

在役桥梁养护新模式及加固维修关键技术实践

汇报人：吴中鑫

浙江交工集团养护分公司

2023年6月29日

前言

全国数量
(座)

96.11万

桥梁总数

7417

特大桥

浙江数量
(座)

52815

桥梁总数

5404

高速公路

8023

国省道

39387

县乡道

全国
第三

桥梁垮塌事故



前言

序号	名称	桥型	属地	主跨(m)	通车时间
1	西堠门大桥	悬索桥	舟山	1650	2009年12月
2	秀山大桥	悬索桥	舟山	926	2019年9月
3	官山大桥	悬索桥	舟山	580	2019年9月
4	庆丰桥	悬索桥	宁波	280	2008年11月
5	嘉绍大桥	斜拉桥	绍兴	428	2013年07月
6	金塘大桥	斜拉桥	舟山	620	2009年12月
7	舟岱大桥	斜拉桥	舟山	550	2021年12月
8	台州湾大桥	斜拉桥	台州	488	2019年01月
9	乐清湾大桥	斜拉桥	台州	388	2018年09月
10	桃天门大桥	斜拉桥	舟山	580	2006年01月
11	富翅门大桥	斜拉桥	舟山	340	2019年09月
12	之江大桥	斜拉桥	杭州	246	2013年1月
13	岱山江南大桥	钢管拱桥	舟山	192	2009年2月
14	临海灵江三桥	钢管拱桥	台州临海	110	2010年11月
15	三门健跳大桥	钢管拱桥	台州三门	245	2001年11月
16	重庆细沙河特大桥	钢管拱桥	重庆	190	2009年7月
17	长兴吕山大桥	钢管拱桥	湖州长兴	70	2011年01月
18	飞云江五桥	钢桁系杆拱桥	温州瑞安	100	2016年12月



西堠门大桥



秀山大桥



嘉绍大桥



金塘大桥



桃天门大桥



乐清湾大桥

PART 1

在役桥梁养护新模式

PART 2

在役桥梁加固关键技术

PART 3

结构物防腐养护关键技术

PART 4

钢桥面铺装养护关键技术

PART 5

展望

1

在役桥梁养护 新模式探索



- 1.1 分级特桥特养新模式
- 1.2 巡检养一体化新模式
- 1.3 一站式综合养护新模式

1.1 分级特桥特养新模式

■ 国省道桥梁 养护现状

- 数量庞大
- 结构和环境复杂
- 养护资金有限
- 养护力量薄弱

■ 分级特桥特养新模式

养护理念

- 全生命
- 一站式

养护目标

- 桥梁养护专业化
- 信息采集系统化
- 应急养护高效化
- 资料管理标准化

分级养护

- 特殊桥梁**：加强重要关键部位监测、制定预防性养护策略、及时实施养护作业
- 普通桥梁**：建立“一桥一档”、制定分级养护计划、分批实施养护作业

养护特点

- 决策科学性
- 维修及时性
- 响应快速性

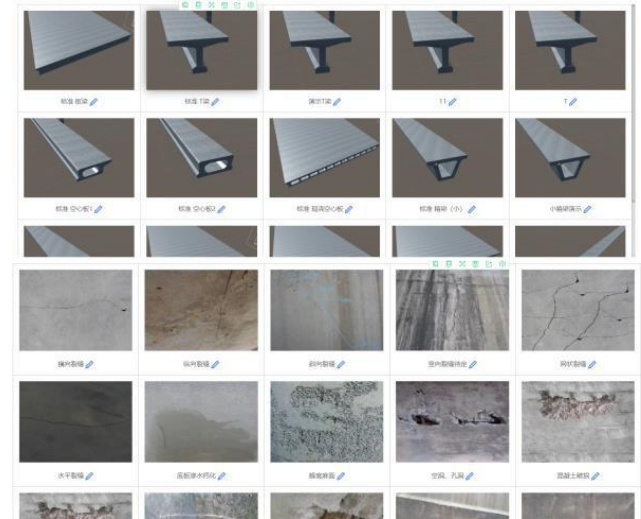
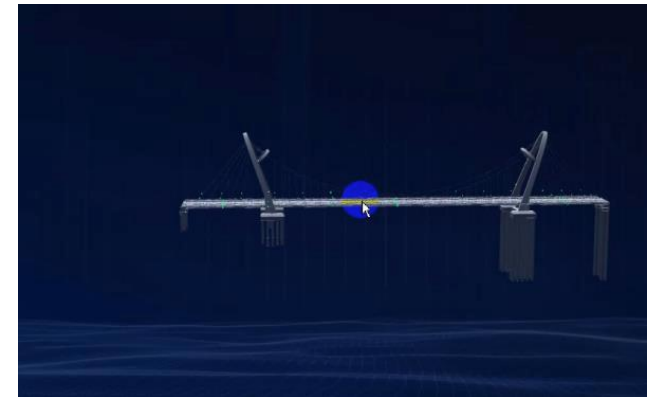
1.1 分级特桥特养新模式

■ 特桥特养综合管理系统

数据看板



三维分析



1.1 分级特桥特养新模式

■ 特桥特养综合管理系统

◆ 桥梁信息系统

把桥梁的设计信息、施工信息等基础信息进行统一管理，再结合检查监测、养护维修等动态数据，建立一桥一档的电子档案。

路桥数智管养系统

数据看板 巡检管理 养护管理 应急管理 健康监测 数据管理 系统设置

admin

经常性检查计划

梅溪一桥经常性检查测试 审批中 编号: JC20230608007

admin 养护公司 | 提交于2023-06-08 14:50:04 再次提交

请输入计划名称 查询

开始时间 - 结束时间 全部状 请选择桥

计划列表

梅溪一桥经常性检查测试 审批中

巡检桥梁 梅溪一桥(测试中)等1座桥

计划时间 2023-06-08至2023-06-30

admin 发起时间: 2023-06-08 14:50:04

没洗一桥经常性检查测试 已撤销

巡检桥梁 梅溪一桥(测试中)等1座桥

计划时间 2023-06-08至2023-06-30

admin 发起时间: 2023-06-08 14:48:49

2022年梅溪一桥经常性检查计划 已驳回

巡检桥梁 梅溪一桥(测试中)等1座桥

计划时间 2022-01-01至2022-12-31

admin 发起时间: 2023-06-08 14:05:23

1

梅溪一桥经常性检查测试 审批中

计划名称: 梅溪一桥经常性检查测试 计划时间: 2023-06-08至2023-06-30 巡检桥梁: 梅溪一桥(测试中) 更多

备注:

检查内容及频率

序号	桥梁结构	桥梁构件	检查方式	检查频率
1	上部结构	梁		
		锚固孔		
		实心板梁		
2	下部结构	支座		
		翼墙、耳墙		
		锥坡		
		护坡		
		墩台基础		
		河床		
3	桥面系	调治构造物		
		人行道		
		栏杆、护栏		
		照明、标志		

* 路线编号	G1513	* 路线名称	金丽温高速
* 路线等级	高速公路	* 行政等级	国家级
所属板块	浙南板块	管养单位	浙江金丽温高速公路有限公司
所属路段	温州段	* 桥梁代码	G1513L0010330304
桥梁编号 (旧)		母桥代码	
* 顺序号	001	扩充码	0
* 桥梁名称	金竹高架桥(左幅)	* 运营桥位桩号	K
运营起点桩号		运营终点桩号	
施工桥位桩号	K1+829	施工起点桩号	K0+941
施工终点桩号	K2+722	* 路线类型	L
* 所在省	浙江省	* 所在市、地	温州市
所属乡镇	瓯海区	中心纬度	
中心经度		桥梁用途	公路桥
桥梁性质	永久性	桥梁状态	运营
设计时速	100Km/h	通行载重	请选择通行载重
通航等级	不通航	跨越地物名称	
跨越地物类型	河流(含运河、湖泊、	桥梁限高	
下穿通道名		下穿通道桩号	
设计荷载等级	公路-I级	目前荷载等级	公路-I级
桥梁平曲线半径		弯斜坡度	
弯斜特征	常现桥	产权单位	浙江省交通投资集团有限公司
设计单位	温州交通工程设计院	监理单位	武汉大通公司
施工单位	中港二航局二公司	建桥年月	2000-10-08
改建年月	请选择日期	移交管养权	否
左右幅分离	否	备注	

1.1 分级特桥特养新模式

■ 特桥特养综合管理系统

◆ 安全监测系统

➤ **数字化采集检查：**具备桥梁各类检查的任务派单、病害采集、状况评定、报告导出等功能。



➤ **远程在线监测：**桥梁状况进行实时监控，根据桥梁监测数据处理及分析，实现结构安全的分级预警，有效保证桥梁结构的运营安全。



1.1 分级特桥特养新模式

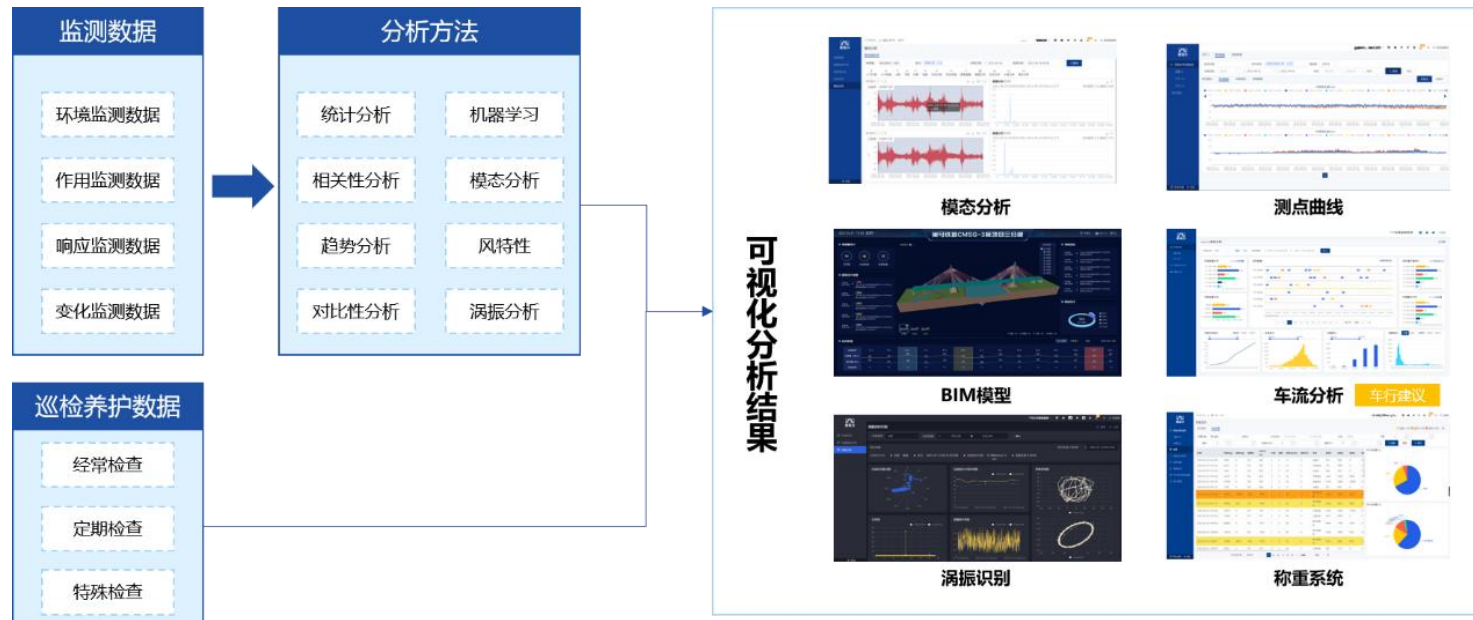
■ 特桥特养综合管理系统

◆ 养护决策系统

➤ **养护决策：**针对桥梁的检查监测信息进行评估，同时引入桥梁专家与资深工程师进行辅助判断，通过两方面的分析、研判最终出具养护维修方案。

- **重点关注桥梁：**根据分析模块的成果列出辖区或线路的关注重点桥梁，便于管理者合理制定养护计划。

- **养护成效后评估：**对实施的预防性养护、“四新”技术等养护措施进行成效评估，为后续技术推广应用奠定基础。



1.1 分级特桥特养新模式

■ 特桥特养综合管理系统

◆ 养护实施系统

根据养护决策系统下发的**养护维修方案**进行**自动派单维修与记录**，系统自动派单给养护维修人员，自动调配各类设备和材料，并对维修后的结果进行**质量判定**，最后生成**养护维修记录与结算单**等报告报表。



1.1 分级特桥特养新模式

■ 分级特桥特养实践

在临海市国省道和农村公路桥梁养护工程中，根据“一桥一策”原则为**7座特殊桥梁**提供全方位定制化养护服务，为**474座国省道和农村公路桥梁**（总里程超34km）提供普通桥梁养护服务。建立了“一桥一档”，实现了**桥梁结构隐患排查全覆盖**，**做实特殊桥梁的结构状态监测与分析、重点构件保养养护、重点结构和病害跟踪**等工作**并常态化**，**应急响应及时**，桥梁结构病害处治、日常养护、养护计划制定和养护资料专业化、程序化和科学化。



