



工作导向创新实践教材

数控机床的 装配与调试

校企合作的经典体现

陈泽宇 秦志强 编著

▶▶ 核心技能从这里开始



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

工作导向创新实践教材

数控机床的装配 与调试

陈泽宇 秦志强 编 著

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书是工作导向创新实践教材之一,根据数控机床生产厂家装配和调试数控机床的工作过程,并结合劳动和社会保障部对数控机床装调维修工的考证要求编写而成。

本书选用了最具代表性的三轴数控铣床作为典型案例,选用了华中世纪星数控铣床系统 HNC-21M,法国施耐德 Lexium 23 交流伺服电机和鸥鹏科技的三坐标可拆装小型机床本体,按照数控机床装调过程构建一台真实可加工的小型数控铣床,将数控机床装调的核心知识和技能穿插其中,按照实践、归纳、推理和再实践的模式完成数控机床装调维修工的教学和实训。本书共分五讲,按照数控机床装调概述、进给传动子系统装调、主传动子系统装调、刀辅传动子系统装调和整机装调的顺序循序渐进,让学生能够完整而清晰地亲历整个数控机床的装配和调试过程,并在构建过程中归纳和总结每个装配和调试步骤所涉及的工程技能和科学基础,以达到触类旁通的教学效果。

本书既可作为高等院校工程实训教材,也可作为数控技术类专业课程的辅助教材,更可作为高职机电和数控类专业学生的“教学做”一体化教材,还可以供广大从事数控机床维护和维修的工程技术人员参考。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床的装配与调试 / 陈泽宇, 秦志强编著. —北京: 电子工业出版社, 2009.9

(工作导向创新实践教材)

ISBN 978-7-121-09241-1

I. 数… II. ①陈…②秦… III. ①数控机床—装配(机械)—教材②数控机床—调试—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 115685 号

策划编辑: 田领红

责任编辑: 田领红 特约编辑: 徐 岩

印 刷: 北京市天竺颖华印刷厂

装 订: 三河市鑫金马印装有限公司

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×980 1/16 印张: 9.5 字数: 200 千字

印 次: 2009 年 9 月第 1 次印刷

印 数: 4000 册 定价: 22.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系, 联系及邮购电话: (010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线: (010) 88258888。

《数控机床的装配与调试》编委

(排名不分先后)

陈泽宇	高级工程师	广州铁路职业技术学院
秦志强	博士	深圳鸥鹏科技有限公司
余小燕	副教授	荆州职业技术学院
文丽丽	讲师	广州科技贸易职业技术学院
卢桂萍	讲师	北京理工大学珠海学院
闫瑞涛	副教授	黑龙江农业经济职业学院
张明建	高级工程师	漳州职业技术学院
左 维	高级工程师	天津中德职业技术学院
孙志平	高级工程师	河北机电职业技术学院
邢美峰	副教授	包头职业技术学院
吴新佳	副教授	郑州铁路职业技术学院

前 言

世纪之交,在高等教育实现跨越式大发展的进程中,高等职业教育异军突起,2007年在校人数达860余万,已占高等教育在校生规模的半壁江山。相比规模的快速发展,高职院校的内涵建设,尤其是人才培养的方式改革,亟待加快步伐。高职教育要成为建设现代国民教育体系中的重要力量,充分体现高等教育新的类型特征,关键在于能否培养出适应社会需要的人才。与市场需求和劳动就业紧密结合,面向社会、市场办学的要求,必然导致高职院校不能再固守在校园里,不能再以课堂为中心组织实施人才培养,而是要大力推进校企结合。

以职业能力培养为重点,与行业企业合作进行基于工作过程的课程开发与设计,充分体现职业性、实践性和开放性的要求。根据行业企业发展需要和完成职业岗位实际工作任务所需要的知识、能力、素质要求,选取教学内容,并为学生可持续发展奠定良好的基础。

