

项目合同编号：25-76K

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：干法 SBS 改性技术研究

承担单位：宝鸡路桥建设集团有限公司

项目负责人：程小平

通讯邮编、地址：陕西省宝鸡市渭滨区火炬路东段 13 号（721000）

传真、电话：0917-3305135

起止年限：2026 年 3 月至 2028 年 3 月

陕西省交通运输厅制

项目合同编号：25-76K

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：干法 SBS 改性技术研究

承担单位：宝鸡路桥建设集团有限公司

项目负责人：程小平

通讯邮编、地址：陕西省宝鸡市渭滨区火炬路东段 13 号（721000）

传真、电话：0917-3305135

起止年限：2026 年 3 月至 2028 年 3 月

陕西省交通运输厅制

一、项目主要研究内容

1. 主要研究内容

(1) 宝鸡气候特征、沥青路面典型病害及原材料调研

系统收集宝鸡地区近十年气象数据，分析其对沥青路面性能的影响；调研区域内高速公路及国省干线沥青路面的典型病害类型及其成因；同步采集本地常用基质沥青、集料等原材料样本，测试其物理化学特性，为干法 SBS 技术本地化适配提供基础依据。

(2) 适用于宝鸡的干法 SBS 改性材料定制开发

基于常用基质沥青特点，设计以 SBS 为主、复配 EVA、环烷油、相容剂等复合改性体系；通过双螺杆挤出工艺调控粒径、熔融指数与热稳定性；开展不同配方在模拟拌和条件下的熔融分散试验，结合微观分析，优选速熔性好、高低温性能均衡的定制化干法 SBS 改性剂。

(3) 干法 SBS 改性技术专用施工装备及拌合站生产信息监控系统研究

针对现有间歇式拌和楼，开发自动计量与均匀投料装置，实现改性剂按设定掺量（误差 $\leq \pm 3\%$ ）在干拌阶段精准投放；集成温度、时间、投料状态等传感器，开发拌和过程信息监控模块，实时记录并上传关键工艺参数。

(4) 干法 SBS 改性沥青路面施工及质控技术研究

通过室内模拟，优化拌和温度、干拌时间、总拌和时间及压实工艺；建立以混合料动稳定度、冻融劈裂比、浸水马歇尔残留率等

为核心的质控指标体系；制定混合料质量控制方法，确保改性效果的可靠性。

（5）干法 SBS 改性沥青路面典型结构与材料设计

结合宝鸡重载交通与温差大特点，推荐适用于新建或养护工程的典型路面结构；开展不同级配、油石比及改性剂掺量下的配合比设计，确定最佳材料组合；通过路用性能验证，形成兼顾高温抗车辙、低温抗裂与耐久性的干法 SBS 改性沥青路面结构—材料一体化设计方案。

2. 技术关键

- （1）适用于本地基质沥青的高效速熔型干法 SBS 改性剂配方设计。
- （2）真实拌和条件下改性效果的量化与评价方法。
- （3）干法 SBS 改性沥青混合料本地化设计与质量控制标准。

3. 依托工程（依托工作）

本项目以 2023 年宝鸡 G344 线千阳县城至峰山（陕甘界）路面改造项目、2026 年普通国道大中修及预防性养护工程及路面改造工程为依托工程，开展干法 SBS 改性沥青技术的本地化验证与示范应用。依托工程位于陕西省宝鸡市管辖境内，属关中平原西部，气候四季分明，夏季高温可达 38℃ 以上，冬季低温可至 -12℃，年温差大，重载交通频繁。

二、考核指标

1.预期目标

- (1) 开发一种适用于宝鸡气候条件的干法 SBS 材料。
- (2) 实现 SBS 在拌和楼 1 分钟工况的速熔改性，改性沥青混合料性能满足有关规范要求。
- (3) 实现干法 SBS 改性剂投料设备本地界面、拌和楼控制室操作界面、远程网络客户端三者的一体化监控。
- (4) 成本相当的前提下，干法 SBS 的路面性能指标在满足现行规范要求的基础上，通过优化材料设计与施工工艺，有望在高温稳定性、水稳定性等关键指标方面实现一定幅度提升，并延长路面使用寿命。

2.主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

- (1)干法 SBS 改性剂的熔融速度比普通 SBS 提高 100 倍以上，可在不超过 60s 的拌合周期中迅速熔融，发挥改性效果。
- (2) 干法 SBS 改性剂用以普通沥青改性，各项指标均不低于传统 SBS 改性沥青技术要求，其中软化点大于 70℃ 以上。
- (3) 干法 SBS 改性沥青混凝土路面性能指标在满足现行规范要求的基础上，通过优化材料设计与施工工艺，有望在高温稳定性、水稳定性等关键指标方面实现一定幅度提升，并延长路面使用寿命。
- (4) 干法 SBS 改性剂与传统湿法改性沥青的工程造价相当。
- (5) 开发的自动化投料装备投料速度大于 3kg/s，投料误差小于 ±3%，具备异常自动报警功能。开发的监控系统实现对拌合楼生

产信息的无缝监控，包括外加干法 SBS 改性剂、沥青、各档矿料、矿粉及温度、时间等基础参数，并具有系统的生产统计分析功能。

(6) 干法 SBS 改性技术比湿法 SBS 沥青在全应用链条总的节能减排达到 90%以上，助力品质工程和绿色公路建设。

3.经济和社会效益

(1) 更好的管理可靠度。将 SBS 改性剂用量和基质沥青质量透明化，简化管理流程、提高工程可靠度。

(2) 节约养护资金。采用干法 SBS 技术的初次投资与优良的湿法 SBS 改性沥青成本基本相当，但可较好的延长路面维修周期。

(3) 具有集约管理效应。保障项目改性剂使用的统一、高品质供应，具有较好的集约管理效应。

(4) 为绿色公路建设提供重大支撑。减少了不必要的沥青中转运和多次高温加热，降低了能耗和排放。

4.成果提供形式

(1) 开发适用于宝鸡地区气候及常用石料和沥青的干法 SBS 材料,实现 SBS 干法改性工艺不低于湿法工艺的 SBS 改性沥青及改性沥青混合料性能指标。

(2) 建立干法 SBS 应用的工艺参数和试验方法体系。

(3) 制定干法 SBS 改性沥青路面应用技术标准和施工装备技术指南，填补宝鸡该领域的空白，总结形成干法 SBS 改性技术施工工艺及质量控制体系。

(4) 编写《干法 SBS 改性技术研究》报告；

(5) 编制《宝鸡干法 SBS 改性沥青路面施工技术指南》。

4. 其他考核指标

(1) 开展相关的宣传报道

(2) 开展相关的技术交流

三、项目年度计划内容及考核目标

年度	计划内容及考核目标（每栏限 125 字）
2026	1.开展宝鸡地区气候分析、原材料采样测试、干法 SBS 改性剂初筛及混合料室内性能预研。 2.完成路况调查、病害评估、养护方案比选。 3.完成干法 SBS 定制配方优化、最佳掺量与拌和参数标定。 4.在实验室模拟拌和条件下验证工艺稳定性。
2027	1.研发并安装自动投料装置及监控系统。确定试验段位置，完成拌和站检修、原材料储备。 2.调控干法 SBS 改性沥青混合料拌和温度、干拌时间等参数。 3.对干法 SBS 改性沥青混合料进行马歇尔、车辙等进行测试分析。 4.对试验段进行干法 SBS 改性沥青混合料施工作业。
2028	1.整理试验数据，编写项目结题报告，准备项目结题工作。

四、项目经费

项目总经费：39.6 万元

交通运输厅补助：19.6 万元

自筹资金：20 万元

经费支出预算表

科 目	总经费 (单位：万元)	厅补经费 (单位：万元)
(一) 直接费用	36.6	19.6
1. 设备费	8	0
(1) 购置设备费	0	0
(2) 试制设备费	3	0
(3) 设备改造与租赁费	5	0
2. 业务费	26.6	18.6
(4) 材料支出	10	9
(5) 测试化验实验加工支出	8	7
(6) 燃料及动力支出	0	0
(7) 差旅支出	3	2
(8) 会议支出	1.6	0.6
(9) 国际合作与交流支出	0	0
(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/ 印刷支出	2	0
(11) 其他支出	2	0
3. 劳务费	2	1
(12) 劳务性支出	0	0
(13) 咨询专家支出	2	1
(二) 间接费用	3	0
4. 管理费	2	0
5. 绩效支出	1	0
合 计	39.6	19.6

五、项目绩效目标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1.专利授权数（项）	0
		（1）授权发明专利	0
		（2）实用新型	0
		（3）外观设计	0
		2.软件著作权授权数（项）	0
		3.发表论文（篇）	1
		（1）其中 SCI 索引收录数	0
		（2）其中 EI 索引收录数	0
		（3）其他	1
		4.著作（部）	0
		5.制订标准数（项）	1
		（1）国际标准	0
		（2）国家标准	0
		（3）行业标准	0
		（4）地方标准	0
		（5）企业标准	0
		（6）科技报告	1
	其他成果	1.填补技术空白数	0
		（1）国际	0
		（2）国家	0
		（3）省级	0
		2.获奖项数	0
		（1）国家奖项	0
		（2）部、省奖项	0
		（3）地市级奖项	0
		3.其他科技成果产出	2
		（1）新工艺（或新方法模式）	0
		（2）新产品（含农业新品种）	1
		（3）新材料	0
		（4）新装备（装置）	1
		（5）平台/基地/示范点	0
		（6）中试线	0
		（7）生产线	0

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	其他成果	4. 研究开发情况	1
		（1）小试	是
		（2）中试（样品样机）	是/否
		（3）小批量	是/否
		（4）规模化生产	是/否
	人才引育	1. 引进高层次人才	0
		（1）博士、博士后	0
		（2）硕士	0
		2. 培养高层次人才	0
		（1）博士、博士后	0
		（2）硕士	0
		3. 培训从事技术创新服务人员（人次）	0
		4. 是否设立科研助理岗位	是
	产业化情况	1. 开放共享仪器设备数（台/套/只等）	0
		2. 科研仪器设备利用率（%）	0
		3. 孵化科技型企业（个）	0
		4. 转化科技成果（个）	0
效果类指标	经济效益	1. 新增产值（万元）	0
		2. 新增销售（万元）	0
		3. 新增出口创汇（万美元）	0
		4. 新增利润（万元）	0
	社会效益	1. 新增税收（万元）	0
		2. 新增就业人数	0
		3. 就业培训（人次）	0
		4. 带动农民增收（万元）	0
		5. 培训和指导科技服务（人次）	0
		6. 新增产业带动情况	0
		7. 技术集成示范（项）	0
		8. 建立示范基地（亩数）	0
		9. 节约资源能源	0
		10. 环保效益	0
其他需要说明的情况			

六、承担单位或研究人员分工

1.宝鸡路桥建设集团有限公司

作为项目牵头单位，负责将技术需求与工程实践紧密结合，主导项目的实施。

(1) 工程需求提出与总体协调。负责提出明确的本地化技术需求，统筹项目进度，管理配套经费，并负责与上级主管部门的协调沟通。

(2) 本地化基础数据提供与试验保障。主导并完成“宝鸡气候特征、沥青路面典型病害及原材料调研”的工作。负责提供本地气象、交通、历史工程及病害普查数据，组织采集本地原材料样本，并协调依托工程现场。

(3) 工程示范与施工组织实施。负责“干法 SBS 改性沥青路面施工及质控技术研究”的现场实施。组织试验段的铺筑，协调施工设备、人员，确保研发的工艺与工法在现场得以严格执行和验证。

(4) 技术验证与规模化推广。负责对研发的新材料、新工艺进行工程适用性评估和长期性能观测。推动成熟技术在宝鸡地区养护与新建工程中的规模化应用。

2.西安公路研究院有限公司

主要负责提供理论支撑、技术创新与系统解决方案，保障项目的技术先进性与科学性。

(1) 核心技术研发与攻关。主导“适用于宝鸡的干法 SBS 改性材料定制开发”和“干法 SBS 改性技术专用施工装备及拌合站生产

信息监控系统”的研发工作。

（2）室内试验与深度分析。负责核心室内试验，包括原材料深度性能分析、改性剂微观机理研究、混合料配合比设计及全面的路用性能验证试验，提供数据支撑。

（3）设计方法与标准制定。主导“干法 SBS 改性沥青路面典型结构与材料设计”研究，提出优化结构组合与一体化设计方法。

（4）技术培训与决策支持。为现场施工提供全程技术指导与人员培训，参与解决施工中遇到的技术难题，为项目重大技术决策提供专业建议。



七、项目参加人员表

项目承担单位：宝鸡路桥建设集团有限公司 参与单位（排序）：西安公路研究院有限公司							
项目负责人							
序号	姓名	出生年月	工作单位	职称/职务	专业	在项目中担任具体工作	签名
1	程小平	1977.06	宝鸡市公路局	副高级工程师	路桥	项目负责	程小平
主要研究人员							
2	冯军科	1968.10	宝鸡市公路局	副高级工程师	路桥	项目指导	冯军科
3	田广安	1974.03	宝鸡市公路局	副高级工程师	路桥	技术负责	田安
4	薛培杰	1979.09	宝鸡市公路局	副高级工程师	路桥	技术负责	薛培杰

