

改性乳化沥青的研究进展及其应用

李 高¹ 廖义鹏¹ 叶流颖¹ 李珠叶¹ 薛东升^{1,2} 徐保明¹ 陈 坤^{1*}

(1.湖北工业大学,武汉 430068;2.上海汉景化工有限公司,上海 201615)

摘 要 改性乳化沥青是一种新型道路建筑材料,兼具改性材料和乳化沥青的优点,在微表处、粘结层和雾封层材料等方面具有广阔的应用前景。论述了以改性剂类型为划分依据的两类改性乳化沥青的研究进展,对其进行归纳总结并分析了各自的优缺点,介绍了现阶段改性乳化沥青的应用现状。指出未来在寻找性能优良全面的改性乳化沥青过程中,应围绕新型改性剂研发来进行开展。

关键词 改性乳化沥青,改性剂,进展,应用

Research progress and application of modified emulsified asphalt

Li Gao¹ Liao Yipeng¹ Ye Liuying¹ Li Zhuye¹ Xue Dongsheng^{1,2} Xu Baoming¹ Chen Kun¹

(1.Hubei University of Technology, Wuhan 430068;

2.Shanghai Hanjing Chemicals Co.,Ltd.,Shanghai 201615)

Abstract The modified emulsified asphalt is a new type of road building material, which has the advantages of modified materials and emulsified asphalt, and has broad application prospects in micro-surfacing, bonding layer and fog sealing layer materials. The research progress of two types of modified emulsified asphalts based on the type of modifiers was discussed, and summarized and analyzed their respective advantages and disadvantages. The current application status of modified emulsified asphalts was introduced. It was pointed out that in the future, in the search for modified emulsified asphalt with excellent performance and comprehensive performance, it should be developed around the development of new modifiers.

Key words modified emulsified asphalt, modifier, progress, application

乳化沥青是指沥青在外界条件作用下,以细小颗粒扩散在包含乳化剂的水溶液中而形成的乳状液,是一种道路建筑材料,因其具备常温施工、节能降耗和环保经济等优点,被广泛用于道路施工、养护等领域^[1-3]。但乳化沥青存在沥青本身固有的粘附度低、易老化、温度敏感性大和强度不够等缺点,不能满足日益增长的公路发展需求^[4],为了适应公路发展需求,改性乳化沥青应运而生。改性乳化沥青是一种性能优良的新型道路建筑材料,兼具改性材料和乳化沥青两者的优点,具有优良的粘附、耐高低温、耐久和防水等性能,因而在微表处、粘结层和雾封层材料等领域得到了广泛的应用^[5-8],因此改性乳化沥青的研究具有重大的应用开发价值。

以改性剂类型为划分依据,改性乳化沥青可分为两类:聚合物和非聚合物改性乳化沥青。笔者对

现阶段主要研究的改性乳化沥青进行了归纳总结,并分析了各自的优缺点,同时介绍了现阶段改性乳化沥青的应用现状。

1 改性乳化沥青研究进展

1.1 聚合物改性乳化沥青

聚合物改性乳化沥青是指以聚合物对乳化沥青进行改性或是以聚合物改性沥青进行乳化所得到的产品,主要可划分为三大类:橡胶类、热塑性弹性体类、树脂类。

1.1.1 橡胶类

常见的橡胶类改性乳化沥青包括天然橡胶、丁苯橡胶(SBR)和橡胶粉改性乳化沥青等,该类改性乳化沥青与路用石料混合可以有效改善道路的使用性能,其中以 SBR 改性乳化沥青应用最为广泛。

基金项目:科技部中小企业创业基金项目(12C26214204453);湖北省教育厅产学研重大项目(CXY2009A010)

作者简介:李高(1995-),男,硕士,主要研究方向为精细化学品绿色工艺开发研究。

联系人:陈坤(1964-),男,硕士,教授,主要研究方向为精细化学品新产品开发与产业化。

冯雷雷等^[9]以 SBR 为改性剂制得了 SBR 改性乳化沥青,对其性能进行分析评定发现,相较于普通乳化沥青,其热学和力学性能均有明显的提升,在 5℃ 条件下其延度大于 150cm,远大于规范要求的 20cm,具有优良的低温性能;但高温和粘结性能相对较差,因而在高温地区应用受到限制。

