
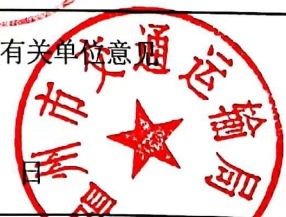


附件 1

## 浙江省交通运输科技成果推广目录申报表

### 一、成果概况

成果名称	预应力碳纤维筋加固桥梁及长效性监测技术研究
成果类型	<input checked="" type="radio"/> 技术 <input type="radio"/> 工艺 <input type="radio"/> 材料 <input type="radio"/> 装备
专业领域	桥梁工程
申报单位	温州市公路与运输管理中心
联系人及电话	王美兴 13806550750
推广应用起止时间	2022年 8月 ~2024 年 8月
申报单位意见	我单位申请将上述成果列入《浙江省交通运输科技成果推广目录》，并承诺所有关于申请单位与成果的文件、证明、陈述均真实、准确。如有违背，我单位将承担由此产生的一切后果。 申报单位法人代表签字：  申报单位公章：  年 月 日
主管部门推荐意见	市级交通运输主管部门或厅属单位或省级有关单位意见 公 章：  年 月 日

— 1 —

— 1 —


附件 1

# 浙江省交通运输科技成果推广目录申报表

## 一、成果概况

成果名称	预应力碳纤维筋加固桥梁及长效性监测技术研究
成果类型	<input checked="" type="radio"/> 技术 <input type="radio"/> 工艺 <input type="radio"/> 材料 <input type="radio"/> 装备
专业领域	桥梁工程
申报单位	温州市公路与运输管理中心
联系人及电话	王美兴 13806550750
推广应用起止时间	2022年 8月 ~ 2024 年 8月
申报单位意见	<p>我单位申请将上述成果列入《浙江省交通运输科技成果推广目录》，并承诺所有关于申请单位与成果的文件、证明、陈述均真实、准确。如有违背，我单位将承担由此产生的一切后果。</p> <p>申报单位法人代表签字： 申报单位公章： 年 月 日</p>
主管部门推荐意见	<p>市级交通运输主管部门或厅属单位或省级有关单位意见</p> <p>公 章： 年 月 日</p>

## 二、成果简介（可另附页）

成果简介	<p>桥梁工程受自然环境、材料劣化、施工缺陷、车辆超载等因素的作用下会出现不同程度的损伤和病害，甚至发生垮塌事故。我国仅公路系统有承载力和耐久性提升加固需求的桥梁约占10%，达到10万座，其中中小桥约占87%。由于对桥梁加固维修缺乏科学的认识，很多公路管养部门对加固后还可继续使用的中小桥主梁直接进行更换处理，产生大量的碳排放，这不符合我国“碳达峰、碳中和”的相关精神，且带来造价的大幅增加、交通中断、废旧主梁难以处理等问题。因此，桥梁工程加固已经成为该行业的重要工作内容之一。然而，传统的桥梁加固技术存在碳排放量大、承载力提升幅度低、耐久性差等问题，急需开发一种绿色环保、适用性广、经济高效、技术先进的新型桥梁加固技术。</p> <h3>2.1 预应力碳纤维筋加固桥梁技术简介</h3> <p>碳纤维筋具有高强、耐腐蚀、耐疲劳等优点，将其作为预应力构件用于桥梁加固可起到良好的效果。预应力碳纤维筋加固桥梁技术是指将碳纤维筋作为体外构件安装于桥梁，并对碳纤维筋施加较高水平的预应力，从而实现对桥梁结构的主动加固。</p> <div data-bbox="363 1279 1401 1585" style="text-align: center;"></div> <p style="text-align: center;">图1 预应力碳纤维筋加固桥梁加固效果</p>
------	---

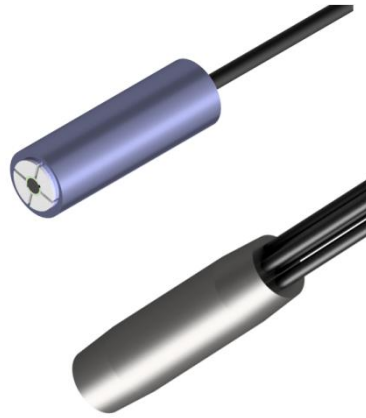


图2 预应力碳纤维筋

长期加固效果还可方面实现无线智能跟踪监测。



图3 预应力碳纤维筋加固技术加固效果无线智能监测技术

## 2.1 技术特点及适用范围

(1) 预应力碳纤维筋桥梁加固技术较传统加固技术(如桥梁贴碳纤维布、钢板等)具有如下优点:

