

数控机床故障诊断方法探讨及应用



扫码了解更多

■ 首都航天机械有限公司 （北京 100076） 关进良 喻晓浩 岳维超

摘要：在了解数控机床组成和工作原理的基础上，针对数控机床各类复杂故障，提出了模块互换法、机电分离法、比较法、排除法以及PMC在线诊断法等五种典型的故障诊断方法，并结合实际维修经验，分别介绍了诊断方法的应用实例，最后总结了故障诊断的一般思路，具有较强的工作指导性和实用性。

数控机床是集机、电、液、气为一体的典型机电系统，结构复杂且自动化程度高，在我国制造业尤其是装备制造业的发展中，起到了不可替代的作用。由于数控机床本身的复杂性和多样性，使得机床故障受机械、电气、控制系统以及检测装置等多因素影响，引起同一种故障的原因也可能是多种多样的，而且故障停机直接影响着设备利用率和企业的生产制造能力，因此在理解工作原理的基础上，总结分析故障诊断方法，并从根本上寻找快速排除故障的途径尤为必要。本文结合工作实践中的具体案例，对典型故障诊断方法进行深入分析和探讨。

1. 数控机床组成、工作原理

采用数控技术进行控制的加工设备称为数控机床，其基本组成如图1所示，现代数控机床一般采用计算机或微型计算机作为控制系统，称之为计算机数控系统（简称CNC）。数控机床加工

工件时，将工件图样上的几何信息、工艺信息数字化，用NC代码编写加工程序并存储到程序载体内，然后借助输入装置将程序输入到CNC单元，并由CNC单元对程序进行译码、运算等综合处理后，向伺服系统和其他辅助控制装置发出指令信号，以驱动各运动部件和辅助动作，从而完成工件加工任务。数控机床可实现一次装夹、多工序连续加工，同时具有自动化程度高、加工精度高以及生产效率高等特点。

2. 数控机床故障诊断方法在实际维修中的应用

（1）模块互换法。数控机床的某一个模块（一般指编码器、光栅尺、伺服放大器及其电缆等）出现故障导致机床报警或异

常现象，把该模块与另外一个同类（尽量是同型号）正常的模块互换，再观察故障现象并与互换前对比，来帮助维修人员定位故障点。

应用实例。故障现象：某数控龙门铣床在自动加工过程中，出现25000号报警：Y轴主动编码器硬件错误，下电重起后故障依旧。

故障分析和方法应用：一般情况下，引起该报警的原因可能是光栅尺故障、编码器故障、反馈单元损坏以及中间连接电缆断裂或破损。若针对以上所有情况拆下逐一检查，则需耗费大量故障诊断时间。采用“互换”法，根据大量的维修记录得知，导致此报警最有可能的因素是光栅尺脏污或读数头损坏，现将Y轴和X轴光栅尺电缆线互换（电缆经测试正常，相当于把光栅尺互换），开机后X轴出现25000号报警，显然是Y轴的光栅尺故障。进一步检测后发现，其读数头上

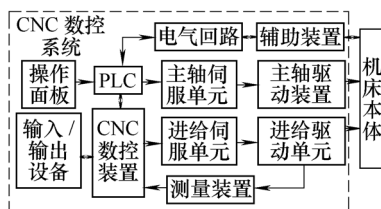


图1 数控机床组成框图

一个“小钢珠”脱落，导致读数头在读取反馈数据时信号不稳定，更换读数头后故障排除。

小结：该方法的核心是“互换”，应用比较简单，前提是在交换某一模块时，机床的其他部件不能同时交换，即保证互换前后对比判断的可靠性。当引发某一报警的因素较多时，暂时缺少备件，可逐一对“可疑因素”与正常机床上同型号部件互换。如：伺服模块、检测模块、主轴模块以及各种电气元件均可进行交换。

(2) 机电分离法。因数控机床是典型的高度机电一体化设备，故障原因可能是电气、机械甚至机电同时存在问题，很难直接判断故障点所在，可把机械部分和电气部分相对分离（脱开），再根据机电分离后的现象判断故障。