王伟明等^[10]采用沙索必德(Sasobit)与 SBR 改性剂进行复配,开发出了新型 SBR 改性乳化沥青,发现其软化点高达 67℃,在一定程度上改善了常规 SBR 改性乳化沥青在高温性能上的不足,但其制备工艺繁杂,对设备要求高,不宜于大规模生产。通过粘附试验发现其固含量高达 70%,在增强乳化沥青与集料之间粘附强度的同时,减少了乳化沥青混合料中的水分残留,有效改善了乳化沥青混合料容易松散脱落和强度不足的问题。

陈诚等^[11]采用橡胶粉作为改性剂,制得了橡胶粉改性乳化沥青,并对其力学性能和路用性能进行了研究。结果表明,相比普通乳化沥青,橡胶粉改性乳化沥青拥有更为优良的储存稳定性和弹性;在道路施工中,对路面的低温抗裂性和抗疲劳耐久性的改善尤为明显。由于改性剂橡胶粉来自废旧材料,前期处理工艺简便,用于制备改性乳化沥青,资源得到合理利用,环保经济。

1.1.2 热塑性弹体类

热塑性弹体类改性乳化沥青主要包括苯乙烯系嵌段共聚物(SBS)、聚氨酯改性乳化沥青等,其中以 SBS 改性乳化沥青最具代表性,是世界上普遍使用的改性乳化沥青。

魏莘欣等^[12]以 SBS 为改性剂,制备了 SBS 改性乳化沥青,对其进行了性能检测发现,其软化点大于 70℃,弹性恢复率大于 70%,具有优良的高温 and 耐久性能,在一定程度上弥补了 SBR 改性乳化沥青高温性能的不足,但其软化点过高,导致其乳化过程困难,且乳化后储存稳定性较差,限制了其推广应用。

针对 SBS 改性乳化沥青存在的不足,张丰雷等^[13]探究了改性剂水性聚氨酯对乳化沥青稳定性影响。研究发现,在改性剂掺量为 15%(wt,质量分数,下同)条件下,改性乳化沥青体系较为均匀,长时间放置无明显分层现象,在保证乳化沥青储存稳定性的前提下,其高温稳定性和粘结性同样获得了显著提升,是一种高性能改性乳化沥青,但其低温抗裂性和硬度尚未得到很好改善。

1.1.3 树脂类

树脂类改性乳化沥青中以环氧树脂改性乳化沥青最具代表性,其具有优良的热学和力学性能,且粘结强度要优于橡胶类、热塑性弹体类改性乳化沥青,也是当前的研究热点。

张庆等^[14]发现环氧树脂会与乳化沥青缔合形成三维网状结构,大大提高了乳化沥青体系的黏度和刚度,降低了沥青颗粒的沉降速率,使得乳化沥青的粘结强度和储存稳定性得到大幅度提升,但同时会使乳化沥青的形变能力降低。由于环氧树脂与乳化沥青的相容性较差,主要通过将环氧树脂水性化,再与乳化沥青混合改性来解决这一问题,但却增加了工艺难度和成本,使得环氧树脂改性乳化沥青的推广受到阻碍。

聚合物改性乳化沥青中以 SBR 和 SBS 改性乳化沥青应用最为广泛,前者低温性能优良,但高温和粘结性能相对偏低;后者兼备高低温性能,粘结性能好,但其乳化过程困难且储存稳定性较差。相对普通乳化沥青,聚合物改性乳化沥青各方面性能均有一定程度的改善,主要体现在路用性能方面,但其自身存在着一定的局限性,受到环境和领域的约束,限制了其应用范围,故有待进一步研究。

1.2 非聚合物改性乳化沥青

非聚合物改性乳化沥青主要包含矿物质填料和添加剂两大类,其中研究最多的是矿物质填料改性乳化沥青。

余荣兵等^[15]以硫磺为改性剂制得硫磺改性乳化沥青,与普通乳化沥青相比,发现其高温稳定性得到较好提升,但其他各项性能无显著变化。改性剂硫磺廉价易得,以硫磺代替了一部分沥青,降低了生产成本,为硫磺、沥青资源优化利用提供了途径,但硫磺改性乳化沥青的生产和施工过程中有硫化氢和二硫化物等有害物质产生,会对人体和环境造成损害。