头门港大桥桥梁技术状况核查



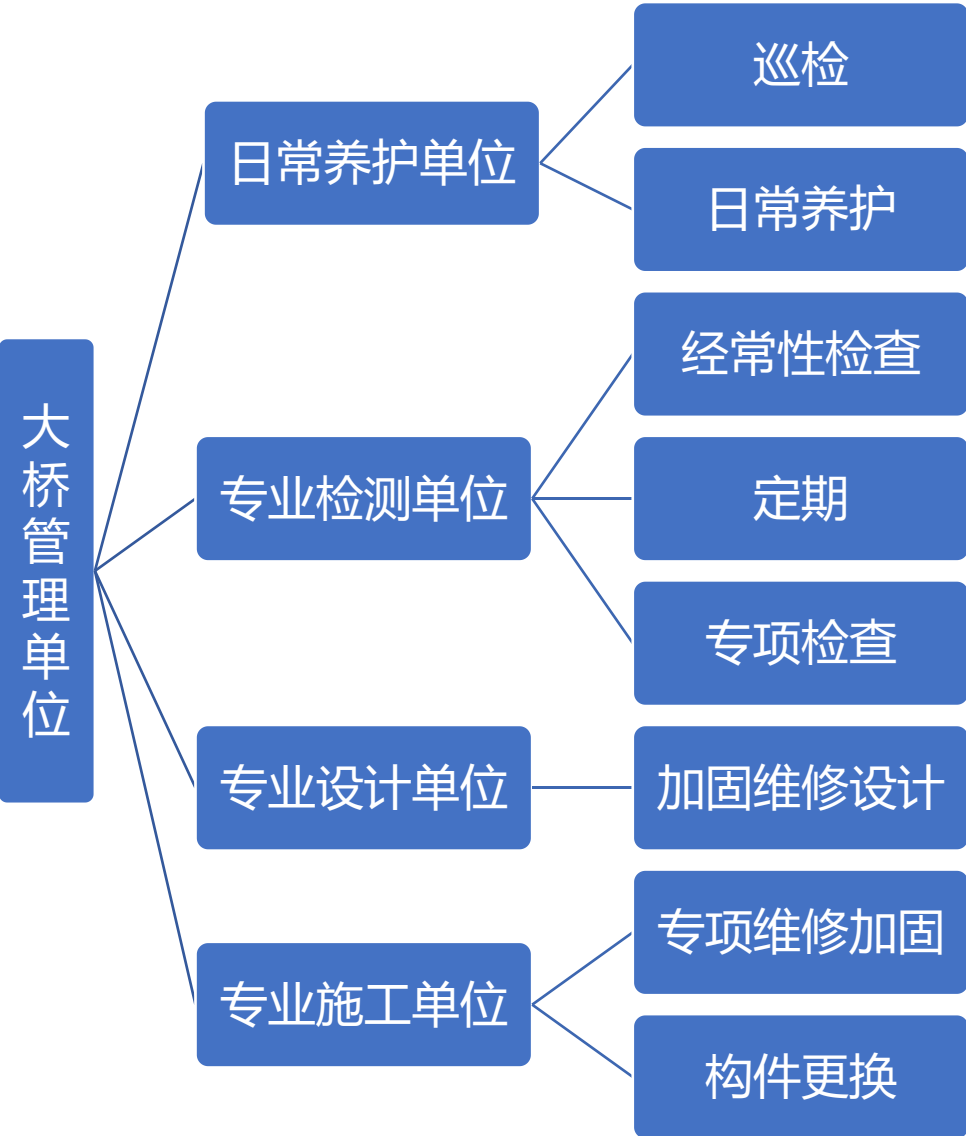
桥梁监测系统值勤



桥梁现场检查

1.2 巡检养一体化养护模式

■ 大桥传统养护模式



■ 巡检养一体化养护模式

由具有检测、设计、施工资质的综合养护单位或由养护单位牵头联合检测单位、设计单位形成联合体承担大桥巡查、经常性检查、定期及专项检查、养护维修和加固施工全部养护工作。

优点

中长期养护由稳定的、长期的、熟悉桥梁实际状况养护单位承担，桥梁巡查、经常性检查、定期及专项检查、养护维修一体化管理，全过程各阶段**统一规划、统一安排、统一建设、统一管理。**

有助于更好完成**应急事件**处治，能对桥梁养护中遇到的疑难杂症进行准确诊断、对症下药，及时根治病害。

■ 巡检养一体化养护实践

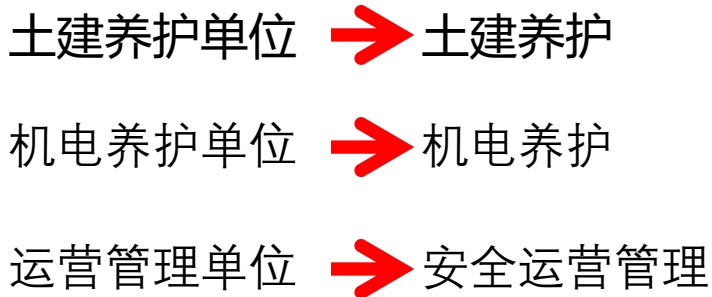
2022年在乐清湾跨海大桥养护工程中采用该模式，高速公路养护施工更简便、更安全，提高了养护作业效率，降低了养护成本，对疑难杂症的处治有了更充足的时间和资源，降低了管养单位的工作强度。



1.3 一站式综合养护新模式

■ 大桥传统养护模式

传统
养护
模式



■ 一站式综合养护模式

将大桥的土建养护、机电养护、安全运营管理等各方面养护需求整合到一个综合性养护项目，由综合实力强的养护单位负责养护。

优点

- 充分调动养护单位主观能动性，超前开展养护工作，精准决策、防治结合，大幅提升大桥结构技术状态和服役寿命，降低运营安全风险。
- 减少桥梁管理单位的日常性工作。

■ 巡检养一体化养护实践

针对特殊结构和特大桥的养护，基于全生命理念，于2022年率先在舟山市的鱼山大桥养护工程中将鱼山大桥的土建、机电、海上安全区管理、通行管理等纳入养护工作。经过一年的时间，经受住疫情考验和管控压力，严密监视和管控海上船舶碰撞风险，能够及时发现桥梁隐患并处治，确保大桥安全通行，服务国际一流的大型、综合、现代的石化产业基地。



2

在役桥梁加固 关键技术

2.1 钢管拱桥整体提载加固技术

2.2 钢箱梁焊缝开裂抑制技术

2.3 新增桩基承台加固技术

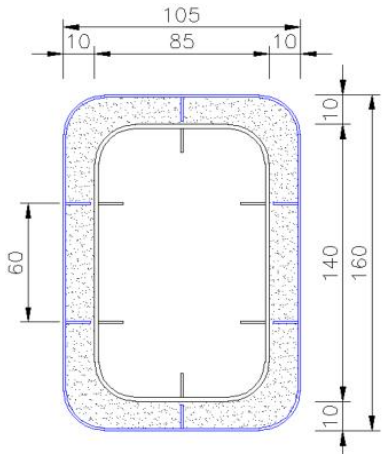
2.4 独柱墩改造技术

2.5 桥梁墩梁联合纠偏技术

2.6 桥梁伸缩装置快速更换技术



2.1 钢管拱桥整体提载加固技术



提高钢横梁
整体性

提高钢系梁
安全储备

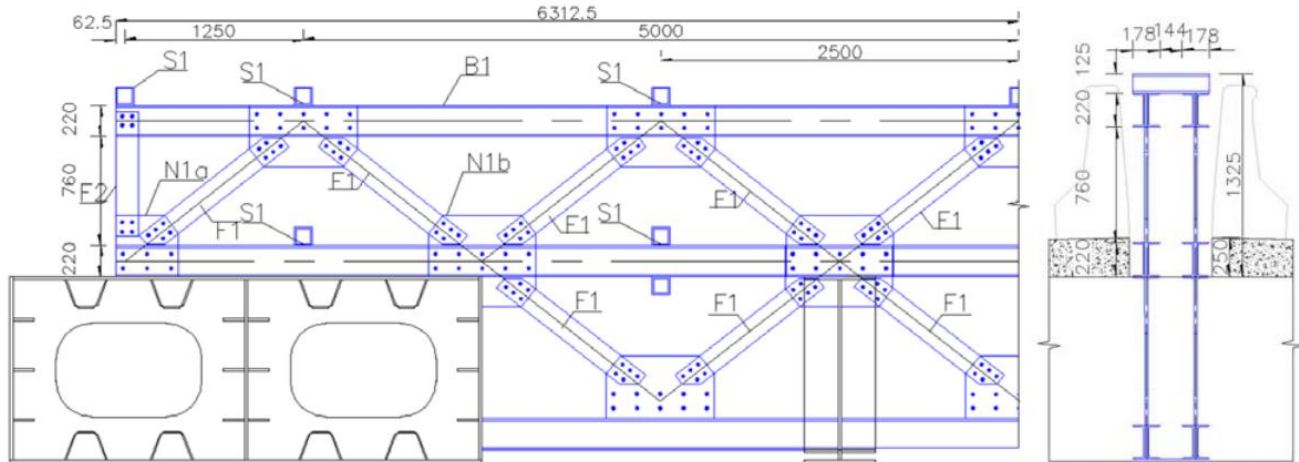
◆ 技术特点

主动和被动加固多项技术综合利用，技术要求高，技术难度大，加固效果明显。



拱肋混凝土脱空及
提升安全储备

提高混凝土桥面
板承载力

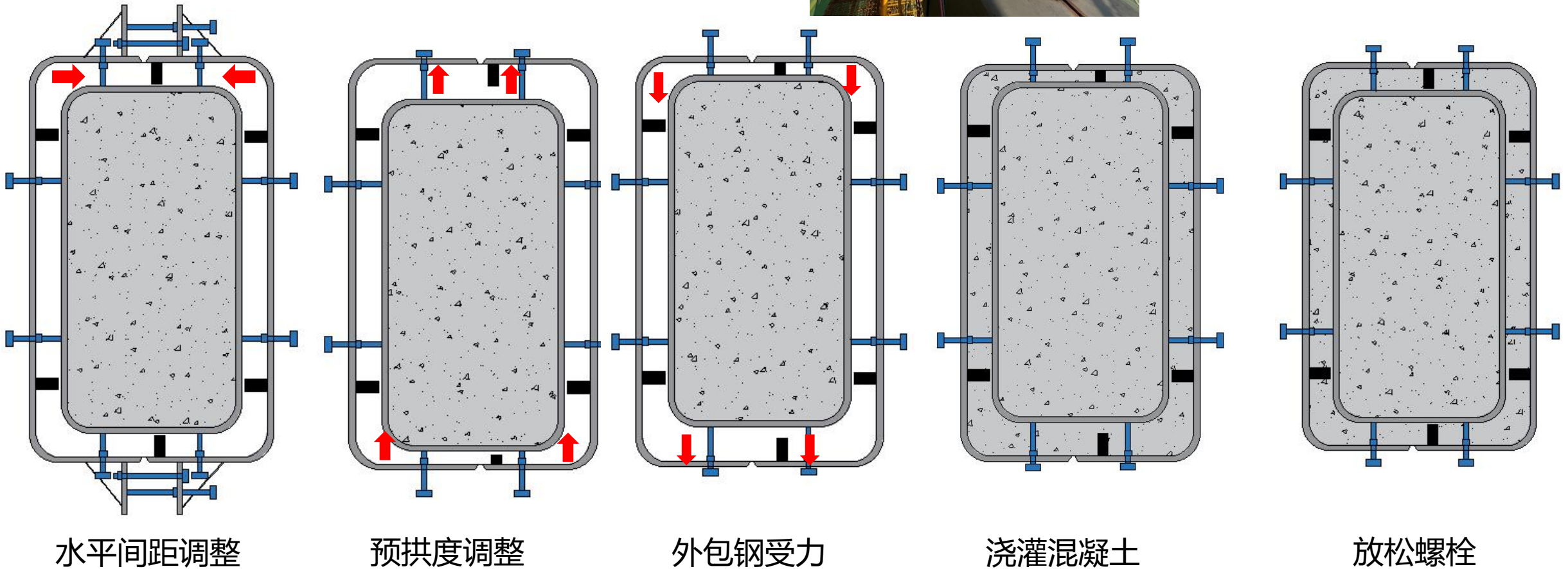


◆ 适用范围

适用于钢管拱桥钢管混凝土拱肋、钢系梁、钢横梁以及桥面系等局部或整体加固改造工程。

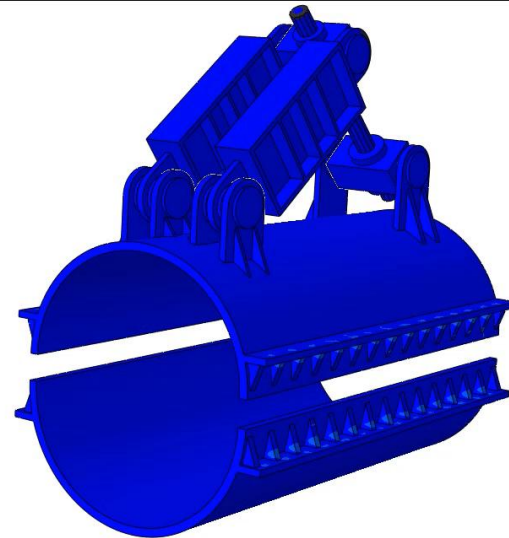
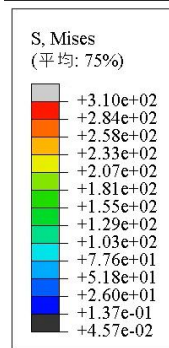
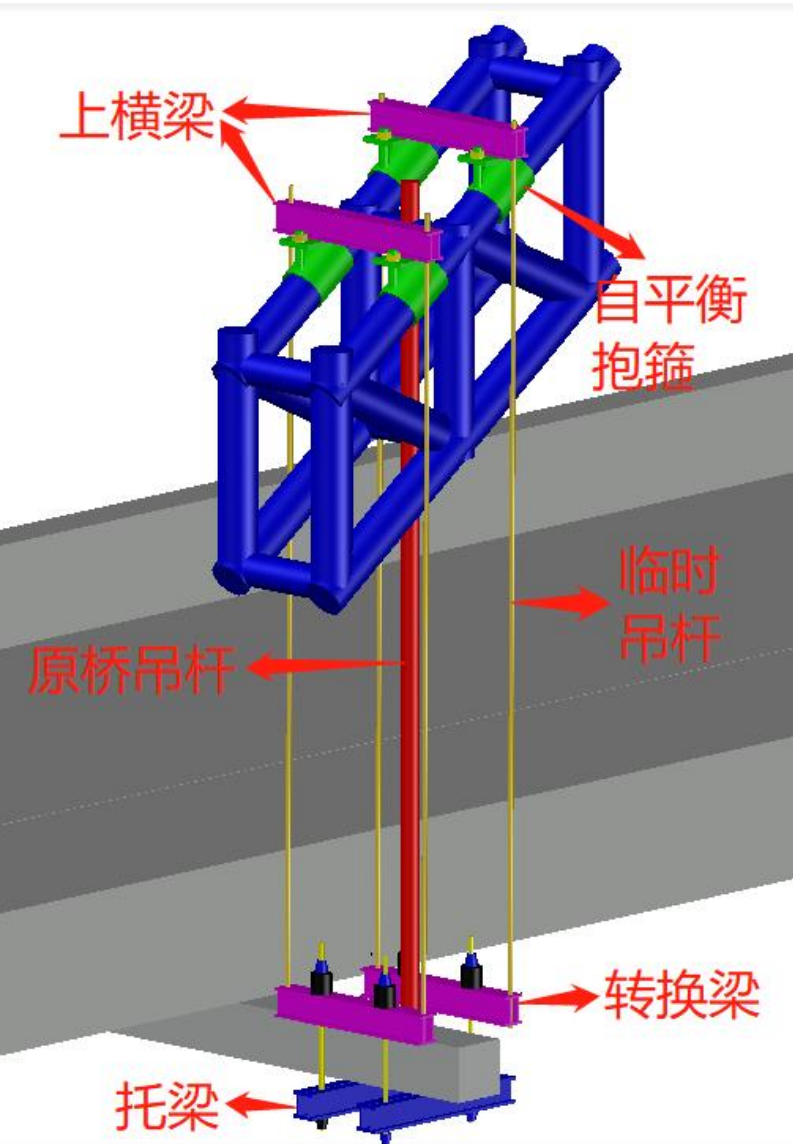
2.1 钢管拱桥整体提载加固技术

