

火力发电厂热控保护装置自动检修模式优化

Optimization of Automatic Maintenance Mode for Thermal Control and Protection Devices in Thermal Power Plants

★ 安徽淮南平圩发电有限责任公司 刘伟

摘要：近年来，随着火力发电厂的快速发展，热控保护装置的自动检修模式成为研究的焦点。本文旨在优化火力发电厂热控保护装置的自动检修模式，以提高系统的可靠性和安全性。首先，本文分析了当前火力发电厂热控保护装置自动检修模式存在的问题，包括检修时间过长、影响发电效率以及系统安全风险。随后，本文提出了一种基于信息融合的自动检修模式优化方案，该方案结合了智能诊断技术和远程监控技术，实现了对设备状态的实时监测和自动故障检修。最后，本文为了验证优化方案的有效性设计了一系列实验，并对比了优化前后的检修效果。实验结果表明，优化后的自动检修模式在检修时间、效率和成本方面都取得了显著的改善，验证了优化方案的可行性和有效性。

关键词：火力发电厂；热控保护装置；自动检修；信息融合

Abstract: In recent years, with the rapid development of thermal power plants, the automatic maintenance mode of these devices to enhance system reliability and safety. This paper aims to optimize the automatic maintenance mode of thermal control protection devices in thermal power plants to enhance the reliability and safety of the system. Firstly, the problems existing in the current automatic maintenance mode of thermal control protection devices in thermal power plants are analyzed, including too long maintenance time, influence on power generation efficiency and system safety risks. Then, an optimization solution of automatic maintenance mode based on information fusion is proposed, which combines intelligent diagnosis technology and remote monitoring technology to realize real-time monitoring of equipment status and automatic fault maintenance. Finally, in order to verify the effectiveness of the optimization scheme, a series of experiments are designed, and the maintenance effects before and after optimization are compared. The experimental results demonstrate that the optimized automatic maintenance mode has achieved significant improvement in maintenance time, efficiency and cost, thereby validating the feasibility and effectiveness of the optimized scheme.

Key words: Thermal power plant; Thermal control protection device; Automatic maintenance; Information fusion

1 引言

火力发电厂作为重要的能源供应设施，在发电过程中面临着各种各样的问题和挑战。其中，热控保护装置的自动检修模式优化是一个备受关注的热点问题^[1]。目前的自动检修模式存在着无法准确判断故障、无法有效避免误操作等问题，这些问题直接影响着火力发电厂设备的稳定性和可靠性，同时也会增加维护成本和影响发电效率^[2]。因此，通过优化研究火力发电厂热控保护装置自动检修模式，不仅可以提高设备的稳定性和可靠性，降低停机时间，提高发电效率，还能够有效降低维护成本，具有重要的经济和社会意义^[3]。本研究旨在通过对现有自动检修模式的问题和局限性进行分析，提出一种新的优化方案，并验证其可行性和有效性，为火力发电行业提供新的解决方案，具有重要的理论和实践意义。

2 火力发电厂热控保护装置自动检修分析

2.1 火力发电厂热控保护装置分析

如图1所示，火力发电厂热控保护装置是火力发电厂中非常重要的设备之一，它主要负责监测和保护锅炉及其他相关设备的安全运行。热控保护装置通过对设备温度、压力、流量等参数进行实时监测和控制，确保设备在正常工作范围内稳定运行，并在发生异常情况时能够及时采取保护措施，防止事故发生。在火力发电厂中，热控保护装置通常包括温度探测装置、压力传感器、流量计等传感器和执行器，以及相应的控制系统和

监测平台。这些设备能够对锅炉、汽轮机等重要设备的运行参数进行实时监测，并通过预设的控制策略对设备进行保护和调节，确保设备处于安全、稳定的工作状态^[4]。然而，当前火力发电厂热控保护装置存在一些问题，如传感器精度不高、控制系统响应速度较慢、智能化程度不够等，这些问题在一定程度上限制了热控保护装置的性能和可靠性。因此，对于热控保护装置的自动检修模式进行优化是非常必要的，不仅可以提高设备的稳定性和可靠性，降低停机时间，还可以提高发电效率，减少维护成本。

