

# 高空滑移安装桥梁检修车新技术

马琼锋, 李送根\*

(中交第二航务工程局有限公司 第六工程分公司, 湖北 武汉 430014)

**摘要:**为解决通航受限、设备受限及场地受限等条件下桥梁检修车安装难题,通过厦漳同城大道三标项目西溪主桥检修车安装工艺比选,优化研究了高空滑移安装的新技术。结果表明:对于水上受限条件下的检修车安装,该方法具有较强的可行性和优越性。

**关键词:**检修车; 高空; 滑移; 新技术

## 1 工程概述

厦漳同城大道三标西溪主桥位于福建省龙海市,跨九龙江西溪,为独斜塔扭背索斜拉桥,墩、塔、梁固结,跨径组成为(88+200) m,如图1所示。边跨为混凝土结构,标准梁宽51 m,梁高4 m;主跨为单箱七室钢箱梁结构,梁宽47 m,梁高4 m,标准安装节段长度12 m,吊重326.8 t。

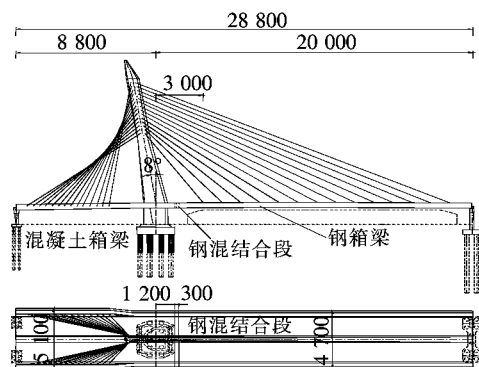


图1 西溪主桥桥型布置图(单位:cm)

梁底检修车从钢箱梁中心线位置分左右幅设计,单台检修车长度为24.36 m,重量为9 t。单台检修车配两条行走轨道,轨道间距13.9 m(图2)。

## 2 方案比选

检修车的常规安装方法主要有两种:整体提升法、葫芦安装法。

整体提升法是采用桥面吊机在桥面上整体起吊钢

箱梁节段和检修车的施工方法。在宽阔的水面,通航等级满足要求时,钢箱梁节段和检修车整体组装好,通过大型船舶运输至施工桥位处,同时,由于钢箱梁在上、检修车在下,往往还需要在船舶甲板上设置搁置支架。到达桥位后,船舶在起吊正下方抛锚定位,桥面吊机整体提升钢箱梁节段和检修车,节段焊接好后,检修车即安装完成。该工程检修车受航道等级低和上下游桥梁净空的限制,无法将钢箱梁节段和检修车整体组装运输进场,该方法不适合。

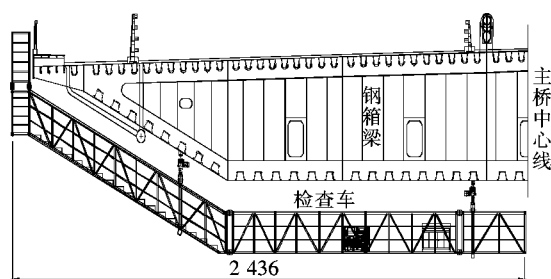


图2 钢箱梁及检修车结构示意图(单位:cm)

葫芦安装法是将钢箱梁全部安装完成后,再采用多个葫芦组单独安装检修车的施工方法。由于钢箱梁节段已经安装到位,检修车因体量、重量小而采用汽车分节陆运至现场,利用驳船拼装成整体,多个葫芦组反拉起吊安装(在钢箱梁底设置反拉点耳板)。由于葫芦的特点及其行程有限,采用该法的桥梁高度通常不是太高。该工程不但受潮汐影响,而且桥梁高度还较高,所以该方法也不适合。

结合桥位处的外部环境特点,研究采用检修车高空滑移安装法。其总体思路为:主跨钢箱梁按照拼装

收稿日期:2019-07-13

作者简介:马琼锋,男,大学本科,高级工程师.E-mail:75384894@qq.com

\*通信作者:李送根,男,大学本科,工程师.E-mail:330571402@qq.com

节段在厂内加工完成后走水运运输至桥下,检修车分段汽车运输至桥位处桥面上。在桥面上将检修车拼装成整体后,利用两台 200 t 变幅式桥面吊机将其吊放下至已经就位于桥下的钢箱梁节段顶面。采取必要的措施固定好检修车后,同样利用桥面吊机整体提升检修车和钢箱梁节段,至检修车高度到达设计位置后,采取葫芦反拉的方法将检修车滑移至上一个已安装梁段(检修车顶部设置临时轨道),然后再继续提升待安装钢箱梁段,最后完成安装。检修车安装后,可作为后续节段的焊接操作平台,方便施工。

