

# 通航运河上中承式系杆拱桥拆除关键技术研究\*

虞冬冬<sup>1</sup> 房玉环<sup>2</sup> 王志文<sup>1</sup>

(1.常州市航道管理处,江苏 常州 213000;2.中铁四局集团第二工程有限公司,江苏 苏州 215000)

**摘要:**近年来随着我国航道水运的发展和建设,对于不符合通航标准的桥梁进行了老桥拆除重建。现在老桥的拆除大多采用爆破法和机械拆除法,由于在通航运河上不可能进行断航爆破拆除施工,故现在通航运河上多采用逆施工顺序的机械拆除法,不仅要考虑拆桥对通航的影响降到最低,同时也要保证拆除过程中桥梁结构的稳定性。文章结合横林大桥的拆除施工,以有限元模型计算的拆除阶段模拟分析,阐述和分析航道上中承式系杆拱桥拆除施工技术方案并得出相关结论。

**关键词:** 通航运河;中承式拱桥;拆除方案;有限元分析

DOI: 10.3969/j.issn.1672-9846.2016.03.020

中图分类号: U445.6

文献标志码: A

文章编号: 1672-9846(2016)03-0081-06

随着交通水运的发展,内河航道航行的船舶吨位越来越大。内河航道不断进行拓宽建设,航道桥梁不能适应目前航道通航能力的要求,大量桥梁面临拆除重建的问题。拆除桥梁不同于新建桥梁,不同桥型根据其自身的特点和环境因素适用不同的拆除方法,且拆除通航运河桥梁不能在桥下搭设支撑,桥梁拆除过程中一旦坍塌不仅是重大的安全事故,也会造成航道的断航。目前国内对此类桥梁的拆除方法和关键技术的研究还不够系统和完善。本文结合工程实例常州市横林大桥的拆除工作,对钢筋混凝土中承式系杆拱桥的拆除方法及关键技术进行分析研究。

## 1 老桥拆除遵循的原则和拆除难点

### 1.1 老桥拆除遵循的原则

第一,不破坏原有结构稳定的原则。拆除老桥与修建新桥最本质的区别是:新建桥梁随着施

工步骤的不断推进,结构不断趋进稳定,工况不断趋进有利,直至成桥通车,结构处于最佳受力状态;与此相反,桥梁拆除则随着构件的不断支离,结构的稳定不断削弱,施工工况也经常处于不利状态。因此,横林大桥老桥拆除采用逆向施工的方法进行吊离,确保结构稳定。

第二,不影响或少影响交通的原则。在封桥前,制定好不影响南北两岸陆上交通的方案。水上涉及吊装作业需短暂封航,封航前应办理好各项海事申请特护及交通限行手续。

### 1.2 拆除难点

主要拆除难点为:(1)封航时间限制。苏南运河常州段为江苏省干线航道,船舶通行量大,因此封航时间有限,每天封航最多 4 小时。(2)吊装能力限制。横林大桥起吊的部分重量应根据项目部现有的浮吊设备起吊能力,项目部有 500t 和 300t 浮吊船各

\*收稿日期:2016-08-01

**作者简介:**虞冬冬(1989-),男,江苏常州人,常州市航道管理处工程管理科科长,主要从事航道工程、道路和桥梁工程的建设及管理工作。

房玉环(1986-),男,江苏徐州人,中铁四局集团第二工程有限公司工程师,主要从事道路和桥梁工程的建设施工管理工作。

王志文(1967-),男,江苏常州人,常州市航道管理处高级工程师,主要从事航道建设工程管理工作。

一艘。(3)切割桥面板后保证各切割后的桥面板稳定性。(4)整体吊离割断的拱肋时考虑拱肋的稳定性。(5)拱肋吊离后,设置在强大横梁下的临时支墩的稳定性,以保证强大横梁及剩下的拱肋不失稳。