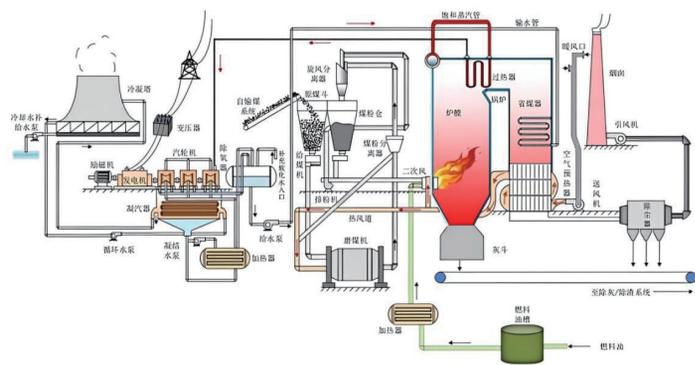


图1 火力发电厂工艺流程图

2.2 热控保护装置设计参数

本文以我国1030MW超超临界火力发电机的结构II型锅炉为研究对象。该锅炉是配内置启动循环泵的参数变压直流锅炉。锅炉前面设置了汽水分离器和储水罐，炉身由下侧的螺旋膜型水冷壁和上侧的竖立型水冷壁组成。在炉膛出口设置屏式过热器，在炉膛上方设置末级和后屏两种过热器，在烟道水平处安放再热器。尾竖井采用隔墙将其分为前、后两段，前段配置有低温再热器和省煤器，后段配置有高温再热器和省煤器，在分段管道的底部配置有过、再热器的烟气调整隔板，用于分布烟气流量，以调整再热蒸气的出口温度。烟气经过两条尾烟道后，送入SCR脱氮设备，脱氮后，再送入三分仓旋转空预器。因此，对锅炉的保护装置需要对流量、温度、压力进行监测，如表1所示^[5]。

表1 热控保护装置自检设计参数

| 名称 | 单位 | 最大连续蒸发量工况 | 额定工况 |
|--------|-----|-----------|-------|
| 过热蒸汽流量 | t/h | 3048 | 2959 |
| 过热蒸汽压力 | MPa | 26.15 | 26.08 |

| | | | |
|----------|-----|-------|-------|
| 过热蒸汽温度 | °C | 605 | 605 |
| 给水温度 | °C | 304 | 302 |
| 再热蒸汽流量 | t/h | 2530 | 2448 |
| 再热蒸汽进口压力 | MPa | 5.041 | 4.867 |
| 再热蒸汽出口压力 | MPa | 4.831 | 4.664 |
| 再热蒸汽进口温度 | °C | 352 | 350 |
| 再热蒸汽出口温度 | °C | 603 | 603 |

3 热控保护装置信息采集系统设计

该热定点测温系统由参数采集器、远程数据传输、服务器及管理软件4大部分组成，系统结构如图2所示。

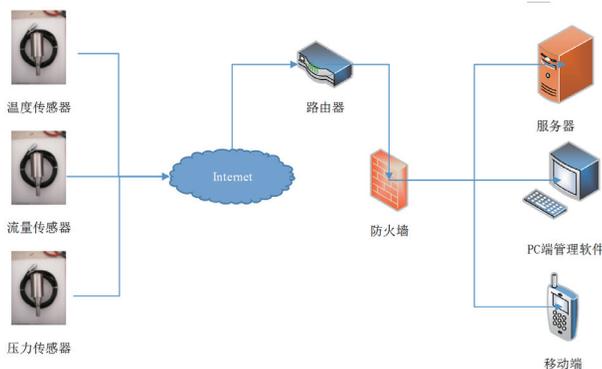


图2 热定点测温系统结构

(1) 采集器：该系统中的采集器是基于温度传感器、压力传感器和流量传感器，与此同时，液晶屏界面展示了详细的信息内容^[6]。

(2) 远程数据传输：本文根据项目实际应用环境，对当前常见的3种远程数据传输技术NB-IOT、GPRS和Wi-Fi进行了比较，具体如下：NB-IOT是近年来出现的一种新型技术，已经开始运用于智能表计量表、共享支付和智慧城市等场景中，功耗小和电池续航时间长是其突出的优势，也是今后发展的趋势。然而，现阶段产品普及率较低，技术门槛较高，流量卡运营商并不赞成用户与私有服务器进行数据对接，常见的平台包括：电信IoT平台和移动OneNet平台，在利用数据时需与以上平台进行转接，小批量的流量卡成本较高。GPRS技术是一种主流的技术，它具有简单、稳定、可靠、上手快的特点，现在市面上有较多的设备都采用GPRS进行数据的传输，初步判断，一台设备的GPRS流量2M便能够满足。Wi-Fi技术需要与家庭无线路由器

