

高速铁路跨繁忙航道独塔斜拉桥钢箱梁架设关键技术

邓晓峰

中铁广州工程局集团第二工程有限公司

摘要：在繁忙航道进行水上桥墩、钢箱梁架设施工过程中，缩窄了通航水域，如何最大限度上减少施工对来往船舶的影响，降低通航风险，对航道的保护，采用合适、高效的施工方法是施工过程中需要考虑的关键要素。以深茂铁路潭江特大桥斜拉桥钢箱梁架设施工为背景，介绍了受繁忙航道影响下，斜拉桥钢梁采用浮吊+支架法反序吊装与桥面吊机相结合、非对称塔梁同步架设钢梁的施工工艺和关键技术。该方法施工简单、高效、精准度高，具有良好的经济效益和社会效益，可为同类斜拉桥钢箱梁架设提供借鉴。

关键词：高速铁路；繁忙航道；独塔斜拉桥；钢梁；架设

【DOI】10.12254/j.issn.2096-6539.2022.02.041

一、工程概况

新建深圳至茂名铁路潭江特大桥位于江门市新会区境内，大桥全长5.6km，主桥结构采用独塔混合梁斜拉桥。主塔为混凝土H型塔柱，高157.6m；主跨为（32+57+130+256+64）m混合梁，横跨570米水面宽度的潭江，256m主跨为目前国内第一座大跨双线铁路独塔混合梁斜拉桥，潭江特大桥设计时速为200km/h，双线中活载。斜拉索锚固采用钢锚梁锚固方案，主梁采用钢箱梁双主梁结构形式，梁高4.6m，桥面横向宽14m，主梁分25个节段，节段长度最短为2m，最长为30m，最重为480t。

二、施工区域航道情况

潭江由三埠大桥至熊海口，全长58km，下汇崖门水道，目前按通航1000吨级船舶的珠三等级标准进行维护，航道尺度为80×4.0×480m（航宽×水深×弯曲半径）。崖门水道按全潮通航5000t海轮，乘潮通航10000t海轮的标准通航。

工程所处的水域是潭江水道，经崖门口出海航道，直通我国沿海地区 and 世界各国。在桥梁施工过程中，桥区船舶的流量平均每天约150艘次，施工将缩窄通航水域，影响过往船舶的通航安全，因此施工期对船舶通航造成一定的影响，施工前须做好安全管理措施，实施安全警戒并与海事部门密切联系，确保施工期间船舶通航安全。

三、方案比选

方案一（原方案）：2台桥面吊机两侧吊装30m大节段。

方案二（现方案）：边跨侧采用支架法结合600t浮吊吊装30m大节段，主跨侧1台桥面吊机吊装15m节段。

（一）对比分析

1) 主跨架设钢箱梁的方案选择

通过对潭江水域和通航要求的调查，考虑对通航的影响，若采用浮吊悬拼30m节段梁，考虑吊装对接的稳定性，需要1200t及以上大型浮吊船只，因桥位下游2公里处有双水发电厂，经调查受110KV高压线限高的影响，大型浮吊进入不到该水域作业。

