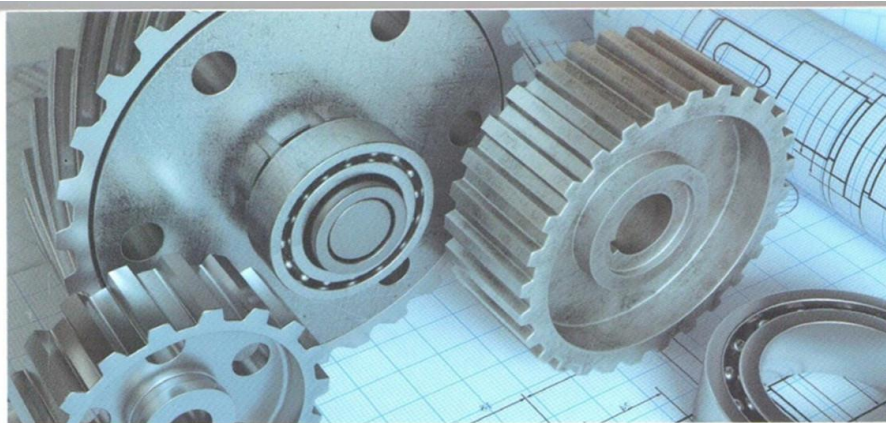




高等职业教育高水平专业群
创新系列教材·机电类

数控机床 安装与调试

◆ 主编 宋 嘎 陈恒超

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

内 容 简 介

本书针对数控机床“装调难、维修难”的现实难题,从实用性、真实性和可操作性出发,遵循“以就业为导向、以能力为本位”的教育理念,以贴近现场实际的项目和任务为导向,采用基于工作过程系统化的开发理念,由校企合作进行开发,培养学生具备数控机床安装与调试的职业能力。全书采用项目导入和任务驱动的方式编写,共设计了8个教学项目和24个学习任务,每个学习任务均由任务目标、任务描述、任务准备、任务实施、任务拓展和知识巩固等环节组成。本书的编写力求体现以下特色:

(1) 全书以配备 FANUC 0i D 软件的数控机床作为教学载体,贴合“FANUC 0i D 系统为当前主流数控系统,市场占有率大”这一现实实际情况。

(2) 本书内容与企业现场接轨,很多案例来自合作企业的典型实例,贴近现场实际。

(3) 本书教学内容编排逻辑性强,符合学生的认知规律,循序渐进,可实施性强。任务实施过程,图文并茂,通俗易懂。

(4) 本书内容以必需、够用为原则,强调“怎么做”,突出“做中学”和“学中做”。

(5) 每个学习项目均配备专业英语词汇,培养学生的专业英语识别及应用能力。

本书可作为高等院校机电设备维修与管理专业、数控技术应用专业、机电一体化技术专业的核心课程教材,也可作为数控机床装调与维护维修技术人员的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控机床安装与调试 / 宋嘎, 陈恒超主编. —北京: 北京理工大学出版社, 2020. 9
(2020. 10 重印)

ISBN 978 - 7 - 5682 - 8952 - 8

I. ①数… II. ①宋… ②陈… III. ①数控机床 - 安装 - 高等职业教育 - 教材②数控机床 - 调试方法 - 高等职业教育 - 教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2020) 第 159785 号

出版发行 / 北京理工大学出版社有限责任公司

社 址 / 北京市海淀区中关村南大街 5 号

邮 编 / 100081

电 话 / (010) 68914775 (总编室)

(010) 82562903 (教材售后服务热线)

(010) 68948351 (其他图书服务热线)

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 / 787 毫米 × 1092 毫米 1/16

印 张 / 15

字 数 / 352 千字

版 次 / 2020 年 9 月第 1 版 2020 年 10 月第 2 次印刷

定 价 / 39.00 元

责任编辑 / 张旭莉

文案编辑 / 张旭莉

责任校对 / 周瑞红

责任印制 / 李志强

图书出现印装质量问题, 请拨打售后服务热线, 本社负责调换

前 言

机床制造业相当于中国工业的发动机和国民经济的中心，是一个国家综合国力的具体体现，在国民经济现代化的建设中起着重要作用。数控机床是现代工业制造的必备设备，它综合了机械制造、计算机、电机及电力拖动、自动控制、智能检测等技术，是典型的机电一体化技术产品。近几年，我国金属切削机床的产量呈现出明显增长的态势。据统计，中国数控金属切削机床产业规模在 2019 年达 3 270.0 亿元。预计到 2022 年，产业规模将达到 4024.3 亿元。随着数控机床行业的快速发展，相关企业急需一大批机床装配调试和维护维修人员。

本书针对数控机床“装调难、维修难”的现实难题，从实用性和可操作性出发，遵循“以就业为导向、以能力为本位”的教育理念，以贴近现场实际的项目和任务为导向，采用基于工作过程系统化的开发方法，基于校企合作，培养学生数控机床安装与调试的能力。本书采用项目导入和任务驱动的方式编写，共设计了 8 个教学项目和 24 个学习任务，每个学习任务均由任务目标、任务描述、任务准备、任务实施、任务拓展和知识巩固等环节组成。本书具有以下特色：

(1) 本书以配备 FANUC 0i D 软件的数控机床作为教学载体，符合当前数控机床的主流数控系统，市场占有率大的实际情况；

(2) 本书任务实施的内容与企业现场接轨，很多案例来自合作企业的典型实例，贴近现场实际；

(3) 本书内容编排逻辑性和可实施性强，符合学生的认知规律，任务实施内容讲解图文并茂，通俗易懂；

(4) 本书内容以必需、够用为原则，强调“怎么做”，突出“做中学”和“学中做”；

(5) 每个学习项目均配备专业英语词汇，培养学生的专业英语识别及应用能力。

本书可作为高职高专机电设备维修与管理专业、数控技术应用专业、机电一体化技术专业核心课程的教材，也可作为数控机床装调与维护维修技术人员的参考用书。

本书由山东职业学院宋嘎，济南职业学院陈恒超担任主编，由山东职业学院徐瑞霞、戈立江，山东交通职业学院孙百祎担任副主编。其中，绪论、项目一、项目四、项目五、项目八由宋嘎编写；项目二由陈恒超编写；项目三由徐瑞霞编写；项目六由戈立江编写；项目七由孙百祎编写。

本书在编写过程中得到了北京发那科机电有限公司和济南一机床集团有限公司的大力支持，在此表示衷心感谢。

由于编者水平有限，书中难免有疏漏和不足，恳请读者批评指正。

编 者
2020 年 7 月

目 录

绪论	1
----	---

第一篇 数控机床机械部件的安装与调试

项目一 数控机床主传动系统的安装与调试	15
任务1 数控车床主传动系统的安装与调试	15
任务2 加工中心主传动系统的安装与调试	25
项目二 数控机床进给系统的安装与调试	32
任务1 数控机床滚珠丝杠副的安装与调试	32
任务2 数控机床导轨的安装与调试	38
项目三 数控机床辅助装置的安装与调试	46
任务1 电动刀架的安装与调试	46
任务2 刀库与机械手的安装与调试	55
任务3 润滑与冷却系统的安装与调试	68

第二篇 数控机床电气系统的安装与调试

项目四 数控机床电气控制系统连接	77
任务1 数控系统的硬件连接	77
任务2 主轴控制电路的连接	84
任务3 进给控制电路的连接	94
任务4 辅助控制电路的连接	103
项目五 数控机床参数设定及调试	108
任务1 基本参数设定	108
任务2 主轴参数设定	114
任务3 进给参数设定	122
项目六 数控机床 PMC 程序调试	128
任务1 PMC 程序认知	128
任务2 PMC I/O 地址分配	134
任务3 工作方式选择 PMC 程序调试	139
任务4 手动进给功能 PMC 程序调试	145
任务5 主轴功能 PMC 程序调试	154

第三篇 数控机床整机装调与验收

项目七 数控机床整机安装与调试..... 163

 任务1 数控机床整机安装 163

 任务2 数控机床整机调试 171

项目八 数控机床精度检测与验收..... 185

 任务1 数控机床几何精度检验 185

 任务2 数控机床位置精度检验 196

 任务3 数控机床切削精度检验 201

附录..... 206

 附录1:《数控机床装调维修工》职业标准（节选） 206

 附录2: FANUC PMC 地址..... 211

参考文献..... 230

绪论

一、数控机床基础

1. 数控机床的结构组成

数控机床是典型的数控设备，它的产生和发展史是数控技术产生和发展的重要标志。随着计算机技术的发展，数控机床广泛采用了计算机数控（Computerized Numerical Control）系统，一般由输入输出设备、CNC 装置、伺服单元、驱动装置、可编程控制器 PLC 及电气控制装置、辅助装置、机床本体及测量反馈装置组成。

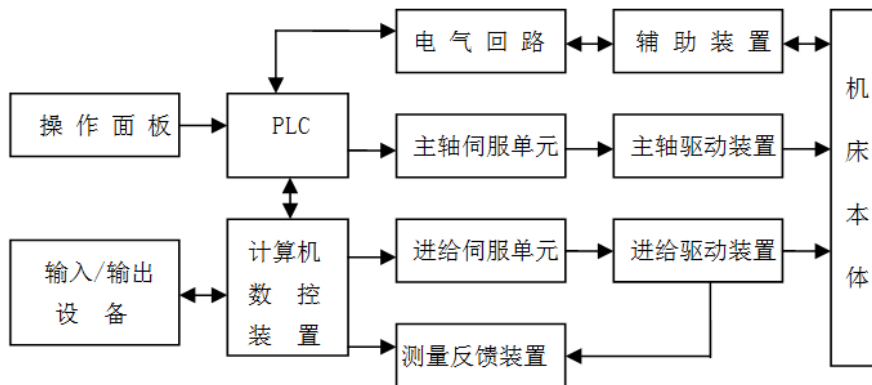


图 0-1 数控机床的结构组成

（1）输入输出设备

输入输出装置是 CNC 系统与外部设备进行交互的装置。输入装置的作用是将控制介质（信息载体）上的数控代码变成相应的电脉冲信号，传送并存入数控系统内。根据程序存储介质的不同，输入装置可以是光电阅读机、录音机、软盘驱动器、U 盘和 CF 卡。有些数控机床，不用任何程序存储载体，而是将数控程序单的内容通过数控系统上的键盘，用手工方式（MDI 方式）输入或者将数控程序由编程计算机用通信方式传送到数控系统中。输出装置根据控制器的指令将运算器送来的计算结果输送到伺服系统，经过功率放大驱动相应的坐标轴，使机床完成刀具相对工件的运动。

（2）数控系统

数控系统是一种位置控制系统，是机床自动化加工的核心。主要由主控制系统、运算器、存储器、输入接口和输出接口五大部分组成。数控系统接收输入装置送来的脉冲信息，经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后，输出各种信号和指令来控制

机床的各个部分，进行规定的、有序的动作。这些控制信号中最基本的信号是：经插补运算确定的各坐标轴（即作进给运动的各执行部件）的进给速度、进给方向和位移量指令，送伺服驱动系统驱动执行部件作进给运动。其他还有主运动部件的变速、换向和启停信号；选择相交换刀具的刀具指令信号；控制冷却、润滑的启停信号；工件和机床部件的松开、夹紧信号；分度工作台的转位信号等辅助指令信号等。图 0-2 为 FANUC 0i MD 数控系统。



图 0-2 FANUC 0i MD 数控系统

（3）伺服驱动系统

伺服驱动系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节，主要由伺服控制系统、伺服电机和位置检测与反馈装置组成，伺服电机是系统的执行元件，伺服控制系统是伺服电机的动力源。

伺服驱动系统根据数控装置发来的速度和位移指令控制执行部件的进给速度、方向和位移。每个作进给运动的执行部件，都配有一套伺服驱动系统。伺服驱动系统有开环、半闭环和闭环之分。在半闭环和闭环伺服驱动系统中，要使用位置检测装置，直接或间接测量执行部件的实际进给位移，与指令位移进行比较，按闭环原理，将其误差转换、放大后转化为伺服电机的转动，从而带动机床工作台移动。

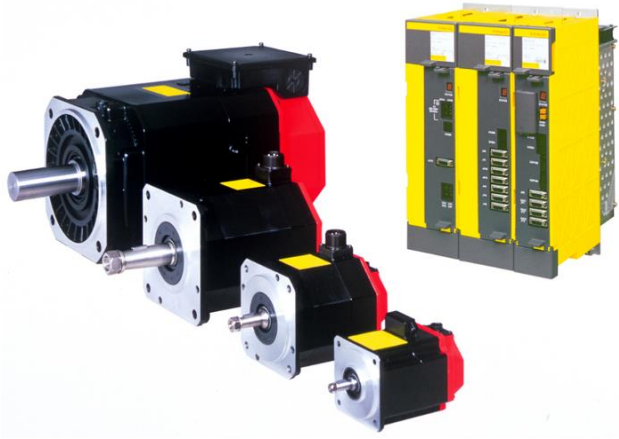


图 0-3 FANUC 伺服驱动系统

（4）机床本体

数控机床的本体机械部件包括：主运动部件、进给运动执行部件、工作台和床身立柱等支承部件，此外，还有冷却、润滑、转位和工件夹紧等辅助装置。对于加工中心类的数控机床，还有存放刀具的刀库、自动换刀装置等部件。

数控机床机械部件的组成与普通机床相似，但传动结构要求更为简单，在精度、刚度、抗振性等方面要求更高，而且其传动和变速系统要便于实现自动化控制。为了适应这种要求，数控机床在以下几个方面发生了很大的变化：

①进给运动采用高效传动件。具有传动链短、结构简单、传动精度高的特点，一般采用滚珠丝杠、直线导轨等。

②采用高性能主传动件及主轴部件。具有传递功率大、刚度高、抗振性好、热变形小的优点。

③具有完善的刀具自动交换和管理系统。

④在加工中心上一般有工件自动交换、工件夹紧和放松机构。

⑤采用全封闭罩，对机床的加工部件进行全封闭。

（5）辅助控制装置

辅助控制装置是介于数控装置和机床机械、液压部件之间的控制系统。其主要作用是接收数控装置发出的主运动变速、刀具选择交换、切削液打开等指令信号，经必要的编译、逻辑判断、功率放大后直接驱动相应的电器、液压、气动和机械部件，以完成指令所规定的动作。此外还有开关信号经它送数控装置进行处理。

2. 数控机床的分类

数控机床的种类很多，分类方法也各不相同。根据数控机床的功能和组成，可以从如下几个不同方面进行分类：

（1）按机床进给的控制轨迹进行分类

①点位控制数控机床 点位控制数控机床能在加工平面内，控制刀具完成一点到另一点的准确定位，因在定位移动过程中不进行切削加工，故对定位时刀具移动轨迹并无要求。图 0-4 为点位控制的刀具运动轨迹，这类机床主要有数控钻床、数控冲床和数控测量机等，用于加工带有坐标孔系的零件或测量坐标位置。

②直线控制数控机床 直线控制数控机床又称平行控制数控机床，特点是控制点与点之间的准确定位，并控制相关两点之间的移动速度和轨迹。如图 0-5 所示，能控制刀具或工件以适当的进给速度，沿平行于坐标轴的方向进行直线移动和加工，或者控制两个坐标轴以同样的速度运动，沿 45° 斜线进行切削加工。数控车床、数控磨床、数控铣床等属于

直线控制系统，其数控装置的控制功能比点位控制系统复杂。直线控制的数控车床，只有两个坐标轴，可用于台阶轴加工。直线控制的数控铣床，有三个坐标轴，可用于平面铣削加工。数控铣床、加工中心等，各坐标的进给速度均能在一定的范围内进行调整，兼有点位控制和直线控制功能。

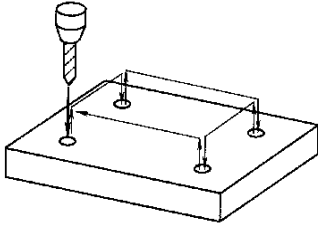
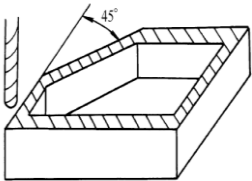


图 0-4 点位控制轨迹图



0-5 直线控制轨迹

③轮廓控制数控机床 轮廓控制数控机床又称连续控制数控机床，其特点是能对两个或两个以上的坐标系进行严格的连续控制。它不仅要控制起点和终点位置，而且要控制两点之间每一点的位置和速度，可以加工出由任意形状的曲线或曲面组成的复杂零件。与点位、直线控制数控机床的主要区别在于它能进行多坐标联动的运算和控制，并有刀具半径补偿和刀具长度补偿功能，这类机床的数控系统的功能是最齐全的。能够进行多坐标联动控制的数控机床，一般也能够进行点位控制和直线控制。

(2) 按伺服系统的控制方式分类

①开环数控机床 开环数控机床采用开环伺服进给系统，图 0-6 是由功率步进电机驱动的开环进给系统。数控系统根据所要求的进给速度和进给位移，输出一定频率和数量的进给指令脉冲，经步进电机驱动电路放大后，每一个进给脉冲驱动功率步进电机旋转一个步距角，再经减速齿轮、丝杠螺母副，转换成工作台的一个当量直线位移。对于圆周进给，一般都是通过减速齿轮、蜗轮蜗杆副带动转台进给一个当量角位移。由于功率步进电机的输出转矩有限，不足以驱动较大的工作台等部件，可采用由小的信号步进电机与由液压扭矩放大器组成的电液脉冲马达作为驱动装置，它可输出较大的转矩，能驱动较大的工作台执行进给运动。

开环控制系统的特点是：结构简单、调试维修方便、成本较低，但伺服机构的误差没有补偿和校正，所以精度较低，一般适用于中、小型的经济型数控机床。

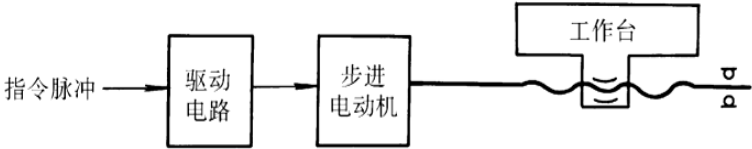


图 0-6 开环控制系统

②闭环数控机床 闭环数控机床的伺服进给系统是按闭环原理工作的。在机床的运动部件上，安装有直线位移测量装置，将测量出的实际位移值反馈到数控系统中，随时与输入的指令位移值相比较，根据其差值与指令进给速度的要求，按一定的规律进行转换后，得到伺

服进给系统的速度、位移指令，同时还利用和伺服驱动电机同轴刚性连接的测速元件，检测驱动电机的转速，得到速度反馈信号，将它与速度指令信号比较，以其比较的结果（速度误差信号），对驱动电机的转速随时进行校正。图 0-7 为闭环进给系统。

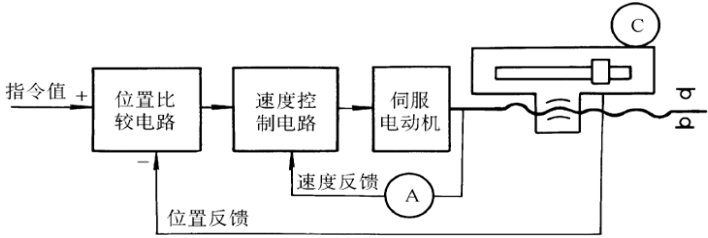


图 0-7 闭环控制系统

图 0-7 中，A 是速度测量元件，直线位移测量元件 C，可采用感应同步器或光栅等直线测量元件。利用上述的位置控制和速度控制两个回路，可以获得比开环进给系统精度更高、速度更快、驱动功率更大的特性指标。闭环控制系统的特点是精度高、速度快，但调试和维修比较困难，一般适用于精度较高的数控机床。

③半闭环数控机床 半闭环数控机床是在开环伺服进给系统的传动丝杠上刚性连接角位移检测装置，如圆光栅、光电编码器及旋转式感应同步器等。图 0-8 为半闭环控制数控机床工作原理图。

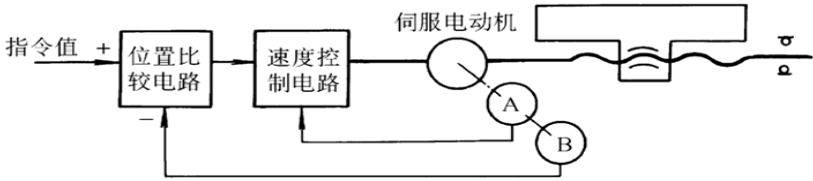


图 0-8 半闭环控制系统

该系统不是直接测量工作台位移，而是通过检测丝杠的转角间接测量工作台位移量，然后再反馈给数控系统。由于工作台的位移检测没有完全包括在控制回路中，故称半闭环控制系统。利用角位移检测装置（如旋转变压器、脉冲编码器、圆光栅等），来代替安装在机床工作台上的直线测量元件，通过测量丝杠或电动机轴旋转角位移来间接测量工作台的直线位移。这种控制系统的精度没有闭环系统高，但采用了精密的滚珠丝杠和丝杠螺距误差的补偿措施，满足某些机床的控制要求，中小型数控机床广泛采用半闭环控制系统。

3. 典型数控系统

（1）FANUC 数控系统

日本 FANUC 公司的数控系统具有高质量、高性能、全功能，适用于各种机床和生产机械的特点，在我国市场的占有率远远超过其它数控系统，其特点主要体现在以下几个方面：

①系统在设计中大量采用模块化结构。这种结构易于拆装，各个控制板高度集成，使可靠性大大提高，而且便于维修、更换。

②具有很强的抵抗恶劣环境影响的能力。其工作温度为 0~45℃，相对湿度为 75%。

③有较完善的保护措施。FANUC 对自身的系统采用比较好的保护电路。

④FANUC 系统所配置的系统软件具有比较齐全的基本功能和选项功能。对于一般的机床来说，基本功能完全能满足使用要求。

⑤提供大量丰富的 PMC 信号和 PMC 功能指令。这些丰富的信号和编程指令便于用户编制机床侧 PMC 控制程序，而且增加了编程的灵活性。

⑥具有很强的 DNC 功能。系统提供串行 RS232 通讯接口，使通用计算机 PC 和机床之间的数据传输能方便、可靠地进行，从而实现高速的 DNC 操作。

⑦提供丰富的维修报警和诊断功能。FANUC 维修手册为用户提供了大量的报警信息，并且以不同的类别进行分类。

FANUC 数控系统的主要系列有：

0i 系列：高可靠性和高性能价格比的 CNC，该系列最新型号为 FS0i/0i mate F。

30i 系列：适合于先进、复合、多轴、多通道、纳米 CNC，该系列包括 FS30i/31i/32i/35i。

Power MotionA 系列：高响应的一般工业机械用 CNC。

（2）SINUMERIK 数控系统

SINUMERIK 数控系统是西门子集团旗下自动化与驱动集团的产品，采用模块化设计，具有可扩缩性，融合了用于机床的多种产品。目前在广泛使用的主要有 808、828、840 等几种系列。

①SINUMERIK 808 SINUMERIK 808D 中全新设计的 SINUMERIK startGUIDE 在线向导功能是这款新产品的一大特色，它简洁直观，能辅助用户使用。在“快速调试向导”和“批量生产向导”的引导下，调试人员可以轻松快捷地按步骤完成机床样机的调试和机床批量生产的调试；在“操作向导”的帮助下，操作者可以掌握机床操作的基本步骤和编程方法。整体来说，不论是在界面结构还是在编程方式上，Sinumerik Operate Basic 人机界面都继承了西门子高端数控系统的优点。带有图形支持的工艺循环编辑画面和实用的轮廓计算器使零件程序编辑变得更简单。同时，Sinumerik 808D 还兼容 ISO 编程语言，甚至可以在一个零件程序内进行 DIN/ISO 混合编程。对于中国用户，Sinumerik 808D 不仅提供了中文版数控控制器和机床控制面板，同时在人机界面上也实现了全中文的支持—即可显示中文，也能输入中文作为零件程序名序或注释等。Sinumerik 808D 适用于普及型车床、铣床和立式加工中心，最多配置三个进给轴和一个主轴，能实现高加工精度和高加工效率。其数控计算精度达到 80 位浮点数纳米计算精度，最大限度的减小内部舍入误差。另一方面，Sinumerik 808D 具有带程序段预读的 MDynamics 智能路径控制功能，显著提高加工速度和表面加工质量，确保模具加工的应用。在车床应用中，手动机床 (MM+) 选项为从传统普车加工向数控应用的过渡提供了便利，基于此功能数控机床可以使用手轮以传统的方式操作，同时具备数控加工

的所有优势。

②SINUMERIK 828 可配置最大轴数：车床版 8 轴/铣床版 6 轴，ISO 语言编译器，兼容各种编程语言，PLC 梯形图最大步数 24,000，60 个数字输入/240 个数字输出，10 个模拟输入/10 个模拟输出，10.4" TFT 彩色显示器和全尺寸 CNC 键盘，集 CNC、PLC、操作界面以及轴控制功能于一体，通过 Drive-CLiQ 总线与全数字驱动 SINAMICS S120 实现高速可靠通讯，PLC I/O 模块通过 PROFINET 连接，可自动识别，无需额外配置。大量高档的数控功能和丰富、灵活的工件编程方法使它可以自如地应用于世界各地的各种加工场合。

③SINUMERIK 840 该数字 NC 系统用于各种复杂加工，它在复杂的系统平台上，通过系统设定而适于各种控制技术。840D 的 CNC、HMI、PLC、驱动闭环控制和通讯模块完美集成于一个 SINUMERIK NC 单元 (NCU) 中，具备基于以太网的通讯解决方案和强大的 PLC/PLC 通讯功能，SINAMICS S120 驱动系统良好支持几乎所有类型的电机，基于 DSC（动态伺服控制）闭环位置控制技术确保机床获得最佳的动态性，能实现最优的表面加工质量，是刀具和模具制造的理想解决方案。

（3）华中数控系统

华中数控系统在我国中、高档数控系统及高档数控机床关键功能部件产品研制方面取得重大突破，重点突破了一批数控系统的关键单元技术；攻克了规模化生产工艺和可靠性关键技术，形成了系列化、成套化的中、高档数控系统产品产业化基地。华中数控具备较强的系统配套能力，可生产 HNC-8、HNC-210、HNC-21、HNC-18/19 等高档、中档、普及型数控系统，以及全数字交流伺服主轴系统、全数字交流伺服驱动系统等产品。

华中“世纪星”数控系统是在华中 I 型、华中 2000 系列数控系统的基础上，满足用户对低价格、高性能、简单、可靠的要求而开发的数控系统。“世纪星”系列数控单元(HNC-21TD、HNC-21MD、HNC-22TD、HNC-22MD)采用先进的开放式体系结构，内置嵌入式工业 PC，配置 8.4"或 10.4"彩色 TFT 液晶显示屏和通用工程面板，集成进给轴接口、主轴接口、手持单元接口、内嵌式 PLC 接口于一体，采用电子盘程序存储方式以及 USB、DNC、以太网等程序交换功能，具有低价格、高性能、配置灵活、结构紧凑、易于使用、可靠性高等特点。主要应用于车、铣、加工中心等各类数控机床的控制。

HNC-848 为全数字总线式高档数控装置，支持自主开发的 NCUC 总线协议及 EtherCAT 总线协议，支持总线式全数字伺服驱动单元和绝对式伺服电机、支持总线式远程 I/O 单元，集成手持单元接口。系统采用双 IPC 单元的上下位机结构，具有高速高精加工控制、五轴联动控制、多轴多通道控制、双轴同步控制及误差补偿等高档数控系统功能，友好人性化 HMI，独特的智能 APP 平台，将人、机床、设备紧密结合在一起，最大程度的提高生产效率，缩短制造准备时间。系统提供五轴加工、车铣复合加工完整解决方案，适用于航空航天、能源装备、汽车制造、船舶制造、3C（计算机、通讯、消费电子）领域。

（4）广州数控

广州数控的“GSK”系列产品也是应用比较多的数控系统，主要产品有：GSK928T、GSK980T、GSK988TD 车床数控系统，GSK928M、GSK21M、GSK25i 铣床数控系统等。

①GSK928TE 系统 928 系列属于基本要退出市场的系统；存储空间为 24KB，可存储 100 个程序，存储空间较小；具有 RS232 接口，具有 DNC 功能；不具有宏程序功能和螺距误差补偿功能。

②GSK980TD 系统 是在 GSK980TA 基础上发展起来的、应用较广的一款系统；存储空间为 3000KB，可存储 192 个零件；具备相对完善的宏程序功能；具有 32 组刀具长度补偿和刀具半径补偿；具有内置 PLC 功能，可实现梯形图的编辑、上传和下载；带 USB 通讯功能，可实现 I/O 接口的扩展。

③GSK21M 数控系统 具有 4 轴 3 联动控制功能，可扩展至 7 轴 4 联动控制；支持直线、圆弧、样条曲线插补；最快进给速度可达 60m/min，具有 256 个输入输出点；支持梯形图编程；具有 99 组刀具长度补偿和刀具半径补偿；直线坐标轴具有间隙及螺距误差补偿功能；具有刚性攻丝功能；用户程序存储容量可达 32MB，支持 U 盘存储。

④GSK25i 数控系统 GSK-Link 实时工业以太网总线控制，同时控制两个通道进行铣削或车削加工，最大控制 2 个通道 8 个进给轴 3 个伺服主轴，I/O 点最大可扩展至 1024/1024，可满足大型、复杂设备的控制，基本指令处理时间：0.5μs/步，程序容量：12000 步，适用于多功能加工中心、镗、铣、钻、车、磨等机床、复合机床和自动化设备的控制。

二、数控机床装调常用工量具

表 0-1 机械拆卸及装配工具

名称	实物图	说明
六角扳手		通过扭矩施加对六角螺丝的作用力。
单头钩形扳手		用于扳动在圆周方向上开有直槽或孔的圆螺母，分为固定式和调节式。

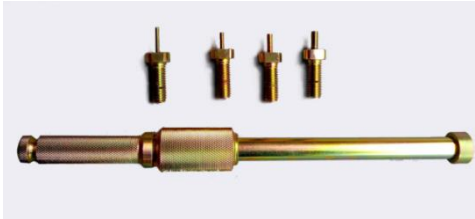
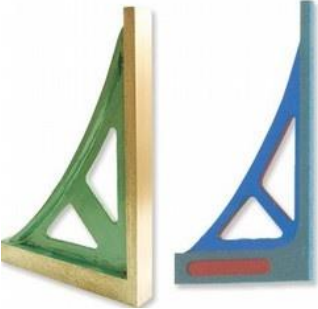
端面带槽或孔的 圆螺母扳手		用于圆螺母的松紧，可分为套筒式扳手和双销叉形扳手。
弹性挡圈安装钳		用来安装内簧环和外簧环的专用工具，分为轴用弹性挡圈装拆用钳子和孔用弹性挡圈装拆用钳子。
拔销器		用于拔除工件上定位销的专用工具。
弹性锤子		用于敲打物体使其移动或变形的工具，分为木锤和铜锤。
扭矩扳手		用于对拧紧工艺有严格要求的装配，使产品各个紧固件扭矩值一致，生产出来的产品质量有保障。
拉卸工具		用于拆装在轴上的滚动轴承、皮带轮式联轴器等零件。拉卸工具常分为螺杆式和液压式两种。螺杆式拉卸工具分为两爪、三爪和铰链式。

表 0-2 常用机械检验和测量工具

名称	实物图	说明
平尺		用于测量工件的直线度、平面度及设备安装。
角尺		用于机床及零部件的垂直度检验、安装加工定位、划线等。
方尺		用于机床垂直度的检查。
垫铁		用于数控机床衰减机器自身的振动，减少振动力外传，阻止振动力的传入，还可调节机床水平高度。
检验棒		用于检验各种机床的几何精度。

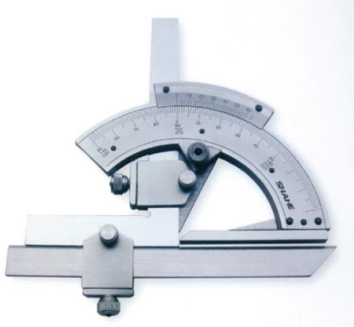
塞尺		用于测量间隙尺寸，在检验被测尺寸是否合格时，可以用通止法判断，也可由检验者根据塞尺与被测表面配合的松紧程度来判断。
杠杆千分尺		当零件的几何形状精度要求较高时，使用杠杆千分尺可以满足其测量要求，测量精度可达 0.001mm。
万能角度尺		用于测量工件内外角度的量具，根据尺身的形状可分为圆形和扇形两种。
杠杆式百分表及磁力表座		用于受空间限制的工件，如检测内孔跳动。使用时应注意使测量运动方向与测头中心成垂直，以免产生测量误差。
杠杆式千分表及磁力表座	其工作原理与杠杆式百分表一致，只是分辨率不同，常用于精密机床的修理。	
水平仪		用于测量导轨在垂直面内的直线度、工作台台面的平面度以及零件之间的垂直度、平面度等。

表0-3 常用电气维修工具及仪表

名称	实物图	说明
螺丝刀		用于拧转螺丝钉以迫使其就位的工具，主要有一字（负号）和十字（正号）两种。
万用表		用于电压、电流、电阻等电气参数的准确测量。
尖嘴钳		用于剪切线径较细的单股与多股线，以及给单股导线接头弯圈，剥塑料绝缘层等。
剥线钳		用于剥除电线头部的表面绝缘层。
电烙铁		用于焊接元件及导线，按机械结构可分为内热式电烙铁和外热式电烙铁，按功能可分为焊接用电烙铁和吸锡用电烙铁。

数字转速表		用于测量伺服电动机的转速，是检查伺服调速系统的重要依据之一，常用的转速表有离心式转速表和数字式转速表等。
测振仪		用于测量数控机床的振动、加速度和位移等。
相序表		用于测量三相电源的相序，它是交流伺服驱动、主轴驱动维修的必要测量工具之一。
红外测温仪		用于检测数控机床容易发热的部件，如功率模块、导线接点、主轴轴承等。
激光干涉仪		用于对数控机床进行高精度的几何精度和位置精度的测量与校正，也可进行螺距误差补偿。

第一篇 数控机床机械部件装调

项目一 数控机床主传动系统的安装与调试

项目引入

数控机床的主传动是指产生主切削运动的传动,它实现各种刀具和工件所需的切削功率,并且在尽可能大的转速范围内保证恒功率输出,同时为使数控机床能获得最佳的切削速度,主传动须在较宽的范围内实现无级变速,它的功率大小与回转速度直接影响着机床的加工效率,而主轴部件是保证机床加工精度和自动化程度的主要部件,是机床整机精度检验的基准,对数控机床性能有着决定性的影响。本项目主要包括数控车床主传动系统的安装与调试、加工中心主传动系统的安装与调试等典型工作任务。通过完成上述工作任务,使学生具备数控机床主传动系统的安装与调试能力,并具备良好的职业素养。

项目要求

1. 掌握数控机床主传动系统的组成
2. 了解主轴部件的结构
3. 掌握数控机床主轴部件安装与调试的基本知识
4. 能够完成数控机床主传动系统的安装与调试
5. 具备分析问题和解决问题的能力

项目内容

任务1 数控车床主传动系统的安装与调试

任务2 加工中心主传动系统的安装与调试

任务 1 数控车床主传动系统的安装与调试

【任务目标】

- 1. 知道数控车床主轴部件的结构；
- 2. 掌握数控车床主轴轴承的支承方式；
- 3. 掌握数控车床主轴轴承的安装与预紧；
- 4. 能够根据技术要求完成数控车床主轴部件的安装与调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，主轴有前、后两个支承，前支承由一圆锥孔双列圆柱滚子轴承和一对角接触球轴承组成；后支承为圆锥孔双列圆柱滚子轴承。主轴的支承形式为前端定位，主轴受热膨胀向后伸长。现需要完成该机床主轴部件的安装与调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下资料：

- 1. 该数控车床的使用说明书；
- 2. 该数控车床的维修说明书；
- 3. 该数控车床的主轴结构图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 1-1-1。

表 1-1-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	外六方扳手	8×10、12×14、16×18、17×19	套	1
	钩扳子	34-42 、 45-52 、 68-80	把	3
	铜棒	Φ50x150	个	1
	主轴检棒	0#-6#	套	1
	杠杆式千分表	0-0.6mm（0.002mm）	个	1
	磁力表座	385mm	套	1
材料	轴承	根据实际情况	组	1
	干净棉纱	根据实际情况	块	2
	煤油或汽油	根据实际情况	桶	适量

	润滑脂	根据实际情况	桶	适量
--	-----	--------	---	----

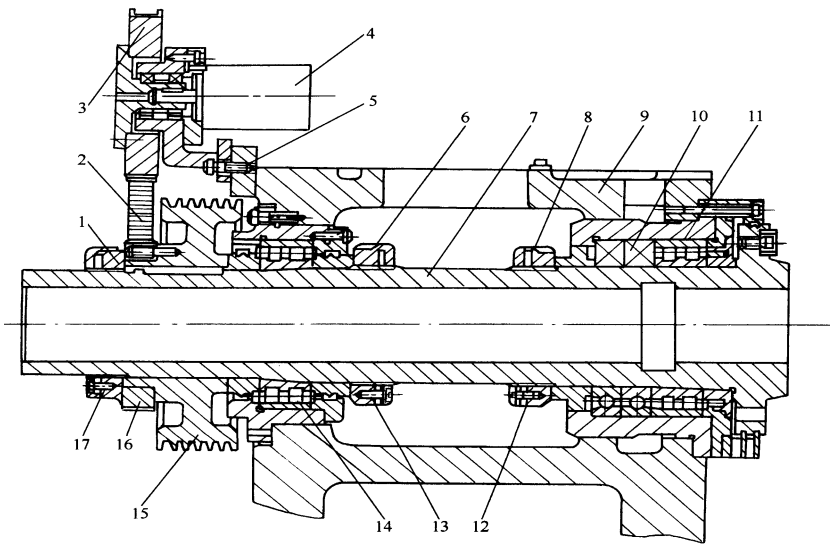
三、知识准备

1. 数控机床主传动系统的结构组成

数控机床主传动系统包括主轴部件、主轴电动机和主传动部件等，其结构比普通机床简单，这是因为变速功能全部或大部分由主轴电动机的无级调速来承担，省去了复杂的齿轮变速机构，有些只有二级或三级齿轮变速系统用于扩大电动机无级调速的范围。

数控机床的主轴部件是机床的重要部件，其结构的先进性已成为衡量机床水平的标志之一。主轴部件包括主轴、主轴的支承以及安装在主轴上的传动部件和速度反馈装置等。对于具有自动换刀装置的数控机床，为了实现刀具在主轴上的自动装卸和夹紧，还必须有刀具的自动夹紧装置、主轴准停装置等。

2. 主轴结构



1、6、8—螺母；2—同步带；3，16—同步带轮；4—脉冲编码器；5、12、13、17—螺钉；7—主轴；9—箱体；10—角接触球轴承；11、14—圆柱滚子轴承；15—带轮

图 1-1-1 数控车床主轴

(1) 主轴箱

交流主轴电动机通过带轮把运动传递给主轴。主轴有前、后两个支承，前支承由一圆锥孔双列圆柱滚子轴承和一对角接触球轴承组成(一个大口向外朝向主轴前端，另一大口向里朝向主轴后端)；后支承为圆锥孔双列圆柱滚子轴承。主轴的支承形式为前端定位，主轴受热膨胀向后伸长。前、后支承所用圆柱滚子轴承的支承刚性好，允许极限转速高。前支承中的角接触球轴承能承受较大的轴向载荷，且允许的极限转速高。主轴所采用的支承结构适宜高速、大载荷的需要，主轴的运动通过同步带带动脉冲编码器动作，实现速度检测。

(2) 主轴速度检测装置

主轴的速度检测通常利用编码器，它是一种角位移传感器，有光电式、接触式和电磁式三种。光电式编码器的精度和可靠性都很好，在数控机床上应用广泛。与主轴同步的光电式编码器，可通过中间轴齿轮 1:1 传动，也可同轴安装。利用主轴编码器检测主轴运动信号，一方面可实现主轴调速的数字反馈，另一方面可用于进给运动的控制，如车削螺纹要求输入进给伺服电机的脉冲数与主轴转速间有对应关系。

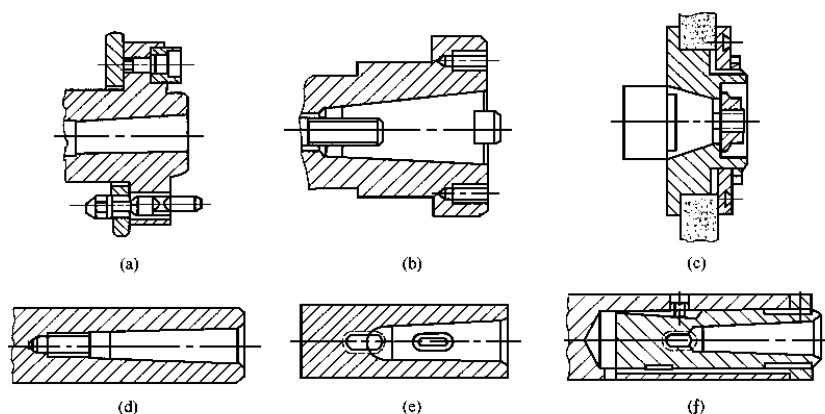
(3) 卡盘

数控车床的工件夹紧装置可采用自定心卡盘、单动卡盘或弹簧夹头。为了减少数控车床装夹工件的辅助时间，广泛采用液压或气压驱动自定心卡盘。由于要在数控车床主轴的两端安装结构笨重的卡盘和夹紧液压缸，主轴的刚度必须进一步提高，并应设计合理的连接端以改善卡盘与主轴前端的连接刚度。

3. 主轴端部的结构

主轴端部在设计要求上，应能保证定位准确、安装可靠、连接牢固、装卸方便，并能传递足够的转矩。主轴端部已经标准化。图 1-1-2 是几种通用的结构形式。

车床的主轴端部用于安装夹持工件、夹具，前端的短圆锥面和凸缘端面为安装卡盘的定位面；拨销用于传递扭矩；安装卡盘时，卡盘上的固定螺栓连同螺母从凸缘孔中穿过。转动快卸卡板同时将几个螺栓卡住，再拧紧螺母将卡盘紧固在主轴端部。前端莫氏锥度孔用于安装顶尖或心轴。



(a) 数控车床主轴端部 (b) 铣、镗类机床主轴端部 (c) 外圆磨床砂轮主轴端部
(d) 内圆磨床砂轮主轴端部 (e) 钻床与普通镗床锤杆端部 (f) 数控镗床主轴端部

图 1-1-2 主轴端部结构图

4. 主轴部件的支承

数控机床主轴带着刀具或夹具在支承件中作回转运动，需要传递切削扭矩，承受切削抗

力，并保证必要的旋转精度。根据主轴部件的工作精度、刚度、温升和结构的复杂程度，合理配置轴承，可以提高主传动系统的精度。机床主轴多采用精密滚动轴承作为支承，对于精度要求高的主轴则采用动压或静压滑动轴承作为支承。下面着重介绍主轴部件常用的滚动轴承。

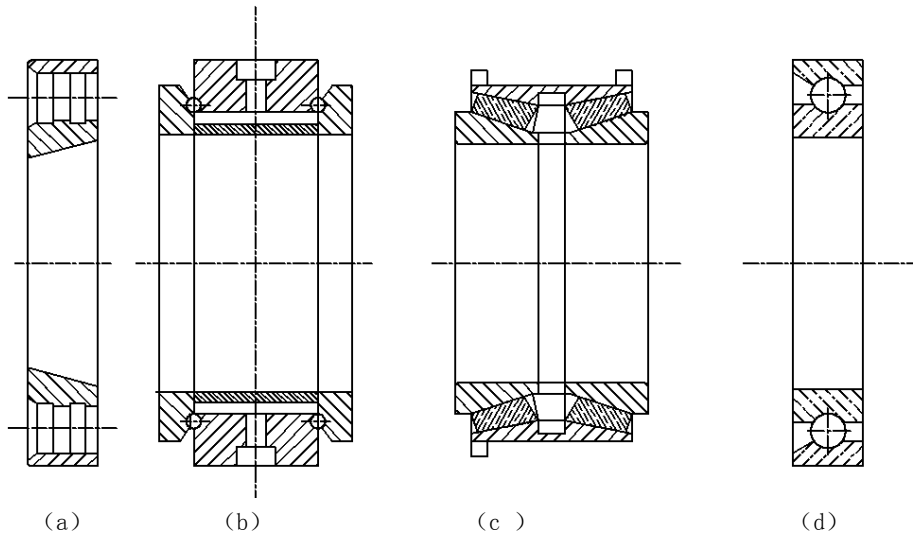


图1-1-3 主轴常用的滚动轴承

(1) 圆柱滚子轴承

滚动体为短圆柱，分单列排列、双列排列，内圈有圆柱孔、圆锥孔两种类型。图 1-1-3 中的 a 图是双列圆柱滚子轴承，只能承受径向负荷，因为短圆柱属于线接触，其径向承载能力和刚度大于角接触球轴承，但允许的转速低些。内圈圆锥孔的锥度为 1: 12，与主轴的锥形轴颈相配合。轴向移动内圈，可以把内圈胀大，以改变轴承内部游隙并预紧。

(2) 推力角接触球轴承

滚动体为滚珠，接触角为 60° ，轴向刚度好，转速高，温升高。只承受轴向载荷，通常与双列圆柱滚子轴承（承受径向力）配套使用。

图 1-1-3 中的 b 图为双向推力角接触球轴承，承受双向轴向载荷。

(3) 圆锥滚子轴承

滚动体为短圆锥滚子，分单列排列、双列排列。单列圆锥滚子轴承可承受径向负荷和一个方向的轴向载荷。圆锥滚子属于线接触，可承受较大的径向载荷，但转速低些。

在径向载荷作用下，轴承内部产生一轴向分力，只是单方向，因此，需与另一圆锥滚子轴承配合使用。轴向移动内圈，可以把内圈胀大，以改变轴承内部游隙并预紧。

图 1-1-3 中的 c 图为双列圆锥滚子轴承，承受双向轴向载荷和径向载荷。

(4) 角接触球轴承

图 1-1-3 中的 d 图是角接触球轴承。滚动体为滚珠，有接触角，接触角有 15° 、 18° 、 25° 和 30° 几种。单列角接触球轴承因为有接触角，承受径向负荷后产生轴向分力，适合承受径向负荷和一个方向的轴向负荷。若承受两个方向的轴向负荷，需组合成对使用，组合方式有背对背（DB）、面对面（DF）。

5. 轴承的配对形式

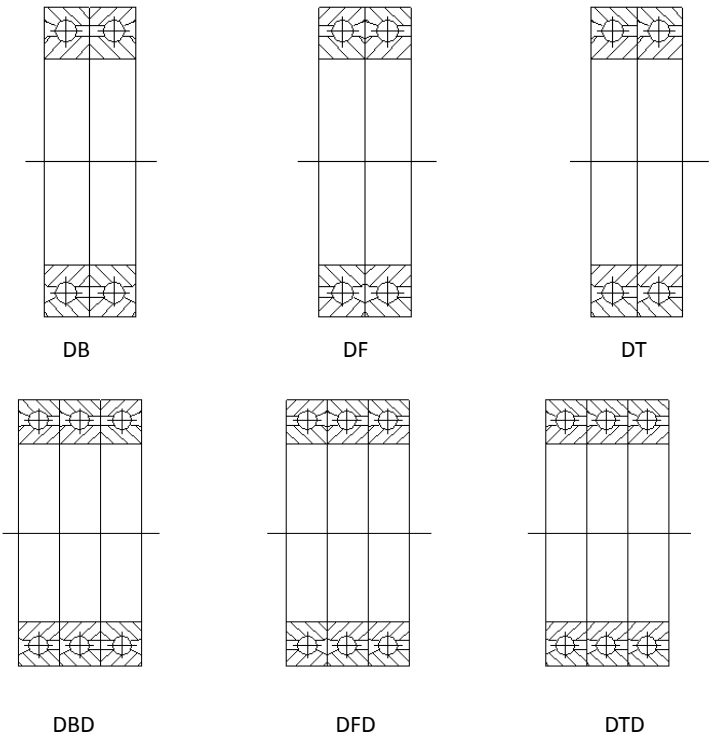


图 1-1-4 轴承配对形式

角接触球轴承在主轴上使用时，一般有 2 列组合、3 列组合或者 4 列组合方式。最常用的是 2 列和 3 列组合。不同配对形式的特点见表 1-1-2。

表 1-1-2 角接触球轴承不同配对形式的特点

配对形式	代号	特点
背对背组合	DB	对称安装 能承受径向负荷 能承受两个方向的轴向载荷 能承受较高的倾覆力矩
面对面组合	DF	对称安装 能承受径向负荷 能承受两个方向的轴向载荷 承受倾覆力矩的能力较差
并列组合	DT	两套轴承相同 同向排列 能承受径向载荷 能承受一个方向较大的轴向载荷

