

项目合同编号：25-49K

陕西省交通运输厅 2025 年度交通科研项目

合 同 书

项目名称：倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究

承担单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

项目负责人：成立涛

通讯邮编、地址：陕西省西安市科技四路 205 号

传真、电话：029-88322888

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

(一) 新型倒 T 形钢混组合梁桥结构设计方法研究。研究新型组合樨抗剪连接键设计方法、组合樨连接件力学性能、倒 T 形钢混组合梁承载力与使用极限状态设计方法。

(二) 组合樨连接件与桥面板连接性能研究。采用数值模拟或其它手段研究组合樨连接件与桥面板连接性能及传力机理，考虑变量包括组合樨的钢板厚度、埋入深度、局部构造与配筋等因素。

(三) 倒 T 形组合梁极限状态力学性能研究。研究新型倒 T 形组合梁在抗弯、抗剪等极限状态下力学性能。

(四) 倒 T 形钢混组合梁标准化研究。编制倒 T 形钢混组合梁标准图三套，适应跨径：13m、16m、20m；

2. 技术关键

(1) 揭示组合樨剪力件传力机理，提出新型倒 T 型钢混组合梁设计方法；

(2) 探明新型倒 T 型钢混组合梁极限状态下力学行为及性能；

(3) 解决新型倒 T 型钢混组合梁设计关键参数取值问题。

3. 依托工程（依托工作）

高新至鄂邑高速复合通道（原名“西高新至天桥高速公路”）为西沔路-鄂周眉高速东延伸的复合立体通道，项目位于西安市西南部，路线起自绕城高速高新立交，向西南沿西沔路设线，至西安外

环设西沔枢纽立交后路线折向西，沿关中环线北侧布设，在京昆高速处与鄂周眉高速公路起点顺接。途经雁塔区、高新区、长安区、鄠邑区 4 个区。项目全线方案共布设桥梁 23 座，桥长 36161 米（含立交主线桥），其中特大桥 36081 米/21 座，中桥 60 米/1 座，小桥 20 米 / 1 座。

二、考核指标

1.预期目标

解决小跨径基于组合樨连接件的倒 T 形钢混组合梁设计及标准化过程的关键技术问题。研究组合樨剪力件构造、力学特性和设计方法；研究新型倒 T 形钢混组合梁力学性能和关键设计参数，比如极限承载力、合理梁高、合理腹板厚度等；编制典型新型倒 T 形钢混组合梁设计通用图，便于推广应用，填补国内技术空白。

2.主要技术经济指标（具体的技术经济参数）

解决中小跨径钢混组合梁造价高等问题，利用组合樨连接件，提出倒 T 形钢混组合梁解决方案，钢梁的生产成本降低到栓钉焊接钢梁成本的 60% 左右。降低用钢量和造价的同时，采用装配式建设理念，加快施工进度。

3.经济和社会效益

倒 T 形钢混组合梁与钢板组合梁方案、先张法矮 T 梁相比，建安费约节省 10% 及以上，具备推广应用价值。倒 T 形钢混组合梁提高钢混组合梁的经济性，扩大钢混组合梁的应用范围，可在建设条件恶劣地区，成为替代预应力混凝土的另一方案。

4.成果提供形式

- （1）编制《新型倒 T 形钢混组合梁设计关键技术》报告 1 册；
- （2）编制新型倒 T 形钢混组合梁通用图 3 册，适应跨径：13m、16m、20m。
- （3）专利 1 项；

(4) 发表论文 2 篇，其中中文核心期刊不少于 1 篇。

3. 其他考核指标

开展的媒体宣传报道不少于 3 次，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 3 月- 2026 年 5 月	开展组合樨连接件与倒 T 形钢混组合梁的调研与分析，完成工作大纲。
2026 年 6 月- 2026 年 8 月：	开展组合樨抗剪连接件与桥面板连接方案仿真分析，研究组合樨连接件与桥面板连接性能及传力机理。
2026 年 9 月- 2026 年 11 月：	开展新型倒 T 形组合梁在抗弯、抗剪等极限状态下力学性能研究；开展新型倒 T 形钢混组合梁桥结构构造研究，申请专利一份。
2026 年 12 月- 2027 年 2 月：	开展新型倒 T 形钢混组合梁桥结构设计方法研究，编制中期研究报告一份；撰写论文不少于一篇。
2027 年 3 月- 2027 年 5 月	开展倒 T 形钢混组合梁标准化研究；完成倒 T 形钢混组合梁标准图设计计算工作；撰写论文一篇。
2027 年 6 月- 2027 年 8 月	继续开展倒 T 形钢混组合梁标准化研究；完成不少于 1 套倒 T 形钢混组合梁标准图编制工作。
2027 年 9 月- 2027 年 11 月	完成 3 套倒 T 形钢混组合梁标准图编制工作。
2027 年 12 月- 2028 年 3 月	完成项目研究报告，并准备结题。

四、项目经费

项目总经费：40.00 万元
交通运输厅补助：19.95 万元
自筹资金：20.05 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	28	15.95
1. 设备费	0	0
(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	0	0
2. 业务费	20	9
(4) 材料支出	0	0
(5) 测试化验实验加工支出	0	0
(6) 燃料及动力支出	0	0
(7) 差旅支出	6	3
(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/印刷支出	12	5
(11) 其他支出	0	0
3. 劳务费	8	6.95
(12) 劳务性支出	7	6.95
(13) 咨询专家支出	1	0
(二) 间接费用	12	4
4. 管理费	2	0
5. 绩效支出	10	4
合 计	40	19.95

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

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

承担单位为中交第一公路勘察设计研究院。全部工作由中交第一公路勘察设计研究院完成。

团队主要成员见附表，人员工作经验丰富，其中正高级工程师 7 人，高级工程师 4 人，工程师 5 人。

七、项目参加人员表

项目承担单位:							
参与单位 (排序): 中交第一公路勘察设计研究院有限公司							
项目负责人							
序号	姓 名	出生年月	工作单位	职称/职务	专 业	在项目中担任 具体工作	签名
1	成立涛	1985. 12	中交一公院	正高/部门副总	桥梁工程	项目负责人/技术负责	成立涛
主要研究人员							
2	司选舟	1978. 8	中交一公院	正高/分院总工	桥梁工程	项目审查	司选舟
3	徐百成	1980. 3	中交一公院	正高/分院总工	桥梁工程	项目审查	徐百成
4	施菁华	1977. 11	中交一公院	正高/分院副总	桥梁工程	项目审查	施菁华
5	方华	1976. 10	中交一公院	正高/部门总工	桥梁工程	项目审查	方华
6	包绍伦	1979. 6	中交一公院	正高/部门副总	桥梁工程	技术研究	包绍伦
7	郝龙	1986. 12	中交一公院	正高/部门副总	桥梁工程	技术研究	郝龙
8	姜学良	1978. 11	中交一公院	高工/部门副总	桥梁工程	技术研究	姜学良
9	吕婷	1980. 3	中交一公院	高工/部门副总	桥梁工程	理论研究	吕婷

10	张斐	1990. 3	中交一公院	工程师/无	桥梁工程	理论研究	张斐
11	侯利明	1986. 9	中交一公院	高工/无	桥梁工程	数值计算	侯利明
12	于远卿	1989. 11	中交一公院	工程师/无	桥梁工程	数值计算	于远卿
13	王姗	1992. 3	中交一公院	工程师/无	桥梁工程	通用图编制	王姗
14	陈欣	1992. 7	中交一公院	工程师/无	桥梁工程	通用图编制	陈欣
15	郭俊达	1986. 8	中交一公院	工程师/无	桥梁工程	通用图编制	郭俊达
16	林永楷	1985. 10	中交一公院	高工	桥梁工程	理论研究	林永楷

八、信息表

项目合同编号		25-49K		密级		/		A: 机密 B: 秘密 C: 内部	
项目名称		倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究							
项目实施所在地		西安		起止年限		2026 年 3 月至 2028 年 3 月			
总 经 费		40 万		厅 拨		19.95 万元			
第一承担单位	单位名称	中交第一公路勘察设计研究院有限公司							
	所在地	陕西省西安市						代码	
	通讯地址	陕西省西安市科技四路 205 号						邮编	710049
	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	无							
	2								
	3								
项目负责人		姓 名	成立涛		性 别 (1) 1.男 2.女		出生年份		1985
		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	(13609294702 029-88322888)		电子邮箱		xjtu822@126.com		
项目联系人		姓 名	成立涛		性 别		男		
		联系电话	(13609294702 029-88322888)		电子邮箱		xjtu822@126.com		
项目组人数		16	高级	11	中级	5	初级	0	其他 0
主要研究内容 (100 字以内)		研究组合樑剪力件构造、力学特性和设计方法; 研究新型倒 T 型钢混组合梁力学性能和关键设计参数; 研究新型倒 T 型钢混组合梁设计方法; 编制典型新型倒 T 型钢混组合梁设计通用图。							
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	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.合同正本一式柒份，甲方单位伍份，承担单位贰份。