应用实例。故障现象：VMC850立式加工中心空载时，数控系统负载监控界面显示主轴负载达到50%以上（过大，存在很大故障隐患），而正常值是5%左右，影响机床正常运行，不知是机械故障还是电气故障。

故障分析和方法应用：该机床采用FANUC18-M数控系统，主轴和电动机使用同步带直连，示意图如图2所示，现采用“机电分离法”，将连接电动机与主轴的同步带拆掉，使机械部分（主轴本身）与电气部分（主轴电动机）完全脱开（见图3），手盘丝杠正常，再单独测试电动机，发现负载仍然是50%左右，从而判断是电动机本身问题，更换新电动机测试，负载显示是4%，故障

排除。后续进一步检测电动机，发现根本原因是电动机轴承损坏，同时遥测定子绕组的绝缘电阻过小。

小结：机电分离法是“化整为零”思想在故障诊断中的应用。机电分离后，“隐藏”在整体中的故障直接显现出来，起到了化繁为简的作用。此方法可延伸为“分离法”，除机电分离外，还可将其他需要“分离”的部分单独脱开来帮助诊断故障，如：全闭环改为半闭环，把光栅尺从测量反馈系统中分离。

(3) 比较法。若机床的某一轴出现故障后，可通过测试本机床或同型号机床的同类型轴，加以对比发现问题的不同点，从而找出故障点并迅速排除故障。

应用实例。故障现象：某数控龙门铣床在自动加工过程中，出现“A轴电动机温度过热”报警而停机，停机2h后重起，报警仍旧存在。

故障分析及方法应用：该机床采用西门子840D数控系统，有X、Y、Z三个直线轴和A、C两个旋转轴，一般情况下造成此报警的原因有3种：A轴过载或过流导致电动机过热。电动机本身故障。温度传感器或其信号线损

坏。首先，用温度仪测试电动机本身温度为室温，正常；然后分别测量A、C轴温度传感器的反馈线电阻，分别是60 000多 Ω （接近断路状态）和650 Ω ，二者进行比较，A轴和C轴是同类型的旋转轴，二者阻值一般相差不大，但C轴无报警，由此快速判断A轴温度传感器反馈线可能已经断路或破损，更换反馈线，故障排除。

小结：比较法可把“定性分析”转化为“定量分析”，并借助现场实测数据来诊断故障。选取比较对象时，要首选“同类对象”，保证具备可比性。

(4) 排除法。引起某一故障有多项并列的原因，其中一项或几项均可导致相同的报警或故障现象。首先去掉所有可能的原因项，再依次单独接入电路，分别观察对应的现象，逐一排除“可疑”项来诊断故障。

应用实例。故障现象：某数控镗铣床在执行加工程序过程中，突然出现1044号报警（MACHINE IS NOT READY），按复位键无法消除，同时电气柜中空开QF91跳闸，机床下电合上空开，重起机床约5~10s后故障复现。

