

项目合同编号：25-69K

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项 目 名 称：高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升
关键技术研究

承 担 单 位：陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司

项 目 负 责 人：褚志锋

通讯邮编、地址：710065 陕西省西安市雁塔区太白南路9号

传 真、电 话：029-87831870

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：25-69K

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项 目 名 称：高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升
关键技术研究

承 担 单 位：陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司

项 目 负 责 人：褚志锋

通讯邮编、地址：710065 陕西省西安市雁塔区太白南路 9 号

传 真、电 话：029-87831870

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) 桥梁中分带波形梁护栏改造提升结构设计、仿真分析与实车碰撞试验;

研究提出 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏原位升级改造为 2017 标准 SB 级护栏的技术方案, 并进行实车碰撞试验验证。

2) 护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响分析

拟采用有限元仿真分析和理论分析的方法, 研究分析护栏防护能力提升后, 桥梁翼缘板的承载力是否满足要求。

3) 施工工艺及质量检验技术指南。

研究桥梁中分带波形梁护栏改造提升施工技术, 包括施工工序、注意事项和质量检验等。

2. 技术关键

研究形成一种高速公路桥梁中分带波形梁护栏原位快速改造提升结构方案。

3. 依托工程（依托工作）

以十天高速公路白泉段为依托工程。该高速公路起于湖北鄂陕界隧道东口, 止于汉中市西乡县茶镇, 途经白河、旬阳、汉滨、汉阴、石泉 4 县 1 区, 连接包茂高速公路, 全长 222.71km, , 平原区设计速度 100km/h, 山区设计速度 80km/h。全线总计主线桥 144 座, 中分带护栏采用 A 级(2006 标准)双波梁护栏, 中分带护栏长度约 43 公里（单侧）, 中分带护栏改造提升已列入年度养护计划。

二、考核指标

1.预期目标

研发一种 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏提升改造为 2017 标准 SB 级护栏的技术方案，防护性能达到《公路护栏安全性能评价标准》（JTGB05-01-2013）四（SBm）级安全性能评价要求，并取得实车碰撞试验报告。

填补国内桥梁中分带波形梁护栏无损改造提升技术空白。

2.主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

1) 技术指标。

项目研究形成的 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏原位升级改造为 17 标准 SB 级护栏的技术方案通过实车碰撞试验验证。

2) 经济指标

项目研究形成的 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏原位升级改造为 17 标准 SB 级护栏的技术方案预计较新建国标护栏可节约钢材 30%以上。

3.经济和社会效益

1) 经济效益分析

本技术通过原位升级实现旧护栏 100%再利用，较新建护栏节约钢材 30%以上。

2) 社会效益分析

升级后的 SB 级护栏可抵御碰撞能量 280kJ，显著降低交通事故后果，可为社会节省医疗、赔偿及生产力损失等成本。

4.成果提供形式

- 1) 项目研究报告;
- 2) 护栏实车碰撞试验检测报告;
- 3) 护栏提升改造设计图;
- 4) 申请实用新型专利 3 项;
- 5) 撰写核心期刊(含核心遴选期刊)论文 3 篇,论文注明依托陕西交通科技项目及项目编号。

4. 其他考核指标

无。

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
2026 年 4~6 月	1、项目依托工程桥梁中分带波形梁护栏调研、资料收集与分析。
2026 年 7~9 月	1、桥梁中分带波形梁护栏改造提升结构设计； 2、桥梁中分带波形梁护栏改造有限元仿真分析。
2026 年 10~12 月	1、桥梁中分带波形梁护栏护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响分析研究； 2、护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响分析； 3、桥梁中分带波形梁护栏防护能力提升设计图绘制。
2027 年 1~3 月	1、实车碰撞试验主梁设计、施工； 2、实车碰撞试验护栏样品加工、安装与实车碰撞试验检测。
2027 年 4~6 月	1、编写施工工艺及质量检验技术指南； 2、项目依托工程应用与总计。
2027 年 7~9 月	1、撰写相关技术论文； 2、实用新型申请专利。
2027 年 10~12 月	1、编写项目研究报告。
2028 年 4~6 月	1、项目总结，提交结题验收资料。

四、项目经费

项目总经费：120 万元

交通运输厅补助：19.8 万元

自筹资金：100.2 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	109.29	19.80
1. 设备费	0.00	0.00
(1) 购置设备费	0.00	0.00
(2) 试制设备费	0.00	0.00
(3) 设备改造与租赁费	0.00	0.00
2. 业务费	106.09	19.80
(4) 材料支出	7.12	0.00
(5) 测试化验实验加工支出	77.67	19.80
(6) 燃料及动力支出	0.00	0.00
(7) 差旅支出	10.4	0.00
(8) 会议支出	2.40	0.00
(9) 国际合作与交流支出	0.00	0.00
(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/ 印刷支出	8.50	0.00
(11) 其他支出	0.00	0.00
3. 劳务费	3.2	0.00
(12) 劳务性支出	0.00	0.00
(13) 咨询专家支出	3.2	0.00
(二) 间接费用	10.91	0.00
4. 管理费	10.91	0.00
5. 绩效支出	0.00	0.00
合 计	120.00	19.80

六、承担单位或研究人员分工

1) 承担单位分工

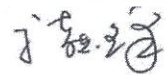
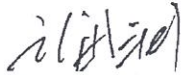
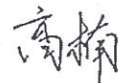
序号	参研单位	主要工作
1	陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司	项目总体负责，资源协调与依托工程应用。
2	陕西高速公路工程试验检测有限公司	项目副负责人，方案研究。
3	陕西交控桥隧有限公司	项目试验研究与依托工程应用。
4	陕西省交通规划设计研究院有限公司	依托工程应用，现场调研、分析。
5	陕西交通控股集团有限公司白泉分公司	方案研究
6	陕西交控交通工程有限公司	升级改造方案研究、结构计算与图纸绘制。
7	北京中交华安科技有限公司	升级改造方案研究，有限元仿真分析，现场调研、分析。
8	陕西兄弟交通科技股份有限公司	依托工程应用，现场调研。

2) 研究人员分工

姓名	技术职称	专业	在项目中担任 具体工作
褚志锋	高级工程师	交通工程(路桥)	项目负责人，依托工程应用。
王海渊	正高级工程师	交通工程（安全设施）	项目副负责人，方案研究。
宋世杰	高级工程师	交通运输工程领域工程	项目副负责人，依托工程应用。
高楠	高级工程师	其他	技术负责人，依托工程应用。
王伟	工程师	材料成型及控制工程	技术负责人，试验研究
马永杰	工程师	交通工程（安全设施）	技术研发负责，方案研究。
张喆	工程师	公路工程	技术方案研究。
艾青	工程师	其他	技术方案负责人，方案研究。
辛向阳	工程师	土木工程	技术方案负责人，试验研究
王方玉	高级工程师	其他	现场实施负责。
杜品儒	工程师	其他	现场实施技术负责，依托工程应用。
高巨财	工程师	交通工程（安全设施）	依托工程应用，现场调研、分析
李松涛	高级工程师	公路工程	施工技术负责人
张斌	中级	公路工程	施工现场负责人
连军	高级工程师	桥梁工程	结构计算
冯莉	高级工程师	其他	试验研究

王 栋	工程师	交通工程 (安全设施)	项目图纸绘制
李 强	研究员	道路与铁道	施工技术负责人
王成虎	正高级工程师	交通工程	施工现场负责人
潘宝林	正高级工程师	桥梁工程	结构计算
张宏松	高级工程师	公路工程	试验研究
于海霞	正高级工程师	公路工程	项目图纸绘制
卜倩淼	高级工程师	桥梁工程	技术研发负责，项目协调。
申林林	高级工程师	其他	技术研发负责，方案研究
宁欣鹏	中级	交通工程 (安全设施)	升级改造方案研究
张 文	高级工程师	道路与铁道	升级改造方案研究
杨梓佟	高级工程师	交通工程	升级改造方案研究
翟东亮	工程师	桥梁工程	有限元仿真分析
林柳燕	研究员	交通工程	有限元仿真分析
王君睨	正高级工程师	交通工程	现场调研、分析
张莉	正高级工程师	交通工程	现场调研、分析

七、项目参加人员表

项目承担单位：陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司							
参与单位（排序）：陕西高速公路工程试验检测有限公司、陕西交控桥隧有限公司、陕西省交通规划设计研究院有限公司、陕西交通控股集团有限公司白泉分公司、陕西交控交通工程有限公司、北京中交华安科技有限公司、陕西兄弟交通科技股份有限公司							
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	褚志锋	1977.12	陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司	养护管理部部长 高级工程师	交通工程 (路桥)	项目负责人，依托工程应用。	
主要研究人员（注：一般项目不超过 15 人）							
2	王海渊	1980.07	陕西高速公路工程试验检测有限公司	正高级工程师	交通工程	项目副负责人，方案研究。	
3	宋世杰	1972.12	陕西交控桥隧有限公司	高级工程师	交通运输工程	项目副负责人，依托工程应用。	
4	高楠	1979.10	陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司	高级工程师	其他	技术负责人，依托工程应用。	
5	王伟	1981.03	陕西交控桥隧有限公司	工程师	材料工程	技术负责人，试验研究	

6	马永杰	1994.05	陕西省交通规划设计研究院有限公司	工程师	交通工程 (安全设施)	技术研发负责, 方案研究。	马永杰
7	张 喆	1986.05	陕西交控桥隧有限公司	工程师	公路工程	技术方案研究。	张喆
8	艾 青	1991.03	陕西交通控股集团有限公司白泉分公司	工程师	其他	技术方案负责人, 方案研究。	艾青
9	辛向阳	1980.02	陕西交控桥隧有限公司	工程师	土木工程	技术方案负责人, 试验研究	辛向阳
10	王方玉	1982.02	陕西交控交通工程有限公司	高级工程师	其他	现场实施负责。	王方玉
11	杜品儒	1990.07	陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司	工程师	其他	现场实施技术负责, 依托工程应用。	杜品儒
12	高巨财	1994.01	陕西交通控股集团有限公司白泉分公司	助理工程师	交通工程 (安全设施)	依托工程应用, 现场调研、分析	高巨财
13	李松涛	1979.12	陕西交控交通工程有限公司	高级工程师	公路工程	施工技术负责人	李松涛
14	张斌	1992.06	陕西交控交通工程有限公司	中级	公路工程	施工现场负责人	张斌
15	连 军	1973.11	陕西省交通规划设计研究院有限公司	高级工程师	桥梁工程	结构计算	连军

16	冯 莉	1980. 11	陕西交通控股集团有限公司运营 管理分公司	高级工程师	其他	试验研究	冯莉
17	王 栋	1991. 11	陕西省交通规划设计研究院有 限公司	工程师	交通工程 (安全设施)	项目图纸绘制	王栋
18	李 强	1978. 02	北京中交华安科技有限公司	研究员	道路与铁道	技术研发负责, 项目协调。	李强
19	王成虎	1979. 07	北京中交华安科技有限公司	正高级工程师	交通工程	技术研发负责, 方案研究	王成虎
20	潘宝林	1978. 09	北京中交华安科技有限公司	正高级工程师	桥梁工程	升级改造方案研究	潘宝林
21	张宏松	1986. 04	北京中交华安科技有限公司	高级工程师	交通工程	升级改造方案研究	张宏松
22	于海霞	1977. 09	北京中交华安科技有限公司	正高级工程师	交通工程	升级改造方案研究	于海霞
23	卜倩淼	1987. 10	北京中交华安科技有限公司	高级工程师	交通工程	有限元仿真分析	卜倩淼
24	申林林	1992. 10	北京中交华安科技有限公司	工程师	交通工程	有限元仿真分析	申林林
25	宁欣鹏	1996. 12	北京中交华安科技有限公司	工程师	交通工程	现场调研、分析	宁欣鹏
26	张 文	1998. 07	北京中交华安科技有限公司	工程师	交通工程	现场调研、分析	张文
27	杨梓佟	1997. 10	北京中交华安科技有限公司	工程师	交通工程	现场调研、分析	杨梓佟

28	翟东宪	1989.11	北京中交华安科技有限公司	工程师	交通工程	现场调研、分析	翟东宪
29	林柳燕	1983.03	陕西兄弟交通科技股份有限公司	/	国有资产管理	市场调研及推广、售后服务	林柳燕
30	王君晔	1978.09	陕西兄弟交通科技股份有限公司	中级	工业自动化	市场调研及推广、售后服务	王君晔
31	张莉	1986.09	陕西兄弟交通科技股份有限公司	/	其他	市场调研及推广、售后服务	张莉

