

文章编号:1005-0523(2005)01-0053-05

吉安市白鹭大桥钢管拱施工工艺

张海燕¹, 陈丹华²

(1. 中铁大桥局集团五公司, 江西 九江, 332001; 2. 华东交通大学 土建学院, 江西 南昌, 330013)

摘要:主跨 188 m 的吉安白鹭大桥为中承式钢管混凝土系杆拱桥, 钢管拱安装采用缆索吊机斜拉扣挂吊装施工方法. 介绍了钢管拱吊装施工的主要技术要点, 阐述了拱段安装、合拢段施工以及测量等关键技术问题.

关键词:钢管拱; 施工技术; 吊装

中图分类号: U448.22

文献标识码: A

1 工程概况

吉安市白鹭大桥工程西起市阳明路东端, 往东跨越赣江, 经河东开发区, 与吉安市火车站相连接, 线路全长 2.627 公里. 其中白鹭大桥全长 1744.9 m, 桥式布置为西引桥: 4×30 m (预应力混凝土连续箱

梁) + 31.4 m + 31 m (预应力混凝土连续箱梁异形桥) + 3×40 mm (预应力混凝土槽形连续梁); 主桥: 36 m + 138 m + 188 m + 138 m + 36 m 五跨中承式钢管混凝土系杆拱桥; 东引桥: 9×40 m (预应力混凝土槽形连续梁) + 27×20 m (预应力混凝土空心板梁), 主桥桥面宽 28 m, 引桥桥面宽 23 m. 图 1 所示为主桥桥式布置图.

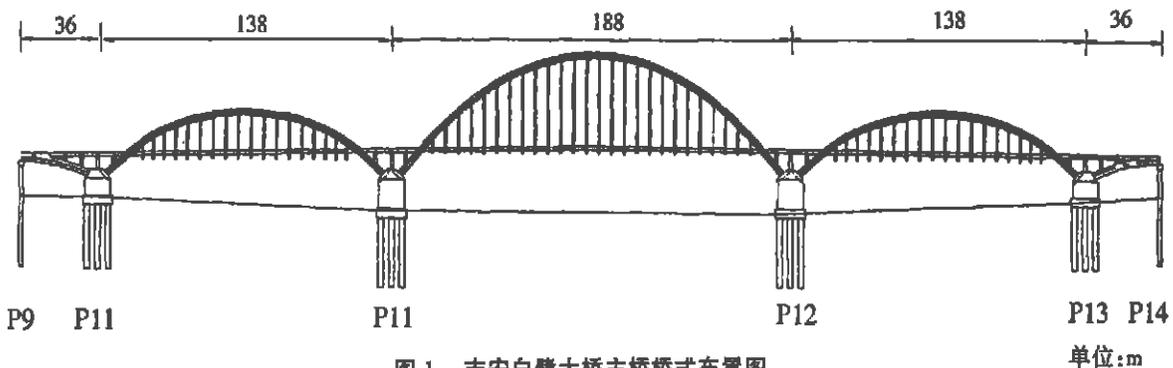


图 1 吉安白鹭大桥主桥桥式布置图

单位:m

中跨跨度为 188 m, 计算跨度 180 m, 矢高 54 m, 矢跨比 0.3, 拱圈为悬链线线形, 拱轴系数 1.3. 单侧主拱圈由三根钢管(内填充 50 号混凝土)组成, 横断面为三角形, 上钢管外径 1000 mm, 壁厚 16 mm; 下钢管外径 750 mm, 壁厚 12 mm, 腹杆和下弦管平联采

用空心钢管, 其中腹杆钢管外径 300 mm, 壁厚 10 mm, 下弦管平联钢管外径为 400 mm, 壁厚 10 mm. 次边跨跨度 138 m, 计算跨度为 130 m, 矢高 28 m, 矢跨比 0.21538, 拱轴系数 1.5, 拱圈断面与主拱相同. 边跨跨度 36 m, 飞燕计算跨度 32 m, 矢高 7 m,

收稿日期: 2004-09-16

作者简介: 张海燕(1973-), 男, 安徽黄山人, 中铁大桥局集团五处总工程师, 工程师.

