

项目合同编号：25-73K

## 陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

# 合 同 书

项目名称：不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究

承担单位：陕西交控凯达路桥工程建设有限公司

项目负责人：耿永魁

通讯邮编、地址：710075、陕西省西安市高新区科技二路 65 号清华科

技园 A 座 508 室

传真、电话：029-89843606

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：25-73K

## 陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

# 合 同 书

项目名称：不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究

承担单位：陕西交控凯达路桥工程建设有限公司

项目负责人：耿永魁

通讯邮编、地址：710075、陕西省西安市高新区科技二路 65 号清华科

技园 A 座 508 室

传真、电话：029-89843606

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) 空心板梁注浆加固材料研究

- 1) 注浆材料配合比研究;
- 2) 注浆材料力学性能及本构关系研究;
- 3) 注浆材料敏感性分析。

#### (2) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验研究

- 1) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验方案设计;
- 2) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验对比研究;
- 3) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验参数优化分析;
- 4) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固数值分析与参数化模拟。

#### (3) 加固后空心板梁抗剪承载力理论计算方法研究

在现有国内外规范梁式桥抗剪承载力计算方法的基础上, 结合本项目试验及数值模拟分析结果, 提出适用于本技术的空心板梁注浆后的抗剪承载力理论计算公式。

#### (4) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工关键技术研究

- 1) 不中断交通条件下空心板梁注浆加固施工技术与工艺研究;
- 2) 不中断交通条件下空心板梁注浆加固施工质量控制指标研究。

### 2. 技术关键

- (1) 通过材料研发或其它技术手段确保新材料与旧混凝土之间

协同受力是本项目拟解决的关键问题；

(2) 在成本控制的基础上，研发一种高粘性、高强度、低收缩性、高流动性、抗扰动的注浆加固材料，是本项目拟解决的关键问题；

(3) 通过优化开孔方式、灌注方式等设计方案的优化，减少原结构损伤，保证注浆密实，实现标准化施工工艺，是本项目拟解决的关键问题；

(4) 提出空心板注浆加固抗剪承载力计算表达式并进行合理性验证，是本项目拟解决的关键问题。

### 3. 依托工程（依托工作）

#### (1) 西安市雁翔路分离式立交主线桥维修加固工程

本课题依托西安市雁翔路分离式立交主线桥，桩号为K64+350.0，全长 65.041m，与下穿道路交角 100°，上部结构为 3×20m 先张法预应力混凝土简支空心板；下部结构形式为柱式桥墩、柱式桥台、钻孔灌注桩基础。该工程原有资料齐全并且车流量大，车辆类型丰富，具有研究的必要以及具备课题的支持条件，可作为加固后性能效果验证的示范工程。

#### (2) G70 福银高速公路西安至永寿段改扩建工程

G70 福银高速公路西安至永寿段改扩建工程，路线沿既有福银高速扩建，起点位于六村堡收费站，终点位于永寿立交，路线全长 79.31 公里。全线设特大桥 3608.0m/1 座，大桥 2445.98m/6 座，中桥 1721.363m/28 座，小桥 167.246m/8 座，桥梁总长 7942.589m/43 座，

占路线的 10%。项目改扩建方案以两侧拼宽为主，对局部路段条件受限或控制性工程影响时，采用单侧拼宽方案。该项目空心板梁桥 50 座，数量多、范围广，可作为科研成果的推广应用示范工程。

## 二、考核指标

### 1.预期目标

本研究突破了传统加固方式的空间限制与交通管控瓶颈，填补了国际、国内空心板梁不中断交通、全梁有效抗剪加固的技术空白，同时具备显著社会效益与推广价值。预期目标如下：

- （1）完成空心板梁注浆加固的实际工程应用不少于 10 孔；
- （2）实现该研究成果的施工工艺标准化；
- （3）研发一种适用于空心板梁自梁底灌注的高粘性、高强度、低收缩性、抗扰动的注浆加固材料。

### 2.主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

参考已实施依托工程 3 孔 20m 空心板梁桥（单幅桥面宽度 16.5m），按照拆除重建测算，所需施工成本为 600.96 万元，其中人工费为 74.6 万元，材料费为 339 万元，机械费为 59.6 万元，专项费用（施工场地建设费+安全生产费）为 30.6 万元，措施费为 6.02 万元，企业管理费为 14.94 万元，规费为 29.2 万元，税金为 47 万元。采用该技术进行维修加固后，总施工成本为 331.1 万元，其中人工费为 14.28 万元，材料费为 245.62 万元，机械费为 3.57 万元，专项费用（施工场地建设费+安全生产费）为 22 万元，措施费为 3.66 万元，企业管理费为 11.18 万元，规费为 5.27 万元，税金为 25.52 万元，节约成本 45%，经济效益显著。

### 3.经济和社会效益

随着运营年限的增加，老旧空心板梁存在以下两方面问题：一



是由于车辆荷载增加抗剪承载力不足，引起诸多病害，影响使用性能；二是在道路升级改造过程中现行规范荷载标准的升级造成原桥不满足要求。根据交办公路〔2016〕93号文件推进绿色公路建设的意见，若完全拆除该类空心板桥建设新桥，旧板拆除造成的环境污染，以及建设新桥耗费大量钢筋、水泥等建材，都与国家倡导的资源节约、生态环保、节能高效的发展理念相悖。

本研究提出不中断交通条件下空心板梁抗剪加固技术，不仅能有效减小原结构损伤，而且能高效、快速的进行空心板桥全桥抗剪加固。并且本方法相较于拆除上部结构节约费用不低于40%，具有很强的经济效益和推广应用价值。

#### 4.成果提供形式

(1)《不中断交通条件下空心板梁抗剪加固性能与施工技术研究报告》1份；

(2)《不中断交通条件下空心板桥注浆加固施工技术指南》1份；

(3)提交《不中断交通条件下空心板桥注浆加固施工图通用设计文件》1套；

(4)高质量学术期刊论文1~2篇；

(5)授权专利不少于1项。

#### 4. 其他考核指标

(1)开展的媒体宣传报道不少于3次；

(2)开展技术交流不少于1次。

### 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 年 | <p>1. 第二季度：检索、收集国内外相关文献及相关规范，完成现有技术的梳理总结；</p> <p>2. 第三季度：确定研究方案，开展注浆材料的研发，并进行初步理论分析，完成试验设计、试验梁设计以及缩尺试验梁的浇筑；</p> <p>3. 第四季度：完成第一批次试验梁灌浆以及抗剪测试试验，梳理第一批次试验结果并申报专利。</p>                                       |
| 2027 年 | <p>1. 第一季度：完成第二、三批次试验梁灌浆以及抗剪测试试验，完成注浆材料的拉压本构测试。</p> <p>2. 第二季度：总结试验结果，完成实验报告，建立有限元模型；</p> <p>3. 第三季度：完善有限元模型，并进行数值模拟，拟合空心板梁注浆加固抗剪承载力理论计算公式以及期刊论文撰写工作。</p> <p>4. 第四季度：完成《不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工指南》、撰写研究报告。</p> |
| 2028 年 | <p>1. 第一季度：总结并推广本施工技术，完成课题研究报告，申请结题。</p>                                                                                                                                                                  |

#### 四、项目经费

项目总经费：69.45 万元

交通运输厅补助：19.45 万元

自筹资金：50 万元

经费支出预算表

| 科 目                             | 总经费<br>(单位：万元) | 厅补经费<br>(单位：万元) |
|---------------------------------|----------------|-----------------|
| (一) 直接费用                        | 60.4           | 16.5            |
| 1. 设备费                          | 2              | 0.5             |
| (1) 购置设备费                       | 0              | 0               |
| (2) 试制设备费                       | 0              | 0               |
| (3) 设备改造与租赁费                    | 2              | 0.5             |
| 2. 业务费                          | 39.5           | 10.6            |
| (4) 材料支出                        | 19.9           | 0               |
| (5) 测试化验实验加工支出                  | 4.4            | 0               |
| (6) 燃料及动力支出                     | 1.8            | 0               |
| (7) 差旅支出                        | 2              | 1               |
| (8) 会议支出                        | 2              | 1               |
| (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/<br>印刷支出 | 4.8            | 4               |
| (11) 其他支出                       | 4.6            | 4.6             |
| 3. 劳务费                          | 18.9           | 5.4             |
| (12) 劳务性支出                      | 14.9           | 3.9             |
| (13) 咨询专家支出                     | 4              | 1.5             |
| (二) 间接费用                        | 9.05           | 2.95            |
| 4. 管理费                          | 2.9            | 0               |
| 5. 绩效支出                         | 6.15           | 2.95            |
| 合 计                             | 69.45          | 19.45           |



## 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）      | 1   |
|        |        | （1）授权发明专利       | 0   |
|        |        | （2）实用新型         | 1   |
|        |        | （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）      | 2   |
|        |        | （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         | 1   |
|        |        | （6）科技报告         | 1   |
|        | 其他成果   | 1、填补技术空白数       | 1   |
|        |        | （1）国际           | 0   |
|        |        | （2）国家           | 0   |
|        |        | （3）省级           | 1   |
|        |        | 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）  | 1   |
|        |        | （2）新产品（含农业新品种）  | 0   |
|        |        | （3）新材料          | 1   |
|        |        | （4）新装备（装置）      | 0   |
|        |        | （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            |     |
|           |        | (1) 小试              | 否   |
|           |        | (2) 中试（样品样机）        | 否   |
|           |        | (3) 小批量             | 否   |
|           |        | (4) 规模化生产           | 是   |
|           | 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           | 1   |
|           |        | (1) 博士、博士后          | 0   |
|           |        | (2) 硕士              | 1   |
|           |        | 3、培训从事技术创新服务人员（人次）  | 3   |
|           |        | 4、是否设立科研助理岗位        | 否   |
|           | 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（%）      | 80  |
|           |        | 3、孵化科技型企业（个）        | 0   |
|           |        | 4、转化科技成果（个）         | 1   |
| 效果类指标     | 经济效益   | 1、新增产值（万元）          | 50  |
|           |        | 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）          | 5   |
|           | 社会效益   | 1、新增税收（万元）          | 1.5 |
|           |        | 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          | /   |
|           |        | 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            | /   |
|           |        | 10、环保效益             | /   |
| 其他需要说明的情况 | \      |                     |     |

