

科学技术进步奖公示内容

- 一、项目名称：复配双改性沥青路用性能关键技术研究（RCA）
- 二、提名者及提名意见（包含提名等级）：陕西铁路工程职业技术学院，三等奖
- 三、项目简介：

本课题依托广西河池金宜一级路、江苏 S121 省道、成都天府国际机场高速等项目，通过复配双改性沥青基础理论研究和关键技术开发，复配岩改性沥青能够大幅度提高沥青路面的高温稳定性、低温稳定性、抗水损害性能以及耐久性综合性能，复配岩改性剂采用干法直投，添加方便，节能环保节省设备投入，降低生产配合比油石比等优势，可以降低施工成本，提高工程质量。主要创新成果如下：

（1）提出了一种湿法制备复配岩改性沥青的方法，其有助于得出最佳的复配岩改性剂掺量，为干法直投工艺的复配岩改性剂常用掺量提供理论依据。

为了提升产品的均匀性减少改性沥青的离析以及减少改性沥青加工过程对环境的污染，该复配岩双改性剂主要采用干法直投进行添加。干法直投指的是将改性剂与集料先拌和再加入基质沥青进行拌和，如果直接将改性剂粉末材料加入到沥青中会导致搅拌不均匀导致无法研究复配岩双改性沥青的性能，从而无法了解到复配岩双改性沥青与 SBS 改性沥青相比的性能优越性。

为了解决这个问题，通过与广西路冠科技投资发展有限责任公司

与广西大学合作，湿法制备了相关的复配岩双改性沥青，通过不同添加剂与基质沥青比例下复配岩双改性沥青的三大指标性能研究同时考虑搅拌的均匀程度，提出最佳的添加剂的比例。再在通过将最佳添加剂比例条件下制备的复配岩双改性沥青与 SBS 改性沥青在三大指标、老化性能、与石料的黏附性、感温性能方面进行全方位比较，从而得出复配岩双改性沥青与 SBS 改性沥青在高温稳定性、抗老化性能、稳定敏感性以及抗水损害性能方面的优越性。

(2)提出了将美国 Superpave 高性能沥青路面级配设计方法和国内马歇尔设计方法中的级配要求结合起来设计复配岩改性沥青混合料配合比级配的方法，并且通过严格控制原材料质量达到了降低复配岩改性剂掺量的目的，节省了成本支出

在以往复配岩双改性沥青混凝土配合比设计及路面试验段实施过程中，RCA 掺量为 1%才达到最佳路用效果。

本次在金宜一级路复配双改性沥青混凝土路面项目实施过程中，从原材料角度严格控制集料的棱角性以及粉尘含量。

从配合比设计角度通过将美国 Superpave 高性能沥青路面级配设计方法和国内马歇尔设计方法中的级配要求结合起来，在配合比设计阶段即满足高性能沥青路面级配设计方法中关于限制区的要求，又满足马歇尔级配设计方法中上下限的范围要求。同时在配合比设计过程中，还考虑到混合料均匀性、与 SBS 沥青混合料级配保持一致性（方便后续两种改性沥青混合料之间的对比研究）以及各项马歇尔指标满足要求的条件，对级配提出了如下的要求：

控制最大公称粒径范围在 95%~100%之间（增加均匀性、减少离析），0.075 mm以下的通过在 5%~6%之间，保证空隙率、温度和流值。上面层 AC-13C，9.5 mm、4.75 mm筛孔通过率要接近级配设计范围的下限通过，2.36 mm的通过率应小于 35%；中面层 RCA-AC-20C，16 mm筛孔接近中值通过，13.2 mm、9.5 mm筛孔通过率要接近级配设计范围中值偏下通过；RCA-AC-20C 和 RAC-AC-13C 中的 4.75 mm的通过率均应小于 40%。

通过上述配合比优化及原材料控制方面的措施，将 0.6%、0.8%、1.0%RCA 掺量的沥青混合料性能进行对比，同时考虑经济型原则，最终确定最佳的 RCA 掺量为 0.8%。

