

DOI:10.14048/j.issn.1671-2579.2023.04.025

# 五斗大桥拆除重建设计关键技术

李华强

(河南省交通规划设计研究院股份有限公司,河南 郑州 450052)

**摘要:**20世纪60~70年代修建的桥梁,在运营过程中因交通流量过大和车辆超载严重,已产生不同程度的损坏,不能满足车辆安全通行要求,亦不能满足通航要求,需拆除重建。为了安全、经济、高效地拆除旧桥,并在原位重建,研究了一种拆建一体化的设计理念。依托佛山五斗桥拆除重建工程,采用理论分析和计算仿真手段相结合,经过实地勘察,结合现场情况,从经济、安全、工期等角度进行多方案研究。结果表明:拆建一体化统筹考虑,利用旧桥作为支架施工新桥,再利用新桥辅助拆除旧桥,能节省新建桥梁施工支架的用量,特别是水中支架和平台,全桥施工措施费用节省33.5%。

**关键词:**桥梁工程;拆除重建;支架;新桥辅助拆旧桥

**中图分类号:**U445.6

**文献标志码:**A

## 0 引言

20世纪60~70年代修建的桥梁在运营过程中因交通流量过大和车辆超载严重,已产生不同程度的损坏,也有的不能满足通航要求,需拆除重建。由于桥位资源受限,通常旧桥拆除后采取原位重建的方式。对于跨越通航河流的旧桥拆除,常用的方法有爆破法<sup>[1]</sup>、浮云法、倒拆法、支架切割法<sup>[2]</sup>等。爆破法拆除缺点是封航时间长,航道废渣清理难度大。其余拆除方法均需要建设大量的临时工程,成本较高。旧桥拆除以后需要重新在水中搭设栈桥、平台、支架等临时设施施工新桥。有时为了快速建成需投入大规模的建桥设备<sup>[3]</sup>。本文依托佛山五斗桥拆除重建工程,介绍拆建一体化的设计理念,利用旧桥作为支架施工新桥,再利用新桥辅助拆除旧桥,以减少临时工程的投入,降低建设成本。

## 1 工程概述

五斗桥位于佛山市南海区,北接永安南路与平东大道交叉口,中途跨越珠江支流东平水道,南接魁奇路,是平洲片区通往顺德及广州南方向的重要通

道,也是省道112线的主要路段之一。五斗桥分东、西两幅,西幅旧五斗桥于1978年建成通车,通航净高8 m。主桥为钢筋混凝土箱形拱,跨径为(56+80+56) m,桥宽9.6 m,双向两车道,设计荷载为汽车-15级、挂车-80。东幅旧五斗桥于1993年建成,主桥为上承式钢筋混凝土箱形拱,跨径为(56+80+56) m,拱肋采用悬链线拱,轴系数为1.167、矢跨比1/7,桥宽9.6 m,双向两车道,通航净高12 m,设计荷载为汽车-20级、挂车-100。西半幅中心线与东半幅中心线平面距离13 m,西半幅桥面比东半幅桥面低4 m。拱上建筑及引桥均为16 m空心板。现状五斗桥旧桥照片与示意图见图1、2。



图1 现状五斗桥现场照片

对该桥实施拆除重建主要基于以下两点原因:  
① 根据南海区公路管理站委托相关单位进行的检测结果可知:1978年五斗大桥的技术状况评定为四类,1993年五斗大桥为三类,均需进行不同程度的修缮或重建<sup>[4]</sup>。为了桥梁通行安全,目前五斗大桥东、西

收稿日期:2021-01-12

作者简介:李华强,男,大学本科,高级工程师.E-mail:23011578@qq.com

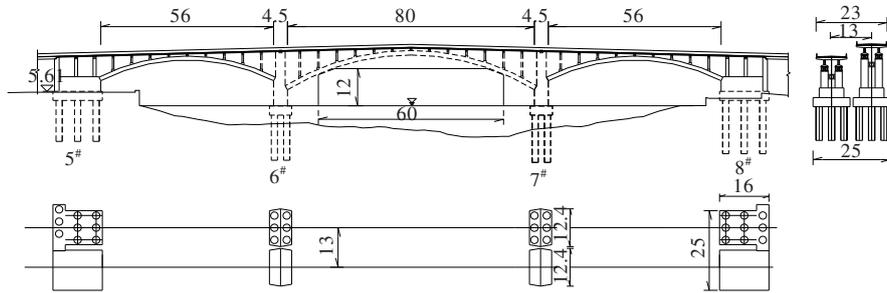


图2 现状五斗桥旧桥示意图(单位:m)

