

# 烟气脱硫系统 EPC 总承包工程中的关键风险管理与控制措施

戴英劼

浙江浙能科技环保集团股份有限公司 浙江 杭州 311121

**摘要：**本文以浙江能源集团（以下简称“浙能集团”）旗下电厂的脱硫EPC项目为研究背景，深入剖析识别EPC模式下各阶段的关键风险点，并结合浙能集团在实际项目中遭遇的典型问题（如吸收塔内衬腐蚀、浆液循环泵磨损、GGH堵塞等）进行案例分析。在此基础上，本文提出一套涵盖设计源头控制、设备材料严选、施工过程精细化管理、调试运行协同及全过程风险预警机制的综合风险控制措施，旨在为国内同类EPC工程提供可借鉴的理论框架与实践经验，提升脱硫系统的可靠性、经济性与环保效能。

**关键词：**烟气脱硫；EPC总承包；风险管理；浙能集团

## 引言

“绿水青山就是金山银山”理念下，国家不断提升火电行业环保要求，《火电厂大气污染物排放标准》对二氧化硫排放浓度限值要求严苛（通常低于 $35\text{mg}/\text{Nm}^3$ ）。烟气脱硫系统是燃煤电厂环保岛核心，其建设质量与运行稳定性关乎电厂合法合规运行。EPC总承包模式整合设计、采购、施工等环节，由单一主体负责最终成果，理论上能整合资源、缩短工期、控制成本。但脱硫系统工艺复杂、介质腐蚀性强、设备材料要求高、接口多，EPC项目实践面临诸多挑战。若风险管理失效，易引发严重质量问题，导致系统停运、设备报废甚至重大事故和环保事件，造成经济损失与声誉损害。浙江能源集团旗下大型燃煤电厂超低排放改造中，脱硫系统项目多采用EPC模式，有成功经验，也暴露出不少因风险管理不到位的质量问题。

## 1 EPC总承包模式在脱硫工程中的风险特征

EPC模式将传统模式下分散的风险集中于总承包商一身，其风险特征尤为突出：（1）风险高度集成：设计缺陷、设备选型失误、施工质量不良、调试不当等问题会相互传导、放大，最终集中体现在系统性能不达标上。（2）责任边界模糊：虽然合同约定总承包商负总责，但在与业主、监理、分包商的多方协作中，责任划分不清易导致推诿扯皮，延误问题解决。（3）信息不对称：总承包商对业主电厂原有系统的了解可能存在盲区，而业主对EPC技术细节的理解也可能不足，沟通不畅是风险滋生的温床<sup>[1]</sup>。（4）成本与质量的博弈：在激烈的市场竞争下，部分EPC承包商为中标可能过度压缩成本，在设备材料选型、施工工艺等方面“偷工减料”，埋下质量隐患。

## 2 脱硫EPC项目关键风险识别与浙能案例分析

### 2.1 设计阶段风险：源头性缺陷

设计是工程的龙头，设计阶段的风险具有源头性和全局性。主要风险点包括：一是系统裕量不足：未充分考虑煤质变化、负荷波动等因素，导致系统在高负荷或高硫煤工况下无法达标。二是关键设备选型不当：对腐蚀、磨损等工况考虑不周，选用了不合适的材料或结构。三是接口设计疏漏：与电厂原有系统（如锅炉、电气、热控）的接口设计不匹配，导致施工困难或运行冲突。

### 2.2 采购阶段风险：设备材料“先天不足”

脱硫系统长期运行在强酸、强碱、高固含量、高磨损的恶劣环境中，对设备材料的可靠性要求极高。采购阶段的风险主要在于：一是供应商管理失控：对关键设备（如浆液循环泵、搅拌器、阀门）供应商的资质、业绩、质保体系审查不严。二是材料以次充好：供应商为追求利润，使用不符合技术协议要求的材料（如合金成分不达标、橡胶衬里厚度不足）。三是监造与检验流于形式：驻厂监造人员专业能力不足或责任心不强，未能及时发现制造过程中的质量问题。

### 2.3 施工阶段风险：过程质量失控

施工是将设计蓝图变为实体的关键环节，也是质量问题最易暴露的阶段。主要风险包括：一是焊接与衬里施工质量差：吸收塔、烟道等设备的焊接存在未焊透、夹渣等缺陷；橡胶或玻璃鳞片衬里施工环境（温湿度）不达标、表面处理不彻底、施工工艺不规范，导致粘接强度不足<sup>[2]</sup>。二是安装精度不足：如除雾器安装不水平，导致烟气流场不均，除雾效率低下，引发“石膏雨”。三是隐蔽工程验收缺失：对管道内部清洁度、设备内部支