矢跨比 0.1094 m, 采用悬链线线形, 拱轴系数 1.7 m, 采用钢筋混凝土矩形结构。

主次跨钢管拱肋在桥面以下部分为实心拱圈, 拱圈钢管通过腹板和横联钢板连接封闭, 外缘钢板厚 16 mm, 内缘钢板厚 12 mm, 钢板封闭后里面充填 C50 混凝土。

主拱圈设 5 道风撑, 次拱圈设 3 道风撑, 风撑采用钢管桁架结构, 与拱圈固结, 风撑钢管直径 400 mm, 壁厚 10 mm, 连接钢管直径 300 mm, 壁厚 10 mm。

主拱圈每条拱肋桁架分为 13 节段, 全跨 26 节段, 最大吊重为 24.1 吨。次拱圈每条拱肋桁架分为

11 节段, 全跨 22 节段, 最大吊重为 27.9 吨。拱肋节段连接采用“外法兰”形式, 每根钢管对接四个连接点, 2 个 M42 螺杆粗略定位, 6 个 M24 螺栓精确定位。

2 钢管拱架设方案

主桥钢管拱圈采用工厂分段制造, 经岸上运抵桥址处东岸下河码头, 直接由水上渡轮到达缆索吊机工作范围。钢管拱安装利用缆索吊机起吊, 在扣塔上分段斜拉扣挂、悬臂吊装施工方案。图 2 为缆索吊机的立面布置图。

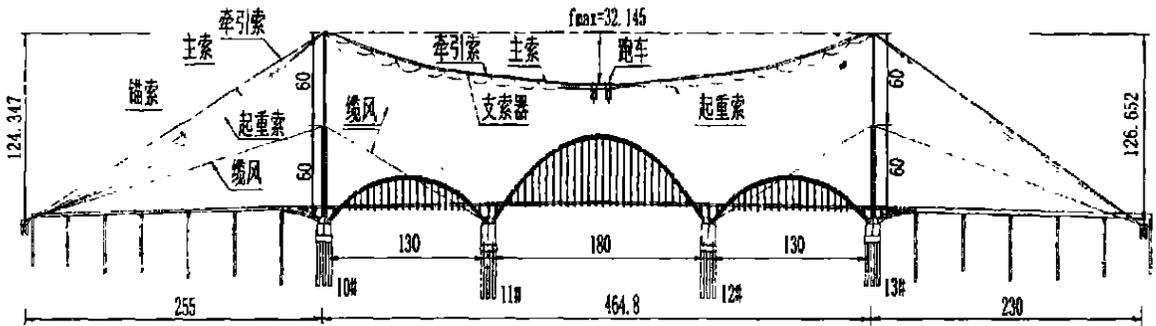


图 2 缆索吊机立面布置图

单位: m

中间三跨钢管拱安装顺序为: 先架两边跨钢管拱并合拢, 再架主跨钢管拱直至合拢, 其中一跨钢管拱采用先架一半跨拱段, 再架另一半跨拱段最后合拢的施工顺序, 肋间横梁及风撑跟随各相应拱段依次安装, 以增强拱肋的横向稳定。拱段安装采用钢绞线斜拉扣挂式无支架缆索吊安装, 根据桥型及结构受力形式, 缆索吊布置为单跨 (255+464.8+230 m) 形式, 两主塔分别座于两次拱的边墩 10#、13# 墩顶, 其主塔分上下两节, 下塔塔高 60 m, 截面形式 4×4 m, 上塔塔高 60 m, 截面形式 2×2 m, 塔架均为万能杆件拼装而成。下塔与墩顶固结, 同时作为边跨钢管拱安装时的扣索塔架, 上塔与下塔间铰结, 作为缆索吊机塔架。主跨两墩顶分别设 71.5 m 高扣索塔架一个, 截面形式 2×4m, 与墩顶铰结。每节拱段分别对应一组扣索和锚索, 扣索和锚索采用 $\phi 15.24$ 钢绞线, 扣索下端通过 P 型锚及分配梁与拱段扣点连接, 锚索下端也是通过 P 型锚及分配梁与飞燕端头顶面或墩身侧面预埋拉板连接, 扣、锚索上端均通过夹片锚直接锚于设在塔顶锚梁反力座上, 通过 YCW-100 穿心顶张拉上端钢绞线即可调