两幅均已进行限高,禁止2.6 m以上高度车辆通行;  
② 五斗大桥所在航道为东平水道,定级为国家内河Ⅱ级航道,通航净空不小于18 m。目前的通航净空已经不能满足要求。为满足通航要求,同时保障车辆通行安全,急需对五斗大桥进行拆除重建。

## 2 旧桥拆除

常见的桥梁拆除方案有如下4种:① 方案1:爆破法。该方法是通过在墩柱、拱肋、系梁等部位钻孔装药,采用微差爆破技术方法,将桥梁爆破,并使碎混凝土块散落在一定范围内。其优点是拆除时间短,费用低,但不适用距离建筑物近和有人员活动的情况,且在通航部位使用会导致断航时间长,航道废渣清理难度大;② 方案2:支架法。满堂支架法由于占用支架较多,搭设、拆除支架时间长导致拆除周期长而采用较少,同时不适用于通航河道;③ 方案3:缆索吊机扣挂法。采用缆索吊机辅助扣索塔架悬臂倒拆的方法,缺点是安全风险高,施工难度大,造价昂贵;④ 方案4:浮运法。该法是先先将浮船拼装支架并注水压舱,到达桥下后放水使船舶支架上浮顶住拱肋,在拱肋以上一定部位将拱肋切断后,将拱肋、拱波整体浮运离开桥位,放到指定地点拆除。该法优点是适用于通航桥梁,特别是要求断航时间短的桥梁。缺点是落梁风险高,曾出现过垮塌事故。以上方案均存在安全风险和造价高等问题。针对拆除重建工程,结合五斗桥工程实例,本文提出一种拆建一体化设计的新理念。

## 3 新建桥梁设计

### 3.1 技术标准

道路等级为双向八车道Ⅰ级公路兼市政功能;

设计速度60 km/h;汽车荷载取公路Ⅰ级,人群荷载取 $2.875 \text{ kN/m}^2$ ;通航标准为Ⅱ级航道,净宽150 m,净高18 m。

### 3.2 总体设计

新建桥梁桥轴线与水流方向基本正交。桥位处河道北岸为钢筋混凝土护堤,堤顶沿江路宽10 m,河道南侧为浆砌片石岸坡,两岸宽183 m。根据航道及防洪要求,主桥一跨过河,中间不设墩,同时需跨越北岸河堤沿江路,主墩基坑开挖避免影响河堤,主跨跨径为215 m。主桥采用计算跨径215 m的下承式钢箱系杆拱桥,主桥全长221 m,主拱为提篮式钢箱拱肋,主梁为钢-混凝土组合梁,主桥布置情况见图3、4。下部结构采用分离式承台,钻孔桩基础。

### 3.3 主拱设计

主拱系统由拱肋、风撑等构件组成。主拱计算跨径215 m,矢高43 m,矢跨比 $1/5$ ,拱轴线为二次抛物线。拱肋内侧倾斜 $11^\circ$ ,有利于提高结构的横向整体稳定性,且造型优美。拱肋采用全焊钢箱结构,材质为Q370qD钢材。拱肋等截面布置,高4.5 m,宽度2.5 m,纵向加劲肋采用I形,间距0.5 m左右。在吊杆位置设置垂直横隔板,每两个吊点横隔板之间设置两道垂直拱轴线的横隔板。两道主拱圈之间设置五道风撑,以增强结构的横向稳定性,风撑采用钢箱截面高3 m,宽2.5 m。

### 3.4 主梁设计

主梁采用双边箱钢-混组合梁,截面中心处标准梁高3.76 m,系梁中心处标准梁高3.38 m,拱脚处系梁增加至4.88 m,桥面全宽51 m,梁顶设置双向2%横坡,梁底水平。主梁由双边系梁、中横梁、端横梁、小纵梁、悬臂梁及面板组成,具体见图5。系梁采用全焊钢结构,箱形截面,腹板内倾 $11^\circ$ 。系梁中心距为37.8 m。系梁在跨中梁高3.0 m,拱脚位置加高至4.5 m,宽3 m,纵向加劲肋,采用I形。每道系梁的箱室

