

文章编号:1674-2869(2011)10-0049-05

冷补沥青混合料的制备及其性能

孟文专¹,杨 亮¹,夏 智¹,王新义¹,薛 俊¹,吴江渝¹,曹 宏^{1,2*}

(1. 武汉工程大学材料科学与工程学院,湖北 武汉 430074;

2. 重庆暄洁环保产业(集团)股份有限公司,重庆 400039)

摘 要:以柴油、大豆油、自制冷补剂以及基质沥青为原料制备了冷补沥青液,并将其与集料拌和得到了冷补沥青混合料.重点研究了冷补剂用量对冷补沥青液 60℃粘度和冷补沥青混合料稳定度的影响以及考察了冷补沥青混合料的粘聚性、抗水剥落性以及低温工作度和抗冻性,并将所制备的沥青混合料与使用市售国产和进口冷补剂制得的混合料进行了性能对比.结果表明:含 5%冷补剂的冷补沥青混合料的初始稳定度和成型稳定度分别为 3.88 kN 和 6.14 kN,试样保留率为 93%,沥青裹覆率达 99%,低温拌和方便,使用性能好.

关键词:冷补沥青;冷补剂;粘度;马歇尔稳定度

中图分类号:U417.62 **文献标识码:**A **doi:**10.3969/j.issn.1674-2869.2011.10.011

0 引 言

在道路养护工程中,路面坑槽修补方法可分为热补法和冷补法两种类型.与热态或高温条件下使用的热补沥青混合料相比,在常温或低温下进行修补的冷补料具有施工方便快捷、不封闭交通、环境污染小、受气候条件限制小等优点,应用前景十分广泛^[1-2].前苏联、美国于在 20 世纪 30~40 年代便开始冷补沥青混合料的研究与应用^[3],随后日本、欧洲也不遗余力的对冷补沥青混合料进行了研究^[3],其使用的沥青结合料主要是乳化沥青.为了满足快速开放道路交通的要求,如何控制破乳时间成为关键的技术难题之一.目前该技术多为国外生产厂商的专利技术,其成熟产品的价格非常昂贵^[4-9].我国对冷补沥青的研究起步较晚,大量关于冷补沥青的研究和应用始于 20 世纪 90 年代,但近十多年来相关材料的研究受到越来越多的科研机构及其学者的重视^[10-15].其中交通部公路研究院、吉林公路局、山西公路局、长安大学、同济大学、东北林业大学等机构以及韩继国、宋健生、刘大梁、吕伟民、张海涛等学者的研究较为深入.他们大多使用稀释沥青通过室内试验提出一些高性能冷补料的制备方法,同时还指出了冷补料配制的技术以及实际应用需注意的问题,并对其性能的评价方法进行了探究与总结.与国外的商业化产品(美国的科氏冷补料和加拿大的宁枫冷补剂)相比,国内的产品存在着强度不够高,耐

水性不够好,因而使用寿命较短等问题,特别是在高温环境使用性能难以达到要求^[1].为了克服上述问题,及时快速的修补道路坑槽并提高道路的使用质量,开发高性能的常温/低温沥青修补材料将具有非常重要的现实意义.本文以制备高性能的冷补沥青材料为目标,采用柴油、大豆油、自制冷补剂、基质沥青以及玄武岩为原料制备了冷补沥青混合料,通过冷补剂含量的变化,系统地研究了冷补沥青液 60℃粘度、混合料稳定度的变化情况.

1 实验部分

1.1 实验原料

实验用主要原料见表 1.

表 1 实验用原料

Table 1 Raw material of experiments	
原料	生产厂家
胜利油田 70# 基质沥青	淄博市立森石化石化有限公司
0# 柴油	中石化武汉石油(集团)股份有限公司
一级大豆油	武汉康源油脂有限公司
冷补剂	实验室自制
32.5 复合硅酸盐水泥	华新水泥有限公司(武汉)
玄武岩	山东齐磊玄武岩石材有限公司

1.2 制备过程

按质量比称取各组分(基质沥青:0#柴油:食用大豆油:冷补剂=100:18:6:2~8)备用.将基质沥青加热到 110~150℃搅拌 15 min,边搅拌边加入

收稿日期:2011-09-12

作者简介:孟文专(1986-),男,湖北武汉人,硕士研究生.研究方向:新型道路材料.

