

危桥改造工程典型案例

一、制度建设类

(一) 广东 G105 中山三桥维修加固工程（推荐单位：广东省交通运输厅）。

1.项目概况。

中山三桥是国道 G105 线中山段跨越石岐河的一座大桥，1993 年建成通车，桥梁全长 819m，桥面总宽度 28.34m。上部结构为预应力 T 型刚构，引桥为预应力混凝土 T 梁及普通钢筋混凝土 T 梁，下部结构为双柱式桥墩，悬臂式盖梁，两根单排钻孔灌注桩式基础。为提高桥梁维修加固工程质量，贯彻“干有标准、比有标杆、奖优罚差”的“双标管理”理念，中山市公路局在国道 G105 线中山三桥维修加固工程中从设计方案、施工工艺、材料性能、质量控制等方面积极推行标准化管理体系，通过规范管理和执行标准，努力做到在技术上先进、管理上科学、经济上合理、安全上可靠。



G105 中山三桥

2.实施内容。

为提高桥梁维修加固工程质量，本项目从桥梁检测阶段开始以《公路桥梁加固设计规范》（JTG/TJ22-2008）和《公路桥梁加固施工技术规范》（JTG/TJ23-2008）为依据，并参考了《混凝土结构加固设计规范》（GB50367-2013），把握桥梁维修加固特殊工法的关键环节，对检测、设计、施工等各参建单位提出了更高的要求：一是检测评定标准化。委托具备桥梁检测资质的第三方单位进行特殊检查和检算分析，形成鉴定结论。中山市公路局桥梁养护工程师组织局相关技术人员对检测结果进行专题讨论，省公路管理局桥梁养护工程师复核。二是设计标准化。设计单位根据桥梁特殊检测报告和现场踏勘情况，对桥梁的原结构进行复算，确定桥梁在现有交通荷载和环境下的实际状况，提出三个维修加固方案，并从施工的难易程度、对社会和环境的影响以及经济性等方面进行综合比选，确定较优的方案。三是施工标准化。制定专项施工方案、施工组织方案、安全文明施工方案等，经业主、

监理、设计、施工及工程设计的相关单位审查批复后实施。项目实施过程中加强动态管理，根据实际情况提出的调整修改方案需经监理单位审批后执行，关键工序必须由监理组织有业主参加的现场检验，经验收合格后方可进入下一道工序。同时，对裂缝灌胶、植筋、粘贴钢板施工、粘贴碳纤维复合材料加固施工、钢丝绳网片+聚合物砂浆外加层加固法（砂浆浇筑施工）等工序，先实施试验段工程，并由监理组织有业主参加的现场检验，经验收合格后才进行大规模施工。

3.工作成效。

作为广东省交通运输厅科技计划项目《广东省公路桥梁维修加固标准化管理体系研究》的实体依托工程之一，该项目通过推进标准化管理体系，避免了以往桥梁维修加固中存在的质量通病，提高了工程质量，对今后桥梁维修加固提供了管理制度经验。

二、组织实施类

（二）新疆 G217 线库车河大桥改造工程（推荐单位：新疆维吾尔自治区交通运输厅）。

1.项目概况。

库车河大桥位于 G217 线 K991+817 处，阿克苏地区库车县库如力附近，属高地震烈度区（8 度）。该桥修建于 2011 年 11 月，属于坡弯桥，受力复杂。同时，国道 217 线为连接南北疆的交通要道，交通量大且重载车较多，主要为煤炭、

矿石和旅游车辆，超限超载多。

库车河大桥上部结构为刚架拱，经检查出现诸多主要病害。经过精心设计，2019 年上旬顺利完成库车河大桥维修加固工程并交付使用，该工程建设的顺利实施，是业主、设计单位、监理和施工单位多方共同努力的结果，有效避免了原桥存在的较大安全隐患。



原桥拱肋裂缝

2.实施内容。

通过分析该桥梁病害原因可知，刚架拱的拱片尺寸小、跨径大、横向连接弱，在车辆荷载作用下长期的频繁震动导致刚架拱片与横系梁的联结部位破损，引起横系梁损坏。另外由于桥梁处于公路圆曲线内，在汽车荷载作用下桥的结构受力非常复杂，加之煤矿重载车辆多，导致桥梁拱肋节点纵梁出现 U 型横向裂缝。

