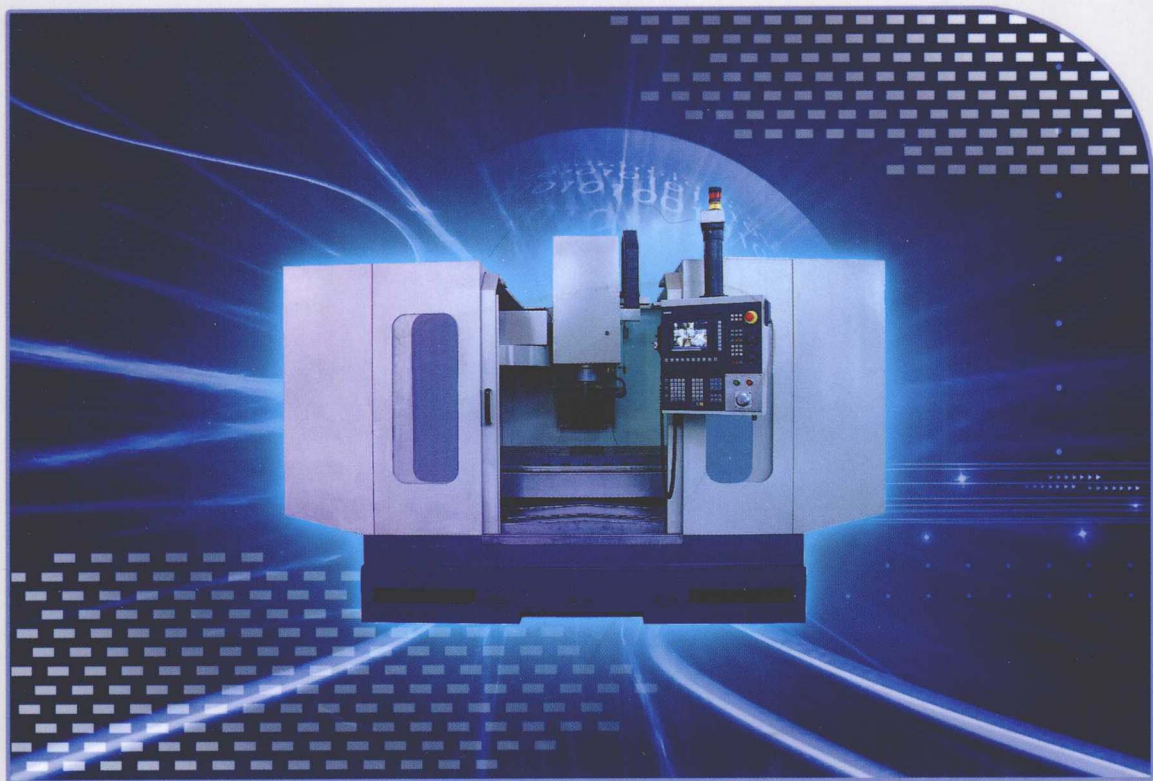




高等院校“十二五”精品课程建设成果



数控机床故障诊断

SHUKONG JICHUANG GUZHANG ZHENDUAN

■ 主编 刘胜永 杜丽萍
■ 主审 董兆伟

 **北京理工大学出版社**
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

高等院校“十二五”精品课程建设成果

数控机床故障诊断

主 编 刘胜永 杜丽萍
副主编 万晓航 段永彬 吴立勋
主 审 董兆伟

 北京理工大学出版社
BEIJING INSTITUTE OF TECHNOLOGY PRESS

内 容 简 介

本书系统介绍了数控机床的故障分类和基本诊断技术和方法。在参阅大量技术资料的基础上,作者结合多年的教学和实践经验,对本书的内容进行了合理编排,以知识够用为度,突出实践技能的培养。

内容以现阶段普及型的数控系统西门子 802S 和 FANUC Oi Mate 为基础,讲解了数控系统连接及故障诊断、步进驱动系统和伺服驱动系统组成与故障诊断、变频主轴驱动系统组成与故障诊断、PLC 在数控机床维修中的应用等。结合数控机床维修实验,从而提高读者对数控机床故障诊断和解决实际问题的能力。

本书可作为机械类和近机械类专业高等学校教材也可作为其他数控维修工程技术人员的自学参考书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床故障诊断/刘胜永,杜丽萍主编. —北京:北京理工大学出版社,2012.8

ISBN 978-7-5640-6466-2

I. ①数… II. ①刘…②杜… III. ①数控机床-故障诊断-高等学校-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 181610 号

出版发行 / 北京理工大学出版社

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010)68914775 (办公室) 68944990 (批销中心) 68911084 (读者服务部)

