

指引。系统性原则要求从安置住房、公寓住房以及钢结构工程的全生命周期考量,全面统筹勘察设计、构件生产、安装施工、竣工验收等各个阶段,以及设计、施工、监理、供应商等各参与方对于建筑物质量管理的需求,实现钢结构节点连接、住房功能适配等核心要素的全面覆盖以及流程的无缝对接。协同性原则注重强化各方主体之间的联动协作,打破部门界限与信息壁垒。针对安置住房的民生属性、公寓住房的功能多样性、钢结构工程的技术特殊性形成上下贯通、左右协同的管控合力。实操性原则关注路径设计要符合两类住房及钢结构工程建设实际,聚焦钢结构焊接质量、住房防水防渗等关键管控要点,各项措施清晰明了且简便易行,可直接转化为实际落地行动。动态性原则倡导依据项目类型、钢结构施工难度、建设阶段以及外部环境的变化,及时调整管控策略与方法,保证路径对不同住房工程和钢结构技术有适应性与灵活性。

4.2 协同管控组织架构优化

组织架构的优化工作围绕着“统筹有力、权责清晰、高效协同”这几个方面来开展,需要打造出一种新型架构,这种架构呈现出“核心引领、分层负责、多方联动”的特点。在此过程中,确定全过程工程咨询机构作为协同管控的核心主体,赋予其住房质量统筹、钢结构资源协调以及关键工序责任监督等一系列关键权限,并牵头成立跨主体的协同管控委员会,(该委员会的成员包括设计、施工、监理以及住房验收等各个方面的代表)。架构总共分为三层来设置:决策层由项目负责人以及咨询机构核心专家共同构成,主要负责制定安置住房民生质量、公寓住房功能质量以及钢结构安全质量等总体管控策略。此外,建立层级间的快速响应机制,明确各层级针对钢结构质量隐患、住房质量问题的沟通流程以及决策时限,避免出现推诿扯皮的现象,提高组织运行效率,保证架构可适应两类住房及钢结构工程复杂的质量管控要求。

4.3 全流程协同管控机制设计

全流程协同管控机制围绕“事前、事中、事后”三个关键阶段构建闭环管控体系。事前预防机制聚焦源头管控,设立针对安置住房、公寓住房以及钢结构工程的设计方案联合评审制度,咨询、设计、施工三方共同参与方案论证,着重核查住房户型适配性、钢结构节点设计可行性以及质量保障措施,推行钢构件及住房建材联合验收机制,保证进场材料符合质量要求,制定质量风险预控清单,针对钢结构焊接、住房防水防渗、管线铺设等关键环节预先制定防控措施。事中控制机制强化过程监管,建立常态化联合巡检制度,由咨询机构牵头,联合监理、施工单位定期开展质量巡查,重点检查钢结构安装精度、住房主体结构稳定性等,及时发现并整改隐患,实行质量问题快速处置机制,明确钢结构焊缝缺

陷、住房墙面渗漏等问题的上报、分析、处置、反馈全流程时限,保证问题能尽早发现、尽早解决,建立跨专业技术交底机制,重点针对钢结构与住房土建衔接、设备安装与住房功能适配等环节开展交底,防止因技术衔接不当引发质量问题。事后改进机制注重复盘提升,搭建质量问题复盘平台,对钢结构变形、住房渗水等质量问题进行详细分析。

4.4 技术支撑体系建设

技术支撑体系建设正朝着数字化以及智能化的方向不断发展,逐步构建起一种具有“数据驱动、智能赋能、高效协同”特点的技术保障网络,搭建起一个统一的数字化协同管控平台,该平台专门整合安置住房、公寓住房以及钢结构工程的质量数据采集、分析、共享以及追溯等功能,实现钢结构构件加工数据、住房设计图纸、变更指令、检测报告以及验收记录等信息的集中管理与实时共享,借此打破信息孤岛。引入 BIM 技术和物联网技术,针对钢结构安装过程以及住房施工过程展开可视化监控,实时采集钢结构焊缝质量、住房混凝土强度等关键部位的质量数据,达成质量风险的精准预警,运用大数据分析技术,对两类住房及钢结构工程全生命周期的质量数据进行深度挖掘,识别钢结构焊接管控、住房防水管控等薄弱环节,为优化管控策略提供数据方面的支持。建立标准化的质量数据库,整合钢结构行业规范、住房建设技术标准、典型质量问题案例等资源,为各方提供统一的技术参考依据。

