

## 汽车零部件机电系统故障诊断与维修技术研究

刘自强

秦皇岛丹枫科技有限公司, 河北 秦皇岛 066000

**[摘要]**文章围绕着汽车零部件加工机械电控系统故障诊断与维修技术展开研究。叙述了制造设备机电系统的故障分类、产生原因及其特征表现;讲解车载诊断系统的功能原理、传感器和执行器监测方法、多种信号综合测试法、智能化诊断技术、大数据分析应用和技术化维修的发展趋势。通过对上述内容的研究发现,现代制造设备机电系统的故障诊断逐渐从凭经验做出判断转为根据数据分析的结果来处理问题,利用多种方法联合起来再运用智能化的技术来进行诊断维修可以提升诊断的精确度和效率。

**[关键词]**制造设备机电系统;故障诊断;维修技术

DOI: 10.33142/sca.v9i3.19362

中图分类号: TH17

文献标识码: A

## Research on Fault Diagnosis and Maintenance Technology of Automotive Parts Electromechanical System

LIU Ziqiang

Qinhuangdao Danfeng Technology Co., Ltd., Qinhuangdao, Hebei, 066000, China

**Abstract:** This article focuses on the research of fault diagnosis and maintenance technology for electronic control systems of automotive parts processing machinery. Described the fault classification, causes, and characteristic manifestations of manufacturing equipment electromechanical systems; Explain the functional principles, sensor and actuator monitoring methods, various signal comprehensive testing methods, intelligent diagnostic technology, big data analysis applications, and the development trend of technical maintenance of in vehicle diagnostic systems. Through the study of the above content, it has been found that the fault diagnosis of modern manufacturing equipment electromechanical systems is gradually shifting from making judgments based on experience to processing problems based on data analysis results. The use of multiple methods combined with intelligent technology for diagnosis and maintenance can improve the accuracy and efficiency of diagnosis.

**Keywords:** manufacturing equipment electromechanical systems; fault diagnosis; maintenance technology

### 引言

伴随着汽车零部件生产企业自动化程度及智能化程度日益增强,制造装备机电系统已经成为生产线上不可或缺的重要环节。如数控机床控制系统、自动化的装配线控制系统、工业机器人的驱动系统、电动机等这些都是机械电子综合集成的产品,都对生产线上运行的速度、精确度以及安全可靠的程度有着重要的意义影响。但是由于制造装备构造较为精密而且运作条件差,导致发生故障类型繁杂、潜伏性强、互相影响的特点,使得对设备进行维修保养的工作人员遇到很大的挑战。以往对于机器设备出现的问题主要是通过维修人员经验来判定,有一定的局限性,并且不够高效。基于对状态监测技术的发展应用、多源信息融合技术、人工智能等相关技术的研究,制造装备

机电系统的故障诊断检修新技术有了新的发展,维修技术从原来的零部件更换升级为精准修理与智能判断,所以针对汽车零部件加工设备的机电系统的故障检测与维护方法的研究有着深远的理论分析和实践意义。

### 1 制造设备机电系统故障特征分析

#### 1.1 机电系统故障类型及表现特征

汽车零部件制造设备的机电系统故障分为机械故障、电气故障和机电综合故障三种类型。机械故障主要是由设备运转过程中由于摩擦、磨损甚至疲劳引起的,例如车床主轴轴承由于缺少润滑而产生磨损致使机床加工的产品质量变差;机械系统故障长期积累会造成电气故障的发生,比如轴承损坏引起电动机绕组扫膛式短路现象。电气故障则是由于电路中发生短路、断路或者虚接、漏电等问

题所引发的现象,例如伺服电机超载引起驱动单元功率元件损毁,电压变化导致控制系统电源击穿等。因为机械因素引发的电气线路连接不良的问题,解决问题的关键在于维修相应机械设备部件。制造设备在不同的工作环境下会出现不同的问题,在高温环境下控制柜内的电子元器件就会加速老化,灰尘环境造成散热差,接触面氧化;潮湿环境容易产生端子腐蚀现象。表1总结了制造设备机电系统的常见故障及其表现形式。