网 址 / <http://www.bitpress.com.cn>

经 销 / 全国各地新华书店

印 刷 / 涿州市新华印刷有限公司

开 本 / 710 毫米 × 1000 毫米 1/16

印 张 / 11

字 数 / 198 千字

责任编辑 / 多海鹏

版 次 / 2012 年 8 月第 1 版 2012 年 8 月第 1 次印刷

张慧峰

印 数 / 1 ~ 1 500 册

责任校对 / 杨 露

定 价 / 31.00 元

责任印制 / 王美丽

图书出现印装质量问题,本社负责调换

前 言

随着科学技术的发展，人们对机械产品性能和质量的要求也不断提高，同时产品的改型换代也加快，因此，具有高精度、高柔性特点的数控机床也受到了从事机械行业人们的青睐，数控机床的应用越来越普及，其应用水平的高低逐渐成为衡量一个国家制造业现代化水平的标志。为企业培养一批懂数控机床操作和维修的高技能人才，提高数控机床的平均无故障工作时间就显得非常重要。

本书是由一直从事数控机床教学的一线教师，结合多年数控机床教学和维护维修的经验，鉴于高等院校数控专业的教学特点，依据数控机床结构特点而编写的，在内容编写上，避开复杂的数控机床，取材以高等院校常用的数控机床为主，理论突出简明性，技能突出使用性，讲解数控机床的故障诊断，以适应高等院校的教学特点，以培养学生数控机床故障诊断的能力为目的。

本书由数控机床故障诊断的基本知识和故障实验两大部分组成。第一部分介绍了数控机床结构特点，安装调试和精度验收，数控机床故障诊断常用的方法和手段，西门子 802S 和 FANUC Oi Mate - TC 数控系统连接及系统参数的作用，进给驱动系统的调试与故障诊断，主轴变频驱动系统调试与故障诊断，通过 PLC 在数控机床中应用介绍了数控机床外围电气元件的故障诊断等内容。第二部分为数控机床不同单元的故障实验，通过实验，进一步提高学生对数控机床故障诊断的认识。

本书由刘胜永和杜丽萍任主编，万晓航、段永彬及吴立勋任副主编。第 4 章、实验 2、实验 3 和实验 4 由刘胜永编写，第 5 章、实验 1 和实验 5 由杜丽萍编写，第 3 章和实验 7 由万晓航编写，第 6 章和实验 6 由段永彬编写，第 1 章和第 2 章由吴立勋编写。刘胜永负责全书编写计划和定稿工作，董兆伟教授主审。

本书在编写过程中借鉴了许多优秀同类书籍，还参阅了西门子（中国）有限公司、北京发那科机电有限公司、沈阳第一机床厂和武汉华中数控股份有限公司等公司的资料，在此表示感谢。

限于作者的水平和经验，难免存在书中不妥之处，敬请读者批评指正。

编 者

目 录

| | |
|-----------------------------------|----|
| 第 1 章 数控机床的安装与验收 | 1 |
| 1.1 数控技术 | 1 |
| 1.1.1 数控系统的发展 | 1 |
| 1.1.2 数控机床的结构特点 | 2 |
| 1.2 数控机床的安装 | 3 |
| 1.2.1 数控机床安装原则 | 3 |
| 1.2.2 数控设备的安装方法 | 3 |
| 1.2.3 数控设备的安装步骤及注意事项 | 4 |
| 1.3 数控机床的调试 | 6 |
| 1.4 数控机床的验收 | 6 |
| 1.4.1 检测与验收的工具 | 6 |
| 1.4.2 机床精度的检测与验收 | 7 |
| 思考题 | 10 |
| 第 2 章 数控机床故障诊断概论 | 11 |
| 2.1 数控故障诊断意义 | 11 |
| 2.2 数控机床常见故障分类 | 12 |
| 2.2.1 机械故障和电气故障 | 12 |
| 2.2.2 系统性故障和随机故障 | 13 |
| 2.2.3 有报警显示故障和无报警显示故障 | 13 |
| 2.2.4 破坏性故障和非破坏性故障 | 14 |
| 2.2.5 机床品质下降故障 | 14 |
| 2.2.6 硬件故障和软件故障 | 14 |
| 2.3 数控设备的故障自诊断技术 | 14 |
| 2.4 常用故障诊断检测方法 | 16 |
| 2.5 故障诊断应遵循的原则 | 19 |
| 思考题 | 21 |
| 第 3 章 数控系统连接 | 22 |
| 3.1 数控机床的组成及常见系统 | 22 |
| 3.1.1 数控机床的组成 | 22 |
| 3.1.2 常见数控系统 | 22 |
| 3.2 西门子 SINUMERIK 802S 数控系统 | 23 |