5 结语

全过程工程咨询与质量管理的协同管控对于破解工程质量管控难题、实现工程建设高质量发展而言是极为关键的举措,本文借助理论梳理以及实践分析,明晰了二者协同的内在逻辑,找出了当前管控中存在的核心问题以及深层根源,并且构建了包含组织、机制、技术的协同管控全新路径。这条路径以全生命周期作为着眼点,加强了各方协同联动以及全流程闭环管控,为安置住房、公寓住房以及钢结构工程等项目的质量管理给出了切实可行的办法。

参考文献

- [1] 李宏伟. 建筑全过程工程质量管理与控制要点研究 [J]. 中国品牌与防伪, 2025, (05): 54-56.
- [2] 孙猛. 基于全方位全过程房屋建筑工程质量监督内容的研究 [J]. 工程与建设, 2025, 39 (02): 486-488.
- [3] 方小六. 建筑工程质量管理: 全过程造价控制及合同管理创新策略 [J]. 房地产世界, 2024, (07): 100-102.
- [4] 史鑫. 建筑全过程工程质量管理与控制要点浅析 [J]. 四川建筑, 2023, 43 (04): 314-315.
- [5] 诸建友, 武玉帅, 张艺源. 全过程工程咨询质量管理评价指标研究 [J]. 建设监理, 2023, (07): 84-87+101.

Research and Application of Optimization Strategy of Automation Control for Thermal Power Plant under Deep Peak Shaving Target

Gang Wang

Qinhuangdao Power Generation Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066003, China

Abstract

With the increasing peak regulation demands in China's power system and the advancement of flexibility retrofitting for thermal power units, the traditional small turbine steam supply method has shown limitations under frequent start-stop and deep peak regulation conditions. Taking the 2×300MW units at Qinhuangdao Power Plant as a case study, this paper systematically analyzes pre-retrofit operational issues of small turbine steam sources, including pressure fluctuations, temperature instability, prolonged vacuum establishment time, and abnormal steam seal operation. Based on these findings, a comprehensive retrofitting solution is proposed, focusing on optimizing the main steam temperature and pressure reduction branch, adding buffer sections and backup steam sources, and improving automatic control and protection logic. After implementation of major overhauls and field commissioning, significant improvements were achieved: post-retrofit pressure stabilized at 0.98-1.12MPa with ± 0.08 MPa fluctuation range, temperature maintained at 350-370°C, superheat remained within 25-45K, vacuum establishment time reduced to 37 minutes (an 18% improvement), steam seals and injectors operated smoothly with 60% reduction in thermal shock occurrences. This study provides a technical pathway for optimizing similar unit configurations.

Keywords

Qinhuangdao Power Plant; 300MW Unit; Small Generator Steam Source Conversion; Start-Stop Efficiency; Operational Performance

深度调峰目标下火电厂自动化控制优化策略的研究与应用

王刚

秦皇岛发电有限责任公司, 中国·河北 秦皇岛 066003

摘要

随着中国电力系统调峰需求增加、火电机组灵活性改造推进,传统小机汽源供汽方式在频繁启停与深度调峰工况下显局限性。本文以秦皇岛电厂2×300MW机组为研究对象,系统剖析改造前小机汽源运行问题,如压力波动、温度不稳、真空建立时间长、汽封运行异常等。据此提出以优化主汽减温减压支路、增设缓冲段与备用汽源、完善自动控制与保护逻辑为核心的改造方案。经大修实施与现场调试,改造效果显著:改造后小机汽源压力稳定在0.98-1.12MPa,波动幅度 ± 0.08 MPa,温度350-370°C,过热度25-45K,真空建立时间缩短至37分钟,提升约18%,汽封与喷射器运行平稳,热冲击次数减少60%,为同类型机组优化提供技术路径。

