

# 基于 BIM 智慧管理 HPAC 桥梁加固技术研究

## Research on HPAC Bridge Reinforcement Technology Based on BIM Wisdom Management

邵洪清<sup>1</sup> 吴涛<sup>1</sup> 张富良<sup>2</sup>

Hongqing Shao<sup>1</sup> Tao Wu<sup>1</sup> Fuliang Zhang<sup>2</sup>

1. 茂名职业技术学院 中国·广东 茂名 525000

2. 广东省华晟设计有限公司 中国·广东 广州 511400

1. Maoming Vocational and Technical College, Maoming, Guangdong, 525000, China

2. Guangdong Huasheng Design Co., Ltd., Guangzhou, Guangdong, 511400, China

**摘要:** 全寿命监控制桥梁质量安全,是交通安全的保证。论文综合实际工程案例,基于 BIM 技术桥梁医院智慧管理中心,研究了 HPAC 新技术应用,为桥梁加固技术提出新的发展方向,值得行业借鉴。

**Abstract:** Life-span supervision and control of bridge quality and safety, is the guarantee of traffic safety. This paper integrates the practical engineering case, based on the BIM technology bridge hospital intelligent management center, studies the application of HPAC new technology, and puts forward a new development direction for the bridge reinforcement technology, which is worthy of reference for the industry.

**关键词:** 桥梁加固; HPAC 技术; BIM 技术

**Keyword:** bridge strengthening; HPAC technology; BIM technology

**DOI:** 10.12346/rb.v1i2.7736

## 1 引言

中国是桥梁大国,据交通部数据载明,截至 2019 年,中国公路桥 87.8279 万座,铁路桥梁 14039 座,里程 8864.1km,中高铁桥 6393 座,里程 6343.7km,而使用在 20 年以上的中大型桥梁则占 62% 以上。

据中国公路养护部门统计,按桥梁管养的技术状况评定结果分类,截至 2019 年,技术状况评定等级为四、五类,即严重“危桥”数量不少,这些桥梁只能拆除重建了,一至三类危桥占总数 63.3%。而从一、二类病害的桥梁发展成为三、四类,若不采取治理措施,时间很短。中国广东省茂名区域现有一、二类危桥 200 多座,并以每年 15% 的速度发展为三、四类危桥,由于养护资金紧缺,重建手续繁琐,造价高,大量带病工作的桥梁对交通安全存在极大的隐患。

## 2 桥梁加固技术应用情况

目前对桥梁加固技术有很多研究成果,原有传统技术主

要是基于桥梁结构的承载力、抗弯、剪、拉效应直接采用构件补强和结构性能改善来提高桥梁的承载力,从而提高桥梁寿命,但与桥梁后期安全管理断链,实际结构安全得不到保证,质量难以评价<sup>[1]</sup>。常用桥梁加固法如下:

### 2.1 钢拉杆预应力法

这种方法主要用于受弯构件。当构件的抗弯性能降低,梁截面出现较大的裂缝时,为了提高承载力,一般利用梁体作为锚固体,在受拉区穿入拉杆,进行预应力张拉,在受拉区施加压应力,从而提高了梁的承载力<sup>[2]</sup>。

### 2.2 粘结钢板法

这种方法综合加大截面法和预应力法,主要用于盖梁或桥跨结构梁的加固,针对梁体病害处,对原梁体表面处理后,利用高强粘结材料,将钢板直接粘结在梁体上,形成一个整体共同受力,从而提高构件的承载力。

### 2.3 加大截面配筋法

主要适用于构件自身承载力的加强,当桥梁的下部结构,

【作者简介】邵洪清(1976-),女,中国广东茂名人,本科,高级工程师,从事道路交通规划、公路市政勘测设计研究。

如桩基础、柱截面被破坏或梁肋截面受破坏,承载力降低时,常采用加大截面和配置钢筋这种方法来解决。

### 3 传统桥梁加固技术缺陷分析

传统的桥梁加固方法是 90 年代的桥梁加固技术主要研究方向,得到了行业技术人员的认可,但其缺陷也比较突出。

#### 3.1 加固技术单一

不管是加大截面配筋法还是钢拉杆预应力法加固,均是以前桥梁结构为基准,进行力学分析,计算作用的抗弯、抗剪内力效应,采用构件补强和结构性能改善来提高桥梁的承载力。这种加固技术单一,桥梁加固后耐久性、构件发生结构变化难以科学监控,安全性能得不到保证。

