

塔贝拉水电站超大型卜形贴边岔管制作安装技术

金胜, 岳廷文, 万天明

(中国水利水电第七工程局有限公司 机电安装分局, 四川 彭山 620860)

摘要:叙述了塔贝拉水电站超大型卜形贴边岔管采用的制作安装技术,采用计算机数据模型建模以及生成下料图,介绍了贴边补强板焊接顺序、岔管瓦片的划分、加工、贴边补强板坡口角度的处理、多层贴边补强板错缝、卷板、安装等问题的解决方式。

关键词:超大型卜形贴边岔管; 制作; 安装; 塔贝拉水电站

中图分类号:TV7;TV547;TV52

文献标识码: B

文章编号:1001-2184(2018)03-0121-04

1 概述

塔贝拉水电站位于巴基斯坦开伯尔-普什图省境内,坐落于印度河干流上,其引水压力钢管由原有的4#泄洪洞改建而成。主管直径13 m,通过4个钢岔管将主管分为3趟、直径为7.5 m的发电支管和2趟、直径为8 m的泄洪管。

贴边岔管技术参数:2个贴边岔管纵向串联布置,贴边岔管主管直径为13 m,支管直径为8 m,分叉角为65°,贴边岔管管壁厚度均为60 mm,相贯线位置设计了3层补强板,1、2层板厚为60 mm的高强钢,第3层为在其锐角区沿圆周45°方向设置。单个岔管总重量为493.258 t。该工程布置了2个该尺寸的贴边岔管(图1)。

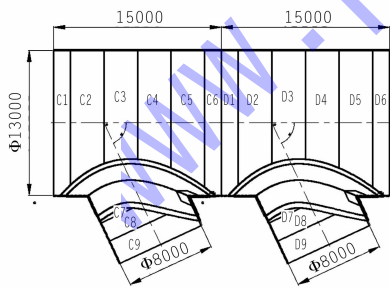


图1 卜形贴边岔管示意图

岔管管壁及补强板选用首钢生产的07MnCrVR(即抗拉强度610 MPa级高强钢板),管壁厚60 mm。单个贴边岔管分为9个大节,共36张瓦片;三层补强板共分为32张瓦片;纵缝长145 m,环缝长617 m,焊接量较大。该贴边岔管

收稿日期:2018-06-18

外贴三层补强板,补强板的形状与主管和支管管壁相交的相贯线相似,第一层宽度为2.5 m,厚度为60 mm,第二层宽度为2 m,厚度为60 mm,第三层宽度为1 m,厚度为40 mm。

三层补强板重合且在相贯线位置多道焊缝相互重叠,同一位置焊接量大,应力集中。

在岔管制作安装过程中,必须解决岔管瓦片的合理划分、焊缝布置、主管与支管相贯线位置的焊接坡口角度、焊接变形的控制、管节的出厂形式、运输方案、管节的吊装与组装、管节的焊接顺序、补强板的焊接顺序、焊接残余应力的降低,这些相互关联的工作决定了整个岔管的设备配置、焊接工艺、焊接残余应力的大小及分布情况。

2 岔管制作安装的技术准备

2.1 展开图的校核

首先使用专用工具建模软件,建立1:1三维壳体模型,用模型转换为下料放样图,然后采用传统的数据计算方法进行展开放样并与三维壳体建模展开的图纸进行对比,确认其是否有大的误差,然后进入下料排料程序。这是岔管瓦片划分工作及精确下料之前必不可少的工作。

2.2 岔管瓦片的划分

对岔管瓦片展开图纸校核完成后,根据卷板设备的加工能力、运输情况、供货厂家钢板的极限长宽对展开图纸进行分片。

2.3 加工采用的专用设备

用于岔管制作的钢材强度较高,加工过程中不允许火焰矫形及强制组装。采用卷板机加工岔

管瓦片的方法是在卷制时将上辊调整为与卷板素线平行进行小进辊量卷制。岔管高强度钢焊接时,需要进行预热、后热消氢及道间温度控制,温度控制采用 4 套自动温控仪及手持式红外测温仪进行温度监控及检验。

2.4 关键技术的解决

(1) 多层贴板重合焊接坡口问题。贴边岔管外设计了三层补强板,每层补强板焊缝要求焊透并达到 1 类焊缝要求。由于支管与主管相贯线不同位置的相交角度不断地发生变化,导致下料时无法准确地确定焊接坡口的具体形式及尺寸。由于这一差异的存在,大型岔管如果用定值坡口就会引起焊缝坡口角度过大或过小的问题,使焊缝间的间隙严重超标。