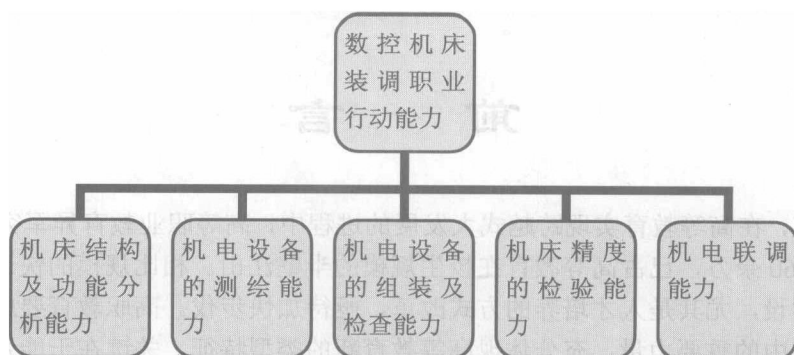
以广州铁路职业技术学院与深圳市鸥鹏科技有限公司牵头,联合国内多所职业院校共同开发的工学结合教材《数控机床的装配与调试》,基于数控机床装调的全过程而设计,是教学过程的开放性和职业性的最好体现。

该教材的编写着眼技术领域和职业岗位(群)的任职要求,参照相关的职业资格标准,分解出高职毕业生将从事岗位(群)工作所需的综合能力与相关专项能力,从必备的基础知识、职业素质、关键能力的综合需要出发,设置工作任务,形成课程大纲和标准,并最终确定教学内容和方法,实现开发课程由学科体系向行动体系的转变。

在企业接受产品订单或任务后,在数控机床基本零件已完成加工、外协件回厂、外购件回厂并附合装配要求后,装配操作工等生产及技术人员能根据装配图了解装配技术要求,并结合现有技术条件、设备条件和技术资料等,编制出装配工艺,并能组织实施装配与调试工作。装调一台典型的数控机床所应具备的职业行动能力如下图:

对数控技术专业(面向数控设备维修与管理方向)职业岗位工作行动能力进行整体化的分析与描述,梳理了典型工作任务,明确了职业能力,为开发工作过程系统化课程奠定了坚实基础,再经过教学论加工转换形成学习领域的课程。专业课程体系及实践体系按照学生的认知规律、能力培养规律及职业成长规律进行排序。本课程对此进行了初步的尝试。

该课程相关课件、案例、习题、实训实习项目、学习指南等教学相关资料请参照广州铁路职业技术学院精品课程《数控机床装调》课程网站 <http://jpkc.gtxy.cn/jczt/kcweb/>。



本书由广州铁路职业技术学院陈泽宇、鸥鹏科技有限公司秦志强博士统稿。参加编写的还有本书编委会成员，以及龚凌云、李昌帅、陈国璋等，在此表示衷心的感谢。

当然，基于行动导向的创新教材编写尚处于探索阶段，而且由于时间有限，本书的编写肯定存在不少问题，欢迎国内同行不吝赐教，以便本书的不断改进和提高。

编著者

2009年5月

目 录

第一讲 数控机床概述.....	1
数控机床的历史、现状和发展.....	1
任务 1 数控机床的构成.....	1
HNC-21M 数控系统界面.....	4
Lexium 23 伺服电机和驱动系统.....	6
OT-XYZ 小型数控钻铣床本体组装套件.....	8
任务 2 数控机床的装调过程.....	8
第二讲 进给传动系统的装调.....	11
进给传动系统的作用.....	11
任务 1 进给传动系统的机械装调.....	11
Z 轴进给直线运动模块的机械装调.....	11
拓展知识与技能——滚珠丝杠、滚动导轨和贴塑导轨.....	16
底座和立柱装调.....	21
三坐标进给传动机构总装.....	24
数控铣床进给传动机构的几何精度要求.....	25
几何精度的检测方法.....	25
任务 2 进给传动系统的电气装调.....	26
Lexium 23 伺服驱动器与 BCH 伺服电机的安装、连接与调试.....	27
HNC-21M 与 Lexium 23 C 伺服驱动的电气连接.....	36
HNC-21M 与辅助电气控制回路的连接.....	44
拓展知识与技能——伺服电机、伺服驱动和传感器.....	46
任务 3 进给传动与控制系统的参数设置与调整.....	49
Lexium 23 C 伺服驱动位置模式参数的设置和调整.....	50
Lexium 23 C 驱动器速度模式的设置和调整.....	55
Lexium 23 C 驱动器其他重要参数的设置和调整.....	62
HNC-21M 数控装置进给系统参数的设置和调整.....	63
拓展知识与技能——电磁兼容问题.....	68
工程素质和技能归纳.....	71
第三讲 主轴传动系统的装调.....	73
主轴传动系统.....	73

