



图五

这里值得注意的是圆弧与圆弧交接点位置要弄清,控制线的方位角的计算要分清其所在的象限,才能得出正确结果。

4、直角坐标法

指直接使用大地坐标或建筑坐标进行施工放样。这种方法要先计算出各放样点之坐标,适用于有全站仪的单位,是新技术在施工中的使用。

原理:先计算出所需放样点的坐标,后直接用坐标输入全站仪即可。

这里介绍使用 CASIOfx - 4800p 计算器计算圆弧坐标的程序。如下:

```

M=M:N=N LbI 01 {X,Y} B=X-M:A=Y
-N S=√(A²+B²) ▲
B=0 ⇒ Goto 1 ▲ ⇒ Goto 2
LbI 1 A=0 ⇒ Z=0 ▲ ↑oto U ▲ ⇒ Goto 3
LbI 3 A>0 ⇒ Z=90 ▲ ↑oto U ▲ ⇒ Z=270 ▲

```

Goto U

LbI 2 B<0 ⇒ Z= Tan⁻¹(A ÷B) + 180 ▲ Gto U ▲ ⇒ Gto 4

LbI 4 B=0 ⇒ Z= Tan⁻¹(A ÷B) Gto U ▲ ⇒ Z= Tan⁻¹(A ÷B) + 360 ▲ Gto U

LbI U {C,R} Q=Z+C X=M+R * COS Q ▲ Y=N+R * SIN Q ▲ Gto U

实例:如图五已知 2 轴与 J 轴交点坐标 (327. 214, 392. 009)、各圆心坐标分别为 O₁ (307. 440, 426. 779)、O₂ (297. 59, 428. 508)、O₃ (205. 135, 390. 401) J 轴各段弧长如图五,求 J 轴各点之坐标。

技巧分析:直角坐标法放样可用于所有图形的放样,是一种通用的方法,其关键是要计算放样点的坐标。

放样步骤:

只要运用上述程序,把圆弧长度转化为圆心角输入可得各点坐标,如下表

J	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
X	327.214	334.376	340.141	344.380	346.838	347.506	346.439	343.817	340.277	336.666	331.725	326.019	326.326	320.604	314.791	308.601	302.005
Y	392.009	397.163	403.743	411.435	431.866	439.404	447.173	455.594	463.403	470.960	478.240	479.210	486.145	492.751	499.004	504.884	

把全站仪架设在任意已知坐标的点的位上即可进行操作放样。

上述四种放样方法可解决圆弧放样的各种问题,当然有时可根据实际情况做简单变通或对程序做简单的修改,可使问题变得更加简单。总之,圆弧在实际中的应用是千变万化的,只要我们掌握其原理,摸清其规律,使用这些技巧,一切问题都会迎刃而解。

收稿日期:2000.4.17

施工技术 ·

钢管拱肋的制作

孙 潮 陈宝春 (福州大学土木建筑工程学院 350002)

提要:本文参考有关规范的要求和国内一些有关的施工经验介绍了钢管拱肋加工的技术要求,可供实际应用参考。

关键词:钢管 拱肋 焊接

Manufacture of Steel Tube Arch Rib

Sun Chao Chen Baochun (College of Civil and Architectural Engineering, Fuzhou University, 350002)

Abstract:Based on the requirement of the guide and experiences of CFST arch bridge construction,manufacture requirement of steel tube arch rib is introduced for practice in this paper.

Keywords:steel tube arch rib welding

钢管砼拱桥在我国发展迅猛,钢管拱肋的加工,尤其是钢管卷制与焊接,对于钢管砼拱桥是至关重要的,因此要予以重视。但我国尚无相应的规范,因此本文就此作些介绍,供参考。

1、下料与加工

制作钢管砼拱桥的拱肋主要采用钢板与钢管。根据

《钢结构设计规范》(GBJ 17 - 88)的有关规定,钢管宜采用 3 号钢和 16Mn 钢或 16Mnq、15MnVq 制作的直缝焊接管、螺旋形缝焊接管和无缝钢管

钢板下料之前应根据设计图绘制加工图,其内容包括按杆件编号的加工大样图、厂内试拼简图、工地试拼简图和堆放与发送顺序图等。

用于卷制钢管的钢板必须平直,不得使用表面锈蚀或受过冲击的钢板,且应符合有关标准和设计要求。钢料切割应尽可能使用剪板机。如利用焰割机,则在任何情况下均应将热力影响范围的宽度 3~5mm 去掉。小引板所用钢料及加工方法同其主体钢板。钢料宜在切割后进行矫正,矫正后钢料表面不应有明显的凹痕和其它损伤,可采用锤击法或热矫法,下料后应根据要求将板端开好坡口。下料时加工预留收缩量由试焊决定。