5	王致翔	1980.08	宝鸡路桥建设集团有限公司	副高级工程师	路桥	技术负责	王致翔
6	赵亚强	1980.09	宝鸡路桥建设集团有限公司	副高级工程师	路桥	技术负责	赵亚强
7	夏毓翔	1983.07	宝鸡市公路局	副高级工程师	路桥	质量检测负责	夏毓翔
8	穆宏升	1978.07	宝鸡市公路局	中级	路桥	试验负责	穆宏升
9	邓蓉	1988.07	宝鸡路桥建设集团有限公司	助理工程师	路桥	试验数据分析	邓蓉
10	刘建华	1985.06	宝鸡路桥建设集团有限公司	中级工程师	路桥	试验数据验证	刘建华
11	张娇	1987.07	宝鸡市公路局	中级工程师	路桥	施工技术资料收集	张娇
12	黄婉青	1990.10	宝鸡路桥建设集团有限公司	助理工程师	路桥	施工工艺参数优化	黄婉青
13	张晓琼	1992.08	宝鸡路桥建设集团有限公司	助理工程师	路桥	施工工艺参数优化	张晓琼

14	向豪	1984.8	西安公路研究院有限公司	正高工	公路工程	干法 SBS 研制	
15	翟一潼	1997.7	西安公路研究院有限公司	助理工程师	材料工程	干法 SBS 研制	

八、信息表

项目合同编号		25-76k		密级		/		A: 机密 B: 秘密 C: 内部		
项目名称		干法 SBS 改性技术研究								
项目实施所在地		陕西宝鸡		起止年限		2026 年 3 月至 2028 年 3 月				
总 经 费		39.6		厅 拨		19.6				
第一承担单位	单位名称	宝鸡路桥建设集团有限公司								
	所在地	陕西省宝鸡市						代码		
	通讯地址	陕西省宝鸡市渭滨区火炬路东段 13 号						邮编	721006	
	单位性质	(3) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其他						代码		
参与单位	序号	单 位 名 称								
	1	西安公路研究院有限公司								
	2									
	3									
项目负责人		姓 名	程小平		性别 (1) 1.男 2.女		出生年份		1977.6	
		学 历	(2) 1.研究生 2.大学 3.大专 4.中专 5.其他							
		职 称	(1) 1.高级 2.中级 3.初级 4.其他							
		联系电话	13992793169/0917-3305135		电子邮箱		/			
项目联系人		姓名	黄婉青		性别		女			
		联系电话	18691728659/0917-3300253		电子邮箱		313276267@qq.com			
项目组人数		15	高级	8	中级	3	初级	4	其他	0
主要研究内容 (100 字以内)		基于宝鸡本地气候与原材料, 定制干法 SBS 改性剂, 研发智能投料与监控系统, 建立质控与标准, 设计典型路面结构, 开展技术经济性对比, 通过试验段验证, 形成成套应用技术指南。								
成果属性		D、F	A: 新技术 B: 新工艺 C: 新材料 D: 新产品 E: 软科学 F: 装备 G: 其他							
成果形式		A、B、D	A: 专著、论文 B: 样机、样品 C: 试验工程、产品 D: 示范工程 E: 产品 F: 其他							

九、共同条款

合同各方应共同遵守《陕西省交通运输厅科研项目管理办法》。

1.合同执行过程中，乙方如需修改合同某项条款，应向甲方提出变更内容及理由的申请报告，经甲方审核同意后实施。未接到正式批准以前，双方仍须按原合同条款履行，否则后果由自行修改条款的一方负责。

2.乙方因任何主观或客观原因（如：与大纲评审内容有出入，挪用经费、技术措施或某种条件不落实等）致使计划无法执行而要求解除合同的，需取得甲方书面同意且应视不同情况，部分或全部退还所拨经费；出现上述情况的，甲方有权单方解除本合同且视不同情况要求乙方部分或全部退还所拨经费。

3.乙方的厅补助经费及自筹经费应按国省有关科研经费使用范围开支。

4.项目执行过程中，甲方提出变更合同有关内容时，要与乙方协商达成书面协议。

5.项目完成后，乙方必须按要求向甲方提交一套真实、完整、详细的技术资料及样机，并提出项目验收申请报告，由甲方审查后组织验收。

6.合同正本一式捌份，甲方单位伍份，承担单位叁份。

7.本合同经双方签章后生效，规定内容执行完毕后自然失效。

十、合同签约各方

合同甲方：

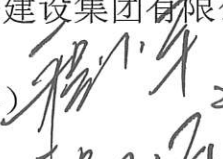
陕西省交通运输厅

负责人：（签字） 2026 年 3 月 27 日

联系人：（签字） （公章）

电 话：029-88869067

合同乙方：宝鸡路桥建设集团有限公司

单位负责人：（签字） 2026 年 3 月 27 日

项目负责人：（签字） （公章）

电 话：0917-3305135

财务负责人：（签字）

账 户 名：宝鸡路桥建设集团有限公司

开户银行：招商银行股份有限公司宝鸡分行营业部

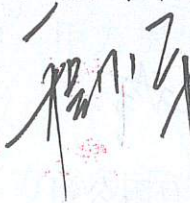
账 号：918900561210801

陕西交通科技项目科研诚信 承诺书

本单位承诺在科研项目实施过程中，遵守科学道德和科研诚信要求，严格执行《陕西省交通运输厅科研项目管理办
法》的规定和科技项目合同书约定，保证所提交材料的真实性，确保专款专用。如违背以上承诺，愿意承担相关责任，并同意主管部门将相关失信信息记入公共信用信息系统。

项目承担单位：宝鸡路桥建设集团有限公司（盖章）

项目负责人：



2026 年 3 月 27 日

项目编号: 25-76K

2025年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称: 干法 SBS 改性技术研究

申请单位: (盖章) 宝鸡路桥建设集团有限公司

联系人: 黄婉青

电话: 18691728659



陕西省交通运输厅制

2026 年 3 月

目 录

一、项目研究的背景和必要性	1
1.1 项目背景.....	1
1.2 研究目的.....	2
1.3 项目概括.....	3
1.4 市场需求前景或推广应用领域.....	4
1.4.1 市场需求前景.....	4
1.4.2 推广应用领域.....	4
1.4.3 推广策略与展望.....	5
1.5 达到的技术水平及在国民经济发展中的作用.....	5
1.5.1 达到的技术水平.....	5
1.5.2 在国民经济发展中的作用.....	6
二、前期科研及工作基础	7
2.1 国内外研究现状.....	7
2.1.1 干法（直投式）改性剂研究.....	7
2.1.2 干法 SBS-T 改性效果及影响因素研究.....	9
2.1.3 存在的问题.....	9
2.2 项目前期科研及现有工作条件.....	11
2.2.1 项目的支撑条件.....	11
2.2.2 已有的研究基础.....	12
2.2.3 现有的试验手段（设施设备）	13
2.2.4 研究人员情况及协作条件.....	14
三、实施方案	14
3.1 拟解决的关键问题.....	14
3.2 主要研究内容及实施方案.....	15
3.3 技术路线.....	15
3.3.1 研究技术方案.....	15
3.3.2 工作流程.....	17

3.3.3 后续技术改造或基本建设计划的衔接.....	18
3.3.4 有关技术经济指标.....	19
四、项目承担单位及参加单位概况	19
4.1 单位概况.....	19
4.1.1 宝鸡路桥建设集团有限公司.....	19
4.4.2 西安公路研究院有限公司.....	21
4.2 技术力量及人员构成.....	22
4.3 各自承担的主要工作.....	22
4.4 项目主要负责人情况.....	23
五、项目依托工程情况及其他必要支撑条件	24
5.1 依托工程概况.....	24
5.1.1 工程基本信息.....	24
5.1.2 工程技术特点.....	24
5.2 投资来源.....	25
5.3 工程进度与项目科研进度的配合.....	25
5.4 组织管理形式.....	26
六、项目经费估算及资金筹措情况	27
七、项目绩效指标	28
八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益	30
8.1 项目预期目标（项目的考核目标）	30
8.2 提交的研究成果及其形式.....	30
8.3 经济、社会、环境效益分析.....	30
九、其它需要说明的问题	32
十、申请单位意见	32

一、项目研究的背景和必要性

1.1 项目背景

我国传统的 SBS 成品改性沥青在公路行业使用范围广泛，应用效果总体良好，其成熟的技术体系和稳定的性能为大规模公路建设提供了重要保障。但随着对路面耐久性和工程质量要求的日益提升，传统湿法 SBS 改性工艺也逐渐暴露出一些与新时期“品质工程”和“绿色公路”建设要求不相适应的技术与管理难题：

1.技术层面：湿法工艺需在工厂将 SBS 改性剂与基质沥青预混，经历长达 10 小时的高温剪切、溶胀与发育过程，成品改性沥青在储存、运输中易发生 SBS 离析、热老化与性能衰减，导致路面实际使用寿命缩短。

2.管理层面：湿法改性沥青的生产过程不透明，难以实时监控改性剂掺量、基质沥青质量及工艺参数，易出现“指标调配化”现象，影响路面工程质量与耐久性。

3.经济环保层面：湿法工艺能耗高、占地大，且涉及多次沥青加热与长途运输，碳排放与环境污染问题突出。

为突破湿法改性技术瓶颈，干法 SBS 改性技术应运而生。该技术将速熔型 SBS 改性剂直接投入沥青拌和楼，与集料、基质沥青同步拌和，在 1 分钟内实现 SBS 的快速熔融与网络化分散，直接生产出高性能改性沥青混合料。干法技术具有以下显著优势：

a.工艺简化：省去成品改性沥青的预制、储存与运输环节，实现“拌和楼直投、现场改性”，大幅缩短工艺链条。

b.性能稳定：避免沥青在储存过程中的老化与离析，保证改性效果的一致性，提升路面长期服役性能。

c.质量可控：通过智能化投料与监控系统，实现改性剂掺量、拌和参数的全过程透明化管理，从源头保障工程质量。

d.节能环保：减少沥青重复加热与长途运输，降低能耗与碳排放，符合绿色公路建设理念。

目前，干法 SBS 改性技术已在山东、江苏、河南等地开展工程示范，表现

出良好的路用性能与经济环保效益。然而，该技术在宝鸡地区的应用仍缺乏系统研究。宝鸡地处关中平原西部，属暖温带半湿润季风气候，年平均气温 13.5℃，极端最高气温 38.5℃，极端最低气温-12.5℃，年平均降水量 600mm，温差大、重载交通占比高，对路面高温抗车辙性能要求高。目前，宝鸡地区沥青路面在高温季节易出现车辙，低温季节易出现裂缝，且现有市售干法 SBS 改性剂多为通用型产品，未针对宝鸡地区常用基质沥青组分、集料岩性及气候分区进行适配性设计，直接应用可能导致改性效果不达预期或成本偏高。2023 年宝鸡市国省干线公路养护数据显示，传统湿法 SBS 改性沥青路面平均维修周期仅 3.5 年，远低于设计寿命，亟需开展干法 SBS 改性技术的本地化应用研究，以解决当前路面性能不稳定、质量监管难、能耗高等突出问题。

因此，本项目拟围绕宝鸡地区干线公路建设与养护实际，系统开展干法 SBS 改性材料定制开发、工艺优化、装备集成与质量控制体系研究，旨在形成适用于本地条件的干法 SBS 改性沥青路面成套技术，为提升宝鸡地区沥青路面耐久性、推动行业技术升级与绿色发展提供科技支撑。

1.2 研究目的

本项目旨在系统开展干法 SBS 改性沥青技术在宝鸡地区高等级公路工程中的适应性与工程化应用研究，解决当前湿法 SBS 改性工艺存在的离析风险高、质量监管难、能耗大、成本高及施工复杂等突出问题。具体研究目的包括：

1.验证干法 SBS 改性技术的路用性能可行性。通过室内试验，系统评价采用本地常用基质沥青、集料及气候条件下的干法 SBS 改性沥青混合料在高温稳定性、低温抗裂性、水稳定性、抗疲劳性能等方面的技术指标，明确其是否满足或优于现行规范对湿法 SBS 改性沥青混合料的性能要求。

2.优化干法 SBS 改性剂配方与掺加工艺。结合宝鸡地区原材料特性（如基质沥青组分、集料岩性等），筛选并优化适用于干法工艺的 SBS 改性剂类型、官能化处理方式、粒径分布及最佳掺量，确定高效、稳定的现场拌和参数（如拌和温度、时间、投料顺序等）。

3.研发适配的精准投料与拌和技术装备。针对现有沥青拌和楼结构，开发或改进适用于干法 SBS 改性剂自动计量、均匀投放及快速熔融分散的配套装置，

提升施工过程的自动化、标准化水平，保障改性效果的一致性与可重复性。

4.构建全过程质量控制与评价体系。建立从改性剂进场检验、拌和过程监控到成品混合料性能验证的全流程质量控制方法，形成适用于干法 SBS 技术的地方性技术指南或施工规范建议稿，为工程推广应用提供标准支撑。