为了解决上述坡口问题以及消除其他瓦片下料卷制过程中出现的缺陷问题,要求瓦片在下料卷板车间对下料卷制完成的管节瓦片及补强板瓦片进行预组装,以保证卷板弧度及下料尺寸的精确性。对相贯线位置的坡口采用在预装时根据不同的位置实时确认坡口的大小,以达到坡口形状和尺寸最优。

(2) 多层贴板焊接首先需要从工艺上考虑第一层贴板与钢管管壁环缝及纵缝的错缝问题,其次考虑贴板与贴板之间的错缝问题。根据实际情况,不同层之间相邻焊缝的错缝距离为 300 mm 以上。

3 材料碳当量

对到货的钢板除按相关标准规定进行超声检测外,还根据钢材的化学成分进行了碳当量 C_{eq} 、冷裂纹敏感系数 P_{cm} 及预热温度 T 的计算。从实际到货情况看各项指标均达到要求。计算公式如下:

$$\text{碳当量 } C_{eq} = C + \text{Si}/24 + \text{Mn}/6 + \text{Ni}/40 + \text{Cr}/5 + \text{Mo}/4 + \text{V}/14 = 0.388\%$$

$$\text{冷裂纹敏感系数 } P_{cm} = C + \text{Si}/30 + \text{Mn}/20 + \text{Cu}/20 + \text{Ni}/60 + \text{Cr}/20 + \text{Mo}/15 + \text{V}/10 + 5B = 0.188\%$$

$$\text{冷裂纹敏感性 } P_c = P_{cm} + [H]/60 + \delta/600$$

式中 $[H]$ 为熔敷金属中扩散氢含量,最大值取 0.9 mL/100 g; δ 为钢板厚度; $P_c = 0.303\%$ 。

预热温度 $T = 1440P_c - 392$ °C。当板厚度为 60 mm 时,预热温度 $T = 44.32$ °C;综合考虑焊条

因数及现场施工情况以及压力钢管规范,将预热温度控制在 100 °C。

4 岔管的制作

下料与切割:将由建模软件中生成的 1:1 瓦片模型进行分解,分解成为可直接下料的瓦片图,图纸为 1:1 尺寸。下料时将图纸直接转换后输入数控切割机,套料后数控切割机不开火焰在下料钢板上行走一遍,无问题后开始正式下料。下料后检测瓦片尺寸、对角线等。焊缝坡口按照图纸规定的尺寸切割,切割后用砂轮将坡口打磨出金属光泽。

岔管瓦片压制成形:在瓦片加工前,应特别注意镜像对称瓦片内外壁的区分,如果卷制方向出现错误将会导致瓦片报废。因此,在数控切割后,应在下料车间做出清晰的标识。

钢板瓦片压制、卷板时不允许锤击,以防止在钢板上出现锤击伤痕。岔管钢板压制后,禁止采用火焰校正弧度。

岔管瓦片压制采用素线法。在钢板每间隔 0.8 ~ 1 m 标识出卷板素线。先压制两头,再压制中间。分多次将瓦片压制成所需要的弧度。实践证明:该加工方法具有非常高的加工精度,岔管所有瓦片的加工没有采用过任何火焰校正,瓦片成形质量良好,对接处过渡平滑,从而为岔管制作安装打下了坚实的基础。

瓦片卷制包括板料对中、压头、卷弧和修弧四道工序。具体工艺如下:

(1) 板料边对正与管节压头。

先调整卷板机下辊,钢板对正,启动卷板机进行压头。在卷制过程中需注意尽量采用小进辊量反复多次卷制,以使其两端弧度满足要求。三辊卷板机压头时,通过移动下辊配合上辊进行,压头时利用弧形样板检测弧度至符合要求。

(2) 管节卷弧与修弧。

管节压头完成后,将卷板机下(侧)辊调整回原位,通过调整上辊反复卷制,其卷制顺序为:先卷板端部、后卷中部。卷板过程中不断使用样板检查调整,需注意尽量采用小给进量卷制。带锥度瓦片卷制素线间隔 0.8 ~ 1 m。

在卷制过程中,应及时检查清除钢板上的氧化皮、铁锈及其他杂物。

卷弧后将管节以自由状态立放在平台上,用

样板、钢盘尺检查管节弧度、扭曲及锥度。若卷曲弧度不符合要求,则须重新吊至卷板机上修弧,直到其合格为止。

(3) 现场管节对圆组装。

岔管管节在平台上采用立式组装方式进行。组装步骤如下:①检查验收瓦片;②吊装瓦片对装压缝并调整对装间隙;③检查对装纵缝的弧度;④对纵缝进行加固焊接;⑤加温预热至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$;⑥焊接纵缝。在间隙和错牙调整时,要同时使用钢盘尺、弦长为 1.5 m 的样板、间隙检查尺等检查钢管组装后的圆度(每端管口至少测两对直径)、上下管口周长、纵缝处弧度、管口平面度、纵缝间隙以及纵缝处错牙情况并调整至合格。纵缝组装合格后,在管节背缝位置进行定位焊接,以确保其错边和坡口间隙不产生位移。定位焊焊接工艺和对焊工的要求与主缝相同,定位焊的起始位置应距焊缝端部 30 mm 以上;定位焊长度为最少 $50\sim 60\text{ mm}$,间距以不超过 400 mm 为宜。定位焊引弧与熄弧应在坡口内进行;定位焊缝上的碎屑、渣滓、油和其他杂物等均应清除后再焊接。