故障分析及方法应用：该机

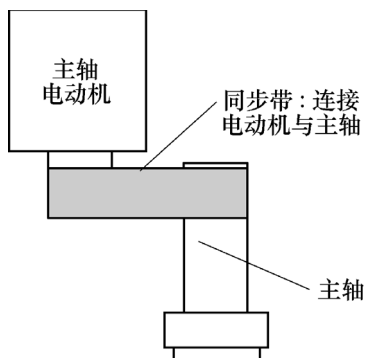


图2 同步带直连示意图

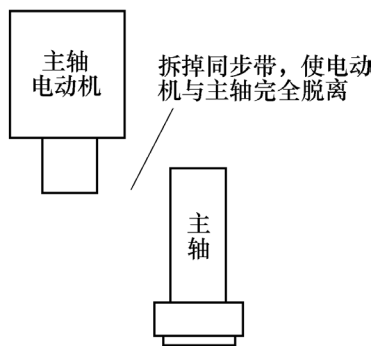


图3 主轴与电动机脱开示意图

床采用FANUC18i-MB数控系统，具有X、Y、Z、W四个直线轴和B、C两个旋转轴。针对空开跳闸现象查阅机床电气图样（见图4），空开QF91（DZ47-60 C6）上端接DC24V电源，下端经中间继电器KA103和KA105，分别通过KA11至KA14控制四个直线轴的伺服电动机刹车装置。由于四个刹车线圈电源都来源于同一个空开QF91，任何一路长时间过载或者短路都有可能导致QF91跳闸。采用排除法，首先将四个直线轴的刹车（虚线方框中）全部退出电路，即拔掉11、12、13和14号线，再分别恢复刹车电路并单独测试，结果是Y、Z、W三个轴的刹车正常（每路电流均小于1A），X轴刹车接入电路时约5~10s后跳闸，电流约12A，已远远超过正常值，排除正常电路，故障定位在X轴刹车。经进一步检测，X轴刹车线圈已烧毁（电阻约为2Ω），因过流导致空开跳闸，更换刹车装置后故障排除。

小结：机床的刹车电路直接关系到设备和人身安全，机床维护人员必须重点关注，一旦出现故障立即停车，切不可强制运行。除适用于上述一般电路外，排除法的适用范围可进一步延伸，如：某些故障与CNC伺服模

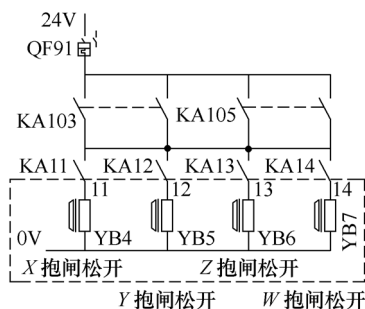


图4 机床电气图

块或者PMC的I/O单元有关，每个模块上接有多个插头（分别控制对应的功能），也可利用排除法，首先拔掉全部插头，再依次插上，逐个进行排除，当接上某一插头后故障复现，即可把故障定位于此。

（5）PMC在线诊断法。在数控机床加工过程中，CNC和PMC协调配合共同完成对机床的精确控制，其中PMC主要完成与逻辑运算有关的功能，如刀具更换、主轴起停、换向变速、冷却液开断、工作台交换等辅助动作。PMC梯形图能实时在线监测这些辅助动作，一旦某一动作在逻辑上出现问题，从梯形图中能及时显现出来，有助于故障的快速定位。

应用实例。故障现象：VMC1600立式加工中心在刀库换刀过程中，出现1012#报警（MAGAZINE ORI. UP/DOWN ALARM）。按复位键报警消失，重新换刀仍然反复出现该报警。

故障分析及方法应用：此机床采用FANUC 0i-MC数控系统，刀库采用无机械手换刀方式，刀库的左、右和上、下移动由气缸驱动，旋转由调速马达驱动，自动换刀的一般步骤是：当数控系统接到换刀指令后主轴回到换刀位并准停→刀库向右移动到主轴处→主轴上的刀具进入刀盘卡槽→主轴松刀→刀库下移脱离主轴→刀库备刀（定位销抬起，刀盘旋转至指令对应的刀位）→刀库上移使刀具进入主轴锥孔内→刀具夹紧→刀库退回到原位。根据报警提示，在PMC中查询到1012#报警对应的梯形图，如图

5所示，当刀盘转动之前，其定位销（固定刀盘，保证刀盘的定位精度）向上拔起，上端限位开关信号X7.6接通（X7.6→1），此时下端限位开关还未完全弹起（信号X7.7有一瞬间还处于1的状态），造成地址A1.4接通而报警，当按下复位键F1.1后，此时因下端限位开关已完全弹起（X7.7已由1→0），报警消失。经上述分析可知，故障原因显然是限位开关X7.7损坏失灵（内部锈蚀，弹起速度过慢），更换后故障排除。

小结：加工中心换刀过程和PMC程序比较复杂，逻辑性较强，利用PMC在线诊断法能直观地排查出“逻辑错误之处”，可快速从众多可能原因中找出故障点，达到捋清逻辑关系和追根溯源之目的。对于一些随机性、瞬间出现的故障，若梯形图中一些信号的“通断”（通断保持的时间极短）肉眼无法分辨，可使用PMC的信号跟踪功能（TRACE），观测信号的时序和波形，来“捕捉”瞬间信号状态。