注：不同轴承厂家的配对代号不统一，本表以日本 NSK 公司生产的轴承为例。

6. 滚动轴承的预紧

在安装轴承时，预先使轴承产生内部应力，以便轴承在负游隙下使用，这种使用方法称为预紧。预紧的主要目的是：

- ①在轴的径向及轴向精确定位的同时，抑制轴的跳动。
- ②提高轴承的刚度。
- ③防止轴向振动及共振引起的异音。
- ④抑制滚动体的自旋滑动、公转滑动及自转滑动。
- ⑤保持滚动体相对套圈的正确位置。

机床主轴轴承虽在装配时进行过预紧，但使用一段时间以后，间隙或过盈有了变化，还得重新调整。因此，要求预紧机构便于调整。轴承间隙的调整与预紧，通常是通过轴承内、外圈相对轴向移动来实现的。常用的方法有定位预紧和定压预紧两种。

（1）定位预紧

定位预紧是一种保证对置轴承在使用中不改变轴向相对位置的预紧方法。在使用中预紧力会发生变化，但轴承相对位置不变。其方法如下：

- ①为了实施预紧，将事先调整过宽度差或轴向游隙的组合轴承紧固后使用。
- ②使用调整过尺寸的隔圈对轴承施加预紧（见图 1-1-5）。

（2）定压预紧

定压预紧是一种利用螺旋弹簧、蝶形弹簧等对轴承施加预紧的方法。在使用中即使轴承相对位置发生变化，预紧力也可大致保持不变（见图 1-1-6）。

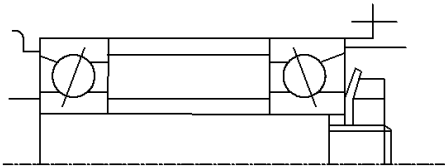


图 1-1-5 定位预紧

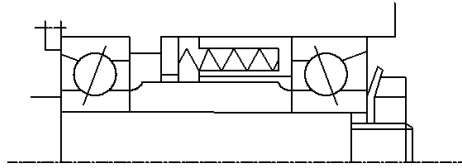


图 1-1-6 定压预紧

7. 轴承的安装

轴承的安装是否正确，直接影响着轴承的精度、寿命和性能。无论多么高性能、高精度的轴承，如果使用方法不当，都不能完全发挥相应作用。轴承的安装顺序如下：

（1）轴承的清洗

- ①一般使用煤油或汽油作为清洗液。

②将清洗槽按粗洗和精洗分开，并分别在槽底垫上金属网，使轴承不直接接触清洗槽内的脏物。

③在粗洗槽内，尽量避免转动轴承，用刷子大体清除附着在轴承表面上的脏物，再放到精洗槽中。

④在精洗槽中，将轴承轻轻转动来进行清洗。

⑤清洗后进行填充润滑脂的工序。

（2）检查相关部件的尺寸

①检查轴和轴承座。要清洗干净，轴承及隔圈表面不允许存在伤痕、毛刺和毛边。确认轴和轴承座的尺寸与轴承内外径的公差相配合。

②检查隔圈。主轴上配置的隔圈平行度应控制在 0.003mm 以内。否则，会带来轴承的倾斜，导致精度不良、噪音等问题。

（3）轴承的安装

轴承安装方法，因轴承形式、配合条件的不同而不同。轴承安装方法主要有下面三种。

①压入法

滚动轴承的装配大多为较小的过盈配合，常用手锤或压力机压装。为了使轴承圈压力均匀，需用垫套之后加压。如图 1-1-7 所示，将垫块顶住内圈，用压力机缓缓地压至内圈端面紧贴轴肩。将外圈顶住垫块安装内圈，会造成滚道上的压痕或压伤，所以绝对禁止。

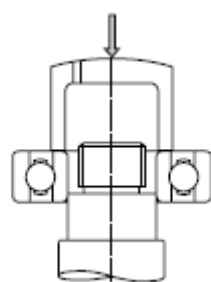


图 1-1-7 内圈压入

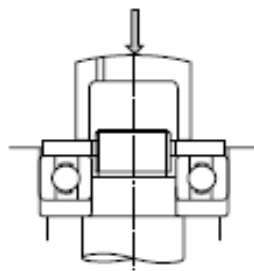


图 1-1-8 内、外圈同时压入

非分离型轴承如深沟球轴承，内、外圈都需要过盈安装の場合，如图 1-1-8 所示，用螺杆或油压，使用垫块将内、外圈同时压入。调心球轴承外圈易倾斜，即使不是过盈配合，也最好垫上垫块安装。

分离型轴承如圆柱滚子轴承、圆锥滚子轴承，可以将内、外圈分别安装到轴和轴承座上。将分别安装好的内圈和外圈结合时，要对准后稳稳地合拢，防止二者中心偏离，勉强压入会造成滚道面擦伤。

②热装法

过盈量大的轴承，压入时需要很大的力，所以很难作业。因此，广泛采用热装法，将轴承内圈加热膨胀，再装到轴上。使用这种方法，安装时不会出现受力不当的情况，可缩短作业时间。热装作业应注意如下事项：轴承加热不可超过 120℃；为使轴承不接触油槽底部，应将轴承放在金属网架上或吊起；为了防止操作中，因内圈温度下降而难于安装，加热轴承时应比所需温度高出 20℃—30℃；安装后，轴承冷却，宽度方向也会收缩，所以要用轴螺母或其它合适的方法，将其锁紧，以防内圈与轴承挡肩之间产生间隙。

③冷缩法

冷却温度不得低于-80℃，适用于过盈量大的轴承。

在轴承安装时，应根据轴承形式、配合条件的不同合理选用上述方法。对于角接触球轴承，安装时应注意如下事项：

①角接触球轴承，因结构上的原因，单个轴承只可承受一个方向的载荷，因此安装时应使外界负荷只施加于可承受负荷的一侧。

②配对轴承组装时，按轴承装配标志“V”形记号和高点标记组装（如图 1-1-9）。

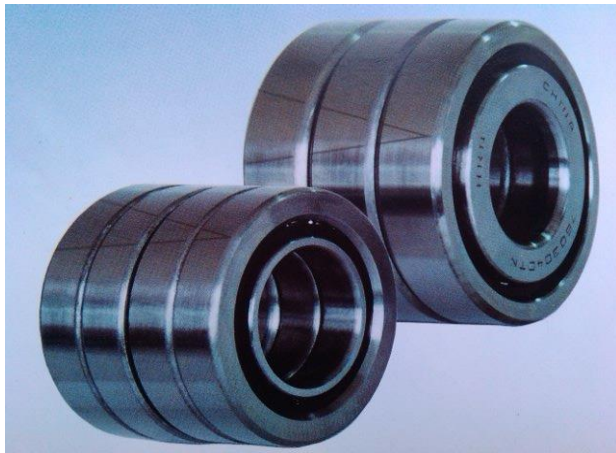


图 1-1-9 角接触球轴承上“V”形装配标志

（4）运转检查

轴承安装结束后，为了检查安装是否正确，要进行运转检查。小型机械可以用手旋转，以确认是否旋转顺畅。检查项目有：因异物、伤痕、压痕而造成的运转不畅；因安装不良，安装座加工不良而产生的力矩不稳定；由于游隙过小、安装误差、密封摩擦而引起的力矩过大等。如无异常则可以开始动力运转。

大型机械不能手动旋转，所以空载启动后立即切断动力，机械空转，检查有无振动、噪音、旋转部件是否有接触等，确认无异常后，进入动力运转。

动力运转,从空载低速开始,缓缓的提高至所定条件的额定运转。试运转中检查事项有:是否有异常音响,轴承温度的变化和润滑剂的泄漏或变色等。如果发现异常,应立即中止运转,检查机械,必要时拆下轴承检查。

轴承温度,从运转开始逐渐升高,通常 1-2 小时后温度稳定。如果轴承安装不良,温度会急剧上升,出现异常高温。造成高温的原因有:润滑剂过多、轴承游隙过小、安装不良、密封装置摩擦过大等。高速旋转的场合,轴承结构、润滑方式的选择错误等也是其原因。

轴承转动时有较强的金属噪声、异音、不规则音等异常情况,可能原因有润滑不良、轴或轴承座精度不良、轴承损伤、异物侵入等。

【任务实施】

1. 装配前准备工作

(1) 清理、清洗零件

全部零件(包含箱体、主轴、轴承、传动零件、调整零件、法兰盘零件、锁紧零件、密封件)都应进行清洗。对于新零件不仅要清除表面上的污物,还要检查表面磕碰划伤;对于维修中拆卸下的零件应检查其磨损痕迹、表面裂纹和砸伤缺陷等,通过清洗,决定零件的使用或修换。必须重视再用零件或新换件的清理,要清除由于零件在使用中或者加工中产生的毛刺。(例如齿轮的圆倒角部分、轴类零件的螺纹部分、孔轴滑动配合件的孔口部分,都必须清理掉零件上的毛刺、毛边。这样,才有利于装配工作并保证零件功能的正常发挥)。零件清理工作必须在清洗过程中进行;零件清洗后必须吹干;对于清洗箱体零件时,必须清除箱内残存磨屑、漆片、灰砂、油污等。

(2) 测量主轴箱体孔径和轴承外径

(3) 测量各个隔套的平行度

(4) 测量各轴轴径和轴承内径

(5) 记录各轴、孔与轴承配合情况

2. 配磨主轴箱法兰盖

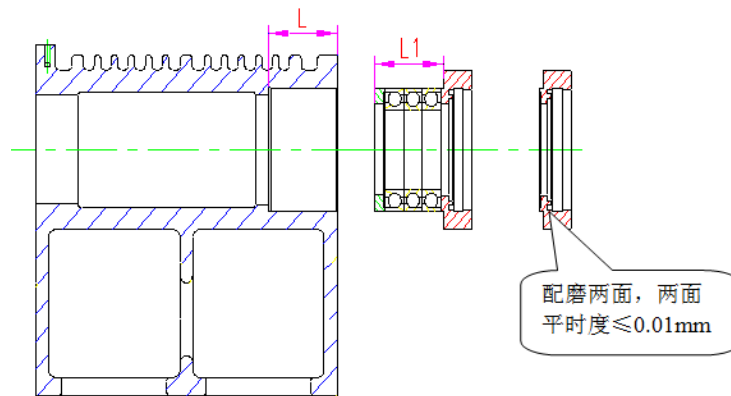


图 1-1-10 配磨主轴箱法兰盖示意图

保证 $L1-L=0.01-0.03$ (轴承内径 $\leq 130\text{mm}$), $L1-L=0.03-0.05$ (轴承内径 $130-300\text{mm}$)

3. 主轴箱组件动平衡

进行动平衡操作前,应开启动平衡机15~30分钟,确保动平衡机已经到达稳定测量状态;做动平衡的主轴组件的各个零件相对应位置应做相同标识;转子在平衡机上大幅振动时,必须停止测量工作,可能是否机器部件松动或转子驱动轴关节处损坏引起的,检查、修复后再进行平衡。

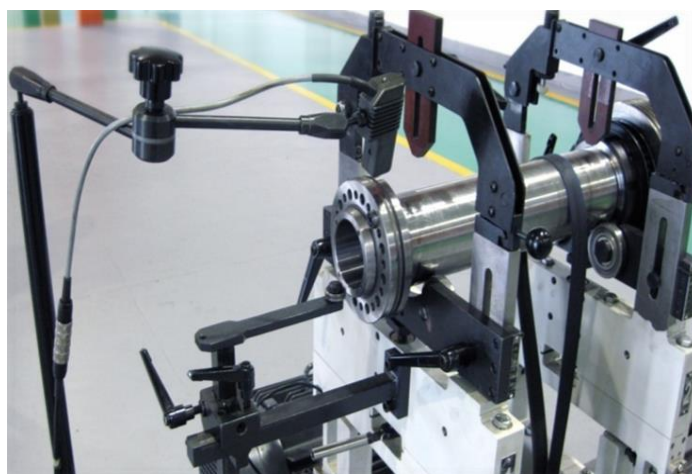


图 1-1-11 主轴箱组件动平衡操作

4. 主轴装配

- (1) 将配磨好的法兰盘套在主轴上;
- (2) 加热好的前轴承逐个装在主轴上;
- (3) 安装隔套、挡油环;
- (4) 加热后的后轴承装在主轴上;
- (5) 挡油环、螺母环依次装到主轴上,控制螺母锁紧力矩拧紧螺母(扭矩值参看表1-1-3)。

表1-1-3 主轴螺母锁紧力矩表

公称轴承 内径 mm	20	25	30	35	40	45	50	55	60	65	70	75	80	85
螺距紧固 力矩 Nm	17	21	25	57	64	72	80	132	142	153	166	176	251	267
公称轴承 内径 mm	90	95	100	105	110	120	130	140	150	160	170	180	190	200
螺距紧固 力矩 Nm	281	296	311	327	343	371	403	649	695	745	796	841	886	932

5. 将前序主轴组件装到主轴箱体内，法兰盘与主轴箱结合面0.02mm 塞尺可入，但间隙不得大于0.03mm；

6. 主轴箱装配精度检验

手动低速旋转，在每个位置至少转动两转进行检验，记录数值；拔出检棒，使检棒相对主轴沿同一方向转90°，插入检棒重复上述检验；每转90°重复检验1次，至少重复检验4次，偏差以测量结果的平均值计。达到如下要求：主轴的轴向窜动 ≤ 0.004 ，主轴端部的卡盘定位锥面的径向跳动 ≤ 0.007 ，主轴锥孔的径向跳动 ≤ 0.012 ，主轴卡盘定位端面的跳动 ≤ 0.008 ，主轴顶尖的跳动 ≤ 0.01 ，主轴锥孔轴线的径向跳动（靠近主轴端部） ≤ 0.012 、（距主轴端部300处） ≤ 0.016 。

7. 温升试验

使主轴转速从低至高逐级运转，每级转速的运转时间不少于2分钟，最高转速的时间不少于1小时，使主轴轴承达到稳定温度，检主轴轴承的温升及主轴运转的噪声。达到如下要求：轴承温度 $\leq 70^{\circ}\text{C}$ 、主轴轴承温升 $\leq 35^{\circ}\text{C}$ 、主轴运转的噪声 $\leq 83\text{dB}$ 、润滑油有无泄露和变色。

【任务拓展】

某工厂有一台 CAK6140数控机床，采用齿轮变速传动，运行在1200r/min 时，主轴噪音明显增大，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 主轴编码器
2. 定位预紧
3. 定压预紧
4. 并列组合

二、选择题

1. 轴承安装方法，因轴承形式、配合条件的不同而不同。轴承安装方法主要有()。
A. 压入法 B. 热装法
C. 冷缩法 D. 以上均不对
2. 角接触球轴承背对背组合时，其特点不包含下面哪一项()。
A. 对称安装 B. 能承受径向负荷
C. 能承受一个方向的轴向载荷 D. 能承受较高的倾覆力矩
3. 关于主轴速度检测装置，下列说法错误的是()。
A. 主轴的速度检测通常利用编码器，它是一种角位移传感器
B. 与主轴同步的光电式编码器，可通过中间轴齿轮1：1传动，也可同轴安装
C. 利用主轴编码器检测主轴运动信号，可实现主轴调速的数字反馈
D. 不可用于进给运动的控制

任务2 加工中心主传动系统的安装与调试

【任务目标】

1. 掌握加工中心主轴部件的结构；
2. 掌握刀杆拉紧装置的基本知识；
3. 掌握主轴准停装置的基本知识；
4. 能够根据技术要求完成加工中心主传动系统的安装与调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列加工中心，主轴前端采用两个特轻系列角接触球轴承支承，两个轴承背靠背安装，主轴后端采用深沟球轴承，与前端组成一个相对于套筒的双支点单固式支承。现需要完成该机床主轴部件的安装与调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下资料：

1. 该数控机床的使用说明书；
2. 该数控机床的维修说明书；
3. 该数控机床的主轴结构图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 1-2-1。

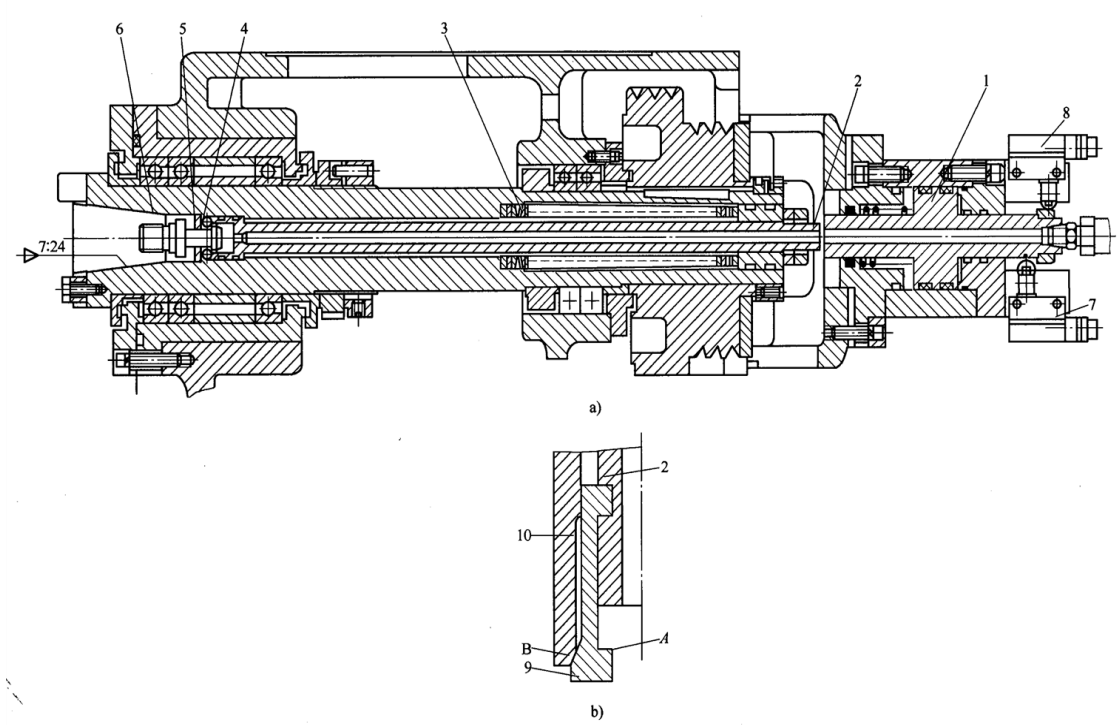
表 1-2-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	外六方扳手	8×10、12×14、16×18、17×19	套	1
	钩扳子	34-42 、 45-52 、 68-80	把	3
	铜棒	Φ50x150	个	1
	主轴检棒	0#-6#	套	1
	分体刀柄	BT40	个	1
	套筒扳手	8*10*12	把	1
	杠杆式千分表	0-0.6mm（0.002mm）	个	1
	磁力表座	385mm	套	1
材料	轴承	根据实际情况	组	1

	干净棉纱	根据实际情况	块	2
	煤油或汽油	根据实际情况	桶	适量
	润滑脂	根据实际情况	桶	适量

三、知识准备

1. 主轴结构



1—活塞 2—拉杆 3—碟形弹簧 4—钢球 5—标准拉钉 6—主轴
7、8—行程开关 9—弹力卡爪 10—卡套
图1-2-1 加工中心的主轴部件

图 1-2-1 为某一加工中心的主轴部件结构图。常用刀柄采用 7：24 的大锥度锥柄与主轴锥孔配合，既有利于定心，也为松夹带来了方便。标准拉钉 5 拧紧在刀柄上。放松刀具时，液压油进入液压缸活塞 1 的右端，油压使活塞左移，推动拉杆 2 左移，同时碟形弹簧 3 被压缩，钢球 4 随拉杆一起左移，当钢球移至主轴孔径较大处时，便松开拉钉，机械手即可把刀柄连同拉钉 5 从主轴锥孔中取出。夹紧刀具时，活塞 1 右端无油压，螺旋弹簧使活塞退到最右端，拉杆 2 在碟形弹簧 3 的弹簧力作用下向右移动，钢球 4 被迫收拢，卡紧在拉杆 2 的环槽中。这样，拉杆通过钢球把拉钉向右拉紧，使刀柄外锥面与主轴锥孔内锥面相互压紧，刀具随刀柄一起被夹紧在主轴上。行程开关 8 和 7 用于发出夹紧和放松刀柄的信号。刀具夹紧机构使用碟形弹簧夹紧、液压放松，可保证在工作中如果突然停电，刀柄不会自行脱落。

自动清除主轴孔中的切屑和灰尘是换刀操作中的一个不容忽视的问题。为了保持主轴锥孔清洁，常采用压缩空气吹屑。活塞 1 的心部钻有压缩空气通道，当活塞向左移动时，压缩

空气经过活塞由主轴孔内的空气嘴喷出，将锥孔清理干净。为了提高吹屑效率，喷气小孔要有合理的喷射角度，并均匀分布。

用钢球 4 拉紧拉钉 5，这种拉紧方式的缺点是接触应力太大，易将主轴孔和拉钉压出坑来。卡套 10 与主轴是固定在一起的，卡紧刀具时，拉杆 2 带动弹力卡爪 9 上移，卡爪 9 下端的外周是锥面 B，与卡套 10 的锥孔配合，锥面 B 使卡爪 9 收拢，卡紧刀杆。松开刀具时，拉杆带动弹力卡爪下移，锥面 B 使卡爪 9 放松，使刀杆从卡爪 9 中退出。这种卡爪与刀杆的结合面 A 与拉力垂直，故卡紧力较大；卡爪与刀杆为面接触，接触应力较小，不易压溃刀杆。目前，采用这种刀杆拉紧机构的加工中心逐渐增多。

2. 刀杆拉紧装置

常用的刀杆尾部的拉紧机构如图 1-2-2 所示。图 1-2-2a 所示为弹力卡爪结构，它有放大拉力的作用，可用较小的液压推力产生较大的拉紧力。图 1-2-2b 所示为钢球拉紧结构。

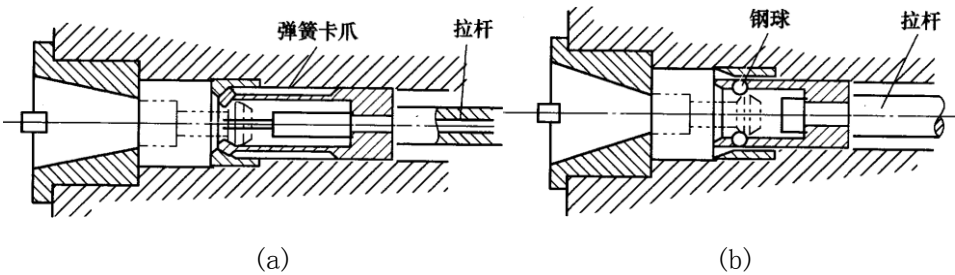
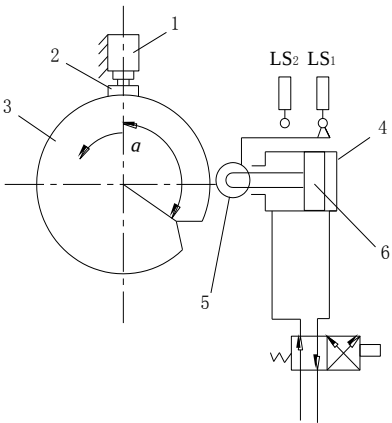


图 1-2-2 拉紧机构

3. 主轴准停装置

加工中心的主轴部件上设有准停装置，其作用是使主轴每次都准确地停在固定不变的周向位置上，以保证自动换刀时主轴上的端面键能对准刀柄上的键槽，同时使每次装刀时刀柄与主轴的相对位置不变，提高刀具的重复安装精度，从而可提高孔加工时孔径的一致性。

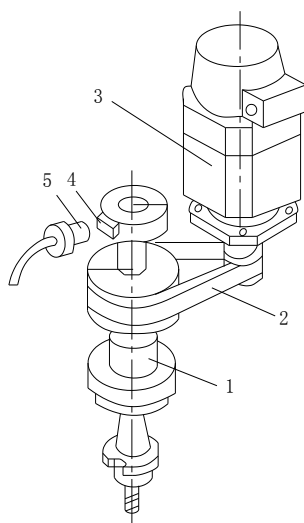


1-无触点开关 2-感应块 3-V形槽轮定位盘 4-定位液压缸 5-定向滚轮 6-定向活塞

图 1-2-3 V形槽轮定位盘准停装置

目前准停装置主要有机械式和电气式两种。图1-2-3所示为一种利用V形槽轮定位盘的机械式准停装置。在主轴上固定一个V形槽定位盘，使V形槽与主轴上的端面键保持一定的相对位置关系，其工作原理为：准停前主轴必须是处于停止状态，当接收到主轴准停指令后，主轴电机以低速转动，主轴箱内齿轮换挡使主轴以低速旋转，时间继电器开始动作，并延时4~6秒，保证主轴转稳后接通无触点开关1的电源，当主轴转到图示位置即V形槽轮定位盘3上的感应块2与无触点开关1相接触后发出信号，使主轴电机停转。另一延时继电器延时0.2~0.4秒后，压力油进入定位液压缸右腔，使定向活塞向左移动，当定向活塞上的定向滚轮5顶入定位盘的V形槽内时，行程开关LS2发出信号，主轴准停完成。重新启动主轴时，需先让压力油进入定位液压缸左腔，使活塞杆向右移，当活塞杆向右移到位时，行程开关LS1发出一个信号，表明定向滚轮5退出凸轮定位盘的凹槽了，此时主轴可以启动工作。

机械准停装置比较准确可靠，但结构较复杂。现代的数控机床一般都采用电气式主轴准停装置，只要数控系统发出指令信号，主轴就可以准确地定向。图1-2-4所示为一种用磁传感器检测定向的电气式主轴准停装置。在主轴上安装有一个永久磁铁4与主轴一起旋转，在距离永久磁铁4旋转轨迹外1~2毫米处，固定有一个磁传感器5，当机床主轴需要停转换刀时，数控装置发出主轴停转的指令，主轴电机3立即降速，使主轴以很低的转速回转，当永久磁铁4对准磁传感器5时，磁传感器发出准停信号，此信号经放大后，由定向电路使电机准确地停止在规定的周向位置上。这种准停装置机械结构简单，永久磁铁4与磁传感器5之间没有接触摩擦，准停的定位精度可达 $\pm 1^\circ$ ，能满足一般换刀要求，而且定向时间短，可靠性较高。



1-主轴 2-同步齿形带 3-主轴电机 4-永久磁铁 5-磁传感器

图 1-2-4 磁传感器检测定向的电气式主轴准停装置

除了磁传感器检测定向的电气式准停装置外，还可利用编码器实现主轴准停。通过主轴

电动机内置安装的位置编码器或在机床主轴箱上安装一个与主轴 1: 1 同步旋转的位置编码器来实现准停控制, 准停角度可任意设定。主轴驱动装置内部可自动转换, 使主轴驱动处于速度控制或位置控制状态。图 1-2-5 给出了编码器检测定向的电气式主轴准停装置。

无论采用何种准停方案, 在主轴上安装元件时应注意动平衡问题, 因为数控机床的精度很高, 转速也很高, 所以对动平衡要求严格。一般对中速以上的主轴来讲, 轻度动不平衡不会引起太大的问题; 但对于高速主轴来说, 这一不平衡量则会引起主轴振动。

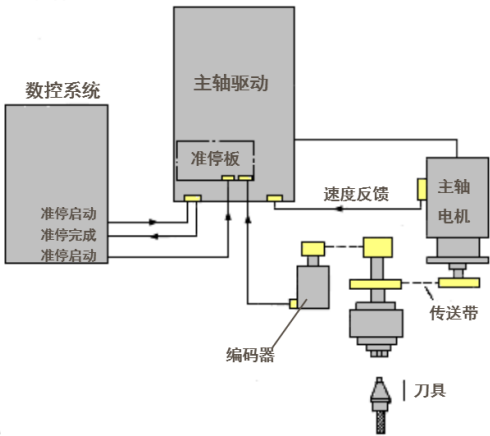


图 1-2-5 编码器检测定向的电气式主轴准停装置

4. 主轴准停装置的维护

对于主轴准停装置的维护, 主要包括以下几个方面:

- ①经常检查插件和电缆有无损坏, 使它们保持接触良好。
- ②保持磁传感器上的固定螺栓和连接器上的螺钉紧固。
- ③保持编码器上连接套的螺钉紧固, 保证编码器连接套与主轴连接部分的合理间隙。
- ④保证传感器的合理安装位置。

【任务实施】

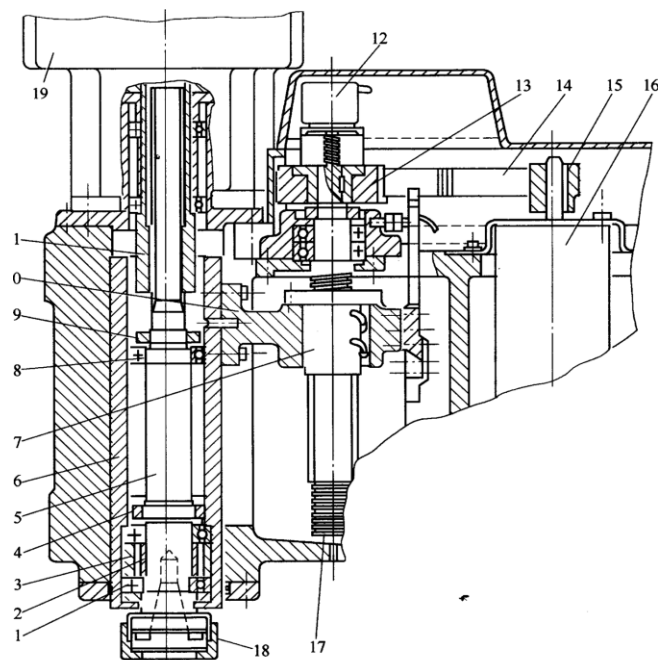
1. 主轴部件的拆卸

- (1) 切断总电源、脉冲编码器12、直流伺服电动机 16、主轴电动机 19等的电气线路。
- (2) 拆下主轴电动机法兰盘上的联接螺钉。
- (3) 拆下主轴电动机19及花键套11等部件(根据具体情况, 也可不拆此部分)。
- (4) 拆下罩壳螺钉, 卸掉上罩壳。
- (5) 拆下丝杠座螺钉。
- (6) 拆下螺母支承 10与主轴套筒6的联接螺钉。

(7) 向右移动丝杠7和螺母支承10等部件,卸下同步带14和螺母支承10处与主轴套筒联接的定位销。

(8) 卸下主轴部件。

(9) 拆下主轴部件前端法兰和油封。



- 1-角接触球轴承 2、3-轴承隔套 4、9-圆螺母 5-主轴 6-主轴套筒 7-丝杠螺母
8-深沟球轴承 10-螺母支承 11-花键套 12-脉冲编码器 13、15-同步带轮
14-同步带 16-直流伺服电动机 17-丝杠 18-快换夹头 19-主轴电动机

图 1-2-6 某数控铣床主轴部件结构图

(10) 拆下主轴套筒。

(11) 拆下圆螺母4和9。

(12) 拆下前、后轴承1和8,以及轴承隔套2和3。

(13) 卸下快换夹头 18。

拆卸后的零件、部件应进行清选和防锈处理,并妥善保管存放。

2. 主轴部件的装配调整

装配顺序可大体按拆卸顺序逆向操作。数控铣床主轴部件装配调整时应注意以下几点:

(1) 为保证主轴工作精度,应注意调整好预紧螺母4的预紧量。

(2) 前、后轴承应保证有足够的润滑油。

(3) 螺母支承 10与主轴套筒的联接螺钉要充分旋紧。

(4) 为保证脉冲编码器与主轴的同步精度,调整时应保证同步带14合理的张紧量。

【任务拓展】

某加工中心，采用外置编码器实现主轴准停控制，换刀时主轴不能准停，致使换刀过程发生中断，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 拉钉
2. 主轴准停
3. 定压预紧
4. 动平衡

二、选择题

1. 主轴准停是指主轴能实现（ ）。
A. 准确的周向定位 B. 准确的轴向定位
C. 准确的时间控制 D. 以上均不对
2. 数控机床的准停功能主要用于（ ）。
A. 换刀和加工过程中退刀 B. 换刀
C. 准确定位 D. 提高加工精度
3. 数控机床主轴锥孔的锥度通常为7:24，之所以采用这种锥度是为了（ ）。
A. 靠摩擦力传递扭矩 B. 自锁
C. 定位和便于装卸刀柄 D. 无正确答案

三、简答题

如何做好数控机床主轴准停装置的维护工作？

相关专业英语词汇

MT(machine tool)—机床
spindle—主轴
pulse coder—编码器
bearing—轴承
orientation—定向
chain—传动链
warrant stop of spindle—主轴准停
magnetic sensor—磁传感器
Machining Center—加工中心
clamping—装夹
handbook—手册

项目二 数控机床进给传动系统的安装与调试



项目引入

数控机床进给系统的任务是实现执行机构（刀架、工作台等）的运动。大部分数控机床的进给系统是由伺服电动机经过联轴器与滚珠丝杠直接相连，然后由滚珠丝杠螺母副驱动工作台运动，其机械结构比较简单。数控机床进给传动系统中的机械传动装置具有高寿命、高刚度、无间隙、高灵敏度和低摩擦阻力等特点，是位置控制中的重要环节，也是影响数控机床位置精度的重要因素。本项目主要包括数控机床滚珠丝杠副的安装与调试、数控机床导轨的安装与调试等典型工作任务。通过完成上述工作任务，使学生具备数控机床进给传动系统的安装与调试能力，并具备良好的职业素养。



项目要求

1. 掌握数控机床进给系统的组成及结构
2. 能分析数控机床进给传动系统结构图
3. 掌握数控机床进给传动系统的安装与调试要点
4. 能够根据控制要求完成数控机床进给传动系统的安装与调试
5. 具备分析问题和解决问题的能力



项目内容

任务 1 数控机床滚珠丝杠副的安装与调试

任务 2 数控机床导轨的安装与调试

任务 1 数控机床滚珠丝杠副的安装与调试

【任务目标】

- 1. 了解数控机床的进给系统的结构组成及技术要求；
- 2. 掌握滚珠丝杠螺母副的循环方式、间隙调整及安装；
- 3. 掌握滚珠丝杠安装的技术要点；
- 4. 能够根据技术要求完成滚珠丝杠的安装与调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，滚珠丝杠的装配要求是：滚珠丝杠螺母副相对于运动部件不能有轴向窜动；螺母座中心孔与丝杠同心，滚珠丝杠副中心线在两个方向上与导轨平行，能方便地进行间隙调整和丝杠的预拉伸。现需要完成该机床滚珠丝杠的安装与调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下资料：

- 1. 该数控机床的使用说明书；
- 2. 该数控机床的维修说明书；
- 3. 该数控机床的进给传动结构图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 2-1-1。

表 2-1-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	外六方扳手	8×10、12×14、16×18、17×19	套	1
	钩扳子	34-42、45-52、68-80	把	3
	铜棒	Φ50x150	个	1
	轴承垫套	Φ62x100，Φ40x100	件	1
	千分表	0-0.6mm（0.002mm）	个	1
	磁力表座	385mm	套	1
材料	轴承	根据实际情况	组	1
	干净棉纱	根据实际情况	块	2
	煤油或汽油	根据实际情况	桶	适量
	润滑脂	根据实际情况	桶	适量

三、知识准备

1. 数控机床进给系统

数控机床进给系统主要由伺服电动机、联轴器、减速机构、滚珠丝杠螺母副、丝杠轴承、运动部件（床鞍、横向溜板、刀架、工作台等）及检测元件等组成。数控机床进给运动是数字控制的直接对象。数控机床传动装置的精度、灵敏度和稳定性，将直接影响工件的加工精度。为此，数控机床的进给传动系统必须满足下列要求：

（1）传动刚度高

进给传动系统的传动精度和刚度，从机械结构方面考虑主要取决于传动间隙以及丝杠螺母副、蜗轮蜗杆副及其支承结构的精度和刚度，刚度不足还会导致工作台（或拖板）产生爬行和振动。加大丝杠直径，对丝杠螺母副、支承部件、丝杠本身施加预紧力，是提高传动刚度的有效措施。传动间隙主要来自于传动齿轮副、丝杠螺母副及其支承部件之间，因此进给传动系统中广泛采用施加预紧力或其它消除间隙的措施来提高传动精度，如缩短传动链及采用高精度的传动装置等。

（2）摩擦阻力小

为提高数控机床进给系统的快速响应性能，必须减小运动件之间的摩擦阻力和动、静摩擦力之差。在数控机床进给系统中，为减小摩擦阻力，普遍采用滚珠丝杠螺母副、静压丝杠螺母副、滚动导轨、静压导轨和塑料低摩擦导轨。

（3）惯量低

传动部件的惯量对伺服机构的启动和制动特性都有影响，尤其是高速运转的零部件，其惯量的影响更大。因此在满足部件强度和刚度的前提下，应尽可能减小运动部件的质量，减小旋转零件的直径和重量，以降低运动部件的惯量。

2. 滚珠丝杠螺母副

在数控机床的进给系统中，采用滚珠丝杠螺母副可将旋转运动转换为直线运动。滚珠丝杠螺母副是一种在丝杠和螺母间装有滚珠作为中间元件的丝杠副，如图 2-1-1 是滚珠丝杠螺母副的原理图和实物图。在丝杠和螺母上加工有一弧形的螺旋槽，当它们套装在一起时形成了螺旋滚道，滚道内装满滚珠。当丝杠相对螺母旋转时，两者发生轴向位移，而滚珠则沿着滚道滚动，螺母螺旋槽的两端用回珠管连接起来，使滚动能作周而复始的循环运动，管道的两端还起着挡珠的作用，以防滚珠沿滚道滚出。

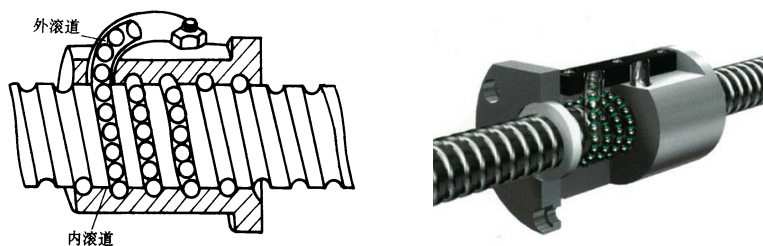


图 2-1-1 滚珠丝杠原理图

由于滚珠丝杠具有传动效率高、运动平稳、寿命高以及可以消除间隙，提高系统静刚度等特点，除了大型数控机床因移动距离大而采用齿条或蜗杆外，各类中、小型数控机床的直线运动进给系统普遍采用滚珠丝杠。

数控机床进给系统所使用的滚珠丝杠必须具有可靠的轴向间隙消除结构、合理的安装结构和有效的防护装置。

(1) 滚珠丝杠副的循环方式

滚珠丝杠螺母副常用的循环方式有内循环与外循环两种方式。滚珠在循环过程中有时与丝杠脱离接触称为外循环；一直与丝杠保持接触称为内循环。

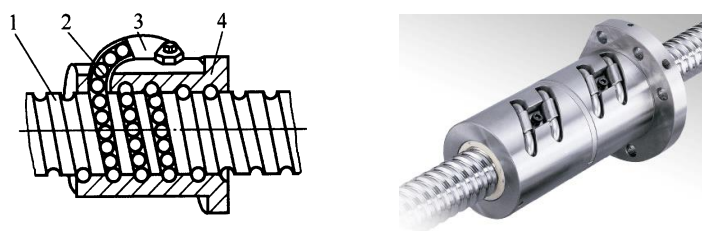
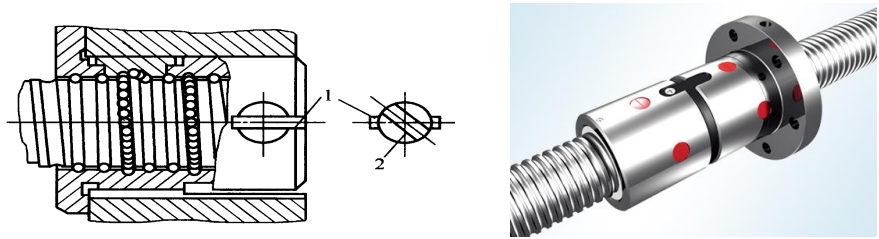


图 2-1-2 外循环式滚珠丝杠

图 2-1-2 为外循环式，它由丝杠 1、滚珠 2、回珠管 3 和螺母 4 组成。在丝杠 1 和螺母 4 上各加工有圆弧形螺旋槽，将它们套装起来便形成螺旋形滚道，滚道内装满滚珠 2。当丝杠相对于螺母旋转时，丝杠的旋转面经滚珠推动螺母轴向移动，同时滚珠沿螺旋形滚道滚动，使丝杠和螺母之间的滑动摩擦转变为滚珠与丝杠、螺母之间的滚动摩擦。螺母螺旋槽的两端用回珠管 3 连接起来，使滚珠能够从一端重新回到另一端，构成一个闭合的循环回路。外循环结构制造工艺简单，使用较广泛。其缺点是滚道接缝处很难做平滑，影响滚珠滚动的平稳性，甚至发生卡珠现象，噪声也较大。

内循环均采用反向器实现滚珠循环，反向器有两种型式。图 2-1-3 所示为凸键反向器，在螺母的侧孔中装有圆柱凸轮式反向器，反向器端部铣有 S 形回珠槽 2，反向器的圆柱部分嵌入螺母内，反向器圆柱面由其上端的凸键 1 定位，以保证对准螺纹滚道方向。回珠槽 2 将相邻两螺纹滚道连接起来。滚珠从螺纹滚道进入反向器，借助反向器迫使滚珠越过丝杠牙顶进入相邻滚道，实现循环。内循环反向器和外循环反向器相比，其结构紧凑，定位可靠，刚性好，且不易磨损，返回接道短，不易发生滚珠堵塞，摩擦损失也小。其缺点是反向器结

构复杂，制造较困难，且不能用于多头螺纹传动。



1—凸键 2—反向器

图 2-1-3 内循环式滚珠丝杠

(2) 滚珠丝杠螺母副间隙的调整

滚珠丝杠的传动间隙是指丝杠和螺母无相对转动时，丝杠和螺母两者之间的最大轴向窜动量。除了本身的轴向间隙之外，还包括施加轴向载荷后，产生的弹性变形所造成的轴向窜动量。

滚珠丝杠螺母副的轴向间隙直接影响其传动刚度和传动精度，尤其是反向传动精度。通常采用预加载荷预紧的方法来减小弹性变形所带来的轴向间隙，保证反向传动精度和轴向精度。但过大的预加载荷会增加摩擦阻力，降低传动效率，缩短使用寿命，所以一般需要经过多次调整，以保证既消除间隙又能灵活运转。调整时除螺母预紧外，还应特别注意使丝杠安装部分和驱动部分的间隙尽可能小，并且具有足够刚度。

滚珠丝杠螺母副轴向间隙调整和预紧的原理都是使两个螺母产生轴向位移，以消除它们之间的间隙。除少数使用微量过盈滚珠的单螺母结构消除外，常采用双螺母预紧方法，其结构形式有三种：

①垫片调隙法 如图 2-1-4 所示，通过调整垫片的厚度使左右两螺母产生轴向位移，来消除间隙和产生预紧力。这种方法能精确调整预紧量，结构简单，工作可靠，但调整费时，滚道磨损时不能随时进行调整，并且调整的精度也不高，适用一般精度的数控机床。

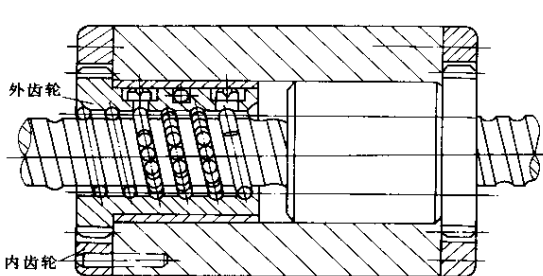


图 2-1-4 垫片调整消隙

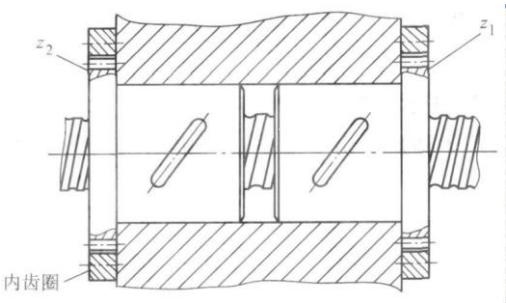
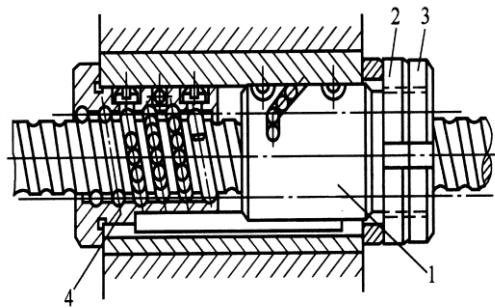


图 2-1-5 齿差调整消隙

②齿差调隙法 图 2-1-5 所示为双螺母齿差式调整间隙结构。在两个螺母的凸缘上分别切出齿数差为 1 的两个齿轮，这两个齿轮分别与两端相应的内齿轮相啮合，内齿轮紧固在螺母座上。预紧时脱开内齿圈，使两个螺母同向转过相同的齿数，然后再合上内齿圈。两螺母的轴向相对位移发生变化，从而实现间隙的调整和施加预紧力。这种调整方式的结构复杂，

但调整方便,并可以获得精确的调整量,可实现定量精密微调,是目前应用较广的一种结构。



1-右螺母 2-调整螺母 3-锁紧螺母 4-左螺母

图 2-1-6 双螺母螺纹消除

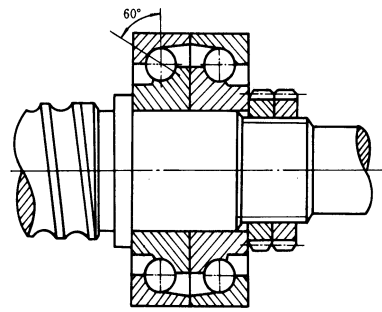


图 2-1-7 滚珠丝杠专用轴承

③螺纹调隙法 图 2-1-6 所示是利用螺母来实现预紧的结构,左螺母 4 外端有凸缘,而右螺母 1 是螺纹结构,用两个圆螺母 2、3 把垫片压在螺母座上,左右螺母和螺母座上加工有键槽,采用平键连接,使螺母在螺母座内可以轴向滑移而不能相对转动。调整时,只要拧紧圆螺母 2 使右螺母 1 向右滑动,可以改变两螺母的间距,即可消除间隙并产生预紧力。螺母 3 是锁紧螺母,调整完毕后,将螺母 3 和螺母 2 并紧,可以防止螺母在工作中松动。这种调整方法具有结构简单、工作可靠、调整方便的优点,但调整预紧量不准确。

滚珠丝杠的正确安装及其支承结构的刚度是影响数控机床进给系统的传动刚度的重要因素。近来出现一种滚珠丝杠专用轴承,其结构如图 2-1-7 所示。这是一种能够承受很大轴向力的特殊角接触球轴承,与一般角接触球轴承相比,接触角增大到 60° ,增加了滚珠的数目并相应减小滚珠的直径。

3. 滚珠丝杠的安装

滚珠丝杠是数控机床驱动部件的重要组成部分,其精度直接影响机床的加工精度。如安装不正确,滚珠丝杠工作时发热,热应力会使丝杠伸长,精度有所下降,使机床加工精度不稳定,并直接影响机床的使用寿命。所以说丝杠的安装在数控机床装配方面非常重要。