| | | |
|------------|-----------------------------|-----------|
| 3.2.1 | 西门子 SINUMERIK 802S/C 数控系统连接 | 24 |
| 3.2.2 | 西门子 SINUMERIK 802S 数控系统的接口 | 25 |
| 3.3 | FANUC Oi Mate - TC 数控系统 | 30 |
| 3.4 | 数控系统参数 | 33 |
| 3.4.1 | 机床数据 | 33 |
| 3.4.2 | PLC 数据 | 34 |
| 3.4.3 | 数据类型 | 35 |
| 3.5 | 数控系统参数异常故障诊断 | 36 |
| 3.5.1 | 系统参数错误引起的常见故障现象 | 36 |
| 3.5.2 | 系统参数异常的产生原因 | 36 |
| | 思考题 | 37 |
| 第4章 | 数控机床进给控制系统及故障诊断 | 38 |
| 4.1 | 概述 | 38 |
| 4.1.1 | 数控机床对进给驱动系统的要求 | 38 |
| 4.1.2 | 进给系统的组成 | 39 |
| 4.2 | 步进驱动进给系统 | 40 |
| 4.2.1 | 步进驱动系统 | 40 |
| 4.2.2 | 与坐标轴相关 SINUMERIK 802S 系统参数 | 44 |
| 4.2.3 | 西门子 802S 数控系统步进驱动常见故障及诊断 | 46 |
| 4.3 | 交流伺服驱动系统 | 49 |
| 4.3.1 | 交流伺服驱动器组成 | 49 |
| 4.3.2 | 交流伺服驱动器接口 | 51 |
| 4.3.3 | 伺服运行调整 | 56 |
| 4.3.4 | 伺服进给系统常见故障及诊断 | 58 |
| 4.4 | FANUC 伺服单元 (SVU) | 60 |
| 4.4.1 | 伺服参数的设定 | 61 |
| 4.4.2 | FSSB 伺服总线设定 | 64 |
| 4.5 | 位置检测元件 | 66 |
| 4.5.1 | 光电编码器 | 67 |
| 4.5.2 | 旋转变压器 | 68 |
| 4.5.3 | 光栅尺 | 69 |
| 4.5.4 | 位置检测系统常见故障及诊断 | 70 |
| 4.6 | 增量式检测装置机床回参考点方式 | 71 |
| 4.6.1 | 增量式检测装置数控机床回参考点原理 | 71 |
| 4.6.2 | 回参考点的方式 | 72 |
| 4.6.3 | SINUMERIK 802S 参考点相关系统参数 | 73 |

| | |
|-------------------------------------------|------------|
| 4.6.4 数控机床回参考点常见故障及诊断 | 75 |
| 4.7 数控机床的进给传动系统 | 76 |
| 4.7.1 进给传动系统机械部件 | 76 |
| 4.7.2 进给传动系统机械故障常见故障诊断 | 79 |
| 思考题 | 79 |
| 第5章 数控机床主轴控制系统及故障诊断 | 80 |
| 5.1 概述 | 80 |
| 5.1.1 数控机床对主传动系统的要求 | 80 |
| 5.1.2 数控机床主传动系统的配置形式 | 81 |
| 5.2 变频调速驱动装置 | 82 |
| 5.2.1 通用变频器的结构 | 82 |
| 5.2.2 主轴驱动装置的接口 | 84 |
| 5.2.3 变频器常见故障及诊断 | 87 |
| 5.3 数控机床的主轴换挡 | 89 |
| 5.3.1 数控机床主轴换挡 | 89 |
| 5.3.2 数控机床主轴自动换挡控制的常见故障及诊断 | 93 |
| 5.4 主轴相关系统参数 | 93 |
| 5.4.1 FANUC Oi Mate - TC 数控系统主轴相关参数 | 94 |
| 5.4.2 SINUMERIK 802S 数控系统主轴相关参数 | 96 |
| 思考题 | 97 |
| 第6章 PLC 在数控机床中应用 | 98 |
| 6.1 FANUC 数控系统 PMC | 98 |
| 6.1.1 FANUC 系统 PMC 的功能指令 | 99 |
| 6.1.2 数控系统 PMC 诊断画面 | 102 |
| 6.2 数控车床电动刀架 PMC 控制 | 104 |
| 6.2.1 四工位电动刀架的换刀过程 | 104 |
| 6.2.2 电动刀架换刀过程的 PMC 控制 | 105 |
| 6.2.3 电动刀架控制中的常见故障 | 107 |
| 6.3 急停报警及超程类故障及诊断 | 108 |
| 思考题 | 111 |
| 实验1 数控综合实验台 NNC - R1 的系统连线 | 112 |
| 1.1 实验目的 | 112 |
| 1.2 实验装置 | 112 |
| 1.3 实验内容 | 112 |
| 实验2 步进驱动单元的调试 | 114 |
| 2.1 实验目的 | 114 |

