

干线公路危旧桥梁改造工程 典型案例

交通运输部公路局

2024年2月

目 录

干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-设计方案类	2
干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-组织管理类	18
干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-施工工艺类	28
干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-综合类	47

干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-设计方案类

序号	案例类型	案例名称	省份	报送单位	组织实施单位	设计单位	施工单位
1	设计方案类	乌金屯松花江大桥维修加固工程	吉林	吉林省交通运输厅	吉林省公路管理局	吉林省交通规划设计院	中交特种工程有限公司
2		无穿索空间系杆拱桥“刚转柔”吊杆更换工程	江苏	江苏省交通运输厅	宿迁市公路事业发展中心	华设设计集团股份有限公司	南京路友道路工程有限公司
3		G209 苏北线阳日大桥加固改造工程	湖北	湖北省交通运输厅	神农架林区公路管理局	湖北省交通规划设计院股份有限公司	四川省君源水电建设有限公司
4		G318 沪聂线盘龙大桥加固改造工程	湖北	湖北省交通运输厅	武汉市黄陂区公路管理局	湖北省交通规划设计院股份有限公司	湖北省交通规划设计院股份有限公司
5		G219 线百南大桥危桥改造	广西	广西壮族自治区交通运输厅	广西北投公路建设投资集团有限公司	广西交通设计集团有限公司	广西北投交通养护科技集团有限公司

乌金屯松花江大桥维修加固工程

一、工程概况

乌金屯松花江特大桥位于国道 G102 线吉林省扶余市境内，跨越松花江。桥梁上部结构为八十年代末国内首批修建的胶接节段拼装预应力混凝土简支箱梁，下部结构采用重力式桥墩，肋板式桥台，基础采用钻孔桩基础。

定期检查表明桥梁病害主要为：主梁节段接缝渗漏水、箱内积水、主梁混凝土剥落掉角、钢筋锈蚀、桥面坑槽不平、部分支座失效等。

二、主要做法

（一）箱内体外预应力加固

在箱内张拉体外预应力钢束，恢复主梁承载能力及下缘压应力储备。

（二）桥面现浇层及沥青混凝土重新铺筑

铣刨桥面沥青铺装、凿除桥面调平层至主梁顶面，依据桥面纵断面重铺 AC-13 细粒式橡胶改性沥青混凝土桥面铺装。

（三）桥头搭板重新铺筑，改移进箱通道位置

原设计桥头未设置搭板，设计中增设 5.55m 长桥头搭板。

（四）更换桥梁支座、更换伸缩装置

本桥采用整孔顶升更换全桥 80 个盆式支座。结合桥面整体化重做对所有伸缩装置更换。

（五）拆除人行道，安装护栏、泄水管

拆除人行道盖板及枕梁，桥梁护栏调整为 SA 级金属梁柱式护栏，桥头增设连接段，且在护栏底座内侧新设泄水管。

（六）实施桥梁结构健康监测

对桥梁实施结构健康监测，对运营情况进行实时监控，在辅助运行管理的同时，为桥梁养护及后期运营状况分析积累原始基础数据。

三、工作成效

本次加固提高了桥梁承载能力极限状态强度储备，解决了桥面大面积坑槽影响行车安全问题。通过对支座标高的“二次精细化”设计，保证行车平顺的同时降低车辆冲击力，提高伸缩装置锚固区的耐久性。2022~2023年本桥技术状况评定等级均为2类，桥梁使用性能良好。

四、主要亮点和推广经验

（一）加大前期工作力度，秉承“合理、低碳、节约”加固设计理念。

结合桥梁规模及结构的复杂性，设计前期重视检测工作，避免盲目主观的“拍板设计”，尊重客观检测结论，拟定合理可行的维修加固方案。



图1 现场试验检测



图2 健康监测平台

（二）“两阶段设计”理念。

加固过程中对支座垫石高度、桥面纵断面设计等细节设

计始终贯彻“两阶段设计”理念。第一阶段为施工图设计阶段做好合理可行的“工程方案设计”，第二阶段为施工过程中结合现场实际情况对工程方案逐个参数的“工程精细化设计”。

（三）“可持续”理念。

体外预应力钢束后期可测、可调、可增、可换，非隐蔽性工程，便于日后更换、调整；进箱通道由原有的“竖井式”变为崭新的“畅行式”，便于日常管养、检测进出。

（四）“智慧”理念。

考虑桥梁结构特点，实施桥梁健康监测，对桥梁运营情况进行实时监控，在辅助大桥管理的同时，为桥梁养护及后期运营状况分析积累原始基础数据。

无穿索空间系杆拱桥

“刚转柔”吊杆更换工程

一、工程概况

众兴大桥位于 G343 宿迁市泗阳县内，主桥为净跨径 70m 下承式钢管混凝土拱桥。主桥拱肋为单圆管截面，弦管外径为 1.1m；每片拱肋设吊杆 13 根，吊杆采用 $8\phi 15.24$ 低松弛钢绞线，外套 12mm 钢管。

受限于早期技术条件，该桥吊杆作为预应力构件设计，全桥吊杆力均采用相同的锚下应力进行控制，未考虑桥梁整体的受力状态。因此，在运营超过 20 年后，全桥吊杆均出现不同程度的夹片错牙、钢绞线回缩现象，同时还伴有大面积锈蚀，技术状况较差，因此开展全桥吊杆更换工程。

二、主要做法

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。对全桥 52 根吊杆进行拆除，重新更换“GJ 钢绞线整束挤压吊杆”，新吊杆采用锚固可靠、防腐性能优越的成品索，拱肋侧采用索体自带张拉锚头，系梁侧现场制作插销耳板锚固体系。其中，1#、13#吊杆长度过短无法张拉，采用刚性拉杆，其余 2#~12#吊杆采用成品索。

三、工作成效

通过将全桥吊杆更换，从根本上解决了全桥吊杆锈蚀、夹片错牙、钢绞线回缩等病害。同时，通过将刚性吊杆体系

转变为柔性吊杆体系，改善了桥面系受力状态，具有较好的应用空间和经济性。

四、主要亮点和推广经验

（一）精细化设计创新点 1—受限空间设计

通过对桥梁现场状况的分析，提出使用“系梁耳板+钢绞线整束挤压吊杆”的更换方案，不但减少了对原结构的损伤，也缩短施工工期，减少断交时间，提高了经济性。

受限于原桥吊杆预埋管尺寸过小，本桥采用强度更高，锚头更小的 GJ 钢绞线整束挤压吊杆。同时，由于锚头空间仅有 12cm，本桥创新性地采用了新增耳板分离式连接方式，系杆穿精轧螺纹钢锚固，避免对原桥拱肋和系梁内钢绞线造成损伤。

（二）精细化设计创新点 2 —“刚转柔”吊杆设计

通过对既有桥梁的吊杆体系进行建模分析，提出将拱桥原刚性吊杆体系转换为柔性吊杆体系，并配合先进的成品钢束体系，柔性体系虽然微小降低结构整体刚度却更加适应当前桥梁的变形要求。同时，优化“刚转柔”后全桥吊杆索力目标值，进一步改善结构受力状态。



图 1 施工现场图

(三) 精细化设计创新点 3 —全寿命周期监测

本项目通过全寿命周期监测系统，实现旧桥吊杆索力从吊杆更换施工到服役期全寿命周期的智能监测，能够实时掌握各个阶段吊杆索力的变化情况。



图 2 众兴大桥健康监测界面图

全寿命周期监测系统的应用，不仅能够对吊杆在施工期间的张拉水平进行合理把控，而且能为桥梁管养决策提供更为科学的参考数据，提升养护资金使用效率和养护水平。

G209 苏北线阳日大桥加固改造工程

一、工程概况

阳日大桥位于神农架林区国道 G209 苏北线,该桥于 1973 年 11 月开工,1975 年 8 月正式通车。桥梁全长 158.5m,跨径布置为 $3\times 42\text{m}$ (净跨)空腹式钢筋混凝土双曲拱桥。桥台采用重力式桥台、扩大基础,桥墩结构形式为重力式墩、扩大基础。

主要病害情况:主拱圈多处渗水、析白;拱肋出现 L 型、U 型和网状裂缝;腹拱渗水、积水、析白;桥墩出现混凝土麻面和竖向裂缝;基础存在冲刷现象;桥面铺装粗骨料外露、纵横向裂缝;人行道挑梁有水迹、锈蚀;护栏锈蚀、露筋。

二、主要做法

(一) 主拱圈采用钢管套拱加固新技术

钢管套拱加固技术于主拱圈内部空腔增设螺旋钢管,在螺旋钢管和主拱圈之间浇筑混凝土形成闭合箱型截面,其中新老混凝土通过植筋连接,螺旋钢管与新增混凝土之间通过栓钉连接形成整体受力的组合结构。

双曲拱桥主拱圈构造尺寸复核,分节预制螺旋钢管、法兰盘→主拱圈常规病害处治,主要包含主拱圈裂缝封闭、表面缺陷修补、钢筋除锈防腐等→浇筑拱脚加强段,预埋法兰盘钢板及连接螺栓→横隔梁改造为横隔板,预埋法兰盘连接螺栓→主拱圈植筋,植筋呈梅花形布置,焊接并绑扎钢筋骨架,于主拱圈内部架设、拼接螺旋钢管→搭建模板,于螺旋钢管与主拱圈之间的空腔浇筑混凝土。

