数控机床电气系统故障的分析与排除

林妙贞
广州市轻工技师学院　广东广州　510330

摘要：详细分析了数控机床电气系统中常见故障的类型和排除方法，结合实际维修案例，探讨了电源系统、变频器、线路连接及传感器等关键部件的故障表现、诊断过程和修复技术。通过对轧辊加工机床的Z轴伺服电动机、加工中心的主轴变频器、数控铣床的刀库系统以及机床回零传感器故障的实际案例分析，总结了有效的故障排查和维修策略。结果表明，准确的故障诊断与科学的维修方法能够显著提高数控机床的运行稳定性和工作效率，对提高数控机床的可靠性和延长设备使用寿命具有重要的指导意义。

关键词：数控机床；电气系统；故障诊断；故障排除；维修案例；变频器；传感器

1　序言

数控机床作为制造业的关键设备，其电气系统的重要性不言而喻。电气系统安全可靠的运行状况直接影响数控机床的工作效果、生产效率与产品质量。随着数控技术的不断发展，数控机床日益趋向于智能化、自动化，使得其电气系统日趋复杂，如何能够及时、准确地诊断机床电气故障并排除，确保机床装备的正常生产应用一直是装备制造业普遍关注和重视的问题。机床电气设备数量庞大，故障率高，电气系统故障量在总生产故障量中占较大比

表5　钢丝螺套材料、安装尺寸

项目	HB6200 8×1×14	Q/8S1480.2A-081004
材料	1Cr18Ni9Ti	1Cr18Ni9Ti
公称直径/mm	8	8
螺距/mm	1	1
锁紧圈圈数（最大值）/圈	2	2
锁紧圈边数/个	6	6
安装长度/mm	16.3	16

规通端通过，止端不通过。螺纹孔尺寸符合要求。

3）将10颗MJ螺纹螺钉拧入锁紧钢丝螺套，拧入时锁紧力矩满足标准规定，无抱死现象，且可拆卸。

通过实际试装表明，Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套满足使用要求。

6　结束语

综上所述，项目组在详细分析了MJ螺纹螺钉与HB6200型锁紧钢丝螺套抱死问题后，采取Q/8S1480.2A-081004米制螺纹锁紧型钢丝螺套替换HB6200 8×1×14锁紧钢丝螺套的解决措施，经论证分析及验证，措施可行，有效地解决了原锁紧钢丝螺套工艺性差的问题，可以满足该齿轮泵壳体组件后续小批量生产的需求。

参考文献：

[1] 全国螺纹标准化技术委员会. 普通螺纹 基本尺寸：GB/T 196—2003[S]. 北京：中国标准出版社，2004.
[2] 全国螺纹标准化技术委员会. 普通螺纹 极限偏差：GB/T 2516—2003[S]. 北京：中国标准出版社，2004.
[3] 全国螺纹标准化技术委员会. 普通螺纹 基本牙型：GB/T 192—2003[S]. 北京：中国标准出版社，2004.

MW 20240820

例，如果故障不能及时排除，将严重影响企业的生产经营。因此研究数控机床电气系统故障的分类排除方法，对于提高机床的性能和延长使用寿命具有实际意义[1]。我们对机床电气故障种类及其排除办法积累了相当丰富的实际生产经验，并对此进行了相应总结。

2　数控机床电气系统概述

数控机床的电气系统是数控机床完成功能的平台，一般分为电源系统、控制系统（传感器、PLC及数控系统）、变频器和执行系统。电源系统为机床提供能量。控制系统是控制机床的大脑，主要接收和处理各种指令，然后下达指挥机床作业的命令。传感器系统用来感知机床工作状态，然后将信息传递给PLC或数控系统，指挥执行元件完成相关的工作。数控机床执行元件一般分为电力和液压两大类。整个电气系统的通信主要通过电信号来实现传递和处理，其最终目的是使上述各单元有效协调工作。变频器是改变电动机转速的装置，且通过改变电源的频率帮助驱动机床主轴完成精细的高速加工。随着精度要求的提高，变频器逐步普及应用在不同的机床中[2]。根据不同的机床类型，如五轴联动机床需实现多轴控制，电气系统的结构也有所不同。