丝杠的安装应注意如下几点:(1) 滚珠丝杠在开箱清理时,应避免磕碰划伤。(2) 丝杠螺纹安装前一定要清理干净,涂上少量润滑油后再安装锁紧螺母,避免丝母与丝杠安装过紧无法拆卸。(3) 锁紧螺母的安装、必须遵守公司相关规定的扭力值,用专用工装来操作,避免敲击安装。(4) 长度比较大的滚珠丝杠搬运和起吊时应采用两点斜拉,避免滚珠丝杠弯曲变形。(5) 锁紧螺母和法兰盘不能一次安装到位,必须采用锁紧—松开—再锁紧的方法安装。

【任务实施】

1. 滚珠丝杠装配的技术要求

滚珠丝杠装配如图 2-1-8 所示,应满足如下要求:滚珠丝杠螺母副相对于运动部件不能有轴向窜动;螺母座中心孔与丝杠同心,如图 2-1-9 所示;滚珠丝杠副中心线在两个方向上

与导轨平行；能方便地进行间隙调整和丝杠的预拉伸。

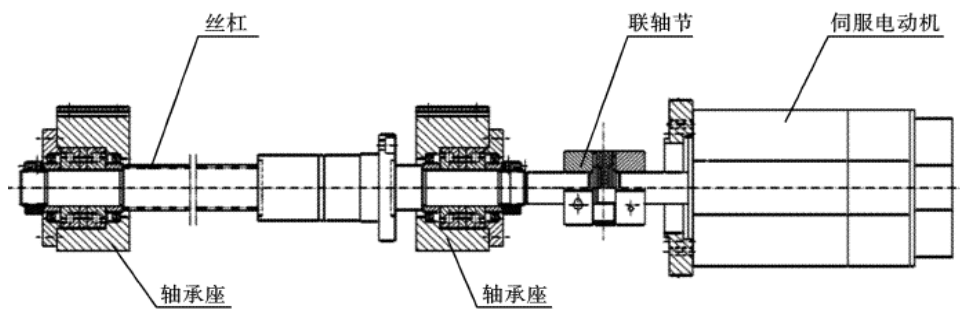


图 2-1-8 滚珠丝杠装配示意图

- ①丝杠水平和垂直两面的母线与导轨的平行度 $\leq 0.015\text{mm}$ ；
- ②螺母端面跳动 $\leq 0.02\text{mm}$ ，表示端面垂直于丝杠轴心的程度。

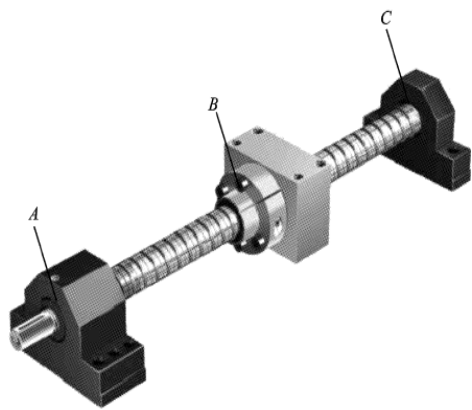


图 2-1-9 轴承座与螺母座同心

2. 安装过程

第一步：水平平面内找直，将千分表固定在导轨滑块上，表头打在丝杠的上母线上，得出两端的差值。不平的话，加垫片（补正垫片），垫片的厚度取决于差值。

第二步：垂直平面内找直，千分表依然是固定在导轨滑块上，只是表头要打在丝杠的侧母线上，得出两端的差值。不平时，左右移动轴承座找整，拧紧螺钉。

第三步：检测螺母安装端面的端面跳动，不大于 0.02mm 为合格。

第四步：固定，配钻、配铰圆锥定位销孔。

第五步：安装轴承座压盖，先安装一端，塞尺检验缝隙 $\leq 0.03\text{mm}$ 。达不到要求时，调整螺钉松紧，再达不到，要修磨轴承座压盖。拧紧锁紧圆螺母（两个一组）。安装另一端，方法一样。

第六步：对丝杠进行预拉伸。预拉伸的作用，补偿因工作升温引起的丝杠伸长，减小弹

性变形，增加刚度，保证定位精度。

第七步：复检。

第八步：安装联轴器，保证电动机轴线与丝杠轴线同心。

【任务拓展】

某加工中心配备 FANUC 0i MD 数控系统，伺服电动机与滚珠丝杠通过联轴器直接相连，运行1年后，发生 Z 轴加工尺寸不稳定，尺寸超差且无规律，并且无任何报警提示，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 滚珠丝杠
2. 垫片调隙法
3. 齿差调隙法
4. 螺纹调隙法

二、选择题

1. 滚珠丝杠预紧的目的是（ ）。
A. 增加阻尼比，提高抗振性 B. 提高运动平稳性
C. 消除轴向间隙和提高传动刚度 D. 加大摩擦力，使得系统能自锁
2. 滚珠丝杠消除轴向间隙的结构形式是（ ）。
A. 减小摩擦力矩 B. 提高使用寿命
C. 提高反向传动精度 D. 增大驱动力矩
3. 数控车床与普通车床相比在结构上差别最大的部件是（ ）。
A. 主轴箱 B. 床身 C. 进给传动 D. 刀架

三、判断题

1. 为了减少传动阻力，只在丝杠的一端安装轴承。（ ）
2. 滚珠丝杠副具有高的自锁性，不需要增加制动装置。（ ）
3. 数控机床传动丝杠的反向间隙是不能补偿的。（ ）
4. 为了补偿热膨胀，可对滚珠丝杠进行预拉伸。（ ）
5. 数控机床中常用滚珠丝杠，用滚动摩擦代替滑动摩擦。（ ）

任务 2 数控机床导轨的安装与调试

【任务目标】

- 1. 掌握数控机床导轨的类型及结构；
- 2. 掌握导轨副间隙调整方法；
- 3. 掌握导轨的润滑与防护；
- 4. 掌握导轨的安装步骤及方法；
- 5. 能够根据技术要求完成导轨的安装与调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，导轨的装配要求是：导轨侧基准面与基体定位面相贴靠，0.02mm 塞尺不入；导轨拼接处必须留有 0.02-0.03mm 的间隙。现需要完成该机床导轨的安装与调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下资料：

- 1. 该数控车床的使用说明书；
- 2. 该数控车床的维修说明书；
- 3. 该数控车床的拖板装配图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的安装与调试工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 2-2-1。

表 2-2-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	外六方扳手	8×10、12×14、16×18、17×19	套	1
	力矩扳手	单头扳手	个	1
	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1
	千分表	0-0.6mm（0.002mm）	个	1
	磁力表座	385mm	套	1
材料	干净棉纱	根据实际情况	块	2
	油石	180*60*28	块	1

三、知识准备

1. 数控机床导轨

数控机床上的运动部件都是沿着它的床身、立柱、横梁等部件上的导轨而运行，导轨起支承和导向的作用。导轨的质量对机床的刚度、加工精度和使用寿命有很大的影响。数控机床的导轨比普通机床的导轨要求更高，要求其在高速进给时不发生振动，低速进给时不出现爬行，且灵敏度高，耐磨性好，可在重载荷下长期连续工作，精度保持性好等。这就要求导轨副具有好的摩擦特性。现代数控机床采用的导轨主要有带有塑料层的滑动导轨、滚动导轨和静压导轨。

(1) 滑动导轨

带有塑料层的滑动导轨具有摩擦系数低，且动、静摩擦系数差值小；减振性好，具有良好的阻尼性；耐磨性好，有自润滑作用；结构简单、维修方便、成本低等特点。图 2-2-1 所示为滑动导轨结构图。



图 2-2-1 滑动导轨



图 2-2-2 滚动导轨

数控机床采用的带有塑料层的滑动导轨有铸铁 - 塑料滑动导轨和嵌钢 - 塑料滑动导轨。塑料层滑动导轨常用在导轨副中活动的导轨上，与之相配的金属导轨则采用铸铁或钢质材料。根据加工工艺不同，带有塑料层的滑动导轨可分为注塑导轨和贴塑导轨，导轨上的塑料常用环氧树脂耐磨涂料和聚四氟乙烯导轨软带。

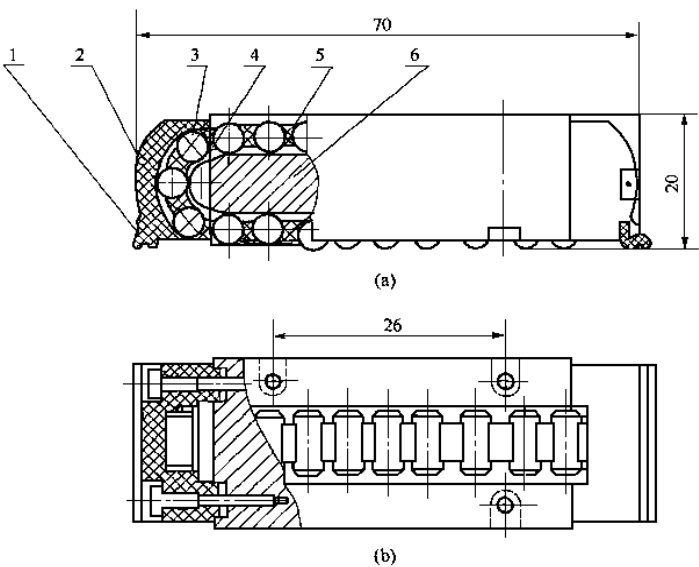
注塑导轨的注塑层塑料附着力强，具有良好的可加工性，可以进行车、铣、刨、钻、磨削和刮削加工；且具有良好的摩擦特性和耐磨性，塑料涂层导轨摩擦系数小，在无润滑油的情况下仍有较好的润滑和防爬行的效果；抗压强度比聚四氟乙烯导轨软带要高，固化时体积不收缩，尺寸稳定。特别是可在调整好固定导轨和运动导轨间的相关位置精度后注入塑料，可节省很多加工工时，特别适用于重型机床和不能用导轨软带的复杂配合型面。

贴塑导轨是在导轨滑动面上贴一层抗磨的塑料软带，与之相配的导轨滑动面需经淬火和磨削加工。软带以聚四氟乙烯为基材，添加合金粉和氧化物制成。塑料软带可切成任意大小和形状，用胶黏剂粘接在导轨基面上。由于这类导轨软带用粘接方法，故称为贴塑导轨。

(2) 滚动导轨

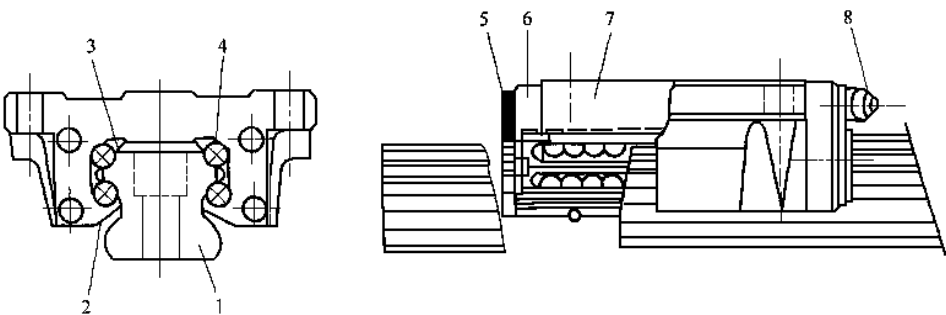
图 2-2-2 为滚动导轨，其特点是：摩擦系数小，摩擦系数一般在 $0.0025 \sim 0.005$ 的范围内，动、静摩擦系数基本相同，启动阻力小，不易产生冲击，低速运动稳定性好；定位精度

高，运动平稳，微量移动准确；磨损小，精度保持性好，寿命长；但是抗振性差，防护要求较高，结构复杂，制造较困难，成本较高。现代数控机床常采用的滚动导轨有滚动导轨块和直线滚动导轨两种。



1—防护板 2—端盖 3—滚柱 4—导向片 5—保持器 6—本体
图 2-2-3 滚动导轨块的结构

滚动导轨块是一种以滚动体作循环运动的滚动导轨，其结构如图 2-2-3 所示。在使用时，滚动导轨块安装在运动部件的导轨面上，每一导轨至少用两块，导轨块的数目与导轨的长度和负载的大小有关，与之相配的导轨多用镶钢淬火导轨。当运动部件移动时，滚柱 3 在支承部件的导轨面与本体 6 之间滚动，同时又绕本体 6 循环滚动，滚柱 3 与运动部件的导轨面不接触，所以运动部件的导轨面不需淬硬磨光。滚动导轨块的特点是刚度高，承载能力大，便于拆装。



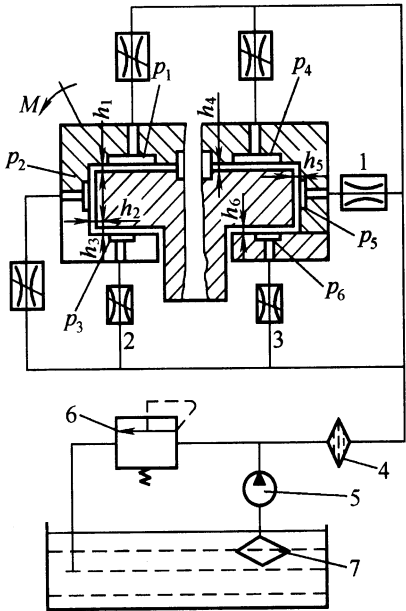
1—导轨体 2—侧面密封垫 3—保持器 4—滚珠 5—端部密封垫 6—端盖 7—滑块 8—润滑油杯
图 2-2-4 直线滚动导轨的结构

直线滚动导轨的结构如图 2-2-4 所示，主要由导轨体 1、滑块 7、滚珠 4、保持器 3、端盖 6 等组成。由于它将支承导轨和运动导轨组合在一起，作为独立的标准导轨副部件由专门的生产厂家制造，故又称单元式直线滚动导轨。在使用时，导轨体固定在不运动的部件上，滑块固定在运动部件上。当滑块沿导轨体运动时，滚珠在导轨体和滑块之间的圆弧直槽内滚

动，并通过端盖内的暗道从工作负载区到非工作负载区，然后再滚回到工作负载区，不断循环，从而把导轨体和滑块之间的滑动，变成了滚珠的滚动。

（3）静压导轨

静压导轨的滑动面之间开有油腔，将有一定压力的油通过节流器输入油腔，形成压力油膜，浮起运动部件，使导轨工作表面处于纯液体摩擦，不产生磨损，精度保持性好。图 2-2-5 为静压导轨工作原理，来自液压泵的压力油，其压力为 P_0 ，经节流器，压力降至 P_1 ，进入导轨面，借助压力将动导轨浮起，使导轨面间以一层厚度为 h_0 的油膜隔开，油腔中的油不断地穿过各封油间隙流回油箱，压力降为零。当动导轨受到外负荷 W 作用时，使动导轨向下产生一个位移，导轨间隙由 A_0 降至 A_1 ，使油腔回油阻力增大，油压增大，以平衡负载，使导轨仍在纯液体摩擦下工作。



1—固定节流阀 2、3—可调节流阀 4、7—过滤器 5—液压泵 6—溢流阀

图 2-2-5 静压导轨工作原理图

静压导轨摩擦系数极低（0.0005），使驱动功率大为降低。其运动不受速度和负载的限制，低速无爬行，承载能力大，刚度好；油液有吸振作用，抗振性好，导轨摩擦发热也小。其缺点是结构复杂，要有供油系统，油的清洁度要求高，多用于重型机床。

另外，还有以空气为介质的空气静压导轨，也称为气浮导轨。摩擦力极小，有很好的冷却作用，可以减小热变形。

2. 导轨副间隙调整

导轨副维护很重要的一项工作是保证导轨面之间具有合理的间隙。间隙过小，则摩擦阻力大，导轨磨损加剧；间隙过大，则运动失去准确性和平稳性，失去导向精度。下面介绍几

种间隙的调整方法。

(1) 压板调整间隙

图 2-2-6 所示为矩形导轨上常用的几种压板装置。压板用螺钉固定在动导轨上，常用钳工配合刮研及选用调整垫片、平镶条等机构，使导轨面与支承面之间的间隙均匀，达到规定的接触点数。对图 2-2-6 (a) 所示的压板结构，如间隙过大，应修磨和刮研 B 面；间隙过小或压板与导轨压得太紧，则可刮研或修磨 A 面；图 (b) 采用镶条式调整间隙；图 (c) 采用垫片式调整间隙。

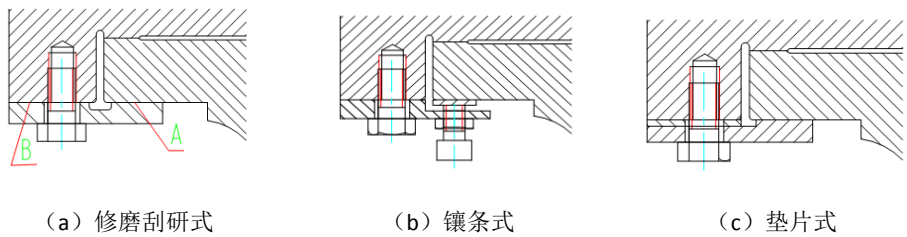


图 2-2-6 压板调整间隙

(2) 镶条调整间隙

图 2-2-7 (a) 所示为一种全长厚度相等、横截面为平行四边形（用于燕尾形导轨）或矩形的平镶条，通过侧面的螺钉调节和螺母锁紧，以其横向位移调整间隙。由于收紧力不均匀，故在螺钉的着力点有挠曲。图 2-2-7 (b) 所示为一种全长厚度变化的斜镶条及三种用于斜镶条的调节螺钉，以其斜镶条的纵向位移来调整间隙。斜镶条在全长上支承，其斜度为 1:40 或 1:100，由于楔形的增压作用会产生过大的横向压力，因此调整时应细心。

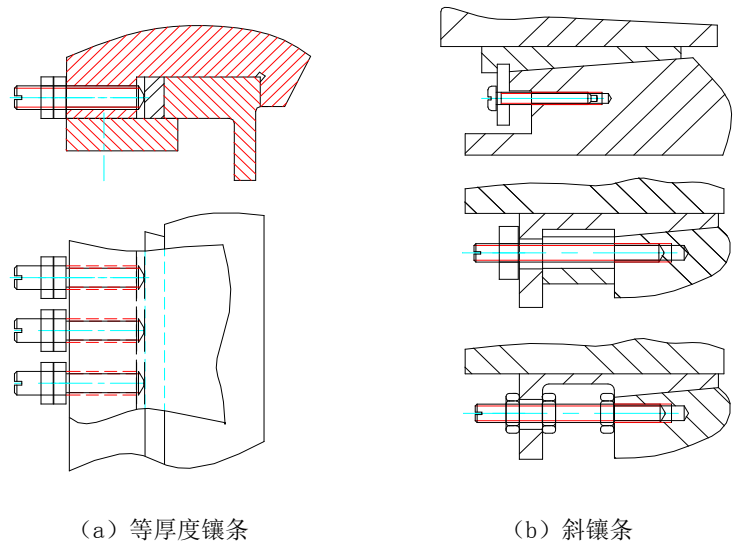


图 2-2-7 镶条调整间隙

(3) 压板镶条调整间隙

如图 2-2-8 所示，T 形压板用螺钉固定在运动部件上，运动部件内侧和 T 形压板之间放

置斜镶条，镶条不是在纵向有斜度，而是在高度方面做成倾斜。调整时，借助压板上几个推拉螺钉，使镶条上下移动，从而调整间隙。三角形导轨的上滑动面能自动补偿，下滑动面的间隙调整与矩形导轨的下压板调整底面间隙的方法相同；圆形导轨的间隙不能调整。

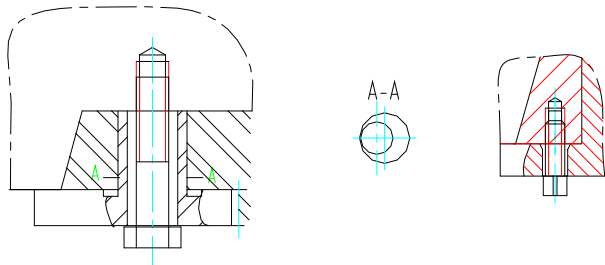


图 2-2-8 压板镶条调整间隙

3. 导轨的润滑与防护

导轨面上进行润滑后，可降低摩擦系数，减少磨损，并且可防止导轨面锈蚀。导轨常用的润滑剂有润滑油和润滑脂，前者用于滑动导轨，而滚动导轨两者都用。

①润滑方法。导轨最简单的润滑方式是人工定期加油或用油杯供油，这种方法简单、成本低，但不可靠，一般用于调节辅助导轨及运动速度低、工作不频繁的滚动导轨。对运动速度较高的导轨大都采用润滑泵，以压力强制润滑。这样不但可连续或间歇供油给导轨进行润滑，而且可利用油的流动冲洗和冷却导轨表面。为实现强制润滑，必须有专门的供油系统。

②对润滑油的要求。在工作温度变化时，润滑油黏度变化要小，要有良好的润滑性能和足够的油膜刚度，油中杂质尽量少且不侵蚀机件。常用的全损耗系统用油有 L-AN10、L-AN15、L-AN32、L-AN42、L-AN67，精密机床导轨油 L-TSA32、L-TSA46 等。

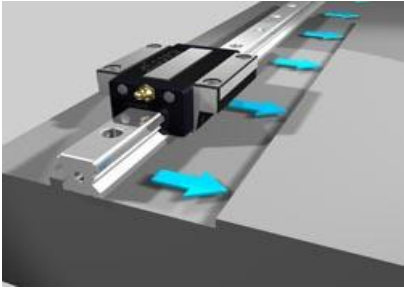
为了防止切屑、磨粒或冷却液散落在导轨面上而引起磨损、擦伤和锈蚀，导轨面上应有可靠的防护装置。常用的刮板式、卷帘式和叠层式防护罩，大多用于长导轨上。在机床使用过程中应防止损坏防护罩，对叠层式防护罩应经常用刷子蘸机油清理移动接缝，以避免碰壳现象的产生。

【任务实施】

直线滚动导轨副的安装步骤见表2-2-2。

表2-2-2 直线滚动导轨副的安装步骤

序号	操作步骤	图示
1	安装前擦拭去导轨上的防锈油	

2	使用油石磨去底座安装面的毛刺及微小凸出部位，并用布擦干净。注意：将防锈油清除后，基准面更容易生锈，所以建议涂抹上黏度较低的主轴用润滑油。	
3	将基准导轨轻轻放在底座安装面上，导轨的基准侧面与安装台阶的基准侧面相对。	
4	试拧紧螺栓以确认螺纹孔是否吻合，并将导轨底面大概固定在底座安装面上。	
5	利用 U 型夹头将导轨的基准侧面与安装台阶的基准侧面夹紧。	
6	使用力矩扳手，按规定力矩值顺序拧紧安装螺栓，将导轨底部基准面逼紧床台底部基准面。	

安装导轨时，应首先正确区分基准导轨与非基准导轨，可通过导轨底面和滑块侧面的退刀槽识别安装基准侧面，在导轨基准侧面相反的一侧刻有出厂标记“编号月份-年份”。在两根导轨配对使用时，基准导轨在出厂标记后加“J”以作识别。

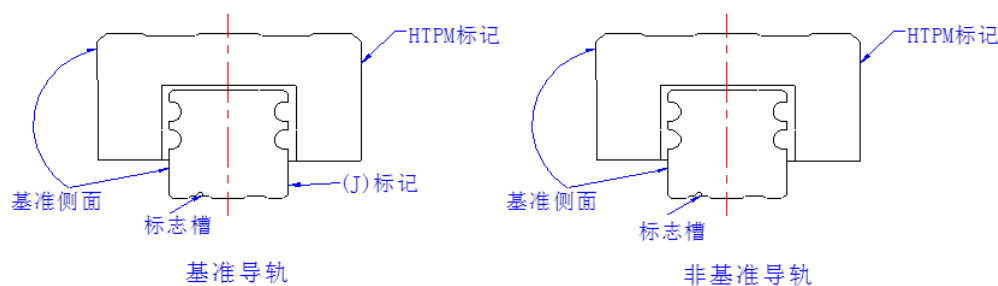


图 2-2-9 导轨与滑块基准的识别

【任务拓展】

某一台数控车床在自动加工过程中，直线和圆弧相切处出现明显的加工痕迹，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 滑动导轨
2. 滚动导轨
3. 静压导轨

二、选择题

1. 数控机床导轨按接合面的摩擦性质可分为滑动导轨、滚动导轨和（ ）三种。
 - A. 贴塑导轨
 - B. 静压导轨
 - C. 动摩擦导轨
 - D. 静摩擦导轨
2. （ ）不是滚动导轨的缺点。
 - A. 动、静摩擦因数很接近
 - B. 结构复杂
 - C. 防护要求高
 - D. 摩擦小
3. 滚动导轨预紧的目的是（ ）。
 - A. 提高导轨的强度
 - B. 提高导轨的接触刚度
 - C. 减少牵引力
 - D. 以上均不对
4. 如定位精度下降，反向间隙过大，机械爬行，轴承噪声过大等，这通常是（ ）故障。
 - A. 进给传动链
 - B. 主轴部件
 - C. 自动换刀装置
 - D. 润滑系统

相关专业英语词汇

ball screw—滚珠丝杠

coupling—联轴器

nut—螺母

clearance—间隙

pretightening force—预紧力

bed—床身

guideway—导轨

linear guideway—直线导轨

rolling guideway—滚动导轨

slide guideway—滑动导轨

hydrostatic guideway—静压导轨

项目三 数控机床辅助装置的安装与调试

项目引入

数控机床辅助装置是保证充分发挥数控机床功能所必需的配套装置,常用的辅助装置包括换刀、排屑、冷却、润滑、回转工作台、防护、照明等装置。本项目主要包括电动刀架的安装与调试、刀库与机械手的安装与调试、润滑与冷却系统的安装与调试等典型工作任务。通过完成上述工作任务,使学生具备数控机床辅助装置的安装与调试能力,并具备良好的职业素养。

项目要求

1. 掌握数控车床电动刀架的机械结构
2. 掌握数控车床电动刀架的保养及检查方法
3. 掌握数控机床常见刀具换刀方式
4. 掌握常见刀库及机械手的结构
5. 能读懂数控机床润滑和冷却的原理图
6. 能完成电动刀架、刀库、润滑系统等辅助装置的安装与调试
7. 具备分析问题和解决问题的能力

项目内容

- 任务 1 电动刀架的安装与调试
- 任务 2 刀库与机械手的安装与调试
- 任务 3 润滑与冷却系统的安装与调试

任务 1 电动刀架的安装与调试

【任务目标】

- 1. 了解数控车床自动换刀装置的类型；
- 2. 掌握数控车床电动刀架的机械结构；
- 3. 掌握数控车床电动刀架的保养及检查方法；
- 4. 能够根据技术要求完成电动刀架的机械保养。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，配备电动刀架，如图 3-1-1 所示，本次任务的工作是对其进行机械保养及检查。

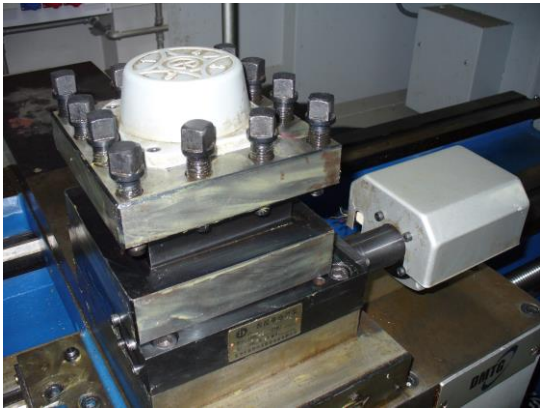


图 3-1-1 电动刀架

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的机械保养及检查，需要配备以下资料：

- 1. 该数控车床使用说明书；
- 2. 电动刀架使用说明书。

二、工具准备

要完成本任务中的机械保养及检查，需要配备以下工具和材料，具体见表 3-1-1。

表 3-1-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1
	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	锤子	300	把	1

	定位销冲子	根据实际情况	个	1
	活扳手	200×24	把	1
	材料			
	润滑脂	根据实际情况	桶	适量
	煤油	根据实际情况	桶	适量
	机油	根据实际情况	桶	适量

三、知识准备

1. 数控车床自动换刀装置

数控车床为了能在工件一次装夹中完成多种甚至所有加工工序，以缩短辅助时间，减少多次安装工件引起的误差，必须带有自动换刀装置。自动换刀装置应当满足换刀时间短、刀具重复定位精度高、足够的刀具存储以及安全可靠等基本要求。各类数控机床的自动换刀装置的结构取决于机床的形式、工艺范围以及刀具的种类和数量等。数控车床常用的自动换刀装置有：

（1）排刀式刀架

排刀式刀架一般用于小规格数控车床，以加工棒料为主的机床较为常见。它的结构形式为夹持着各种不同用途刀具的刀夹，沿着机床的X坐标轴方向排列在横向滑板或一种称之为快换台板上，刀具典型布置方式如图3-1-2所示。这种刀架的特点之一是在使用上刀具布置和机床调整都较方便，可以根据具体工件的车削工艺要求，任意组合各种不同用途的刀具，一把刀完成车削任务后，横向滑板只要按程序沿X轴向移动预先设定的距离后，第二把刀就到达加工位置，这样就完成了机床的换刀动作。这种换刀方式迅速省时，有利于提高机床的生产效率；特点之二是使用如图3-1-3所示的快换台板，可以实现成组刀具的机外预调，即当机床在加工某一工件的同时，可以利用快换台板在机外组成加工同一种零件或不同零件的排刀组，利用对刀装置进行预调。当刀具磨损或需要更换加工零件品种时，可以通过更换台板来成组地更换刀具，从而使换刀的辅助时间大为缩短；特点之三是还可以安装各种不同用途的动力刀具（如图3-1-2中刀架两端的动力刀具）来完成一些简单的钻、铰、攻螺纹等二次加工工序，以使机床可在一次装夹中完成工件的全部或大部分加工工序；特点之四是排刀式刀架结构简单，可在一定程度上降低机床的制造成本。然而，采用排刀式刀架只适合加工旋转直径比较小的工件，只适合较小规格的机床配置，不适用于加工较大规格的工件或细长的轴类零件。一般来说旋转直径超过100mm的机床大都不用排刀式刀架，而采用转塔式刀架。

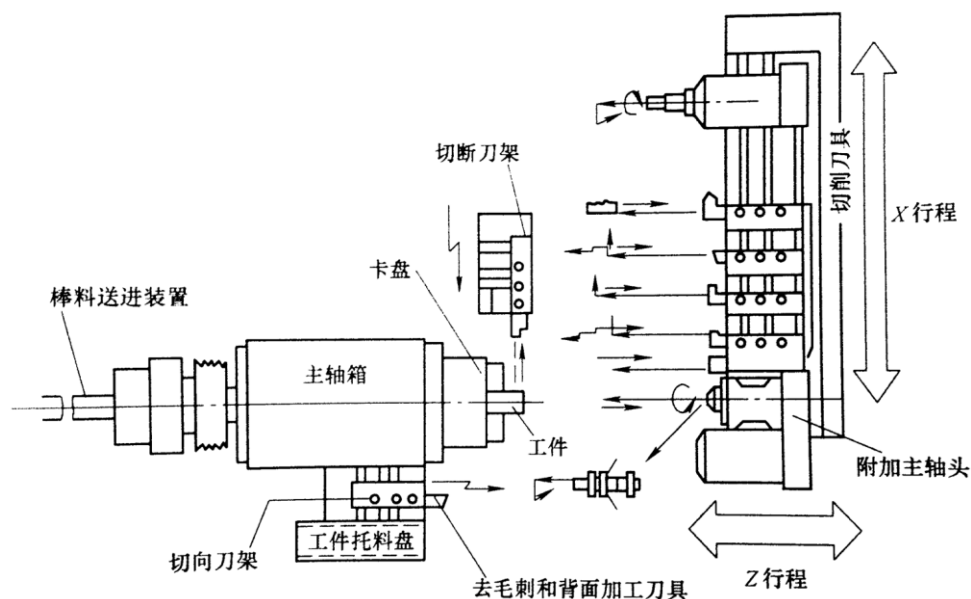


图3-1-2 排刀式刀架布置图

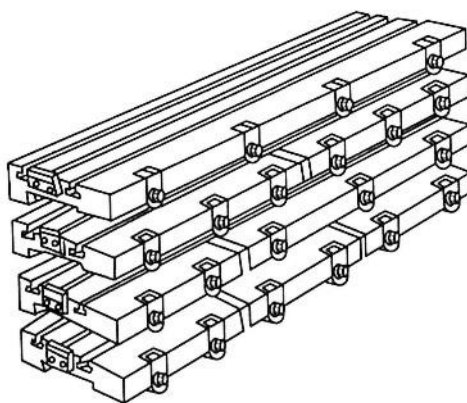
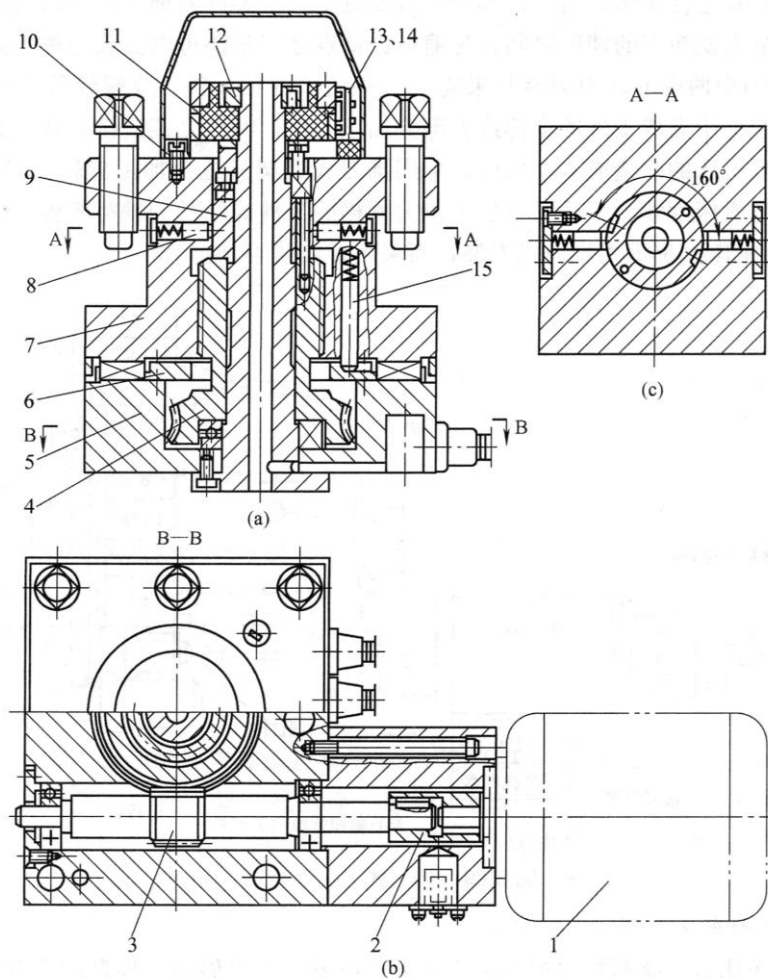


图3-1-3 快换台板

(2) 经济型数控车床方刀架

经济型数控车床方刀架是在普通车床四方刀架的基础上发展的一种自动换刀装置，其功能和普通四方刀架一样：有四个刀位，能装夹四把不同功能的刀具，方刀架回转 90° 时，刀具交换一个刀位，但方刀架的回转和刀位号的选择是由如工件程序指令控制。换刀时本刀架的动作顺序是：刀架抬起、刀架转位、刀架定位和夹紧刀架。为完成上述动作要求，要有相应的机构来实现，下面就以WZD4型刀架为例说明其具体结构（见图3-1-4）。

该刀架可以安装四把不同的刀具，转位信号由加工程序指定。当换刀指令发出后，小型电动机1起动正转，通过平键套筒联轴器2使蜗杆轴3转动，从而带动蜗轮4转动。蜗轮的上部



(a) 结构图 (b) B-B剖视图 (c) A-A剖视图

1-电动机 2-联轴器 3-蜗杆轴 4-蜗轮丝杠 5-刀架底座 6-粗定位盘 7-刀架体
8-球头销 9-转位套 10-电刷座 11-发讯体 12-螺母 13、14-电刷 15-粗定位销

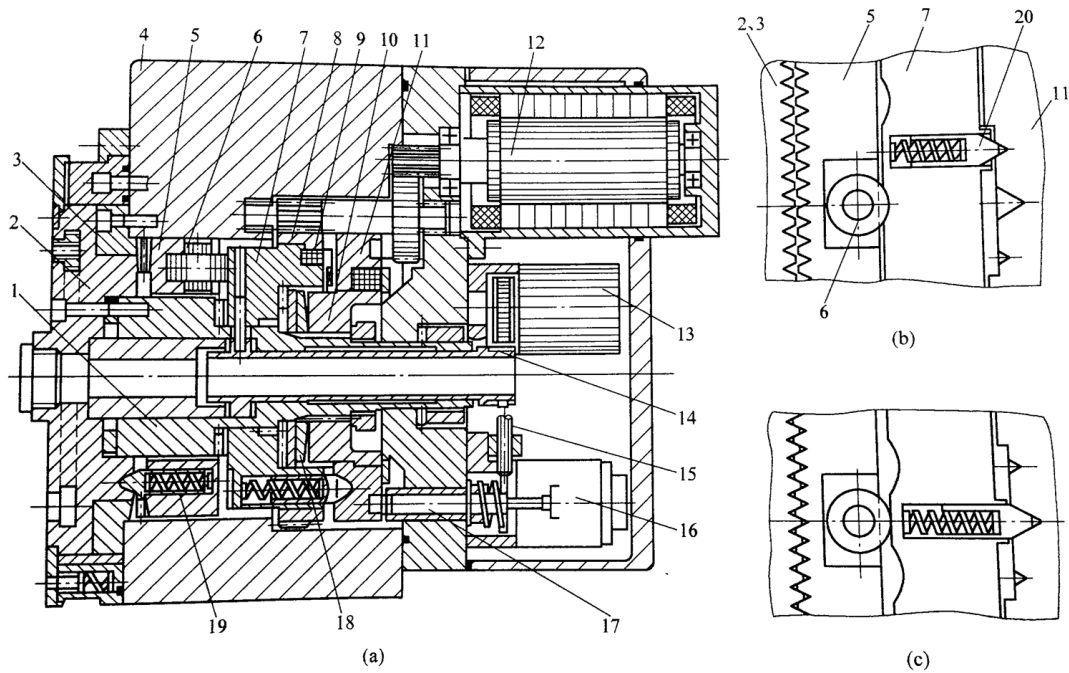
图3-1-4 WZD4型刀架

外圆柱加工有外螺纹，所以该零件称蜗轮丝杠。刀架体7内孔加工有内螺纹，与蜗轮丝杠旋合。在转位换刀时，刀架中心轴固定不动，蜗轮丝杠环绕中心轴旋转。当蜗轮开始转动时，由于在刀架底座5和刀架体7上的端面齿处在啮合状态，且蜗轮丝杠轴向固定，这时刀架体7抬起，当刀架体抬至一定距离后，端面齿脱开。转位套9用销钉与蜗轮丝杠4连接，随蜗轮丝杠一同转动，当端面齿完全脱开，转位套正好转过 160° （如图A-A剖示所示），球头销8在弹簧力的作用下进入转位套9的槽中，带动刀架体转位。刀架体7转动时带着电刷座10转动，当转到程序指定的刀号时，定位销15在弹簧的作用下进入粗定位盘6的槽中进行粗定位，同时电刷13、14接触导通，使电动机1反转，由于粗定位槽的限制，刀架体7不能转动，使其在该位置垂直落下，刀架体7和刀架底座5上的端面齿啮合，实现精确定位。电动机继续反转，此时蜗轮停止转动，蜗杆轴3继续转动，随夹紧力增加，转矩不断增大时，达到一定值时，在

传感器的控制下，电动机1停止转动。

译码装置由发信体11、电刷13、14组成，电刷13负责发信，电刷14负责位置判断。刀架不定期会出现过位或不到位时，可松开螺母12调好发信体11与电刷14的相对位置。这种刀架在经济型数控车床及普通车床的数控化改造中得到广泛的应用。

(3) 电动机传动的转塔刀架



1-中心轴套 2、3、5-齿盘 4-刀架体 6-滚子 7-端面凸轮盘 8-齿圈 9-缓冲器 10-驱动套 11-驱动盘
12-电动机 13-编码器 14-轴 15-无触点开关 16-电磁铁 17-插销 18-蝶形弹簧 19、20-定位销

图3-1-5 转塔刀架

图3-1-5是一种电动机驱动的转塔刀架的结构图。定位用的是所谓端齿盘结构。如图3-1-5(a)所示，定齿盘3用螺钉及定位销固定在刀架体4上，动齿盘2用螺钉及定位销紧固在中心轴套1上（动齿盘左端面可安装转塔刀盘），齿盘2、3对面有一个可轴向移动的齿盘5，齿长为上二者之和，其沿轴向左移时，合齿定位、夹紧，其沿轴向右移时，松开脱齿。

可轴向移动的齿盘5的右端面，在三个等分位置上装有三个滚子6。此滚子在蝶形弹簧18的作用下，始终顶在端面凸轮盘7的工作表面上，其工作情况如图3-1-5 (b)、(c)所示。当端面凸轮盘回转使滚子落入端面凸轮的凹槽时，可轴向移动的齿盘右移，齿盘松开、脱齿，如图3-1-5(b)所示。当端面凸轮盘反向回转时，端面凸轮盘的凸面使滚子左移，可轴向移动的齿盘左移，齿盘合齿、定位，如图3-1-5(c)所示，并通过碟形弹簧将动齿盘向左拉使齿盘进一步贴紧（夹紧）。

端面凸轮盘除控制齿盘2松开、脱齿、合齿定位、夹紧之外，还带动一个与中心轴套用

齿形花键相连的驱动套10和驱动盘11，使转塔刀盘分度。如图3-1-5(a)所示，端面凸轮盘的右端面有凸出部分，其能带动驱动盘、驱动套、中心轴回转进行分度。

整个换刀动作，脱齿（松开）、分度、合齿定位（夹紧），用一个交流电动机12驱动，经两次减速传到套在端面凸轮盘外圆的齿圈8上。此齿圈通过“缓冲器9”（减少传动冲击）和端面凸轮盘相连，同样驱动盘和中心轴上的驱动套10之间也有类似的“缓冲器”。

为识别刀位，装有一个编码器13，其用齿形带与中心轴套中间的齿形带轮轴14相连。当数控系统得到换刀指令后，自动判断将要换的刀向哪个方向回转分度的路程最短，然后电动机转动，脱齿（松开）、转塔刀盘按最短路程分度，当编码器测到分度到位信号后电动机停转，接着电磁铁16通电将插销17左移，插入驱动盘的孔中，然后电动机反转，转塔刀盘完成合齿定位、夹紧，电动机停转。电磁铁断电，弹簧使插销右移，无触点开关15用于检测插销退出信号。

2. 刀架的维护

刀架的维护与维修，一定要紧密结合起来，维修中容易出现故障的地方，就要加以重点维护。对于刀架的维护，主要包括以下几个方面。

（1）每次上下班清扫散落在刀架表面上的灰尘和切屑。刀架体一类部件容易积留一些切屑，仅几天就会粘连成一体，清理起来很费事，且容易与切削液混合氧化腐蚀。特别是刀架体，都是旋转时抬起，到位后反转落下，最容易将未及时清理的切屑卡在里面。

（2）及时清理刀架体上的异物，防止其进入刀架内部，保证刀架换位的顺畅无阻，利于刀架回转精度的保持。及时拆开清洁刀架内部机械接合处，否则容易产生故障：如内齿盘上有碎屑就会造成夹紧不牢或导致加工尺寸变化不定。

（3）保持刀架的润滑良好，定期检查刀架内部润滑情况。如果润滑不良，易造成旋转件研死，导致刀架不能启动。

（4）尽可能减少腐蚀性液体的喷溅，无法避免时，下班后应及时擦拭涂油。

（5）注意刀架预紧力的大小调节要适度。如预紧力过大会导致刀架不能转动。

（6）经常检查并紧固连线、传感器元件盘（发信盘）、磁铁，注意发信盘螺母连接紧固，缸松动易引起刀架的越位过冲或转不到位。

（7）定期检查刀架内部机械配合是否松动，否则容易导致刀架不能正常夹紧。

（8）定期检查刀架内部的后靠定位销、弹簧、后靠棘轮等是否起作用，以免造成机械卡死。

【任务实施】

根据图3-1-6所示的电动刀架结构图，进行机械拆卸检查及保养，步骤如表3-1-2所示。

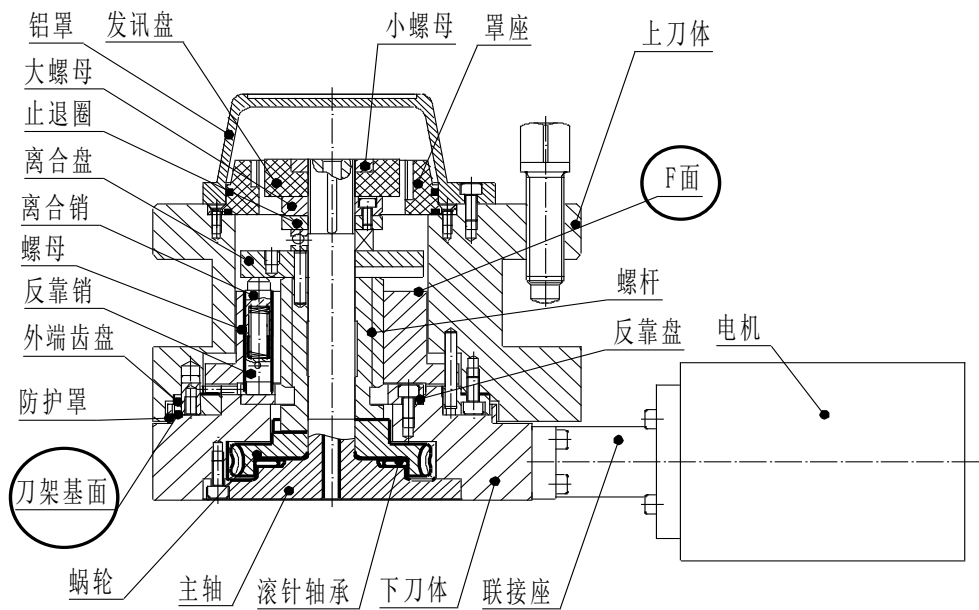
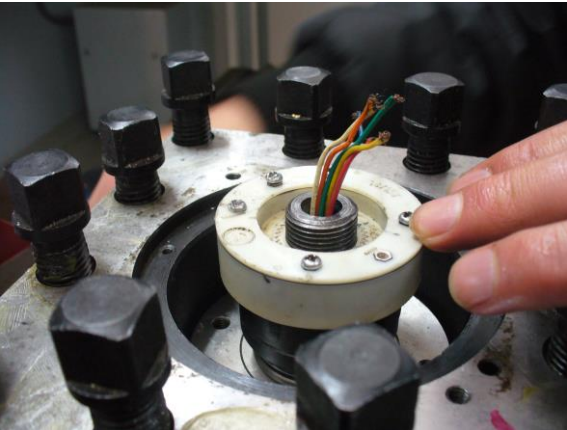
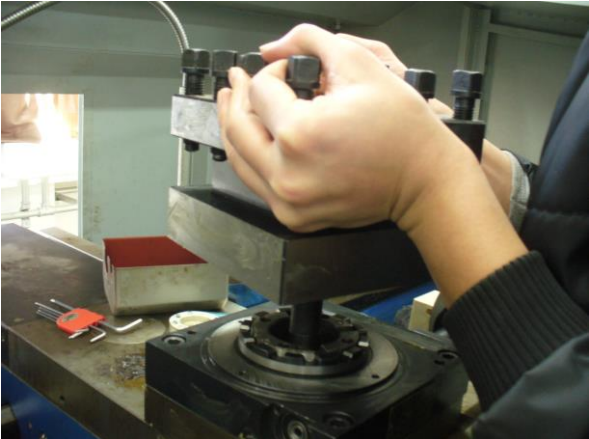
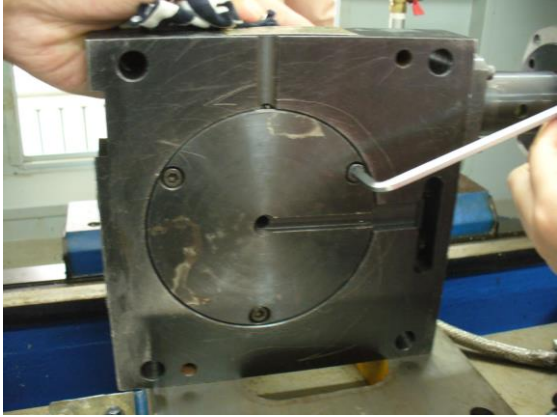
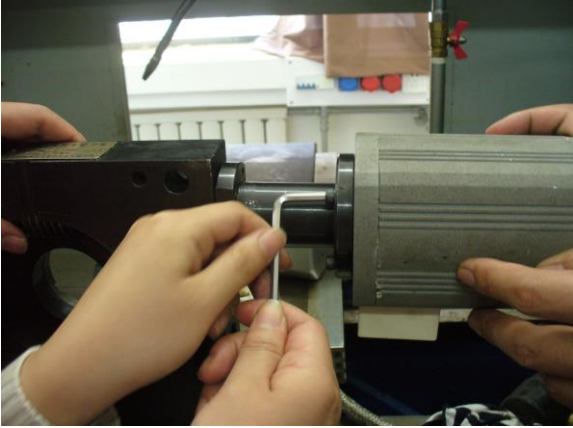