指导老师:曹 宏,男,博士,教授.研究方向:新型炭材料与胶凝材料.*通信联系人

柴油、豆油。搅拌后降温至 80~90 ℃时,加入冷补剂搅拌均匀,制得冷补沥青液。按照油石比为 5% 的比例将冷补沥青液和集料混合物(集料为玄武岩,AC-13 级配,填料为水泥,玄武岩与水泥的质量比为 100:3)在 BH-20 型沥青混合料拌和机中均匀搅拌 3~5 min,制得冷补沥青混合料。

1.3 性能测试

a. 60 ℃的粘度:参考标准^[16]取一定量的冷补沥青液倒入直径不小于 70 mm 的烧杯中,再将其置于 60 ℃的烘箱恒温 1.5~2 h,取出后置于恒温至 60 ℃的恒温水槽中,用 NDJ-1 旋转粘度计进行粘度测试,所用的转子为 4 号转子。

b. 马歇尔稳定度:考虑到冷补沥青混合料的自身特点,参考了文献^[10,14]和标准^[16-17],对传统的马歇尔试验进行了修正,试验采用的仪器为 MDJ-II 型马歇尔电动击实仪和 LWD-6 型马歇尔试稳定度测定仪,具体的试验方法为:

初始稳定度(Initial Marshall Stability, MS_i)和流值(Flow value, FL_i):称取混合料 1 180 g 在常温下装入试模中,双面各击实 75 次,连同试模一起以侧面竖立方式置于 20 ℃烘箱中养生 24 h,取出后脱模,进行测试。

成型稳定度(Molding Marshall Stability, MS_m)和流值(FL_m):称取混合料 1 180 g 在常温下装入试模中,双面各击实 50 次,连同试模一起以侧面竖立方式置于 110 ℃烘箱中养生 24 h,取出后再双面各击实 25 次,再连同试模在 20 ℃烘箱中养生 24 h,取出后脱模,在 60 ℃恒温水浴中养生 30 min,进行测试。

c. 粘聚性试验:按照标准^[17]进行粘聚性试验。

d. 低温工作度和抗冻性试验以及抗水剥落性试验:按照标准^[18]TP43-94 的方法进行低温工作度和抗冻性试验;按照标准^[18]TP41-94 的方法进行抗水剥落性试验,本文采用水浸法进行测试。

2 结果与讨论

2.1 油石比的确定

为了确定最佳油石比,在不掺加冷补剂的条件制备了不同油石比的沥青混合料,图 1 为不同油石比对混合料初始稳定性和流值的影响。由图 1 分析得知,随着油石比的增大,初始稳定度先升高后降低,在油石比为 5% 时达到最大值;流值则是先减小后增大,在油石比为 5% 时最小。这可以从沥青与集料的相互作用来分析^[4]:沥青与集料相互作用后,沥青在集料表面发生结构重排,形成一层具有一定厚度的扩散结构膜,此膜以内的

沥青为结构沥青,它与集料发生相互作用并改变沥青的性质,即促成沥青具有更高的粘度和更大的扩散结构膜的接触面积,从而获得更大的颗粒粘聚力;而此膜以外的沥青为自由沥青,它与集料距离较远,不与集料发生相互作用,仅将分散的颗粒粘结起来,并保持原来性质,颗粒间的粘聚力较小。当油石比小于 5% 时,集料表面的结构沥青较少,几乎没有自由沥青,集料颗粒之间的粘聚力很小,抗变形能力弱,混合料的初始稳定度低,流值大;当油石比等于 5% 时,集料表面的结构沥青增多,也可能有少量的自由沥青,但结构沥青远多于自由沥青,集料颗粒之间的粘聚力大,抗变形能力强,初始稳定度高,流值小;随着油石比的继续增大,自由沥青多于结构沥青,自由沥青在集料颗粒之间起到润滑的作用,使粘聚力变小,抗变形能力减弱,稳定度降低,流值变大。综合上述分析可知最佳油石比为 5%。

