

浅谈复合改性沥青路面在城市道路中的发展与运用

王丹

安徽省城建设计研究院股份有限公司

摘要：复合改性沥青路面作为一种创新的道路技术，近年来在城市道路建设中备受关注。本文就复合改性沥青路面在城市道路中的发展与运用进行了浅谈。并简要分析复合改性沥青路面在城市道路中的发展与运用，从而为构建更为宜居、可持续的城市环境提供了新的可能性，期望能够为相关人员提供参考。

关键词：改性沥青；路面；城市道路

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.059

引言：复合改性沥青路面的发展与运用不仅仅关乎道路的质量，更涉及城市交通系统的整体效能。这一新型路面技术不仅在提高道路抗剥离性、耐久性和抗裂性方面取得了显著的突破，同时也为城市道路的环保性能和可持续性发展带来了新的思路。

一、目的

近年来，随着国民经济蓬勃发展，机动车辆和电商货物运输不断增加，导致道路交通量逐年增长，尤其重载车辆超载现象严重，加重了路面负荷，缩短了道路寿命。中国30年改革开放取得基础设施建设巨大成就，但新建城市道路逐渐减少，而原有道路逐渐老化，需进行提升改造，以减少资源浪费。

沥青路面作为主流结构，具有平整、坚实、无缝、舒适、耐磨、噪声低等优势，但由于材质差异和施工水平，常出现裂缝、车辙、冻胀翻浆等病害，影响了行车速度和安全，加剧了汽车磨损，缩短了使用寿命。超载成为道路破坏的主要原因。需通过全面有效的改造和重建工程，提升道路质量，确保交通安全和可持续使用。

针对沥青路面因重载交通造成的病害，在路基良好的情况下考虑节约成本的前提下对路面进行提升改造，结合重载交通的道路属性考虑采用新材料和新工艺，改善沥青路面使用性能，以达到行车安全性和舒适性的目的。

二、复合改性沥青路面在城市道路应用中存在的问题

（一）应用成本高

复合改性沥青路面在城市道路应用中的主要问题之一是应用成本高。由于制备过程中所需的特殊改性剂和昂贵材料，以及对高技术水平和专业设备的依赖，使得该路面的应用成本相对较高。

（二）施工技术要求高

路面的施工过程对于技术水平和专业设备提出了新的要求，需要经验丰富、熟练掌握相关技术的施工人员和先进的施工设备，可能导致施工难度的增加，同时也提高了施工成本。对于一些缺乏相关技术和设备的地区或施工队伍，这可能成为限制复合改性沥青路面在城市道路中广泛应用的一项挑战。

（三）缺乏统一标准和规范

目前对于该类型路面的标准和规范尚未得到统一，不同地区和国家可能存在差异，这导致了在设计、施工和维护方面的一致性。缺乏统一的标准可能使得复合改性沥青在不同地区的应用存在理解和执行上的困难，阻碍了该技术的规模推广，影响到行业内的技术交流和经验分享，制约了该技术的全面发展。

（四）供应链不完善

城市道路中复合改性沥青路面面临的一大问题是供应链不完善，主要表现在复合改性沥青所需的特殊改性剂和材料的供应链不够稳定和成熟。由于这些材料的相对新颖性和专业性，可能存在供应不足、交货周期长、价格波动大等问题。供应链的不完善可能导致项目进度延误和成本增加，同时对于城市道路建设者而言，可能难以获得稳定的材料供应，进一步制约了复合改性沥青路面在城市道路项目中的广泛应用。

三、各类复合改性沥青路面的特点

（一）橡胶沥青路面

橡胶沥青路面是一种复合改性沥青路面，其特点在于使用废旧轮胎颗粒或橡胶粉末作为改性剂，以显著提高路面的耐久性和抗裂性。这种路面不仅能有效降低交通噪音，提升路面的抗滑性，还能减缓路面的磨损，使其适用于城市主干道、高速公路等各类道路，为道路工程带来了可持续和环保的解决方案。