| | | |
|------------|------------------------------------------|------------|
| 2.2 | 实验装置 | 114 |
| 2.3 | 基础知识 | 114 |
| 2.4 | 实验内容 | 116 |
| 实验3 | 伺服驱动单元的调试 | 118 |
| 3.1 | 实验目的 | 118 |
| 3.2 | 实验装置及工具 | 118 |
| 3.3 | 基础知识 | 118 |
| 3.4 | 实验内容 | 123 |
| 实验4 | 机床参考点建立及限位调试 | 125 |
| 4.1 | 实验目的 | 125 |
| 4.2 | 实验装置 | 125 |
| 4.3 | 基础知识 | 125 |
| 4.4 | 实验内容 | 127 |
| 实验5 | 主轴单元的调试 | 130 |
| 5.1 | 实验目的 | 130 |
| 5.2 | 实验装置 | 130 |
| 5.3 | 基础知识 | 130 |
| 5.4 | 实验内容 | 133 |
| 实验6 | 机床数据对机床性能的影响 | 137 |
| 6.1 | 实验目的 | 137 |
| 6.2 | 实验装置 | 137 |
| 6.3 | 基础知识 | 137 |
| 6.4 | 实验内容 | 142 |
| 6.5 | NNC - R1 综合实验台刀架设计 | 144 |
| 实验7 | 数控系统数据保护与恢复 | 145 |
| 7.1 | 实验目的 | 145 |
| 7.2 | 实验装置及工具 | 145 |
| 7.3 | 基础知识 | 145 |
| 7.4 | SINUMERIK 802S 数据的备份和恢复 | 147 |
| 7.5 | FANUC Oi Mate - TC 数据的备份与恢复 | 149 |
| 7.5.1 | 通过系统引导画面的备份数据 | 149 |
| 7.5.2 | 通过输入/输出方式备份、恢复数据 | 151 |
| | 思考题 | 154 |
| 附录1 | CAK6150Di 数控车电动刀架 PMC 控制梯形图 | 155 |
| 附录2 | 西门子 802S 编程指令表 | 160 |
| | 参考文献 | 162 |

第 1 章 数控机床的安装与验收

1.1 数控技术

1.1.1 数控系统的发展

自 1952 年第一台数控机床成功研制至今，数控系统硬件的发展经历了电子管、晶体管、小规模集成电路、大规模集成电路及小型计算机和微型计算机五个发展阶段。

这五个阶段是紧随着计算机微电子技术的发展而发展的，其中电子管、晶体管和小规模集成电路属于硬接线的普通数控系统（简称 NC），它是由固定连线的硬件电路组成的专用计算机来实现部分或全部的数控功能，具有以下特点：

- (1) 制作好后不易更改，柔性差。
- (2) 硬件结构复杂，占用空间大，成本高。
- (3) 连线、插接点及焊接点易出故障，且不易查找。
- (4) 用户加工程序的输入需靠光电阅读机的频繁工作，速度受限制，且稳定性较差。
- (5) 具有插补运算速度快的优点。

大规模集成电路和微型计算机属于软接线的计算机数控系统（简称 CNC），它是由存储在 CNC 硬件装置（存储器）中的软件（系统程序）来实现部分或全部的数控功能，具有以下特点：

- (1) 通过修改控制程序（系统软件）很容易更改或扩展新开发的功能，柔性好。
- (2) 简化了硬件结构，成本低。
- (3) 比较容易实现多轴联动的插补及采用高精度的插补方法。
- (4) 用户可将加工程序一次性输入到存储器中，数控机床工作时，随时调用，方便快捷，可靠性高。
- (5) 故障率低，且易使用诊断程序进行故障自动查找。
- (6) 插补运算速度较 NC 慢，对于快速连续插补等功能，靠软件难以满足其要求。

在数控技术发展的历程中，CNC 装置的诸多优点决定了它取代 NC 装置的必然性。但随着现代数控机床在超大规模集成电路技术方面的应用，通过利用 NC

装置硬件电路插补运算速度快的特点,把使用频繁的快速插补等功能用硬件模块来实现,有效地提高了运算和处理速度,即把 NC 装置和 CNC 装置中的优点集中起来,提高其性能和可靠性,使性价比优化。

1.1.2 数控机床的结构特点

数控机床属于高精度、高效率、高自动化程度和高柔性的工作母机,它具有以下结构特点。

1. 高刚度

数控机床常需要在高速、重载、强力切削条件下正常工作,故要求机床的各主要机械部件(如床身、工作台、刀架等)具有很高的刚度,工作中应无变形或振动,以保证切削加工过程能平稳地进行。

