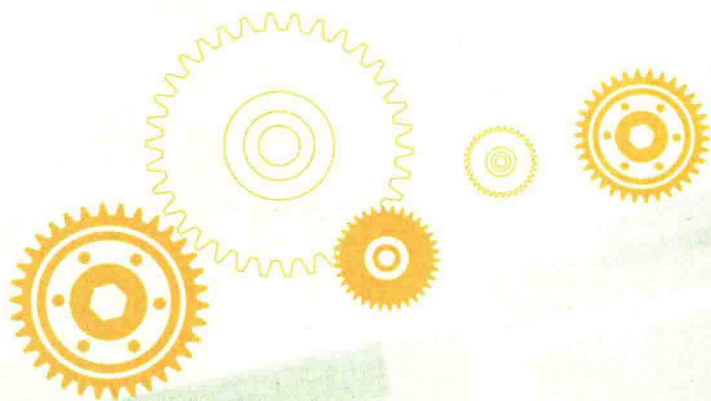


高职高专机电类专业“十三五”规划教材
校企合作共同开发教材

数控机床维修

◎ 主编 夏罗生 蒋兴方



西安电子科技大学出版社
<http://www.xduph.com>

高职高专机电类专业“十三五”规划教材
校企合作共同开发教材

数控机床维修

主 编 夏罗生 蒋兴方
副主编 易端前 凡进军 欧阳海菲
陈 立 汪俊峰

西安电子科技大学出版社

内 容 简 介

本书共六个项目,分别介绍了数控机床的选购、安装、调试及验收,数控机床维修基础,FANUC 数控系统维修,SINUMERIK 数控系统维修,数控机床机械故障诊断与维修,数控机床的维修管理及维护等内容。针对每个项目都提出了教学建议,以及通过学习应达到的知识目标和技能目标。每个项目后均附有思考题与技能训练。

本书既可作为高等职业技术学院、大中专及职工大学数控技术专业、数控设备应用与维护专业、机电设备维修专业、机电一体化专业等相关专业的教材,也可作为从事数控机床调试、维护、维修工作的工程技术人员的参考书。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床维修/夏罗生,蒋兴方主编. — 西安:西安电子科技大学出版社,2016.6

高职高专机电类专业“十三五”规划教材

ISBN 978-7-5606-4030-3

I. ①数… II. ①夏… ②蒋… III. ①数控机床—维修—高等教育—教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第125311号

策划编辑 杨丕勇

责任编辑 杨丕勇 滕卫红

出版发行 西安电子科技大学出版社(西安市太白南路2号)

电 话 (029) 88242885 88201467 邮 编 710071

网 址 www.xduph.com 电子邮箱 xdupfb001@163.com

经 销 新华书店

印刷单位 陕西大江印务有限公司

版 次 2016年6月第1版 2016年6月第1次印刷

开 本 787毫米×1092毫米 1/16 印 张 20.5

字 数 493千字

印 数 1~3000册

定 价 35.00元

ISBN 978-7-5606-4030-3/TG

XDUP 4322001-1

***** 如有印装问题可调换 *****

前言

preface

数控机床是典型的机电一体化设备,综合应用了计算机、精密机械、自动控制、检测等高新技术。数控技术的复杂性和综合性加大了维修的难度,随着数控机床的更新换代和大量使用,对数控机床维修人员的素质要求也越来越高。目前,数控机床的维护水平和维修能力偏低,制约着数控机床应用的进一步发展。

本书根据高职教育特点,基于工作过程的教育理论,以数控机床的“选购—安装—调试—维护—维修”为主线确定教学内容,体现了创新意识和实践能力为重点的教育教学指导思想,书中渗透着先进的维护、维修理念和方法,体现了数控技术发展对高素质技术技能人才的要求。

本书是在校企双方共同调查研究的基础上,结合近几年高等职业技术教育课程改革的经验编写而成的。为适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,本书紧密联系生产实际,重点分析了占市场份额最大的FANUC 0i及SIEMENS 802D数控系统。本书的内容注重基础知识和基本技能的融合,并提供了形式多样的思考题和技能训练,具有广泛的实用性。

本书共六个项目,分别介绍了数控机床的选购、安装、调试及验收,数控机床维修基础,FANUC数控系统维修,SINUMERIK数控系统维修,数控机床机械故障诊断与维修,数控机床的维修管理及维护等内容。

本书由张家界航空工业职业技术学院夏罗生教授、湖南交通职业技术学院蒋兴方副教授任主编。中国南方航空工业(集团)有限公司高级工程师易端前、张家界航空工业职业技术学院副教授凡进军以及欧阳海菲老师、陈立老师、汪俊峰老师任副主编。

