

# 水利工程压力钢管焊接中的双丝埋弧焊运用

牟 奎

甘肃省水利水电工程局有限公司 甘肃 兰州 730000

**摘要:** 自水利工程领域快速发展以来,压力钢管作为水力传输结构,其制造与安装技术稳步推进,已实现从传统手工焊接向自动化、高效化焊接技术的转型。基于此,从水利工程压力钢管焊接要求着手分析,介绍双丝埋弧焊在压力钢管焊接中的优势,探讨水利工程压力钢管焊接中的双丝埋弧焊操作流程,以期水利工程压力钢管焊接提供更加高效、可靠的焊接技术选择,推动水利工程建设质量全面提升。

**关键词:** 水利工程;压力钢管;焊接;双丝埋弧焊

## 引言

在水利工程中,压力钢管作为水力传输设备,承担着输送水流、调节水位等任务。双丝埋弧焊技术作为先进焊接方法,因其高效、稳定、自动化程度高等特点,在水利工程压力钢管焊接中得到广泛应用。该技术通过两根焊丝同时进行焊接,提高焊接速度和效率,焊缝质量及强度也得到有效保障,推动双丝埋弧焊技术在水利工程建设中高效发展<sup>[1]</sup>。

## 1 水利工程压力钢管焊接要求

### 1.1 压力钢管材质规格

在水利工程中,压力钢管通常采用高强度、低合金的钢材制造,以满足承受巨大水压和应力的需求。工程多采用Q345、Q390、Q420等低合金高强度钢,及15MnR、15MnVR等压力容器用钢。此类钢材屈服强度在345MPa-460MPa之间,抗拉强度在490MPa-620MPa之间,可保证钢管在极端条件下保持稳定。在规格方面,压力钢管的直径范围较广,从小口径的DN15至大口径的DN2000以上,以适应不同水利工程的需求。

壁厚在6mm-50mm之间,例如,在黄河小浪底水利枢纽工程中,直径7.8m压力钢管采用板厚为32mm及34mm的A517材料,板厚选用20mm-32mm的A537材料,保证钢管在大水压下可安全稳定。为满足长期在潮湿、腐蚀环境中的使用要求,水利工程压力钢管还需经过防腐处理,如热浸镀锌、喷砂除锈后涂装防腐涂料等,以提高其耐腐蚀性及使用寿命。防腐涂料涂层厚度通常要求在200 $\mu$ m-300 $\mu$ m之间,使钢管在恶劣环境下可长期稳定运行。

### 1.2 焊接质量要求标准

焊缝表面应平缓、均匀,不得有明显凸凹焊道,焊缝余高应控制在0-3mm之间,焊缝宽度需在10mm-20mm之间。对于抗拉强度,焊缝抗拉强度应 $\geq 570\text{N}/\text{mm}^2$ ,屈

服强度应 $\geq 460\text{N}/\text{mm}^2$ 。焊缝硬度值需控制在一定范围内,以确保其具有良好耐磨性及耐腐蚀性。焊缝还需经过无损检测,无损检测方法如射线检测及超声波检测,X射线检测时,焊缝的缺陷尺寸应 $\leq 2\text{mm}$ ,超声波检测时,焊缝缺陷深度应 $\leq 5\text{mm}$ ,同一部位的返修次数不宜超过两次,以避免对焊缝的力学性能产生不良影响<sup>[2]</sup>。

## 2 双丝埋弧焊在压力钢管焊接中的优势

### 2.1 提高焊接效率

相较于传统单丝埋弧焊,双丝埋弧焊的自动化程度较高,焊接过程由自动化机器完成,降低人为因素对焊接质量的影响,使焊接过程更加稳定可靠。自动化焊接也减少工作人员劳动强度,提高工作环境安全性。双丝埋弧焊在焊接过程中可形成较长熔池长度,使得冶金反应更为充分,可改善焊缝成形质量,减少焊缝缺陷产生,以提高焊接效率。由于双丝电弧的相互作用,可缩小焊缝及气孔大小,提高焊接质量。