## 2 拆除总体步骤和有限元计算分析

### 2.1 拆除总体步骤

通过对横林大桥老桥工程量计算,根据现有的拆桥设备能力,老桥主跨拆除顺序为:在强大横梁平面投影下方搭设临时支架→拆除防撞栏杆→在桥面两侧顺桥向用型钢将各个吊杆之间的桥面固结成一体→横桥向将两吊杆平分线处的桥面及梁体结构上下切割通透→用浮吊将分割的各块梁体从跨中向两侧逐块吊移至河岸上→在桥面以上两拱肋之间加设临时风撑及吊点→用浮吊将两侧拱肋悬吊→将桥面以上第1根吊杆间的拱肋隔

断,用浮吊将其整体吊移至河岸上→拆除剩余加劲梁及桥面板→用浮吊将强大横梁及剩余的拱肋、下风撑吊移至驳船上运走→拆除临时支架→拆除墩柱及扩大基础→清理场地。

### 2.2 有限元计算分析

桥梁经过多年的运营,承载能力下降,拆除过程中不可预见的不利因素增多,因此在拆除前使用拟定方案进行仿真模拟,找出最不利情况是必不可少的。根据老桥竣工图纸和现场实际情况,利用 Midas/Civil 对横林老桥建立有限元模型。

(1)桥面板拆除分为5个阶段,在对桥梁桥面板切割后,存在着体系转换,此时吊杆和拱肋受力可能会超过桥梁的允许受力,故利用有限元模型计算桥面板拆除后拱肋应力及变形有限元计算,如图1-图5所示。