2. 高柔性

数控机床的高柔性,是指数控机床灵活与可变的特性。具有的柔性是数控机床同其他组合机床、仿形机床及自动化专用机床的显著区别之一。当数控机床的加工对象改变时,只需要改变加工程序和重新调整刀具,就能自动完成工件的加工,而不必对机床(含靠模板等附件)进行特殊调整。这样,不仅能满足多品种零件的加工要求,还缩短了生产准备周期,对品种频繁改型及科研、新品试制等具有突出的优越性。

3. 高灵敏度

因数控机床是在自动状态下工作的,要求机床的运动精度较高,对需要进行相对运动的机构均应减小摩擦力,且在低速位移时无爬行现象。在机床结构上,通常采用滚动摩擦取代滑动摩擦(如采用滚动导轨、滚珠丝杠等)或减小运动副的摩擦系数(如采用静压导轨、静压轴承及贴塑导轨等),以适应数控机床的高灵敏度要求。

4. 热变形小

机床相对运动的构件在高频率的位移及换向过程中,容易产生热量,导致其构件产生热变形,从而影响到构件的运动精度。因此,要求各构件的发热量要最少,即要求构件(材料)的热变形系数尽量小、降热条件尽量好,如高速运转的主轴通常采用恒温冷却装置等。

5. 高抗振性

数控机床运动构件产生的振动(特别是切削时产生的谐振),不仅影响到机床的灵敏度,还将影响到加工工件的宏观几何精度以及工件表面的质量(表面粗糙度)。提高构件的制造精度、保持最佳的运动间隙、减少机械传动机构、缩短传动链等,是保证高抗振性的有效途径。

6. 高精度保持性

数控机床能在高速、强力切削情况下，满负荷或超负荷地工作，是因为它具有高的精度保持性，使机床在长期运行中具有稳定的加工精度。除了正确选择有关构件的材料外，还要采取诸如特种淬火、冷热时效处理等工艺措施，提高运动部件的耐磨性，减小使用中的变形，同时延长构件的寿命。

7. 高可靠性

数控机床主要在自动条件下工作，必须保证其在较长时间连续运行时的稳定性和可靠性，同时在使用寿命周期内发生故障的概率应尽可能小。因此，数控机床中的 CNC 系统软件（系统程序）以及主要运动构件（如主轴、滑板等）应保证不出故障，对需要频繁操作的刀库、换刀装置等构件，也必须保证其在长期工作中十分可靠，对机床数控系统的平均无故障时间（MTBF），也有相应的标准作出规定。

1.2 数控机床的安装

1.2.1 数控机床安装原则

对各种数控设备，其安装原则是：选择良好的工作环境（避开阳光直射、电弧光与热源辐射、强电及强磁干扰，工作场地要清洁、防震、空气干燥、温差较小等），确定机床各部分的安装位置，校正机床水平位置，牢固机床并有利于机床的安全使用，最终符合数控设备安装的各项规定。

1.2.2 数控设备的安装方法

1. 中型（含小型）数控设备的安装方法

对这类数控设备的安装，因其安装技术要求不十分严格，故一般采用与普通机床相似的方法进行安装。

(1) 按机床说明书所附机床基础图规定的地脚位置做好预留孔及电缆和管路槽，稳妥地吊装机床就位（铺以楔铁、垫板），将地脚螺栓穿过床脚孔放入地面基础预留孔中，初步校平机床后，在预留孔中浇注混凝土，待混凝土充分凝固后，精校机床至水平，连接好全部管、线，在清理和善后工作结束后，即可转入试车阶段。

(2) 对于自带防震可调垫铁（地脚）的数控设备，只需按机床的排列位置稳妥吊装到位，校正水平，连接好全部管、线后，即可转入试车阶段。

2. 大型数控设备的安装方法

对于大型数控设备，因其装箱运输都必须是在设备经过解体后才能进行的，

故机床的安装（含组装）难度较大，技术要求也高。这类机床的安装方法将通过下面相关的安装步骤进行说明。

1.2.3 数控设备的安装步骤及注意事项

1. 机床的初就位及组装

(1) 按照机床生产厂对本机床基础的具体要求（或动力机器基础设计规范），提前做好机床安装基础和相关准备工作。

(2) 组织有关技术人员仔细阅读和分析有关机床安装方面的资料，确定安装方案及实施步骤，然后将机床各箱体部件置于地基上就位，检查无误后转入组装环节。

(3) 组装过程一般分为以下几个步骤。

① 清理部件表面。将所有连接面、导轨、定位和运动表面的防锈层（如涂料）清理干净，并涂上规定的润滑油。

② 将数控柜、电气柜、立柱、刀库和刀具交换装置等部件按预定方案组装成整机。在组装过程中，机床各部件间的连接与定位必须使用原装的定位销、定位块和其他定位元件，以保证下一步精度调整工作的顺利进行。