任务 1 主轴传动系统的机械装调	73
主轴传动系统的机械装调	73
拓展知识与技能——电机主轴的结构和特点	76
数控铣床主轴精度要求及其检测方法	78
任务 2 主轴传动系统电气装调	79
主轴传动系统的电气装调	79
拓展知识与技能——机床主轴调速系统的分类及特点	83
任务 3 主轴传动系统的参数设定与调试	84
主轴变频器装调	84
工程素质和技能归纳	87
第四讲 自动换刀系统的装调	89
自动换刀系统	89
任务 1 自动换刀系统的机械装调	89
立式四方刀架的机械装调	89
工程素质和技能归纳	98
第五讲 整机装调和精度测量	99
数控铣床的基本结构和精度要求	99
任务 1 整机联调和功能测试	99
数控铣床 PLC 的调试	99
任务 2 整机位置精度检测	101
数控机床位置精度常用的测量方法及评定标准	101
定位精度测量工具和方法	102
任务 3 整机试切加工	103
数控代码编程	103
HNC-21M 数控系统的基本操作	105
机床手动操作	108
坐标系数据的设置	111
程序的输入和编辑	112
程序运行	112
工程素质和技能归纳	113
附录 A 《数控机床的装配与调试》课程标准	115
附录 B 数控机床装调操作技能鉴定与考核内容结构	123
附录 C 数控机床维修大赛考试试题	127
参考文献	144

第一讲 数控机床概述

数控机床的历史、现状和发展

人类在长期的生产和生活实践中不断通过归纳和推理,创造出各种类型的新工具来替代人的手工操作,降低劳动强度,提高工作效率。数控机床就是最近半个多世纪以来最为伟大的新工具之一。从 1953 年美国麻省理工学院创造出第一台数控机床以来,仅仅半个多世纪时间,数控装备已经渗透到我们生活的每一个领域,成为衡量一个国家科技竞争力的重要标准。正因如此,发达国家对先进数控机床的管制也成为了遏制竞争对手的重要手段。

第一台数控机床是一台三坐标数控铣床,因为我们生活的世界从宏观上讲就是一个三维的笛卡尔坐标空间。在三维的笛卡尔坐标空间中,我们能够描述任意形状的物体,而有了三维的直角坐标运动,就可以加工出形状复杂的零件。但这只是一种理论上的情形,实际上,由于受到刀具尺寸和形状的影响,以及机械复杂结构的制约,要真实高效地加工出各种复杂形状的零件,需要更多自由度的数控机床,比如现在的五轴和六轴数控机床。当然,加工一些特殊类别的零件,如轴类零件,只需要两个坐标的数控机床即常见的数控车床就可以了。

任务 1 数控机床的构成

数控机床的种类很多,但无论是哪一种,它都是一个高度自动化的加工系统。按照系统论的角度来剖析数控机床的构成,它至少由两个子系统构成:一是进给传动系统,二是主轴传动系统。对于像加工中心之类的复杂高档数控机床,还有自动换刀、自动照明和冷却润滑等辅助系统。

数控机床的进给传动和控制系统是数控机床区别于普通机床的根本所在,其精度、灵敏度和稳定性直接影响了数控机床的定位精度和轮廓加工精度。从控制的角度分析,其中起决定作用的因素主要有:

- ① 机械传动环节的刚度和惯量,它直接影响进给系统的稳定性和灵敏度;
- ② 机械传动部件的精度和传动系统的非线性,它直接影响传动系统的精度和轮廓加工精度,在闭环系统中还影响系统的稳定性;

③ 电气控制和执行部件的性能，它直接影响到传动系统的精度和稳定性。

数控机床主轴传动系统是指主轴电动机至主轴的运动传动和控制系统，主轴电动机作为原动力通过该传动系统变成主轴上安装的刀具或工件的切削力矩和切削速度。主轴的运动也是零件加工的成型运动之一，它的运动精度对零件的加工精度也有较大的影响。