钢板的防锈工作可以在卷管前,也可以在卷管后。直缝钢管一般采用三辊轴卷管机卷制,卷管方向应与钢板压延方向一致。卷板过程中,应注意保护管端平面与管线垂直。为满足小直径钢管接缝处的圆度要求,可在卷管前沿钢板边缘 15cm 左右进行局部压圆。卷管后应进行校圆。校圆分整体校圆和局部校圆两道工序。整体校圆可在卷板机上进行,也可在整体校圆夹具上进行。局部校圆采用薄钢板剪成直径为钢管内径的圆弧的一部分作为样板,该样板内靠筒体口附近进行检查,若不密贴表示该处不圆,不圆处局部锤直,直至密贴为止。

钢管拱肋的加工以节段为单元。根据实际情况每条拱肋分数段安装。钢管架的加工制作台应能满足每段拱肋按 1:1 大样放样的要求。钢管组拼时以拱肋中轴线为准。要求台座地基基础密实、稳定,表面平整度良好,并按设计要求采用红外测距仪或精度更高的测量仪器放样,用水准仪抄平。

钢管拱肋骨架的弧线当采用直缝焊接管时,由于管节较短(通常在 1.2~2.0m)可以采用分段直线逼近,相邻管节长度不应过于悬殊;当采用螺旋焊接管时,由于管节较长。将管节弯成弧形,需按拱的曲线制作定位模,通常采用温度效应弯制。火工弯曲后不得用水冷方法降温,宜在空气中缓慢冷却。因为骤冷会使普通低合金钢材变脆、发生断裂或产生焊接裂纹等。钢管弯曲按《TB10212-98》规定执行。在实施前应做钢管弯曲工艺评定试验,向建设、设计及监理单位提交试验报告,经认可后方可进行。

对于桁式拱肋的钢管骨架,弦杆与腹杆及平联的连接尺寸和角度必须准确。连接处的间隙应按钣金展开图要求进行放样。

钢管拱肋的制作安装过程应按设计要求将吊点孔开好并装上各附属构件,不得遗漏。对于钢管上预留的混凝土浇灌孔、振捣孔以及排气孔,可在工厂中开好,也可在拱肋安装好后在工地开孔。不论何时开孔,开孔留下的盖片,均应编号并妥善保管或点焊在原位上,待灌注混凝土后再盖上焊接。浇筑混凝土的预留孔应焊接平整光滑,不突出和漏焊,不烧伤混凝土。

钢管纵向弯曲偏差要求 $f = L/100$,且不大于 10mm。钢管的椭圆度(失圆度) $f/D = 3/1000$ 。钢管的椭圆度主要影响钢管的对接,对紧箍力的影响不大,因此对管端的椭圆度应严格控制。管节中间的椭圆度可根据实际情况予以适当放宽,但最大偏差一般不得超过 5mm。此外,椭圆度太大可能导致直缝管直缝焊接的残余应力上升。钢管管端的不平度 $f/D = 1/500$,且不大于 3mm。《钢结构施工及验收规范 GB

50205-95》中规定管端不平度要求为 $f/D = 1/500$,《JC 01-89》和《CECS 28:90》规定 $f/D = 1/1500$,且不超过 0.3mm,比钢结构的要求还严格许多,显然是不合理的,因此这里管端不平度推荐采用《GB50205-95》的指标。

2、钢管拱肋的焊接

焊工应经考核合格并取得相应施焊条件的资格证书后方可上岗施焊。每条焊缝应有焊工钢印,焊缝质量检查结果应记入检查纪录簿。焊接工艺必须经过评定,以保证焊接接头的质量。确定的工艺参数施工中不得随意改动。焊接工艺评定的试验内容可参考《公路桥涵施工技术规范(JTJ 041-89)》附录 15-2《钢结构制造焊接工艺评定试验》。但该规范中钢结构是指钢桥,因此要求较为严格,且主要是参照铁路钢桥制定的标准,所以可根据实际情况适当选用。焊接工作宜在室内进行,湿度不宜高于 80%,焊接环境温度,16Mn 钢不应低于 5℃,A3 钢不得低于 0℃。在结构表面潮湿或刮大风、阵雨天气下,又无适当保护措施时,不得进行焊接。主要杆件应在组装后 24h 内焊接。卷管之前进行除锈上底漆的钢管,卷管后的直焊缝焊之前应将焊缝坡口处的车间底漆用砂轮清除。