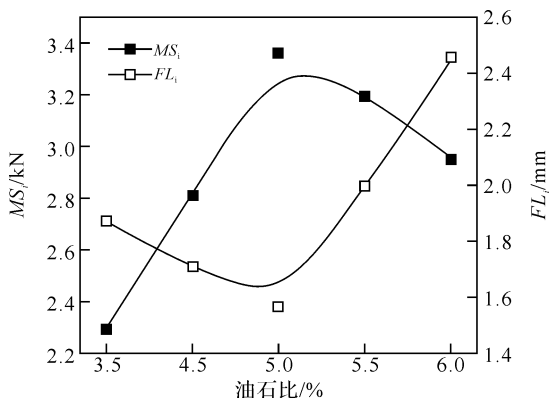


图 1 油石比对混合料 MS_i 和 FL_i 的影响

Fig. 1 Effects of the amount of cold patch asphalt on the MS_i and FL_i of mixtures

2.2 冷补剂用量对冷补沥青液 60 ℃粘度及混合料稳定度(MS)和流值(FL)的影响

在油石比为 5% 的条件下,通过冷补剂用量的变化,研究了冷补沥青液 60 ℃粘度、混合料稳定度的变化情况。

图 2 考察了冷补剂用量对冷补沥青混合液 60 ℃粘度的影响。从图 2 可看出,随着冷补剂用量的增大,冷补沥青液 60 ℃的粘度增大。其中,当冷补剂用量在 1%~5% 范围时,粘度增幅较大,由 3.87 Pa·s 提高到 6.82 Pa·s;随着冷补剂用量进一步增大(大于 5%),粘度变化减缓,增幅较小,仅由 6.82 Pa·s 提高到 8.10 Pa·s。这是因为冷补剂与沥青发生相互作用,形成三维网状的空间结构。当冷补剂用量较少时(1%~5%),随着冷补剂用量的增加,形成三维网状结构的数量增多,沥青分子的链段运动受到的内摩擦力变大,整个分

子的运动变难,粘度变大;随着冷补剂用量的继续增加(大于 5%),由于空间位阻的作用,三维网状结构的数量增幅变小,沥青分子的链段运动受到的内摩擦力几乎不变,整个分子运动的难易程度变化不大,粘度变化减缓^[19-20]。

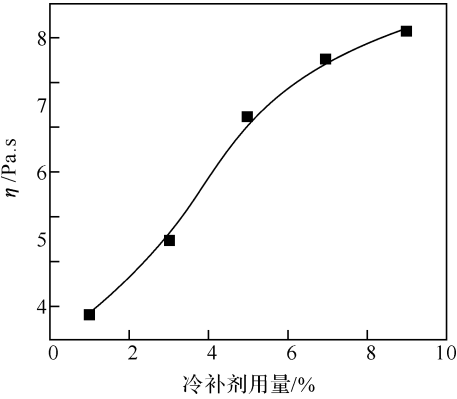


图 2 冷补剂用量对冷补沥青液 60 ℃粘度的影响
Fig. 2 Effects of the amount of cold patch additive on the viscosity of cold patch asphalt at 60 ℃

冷补剂用量对混合料稳定度和流值的影响见图 3 和图 4。冷补沥青混合料的强度形成过程是一个缓慢的过程,与有机溶剂的挥发程度有关;为了满足立即开放交通,冷补料应具有一定的初始强度来承受汽车的荷载,即初始稳定度;同时为了保证冷补料修补的路面在以后的长期使用中不致产生新的路面病害,冷补料应具有足够的强度和稳定性以抵抗外界荷载的作用,即成型稳定度^[14]。从图 3 可以看出,随着冷补剂用量的增大,初始稳定度升高,流值则变化较小;其中,初始稳定度介于 3.1~4.1 kN,在冷补剂用量为 5%时流值最小。由图 4 知,随着冷补剂用量的增大,成型稳定度升高,流值则变化较小,其中成型稳定度介于 5.3~6.3 kN,在冷补剂用量为 5%时流值最小。加入冷补剂后,冷补沥青液的粘度变大,具有更高的粘聚力。冷补剂用量少时,集料颗粒之间粘聚力小,抗变形能力差,所以流值大但稳定度小;随着冷补剂增多,颗粒之间粘聚力增大,抗变形能力强,稳定度增加,但流值反而减小;随着冷补剂进一步增多,此时所形成的网络结构对混合料的抗变形能力起主导作用,网络承载变形能力更强,因此稳定度和流值都增加。