八、信息表

项目合同编号		25-69K		密级		/		A: 机密 B: 秘密 C: 内部	
项目名称		高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究							
项目实施所在地		陕西省西安市		起止年限		2020年3月至2022年3月			
总经费		120		厅拨		19.8			
第一承担单位	单位名称	陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司							
	所在地	陕西省西安市雁塔区					代码		
	通讯地址	陕西省西安市雁塔区太白南路9号					邮编	710065	
	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	陕西高速公路工程试验检测有限公司							
	2	陕西交控桥隧有限公司							
	3	陕西省交通规划设计研究院有限公司							
	4	陕西交通控股集团有限公司白泉分公司							
	5	陕西交控交通工程有限公司							
	6	北京中交华安科技有限公司							
	7	陕西兄弟交通科技股份有限公司							
项目负责人	姓名	褚志锋		性别 (1) 1.男 2.女		出生年份		1977.12	
	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	(18091566216 029-87831870)			电子邮箱		738436188@qq.com		
项目联系人	姓名	王伟			性别		男		
	联系电话	(13991914689 029-85250881)			电子邮箱		44467159@qq.com		
项目组人数	27	高级	15	中级	12	初级	0	其他	0
主要研究内容 (100字以内)	1) 桥梁中分带波形梁护栏改造提升结构设计、仿真分析与实车碰撞试验; 2) 护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响分析 3) 施工工艺及质量检验技术指南。								
成果属性	A	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、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10份，甲方单位5份，承担单位5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：

负责人：（签字）

联系人：（签字）

电 话：029-88869067

陕西省交通运输厅

2026年3月27日

（公章）

合同乙方：（承担单位）

单位负责人：（签字）

项目负责人：（签字）

电 话：029-87831870

陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司

2026年3月27日

（公章）

财务负责人：（签字）

账 户 名：陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司

开户银行：中国建设银行股份有限公司西安曲江支行

账 号：61050191000400003997

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：丁能海

2020年 3 月 27 日

项目编号：25-69K

2025 年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称： 高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改
造提升关键技术研究

申请单位： 陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司

(盖章)

联系人： 褚志锋

电 话： 18091566216

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.	研究背景和必要性	1
1)	国家战略要求	1
2)	行业政策要求	2
3)	工程实际需求	3
4)	传统技术的痛点问题	3
5)	研究的必要性	4
2.	研究目的	4
3.	项目概况	4
4.	市场需求前景	5
5.	拟达到的技术水平	5
6.	在国民经济发展中的作用	5
二、	前期科研及工作基础	7
1.	国内外研究现状	7
1)	国外技术与研究现状	7
2)	国内技术与研究现状	10
3)	研究现状分析与评价	14
2.	前期科研及现有工作条件	15
1)	前期科研	15
2)	现有工作条件	15
3.	参考文献	18
三、	实施方案	21
1.	拟解决的关键问题	21
2.	主要研究内容及实施方案	21
1)	桥梁中分带波形梁护栏改造提升结构设计、仿真分析与实车碰撞试验;	21
2)	护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响分析	23
3)	施工工艺及质量检验技术指南。	23
3.	技术路线	23
1)	研究技术方案	23
2)	研究工作流程	24
4.	有关技术经济指标	25
1)	技术指标	25
2)	经济指标	25
四、	项目承担单位及参加单位概况	26
1.	单位概况	26
1)	申报单位: 陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司	26
2)	参研单位: 陕西高速公路工程试验检测有限公司	26
3)	参研单位: 陕西交控桥隧有限公司	28
4)	参研单位: 陕西省交通规划设计研究院有限公司	28
5)	参研单位: 陕西交通控股集团有限公司白泉分公司	29
6)	参研单位: 陕西交控交通工程有限公司	29
7)	参研单位: 北京中交华安科技有限公司	30
8)	参研单位: 陕西兄弟交通科技股份有限公司	31

2. 技术力量及人员构成.....	31
3. 各自承担的主要工作.....	33
4. 项目主要负责人情况.....	33
五、 项目依托工程情况及其他必要支撑条件	35
1. 依托工程概况.....	35
2. 投资来源.....	36
3. 工程进度与项目科研进度的配合	36
4. 组织管理形式.....	36
六、 项目经费估算及资金筹措情况	37
七、 项目绩效指标	44
八、 预期目标、成果提供形式及经济社会效益	46
1. 项目预期目标.....	46
2. 提交的研究成果及其形式.....	46
3. 经济、社会、环境效益分析.....	46
九、 其它需要说明的问题	48
十、 申请单位意见	49

一、项目研究的背景和必要性

1. 研究背景和必要性

1) 国家战略要求

交通是兴国之要，是强国之基，是建设现代化经济体系的先行领域，是全面建成社会主义现代化强国的重要支撑。新时代全面贯彻总体国家安全观，要求交通运输行业坚持统筹发展和安全，将维护国家安全贯穿于交通运输工作的各方面和全过程。在此背景下，构建“安全、便捷、高效、绿色、经济、包容、韧性”的交通运输体系，已成为我国公路交通建设的核心指导思想。

2018年10月，全国人民代表大会常务委员会制定了《中华人民共和国循环经济促进法》，发展循环经济成为国家经济社会发展的一项重大战略。2019年9月，中共中央、国务院《交通强国建设纲要》要求推广废旧材料再生和综合利用，提升资源循环利用率。2021年2月，国务院《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》（国发〔2021〕4号）要求建立健全绿色低碳循环发展经济体系，促进经济社会发展全面绿色转型，提高基础设施绿色化水平。2021年12月，国务院《关于印发“十四五”现代综合交通运输体系发展规划的通知》要求全面推动交通运输全生命周期绿色低碳转型，提升基础设施安全韧性，对存量交通设施开展安全性能升级。

2) 行业政策要求

交通运输部高度重视交通安全工作和交通基础设施建设的绿色化水平。2017 年 11 月，交通运输部《关于全面深入推进绿色交通发展的意见》要求推进交通运输生态文明建设，全面提升交通基础设施的绿色水平。2021 年 10 月，交通运输部《绿色交通“十四五”发展规划》的通知要求建设绿色交通基础设施，深化绿色公路建设，推进交通资源循环利用。2021 年 12 月交通运输部发布了

2026 年 1 月，财政部、交通运输部《关于组织开展“政府采购支持公路绿色低碳发展”试点工作的通知》通过发挥政府采购政策功能，推动公路绿色低碳发展，助力加快建设交通强国。2025 年 4 月 9 日，交通运输部《公路安全韧性提升技术指南（试行）》的通知（交办公路〔2025〕26 号）把交通安全工程作为重要提升内容之一。2022 年 12 月，《陕西省“十四五”节能减排综合工作实施方案》明确提出推动绿色公路建设。2021 年 11 月，《陕西省交通运输“十四五”科技创新发展规划》明确提出了公路建设绿色发展的要求。

2022 年，交通运输部和公安部联合发布《公路安全设施和交通秩序管理精细化提升行动方案》（交办公路〔2022〕14 号），要求对建成较早的高速公路中央分隔带护栏进行适应性评估和改造提升。2024 年，交通运输部和公安部联合发布《关于进一步推进公路安全设施和交通秩序管理精细化提升工作的通知》（交办公路函〔2024〕1058 号），进一步要求对建成较早的高速公路中央分隔带护栏进行评估和提升。2023 年 8 月，陕西省发布《陕西省交通运输厅关于开

展全省公路桥梁护栏安全隐患专项排查的通知》，要求对全省公路桥梁护栏进行全面排查。

3) 工程实际需求

随着社会经济的发展，高速公路车流量及组成日益变化，呈现大型化、重型化趋势，按原 2006 设计标准建设的护栏的防护能量已难以满足实际交通安全需求。陕西省是我国西部交通大动脉的核心节点，省交通运输厅高度重视交通安全工作，要求在全省范围开展桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升工作，提升路网系统韧性，保障我国西部物流大动脉安全畅通。

4) 传统技术的痛点问题

传统的护栏升级改造技术存在显著的弊端，如下：

(1) 施工繁琐，资源浪费。传统的护栏升级改造技术通常需要将旧护栏整体拆除、转运，并进行基础修复，涉及大量构配件的废弃与重建，造成了严重的资源浪费，不符合绿色交通的发展理念。

(2) 施工周期长，交通干扰大，保通压力大。施工过程需要进行多次、长时间占道作业，对运营车流的交通干扰大，加剧交通拥堵，带来巨大交通组织压力和交通延误损失。

(3) 施工安全风险高，运营安全风险高。原有护栏的拆除与重建的交叉作业，长时间的占道施工，护栏拆除后存在路侧防护空窗期，施工安全和运营安全风险高，易引发次生事故。

(4) 现有技术方案多为路基段护栏技术方案，不适用于桥梁段。

5) 研究的必要性

在陕西省大规模桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升工作中，要摒弃传统的“大拆大建”模式。因此，有必要研究一种施工便捷、资源节约、对交通干扰小，安全风险可控的桥梁中分带波形梁护栏升级改造关键技术。

2. 研究目的

本项目研究拟针对陕西省高速公路 06 标准桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升的工程需求，研发一种桥梁中分带波形梁护栏原位快速免拆换升级改造技术。

3. 项目概况

本项目研究以陕西省高速公路安全韧性提升工作为背景，针对 06 标准桥梁中分带波形梁护栏的防护等级提升需求，研究 06 标准 A 级波形梁护栏提升为 17 标准 SB 级护栏的技术方案，并采用实车碰撞试验的方法进行安全性能验证，主要研究内容如下：

- 1) 桥梁中分带波形梁护栏改造提升结构设计、仿真分析与实车碰撞试验；
- 2) 护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响研究；
- 3) 加工、施工工艺及质量检验标准研究。

4. 市场需求前景

预计未来 5 年，随着我国高速公路及国省道安全韧性提升工作的开展，桥梁中分带波形梁护栏提升需求将成几何数增长。

5. 拟达到的技术水平

本项目研究形成的改造提升方案能够把桥梁中分带波形梁护栏的防护等级由 06 标准的 A 级提升到 17 标准的 SB 级。

6. 在国民经济发展中的作用

本项目研发的桥梁中分带波形梁护栏原位免拆换升级改造技术，对陕西省国民经济发展具有以下重要作用：

1) 保障物流大动脉安全畅通

通过提升护栏防护等级从 06 标准 A 级至 17 标准 SB 级，可有效降低重型车辆碰撞事故风险，减少因交通事故导致的交通中断，保障西部物流通道高效运行，为区域经济协同发展提供基础支撑。

2) 推动交通行业绿色低碳转型

传统护栏改造需拆除旧构件并重建，造成钢材浪费和碳排放增加。本技术通过原位升级实现旧护栏 100%再利用，较新建护栏可节约大量钢材。

3) 提升公路安全韧性，降低社会成本

升级后的 SB 级护栏可抵御碰撞能量 280kJ（相当于 10 吨货车以 80km/h 速度撞击），显著降低恶性交通事故发生率。据行业统计，

每减少 1% 的交通事故死亡率，可为社会节省医疗、赔偿及生产力损失等成本约 2 亿元/年。本技术推广后，预计可为陕西省高速公路年均减少事故损失超 5000 万元。

4) 促进交通科技自主创新与产业升级

项目形成的免拆换连接技术、仿真优化方法及施工标准，填补了国内护栏快速改造领域的技术空白，推动交通工程从“重建轻改”向“建改并重”转型。技术成果可辐射全国改扩建工程，为交通强国建设提供“陕西方案”。

二、 前期科研及工作基础

1.国内外研究现状

1) 国外技术与研究现状

美国对公路护栏防护能力研究的起步较早，建立了多个大型实车碰撞试验场，配备了先进的测试装备。

1962 年，美国联邦公路管理局（FHWA）、美国国家科学、工程与医学院（NASEM）以及美国国家公路与运输委员会（AASHTO）共同发起了一项“国家合作公路研究计划（National Cooperative Highway Research Program, NCHRP）”，旨在研究解决全国公路规划、设计、建设、运营和维护等领域中的关键问题，其中交安设施的研发是其重要研究内容之一。通过该计划，研发出了弱柱两波形梁钢护栏、强柱三波形梁钢护栏、新泽西型混凝土护栏、单坡型混凝土护栏、护栏防撞端头和过渡段结构等，并制定了一系列设计与试验验证的标准化程序和技术规范^[1]。

1981 年 3 月，美国国家合作公路研究计划发布了《公路附属设施安全性能评估推荐规程(NCHRP Report 230)》(National Cooperative Highway Research Program Report 230, 即 NCHRP 230)，作为公路附属设施安全性能评估的推荐规程^[2]。1993 年，该规程更新为《公路附属设施安全性能评估推荐规程（NCHRP Report 350）》（National Cooperative Highway Research Program Report 350, 即 NCHRP 350），

将碰撞条件分为 6 个等级^[3]。1997 年 7 月，美国联邦公路局（FHWA）工程办公室发布了一份指导备忘录，要求国家公路系统（NHS）上使用的交通安全设施都必须按照 NCHRP 350 的要求进行碰撞测试。

2009 年，美国州公路和运输委员会发布了《安全设施评估手册》（Manual for Assessing Safety Hardware，即 MASH 2009）该标准统一了护栏等交安设施安全性能评估的序和标准，全尺寸碰撞测试成为最常用的方法^[4]。2016 年，该标准更新为《安全设施评估手册（第二版）》（Manual for Assessing Safety Hardware（Second Edition），即 MASH 2016）^[5]，规定每种护栏设计必须按照“MASH”（Second Edition，MASH 2016）规定的程序进行实车碰撞验证试验，达到规定防撞等级标准的，并经联邦公路局认可后，才能在工程实际中应用。

