

糙而导致风险；引入 BIM 技术开展三维设计，借由可视化建模来模拟施工过程，提前察觉设计方案中的技术冲突以及可施工性问题，以此减少设计变更风险；同时，加强设计与采购、施工环节前期协同，组织采购人员与施工技术人员参与设计评审，从采购可行性和施工便利性角度给出优化建议，进而提升设计方案的合理性；设立独立的设计审核部门，对设计方案的技术可行性、成本合理性以及安全合规性展开全面审核，重点审核设计图纸参数准确性、工艺标准清晰度和成本估算精度，针对审核中发现的问题要求设计团队在限期内整改，并跟踪整改效果；此外，推行设计责任终身制，明确设计人员对设计方案的质量责任，从而提升设计人员的风险意识^[6]。

4.2 阻断传导路径：完善采购与施工环节协同管控

在采购环节，需建立从资质、产能、履约记录以及供应链稳定性等诸多维度对供应商展开分级分类管理的供应商准入评估机制，此机制旨在优先挑选核心供应商并与其构建长期合作关系，进而达到降低供应链中断风险之目的。同时推行基于施工进度计划来制定精准采购清单与供货时间表的“采购—施工”协同计划，明确规定供应商需承担的交货时间、质量标准以及违约责任等方面内容，与此同时建立针对采购物资的进场检验机制，对那些不合格物资要坚决进行退回处理，以此避免质量风险传导至施工环节。针对原材料价格所存在的波动风险，可采取与供应商签订长期定价协议或者运用套期保值等金融工具这样的方式来锁定成本。

4.3 提升主体能力：构建全周期风险管控保障体系

EPC 总承包企业应当设立专门负责统筹设计、采购、施工各环节风险管控工作且明确各部门风险责任边界的风险管控部门。建立那种将风险管控责任落实到具体岗位与人员、定期开展风险管控培训以提升全员风险识别和应对能力的“全员参与、全程管控”风险管控机制。另外，加强与业主、监理、分包商等参与主体之间的风险协同管理，建立可及时通报风险情况并协同制定应对措施的风险信息共享平台。通过对合同条款精心设计来明确各参与主体的风险责任，比如在与分包商、供应商所签订的合同中约定风险分担条款，将采购风险、施工风险合理转移给分包商和供应商。合理运用保险工具，针对工程质量、安全、工期等核心风险去投保相应的诸如建筑工程一切险、安装工程一切险等工程保险，借助保险机制转移部分风险损失。此外建立风险准备金制度，于项目预算当中预留一定比例的风险准备金，用于应对突发风险事件，降低风险对项目资金链所产生的冲击。搭建项目

全周期信息管理平台，整合设计、采购、施工环节的信息资源，实现设计图纸、采购清单、施工进度等信息的实时共享与同步更新，防止因信息不对称而导致风险传导。加大数字化技术投入力度，推广 BIM、大数据、人工智能等技术在风险管控当中的应用，通过 BIM 技术模拟风险传导过程，运用大数据分析预测风险发展趋势，从而为风险防控决策提供有力的数据支撑^[7]。

5 结语

EPC 总承包模式因其一体化特征致使工程风险传导呈现出源头性、链式性以及放大性的特点，设计、采购、施工各环节的风险借助流程、资源、信息等载体相互传导，进而形成一个十分复杂的风险网络。设计环节所存在的方案缺陷乃是风险传导的初始源头，采购环节所面临的供应链风险是传导的关键枢纽，施工环节的技术与安全风险则容易引发逆向传导，这三者共同作用形成风险的链式效应、叠加效应以及扩散效应。通过健全组织架构、完善风险分担机制、强化技术支撑提升风险管控能力。未来，随着数字化技术的深入应用，EPC 总承包模式的风险传导机制将更加复杂，需进一步研究数字化背景下风险传导的新特征和新路径，提升风险防控的精准性和有效性。

