

Research Status and Trend of Cold Recycling Technology for Emulsified Asphalt

Haosheng Wang

SuJiaoKe Group Testing and Certification Co., Ltd., Nanjing, 211112, China

Abstract: In recent years, with the rapid development of highway transportation, asphalt mixture pavement has developed rapidly in China. Due to the lack of natural sand, asphalt, stone and other resources, coupled with the enhancement of people's awareness of environmental protection, cold recycling technology of emulsified asphalt has been widely used as a new road construction technology. Emulsified asphalt cold recycling technology has the advantages of gradation control, saving road materials, environmental protection, ecological balance, low cost and so on. Practice has proved that cold recycling technology of asphalt mixture can be used in the middle and lower layers or base of high-grade highway, as well as the surface of middle and low traffic volume roads. This paper introduces the application status of asphalt pavement recycling technology in China, and points out that the research and popularization of cold plant mixing recycling technology is conducive to improving the recycling utilization rate of pavement materials in China. Based on the research status of cold recycled emulsified asphalt mixtures at home and abroad, the design and performance evaluation methods of cold recycled emulsified asphalt mixtures were summarized. The problems to be solved in improving the application level of emulsified asphalt plant mix cold recycling mixture in pavement structure are analyzed, and the future development and research direction of emulsified asphalt plant mix cold recycling technology are put forward.

Keywords: Cold recycling; Emulsified asphalt; Mixture design method; Rap content; Performance evaluation; Fatigue property

乳化沥青厂拌冷再生技术的研究现状和展望

王浩胜

苏交科集团检测认证有限公司，南京，211112，中国

摘要: 近年来，由于天然砂、沥青、石材等资源的匮乏，加之人们环境保护意识的增强，乳化沥青冷再生技术作为一种新型筑路技术得到广泛应用。乳化沥青冷再生技术具有级配可以控制、节省筑路材料、保护环境、有利于生态平衡、成本低廉等优点。实践证明，沥青混合料冷再生技术可用于高等级公路的中、下面层或基层，也可作为中、低交通量道路的面层。本文介绍了国内沥青路面再生技术的应用现状，指出研究推广厂拌冷再生技术有利于提高我国路面材料循环利用率。结合目前国内外对乳化沥青厂拌冷再生混合料的研究现状，总结概括了乳化沥青厂拌冷再生混合料的设计和性能评价方法。分析了提高乳化沥青厂拌冷再生混合料在路面结构的应用层位所要解决的问题，提出了乳化沥青厂拌冷再生技术今后发展及研究方向。

关键词: 厂拌冷再生；乳化沥青；混合料设计方法；RAP 掺量；性能评价；疲劳性能

1 引言

在过去的二十年里，随着经济水平的提高以及社会发展的需求，我国交通运输行业取得了巨大的进步，建立了覆盖全国的交通网络。根据沥青路面的设计寿命和实际使用情况，20 世纪 90 年代以来建造的许多高速公路沥青路面已进入或接近大、中修期。因此，必须寻找一种兼具经济性和环保性的方法，来修

复处理已经出现损坏的沥青路面。目前沥青混合料的再生技术是最为合适的方法，沥青混合料再生利用是指废旧沥青混合料经过破碎、回收、筛分后，与再生剂、新沥青材料、新集料等按一定比例，根据一定的工艺要求重新拌和成混合料，满足一定的路用性能并重新铺筑于路面的一整套工艺。

沥青路面再生利用技术按施工温度分为冷拌再生法和热拌再生法；按废旧料的拌和场地不同可分为就

地再生法和厂拌再生法[1]。因此, 沥青路面再生利用技术可分为就地热再生、就地冷再生、厂拌热再生、厂拌冷再生四种施工方法。目前厂拌冷再生技术还多用于路面基层或底基层, 经济性不理想; 而且基层很少大规模翻修, 少量修补难于压实, 一般被水泥混凝土或沥青混合料代替, 市场空间不大。因此积极发展厂拌冷再生技术, 提高厂拌冷再生混合料的综合性能, 扩大其应用范围, 对于提升我国废旧路面材料循环利用效率, 解决我国公路建设、养护中的环境保护和可持续发展问题有具有重要意义。

