

# Study on anticorrosion structure design and durability of desulfurization workshop building in coal power plant

Jiayang Wang Hui Zhou

Zhejiang Zheneng Technology Environmental Protection Group Co., Ltd., Hangzhou, Zhejiang, 311121, China

## Abstract

As a crucial component of energy infrastructure, thermal power plant expansion projects are characterized by large investment scales, extended construction periods, and complex system configurations. Under the current “dual carbon” goals, these expansion projects not only face technical and safety challenges in traditional construction processes but also encounter additional pressures from green construction practices, intelligent building technologies, and policy regulations. This study develops a systematic construction risk identification framework based on risk management theory, tailored to the engineering characteristics and construction environment of thermal power plant expansions. The framework conducts risk identification and classification analysis across five dimensions: engineering technology, management organization, safety and environmental factors, legal policies, and economic costs. The research aims to provide theoretical references and practical support for construction management of similar large-scale energy projects, thereby enhancing both safety and efficiency in project development.

## Keywords

thermal power plant; expansion project; construction risk; risk identification

# 火电厂建筑扩建工程中的施工风险识别分析

王建阳 周辉

浙江浙能科技环保集团股份有限公司, 中国·浙江 杭州 311121

## 摘要

火电厂建筑扩建工程作为能源基础设施的重要组成部分, 具有投资规模大、建设周期长、系统复杂性高的特点。在当前“双碳”目标驱动下, 火电厂扩建项目不仅面临传统施工过程中的技术与安全挑战, 还叠加了绿色施工、智能建造与政策约束等多重压力。本文基于风险管理理论, 结合火电厂扩建工程的工程特性与建设环境, 构建了系统化的施工风险识别框架, 从工程技术、管理组织、安全环境、法律政策与经济成本五个维度展开风险识别与分类分析。研究旨在为类似大型能源项目的施工管理提供理论参考与实践支持, 提升项目建设的安全性与效率。

## 关键词

火电厂; 扩建工程; 施工风险; 风险识别

## 1 引言

随着我国能源结构的调整与高效清洁能源发展战略的推进, 部分火电厂通过技术改造或容量扩建等方式提升发电效率与环保水平。火电厂扩建工程普遍涉及大型设备基础、生产厂房、输煤系统与辅助设施等多个建筑专业, 具有高强度的交叉施工与空间干扰特性, 加之电厂本体运行状态下开展施工, 施工组织难度显著提升。建设过程中稍有疏忽即可能引发安全事故、工程延期或成本超支。因此, 系统识别施工风险、构建有效的风险管理机制, 成为保障火电厂扩建项目顺利实施的核心任务之一。

## 2 火电厂扩建工程施工的特征分析

### 2.1 扩建项目的工程特性

火电厂扩建工程是电力系统基础设施迭代升级的关键环节, 通常涉及主机扩容、辅机配套、新能源系统集成、环保设施提升等内容, 具有高技术集成度与高组织复杂性。与新建工程不同, 扩建工程需在原有厂区空间及运行条件下实施, 面临着生产连续性与施工安全性并存的双重压力, 工程特性表现为显著的系统耦合性、资源调度刚性与时空冲突频发性<sup>[1]</sup>。第一, 工序交叉密集是扩建工程的一项显著特征。在既有厂区内实施新增厂房、管道架空敷设或地下隧道施工时, 土建、电气、暖通、消防、安装等多个专业往往需在狭窄区域同步作业, 易引发作业面重叠、设备干涉、材料堆放混乱等问题。尤其在高峰期施工中, 资源调度若未精细化安排, 极易产生串岗串作与组织失序的风险, 造成施工效率下

【作者简介】王建阳(1981-), 男, 中国江西南城人, 本科, 工程师, 从事建筑工程研究。

降与安全隐患叠加。

第二，空间场地受限问题尤为突出。火电厂原厂区的空间布局往往已根据运行逻辑充分占用，各类通道、设备基础、管廊及危化品储存区均有明确界限，导致扩建时临建设施布置困难，运输通道狭窄，吊装场地受限。例如，冷却塔扩建需占用原有运输通道，锅炉房旁新增灰渣系统可能穿越原高压管廊，均需提前进行布点仿真与施工路线优化。场地受限不仅增加了施工组织复杂度，也放大了物料运输、吊装作业与人员调度的安全风险。