在改造中，根据施工质量、精度、进度、工程费用、后期养护全寿命周期和受力特点，以及桥位所处高地震烈度区（8度）、桥位所处沿线为坡弯桥的特殊形状，受力条件复杂、施工困难等情况，优先选用钢-混组合梁桥，拆除重建上部结构，将原桥的一跨改为两跨，既大幅降低桥梁跨中弯矩和水平横向推力对桥梁的影响，又使桥梁上部结构的重量大大减轻，使得下部结构老桥台可以得到充分利用，节省了资金。同时，采用的钢-混结构能充分发挥钢材在不同方向上的受力优势，并具有很高的强度储备能力（承载能力高），能够适应坡弯桥受力复杂的特点，对桥梁抗震和抵御超载非常有利。



钢梁间钢板底模

3.工作成效。

实施效果：通过该工程，合作各方充分了解了重载交通对老桥台的明显利用优势，了解了钢梁安装精度、施工质量、

钢结构桥梁抗疲劳、耐久性能以及环保性，掌握了桥梁抗震和抵御超载能力。通过更换上部结构，利用下部结构，节省了拆除新建下部结构大笔建设资金，有效提升了公路桥梁的建设品质，提高结构安全耐久性，降低全寿命周期成本，促进公路桥梁建设转型升级，提质增效。

示范效应：通过该工程，总结出钢-混组合梁结构的适用情形：高地震、高烈度地域中需重点进行抗震设计的项目；因交通量大、超载频繁且难以控制等原因，对结构强度储备需求较高的项目；上部结构损毁严重，下部结构基本完好，或者受损构件经加固后能满足正常使用功能，但对上部自重有硬性要求的项目；对施工工期要求较紧张的抢修、保通工程，对周围环境、地貌及居民影响要求较为严格的项目；特殊线型结构，各受力工况复杂（如桥位处于纵坡较大、桥位处于弯道上、或桥位处于纵坡较大的弯道上等），对受力复杂、混凝土结构或预应力混凝土结构桥梁无法满足要求的特殊项目。

（三）四川省资阳市普通国省道桥梁护栏改造工程（推荐单位：四川省交通运输厅）。

1.项目概况。

受建设时设计规范、经济基础局限，四川省资阳市部分普通国省干线公路桥梁护栏防撞等级达不到《公路交通安全设施设计规范》。不达标桥梁护栏主要型式为：浆砌条石护栏、钢筋砼栏栅式护栏、不锈钢空心管装饰护栏。由于车流

量大，车速快，驾驶人员操作不当，桥梁护栏和路侧护栏时常被撞，桥梁护栏不达标已成为重大安全隐患。2017年初，资阳市对普通国省干线公路桥梁不达标护栏进行全面系统性改造，利用12个月的时间全面完成不达标护栏改造，彻底消除普通国省干线公路桥梁护栏存在的安全隐患。

2.实施内容。

资阳市普通国省干线公路养护管理责任主体为各县（区）人民政府。针对各县（区）基层技术力量不足的情况，公路处桥梁工程团队研究、分析了护栏改造在技术上的难点，可能存在的风险，和在推进实施中可能遇到的各项困难，拟定了护栏改造的工作分工和具体工作方法。由市公路处把控技术关，制定技术方案，交由各县（区）组织设计，然后由市公路处委托专业中介咨询机构进行技术咨询评审，由市交通运输局总工审核设计文件并进行设计批复，交由各县（区）组织实施，关键工序由公路处组织中间验收检查，如护栏与桥梁连接构造工序完工后由市交通运输局组织验收。

针对各县（区）财政困难，积极性、主动性不足的问题，规定凡是危桥改造项目和公路大中修项目，省局有资金补助的，要求必须同时进行护栏改造；没有省级补助资金的桥梁，在全面调查的基础上制定《公路桥梁护栏改造工作实施方案》；深入开展桥梁安全风险教育，让各县（区）桥梁养护管养单位充分理解和支持护栏改造工作；向市本级财政争取护栏专项改造工程资金补助，解决县（区）地方财政困难，