在编写本书的过程中,编者查阅了大量有关数控机床维修方面的资料与教材,在此,对这些资料的作者及编者表示衷心的感谢。

由于时间仓促,书中难免存在不妥之处,恳请读者批评指正。

编者

2015年10月于张家界

目 录

contents

项目一 数控机床的选购、安装、调试及验收.....	1	三、按数控机床发生故障时有无报警显示分类	36
模块一 数控机床的选购.....	1	四、按数控机床发生故障的原因分类 ...	37
一、数控机床选购的一般原则	1	模块四 数控机床故障排除的思路和原则...	38
二、数控机床的选型	2	一、数控机床故障排除的思路	38
模块二 数控机床的安装与调试.....	4	二、故障排除应遵循的原则	39
一、机床的初就位和组装	4	模块五 故障诊断与排除的基本方法.....	40
二、数控系统的连接和调整	5	一、观察检查法	40
三、机床联机通电试车	7	二、功能测试法	42
四、机床精度和功能的调试	8	三、参数检查法	43
五、机床试运行	8	四、PLC 程序法	44
模块三 数控机床的验收.....	9	五、部件替换法	45
一、开箱检验和外观检查	9	六、隔离法	46
二、机床性能及数控功能的检验	9	七、升降温法	47
三、机床精度的检验	11	八、测量比较法(对比法)	47
思考题.....	27	模块六 故障自诊断技术.....	47
技能训练.....	27	一、启动诊断(初始化诊断)	48
项目二 数控机床维修基础.....	28	二、在线诊断(后台诊断)	49
模块一 数控机床的发展现状.....	28	三、离线诊断	50
一、数控机床的产生与发展	28	四、现代诊断技术	50
二、我国数控机床的发展现状	29	思考题.....	51
模块二 数控机床维修的基本要求.....	30	技能训练.....	52
一、对数控维修人员的素质要求	30	项目三 FANUC 数控系统维修	53
二、必要的技术资料	32	模块一 FANUC 数控系统维修技术基础 ...	53
三、必要的维修器具与备件	33	一、FANUC Oi 数控系统的组成及特点...	54
模块三 数控机床常见故障分类.....	35	二、FANUC Oi 数控系统的功能连接 ...	55
一、按数控机床发生故障的部件分类 ...	35	三、FANUC 16i/18i/21i 系列数控系统的组成及特点	66
二、按数控机床发生故障的性质分类 ...	36		

四、FANUC 16i/18i/21i 系统的 功能连接	68	一、SINUMERIK 802D 数控系统的 组成与特点	171
模块二 FANUC 数控机床的参数配置	72	二、SINUMERIK 802D 数控系统的 功能连接	172
一、FANUC Oi 系统的参数显示与设定	72	三、SINUMERIK 840D 的组成与特点	178
二、FANUC Oi 系统的常见参数	74	四、SINUMERIK 840D 系统功能连接	181
三、FANUC Oi 系统参数的输入与输出	77	模块二 SINUMERIK 802D 数控系统的 机床数据设定及调整	188
模块三 FANUC Oi 数控系统的 CNC 故障诊断	82	一、SINUMERIK 802D 数控系统的 机床数据设定与调整方法	189
一、FANUC Oi-A 数控系统的报警	82	二、SINUMERIK 802D 常用机床数据的 意义	189
二、FANUC Oi-A 数控系统的 CNC 故障诊断	84	三、SINUMERIK 802D CNC 的调试	195
模块四 FANUC Oi 数控系统的 PMC 故障诊断	90	四、数据备份	197
一、数控机床用 PLC	91	模块三 SINUMERIK 802D 数控系统的 CNC 故障诊断与维修	201
二、数控机床用 PMC 指令系统	95	一、SINUMERIK 802D 数控系统的 常见报警处理	201
三、数控机床 PMC 控制应用举例	108	二、SINUMERIK 802D 数控系统的 CNC 故障综合分析处理	204
四、数控机床 PMC 故障诊断画面	119	模块四 SIEMENS 伺服驱动装置及其 维修技术	206
五、PMC 故障诊断维修实例	128	一、SimoDrive 611UE 系列伺服模块 驱动装置	206
模块五 FANUC 进给伺服驱动装置及 其故障诊断	130	二、SimoDrive 611UE 伺服系统参数的 设定及优化	213
一、FANUC 伺服驱动装置的 连接与设定	131	三、SimoDrive 伺服模块驱动装置 维修实例	218
二、FANUC 伺服系统参数的设定	139	思考题	219
三、数控机床进给伺服系统的报警及 维修技术	142	技能训练	220
模块六 FANUC Oi 数控系统主轴驱动装置及 其故障诊断	150	项目五 数控机床机械故障诊断与 维修	221
一、模拟量控制的主轴驱动装置及 维修技术	150	模块一 数控机床机械结构的 组成和特点	221
二、串行数字控制的主轴驱动装置及 维修技术	162	一、数控机床机械结构的组成	222
三、FANUC α 系列主轴驱动装置维修 实例分析	167	二、数控机床机械结构的特点	222
思考题	168	模块二 数控机床机械结构故障诊断的方法	223
技能训练	169	模块三 主传动系统的故障诊断与维修	224
项目四 SINUMERIK 数控系统维修	170		
模块一 SINUMERIK 数控系统维修 技术基础	170		

一、主轴部件的结构与调整	225
二、主轴部件的常见故障及其诊断	228
模块四 进给传动系统的故障诊断与维修	229
一、数控机床进给传动系统布置形式	230
二、进给传动系统伺服电动机的 类型及连接	231
三、滚珠丝杠副的结构及间隙调整	233
四、滚珠丝杠副的常见故障及其诊断	235
模块五 导轨副的调整与维修	236
一、导轨副的结构	236
二、导轨副的调整	238
三、导轨的润滑与防护	241
四、导轨副的常见故障及其诊断	241
五、导轨副维修实例	242
模块六 回转运动部件的故障 诊断与维修	243
一、回转工作台的结构	243
二、加工中心回转工作台的调整	245
三、回转工作台的常见故障及其诊断	247
模块七 自动换刀装置的故障 诊断与维修	248
一、数控机床自动换刀装置的形式	248
二、刀架、刀库及换刀装置的常见 故障及其诊断	253
模块八 液压与气动系统的故障诊断与维修	255
一、液压系统的常见故障及其诊断	255
二、气动系统的常见故障及其诊断	256
思考题	258
技能训练	258