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）

李涛

陕西省交通运输厅

2026年3月17日

联系人：（签字）

张昭

（公章）

电 话：029-88869067

合同乙方：（承担单位）

中交第一公路勘察设计研究院有限公司

单位负责人：（签字）

王学军印

2026年3月17日

项目负责人：（签字）

王学军

（公章）

电 话：029-88322888

财务负责人：（签字）

李静

账 户 名：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

开户银行：农行西安科技二路支行

账 号：21612 7101 0400 0072 5

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：成文海

2026 年 3 月 17 日

项目编号：25 -49K

2025年度陕西省交通运输厅科研项目 研究大纲

项目名称：倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究

申请单位：中交第一公路勘察设计研究院有限公司

联 系 人：成立涛

电 话：13609294702

陕西省交通运输厅制

2026 年 3 月

一、项目研究的背景和必要性

Ø 钢混组合梁推广的困境

交通部 2016 年颁发《关于推进公路钢结构桥梁建设的指导意见》，大力倡导钢结构在公路桥梁建设中的广泛应用，以促进公路建设的转型升级。高质量发展钢结构桥梁是建设“桥梁强国”，乃至“交通强国”的重要拼图，对于提升交通运输发展水平具有引领意义。

钢混组合梁是钢结构桥梁的重要组成部分，自 2016 年以来，中小跨径钢混组合梁在公路行业得到大量的研究和应用。随着研究和应用的增多，钢结构桥梁设计、制造、架设、施工、维养等从业人员技术素质和专业水平已不再成为制约中小跨径钢混组合结构推广应用的要素，初期造价高成为最重要的制约因素，尤其是在小跨径桥梁领域。

根据以往的建设经验，对中小跨径桥梁，混凝土结构建造成本相对较低，而随着桥梁跨径的增大，钢结构桥梁的造价优势开始显现。按目前国内钢混组合梁的主流桥型，跨径在 35m 以下时，钢混组合梁的造价通常高于混凝土结构。比如 30m~35m 跨钢混组合梁上部结构比预应力混凝土小箱梁总造价高 3%~30%。所以，中小跨径桥梁中钢混组合梁的应用范围多大于 30m，小跨径的桥梁（13m、16m、20m）中，鲜有钢混组合梁应用。

Ø 小跨径桥梁主流桥型

目前小跨径桥梁(16m、20m 跨径)常用结构形式为空心板,空心板具有快速化预制、标准化施工、截面高度小、可降低路基高度、节省工程造价等优点,成为以前国内公路桥梁 20m 以下跨径桥梁的首选桥型。但受施工、自然侵蚀及运营环境等因素的影响,建成后的空心板梁桥,随着服役时间的延长,逐渐出现材料劣化、裂缝、铰缝损伤等病害。主要病害有:**1)**铰缝问题。装配式空心板梁桥长期使用会在铰缝处产生纵向裂缝,削弱板梁之间的连接,使得单个板梁受力增加;**2)**芯模问题。不论是橡胶芯模还是钢板芯模,如果施工管理不到位,都会因为芯模上浮导致顶板厚度降低,而且不容易检查发现;**3)**支座问题。一块装配式空心板梁下一般布置 4 块橡胶支座,受桥梁纵坡横坡的影响,非常容易导致支座脱空现象发生。

针对装配式空心板梁的不足,近些年一些新型的截面梁也不断的被提出,例如:刚接空心板梁、 π 型板梁、T 型梁、热轧 H 型钢组合梁桥结构等。其中 π 型板梁、T 型梁(图 1.1)仍为预应力混凝土结构。与预应力混凝土结构相比,钢混组合梁具有重量轻、预制方便、易于标准化生产和施工、便于运输、吊装等特点。热轧 H 型钢组合梁桥(图 1.2)是应用钢混组合梁替代空心板的一种尝试。

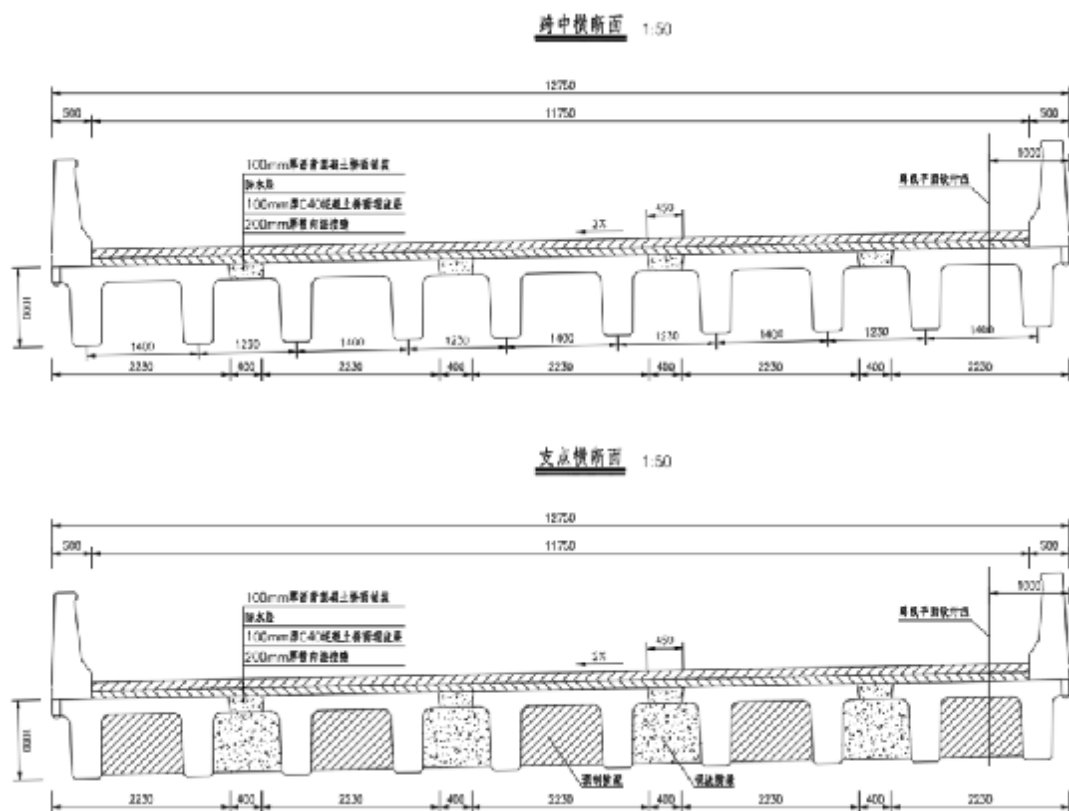


图 1.1 20m 跨矮 T 梁标准横断面

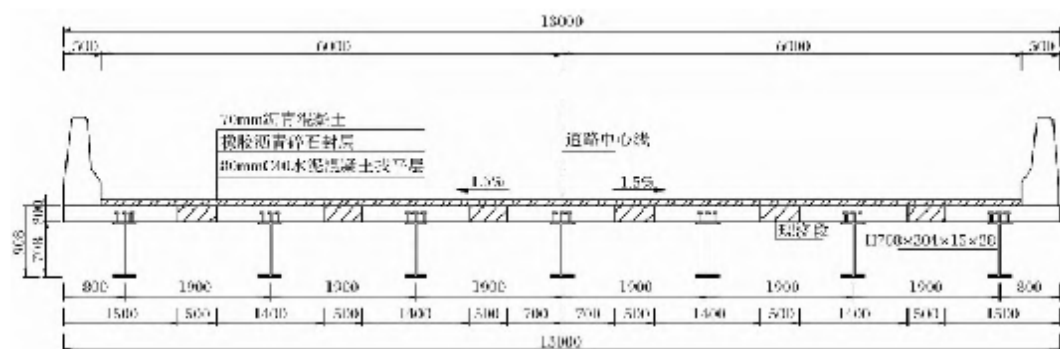


图 1.2 13m 跨径简支热轧 H 型钢组合梁桥典型断面

Ø 钢混组合梁形式与抗剪连接件的新发展

中小跨径钢混组合梁形式多样，目前广泛应用的 forms 形式包括箱型钢混组合梁桥、钢板组合梁、槽型钢混组合梁，包括简支梁、连续梁。

按截面开口与否，可分为两种：开口式和闭口式。当横截面由两个或两个以上的 I 形梁（热轧或装配）、桁架梁或多个小箱梁构成时，称为开口截面。当横截面由一个单室或多室的箱梁构成时，称为闭口截面。下图给出常见几种开口截面的形式，即双主梁和多主梁方案。