## 六、承担单位或研究人员分工

陕西交控凯达路桥工程建设有限公司主要负责制定项目的研究大纲和总体研究方案、负责不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验研究、负责加固后空心板梁抗剪承载力理论计算方法研究、负责不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工关键技术研究、负责落实依托工程及现场测试工作的实施已经项目研究经费的落实等工作。

陕西交控新材料有限公司主要负责本次空心板梁抗剪加固材料的研究，协助完成空心板梁抗剪加固试验，协助承担单位完成项目研究报告、技术指南及交通厅科研项目验收相关资料。

七、项目参加人员表

|                         |     |         |                  |          |           |            |     |
|-------------------------|-----|---------|------------------|----------|-----------|------------|-----|
| 项目承担单位：陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 |     |         |                  |          |           |            |     |
| 参与单位（排序）：陕西交控新材料有限公司    |     |         |                  |          |           |            |     |
| 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                       | 耿永魁 | 1974.12 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 总经理/副高   | 桥梁工程      | 项目负责人      | 耿永魁 |
| 主要研究人员                  |     |         |                  |          |           |            |     |
| 2                       | 周波  | 1982.06 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 总工/副高    | 桥梁工程      | 技术负责人      | 周波  |
| 3                       | 贺鹏  | 1985.09 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 部长/副高    | 桥梁与隧道工程   | 项目策划与理论分析  | 贺鹏  |
| 4                       | 贺润斌 | 1994.01 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 职员/工程师   | 土木工程      | 试验负责人      | 贺润斌 |
| 5                       | 贾连双 | 1983.10 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 分公司经理/副高 | 设施农业科学与工程 | 依托项目负责人    | 贾连双 |



|    |     |         |                  |          |           |           |     |
|----|-----|---------|------------------|----------|-----------|-----------|-----|
| 6  | 毕伟涛 | 1984.08 | 陕西交控新材料有限公司      | 总工/副高    | 桥梁工程      | 材料研发负责人   | 毕伟涛 |
| 7  | 毕鹏娟 | 1986.09 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 职员/工程师   | 工程造价      | 经济性分析     | 毕鹏娟 |
| 8  | 孙裕  | 1999.09 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 职员/助理工程师 | 道路桥梁与渡河工程 | 现场试验及成果编制 | 孙裕  |
| 9  | 耿浩  | 1994.11 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 职员/工程师   | 道路桥梁工程技术  | 依托项目实施    | 耿浩  |
| 10 | 张二欢 | 1992.02 | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司 | 职员/工程师   | 建筑工程技术    | 依托项目实施    | 张二欢 |
| 11 | 徐江洋 | 1988.12 | 陕西交控新材料有限公司      | 部长/副高    | 道路与桥梁工程   | 材料研发      | 徐江洋 |
| 12 | 山颖获 | 1986.08 | 陕西交控新材料有限公司      | 副部长/工程师  | 道路工程      | 材料研发      | 山颖获 |
| 13 | 安永强 | 2001.10 | 陕西交控新材料有限公司      | 职员/助理工程师 | 桥梁工程      | 材料研发及成果编制 | 安永强 |
| 14 | 李尧  | 2000.11 | 陕西交控新材料有限公司      | 职员/助理工程师 | 桥梁工程      | 材料研发及成果编制 | 李尧  |



## 八、信息表

|                     |                                                                                                              |                                                     |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
|---------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------|------|-------------------|------------------------|------------------|------|--------------------|---|
| 项目合同编号              | 25-73K                                                                                                       | 密级                                                  | /    | A: 机密 B: 秘密 C: 内部 |                        |                  |      |                    |   |
| 项目名称                | 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究                                                                                       |                                                     |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
| 项目实施所在地             | 陕西                                                                                                           |                                                     | 起止年限 |                   | 2026 年 3 月至 2028 年 3 月 |                  |      |                    |   |
| 总 经 费               | 69.45 万元                                                                                                     |                                                     | 厅 拨  |                   | 19.45 万元               |                  |      |                    |   |
| 第一承担单位              | 单位名称                                                                                                         | 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司                                    |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
|                     | 所在地                                                                                                          | 陕西省西安市高新区                                           |      |                   |                        |                  | 代码   | 7910               |   |
|                     | 通讯地址                                                                                                         | 科技二路 65 号清华科技园 A 座 508 室                            |      |                   |                        |                  | 邮编   | 710075             |   |
|                     | 单位性质                                                                                                         | (3) 1.大专院校 2.科研院所 3.企业 4.其他                         |      |                   |                        |                  | 代码   | 9161000075211174XD |   |
| 参与单位                | 序号                                                                                                           | 单 位 名 称                                             |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
|                     | 1                                                                                                            | 陕西交控新材料有限公司                                         |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
|                     | 2                                                                                                            | /                                                   |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
|                     | 3                                                                                                            | /                                                   |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
| 项目负责人               | 姓 名                                                                                                          | 耿永魁                                                 |      | 性别 (1) 1.男 2.女    |                        | 出生年份             | 1974 |                    |   |
|                     | 学 历                                                                                                          | (1) 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                                                                                                         | 13572219556<br>029-89843606                         |      | 电子邮箱              |                        | 410692504@qq.com |      |                    |   |
| 项目联系人               | 姓名                                                                                                           | 贺鹏                                                  |      | 性别                |                        | 男                |      |                    |   |
|                     | 联系电话                                                                                                         | 13572400057<br>029-89843606                         |      | 电子邮箱              |                        | 909109293@qq.com |      |                    |   |
| 项目组人数               | 14                                                                                                           | 高级                                                  | 6    | 中级                | 5                      | 初级               | 3    | 其他                 | / |
| 主要研究内容<br>(100 字以内) | (1) 空心板梁注浆加固材料研究;<br>(2) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验研究;<br>(3) 加固后空心板梁抗剪承载力理论计算方法研究;<br>(4) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工关键技术研究。 |                                                     |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
| 成果属性                | A、B、C                                                                                                        | A: 新技术 B: 新工艺 C: 新材料 D: 新产品 E: 软科学<br>F: 装备 G: 其他   |      |                   |                        |                  |      |                    |   |
| 成果形式                | A、C、D                                                                                                        | A: 专著、论文 B: 样机、样品 C: 试验工程、产品 D:<br>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 9 份，甲方单位伍份，承担单位 4 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）

李涛

2020年3月18日

联系人：（签字）

张喆

（公章）

电 话：029-88869067

合同乙方：（承担单位）

单位负责人：（签字）

杨永科

2020年3月18日

项目负责人：（签字）

杨永科

（公章）

电 话：029-89843606

财务负责人：（签字）

杨永

账 户 名：陕西交控凯达路桥工程建设有限公司

开户银行：中国建设银行股份有限公司西安小寨支行

账 号：61001925600050000085

# 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：（盖章）

项目负责人：刘小军

2020年3月18日





项目编号：25-73K

## 2025年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称：不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究

申请单位：陕西交控凯达路桥工程建设有限公司（盖章）

联系人：贺 鹏

电 话：13572400057

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  |
| 二、前期科研及工作基础 .....             | 2  |
| 1. 国内外研究现状 .....              | 2  |
| 2. 项目前期科研及现有工作条件 .....        | 4  |
| 3. 参考文献 .....                 | 6  |
| 三、实施方案 .....                  | 7  |
| 1. 拟解决的关键问题 .....             | 7  |
| 2. 主要研究内容及实施方案 .....          | 7  |
| 3. 技术路线 .....                 | 8  |
| 4. 后续技术改造或基本建设计划的衔接 .....     | 10 |
| 5. 有关技术经济指标 .....             | 10 |
| 四、项目承担单位及参加单位概况 .....         | 10 |
| 1. 单位概况 .....                 | 10 |
| 2. 技术力量及人员构成 .....            | 11 |
| 3. 各自承担的主要工作 .....            | 12 |
| 4. 项目主要负责人情况 .....            | 12 |
| 五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件 ..... | 12 |
| 1. 依托工程（工作）概况 .....           | 12 |
| 2. 投资来源 .....                 | 13 |
| 3. 工程进度与项目科研进度的配合 .....       | 13 |
| 4. 组织管理形式 .....               | 13 |

|                            |    |
|----------------------------|----|
| 六、项目经费估算及资金筹措情况 .....      | 14 |
| 七、项目绩效指标 .....             | 19 |
| 八、预期目标、成果提供形式及经济社会效益 ..... | 21 |
| 1. 项目的考核目标 .....           | 21 |
| 2. 提交的研究成果及其形式 .....       | 21 |
| 3. 经济、社会、环境效益分析 .....      | 22 |
| 九、其它需要说明的问题 .....          | 22 |
| 十、申请单位意见 .....             | 22 |

## 一、项目研究的背景和必要性

在我国早期公路及市政道路建设中，中、小跨径混凝土梁式桥占比大，并保持快速发展。装配式钢筋混凝土及预应力混凝土空心板梁桥以其结构形式简单、施工便捷、工程造价低、可标准化设计、工厂机械化施工等优势广泛应用。

随着运营年限的增加，服役至今的空心板梁桥主要存在以下两方面问题：一是早期空心板截面高度低、腹板薄、箍筋配筋率小、随着交通量增加及重载车辆载重量的大幅提升，早期建成的该类型桥梁在实际运营过程中支点附近出现腹板斜裂缝，导致桥梁的抗剪能力明显下降，给行车安全带来严重隐患；二是对于道路的升级改造而言，改扩建的既有空心板梁在进行结构验算时，往往由于现行技术标准的提高，导致抗剪验算结果无法满足要求，但对于梁体本身而言，却无明显病害。如何有效提高空心板桥梁抗剪承载力，已成为桥梁工程研究的重要方向。

针对在役空心板梁抗剪能力不足问题，目前工程上主要采用两种处理方式：一是拆除重建；二是对主梁进行维修加固。拆除重建会导致交通中断，对社会和经济造成不可估量的影响，且施工成本大、周期长。

对于维修加固而言，现行针对主梁的抗剪加固方法有：增大截面加固法、粘贴钢板法及粘贴纤维材料加固法等。针对这些常规的加固策略，只能在空心板的边梁外侧得到应用，无法对整桥进行加固，导致最终的加固效果非常有限。

此外，现有施工技术可对空心板梁凿除顶板填充混凝土，即在空心板梁端部凿除梁顶板后灌注混凝土，将空心板端部由空心变为实心，从而提升其抗剪承载力。该方法避免了前面方法不能充分加固的问题，但是需要中断交通，而且对原梁损伤较大。