整拱段线型及扣、锚索索力。

图 3 为 10# 墩边拱段扣、锚索布置示意图。

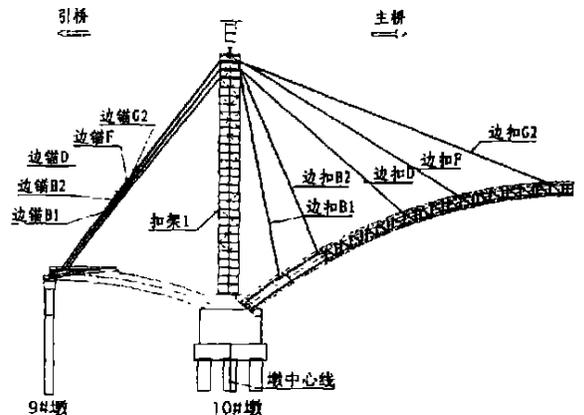


图 3 缆 10# 墩边拱段扣、锚索布置示意图

3 关键技术问题

3.1 拱段安装

将上下游第一节段由岸上码头经铁驳运抵起吊位置, 用缆索吊机将上下游第一段同时起吊, 并

牵引至拱脚处,受跑车移动范围的限制,靠近主塔侧第一节段不能直接对位,须通过设在塔架底的卷扬机水平辅助牵引,后吊点松钩使第一段钢管节段的拱轴进入轴槽形成铰接.每一拱段吊装前,扣索前扣点已与拱段连接并随拱段起吊,锚索锚点也已与飞燕及墩身侧面预埋锚点连接好,利用扣塔底卷扬机将每一道扣索和锚索分别牵引到塔顶锚梁位置,安装扣、锚索千斤顶,开始用导链收紧,最后上下游对称边松吊钩,边张拉收紧扣、锚索,最后摘除

吊钩,张拉扣、锚索并调整拱段标高及塔架垂直度. 安装后一节段,起吊前将扣索与该节段连接,上下游同时起吊该拱段至略比设计位置高,利用塔脚3t卷扬机牵引扣索一端到塔顶锚梁位置,并安装锚具.将拱段落至设计位置并与前一拱段对位,先安装 $\phi 42$ 粗定位螺栓,调整拱段角度,再安装精定位螺栓,拧紧各接头螺栓.图4为单段钢管拱连接示意图.

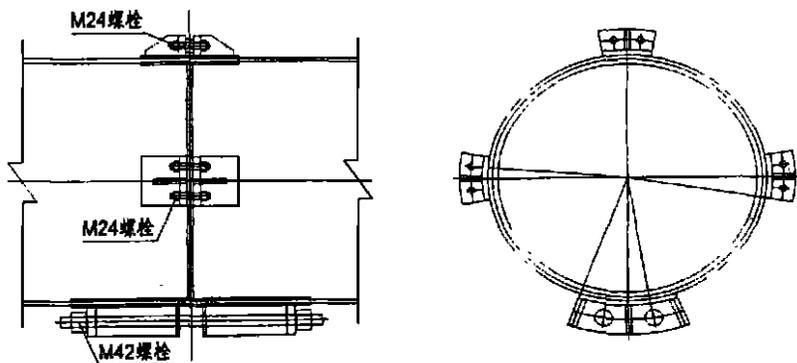


图4 单管连接示意图

上下游对称施工,先松后吊钩,再松前吊钩,同时张拉该节段扣锚索,直到前后吊钩全部解除,松钩过程中需调整拱段前点标高及塔架垂直度,任何时候塔架偏位不能超过5cm,以免引起各扣锚索索力变化太大,造成安全隐患.拱段架设过程中,原则上对前面拱段扣锚索索力不再作调整,除非拱段前点标高与设计相差太大,或正架拱段的扣锚索索力严重超出设计值.架设每节拱段时,调整索力的前提是先保证塔架垂直,再保证拱肋标高与设计相符,前一拱段不调好,不得进行下一拱段的安装.

3.2 合拢段施工

3.2.1 合拢段配切

当一跨钢管拱段的两半跨拱肋全部安装到位后,调整钢管拱各段标高,轴线满足设计要求,即可开始进行合拢段施工.合拢段在工厂制作时比设计尺寸稍长150mm,两端与对应的各半跨拱肋进行预拼装,并满足对接的匹配要求.其中一端还须焊接对接匹配件,并用高强螺栓连接,另一端对接匹配件不焊,但各匹配件纵桥方向线要做好标记,确保安装时合拢段与前面拱段不产生扭转,避免两段不在同一轴线上.利用一天温度较低的早上测量合拢口各管之间对应的距离,因每根钢管拱的管口面不

一定垂直地面,因此每根钢管上口及下口之间距离是不同的,必须分别测量.依照测量的各个距离对合拢段一端进行配切,理论上合拢段上下弦管切除的长度应是相等的,但因合拢口对接焊缝要求较严,加上施工的微小误差仍然存在,配切还是以实际测得的上下弦管的上下口长度为准,分别从一端向另一端测量配切,配切后以原来预拼时留下的匹配件纵桥向线为标记,焊接对接匹配件.图5为合拢段测量与配切示意图.