2) 30m大节段采用桥面吊机吊装存在的困难

①桥面吊机制造：桥面吊机自身重（约250t），尺寸庞大45m×10m×16m，对桥面吊机制造、运输、拼装存在很大困难；

②钢箱梁加固：由于30m大节段（480t）起吊，钢梁重、长，钢梁前支点反力约1200t，对钢梁的吊点、锚点加固要求高；

③安全性：由于吊装钢梁时，钢梁悬臂长（约17m），钢梁自身产生的变形大，高空、长时间持载拼装安全风险高；

④通航影响：运输30m大节段钢梁的船只占用航道范围广；大节段钢梁起吊到位时间长，占用航道时间长；

3) 采用15m节段钢箱梁的优点

①工艺成熟；

②非主跨侧可以先行架设，改善了安全环境和工作环境；

③桥面吊机自身重量轻（约105t），施工方便；

④钢箱梁吊点、锚点加固简单、容易；

⑤吊装钢梁时，钢梁悬臂短，自身产生的变形小，安全性高；

⑥运输及起吊占用航道时间短；

⑦由于非主跨侧先顺序安装，可以节省一台桥面吊机，减少了非主跨的合龙段，节省了一定的工期。

4) 方案选择

根据方案比选情况，采用方案二，即边跨侧采用支架法结合600t浮吊吊装30m大节段，主跨侧1台桥面吊机吊装15m节段。

（二）现钢箱梁架设方案对比原方案的改进点

1) 两方案技术对比图

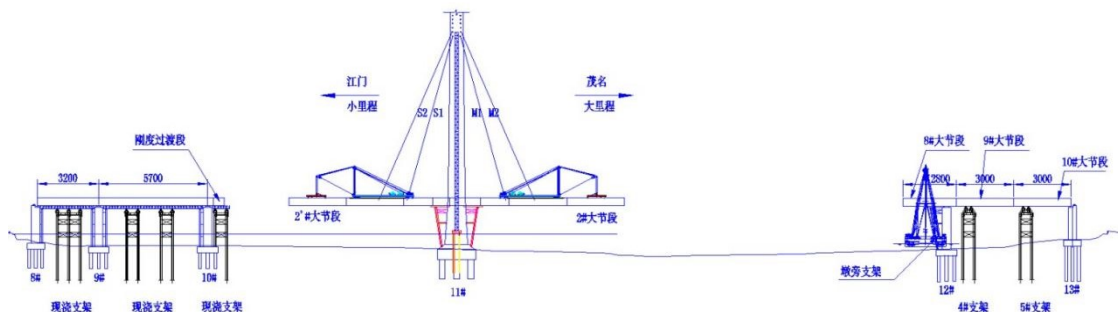


图3.2-1 30m节段桥面吊机吊装（原方案）

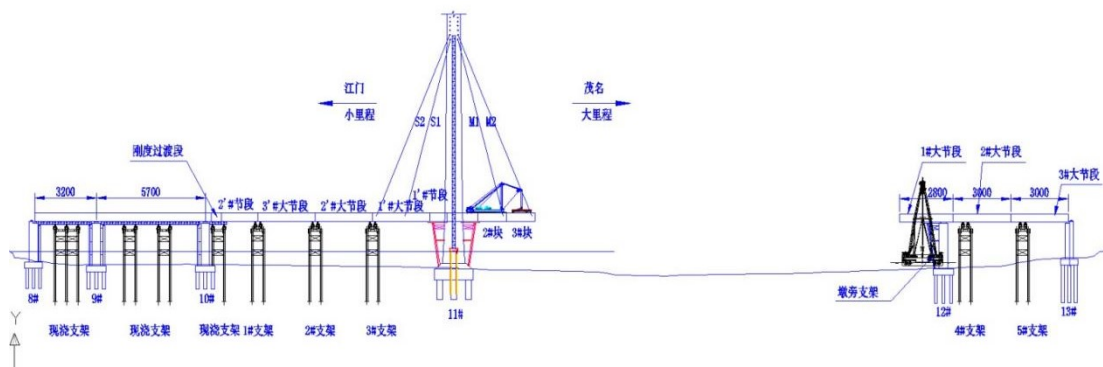


图3.2-2 主跨15m节段桥面吊机吊装（现方案）

1) 两方案经济对比表

原方案	增加设备投入	估价 (万元)	现方案	增加设备投入	估价 (万元)
	2台桥面吊机 (自重250t)	700		1台桥面吊机 (自重105t)	170
/	/	600t浮吊作业1个月	80		
/	/	50m打桩船作业1个月	60		
/	/	钢箱梁增加连接板70t	70		
/	/	增加钢结构支架600t (10#-11#)	270		
合计	700	合计	650		