焊接要求为:①焊接坡口的清理,所有拟焊面和离焊接边缘至少 50 mm 内钢板面的氧化皮、铁锈、油污或其杂质均应全部清理干净,每一层焊接金属表面焊渣均应彻底清理干净,尤其是在焊下一层前必须清除所有焊渣。②定位焊位置应距焊缝端部 30 mm 以上,厚度不宜超过正式焊缝的 $1/2$,最高不超过 8 mm ,但清根时应清除。③焊前预热。由于整个岔管为高强度钢,因此,在焊接之前需要对焊缝预热至 $100\text{ }^{\circ}\text{C}$,层间温度不应低于预热温度且不高于 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。④焊接顺序和焊接要求。对有多条纵缝的钢管采用多人同时焊接。在焊接过程中,为减少变形和收缩应力,施焊前选定合适的焊接顺序,尽量保证在各个不同侧面受到的焊接预热热量达到平衡。对背缝进行碳弧气刨清根、打磨时,将渗碳层打磨干净。环缝的焊接与纵缝的焊接基本一致。在焊接过程中,需要 $6\sim 8$ 名焊工对称施焊。⑤焊接规范参数。焊接规范按照焊接工艺评定确定的参数编制焊接作业指导书后下发执行。⑥焊接道间温度的控制。层间温度的控制是获得优良焊缝金属的必要条件。层间温度一般控制在 $100\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 150\text{ }^{\circ}\text{C}$,或控制在不低于预热温度、但最高不高于 $230\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。所有焊缝应尽量保

证一次性连续施焊完毕,若因不可避免的因素确需终断焊接时,在重新焊接前,必须再次预热,预热温度不得低于前次预热的温度。⑦后热消氢。后热消氢方法:与预热加热方法相同,温度为 $150\text{ }^{\circ}\text{C}\sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$,保温时间为 1 h 。⑧焊缝检验:UT100%,TOFD20%,PT。

5 岔管的安装

岔管管节吊装到位后,搭设内外工作平台,利用专用工具挂在钢管外壁预设的压码上,用专用工具调整管节间隙及焊缝错边。

岔管相贯线上的焊缝布置形式见图2。先安装直径 13 m 的主管侧,主管安装定位焊接完毕,安装直径 8 m 的支管侧,然后安装补强板。安装顺序见图2,从①到⑧,依次安装。

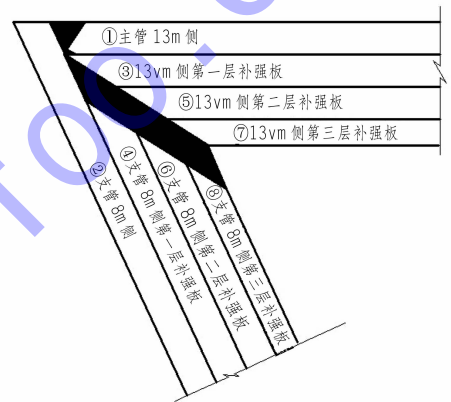


图2 岔管相贯线上的焊缝形式图

6 岔管补强板焊缝的焊接顺序

在三层补强板的焊接过程中,因位于直径 13 m 侧及直径 8 m 侧补强板的焊缝都需要在相贯缝位置焊接,导致相贯缝焊缝的焊接基本重合在同样的位置,在后焊接的过程中对以前焊接完成的焊缝反复进行加热,降低了以前焊接的焊缝材料的机械物理性能,以及在同一位置太多的焊缝重合不可避免地会导致应力集中。因此,在焊接过程中,应严格控制焊接线能量的输入,减少每道焊缝的热影响区范围,尽可能地降低对焊缝机械物理性能的影响。