图3-1-6 电动刀架结构图

表3-1-2 检查及保养步骤

序号	操作步骤	图示
1	卸下端盖，转动蜗杆，使刀架处于松开状态。	

2	拆下刀架铝盖、罩座。	
3	拆下发讯盘上六根信号线。(注意各线接线位置)	
4	松开小螺母，拆下发讯盘。	
5	松开大螺母中的 2 只防松螺钉，卸下大螺母、止退圈、轴承和离合盘。(注意止退圈中的一小键)	

6	将上刀体向上拉出，卸下螺杆。	
7	卸下下刀体与机床中拖板联接的四颗内六角螺钉及锥销，将刀架从机床上卸下。	
8	卸下刀架底部三颗螺钉，将六根信号线从主轴中抽出，从底部取出主轴。	
9	卸下刀架电机、联接座。	

10	从端盖处向联接座方向，敲出蜗杆。	
11	清洗各部件，旋转部位加润滑脂，端齿部位及旋转基面，加注洁净机油。	
12	按拆卸顺序的逆顺序安装。	

【任务拓展】

现有一台倾斜床身的数控车床，装配刀塔型的自动换刀装置，要求给出该机床的机械检查及保养方法，并完成机械检查及日常保养。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 排刀式刀架
2. 方刀架
3. 转塔刀架

二、选择题

1. 回转刀架换刀装置常用于（ ）。
 - A. 数控车床
 - B. 数控铣床
 - C. 数控钻床
 - D. 加工中心
2. 代表自动换刀的英文是（ ）。
 - A. APC
 - B. ATC
 - C. CNC
 - D. PMC
3. 关于方刀架，下列说法错误的是（ ）。
 - A. 方刀架是在普通车床四方刀架的基础上发展的一种自动换刀装置
 - B. 有四个刀位，能装夹四把不同功能的刀具
 - C. 换刀时刀架的动作顺序是：刀架抬起、刀架转位、刀架定位和夹紧刀架。
 - D. 方刀架回转180° 时，刀具交换一个刀位

任务2 刀库与机械手的安装与调试

【任务目标】

1. 掌握数控机床常见刀具换刀方式；
2. 掌握加工中心常见刀库的结构；
3. 掌握机械手的形式及结构；
4. 能够根据技术要求完成刀库的安装与调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列加工中心，配备斗笠式刀库，刀库容量为 16 把刀具，现需要完成该刀库的安装与调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的刀库安装与调试工作，需要配备以下资料：

1. 该加工中心的使用说明书；
2. 该加工中心的维修说明书；
3. 该刀库的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的刀库安装与调试工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 3-2-1。

表 3-2-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	外六方扳手	8×10、12×14、16×18、17×19	套	1
	钩扳子	34-42 、 45-52 、 68-80	把	3
	铜棒	Φ50x150	个	1
	分体刀柄	BT40	套	1
	杠杆式百分表	0-0.8	套	1
	磁力表座	385mm	套	1
材料	干净棉纱	根据实际情况	块	2
	煤油或汽油	根据实际情况	桶	适量
	润滑脂	根据实际情况	桶	适量

三、知识准备

1. 自动换刀装置概述

加工中心一般有刀库和自动换刀装置,刀库一般由电动机或液压系统提供转动动力,用刀具运动机构来保证换刀的可靠性,用定位机构来保证更换的每一把刀具或刀套都能可靠地准停。刀库的功能是储存加工工序所需的各种刀具,按程序指令把将要用的刀具准确地送到换刀位置,并接受从主轴送来的已用刀具。刀库的容量一般为 8~64 把,多的可达 100~200 把,甚至更多。刀库的容量首先要考虑加工工艺的需要。例如,立式加工中心的主要工艺为钻、铣。统计了 15000 种工件,按成组技术分析,各种加工所必需的刀具数是:4 把铣刀可完成工件 95%左右的铣削工艺,10 把孔加工刀具可完成 70%的钻削工艺,因此,14 把刀具就可完成 70%以上的工件钻、铣工艺。对完成工件的全部加工所需的刀具数目统计,所得结果是:对于 80%的工件(中等尺寸,复杂程度一般),其全部加工任务完成所需的刀具数在 40 种以下,所以一般的中、小型立式加工中心配有 14-30 把刀具的刀库就能够满足 70%~95%的工件加工需要。

2. 刀具换刀方式

(1) 无机械手换刀

无机械手换刀的方式是利用刀库与机床主轴的相对运动实现刀具交换。XH754 型卧式加工中心就是采用这类刀具交换装置的实例。该机床主轴在立柱上可以沿 Y 方向上、下移动,工作台的横向运动沿 Z 轴,纵向移动沿 X 轴。鼓轮式刀库位于机床顶部,有 30 个装刀位置,可装 29 把刀具。换刀过程如图 3-2-1 所示。

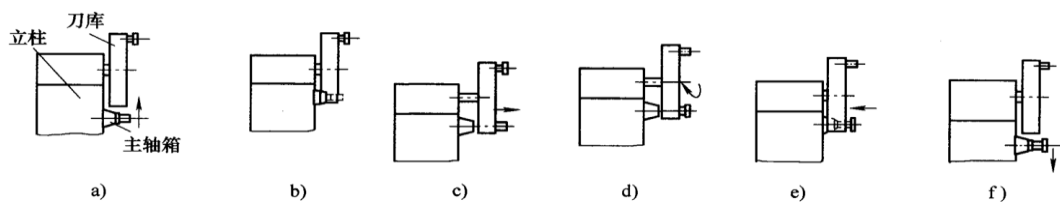


图 3-2-1 换刀过程示意图

图 3-2-1a: 当加工工步结束后执行换刀指令,主轴实现准停,主轴箱沿 Y 轴上升。这时机床上方刀库的空挡刀位正好处在交换位置,装夹刀具的卡爪打开。

图 3-2-1b: 主轴箱上升到极限位置,被更换刀具的刀杆进入刀库空刀位,即被刀具定位卡爪钳住,与此同时,主轴内刀杆自动夹紧装置放松刀具。

图 3-2-1c: 刀库伸出,从主轴锥孔中将刀具拔出。

图 3-2-1d: 刀库转出,按照程序指令要求将选好的刀具转到最下面的位置,同时,压

缩空气将主轴锥孔吹净。

图 3-2-1e：刀库退回，同时将新刀具插入主轴锥孔。主轴内的夹紧装置将刀杆拉紧。

图 3-2-1f：主轴下降到加工位置后起动，开始下一工步的加工。

这种换刀机构不需要机械手，结构简单、紧凑。由于交换刀具时机床不工作，所以不会影响加工精度，但会影响机床的生产率。此外，因刀库尺寸限制，装刀数量不能太多。这种换刀方式常用于小型加工中心。

3. 机械手换刀

采用机械手进行刀具交换的方式应用得最为广泛，这是因为机械手换刀有很大的灵活性，而且可以减少换刀时间。机械手的结构形式是多种多样的，因此换刀运动也有所不同。下面以卧式镗铣加工中心为例说明机械手换刀的工作原理。

该机床采用的是链式刀库，位于机床立柱左侧。由于刀库中存放刀具的轴线与主轴中心线垂直，故而机械手需要 3 个自由度；机械手沿主轴中心线的插、拔刀动作，由液压缸实现；绕竖直轴 90° 的摆动，进行刀库与主轴间刀具的传送，由液压马达实现；绕水平轴旋转 180° ，完成刀库与主轴上的刀具交换，也由液压马达实现。其换刀分解动作如图 3-2-2a~f 所示。

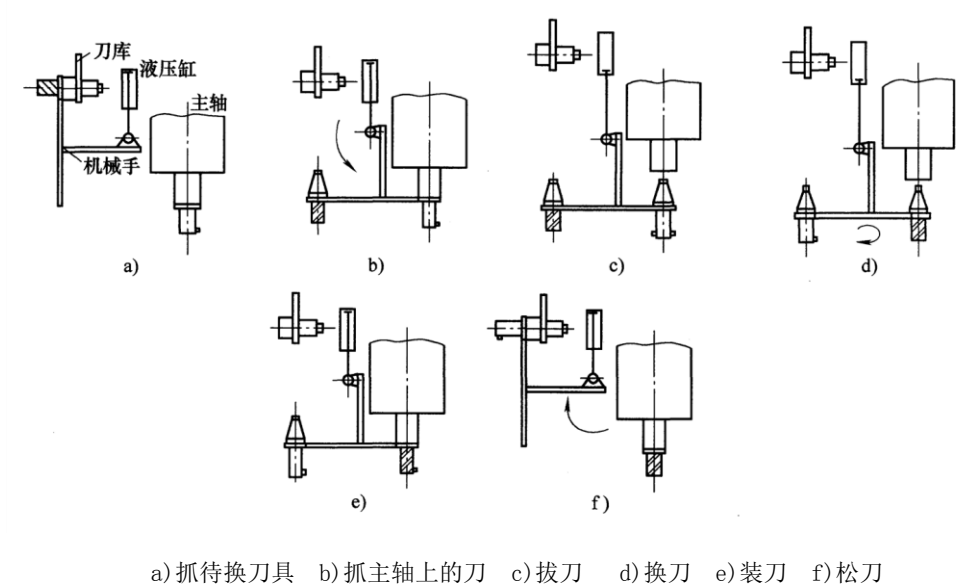


图 3-2-2 换刀分解动作

图 3-2-2a：刀爪伸出，抓住刀库上的待换刀具，刀库刀座上的锁板拉开。

图 3-2-2b：机械手带着待换刀具绕竖直轴逆时针方向转过 90° ，与主轴中心线平行，另一个抓刀爪抓住主轴上的刀具，主轴将刀杆松开。

图 3-2-2c：机械手前移，将刀具从主轴锥孔内拔出。

图 3-2-2d：机械手绕自身水平轴转 180° ，将两把刀具交换位置。

图 4—12e：机械手抓后退，将新刀具装入主轴，主轴将新刀具锁住。

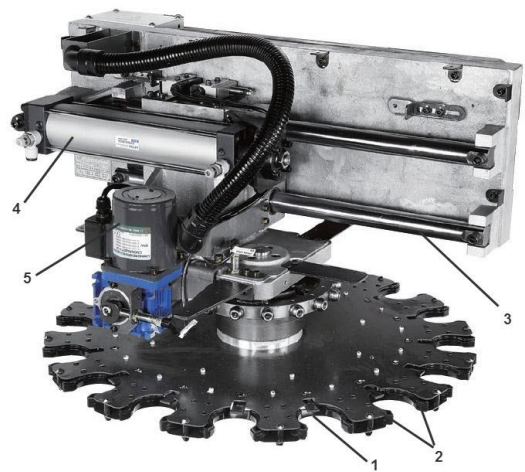
图 3-2-2f：抓刀爪缩回，松开主轴上的刀具。机械手沿竖直轴顺时针转 90°，将刀具放回刀库的相应刀座上，刀库上的锁板合上。

最后，抓刀爪缩回，松开刀库上的刀具，恢复到原始位置。

4. 刀库的结构

（1）斗笠式刀库的结构

斗笠式刀库因其性价比较高现在广泛的配置在经济型的立式加工中心上，斗笠式刀库因外形像个大斗笠因而得名，由刀库鼓轮、分度盘、定位法兰和圆柱滚子等零部件组成。斗笠式刀库具有结构简单、成本低、易于控制和维护方便等特点，斗笠式刀库一般刀库容量为 16-24 把刀具。

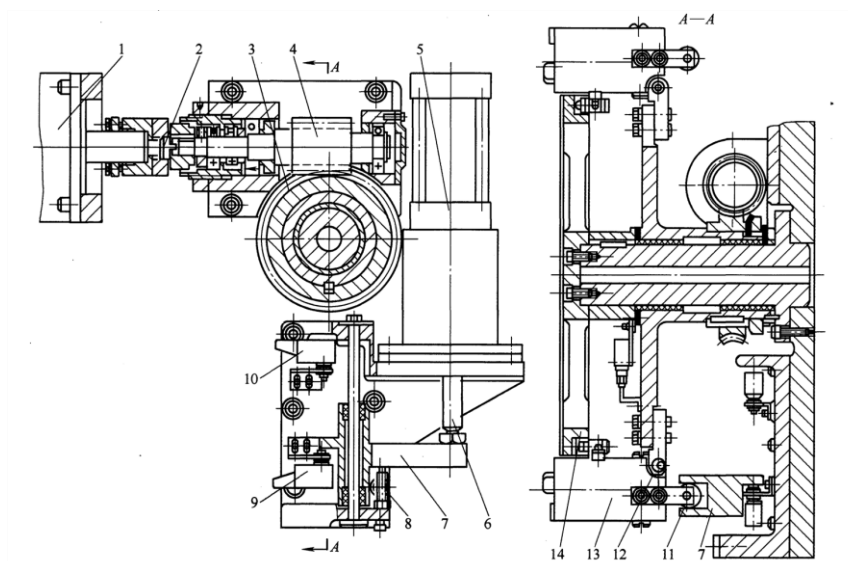


1-定位键 2-夹刀臂 3-刀库导轨 4-气缸 5-刀库电机

图 3-2-3 斗笠式刀库实物图

（2）盘式刀库的结构

图 3-2-4 所示为 JCS-018 A 型加工中心的盘式刀库结构简图。数控系统发出换刀指令后，直流伺服电动机 1 接通，其运动经过滑块联轴器 2、蜗杆 4、蜗轮 3 传递到图 3-2-4 右图所示的刀盘 14，刀盘带动其上面的 16 个刀套 13 转动，完成选刀工作。每个刀套尾部有一个滚子 11，当待换刀具转到换刀位置时，滚子 11 进入拨叉 7 的槽内，同时气缸 5 的下腔通入压缩空气，活塞杆 6 带动拨叉 7 上升，松开位置开关 9，用以断开相关的电路，防止刀库、主轴等有误动作。如图 3-2-4 右图所示，拨叉 7 在上升的过程中，带动刀套绕着销轴 12 逆时针向下翻转 90°，从而使刀具中心线与主轴中心线平行。

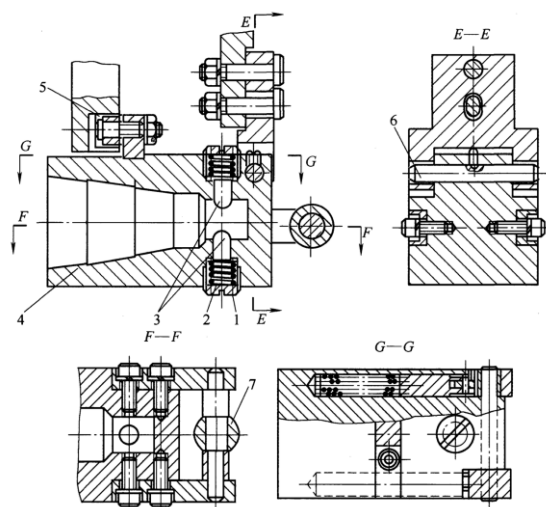


1-直流伺服电动机 2-滑块联轴器 3-蜗轮 4-蜗杆 5-气缸 6-活塞杆 7-拨叉 8-螺杆
9-位置开关 10-定位开关 11-滚子 12-销轴 13-刀套 14-刀盘

图 3-2-4 JCS-018 A 型加工中心的盘式刀库结构简图

刀库向下翻转 90° 后，拨叉 7 上升到终点，压住定位开关 10，发出信号使机械手抓刀。通过 3-2-4 左图中的螺杆 8，可以调整拨叉的行程。拨叉的行程决定刀具中心线相对主轴中心线的位置。

JCS-018 A 型加工中心的盘式刀库刀套结构如图 3-2-5 所示，F-F 剖视图中的件 7 即为图 3-2-4 中的滚子 11，E-E 剖视图中的件 6 即为 3-2-4 中的销轴 12。刀套 4 的锥孔尾部有两个球头销钉 3。在螺纹套 2 与球头销钉之间装有弹簧 1，当刀具插入刀套后，由于弹簧力的作用，使刀柄被夹紧。拧动螺纹套，可以调整夹紧力大小，当刀套在刀库中处于水平位置时，靠刀套上部的滚子 5 来支承。



1-弹簧 2-螺纹套 3-球头销钉 4-刀套 5、7-滚子 6-销轴

图 3-2-5 JCS-018 A 型加工中心的盘式刀库刀套结构图

(3) 链式刀库的结构

图 3-2-6 所示为方形链式刀库的典型结构。主动链轮由伺服电动机通过蜗轮减速装置驱动(根据需要,还可经过齿轮副传动)。这种传动方式不仅在链式刀库中采用,在其他形式的刀库传动中也多采用。

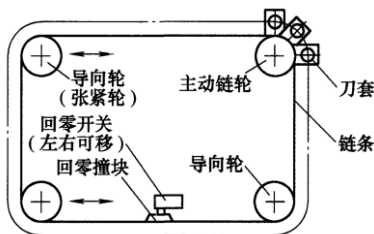
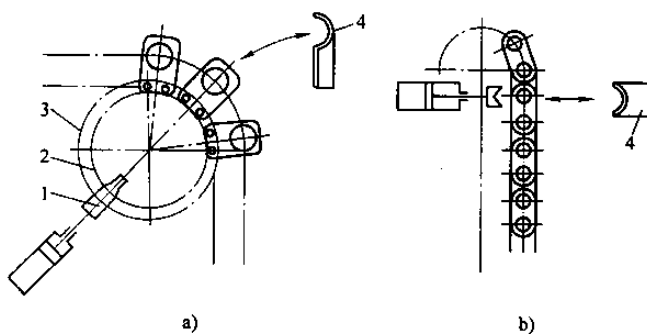


图 3-2-6 方形链式刀库的典型结构

导向轮一般做成光轮,其圆周表面硬化处理。兼起张紧轮作用的左侧的两个导轮,其轮座必须带有导向槽(或导向键),以免松开安装螺钉时,轮座位置歪扭,给张紧调节带来麻烦。回零撞块可以装在链条的任意位置上,而回零开关则安装在便于调整的地方。调整回零开关位置,使刀套准确地停在换刀机械手抓刀位置上。这时处于机械手抓刀位置的刀套,编号为 1 号,然后依次编上其他刀号。刀库回零时,只能从一个方向回零,至于是顺时针回转回零还是逆时针回转回零,可由机、电设计人员商定。

如果刀套不能准确地停在换刀位置上,将会使换刀机械手抓刀不准,以致换刀时容易发生掉刀现象。因此,刀套的准停问题是影响换刀动作可靠性的重要因素之一。需要采取如下措施:

①定位盘准停方式(图 3-2-7a)。液压缸推动定位销,插入定位盘的定位槽内,以实现刀套的准停。或者也可以采用定位块进行刀套定位。如图 3-2-7b 所示,定位盘上的每个定位槽(或定位孔)对应于一个相应的刀套,而且定位槽(或定位孔)的节距要一致。这种准停方式的优点是能有效地消除传动链反向间隙的影响,保护传动链,使其免受换刀撞击力,并且驱动电动机可不用制动自锁装置。



1-定位插锁 2-定位盘 3-链轮 4-手爪

图 3-2-7 刀套的准停

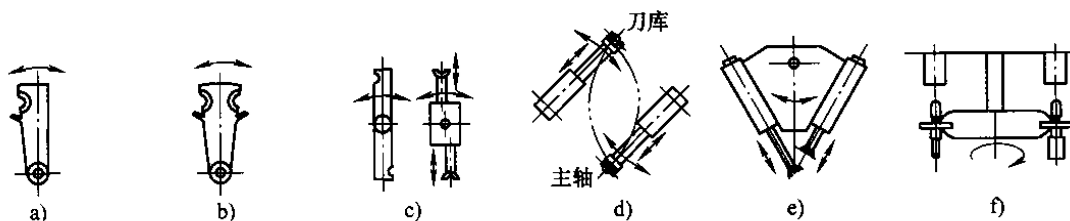
②链式刀库要选用节距精度较高的套筒滚子链和链轮，而且在把套筒装在链条上时，要用专用夹具来定位，以保证刀套节距一致。

③传动时要消除传动间隙。消除反向间隙的方法有以下几种：电气系统自动补偿方式；在链轮轴上安装编码器；单头驱动蜗杆传动方式；使刀套单方向运行、单方向定位以及使刀套双向运行，单向定位方式等。

5. 机械手

在自动换刀数控机床中，机械手的形式也是多种多样的，常见的如图 3-2-8 所示。

(1)单臂单爪回转式机械手 这种机械手的手臂可以通过旋转不同的角度进行自动换刀，手臂上只有一个手爪，不论在刀库上或在主轴上，均靠这一个手爪来装刀及卸刀，因此换刀时间较长。



a) 单臂单爪回转式机械手 b) 单臂双爪摆动式机械手 c) 单臂双爪回转式机械手 d) 双机械手
e) 双臂往复交叉式机械手 f) 双臂端面夹紧机械手

图 3-2-8 机械手形式

(2)单臂双爪摆动式机械手 这种机械手的手臂上有两个手爪，两个手爪有所分工，一个手爪只执行从主轴上取下“旧刀”送回刀库的任务，另一个手爪则执行由刀库取出“新刀”送到主轴的任务，其换刀时间较上述单臂单爪回转式机械手要少。

(3)单臂双爪回转式机械手 这种机械手的手臂两端各有一个手爪，两个手爪可同时抓取刀库及主轴上的刀具，回转 180° 后，又同时将刀具装入主轴及放回刀库。这种机械手换刀时间较前述两种单臂机械手的换刀时间均短，是最常用的一种形式。图 3-2-8c 中右边的一种机械手在抓取刀具或将刀具送入刀库及主轴时，两臂可伸缩。

(4)双机械手 这种机械手相当于两个单爪机械手，两者相互配合进行自动换刀。其中一个机械手从主轴上取下“旧刀”后送回刀库，另一个机械手由刀库里取出“新刀”后装入机床主轴。

(5)双臂往复交叉式机械手 这种机械手的两臂可以往复运动，并交叉成一定的角度。工作时，其中一个手臂从主轴上取下“旧刀”后送回刀库，另一个手臂由刀库取出“新刀”后装入主轴。整个机械手可沿某导轨直线移动或绕某个转轴回转，以实现刀库与主轴间的运

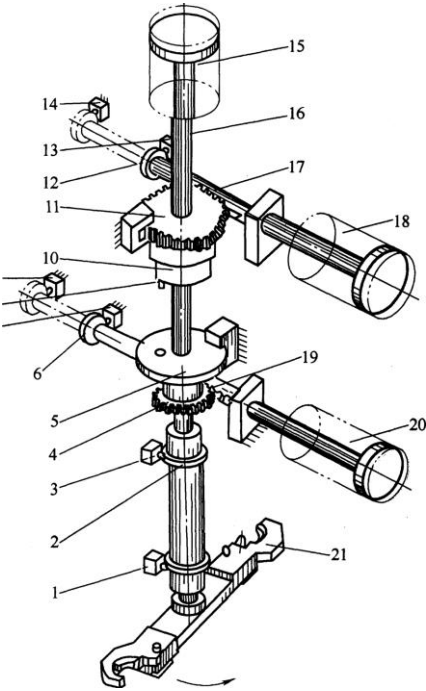
刀运动。

(6) 双臂端面夹紧机械手 这种机械手只是在夹紧部位上与前几种不同。前几种机械手均靠夹紧刀柄的外圆表面以抓取刀具，这种机械手则夹紧刀柄的两个端面。

6. 常用换刀机械手结构

(1) 单臂双爪机械手 单臂双爪机械手，也叫扁担式机械手，它是目前加工中心上用的较多的一种。这种机械手的拔刀、插刀动作大都由液压缸来完成。根据要求，其结构可以采取液压缸动、活塞固定或活塞动、液压缸固定的形式。而手臂的回转动作则通过活塞的运动带动齿条齿轮传动来实现。机械手臂不同的回转角度由活塞的可调行程来保证。

由于这种机械手采用液压装置，所以既要保持不漏油，又要保证机械手动作灵活，而且每个动作结束之前均靠缓冲机构来保证机械手工作的平衡、可靠。其缺点是：由于液压驱动的机械手需要严格的密封，以及较复杂的缓冲机构，并且控制机械手动作的电磁阀都有一定的时间常数，因而其换刀速度慢。

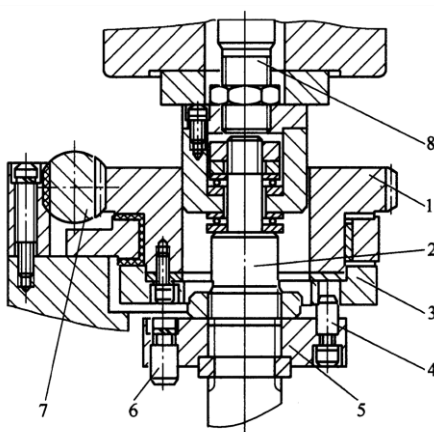


1、3、7、9、13、14-位置开关 2、6、12-挡环 4、11-齿轮 5-连接盘 8-销 10-传动盘
15、18、20-液压缸 16-轴 17、19-齿条 21-机械手

图 3-2-9 JCS-018A 型加工中心机械手传动结构示意图

①机械手的结构与动作过程 图3-2-9为JCS-018A型加工中心机械手传动结构示意图。当前面所述刀库中的刀套逆时针旋转 90° 后，压下上行程开关，发出机械手抓刀信号。此时，机械手 21 正处在图 3-2-9 所示的上面位置，液压缸 18 右腔通压力油，推动活塞杆带动齿条 17 向左移动，使得齿轮 11 转动。如图 3-2-10 所示，件 8 为图 3-2-9 中液压缸 15 的活

塞杆，齿轮 1、齿条 7 和轴 2 即为图 3-2-9 中的齿轮 11、齿条 17 和轴 16。连接盘 3 与齿轮 1 用螺钉联接，它们空套在轴 2 上(3-2-10)，传动盘 5 与轴 2 用花键联结，它上端的销 4 插入连接盘 3 的销孔中，因此齿轮转动时带动轴 2 转动，使机械手回转 75° 抓刀。如图 3-2-9 所示，抓刀动作结束时，齿条 17 上的挡环 12 压下位置开关 14，发出拔刀信号，于是液压缸 15 的上腔通压力油，活塞杆推动轴 16 下降，拔刀。在轴 16 下降时，传动盘 10 随之下降，其下端的销 8(图 3-2-10 中的销 6)插入连接盘 5 的销孔中，连接盘 5 和其下面的齿轮 4 也是用螺钉联接的，它们空套在轴 16 上。当拔刀动作完成后，轴 16 上的挡环 2 压下位置开关 1，发出换刀信号。这时液压缸 20 的右腔通压力油，推动活塞杆带动齿条 19 向左移动，使齿轮 4 和连接盘 5 转动，通过销 8，由传动盘带动机械手转过 180°，交换主轴上和刀库上的刀具位置。换刀动作完成后，齿条 19 上的挡环 6 压下位置开关 9，发出插刀信号，使液压缸 15 下腔通压力油，推动活塞杆带动机械手臂轴上升，插刀，同时传动盘下面的销 8 从连接盘 5 的销孔中移出。插刀动作完成后，轴 16 上的挡环压下位置开关 3，使液压缸 20 的左腔通压力油，推动活塞杆带动齿条 19 向右移动复位，而齿轮 4 空转，机械手无动作。齿条 19 复位后，其上挡环压下位置开关 7，使液压缸 18 的左腔通压力油，推动活塞杆带动齿条 17 向右移动，通过齿轮 11 使机械手反转 75° 复位。机械手复位后，齿条 17 上的挡环压下位置开关 13，发出换刀完成信号，使刀套向上翻转 90°，为下次选刀做好准备。

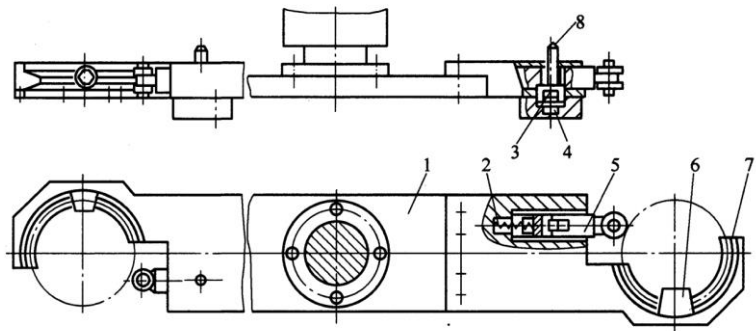


1-齿轮 2-轴 3-连接盘 4、6-销 5-传动盘 7-齿条 8-活塞杆

图 3-2-10 机械手传动结构局部视图

②机械手抓刀部分的结构 图 3-2-11 所示为机械手抓刀部分的结构，它主要由手臂 1 和固定其两端的、结构完全相同的两个手爪 7 组成。手爪上握刀的圆弧部分有一个锥销 6，机械手抓刀时，该锥销插入刀柄的键槽中。当机械手由原位转过 75° 抓住刀具时，两手爪上的长销 8 分别被主轴前端面和刀库上的挡块压下，使轴向开有长槽的活动销 5 在弹簧 2 的作用下右移，顶住刀具。机械手拔刀时，长销 8 与挡块脱离接触，锁紧销 3 被弹簧 4 弹起，

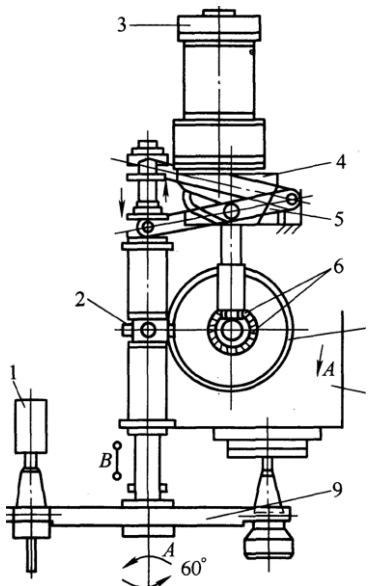
使活动销 5 顶住刀具不能后退，这样机械手在回转 180° 时，刀具不会被甩出。当机械手上升插刀时，两长销 8 又分别被两挡块压下，锁紧销从活动销的孔中退出，松开刀具，机械手便可反转 75° 复位。



1-手臂 2、4-弹簧 3-锁紧销 5-活动销 6-锥销 7-手爪 8-长销

图 3-2-11 机械手臂和手爪

近年来，国内外研制出了凸轮联动式单臂双爪机械手，其工作原理如图 3-2-12 所示。



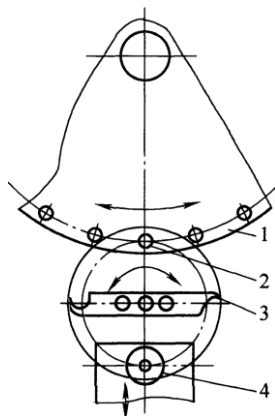
1-刀套 2-十字轴 3-电动机 4-圆柱槽凸轮 5-杠杆 6-锥齿轮
7-凸轮滚子(平臂旋转) 8-主轴箱 9-换刀机械手臂

图 3-2-12 凸轮联动式单臂双爪机械手的工作原理

这种机械手的优点是：由电动机驱动，不需要较复杂的液压系统及其密封、缓冲机构，没有漏油现象，结构简单，工作可靠。同时，机械手手臂的回转和插刀、拔刀的分解动作是联动的，部分时间可重叠，从而大大缩短了换刀时间。

(2) 两手爪成 180° 的单臂双爪回转式机械手

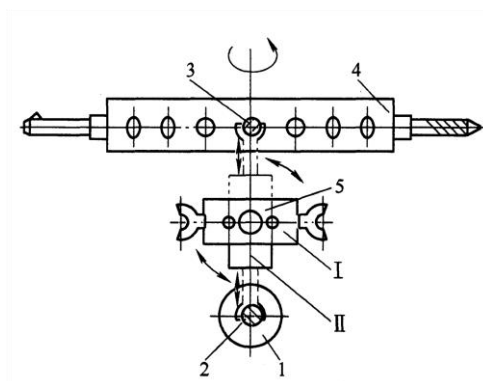
①两手爪不伸缩的单臂双爪回转式机械手。如图 3-2-13 所示，这种机械手适用于刀库中刀座中心线与主轴中心线平行的自动换刀装置，机械手回转时不得与换刀位置刀座相邻的刀具干涉，手臂的回转由蜗杆凸轮机构传动，快速可靠，换刀时间在 2s 以内。



1-刀库 2-换刀位置的刀座 3-机械手 4-机床主轴

图 3-2-13 两手爪不伸缩的单臂双手回转式机械手

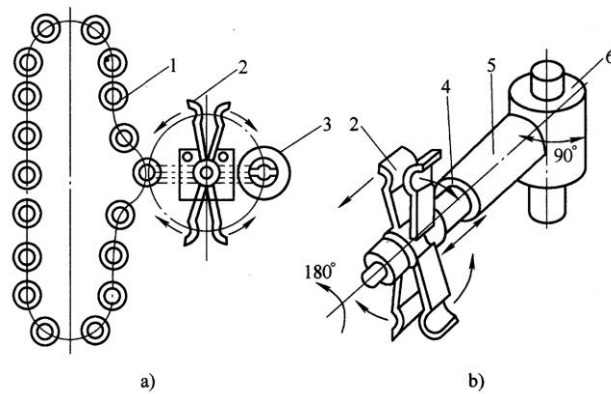
②两手爪伸缩的单臂双爪回转式机械手。如图 3-2-14 所示，这种机械手也适用于刀库中刀座中心线与主轴中心线平行的自动换刀装置。由于两手爪可以伸缩，缩回后回转，可避免与刀库中其他刀具干涉。但是，这种机械手由于增加了两手爪的伸缩动作，因此换刀时间相对较长。



1-机床主轴 2-主轴中的刀具 3-刀库中刀具 4-刀库 5-机械手

图 3-2-14 刀具中心线与鼓(盘)中心线夹角为直角的刀库

③剪式手爪的单臂双手回转式机械手 这种机械手是用两组剪式手爪夹持刀柄的，故又称为剪式机械手。图 3-2-15 a 所示为刀库刀座中心线与机床主轴中心线平行时用的剪式机械手示意图。图 3-2-15 为刀库刀座中心线与机床主轴中心线垂直时用的剪式机械手示意图。与上述机械手不同的是两组剪式手爪分别动作，因此换刀时间较长。



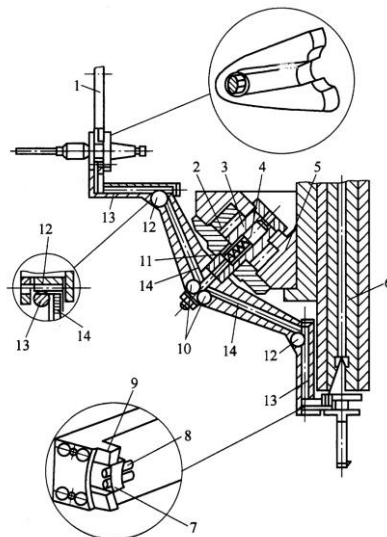
a) 刀库刀座轴线与机床主轴轴线平时用的剪式机械手示意图

b) 刀库刀座轴线与机床主轴轴线垂直时用的剪式机械手示意图

1-刀库 2-剪式手爪 3-机床主轴 4-伸缩臂 5-伸缩与回转机构 6-手臂摆动机构

图 3-2-15 剪式机械手换刀链式刀库

(3) 两手爪互相垂直的单臂双手回转式机械手 图 3-2-16 所示的机械手用于刀库刀座中心线与机床主轴中心线垂直，刀库为径向存取刀具的自动换刀装置。机械手有伸缩、回转和抓刀、松刀等动作。伸缩动作：液压缸(图中未示出)带动手臂托架 5 沿主轴轴向移动。回转动作：液压缸活塞驱动齿条 2 使与机械手相连的齿轮 3 旋转。抓刀动作：液压驱动抓刀活塞 4 移动，通过活塞杆末端的齿条传动两个小齿轮 10，再分别通过小齿条 14、小齿轮 12、小齿条 13，移动两个手部中的抓刀动块 7，抓刀动块上的销 8 插入刀具颈部后法兰上的对应孔中，抓刀动块 7 与抓刀定块 9 撑紧在刀具颈部两法兰之间。松刀动作：换刀后在弹簧 11 的作用下，抓刀动块松开及销 8 退出。

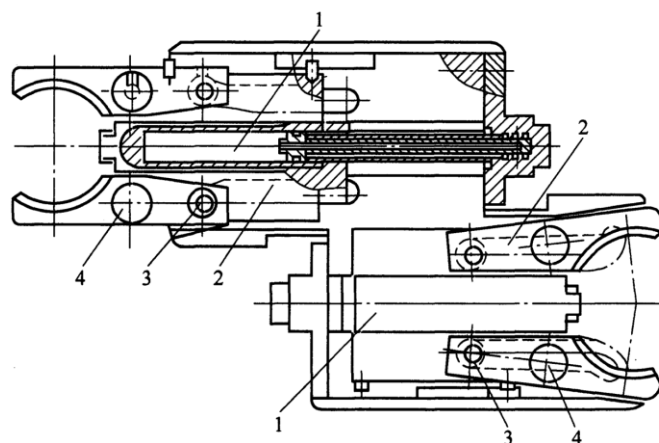


1-刀库 2-齿条 3-齿轮 4-抓刀活塞 5-手臂托架 6-机床主轴 7-抓刀动块

8-销子 9-抓刀定块 10、12-小齿轮 11-弹簧 13、14-小齿条

图 3-2-16 两手爪互相垂直的单臂双手回转式机械手

(4) 两手平行的单臂双手回转式机械手 由于刀库中刀具的中心线与机床主轴中心线方向相垂直，故机械手需有三个动作：沿主轴轴线移动(Z向)，进行主轴的插、拔刀；绕垂直轴作 90° 摆动，完成主轴与刀库间的刀具传递；绕水平轴作 180° 回转，完成刀具交换。抓刀、松刀动作如图 3-2-17 所示，机械手有两对手爪，由液压缸 1 驱动实现夹紧和松开。液压缸 1 驱动手爪外伸时(见图中上部手爪)，支架上的导向槽 2 拨动销 3，使该对手爪绕销轴 4 摆动，手爪合拢实现抓刀动作。液压缸驱动手爪回缩时(见图中下部手爪)，支架上的导向槽 2 使该对手爪放开，实现松刀动作。

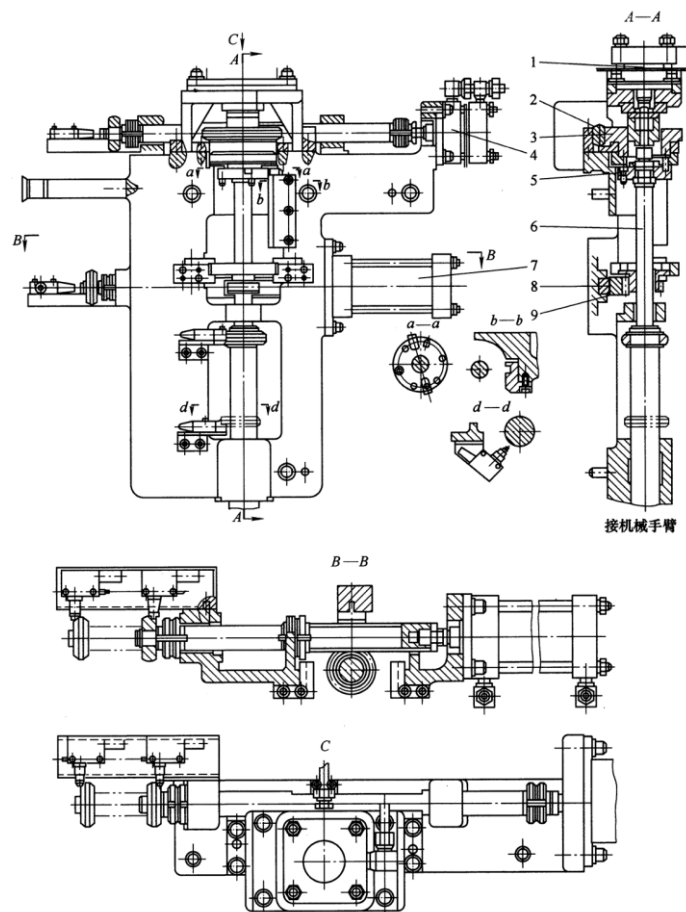


1-液压缸 2-导向槽 3-销 4-销轴

图 3-2-17 机械手抓刀、松刀动作

7. 机械手的驱动机构

图 3-2-18 所示为机械手的驱动机构。升降气缸 1 通过杆 6 带动机械手臂升降。当机械手在上边位置时(图示位置)，液压缸 4 通过齿条 2、齿轮 3、传动盘 5、杆 6 带动机械手臂回转；当机械手在下边位置时，转动气缸 7 通过齿条 9、齿轮 8、传动盘 5 和杆 6，带动手臂回转。



1-升降气缸 2-齿条 3-齿轮 4-液压缸 5-传动盘 6-杆 7-转动气缸 8-齿轮 9-齿条

图 3-2-18 机械手的驱动机构

【任务实施】

进行斗笠式刀库的安装与调整，具体步骤如下：

1. 所需工装及结合面清理干净、去毛刺、倒钝锐角。
2. 试配刀库与支架、支架与立柱间的导向键，要求前一键与支架上槽配合稍紧、与刀库上键槽配合稍松，滑移灵活；后一键与立柱上键槽配合稍紧、与支架键槽稍松，移动灵活，但滑移键侧间隙不得过大。分别将试配好的键固定到立柱和刀库支架上。

3. 将刀库与刀库支架联接到一起后固定到立柱上。吊装时应注意不得损伤刀库。

4. 装好各向调整装置后进行刀库调整。

5. 斗笠式刀库的调整

(1) 检刀盘平面与 X—Y 平面的平行度，分别沿 X 和 Y 方向检。平行度小于 0.30mm/全宽。如超过此数值则需调整刀库支架与刀库。

(2) 将主轴箱上移到 Z 向最高点后将分体刀柄的上体锥柄部分装入主轴孔内并拉紧，同时在刀盘的刀卡内装入分体刀柄的下体。

- (3) 手动将刀库移到换刀位置。
- (4) 手动使主轴定向。
- (5) 下移主轴箱，分体刀柄的上体锥柄部与刀卡上分体刀柄的下体之间的间隙约为2mm。
- (6) 用调整装置调整刀库在 X 和 Y 向的位置，同时用分体刀柄的中间轴检验分体刀柄的上下两体的中心是否重合。上下两体中心重合则刀卡与主轴的换刀点重合调整完毕。
- (7) Z 轴回参考点。
- (8) 下移主轴箱，使分体刀柄的上体锥柄部与刀卡上分体刀柄的下体之间的间隙为0.015-0.025mm之间。（用塞尺测量）
- (9) 记录此位置的 Z 轴坐标值。
- (10) 当此位置的 Z 轴坐标值小于365mm或大于370mm，则调整参考点挡块的位置；当此位置的 Z 轴坐标值在365mm到370mm之间，则调整参考点栅格偏移参数内数值，此参数单位为0.001mm。FANUC 系统的参数号为1850。
- (11) 参考点调整完毕后重复工步8和工步9的操作内容。保证当 Z 向坐标值为365时，分体刀柄的上体锥柄部与刀卡上分体刀柄的下体之间的间隙为0.015-0.025mm之间（用塞尺测量）。
- (12) 检查刀卡在主轴抓、松刀过程中的变形量。将刀柄放在刀卡上，使刀库移出，使百分表触头与换刀位相邻的刀卡下部接触，调整好指示器。主轴定向后进入松刀状态，下移主轴箱到换刀位置，检查此时指示器读数变化不得大于+0.3mm；手动进行主轴抓刀动作，百分表指针的变化值不得大于-0.3mm。若超差则应重新调整换刀点的位置或打刀距离。
- (13) 检查换刀过程的正确性。以手动方式进行操作，检查刀库移出、退回、刀盘转位、主轴定向、主轴抓、松刀及换刀点位置设定是否正确。重复多次确认所有动作无误后，用换刀程序控制进行多数换刀。

【任务拓展】

某工厂有一台加工中心，配备圆盘式刀库，刀套的容量为20把，换刀方式为随机换刀，试完成该刀库的安装与调试。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 机械手
2. 斗笠式刀库
3. 盘式刀库

4. 链式刀库

二、选择题

1. 刀库的最大转角为(),根据刀具的位置决定正转或反转,由控制系统自动判别,以便找到的刀具路径最短。

- A. 90°
- B. 120°
- C. 180°
- D. 150°

2. 圆盘式刀库的安装位置一般在机床的()上。

- A. 立柱
- B. 导轨
- C. 工作台
- D. 防护门

3. 在采用 ATC 后,数控加工的辅助时间主要用于()。

- A. 工件安装及调整
- B. 刀具安装及调整
- C. 刀库调整
- D. 机械手调整

4. 在自动换刀时,需要把用过的刀具送回原来的刀座的刀具编码方式是()。

- A. 刀具编码
- B. 刀座编码
- C. 计算机跟踪记忆
- D. 都需要

三、判断题

1. 无机械手换刀主要用于大型加工中心。()

2. 刀库回零时,可以从一个任意方向回零,至于是顺时针回转回零还是逆时针回转回零,由设计人员定。()

3. 单臂双爪摆动式机械手两个手爪可同时抓取刀库及主轴上的刀具,同转 180° 后,又同时将刀具放回刀库及装入主轴。()

4. 双臂端面夹紧机械手靠夹紧刀柄的两个端面进行换刀。()

5. 刀库是自动换刀装置最主要的部件之一,盘式刀库因其结构简单,取刀方便而应用最为广泛。()

任务3 润滑与冷却系统的安装与调试

【任务目标】

1. 掌握数控机床润滑系统的种类；
2. 能读懂数控机床润滑和冷却的原理图；
3. 能够根据技术要求完成数控机床润滑和冷却系统的维护。

【任务描述】

某公司有一台数控车床，现需要根据机床润滑和冷却系统的图样，对其润滑和冷却系统进行维护。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的维护保养工作，需要配备以下资料：

1. 该数控车床的使用说明书；
2. 该数控车床的润滑系统图样；
3. 该数控车床的冷却系统图样。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的维护保养工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 3-3-1。

表 3-3-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	内六方扳手	2-19mm (14pcs)	套	1
	外六方扳手	8×10、12×14、16×18、17×19	套	1
	切削液浓度计	0-90%	个	1
材料	切削液	根据实际情况	桶	适量
	润滑油	根据实际情况	桶	适量

三、知识准备

1. 润滑系统的种类

(1) 单线阻尼式润滑系统 单线阻尼式润滑系统适合于机床润滑点需油量相对较少并需周期供油的场合。它是利用阻尼式分配，把液压泵供给的油按一定比例分配到润滑点，一般用于循环系统，也可以用于开放系统，可通过时间的控制来控制润滑点的油量。该润滑系统非常灵活，多一个或少一个润滑点都可以，并可由用户安装，且当某一点发生阻塞时，不影

响其他点的使用，故应用十分广泛。

(2) 递进式润滑系统 递进式润滑系统主要由泵站、递进式分流器组成，并可附有控制装置加以监控。其特点是：能对任一润滑点的堵塞进行报警并终止运行，以保护设备；定量准确，压力高；不但可以使用粘度低的润滑油，而且还适用于使用油脂润滑的情况；润滑点可达100个，压力可达21MPa。

