



完成人合作关系说明

本申报项目“山区复杂环境沥青路面车辙演变机理与固废基低碳防控关键技术”由汉中市高速公路发展服务中心、兰州理工大学、汉中公路工程机械化有限公司等单位共同完成。项目针对西部复杂环境下沥青路面耐久性不足与低碳建设需求之间的矛盾，围绕复合材料多相体系协同增强机制开展了系统的产学研用联合攻关。各完成单位及完成人分工明确、优势互补，通过技术研发、工艺开发、标准制定与工程应用等环节的紧密协作，共同取得了本项目的创新性成果。

本项目第一完成人郭瑞与其他五位完成人（薛冰、念腾飞、郭云峰、冯旭明）在沥青路面病害机理、低碳防治技术及功能材料研发领域建立了长期稳定的合作关系。具体合作情况如下：

一、与第二完成人薛冰的合作关系

双方自 2018 年起，依托汉中市高速公路服役环境与养护需求，围绕秸秆纤维沥青低碳材料研发及其工程推广应用开展深度合作。重点针对秸秆纤维对沥青混合料路用性能的改性机理、配合比设计与现场施工工艺进行联合攻关，共同推进了低碳沥青材料在实际工程中的规模化应用，有力支撑了**创新点 3**“氧化石墨烯复合废旧橡胶与秸秆纤维改性低碳沥青材料”的研发与固废资源化利用。代表性合作成果为：共同发表学术论文《Evaluation of the road performance and engineering application of asphalt mixtures incorporating straw fiber》（附件 2-4-5）；依托汉中市高速公路养护工程开展多项成果推广应用（附件 1-2-3），实现了科研成果向工程实践的有效转化。

二、与第三完成人念腾飞的合作关系

双方为同门师兄弟，自 2018 年起在沥青路面抗车辙性能机理分析与评价方法领域持续合作，共同完成了多项高水平研究成果。合作重点包括：系统揭示多因素协同作用下沥青路面车辙非线性演变机理，构建基于分形维数核心表征的抗车辙性能预测模型，直接形成了**创新点 1**“揭示了沥青路面车辙演变机理与抗车辙预测模型”；共同确立沥青混合料关键物理指标的不确定性表征函数与抗车辙设计参数控制阈值，揭示了不同结构类型混合料抗车辙性能的概率分布规律，奠定了**创新点 2**“提出了沥青混合料关键参数不确定性表征函数与抗车辙阈值范围”的理论基础。代表性合作成果包括：《Analysis of factors that influence anti-



rutting performance of asphalt pavement》(附件 1-1-1)、《Improved three-dimensional discrete modeling method and anti-cracking properties of asphalt mixture》(附件 2-4-3) 等, 为车辙变形的高精度预测与主动防控提供了核心理论支撑。

三、与第四完成人郭云峰的合作关系

双方自 2019 年起, 在沥青路面室内试验、低碳养护技术开发与工程推广应用层面紧密协作。充分发挥汉中公路工程机械化有限公司在施工装备与工程化方面的优势, 共同开展改性沥青混合料的生产工艺优化、施工质量控制及试验路铺筑与长期性能跟踪观测。合作成果直接服务**创新点 3** 低碳沥青材料的工程化验证与**创新点 2** 设计指标在施工质量控制中的精准应用。代表性合作成果为: 共同发表学术论文《秸秆纤维在建筑材料中的应用研究展望》(附件 2-4-7); 共同荣获陕西省土木建筑科技进步奖二等奖(项目名称: “秦巴山区公路沥青路面稳定性影响因素及其防控措施关键技术”, 附件 2-5-3); 并联合实施了多项工程应用示范(附件 1-2-3、1-2-4、1-2-5、1-2-6), 有效保障了项目技术成果的落地与推广。

四、与第五完成人冯旭明的合作关系

双方作为课题组成员, 自 2020 年起, 积极响应国家“碳达峰、碳中和”战略, 共同确立“氧化石墨烯改性废旧橡胶复合沥青”为突破口, 开展系统性产学研联合攻关。合作期间, 双方发挥各自优势, 协同整合区域内典型气候分区的路面服役环境数据与区域地质特征, 联合建立了材-环境适配性数据库; 共同优化废旧橡胶粉碎粒径与纳米材料分散工艺, 成功制备出废旧橡胶与氧化石墨烯复合改性材料及混合料, 并合作完成了系统的性能测试与评价, 取得了一系列具有自主知识产权的技术成果, 有力支撑了废旧橡胶高值化利用与道路绿色低碳建设。代表性合作成果为: 《Analysis on the road performance of graphene composite rubber asphalt and its mixture》(附件 1-1-3)。

第一完成人签名: 郭云峰



完成人作关系情况汇总表

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	论文合著	郭瑞/1、薛冰/2	2018 年 01 月	2025 年 12 月	Evaluation of the road performance and engineering application of asphalt mixtures incorporating straw fiber	附件 2-4-5
2	论文合著	郭瑞/1、念腾飞/3	2016 年 08 月	2025 年 12 月	Analysis of factors that influence anti-rutting performance of asphalt pavement	附件 1-1-1
3	论文合著	郭瑞/1、郭云峰/4	2019 年 01 月	2025 年 12 月	秸秆纤维在建筑材料中的应用研究展望	附件 2-4-7
4	论文合著	郭瑞/1、冯旭明/5	2020 年 01 月	2025 年 12 月	Analysis on the road performance of graphene composite rubber asphalt and its mixture	附件 1-1-3

承诺：本人作为项目第一完成人，对本项目完成人合作关系及上述内容的真实性负责，特此声明。

第一完成人签名：郭瑞