5.开展干法 SBS 改性剂质量控制与检测标准研究。结合干法改性剂的材料组成与工程应用特点，研究适用于干法 SBS 改性剂的质量检测方法与控制指标体系，包括粒径分布、熔融指数、热稳定性及分散性等指标，并提出相应的检测方法建议，为工程应用提供质量控制依据。

6.评估干法技术的经济性与环境效益。对比分析干法与湿法 SBS 改性技术在材料成本、设备投入、能源消耗、碳排放及全生命周期维护费用等方面的差异，量化其在节能减排、降本增效方面的优势，为政策制定和工程决策提供依据。

通过上述研究，最终形成一套技术可靠、经济合理、绿色低碳、适合宝鸡乃至类似气候与资源条件地区的干法 SBS 改性沥青成套应用技术体系，推动沥青路面改性技术向更高质量、更可持续方向发展。

1.3 项目概括

本项目旨在针对宝鸡地区国省干线公路沥青路面因传统湿法 SBS 改性工艺导致的性能不稳定、质量监管难、能耗高等问题，开展干法 SBS 改性技术的本地化应用研究。通过将速熔型 SBS 改性剂直接投入沥青拌和楼，实现现场快速改性，避免沥青储存老化与离析，提升施工过程透明化与质量控制水平。

研究将系统分析宝鸡气候与材料特性，定制开发适配的干法 SBS 改性剂；研发配套自动化投料设备与生产监控系统；优化施工工艺与质量控制体系；形成适用于本地区的干法 SBS 改性沥青路面材料设计、施工及验收成套技术。项目预期实现 SBS 在 1 分钟内速熔改性，路面性能指标在满足现行规范要求的基础上，通过优化材料设计与施工工艺，有望在高温稳定性、水稳定性等关键指标方面实现一定幅度提升，并延长路面使用寿命。为宝鸡地区沥青路面耐久性提升和绿色公路建设提供技术支撑。

1.4 市场需求前景或推广应用领域

1.4.1 市场需求前景

1.解决行业痛点，顺应质量管理升级需求。当前，我国改性沥青市场因湿法工艺存在的“指标调配化”、存储离析、性能衰减等问题，严重制约路面寿命与工程质量。随着交通建设从“规模扩张”向“品质提升”转型，行业对材料性能稳定性、施工过程可追溯、质量管控透明化的需求日益迫切。干法 SBS 技术通过“现场直投、实时改性”，从根本上杜绝了改性沥青的中间环节质量变异，符合当前工程质量管理向全过程、数字化、精细化发展的趋势。

2.响应绿色低碳发展政策。干法工艺省去了改性沥青工厂生产、长途运输及多次加热环节，可降低全链条能耗 90%以上，显著减少碳排放，符合国家“双碳”战略与交通运输领域绿色公路建设要求。在环保政策趋严、能耗约束加强的背景下，该技术具有明显的政策适配性与推广优势。

3.提升路面耐久性，降低全寿命周期成本。干法 SBS 改性沥青混合料性能更稳定，可显著提高路面抗车辙、抗裂、抗水损害能力，延长路面使用寿命 20%以上，减少养护频率与资金投入。在公路养护资金紧张、长效服役要求提升的现状下，该技术具有突出的经济性与长效性价值。

1.4.2 推广应用领域

1.高等级公路新建与改扩建工程。适用于高速公路、国省干线等高等级公路沥青路面上面层、中面层，尤其在重载交通、高温多雨、大温差地区具有显著性能优势，可全面提升路面耐久性与服务水平。

2.城市道路与市政基础设施。可用于城市主干道、快速路、机场跑道、港口道路等对路面性能要求高、施工质量控制严格的场景，适应城市道路频繁启停、渠化交通等复杂受力环境。

3.公路预防性养护与大中修工程。在路面铣刨重铺、超薄罩面、预防性养护等工程中，干法 SBS 技术可便捷实现高性能改性层的快速施工，提高养护质量，延长维修周期。

4.特殊路段与重要结构物铺装。适用于长大纵坡、交叉口、桥面铺装、隧道沥青路面等特殊路段，其优异的高温稳定性和抗疲劳性能可有效应对复杂受力与恶劣环境。

5.绿色公路与智慧工地建设示范。该技术可与拌和站信息化监控系统（“黑匣子”）结合，实现施工全过程数据可追溯，符合智慧工地、品质工程的建设要求，适用于各类示范工程与标杆项目。

6.区域材料产业升级与集约化供应。可在宝鸡乃至陕西省构建以“基质沥青+干法改性剂”为核心的集约化、透明化沥青路面材料供应链，推动地方交通建材产业向绿色、高效、高附加值方向转型。

1.4.3 推广策略与展望

本项目成果可在宝鸡地区依托工程先行示范，形成可复制、可推广的技术体系与管理模式。随后可逐步向陕西省内类似气候、材料条件的区域拓展，并进一步面向全国，尤其适用于改性沥青质量管控难、环保要求高、养护压力大的地区。该技术的推广应用，将有力推动我国沥青路面材料与技术体系的供给侧改革，为交通基础设施高质量发展提供关键技术支撑。

1.5 达到的技术水平及在国民经济发展中的作用

1.5.1 达到的技术水平

本项目通过系统研究干法 SBS 改性沥青的材料适配性、工艺控制参数、配套装备开发及质量评价体系，将实现以下技术突破与水平提升。

1.形成具有自主知识产权的干法 SBS 改性成套技术。形成具有自主知识产权的干法 SBS 改性成套技术。本项目将通过对比分析，明确干法 SBS 改性技术与湿法 SBS 改性技术在技术指标、经济效益、环保效益等方面的差异，技术指标包括动稳定度、低温弯曲应变、冻融劈裂强度比等，经济效益包括材料成本、设备投入、能源消耗等，环保效益包括碳排放、能耗等。与国内外同类技术相比，本项目形成的干法 SBS 改性技术在以下方面具有优势：工艺简化、性能稳定、质量可控、节能环保。整体技术达到国内先进水平，部分关键指标（如 60s 内快速熔融分散效率、混合料性能稳定性）达到行业领先水平。

2.实现改性沥青“现场化、透明化、标准化”生产。通过精准投料装置与智能拌和控制系统的集成，确保改性剂掺量误差 $\leq \pm 1\%$ ，混合料性能变异系数显著低于湿法工艺，从根本上解决质量监管难题，推动沥青路面施工由“经验型”向“精准可控型”转变。

3.构建绿色低碳筑路技术新模式。相比传统湿法工艺，干法 SBS 可降低综合能耗 15%以上，减少碳排放 20%左右，且无需溶剂或稳定剂，无储存离析风险，符合国家“双碳”战略和绿色交通发展要求，技术路线具备可持续性和可复制性。

4.推动地方标准建设。项目成果将为陕西省特别是宝鸡地区提供首套干法 SBS 改性沥青应用技术指南，有望支撑地方标准或技术规程的制定，提升区域道路工程科技水平和产业竞争力。

1.5.2 在国民经济发展中的作用

本项目的研究与推广应用，将对国民经济持续健康发展，尤其是对交通运输领域提质增效、产业升级与绿色发展，发挥以下重要作用。

1.提升基础设施耐久性与服役寿命。高性能干法 SBS 改性沥青可显著增强路面抗车辙、抗开裂和抗水损害能力，延长道路大修周期，降低全生命周期养护成本，为国家交通基础设施“高质量、长寿命、低维护”目标提供技术支撑。

2.促进公路建设绿色转型与节能减排。项目推广后，可在全省乃至全国范围内减少改性沥青工厂建设需求，降低能源消耗与温室气体排放，助力交通运输领域落实“碳达峰、碳中和”国家战略，推动绿色建造产业升级。

3.强化工程质量管控与行业治理能力。通过材料用量透明化、施工过程数字化，有效遏制改性沥青市场乱象，提升政府监管效能和工程建设公信力，为构建“阳光工程、廉洁工程”提供技术保障。

4.带动新材料与智能装备产业发展。干法 SBS 改性剂的研发与生产将催生新型高分子改性材料产业；配套的自动投料、在线监测等智能拌和技术装备需求，也将拉动本土智能制造企业发展，形成“材料—装备—施工”一体化产业链。

5.服务区域协调发展与乡村振兴战略。该技术特别适用于西部、山区、县域及农村公路等资源受限地区，降低高性能路面建设门槛，提升偏远地区交通基础设施水平，助力城乡融合与区域协调发展。

综上所述，本项目不仅在技术层面实现干法 SBS 改性沥青的工程化突破，更将在推动交通基础设施高质量发展、促进绿色低碳转型、提升行业治理水平和带动相关产业发展等方面发挥积极而深远的作用，具有显著的社会效益、经济效益和战略价值。

二、前期科研及工作基础

2.1 国内外研究现状

2.1.1 干法（直投式）改性剂研究

干法改性工艺与湿法改性工艺截然不同，其作用机理也不同。而沥青改性机理一直是路面材料工程领域的研究热点。微观宏观结合的方法可以有效观察沥青和改性剂之间的交联关联，并且早在 1965 年，美国学者将使用最广泛的热塑性弹性体 SBS 首次应用于沥青改性^[1-2]。近年来，国内学者在这一领域有了众多研究^[3-9]。

在直投式改性剂方面，直投式改性沥青起源于欧洲，在 21 世纪初期芬兰、意大利、法国等均开始使用该技术^[10]。目前，国外直投式改性剂有：法国的 PR-modlue，德国的 Duroflex，日本的 TPS。赵毅等^[11]选用 PR-module 外掺剂制备改性沥青混合料，通过马歇尔试验、劈裂试验、静态抗压回弹模量试验等试验研究其制备工艺参数和力学性能。Duroflex 颗粒中含有纤维素，可以提升沥青混合料的稳定性，并且成钢等针对拌和时间对掺 Duroflex 沥青混合料的高温稳定性能的影响进行了研究^[12]。陈瑶等 60℃粘度为指标，研究了不同 TPS 掺量对两种基质沥青的改性效果，研究结果推荐 TPS 掺量(质量分数)为 14%~16%，此时改性沥青胶结料的 60℃黏度增长迅速^[13]。此外，Pedro Lastra-González 等^[14]人通过添加四种聚合物废料：来自微粉容器的聚乙烯（PE），来自地盖的聚乙烯（PP），来自吊架的聚苯乙烯（PS），来自报废轮胎的橡胶（ELT），通过干法改性制成改性沥青混合料，并且分析了他们的各项性能。

在国内，近年来也对直投式改性剂领域进行了研究。王正同等^[15]人试验结果表明直投式 SBS 改性沥青各项技术要求符合标准，个别指标优于湿法改性。崔红兵^[16]介绍了国内外直投式改性沥青的作用机理和技术特点，并且以阿拉善地区为例，分析了直投式改性沥青的优势。储怡^[17]分析了沥青混合料生产中使用直投式改性剂的作用机理，提出了熔化、粘性流动、熔体混合三个阶段。段现彪等^[18]指出干法改性工艺能简化沥青混合料的生产过程，并有显著的经济效益和社会效益。

目前，市场上有多种干法 SBS 改性剂在售，如北京布敦科技发展有限公司

生产的沥青普适改性剂 SPII（干法 SBS）；如汪洪兵^[19]基于内润滑原理，将 SBS 改性剂、石油树脂、增溶剂通过“力化学缔合作用”在双螺杆挤出机制成的直投式 SBS 改性剂；如辽宁省交通科学研究院研发的“路宝”直投式改性剂；如上海浦东路桥沥青材料有限公司研发的 RST 直投式高黏度改性剂；国路高科（北京）工程技术研究院有限公司生产的速溶型直投式 SBS-T 改性剂等，已经在山东、江苏、河南、新疆、河北、湖北等 10 多省市示范应用，并携中国创造融入一带一路海外工程，取得了良好的工程效果。

