

文章编号:1674-2869(2019)04-0371-04

GMA 浇筑式沥青混合料的制备及性能

孟文专,王广芹

苏交科集团股份有限公司,江苏 南京 211112

摘要:以特立尼达湖沥青(TLA)和A-70# 基质沥青配制了复合沥青,并将其与集料拌和得到浇筑式沥青混合料(GMA),重点研究了沥青胶结料和拌和时间对GMA混合料性能的影响。结果表明:随着沥青胶结料中TLA质量分数的增加,沥青胶结料的热温度敏感性降低,混合料性的流动性变差、硬度变大,TLA最佳的质量分数为70%;混合料拌和时间的延长,沥青胶结料的老化程度增大,混合料的高温性能、流动性变好,但冲击韧性(抗疲劳性)降低,最佳的拌和时间1.5~3.5 h。

关键词:浇筑式沥青混合料;沥青胶结料;硬度;动稳定度;冲击韧性

中图分类号:U417.62 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2019.04.013

Preparation and Properties of Pouring Guss Mastic Asphalt Mixture

MENG Wenzhuan, WANG Guangqin

JSTI Group Co., Ltd, Nanjing 211112, China

Abstract: Asphalt composite was prepared from Trinidad lake asphalt (TLA), A-70# asphalt, and aggregates to obtain pouring asphalt composite. Effects of asphalt binder and mixing time on properties of pouring asphalt composite were investigated. The results show that the increase of mass fraction of TLA has caused negative effects such as temperature insensitivity of the asphalt binder, worse fluidity and hardness of the mixture. It is found that the optimum mass fraction of TLA is 70%. With extending mixing time, the aging degree of the asphalt binder increases, both the high temperature performance and fluidity of the mixture improve, while its impact toughness (i.e., the resistance fatigue performance) decreases. The optimum mixing time of mixture is between 1.5 and 3.5 h.

Keywords: pouring asphalt mixture; asphalt binder; hardness; dynamic stability; impact toughness

浇筑式沥青混合料广泛应用于钢桥面铺装领域,在发展过程中形成了以德国、日本为代表的GA(guss asphalt)和以英国为代表的MA(mastic asphalt)两种类型:MA是采用先拌合沥青、细集料及矿粉形成沥青胶砂(ME),再掺加单粒径粗集料拌合成品混合料的两阶段拌合工艺,施工效率较低、工期较长,属于间断级配,并在香港及深圳地区得到成功应用,且铺装材料路用性能表现较好^[1-4];而GA属于连续密级配,是采用将各种材料直接在拌合站拌合的一阶段拌合工艺,可连续施工,效率较MA高,国内应用较多,但部分应用GA

的铺装工程在使用过程中的高温性能并不理想^[5-9]。近年来,华南理工大学联合其他研究机构在兼顾性能和效率的前提下,提出了一种适合于钢桥面铺装的浇筑式沥青混合料——GMA(guss mastic asphalt),即按照MA方式备料及配合比设计、采用GA拌和方式进行生产的浇筑式沥青混合料^[10],随着在港珠澳大桥钢桥面铺装工程的大规模应用,GMA混合料已成为钢桥面铺装领域的研究热点之一。本研究依托港珠澳大桥铺装工程,通过一系列室内试验研究了GMA沥青胶结料组成及拌和时间对混合料性能的影响。

收稿日期:2019-06-01

作者简介:孟文专,硕士,工程师。E-mail:327447913@qq.com

引文格式:孟文专,王广芹.浇筑式沥青混合料(GMA)的制备及性能[J].武汉工程大学学报,2019,41(4):371-374.