2.3 低温工作度和抗冻性试验以及抗水剥落性试验

在冷补剂用量为 5%,油石比为 5%的条件下制备了冷补沥青混合料,将其分别进行低温工作度和抗冻性试验以及抗水剥落性试验。实验结果如下:

低温工作度和抗冻性试验:将混合料取出后在室温下放置达到室温后,用铝铲拌和操作,铲子

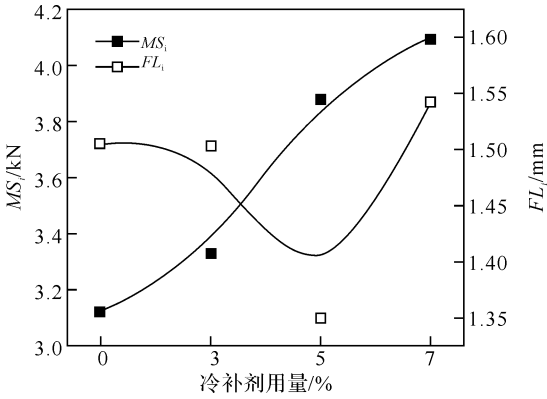


图 3 冷补剂用量对混合料 MS_i 和 FL_i 的影响
Fig. 3 Effects of the amount of cold patch additive on the MS_i and FL_i of mixtures

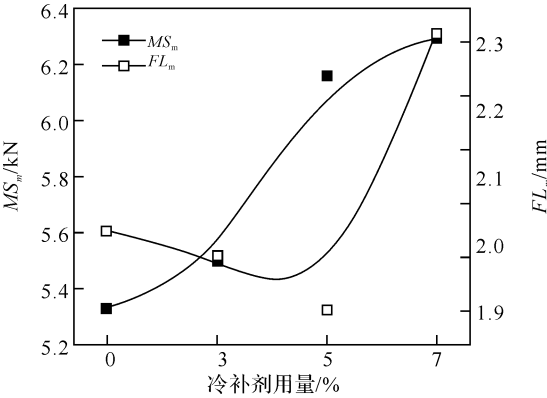


图 4 冷补剂用量对混合料 MS_m 和 FL_m 的影响
Fig. 4 Effects of the amount of cold patch additive on the MS_m and FL_m of mixtures

容易插入试样中,拌和方便;混合料没有发生凝聚结块现象,使用效能良好。

抗水剥落性试验:石料表面所裹覆的沥青膜基本没有剥落,沥青裹覆率达 99%。

2.4 与市售同类产品性能对比

本文选取了市场上比较成熟的两种国产产品和一种进口产品,对各自的粘聚性和稳定度进行了测试,并与本论文中的冷补沥青混合料进行对比。其中,本论文中的冷补沥青混合料的油石比为 5%;市售的三种产品分别命名为:国产一1、国产一2、进口一1。

a. 粘聚性对比。5 种不同混合料的试样保留率见图 5。由图 5 可看出,5 种混合料的试样保留率均满足标准^[17]规定的要求(破损率≤40%,即保留率≥60%);冷补剂的添加量由 0 增加至 5%时,试样的保留率由 80%提高到了 93%,这可能是加入冷补剂后,提高了沥青的粘度,使沥青与集料颗粒粘结更紧密。与市售的产品相比,在冷补剂的添加量为 5%时,试样的保留率(93%)接近或者超过国产料的保留率,但与进口料的保留率(99%)还有一定的差距。