3　常见故障分析与排除

（1）电源系统故障　电源系统故障是数控机床电气系统中最常见的故障类型之一，表现为电源波动、断电及过载等。这些故障往往会导致整个系统瘫痪，必须及时检测并修复。电压的测量、绝缘测试等检查方法可用于排除本类型故障。

（2）过热与散热故障　电路发热的原因很可能是散热不良，从而引起电气元件老化甚至损坏。故可以检查电路的散热系统是否正常工作，如风扇、电源散热片堵塞，修复电路的散热元件等。

（3）线路短路与接触不良故障　线路短路、接触不良等是数控机床常见的电气故障，故障成因多为机床零部件老化、腐蚀和松动等，是因电性能下降而引起的。电气故障通常可通过万用表、示波器等电测仪器检测，通过测量电阻、电压等参数定位故障点。

（4）变频器与控制模块故障　变频器的故障一般表现为主轴转速变化或者相应的主轴无法工作等。一般来说，只需要检查变频器的参数设置及运行情况，找出变频器的故障部件，重置变频器的参数，即可使主轴恢复正常。

（5）信号传输故障　在信号传输故障中，问题通常源于电缆断裂或干扰，导致其他端子通信不完全或异常。解决方法包括仔细检查电缆的连接状态和设备间的连接情况，并建议选用高屏蔽性能的电缆以减少干扰。

（6）电气元件老化与失效　由于设备中电气部件会因老化而引起降负荷，并且可能造成事故，因此应当定期更新设备中的老化电气设备，并对设备进行全面检查等以进行保护。

4　故障诊断方法

数控机床电气系统的故障诊断方法多样且实用。首先，通过目视检查可以快速发现电缆断裂、接头松动等明显的电气故障，这是故障排查的基础步骤。其次，利用万用表、示波器等工具进行电气测量，可以精确检测电压、电流等参数，帮助确定故障的具体位置。故障树分析法则提供了一种系统化的诊断思路，通过分析潜在的故障模式及原因，逐步排除问题。此外，PLC和变频器自带的自诊断功能能够迅速检测并显示故障信息，显著提高了排查效率。最后，热成像技术通过检测电气元件的温度分布，快速识别过热问题，尤其在复杂的电气系统中表现突出[3]。

5　维修技术与实践

数控机床的电气维修主要是为了保证主要元器件的性能和可靠性。电源系统的性能可以通过更换老化的元器件、保持稳定的电压等方式进行维护保养。散热和温度系统的性能是保证机床可靠工作的关键，通过清洁电脑电源、驱动器的风扇、散热片及疏通风道等方法，避免因散热不良而导致元器件性能老化甚至报废。线缆老化、断线是常见的故障，线缆要求定期检测更换。变频器和控制板是数控机床的主要电气元器件，保证参数设定对于降低故障率有一定的作用，但更加重要的是选择高质量的元器件，保证装置性能可靠及长期正常运行。电气元器件更换后还需要开机调试，必要的系统调试

是维护保养过程中不能忽视的[4]。

6 维修案例分析

6.1 轧辊加工机床Z轴伺服电动机故障

案例1的故障情况及维修具体如下。

（1）故障描述 某钢厂的轧辊加工机床在加工过程中多次出现自动停车现象，特别是在Z轴运动时频繁发生故障。操作面板显示报警代码为“608”，指示Z轴伺服电动机出现过负荷运行的问题。