### 2.2 保证焊接质量

双丝埋弧焊采用两根焊丝同时焊接,使得焊缝金属可快速、均匀地填充,减少焊接过程中出现的未熔合、未焊透等缺陷。由于双丝电弧相互作用,焊缝冷却速度得到控制,减少裂纹产生,使焊缝质量得到提高。双丝埋弧焊的焊接电流、电压、送丝速度等还可准确控制,保证焊接过程具有稳定性。双丝埋弧焊在焊接过程中使用焊剂进行保护,焊剂可隔绝空气,防止焊缝氧化,还可吸收及分解焊接过程中产生的有害气体,降低焊缝中氢含量,减少氢致裂纹风险,焊剂还可净化焊缝金属,提高焊缝纯洁度。

## 3 水利工程压力钢管焊接中的双丝埋弧焊操作流程

### 3.1 前期准备

#### 3.1.1 设备准备

在水利工程中,双丝埋弧焊机性能稳定,额定焊

接电流应  $\geq 500\text{A}$ ，以适应厚壁压力钢管的焊接需求。焊机应配备电流、电压调节系统，及稳定送丝机构，保证两根焊丝可同步、稳定地送丝，提高焊接质量。还应准备坡口加工设备，如刨边机、铣边机或气割机等。刨边机刨削深度应达到 $6\text{mm}-20\text{mm}$ ，铣边机铣削宽度应  $\geq 30\text{mm}$ ，以适应不同厚度的压力钢管坡口加工需求。气割机则需配备合适的割嘴及气体压力调节装置，使坡口形状及尺寸得到保证。还应准备喷砂机、电动砂轮机表面清理设备，用于清理待焊部位表面锈蚀、油污、氧化皮等杂质。喷砂机喷砂压力应控制在 $0.4\text{MPa}-0.6\text{MPa}$ 之间，以达到清理效果。电动砂轮机需配备合适砂轮片及磨光片，以适应不同表面的清理需求<sup>[3]</sup>。

### 3.1.2 坡口加工

坡口加工需根据压力钢管材质、厚度以及焊接工艺要求来确定坡口形状和尺寸。对于厚度为 $12\text{mm}-24\text{mm}$ 的钢管，可采用I形坡口，间隙控制在 $0.4\text{mm}-0.6\text{mm}$ 之间，对于厚度为 $24\text{mm}-40\text{mm}$ 的钢管，可采用V形坡口，坡口角度为 $60^\circ-70^\circ$ ，钝边为 $0\text{mm}-1\text{mm}$ ，间隙为 $1\text{mm}-2\text{mm}$ 。对于厚度为 $40\text{mm}-60\text{mm}$ 的钢管，可采用双V形或带钝边的U形坡口，坡口角度为 $50^\circ-60^\circ$ ，钝边为 $1\text{mm}-2\text{mm}$ ，间隙为 $2\text{mm}-3\text{mm}$ 。加工后的坡口表面应平整光滑，无裂纹、夹渣、熔渣等缺陷，坡口边缘垂直度及平行度误差应控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内。坡口加工还需注意预留合适的间隙和钝边，以保证焊接过程中焊缝熔透及成形质量。间隙大小应根据钢管的壁厚和焊接工艺要求来确定，钝边主要防止焊缝在焊接过程中产生裂纹。

### 3.1.3 清理待焊部位

对待焊部位进行表面清理，以去除锈蚀、油污、氧化皮等杂质，对于钢管表面锈蚀，应使用砂轮机或电动砂轮进行打磨，直至露出金属光泽，打磨深度应  $\leq 0.2\text{mm}$ ，且需确保打磨后的表面粗糙度不超过 $\text{Ra}12.5$ 。对于油污可采用溶剂清洗或火焰烘烤的方式去除，溶剂清洗后需用干净布擦干，火焰烘烤需控制温度不超过 $200^\circ\text{C}$ ，以避免钢管表面过热导致材质变化。对于坡口及其两侧各 $20\text{mm}$ 范围内区域，需进行细致清理。坡口边缘应使用磨光片或钢丝刷进行打磨，以保证无熔渣、毛刺等缺陷，打磨后的坡口表面粗糙度不超过 $\text{Ra}6.3$ 。还需使用喷砂机或高压水枪对坡口及其周边区域进行清洗，喷砂压力控制在 $0.4\text{MPa}-0.6\text{MPa}$ 之间，高压水枪清洗则需确保水压应  $\geq 3\text{MPa}$ ，以彻底去除附着在钢管表面的微小颗粒。