项目六 数控机床的维修管理及维护 ... 259

模块一 数控机床维修与维护中的 管理工作	259
一、维修管理内容	259
二、点检管理	260
模块二 数控机床的维护	263
一、数控机床使用中应注意的问题	263
二、数控系统的维护	264
三、电气控制系统的日常维护	266
四、机械部件的日常维护	268
五、液压系统的日常维护	269
六、气动系统的日常维护	270
思考题	272
技能训练	272

拓展知识 A FANUC 0i 数控系统常用 信号表 ... 273

拓展知识 B FANUC 0i-A 数控系统 报警表 ... 276

拓展知识 C SINUMERIK 802D 数控系统 报警表 ... 296

拓展知识 D 数控机床装调维修工国家职业 标准 ... 309

参考文献 ... 320

项目一

数控机床的选购、安装、调试及验收

学习目标

知识目标

1. 掌握数控机床选购的基本原则和方法。
2. 掌握数控机床安装与调试的过程与方法。
3. 掌握数控机床验收的过程与方法。

技能目标

1. 通过查阅技术资料，能够完成数控机床的组装与连接。
2. 能够完成数控机床精度的调试。
3. 能够使用工具检验数控机床的精度。
4. 通过完成上述任务，培养自觉遵守安全操作规范的习惯。

教学建议

教师在讲授基础知识后，将学生分组，安排在实训中心完成以下两个工作任务：数控机床的组装和数控机床反向误差的检测与补偿。工作任务完成后，由学生自评、学生互评、教师评价三部分汇总形成教学评价。

模块一 数控机床的选购

数控机床具有普通机床所不具备的许多优点，但它目前还不能完全取代普通机床，也不能以最经济的方式解决机械加工中的所有问题。因此，如何从品种繁多、价格昂贵的设备中选择适用的设备，如何使这些设备在机械制造中充分发挥作用，如何正确、合理地选购与主机相配套的附件及软件技术等，已成为广大用户十分关心的问题。数控机床的正确选用可以预防和减少故障的发生，必须认真对待。

一、数控机床选购的一般原则

数控机床选购的一般原则包括实用性、经济性、可操作性及稳定可靠性。

实用性：明确用数控机床解决生产中的哪一个或哪几个问题。

经济性：所选用的数控机床在满足加工要求的条件下，所支付的代价是最经济的或者是较为合理的。

可操作性：用户选用的数控机床要与本企业的操作和维修水平相适应。

稳定可靠性：机床本身的质量要好。选择名牌产品一般能保证数控机床在工作时稳定可靠。

二、数控机床的选型

数控机床选型时主要考虑基本工艺参数和加工范围的确定、市场占有率与售后服务、市场调研与货比三家、公开招标与设备选型等方面。

1. 基本工艺参数和加工范围的确定

在选用数控机床之前，首先要确定基本工艺参数和加工范围，这是数控机床选型的重要工作，也是首先要做的工作。

(1) 根据被加工零件的形状确定机床的类型。通常根据被加工零件外轮廓、内型腔的几何形状，各类孔和孔系的位置及尺寸等来确定数控机床的类型，如加工中心类、数控车床类、数控坐标镗床类、数控磨床类或其他类型，有时可能要选择两种或两种以上的数控机床才能满足加工需要。

每一种数控机床都有其最适合加工的典型零件。例如，加工轴类零件，应选用数控车床；加工板类，即箱盖、壳体和平面对称零件，应选用立式加工中心或数控铣床；加工复杂箱体类，即箱体、泵体、壳体等零件，应选用卧式加工中心。另外，当工件只需要钻削或只需要铣削时，就不需要购买加工中心；能用数控车床加工的就不要用车削中心；能用三轴联动机床加工的就不要用工四轴或五轴联动机床。

(2) 根据被加工零件的尺寸确定机床的规格。机床的规格是指各直线坐标的行程、工作台或旋转工作台的面积等。对于用旋转主轴装夹工件的数控机床，还要确定卡盘和回转尺寸的大小、坐标轴的数量。如果被加工零件是轴类零件，还要确定主轴端面到尾座的最大距离。

(3) 根据被加工零件尺寸精度的要求确定机床的精度。影响机床加工精度的因素有很多，如机床的制造精度、插补精度、伺服系统的随动精度，以及切削温度、切削力和各种磨损等。用户在选用机床时，应考虑综合加工精度是否能满足加工要求。

数控机床的精度等级应根据典型零件关键部位的加工精度要求来决定。目前，世界各国都制定了数控机床的精度标准。机床生产厂商在数控机床出厂前大都按照相应的标准进行了严格的控制和检验。

一般来说，数控机床的实际精度均有相当的储备量，即实际的允差值要比标准的允差值小20%左右。在各项精度标准中，最主要的是定位精度和重复定位精度。

(4) 根据被加工零件的材料、加工余量确定各电机的功率及扭矩等技术指标。被加工零件的材料和在所选机床上所要切削的加工余量，是确定主轴驱动电机和各坐标伺服电机功率和扭矩的重要依据。选择数控机床时，除了要选择合适的主轴电机和伺服电机功率和扭矩外，还要保证机床有足够的刚性。所以，选择时，还要考虑所选数控机床的刚性、床身的制造、导轨形式及机床的热变形等是否能达到切削加工的要求。