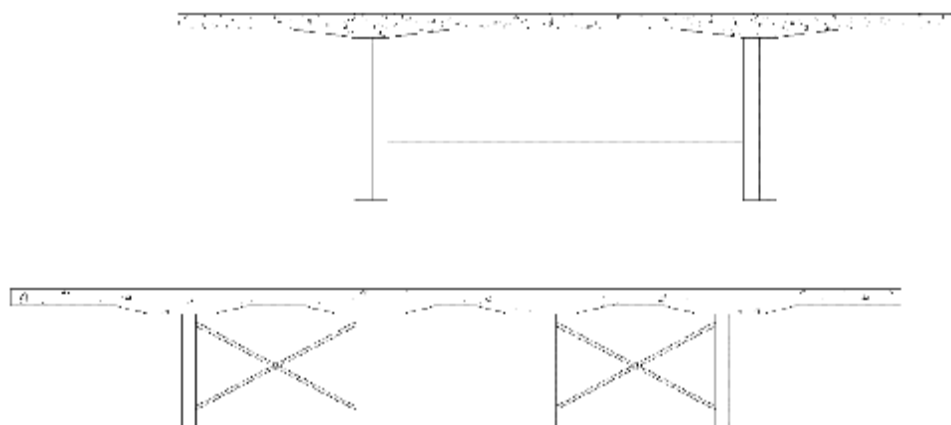


图 1.3 开口截面示意图

当桥梁横截面由一个箱形截面构成，则该截面属于闭口截面类型。对于组合结构桥梁和中等跨度的桥梁，通过将混凝土桥面板与 U 形的开口钢箱连接，形成封闭的箱形截面，见下图 1.4。

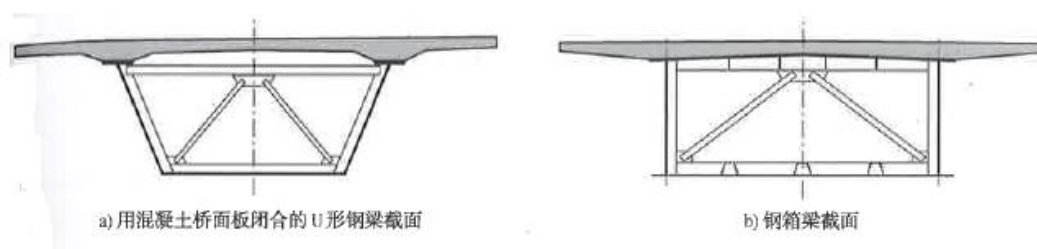


图 1.4 闭口截面示意图

钢板组合梁因为构成简单，最早得以开发应用，成为中小跨新建桥梁的主流。前文提到的热轧 H 型钢组合梁桥亦是钢板组合梁的一种变形，采用热轧型钢代替焊接工字钢。上述钢混组合梁均采用栓钉

(或称圆柱头焊钉) 作为钢梁与混凝土的连接件 (图 1.5)。

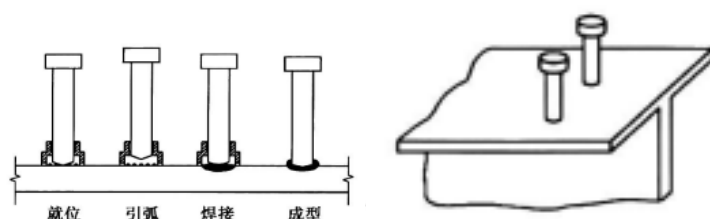


图 1.5 栓钉连接件

钢混组合梁发展过程中, 出现过多种形式的抗剪连接件, 比如方钢连接件、T 形钢、马蹄形钢、槽钢、弯筋、L 形钢等形式。栓钉是目前应用最广泛、综合受力性能及施工性能最好的抗剪连接件, 具有各向同性、抗剪承载力高、抗掀起能力好、施工快速方便、焊接质量易保证等优点, 在组合结构桥梁工程中应优先使用。目前欧洲规范 4 正文中也仅提供了栓钉连接件的设计方法。

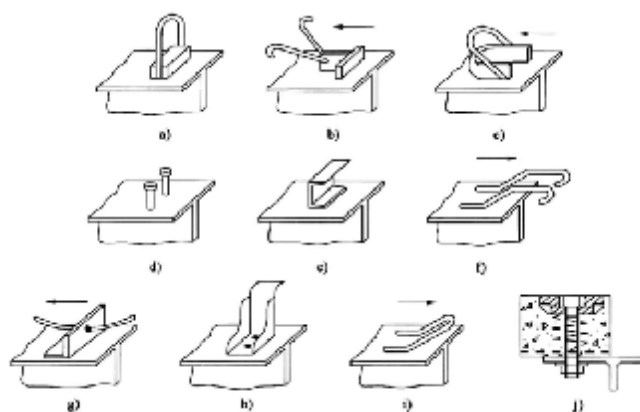


图 1.6 各种形式的离散抗剪连接件

上述抗剪连接件均为离散连接件(图 1.6), 通常位于梁的上翼缘。每个连接器通常是在车间焊接到钢梁的上翼缘, 然后在现场嵌入混凝土中。它们中的大多数由于制造耗时长、安装不完全自动化以及在循

环载荷下承载能力较小而受到重要限制。

另一种类型为连续型剪切连接件——由连续一体的构件组成,它们被假定为沿着梁的长度作为连续的剪切介质,比如 **PBL** 抗剪连接件 (图 1.7)。

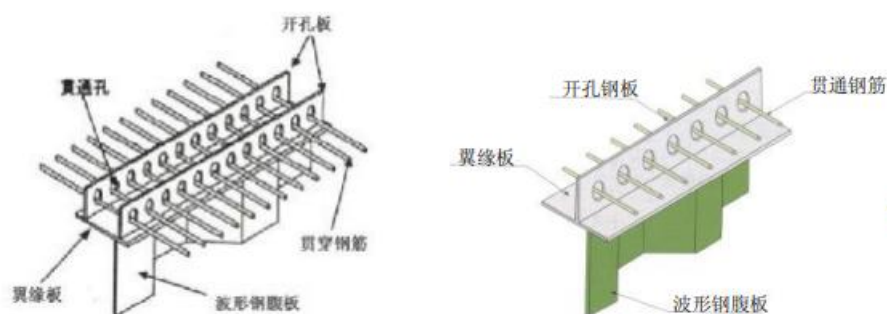


图 1.7 PBL 抗剪连接件

在经过十多年的研究和试图替代或改进后,新的剪切传递形式被发现——**组合樁连接件** (**Composite dowels**, 图 1.8)。

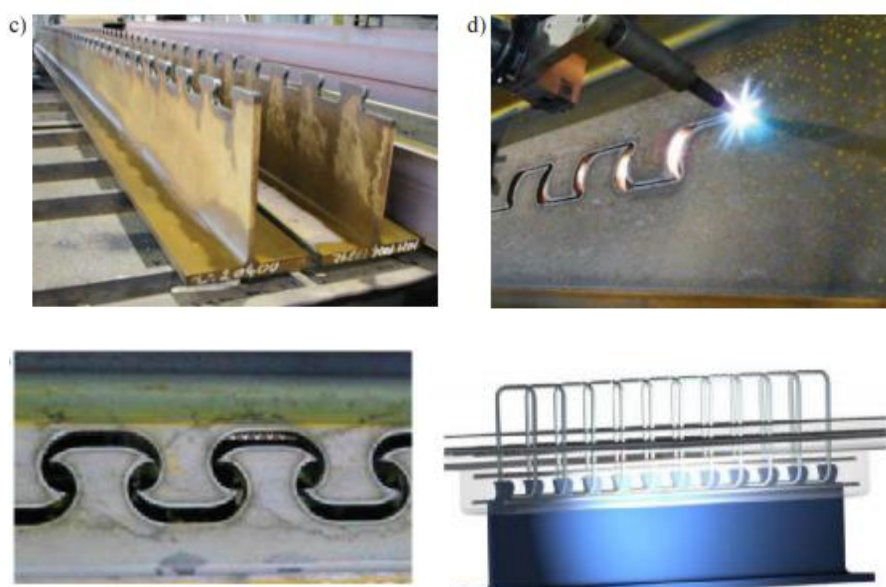


图 1.8 组合樁抗剪连接件的制作与连接示意

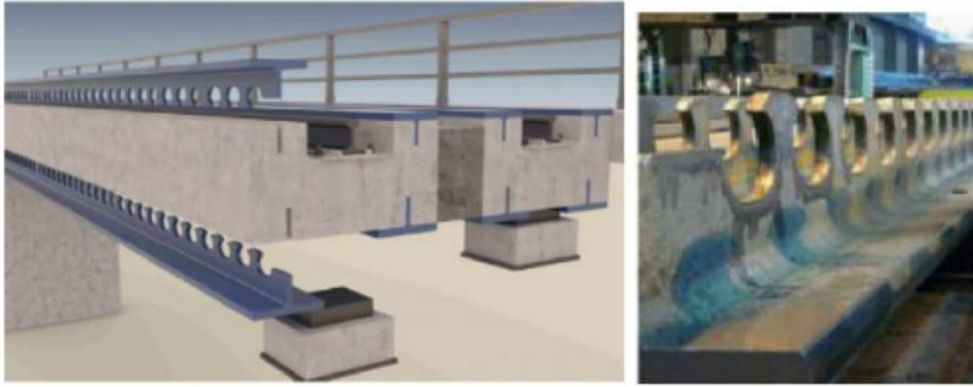


图 1.10 组合樨在德国铁路桥梁上的应用

Ø 新型倒 T 形钢混组合梁的提出

组合樨抗剪连接件在欧洲已经成功应用，并计划在欧洲规范中更新相关设计条文。应用组合樨抗剪连接件对钢板组合梁或预应力混凝土 T 梁进行改进，可以得到一种新型结构形式，见下图。根据国内钢混组合梁的命名习惯，可将其称为“倒 T 形钢混组合梁”（图 1.11）。

