

海上石油平台仪表安装调试中的质量控制

于勇¹ 尹龙² 孙佳迎² 高建超²

1 海洋石油工程股份有限公司, 天津市滨海新区, 300452;

2 天津智能制造分公司, 天津市滨海高新区, 300384;

摘要: 本文围绕海上石油平台仪表安装调试展开研究, 先分析其质量问题: 安装环节存在合规性与环境适配缺陷(如位置不当、防爆措施不足、管线工艺缺陷), 调试环节有参数校准不准与系统协同缺失问题, 过程管控存在文档脱节与人员操作漏洞。随后提出针对性控制策略, 包括强化安装技术管控(组建多专业调研团队、推行标准化作业与动态监控)、优化调试全流程(构建分层框架、实施“预校准—动态调整—最终确认”三步法)、完善过程协同监控(建立三级监管体系与跨专业协同机制), 为仪表安装调试质量保障提供系统方案。

关键词: 海上石油平台; 仪表安装; 调试; 质量

DOI: 10.64216/3104-9672.25.01.026

引言

海上石油平台仪表是保障生产安全与效率的关键设备, 但其安装调试受海洋特殊环境(高湿、强震、电磁干扰)与多专业交叉作业影响, 易出现质量隐患。当前行业中, 安装环节常因环境评估不足、操作不规范埋下风险, 调试阶段缺乏系统框架导致参数偏差, 过程管控因责任不清难以追溯问题, 现有管控模式难以满足安全与效率需求。本文旨在针对这些痛点, 从技术管控、调试优化、协同监控三方面切入, 提出科学可行的质量控制策略, 填补现有工作的不足, 保障仪表稳定运行。

1 海上石油平台仪表安装调试中的质量问题

1.1 安装环节, 基础合规性与环境适应性问题

海上石油平台仪表安装调试涉及较多内容, 其中仪表安装作为后续调试与稳定运行的基础, 若无法满足规范要求或适配海洋特殊环境, 便会直接为后续运行埋下安全隐患。在实际安装过程中, 存在安装位置与固定方式不合规的情况, 部分仪表未按照设计图纸要求安装在无强振动、易观测的区域, 长期处于平台震动环境中极易出现部件松动现象。与此同时, 用于防爆区域的仪表未采用防爆穿线盒, 其密封接头也违反防爆等级要求, 这一系列问题均会引发安全隐患。

安装过程中还存在管线与接线工艺缺陷问题, 具体表现为仪表引压管焊接时未做探伤检测, 且在接线环节中信号线与动力线未分开穿管布设, 这一操作容易产生电磁干扰, 再加上导线接头未做有效防护处理, 长期受

到海洋环境中湿气侵蚀后, 极易出现接触不良的情况。

1.2 调试环节参数校准与系统协同问题

仪表调试是保障仪表功能稳定运行的核心基础, 若调试流程不规范, 或是在调试过程中忽略系统协同性问题, 都会导致仪表无法正常工作; 在实际调试工作中, 常出现单表校准精度不足、系统联调时逻辑冲突以及动态工况下调试缺失的情况, 这些问题直接导致仪表的运作效率无法得到有效提升, 难以满足海上石油平台的生产需求。

1.3 过程管控文档追踪与人员操作问题

海上石油平台仪表安装调试工作囊括多个环节与多个专业领域, 若过程管控存在缺失, 不仅易导致质量问题无法追溯, 还会放大操作失误带来的负面影响。例如质量文档记录与实际施工情况脱节、作业人员资质与操作要求不匹配、交叉作业时各环节协调不足等问题, 均会导致仪表安装质量受损, 最终影响仪表直接投入使用后的稳定性与安全性。