（二）添加剂改性沥青路面

添加剂改性沥青路面采用各种化学物质，如聚合物、胶体和纳米材料等，作为改性剂，以显著提升路面性能。这种改性路面具有出色的稳定性、抗水性和抗裂性，适用于各类道路，尤其在极端气候条件下表现出色。通过引入这些添加剂，路面的性能得到了有效的增强，为道路工程提供了可靠的解决方案，能够应对复杂的使用环境和交通压力。

（三）聚合物改性沥青路面

聚合物改性沥青路面采用聚合物改性剂，如SBS（丁苯橡胶）或APP（聚丙烯），以显著提高沥青混凝土的弹性和耐久性。这种改性路面具备优越的抗裂性、抗老化性以及弹性模量，使其在高交通量的道路和机场跑道等场景中表现出色。通过引入聚合物，路面的性能得到有效提升，使其能够更好地适应各种严苛的道路使用条件，为交通基础设施提供了可靠的、具有高性能的路面材料。

四、试验分析

（一）试验方法

（1）车辙试验

在评估沥青混合料的高温性能方面，通常采用多种方法，其中包括车辙试验、单轴试验、三轴试验、剪切试验、弯曲蠕变试验以及环道试验等。本文选择采用车辙试验来评价复合改性沥青混合料的高温性能。

其中,车辙试验是一种模拟实际路面行车情况的方法,通过车轮在车辙试件上的反复行走来评估沥青混合料的性能,其评价指标主要是动稳定度(DS)。这一方法操作简单,试验结果直观,能够有效地模拟真实沥青道路对抵抗车辙变形的能力。

(2) 低温小梁弯曲

在评估沥青混合料的低温抗裂性能方面,通常采用多种试验方法,包括间接拉伸试验、直接拉伸试验、蠕变试验以及弯曲破坏试验等。本文选择采用低温小梁弯曲试验来评价复合改性沥青混合料的低温性能。

低温小梁弯曲试验是一种通过在棱柱体小梁试件跨中施加集中荷载的方法,通过测定试件破坏时的最大荷载,计算得到试件的破坏弯拉应变及弯曲劲度模量,从而对沥青混合料的低温性能进行评价。

这一方法的优势在于能够模拟实际道路在低温条件下受到的弯曲应力,从而更真实地反映复合改性沥青混合料在寒冷环境下的性能表现。通过测量破坏弯拉应变和弯曲劲度模量等参数,可以全面了解材料在低温下的性能特征,为工程实际中的路面设计和材料选用提供重要的参考数据。

(3) 冻融劈裂试验

每种沥青混合料选取8个试件供试验使用。将试件均分为两组,一组做干燥条件试验,另一组供冻融劈裂试验使用。对冻融劈裂试验使用的试件进行先真空饱水后放入冰箱冻融处理。

冻融劈裂抗拉强度比由以下公式计算得出:

$$R_{T1} = 0.006287P_{T1} / h_1$$

$$R_{T2} = 0.006287P_{T2} / h_2$$

$$TSR = \frac{R_{T2}}{R_{T1}} \times 100\%$$

式中:

R_{T1} —未进行冻融循环的第一组试件的劈裂抗拉强度,MPa;

R_{T2} —经受冻融劈裂试验的第二组试件的劈裂抗拉强度,MPa;

P_{T1} , P_{T2} —分别为第一组和第二组的试验荷载值,N;

h_1 , h_2 —分别为第一组和第二组的试件的高度,mm;

$\overline{R_{T1}}$ —未进行冻融循环的试件的平均劈裂抗拉强度,MPa;

$\overline{R_{T2}}$ —经受冻融劈裂试验的试件的平均劈裂抗拉强度,MPa;

TSR—冻融劈裂试验强度比,%。

(二) 试验数据分析

布敦岩沥青(BRA)是亿万年形成的固态岩石状天然沥青,含有沥青和石灰矿物质。BRA改性沥青采用二阶段设计法,在AC-13型沥青混合料基础上,通过调整矿粉和沥青用量,利用BRA替代矿粉和基质沥青。经马歇尔试验确定一阶段配比,最佳沥青用量为4.8%。岩沥青复合沥青是在SBS改性沥青基础上加入BRA,形成高