表1 制造设备机电系统故障类型及表现特征

故障类型	表现特征	典型现象	常见原因
传感器故障	信号异常、数据漂移、无信号输出	设备报警、参数显示异常	老化、污染、线路问题
执行器故障	动作失灵、响应迟缓、卡滞不动作	机构不动作、响应滞后	卡滞、线圈烧毁、驱动故障
控制器故障	逻辑错误、通信中断、程序跑飞	系统失效、无法通信	电源异常、软件故障、硬件损坏
线束与连接器故障	接触不良、短路断路、端子氧化	间歇性故障、信号丢失	磨损、腐蚀、接触松动
工业网络故障	总线错误、节点丢失、数据延迟	多设备同时报警、通信中断	终端电阻异常、线路干扰

### 1.2 故障形成机理与影响因素分析

制造设备机电系统发生故障的原因是多方面的各种原因共同作用的结果。机械磨损主要有磨损失效、疲劳破裂等形式导致零件的尺寸变化以及配合公差变大等;电气老化表现为绝缘老化、触头电弧烧损、电子器件性能漂移等导致电路断路、短路以及信号干扰等现象。影响制造设备机电系统故障发生的主要因素有两个方面:第一个是工作状态:机器长期处于高强度运转条件下导致机械件磨损严重以及电气件老化加快;第二个方面是外界条件:高温加速了控制箱内部的绝缘材料老化过程,湿度大则会出现端子锈蚀以及短路等问题。三是人为原因:误操作,保养维护不彻底,修理装配不合理,比如没有按时对相关设备设施进行保养、校正造成设备磨损;或者是修理装配不规范导致新的安全隐患的发生等。

## 2 制造设备机电系统故障检测技术与设备

### 2.1 设备状态监测系统原理与应用

状态监视系统为监测生产设备工作情况的一种电子控制系统,它的职能就是针对传感器、执行器与控制器的的工作状况实施监控,若发现问题便会存储故障码并且报警警报,监视装置的控制器的也会有发生失误报警的可能:例如由于不同的原因而导致了相同的故障表现却被判断成了同一问题;发生了较严重的故障但是监视系统并没有察觉到;维修不当引起了错误的故障码等,在查看到故障码之后不能一味的把故障码当做故障原因,需要通过查看具

体的现象以及了解机械设备的工作机理来判断出真正的故障位置。状态监控不仅仅有故障预警以及故障代码存储的作用,在这里也可以提供统一化的标准数据接口,让附加的检测仪器得到设备工作数据流,为深入分析故障原因提供基础参考。

### 2.2 传感器与执行器检测技术

传感器检测主要是考察传感器的输出信号是否可以如实反映被测量物理量的变化情况,常见的检测方法有电阻检测法、电压检测法、波形观测法以及信号仿真法。电阻检测法是用来检测传感器内的线圈或者热敏部件的电阻大小;电压检测法用来检测传感器本身的供电电压和信号输出电压是否正常;波形观测法则使用示波器来观察传感器输出的波形有无编码器信号、接近开关等信号;对于执行机构的检测主要是检测执行机构的动作是否有效以及各相关指标是否达标,对于电磁类执行器一般通过电阻检测法检测线圈电阻大小,通过通电试验法查看是否有相应动作的情况,在维修时要使用高内阻测试仪器以免烧坏元器件。故障诊断程序应当是先进行一般查看再做仪器测试,在仪器检测的基础上通过人工判断才能正确找出故障产生的原因。

