

## 浅析石油化工项目全面焊接管理活动的研究

孙晓晨 李晓鹏

中国机械工业机械工程有限公司，河南 郑州 450000

**[摘要]**文章结合伊拉克九区油气中央处理设施项目荣获 2025 年度“工程建设全面焊接管理活动”一等成果大奖之际，针对石油化工项目工艺管道焊接安装质量要求高，对石油化工项目工艺管道焊工资质等级、管道厚度覆盖率要求高，工厂化预制和安装施工焊接过程中遇到的关键施工技术质量问题进行总结性研究，从工艺管道材料进场验收、工艺管道工厂化预制、工艺管道的安装工艺优化、工艺管道的现场焊接安装、工艺管道的焊缝无损检测、报审监理和业主代表现场验收等方面进行研究归纳，为类似油化项目施工和全面焊接质量管理提供可借鉴经验。

**[关键词]**石油化工；工厂化预制；工艺管道；焊接管理

DOI: 10.33142/ec.v8i10.18265

中图分类号: TQ055.81

文献标识码: A

## Brief Analysis of Study on Comprehensive Welding Management Activities in Petrochemical Projects

SUN Xiaochen, LI Xiaopeng

China Machinery Engineering Machinery Engineering Co., Ltd., Zhengzhou, He'nan, 450000, China

**Abstract:** This article summarizes the key construction technology quality management issues encountered during the factory prefabrication and installation welding process in the petrochemical project, taking into account the high quality requirements for welding and installation of process pipelines in the ninth district of Iraq's oil and gas central processing facility project, which won the first prize of the "Comprehensive Welding Management Activity for Engineering Construction" in 2025. The study focuses on the key construction technology quality management issues encountered during the factory prefabrication and installation welding process of petrochemical projects, including the acceptance of process pipeline materials, factory prefabrication of process pipelines, optimization of installation processes for process pipelines, on-site welding and installation of process pipelines, non-destructive testing of process pipeline welds, approval supervision, and on-site acceptance by owner representatives. It provides reference experience for the construction and comprehensive welding quality management of similar petrochemical projects.

**Keywords:** petrochemical industry; factory prefabrication; process pipeline; welding management

### 1 工程概况

伊拉克九号区油气中央处理设施项目位于伊拉克南部巴士拉省东北部 50 公里处，由科威特能源有限公司（KEBL）开发，该工程建设内容为处理 10 万桶/日的原油中央处理设施项目和日处理 1.3 亿标准立方英尺天然气的中央处理设施项目，该项目采用国际化标准设计和实施。

该项目是伊拉克目前在建的最大规模的油气工程项目，首度使用了伴生气回收技术，助力全球“双碳”目标的实现，不仅是伊拉克政府的重点实施项目，也是对接“一带一路”沿线国家和地区发展规划、共建海外高质量特色工程的示范性项目。项目投产后将大幅优化原油处理流程、显著提升产量，助力九区油田实现 10 万桶/天的战略性增

长目标，有效帮助伊拉克政府提高油田经济效益、改善油田环保条件。

项目油包主要包括新建油气水分离装置、脱盐脱水装置、原油稳定装置、污水处理系统、火炬系统、中央控制室、辅助系统；项目气包主要包括新建 1 列处理装置以及酸气焚烧装置、LPG 罐区等辅助设施装置，其中核心处理装置包括脱硫脱硫醇装置、分子筛脱水装置等 6 个装置。项目金属管道焊口总数 87467 个，英寸量达 42 万英寸，其中工艺管道预制 16 万寸，现场安装 26 万寸，材料涵盖碳钢、低温钢、不锈钢、双相不锈钢、铜镍合金等，其中碳钢、不锈钢又分为酸性和非酸两种类型，最大壁厚达 21.44mm。材质为碳钢，分为酸性和非酸两种类型。工艺

管道预制过程中，采用工厂化的管道预制生产线，从切割下料、打磨、组对、焊接，流水线作业，保证工艺管道的焊接质量和作业。工艺管道拍片口数 47825 个，合格率为 99.06%，拍片总数量 162353 张，合格率按照片数统计为 99.66%。