干法 SBS-T 改性剂在材料设计方面主要原材料为粒径小于 200 目的 SBS 改性剂，辅助以乙烯-醋酸乙烯共聚物（EVA）、环烷油、相容剂和抗氧化剂^[20]等经混合、熔融、造粒/切割并通过双螺杆挤出机挤压制成^[21]。在快速熔融机理方面：一般认为 EVA 和沥青的溶解度参数非常接近，可以改善 SBS 与沥青相容性不好的弱点^[20-21]。EVA 具有短的极性醋酸基支链，降低了聚合物的结晶度，增加了聚合物的极性，被认为能够提高改性沥青的储存稳定性^[22-23]。其“速熔改性”的核心机理与加快熔融速度的关键技术主要包括 4 个核心维度，首先是预溶胀复合体系构建关键技术：通过双螺杆挤出过程中 160-180℃ 高温强剪切作用，使 SBS 与 EVA、环烷油、相容剂等助剂预先完成深度共混与预溶胀，形成“核-壳”型亚微观复合结构，打破 SBS 分子链的缠结，降低其熔融活化能，使 SBS 在拌和工况下的熔融速率较普通 SBS 提升 100 倍以上。其次是粒径与孔隙率精准调控关键技术：通过双螺杆挤出造粒工艺优化，制备粒径 0.3-1.0mm 的多孔结构颗粒，较传统造粒方式比表面积提升 3 倍以上，可在投入拌缸后与 170℃ 以上热集料充分接触，实现极速吸热升温，大幅缩短熔融时间。第三是相容性优化关键技术：引入与基质沥青溶解度参数匹配的 EVA 接枝相容剂，其极性醋酸基支链可同时与 SBS 分子链、沥青质组分形成强相互作用，解决 SBS 与沥青相容性差的问题，避免熔融后出现团聚，实现快速均匀分散。最后是熔融速率协同调控关键技术：复配高闪点环烷油与降黏助剂，降低 SBS 熔体的粘度，促进其在高温拌和过程中的分子链扩散与缠结，在 60s 拌和周期内即可完成熔融、分散并与沥青形成连续的网络改性结构，实现与湿法工艺等效甚至更优的改性效果。在干法 SBS 改性沥青混合料的拌和工艺方面：基本沿用普通沥青混合料的拌和工艺，增加了 5s~10s 的干法 SBS 改性剂与集料的干拌时间^[24-25]。

2.1.2 干法 SBS-T 改性效果及影响因素研究

能否对干法 SBS-T 改性剂在沥青混合料拌和中的改性效果进行量化是研究的关键所在，分析国内外相关资料发现，涉及分析干法 SBS-T 改性剂改性效果的资料非常少，但关于湿法 SBS 改性剂改性机制与改性效果的文献则较多。

王静^[26]以 SBS-T 改性剂、70#沥青为基础进行了试验室及实体工程应用研究，对比湿法改性效果指出直投式改性技术具有广阔的推广前景。苏登信^[27]以 SBS-T 为原料，研究了其对不同油源的基质沥青针入度指标体系性能的影响，确定了 SBS-T 改性剂的最佳掺量，进而研究了 SBS-T 改性沥青混合料的路用性能和疲劳性能。徐宁^[28]研究了干法改性剂在不同干拌温度和时间条件下在集料上的分散情况，并且用目测法进行了观察。范宇^[29]对改性沥青荧光显微图像进行了量化处理，对比研究了 SBS-T 在沥青中面积占比随掺量变化关系和 SBS 溶胀倍数随剪切时间的变化关系。目前研究发现，主要通过观察拌和后改性剂的颗粒残留情况来判定其分散性及熔融效果。并采用改性沥青及改性沥青混合料的宏观指标来评价干法 SBS 改性剂的作用效果。

一般采用干法 SBS 改性沥青混合料的浸水马歇尔试验残留稳定度比、冻融劈裂试验残留强度比和动稳定度等沥青混合料技术指标进行间接评价，同时采用和湿法改性沥青制备工艺（剪切+溶胀）相同的方法制备干法 SBS 改性沥青试样，测试针入度、软化点和延度等技术指标进行直接评价^[24]。同时，许多学者依据技术指南中的拌合工艺对干法改性剂的改性效果进行了研究，但是，值得注意的是，干法 SBS 改性剂在实际使用工程中并没有经过剪切作用，所以当前相关标准采用的干法 SBS 改性沥青制备方法的合理性有待进一步验证。

2.1.3 存在的问题

（1）改性效果量化与微观机理研究薄弱，缺乏直接、精准的评价手段。目前研究多集中于宏观性能对比，或沿用湿法评价体系间接评价。针对干法工艺特有“拌和楼瞬时改性”过程的微观形态演变、网络形成效率及其与宏观性能的量关联研究仍非常缺乏。

（2）施工过程质量监控与智能管控体系尚未建立。现有研究多集中于材料本身，但对于如何保障干法 SBS 改性剂在大规模施工中投料的精确性、拌和的均匀性以及全过程的质控追溯关注不足。

(3) 材料适配性与长期性能缺乏区域化指导。尽管 SBS-T 等产品已在多省应用,但其与宝鸡地区主流基质沥青和典型集料的适配性规律缺乏系统研究。干法 SBS 改性沥青混合料在宝鸡特定气候(温度、降水)循环下的长期耐久性、抗老化与抗疲劳性能数据匮乏,制约了其基于寿命周期的设计和推广。

参考文献

- [1] Office J E, Chen J, Dan H, et al. new innovations in pavement materials and engineering: A review on pavement engineering research 2021[J]. Journal of Traffic and Transportation Engineering (English Edition), 2021, 8(6): 815-999.
- [2] 《中国公路学报》编辑部.中国路面工程学术研究综述·2020[J].中国公路学报, 2020, 33: 1-66.
- [3] Zhang W, Qiu L, Liu J, et al. Modification mechanism of C9 petroleum resin and its influence on SBS modified asphalt[J]. Construction and Building Materials, 2021, 306: 124740.
- [4] Chen M, Geng J, Xia C, et al. A review of phase structure of SBS modified asphalt: Affecting factors, analytical methods, phase models and improvements[J]. Construction and Building Materials, 2021, 294: 123610.
- [5] Xu S, Fan Y, Feng Z, et al. Comparison of quantitative determination for SBS content in SBS modified asphalt[J]. Construction and Building Materials, 2021, 282: 122733.
- [6] 孟勇军, 范柳鹏, 陈菁,等. 废旧电池粉末改性沥青的微观特性及其性能[J]. 中国公路学报, 2021, 34: 34-44.
- [7] 李添帅,陆国阳, 梁栋, 等. 聚氨酯前驱体基化学改性沥青及其改性机理[J]. 中国公路学报, 2021, 34: 45-59.
- [8] 宋亮, 王朝辉, 舒诚, 等. SBS/胶粉复合改性沥青研究进展与性能评价[J].中国公路学报, 2021, 34: 17-33.
- [9] 崔亚楠, 崔树宇, 郭立典. 废机油再生 SBS 改性沥青的性能及机理[J]. 建筑材料学报, 2022, 25: 164-170.
- [10] Perret J, Dumont A-G, Turtshy J-C. Assessment of Resistance to Rutting of High Modulus Bituminous Mixtures Using Full-Scale Accelerated Loading Tests[C]. Proceedings of the 3rd EU asphalt and European Congress, 2004.
- [11] 赵毅, 梁乃兴,秦旻,等. PR-Module 改性沥青混合料力学性能[J]. 长安大学学报(自然科学版), 2015, 35: 32-40.
- [12] 成钢, 曹恒涛, 高林, 等. 拌合时间对掺 Duroflex 抗车辙剂沥青混合料高温稳定性的影响[J].长沙理工大学学报, 2014, 11: 9-13.
- [13] 陈瑶, 谭忆秋, 陈克群. TPS 改性剂对高粘沥青性能的影响[J].哈尔滨工业大学学报, 2012, 44: 82-85.
- [14] Lastra-González P, Calzada-Pérez M A, Castro-Fresno D, et al. Comparative analysis of the performance of asphalt concretes modified by dry way with polymeric waste[J]. Construction and Building Materials, 2016, 112: 1133-1140.
- [15] 王正同, 刘长革, 赵亚男等. 直投式 SBS 改性剂路用性能研究[J].公路交通科技(应用技术版), 2016, 12: 90-92.
- [16] 崔红兵.直投式沥青混合料改性技术在沥青混凝土路面施工中的推广应用[J]. 内蒙古公路与运输, 2016: 6-9.

- [17] 储怡.直投式改性剂作用机理及生产控制指标探讨[J].公路, 2011: 157-159.
- [18] 段现彪,高志平,杨小叶,等.干法 LM-S 和湿法 SBS 改性沥青混合料路用性能对比研究[J].公路, 2019, 64: 245-247.
- [19] 汪红兵.直投式 SBS 改性剂及其制备方法: CN103509358B[P]. 2016-05-25.
- [20] 唐国奇.一种直投式速溶型 SBS 改性剂及其制备方法和应用:CN201510024069.2 [P]. 2015-06-03
- [21] 王立志.一种直拌式 SBS 改性剂及其制备方法: CN201510178483.9 [P]. 2016-11-23.
- [22] Polacco G, Stastna J, Biondi D, et al. Relation between polymer architecture and nonlinear viscoelastic behavior of modified asphalts[J]. Current opinion in colloid & interface science, 2006, 11(4): 230-245.
- [23] Zhang W, Ding L, Jia Z. Design of SBS-modified bitumen stabilizer powder based on the vulcanization mechanism[J]. Applied Sciences, 2018, 8(3): 457.
- [24] Zhang W, Jia Z, Zhang Y, et al. The effect of direct-to-plant styrene-butadiene-styrene block copolymer components on bitumen modification[J]. Polymers, 2019, 11(1): 140.
- [25] 国路高科(北京)工程技术研究院有限公司.公路干法 SBS 改性沥青路面技术指南(T/CHTS 20003-2018) [S].北京,人民交通出版社,2018.
- [26] 王静.直投 SBS 改性技术在实体工程中的应用研究[J].中外公路, 2017, 37: 253-256.
- [27] 苏登信.干法 SBS 改性剂的适用性及改性沥青混合料性能研究[J].新型建筑材料, 2020, 47: 84-88+102.
- [28] 徐宁.湿法和干法 SBS 改性沥青混合料路用性能及改性机理对比研究[D].西安: 长安大学, 2019.
- [29] 范宇.干法 SBS 改性沥青微观结构及其混合料路用性能研究[D].南京: 南京航空航天大学, 2020.

2.2 项目前期科研及现有工作条件

2.2.1 项目的支撑条件

本项目的实施具备坚实且全面的支撑条件,涵盖硬件设备、技术积累、工程依托、产学研团队等多个关键维度,能够充分保障研究内容的顺利开展与项目目标的圆满完成。

1.完备的硬件设备与试验平台。拥有成套的常规沥青试验设备、沥青混合料试验设备,可完成改性剂开发、沥青性能评价及混合料全指标验证。实验室配备小型沥青混合料拌和机,可精准模拟现场拌和工况,用于优化干法 SBS 投料顺序、干拌/湿拌时间等关键参数。合作单位还提供中试级拌和设备,支持放大验证。

2.专业的科研团队。项目依托单位拥有长期从事道路材料、沥青改性及路面结构研究的专业技术团队,核心成员专业领域覆盖道路工程、材料研发、设备自动化及数据分析,年龄与职称结构合理,形成了从基础研究到工程管理的完整人

才链条。

3.明确的工程依托与场景保障。项目已与宝鸡市交通运输局、地方公路建设单位达成初步合作意向，拟在 G310 国道宝鸡段或城市主干道养护工程中设立干法 SBS 改性沥青试验段，实现“研——试——用”一体化推进，确保研究成果快速落地。

4.结构合理的产学研协同团队。项目组建了由应用单位、科研院所组成的优势互补、分工明确的研究团队。宝鸡市公路局：作为项目承头单位的管理单位，负责研究的总体规划、工程协调、试验段组织实施及成果推广应用。西安公路研究院有限公司：作为核心合作单位，提供强大的理论支持、精细化试验分析、新材料辅助开发及监控系统设计能力。

2.2.2 已有的研究基础

1.核心材料与改性机理的理论基础。基于国内外文献及前期调研，团队已深入理解 SBS-T 的材料设计原理，其以微米级 SBS（粒径<200 目）为主料，辅以 EVA、环烷油、相容剂等助剂，通过双螺杆挤出造粒制成。通过跟踪学习现有文献，项目组掌握了利用荧光显微图像量化分析 SBS 在沥青中分散状态与溶胀过程的方法。

2.室内试验与路用性能的初步验证。参考现有研究，团队已初步复现并验证了干法 SBS 改性沥青的技术路径。通过车辙试验、浸水马歇尔试验等，对干法 SBS 改性沥青混合料的高温稳定性与水稳定性进行了初步评估。

3.施工工艺与配套技术的初步探索。已根据指南建议，在自有设备上初步尝试了“增加 5-10 秒干拌时间”的基本工艺，并观察了改性剂的分散现象。这为系统研究干拌时间、拌和温度、投料时序等关键参数对宝鸡本地集料与沥青的适配性，积累了最初的操作经验。

4.工程实践经验。宝鸡市公路局作为项目承担单位，在 G310、G316 等国省干线的建设与养护中积累了丰富的工程实践经验，对本地气候特征、交通荷载、典型路面病害及原材料特性有深刻理解。这些经验是确保本研究“问题导向、立足本地”的最宝贵基础。

申请团队与本项目密切相关的部分代表性研究成果如下：

[1] 湛凯,杨法勇.脱硫胶粉/SBS 复合改性沥青黏温特性及烟气排放研究[J].

公路,2024,69(05):372-376.

[2] 田耀刚,卯爱军,阎宝宝,等.基于 SBS 支链活性修复的老化沥青再生性能研究[J].功能材料,2023,54(12):12113-12118.

[3] 李晓娟,徐希娟,李娜等.一种改性沥青及其制备方法:CN 201910343002[P]. [2021-04-30].