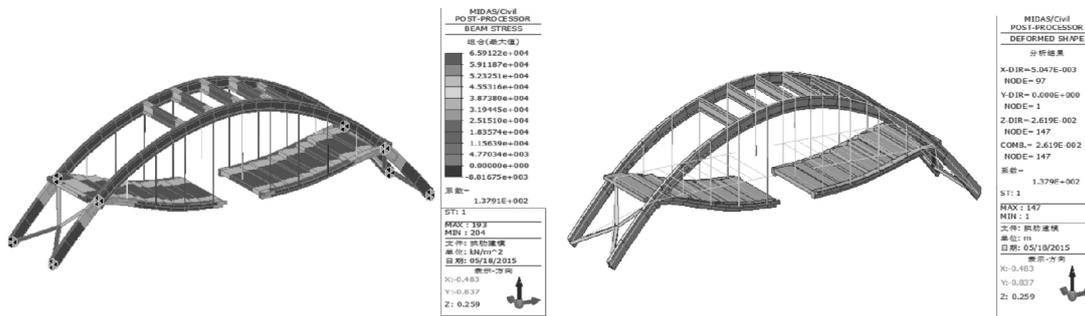


图1 第1阶段5#吊杆下桥面板结构吊离后桥梁应力和应变图

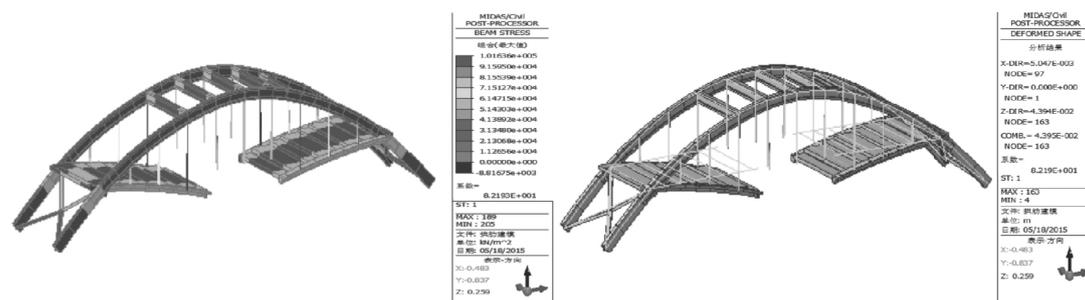


图2 第2阶段4#吊杆下桥面板结构吊离后桥梁应力和应变图

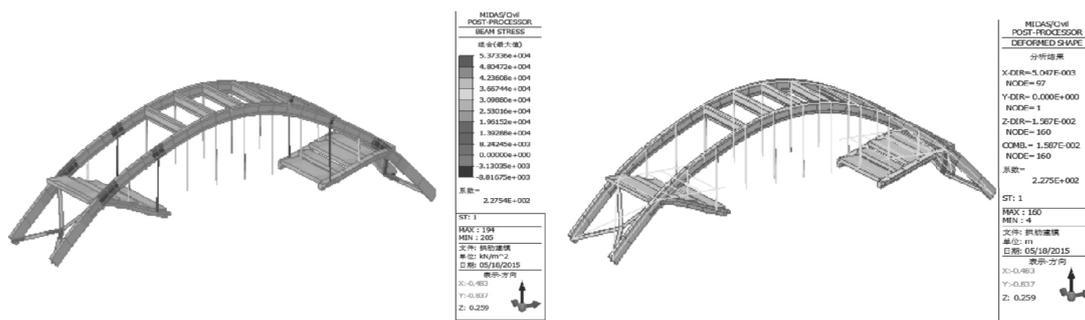


图3 第3阶段3#吊杆下桥面板结构吊离后桥梁应力和应变图

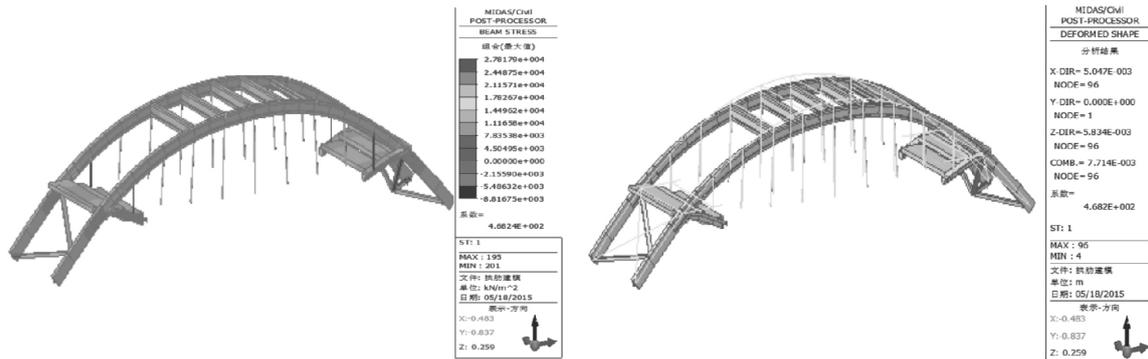


图 4 第 4 阶段 2# 吊杆下桥面板结构吊离后桥梁应力和应变图

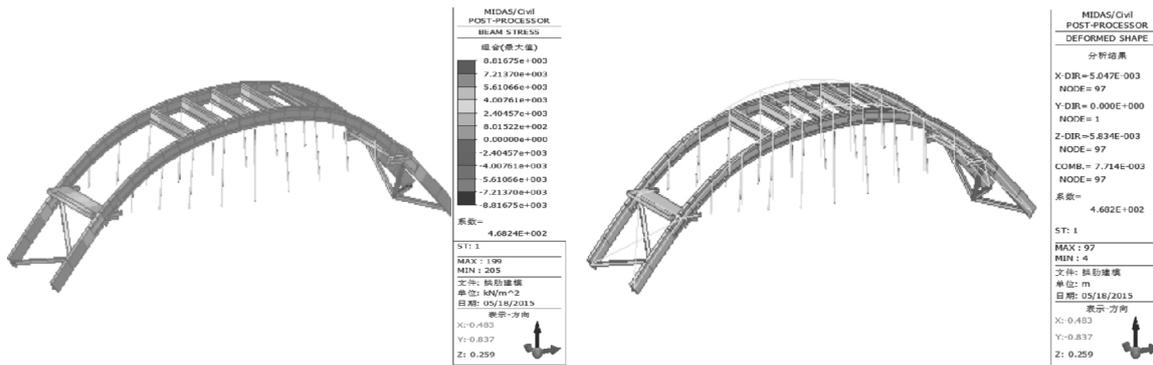


图 5 第 5 阶段 1# 吊杆下桥面板结构吊离后桥梁应力和应变图

经过有限元模型的模拟计算,吊杆最大应力出现在第 2 阶段 4# 吊杆下桥面板结构吊离后,最大值为  $101.64\text{N/mm}^2$ ,拱肋最大应力出现在第 1 阶段和第 2 阶段都为  $8.82\text{N/mm}^2$ ,最大变形出现在第 2 阶段为  $43.94\text{mm}$ ,但都在横林大桥结构受力和变形容许范围值之内,故可以采用此方案对横林大桥的桥面板拆除,各个阶段桥梁结构都

具有很好的稳定性。

(2)对拱肋起吊点的设置应保证起吊后的拱肋整体受力的均匀,不出现应力集中和失稳的现象,保证整体起吊后的拱肋整体的受力和变形都在桥梁本身的允许范围内。根据本桥吊点的设置,对桥面板以上拱肋整体吊离拱肋产生的应力和变形进行计算,如图 6-图 8 所示。