网络连接,在网络用户名和密码配置上都出现了不足:首先,小批量设备需要专业人员上门服务,费用昂贵;其次,在大规模的设备安装过程中,需要进行配置管理软件开发。

在采集系统中,涉及多种设备和传感器,需要确保数据传输方式的设备兼容性。而GPRS技术具有广泛的设备兼容性,可以与各种设备和传感器进行无缝连接。加之GPRS模块体积小、功耗低,易于集成到各种设备中,有助于提高设备的便携性和灵活性。因此,本文首先选择了技术较为成熟的GPRS数据传输方式。

4 基于信息融合的算法异常检测

当前火力发电厂热控保护装置自动检修存在一些问题,首先是无法准确判断故障:即使采用自动检修模式,装置仍然存在误判故障的情况,导致实际并无故障时进行了检修,浪费了时间和人力成本;其次是无法有效避免误操作:由于现有的自动检修模式缺乏智能化的监测和诊断功能,往往无法准确判断操作误差和故障情况。

传统的监控方案往往使用观测值进行过程监控,但传感器采集到的观测值数据往往会忽略潜在的有效信息。基于以上问题,本章对原始观测数据进行更深层挖掘,采用一种多模块信息(Multi-block Information, MBI)相融合的异常监控算法。该算法提取出数据集中的观测值信息,并定义误差的累加信息和变化速率信息,然后基于提出的不同信息归类为3个子块;最后,利用算法对每个子块分别建立监控模型,使用贝叶斯概率统计将各个子块监控统计量融合为一个综合的统计指标。该算法在应用于加入异常扰动的数值样本中,表现出了良好的效果,验证了其有效性与可行性。

4.1 多块信息提取

区别于以往的分块建模方法,该算法定义了数据集的累计误差信息和变化率信息,这样能够反映出数据集中更深层次的隐含信息量,并将提取出的各个子块分别建模,与传统分块方法的主要区别如图3所示。

累计误差信息的计算是基于数据集的标准值,也就是某个时间段的原始值和标准值的差。累计误差信息可以增大样本的波动幅值,当变量发生异常或者漂移

时,可以更加灵敏地检测到异常的发生,从而提高模型的监控性能。设数据集 $X \in R^{n \times m}$ 是样本预处理之后的正常运行下的样本,将其平均数设定为标准量。经过标准化之后的数据集是均值为0的样本数据,则将样本相加之后即可得出。若 $X \in R^{(n-T) \times m}$ 为t时刻累计误差信息,则t时刻的误差为式(1):

$$x_t(t) = \sum_{l=0}^T (x(t-l)) \quad (1)$$

其中, $x(t)$ 表示的是t时刻的观测值信息, $x_t(t)$ 表示t时刻计算得出的观测值误差信息累积量,注意得出的结果会使得样本减少T个。对于新的测试样本 x_{test} ,首先将其进行标准化,然后利用式构造出样本 $x_{test}^l(t)$ 。

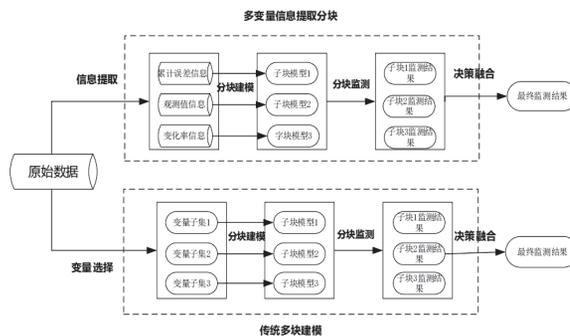


图3 多块信息融合与传统信息融合对比

4.2 异常数据检测流程

算法流程详细描述如下:

- (1) 获取原始正常工况数据集 X ,使用递归互信息方法选取出信息量最大的变量,对其进行标准化处理得到数据集 X_0 ;
- (2) 利用公式从原始数据集中提取出新的特征矩阵 X_I 和 X_D ;
- (3) 分别将 X 、 X_I 和 X_D 划分为子块1、2、3,并利用算法分别建立监控模型,计算各自的异常控制限;
- (4) 对于新来的标准化之后的测试样本 x_{test} ,同样利用公式进行样本重构得到新的测试样本 x_{test}^I 和 x_{test}^D ;
- (5) 利用算法对各分块进行检测并获得实验结果;
- (6) 使用贝叶斯概率统计,将分块后的子块模型相融合为一个综合指标,得到最后的贝叶斯统计量。