第三，施工时序复杂性是扩建工程中广泛存在的问题。火电厂运行计划通常具有高度刚性，扩建项目需与厂内既有设备检修窗口期（如A级检修、C级检修）进行协调，确保关键系统改造与主机停机同步进行。在此基础上，部分专项工程（如脱硫脱硝系统升级）需提前完成并投入运行，以满足环保达标要求。这种多阶段、嵌套式施工时序需高度依赖于建设单位、运行单位与施工单位的跨部门协调能力，一旦关键路径环节延误，将引发“串联式工期失控”的风险链反应<sup>[2]</sup>。

## 2.2 施工风险的分布特征

在扩建工程的多专业、多阶段协同推进过程中，施工风险不仅呈现出高度分布性，还表现出显著的阶段性与耦合性。通过对多个在建或已建成的火电扩建项目调研可知，施工风险主要集中在以下四个关键节点和区域。第一，基坑与深基础施工阶段风险突出。部分扩建项目需新增主控楼、循环水泵房或灰渣处理设施，其基础形式多为深基坑或桩基扩展基础。此类基础施工过程中，易发生边坡失稳、地下水突涌、基础沉降与管网扰动等问题。同时地下基础施工还需规避原有电缆沟、雨污排管等隐蔽工程，资料不全或探测不清极易误伤原有管网，造成电力中断或污水泄漏等次生事故。第二，结构吊装阶段存在高强度作业风险。扩建工程中常需安装钢结构框架、主厂房钢屋架、大型设备支座与预制管廊等，施工高度普遍超过15米，吊装作业需穿越既有厂区高压电缆或热力管道，空间受限、起重路径复杂。若吊装方案编制不细、吊具选型不当或指挥失误，极易发生吊物失控、偏斜碰撞或高处坠落等事故。第三，设备安装与电缆接驳阶段电气安全风险增大。在扩建工程的后期，需将新增系统与原系统进行电气、热工仪控、动力及信号接入作业。此阶段往往需进行带电接线、通电测试与信号调试。由于原有配电柜、DCS系统或就地控制柜往往结构老化、编号不全，若施工人员识图不清或误操作，极可能引发短路、放电或系统失灵等问题。电气接入的高精度与高敏感性要求施工人员具备高度规范化操作水平，且需配合试验验证流程。第四，与运行设备交叉干扰区域存在系统耦合风险。如扩建锅炉引风系统、增加脱硫塔或氨站时，新增设施与原有设备需共用部

分通道、平台或动力来源，施工活动可能对原系统造成扰动。

## 3 施工风险识别模型构建

### 3.1 识别体系构建的理论基础与逻辑结构

火电厂建筑扩建工程具有系统复杂、专业交叉、运行干扰强等特征，其施工风险表现出多元性、耦合性和阶段性等明显规律<sup>[3]</sup>。为实现风险管理的前置控制，必须建立起符合扩建工程实际的风险识别体系。该体系的构建需基于系统工程、项目管理与建筑施工管理的理论交叉，既强调全局统筹，又突出关键路径控制。本研究在理论支撑上，借鉴项目风险管理中“识别—分析—应对—监控”全过程框架，结合建筑施工领域风险传播与阶段特征理论，从“工程生命周期—专业系统结构—管理组织流程”三个维度出发，构建“源—因—果”逻辑链模型，明确风险从诱发机制到结果表现的传导路径。在结构逻辑上，识别体系以施工阶段为纵轴、系统单元为横轴，设置准备阶段、实施阶段与调试阶段三个时间层级，结合土建、电气、安装、热控、环保等五类专业系统，构建出“阶段—系统—风险单元”嵌套式识别框架。

### 3.2 风险识别维度划分与方法路径设计

在识别逻辑与模型结构明确的基础上，进一步对施工风险的类型进行系统归类，是实现精细化识别与科学化管理的关键。本研究基于扩建工程施工的具体特性，提出以技术、管理、安全、环境、法规五个主维度为识别分类基础如表1所示。涵盖施工图纸冲突、设计信息错漏、施工组织协调失效、资源供给错配、带电作业风险、高空坠落隐患、夜间噪声扰民、环保审批滞后、政策变更引发调整等典型风险类型。在维度设置上，各类风险既相对独立，又在工程实践中具有关联耦合特征，尤其是在关键路径交叉区域或运行设备临近区域，易形成“多维叠加—连锁传导”的复合性风险结构。为提升识别结果的系统性与精度，本文采用“四位一体”的识别方法路径，一是开展结构化专家访谈，汇聚设计、施工、运维等多方主体意见，构建高频风险库；二是开展施工现场实地踏勘与图纸复核，识别图模不符、布设冲突、作业干涉等空间性风险；三是梳理历史火电扩建项目中的典型事故案例，归纳诱发机制与传导路径，形成案例型风险模板；四是结合项目施工计划，构建分阶段、分区域、分专业的“三分清单”，对不同时间与空间维度内的风险点进行粒度化识别与信息挂接。此外，对于处于运行干扰高发区的敏感作业面，如靠近主厂房母线、燃气管廊、主变压器区域，设立“高风险作业区专项清单”，由专责人员在识别、评估与动态更新中进行专门管理。通过上述维度划分与识别路径设计，不仅实现了施工风险的全域捕捉，也提升了识别结果的可溯源性与可响应性，为后续施工组织方案优化与安全技术措施制定提供了结构支撑与决策基础。

