

# 火力发电厂汽轮机故障诊断与预测软件

那晓亮

国能太仓发电有限公司 江苏 苏州 215433

**摘要：**随着火力发电厂的规模不断扩大和运行速度不断提高，汽轮机设备的运行安全性和平稳性变得至关重要。本文深入研究了火力发电厂汽轮机的故障诊断与预测软件，通过实时监测和分析汽轮机运行数据，准确识别和预警潜在故障，有效诊断故障原因。此软件为火力发电厂的安全稳定运行提供了强有力的技术支持，助力实现高效、可靠的能源供应。

**关键词：**火力发电；汽轮机；故障诊断；预测软件

## 引言

火力发电厂是我国主要的电力生产方式之一，汽轮机作为火力发电厂的核心设备，其运行状态直接影响到发电厂的发电能力和安全性。然而，汽轮机在长期高速运行过程中，容易产生故障，如轴瓦磨损、转子弯曲等，这些故障如不及时发现和及时处理，可能导致设备损坏甚至发生安全事故。因此，研究火力发电厂汽轮机故障诊断与预测软件具有重要的现实意义。

## 1 火力发电厂汽轮机常见故障及原因

### 1.1 轴瓦磨损

轴瓦磨损主要表现为轴瓦表面磨损、合金层剥落等。轴瓦磨损的原因可能包括：润滑不足：轴瓦与轴颈之间的润滑油膜是防止磨损的重要因素。如果润滑油供应不足或油质不合格，油膜可能破裂，导致轴瓦与轴颈直接接触，从而产生磨损。轴瓦负荷过大：如果汽轮机的负荷超过了设计范围，轴瓦会受到更大的压力，加速磨损。轴颈粗糙度不合格：轴颈表面的粗糙度对油膜的形成和稳定性有重要影响。如果轴颈表面粗糙度过大，会破坏油膜的连续性，导致轴瓦磨损。

### 1.2 转子弯曲

转子弯曲的原因可能包括：热应力：汽轮机在启动、停机或负荷变化过程中，由于温度梯度产生的热应力可能导致转子弯曲。机械应力：汽轮机在运行过程中，由于转子自身的重力、离心力以及轴承支撑力等作用，会产生机械应力，长期作用下可能导致转子弯曲。转子材质不均匀：如果转子材质存在缺陷或不均匀，可能在运行过程中产生应力集中，导致转子弯曲。

### 1.3 叶片损坏

叶片损坏的原因可能包括：设计缺陷：叶片的设计参数、结构形式等如果存在缺陷，可能导致在运行过程中出现应力集中、振动等问题，从而引发叶片损坏。制

造质量问题：叶片的制造质量直接影响其使用寿命和安全性<sup>[1]</sup>。如果制造过程中存在缺陷，如材质不合格、加工精度不足等，都可能导致叶片损坏。运行过程中的振动和冲击：汽轮机在运行过程中会产生振动和冲击，如果叶片的固有频率与激振频率相近或存在共振现象，可能导致叶片疲劳损坏。汽轮机的进汽参数不稳定：如果汽轮机的进汽参数（如温度、压力等）不稳定或波动过大，会对叶片产生不良影响，长期作用下可能导致叶片损坏。

### 1.4 轴承振动

轴承振动的原因可能包括：轴承间隙过大或过小：轴承间隙的大小直接影响轴承的刚度和稳定性。如果间隙过大或过小，都可能导致轴承振动增加。轴承座刚度不足：轴承座的刚度对轴承的振动特性有重要影响。如果轴承座刚度不足，可能导致轴承在受到外部激励时产生较大的振动响应。转子动平衡失调：转子动平衡失调是导致轴承振动的常见原因之一。如果转子的质量分布不均匀或存在偏心现象，会导致转子在旋转过程中产生不平衡力，进而引发轴承振动。汽轮机的安装精度和运行维护状况：汽轮机的安装精度和运行维护状况对轴承振动也有重要影响。如果安装精度不足或运行维护不当，可能导致轴承磨损、松动等问题，进而引发振动。

## 2 故障诊断与预测软件设计

### 2.1 软件架构

在火力发电厂汽轮机故障诊断与预测软件的设计中，软件架构的选择与构建至关重要。一个合理且高效的软件架构不仅能确保软件的稳定性和可靠性，还能为后续的功能扩展和维护提供便利。首先，考虑到汽轮机故障诊断与预测涉及大量实时数据的处理和分析，建议采用微服务架构。这种架构能够将整体功能拆分为一系列小型的、独立的服务，每个服务都负责特定的业务

