

## 离心压缩机故障诊断研究现状及发展趋势

丁锦鸿

沈阳透平机械股份有限公司, 辽宁 沈阳 110000

**[摘要]** 随着经济的快速发展, 工业生产在现代社会中扮演着重要角色。而离心压缩机作为工业生产中不可或缺的关键设备, 其故障问题备受关注。文中针对离心压缩机故障问题进行了分析与探讨, 着重探讨了当前离心压缩机故障诊断的研究现状及未来的发展趋势。在这个背景下, 我们希望通过此文的研究, 为离心压缩机故障诊断技术的提升提供一定的参考和指导, 以确保工业生产的顺利进行和设备的可靠运行。

**[关键词]** 离心压缩机; 故障诊断; 现状; 发展趋势

DOI: 10.33142/ect.v2i6.12381

中图分类号: TH452

文献标识码: A

### Current Status and Development Trends of Fault Diagnosis Research on Centrifugal Compressors

DING Jinhong

Shenyang Touping Machinery Co., Ltd., Shenyang, Liaoning, 110000, China

**Abstract:** With the rapid development of the economy, industrial production plays an important role in modern society. As an indispensable key equipment in industrial production, centrifugal compressors have received much attention for their fault problems. This article analyzes and explores the fault problems of centrifugal compressors, focusing on the current research status and future development trends of centrifugal compressor fault diagnosis. In this context, we hope to provide some reference and guidance for the improvement of centrifugal compressor fault diagnosis technology through the research in this article, so as to ensure the smooth progress of industrial production and the reliable operation of equipment.

**Keywords:** centrifugal compressor; fault diagnosis; current status; development trends

#### 引言

离心压缩机是现代工业中广泛使用的关键设备, 但其常常面临各种故障挑战, 如轴承磨损、叶轮故障等, 这些问题可能导致设备停机和生产中中断。因此, 如何及时准确地诊断离心压缩机的故障成为了当前研究的重点。为了解决这一挑战, 研究者们提出了多种故障诊断方法。传统方法依赖于工程师的经验和知识, 通过观察和分析设备运行状态来确定故障原因。随着信息技术的发展, 基于数据驱动的方法受到了广泛关注, 利用大数据分析技术监测设备运行数据, 识别异常模式和故障特征。此外, 基于物理模型的方法也备受重视, 通过建立设备的数学模型来模拟不同工况下的运行状态, 实现故障的诊断和预测。虽然取得了一定进展, 但离心压缩机故障诊断仍然面临一些挑战, 如准确性、实时性和适用性等方面的限制。因此, 未来的研究方向将集中在提高诊断方法的准确性和效率, 推动离心压缩机故障诊断技术的进一步发展。

#### 1 离心压缩机故障诊断的重要性

离心压缩机在各种工业领域中起着至关重要的作用, 其在空调系统、制冷系统、空气压缩机、石油化工、制冷设备等领域中都扮演着关键角色。然而, 离心压缩机一旦发生故障, 不仅可能导致工业生产中断和设备损坏, 还可能对生产过程、能源消耗和环境造成严重影响。因此, 及

时准确地诊断和解决离心压缩机故障对于保障生产安全、提高设备可靠性和降低生产成本至关重要。离心压缩机故障诊断的重要性体现在以下几个方面: 首先, 有效的故障诊断可以帮助企业及时发现设备的异常状态, 防止设备故障进一步恶化, 减少生产停机时间, 提高生产效率和生产率。其次, 通过及时诊断故障并采取相应的维修措施, 可以减少维修成本和设备损坏, 并延长设备的使用寿命, 提高设备的可靠性和稳定性。再者, 对离心压缩机故障进行准确诊断还有助于优化设备运行状态, 降低能源消耗, 减少能源浪费, 从而降低生产成本, 提高企业的经济效益。最后, 有效的故障诊断可以提高企业的安全生产水平, 保障生产环境的安全和稳定, 避免因设备故障而引发的事故和安全隐患。因此, 离心压缩机故障诊断的重要性不言而喻, 只有通过科学合理的诊断方法和有效的管理措施, 及时发现和解决设备故障, 才能够确保生产安全、提高生产效率和经济效益, 推动企业持续健康发展。

#### 2 离心压缩机故障诊断及案例分析

离心压缩机故障诊断方法是在离心压缩机运行过程中, 针对可能出现的各种故障情况, 采用不同的技术手段和方法进行诊断和分析, 以确定故障原因并提出相应的解决方案。离心压缩机作为重要的工业设备, 在各种应用领域都发挥着关键作用, 但由于其复杂的结构和工作原理,