[4] 弥海晨,郭平,韩瑞民等.SBS 改性沥青中 SBS 含量的测定方法. CN201710508143 [P]. [2021-11-19].

2.2.3 现有的试验手段（设施设备）

本项目已建成较为完善的道路材料与沥青混合料试验平台，具备开展干法 SBS 改性沥青从原材料性能评价、改性机理分析到混合料路用性能验证的全链条试验能力。现有主要试验设施与设备如下：。

1.材料研发与性能评价设备。该系列设备主要用于改性剂开发、沥青胶结料性能精准评价及混合料室内配比设计与验证，全面评价基质沥青及改性沥青的高低温流变性能、温度敏感性、抗老化性能，为改性剂效果提供核心数据支撑。包括沥青性能综合测试系统：针入度仪、软化点仪、延度仪、布氏旋转粘度计、沥青薄膜烘箱等。混合料配合比设计与路用性能试验系统：沥青混合料拌和机、马歇尔击实仪、旋转压实仪、车辙试验机、低温弯曲试验机、冻融劈裂试验仪、浸水马歇尔试验设备、疲劳试验机。

2.施工工艺模拟与中试设备。该系列设备可真实模拟施工现场的拌和条件，是进行干法工艺参数优化的关键平台。中试型沥青混合料拌和站，西筑 J2000 型沥青拌合机，配套 600 千瓦及 400 千瓦导热油炉各一套，50 吨、300 吨、500 吨沥青储罐多座。

3.辅助与数据采集系统。环境模拟箱：可控制温度（-20℃～80℃）与湿度，用于试件状态调节；高精度电子天平；数据采集与分析软件：支持疲劳寿命预测等；图像处理系统：结合荧光显微图像，采用 ImageJ 等软件进行 SBS 相面积占比、粒径分布等量化分析。

4.合作共享资源。对于部分高端或专用设备（如 GPC 凝胶渗透色谱、DSC 差示扫描量热仪、大型加速加载设备 ALF 等），项目团队可通过与长安大学特殊地区公路工程教育部重点实验室等单位建立协作机制，实现资源共享，满足深

度机理研究与长期性能验证需求。

2.2.4 研究人员情况及协作条件

本项目研究人员及协作条件如下：

1.研究团队结构合理、专业覆盖全面。由 1 名高级工程师领衔，核心成员包括 2 名博士（专注改性机理与微观分析）、多名高级工程师（负责混合料设计与性能评价），并吸纳研究生参与试验，形成老中青结合的技术梯队。

2.具备扎实的科研与工程经验。团队熟悉沥青改性技术规范，曾主持多项省部级交通科研项目，在聚合物改性、路用性能评价及工地技术服务方面积累丰富，能独立开展从材料筛选到施工验证的全过程研究。

3.产学研协作机制完善。与长安大学特殊地区公路工程教育部重点实验室合作，共享 ALF 加速加载等高端设备，强化理论与长期性能研究；与国路高科、布敦科技等干法 SBS 生产企业保持技术对接，保障材料供应与配方优化支持。

4.工程应用渠道畅通。联合宝鸡路桥建设集团有限公司等施工单位，落实试验段铺筑与拌和站改造；获宝鸡市公路局认可，拟纳入地方科技示范工程，为成果落地提供政策与场景保障。

4.内部管理高效有序。实行“周例会+月总结+阶段评审”制度，项目设立专项管理办公室，统筹试验、数据、经费与进度，确保研究任务协同推进、高质量完成。

三、实施方案

3.1 拟解决的关键问题

1.适用于本地基质沥青的高效速熔型干法 SBS 改性剂配方设计。针对宝鸡地区常用的基质沥青，通过引入 EVA、环烷油及新型相容剂，开发具有快速熔融、高分散性与强界面结合能力的复合型干法 SBS 改性剂。

2.真实拌和条件下改性效果的量化与评价方法。突破现有沿用湿法标准的局限，建立基于“无剪切、短时热拌”工艺特征的干法 SBS 改性效能评价体系。

3.干法 SBS 改性沥青混合料本地化设计与质量控制标准。系统标定适用于关中气候与交通荷载条件的最佳掺量、级配类型与拌和/压实参数，支撑地方技术指南或标准编制。

3.2 主要研究内容及实施方案

1.宝鸡气候特征、沥青路面典型病害及原材料调研

系统收集宝鸡地区近十年气象数据，分析其对沥青路面性能的影响；调研区域内高速公路及国省干线沥青路面的典型病害类型及其成因；同步采集本地常用基质沥青、集料等原材料样本，测试其物理化学特性，为干法 SBS 技术本地化适配提供基础依据。

2.适用于宝鸡的干法 SBS 改性材料定制开发

基于常用基质沥青特点，设计以 SBS 为主、复配 EVA、环烷油、相容剂等复合改性体系；通过双螺杆挤出工艺调控粒径、熔融指数与热稳定性；开展不同配方在模拟拌和条件下的熔融分散试验，结合微观分析，优选速熔性好、低温性能均衡的定制化干法 SBS 改性剂。

3.干法 SBS 改性技术专用施工装备及拌合站生产信息监控系统研究

针对现有间歇式拌和楼，开发自动计量与均匀投料装置，实现改性剂按设定掺量（误差 $\leq \pm 3\%$ ）在干拌阶段精准投放；集成温度、时间、投料状态等传感器，开发拌和过程信息监控模块，实时记录并上传关键工艺参数。

4.干法 SBS 改性沥青路面施工及质控技术研究

通过室内模拟，优化拌和温度、干拌时间、总拌和时间及压实工艺；建立以混合料动稳定度、冻融劈裂比、浸水马歇尔残留率等为核心的质控指标体系；制定混合料质量控制方法，确保改性效果的可靠性。

5.干法 SBS 改性沥青路面典型结构与材料设计

结合宝鸡重载交通与温差大特点，推荐适用于新建或养护工程的典型路面结构；开展不同级配、油石比及改性剂掺量下的配合比设计，确定最佳材料组合；通过路用性能验证，形成兼顾高温抗车辙、低温抗裂与耐久性的干法 SBS 改性沥青路面结构——材料——一体化设计方案。

3.3 技术路线

3.3.1 研究技术方案

1.宝鸡气候特征、沥青路面典型病害及原材料调研

（1）气象数据分析：收集宝鸡及下辖县区近 10 年气象观测数据，建立数据

库。重点分析年均气温、极端高低温、降水分布、冻融循环频率等核心指标，量化高温季节对车辙、低温季节对温缩裂缝、雨季对水损害的诱发程度与风险时段。

(2) 病害实地调查：选取 G30 连霍高速宝鸡段、G310 国道及城市主干道等代表性路段，采用人工调查与自动化检测相结合的方式，对裂缝、车辙、坑槽、松散等病害进行空间分布与严重程度普查。结合交通量数据、轴载谱、历史养护记录，采用关联分析法，明确气候、重载、材料衰变、施工缺陷等因素对各类病害的主导贡献率。

(3) 原材料采集与表征：系统采集宝鸡地区主流供应的基质沥青、常用集料及矿粉样本。依据相关规范（JTG E20, JTG E42）进行全面性能检测，重点评估沥青的感温性、低温延展性、老化特性，集料的压碎值、磨耗值、与沥青的粘附性，以及填料的粒度分布。通过数据对比，建立本地原材料性能基线，识别其用于高性能改性路面时的性能短板。

2.适用于宝鸡的干法 SBS 改性材料定制开发

(1) 配方设计：针对本地沥青的性能特点，构建“SBS+EVA+环烷油+相容剂+抗氧剂”五元复合体系，EVA 改善相容性，环烷油促进溶胀，相容剂增强界面结合。

(2) 造粒工艺优化：采用双螺杆挤出机，在 160~180℃ 下熔融共混，调控螺杆转速与冷却速率，制备粒径、熔融指数适中、热稳定性良好的颗粒。

(3) 性能筛选：在实验室拌和机中模拟真实工况，通过荧光显微观察熔融分散状态，结合 DSR ($G^*/\sin\delta$)、BBR (S、m 值) 及延度测试，优选高低温性能均衡、60 秒内完全熔融的最优配方，形成定制化干法 SBS 改性剂。

3.干法 SBS 改性技术专用施工装备及拌合站生产信息监控系统研究

(1) 自动投料装置研制：基于现有间歇式拌和楼结构，设计螺旋计量+气力输送式投料单元，实现改性剂按设定掺量自动投放，计量误差控制在±1%以内，投料时机精准同步于干拌阶段。

(2) 过程监控系统集成：在拌和楼关键节点加装温度传感器（集料、沥青、混合料）、时间计时器及投料状态摄像头，开发嵌入式数据采集模块，实时记录并无线上传至云端管理平台。

(3) 数字化追溯：建立“一盘料一档案”机制，每锅混合料关联改性剂批

次、掺量、拌和温度、时间等参数，支持质量回溯与远程监管。

4.干法 SBS 改性沥青路面施工及质控技术研究

(1) 工艺参数标定：通过正交试验，系统研究拌和温度（165℃、170℃、175℃）、干拌时间（0s、5s、10s）、总拌和时间（50s、60s、70s）对混合料均匀性与性能的影响，确定最优窗口。

(2) 压实工艺优化：采用振动压实或马歇尔击实，确定最佳油石比与压实遍数，确保空隙率控制在 3%~5%。

(3) 质控体系构建：以动稳定度（ ≥ 3000 次/mm）、冻融劈裂强度比（ $\geq 80\%$ ）、浸水马歇尔残留稳定度（ $\geq 85\%$ ）为核心验收指标；制定干法 SBS 混合料施工质量控制方法，明确取样频次、检测方法与不合格处置流程。

5.干法 SBS 改性沥青路面典型结构与材料设计

(1) 结构选型：针对宝鸡重载交通与大温差，推荐相关典型结构用于新建高速，超薄罩面等养护技术用于养护工程。

(2) 配合比设计：开展 AC-13、SMA-13 级配下不同油石比（4.8%~5.4%）与 SBS 掺量（3%~6%）组合试验，以谢伦堡析漏、肯塔堡飞散、车辙等指标综合优选最佳配合比。

(3) 性能验证与集成：通过力学响应分析评估结构抗疲劳能力，铺筑试验段，跟踪初期平整度、渗水系数及半年内使用状况，最终形成“结构—材料—工艺”一体化设计方案，支撑技术指南的编制。