（3）创新性提出了干法直投的工艺。在复压阶段创新性的增加 1~2 遍钢轮碾压遍数。

复配岩双改性剂以往的湿法加工方法存在环境污染，容易离析等缺陷，因此提出了干法直投工艺，该工艺确定投料顺序、搅拌时间、各种原材料的加热温度、沥青混合料的出料温度，并且配套形成了相关的工法、专利及论文。

通过室内试验，添加该改性剂的沥青混合料与 SBS 改性沥青混合料相比具有较高的弹性模量以及较小的流值，而根据多项研究结果表明胶轮对较硬的路面揉搓效果较差。为了保证沥青路面平整度和行车舒适性，采取在复压阶段增加 1~2 遍钢轮碾压遍数的工艺。

通过选择试验段，严格控制拌和、摊铺、碾压过程质量。同时通过取样做室内试验以及在成型道路上做现场试验，试验各项指标均满

足设计及规范要求，同时高温稳定性和水稳定性方面与 SBS 改性沥青混合料相比有较大幅度的提升，干法直投工艺和现场碾压方式的创新在实际现场应用过程中取得了较好的效果。

四、 客观评价：

针对高温潮湿区沥青混凝土路面易出现老化、车辙、水损害等问题，确定了最佳的复配岩改性剂掺量、混合料级配及油石比。在保证体积指标不变的情况下，显著提高了沥青混合料的高温稳定性和水稳定性；该成果提出了复配岩改性沥青添加剂的干法直投工艺和路面碾压工艺，形成了拌和、摊铺、碾压施工技术，保证了施工质量。

成果在广西河池金宜一级路、江苏 S121 省道、成都天府国际机场高速等项目得到了应用，经济、社会效益显著，具有很好的推广应用价值；该成果通过陕西省科学技术情报研究院对该成果进行了国内外的查新（详见支撑材料其他附件），最终得到了两个查新点，分别为：

①通过改进级配以及改进原材料洁净程度等措施，将 RCA 最佳掺量（占沥青混合料的比例）由传统的 1.0%降低到了 0.8%。

②根据 RCA 沥青混合料自身的特点，在复压阶段的碾压工艺上，由传统的全部用胶轮碾压修改成在胶轮碾压过程中穿插 1~2 遍的双钢轮碾压工艺。

（1）科技查新结论

2024 年 4 月 1 日，中国科学院新疆科技查新咨询中心经对比，检索到的相关文献结果表明：虽然已有 RCA 改性剂掺量、RCA 沥青路面抗高温湿热病害、RCA 复配双改性沥青路面技术、路面碾压施工、

RCA 改性沥青配合比、复合双改性沥青混合材料添加剂制备及不同复配改性沥青混合料掺量配比等方面的研究报道，但本项目开展的调整 RCA 最佳掺量(占沥青混合料的比例)由传统的 0.8%降低到了 0.6%，在复压碾压阶段，胶轮碾压过程中穿插 1~2 遍的双钢轮碾压等工艺未见相同报道。经国际范围的检索查证，检索到的国内外相关文献中，除本项目成果外，未见与本项目开展的复配岩改性沥青混凝土路面关键技术研究相同的成果公开报道。

(2) 成果鉴定结论

2023 年 11 月 13 日，中国中铁股份有限公司组织有关专家对中铁一局集团有限公司等完成的“高温潮湿区 RCA 复配双改性沥青路用性能关键技术”成果进行了评审，参加评审的有中铁科研院、中铁九局、中铁十局、中铁六院、中铁设计、中铁大桥院、中铁二院等单位的专家，专家委员会认为该成果达到国内领先水平。

五、应用情况：

河池金宜一级路改建工程 PPP 项目是河池市加快实施“一城两区”协同发展的重要举措，项目建成后将开启金宜同城化、双核驱动的城市发展新格局。通过与业主和厂家对 RCA 的施工方案可行性进行反复论证，并在实施过程中严格控制原材料的质量、做好配合比设计、做好施工过程中质量控制，取得一定的经济环境社会效益。

