

# 智能诊断系统在火电集控运行故障预防中的应用剖析

唐明胜

(国家能源集团重庆电力有限公司重庆发电厂, 重庆 400800)

**摘要** 火电集控运行是火电生产的关键环节, 其故障防范关系到机组运行的安全性、能源供给的稳定性以及生产效益。智能诊断系统凭借数据感知、智能分析、精准预警的技术优势, 为火电集控运行故障预防提供新的解决方案。本文从智能诊断系统在火电集控运行故障预防的核心逻辑出发, 对智能诊断系统的应用技术要点进行分析, 总结其应用实践路径, 阐述智能诊断系统提高火电集控故障预防的准确性、保障火电集控运行的稳定性的作用和价值, 以期智能诊断系统在火电集控领域的深入应用提供参考。

**关键词** 智能诊断系统; 火电集控运行; 故障预防

中图分类号: TM61; TP2

文献标志码: A

DOI: 10.3969/j.issn.2097-3365.2026.10.010

## 0 引言

火电集控运行包括锅炉、汽轮机、发电机等多类核心设备, 各设备协同运行要监测大量的参数并且要调节复杂的工况, 故障突发性以及传导性都会对机组的安全造成严重威胁。传统的故障预防模式依靠人工巡检和经验判断, 不能应对集控运行所具有的动态复杂性, 容易造成故障漏判、误判或者预警滞后等问题。智能诊断系统将数据采集、智能算法、可视化技术等先进手段结合起来, 可以实时捕捉到集控运行中出现的异常信号, 经过深度分析来达到早期发现潜在故障并及时预警的目的, 成为火电集控运行故障预防从被动应对到主动防控的重要支撑。

## 1 智能诊断系统适配火电集控运行故障预防的核心逻辑

### 1.1 火电集控运行故障预防的需求导向与智能诊断的适配性

火电集控运行连续性、复杂性决定了故障预防需要满足实时性、精准性、前瞻性三大需求, 即要实时捕捉设备运行状态变化, 精准识别故障隐患类型、位置, 提前预判故障发展趋势并给出防控建议。智能诊断系统通过构建数据采集、信号分析、故障识别、预警推送的闭环流程, 完全符合上述要求: 多维度数据感知能力可以覆盖集控运行全流程参数, 突破传统监测的局限性; 智能算法的深度挖掘功能可以对海量数据进行挖掘, 消除人工判断的主观性; 预警机制的实时响

应特性可以做到故障隐患的早期预警, 为防控措施的实施留出充足的时间。不是仅靠技术功能上的相互补充, 更在于根据火电集控运行中多设备协同故障、隐性故障潜伏期长、故障传导速度快等特点建立起来的有针对性的诊断逻辑, 使故障预防更加符合集控运行实际场景。

### 1.2 智能诊断系统服务火电集控故障预防的核心原理

智能诊断系统服务于火电集控运行故障预防的核心原理, 就是用“状态感知、特征提取、故障匹配、预警决策”的技术逻辑把设备运行状态和故障模式建立起来<sup>[1]</sup>。在状态感知阶段, 系统把锅炉、汽轮机、辅机等重要设备的传感器所采集的温度、压力、振动、电流等各种运行参数作为数据集; 进行数据预处理, 滤波、降噪、归一化等; 提取出与故障有关联的特征参数; 将故障信号和正常信号分离; 故障匹配阶段则采用比对的方法根据已经识别出的故障类型、严重程度以及可能影响的范围给运行人员发送预警信息和控制建议; 预警决策阶段, 把预警信息和控制建议发送到集控平台; 引导运行人员调整运行参数或者停机检修, 从源头上防止故障的发生或者扩大的可能。

## 2 火电集控运行故障预防中智能诊断系统的关键技术应用

### 2.1 数据采集与预处理技术在故障预防中的应用

数据采集与预处理技术是智能诊断系统进行精准故障预防的基础, 其应用核心就是保证数据的全面性、

作者简介: 唐明胜(1998-), 男, 本科, 助理工程师, 研究方向: 火电集控。

准确性、有效性。火电集控运行场景下数据采集技术采用分布式部署、集中式汇聚的模式，根据不同的设备运行特性选择合适的传感器类型，汽轮机转子监测用振动传感器捕捉振动频率的变化，锅炉燃烧系统用温度传感器实时监测炉膛温度分布，电气系统用电流传感器采集回路电流参数。同时利用工业以太网、无线传感网络等通信技术，完成多设备数据的实时传送以及集中汇聚工作，形成全集控运行的数据源。数据预处理技术针对采集到的数据中存在噪声、缺失值、异常值等问题，利用滑动平均滤波、小波变换降噪等方法来净化数据，通过插值法补全缺失的数据，使用统计分析的方法来剔除异常值，保证数据的质量符合后续诊断的要求。