（二）拱背外包混凝土

在拱背常规病害处治完成后，通过拱背外包混凝土，提高拱脚处结构刚度及承载力。

（三）更换拱上填料

为平衡加固增加的恒载，更换拱上填料为轻质混凝土，能够有效改善和加强桥面荷载的扩散效应，提高结构整体性。

（四）桥墩防护处治

针对墩基础冲刷的病害情况，采用镀锌石笼网防护体系，使桥墩基础免受河水冲切。

（五）其他病害处治措施

混凝土裂缝修补；混凝土表面缺陷修补；喷涂阻锈剂；增设伸缩缝；增设标志、标牌；更换桥面铺装、人行道、护栏及栏杆；桥台防护设施维护。



图 1 桥梁加固后实拍图

三、工作成效

在双曲拱桥中应用了双曲钢管套拱加固新技术，消除了桥梁的安全隐患，显著提高了其承载能力和稳定性，延长了使用寿命，确保了人车通行的安全性、舒适性。

四、主要亮点和推广经验

(一) 应用新技术

首次采用钢管套拱加固新技术，解决了老旧双曲拱桥承载力不足的问题，延长了使用寿命。应用新技术有效解决了双曲拱桥加固改造费用昂贵的问题，降低了维护成本，避免拆除重建带来的环境污染。

(二) 不降低桥下净空及过水断面

钢管套拱加固新增截面位于主拱圈内部空腔，不影响桥下净空和过水断面。

(三) 新旧结构协同受力

新旧混凝土通过植筋连接形成整体。螺旋钢管与新混凝土通过栓钉连接，确保新旧结构协同受力，增强双曲拱桥整体性。

(四) 整体性强、适应性强

采用钢管套拱加固技术将主拱圈改造为整体受力的箱型组合结构，大幅提高了双曲拱桥的整体性，本技术可适用于不同跨径及布置形式的双曲拱桥维修加固。

(五) 节省材料，便于施工

通过在主拱圈内部设置螺旋钢管，降低了混凝土材料的消耗，且螺旋钢管作为受力构件也可承担部分施工荷载。

G318 沪聂线盘龙大桥加固改造工程

一、工程概况

盘龙大桥是湖北省黄陂区跨越府河、连接东西湖区及武汉中心城区的重要交通节点之一，全长 1230m，桥宽 27.5m。上部结构为预应力钢筋混凝土 T 梁+等截面箱梁+变截面箱梁+预应力钢筋混凝土空心板梁；下部构造为钻孔桩基础，桥台为肋板式桥台。

2020 年 7 月，盘龙大桥发现 2 联梁板整体下移（下游伸缩缝无间隙、上游“拉开 12cm”）、变截面箱梁与预制 T 梁的过渡墩出现纵向近 1cm 宽的裂缝等病害。

二、主要做法

（一）工程难点

根据梁体偏位病害情况，对本桥进行顶升复位。基于盘龙大桥工程背景，本桥顶升复位施工存在难点有：1. 空间受限，顶升缺少直接受力点；2. 千斤顶同步控制难度大；3. 纵向偏位较大，一次顶升无法到位；4. 顶升的重量大。

（二）顶升复位机构创新

针对桥梁病害及工程难点设计了一种平移顶升复位机构（小算盘），本装置平面呈矩形，竖向钢板均匀布设有圆孔，用于设置钢轴，沿钢轴均匀排布轴承，通过顶部钢垫板将桥梁梁体压力分摊至平移机构各个轴承，利用轴承系统实现桥梁纵向移动，同时本装置在横、纵桥向设置限位块，精准控制梁体位移。

（三）平移顶升复位方案

常规的顶升复位仅适用于梁体的横向偏位，针对本项目梁体纵向偏位的特点制定平移顶升复位方案。其顶升复位流程如下：

桥墩上架设反力架，为顶推提供作用平台→设置竖向千斤顶将主梁全部顶起，使支座脱空→用平移机构替换原支座，千斤顶卸力，落梁于平移机构上→架设水平千斤顶，梁头千斤顶加载推动主梁前移，梁尾千斤顶卸载，释放前移量→判断伸缩缝缝宽是否达到预设值，若未达到预设缝宽，则返回第二步，重复下一进程，直至缝宽达到预设值→竖向顶升梁体，移除平移机构并更换新支座，落梁，完成复位。



图 1 平移复位机构实物照片



图 2 平移复位机构应用照片

通过此平移复位机构能够有效解决既有桥梁纵向偏移复位的问题，从而提升桥梁顶升复位的施工速度，并且有很好的便利性和通用性。施工过程中利用平移装置临时替代原有桥梁支座，使得施工便利性大大提高。

三、工作成效

发现病害、缺陷后，经过方案比选，有针对性拿出了各类病害的处治措施和加固方案，采用“小算盘”施工技术，

成功解决梁板偏移复位，消除了桥梁的安全隐患，提高了桥梁结构的承载能力和稳定性。

四、主要亮点和推广经验

（一）复位过程梁体受力稳定

传统的桥梁位移复位方法不稳定因素较多。平移顶升复位机构通过平移机构来承担原有支座的受力作用，复位过程中能有效保持梁体受力特性不变，使梁体受力更稳定可靠。

（二）复位过程梁体移动更稳定、更安全

平移机构能有效平衡梁体压力，稳定纵向移动，设置限位块能防止过度平移，确保施工可控性和桥梁安全稳定性。

（三）不中断交通，边通车边复位

采用此复位方法无需中断交通，复位过程中车辆仍可正常通行，保障了居民出行需求。

（四）适用范围广、操作较为简单

平移顶升复位机构相比其他桥梁位移复位方法具有更广泛的适用性，不受桥型、支座类型和桥梁位移方向的限制，施工过程简单、安全可靠，为桥梁加固工程实施提供便利。

（五）技术创新助推降本增效

G318 盘龙大桥梁板偏移采用新工艺“平移顶升复位机构”加固和修复危旧桥梁，提高效率，减少投入。

G219 线百南大桥危桥改造工程

一、工程概况

百南大桥位于广西百色市那坡县境内的 G219 线（喀纳斯-东兴）K9405+275，桥梁全长 95m，总宽 7.6m。该桥为 1×65m 钢筋混凝土双曲拱桥，下部结构为重力式桥台+明挖扩大基础，桥面铺装采用水泥混凝土铺装。

主要问题：主拱肋承载能力不足、原结构上腹拱及腹拱上填料部分体积较大，自重较重，且填料吸水易产生排水不畅，原拱上填料变形易导致桥面铺装变形，台后与路堤之间沉降不均匀等。

二、主要做法

（一）解决主拱肋承载能力不足的问题

双曲拱结构是偏心受压构件，采用主拱肋增大截面加固，同时在拱脚、拱背进行加强的施工工艺，有效提升主拱承载能力，同时采用自密实混凝土解决后浇混凝土与原结构混凝土粘结质量和密实性问题。

（二）将原腹拱结构改造为行车道板

原结构拱上填料部分体积大、自重大，且易吸水产生病害，导致全桥承载能力富余度降低和桥面铺装变形。将原腹拱部分拆除改造为行车道板，减轻拱上恒载，提升拱桥承载能力富余度，同时避免了拱上填料变形导致的桥面变形。

（三）使用轻质混凝土减少拱上恒载并解决台后与路堤之间沉降不均匀问题

LC15 轻质混凝土相较于旧填土有抗压强度较高、自重较

轻、不易变形、不易吸水等特点，能有效减轻拱桥的拱上荷载，提升拱桥承载能力富余，并能很好地解决台后不均匀沉降问题。

（四）加固与拆除双管齐下，缩短工期

该桥改造工艺复杂，施工耗时长，但地处交通要道，不可长期封闭交通。为缩短工期，采用创新施工方法，在拆除拱上结构物的同时完成双曲拱圈的加固施工，在保证施工安全和工程质量的前提下，大幅度缩短工期，在工期节点前完成施工任务。

三、工作成效

1. 主拱采用 C40 自密实混凝土增大截面加固，显著提高了承载能力并减少了施工振捣不密实的问题。

2. 更换腹拱改建行车道板后，减轻了拱上自重，优化了行车舒适性。

3. 采用 LC15 砟降低了 30% 的自重荷载，解决了台后不均匀沉降问题。

4. 实现了在拆除拱上结构物的同时完成双曲拱圈的加固施工，有效缩短了工期并保证了施工安全和质量。



图 1 加固完成后照片

四、主要亮点和推广经验

(1) 采用自密实混凝土对主拱肋进行增大截面加固施工，在保证加固后的拱桥承载能力满足要求的前提下，克服了混凝土振捣不密实的施工问题，提高了拱桥加固后的适用性和安全性。

(2) 采用行车道板替换了原存在病害的腹拱及填料，采用轻骨料砼对拱上实腹段进行回填，减少了腹拱的养护成本，且避免了拱上填料变形导致的桥面变形，减少拱上自重的同时也减小了后期运营养护成本，提高了行车的安全性和舒适性。

