

# 山区危桥改造项目中施工吊架的应用

梁吉平

恩施自治州华泰交通建设有限公司

**摘要：**主要介绍在山区危桥改造项目中利用钢管吊架对桥梁主体结构进行加固的施工方法，该施工方法对山区拱桥加固改造，桥下有通车或通航要求，沟谷高度大，无法采用满堂支架施工的情况下具有指导意义。

**关键词：**山区；危桥改造；吊架施工方法

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2024.06.078

## 一、工程概况

1、汪家寨大桥位于 S339 建始境，该桥中心桩号为 K140+518，全长105.0m，桥面总宽为10.0m；主桥桥跨布置为1×75m 钢筋混凝土刚架拱桥；0号桥台为实体桥台式，1号台为实体式桥台，扩大基础；桥面为水泥混凝土铺装，桥面两侧人行道设置钢筋混凝土栏杆。

## 2、加固方案

拱肋加固：结合设计和考虑施工操作空间问题，弦杆、实腹段、拱腿底部采用30cm厚的钢筋混凝土层进行加固，两侧混凝土厚度均为20cm三面外包成U型状。斜撑上下部外包混凝土层厚20cm，两侧厚20cm。横系梁底部外包混凝土层厚15cm，两侧厚15cm。增大构件的受力截面，新旧混凝土之间采用植筋现浇混凝土连接形成整体。

## 3、吊架施工的必要性

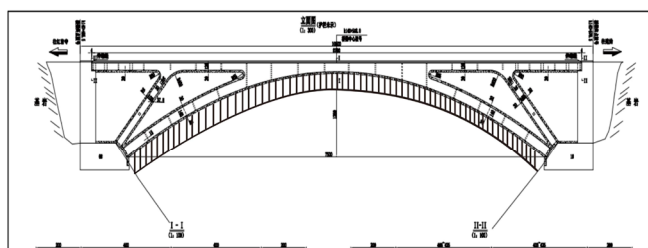
该桥位于峡谷上，临水临崖，河道常年蓄水且正值汛期，上游水库不时会泄洪，无法搭设满堂支架，故选择吊架施工方案。

## 二、施工控制

施工工艺为：

### 1、施工工艺流程

拱脚处落地式支架搭设→悬吊支架搭设→防坠安全网挂设→竹脚手板铺设→安装临边栏杆→临边密目安全网→检查验收→投入使用。



### 2、施工方法

施工吊架采用悬吊式搭设，利用既有的拱肋、横系梁及横隔梁作为承重梁，挂Φ11钢丝绳兜钢管作为横向骨架，全桥纵向承重缆索间距1.2m，横向承重缆索间距1.2m（可根据实际情况适当调整）。吊架搭设自两端至跨中部位合拢，吊架搭设同步及时安设临边栏杆、铺设脚手板、挂防坠安全网。



吊架示意图

### 3、人行通道

人行通道利用原桥左侧施工平台，为保证施工人员上下的安全，在两岸桥台临崖边搭设安全护栏，并于外侧挂安全网防护，作为施工人员及部分小材料的运输通道。

### 4、施工吊架

施工吊架弧长80.5m，宽11m，主承重件为桥梁既有的拱肋、横系梁及横隔梁，在拱肋上挂设钢丝绳，单个截面4道主拱肋，3道横隔板（横系梁、K型梁）设置9道钢丝绳吊索（两侧边肋各设置2道吊索，其余各设置1道吊索）；吊架平台至拱片底部预留0.8m作业高度，吊架搭设过程中准确量测高度，精准钢丝绳下料长度。

施工吊架承重缆索采用Φ11钢丝绳，绳卡锚固，绳卡在每道缆索数量为3个，绳卡间距为10cm。横桥向每个截面设置9道（理论间距1.2米每道，可根据现场情况适当调整）承重缆索，顺桥向间距1.2m，施工吊架共搭设80.5m，共计603道吊索。

底部横向受力采用横向钢管（6m），现场搭接。吊架底部纵向受力采用Φ48钢管，顺桥向间距0.6m一道布置，共设置19道，单根长80.5m。横纵向连接采用钢管扣件夹紧连接。