#### 3.2 桥梁结构安全数据断链

桥梁建成营运使用,到结构局部破坏,承载力补强后再投入使用,直到桥梁寿命结束,全过程发展时间长,桥梁参建单位多,后期加固实施建设也并非原设计单位及施工单位,造成桥梁设计、施工、变更、检测等强大数据储存不齐,错综复杂,大部分桥梁数据处于掉失断链状态,后续工作对前期的数据查找非常困难,增加了监管部门对桥梁结构安全监测的难度,全寿命结构分析数据依据不足,桥梁的安全隐患大。

#### 3.3 智能管理程度低,安全隐患大

目前桥梁的监测管理智能程度低,地方公路桥梁更为明显。随着地方经济的发展,交通量猛增,受超重车辆、自然灾害等因素影响,部分桥梁结构病害提前,监管部门需投入大量人力、物力进行危害排查及监管,基于初步的勘测,确

定病原体后,再进一步结构检测鉴定后,设计单位依据原桥竣工数据,结合检测数据进行病害治理。但由于早期阶段性的桥梁病况排查工作量大,资金、人力投入不足,数据不全面,病原体遗留性大,采集到的原始数据处于片面性,特别是一些加固后或漏查的病害桥梁,由于整体数据系统断链,数据不全,质量控制科学性不强,承载能力计算不够准确,经加固后桥梁可能发生错位病变,短时间内难以监测,产生应力集中概率高,桥梁使用会存在致命性的危险<sup>[3]</sup>。

## 4 HPAC 桥梁加固技术

### 4.1 HPAC 桥梁加固技术应用

半预应力锚索 HPAC 桥梁加固技术重点服务于梁式桥梁的桥跨结构和大型墩台、重力式挡墙倾斜的桥梁加固。核心技术是利用新增的钢筋混凝土墙作为锚固体,在病原体内植入钢管作为预应力锚索的套管,在套管内布孔灌浆。原理是利用张拉后锚索与混凝土的粘结力,增加病原体的综合压应力,提高主梁的抗裂性能,改善墩台位移量或约束位移发展,达到提高结构承载力的目的。同时通过套管灌浆,充盈病原体的空隙,增加粘结,形成整体受力。

实施过程要严格监控病原体破坏,控制半预应力张拉,实施二次灌浆,防止钻孔、张拉施工过程对病原体结构的破坏,保持原结构的完整性。管道压浆采用新型粘结高强砂浆,增加粘结力,充分发挥半预应力锚索 HPAC 技术。在处治大型墩台、重力式挡墙倾斜病害时,则应增加前墙框架格,与原结构形成整体,共同受力,主要技术工艺流程如图 1 所示。

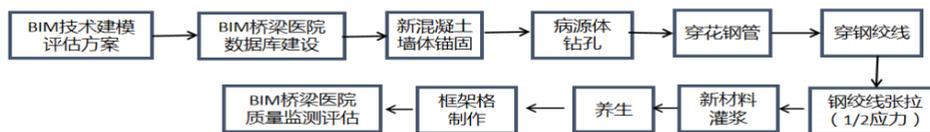


图 1 HPAC 加固技术工艺控制图



图 2 技术管理运行图

### 4.2 HPAC 桥梁加固技术优势

HPAC 加固技术融合 BIM 桥梁智慧管理平台,进行数据科学分析,并对各职能部门发出信息数据,相互监测、分析桥梁的安全性能,以科学、可控的数据检验、评价 HPAC 技术的应用成果,做到桥梁全寿命安全智能管理,解决后期安全监控难、阶段性安全评估及阶段加固难的技术问题。技术管理如图 2 所示。

①技术创新。半预应力锚索 HPAC 加固技术重点在于控制 1/2 拉应力,既提高病原体的压应力,又保证病原体旧结构不被张拉过程破坏,同时增加钢管内高强混凝土的粘结性

满足受力要求,比原预应力锚索更具有新材料、新技术的应用,造价低、经济性更体现,解决了大部分桥梁同类病害问题。

②智慧管理创新。BIM 技术桥梁医院信息中心的建立,构建施工、设计、养护、检测主要部门的“四环、四动”技术信息管理平台,为桥梁加固后的质量及安全进行全寿命科学跟踪服务。