(3) 根据拱桥的结构形式，使用有限元分析软件模拟计算各工况的受力分析，确定各工况施工节点安全后开展施工，大幅度降低工期，在要求的工期节点内完成施工任务。

干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-组织管理类

序号	案例类型	案例名称	省份	报送单位	组织实施单位	设计单位	施工单位
1	组织管理类	潜江市公路桥梁消危行动项目“EPC+养护”	湖北	湖北省交通运输厅	潜江市交通运输局	中交基础设施养护集团有限公司	中交特种工程有限公司
2		益阳市 G207 泗里河桥危旧桥改造工程	湖南	湖南省交通运输厅	益阳市公路建设养护中心	益阳市交通规划勘测设计院有限公司	湖南省益阳公路桥梁建设有限责任公司
3		省道 S271 线江门潮连大桥危旧桥梁改造工程	广东	广东省交通运输厅	江门市公路事务中心	北京特希达交通勘察设计院有限公司	北京城建远东建设投资集团有限公司

潜江市公路桥梁消危行动项目“EPC+养护”

一、工程概况

潜江市公路桥梁消危行动“EPC+养护”项目是湖北省公路桥梁三年消危行动重点打造的首个采用区域化长周期“EPC+M”新模式的示范项目，共涉加固改造桥梁 26 座。



图 1 项目举行集中开工仪式

二、主要做法

1. 潜江市政府印发出台《潜江市公路桥梁消危行动实施方案》，围绕技术、建设、管理三大领域，集中选取了建立桥梁电子档案、制定“一桥一图、一桥一策”、以及开展标准化、装配化结构设计、人才培育等 6 项试点任务。

2. 创新采用“EPC+养护”新模式，将区域范围内的公路危旧桥梁整体打包，工程设计、施工和 5 年养护进行统一招标，建设期和养护期的全部施工任务“打捆”交由项目总承包人负责。

3. 实施过程中全面落实“规范化检测、系统化分析、标准化设计、工厂化预制、装配化施工、专业化实施、信息化

管理”等“七化”要求，推动实现统一捆绑、统一招标、统一设计、统一推进、统一管理，为湖北省公路桥梁三年消危行动顺利实施提供了潜江经验。

三、工作成效

实现了潜江市公路危桥一年销号清零的预期目标，在湖北省桥梁“三年消危”行动中，潜江市率先实现危旧桥清零并顺利转入长效化智慧管养阶段。

项目实施后，沿线群众的出行安全性、便捷性和舒适性明显提升，同时有效降低各行业在发展过程中的实际运输成本，为社会经济水平提升提供支撑。

四、主要亮点和推广经验

（一）政府主导，科学谋划，高标准加强顶层设计

一是高度重视，高位推动。湖北省政府深度谋划部署，主要领导先后多次专题调研，并成立由市长挂帅的公路桥梁消危行动领导小组，定期召开协调督办会，强力推进项目实施。

二是精心谋划，做优方案。先后多次组织召开专题会议，广泛征求相关部门、地方和专家意见，按照“科学、集约、优质、高效”的原则，研究制定《潜江市公路桥梁消危行动实施方案》。

三是创新模式，落实资金。采取EPC建设模式，对全市所有公路危桥整体打包，将公路桥梁改造工程设计、施工和“5年养护”进行统一招标，有效缓解了地方财政配套压力。

(二) 效益引领，优化程序，高效率做好项目前期

一是摸清底数，精准建库。委托桥梁检测单位集中力量对全市 436 座普通公路桥梁进行全覆盖检测，严把危桥项目入库关，按照“能利用的不拆除、能修复的不重建”原则，对每个项目拟定不少于 2 种改造方案进行深度比选。

二是科学设计，分类施策。对入库桥梁初步改造方案和施工图设计文件，组织专家进行专项评审，并实行双院制审查，对于情况复杂的特殊桥梁，单独进行两阶段设计。

三是部门联动，加强协作。建立发改、财政、水利、自然资源和规划等部门联动协作机制，实现部门联动、各负其责、协调一致，做到项目前期程序审批专人负责、集中办公、跟踪服务，大大缩短工程项目审批周期。

(三) 创新举措，精准调度，高质量推进项目实施

一是强化组织协调。成立由政府部门和参建单位组成的两套行动工作专班，定期召开协调督办会，实时做好协调保障。

二是强化信息化管控。坚持用信息化手段管控进度、质量、安全、养护，为公路桥梁施工、养护管理赋能助力。

三是强化质量监管。建立“政府监督、业主管理、社会监理、企业负责”的四级质量监管体系，定期巡查巡检，形成巡查专报。

益阳市 G207 泗里河桥危旧桥改造工程

一、工程概况

泗里河桥位于 G207 桃江县马迹塘镇泗里河村，跨越沂溪河，是连接桃江县与安化县的重要交通纽带。原泗里河桥为圬工板式拱桥，因建成年代久远，桥梁技术状况差，严重影响人民群众出行安全。因此对泗里河桥及时进行了拆除重建。

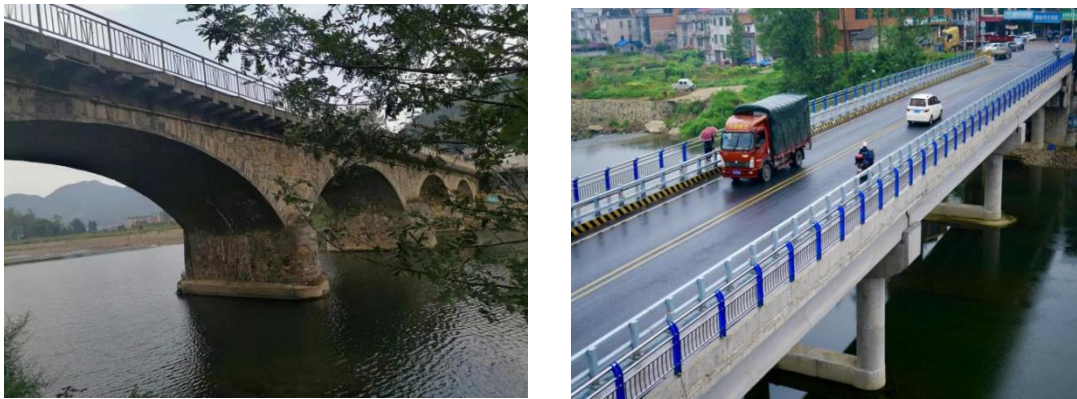


图 1 新旧桥对比

二、主要做法

泗里河桥跨越沂溪河，为保证沂溪河行洪的通畅，设计方案按照"安全、有效、经济、实用"的原则，对桥梁桥台两侧河道岸坡进行了护砌处理，均采用浆砌片石护坡。

三、工作成效

(一) 提高安全通行能力

泗里河桥的拆除重建实施极大地改善了 G207 的车辆通行能力及抗洪能力，桥梁两边设置防撞墙对消除安全隐患、

杜绝桥梁安全事故的发生具有极其重大意义。

(二) 改善沿线出行环境

原桥为石拱桥，路面宽度较窄且无防护栏，经常出现事故，桥梁实施改造后，符合生态环境要求，对降低交通事故的发生、提高公路桥梁安全通行能力、改善通行条件、提高群众满意度等方面都有很大的提升，当地群众经常以发布抖音小视频的方式表达对泗里河桥建设的满意。

(三) 促进当地经济发展

改善了国省道路的通行能力，对促进当地经济发展、调整产业结构、加快沿线及周边地区脱贫致富和新农村建设具有重大意义。

四、主要亮点和推广经验

(一) 坚持因地制宜，科学制定吊装方案

该项目处于 G207 交通主干道上，人流和车流量巨大，T 梁长距离运输和安装施工过程中对正常交通造成一定影响，给交通和人流疏散带来压力。同时，考虑到征地拆迁、杆线迁移和河床地址条件，T 梁采取吊装的方式安装，通过严格的计算，科学合理的制定吊装方案，有效的减少了房屋征拆、杆线迁移等工作量。



图2 T梁运输及吊装

（二）坚持安全为要，实现人车分离

桥梁人行道设置防撞钢护栏全面提高通行安全系数和人车分离方便度，坚持以群众需求和问题为导向，加强联动协作，逐步改善民众道路交通环境。

（三）坚持质量为重，争创示范工程

通过多方检测，泗里河桥混凝土强度合格率100%，桥面铺装平整度合格率90%，桥面构造深度合格率100%。

省道 S271 线江门潮连大桥加固工程

一、工程概况

省道 S271 线江门潮连大桥横跨西江，西连江门市区，东接潮连岛，是连接江门市与潮连岛的主要干道，于 1996 年 4 月建成通车。潮连大桥全长 1509.30m，跨径组合为 26×16m 空心板+3×20mT 梁+3×30mT 梁+(51+2×100+51) m 连续刚构+5×30mT 梁+30×16m 空心板。

二、主要做法

(一) 增效提质保安全

对桥梁梁底及箱内粘贴碳纤维板和钢板；拆除重做防撞护墙并增设橡胶防撞护舷；注胶封闭全桥混凝土裂缝，喷涂防腐油漆。拆除重做桥面系，新增金属梁柱式栏杆，更换人行道栏杆。

(二) 多措并举促管理

本项目在维修桥梁病害的同时，统筹各政府部门联动协作，兼顾群众出行需求，通过科学决策及宣传引导，切实提高群众出行保障，解群众所忧，缓解社会舆论压力。

三、工作成效

工程实现提前通车目标，并对桥梁结构病害完成系统性加固处理，恢复结构使用功能。一是修复桥梁结构裂缝，加强结构的横向联系，改善结构整体受力；二是重新铺筑桥面，

并更换车行道护栏及人行道等附属设施，提升行车舒适性及安全性；三是按照交通运输部统一部署，完成被动防撞设施布设，增强桥梁的抗撞性能；四是完成桥梁亮化工程，为夜间行车提供充足照明的同时助力城市品质提升，带动区域经济发展。