2015 年 11 月 12 日，美国联邦公路局（FHWA）发布了一份备忘录，要求原来经过 NCHRP 350 测试交安设施，如进行修改，都要在 MASH 下进行测试，才能从 FHWA 获得联邦援助资格。美国《联邦公报》发布了通知，MASH 将在几年（2019）内逐步取代 NCHRP 350。美国联邦公路局（FHWA）为经 NCHRP 350 测试过的不同交安设施设置了不同淘汰截止日期。

1965 年（昭和 40 年），日本颁布了第一版公路护栏技术标准《护栏的设置标准同解说》（防護柵の設置基準・同解説），规定了护栏的结构形式、适用条件以及施工安装等相关要求。其后于 1967 年（昭和 42 年）、1972 年（昭和 47 年）、1998 年（平成 10 年）、2004

年（平成 16 年）、2008 年（平成 20 年）、2016 年（平成 28 年）和 2021 年（令和 3 年）进行了修订。其中，1998 年版的修订较大，主要是为了适应车辆大型化的发展趋势，提高了防护能量，将高危险路段护栏的碰撞能量由 230kJ 提高到 420kJ 和 650kJ，并增加了危险路段的等级。2021 年版《车辆用防护栏标准与解说》主要是增加了生活道路护栏和护栏构件耐久性的相关内容，同时对碰撞试验的要求进行了规定，要求“为了保证护栏性能的确定性，原则上要进行实车碰撞试验才行”。^[6]

英国于 1987 年 8 月颁布了第一版护栏碰撞试验及评价标准 BS 6779，后来分别在 1990 年、1992 年和 1998 年进行了修订。1998 年，被欧洲标准化委员会（Comité Européen de Normalisation（法文缩写：CEN））以 BS 6779 为蓝本制定了欧盟国家的通用标准 BSEN 1317。2010 年，欧盟 BSEN 1317 部分内容进行了更新，增加了安全护栏的评定等级及试验的种类^{[7] [8]}，目前 BSEN 1317 共包含 6 个部分，分别是：EN1317-1 试验方法术语和通用准则、EN1317-2 护栏标准段、EN1317-3 防撞垫、EN1317-4 护栏过渡段和可移动护栏、EN1317-5 产品要求和一致性评价、EN1317-6 人行道护栏、EN1317-7 护栏端头、EN1317-8、摩托车道路防护系统。

对于公路护栏再利用的研究，美国 2011 版《路侧设计指南》（AASHTO. Roadside Design Guide (2011 Edition)^[9]提出了建立升级需求的优先级概念，新建或改建公路项目要考虑旧护栏的再利用问题，路面重铺、重修或重建（3R）工程也需要考虑护栏再利用的问题。

设计人员应根据护栏缺陷的性质和范围、事故历史、方案的成本效益分析等因素确定护栏升级的范围和程度，经综合比较得到最优方案。对缺陷临界护栏，应用工程经验对其升级改造的可行性进行判断。该指南对波形梁护栏提出了一些改造的原则，但未提供具体的改造技术和方法。

2) 国内技术与研究现状

1984 年，我国在“七五”期间开始了护栏相关研究工作，护栏形式主要参照了国外比较成熟的研究经验与成果。随着我国科技的不断进步，一些研究机构逐步开展了大量有关护栏结构设计与安全性评价方面的工作，积累了大量的经验。1994 年，我国颁布实施了第一本安全设施设计标准规范：《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》（JTG 074-94，既 94 版交安规范）^[12]，弥补了我国在交通安全设施规范方面的空白。其后，结合工程实施应用情况及发展需求，交通运输部于 2006 年颁布了《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81-2006，既 06 版交安规范）^[13]、《公路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81-2006）^[14]，对交通安全设施的设计、设置及结构推荐形式等进行了修订。

近年来，随着我国公路交通条件的不断变化，道路安全形势及安全需求也发生了较大的变化，新技术、新材料的不断发展推动护栏的研发及设计水平不断提高。交通运输部于 2017 年颁布了《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81-2017，既 17 版交安规范）^[15]、《公

路交通安全设施设计细则》（JTG/T D81-2017）^[16]。现行规范中参照国外的理念，增加了关于高速公路特殊点段安全防护的相关内容。

2004 年，交通部参考美国 NCHRP350 报告和欧盟 BSEN 1317 标准，结合我国当时的实际国情，颁布实施了第一本安全设施评价标准：

《高速公路护栏安全性能评价标准》（JTG/T F83-2004）^[17]，针对护栏的防撞性能及指标做出了要求。至此，我国有关高速公路护栏的设计施工与试验评价都有了相关标准规范。2013 年，交通运输部对原评价标准进行修订，颁布实施了《公路护栏安全性能评价标准》

（JTG B05-01-2013）^[18]，新的评价标准在原标准的基础上，增加了针对施工区隔离护栏、过渡段、端头、防撞垫等特殊点段防护设施的评价标准。

在既有波形梁钢护栏再利用方面，我国在高速公路改扩建工程进行了一些的研究，主要是将老规范 A 级护栏升级改造为新规范 A 级或 SB 级护栏，典型案例如表 1 所列。

表 1 国内部分高速公路护栏改造案例

序号	年度	案例概要
1	2006 年	广东在高速公路改造过程中，对原有波形梁钢护栏进行再利用改造，改造后护栏可防护的碰撞能量为 93kJ，其主要措施是在既有护栏立柱加装套管，提高横梁护栏板高度，使其能够达到 94 版交安规范的要求。 ^[19]
2	2013 年	浙江在杭金衢高速公路拓宽改造一期工程中，将 94 标准中央分隔带波形梁护栏的防护能力从 93kJ 再利用提升至 160kJ，使其达到 06 版规范的 A 级要求，节约总投资 3000 万元以上。 ^[20]

序号	年度	案例概要
3	2015 年	广西在柳南高速公路改扩建工程中对中央分隔带护栏进行 100%的再利用，结合成双层双波护栏，经试验验证达到 JTGD81 规范中的 SB 级防护等级，防护能力由 93kJ 提升至 280kJ。 [21]
4	2016 年	山东针对省内现有在役护栏的情况，提出了多种护栏再利用升级改造方案，包括既有 94 标准护栏提升至 A 级和 94 标准护栏提升至 SB 级等多种护栏提升改造方案。
5	2017 年	浙江对甬台温高速中央分隔带桥梁护栏进行了改造提升，将 94 标准波形梁护栏升级改造至 17 标准的 SB 级，其防护能力由 93kJ 提升至 280kJ。与新建 SB 级护栏相比，可节约用钢量 44.3%，大幅降低了工程造价。 [22]
6	2018 年	山东对 19 座跨敏感水域桥梁护栏进行再利用升级改造，将原 94 标准 PL ₂ 级护栏提升至符合 17 标准的 SS 级，可防护的碰撞能量由 127kJ 提升至 520kJ。

目前，波形梁护栏升级改造技术多以拆除旧护栏，利用部分构配件的方式进行改造提升。如：对立柱进行回收利用，采用新防阻块和三波形梁护栏板，改造为单层三波形梁护栏；或对护栏板进行回收利用，采用立柱增高的方式，将原单层两波形梁护栏改造为两层两波形梁护栏。如图 1~图 3 所示。

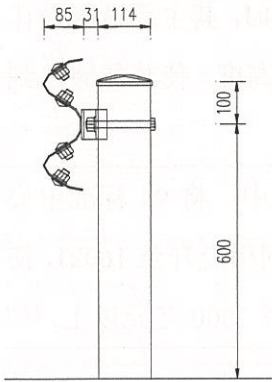


图 1 原两波形梁护栏

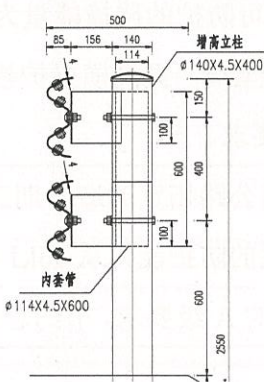


图 2 改造为两层两波形护栏

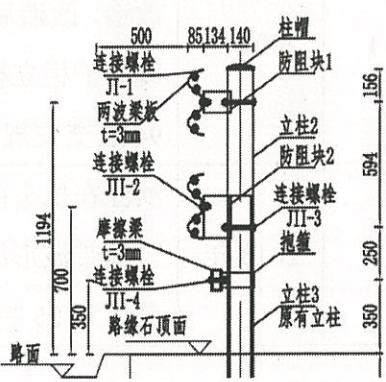


图 3 改造为两层两波形护栏+摩擦梁

现状波形梁升级改造技术中,改造为单层三波形梁护栏的方式无法对原护栏板进行充分利用,新增用钢量较大;改造为两层两波形梁护栏的方式只能建成原护栏一半长度的护栏,即每 100 公里旧护栏升级改造后只能建成 50 公里护栏,另一半需要新建护栏,经济性上的优势不高。

2021 年 5 月,中国公路学会发布了《高速公路护栏改造技术指南》(T/CHTS 10030-2021) [24],该指南提供了 A 级护栏和 SB 级方案,如表 2 所列。其中,A 级改造方案 4 种,包括 3 个两层两波形梁方案和 1 个单层三波形梁方案,如图 4-图 7 所示。SB 级改造方案 3 种,包括 3 个两层两波形梁方案,如图 8-图 10 所示。该指南要求波形梁板钢板厚度为 3.0mm 和 4.0mm,立柱钢板厚度为 4.5mm。根据大量调查结果,在实际工程中波形梁板和立柱钢板厚度均存在不满足要求的情况,实际钢板厚度负公差。因此,该指南提供的升级改造方案对于大部分公路波形梁护栏并不适用,存在很大的应用局限性。

另外,多层波形梁护栏板构造的布置高度较大,对景观性的影响较大,视觉上不美观。

表 2 高速公路护栏改造技术指南的改造方案

序号	等级	改造方案	波形梁尺寸(mm)	立柱(mm)
1	A	改造方案I	2W×3.0+2W×3.0	φ114×4.5+φ140×4.5, 间距 2m。
2		改造方案II	2W×3.0+2W×4.0	φ114×4.5+φ140×4.5, 间距 2m。
3		改造方案III	2W×3.0+2W×3.0	φ140×4.5, 间距 4m。
4		改造方案IV	3W×3.0	φ140×4.5, 间距 4m。
5	SB	改造方案I	2W×4.0+3W×3.0	φ114×4.5+φ140×4.5, 间距 2m。
6		改造方案II	2W×4.0+3W×3.0	φ140×4.5, 间距 4m。
7		改造方案III	2W×3.0+2W×4.0	φ140×4.5, 间距 2m。

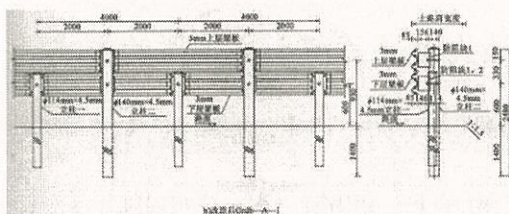


图 4 A 级护栏改造方案I

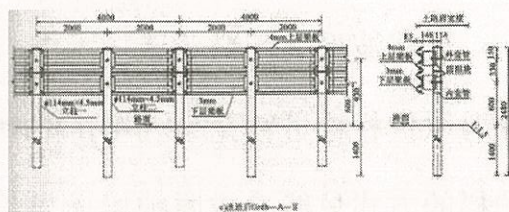


图 5 A 级护栏改造方案II

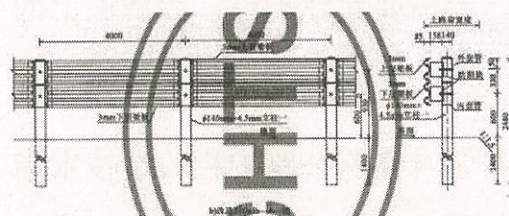


图 6 A 级护栏改造方案III

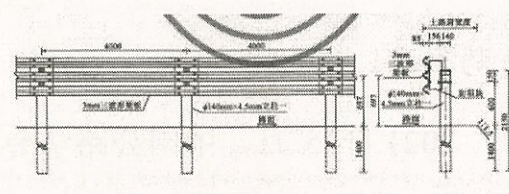


图 7 A 级护栏改造方案IV

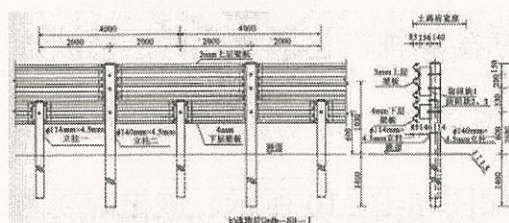


图 8 SB 级护栏改造方案I

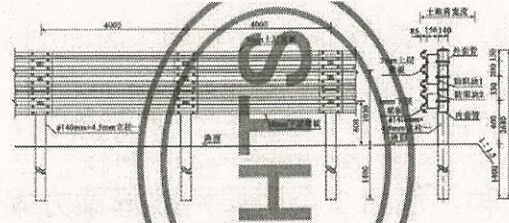


图 9 SB 级护栏改造方案II

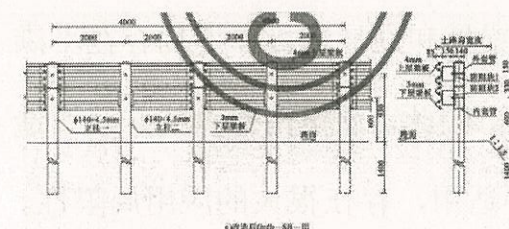


图 10 SB 级护栏改造方案III

3) 研究现状分析与评价

美、日、欧等国家地区在公路交通安全设施领域的研究起步较早，有丰富的技术积累。但在护栏升级改造方面，美国在既有护栏防护性能评估和再利用升级改造技术有一些研究，但数量不多。其他国家和地区未见相关研究的报的。

