

火电厂汽机锅炉DCS控制系统异常应急维护方法

吴宇航

国家能源集团邯郸东郊热电 河北邯郸 056000

摘要: 火电厂汽机锅炉DCS控制系统是生产过程中的核心自动化系统,其稳定运行直接关系到电厂的安全和效率。当系统出现异常时,需要采取科学、高效的应急维护方法。制定一套科学、有效的DCS控制系统异常应急维护方法,对于保障火电厂汽机锅炉的安全稳定运行具有重要意义。本方法旨在通过明确应急组织架构、规范故障处理流程、强化预防性维护措施等手段,提高应急响应速度和处理效率,最大限度地减少故障对机组运行的影响。

关键词: 火电厂;汽机锅炉;DCS控制系统;应急维护方法

传统火电厂的控制方式主要采用一对一现场控制方式,控制水平低,控制方式复杂,设备故障率高,自动投用率低,不适应当前复杂的火电厂作业需求和生产需求。所以,将传统控制方式转变为自动化、智能化、集成化的控制方式,对火电厂的可持续发展具有重要的现实意义。

一、DCS控制系统异常的定义与重要性

1.定义

DCS(分散控制系统)是火电厂汽机锅炉的核心自动化系统,通过分布式架构实现数据采集、过程控制与集中监控。其异常指系统因硬件故障(如控制器失效、I/O模块损坏)、软件错误或网络中断导致控制功能丧失或性能下降,可能引发工艺参数失控、设备连锁失效等风险。

2.重要性

安全屏障: DCS直接监控锅炉燃烧、汽轮机调速等关键环节,异常可能触发炉膛爆炸或超压事故。生产保障:系统故障会导致机组非计划停运,造成经济损失。效率核心:通过闭环调节维持最优运行参数,异常将降低发电效率并增加能耗。

二、火电厂汽机锅炉DCS控制系统常见故障类型

DCS系统作为火电厂汽机锅炉的核心控制平台,其稳定性直接影响机组安全运行。根据故障发生机理和影响范围,常见故障类型可归纳为以下几类:

1.硬件类故障

控制器(DPU/CPU)故障:表现:控制器状态灯异常(如红色常亮)、主备切换失败、控制指令中断。原因:电源模块异常(如双路电压偏差过大)、散热风扇失效、主板网卡驱动过时或积灰导致短路。典型场景:

DPU因静电或环境湿度不足频繁切换,导致控制回路失控。**I/O模块故障:**表现:现场仪表信号与DCS显示值偏差显著、通道状态显示“BAD”、模拟量跳变(如温度信号异常波动)。原因:模块接地不良、端子板进水短路、硬件老化或热插拔操作不当。典型场景:模拟量输入模块失效导致锅炉燃烧参数失真。**电源系统故障:**表现:机柜电源报警、模块失电、系统瘫痪。原因:UPS蓄电池老化、双路电源电压波动、纹波系数超标或接地不良。典型场景:电源模块故障引发DPU停运,导致通信中断和数据采集失效。

2.软件与网络类故障

通信网络故障:表现:操作站显示“通信中断”、数据更新停滞、控制指令延迟。原因:交换机光纤端口污染、网络负载率超限(>70%)、CRC错误包率过高或冗余路径失效。典型场景:网络堵塞导致机组数据冻结,影响汽轮机调速响应。**软件错误与配置问题:**表现:操作站黑屏死机、数据库损坏、控制逻辑冲突。原因:操作系统故障、软件版本不一致、病毒攻击或参数备份缺失。典型场景:DPU软件版本不兼容引发数据传输冲突,导致保护功能误动。

3.环境与人为类故障

环境因素导致故障:表现:模块间歇性失效、信号跳变、硬件烧毁。原因:电子间温度/湿度超标(如湿度<50%引发静电)、粉尘堆积、振动或小动物侵入。典型场景:机柜滤网堵塞导致散热不良,DPU过热宕机。**人为操作失误:**表现:误触发联锁、参数设置错误、维护流程违规。原因:未执行标准化操作、管理制度缺失或培训不足。典型场景:手动切换DPU后未检查控制回路状态,引发锅炉超压风险。

4. 特殊场景故障

系统全失电故障：表现：所有控制功能丧失、DPU 停运、网络中断。原因：供电系统完全失效或浪涌冲击。
典型场景：双路电源同时故障时，需启用临时应急电源维持关键功能。
大规模病毒攻击：表现：操作站感染病毒、数据篡改、系统瘫痪。原因：外部入侵或USB 端口滥用。
典型场景：病毒导致DCS 数据库损坏，需通过 Golden Image 恢复。
故障关联性分析上述故障常存在连锁反应：例如，电源波动可能引发DPU 频繁切换，进而导致通信中断；而环境湿度不足会加剧静电积累，损坏I/O 模块。因此，需通过预防性维护（如定期清灰、统一软件版本）和健康度监测（如网络负载率<70%、内存余量>30%）降低复合故障风险。