四、主要亮点和推广经验

（一）让党旗高高飘扬在项目管理“第一线”

桥梁管养单位扎实开展“项目党旗红”支部创建活动，采取“党建引领+项目攻坚”模式，以“支部建在项目上、党旗飘在工地上”为工作方法，设立了临时党支部，开展了“百日冲刺”活动，实现了“保安全、保节点、保质量”和“零污染、零事故、零伤亡”的目标。



图 1 临时党支部召开党员大会

（二）让责任分工落实在联动机制“每一刻”

通过制定项目总体工作方案，明确各部门职责，桥梁管养单位、地方政府、交通主管部门、公安部门、应急管理部门、生态环境部门、海事航道部门、教育部门等多部门高效联动、密切配合、协同推进。

（三）让数据决策延展到桥梁通行“最前沿”

为减少封闭施工对市民生活的影响，施工前开展交通组织专题研究，通过分析手机信令、交通卡口、公交客流量等数据，结合市民出行问卷调查，对施工期间交通流量进行预测分析并提出科学决策；桥面封闭施工期间，通过交通引导和导航软件指引机动车绕行，并预留非机动车通道。

（四）让信息传递遍布市民日常“全领域”

1. 多样宣传保民心。一是在项目实施前召开项目新闻发布会；二是项目实施全过程通过报纸、电视等传统媒体以及微信公众号、学习强国等新媒体，将项目进展情况、交通绕行、公交班线调整及安全注意事项等信息及时传递给社会群众，并积极回应公众关注问题。



图2 新闻发布会图

2. 专项宣传保安全。管养单位通过编制校园项目宣传文件，向师生介绍项目概况、交通管制措施、出行保障措施等。

3. 及时回应消疑虑。针对市民及周边学生担心潮连大桥封闭后可能拥堵的疑虑，积极联系主流媒体解答市民困惑，并主动上门向岛内校厂企宣传交通保障措施，及时回应市民关切打消疑虑。

干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-施工工艺类

序号	案例类型	案例名称	省份	报送单位	组织实施单位	设计单位	施工单位
1	施工工艺类	桥梁支座同步顶升更换工程	天津	天津市交通运输委员会	天津市公路事业发展服务中心	天津公路工程设计研究院有限公司	天津市交通运输基础设施养护集团有限公司
2		自平衡反压式单支座更换技术在桥梁支座更换中的应用	江苏	江苏省交通运输厅	苏州市公路事业发展中心	中铁建苏州设计研究院有限公司	苏州三品交通建设工程有限公司
3		阜阳市 S320 濠洼大桥危旧桥梁改造工程	安徽	安徽省交通运输厅	安徽省公路管理服务中心、阜阳市公路管理服务中心	安徽宏泰交通工程设计研究院有限公司	安徽新路建设工程集团有限责任公司
4		漳州 G355 线南凌大桥加固改造工程	福建	福建省交通运输厅	漳州市公路事业发展中心直属分中心	中交第二公路勘察设计研究院	中交第二公路勘察设计研究院
5		G323 线东兰红水河大桥加固改造工程	广西	广西壮族自治区交通运输厅	广西壮族自治区河池公路发展中心	广西交通设计集团有限公司	四川三足路桥工程有限公司
6		G320 线花渔洞大桥改造工程	贵州	贵州省交通运输厅	贵阳公路管理局	贵州省交通规划勘察设计研究院有限公司	贵州桥梁建设集团有限责任公司

桥梁支座同步顶升更换工程

一、工程概况

2021年天津市281座国省道桥梁的检测报告显示，发生支座脱空现象的桥梁205座，剪切变形现象的桥梁113座，老化开裂现象的桥梁98座，发生串动现象的桥梁75座，支座病害较为突出，需要对支座病害进行处置，保障桥梁安全，延长桥梁使用寿命，打捆实施了桥梁支座更换工程。

二、主要做法

根据检测报告及现场调查情况同步顶升更换支座5352个。

（一）工程难点

桥梁结构形式多样、作业环境复杂，上部结构形式包含现浇箱梁、T梁、板梁等多种结构形式，桥下涉及跨路、跨河、空间狭小等复杂情况。

（二）解决方案

支座更换采用同步顶升更换工艺。工作流程为：

1. 选择拟更换支座：综合考虑支座自身损伤、支座损伤对主梁受力影响和更换成本等多方面因素，并通过建立技术与经济的综合优化模型，确定拟更换支座的点位。

2. 制定支座更换方案：采用“一桥一策”的方式制定支座更换方案。以桥梁上部结构受力安全性为出发点，明确每座桥梁施工时的顶升顺序、限值和同步性等施工要求。

3. 顶升更换施工：严格按支座更换方案并采用PLC多点同步顶升系统，实现多点位、多墩位精准同步顶升。

4. 顶升更换施工过程监控。采用三维激光扫描技术，以非接触式监测手段监测支座更换过程中顶升实施的同步性，保证了主梁同步顶升量值的监测精度，有效减少施工干扰，加快了施工进度。



图 1 多点位同步顶升和非接触式同步监测

5. 支座更换效果评价。采用图像识别技术检测支座各边的变形情况，并对不均匀的变形及时进行调整，确保更换后的支座能有效均匀支撑上部结构。

三、工作成效

1. 梁体同步顶升过程全程监测，监测结果显示顶升施工过程同步性较好，未对桥梁主体造成损伤。

2. 支座更换完成时及后续定期跟踪检查发现，支座未发生脱空、剪切变形、串动的病害，梁体结构受力安全。

四、主要亮点和推广经验

1. 综合考虑支座自身损伤、支座损伤对主梁受力影响和更换成本等因素，选择确定拟更换的支座。通过建模分析，精心制定每座桥梁顶升更换支座的施工方案，一桥一策。

2. 支座更换采用 PLC 多点同步顶升系统，实现多点位、

多墩位同步顶升。采用 3D 激光扫描技术，以非接触式监测手段监测支座更换过程中顶升实施的同步性，该监测技术操作灵活准确且与施工作业互不干扰，并能检测支座更换后不同支座受力的均匀性及支座更换效果。

3. 为消除桥梁纵坡导致的支座局部脱空病害，提前采用水准仪测量桥梁的纵坡，并定制加工相应角度的楔形钢板和不同厚度的矩形钢板，垫放支座下方，以保证更换支座落梁后上下面全部密贴。

4. 针对不同工况，定制适合的辅助设施，以实现不中断交通下施工。包括同步更换顶升同一墩位两排支座，需一侧搭设支架，另一侧支设检测车，支架上下采用整体拼装马道，跨河桥梁采用水上平台+检测车的施工辅助措施等组合。

5. 采用沙盘动态模型来直观表达施工工艺，模拟施工过程中的各种工况，以便更好指导施工。

6. 打捆实施桥梁支座更换，“统一实施，统一管理”，节约成本、缩短工期、确保质量。依托本项目开展“公路桥梁支座病害分析及更换关键技术研究”的课题研究并形成“公路桥梁支座更换技术指南”的成果。

自平衡反压式单支座更换技术在桥梁支座更换中的应用

一、工程概况

S258 青云跨线桥位于苏州市吴江区境内,建于 2009 年,桥梁全长 434.5m,全宽 26m,为双幅桥。桥跨布置为 $(4 \times 22) + (2 \times 20 + 22) + (2 \times 30) + (5 \times 22) + (5 \times 22)$ m,上部结构采用预应力空心板梁、装配式组合箱梁,支座采用普通板式橡胶支座、四氟滑板橡胶支座。

在桥梁定期检查中发现右幅 9 号墩 7 号支座发生钢垫板窜动,支座失效,需对支座进行更换。

二、主要做法

(一) 技术原理

旧支座拆除后,采用专门设计的“反压装置”将新支座“从下往上”反压至梁底,通过对“反压力、梁底标高”的双控,确保梁体“只顶不升”,最后将“反压装置”浇筑在支座垫石内,和支座垫石共同作为永久性支撑,完成单个桥梁支座的更换。

(二) 工作流程

1. 墩(台)顶垃圾清理及约束释放。在主梁单支座更换施工之前应先对桥梁墩(台)处存在的垃圾进行清理,对支座附近非正常情况的约束应在施工之前进行释放。

2. 设置控制线。在梁底调平层及桥墩(台)调平层顶面设置控制线,用于控制新支座及支座反压装置就位。

3. 设置临时支撑。在拆除病害支座之前应先设置临时支撑，临时支撑位置宜布置在相邻板梁铰缝中心线位置，对于支点恒载吨位较大的情况，可同时设置千斤顶及临时支撑。

4. 安装位移监控设备。在拟更换支座附近合适位置处安装百分表并调试，对支座更换的整个施工过程主梁标高进行全程监控。

5. 支座垫石凿除。位移监控设备安装调试结束后，凿除支座垫石，支座垫石凿除施工结束后，拆除病害支座，随即拆除支座上调平块。

6. 调平处理。调平处理前应对墩台顶面及主梁底面进行凿毛或打磨处理。

7. 新支座反压施工。墩台顶面及主梁底面调平工作完成后，待调平块养生至设计强度时，可进行新支座反压施工，主要施工步骤为：（1）支座反压装置安装。（2）新支座安装。（3）位移监控设备调试。（4）设置刻度线。（5）新支座预压。（6）支座反压力施加。（7）浇筑支座垫石并养生。（8）拆模检查。