2 国内外研究现状和发展动态

国外很早就开始了对旧路面材料的再生利用, 前苏联、美国、联邦德国、英国、日本、德国都有学者对旧路面再生利用进行研究, 研究主要方向集中于添加水泥、泡沫沥青、乳化沥青的冷再生。国外学者在乳化沥青再生混合料室内设计及工程应用方面进行了大量的研究。Kansas 大学的 Thakur、JieHan、RobertLparsons 等人[2]研究了再生料的物理力学性能, 并与原材料做了对比研究。德克萨斯州立大学的 Hoyos、Ordonez 等人[3]在冷再生混合料中添加了水泥和玻璃纤维, 并研究了其物理力学性能。国内从 1998 年开始进行大规模沥青路面冷再生技术的试验和工程实践, 一些高校和科研机构在再生混合料的配合比设计、性能评价、再生剂的开发以及再生结构设计方法等各个方面进行了研究, 并取得了一定的成果。同济大学杨宇亮等[4]采用正交设计方法对冷再生混合料的影响因素进行分析, 得出了各因素之间的关系, 提出修正的马歇尔试验作为冷再生混合料的配合比设计方法。哈尔滨工业大学谭忆秋等[5]针对乳化沥青冷再生

混合料的特点, 提出了 Superpave 体积设计法和新的性能评价方法, 并通过试验验证了其效果良好。

以上文献研究了乳化沥青冷再生混合料的设计方法, 借鉴国外先进设计方法, 结合我国实际进行了相应的修正; 分析了旧料掺量、水泥用量以及乳化沥青等因素对乳化沥青冷再生技术的性能的影响。但现有研究鲜有提及掺加纤维作为增强相对乳化沥青冷再生混合料性能进行提升[6]。由于纤维沥青混合料施工中的便易性, 不需增加附加的设备, 具有广泛的应用前景。近几年, 随着实验手段和技术的发展, 为进一步研究纤维在沥青混合料中的作用机理, 学者们结合沥青混合料自身的特点, 建立在纤维复合材料理论研究基础上, 展开了纤维沥青混合料微观结构的研究, 主要是基于断裂力学、复合材料以及界面行为的基本理论, 借助相应的微观手段, 分析纤维沥青混合料微观结构, 评价纤维增强沥青混合料性能的机理。

3 乳化沥青冷再生机理分析

厂拌冷再生技术主要指将沥青路面废弃铣刨料进行回收利用, 按照一定粒径要求进行破碎加工, 然后在拌和楼掺入适量的胶结料(一般指乳化沥青、泡沫沥青等)、水泥、新集料等重新拌和后用于路面结构基层或下面层, 由于该技术具有旧料利用率高(80%-100%)、节能环保、施工易控等优点, 在中国沥青路面建设和养护中得到了广泛应用[7]。一般按胶结料的不同, 厂拌冷再生技术可分为乳化沥青厂拌冷再生和泡沫沥青厂拌冷再生, 其中乳化沥青厂拌冷再生技术是目前中国应用较为广泛的沥青路面再生技术。乳化沥青和泡沫沥青做为沥青类再生结合料各有其优缺点, 它们的主要优缺点对比, 如表 1 所示。

Table1 Main Advantages and Disadvantages of Emulsified Asphalt and Foamed Asphalt

表 1 乳化沥青和泡沫沥青的主要优缺点对比

沥青类别	优点	缺点
乳化沥青	一般为工厂化生产, 材料本身的质量更容易保证, 且可以方便的调配以适应不同的材料情况	乳化沥青的材料成本要高于泡沫沥青
泡沫沥青	泡沫沥青冷再生混合料摊铺压实后比乳化沥青冷再生混合料的养生时间要短	泡沫沥青现场制作现场使用, 且其制备需要专门的设备, 发泡性能受沥青温度影响显著, 并不是所有的沥青都有好的发泡性能