3.3.2 工作流程

本项目的技术路线如图 1 所示。

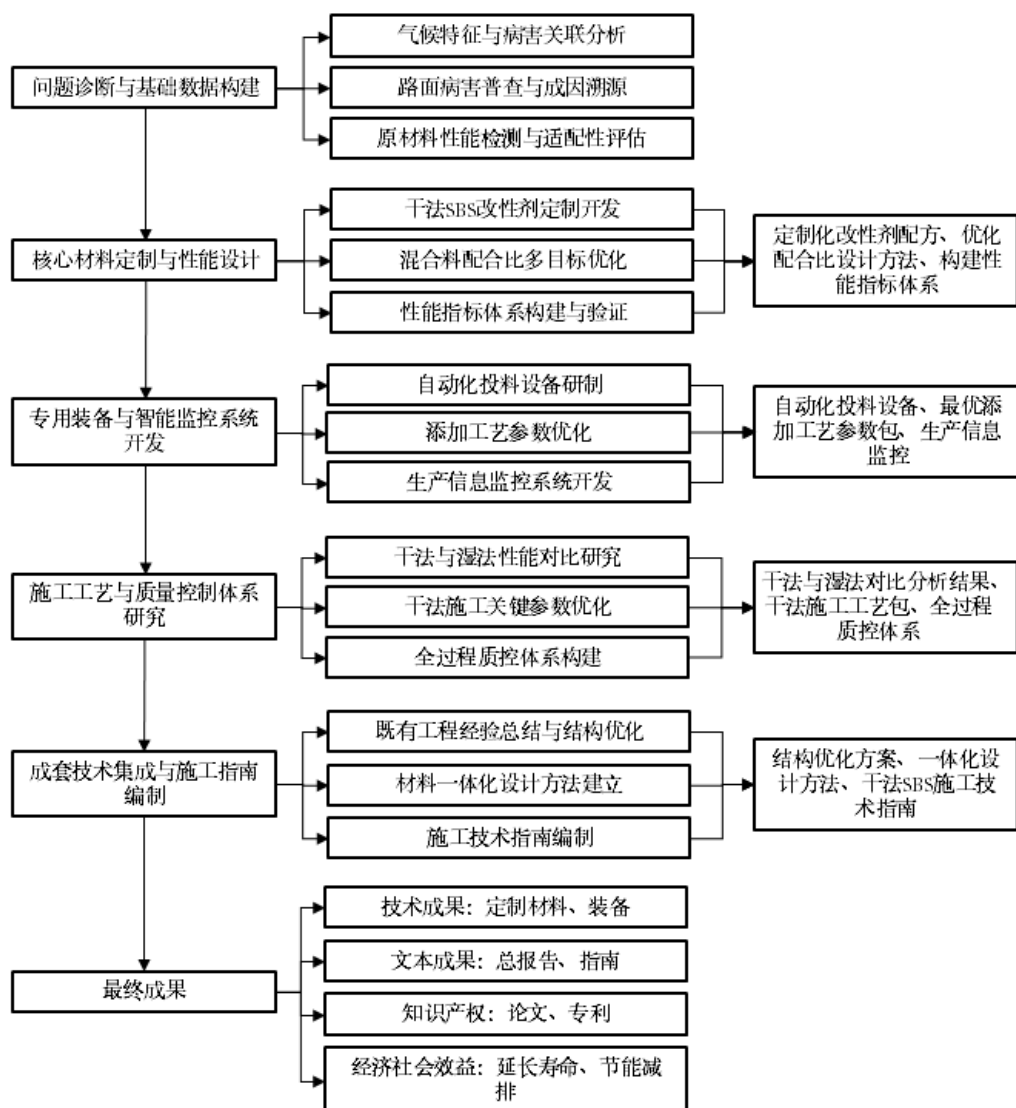


图 1.技术路线图

3.3.3 后续技术改造或基本建设计划的衔接

本项目成果将有效衔接后续技术改造与基本建设计划：

1.拌和站智能化升级。研发的干法 SBS 自动投料与监控系统可直接集成至现有间歇式拌和楼，支撑宝鸡及全省沥青拌和站数字化改造。

2.绿色示范工程应用。技术契合“双碳”导向，优先用于 G30 宝鸡段养护、秦岭生态区道路等绿色公路示范项目，争取纳入省级绿色交通试点。

3.技术指南编制基础。项目形成的材料、工艺与质控体系将作为《干法 SBS 改性沥青施工技术指南》的核心内容，推动规范化应用。

4.新材料产业化对接。定制化干法 SBS 改性剂具备本地量产潜力，可联动宝

鸡高新区新材料产业园，培育西部自主改性剂产能。

5.长期性能监测融合。试验段数据纳入区域路面长期性能观测网，为养护决策与全生命周期管理提供实证支撑，助力科学化养护体系建设。

3.3.4 有关技术经济指标

(1) 干法 SBS 改性剂的熔融速度比普通 SBS 提高 100 倍以上，可在不超过 60s 的拌合周期中迅速熔融，发挥改性效果。

(2) 干法 SBS 改性剂用以普通沥青改性，各项指标均不低于传统 SBS 改性沥青技术要求，其中软化点大于 70℃以上。

(3) 干法 SBS 改性沥青混凝土路面性能指标在满足现行规范要求的基础上，通过优化材料设计与施工工艺，有望在高温稳定性、水稳定性等关键指标方面实现一定幅度提升，并延长路面使用寿命。

(4) 干法 SBS 改性剂与传统湿法改性沥青的工程造价相当。

(5) 开发的自动化投料装备投料速度大于 3kg/s，投料误差小于±3%，具备异常自动报警功能。开发的监控系统实现对拌合楼生产信息的无缝监控，包括外加干法 SBS 改性剂、沥青、各档矿料、矿粉及温度、时间等基础参数，并具有系统的生产统计分析功能。

(6) 干法 SBS 改性技术比湿法 SBS 沥青在全应用链条总的节能减排达到 90%以上，助力品质工程和绿色公路建设。

四、项目承担单位及参加单位概况

4.1 单位概况

4.1.1 宝鸡路桥建设集团有限公司

宝鸡路桥建设集团有限公司是宝鸡市公路局全额注资的大型国有企业，前身宝鸡市路桥工程公司成立于 1993 年 4 月。集团公司下设六部一室一中心，为综合管理部、投资运营部、经营开发部、工程建设部、质量安全部、路产管养部、财务结算中心、监察室。下辖宝鸡市秦通公路设计有限公司、宝鸡市秦通公路工程试验检测有限责任公司、宝鸡秦通公路工程监理有限责任公司、宝鸡秦通公路机械化养护有限责任公司、宝鸡路桥建设集团机械设备有限公司、宝鸡路桥建设集团矿业开发有限公司、宝鸡路桥建设集团新能源开发有限公司七个子公司；下

设第一、第二分公司和新疆分公司三个分公司。

集团公司是一家以路桥施工、工程设计、监理、试验、沥青储备、矿产资源开发、新能源环保工程、公路养护项目等主营业务为一体的大型综合性国有企业，资信等级 A+级。具有资质为：公路工程施工总承包二级资质；公路路基、路面专业承包二级；公路交通工程专业承包公路安全设施二级；公路养护作业路基路面、桥梁、隧道甲级资质，交通安全设施养护资质；公路安全设施二级；公路机电工程二级；建筑装饰装修工程专业承包二级；电力设施承装四级等十余项资质。设计方面拥有公路专业乙级资质；监理方面拥有公路施工监理乙级资质；试验检测方面拥有 CMA 资质认定证书、公路工程综合乙级试验资质，具有安全生产许可证；陕西省安全生产标准化考评质量、安全、环境三大体系认证证书。集团公司积极参加科技创新和科研项目，获得实用新型专利 16 项，发明专利 1 项。

集团公司现有员工 266 人，中级以上职称近百人，一、二级建造师 30 余人。集团公司机械设备精良，拥有宝鸡地区固定沥青拌合厂 4 座，水泥稳定土搅拌站 4 座，路面摊铺机设备 5 套、路基摊铺设备 4 套、沥青路面铣刨机 2 台、沥青同步碎石封层车 4 台、装载机 10 台、振动压路机 12 台、扫路车 14 台，除雪滚刷 14 台等百余台大中型机械设备。

集团结合“人才技术队伍最优秀、设备陕西最精良、资源资金有保障、国有独资宝鸡唯一”的四大优势，制定了“一体、两翼、五重点”发展思路，铁定信念闯市场、谋发展，做大、做强、做优宝鸡公路路桥品牌，以实干实绩不断擦亮宝鸡公路建设靓丽名片。

截止目前集团已累计新建、改建二级公路 650 多公里，高速、一级公路 126 公里，隧道工程 13 余座，大中型桥梁近 30 座，自 22 年集团组建后承揽工程近 10 亿元，2024 年新疆分公司完成工程建设项目 120 万元，储备项目 3.8 亿元，参与市场化公路养护 291.497 公里，与宝鸡市凤翔区政府合作征地 37 亩建设凤翔公路二类应急养护中心、规划在蔡家坡高店征地 68.8 亩建设 5000 型可再生环保沥青混凝土搅拌站、在陇县与民间资本合作经营加油站等增值产业；集团与江西永安交通设施集团、陕西捷世通机械有限公司深度合作，打造多功能展厅，展示 80 余种机械设备。与中铁二十一局、中国能建和陕西交控保持长期深度合作；集团建档立库，在库企业 35 家；大力拓展新能源、矿产等业务；与多家银行深

度合作，截止目前集团公司银行授信额度 17.8 亿元。

集团公司多次受到陕西省交通运输厅、陕西省公路局及宝鸡市交通运输局、宝鸡市公路局的好评和表彰，2017 年度被宝鸡市金台区人民政府评为明星企业，连续多年被陕西省交通运输厅评为陕西省普通干线公路建设市场从业单位信用评价 A 级企业，连续被评为公路建设信用 AA 级企业。

宝鸡路桥建设集团有限公司以内强素质、外树形象，争创“精品工程”、“优质工程”、“示范工程”为追求，秉持“自信、包容、创新、求实”的经营理念，以服务宝鸡公路交通事业、服务地方经济社会发展为宗旨，集团公司在社会各方的大力支持下，一定会发挥国有企业优势，以发展综合型施工企业为目标，开拓进取，深化改革，乘势而上，奋力崛起，向市场化、规范化、制度化、标准化、精细化、信息化、数智化发展，为宝鸡市建设全国性综合交通枢纽城市担重任、当先锋、做贡献。

4.4.2 西安公路研究院有限公司

公司原名西安公路研究所，始建于 1960 年，原隶属于交通部，2000 年转制为国有科技型企业，2009 年更名为西安公路研究院，2021 年作为重点三级企业并入陕西交控集团，并完成有限公司改制。公司现有各类资质 20 项，其中甲级资质 8 项。曾荣获“全国五一劳动奖状”、“全国模范职工之家”、“陕西省重点科技创新团队”等荣誉称号，2011 年起被连续认证为陕西省“高新技术企业”。

公司下设 7 个职能部门、2 个业务管控部门、1 个服务支持部门以及 9 个二级业务机构、5 家独立法人下属公司。公司业务主要涉及勘察设计、试验检测、监理咨询、机电工程、科技研发、成果推广、软件开发、设备研制等交通全产业链体系，综合业务能力位居西部前列。研究院成立之初就确立了“科研立院”的发展宗旨，经过 60 余年的奋斗发展，形成了目前“以生产带动科研、以科研辅助生产”的良性业务发展体系。

作为陕西省交通系统的科技主力军，研究院始终站在交通科技发展的最前线，先后承担和参与 400 余项科研项目，获得国家级奖励 9 项，省部级奖励 117 项，授权专利 200 余项，完成行业及地方标准 72 项，逐步形成了交通新材料新技术、公路机电及软件开发、智慧与数字交通、固废材料循环利用、新型设备研发等涵盖行业各个方面的科研体系。目前，公司现有“固废高效再生利用院士工

作站”、“省级企业技术中心”、“智慧交通暨大数据应用研发中心”等9个省部级创新平台，在智慧交通、数字交通、绿色交通、新基建等方面落地了一批重大项目，获批陕西省首批秦创原“科学家+工程师”和交通强国建设试点等项目。

4.2 技术力量及人员构成

姓名	单位	性别	年龄	技术职称	专业	在项目中担任具体工作
程小平	宝鸡市公路局	男	48	副高级工程师	路桥	项目负责
冯军科	宝鸡市公路局	男	57	副高级工程师	路桥	项目指导
田广安	宝鸡市公路局	男	51	副高级工程师	路桥	技术负责
薛培杰	宝鸡市公路局	男	47	副高级工程师	路桥	技术负责
王致翔	宝鸡路桥建设集团有限公司	男	45	副高级工程师	路桥	技术负责
赵亚强	宝鸡路桥建设集团有限公司	男	45	副高级工程师	路桥	技术负责
夏毓翔	宝鸡市公路局	男	43	副高级工程师	路桥	质量检测负责
穆宏升	宝鸡市公路局	男	47	中级	路桥	试验负责
邓蓉	宝鸡路桥建设集团有限公司	女	37	助理工程师	路桥	试验数据分析
刘建华	宝鸡路桥建设集团有限公司	男	41	中级工程师	路桥	试验数据验证
张姣	宝鸡市公路局	女	38	中级工程师	路桥	施工技术资料
黄婉青	宝鸡路桥建设集团有限公司	女	35	助理工程师	路桥	施工技术资料
张晓琼	宝鸡路桥建设集团有限公司	女	33	助理工程师	路桥	施工技术资料
向豪	西安公路研究院有限公司	男	41	正高级工程师	公路工程	干法 SBS 研制
马庆伟	西安公路研究院有限公司	男	42	正高级工程师	公路工程	干法 SBS 研制
邱业绩	西安公路研究院有限公司	男	35	副高级工程师	公路工程	干法 SBS 改性材料适配性试验
张名成	西安公路研究院有限公司	男	41	副高级工程师	公路工程	干法 SBS 改性材料适配性试验
杨晨光	西安公路研究院有限公司	女	30	副高级工程师	公路工程	施工工艺参数优化
翟一潼	西安公路研究院有限公司	男	27	助理工程师	材料	施工工艺参数优化

4.3 各自承担的主要工作

1. 宝鸡路桥建设集团有限公司

作为项目牵头单位，负责将技术需求与工程实践紧密结合，主导项目的实施。

(1) **工程需求提出与总体协调。**负责提出明确的本地化技术需求，统筹项目进度，管理配套经费，并负责与上级主管部门的协调沟通。

(2) **本地化基础数据提供与试验保障。**主导并完成“宝鸡气候特征、沥青路面典型病害及原材料调研”的工作。负责提供本地气象、交通、历史工程及病

害普查数据，组织采集本地原材料样本，并协调依托工程现场。

(3) 工程示范与施工组织实施。负责“干法 SBS 改性沥青路面施工及质控技术研究”的现场实施。组织试验段的铺筑，协调施工设备、人员，确保研发的工艺与工法在现场得以严格执行和验证。