图 1 支座反压装置安装图

三、工作成效

新支座安装跳过了传统支座更换过程中“支反力由千斤顶向新支座转移”这一体系转换环节，单支座更换装置主动施加的反压力即为支座实际承载的反力，支座安装更为紧密，不易发生支座脱空等病害。

四、主要亮点和推广经验

(一) 支座更换反力准确可控

单支座更换装置主动施加的反压力即为支座实际承载的反力，反力准确、可知、可控，确保梁体“只顶不升”，减少对桥面系的影响。

(二) 对主梁标高影响极小

新支座安装标高变化量不超过 0.2mm，强迫位移对梁体的受力影响已显著降低。

(三) 施工工期短、造价低且不影响车辆通行

自平衡反压式单支座更换施工适用于墩台仅少量病害支座更换的情况，不需要整个墩台顶升，更不需要中断交通。相对于同步顶升技术，本技术施工成本降低 60%~70%，施工周期缩短 40%~50%。

阜阳市 S320 洼大桥等危旧桥梁改造工程

一、工程概况

阜阳市 S320 濠洼大桥位于阜阳市阜南县王家坝镇境内，桥梁中心桩号为 K172+594，建成于 2003 年，上部结构跨径布置为 58×30m 预应力混凝土小箱梁，下部结构为柱式墩，桩接盖梁桥台，桥梁全长 1746m。

主要病害：支座存在老化、剪切、开裂、脱空，梁体、盖梁、墩柱等构件局部破损及钢筋锈胀，

二、主要做法

（一）工作内容

1. 针对桥梁支座病害，采用同步顶升整联上部结构，更换橡胶支座，恢复桥梁整体受力体系；

2. 分析箱梁腹板、底板纵向裂缝产生的原因并分类别采用不同工艺修补；

3. 对梁体、盖梁、墩柱等构件局部破损及钢筋锈胀的病害，钢筋除锈后喷涂渗透型阻锈剂后用环氧砂浆修补；

4. 通过混凝土表面涂抹渗透性阻锈剂等加强桥梁整体保护，延长使用寿命。

（二）实施方法

1. 优化施工组织，调整施工顺序。采用“不中断交通，重载车辆限行”的交通组织方案。根据汛期调整施工计划和施工顺序，在汛期来临前尽可能快的先行施工跨河道段。既保证了施工作业安全，又避免搭设临时作业平台成本高、占用河道的现象。

2. 优化千斤顶布设体系，采用 PLC 多点同步顶升系统。为保证千斤顶受力均匀和顶升加载过程梁体的稳定性，千斤顶布设在梁端底板，每箱梁端布设 2 台千斤顶，单跨布设 12 台，每联 5 跨，整联布设 60 台千斤顶，每台千斤顶需承重 39.7t。为确保充足的保险系数，同时应对不可预见荷载，现场采用 100t 薄型千斤顶，顶身高度 5cm，行程 2cm，安全系数达到 2.5 以上。采用 PLC 多点同步液压系统实现同步误差 $\leq 1\text{mm}$ 。



图 1 墩顶千斤顶布设



图 2 整联千斤顶布设

3. 精益求精，消除设备物理及操作误差。

一是清理盖梁承压面，对盖梁顶面由于横坡等导致的不平整、不水平处进行打磨，确保安放千斤顶的底部承压面水平，保证顶升作用力竖向垂直；二是统一顶升设备型号、规格、厂家，以消除各设备间的额定工作误差。

4. 安装位移传感器，同步位移监控。

一是顶升前在一联的每片箱梁底部安装竖向位移传感器，每跨两侧安装横向位移传感器，时时监测梁体在顶升过程中的竖、横向姿态；二是在同步顶升前全面检查梁体裂缝并进行记录，顶升期间对代表性裂缝进行监控。

三、实施效果评价

S320 濛洼大桥桥梁同步顶升施工期间，采取不封闭交通的施工方​​案，在​​施工期间降低​​了对​​沿线居民正常交通​​出行的影响，保证了濛洼蓄洪区战备救援通道的畅通。采用 PLC 多点同步顶升系统及同步位移监测，在分级加载顶升过程中，实现力和位移的双控，实时进行校核，使同步顶升误差控制在 1mm 以内，顶升过程未对上部结构造成次生病害，同时多种病害处理方案的实施，桥梁评定为二类，达到了恢复桥梁原设计荷载和提高耐久性的目的。

四、主要亮点和推广经验

1、优化施工顺序，完善交通组织。采取先行实施跨河道部分和发挥桥梁检测车作为施工平台的灵活性，既降低了施工成本，又保障了防汛河道的畅通。同步顶升期间不封闭交通，降低了对沿线居民交通出行的影响。

2、PLC 多点同步顶升及同步位移监测，精度控制高。消除设备物理及操作误差，使顶升同步性更精确，顶升过程中同步进行竖、横双向位移监控，箱梁的位移姿态数据同步对比、相互印证，消除了因同步误差导致的不可预见次生病害，极大地提升了顶升的精度控制。

3、整联一次性同步顶升，提高效率，降低风险。采用 60 台 100t 千斤顶对整联 5 跨进行同步顶升，相比较传统的逐跨顶升，既提高了顶升作业效率，又规避了单跨顶升时因顶升位移对跨间固结的破坏，降低了质量风险。

漳州 G355 线南凌大桥加固改造工程

一、工程概况

南凌大桥位于漳州市芗城及高新两区交界处 G355 线上，建成于 2013 年，桥梁全长 543m。

对桥梁特殊检查时，发现主桥左幅第 1 联第 2 跨跨中出现较多 U 型、L 型、底板横向裂缝和腹板竖向裂缝，裂缝最大深度达 22cm，对结构安全存在较大威胁。



图 1 南凌大桥全景图

二、主要做法

1. 箱梁加固。采用“长束+局部短束”的方式新增预应力对左幅第一联进行预应力加固，使加固产生的压应力抵消活载产生的拉应力。箱外腹板外包新增体内长束主要是提高整体抗弯承载能力和整体竖向刚度；箱内底板新增体外短束主要是提高底板压应力储备，封闭裂缝，提高截面刚度。

2. 底板修复。先对裂缝封闭处理，再对箱梁底板开裂区域采用粘贴碳纤维布局部补强，提高耐久性。

3. 耐久性处治。对病害严重的左幅主桥修复之后，为保证结构耐久性和美观性，对左幅主桥箱梁进行耐久性涂装处治。

4. 中央分隔带护栏改造。原设计的中央分隔带缘石采用

直径 25mm 的主筋，间距 10cm，本次设计采用直接在中央分隔带缘石顶植入地脚锚栓，安装金属梁柱式防撞护栏。

5. 施工监控与运营期长期监测。为施工期间提供必要的反映施工实际情况的数据和技术信息，包含挠度、应力以及温度信息等。运营期长期监测主要针对交通荷载、环境温湿度、桥面状况（视频监控）、主梁挠度、关键截面应力应变等内容进行监测。

三、工作成效

桥梁维修加固后，桥身稳固，桥梁承载力增强，改善了沿江居民往来通车条件和人居环境，加强了芄城区对高新区的经济辐射作用，串联两岸产业，带动经济高质量快速发展。

四、主要亮点和推广经验

1. 采用“长束+局部短束”的方式新增预应力，恢复或提高主梁控制截面的承载能力，改善应力状况，加大主梁受拉区域的压应力储备，且使主梁受力裂缝宽度减弱或闭合。

2. 南凌大桥是漳州地区第一座应用运营监测系统的桥梁。该系统有机集成桥梁加固施工监控与运营期结构健康监测两阶段工作任务，实现了“一库四系统”的集成，分级建立桥梁全寿命期电子档案，服务于桥梁的信息化、专业化、数字化、标准化建管养，降低桥梁灾难性事故发生的概率，保证桥梁的建设和运营期结构安全。

(1) 桥梁数据分析服务系统：充分挖掘桥梁管养过程中采集到的所有动、静态数据，将有用的信息呈现给管理人

员，让桥梁“能说话、会说话”。

(2) 多参数实时在线监测系统：实现远程以及恶劣天气条件下采集数据并进行连续数据监控采集，并能在超出预定极限值时自动报警。

(3) 智慧桥梁巡检养护系统：利用先进的养护管理技术及相关软件对巡检、桥梁养护进行高效的管理、记录及分析。

(4) 桥梁专家决策支持系统：将桥梁数据分析服务系统挖掘出的桥梁病害信息上报给后台专家库，桥梁专家团可由科研等相关团队提供维、管、养一体化决策支持。

(5) 桥梁数字化维护记录数据库：将管养过程中产生的所有动、静态数据以标准化的数据格式存储在数据库中，并进行电子化归档、分类，方便桥梁管理人员对桥梁档案、管养资料随时进行高效、便捷的检索。

G323 线东兰红水河大桥加固改造工程

一、工程概况

东兰红水河大桥是位于东兰县境内 G323 线上一座 5 跨钢筋混凝土箱型拱桥，桥梁全长 458.1m，桥面宽度 9.5m，上部结构为：5×80m（钢筋混凝土箱型拱主桥）+5×5m 钢筋混凝土板（引桥）。

由于重载交通大幅增长，桥梁部分构件发生破坏，根据检测报告显示，该桥技术状况较差，不能正常使用。

二、主要做法

（一）加固改造实施内容

本次加固改造荷载等级由原“汽车-20 级，挂-100”提高至“公路 II 级”，人行道宽度由 1.25m 增加至 1.5m，桥面总宽度由 9.5m 调整为 10m。具体加固改造实施内容为：