基于此，本研究提出不中断交通条件下空心板梁自下而上的注浆加固法。“不中断交通”主要是指在采取该技术施工过程中可确保常规车辆（不包括重载、超载车辆）的正常通行。为保证加固效果，可在关键施工节点实施短暂的限流或半幅封闭、半幅通行的交通管制措施。

本方法通过在加固区间端部增设封头营造封闭的加固区间，并向加固区间灌注注浆材料，从而增大截面、提高主梁刚度、改善主梁力学性能，有效解决了空心板中板因加固空间受限，抗剪加固难度大的工程问题。以最大跨径的 20m 空心板为例，采用该技术加固后每片梁端部仅增加 20kN 左右，对下部结构影响较



小。并针对单片空心板梁，通过采用该技术提高端部抗剪承载力，板与板之间的横向连系并不会发生实质性变化。且梁体端部（无论小箱梁、T 梁、还是空心板梁），一般采用“杠杆法”进行横向分布系数的计算，所以横向分布系数产生的受力影响可忽略。

因此，本研究所采用的施工方法，不仅能高效、快捷地提升空心板梁抗剪承载能力，而且有效避免了中断交通施工造成的不良社会影响。相较于拆除重建，本项目研究不仅减少资源浪费，而且能有效减少环境污染，具有较强的社会经济效益及推广应用价值。

## 二、前期科研及工作基础

### 1. 国内外研究现状

装配式钢筋混凝土及预应力混凝土梁体结构的受力特征和加固思路大致类似，但空心板梁相较于小箱梁和 T 梁而言又有其特殊性，相应的加固方式需针对其结构特点进行优化完善，确保加固方案的可实施性、有效性、便捷性，同时要尽量减小对于桥上交通的影响。针对空心板梁抗剪加固的各种加固方法，国内外学者及工程技术人员有一定的研究成果：

R. A. Barner<sup>[1]</sup>在混凝土梁两侧分别采用粘贴钢板和锚栓锚固钢板两种方法加以对比二者的加固效果，并对试验结果深入分析得出两种加固方法的主要影响因素及各自的优缺点，为实际应用提供了理论指导。

D. J. Oehlers<sup>[2]</sup>开展了锚栓钢板加固的抗剪试验，试验结果表明钢板的局部屈曲及锚栓的剪断是两种主要的破坏类型。结合澳大利亚采用锚栓及粘胶共同固定钢板的方式加固铁路桥梁的实例分析，对粘钢及锚栓钢板加固两种方式进行了比较，发现粘钢虽然不存在应变滞后现象，但易发生脆性破坏；而且锚栓钢板属于延性破坏。

王轩<sup>[3]</sup>对空心板梁进行了检测和破坏荷载试验，分析了其结构特征和破坏机理，探讨了现有不同加固措施对于旧桥承载力的相应影响，提出了粘贴碳纤维和增大截面面积相结合的加固方案与建议，并进行了加固试验。基于现有公式提出了加固后空心板承载力的理论计算方法，并进行了旧桥预应力空心板基于强度准则的失效分析。

张亮亮<sup>[4]</sup>通过对一座 20m 空心板桥梁进行全面分析，基于其病害严重程度和

结构特征，采用套箍镶嵌和施加预应力相结合的加固方法，进行了加固处理，结果表明加固效果良好。

尚守平、张照等<sup>[5]</sup>采用高性能复合砂浆钢筋网薄层（HPFL）对预制空心板进行拼装加固，结合试验与有限元模拟结果，对比分析了不同强度等级的高性能复合砂浆对预制空心板试件抗剪承载力的影响，结果表明：采用 HPFL 拼装加固能明显提高空心板的抗剪承载力，且复合砂浆强度越高，提高效果越明显。

刘云浩<sup>[6]</sup>主要研究了板端腹板植筋和板端凿除顶板填充混凝土两种加固先张法预应力混凝土空心板梁的方法，将完成加固的试验梁进行静力加载到设计荷载，一方面将加固前后数据进行对比，分析加固空心板梁的抗剪性能变化；另一方面对比两种加固方法的加固效果。结果表明：两种方法加固的试验梁在设计荷载作用下均处于弹性范围内。但是问题在于试验并没有得到最终的极限承载力，因此对于加固方法的评估不够准确和完整。

来金龙<sup>[7]</sup>通过对服役 20 年的 16m 预应力钢筋混凝土空心板梁进行抗剪破坏性试验，并通过试验与有限元软件相结合的方法，研究了空心板梁的抗剪性能与混凝土强度、配箍率、纵向受拉钢筋配筋率之间的关系。

王子强<sup>[8]</sup>以丹阜高速威宁大桥空心板端部斜向裂缝病害加固工程为背景，通过凿除部分顶板后，一方面加宽其板端腹板，另一方面增加配箍率，同时增加了中横梁和湿接缝，改善了板与板之间的剪力传递情况，从而达到加固效果。

张劲泉，李鹏飞等<sup>[9]</sup>为了对预应力混凝土空心板梁端部剪跨区内出现的腹剪斜裂缝进行加固，提出了对空心板梁端部注浆加固的措施，以达到增加空心板受剪截面积的目的。进行了 3 片足尺 20 m 先张法预应力钢筋混凝土空心板梁注浆加固后抗剪性能试验，以验证加固后空心板梁的受力性能及加固效果，分析了不同注浆长度下试验梁的应变、挠度、裂缝分布、刚度、承载力变化规律，通过与未加固前梁体试验结果对比，分析端部注浆加固措施对梁体抗剪承载能力的改善程度。

顾冠男<sup>[10]</sup>通过对 4 片 16m 长足尺先张法预应力混凝土空心板梁进行了标准梁和加固梁的抗剪试验，并结合有限元模拟技术以及理论分析，重点对空心板梁抗剪性能、注浆效果及空心板梁斜裂缝病害评估进行了研究，总结归纳了相关规律，并对实际加固施工参数取值给出了建议。



张红雷, 潘勇等<sup>[11]</sup>针对空心板梁桥因抗剪承载力不足导致的腹板斜裂缝问题, 提出了在空心板梁端部填充高性能自密实混凝土的加固方法。并以沈海高速淮沭新河大桥一跨 20m 空心板梁为依托, 采用空腔填充法进行抗剪加固, 通过静载试验对比分析加固前后板梁腹板主应力、梁底应变、跨中位移等参数变化, 对该加固方法的效果进行评估。

郭宁等<sup>[12]</sup>为研究注浆长度对空心板梁抗剪性能的影响, 采用自上而下注浆加固法, 对 3 块 20m 的预应力空心板梁进行抗剪试验, 通过分析加固后空心板梁的位移及应变等参数, 得出注浆长度对抗剪加固效果的影响。

通过上述国内外研究现状可以看出, 学者们主要通过试验与有限元相结合的方法进行空心板抗剪加固研究, 所体现的主流加固思路分为两种: 一种是常规外包加固材料法, 该方法仅对边板性能提升有效果, 无法提高全桥上部结构的工作性能, 局限性大; 二是注浆加固法, 该方法研究成果不够成熟, 试验研究居多, 实际应用少, 且尚未解决改扩建项目不中断交通施工的瓶颈问题, 并未大规模推广应用。

基于此, 本研究提出在不中断交通条件下进行空心板梁抗剪加固, 增大主梁截面、提高主梁刚度、改善主梁力学性能。此方法相较于现有技术, 不仅能实现全桥上部结构抗剪性能的提升, 还可以解决中断交通施工带来的负面影响, 最大限度减少原梁损伤, 降低施工成本。

## **2. 项目前期科研及现有工作条件**

### **2.1 项目前期科研**

项目组前期已对国内外相关研究资料进行了收集汇总, 对公路桥梁加固施工工艺、理论研究及施工装备进行了大量研究, 调研分析了空心板梁的破坏机理, 并基于试验分析与数值模拟, 对空心板梁的维修加固进行了较为深入的了解。针对注浆材料的抗压强度、抗折强度、弹性模量、抗拉强度及粘结强度等基本力学性能进行了大量试验研究, 对不中断交通条件下空心板梁注浆抗剪加固材料有了初步的认识, 并提出了注浆材料抗压强度不低于 50Mpa、弹性模量不小于 37GPa 以及主梁材料的工作性能应满足灌注要求等性能指标, 为后续开展研究工作奠定了坚实的基础。

此外, 项目组主要人员在多年的施工和设计实践中积累了丰富的经验, 对施

工组织、施工设备配及结构理论设计与运用技术都有较为系统的认识，完全有能力解决课题中遇见的困难。

#### 专利：

- (1) 一种不中断交通条件下的空心板梁桥抗剪加固方法，发明，申请号，CN202311454910.2；
- (2) 一种基于公路桥梁工程的定位型测量设备，实用新型，专利号：2023 21228173.X；
- (3) 一种组合式体外预应力钢绞线放张装置，实用新型，专利号：20212 3350138.9；
- (4) 一种公路桥梁变形测量装置，实用新型，专利号：202321235340.3；
- (5) 一种悬索桥主缆检修的带手动刹车功能的自行式挂篮，实用新型，专利号：2023 2 0590061.2；
- (6) 一种压浆料搅拌装置，实用新型，专利号：201420000289.2；
- (7) 防腐阻锈型预应力孔道压浆料，发明专利，专利号：201210258236.6；
- (8) 一种芳纶纤维改性的聚合物水泥防水涂料及其制备方法，发明专利，专利号：202111253090.1。

#### 标准：

- (1) 公路桥梁体外预应力加固技术规程 T/CECS G: P50-01-2023；
- (2) 公路混凝土梁桥支座顶升更换技术规程 T/CHCA 010-2023。

#### 学术论文：

- (1) 贺鹏,耿永魁,周波.基于损伤迭代模型的高墩大跨连续刚构桥斜拉体系改造技术[J].结构工程师,2025,41(02):158-167.
- (2) 贺鹏,耿永魁.梁式桥断柱调坡改造关键技术[J].公路工程,2025,50(06):113-121.
- (3) Youyou Zhang; Hucheng Feng; Jiarui Zhao; Haohui Xin; Yongkui Geng Y ; Fatigue crack propagation for Ultra-High-Performance Concrete-normal strength concrete interface with restrained strain, International Journal of Fatigue, 2025, 199: 109039.