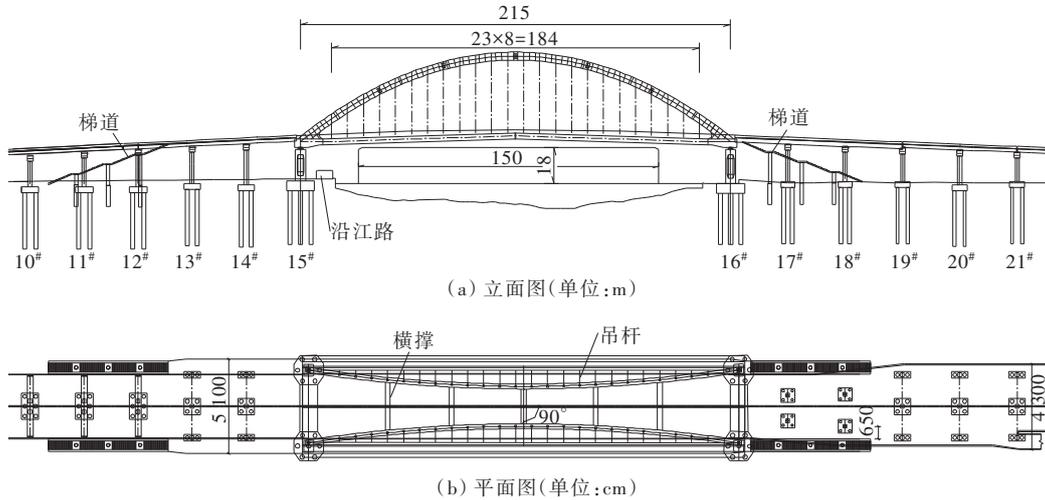


图3 主桥总布置图

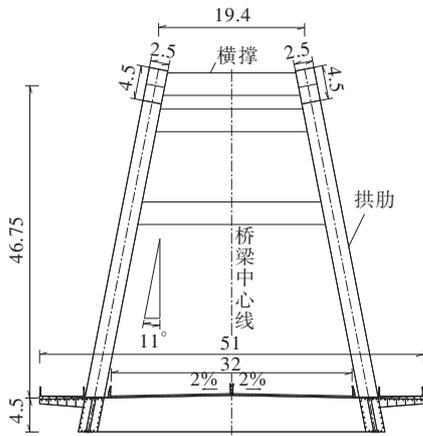


图4 横断面布置图(单位:m)

内布置6根系杆,采用55φ15.2 mm环氧钢绞线体外索。中横梁标准间距4 m,采用工字形截面,梁高由3 m渐变至3.38 m。端横梁采用箱形截面,梁高由4.5 m渐变至4.88 m,宽3 m。系梁外侧设置6 m悬臂梁,其上部设置非机动车和人行道板。桥面板采用C60 预制混凝土桥面板,厚28 cm,横断面分4块预制。

#### 4 拆除重建实施方案

该桥的特点是航道繁忙,北岸紧邻居民区。因

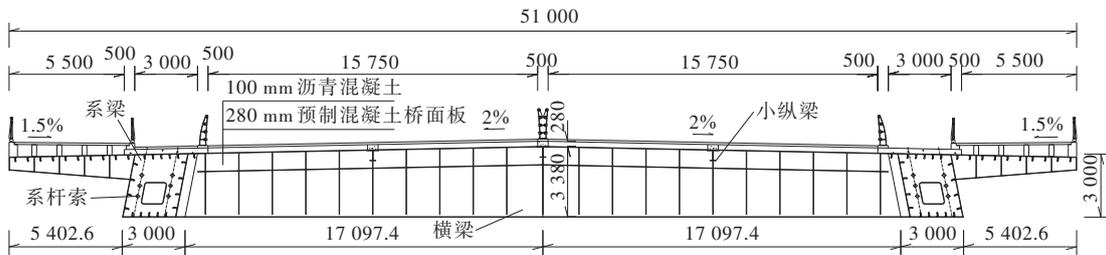


图5 主梁断面布置图(单位:mm)