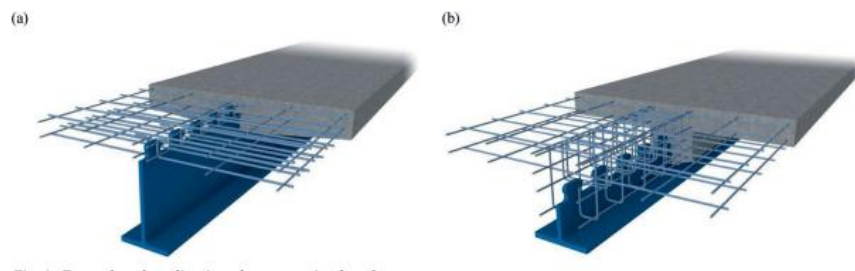


图 1.11 应用组合樨剪力件的倒 T 形钢混组合梁

与传统的栓钉工字梁相比，采用组合樨连接的钢梁，可以节约上部钢梁翼缘和栓钉材料。另外，组合樨连接件是通过将一根带有特定曲线切割线的梁切成两部分来生产的，无需焊接，简化了施工流程，降低制造成本。钢梁的生产成本可以降低到栓钉焊接钢梁成本的

60%。

在欧洲一个名为 **PreCo-Beam** 的研究项目研究对象与倒 T 形钢混组合梁类似。**Preco-Beam** 的建造过程可以描述为以下步骤：

1. 切割轧制梁剖面。组合樑是将钢梁切割成两半的结果（图 1.12a）。
2. 钢梁在钢厂进行涂层处理（图 1.12b）。这项繁重的工作可以在工厂条件下轻松完成，因此可以实现高质量和耐久性。之后，梁必须被运输到预制厂。
3. 在预制厂，可以直接在钢梁上放置钢筋而无需任何干扰的模板。随着完成的钢筋，将钢梁提升到模板中。模板可以使用多次，并且从预制混凝土构件进行了改进。之后，预制构件被混凝土浇筑（图 1.13）。
4. 工厂预制形成钢混组合梁后，运输至现场、架设组合梁，现浇湿接缝和其它连接构造，形成结构（图 1.14）。



(a) 热轧型钢切割



(b) 工厂涂装

图 1.12 热轧型钢切割/涂装

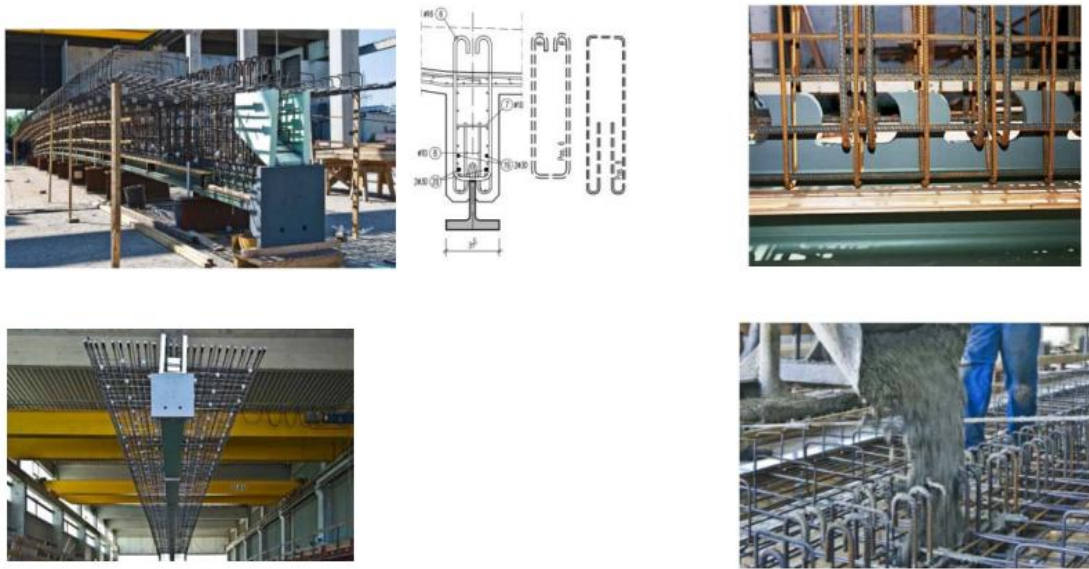


图 1.13 预制场绑扎钢筋和浇筑预制混凝土



图 1.14 存梁及现场连接

与传统钢混组合梁相比,倒 T 形钢混组合梁可以通过减少用钢量来降低成本。另外,倒 T 形钢混组合梁由于减少了腹板与翼缘的焊接工序及栓钉焊接,其制造成本更低。

与预应力 T 梁相比,由于倒 T 形钢混组合梁可以减少混凝土用量、避免采用预应力构造,其成本更低。对于预应力 T 梁,由于预应力的张拉和锚固需要空间,导致腹板厚度较组合梁厚。另一方面,预应力

T 梁更重，组合梁更轻，因此组合梁运输和架设成本更低。

组合樰抗剪连接件在欧洲已经成功应用，并计划在欧洲规范中更新相关设计条文，但在中国还属于新型抗剪连接件，相关性能和设计方法需要引进、消化和发展。

项目组前期对新型倒 **T** 形钢混组合梁方案进行了初步研究。针对 **20m** 跨简支梁，初拟新型倒 **T** 形钢混组合梁结构方案进行了试设计，并与相同跨径的钢板组合梁、矮 **T** 梁（图 **1.15**）进行了造价比较（见表 **1.1**）。

试设计时，新型倒 **T** 形钢混组合梁方案（图 **1.16**-图 **1.18**）拟定原则包括：

- 1) 梁高、梁间距介于矮 T 梁与钢板组合梁之间。**
- 2) 钢梁尽量采用热轧型钢尺寸，底板初步采用 400m 宽，板厚 30mm 左右；腹板高厚比控制在 60 以内，避免设置加劲肋；板厚取 16mm，故最大自由高度小于 960mm。**
- 3) 单块预制板尽量满足运输界限要求。**
- 4) 混凝土腹板高度尽量设置在组合梁中性轴位置处。**



图 1.17 倒 T 形组合梁方案一(3 片梁)

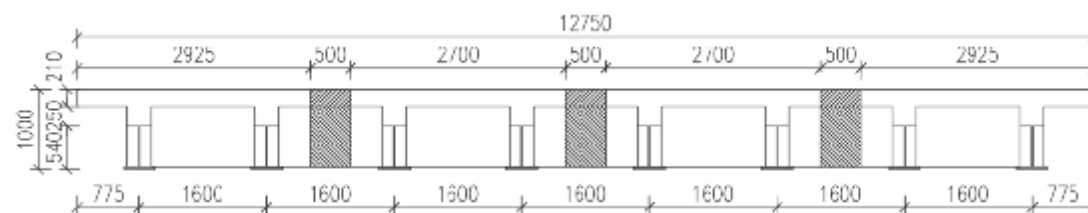
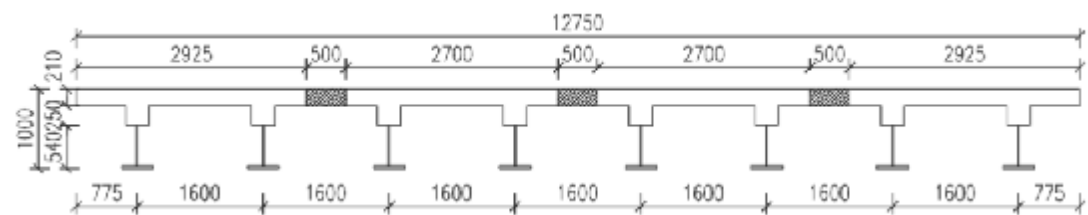


图 1.18 倒 T 形组合梁方案二(4 片梁)

表 1.1 20m 跨简支梁工程材料数量表及造价对比

项目	矮 T 梁 (先张法)	钢板梁 (4 片梁)	倒 T 形组合梁 方案一(3 片梁)	倒 T 形组合梁 方案二 (4 片梁)
C55 混凝土 (m ³)	147.3			
C50 混凝土 (m ³)		156.8	78.2	79.1
C40 混凝土 (m ³)	32.9			
Q355 钢板(kg)			24719.1	28851.4
Q420 钢板(kg)		36335		
钢材涂装 (m ²)		564.2	244.8	300.8
φs15.2 钢绞线 (kg)	6517.8			
锚具				
HRB400 钢筋 (kg)	28990.2	56495.8	15300.9	15501

上部结构造价 /每平方米造价 (元)	624784 /2450.1	716730 /2810.7	609051 /2388.4	628479 /2464.6
-----------------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