调动主动性、积极性。

3.工作成效。

实施效果：经过各县（区）交通运输局的辛勤工作，目前资阳市大部分国省道桥梁护栏整治工程已完成，新整治桥梁护栏达到了现行公路交通安全防护设计规范的防护要求，与旧桥连接可靠，且未影响旧桥梁承载力，消除了国省道桥梁护栏防护不达标的安全隐患，提前完成了国省道桥梁护栏改造专项行动任务。

示范效应：科学制定养护规划并及时实施，作为养护管理工作的常态模式。护栏改造前，要对原桥梁技术状况进行全面调查，制定出科学合理的改造方案，坚持全面调查、从严把关、严格监督。主动作为，根据桥梁养护需求积极争取地方政府的大力支持，顺利推进工作。

（四）安徽黄山市国省干线公路双曲拱桥危桥改造工程
（推荐单位：安徽省交通运输厅）。

1.项目概况。

安徽黄山市地处皖南山区，地形以山地为主，多数桥梁修建于上世纪六、七十年代，随着时间的推移，桥梁的耐久性不足，安全性降低，给桥梁的安全运营带来了隐患。特别是双曲拱桥，承载能力低、桥面窄、拱圈整体性差等问题逐渐暴露，是拆除重建还是原桥改造已是不可避免的问题。

自“十二五”以来，黄山市在危桥改造项目共投入资金 1.09 亿元，改造三、四类桥 37 座，约 2200 延米。2014 年以来改造了 2 座双曲拱桥，均使用了加固主拱肋、拆除腹拱圈，更换腹拱为梁式结构的新型加固方案，完成了对桥梁的维修加固。



腹拱墩混凝土开裂

2. 实施内容。

为确保桥梁加固效果，使工程量较小，造价低，并有利于施工和养护，将原桥的拱上建筑及桥面系全部拆除，腹拱圈、腹拱墩拆除。对主拱圈采用 C40 钢筋混凝土填平拱波波谷至高出拱波 10cm，形成新的拱板与原拱圈共同受力；拱肋、拱波及横隔板现有缺陷使用裂缝封闭、破损混凝土修复、锈蚀钢筋处理等方法修复；采用环氧树脂灌注、灌封或者微膨胀水泥浆液处理裂缝；拆除原拱上结构，重新设置腹拱墩；原拱式腹拱改为梁式腹拱，现浇连续板式结构。



破除桥梁护栏、桥面铺装及腹拱

3.工作成效。

对加固完成后的桥梁进行的静载试验结果表明，桥梁承载能力明显提升，满足汽-20 荷载标准的使用要求。自 2014 年完成加固以来，该桥已投入安全运行 6 年。



桥面铺装施工

(五) 广东荷塘西江大桥加固工程（推荐单位：广东省交通运输厅）。

1.项目概况。

荷塘西江大桥跨越西江主航道，连接江门市蓬江区的荷塘镇与潮连街道办，于 1999 年 8 月建成通车。桥梁全长 1531 米，全宽 17 米，共 56 跨。随着经济的快速发展，包括重型车辆在内行驶西江大桥交通量日益增长，大桥主桥拱肋、吊杆等部件均出现了不同程度的病害。通过技术检测，经综合

分析，大桥于 2014 年 8 月被广东省公路管理局评定为四类危桥。



荷塘西江大桥

2.实施内容。

荷塘西江大桥加固工程施工难度大，施工期间需要维持摩托车及行人的正常通行，安全压力极大。为确保项目顺利实施，项目实施单位成立分工明确，职责清晰的建设领导小组，建立管理制度，严格执行落实。在加快项目进度的同时，严控质量和安全。一是派业主代表常驻工地，积极协调参建各方的工作，全过程对项目进行监督管理。二是成立质量、安全检查小组，进行定期或者不定期质量、安全检查。三是针对施工安全风险系数大的水下桩基加固、主桥吊杆更换分项工程，编制专项施工方案。四是对全桥加固关键控制点主