5 数值仿真分析

本小结采用多变量仿真系统对本章算法进行实

验, 这个仿真模型在原有数值仿真系统基础上加入了一个时变信号。该数值系统可以通过公式 (2) ~ (4) 进行描述。

$$z(i) = \begin{bmatrix} 0.018 & -0.191 & 0.287 \\ 0.847 & 0.264 & 0.943 \\ -0.333 & 0.514 & -0.217 \end{bmatrix} z(i-1) + \begin{bmatrix} 1 & 2 \\ 3 & -4 \\ -2 & 1 \end{bmatrix} u(i-1) \quad (2)$$

$$y(i) = z(i) + v(i) \quad (3)$$

$$u(i) = \begin{bmatrix} 0.811 & -0.226 \\ 0.477 & 0.415 \end{bmatrix} u(i-1) + \begin{bmatrix} 0.193 & 0.689 \\ -0.320 & -0.749 \end{bmatrix} [h(i-1) + 0.002 \times (i-1)] \quad (4)$$

在该数值仿真系统中, 变量 h 为一个随机向量, 该向量的每一个元素为范围在 $(-2, 2)$ 的一个均匀分布的随机数。输出变量 y 为状态变量 z 与一个随机噪声向量 v 相加获得, 噪声向量 v 服从均值为0、方差为0.1的正态分布。输出信号 u 与输入信号 y 被测量, 并用于过程监控。通过该仿真案例, 产生2000个样本, 其中1000个为建模样本, 表示为 $x(i) = [y^T(i) u^T(i)]^T$ 。在该仿真案例中加入两种故障:

(1) 在第800个测试样本时变量 u_i 加入了一个幅值为0.7的阶跃信号。(2) 在第800个测试样本时变量 u_i 加入了一个幅值为0.2的线性爬坡故障。首先使用传统PCA算法将观测值样本作为训练集, 对两种异常工况数值案例分别建立监控模型, 其中故障的监控模型实验结果如图4所示。

从图4可以看出, 传统算法在线性滑坡故障案例中, 由于模型的识别精确度和灵敏度不高, 存在异常检测延迟的情况, 而且存在一定的误报, 效果并不理想。对于引入两种异常的数值案例, 使用信息融合算法来进行检测, 信息融合算法相比于传统的算法区别在于检测控制限是根据模型样本进行实时更新来保证建模样本适应时变时间序列, 可以避免建模样本不足导致的模型泛化性能较差。

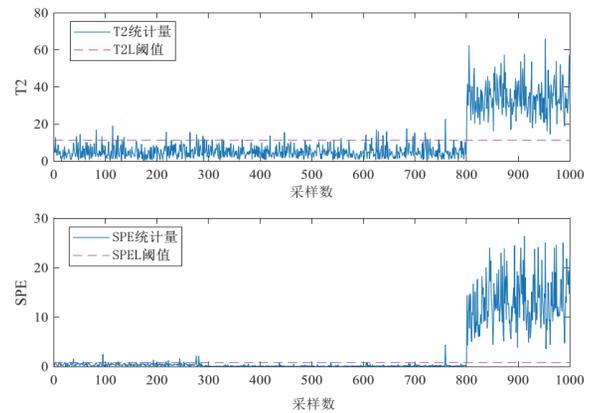


图4 观测值监控结果

6 结论

本研究通过对火力发电厂热控保护装置自动检修模式的优化, 提出了一种新的智能化监测和自动化检修方案, 并通过实际案例分析和仿真实验, 验证了该优化方案的可行性和有效性。结果显示, 优化后的自动检修模式能够大幅提升火力发电厂设备的故障诊断和维修效率, 能够显著降低因故障和人为操作失误导致的停机时间, 实现了火力发电厂设备运行稳定性和可靠性的提升, 同时也大大节约了维护成本, 具有重要的实际应用价值。**AP**

作者简介:

刘伟 (1984-), 男, 安徽淮南人, 助理工程师, 学士, 现就职于安徽淮南平圩发电有限责任公司, 研究方向为热工自动装置。

参考文献:

- [1] 祁昊天. 火电厂热控自动化保护装置的检修与维护研究[J]. 中国设备工程, 2024 (6): 67 - 69.
- [2] 王文岁, 张超, 银伟, 等. 电厂热控系统中热控保护装置故障研究[J]. 现代制造技术与装备, 2024, 60 (1): 116 - 118.
- [3] 王鹏. 超超临界火电机组热控自动化保护装置的检修维护措施[J]. 智能城市, 2023, 9 (12): 67 - 69.
- [4] 马连彬. 火力发电厂热控保护装置检修方法[J]. 电工技术, 2023 (2): 187 - 189.
- [5] 杜伟. 火电厂热控自动化保护装置的检修与维护[J]. 光源与照明, 2022 (8): 99 - 101.
- [6] 魏志德. 火电厂热控自动化系统运行的稳定性研究[J]. 电子元器件与信息技术, 2023, 7 (12): 40 - 43.