## 2 工艺管道全面焊接管理提升方法

### 2.1 工艺管道工厂化预制

该项目采用工厂化预制技术，采用工厂化预制生产系统，根据业主提供的管道图纸，对单线图进行焊口编制（标明工厂预制焊口和现场安装焊口），根据施工计划，每天向施工班组下达施工任务单，从管道切割、下料、坡口加工、打磨、到管道组对、点焊、焊接、信息标识，以及后续的焊后热处理（部分管道）、无损检测、管段释放、喷砂、防腐涂装，释放交付现场安装，整个过程实现工厂化、流水线作业，有效地缩短施工周期，加快施工进度，减少高空作业和高空作业辅助设施的架设，保证施工质量和安全。

### 2.2 BIM 技术的应用

该项目采用 BIM 技术对管道模型进行二次深化开发，运用 BIM 技术通过解析 IDF/PCF 导入设计软件进行建模快速解析管线系统，并自动校验模型信息错误，为管道深化设计提供校验反馈，保证施工设计标准，高效自动构建管道系统的三维模型，自动获取系统设计工艺参数、获取材料信息、管线上施工焊口设计、管线系统分段、焊口自动编号批量生成施工焊接图纸。

### 2.3 PCMS 管道施工管理系统

根据工艺管道特性表，管道施工管理平台（PCMS）是以采集日常焊接信息、无损检测数据及管道材料收支平衡为基础，以自主掌握工程进度、实时控制焊接工程质量、规范竣工文档资料为目的的管理软件，管道施工管理平台管理系统主要由项目运维、管道材料模块、管道施工模块、焊接质量模块、无损检测委托、试压包管理、数据统计分析几个模块组成。材料管理模块可以对项目材料的采购、入库、出库进行在线管理，并自动生成数据统计分析，清晰明了的展现材料的状态，生成材料计划表、材料状态一览表、材料到货率分析、出入库明细查询，同时具有导出材料表的功能；管道施工模块是管理平台的核心基础模块，在此模块中将管道设计软件所形成的基础数据进行整合，是焊接过程管理、无损检测委托、项目进度分析、交工资料等后续系列功能提供数据仓库；焊接质量模块可以对入场考核合格的焊工，进行在线管理，同时对焊工焊接资质

项目的管理，实现焊接过程中的焊接资质控制；在焊接施工记录模块中可以进行焊接日报的录入，无损检测点口、返修管理、焊缝资质核验等操作。

## 3 工艺管道质量过程管理与控制

### 3.1 工艺管道材料验收

工艺管道现场材料进场验收，要求管道材料标识标记符合业主批准的材料程序要求。工艺管道管件质量证明文件及合格报告，材料接收严格按照工艺管道业主批准的材料供应备忘录名单要求，工艺管道阀门材料验收单独入库，收集好合格证和阀门出厂试验记录；工艺管道焊材注意分类存放，入库严格按照焊材质量管理体系文件，焊材质量证明文件清晰准确，工艺管道的管材和管件注意标识，注意材料的酸性和非酸性区分，严格按照材料管理程序，三方进行验收合格报验后，库房才能释放材料批次，工艺管道材料做好炉批号移植，防止材料混用，预防质量问题出现。

### 3.2 工艺管道焊工持证上岗

石油化工项目工艺管道焊工持证上岗，严格审查工艺管道焊工有效资质，工艺管道合格焊工清单递交监理单位与业主审核批准，确保现场施焊的每道焊缝都是已批准合格的焊工。对于现场检查发现无证焊工或超资质焊接焊工一律按无证焊工处理。优化管道施工管理平台（PCMS）系统，不断更新追溯每个焊工在现场施焊的焊口，确保工艺管道质量保证体系正常运行。

### 3.3 工艺管道现场焊接

根据工艺管道酸性环境下金属管道的材质和可焊性，选取了适用于工艺管道酸性环境下使用的碱性低氢型的焊材（AWS A5.18 ER70S-G 氩弧焊丝和 AWS E7015-G）；结合工艺管道的壁厚、焊材的种类，通过试验选取适于焊接的焊接电压、焊接电流、焊接速度、层间温度、最大焊接热输入量等焊接工艺参数；通过试验选取了焊后热处理工艺和方法：包括热处理的入炉温度，升温速度，保温时间，冷却速度等工艺；通过机械性能试验（拉伸、弯曲、冲击、宏观金相、维氏硬度试验），确定了焊接工艺的适用性和可靠性；通过 96h 的抗氢致开裂（HIC）试验和 720h 的抗硫化物应力腐蚀开裂（SSC）试验（四点弯曲法），验证了焊接材料和焊接工艺的抗氢致开裂和抗硫化物应力腐蚀开裂的能力；针对现场焊接过程中产生的缺陷提出针对性解决方案和措施，建立了酸性管线焊接过程中产生缺陷的预防措施；编制了酸性管线焊接工艺评定报告、施工过程中的焊接工艺指导书和管道的安装方案。