桥吊杆更换工作，委托有资质经验的第三方监控单位实施过程监控，并由建设单位、设计单位、监理单位、施工单位、监控单位五方人员组成吊杆更换领导小组，规范程序、明确职责。

同时，有效组织交通，降低给市民出行带来的不利影响，在全桥使用拦网隔离出一个约 3 米宽的车道，并完善临时交通标志标线，落实项目部现场巡查制度，保障行人及摩托车安全通行。同时，充分做好封闭交通前的各项准备，包括对绕行必经的广中江高速潮连出口与潮连大道平交处进行渠化改造，提高其通行能力，以满足封桥后增加的交通量；提前设置封桥通告牌及交通导向标志，提示和引导车辆绕道行驶；积极配合市公交公司在大桥两端设置公交车接驳点；利用各类媒体平台，提前向社会发布信息；及时向导航公司（高德导航、百度导航等）反馈封桥消息。

加固完成后，为保证大桥安全运行，安装结构健康监测与防碰撞监控预警双重预警系统，对大桥的挠度、吊杆张力、应力、裂缝、桥墩倾斜、支座偏位等进行实时动态监测，并对过往船舶进行超高警告和偏离航道提前警告，对违规船舶进行录像取证。

3.工作成效。

实施效果：经精心组织，荷塘西江大桥加固工程如期顺利完工。加固工程实施过程中，将对市民出行带来的影响减至最小，通车后大桥不仅恢复了原设计通行荷载要求，而且

面貌焕然一新，充满活力，得到广大人民一致好评。

示范效应：“荷塘西江大桥结构健康监测与防碰撞监控预警双重预警系统”，利用云计算、北斗定位和红外摄像、热成像等先进技术搭建起的“桥梁安全监测云平台”，使管养单位能够及时掌握大桥结构性能和运行状态，制定主动的、合理的养护决策，降低桥梁灾害性事故发生的概率，对大桥安全运行提供有效保障，对同类型平台建设起到积极的借鉴作用。

三、技术创新类

（六）安徽 G105 南照淮河公路大桥维修改造工程（推荐单位：安徽省交通运输厅）。

1.项目概况。

南照淮河公路大桥位于阜阳市颍上县南照集镇，是 105 国道跨越淮河的一座重要桥梁，全桥总长 2328m，于 1998 年 7 月设计完成，1999 年 10 月建成通车。

根据《2014 年南照淮河公路大桥养护定期检测》报告，主桥上部承重构件均评定为 5 级，总体技术状况等级评定分别为四类，技术状况较差，严重影响结构安全，影响 G105 的正常运行，对沿线居民及当地生产生活有很大影响。



G105 南照淮河公路大桥主桥原貌

2. 实施方案。

2015年5月22日，阜阳市公路局主持召开《南照淮河公路大桥维修加固改造工程初步设计》审查会，专家组同意主桥以及跨堤桥上部拆除更换，下部维修利用；30mT梁引桥更换支座和铺装层等处理方案。具体实施方案为：主桥及跨堤引桥上部主梁拆除后更换为波形梁钢腹板桥；原有上部主梁采用单箱单箱斜腹板构造；对少数T梁翼缘有小面积混凝土剥落露筋现象进行局部修复；更换全部引桥桥面铺装层及橡胶支座；更换全桥伸缩缝；修复护栏；局部修复泄水孔；引桥盖梁局部修复和清理；修复锥坡等局部破损部位。



老桥拆除施工

3.工作成效。

实施效果：维修改造工程完成后，经安徽省公路工程检测中心检测结论显示，该桥外观总体较好，箱梁混凝土表面平滑钢结构该桥外观总体较好，箱梁混凝土表面平滑钢结构该桥外观总体较好，箱梁混凝土表面平滑钢结构涂层表面颜色均匀，更换的板式支座安装位置准确变形正常。主桥及跨堤引桥试验联动静载试验结果表明改建后桥梁均满足公路-I级荷载标准。改造后，该桥抗冲击性能满足相关要求。