■ 钢管混凝土拱肋外包钢精准控制技术



2.1 钢管拱桥整体提载加固技术

吊杆无损伤更换技术



自平衡抱箍应力变化过程



- 可适应任意角度拱肋
- 不对钢管拱肋造成损伤
- 因自调平可重复利用
- 施工效率、经济效益高

2.1 钢管拱桥整体提载加固技术

■ 典型案例

该技术已获得公路工程工法1项、中国专利7项（其中3项实用新型已授权、4项发明专利实审中），该项技术成功应用于岱山江南大桥、临海灵江三桥、三门健跳大桥、长兴吕山大桥、重庆细沙河特大桥等省内、外钢管混凝土拱桥加固工程中。



岱山江南大桥（主跨192m）



临海灵江三桥（主跨110m）



三门健跳大桥（主跨245m）



长兴吕山大桥（主跨77m）



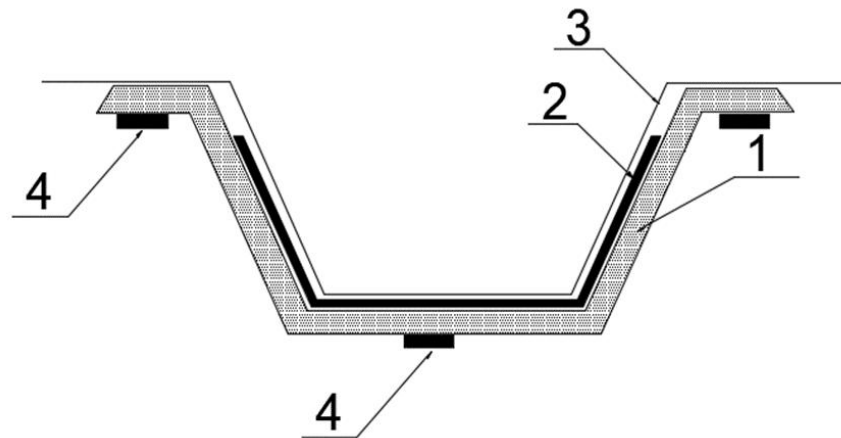
重庆细沙河特大桥（主跨190m）

2.2 钢箱梁焊缝开裂抑制技术

■ 保温与预热方法

采用自主研发的实用新型专利《裂缝修复装置》对钢箱梁顶板U肋就行预热和保温。

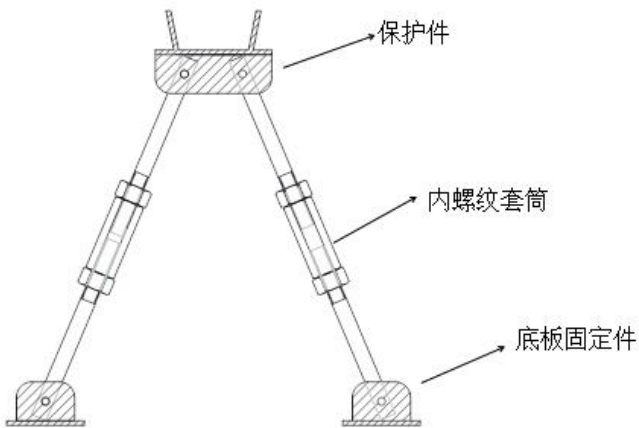
在钢箱梁焊接完成前预先将异形板式带加热器加热，在钢箱梁焊接完成后异形板式带温控加热器温度达到《钢结构焊接规范》（GB 50661-2011）7.7.1节要求的值（250℃~350℃），缓慢降温1h以上。



2.2 钢箱梁焊缝开裂抑制技术

■ 焊缝开裂预防性养护技术

针对大桥钢箱梁顶板U肋嵌补段存在裂纹，通过不断探索和实践完成了基于装配式支撑架的钢箱梁顶板裂纹加固施工方法，该技术避免了钢箱梁内部动火作业，对原结构不会产生二次损伤，有效解决了顶板U肋嵌补段的止裂和加固。



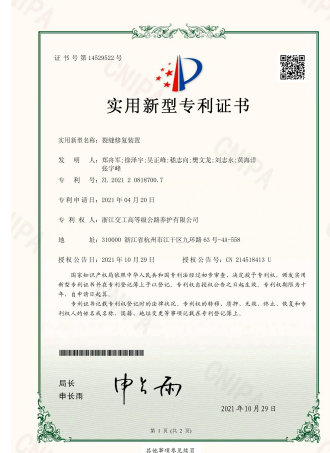
2.2 钢箱梁焊缝开裂抑制技术

应用案例

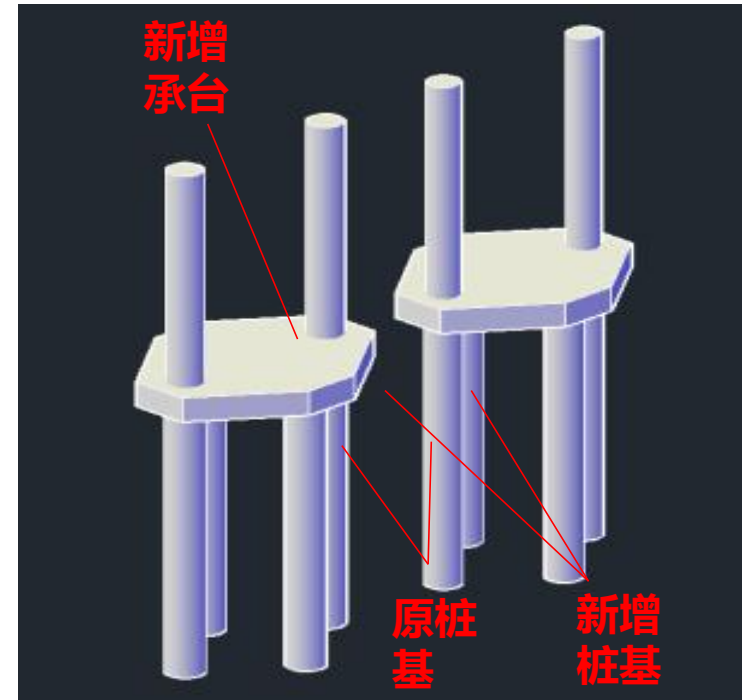
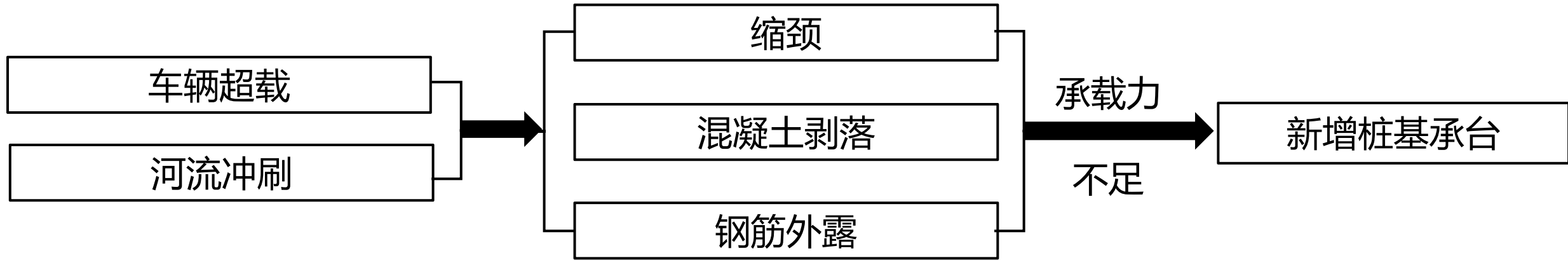
该技术已获浙江省科学技术二等奖、2项公路工程工法、2项授权实用新型、1项授权发明专利、核心论文1篇，省部级QC1项。

2021年10月10日~11月10日在西堠门大桥上采用该技术对开裂交叉焊缝进行维修补焊。

2021年11月5日~20日在桃天门大桥上采用改技术对开裂交叉焊缝进行维修补焊。

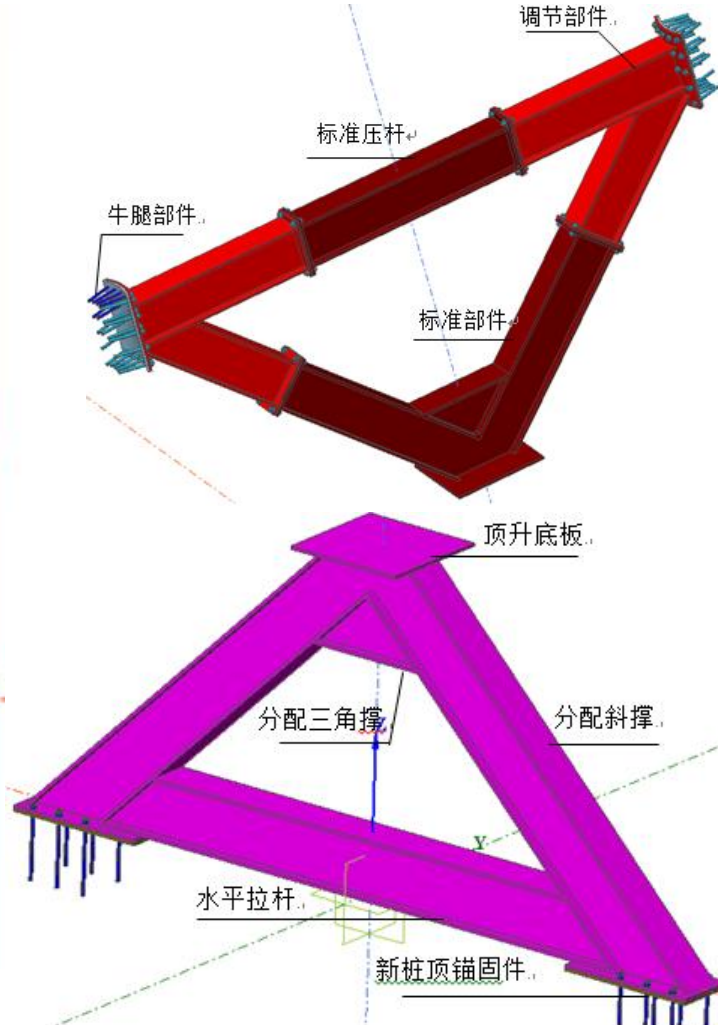
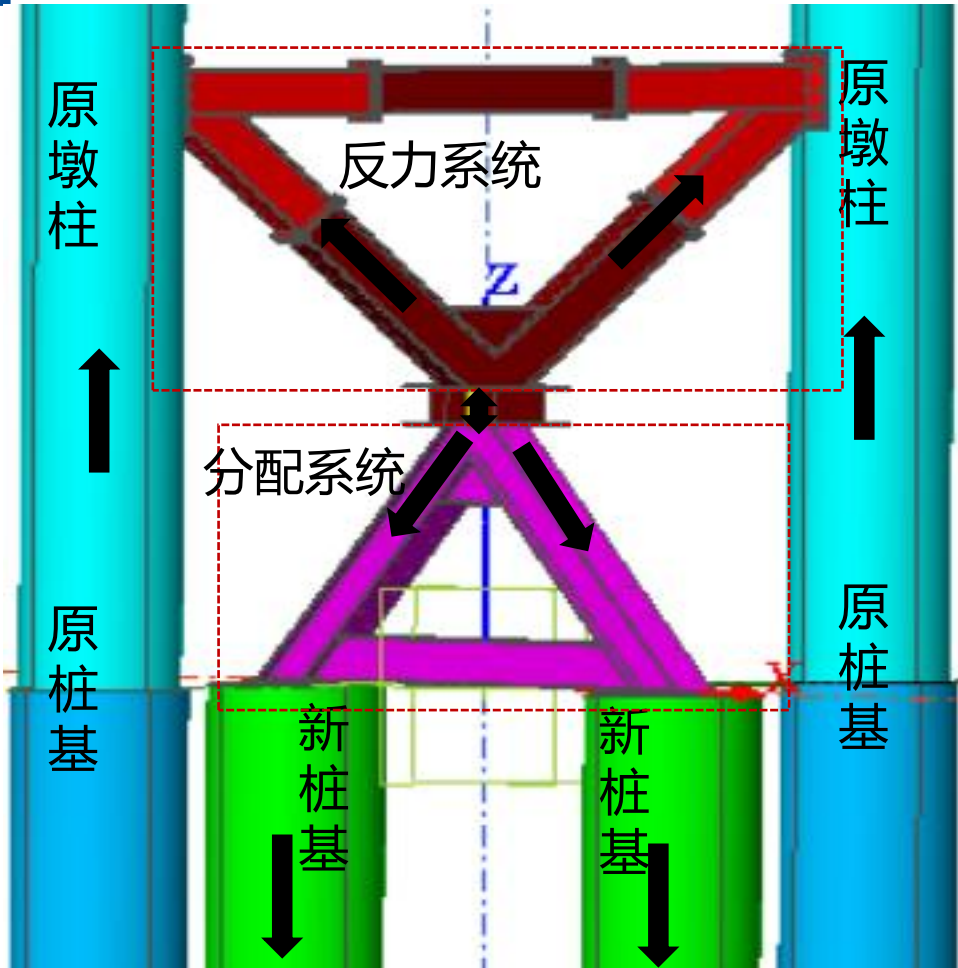
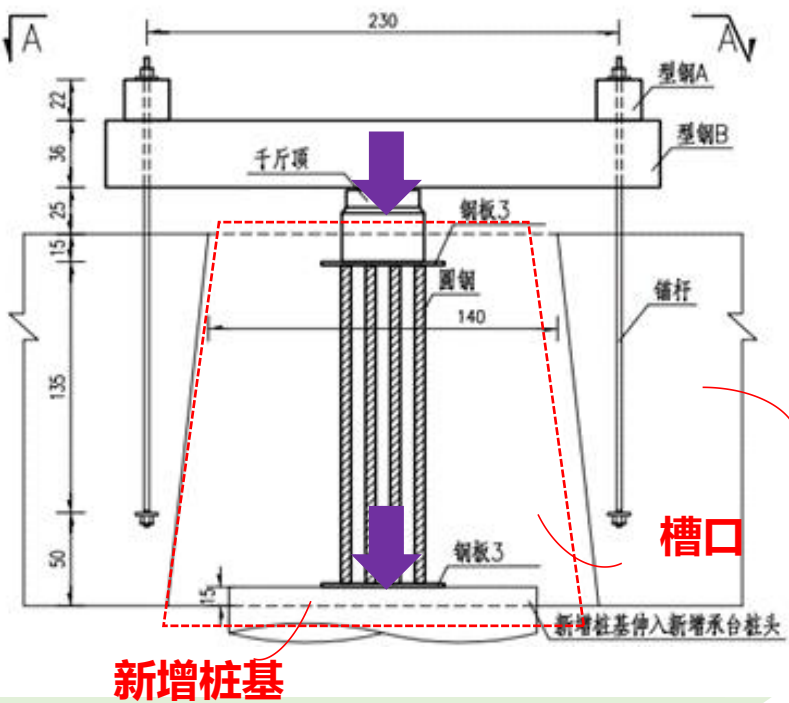


