

结论:通过对 12 条末端因素分析论证后,确定施工人员经验不足、设备精度失准、坡口形式不合理是影响埋弧自动横焊焊接工艺评定失败的要因。

8 制定对策

小组成员通过开展厂家调研、石化行业实地考察、技术分析、可行性研究,最终根据影响埋弧自动横焊焊接工艺评定失败的三项要因制定了对策,见表 4。

表 4 对策计划

序号	要因	对策	研究性分析	实施计划
1	施工人员经验不足	开展专业培训	聘请石化行业专家现场培训、指导操作,使操作人员熟练新技术、新设备、新工艺,间接节约研发人工费用投入	2014. 12. 1—12. 31
2	设备精度失准	对影响设备行走轨迹相关结构进行改进	将设备输出的电流、电压及行走轨迹进行技术分析,轨迹偏差较大、电流、电压显示实值,数据显示灵敏,针对行走轨迹开展技术研发具有可行性,可提高设备精度,提高焊接质量	2014. 12. 1—2015. 1. 15
3	坡口形式不合理	创新坡口形式	结合焊接领域已有的坡口形式,焊评均失败。根据横焊技术基本原理,创造新的坡口形式,采取技术攻关,争取焊评成功	2015. 1. 1—2015. 3. 31

9 对策实施

9.1 对策实施一:开展专业培训

2014 年 11 月 25 日邀请石化行业专家,并签订技术协议进行现场培训(12 月 1 日—12 月 31 日)、指导操作,使操作人员熟练新技术、新设备、新工艺。

通过培训后操作人员能够熟练横焊机型、设备性能、调试参数注意事项及范围,使操作更规范、数据参数选择更合理、设备平稳运行。

9.2 对策实施二:对影响设备行走轨迹相关结构进行改进

a. 针对行走轨迹开展技术研究发现:①导向指示

的红外线激光束属于供电式发射不稳定,时有时无,时强时弱,跳跃式,偶尔光束粗细发生变化,影响枪头吐丝轨迹;②导向行走机构为单向固定式,根据夹角距离轨道微小偏差会影响枪头波动。

b. 根据技术研究发现的上述问题,针对行走机构进行了技术改进:③更换导向指示用的红外线激光器,选择激光可调式自带纽扣锂电池,供电平稳,激光稳定,无波动,同时要求调节射程 15cm 范围内光束极细,可达到 2mm;④改进导向行走机构为万向可调式,使导向轮具备 360°任意旋转,降低轨道微小偏差影响枪头波动值。

