

水利压力钢管焊接施工工艺要点与监理质量控制措施

冯玉梅

新疆昆仑工程咨询管理集团有限公司 新疆 乌鲁木齐 830000

摘要:水利压力钢管是输水工程核心承重构件,其焊接质量关乎工程运行的安全与耐久。新疆和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程(施工4标)管道长16.53km,处于复杂气候地质环境,焊接施工面临低温、风沙等挑战。本文结合工程实际,阐述焊接施工核心工艺要点,分析关键环节技术要求,提出监理质量控制措施,涵盖施工前资质审核、施工中过程管控及施工后验收评定。实践表明,落实相关要点与措施可提升焊接合格率,保障工程质量,为南疆同类工程提供参考。

关键词:水利压力钢管;焊接工艺;监理质量控制

引言:新疆和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程是南疆重点民生项目,解决多区域灌溉、供水及生态补水问题,缓解春旱、改善生态意义重大。施工4标是核心标段,压力钢管用于输水关键部位,承担高压输水功能。该地区气候恶劣,焊接易出现缺陷,影响工程寿命。明确焊接工艺要点、强化监理质量控制是保障工程推进的关键。本文结合实践探讨相关要点,为提升工程质量和同类工程提供借鉴。

1 工程概况

1.1 工程基本背景

新疆和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程经兵团发展和改革委员会以兵发改农经发(2025)213号文件批准建设,项目资金来源于政府,招标人为新疆生产建设兵团第十四师水利工程管理服务中心。该工程由引水工程、调节沉沙库、输水工程和灌区工程组成,整体规模宏大,其中调节沉沙库设计总库容2000万立方米,正常水位1510.2米,最大坝高29.5米。施工4标作为工程重要组成部分,招标范围涵盖管道长度16.53km,包含管道及附属建筑物土建、迁改建工程、管材及管件采购安装、10kv以下电气设备安装等全部内容,总工期791天,目前工程处于施工初期阶段,工程质量要求严格,需满足水利水电工程相关验收规范。

1.2 压力钢管施工环境与特点

施工4标地处和田市、洛浦县、和田县及和墨洛产业园范围内,该区域属于典型的大陆性干旱气候,焊接施工面临显著环境挑战:冬季最低气温可达-15℃,昼夜温差超过10℃,低温易导致焊接材料脆性增加、焊接接头冷却速度过快,引发裂纹缺陷;春季风沙频繁,风速常超过8m/s,易导致熔池污染,产生气孔、夹渣等问题。同时,本标段压力钢管用于高压输水,管径范围为DN800-

DN2200,管壁厚度12-28mm,采用Q355B钢材,焊接工作量大、技术要求高,且部分管道铺设于戈壁滩及农田区域,施工场地分散,给焊接工艺管控和监理工作带来较大难度^[1]。另外,该工程作为兵团配套水利项目,质量直接关系到兵团灌区农业生产及居民生活用水安全,对压力钢管焊接质量提出了更高标准。

2 水利压力钢管焊接施工工艺要点

结合新疆和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程(施工4标)压力钢管施工特点,严格遵循《水利水电工程压力钢管制造安装及验收规范》SL/T 432-2024要求,从焊接准备、坡口加工、施焊操作、焊后处理四个核心环节,明确施工工艺要点,确保焊接质量符合设计标准。

2.1 焊接前准备工作

焊接前的各项准备工作是保障焊接质量的前提,结合本工程干旱风沙、低温的环境特点及材料特性,需重点落实四项工作。材料方面,本工程压力钢管采用Q355B钢材,配套选用E50系列焊条、H08Mn2SiA焊丝及HJ431焊剂,所有进场材料需提供完整质量证明书,经监理单位抽样复检,重点核查钢材力学性能与焊接材料化学成分,不合格材料严禁投入使用;焊材需存放于恒温恒湿库房(室温 $\geq 5^{\circ}\text{C}$ 、相对湿度 $\leq 60\%$),焊条按350-400℃烘焙2小时,冷却后存入100-150℃恒温箱,现场使用时置于80-150℃保温筒内防潮。设备上,选用直流弧焊机、埋弧自动焊机,进场后调试焊接电流、电压等参数,同时搭设防风棚,配备防尘设施应对风沙天气。人员上,焊工需持证上岗并通过Q355B钢材焊接实操考核,无损检测人员需具备相应资质,检测审核由2级及以上人员负责。管口需清理坡口两侧20mm内杂物并打磨至金属光泽,核查椭圆度、垂直度,确保对接精度。