我国在公路交通安全设施领域的研究起步较晚，在近年来的大规

模基础设施建设中开展了较多的研究，积累了丰富的技术经验。特别是因为公路改扩建工程的需求，我国对波形梁护栏再利用方面开展的较多研究，如广东、江苏、浙江和山东等地，均开展过波形梁护栏再利用方案研究，但这些方案均需要对护栏构配件的进行拆、装和转移，改造过程繁琐，且护栏拆除过程中存在护栏缺失的空窗期，有一定安全隐患，相关研究成果也有一定的工程局限性。

2.前期科研及现有工作条件

1) 前期科研

针对当前我国公路安全韧性提升中面临的大量桥梁中分带波形梁护栏升级改造需求，陕西高速公路工程试验检测有限公司和北京中交华安科技有限公司就 06 标准 A 级波形梁护栏安全韧性提升改造技术进行了探索性研究。特别是针对目前国内波形梁护栏升级改造中存在的难度和痛点问题，重点探索了既有波形梁护栏原位无损升级改造的施工便利性、方案可行性和工程经济性。

初步的探索性研究成果认为，在不拆除转运原护栏的条件下，可以通过增设特殊构配件的方式实现既有 2006 标准 A 级波形梁护栏升级改造为 2017 标准 A 级和 SB 级波形梁护栏。

2) 现有工作条件

(1) 软件、硬件保障

北京中交华安科技有限公司拥有高性能并行计算机（HPC）、非

线性有限元分析软件 LS-DYNA、各车型的高精度车辆模型、经过试验验证的材料本构模型等，形成了大型有限元非线性动力分析规范，具备丰富的防撞护栏研发和验证经验，可为本项目实施提供良好的技术支撑，如图 11 所示。

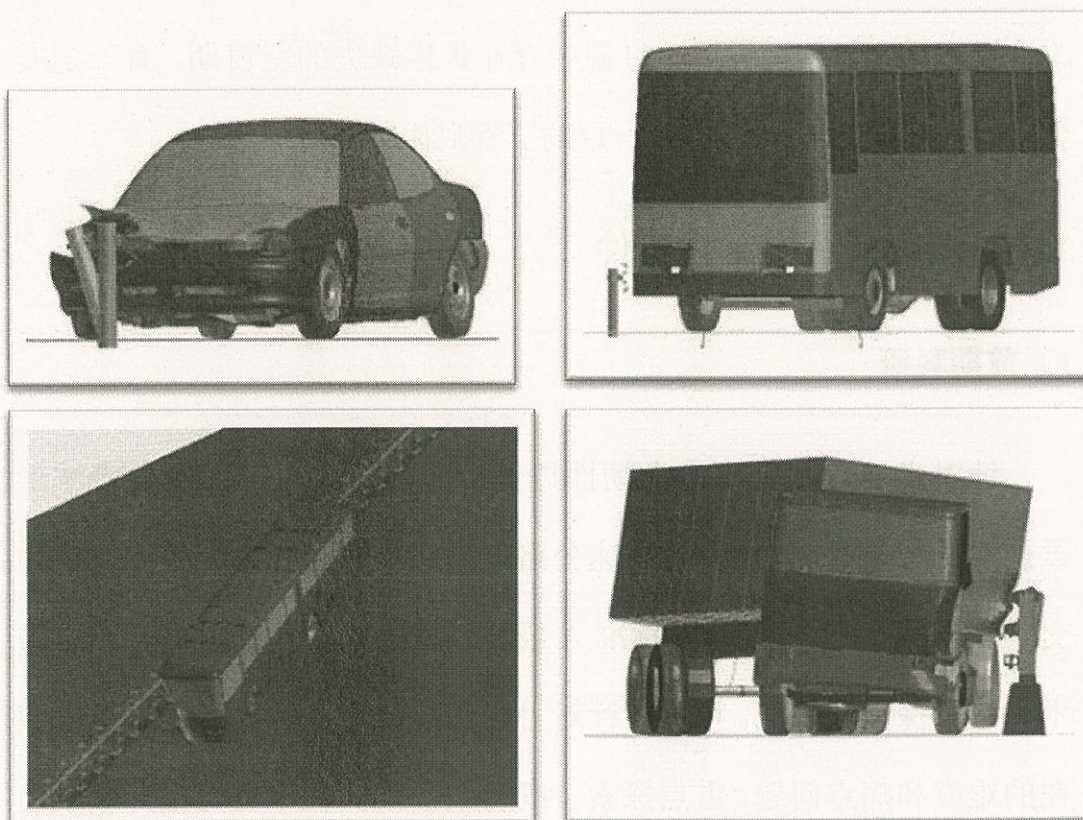


图 11 护栏碰撞仿真模拟及计算用车辆模型

(2) 技术装备条件

陕西高速公路工程试验检测有限公司拥有进行材料力学性能试验检测的相关设备，可对项目研究需要的相关材料进行力学性能测试。

北京中交华安科技有限公司上级主管单位交通运输部公路科学研究所拥有占地 3600 亩的公路交通综合试验场，总投资近 3 亿元，建有交通工程广场、碰撞广场和 ITS 实验

室、交通工程试验室、安全设施检测中心等交通新技术试验设施，如图 12-图 15 所示。公司利用公路交通综合试验场的先进设备条件进行了大量护栏及道路安全防护设施的实车碰撞实验，为本项目的实施奠定了良好的基础。

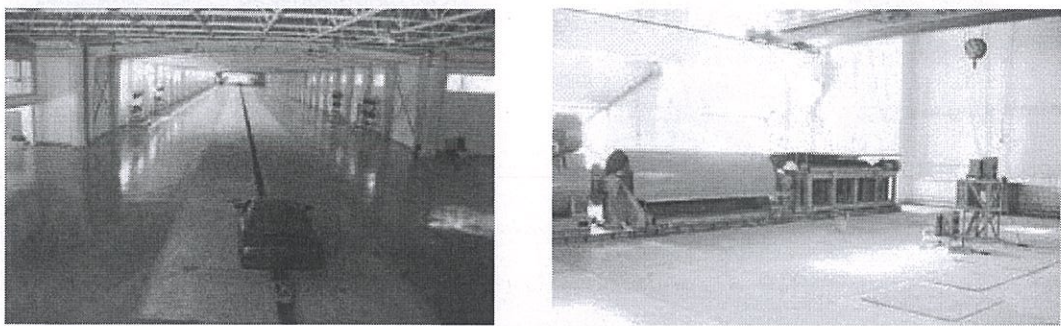


图 12 碰撞试验场地及牵引设备

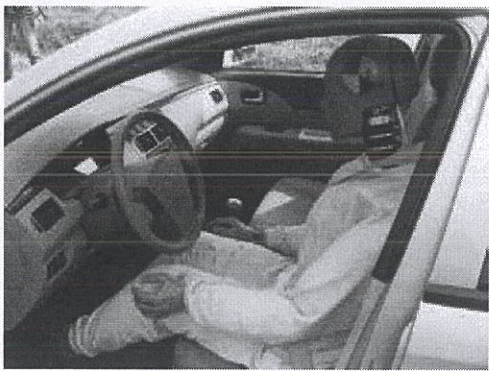


图 13 碰撞试验假人及随车测量设备

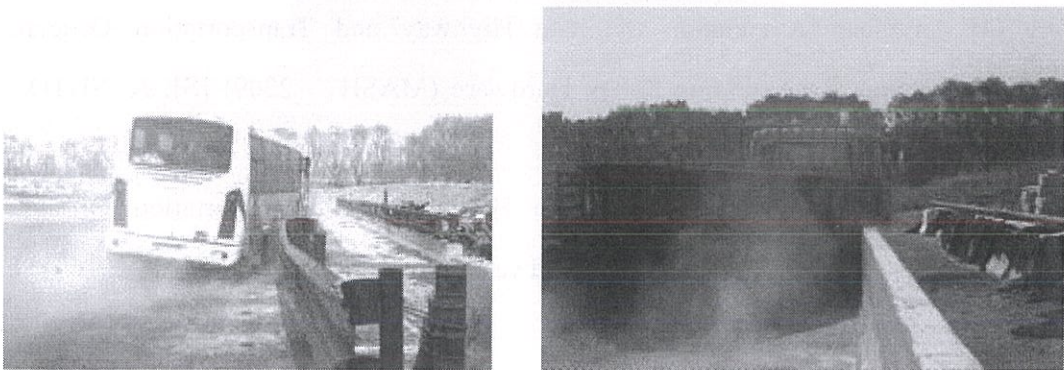


图 14 实车碰撞试验过程

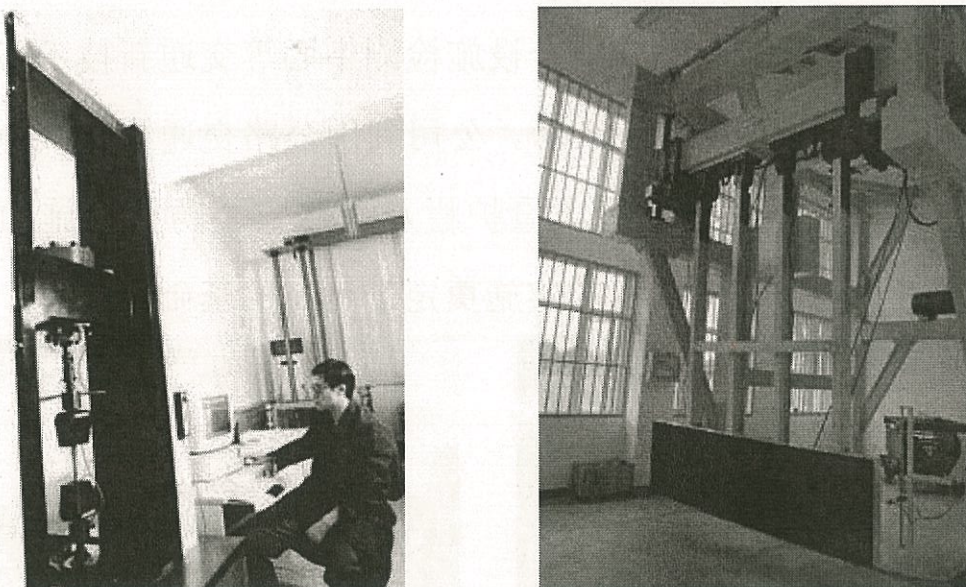


图 15 高精度力学试验机（左）、摆锤试验台（右）

3.参考文献

- [1] 美国国家合作公路研究计划 | FHWA (dot.gov). DOI: [National Cooperative Highway Research Program | FHWA \(dot.gov\)](#).
- [2] Transportation Research Board National Research Council. National Cooperative Highway Research Program Report 230, 1981.
- [3] Transportation Research Board National Research Council. National Cooperative Highway Research Program Report 350, 1993.
- [4] American Association of State Highway and Transportation Officials. Manual for Assessing Safety Hardware (MASH, 2009) [S]. AASHTO, 2009.
- [5] American Association of State Highway and Transportation Officials. Manual for Assessing Safety Hardware (Second Edition, MASH 2016) [S]. AASHTO, 2016.
- [6] 日本道路协会. 车辆用防护栏标准与解说[S]. 2000.
- [7] BS EN 1317-1—2010. Road restraint systems. Part1: Terminology and general criteria for test methods [S].