示范效应：项目开展期间同期开展题为《重载交通条件下波形钢腹板 PC 组合箱梁桥承载性能及构造设计研究》的科研课题。依托工程设计过程中，充分采用了科研成果，节省了设计时间、提高了设计效率，避免了主桥和跨堤桥下部构造的拆除重建。项目研究成果在中外核心期刊发表 6 篇论文，实用新型专利 2 项，项目研究成果总体上达到国内领先水平，填补了相关研究领域的空白，为波形钢腹板 PC 组合

箱梁桥的设计与施工及应用与推广提供了技术支持。

目前我国部分已建成的预应力混凝土梁桥存在着不同程度的腹板开裂、跨中下挠等病害，因此波形钢腹板 PC 组合箱梁桥有着广泛的适用性和广大的市场空间。

(七) 甘肃定陇公路转体桁架拱桥加固工程（推荐单位：甘肃省交通运输厅）。

1.项目概况。

定陇公路 3 号转体桥全长 101.2 米，是甘肃省定西至陇西公路上的重要桥梁，对定西和陇西两地经济发展起着至关重要的作用。2008 年以来，重型车辆急剧增加，致使该路线桥梁超负荷运营，导致沿线桥梁出现主要构件结构性破损，桥面板断裂、横梁、拱圈裂缝等病害。该桥处于典型的黄土地区、贫困地区，在地基承载力较低、车流量增速大等特定情况下，怎样经济合理、快速的完成桥梁加固，是该桥加固过程中最大的难题。



加固后桥梁正面图

2.实施方案。

经多方咨询调研，采用对原桥进行修复加固，按照原桥结构尺寸预制钢箱对拱肋、斜撑等构件进行钢箱加固，对支撑点及连接点进行钢套箍加固，同时更换桥面板及桥面铺装。该方案投资较小、增加桥梁自重少、确保地基承载力，且较少影响车辆通行。具体实施内容为：对拱肋上缘粘贴钢板加固、下缘粘贴钢箱加固；全桥斜撑节点处粘贴钢套箍加固；原拱肋连接系杆处及横系杆节点粘贴钢套箍加固；更换全桥桥面板、更换桥面铺装；全桥横梁粘贴碳纤维布加固；上弦杆粘贴钢板加固；更换伸缩缝；安装桥梁栏杆；对桥台护坡就行维修；对全桥进行预防性养护。

3.工作成效。

实施效果：定陇公路 3 号转体桥加固前荷载等级为汽-20，挂-100；技术状况等级为 4 类。加固后荷载等级为公路-II 级。加固工程完成后，经过几年来的运营观察，该桥技术状况等级稳定保持在 2 类，未发生明显病害，桥梁运营状况良好。

示范效应：通过此次加固工程结果及加固后效果分析，利用钢箱对桁架拱桥进行维修加固起到可观的效果，值得行业推广应用。

（八）云南普通公路桥梁结构安全运营监测和大数据运行平台建设（推荐单位：云南省交通运输厅）。

1.项目概况。

为提高危桥改造工程资金的使用效率，云南省公路局大胆探索创新，将桥梁健康监测和危桥改造项目统一起来，在危旧桥加固工程中同步探索建设健康监测系统，依托新平县河口大桥、华宁县天生桥 6 号桥和婆兮大桥危桥改造工程积极探索，以玉溪公路局“基于 BIM 技术的桥梁结构安全运营监测和大数据运行平台研究”作为试点，系统整合了桥梁档案、BIM 应用、结构健康监测、桥梁预警、桥梁养护巡查检查评定、养护记录和桥梁养护工程师履职考核等，将桥梁全生命周期运行维护数据标准化与融合，提高桥梁结构健康监测精准度和管理水平，深化 BIM 技术在桥梁养护工程中的应用，支撑公路桥梁运营养护决策的科学性和智能化水平的提升。