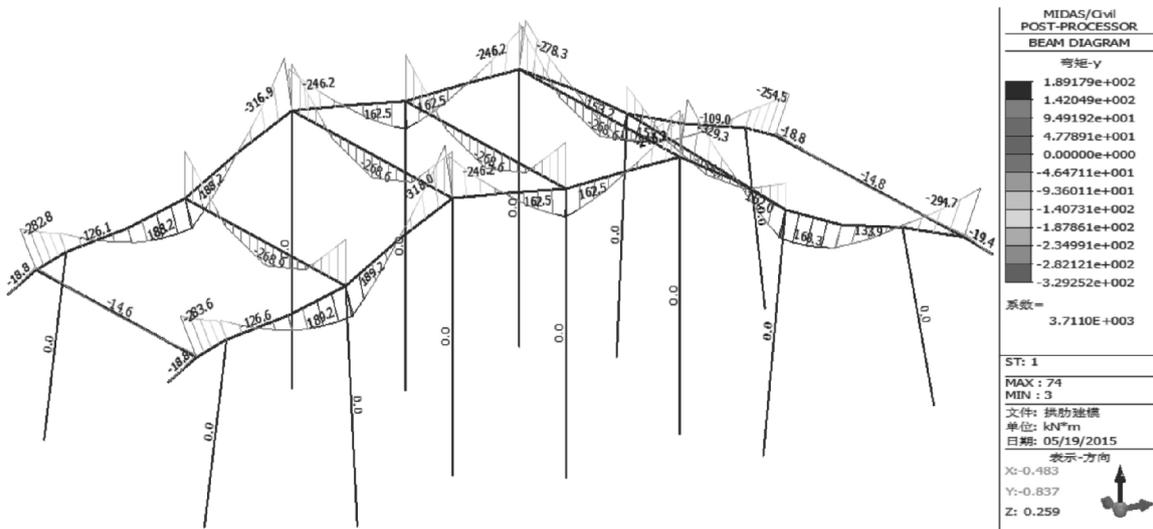


图 6 拱肋整体吊起后弯矩图

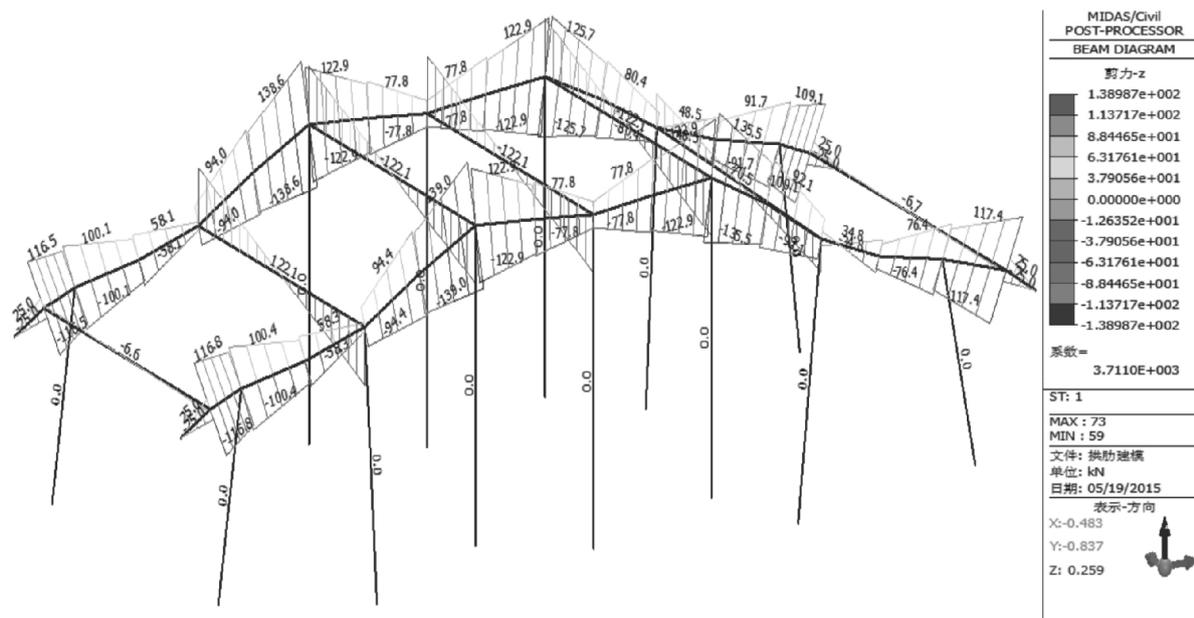


图7 拱肋整体吊起后剪力图

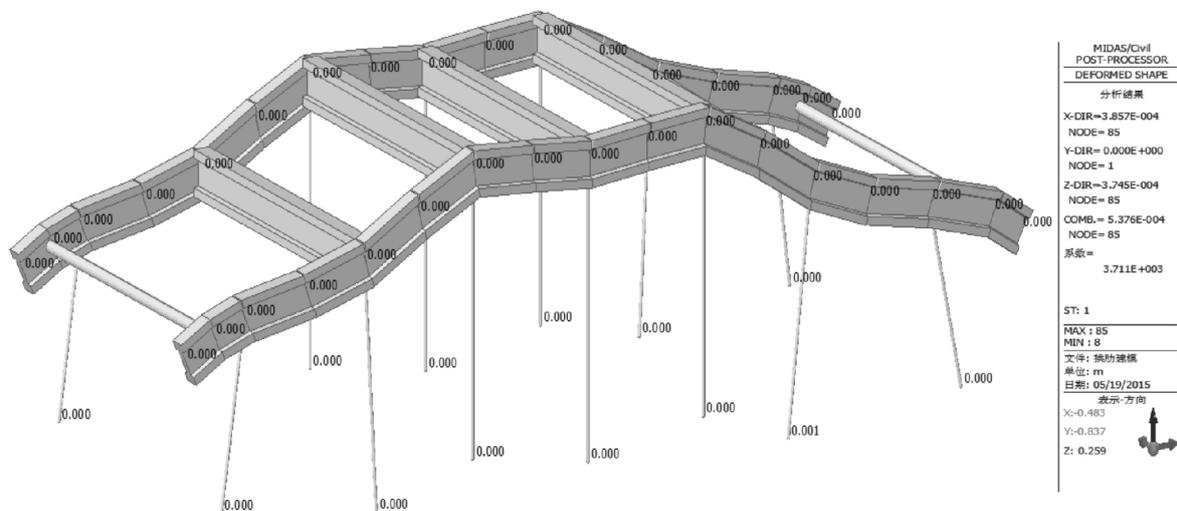


图8 拱肋整体吊起后变形量

通过有限元计算,拱肋整体调离产生最大弯矩为  $329.3\text{kN}\cdot\text{m}$ ,最大剪力为  $139\text{kN}$ ,最大变形  $0.5\text{mm}$ ,都在拱肋受力和变形容许范围值之内,满足结构稳定性和承载力的要求。

### 3 关键部位拆除技术

#### 3.1 桥面板横向分割及拆除

根据老桥的施工图设计,行车道板及加劲梁在后场预制,体内设预应力筋,加劲梁悬挂在吊杆下端,行车道板位于两加劲梁之间,底面相平,行车道板之间、加劲梁之间及行车道板与加劲梁之间设现浇段,并设预应力束。加劲梁加铺装层厚

$92\text{cm}$ ,行车道板加铺装层厚  $68\text{cm}$ ,为缩短封航周期,方便施工,结合目前施工中常用的切割设备和运河上浮吊起吊能力,在两吊杆间中心平分线上将桥面横向上下隔断,然后用浮吊逐块吊离(由跨中向两边对称吊离),吊离时每块采用四个吊点。为保证桥面板分割后拱桥整体稳定,切割前,每块行车道板四个吊点处先用绳索将桥面板与拱肋连接。

#### 3.2 桥面板以上拱肋整体拆除

桥面以上拱肋及风撑采取整体吊移,拱肋切割点位于拱肋与桥面板交接处,切断后,拱肋总体