### 2.3 多源数据融合检测技术

生产装备日益趋向智能化,推动着多源信息集成检测技术的发展。目前的装置监测系统正在向着综合多种传感器信息的方向前进,在线收集设备运转参数、振动波形、温度、电流等多方面的数据并加以融合处理,对这些信息进行融合运算然后实时解析能够及时地捕捉到设备存在的隐患及其发生的趋势。采集来的多源信息传送到控制中心利用人工智能以及时序模型来进行分类判定得出相应的维修结论以及剩余服役时间。在工程中对于不容易检查以及影响面大的故障可以采用替换件对比的方法来进行诊断,在比较新旧件之间的区别、安装方法的不同还有磨损程度的不同来判断出产生故障的原因以及部位。多源信息集成策略使故障诊断更加准确,并为其后的预见性维修提供支持。

## 3 典型制造设备机电系统故障诊断与维修

### 3.1 数控机床电控系统故障诊断与维修

数控机床电气控制系统的主要问题有主轴不动、进给轴振颤、定位精度不准、刀库换刀失常等。检测数控系统出现的问题之前要明白的是:电气控制系统出现问题并不一定就是由电气系统造成的,机械传动系统、液压系统以及冷却系统等出现问题都会反映成电气系统的报警提示所以必须进行分析。查看伺服驱动器报警号、读取数控系

统 PLC 的状态以及监测伺服电机电流等都是常用的方法。表 2 总结了数控机床电气控制系统主要问题诊断和处理方法。

表 2 数控机床电控系统常见故障诊断与维修要点

故障现象	常见原因	诊断方法	维修措施
主轴无法启动	驱动器故障、电机损坏、编码器信号异常	读取报警代码、检查驱动器状态、检测编码器信号	更换驱动器、维修电机、更换编码器
进给轴抖动	伺服参数不当、机械间隙过大、导轨润滑不良	检查伺服参数、测量反向间隙、检查润滑状态	调整参数、消除机械间隙、恢复润滑
定位精度超差	光栅尺污染、电机编码器故障、丝杠磨损	清洁光栅尺、检测编码器信号、测量丝杠精度	清洁或更换光栅尺、更换编码器、更换丝杠
刀库换刀异常	刀套位置检测失灵、气动系统故障、PLC 逻辑错误	检查接近开关、检测气压、监控 PLC 状态	更换传感器、修复气路、修正 PLC 程序

### 3.2 自动化装配线控制系统故障分析与维修

自动化装配线控制系统存在的主要问题有传送带不同步、工位定位偏差、装配机械手动动作异常等。首先要做常规的检查如气源压力、供电电压、安全回路等，然后用相应的诊断仪器查出控制器故障代码、运行数据。传感器信号检测是诊断自动线故障的主要方法，在不同的工位上检测各个传感器的通断情况，以及它们之间信号的时间顺序关系来确定故障的位置。自动化装配线维修的关键在于准确定位故障点。如果出现传感器的问题，要先检验传感器电源、输出信号状况如何，没问题才去查控制器输入端。控制器修复完毕后要对其进行功能试验，检查每个工位的动作顺序是否按程序设定。

### 3.3 工业机器人控制系统故障诊断与维修

工业机器人控制系统故障主要体现在机器人无法移动、走形偏离路线、伺服报警、通讯失联等方面，在对机器人控制系统故障处理过程中首先要着重对伺服驱动器工作情况、编码器状态与通信环境进行检测，伺服系统的出现故障是最常见的导致机器人故障的原因之一。伺服电机编码器主要是绝对值或者增量式两种形式，可以通过驱动器读取编码器的状态以及警报信息来确定其的好坏程度。修理机器人控制系统要注意如下几点：更换伺服驱动器要重新设置参数；更换电机编码器要重新设定起始点；更换控制柜里的模块需要重新设置整个系统并且做好程序备份。

### 3.4 自动化仓储与物流系统故障分析与维修

自动化立体仓库及物流系统故障主要有堆垛机定位不准、输送机不运转、巷道通讯失灵等问题<sup>[1]</sup>。堆垛机的

定位故障主要检测的是激光测距传感器、贴码片以及编码器信号。定位传感器出现故障容易使定位出现偏差，在检测的时候要查看一下其供电情况和输出信号情况。自动化立体仓库常见故障有货叉运动错误、举升电机过电流等。进行分析的时候要首先对光电幕、急停开关等防护装置进行检查，在通过系统对设备的动作情况进行观察来确定传感器和电机有没有问题，检修的时候需要注意切断电源，检修之后需要进行空载试验测试一下是否正常使用。