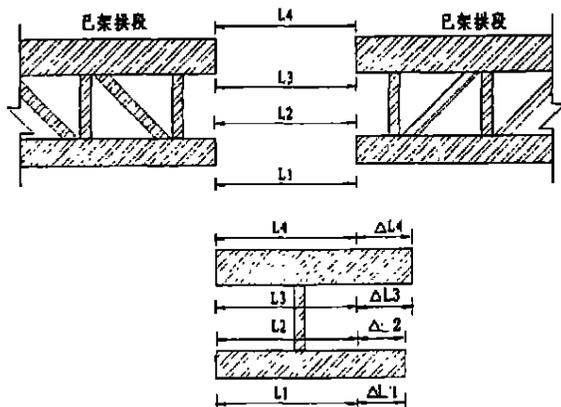


图5 合拢段测量与配切示意图

3.2.2 合拢段现场安装

将合拢段运抵起吊位置,用缆索吊机起吊上、下游合拢段(起吊时将合拢段方向设成上、下游方向,以方便顺利通过合拢口)至拱顶,设计时合拢段立面呈倒梯形,故合拢段只能从上往下放入合拢口.在凌晨气温最低时,将上、下游两段钢管拱放入合拢口,将半跨钢管拱预拼时焊接临时匹配件的一端与钢管拱用高强螺栓连接拧紧,另一端也与钢管拱用高强螺栓连接;并通过两匹配件之间打入楔块实现拱肋的瞬时合拢,并锁定拱轴线型.在合拢口长度测量及合拢段现场配切时,有可能会造成合拢段长度误差较大,因此在合拢口配切时尽量留点正误差,以免长度不够造成焊接质量降低,合拢时配切的一端将在合拢口现场作小范围的修整.

合拢段安装完毕后,即可进行该处风撑的安装,风撑与钢管拱肋点焊,然后调整该处的内交叉缆风.将合拢段处的拱肋轴线调到满足设计要求后,正式焊接风撑与拱肋交接处,焊好后松钩.松钩前必须确保合拢段被顶紧或者该处对接焊缝已焊接,否则会造成松钩后拱顶标高下降,满足不了要求.

3.3 扣、锚索拆除及体系转换

根据监控单位检算,除拱脚铰接处不焊,当其它对接接头焊缝长度达到该接头所有焊缝的60%时,即可开始解除扣索和锚索.松索顺序为从拱顶向拱脚按照东西岸、上下游对称的原则进行,分两个循环解除扣、锚索索力,最后通过设在塔顶的卷扬机将索下放.松索过程中测量组对拱段标高、轴线及扣塔垂直度进行全过程观测,以便随时调整.

松索后对钢管拱接头继续进行焊接作业,完成剩余构件的焊接.最后施焊拱脚段钢管与墩顶预埋钢管的对接接头,经检验合格后,架立拱脚钢筋,浇注拱脚混凝土,使钢管拱由二铰拱变为无铰拱,实现钢管拱的体系转换.

4 其它技术问题

4.1 拱脚预埋件施工

本桥拱脚预埋件设计形式为在整体钢板上焊接铰槽及拱肋钢管,采用预埋钢板与拱座之间设置高强螺栓连接的预埋形式.墩身施工时预埋铁板,在铁板上焊接预埋件的底托座.预埋件在工厂整体制作,然后安装到墩身上的底托座上,通过调整底托座上的微调螺栓来调整预埋板的倾斜度及坐标.固定预埋高强螺栓,然后灌注拱座混凝土.

4.2 拱段运输

本桥钢管拱构件采用桥位附近临时组建工厂加工制造.加工厂离桥位3公里,采用岸上大型平板车运输方案,工厂拱段吊装及倒运采用一台60吨龙门吊和一台50吨汽车吊机.从工厂到桥位处路况较差,该路是在原有施工便道及乡村小路基础上扩建而成,路面较陡.因钢管拱断面是由三根钢管组成的三角形,横向宽2.0m,高3.5m,重心较高,直立运输很不安全,因此从工厂到码头采用水平放置运输,到码头后,利用50吨汽车吊转钢管拱段到直立状态,汽车直接上200吨汽渡轮,开到缆索吊机起吊位置,将拱段卸于运输船上.利用同样方法运另一边拱段到缆索吊机起吊位置,上下游同时起吊安装两拱段.

5 测量技术

5.1 拱段预拼测量及拱段观测点标记

为确保钢管拱加工及安装的精度,本桥钢管拱段出厂前进行了整体预拼,预拼的精度高低是确保钢管拱线形正确的最有力措施.预拼过程中用光电测距仪对钢管拱上下缘坐标点进行精确的测量,使之与计算坐标一致.因拱肋采用卧式预拼,因此用水准仪对钢管拱卧式时的顶面进行水准测量,高差直接反映拱段预拼时的轴线偏位.