2 海上石油平台仪表安装调试质量控制策略

2.1 强化安装环节技术管控, 筑牢环境适配与合规根基

在海上石油平台仪表安装调试环节中强化基础管控, 需构建一套系统化、标准化的环境设备评估与合规评审机制, 以此确保安装条件完全符合设计规范与行业安全标准。

2.1.1 全专业调研

为实现这一目标,相关单位需组建由多学科专家构成的调研组,该团队应包含仪表工程师、安全专家、海洋环境工程师等专业人员,通过联合开展现场勘察工作,重点检查安装区域的湿度、温度、震动频率、电磁干扰等环境参数是否与仪表基础规格书中的要求一致;同时评估平台结构强度、防护等级、防爆分区等物理条件对仪表长期运行稳定性的影响,并形成详细的环境适配性分析报告。在此基础上,合规审查工作需严格参照国际标准、国家法规以及企业内控规范,逐项核对仪表选型、安装位置、防护措施、接地系统等内容是否满足合规要求,对检查中发现不符合要求的项目,需建立整改台账,明确责任人、整改措施以及完成时限,确保所有前置条件通过环境评估与合规审查双重验证后方可进入安装阶段,从源头上消除因环境不匹配或合规缺陷导致的质量风险。

2.1.2 推行标准化作业与动态监控模式

安装环节的质量控制不仅需要完善的机制支撑,还需要稳步高效推进,期间需推行标准化作业与动态监控模式,实现从工具准备到调试验收全链条的精准管理。

相关单位需编制仪表安装标准化作业指导书,明确工具清单、操作步骤、技术参数以及验收标准,并要求作业人员严格按照指导书执行操作,避免因操作随意性引发质量问题。

紧接着需建立动态监控机制,通过现场巡查、视频记录、数据采集等方式实时跟踪安装进度与质量标准,例如使用激光水平仪检测仪表安装角度是否符合要求、利用红外测温仪监测接线端子温度是否正常、通过智能化传感器记录环境参数变化情况,一旦发现过程偏差(如螺栓未紧固、管线弯曲半径不足等),需立即启动纠正程序,同时更新质量记录文件,确保每一步操作均可追溯、可验证。

这一环节还需设置关键质量控制点,如防爆结合面处理、电气绝缘测试等,在完成相应工序之后,需由质检人员独立进行专项检查,只有通过检查的工序才能够进入下一阶段的施工。

2.2 优化调试内容,全流程把控保障参数精确与系统协同

2.2.1 全流程控制

对海上石油平台仪表调试进行全流程把控,要以系

统性框架为支撑,相关单位在推动质量管理的过程中,需对调试全流程进行严格把关。其中,需基于仪表类型(如压力仪表、温度仪表、流量仪表)与系统功能(如数据采集、安全连锁、过程控制)构建分层调试框架,明确各层级调试的先后顺序与关联关系,例如优先完成对单体仪表的调试,再推进至区域仪表的联动调试,最终实现全系统协同调试。在此基础上,需针对每一调试阶段编制标准化的操作规程,详细规定调试步骤、技术要求以及验收标准,同时明确操作人员的资质要求与工具配置规范,确保调试行为严格受控于标准化体系,避免因操作随意性导致参数偏差或系统冲突。

以原油外输计量系统调试工作为例,系统调试团队以系统性框架为支撑,基于仪表类型与系统功能构建“单体调试—区域联动调试—全系统协同调试”的分层调试框架,明确各层级调试的先后逻辑与关联接口,避免因调试顺序混乱导致的系统冲突。优先开展单体仪表调试,针对不同类型仪表制定差异化操作方案:对于原油外输管线的压力变送器,调试人员需先断开其现场接线端子与中控系统的信号连接,将经计量认证的标准压力校准仪(精度等级 0.01%FS)接入变送器压力接口,依次施加 0%量程(0MPa)、25%量程(0.375MPa)、50%量程(0.75MPa)、75%量程(1.125MPa)、100%量程(1.5MPa)的标准压力值,同步用高精度万用表(精度等级 0.001mA)监测变送器输出的 4-20mA 电流信号,记录每一组压力值与电流值的对应关系,若某一压力点输出电流偏差超过 $\pm 0.1\%FS$ (即 $\pm 0.032mA$),则通过变送器自带的校准按钮调整内部参数,直至所有压力点偏差均控制在 $\pm 0.05\%FS$ 以内。

