

试论机电一体化设备的故障诊断方法

李高峰

陕西法士特汽车传动集团有限责任公司 陕西 西安 710119

摘要：本文探讨了机电一体化设备的故障诊断方法，分析了其重要性、原理及特点，并详细介绍了故障树形图判断法、自诊断法、逻辑诊断法、对比诊断法、函数诊断法等多种诊断方法。同时，通过实际案例阐述了故障诊断技术在实践中的应用。文章指出，随着科技的进步，机电一体化设备故障诊断技术将向智能化、网络化方向发展，为工业生产提供有力支持。

关键词：机电一体化设备；故障诊断方法；智能化；网络化

引言

随着科技的飞速发展，机电一体化设备在现代工业生产中占据着举足轻重的地位。这些设备集成了机械、电子、计算机、控制等多种技术，具有高度的自动化和智能化特点，显著提高了生产效率和产品质量。然而，由于其结构复杂、零部件众多，机电一体化设备在运行过程中难免会出现各种故障。这些故障不仅会影响设备的正常运行，还可能导致生产中断、产品质量下降，甚至引发安全事故。因此，对机电一体化设备进行及时、准确的故障诊断具有至关重要的意义。本文将深入探讨机电一体化设备的故障诊断方法，旨在为相关领域的从业人员提供有益的参考和借鉴。

1 机电一体化设备故障诊断的重要性

1.1 保障生产安全

机电一体化设备在工业生产中往往承担着关键任务，一旦出现故障，可能会引发连锁反应，导致整个生产线瘫痪，甚至造成人员伤亡。通过故障诊断，可以及时发现并处理潜在的安全隐患，有效避免安全事故的发生。

1.2 提高生产效率

设备故障会导致生产中断或降速，降低生产效率。及时的故障诊断和维修可以迅速恢复设备的正常运行，减少生产停滞时间，从而提高整体生产效率。

1.3 降低维修成本

通过故障诊断，可以准确定位故障点，避免盲目拆卸和更换零部件，减少不必要的维修费用。同时，定期的故障诊断和维护还可以延长设备的使用寿命，进一步降低企业的运营成本。

2 机电一体化设备故障诊断的原理及特点

2.1 原理

机电一体化设备故障诊断的原理主要基于构建数学模型、数据采集与分析处理。首先，通过构建数学模型

来了解设备的参数和运行状态，这是进行故障诊断的重要基础。其次，利用传感器等设备收集设备的运行数据，如电流、电压、温度、振动等参数信息^[1]。然后，利用计算机对这些数据进行统计分析与处理，通过对比设备运行标准与实际数据之间的差异，来判断设备是否存在故障以及故障的类型和位置。

2.2 特点

2.2.1 零部件较多

机电一体化设备是多重零件和技术元素的集合，各部件的衔接功能对设备运转起着关键作用。这导致在故障诊断时，需要面对大量的零部件和复杂的连接关系，增加了诊断的难度。

2.2.2 更新速度较快

机电一体化技术发展迅速，设备零部件和技术的淘汰率较高。这使得维修人员需要不断学习和掌握新技术，以适应设备更新带来的故障诊断挑战。

2.2.3 故障类型多样

机电一体化设备的故障类型多种多样，包括机械故障、电气故障、软件故障等。不同类型的故障需要采用不同的诊断方法和手段，增加了故障诊断的复杂性。

3 机电一体化设备故障诊断的常用方法

3.1 故障树形图判断法

故障树形图判断法是一种通过逻辑关系逐层分解设备故障的方法。它首先明确故障现象，然后分析可能的原因，并构建完整的故障树。在故障树中，每个节点代表一个可能的原因或事件，通过逐层分解，最终定位到故障点。以数控机床的故障诊断为例，当机床出现加工精度下降的现象时，可以构建故障树进行分析。首先，将加工精度下降作为顶层事件，然后分析可能的原因，如刀具磨损、机床振动、控制系统故障等。接着，对每个可能的原因进行进一步分解，如刀具磨损可能是由于

切削参数不当、刀具材质不佳等原因引起的。通过逐层分解和排查,最终可以确定故障的具体原因和位置。该方法优点是能够系统地分析可能引发故障的各种因素,全面梳理故障发生的可能性,有助于精准定位故障点。在复杂的设备系统中尤为有效。缺点为构建故障树需要花费较多的时间和精力,对于一些简单的故障可能显得过于繁琐。