2.2 坡口加工工艺要点

坡口加工的精度直接关系到焊接接头的受力稳定性,结合本工程压力钢管管径、壁厚差异,统一采用V型坡口,并灵活调整参数:管壁12-18mm时,坡口角度60°、钝边2mm、间隙2-3mm;管壁19-28mm时,坡口角度70°、钝边3mm、间隙3-4mm。加工采用等离子切割机切割,切割后用角磨机打磨坡口表面,清除毛刺、飞溅物,确保表面平整无裂纹、夹渣等缺陷,加工精度偏差控制在 $\pm 1^\circ$ 以内。考虑到本工程部分钢管管径较大,坡口加工完成后需额外进行表面探伤检测,检测合格后方可开展管口对接作业。另外,定位焊需遵循与正式焊缝一致的工艺标准,焊工需具备相应资质,定位焊缝长度不小于50mm、厚度不超过正式焊缝的50%,间距按管壁厚度控制在100-800mm,且引弧、熄弧均需在坡口内进行,杜绝在管壁非焊接区域操作^[2]。

2.3 现场施焊核心工艺要点

现场施焊作为焊接施工的关键环节,需针对性应对本工程低温、风沙的环境难点,重点把控四大核心。环境管控上,实时监测现场温湿度、风速,焊条电弧焊及埋弧焊风速超过8m/s时启用防风设施,相对湿度>90%时采取预热措施,雨雪天气搭设遮蔽棚,环境温度<-10℃时做好增温保温,确保施焊环境符合规范。参数控制上,结合焊接材料、管壁厚度及焊接方式设定合理参数:手工电弧焊电流120-180A、电压22-26V、速度8-12cm/min;埋弧自动焊电流500-600A、电压30-36V、速度20-30cm/min,施焊中全程保持参数稳定。操作规范上,采用多层多道焊,每层厚度3-5mm,道间温度控制在150-200℃,焊条与管口轴线夹角45°-60°,运条均匀确保熔池饱满;双面焊缝单侧焊完后,用碳弧气刨清根并打磨,去除渗碳层。特殊部位处理上,弯头、三通采用分段对称施焊,先焊直段后焊弯段,减少焊接应力;凑合节合拢环缝等一类焊缝,重点管控焊接精度,实时监测接头变形并及时调整焊接顺序。

2.4 焊后处理工艺要点

焊后处理是消除焊接缺陷、提升接头力学性能的关键工序,结合本工程冬季低温特点,重点做好四项工作。焊后冷却环节,焊接完成后需自然冷却,严禁强制冷却,接头部位用保温棉包裹保温,冬季施工时保温时间不低于4小时,有效减少残余应力,防范低温裂纹产生。焊后清理环节,待接头冷却至室温后,清除表面飞溅物、焊渣、药皮等杂物,用角磨机打磨平整,确保焊缝余高控制在2-4mm,且不超过管壁厚度的10%,符合设计要求。探伤检测环节,所有焊接接头均需无损检测,一类焊缝采用100%超声波检测+20%射线检测,二类焊缝采用

100%超声波检测;发现裂纹、气孔等缺陷时,标注位置与尺寸,制定返修方案,采用手工电弧焊返修,返修后重新检测,确保合格且返修次数不超过2次。残余应力消除环节,对大厚度、高应力接头采用局部感应加热技术,加热温度600-700℃、保温1-2小时,缓慢冷却,确保残余应力降低60%以上,提升接头疲劳寿命。

3 水利压力钢管焊接监理质量控制措施

结合新疆和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程(施工4标)施工特点,监理单位建立“事前控制、事中控制、事后控制”三位一体的质量控制体系,严格落实监理职责,全程管控焊接施工质量,确保工程符合设计标准和规范要求。

3.1 施工前监理控制(事前控制)

事前控制以源头防控为核心,全面夯实焊接质量基础。其一,严格审核施工单位报送的压力钢管焊接施工方案,聚焦施工工艺合理性、施焊参数科学性、环境防控措施针对性、质量保证体系完善性及应急预案可行性,结合本工程风沙多、气温低的环境特点,督促施工单位补充细化防风、防冻、防尘专项措施,明确特殊部位焊接工艺,方案审核通过后方可启动施工;同时要求施工单位提前拟定预焊接工艺规程,按GB/T 19869.1规定完成焊接工艺评定。其二,核查焊接、无损检测人员资格证书,核实其有效性及作业范围,组织焊工开展Q355B钢材焊接及特殊环境施焊实操考核,不合格者严禁上岗,同步审核质量管理人员资质,确保管控体系健全。其三,对进场钢材、焊接材料抽样复检,核查质量证明及检验报告,检查焊接、检测设备性能与校准情况,监督焊材规范保管、烘焙及领用回收。其四,检查作业场地防护设施、管口清理、坡口加工及定位焊质量,全部合格后签发焊接作业许可证^[3]。

3.2 施工过程监理控制(事中控制)

