

# 撬装式承压设备系统制造监督检验关键技术及实践应用

魏钰东 赵旭 张小飞

长庆油田分公司机械制造总厂

DOI:10.32629/pe.v4i2.20012

**[摘要]** 撬装式承压设备系统(一体化集成装置)作为集压力容器、压力管道、安全附件及控制系统于一体的特种设备,其制造技术可靠性是保障油气田安全生产的核心前提。依据《特种设备安全法》要求,该类设备制造必须接受强制性监督检验(以下简称“监检”),而监检结论的科学性直接依赖于技术验证手段的规范性。本文基于生产实践,系统解析监检全流程的关键技术要点,针对监检准备、过程实施及结果确认三大阶段,聚焦设计文件技术缺陷、材料性能不达标等核心技术问题,通过8类典型案例的“技术溯源-方案优化-参数固化”分析,揭示各环节技术风险点。为提升产品技术可靠性、提高监检一次通过率、保障承压设备本质安全提供技术支撑与实践范例。

**[关键词]** 撬装式承压设备; 特种设备监检; 技术管控; 无损检测

**中图分类号:** U674.4+3 **文献标识码:** A

## Key Technologies and Practical Applications of Manufacturing Supervision and Inspection for Skid-mounted Pressure Equipment Systems

Yudong Wei Xu Zhao Xiaofei Zhang

Changqing Oilfield Branch Machinery Manufacturing General Factory

**[Abstract]** As a special equipment that integrates pressure vessels, pressure pipelines, safety accessories, and control systems, the manufacturing technology reliability of the pry mounted pressure equipment system (integrated device) is the core prerequisite for ensuring the safety production of oil and gas fields. According to the requirements of the Special Equipment Safety Law, the manufacturing of such equipment must undergo mandatory supervision and inspection (hereinafter referred to as "supervision and inspection"), and the scientificity of the supervision and inspection conclusions directly depends on the standardization of technical verification methods. This article is based on production practice and systematically analyzes the key technical points of the entire supervision and inspection process. Focusing on the three stages of supervision and inspection preparation, process implementation, and result confirmation, it focuses on core technical issues such as design document technical defects, material performance non-compliance, etc. Through the analysis of "technical traceability scheme optimization parameter solidification" of 8 typical cases, it reveals the technical risk points in each link. To provide technical support and practical examples for improving product technical reliability, increasing the first pass rate of supervision and inspection, and ensuring the intrinsic safety of pressure equipment.

**[Key words]** pry mounted pressure equipment; Special equipment supervision and inspection; Technical control; Non-destructive testing

### 1 引言

随着油气田开发向模块化、集约化方向转型,撬装式承压设备系统凭借集成度高、建设周期短、移动灵活等技术优势,已广泛应用于原油计量、油气分离等核心工艺环节<sup>[1]</sup>。该系统核心构成包括压力容器、压力管道、安全附件及控制系统,其制造过程中的焊接缺陷、材料性能不达标、无损检测盲区等技术缺陷

是引发泄漏、爆炸等事故的主要诱因<sup>[2]</sup>。《特种设备安全法》第二十五条及TSG 21-2016《固定式压力容器安全技术监察规程》明确要求,撬装式承压设备制造需通过特检院基于技术标准的全程监检<sup>[3]</sup>。因此,基于技术视角梳理监检全流程的管控要点,结合典型案例细化技术验证方法,对制造单位而言具有极强的现实指导意义。本文旨在构建覆盖事前技术验证、事中过程管

控、事后精度核验的全流程监检技术体系,为提升设备制造技术水平提供支撑。

## 2 撬装式承压设备监检的技术流程框架

撬装式承压设备监检区别于单一压力容器监检的核心特征,在于需兼顾“组件独立合规性”与“系统集成协调性”。基于此,构建全流程监检质量控制框架,涵盖3个阶段、8个关键节点。

## 3 监检各阶段关键技术问题与解决方案

监检全流程的技术管控核心是通过精准的技术手段实现风险预判与缺陷定位,其中准备阶段的技术文件验证、实施阶段的工艺参数管控、后续阶段的缺陷修复核验是三大技术核心环节。结合8类典型案例,从技术溯源、方案设计、参数固化三个环节展开分析。

### 3.1 监检准备阶段: 源头技术风险管控

准备阶段的技术核心是确保设计文件的工程可行性与材料性能的匹配性,通过前置技术验证避免“先天技术缺陷”。本阶段重点管控设计文件完整性、材料性能符合性两大技术要点,涉及4类典型技术问题。

#### 3.1.1 设计文件日期与资质印章日期逻辑矛盾

(1) 技术问题描述: 某撬装装置报检时,监检人员发现图纸“设计日期”为2023年12月,设计单位“资格项目章”有效期为2023年10月,设计日期在印章有效日期之外,引发设计管控有效性质疑,监检中断。