吊架搭设合拢后，及时铺设竹脚手板形成作业平台，作业平台下兜防坠安全网，吊架两侧设置临边护栏，护栏高1.2m，护栏外设置密目安全网。

施工吊架的作用仅为施工人员通道及作业平台，桥梁加固时的施工荷载均加载于旧桥之上。

### 5、吊架搭设

放线 — 拱肋（横系梁）打孔 — 锚杆植筋 — 钢丝绳固定 — 穿脚手架钢管并固定 — 铺设竹架板并绑扎固定 — 安装防护栏 — 绑扎安全网

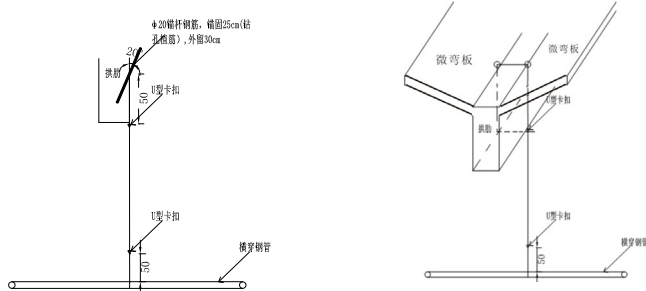
本工程施工平台搭设主要采用吊架，因为该桥为拱桥，为满足施工需要和安全考虑，吊架方式选为附着式弧形拱吊架；具体施工工艺如下：

#### 1) 放线

以桥台为起点，向拱肋中间放线，在此线上间距0.6m位置设横向连接杆，总打眼数为670孔。

### 2) 打孔

①打孔植筋，在拱肋上植Φ20钢筋锚杆作为吊索固定受力点，打孔应上倾20°，每根吊索长度3m，垂直长度2m，两端用U型卡扣固定，固定长度50cm，三个U型卡扣。纵向间距1.2m，横向间距1.2m。



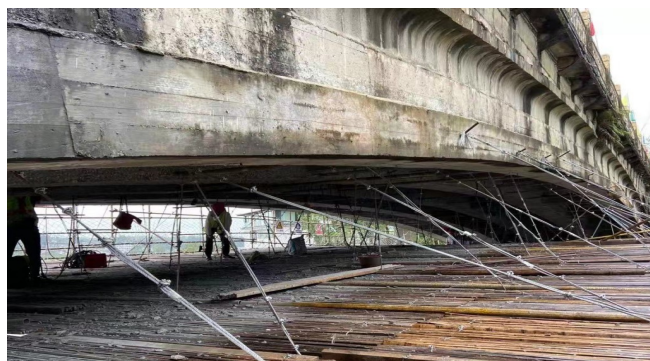
②将钢丝绳从拱肋上方穿过，环形绕紧固定在拱肋上，以拱肋作为吊索固定受力部件。

③根据现场实际施工需要，在横系梁处加密吊索，将吊索环形锚固于横系梁上，以横系梁作为吊索受力部件。

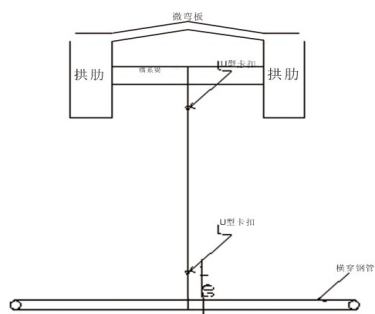
### 3) 吊索

根据实际需要，测量桥面到搭设施工平台的垂直距离，测量长度加3米为需要切割的钢丝绳长度，即：钢丝绳长度=拱肋到施工平台的垂直距离+3m切割。

### 4) 搭设



(1) 在桥台处垂直布设10根6米钢管作为吊架起点，用两根6米钢管横向固定（在纵向钢管下方），组成吊架的基础骨架，顺桥向1.2m设置吊索，将骨架钢管吊起。



(2) 在桥台处铺设竹跳板平衡钢管骨架，首节吊架铺设成型后，每1.2m设置一排吊索，依次向前搭设，吊架在拱顶合拢。

(3) 桥下吊架工利用长杆（末端带钩子）勾住钢丝绳，拉至原有施工平台，在钢丝绳末端打环并固定，同样方法纵向由近至远依次拉过相邻钢丝绳打环固定。

(4) 将打好的钢丝绳环由近至远依次穿入两根6米长脚手架钢管，在钢管末端20cm位置固定一个十字扣件（防止钢丝绳环滑出）。

(5) 将穿好的钢丝绳环的钢管慢慢向前送出，通过对所配发的对讲机指挥人员提钢丝绳，保持钢管始终处于水平位置，放完钢管后根据需要调整钢管高度为水平度，调好后钢丝绳重新打环固定（每个环必须用3个U型卡固定）。

