

核化工设备全流程质量管控：从采购到安装调试

肖尤兰^{1,2,3}, 王猛^{1,2}

1. 中核北方核燃料有限公司, 内蒙古 包头 014035

2. 内蒙古自治区核燃料元件重点实验室, 内蒙古 包头 014035

3. 对外经济贸易大学, 北京 100029

DOI: 10.61369/SSSD.2026040033

摘 要 : 核化工设备是核化工项目工程开展的核心载体, 直接关乎核设施安全运行、环境安全及人员健康, 其质量管控具有全流程、高标准、严要求的特性, 覆盖从采购到安装调试交付的全链条。本文从设备采购、制造监造、运输储存、安装准备、安装实施、调试验证等环节出发, 探讨核化工设备全流程质量管控的策略, 旨在优化管理理念、管理技术和管理体系, 确保设备采购与安装符合设计的使用需求, 为提高设备采购与安装质量管理水平, 最大程度保证安全生产提供参考。

关 键 词 : 核化工设备; 采购; 安装调试; 质量管理; 控制

Full-Process Quality Control of Nuclear Chemical Equipment: From Procurement to Installation and Commissioning

Xiao Youlan^{1,2,3}, Wang Meng^{1,2}

1. CNNC North Nuclear Fuel Co., Ltd., Baotou, Inner Mongolia 014035

2. Key Laboratory of Nuclear Fuel Components Enterprises in Inner Mongolia Autonomous Region, Baotou, Inner Mongolia 014035

3. University of International Business and Economics, Beijing 100029

Abstract : Nuclear chemical equipment serves as the core carrier for the execution of nuclear chemical projects, directly impacting the safe operation of nuclear facilities, environmental safety, and personnel health. Its quality control is characterized by full-process coverage, high standards, and strict requirements, spanning the entire lifecycle from procurement to installation, commissioning, and handover. This paper explores strategies for full-process quality control of nuclear chemical equipment, focusing on key stages including procurement, manufacturing supervision, transportation and storage, installation preparation, installation execution, and commissioning verification. The aim is to optimize management concepts, technologies, and systems, ensuring that equipment procurement and installation meet design specifications and operational requirements. This research provides a reference for enhancing the quality management level of equipment procurement and installation, thereby maximizing the assurance of safe production.

Keywords : nuclear chemical equipment; procurement; installation and commissioning; quality management; control

引言

当前, 核能在世界范围内得到迅猛发展, 被我国广泛应用于工业、能源、医疗、国防等领域。核化工是核工业的重要组成部分, 核化工工艺过程复杂, 工况条件特殊, 转化过程需要大量复杂的化工设备, 对设备的防腐蚀性、防辐射性、核临界要求高。核能利用中, 铀化合物的转化是关键环节, 该环节涉及多种原料和产物, 工艺流程繁多, 且需要诸多复杂的系统、设备的支持, 包含大量设备、管线和仪表。设备采购与安装调试管理是核能工程质量管控的重要内容, 具有复杂性和系统性强的特点^[1]。与常规化工设备相比, 核化工项目对化工设备的防护核辐射、核临界均比、安全保障的要求更高, 非标系统和设备类型多。为保证核化工设备的安全有效使用, 必须重视设备从采购到安装调试的全流程质量管控工作。

一、采购环节质量管控：源头把控，筑牢质量基础

采购是核化工设备质量管控的源头, 核心目标是筛选具备资

质能力的供应商, 保障设备符合设计与安全要求。需从需求明确、供应商准入、采购合同管控三方面推进。

（一）明确采购需求，制定详细技术规范

1. 需求调研与梳理。结合核化工工艺、核安全法规及标准，明确设备功能、性能、材质、压力温度等级、防腐蚀及放射性防护等核心参数，兼顾设备与现有系统的兼容性和适配性。

2. 制定技术规格书。基于调研结果编制规范的技术规格书，明确设计、制造、检验、验收标准及质量保证文件清单，细化关键参数的公差、检测方法与判定标准，同步明确包装、运输、安装调试的技术要求^[2]。