表1 火电厂扩建施工风险识别维度及示例分类

风险维度	子类划分	风险事件示例
技术类	设计、工艺、施工方法	图纸错漏、接口冲突、BIM模型不符、施工方案与现场条件不匹配
管理类	组织、计划、资源协调	多工序冲突、劳动力不足、设备调配延误、计划编排失衡
安全类	作业、高处、电气、吊装	起重伤害、高处坠落、触电、机械伤害、临边防护缺失
环境类	噪声、扬尘、水体、排放	夜间扰民、扬尘超标、基坑排水混浊、焊接烟尘积聚
法规类	审批、许可、政策调整	环评手续不全、安评滞后、规范变化致图纸调整、监管执法争议

#### 4 典型施工风险案例分析

在风险识别模型构建的基础上，为进一步验证模型适用性与实践效果，有必要选取典型工程案例进行深入分析，以揭示火电厂建筑扩建过程中施工风险的具体表现形式、触发机制与传导路径，并为后续的风险评估与应对策略设计提供经验支持。本研究选取H省某大型煤电一体化项目的二期扩建工程作为研究对象，该项目为既有厂区基础上新增2×660MW超超临界燃煤发电机组，总建筑面积约8.7万平方米，施工周期为34个月。项目主要包括锅炉房、汽机房、电气楼、脱硫脱硝车间、冷却塔及输煤系统等土建与安装单元，施工组织涉及土建总包、电气分包、设备制造厂商、监理单位及运维单位，具有典型的扩建工程系统耦合特征。由于新建厂房与运行设备并行布置，交叉作业频繁，施工过程中频繁出现施工计划冲突、临建布置干扰、高空作业风险、环保审批滞后与地下障碍物误碰等典型风险事件，对施工进度、安全与质量形成多重冲击。

在风险演化过程中，项目的锅炉房主体结构吊装阶段曾发生一起典型的高风险事件。该事件发生于施工第14个

月，主钢结构吊装至23.8米高程过程中，受限于现场空间布设紧张，起重设备转场受阻，吊装路径调整未能与原厂区管道清单同步更新，最终导致吊臂回转时误碰已投运的高压蒸汽疏水管道，致使疏水阀脱落，引发蒸汽泄漏事故。事故虽未造成人员伤亡，但对厂内运行安全造成影响，项目也因此被监管部门勒令整改，施工中断12天，直接经济损失约187万元。经事后调查，该风险事件的诱发机制主要包括三点。一是技术风险方面，吊装方案未能充分识别起重机作业轨迹与运行设施的空间重叠，且施工图纸中未标明疏水管支架的实际位置；二是管理风险方面，方案审核流于形式，各单位之间信息传递不畅，导致临时变更路径未进行再评审；三是安全管理失效，施工现场缺乏实时监控与作业面警戒机制，未对高压设备临边作业实行分级审批制度。

#### 5 结语

火电厂扩建工程作为集约化、高技术含量的大型建设项目，其施工过程中潜藏大量复杂风险。本文构建了多维风险识别体系，结合实际案例验证模型适用性，提出了阶段化风险控制建议。研究成果可为火电扩建工程的施工管理提供理论依据与操作指南，也为类似基础设施建设项目的风险管理提供参考范式。后续研究仍需在风险量化、动态管控与智能识别方向进一步深化，以实现扩建工程的高效、安全与绿色建造目标。

#### 参考文献

- [1] 马美娜.胶锚螺栓在高层建筑扩建工程中的应用[J].建筑技术,2003,34(06):426-429.
- [2] 袁海贝贝.因斯布鲁克建筑与设计学院的扩建工程[J].建筑细部,2024,22(03):386-391+473.
- [3] 郑妍.水运行业建筑设计探讨——珠海某水运工程项目附属建筑扩建工程[J].珠江水运,2021,(14):115-116.