功能。这样，不仅提高了系统的可扩展性，还使得每个服务都可以独立开发、部署和升级，降低了系统的复杂性。其次，为了保证实时数据的快速处理和响应，可以采用流式计算框架，如Apache Kafka或Spark Streaming。这些框架能够实时处理数据流，为故障诊断和预测提供即时的数据支持。此外，考虑到故障诊断与预测算法的不断更新和优化，软件架构应支持算法的动态加载和替换。这样，当有更先进的算法出现时，可以无缝地集成到现有系统中，提高诊断的准确性和预测的可靠性。在数据存储方面，考虑到大量历史数据和实时数据的存储需求，可以采用分布式数据库，如Hadoop或Cassandra。这些数据库能够处理大规模的数据集，并提供高可用性和容错性。最后，为了确保软件的安全性和稳定性，应采用成熟的安全机制和容错设计<sup>[2]</sup>。例如，通过访问控制、数据加密和日志审计等手段确保数据的安全性；通过负载均衡、集群部署和容错机制等手段提高系统的稳定性和可用性。

## 2.2 数据采集与处理

在火力发电厂汽轮机的故障诊断与预测软件设计中，数据采集与处理是不可或缺的核心环节。数据采集部分负责从汽轮机的传感器网络中实时、准确地捕捉各类运行数据。考虑到汽轮机运行环境的复杂性和数据的多样性，数据采集系统应具备高可靠性、高精度和高实时性。为此，可以采用工业级的传感器和数据采集卡，确保数据的准确性和稳定性。同时，为了应对可能的数据传输中断或数据丢失问题，可以设计数据缓存机制和重传机制，确保数据的完整性和连续性。数据处理环节则负责对采集到的原始数据进行清洗、转换和特征提取等操作，为后续的故障诊断和预测提供高质量的数据输入。数据清洗可以消除噪声和异常值，保证数据的准确性；数据转换可以将不同格式或标准的数据统一化，便于后续分析；特征提取则能从海量的数据中提取出与故障相关的关键信息，提高故障诊断的效率和准确性。为了实现高效的数据处理，可以采用分布式计算框架，如Apache Spark，对大规模数据进行并行处理。同时，结合机器学习和深度学习技术，对数据进行自适应的特征提取和降维，进一步提高数据处理的质量和效率。

## 2.3 故障诊断算法

在火力发电厂汽轮机故障诊断与预测软件的设计中，故障诊断算法是实现精准识别汽轮机工作状态及故障类型的核心所在。考虑到汽轮机系统的复杂性和故障类型的多样性，单一的故障诊断方法往往难以覆盖所有情况。因此，建议采用多种故障诊断算法进行融合，形

成综合诊断策略。这其中包括基于规则的方法、基于统计的方法、基于机器学习的方法和基于深度学习的方法等。基于规则的方法依赖于专家经验和历史数据建立的规则库，通过规则匹配实现故障诊断。这种方法简单直接，但对规则库的完善性和准确性要求较高。基于统计的方法利用统计学原理对汽轮机的运行数据进行分析，通过识别数据的异常变化来判断故障。这种方法适用于数据量较大的情况，但需要选择合适的统计模型和阈值。基于机器学习和深度学习的方法则通过训练模型来学习故障与特征之间的关系，实现故障的自动识别和分类。这类方法能够处理复杂的非线性问题，自适应地提取故障特征，但需要大量的历史数据进行训练，且模型的性能和准确性依赖于数据的质量和数量<sup>[3]</sup>。

## 2.4 故障预测模型

在火力发电厂汽轮机的故障诊断与预测软件设计中，故障预测模型是实现预防性维护、降低故障发生风险的关键工具。故障预测模型的目标是利用历史数据和其他相关信息，预测汽轮机未来的运行状态，从而及时发现潜在故障，为维修决策提供科学依据。为了实现这一目标，可以采用基于时间序列分析、机器学习或深度学习的方法构建故障预测模型。时间序列分析方法通过挖掘历史运行数据中的趋势和周期性变化，预测未来的运行状态。机器学习方法则通过训练模型学习故障与特征之间的关系，实现对未来故障的预测。深度学习方法能够处理复杂的非线性问题，自适应地提取故障特征，提高预测的准确性。在选择合适的故障预测模型时，需要考虑数据的可用性、质量和模型的实时性要求。同时，为了提高预测的准确性和可靠性，可以采用多模型融合的方法，将不同模型的预测结果进行综合分析，得出更加可靠的预测结果。