递进式分流器由一块底板、一块端板及最少三块中间板组成。一组阀最多可有8块中间板，可润滑18个点。其工作原理是由中间板中的柱塞从一定位置起依次动作供油，若某一点产生堵塞，则下一个出油口就不会动作，因而整个分流器停止供油。堵塞指示器可以指示堵塞位置，便于维修。图3-3-1所示为递进式润滑系统。

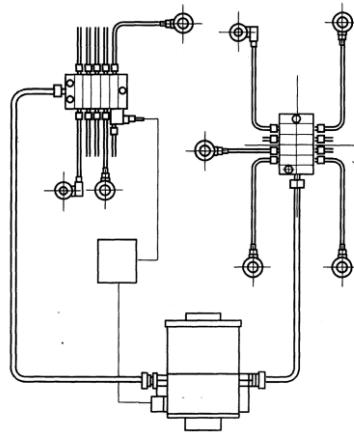


图3-3-1 递进式润滑系统

(3) 容积式润滑系统 容积式润滑系统以定量阀作为分配器向润滑点供油，在系统中配有压力继电器，系统油压达到预定值后发出信号，使电动机延时停止，润滑油由定量分配器供给，系统通过换向阀卸荷，并保持一个最低压力，使定量阀分配器补充润滑油；电动机再次启动，重复这一过程，直至达到规定润滑时间。该系统压力一般在50MPa 以下，润滑点可达几百个，其应用范围广、性能可靠，但不能作为连续润滑系统。图3-3-2所示为容积式润滑系统。

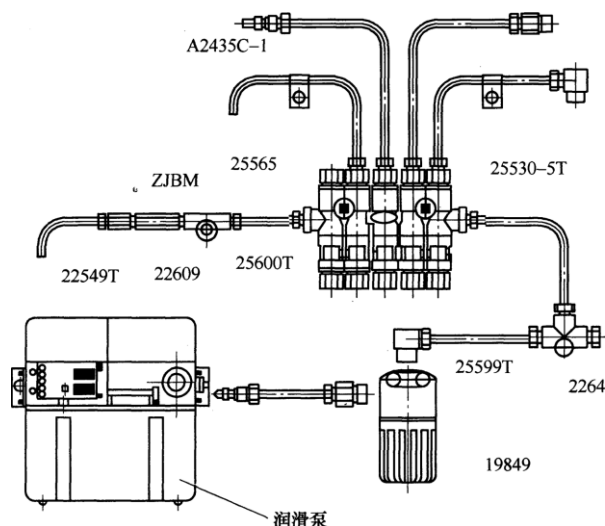


图3-3-2 容积式润滑系统

2. 数控机床的润滑

以 VP1050型加工中心润滑系统为例来介绍数控机床的润滑。VP1050型加工中心润滑系统综合采用脂润滑和油润滑。其中，主轴传动链中的齿轮和主轴轴承转速较高，温升剧烈，所以与主轴冷却系统采用循环油润滑。图3-3-3所示为 VP1050型加工中心主轴润滑冷却管路示意图。要求机床每运转1000h 更换一次润滑油，当润滑油液位低于油窗下刻度线时，需补充润滑油到油窗液位刻度线规定位置(上、下限之间)，主轴每运转2000h，需要清洗过滤器。VP1050型加工中心的滚动导轨、滚珠螺母丝杠及丝杠轴承等由于运动速度低，无剧烈温升，故这些部位采用脂润。图3-3-4为 VP1050型加工中心导轨润滑脂加注嘴示意图。要求在机床运转1000h(或6个月)补充一次适量的润滑脂，并且要采用规定型号的锂基类润滑脂。

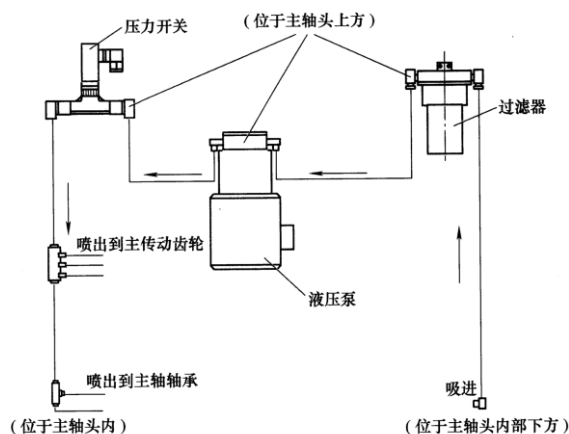


图3-3-3 VP1050型加工中心主轴润滑冷却管路示意图

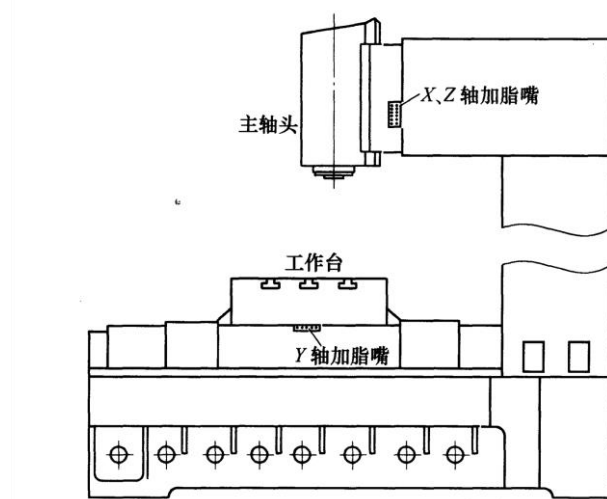


图3-3-4 VP1050型加工中心导轨润滑脂加注嘴示意图

3. 机床冷却

图3-3-5所示为电控箱冷气机的原理图和结构图。其工作原理是：电控箱冷气机外部空气经过冷凝器，吸收冷凝器中来自压缩机的高温空气的热量，使电控箱内的热空气得到冷却。在此过程中，蒸发器中的液态冷却剂变成低温低压气态制冷剂，压缩机再将其吸入压缩成高温高压气态制冷剂，由此完成一个循环。同时电控箱内的热空气再循环经过蒸发器，使其中的水蒸气被冷却，凝结成液态水而排出，这样热空气在经过冷却的同时也得到了除湿、干燥。

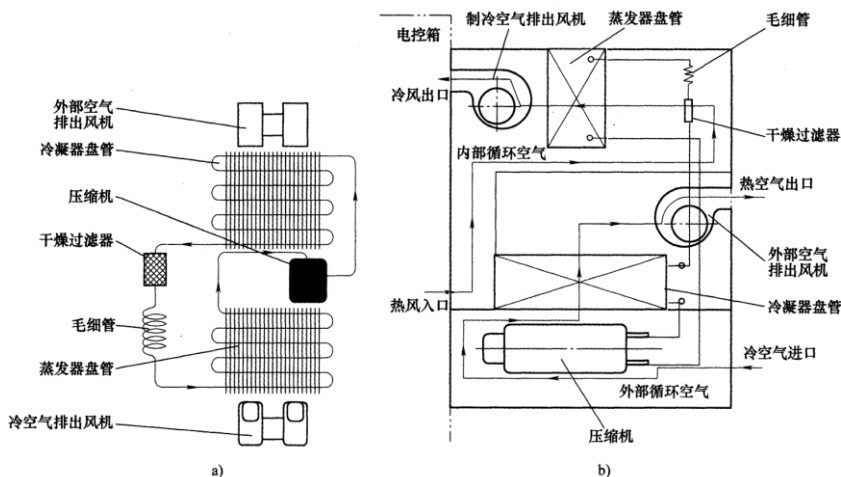


图3-3-5 电控箱冷气机的原理图和结构图

VP1050型加工中心采用专用的主轴温控机对主轴的工作温度进行控制。图3-3-6 a 所示为主轴温控机的工作原理图，循环液压泵2将主轴头内的润滑油(L-AN32全损耗系统用油)通过管道6抽出，经过过滤器4过滤送入主轴头内，温度传感器5检测润滑油液的温度，并将温度信号传给温控机控制系统，控制系统根据操作人员在温控机上的预设值，来控制冷却器的开停。冷却润滑系统的工作状态由压力继电器3检测，并将此信号传送到数控系统的PLC。

数控系统把主轴传动系统及主轴的正常润滑作为主轴系统工作的充要条件,如果压力继电器3无信号发出,则数控系统 PLC 发出报警信号,且禁止主轴起动。图3-3-6 b 所示为温控机操作面板。操作人员可以设定油温和室温的差值;温控机根据此差值进行控制,面板上设置有循环液压泵、冷却机工作、故障等多个指示灯,供操作人员识别温控机的工作状态。主轴头内高负荷工作的主轴传动系统与主轴同时得到冷却。

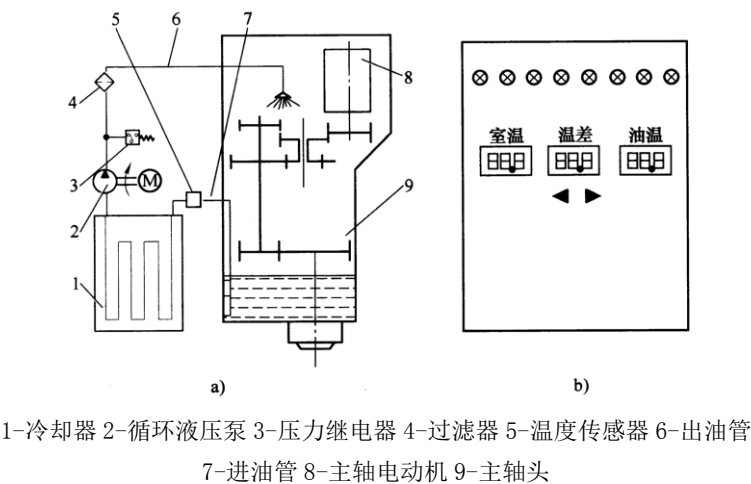
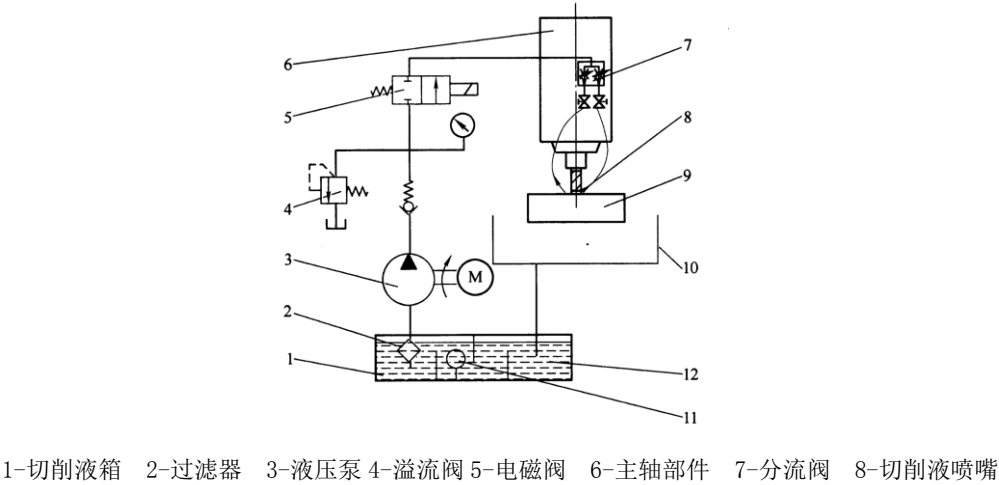


图3-3-6 主轴温控机

数控机床在高速大功率切削时伴随大量的切削热产生,使刀具、工件和内部机床的温度上升,进而影响刀具的寿命、工件加工质量和机床的精度。因此,在数控机床中,良好的工件切削冷却具有重要的意义,切削液不仅具有对刀具、工件、机床的冷却作用,还起到在刀具与工件之间的润滑、排屑清理、防锈等作用。图3-3-7所示为 H400型加工中心工件切削冷却系统原理图。H400型加工中心在工作过程中可以根据加工程序的要求,由两条管道喷射切削液,不需要切削液时,可通过切削液开/停按钮打开/关闭切削液。通常在计算机辅助制造软件生成的程序代码中会自动加入切削液开关指令。手动加工时,通过机床操作面板上的切削液开/停按钮可起动切削液电动机,送出切削液。



9-工件 10-切削液收集装置 11-液位指示计 12-切削液

图3-3-7 H400型加工中心切削冷却系统图

为了充分提高冷却效果,一些数控机床上还采用了主轴中央通水和使用内冷却刀具的方式进行主轴和刀具的冷却。这种方式对提高刀具寿命、发挥数控机床良好的切削性能、切屑的顺利排出等方面具有较好的作用,特别是在加工深孔时效果尤为突出,所以目前应用越来越广泛。

【任务实施】

1. 数控机床润滑系统的维护

- (1) 每天检查润滑油是否足够,不足时及时添加。
- (2) 每月定期检查给油口滤网,清除杂质。
- (3) 定期检查液压泵各接头有无堵塞。
- (4) 定期检查油排有否堵塞。
- (5) 每年对整个润滑油箱清洗一次。

2. 数控机床冷却系统的维护

- (1) 适时更换切削液。每2-3天检查切削液浓度及使用状况,并请调配好切削液与水的比率,以防机床生锈,建议使用切削液浓度计。
- (2) 保持切削液循环畅通。每周定期清除切削液水槽过滤网上的积屑。
- (3) 定期清洁水箱。将切削液抽干,冲洗水箱及水管,清洁过滤网,再加入切削液。

【任务拓展】

TH5460型立式加工中心,采用集中润滑站的润滑油耗大,隔1天就要向润滑站加油,切削液中混入大量润滑油,请分析可能的原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 单线阻尼式润滑系统
2. 递进式润滑系统
3. 容积式润滑系统

二、选择题

1. 关于单线阻尼式润滑系统,下列说法错的是()。
 - A. 非常灵活,多一个或少一个润滑点都可以
 - B. 利用阻尼式分配,把液压泵供给的油按一定比例分配到润滑点

- C. 一般用于循环系统，也可以用于开放系统
 - D. 当某一点发生阻塞时，会影响其他点的使用
2. 关于递进式润滑系统，下列说法正确的是（ ）。
- A. 能对任一润滑点的堵塞进行报警并终止运行，以保护设备。
 - B. 定量不准确，压力低
 - C. 不能使用粘度低的润滑油
 - D. 当某一点发生阻塞时，不会影响其他点的使用
3. 每（ ）检查润滑油是否足够，不足时及时添加。
- A. 天
 - B. 月
 - C. 季
 - D. 年
4. 每（ ）清理润滑油池底一次，并更换液压泵滤油器。
- A. 天
 - B. 月
 - C. 季
 - D. 年
5. 每（ ）检查给油口滤网，清除杂质。
- A. 天
 - B. 月
 - C. 季
 - D. 年

相关专业英语词汇

ATC—automatic tool changer 自动换刀装置

turret—刀架

maintain—保养

motor—电机

worm gear—蜗轮

worm—蜗杆

lubrication—润滑

coolant—冷却液

cooling system—冷却系统

horizontal—水平的

hydraulic—液压的

第二篇 数控机床电气系统装调

项目四 数控机床电气控制系统连接

项目引入

数控机床电气控制系统直接影响着数控机床的性能,其设计水平对整个数控机床的运行效率有直接影响。本项目主要包括数控系统的硬件连接、主轴控制电路的连接、进给控制电路的连接、辅助控制电路的连接等几个典型工作任务。通过完成上述工作任务,使学生具备数控机床电气控制系统的连接与调试能力,并具备良好的职业素养。

项目要求

1. 了解 FANUC 0i D 系统的特性;
2. 掌握 FANUC 0i TD 数控系统的硬件组成;
3. 掌握数控机床串行主轴和模拟主轴的工作原理;
4. 掌握 FANUC 进给伺服系统的工作原理;
5. 掌握数控车床刀架和冷却控制电路的知识;
6. 能够按照操作规范完成数控机床电气控制系统的连接;
7. 培养学生在电气控制系统连接过程中安全生产操作的意识;
8. 具备分析问题和解决问题的能力。

项目内容

- 任务 1 数控系统的硬件连接
- 任务 2 数控机床主轴控制电路的连接
- 任务 3 数控机床进给控制电路的连接
- 任务 4 数控机床辅助控制电路的连接

任务 1 数控系统的硬件连接

【任务目标】

- 1. 了解 FANUC 0i D 系统的特性;
- 2. 掌握 FANUC 0i TD 数控系统的硬件组成;
- 3. 能够根据技术要求完成 FANUC 0i TD 系统的硬件连接。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床,现需要完成数控系统的硬件连接,要求元器件布局留有足够的接线空间,安装方向及位置合理,并且走线规范。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务,需要配备以下资料:

- 1. FANUC 0i D 数控系统硬件连接说明书;
- 2. FANUC 0i D 数控系统维修说明书;
- 3. 数控机床电气原理图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的硬件连接工作,需要配备以下工具和材料,具体见表 4-1-1。

表 4-1-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	万用表	UT33B	块	1
	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1
	尖嘴钳	200mm	把	1
	剥线钳	TU-5022	把	1
	电烙铁	ST	只	1
材料	焊锡	1mm ²	卷	1
	松香	盒装	盒	1
	导线	0.75mm ² 、1mm ² 、1.5mm ²	卷	若干
	记号管	白色	m	2

三、知识准备

- 1. FANUC 0i D CNC控制器的结构及功能

目前北京FANUC 生产有加工中心/铣床用的0i MD/0i mate MD 和车床用的0i-TD/ 0i

Mate-TD，各系统的配置如表4-1-2所示。

表4-1-2 FANUC Oi D系统配置

系统型号		应用机床	放大器	电机
OiD 最多5轴	Oi MD	加工中心，铣床等	α i 系列的放大器 β i 系列的放大器	α iI, α iS系列 β iI, β iS 系列
	Oi TD	车床	α i 系列的放大器 β i 系列的放大器	α iI, α iS系列 β iI, β iS 系列
Oi mate D 最多4轴	Oi mate MD	加工中心，铣床	β i 系列的放大器	β iS 系列
	Oi mate TD	车床	β i 系列的放大器	β iS 系列

注：对于 β i 系列，如果不配FANUC 的主轴电机，伺服放大器是单轴型或双轴型，如果配主轴电机，放大器是一体型(SVSPM)。

FANUC Oi D系统可控制4个进给轴和多个伺服主轴(或变频主轴)。它包括基本控制单元、伺服放大器、伺服电机等。FANUC Oi mate D系统可控制3个进给轴和1个伺服主轴(或变频主轴)。它包括基本控制单元、伺服放大器、伺服电机和外置I/O模块。

FANUC Oi D 系列 CNC 控制器的正面外观如图 4-1-1 所示，反面外观如图 4-1-2 所示。



图4-1-1 FANUC Oi D系列控制器的正面外观

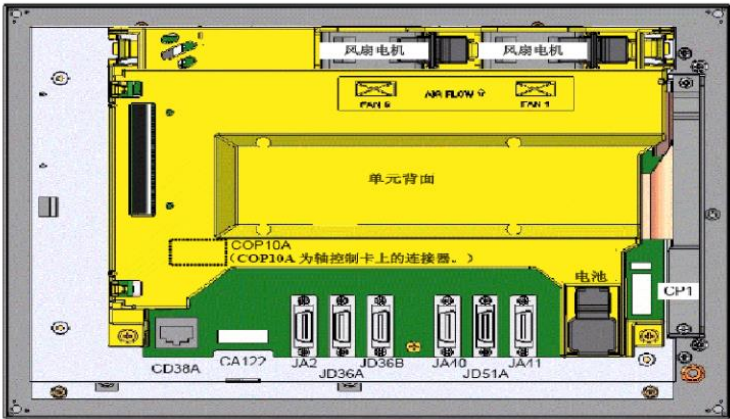


图4-1-2 FANUC Oi-D系列CNC控制器的反面外观

0i D 系列 CNC 控制器由主 CPU、存储器、数字伺服轴控制卡、主板、显示卡、内置 PMC、LCD 显示器、MDI 键盘等构成，0i C/D 主控制系统已经把显示卡集成在主板上。

①主 CPU：负责整个系统的运算、中断控制等。

②存储器：包括 FLASH ROM、SRAM、DRAM。

FLASH ROM 存放着 FANUC 公司的系统软件和机床应用软件，主要包括插补控制软件、数字伺服软件、PMC 控制软件、PMC 应用软件(梯形图)、网络通信控制软件、图形显示软件、加工程序等，如图 4-1-3 所示。

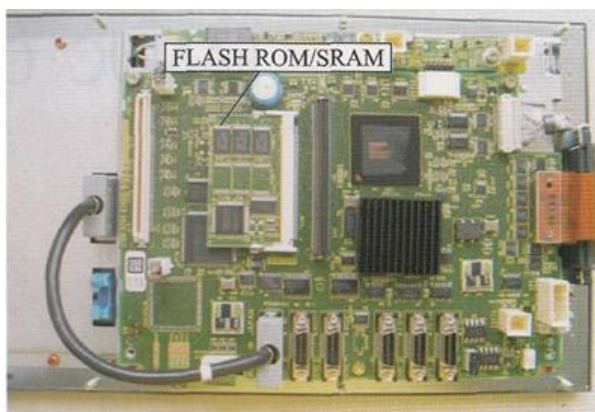


图 4-1-3 存储器板

SRAM 存放着机床制造商及用户数据，主要包括系统参数、用户宏程序、PMC 参数、刀具补偿及工件坐标系补偿数据、螺距误差补偿数据等。

DRAM 作为工作存储器，在控制系统中起缓存作用。

③数字伺服轴控制卡：伺服控制中的全数字的运算以及脉宽调制功能采用应用软件来完成，并打包装入 CNC 系统内(FLASH ROM)，支撑伺服软件运行的硬件环境由 DSP 以及周边电路组成，这就是常说的数字伺服轴控制卡(简称轴卡)，如图 4-1-4 所示。

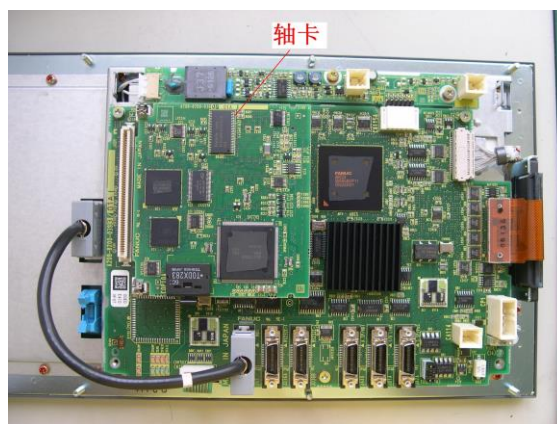


图 4-1-4 轴控制卡

④主板：包括 CPU 外围电路、I / O Link、数字主轴电路、模拟主轴电路、RS~232C 数

据输入输出电路、MDI 接口电路、高速输入信号、闪存卡接口电路等。

2. 系统配置

0i mate D和0i D在系统配置上有区别，0i Mate D的功能是通过软件方式进行整体打包的，可以满足常规的使用，而0i D系统配置需要根据功能来选择。常见FANUC 0i D系统配置如图4-1-5和图4-1-6所示。

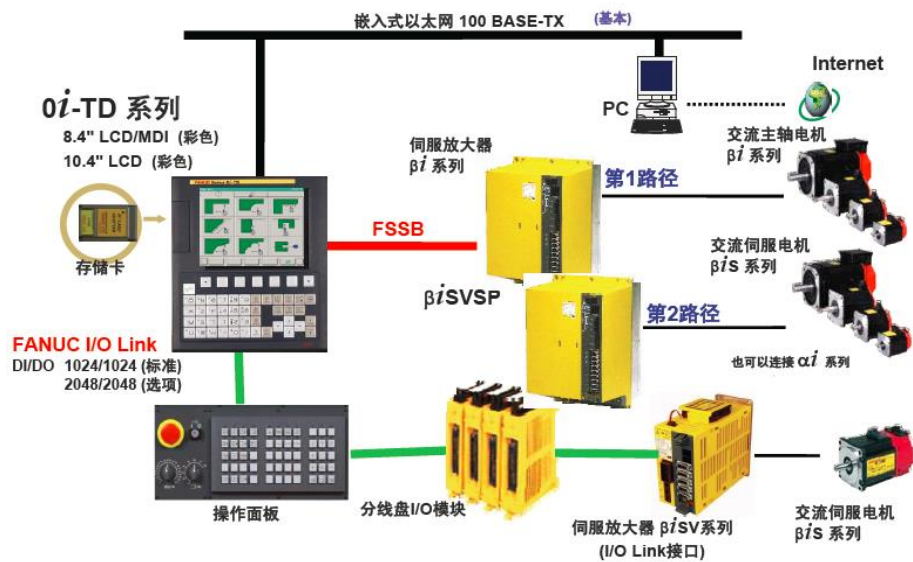


图4-1-5 0i D系统配置

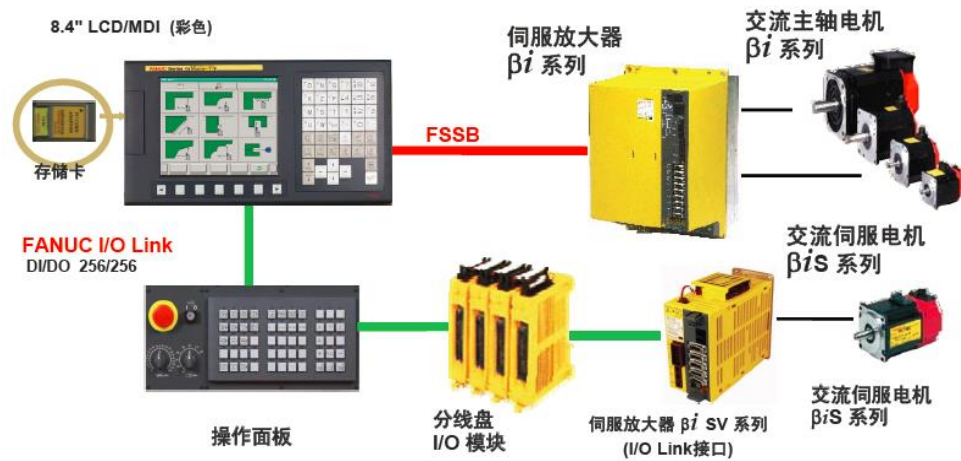


图4-1-6 0i mate D系统配置

3. FANUC 0i D系列硬件连接

图4-1-7是FANUC 0i D数控系统综合连接图。

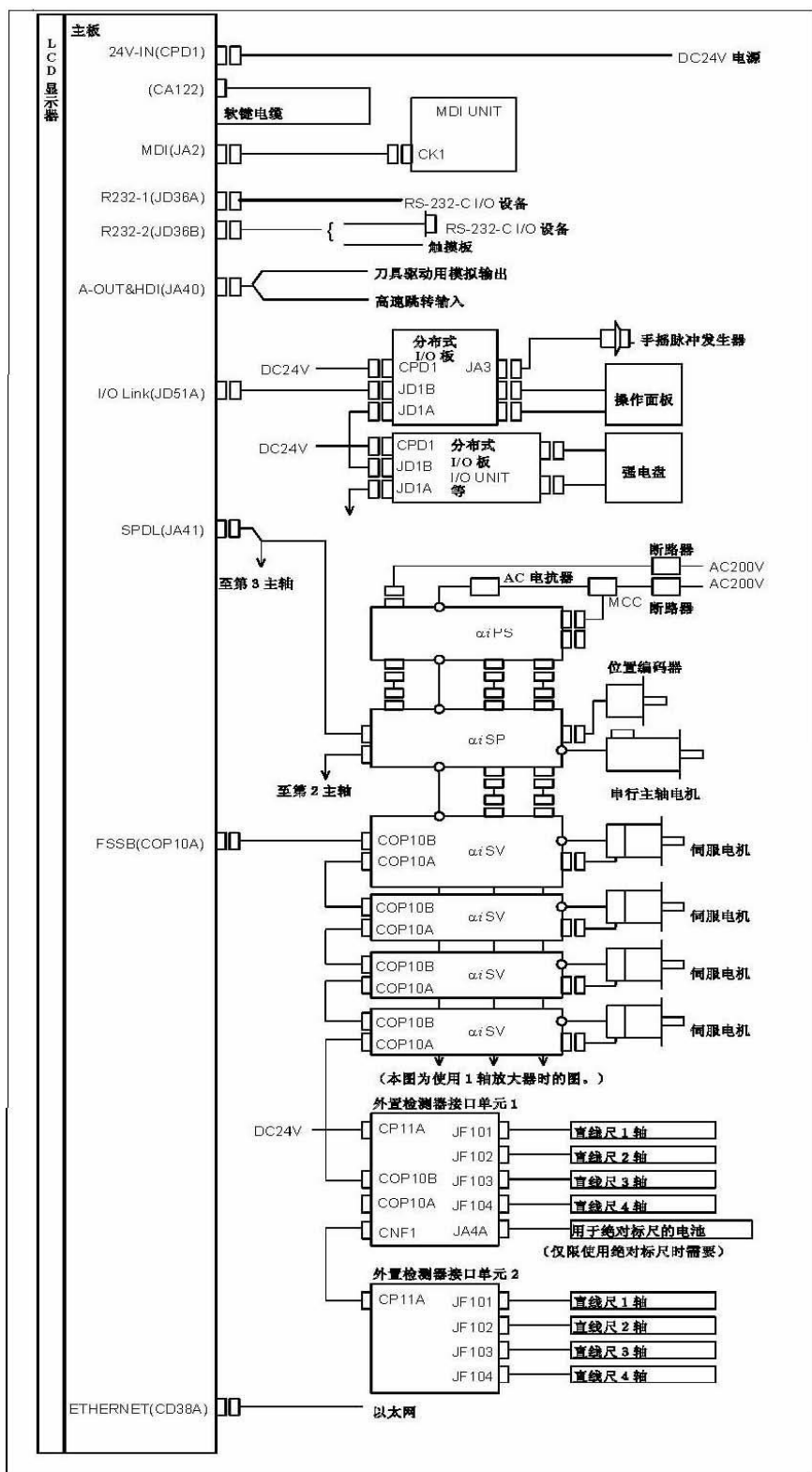


图4-1-7 FANUC Oi D数控系统综合连接图

(1) 数控系统的接口定义

FANUC Oi MODEL D 系统硬件在硬件上作了很多增加。如标配以太网口 (mate 的不含)、系统状态显示数码管等。图4-1-8为FANUC Oi D/Oi mate D 系统接口图。

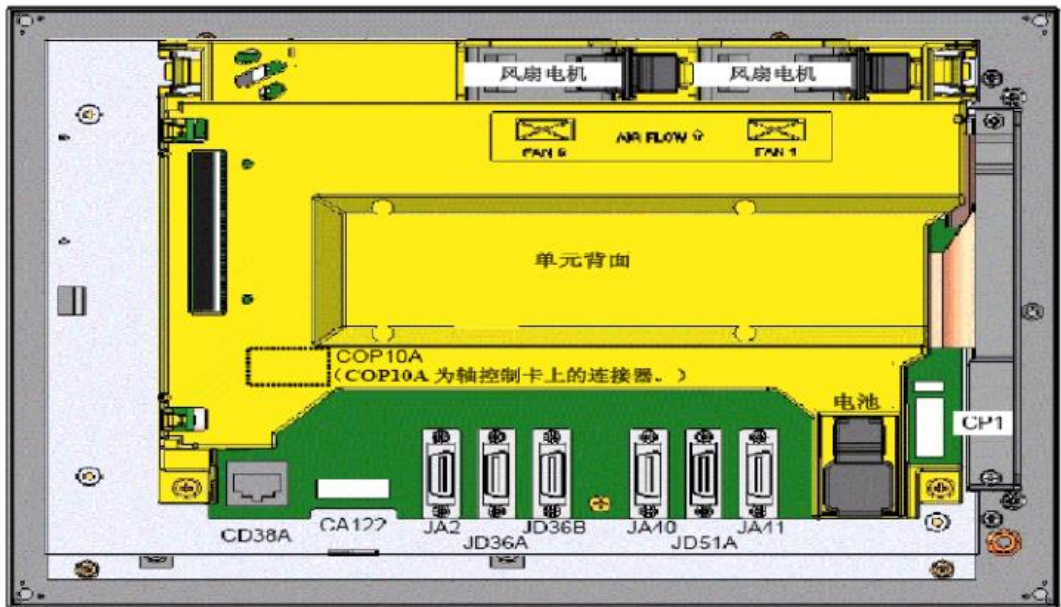


图4-1-8 FANUC Oi D/Oi mate D 系统接口图

系统各端子的功能如表4-1-3所示。

表4-1-3 Oi D系统各接口功能

端 口 号	用 途
COP10A	伺服 FSSB 总线接口，此口为光缆口
CD38A	以太网接口
CA122	系统软键信号接口
JA2	系统 MDI 键盘接口
JD36A/JD36B	RS-232-C 串行接口 1/2
JA40	模拟主轴信号接口/高速跳转信号接口
JD51A	I/O link 总线接口
JA41	串行主轴接口（到驱动器 JA7B）/ 主轴独立编码器接口（模拟主轴）
CP1	系统电源输入（DC24V）

（2）数控系统各接口说明

- ①FSSB 光缆连接线，一般接左边插口（若有两个接口），系统总是从 COP10A 到 COP10B，本系统由左边 COP10A 连接到第一轴驱动器的 COP10B。
- ②风扇、电池、软键、MDI 等在系统出厂时均已连接好，不用改动，但要检查在运输的过程中是否有地方松动，如果有，则需要重新连接牢固，以免出现异常现象。
- ③数控系统控制单元主板正常工作时需要外部提供 DC 24V 电源。外部 AC 200V 电源经

过开关电源整流后变为 DC 24V，通过 CP1 接口输入，供主板工作。

④RS232 接口，它是与电脑通讯的接口，共有两个，一般接左边，右边为备用接口，如果不与电脑连接，则不用接此线（推荐使用存储卡代替 RS232 口，传输速度及安全性都比串口优越）。

⑤JA40 端口可以接非 FANUC 的模拟主轴单元，比如在一些精度要求不太高的场合，为了降低数控系统的造价，可以采用其他公司的主轴控制单元和匹配的主轴驱动器。此时其主轴电机的位置编码器的反馈信号就需要接到 JA41 端口上。

⑥JD51A 接口是连接到 I/O Link 的。对于数控机床各坐标轴的运动控制，即在用户加工程序中 G、F 指令部分，由数控系统控制实现；而对于数控机床的顺序逻辑动作，即在用户加工程序中 M、S、T 指令部分，由 PMC 控制实现，其中包括主轴速度控制、刀具选择、工作台更换、工件夹紧与松开等。这些来自机床侧的输入、输出信号与 CNC 之间是通过 I/O Link 建立通信联系的。

⑦SRAM 的电源由安装在控制单元上的锂电池供电，电压为 3V。当电池的电压下降时，在 LCD 画面上则闪烁显示警告信息“BAT”。同时向 PMC 输出电池报警信号。出现报警信号显示后，应尽快更换电池。1~2 周只是一个大致标准，实际能够使用多久则因不同的系统配置而有所差异。fanuc 公司建议用户不管是否产生电池报警而每年定期更换一次电池。

【任务实施】

任务一：列出 FANUC Oi TD 系统的主要部件，简述其作用。

部件名称		系列号 (MODEL)	订货号 (SPEC)	额定输出	额定扭矩	最大转速	部件作用
CNC 装置				/	/	/	
伺服放大器	X				/	/	
	Z				/	/	
伺服电机	X						
	Z						
I/O 单元		/		/	/	/	

任务二：根据表格中的控制要求，填写相对应的控制方式。

机床类型	控制要求	控制方式实现
数控车床	主轴可以实现无级调速	例答：可以使用变频电机与伺服电机
	主轴可以进行速度反馈与车削螺纹	
	进给轴实现半闭环控制	
	进给轴可以实现无挡块回零	
	可以实现自动换刀	

任务三：FANUC 0i D 系统 CNC 装置的接口认知

请在 CNC 装置上依次找到如下接口：COP10A、CD38A、CA122、JA2、JD36A、JD36B、JA40、JD51A、JA41、CP1，并找到风扇电机、系统电池、系统保险丝、扩展槽接口。

端 口 号	用 途
COP10A	
CD38A	
CA122	
JA2	
JD36A/JD36B	
JA40	
JD51A	
JA41	
CP1	

任务四：如何判断光缆的好坏。

操作步骤： _____

任务五：取下风扇电机，清理，明确其基本信息。

操作步骤： _____

任务六：在数控机床上完成数控系统的硬件连接任务。

【任务拓展】

某工厂有一台 CAK6140 数控机床，按系统电源“ON”键后，系统无法启动，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. FANUC 0i mate TD
2. FSSB
3. RS232

二、选择题

1. 绝大部分的数控系统都装有电池，它的作用是（ ）。
 - A. 给系统的 CPU 运算提供能量，更换电池时一定要在数控系统断电的情况下进行
 - B. 在系统断电时，用它储存的能量来保持 RAM 中的数据，更换电池时一定要在数控系统通电的情况下进行
 - C. 为检测元件提供能量，更换电池时一定要在数控系统断电的情况下进行
 - D. 在突然断电时，为数控机床提供能量，使机床能暂时运行几分钟，以便退出刀具，更换电池时一定要在数控系统断电的情况下进行
2. FANUC Oi mate-D 最多能同时控制（ ）个进给轴。
 - A. 3
 - B. 4
 - C. 5
 - D. 2
3. FANUC 系统中 FSSB 是指（ ）。
 - A. 高速工业总线
 - B. 串行总线
 - C. 高速串行总线
 - D. FANUC 专用高速串行伺服总线
4. 当数控机床长期闲置不用时，对 CNC 系统进行维护保养的做法不正确的是（ ）。
 - A. 在长期不使用时，经常通电检查是否有报警提示，并及时更换备份电池
 - B. 应经常给 CNC 系统通电，在机床锁住不动的情况下，让机床空运行
 - C. 在空气湿度较大的梅雨季节，应天天给 CNC 系统通电
 - D. 长期不使用时，要保持备用电池的电量，更换电池时不能在 CNC 系统通电状态下进行
5. FANUC 系统中，光缆与伺服驱动器按照（ ）方式串行连接。
 - A. JD1A-JD1B
 - B. COP10A-COP10B
 - C. A-B
 - D. JF1-JF2

任务2 数控机床主轴控制电路的连接

【任务目标】

1. 掌握主轴传动的配置形式；
2. 掌握主轴传动换档技术；
3. 掌握模拟主轴和数字主轴的控制原理；
4. 能够根据技术要求完成数控机床主轴控制电路的连接。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床,采用三菱变频器 FR-A740-3.7K-CHT 进行模拟主轴控制,现需要完成主轴控制电路的连接,要求接线符合工艺要求,连接导线必须压接接线头,走线合理规范,信号线远离动力电源线。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务,需要配备以下资料:

1. FANUC Oi D 数控系统硬件连接说明书;
2. FANUC Oi D 数控系统维修说明书;
3. 数控机床电气原理图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的电气线路连接工作,需要配备以下工具和材料,具体见表 4-2-1。

表 4-2-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	万用表	UT33B	块	1
	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1
	尖嘴钳	200mm	把	1
	剥线钳	TU-5022	把	1
	电烙铁	ST	只	1
材料	焊锡	1mm ²	卷	1
	松香	盒装	盒	1
	导线	0.75mm ² 、1mm ² 、1.5mm ²	卷	若干
	记号管	白色	m	2

三、知识准备

1. 对主轴控制的要求

机床主轴的工作运动通常是旋转运动，不像进给驱动需要丝杠或其它直线运动装置上往复运动。现代数控机床对主轴传动，提出了更高的要求。

- (1) 调速范围宽并实现无级调速；
- (2) 恒功率范围要宽；
- (3) 具有位置控制能力；
- (4) 具有较高的精度与刚度，传动平稳，噪音低；
- (5) 良好的抗振性和热稳定性。

2. 主轴传动方式

常见的数控机床主轴传动方式有以下几种：

①普通三相异步电动机配置变速齿轮实现主轴传动

三相异步电动机转速公式为：

$$n = \frac{60 f (1-s)}{p} \quad (\text{式 4-2-1})$$

其中： f 是交流电源频率， s 是电机转差率， p 是电机极对数。

在工频情况下，电机转速恒定，主轴的调速只能通过齿轮变速换挡实现，主轴正转、反转和停止分别通过 M03、M04 和 M05 指令由 PLC（PMC）编程控制实现。当主轴需要调速时，可执行 M00 指令使加工程序暂停，然后手动进行换挡到加工工艺需要的速度，再循环启动继续加工。

这是最经济的一种主轴传动方式，但只能实现有级调速，由于电动机始终工作在额定转速下，经齿轮减速后，在主轴低速下输出力矩大，重切削能力强，非常适合粗加工和半精加工的要求。



图4-2-1 普通笼型异步电动机配齿轮变速箱

②三相异步电动机配置变频器实现主轴传动

由式 4-2-1 可知，改变电机工作频率可以实现电机调速。变频器的作用就是改变电机工作频率。电机和主轴常使用同步带连接，主轴正转、反转和停止及调速是通过编制加工程序由 PLC（PMC）编程控制实现的，S 代码由 CNC 处理，将信号传输给变频器，再由变频器控制三相异步电动机调速，实现主轴无级调速。这种情况下，主轴电动机只有工作在约 500 转/分钟以上才能有比较满意的力矩输出，否则很容易出现堵转的情况。这种方案适用于需要无级调速但对低速和高速都不要求的场合。



图4-2-2 普通笼型异步电动机配变频器

③三相异步电动机配置变频器以及变速齿轮箱实现主轴传动

这种主轴传动方式兼有上述两种传动方式的优点，主要是变速齿轮箱能在主轴低速时传递较大的转矩，避免了电机直接带动主轴时低速区输出转矩小的弊端。由于是变频器驱动三相异步电动机，能实现电机的无级调速，从而能实现主轴无级调速，两者组合扩大了主轴调速范围，可满足不同加工工艺的需要，主轴的正转、反转以及停止通过 M03、M04 和 M05 指令实现控制。齿轮换挡通过 M41、M42 和 M43 指令实现，S 代码调速由变频器实现。

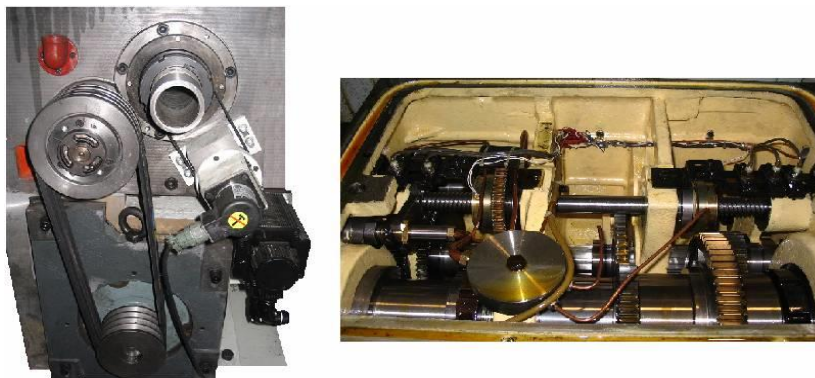


图4-2-3 三相异步电动机配齿轮变速箱及变频器

④主轴伺服电机配置主轴伺服放大器实现主轴传动

主轴伺服电机必须选用配套的主轴伺服放大器构成主轴伺服驱动系统。主轴伺服电机用于主轴传动，具有刚性强、调速范围宽、响应快、速度高、过载能力强的特点。主轴正转、反转以及停止和调速，通过指令 M03、M04、M05 和 S 编制相应的程序实现，价格比同功率变频器主轴驱动系统高。使用主轴伺服电机还具有别的驱动系统所没有的优势，伺服主轴还可以实现主轴定向（主轴准停）、刚性攻丝、CS 轮廓控制、主轴定位等主轴伺服特有功能，满足数控机床加工中特殊工艺需要。



图4-2-4 伺服主轴驱动系统

⑤电主轴

电主轴是在数控机床领域出现的将机床主轴与主轴电机融为一体的新技术，它与直线电机技术、高速刀具技术一起，把高速加工推向一个新时代。电主轴是一套组件，它包括电主轴本身及其附件，具体有：电主轴、高频变频装置、油雾润滑器、冷却装置、内置编码器、换刀装置等。电动机的转子直接作为机床的主轴，主轴单元的壳体就是机座，并且配合其他零部件，实现电动机与机床的“零传动”。



图 4-2-5 电主轴

3. 主轴换挡控制技术

通过一定的传动比来获得较宽的主轴转速范围和较高的转矩输出。对于采用变频器等主轴驱动装置的主轴电机，可实现主轴的无极调速。但其低速段的输出转矩常无法满足机床强力切削的要求，出现转矩不足的情况。若在这种情况下满足转矩要求，就要增大主轴电机的功率，从而增加成本。所以，我们通常采用齿轮换挡和无极调速相结合的分档无极调速方式来满足需要。电机的扭矩、功率、转速的关系如下：

$$T = 9545.5 \frac{P}{n}$$

P—电机轴的机械功率；n—转速

由上公式可知，在功率不变时，转速降低，扭矩增加。

换挡方式：①手动换挡

②液压拨叉换挡（另需一套液压装置和检测元件，确保换挡成功）

③电磁离合器换挡

④自动换挡，由辅助指令M41—M44，或S指令根据转速范围自动换挡，具体的控制由PLC完成。

4. FANUC数控系统主轴控制方式

FANUC 数控系统主轴控制主要有两大类：模拟主轴控制和串行主轴控制。模拟主轴控制即为传统的模拟量控制，从 CNC 单元输出 0~±10V 的模拟电压控制主轴电动机的转速及转向。而串行主轴控制是指从 CNC 单元输出的控制指令(数据)控制主轴电动机的转速及转向。

（1）模拟主轴控制

模拟主轴控制是 FANUC 数控系统输出模拟电压控制主轴，主轴调速由变频器调速控制，主轴电机一般选用普通三相异步电动机或变频电机，实现主轴的正转、反转、停止及调速等。

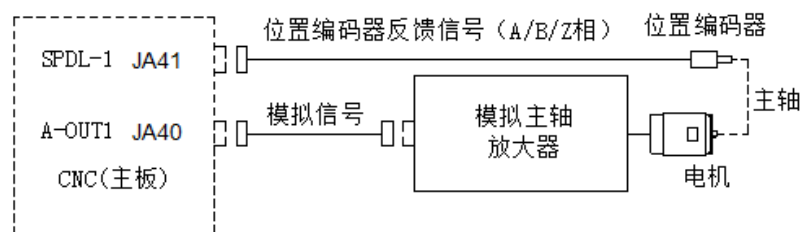


图4-2-6 模拟主轴控制原理

数控装置的接口JA40输出 $0 \sim \pm 10V$ 的模拟电压，输送到模拟主轴放大器（通常是变频器），模拟主轴放大器控制电机以一定的转速和转向转动。主轴的转速和转向是否达到控制要求，是由位置编码器来检测的。位置编码器把反馈信号输送到JA41接口。根据反馈结果，数控系统判断有没有达到控制要求，如果没有达到控制要求，系统JA40会发出信号进一步控制，直至满足控制要求。

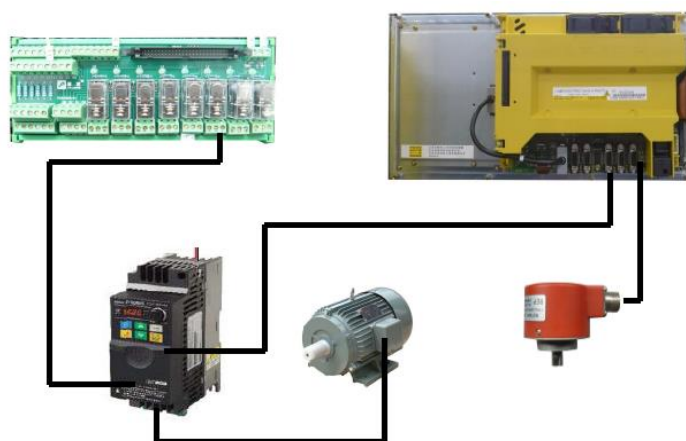


图4-2-7 变频主轴控制接线图

（2）串行主轴控制

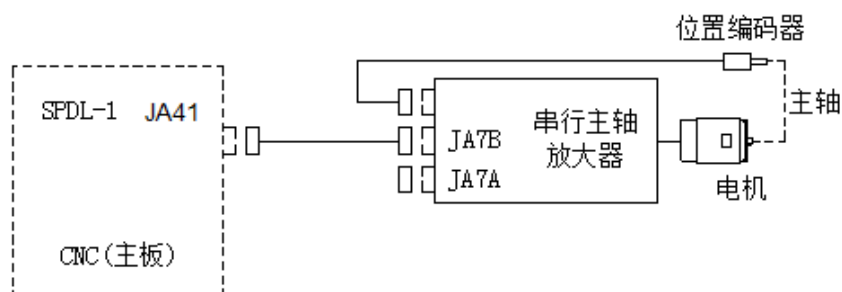


图4-2-8 串行主轴控制原理

从CNC单元输出的控制指令（数据）控制主轴电动机的转速及转向，转向控制也由相应的参数决定。0i TD系统可以控制最多3个串行主轴，0i MD系统可以控制最多2个串行主