(2) 技术解决方案: 立即联合设计院出具《设计文件澄清说明》,证实该套图纸在其资格印章有效期内完成最终审核与签发,之前的“设计日期”为初版设计日期,在后续升版中未及时更新。

(3) 技术管控要点: 在接收设计文件时,必须仔细核对图纸签署栏内的“设计”、“审核”、“批准”日期与设计单位资格项目章的有效期,确保所有设计活动均在资质有效期内完成,且日期逻辑关系合理。为避免同类问题,制定《设计文件审查清单》。

#### 3.1.2 材料代用的技术可行性未验证

(1) 技术问题描述: 某撬装设备制造中,施工班组因 $\phi 108 \times 5\text{mm}$ 无缝钢管库存不足,自行采用 $\phi 108 \times 6\text{mm}$ 同材质钢管代用,认为“厚代薄更安全”,未开展强度校核与应力分析。监检时通过材料追溯系统发现壁厚偏差,经超声测厚验证后,判定为技术违规。

(2) 技术解决方案: 立即停工,由设计单位按6mm壁厚启动材料代用技术评估流程,结合ASME B31.3标准要求开展管道应力分析,证实代用材料在设计工况下的安全性,同步出具《材料代用许可证》。

(3) 技术管控要点: 建立并严格执行《材料代用管理制度》。任何与设计文件不符的材料使用,无论其方向是“厚代薄”还是“高代低”,都必须经过技术部门审核,并最终获得设计单位的书面批准。材料管理和施工班组无权自行决定。

#### 3.1.3 设计文件缺乏关键技术计算支撑

(1) 技术问题描述: 撬装式承压设备监检过程中,监检工程师要求提供关键受压元件——泵出口管道的设计强度计算书。制

造单位仅能提供设备整体的设计条件图,未能提供由设计单位出具的、针对该特定产品的强度计算书(包括壁厚计算、稳定性校核等)。监检人员据此判定设计文件不完整,不予进行后续制造质量的监检。

(2) 技术解决方案: 联合设计单位采用GB/T 150.3-2011标准要求计算介质压力、温度应力及设备振动耦合作用下的力学响应,出具《管道强度计算与应力分析报告》,证实壁厚满足设计要求。

(3) 技术管控要点: 明确设计文件交付的“技术计算书清单”,包括整体设备强度计算、关键受压元件专项计算、管道应力分析、疲劳寿命评估等核心文件,制造单位技术部门需对设计计算书进行复核。

#### 3.1.4 材料验收的技术记录失真

(1) 技术问题描述: 监检工程师在抽查一批无缝钢管的入库验收单时,发现验收员签字的日期为2023年5月10日,而该批钢管的原材料质量证明书上标注的生产日期为2023年5月15日。这意味着材料在“生产”出来之前就已经完成了“入库检验”,记录明显失实,监检工程师对整个材料追溯体系真实性的怀疑。

(2) 技术解决方案: 立即与物料管理部门进行沟通,发现是物料管理员为提前完成系统录入,预填了验收日期。

(3) 技术管控要点: 强化物料管理的严肃性,规定所有验收、检验活动必须在实物到达且核对无误后进行,确保记录日期与实际操作日期一致,推行物料数字化运行系统,通过系统自动获取当前日期,避免人为修改,定期对库管、检验员进行质量意识培训。

### 3.2 监检实施阶段: 过程技术参数管控

实施阶段是监检技术管控的核心,重点关注焊接工艺、无损检测、结构尺寸等关键技术指标,通过实时技术监控与精准检测实现过程质量把控,本阶段聚焦3类高频技术问题。

#### 3.2.1 压力管道短管长度不满足技术标准

(1) 技术问题描述: 问题描述: 监检过程中发现一台集成装置直径为 $\phi 114$ 压力管道短管长度仅为100毫米,不满足ASME B31.3标准中“短管长度不应小于管径( $L \geq D$ )”的技术要求(应 $\geq 114\text{mm}$ ),该问题可能导致管道柔性不足,易在运行中因热应力产生焊缝开裂。

(2) 技术解决方案: 分析短管周边结构空间,定制符合标准长度的短管替换原有管件。替换后调整支架位置以释放残余应力,重新开展水压试验(试验压力1.5倍设计压力)验证密封性。

(3) 技术管控要点: 将此类标准条款如: ASME B31.3-Process Piping(工艺管道规程)管道应力分析中,两个近距离的异径三通、法兰或阀门之间的短管会被视为一个潜在的“柔性不足”的区域的相关要求纳入《工艺过程卡》和《班组自检表》中,对组对工序的操作者和检验员进行专项培训,确保在施工前和施工中都能得到有效控制。