2.3 新增桩基承台加固技术



2.3 新增桩基承台加固技术

- 荷载分配方式
- 新桩基承担原桩基全部荷载
 - 原桩基继续承担原有荷载
 - 新桩基承担原桩基部分荷载



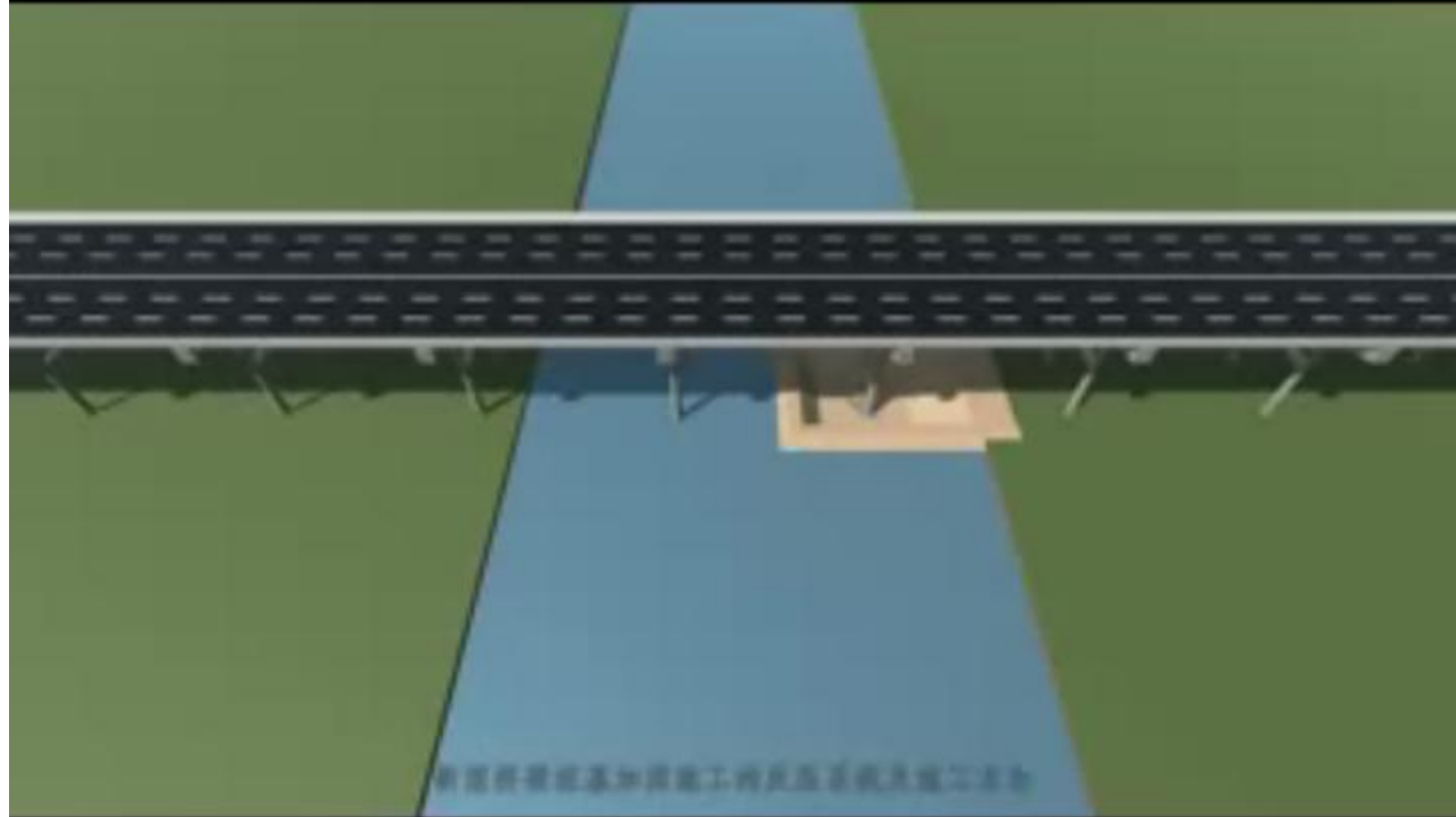
承台

优点

- 承台混凝土一次浇筑，施工工期短、现场操作简单、安全隐患低。
- 优化承台传力方式和路径，降低新承台配筋率、缩减新承台尺寸。
- 施工精度高、重复利用率高。

2.3 新增桩基承台加固技术

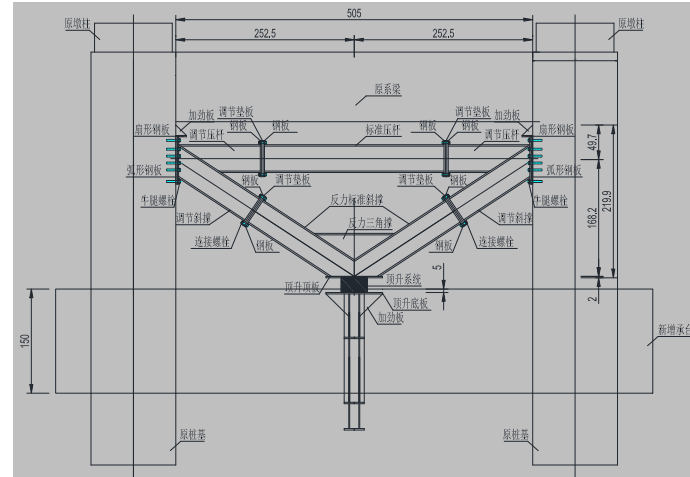
该技术已获得公路工程工
法1项、授权实用新型专
利1项、省级QC活动1项、
核心期刊论文1篇。



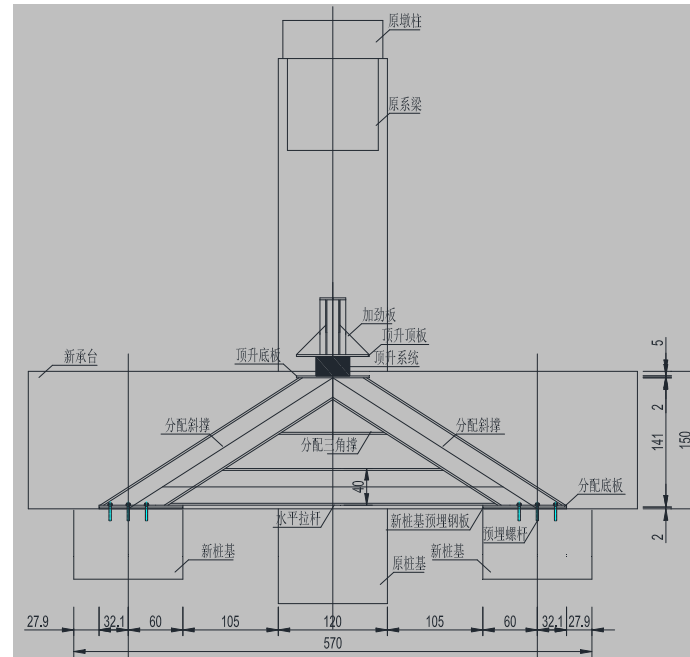
2.3 新增桩基承台加固技术

■ 典型案例

该技术已获得公路工程工法1项、授权实用新型专利1项、省级QC活动1项、核心期刊论文1篇。



下各互通F 匝道1 号桥 (11~12#、14~18#)



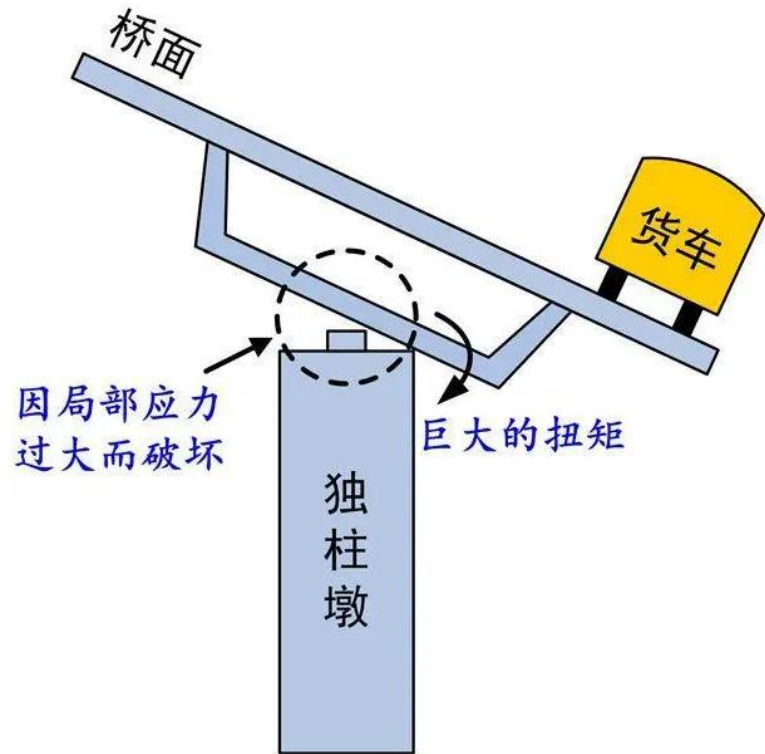
叶家吞大桥左幅12#承台。



叶家吞大桥 (12~ 15#)

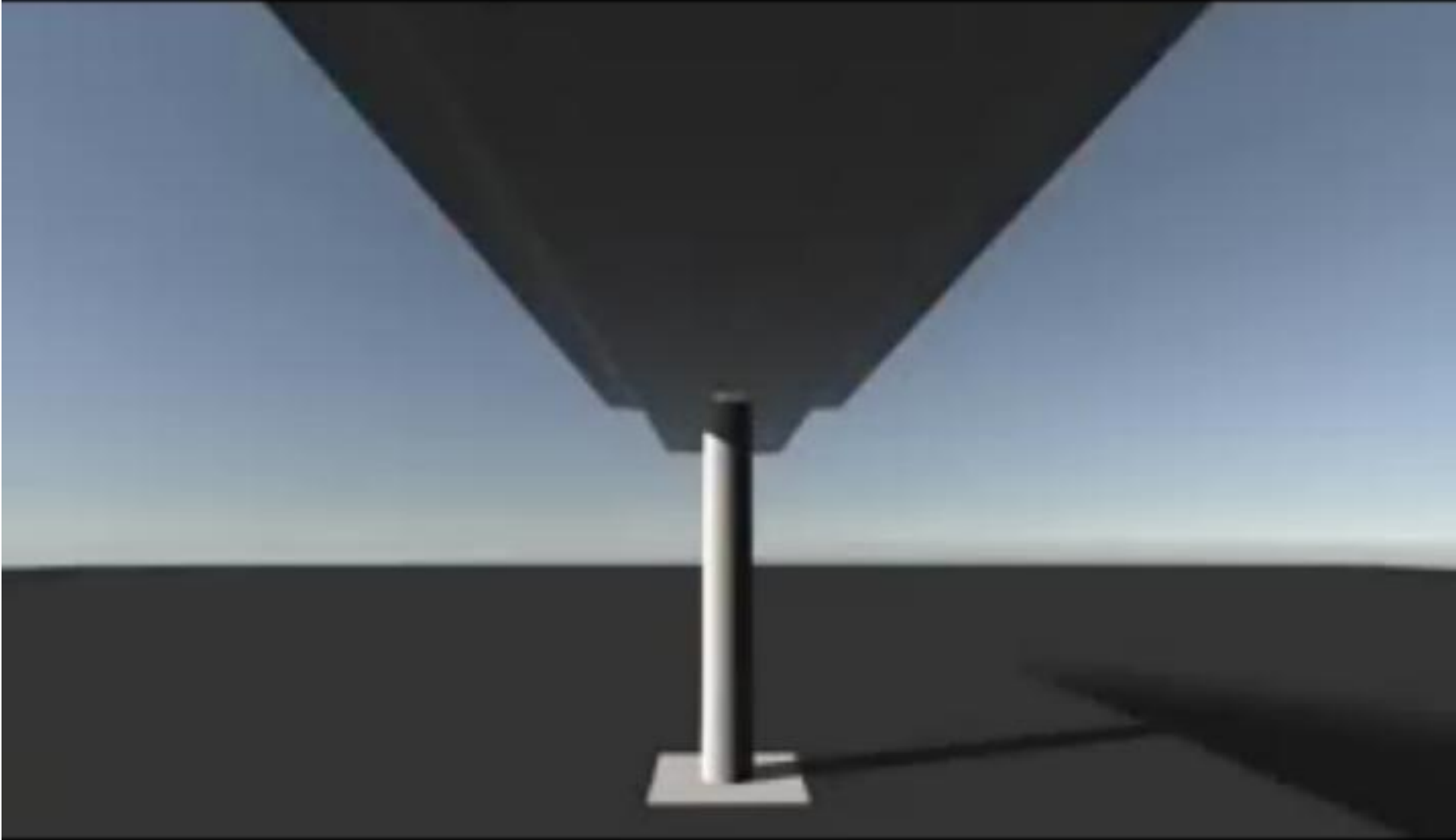
2.4 独柱墩改造技术

时间	地点	事故原因	伤亡人数
2007.1	包头110国道立交桥	3辆超载货车	4人受伤
2009.7	津晋高速公路匝道桥	3辆超载货车密集停置	6死4伤
2011.2	浙江上虞春晖立交桥	4辆超载货车	3人受伤
2011.7	天津第九大街跨京山铁路桥	5辆超载货车	无
2012.8	哈尔滨阳明滩大桥引桥	3辆超载货车集中靠右行驶	3死5伤
2015.6	粤赣高速匝道桥	4辆超载货车	1死4伤
2019.10	无锡312国道高架桥	货车超载	3死2伤



2.4 独柱墩改造技术

■ 施工动画



2.4 独柱墩改造技术

■ 实施应用

最早于2010年承接黄衢南高速（衢州段）独柱墩改造项目，已有12年的独柱墩加固经验。已完成的独柱墩加固项目遍布浙江省内，其中杭州南7座，沪杭甬23座，金华7座，丽水11座，衢州9座，台州24座，温州16座，共计承接桥梁独柱墩加固桥梁超过100座，改造墩柱墩数量超过1000个。