（2）分析过程 维修人员检查Z轴的驱动器、运算板后，最终确认Z轴的运算板出现故障。为了明确出问题的具体位置，维修人员将X轴和Z轴的伺服器驱动板位置换位测试，结果Z轴仍然故障，X轴正常。维修人员继续分析，打开CNC车削电箱，检查Z轴伺服电动机箱内部的连接装置，在局部发现一根插排连接针松动，导致伺服电动机无法正常工作。

（3）维修过程 对Z轴伺服电动机进行检查拆解，发现电动机插栓松动，紧固插栓重新安装后进行系统检测，故障未消除。进一步检查时进行电阻测试，发现Z轴伺服电动机负荷线U相与W相接错，更换负荷连接线，Z轴伺服电动机故障消除。

（4）故障小结 故障的主要原因是伺服电动机插座未插好，以及伺服电动机的负载线接错，通过更换故障伺服驱动板、现场检查及电动机线组改装消除故障，保证机床安全运行。

6.2 加工中心主轴变频器故障

案例2的故障情况及维修具体如下。

（1）故障描述 某机械加工企业一台直线拉床加工中心在起动主轴时出现异常，主轴无法正常以高速带动工件。操作面板和人机界面显示报警，变频器也发出故障信号，主轴电动机运行电流过大。

（2）分析过程 电工查到故障后先查看了外接变频器的输入电源电压，显示正常，接着查看变频器的输出电流，发现其数值异常过大。初步分析变频器模块（功率）出了故障，并且过载。于是现场将此断电状态的变频器跟另外一台同规格机床工作的变频器做了对调测试，结果发现故障随着更换的变频器而到了另外一台机床，故障原因查明。

（3）维修过程 拆除该变频器进行检测，仅对变频器的功率板进行检查，测试其中两组IGBT模块，发现一组IGBT模块已经损坏，更换一组新IGBT模块，整装变频器，重新设置变频器的参数，经多次调试运行后，主轴能正常加速，变频器无报警。

（4）故障小结 本次故障为变频器中的IGBT模块损坏，导致主轴电动机出现过流故障，更换功率模块，重新进行参数设置后，故障排除，机床恢复正常。

6.3 数控机床回零故障

案例3的故障情况及维修具体如下。

（1）故障描述 某机械加工厂的一台数控车床，当零件装夹完成后机床回零时，机床Z轴无法准确回到设定的回零点上，或是偏前，或是偏后停在更远的地方，数控操作显示屏上无任何异常报警，机床继续加工。

（2）分析过程 电动机和其他相关机构没有故障，线性导轨等没有异常，伺服驱动器无报警。然后梳理其回零运行轨迹，发现在接近原点时没有减速动作产生，且在接近原点时，原点信号仍然没有出现。通过进一步分析，初步怀疑是与原点定位相关的传感器出现故障。

技术人员随后对Z轴的原点传感器进行了详细检查，发现传感器表面有明显的磨损，且连接线有部分松动迹象。这种情况可能使得传感器在接近原点时无法正确发出信号，导致机床无法准确定位。

（3）维修过程 维修人员首先更换了Z轴的原点传感器，并对传感器的安装位置进行了精确调整，确保其能够在正确的位置上检测到Z轴的运动状态。随后，维修人员对传感器的连接线进行了加固处理，确保信号传输的稳定性。传感器更换完成后，技术人员重新起动机床，执行回零操作，发现Z轴能够顺利回到原点位置，问题得到解决。

为了进一步验证维修效果，技术人员对Z轴进行了多次回零测试，并在不同速度下检查了回零的精确性[5]，结果显示Z轴都能够稳定且准确地回到原点位置，机床恢复正常运行。

（4）故障小结 此次故障的主要原因是原点传感器磨损及连接不良，导致Z轴无法准确定位回零。通过更换传感器和修复连接线，问题得以解决。本案例提醒在日常维护中，需定期检查传感器的状态，并及时更换老化或损坏的传感器，确保机