## 2.2 智能算法模型在故障识别与预警中的应用

智能算法模型是智能诊断系统的关键，在火电集控运行故障预防中，主要应用智能算法模型实现对故障的精准识别和提前预警。由于集控运行故障具有多样性和复杂性，因此系统融合了多种智能算法来构建互补的诊断系统：在隐性故障的识别上使用机器学习算法（支持向量机、随机森林等），通过对正常运行的样本进行训练来建立故障识别模型，可以在正常状态下找到微小的异常变化从而发现隐性故障；对于复杂的协同故障的诊断使用深度学习算法（卷积神经网络、循环神经网络等）来发现多个设备、参数之间的相关性，精确定位故障源头以及传播途径，避免单参数诊断造成的误判；对于故障的发展趋势进行预测，用时间序列分析法对历史运行数据和实时数据进行建模，预测故障的发展速度和可能造成的影响，给运行人员制定分级防控策略提供依据。

## 2.3 可视化与决策支持技术在故障预防中的应用

可视化和决策支持技术是智能诊断系统落地的关键，其主要作用就是把复杂的诊断结果转化成直观易懂的信息，为运行人员的故障防控决策提供有效的支撑。可视化呈现部分用三维建模、动态图表等技术将集控运行设备的结构、运行参数、故障预警信息等内容用可视化的界面来展示，在设备三维模型上实时标注出故障的位置和严重程度；利用动态曲线来展示参数的变化趋势，清楚地反映故障的发展过程；用颜色分级预警（蓝色为正常，黄色为预警，红色为紧急）来明确故障的严重性，提高预警信息的识别度<sup>[2]</sup>。从决策支持角度讲，系统依据故障诊断结果及历史防控案例库，给出相应的防控建议：对轻微异常提供调整运行参数、优化操作流程等在线处理方案；对重大故障，提供停机检修、部件更换等应急处置措施，同时说明具体操作步骤和注意事项。

## 3 智能诊断系统在火电集控运行故障预防中的实践路径

### 3.1 基于智能诊断的故障预防体系构建

建立智能诊断的故障预防体系，这是系统有效运用的前提，主要在于技术、流程、人员三者的有机结合，构成一个技术支撑、流程规范、人员协作为一体的整体结构。从技术支撑角度来说，要依据火电集控运行设备配置、运行特性等因素，合理地设置智能诊断系统硬件（传感器、数据采集器、服务器）、软件（诊断算法、可视化平台），并保证系统覆盖所有关键设备和运行环节；在流程规范方面，制订出智能诊断系统运行管理流程，对数据采集频率、诊断分析周期、预警信息处理时间、故障处理程序等关键环节制定标准，保证故障预防工作进行顺利；就人员协同来说，要加强运行人员、技术人员、维护人员的配合，运行人员负责实时监控预警信息、执行防控措施，技术人员负责系统算法优化和故障深度分析，维护人员按照诊断结果开展设备检修工作，形成分工明确、协同高效的故障预防工作机制。

### 3.2 智能诊断系统与火电集控平台的融合应用

智能诊断系统与火电集控平台的深度融合，是提高故障预防效率的重要途径，其中最为关键的是达到数据互通、功能互补和操作协同的目的。在数据互通方面，通过标准接口开发实现智能诊断系统与集控平台的数据共享，集控平台向诊断系统推送实时运行参数、设备台账、历史故障记录等数据；诊断系统把故障诊断结果、预警信息、防控建议反馈给集控平台；形成数据闭环。在功能互补方面，集控平台的集中监控功能与智能诊断系统的精准诊断功能相融合，集控平台实现全流程运行状态监控，智能诊断系统对监控中发现的问题进行深度分析；故障预防有全面性和针对性。在操作协同方面，把智能诊断系统的预警信息、防控建议嵌入集控平台的操作界面，运行人员在集控平台中可以查看故障详情和处置方案，不需要切换系统；系统支持根据诊断结果自动触发一些防控操作（调整阀门开度、启动备用设备）；故障预防半自动化与自动化，提高响应速度<sup>[3]</sup>。

### 3.3 全流程故障预防的智能诊断实施策略

全流程故障预防的智能诊断实施策略需要覆盖“运行前预判、运行中监控、故障后优化”三个主要环节，形成全周期的故障防控闭环。运行前预判阶段，智能诊断系统根据设备的历史运行数据和检修记录，用算法模型来预测设备运行的风险点，给运行方案的制定提供依据，根据设备的老化趋势来调整运行参数阈值，

提前做好关键部件的备用准备；运行中监控阶段，系统实时采集运行数据，不断进行故障识别与预警，按照不同的预警信息采取相应的处置措施，轻微预警由运行人员在线调整，严重预警启动应急响应流程，保证故障及时受控；故障后优化阶段，系统对故障发生的过程、处置效果进行分析，找出故障发生的深层次原因，改进诊断算法模型和故障防控策略，更新故障模式库，把故障案例纳入培训体系，提高运行人员的故障处置能力，实现故障预防的持续改进。这一全流程实施策略，使智能诊断系统贯穿集控运行的全过程，保证故障预防的连续性、有效性。