由表 1 的结果可见：**与传统钢混组合梁相比，倒 T 形钢混组合梁可以通过减少钢量来降低成本，同时由于减少了腹板与翼缘的焊接工序及栓钉焊接，其制造成本更低。**倒 T 形钢混组合梁与钢板组合梁方案相比，建安费约节省 **12%~15%**；

与先张法矮 T 梁相比，建安费相当。**但由于倒 T 形钢混组合梁可以减少混凝土用量、避免采用预应力构造，更加环保；同时，组合梁更轻，其运输和架设成本更低。**

与传统的空心板相比，结构整体性、耐久性更好。

综上所述，新型倒 T 形钢混组合梁具有成本低、快速建造、耐久性好、环保等优势，有望替代装配式空心板梁、矮 T 梁和钢板组合梁成为小跨径桥梁领域具有应用优势的上部结构形式，具有研究和推广价值。

二、前期科研及工作基础

Ø 国内外研究现状

自欧盟 2010 年启动钢-混凝土组合梁桥研究项目 PreCoBeam 至今^[1]，基于组合樁型连接件的特点，欧洲开展了一系列关于组合樁型连接件的极限承载力和疲劳试验和理论研究。Martin Classen^[2]收集了来自文献的 28 个撬出失效剪切试验的销钉特性数据。所有试验参数均汇总于文献^[3]，基于这些试验数据给出了剪力键的破坏模式和设计

方法。德国、波兰、罗马尼亚等国家采用组合樁型钢-混凝土组合梁已经在铁路、公路桥梁展开了大量的工程应用^[4]。在欧洲已经成功应用该剪力件建造多座桥梁，包括奥地利的 Kuchl 和 Viagun 高架桥、德国的 Simmerbach 和 Pöcking、波兰的 “Wierna rzeka” 桥、WD4 桥与 S5 高速公路和 S7 高速公路生态走廊。

MRWA (Main Roads Western Australia) 同意在西澳大利亚州西南地区建造一个试点项目。该试点项目的设计已经完成，目前正在建造中 (2022 年)。

目前文献中除了课题参与单位前期研发的采用组合樁的钢混组合梁研究，国内可见的报道主要针对组合樁抗剪性能的试验研究。

薛辉^[5]等对 **PBL** 与 **PZ** 型剪力连接件的抗拉拔性能做了对比试验研究，发现相同条件下，**PZ** 型组合销剪力连接件比 **PBL** 剪力连接件的极限抗拉拔承载力高，且抗疲劳性能也好；孔凡磊^[6]等对组合销剪力连接件进行了试验研究，并在足尺的桥面板上做了抗弯试验，结果表明组合销剪力连接件具有良好的承载力。朱润田^[7]等为研究 **PZ** 型组合销剪力连接件的受力机理，设计了 3 组试件进行推出试验。黄津麒^[8]从优化钢桥面板结构形式和提升桥面铺装材料相结合的思路出发，提出带 **PZ** 组合销的波形钢-**UHPC** 组合桥面板。熊治华^[9]等在德国 **VFT** 钢混组合梁基础上进行了改进，提出了全预制的 **MVFT** 组

合梁（图 2.1），该组合梁桥面板及钢梁通过 CL 型组合连接件结合，**MVFT** 梁桥面板及钢结构主体均在工厂预制，可实现快速、标准化施工，主要适用跨径为 **30-40m**；此外该团队还开展了 CL 型组合连接件疲劳性能研究、CL 型-UHPC 组合连接件传力机理、CL 型组合梁无缝桥（图 2.2）等一系列研究工作。

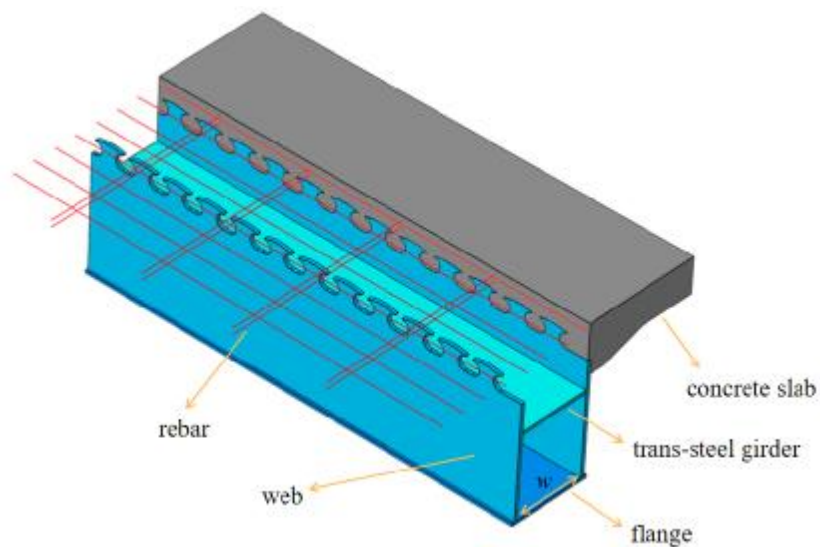


图 2.1 带 CL 组合连接件的 MVFT 钢混组合梁结构形式



图 2.2 带 CL 组合连接件的无缝桥试验

(参与单位与亚琛工业大学联合研发)

采用组合樯的倒 T 形钢混组合梁在国内有设计院进行研究和应用 (图 2.3)。据了解湖南省院在型钢-UHPC 组合梁项目中, 采用了组合樯剪力件, 并在零道高速公路上跨车行天桥中予以应用。

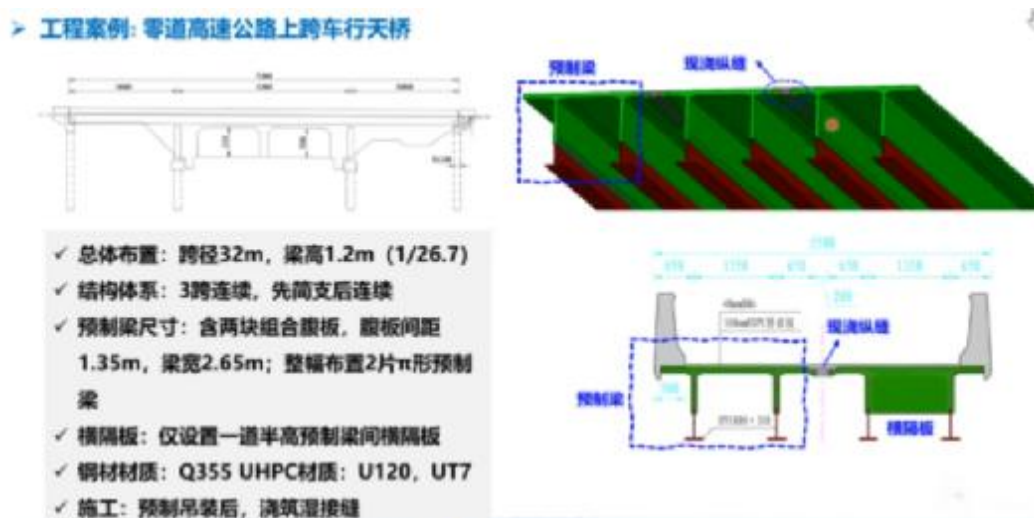


图 2.3 国内应用组合樯的组合梁应用实例

该桥跨径为 **32m**, 梁高 **1.2m**; 结构体系采用 **3** 跨连续, 先简支后连续; 结构采用 **UHPC** 和 **Q355** 钢材组合梁。与现浇箱梁相比, 梁高为箱梁的 **66%**, 重量为箱梁的 **32%**, 但上部结构造价仍比现浇箱梁高出 **18%**。

湖南省交通规划勘察设计研究院有限公司的研究和应用是有益的探索, 与本项目研究思路有一定相似之处, 但又有明显差异。本研究主要目的在于引进、消化和发展组合樯抗剪连接件, 聚焦小跨径钢混组合梁应用, 发展、优化、完善小跨径新型倒 T 形钢混组合梁, 使

其成为替代装配式空心板梁、矮 T 梁的小跨径桥梁首选方案，进而促进我国小跨径桥梁的高质量建设和发展。

Ø 工作基础

本项目申报单位为中交第一公路勘察设计研究院(中交一公院)。中交一公院始建于 1952 年，现隶属中国交通建设股份有限公司，是我国公路工程勘察、设计、研究、咨询领域大型骨干企业，在全国交通系统最早跻身“中国勘察设计单位综合实力百强”之列。全公司共有国家有突出贡献专家 6 人，全国工程设计大师 2 人，享受国务院特殊津贴 22 人，百千万人才 2 人，交通青年科技英才 3 人，形成了一支行业影响力强、技术水平高的高层次专家团队。

中交一公院在钢结构桥梁设计及科研方面有着相对丰富的工程经验，先后承担了中交集团《装配式钢—预应力砼组合箱梁标准化研究》、青藏高原高速公路钢结构桥梁的适用性研究、浙江省公路管理局《公路中小跨径组合梁成套技术研究》及院钢混组合梁标准图编制等研究项目，并承担了浙江台州鄞州至玉环公路椒江洪家至温岭城东段公路工程（全线约 18 公里高架桥采用钢板组合梁桥）、高青至广饶公路（钢槽组合梁和波形钢腹板梁桥）等设计项目，具有丰富的钢混组合桥梁研究、设计经验及标准图编制经验。

课题承担单位中交第一公路勘察设计研究院具备桥梁设计、理论研究、数值分析等能力，能够有效保障课题的顺利完成。已有的工程经验和科研基础表明参研单位完全有能力开展本项目技术研究。

Ø 参考文献

[1] HECHLER O, BERTHELLEMY J, LORENC W, et al. Continuous shear connectors in bridge construction[C]//Composite Construction in Steel and Concrete VI. Devil' s Thumb Ranch, Tabernash, Colorado, USA. Reston, VA: American Society of Civil Engineers, 2011: 78-91.