c. 对影响设备行走轨迹相关结构改进后,整机进行现场调试。

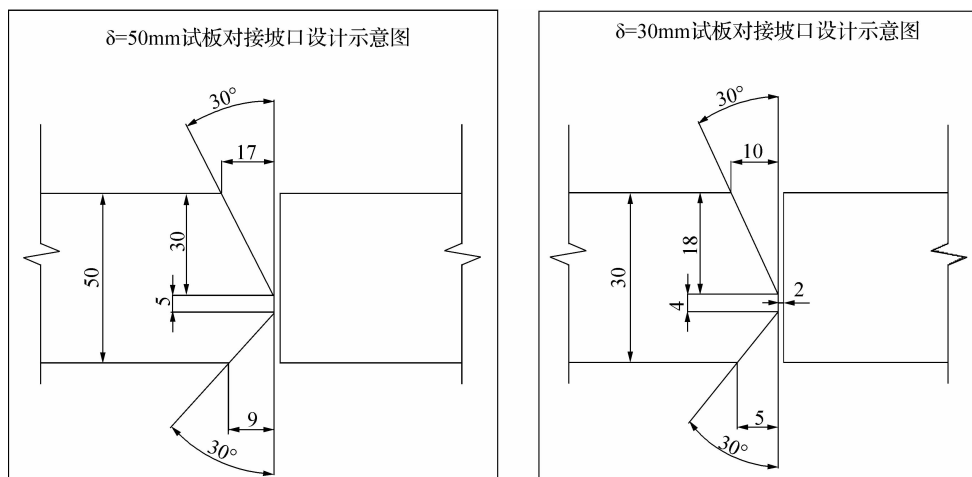


图 2 带钝边双单边 Y 形坡口

9.3 对策实施三:创新坡口形式

a. 根据传统的“带钝边双单边 Y 形坡口”开展埋弧自动横焊焊接工艺评定,初始确定坡口夹角 $\alpha = 30^\circ$ (见图 2),探伤出现未焊透和夹渣缺陷;增大坡口夹角分别为 $\beta = 45^\circ$ 、 $\gamma = 60^\circ$ 时仍会出现局部夹渣缺陷。

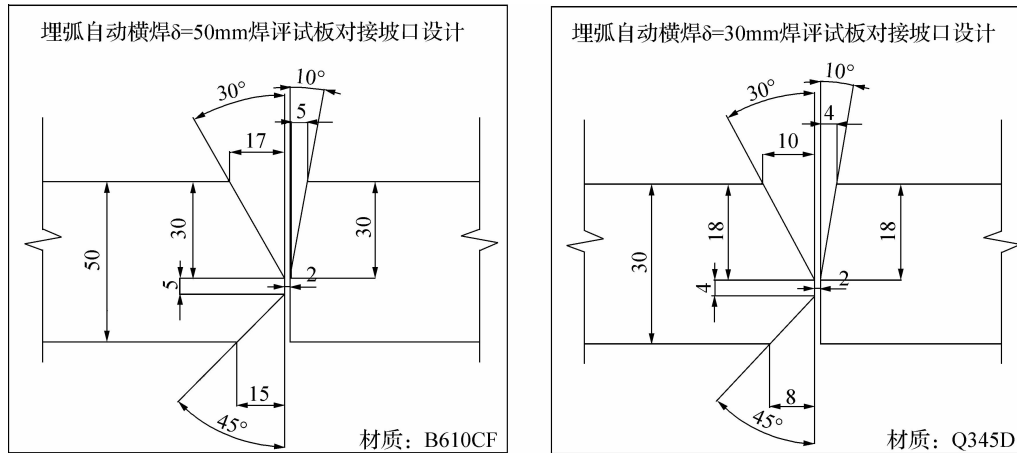


图 3 带钝边非对称 K 形坡口

b. 摒弃传统坡口形式限制,创新坡口形式。重新命名为“带钝边非对称 K 形坡口”,改变原有对接坡口单边直角形式,增加小角度坡口,使焊接熔池表面的熔渣更容易排出,彻底解决了工艺评定试板焊接夹渣缺陷 (见图 3)。

综上所述:通过 3 种对策实施后,重新进行埋弧自动横焊工艺评定试板的焊接,焊缝探伤合格,经力学检测合格,成功完成了焊接工艺评定。

焊工艺评定试板的焊接,经焊缝探伤合格,同时各项力学检测数据合格,成功通过了焊接工艺评定。实践证明,通过技术创新,彻底解决了科研技术难题,为后续开展科研项目奠定基础,完成了小组活动目标。

10 效果检查

10.1 目标检查

通过 QC 小组对策实施后,重新进行埋弧自动横

表 5 焊接工艺评定试板

编号	样品材料	规格	焊接方法	接头形式及位置	结论
(2014) SJZGJ-WT0362	Q345D + CHW-S3 + CHF-101	800mm × 600mm × 30mm	SAW	对接、横焊	合格
(2014) SJZGJ-WT0442	Q345D + CHW-S3 + CHF71H	800mm × 600mm × 30mm	SAW	对接、横焊	合格
(2014) SJZGJ-WT0443	B610CF + CHW-S9R + CHF71H	800mm × 600mm × 50mm	SAW	对接、横焊	合格
2014SJZGJ-WT0369G	B610CF + CHW-S9R + CHF-101R	800mm × 400mm × 50mm	SAW	对接、横焊	合格