#### 科研项目：



(1) 陕西省科学技术厅, 秦创原“科学家+工程师”队伍建设项目: 在役桥隧精准评估、病害处治及长寿命养护材料 (S2024-YD-QCYK-0160);

(2) 陕西省交通运输厅, 省部级: 基于全寿命周期的公路空心板梁桥服役状态评估及性能提升技术研究 (24-60K);

### 2.3 现有工作条件

课题申报单位有陕西交控凯达路桥工程建设有限公司及陕西交控新材料有限公司。

陕西交控凯达路桥工程建设有限公司是一家长期从事桥隧维修加固施工技术研究国家级高新技术企业, 具有丰富的工程实践及工程管理经验, 拥有先进、成套的桥梁施工设备和机械, 能够对技术研发过程中方案设计、试验模型及数据分析提供支撑, 可提供相应的配套研究资金和研究成果应用场景。

陕西交控新材料有限公司是一家集新材料研发、生产、销售、技术服务为一体的国家级高新技术企业。针对技术研发过程中灌浆材料的研发提供支撑, 并提供现场试验条件, 满足本课题研究需求。

因此, 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司及陕西交控新材料有限公司两家公司优势互补, 从理论、技术及施工上保障了研究项目的可实施性, 为课题研究的有序高效开展提供了坚实的基础。

### 3. 参考文献

- [1] R A Barner, Kiang-Hwee Tan, Chee-Khoo Hg. Effects of deviators and tendon configuration on behavior of externally prestressed beams[J]. Structural Journal, 1997,94(01): 13-22.
- [2] D J Oehlers, Young Hoon Park, Chelwoo Park, Yong Gui Park. The behavior of an in-service girder bridge strengthened with external prestressing tendons[J]. Engineering Structures, 2005, 27(03): 376-386.
- [3] 王轩. 预应力混凝土空心板加固试验研究[D]. 长安大学, 2007.
- [4] 张亮亮. 预应力混凝土空心板桥梁加固技术研究[D]. 武汉理工大学, 2012.
- [5] 尚守平, 张照. 高性能复合砂浆钢筋网薄层加固整体化预制空心板的抗剪性能研究[J]. 工业建筑, 2016, 46(3).
- [6] 刘云浩. 先张法预应力混凝土空心板梁的抗剪加固技术[J]. 东北林业大学学报

报, 2018,46(6):110-117.

[7] 来金龙. 既有预应力混凝土空心板梁抗剪性能分析[D]. 东北林业大学, 2018.

[8] 王子强. 钢筋混凝土简支空心板梁桥加固设计[J]. 北方交通, 2019.

[9] 张劲泉, 李鹏飞, 韦韩等. 注浆加固预应力混凝土空心板梁抗剪性能试验研究[J]. 工程力学. 2020.6(57):32-41.

[10] 顾冠男. 预应力空心板梁抗剪试验及注浆加固方法研究[D]. 东南大学, 2021.

[11] 张红雷, 潘勇, 袁微微等. 空腔填充法加固预应力空心板梁桥抗剪性能研究[J]. 世界桥梁. 2022,50(6):109-115.

[12] 郭宁, 王敦强, 刘锋. 预应力混凝土空心板灌浆加固后的抗剪性能试验研究[J]. 建筑技术, 2023,54(11):1347-1353.

### 三、实施方案

#### 1. 拟解决的关键问题

(1) 通过材料研发或其它技术手段确保新材料与旧混凝土之间协同受力是本项目拟解决的关键问题;

(2) 在成本控制的基础上, 研发一种高粘性、高强度、低收缩性、高流动性、抗扰动的注浆加固材料, 是本项目拟解决的关键问题;

(3) 通过优化开孔方式、灌注方式等设计方案的优化, 减少原结构损伤, 保证注浆密实, 实现标准化施工工艺, 是本项目拟解决的关键问题;

(4) 提出空心板注浆加固抗剪承载力计算表达式并进行合理性验证, 是本项目拟解决的关键问题。

#### 2. 主要研究内容及实施方案

##### 2.1 空心板梁注浆加固材料研究

- (1) 注浆材料配合比研究;
- (2) 注浆材料力学性能及本构关系研究;
- (3) 注浆材料敏感性分析。

##### 2.2 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验研究

- (1) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验方案设计;
- (2) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验对比研究;
- (3) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验参数优化分析;

(4) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固数值分析与参数化模拟。

### 2.3 加固后空心板梁抗剪承载力理论计算方法研究

在现有国内外规范梁式桥抗剪承载力计算方法的基础上,结合本项目试验及数值模拟分析结果,并考虑原空心板梁前期应力历史对加固后性能的影响,进而提出适用于本技术的空心板梁注浆后的抗剪承载力理论计算公式。

### 2.4 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工关键技术研究

(1) 不中断交通条件下空心板梁注浆加固施工技术与工艺研究;

(2) 不中断交通条件下空心板梁注浆加固施工质量控制指标研究。

## 3. 技术路线

### 3.1 研究技术方案

(1) 空心板梁注浆加固材料研究

以现有环氧混凝土为基体,开展配合比优化与性能提升研究。围绕新材料高粘结性、高强度、低收缩等综合性能要求,通过优化粗骨料粒径与级配改善材料工作性能;系统研究膨胀剂与减缩剂的协同作用机制及对关键性能的影响规律,采用敏感性分析与回归方法建立材料的力学性能演化规律及本构关系,并进行注浆材料的长期性能与耐久性能的研究,为后续工程应用与标准化设计提供可靠力学参数。

(2) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固试验研究

以陕西境内既有 20m 先张法预应力老空心板为原型制作 1:4 的模型梁进行抗剪加载试验。并充分按照实际工程施工情况进行空心板梁自下而上抗剪加固施工工艺模拟,包括气囊的安装、注浆等。并分析不同灌浆材料、灌浆高度、长度及界面粘结方式等对于抗剪承载力的影响,从经济性、性能及施工难易程度三个方面探索最优的注浆加固形式。