桥梁全貌



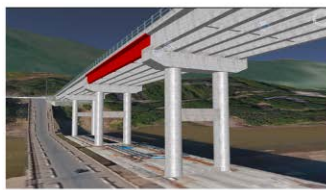
情报板



桥梁结构BIM



桥梁结构BIM



桥梁结构BIM



BIM竣工档案

基于 BIM 技术的桥梁结构安全运营监测和大数据运行平台

2.实施内容。

强化基础信息管理。建立了 29 座桥梁 BIM 模型和 136 座桥梁基础数据的录入，实现玉溪公路局管养桥梁的基本信

息一张图可视化及快速定位查询。绑定桥梁全寿命周期档案资料，建立了一桥一档案的存储，把各种档案、资料电子化并进行分类管理，实现设计及竣工档案到养护环节的传递，做到“每一秒的桥梁数据都将成为下一秒的桥梁档案”。

实现养护全过程跟踪的可视化管理。BIM 应用与现场监测的视频、扰度、震动、裂缝、应变等数据的实时接入，将基础信息、技术状况评定、预警等信息与 BIM 关联，做到三维可视化，能快速准确定位桥梁构件，方便查看属性信息、病害信息。通过称重系统的应用，对桥梁使用情况（运量、超载、车速、车次）的数据积累，为桥梁使用寿命周期分析提供数据支撑。



桥梁监测实况

实现数据的快速采集。同步开发手机 APP，实现了通过对桥梁各部位的经常性检查、定期检查，快速、便捷、准确、全面获取和采集不同载体形式（照片、音频、数据录入）的

检测数据、GPS 坐标、巡查路线等，实现病害信息的实时上报、甄别，从而形成科学、有效、系统的检查数据，提高桥梁日常养护的工作效率和规范化管理。

3.工作成效。

实施效果：“基于 BIM 技术的桥梁结构安全运营监测和大数据运行平台”的开发与应用，实现了管养桥梁病害的实时监测上报、审核管理、数据查询、档案汇总、统计分析及养护决策等一体化功能；建立桥梁养护数据库，实现高效、全方位的桥梁养护全生命周期管理；满足各相关部门信息实时传输共享需求；实现公路桥梁养护全过程精细化管理，为其养护工作提供宏观指导和数据支撑。

示范效应：此项目对促进桥梁结构安全监测的使用起到了指导作用。在研究成果的基础上开发的基于 BIM 技术的桥梁结构安全运营监测和大数据运行平台，为实现桥梁结构安全状态的及时感知和异常状态的预警获取提供了有力的技术支撑。

研究成果可为有效地进行桥梁结构的状态感知和异常状态预警提供理论分析和应用上的支撑。对保障国省干线桥梁运营的安全性，避免和减少安全事故，具有重要意义。从以上情况看，该项目的平台建设应用前景良好。

(九) 云南 G320 保山曼海大桥改造工程 (推荐单位: 云南省交通运输厅)。

1.项目概况。

保山曼海大桥位于国道 G320 线保山境内段 K34+693.500 处, 为跨越怒江而建, 桥梁全长 416.66m, 主桥上部结构为 2 孔 145m 连续箱梁, 下部结构为钢筋混凝土桥塔, 配承台、群桩基础; 引桥上部结构为 30m 装配式预应力混凝土 T 形梁, 下部结构为三柱墩, 配承台、群桩基础。大桥始建于 1992 年, 老桥设计荷载为“汽车-20 级”。此次改造工程前, 在对主桥进行检查发现梁板、桥墩及盖梁存在混凝土剥落、露筋、麻面缺陷, 盆式支座存在锈蚀、保护罩脱落, 拉索锚固端护罩锈蚀等问题。全桥桥面铺装层存在局部破损、防滑防水失效、车辙及高低不平等现象。



曼海大桥

2.实施内容。

一是设计、施工及安装移动式永久性检修桁车。受斜拉索限制，桥检车桁架无法伸入主跨桥梁下部。为方便主桥桥梁常规检查和维修，及时消除安全隐患，自主设计在主桥箱梁下部施工安装移动式永久性桥梁检修桁车。



移动式永久性桥梁检修桁车

二是推广应用环氧覆层桥面铺装新材料、新工艺。针对桥面沥青铺装层存在大面积破损、车辙及高低不平等现象，为尽量减轻主梁恒载、缩短施工时间，应用新技术、新材料、新工艺，将整座桥面的原有铺装的 4cm 厚沥青层凿除改铺 5-7mm 厚环氧覆层。N-R 桥面环氧覆层是一种新型的桥面铺装材料，由双组份环氧胶再加上耐磨防滑骨料组成，使用周期可达 15 年，长期经济效益明显，且施工速度快，封路时间短，能有效缓解施工期间交通拥堵状况。