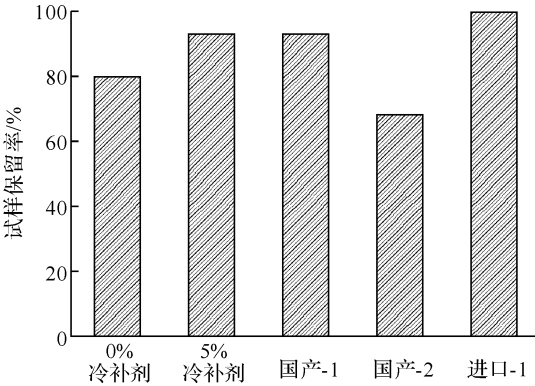


图 5 5 种不同混合料的试样保留率

Fig. 5 The samples' retention ratios of 5 different mixtures

b. 混合料稳定度对比.通过图 6 和图 7 可看出不含冷补剂的混合料的稳定度略低于国产-1 料的稳定度,超过国产-2 料的稳定度.含 5%冷补剂的冷补沥青混合料的稳定度大于 2 种国产料,小于进口料的稳定度;其中,初始稳定度与进口料相差不大,约为 0.2 kN,而成型稳定度与进口料有较大的差距,约为 4.0 kN.这可能是冷补剂与沥青相互作用所形成的三维网状结构的稳定性不够,经过 110℃烘箱中养生 24 h 后,该三维网状结构有部分遭到破损,粘度变小,与集料颗粒交织的紧密程度降低,集料颗粒之间的粘聚力变小,导致成型稳定度提高的幅度不大.

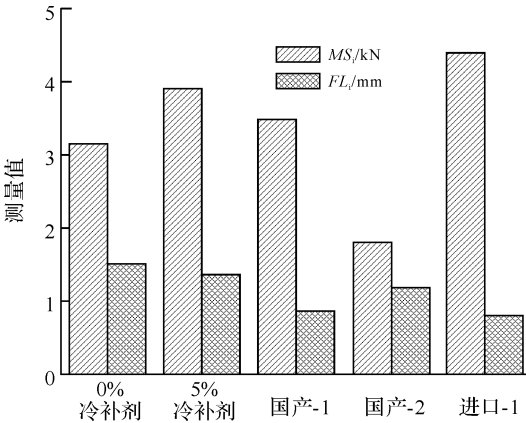


图 6 5 种不同混合料的 MS_i 和 FL_i

Fig. 6 MS_i and FL_i of 5 different mixtures

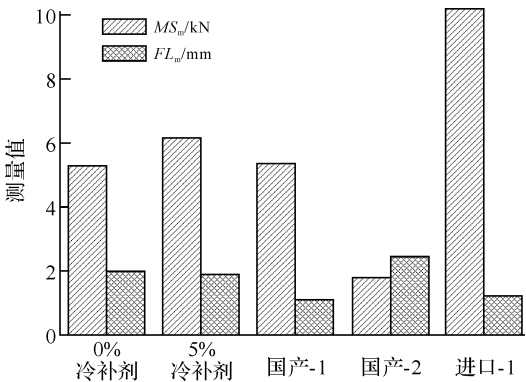


图 7 5 种不同混合料的 MS_m 和 FL_m

Fig. 7 MS_m and FL_m of 5 different mixtures

3 结 语

a.以柴油、大豆油、自制冷补剂、基质沥青以及玄武岩为原料制备的冷补沥青混合料强度高,粘聚性好,低温拌和方便,使用性能良好.

b.冷补剂可明显提高冷补沥青液 60℃粘度和混合料的强度,在保证沥青与集料有较好拌和性以及混合料足够的强度的条件下,冷补剂的最佳掺量为 5%.

c.高温可能对冷补剂与沥青相互作用所形成的三维网状结构的稳定性有一定的影响.在高温条件下(大于 100℃),该三维网状结构可能会遭到破损,使冷补剂所起的增粘和增强效果降低,所以冷补剂与沥青相互作用的机理以及混合料成型稳定度测试之前的养生条件有待进一步的研究.

d.从混合料与国内外同类产品性能对比结果来看,所制备冷补沥青混合料的性能良好,可在道路坑槽的快速抢修工作中发挥重要作用,具有广阔的应用前景.

参考文献:

[1] 李峰,黄颂昌,徐剑,等.冷补沥青混合料组成设计研究[J].武汉理工大学学报,2010,32(14):79-82.