孙思萌等^[16-17]探讨了纳米蒙脱土(MMT)对乳化沥青的改性作用,发现在 MMT 掺量大于 0.6% 条件下,乳化沥青 9d 内未发生破乳分层现象,储存稳定性明显提高;同时发现乳化沥青的软化点和黏度显著提高,高温性能和粘结性能得到明显提升。进一步研究发现均匀分散的 MMT 片层可以延长氧气的扩散路径,防止有害物质的渗透和易挥发组分的损失,大幅度增加了乳化沥青的抗老化性能,但刚度和延度有所降低。

非聚合物改性乳化沥青与聚合物改性乳化沥青相比,其改性剂廉价易得,工艺简便,生产成本低,因此得到了广泛关注,但其性能提升效果相对偏低,性能提升方面较为单一,大大限制了其应用范围。针对这一问题,研究最多的是通过向非聚合物改性剂中添加其他改性剂对乳化沥青进行复合改性^[18-19],以此来多方面提升乳化沥青的使用性能,虽然已取得初步成果,但尚需进一步研究。

2 改性乳化沥青的应用

改性乳化沥青具备节能减耗、安全环保、施工便捷和路用性能优良等优点,在我国道路建设领域起着至关重要的作用,应用范围广泛,尤其是应用在微表处、粘结层和雾封层材料中,可显著减轻路面剥落、老化和开裂等病害,提升路面粘结、防水和耐久等性能。

2.1 在微表处中的应用

微表处主要作用在于改善路面防水防滑性、填补车辙和防止路面松散等方面^[20],但早期微表处用乳化沥青粘结力较差,路面在使用一段时间后,会出现松散、脱皮等情况。为此国内外学者研究发现改性乳化沥青可以很好克服这一问题。

周启伟等^[21]对水性环氧乳化沥青在 25℃ 条件下的粘结强度和拉伸强度进行了研究分析。结果表明,在水性环氧乳化沥青中环氧树脂掺量为 20% 条件下,相比普通乳化沥青,其粘结强度增大了 1.3 倍,拉伸强度提升了 6 倍;将其应用于微表处中,使得混合料的刚度得到极大的提高,动稳定度提升了 2.5 倍,变形率降低了 75%,具有优良的粘结性能、抗疲劳性能和稳定性能,能满足微表处应用要求。

2.2 在粘结层中的应用

粘结层是指在路面和桥面结构中起粘结、协调作用的结构层,但随着公路交通的不断发展,道路对粘结层材料的要求日益增高,普通乳化沥青粘结层材料由于粘结性能和抗剪强度较差,已不能满足路用要求,而改性乳化沥青在粘结层中的应用则能有效解决这一问题。

尚庆芳等^[22]针对 SBS、SBR 改性乳化沥青黏结层材料进行了抗剪强度研究发现,随着改性乳化沥青的添加,使得层间沥青膜变厚,在层间形成有效的结构沥青,大大增强了层间抗剪强度,有效地防止了拥包、推移等病害。同时,发现 SBS 与 SBR 改性乳化沥青相比,其高低温性能、粘结性能和耐疲劳性能

更为优良,更适于用作粘结层材料。

2.3 在雾封层中的应用

雾封层技术是指通过填封路面空隙,稳固集料,避免路面老化,进而延长路面使用寿命的一种道路养护措施^[23-24]。但现有雾封层材料存在稳定性差、粘附性差和防水效果差等不足,针对上述问题,将改性乳化沥青应用于雾封层的研究已得到广泛的关注。

郭彦强等^[25]选取天然沥青与石油树脂为改性剂,研制了一种雾封层用改性乳化沥青,进行工程试验发现,其在施工后 6h 即能达到实干,满足快速开放交通的要求;施工后表面固结性良好,具有良好的防水损害功能,对延长道路使用寿命具有很好的效果,是雾封层的理想材料。

曾德亮^[26]通过对水性环氧树脂改性乳化沥青的粘结和防水性能进行试验发现,其粘结强度比普通乳化沥青高了近 10 倍,在涂刷量达到 125g/m² 以上的条件下,能起到完全封水的效果。通过工程试验发现,在作为雾封层材料使用时,其在改善路面防水侵害、稳固集料等功能方面效果显著。