③ 机床各部件组装完成后，应按照有关技术、安全、环保等规范的要求，准确可靠地连接好电缆，密封好水、电、气、油各管线，特别要注意防止任何污染异物进入管路，否则后果不堪设想。

④ 整理组装现场，将连接好的各管、线就位固定，安装好防护罩壳，清扫整机，以达到良好的组装效果。

2. 数控系统的连接

数控系统的连接是针对数控装置和伺服系统（主轴与进给）而进行的，它包括外部电缆的连接和数控系统电源线的连接两部分。

1) 外部电缆的连接

连接前应仔细检查各连接件（如电路板、脉冲编码器等）是否完好或有无污垢，电缆线有无破损，然后严格按照机床随机提供的电缆连接指导书（图、表），仔细地将带电缆的接插件——对号入座。连接完毕后，还应认真检查所有接插件（包括航空插头、插座）是否插入到位，接插件上的紧固螺钉是否拧紧，避免因接插件接触不良而引起的故障（含软故障）。

接插件连接后，还应进行可靠的接地连接，以确保设备及人身安全，减小电气干扰。机床厂对接地电缆及接地方式有明确的规定，地线通常采用辐射式连接法，即先将数控柜中的信号地、强电地及机床地等连接到公共接地点上，然后再将公共接地点直接与大地连接。在对数控柜与强电柜进行接地连接时，其接地电缆截面积应在 5.5 mm^2 以上，公共接地点必须与大地接触良好，接地电阻一般要

求小于 $4 \sim 7 \Omega$ 。

2) 电源线的连接

数控系统电源线的连接,是指数控柜电源变压器输入电缆的连接和伺服变压器绕组抽头点的连接。对于进口的数控系统或数控设备,应特别注意各国不同的供电制式,无论是数控系统的电源变压器,还是伺服变压器,都设置了多抽头,以供不同的用户选择使用。因此,必须根据我国供电的具体情况,结合各抽头标志正确进行连接。

3. 机床连接电源的检查与确认

该项工作是机床调试前的重要工作之一,它关系到数控设备能否正常投入使用。连接电源的检查与确认包括以下几个方面内容。

1) 交流电压和频率的检查与确认

机床通电前必须检查交流电源的输入电压和频率是否与数控设备的设定参数相匹配。我国供电制式是交流 380 V、三相,交流 220 V、单相,频率均为 50 Hz。有些国家的供电制式与我国不同,如日本的供电制式为交流 200 V、三相,交流 100 V、单相,频率均为 60 Hz。

2) 交流电源电压波动的检查与确认

输入数控系统的单相电源电压波动范围超过规定时,电气干扰大大增加,故障率随之上升。数控系统通常规定其允许电源电压在额定值的 $-15\% \sim +10\%$ 之间波动。实践证明,对于电源电压波动太大的工作环境,采取配备交流稳压电源等措施后,将会明显地减少发生故障的概率,提高数控设备的稳定性和可靠性。

3) 三相交流电源相序的检查与确认

对主轴和进给伺服系统中的交流伺服电机,如果相序不符合要求,则可能在接通电源时烧断速度控制单元的熔丝(放炮),导致电机不能启动。故在通电前,一定要认真检查输入电源的相序。检查方法很简单,可用相序表检查(表针顺时针方向旋转即为相序正确),也可采用双踪示波器观察两相之间的波形(两相间相位上相差 120° 为正确)进行确认。当检查相序不符合要求时,只要将和 R、S、T 中任两个接线端子相连的接线对调位置即可。

4) 直流电源输出端是否短路的检查与确认

数控系统内部使用的 $+5\text{ V}$ 、 $\pm 15\text{ V}$ 及 $\pm 24\text{ V}$ 等直流输出端电压,均由其直流稳压电源提供,如果发生对地短路,则会烧坏该电源。因此,在通电前应使用万用表测量各输出端对地的阻值,发现短路必须查清原因并予以排除。

5) 直流电源输出电压的检查与确认

先通过数控柜中的轴流风机是否旋转来判断直流电源是否接通。将直流电源接通后,即可从各电路板的检测端子上检查各直流电压值是否符合下述规定: $\pm 15\text{ V}$ 电压允许波动 $\pm 5\%$ 左右; $\pm 24\text{ V}$ 电压允许波动 $\pm 10\%$ 左右;对 $+5\text{ V}$ 电压,因其是提供给逻辑电路用的,故允许波动应小于 $\pm 5\%$ 。如不符合要求,必

须先行调整。

6) 熔断器的检查与确认

机床通电前,还必须仔细检查所有熔断器的质量和规格是否符合要求。熔断器是机床电路的“卫士”,除供电主线路外,几乎每一块电路板或电路单元都装有它。当电路超过额定负荷,电压过高或负载端发生意外短路时,熔断器能立即“熔断”并切断电源,起到保护电路安全的作用。故检查熔断器的工作不可忽视,也不允许用细铜丝等做熔断器的替代品,以免酿成大错。