1. 主拱圈加固。2. 主桥拱（墩）上立柱加固改造。3. 拆除主（引）桥墩上盖梁、主桥拱上立柱（横墙）新建盖梁及主拱实腹段位置挑梁；挖除主拱实腹段填料，改拱顶实腹为空腹。4. 更换人行道板和行车道板为预制 π 型板，重做桥面铺装及人行道，新做人行道不锈钢护杆等。5. 增设通航孔桥墩防撞系统。



图 1 改造施工中的红水河大桥



图 2 改造后的东兰红水河大桥

(二) 施工方案

原施工图设计采用分幅拆装的方案组织施工，基于施工期间通行条件和施工工期要求的变化，经论证后，优化调整为全封闭施工方案。实施具体方案如下：

1. 封闭交通后，采用吊车拆除主桥两侧人行道栏杆及人行道板，在人行道板位置架设贝雷梁。暂时保留行车道板，便于贝雷梁和龙门吊的安装。

2. 奇数号（1#、3#、5#……）盖梁（挑梁）作为支撑支点、贝雷梁跨过偶数号盖梁。盖梁施工分成两个阶段，第一阶段施工偶数号盖梁，待偶数号盖梁完成后转换贝雷梁支撑位置至偶数号盖梁；第二阶段再进行奇数号盖梁施工。

3. 通过架设贝雷梁，在贝雷梁上安设多台龙门吊（贝雷梁上固定龙门吊轨道，铺设施工通道、设置栏杆及防护）的方式，解决了加固改造工程中梁板拆装、材料运输等运输通道问题。

4. 利用龙门吊按照跨内自拱脚至拱顶方向对称、全桥均衡的原则，拆除、吊运全桥主桥行车道板，采用绳锯在龙门吊配合下切割旧盖梁（挑梁）。

三、工作成效

通过基于现实条件变化的拆装施工方案优化调整，减少了原方案桥墩设置的临时锚固张拉系统等高风险作业施工内容，实现了主桥跨内对称、全桥均衡加卸载：整个施工期间，主桥各项加固任务的施工，均按照跨内对称、全桥均衡的原则进行，以保证加固是在最大卸载状态下完成，确保了拱圈外包混凝土的结构受力，同时也解决了桥梁拆除及安装过程中的运输通道的问题，大大提高了施工效率。

四、主要亮点和推广经验

（一）基于施工条件的变化，主动优化调整拆装施工方案。

本项目通过技术研究创新，参建各方主动同地方政府对接，提出架设贝雷梁、安设龙门吊的施工措施，主动优化调整桥梁拆装顺序，既更好实现了拱桥加固施工中“对称、均衡”的原则，又完美解决了桥梁拆除及安装过程中的运输通道的问题，大大提高了施工效率。

（二）基于全时段监测技术的桥梁施工控制技术

为确保加固项目顺利开展、确保结构安全，依托监控单位开发实时监控系統，特别是在梁板拆除与安装、拱圈增大截面等关键节点，全天候实时对结构进行监测，针对监测获得的大量数据，准确把握结构所受荷载及结构挠度变化，并及时反馈指导施工，确保了整个施工过程的安全。

G320 线花渔洞大桥改造工程

一、工程概况

花渔洞大桥位于 G320 线清镇境内，跨越红枫湖，旧桥孔跨布置为 $5 \times 15\text{m} + 150\text{m} + 4 \times 15\text{m}$ ，主跨为 150m 预应力混凝土桁式组合拱桥，桥梁全长 290m，总宽度 12.5m。

新建花渔洞大桥全长 269.6m，大桥孔跨布置为 2-20m 现浇箱梁+1-180m 中承式钢管混凝土拱桥+1-20m 现浇箱梁，桥梁全长 269.6m，桥面净宽为 9.0（行车道）+ $2 \times 1.75\text{m}$ （人行道），设计荷载采用公路-I 级。

二、主要做法

桥位处是百万级人口饮用水源保护区及 5A 级风景区，空气、噪声、植被、水土保持等环保要求严格，项目建设的难点是旧桥拆除施工过程中如何减少对生态环保的负面影响。

针对上述建设挑战，桥梁采用原址重建方案，最大程度避免了两岸接线工程对水源保护区和景区生态环境的破坏和干扰，采用主跨 180 米的中承式钢管混凝土拱桥方案作为新桥重建方案。

为减少旧桥拆除对环境的干扰，首次提出“利用新拱拆旧桥”设计思路，将新拱肋布置于旧桥两侧，施工中先安装新拱肋，然后将旧桥扣挂于新建拱肋之上，逐段切割，倒装拆除旧桥。



图1 旧桥扣挂于新桥拱肋上



图2 安装体系转换装置



图3 逐段切割旧桥



图4 旧桥拆除完成

三、实施效果评价

秉承生态建桥理念，将旧桥拆除和新桥重建有机结合，圆满完成了“景区零干扰、水源零污染、废料再利用、景观新地标”的重建目标。

四、主要亮点及推广经验

（一）生态建桥新路径

秉承“生态建桥”理念，提出“旧桥建新拱，新拱拆旧桥”的设计思路，将拱肋布置于原桥外侧，永临结合，利用新建拱肋将旧桥化整为零、倒装拆除。

（二）旧桥建新拱，新拱拆旧桥

摒弃常规先拆后建的做法，首创“新拱拆旧桥成套施工技术”，具体做法是：

首先将旧桥作为施工平台和运输通道，安装新桥拱肋，“包住”旧桥；其次沿新桥拱肋法向布置临时扣索，将旧桥整体扣挂在新建钢管拱肋上，随后解除桁式组合拱拱顶连接，将桁架拱体系转化为扣点支撑的悬臂结构，最后逐段切割杆件、倒装拆除旧桥。

本项目采用的新拱拆旧桥施工方法将临时扣索挂在新建拱肋上，扣挂系统刚度大幅度提升，法向布置的短扣索为旧桥提供更为有效、可靠的支撑，有效降低了旧桥在拆除过程的结构安全风险，保障施工人员的作业安全。

（三）体系转换工法及配套装置

倒装法拆除旧桥过程中，旧桥结构体系由拱式结构转换为悬臂结构，是旧桥拆除的关键工序。本项目提出了一种拱桥拆除的新型体系转换工法，并研发了配套装置。预加顶推力后切割拱顶，逐级释放拱顶轴力，平稳完成旧桥结构体系转换。通过以上措施，使结构体系转换产生的冲击荷载和变形得以逐级缓步释放，确保了结构及施工安全性。

（四）绿色重建技术

本项目将旧桥构件拆除破碎后作为路基填料重新利用，节约填料约 3264 方，减少碳排放 1.5 万吨，实现旧桥混凝土 100%循环再利用，旧桥钢材 251 吨 100%回收。设置集水挂篮集中收集废水，经酸碱中和沉淀、隔油除渣处理后，用于施工区域洒水，实现了水源零污染、景区零干扰、废料再利用。

干线公路危旧桥梁改造工程典型案例-综合类

序号	案例类型	案例名称	省份	报送单位	组织实施单位	设计单位	施工单位
1	综合类	黄山市 G330 太平湖大桥危旧桥梁改造工程	安徽	安徽省交通运输厅	安徽省公路管理服务中心、黄山市公路管理服务中心	中路高科交通检测检验认证有限公司、上海林同炎李国豪土建工程咨询有限公司	中交特种工程有限公司、中交公路规划设计院有限公司
2		G20 西流高架桥维修加固工程	山东	青岛市交通运输局	青岛市公路事业发展中心	山东省交通规划设计院集团有限公司	中交基础设施养护集团有限公司、山东省公路桥梁建设集团有限公司
3		济宁普通国省道桥梁通航安全综合评估及防船舶碰撞提升工程	山东	山东省交通运输厅	济宁市公路事业发展中心	山东省交通规划设计院集团有限公司、济宁市鸿翔公路勘察设计研究院有限公司	济宁富通公路产业开发中心、济宁市公路工程公司
4		省道 S234 线揭阳老北河大桥改造工程	广东	广东省交通运输厅	揭阳市公路事务中心	北京特希达交通勘察设计院有限公司	广东能达公路养护股份有限公司
5		云阳县 G348 线双江大桥维修加固工程	重庆	重庆市交通局	云阳县交通局	招商局重庆交通科研设计院有限公司	招商局重庆交通科研设计院有限公司

黄山市 G330 太平湖大桥危旧桥梁改造工程

一、工程概况

太平湖大桥位于 G330 洞合线上，为单索面独塔钢筋混凝土斜拉桥，建于 1996 年，桥梁全长 384m，桥面全宽 18.2m，桥跨布置为 190m+190m，全桥设 27 对单面斜拉索，采用塔梁墩固结体系。

二、主要做法

（一）养护需求分析与特殊检查

通过养护需求分析，针对主要病害及防船撞需求，综合开展危旧桥梁改造工程科学决策和前期工作。在已有定期检查的基础上，开展了拉索、混凝土、水下基础等专项检查。

（二）试换索科研

本桥当时已运营 25 年，为超龄服役斜拉桥，且该桥斜拉索技术状况较差，但是地处较好环境和中等交通量国道上，非常有必要对该桥开展特殊检查和试换索研究，以确定是否更换斜拉索。