## 4 制造设备机电系统维修技术智能化发展趋势

### 4.1 智能诊断系统与远程运维技术

在人工智能技术突飞猛进的时代背景下，机器设备故障诊断也发生了巨大的改变，设备越来越复杂、越来越智能，对开发新方式来提升设备可靠性和可维护性的要求也越来越迫切<sup>[2]</sup>。以人工智能为基础设备故障诊断系统能够大幅度提升检测精度及预警水平，集合应用的各项技术提供帮助更为稳妥全面。而远程运维技术通过工业物联网把设备工作情况反馈到云端平台，再经由诊断系统分析推断出发生故障以及维修方案，有利于减少设备出现故障停工维修的时间，加快维修速度。

### 4.2 大数据与云平台在设备故障预测中的应用

机械维修已经从原来的被动式的“坏了再修”升级为智能式的“先知先觉”，预测性的维护通过对传感器获得大量的关于机械设备的运行状态的信息，经过边缘端的数据预处理上传到云端，再通过应用机器学习或者深度学习使得系统除了可以发现现在的损坏之外还能建立设备老化模型，对还剩多少寿命做出估算<sup>[3]</sup>。针对汽车配件加工制造业来说，基于大数据技术把海量的故障案例和设备运行情况汇总成故障案例库与诊断模型库，当产生新的故障时根据相似性筛选出相应的排障方案以及维修方法，让数据成为提高设备整体利用率的有效途径。

### 4.3 数字化维修与智慧维修模式

智能化修理是依托一个统一的信息平台使得修理工作有章可循并且可以追踪，修理人员使用手机端接收修理任务，查询维修手册，填写修理日志，管理者随时了解设备情况以及修理成果。智能化修理是从经验为主转向以数据为主的模式转变，决策也由凭经验转向靠数据支撑。打破壁垒，改变维修管理的工作重心不是单个设备问题而是整个厂区设备运行效益最优化。智能修理正从理念到应用工程的过程当中发展着。随着工业互联网平台及复合型人才培育的发展，智能修理正在慢慢变成现实。

## 5 结语

制造装备电气系统故障检测与修理技术是保证汽车

零部件生产企业生产线正常运转的基础。文章对制造装备电气系统的故障特征以及产生的原因进行研究,在此基础上提出了一种基于状态监测并利用多种信息集成检测法的研究方案,同时对代表性制造设备的故障特征、维修方式进行了介绍,在此基础上对未来该领域的技术发展进行了展望,即从单个技术的应用转变为多个技术的组合运用、由事后维修转变为预防性维护。对于未来的相关研究可从对不同设备类型故障检测算法的研究;基于深度学习的预测性维护算法的研究;云计算平台下边缘计算相结合的诊断构架等方面展开相应的研究。面对当前制造业朝着智能化、联网化的方向发展的形式下,制造业机器设备机电系统的故障诊断及维修技术也将迎来新的挑战与机遇。

这就要求在进行理论研究的同时必须也要有工程师的实际工作参与其中,这样才能使该领域不断发展进步起来。

#### [参考文献]

- [1]刘行谋,魏钊,杨辉,等.汽车电控齿轮泵车载工况故障诊断方法研究[J].电子测量与仪器学报,2025,39(5):227-240.
- [2]王磊,龚元明.车用小功率直流无刷电机控制器故障保护措施[J].上海工程技术大学学报,2025,39(2):141-147.
- [3]程乔,李昌喜,马传福.汽车电气系统故障诊断与维修技术[J].汽车知识,2026,26(3):158-160.

作者简介:刘自强(1992.9—),工作单位:秦皇岛丹枫科技有限公司,毕业学校和专业:北京交通大学海滨学院,机械工程及自动化。