模量、高韧性的新型沥青混合料,提高高温性能、抗氧化性能、抗剥离性能,且具有良好的相容性,不易产生离析。BRA改性沥青在高温多雨地区有广泛应用前景,具有简单改性工艺和高经济效益。如表1所示。

表1 布敦岩沥青指标表

项目	单位	指标
外观	-	黑褐色
灰分含量	%	72.5
沥青含量	%	27.8
含水率	%	0.15
相对密度	-	1.72
针入度(25℃)	0.1mm	2.3
软化点	℃	91
闪点	℃	306

工艺分为湿法和干法两种,湿法采用成品SBS改性沥青,干法在沥青混合料生产中加入BRA,BRA掺量为3~4%。沥青加热温度170℃~175℃,集料加热到190℃~210℃,出料温度175℃~185℃,干拌时间5~10s;沥青、矿粉、BRA同步进入拌和锅湿拌40~50s,生产周期60s~70s。

初步掺量由矿物组成代替同等比例的矿粉,进行性能检验和经济性分析,调整确定工程用BRA掺量。考虑品种、矿物含量、经验、气候、层位和成本等因素。试验显示,随BRA掺量增加,动稳定度显著增大,相比未掺BRA的改性沥青混合料,BRA显著提高沥青混合料高温稳定性。如表2、3所示。

表2 不同改性沥青车辙试验结果

沥青类型	BRA 改性沥青	SBS 改性沥青	SBS+BRA 复合改性沥青
动稳定度 D(次/mm)	5280	5612	10796

BRA的加入可以显著改善混合料水稳定性。究其原因,是因为BRA含有较多的氮元素官能团,使沥青具有较强的浸润性,表现为沥青对集料表面的黏结能力增强。

(三) 性能对比—水稳定性

表3 不同改性沥青水稳定性

沥青类型	BRA 改性沥青	SBS 改性沥青	SBS+BRA 复合改性沥青
残留稳定度/%	90.6	91.5	95.4
冻融劈裂强度比/%	87.2	89.5	91.1

根据残留稳定度和冻融劈裂强度比沥青混合料数据,从水稳定性性能方面分析,SBS+BRA复合改性沥青混合料水稳定性性能略高于SBS改性沥青,BRA改性沥青混合料与SBS改性沥青相当。

五、加强复合改性沥青路面在城市道路应用中的有效措施

(一) 加强技术研发和创新

加强复合改性沥青路面在城市道路应用中的有效措施之一是加强技术研发和创新。通过深入的技术研究,可以寻求更先进、性能更优越的改性剂和材料,以提高

复合改性沥青路面的性能表现。而通过技术创新，可以推动新型复合改性沥青的涌现，解决其在高温、低温和湿度等复杂道路条件下的应用问题。

此外，技术研发的关键在于深入理解复合改性沥青的物理和化学特性，以便更好地调整配方，提高路面的耐久性、抗裂性等关键性能。通过采用先进的实验技术和模拟工程条件的试验，可以更全面地评估不同改性剂和材料的性能，为改进复合改性沥青路面提供科学依据。

另外，技术研发还应关注环保性能和可持续性，努力开发更环保、可循环利用的改性剂和材料，以符合日益提高的环保标准。研究人员还可以考虑智能路面技术的整合，使复合改性沥青路面更具适应未来城市发展和智能交通需求的特性。

（二）完善标准规范

一项有效的措施，以促进复合改性沥青路面在城市道路应用中更广泛的采用，是完善相关标准和规范。目前，由于复合改性沥青技术的相对新颖性，各地的标准和规范尚未得到统一，这导致了在设计、施工和维护方面的一致性，以及在城市道路项目中的实际应用存在的一些困难。

不仅如此，完善标准规范可以通过多方面的努力实现。首先，需要建立一个全面的技术标准体系，涵盖了复合改性沥青的材料选择、设计配方、施工工艺和质量检测等方面，确保各项指标的科学性和可操作性。此外，标准的制定需要依据长期实际应用经验，不断修订和完善，以适应技术和市场的发展。

值得注意的是，在完善标准的同时，应该加强标准的推广和培训，使相关的设计师、工程师和施工人员能够充分理解并正确执行这些标准。并且培训计划应包括新标准的解读、实际案例的分享以及技术交流，以提高从业人员的专业水平，推动标准规范在实际应用中的贯彻。