(5) 对工艺、经济指标的可行性进行分析、估算。选择数控机床时，要考虑其生产效率是否能满足生产的需要，包括数控机床主轴的转速范围、各坐标加工的速度范围是否满

足需要,各坐标的快速进给,即加工过程中的辅助运动速度是否能满足要求等。

(6) 选择自动换刀系统或刀塔。对于自动换刀系统,除了要保证机械手、刀库的换刀速度及可交换工作台的交换时间满足要求外,更要注意机械手、主轴换刀机构及刀库的结构是否合理,刀塔的结构是否合理、精度是否符合要求等。

(7) 正确选择CNC系统。CNC系统不但要满足所需要的功能、可靠性等技术标准,也要考虑使用维修的方便性。数控系统的种类、规格非常多,为了能与机床相匹配,在选择数控系统时应注意以下几个方面。

① 根据数控机床的类型选择相应的数控系统。数控系统有多种形式,可分别适用于车、铣、镗、磨、冲压、造型等加工类别,所以应有针对性地进行选择。

② 根据实际需要选择数控系统。具备基本功能的数控系统往往价格较便宜,而具备选择功能的数控系统较昂贵,因此应根据实际需要进行选择。

③ 订购时要考虑周全。订购时应把所需的系统功能一次订齐,不能遗漏。对于那些价格增加不多,但会给使用带来方便的功能,应当配置齐全。另外,选用的数控系统及机床的种类不宜过多、过杂,否则会给使用和维修带来很大困难。

(8) 确定机床附件、备件与技术服务质量。当初步选好数控机床后,要明确所选的数控机床附件,这些附件是根据加工过程是否需要和经济条件是否允许来确定的。对机床所必需的易损件要有足够的备件储备,以便在机床出现故障能及时维修。

2. 市场占有率与售后服务

市场占有率与售后服务是相辅相成的,又是相互制约和相互依赖的。市场占有率与产品的质量、生产规模、价格及售后服务的质量都有直接关系。市场占有率反映了厂商生产数控机床的综合实力。综合实力越强,用户选择的可能性就越大,市场占有率就越高。

市场占有率越高,厂家就会越重视售后服务的质量。因为售后服务的质量将直接影响用户是否能使所选的数控机床充分发挥作用,生产效率是否能够达到最佳状态。用户对售后服务的质量满意了,必定会对市场占有率的提高起到促进作用,使数控机床的市场占有率进入良性循环的轨道。

3. 市场调研与货比三家

在数控机床的选型过程中,市场调研是一项必不可少的工作。通过市场调研可以比较全面地了解 and 掌握所选数控机床的技术条件、规格、功能、特点、位置精度、几何精度、可靠性及价格等,并对其进行全方位的论证。不管是国产数控机床还是进口数控机床,都可按如图1-1所示流程图进行市场调研。

由图1-1所示流程图可以看出,在市场调研开始时,至少要提出三家以上数控机床生产厂商。可以从所熟悉或了解的生产厂商中选取,也可在网上查询,

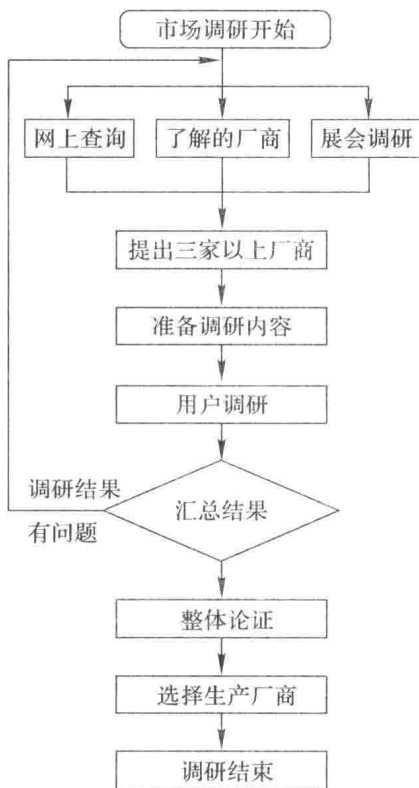


图1-1 市场调研流程图

还可参加机床展览会，对众多厂家进行比较，从中选出三家。

在确定了三个以上生产厂商后，开始准备调研内容。如果有可能，即使是进口设备，也要到生产厂家进行调研，以便取得第一手资料。如果调研结果有问题，就重新提出生产厂商；如果令人满意，就要及时汇总调研情况，作出整体的论证，选择出最理想的数控机床生产厂商。

这里要特别注意的是，选择任何类型的数控机床都要在众多厂商、众多品牌中筛选出至少三家以上的同类产品进行全面比较，市场调研也要分别进行，最后进行整体论证，从中选择出性价比高的数控机床。

4. 公开招标与设备选型

对于国家投资项目和较大的投资项目，按照规定要进行公开招标。公开招标也是设备选型的重要手段，而在招标前同样要进行市场占有率与售后服务的调查，要进行市场调研与货比三家。

在公开招标前要编写招标文件。在招标文件的设备技术要求中，要说明数控机床的名称、数量、用途及主要技术参数，其中包括对CNC系统的要求，对主机的要求，对数控机床附件的要求，对备品、备件的要求，还有具体的调试验收、培训方面的要求等，同时还要注明主要的技术条件。