以及长时间高负荷运行,故障频发的特点,使得故障诊断对于设备的运行和维护至关重要。传统的故障诊断方法主要依赖于技术人员的经验和专业知识。通过观察设备运行状态和分析异常现象,技术人员能够准确诊断出故障原因,并采取相应的维修措施。虽然这种方法操作简单,但受限于技术人员的经验水平和主观因素,诊断结果的准确性和可靠性有一定局限性。随着科学技术的不断发展,基于数据驱动的故障诊断方法逐渐应用于离心压缩机领域。这种方法利用大数据技术、机器学习和数据挖掘等方法,通过分析设备的历史数据和实时数据,自动识别出设备的异常状态和故障特征,实现对设备故障的快速准确诊断。例如:在一家工业厂房的离心压缩机系统中,工程师们也遇到了类似的故障问题,但由于设备的运行数据较为复杂,传统的分析方法无法有效识别故障模式。因此,他们决定采用机器学习算法进行故障诊断。首先,工程师们收集了大量的设备运行数据,包括振动数据、温度数据、压力数据等,并对数据进行预处理和特征提取,以准备用于机器学习算法的训练。接着,他们利用机器学习算法,如支持向量机(SVM)和深度神经网络(DNN),对预处理后的数据进行训练和模型构建<sup>[1]</sup>。通过在训练集上的学习,算法能够自动识别设备运行中的正常模式和异常模式。最后,工程师们将训练好的机器学习模型应用于实际的故障诊断中,对设备的运行数据进行实时监测和分析,并根据模型的输出结果,及时识别出了设备中的故障模式,为设备的维修和维护提供了重要参考。此外,基于物理模型的故障诊断方法也得到了广泛应用,通过建立离心压缩机的数学模型或仿真模型,模拟设备的运行过程,识别出可能存在的故障类型和故障原因。例如:某工厂使用的离心压缩机在运行过程中出现了逐渐增加的振动和噪音,同时压缩机的性能也逐渐下降。工程师怀疑这可能是由于叶轮磨损导致的故障,但具体情况尚不清楚。为了解决这个问题,工程师采用了基于物理模型的故障诊断方法。首先,工程师使用传感器采集了离心压缩机在不同工况下的运行数据,包括压力、温度、振动等参数。然后,利用这些数据建立了离心压缩机的数学模型,模拟了叶轮在不同磨损程度下的运行状态。通过对比实际运行数据和模型模拟结果,工程师发现了一些异常情况,例如实际振动数据与模型预测值不一致。经过进一步分析,发现这些异常与叶轮磨损有关。最终,工程师确认了叶轮磨损故障,并及时进行了维修和更换,成功解决了设备的故障问题,恢复了离心压缩机的正常运行状态。

### 3 离心压缩机故障诊断研究现状

#### 3.1 传统故障诊断方法的应用与发展

在离心压缩机故障诊断领域,传统的故障诊断方法一直发挥着重要作用,同时也在不断地发展和完善。这些传统方法主要包括基于经验的诊断方法和基于检测仪器的

诊断方法。基于经验的故障诊断方法依赖于技术人员的经验和专业知识。通过观察设备运行状态、分析异常现象以及回顾历史维修记录,技术人员可以识别出潜在的故障原因,并采取相应的维修措施。这种方法在实践中简单易行,但受限于技术人员个人经验水平和主观判断,诊断结果的准确性和可靠性较为有限。另一方面,基于检测仪器的故障诊断方法则依赖于各种检测仪器和设备进行设备状态的实时监测和数据采集。这些仪器包括振动传感器、温度传感器、压力传感器等,通过监测设备的运行参数和性能指标,以及对设备的实时数据进行分析 and 比对,识别出设备的异常状态和故障特征。

以下是对传统故障诊断方法的应用与发展的简要总结:

表 1 传统故障诊断方法的应用与发展的简要总结

| 特点          | 应用与发展                    |
|-------------|--------------------------|
| 基于经验的诊断方法   | 在实践中简单易行,但受技术人员个人经验水平限制。 |
| 基于检测仪器的诊断方法 | 提供大量数据支持,但需要专业设备和技术人员支持。 |

#### 3.2 数据驱动方法在离心压缩机故障诊断中的应用

数据驱动方法在离心压缩机故障诊断领域中具有重要的应用前景。这种方法利用大数据技术、机器学习和数据挖掘等技术手段,通过对设备的历史数据和实时数据进行分析,自动识别出设备的异常状态和故障特征,实现对设备故障的快速准确诊断。