(3) 加固后空心板梁抗剪承载力理论计算方法研究

将新材料参数化指标结合模型梁试验数据建立有限元模型,模拟加固前后实际空心板梁的力学性能,通过参数变化研究加固后抗剪承载力计算表达式。

(4) 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工关键技术研究

依托实际工程研究施工关键环节,包括临时设施、钻孔位置、注浆设备等进行优化。并进一步完善、明确不中断交通条件下的施工组织方式、交通组织方案



及施工质量控制方法，同时完善施工过程质量控制方法，形成标准化技术体系。

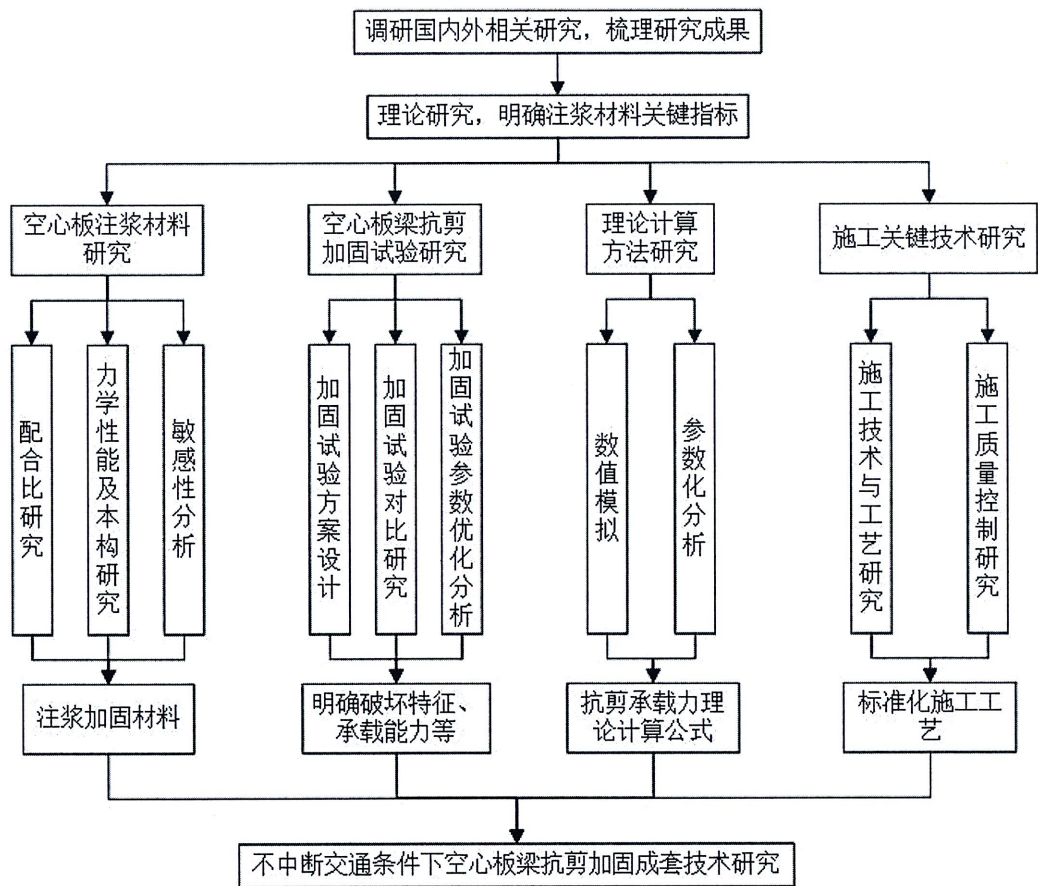


图 1 技术方案流程图

3.2 研究工作流程

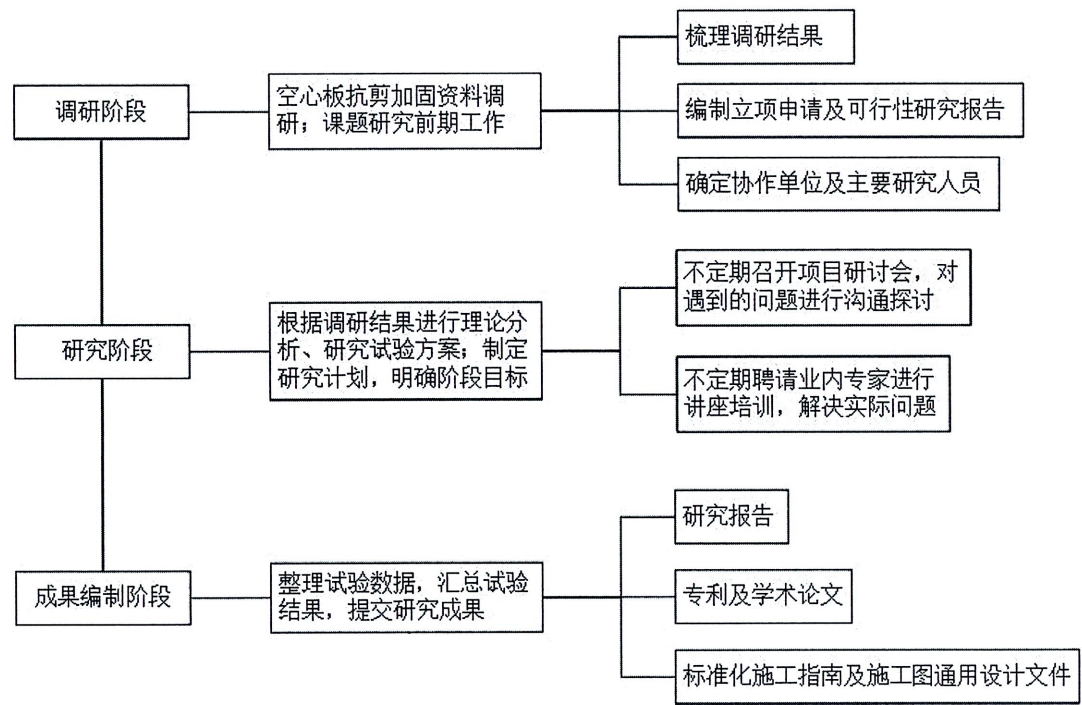




图 2 研究工作流程图

#### 4. 后续技术改造或基本建设计划的衔接

(1) 本项目研究是集材料研发、加固设计及施工为一体的成套技术研究，突破以往单方面研究的局限性，从不中断交通条件下空心板梁抗剪加固需求入手，以实际工程项目为依托，通过工程实践检验该技术的优越性。

(2) 本项目研发周期仅为两年，但空心板抗剪加固后的韧性提升需要较长的服役周期去验证。对于项目的后续研究，一方面持续记录依托项目加固后的性能指标，以此来验证本项目的有效性；另一方面通过改善加固材料的性能或优化施工工艺实现降本增效及大范围的推广应用，提升该领域的整体水平。

#### 5. 有关技术经济指标

随着运营年限的增加，老旧空心板梁存在以下两方面问题：一是由于车辆荷载增加抗剪承载力不足，引起诸多病害，影响使用性能；二是在道路升级改造过程中现行规范荷载标准的升级造成原桥不满足要求。根据交办公路〔2016〕93号文件推进绿色公路建设的意见，若完全拆除该类空心板桥建设新桥，旧板拆除造成的环境污染，以及建设新桥耗费大量钢筋、水泥等建材，都与国家倡导的资源节约、生态环保、节能高效的发展理念相悖。

本研究提出不中断交通条件下空心板梁抗剪加固技术，不仅能有效减小原结构损伤，而且能高效、快速的进行空心板桥全桥抗剪加固。并且本方法相较于拆除上部结构节约费用不低于 40%，具有很强的经济效益和推广应用价值。

### 四、项目承担单位及参加单位概况

#### 1. 单位概况

陕西交控凯达路桥工程建设有限公司是一家集公路、市政桥隧病害治理方案研究、新技术新工艺开发、维修加固养护施工等为主的综合性养护专业公司，国家级高新技术企业。具有全部公路养护顶级资质（路基路面养护甲级资质、桥梁养护甲级资质、隧道养护甲级资质、交通安全设施养护资质）、特种工程专业承包不分等级资质（建筑物纠偏和平移、结构补强）、公路工程施工总承包二级资质、市政公用工程施工总承包二级资质、建筑装修装饰工程专业承包二级资质、桥梁工程专业承包三级资质、隧道工程专业承包三级资质。对特别复杂施工技术难度大的公路桥隧维修加固工程具有独特的加固专业技术。公司具有丰富的工程

实践及工程管理经验,并提供相应的配套研究资金,能够满足本课题的研究需求。

陕西交控新材料有限公司是一家集新材料研发、生产、销售、技术服务为一体的国家级高新技术企业。公司通过了 ISO9001 质量管理体系认证,具有安全生产许可证、特种工程(加固补强)专业承包资质、公路养护工程三类甲级资质等施工资质。公司科研实力雄厚,拥有自密实补偿收缩混凝土、混凝土防腐、混凝土破损耐久性修复、预应力碳纤维、伸缩缝快速更换、混凝土路面微表处、寒区隧道渗漏水治理等核心成套技术,可为本科研项目提供试验材料、试验场地、试验仪器等。

## 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 |
|-----|------------------|----|----|-------|-----------|------------|
| 耿永魁 | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 51 | 副高    | 桥梁工程      | 项目负责人      |
| 周波  | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 42 | 副高    | 桥梁工程      | 技术负责人      |
| 贺鹏  | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 40 | 副高    | 桥梁与隧道工程   | 项目策划与理论分析  |
| 贺润斌 | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 32 | 工程师   | 土木工程      | 试验负责人      |
| 贾连双 | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 43 | 副高    | 设施农业科学与工程 | 依托项目负责人    |
| 毕伟涛 | 陕西交控新材料有限公司      | 男  | 41 | 副高    | 桥梁工程      | 新材料研发负责人   |
| 毕鹏娟 | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 女  | 39 | 工程师   | 工程造价      | 经济性分析      |
| 孙裕  | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 26 | 助理工程师 | 道路桥梁与渡河工程 | 现场试验及成果编制  |
| 耿浩  | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 32 | 工程师   | 道路桥梁工程技术  | 依托项目实施     |
| 张二欢 | 陕西交控凯达路桥建设工程有限公司 | 男  | 34 | 工程师   | 建筑工程技术    | 依托项目实施     |
| 徐江洋 | 陕西交控新材料有限公司      | 男  | 37 | 副高    | 道路与桥梁工程   | 材料研发       |
| 山颖获 | 陕西交控新材料有限公司      | 男  | 39 | 工程师   | 道路工程      | 材料研发       |
| 安永强 | 陕西交控新材料有限公司      | 男  | 24 | 助理工程师 | 桥梁工程      | 材料研发及成果编制  |
| 李尧  | 陕西交控新材料有限公司      | 男  | 24 | 助理工程师 | 桥梁工程      | 材料研发及成果编制  |



### 3. 各自承担的主要工作

陕西交控凯达路桥工程建设有限公司主要负责制定项目的研究大纲和总体研究方案、负责落实依托工程及现场测试工作的实施、负责项目的理论分析研究、项目研究经费的落实及项目验收工作。

陕西交控新材料有限公司主要负责本次空心板梁抗剪加固材料的研究工作，协助完成空心板梁抗剪加固试验，协助承担单位完成项目研究报告、技术指南及交通厅科研项目验收相关资料。

### 4. 项目主要负责人情况

耿永魁，本项目负责人。高级工程师，长期从事公路桥梁工程结构加固维修养护施工管理并坚持开展科研工作，致力于解决公路桥梁运营过程中病害处理实际问题，参与了省内多座桥梁重大疑难病害应急抢险项目，提出了多项创新性的技术解决方案；累计授权专利 5 项、参与编制标准 2 项、发表高质量学术期刊 2 篇；获得陕西省科学技术奖三等奖 1 项。

周波，本项目技术负责人，高级工程师，长期开展科研工作，致力于解决高速公路桥隧养护施工实际问题，累计授权专利 5 项、完成省部级工法 1 项、发表高质量学术期刊 2 篇，协会级奖项 1 项。

## 五、项目依托工程（工作）情况及其他必要支撑条件

### 1. 依托工程（工作）概况

#### （1）西安市雁翔路分离式立交主线桥维修加固工程

本课题依托西安市雁翔路分离式立交主线桥，桩号为 K64+350.0，全长 65.041m，与下穿道路交角 100°，上部结构为 3×20m 先张法预应力混凝土简支空心板；下部结构形式为柱式桥墩、柱式桥台、钻孔灌注桩基础。该工程原有资料齐全并且车流量大，车辆类型丰富，具有研究的必要以及具备课题的支持条件，可作为加固后性能效果验证的示范工程。

#### （2）G70 福银高速公路西安至永寿段改扩建工程

G70 福银高速公路西安至永寿段改扩建工程，路线沿既有福银高速扩建，起点位于六村堡收费站，终点位于永寿立交，路线全长 79.31 公里。全线设特大桥 3608.0m/1 座，大桥 2445.98m/6 座，中桥 1721.363m/28 座，小桥 167.246m/8 座，桥梁总长 7942.589m/43 座，占路线的 10%。项目改扩建方案以两侧拼宽为主，

对局部路段条件受限或控制性工程影响时，采用单侧拼宽方案。该项目空心板梁桥 50 座，数量多、范围广，可作为科研成果的推广应用示范工程。

## **2. 投资来源**

本项目科研经费为部分自筹资金 50 万元，部分为省交通运输厅补助资金 19.45 万，共计 69.45 万元。

## **3. 工程进度与项目科研进度的配合**

本项目坚持“科研依托工程、工程验证科研”的实施思路，将不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究与实际工程进行紧密结合，形成科研与工程同步推进、相互支撑的协同实施机制。

空心板梁抗剪加固材料于 2023 年 5 月开始研发，经多次配比调试及力学性能试验测试，已初步满足要求。西安市雁翔路分离式立交桥主线桥 2024 年底完成加固施工，采用该技术进行抗剪性能提升。截至目前，通过观察、现场试验等方式验证加固后梁端挠度明显减小，抗剪承载力显著提升。同步持续对灌浆材料、施工工艺进行优化，提升整体性能。

G70 福银高速公路西安至永寿段改扩建工程作为推广应用示范工程。全线空心板梁桥数量丰富，工程实施期间将该技术应用于典型空心板梁桥，通过实际工程优化施工工艺、积累工程经验，通过现场试验与理论分析结合验证该技术的科学性，实现科研进度与工程进度的动态匹配和有机衔接，确保项目研究成果来源于工程实践、验证于工程现场、服务于工程应用，充分发挥科研成果对实际工程的技术支撑作用。

## **4. 组织管理形式**

（1）课题负责人根据课题总体研究方案，制定具体的研究计划，以便更好地落实研究进度，保证研究质量；课题负责人应协助落实、安排试验工程；

（2）研究过程中，如果遇过技术难题、重大关键技术，拟采用课题组成员联合攻关的方式给予解决，以便充分发挥课题组集体的力量，同时邀请专家进行咨询，帮助课题组出谋划策，并请专家对研究成果进行初审把关；