1 实验部分

1.1 原 料

基质沥青(壳牌,A 级 70#,广州新粤沥青有限公司);湖沥青采用特立尼达天然湖沥青(Trinidad lake asphalt,TLA)。基质沥青和 TLA 的性能检测结果分别见表 1 和表 2。

表 1 A-70#基质沥青性能检测结果

Tab. 1 Testing results of properties of A-70# asphalt

试验项目	检测结果	试验方法
针入度(25 ℃,100 g,5 s) / (0.1 mm)	65	T0604—2011
针入度指数 PI	-0.812	T0604—2011
软化点 $t_{R\&B}$ / ℃	48.0	T0606—2011
延度(15 ℃,5 cm/min) / cm	> 100	T0605—2011
溶解度(三氯乙烯) / %	99.96	T0607—2011
闪点 / ℃	328	T0611—2011
动力黏度(60 ℃) / (Pa·s)	189.9	T0620—2011
旋转薄膜 加热残留 物(163 ℃, 85 min)	质量变化 / % 25 ℃针入度比 / % 10 ℃延度 / cm	0.05 61.5 7.2
		T0609—2011 T0604—2011 T0605—2011

表 2 TLA 性能检测结果

Tab. 2 Testing results of properties of TLA

试验项目	检测结果	试验方法
针入度(25 ℃,100 g,5 s) / (0.1 mm)	2	T0604—2011
软化点 $t_{R\&B}$ / ℃	93.0	T0606—2011
灰分 / %	36.34	T0614—2011
密度(25 ℃) / (g/cm ³)	1.404	T0603—2011

粗集料材质为玄武岩,规格为 5~10 mm;细集料采用石灰岩破碎而成,分为 A(2.36~0.6 mm)、B(0.6~0.212 mm)、C(0.212~0.075 mm)3 个规格;粗集料、细集料均为江苏茅迪集团方山集料加工厂生产,产地为江苏句容;填料采用石灰岩矿粉(广东省惠州市博罗县雄茂建材厂)。

1.2 混合料的制备

本研究依据《道路、建筑人行道和铺装的沥青玛蹄脂标准规范》(BS 1447:1988)^[11],综合考虑中国《公路钢箱梁桥面铺装设计与施工技术指南》和《港珠澳大桥主体工程桥梁 DB01 标施工图设计》(简称“施工图设计”)的相关要求进行 GMA 混合料的配比设计,所用 GMA 混合料中各组分的质量分数分别为:粗集料含量 48%,沥青胶砂含量 52%(细集料 A 含量 7.4%,细集料 B 含量 9.8%,细集料 C 含量 3.3%,矿粉含量 20.4%,复合沥青用量 11.1%)。

GMA 混合料用沥青结合料采用 A-70#基质沥

青和 TLA 配制而成的复合沥青,该复合沥青中 TLA 的质量分数分别为 60%,65%,70%,75%,80%。配制方法为:将 TLA 加热至 180 ℃,A-70 基质沥青加热至 140 ℃,按照比例和用量在 165 ℃下搅拌 3~5 min。GMA 混合料制备过程:将复合沥青加热至 165 ℃,粗集料、细集料(A、B、C 共 3 档料)、矿粉加热至 220 ℃,按照试验所需的质量加入小库克搅拌机,拌和温度设定为 220 ℃,搅拌频率为 25 Hz,拌合 0.5 h;搅拌频率调至 7 Hz,再拌合 1~4 h。

将拌合好的 GMA 混合料测试流动性,并分别成型硬度^[12]试件、车辙试件、冲击韧性(即疲劳性能)试件^[13-15](由车辙试件切制成 250 mm×30 mm×35 mm 获得)。

1.3 测试方法

按照施工图设计提出的方法进行复合沥青及 GMA 混合料的性能测试,具体测试方法见表 3。

表 3 性能测试方法

Tab. 3 Testing methods of properties

测试项目	试验方法
针入度(25 ℃,100 g,5 s)	T0604—2011
软化点 $t_{R\&B}$	T0606—2011
流动性	《公路钢箱梁桥面铺装设计与施工技术指南》附录 F
35 ℃硬度	BS 5284: 1993 ^[12]
60 ℃动稳定度	T0719—2011
15 ℃冲击韧性	T0715—2011