3.1 乳化沥青机理分析

3.1.1 乳化沥青形成机理

由于沥青在室温状态没有施工操作性。冷再生技

术需要解决的第一个问题是, 使粘合剂在室温下使用。通过机械结合的化学方法, 以形成油在水中的乳液的系统来达到这个目的, 沥青颗粒被悬浮在含水介质中, 这取决于整个乳液的水的流动性。

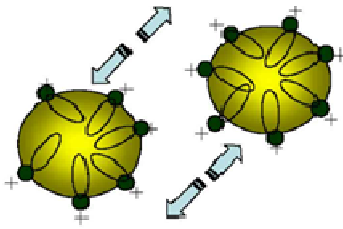


Figure. 1 Formation Principle of Emulsified Asphalt
图 1 乳化沥青形成原理

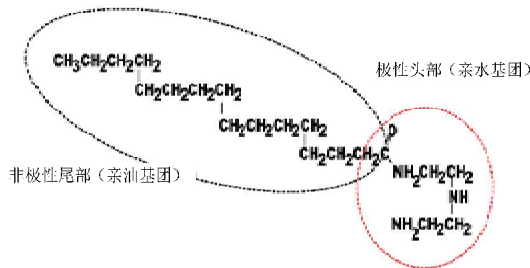


Fig.2 Emulsifier Structure-1
图 2 乳化剂结构-1

乳化沥青处理（参见图 1），沥青的活性表面活性剂溶液同时注入胶体磨，胶体磨转子的高速旋转，在定子和转子之间的间隙相对于固定不动的定子很小，沥青在狭窄的空间的高速运动迅速切成细小颗粒（3-10 μm）。沥青表面能迅速增长，在这样的状态下的表面积是非常不稳定的，如果没有其他的干预，很快将向表面较小的状态转换。图 2 中，乳化剂是由亲水性基团（如氨基）和非极性的亲脂性基团（例如，烷基）构成，在高速混合过程中，乳化剂会迅速分散和聚集在沥青颗粒表面（图 2 中的右侧），有效地隔离了水和沥青，减少了表面能量[8]。

3.2 乳化沥青与集料的作用机理

乳化沥青破乳过程一般就是乳化沥青冷再生混合料施工性能损失的过程，破乳的过程中完成的，也意味着该混合物在室温下的作业性完全丧失。考虑到粒料的活性的影响是不可预见的，破乳过程中的阳光，温度，风速等气象条件都会造成影响，因此，乳化沥青配方必须是项目级的设计，或有广泛的经验基础，建立有典型配方[9]。

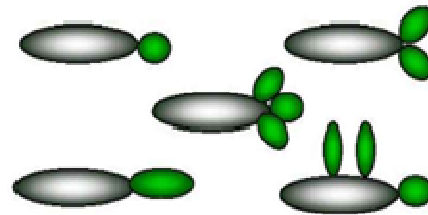


Figure. 3 Emulsifier Structure-2
图 3 乳化剂结构-2

如图 3 所示，乳化剂是一种化学物质的可控变量，通常情况下，一个小的极性基团，极性基团的数量，位置的变化，都会使得乳化沥青破乳的过程受影响。

3.3 水泥对乳化沥青冷再生混合料影响的机理分析

水泥的作用相当重要，在乳化沥青冷再生混合料中有着举足轻重的地位，它既能起到粘结作用，也能当做活性矿粉，它对再生混合料不同时期的结构强度都有影响。乳化沥青再生混合料中的水泥，不仅仅是填料，同时还能起到改性剂的作用。水泥的作用主要体现在以下个方面：

①水化反应：水泥与来自混合料和乳化沥青中的水分发生水化反应，散发出大量的热，这些热量使得乳化沥青的破乳时间缩短，并且较早的形成强度。水化反应形成的水化物既独立又相互渗透，相互结合，会与沥青及集料交织在一起形成一个三维空间网络结构，这种结构大范围的存在于混合料中，既能加强混合料的强度，又能减小混合料在高温或受力作用下的变形。

