

复杂结构钢管制作及焊接技术

李文凌

(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:针对水电站中复杂结构的压力钢管制作及焊接难点技术,在分析异形管展开放样方法的基础上,通过总结实践经验,对复杂压力钢管从车间图绘制到施工过程的控制技术及包括预热、定位焊、焊接顺序、焊接工艺规范及焊缝检验等在内的焊接控制技术作了详细介绍,掌握好这些制作和焊接技术可控制施工成本,降低施工难度,有效控制焊接质量和变形,保证产品质量,缩短施工工期。

关键词:钢管;异形管;展开放样;制作控制;焊接控制

中图分类号:TV547.6 **文献标志码:**B **文章编号:**1006-7647(2013)S2-0054-02

水电站中压力钢管是常见的金属结构,如直管、弯管、锥管和岔管等各种结构形式,特别是一些结构形式较复杂的钢管(岔管、锥管、弯管),因其结构的特殊性,制作及焊接上有一定难度,在各个环节的控制上也有所不同。本文根据笔者在国内外水电站压力钢管的制作安装实践摸索,并参考各类规范等资料^[1-2],对压力钢管的制作及焊接技术作一简要分析,重点针对结构形状较为复杂的异形管。

1 制作前的准备

异形钢管的制作重点在于展开放样,以往展开放样大多在空旷的钢板平台上用画法几何的方法制作样板或划线下料,或用计算的方法求展开坐标,这些方法或占用划线平台较大,精度不易保证,或计算工作量大,效率较低。随着科技的发展和计算机运用的普及,有了更多展开放样的方法,如编制针对性的展开程序或用专用的软件生成展开图。专用软件的应用可以大大降低技术人员的计算工作量,把复杂的工作简单化。技术人员可根据需要选用不同的方法,如笔者常用的异形管展开软件为 Rhinoceros(三维曲面软件),使用 Rhinoceros 软件,可以按 AutoCAD 的绘图习惯建立起待展开放样的管节三维模型,并能方便地使用其中的曲面展开命令很快得到展开图,通过导出 1:1 的展开图在 AutoCAD 里进行瓦片划分、焊纵错缝等操作,并绘制成车间图。如采用数控切割机下料,可将展开的图形导入数控程序,没有数控切割机则可在展开图上直接得出各

滚压线的坐标点,从而在钢板上划线切割。

2 制作过程控制技术

- a. 按照车间图瓦片的尺寸进行钢板的定尺寸采购,对于异形管既可节约材料成本,还能减少拼接焊缝,最大限度地减少材料的损耗。
- b. 板材进场后,要对其尺寸进行校核,校核正确后将每张板材所对应的瓦片进行编号标记归类,吊至下料平台准备下料。
- c. 如有数控切割机,可将放样的钢管瓦片数据直接导入数控切割机下料。没有数控切割机则手工放样划线切割。划线时,按照车间图预先得出的坐标点放样,建议每 200~300 mm 放一个坐标点。划线完毕后进行检验,在所有尺寸满足规范后才可切割下料^[3]。
- d. 下料切割完后,可随即进行坡口切割。坡口有两种常见形式:纵缝和车间制作环缝为不对称型 X 坡口,安装环缝视焊接条件可为不对称型 X 坡口或 V 形坡口。在切割过程中,环缝坡口为曲线切割,应随时注意观测切割机是否偏离切割线,做到圆滑过渡。切割完成后,使用砂轮机将坡口清理干净,并检验瓦片边线长度和灌浆孔位置,控制边线长度在 ± 3 mm 以内。
- e. 卷制样板制作,其尺寸可按管口往内 50 mm,样板制作完成后严格检验,弧度偏离控制在 ± 1 mm,合格的样板应作出标记及编号。采用划线“分区卷制法”卷弧。使用合格的样板随时校对卷板弧度情

况,瓦片弧度控制在 $\pm 2\text{ mm}$ 以内。

f. 卷板完毕后,将瓦片吊至组圆平台上组装,先调整好对装纵缝在 4 mm 间隙以内,用盘尺测量上下管口周长,控制在 $\pm 10\text{ mm}$;定位焊接纵缝,将所有纵缝定位焊接牢固,纵缝间隙、错牙、周长尺寸和定位焊缝质量检验合格后,等待正式焊接。对于异形管,因瓦片的卷制控制难度较大,管节的平面度较易出现偏差,在组圆平台上应重点检查,如有超标应及时通过瓦片的弧度矫正等方法处理,否则会在后期管节大组时出现节间间隙无法控制等一系列问题,此时再处理难度就很大了。