2 结果与讨论

2.1 TLA 掺量对复合沥青及 GMA 性能的影响

按照 1.2 节的组成配比及方法配制复合沥青及 GMA 混合料,复合沥青中 TLA 的质量分数分别为 60%,65%,70%,75%,80%,制备好的复合沥青按照表 3 的方法进行针入度和软化点的测试;混合料拌和好后(拌和时间为 2 h),按照表 3 的方法进行测试,测试结果如图 1(a)和图 1(b)所示。

如图 1(a)所示,随着 TLA 质量分数的增加,针入度先快速减小,软化点先快速增大,质量分数超过 70%后,针入度缓慢降低,软化点缓慢增大;因 TLA 本身沥青质量含量较高,加入后复合沥青的胶体结构由溶剂型结构或溶胶型结构向凝胶型结构转变,整体的分子结构稳定性和热稳定性得到快速提高^[16],添加至一定量后,胶体结构趋于稳定,整体的温度敏感性变化较小,故针入度、软化点变化较小。

如图 1(b)所示,随着 TLA 质量分数的增加,流动性逐步变差,后趋于稳定,硬度值先快速减小,TLA 质量分数超过 70%后硬度值缓慢降低,这与复合沥青胶体结构的变化趋势一致,复合沥青在向凝胶型结构转变的过程中,复合沥青的黏结性变大^[16-17],具有更高的黏结力和热稳定性,混合料颗粒间黏聚力变大,抗变形能力强,硬度值小,导致混合料的流动性变差。

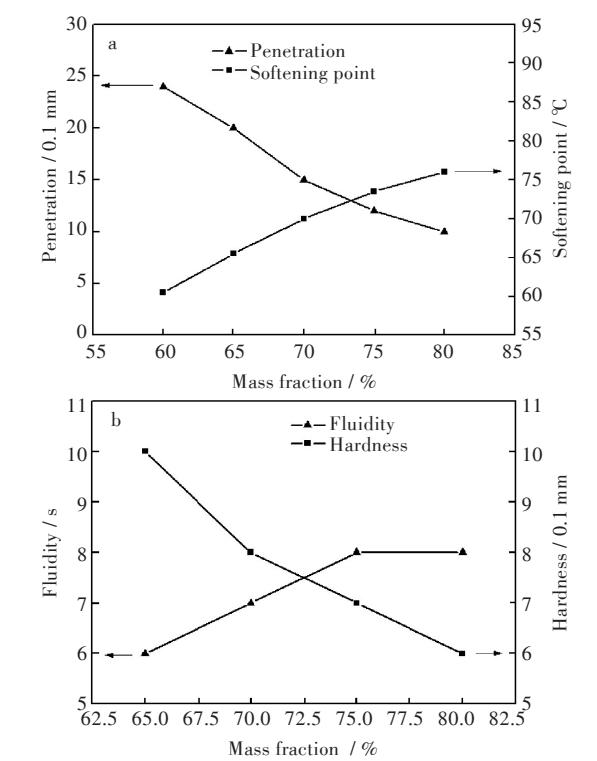


图 1 TLA 质量分数对(a)复合沥青和(b)GMA 性能的影响
Fig. 1 Effects of mass fraction of TLA on properties of (a)compound asphalt and (b) GMA

基于施工图设计中铺装材料的技术要求及成本考虑,TLA 的质量分数最佳为 70%。

2.2 混合料的拌和时间对 GMA 性能的影响

按照 1.2 的组成配比及方法配制 GMA 混合料,设置不同的拌和时间(1.5, 2, 2.5, 3, 3.5, 4 h),达到设置的拌和时间后,取样测试流动性,并分别成型硬度试件、车辙试件、冲击韧性试件,再按照表 3 的方法进行测试,测试结果如图 2(a)和图 2(b)所示。