3 结语

非聚合物改性乳化沥青制备工艺简便,生产成本较低,但其各项使用性能相对偏低,对道路的路用性能提升不明显,故而应用范围较窄。相比之下,聚合物改性乳化沥青使用性能更为优良,性价比更高,更适于用作道路建筑材料,在国内外应用最为广泛。改性剂作为改性乳化沥青制备原料中最核心的一部分,对其性能的优劣起着决定性作用,故未来应加强对新型改性剂的开发,致力于研发出性能更为优良的改性乳化沥青,以此来打破自身局限性,拓宽应用范围。

参考文献

- [1] Yan J H, Ni F J, Yang M K, et al. An experimental study on fatigue properties of emulsion and foam cold recycled mixes [J]. Construction and Building Materials, 2010, 24(11): 2151-2156.
- [2] Banerjee A, Smit A D F, Prozzi J A. Modeling the effect of environmental factors on evaporative water loss in asphalt emulsions for chip seal applications [J]. Construction and Building Materials, 2012, 27(1): 158-164.
- [3] Shafii M A, Rahman M Y A, Ahmad J. Polymer modified asphalt emulsion [J]. International Journal of Civil and Environ-

- mental Engineering, 2011, 11(6): 43-49.
- [4] Wu J L, Zhang Y X, Zhang C S. Research of in-situ polymerization and core-shell structure modified emulsified asphalt[J]. Applied Mechanics and Materials, 2011, 71/78(2): 928-931.
- [5] 张恒基, 陈华鑫, 魏海斌, 等. 高固含量改性乳化沥青制备和性能分析[J]. 中外公路, 2015, 35(2): 264-267.
- [6] 任玉飞, 刘金景, 张玉贞, 等. SBS 改性乳化沥青研究进展[J]. 化工新型材料, 2016, 44(3): 20-22.
- [7] 杨炎生, 柳浩, 李恩光, 等. 乳化条件对高黏改性乳化沥青储存稳定性的影响[J]. 石油炼制与化工, 2017, 48(5): 27-30.
- [8] Li H P, Zhao H, Liao K J, et al. A study on the preparation and storage stability of modified emulsified asphalt[J]. Petroleum Science and Technology, 2012, 30(7): 699-708.
- [9] 冯雷雷, 樊君, 刘洪海. 丁苯胶乳改性乳化沥青的制备及其性能[J]. 石油炼制与化工, 2009, 40(3): 56-60.
- [10] 王伟明, 吴旷怀, 王凤华, 等. 新型 SBR 复合改性乳化沥青研制与性能研究[J]. 中外公路, 2014, 34(5): 235-240.
- [11] 陈诚, 薛建荣. 橡胶粉改性的乳化沥青冷再生混合料强度特性及路用性能研究[J]. 公路工程, 2016, 41(4): 72-77.
- [12] 魏莘欣, 袁腾, 吴永畅, 等. 阳离子 SBS 改性乳化沥青制备研究[J]. 化工新型材料, 2015, 43(12): 92-94.
- [13] 张丰雷, 凌晨, 王焱, 等. 水性聚氨酯改性乳化沥青制备及性能研究[J]. 功能材料, 2018, 49(2): 2183-2186.
- [14] 张庆, 郝培文, 白正宇. 水性环氧树脂改性乳化沥青性能表征及机理研究[J]. 公路工程, 2016, 41(2): 109-112.
- [15] 余荣兵, 高淑美, 许金山, 等. 硫磺改性乳化沥青的制备及其储存稳定性研究[J]. 石油炼制与化工, 2017, 48(5): 21-26.
- [16] 孙思萌, 李晓林, 郑广宇, 等. 纳米蒙脱土改性乳化沥青的制备与性能研究[J]. 材料导报, 2015, 29(2): 129-132.
- [17] 孙思萌, 李晓林, 郑广宇, 等. 纳米蒙脱土改性乳化沥青老化性能的研究[J]. 化工新型材料, 2016, 44(3): 104-106.
- [18] 刘琳琳, 尚培德, 李杨, 等. 聚丁烯胶乳/有机蒙脱土复合改性乳化沥青的性能[J]. 合成橡胶工业, 2010, 33(6): 441-444.
- [19] 李胜杰. 蒙脱土丁苯橡胶复合改性乳化沥青的制备及性能研究[D]. 北京: 北京化工大学, 2016.
- [20] 王端宜, 钱琪, 丁蓬勃, 等. 水溶性环氧树脂乳化沥青微表处的加速加载试验[J]. 科学技术与工程, 2015, 15(13): 195-199.
- [21] 周启伟, 徐光红, 王庆珍, 等. 水性环氧乳化沥青性能及其微表处修复车辙效果评价[J]. 公路工程, 2017, 42(5): 247-251.
- [22] 尚庆芳, 田俊壮, 牛昌昌, 等. SBS 改性乳化沥青黏层材料的剪切性能[J]. 筑路机械与施工机械化, 2017, 34(11): 77-80.
- [23] Thenoux G, González Á, Dowling R. Energy consumption comparison for different asphalt pavements rehabilitation techniques used in Chile[J]. Resources Conservation and Recycling, 2007, 49(4): 325-339.
- [24] González J M, Canet J M, Oller S, et al. A viscoplastic constitutive model with strain rate variables for asphalt mixtures: numerical simulation[J]. Computational Materials Science, 2007, 38(4): 543-560.
- [25] 郭彦强, 弥海晨, 徐鹏, 等. 一种雾封层材料的制备及性能研究[J]. 现代化工, 2015, 35(6): 101-104.
- [26] 曾德亮. 水性环氧树脂改性乳化沥青在雾封层养护中的应用[J]. 公路, 2015, 60(2): 212-215.