现状通航孔不可搭设支架,旧桥拆除和新建桥梁施工均比较困难。因此提出一种新的拆除重建一体化设计理念。首先利用旧桥作为临时施工支架和操作平台施工新桥,再利用新桥作为辅助拆除旧桥。具体实施方案如下:

(1) 封闭交通,改移桥上电力线路和通信管线等。利用小型吊机辅助,逐孔拆除护栏和路灯,再利用车辆运离现场。拆除顺序由拱顶向两侧同步实施,三孔同步卸载;按照相同的方法拆除桥面铺装。

利用浮吊辅助拆除拱上16 m空心板,全桥拆除顺序遵循“三孔同步卸载”的原则。

(2) 利用旧桥裸拱作为支撑,利用浮船在旧桥主拱上搭设拼梁支架。利用旧桥两个水中墩承台作为操作导向和施工平台,辅助施工两个拼拱临时墩,见图6、7。

(3) 利用浮吊在支架上拼装系梁、钢横梁、小纵梁,详见图7。分段拼装主拱及风撑,安装主拱系杆和吊杆,进行初步张拉。暂时不施工桥面板。新建

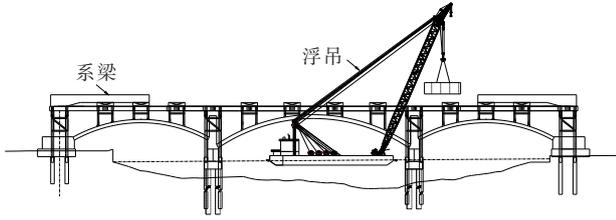


图 6 拼梁支架示意图

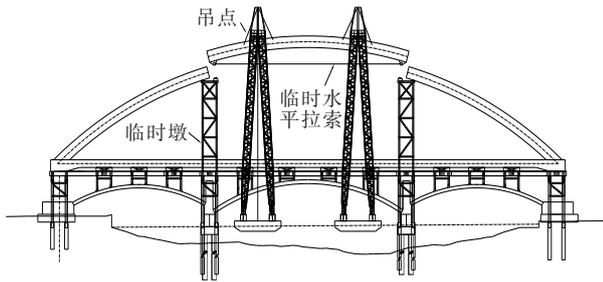


图 7 新建主拱吊装示意图

拱桥主要受力体系<sup>[3]</sup>施工完成。

(4) 拆除新桥施工临时支架,在新建横梁上安装分配梁,利用新建横梁为临时吊点,吊装老桥钢筋混凝土主拱,见图 8。采用人工风镐或链条锯等小型机械将主拱圈分段切断,用浮船将拱肋节段移走运至岸边,再用船吊吊至岸上破碎。

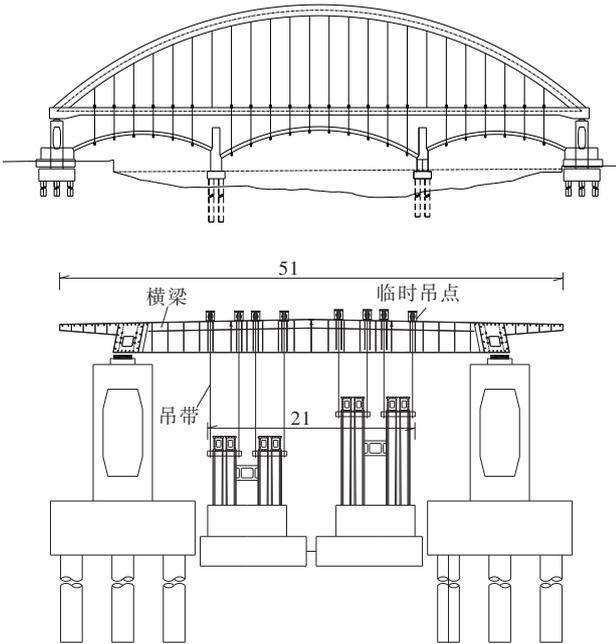


图 8 旧桥裸拱吊装拆除示意图(单位:m)