1.3 数控机床的调试

调整机床的床身水平,粗调机床的主要几何精度,再调整重新组装的主要运动部件与主机的相对位置,如机械手、刀库与主机换刀位置的调整与校正、APC托盘与机床工作台交换位置的找正等。这些工作完成后,就可以用快干水泥灌注主机和各附件的地脚螺栓,把预留孔灌平,等水泥完全晾干以后,就可以进行下一步工作。

一般数控机床的绝对水平调整在 $0.04/1\ 000\text{ mm}$ 的范围之内。对于车床,除了水平和小扭曲达到要求外,还应进行导轨直线度的调整,确保导轨的直线度为合格水平。对于铣床和加工中心,应确保运动水平(工作台导轨小扭曲)也在合格范围内,水平调整合格后,才可以进行机床的试运行。

1.4 数控机床的验收

一台数控机床的全部检测验收工作是项极其复杂的工作,对试验检测手段及技术要求也很高,它需要使用各种高精度仪器对机床的机、电、液、气等各部分及整机进行综合性能及单项性能的检测,包括进行刚度和热变形等机床试验,最后得出该机床的综合评价。这项工作目前在国内还必须在国家指定的几个机床检测中心进行,才能得出权威性的结论意见。因此,这类验收工作只适用于各种机床的样机和行业产品进行评比检验。

1.4.1 检测与验收的工具

对于数控机床几何精度的检测,常用检测工具有:平尺、直角尺、精密方箱、平行光管、带锥柄的检验棒、顶尖、角尺、精密水平仪、百分表、千分表、杠杆表、磁力表座等;对于其位置精度的检测,主要用的是激光干涉仪及块规;对于其加工精度的检验,主要用的是千分尺及三坐标测量仪等。测试数控机床运行时的噪声可以用噪声仪,测试数控机床的温升可以用点温计或红外热像仪,测试数控机床外观主要用光电光泽度仪等。

检测工具的精度等级必须比所测的几何精度高出一个等级,例如用平尺来检测 x 轴方向移动对工作台的平行度,要求公差为 $0.025/750\text{ mm}$,则平尺的直线度及上下基面平行度应在 $0.01/750\text{ mm}$ 以内。

1.4.2 机床精度的检测与验收

数控机床的几何精度综合反映了关键机械零部件及其组装后的几何形状误差。数控机床的几何精度检测和普通机床的几何精度检测基本相同,使用的检测工具和方法也很相似,只是检测要求较高。每项几何精度的具体检测办法和精度标准按有关检测条件和检测标准的规定进行。现以常用的数控车床为例,说明其几何精度的检测方法。

在检测中要注意消除检测工具和检测方法的误差,同时应在通电后各移动坐标往复运动几次,主轴在中等转速回转几分钟后,在机床稍有预热的状态下进行检测。

1. 各种动作与功能检测

在后续的各种检测中,注意检测操作面板与机床上各按键、开关的动作灵活性、平稳性与功能可靠性。

(1) 手动操作检测:在手动方式下完成回零(回参考点)操作,观察回零动作的正确性。

(2) 点动检测:选择点动方式,在最低点动速度下,分步进行各坐标轴正反向的点动操作,同时用手按与点动方向相对应的超程保护开关(限位开关)验证其可靠性。

(3) 行程保护检测:机床超程包括软件超程与硬件超程。在慢速情况下的正负两个方向上进行超程试验,验证超程极限参数设置、超程撞块安装的可靠性与CRT上报警显示的一致性。

(4) 进给变换检测:逐渐变化快移开关和进给倍率开关,观察进给变化与位置显示的正确性。

(5) 各进给轴全行程上的进给量变换检测与进给速度变换检测:观察运动的平稳性。

(6) (转塔)刀架正反向各种转位检测与夹紧检测:随意正反向点动刀架,观察转位的正确性与夹紧的可靠性以及自动换刀系统的换刀时间、可靠性与灵活性。

(7) 主轴变挡检测:首先,将主轴调速开关置于最低速位置,进行主轴正、反转,停止试验与手动主轴变速试验。再在机床锁住情况下(即将机床锁住开关置于接通位置),按照说明书上变挡指令,手动数据输入方式下进行主轴任意换挡与变速试验。观察各种转速下主轴运转的平稳性,测量主轴实际转速是否与显示值相符,检验主轴挂挡的准停工作。