招标文件的编写非常重要，既要坚持“公正、合理、先进”的原则，又要注意不要掉进厂商的“陷阱”中，要牢牢把握设备的选型思路。

公正性是保障可选数控机床最佳或较佳的基础，最终受益的是用户，同时，也是通过国家标书审查的前提。合理性可避免因指标过高而造成浪费，或避免最佳或较佳的数控机床生产厂商望而却步。先进性是避免价低但质量差、性能低的产品中标的关口。

在招标过程中，要同时把握好公正性、合理性和先进性是不太容易的。因此，在公开招标时必须做到知己知彼，要比较全面地了解各投标厂商数控机床的各项技术指标。

模块二 数控机床的安装与调试

安装、调试和验收是数控机床前期管理的重要环节。当机床运到工厂后，首先要进行安装、调试，并进行试运行及验收，验收合格后才能交付使用。

数控机床出厂前，必须对机床进行各项必要的检验，检验合格后才能出厂。对于小型机床，在运输过程中无须对机床进行解体，故机床的安装、调试和验收工作比较简单，用户进行简单的连线、机床水平调整和试切后，就可正式投入使用，所需的工具也比较简单。对于大中型数控机床，由于机床的体积较大，运输不方便，必须解体后分别运输，运到用户处后再重新组装和调试，所以其安装、调试和验收工作比较复杂。现以大中型数控机床为例，介绍数控机床的安装和调试过程。

数控机床的安装过程包括机床的初就位和组装、数控系统的连接和调整等；调试过程包括机床联机通电试车、机床精度和功能的调试、机床试运行等。

一、机床的初就位和组装

机床的初就位和组装工作主要包括：

(1) 按照机床厂对机床基础的具体要求,做好机床安装基础,并在基础上留出地脚螺栓孔,以便机床到厂后及时就位安装。

(2) 组织有关技术人员阅读和了解机床组装方面的资料,然后进行机床组装。机床组装前首先要把导轨和各滑动面、接触面上的防锈涂料清洗干净,然后把机床各部件,如数控柜、电气柜、立柱、刀库、机械手等组装成整机。组装时必须使用原来的定位销、定位块等定位元件,以保证下一步精度调整工作顺利进行。

(3) 部件组装完成后进行电缆、油管和气管的连接。机床说明书中有电气接线图和气、液压管路图,应根据这些图样资料将有关电缆和管道按标记一一对号接好,并检查有无松动和损坏。接头一定要拧紧,否则试车时会漏油漏水,给试机带来麻烦。

油管、气管连接时要特别防止异物从接口进入管路,造成整个液压、气压系统故障。电缆和管路连接完毕后,要做好各管线的就位固定,安装好防护罩壳,保证外观整齐。

二、数控系统的连接和调整

数控系统的连接和调整主要包括外部电缆的连接,电源线的连接,输入电源电压、频率及相序的确认,参数的设定和确认,数控系统与机床侧接口的确认。

1. 外部电缆的连接

数控系统外部电缆的连接是指数控装置与MDI/CRT单元、强电柜、机床操作面板、进给伺服电动机和主轴电动机动力线、反馈信号线等的连接,这些连接必须符合随机提供的连接手册的规定,最后还要进行地线连接。

数控机床地线的连接十分重要,良好的接地不仅对设备和人身安全十分重要,同时也能减少电气干扰,保证机床的正常运行。地线一般都采用辐射式接地法,即将数控柜中的信号地、强电地和机床地等连接到公共接地点上,公共接地点再与大地相连。数控柜与强电柜之间的接地电缆要足够粗,截面积要在 $5.5 \sim 14 \text{ mm}^2$ 以上。地线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的连接。对于进口的数控系统或数控机床,由于各国供电制式不尽一致,国外机床生产厂家为了适应各国不同的供电情况,无论是数控系统的电源变压器,还是伺服变压器都有多个抽头,使用时必须根据我国供电系统的具体情况,进行正确连接。

3. 输入电源电压、频率及相序的确认

(1) 输入电源电压和频率的确认。我国的供电制式是三相交流380 V,单相交流220 V,频率50 Hz。有些国家的供电制式与我国不一样,不仅电压幅值不一样,频率也不一样。例如,日本的供电制式为三相交流200 V,单相交流100 V,频率60 Hz。其出口设备一般都配有电源变压器,变压器上设有多个抽头供用户选择;电路板上设有50/60 Hz频率转换开关。因此,对于进口的数控机床或数控系统,一定要先看懂随机说明书,按说明书规定的方法连接。通电前一定要仔细检查输入电源电压是否正确,频率转换开关是否已置于“50 Hz”位置。

(2) 电源电压波动范围的确认。检查用户的电源电压波动范围是否在数控系统允许的范围之内。日本的数控系统一般允许电压的波动范围小于额定值的85%~110%,欧美的

数控系统要求更高一些。我国的供电质量不太好，电压波动大，电气干扰比较严重，如果电源电压波动范围超过数控系统的要求，则需要配备交流稳压器。实践证明，采取稳压措施后会明显减少故障，有利于提高数控机床的稳定性。