(5) 拆除旧桥水中墩墩身及承台,水下切割旧桥基桩,逐根拆除。拆除桥台承台,施工新桥承台系梁。

(6) 旧桥拆除完毕,施工新桥预制面板,施工铺装及护栏、二次调整吊杆拉力,新桥施工完毕。

### 5 设计关键点

#### 5.1 利用旧桥主拱作为支架施工

旧桥裸拱是否能承受新桥的钢主梁及支架自重是设计的关键点。钢箱系杆拱桥自重轻是方案实施的基础。旧桥已拆除的拱上建筑及二期铺装线荷载均值单幅合计为 193 kN/m,两幅合计 369 kN/m。临时支架荷载利用钢管和型钢梁搭设,自重远小于拱上立柱荷载。新建系梁及横梁自重线荷载均值为 245 kN/m,新桥的荷载分布与旧桥基本一致,且比旧桥主拱原来承受的恒载小很多。因此以旧桥主拱作为支架拼装新桥钢梁安全可靠。旧桥拱上立柱拆除时,预留部分钢筋用于拼梁支架临时锚固。

#### 5.2 利用新建桥梁拆除旧桥

新建桥梁在未铺设桥面板的情况下,能否承受旧桥裸拱荷载,是该方案成立的重要关键点。桥面板厚 0.28 m,沥青铺装厚 10 cm,桥面板、护栏、人行道板等二期荷载线荷载均值合计为 560 kN/m。两幅旧桥裸拱线荷载均值合计为 315 kN,从荷载来看旧桥裸拱荷载远小于新建桥梁二期恒载。但是旧桥主拱自重分布与新桥恒载分布存在较大差异<sup>[6]</sup>,且拆除裸拱过程中施工荷载和切割过程中的冲击荷载不容忽视<sup>[7]</sup>。吊装冲击系数取 1.25。设计采用 Midas 软件建立三维有限元计算模型,对拆除过程进行分析,有限元计算模型见图 9。

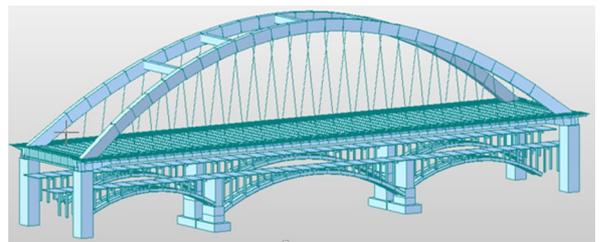


图 9 有限元计算模型示意图

通过旧桥拆除工况与新桥二期荷载的对比分析可知:主拱所受轴力与弯矩差异较大,见图 10、11。

由图 10、11 可知:① 旧桥拆除工况,新建主拱最大轴力为 22.8 MN,考虑冲击修正为 30.8 MN,比成桥状态桥面板及二期恒载产生的轴力(46.2 MN)小得多;② 拆除旧拱工况,拆桥荷载对主拱根部产生弯矩

为  $21.4 \text{ MN} \cdot \text{m}$ , 小于成桥恒载弯矩  $37.5 \text{ MN} \cdot \text{m}$ 。拆除旧拱工况, 主拱跨中弯矩为  $10.9 \text{ MN} \cdot \text{m}$ , 大于

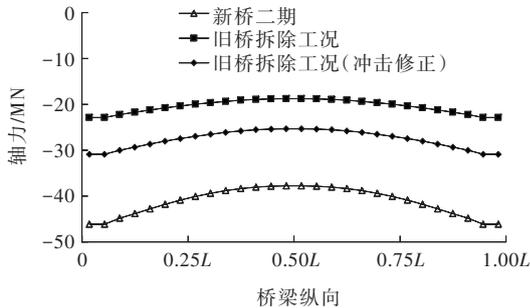


图10 施工阶段主拱轴力图

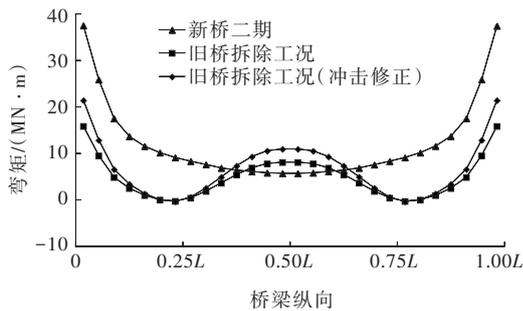


图11 施工阶段主拱弯矩图

成桥恒载弯矩  $5.73 \text{ MN} \cdot \text{m}$ , 但是远小于主拱的抗力值。临时吊点与吊杆基本对应, 系梁受力远小于成桥状态, 各指标满足规范要求。