3. 结语

在对机床有一定认知的基础上，当数控机床故障出现时，进行诊断的一般思路是：大脑保持清醒，切不可手忙脚乱，根据报警提示或者故障现象，通过认真询问机床操作人员和查阅相关的机床资料，初步了解故障情况；

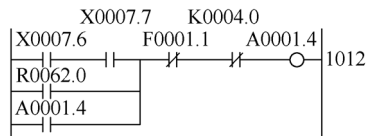


图5 PMC梯形图

M1380A头架结构改造

■ 四川中车玉柴发动机股份有限公司 (资阳 641300) 罗丽梅



扫码了解更多

摘要: M1380A曲轴外圆磨床由于年限较久,头架结构设计较落后,导致传动不平稳,因此对M1380A头架结构设计不合理的地方进行改进,使改进后的磨床运行平稳。

1. M1380A曲轴外圆磨床特点及本次改造的主要任务

M1380A曲轴外圆磨床出厂于20世纪70年代初,是曲轴的主要加工机床之一,主要承担着曲轴外圆精磨的加工任务。但是由于使用年限较久,磨床头架结构设计相对落后,因而导致磨床运行不平稳,精度问题比较明显。在实际生产过程中,发现M1380A磨床加工出来的曲轴外圆出现直波纹的现象。影响曲轴出现直波纹的因素有很多,比如砂轮的选择不合理、砂轮主轴轴承间隙不当等,但在维修过程中逐步排除其他可能之后,分析故障产生的原因发现,这不是单纯的因为零件失效而产生的故障,而是由于磨床精度失准和结构设计不合理造成的,因此,这次的

主要任务就是针对M1380A曲轴外圆磨床头架不合理的地方进行相关改进,希望能消除加工出来的曲轴出现直波纹的现象。

对于磨床来说一般出现的是精度问题,精度问题是设备维修上最难找到故障根源和最难排除的问题,因为导致精度问题的因素有很多而且很难断定产生地,故唯一的办法就是从动力输入端出发到动力输出端,对整个结构进行分析、排除,通过反复不断的分析、试验和排除来解决精度问题。

2. M1380A床头箱传动结构分析

M1380A磨床改进前的头架结构如图1所示。

由图1可以看出, M1380A磨床的传动原理:由电动机提供

动力,经皮带轮8传至皮带轮5,皮带轮采用的是普通V带传动,此传动特点是当量摩擦系数大,工作面与轮槽粘附好,允许包角小、传动比大和预紧力小。从这台磨床性能和使用要求分析,普通V带传动是比较合理的。皮带轮5带动轴4转动,轴4是由两套单列圆锥滚子轴承支撑的,圆锥滚子轴承的特点是可以同时承受径向载荷及轴向载荷,其内外轮可以分离,组装容易,间隙容易调整,亦可施加预压,在这台磨床中,由于各齿轮都是斜齿轮,斜齿轮在传动过程中要受轴向力的作用,故整个传动结构都使用圆锥滚子轴承,这样就能保证各齿轮同时承受径向和轴向载荷。然后,动力经由齿轮2传至齿轮7,再经由轴13和齿轮14传至齿

大致判断出该故障可能和哪些因素有关,并根据自身的知识范围和工作经验,运用其中一种或综合运用几种诊断方法,做到有“法”可依并尽快定位故障点,排除故障;针对该故障或者这一类故障进行总结(包括故障类型、诊断方式、维修细节以及注

意事项等),这一点特别重要,对快速提高机床维修人员(尤其是初学者)的技术水平有“事半功倍”的作用,即先认真了解、再分析解决,最后总结经验。

参考文献:

[1] 朱文艺,李斌.基于Internet的数控机床远程故障诊断系统研究

[J].机床与液压,2005(9):176-178.

[2] 井陆阳,王太勇,陈东祥,等.数控机床多参数在线监测诊断系统的设计与实现[J].制造业自动化,2013,35(6):178-180.

MW(收稿日期:20180129)