作为焊接质量控制的关键环节,事中控制采用旁站、巡视、平行检验相结合的监管模式,实现施焊全过程无缝管控。针对施工现场环境,实时监测温湿度、风速等参数,对照规范要求核查防风、防冻、防尘措施落实情况,一旦参数超标立即下达暂停施工指令,整改合格后方可复工。在施焊参数管控上,旁站监督焊接全过程,核对电流、电压、焊接速度及道间温度是否符合方案要求,及时纠正参数波动及不规范操作,防范未焊透、未熔合等缺陷。重点巡视焊接接头外观质量,检查焊缝平整度、缺陷情况及尺寸达标度,核查定位焊、清根等工序质量,对弯头、三通等特殊部位实施全程旁站,严格监督既定工艺执行。严格执行工序交接验收制度,上道

工序验收合格后方可进入下道工序,焊接完成后经施工单位自检合格,再由监理单位验收确认。

3.3 施工后监理控制(事后控制)

事后控制聚焦验收评定,及时处理焊接缺陷,保障质量达标。一是监督焊缝清理,查看飞溅物、焊渣等杂物是否清理干净,打磨后的焊缝表面是否平整,余高与宽度是否符合设计,有无明显凹凸。二是全程监督无损检测,核查检测人员资质、设备性能,确认检测方案与比例合规。旁站见证检测过程,核对记录真实完整。对发现的缺陷,督促施工单位标注位置、分析原因、制定返修方案,经监理审核后监督返修,返修后重新检测至全部合格。三是依据 SL/T 432-2024 规范及设计要求,全面验收评定焊接质量,重点检查接头外观、各类检测报告和施工记录等资料。对验收问题,责令施工单位限期整改,合格后出具验收报告。四是监督施工单位规范整理资料,保证完整、真实、规范,经监理审核合格后归档留存,确保资料可追溯。

3.4 监理应急处置措施

针对新疆和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程(施工4标)焊接施工突发状况,监理单位提前制定专项应急措施。若发现焊接接头有裂纹等严重缺陷,立即叫停该区域作业,组织技术团队分析原因、制定返修方案,监理全程旁站监督返修,完成后重新无损检测直至合格。遇突发风沙、寒潮等极端天气,施工环境参数不达标时,督促施工单位即刻停工,对已焊接头采取保温、防护措施,防止受损。天气好转后,全面检查接头质量,确认无问题再恢复施工。若焊接或检测设备出现故障,要求施工单位马上停工,安排专业人员抢修。监理核查抢修质量,确认设备恢复正常、性能达标后,才允许施工单位重启焊接作业,避免因设备问题影响焊接质量^[4]。

4 工程实践效果

新疆和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程(施工4标)压力钢管焊接施工试验段,严格落实本文所述的

焊接工艺要点,强化监理质量控制措施,有效解决了低温、风沙环境下焊接接头易产生裂纹、气孔等缺陷的问题,取得了良好的实践效果。试验段焊接接头经无损检测统计,合格率达到较高水平,远超规范要求的95%,无重大焊接质量缺陷,所有焊接接头均符合设计标准和验收规范。通过优化焊接工艺,采用局部感应加热消除残余应力等技术,有效提升焊接接头的力学性能和耐久性,确保压力钢管能够承受高压输水荷载;通过强化监理全过程管控,从材料进场、工艺实施到验收归档,层层把关,有效防范质量隐患,保障工程施工质量。同时,本工程积累的焊接工艺与监理控制经验,针对和田地区复杂气候条件的应对措施,为南疆同类水利工程压力钢管焊接施工及监理工作提供宝贵的实践参考,对推动南疆水利工程高质量建设具有重要意义。

结束语

水利压力钢管焊接施工质量对水利输水工程安全运行至关重要,在新疆和田复杂环境下,焊接工艺与监理控制直接影响工程寿命与安全。本文结合和田玉龙喀什水利枢纽兵团配套水利工程(施工4标),阐述焊接核心工艺要点,提出“事前、事中、事后”三位一体监理措施,强化关键环节要求。工程实践显示,落实相关要点与措施可提升焊接质量、减少缺陷、保障安全。未来可结合数字化、智能化技术优化模式,为同类工程提供技术支撑,推动水利工程高质量发展。

参考文献

- [1]彭静.水利水电工程出水压力钢管安装技术分析[J].建材与装饰,2025,21(25):160-162.
- [2]肖云鹏.压力钢管焊接接头性能优化与结构安全分析[J].冶金与材料,2025,45(6):157-159.
- [3]罗聪.水电站压力钢管全位置自动焊接技术研究[J].水电站机电技术,2024,47(9):132-134.
- [4]余闯,王刚.抽水蓄能电站压力钢管纵缝埋弧自动焊焊接变形控制措施[J].水电站机电技术,2024,47(3):54-56.