③科学结构监控,实现数据的共享性。桥梁结构安全的阶段性评估、检测、方案改变和交通管制更具有科学性。

## 4.3 应用实例

### 4.3.1 桥梁概况

省道 S280 线高州金山立桥全长 192m, 桥面宽 26.80m, 与下穿道路立交, 桥梁建成于 1998 年, 双向四车道设计, 设计汽车荷载挂 -100 (旧标准); 上部构造为  $9 \times 20\text{mT}$  型梁; 下部构造为重力式混凝土桥台, 柱式桥墩。台身高 6m, 扩大基础, 两侧桥头均接 80m 长的路基挡墙, 挡墙平均高度 4.5m。

2017 年监测到两桥台台身出现纵向裂缝, 前墙外倾, 路基挡墙同样出现裂缝和外倾, 经检测, 桥梁其他结构良好, 综合结构数据评估后, 桥梁加固方案优选<sup>[4]</sup>。

### 4.3.2 加固方案及技术

基于本桥的实际病害情况, 台身、挡墙开裂明显, 利用病原体本身作为锚固支撑, 采用传统的预应力技术作用不大。经多方论证, 应用了半预应力锚索 HPAC 桥梁加固技术对该桥台身和挡墙进行加固, 同时为监测质量及病害的发展, 建立了 BIM 智慧管理中心, 进行数据模型管理, 技术实施过程如图 3 所示。

### 4.3.3 施工质量控制程序

①前墙裂缝修补: 低黏度环氧树脂对台帽、侧墙裂缝进行封闭, 采用 M20 水泥砂浆修补前墙裂缝。

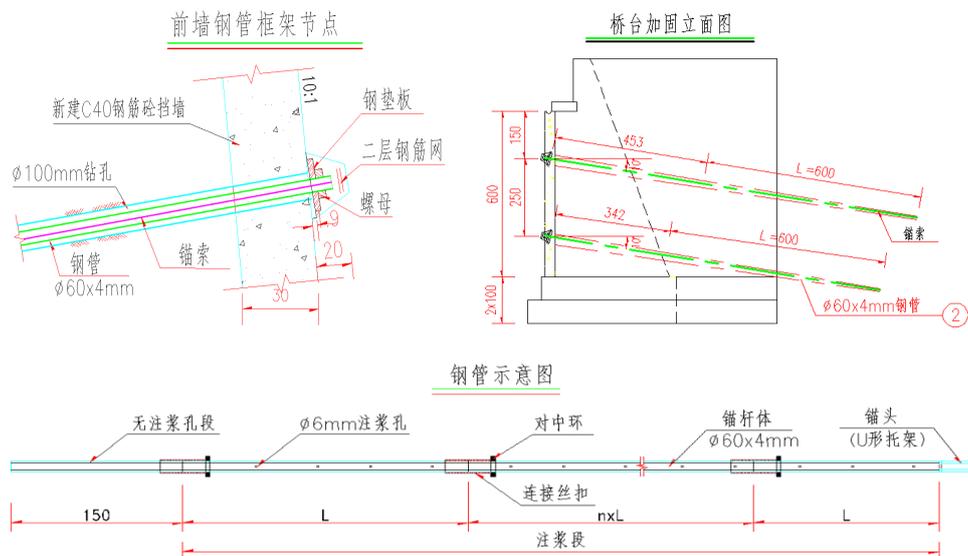


图 3 省道 S280 线高州金山立桥桥台加固技术图

②在前墙处立模浇筑 30cm 厚 C40 钢筋砼墙, 与原墙等高, 预留钢花管孔, 待其达到 80% 强度后进行前墙钻孔。

③前墙钻孔: 钻孔后打入前墙锚杆, 锚杆均采用  $\phi 60 \times 4\text{mm}$  钢花管。

④锚索应力张拉: 控制 0.5 倍的张拉应力锚固, 保证原台身不被破坏。

⑤钢管锚杆注浆: 前墙锚杆分二批进行施工, 钻孔一批立即注浆施锚, 等水泥浆达到凝固时间后再施工下一批。

⑥桥台锚杆框架格施工: 采用钢筋砼, 厚度 20cm。

### 4.3.4 质量评定

S280 线高州金山立桥 2018 年 6 月完成了加固, 重新交付运营使用至现已服务四年多, 经 BIM 技术质量监控, 目前桥台和挡墙质量良好。

## 5 BIM 智慧管理中心

融通现代信息技术, 建立桥梁医院数据智能管理中心, 基于系统全寿命数据智能运算, 对桥梁进行科学监测、诊断病害, 采用新技术治理初、中期桥梁病害, 延长服务寿命, 并对病害期的桥梁建模管理, 实行安全监测, 打造智慧交通<sup>[5]</sup>。