根据桥梁检测和结构计算结果，试换 N5 和 S5 两根拉索，换索期间进行了施工监控和荷载试验，换下的旧索开展了锈蚀、疲劳、力学等试验，进行了斜拉索继续使用年限、通车条件下换索交通组织等研究。

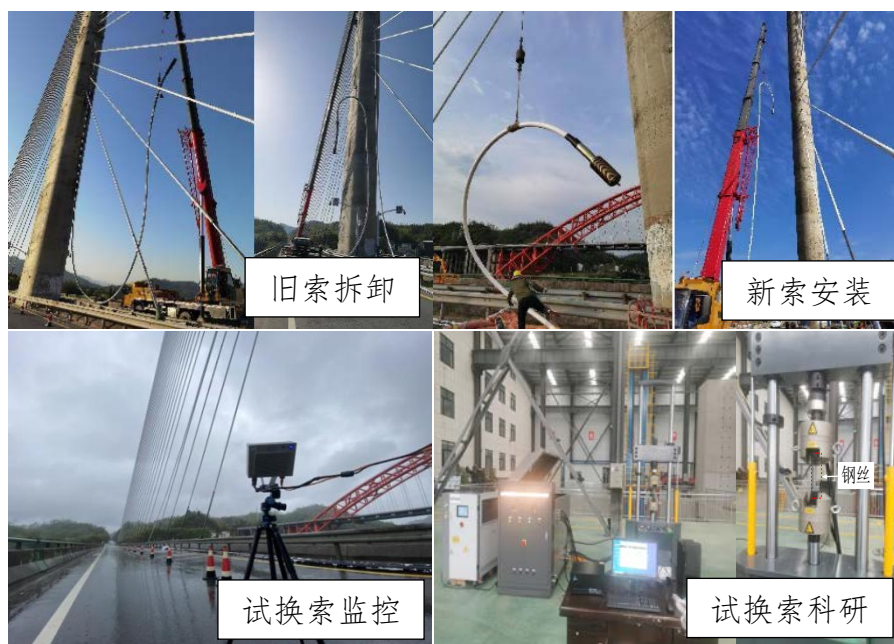


图 2 试换索工艺流程

（三）动态设计

本桥采用了动态设计，包括维修加固、结构健康监测、墩台防船撞等设计内容，并根据桥台施工时所发现的新增病害情况动态调整优化了处治设计方案。其中对试换索进行专项设计，根据旧索科研成果完善了全桥不换索设计方案。

（四）科学施工

包括维修加固施工、中央墩增设 CRF 防撞设施、桥梁健康监测系统工程。其中维修加固工程包括常规病害处治混凝土预防性养护涂装、斜拉索护套修复、增设 PVF 缠包及抗火保护、斜拉索减振圈更换及防水处治等。

三、工作成效

通过维修加固施工，将原桥的总体技术状况提升至 2 类且无 3 类构件，此外还增设了桥梁结构健康监测、墩台防船舶撞击设施等系统全面提升了大桥安全防护水平。本桥还通过对试更换拉索的检测及研究，为斜拉桥超龄服役斜拉索的

评估和更换提供了理论基础和实践经验。

四、主要亮点和推广经验

(一) 科学决策超龄服役斜拉索更换年限

根据本工程经验，拉索使用年限超过设计使用寿命，可通过试更换典型斜拉索，来评估桥梁结构的安全性，避免了盲目换索，为其他超龄服役斜拉桥的养护维修提供典型经验。

(二) 检测科研设计全过程系统结合的新模式

在安徽省内首次明确由原设计单位优先承担危旧桥梁改造工程设计，明确由检测、科研和设计联合体单位一揽子承担桥梁加固改造、船舶防撞治理和结构健康监测设计等，根据检测和科研的成果判断是否开展全桥换索设计等，采用新模式的组织实施，起到了提质降本增效的作用。

(三) 科技创新提升危旧桥梁改造实施水平

本工程检测阶段采用缆索机器人、雷达索力测试系统、无人机倾斜摄影、微波测振等技术进行检测；科研阶段采用力学试验-评估模型-实桥验证的思路开展拉索科学养护决策；设计阶段采用形变雷达、机器视觉、声纹定损等监测新技术，实现基于声纹定损的伸缩缝病害监测；施工阶段斜拉索采用了分层不同净空防护防火方案，斜拉索防火缠包采用玄武岩新材料和新工艺等，全面提升了危旧桥改造实施水平。

G20 西流高架桥维修加固工程

一、工程概况

G20 西流高架桥位于青岛市，桥梁全长 6850m，于 1995 年建成通车，该桥是连接青岛市李沧区、城阳区与即墨区的重要通道，2020 年该桥经检测被评为四类桥梁，为保证交通运输运营安全，提高道路服务水平，经青岛市交通运输局批准，对 G20 西流高架桥实施维修加固。



图 1 加固通车后的 G20 西流高架桥

二、主要做法

（一）先进的加固技术

1. 针对牛腿病害，本项目采取了新增立柱支撑和 UHPC 局部支撑两种加固方案，新增牛腿立柱对原桥上下牛腿结构均进行了有效支撑，加固后有效减小了牛腿结构内部受力，保障了桥梁的安全。在桥下空间受限，没有条件增设支撑立柱时，采用了 UHPC 牛腿局部支撑加固方案，该方案充分发挥了 UHPC 混凝土的性能优势，有效减小了原桥牛腿结构的内部受力。

2. G20 西流高架桥部分预应力钢筋混凝土桥跨采用了预应力碳纤维板与体外束组合加固方案，在桥跨加固过程中，

应用了桥梁加固伴随监测技术，通过在体外束张拉过程中持续对损伤待加固跨和具有相同结构特性的正常对比跨在同样荷载作用下的效应进行动态监控和对比分析，以结果为导向，实现了对预应力体外束张拉数值的精准控制，从而保证了加固效果。



图 2 牛腿局部支撑及体外预应力伴随监测技术

（二）优秀的管理模式

G20 西流高架桥维修加固工程采用了 EPC 总承包模式，在项目全过程中充分发挥了设计单位主导 EPC 模式的优势，不仅确保了梁板预应力碳板+体外束加固、牛腿增设支撑等关键技术的准确实施，而且在实施过程中实时优化设计方案，真正实现了对桥梁的精准加固，同时通过搭建的协同管理平台，打破了传统的管理模式，实现了对项目快捷、有效的管理。

三、工作成效

G20 西流高架桥维修加固工程充分发挥设计单位牵头的总承包工作模式优势，统一整合设计、施工、采购等各项资源，保障工程质量和工期，提前实现桥梁全线通车。

采用了预应力碳纤维板、体外束、高强钢丝布、增设牛

腿立柱或局部支撑、增设墩柱防护装置等加固措施，保证了桥梁的结构安全。通过混凝土破损修补、增设梁板滴水檐、修复排水设施、更换桥面铺装及防水层、更换伸缩缝等维修措施，提高了桥梁的耐久性，加固工作完成后，桥梁技术状况由 4 类提升至 2 类，经过后续一年多的运营观察，该桥技术状况等级稳定保持在 2 类，桥梁运营状况良好。

四、主要亮点和推广经验

（一）旧桥加固技术

G20 西流高架桥维修加固工程中，针对桥梁结构型式和技术状况，采用了多种先进的加固技术，避免了桥梁主体结构的拆除重建，最大限度的减小对社会的影响，做到了技术先进，安全可靠，经久耐用，经济合理和有利于环保。

（二）伴随监测技术

为保证预应力体外束加固效果，在预应力体外束张拉过程中，进行了伴随监测，通过对桥梁关键参数进行动态监控，精准控制预应力体外束张拉数值，保证桥梁加固效果。

（三）EPC 总承包模式

本工程采用 EPC 总承包模式，将设计、采购、施工交由总承包单位，保障了工程质量和工期。在工程项目的实施过程中，总承包模式实现设计与施工的统筹安排，保证了项目的质量和进度，为桥梁维修加固工程提供了新的思路和方法。

济宁普通国省道桥梁通航安全综合评估及防船舶碰撞提升工程

一、工程概况

根据公路危旧桥梁改造行动方案、船舶碰撞桥梁隐患治理三年行动实施方案要求，济宁市公路事业发展中心排查出 15 座普通国省道桥梁。这 15 座桥梁受建设时期设计规范、经济基础局限，建设标准相对落后，存在通航净空不足、桥墩位于主河槽等通航安全隐患。

二、主要做法

对 15 座普通国省道桥梁完成了桥梁通航安全综合评估及防船舶碰撞提升改造，针对性地化解船舶碰撞桥梁风险，保障桥梁运营和船舶通行的安全。

（一）桥梁通航安全综合评估

一是建立“一桥一策”机制，系统梳理分析桥梁现状，科学地制订桥梁问题隐患和制度措施“两个清单”，做好隐患排查工作；二是根据综合分析情况，编制通航安全风险及抗撞性能综合评估报告，组织相关行业专家进行咨询评审；三是充分论证，结合专家意见，对 15 座桥进行桥梁防船舶碰撞安全提升设计、施工。

（二）防船舶碰撞提升工程

济宁市 15 座国省道桥梁位于多条通航河流上，桥梁、航道情况各不相同，通过对 15 座桥分别开展桥梁通航安全风险及抗撞性能综合评估，因桥施策，采用了独立式防撞设

施、附着式防撞设施、完善导助航设施等方法提升各桥的防船撞能力。

1. 完善导助航设施。补全、更新了桥梁航标和警示标志，主要为桥涵标、桥柱灯、乙类桥梁标志、高度受限标志、桥名标牌、实时通航净高标尺、禁止会船标、浮标、安全警示标牌等。