## 3.2 焊接过程

### 3.2.1 装配定位

装配定位前，钢管端面应保持平整庄涛，其不平度

误差应控制在 $\pm 0.5\text{mm}$ 以内。两根待焊钢管的对接口应保持在同一水平面上，错边量需  $< 1\text{mm}$ ，使焊缝焊接质量达到标准。在进行装配定位时，应使用专用的装配夹具或定位块，直径  $\leq 1000\text{mm}$ 的钢管，夹具或定位块的数量应为4个以上，且应均匀分布在钢管的圆周上，直径  $> 1000\text{mm}$ 的钢管，夹具或定位块的数量可适当增加，以确保钢管在焊接过程中的稳定性。装配时，应预留合适的焊缝间隙，壁厚为 $12\text{mm}-24\text{mm}$ 钢管，焊缝间隙控制在 $1\text{mm}-1.5\text{mm}$ 之间，壁厚为 $24\text{mm}-40\text{mm}$ 钢管，焊缝间隙控制在 $1.5\text{mm}-2.5\text{mm}$ 之间，壁厚为 $40\text{mm}-60\text{mm}$ 的钢管，焊缝间隙控制在 $2.5\text{mm}-3.5\text{mm}$ 之间。装配完成后，需使用钢印、油漆或冲眼等方式在钢管上标记出焊缝的位置、编号以及焊接顺序等信息，以便焊接准确识别操作<sup>[4]</sup>。

### 3.2.2 焊剂选择使用

对于等低合金钢，可选择HJ350中硅中锰焊剂，其 $\text{SiO}_2$ 含量较低， $\text{MgO}$ 或 $\text{CaO}$ 含量较高，碱度适中。对于铁素体、奥氏体等高合金钢，应选用HJ431或SJ101碱度较高的熔炼焊剂或烧结焊剂，以降低合金元素的烧损，使焊缝化学成分及力学性能得到保证。焊剂粒度应控制在 $0.25\text{mm}-2.5\text{mm}$ 之间，使其在焊接过程中可均匀覆盖在焊缝上，形成良好保护层，防止空气对焊缝的污染。在使用焊剂前，需对其进行烘干处理，以去除其中水分及潮气。烘干温度应控制在 $250^\circ\text{C}-300^\circ\text{C}$ 之间，烘干时间应  $\geq 2$ 小时。烘干后的焊剂应存放在干燥、通风的仓库中，避免受潮和变质。在焊接过程中，焊缝宽度每增加 $10\text{mm}$ ，焊剂的用量应增加约 $50\text{g}-100\text{g}$ ，保证焊剂可完全覆盖在焊缝上，形成连续、均匀的保护层。

### 3.2.3 双丝埋弧焊操作

根据钢管的材质、厚度以及焊接工艺要求，设定合适的焊接参数。对于两根焊丝，其直径通常分别为 $3\text{mm}$ 及 $4\text{mm}$ ，焊接电流分别设定为 $280\text{A}-320\text{A}$ 及 $350\text{A}-400\text{A}$ ，电弧电压控制在 $26\text{V}$ 至 $30\text{V}$ 及 $30\text{V}-34\text{V}$ 之间。焊接速度需根据钢管的壁厚进行调整，一般在 $15\text{m/h}-25\text{m/h}$ 之间。在焊接过程中，需保证两根焊丝可稳定、连续地送进，且送丝速度需与焊接速度相匹配。焊丝的送进速度可通过送丝机构进行调节，一般设定送进为 $30\text{m/min}-50\text{m/min}$ 。在焊接过程中，还需定期清理焊枪和导电咀，以防止杂质和氧化物堵塞，影响焊接质量。对于厚壁钢管的焊接，需采用多层多道焊的方式，每层焊缝的厚度应控制在 $3\text{mm}-5\text{mm}$ 之间，且每层焊缝之间需进行充分的冷却，以避免焊接热影响区产生裂纹。焊接完成后，需对焊缝进行外观检查和内部质量检测，确保焊缝无裂纹、夹渣、未熔合等缺陷，且焊缝的强度及韧性满足设计要求<sup>[5]</sup>。