撑结构等隐蔽工程验收把关不严。

#### 2.4 调试与移交阶段风险：性能不达标

调试是检验EPC项目成败的最终环节。风险点在于：一是调试方案不完善：未能覆盖所有工况，特别是极端工况下的性能测试。二是性能考核流于形式：为赶工期，业主与总包方在性能考核时“默契”地选择有利工况，掩盖系统真实问题。三是运行维护培训不足：移交后，电厂运行人员对新系统不熟悉，操作不当引发故障。

### 3 脱硫EPC项目全过程风险控制措施

#### 3.1 强化设计源头控制

要从根本上规避风险，必须将管控的关口前移至设计源头。EPC承包商绝不能闭门造车，必须与业主进行深度、坦诚的对接，获取准确、全面且具有前瞻性的设计输入条件。这不仅包括常规的设计参数，更应涵盖电厂近3至5年的详细煤质分析报告（特别是硫分、氯、氟等关键腐蚀性元素的含量）、真实的机组负荷变化曲线以及原有系统的详尽接口资料。对于浙能集团这类拥有丰富运行数据的大型业主，应主动要求其提供历史运行数据作为设计的重要依据，确保设计方案能够经受住未来复杂工况的考验。在此基础上，应大力推行多层次的设计审查机制，并引入危险与可操作性分析（HAZOP）等系统性风险识别工具，组织内外部专家对吸收塔、浆液循环系统等关键单元进行反复推敲，从原理上堵住设计漏洞。尤为重要的是，在关键、高风险部位的选材和技术路线上，应秉持“成熟可靠优先”的原则，优先选用那些经过长期、大规模工程实践验证的方案，避免为了标新立异或降低成本而贸然采用未经充分验证的新技术、新材料，从而确保系统从诞生之初就具备坚实的质量基础。

#### 3.2 构建严谨的供应链与质量保证体系

设备材料的质量是系统可靠运行的物质保障，因此必须构建一个严谨、闭环的供应链与质量保证体系。作为业主，浙能集团等大型能源企业可以发挥引领作用，建立并动态更新关键设备材料的合格供应商短名单，明确要求EPC承包商必须从中进行采购，从源头上提升设备的准入门槛。对于名单外的供应商，必须设置极为严格的资质、业绩和质保体系审查流程。在具体的采购执行层面，必须强化驻厂监造的深度和有效性<sup>[3]</sup>。对浆液循环泵、搅拌器、大口径阀门等核心设备，应实施全过程、关键节点的监造，明确设置见证点（WITNESSPOINT）和停工待检点（HOLDPOINT），特别是对材料入厂复验、关键部件的机加工、以及最终的出厂性能试验等环节，必须由具备专业能力的监造人员现场确认，杜绝任何形式的“走过场”。同时，应推行设备材料的“身份证”

制度，对关键材料实行严格的批次管理和可追溯性管理，确保每一块合金板、每一卷橡胶衬里都能追根溯源。设备材料到货后，必须进行独立、严格的复验，用数据说话，坚决将不合格品拒之门外。

#### 3.3 实施精细化施工过程管理

施工过程是风险管控的主战场，必须摒弃粗放式管理，转向精细化、标准化作业。对于焊接、衬里、大型设备吊装等高风险作业，必须事先编制详细、可操作的专项施工方案，并组织专家进行论证和审批，确保方案的科学性和安全性。以玻璃鳞片衬里施工为例，必须将其视为一项精密的“化学作业”，严格监控施工环境的温度和湿度，并对基体喷砂除锈后的粗糙度进行量化验收，确保达到Sa2.5级标准，为衬里的牢固粘接创造最佳条件。在管理手段上，应积极拥抱数字化技术，推广使用BIM（建筑信息模型）进行施工前的三维模拟，提前发现并解决管道碰撞、设备安装空间不足等难题，实现“先虚拟、后实体”。同时，利用移动APP等信息化工具进行现场质量巡检，实现质量问题的即时发现、即时整改和闭环管理，确保每一个问题都有迹可循、有据可查。对于隐蔽工程，必须严格执行“上道工序未经检验或检验不合格，不得进入下道工序”的铁律，对吸收塔内部支撑梁的焊接、管道内部的清洁度等关键隐蔽点，必须留存完整的影像资料，并由业主、监理、总包三方共同现场确认签字，为未来的系统安全运行留下坚实的证据链。