2. 安装附着式防船撞设施。对桥梁构件抗船撞性能等级不满足规范要求的，安装附着式防船撞设施。根据桥墩安装条件、水位变动范围，分别采用了浮动式防船撞设施、固定式防船撞设施。

3. 设置独立式防船撞设施。对于桥墩抗撞性能远远达不到规范要求，或安装附着式防撞设施困难的桥梁，采取在桥墩上下游设置独立式防船撞设施的措施，避免桥墩受到船舶直接撞击，保障桥梁安全。

4. 设置警示导航桩。对于桥梁建设条件受限，难以通过设置独立式防船撞设施和附着式防船撞设施根治隐，设置多组警示导航桩，在桥区航道范围内形成导航段，引导船舶沿安全的航路通过桥区。



图 1 完善导助航设施



图 2 独立式防船撞设施

三、工作成效

根据桥梁自身的抗撞能力和风险水平，通过避免船舶直接撞击桥梁或削弱碰撞时对桥梁造成的损伤、引导船舶安全通过桥区等方式提升桥梁防船撞能力。目前各桥梁的船舶碰撞隐患均得到了针对性治理，桥梁运行安全得到了有效保障。

四、主要亮点和推广经验

(一) 部门协同联动提升工作效率

在本工程中，加强船舶碰撞桥梁隐患治理与公路危旧桥梁改造行动、京杭运河航道升级改造工程相衔接，建立了与相关部门间船舶碰撞桥梁隐患治理会商机制，实现了信息共享，形成了联动治理合力。

(二) 因桥施策提升桥梁防船撞能力

本工程中 15 座桥梁情况各异，经专业咨询设计单位的综合评估，对于抗撞性能不满足要求的桥梁，优先采取设置独立式防撞设施、附着式防撞设施、完善导助航设施等方式提升抗撞性能；对于难以设置防撞设施、加固或改造的桥梁，由交通局组织加强现场管理；对满足现状但不满足规划标准的，与相关部门对接后，待规划航道提升工程实施或桥梁改建时进行处治。

省道 S234 线揭阳老北河大桥改造工程

一、工程概况

省道 S234 线揭阳老北河大桥位于揭阳市榕城区，跨越榕江北河，分为两幅，一幅为拱桥（建成于 1965 年），一幅为梁桥（建成于 1990 年），桥面总宽度为 20.55m。拱桥幅全长 275.5m，跨径组合为 $8 \times 32\text{m}$ 。上部结构为空腹式双铰拱，下部结构为石砌桥墩。梁桥全长 276m，跨径组合为 $1 \times 10\text{m} + 8 \times 32\text{m} + 1 \times 10\text{m}$ 。



图 1 改造前后桥梁全景图

二、主要做法

1. 拆除拱桥桥面板，保留侧墙、挑梁和拱上填料，局部修补主拱圈，增大部分腹拱圈截面。

2. 更换梁桥全部支座和伸缩缝，增大盖梁截面，重做挡块。为满足设置双向四主车道的要求，对 T 梁的翼板加宽约 50 cm，新增横隔板（斜撑）和横隔板，对 32m 边 T 梁设置体外预应力体系。



图2 桥底改造前后对比图

3. 新增拱桥挑梁，拆除梁桥桥面铺装层，重做全桥桥面系。拆除全桥人行道及分隔带，重新设置机动车与非机动车道隔离护栏、中分隔带。拆除重做人行道及分隔带，重新设置栏杆。

4. 增大拱桥部分桥墩基础截面，并抛石防护。桥台钢管注浆加固，重做桥头搭板。

三、工作成效

本工程通过对原有桥梁的改造加固和合理施工组织，保留了原有石拱桥及梁桥，避免了旧桥拆除重建，做到了“修旧如旧”，不仅提升了桥梁安全和耐久性，还为城市保留了极具历史文化价值的景观。

四、主要亮点和推广经验

1. 本次维修加固不仅处治桥梁病害，提升桥梁安全性和耐久性，而且通过加宽桥面升级为双向四车道，设置非机动车道和人行道，提高桥梁的通行能力和行车舒适性、安全性。

2. 石拱桥凝聚着劳动人民的心血，具有历史人文价值，本次维修加固在保证质量和安全的前提下，保留了石拱桥原貌，具有极大意义。石拱桥本身具有构造简单、跨越能力大、

外型美观的特点，但存在连拱效应，整体性差，对地基要求较高的缺点，如今较少使用拱桥结构，可谓是拆一座便少一座。老北河大桥建成于 1965 年，是广东省内现存规模最大的石拱桥之一，且桥梁位于揭阳市区内，极具观赏价值，曾获陶铸副总理题字，如今已是城市著名的人文历史景点。

3. 维修加固相比拆除重建投资小、耗时短，深受广大市民的好评，经济效益高，社会效益好。

云阳县 G348 线双江大桥维修加固工程

一、工程概况

云阳双江大桥位于国道 G348 线万县—云阳—巫山—宜昌三峡库区沿江大道上。主桥上部结构为三连拱净跨径 126m 的钢筋砼箱型拱式结构，下部结构为空心式钢筋砼柔性墩，全桥长 523.188m，桥面宽度为 12.5m。



图 1 云阳双江大桥全景图

二、主要做法

(一) 桥梁维修加固方案

1. 本项目采用轨道式龙门架吊装设备，将桥面板由小铰缝构造更换为大铰缝一体化桥面板，有效解决了桥面“单板受力”问题。

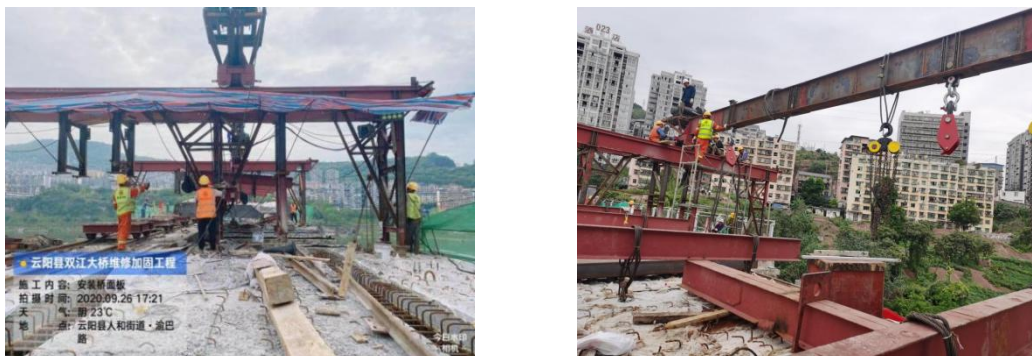


图 2 桥面板更换施工

2. 本桥引桥在 95m 范围内共设置 10 道伸缩缝，桥面行车舒适性很差。本项目通过更换新型无缝伸缩缝的方式，利用弹塑性体伸缩缝新材料适应变形能力强的特点，有效地降低了重车对桥面的冲击作用，增强了桥面行车舒适性。

3. 本项目采用超高性能混凝土 UHPC 新材料对原拱上横墙进行加高，解决了小尺寸混凝土不易振捣和养护的问题，保证了桥梁结构安全。

(二) EPC 管理模式

本桥在既有桥梁存在较多安全风险的情况下进行加固改造，设计技术难度大，施工实施难度大，因此本项目创新性地采用 EPC 管理模式，确保项目安全、快速施工。

三、工作成效

本项目作为应急抢险项目，为安全快捷解决桥梁病害问题，创新性地提出采用 EPC 管理模式，有效解决了桥梁加固项目安全风险大、实施工期紧的问题，同时针对现场项目情况形成了“大铰缝一体化桥面板”、“无缝伸缩缝解决拱桥零散变形缝问题”等多项技术创新，实现总工期有效缩短，工程质量经检测验收全部合格，桥梁病害实现快速靶向治疗。

四、主要亮点和推广经验

(一) 设计技术创新一大铰缝一体化桥面板

本项目创新性地采用大铰缝一体化桥面板，显著增强了桥面板之间的横向联系，从而加大桥面结构体系刚度与整体性，改善了桥面板整体的横向受力状态。

(二) 施工装备创新—轨道式龙门吊

基于传统履带式吊装设备自重大的缺点，本次创新性地提出了新型吊装设备——轨道式龙门吊，实现了设备的小型化，全套设备自重仅 30 吨；设备纵梁与横向移动组件连接，大大减小了纵梁在弯曲变形时对支撑组件的影响，大幅提高了吊装运输效率，将桥梁加固改造对交通的影响降到最低。

(三) 新材料应用—无缝伸缩缝

本桥引桥设置了多条变形缝，在长期重载作用下，拱圈存在多处渗水泛碱流膏现象。本次创新性地将无缝伸缩缝运用到引桥小变形位置处，有效地解决了引桥变形缝失效问题，增强了桥面行车舒适性。

(四) 新材料应用—超高性能混凝土 UHPC

本项目创新性地运用了 UHPC 新材料，利用其超高强度、超强耐久性和耐侵蚀性能等特点，成功解决了小尺寸结构强度和耐久性难以保证的问题。

(五) 实施模式创新—EPC 管理模式

本项目安全风险大，设计、施工技术难度高，采用 EPC 实施模式，有效解决了项目风险大、难度高、工期紧的问题。