- 1) 低碳环保;
- 2) 综合造价低;
- 3) 不影响交通;
- 4) 适用于大部分混凝土梁加固;
- 5) 筋体可弯起布置, 实现抗弯抗剪连续加固;
- 6) 减小或闭合原混凝土裂缝, 增强桥梁耐久性;
- 7) 加固效果可实现无线智能跟踪监测;
- 8) 施工简单、施工周期短;
- 9) 后期更换方便;

- 10) 预应力构件体积小，布置灵活，不增加结构自重；
- 11) 可实现抗弯抗剪加固，长期预应力损失不超过5%；
- 12) 碳纤维材料利用率高。

表 1 综合加固效果对等时各加固技术经济技术指标对比

加固方法	钢板	体外钢绞线预应力	预应力碳板	预应力碳筋
造价	高	中	中	中
抗弯承载力提高幅度	中	高	高	高
对原构件影响	增加结构自重，可能损伤原结构	不增加结构自重，不损伤原结构	不增加结构自重，可能损伤原结构	不增加结构自重，损伤原结构程度较碳板加固小
减少构件变形或封闭裂缝	能减少挠度，不能减少裂缝	减少挠度，可减少裂缝	减少挠度，可减少裂缝	减小挠度，可减少裂缝
施工工期	中	短	中	短
劳动力	中	多	少	少
施工质量	不易控制	容易控制	容易控制	容易控制
适用性	抗弯加固，不适用于抗剪加固	抗弯加固，不适用于抗剪加固	抗弯加固，不适用于抗剪加固	适用于各类梁体（含空心板梁）的抗弯抗剪加固
后期维护	定期防腐	易腐蚀、易断丝、定期检查	基本不需要	基本不需要

**技术适用范围：**适用于技术评定等级较差、横向裂缝过多、承载力无法满足现有规范要求、受火灾作用后材料性能下降等情况下的桥梁主梁加固。碳纤维筋技术规格较多，可灵活应用于桥梁空心板梁、小箱梁、T梁、现浇箱梁、盖梁等混凝土梁的加固。

	<div style="text-align: center;">  <p>EM-T1      EM-T3      EM-T4</p> <p>EM-T5      EM-T7      EM-T9</p> </div> <div style="text-align: center; margin-top: 10px;"> <p><b>▶ 预应力碳纤维筋 / 索产品技术指标</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; text-align: center;"> <thead> <tr style="background-color: #e91e63; color: white;"> <th>碳纤维索型号</th> <th>弹性模量 (GPa)</th> <th>建议张拉力 (kN)</th> <th>极限承载力 (kN)</th> <th>适用桥梁梁型</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>EM-T1</td> <td>160</td> <td>110-130</td> <td>250</td> <td>空心板梁等</td> </tr> <tr> <td>EM-T3</td> <td>160</td> <td>200-250</td> <td>470</td> <td>小箱梁、T梁、盖梁等</td> </tr> <tr> <td>EM-T4</td> <td>160</td> <td>250-300</td> <td>620</td> <td>小箱梁、T梁、盖梁等</td> </tr> <tr> <td>EM-T5</td> <td>160</td> <td>300-350</td> <td>780</td> <td>小箱梁、T梁、盖梁等</td> </tr> <tr> <td>EM-T6</td> <td>160</td> <td>350-400</td> <td>940</td> <td>小箱梁、大箱梁、T梁、盖梁、其他箱梁等</td> </tr> <tr> <td>EM-T7</td> <td>160</td> <td>400-450</td> <td>1050</td> <td>小箱梁、大箱梁、T梁、盖梁、其他箱梁等</td> </tr> <tr> <td>EM-T9</td> <td>160</td> <td>600-700</td> <td>1500</td> <td>盖梁、大箱梁、现浇箱梁、拱桥吊杆及其他</td> </tr> </tbody> </table> </div> <p style="text-align: center; margin-top: 20px;"><b>图4 不同规格碳纤维筋及其适用范围</b></p> <p><b>加固效果:</b> 加固后, 可达到桥梁主梁承载力大幅提升、正常使用状态大幅改善、桥梁技术等级提高、阻止病害发展等加固目标。</p>	碳纤维索型号	弹性模量 (GPa)	建议张拉力 (kN)	极限承载力 (kN)	适用桥梁梁型	EM-T1	160	110-130	250	空心板梁等	EM-T3	160	200-250	470	小箱梁、T梁、盖梁等	EM-T4	160	250-300	620	小箱梁、T梁、盖梁等	EM-T5	160	300-350	780	小箱梁、T梁、盖梁等	EM-T6	160	350-400	940	小箱梁、大箱梁、T梁、盖梁、其他箱梁等	EM-T7	160	400-450	1050	小箱梁、大箱梁、T梁、盖梁、其他箱梁等	EM-T9	160	600-700	1500	盖梁、大箱梁、现浇箱梁、拱桥吊杆及其他
碳纤维索型号	弹性模量 (GPa)	建议张拉力 (kN)	极限承载力 (kN)	适用桥梁梁型																																					
EM-T1	160	110-130	250	空心板梁等																																					
EM-T3	160	200-250	470	小箱梁、T梁、盖梁等																																					
EM-T4	160	250-300	620	小箱梁、T梁、盖梁等																																					
EM-T5	160	300-350	780	小箱梁、T梁、盖梁等																																					
EM-T6	160	350-400	940	小箱梁、大箱梁、T梁、盖梁、其他箱梁等																																					
EM-T7	160	400-450	1050	小箱梁、大箱梁、T梁、盖梁、其他箱梁等																																					
EM-T9	160	600-700	1500	盖梁、大箱梁、现浇箱梁、拱桥吊杆及其他																																					
专利	<p>(1) 发明专利, 一种碳纤维增强复合材料索锚具, 专利号: ZL201210232623.2, 已授权。</p> <p>(2) 发明专利, 一种纤维增强复合材料筋/索锚具, 专利号: ZL201210234232.4, 已授权。</p> <p>(3) 实用新型专利, 一种桥梁加固维修装置, 专利号: ZL202121280277.6, 已授权。</p> <p>(4) 实用新型专利, 锚固装置, 专利号: ZL202022895168.7, 已授权。</p> <p>上述专利主要解决碳纤维筋的锚固和预应力张拉问题。</p>																																								
软件著作权	无																																								
标准规范	<p>编制有《预应力碳纤维筋加固技术指南》。该指南对该技术的材料与锚具、施工与控制、检验与验收等做了相关规定, 为该技术的推广应用提供指导。</p>																																								