无自动换刀系统的数控机床只能完成单工序的加工，如车、铣、钻等。而实际上，一个零件的成型往往需要进行多工序的加工。因此，如果采用一台数控机床完成一道加工工序的方式加工，在加工一个零件的过程中，必须花费大量的加工辅助时间用于装卸、测量和搬运零件，而切削加工时间仅占整个加工工时的一小部分。为了缩短加工辅助时间，充分发挥数控机床的效率，给数控机床配上自动换刀系统，即成为加工中心，以实现一台机床完成多道加工工序，甚至直接完成一类零件的加工，已经成为数控机床的一个发展方向。目前，自动换刀系统已广泛应用于镗床、铣床、钻床、车床、组合机床及其他机床。同时，由于零件一次加工可以完成多工序加工，减少了零件安装定位次数和装夹误差，从而进一步提高了加工精度。

自动照明和冷却润滑系统等相对来说比较简单，自动照明系统主要用于更换刀具和零件时的照明，而自动冷却系统则主要用于加工时对工件和刀具的冷却，其控制通过机床数控系统的输入/输出接口（I/O）来控制，根据加工进度自动打开或者关闭冷却液阀门。相应的冷却液循环系统也是独立的一个子系统。润滑系统可有效降低数控工作中的发热，通过输入/输出（I/O）接口控制，也是一个独立的子系统。

由于进给传动系统、主轴传动与控制系统，以及自动换刀系统等数控机床的子系统在工作时需要协同动作，而协同动作基本上是由控制系统来完成的，因此在设计和制造数控机床时，往往将所有子系统的控制功能集成，整合成常见的数控装置。数控装置就相当于数控机床的“大脑”，而进给传动所使用的电机、驱动装置和传动机构，以及主轴电机、驱动装置和传动机构相当于数控机床的“手脚”。一个商用的数控装置根据类型不同而性能各异，但同类的数控系统除了性能高低之外，其功能基本相同，都具有进给控制功能、主轴控制功能和通用 I/O 控制功能。其中通用 I/O 控制功能通过数控装置的 PLC 编程功能，实现对自动换刀、自动照明和冷却润滑系统等辅助子系统和单元的协同自动控制。如图 1-1 所示是一个典型的数控机床的构成框图。

按照机械论的观点来剖析数控机床的构成，则可以将数控机床分为数控系统和机械本体两大部分。

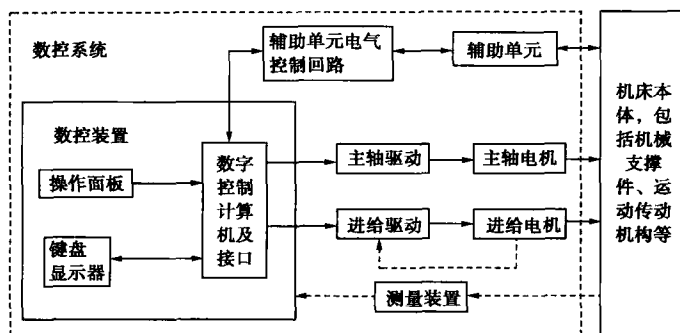


图 1-1 一个典型数控机床的组成框图

数控系统是数字控制系统的简称，是以数字形式进行信息控制的系统。数控系统同机床本体结合就构成了数控机床。现在无论是国外还是国内，数控机床制造厂商很多，这些厂商的主要工作就是根据行业需要的不同，设计和制造各种类型的机床本体，然后选购合适的数控系统集成，制造出满足各行各业需求的数控机床。相对于数控机床设计和制造厂商而言，数控系统的设计和制造厂商则少得多，国际上最为知名的厂家主要有两个：Fanuc 和 Siemens，而国内的知名厂商也只有寥寥几个，如华中数控和广州数控等。

数控系统有三大核心部分：数控装置、主轴电机及其驱动装置、进给伺服电机及其驱动装置。

数控装置是整个数控系统的核心，也是中枢控制部分，它直接通过键盘、显示器等输入/输出设备与使用者进行信息交互，比如通过键盘输入程序指令，通过显示器显示数控机床的加工状态和信息等。数字控制计算机在获得输入的程序代码后，进行译码、运算和逻辑处理，输出各种控制信号和指令，控制机床的各个部分，使其进行规定的、有序的动作。这些信号中最关键的是各进给轴的位移量、进给速度，其他还有主轴的变速、换向和启停信号，选择和交换刀具的刀具指令信号，控制冷却液、润滑油启停、工件和机床部件松开、夹紧等信号。