## 3 软件功能应用案例

### 3.1 实时监测

实时监测是汽轮机故障诊断与预测软件中的一项基础且核心的功能。这一功能主要基于传感器和数据采集技术，对汽轮机的各项参数进行实时、在线的监测，确保能够及时、准确地获取设备的状态信息。实时监测功能能够实时采集汽轮机的温度、压力、振动、声音等数据，并实时展示在软件的界面上。通过实时监测，操作人员可以及时了解汽轮机的运行状态，发现异常数据或潜在故障。例如：在8:00:01这一时刻，汽轮机的温度为550℃，压力为10.5MPa，振动值为25μm，声音分贝为85。随着时间的推移，到8:10:02时，汽轮机的温度升至552℃，压力增加到10.6MPa，振动值上升到30μm，声

音分贝升至90。到了8:20:03，汽轮机的温度继续升高至554℃，压力进一步增加到10.7MPa，振动值增大至35μm，声音分贝达到95。当汽轮机的振动值超过预设阈值时，软件会立即发出警报，并显示相应的故障诊断结果和预测信息。以下是关于实时监测功能的更详细描述及一些示例数据：

表1 故障诊断结果和预测信息数据表

时间戳	温度 (℃)	压力 (MPa)	振动 (μm)	声音分贝
0.333344907	550	10.5	25	85
0.340300926	552	10.6	30	90
0.347256944	554	10.7	35	95

从这些实时监测数据中，我们可以看出汽轮机的各项参数在逐渐发生变化。对于操作人员和维修人员来说，他们需要密切关注这些参数的变化情况，确保设备在正常运行范围内。如果某些参数超过预设阈值或出现异常波动，他们需要及时采取相应的措施来处理，避免设备出现故障或造成生产损失。

### 3.2 故障诊断

故障诊断功能是汽轮机故障诊断与预测软件的核心。通过实时监测和分析汽轮机的运行数据，此功能能够准确地识别和定位故障的类型和位置<sup>[4]</sup>。它利用先进的故障诊断算法，并结合机器学习和深度学习技术，对汽轮机的运行数据进行深度处理和分析。例如：根据实时监测数据，汽轮机在0.5秒时的状态如下：温度：565℃，压力：11.5MPa，振动：50μm，声音分贝：105，诊断结果显示，该汽轮机的轴承存在故障。这可能是由于轴承磨损、润滑不良或其他机械问题引起的。建议进行进一步的检查和维修，以确定故障的具体原因并采取相应的措施。汽轮机在0.583333333秒时的状态如下：温度：620℃，压力：10.8MPa，振动：48μm，声音分贝：98，诊断结果显示，该汽轮机的叶片可能存在裂纹。这可能是由于材料疲劳、过载运行或其他因素引起的。建议进

行进一步的检查和评估，以确定叶片裂纹的程度和影响，并采取相应的维修措施。

以下是软件诊断的故障类型及对应的实时监测数据示例：

表2 软件诊断故障类型及对应的实时监测数据表

时间	温度 (℃)	压力 (MPa)	振动 (μm)	声音分贝	诊断结果
0.5	565	11.5	50	105	轴承故障
0.583333333	620	10.8	48	98	叶片裂纹

在故障诊断过程中，软件会结合历史数据和专家经验，构建一个故障诊断模型。当实时监测数据传入时，软件会进行实时分析和比对。一旦发现异常数据或故障特征，便会立即触发故障诊断流程。通过模型匹配和算法计算，软件能够给出精确的故障诊断结果。

### 结语

火力发电厂汽轮机故障诊断与预测软件是一款针对火力发电厂汽轮机故障的专业化工具。这款软件利用先进技术对汽轮机的运行数据进行深度处理和分析，旨在提高故障诊断的准确性和效率。在实际应用中，软件能快速识别和定位故障，降低对人工经验的依赖，为维修人员提供明确的指导，缩短维修时间，降低维修成本。此外，该软件还具备自适应学习和优化能力，能够适应不同型号和运行环境的汽轮机，为火力发电厂提供更加可靠、高效的故障诊断服务。

### 参考文献

- [1]杨楠,顾煜炯,孙树民,王仲.汽轮机故障链诊断与评估方法研究[J].自动化仪表,2019,40(12):14-19+24.
- [2]石泽红.火力发电厂汽轮机的常见故障与检修处理方式研究[J].价值工程,2019,38(25):205-207.
- [3]张海燕.深度学习在汽轮机故障诊断与预测中的应用[J].自动化与仪器仪表,2021(5):188-191.
- [4]刘志强.基于大数据分析的汽轮机故障诊断与预测系统设计[J].自动化技术与应用,2020,39(10):189-193.