几种检修车常规安装方法从技术、经济、操作性、安全性等方面比选结果如表 1 所示。

表 1 方案比选对比

施工方法	技术	经济	操作性	安全性
整体提升法	桥面吊机整体吊装(检修车在梁底)	经济性好	通航等级要求高,大江(河)及海湾适用	安全性好
葫芦安装法	葫芦组反拉吊装	经济性较好	通航等级低,桥梁高度不大,小江(溪)适用	安全性较好
高空滑移法	桥面吊机整体吊装(检修车在梁顶),高空对接轨道,滑移安装	经济性好	通航等级低,桥梁高度大,净空受限区域适用	安全性较好

### 3 理论分析计算

检修车高空滑移安装法的关键技术为滑移的实现。检修车滑移前,钢箱梁段与检修车需要完全脱离,检修车重量全部由高强螺栓和临时固定型钢承担。

利用 Midas 建模分析计算,模拟滑移前的工况和计算滑移过程需要克服的摩阻力,选取合适的材料和葫芦级别。通过计算,该项目使用 4 个 1 t 葫芦,采用 4 组普通螺栓(单组 4 个)、4 根 20 工字钢 45°角临时焊接固定可满足要求。不同的施工项目,施工前需针对各项目检修车重量不同而进行同样的计算分析。

#### 3.1 载荷及工况

##### 3.1.1 载荷分析

###### (1) 支架自重(恒载)

支架本身重力荷载由有限元软件自行处理,Midas 程序运行。

###### (2) 检修车自重(活载)

单台检修车自重 9 t,每台检修车由两根轨道承受,考虑检修车自身不平衡系数 1.1,故单根轨道承受载荷为  $4.5 \times 1.1 = 4.95$  t。

##### 3.1.2 工况分析

检修车位于悬臂最远端工况进行计算分析。

#### 3.2 模型

根据检修车结构形式及轨道布置形式,经过综合对比分析选取单根轨道临时支架结构进行建模分析,轨道梁与斜拉杆之间连接模拟为铰接。

#### 3.3 计算结果

计算结果[构件(Q235B)]表明:

最大组合应力:  $\sigma_{\max} = 89.73 \text{ MPa} < 205 \text{ MPa}$ 。

最大变形:  $f = 2.14 \text{ mm} < \frac{L}{400} = \frac{2\,500}{400} = 6.25$

mm。

因此,支架整体计算主要构件强度均能满足设计及规范要求。

#### 3.4 螺栓组计算

最不利工况支反力计算结果如表 2 所示。

表 2 支反力计算结果

连接件	竖向力/kN	横向力/kN	弯矩/(kN·m)
斜拉杆	46.6	43.1	0
轨道梁	25.3	-5.6	0

采用临时轨道梁与永久轨道梁、斜拉杆与钢箱梁螺栓连接形式。斜拉杆梁端采用的铰接,故考虑斜拉杆受到的拉力最大  $F = \sqrt{46.6^2 + 43.1^2} = 63.4 \text{ kN}$ ,采用 4 组 M20 普通螺栓进行连接,螺栓为 M20 ( $d_1 = 17.294 \text{ mm}$ ),已知材料为碳钢,材料许用应力  $[\tau] = 120 \text{ MPa}$ 。

单根螺栓抗剪计算:  $\tau = \frac{F}{4\pi d^2} = 16.88 \text{ MPa} \leq [\tau] = 120 \text{ MPa}$ 。

综上所述,螺栓组布置可以满足要求。

### 4 现场实施步骤

该项目共 16 个钢箱梁节段,1#、2# 节段为起始段,采用空中轨道对接方法安装检修车时利用 3# 节段。运输船将 3# 梁段水运就位于桥下停泊后,利用桥面吊机将检修车下放至待吊 3# 梁段上;提升 3# 梁段,检修车随梁段一起提升至已安装 2# 梁段下方;桥面吊

机做变幅,使行走轮与轨道靠近,利用手拉葫芦微调,进行检修车安装。该方案不需要额外的大型起重设备,且可以利用待安装钢箱梁作为施工作业平台;检修车下放时需要手拉葫芦辅助。