起吊水平长度约为 43.2m。切割前先在距切割断头 3m 处(吊点)加设临时风撑,以增加拱肋的整体刚度,临时风撑采用  $\varphi = 426\text{mm}$  钢管 ( $t = 10\text{mm}$ ),钢管与拱肋采用 36 工字钢与拱肋刚性连接,临时风撑具体设置如图 9 所示。根据起吊拱肋长度及拱肋间距、河道宽度、浮吊结构尺寸,桥面以上拱肋采用 8 点吊离,起吊钢丝绳选用  $6 \times 61$  抗拉强度为 1700MPa,公称直径为 83mm,浮吊配备钢丝绳长度为 20m、10m、5m 等各种长度尺寸若干,拱肋吊离采用两台浮吊(300t、500t)对称抬吊,如图 10 所示。

3.3 强大横梁下临时支架的设置

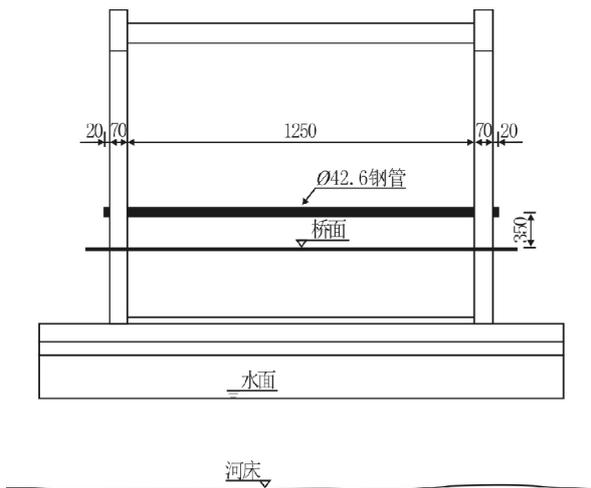


图 9 拱肋临时风撑设置示意图

桥面上拱肋及桥面以上桥面板拆除以后,桥面以下拱肋悬臂(水平)有 11.07m,且拱肋悬臂端头受到强大横梁、剩余行车道板及加劲梁的竖向荷载,为抵抗拱肋自重、强大横梁、行车道板及加劲梁产生的作用力,避免剩余拱肋折断后倾倒在运河中,切割桥面板结构之前,在强大横梁底搭设临时支撑。每侧临时支架由 9 根钢管桩( $\varphi = 426\text{mm}$ ,  $t = 10\text{mm}$ )加纵横向分配梁(40I)加钢垫枕,纵向分配梁中心轴线间距为 1.5m,横向分配梁中心轴线间距为 0.75m,具体设置情况如图 11 所示,同时临时支架也经过了受力计算,不然不得进行设置。