其它已取得的成果	科研报告《预应力碳纤维筋加固桥梁技术及其工程应用》；
----------	----------------------------

### 三、有关指标（可另附页）

技术指标	<p>预应力碳纤维筋桥梁加固技术的技术关键是解决碳纤维筋的锚固问题，根据GB/T14370-2015《预应力筋用锚具、夹具和连接器》规定，要求碳纤维筋锚具的静载锚固效率须达到90%。</p> <p>碳纤维筋加固的配套技术，预应力无线智能监测技术，利用该技术可通过手机或电脑实现桥梁现场碳纤维筋力值长期无线跟踪监测。</p>
经济指标	<p>预应力碳纤维筋加固桥梁技术较传统加固技术具有造价低、低碳环保、美观、空间布置灵活、可实现长期无线智能监控、技术装置安装方便、适用桥型广、减少后期维护、后期更换方便等技术优势，具有良好的应用前景。</p> <p>在加固造价方面，以30m跨T梁为例，在提高20%抗弯承载力情况下，采用预应力碳纤维板材和粘贴钢板所需费用分别约为4.8万元和4万元，而采用预应力碳纤维筋加固技术造价仅约为2.5万元，该加固技术较预应力碳纤维板加固技术减少造价达48%，较常用的粘贴钢板加固技术减少造价约38%，且后者前述其他优势。另外，随着碳纤维材料国产化比例的逐步提高，预应力碳纤维筋/筋加固桥梁的造价还将进一步降低。我国目前有10余万座桥梁等待加固，且数量还在不断增长，全国桥梁加固产值达400亿元/年，桥梁工程行业对新型桥梁加固技术的需求极大，因此，本项目技术将产生良好的社会效益。</p> <p>考虑到预应力碳纤维筋加固技术的关键技术装置具有承载力大、体积小、重量轻、组装方便等特点，该技术还可应用于房屋建筑、岩土工程、海洋工程等工程结构的承载力和耐久性提升加固，以及应用于其他对耐久性要求高的承拉构件。项目技术具有良好的工程应用前景。</p>
可采取的推广应用措施	<p>(1) 形成《预应力碳纤维筋加固技术技术指南》，通过该技术对该技术进行规范。</p> <p>(2) 制作宣传手册，对该技术进行宣传。</p>

## 01 预应力碳纤维索加固技术简介

### 02 桥梁加固效果无线智能监测系统

该监测系统能实现加固效果的长期无线智能跟踪监测。监测系统由力传感、数据采集、无线传输及电力供应等模块组成。现场监测数据及评估结果可通过手机或电脑进行实时显示，并具有预警功能。固盾科技相应的云平台还能提供长期的数据管理与分析服务。