（二）严格供应商准入，筛选优质合作对象

1. 建立准入评估体系。制定供应商准入管理办法，明确营业执照、生产许可证、核安全设备设计/制造许可证（核级设备）等资质要求，同步评估技术研发、生产制造、质量控制、售后服务能力及同类设备供货业绩。

2. 实地考察与审核。组织专业小组对候选供应商开展实地考察，重点核查生产检测设备、质量管理体系运行、关键工序控制、不合格品处理及人员资质培训情况，确保其具备满足质量要求的能力。

3. 动态管理机制。将合格供应商纳入名录分级管理，定期开展供货质量、交货期、售后服务绩效评价，对优良供应商优先合作，对不合格供应商及时整改或剔除。

（三）强化采购合同管控，压实质量责任

1. 明确质量条款。在采购合同中细化质量要求、技术标准、检验验收流程、质保期及违约责任，将技术规格书作为附件，明确供应商需提供的原材料证明、焊接工艺评定、无损检测等质量文件^[3]。

2. 约定监造条款。针对核级及关键设备，明确买方监造权利、范围、方式及时间，要求供应商配合提供生产检验记录，约定质量问题整改机制。

3. 规范付款与验收。将质量与付款进度挂钩，设定预付款、进度款、验收款及质保金节点，明确出厂验收、到货验收标准及不合格处理措施。

二、制造监造环节质量管控：过程监督，保障制造质量

制造环节是质量形成的核心，监造是保障生产合规的关键手段，需从监造策划、关键工序管控、原材料与零部件检验三方面实施管控。

（一）制定监造方案，明确监造重点

1. 组建专业监造团队。选拔具备核化工设备专业知识、制造与监造经验的人员组建团队，必要时聘请第三方机构，开展岗前培训确保人员熟悉技术要求与核安全法规。

2. 编制监造方案。依据技术规格书与合同要求，明确监造范围、内容、方法及验收标准，确定原材料检验、焊接、热处理等关键监造点并实施旁站监督，规范监造记录与报告流程^[4]。

