

DOI:10.16799/j.cnki.csdqyh.2023.03.038

# 某公路斜拉桥现浇箱梁挂篮方案比选分析

杨广, 谭子盈

(广东顺控交通投资有限公司, 广东 佛山 528000)

**摘要:** 主梁挂篮施工作为斜拉桥施工的关键环节之一,对桥梁质量安全、工期、造价等具有显著性影响。通过对牵索挂篮和组合式菱形挂篮施工方案进行技术、安全性和经济性分析,论证后支点式菱形挂篮在宽幅斜拉桥主梁施工中的适用性,为类似工程提供参考和借鉴意义。

**关键词:** 斜拉桥;牵索挂篮;组合式菱形挂篮

**中图分类号:** U445

**文献标志码:** B

**文章编号:** 1009-7716(2023)03-0154-03

## 0 引言

牵索挂篮(见图1)作为斜拉桥主梁的常用施工方案,悬浇主梁施工过程的部分荷载通过锚固系统传给已完成浇筑主梁,另一部分荷载则通过牵索锚固系统传递到塔柱,具有施工技术成熟可靠、造价合理等特点。其不足之处在于,主梁悬浇施工过程中需要分阶段多次调索,工艺复杂,工期也较长<sup>[1]</sup>。

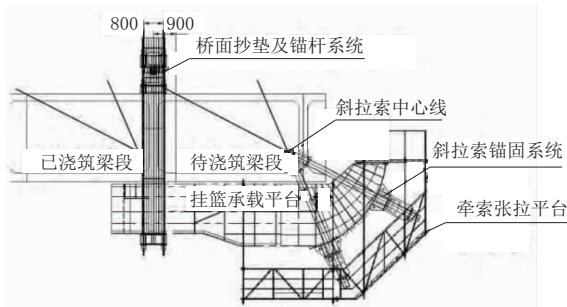


图1 牵索挂篮结构示意图

组合式菱形挂篮(见图2)是利用已完成浇筑梁段来承担挂篮及待浇梁段的所有施工荷载,受力明确,工艺简单,可满足主梁施工一次成形的要求,但对已完成浇筑梁段的强度、刚度有较高要求。

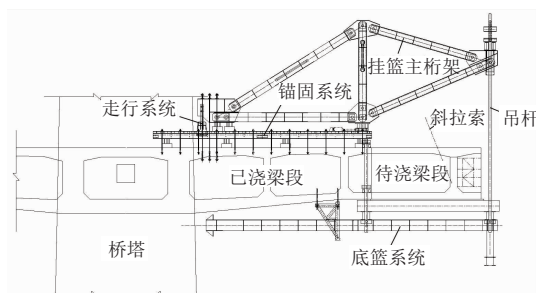


图2 组合式菱形挂篮结构示意图

收稿日期: 2022-03-21

作者简介: 杨广(1989—),男,硕士,工程师,从事道路桥梁的设计与施工管理工作。

在实际斜拉桥施工过程中,考虑到现场条件、工期及工程造价的影响,这两种挂篮施工方案均有成功应用的案例<sup>[2-8]</sup>。笔者仅就菊花湾大桥主梁悬浇施工过程中挂篮方案变更进行分析和探讨,以总结一些有参考意义的结论。

## 1 工程概况

本项目位于佛山市顺德区,菊花湾大桥全长1 215 m,其中主桥为2×120 m独塔双索面斜拉桥,结构形式为塔梁固结体系。道路等级为公路一级,双向6车道。主梁采用混凝土双边箱断面,主梁顶面宽34.8 m,中心梁高2.8 m,桥面板厚0.3 m,桥面设2%双向横坡。标准节段边箱梁宽9.25 m,顶板厚0.3 m,直腹板厚0.4 m,底板厚0.35 m,箱梁挑臂长2.35 m。斜拉索采用平面扇形布置,拉索在梁上的锚固点间距为6 m,塔上的锚固点间距为2 m。主梁每一标准节段长度为6 m,每标准节段梁体自重为428 t。