- [8] BS EN 1317-2—2010. Road restraint systemsPart 2: Performance classes, impact test acceptance criteria and test methods for safety barriers including vehicle parapets [S].
- [9] American Association of State Highway and Transportation Officials.. Roadside Design Guide (2011 Edition) [S]. AASHTO, 2011.
- [10] Hossein Azimi, A.M.ASCE; Khaled Sennah, M.ASCE; Ekaterina Tropynina; Sergiy Goremykin; Stefan Lucic; and Meimei Lam. Anchorage Capacity of Concrete Bridge Barriers Reinforced with GFRP Bars with Headed Ends. J. Bridge Eng., 2014, 19(9): 04014030.
- [11] R. Heiyantuduwa; M. G. Alexander; and J. R. Mackechnie. Performance of a Penetrating Corrosion Inhibitor in Concrete Affected by Carbonation-Induced Corrosion. JOURNAL OF MATERIALS IN CIVIL ENGINEERING, 2006, 18(6): 842-850.
- [12] JTJ074—94 《高速公路交通安全设施设计及施工技术规范》 [S].
- [13] JTG D81—2006 《公路交通安全设施设计规范》 [S].
- [14] JTG/T D81—2006 《公路交通安全设施设计细则》 [S].
- [15] JTG D81—2017 《公路交通安全设施设计规范》 [S].
- [16] JTG/T D81—2017 《公路交通安全设施设计细则》 [S].
- [17] JTG / T F83-01-2004 高速公路护栏安全性能评价标准.
- [18] JTG B05-01-2013 《公路护栏安全性能评价标准》 [S].
- [19] 李霞,田远,崔洪军,等.高速公路波形梁护栏安全性能提升方案设计[J].重庆交通大学学报(自然科学版),2016,35(05):32-37.
- [20] 冯红艳,李梦露,孟瑶,等.提升现有中分带波形梁护栏防护能力的方案对比分析[J].河南科技,2020,39(28):89-94..
- [21] 田远.旧规范护栏防撞能力提升试验研究[D].河北工业大学,2016.
- [22] 岑叶烽,戴嘉苇,高羿晨.高速公路护栏提升改造关键方案及研究[C]//中国公路学会养护与管理分会.中国公路学会养护与管理分会第十二届学术年会论文集.浙江交工集团股份有限公司设计院分公司;2022:7.DOI:10.26914/c.cnkihy.2022.032275.

[23]肖舒予.NJ 型护栏防护能力提升研究[D].太原科技大学,2020.DOI:10.27721/d.cnki.gyzjc.2020.000308.

[24]T/CHTS 10030-2021《高速公路护栏改造技术指南》[S].

三、 实施方案

1. 拟解决的关键问题

高速公路桥梁中分带波形梁护栏原位快速改造提升方案结构研究。研究形成一种高速公路桥梁中分带波形梁护栏原位快速改造提升结构方案，解决高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级提升时的免拆装快速连接难点。

2. 主要研究内容及实施方案

1) 桥梁中分带波形梁护栏改造提升结构设计、仿真分析与实车碰撞试验；

基于陕西省既有桥梁中分带波形梁护栏现状，考虑护栏钢构件的可利用性，开展 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏原位升级改造为 2017 标准 SB 级护栏的技术方案研究。

采用非线性有限元仿真分析的方法，进多方案技术分析，研究提出升级改造技术方案。

按现行《公路护栏安全性能评价标准》标准的要求，采用实车碰撞试验的方法，对升级改造技术方案进行试验验证。

本项目研究拟考虑在不对原护栏构配件进行拆装的情况下，充分利用既有护栏构配件，采用新增部分构配件的方式进行防护等级的改造提升，初步拟定的构造立面如图 16 所示，横断面如图 17 所示。

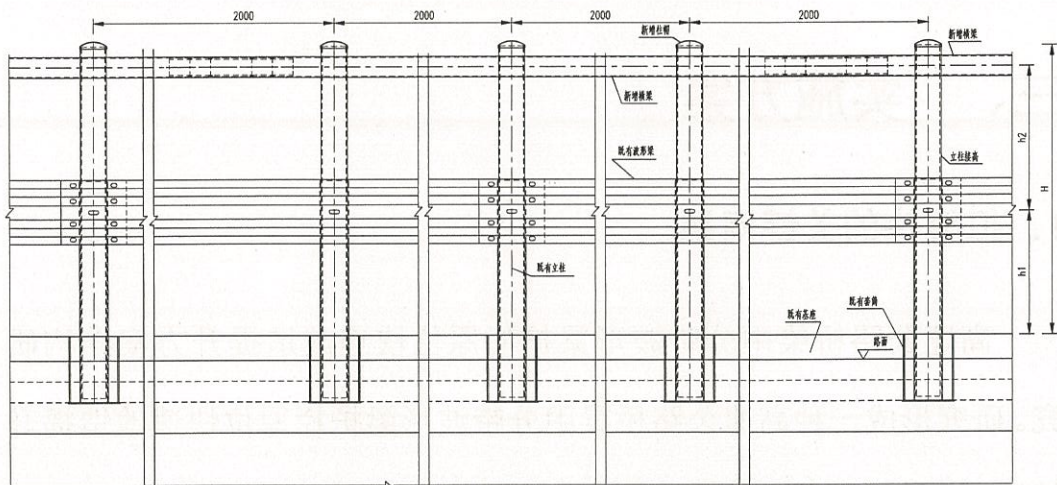


图 16 桥梁中分带护栏改造提升立面（套筒式）

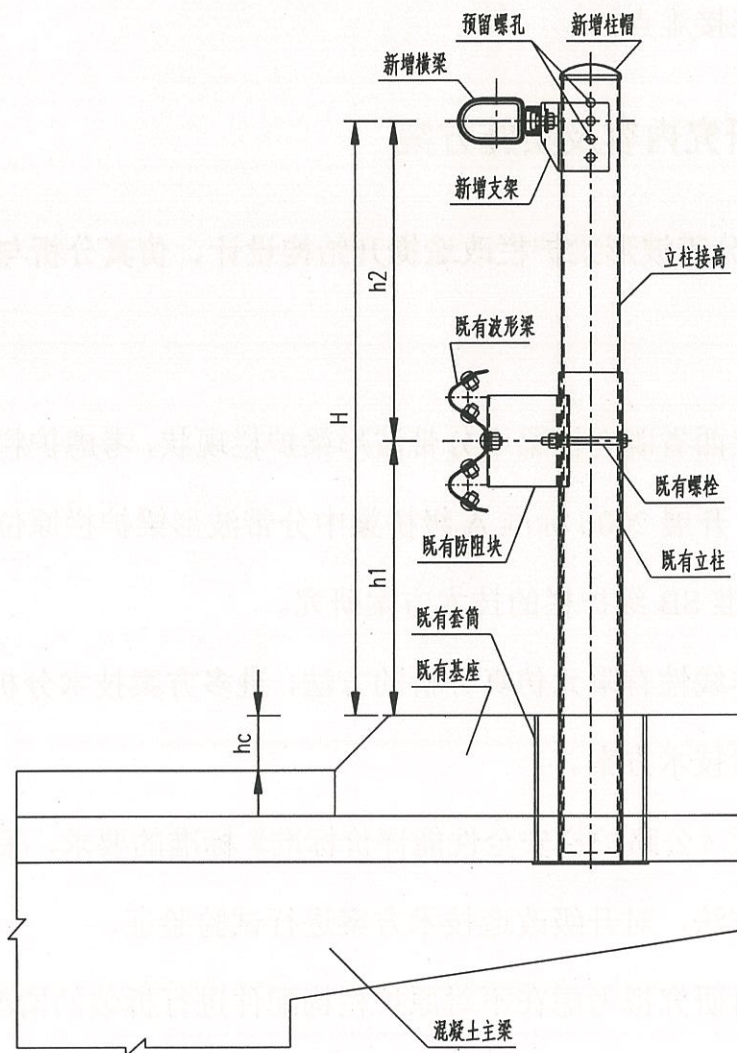


图 17 桥梁中分带护栏改造提升横断面（套筒式）

2) 护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响分析

护栏防护能力提升后，对桥梁翼缘板的承载力会有所变化。拟采用有限元仿真分析和理论分析的方法，研究分析护栏防护能力提升后，桥梁翼缘板的承载力是否满足要求，确保主体结构安全。

3) 施工工艺及质量检验技术指南。

开展升级改造技术方案施工技术研究，包括施工工序、注意事项和质量检验等，便于技术方案的全省推广。

3. 技术路线

1) 研究技术方案

项目研究的具体实施技术路线如下：

(1) 既有护栏调研

开展既有护栏情况调研，收集桥梁中央分隔带波形梁护栏设计图纸资料、竣工图纸资料和养护检查资料等，抽样测量护栏构件尺寸、主要构件钢板厚度、防腐涂层厚度等。

(2) 力学性能测试

抽取护栏板、立柱等主要构件的材料样品，在实验室进行材料力学性能试验，分析既有护栏构件的材料力学性能。

(3) 既有桥梁中央分隔带波形梁护栏改造提升结构方案与仿真分析

根据以为的经验，拟定既有桥梁中央分隔带波形梁护栏改造提升

初步结构方案，建立结构有限元模型，进行非线性仿真分析。

根据仿真分析结构判断方案的可行性，分析相关技术指标，逐步优化结构方案，直至相关技术、经济指标满足要求。

(4) 护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响研究

采用有有限元仿真分析与理论分析的方法，研究分析护栏防护能力提升后，桥梁翼缘板的承载力是否满足要求。

(5) 实车碰撞试验验证

按 1:1 的比例建立护栏样品模型，根据《公路护栏安全性能评价标准》JTG B05-01-2013 的相关要求，进行实车碰撞试验，对改造提升方案的安全性进行评价验证。实车碰撞试验结果满足要求的试验检测报告作为研究成果实际应用的依据。

(6) 总结研究及试验成果，绘制图纸、编写指南、申请专利、撰写论文、撰写报告。

8) 提交项目成果，项目结题验收。

2) 研究工作流程

本项目研究拟采用的研究工作流程如图 18 所示。

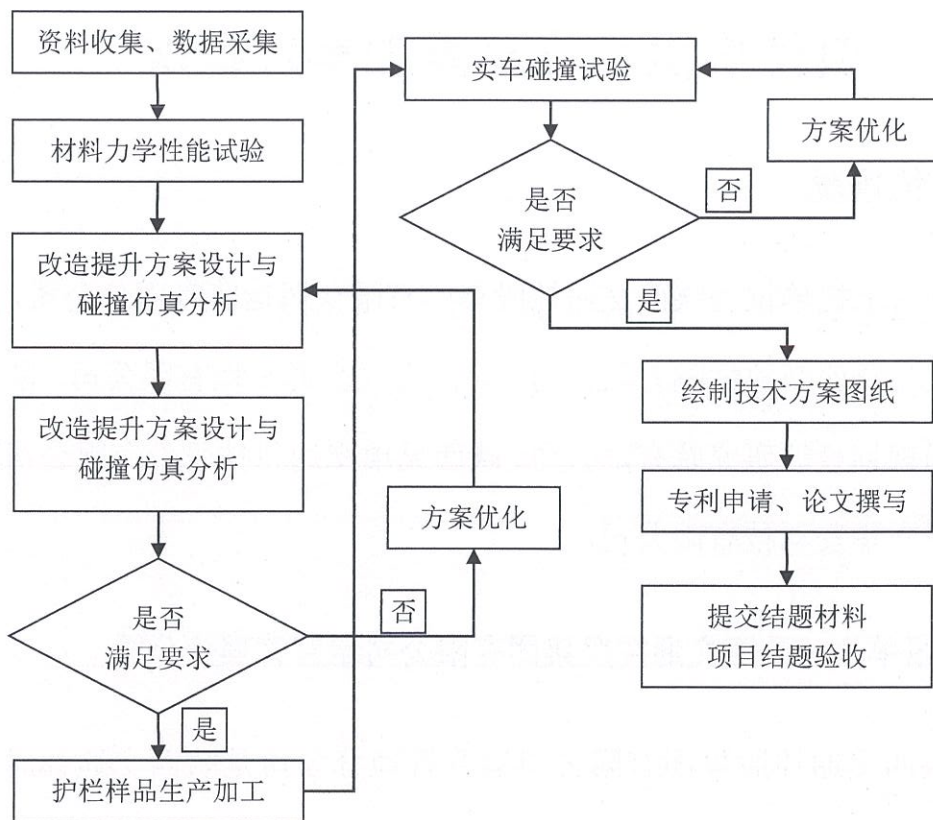


图 18 项目研究技术路线

4. 有关技术经济指标

1) 技术指标

项目研究形成的 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏原位升级改造为 17 标准 SB 级护栏的技术方案通过实车碰撞试验验证。

2) 经济指标

项目研究形成的 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏原位升级改造为 17 标准 SB 级护栏的技术方案预计较较新建国标护栏可节约钢材 30%以上。

四、项目承担单位及参加单位概况

1. 单位概况

项目承担单位为陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司，参加单位为陕西交控桥隧有限公司、陕西交控交通工程有限公司、陕西省交通规划设计研究院有限公司、陕西兄弟交通科技股份有限公司和北京中交华安科技有限公司。

1) 申报单位：陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司

陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司是陕西交通控股集团有限公司的二级单位，运营管理公路 6574 公里、桥梁 16656 座、隧道 1493 座。其中，高速公路 5775 公里，约占陕西省高速公路总里程的 86%。公司在高速公路交通安全设施养护管理方面积累了丰富的数据，可为本项目研究提供基础数据支撑和项目应用验证依托工程。

2) 参研单位：陕西高速公路工程试验检测有限公司

陕西高速公路工程试验检测有限公司是陕西交控集团下属的高新技术企业。公司前身系 1987 年组建于陕西三原的西安至三原一级公路监理工程师中心试验室,是我国第一家按 FIDIC 模式设立的公路工程试验室。2004 年 1 月,正式注册成立具有独立法人资格的有限公司,注册资本 5000 万元。公司建有独立、现代化的试验室 9000 平方米,现场检测道路、桥梁、岩土、隧道、交通工程等试验场十余处,