（二）强化关键工序管控，确保制造过程合规

1. 焊接工序管控。审核焊接工艺评定与焊工资质，旁站监督

焊接材料使用及参数控制，检查焊缝外观质量，监督无损检测过程并核查报告真实性。

2. 热处理工序管控。审核热处理工艺与设备校准证书，旁站监督温度、保温时间等参数，核查热处理报告，必要时抽样检测硬度、金相组织验证效果。

3. 无损检测管控。审核检测人员资质与设备校准情况，监督检测过程与参数控制，审核检测结果，督促缺陷整改及复检直至合格。

4. 压力试验管控。审核试验方案与设备校准证书，旁站监督试验压力、保压时间等参数，观察设备有无泄漏变形，核查试验报告确保合格。

（三）严格原材料与零部件检验，从源头控制制造质量

1. 原材料检验。核对原材料规格、材质与合同一致性，核查质量证明文件，抽样开展化学成分分析、力学性能测试，不合格原材料严禁使用。

2. 零部件检验。审核关键零部件供应商资质与质量文件，检验外观质量与尺寸精度，必要时开展无损检测或性能测试，确保标识清晰可追溯^[5]。

三、运输与储存环节质量管控：全程防护，避免质量受损

核化工设备多具有体积大、重量重、结构精密等特性，部分含腐蚀或放射性，运输储存不当易导致质量受损，需从方案策划、过程防护、环境管控三方面管控。

（一）制定专项运输方案，保障运输过程可控

1. 编制运输方案。结合设备特性与运输方式，明确车辆/船舶选型、装载固定措施、路线优化、安全防护及应急预案，核级设备需提前办理运输许可。

2. 方案审核验证。组织专业人员审核方案可行性与安全性，必要时模拟验证装载固定措施，规避运输移位碰撞风险。

（二）强化运输过程防护，减少质量风险

1. 包装防护。针对精密部件、易损部位采用缓冲材料包裹，易锈蚀表面做防锈处理，特殊属性设备采用专用防护包装，清晰标注设备信息与运输注意事项。

2. 装载与固定。按方案平稳装载设备，确保重心居中，采用专用固定件牢固固定，避免损伤设备表面。

3. 运输过程监控。通过GPS定位实时跟踪运输状态，定期沟通运输情况，合理安排休息规避疲劳驾驶，及时处置突发问题。

（三）规范储存环境管控，保障设备储存质量

1. 储存场地准备。选择平整干燥、通风良好的储存场地，规避阳光直射与粉尘污染；对有温湿度要求的设备配备调控设施，特殊属性设备设置专用区域与警示标识，配备消防与安全防护设备。

2. 入库检验与摆放。设备到货后组织专业人员核对信息、检查包装与外观质量、核查质量文件，合格后办理入库；设备摆放有序避免挤压碰撞，大型设备规范支撑，精密部件专用货架存放