(3) 输入电源电压相序的确认。目前，数控机床进给控制单元和主轴控制单元的供电电源大都采用晶闸管控制元件，如果相序不对，可能会使控制单元的输入熔丝烧断。

检查相序的方法很简单，一种是用相序表测量，当相序接法正确时，相序表按顺时针方向旋转，反之，相序错误，这时将U、V、W中任意两条线对调一下即可；另一种是用双线示波器来观察两相之间的波形，两相在相位上应相差 120° 。

(4) 确认直流电源输出端是否对地短路。各种数控系统内部都有直流稳压电源单元，为系统提供所需的 $+5\text{ V}$ 、 $\pm 15\text{ V}$ 、 $\pm 24\text{ V}$ 等直流电压。因此，在系统通电前应使用万用表检查其输出端是否有对地短路现象。如有短路，必须查清短路原因，排除之后方可通电，否则会烧坏直流稳压电源。

(5) 接通数控柜电源，检查各输出电压。在接通数控柜电源之前，为了确保安全，可先将电动机动力线断开。这样，在数控系统工作时不会引起机床运动。但是，应根据维修说明书的介绍对速度控制单元作一些必要性的设定，避免因断开电动机动力线而造成报警。

接通数控柜电源之后，首先检查数控柜中各风扇是否旋转，这也是判断电源是否接通的最简便办法。然后检查各印制电路板上的电压是否正常、各种直流电压是否在允许的波动范围之内。一般来说， $\pm 24\text{ V}$ 的允许误差为 $\pm 10\%$ 左右， $\pm 15\text{ V}$ 的误差不应超过 $\pm 10\%$ ，而 $+5\text{ V}$ 电压的要求较高，其误差不能超过 $\pm 5\%$ ，因为 $+5\text{ V}$ 电压是供给逻辑电路用的，波动太大，会影响系统工作的稳定性。

(6) 检查各熔断器。熔断器是设备的“卫士”，时时刻刻保护着设备的安全。除供电主线路上有熔断器外，几乎每一块电路板或电路单元都装有熔断器，当负荷过大、外电压过高或负载端发生意外短路时，熔断器马上被熔断，从而切断电源，起到保护设备的作用，因此一定要检查熔断器的质量和规格是否符合要求。

4. 参数的设定和确认

(1) 参数的设定。数控系统内的印制电路板上有许多用短路棒短路的设定点，需要对其进行适当的设定，以适应各种型号机床的不同要求。一般来说，对于用户购入的整台数控机床，这项设定已由机床厂完成，用户只需确认一下即可。但对于单个购入的数控装置，用户则必须根据需要自行设定。因为数控装置出厂时是按标准方式设定的，不一定适合具体用户的要求。

不同数控系统参数设定的内容不一样，应根据随机的维修说明书进行设定和确认。主要设定内容有以下三个部分：

① 控制部分印制电路板上的设定。控制部分印制电路板上的设定包括主板、ROM板、连接单元、附加轴控制板、旋转变压器或感应同步器控制板上的设定。这些设定与机床回基准点的方法、速度反馈用检测元件和检测增益调节等有关。

② 速度控制单元电路板上的设定。在直流速度控制单元和交流速度控制单元上都有许多设定点，这些设定点用于选择检测元件的种类、回路增益及各种报警等。

③ 主轴控制单元电路板上的设定。无论是直流或交流主轴控制单元上，均有一些用以选择主轴电动机电流极限和主轴转速的设定点。但在数字式交流主轴控制单元上已用数

字设定代替短路棒的设定，因此其设定与确认只能在通电时才能进行。

(2) 参数的确认。设定系统参数，包括设定PC(PLC)等参数的目的是当数控装置与机床相连接时，能使机床具有最佳的工作性能。即使是同一种数控系统，其参数设定也随机床而异。数控机床出厂时都随机附有一份参数表，参数表是很重要的技术资料，必须妥善保存。对机床进行维修，特别是当系统中的参数丢失或发生了错乱，需要重新恢复机床性能时，参数表是不可缺少的依据。

对于整机购进的数控机床，各种参数已在机床出厂前设定好，无需用户重新设定，但有必要对照参数表进行一次核对。显示已存入系统存储器参数的方法，随各类数控系统而异，大多数可以通过按压MDI/CRT单元上的“PARAM”(参数)键来进行。显示的参数内容应与机床安装调试完成后的参数一致，如果参数不符，可按照机床维修说明书提供的方法进行设定和修改。

5. 数控系统与机床侧接口的确认

现代数控系统一般都具有自诊断功能，在CRT画面上可以显示出数控系统与机床的接口及数控系统内部的状态。在带有PLC时，还可以反映出从CNC到PLC、从PLC到MT、从MT到PLC、从PLC到CNC的各种信号状态。至于各个信号的含义及相互逻辑关系，随每个PLC的梯形图(即顺序程序)而异。用户可根据机床厂提供的梯形图说明书(内含诊断地址表)，通过自诊断画面确认数控系统与机床之间的接口信号状态是否正确。

完成上述步骤，可以认为数控系统已经调整完毕，具备了机床联机通电试车的条件。此时，可切断数控系统的电源，连接电动机动力线，恢复报警设定，准备通电试车。

三、机床联机通电试车

通电前，要先做好准备工作。首先按照机床说明书的要求，给机床的润滑油箱、润滑点灌注规定的油液或油脂；清洗液压油箱及过滤器，灌足规定标号的液压油；接通气源等。然后再调整机床的水平，粗调机床的主要几何精度。若是大中型设备，在已经完成初就位和初步组装的基础上，要重新调整各主要运动部件与主轴的相对位置，如机械手、刀库及主轴换刀位置的校正，自动托盘交换装置(APC)与工作台交换位置的找正等。