### 3.4 工艺管道焊缝的无损检测

工艺管道的无损检测严格按照工艺管道特性表和质量程序要求执行,根据安装工程现场实际情况,工厂预制件焊接报检完成后,预制件无损检测合格后才能释放现场安装,现场焊接完成的焊缝外观报检完成后,根据管线系统特性,释放无损检测;工厂化预制件和现场焊接对焊缝一定做好区别标识。针对出现无损检测的不合格焊缝,严格按照返修处理程序执行,满足焊工和工艺管道管线系统应检比例的要求,确保工艺管道无损检测的焊缝都合格释放,完成安装。

### 3.5 全面焊接管理的持续改进

工厂焊接预制和现场安装每一施工段或每一工序施工后,项目部由项目经理或项目技术负责人带领,组织项目部和专业相关人员进行质量会诊,发现施工出现的问题,安排专人及时处理并作出总结,形成文字材料,并及时下发给各专业和队组长,避免以后分项施工中再出现相同或类似问题。在焊接过程中,项目质量部密切跟踪,焊接过程中产生的各类缺陷,分门别类统计焊接过程中产生的缺陷类型,分析并调查焊接缺陷产生的原因,然后又针对性的对焊工进行专项的理论和实际操作培训,不断提升焊工的焊接技能,加强焊工作业的焊接质量意识,使焊工养成良好的作业习惯,降低焊接的不合格比率。

## 4 项目焊接的特点难点及采取措施

(1) 天气因素是影响本项目焊接质量的重要原因。该项目地点为典型的热带沙漠气候,冬雨夏干,11月份至来年的4月份经常会遇到大风、沙尘暴天气,对焊接作业极为不利。采取措施:遇风沙天气,采取防护措施后,搭设防风棚才能进行焊接作业,必要时停止焊接作业;早晚气温未达到10°C,需要采取预热;焊接时,严格按照WPS参数进行,特别注意电流不能超过WPS上的最大值;组对前,必须清管内杂物,安装过程中不能将手套,焊条,砂轮片工具等遗留在管内,停止作业时,应将敞开的管口封闭,防止沙尘进入。

(2) 项目材料类型多,焊接量大,工期紧。采取措施:引进工厂化预制和生产系统,标明工厂预制焊口和现场安装焊口,根据施工计划,从管道切割、下料、坡口加工、打磨、到管道组对、点焊、焊接、标识、以、及后续的焊后热处理(部分管道)、无损检测、管段释放、喷砂、涂装,释放交付现场安装,整个过程实现工厂化、流水线作业。针对厚壁管道的焊接,采用电阻加热进行焊前预热,焊后热处理,实现加热温度和热处理温度的精准控温,小

件管道焊后采用加热炉进行焊后整体热处理,大管径以及长度较大管子,采用电阻加热法进行焊后热处理。极大消除焊接接头的残余应力,改善焊缝组织,提高接头韧性。双相不锈钢焊接最突出的问题是热循环对焊接接头微观组织及其塑韧性和抗腐蚀性的影响。每条焊缝的焊接保持连续,遇到不可避免原因发生的焊接中断,中断后应立即对该焊缝用保温棉包裹进行保温,重新开始焊接前,按照焊接程序要求重新进行预热并专门人员对焊接预热温度及层间温度进行监控,层间温度不超过150°C过程中严格控制焊接层间温度,极大保证双相不锈钢的焊接质量,降低焊接返修的概率。

