

公伯峡黄河大桥钢管拱肋的制作与安装技术

刘建龙

(铁道建筑研究设计院 北京 102600)

摘 要 结合公伯峡黄河大桥中承式哑铃形钢管拱桥拱肋的施工,详细介绍钢管拱肋的制作、安装方法以及施工控制方法。

关键词 拱桥 钢管混凝土拱桥 钢管拱肋 制作 安装

1 工程概述

公伯峡黄河大桥属于国家西部开发重点工程——公伯峡黄河水电站的前期配套工程,该桥位于青海省循化县与化隆县交界处,是公伯峡黄河水电站沟通黄河两岸的主要通道,是今后大型发电机组(重 200 t)运输的必经之路,是公伯峡黄河水电站的前期咽喉工程,是目前黄河上游已建的第一座钢管

拱桥。

该桥全长 221 m,宽 16.2 m,主孔为净跨 128 m 的中承钢管混凝土肋拱桥,一跨跨越黄河,主拱圈采用平行双肋拱,拱肋间距 13.2 m,每根拱肋采用 2 根 $\phi 1.2$ m 的钢管,竖向呈哑铃形,肋高 3 m,两拱肋之间通过 $\phi 0.6$ m 和 $\phi 0.299$ m 的钢管组成桁架式直撑和 K 型斜撑。

拱肋施工精度控制贯穿于该型桥施工的全过程,分析其施工的整个过程,拱肋线形主要受加工精度、安装方法、温度、风荷载等因素的影响,因此,拱

收稿日期:2003-06-19

4 临时墩杆件受力检算

4.1 墩身拼组型式

因为铁路限界要求,墩身用八三式军用墩杆件拼组成纵向两排横向四排的等截面墩身结构形式。

4.2 墩身杆件检算

只对立柱底截面受力作进一步的检算,上垫梁、下垫梁及预埋螺栓检算略。

以 16-1 号墩墩身杆件检算为例,下垫梁顶面立柱布置见图 3。

竖向力 $N_v = N_f + G_d$

到基顶弯矩 $M = N_h h_d$

立柱轴向力 $N = N_v / (mn) + M / W_x$

式中: W_x —立柱底抗弯截面模量。

4.3 杆件允许承载力

据《八三式铁路轻型军用桥墩使用手册》所载杆

件、做柱时,每根立柱的允许承载力轴向受压为 1 170 kN。

5 结论

检算结果表明,在顶推过程中墩身立柱底面没有拉力,墩身杆件所受轴向力符合杆件承载力要求;基础底面的荷载合力偏心均小于设计允许值,倾覆稳定系数和滑走稳定系数均大于设计允许值,基础底面的土壤最大压应力小于允许值,基础底面的拉应力大于零。

所拟选临时墩的高程、基础、墩身杆件均能满足施工要求。临时墩用预拉钢索与主墩相联,由主墩分担顶推过程中所受的水平力,避免临时墩扩大基础产生拉应力是此次施工中的关键技术之一。此设计在施工中得到了验证,圆满地完成了钢梁顶推施工。

肋的施工控制过程是一个复杂的过程,也是钢管混凝土拱桥施工的重点和难点。

2 拱肋的线形控制

拱肋用 600 kN 大型缆索吊分 9 段整体吊装(总体布置见图 1,各段长度见表 1),钢管拱肋的制作与安装是全桥施工的关键环节,精度与质量要求高。

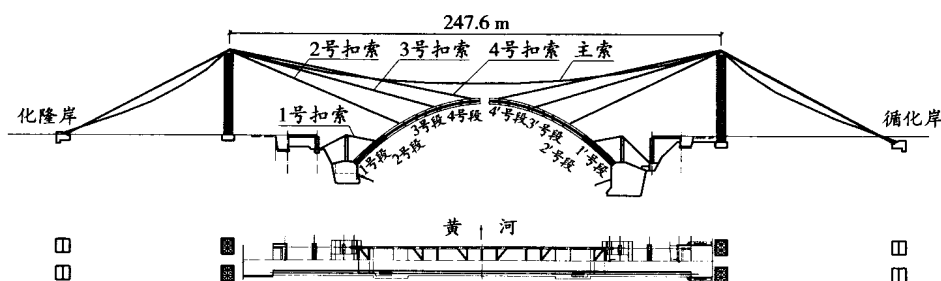


图 1 公伯峡黄河大桥吊装施工总体布置

表 1 拱肋分段长度(单片) mm

分段号	1 号段	2 号段	3 号段	4 号段	1 号段	2 号段	3 号段	4 号段	合龙段
长度	17 944	17 861	19 416	18 897	17 944	17 861	19 416	18 897	4 538