参考文献

- [1] 王敏.物资供应链财务风险传导机制与对冲策略——以国际工程项目成本优化为目标[J].中国航务周刊,2025,(41):71-73.
- [2] 胡巍.住宅建筑工程深基坑施工监理控制要点[J].居舍, 2025,(17):177-180.
- [3] 邵斌,叶建木,高子惠,董育君.“一带一路”背景下海外铁路工程项目投资风险传导仿真[J].武汉理工大学学报(社会科学版),2024,37(01):11-20.
- [4] 陈伟,杨主张,熊威,熊付刚,杨道合,牛力.装配式建筑工程施工安全风险传导DEMATEL-BN模型[J].中国安全科学学报,2020,30(07):1-6.
- [5] 苏彩玲,鲁荣,刘帆.那洪生副行长走访调研装备制造、境外承包工程企业传导贸易投资便利化政策、指导企业加强风险防控[J].黑龙江金融,2018,(03):1.
- [6] 于润泽,马力.EPC总承包模式下重大工程供应链风险识别——基于扎根理论的探索[J].土木工程与管理学报, 2024, 41(2): 109-114.
- [7] 赖晓英.EPC总承包模式下工程项目投资及风险管控路径[J].经济技术协作信息, 2024(8):0061-0063.

Application of APS technology in solar thermal power generation units

Wei Yang Zhiwen Zhan Jianhong Li

Nanjing NR Electric Co.,Ltd., Nanjing, Jiangsu, 211102, China

Abstract

This paper takes a solar thermal power generation unit as an example, introducing the design and application methods of APS technology in solar thermal power generation units, with a focus on key technical issues related to subsystems such as the steam generation system and turbine system. The APS system significantly reduces manual operations, accelerates unit start-up and shutdown, and improves the unit's automation control level.

Keywords

APS; solar thermal power generation units; steam generation system; turbine system

APS 技术在光热发电机组的应用

杨伟 詹志文 李建鸿

南京南瑞继保电气有限公司, 中国·江苏 南京 211102

摘要

本文以某光热发电机组为实例,介绍了在光热发电机组中设计和应用 APS 技术的方法,并重点探讨了蒸汽发生系统、汽机系统相关子组关键技术问题。APS 系统大幅减少人工操作,加快机组启停,提高机组自动化控制水平。

关键词

APS 技术; 光热发电机组; 蒸汽发生系统; 汽机系统

1 引言

光热发电是通过聚光镜将太阳能转化为热能,再通过热机发电的技术,转化为电能。光热发电的核心优势是配备熔盐储能系统,实现 24 小时稳定供电,解决了新能源波动性,与光伏互补运行,弥补光伏夜间发电空白;提升了电网稳定性,汽轮机提供惯性支撑,增强调峰能力。

由于光热发电需要储热、发电轮换,机组启停频繁,人工操作工作量巨大,而 APS(自动程序启停系统)通过预设逻辑协调设备启停流程,将人工操作转化为自动化控制,显著减少误操作、提升效率。

本文基于某“线性菲涅尔”光热发电机组,设计开发了一套光热发电机组 APS 自动启动程序,重点探讨了蒸汽发生系统 SGS、汽机系统相关子组关键技术问题。

2 APS 设计

2.1 APS 系统构成

APS 系统涉及到大量设备启停和自动控制,在无 APS 专用控制站的情况下,需将小功能子组合分布于对应系统的控制站中,充分考量控制器负荷,依据具体情况进行适当调整。

针对主断点功能组,可在同域内选择负荷较低的控制站进行设置。既可以减少系统通信负荷压力,也能保障 APS 安全运行。

2.2 APS 设计准则

为了确保光热发电机组 APS 部分能够达到行业领先水平,成为业内亮点示范,同时避免因组态人员操作风格差异导致的 inconsistency,针对系统布局、画面交互等多个关键环节做出要求,实现标准化、高效化操作。

设置人工确认按钮,每个画面仅设置一个人工确认按钮,以“已确认/未确认翻转”的形式呈现,需要进行二次确认,有效避免误操作带来的风险。当步序执行到设置了人工确认的当前步序,若仍未完成确认操作,该按钮需进行闪烁提示。设置设备选择汇总弹窗:设立一个设备选择汇总弹窗,该弹窗应具备“一键选 A”和“一键选 B”的便捷功能,