(6) 同样方法调好横向第二排钢管，保持第二排钢管与第一排在同一纵向线上。

(7) 钢丝绳调整固定后，将相邻两根钢丝绳用保险绳连接，提高安全性。

(8) 横杆与纵杆交接处用十字扣件固定（横杆用两根6米杆水平搭接，用短钢管加扣件双面连接而成）共放126道横杆。

(9) 在连接好的吊架网片上铺竹夹板，并用12号铁丝将竹夹板与钢管固定牢固。

(10) 组装好的吊架网两侧安装防护栏、防护网。

### 6、检查验收

(1) 吊架搭设完成后，项目部对吊架工程的质量进行自检，再经监理、设计、业主检查合格后方可交付使用。

#### (2) 验收人员

1) 公司总工程师或授权委派的专业技术人员、项目负责人、项目技术负责人、专项施工方案编制人员、项目专职安全生产管理人员及相关人员；

2) 监理单位项目总监理工程师及专业监理工程师；

3) 有关勘察、设计和监测单位项目技术负责人。

#### (3) 验收内容

吊架及配件规格、型号、质量；吊架安装位置及安装方式；吊架安装是否侵入设备限界；区间电缆支架接地方式等相关内容（详见后附支架、吊架安装质量检验验收记录表）

### 7、吊架拆除

(1) 拆除方法与搭设方法顺序相反，先中间，再向两边依次拆除。

(2) 拆架时应划分作业区，周围设绳绑围栏或设立警示标志，地面应设专人指挥，禁止非作业人员进入。

(3) 拆除时要统一指挥，上下呼应，动作协调，需解开与另一人有关的扣件时，应通知对方采取防范措施，以防坠落。

(4) 在拆架时，不得中途换人，如必须换人时，应将情况交代清楚，未经同意不得拆除脚手架部件。

(5) 拆除吊架切割吊索前应先施工人员的安全

带固定在非吊架受力点上（必须在新浇筑的拱肋或横隔梁上增设生命绳，作为拆除吊架施工人员安全带的挂设点）

(6) 拱肋、横隔板上切割的吊索端头应用环氧树脂涂装防止锈蚀

8、计算书

1) 计算说明

汪家寨大桥悬吊脚手架搭设长度80.5m，宽11m，施工吊架共计吊索603道（共67排，每排9道钢丝绳）。选用规格为 $\phi 14$ （6 $\times$ 19）公称抗拉强度 $>1570\text{N}/\text{mm}^2$ 的钢丝绳用作吊索。荷载主要考虑：支架自重荷载、施工荷载。

2) 支架荷载

(1) 纵向受力DN48钢管（间距0.6m）：（80.5m\*2根） $\times$ 19列 $\times$ 3.33kg/m=10186kg=101.86kN

(2) 横向受力DN48钢管（间距0.6m）：（11/根\*2根） $\times$ 126排 $\times$ 3.33kg/m=9231kg=92.31kN

(3) 竹脚手板：7.5kg/块 $\times$ 2171块=20783kg=207.83kN

(4) 栏杆扶手：3.33kg/m $\times$ [(80.5 $\times$ 4)+(80 $\times$ 3)] $\times$ 2道=3742kg=37.42kN

单道吊索承受荷载：（101.86+92.31+207.83+37.42） $\div$ 603道=0.73kN

3) 其他各项荷载

(1) 施工人员及机具荷载：1.5kN/m $^2$  $\times$ 80.5m $\times$ 11m=1328.25kN

(2) 风荷载标准值：0.6kN/m $^2$  $\times$ 80.5m $\times$ 11m=531.3kN

$\times$ 单道吊索承受荷载：（1328.25+531.3） $\div$ 603道=3.08kN

4) 钢丝绳允许拉力计算公式

$[F_g] = \alpha F_g / K$ ，式中：

$[F_g]$ ——钢丝绳的允许拉力（kN）；

$F_g$ ——钢丝绳的钢丝破断拉力总和（kN），按表3取用；

$\alpha$ ——换算系数，按表1取用；

$K$ ——钢丝绳的安全系数，按表2取用。

表1 钢丝绳破断拉力换算系数

| 钢丝绳结构         | 换算系数 |
|---------------|------|
| 6 $\times$ 19 | 0.85 |
| 6 $\times$ 37 | 0.82 |
| 6 $\times$ 61 | 0.80 |