年	项目数	桥墩数	合同额（万元）
2010	黄衢南高速（衢州）	18	219.5
2011	SS13练杭、台金、涌金、杭长等高速	34	456.4
2012	乍嘉苏、杭州绕城等高速及舟山跨海大桥	83	1032.4
2019	台金高速	30	415.6
2020	台金高速及舟山跨海大桥	330	3004.5
2021	沈海、诸永（台州段和温州段）、龙丽、丽龙、甬台温等高速及灵江三桥	523	5188.7
2022	甬台温（温州段）、金丽温、龙丽、丽龙、台金、黄衢南和杭徽高速	245	2354.1
合计		1263	12671.2



2.5 桥梁墩梁联合纠偏技术

■ 桥梁偏位原因



施工缺陷



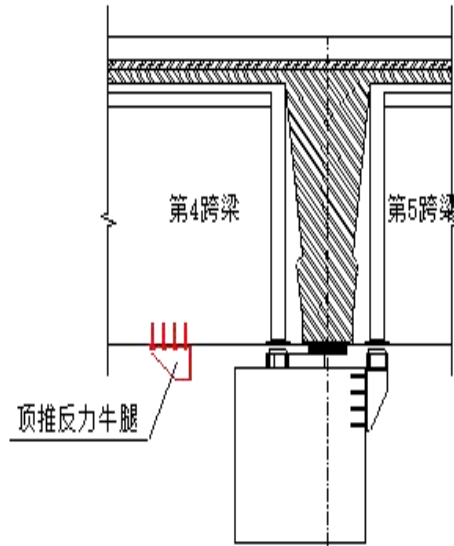
不对称堆载



水平制动力超限

■ 传统纠偏技术

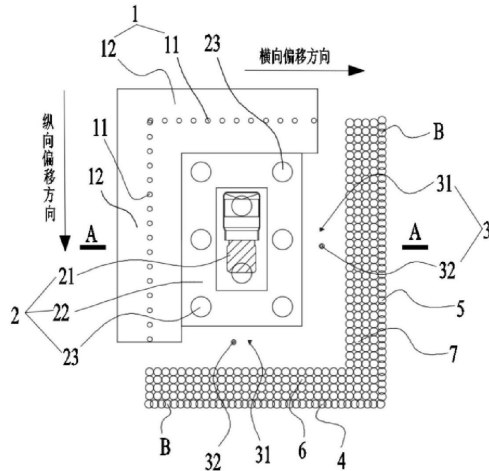
➤ 上部结构反力牛腿法



优点：充分利用上部结构，受地质条件影响小，成本低；

局限性：对于偏位较大的工况有时不能做到完全复位。

➤ 喷射注浆桩法

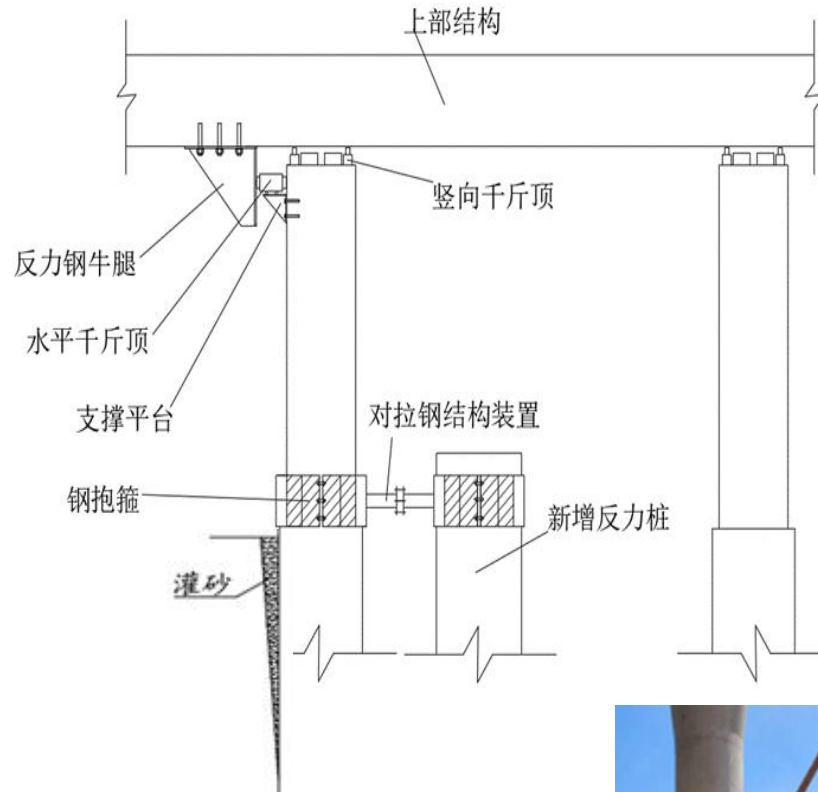
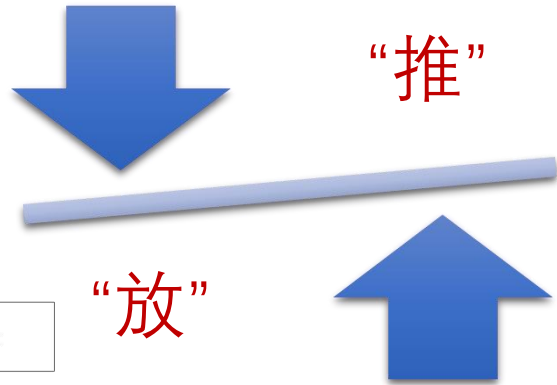


• **优点：**改变桥墩周围土体压力，可实现多方位纠偏；

• **局限性：**周期长。

2.5 桥梁墩梁联合纠偏技术

■ 联合纠偏技术



施工监控



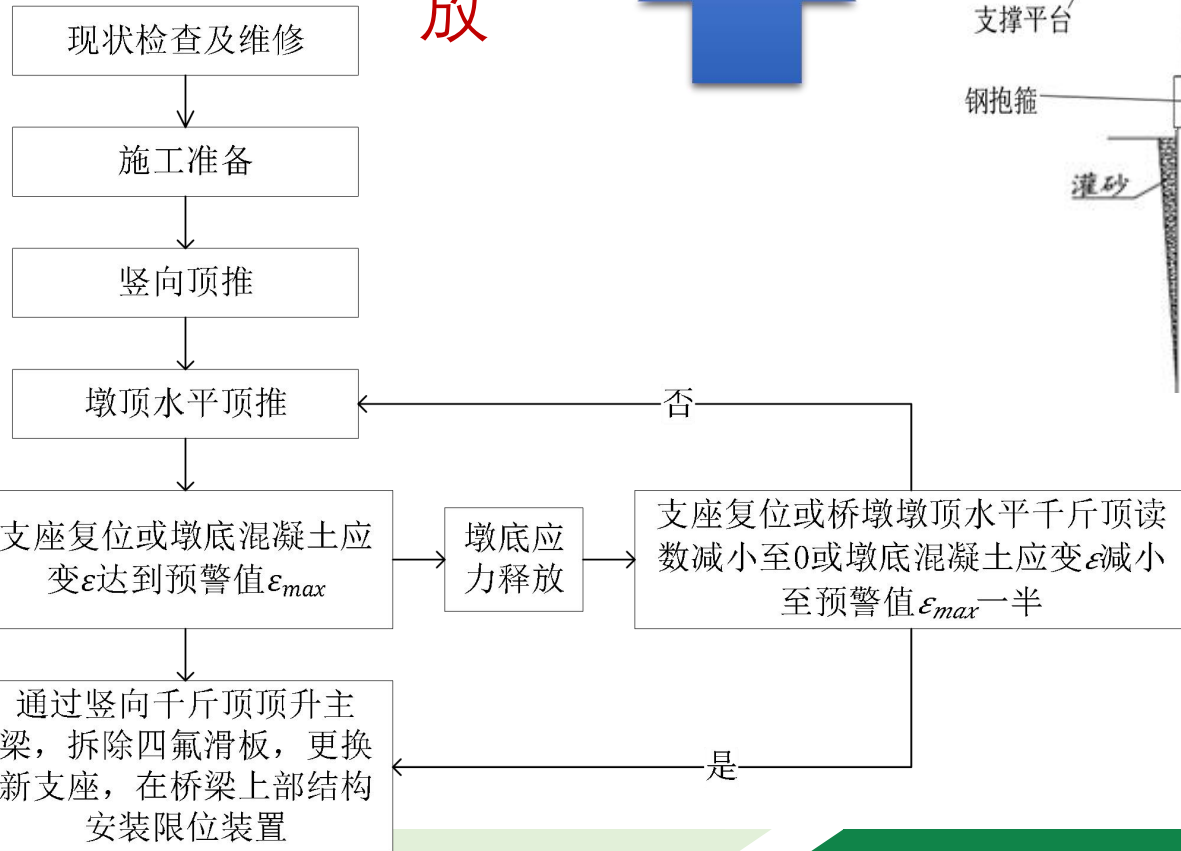
墩顶水平顶推



墩底应力释放



应力消散孔施工



2.5 桥梁墩梁联合纠偏技术

■ 典型案例



山下郎互通D匝道桥偏位处治工程

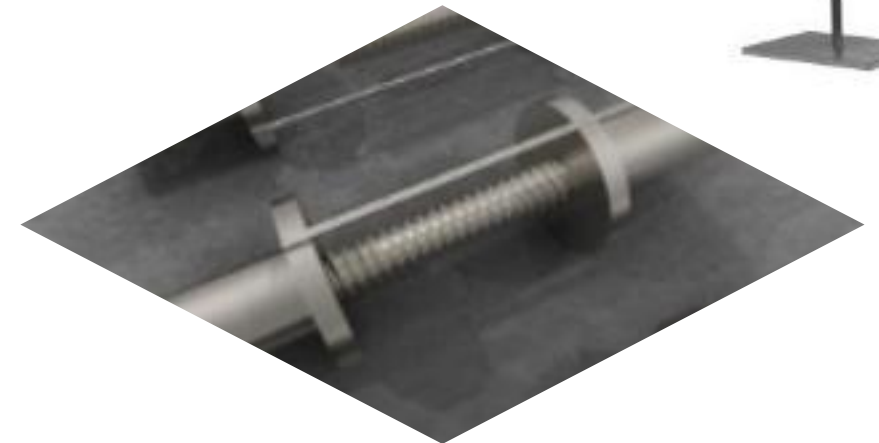
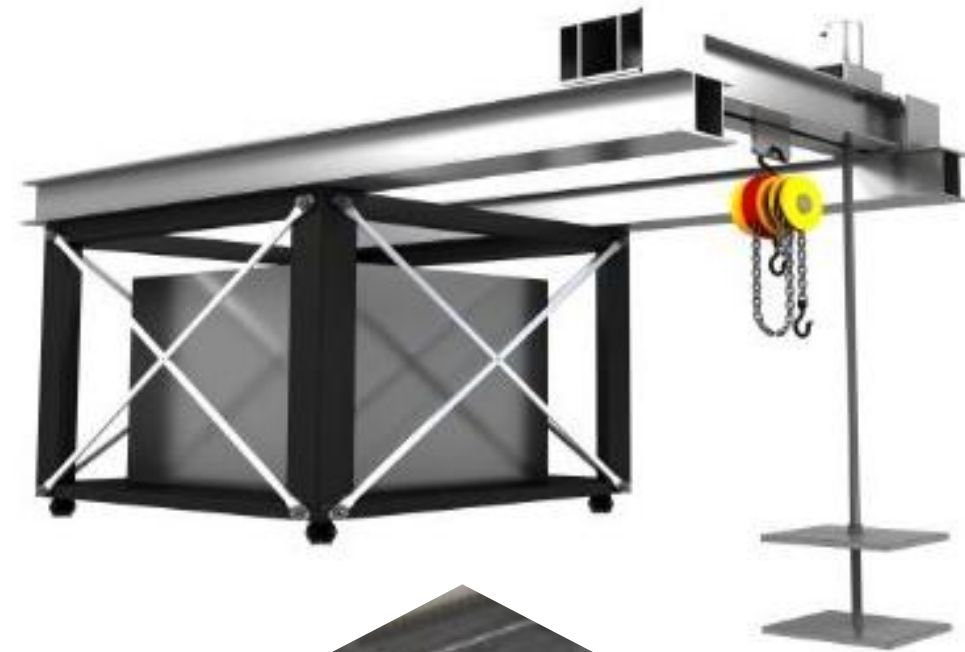


甬舟高速册子互通桥墩偏位处治工程

2.6 桥梁伸缩装置快速更换技术

快速更换技术

项目		产品名称：快速抢修高性能自密实混凝土			执行标准
		检测指标			
		C40	C50	C60	
初始扩展度 (mm)		≥550			GB/T50080-20
初凝时间 (min)		≥20			JT/1211.1-20
抗压强度, MPa	2h 或 5h	15	--	≥30	JT/1211.1-20 18
	1d	--	30	≥40	
	28d	≥40	≥50	≥60	
弯拉强度, MPa	2h	≥3.5	≥4.0	≥4.5	GB50107-2010 ;
	1d	≥4.0	≥5.0	≥5.5	
	28d	≥6.0	≥7.0	≥8.0	
1d 与基准混凝土粘结强度 (MPa)		≥1.5			JT/1211.1-20
28d 干缩率, %		≤0.02			JT/1211.1-20
龄期强度比	抗压强度	$R_{c28d}/R_{c7d} \geq 1$			JT/1211.1-20 18
	抗折强度	$R_{f28d}/R_{f7d} \geq 1$			
氯离子含量, %		≤0.06			JT/1211.1-20 18
抗冻性		D≥150			JT/1211.1-20 18