系梁、横梁、系杆索施工完成后, 拱桥体系已经形成<sup>[8]</sup>, 利用此时的结构拆除旧桥是合理的方案。切割过程中和旧桥断裂时冲击荷载需严格控制。切割过程中, 对各吊杆实时监控, 让旧主拱逐步变形释放能量, 逐步弱化旧桥刚度, 在断裂前足够释放能量<sup>[9]</sup>。特别在起吊分配梁位置设置缓冲橡胶, 可较大程度减小冲击力。不同的结构采取的措施不同, 冲击系数也不同, 需根据实际情况修正。

### 5.3 旧桥基础拆除

新建桥梁基础尽量避开旧桥基础。本项目承台设置在旧桥两侧, 从而减少对旧桥基础的拆除。新桥基础施工距离旧桥较近, 需要单侧支护, 可采用开口式基坑支护方式<sup>[10]</sup>。旧桥基桩拆除费用较高, 也可考虑利用旧桥基桩, 但需进行相关试验, 使用年限较长的桥桩质量难以保证时, 不建议利用。

### 5.4 造价分析对比

与爆破法相比, 本方案减少了对居民区的影响,

同时避免了水中打捞废渣。与支架法相比, 减少了大量的临时工程量, 施工措施费用低。与浮运法相比, 搭建过程中封航时间短, 社会影响小。系杆拱桥施工无论是先梁后拱施工方案还是先拱后梁方案, 临时结构用钢量基本与主体结构相当。而该桥的设计方案, 临时结构用量只有常规方案用量的 39%, 特别是节省了水中平台和水中支架的基础费用。

## 6 结语

拆建一体同时设计, 需要设计师充分理解施工和主体设计。每一座桥梁都有自身的特点, 五斗大桥拆除重建工程具有航道繁忙、旧桥紧邻居民区等特点, 无论单独拆除旧桥还是新建桥梁, 施工措施费都非常高。先拆除旧桥拱上建筑, 利用裸拱作为支架施工新桥主拱和系梁, 再利用新建桥梁拆除剩余旧桥裸拱。节省了新建桥梁施工支架, 特别是水中支架和平台, 全桥施工措施费节省 33.5%。本文提出的拆建一体同时设计理念可为类似工程提供借鉴。

### 参考文献:

- [1] 蒋跃飞, 何贤辉, 刘桐, 等. 双侧紧贴运营新桥的大型桥梁爆破拆除技术[J]. 工程爆破, 2019, 25(3): 32-42.
- [2] 马芹永, 袁璞, 卢小雨. 静态破碎技术在桥梁临时支撑拆除中的应用[J]. 施工技术, 2013(12): 337-340.
- [3] 王志刚, 余顺新, 陈亚莉. 桥梁快速建造技术[J]. 中外公路, 2018, 38(4): 184-188.
- [4] 佛山市南海纵横交通建设质量检测有限公司. 旧五斗大桥检测报告[R], 2018.
- [5] 林元培, 章曾焕, 马磊, 等. 上海市黄浦江卢浦大桥设计[J]. 土木工程学报, 2005, 38(1): 71-77.
- [6] 蒋文俊, 唐春海, 程贵海. 空腹式肋拱桥静载试验与荷载横向分布分析[J]. 中外公路, 2018, 38(1): 83-86.
- [7] 邓可, 杨永红, 鲁乃唯, 等. 基于实测车流的中小跨径桥梁车载动力效应极值研究[J]. 中外公路, 2019, 39(5): 75-79.
- [8] 肖汝诚. 桥梁结构体系[M]. 北京: 人民交通出版社, 2013.
- [9] 邓宗才, 张亚宁, 柳俊静. 桥梁处治中预应力束应力的变化规律[J]. 公路, 2019, 64(7): 126-130.
- [10] 李华强. 开口式基坑支护方法设计与运用[J]. 中外公路, 2013, 33(4): 62-65.