10.2 经济效益

在 QC 小组成员的共同努力下,通过创新、技术攻关、研发新技术共节约了成本约 288 万元,产生了很大的经济效益。经济分析如下:

a. QC 小组活动前经济分析。江苏溧阳抽水蓄能电站地处江苏省溧阳市,电站安装 6 台单机容量

250MW 的可逆式水泵水轮发电机组,总装机容量 1500MW。其中钢管制作安装工程量为 2.05 万 t,2011 年 4 月电站主体工程开工,2017 年建成投产,建设工期 80 个月。

采用原手工焊条电弧焊费用见表 6,费用由材料费、人工费、设备及电费等组成,其中人工费用较大。

表6 采用焊条电弧焊施工费用

项目名称	常规费用/元	备注
	综合价	
一、材料费	3264	以单条 29m 焊缝计算
1. 焊条	3264	采用 CHW-607RH, 市场价 17 元/kg, 每条焊缝需要 192kg (焊条熔覆率按照 55% 计算)
二、人工费	8700	直接参与人员计算(按照 3d 计)
1. 焊工	7200	8 人操作焊工, 每人 300 元/d
2. 辅助工	1500	辅助工 5 人, 其中钢管翻身 2 人, 含打磨等每人 150 元/d, 需要 2 天
三、设备及电费	3600	按照施工 3d 计算
1. 设备费用	230	一次性投入 8 台焊机 1 万元/台。按照焊接 1 万 m 焊缝, 折合一个钢管 29m 焊缝单价约 230 元
2. 设备消耗电费	2100	8 台焊机, 单台设备平均耗电量约 5kW/h, 一条焊缝焊接 3d, 电费市场价 0.73 元/kW
3. 加热板消耗电费	1270	需要铺设 29m 的加热板, 每块加热板 10kW, 需要加热 6h, 电费市场价 0.73 元/kW
合计	15564	单价 537 元/m

b. QC 小组活动后经济分析。采用埋弧自动横焊技术工艺费用见表 7, 费用由材料费、人工费、设备及电费等组成, 人工费用明显降低, 虽然设备费用较大, 但是随着压力钢管工程量增大, 摊销后的每米单位价格降低近一半。

表7 采用埋弧自动横焊施工费用

项目名称	常规费用/元	备注
	综合价	
一、材料费	3164	以单条 29m 焊缝, 厚度 40mm 计算
1. 焊丝	1808	采用 CHW-S9, 市场价 16 元/kg, 每条焊缝需要 113kg (焊丝熔覆率按照 95% 计算)
2. 焊剂	1356	CHF71H 单价为 15 元/kg 或者 CHF101 单价为 5 元/kg (焊剂回收率按照 80% 以上计算)
二、人工费	2580	直接参与人员计算(按照 3d 计)
1. 焊工	1680	2 人操作焊工, 每人 280 元/d

续表

项目名称	常规费用/元	备注
	综合价	
2. 辅助工	900	辅助工 3 人, 含打磨等每人 150 元/d, 需要 2d
三、设备及电费	3084	按照施工 3d 计算
1. 设备费用	500	一次性投入一台横焊机 17.5 万元/台。按照焊接 1 万 m 焊缝, 折合一个钢管 29m 焊缝单价约 500 元
2. 设备消耗电费	1314	设备耗电量约 25kW/小时, 一条焊缝焊接 3d, 电费市场价 0.73 元/kW
3. 加热板消耗电费	1270	需要铺设 29m 的加热板, 每块加热板 10kW, 需要加热 6h, 电费市场价 0.73 元/kW
合计	8828	单价 305 元/m

采用新技术——埋弧自动横焊施工费用与原手工焊条焊接施工费用比较, 由于埋弧自动横焊焊接熔覆率高、需要焊工少、电费消耗小, 单个管节以 9.2m 直径计算, 可以节省费用约 6700 元。埋弧自动横焊综合为平均 305 元/m, 手工焊条焊综合单价为 537 元/m, 按照本工程约 1 万 m 焊缝计算, 可以节省资金约 232 万元; 另外, 独立设计研制了一种新型试验装置, 具有焊接工艺评定、生产性试验、焊工培训三种功能, 节省费用约 56 万元, 合计节省资金约 288 万元, 经济效益显著。