(8) 分别进行编辑方式检测：自动运行方式检测、选刀检测、循环检测，以及检测各种控制指令与补偿功能的可靠性、动作的灵活性等。

(9) 液压、润滑与冷却检测：观察密封性与平稳性。手动润滑检测，使导轨有良好的润滑。

另外，还有空运行检测以及负荷检测等，可按说明书进行。

2. 机床主体几何精度的验收

机床主体的几何精度验收工作通过单项静态精度检测工作进行，其几何精度综合反映机床各关键零、部件及其组装后的综合几何形状或位置误差。数控设备几何精度的检测内容、检测工具和检验方法均与普通机床相似，通常按其机床所附检验报告或有关精度检测标准进行检测即可。

3. 机床运动精度的验收

数控设备的运动精度是指机床各坐标轴在数控系统控制下运动时，各轴所能达到的位置精度。数控设备的运动精度主要取决于数控系统和机械传动误差的大小。数控设备各运动部件的位移是在数控系统的控制下通过机械传动来完成的，各运动部件位移后能够达到的精度将直接反映被加工零件所能达到的精度。所以，运动定位精度检测是一项很重要的验收工作。

1) 数控设备运动精度的主要检测内容

- (1) 各直线运动轴的定位及重复定位精度。
- (2) 各直线运动轴机械原点的复位（“回零”）精度。
- (3) 各直线运动轴的反向误差。
- (4) 各回转运动轴的定位及重复定位精度。
- (5) 各回转运动轴的反向误差。
- (6) 各回转运动轴原点的复位精度。

2) 直线运动轴定位及重复定位精度的检测

(1) 定位精度的检测。对该项精度的检测一般在机床和工作台空载的条件下进行，并按有关国家（或国际）标准的规定，以激光测量为准。对于一般用户，当没有激光检测仪时，也可采用标准刻度尺，配以光学读数显微镜进行比较测量。

(2) 重复定位精度的检测。该项精度是反映直线轴运动精度稳定与否的基本指标，其检测所用仪器与定位精度检测时相同，通常的检测方法是在靠近各坐标行程的两端和中点这三个位置进行测量，每个位置均用快速移动（G00）定位，在相同条件下重复进行七次定位，测出每个位置处每次停止时的数值，并求出三个位置中最大一个读数差值的二分之一，附上正、负符号，作为该坐标的重复定位精度。

3) 机械原点复位精度的检测

原点复位即常称的“回零”，该项精度实质上是指该坐标轴上一个特殊点的

重复定位精度，故其测量方法与测量重复定位精度基本相同，只不过将上述三个位置改为终点位置即可。

4) 反向误差的检测

直线运动轴的反向误差，也称失动量，它包括该坐标轴进给传动链上的驱动元件（如伺服电机、步进电动机等）在运行过程中的反向死区，是各机械运动传动副的反向间隙和弹性变形等误差的综合反映。该误差越大，则其定位精度及重复定位精度也越差。反向误差的检测常采用表测法（亦可用试切测定法），其步骤如下。

(1) 预先将工作台（或刀架）向正向或负向移动一段距离，并以此停止后的位置为基准（百分表调零）。

(2) 再在前述位移的相同方向执行一给定位移指令值，以排除随机反向误差的影响。

(3) 往“相同方向”的反方向移动同一给定位移指令值后停止，用百分表测量该停止位置与基准位置之差。

(4) 在靠近行程的两端及中点这三个位置上，分别重复上述过程进行多次（通常为七次）测定，求出在各个位置上的测量平均值，以所得平均值中的最大值作为其反向误差值。

5) 回转运动轴定位精度的检测

数控设备的回转运动轴，除了普通回转工作台（又称分度工作台）、数控回转工作台外，还有主轴。主轴角位移的定位精度及重复定位精度，将影响刀具交换装置抓、卸刀具的准确性。此外，还将影响到数控车削螺纹时，主轴脉冲发生器和数控系统控制主轴在螺纹起始点的精确寻找及定位，以保证螺纹不乱纹（烂牙）。因此，需对主轴正、反方向的定位精度及重复定位精度进行检测。

6) 回转运动轴原点复位精度的检测

该项精度不仅反映回转工作台工作的可靠性，还可反映主轴定位及准停的效果，关系到能否正确换刀及精镗孔过程中的退刀等问题。该项精度的检测方法有以下几种。

(1) 在圆周上七个任意位置分别进行一次原点复位运动，测量其停止位置，以读出的最大差值作为原点复位误差。

(2) 对数控回转工作台，可通过数控指令使工作台连续多次（5~7次）进行正向或反向位移 360° ，分别读出差值，其中的最大差值作为原点复位误差。

(3) 如果在排除反向误差后，采用一正一反相同的角位移，停止后测出的误差，即回转工作的反向误差，该误差也会影响到工作台的复位精度。

4. 切削精度的验收

为了检测机床真实的切削精度，在验收过程中应尽量排除其他的影响因素。即在切削试件时，可参照 JB2670—82 中规定的有关条文进行，或按机床所附有