在拱肋的加工过程中,杆件的温度变形、焊接的收缩、画线的粗细等均将导致加工的误差,因此,应在开工前做充分的技术准备(如设计工装、编制工艺等),对拱筒的筒体成型、运输单元的组装、焊接、涂装等制定详细的工艺要求和制作标准。

参照《公路桥涵钢管桥施工规范》以及《钢管混凝土结构设计与施工规程》,各部位的允许偏差值如下:

- (1) 钢管矢圆度 $\pm 3/1\ 000$;
- (2) 钢管端部不平度 $\pm 1\text{ mm}$;
- (3) 板件局部翘曲 $\pm 3\text{ mm}$;
- (4) 哑铃形拱肋高度允许偏差 $< 16\text{ mm}$;
- (5) 哑铃拱肋腹板组合横向偏差 $\pm 1\text{ mm}$;
- (6) 半跨拱肋拱轴线横向偏差: $- 8\text{ mm}$

+ 14 mm。

现场技术人员有针对性地编制了拱肋制作的详细计划,以确保几何尺寸、制造误差、安装误差以及累积误差控制在允许范围之内。

3 钢管拱肋的制作

钢管拱肋的制作程序:单元体 分段单管 分段哑铃钢管 整体哑铃钢管。

钢结构在制作及安装过程中受温度影响很大,

因此在施工过程中应观测温度变化,对照设计单位提供的合龙温度进行校正,确保加工质量及精度。

(1) 制作单元体

利用计算机对成桥后钢管拱肋进行放样,划分单元体,得出每个单元体的位置、坐标及坡口情况。

在充分考虑预留加工量的基础上用半自动切割机进行钢板下料工作,并在端部开 V 型坡口。检验合格后用七星辊将钢板滚平。用三星辊卷板机卷圆(坡口在内),然后用自动焊机焊接成单元体。

(2) 制作分段钢管

在拼装场地按 1:1 大样进行单拱肋的拼装,在预拼台座上放置单元体,检查钢管拱肋的线形(考虑温度对钢管拱肋线形的影响),并用螺旋千斤顶进行微调,直到线形满足规范规定为止。在拱肋钢管内部放出加劲箍及吊杆位置并对加劲箍进行组装、点固。吊杆位置开孔并焊接吊杆垫板和吊杆套管等。

经测量准确无误后进行单元体对接焊接工作,其对接工序为:开设 Y 型坡口 坡口打磨 两管摆放顺直,管端相关位置一致 管口处相隔一定距离点焊 焊缝打磨 第一层施焊 敲除焊渣、打磨 第二层施焊 第四层敲除焊渣、打磨至焊缝凸出母材 2~3 mm 清除焊渣 X 射线探伤拍片 不合格焊缝返修至合格。对接焊缝共 4 层,内侧 1 层,外侧 3 层。

(3) 制作哑铃形钢管拱肋

将已经焊接合格的上下两个单管放于工装支架上,调整两个管水平,两端对齐。用水准仪在每根管上分别测量 3 点(两端和中间各 1 点),两根管应调整在一个水平面上,然后进行腹板的拼接和焊接工作。

腹板在管节一侧进行点固;用汽车吊将管节单元翻身,测量并微调确定无误后点焊另一侧的腹板。为能保证腹板、管节之间的相对位置准确,在两侧腹板上每隔 1 m 左右设置一拉杆以保证其相对位置,然后将腹板焊接。