### 3.3 后期处理

#### 3.3.1 焊缝清理

焊接完成后,焊缝表面会残留焊渣、飞溅物以及未熔化的焊剂颗粒,为保证焊缝质量及外观整洁,应使用敲渣锤和钢丝刷,将焊缝表面的焊渣和飞溅物彻底敲掉刷除。敲渣锤敲击力度需适中,以避免对焊缝造成损伤,钢丝刷刷毛硬度应选择合适,以便有效去除残留物,使用磨光机对焊缝进行打磨处理,以去除焊缝表面的氧化皮。打磨后的焊缝表面应平整光滑,无明显划痕及凹陷,且焊缝与母材之间过渡应自然流畅。

对于焊缝内部的清理,可采用超声波清洗或高压水枪冲洗方式。超声波清洗的频率应控制在20kHz-40kHz之间,清洗时间 $\geq 5\text{min}$ ,高压水枪冲洗的水压应 $\geq 3\text{MPa}$ ,冲洗时间需确保焊缝内部彻底冲洗干净。还需对清理后的焊缝进行质量检查,外观尺寸需使用游标卡尺进行测量,确保焊缝的宽度、高度以及余高符合设计要求,表面质量需通过目视检查和放大镜检查,保证无裂纹、夹渣、未熔合等缺陷<sup>[6]</sup>。

#### 3.3.2 设备维护保养

焊机作为焊接过程中的核心设备,每完成500h焊接工作,需对焊机进行全面检查及维护。对焊机的控制器、电源线和接地线进行电气安全性能测试,保证绝缘电阻 $\geq 5\text{M}\Omega$ ,避免电气安全事故的发生。每次焊接完成后,需立即使用专用工具清理焊枪和导电咀上的焊渣和氧化物,确保其表面清洁无杂质。还需定期检查焊枪及导电咀的磨损情况,当磨损量达到0.3mm时,需及时更换新件,以保证焊接电流的稳定传输及焊缝质量。设备每

使用200h,需对送丝机构的传动链条、齿轮和导轨进行润滑保养,使用专用的润滑油进行涂抹,以减少摩擦和磨损。还需检查送丝机构稳定性,使送丝速度误差不超过 $\pm 1\text{m/min}$ ,以保证焊接过程稳定。

#### 结束语

水利工程压力钢管焊接中,通过电流、电压、送丝速度等焊接参数进行控制,双丝埋弧焊可实现高效、稳定的焊接过程,使焊缝质量达到设计要求。该技术还具备自动化程度高、焊接变形小、生产效率高等优势特征,为水利工程的快速建设提供保障。未来,随着水利工程建设的不断推进和焊接技术不断创新,应不断提升双丝埋弧焊技术的水平和应用范围,为水利工程的可持续发展奠定坚实基础。

#### 参考文献

- [1]刘杨,周友龙,陈昊宇,等.不同埋弧焊工艺N610CF钢焊接接头的微型剪切试验[J].焊接技术,2024,53(04):50-53.
- [2]陈昊宇,周友龙,刘佳文,等.N610CF钢双丝埋弧焊接头CTOD试验研究[J].焊接技术,2024,53(04):28-31+153.
- [3]陈庆城,张八虎,潘抓易,等.超厚板V型坡口双丝埋弧焊技术在半潜船中的应用[J].中国新技术新产品,2023,(19):69-72.
- [4]杜洪斌.苏洼龙水电站压力钢管双丝埋弧焊探析[J].四川水力发电,2022,41(02):23-26.
- [5]姜德虹,马云川.双丝埋弧焊在水电站压力钢管焊接中的应用[J].四川水利,2021,42(05):107-109.
- [6]任艳艳.双丝埋弧焊方法及应用技术研究[J].南方农机,2020,51(03):132+134.