3.2 自诊断法

自诊断法依赖于设备内置的诊断系统。当设备出现故障时,自诊断系统能够根据预设程序自动检测并显示故障信息。这种方法利用设备自身的软硬件资源,实现故障的自动检测和提示。现代机电一体化设备,如数控机床、工业机器人等,通常都配备了自诊断系统。以数控机床为例,当机床的某个部件出现故障时,自诊断系统会在显示屏上显示相应的故障代码和提示信息,如“主轴电机过载”“伺服驱动器故障”等。维修人员可以根据这些提示信息快速定位故障点并进行维修。该方法优点是快速、方便,能够及时发现设备故障并给出提示信息,提高了故障诊断的便捷性^[2]。缺点为自诊断系统可能无法覆盖所有故障类型,其准确性受预设程序的影响。此外,如果自诊断系统本身出现故障,可能会导致误判或漏判。

3.3 逻辑诊断法

逻辑诊断法基于故障发生的逻辑关系进行诊断,包括物理逻辑诊断法和分区法。物理逻辑诊断法是根据征兆与状态之间的物理关系进行推理,如通过分析振动信号与设备结构、运动状态的关系来诊断振动异常的原因。分区法则是通过判据将故障划分为不同区域进行针对性诊断。以机电设备的振动异常故障为例,可以采用物理逻辑诊断法进行分析。首先,利用振动分析仪采集设备的振动信号,然后结合设备的结构特点和运动状态进行分析。如果发现振动信号与设备的某个部件(如轴承)的运动状态存在明显的关联,那么可以初步判断该部件可能存在故障。接着,可以对该部件进行进一步的检查和测试,以确认故障点。该方法优点是能够深入分析故障发生的逻辑关系,通常能给出较准确的诊断结果。适用于对设备结构和原理有一定了解的维护人员。缺点为需要丰富的专业知识和实践经验作为支撑,对于一些复杂的故障可能需要花费较多的时间和精力进行分析和推理。

3.4 对比诊断法

对比诊断法是一种事先通过计算分析、试验研究、统计归纳等方式,确定同各有关状态一一对应的征兆即

标准模式的方法。在得到设备工作时的征兆后,再将此征兆直接与基准模式对比,则可确定设备的状态。以电机的故障诊断为例,可以事先通过试验确定电机在不同运行状态下的电流、电压、温度等参数的标准模式。当电机出现故障时,采集其实际运行参数,并与标准模式进行对比。如果发现实际参数与标准模式存在明显差异,那么可以判断电机存在故障,并根据差异的大小和方向进一步分析故障的类型和原因。该方法优点是应用广泛,操作简单易行。通过对比实际参数与标准模式,可以直观地判断设备是否存在故障。缺点为需要事先建立准确的标准模式,且标准模式可能会受到设备使用环境、运行条件等因素的影响而发生变化。此外,对于一些复杂的故障,仅通过对比诊断法可能无法准确判断故障点。

3.5 函数诊断法

在征兆和状态之间,如果存在函数关系,则在获得征兆后即可算出相应的状态。函数诊断法就是基于这种原理,通过建立征兆与状态之间的函数关系模型,来实现对设备故障的诊断。以液压系统的故障诊断为例,可以建立液压系统压力与流量之间的函数关系模型。当液压系统出现故障时,采集其压力、流量等参数作为征兆信息,然后将其代入函数关系模型中进行计算,得出液压系统的实际状态。通过与正常状态进行对比,可以判断液压系统是否存在故障以及故障的类型和程度^[3]。该方法优点是能够准确地反映征兆与状态之间的函数关系,具有较高的诊断准确性。对于一些具有明确函数关系的设备故障,函数诊断法是一种非常有效的诊断方法。缺点为需要建立准确的函数关系模型,且模型可能会受到设备使用环境、运行条件等因素的影响而发生变化。此外,对于一些复杂的设备系统,建立函数关系模型可能比较困难。

4 机电一体化设备故障诊断的实际案例分析

4.1 案例一:电机过热故障

故障现象:某CQ6230轻型车床在运行中出现电机过热、主轴转动无力,伴随较大的振动和噪声。

诊断过程:首先,检查三相电源电压正常。然后,按照先机损后电路的原则,拆下主轴电机传动皮带,手动转动电机,发现在转到某一特殊角度时有明显擦刮现象。打开电机后,发现电机一端轴承严重损坏,导致转子偏心和定子铁芯相擦。