(4) 技术验证与规模化推广。负责对研发的新材料、新工艺进行工程适用性评估和长期性能观测。推动成熟技术在宝鸡地区养护与新建工程中的规模化应用。

2.西安公路研究院有限公司

主要负责提供理论支撑、技术创新与系统解决方案，保障项目的技术先进性与科学性。

(1) 核心技术研发与攻关。主导“适用于宝鸡的干法 SBS 改性材料定制开发”和“干法 SBS 改性技术专用施工装备及拌合站生产信息监控系统”的研发工作。

(2) 室内试验与深度分析。负责核心室内试验，包括原材料深度性能分析、改性剂微观机理研究、混合料配合比设计及全面的路用性能验证试验，提供数据支撑。

(3) 设计方法与标准制定。主导“干法 SBS 改性沥青路面典型结构与材料设计”研究，提出优化结构组合与一体化设计方法。

(4) 技术培训与决策支持。为现场施工提供全程技术指导与人员培训，参与解决施工中遇到的技术难题，为项目重大技术决策提供专业建议。

4.4 项目主要负责人情况

项目负责人程小平同志，1999 年 6 月参加工作，中共党员，长安大学（土木工程）专业，本科学历，路桥专业副高级工程师，工作单位为宝鸡市公路局。目前担任宝鸡市公路局党委委员、宝鸡路桥建设集团有限公司党委书记、董事长。参加工作后一直从事路桥专业工程项目管理工作，自工作以来担任项目负责人负责管理改建项目、养护大中修项目、水毁项目、安全生产防护工程等项目 65 余项，多次负责省市重点国省干线路桥工程施工项目管理，累计负责管理路桥工程项目总投资 3.5 亿元。工作期间个人多次获得上级单位表彰，在 2006 年被宝鸡市评为“优秀青年岗位能手”，2021 年被宝鸡市交通运输局评为全市交通运输

系统先进个人、宝鸡市交通运输局优秀党务工作者，2023 年被宝鸡市交通运输局评为优秀党员，2024 年被宝鸡市交通运输局评为全市交通运输系统先进个人，2025 年被宝鸡市交通运输局评为优秀党员。在 2017 年至 2021 年担任宝鸡公路管理局第二工程处处长、宝鸡公路管理局第二机械化养护中心党支部书记、主任期间，所管理的单位连续五年被宝鸡市公路局评为“目标责任考核优秀单位”，2019 年、2020 年被宝鸡市交通运输局评为“全市交通运输工作先进单位”。

在科技创新方面，工作期间积极参与路桥方向科技创新和科研项目课题研究工作，近年来在省级、国家级期刊发表本行业专业论文 8 篇，参加完成科研项目课题研究工作 1 项。

五、项目依托工程情况及其他必要支撑条件

5.1 依托工程概况

本项目以 2023 年宝鸡 G344 线千阳县城至峰山（陕甘界）路面改造项目、2026 年普通国道大中修及预防性养护工程及路面改造工程为依托工程，开展干法 SBS 改性沥青技术的本地化验证与示范应用。

5.1.1 工程基本信息

工程名称：

- 1、G344 线千阳县城至峰山（陕甘界）路面改造项目
- 2、2026 年普通国道大中修及预防性养护工程、路面改造工程项目

地理位置：陕西省宝鸡市管辖境内，属关中平原西部，气候四季分明，夏季高温可达 38℃ 以上，冬季低温可至-12℃，年温差大，重载交通频繁。

5.1.2 工程技术特点

交通荷载重：该路段为宝鸡市西向主通道，货车占比超 35%，对路面高温抗车辙性能要求高；

病害典型：现状路面存在明显车辙、横向裂缝及局部水损害，亟需提升混合料综合耐久性；

环保与工期约束严：位于城市建成区，施工窗口期短，要求低扰民、快开放交通，干法工艺无需改性沥青运输与储存，契合快速施工需求；

材料本地化：采用宝鸡常用基质沥青及周边采石场集料，真实反映区域工程

条件。

该依托工程具备典型性、代表性和可操作性，为本项目技术成果从实验室走向工程应用提供了真实、可靠的验证平台。

5.2 投资来源

本项目的实施计划总投资为人民币 39.6 万元。资金筹措遵循“政府引导、单位自筹”的原则，来源明确，渠道可靠，能够确保研究工作的全面、顺利开展。具体构成如下：

1. 申请陕西省交通运输厅科研专项资助经费 19.6 万元

计划用于支持项目中直接发生的核心研发活动与关键设备适配。根据《陕西省人民政府关于改进加强省级财政科技计划和项目资金管理的实施意见》（陕政发〔2017〕22 号）及相关科研项目资金管理规定，该部分资金将严格用于项目小试与中试材料费、性能验证测试费、智能化监控系统模块的开发与集成费用、必要的设备改造与租赁费，以及出版文献、专家咨询、劳务补助等支出。

2. 项目承担单位配套自筹经费 20.0 万元

此部分资金由项目牵头单位负责落实，主要用于支撑研究与工程实践的深度融合及成果转化，是项目得以落地验证的重要保障。具体将用于工程配套研究支出，包括依托工程试验段的铺筑所涉及的额外机械台班、人工、辅助材料及现场检测费用。补充支付部分燃料动力、差旅会议等费用，确保研发团队能够深入工程一线，开展充分的调研、工艺调试与数据采集工作。

5.3 工程进度与项目科研进度的配合

为确保科研成果有效支撑工程建设、工程实践反哺科研验证，本项目建立“双线并行、节点对齐、动态协同”的进度配合机制，实现科研与 G310 国道宝鸡段预防性养护工程的深度耦合。

2026.1~2026.6：开展宝鸡气候分析、原材料采样测试、干法 SBS 改性剂初筛及混合料室内性能预研；向设计单位提供干法 SBS 技术可行性报告，推动其纳入正式施工方案。工程进度：完成路况调查、病害评估、养护方案比选及施工图设计。

2026.7~2026.12：完成干法 SBS 定制配方优化、最佳掺量与拌和参数标定；

在实验室模拟拌和条件下验证工艺稳定性；研发并安装自动投料装置及监控系统。工程进度：确定试验段位置，完成拌和站检修、原材料储备。

2027.1~2027.6：调控干法 SBS 改性沥青混合料拌和温度、干拌时间等参数；采集每锅混合料的投料记录、温度曲线及施工影像；现场取样进行马歇尔、车辙等快速检测；与相邻湿法对照段同步施工、同条件对比。工程进度：按计划进行铣刨、清扫、喷洒粘层油、拌和、运输、摊铺与碾压作业。

2027.7~2027.12：定期检测初期性能（平整度、渗水系数、构造深度）；每季度开展车辙、裂缝等长期性能观测；将数据纳入宝鸡市路面性能数据库；结合使用状况完善技术指南。工程进度：进入常规养护管理，开放交通运营。

5.4 组织管理形式

本项目采用高效协同的组织管理形式。

1.领导小组统筹协调。由项目承担单位牵头，联合参与单位的项目负责人，负责重大决策、资源协调与成果推广。

2.项目组具体执行。由项目负责人领导，下设材料研发、工艺装备、工程实施、标准成果四个专业小组，实行“周例会+月报+阶段评审”制度。

3.专家技术指导。邀请高校及科研院所资深专家组成顾问组，对关键技术路线与成果水平进行把关评估。

4.协作联络机制。各单位指定技术联络人，通过线上平台实现数据共享、进度同步与问题快速响应。

5.全过程质量与风险管控。建立科研——工程双轨质控流程，关键节点设置审查点，经费专账管理，确保项目规范、高效、有序推进。

六、项目经费估算及资金筹措情况

对经费估算及资金筹措情况说明，提供所需经费测算说明。

经费投入（万元）		经费支出（万元）			
科目	估算数	科 目	总 经 费	厅补 经费	其他 经费
省交通运输厅补助	19.6	合 计	39.6	19.6	20
工程配套研究经费	0.0	1.设备费	8	0	8
单位自筹	20.0	（1）购置设备费	3	0	3
其他经费	0.0	（2）设备改造与租赁费	5	0	5
		2.业务费	26.6	18.6	8
		（1）材料费	10	9	1
		（2）测试化验实验加工费	8	7	1
		（3）燃料动力费	2	0	2
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	3	2	1
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权事费	1.6	0.6	1
		（6）其他费用	2	0	2
		3.劳务费	2	1	1
		（1）专家咨询费	2	1	1
		（2）聘用人员劳务费	0	0	0
		（3）其他劳务费	0	0	0
		（二）间接费用	3	0	3
		4.管理费	2	0	2
		5.绩效支出	1	0	1

七、项目绩效指标

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
产出类指标	知识产权	1、专利授权数（项）	0
		（1）授权发明专利	0
		（2）实用新型	0
		（3）外观设计	0
		2、软件著作权授权数（项）	0
		3、发表论文（篇）	1
		（1）其中 SCI 索引收录数	0
		（2）其中 EI 索引收录数	0
		（3）其它	1
		4、著作（部）	0
		5、制订标准数（项）	0
		（1）国际标准	0
		（2）国家标准	0
		（3）行业标准	0
		（4）地方标准	0
		（5）企业标准	0
		（6）科技报告	0
	其他成果	1、填补技术空白数	0
		（1）国际	0
		（2）国家	0
		（3）省级	0
		2、获奖项数	0
		（1）国家奖项	0
		（2）部、省奖项	0
		（3）地市级奖项	0
		3、其他科技成果产出	3
		（1）新工艺（或新方法模式）	0
		（2）新产品（含农业新品种）	1
		（3）新材料	1
		（4）新装备（装置）	1
		（5）平台/基地/示范点	0
		（6）中试线	0

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
		(7) 生产线	0
产出类指标	其他成果	4、研究开发情况	2
		(1) 小试	是
		(2) 中试(样品样机)	是
		(3) 小批量	是/否
		(4) 规模化生产	是/否
	人才引育	1、引进高层次人才	0
		(1) 博士、博士后	0
		(2) 硕士	0
		2、培养高层次人才	0
		(1) 博士、博士后	0
		(2) 硕士	0
		3、培训从事技术创新服务人员(人次)	0
		4、是否设立科研助理岗位	是
	产业化情况	1、开放共享仪器设备数(台/套/只等)	0
		2、科研仪器设备利用率(%)	0
		3、孵化科技型企业(个)	0
		4、转化科技成果(个)	0
效果类指标	经济效益	1、新增产值(万元)	0
		2、新增销售(万元)	0
		3、新增出口创汇(万美元)	0
		4、新增利润(万元)	0
	社会效益	1、新增税收(万元)	0
		2、新增就业人数	0
		3、就业培训(人次)	0
		4、带动农民增收(万元)	0
		5、培训和指导科技服务(人次)	0
		6、新增产业带动情况	0
		7、技术集成示范(项)	0
		8、建立示范基地(亩数)	0

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
		9、节约资源能源	0
		10、环保效益	0
其他需要说明的情况			

八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益

8.1 项目预期目标（项目的考核目标）

- 1.开发一种适用于宝鸡气候条件的干法 SBS 材料；
- 2.实现 SBS 在拌和楼 1 分钟工况的速熔改性，改性沥青混合料性能满足有关规范要求。
- 3.实现干法 SBS 改性剂投料设备本地界面、拌和楼控制室操作界面、远程网络客户端三者的一体化监控。
- 4.成本相当的前提下，干法 SBS 的路面性能指标在满足现行规范要求的基础上，通过优化材料设计与施工工艺，有望在高温稳定性、水稳定性等关键指标方面实现一定幅度提升，并延长路面使用寿命。

8.2 提交的研究成果及其形式

- 1.开发适用于宝鸡地区气候及常用石料和沥青的干法 SBS 材料，实现 SBS 干法改性工艺不低于湿法工艺的 SBS 改性沥青及改性沥青混合料性能指标。
- 2.建立干法 SBS 应用的工艺参数和试验方法体系。
- 3.制定干法 SBS 改性沥青路面应用技术标准和施工装备技术指南，填补宝鸡该领域的空白，总结形成干法 SBS 改性技术施工工艺及质量控制体系。
- 4.编写《干法 SBS 改性技术研究》报告；
- 5.编制《宝鸡干法 SBS 改性沥青路面施工技术指南》。

8.3 经济、社会、环境效益分析

相比传统的工厂预混湿法 SBS 沥青，干法 SBS 改性在技术原理、管理体系、产业模式、节能减排等多个要素上都具有更为突出的先进性和经济社会效益：

- 1.更好的技术性能和管理可靠度。干法 SBS 改性技术可彻底解决湿法 SBS

改性沥青施工中的储存离析和质量衰变等缺陷，也将改性剂用量和基质沥青质量在工地透明化，大大简化管理流程、提高工程可靠度，本项目前期研究基础数据：其比当前应用的湿法 SBS 改性沥青混凝土主要性能指标平均提高约 30%。

2.大幅减少养护投资。采用干法 SBS 技术的初次投资与优良的湿法 SBS 改性沥青成本基本相当，但其可大幅延长路面维修周期约 2~5 年（根据性能指标经验测算），由此节省的养护资金每公里达数十万元。

3.具有巨大的集约管理效应。目前，建设单位改性沥青主要靠向第三方外购，每个项目都要为改性沥青的质量管理投入大量人力物力，部分项目部采取自行购置大型设备在施工工地自行加工改性沥青，其固定资产投资大，生产安全和环境也影响较大。采用干法 SBS 技术，可保障项目改性使用的统一、高品质供应，具有巨大的集约管理效应；同时，通过技术革新机遇，打造宝鸡自主的沥青路面改性产业平台。

4.营造沥青改性产业健康的发展生态，可为路面品质工程建设提供支撑。干法 SBS 从施工角度将基质沥青品质和 SBS 改性剂的用量透明化，“让用户明明白白花钱，让企业规规矩矩（通过科技创新和品质信誉）挣钱”，营造陕西省乃至全国沥青改性产业全新的发展生态，为品质工程建设提供重大科技支撑和实施保障，助力陕西干线公路新旧动能转换工作，用科技创新推动行业上游的供给侧改革。