机床的通电操作可以一次同时接通各部分电源全面供电，也可以向各部分分别供电，然后再作总供电试验。对于大型设备，为了更加安全，通电操作应采取后者。

通电后，首先观察各部分有无异常，有无报警故障，然后用手动方式陆续起动各部件，并检查安全装置是否起作用，能否正常工作，能否达到额定的工作指标。例如，起动液压系统时，判断液压泵电动机的转动方向是否正确；液压泵工作后，检查液压管路中是否形成油压，各液压元件是否正常工作，有无异常噪声，各接头有无渗漏，液压系统冷却装置能否正常工作等。

在数控系统与机床联机通电试车时，虽然数控系统已经确认，工作正常无任何报警，但为了以防万一，应在接通电源的同时，做好按压急停按钮的准备，以便随时切断电源。例如，伺服电动机的反馈信号线接反或断线时，会出现机床“飞车”现象，这时就需要立即切断电源，检查接线是否正确。

通电正常后，应用手动方式检查一下各项基本运动的功能，如各轴的移动、主轴的正转和反转、手摇脉冲发生器的运动等。

在检查机床各轴的运转情况时，首先应用手动连续进给移动各轴，通过CRT或DPL（数字显示器）的显示值判断移动方向是否正确，如方向错误，则应将电动机动力线及检测信号线反接。然后检查各轴移动距离是否与移动指令相符，如不符，应检查有关指令、反馈参数以及位置控制环增益等参数设定是否正确。

随后再用手动进给，以低速移动各轴，并使它们碰到超程限位开关，以检查超程限位是否有效，数控系统在超程时是否发出报警。最后还应进行一次返回基准点动作，看用手动回基准点是否正确。机床的基准点是机床进行加工和程序编制的基准位置，因此，必须检查有无基准点功能以及每次返回基准点的位置是否完全一致。

如果以上试验没发现什么问题，说明设备基本正常，可以进行机床几何精度的精调和试运行。

四、机床精度和功能的调试

大中型设备或加工中心，为了使机床工作稳定可靠，机床到位安装后，除需要调水平外，还需对一些部件进行精确的调整。调整内容主要有以下几项：

(1) 在已经固化的地基上用地脚螺栓和垫铁精调机床床身的水平，找正水平后移动床身上的各运动部件（立柱、溜板和工作台等），观察各坐标在机床全行程内的水平变化情况，并相应调整机床的几何精度，使之在允差范围之内。在调整时，主要以调整垫铁为主，必要时可稍微改变导轨上的镶条和预紧滚轮。一般来说，只要机床的质量稳定，通过上述调整可将机床调整到出厂精度。

(2) 调整机械手与主轴、刀库的相对位置。首先使机床自动运行到换刀位置，然后再用手动方式分步进行刀具交换动作，检查抓刀、装刀、拔刀等动作是否准确恰当。在调整中用一个校对检验棒进行检测，有误差时可调整机械手的行程或移动机械手支座、刀库位置等，必要时也可以改变换刀基准点坐标值的设定（改变数控系统内的参数设定）。

调整好以后，要拧紧各调整螺钉，然后再进行多次换刀动作，最好用几把接近最大允许重量的刀柄，进行反复换刀试验，使之不撞击、不掉刀，达到动作准确无误。

(3) 对带APC交换工作台的机床，首先要把工作台运动到交换位置，调整托盘与交换台面的相对位置，使工作台自动交换时动作平稳、可靠、正确。然后在工作台面上装70%～80%的允许负载，进行多次自动交换动作，达到正确无误后紧固各有关螺钉。

(4) 仔细检查数控系统和PLC装置中的参数设定值是否符合随机资料中的规定数据，然后试验各主要操作功能、安全措施和常用指令执行情况等。例如，检查各种运动方式（手动、点动、自动等）、主轴换挡指令和各级转速指令等是否正确无误。

(5) 检查辅助功能及附件是否正常工作。例如，检查机床的照明灯、冷却防护罩和各种护板是否完整；往冷却液箱中加满冷却液，试验喷管是否能正常喷出冷却液；在使用冷却防护罩的条件下，冷却液是否外漏；排屑器能否正确工作；机床主轴箱的恒温油箱能否起作用等。

五、机床试运行

为了全面地检查机床功能及其工作可靠性，安装调试后，数控机床应在一定负载或空载下进行较长时间的自动运行考验。国家标准GB/T 9061—2006规定，自动运行考验的时间，数控车床为16 h，加工中心为32 h，都要求连续运转。在自动运行期间，除操作失误

引起的故障外，不应发生其他任何故障，否则表明机床的安装调试存在问题。这项试验，国内外生产厂家都不太愿意进行，但从用户角度考虑，理应坚持试验。

模块三 数控机床的验收

在生产实际中，数控机床的验收是和安装、调试工作同步进行的。例如，机床开箱检验和外观检查合格后才能进行安装；机床的试运行就是机床性能及数控功能检验的过程。但由于验收工作是数控机床交付使用前的重要环节，因此有必要专门进行介绍。