(3) 酸性管道焊接易发生未熔合现象。采取措施:首先根据酸性环境下金属管道的材质和可焊性,选取了适用于酸性环境下使用的碱性低氢型的焊材(AWS A5.18 ER70S-G 氩弧焊丝和 AWS E7015-G),并根据管道的壁厚、焊材的种类,通过试验选取适于焊接的焊接电压、焊接电流、焊接速度、层间温度、最大焊接热输入量等焊接工艺参数;然后通过试验选取了焊后热处理工艺和方法:包括热处理的入炉温度,升温速度,保温时间,冷却速度等工艺;通过机械性能试验(拉伸、弯曲、冲击、宏观金相、维氏硬度试验),确定了焊接工艺的适用性和可靠性;通过96h的抗氢致开裂(HIC)试验和720h的抗硫化物应力腐蚀开裂(SSC)试验(四点弯曲法),验证了焊接材料和焊接工艺的抗氢致开裂和抗硫化物应力腐蚀开裂的能力;最终编制了酸性管线焊接工艺评定报告、施工过程中的焊接工艺指导书和管道的安装方案。

## 5 结语

石油化工项目工艺管道全面焊接质量管理在机电安装工程中的地位举足轻重,以圆满完成该项目任务目标,获得监理单位和业主代表的认可,顺利取得竣工验收和工艺管道安装工程验收移交。本文通过工程实践进行总结性研究的关键全面焊接质量管理方法与措施是:为了确保工程质量,项目部根据本工程的特点,建立相关质量管理制度,在项目施工过程中结合各个部门岗位职责,按照相应的规章制度严格遵守。

第一:工艺管道施工作业前,对参与施工管理技术人员、全体施工人员(质检人员、焊工、管工)进行专业质量培训和技术交底,认真学习该项目规范要求、施工方案和其它的专项管理规定,全面了解项目的工艺特点和重要性,确保全体人员在彻底明了施工过程的情况下投入施工。

**第二：**设立专业的焊接管理人员，制定专业管理规定，认真组织焊接工艺评定、落实焊工培训及焊工考试，确保所有施焊焊工持有相应的资质，并对焊工入场技能进行考试，考试合格后方可进入现场开展施工焊接。过程中每周跟踪焊工的焊接返修率，一旦出现焊工焊接返修率偏高或者异常波动，就深入调查返修出现的原因，提出相关的解决方案，并针对性的对焊工进行培训，避免再次出现类似缺陷。

**第三：**严格焊材一级库和二级库管理，从材料采购计划、焊材采购到焊材领用、烘干、发放、回收，切实做到专人负责管理，责任明确，流程清晰，执行有序，保证焊材使用正确，焊接过程记录清晰，确保焊接过程记录的准确性和可追溯性。

**第四：**严格全面焊接质量管理，坚持执行三检制度，强化监督与控制，紧紧抓住过程控制，各工序，从点到面，从面到体。各道工序质量做到交接有检查、质量缺陷预防有对策，上道工序不合格，不准进入下道工序，确保各道工序的工程质量，责任分明，形成全面的质量保障体系。

**第五：**建立健全质量保证奖罚制度，奖罚分明。从每个环节、每个层面抓起，确保整体质量，管道拍片口数47825个，合格率为99.06%，拍片总数量162353张，合格率按照片数统计为99.66%。获得监理和业主好评，项目顺利开车。

## [参考文献]

- [1] 中华人民共和国国家标准.输送流体用无缝钢管 [S].2018-05-14.
  - [2] 中华人民共和国国家标准.流体输送用不锈钢无缝钢管 [S].2012-05-11.
  - [3] 中华人民共和国石油化工行业标准.石油化工管道工厂化预制加工及验收规范[S].2017-04-12.
  - [4] 中华人民共和国石油化工行业标准.石油化工管道无损检测标准[S].2011-05-18.
  - [5] 中华人民共和国石油化工行业标准.油气长输管道工程施工及验收规范[S].2014-05-29.
  - [6] 中华人民共和国国家标准.焊缝无损检测 磁粉检测 [S].2011-09-29.
  - [7] 中华人民共和国国家标准.工业金属管道工程施工质量验收规范[S].2011-12-01.
  - [8] 中华人民共和国国家标准.现场设备、工业管道焊接工程施工质量验收规范[S].2011-02-18.
  - [9] 中华人民共和国国家标准.工业金属管道工程施工规范 [S].2010-08-18.
- 作者简介：孙晓晨（2000.10—），男，汉族，本科，毕业院校：河南科技大学，专业：材料成型及控制工程；李晓鹏（1987.7—），男，汉族，本科，毕业院校：南京工业大学，专业：工程管理。