维修措施:更换轴承,并对定子铁芯修刮后重新浸漆,故障得以修复。

分析:此案例通过逐步排查和分解故障现象,最终

定位到电机轴承损坏这一故障点。这体现了故障树形图判断法和逻辑诊断法的应用。通过先检查电源电压等外部因素，再逐步深入到电机内部进行检查和分析，最终找到了故障原因。

4.2 案例二：电机绕组烧毁故障

故障现象：某JO2系列5.5kW电机绕组烧毁，重绕绕组后多次烧毁，且都是同一只线圈烧坏。

诊断过程：鉴于绕组反复重绕仍无法解决问题，可排除电机绕组本身故障。通过监测电流发现，电机在正常工作一段时间后出现故障，故障现象与缺相运行相似。经检查，发现交流接触器有一触点烧焦。

维修措施：对触点修整后电机工作恢复正常。为避免再次出现类似故障，更换了质量更好的交流接触器。

分析：此案例通过对比诊断法和逻辑诊断法找到了故障原因。通过对比电机正常工作时的电流与故障时的电流，发现电流异常，从而怀疑存在缺相运行的情况。然后，通过逐步排查电路中的元件，最终定位到交流接触器触点烧焦这一故障点。

4.3 案例三：液压系统压力不稳定故障

故障现象：某机械设备的液压系统出现压力不稳定、油温升高等问题。

诊断过程：首先对液压系统进行全面的外观检查，包括油液、管路、泵、阀等部件。然后进行压力测试，发现压力波动较大，部分区域压力过高或过低。接着对油液进行取样分析，发现油液中有杂质和水分，且部分油液出现乳化现象。结合压力测试和油液分析结果，判断液压系统可能存在泄漏、泵或阀件故障等问题。

维修措施：更换损坏的油液和管路，清洗和检修泵和阀件，对系统全面的清洗和调试后，系统压力稳定，油温恢复正常范围。

分析：此案例综合运用了常规检查法、仪器检测法和数据分析法等多种故障诊断方法。通过外观检查、压力测试和油液分析等手段，逐步排查和定位故障点。这体现了机电一体化设备故障诊断方法的多样性和综合性。

5 机电一体化设备故障诊断方法的发展趋势

5.1 智能化

随着人工智能技术的不断发展，机电一体化设备故障诊断技术将向智能化方向发展。通过利用机器学习、深度学习等算法，可以实现对设备故障的智能识别和预测。例如，可以建立设备故障的智能诊断模型，通过输

入设备的运行数据，模型能够自动分析并判断设备是否存在故障以及故障的类型和位置^[4]。这将大大提高故障诊断的准确性和效率，减少人工干预和主观判断的影响。

5.2 网络化

物联网技术的广泛应用为机电一体化设备故障诊断提供了网络化的发展机遇。通过将设备连接到互联网，可以实现对设备的远程监控和故障诊断。维修人员可以通过远程访问设备的数据和状态信息，及时了解和掌握设备的运行情况，并在设备出现故障时迅速进行诊断和维修。这将大大提高设备的可靠性和可维护性，降低维修成本和时间成本。

5.3 集成化

机电一体化设备故障诊断方法将向集成化方向发展。通过将多种故障诊断方法进行集成和融合，可以形成更加全面、准确的故障诊断系统。例如，可以将自诊断法、逻辑诊断法、对比诊断法等方法进行集成，形成一个综合性的故障诊断平台。该平台能够根据设备不同故障类型和特点，自动选择合适的诊断方法进行诊断和维修，提高故障诊断的灵活性和适应性。

结语

机电一体化设备故障诊断是保障设备正常运行、提高生产效率和降低维修成本的重要手段。本文详细介绍了机电一体化设备故障诊断的常用方法，包括故障树形图判断法、自诊断法、逻辑诊断法、对比诊断法和函数诊断法等，并通过实际案例分析了这些方法的应用效果。随着科技的进步和工业的发展，机电一体化设备故障诊断方法将不断向智能化、网络化和集成化方向发展。这将为工业生产提供更加高效、准确和可靠的故障诊断服务，推动机电一体化设备向更高水平发展。

参考文献

- [1]赵长梅,段有艳,韩珂.机电一体化设备的故障诊断方法与预测性维护技术应用[J].造纸装备及材料,2025,54(02):13-15.
- [2]吴俊华.机电一体化设备故障诊断技术研究[J].中国高科技,2024,(24):79-81.
- [3]杜启鑫,李博,靳凯峰,等.机电一体化设备的故障诊断与维护策略[J].高科技与产业化,2024,30(07):14-15.
- [4]熊贵兵.机电一体化设备故障诊断技术研究[J].冶金与材料,2023,43(06):91-93.