预拼完成并验收合格后,即可开始在拱段上标记特征点,利用水准仪在每一拱段前端附近从拱段卧式时顶面下移50cm,用冲钉做2-3个点作为安装时拱段轴线的观测点,将这2-3个点连成一条直线即为该段钢管拱前端附近的理论轴线.安装各拱段并调整标高时,由于该点随着拱段的位置变化而变化,所以测距仪的棱镜将沿此直线上的观测点移动,测量有关数据,进行各拱段的位置调整.

5.2 钢管拱段安装测量

根据设计图提供的拱肋悬链线方程,计算出钢管拱肋理论里程线处的标高,结合设计图提供的荷载预拱度和监控单位提供的安装预拱度,得出安装时各拱段前点的安装坐标.该安装坐标表达的是钢管拱放松扣索前拱肋各点的理论坐标,根据安装方案的不同,有些方案在拱肋安装时各段之间的标高是相互影响的,因此在拱段安装时应考虑该影响所带来的标高变化,即拱段的预抬高(低)量,否则合拢前各点标高将有所变化,有的很难调整,造成拱肋线型达不到设计要求.

6 结束语

1) 本桥钢管拱段接头采用“外法兰”的连接形式,笔者在施工中体会到这种连接形式对接头三管之间相对位置要求极高,钢管拱对接错台、缝宽要求极严,预拼时不易控制;同时焊接外法兰时主管变形也较大,许多接头错台、缝宽都超标,给高空的焊接带来很大的难度;外法兰连接后限制了钢管之间错台的调整,因此对接焊缝普遍存在错台而造成焊缝厚度不够高;并且外法兰在对接焊缝施工过程中还需割除,对拱肋钢管也易带来损伤.相对来说,“内法兰”连接形式的接头中间设有0.3~0.5 m的过渡钢管,这对接头的缝宽、错台调整较容易,且“内法兰”是不需割除的,同时还可加强对接接头的强度.

2) 风撑及肋间横梁应紧跟各拱段进行安装,这样既减小了合拢后肋间横梁及风撑安装的难度;又保证了在拱肋安装过程中的结构横向稳定;同时也为调整拱肋轴线偏位提供了内支撑.

3) 本桥扣、锚索均为钢绞线,下端采用P型锚,上端采用夹片锚.由于扣、锚索均裸露在外且较长,

在拱段安装过程中,扣塔均会产生大小不等的摆动,容易产生风振现象;张拉端夹片易滑脱,本桥在拱段安装过程中及合拢后均有扣、锚索出现滑脱现象,带来很大的安全隐患.在以后扣、锚索的使用过程中建议取消采用夹片锚,两端均采用P型锚,张拉端通过精轧螺纹钢来过渡.

4) 合拢段安装过程要快,合拢段在松钩前应确保合拢段与两端拱段接头充分顶紧.特别是合拢段风撑安装完松钩前,必须确保合拢段两端顶紧,最好是合拢段两端部分焊接再松钩,否则会造成拱圈线型发生很大变化.施工中12#~13#墩因合拢段连接处“外法兰”加工精度不够,造成合拢段一端未顶紧,致使合拢段风撑安装后拱顶标高下降了2.2 cm.

参考文献:

- [1] 陈宝春. 钢管混凝土拱桥设计与施工[M]. 北京:人民交通出版社,1999.
- [2] 周水兴,何兆益,邹毅松. 路桥施工计算手册[M]. 北京:人民交通出版社,2001.
- [3] 王庭英,金志展. 钢管混凝土桥梁钢结构制造与安装[M]. 北京:人民交通出版社,2003.

Construction Techniques for Steel Pipe Arch of Ji'an Bailu Bridge

ZHANG Hai-yan¹, CHEN Dan-hua²

(1. The fifth Division, Bridge Engineering Bureau of Railway Ministry, Jiujiang 332001, China; 2. College of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China)

Abstract: Ji'an Bailu bridge is a middle-support steel pipe concrete tie bar arch bridge, whose main span is 188m. During erecting steel pipe arch, engineer used a cable crane to slanting pull and buckling suspend to assemble them. Authors introduce some technique point for the suspend assemble construction of Ji'an Bailu bridge's steel pipe arch. Authors expound such pivotal technique problem as the fixing of arch segment, construction of closure segment and measure.

Key words: steel pipe arch; construction technique; lifting and erection