[2] CLASSEN M, HEGGER J. Shear-slip behaviour and ductility of composite dowel connectors with pry-out failure[J]. Engineering Structures, 2017, 150: 428-437.

[3] Classen M. Zum Trag- und Verformungsverhalten von Verbundträgern mit Verbunddübelleisten und großen Stegöffnungen. Dissertation am Institut für Massivbau der RWTH Aachen; 2016

[4] SEIDL G, STAMBUK M, LORENC W, et al. Wirtschaftliche Verbundbauweisen im Brückenbau–Bauweisen mit Verbunddübelleisten[J]. Stahlbau, 2013, 82(7):510-521.

[5] 薛辉,王志宇,王清远,等.PBL 与 PZ 型剪力连接件抗拉拔性能试验[J].四川大学学报(工程科学版),2016,48(06):68-76.

[6] 孔凡磊,黄平明,陆由付,等.PBL 和 PZ 组合销剪力连接件承载力试验研究[J].公路交通科技,2021,38(01):79-86.

-
- [7] 朱润田,于奇,杜隆基,等.PZ 型组合销剪力连接件受力机理研究[J].公路, 2022,67(08):183-189.
- [8] 黄津麒.带 PZ 组合销剪力键的波形钢-UHPC 组合桥面板设计参数研究[D].长安大学,2021.
- [9] 熊治华,潘振华,狄荻,等.梳齿樵型钢-混凝土组合梁桥结构方案研究[J].中外公路,2026,46(01):130-139.

三、实施方案

1. 拟解决的关键问题

(1) 揭示组合樁剪力件传力机理, 提出新型倒 T 型钢混组合梁设计方法;

(2) 探明新型倒 T 型钢混组合梁极限状态下力学行为及性能;

(3) 解决新型倒 T 型钢混组合梁设计关键参数取值问题。

2. 主要研究内容及实施方案

(1) 新型倒 T 型钢混组合梁桥结构设计方法研究。

研究内容: 新型组合樁抗剪连接键设计方法、组合樁连接件力学性能、倒 T 型钢混组合梁承载力与使用极限状态设计方法。

实施方案: 通过文献研究和数值模拟, 结合本课题试验研究内容开展该桥型设计理论研究, 包括新型组合樁抗剪件设计方法等。探索组合樁连接件力学性能和新型倒 T 型钢混组合梁桥力学性能, 结合局部模型试验、试验室缩尺模型试验成果开展数值分析方法研究。根据研究成果总结该桥型极限承载能力、正常使用极限状态设计方法。

(2) 组合樁连接件与桥面板连接性能研究。

研究内容: 采用数值模拟或其它手段研究组合樁连接件与桥面板连接性能及传力机理, 考虑变量包括组合樁的钢板厚度、埋入深度、局部构造与配筋等因素; 交通荷载作用下组合樁连接件的疲劳损伤演化机理及抗疲劳设计方法研究。

实施方案: 在前人研究的基础上, 采用数值方法模拟组合樁连接

件与桥面板,探索组合樁连接件力学性能。在已有的试验数据基础上,通过参数化分析,揭示组合樁传力机理,分析其破坏模式;收集相关疲劳试验数据,基于试验数据和数值模拟,开展组合樁连接件的疲劳损伤演化机理及抗疲劳设计方法研究。

(3) 倒 T 形组合梁极限状态力学性能研究。

研究内容:研究新型倒 T 形组合梁在抗弯、抗剪等极限状态下力学性能。

实施方案:基于前述研究成果,采用数值方法模拟基于组合樁连接件的新型倒 T 型组合梁在外力作用下的结构响应全过程,用于指导设计。收集既有缩尺模型试验数据,校准分析模型;利用数值模型,研究新型倒 T 型组合梁抗弯极限承载性能。

(4) 倒 T 形钢混组合梁标准化研究。

研究内容:编制倒 T 形钢混组合梁标准图三套,适应跨径:13m、16m、20m;

实施方案:在前述研究的基础上,对构件进行标准化研究,结合依托项目,编制相应通用图。

3. 技术路线

通过资料收集、调研、理论分析、数值模拟、模型试验等方法,逐步实现各研究关键问题,实现项目研究计划和总体目标。

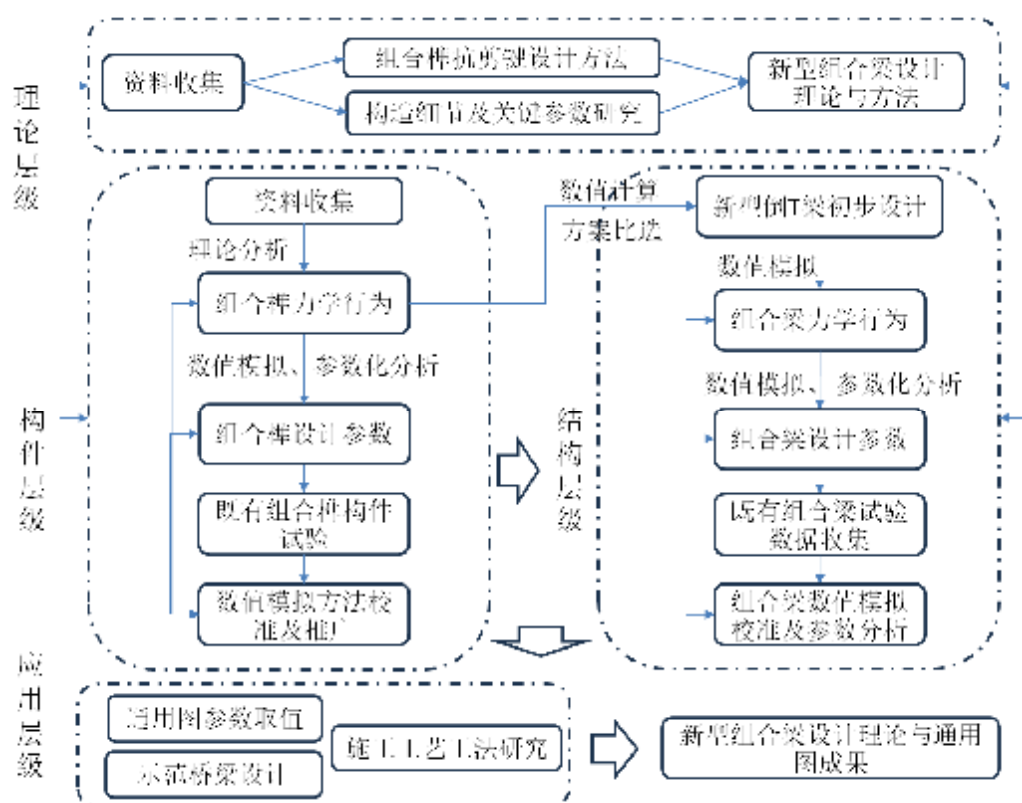


图 3.1 技术路线图

4. 后续技术改造或基本建设计划的衔接

计划结合项目使用情况开展示范应用，对试验桥进行性能监测，反馈优化设计，进而推广应用。

5. 有关技术经济指标

编制倒 T 形钢混组合梁标准图三套，适应跨径：13m、16m、20m；倒 T 形钢混组合梁与钢板组合梁方案相比，建安费约节省 10%以上。

四、项目承担单位及参加单位概况

1. 单位概况

中交一公院现已发展为总资产数亿元，职工 2200 人，年合同产值突破 11 亿元的大型中央直属企业。公司下设华东、华南、西北、

华北、西南、西藏六个区域分院和桥梁设计研究、隧道轨道、交通规划、环境工程四个专业分院，拥有"多年冻土公路建设与养护技术"交通行业重点实验室，博士后科研工作站、科研试验检测中心、科研成果产业化中心和 7 个专职研究机构，现有 8 家子公司和 18 个地方办事处。具有工程勘察综合类、工程设计(公路及市政行业)、测绘、工程咨询、地质灾害防治工程勘查、设计、监理、编制开发建设项目水土保持方案共八项甲级资质证书，以及公路养护工程施工从业一类资质证书。从业范围包括公路、桥梁、隧道、沿线设施、交通工程、工业与民用建筑，以及工程地质勘察设计、监理和咨询，承担国(境)外工程的勘测、咨询、设计和监理项目，工程所需设备材料的进出口，对外派遣本行业勘测设计劳务人员，按规定在国(境)外办企业，工程总承包。"开辟最难的路，设计最好的路"，这种信念激励着我们敢为天下先，鞭策着我们勇攀科技高峰。50 多年来，我们的足迹遍及全国 30 余个省、市(自治区)和亚非 12 个国家，共承担公路勘察设计项目总里程 7 万多公里，先后获得国家级、省部级优秀勘察、设计、咨询奖百余项。