【作者简介】杨伟(1988-),男,中国陕西子长人,本科,工程师,从事自动控制系统研究及应用研究。

提升操作效率。

2.3 光热发电机组 APS 流程

在 APS 实际功能设计中,采用分级控制结构,分级控制系统结构清晰严谨,有利于提高设计、组态及调试的工作效率。同时分级控制在同级之间相互独立,具有很大的灵活性,有利于投运后的运行管理和热工维护,运行人员可以根据具体情况选择各种控制方式。

按照光热发电机组工艺流程,将 APS 启机顺控分为 5 个大层级:机组启动准备、SGS 上水冲洗、SGS 升温升压、汽轮机冲转、机组并网升负荷,见图 1。



图 1 光热发电机组 APS 流程

3 机组启动准备 APS 功能

3.1 启动允许条件

工业水系统、压缩空气系统、主机润滑油系统、顶轴油系统、EH 油系统、辅机冷却水系统、凝结水精处理系统启动前检查——人工确认按钮。

机组启动准备断点已选择。

3.2 顺控步骤

(1) 指令:启动工业水系统、化学除盐水系统;反馈:人工确认工业水系统、除盐水系统启动正常。

(2) 指令:机组仪用、杂用系统投用;反馈:仪用、杂用系统已投用。

(3) 指令:启动辅机冷却水系统功能组;反馈:辅机冷却水系统功能组已完成。

(4) 指令:启动主机润滑油、顶轴油系统功能组;反馈:主机润滑油、顶轴油系统功能组已完成。

(5) 指令:启动主机盘车;反馈:主机盘车启动完成。

(6) 指令:启动主机 EH 油系统功能组;反馈:EH 油系统启动功能组完成。

(7) 指令:启动凝结水系统功能组;反馈:凝结水系统功能组启动完成。

(8) 指令:启动除氧器上水启动功能组;反馈:除氧器上水启动功能组启动完成。

3.3 判断完成条件

(1) 辅机冷却水系统功能组已完成。

(2) 仪用母管压力 > 0.60MPa、杂用压缩空气压力大于 0.60MPa。

(3) 汽机润滑油系统功能组已完成。

(4) 汽机 EH 油系统功能组已完成。

4 SGS 上水冲洗 APS 功能

4.1 启动允许条件

低加系统水侧、高加系统水侧、除氧器加热、加氨加药系统、锅炉汽水系统、给水系统启动前检查——人工确认按钮。

SGS 上水准备断点功能组已选择。

机组启动准备断点功能组已完成。

4.2 顺控步骤

指令:启动电动给水泵注水功能组;反馈:电动给水泵注水功能组启动完成。

指令:启动电动给水泵系统功能组;反馈:电动给水泵功能组启动完成。

指令:启动 SGS 上水功能组;反馈:SGS 上水功能组已完成。

指令:启动 SGS 给水预热功能组;反馈:SGS 给水预热功能组已完成。

4.3 判断完成条件

外部循环泵系统功能组已完成。

汽包液位 -100 ~ 100mm。

5 SGS 升温升压 APS 功能

5.1 启动允许条件

热盐泵系统、调温泵、低负荷预热器、辅助蒸汽系统、轴封系统、真空系统、汽轮机疏水系统、汽水系统、旁路系统检查——人工确认按钮。

除氧器水位调阀、给水旁路调节阀在自动。

SGS 升温升压断点已选择。

5.2 顺控步骤

指令:启动热盐泵功能组;反馈:热盐泵功能组已完成。

指令:启动调温泵功能组;反馈:调温泵功能组已完成。

指令:启动低负荷预热器功能组;反馈:低负荷预热器功能组已完成。

人工确认汽包压力 > 5.0MPa;

指令:启动辅助蒸汽系统功能组;反馈:辅助蒸汽系统功能组已完成。

指令:启动轴封系统功能组;反馈:轴封系统功能组已完成。

指令:启动真空系统功能组;反馈:真空系统功能组已完成。

指令:等待主汽压力 > 5.5MPa;反馈:主汽压力 >