钢管拱肋的纵向焊缝已相互错开,而且将纵向焊缝全部置于腹板中间,以避免产生三向应力,同时也兼顾了表面焊缝的美观。

(4) 制作整体哑铃钢管

整体哑铃钢管的拼装在预先设计好的鞍型胎座上,胎座结构型式见图2。

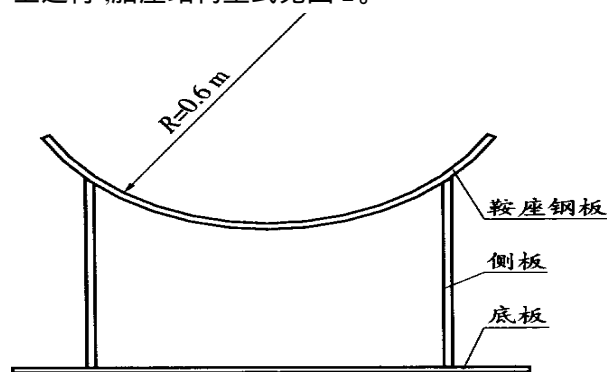


图2 鞍型胎座

考虑到钢管拱肋整体立拼难度大,施工过程中采用前后两段哑铃形钢管拱肋临时拼接来达到保证整个钢管拱肋线形的目的。具体步骤如下:用缆索吊分别将第一段上、下游哑铃形拱肋段吊至鞍型胎座上,用磁力线坠粗调哑铃形单元体的垂直度,使拱肋上下管的中心线在同一垂直线上,确保哑铃形单元体的垂直度。反复调整鞍型胎座高度及距离来调整哑铃形钢管端口高度及中心距离(中心距离必须预留焊接收缩余量,确保焊接成形后上下游两片拱肋中心距离为13 200 mm),进行风构拼装焊接工作。用缆索吊分别将第二段上、下游哑铃形拱肋段吊至鞍型胎座上。以前一段哑铃形钢管拱肋为基准反复调整鞍型胎座高度及距离来调整哑铃形钢管端口高度及中心距离(见图3),满足规定后,用螺栓临时将前后段哑铃形钢管拱肋联结牢固,进行风构拼装焊接工作。用缆索吊吊走第一段哑铃形钢管拱肋,进行吊装施工,同时将第二段哑铃形钢管拱肋前移到第一段哑铃形钢管拱肋移走后空出的位置处,然后进行第三段哑铃形钢管拱肋的制作,循环进行。

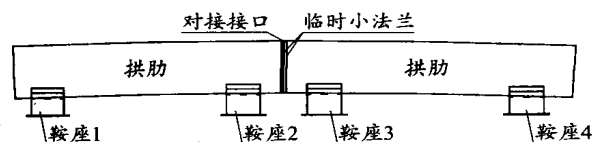


图3 钢管拱肋立拼

4 拱肋安装控制

(1) 节段预抬高量的计算 预抬高量与施工方法密切相关,采用不同的施工方法和施工加载程序,

则拱肋节段的位移就不相同。相对于哑铃形钢管拱截面刚度,扣索的刚度很小,可以视钢管拱为刚体,即在拱肋架设过程中可以认为钢管拱节段只有刚体位移,其本身的弹性变形可以忽略不计。影响刚体位移的因素主要有扣索的弹性伸长、塔架位移以及在主索、扣索、缆风索等索力作用下引起的弹性变形。采用杆系程序仿真施工过程计算扣索索力和各扣索的伸长量。考虑到扣索的柔性,本桥节段预抬高量在计算结果的基础上加1 cm。

(2) 扣索布设 每一段拱肋吊装完成后,用钢丝绳作为扣索扣紧拱肋,扣索的另一头锚在后锚上。吊装完下一段拱肋后要及时调整已吊装的各段拱肋的扣索,以确保拱肋线形。

(3) 侧向风缆的布设 为确保拱肋横向稳定性,全桥共布设16道侧向风缆,风缆用 $\phi 19.5$ 钢丝绳,一头与拱肋联结,另一头锚于地垄,并由倒链拉紧,每吊装一段拱肋,便连以相应的风缆。

(4) 焊接控制 为防止焊接变形,拱肋采用双面对称焊接的方法。同时考虑风因素及温度因素的影响,采用反向偏差法予以适当调整,控制定位焊接时间,采用定位电焊等技术措施来减小施工误差,从而保证了拱肋的线形。

(5) 合龙控制 设计院要求合龙温度为15℃左右,现场工作人员在15℃左右精确测量了合龙段的长度后,对已经预留调整长度的原合龙段长度进行相应的调整,最后在15℃左右进行合龙,从而实现了零应力状态下的合龙。

5 结束语

钢管混凝土拱桥是我国近年来桥梁建筑发展的新桥型,它不仅具有传统圬工拱桥的跨越能力大的优点,而且混凝土填充到钢管内形成的组合结构,使两种材料充分发挥了各自的特长,强度高,塑性和韧性好,耐疲劳,抗冲击。同时,由于在施工中钢管既可作为劲性骨架,又可作为混凝土模板,因而施工非常方便、快捷,缩短了工期。以其独特的优点,钢管混凝土拱桥被广泛应用于公路、铁路中。

施工过程中确保拱肋的线形,是钢管拱桥施工的关键和难点,而公伯峡黄河大桥在钢管拱肋的制作与安装过程中严格按规范要求操作,使偏差控制在允许范围内,施工安全,保证了工期,受到甲方及监理单位的一致好评。