由图 2(a)可看出,随着拌和时间的延长,GMA 的流动性先略变好后快速变差,这表明拌和时间延长至 2.5 h 过程中,混合料中沥青微粒与矿料逐步均匀分布,达到自由流淌状态,同时沥青胶结料也达到一定程度的老化且其塑性、流动性变化不大^[18];拌和 2.5 h 后,沥青胶结料老化程度加剧,老化起主导作用,塑性快速变差,流动性差。

在硬度方面,随着拌和时间的延长,硬度值先快速减小后趋于稳定,这是因为混合料中沥青胶结料达到一定程度的老化后,沥青胶结料温度敏感性降低,且沥青微粒与矿料逐步均匀分布,颗粒间黏聚力增大,抗变形能力强,硬度值小;拌和时间大于 3 h 后,沥青胶结料老化程度加剧,混合料颗粒间黏聚力变化较小,抗变形能力基本不变,故硬度值趋于稳定。

在搅拌时间不超过 4 h 时,混合料的流动性、硬度均符合施工图设计的要求。

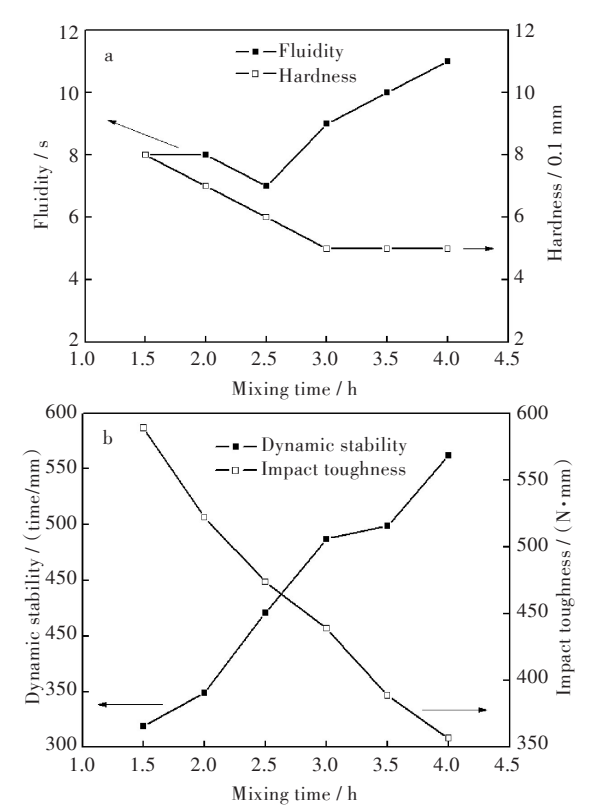


图 2 拌和时间对 GMA 性能的影响:(a)流动性和硬度, (b)高温性能和冲击韧性
Fig. 2 Effects of mixing time on properties of GMA: (a) fluidity and hardness, (b) dynamic stability and impact toughness

由图 2(b)可看出,随着拌和时间的延长,GMA 的高温稳定性持续增加,冲击韧性持续降低。其原因是:随着拌和时间的延长,沥青胶结料持续老化,温度敏感性降低,混合料颗粒黏结更紧密,动稳定度较高,高温性能得到改善,混合料逐步呈现出“脆性”的特点,这就导致混合料的冲击韧性值持续减小,即抗疲劳性能降低。

搅拌时间不超过 4 h 时,混合料的高温性能符合施工图设计的要求;但拌和时间超过 3.5 h 后,冲击韧性 < 400 N·mm,不符合施工图设计的要求,从抗疲劳性能方面考虑,拌和时间建议不超过 3.5 h;

因此,持续搅拌起到了让GMA中沥青胶结料适度老化的作用,有利于提高混合料的高温性能^[9,18],但会降低材料的冲击韧性即抗疲劳性能,综合考虑高温稳定性及抗疲劳性能,最佳的拌和时间为1.5~3.5 h。