g. 在所有纵缝焊接合格后进行环缝对装,对装时,首先保证管节下中心线与下端面圆的十字坐标轴线重合,从下中心线向上中心调整间隙和错牙,调整合格后等待环缝焊接。环缝对装过程中,因采用半自动切割机下料,有可能会出现环缝不均匀,局部间隙过大情况,这时,在检查并保证异形管角度和锥管长度的情况下,可适当使用火焰割枪对坡口进行修正。对于周长偏差导致的错牙,如在规范允许范围内,则必须将错牙均匀留在整个环缝圆周上,严禁将错牙留在局部位置而出现超标,影响管节焊接接头质量。

h. 环缝焊接后,要对钢管安装内支撑加固,先将钢管两管口椭圆度调整合格,再在离管节两端管口约 500 mm 距离处安装内支撑。

3 焊接控制技术

3.1 预热

根据规范,厚板焊前应进行预热,预热的具体要求可视钢管所采用板材的材质及板厚而定,一般钢板板厚超过 32 mm 时要进行焊前预热,温度范围为 $80\sim 100^{\circ}\text{C}$,可采用火焰加热或电热片加热的方式预热。

3.2 定位焊(点焊)

装配点焊时,应使用与产品焊接时相同牌号的焊条,并应遵守相同的焊接工艺条件(如焊条干燥、工件预热等)。组圆对装时应点焊在小坡口侧(即X坡口的背缝侧),焊接操作时将点焊全部刨掉以确保质量。

环缝组装时全部采用拉板加固的方式,严禁在坡口内侧点焊以保证焊缝内部质量。拉板剔除严格按规范进行,气割或者碳弧气刨切除离管壁 3 mm ,然后打磨平滑。

点焊段应有一定强度,焊段厚度不应超过正当焊缝厚度的 $1/2$,一般厚 $4\sim 6\text{ mm}$,长 $30\sim 50\text{ mm}$,焊缝、点焊间距 $400\sim 500\text{ mm}$,焊缝两端头引弧熄弧点均在距端头 $15\sim 30\text{ mm}$ 处。点焊时,严禁在母材上

引弧熄弧,只允许在坡口内引弧熄弧。

3.3 焊接过程工艺规范

压力钢管整体焊接应按工艺文件规定的焊接工艺规程执行并应遵守下列技术规定:

a. 焊接前应首先复查组装质量和点焊质量,如不符合要求,应处理后方可焊接。

b. 多层焊时,每焊一道后应仔细清理焊缝表面,清除焊接缺陷,每层焊道接头应错开 30 mm 以上,焊接接头应平缓过渡。焊缝长度大于 500 mm 时,应尽量用分段、倒退或跳焊方式焊接。焊接中如发现缺陷(如气孔、裂纹等)应停止焊接,在缺陷清除后,方可继续施焊^[4]。

c. 钢管环缝焊接应在装配位置焊接,并采用偶数焊工,由中心对称焊,所有焊工同时开焊,相同位置焊接规范应尽量一致。

d. 双面焊或反面封底焊缝,先焊接正面焊缝,焊后应清铲焊根,铲除焊瘤、熔渣、氧化物,然后再焊另一面。

e. 焊接时应采用与母材相对应的焊条,焊接时遵循以下原则:必须短弧操作,弧长一般控制在焊条直径的 $0.5\sim 0.8$ 倍之间,运条角度应垂直坡口平面,加大坡口两侧停留时间,以保证良好熔合。引弧时,不得拉长电弧,熄弧时应填满弧坑,防止弧坑裂缝。焊条在焊接方向上与钢板夹角应在 $60^{\circ}\sim 80^{\circ}$ 之间,焊接过程不得随意跳弧。中厚板焊接,为改善焊缝塑性,每层焊道厚度以 $3\sim 5\text{ mm}$ 为宜,低合金钢大厚度板焊应采用多层多道焊,焊条只允许少许摆动,幅度不超过焊条直径的 2.5 倍。当焊缝坡口间隙过大时,应进行堆焊,修磨后方可焊接,任何焊缝均不可填充异物。

3.4 焊接工艺顺序

a. 纵缝焊接工艺顺序。每节管节纵缝应按分缝情况同时施焊,总体焊接方向向上,采用分段退步焊来控制焊接变形,如图1所示。通常情况下,先在

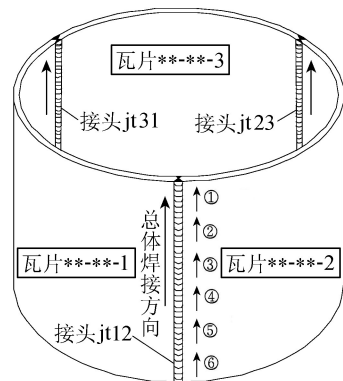


图1 纵缝焊接示意图

(下转第58页)