钢管拱肋的截面虽有多种形式,如单管、哑铃形、桁式等,但不管哪种形式,其组成构件无非是钢管和钢板,因此其连接涉及到的有:

- 1) 钢管制作过程中的焊接,包括其横缝和纵缝的焊接;
- 2) 钢板与钢板的焊接,如哑铃形截面中腹板之间的焊接,平联板之间的接缝;
- 3) 钢管与钢板的焊接,如哑铃形截面中腹板与钢管之间的焊接;
- 4) 钢管与钢管的焊接,如钢管拱肋的对接(包括工厂的接缝和工地的拼接焊缝),腹杆、平联与弦杆的连接。

钢管拱肋的焊接基本上采用电弧焊。电弧焊可分为手工电弧焊、自动或半自动埋弧焊、 CO_2 气体保护焊等。

这几种电弧焊的焊缝质量由好到坏的顺序为: CO_2 气体保护焊、自动或半自动埋弧焊、手工电弧焊,因此要根据焊缝的重要性来选用。钢管的焊缝要求与母材等强,不能采用角焊缝,应为熔透对接焊缝。对接焊缝是否开坡口,将由施焊的方法,施焊的工艺和板厚等条件确定,但不管采用什么样的方法和工艺,都应使焊缝达到熔透为最终目的。因此钢管的纵缝和横缝要采用自动埋弧焊,哑铃形截面腹板与钢管之间的焊缝,因为较难焊透,可采用 CO_2 气体保护焊或埋弧自动焊。

弦杆与腹杆及平联的连接焊缝,应沿全周连接焊接并平滑过渡,可沿全周采用角焊缝,也可部分采用角焊缝,部分采用对接焊缝。弦杆与腹杆管壁之间的夹角大于或等于 120° 的区域宜采用对接焊缝或带坡口的角焊缝。角焊缝的焊脚尺寸 h_f 不宜大于腹杆管壁的两倍。对于承受拉应力的斜腹杆与主弦杆连接的焊缝,强度和重量要求较高,打磨、施焊每一道工序必须经过监理工程师或质检员严格检查后才能实施。所有焊缝均宜采用平焊,尽量避免仰焊或立焊。平焊焊不到的位置须将骨架翻身才能施焊。焊缝清根要彻底,施焊时接头和焊条要干燥。

当采用滚床卷管及手工焊接时,宜采用直流电焊进行反接焊接施工。焊工可进入大管径的钢管对内壁进行施焊。

焊缝的位置、外形尺寸必须符合施工图和《钢结构工程施工及验收规范(GB 205 - 83)》的要求。在施焊中不得任意加大焊缝,避免焊缝立体交叉和在一处集中大量焊缝,同时焊缝的布置应尽可能对称于构件中心。母材的非焊接部位严禁焊接引弧。

钢管管节组拼成拱肋,在焊接前,对小直径钢管可采用点焊定位;对大直径钢管可另用附加钢筋焊于钢管外壁,作临时固定联焊。固定点的距离宜取 300mm 左右,但不得少于三点。钢管对接焊接过程中如发现点焊定位处焊缝出现微裂缝,其微裂缝必须全部铲除,重新补焊。为确保联结处的焊接质量,可在管内接缝处增加附加衬管。衬管可采用宽为 20mm、厚度为 3mm 的钢板,与管内壁保护 0.5mm 的膨胀间隙,以确保焊缝根部的质量。焊接时应根据间隙大小,选用适当直径的焊条。其焊接顺序应考虑焊接变形的影响,由焊接工艺试验确定,要求焊接变形及焊接残余应力最小。

3、焊缝检查

钢管混凝土拱桥拱肋的焊缝等级应达到设计图纸要求。对于焊缝等级,这里应该指出,《钢结构设计规范(GB 17 - 88)》及《钢结构工程施工及验收规范(GB50205 - 95)》针对工业与民用房屋和一般构筑物的钢结构工程,其焊缝质量级别分为一、二、三级。一级用于动荷载或静荷载受拉,二级用于动荷载或静荷载受压,三级用于其他角焊缝。一、二级焊缝需进行焊缝内部缺陷检测,对应于《GB11345》的、级质量等级。而《JTJ041 - 89》中的焊缝等级与《GB 11345》是一一对应的。焊缝射线探伤仍按《钢熔化焊对接接头射线照相和质量分级》GB3323 - 87 规定执行,但规定采取焊缝质量标准相对降一级的办法,即建筑钢结构的一级焊缝质量标准相当于 GB3323 - 87 中的二级;二级焊缝质量标准相当于 GB3323 - 87 中的三级。