三、应急组织架构

1. 总指挥

人员：由设备维护部主任担任。职责：统一决策：在DCS 系统出现异常时，迅速做出关键决策，确定处理方向。协调资源：协调各部门、各专业的人员和物资资源，确保应急维护工作顺利进行。监督执行：监督应急维护工作的执行情况，及时调整策略，确保问题得到有效解决。

2. 成员

仪控专工，职责：技术分析：负责对DCS 系统进行深入的技术分析，快速定位故障原因。方案制定：根据故障情况，制定详细的技术解决方案，指导维护班组进行修复。**技术支持：**在故障处理过程中，为其他成员提供技术支持和指导。**运行人员**职责：现场监控：实时监控汽机锅炉的运行状态，及时发现异常情况并报告。**操作调整：**在总指挥和仪控专工的指导下，进行必要的操作调整，确保机组安全运行。**信息反馈：**将现场情况及时反馈给总指挥和仪控专工，为决策提供依据。**维护班组，**职责：故障处理：按照仪控专工制定的方案，对DCS 系统进行故障修复。**设备维护：**定期对DCS 系统进行维护保养，确保设备处于良好状态。**记录整理：**对故障处理过程和维护工作进行详细记录，整理归档。

3. 组织架构的意义

该组织架构是应急响应的核心，它明确了各成员的职责和协同机制，确保在DCS 系统出现异常时，能够迅速、有序地开展维护工作。通过总指挥的统一决策和协调，以及各成员的密切配合，能够有效防止事故扩大，保障火电厂汽机锅炉的安全稳定运行。

四、应急处理原则

1. 安全第一原则

核心目标：确保人员、设备及电网安全，避免因故障处理不当引发次生事故。**实施要点：**故障处理前需评估风险，对可能危及人身安全的操作（如带电检修、高温高压设备操作）必须采取隔离措施。优先保护关键安全连锁功能（如锅炉超压保护、汽轮机紧急停机），确保其不受故障影响。操作人员需穿戴防护装备，遵循安全规程，严禁冒险作业。

2. 快速响应原则

核心目标：缩短故障诊断与处理时间，减少机组非计划停运损失。**实施要点：**建立分级响应机制，明确故障等级（如I 级为全系统瘫痪，II 级为局部功能丧失）及对应的响应时限。采用标准化故障诊断流程（如“先软后硬、先通后断”），优先排查电源、网络等共性故障点。启用备用设备（如备用DPU、操作站）快速恢复功能，避免长时间停机。

3. 最小影响原则

核心目标：限制故障影响范围，保障机组持续运行或有序降负荷。**实施要点：**对非关键设备（如辅助仪表）的故障，可暂时旁路或手动干预，优先维持主设备（锅炉、汽轮机）运行。避免盲目重启或复位，需彻底排查故障根源（如I/O 模块损坏需更换，而非简单复位），防止故障扩大。故障处理期间，需密切监控工艺参数（如蒸汽压力、温度），防止因控制延迟导致设备超限。

4. 协同配合原则

核心目标：整合多部门资源，确保信息共享与行动统一。**实施要点：**成立跨部门应急小组（包括仪控、电气、运行专业），明确分工（如仪控人员负责硬件修复，运行人员负责参数调整）。建立实时沟通机制（如专用对讲频道、群组），避免信息滞后导致误操作。与上级调度部门协调，确保电网负荷调整与故障处理同步，避免因机组波动引发电网事故。

五、预防性维护措施

1. 定期检查制度

硬件巡检：每日检查：控制器（DPU）、I/O 模块状态灯及电源电压，确保无异常报警。每周测试：冗余切换功能（如主备DPU 自动切换），验证切换逻辑与响应时间。每月维护：清洁机柜滤网，检查接地电阻（ $\leq 4\Omega$ ），防止因积灰或接地不良导致信号干扰。**软件检查：**每日备份：组态参数和历史数据，存储于独立介质（如移动硬盘），避免数据丢失。每周清理：历史数

据, 释放存储空间, 提升系统运行效率。每月更新: 操作系统补丁, 验证软件版本一致性, 防止因版本冲突导致功能异常。专项测试: 每季度执行: 通信网络健康度测试 (如错误帧率 $<0.01\%$)、卡件精度校验及电源冗余切换试验, 确保系统可靠性。