轴，而 Oi mate TD/MD 系统则只能控制单个串行主轴。当使用 1 个串行主轴时，直接从 NC 的 JA41 连接到主轴放大器。当使用 2 个主轴时，从第 1 轴放大器的 JA7A 连接到第 2 主轴放大器的 JA7B。当使用第 3 串行主轴时，使用主轴指令分线盒。从 NC 的 JA40 到分线盒，从分线盒上的 JA7A-1 到第 1 主轴放大器，从分线盒上的 JA7A-2 到第 3 主轴放大器。

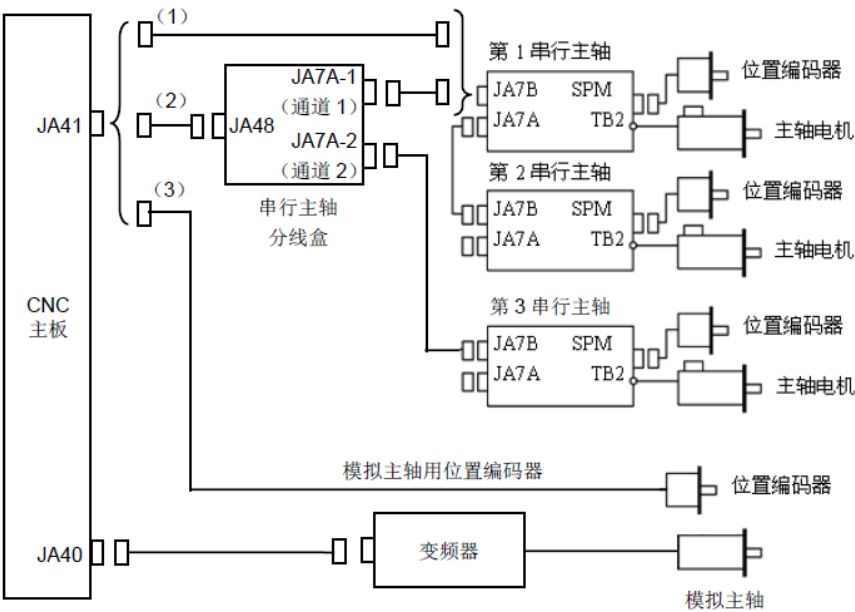


图 4-2-9 主轴的连接

5. 变频器基本知识

变频器即电压频率变换器，是一种将固定频率的交流电变换成频率、电压连续可调的交流电，以供给电动机运转的电源装置。目前，通用变频器几乎都是交-直-交型变频器。交-直-交型变频器首先将频率固定的交流电整流成直流电，经过滤波，再将平滑的直流电逆变成频率连续可调的交流电。由于把直流电逆变成交流电的环节较易控制，因此在频率的调节范围内，以及改善频率后电动机的特性等方面都有明显的优势，目前，此种变频器已得到普及。下面以欧姆龙变频器 3G3JZ-A4007 为例，介绍变频器的使用方法。

(1) 变频器铭牌

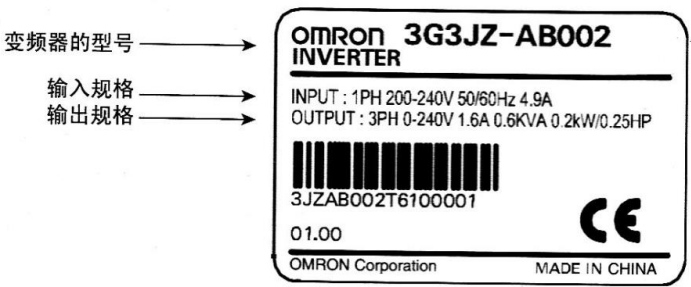


图 4-2-10 变频器铭牌

(2) 变频器型号



图 4-2-11 变频器型号

(3) 变频器的接线原理图

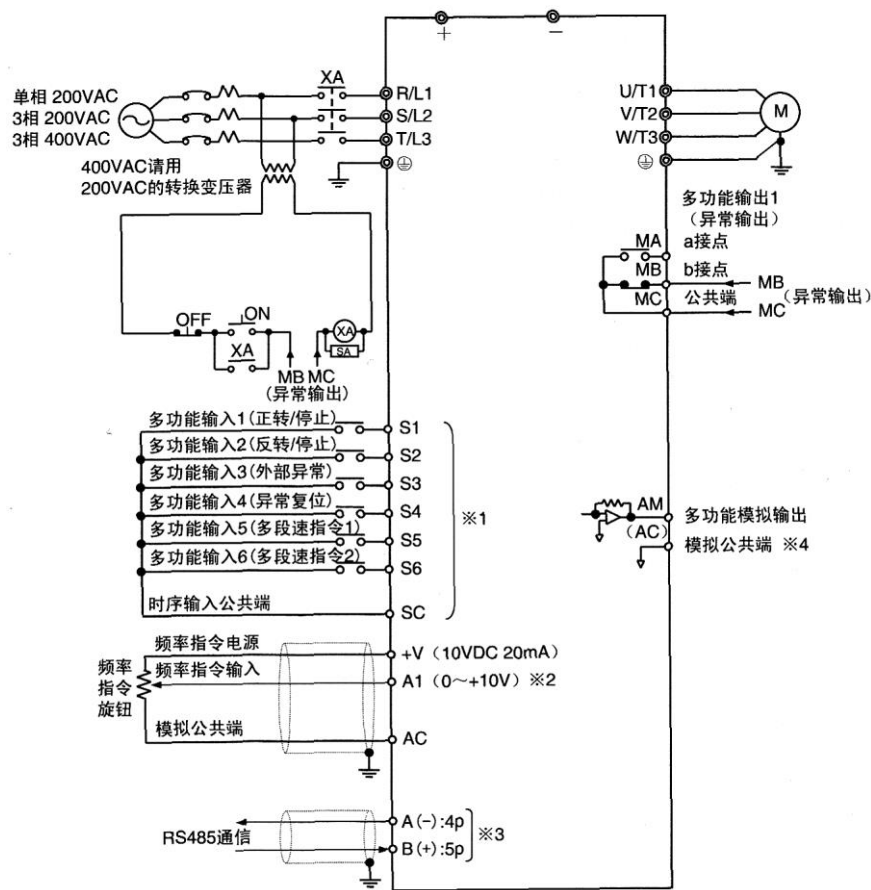


图 4-2-12 变频器接线原理图

需要注意的是：①控制回路端子显示为初始设定的NPN配线，可通过时序输入方法切换SW的设定变更为PNP输入。②频率指令输入A1初始为电压输入，可通过模拟输入选择方法切

换SW和参数设定变更为电流输入。

(4) 数字操作器



图 4-2-13 变频器操作器

表 4-2-2 变频器操作键介绍

图示	名称	功能
	数据显部	显示频率指令值、输出频率数值及参数常数设定值等相关数据。
	频率指令旋钮	通过旋钮设定频率时使用。旋钮的设定范围可在0Hz～最高频率之间变动。
RUN •	运转显示	运转状态下LED亮灯。运转指令OFF时在减速中闪烁。
FWD •	正转显示	正转指令时LED亮灯。从正转移至反转时，LED闪烁。
REV •	反转显示	反转指令时LED亮灯。从反转移至正转时，LED闪烁。
STOP •	停止显示	停止状态下LED亮灯。运转中低于最低输出频率时LED闪烁。
•	(进位显示)	在参数等显示中显示5位数值的前4位时亮灯。
	状态键	按顺序切换变频器的监控显示。 在参数常数设定过程中按此键则为跳过功能。
	输入键	在监控显示的状态下按下此键的话进入参数编辑模式。 在决定参数N0. 显示参数设定值时使用。 另外，在确认变更后的参数设定值时按下。
	减少键	减少频率指令、参数常数N0. 的数值、参数常数的设定值。
	增加键	增加频率指令、参数常数N0. 的数值、参数常数的设定值。
	RUN键	启动变频器(但仅限于用数字操作器选择操作 / 运转时)。
	STOP / RESET键	使变频器停止运转(只在参数n2.01设定为“STOP键有效”时停止) 另外，变频器发生异常时可作为复位键使用。

要进行各种操作模式的切换，可按下模式键 () 切换数据显示。接通电源后，连续按下模式键后，“数据显示部”会按照按图 4-2-14 所示顺序切换。

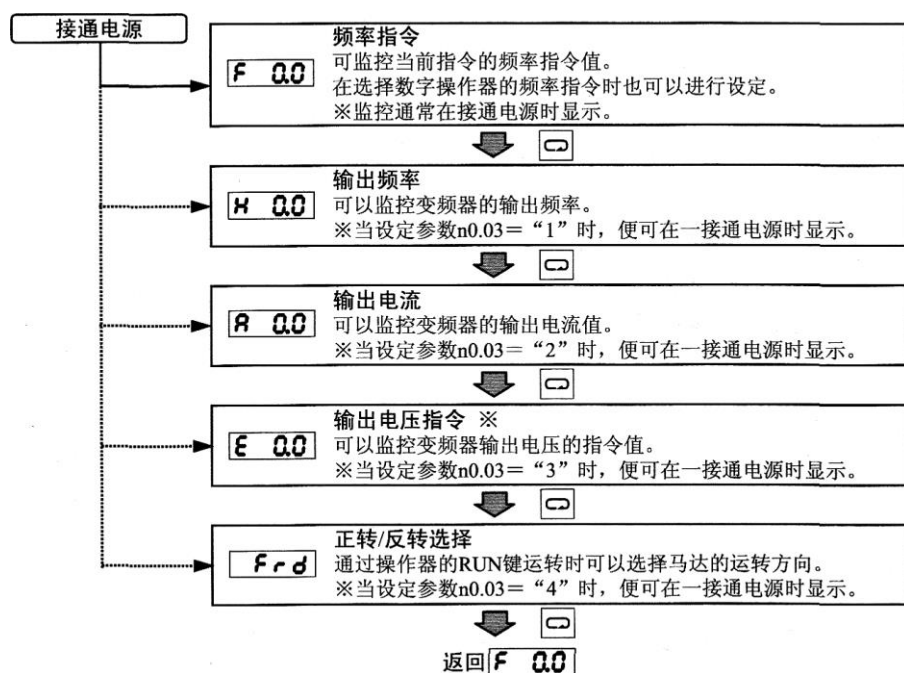


图 4-2-14 操作模式切换

(5) 变频器参数设定

参数 n2.00 为“频率指令选择”，设定为 0，代表操作器的增量/减量键输入有效；设定为 1，代表操作器的频率指令旋钮有效；设定为 2，代表频率指令输入 A1 端子（电压输入 0-10V）有效。

参数 n2.01 为“运行指令选择”，设定为 0，代表操作器的 RUN/STOP 键有效；设定为 1，代表控制回路端子有效，操作器的 RUN/STOP 键也有效；设定为 2，代表控制回路端子有效，操作器的 RUN/STOP 键无效。

【任务实施】

任务一：MDI 方式下输入“S50 M03”，执行该程序，观察主轴能否启动；然后输入“S200 M03”，观察主轴能否启动。

记录：_____

任务二：MDI 方式下输入“S700 M03”，并执行该程序，利用万用表测量变频器模拟电压输入端的电压值。MDI 方式下输入“S700 M04”，并执行该程序，利用万用表测量变频器模拟电压输入端的电压值。

执行“S700 M03”，测量电压值：_____

执行“S700 M04”，测量电压值：_____

主轴控制类型（单极性主轴还是双极性主轴）：_____

根据测量值，判断主轴最高转速为：_____

任务三：指出变频器型号，并明确其型号含义。

变频器型号：_____

型号含义：_____

任务四：绘制模拟主轴控制电气原理图，该原理图应体现 CNC 装置、变频器、主轴电机、位置编码器等部件。

任务五：在数控机床上完成主轴控制电路的连接。

【任务拓展】

有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，主轴采用变频器控制，主轴启动后主轴转速不受控制，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 模拟主轴
2. 串行主轴
3. 主轴位置编码器
4. 变频

二、选择题

1. 下列不能实现无级调速的是（ ）。
A. 普通三相异步电动机配置变速齿轮实现主轴传动
B. 三相异步电动机配置变频器以及变速齿轮箱实现主轴传动
C. 三相异步电动机配置变频器实现主轴传动
D. 伺服电机配置主轴伺服放大器实现主轴传动
2. 从 CNC 单元输出 $0 \sim \pm 10V$ 的模拟电压控制主轴电动机（ ）。
A. 转速 B. 转向 C. 转速及转向 D. 以上均不对
3. 关于电主轴，下列描述错误的是（ ）。
A. 机床主轴与主轴电机融为一体

- B. 电动机的转子直接作为机床的主轴
- C. 无法实现高速运转
- D. 主轴单元的壳体就是机座
4. 关于变频器，下列说法错误的是（ ）。
- A. 变频器即电压频率变换器
- B. 通用变频器几乎都是交-直-交型变频器
- C. 变频器是改变电机的频率
- D. 交-直-交型变频器首先将频率固定的交流电整流成直流电，经过滤波，再将平滑的直流电逆变成频率连续可调的交流电
5. 为了保证数控机床能满足不同的工艺要求，并能够获得最佳切削速度，主传动系统的要求是（ ）。
- A. 无级调速 B. 变速范围宽 C. 分段无级变速 D. 变速范围宽且能无级变速
6. JA41是（ ）接口，反馈主轴转速，以保证螺纹切削的准确性。
- A. 主轴编码器 B. 伺服驱动 C. 变频器 D. 手轮

任务3 数控机床进给控制电路的连接

【任务目标】

1. 掌握进给伺服系统的位置控制形式；
2. 掌握 FANUC 0i 伺服进给系统的控制原理；
3. 掌握急停与伺服上电控制原理；
4. 能够根据技术要求完成数控机床进给控制电路的连接。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，采用 FANUC β iSV20 伺服放大器进行伺服控制，现需要完成进给控制电路的连接，要求接线符合工艺要求，连接导线必须压接接线头，走线合理规范，信号线远离动力电源线。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

1. FANUC 0i D 数控系统硬件连接说明书；
2. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
3. 数控机床电气原理图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的电气线路连接工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 4-3-1。

表 4-3-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	万用表	UT33B	块	1
	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1
	尖嘴钳	200mm	把	1
	剥线钳	TU-5022	把	1
	电烙铁	ST	只	1
材料	焊锡	1mm ²	卷	1
	松香	盒装	盒	1
	导线	0.75mm ² 、1mm ² 、1.5mm ²	卷	若干
	记号管	白色	m	2

三、知识准备

1. 伺服系统概述

什么是伺服呢？“伺服”一词源于希腊语“奴隶”的意思，就是非常听话，让走到哪，就走到哪。伺服系统是指以机械位置或角度作为控制对象的自动控制系统。它接受来自数控装置的进给指令信号，经变换、调节和放大后驱动执行件，转化为直线或旋转运动。伺服系统是数控装置和机床的联系环节，是数控机床的重要组成部分。由于各种数控机床所完成的加工任务不同，它们对伺服进给系统的要求也不尽相同，但通常可概括为以下几方面。

(1) 输出位置精度要高。静态上要求定位精度和重复定位精度要高，以保证尺寸精度。动态上要求跟随精度高，以保证轮廓精度。

(2) 响应速度快且无超调。这是对伺服系统动态性能的要求，即在无超调的前提下，执行部件的运动速度的建立时间 t_p 应尽可能短。通常要求从 $0 \rightarrow F_{max}$ ($F_{max} \rightarrow 0$)的时间应小于200ms，且不能有超调，否则对机械部件不利，影响零件的加工质量。

(3) 调速范围要宽且要有良好的稳定性。

(4) 负载特性要硬。在系统负载范围内，当负载变化时，输出速度应基本不变，即 ΔF 尽可能小；当负载突变时，要求速度的恢复时间短且无振荡，即 Δt 尽可能短；另外应有足够的过载能力。

(5) 能可逆运行和频繁灵活启停。

(6) 系统的可靠性高，维护使用方便，成本低。

综上所述：对伺服系统的要求包括静态和动态特性两方面；对高精度的数控机床，对其动态性能的要求更严。

2. 伺服进给系统的位置控制形式

伺服进给系统按其控制方式不同可分为开环系统和闭环系统。闭环控制方式通常是具有位置反馈的伺服系统。根据位置检测装置所在位置的不同，闭环系统又分为半闭环系统和全闭环系统。半闭环系统具有将位置检测装置装在丝杠端头和装在电机轴端两种类型。前者把丝杠包括在位置环内，后者则完全置机械传动部件于位置环之外。全闭环系统的位置检测装置安装在工作台上，机械传动部件整个被包括在位置环之内。

(1) 半闭环控制

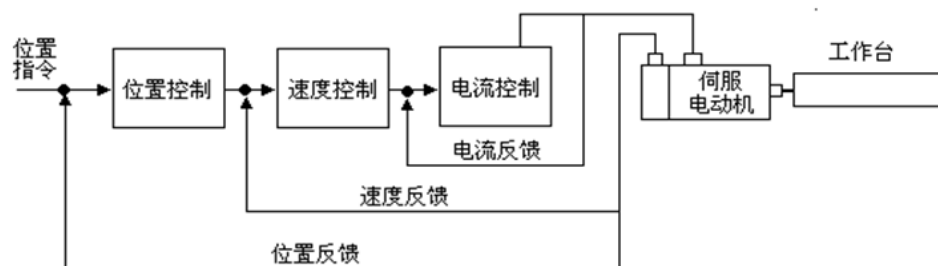


图4-3-1 半闭环控制

数控机床采用半闭环控制时,进给伺服电动机的内装编码器的反馈信号既作为速度反馈信号,同时又作为丝杠的位置反馈信号。

(2) 全闭环控制形式

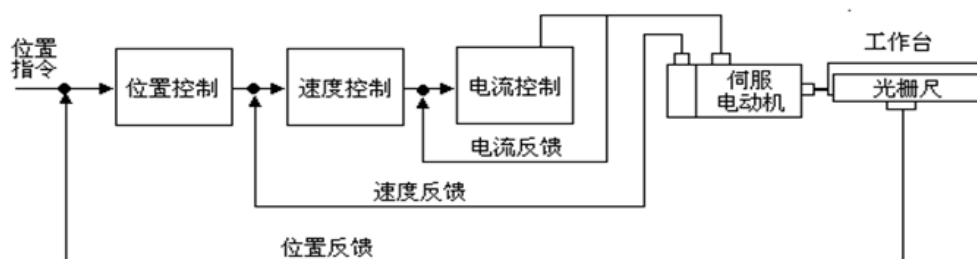


图4-3-2 全闭环控制

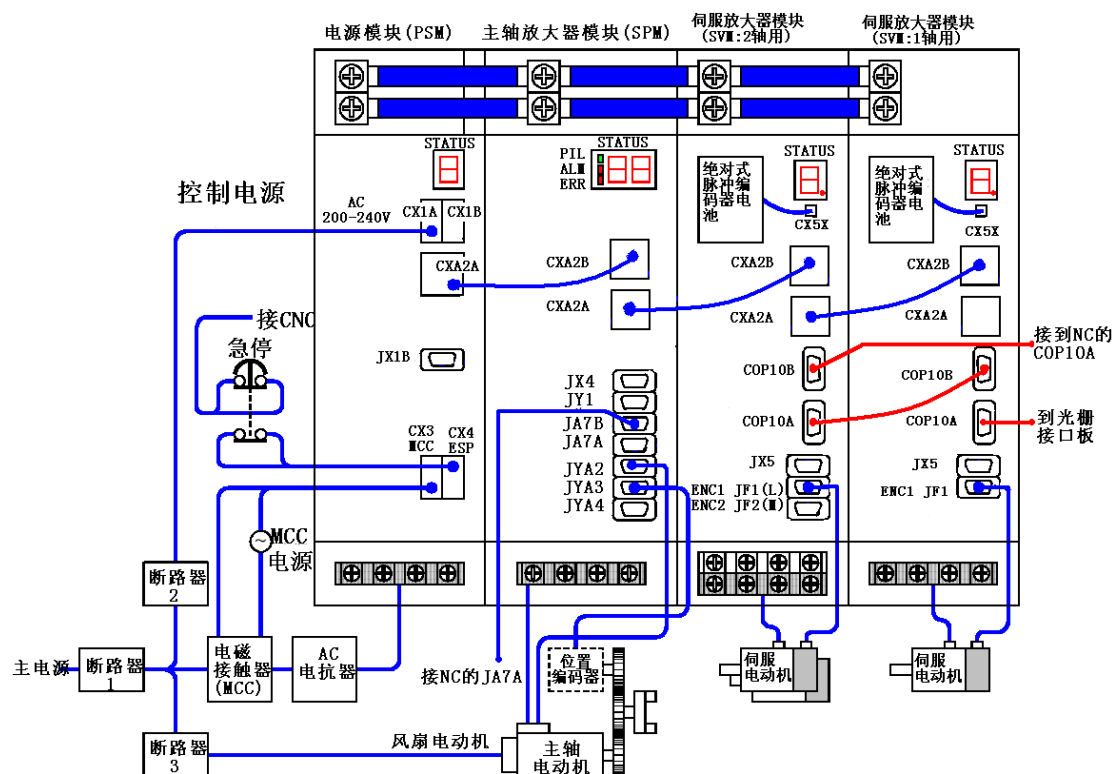
如果数控机床采用位置检测装置作为位置反馈信号,则伺服进给控制形式为全闭环控制形式。在全闭环控制形式中,伺服进给系统的速度反馈信号来自伺服电动机的内装编码器信号,而位置反馈信号是来自位置检测装置的信号。

3. 伺服放大器

FANUC伺服控制系统的连接,无论是 α i或 β i的伺服控制,在外围连接电路具有很多类似的地方,大致分为光缆连接、控制电源连接、主电源连接、急停信号连接、MCC连接、主轴指令连接(指串行主轴,模拟主轴接在变频器中)、伺服电机主电源连接、伺服电机编码器连接等内容。目前常用的伺服放大器类型有 α i伺服放大器、 β iSVSP(一体化结构)、 β iSVM(I/O Link)、 β iSVM(FSSB)等。

(1) α i 伺服放大器

FANUC α i系列伺服放大器(SVM)用于驱动 α i系列伺服电机,它的优点是体积小(宽度有60, 90, 150, 300五种),功耗低(比 α 系列减少10%左右)等优点,有普通型和高压型两种,需要电源模块(PSM)配合使用。 α i伺服放大器使用说明如下:

图4-3-3 α_i 放大器连接图

①主断路器接通后, CX1A接口输入伺服放大器控制用AC200V电压。

②通过PSM的AC200V引入DC24V，作为控制电源。通过CXA2A、CXA2B接口，向各个模块供给DC24V。

③CNC的电源接通，解除急停后，通过FSSB光缆发出MCC吸合信号MCON。同时，通过伺服放大器接口CX4，解除伺服放大器的急停信号。

④CX3接口是用来使得内部MCC吸合，从而控制外围的动力电缆。

⑤PSM内把输入AC200V动力电源经过整流后，转换成DC300V输出。需要注意的是：电源接通后，PSM中DC300V接通的时间大约为3秒；电源切断后，放电时间需要20分钟以上，因此电源切断后，需要注意接触端子有危险。

⑥JF1/JF2/JF3的接线主要是伺服电机的反馈信号，包括伺服电机的位置、速度、旋转角度的检测信号。

⑦COP10B为伺服串行总线（FSSB）接口，与CNC系统的COP10A连接，COP10A为伺服串行总线接口，与下一个伺服单元的COP10B连接（光缆）。

(2) 帶主軸的 β i 伺服放大器

对于βi系列的伺服放大器,带主轴的放大器SPVM是一体型放大器,连接如图4-3-4所示。

接。

L1、L2、L3：主电源输入端接口。

U、V、W：伺服电动机的动力线接口。

DCC/DCP：外置放电电阻接口。

CXA20：外置放电电阻温度报警输入接口。

CX29：MCC控制信号的接口，当伺服系统和CNC没有故障时，CNC向伺服放大器发出使能信号，伺服放大器内部继电器吸合，该继电器触点MCC吸合。

CX30：外部急停信号接口。

CXA19B：DC24V控制电路电源输入接口，连接外部24V稳压电源。

CXA19A：DC24V控制电路电源输出接口，连接下一个伺服单元的CXA19B。

COP10B：伺服串行总线（FSSB）接口，与CNC系统的COP10A连接（光缆）。

COP10A：伺服串行总线（FSSB）接口，与下一个伺服单元的COP10B连接（光缆）。

JX5：伺服检测板信号接口。

JF1：伺服电动机内装编码器信号接口。

CX5X：伺服电动机编码器为绝对编码器的电池接口。

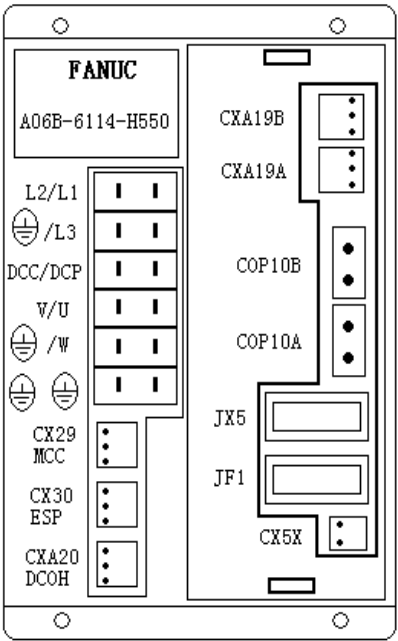


图 4-3-5 β i 系列伺服单元

4. 伺服电机

FANUC 伺服电机主要有 α i 系列和 β i 系列两种，α i 系列伺服电机适合于需要极其平滑的旋转和卓越的加速能力的机床进给轴，β i 系列伺服电机是性价比卓越的交流伺服电机，具有机床进给轴需要的基本性能。

（1）电机型号

对于型号为 β iS12/3000 的伺服电机，型号中的两个数字分别表示了伺服电机的失速转矩和最高转速。

β：伺服电机系列名称

i：系列号

s：电机类型，s 为强磁材料

12：失速转矩（N.m）

3000：最高转速（r/min）

（2）工作特性

伺服电机的工作特性由功率、转矩、转速等参数表示。 β iS12/3000 的功率为 1.8kW，额定转速为 2000r/min，失速转矩为 11Nm。图 4-3-6 为该伺服电机的工作特性曲线。

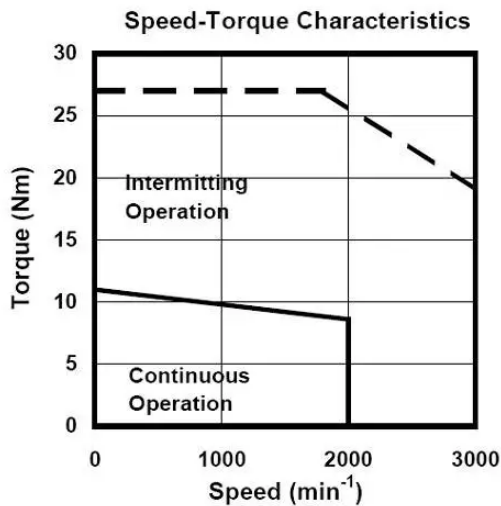


图 4-3-6 β iS12/3000 工作特性曲线

从图 4-3-6 中可以看出，电机在额定转速下的转矩与失速转矩相比，有些下降。随着转速的上升，总体上转矩将下降，而当转速大于额定转速时，转矩输出则下降非常快。通常伺服电机的工作范围在额定转速以下。

5. 接线注意事项

（1）光缆连接（FSSB 总线）



图4-3-7 FSSB 连接图

发那科的 FSSB 总线采用光缆通讯，在硬件连接方面，遵循从 A 到 B 得规律，即 COP10A 为总线输出，COP10B 为总线输入，需要注意的是光缆在任何情况下不能硬折，以免损坏。如图 4-3-7。

（2）控制电源连接

控制电源采用 DC24V 电源，主要用于伺服控制电路的电源供电。在上电顺序中，推荐优先系统通电。直流 24V 电源输入，必须注意电源的正负极。

(3) 急停与伺服上电控制回路的连接

当 FSSB 总线与 I/O LINK 的连接完成后，还需要对急停回路与伺服上电回路进行连接才能构成一个简单的数控机床控制回路，下面将分别对这两个部分进行介绍，如图 4-3-8。

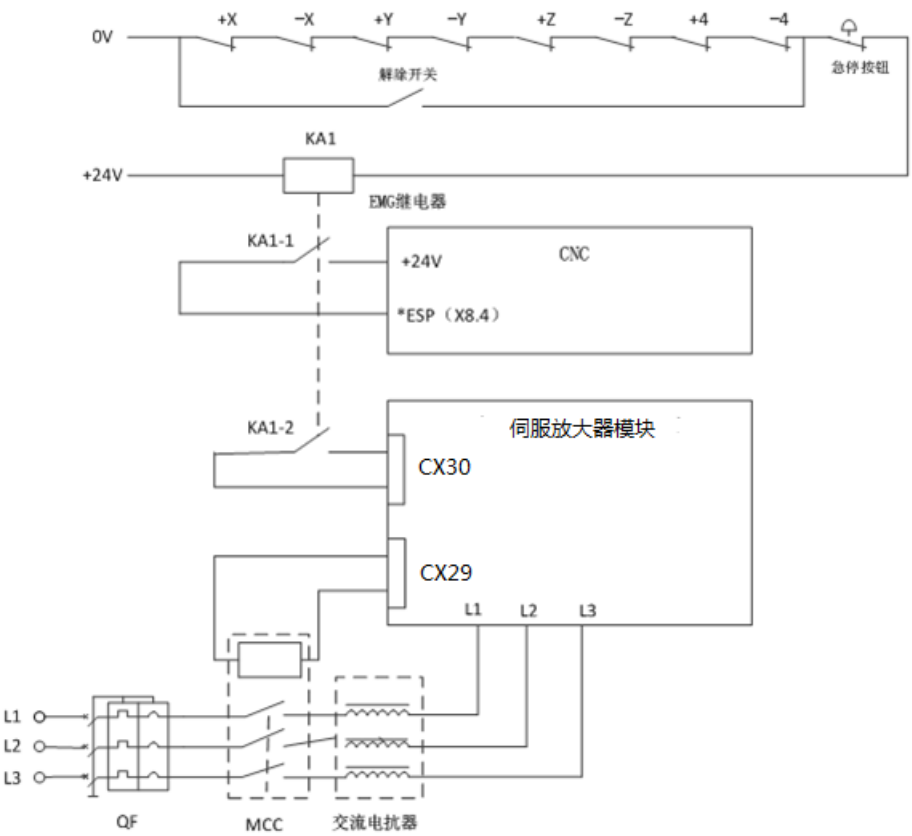


图4-3-8 原理图

① 急停控制回路

一般急停控制回路是由“急停”开关和“各轴超程开关”串联的，且通常使用开关的动断触点。在这些串联回路中还串联一个 24V 急停继电器线圈，继电器的一对触点接到 CNC 控制单元的急停输入上，继电器的另一对触点接到伺服放大器电源模块 PSM 上。若按下急停按钮或机床运行时超程（行程开关断开），则急停继电器线圈断电，其常开触点 KA1-1 和 KA1-2 断开，从而导致控制单元出现急停报警，主接触器线圈断电，主电路断开，进给电机和主轴电机停止运行。

② 伺服上电回路

伺服上电回路是给伺服放大器主电源供电的回路，伺服放大器的主电源一般采用三相 220V 的交流电源，通过交流接触器接入伺服放大器，交流接触器的线圈受到伺服放大器的 CX29 的控制，当 CX29 闭合时，交流接触器的线圈得电吸合，给放大器通入主电源。

6. 伺服放大器维护

为了能够实现伺服放大器的长期使用，确保设备的高性能、高稳定性，必须实施日常性的维护和检查，具体项目及判定标准如表 4-3-2。

表 4-3-2 伺服放大器检查表

检查部位	检查项目	检查周期		判定基准
		日常	定期	
环境	环境温度	○		强电柜四周 0~45℃ 强电柜内 0~55℃
环境	湿度	○		小于等于 90%RH（不应结露）
环境	尘埃、油污	○		伺服放大器附近不应粘附有此类物质
环境	冷却风通道	○		风的流动是否畅通 冷却风扇电机运行是否正常
环境	异常振动、响声	○		不应有以前没有的异常响声或振动 放大器附近的振动应小于等于 0.5G
环境	电源电压	○		α i 系列：应在 200~240V 范围内 α HVi 系列：应在 400~480V 范围内
放大器	整体	○		是否出现异常响声和异常气味
放大器	整体	○		是否粘附有尘埃、油污 是否出现异常响声和异常气味
放大器	螺丝		○	是否有松动
放大器	风扇电机	○		是否运转正常 不应有尘埃、油污 不应有异常振动、响声
放大器	连接器		○	是否有松动
放大器	电缆		○	是否有发热迹象 包覆是否出现老化（变色或者裂纹）
外围设备	电磁接触器		○	不应出现异响以及颤动
外围设备	漏电断路器		○	漏电跳闸装置应正常工作
外围设备	AC 电抗器		○	不应有嗡嗡声响

【任务实施】

任务一：找到如下端子，并明确其功用（L1、L2、L3、U、V、W、DCC/DCP、CXA20、CX29、CX30、CXA19B、CXA19A、COP10B、COP10A、JX5、JF1、CX5X）。

记录： _____

任务二：在断电情况下依次拔下如下电缆，观察和分析伺服报警。

(1) 拔下 FSSB 命令电缆 COP10A (注意 FSSB 脆，易折断)

报警现象记录和分析：_____

(2) 拔下 CXA19B 电缆：_____

(3) 拔下 CX29 电缆：_____

(4) 拔下 CX30 电缆：_____

(5) 恢复连接，然后开机，确保系统无报警、正常工作。

任务三：指出伺服放大器和伺服电机的型号及含义。

伺服放大器型号：_____

伺服电机的订货号是_____

伺服电机的额定转速是_____

伺服电机的连续输出功率是_____

伺服电机的失速转矩是_____

伺服电机的额定转矩是_____

任务四：观察正常(无报警)通电状态下旋转伺服电机，能否转动？断电状态下用手旋转伺服电机，为什么有的能自由转动，有的却不能，试分析原因。

记录：_____

任务五：写出伺服电机编码器的型号，明确其为绝对性还是增量型。

型号：_____

类型：_____

任务六：查看实物图，画出伺服进给控制电路的电气原理图，该原理图应能体现 CNC 装置、X 轴伺服放大器、X 轴伺服电机、Z 轴伺服放大器、Z 轴伺服电机等部件。

任务七：在数控机床上完成进给控制电路的连接。

【任务拓展】

某工厂有一台 CAK4085 数控机床，配备 FANUC 0i D 数控系统，机床上电后，手动方式移动各进给轴，工作台不能移动，手轮移动各进给轴，工作正常，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 半闭环控制
2. 闭环控制
3. SVSP
4. 失速转矩

二、选择题

1. 某机床采用 β iS4/4000 驱动，丝杠螺距 5mm，则快速移动速度可达到（ ）。
A. 20m/min B. 15m/min C. 2000mm/min D. 150mm/min
2. 要防止重力轴在机床断电时掉落，必须（ ）。
A. 首先关断伺服电机励磁，然后制动器抱住电机轴
B. 首先制动器尽快动作，然后关断伺服电机励磁
C. 制动器和伺服电机同时断电
D. 减少重力轴的重量
3. 什么装置对伺服电动机供电，驱动电动机回转（ ）。
A. CNC 控制单元 B. 伺服放大器
C. I/O 单元 D. 变频器
4. 在 FANUC 0i Mate-C/D 上，屏幕产生 401 号伺服报警的原因是（ ）。
A. 轴进给速度过快
B. 伺服电机过热
C. 伺服放大器没有返回 SV 上电成功应答信号 VRDY
D. 电机过载
5. 半闭环控制系统的传感器装在（ ）。
A. 电机轴或丝杠轴端 B. 机床工作台上
C. 刀具主轴上 D. 工件主轴上

任务4 数控机床辅助控制电路的连接

【任务目标】

1. 掌握数控车床刀架控制电路的工作原理；
2. 掌握数控车床冷却控制电路的工作原理；
3. 能够根据技术要求完成刀架、冷却等辅助控制电路的连接。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，采用 LDB4-6 系列电动刀架，现需要完成刀架、冷却等辅助控制电路的连接，要求接线符合工艺要求，连接导线必须压接接线头，走线合理规范，信号线远离动力电源线。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

1. FANUC 0i D 数控系统硬件连接说明书；
2. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
3. 数控机床电气原理图。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的电气线路连接工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 4-4-1。

表 4-4-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	万用表	UT33B	块	1
	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1
	尖嘴钳	200mm	把	1
	剥线钳	TU-5022	把	1
	电烙铁	ST	只	1
材料	焊锡	1mm ²	卷	1
	松香	盒装	盒	1
	导线	0.75mm ² 、1mm ² 、1.5mm ²	卷	若干
	记号管	白色	m	2

三、知识准备

1. 刀架控制电路

回转刀架是数控车床最常用的换刀装置，一般通过液压系统或电气来实现机床的自动换刀动作，根据加工要求可设计成四方、六方刀架或圆盘式刀架，并相应地安装4把、6把或更多的刀具。回转刀架的换刀动作可分为刀架抬起、刀架转位和刀架锁紧等几个步骤。

(1) 电动四方刀架的工作原理

系统发出换刀信号，刀架电机正转继电器动作，电机正转，通过减速机构和升降机构将上刀体上升至一定位置，离合盘起作用，带动上刀体旋转至所选择刀位，发讯盘发出刀位信号，刀架电机反转继电器动作，电机反转，完成初定位后上刀体下降，齿牙盘啮合，完成精确定位，并通过升降机构锁紧刀架。

(2) 霍尔元件

刀架电气控制的类型很多，以霍尔元件检测刀位的简易刀架为例进行说明。这种刀架只能单方向换刀，电机正转换刀，反转锁紧。刀架反转锁紧时刀架电机实际上是一种堵转状态，因此刀架电机反转的时间不能太长，否则可能导致刀架电机的损害。

刀架上的每一个刀位都配备一个霍尔元件，如4工位刀架，需要配备4个霍尔元件。霍尔元件的常态是截止，当刀具转到工作位置时，利用磁体使霍尔元件导通，将刀架的位置信号发送的PLC的数字输入。



图4-4-1 发讯盘和霍尔元件位置图

(3) 刀架电动机正反转的实现

电动刀架的电气部分分强电和弱电两部分，强电部分由三相电源驱动三相交流异步电动机正、反旋转从而实现电刀架的松开、转位、锁紧等动作；弱电部分主要由位置传感器——发讯盘采用霍尔传感器发讯。

图 4-4-2 中，正转继电器的线圈 KA7 与反转继电器的一组常闭触点串联，而反转继电器

的线圈 KA8 又与正转继电器的一组常闭触点串联，这样就构成了正转与反转的互锁电路，以防控制系统失控时导致短路现象。KM3、KM4 接触器用于实现刀架电机的正反转。

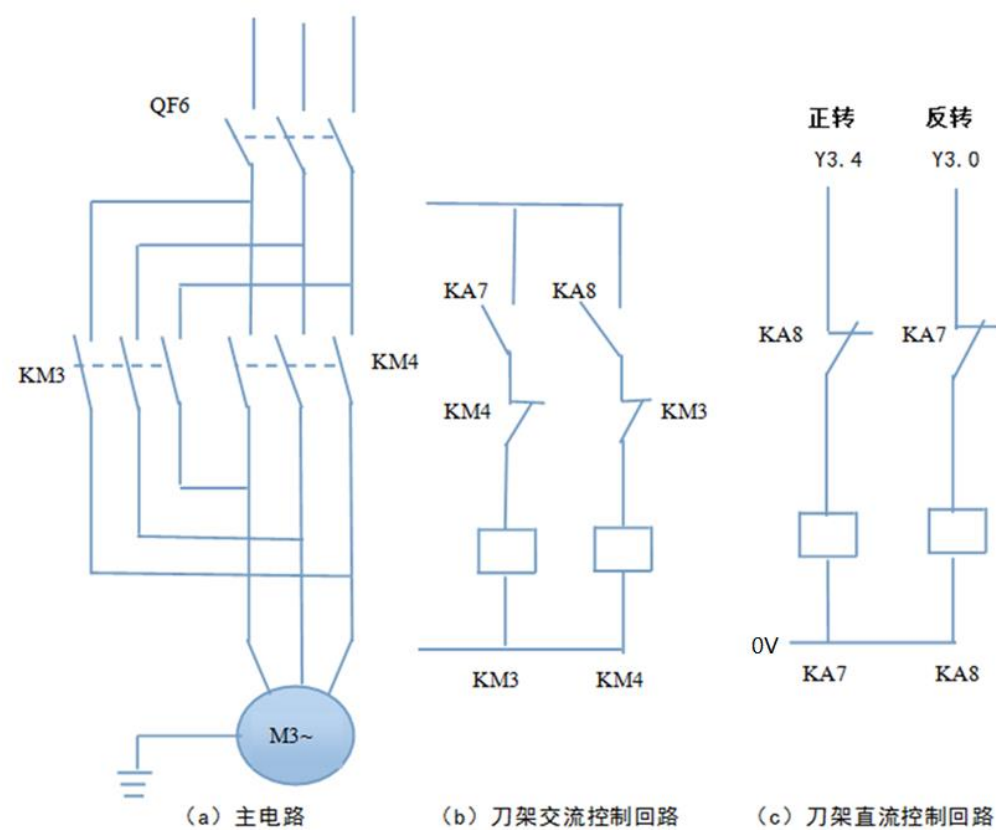


图 4-4-2 刀架电动机正反转的实现

(4) 收信电路

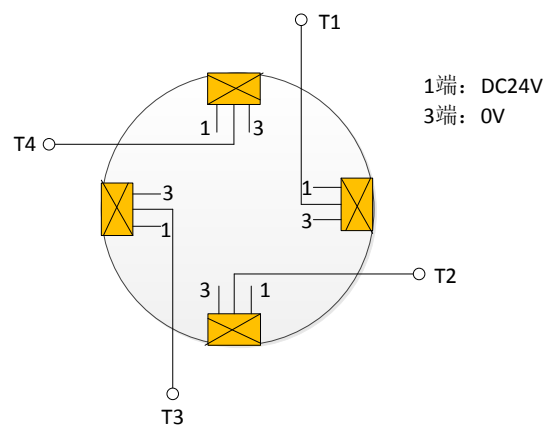


图 4-4-3 刀架发信盘上的霍尔元件

图 4-4-3 中发信盘上的 4 只霍尔开关都有 3 个引脚，第 1 脚接+24V 电源，第 3 脚接 0V 地，第 2 脚为输出。转位时刀台带动磁铁旋转，当磁铁对准某一个霍尔开关时，其输出端第 2 脚输出低电平；当磁铁离开时，第 2 脚输出高电平。

2. 冷却控制

进行机械切削时，为提高刀具的寿命，保证切削效果，必须对刀具和工件进行冷却。冷却系统的可靠与否，关系到工件的加工质量与稳定性。机床的冷却系统是由冷却泵、水管、电机及控制开关灯等组成，冷却泵安装在机床底座的内腔里，冷却泵将冷却液从底座打出，冷却液经水管从喷嘴喷出，对切削部分进行冷却。冷却液控制可以通过控制面板手动状态下，控制键启动或者停止，也可以通过编制程序 M07 或 M08 启动冷却，M09 停止冷却。

通过机床控制面板按一下冷却按钮，冷却液打开，冷却按钮上的指示灯点亮；再按一下该按钮，冷却液关闭，冷却按钮上的指示灯熄灭。

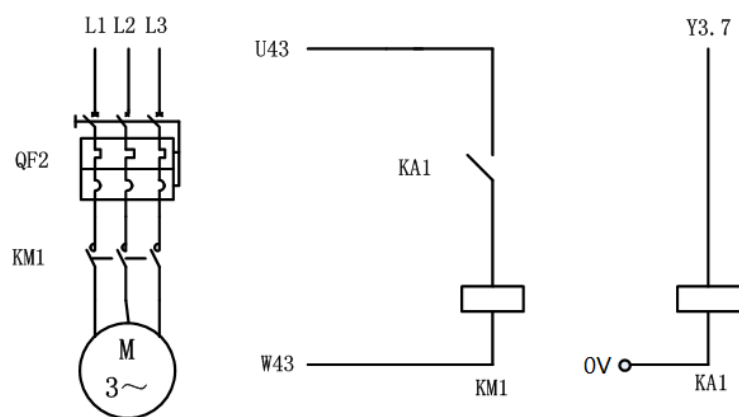


图 4-4-4 YL559 数控车床手动冷却控制原理图

YL559 数控车床手动冷却控制原理图如图 4-4-4 所示，在手动启动冷却液开关后，经过 PLC 处理，使得 Y3.7 接通，根据控制原理图，Y3.7 接通，KA1 的线圈通电，KA1 的线圈一通电，其常开触电就闭合，从而使 KM1 的线圈通电，KM1 的线圈一通电，在接通机床电源开关 QF2，并且冷却电机不过载的情况下即 KM1 接通的情况下，冷却电机接通，冷却液开启成功。

【任务实施】

任务一：写出四方刀架的换刀工作顺序。

换刀步骤：_____

任务二：找出刀架电机正反转所用的接触器及继电器。

操作步骤：_____

任务三：该刀架反转锁紧时间为 1.2～1.5 秒

反转锁紧时间设置过长会_____

反转锁紧时间设置过短会_____

任务四：观察机床上的刀架信号接口和刀架电机线接口是否如下所示。

刀架信号接口（15 芯孔式插头）

引脚	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
功能	T1	T2	T3	T4	T5	T6			到位	电源					
线色	黄	橙	蓝	白	粉红	紫			绿	红					

刀架电机线接口（4 芯针式航空插头）

引脚	1	2	3	4
功能	PE	U	V	W
线色	黄绿	黑	黑	黑

记录：_____

任务五：绘制刀架电气控制原理图。

任务六：在数控车床上完成刀架和冷却控制电路的连接

【任务拓展】

某数控车床配四工位电动刀架，在进行换刀时，在 MDI 方式下启动换刀程序 T0303，刀架连续运转不停，最后出现换刀超时报警，其余刀位 T0101、T0202、T0404 均能够正常换刀。试分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

- 1. 霍尔元件
- 2. 电动刀架

二、选择题

- 1. 数控车床回转刀架的选刀是（ ）的控制。
A. 主轴运动 B. 进给运动 C. 辅助功能 D. 转速功能
- 2. 数控机床是通过（ ）来检测刀架的到位信号的。
A. 主轴位置编码器 B. 霍尔元件 C. 开关电源 D. 光栅尺
- 3. 数控机床电气柜的空气交换部件应（ ）清除积尘，以免温升过高产生故障。

- A. 每日 B. 每周 C. 每季度 D. 每年
4. 四方电动刀架锁不紧时，应先采用（ ）的办法处理。
- A. 延长刀架电机正转时间 B. 延长刀架电机反转时间
- C. 用人工锁紧 D. 更换刀架电机
5. 在数控车床电动刀架正反转控制电路中，各个接触器的常闭触点互相串联在对方接触器线圈电路中，其目的是为了（ ）。
- A. 保证两个接触器不能同时动作 B. 能灵活控制电机正反转运行
- C. 起自锁作用，保证两个接触器可靠工作 D. 起自锁作用