1、经济效益

RCA 改性剂相比较 SBS 改性沥青具有保存、添加方面的优势，同时能大幅降低油 石比。RCA 改性剂经过验证，能大幅度提高高温

稳定性和水稳定性，从而减少后期路面养护维修费用，因此，其经济效益主要体现在以下方面 RCA 沥青混合料与 SBS 沥青混合料相比主要直接经济效益是在油石比降低引起的成本降低。经计算，对于中面层，每吨 RCA-AC-20C 沥青混合料比每吨 SBS-AC-20C 沥青混合料节省费用： $365.8-358.1=7.7$ 元；对于上面层，每吨 RCA-AC-13C 沥青混合料比每吨 SBS-AC-13C 沥青混合料节省费用： $477.5-468.2=9.3$ 元，具体见后面的表。

上面层和中面层沥青路面总面积为 1077300m^2 。上面层设计图纸采用 4cm 细粒式 SBS 沥青混凝土。沥青混凝土单价为 69.11 元/ m^2 ，上面层费用为： $1077300\times 69.11=7445.2$ 万元；中面层设计图纸采用 6cm 细粒式 SBS 沥青混凝土。沥青混凝土单价为 80.83 元/ m^2 ，上面层费用为： $1077300\times 80.83=8707.8$ 万元。总计费用为： $7445.2+8707.8=16153$ 万元。

根据 RCA 上面层和中面层试验段结果，上面层 RCA-AC-13C 沥青混凝土压实度平均值为 97.8%，室内马歇尔毛体积密度为 $2.611\text{g}/\text{cm}^3$ ，其现场路面平均毛体积密度为 $2.554\text{g}/\text{cm}^3$ ，将上面层路面面积换算成重量为： $2.554\times 1077300\times 0.04=11.0$ 万吨。每吨沥青路面上面层可以节省 9.3 元，全线采用 RCA 能节省费用为： $9.3\times 11=102.3$ 万元；中面层 RCA-AC-20C 沥青混凝土压实度平均值为 98.0%，室内马歇尔毛体积密度为 $2.440\text{g}/\text{cm}^3$ ，其现场路面平均毛体积密度为 $2.391\text{g}/\text{cm}^3$ ，将上面层路面面积换算成重量为： $2.391\times 1077300\times 0.06=15.5$ 万吨。每吨沥青路面上面层可以节省 7.7 元，全线采用 RCA 能节省费用

为： $9.3 \times 11 = 119.4$ 万元。全线上面层和中面层采用 RCA 沥青混合料总共可以节省费用为： $102.3 + 119.4 = 221.7$ 万元。全线采用 RCA 沥青混合料费用为 15931 万元。

该施工工法的应用取得较大经济效益，本工程施工段落共计 51.3km，总面积 1077300m^2 ，采用传统工法施工造价为 16153 万元，使用 RCA 双改性沥青混合料拌合施工工法施工造价为 15931 万元总造价降低 1.4%，可大幅节约成本。在大规模作业中施工时投入相对较小，成本优势明显。

表中面层 RCA 和 SBS 沥青混合料主要成本表

表上面层 RCA 和 SBS 沥青混合料主要成本表

序号	项目名称	单价(元/吨)	RCA 混合料		SBS 混合料		序号	项目名称	单(元/吨)	RCA 混合料		SBS 混合料	
			数里(kg)	每吨费用(元)	数里(kg)	每吨费用(元)				数里(kg)	每吨费用(元)	数里(kg)	每吨费用(元)
	机制砂	52	239.0	12.4	239.5	12.5	1	机制砂	162	276.6	44.8	277.2	44.9
2	粗集料	52	678.6	35.3	680.1	35.4	2	粗集料	162	629.6	102.0	631.0	102.2
3	矿粉	128	38.2	4.9	38.3	4.9	3	矿粉	128	47.7	6.1	47.8	6.1
	SES 改性沥青	5950	0	0	42.1	250.5	4	SBS 改性沥青	5950	0	0	44.0	261.8
5	70 号沥青	5200	36.3	188.8	0	0	5	70 号沥青	5200	38.2	198.6	0	0
5	RCA 添加剂	6800	7.9	53.7	0	0	5	RCA 添加剂	6800	7.9	53.7	0	0
6	PIC	3400	8.6	29.2	8.5	28.9	6	PIC	3400	8.6	29.2	8.5	28.9
7	柴油	9500	0.29	2.8	0.29	2.8		柴油	9500	0.29	2.8	0.29	2.8
8	电费	0.85/元/度	2.3/度	2.0	2.1/度	1.8	8	电费	0.85/元/度	2.3/度	2.0	2.1/度	1.8
9	其他费用	29	—	29	—	29	9	其他费用	29	—	29	—	29
10	合计	—	—	358.1	—	365.8	10	合计	—	—	468.2	—	477.5