3.工作成效。

移动式永久性检修桁车投入使用以来，极大方便了主梁常规检查和维修，对及时消除桥梁隐患，起到了良好作用，解决了国省干线公路斜拉桥常规检查和施工维修不便的技术难题。

应用环氧覆层桥面铺装使主梁和引桥的的承载富余度均有所增加。该工程通过交工验收后，经过多年使用观察，该桥下部结构混凝土剥落、露筋、麻面缺陷大幅度减少。由于桥面防水得到有效解决，降低了路面噪音和雨天行车水雾，大大提高了行车安全及舒适性，延长了该段路面的使用寿命，有效解决了国省干线公路桥梁路面养护维修的技术难题。

（十）浙江宁波桥梁智能巡检技术（推荐单位：浙江省宁波市交通局）。

1.项目概况。

公路桥梁进入运营期间，由于设计、施工、运营等各方面的原因会导致一些桥梁结构出现不规则裂缝、混凝土剥落露筋、混凝土刮伤露筋、梁体孔洞麻面、梁体及墩台帽梁砼水蚀等病害，严重影响到桥梁的安全性和耐久性。宁波市公路管理局协同交通运输部公路科学研究所开展“桥梁智能巡检成套技术”研究，有效提升了公路桥梁养护管理工作效率，确保运营安全。



CBMS 桥梁巡查工具

2.实施内容。

“桥梁智能巡检成套技术”将互联网技术与传统的桥梁养护工作有机结合，内容包括：

“中国公路桥梁管理系统”（CBMS），其运用计算机技术数据处理功能、评价决策方法和管理学理论，实现对桥梁进行状况登记、评价分析和养护决策等功能。

“桥梁巡查工具”，其基于微信平台研发，结合 AI 技术，实现了病害智能采集、巡检轨迹智能跟踪、图像智能识别、数据智能分析等，满足了用户随时随地查询桥梁数据、无纸化现场巡查及工作轨迹定位等迫切的业务需求。

桥梁二维码信息牌，由激光雕刻而成，一般粘贴于公路行进方向桥梁栏杆的起始处，通过“桥梁巡查工具”扫一扫信息牌上的二维码，桥梁养护工程师就可以立即获取这座桥梁

的“电子档案”。

3.工作成效。

实施效果：经过几年来的推广应用，“桥梁智能巡检成套技术”已经能够高效服务于宁波市公路桥梁巡查工作，简化了巡查流程，提升了数据采集速度和检查工作效率，保证了检查工作质量，使桥梁巡查工作更加规范；规范了内业资料格式，实现了数据实时互通和检查数据可追溯，补齐了桥梁数据短板。

示范效应：“桥梁智能巡检成套技术”将先进的信息技术和人工智能技术相结合，做到巡检工作“提质增效”，切实提高养护响应速度，降低养护成本，延长桥梁寿命，提升桥梁养护管理水平。随着研发工作的不断深入、应用场景的不断扩展，“桥梁智能巡检成套技术”将在桥梁养护信息化从传统互联网全面转向移动互联网及物联网的过程中，拓展桥梁养护信息化应用深度、挖掘数据价值等方面继续发挥重要作用，为人民群众安全便捷出行做出更大贡献。

（十一）湖北下牢溪危桥改造轻型钢拱架应用工程（推荐单位：湖北省交通运输厅）。

1.项目概况。

下牢溪桥原桥为四类危桥，钢筋混凝土 T 梁，位于 G348 武大线宜昌市西陵区境三游洞风景区处（原 S334 宜巴线 K9+192 处）。新桥设计桥型为上承式箱型拱桥，主跨 1-90 米，全长左幅 149.08 米/右幅 124.08 米，桥梁全宽 22.0 米，桥梁