由于水利部门对跨顺德水道(三级航道)新建桥梁的最新规定,原设计高桩承台均变更为埋入式低桩承台,造成总体工期计划延期3个月。为保证菊花湾大桥工程按期完工和移交运营,施工方要求将前支点式牵索挂篮施工变更为后支点式菱形挂篮施工,故对其影响进行以下比较分析。

## 2 挂篮结构

### 2.1 牵索挂篮

因主梁宽34.8 m,牵索挂篮的下横梁跨度需达35 m以上,且需承担的梁体自重为428 t。故对挂篮的下横梁刚度与变形要求较高,原设计下横梁结构为钢箱梁。全桥双侧挂篮总重486 t。

### 2.2 组合式菱形挂篮

组合式菱形挂篮分左右幅,每幅2个吊点,共4个吊点,即中间增设了2个吊点,相应下横梁设计得较轻盈,为桁架式结构。全桥双侧挂篮总重394 t。

### 2.3 挂篮荷载比

挂篮设计的重要参数之一为荷载比,即挂篮自重与最大悬浇节段梁重量之比。在相同工况条件下,牵索挂篮荷载比为 $243/428=0.56$ ,组合式菱形挂篮荷载比为 $197/428=0.46$ 。显然,组合式菱形挂篮荷载比要优于牵索挂篮荷载比。

## 3 主梁悬浇标准节段工期

两种挂篮标准节段梁施工工期对比见表1。由此可见,组合式菱形挂篮每个标准节段梁比牵索挂篮节省工期3 d,除去0#块外,主跨总共17个标准节段梁,可总共节省工期51 d。

表1 两种挂篮标准节段梁施工工期对比

牵索挂篮		组合式菱形挂篮	
工序	时间/d	工序	时间/d
挂篮移机(下移并前移)且锚固	0.5	挂篮移机及张拉挂篮后锚	0.5
斜拉索挂索	2	安装外模、底腹板及端头模板	0.5
斜拉索初张拉	1	绑扎底、腹板钢筋	1.5
安装外模和底、腹板及端头模板	0.5	安装预应力筋	0.5
绑扎底腹板钢筋	1.5	安装内模和顶板、翼板钢筋和预应力筋	1.5
安装底、腹板预应力筋	0.5	浇筑混凝土	1
安装内模和顶板、翼板钢筋和预应力筋	1.5	混凝土养生	5
浇筑混凝土	1	在混凝土养生期间,进行节段梁斜拉索安装	0
混凝土养生	5	预应力筋张拉、压浆	1
预应力筋张拉、压浆	1	斜拉索张拉	0.5
斜拉索二次张拉	0.5		
牵索挂篮施工标准节段梁施工工期	15	菱形挂篮施工标准节段梁施工工期	12

## 4 挂篮结构安全性

牵索挂篮的重量集中于下挂承载平台,主纵梁和下横梁单件自重较大,安装较难,螺栓、插销及锚固筋处于模板下方,不易检查。组合式菱形挂篮的重量集中于桥面菱形架及滑轨,螺栓、插销及锚固筋易检查,安全性比牵索挂篮更好。

## 5 施工阶段挂篮计算结果

### 5.1 牵索挂篮

根据标准节段梁自重、挂篮自重与拉索竖向力的静力平衡和力矩平衡关系,由图3可计算出主梁前端荷载为1426.9 kN压力荷载(向下),后端荷载为259.3 kN压力荷载(向下)。斜拉桥主梁在施工阶段和成桥运营阶段竖向变形和应力图见图4~图8。

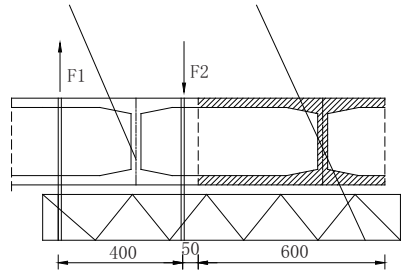


图3 牵索挂篮施工荷载计算图式(单位:cm)