2) 两方案工期对比

①原方案与现方案对比：原方案是索塔施工完成后才开始架梁，主跨侧（256m）少7个节段，按每个节段/5d，钢箱梁安装时间可以提前35天。

②现方案采用塔梁同步方案，由于第一片钢箱梁架设130m边跨与10#墩旁的刚度过渡段连接，因此不存在边跨合龙段，而且比原方案减少一个节段，并且在挂索前可以提前安装好130m边跨钢箱梁，减少施工难度，节省时间。

③现方案采用塔梁同步方案，上塔柱施工20天后，即索塔钢锚箱安装二个节段以后，桥面吊机开始架梁；只要两种方案主跨侧架梁工期比主塔钢锚箱安装工期快，经分析，采用塔梁同步方案架梁不作为控制工期，总工期由主塔施工进度控制。

四、钢箱梁架设

(一) 总体方案

钢箱梁架设采取先边跨再主跨，主跨合龙的方案，合龙段设置在12#墩主跨侧，为了减少合龙次数，边跨不设置合龙段，架设第一片钢箱梁（2’#节段21m）与10#墩的刚过渡段连接。为了适应钢箱梁的架设需要，两侧边跨钢箱梁架设采用支架法，即先插打支架，后架设钢箱梁，采用1艘600t浮吊吊装；主跨（256m）采用桥面吊机起吊安装钢箱梁，经过挂索、栓接、焊接，桥面吊机前移、起吊下一节段钢箱梁。

在施工主塔时，主塔处支撑钢箱梁的支架同时施工，主塔下横梁处的钢箱支座施工完成后，用1艘600t浮吊吊装下横梁处1’#节段、1#节段钢箱梁，并在1’#及1#节段上拼装桥面吊机，利用桥面吊机起吊下一节段钢箱梁。

(二) 边跨钢箱梁架设

1) 钢支架结构与施工

两侧边跨钢箱梁安装方法用搭设支架平台，采用50m打桩船插打钢管桩支承，桩顶布设分配梁和精调千斤顶。

2) 钢箱梁及600t浮吊就位

①600t浮吊：根据施工现场桥位处水深、水流、河床等环境条件以及吊装梁段的吊重、吊高和吊幅进行核算，节段采用1台600t浮吊吊装就位、吊装。

②钢箱梁起吊系统：根据不同的吊装施工方案，采用专用吊装扁担起吊，以保证钢箱梁吊点受力均匀和箱梁变形控制。

3) 两侧边跨钢箱梁吊装

8#-10#墩现浇梁完成施工后，600t浮吊先航行至小里程边跨10#墩附近，船舶在上游，船舶、艏抛设八字锚，船舶锚在钢箱梁支架上，船舶抛于水中，运梁船顺着桥轴线从下游运梁至600t吊船前沿，运梁船抛锚定位后，600t吊船起吊2’#钢箱梁（21m），运梁船撤离现场，600t吊船利用绞锚的方式，慢慢移动，吊船吊杆在搭设好的支架上方，下放2’#钢箱梁至已安装好的支架上，并与刚度过渡段合龙，10#-11#墩边跨架设顺序从小里程向大里程，用同样的方法架设12#-13#墩边跨钢箱梁。

4) 下横梁处1’#及1#钢箱梁吊装

利用11#主墩承台预埋件，安装1#及1’#钢箱梁斜腿支架，600t吊船航行至主墩附近200m，船舶在主航道小里程侧（江门侧），船舶、艏抛设八字锚，运梁船垂直桥轴线从下游运梁至600t吊船前沿，运梁船抛锚定位后，600t吊船起吊1’#钢箱梁，运梁船撤离现场，600t吊船利用绞锚的方式，慢慢移动，吊船吊杆在已浇注主塔横梁上方，下放1’#钢箱梁至已安装好的支架上，用同样的方法架设1#钢箱梁。