#### 3.4 完善调试、考核与知识转移

调试与移交阶段的风险控制，核心在于真实、全面地验证系统性能，并确保业主能够顺利接棒。为此，必须制定一份全面、严谨的调试与性能考核大纲，大纲中应清晰界定考核的边界条件、采用的测试方法、评判的量化标准，并明确规定必须覆盖机组从50%到100%负荷的多个典型工况点，特别是要包含燃用设计煤种和校核煤种的严苛工况，确保系统在各种情况下都能稳定达标<sup>[4]</sup>。为了保证考核结果的客观公正，避免利益相关方的干扰，业主可以考虑委托独立的、具有权威资质的第三方性能测试机构来执行最终的性能验收测试。此外，知识的有效转移是项目成功闭环的关键一环。EPC承包商在移交前，必须为业主的运行和维护团队提供系统化、多层次的培训，培训内容应涵盖理论原理、仿真操作演练和现场实操指导，并辅以一整套完整、清晰、图文并茂的运行维护手册，确保电厂人员能够真正掌握新系统的“脾气秉性”，做到“交钥匙”也“交能力”。

#### 3.5 建立全过程风险预警与沟通机制

有效的风险管理离不开一个动态、敏捷的预警与沟

通机制。项目部应设立专职的风险管理岗位，由专人负责在项目全过程中动态识别、评估、预警和跟踪各类风险，变被动应对为主动预防。应建立定期的风险管理专题会议制度，例如每月召开一次由业主、监理、总包方核心管理人员共同参与的会议，通报当前的风险状态，协调解决跨部门、跨专业的重大难题，确保风险信息在各方之间高效、透明地流动。同时，应构建一个统一、高效的项目信息管理平台，将设计变更、质量问题、进度延误、安全事件等所有关键信息纳入其中，确保各方能够基于同一套数据进行决策，彻底打破信息孤岛，形成合力共管风险的良好局面。

#### 4 案例分析：嘉兴电厂——超低排放改造的标杆项目

##### 4.1 项目概况

嘉兴电厂8台机组（总装机506万千瓦）全部实现脱硫脱硝，采用石灰石-石膏湿法脱硫工艺，设计脱硫效率 $\geq 95\%$ ，二氧化硫排放浓度 $\leq 35\text{mg}/\text{m}^3$ ，投运率 $\geq 99.5\%$ 。

##### 4.2 关键风险控制措施：

###### 4.2.1 技术风险管控

采用国际成熟的石灰石-石膏湿法脱硫技术，结合国产化设备选型优化（如高效喷淋层、除雾器），降低设备故障率。实施“三同时”建设（设计、施工、投运同步），确保脱硫系统与主体工程无缝衔接。通过技术迭代（如低低温电除尘+湿法脱硫+湿式电除尘协同工艺），实现多污染物协同脱除（烟尘 $\leq 5\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $\text{SO}_2 \leq 35\text{mg}/\text{m}^3$ 、 $\text{NO}_x \leq 50\text{mg}/\text{m}^3$ ）。

###### 4.2.2 施工安全管理

严格划分施工区域，实施“红黄通行证”制度，高风险作业（如吸收塔防腐、动火）需三级监护（业主、总包、施工方联合检查）。采用“高风险作业控制单”制度，结合NOSA风险评估体系，对动火、防腐等作业进行全流程风险预控。

###### 4.2.3 环保合规管理

严格遵守《火电厂大气污染物排放标准》（GB13223-2011），通过在线监测系统实时监控排放数据，确保达标排放。实施固废综合利用（如脱硫石膏用于建材原料），实现“零排放”目标。

##### 4.3 成效

项目投运后，年减排二氧化硫超5万吨，投运率达99.5%以上，获国家优质工程银质奖。

#### 5 结语

烟气脱硫系统EPC总承包工程是一项复杂的系统工程，其成功与否直接关系到电厂的环保合规与经济效益。本文系统地识别了设计、采购、施工、调试等各阶段的关键风险点。这些风险并非孤立存在，而是环环相扣，任何一个环节的疏忽都可能导致整个项目的失败。因此，有效的风险管理必须是全过程、全方位、全员参与的。EPC总承包商必须摒弃“重进度、轻质量”、“重价格、轻价值”的短视思维，将风险管理前置到设计源头，贯穿于采购、施工的每一个细节，并在调试移交阶段画上圆满句号。同时，作为业主方的浙能集团等大型能源企业，也应通过建立合格供应商名录、强化合同约定、引入第三方监督等方式，积极引导和规范EPC市场，与承包商形成风险共担、合作共赢的良性关系。

#### 参考文献

- [1]曾庭华,等.湿法烟气脱硫技术及应用[M].北京:中国电力出版社,2017.
- [2]王志轩.燃煤电厂超低排放技术路线与经济性分析[J].中国电力,2016,49(01):1-7.
- [3]浙江浙能电力股份有限公司.年度社会责任报告[R].杭州:浙能集团,2020-2024.
- [4]李强,等.EPC总承包模式下火电厂脱硫工程质量控制要点[J].电力建设,2019,40(05):112-117.