单层贴板的焊接顺序(图3):(1)焊接相贯缝;(2)焊接内侧塞焊孔;(3)焊接补强板对接缝;(4)焊接外侧的塞焊孔;(5)焊接补强板外侧的角焊缝。

在焊接过程中,需要解除定位焊、拉板等的约束;同时,为了防止在焊接相贯缝的过程中外圈角

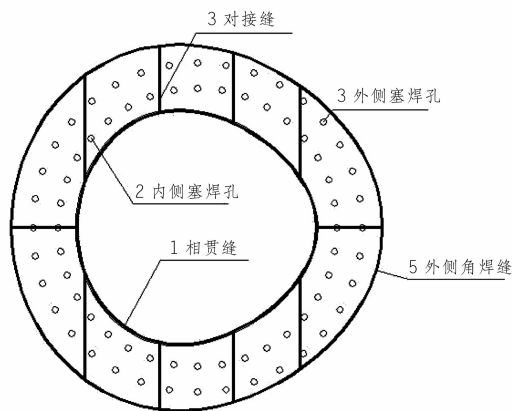


图3 岔管补强板焊缝的布置和焊接顺序图

焊缝位置的钢板产生较大的角变形,可以使用压板在外圈角焊缝位置将补强板钢板压住,但不得焊接固定,必须保证相关缝焊接时补强板能沿着圆周方向自由收缩,以达到降低焊接应力的目的。

直径8 m侧焊接顺序与直径13 m侧补强板焊缝焊接顺序相似,同样是先开始焊接相贯线位置,其次焊接靠相贯线侧的塞焊孔,再焊接纵缝,之后焊接第二排塞焊孔,最后焊接离相贯线最远的角焊缝。

7 岔管的检验

(上接第75页)

拔试验曲线。

从图2中可以看出:使用“孔口堵水注浆法”的渗水条件下的锚杆与无渗水常规注浆方式施工锚杆的抗拉强度基本保持在同一水平,可以证明其注浆质量是得到了保证的,且相对于锚固剂施工锚杆,使用“孔口堵水注浆法”的施工效率能提高40%以上。因此,不论是在科学性、可靠性、实用性等方面,“孔口堵水注浆法”都表现出了一定的优势。

3.4 比选结论

经过比较,最终将“孔口堵水注浆法”应用于取水口边坡支护工程中并取得了良好的效果。在该施工法运用过程中需要控制的几个关键点为:(1)必须设置排水管以实现砂浆置换渗水;(2)注浆前需抬高排水管,使孔内的渗水保持静止状态,以保证注浆的顺利进行;(3)在砂浆中适量添加外加剂以减少凝固时间,以免被渗水稀释;

岔管的几何误差按照国标 GB50766 - 2012 实行,探伤要求为1、2类焊缝100% UT,20% TOFD 抽查。该岔管的相贯线位置焊缝及补强板之间的对接缝全部按照1类缝检测。在该超大型岔管施工完毕,该岔管参与了塔贝拉水电站岔管群的联合水压试验,试验压力为2.4 MPa,保压2 h,该压力约为工作压力的1.5倍,水压试验结果为合格。该岔管在经过超工作压力的水压试验后,焊接残余应力峰值得到了削减,从而有利于后期长时间运行。

8 结语

随着我国水电建设的高速发展,在超大型压力钢管上使用超大型岔管将会变得常见。本工程在制作安装中使用了新的技术及建模软件、新的结构焊接工艺技术等,笔者希望通过本文使大家了解到塔贝拉水电站岔管制作安装技术,供同行指正。

作者简介:

金 胜(1977-),男,重庆梁平人,工程师,从事金属结构制作安装技术工作;

岳廷文(1977-),男,四川巴中人,高级工程师,二级建造师,从事金属结构制作安装技术工作;

万天明(1963-)男,重庆南岸人,教授级高级工程师,从事金属结构制作安装和机电安装技术工作。(责任编辑:李燕辉)

(4)锚孔需封堵到位,否则将影响注浆效果。

4 结语

“孔口堵水注浆法”是一种适用于高涌水地层预应力锚杆的施工方法,但在塔贝拉项目中,技术人员在抓住其技术要点的基础上,结合工程实际,灵活运用,提出了一种操作更为简便且可靠、实用的施工工法,最终成功地解决了渗水边坡锚杆支护问题,对类似工程施工具有一定的参考价值。

参考文献:

- [1] 许建平,周颖军.高涌水地层预应力锚杆注浆技术[C].福建省土木建筑学会建筑施工学术委员会年会,福建,2012.
- [2] GB50086-2015,岩土锚杆与喷射混凝土支护工程技术规范[S].
- [3] 唐杰伟,韩进奇.溪洛渡水电站左岸泄洪洞锚杆注浆新技术及应用[J].四川水力发电,2011,30(6):43-46.

作者简介:

向 越(1992-),男,重庆开州人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作;

石从富(1992-),男,贵州黔南人,助理工程师,从事水电工程施工技术与管理工作。(责任编辑:李燕辉)