（3）根据研究内容和课题组成员的特长，合理分工，在课题组内做到各尽其责、分工协作；

（4）建立检查、考核制度，检查的内容包括研究任务的落实情况、研究进



度、研究质量与水平以及资金使用情况等，并实行奖惩制度；

（5）严格执行科技项目管理办法，服从交通厅的领导，接受其监督。

## 六、项目经费估算及资金筹措情况

| 经费投入（万元） |       | 经费支出（万元）             |       |          |          |
|----------|-------|----------------------|-------|----------|----------|
| 科 目      | 估算数   | 科 目                  | 总经费   | 厅补<br>经费 | 其他<br>经费 |
| 省交通运输厅补助 | 19.45 | 合 计                  | 69.45 | 19.45    | 50       |
| 工程配套研究经费 | 20.0  | （一）直接费用              | 60.4  | 16.5     | 43.9     |
| 单位自筹     | 30.0  | 1.设备费                | 2     | 0.5      | 1.5      |
| 其他经费     | 0.0   | （1）购置设备费             | 0     | 0        | 0        |
|          |       | （2）设备改造与租赁费          | 2     | 0.5      | 1.5      |
|          |       | 2.业务费                | 39.5  | 10.6     | 28.9     |
|          |       | （1）材料费               | 19.9  | 0        | 19.9     |
|          |       | （2）测试化验实验加工费         | 4.4   | 0        | 4.4      |
|          |       | （3）燃料动力费             | 1.8   | 0        | 1.8      |
|          |       | （4）差旅费/会议费/国际合作与交流费  | 4     | 2        | 2        |
|          |       | （5）出版/文献/信息传播/知识产权事费 | 4.8   | 4        | 0.8      |
|          |       | （6）其他费用              | 4.6   | 4.6      | 0        |
|          |       | 3.劳务费                | 18.9  | 5.4      | 13.5     |
|          |       | （1）专家咨询费             | 4     | 1.5      | 2.5      |
|          |       | （2）聘用人员劳务费           | 14.9  | 3.9      | 11       |
|          |       | （3）其他劳务费             | 0     | 0        | 0        |
|          |       | （二）间接费用              | 9.05  | 2.95     | 6.1      |
|          |       | 4.管理费                | 2.9   | 0        | 2.9      |
|          |       | 5.绩效支出               | 6.15  | 2.95     | 3.2      |

对经费估算及资金筹措情况说明，提供所需经费测算说明。

经费测算说明：

### 1. 设备费

### (1) 购置设备费

本项经费用于项目实施过程中购置专用仪器设备，共计 0 万元，其中，使用厅拨经费 0 万元。

| 序号   | 名称 | 单位 | 数量 | 总经费（万元） | 其中：厅拨经费（万元） |
|------|----|----|----|---------|-------------|
| 1    | /  | 台  | /  | /       | /           |
| 费用合计 |    |    |    | /       | /           |

注意：对上表中应纳入政府采购的相关设备，已实行政府采购（行政事业单位适用）；对其符合固定资产管理条件的，已作为项目单位固定资产进行了管理。

### (2) 试制设备费

本项经费用于项目实施过程中试制专用仪器设备，共计 0.0 万元，其中，使用厅拨经费 0.0 万元。

| 序号   | 项目 | 总经费（万元） | 其中：厅拨经费（万元） |
|------|----|---------|-------------|
| 1    | /  | /       | /           |
| 费用合计 |    | /       | /           |

### (3) 设备租赁费

本项经费用于项目实施过程中租赁外单位仪器设备，共计 2 万元，其中，使用厅拨经费 0.5 万元。

| 序号   | 项目                | 总经费（万元） | 其中：厅拨经费（万元） |
|------|-------------------|---------|-------------|
| 1    | PLC 同步顶升控制系统租赁    | 0.5     | 0.3         |
| 2    | 液压千斤顶租赁           | 0.4     | 0.2         |
| 3    | 强制式多功能搅拌机         | 0.3     | 0           |
| 4    | 多功能喷浆机            | 0.3     | 0           |
| 5    | 依托工程用桥下净空作业专用设备租赁 | 0.5     | 0           |
| 费用合计 |                   | 2       | 0.5         |

## 2.业务费

#### (4) 材料支出

本项经费用于项目实施过程中消耗的各种原材料、辅助材料等低值易耗品的采购及运输、装卸、整理等费用，共计 19.9 万元，其中，使用厅拨经费 0 万元。

| 序号   | 材料名称     | 数量/单位 | 总经费<br>(万元) | 其中：厅拨<br>经费（万元） |
|------|----------|-------|-------------|-----------------|
| 1    | 注浆材料     | 15/吨  | 8.1         | 0               |
| 2    | 试验用胶黏剂   | 29/公斤 | 0.8         | 0               |
| 3    | 试验用应变片   | 20/片  | 5.0         | 0               |
| 4    | 试验专用封堵气囊 | 30/个  | 5.0         | 0               |
| 5    | 试验用钢材    | 0.3/吨 | 1.0         | 0               |
| 费用合计 |          |       | 19.9        | 0               |

#### (5) 测试化验实验加工支出

本项经费用于项目实施过程中支付给外单位（包括项目承担单位内部独立经济核算单位）的检验、测试、化验、实验及加工等费用，共计 4.4 万元，其中，使用厅拨经费 0 万元。

| 序号   | 测试化验实验加工项目   | 实施单位               | 总经费（万<br>元） | 其中：厅拨经<br>费（万元） |
|------|--------------|--------------------|-------------|-----------------|
| 1    | 空心板灌浆前后试对比验证 | 陕西交控新材料有<br>限公司    | 1.4         | 0               |
| 2    | 依托工程加固后试验验证  | 陕西交控通宇交通<br>研究有限公司 | 3.0         | 0               |
| 费用合计 |              |                    | 4.4         | 0               |

#### (6) 燃料及动力支出

本项经费用于项目实施过程中相关大型仪器设备、专用科学装置等运行发生的可以单独计量的水、电、气、燃料消耗费用等，共计 1.8 万元，其中，使用厅拨经费 0 万元。

| 序号 | 项目              | 总经费<br>(万元) | 其中，厅拨经<br>费（万元） |
|----|-----------------|-------------|-----------------|
| 1  | 试验用发电机燃料费       | 1.0         | 0               |
| 2  | 依托工程考察调研短途自驾燃料费 | 0.8         | 0               |



| 序号 | 项目   | 总经费<br>(万元) | 其中，厅拨经费<br>(万元) |
|----|------|-------------|-----------------|
|    | 费用合计 | 1.8         | 0               |

(7) 差旅支出

本项经费用于项目实施过程中开展科学实验（试验）、科学考察、业务调研、学术交流等所发生的外埠差旅费、市内交通费用等，共计 2.0 万元，其中，使用厅拨经费 1.0 万元。

| 序号 | 时间、人数、地点、任务                         | 总经费<br>(万元) | 其中，厅拨经费<br>(万元) |
|----|-------------------------------------|-------------|-----------------|
| 1  | 合同期内研究人员前往依托工程进行考察调研差旅费，约 5 人次      | 0.6         | 0.3             |
| 2  | 合同期内研究人员省外参加学术交流与技术调研差旅费，约 5 人次     | 0.6         | 0.3             |
| 3  | 合同期内研究人员参加项目阶段性检查、验收及成果交流差旅费，约 7 人次 | 0.8         | 0.4             |
|    | 费用合计                                | 2.0         | 1.0             |

(8) 会议支出

本项经费用于可行性研究评审、研究大纲评审、项目验收及相关研讨会，共计 2.0 万元，其中，使用厅拨经费 1.0 万元。

| 序号 | 会议名称         | 总经费<br>(万元) | 其中，厅拨经费<br>(万元)(万 |
|----|--------------|-------------|-------------------|
| 1  | 可行性研究评审      | 0.3         | 0.15              |
| 2  | 研究大纲（实施方案）评审 | 0.4         | 0.2               |
| 3  | 中期咨询会        | 0.4         | 0.2               |
| 4  | 技术研讨、交流会     | 0.4         | 0.2               |
| 5  | 成果验收鉴定会      | 0.5         | 0.25              |
|    | 费用合计         | 2.0         | 1.0               |

(9) 国际合作与交流支出

本项经费用于项目实施过程中项目研究人员出国及外国专家来华工作的费

用，共计 0 万元，其中，使用厅拨经费 0 万元。

(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/印刷支出

本项经费用于项目实施过程中，需要支付的出版费、资料费、印刷费、翻译费、专用软件购买费、数据购买和调查费、文献检索费、专业通信费、专利申请及其他知识产权事务等，共计 4.8 万元，其中，使用厅拨经费 4.0 万元。

| 序号   | 项目        | 总经费<br>(万元) | 其中，厅拨经<br>费（万元） |
|------|-----------|-------------|-----------------|
| 1    | 项目研究成果出版费 | 1.3         | 1.1             |
| 2    | 项目研究报告打印费 | 0.5         | 0.3             |
| 3    | 项目研究成果查新费 | 0.5         | 0.3             |
| 4    | 知识产权事务费   | 2.5         | 2.3             |
| 费用合计 |           | 4.8         | 4.0             |

(11) 其他支出

| 序号   | 项目                 | 总经费<br>(万元) | 其中，厅拨经<br>费（万元） |
|------|--------------------|-------------|-----------------|
| 1    | 项目实施过程中临时性技术协作辅助支出 | 2.6         | 2.6             |
| 2    | 科研成果对外宣传展示费用       | 2.0         | 2.0             |
| 费用合计 |                    | 4.6         | 4.6             |

**3.劳务费**

(12) 劳务性支出

本项经费主要用于项目实施过程中支付给参与项目的研究生、博士后、访问学者和项目聘用的研究人员、科研助理及辅助人员等的劳务性支出，共计 14.9 万元，其中，使用厅拨经费 3.9 万元。

| 序号   | 时间、人数、事由                    | 总经费<br>(万元) | 其中，厅拨经<br>费（万元） |
|------|-----------------------------|-------------|-----------------|
| 1    | 合同期内试验过程雇佣产业工人所支付的劳务费，约 5 人 | 8.5         | 2.2             |
| 2    | 合同期内依托工程实施过程中产生的劳务费，约 5 人   | 6.4         | 1.7             |
| 费用合计 |                             | 14.9        | 3.9             |

(13) 咨询专家支出

本项经费主要用于项目实施过程中支付给临时聘请的咨询专家的费用。

| 序号   | 时间、人数、事由            | 总经费<br>(万元) | 其中, 厅拨经<br>费 (万元) |
|------|---------------------|-------------|-------------------|
| 1    | 合同期内开展项目关键技术方案论证与咨询 | 4.0         | 1.5               |
| 费用合计 |                     | 4.0         | 1.5               |