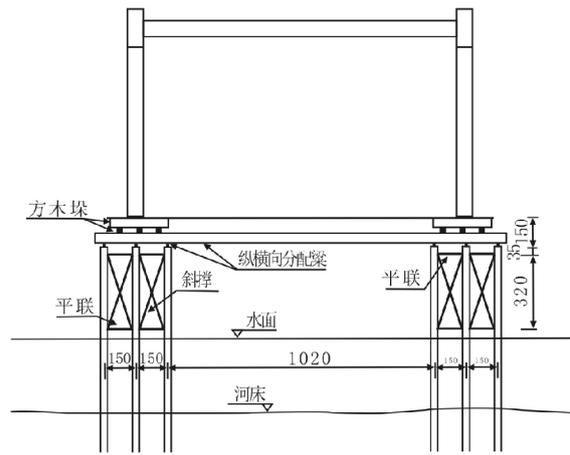


图 11 临时支架正面图(横桥向)

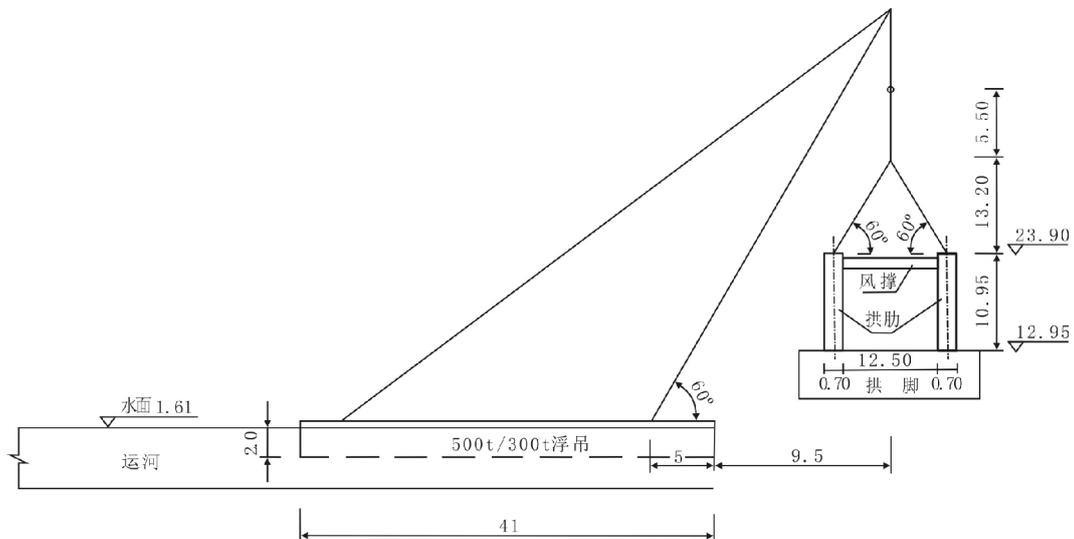


图 10 浮吊与桥梁立面关系示意图(m)