2、社会效益

该工法的应用施工，施工质量、安全、环保、进度得到了明显提高。在技术、质量、环保方面均有显著的效益。较传统工艺，在沥青混凝土拌合中减少能耗。现场质量易于控制，减小施工组织压力，减少人员配置。兄弟单位也多次到现场参观学习。通过 RCA-AC 复配岩双改性沥青混合料生产施工管理，增加了在类似路面工程施工方面的经验，培养和锻炼了一批技术和施工管理方面的人才，为企业的可持续发展建立了强有力的后盾。

3、环境效益

固体的改性剂在运输、存储和添加环节有利于减少煤炭、柴油等燃料的使用，减少对环境的污染，而且油石比的降低可以减少沥青的使用量，达到环境保护和低碳节能的目的。

六、主要知识产权和标准规范等目录：（限 10 条，所列专利证书颁发日期、标准规范发布日期、论文发表日期应在 2023 年 12 月 31 日之前。）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	一种复配双改性沥青混合料添加剂及其制备方法	中国	CN113736271B	2022年09月03日	第5451604号	广西路冠科技投资发展有限责任公司	盘力宁
2	发明专利	一种市政施工用防护隔离装置	中国	CN112664049B	2021年01月19日	第4936769号	孙永震	孙永震 ;贾利强 ;赖汉成
3	发明专利	复配双改性沥青混合料添加剂	中国	CN111847973B	2020年07月10日	第5603622号	广西路冠科技投资发展有限责任公司	盘力宁

4	其他	高温潮湿区复配岩改性沥青混凝土路面施工工法	中国	CREC-II-2023-003	2023年11月15日	中国中铁股份有限公司工法	中铁一局集团有限公司、中铁一局集团第三工程有限公司	王小锋、黄露杰、孙永震、陈荣、田国安
5	论文	石墨烯对橡胶粉改性沥青混合料路用性能影响研究	中国	2021,66(05):7-11	2021年05月10日	公路	广西大学	孟勇军;张瑞杰;刘直荣;郭贺源;容洪流
6	论文	关于RCA改性剂在闪长岩上面层的应用研究	中国	2020(12):138-140	2020年11月06日	中国科技纵横	广西路冠科技投资发展有限公司	彭源富
7	论文	RCA复配岩双改性沥青混合料配合比设计及SBS改性沥青混合料性能对比研究	中国	2023,(03):037-040	2023年03月05日	工程技术	中铁一局集团第三工程有限公司	黄露杰
8	论文	沥青混凝土的弯曲性能与疲劳性能评价	中国	2023,33(02):294-298+305	2023年03月30日	黑龙江科技大学学报	陕西铁路工程职业技术学院	何文敏
9	实用新型专利	一种道路施工用沥青原料筛选设备	中国	CN217017005U	2022年07月22日	第17010830号	陕西铁路工程职业技术学院	卫颖颖;刘明学;张福荣;王涛;贺凯盈
10	实用新型专利	一种用于复配双改性沥青混合料的投料设备	中国	CN215612250U	2022年02月15日	第15599577号	广西路冠科技投资发展有限公司	盘力宁

承诺：上述知识产权无争议且为本项目独有，未曾在往年国家科学技术奖励项目、往年其他省部级（政府）科学技术奖励项目和本年度其他陕西省科学技术奖提名项目中作为支撑材料出现。用于提名陕西省科学技术奖的情况，已征得未列入项目主要完成人和主要完成单位的权利人（专利指发明人）的同意，有关知情证明材料均存档备查。