2. 技术力量及人员构成

姓 名	工作单位	性别	年龄	技术职称	在项目中担任具体工作
成立涛	中交一公院	男	41	正高	项目负责人/技术负责
司选舟	中交一公院	男	48	正高	示范应用
徐百成	中交一公院	男	46	正高	项目审查

施菁华	中交一公院	男	49	正高	项目审查
方华	中交一公院	男	50	正高	项目审查
包绍伦	中交一公院	男	47	正高	技术研究
郝龙	中交一公院	男	40	正高	技术研究
姜学良	中交一公院	男	48	高工	技术研究
吕婷	中交一公院	女	46	高工	理论研究
张斐	中交一公院	男	36	工程师	理论研究
侯利明	中交一公院	男	40	高工	数值计算
于远卿	中交一公院	男	37	工程师	数值计算
王姗	中交一公院	女	34	工程师	通用图编制
陈欣	中交一公院	男	34	工程师	通用图编制
郭俊达	中交一公院	男	40	工程师	通用图编制
林永楷	中交一公院	男	41	高工	示范应用

3. 各自承担的主要工作

中交一公院承担课题全部研究任务。

4. 项目主要负责人情况

成立涛硕士研究生，于 2011 年参加工作，2024 年职称评定为正高级工程师，曾担任多项重大工程的桥梁结构专项负责人，其中“贵阳至黄平高速公路甘溪特大桥设计”是跨径为 155+300+155m 的预应力混凝土空腹式刚构，为当时国内类似结构的最大跨径；陕西定汉线坪坎至汉中（石门）高速公路石门水库特大桥，主跨 248 米钢管混凝土拱桥，为当时西北第一跨，也是我院首座钢管混凝土拱桥；浙江台

州路泽太高架快速路项目，采用 18 公里钢板组合连续梁桥，为交通部首批钢结构示范工程，获得“中国交建 2021 年度中国交建优秀设计奖”。

科研工作方面，累计发表中外核心期刊、EI 会议论文 12 篇，参与发表专著 1 项，授权专利 7 项，多次获得省部级科技进步奖；2023 年作为主要研究人员《青藏高原高速公路（那拉段）建设关键技术》获得中国公路学会科技进步特等奖；2021 年作为主要完成人，“浙江省鄞州至玉环公路椒江洪家至温岭城东段公路工程项目”获得“中国交建 2021 年度中国交建优秀设计奖”；2020 年作为主要完成人，“钢结构桥梁标准化、智能化设计及成套技术应用”项目获得“2020 年度陕西省科学技术进步三等奖”；2019 年作为主要完成人，“高速公路桥隧设计标准化研究与应用示范”项目获得“中国交建 2019 年度科学技术进步一等奖”。

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

高新至鄂邑高速复合通道（原名“西高新至天桥高速公路”）为西沔路-鄂周眉高速东延伸的复合立体通道，项目位于西安市西南部，路线起自绕城高速高新立交，向西南沿西沔路设线，至西安外环设西沔枢纽立交后路线折向西，沿关中环线北侧布设，在京昆高速处与鄂周眉高速公路起点顺接。途经雁塔区、高新区、长安区、鄂邑区 4 个区。

项目采用“主路高架桥+辅路”的复合通道建设形式。

主路采用设计速度 120 公里 / 小时，双向六车道高速公路标准，标准桥梁宽度 33.7 米；辅路按高速公路辅路建设，采用设计速度 60 公里 / 小时，双向六车道集散型一级公路标准，道路宽 60m，根据城镇化地区交通特性及需要，辅路设置侧分带、非机动车道、人行道，并布设交安、照明、管网等附属设施。

本项目全线方案共布设桥梁 23 座，桥长 36161 米（含立交主线桥），其中特大桥 36081 米/21 座，中桥 60 米/1 座，小桥 20 米 / 1 座。

2. 投资来源

省交通厅财政拨款 19.95 万元；自筹 20.05 万元。

3. 工程进度与项目科研进度的配合

结合项目需求同步开展或先期开展科研工作，为项目实施进行技术储备。与项目紧密配合，计划在中小跨径桥梁中实施 1 孔简支倒 T 形钢混组合梁。

4. 组织管理形式

建立专题课题组，课题组定期开会讨论，汇报工作。课题负责人定期检查工作。将课题任务分解、分配，个人工作定期向课题负责人汇报。

六、项目经费估算及资金筹措情况

对经费估算及资金筹措情况说明，提供所需经费测算说明。

经费投入（万元）		经费支出（万元）			
科 目	估算数	科 目	总经费	厅补经费	其他经费
省交通运输厅补助	19.95	合 计	40	19.95	20.05
工程配套研究经费	0	1.设备费	0	0	0
单位自筹	20.05	（1）购置设备费	0	0	0
其他经费	0	（2）设备改造与租赁费	0	0	0
		2.业务费	20	9	11
		（1）材料费	0	0	0
		（2）测试化验实验加工费	0	0	0
		（3）燃料动力费	0	0	0
		（4）差旅费/会议费/国际合作与交流费	8	4	4
		（5）出版/文献/信息传播/知识产权费	12	5	7
		（6）其他费用	0	0	0
		3.劳务费	8	6.95	1.05
		（1）专家咨询费	1	0	1
		（2）聘用人员劳务费	7	6.95	0.05
		（3）其他劳务费	0	0	0
		（二）间接费用	12	4	8
		4.管理费	2	0	2
		5.绩效支出	10	4	6

经费测算说明：

1、设备费

无；

2、材料费

无；

3、测试化验实验加工费

无；

4、燃料动力费

无;

5、差旅费/会议费/国际合作与交流费

考察、交流差旅按 5 人 2 次计, 每次约 3 天, 每人每次交通、食宿、差旅补贴费用约 0.6w, 差旅费用=5×2×0.6=6 万;

召开 2 次会议, 每次 1 万会议费, 合计共计按 2 万计。

合计 8 万。

6、出版/文献/信息传播/知识产权事费

打印费 1 万; 文献、数据、软件授权等费用 10 万; 期刊版面费、专利申请等费用 1 万; 合计 12 万。

7. 专家咨询费

支付评审专家 0.10 万/人/次*5 人*2 次=1.0 万。

8.聘用人员劳务费

支付科研辅助人员劳务费按 5 人/月, 每月按 0.1 万计算, 项目参与时间 14 个月, 合计 7 万。

9.其他劳务费: 无。

10. 管理费: 按 2 万。

11. 绩效支出: 按 10 万计, 占直接费比例为 33.3%<35%。

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

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

解决中小跨径钢混组合梁造价高等问题，利用组合樁连接件，提出倒 T 形钢混组合梁解决方案，钢梁的生产成本降低到栓钉焊接钢梁成本的 60%左右。降低用钢量和造价的同时，采用装配式建设理念，加快施工进度。

2.提交的研究成果及其形式

- (1) 编制《新型倒 T 形钢混组合梁设计关键技术》报告 1 册；
- (2) 编制新型倒 T 形钢混组合梁通用图 3 册，适应跨径：13m、16m、20m。
- (3) 专利 1 项；
- (4) 发表论文 2 篇。

3.经济、社会、环境效益分析

倒 T 形钢混组合梁与钢板组合梁方案、先张法矮 T 梁相比，建安费约节省 10%及以上，具备推广应用价值。倒 T 形钢混组合梁提高钢混组合梁的经济性，扩大钢混组合梁的应用范围，可在建设条件恶劣地区，成为替代预应力混凝土的另一方案。

九、其它需要说明的问题

无。

十、申请单位意见

关于依托工程,目前已与高新至鄂邑高速复合通道工程项目部达成意向,确定为该项目依托工程,后续实施示范工程。

我单位郑重承诺,将严格落实配套经费 20.02 万元,确保资金足额到位、专款专用,保障项目顺利实施。



单位负责人: (签字)



2026 年 3 月 9 日

倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究 大纲评审意见

2026 年 3 月 13 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“倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究”（项目编号：25-49K）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、项目研究内容比较全面，研究目标明确，技术路线可行。

二、项目研究人员组成基本合理，前期研究基础比较扎实，经费预算符合规定，基本具备开展研究工作的条件。

三、预期成果完全覆盖研究目标。

与会专家一致同意该项目研究大纲通过评审。

建议：尽快落实依托工程。

主任委员：陈礼忠

2026 年 3 月 13 日

专家审查意见表

项目名称	倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究				
专家姓名	陈长海	职务/职称	正高级工程师	专 业	桥梁工程
专家单位	陕西省交通规划设计研究院有限公司			联系电话	13309281155