5.节能减排效益巨大，为绿色公路建设提供重大支撑。传统 SBS 改性沥青加工占用大量土地资源和燃煤燃油，增加不必要的生产能耗和社会成本。而干法直投 SBS 仅对其中 5%的 SBS 改性剂进行高分子材料的加工，减少了不必要的沥青中转运输和多次高温加热，能耗仅为湿法 SBS 沥青的 2%左右。如果陕西全省应用干法 SBS 技术，每年可节约 2 万吨燃油、1200 万度电及大量的煤炭能耗，成为绿色公路的重要技术之一。

6.以科技创新推动海外工程建设的“供给侧”改革。干法 SBS 改性沥青混凝土技术打破了必须预先制备成品 SBS 改性沥青的固有思路，实现 SBS 改性应用由粗放化向透明化、集约化发展，从道路工程的上游生产领域提供优质供给，减少目前改性沥青工厂大量占地、生产率低、质量问题频出的低效、粗放和无效供给，扩大有效供给，提高供给结构适应性和灵活性，提高全要素生产率，使供

给体系更好适应需求结构变化。

九、其它需要说明的问题

无

十、申请单位意见



单位负责人：（签字）

[Handwritten signature]

年 月 日

干法 SBS 改性技术研究

大纲评审意见

2026 年 3 月 10 日，陕西省公路局受陕西省交通运输厅委托，在西安主持召开了“干法 SBS 改性技术研究”（项目编号：25-76K）项目大纲评审会。与会专家（名单附后）听取了项目组的汇报，审阅了项目研究大纲，经质询讨论，形成如下评审意见。

一、项目研究内容全面，研究目标明确，技术路线可行。

二、项目研究人员组成合理，前期研究基础扎实，试验设备齐全，依托工程落实，经费预算符合规定，具备开展研究工作的条件。

三、预期成果完全覆盖研究目标，与研究内容的逻辑框架高度契合。。

与会专家一致同意该项目研究大纲通过评审。

建议：1.与国内外同类干法 SBS 改性技术进行技术经济性对比，体现本项目的创新性；

2.突出本项目干法 SBS 改性沥青混合料质量控制与检测标准研究。

主任委员：28.2.28

2026 年 3 月 10 日

专家审查意见表

项目名称	干法 SBS 改性技术研究				
专家姓名	徐海晏	职务/职称	正高	专业	道路工程
专家单位	西安公路研究院有限公司			联系电话	13991855657

评审意见

项目针对SBS改性沥青应用中的技术、经济、管理方面的问题，进行干法SBS改性沥青施工控制关键技术研究，具有创新性和实用性
建议：

1. 进一步完善量化初期技术指标
2. 增加干法SBS改性剂质量控制与检测标准研究
3. 加强添加设备智能化控制研究

评审专家（签字）：徐海晏

2026年3月10日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	干法 SBS 改性技术研究				
专家姓名		职务/职称	教授	专业	道路工程
专家单位	长安大学			联系电话	1308 2515538

评审意见

本项目结合重要地区气候特点，开展干法 SBS 改性技术研究，具有较好的应用前景。

本项目研究内容较为全面，文献资料丰富，技术路线可行，同意通过研究大比例应用。

建议：

1. 开展干法 SBS 改性技术的气候^{交通}适用范围，如温度范围，车流量范围等。

2. 开展干法 SBS 改性技术/材料连续使用的大比例应用技术研究。

评审专家（签字）：

2026 年 3 月 10 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	干法 SBS 改性技术研究				
专家姓名	景宏君	职务/职称	教授	专业	公路工程
专家单位	西安科技大学			联系电话	13689101111

评审意见

本项目围绕公路干法 SBS 改性技术研究，开展相关研究，意见如下，同意研究大纲评审。建议如下：

1. “项目背景”应明确公路干法 SBS 改性技术“应用背景”；

2. “研究内容”应突出公路干法 SBS 改性技术“地域特色；创新性”；

3. 研究内容应进一步细化；

4. 所有经费应列入预算总额，依此进行预算编制；

5. 研究大纲应经专家评审后予以完善。

评审专家（签字）： 景宏君

2016 年 3 月 10 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表（25-76K）

项目名称	干法 SBS 改性技术研究				
专家姓名	王 松 根	职务/职称	研究员	专 业	公路工程
专家单位	原山东省交通厅公路局			联系电话	13488700091

评 审 意 见

本项目结合宝鸡气候特征、沥青路面典型病害及原材料调研，开展适用于宝鸡的干法SBS改性材料定制开发、专用施工装备及拌合站生产信息监控系统、干法SBS改性沥青路面施工及质控技术和干法SBS改性沥青路面典型结构与材料设计等方面的研究。

提出的高效速熔型干法SBS改性剂配方设计、真实拌和条件下改性效果的量化评价方法和本地化设计与质量控制标准等具有一定的现实意义。提交的研究大纲，研究内容较全面、技术路线和实施方案基本可行，项目承担单位和研究团队人员组成可满足项目研究要求，并有一定工作基础，依托工程和研究经费已落实，具备开展项目研究的条件。

同意该项目研究大纲通过评审。

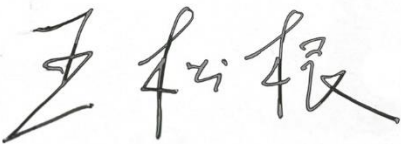
建议：

1. 干法SBS改性技术在国内外已长时间大范围研究应用，本项目研究应重点将其研究成果与国内外同类主要技术及产品进行比较。如技术提升、经济效益等方面的分析。

2. 进一步补充采用本项目成果时，干法SBS改性沥青路面典型结构与材料设计等方面的研究内容。

3. 重点阐述本项目的技术及产品的技术指标和路用性能，其性能指标提升30%和维修周期延长20%的提法要慎重。

评审专家（签字）：



2026 年 03 月 10 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

专家审查意见表

项目名称	干法 SBS 改性技术研究				
专家姓名	吴传海	职务/职称	总工/教高	专 业	道路工程
专家单位	广东华路交通科技有限公司			联系电话	13822141956

评 审 意 见

一、本项目结合宝鸡乃至类似气候条件地区的干法 SBS 改性沥青应用的技术需求，以期实现干法 SBS 改性沥青的工程化突破，推动交通基础设施高质量发展、促进绿色低碳转型、提升行业治理水平和带动相关产业发展，项目研究工作具有一定必要性，大纲编写较为认真，方案实施基本可行。

二、我国传统的 SBS 成品改性沥青在公路行业使用范围较广泛，应用效果总体也较好，建议研究背景在突出干法 SBS 改性技术优势的同时，宜客观评价传统通用技术。

三、干法 SBS 改性沥青在国内外已有较多的研究，成果也不少，作为一项课题研究要体现其创新性，建议增加与类似技术的技术经济性对比研究。

四、干法 SBS 改性沥青目前应用最突出的问题就是如何保证拌制混合料的均匀性，建议突出干法 SBS 改性沥青混合料均匀性研究的相关内容。

评审专家（签字）：

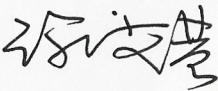
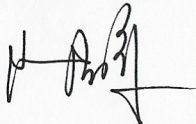
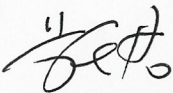


2026 年 3 月 10 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

干法 SBS 改性技术研究(项目编号: 25-76K)

大纲评审专家委员会名单

序号	评审会职务	姓名	工作单位	所学专业	从事专业	职称/职务	签名
1	主任委员	弥海晨	西安公路研究院有限公司	公路工程	公路工程	正高工	
2	委员	王振军	长安大学	公路工程	公路工程	教授	
3	委员	景宏君	西安科技大学	公路工程	公路工程	教授	
4	委员	王松根	山东省公路局	公路工程	公路工程	正高工	网上评审
5	委员	吴传海	广东华路交通科技有限公司	公路工程	公路工程	正高工	网上评审

专家意见处理表

项目名称：干法 SBS 改性技术研究（项目编号：25-76K）

序号	姓名	建议内容	处理意见 (逐条回应, 详细说明修改情况)
1	弥海晨	1.进一步完善、量化预期技术目标； 2.增加干法 SBS 改性剂质量控制与检测标准研究； 3.加强添加设备智能化控制研究。	1.已根据专家意见对研究目标和技术指标进行了优化。原文中部分表述如“性能提升 30%”“节能 90%”等可能缺乏充分依据，现已修改为以满足现行规范要求为基础，并通过试验研究验证性能提升潜力，同时强调性能稳定性与工程适用性。 2.已在“研究目的”和“研究内容”中增加“干法 SBS 改性剂质量控制与检测标准研究”相关内容。 3.在 3.2 主要研究内容及实施方案的第 3 点，增加了“集成温度、时间、投料状态等传感器，开发拌和过程信息监控模块，实时记录并上传关键工艺参数”等内容。
2	王振军	1.细化干法 SBS 改性技术的气候与交通适用范围，如温度范围，车流状况等； 2.细化干法 SBS 改性剂熔融速度加快的关键技术。	1.在 1.1 项目背景中明确增加了宝鸡地区的气候数据（年平均气温、极端气温、年降水量）和交通数据（重载交通占比、轴载谱），并明确了适用的气候条件和交通范围。 2.在 2.1.1 节中，重新梳理并细化了加快熔融速度的 4 项核心技术，包括预溶胀复合体系构建、粒径与孔隙率精准调控、相容性优化、熔融速率协同调控，明确了各项技术的核心原理、工艺参数与技术效果，完整阐述了改性剂快速熔融的技术路径，落实了该意见要求。
3	景宏君	1.“项目背景”应明确宝鸡地区应用“干法 SBS 改性技术”的迫切性； 2.“研究内容”应突出宝鸡地区“干法 SBS 改性技术”	1.在 1.1 项目背景中，增加了宝鸡地区沥青路面具体问题（车辙、裂缝率）和养护数据（维修周期 3.5 年），明确指出了应用的迫切性。

		的地域特点，突出创新性； 3.“研究内容”应进一步优化； 4.省厅经费应为中标金额，依托工程应落实，成果提供形式重新梳理； 5.研究大纲的写法应按照省厅的要求进行。	2.在 1.3 项目概括和 3.2 主要研究内容中，多次强调“针对宝鸡地区气候特点（温差大、重载交通多）、常用基质沥青组分及集料岩性”开展研究，突出了地域特点和创新性。 3.根据专家意见，对研究内容进行了补充和细化，使其逻辑更清晰，层次更分明。 4.将“20.0 万元”修改为“19.6 万元”（中标金额），在 5.1 依托工程概况中明确了依托工程的具体信息，在 8.2 提交的研究成果中重新梳理了成果形式。
4	王松根	1.干法 SBS 改性技术在国内外已长时间大范围研究应用，本项目研究应重点将其研究成果与国内外同类主要技术及产品进行比较。如技术提升、经济效益等方面的分析。 2.进一步补充采用本项目成果时，干法 SBS 改性沥青路面典型结构与材料设计等方面的研究内容。 3.重点阐述本项目的技术及产品的技术指标和路用性能，其性能指标提升 30%和维修周期延长 20%的提法要慎重。	1.在 1.5.1 达到的技术水平中，增加了与国内外同类技术的比较分析，明确了技术指标、经济效益、环保效益等方面的差异。 2.在 3.2 主要研究内容及实施方案中，将“干法 SBS 改性沥青路面典型结构与材料设计”作为独立研究内容，增加了“结合宝鸡重载交通与温差大特点，推荐适用于新建或养护工程的典型路面结构”等内容。 3.将“干法 SBS 现场性能提高 30%，延长道路维修周期 20%以上”修改为“路面性能指标在满足现行规范要求的基础上，通过优化材料设计与施工工艺，有望在高温稳定性、水稳定性等关键指标方面实现一定幅度提升，并延长路面使用寿命。”

5	吴传海	1.我国传统的 SBS 成品改性沥青在公路行业使用范围较广泛，应用效果总体也较好，建议研究背景在突出干法 SBS 改性技术优势的同时，宜客观评价传统通用技术。 2.干法 SBS 改性沥青在国内外已有较多的研究，成果也不少，作为一项课题研究要体现其创新性，建议增加与类似技术的技术经济性对比研究。 3.干法 SBS 改性沥青目前应用最突出的问题就是如何保证拌制混合料的均匀性，建议突出干法 SBS 改性沥青混合料均匀性研究的相关内容。	1.在 1.1 第一段，增加了对传统湿法 SBS 改性沥青技术成熟性和良好应用效果的客观评价，使背景介绍更加全面、公允。 2.在 1.5.1 达到的技术水平中，增加了与国内外同类技术的对比分析，突出了本项目的创新点。 3.已在关键问题和研究内容中增加“混合料均匀性控制研究”。
---	-----	---	---

大纲评审委员会专家（签字）：

项目负责人（签字）：