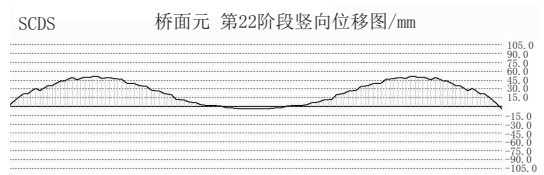


图4 主梁最大竖向位移图(单位:mm)

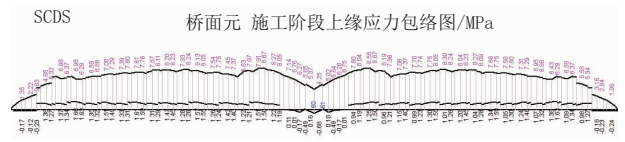


图5 施工阶段主梁上缘应力包络图(单位:MPa)

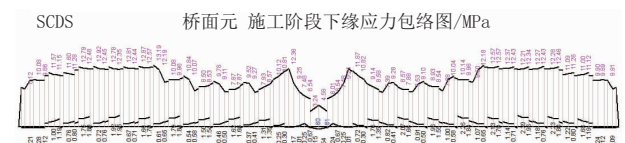


图6 施工阶段主梁下缘应力包络图(单位:MPa)

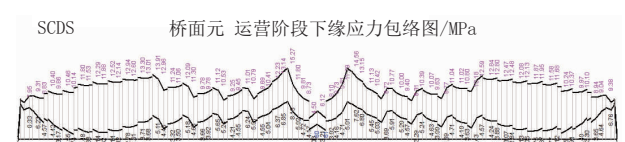


图7 成桥运营阶段主梁下缘应力包络图(单位:MPa)

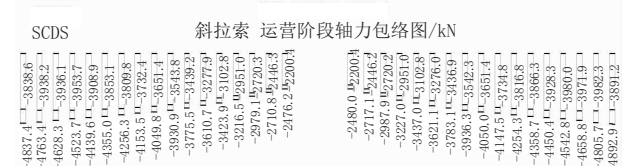


图8 成桥运营阶段斜拉索轴力包络图(单位:kN)

由图4~图8可知,现浇主梁施工阶段最大竖向位移为47.8 mm,主梁上缘最大压应力为8.67 MPa,悬臂施工阶段没有出现拉应力;主梁下缘最大压应力为13.19 MPa,悬臂施工阶段没有出现拉应力。在成桥运营阶段,主梁下缘最大压应力为15.27 MPa,

主梁上缘最大压应力为 14.85 MPa,全桥截面基本处于受压状态。斜拉索最大索力为 4 837.4 kN。

### 5.2 组合式菱形挂篮

同理,由图 9 可计算出主梁前端荷载为 4 774.5 kN 压力荷载(向下),后端荷载为 1 402.1 kN 拉力荷载(向上)。

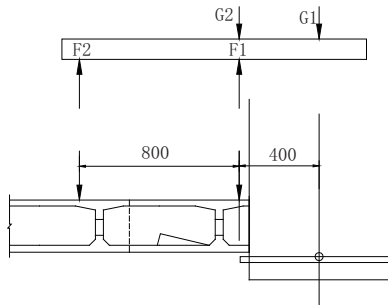


图 9 菱形挂篮施工荷载计算图式(单位:cm)

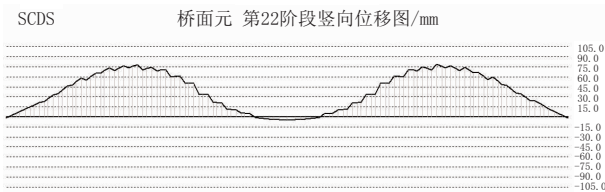


图 10 主梁最大竖向位移图(单位:mm)