检修车分节段运输至桥位后在已拼装的悬臂前端进行拼装,单台检修车拼装完成后,为便于吊装,将两台检修车先通过临时连接段连接成整体形成对称结构再进行整体吊装。

#### 4.1 检修车下放

因吊装幅度限制,此时桥面吊机无法垂直起吊,在桥面吊机底盘上设置吊耳,采用两个5 t导链葫芦及钢丝绳等作为牵引索,将检修车向底盘方向拉住,桥面吊机缓慢起升,待检修车离地后通过放导链葫芦,将检修车向梁段外侧释放,待检修车处于垂直位置后,松掉牵引用导链葫芦,吊具继续下放直至落于待吊装的3<sup>#</sup>梁段顶面(靠岸侧端)。

#### 4.2 检修车安装

(1) 检修车下放到待吊装梁段顶面后,解除桥面吊机吊具与检修车连接;将待接长的临时轨道插入检修车行走轮卡槽内。接长的轨道伸出梁底长度不小于两个行走轮间距。

(2) 将桥面吊机吊具与梁段吊耳连接,提升梁段至临时轨道与永久轨道基本对齐。因梁段重心变化,需利用桥面吊机纵坡调节油缸调整梁段以尽量减小梁段纵坡,保证梁段平稳。

(3) 通过桥面吊机变幅机构微调轨道接缝间距,利用手拉葫芦辅助进行轨道精确对接。对位精确后将临时轨道与梁底轨道连接座用高强螺栓固定。

(4) 在临时轨道悬臂前端用型钢与已安装的2<sup>#</sup>梁段临时固定,同时在梁底焊接挂耳,利用桥面吊机将3<sup>#</sup>钢箱梁段稍下放,使其与检修车脱离开。然后在挂耳和检修车之间通过手拉葫芦拖拉,将检修车从临时轨道移动到永久轨道。

#### 4.3 解除连接件

检修车安装至行走轮全部移动至永久轨道后,在永久轨道端部安装临时止挡,然后拆除两台检修车之间的临时连接段和临时轨道,完成检修车安装。

### 5 施工技术要点

(1) 在主梁上就位精准度要求高

检修车在主梁上的就位精准度要求高,其位置是成功对接能否实现的关键性因素。在主梁上安装好检修车后,需经过测量控制与验收程序,符合对接精准度要求后方可起吊。同时,保证检修车与主梁之间支垫的稳定性。

#### (2) 桥面吊机变幅要求

桥面吊机必须能实现变幅,且满足检修车安装所需的变幅要求,才能进行此类方法的检修车安装。

### 6 结语

高空滑移安装桥梁检修车新技术,适用于水上受限条件下的检修车安装,在沙洲岛特大桥西溪主桥主跨悬臂拼装钢箱梁检修车的安装中得到成功应用。该工艺有效利用现有机械设备,在保证施工作业安全和施工质量的前提下,有效简化了检修车安装施工组织,提高了机械设备利用率。该施工工艺可为今后类似工程检修车安装提供一定借鉴。

#### 参考文献:

- [1] GB 50017—2017 钢结构设计规范[S].
- [2] JTG B01—2014 公路工程技术标准[S].
- [3] JTG D60—2015 公路桥梁设计通用规范[S].
- [4] 盛朝晖,黄峰.MQJ-1型桥梁检修车[J].桥梁建设,2002(4).
- [5] 杨善奎,陈思孝,戴胜勇,等.铁路变高度连续钢桁梁桥检修车结构设计[J].铁道工程学报,2013(8).
- [6] 邵周东.桥梁检修车自用轨道安装技术[J].中国高新技术企业,2015(26).
- [7] 张传德.一种新型自行式全旋转桥梁检修车在桥梁工程中的应用[J].公路交通科技(应用技术版),2018(10).
- [8] 刘宁波,王紫超,曹勤涛.某大型斜拉桥混凝土箱梁检修车的设计[J].交通工程建设,2013(3).
- [9] 王辉,彭建萍,杨仁恒,等.一种桥梁检修车、架设检修车的桥梁及检修车的安装方法:201710602075.0[P],2017-12-5.
- [10] 肖伯强,马琼锋,李送根,等.一种桥梁检修车的安装方法:201710527525.4[P],2019-1-1.
- [11] 刘新华,王建国,赖淑标.大跨混合体系斜拉桥钢混结合段设计与试验分析[J].中外公路,2017(5).
- [12] 邹正其,陈宏俊.路泽太高架钢板梁桥现场连接方案比选研究[J].中外公路,2019(1).