2.2.2 参数校准

参数校准是调试环节的核心任务,其精准性直接决定仪表性能与系统可靠性,需通过动态化与多层级验证的闭环机制来实现全过程质量控制;在参数校准阶段可采用“预校准—动态调整—最终确认”三步法,首先依据仪表技术规格书完成初步校准,记录原始参数与校准曲线,随后在模拟实际工况条件下进行动态测试,监测参数漂移情况,期间可通过算法模型对校准系数进行动态优化,消除环境因素对测量精度的影响。最后在真实工况下进行最终确认,确保校准后的参数在全量程范围内满足设计误差要求。同时,这一环节还需建立多层级验证体系,包括操作人员自检、质检人员专检以及第三

方抽检，每一层级验证均需形成书面报告并签字确认。对未通过验证的参数，需立即启动溯源分析，定位问题根源并实施纠正措施，直至所有参数通过全层级验证为止。

例如，调试人员在中控系统操作界面发起“外输单元数据采集测试”指令，现场分别模拟压力变送器检测到管线压力升至 1.2MPa、温度传感器检测到原油温度升至 60℃、流量计检测到外输流量达到 600m³/h 的工况，观察中控系统数据采集界面的压力、温度、流量数值是否与现场仪表显示值一致，数据传输延迟是否控制在 1 秒以内，若出现温度数据延迟 2 秒的问题，需排查现场仪表与中控系统之间的通讯线缆接头是否松动，经检查发现温度传感器通讯线缆的 RJ45 接头存在氧化，重新压接接头后再次测试，数据传输延迟降至 0.5 秒，满足协同要求。

2.3 完善过程协同监控，实现全链条可追溯与风险防控

海上石油平台仪表安装调试的系统监管需以全链条覆盖为目标，构建纵向分层、横向协同的监管框架，明确各层级、各专业的职责边界与协同机制，确保监管行为贯穿设计、采购、安装、调试全生命周期。

2.3.1 纵向分层

在纵向分层方面，可建立三级监管体系：项目级监管由项目经理统筹负责，主要制定总体监管计划与资源调配方案；专业级监管由仪表、电气、安全等专业工程师实施，聚焦各专业工作中关键技术、关键环节的合规性进行专业把控；现场级监管由班组长与质检员执行，主要落实日常巡检与工序验收工作。

以海上石油平台原油分离模块的仪表安装项目为例。

项目级由项目经理统筹，制定三阶段监管计划，建立资源调配机制，如主体安装阶段缺焊接工时，48 小时内调配 2 名持“特种设备焊接资格证”人员；每周审核“仪表进场合格率”等指标，某批次压力变送器合格率 90%（要求≥95%）时，立即追溯供应商并更换不合格品。

专业级由三类工程师分工：仪表工程师审核图纸，修正液位开关安装高度偏差（设计 1.8m，图纸 1.6m），复核校准记录，要求在线水质分析仪（电导率偏差±2 μS/cm，标准±1 μS/cm）重校；电气工程师用接地电阻测试仪（精度±1%）检测接地，将 5 Ω（标准≤4 Ω）

区域接地极从 2 根增至 3 根，降至 3.5 Ω；安全工程师核查防护，更换防爆标识模糊的安全帽（标准“ExdIIBT4Ga”）。

现场级由班组长与质检员执行：班组长每日 3 次巡检，调整间距仅 0.3m（标准≥0.5m）的压力变送器；质检员验收接线，要求 300M Ω（标准≥500M Ω）的端子重处理，达标后提交《现场监管日报》。

2.3.2 横向协同

在横向协同方面，可建立跨专业联席会议制度，定期组织仪表、控制、工艺、安全等部门召开协同会议，共享安装进度、调试数据与风险清单，协调解决接口冲突、工序交叉等问题，确保各专业工作无缝对接。

例如，每周 1 次会议由技术负责人主持，仪表、工艺、电气、安全部门参会。会前提交进展，如仪表部完成 8 台变送器固定、工艺部完成分离罐构件安装；会上解决冲突，如液位开关与 DN150 原油进料管冲突，调整安装位置至北侧（避开 500mm 以上），明确电缆桥架分层（动力上层、仪表下层，间距 300mm 抗干扰），形成《协调纪要》。