#### 4.间接费用

##### (14) 管理费

本项经费用于项目实施过程中项目承担单位为项目研究提供的现有仪器设备及房屋占用, 日常水、电、气、暖等消耗, 以及有关管理费用的补助支出, 共计 2.9 万元。其中, 使用厅拨经费 0.8 万元。

##### (15) 绩效支出

本项经费用于项目承担单位为项目研究激励科研人员的绩效支出, 共计 6.15 万元。其中, 使用厅拨经费 2.95 万元。

### 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)      | 1   |
|        |        | (1) 授权发明专利       | 0   |
|        |        | (2) 实用新型         | 1   |
|        |        | (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)      | 2   |
|        |        | (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         | 1   |
|        |        | (6) 科技报告         | 1   |



| 一级指标类别 | 二级指标类别 | 明细指标                | 指标值 |
|--------|--------|---------------------|-----|
|        | 其他成果   | 1、填补技术空白数           | 1   |
|        |        | (1) 国际              | 0   |
|        |        | (2) 国家              | 0   |
|        |        | (3) 省级              | 1   |
|        |        | 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）     | 1   |
|        |        | (2) 新产品（含农业新品种）     | 0   |
|        |        | (3) 新材料             | 1   |
|        |        | (4) 新装备（装置）         | 0   |
|        |        | (5) 平台/基地/示范点       | 0   |
|        |        | (6) 中试线             | 0   |
|        |        | (7) 生产线             | 0   |
| 产出类指标  | 其他成果   | 4、研究开发情况            |     |
|        |        | (1) 小试              | 否   |
|        |        | (2) 中试（样品样机）        | 否   |
|        |        | (3) 小批量             | 否   |
|        |        | (4) 规模化生产           | 是   |
|        | 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           | 1   |
|        |        | (1) 博士、博士后          | 0   |
|        |        | (2) 硕士              | 1   |
|        |        | 3、培训从事技术创新服务人员（人次）  | 3   |
|        |        | 4、是否设立科研助理岗位        | 否   |
|        | 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（%）      | 80  |
|        |        | 3、孵化科技企业（个）         | 0   |
|        |        | 4、转化科技成果（个）         | 1   |

| 一级指标类别    | 二级指标类别 | 明细指标            | 指标值 |
|-----------|--------|-----------------|-----|
| 效果类指标     | 经济效益   | 1、新增产值（万元）      | 50  |
|           |        | 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）      | 5   |
|           | 社会效益   | 1、新增税收（万元）      | 1.5 |
|           |        | 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      | /   |
|           |        | 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        | /   |
|           |        | 10、环保效益         | /   |
| 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

### 1. 项目的考核目标

- （1）完成空心板梁注浆加固的实际工程应用不少于 10 孔；
- （2）实现该研究成果的施工工艺标准化；
- （3）研发一种适用于空心板梁自梁底灌注的高粘性、高强度、低收缩性、抗扰动的注浆加固材料。

### 2. 提交的研究成果及其形式

- （1）《不中断交通条件下空心板梁抗剪加固性能与施工技术研究报告》1 份；
- （2）《不中断交通条件下空心板桥注浆加固施工技术指南》1 份；
- （3）提交《不中断交通条件下空心板桥注浆加固施工图通用设计文件》1 套；
- （4）高质量学术期刊论文 1~2 篇；
- （5）授权专利不少于 1 项。

### 3. 经济、社会、环境效益分析

参考已实施依托工程 3 孔 20m 空心板梁桥（单幅桥面宽度 16.5m），按照拆除重建测算，所需施工成本为 600.96 万元，其中人工费为 74.6 万元，材料费为 339 万元，机械费为 59.6 万元，专项费用（施工场地建设费+安全生产费）为 30.6 万元，措施费为 6.02 万元，企业管理费为 14.94 万元，规费为 29.2 万元，税金为 47 万元。采用该技术进行维修加固后，总施工成本为 331.1 万元，其中人工费为 14.28 万元，材料费为 245.62 万元，机械费为 3.57 万元，专项费用（施工场地建设费+安全生产费）为 22 万元，措施费为 3.66 万元，企业管理费为 11.18 万元，规费为 5.27 万元，税金为 25.52 万元，节约成本 45%，经济效益显著。

本研究项目所采用的施工方法无需中断交通，不仅能高效、快捷的提升结构承载能力，而且能有效避免交通拥堵造成的不良社会影响；此外，相较于拆除重建，本研究不仅能减少资源浪费，而且能有效减少环境污染，具有很大的社会环境效益及推广价值。

## 九、其它需要说明的问题

无

## 十、申请单位意见

配套研究经费落实到位，科研团队组建完成，具备研究条件。

### 1. 陕西交控凯达路桥工程建设有限公司



单位负责人：王林平

2016 年 3 月 18 日

### 2. 陕西交控新材料有限公司



单位负责人：华伟

2016 年 3 月 18 日

# 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究 大纲评审意见

2026年3月12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“不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究”（项目编号：25-73K）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、项目研究内容较全面，研究目标明确，技术路线可行。

二、项目研究人员组成合理，前期研究基础较扎实，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、预期成果覆盖研究目标，与研究内容的逻辑框架契合。

与会专家一致同意该项目研究大纲通过评审。

建议：

- 1.补充适用范围。
- 2.聚焦空心板梁抗剪加固后抗剪性能的验证。

主任委员：王登科  
2026年3月12日



## 专家审查意见表

|      |                                     |       |    |      |             |
|------|-------------------------------------|-------|----|------|-------------|
| 项目名称 | 不间断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究（项目编号：25-73K） |       |    |      |             |
| 专家姓名 | 中岳                                  | 职务/职称 | 正高 | 专 业  | 桥梁工程        |
| 专家单位 | 中交一公局                               |       |    | 联系电话 | 13991801018 |

评 审 意 见

1. 建议加强新材料的长期性能与耐久性方面的研究，这是加固是否成功的关键。
2. 建议增加界面剪切试验，验证试验，研究界面胶浆厚度、粘胶剂、温度变化、车辆振动等因素的影响，提出界面处理质量控制标准。
3. 建议结合试验和有限元分析，提出梁长度、材料长度、界面胶浆厚度等参数的优化计算公式，并进行可靠性验证。
4. 建议细化试验布置、加载方式、锚固长度等参数，制定优化设计流程，并用数字化手段进行过程监控。（实施中）
5. 模型试验应考虑不同梁长度、不同材料胶度、不同温度条件等因素，设置多种工况，为参数优化提供依据。
6. 建议制定节约成本45%的降本增效措施（人、材、机等）。
7. 明确验证方法的使用范围、适用范围等。

评审专家（签字）： 中岳

2026 年 3 月 12 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 | 25—73k 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究 |       |        |      |             |
| 专家姓名 | 王登科                           | 职务/职称 | 正高级工程师 | 专 业  | 桥梁与隧道       |
| 专家单位 | 陕西省铁路集团公司                     |       |        | 联系电话 | 13709260508 |

评 审 意 见

本项目研究必要，前期研究成果和研究支撑条件满足研究，实施方案及技术路线可行，依托工程落实，预期目标成果明确，研究大纲内容齐全。

建议：

- 1、 研究内容考虑空心板梁抗剪强度不足形成既有裂缝的处理技术。此缺陷的处理
- 2、 研究大纲突出不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术的可靠度研究及适应性。可  
耐久性
3. 补充新增荷载对结构受力的影响，和抗弯，抗拉，抗压的影响。

评审专家（签字）： 

2026 年 3 月 12 日

（本意见入档，填写工整，纸面不敷，可另加纸）



专家审查意见表

|      |                               |       |            |      |             |
|------|-------------------------------|-------|------------|------|-------------|
| 项目名称 | 25-73K 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究 |       |            |      |             |
| 专家姓名 | 王玉银                           | 职务/职称 | 党委书记<br>教授 | 专 业  | 结构工程        |
| 专家单位 | 哈尔滨工业大学土木工程学院                 |       |            | 联系电话 | 13766831066 |

评 审 意 见

1、建议要考虑原空心板梁前期应力历史对加固后性能和承载力公式的影响。

2、施工过程中，混凝土灌注方式和灌注质量非常重要，尽可能在实验室模型试验室按实际工程的类似条件进行灌注和检测。

评审专家（签字）：王玉银

2026 年 3 月 12 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 | 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究 |       |         |      |             |
| 专家姓名 | 惠迎新                    | 职务/职称 | 副总经理/教授 | 专 业  | 桥梁工程        |
| 专家单位 | 宁夏交通建设股份有限公司/宁夏大学      |       |         | 联系电话 | 18100956939 |

评 审 意 见

本项目针对我国早期中、小跨径空心板梁桥在长期运营过程中存在的抗剪承载力不足问题，提出在不中断交通条件下采用注浆填充高性能改性环氧混凝土进行抗剪加固的技术思路，通过研发高性能改性环氧混凝土，开展相关试验研究、理论计算及施工关键技术攻关，并依托实际工程进行验证与推广，对提升在役空心板梁桥抗剪性能、降低工程成本具有重要的工程实践与行业推广意义。项目研究方向明确，贴合实际需求，技术路线基本可行，研究内容较为完整，依托工程条件良好，具备实施基础，建议根据以下意见对研究大纲进一步完善。

1、研究内容一“高性能改性环氧混凝土材料研究”中提出研发高粘性、高强度、低收缩及高流动性的改性环氧混凝土，建议进一步明确关键性能指标及评价方法，如粘结性能、抗压强度、收缩性能及耐久性指标等。

2、“加固后空心板梁抗剪承载力理论计算方法研究”部分，建议进一步明确理论分析方法和数值模拟思路，并说明试验数据与数值模拟结果之间的相互验证关系，提升理论计算方法的科学性。

3、“不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工关键技术研究”中，建议进一步明确不中断交通条件下的施工组织方式、交通组织方案及施工质量控制方法，同时完善如注浆密实度检测、施工过程质量检测技术，形成标准化技术体系。

4、项目具有较好的依托工程条件，西安市雁翔路分离式立交桥改扩建工程为空心板梁加固技术研究提供了良好的工程验证条件，建议在示范工程中明确加固效果监测指标，并结合现场检测数据对加固效果进行系统评价，为技术推广提供工程依据。