相关专业英语词汇

hardware—硬件

LCD(Liquid Crystal Display)—液晶显示器

MDI(Manual Data Input)—手动数据输入

main spindle motor—主轴电机

position coder—位置编码器

incremental encoder—增量型编码器

contactor—接触器

analog spindle—模拟主轴

convertor—变频器

serial spindle—串行主轴

data bus—数据总线

intreface—接口

servo—伺服

drive—驱动

earth—接地

SVM(servo module)—伺服模块

power line—动力电缆

signal line—信号电缆

amplifier—放大器

nameplate—铭牌

battery—电池

compatibility—兼容性

shield—屏蔽

close loop control—闭环控制

APC(absolute pulse coder)—绝对脉冲编码器

hall element—霍尔元件

power-operated tool post—电动刀架

limit switch—限位开关

项目五 数控机床参数设定及调试



项目引入

参数是数控机床的灵魂，数控机床软硬件功能的正常发挥是通过参数来“沟通”的，机床的制造精度和维修后的精度恢复也需要通过参数来调整，所以，如果没有参数，数控机床就等于是一堆废铁，如果 CNC 参数全部丢失，将导致数控机床瘫痪。参数设置的正确与否将直接影响数控机床的精度和稳定性。本项目主要包括基本参数设定、主轴参数设定、进给参数设定等几个典型工作任务。通过完成上述工作任务，使学生具备数控机床参数设定与调试能力，并具备良好的职业素养。



项目要求

1. 掌握数控系统的参数类型；
2. 能够完成系统通用参数设定；
3. 能够正确设定主轴、进给控制参数；
4. 能够完成数控系统的参数备份和恢复；
5. 培养学生及时发现参数设定过程中出现的新问题和解决这些问题的能力；
6. 具有爱岗敬业、诚实守信等良好品质。



项目内容

任务 1 基本参数设定

任务 2 主轴参数设定

任务 3 进给参数设定

任务 1 基本参数设定

【任务目标】

- 1. 了解参数调试的意义；
- 2. 掌握 FANUC 0i 数控系统的参数类型；
- 3. 掌握 FANUC 0i 数控系统的通用参数；
- 4. 能完成 FANUC 0i 数控系统的参数修改；
- 5. 能够利用 CF 卡完成参数的备份和恢复。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，现要求根据机床测试情况完成一些基本参数的设定及修改任务，并完成参数的备份工作。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

- 1. FANUC 0i D 数控系统参数说明书；
- 2. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
- 3. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的参数设定工作，需要配备以下工具，具体见表 5-1-1。

表 5-1-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

1. 参数概述

在计算机控制系统中，参数体现了控制系统软件的一面，使得系统的功能能适应不同的控制设备，体现了自动化设备应用的柔性化。当我们构建一部机床时，可以通过设置参数来告诉 CNC 系统该机床外部机电部件的规格、性能及数量，以便 CNC 系统准确地控制该机床的所有机电部件。比如，我们需要告诉 CNC 该机床的最大进给速度、最大行程、机床分辨率等数据。

CNC 参数是数控机床的灵魂，数控机床软硬件功能的正常发挥是通过参数来“沟通”的，机床的制造精度和维修后的精度恢复也需要通过参数来调整，所以，如果没有参数，数控机床就等于是一堆废铁，如果 CNC 参数全部丢失，将导致数控机床瘫痪。

数控系统中有关伺服控制的参数较多，不同 CNC 生产厂家的数控系统在参数名称、种类及功能上不尽相同。参数设置的正确与否将直接影响进给运动的精度和稳定性，对于没有经验或权限的用户，禁止随意调整这些参数，否则容易造成数控机床不能正常工作。

2. 参数的分类

数控系统的参数完成数控系统与机床各种功能的匹配，使数控机床的性能达到最佳。FANUC0i 数控系统的参数按照数据的形式大致可分为位型和字型。

表 5-1-2 FANUC 数控系统参数类型

数据类型	有效数据范围	备注
位型	0 或 1	
位轴型		
字节型	-128~127	在一些参数中不使用符号
字节轴型	0~255	
字型	-32768~32767	在一些参数中不使用符号
字轴型	0~65535	
双字型	-99999999~99999999	
双字轴型		

注：①对于位型和位轴型参数，每个数据由 8 位组成。每个位都有不同的意义。②轴型参数允许参数分别设定给每个轴。③表中，各数据类型的数据值范围为一般有效范围，具体的参数值范围实际上并不相同，请参照各参数的详细说明。



图 5-1-1 FANUC 位型参数

参数 00000 N00000

设定

00012 RMV MIR

X 0 0 0 0 0 0 0 0 0

Z 0 0 0 0 0 0 0 0 0

00020 I/O CHANNEL 4

00021 OUT CHANNEL/F. G. 0

00022 INP CHANNEL/B. G. 0

A) ^

OS 100% L 0%

MDI ***** 14:33:16

参数 诊断 系统 (操作) +

图 5-1-2 FANUC 字节型参数

参数 00000 N00000

行程限制

01312 0 0 0 0 0 0 0 0

01320 LIMIT 1+ X 5.000 Z 300.000

01321 LIMIT 1- X -200.000 Z -5.000

A) ^

MDI ***** 11:39:49

号搜索 ON:1 OFF:0 +输入 输入 +

图 5-1-3 FANUC 实数型参数

3. 通用参数

(1) 有关通讯、远程诊断、数据服务的参数，参数号 0000-0999。

参数含义	参数号 (#位)	设定值
程序输出格式为 ISO 格式	0000#1 (ISO)	0: EIA 代码, 1: ISO 代码
输入单位	0000#2 (INI)	0: 公制输入, 1: 英制输入
是否自动插入顺序号	0000#5 (SEQ)	0: 不进行, 1: 进行
I/O 通道	20	0, 1: RS232 串口, 1, 4: 存储卡
串行输入的停止位	101#0, 111#0 (SB2)	0: 1 位, 1: 2 位
输入/输出设备	102, 112	0: RS232C (使用控制代码) 1: RS232C (不使用)
数据传输波特率	103, 113	10 (4800bps) , 11 (9600bps) , 12 (19200bps)

(2) 与各轴的控制和设定单位相关的参数号 1001~1031。这一类参数主要用于设定各

轴的移动单位、各轴的控制方式、伺服轴的设定、各轴的运动方式等。

- 如：1001#0 公/英制(0 为公制)；
- 1002 手动、参考点档块；
- 1006 各轴的移动指令(0:半径指定 1: 直径指定)；
- 1020 表示各轴的程序名称，如在系统显示画面显示的 X、Z，一般车床为 88，90；铣床与加工中心为 88，89，90。

轴名称	X	Y	Z	A	B	C	U	V	W
设定值	88	89	90	65	66	67	85	86	87

1022 表示数控机床设定各轴为基本坐标系的哪个轴，一般设置为 1、2、3。

设定值	0	1	2	3	5	6	7
含义	旋转轴	基本 3 轴 的 X 轴	基本 3 轴 的 Y 轴	基本 3 轴 的 Z 轴	X 轴的平 行轴	Y 轴的平 行轴	Z 轴的平 行轴

(3) 与机床坐标系的设定、参考点、原点等相关的参数号 1201~1290。这一类参数主要用于设定机床的坐标系的设定，原点的偏移、工件坐标系的扩展等等。

(4) 与存储行程检查相关的参数号：1300~1327。这一类参数的设定主要是用于各轴保护区域的设定等。

- 如：1320 各轴存储式行程检测 1 的正方向边界的座标值
- 1321 各轴存储式行程检测 1 的负方向边界的座标值
- (5) 与设定机床各轴进给、快速移动速度、手动速度等相关的参数号：1401~1466。这一类参数涉及机床各轴在各种移动方式、模式下的移动速度的设定，包括快移极限速度、进给极限速度、手动移动速度的设定等。

1420	各轴的快速移动速度
1421	每个轴的快速倍率的 F0 速度
1423	每个轴的 JOG 进给速度
1424	每个轴的手动快速移动速度
1425	每个轴的手动返回参考点的 FL 速度
1620	每个轴的快速移动直线加 / 减速的时间常数 (T)，每个轴的快速移动铃型加/减速的时间常数 T1
1622	每个轴的切削进给加/减速时间常数
1624	每个轴的 JOG 进给加/减速时间常数

(6) 与加减速控制相关的参数号：1601～1783。这一类参数用于设定各种插补方式下的启动停止时的加减速的方式，以及在程序路径发生变化时（如出现转角、过渡等）进给速度的变化。

(7) 与程序编制相关的参数号：3400～3460。用于设置编程时的数据格式，设置使用的 G 指令格式、设置系统缺省的有效指令模态等等和程序编制有关的状态。

(8) 与螺距误差补偿相关的参数号：3601～3681。数控机床具有对螺距误差进行电气补偿的功能。在使用这样的功能时，系统要求对补偿的方式、补偿的点数、补偿的起始位置、补偿的间隔等等参数进行设置。

(9) 有关主轴控制的参数号：3700～4974。设定主轴控制类型、主轴位置编码器脉冲数、主轴极性等信息。

4. 参数设定及修改

(1) 打开参数写保护开关

- ①将 NC 置于 MDI 方式或急停状态。
- ② 用以下步骤使参数处于可写状态。按 SETTING 功能键一次或多次后，再按软键 [SETTING]，可显示 SETTING 画面的第一页； 将光标移至“参数写入”处，将其设为 1。



图 5-1-4 打开参数写保护开关

打开写参数的权限后，系统会出现 100 号报警，并自动切换到报警页面。可以设定参数 3111#7 (NPA) 为 1，这样出现报警时系统页面不会切换到报警页面。通常，发生报警时必须让操作者知道，因此上述参数应设为 0。同时按下 RESET+CAN 键，可消除 100 号报警。



图 5-1-5 100 号报警画面

(2) 进入参数设定界面

按 MDI 键盘上的” SYSTEM” 功能键多次或按下” SYSTEM” 功能键后,再按软键“参数”,进入参数界面。

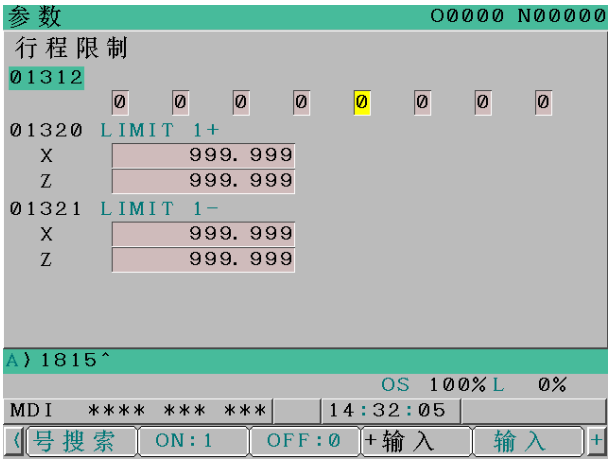


图 5-1-6 参数画面

(3) 输入参数号，点击[号搜索]软键，根据参数号查找参数。

(4) 参数修改

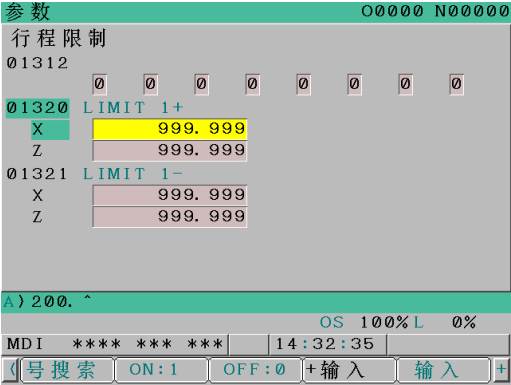


图 5-1-7 修改参数

将光标移动至待修改的参数，输入要设定的数据，然后按[输入]软键，即可完成参数的设定。

5. 参数备份与恢复

参数备份的步骤如下：（1）系统置于 MDI 或急停状态下；（2）在 CNC 设定画面将 20 号参数设为 4；（3）插入存储卡；（4）机床操作面板上选择“编辑”模式；（5）顺序按下“SYSTEM”键，显示参数画面；（6）在参数画面，顺序按下软键“操作”、“F 输出”、“全部”、“执行”，输出 CNC 参数，输出文件名为“CNC-PARA.TXT”。

参数恢复的步骤如下：（1）系统置于 MDI 或急停状态下；（2）在 CNC 设定画面将 20 号参数设为 4；（3）插入存储卡；（4）将参数写保护开关打开；（5）机床操作面板上选择“编辑”模式；（6）顺序按下“SYSTEM”键，显示参数画面；（7）在参数画面，顺序按下软键“操作”、“F 输入”、“执行”，输入 CNC 参数；（8）切断 CNC 电源再通电。

【任务实施】

任务一：利用存储卡完成数控机床的参数备份工作。

操作步骤： _____

任务二：请在数控机床上查找下表所示的参数，明确参数类型及参数值。

参数号	参数值或各位状态	参数（数据类型）
20		
1020		
1320		
1321		
1815		
1423		
5148		

任务三：请在数控机床上将 3401 #0 设为 1，1006#3 设为 0 后，执行指令“G00 U10;”，记录实际位移；然后将 1006#3 设为 1 后，再次执行指令“G00 U10;;”，并记录实际位移。

第一次测量值： _____ 第二次测量值： _____

任务四：在数控机床上将 1006#3 设为 0，3401 #0 设为 1 后，执行指令“G00 U10;;”（U10

不加小数点), 记录实际位移; 然后将 3401 #0 设为 0 后, 再次执行指令 “G00 U10;;” (U10 不加小数点), 并记录实际位移。

第一次测量值: _____ 第二次测量值: _____

任务五: 将参数 1320 所在画面拷贝保存至 CF 卡。

操作步骤: _____

任务六: 利用存储卡完成数控机床的参数恢复工作。

操作步骤: _____

【任务拓展】

将参数3208#0设为1后, 按下 POS 键, 然后按 SYSTEM 键, 观察有何现象。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 位型参数
2. 轴型参数
3. 实数型参数
4. 写保护开关

二、选择题

1. 打开写参数的权限后, 系统会出现100号报警, 如何永久消除 ()。
A. 按下 RESET 键 B. 按下 RESET+CAN 键
C. 将写保护开关关闭 D. 按下 RESET+DELETE 键
2. 关于参数, 描述错误的是 ()。
A. CNC 参数是数控机床的灵魂。
B. 对于位型和位轴型参数, 每个数据由8位组成。
C. 轴型参数不允许参数分别设定给每个轴。
D. 部分参数设定完后需要重启才有效。
3. 数控机床广泛应用异步串行通信接口传送数据, 常用的接口标准是 ()。
A. RS-232C B. DNC C. RS-422 D. MAP

4. 关于参数设定及修改，下列说法正确的是（ ）。
- A. 任何模式下都可以修改参数
 - B. MDI 或急停状态下才可以修改参数
 - C. 参数修改后都立即生效
 - D. 参数值都是整数
5. FANUC 0i 系统利用存储卡进行数据的传输时应将通道参数（#20参数）设为（ ）。
- A. 1
 - B. 0
 - C. 2
 - D. 4
6. 11011000表示的是（ ）。
- A. ASCII 码
 - B. ISO 代码
 - C. EIA 代码
 - D. 二进制代码
7. 在数控系统中有关进给轴性能设置的参数是（ ）。
- A. 系统参数
 - B. （坐标）轴参数
 - C. PLC 参数
 - D. 用户参数
8. 全清系统参数的操作是（ ）。
- A. REST+DELETE
 - B. DELETE
 - C. SYSTEM+DELETE
 - D. OFSSET+DELETE

任务 2 主轴参数设定

【任务目标】

1. 掌握 FANUC 0i 数控系统模拟主轴控制的相关参数；
2. 掌握 FANUC 0i 数控系统串行主轴控制的相关参数；
3. 掌握主轴控制参数设定流程；
4. 能够根据技术要求完成 FANUC 0i 数控系统主轴参数的设定及调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，主轴采用三菱变频器进行驱动，主轴与主轴电机采用三角带连接，主轴位置编码器线数为 1024，现需要完成主轴参数的设定及调试工作。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

1. FANUC 0i D 数控系统参数说明书；
2. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
3. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的参数设定工作，需要配备以下工具，具体见表 5-2-1。

表 5-2-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

1. 主轴的控制与连接

FANUC 0i 系统主轴控制可分为模拟主轴控制和串行主轴控制。模拟主轴控制即为传统的模拟量控制，从 CNC 单元输出 0~±10V 的模拟电压控制主轴电动机的转速及转向。而串行主轴控制是指从 CNC 单元输出的控制指令（数据）控制主轴电动机的转速及转向。

（1）串行主轴控制

主轴串行输出的最大轴数:0i-TD 系统可以控制最多 3 个串行主轴,0i-MD 系统可以控制最多 2 个串行主轴,而 0i mate TD/MD 系统则只能控制单个串行主轴。使用串行主轴时需要

设置相关的参数，SSN（8133#5）设定为0，参数 A/S（3716#0）设定为1，参数 3717 设定为1。

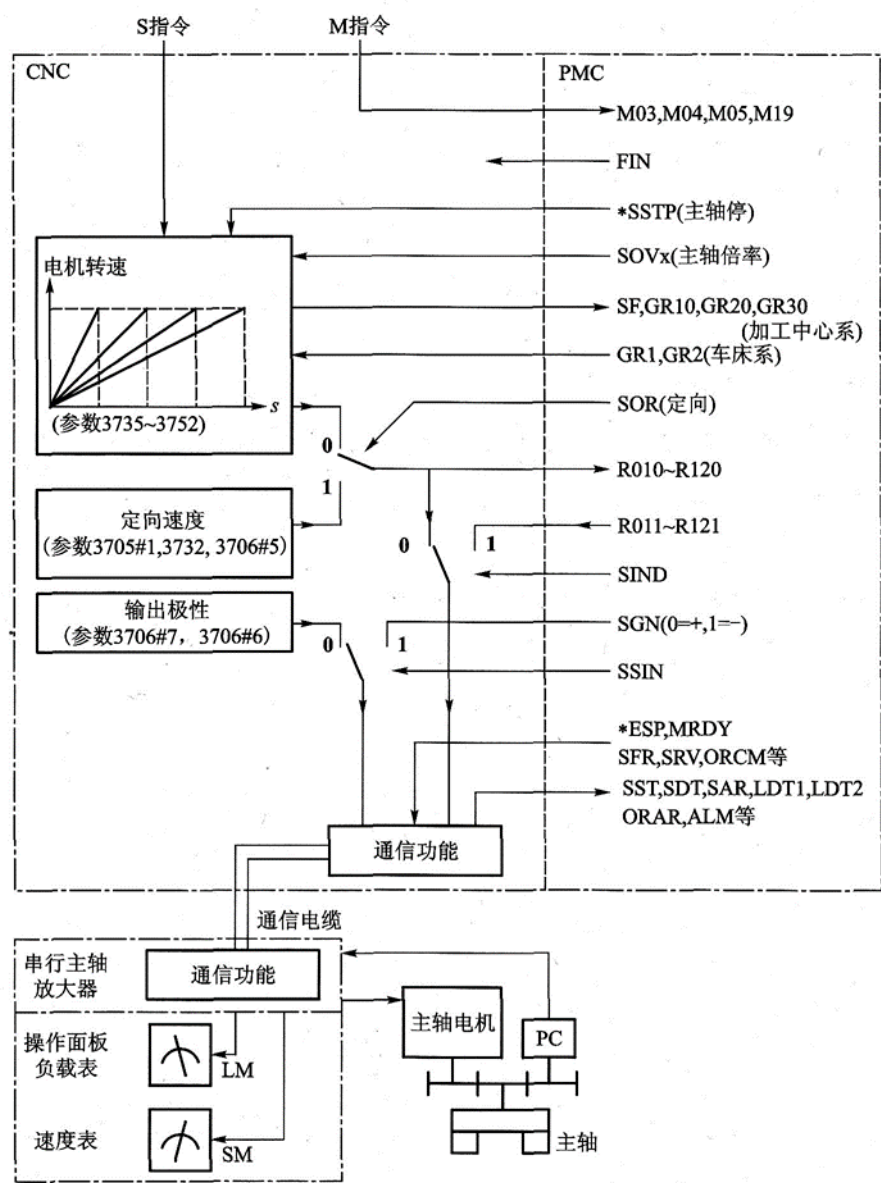


图 5-2-1 串行主轴控制原理图

（2）模拟主轴控制

主轴模拟接口控制的原理图如图5-2-2所示。主轴模拟输出可以最多控制1个模拟主轴，使用模拟主轴时，将参数 A/S（3716#0）设定为0，参数 3717 设定为1。

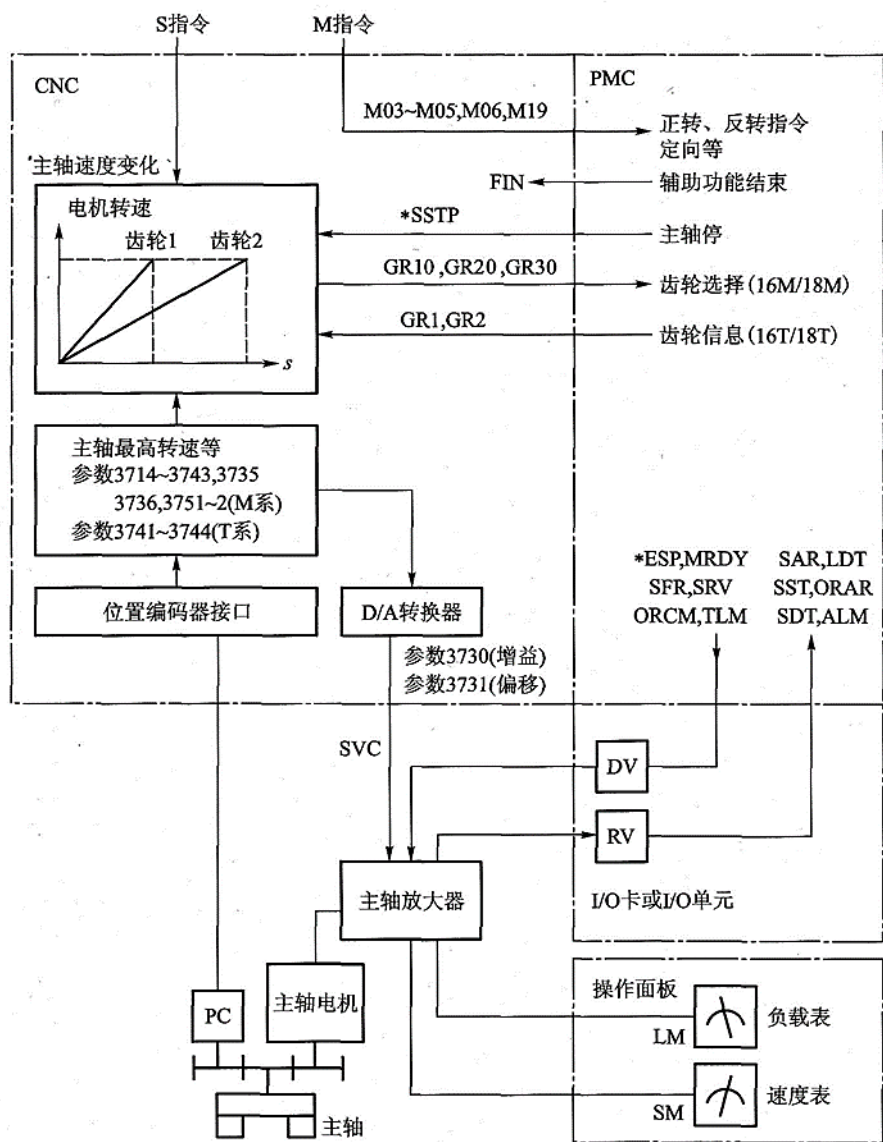


图 5-2-2 模拟主轴控制原理图

(3) 位置编码器

要进行每转进给和螺纹切削，需要连接主轴位置编码器。通过主轴位置编码器，进行实际的主轴旋转速度以及一转信号的检测（螺纹切削中用来检测主轴上的固定点）。位置编码器的脉冲数可以任意选择，在参数 3720 中进行设定。当位置编码器与主轴之间插入齿轮比时，分别在参数 3721、3722 中设定位置编码器侧和主轴侧的齿轮比。

主轴串行接口控制时，位置编码器接到主轴伺服放大器中，由主轴伺服放大器通过通信电缆将位置编码信号送至 CNC 系统中进行处理。

主轴模拟接口控制时位置编码器直接接到 CNC 系统的专用接口。

2. 与主轴相关的参数的初始设定

1) 串行主轴初始设定步骤

(1) 准备

在急停状态下，进入“参数设定支援”页面，单击【操作】，将光标移动至“主轴设定”处，单击【选择】，出现参数设定页面。此后的参数设定就在该页面中进行。

主轴设定

O0000 N00000

主轴

: S11

PAGE: 1/2

电机型号

0

电机名称

主轴最高速度(∕分)

1400

电机最高速度(∕分)

0

主轴编码器种类

0

电机编码器种类

0

为了自动设定电机参数
设定电机型号代码。
[代码]: 电机代码表

A) 332^

S

0 T0000

MDI

13:58:15

<

代码

输入

+

图 5-2-3 主轴设定界面

(2) 操作

①电机型号的输入。

可以在“主轴设定”页面下的“电机型号”栏中输入电机型号。单击【代码】，显示电机型号代码页面。【代码】在光标位于“电机型号”项目时显示。此外，要从电机型号代码页面返回到上一页面，单击【返回】。

切换到电机型号代码页面时，显示电机型号代码所对应的电机名称和放大器名称。将光标移动到希望设定的代码编号处，单击【选择】，输入完成。希望输入表中没有电机型号时，直接输入电机代码。

②数据的设定。

在所有项目中输入数据后，单击【设定】，CNC 即设定启动主轴所需的参数值。

正常完成参数的设定后，【设定】将被隐藏起来，并且控制主轴参数自动设定的参数 SPLD(4019#7)置为 1。改变数据时，再次显示【设定】，控制主轴参数自动设定的参数 SPLD(4019#7)置为 0。

在项目中尚未输入数据的状态下单击【设定】时，将光标移动到未输入数据的项目处，会显示出提示“请输入数据”。输入数据后单击【设定】。

③数据的传输(重新启动 CNC)。

若只是单击【设定】，并未完成启动主轴所需的参数设定。

只有在【设定】隐藏的状态下将 CNC 断电重启后，CNC 才完成启动主轴所需参数值的设定。“主轴设定”页面中需要进行设定的项目一览表见表 5-2-2。

表 5-2-2 “主轴设定”页面中需要进行设定的项目一览表

项目名	参数号	简要说明	备注
电机型号	4133	设定为自动设定电机参数的电机型号	参数值也可通过查阅主轴电机代码表直接输入
电机名称			根据所设定的“电机型号”显示名称
主轴最高速度 / (r / min)	3741	设定主轴的最高速度	该参数设定主轴第 1 挡的最高转速，而非主轴的钳制速度参数(参数 3736)
电机最高速度 / (r / min)	4020	主轴速度最高时的电机速度，设定为电机规格最高速度以下	
主轴编码器种类	4002#3 4002#2 4002#1 4002#0		“主轴编码器种类”为位置编码器时显示该项目
编码器旋转方向	4001#4	0: 与主轴相同的方向 1: 与主轴相反的方向	
电机编码器种类	4010#2 4010#1 4010#0		下列情况下显示该项目： 1. “主轴编码器种类”为位置编码器或接近开关。2. 没有“主轴编码器种类”，且“电机编码器种类”为 MZ 传感器
电机旋转方向	4000#0	0: 与主轴相同的方向 1: 与主轴相反的方向	
接近开关检出脉冲	4004#3 4004#2		
主轴侧齿轮齿数	4171	设定主轴传动中的主轴侧齿轮的齿数	
电机侧齿轮齿数	4172	设定主轴传动中的电机侧齿轮的齿数	

主轴电机代码表可在“参数设定支援界面”页面的“主轴设定”菜单中单击[代码]，显示主轴电机代码并设定，也可查表后输入主轴电机的代码。主轴电机代码见表 5-2-3。

表 5-2-3 部分主轴电机代码表

型号	β iI3/10000	β iI6/10000	β iI8/8000	β iI12/7000		α iC15/6000
代码	332	333	334	335		246
型号	α iC1/6000	α iC2/6000	α iC3/6000	α iC6/6000	α iC8/6000	α iC12/6000
代码	240	241	242	243	244	245
型号	α i5/10000	α i1/10000	α i1.5/10000	α i2/10000	α i3/10000	α i6/10000
代码	301	302	304	306	308	310
型号	α iI8/8000	α iI12/7000	α iI15/7000	α iI18/7000	α iI22/7000	α iI30/6000

代码	312	314	316	318	320	322
型号	α iI40/600	α iI50/4500	α iI1.5/15000	α iI2/15000	α iI3/12000	α iI6/12000
代码	323	324	305	307	309	401
型号	α iI8/1000	α iI12/10000	α iI15/10000	α iI18/10000	α iI22/10000	
代码	402	403	404	405	406	

对于串行主轴的调试比较简单，以上步骤完成后一般即可正常使用，如有故障请注意以下事项：

在 PMC 中，主轴急停信号 (G71.1)、主轴停止信号 (G29.6)、主轴倍率 (G30，当 G30 为全 1 时，倍率为 0) 没有处理。另外在 PMC 中 SIND 信号处理不当也将造成主轴不输出。SIND 信号 (Gn033.7) 控制相对于主轴电机的速度指令输出，为 0，CNC 计算出的速度指令输出，为 1，由 PMC 侧设定的速度指令输出。

没有设置串行主轴功能选择参数，即主轴没有设定。

当 4001#0 MRDY (G70.7) 误设将造成主轴没有输出，此时主轴放大器上出现 01#错误。

没有使用定向功能而设定 3732 将有可能造成主轴在低速旋转时不平稳。

设置 3708#0 (SAR) 信号不当可能造成刚性攻螺纹不输出。

当 3705#2 SGB (铣床专有) 误设时，CNC 使用参数 3751 / 参数 3752 的速度。由于此时 3751 / 3752 没有设定，故主轴没有输出。

此外应注意 FANUC 的串行主轴有相序，连接错误将导致主轴旋转异常；主轴内部传感器损坏，放大器产生 31#报警。

4000#2 位置编码器的安装方向对一转信号有影响，可能检测不到一转信号。

(2) 模拟主轴设定与调整

当使用模拟主轴时，系统可以提供 -10~10V 的电压，由系统上的 JA40 上的 5 / 7 脚引出。在使用模拟主轴时要如下问题。

在 PMC 中主轴急停信号 / 主轴停止信号 / 主轴倍率需要处理。

主轴急停信号：*ESPA，G71.1=1

主轴停止信号：*SSTP，G29.6=1

主轴倍率：在 PMC 地址 G30 中处理主轴倍率，倍率范围为 0%~254%

主轴参数的设置过程如下：

① 主轴类型

3716#0 设定为 0，3717 设定为 1。

②位置编码器参数

在参数 3720 中设定位置编码器的脉冲数

在参数 3721、3722 中设定位置编码器侧和主轴侧的齿轮比。

③主轴速度参数：在 3741 中设定 10 V 对应的主轴速度。

例如：3741 设定为 2000，当程序执行 S1000 时，JA40 上输出电压为 5V。

④主轴控制电压极性参数。

系统提供的主轴模拟控制电压必须与连接的变频器的控制极性相匹配。当使用单极性变频器时可通过参数 3706#7 (TCW)、3706#6 (CWM) 来控制主轴输出时的电压极性 (采用默认设置即可)。

⑤速度误差调整。

当主轴的实际速度和理论速度存在误差时，往往是由于主轴倍率不正确或者输出电压存在零点漂移而引起的。如是后者的原因则可通过相关参数进行调整。

先将指令转速设为 0，测量 JA40 电压输出端，调整参数 3731 (主轴速度偏移补偿值)，使得万用表上的显示值为 0mV。设定值= $-1891 \times \text{偏置电压 (V)} / 12.5$ 。

再将指令转速设为主轴最高转速 (参数 3741 设定的值，测量 JA40 电压输出端，调整参数 3730 (主轴速度增益)，使得万用表上的显示值为 10V。参数 3730 的设定值计算方法如下，先设定参数 3730 为 1000，并测量输出电压，则设定值= $10V \times 1000 / \text{测定的电压值}$ 。然后，将实际设定值输入到参数 3730 中，使得万用表上的显示值为 10V。

再次执行 S 指令，确认输出电压是否正确。

⑥主轴速度到达检测。

当使用模拟主轴时无主轴速度到达信号。注意 3708#0 (SAR) 信号需为 0。

3. 设定实例

在中、低档的数控机床中，模拟主轴使用非常普遍。现在以 CAK1635V 车床为例进行模拟主轴控制分析。该车床的主轴结构参数见表 5-2-4。该车床的主轴结构图如图 5-2-4 所示。

表 5-2-4 该车床的主轴结构参数

部件	参数	备注
主轴模块：三菱变频器 FR-A740-3.7K-CHT	3.7kW	
主轴电机：YVP112M-2	额定功率：4KW 额定转速：2900r	
主轴与主轴电机的连接方式	三角带连接，变速比为 2：3	
主轴位置编码器	同步带连接，变速比为 1：1 主轴位置编码器线数为 1024	

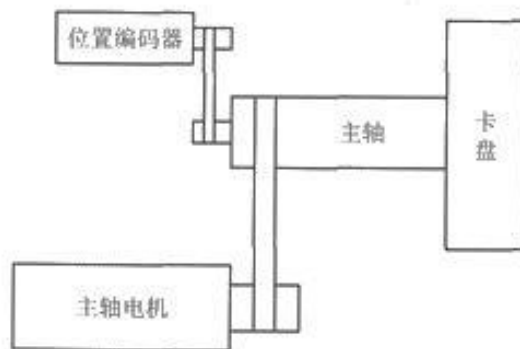


图 5-2-4 CAK1635V 车床主轴结构图

步骤 1：模拟主轴的初始设定

确认在“参数设定支援”页面中的“轴设定”菜单中的主轴组参数设定正确。3716#0 设定为 0，为模拟主轴。3717 设定为 1，为第一主轴。

轴 设定 (主 轴)		O0000 N00000	
03716#0	A/S	S1	0
03717	SPDL INDEX NO.	S1	1
指定主轴电机类型 / 0: 模拟; 1: 串行			
A) ^			
		S	0 T0000
MDI	**** ** *	11:54:06	
号搜索		初始化	GR初期
		输入	+

图 5-2-5 模拟主轴的初始设定

进入“参数”界面进行最高转速和位置编码器参数的设定，最高转速及位置编码器参数设定见表 5-2-5。

表 5-2-5 最高转速及位置编码器参数设定值

参数号	设定值
3741	10V 电压对应主轴转速=主轴电动机转速×变速比=2900×2/3=1933
3720	主轴位置编码器线数: 1024
3721	位置编码器齿侧数: 20
3722	主轴齿侧数: 20
3730	增益的初始值: 1000

步骤 2：主轴转速的验证及调整

在 MDI 方式下输入主轴运行指令，确认主轴实际转速与 S 指令值一致。如有误差，通过速度误差调整的步骤进行调整。

【任务实施】

任务一：利用存储卡完成数控机床的参数备份工作，备份文件名为“ZZCANSHU”。

操作步骤： _____

任务二：利用存储卡完成数控机床的参数恢复工作，恢复文件名为“ZZPARA”。

操作步骤： _____

任务三：请完成主轴控制参数的设定及调试，并完成下表。

序号	与主轴关联的参数号	参数值	备注

任务四：请在数控机床上完成主轴旋转方向的调整，并完成下表。

3706#7	3706#6	用 MDI 方式运行程序“M03 S300”和“M04 S300”，记录实际结果
0	0	
0	1	
1	0	
1	1	

任务五：输入“S600 M03”指令，执行，记录主轴实际速度。

主轴实际速度为： _____

若主轴实际速度与理论速度有偏差，想办法缩小偏差。

操作步骤：_____

任务六：输入“S600 M03”指令，执行，记录主轴实际速度。

主轴实际速度为：_____

然后将 3720 设定为 2048，输入“S600 M03”指令，执行，记录主轴实际速度。

主轴实际速度为：_____

原因：_____

任务七：利用存储卡完成数控机床的参数恢复工作，恢复文件名为“ZZCANSHU”。

操作步骤：_____

【任务拓展】

有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，主轴采用变频器控制，出现了主轴启动后不运转的故障，试分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 单极性主轴
2. 主轴编码器
3. 电机编码器

二、选择题

1. 主轴参数设定时，主轴位置编码器不需要设定（ ）。
A. CNC 参数是数控机床的灵魂
B. 对于位型和位轴型参数，每个数据由8位组成
C. 轴型参数不允许参数分别设定给每个轴
D. 部分参数设定完后需要重启才有效
2. 模拟主轴参数调试时，不需要设定的参数有（ ）。
A. 3741 B. 3730 C. 3720 D. 3705#2
3. 下面哪个不是数控车床主轴正转与反转互换的方法（ ）。

- A. 更改 PMC
 - B. 修改系统参数
 - C. 将变频器上 STR 与 STF 信号互换
 - D. 将 UW 调相
4. 与主轴脉冲编码器不相关的参数是 ()。
- A. 3720
 - B. 3730
 - C. 3721
 - D. 3722

任务3 进给参数设定

【任务目标】

- 1. 掌握伺服参数设定的条件；
- 2. 掌握伺服进给参数设定流程；
- 3. 掌握 FANUC 0i 数控系统伺服进给参数的确定方法；
- 4. 能够根据技术要求完成 FANUC 0i 数控系统进给参数的设定及调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，滚珠丝杠螺距为 6mm，伺服电机与丝杠直连，伺服电机规格为 βis 4/4000，机床的检测单位为 0.001mm，数控指令单位为 0.001mm，现需要完成进给伺服参数的设定及调试工作。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

- 1. FANUC 0i D 数控系统参数说明书；
- 2. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
- 3. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的参数设定工作，需要配备以下工具，具体见表 5-3-1。

表 5-3-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

由于数字伺服控制是通过软件方式进行运算控制的，而控制软件是存储在伺服 ROM 中。通电时数控系统根据所设定的电机规格号和其它适配参数——如齿轮传动比、指令倍乘比、电机方向等，加载所需的伺服数据到工作存储区（伺服 ROM 中写有各种规格的伺服控制数据），而初始化设定正是进行电机规格号和其它适配参数的设定。

- 1. 伺服参数设定的条件
 - （1）CNC 单元的类型及相应软件（功能）

比如系统是 FANUC—0C/0D 系统还是 FANUC—16/18/21/0i 系统。

(2) 伺服电机的类型及规格

比如进给伺服电动机是 α 系列、α C 系列、α i 系列、β 系列、还是 β i 系列。

(3) 电机内装的脉冲编码器类型

比如编码器是增量编码器还是绝对编码器。

(4) 系统是否使用分离型位置检测装置

比如是否采用独立型旋转编码器或光栅尺作为伺服系统的位置检测装置。

(5) 电机—转机床工作台移动的距离

比如机床丝杠的螺距是多少，进给电动机与丝杠的传动比是多少。

(6) 机床的检测单位（例如 0.001mm）。

(7) CNC 的指令单位（例如 0.001mm）

2. 伺服参数设定

将CNC系统置于急停状态，将参数置为可写入状态。按下“SYSTEM”功能键，然后按下“系统扩展软键”，按下系统软键“SV设定”，进入伺服设定界面。若无伺服设定画面显示，设定参数3111#0为1，设定好后，将CNC关机重启（参数3111#0重启生效）。

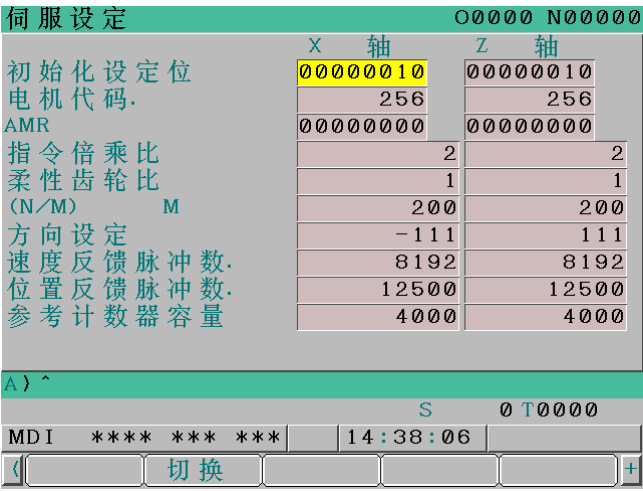


图5-3-1 伺服设定界面

(1) 初始化设定位

	#7	#6	#5	#4	#3	#2	#1	#0
2000							DGPR	PLC0

#0 (PLC0)：设定为“0”时，检测单位为1 μm；设定为“1”时，检测单位为0.1 μm，把上面系统参数的数值乘10倍。

#1 (DGPRM)：设定为“0”时，系统进行数字伺服参数初始化设定，当伺服参数初始化

后，该位自动变成“1”。

#3 (PRMCAL)：进行伺服初始化设定时，该位自动变成“1”（FANUC—0C/0D系统无此功能）。根据编码器的脉冲数自动计算下列参数：PRM2043、PRM2044、PRM2047、PRM2053、PRM2054、PRM2056、PRM2057、PRM2059、PRM2074、PRM2076。

(2) 电机代码

读取伺服电机标签上的电机规格号（A06B-xxxx-Byyyy）的中间4位数字（xxxx）和电机型号名，然后从下表中得到“电机代码”。

表 5-3-2 α is、 β is系列部分电机代码

电机型号	电机代码	电机型号	电机代码
α is 2 /5000	262	β is 0.2/5000	260
α is 2 /6000	284	β is 0.3/5000	261
α is 4 /5000	265	β is 0.4/5000	280
α is 8 /4000	285	β is 0.5/6000	281
α is 8 /6000	290	β is 1/6000	282
α is 12 /4000	288	β is 2/4000	20A 253
α is 22 /4000	315		40A 254
α is 22 /6000	452	β is 4/4000	20A 256
α is 30 /4000	318		40A 257
α is 40 /4000	322	β is 8/3000	20A 258
α is 50 /3000	324		40A 259
α is 50 /3000 FAN	325	β is 12/2000	20A 269
α is 100 /2500	335		40A 268
α is 100 /2500 FAN	330	β is 12/3000	272
α is 200 /2500	338	β is 22/2000	274
α is 200 /2500 FAN	334	β is 22/3000	313

(3) AMR：设定电枢倍增比

α i和 β i系列伺服电动机设定为“00000000”，与电机内装编码器类型无关。

(4) CMR：设定伺服系统的指令倍乘比

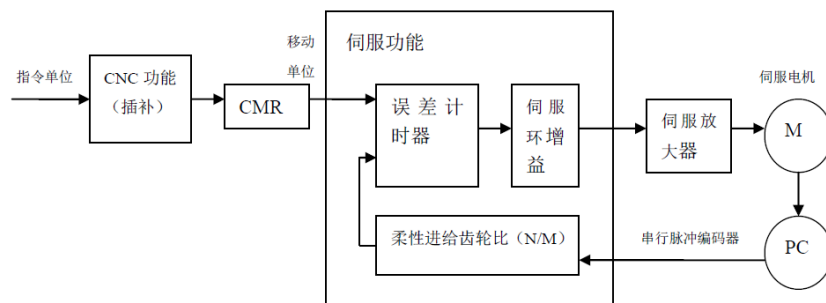


图5-3-2 CMR与N/M关系图

设定指令倍乘比用来指明各轴的最小移动单位与检测单位的比值。

最小移动单位=检测单位×指令倍乘比。

参数中的设定值计算如下：

①指令倍乘比为1/2~1/27时：

设定值=1/指令倍乘比+100

有效数据范围：102~127

②指令倍乘比为1~48时：

设定值=2×指令倍乘比

有效数据范围：2~96

(5) 设定柔性齿轮比（N/M）

①半闭环控制伺服系统

$N/M = (\text{伺服电动机一转所需的位置反馈脉冲数} / 100\text{万})$ 的约分数

例：直线运动轴，直接连接螺距为10mm/rev的滚珠丝杠，检测单位为1μm时，电机旋转一周（10mm）所需的脉冲数为10/0.001=10000脉冲。

$N/M = 10000 / 100\text{万} = 1/100$

②全闭环控制形式伺服系统

$N/M = (\text{伺服电动机一转所需的位置反馈脉冲数} / \text{电动机一转分离型检测装置位置反馈的脉冲数})$ 的约分数

表5-3-3 柔性齿轮比（N/M）设定示例

检测单位	光栅尺分辨率			
	1μm	0.5μm	0.1μm	0.05μm
1μm	1/1	1/2	1/10	1/20
0.5μm	—	1/1	1/5	1/10
0.1μm	—	—	1/1	1/2

使用0.5um光栅尺，检测1um的情形，对于1um的移动，光栅尺的输出脉冲为1um/0.5um=2脉冲。NC用于位置控制的脉冲当量：输出一个脉冲=检测单位为1um。因此，柔性齿轮比的设定为：N/M=1/2。

(6) 电动机的旋转方向

从脉冲编码器端看为顺时针方向旋转，为正方向，设定为111。

从脉冲编码器端看为逆时针方向旋转，为负方向，设定为-111。

(7) 速度脉冲数

设定为8192。

(8) 位置脉冲数

半闭环控制系统中，设定为 12500；全闭环控制系统中，按电动机一转来自分离型检测装置的位置脉冲数设定。

(9) 参考计数器的设定

如果是半闭环控制系统，参考计数器按电机一转所需的位置脉冲数进行设定，如果是全闭环控制系统，按该数能被整数整除的数来设定。

【任务实施】

任务一：利用存储卡完成数控车床的参数备份工作，备份文件名为“JGCANSHU”。

操作步骤：_____

任务二：利用存储卡完成数控车床的参数恢复工作，恢复文件名为“JGPARA”。

操作步骤：_____

任务三：请根据数控机床的实际配置，明确伺服电动机、伺服检测装置及伺服放大器之间的匹配关系，并完成下表。

类型	数控系统型号	伺服放大器型号	伺服电机型号	编码器型号
车床				

任务四：请完成进给参数的设定及调试，并完成下表。

序号	与进给关联的参数号	参数值	备注

任务五：伺服初始化后出现 SV417 报警，原因：_____

出现 SV417 报警，可通过诊断号_____进行诊断。

任务六：将参数 1825 设为 0，开机重启，观察重启后现象。

记录现象：_____

任务七：利用存储卡完成数控车床的参数恢复工作，恢复文件名为“JGCANSHU”。

操作步骤：_____

【任务拓展】

有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，采用半闭环控制，在手动移动 X 轴的时候，出现“SV0411 （X）移动时误差太大”报警，试分析其故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

- 1. 指令倍乘比
- 2. 柔性齿轮比
- 3. 参考计数器

二、选择题

- 1. 伺服参数设定前，需要明确的信息不包括（ ）。
- A. 伺服电机的类型及规格

B. 内装的脉冲编码器类型

C. 轴脉冲编码器脉冲数

D. 机—转机床工作台移动的距离

2. 若无伺服设定画面显示, 设定参数 ()。

A. 3111#1 B. 3111#0 C. 3716 D. 3705#2

3. 数控机床工作台或托板的移动方向与位移指令要求方向不一致, 最简便的处理方法是 ()。

A. 修改系统相关参数 B. 改变电机的接线相位

C. 更换螺旋方向相反的滚珠丝杆 D. 编程时改变坐标方向

4. FANUC 伺服系统的基本参数可以通过 () 画面集中进行操作。

A. 参数设定支援画面 B. 主轴参数设定画面 C. 基本参数设定画面 D. 其他画面

相关专业英语词汇

parameter—参数

NO.SRH—搜索号码

configuration—配置

I/O channel—输入输出通道

gain—增益

feed—进给

federate—进给率

over travel—超程

version—版本

follow error—跟随误差

handwheel—手轮

standard value—标准值

measured voltage—测量电压

machine position—机械位置

reference position—参考点

least input increment—最小输入单位

项目六 数控机床 PMC 程序调试

项目引入

数控机床除了对机床各坐标轴的位置进行连续控制外,还需要对机床主轴正反转与启停、工件的夹紧与松开、切削液开关、润滑等辅助动作进行顺序控制。现代数控系统均采用可编程控制器来完成这些辅助动作。本项目主要包括 PMC 程序认知、PMC I/O 地址分配、工作方式选择 PMC 程序调试、手动进给功能 PMC 程序调试、主轴功能 PMC 程序调试等几个典型工作任务。通过完成上述工作任务,使学生具备数控机床 PMC 程序调试能力,并具备良好的职业素养。

项目要求

1. 掌握掌握 FANUC 0i PMC 的基本知识;
2. 掌握 FANUC 0iD 数控系统 PMC 各画面的操作;
3. 掌握 FANUC 0i PMC 地址分配的基本知识;
4. 能完成 I/O 地址分配;
5. 能完成工作方式选择、手动、主轴等功能 PMC 程序的调试。