埋弧自动横焊技术具有焊接质量稳定、一次探伤合格率高、现场文明施工得到显著改善等优点, 对于工程提高功效、缩短工期、降低成本意义重大。

10.3 质量、安全效益

由于采用埋弧自动横焊技术施工, 减小了人为因素的影响, 外观成型更加美观, 内部无损探伤一次合格率也明显优于传统手工焊, 焊接质量优良, 质量效益显著。采用埋弧横焊焊接的钢管, TOFD 探伤一次合格率平均为 99.6%、优良率为 100%, 远高于手工焊合格率 98.3%、优良率 97.5% 的水平。另外现场工效大大提高, 对缩短现场施工工期意义重大。

采用焊条电弧焊焊接, 需要搭设专门施工脚手架, 电焊机多、线路复杂, 安全隐患多, 采用埋弧自动横焊

技术,操作工人在设备内施工,安全系数高,现场文明施工也大大提高,安全效果突出。

10.4 社会效益

通过 QC 小组活动技术创新,彻底解决了科研技术难题,为后续开展科研项目奠定基础,通过溧阳电站工程施工实践证明,埋弧自动横焊施工技术,与传统焊条电弧焊比较,具有技术先进、生产率高、焊接质量优良、成本低、有利于安全文明等优点。埋弧自动横焊技术自动化程度高、经济合理,在水电站大型压力钢管施工中具有很大的推广运用价值,如果在行业推广实施后,将大大降低工程造价和缩短建设工期,对于推动行业结构调整、升级改造,意义重大。水电行业引进压力钢管埋弧自动横焊技术具有积极的现实意义,填补了行业空白,可以为类似施工提供了丰富的经验,为我国水电资源全面开发提供有力的施工技术支持。因此本课题研究具有显著的社会效益。

10.5 无形价值

经历了本次 QC 小组活动后,小组成员的个人综合能力得到了显著提高,增强了团队协作能力、提高了企业团队合作精神、增强了解决问题的信心。

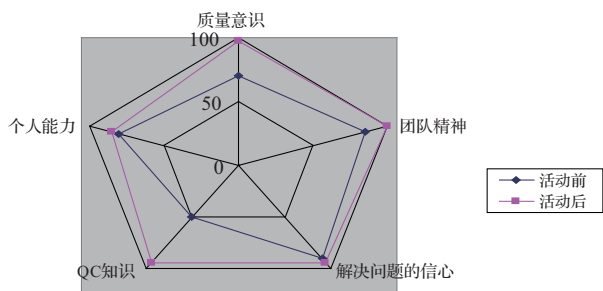


图4 无形价值自我评估雷达图

11 巩固措施

- a. 有效落实施工考核奖惩制度,加强质量考核,调动施工人员的积极性。
- b. 编制《埋弧自动横焊焊接工艺规程》,装订成册,人手一册。
- c. 施工人员和质控、技术人员定期进行交流、总结经验,寻找更优的解决方案。
- d. 每个月进行一次质量宣讲和技术交底,提高施

工人员的质量意识和专业素质。

e. 将 QC 成果内容进行发表,促进同行间的信息交流,进行资源共享。

f. 依托本 QC 小组活动创新研究了多功能试验装置,对操作人员的技能进行深入培训,使每个人都能熟练使用新设备,并获得两项专利技术。

①一种埋弧横焊试验装置(发明受理专利号:ZL2015 10603439.8)。

②一种埋弧横焊试验装置(实用新型授权专利号:ZL2015 20733516.7)。

g. 实现 QC 小组活动目标后,积极开展新技术研发工作,目前已将埋弧自动横焊技术投入施工生产过程中。

12 小组活动总结 and 计划

12.1 小组活动总结

通过本次 QC 小组活动,对影响埋弧自动横焊焊接工艺评定的各种因素进行了梳理,并对其主要影响因素提出了针对性的解决措施,通过技术创新,彻底解决了科研技术难题,完成了本小组活动目标,即完成了焊接工艺评定,攻克了技术难题,为后续科研项目开展奠定了基础。