拥有各类先进的仪器设备 2200 余台（套），可满足公路、铁路、建筑、市政、机电和环境工程试验检测。公司旗下有陕西高速公路工程咨询有限公司、陕西恒通工程咨询有限责任公司、陕西交控长通信息技术有限公司、陕西高速星展科技有限公司、陕西交控桥隧有限公司、陕西交控飞行技术有限公司、陕西交控数字科技有限公司 7 家权属公司，华南、华东、丝路、山东 4 家省外分公司。业务领域已覆盖陕西、海南、福建、青海、广东、山东等 32 个省、市、自治区。

在人才团队方面，现有员工 829 人，其中：交通运输部及省级各类专家 41 人，各类专业技术人员 614 人。交通运输部行业资质持证人员比率达 95%，建有秦创原科学家+工程师队伍 2 支，西安市科学家+工程师队伍 1 支，博士团队 2 支，是一支具有高素质的专业队伍。平台建设方面，获批交通运输部卫星技术行业应用研发中心（参建）、陕西省企业技术中心、陕西省智慧交通产业中试基地、西安市交通土建结构安全监测技术中心、道路桥隧智慧监测省级高校工程研究中心（参建），提升了公司的科技攻关能力。入选陕西省省属重点科技型企业、陕西省 DCMM 数据管理成熟度贯标试点企业，获评陕西省“专精特新”中小企业，入选国家级“小巨人”企业。先后荣获先后获得陕西省科学技术进步奖二等奖、中国公路建设行业协会科学技术奖一等奖、中国交通运输协会科学技术奖一等奖、二等奖，陕西省专利奖优秀奖、2024 年“数据要素×”大赛陕西分赛区交通运输赛道三等奖等省部级以上奖励荣誉二十余项。

3) 参研单位：陕西交控桥隧有限公司

陕西交控桥隧有限公司陕西交通控股集团有限公司的二级单位，承担交通基础设施智能监测预警与应急处置、养管一体化等交通基础设施智能化、数字化长周期养管等服务。公司在渭南市建有陕西交控桥隧高性能产品制造基地，是陕西交控集团制造集群科技成果转化落地的重要载体。公司是科技型创新企业、国家高新技术企业等认证，持有公路养护、市政总承包、桥梁隧道专业承包等专业资质，拥有 10 余项专利。

4) 参研单位：陕西省交通规划设计研究院有限公司

陕西省交通规划设计研究院有限公司是高新技术企业，全国科改示范企业，省级企业技术中心，也是“陕西交控集团 BIM 技术与全装配结构研究中心”。主持、参与交通运输部、省科技厅、省交通厅等科技创新项目 100 多项；累计获得累计荣获省部级科学技术等奖项 26 项。随着交通强国战略推广及数字化转型需求，最近几年交通行业在公路、桥梁、隧道工程及装配式结构等领域需要开展大量研究，公司也采购充足先进设备，为项目开展提供了必要的条件。公司承担了全省 85%以上高速公路项目的工程可行性研究和 70%以上高速公路项目的勘察设计工作，具有丰富的工程经验为项目研究提供强大技术支撑。公司现有技术人员 584 人。其中，本科及以上学历人员 514 人，硕士研究生以上学历人员 224 人，博士 12 人；正高级职称 24 人，高级职称 277 人，各类专家 17 人，各类注册人员 243 人。在陕西省交

通事业发展进程中，陕西省交通规划设计研究院有限公司始终致力服务陕西交通发展，忠实扮演陕西交通建设“排头兵”、“先锋队”角色，发挥着“顶层设计的智囊团”、“勘察设计领头羊”的作用。2009 年被认定为陕西省高新技术企业，2014 年被交通运输部指定为国家重点公路工程设计审查咨询单位。累计完成等级公路工程可行性研究 2 万公里，等级公路勘察设计 1.7 万公里（其中高速公路、一级公路 6017 公里），大中型桥梁 3762 座，隧道 523 座（单洞），房屋建筑 290 万平方米，国家重点高速公路项目代部咨询审查 5485 公里。公司先后荣获省部级科学技术奖项共 25 项；公司先后荣获国家优秀设计、优质工程、优秀咨询成果、詹天佑土木工程等省部级以上奖项 237 项。

5) 参研单位：陕西交通控股集团有限公司白泉分公司

陕西交通控股集团有限公司白泉分公司成立于 2010 年 11 月，承担十天高速公路（G7011）白泉段（陕西白河陕鄂界至汉中茶镇）208.872 公里高速公路及 30.826 公里连接线运营管理工作。共有互通式立交 13 座，桥梁（单幅）625 座共 160 公里，隧道（单洞）119 座共 122 公里，桥隧比例 65.03%，涵洞 279 道。

6) 参研单位：陕西交控交通工程有限公司

陕西交通工程公司成立于 2023 年 3 月，由原工贸公司、诚信公司及现代公司三家单位专业化整合组建，注册资本金 2 亿元，为陕西交控

市政路桥集团有限公司的全资子公司。公司现具有住房和城乡建设部颁发的公路交通工程（公路安全设施）专业承包壹级资质、公路交通工程（公路机电工程）专业承包壹级资质；陕西住房和城乡建设厅颁发的消防设施工程专业承包一级、市政公用工程施工总承包二级、城市及道路照明工程专业承包一级、环保工程专业承包一级、电力工程施工总承包二级资质。

7) 参研单位：北京中交华安科技有限公司

北京中交华安科技有限公司是交通运输部公路科学研究院下属国家高新技术企业，拥有工程咨询单位甲级资信资质以及公路行业（公路、交通工程）专业乙级设计资质。

公司自 2006 年成立以来，在国内外开展了数百项交通安全技术研究和咨询服务，具备交通安全产品与装备的集成和研发能力。公司主持或参与编制国家标准 30 余项、行业标准 25 项，团体标准 20 余项，部颁技术指南 9 项，研究课题 30 余项。公司研究开发了组合式波形梁护栏、CAT 防撞垫、吸能式护栏端头、免翼墙路基桥梁过渡段护栏、跨边沟护栏外展端头、尖角缓冲垫、声屏障一体化护栏等交通安全设施 30 余项。公司先后荣获中国公路学会科技一等奖 8 项、二等奖 13 项、三等奖 14 项；荣获省部级奖项 9 项，荣获国际道路评估组织 iRAP 亚太地区奖 2 项。公司先后获得发明专利 20 余项，获得实用新型专利 100 余项，获得软件著作权 30 余项。

8) 参研单位：陕西兄弟交通科技股份有限公司

陕西兄弟交通科技股份有限公司（以下简称“兄弟交通”）成立于 2013 年，是一家专注于道路交通安全设施领域，集高新技术产品销售、研发、技术咨询与服务为一体的专业化科技型企业。公司自成立以来，始终坚持以市场需求为导向，以技术创新为驱动，致力于为陕西省公路交通安全提供卓越的产品与系统的解决方案。

公司成立初期，便精准切入交通安全设施的特殊性护栏细分领域，引进了当时市场上具有领先技术的特殊护栏产品，我们专注于解决传统护栏无法覆盖的安全痛点，核心产品包括：中分带开口处活动护栏：（覆盖 Am、Sb、Sa 全级别），满足不同等级路的防护需求；路侧防护：防护 ETC 门架、防护桥墩的 Sa 级低变量护栏；端部与过渡处理：吸能护栏端头、免翼墙护栏、防撞垫等。凭借这些新技术产品，公司在成立初期便迅速在陕西市场站稳脚跟，奠定了坚实的市场基础。

2. 技术力量及人员构成

项目研究技术力量及人员构成如下表所列：

姓名	单位	性别	年龄	职称	专业	在项目中担任具体工作
褚志锋	陕西交通控股集团有限公司 运营管理分公司	男	47	高工	交通工程 (路桥)	项目负责，依托工程应用。
王海渊	陕西高速公路工程试验检测 有限公司	男	44	正高工	交通工程	项目副负责，方案研究。
宋世杰	陕西交控桥隧有限公司	男	53	高工	交通运输工程	项目副负责，依托工程应用。
高楠	陕西交通控股集团有限公司 运营管理分公司	男	45	高工	其他	技术负责人，依托工程应用。

姓名	单位	性别	年龄	职称	专业	在项目中担任具体工作
王 伟	陕西交控桥隧有限公司	男	44	工程师	材料工程	技术负责人，试验研究
马永杰	陕西省交通规划设计研究院有限公司	男	30	工程师	交通工程 (安全设施)	技术研发负责，方案研究。
张 喆	陕西交控桥隧有限公司	男	39	工程师	公路工程	技术方案研究。
庞江波	陕西交通控股集团有限公司 白泉分公司	男	44	高工	其他	技术方案负责人，方案研究。
辛向阳	陕西交控桥隧有限公司	男	45	工程师	土木工程	技术方案负责人，试验研究
王方玉	陕西交控交通工程有限公司	男	43	高工	其他	现场实施负责。
杜品儒	陕西交通控股集团有限公司 运营管理分公司	男	35	工程师	其他	现场实施技术负责，依托工程应用。
井龙飞	陕西交通控股集团有限公司 白泉分公司	男	36	工程师	交通工程 (安全设施)	依托工程应用，现场调研、分析
李松涛	陕西交控交通工程有限公司	男	42	高工	公路工程	施工技术负责人
张斌	陕西交控交通工程有限公司	男	34	工程师	公路工程	施工现场负责人
连 军	陕西省交通规划设计研究院有限公司	男	51	高工	桥梁工程	结构计算
冯 莉	陕西交通控股集团有限公司 运营管理分公司	女	45	高工	其他	试验研究
王 栋	陕西省交通规划设计研究院有限公司	男	33	工程师	交通工程 (安全设施)	项目图纸绘制
李 强	北京中交华安科技有限公司	男	45	研究员	道路与铁道	技术研发负责，项目协调。
王成虎	北京中交华安科技有限公司	男	42	正高工	交通工程	技术研发负责，方案研究
潘宝林	北京中交华安科技有限公司	男	44	正高工	桥梁工程	升级改造方案研究
张宏松	北京中交华安科技有限公司	男	35	高工	交通工程	升级改造方案研究
于海霞	北京中交华安科技有限公司	女	44	正高工	交通工程	升级改造方案研究
卜倩淼	北京中交华安科技有限公司	女	34	工程师	交通工程	有限元仿真分析
申林林	北京中交华安科技有限公司	女	28	工程师	交通工程	有限元仿真分析
宁欣鹏	北京中交华安科技有限公司	男	26	工程师	交通工程	现场调研、分析
张 文	北京中交华安科技有限公司	男	24	工程师	交通工程	现场调研、分析
杨梓佟	北京中交华安科技有限公司	男	24	工程师	交通工程	现场调研、分析
翟东宪	北京中交华安科技有限公司	男	27	工程师	交通工程	现场调研、分析
林柳燕	陕西兄弟交通科技股份有限公司	女	43	/	国有资产管理	市场调研及推广、售后服务
王君晁	陕西兄弟交通科技股份有限公司	男	48	工程师	工业自动化	市场调研及推广、售后服务
张莉	陕西兄弟交通科技股份有限公司	女	40	/	其他	市场调研及推广、售后服务

3. 各自承担的主要工作

项目参研单位分工如下表所列：

序号	参研单位	主要工作
1	陕西交通控股集团有限公司运营管理分公司	项目总体负责，资源协调与依托工程应用。
2	陕西高速公路工程试验检测有限公司	项目副负责人，方案研究。
3	陕西交控桥隧有限公司	项目试验研究与依托工程应用。
4	陕西省交通规划设计研究院有限公司	依托工程应用，现场调研、分析。
5	陕西交通控股集团有限公司白泉分公司	方案研究
6	陕西交控交通工程有限公司	升级改造方案研究、结构计算与图纸绘制。
7	北京中交华安科技有限公司	升级改造方案研究，有限元仿真分析，现场调研、分析。
8	陕西兄弟交通科技股份有限公司	依托工程应用，现场调研。

4. 项目主要负责人情况

1)项目负责人：褚志锋

项目负责人：褚志锋，2007 年-2009 年建设小河至安康高速公路，控制性工程 11.2 公里的包家山特长隧道获国家优质工程银质奖和詹天佑奖，“复杂地质特长公路隧道建设与运营节能关键技术”陕西省科学技术奖一等奖。2017 年-2020 年建设旬邑至陕甘界高速公路，参与了交通部《绿色公路建设技术指南》编撰，建设项目获省优质工程奖，控制性工程支党河特大桥正在申报李春奖和长安杯。2022 年 3 月《高粘复合改性橡胶沥青推广应用研究》获陕西省交通运输科学技术奖。

2)项目主要骨干人员

(1) 王海渊，正高级工程师，注册道路工程师、桥梁检测师，陕西高速公路工程试验检测有限公司负责人。主要研究方向为交通安

全及路线交叉工程。主持完成了 10 余项高速公路交通安全设施设计工作，代交通部审查高速公路交通安全设施 2000 余公里。主编《陕西省国家公路网交通标志调整实施技术指南》等技术指南和专著 3 项。主持完成科研项目《钢梁桥用新型高等级桥梁护栏研发》等。先后荣获科技进步奖、优秀设计奖等多种奖项 4 项。发表论文 10 余篇（核心期刊 5 篇），获得国家实用新型专利 5 项。主编地方标准《公路护栏设置规范》和《桥梁金属梁柱式护栏设置规范》。