一台数控机床的全部检测验收工作是一项非常复杂的工作，对试验检测手段及技术要求都很高，它需要使用各种高精度仪器，对机床的机、电、液、气各部分及整机进行综合性能及单项性能检测，最后得出对该机床的综合评价。这项工作目前国内只能由国家指定的几个机床检测中心进行，并给出权威性的结论，因此，这一类验收工作只适合于新型机床样机和行业产品的评比检验。

对一般数控机床用户，其验收工作主要根据机床出厂检验合格证上规定的验收条件，以及实际能提供的检测手段来部分地或全部地测定机床合格证上的各项技术指标。检测的结果作为该机床的原始资料存入技术档案中，作为今后维修时的技术指标依据。

数控机床精度的验收同普通机床精度的验收差不多，验收的内容、方法及使用的检测仪器也基本上相同，只是要求更严、精度更高。

一、开箱检验和外观检查

数控机床到厂后，设备管理部门要及时组织有关人员开箱检验。参加检验的人员应包括设备管理人员、设备安装人员和设备采购员等。如果是进口设备，还需有进口商务代理、海关商检人员等。开箱检验主要包括：

- (1) 核对装箱单随机操作、维修说明书、图样资料、合格证等技术文件是否完整。
- (2) 按合同规定，对照装箱单清点附件、备件、工具的数量、规格及完好状况。
- (3) 检查主机、数控柜、操作台等有无明显撞碰损伤、变形、受潮、锈蚀等情况，并逐项如实填写“设备开箱验收登记卡”存档。

开箱检验如果发现有缺件或型号不符或设备已遭受撞碰损伤、变形、受潮、锈蚀等严重影响设备质量的情况，应及时向有关部门反映、查询、取证或索赔。

开箱检验虽然是一项清点工作，但也很重要，不能忽视。

机床外观检查指不用仪器只用肉眼可以进行的各种检查。机床的外观一般可按照通用机床的有关标准进行检查，但由于数控机床是价格昂贵的高技术设备，因此对外观的要求更高些，例如，对各防护罩、油漆质量、机床照明、切屑处理、电缆电线和油气管路的走线和固定等。

二、机床性能及数控功能的检验

1. 机床性能的检验

机床性能主要包括主轴系统、进给系统、自动换刀系统、电气装置、安全装置、润滑装置、气液装置及各附属装置等的性能。

机床性能的检验内容一般都有十多项,机床类型不同,检验项目也有所不同。例如,有的机床有气压、液压装置,自动排屑装置,自动上料装置,主轴润滑恒温装置,接触式测头装置等,而有的机床没有这些装置;对于加工中心,还有刀库及自动换刀装置、工作台自动交换装置及其他附属装置。这些装置的工作是否正常可靠都要进行检验。

数控机床性能的检验与普通机床基本一样,主要是通过“耳闻目睹”和试运转,检查各运动部件及辅助装置在启动、停止和运行中有无异常现象及噪声,润滑系统、油冷却系统及各风扇等工作是否正常。下面以一台立式加工中心为例,说明一些主要的检验项目。

(1) 主轴系统性能。

① 用手动方式选择高、中、低三个主轴转速,连续进行五次正转和反转的启动和停止动作,检验主轴动作的灵活性和可靠性。

② 用数据输入方式,使主轴从最低一级转速开始运转,逐级提到允许的最高转速,实测各级转速数值(允差为设定值的 $\pm 10\%$),同时观察机床的振动。主轴在长时间高速运转后(一般为2 h)允许温升 15°C 。

③ 主轴准停装置连续操作五次,检验动作的可靠性和灵活性。

(2) 进给系统性能。

① 分别对各坐标进行手动操作,检验正、反方向的低、中、高速进给和快速移动的启动、停止、点动等动作的平稳性和可靠性。

② 用数据输入方式或者MDI方式测定G00和G01下的各种进给速度(允差为 $\pm 5\%$)。

(3) 自动换刀(ATC)系统性能。

① 检查自动换刀的可靠性和灵活性,包括手动操作及自动运行时刀库满负载条件下(装满各种刀柄)的运动平稳性、刀库内刀号选择的准确性等。

② 测定自动交换刀具的时间。

(4) 机床噪声。机床空运转时的总噪声不得超过标准(80 dB)。数控机床由于大量采用电调速装置,主轴箱的齿轮往往不是最大噪声源,而主轴电动机的冷却风扇和液压系统的液压泵等可能会成为最大的噪声源。

(5) 电气装置性能。在运转试验前后分别作一次绝缘检查,检查接地线质量,确认绝缘的可靠性。

(6) 数控装置性能。检查数控柜的各种指示灯、纸带阅读机、操作面板、电柜冷却风扇等的动作及功能是否正常可靠。

(7) 安全装置性能。检查机床保护功能的可靠性,如各种安全防护罩、机床各运动坐标行程极限保护自动停止功能、各种电流电压过载保护和主轴电动机过热过负荷时紧急停止功能等的可靠性。

(8) 润滑装置性能。检查定时定量润滑装置的可靠性,检查润滑油路有无渗漏,检查各润滑点油量分配功能的可靠性。

(9) 气、液装置性能。检查压缩空气和液压油路的密封、调压功能,液压油箱的正常工作情况。

(10) 附属装置性能。检查机床各附属装置的工作可靠性。例如,检查冷却液装置能否正常工作,排屑器的工作质量如何,冷却防护罩有无泄漏,APC交换工作台能否正常工作,配置接触式测头的测量装置能否正常工作及有无相应测量程序等。