七、主要完成人情况：

排名	姓名	技术职称	行政职务	工作单位	完成单位	对本项目的贡献
1	孙永震	高级工程师	公司副总经理（职业经理人）	中铁一局集团第三工程有限公司	中铁一局集团第三工程有限公司	1、课题负责人，全面主持、协调课题组的各项工作。2、提出了课题总体构思，制定项目总研究方案及原则，解决研究过程中遇到的各种问题。3、获批一项发明专利，研发了一种市政施工用防护隔离装置，保证了现场施工的安全
2	黄露杰	高级工程师	路基路面研究所研究员	中铁一局集团第三工程有限公司	中铁一局集团第三工程有限公司	1、科研方案的编写、资料收集整理、科研报告编写等。2、提出了降低沥青混合料复配岩改性剂掺量的技术创新。3、发表了2篇论文。
3	王小锋	工程师	路基路面研究所副所长	中铁一局集团第三工程有限公司	中铁一局集团第三工程有限公司	1、科研方案、科研报告等相关资料的审核。2、提出了关于现场碾压工艺的技术创新。3、发表了2篇论文。
4	陈荣	工程师	项目经理	中铁一局集团第三工程有限公司	中铁一局集团第三工程有限公司	1、科研方案具体实施执行以及与各方的协调工作。2、为本项目技术创新提供人员、机械设备以及资金支持。3、科研项目现场试验段应用的总负责总指挥，合理安排施工工序，优化配置及合理使用资源。3、发表论文1篇。
5	容洪流	高级工程师	无	广西大学	广西大学	1、负责分报告一及分报告二的理论机理的研究部分。2、通过红外光谱分析、

						<p>荧光显微分析等手段揭示了复配岩改性剂（RCA）与基质沥青的作用机理、与SBS 改性沥青相比具有的优势及性能提升效果。3、研究过程中发表核心论文 1 篇，发布标准 1 项，获批实用新型专利 1 项。</p>
6	盘力宁	工程师	总经理	广西路冠科技投资发展有限责任公司	广西路冠科技投资发展有限责任公司	<p>1、参与课题研究工作。2、提供关于复配岩改性剂的各类相关技术资料。3、研发了一种复配岩改性剂提升机，使复配岩改性剂的添加更加的精确、及时、方便。4、研究过程中获批专利 9 余项，其中发明专利 2 项，实用新型 7 项。</p>
7	何文敏	教授级高级工程师	陕西省高性能混凝土工程实验室副主任	陕西铁路工程职业技术学院	陕西铁路工程职业技术学院	<p>1、负责分报告二以及分报告三的技术指导。2、负责复配岩改性添加剂的提升设备的操作、配合比设计以及室内试验的指导。3、研究过程中，发表论文 1 篇。</p>

八、主要完成单位及创新推广贡献：

排名	完成单位	创新推广贡献
1	陕西铁路工程职业技术学院	负责分报告二“高温潮湿区 SBS-AC 与 RCA-AC 配合比设计比较研究”以及分报告三“高温潮湿区 SBSAC 与 RCA-AC 动态模量比较研究”的理论机理的研究部分，负责复配岩改性的试验、配比、动态模拟指导。研究过程中发表论文 1 篇，获批实用新型专利 1 项。
2	中铁一局集团第三工程有限公司	负责分报告一“RCA 复配双改性沥青混合料添加剂性能指标研究”的室内沥青试验部分、分报告二“高温潮湿区 SBS-AC 与 RCA-AC 配合比设计比较研究”通过配合比设计优化与严格选择原材料提出了经济合理的室内 RCA 掺量的技术创新、分报告三“高温潮湿区 SBS-AC 与 RCA-AC 动态模量比较研究”根据现场实际施工情况提出了碾压工艺的技术创新。研究过程中获批发明专利 1 项，发表国家级论文 2 篇。
3	广西大学	负责分报告一“RCA 复配双改性沥青混合料添加剂性能指标研究”及分报告二“高温潮湿区 SBS-AC 与 RCA-AC 配合比设计比较研究”的理论机理的研究部分，通过红外光谱分析、荧光显微分析等手段揭示了复配岩改性剂（RCA）与基质沥青的作用机理及性能提升效果。研究过程中发表核心论文 1 篇，发布标准 1 项，获批实用新型专利 1 项。
4	广西路冠科技投资发展有限责任公司	负责分报告二“高温潮湿区 SBS-AC 与 RCA-AC 配合比设计比较研究”以及分报告三“高温潮湿区 SBSAC 与 RCA-AC 动态模量比较研究”的技术指导。负责复配岩改性添加剂的提升设备的操作以及取料做室内试验。研发了一种复配岩改性剂提升机，使复配岩改性剂的添加更加的精确、及时、方便。研究过程中获批专利 9 余项，其中发明专利 2 项，实用新型 7 项，发表国家级论文 1 篇，发表核心期刊遴选论文 1 篇，发布标准 1 项。