由图 4 和图 10 可知,组合式菱形挂篮方案的现浇主梁施工阶段最大竖向位移为 78.8 mm,比牵索挂篮方案最大竖向位移偏大。由图 11、图 12 可知,组合式菱形挂篮方案的施工阶段主梁上缘最大压应力为 14.45 MPa,悬臂施工阶段出现 0.5 MPa 的拉应力;主梁下缘最大压应力为 16.07 MPa,悬臂施工阶段没有出现拉应力。由图 13 可知,在成桥运营阶段,主梁下缘最大压应力为 16.87 MPa。主梁上缘最大压应力为 14.45 MPa,全桥截面基本处于受压状态。由图 8 和图 14 可知,组合式菱形挂篮的斜拉索最大索力为 5 550.1 kN,比牵索挂篮方案最大索力偏大。

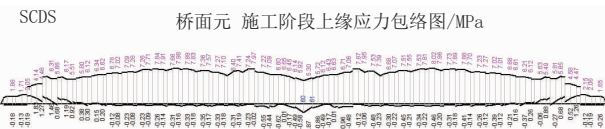


图 11 施工阶段主梁上缘应力包络图(单位:MPa)

因此,本项目在进行挂篮方案变更的同时,也需要对主桥结构进行顶板钢束(由 3-7 $\Phi$ 15 钢绞线变更为 4-7 $\Phi$ 15 钢绞线)和斜拉索索力调整。

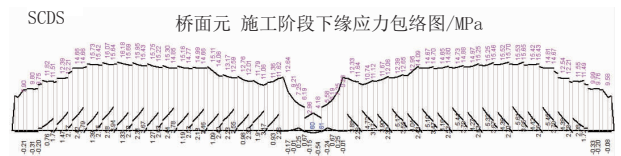


图 12 施工阶段主梁下缘应力包络图(单位:MPa)

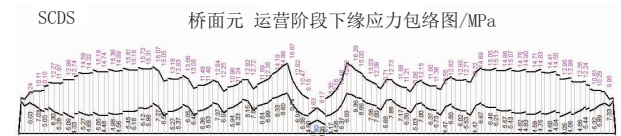


图 13 成桥运营阶段主梁下缘应力包络图(单位:MPa)

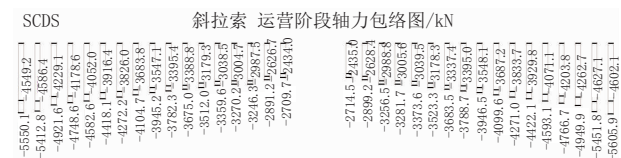


图 14 成桥运营阶段斜拉索轴力包络图(单位:kN)

## 6 结语

牵索挂篮方案施工荷载由已浇混凝土主梁和塔柱共同承担,施工工艺复杂,工期较长;组合式菱形挂篮方案施工荷载仅由已浇混凝土主梁承担,受力明确,工艺简单,工期较短。但牵索挂篮方案的现浇主梁最大竖向位移、施工阶段和成桥运营阶段的主梁上下缘压应力均比组合式菱形挂篮方案小,且压应力分布更均匀。另外,组合式菱形挂篮方案还会造成斜拉索索力增大。

### 参考文献:

- [1] 刘元炜,钱叶葵.不同类型牵索挂篮比较[J].交通标准化,2004,29(5):29-32.
- [2] 卢玉荣,王胤彪,马存骥,等.海华大桥超宽前支点牵索挂篮安装关键技术[J].施工技术,2018,47(19):111-115.
- [3] 叶锡钧,孙卓,颜全胜.斜拉桥牵索挂篮有限元计算与静载试验对比分析研究[J].公路工程,2017(2):108-110.
- [4] 徐兴伟,李建宁,陈进明,等.苏州长浒大桥复合式牵索挂篮结构设计及计算分析[J].铁道建筑技术,2019(11):56-60,78.
- [5] 李延强,王道斌.长平台牵索挂篮的受力分析[J].铁道建筑,2006(5):20-22.
- [6] 卿高国.菱形挂篮在悬臂现浇箱梁施工中的应用[J].工程技术研究,2021(13):102-103.
- [7] 高洪生,马跃原,方利.兰渝铁路柳家河大桥菱形挂篮悬臂施工技术[J].施工技术,2018(11):1263-1266.
- [8] 杨奉举.泉州晋江大桥斜拉桥主梁施工[J].桥梁建设,2010(5):81-84.