管的允许应力 315 MPa。根据脱空深度敏感性分析可知,在钢管脱空面积不大于 3.3 m²,且脱空深度不超过 3.5 mm 时,钢管应力水平处于允许范围内,此时即使不开孔进行补充灌浆,结构也是安全的。

值得一提的是根据计算成果,如果对脱空部位采取打孔进行脱空深度检查,以明确缝隙值是否在允许范围内,对打孔部位灌浆及封孔是必然的。由于缝隙值也不是均匀的,计算模型只能近似模拟实际情况。如果物探声波检测手段能准确判定脱空的面积和深度,上述计算成果可用于指导现场有针对性的开孔补充灌浆,避免开孔过多而损伤母材,并能缩短工期。

4 结 语

地下埋藏式压力钢管在上覆岩体厚度及缝隙值满足规范要求的情况下,往往会考虑围岩分担内水压力。当钢管接触灌浆完成后,形成局部脱空,使得钢管的受力状况不同于真实意义上的埋管,此时需要分析钢管的受力状态。本文采用三维有限元法对哈萨克斯坦水电站压力钢管进行脱空面积及深度的敏感性分析,得出钢管变形及应力的变化趋势及规

律,从而掌握钢管可允许的脱空面积及深度的范围值,用于指导现场开孔补充灌浆。其他水电站压力钢管也可采用类似的敏感性分析方法来分析确定不需要进行补充灌浆的指标(脱空面积、深度)。

由于钢管与混凝土之间的缝隙值不是均匀的,脱空面积也不是规则的,敏感性分析计算方法并不能完全模拟实际情况,计算结果是否可以作为压力钢管开孔补灌的判别依据,还有待进一步分析论证。哈萨克斯坦水电站压力钢管已安全运行近 3 a,如果能获取钢管脱空处的一些监测数据,例如变形、应力以及钢管与混凝土脱空的具体缝隙值,将能更好地验证该敏感性分析方法的可靠性和适用性。

参考文献:

[1] DL/T5141—2001 水电站压力钢管设计规范[S].
[2] 杨兴义,陈亚琴,刘朝清. 水电站压力管道:哈萨克斯坦玛依纳水电站压力管道设计[C]//中国水电顾问集团华东勘测设计研究院. 第七届水电站压力管道学术会议论文集. 北京:中国电力出版社,2010:46-51.
(收稿日期:2013-11-23 编辑:熊水斌)

(上接第 55 页)

大坡口侧施焊。焊接过程中要同时监控管节弧度变形情况,变形过大时转到另一侧施焊。如果施焊时偏差过大则增加换侧频率,以控制变形。

b. 环缝焊接工艺顺序。采用偶数焊工以管节中心线为对称中心,进行分段倒退焊接,如图 2 所示。尽量用相同的焊接规范参数、相同焊接层数进行焊接。



图 2 环缝焊接示意图

3.5 焊缝检验

钢管的焊接规范应依照焊接工艺所制订的参数执行。在钢管的焊缝焊接完毕后应在管壁上打上焊工钢号,并按规范进行焊缝外观检查,合格后按合同及规范要求进行无损探伤,如发现有不允许缺陷,应在缺陷方向或可疑部位作补充探伤,如经补充探伤

仍发现有不允许缺陷,则应对该焊工在该条焊缝上所施焊的焊接部位或整条焊缝进行探伤^[5]。纵缝和环缝的返修次数不得超过两次,超过两次应制定出可靠返修工艺,并经焊接工程师批准方可进行。焊缝检验全部合格后可交下一工序。

4 结 语

本文总结了笔者在实际工作中的一些工作经验及常见的问题,重点针对结构形式较为复杂的钢管制作及焊接技术进行了分析论述,这些技术的使用有利于控制施工成本,降低施工难度,有效控制焊接质量和变形,保证产品质量,缩短施工工期。

参考文献:

[1] DL/T 5017—1993 水电水利工程压力钢管制造安装及验收规范[S].
[2] ASME 锅炉及压力容器规范Ⅷ压力容器建造规则[M]. 北京:中国石化出版社,2002.
[3] 李文凌. 电站引水压力钢管中异形管制作技术[J]. 水电站机电技术,2012(1):39-41
[4] 曹锋,郭蕾. 浅谈巴贡电站压力钢管制作与安装的焊接[J]. 科技资讯,2012(29):57-58.
[5] 鲁鹏,黄创艺. 压力钢管的制作工艺[J]. 中国石油和化工标准,2012,32(4):40
(收稿日期:2013-11-23 编辑:熊水斌)