3 结 语

1)GMA胶结料中掺入TLA,有利于胶结料的胶体结构向凝胶型结构转变,可明显降低沥青胶结料的温度敏感性,提高混合料颗粒间的黏聚力及抗变形能力,使硬度值小,但会导致混合料的流动性变差;基于铺装材料的技术要求及成本考虑,TLA的质量分数推荐值为70%。

2)GMA混合料的拌和时间在1.5~4 h内,持续搅拌使GMA中沥青胶结料适度老化,随着拌和时间的延长,GMA混合料的流动性变差,硬度变好,高温性能变好,冲击韧性(抗疲劳性能)变差;综合考虑高温稳定性及抗疲劳性能,GMA的拌和时间推荐值为1.5~3.5 h。

参考文献

- [1] 朱定,李书亮. 港珠澳大桥钢桥面铺装方案比选及浇注式沥青混合料(GMA)标准化施工工艺控制[J]. 中外公路,2019,39(2):161-164.
- [2] 纪方利. 细集料分档对MA浇注式沥青混凝土路用性能影响[J]. 公路交通技术,2019,35(1):41-46.
- [3] 贤良,王志祥. 钢桥面铺装浇注式沥青混合料性能研究[J]. 铁道科学与工程学报,2018,15(8):1956-1962.
- [4] 乔东华. CT扫描技术用于浇注式沥青混合料空隙特征分析研究[J]. 公路交通技术,2018,34(5):27-31,37.
- [5] 王朝辉,陈谦,高志伟,等. 浇注式沥青混凝土现状与发展[J]. 材料导报,2017,31(9):135-145.
- [6] 杨东来,徐永钢,张育才. 港珠澳大桥GMA浇注式沥青混凝土施工技术[J]. 筑路机械与施工机械化,2016,33(1):31-40.
- [7] 黄坚明. 拌和参数对港珠澳大桥浇注式沥青混凝土性能的影响研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2016.
- [8] 汪水银,徐伟,张肖宁,等. MA浇注式沥青混凝土性能敏感性试验研究[J]. 公路,2014,59(8):199-202.
- [9] 张顺先. MA浇注式沥青混凝土高温稳定性能影响因素研究[J]. 公路交通技术,2016,32(4):10-14.
- [10] 华南理工大学联合体. 港珠澳大桥钢桥面铺装专题研究报告[R]. [S.l]:[s.n],2013.
- [11] British Standards Institution. Specification for mastic asphalt for roads, footways and pavings in building: BS1447: 1988 [S/OL]. [2019-04-05]. <http://www.doc88.com/p-6931509257152.html>.
- [12] British Standards Institution. Methods of sampling and testing mastic asphalt used in building and civil engineering: BS5284:1993[S/OL]. [2019-04-05]. <http://www.doc88.com/p-2478779495819.html>.
- [13] 聂文,张肖宁,吴志勇. 不同工艺对浇筑式沥青混合料疲劳性能的影响[J]. 交通科学与工程,2013,29(4):8-12.
- [14] 张肖宁,邹桂莲. 沥青混合料抵抗反射裂缝能力的评价方法研究[J]. 华南理工大学学报(自然科学版),2001,29(7):88-91.
- [15] 邹桂莲,张肖宁,王绍怀. 应用冲击韧性评价沥青混合料抵抗反射裂缝能力的研究[J]. 公路,2004(10):119-122.
- [16] 杜闯闯. 湖沥青改性沥青混合料路用性能的研究[D]. 重庆:重庆交通大学,2017.
- [17] 孟文专,杨亮,夏智,等. 冷补沥青混合料的制备及其性能[J]. 武汉工程大学学报,2011,33(10):49-53.
- [18] 王璵晨. 浇筑式沥青混凝土施工流动性与高温稳定性影响因素分析[J]. 石油沥青,2016,30(6):11-15.

本文编辑:苗 变