### 5.1 BIM 桥梁医院中心

建立桥梁 BIM 技术管理中心, 收集、储存桥梁建设数据, 实现桥梁全寿命科学监测。基于桥梁建成到运营期的荷载与设计数据的变化、后期阶段性病害产生的时间、发展情况、发生原因、治理措施方案以及加固改善后承载能力的提升等一系列数据的终身建档, 进行数据存储, 运算、调取等需求智能切换, 实现设计、施工、养护、检测等部门“四环、四动”的智能管理, 为后期桥梁安全监测及治理提供科学依据及智能方案。

### 5.2 BIM 信息数据中心

#### 5.2.1 建立桥梁设计期核心信息

建设桥梁 BIM 数据中心, 在设计阶段桥梁建模计算, 施工单位在这个平台上进行智能施工管理预演, 组织最优施工方案、锁定安全管理核心, 控制施工全过程的成本、质量。如果施工实际过程与设计有差异, 应及时反馈到 BIM 数据中心, 最终以桥梁建成数据存档。对于旧桥, 若设计期数据缺失, 则要充分利用养护期数据, 细到混凝土的强度、交通量发展监测数据, 阶段性承载能力检测等数据。

#### 5.2.2 加强养护检测数据建设

确保桥梁阶段性数据的完整性, 桥梁在运营期存较多威

胁桥梁结构稳定的因素，应定期对桥梁进行承载能力检测，同步把检测数据植入 BIM 控制中心，对早期病害可以通过调取桥梁医院中心数据，根据桥模的变化，采用最优处理方案，保证桥梁的使用安全。

### 5.2.3 HPAC 技术加固数据完善

HPAC 技术实施桥梁加固后，需及时完善桥梁阶段性的

病害处理数据，重新建立模型，通过承载力监测情况，加固后构件的回位量、稳定性，HPAC 锚索与混凝土的粘结情况等数量，分析桥梁的病害发展趋势，科学评价 HPAC 技术对提高桥梁耐久性的作用效应，养护部门可以实时监测桥梁的安全性，实现智能管理，具体的运用管理构成如图 4 所示。

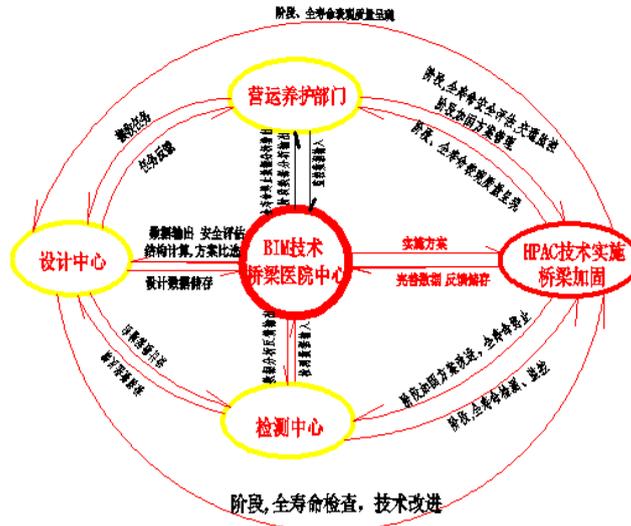


图 4 运用管理构成

## 6 结语

中国是桥梁大国，而营运使用 20 年以上的中大型桥梁则占 62% 以上，建立桥梁医院，采用新 BIM 技术加强桥梁整体质量监控，及时发现桥梁病害，利用有效加固技术治理早期病害，提高桥梁耐久性，保证桥梁结构安全。交通安全，智慧交通，需不断发展新技术、创新智能管理体系，实行桥梁全寿命管理。

## 参考文献

- [1] 孙倩.BIM技术在道路交通建设中的应用[C]//智慧城市与轨道交通2016,2016.
- [2] JTGT 3310—2019 公路工程混凝土结构耐久性设计[S].
- [3] JTG 3362—2018 公路钢筋混凝土及预应力混凝土桥涵设计规范[S].
- [4] JTG/T J22—2008 公路桥梁加固设计规范[S].
- [5] JTG/T J23—2008 公路桥梁加固施工技术规范[S].