表2 钢丝绳的安全系数

| 用途       | 安全系数 | 用途       | 安全系数 |
|----------|------|----------|------|
| 作缆风      | 3.5  | 作吊索、无弯曲时 | 6~7  |
| 用于手动起重设备 | 4.5  | 作捆绑吊索    | 8~10 |
| 用于机动起重设备 | 5~6  | 用于载人的升降机 | 14   |

表3 钢丝绳的破断拉力

| 直径      |        | 钢丝绳的抗拉强度 /MPa |      |      |      |      |
|---------|--------|---------------|------|------|------|------|
| 钢丝绳 /mm | 钢丝 /mm | 1400          | 1550 | 1700 | 1850 | 2000 |
|         |        | 钢丝绳破断拉力总和 /kN |      |      |      |      |

|      |     |        |        |        |        |        |
|------|-----|--------|--------|--------|--------|--------|
| 6.2  | 0.4 | 20.00  | 22.10  | 24.30  | 26.40  | 28.60  |
| 7.7  | 0.5 | 31.30  | 34.60  | 38.00  | 41.30  | 44.70  |
| 9.3  | 0.6 | 45.10  | 49.60  | 54.70  | 59.60  | 64.40  |
| 11.0 | 0.7 | 61.30  | 67.90  | 74.50  | 81.10  | 87.70  |
| 12.5 | 0.8 | 80.10  | 88.70  | 97.30  | 105.50 | 114.50 |
| 14.0 | 0.9 | 101.00 | 112.00 | 123.00 | 134.00 | 144.50 |
| 15.5 | 1.0 | 125.00 | 138.50 | 152.00 | 165.50 | 178.50 |
| 17.0 | 1.1 | 151.50 | 167.50 | 184.00 | 200.00 | 216.50 |
| 18.5 | 1.2 | 180.00 | 199.50 | 219.00 | 238.00 | 257.50 |
| 20.0 | 1.3 | 211.50 | 234.00 | 257.00 | 279.50 | 302.00 |

5) 钢丝绳受力计算

钢丝绳允许拉力计算： $[F_g] = \alpha F_g / K$ ，式中：

$[F_g]$ ——钢丝绳的允许拉力（kN）；

$F_g$ ——钢丝绳的钢丝破断拉力总和（kN），查表得 $\phi 11$ （6 $\times$ 19）钢丝破断拉力为67.9kN；

$\alpha$ ——换算系数，查表取0.85；

$K$ ——钢丝绳的安全系数，作吊索、无弯曲时取7；

$[F_g] = \alpha F_g / K = 0.85 \times 67.9 \div 7 = 8.25\text{kN}$

支架吊索拉力 $F = 0.73 + 3.08 = 3.81\text{kN} <$ 钢丝绳的允许拉力8.25kN。

结论：采用规格 $\phi 11$ （6 $\times$ 19）公称抗拉强度 $>1550\text{N}/\text{mm}^2$ 的钢丝绳，满足要求。

三、工程运行情况

汪家寨大桥建成后，经荷载试验检测合格，并通过竣工验收，目前运行状态良好。



四、结语

本文所述施工工法，是在山区危桥改造项目中，对拱桥主体进行加固，桥下沟谷深度大、具有通车或通航要求，无法采用满堂支架进行桥梁建设的一种施工方法，对今后类似工程具有借鉴意义。

参考文献

[1]周家炜. 桥梁工程悬浇箱梁现浇段吊架施工技术要点[J]. 运输经理世界, 2021(32)

[2]徐艳珊. 桥梁工程T构边跨现浇和合拢吊架法施工方法探讨[J]. 鄂州大学学报, 2020(06)

[3]赵艳纳, 贾利强, 邹兴林. 山区连续刚构桥边跨现浇段吊架法施工技术[J]. 中外公路, 2020(05)

[4]张帆. 大跨度宽幅波形钢腹板PC箱梁非对称悬臂施工技术[J]. 施工技术, 2018(05)

[5]苏兴杰, 程伟. 边跨现浇段采取不对称悬浇、托架和吊架组合施工工艺研究[J]. 中国新技术新产品, 2009(20)