目前有许多中小型企业也能够开发各种类型的专用数控装置，并在一些细分市场具有一定的市场份额。

无论是主轴伺服电机及其驱动装置还是进给伺服电机及其驱动装置，现在都已经有许多标准的成熟的产品，对于那些专用的数控装置开发商，往往选择这些标准产品与数控装置一道构成完整的数控系统。

本书的主要装调任务，选用的是华中数控的铣床数控装置、施耐德的 Lexium 23 交流伺服驱动器和 BCH 伺服电机，以及欧姆龙的一款小型变频器和国产的一款电机主轴。

机床本体即数控机床的机械部件，包括主轴部件、进给执行部件（工作台及其传动部件）和支撑部件（床身立柱等），还包括具有冷却、润滑、转位和夹紧等功能的辅助装置。加工中

心类的数控机床还有存放刀具的刀库、交换刀具的机械手等部件。数控机床的机械部件与普通机床相似，但是，由于数控机床的高速度、高精度、大切削用量和连续加工要求，其机械部件在精度、刚度、抗震性等方面要求更高。为了拆装的方便，本书的装调任务主要采用鸥鹏科技设计的小型三维可拆装数控铣床，虽然其刚度、抗震性等方面不能同工业级的数控机床相比，但核心的传动部件等与真实的数控机床类似，这样在保证对数控机床核心结构类似的情况下，大大降低拆装和训练成本，提高实训效率。

学习本书装调任务的关键是在装调过程中，一定要举一反三，多进行归纳、总结和推理，将小型数控机床的装配调试技能推广和拓展到标准的数控机床装配和调试过程中去。

HNC-21M 数控系统界面

HNC-21M 是一种基于工业 PC 的铣床 CNC 数控装置，由武汉华中数控股份有限公司开发生产，是一种高性能经济型的数控装置。HNC-21M 采用彩色 LCD 液晶显示器、内装式 PLC，可与多种伺服驱动单元配套，组成各种档次的数控系统。下面首先简要介绍其基本配置技术规格和装置构成，后面将根据各个装调任务的操作需要进行针对性介绍。

HNC-21M 铣床数控装置操作台为标准固定结构，如图 1-2 所示，外形尺寸为 420mm×310mm×110mm（长×宽×高）。

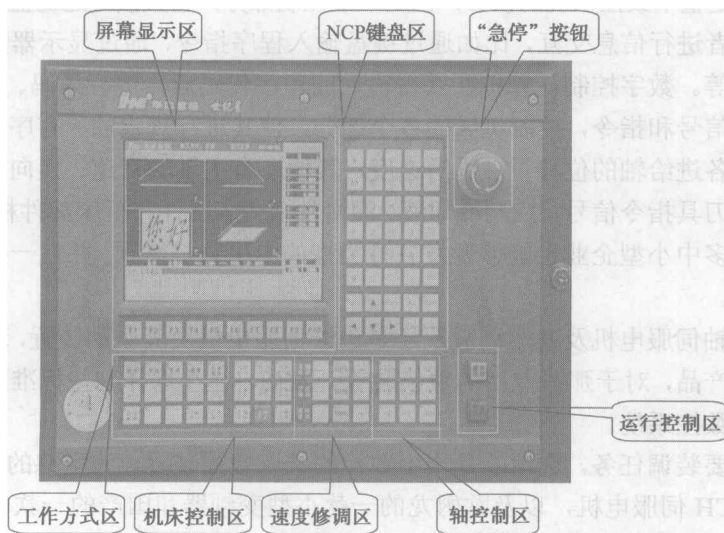


图 1-2 HNC-21M 数控系统操作界面

整个操作台包括屏幕显示区、NCP 键盘区、机床控制面板和 MPG 手持单元等 4 部分。显示器在操作装置左上部,为 7.5 英寸彩色液晶显示器(分辨率 640×480),用于汉字菜单、系统状态、故障报警的显示和加工轨迹的图形仿真。主要由工作方式显示区、窗口显示区、功能按键显示区、辅助功能显示区四部分组成。NCP 键盘包括精简型 MDI 键盘和 F1~F10 十个功能键。主要用来编写程序和代码。标准机床控制面板的大部分按键位于操作台的下部,只有“急停”按钮位于操作台的右上角。机床控制面板(MCP 键盘)又包括工作方式区、机床控制区、速度修调区、轴控制区、运行控制区等五部分,主要完成机床动作的直接控制和加工控制。