九、完成人合作关系说明：（合作方式包括专著合著、论文合著、共同立项、共同知识产权、共同获奖、共同参与制定标准规范、产业合作等。下表中的“项目排名”指在本次报奖中的完成人排序。）

完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/ 项目排名	合作起 始时间	合作完 成时间	合作成果	证明材料
1	共同 立项	孙永震 (1) 容 洪流(5) 盘力宁 (6) 卫 颖颖(7)	2020年	2023年	RCA 复配双改性沥青混合料 添加剂性能指标研究：高温湿 区 RCA-AC 与 SBS-AC 沥青混合 料配合比设计比较评价研究； 高温潮湿区 RCA-AC 沥青混合 料路用性能指标评价研究。	成果鉴定 材料
2	共同 立项	孙永震	2021年	2022年	一种市政施工用防护隔离装 置	摘要、权 利要求和 说明书
3	产业 合作	盘力宁	2020年	2022年	复配双改性沥青混合料添加 剂	摘要、权 利要求和 说明书
4	产业 合作	盘力宁	2020年	2022年	一种复配双改性沥青混合料 添加剂及其制备方法	摘要、权 利要求和 说明书
5	产业 合作	卫颖颖	2020年	2023年	一种道路施工用沥青原料筛 选设备	权利证书
6	产业 合作	盘力宁	2020年	2022年	一种除尘仓粉尘料的回收处 理装置	权利证书
7	产业 合作	盘力宁	2020年	2022年	一种用于复配双改性沥青混 合料的投料设备	权利证书
8	产业 合作	盘力宁	2020年	2022年	具有双搅拌机构的复配双改 性沥青添加剂搅拌装置	权利证书
9	产业 合作	盘力宁	2020年	2022年	用于生产复配双改性沥青混 合料的粉碎处理装置	权利证书

10	产业合作	盘力宁	2020年	2022年	一种用于复配双改性沥青混合料的灌装装置	权利证书
11	产业合作	盘力宁	2020年	2022年	用于复配双改性沥青混合料的传送带转角压紧装置	权利证书
12	产业合作	盘力宁	2020年	2022年	一种用于生产复配双改性沥青混合料的提升机	权利证书
13	产业合作	卫颖颖	2020年	2023年	沥青混凝土的弯曲性能与疲劳性能评价	期刊《黑龙江科技大学学报》
14	产业合作	黄露杰	2022年	2022年	RCA 复配岩双改性沥青混合料配合比设计及SBS改性沥青混合料性能对比研究	期刊《工程技术》
15	产业合作	王小锋	2022年	2022年	RCA 复配出双改性沥青混合料工程应用研究	期刊《工程技术》
16	产业合作	彭源富	2022年	2022年	关于 RCA 抵抗高温湿热地区沥青路面病害能力的研究	期刊《交通世界》
17	产业合作	彭源富	2020年	2020年	关于 RCA 改性剂在闪长岩上面层的应用研究	期刊《中国科技纵横》
18	产业合作	容洪流	2020年	2021年	石墨烯对橡胶粉改性沥青混合料路用性能影响研究	期刊《公路》