3.2.2 固定焊口检测比例不足固定焊口无损检测技术覆盖率不足

(1)技术问题描述:在一体化集成装置的压力管道无损检测报告抽查中,监检工程师依据TSG D0001-2009要求,核算出GC2级管道固定焊口需20%射线检测,而实际检测比例仅18%,且未覆盖弯头、三通等全位置焊接(应力集中部位)。

(2)技术解决方案:立即暂停后续工序,对照单线图补探5%焊口,优先选择弯头、三通连接等关键部位,复核检测报告,确保补探合格。

(3)技术管控要点:技术部门在编制无损检测工艺时,必须严格按照设计指定的规范(如GB/T 20801-2020焊缝布置)和图样要求,明确不同管道等级、不同焊口类型(固定口/转动口)的检测方法和比例。质量部门需对检测委托和报告进行100%复核,确保委托数量与工艺要求一致。

### 3.2.3射线检测底片质量不佳,缺陷难以判定

(1)技术问题描述:监检工程师对一批射线检测底片进行抽查复核时,发现部分底片存在黑度过高、影像模糊、标记系不清晰等问题,导致对焊缝内部是否存在未焊透、气孔等缺陷无法做出明确判断。工程师判定该批底片无效,要求对该批次对应焊口进行重新拍片。

(2)技术解决方案:立即组织无损检测人员分析原因,发现是曝光参数选择不当和暗室处理操作不规范所致,对相关责任人进行再培训,并重新拍摄问题底片。

(3)技术管控要点:定期对操作人员的资格、设备校验状态、曝光参数选用、暗室处理流程及评片环境进行监督检查。推行底片质量分级评定,确保交付监检的每一张底片都符合NB/T 47013标准的要求,影像清晰、标记齐全、评定准确。

### 3.3监检后续阶段:技术闭环与溯源管控

监检后续阶段的工作重点就是做到技术闭环以及资料可追溯,以防止因为整改不到位或者缺少资料造成证书不能下发的情况发生,比如有一批的一台撬装承压设备监检合格后,在竣工资料中却没有外购件流量检测仪壳体的监检合格证(这个壳体有焊接缝)以及设备铭牌上出现错误,导致监检证书推迟十五天才下发。对于这种情况就要马上把缺少的资料补齐并且把错误的地方改正过来,还要有统一标准分类组卷的方法,有资料归档表,有每个资料的责任人以及需要的时间。管理的关键就是要保证产品的铭牌上面的内容,特别是产品的编号和产品代码要和

监检报告、产品质量证明书保持一致。另外要把监检过程中签字的各种记录、报告和之前准备好的技术资料一起整理好,做成一套完整、符合要求的产品质量证明文件档案,交给客户。这个档案既是整个设备一生的安全跟踪依据,又是保证下一个环节的问题得到有效解决、证书顺利拿到的基础。

## 4 全流程监检技术管控体系构建

基于上述案例的技术分析,该分厂构建了“134”全流程监检技术管控体系(1个技术核心+3个管控维度+4项技术保障),实现从源头到交付的全链条技术管控,将技术标准和要求,转化为可执行、可检查、可追溯的具体管控动作,并贯穿于设备制造的全生命周期,该体系实施后,制造分厂的监检一次通过率由56%提升至92%。这一量化指标,从工程应用层面验证了该技术管控体系的有效性。

## 5 结束语

撬装式承压设备系统的制造监检是一项系统性、全过程的质量管理活动。本文通过对八个典型实践案例的剖析,深刻揭示了从设计输入、材料管理到工艺执行、无损检测等各环节可能存在的质量风险。实践证明,仅依靠最终检验无法保证监检的顺利通过,必须将质量控制前移,从事前预防入手,建立一个覆盖技术文件、材料、工艺、人员和检验检测的全流程、精细化质量控制体系。通过强化源头管控、过程监督和问题闭环管理,才能从根本上提升产品质量,确保监检高效通过,为撬装设备的安全可靠运行奠定坚实基础,同时也为制造单位赢得市场信誉和长远发展动力。

### [参考文献]

[1]王晓雷,刘志强.压力容器制造监督检验常见问题及对策[J].中国特种设备安全,2022,38(4):60-63.

[2]国家市场监督管理总局.TSG21-2016固定式压力容器安全技术监察规程[S].2016.

[3]国家市场监督管理总局.TSGD0001-2009压力管道安全技术监察规程—工业管道[S].2009.

### 作者简介:

魏钰东(1991--),男,汉族,甘肃-榆中人,大学本科,助理级工程师;研究方向:机械工程。