QC 小组对本次活动中成功的做法和经验进行了总结,并将活动中取得的科研成果成功应用到后续施工生产中,采用新技术,提高了生产率、焊接质量、降低了生产成本。

经历本次 QC 小组活动,使小组成员的质量意识、个人能力、团队精神又有了进一步的提升,为今后继续开展 QC 小组活动打下了坚实的基础。在今后的抽水蓄能电站压力钢管制安施工中,我们将继续利用 QC 活动的方式开展科技创新、提高工程质量、创建精品工程、树立公司品牌形象。

12.2 小组计划

《水电站埋弧自动横焊焊接工艺评定的研究》课题现已顺利结题,这种新的管理模式促进了技术创新,取得的效果显著。下一阶段,QC 小组将进行《提高下弯段渐缩弯管安装精度》的课题研究,继续推广 QC 小组活动,以期提高工程质量。◆

减小旭龙水电站拱坝坝体应力的研究

沈晓钧¹ 丁建新² 杜华冬²

- (1. 陕西省引汉济渭工程建设有限公司, 陕西 西安 710010;
2. 长江勘测规划设计研究有限责任公司, 湖北 武汉 430010)

【摘要】 为解决金沙江旭龙水电站拱坝预可研阶段主拉应力数值与类似高拱坝相比较大的问题,成立了QC小组,通过展开现状调查,确定主拉应力的控制目标,分析影响拱坝应力的末端因素,确定了主因,研究制定了相应的对策,并予以实施,降低了拱坝坝体的应力水平。QC活动为该项目顺利通过后期阶段的审查奠定了基础,有效加快了工程前期阶段的工作。

【关键词】 QC小组活动;水电站;拱坝;应力

中图分类号: TV73

文献标志码: A

文章编号: 1005-4774(2018)02-102-05

Study on reduction of arch dam stress in Xulong Hydropower Station

SHEN Xiaojun¹, DING Jianxin², DU Huadong²

(1. Hanjiang-to-Weihe River Valley Water Diversion Project Construction Co., Ltd.,
Shaanxi Province, Xi'an 710010, China;

2. Changjiang Survey, Planning, Design and Research Co., Ltd., Wuhan 430010, China)

Abstract: In order to solve the problem that the main tensile stress value of Jinsha River Xulong Hydropower Station arch dam in preliminary feasibility study stage is higher compared with similar high arch dams, the QC team is established. The control objective of main tensile stress is determined through present situation investigation. The terminal factors affecting the arch dam stress are analyzed. Main causes are determined. Corresponding countermeasures are studied, formulated and implemented, thereby reducing the stress level of the arch dam. The QC activity lays foundation for the project to smoothly pass through subsequent stage review, thereby effectively accelerating the work in engineering previous stage.

Key words: QC team activity; hydropower station; arch dam; stress

1 小组概况

QC小组成立于2015年2月,小组成员共9人,由旭龙水电站项目的主要设计人员组成,并聘请经验丰富的专家进行咨询指导,是一个技术全面、专业能力强的团队。小组多名成员曾获得2009年、2012年全国水利优秀及2015年国家工程建设(勘察设计)优秀QC组长、组员称号。

2 选择课题

金沙江旭龙水电站位于云南省德钦县与四川省得荣县交界的金沙江干流上游河段。水库正常蓄水位2302m,总库容8.29亿m³,电站装机容量为2220MW(4×555MW),年发电量101.14亿kW·h。挡水建筑物为混凝土双曲拱坝,最大坝高为213m。

预可研阶段拱梁分载法计算得到拱坝坝体主拉应力1.2MPa,与类似拱坝工程相比偏大,拱坝安全度小,