关键词

秦皇岛电厂; 300MW机组; 小机汽源改造; 启停效率; 运行性能

1 引言

在“碳达峰、碳中和”及新能源大规模并网背景下,火电机组承担电网频繁启停和深度调峰任务,小机汽源稳定性关乎机组启停效率与运行安全。秦皇岛电厂2×300MW机组运行良好,但原有小机汽源依赖主汽母管或高压抽汽供给,启机阶段汽源压力波动达 ± 0.25 MPa,温度在330-420°C间,过热度波动从不足10K到近70K,导致真空建立时间长达45分钟,汽封系统每小时平均波动3-4次,

制约了机组启停效率和深调能力。为此,电厂在机组大修时实施小机汽源改造,通过优化供汽路径和完善控制逻辑,改善供汽品质,提升机组灵活性。

2 小机汽源改造背景与设备现状

2.1 原系统运行问题

在秦皇岛电厂2×300MW机组长期运行过程中,原有的小机汽源主要依赖主汽减温减压支路和部分高压缸抽汽,在额定负荷下尚能满足小机及相关辅机的用汽需求,但在启机、低负荷和深调阶段表现出明显不足。尤其是在冷态启机和频繁启停的工况下,主汽母管压力和温度波动直接传递至小机汽源,造成供汽品质不稳定。具体表现为压力波动频

【作者简介】王刚(1975-),男,中国河北秦皇岛人,工程师,从事热工自动化研究。

繁、温度控制不均匀,导致汽封系统和喷射器无法保持平稳运行,真空建立时间过长,机组启机效率受到制约。同时,频繁的汽封切换与不稳定的喷射器吸力还加大了运行风险,增加了管道和设备的热冲击次数,对长期运行的安全性与经济性均带来不利影响。

2.2 设备运行特征

结合运行监测数据可以发现,在启机过程中小机汽源压力瞬态波动可达 $\pm 0.25\text{MPa}$,供汽温度处于 $330\sim 420^\circ\text{C}$ 的宽幅区间,难以满足小机稳定所需的过热度要求。真空建立平均需时 45 分钟,不仅延长了启机周期,也对电网调度响应形成制约。与此同时,汽封切换频率高达 3~4 次/h,增加了运行人员干预频率和设备的机械疲劳。在深度调峰阶段,小机汽源稳定性进一步下降,凝结水温度随之波动,加热器热平衡被破坏,导致机组热耗上升。长期以来,这种运行特征使机组在适应新能源高比例接入、电网调峰频繁化的环境中缺乏足够灵活性,凸显出改造的紧迫性。

2.3 改造目标

针对上述问题,改造目标明确提出通过小机汽源优化提升系统的稳定性与适应性。首先,压力控制在 $0.95\sim 1.15\text{MPa}$ 的合理区间,避免低压导致喷射器失效或高压造成管道应力异常。其次,将温度稳定在 $350\sim 370^\circ\text{C}$,并将过热度控制在 $25\sim 45\text{K}$ 范围,以保障汽封和小机运行的热力需求。再次,缩短真空建立时间约 20%,目标控制在 37 分钟左右,显著提升启机效率。最终,通过减少汽封切换次数和运行波动,确保喷射器吸力稳定,从而改善机组在启机、低负荷和深调等多工况下的运行表现。改造完成后,机组不仅能够满足当前的电网调节要求,还能为未来高比例新能源并网下的灵活性运行提供保障。

