙率和稳定度都最佳。因此,室内检验的马歇尔试件成型方法可采用:120℃烘箱保温30min+双面50次+120℃烘箱保温2h+双面25次。

由表4可知,相同的改性中温沥青混合料,不同的成型方法,马歇尔空隙率及稳定度差别较大,但采用成型方法3制备的马歇尔试件空隙率和稳定度都最佳。因此,室内检验的马歇尔试件成型方法可采用方法3。

表4 不同成型方法马歇尔试验结果

成型方法	空隙率/%	稳定度/kN	流值/(0.1mm)
120℃烘箱保温2h+双面击实75次	4.9	12.30	37
120℃烘箱保温2h+双面击实50次+120℃烘箱保温30min+双面击实25次	4.4	10.44	35
120℃烘箱保温30min+双面击实50次+120℃烘箱保温2h+双面击实25次	4.0	14.04	30

### 4 施工质量检测

试验段铺筑好后,采用随机取样方法对路面厚度、压实度等进行了随机取样,结果见表5。

由表5可知,铺层厚度应控制在35~50mm,空隙率控制在3%~6%,马歇尔稳定度应不低于8kN,压实度应不小于96%。从抽样结果看,取样点中孔隙率、压实度及稳定度符合文献[8]要求;路面因下面层不平

整,导致改性中温沥青路面上面层厚度偏厚。可见,笔者制定的各项施工要点满足改性中温沥青混合料推广使用的技术要求。

### 5 结语

1)高固含量乳化型改性中温沥青固含量应大于70%;

2)沥青混合料最佳油石比需根据式(2)计算确定;

表 5 路面芯样检测结果

项目	桩号						
	K3+790	K3+820	K3+850	K3+860	K3+870	K3+900	K3+950
厚度/mm	37.8	52.0	44.8	60.6	64.8	53.6	52.5
理论密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.519						
标准密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.410						
毛体积密度/(g/cm <sup>3</sup> )	2.416	2.395	2.415	2.404	2.429	2.440	2.389
压实度/%	100.2	99.4	100.2	99.8	100.8	101.2	99.1
孔隙率/%	4.09	4.92	4.13	4.57	3.57	3.14	5.16
稳定度/kN	12.03	11.26	11.59	10.87	10.21	10.51	9.85

3)改性中温沥青混合料采用“120℃烘箱保温30 min+双面击实50次+120℃烘箱保温2 h+双面击实25次”方法成型的马歇尔试件试验性能最佳。

因此,在解放大道改造工程的试验段中,按照笔者提出的几项施工要点进行沥青混合料拌和楼改造和施工温度控制,并进行改性中温沥青混合料施工,使各项指标均达到了路面推广使用的技术要求,该经验可供同类工程施工借鉴。MET

参考文献:

[1] 交通部公路科学研究所. 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,2004.  
 [2] 吕伟民,李立寒,周海生,等. 冷铺沥青材料的特性与配制技术[J]. 华东公路,2002(2):67-69.  
 [3] 段凌云. 乳化型温拌剂在 SMA 混合料中的应用研究[D]. 西

安:长安大学,2012.  
 [4] 原健安,祝志刚. 用系列黏度数据分析 SBS 改性沥青的结构特点[J]. 长安大学学报:自然科学版,2004,24(2):7-13.  
 [5] 张肖宁. 沥青与沥青混合料的黏弹力学原理及应用[M]. 北京:人民交通出版社,2006:46-50.  
 [6] 李德超. 温拌及半温拌沥青混合料的能耗与环保效益分析[J]. 筑路机械与施工机械化,2011(12):62-66.  
 [7] 交通运输部公路科学研究院. JTG E20-2011 公路工程沥青与沥青混合料试验规程[S]. 北京:人民交通出版社,2011.  
 [8] 北京市政建设集团有限责任公司,中国市政工程协会. CJJ 1-2008 城镇道路工程施工与质量验收规范[S]. 北京:中国建筑工业出版社,2008.

收稿日期:2015-04-17

基金项目:湖北省地方标准计划项目(20135013);武汉市两型发展专项计划项目(2013603)

作者简介:彭磊,男,工程师,硕士,主要从事道路桥梁科研与检测工作。

(上接第 26 页)

参考文献:

[1] 王波,赵枫. 中小城市交通策略及规划模式研究[J]. 道路与安全,2005,5(5):18-21.  
 [2] 李朝阳,张际宁,杨涛. 南京市道路网规划指标研究[J]. 城市研究,2000(2):44-48.  
 [3] 宋雪鸿. 城市交通微循环问题的解决策略及其应用研究[D]. 上海:同济大学,2008.  
 [4] 李忠燕. 基于交通微循环的城市核心区路网系统优化与应用[D]. 昆明:昆明理工大学,2010.  
 [5] 同济大学城市规划设计研究所. GB 50220-1995 城市道路交通规划设计规范[S]. 北京:中国计划出版社,1995.  
 [6] 李开国. 支路规划设计若干问题研究[J]. 城市交通,2007(3):32-36.  
 [7] 陈学武,刘飞,胡启洲. 小城市道路网的合理道路级配模型[J]. 交通运输学报,2008,8(2):102-106.  
 [8] 石飞. 城市道路等级级配及布局方法研究[D]. 南京:东南大

学,2006.  
 [9] 胡绍荣. 城市道路交通供需平衡理论研究[D]. 西安:长安大学,2004.  
 [10] Frank J E. The measurement of infrastructure capacity theory, data structures and analytics[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 1990, 14(4):283-297.  
 [11] Chiou S W. An efficient computation algorithm for area traffic control problem with link capacity expansions[J]. Applied Mathematics and Computation, 2007, 88(2):1094-1102.  
 [12] 李旭宏,田锋,顾政华. 城市道路网供求分析技术[J]. 交通运输工程学报,2002,2(2):88-90.  
 [13] 王炜,过秀成. 交通工程学[M]. 南京:东南大学出版社,2000:154-157.

收稿日期:2015-04-13

作者简介:李忠燕,女,工程师,硕士,主要研究方向为交通规划与交通控制。