MPG 手持单元由手摇脉冲发生器、坐标轴选择开关组成,用于手摇方式对进给坐标轴进行控制。其单元结构如图 1-3 所示。



图 1-3 MPG 手持单元结构

软件操作界面

HNC-21M 的软件操作界面如图 1-4 所示,其界面由如下几个部分组成。

- ① 窗口显示区。可以根据需要,用功能键 F9 设置窗口的显示内容。
- ② 功能按键显示区。通知菜单命令条中的功能键 F1~F10 来完成系统工程的操作。
- ③ 运行程序索引。自动加工中的程序名和当前程序段行号。
- ④ 选定坐标系下的坐标值。坐标系可在机床坐标系/工件坐标系/相对坐标系之间切换;显示值可在指令位置/实际位置/剩余进给/跟踪误差/负载电流/补偿值之间切换。

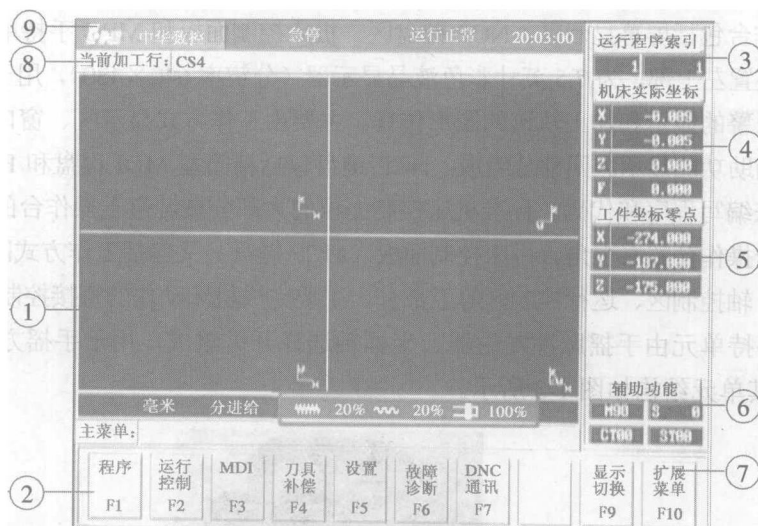


图 1-4 HNC-21M 的软件操作界面

⑤ 工件坐标零点。工件坐标系零点是工件在机床坐标系下的坐标。

⑥ 倍率修调。

- 主轴修调 当前主轴修调倍率；
- 进给修调 当前进给修调倍率；
- 快速修调 当前快进修调倍率。

⑦ 辅助功能显示区。显示辅助加工信息，自动加工中的 MST 代码。

⑧ 当前加工程序行。当前正在或将要加工的程序段。

⑨ 当前加工方式系统运行状态及当前时间。

- 工作方式 系统工作方式根据机床控制面板上相应按键的状态可在自动（运行）、单段（运行）、手动（运行）、增量（运行）、回零、急停、复位等之间切换；
- 运行状态 系统工作状态在“运行正常”和“出错”间切换。
- 系统时钟 当前系统时间。

Lexium 23 伺服电机和驱动系统

Lexium 23 驱动器及其配套的 BCH 伺服电机（如图 1-5 所示）是法国施耐德电气公司为满足多数工业场合需求而最新推出的功能强大的交流伺服系统，其组合可以用于金属加工机

械、纺织机械、印刷机械、包装机械、物料搬运、橡塑机械、电子设备和生产线等。



图 1-5 Lexium 23 伺服驱动器和 BCH 伺服电机

伺服驱动器及其功能

- ☐ 2 款伺服驱动器：Lexium 23 C 和 Lexium 23 M，5 种外形尺寸；
- ☐ Lexium 23 C（0.1 ~ 3 千瓦），标准型；
- ☐ Lexium 23 M（3 ~ 7.5 千瓦），高性能型；
- ☐ 7 段 LED 数码管，所有参数面板可调；
- ☐ Modbus /RS -232 ；
- ☐ 与伺服电机一一匹配；
- ☐ 通用操作模式：位置、速度、扭矩；
- ☐ 8 组内置运动任务（位置控制）；
- ☐ 电机自动识别；
- ☐ 增益自动调整；
- ☐ 共振抑制；
- ☐ 指令平滑和低通滤波。