2. 健康度评估方法

硬件健康指标: 控制器内存余量需 $>30\%$, 避免因内存不足导致系统卡顿或崩溃。网络负载率控制在 $<70\%$, 防止因网络拥堵导致通信中断。电源纹波系数符合标准, 确保供电稳定性。软件健康指标: 监控CPU负荷率 (恶劣工况下操作站 $<40\%$, 控制站 $<60\%$), 防止因CPU过载导致系统响应延迟。定期扫描病毒库并更新防火墙规则, 防止恶意软件攻击。环境健康指标: 控制室温度维持在 $20\text{--}25\text{ }^{\circ}\text{C}$, 湿度 $40\%\text{--}60\%$, 避免因温湿度异常导致设备老化或结露。粉尘浓度符合防尘等级要求, 防止因粉尘积累导致散热不良或短路。

3. 备份与恢复策略

数据备份: 每日全量备份组态参数和历史数据, 存储于独立介质 (如移动硬盘), 确保数据安全。每周进行异地备份验证, 防止因本地存储介质损坏导致数据丢失。系统恢复: 建立Golden Image (黄金镜像) 库, 支持故障后快速恢复操作系统及控制软件, 缩短停机时间。关键卡件预配置备用模块, 支持热插拔更换, 提高故障处理效率。应急演练: 每季度模拟数据丢失场景, 测试备份恢复流程的完整性与时效性, 确保应急响应能力。

4. 环境管理要求

温湿度控制: 安装精密空调及除湿设备, 确保电子间环境稳定。定期检测机柜内部温湿度, 避免结露或静电积累, 保护设备安全。防尘措施: 每月吹扫操作站及控制柜内部灰尘, 使用防静电工具清洁连接端子, 防止因灰尘积累导致号干扰或设备损坏。机柜密封性需符合IP防护标准, 防止外部灰尘或水分侵入。电磁兼容: 信号线与动力线分层敷设, 避免交叉干扰, 确保信号传输稳定。定期检测接地电阻 ($\leq 4\Omega$), 确保多点接地可靠, 防止因接地不良导致设备损坏或数据丢失。

六、火电厂汽机锅炉DCS控制系统异常应急维护方法展望

1. 技术发展趋势

智能化诊断技术的应用, 随着人工智能技术的不断发展, 智能化诊断技术在DCS控制系统中的应用越来越广泛。通过引入机器学习、大数据分析等技术, 可以实

现对DCS系统运行状态的实时监测和智能诊断, 提前发现潜在故障并预警。这将大大提高故障处理的效率和准确性, 减少停机时间。远程监控与维护的普及, 远程监控与维护技术的普及为DCS控制系统的维护提供了新的手段。通过远程监控平台, 可以实现对DCS系统运行状态的实时监控和远程操作, 方便维护人员及时处理故障。同时, 远程维护还可以减少现场维护的次数和成本, 提高维护效率。网络安全防护的加强, 随着网络技术的不断发展, DCS控制系统面临的网络安全威胁也日益增多。因此, 加强网络安全防护工作显得尤为重要。通过引入防火墙、入侵检测等安全技术, 可以有效防止网络攻击和数据泄露, 保障DCS控制系统的安全稳定运行。

2. 持续改进方向

优化应急响应流程, 针对本次应急维护过程中暴露出的问题, 我们将进一步优化应急响应流程。通过简化流程、提高响应速度、加强信息共享等措施, 确保在DCS系统出现异常时能够迅速、有序地开展维护工作。提升人员技能水平, 人员是应急维护工作的核心力量。我们将加强人员培训和实践锻炼, 提高仪控专工、运行人员和维护班组的技能水平。通过定期组织技术交流、模拟演练等活动, 增强人员的应急处理能力和团队协作能力。完善预防性维护体系, 预防性维护是保障DCS控制系统稳定运行的重要措施。将进一步完善预防性维护体系, 通过引入先进的监测设备和分析工具, 提高故障预测的准确性和及时性。同时, 加强与设备制造商的合作, 获取更多的技术支持和维护经验, 不断提升预防性维护工作的水平。

综上所述, 火电厂建立起一套完善的DCS控制系统异常应对机制, 确保在异常发生时能够迅速、有序地开展维护工作, 保障机组的安全稳定运行, 为电厂的持续发展和经济效益提升提供有力保障。

参考文献

- [1] 陈群. 基于局部保持投影的混沌时间序列降噪方法研究[J]. 热力发电, 2022, 51(7): 95-102.
- [2] 张宁. 660 MW燃煤机组DCS国产化改造方案研究[J]. 自动化应用, 2022(4): 147-149.
- [3] 李新. 基于DCS系统的循环流化床锅炉给煤机智能控制程序设计[J]. 今日自动化, 2022(2): 1-4.
- [4] 黄智. 大型火电厂DCS国产化改造全过程管理及问题探讨[J]. 仪器仪表用户, 2022, 29(5): 100-103, 107.