3.4 强大横梁及剩余拱肋拆除

南北两岸强大横梁及 1# 吊杆至拱脚段拱肋

分两次整体拆除,拆除期间,浮吊垂直河道轴线停放,在强大横梁与拱肋交叉处、下风撑交叉处、拱

脚处设置吊点,共5个吊点,如图12所示。拆除时,在钢丝绳轻微受力绷紧后,用炮头机将拱肋在拱脚处凿断,然后吊移至驳船上运至弃渣场。

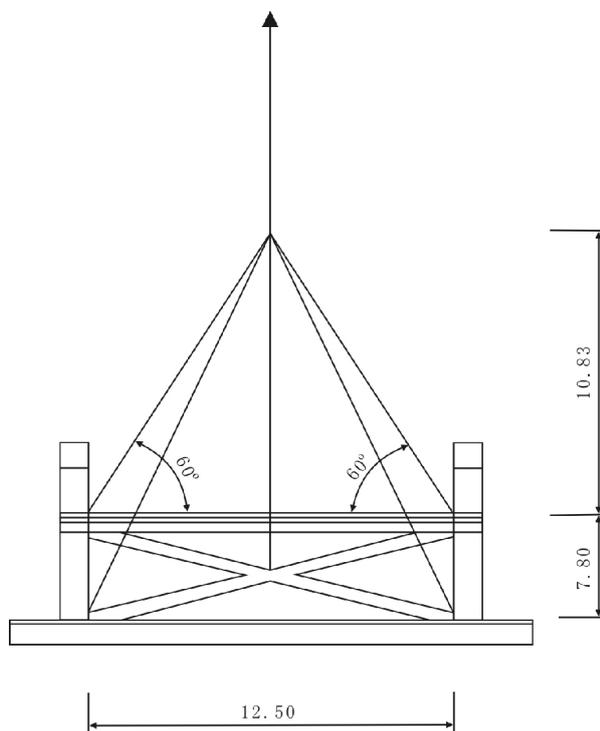


图12 强大横梁及剩余拱肋吊点设置示意图(m)

#### 4 结语

(1)横林大桥拆除不能长时间断航,计划连续断航5天,但实际断航4天,断航时间分别为4小时、2小时、3小时和2小时,故合理的计算和安排每次吊装构件重量,避免了吊装能力的浪费和吊离构件超过起吊能力而影响拆除速度,对通航影

响较小。

(2)存在结构体系转换和内力释放,要进行必要的计算,尤其桥面板切段后吊杆受力、吊杆割断吊离桥面板时受力、整体吊离桥面板以上拱肋时整体受力和临时支架的受力等关键拆除阶段计算模拟。

(3)重点考虑最不利工况原则,通过有限元模拟,发现拆除桥面板时拱肋的最不利情况出现在第1和第2阶段,而吊杆受力和变形最不利情况都出现在第2阶段,故在拆除类似中承式系杆拱桥时,最不利情况会出现在拆除的第1和第2阶段,拆除中要加强这两个阶段监测工作。

(4)“与施工逆向,不破坏原结构稳定”原则,即考虑与桥梁施工顺序相反步骤进行拆除,这样桥梁体系可处于较稳定的状态。同时,拆除桥面板时,为保证拱肋受力稳定性,应对称拆除桥面板。

参考文献:

- [1]赵涵.大跨度预应力混凝土桁式组合拱桥拆除技术研究[D].重庆:重庆交通大学,2013.
- [2]石成.钢筋混凝土连拱上部结构拆除施工与控制[D].成都:西南交通大学,2008.
- [3]张守军.跨航道系杆拱桥整体吊装拆除技术[J].施工技术,2015,44(23):108-111.
- [4]王文君.系杆拱桥拆除施工技术探讨[J].交通科技,2010(S2):42-44.
- [5]梁辉,王明.钢筋混凝土系杆拱桥单片拱肋整体吊装拆除方法简述[J].中国水运,2010,10(12):219-220.

## 本刊启事

本刊已被《中国学术期刊综合评价数据库》《中国学术期刊(光盘版)》《中国核心期刊(遴选)数据库》《中国科技期刊数据库》《万方数据库》

《中国期刊网》收录,作者著作权使用费与本刊稿酬一次性给付。如作者不同意文章被收录,请在来稿时向本刊声明,本刊将做适当处理。