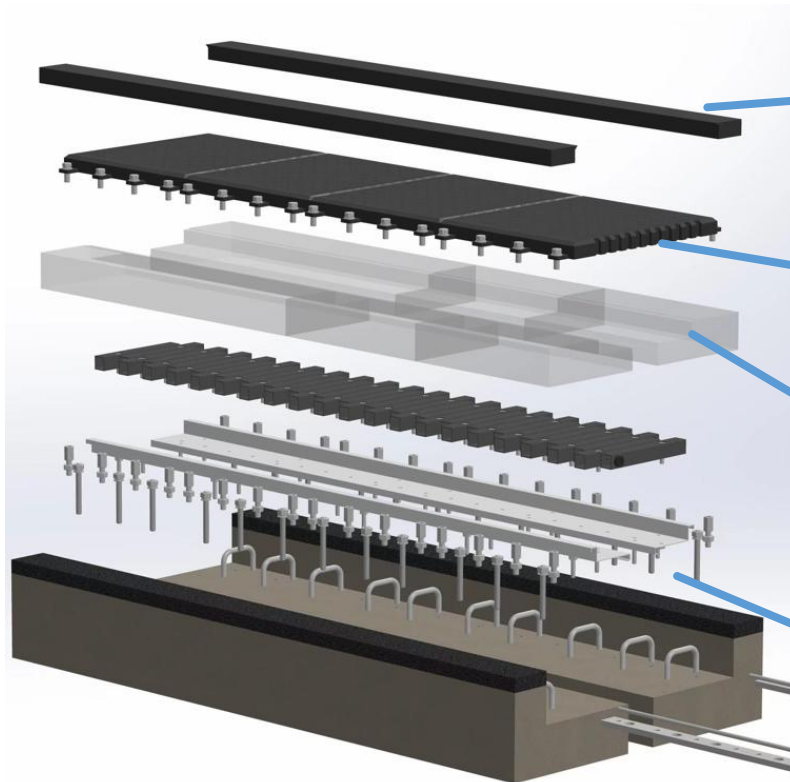
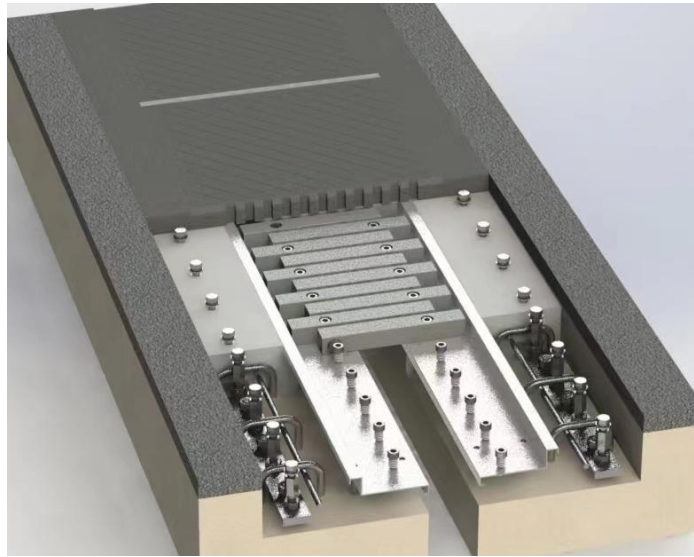


桥梁伸缩装置更换设备

2.6 桥梁伸缩装置快速更换技术

■ 装配式无缝式伸缩装置

◆ **结构：**底部结构+弹性伸缩结构+弹性找平层



弹性找平材料，快速固化受力，施工后1-2h即可开放交通；后期维修，热熔快速，废料重复使用，0碳排放，节能减排

弹性伸缩构件，工厂标准化制作，现场快速安装，8-10h即可完成施工；极限破损仅需更换易损区构件

后浇C50混凝土，无车辆碾压冲击，钢材回弹敲击震动变形裂纹产生，一次浇筑永不开挖

底部结构刚度大，稳定性强；设置螺母座用于标准化安装，钢筋锚固后与原结构同寿命周期，不需要开挖更换

弹性伸缩结构：

- 整体性覆盖隐蔽，变有缝为无缝
- 车行平稳，安全舒适
- 弹性优良，耐久保持拉伸回弹
- 保护底部结构不受车辆碾压，冲击



2.6 桥梁伸缩装置快速更换技术

■ 典型案例

该技术已获得2项授权实用新型专利。



金塘大桥



维修前



维修半年后

3

结构物防腐养护关键技术

3.1 钢结构涂装养护技术

3.2 钢丝绳吊索“三胶两布”涂装养护技术

3.3 悬索桥主缆检修技术

3.4 钢制螺栓“胶封复合涂层”涂装养护技术

3.5 潮汐区湿面固化涂装技术

3.6 混凝土索塔涂装养护技术



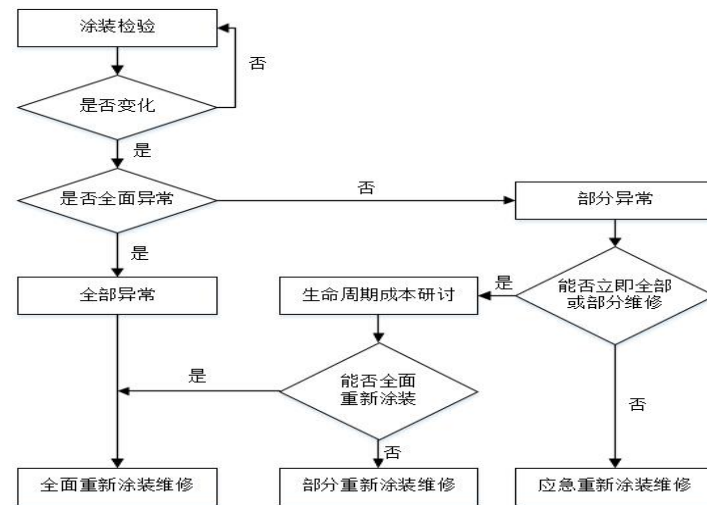
3.1 钢结构涂装养护技术

海洋环境下，氯离子的侵蚀会使得钢箱梁及钢制小构件（如伸缩缝、护栏、支座等）出现涂装失效、结构腐蚀等问题。

通过对现有涂装性能的判断，设计合适的涂装体系进行施工，形成了**涂装检验、设计、施工一体化体系**。



原有涂装情况检验



原有涂装性能判断

箱梁外表面无劣化部位防腐涂装体系						
防腐体系	底面处理方法	工序	涂料	维修类别	涂装方法	标准膜厚 (μm)
箱梁外表面劣化部位防腐涂装体系						
防腐体系	底面处理方法	工序	涂料	维修类别	涂装方法	标准膜厚 (μm)
钢箱梁内表面涂装体系						
通用	底面处理方法	工序	涂料	维修类别	涂装方法	标准膜厚 (μm)
需要结构密封部位涂装体系						
防腐体系	底面处理方法	工序	涂料	维修类别	涂装方法	标准膜厚 (μm)
一般钢制小构件防腐涂装体系						
防腐体系	底面处理方法	工序	涂料	标准使用量 (g/m ²)	涂装方法	标准膜厚 (μm)
重要钢制小构件防腐涂装体系						
防腐体系	底面处理方法	工序	涂料	标准使用量 (g/m ²)	涂装方法	标准膜厚 (μm)
a-2	动力打磨	第1层	改性环氧树脂涂料 (加强型涂装)	200	刷涂	100
		第2层	改性环氧树脂涂料 (加强型涂装)	200		100
		第3层	改性环氧树脂涂料 (底漆)	200		100
		第4层	改性环氧树脂涂料 (底漆)	200		100
		第5层	改性环氧树脂涂料 (底漆)	200		100
		第6层	氟碳涂料 (中间漆)	140		40
		第7层	氟碳涂料 (面漆)	120		40

确定涂装体系



除锈工具



钢护栏防腐涂装3年后

3.2 钢丝绳吊索 “三胶两布” 涂装养护技术

在海洋环境下，悬索桥吊索在氯离子腐蚀、紫外线照射、风雨激励等因素的影响下易出现防腐涂装剥落、锈蚀等病害。



钢丝绳吊索典型病害

采用底漆及环氧云铁中间漆+三层聚硫密封胶及两层高强度玻璃纤维布+氟碳面漆的“三胶两布”体系（已获得公路工程工法1项），对吊索钢丝绳采取三重防护措施，能够有效延长其使用寿命。该技术防护效果好、施工速度快、经济性好，且具有环保性。



涂装实施过程



钢制螺栓涂装养护体系



实施一年后

3.3 悬索桥主缆检修技术

针对悬索桥主缆检修工作特点，研发出悬索桥主缆自动牵引式检修小车。利用主缆扶手钢丝绳作为轨道，悬挂机构上安装驱动电机，通过驱动电机实现检修小车沿悬索桥主缆自由行走。

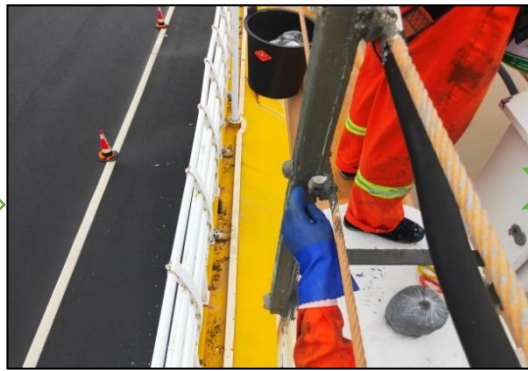
针对海洋腐蚀环境及酸雨对悬索桥吊索系统（上下锚头、套筒等）的破坏，采用“**OTC氧化聚合型包覆**”防腐技术进行处治。该体系由防蚀膏、防蚀带、外防护剂、防蚀胶泥（缝隙和孔洞填充）四部分构成，防腐时效可达30年。



悬索桥主缆自行走检修车



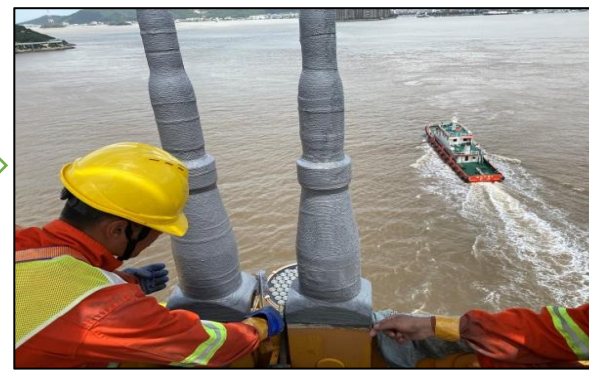
打磨除锈



填充防蚀胶泥



缠绕防蚀带



涂刷防护剂

3.4 钢制螺栓“胶封复合涂层”涂装养护技术

海洋环境下，经防腐处理过的钢制螺栓易出现缝隙处反锈的问题。

采用底涂层+聚硫密封胶+氟碳面漆的“胶封复合涂层”三重防护体系，彻底隔绝螺栓与外界的联系，有效解决了螺栓缝隙处反锈的问题，延长了钢制螺栓的使用寿命（已获得公路工程工法1项）。



钢制螺栓典型病害



钢制螺栓防腐涂装实施后

	名称	厚度
第一重防护	改性环氧底漆	3×100μm
第二重防护	聚硫密封胶	800~1000μm
第三重防护	氟碳面漆	2×40μm

钢制螺栓涂装养护体系

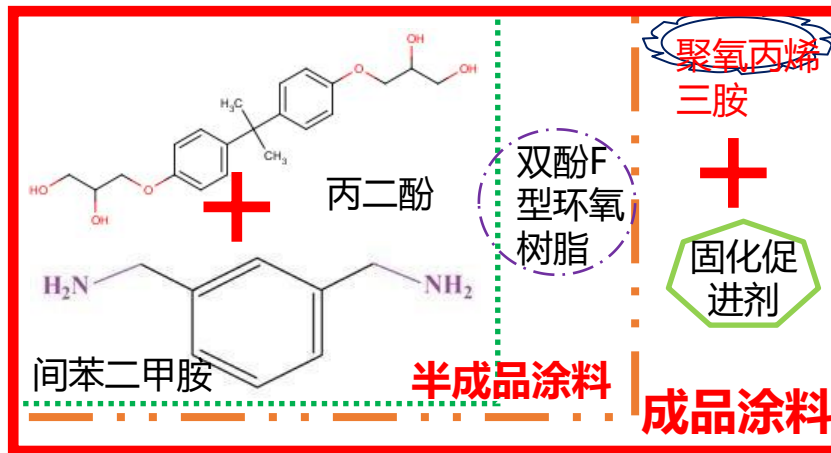


实施一年后

3.5 潮汐区湿面固化涂装技术

针对海洋潮汐区结构物防腐层年久失效，常规方式及涂料施工难度大、施工效果差等问题，创新性地研制了一种**低表面处理湿面固化涂料**（已获得公路工程工法1项和1项发明专利授权）。

潮汐区钢结构养护体系



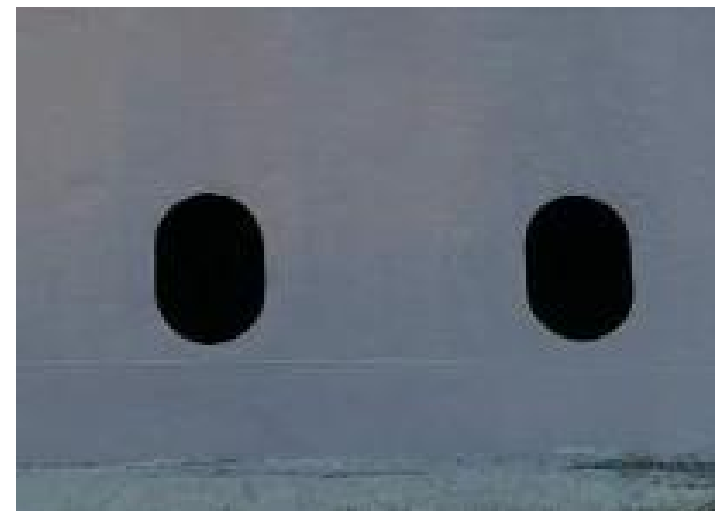
质量固含量, %	≥98
表干, h (25°C)	≤4
实干, h (25°C)	≤24
完全固化, d (25°C)	≤7
一次成膜厚度	≥150um
耐盐雾性	≥3000h
在潮湿基材附着力	≥1.5MPa
耐冲刷性 (次)	≥20000

优点:

- 1) 在涂装后短时间内便可直接浸泡在水下;
- 2) 该涂料对海水中的氯离子等具有较好的阻隔性;
- 3) 对人体及环境污染小。



涂装实施过程

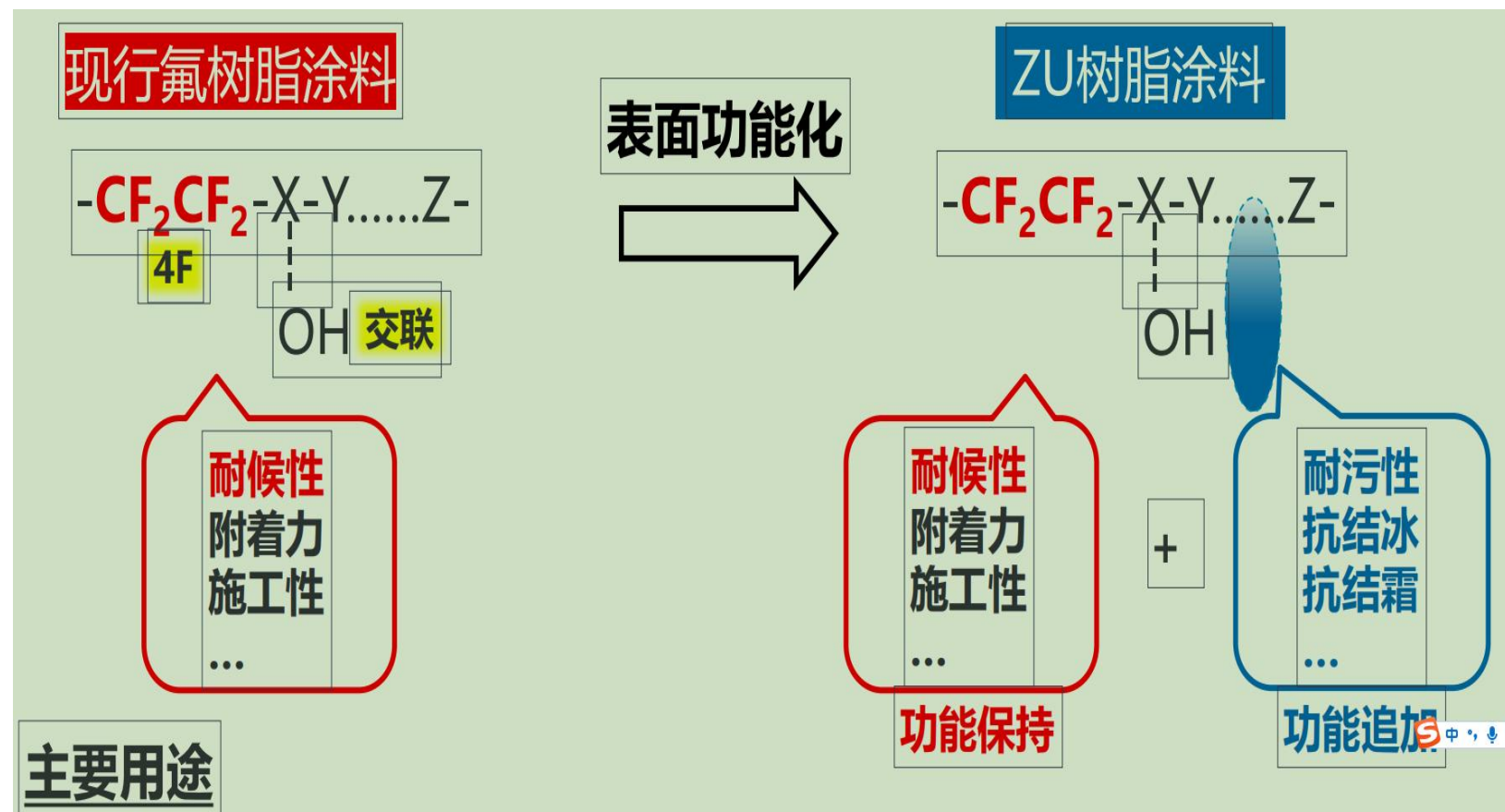


实施一年后

3.6 混凝土索塔涂装养护技术

■ 三重防护体系

- **裂缝修复**：纤维布封隔防护，环氧密封处理
- **环氧封闭底漆、环氧云铁中间漆**：增加机械性防护
- **自清洁氟碳涂料**：雨水冲刷，自动清洁，减少油污、污染物附着

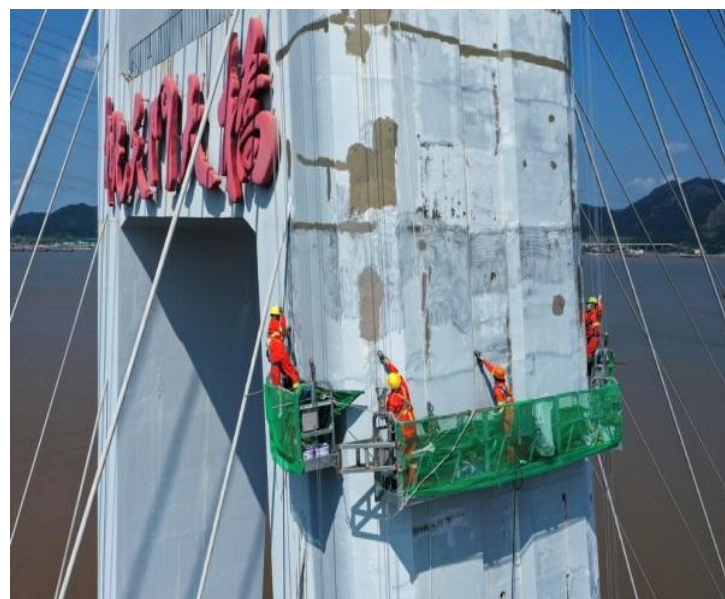
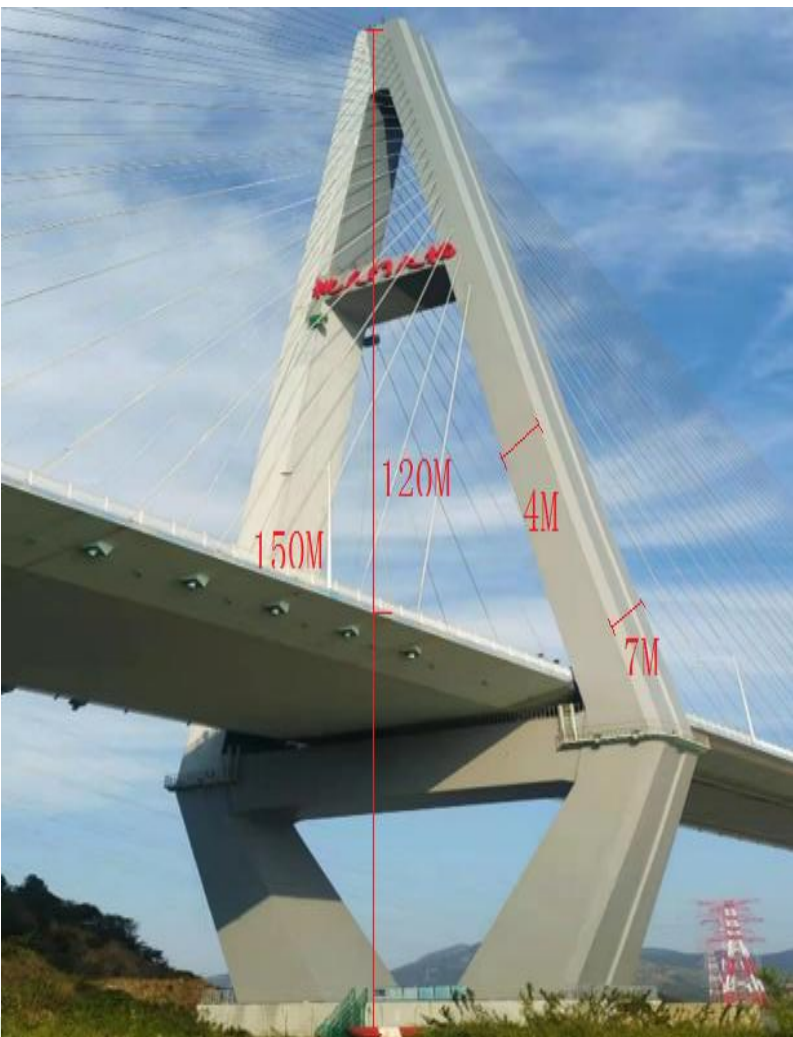


特性： 半硅氧烷自清洁ZU氟碳在支链上增加特殊功能团形成更紧密的分子结构，表面张力更低，不会形成结冰面，同时表面不会产生静电累计效应，不会吸附污物和粉尘，雨水冲洗后，表面重新焕然一新。

3.6 混凝土索塔涂装养护技术

■ 典型案例

桃天门大桥是浙江舟山跨海大桥（G9211甬舟高速）的重要组成部分，受海洋腐蚀性气候影响，该桥索塔外表面出现面漆粉化、起皮、脱落等病害。2021年首次采用“海洋环境下桥梁高塔防腐涂装技术”对该桥索塔进行“5部14区”防腐涂装，处治效果良好。



涂装前



涂装后

4

钢桥面铺装养护关键技术

4.1 钢桥面铺装裂缝维修技术

4.2 钢桥面铺装坑洞修补技术

4.3 钢桥面铺装大修技术

4.4 钢桥面铺装中修技术

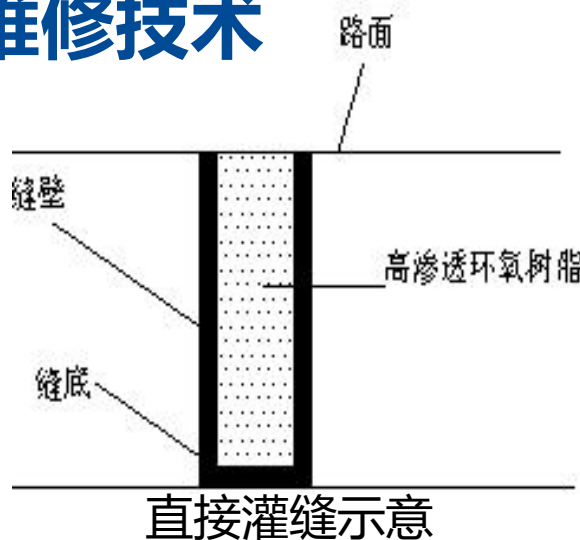
4.5 钢桥面铺装预养护技术



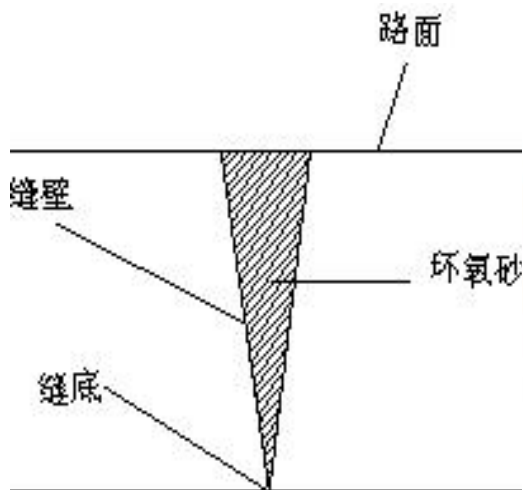
4.1 钢桥面铺装裂缝维修技术

■ 裂缝处理原则

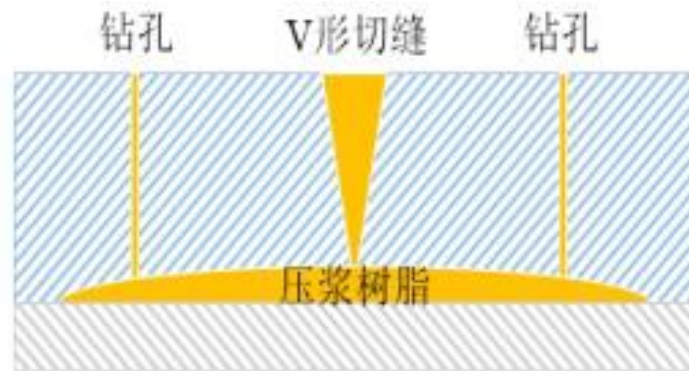
- 裂缝处理原则
 - 每月一次普查
 - 分级处理
 - 裂缝及时修复
 - 修复后跟踪观察



直接灌缝示意



开槽灌缝



开槽+注浆综合处治示意

■ 裂缝维修管理

- 裂缝处理分类
 - 直接灌缝
 - 发丝裂缝 ($\leq 2\text{mm}$)
 - 开槽灌缝
 - 鸡爪裂缝
 - 贯穿裂缝 ($> 2\text{mm}$)
 - 网裂或环形裂缝
 - 开槽+注浆综合处治
 - 贯穿裂缝 ($> 2\text{mm}$), 底部开裂



直接灌缝



裂缝开槽

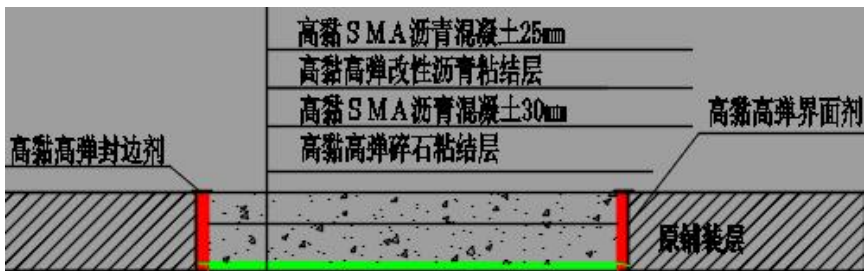


裂缝灌缝

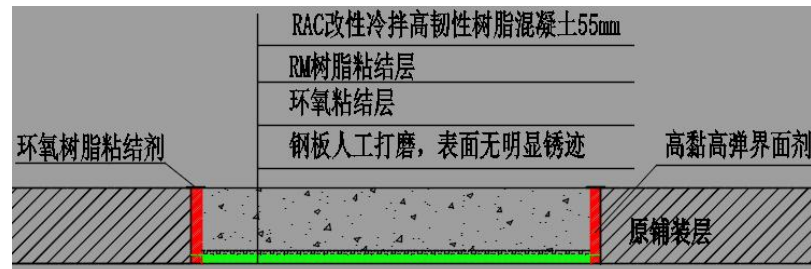
缝宽 $\leq 2\text{mm}$ 的微小裂缝或网状裂缝采用高渗透性环氧树脂或美国环氧树脂 (186型) 进行修复。