床的回零精度和稳定性。

6.4 数控铣床刀库系统电气故障

案例4的故障情况及维修具体如下。

（1）故障描述　一台数控铣床在刀具更换过程中，刀库突然停滞在中间位置，无法完成换刀操作。操作面板没有显示任何故障代码，机床无法继续工作。

（2）分析过程　维修人员首先检查了刀库驱动电动机的电源，发现电压正常。随后检查了刀库的控制信号，发现PLC没有发出正确的换刀指令。经过详细检查，发现刀库位置传感器故障，导致PLC无法正确识别刀库位置，从而未能发出换刀信号。

（3）维修过程　更换该刀位传感器后，对该刀库控制电路进行检查，确认无误后进行测试，更换后可正常使用刀库系统的实际换刀操作。为了防止以后再次出现该问题，对PLC编程进行相应的修改，增强对传感器故障的检测。

（4）故障小结　此次故障由刀库位置传感器故障引发，通过更换传感器和优化PLC程序，成功排除了故障，确保刀库系统的稳定运行。

7　预防性维护策略

需要重视数控机床电气系统的预防性维护。一方面，定期巡视维护，建立合理的巡视维护机制，是解决电气设备中存在的未被检测出来的未知缺陷的最有效手段。另一方面，要对故障进行预警、预测与监测。引入故障诊断监测系统，对电气系统实行实时监控，通过提前预警，在故障发生前采取预防措施，从而避免事故性故障的发生。

此外，还应对电气系统的工作环境进行控制和保护，改善工作环境的温度、湿度和灰尘污染情况，可以减少故障出现率。另外，由于人为因素也是主要原因之一，所以应培训并制定操作规程。

这些维护策略的执行可以全面、有效地降低故障率，保证电气系统长期安全、稳定地发挥作用。

8　技术发展与展望

随着科学技术的不断进步，新型的电气材料和电器元件层出不穷，显著提高了数控机床电气系统的可靠性和工作效率。这些材料和元件具备更高的硬度和更优异的性能，适应特殊工况的能力更强。同时，电气系统的智能化和自动化管理得以实现，使得维修与故障分析处理更加智能化，操作维护速度更快。通过对电气系统的实时管理，能够自动调整工况，快速分析和处理电气故障，节省了系统的停机时间。近年来，远程监控、故障分析与处理技术的兴起，为电气系统的操作与维修提供了前所未有的便利。尤其对于大规模制造业，远程监控系统可以进行实时、大批量的数据采集，提前预警作业系统的潜在故障，降低运营成本，提高生产效率。这些技术的发展为电气系统的操作维护带来了许多新的机遇和挑战。

9　结束语

本文梳理和分析了数控机床电气系统易发故障及具体故障检查方法，提出一些建议性的维护措施，以避免数控机床系统发生故障，从而维护设备。可见，不同的故障检查和排除方法都能有效提高数控机床的稳定性和生产效率，尽量减少因故障导致的停机时间。

对于生产实践中数控机床电气系统的日常管理而言，需要对其进行定期的检修和维护，其中对变频器、PLC等重要部件可采用定期检查、科学负荷的方式进行日常保护。另外，可以研究开发智能化故障诊断系统，提升故障诊断的精度，做到良好的故障预防和健康管理，在保障机床系统能较长时间良好稳定运行的基础上，达到更高的使用寿命和产量。

参考文献：

[1] 张海鹏. 数控机床电气设备故障的维修与保养分析[J]. 设备管理与维修，2020（11）：77-79.
[2] 牛卜巧. 变频器在数控机床主轴上的应用分析[J]. 内燃机与配件，2021（15）：81-82.
[3] 申东东. 数控机床电气故障诊断维修原则与步骤[J]. 内燃机与配件，2018（16）：131-132.
[4] 方朝辉. 数控机床的电气维修技术及发展方向探究[J]. 中国设备工程，2020（17）：42-43.
[5] 任志华. 数控机床回零故障分析与排除[J]. 金属加工（冷加工），2023（10）：63-64，67.

MW 20240818