(三) 主跨标准钢箱梁安装

1) 桥面吊机性能

表4.3-1 桥面吊机性能参数

起重量	250t	起升高度	45m
桥面吊机自重	105t	前支点与后锚点距离	15m
工作最大风压	250Pa	前支点横向跨度	9.228m
非工作最大风压	800Pa	整机运行速度	移动全程15m, 不大于2小时
满载速度	0-1m/min	整机运行方式	步履式(油缸顶推)
空载速度	0-1.5m/min		

2) 架梁步骤

在架设边跨钢箱梁的同时,在主塔处已架设好的钢箱梁上拼装桥面吊机。

①准节段钢箱梁长15.0m,吊装重量约240t。共计15个标准节段。

②标准节段钢箱梁采用单台桥面吊机主跨侧悬拼施工,现场栓接、施焊连接。

③桥面吊机拼装好后进行吊机的静载和行走试验,吊机的各项指标经检验合格后投入使用,桥面吊机的设计抗倾覆安全系数不小于2.0。

④桥面共一个吊装工作面,布置一台桥面吊机,在11#墩主跨侧的起吊作业点,进行钢箱梁各标准节段安装。

⑤钢箱梁悬拼作业程序:运梁船抛锚定位→桥面吊机吊钩下降→依据吊钩的位置调整船位→钢箱梁挂钩起吊至桥面高度→依据桥面吊机吊架上的伸缩缸调整钢箱梁的纵向坡度→钢箱梁精确就位→将待拼梁段与已拼箱梁通过匹配板以螺栓连接→根据设计要求调整接缝的宽度并塞垫片→焊装马口板调整对接板的错位→端顶板、侧板、顶板螺栓固定钢箱梁→中间顶板由厂家施焊钢箱梁→安装斜拉索进行第一次张拉→前移吊机→第二次张拉斜拉索→起吊下一梁段。

⑥钢箱梁悬拼施工采用类似检修小车作为专用作业平台。

⑦施工过程中及时将有关参数提供给监控组,以便指导钢箱梁安装和挂索施工。



图4.3-2 主跨标准钢箱梁安装

(四) 合龙段施工

在12#边墩设置纵移千斤顶,将边跨18-20#节段梁(共72m)进行纵移,选择合适的温度(凌晨1-2点)起吊17#合拢段(6m),到达预定位置后,与16#梁段连接。16#段与17#段连接完后,将18#-20#梁段纵移复位,调整轴线、标高、缝宽,均满足要求后,迅速用箱内张拉装置及桥面劲性骨架装置锁定16#、18#段。通过箱内张拉锁定装置及桥面桥面劲性骨架装置来抵抗由于温度变化而产生的轴向力,以保证合龙段在配钻及螺栓连接过程中焊缝间隙不发生变化。最后用拼接板进行螺栓连接,并在顶板截面进行焊接,完成合龙段施工。



图4.4-1 合龙段施工

五、结束语

深茂铁路潭江特大桥斜拉桥施工受潭江通航影响及施工工期要求,结合潭江水位及河床地质条件,采用600t浮吊+支架法吊装30m节段钢箱梁代替采用1200t浮吊悬拼安装30m节段钢箱梁,采用塔梁非对称同步施工代替传统的先施工索塔再架设钢梁方案,加快了施工进度,采用浮吊+支架法与桥面吊机相结合吊装钢箱梁代替传统的两台桥面吊机从中间往两边吊装,缩短了施工工期,减少了大型机械设备的投入,减少了机械使用成本。该桥钢箱梁的成功架设,为深茂铁路全线贯通奠定了坚实的基础,为潭江水道的正常通航提供了保障。

参考文献

[1]陈明宪.斜拉桥建造技术[M].北京:人民交通出版社,2003.
 [2]侯刚.跨航道桥梁工程中钢箱梁架设的施工技术[J].中国水运(下半月),2015:223-224.
 [3]张树海.跨繁忙航道钢管拱桥浮吊架设关键技术研究[J].铁道建筑技术,2011:5-8
 [4]郑震.大跨度非对称独塔斜拉桥钢箱梁架设关键技术研究[J].城市建筑,2017:270-271