设应急响应机制，如在线水质分析仪采样口（DN25）与采样管（DN20）不匹配，临时会议确认供应商发货错误，72 小时内补发转接法兰，24 小时完成安装。

建立数据共享机制，会后 24 小时上传资料，如仪表部传《变送器位置表》、工艺部传《分离罐参数表》，调试人员直接调取 1.7m 油水分界面预警值。

2.3.3 编制监管责任清单

需编制协同监管责任清单，明确每个监管环节的责任主体、输入输出要求与验收标准，如规定仪表安装前需由电气工程师确认接地电阻值是否达标、调试阶段需由安全工程师验证防爆等级是否符合要求，通过责任固化避免监管盲区的出现。

例如，安装前：电气工程师 48 小时内检测接地，5.2 Ω 区域整改至 3.8 Ω，出《合格确认单》；采购部凭此与进场报告出《仪表放行单》。

接线中：工艺部提供 0-3m 液位范围，仪表部确认 4-20mA 接线；质检员测绝缘，450M Ω 端子重处理至 600M Ω，出《检测报告》。

调试前：安全工程师更换老化防爆密封圈，检测密封间隙 0.08mm（标准≤0.1mm），出《防爆确认报告》；工艺部通过 DCS 生成模拟数据（压力 0.8-1.0MPa、液位

1.5-1.8m), 出《调试条件确认单》, 凭两单启动调试。

3 结束语

总体来说, 本文提出的海上石油平台仪表安装调试质量控制策略, 并非仅针对单一环节的问题解决, 而是构建了“环境适配—标准化作业—全流程调试—全链条监管”的闭环体系。该体系通过多专业协同与动态监控, 不仅解决了当前安装合规性、调试精准度、管控追溯性等问题, 更形成了可复制的海洋工程仪表质量控制模式。这一模式为后续同类平台仪表运维提供了学术参考, 有助于从整体上提升海上石油平台的安全运行水平与生产可靠性。

参考文献

- [1] 叶镒, 历超, 安洪涛. 海上平台仪表调试技术[J]. 设备管理与维修, 2021, (24): 133-135. DOI: 10.16621/j.cnki.issn1001-0599.2021.12D.72.
- [2] 王慈亮. 浅谈施工管理在海洋工程自动化仪表安装过程的应用[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(20): 105-106.
- [3] 何小涛, 白鹤, 赵丹, 等. 海洋石油平台易熔塞仪表管回路的施工以及安装测试[J]. 中国石油和化工标准与质量, 2021, 41(20): 17-18.

[4] 王晶. 防爆电气设备在海洋石油平台的应用研究[J]. 中国设备工程, 2020, (20): 216-217.

[5] 张强. 浅谈海洋石油平台撬内仪表设计与安装[J]. 石化技术, 2020, 27(02): 314-315.

[6] 周永辉. 海上平台仪表安装调试质量控制分析[J]. 仪器仪表用户, 2016, 23(07): 50-51+85.

作者简介: 高建超(1985.03—) 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 吉林四平, 学历: 本科, 职称: 无, 研究方向: 海洋石油平台设备安装与维修, 平台舾装通风安装工艺, 单位: 天津智能制造分公司。

尹龙(出生 1983.09—), 性别: 男, 民族: 汉, 籍贯: 河北省, 学历: 大专, 职称: 助理工程师, 研究方向: 仪表自动化控制系统设计与优化, 采油平台电仪安装技术设计及优化。单位: 天津智能制造分公司。

孙佳迎(1985.02.19—) 籍贯: 河北唐山, 学历: 本科, 职称: 无, 研究方向: 海洋石油平台设备安装与调试, 通风安装, 单位: 天津智能制造分公司。

于勇(1984.12—) 性别: 男, 民族: 汉族, 籍贯: 吉林省桦甸市, 学历: 本科, 职称: 助理工程师, 研究方向: 电气工程及其自动化, 单位: 海洋石油工程股份有限公司。