BCH 伺服电机

- ☐ 6 种法兰尺寸 (40mm、60mm、80mm、100mm、130mm、180mm);
- ☐ 超低/低惯量, 3000 转/分钟;
- ☐ 中惯量, 1000 转/分钟或 2000 转/分钟;
- ☐ 高惯量, 1500 转/分钟或 2000 转/分钟;
- ☐ ≤ 3 千瓦电机编码器分辨率为 10000 (2500 脉冲/转);
- ☐ ≥ 3 千瓦电机编码器分辨率为 1280 000。

附件

- ☐ 制动电阻、电机和驱动器插头、3m 和 5m 原装线缆。



OT-XYZ 小型数控钻铣床本体组装套件

OT-XYZ 小型数控钻铣床组装套件分为五大部分：机床底座和立柱组装套件、Z 轴进给坐标轴组装套件、XY 工作台（已组装好）、电机主轴安装套件、电气控制与数控系统的安装架及其辅助部件。这些套件均配有相应的组装工具。这些组装套件与 HNC-21M 数控系统、3 套 Lexium 23 伺服驱动器和 BCH 电机一起，可以组装出一套完整的小型可加工数控钻铣床。

任务 2 数控机床的装调过程

无论是哪一类数控机床，其基本的装调过程基本上都可以概括为如图 1-6 所示的循环过程。

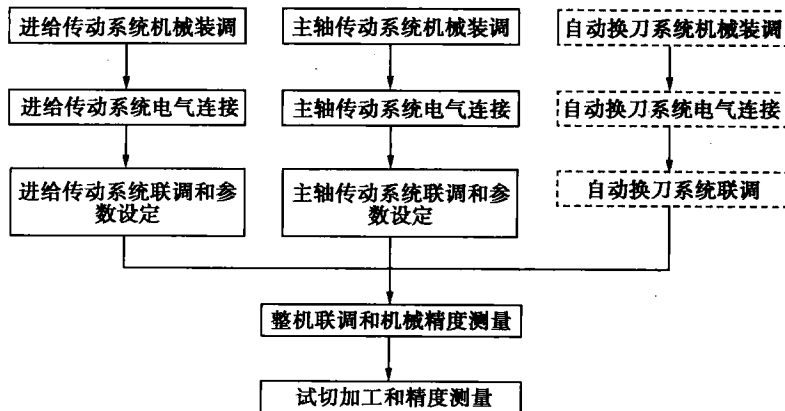


图 1-6 数控机床的装调过程

要完成本书后面章节的所有装调任务，必须配备完整表 1-1 和表 1-2 中的所有设备和工具。

表 1-1 完成本书所有任务所需设备型号清单列表

设备模块名称	简要参数和说明	型号	数量
一维直线运动模块组装套件	行程 200mm，含步进电机和驱动器 1 个，限位开关 2 个，组装工具等。组装好后用做铣床 Z 轴	OT-T200-S	1
两维运动工作台	P4 精度，已经组装好，带底座，已安装好限位开关，不带电机和驱动等，用做数控铣床的 XY 进给轴	OT-XY2020	1
立柱组装套件	用于安装和固定 Z 向进给轴		1
交流伺服系统	200W，含电机和驱动器及相应的配件	Lexium	3
主轴进给系统组装套件	90W 电机主轴，变频器，电机安装套件和相应软件模块等	OT-EP90	1
电气控制箱及其辅助配件	断路器、开关电源、开关、急停按钮、接线、电气控制箱等		1
铣床数控装置	带操作面板，人机界面，脉冲输出等	HNC-21M	1

表 1-2 完成本书所有任务所需工具、仪表型号清单列表

工具、仪表名称	简要参数和说明	型号	数量
平尺	250mm，400mm，0 级		各 1
标准直角尺	200mm×150mm		1
等高块			3
可调量块			2
百分表（指示器）			2
磁力表座			2
万用表			1
步距规			
双频激光干涉仪			
球杆仪			