小机汽源改造核心是优化供汽路径、科学配置备用方案,保障不同工况下小机供汽的连续稳定。秦皇岛电厂 $2\times 300\text{MW}$ 机组原系统依赖主汽母管减温减压供汽,启停阶段易产生瞬态扰动,使汽源压力和温度大幅波动。改造中,在主汽减温减压支路增设小容量缓冲段,有效容积约 $0.8\sim 1.2\text{m}^3$,可大幅削减瞬时压力与流量波动,为小机和汽封系统提供稳定蒸汽。同时,考虑到极端低负荷或主汽母管波动剧烈时单一路径可能不足,引入中压再热抽汽备用汽源,经二级减温减压阀组调节,压力和温度异常时数秒内可切换,避免小机汽源中断。系统还配套自动控制逻辑和快速旁路通道,保证切换平滑无冲击。这种混合供汽设计强化了系统冗余度,提升了机组对复杂工况的适应性及运行安全水平。

2.4 热力与安全性校核

在供汽路径确定后,对系统进行热力与安全性校核是确保改造可行性的关键环节。本次校核综合考虑了小机汽源在最大并发需求条件下的流量、压力、温度等关键参数。计算结果表明,小机汽源流量需稳定在 $9\sim 14\text{t/h}$ 范围内,才能

满足汽动给水泵、汽封系统和凝汽器抽真空装置的全部负荷需求。压力方面,控制区间应保持在 $0.95\sim 1.15\text{MPa}$ 之间,避免过低导致汽封失效或喷射器效率下降,也防止过高引起阀门及管道异常受力。温度要求不低于 320°C ,以确保足够的过热度,避免水击和凝结风险。通过对新增管段、阀门及缓冲装置进行热力学与力学计算,校核显示各部件的压降均在合理范围内,噪声水平符合行业标准,管道和阀门的应力值远低于材料许用应力,具备较大的安全裕度。此外,动态工况模拟表明,在启机和深调过程中,汽源压力与温度变化曲线平滑,无剧烈波动点,保障了系统在全工况下的稳定性。综合评估结果显示,本次小机汽源改造在满足热力学合理性的同时,具备可靠的结构安全性和长期运行稳定性,为后续的现场施工与投运提供了坚实的技术依据。

3 施工与测试

3.1 施工实施

小机汽源改造的施工环节充分利用机组大修窗口期进行,以减少对电厂正常发电任务的影响。施工主要包括 PRDS 阀组的更换与精确校准、缓冲段与疏水系统的增设、关键测点和自动化仪表的升级,以及控制逻辑的重新完善与组态。所有新增管道均采用耐高温高压材料,施工过程中严格执行焊接规范,关键焊缝 100% 进行射线探伤,确保结构完整性与安全性。施工还同步进行了阀门、电动执行器和传感器的综合检定,确保改造后的控制回路具有足够的灵敏度和响应速度。为了避免系统复杂化带来的潜在风险,施工团队在设计 and 施工过程中强调“模块化与标准化”,使得新增部件与原有系统能够无缝衔接。整个改造过程工期仅占大修周期的 12 天,工程投入相较常规改造项目显著降低,体现了投资小、效率高、风险低的特点。通过严格的施工组织与全过程质量监控,本次改造为后续调试和长期运行的安全性与可靠性奠定了坚实的工程基础。

3.2 现场调试

施工完成后进入冷态与热态联合调试阶段,这是验证改造有效性和系统协调性的关键步骤。冷态测试主要针对阀门动作、执行机构行程、压力与温度测点准确性以及联锁保护逻辑进行逐项检验,结果显示各设备均能按设定要求动作。热态测试则在启机、低负荷与深调等多工况下进行,逐步升负荷至额定条件,重点考察汽源供汽品质及系统动态响应。实测数据显示,改造后小机汽源压力波动由原先的 $\pm 0.25\text{MPa}$ 缩小至 $\pm 0.08\text{MPa}$,温度由原先 $330\sim 420^\circ\text{C}$ 的宽幅区间集中至 $350\sim 370^\circ\text{C}$,过热度稳定在 $25\sim 45\text{K}$,显著改善了供汽品质。喷射器吸力与汽封系统运行稳定性均得到提升,启机过程中的热冲击次数大幅减少。整个调试过程不仅验证了系统的稳定性与安全性,还确保了多级联锁逻辑在异常情况下动作准确,为后续年度运行积累了数据依据和参数修正基础。