评审专家（签字）：惠迎新

2026 年 3 月 12 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 | 不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究 |       |    |      |             |
| 专家姓名 | 柴唐焰                    | 职务/职称 | 正高 | 专 业  | 桥梁工程        |
| 专家单位 | 中铁第一勘察设计院集团有限公司        |       |    | 联系电话 | 13991256879 |

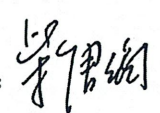
评 审 意 见

一、本项目围绕不中断交通条件下的空心板梁抗剪加固技术进行研究，能够高效、快速地实施空心板桥抗剪加固，具有较高的经济效益和推广应用价值，选题明确，研究内容针对性强，实现目标清晰，具有较强的工程实践指导作用，研究意义较高。

同意研究大纲。

二、建议

1. 针对板梁桥上部结构进行加固，必然会引起上部荷载的增加，从而对桥梁下部及基础产生影响，怎么考虑该影响，建议补充相关说明。
2. 空心板梁一般为铰连接，进行板梁加固后，可能转变为刚连接，可能对板梁的横向分布系数产生影响，进而影响板梁受力，怎么考虑该影响，建议补充相关说明。
3. 建议补充明确“不中断交通”的边界界定。
4. 建议进一步补充明确不中断交通条件下的施工的具体工艺说明。
5. 第22页中说明“配套研究经费落实到位”，但第14页经费组成表中“工程配套研究经费”栏中为“0”，前后矛盾，请核实。

评审专家（签字）： 

2016年3月12日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究 (项目编号: 25-73K)

**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  | 王登科 | 陕西省铁路集团<br>有限公司     | 路桥工程        | 路桥工程        | 正高工   | 王登科  |
| 2  | 委员    | 牛 宏 | 中交第一公路勘察<br>设计院有限公司 | 桥梁工程        | 桥梁工程        | 正高工   | 牛宏   |
| 3  | 委员    | 柴唐焰 | 中铁第一勘察设计院           | 桥梁工程        | 桥梁工程        | 正高工   | 柴唐焰  |
| 4  | 委员    | 王玉银 | 哈尔滨工业大学             | 桥梁工程        | 桥梁工程        | 教授    | 网上评审 |
| 5  | 委员    | 惠迎新 | 宁夏交通建设股份<br>有限公司    | 桥梁与<br>隧道工程 | 桥梁与<br>隧道工程 | 教授    | 网上评审 |



专家意见处理表

项目名称：不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术研究

(项目编号：25-73K)

| 序号 | 姓名  | 建议内容                                                                                                                                                                                                                                                                                            | 处理意见<br>(逐条回应，详细说明修改情况)                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                     |
|----|-----|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 1  | 柴唐焰 | <p>1.针对板梁桥上部结构进行加固，必然会引起上部荷载的增加，从而对桥梁下部及基础产生影响，怎么考虑该影响，建议补充相关说明。</p> <p>2.空心板梁一般为铰连接，进行板梁加固后，可能转变为刚连接，可能对板梁的横向分布系数产生影响，进而影响板梁受力，怎么考虑该影响，建议补充相关说明。</p> <p>3.建议补充明确“不中断交通”的边界界定。</p> <p>4.建议进一步补充明确不中断交通条件下的施工的具体的说明。</p> <p>5.第 22 页中说明“配套研究经费落实到位”，但第 14 页经费组成表中“工程配套研究经费”栏目中为“0”，前后矛盾，请核实。</p> | <p>1.采纳意见。该技术主要针对老旧空心板，以最大跨径的 20m 空心板为例，采用该技术加固后每片梁端部仅增加 20kN 左右，对下部结构影响较小。若影响不可避免，可对下部结构进行相应处理，如盖梁粘贴钢板、墩柱外包、地基注浆加固等。</p> <p>2.采纳意见。该技术主要针对单片空心板梁，通过采用该技术提高端部抗剪承载力，板与板之间的横向连系并不会发生实质性变化。且梁体端部（无论小箱梁、T 梁、还是空心板梁），一般采用“杠杆法”进行横向分布系数的计算，所以横向分布系数产生的受力影响可忽略。</p> <p>3.采纳意见。“不中断交通”主要是指在采取该技术施工过程中可确保常规车辆（不包括重载、超载车辆）的正常通行。为保证加固效果，可在关键施工节点实施短暂的限流或半幅封闭、半幅通行的交通管制措施。</p> <p>4.采纳意见。已在大纲研究背景和必要性部分给出了施工工艺说明。</p> <p>5.采纳意见。已对大纲中第 14 页经费组成表中“工程配套研究经费”内容进行修正。</p> |



|   |     |                                                                                                                                |                                                                                                                                                                                                                                                              |
|---|-----|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 2 | 王登科 | <p>1.研究内容考虑空心板梁抗剪强度不足形成既有裂缝的处理技术。</p> <p>2.研究大纲突出不中断交通条件下空心板梁抗剪加固成套技术的可靠度耐久性研究及适应范围。</p> <p>3.补充新增荷载对结构受力的影响，如抗弯、抗拉、抗压的影响。</p> | <p>1.采纳意见。既有裂缝仅在空心板边板的外腹板可见，通过常规加固措施（如腹板粘贴钢板、增大腹板截面等）进行处理，中板裂缝属于隐蔽裂缝，通过该技术可修复内腔裂缝，并防止较缝处腹板裂缝的持续发展。</p> <p>2.采纳意见。已在研究大纲注浆加固材料研究技术方案中，补充了相关内容研究。</p> <p>3.采纳意见。通过理论分析，本技术采用梁端支点一定范围内腔注浆加固，仅为局部截面刚度与自重提升，未改变桥梁整体受力体系，由此产生的恒载增量较小，对结构无不利影响。并已在研究大纲中补充了相关说明。</p> |
| 3 | 王玉银 | <p>1.建议要考虑原空心板梁前期应力历史对加固后性能和承载力公式的影响。</p> <p>2.施工过程中，混凝土灌注方式和灌注质量非常重要，尽可能在实验室模型试验室按实际工程的类似条件进行灌注和检测。</p>                       | <p>1.采纳意见。已在研究大纲抗剪承载力理论计算方法研究中增加了考虑原空心板梁前期应力历史对加固后性能的影响。</p> <p>2.采纳意见。已在研究大纲抗剪加固试验研究技术方案中补充了按照实际工程施工情况进行空心板梁自下而上抗剪加固施工工艺模拟相关内容。</p>                                                                                                                         |

|   |    |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|---|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 4 | 牛宏 | <p>1. 建议加强对材料的长期性能与耐久性能的研究，这是加固是否成功的关键。</p> <p>2. 建议增加界面剪切试验、推出试验，研究界面粗糙度、粘结剂、温度变化、车辆扰动等因素影响，提出界面处理质量控制标准。</p> <p>3. 建议结合试验和有限元分析，提出长度、材料强度、界面粘结等参数的修正计算公式，并进行可靠性验证。</p> <p>4. 建议细化钻孔布置、注浆压力、封堵设计等工艺参数，确定标准化作业流程，并运用数字化手段进行过程监控。（施工工艺）</p> <p>5. 模型试验应考虑不同注浆长度、不同材料强度、不同跨比等因素，以覆盖多种工程工况，为参数优化提供依据。</p> <p>6. 建议补充节约成本 45% 的具体测算过程（人、材、机等）。</p> <p>7. 明确该方法的使用范围、适用场景！</p> | <p>1. 采纳意见。已在研究大纲注浆加固材料研究技术方案中，补充了相关内容的研究。</p> <p>2. 采纳意见。已在研究大纲技术方案中提出开展新、旧混凝土界面粘结试验相关内容。</p> <p>3. 采纳意见。已在研究大纲抗剪加固试验研究技术方案中补充了不同灌浆材料、灌浆高度、长度及界面粘结方式等对抗剪承载力的影响，也将通过试验与有限元模拟相结合的方式用于理论计算公式的修正。</p> <p>4. 采纳意见。施工标准化研究是本研究的关键研究内容之一，后续通过研究后将在研究成果“施工技术指南”中具体体现。</p> <p>5. 采纳意见。已在大纲研究技术方案中考虑了分析不同灌浆材料、灌浆高度、长度及界面粘结方式等对于抗剪承载力的影响。</p> <p>6. 采纳意见。已在研究大纲“经济、社会、环境效益分析”中，从人、材、机等方面对本研究技术进行了节约成本分析。</p> <p>7. 采纳意见。已在研究大纲背景和必要性中相关内容进行了补充。</p> |
|---|----|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

|   |     |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                              |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                |
|---|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 5 | 惠迎新 | <p>1. 研究内容一“高性能改性环氧混凝土材料研究”中提出研发高粘性、高强度、低收缩及高流动性的改性环氧混凝土，建议进一步明确关键性能指标及评价方法，如粘结性能、抗压强度、收缩性能及耐久性指标等。</p> <p>2. “加固后空心板梁抗剪承载力理论计算方法研究”部分，建议进一步明确理论分析方法和数值模拟思路，并说明试验数据与数值模拟结果之间的相互验证关系，提升理论计算方法的科学性。</p> <p>3. “不中断交通条件下空心板梁抗剪加固施工关键技术研究”中，建议进一步明确不中断交通条件下的施工组织方式、交通组织方案及施工质量控制方法，同时完善如注浆密实度检测、施工过程中质量检测技术，形成标准化技术体系。</p> <p>4. 项目具有较好的依托工程条件，西安市雁翔路分离式立交桥改扩建工程为空心板梁加固技术研究提供了良好的工程验证条件，建议在示范工程中明确加固效果监测指标，并结合现场检测数据对加固效果进行系统评价，为技术推广提供工程依据。</p> | <p>1. 采纳意见。已在项目前期科研工作中给出了注浆材料抗压强度不低于 50Mpa、弹性模量不小于 37GPa 以及主梁材料的工作性能应满足灌注要求等性能指标。</p> <p>2. 采纳意见。已在研究大纲中的研究内容和研究方案中进行了补充说明。</p> <p>3. 采纳意见。施工关键技术研究是本研究的关键研究内容之一，已在研究技术方案中增加了完善和明确不中断交通条件下的施工组织方式、交通组织方案及施工质量控制方法，同时完善施工过程中质量控制方法等研究。</p> <p>4. 采纳意见。已对研究大纲“工程进度与项目科研进度的配合”中增加了梁体进行抗剪加固后性能提升的检测、评价内容进行了补充。</p> |
|---|-----|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|

大纲评审委员会专家（签字）：

项目负责人（签字）：