(2) 王成虎:现任北京中交华安科技有限公司路侧部主任，交通工程正高级工程师，参加国家科技支撑计划课题 4 项和西部交通建设科技项目 2 项，承担省级科研和咨询项目 20 余项，取得省部级奖励 2 项，获得发明专利 2 项、实用新型专利 50 余项，主编国家标准 1 项、行业标准 3 项，出版专著 3 本，发表论文 10 余篇（SCI 收录论文 2 篇，EI 检索论文 2 篇）。

(3) 潘宝林，现为北京中交华安科技有限公司路侧部员工，道桥设计正高级工程师,承担省部级科研课题 5 项，参编国家标准 1 项、参编地方标准 1 项、主编团体标准 1 项，参编团体标准 1 项，承担技术咨询项目 30 余项，获得中国公路建设行业协会科技进步一等奖 1 项，出版专著 1 本，参编部技术指南 2 项，发表论文 16 篇（中文核心期刊 5 篇，EI 期刊 1 篇），获得发明专利 2 项、实用新型专利 20 余项。

五、项目依托工程情况及其他必要支撑条件

1.依托工程概况

本项目以十天高速公路白泉段为依托工程。该高速公路起于湖北鄂陕界隧道东口，止于汉中市西乡县茶镇，途经白河、旬阳、汉滨、汉阴、石泉 4 县 1 区，连接包茂高速公路，全长 222.71km。全线采用双向四车道高速公路标准建设，路基宽度 24.5m，设计时速平原 100km/h，山区 80km/h。其中 K188+500~K207+740 段（19.24km）为双向六车道，路基宽度 32m。全线桥涵设计汽车荷载等级为公路—I 级，沿线共设桥梁 614 座，现状桥梁中分带护栏多采用三（Am）级双波梁护栏，如图 19、图 20 所示。

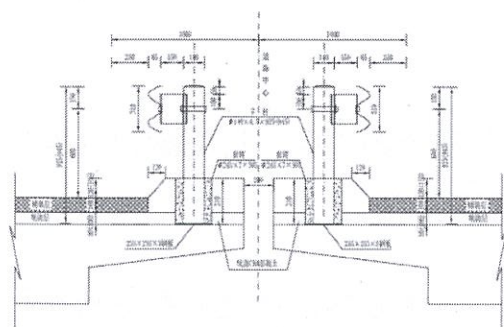


图 19 既有桥梁中分带三（Am）级双波梁护栏结构设计断面图

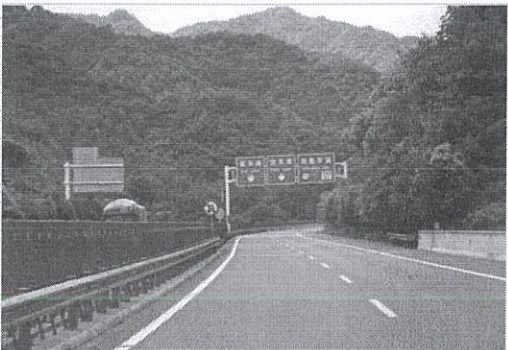


图 20 十天高速公路白泉段桥梁中分带波形梁护栏现状

根据《公路交通安全设施设计规范》（JTG D81-2017）规定，当高速公路的设计速度为 100km/h 或 80km/h 时，桥梁护栏的防护等级应为四（SBm）级，而现状十天高速公路白泉段桥梁中分带波形梁护栏的等级为三（Am）级，不满足现行规范对桥梁护栏防护等级的要求。因此，应将十天高速公路白泉段既有桥梁中分带三（Am）级双

波梁护栏的防护等级提升为四（SBm）级。

2.投资来源

该项目投资来源为陕西省交通投资集团 2025 年养护单列计划资金，项目资金已落实到位。

3.工程进度与项目科研进度的配合

依托工程已完成项目立项和资金筹措，计划 2026 年实施。本研究项目预计 2026 年中可方案的研发，与依托工程的建设进度完全匹配，项目研究成果可在依托工程进度应用。

4.组织管理形式

- 1) 根据项目任务需求，组建项目研究团队，合理安排人员组成和任务分工。
- 2) 定期召开项目会议，协调任务和资源分配，讨论解决遇到的技术问题。
- 3) 综合考虑多种因素，提出初步技术方案，通过模拟分析迭代优化，进行试验验证及优化改进，确保方案的质量，降低技术风险。
- 4) 参研单位建立技术合作关系，共享技术资源，提高项目研发的效率和成功率。

六、项目经费估算及资金筹措情况

项目经费估算及资金筹措情况如下表所列：

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	单位 自筹
省交通运输厅补助	19.80	合 计	120.00	19.80	100.20
工程配套研究经费	0.0	（一）直接费用	109.29	19.80	89.29
单位自筹	100.2	1.设备费	0.00	0.00	0.00
其他经费	0.0	（1）购置设备费	0.00	0.00	0.00
		（2）试制设备费	0.00	0.00	0.00
		（3）设备改造与租赁费	0.00	0.00	0.00
		2.业务费	106.09	19.80	86.09
		（4）材料费	7.12	0.00	7.12
		（5）测试化验实验加工费	77.67	19.80	57.67
		（6）燃料动力费	0.00	0.00	0.00
		（7）差旅支出	10.4	0.00	10.4
		（8）会议支出	2.40	0.00	2.40
		（9）国际合作与交流支出	0.00	0.00	0.00
		（10）出版/文献/信息传播 /知识产权事费	8.50	0.00	8.50
		（11）其他费用	0.00	0.00	0.00
		3.劳务费	3.20	0.00	3.20
		（12）劳务性支出	0.00	0.00	0.00
		（13）咨询专家支出	3.20	0.00	3.20
		（二）间接费用	10.91	0.00	10.91
		4.管理费	10.91	0.00	10.91
		5.绩效支出	0.00	0.00	0.00

(一) 直接费用：109.29 万元

1.设备费：0 万元

设备费是指在项目研究过程中购置或试制相关设备，对现有设备进行升级改造，设备在项目实施期间的维护费用（包括保养、维修、检测、标定等费用），以及租赁外单位仪器设备而发生的费用。

本项目无设备费。

(1) 购置设备费：0 万元。

(2) 试制设备费：0 万元。

(3) 设备改造与租赁费：0 万元。

2.业务费：106.9 万元

(4) 材料费：7.12 万元

材料费是指在项目研究开发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。

1) 预计 SB 级波形梁护栏 3 次碰撞试验，每次试验需建设利旧护栏和新增构件总体材料需 70m，按 100 元/m 计。材料费需 $100 \text{ 元/m} \times 70\text{m} \times 3 \text{ 次} = 2.1 \text{ 万元}$ 。（注：部分旧构件由业主提供，未计材料费）

2) 实车碰撞试验需建设混凝土主梁 50m，需混凝土材料 35.5m^3 ，钢筋 14.0 吨。混凝土材料费 $600 \text{ 元/m}^3 \times 35.5\text{m}^3 = 2.13 \text{ 万元}$ 。钢筋材料费 $6000 \text{ 元/t} \times 14.0 = 8.4 \text{ 万元}$ 。

(5) 测试化验实验加工费：77.67 万元

测试化验实验加工费是指在项目研究开发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。

1) 对既有护栏进行常规的材料力学性能测试, 确认其可再利用升级可能性。本项费用需 0.3 万元/次 $\times$ 6 次=1.8 万元。

2) 2 种护栏升级改造方案设计, 每种计算机仿真模拟试验 3 次, 共计 6 次仿真模拟试验, 仿真模拟试验 5 万元/次。本项费用 5 万元/次 $\times$ 6 次=30 万元, 按 2.5 折计, 小计 7.5 万元。

3) 混凝土主梁施工及拆除费 400 元/ $\text{m}^2 \times 50\text{m} \times 2.4\text{m}$ =4.8 万元。

4) 护栏施工及拆除费 170 元/ $\text{m} \times 210\text{m}$ =3.57 万元。

5) 按照《公路护栏安全性能评价标准》(JTG B05-01-2013) 的 SB 级碰撞条件进行的实车碰撞试验费, 60 万元。

序号	项目		单位	数量	费用(万元)
1	车辆费	满足 JTG B05-01-2013 参数要求的 1.5 吨小型客车	项	1	4.00
2		满足 JTG B05-01-2013 参数要求的 10 吨中型客车	项	1	5.00
3		满足 JTG B05-01-2013 参数要求的 18 吨大型货车	项	1	7.00
4	车辆配载及重心测量	按照 JTG B05-01-2013, 进行小型客车配载及重心测量与调整	项	1	1.00
5		按照 JTG B05-01-2013 进行中型客车配载及重心测量与调整	项	1	2.00
6		按照 JTG B05-01-2013 进行大型货车配载及重心测量与调整	项	1	2.80
7	车辆就位安装	小型客车就位安装至跑道牵引点	项	1	0.10
8		中型客车就位安装至跑道牵引点	项	1	0.20
9		大型货车就位安装至跑道牵引点	项	1	0.30
10	车辆牵引加速	小型客车牵引加速至 JTG B05-01-2013 规定的速度	次	1	0.60
11		中型客车牵引加速至 JTG B05-01-2013 规定的速度	次	1	1.00

序号	项目		单位	数量	费用(万元)
12		大型货车牵引加速至 JTG B05-01-2013 规定的速度	次	1	1.40
13	试验场地费用	自试验样品施工开始至试验完成后拆除。安装施工 15 天，试验 5 天，试验后拆除 5 天，共计 25 天。	项	15	12.5
14	跑道修补费用	3 次实车碰撞试验，每次 1 天，	天	3	3.00
15	高速摄像费用	实车碰撞试验过程前方、后方和顶部高速摄像，3 次试验，共 9 架次，1.0 万元/架次。	架次	9	9.00
16	高清摄像费用	护栏正面、背面、顶部、前方、后方和手持随动碰撞过程记录，3 次试验，共 18 架次，0.2 万元/架次。	架次	18	3.60
17	顶部高速摄像登高车费用	顶部高速摄像登高车费用，3 次试验，0.3 万元/次。	次	3	0.90
18	试验车辆清理	试验后车辆清理费用，3 次试验，0.2 万元/次。	次	3	0.60
19	加速度测试与评价	小型客车加速度测试及护栏缓冲功能评价。	项	1	1.00
20	碰撞数据测量	实车碰撞试验前后护栏和车辆状态测量，3 次试验，1 万元/次。	项	3	3.00
21	碰撞数据处理	实车碰撞试验数据进算分析，3 种车型，3 万元/种。	项	3	9.00
22	碰撞报告编制	编制实车碰撞试验检测报告。	项	1	5.00
费用合计					73.00
折扣后费用					60.00

(6) 燃料动力费：0 万元

燃料动力费是指在项目研究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，但不包括试验过程中发生的非试验用交通工具燃油支出。

本课题无燃料动力费。

(7) 差旅费：10.4 万元

差旅费是指在项目研究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。

本项目需实地踏勘，座谈、项目评审等差旅工作。出差次数为 10 次，每次 2 天，共计 20 天，每次人数为 2 人。测算如下：

交通费： $2(\text{人}) \times 0.4(\text{万元/人次}) \times 10(\text{次}) = 8.0$ 万元；

住宿费： $2(\text{人}) \times 20(\text{晚}) \times 0.042(\text{万元/人晚}) = 1.68$ 万元；

市内交通、伙食和杂费： $2(\text{人}) \times 20(\text{天}) \times (0.018 \text{ 万元/人天}) = 0.72$ 万元。

差旅费共计 $(8.0+1.68+0.72)$ 万元=10.4 万元。

(8) 会议费：2.4 万元

会议费是指在项目研究过程中为组织开展学术会议、研讨会、评审会、咨询会、座谈会以及协调项目等活动而发生的会议费用。

根据财政部印发的“中央和国家机关会议费管理办法”（财行〔2016〕214 号）文，课题召开会议属四类会议，预算标准为 550 元/人日，按 500 元/人日计。

项目需召开大纲评审会、中间成果检查会、课题验收会等会议，预计 3 次，每次会场费 2000 元，每次参加人数预计平均为 12 人，共 $[12 \text{ 人} \times 1 \text{ 日} \times 500(\text{元/人日}) + 2000 \text{ 元}] \times 3 \text{ 次} = 2.40$ 万元。

(9) 国际合作与交流费：0 万元

国际合作与交流费是指在项目研究过程中项目研究人员出国及外国专家来华工作的费用。

本课题无国际合作与交流费。

(10) 出版/文献/信息传播/知识产权事务/印刷费：8.5 万元

出版/文献/信息传播/知识产权事务/印刷费是指在项目研究过程中,需要支付的出版费、资料费、印刷费、翻译费、专用软件购买(使用)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费用。

- 1) 资料费 0.4 万元;
- 2) 查新费 0.8 万元;
- 3) 专利申请 1.5 万元;
- 4) 论文版面费 5.2 万元;
- 5) 制作装订费 0.7 万元。