缝宽 $> 2\text{mm}$ 的超宽裂缝采用美国环氧树脂 (047型) 进行修复。

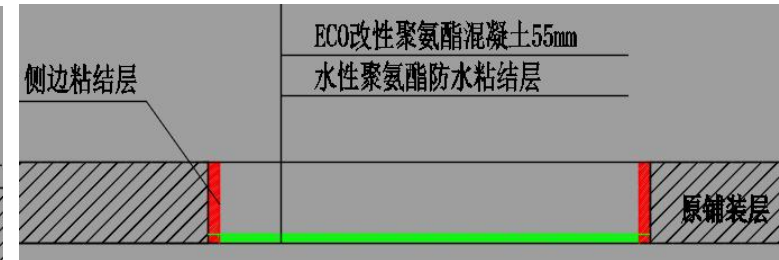
4.2 钢桥面铺装坑洞修补技术



热拌高黏SMA沥青混凝土



冷拌高韧性树脂混凝土



ECO改性聚氨酯混凝土



应急坑洞修补



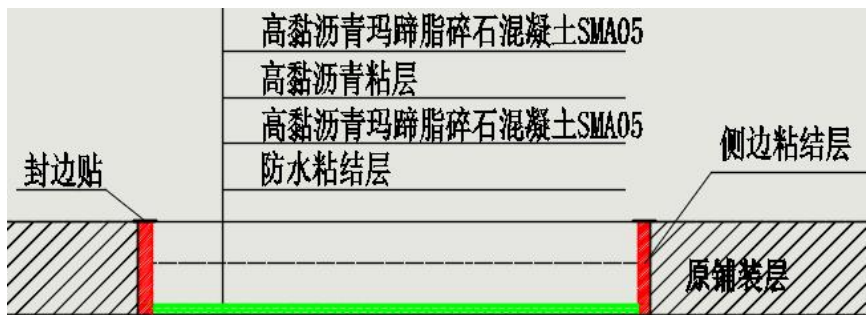
小范围坑槽、坑洞维修



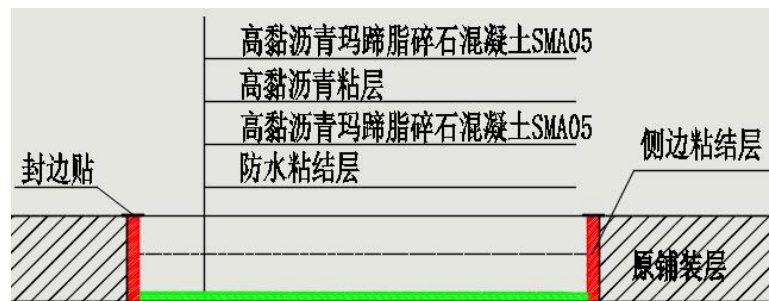
大范围坑洞修补

连片大面积维修采用聚氨酯混凝土，单个或小范围缺陷处理采用高韧性树脂混凝土，应急处理方式采用高黏SMA沥青混凝土。

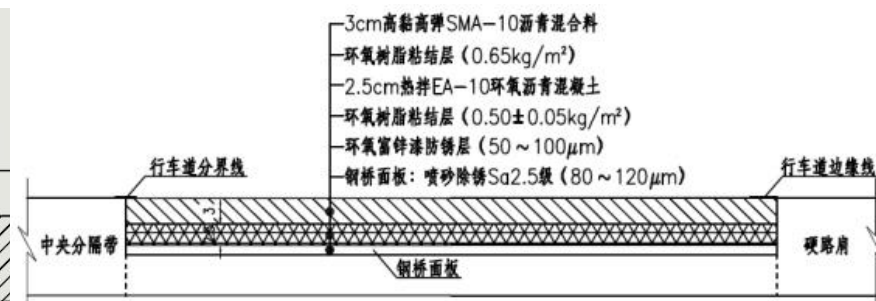
4.3 钢桥面铺装大修技术



HV-SMA



双层浇筑式沥青混凝土



环氧混凝土+SMA



车辙+拥包



车辙+推移



面层SMA防水性和变形随从性好, 环氧混凝土对钢桥面刚度贡献大、耐久性好, 适合于海洋环境下大跨径钢桥面

粘结性、防水性、变形随从性好; 但高温稳定性和耐久性差, 适合于顶板厚度大(刚度大)、小跨径、要求低的钢桥面

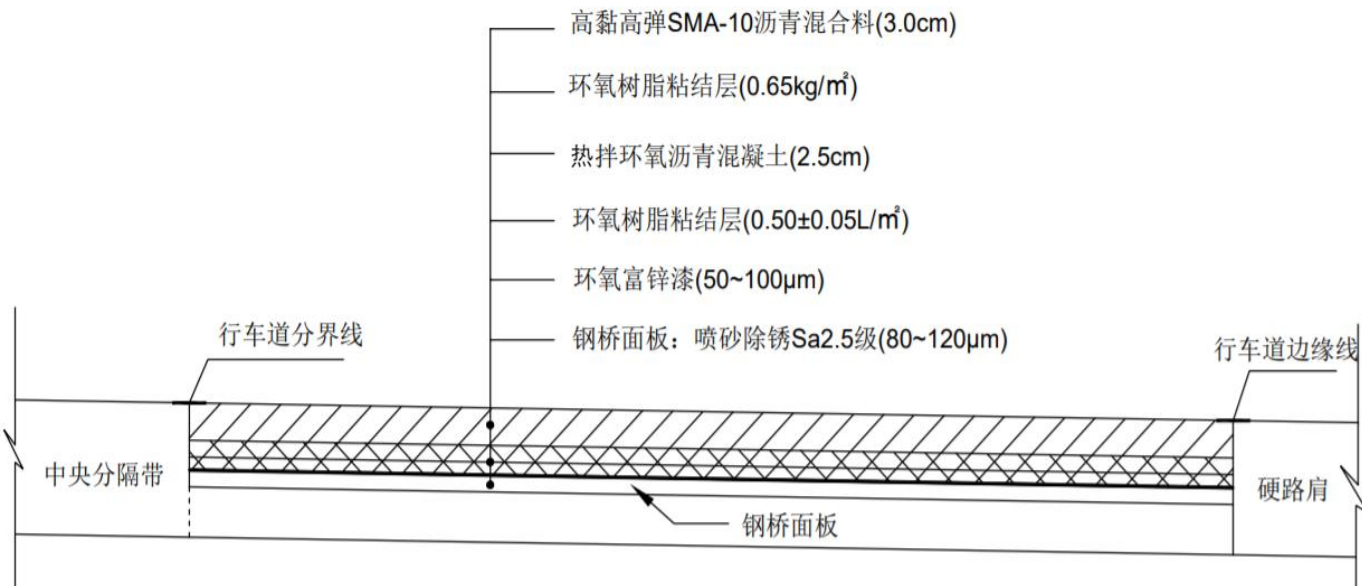
防水性能、抗老化性、抗裂性和钢板追从性好; 但高温稳定性较差, 施工需专用设备, 适合于纵坡小、要求低的钢桥面

2014年9月桃天门大桥

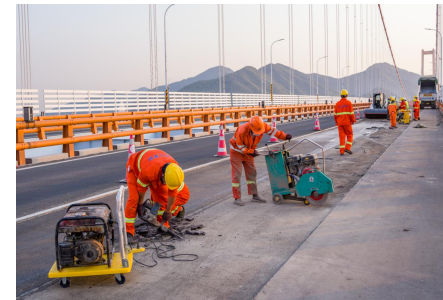
2018年4月西堍门大桥

2020年10月桃天门大桥

4.4 钢桥面铺装中修技术



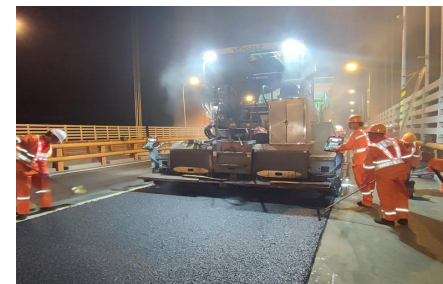
上面层铣刨



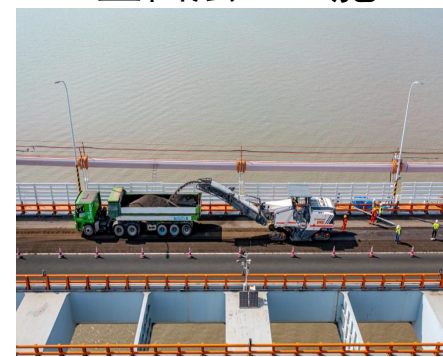
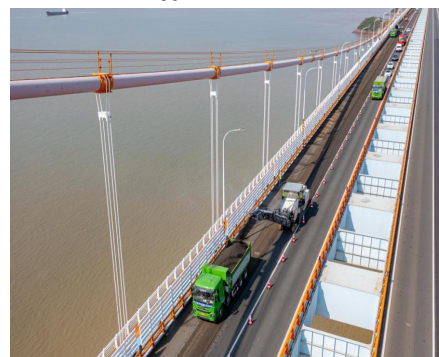
下面层病害处治



粘层施工



上面层SMA施工



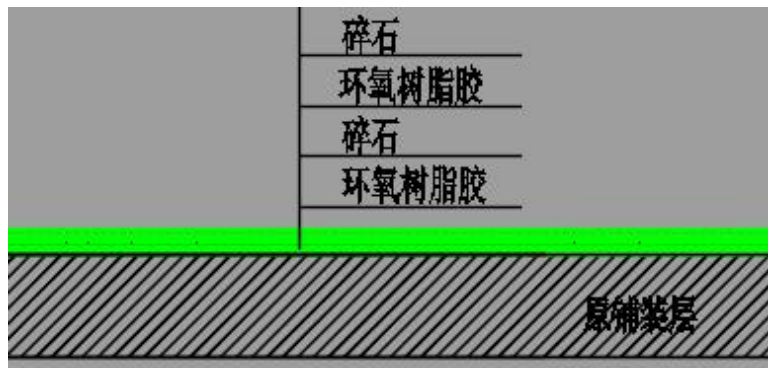
中修技术诠释了“磨耗层+保护层”钢桥面铺装体系，长期利用保护层，只对磨耗层进行维修，大幅延长钢箱梁顶板使用寿命（已获得公路工程工法1项）。

优点

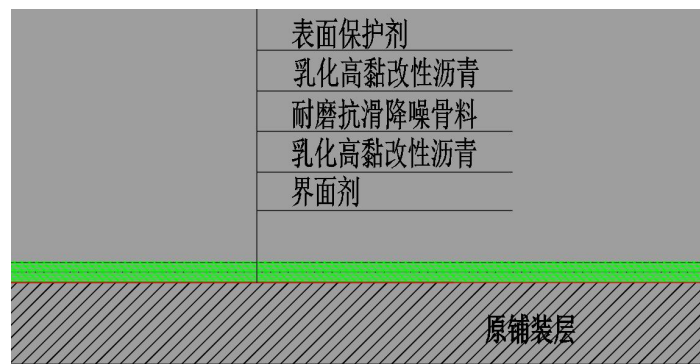
- 减少钢板抛丸、防水粘结层涂布、下面层摊铺等施工工序，缩短施工天窗期。
- 充分利用原环氧沥青混凝土下面层，实现降本增效。
- 避免对钢板进行抛丸，减少对钢箱梁顶板的破坏。

于2021年9月22日至24日对西堍门大桥宁向K53+143.6~K52+797主车道采用该中修技术，截至到现在未出现新的病害。

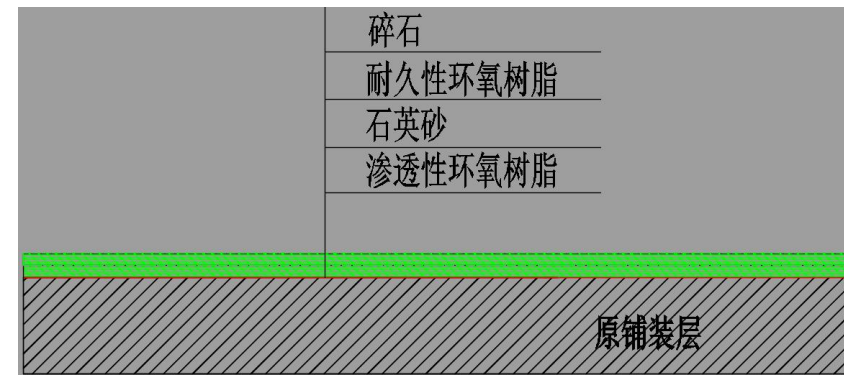
4.5 钢桥面铺装预防性养护技术



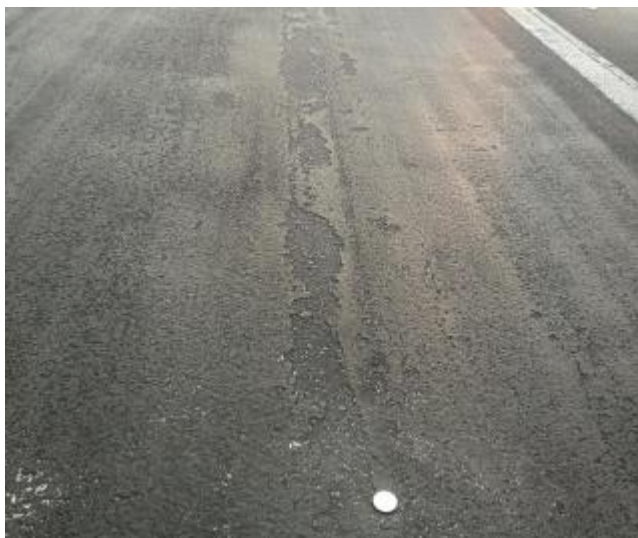
环氧碎石薄层罩面



低噪抗滑精罩面



复合树脂罩面



表面脱皮



碎石局部脱落



通车一年半后

封水性好，但施工速度慢、碎石易脱落、养生时间长

2013年7月桃天门大桥

防水性能、抗老化性能和抗裂性能较好；但需专用设备，且面层碎石和粘结层易脱落

2018年11月西堍门大桥、金塘大桥

封水性、粘结性和抗滑性能好，施工无需专用设备

2018年4月西堍门大桥

5

展望



五、展望



在役桥梁养护新模式实践

对分级特桥特养、巡检养一体化、一站式综合养护等新养护模式进行实践和优化



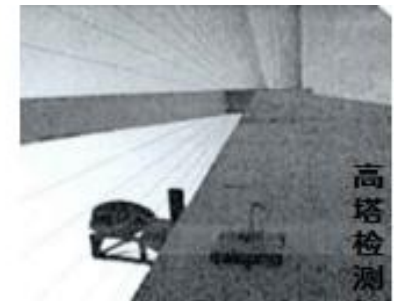
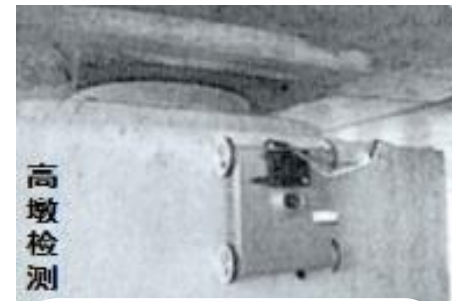
桥梁结构物防腐养护新体系研发

针对桥梁结构物防腐损坏特征，研发出适用于在役桥梁养护的新防腐体系



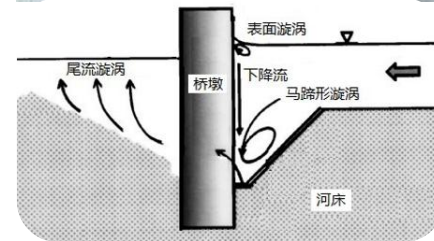
高墩高塔养护自动化装备研发

研发出高墩高塔裂缝、涂装自动化作业装备，实现高墩高塔养护无人化



山区河床冲刷防护技术研究

针对山区溪流来势汹汹、时间短暂，就地取材，研发出河床冲刷防护新体系



谢 谢

浙江交工集团养护分公司

吴中鑫

188*****16



吴中鑫

浙江 杭州



扫一扫上面的二维码图案，加我为朋友。

浙江交工养护集团