两侧接线长度 312 米。路基宽度由 8.5 米渐变至 22 米。

2.实施内容。

下牢溪桥主拱圈原设计方案为预制箱型拱桥，采用 120t 缆索吊进行主拱圈吊装施工。由于该桥处于旅游景区，经现场调查及测量放线，结合施工图纸、山区地形地貌与既有交通道路综合因素，采用 120t 大型缆索吊施工红线外占用场地较多，且周围文物较多，征地拆迁难度极大，不利于拆迁，不能满足 120t 缆索吊施工布置。同时，老桥车流量较大，且为四类危桥，不能满足主拱圈拱肋运输施工。为了更好的推进项目进展，结合现场实际情况，经施工单位提出，业主、设计、监理等单位共同审核，确定更适合于下牢溪桥的主拱圈施工方案：采用现浇主拱圈施工方案，通过小吨位缆索吊和扣锚体系完成钢拱架安装，水袋注水法预压，上弦直接铺设底模，分环分段浇筑主拱圈混凝土等措施。

3.工作成效。

社会效益：使用拱架现浇的主拱圈套结构基结构的整体安全性更加优异。施工过程中对施工人员的安全性更加有保障。结构自身多次的重复利用，更加绿色环保，响应了国家政策。

经济效益：通过实践证明，采用新型钢拱架每桥次工期节约 $\frac{1}{3}$ ，约 5 个月，施工管理运营综合成本通常可节约 80 ~ 100 万元；支架的安装、拆除、运输等综合成本可节约 40 ~ 50 万元/桥次。

(十二) 辽宁中小跨径热轧型钢-混凝土组合梁在危桥改造工程中应用（推荐单位：辽宁省交通运输厅）。

1.项目概况。

六官营子中桥位于辽宁省朝阳市喀左县境内凌源-兴城线（S225）K45+842处，建成于1986年。桥梁全长为67.2m，全桥平面线形为直线段，桥面净宽为9.0m。桥面铺装采用沥青混凝土，无伸缩缝，支座为油毛毡支座。该桥上部结构设计为预制钢筋混凝土无翼缘空心板，纵向有明显施工接缝；下部结构为石砌重力式墩台，基础均为扩大基础。该桥设计荷载：汽车-20级、挂车-100。

近年来，因公路交通量不断增长，重载和超载车辆日益增多，六官营子中桥已出现了严重的病害，斜向、不规则网状裂缝，横向裂缝，竖向裂缝，L型裂缝，孔板剥落、露筋、蜂窝麻面，局部露骨料等病害。

根据原桥梁结构病害情况，通过技术状况评定与计算分析，可以判断六官营子中桥原上部结构承载能力不足，存在较高安全隐患。



凌兴线六官营子中桥原桥

2.实施内容。

通过前期深入地实地调研，对旧桥技术状况有了全面地了解，并且针对桥梁改造后运营要求，以受力合理、经济适用、环保耐久为原则，对危桥结构进行改造设计。设计初步完成后，再根据型钢-混凝土组合梁设计参数制作足尺模型试验梁，完成足尺型钢混凝土组合梁抗弯试验及桥面板横向受力性能试验。通过不同角度的试验验证，验证改造设计方案的合理性，同时为改善型钢混凝土组合梁梁端横向受力性能，提高梁端结构耐久性，提出了“简支钢-混组合梁桥梁端结构”。上部结构：拆除原桥上部空心板，更换为热轧 H 型钢混凝土组合梁，先简支后桥面连续体系。下部结构：凿除下部墩台帽混凝土，重新浇筑墩台帽和垫石，对墩台进行加固利用处理。

3.工作成效。

实施效果：通过六官营子实桥荷载试验，判断桥梁结构实际受力性能和承载能力满足技术规范要求，实体工程可靠，在设计使用荷载下工作性能良好。

示范效应：通过该项目施工及新桥运营，验证了型钢-混凝土组合梁施工的高效性以及结构整体受力性能合理性，对于有效促进桥梁建设施工标准化、规范化、精细化等具有积极意义，为我国危桥改造工程提了新思路，也为推进钢结构工业化、标准化、智能化建造，缓解钢铁行业化解过剩产能

的供给侧矛盾提供了新市场。另外，与钢结构相比，采用型钢-混凝土组合结构可节省工程造价 **10%以上**。