与此同时，国际经验交流也是完善标准规范的重要途径。通过学习其他国家和地区成功案例的经验，可以更好地理解和吸收先进的管理和技术理念，为本地区的标准规范制定提供参考。

（三）提高施工人员专业水平

为了加强复合改性沥青路面在城市道路应用中的有效性，提高施工人员的专业水平是至关重要的措施之一。由于复合改性沥青路面的施工过程对技术水平有较高要求，熟练掌握相关技术的施工人员是确保工程质量的关键。

引入先进的施工设备和技术，以提高施工的效率和精准度。熟练使用这些设备需要专业培训，通过实际操作和模拟演练，使施工人员能够熟练处理各类设备，提高施工的准确性和安全性。

（四）降低应用成本

为了加强复合改性沥青路面在城市道路应用中的有效性，降低应用成本是一项至关重要的措施。当前，应用成本相对较高主要源于所需特殊改性剂和昂贵材料，以及施工过程对高技术水平和专业设备的依赖。首先，可以通过技术研发和创新，寻求更经济实用的改性剂和

材料，降低其生产成本。并优化施工工艺，采用更高效的施工方法和设备，可以有效减少人力成本和施工周期，从而降低整体应用成本。

其次，推动规模化生产和采购，以实现材料的批量购买，可以在一定程度上降低材料的购置成本。并通过建立合理的供应链体系，确保所需材料的稳定供应，避免因供应链不畅造成的额外费用。在这一过程中，政府可采取激励措施，如减税、补贴等，鼓励企业投入更多资源进行研发和生产，从而降低其经营成本。

最后，加强对施工人员的培训，提高其对新技术和工艺的熟练程度，以减少施工中可能的错误和重新工作的次数，提高工程效益。

（五）建立完善监测机制

为了加强复合改性沥青路面在城市道路应用中的有效性，建立完善的监测机制是一项至关重要的措施。这一机制的建立涵盖了从施工前到使用阶段的全过程，旨在持续监测路面的性能和状况，确保其长期的可靠运行。

首先，监测机制的建立应从施工前开始，通过在设计 and 施工阶段引入全面的检测手段，确保复合改性沥青路面的建设质量。这包括在材料选择、施工工艺和配方设计等方面进行实时监测和质量控制，以防止施工过程中可能出现的问题。

其次，在使用阶段，建立定期巡检和评估制度，通过先进的监测技术，包括激光测距、红外线热像、声波检测等，对路面进行全面的检测，有助于及时发现路面的磨损、裂缝、变形等问题，为及时维修和保养提供科学依据，确保路面的长期稳定性和安全性。

与此同时，引入智能化技术，如物联网和大数据分析，建立实时监测平台，可随时获取路面的性能数据，不仅为管理部门提供了及时的决策依据，也为路面维护提供了更为精准的指导，进一步提高了监测机制的实用性。

除了技术层面，建立健全的法规和标准也是监测机制不可或缺的一部分。通过明确监测的指标、频次和责任主体等方面的要求，形成监测工作的规范化和制度化，为相关人员提供明确的工作方向和标准。

结论：综合而言，复合改性沥青路面在城市道路中的发展和运用为城市交通基础设施注入了新的活力。通过继续深入研究、技术创新以及建立更为完善的标准和规范，复合改性沥青路面必将在未来城市发展中发挥更为重要的作用，为人们创造更安全、宜居的城市环境。

参考文献

- [1] 徐淑春. 市政改性沥青路面高温抗车辙性能试验研究[J]. 成都工业学院学报, 2023, 26(06): 36-41.
- [2] 彭燕. 纳米复合改性沥青路面灌缝密封胶性能测试研究[J]. 粘接, 2023, 50(10): 53-56.
- [3] 刘欢. 废胶粉/APAO复合改性沥青在沥青路面中的应用[J]. 辽宁省交通高等专科学校学报, 2023, 25(05): 6-10.
- [4] 莫皓. 聚氨酯改性沥青路面修复材料的修复效果试验研究[J]. 西部交通科技, 2023, (09): 53-56.