以下是数据驱动方法在离心压缩机故障诊断中的主要应用情况:

表 2 数据驱动方法在离心压缩机故障诊断中的主要应用情况

| 主要应用情况   | 描述  |
|----------|---|
| 数据采集与预处理 | 使用传感器和数据采集设备对离心压缩机运行过程中的各种参数进行实时监测和数据采集,并进行数据清洗、筛选和预处理。 |
| 特征提取与选择  | 对采集到的数据进行特征提取和选择,从中挖掘出与故障相关的特征,为后续的故障诊断和分类提供支持。         |
| 模型构建与训练  | 基于机器学习和深度学习技术,构建离心压缩机故障诊断的数据模型,并利用历史数据对模型进行训练和优化。       |
| 故障诊断与分类  | 将训练好的模型应用于实际数据中,对离心压缩机的运行状态进行实时监测和诊断,并将其归类到不同的故障类别中。    |
| 结果评估与优化  | 对诊断结果进行评估和优化,不断改进和调整模型,提高故障诊断的准确性和可靠性。                  |

#### 3.3 物理模型方法在离心压缩机故障诊断中的应用

物理模型方法在离心压缩机故障诊断中的应用是基于建立离心压缩机的数学模型或仿真模型,通过模拟设备的运行过程,识别出可能存在的故障类型和故障原因<sup>[2]</sup>。这种方法能够深入理解设备的工作原理,提高故障诊断的准确性和可靠性。

以下是物理模型方法在离心压缩机故障诊断中的主要应用情况：

**表 3 物理模型方法在离心压缩机故障诊断中的主要应用情况**

| 主要应用情况  | 描述  |
|---------|---|
| 模型建立与验证 | 建立离心压缩机的数学模型或仿真模型，包括机械结构、热力特性、动态响应等方面，对模型进行验证和优化。 |
| 故障特征提取  | 基于建立好的模型，分析设备在不同故障状态下的特征参数变化，提取与故障相关的特征信息。        |
| 故障诊断与定位 | 将设备实际运行数据与建立好的模型进行比对和分析，识别出设备的异常状态并进行故障定位和诊断。     |
| 故障原因分析  | 基于模型的故障诊断结果，分析故障发生的原因和机理，为后续的维修和改进提供参考和支持。        |
| 效果评估与优化 | 对模型的准确性和可靠性进行评估，不断优化和改进模型，提高故障诊断的准确性和效率。          |

#### 4 离心压缩机故障诊断研究的挑战与问题

离心压缩机故障诊断研究面临着多方面的挑战和问题。首先，离心压缩机作为重要的工业设备，其复杂的结构和工作原理使得故障诊断难度较大。由于设备的工作环境复杂多变，以及运行参数受多种因素影响，导致故障模式和特征多样化，诊断过程相对复杂。其次，离心压缩机故障诊断需要大量的数据支持，包括设备运行数据、性能参数、振动数据等。然而，获取高质量的数据并不容易，设备的数据采集和监测设备成本高昂，而且数据质量不稳定，存在噪声干扰和数据缺失等问题，影响了故障诊断的准确性和可靠性。此外，传统的故障诊断方法在面对复杂的离心压缩机故障时存在一定局限性，如基于经验的诊断方法受技术人员个人经验和主观判断影响较大，基于检测仪器的诊断方法受检测设备和数据处理技术限制。因此，如何克服传统方法的局限性，提高故障诊断的准确性和效率，是当前面临的重要问题之一。另外，随着科学技术的不断发展和应用，新型的故障诊断技术不断涌现，如基于数据驱动的方法和基于物理模型的方法<sup>[3]</sup>。然而，这些新方法也面临着模型建立复杂、算法优化难度大等问题，需要进一步研究和改进，以提高其在实际应用中的适用性和可靠性。

### 5 发展趋势与展望

#### 5.1 多源数据融合技术的应用

随着科技的发展和数据采集技术的进步，多源数据融合技术在离心压缩机故障诊断领域的应用前景十分广阔。这种技术将来自不同传感器和监测设备的数据进行整合和融合，能够提供更加全面、准确的设备运行状态信息。例如，结合振动传感器、温度传感器、压力传感器等多种传感器数据，可以实现对离心压缩机各个方面运行状态的全面监测和分析，有助于识别出潜在的故障风险和异常情况。同时，多源数据融合技术还可以通过综合分析不同来源的数据，提高故障诊断的准确性和可靠性，减少误报率