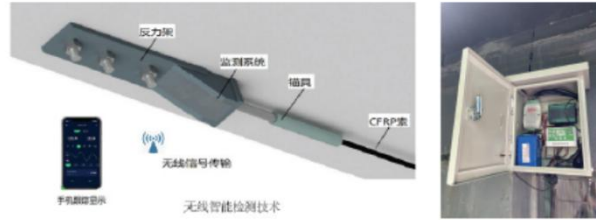


图5 预应力碳纤维索加固桥梁技术手册

(3) 主动联系中国公路学会进行宣传推广，该学会于2021年12月特开辟技术专栏对该技术进行全面报道。



	<div style="text-align: center;">  <p><b>养护与管理</b></p> <p>传播推广公路科技 打造养护资讯平台创新交流沟通协作 提升管理服务水平</p> </div> <hr/> <div style="display: flex; justify-content: space-between;"> <span>历史消息</span> <span>全部 ▾</span> </div> <hr/> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p><b>《交通运输标准化“十四五”发展规划》解读</b></p> <p>2021年11月16日</p>  </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p><b>【关注】调整或取消，浙江多条公路收费政策有变化</b></p> <p>2021年11月16日</p>  </div> <div style="border: 2px solid red; padding: 5px; margin-bottom: 10px;"> <p><b>【技术】预应力碳纤维索桥梁加固技术，首次成功在国内投入实际工程应...</b></p> <p>2021年11月16日</p>  </div> <div style="margin-bottom: 10px;"> <p><b>【公告】关于中国公路学会网站域名暂停使用的公告</b></p> <p>2021年11月16日</p>  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> <p><b>图6 中国公路学会技术专栏报道该技术</b></p> </div>
<p>申报单位及其推广能力简介</p>	<p>温州市公路与运输管理中心为温州市交通局下属公益一类事业单位。下设养护处、农村公路处、设施处等交通工程业务相关处室，指导县级公路部门开展公路及桥隧设施等交通工程实施。</p>
<p>推广应用实例</p>	<p>目前，该技术已在全国各地的10余座桥梁工程中得到成功应用，加固施工过程中不影响交通，造价低，碳排放少，加固装置耐久性好，取得了良好的社会经济效益。部分工程案例如下：</p> <p>(1)温州文成县李井中桥，2020年11月完工，16m跨空心板梁纵向抗弯和横向预应力碳纤维筋加固，主梁抗弯极限承载力提升约20%，采用单筋式碳纤维筋。</p>



图7 文成县李井中桥预应力碳纤维筋加固

(2) 宁波象山县旦门盐场桥，2021年7月完工，10m空心板梁碳纤维筋抗弯加固，主梁抗弯极限承载力提升约23%，盖梁碳纤维筋抗剪加固，盖梁抗剪承载力提升约10%，采用单筋式碳纤维筋。



图8 宁波象山县旦门盐场桥预应力碳纤维筋加固

(3) 宁波鄞州区兴宁桥，2021年5月一期完工，2022年7月二期完工，共完成40片13m跨空心板梁预应力碳纤维筋加固，主梁抗弯极限承载力提升约22%，采用单筋式碳纤维筋。



图9 宁波兴宁桥预应力碳纤维筋加固

(4) 宁波绕城高速慈城大桥，20m×1.5m空心板连续梁加固，2021年7月完工，采用3筋式碳纤维筋，主梁抗弯极限承载力提升约23%。



图10 宁波绕城高速慈城大桥预应力碳纤维筋加固

(5) 内蒙古洮儿河大桥，25m小箱梁加固，2021年7月完工，采用3筋式碳纤维筋，主梁抗弯极限承载力提升约20%。



图11 内蒙古洮儿河大桥碳纤维筋加固

(6) 杭州湾大桥南连接线K1425+870.8桥，16m空心板梁加固，2021年11月完工，采用3筋式碳纤维筋，主梁抗弯极限承载力提升约28%。



图12 杭州湾大桥南连接线K1425+870.8桥碳纤维筋加固

(7) 四川资阳车苑南路桥，16m×1.5m空心板梁加固，2022年3月完工，采用3筋式碳纤维筋，主梁抗弯极限承载力提升约22%。



图13 四川资阳车苑南路桥碳纤维筋加固

(8) 宁波江北区竹桥头桥，10m空心板梁加固，2022年6月完工，采用单筋式碳纤维筋，主梁抗弯极限承载力提升约25%。



图14 宁波江北区竹桥头桥碳纤维筋加固