②填料作用：一小部分水泥因为没有足够的水分，不能发生水化反应，这种微型颗粒能产生细集料的填充作用，也具有一定的粘附性。游离态的乳化沥青会与这部分水泥产生化学吸附作用，当混合均匀后，这种混合材料会形成一层结构力学膜，这种结构力学膜很薄，但是能大大的提高沥青与集料间的粘附性，此外这种膜能使沥青较为均匀的散布于混合料中。

从经济上考虑，水泥成本不高，在拌和时添加水泥，所需要的设施也不多，而且操作方法较为简单，无论是人工添加还是机械添加都容易。同时这种

措施没有明显的环境污染，而且可以大幅度的缩短开放时间，具有很大的经济效益[10]。

4 结论与展望

合料应用的不同路面结构层位所受到的温度、湿度和荷载条件不同，改进试验方法，更好地模拟其不同层位的工作状况，对乳化沥青冷再生混合料的性能进行深入研究，建立系统全面的乳化沥青冷再生混合料性能评价体系。

4.1 界面微结构层面

研究乳化沥青冷再生混合料疲劳开裂微观机理、冷拌沥青混合料界面复合改性剂与沥青交互作用机理的微观研究、冷拌乳化沥青与集料体系粘附性的微观机理研究。

4.2 长期性能层面

乳化沥青冷再生混合料长期性能劣化机理及衰变规律、冷再生沥青混合料强度机理与疲劳失效机制研究。

4.3 RAP 团聚、与沥青乳液交融性层面

乳化沥青冷再生混合料胶浆对 RAP 裹覆模型构筑与裹覆程度量化评价、RAP 分散特性多尺度研究。

4.4 水分对混合料粘附性的影响层面

水分在乳化沥青厂拌沥青混合料中的迁移规律与作用机理、残留水作用下乳化沥青混合料界面粘附性损伤行为研究。

参考文献

- [1] 胡达平. 沥青路面再生利用应用技术研究. 交通世界. 2002, 18(06), 36-37
- [2] Thakur S.C., Han J., Chong W.K., et al. American Society of Civil Engineers Geo Shanghai International Conference 2010-Shanghai, China (June 3-5, 2010) Paving Materials and Pavement Analysis-Laboratory Evaluation of Physical and Mechanical Properties of Recycled Asphalt Pavement. 2010, 255-263
- [3] L R-Hoyos, C.A. ordonez, A.J. PuPPalaetaL. Engineering Characterization of Cement-Fiber Treated-RAP Aggregates. X Copyright ASCE. 2008
- [4] 杨宇亮, 孙立军, 毛如麟, 等. 回收旧沥青混合料冷拌再生技术的研究. 公路交通科技. 2002, 19(6), 38-40
- [5] 谭忆秋, 董泽蛟, 曹丽萍, 等. 应用 Superpave 体积设计法设计冷再生沥青混合料. 公路交通科技. 2005, 22(3), 31-34.
- [6] 曾梦澜, 于永生, 吴超凡, 等. 水泥对乳化沥青冷再生沥青混合料使用性能的影响. 公路交通科技(应用技术版). 2008, (4), 61-64.
- [7] 孙斌, 江涛. 乳化沥青冷再生混合料模量影响因素的灰色关联分析. 全国高速公路管理工作研讨会. 2008.
- [8] 李强, 马松林, 王鹏飞. 沥青路面冷再生混合料疲劳性能. 交通运输工程学报. 2004, 4(1), 7-10.
- [9] 李锋, 严金海, 朱浩然, 卢勇. 乳化沥青冷再生混合料低温性能研究. 公路. 2015, 60(03), 164-168.
- [10] 王超. 沥青路面再生技术在高速公路养护中的应用. 山东: 山东大学. 2014.