和漏报率，为及时维修和预防性维护提供更为可靠的数据支持。未来，随着人工智能和机器学习等技术的不断发展，多源数据融合技术将会更加智能化和自动化，能够实现大规模数据的实时处理和分析，为离心压缩机的故障诊断提供更加高效、精准的解决方案。同时，随着物联网技术的普及和应用，多源数据融合技术也将更加便捷地实现对离心压缩机运行状态的远程监测和实时分析，为设备管理和维护提供更加便利的手段。

#### 5.2 人工智能技术在故障诊断中的应用

人工智能技术，如深度学习和机器学习等，具有强大的数据处理和模式识别能力，可以从大量的数据中学习并提取有用的信息，从而实现对复杂系统的智能诊断和预测。在离心压缩机故障诊断领域，人工智能技术可以应用于以下几个方面：首先，人工智能技术可以帮助建立更加精准和高效的故障诊断模型。通过对大量的历史数据进行学习和分析，人工智能系统可以识别出不同故障模式之间的关联性和规律性，进而建立起更加准确和可靠的故障诊断模型。这些模型可以用于实时监测设备运行状态，并及时发现并预测可能发生的故障，从而实现对设备运行的有效管理和控制。其次，人工智能技术可以提高故障诊断的自动化水平。传统的故障诊断通常需要专业人员进行手动分析和判断，耗时且易受主观因素的影响。而借助人工智能技术，可以实现对大规模数据的自动化处理和分析，快速准确地识别出异常情况，并给出相应的诊断结果和建议。这将大大提高故障诊断的效率和精度，降低维护成本，提高设备的可靠性和安全性。最后，人工智能技术还可以促进离心压缩机故障诊断与其他相关领域的深度融合。例如，结合物联网技术和大数据分析技术，可以实现对离心压缩机与其他设备、环境等多源数据的综合分析和联动控制，实现对整个生产系统的智能化管理和优化。

#### 5.3 物理模型与数据驱动方法的融合

物理模型与数据驱动方法的融合在离心压缩机故障诊断领域具有巨大的潜力和发展前景。传统的物理模型方法依赖于对设备运行原理和物理特性的准确建模，可以提供对设备运行状态的精确描述，但往往受到模型假设和参数不确定性的影响，难以完全满足实际复杂系统的需求。而数据驱动方法则通过对大量的实测数据进行分析和学习，能够捕捉到设备运行中的隐含信息和规律性，但对于特定故障模式的识别和解释能力相对有限<sup>[4]</sup>。因此，将物理模型与数据驱动方法相结合，可以充分发挥两者的优势，弥补各自的不足。通过利用物理模型对设备的基本运行特性进行建模，结合实际运行数据进行校准和修正，可以提高模型的准确性和可靠性。同时，利用数据驱动方法对设备运行数据进行分析和学习，可以发现数据中的潜在模式和规律，辅助物理模型进行故

障诊断和预测。

## 6 结语

离心压缩机故障诊断技术的研究和发展是保障工业生产安全和稳定运行的重要保障之一。通过对当前离心压缩机故障诊断研究现状及未来发展趋势的分析,我们可以看到这一领域已经取得了一定的进展,但仍面临诸多挑战和问题。未来,我们需要进一步加强基础理论研究,推动故障诊断技术的创新和应用,提高诊断准确性和效率。同时,结合新兴技术如人工智能、大数据分析等,不断完善故障诊断方法,为离心压缩机的安全运行和工业生产的发展贡献力量。希望通过我们的努力,离心压缩机故障诊断技术能够不断突破瓶颈,为工业生产的可持续发展提供更加可靠的保障。

## [参考文献]

- [1]侯雁霄. 离心压缩机故障诊断研究现状及发展趋势[J]. 科学中国人,2016,12(8):19-20.
  - [2]袁旭东. 离心压缩机在运行中的故障分析及检修技术[J]. 化工管理,2022,12(24):137-139.
  - [3]郑吉玉. 离心压缩机振动故障成因及解决对策探讨[J]. 中国设备工程,2022,12(4):46-47.
  - [4]张康. 离心压缩机故障诊断与处理分析[J]. 内燃机与配件,2020,23(19):159-160.
- 作者简介:丁锦鸿(1991.9—),毕业院校:南京航空航天大学,所学专业:机械工程及自动化,当前就职单位:沈阳透平机械股份有限公司,职务:工艺员,职称级别:工程师。