#### 4 智能诊断系统赋能火电集控运行故障预防的应用价值

##### 4.1 提升火电集控运行故障预防的精准性

智能诊断系统依靠多维度的数据采集、智能算法分析、精确故障匹配等方式，很好地解决了传统故障预防依靠人工经验而出现的误判、漏判问题，大大提高了故障预防的准确性。系统可以从大量的运行数据中提取出微弱的故障特征信号，准确地识别出隐性故障、协同故障等复杂的故障类型，明确故障的位置、严重程度和发展趋势，使运行人员可以有针对性地采取防控措施，避免盲目操作<sup>[4]</sup>。锅炉燃烧系统故障预防中系统可以对炉膛温度分布、烟气成分等参数的微小变化进行分析，提前发现燃烧不充分、受热面结焦等潜在故障，指导运行人员调节燃料供给与配风比例，从源头上阻止故障发生。精准的故障预防能力可以降低故障率，减少由于误判而造成的不必要的停机，从而提高集控运行的经济性。

##### 4.2 强化火电集控运行的连续性与稳定性

火电集控运行连续性直接关系到能源供应的稳定性，智能诊断系统依靠早期预警、快速处置来阻止故障的发生与扩大，大大提高了集控运行的连续性和稳定性。系统在故障萌芽期就发出预警，给运行人员留出足够的处理时间；大多数情况下可以通过在线调整运行参数、启用备用设备等方式化解故障风险，避免故障升级造成的非计划停机；对于不能在线处理的故障，系统能准确找到故障原因，缩短故障排查和检修时间，减少停机时长。系统能够对设备的运行状况实行监视，并且可以及时发现设备的老化问题以及性能衰减等现象，给维修工人提出预防性检修的指导意见，从而延长了设备使用年限的同时又减少了突发的设备故障率。强化对运行连续性的保障，不仅可以保证能源的稳定供给，而且可以减少由于停机所造成的经济损失，提高火电企业的经济效益。

##### 4.3 推动火电集控运行故障预防的智能化升级

智能诊断系统的应用，打破了传统故障预防技术上的局限，推动火电集控运行故障预防向着智能化、数字化方向发展。传统的故障预防依靠人工巡检和经验判断，效率低、主观性强，不能适应集控运行复杂多变的工况；而智能诊断系统用数据驱动的诊断逻辑来实现故障预防的自动化、精准化、智能化，减少了对人工经验的依赖<sup>[5]</sup>。系统在运行过程中会不断积累故障数据以及处理经验，利用算法的不断迭代改进提高诊断精度和预警能力，形成一个由数据到诊断再到优化的良性循环，促进故障预防技术不断向前发展。智能化升级不但提高了故障预防的技术水平，更推动了火电集控运行管理模式的优化，使火电企业向数字化、智能化转型，为行业高质量发展提供技术支撑。

#### 5 结束语

智能诊断系统凭借数据感知、智能分析、精准预警三大优势，在火电集控运行故障预防中起着不可替代的作用。本文从智能诊断系统适应火电集控运行故障预防的核心逻辑入手，梳理智能诊断系统应用中的关键技术要点和全流程实践路径，明确智能诊断系统在提高故障预防的准确性、加强运行稳定性、推动智能化升级等方面的应用价值，全面阐释了智能诊断系统与火电集控运行故障预防的融合路径。随着人工智能、大数据等技术的持续发展，智能诊断系统在诊断算法优化、多源数据融合、自主决策能力提升等方面将会取得进一步的突破，为火电集控运行故障预防提供更加有力的技术支撑。

#### 参考文献：

- [1] 丁光耀.人工智能下火电厂集控运行在电力系统稳定性中的关键作用[C]//《中国招标》期刊有限公司.新质生产力驱动第二产业发展与招标采购创新论坛:绿色智造·采购革新专题.国能保定发电有限公司,2025.
- [2] 彭博伟,马贝,张江德.火电机组DCS硬件故障分析与治理[J].电力安全技术,2025,27(12):71-74.
- [3] 蔡奇伟.火电厂常见故障处理方法[J].能源新观察,2025(11):50-51.
- [4] 绳大为.基于大数据分析的火电机组主机设备多源故障诊断型构建策略[J].中国科技信息,2025(22):90-92.
- [5] 朱殿军,赵爱娟,朱宇璇,等.基于人工智能AI大模型的火电厂设备故障诊断技术研究[C]//中国电力技术市场协会城市电网专业委员会,国网(苏州)城市能源研究院.2025年(第三届)城市电网技术创新会议论文集.秦皇岛发电有限责任公司,河北创绘工程设计有限公司,曙光信息产业股份有限公司,2025.