[2] 杨扬.寒区沥青路面坑槽冷补材料路用性能研究[D].哈尔滨:东北林业大学,2007.

[3] Krishnan J M, Rajagopal K R. On the mechanical behavior of asphalt [J]. Mechanics of Materials, 2005,37(11):1085-1100.

[4] 陈栓发,陈华鑫,郑木莲.沥青混合料设计与施工[M].北京:化学工业出版社,2006,74-75,344-347.

[5] Cindy K E, Laila M J, Joe W B. Evaluation of bituminous patching materials for maintenance applications [R]. National Technical Information Service, Report No FHWA/TX-00/1717-1, 1999-4.

[6] Anna A M. Evaluation of cold asphalt patching mixes [D]. Cape of South Africa: University of Stellenbosch, 2006.

[7] Harold C G, Sykesville, Daniel J S, et al. Process for the preparation of a cold mix paving composition: US,5405440[P]. 1995-4-11.

[8] Kuhn E K, Papagiannakis A T, Loge F J. Preliminary analysis of the impact of cold mix asphalt concrete on air and water quality [J]. Environmental Contamination and Toxicology, 2005,74:501-508.

[9] Benedito S B, Wander R S, Dario C L, et al. Engineering properties of fiber reinforced cold asphalt mixes [J]. Journal of Environmental Engineering, 2003,129(10):952-955.

[10] 毛玮芸. 冻土地区沥青路面冷补材料路用性能研究[D]. 长安:长安大学,2005.

[11] 韩继国,王选仓,时长林,等. 寒区冷补沥青混合料路用性能评价指标及试验检测方法研究[J]. 公路,2008(5):23-27.

[12] 宋建生,吕伟民. 储存式沥青混合料组成设计的研究[J]. 同济大学学报,1998,26(6):664-668.

[13] 刘大梁,刘小燕,罗立武,等. 高性能预拌式冷铺沥青混合料的研制和应用[J]. 公路,2004(10):112-114.

[14] 崔雷. 冷补沥青混合料研究[D]. 长安:长安大学,2006.

[15] 张海涛,张立宁. 溶剂型常温沥青混合料的生产 and 施工技术[J]. 东北林业大学学报,2001,29(6):60-63.

[16] JTJ 052-2000,公路工程沥青及沥青混合料试验规程[S].

[17] 交通部公路科学研究所. TJG 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.

[18] AASHTO Designation,美国各州公路工作者协会设计方法[S].

[19] 何曼君. 高分子物理[M]. 北京:化学工业出版社,2006,180-188.

[20] 张争奇,张登良,原健安. 用聚集态和分子量解释沥青的性能[J]. 西安公路交通大学学报,1998,18(3):207-211.

Preparation and properties of cold patch asphalt mixture

MENG Wen-zhuan¹, YANG Liang¹, XIA Zhi¹,WANG Xin-yi¹, XUE Jun¹, WU Jiang-yu¹, CAO Hong^{1,2}

(1. School of Materials Science and Engineering,Wuhan Institute of Technology,Wuhan 430074,China

2. Chongqing Sage Environmental Industries Co. ,Chongqing 400039,China)

Abstract: Cold patch asphalt was prepared by mixing diesel, soybean oil,self-made cold patch additives and base asphalt as raw materials,and was blended together with aggregates to obtain cold patch asphalt mixture. We studied the effects of the amount of cold patch additive on the viscosity of cold patch asphalt at 60 ℃ and Marshall Stability (MS) of cold patch asphalt mixtures. The cohesion performance, water stability,low-temperature workability and frost-resistance of the cold patch asphalt mixture were also investigated. We further compared our prepared mixture with commercial ones in terms of the retention ratio and MS. The results show that the optimized cold patch asphalt mixture containing 5% cold-patch additive displays good workability and performance;the initial MS and molding MS of the mixture are 3. 88 kN and 6. 14 kN,and the samples' retention ratio and asphalt coating ratio are 93% and 99% respectively.

Key words: cold patch asphalt;cold patch additive;viscosity;Marshall stability

本文编辑:龚晓宁