评 审 意 见

该科研大纲紧紧围绕倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究展开研究，选题聚焦小跨径钢混组合梁应用研究，重点针对倒 T 形钢混组合梁在受力机理、连接构造及设计方法等方面的技术瓶颈，整体框架系统完整，研究团队在该领域具备较好的理论与工程实践积累，研究方案及技术路线总体可行，具备开展研究的基本条件。建议进一步完善。

1、前期科研及工作基础、实施方案中多次提到已做的组合梁试验，但对局部模型和缩尺模型的试验研究内容描述相对笼统，建议补充该部分内容，为本项目的开展提供充分的研究依据。

2、四个研究内容在部分技术点上存在重复表述，建议进行整合提炼。

3、本项目作为技术研发类课题，作为技术储备，暂无依托工程。建议补充明确倒 T 形钢混组合梁未来可能的应用场景。

评审专家（签字）：

2026 年 3 月 13 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	倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究				
专家姓名	张陈元	职务/职称	正高	专 业	工程力学
专家单位	西安城市建设集团有限公司			联系电话	1382818723

评 审 意 见

项目研究方向及内容比较全面,但缺乏
试验方面的内容,尽快落实应用项目,
后托

评审专家(签字):

张陈元

2020年2月13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	倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究				
专家姓名	李皓	职务/职称	正高	专 业	桥梁
专家单位	铁一院			联系电话	13609191693

评 审 意 见

1. 进一步落实依托工程。

2. 成果中建议纳入连接件和组合梁的力学性能。

评审专家（签字）： 李皓

2026 年 3 月 13 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	倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究				
专家姓名	杜进生	职务/职称	教授	专 业	桥梁
专家单位	北京交通大学			联系电话	13552795846
评 审 意 见 项目提出倒 T 形钢混组合梁结构形式，该梁可以通过减少用钢量来降低成本。另外，倒 T 形钢混组合梁由于减少了腹板与翼缘的焊接工序及栓钉焊接，其制造成本更低。与预应力 T 梁相比，由于倒 T 形钢混组合梁可以减少混凝土用量、避免采用预应力构造，其成本更低。对于预应力 T 梁，由于预应力的张拉和锚固需要空间，导致腹板厚度较组合梁厚。另一方面，预应力 T 梁更重，组合梁更轻，因此组合梁运输和架设成本更低。组合樰抗剪连接件在欧洲已经成功应用，并计划在欧洲规范中更新相关设计条文，但在中国还属于新型抗剪连接件，相关性能和设计方法需要引进、消化和发展。 项目研究思路较新颖，创新性强，技术路线可行，能够达到项目预期的研究目标及研究成果。 建议 加强依托工程的落地及具体实施方案。大纲文本也建议适当提炼聚焦！ 评审专家（签字）： 2026 年 3 月 13 日 （本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）					

13

专家审查意见表

项目名称	倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究				
专家姓名	惠迎新	职务/职称	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

本项目聚焦中小跨径桥梁应用钢混组合梁初期造价高的核心痛点，开展倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究，旨在引进并发展组合樨抗剪连接件技术，构建适配小跨径桥梁的新型结构体系，替代传统的空心板梁与矮 T 梁，对于推动公路桥梁的高质量、标准化与绿色环保发展具有重要的科学意义与工程应用价值。项目研究目标明确，研究内容翔实，技术路线可行，前期科研基础扎实，具备开展研究的良好条件，建议结合以下意见完善研究大纲：

1.课题在“新型倒 T 形钢混组合梁桥结构设计方法研究”与“组合樨连接件与桥面板连接性能研究”中，明确了将考察钢板厚度、埋入深度等局部构造变量，但对其疲劳性能考量略显不足。建议补充交通荷载作用下组合樨连接件的疲劳损伤演化机理及抗疲劳设计方法研究，以完善该新型连接件的极限状态设计体系。

2.研究内容（3）“倒 T 形组合梁极限状态力学性能研究”中提出，主要基于前述成果采用数值模拟，并通过“收集既有缩尺模型试验数据”来校准分析模型。考虑到倒 T 形组合梁及组合樨在国内尚属新型结构体系，各地区材料特性和施工工艺存在差异，仅依赖既有数据和数值计算，设计参数的可靠性可能存在不足。建议在经费条件允许范围内，增设相对针对性试验，如特定参数下倒 T 形梁段的抗弯剪试验，以提供更直接的基础数据支撑。

3.针对研究内容（4）及经济性评价：项目计划编制 13m、16m、20m 跨径的标准图，并提出了建安费节省 10%以上的经济指标。鉴于目前该项目暂无依托工程，建议在标准化研究与经济指标测算中，将该桥型在免焊接、快速施工、后期维养及环保回收等方面的综合效益进行量化对比，进一步凸显其推广优势。

惠迎新

评审专家（签字）：

2026 年 3 月 13 日

（本意见入档，应填写工整，纸面不敷，可另加纸）

倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究 (项目编号: 25-49K)

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	陈长海	陕西省公路勘察设计院	桥梁工程	桥梁工程	正高工	陈长海
2	委员	张保元	西安市市政建设集团 有限公司	公路工程 与管理	市政工程	正高工	张保元
3	委员	卢 皓	中铁第一勘察设计院	桥梁工程	桥梁工程	正高工	卢皓
4	委员	杜进生	北京交通大学	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 有限公司	桥梁与 隧道工程	桥梁与隧道 工程	教授	网上评审

专 家 意 见 处 理 表

项目名称：倒 T 形钢混组合梁设计关键技术研究 （项目编号： 25-49K ）

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	陈长海	1、前期科研及工作基础、实施方案中多次提到已做的组合梁试验，但对局部模型和缩尺模型的试验研究内容描述相对笼统，建议补充该部分内容，为本项目的开展提供充分的研究依据。 2、四个研究内容在部分技术点上存在重复表述，建议进行整合提炼。 3、本项目作为技术研发类课题，作为技术储备，暂无依工程。建议补充明确倒 T 形钢混组合梁未来可能的应用场景。	1、在“前期科研及工作基础”章节补充相关试验研究内容及相关参考文献； 2、按意见进行整合提炼； 3、按意见补充了依托工程--高新至鄂邑高速复合通道，并拟在中小跨径桥梁中予以应用。
2	杜进生	1、建议加强依托工程的落地及具体实施方案。 2、大纲文本也建议适当提炼聚焦。	1、按意见补充了依托工程--高新至鄂邑高速复合通道，并拟在中小跨径桥梁中予以应用。 2、按意见对文本进行凝练。
3	惠迎新	1.课题在“新型倒 T 形钢混组合梁桥结构设计方法研究”与“组合樨连接件与桥面板连接性能研究”中，明确了将考察钢板厚度、埋入深度等局部构造变量，但对其疲劳性能考量略显不足。建议补充交通荷载作用下组合樨连接件的疲劳损伤演化机理及抗疲劳设计方法研究，以完善该新型连接件的极限状态设计体系。 2、研究内容（3）“倒 T 形组合梁极限状态力学性能研究”中提出，主要基于前述成果采用数值模拟，并通过“收集既有缩尺模型试验数据”来校准分析模型。考虑到	1、按意见补充交通荷载作用下组合樨连接件的疲劳损伤演化机理及抗疲劳设计方法研究。 2、鉴于目前研究经费受限，暂不考虑开展倒 T 形梁段的抗弯剪试验。后续可考虑依托工程示范项目中，基于荷载试验和监测开展工程验证。 3、采用建议，在研究报告中进行免焊接、快速施工、后期维保及环保回收等方面的综合效益进行量化对比。

		倒 T 形组合梁及组合樨在国内尚属新型结构体系，各地区材料特性和施工工艺存在差异，仅依赖既有数据和数值计算，设计参数的可靠性可能存在不足。建议在经费条件允许范围内，增设相对针对性试验，如特定参数下倒 T 形梁段的抗弯剪试验，以提供更直接的基础数据支撑。 3.针对研究内容（4）及经济性评价：项目计划编制 13m、16m、20m 跨径的标准图，并提出了建安费节省 10%以上的经济指标。鉴于目前该项目暂无依托工程，建议在标准化研究与经济指标测算中，将该桥型在免焊接、快速施工、后期维保及环保回收等方面的综合效益进行量化对比，进一步凸显其推广优势。	
4	卢皓	1、进一步落实依托工程； 2、成果中建议纳入连接件和组合梁的力学性能；	1、按意见补充了依托工程--高新至鄂邑高速复合通道，并拟在中小跨径桥梁中予以应用。 2、接受建议，连接件和组合梁的力学性能将在研究报告中予以体现。
5	张保元	项目研究方向及内容比较全面，但缺乏试验方面的内容，尽快落实依托项目。	按意见补充了依托工程--高新至鄂邑高速复合通道，并拟在中小跨径桥梁中予以应用。

大纲评审委员会专家（签字）： 张世生

项目负责人（签字）： 成立涛