共计: 0.3 万元+0.8 万元+1.5 万元+5.2 万元+0.7 万元=8.5 万元。

(11) 其他费用: 0 万元

其他费用是指在项目研究过程中发生的除上述费用之外的其他支出或不可预见支出。

无其他支出。

本课题无其他费用。

3.劳务费: 3.2 万元

(1) 专家咨询费: 3.2 万元

专家咨询费是指在项目研究过程中支付给临时聘请、邀请的咨询专家的费用。专家咨询费不得支付给参与项目研究及其管理相关的工作人员。

专家咨询费的开支标准可参照《财政部关于印发<中央财政科研项目专家咨询费管理办法>的通知》(财科教〔2017〕128号)执行。

高级专业技术职称人员的专家咨询费标准为 1500-2400 元 / 人天（税后），专家咨询费按照 2000 / 人天标准计算。

预计召开 3 次会议，每次聘请专家 5 人，按照平均每次会议聘请专家 5 人计算，每次会议为 1 天，共 3 次×2000 元/人次×6 人=3.2 万元。

(2) 聘用人员劳务费：0 万元

无聘用人员劳务费支出。

(3) 其他劳务费：0 万元。

无其他劳务费支出。

(二) 间接费用：10.91 万元

1.管理费及税费：10.91 万元

管理费是指在项目研究开发过程中对使用本单位现有仪器设备
及房屋，日常水、电、气、暖消耗，以及税费等其他有关费用的支出。

本课题按直接费的 10%计，需 10.91 万元。

2.绩效支出：0 万元

绩效支出是指承担项目研究任务的单位为提高科研工作绩效安排的相关支出，取消绩效支出比例限制。

本课题绩效支出按 0 万元计。

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）	3
		（1）授权发明专利	0
		（2）实用新型	3
		（3）外观设计	0
		2、软件著作权授权数（项）	0
		3、发表论文（篇）	3
		（1）其中 SCI 索引收录数	0
		（2）其中 EI 索引收录数	0
		（3）其它	3
		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	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	0
		（1）新工艺（或新方法模式）	0
		（2）新产品（含农业新品种）	0
		（3）新材料	0
		（4）新装备（装置）	0
		（5）平台/基地/示范点	0

一级指标类别	二级指标类别	明细指标	指标值
		(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	否
		(1) 小试	否
		(2) 中试（样品样机）	否
		(3) 小批量	否
		(4) 规模化生产	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	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（%）	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			

八、 预期目标、成果提供形式及经济社会效益

1.项目预期目标

研发一种 2006 标准 A 级桥梁中分带波形梁护栏提升改造为 2017 标准 SB 级护栏的技术方案，防护性能达到《公路护栏安全性能评价标准》（JTG B05-01-2013）四（SBm）级安全性能评价要求，并取得实车碰撞试验报告。

2.提交的研究成果及其形式

- 1) 项目研究报告；
- 2) 护栏实车碰撞试验检测报告；
- 3) 护栏提升改造设计图；
- 4) 申请实用新型专利 3 项；

5) 撰写核心期刊（含核心遴选期刊）论文 3 篇，论文注明依托陕西交通科技项目及项目编号。

3.经济、社会、环境效益分析

1) 经济效益分析

本技术通过原位升级实现旧护栏 100%再利用，较新建护栏可节约钢材 30%以上。与新建护栏相比，具有明显的经济性。

本技术通过缩短施工周期，可大幅度减少交通干扰，降低交通延

误损失，预计可降低交通延误损失 30%左右。

2) 社会效益分析

本项目研究提出的改造提升方案无需对原护栏构配件进行拆装转运等操作，预计可节省施工周期 30%左右。

升级后的 SB 级护栏可抵御碰撞能量 280kJ，可显著降低事故后果，为社会节省医疗、赔偿及生产力损失等成本。

通过提升护栏防护等级，可有效减少因交通事故导致的交通中断，保障西部物流通道高效运行，为区域经济协同发展提供基础支撑。

3) 环境效益分析

本技术通过原位升级实现旧护栏 100%再利用，较新建护栏节约大量钢材，可大量减少碳排放，符合国家“双碳”战略对交通基础设施绿色化的要求。

九、 其它需要说明的问题

无。

十、 申请单位意见

配套资金与依托工程均已落实到位。

(公章)
单位负责人 (签字)
2020年3月27日



高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升 关键技术研究 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“高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究”（项目编号：25-69K）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. 聚焦依托工程项目实际，开展调查研究。
2. 进一步细化实施方案。

主任委员：王登科

2026年3月12日

专家审查意见表

项目名称	25-69K 高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究				
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

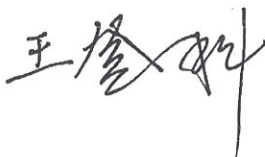
本项目研究必要，前期研究成果和研究支撑条件满足研究，实施方案及技术路线可行，依托工程落实，预期目标成果明确，同意项目立项研究。

建议：

1、研究内容范围偏宽，偏大，宜对研究范围按现有波形梁护栏防护等级改造为 SB 级限定。

2、增加改造后的护栏结构安全验算和协同系统的碰触破坏实验研究。

3、增加安委会的安全性评价内容。

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	高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究 (25-69K)				
专家姓名	中岳	职务/职称	正高	专业	桥梁
专家单位	中交一公局			联系电话	13991801018

评审意见

该课题研究内容明确，研究目标明确，研究内容明确，研究意义及必要性，研究意义及必要性如下：

1. 建议详细论证护栏连接件的力学性能，并考虑护栏防碰撞设计，特别是新增构件与原有护栏的可拆卸性。
2. 对照现行相关标准规范要求，论证护栏系统板在碰撞改造后的力学性能是否满足正常使用要求，确保主体结构安全。
3. 护栏系统应节约钢材，建议量化对比旧护栏系统，通过减少，疏排致降低系统综合效益，增强论证说服力。
4. 工程造价占比65%，建议考虑1次车碰撞试验的必要性，用构造完成。
5. 争取形成省级乃至地方标准，固化研究成果，便于推广推广。

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	高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究				
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、本项目针对传统的护栏升级改造技术存在的显著弊端，通过桥梁中分带波形梁护栏原位快速免拆换升级改造的关键技术研究，形成施工便捷、资源节约、对交通干扰小，安全风险可控的桥梁中分带波形梁护栏升级改造的实施方案，选题明确，研究内容针对性强，具有较好的社会、经济、环境和工程价值，研究意义较高。

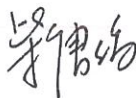
同意研究大纲。

二、建议

1. 第 15 页中说明“可以通过增设特殊构配件的方式实现既有 2006 标准 A 级波形梁护栏升级改造为 2017 标准 A 级和 SB 级波形梁护栏”，本项目主要进行关于 2006 标准 A 级波形梁护栏原位升级改造为 2017 标准 SB 级护栏的技术研究，不考虑升级改造为 2017 标准 A 级波形梁护栏的原因是什么？建议补充。

2. 文中关于如何进行高速公路桥梁中分带波形梁护栏原位快速改造提升的具体结构方案描述偏少，建议补充。

3. 文中关于如何解决高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级提升时的免拆装快速连接难点的具体实施思路描述偏少，建议补充。

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）

专家审查意见表

项目名称	25-69K 高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究				
专家姓名	李立峰	职务/职称	教授	专 业	桥梁
专家单位	湖南大学			联系电话	13607433836

评 审 意 见

高速公路栏杆涉及到行车安全，影响到广大旅客的生命和财产安全，本项目研究具有一定的意义。研究大纲总体内容齐全，项目负责人具有很好的研究基础，研究技术路线明确。研究思路合适、齐全。

1、加强研究背景，具体说明栏杆改造的规模、难点和痛点、社会影响等。

2、建议描述现有高速公路的栏杆形式，明确 17 标准 SB 级护栏的防撞要求，并采用理论分析和车撞试验证明即可。

3、要注意由于改动、但构造上不符合规范要求的社会影响。一旦出现交通事故，比较熟悉交通法规的律师参与进来就非常麻烦。

评审专家（签字）： 李立峰

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	25-69K 高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究				
专家姓名	王玉银	职务/职称	党委书记 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 实施方案比较笼统，拟采用何种形式、相关指标、参数不明确。如在研究大纲中表述“初步的探索性研究成果认为，在不拆除转运原护栏的条件下，可以通过增设特殊构配件的方式实现既有 2006 标准 A 级波形梁护栏升级改造为 2017 标准 A 级和 SB 级波形梁护栏。”但在文中未见到是什么样的构配件？ 评审专家（签字）：王玉银 年 月 日 （本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）					

高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究 (项目编号: 25-69K)

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	王玉银
5	委员	李立峰	湖南大学	土木工程	土木工程	教授	李立峰

专家意见处理表

项目名称：高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级改造提升关键技术研究（项目编号：25-69K）

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	王登科	研究内容范围偏宽、偏大, 宜对研究范围按现有波形梁护栏防护等级改造为 SB 级限定。	采纳建议。本项目研究以依托工程实际需求确定改造提升目标为现行标准 SB 级。
2	王登科	增加改造后的护栏结构安全验算和协同系统的碰触破坏实验研究。	采纳建议。本项目研究将采用有限元真分析进行相关计算。在实车碰撞试验中, 将按照实际结构尺寸和配筋建造混凝土主梁及护栏立护栏基座, 模拟护栏的约束条件。
3	王登科	增加安委会的安全性评价内容。	本项目研究将按照《公路护栏安全性能评价标准》(JTG B05-01-2013) 的要求, 委托专业检测机构进行实车碰撞试验检测。
4	牛 宏	建议深化论证护栏连接件的力学机理、疲劳性能及防腐设计, 特别是新增构件与原护栏的可能连接。	采纳建议。将在桥梁中分带波形梁护栏改造提升结构设计和仿真分析进行相关计算论证。
5	牛 宏	对照现行相关桥梁规范要求, 验算桥梁翼缘板在更换升级改造后的承载能力是否满足正常使用要求, 确保主体结构安全。	采纳建议。将在护栏防护能力提升对桥梁翼缘板结构的影响分析中进行相关计算。
6	牛 宏	除能够节约钢材, 建议量化对比工期缩短、交通干扰少、碳排放降低等综合效益, 增强说服力。	采纳建议。补充工期、交通干扰、碳排放等相关说明。
7	牛 宏	测试费占比 65%, 建议备注三次车碰撞试验具体费用构成。	采纳建议。细化项目预算组成。
8	牛 宏	争取形成省级工法及地方标准, 固化技术成果, 便于全省推广。	采纳建议。在后续研究项目中加入施工技术方面的研究内容。

序号	姓名	建议内容	处理意见 (逐条回应, 详细说明修改情况)
9	柴唐焰	第 15 页中说明“可以通过增设特殊构配件的方式实现既有 2006 标准 A 级波形梁护栏升级改造为 2017 标准 A 级和 SB 级波形梁护栏”, 本项目主要进行关于 2006 标准 A 级波形梁护栏原位升级改造为 2017 标准 SB 级护栏的技术研究, 不考虑升级改造为 2017 标准 A 级波形梁护栏的原因是什么? 建议补充。	采纳建议。陕西高速公路实际防护需求的调研情况, 明确改造提升目标为 SB 级。
10	柴唐焰	文中关于如何进行高速公路桥梁中分带波形梁护栏原位快速改造提升的具体结构方案描述偏少, 建议补充。	采纳建议。补充部分改造提升方案的护栏构造图。
11	柴唐焰	文中关于如何解决高速公路桥梁中分带波形梁护栏防护等级提升时的免拆装快速连接难点的具体实施思路描述偏少, 建议补充。	采纳建议。补充部分改造提升方案的护栏构造图。
12	王玉银	实施方案比较笼统, 拟采用何种形式、相关指标、参数不明确。如在研究大纲中表述“初步的探索性研究成果认为, 在不拆除转运原护栏的条件下, 可以通过增设特殊构配件的方式实现既有 2006 标准 A 级波形梁护栏升级改造为 2017 标准 A 级和 SB 级波形梁护栏。”但在文中未见到是什么样的构配件?	采纳建议。补充部分改造提升方案的护栏构造图。
13	李立峰	加强研究背景, 具体说明栏杆改造的规模、难点和痛点、社会影响等。	采纳建议。将收集梳理依托工程项目护栏情况。
14	李立峰	建议描述现有高速公路的栏杆形式, 明确 17 标准 SB 级护栏的防撞要求, 并采用理论分析和实车撞试验证明即可。	采纳建议。项目研究将按照 17 标准 SB 级护栏的碰撞条件进行有限元仿真分析。确定技术方案后, 将建造混凝土主梁, 安装护栏样品, 进行实车碰撞试验。
15	李立峰	要注意由于改动, 但构造上不符合规范要求的社会影响。一旦出现交通事故, 比较熟悉交通法规的律师参与进来就非常麻烦。	采纳建议。项目研究将提出的技术方案按照现行规范进行设计, 满足相关规范符合性。

大纲评审委员会专家 (签字):



项目负责人 (签字):