收稿日期: 2018-05-23

修稿日期: 2019-07-08

(上接第 241 页)

由表 1 可知, 对比 GB/T 10707—2008 中燃烧性能等级, 制备的复合材料燃烧等级为 FV-0 级。

3 结论

本研究利用环氧树脂、玻璃纤维、苯酐、阻燃剂、3-氨基丙基三乙氧基硅烷和退役复合绝缘子芯棒粉末, 通过高温模压法制备了改性退役复合绝缘子芯棒粉末掺杂环氧树脂复合材料。对制备的环氧树脂复合材料进行了力学性能测试及燃烧性能测试, 得到了芯棒粉末添加量不同时环氧树脂复合材料的抗弯强度、抗压强度及阻燃性能。结果表明, 将改性后的退役复合绝缘子芯棒粉末添加至环氧树脂中, 虽降低了材料的力学性能, 但添加量低时, 复合材料依然具有良好的力学性能及阻燃性能, 可继续制成芯棒部件应用于复合绝缘子中。

参考文献

- [1] 孙曼灵. 环氧树脂应用原理与技术[M]. 北京: 机械工业出版社, 2002, 88-97.

社, 2002, 88-97.

- [2] 李桂林. 环氧树脂与环氧涂料[M]. 北京: 化学工业出版社, 2003, 456-478.
- [3] 曹文斌. 环氧树脂绝缘件在电力设备中的应用[J]. 电器制造, 2009(12): 28-29.
- [4] 王醉寒. 玻璃纤维布及碳纤维布增强酚醛环氧树脂复合材料性能研究[D]. 武汉: 武汉工程大学, 2015.
- [5] 王丽雪, 尹志娟, 刘海鸥. 玻璃纤维增强环氧树脂单向复合材料力学性能分析[J]. 黑龙江工程学院学报, 2009, 23(3): 73-74.
- [6] 张硕, 姚宁, 吴继平, 等. 玻璃纤维增强环氧树脂复合材料的力学性能[J]. 电工材料, 2016(1): 11-14.
- [7] 尹志娟, 王丽雪, 姜珊. 玻璃纤维增强环氧树脂基复合材料的低温性能研究[J]. 黑龙江工程学院学报, 2010, 24(1): 50-52.
- [8] 邵水才, 石程程, 王知, 等. 短切玻璃纤维增强环氧树脂胶粘剂的耐温性能研究[J]. 中国胶粘剂, 2014, 23(7): 17-20.
- [9] 皇志富. 氧化铝颗粒增强改性环氧树脂基复合材料的制备及其应用研究[D]. 昆明: 昆明理工大学, 2001.
- [10] 王胜国. 环氧树脂颗粒相增韧与均相增韧的研究及比较[D]. 上海: 复旦大学, 2002.

收稿日期: 2018-02-08

修稿日期: 2018-04-11