并做好防护^[6]。

3. 储存维护管理。建立储存台账记录设备信息，定期检查设备状态与储存环境，及时处置问题；加强场地安全管理，严禁无关人员进入。

四、安装准备环节质量管控：周密部署，奠定安装基础

安装准备是保障安装顺利推进与质量的前提，需从方案策划、人员准备、场地与设备准备三方面开展工作^[7]。

（一）编制安装方案，明确安装要求

1. 编制安装方案。结合设备技术文件与现场实际，明确安装范围、步骤、技术要求、质量标准、安全措施及人员分工，复杂设备需开展工艺评审。

2. 方案审核审批。组织专业人员审核方案工艺合理性、质量控制与安全防护有效性，审批合格后实施。

（二）做好安装人员准备，提升专业能力

1. 人员选拔配置。选拔具备专业知识、安装经验与相应资质的人员组建团队，合理分工明确职责。

2. 人员培训考核。开展设备原理、安装要求、质量标准、安全规程及应急处置培训，经理论与实操考核合格后方可上岗。

（三）完善安装场地与设备准备，保障安装条件

1. 场地清理平整。清理场地杂物，平整压实地面，划分作业、材料、工具区域并设置标识，实现规范管理。

2. 辅助设施搭建。按方案搭建脚手架、操作平台等辅助设施，确保符合安全技术要求，验收合格后投入使用。

3. 工具与检测设备准备。准备安装工具与检测设备，全面检查校准确保性能良好、精度达标，建立台账记录使用维护情况。

4. 设备出库复检。按进度出库设备，复检外观质量、尺寸精度及零部件完整性，核查质量文件，合格后转运至安装场地规范摆放^[8]。

五、安装实施环节质量管控：精准操作，确保安装质量

安装实施直接影响设备运行性能与安全，需从基础验收、设备就位找正、连接装配、过程检验四方面严控质量。

（一）严格基础验收，保障安装基准合格

设备基础是安装基准，安装前组织专业人员验收基础尺寸、标高、平面度、垂直度及混凝土强度，对照标准检测，合格出具验收报告，不合格督促整改复检直至合格^[9]。

（二）规范设备就位与找正，控制安装精度

1. 设备就位。按方案用专用吊装设备平稳吊装设备至基础，避免碰撞损伤，初步调整位置符合安装要求。

2. 设备找正。采用水准仪、经纬仪等设备精准检测调整设备水平度、垂直度、中心线位置及标高，使用规范垫铁保障稳定，反复调试直至精度达标，固定垫铁防止移位。

（三）严控连接与装配质量，保障设备性能

1. 螺栓连接管控。检查螺栓、螺母等配件符合性，按设计力矩与顺序紧固，采用专用工具操作，重要部位复核力矩并记录。

2. 焊接连接管控。现场焊接严格执行工艺文件，清理坡口杂质，控制焊接参数，检查焊缝外观，按要求开展无损检测，缺陷返修后复检合格方可推进。

3. 密封装配管控。检查密封件符合性，按工艺要求装配确保到位、压紧力均匀，完成后开展密封性试验排查泄漏。

（四）加强安装过程检验，及时发现并整改问题

建立工序检验制度，采用自检、互检、专检结合方式全面核查施工质量与安装精度，及时整改发现的问题并复检，做好检验记录形成完整质量档案，保障可追溯性。

六、调试验证环节质量管控：全面检验，确保设备合格交付

调试验证是检验设备性能与质量的关键环节，核心目标是验证设备符合设计与使用要求，保障安全稳定运行，需从方案编制、单机调试、系统调试、验收交付四方面推进。

（一）编制调试方案，明确调试要求

结合设备技术文件与生产工艺编制调试方案，明确调试范围、步骤、技术要求、质量标准及人员分工，复杂调试需组织专家评审论证，审批合格后实施。

（二）开展单机调试，验证单台设备性能

单机调试是基础环节，调试前全面检查设备各系统连接与参数设置，按方案逐步启动设备，检测启动性能、运行稳定性及工艺参数，及时整改问题，合格后出具单机调试报告。

（三）进行系统调试，验证整体运行效果

系统调试基于单机合格基础开展，检查系统设备连接协调性，按工艺要求启动全系统，检测运行稳定性、参数控制精度及安全保护装置可靠性，整改问题后复检，合格出具系统调试报告^[10]。

（四）组织验收交付，完善质量档案

1. 验收准备。整理完善采购合同、技术规格书、质量证明、监造报告、安装调试记录等文件，准备检测设备与工具，组建验收小组制定计划。

2. 验收实施。组织建设、设计、监理、施工、供应商等多方组成验收小组，按标准全面验收设备外观、安装精度、运行性能及质量文件，抽样检测验证，明确问题整改要求并跟踪复检。

3. 验收交付。验收合格后各方签署验收报告，完成交付；整理归档全部质量文件，建立设备质量档案，为后续维护管理提供依据。

七、结语

综上所述，核化工设备全流程质量管控是系统工程，覆盖采购至调试验收全链条，各环节均存在关键质量影响因素。需树立

“全过程、全要素、全员参与”的管控理念，严格落实各环节措施，强化多方协同配合，才能保障设备质量符合设计与核安全标准，为核工业安全稳定运行筑牢基础。未来，随着核工业技术升级，需持续创新管控技术，提升全流程质量管控水平。

参考文献

[1] 乔晨阳. 研究性核工程建设中设备采购技术管理重要性论述 [J]. 中国设备工程, 2020, (07): 59-61.

[2] 冯峰, 宋林红, 于翔麟. 建立核安全质量保证体系的过程和要点 [J]. 质量与认证, 2022, (04): 69-71.

[3] 李艳庆. 化工设备管理中现代管理技术的应用策略 [J]. 中国设备工程, 2024, (23): 84-86.

[4] 李清军, 王莉丽, 孙春红. 化工工艺设备管理中化工设备安全性保障的措施 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2024, 44 (05): 29-31.

[5] 赵文凯, 王亚培. 化工设备安装与施工的协调配合管理 [J]. 化工管理, 2023, (23): 114-116.

[6] 郭冬梅. 化工设备安装中的焊接质量控制研究 [J]. 中国石油和化工标准与质量, 2022, 42 (23): 24-26.

[7] 欧阳再龙, 董文杰. 核化工工艺阀门的选型 [J]. 当代化工研究, 2022, (14): 139-141.

[8] 童希林. 化工设备安装中的质量控制要点及管理措施 [J]. 化工管理, 2022, (01): 100-102.

[9] 唐向阳, 柏强, 马飞. 核化工设备采购与安装调试过程中的质量控制 [J]. 化工管理, 2021, (12): 122-123.

[10] 樊益鹏. 核能工程设备采购监督管理与探析 [J]. 中国设备工程, 2020, (24): 21-22.