钢管砼拱肋处于钢结构与砼结构之间,桥梁有车辆荷载,可算承受动载,因此其焊缝质量分级与工民建有所不同,一般分为三级较合理。

一级焊缝:钢管拱肋的焊缝如钢管的纵向焊缝、横向焊缝,哑铃形截面中腹板与钢管的焊缝,桁式截面中腹杆、平联与钢管的焊缝,拱脚连接焊缝。

二级焊缝:锚垫板、吊杆、风撑等对接焊缝。

三级焊缝:不属于一二级的其它焊缝,如加劲箍、连接板等。

焊缝内部质量检验标准:

一级焊缝:超声波检验,应符合《GB11345 - 89》(钢焊缝手工超声波探伤方法和探伤结果分级)标准中 B 级合格,抽查每条焊缝长度的 50%,若同一焊工同一条焊缝有缺陷延长倾向,应 100% 探查;X 射线检查,应符合 GB3323 - 87 标准 AB 级合格,抽查每单元焊缝长度的 2%,若一条焊缝上缺陷有延长倾向,要加倍透照。

二级焊缝:超声波检验,应符合 GB11345 - 89 标准中 B 级合格,抽查每条焊缝长度的 30%,若缺陷有延长倾向应加倍或整条探查;X 射线检查,应符合标准 GB3323 - 87AB 级合格,或仅作为超声波探查有疑点时复查选用

国外基本采用超声波探伤,而不采用射线探伤。超声波探伤仅用于全熔焊缝,不要求熔透的焊缝(角焊缝或组合焊缝),不能进行超声波探伤,而钢管砼拱桥拱肋的多数焊缝为熔透焊缝,因此可用超声波探伤。

所有焊缝质量要求均应符合《公路桥涵施工技术规范(JTJ 041 - 89)》焊缝要求。厂家应按《钢结构工程质量检验评定标准(GB50221 - 95)》和《JTJ 041 - 89》第 15.2.50 条和表 15.2.50 进行外观自检评定。

经射线和超声波两种探伤方法检查的焊缝,在不能判断哪种方法更能准确判定焊缝质量时,两种方法必须达到各自的标准,方可认为合格。

外观检查和探伤结果不允许的缺陷时,应按《建筑钢结构焊接规程(JG 81 - 91)》的有关规定进行焊缝磨修及返修焊。焊缝尺寸超出允许正偏差的焊缝及小于 1mm 且超差的咬边必须磨修匀顺,焊缝咬边超过 1mm 或外观检查超出负偏差的缺陷,应用手弧焊进行返修焊;气孔、裂纹、夹渣、未溶透等超出规定时,应查明原因,用碳弧气刨清除缺陷,用原焊接方法进行返修焊;返修焊后焊缝应随即铲磨匀顺,并按原质量要求来进行复检。返修焊次数不宜超过两次。

焊缝按工序检查不符合上述要求的,应按有关规定及时处处理并记录。

最后应该指出,由于我国钢结构,特别是钢桥应用较少,专业建筑钢结构企业一般规模较小,加工能力较低,因此,钢管混凝土拱桥中钢管骨架的加工多委托造船厂、压力容器厂、化学容器厂等钢结构加工焊接能力较强的单位加工制作。这些厂家对桥梁结构不熟悉,特别是大跨径拱肋的放样,需要桥梁工程技术人员予以配合。因为施工与设计是紧密联系的,施工中的结构应达到设计的要求,应作到设计规范和施工规范统一。由于钢管砼拱桥理论的滞后,使钢管砼设计规范还未出台,因此施工单位在工地自行加工者,能否按介于机械构件和钢筋混凝土构件之间的标准来定允价值。如能让施工单位在工地自行加工拱肋,可既便于加工,减少运输,降低造价,又有利于钢管砼拱桥的应用和推广。

参考文献:

- (1) 中国工程建设标准化协会标准. 钢管混凝土结构设计与施工规程(CECS 28:90). 北京:中国计划出版社, 1990.
- (2) 国家建筑材料工业局标准. 钢管混凝土结构设计与施工规程(JC 01 - 89). 上海:同济大学出版社, 1989.
- (3) 陈宝春, 钢管混凝土拱桥设计与施工, 人民交通出版社, 1999. 9.

收稿日期:2000.5.15