项目内容

任务 1 PMC 程序认知

任务 2 PMC I/O 地址分配

任务 3 工作方式选择 PMC 程序调试

任务 4 手动进给功能 PMC 程序调试

任务 5 主轴功能 PMC 程序调试

任务1 PMC 程序认知

【任务目标】

1. 掌握 FANUC 0i PMC 的基本知识;
2. 掌握 FANUC 0i D 数控系统 PMC 各画面的操作;
3. 能利用 PMC 对数控系统的工作状态进行监控;
4. 能完成 FANUC 0i 数控系统的信号追踪、诊断。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床,在进行设备调试时要求对机床操作面板“编辑”键的输出地址进行强制,从而实现不使用顺序程序就能有效地确认 I/O 设备侧的信号线路。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务,需要配备以下资料:

1. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言编程说明书;
2. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言补充编程说明书;
3. FANUC 0i D 数控系统维修说明书;
4. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的相关工作,需要配备以下工具,具体见表 6-1-1。

表 6-1-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

1. FANUC 0i 系统 PMC 概述

从控制对象来说,数控系统分为控制伺服电动机与主轴电机作各种进给切削动作的系统部分和控制机床外围辅助电气部分的PMC。PMC与PLC所需实现的功能是基本一样的。PLC用于工厂一般通用设备的自动控制装置,而PMC专用于数控机床外围辅助电气部分的自动控制,所以称为可编程机床控制器,简称PMC。PMC与控制伺服电动机和主轴电机的系统部分,以及与机床侧辅助电气部分的接口关系,如图6-1-1所示。

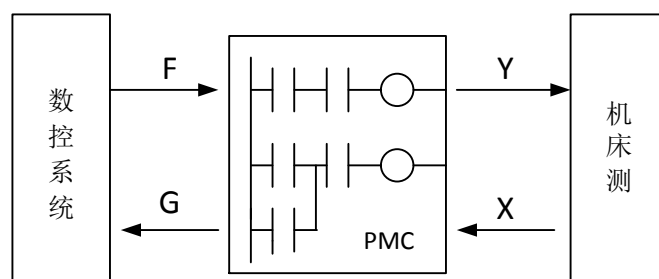


图6-1-1 PMC输入输出信号

在图6-1-1中，能够看到，X是来自机床侧的输入信号（如接近开关、极限开关、压力开关、操作按钮等输入信号元件）。PMC接收从机床侧各装置反馈的输入信号，在控制程序中进行逻辑运算，作为机床动作的条件及对外围设备进行诊断的依据。

Y是由PMC输出到机床侧的信号。在PMC控制程序中，根据自动控制的要求，输出信号控制机床侧的电磁阀、接触器、信号灯动作，满足机床运行的需要。

F是由控制伺服电机与主轴电机的系统部分侧输入到PMC信号，系统部分就是将伺服电机和主轴电机的状态，以及请求相关机床动作的信号（如移动中信号、位置检测信号、系统准备完成信号等），反馈到PMC中去进行逻辑运算，作为机床动作的条件及进行自诊断的依据，其地址从F0开始。

G是由PMC侧输出到系统部分的信号，对系统部分进行控制和信息反馈（如轴互锁信号、M代码执行完毕信号等），其地址从G0开始。

内部继电器（R）和扩展继电器（E）可暂时存储运算结果，用于PMC内部信号和扩展信号的定义。内部继电器中还包含PMC系统软件所使用的系统继电器，PMC程序可读入其状态，但不能写入。

可变定时器（T）、计数器（C）、保持继电器（K）和数据表（D）存储在非易失性存储器中，在切断电源的情况下也不会丢失。

表6-1-2 常用I/O 信号的容量

字符	信号说明	型号	
		0i D PMC	0i D/0i mate D PMC/L
X	输入信号（MT-PMC）	X0～X127 X200～X327	X0～X127
Y	输出信号（MT-PMC）	Y0～Y127 Y200～Y327	Y0～Y127
F	输入信号（NC-PMC）	F0～F767 F1000～F1767	F0～F767
G	输出信号（NC-PMC）	G0～G767 G1000～G1767	G0～G767
R	内部继电器	R0～R7999	R0～R1499
R	系统继电器	R9000～R9499	R9000～R9499
E	扩展继电器	E0～E9999	E0～E9999
A	信息请求信号	A0～A249 A9000～A9499	A0～A249 A9000～A9499
C	计数器	C0～C399 C5000～C5199	C0～C79 C5000～C5039

K	保持继电器	K0~K99 K900~K999	K0~K19 K900~K999
D	数据表	D0~D9999	D0~D2999
T	可变定时器	T0~T499 T9000~T9499	T0~T79 T9000~T9079
L	标签	L1~L9999	L1~L9999
P	子程序	P1~P5000	P1~P512

表 6-1-3 FANUC i 系列常用地址表

信号	16/18/21/0i	
	T	M
自动循环启动: ST	G7/2	G7/2
进给暂停: *SP	G8/5	G8/5
方式选择: MD1, MD2, MD4	G43/0. 1. 2	G43/0. 1. 2
进给轴方向: +X, -X, +Y, -Y, +Z, -Z, +4, -4(0 系统) +J1, +J2, +J3, +J4 -J1, -J2, -J3, -J4(16 系统类)	G100/0. 1. 2. 3	G102/0. 1. 2. 3
手动快速进给 :RT	G19/7	G19/7
手摇进给轴选择/快速倍率: HX/ROV1, HY/ROV2, HZ/DRN, H4(0 系统)HS1A—JS1D(16 系统类)	G18/0. 1. 2. 3	G18/0. 1. 2. 3
手摇进给轴选择/空运行: HZ/DRN(0); DRN(16)	G46/7	G46/7
手摇进给/增量进给倍率:MP1, MP2	G19/4. 5	G19/4. 5
单程序段运行: SBK	G46/1	G46/1
程序段选跳: BDT	G44/0;G45	G44/0;G45
零点返回: ZRN	G43/7	G43/7
回零点减速: *DECX, *DECY, *DECZ, *DEC4	X9/0. 1. 2. 3	X9/0. 1. 2. 3
机床锁住: MLK	G44/1	G44/1
急停: *ESP	G8/4	G8/4
进给暂停中: SPL	F0/4	F0/4
自动循环启动灯: STL	F0/5	F0/5
回零点结束: ZPX, ZPY, ZPZ, ZP4(0 系统); ZP1, ZP2, ZP3, ZP4(16 系统类)	F94/0. 1. 2. 3	F94/0. 1. 2. 3
进给倍率:*OV1,*OV2,*OV4,*OV8(0 系统) *FV0—*FV7(16 系统类)	G12	G12
手动进给倍率:*JV0—*JV15 (16 系统类)	F79, F80	F79, F80
进给锁住: *IT	G8/0	G8/0
进给轴分别锁住:*ITX, *ITY, *ITZ, *IT4(0 系统) *IT1—*IT4 (16)	G130/0. 1. 2. 3	G130/0. 1. 2. 3
各轴各方向锁住: +MIT1—+MIT4; (-MIT1) —(-MIT4)	X1004/2—5	G132/0. 1. 2. 3 G134/0. 1. 2. 3
启动锁住: STLK	G7/1	
辅助功能锁住: AFL	G5/6	G5/6
M 功能代码: M00—M31	F10—F13	F10—F13
M00, M01, M02, M30 代码	F9/4. 5. 6. 7	F9/4. 5. 6. 7
M 功能(读 M 代码): MF	F7/0	F7/0
进给分配结束: DEN	F1/3	F1/3

S 功能代码: S00—S31	F22—F25	F22—F25
S 功能(读 S 代码): SF	F7/2	F7/2
T 功能代码: T00—T31	F26—F29	F26—F29
T 功能(读 M 代码): TF	F7/3	F7/3
辅助功能结束信号 MFIN	G5/0	G5/0
刀具功能结束信号 TFIN	G5/3	G5/3
结束: FIN	G4/3	G4/3
倍率无效: OVC	G6/4	G6/4
外部复位: ERS	G8/7	G8/7
复位: RST	F1/1	F1/1
NC 准备好: MA	F1/7	F1/7
伺服准备好: SA	F0/6	F0/6
自动(存储器)方式运行: OP	F0/7	F0/7
程序保护: KEY	F46/3. 4. 5. 6	F46/3. 4. 5. 6
工件号检: PN1, PN2, PN4, PN8, PN16	G9/0--4	G9/0--4
外部动作指令: EF	F8/0	F8/0
进给轴硬超程: *+LX, *+LY, *+LZ, *+L4; *-LX, *-LY, *-LZ, *-L4(0), *+L1--*+L4; *-L1--*-L4 (16)	G114/0. 1. 2. 3 G116/0. 1. 2. 3	G114/0. 1. 2. 3 G116/0. 1. 2. 3
伺服断开: SVFX, SVFY, SVFZ, SVF4	G126/0. 1. 2. 3	G126/0. 1. 2. 3
位置跟踪: *FLWU	G7/5	G7/5
位置误差检测: SMZ	G53/6	
镜像: MIRX, MIRYMIR4	G106/0. 1. 2. 3	G106/0. 1. 2. 3
螺纹倒角: CDZ	G53/7	
系统报警: AL	F1/0	F1/0
电池报警: BAL	F1/2	F1/2
DNC 加工: DNCI	G43/5	G43/5
跳转: SKIP	X4/7	X4/7
主轴转速到达: SAR	G29/4	G29/4
主轴停止转动: *SSTP	G29/6	G29/6
主轴定向: SOR	G29/5	G29/5
主轴转速倍率: SOV0—SOV7	G30	G30
主轴换挡: GR1, GR2(T) GR10, GR20, GR30(M)	G28/1. 2	F34/0. 1. 2
串行主轴正转: SFRA	G70/5	G70/5
串行主轴反转: SRVA	G70/4	G70/4
S12 位代码输出: R010—R120	F36;F37	F36;F37
S12 位代码输入: R01I—R12I	G32;G33	G32;G33
SSIN	G33/6	G33/6
SGN	G33/5	G33/5
机床就绪: MRDY(参数设)	G70/7	G70/7
主轴急停: *ESPA	G71/1	G71/1
定向指令: ORCMA	G70/6	G70/6
定向完成: ORARA	F45/7	F45/7

对于PMC与机床间的信号（X、Y），除个别信号被FANUC公司定义，绝大多数地址可以由机床制造商自行定义。所以对于X、Y地址的含义，必须参见机床厂提供的技术资料。下面信号作为高速信号由CNC直接读取，不经过PMC进行处理。

表6-1-4 FANUC PMC高速信号表

信号地址	X4.7	X4.6	X4.2	X4.1	X4.0	X8.4	X9.3	X9.2	X9.1	X9.0
信号名	SKIP	ESKIP	ZAE	YAE	XAE	*ESP	*DEC4	*DEC3	*DEC2	*DEC1
信号含义	跳转信号	PMC 轴跳转信号	测量位置到达信号			急停信号	返回参考点减速输入信号			

2. PMC 程序的执行

PMC 程序主要由两部分构成：第一级程序和第二级程序。

第一级程序每隔 8ms 执行一次，主要编写急停、进给暂停等紧急动作控制程序，其程序编写不宜过长，否则会延长整个 PMC 程序执行时间。第一级程序必须以 END1 指令结束。即使不使用第一级程序，也必须编写 END1 指令，否则 PMC 程序无法正常执行。

第二级程序每隔 $8 \times n$ ms 执行一次， n 为第二级程序的分割数。主要编写工作方式控制、速度倍率控制、自动运行控制、手动运行控制、主轴控制、机床锁住控制、程序校验控制、辅助电机控制、外部报警和操作信息控制等普通程序，其程序步数较多，PMC 程序执行时间也较长。第二级程序必须以 END2 指令结束。第二级程序一般较长，为了执行第一级程序，将根据第一级程序的执行时间，把第二级程序分割为 n 部分，分别用分割 1、分割 2、……、分割 n 表示。

系统启动后，CNC 与 PMC 同时运行，两者执行的时序图如图 6-1-2 所示。在 8ms 的工作周期内，前 1.25ms 执行 PMC 程序，首先执行全部的第一级程序，1.25ms 内剩下的时间执行第二级程序的一部分。执行完 PMC 程序后 8ms 的剩余时间，为 CNC 的处理时间。在随后的各周期内，每个周期的开始均执行一次全部的第一级程序，因此在宏观上，紧急动作控制是立即反应的。执行完第一级程序后，在各周期内均执行第二级程序的一部分，直至第二级程序最后分割 n 部分执行完毕。然后又重新执行 PMC 程序，周而复始。

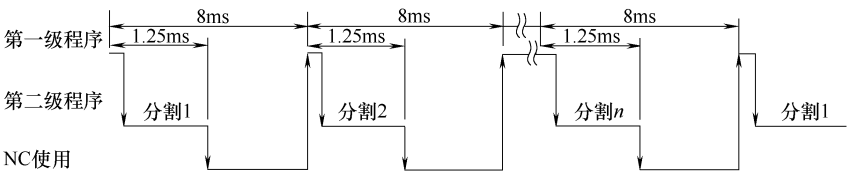


图 6-1-2 CNC 与 PMC 程序的执行时序

因此，第一级程序每隔 8ms 执行一次，第二级程序每隔 $8 \times n$ ms 执行一次。第一级程序编写不宜过长。如果程序步数过多，会增加第一级程序的执行时间，1.25ms 内第二级程序的执行时间将减少，程序的分割数 n 将增加，从而延长整个第二级程序的执行时间。

3. PMC 各画面的系统操作

(1) 进入 PMC 各画面画面的操作

首先按 SYSTEM 键进入系统参数画面，再连续按向右扩展键[+]三次，进入 PMC 操作画面。

(2) 进入 PMC 诊断与维护画面

按 PMCMNT 键进入 PMC 维护画面，如图 6-1-3。PMC 诊断与维护画面可以进行监控 PMC 的信号状态、确认 PMC 的报警、设定和显示可变量定时器、显示和设定计数器值、设定和显示保持继电器、设定和显示数据表、输入/输出数据、显示 I/O link 连接状态、信号跟踪等功能。



图6-1-3 PMC 信号监控画面

①监控 PMC 的信号状态，

在信息状态显示区上，显示在程序中指定的所在地址内容。地址的内容以位模式 0 或 1 显示，最右边每个字节以 16 进制或 10 进制数字显示。在画面下部的附加信息行中，显示光标所在地址的符号和注释。光标对准在字节单位上时，显示字节符号和注释。在本画面中按操作软键。输入希望显示的地址后，按搜索软键。按 16 进制软键进行 16 进制与 10 进制转换。要改变信息显示状态时按下强制软键，进入到强制开/关画面。

②显示 I/O link 连接状态画面

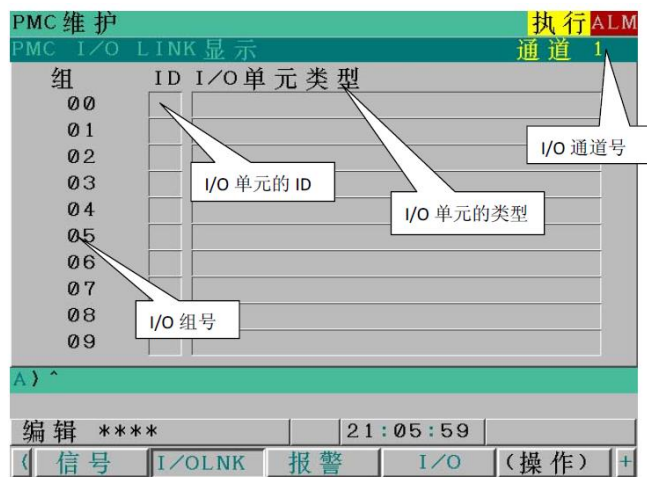


图6-1-4 I/O LINK 显示画面

I/O LINK 显示画面上，按照组的顺序显示 I/O LINK 上所在连接的 I/O 单元种类和 ID 代码。按操作软键。按前通道软键显示上一个通道的连接状态。按次通道软键显示下一个通道的连接状态。

③PMC 报警画面



图6-1-5 PMC 报警画面

报警显示区，显示在 PMC 中发生的报警信息。当报警信息较多时会显示多页，这时需要用翻页键来翻到下一页。

④输入与输出数据画面



图6-1-6 输入输出画面

在 I/O 画面上, 顺序程序, PMC 参数以及各种语言信息数据可被写入到指定的装置内, 并可以从指定的装置内读出和核对。

光标显示: 上下移动各方向选择光标, 左右移动各设定内容选择光标。

可以输入/输出的设备有: 存储卡、FLASH ROM、软驱、其他。

存储卡: 与存储卡之间进行数据的输入/输出。

FLASH ROM: 与 FLASH ROM 之间进行数据的输入/输出。

软驱: 与 Handy File、软盘之间进行的数据输入/输出。

其他: 与其他通用 RS232 输入/输出设备之间进行数据的输入/输出。

⑤定时器显示画面

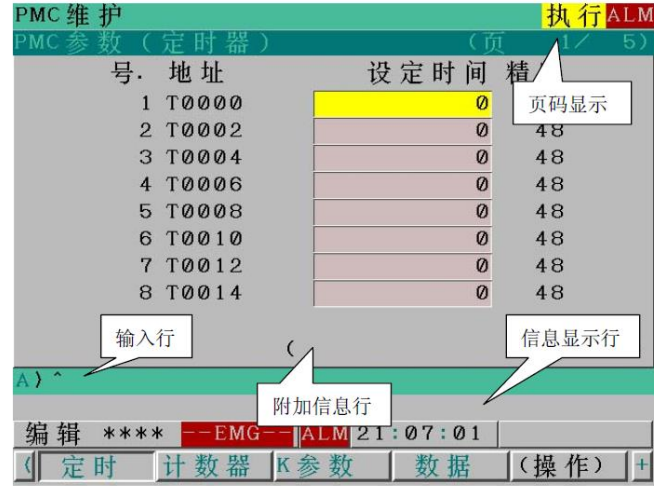


图6-1-7 定时器画面

定时器内容号: 用功能指令时指定的定时器号

地址：由顺序程序参照的地址

设定时间：设定定时器的时间

精度：设定定时器的精度

⑥计数器显示画面

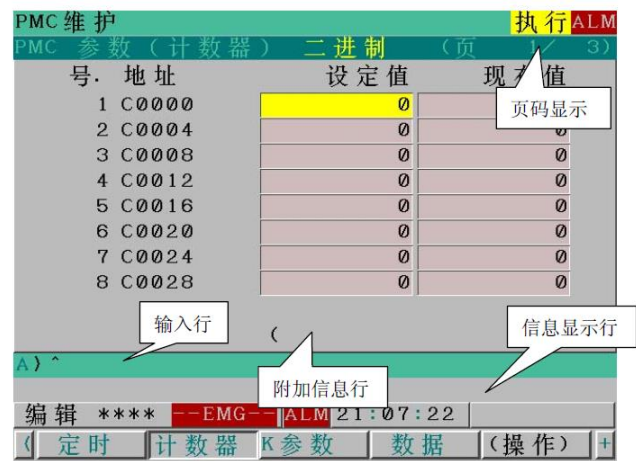


图6-1-8 计数器画面

计数器内容：

号：用功能指令时指定的计数器号

地址：由顺序程序参照的地址

设定值：计数器的最大值

现在值：计数器的现在值

注释：设定值的 C 地址注释

⑦K 参数显示画面

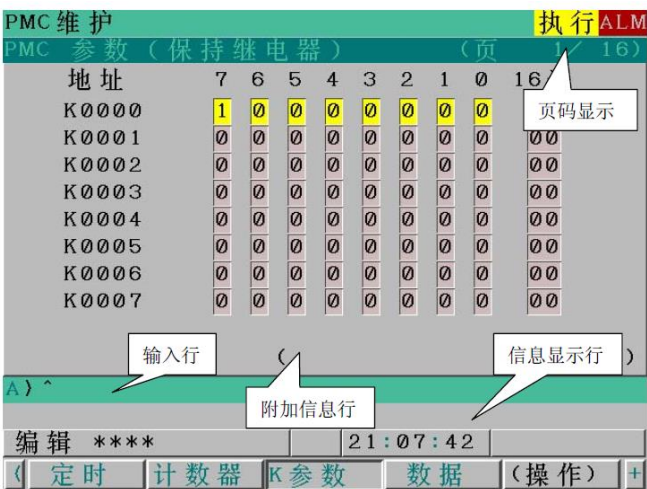


图6-1-9 K 参数显示画面

K 参数内容：

地址：由顺序程序参照的地址

0-7： 每一位的内容

16 进：以 16 进制显示的内容

⑧D 参数显示画面

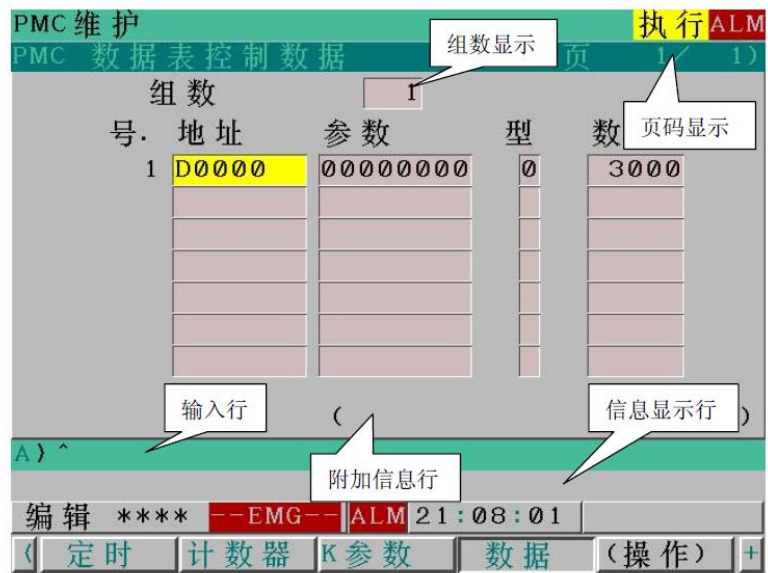


图6-1-10 D 参数显示画面

数据内容：

组数:数据表的数据数

号: 组号

地址: 数据表的开头地址

参数: 数据表的控制参数内容

型: 数据长度

数据: 数据表的数据数

注释: 各组的开头 D 地址的注释

退出时按 POS 键即可退回到坐标显示画面

(2) 进入梯形图监控与编辑画面

进入梯形图监控与编辑画面可以进行梯形图的编辑与监控以及梯形图双线圈的检查等内容。

① 列表画面

主要是显示梯形图的结构等内容，在 PMC 程序一览表中，带有“锁”标记的为不可以查看与不可以修改；带有“放大镜”标记的为可以查看，但不可以编辑；带有“铅笔”标记

的表示可以查看，也可以修改。

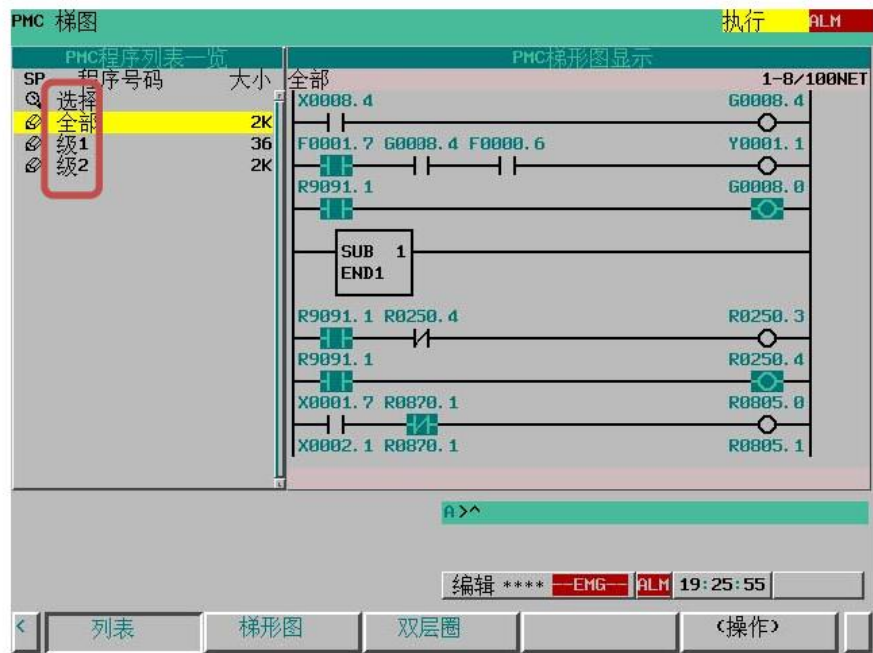


图6-1-11 列表显示画面

②梯形图画面

在 SP 区选择梯形图文件后，进入梯形图画面就可以显示梯形图的监控画面，在这个图中就可以观察梯形图各状态的情况，如图。

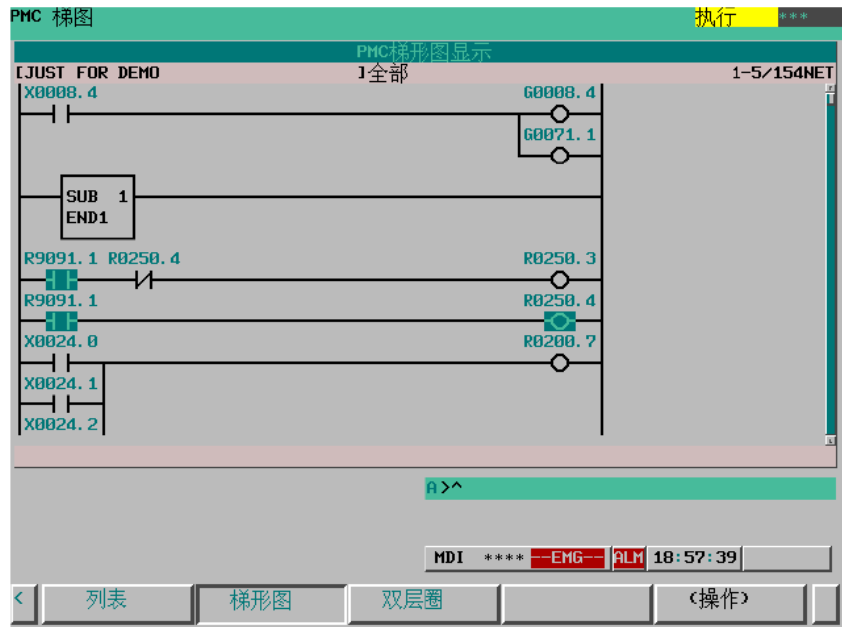


图6-1-12 梯形图显示画面

③双线圈画面

在双线圈画面可以检查梯形图中是否有双线圈输出的梯形图，最右边的“操作”软键表

示该菜单下的操作项目。



图6-1-13 双线圈检查画面

退出时按 POS 键即可退回到坐标显示画面

(3) 进入梯形图配置画面

梯形图配置画面可以分为标头、设定、PMC 状态、SYS 参数、模块、符号、信息、在线和一个操作软键。

①标头画面，显示 PMC 程序的信息。



图6-1-14 标头画面

②设定画面

显示 PMC 程序一些设定的内容，如图。

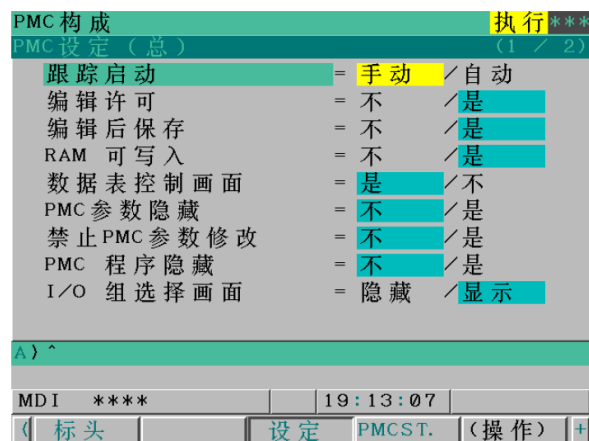


图6-1-15 PMC 设定画面

③PMC 状态画面

显示 PMC 的状态信息或者是多路径 PMC 的切换。



图6-1-16 PMC 状态画面

④SYS 参数画面

显示和编辑 PMC 的系统参数的画面，如图 6-1-17。



图6-1-17 SYS 参数画面

⑤模块画面

显示和编辑 I/O 模块的地址表等内容，如图 6-1-18。

PMC 构成					执行***
PMC I/O 模块一览					(1/4) 通道
地址	组	基板	槽	名称	
X0024	0	0	1	OC02 I	
X0025	0	0	1	OC02 I	
X0026	0	0	1	OC02 I	
X0027	0	0	1	OC02 I	
X0028	0	0	1	OC02 I	
X0029	0	0	1	OC02 I	
X0030	0	0	1	OC02 I	
X0031	0	0	1	OC02 I	

A)^

MDI **** --EMG-- ALM 19:14:40

<SYS参数

模块

符号

信息

(操作)

+

图6-1-18 I/O LINK 模块画面

⑥符号画面

显示和编辑 PMC 程序中用到的符号的地址与注释等信息。

PMC 构成			执行***
PMC 符号&注释一览			
地址	符号	注释	
R0010.0	M03		
R0010.1	M04		
R0010.2	M05		
R0010.3	M06		
R0010.4	M07		
R0010.5	M08		
R0010.6	M09		
R0010.7	M10		
R0011.0	M19		
R0012.0	M29		
R0012.1			
R0012.2			
R0012.3			
R0012.4			

符号=11.6KB 注释=0.1KB 合计=11.7KB

A)^

MDI **** 19:15:02

<SYS参数

模块

符号

信息

(操作)

+

图6-1-19 符号模块画面

⑦信息画面

显示和编辑报警信息的内容，如图 6-1-20。

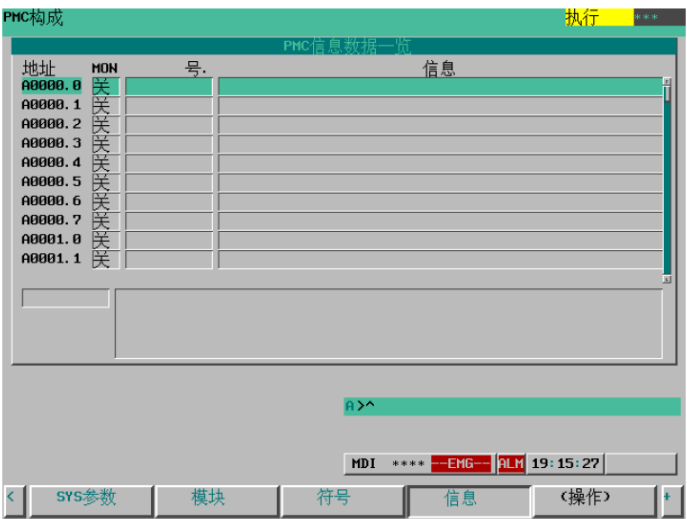


图6-1-20 报警信息画面

⑧在线画面

用于在线监控的参数设定的画面。

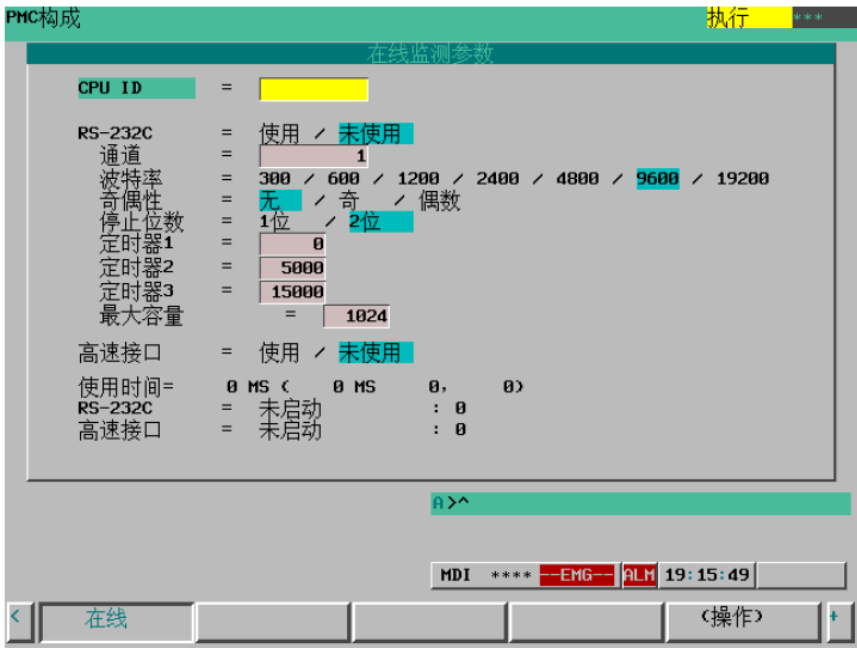


图6-1-21 在线设定画面

4. 信号强制

要改变信号的状态时，按下【强制】软键，转移到强制输入/输出画面。对任意的 PMC 地址的信号强制性地输入值的功能。强制输入 X，不使用 I/O 设备就能调试顺序程序；强制输出 Y，不使用顺序程序就能有效地确认 I/O 设备侧的信号线路。

强制功能分为普通强制输入输出方式和倍率方式强制两种输入方式，根据用途不同区分使用。对于外部的输入信号(X)当没有包括在 I/O LINK 设定范围内时可以采用此方法强制，对于输出信号(Y、R、G 等信号)来说如果没有和 PMC 扫描状态的竞争(或 PMC 停止扫描)

也可以进行此种强制。对于 NC 的输出信号 F 不能进行任何强制操作。对于当外部输入信号（X）在 I/O LINK 的设定范围内时，输出信号（Y）和 PMC 扫描状态发生竞争时，普通强制不能够改变其状态，此时可以采用自锁强制来进行设定。

表 6-1-5 强制和自锁强制

机能	普通强制	自锁强制
强制能力	可强制信号 ON 或 OFF，但 PMC 程序如果使用此信号时，即恢复实际状态	可强制信号 ON 或 OFF，即使 PMC 使用此信号，也可以维持强制状态。
使用范围	适用于 X、Y、G 信号地址	只适用于 X、Y 信号
备注	分配过的 X、Y 信号不能使用此功能。“内置编程器功能”有效时可以使用。	“内置编程器功能”有效、PMC 设定参数有效可以使用。

【任务实施】

任务一：进入相应界面，查看 PMC 的型号。

PMC 型号：_____

任务二：进入相应界面，停止 PMC，并按下或释放急停按钮，观察急停按钮是否仍起作用。

操作步骤及现象：_____

任务三：进入相应界面，查看梯形图中子程序的数目及名称。

操作步骤及现象：_____

任务四：查看如下信号的状态（0 或 1）。

X2.5 _____ Y1.6 _____ F1.1 _____

G43.0 _____ X0.6 _____ Y0.0 _____

任务五：请在数控机床上通过查看梯形图维护界面给出控制面板上各按钮的 PLC 输入地址和输出地址。

按键	输入地址	输出地址
编辑		
MDI		
自动		
手轮 X		
冷却		
单段		

X100		
机床锁住		

任务六：为了保护梯形图，可以将梯形图隐藏起来，如何操作。

操作步骤： _____

任务七：信号强制

第一步：进入在 PMC 维护界面中，选择软键“信号状态”，进入信号诊断画面。

第二步：按下操作面板上的“编辑”键，确定其输入和输出地址。对输入和输出地址进行强制操作，观察强制结果。

第三步：停止 PMC 程序后，再次对 X 地址和 Y 地址进行强制，观察强制结果，并完成下表。

不停止 PMC		停止 PMC	
X 地址	☐ 是 ☐ 否	X 地址	☐ 是 ☐ 否
Y 地址	☐ 是 ☐ 否	Y 地址	☐ 是 ☐ 否

第四步：按 SYSTEM 键---扩展键---PMC 配置---设定---操作---前页，开启自锁强制功能（“倍率有效”设为是）并重启数控系统。

第五步：重新启动 PMC，进入信号画面，应用自锁强制功能对以上信号进行强制，并填写下表。

自锁强制	
X 地址	☐ 是 ☐ 否
Y 地址	☐ 是 ☒ 否

通过上述操作，写出普通强制和自锁强制的不同：

【任务拓展】

有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，机床上电并旋开急停按钮后，机床一直处于急停状态，请分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. PMC
2. 执行周期
3. 强制
4. 自锁强制

二、选择题

1. FANUC PMC 是什么型式的 PLC? ()
A. 内装式 B. 独立型
C. 外置式 D. 通用型
2. 根据机床操作要求使 CNC 执行工作的指令, 当线圈使用, 也当触点使用的是 ()。
A. X 地址 B. Y 地址
C. F 地址 D. G 地址
3. 按钮、机床行程开关、电气柜里继电器/接触器触点等用 () 地址表示。
A. R 地址 B. Y 地址
C. X 地址 D. G 地址
4. PMC 地址采用 ()。
A. 1位二进制 B. 8位二进制
C. 16位二进制 D. 32位二进制
5. 数控机床中, 不属于 PLC 控制的信号有 ()。
A. 急停控制 B. 轨迹插补 C. 主轴控制 D. 导轨润滑
6. FANUC 0i 系统中, 通过系统操作软键来选择相应的 PMC 画面, 其中 () 为系统梯形图显示画面。
A. EDIT B. PMCDGN C. PMCMNT D. PMCLAD

任务2 PMC I/O 地址分配

【任务目标】

1. 掌握 I/O LINK 设定的基本步骤和方法；
2. 掌握手轮的连接和相关注意事项；
3. 能完成 I/O 模块的硬件连接；
4. 能够根据技术要求完成 PMC 地址的分配。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，现需要对 PMC 的输入信号和输出信号进行地址分配，要求 X 地址从 X2.0 开始，Y 地址从 Y3.0 开始。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

1. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言编程说明书；
2. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言补充编程说明书；
3. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
4. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的 PMC 地址分配工作，需要配备以下工具，具体见表 6-2-1。

表 6-2-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

1. FANUC I/O 单元的连接

FANUC I/O Link 是一个串行接口，将 CNC、单元控制器、分布式 I/O、机床操作面板或 Power Mate 连接起来，并在各设备间高速传送 I/O 信号（位数据）。当连接多个设备时，FANUC I/O Link 将一个设备认作主单元，其它设备作为子单元。子单元的输入信号每隔一定周期送到主单元，主单元的输出信号也每隔一定周期送至子单元。0i-D 系列和 0i Mate-D 系列中，JD51A 插座位于主板上。I/O Link 分为主单元和子单元。作为主单元的 0i/0i Mate

系列控制单元与作为子单元的分布式I/O 相连接。子单元分为若干个组，一个I/O Link 最多可连接16 组子单元。(Oi Mate 系统中I/O 的点数有所限制)根据单元的类型以及I/O 点数的不同，I/O Link 有多种连接方式。PMC 程序可以对I/O 信号的分配和地址进行设定，用来连接I/O Link。I/O 点数最多可达1024/1024 点。I/O Link 的两个插座分别叫做JD1A 和JD1B。对所有单元（具有I/O Link 功能）来说是通用的。电缆总是从一个单元的JD1A 连接到下一单元的JD1B。尽管最后一个单元是空着的，也无需连接一个终端插头。对于I/O Link 中的所有单元来说，JD1A 和JD1B 的引脚分配都是一致的，不管单元的类型如何，均可按照图6-2-1来连接I/O Link。

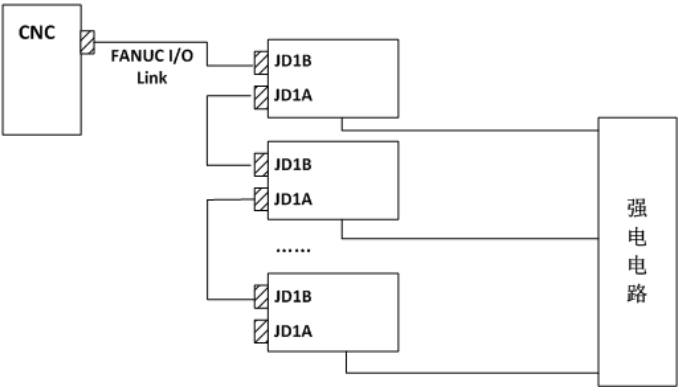


图6-2-1 I/O LINK 连接图

2. PMC 地址的分配

FANUC Oi-D/Oi Mate-D 系统，由于I/O 点、手轮脉冲信号都连在I/OLINK 上，在PMC 梯形图编辑之前都要进行I/O 模块的设置（地址分配），同时也要考虑到手轮的连接位置。当使用OI 用I/O 模块且不连接其他模块时，可以设置如下：X 从X0 开始设置为0.0.1.0C02I；Y 从Y0 开始为0.0.1/8，如图6-2-2，具体设置说明如下：

PMC 构成				执行 ***
PMC I/O 模块一览				(1/4) 通道
地址	组	基板	槽	名称
X0000	0	0	1	/16
X0001	0	0	1	/16
X0002	0	0	1	/16
X0003	0	0	1	/16
X0004	0	0	1	/16
X0005	0	0	1	/16
X0006	0	0	1	/16
X0007	0	0	1	/16

A) ^

MDI ***** ALM 15:20:35

《SYS参数 模块 符号 信息 (操作) +

图6-2-2 PMC构成

① 0iD 系统的I/O 模块的分配很自由，但有一个规则，即：连接手轮的手轮模块必须为16字节，且手轮连在离系统最近的一个16 字节大小的模块的JA3 接口上。对于此16 字节模块，Xm+0-Xm+11 用于输入点，即使实际上没有那么多点，但为了连接手轮也需要如此分配。Xm+12-Xm+14 用于三个手轮的输入信号。只连接一个手轮时，旋转手轮可以看到Xm+12 中的信号在变化。Xm+15 用于输入信号的报警。

② 各I/O Link 模块都有一个独立的名字，在进行地址设定时，不仅需要指定地址，还需要指定硬件模块的名字，0C02I 为模块的名字，它表示该模块的大小为16 字节，0C01I 表示该模块的大小为12 字节，/8 表示该模块有8 各字节，在模块名称前的“0.0.1”表示硬件连接的组、基板、槽的位置。从一个JD1A 引出来的模块算是一组，在连接的过程中，要改变的仅仅是组号，数字从靠近系统的模块从0开始逐渐递增。

③ 原则上I/O 模块的地址可以在规定范围内任意处定义，但是为了机床的梯形图统一管理，最好按照以上推荐的标准定义，注意，一旦定义了起始地址（m）该模块的内部地址就引领分配完毕了。

④在模块分配完毕后，要注意保存，然后机床断电在上电，分配的地址才能生效。同时注意模块要优先于系统上电，否则系统上电时无法检测到该模块。

⑤地址设定的操作可以在系统画面上完成，如图6-2-3，也可以在FANUC LADDER III 软件中完成，如图6-2-4，0i D 的梯形图编辑必须在FANUC LADDER III 5.7 版本或以上版本上才可以编辑。

PMC 构成

执行ALM

PMC I/O 模块一览 (1/4) 通道

地址	组	基板	槽	名称
Y0024	0	0	1	OC010
Y0025	0	0	1	OC010
Y0026	0	0	1	OC010
Y0027	0	0	1	OC010
Y0028	0	0	1	OC010
Y0029	0	0	1	OC010
Y0030	0	0	1	OC010
Y0031	0	0	1	OC010

A) ^

MDI ****

15:33:09

编辑

次通道

图6-2-3 系统侧地址设定画面

X 地址: _____

输入模块的名称

OC01I	适用于通用的 I0 单元模块, 12 个字节的输入
OC02I	适用于通用的 I0 单元模块, 16 个字节的输入
OC03I	适用于通用的 I0 单元模块, 32 个字节的输入
/n	适用于通用和特殊的 I0 单元模块, n 字节数 (1~8)

0C010	适用于通用的 I0 单元模块，8 个字节的输出
0C020	适用于通用的 I0 单元模块，16 个字节的输出
0C030	适用于通用的 I0 单元模块，32 个字节的输出
/n	适用于通用和特殊的 I0 单元模块，n 字节数（1~8）

记录: _____

能否正常工作_____ (能或否)

某公司生产某一系列数控车床，现需要进行 PMC I/O 地址分配，要求 X 地址从 X0.0 开 Y 地址从 Y0.0 开始，现要求利用 FANUC LADDER III 软件完成地址分配工作。

一、名词解释

- ## 二、选择题

1. 分配12个字节的输入，可用下列哪个指令（ ）
A. 0C02I
B. 0C02O
C. 0C03I
D. 0C01I
2. 分配6个字节的输出，可用下列哪个指令（ ）

- A. 0C010 B. 0C020
C. /6 D. 0C01I

3. 下列说法错误的是（ ）

- A. 地址分配完毕后，要注意保存，然后机床断电在上电，分配的地址才能生效
B. 一个 I/O Link 最多可连接16 组子单元
C. 0C02I 为模块的名字，它表示该模块的大小为16 字节
D. 地址设定的操作只能在数控系统画面上完成

4. JD51A 端口联接（ ）

- A. 变频器 B. I/O Link C. 位置检测装置 D. 伺服驱动器

5. 0.0.1.0C02I 的地址范围可以设置为 X0-X15，对应的输入点数是（ ）

- A. 64 B. 96 C. 108 D. 128

任务 3 工作方式选择 PMC 程序调试

【任务目标】

- 1. 掌握工作方式选择 PMC 控制的相关信号及指令；
- 2. 掌握工作方式选择 PMC 控制的过程；
- 3. 能够根据控制要求完成工作方式选择 PMC 程序的编写及调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，工作方式选择采用按键形式，现需要进行自动、编辑、手动数据输入、远程运行、回参考点、手动连续进给、手轮进给等工作方式 PMC 程序的调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

- 1. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言编程说明书；
- 2. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言补充编程说明书；
- 3. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
- 4. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的 PMC 程序调试工作，需要配备以下工具，具体见表 6-3-1。

表 6-3-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

- 1. FANUC LADDER III 软件的使用

FANUC LADDER III 软件是一套编制FANUC PMC 顺序程序的编程系统。该软件在Windows 操作系统下运行。软件的主要功能如下：输入、编辑、显示、输出顺序程序；监控、调试顺序程序；在线监控梯形图、PMC 状态、显示信号状态、报警信息等；显示并设置PMC 参数；执行或停止顺序程序；将顺序程序传入PMC 或将顺序程序从PMC 传出；打印输出PMC 程序。

（1）软件的安装

最新的版本为5.7，这个版本可以进行0iD 系列PMC 的程序编制，安装软件同普通的WINDOWS 软件基本相同。若是安装5.7 版本的升级包，在安装的过程中，软件会自动卸载以

前的版本后再进行安装，安装界面如图6-3-1。点击Setup Start 图标就可以进行安装。



图6-3-1 软件安装界面

(2) PMC 程序的操作

对于一个简单梯形图程序的编制，常见的是PMC 类型的选择，程序编辑、编译等几步完成。完整的程序还包含标头、I/O 地址、注释、报警信息等。

① PMC 类型的选择

对于0i D 的数控系统PMC 程序的编辑，一般包含以下步骤， 在开始菜单中启动软件后点击新建按钮，选择PMC类型。如图6-3-2和6-3-3。

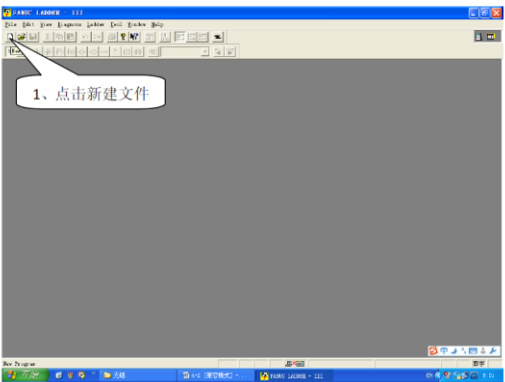


图6-3-2 新建文件

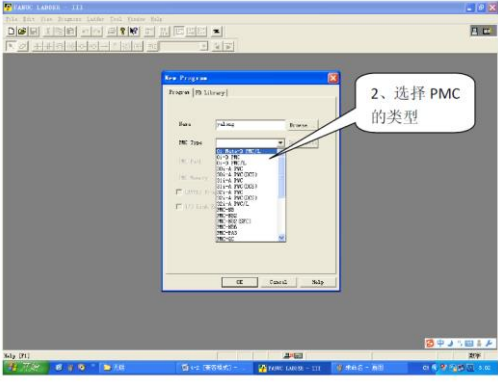


图6-3-3 PMC类型选择

② 在软件编辑区进行软件的编辑，如图6-3-4， 6-3-5和6-3-6。

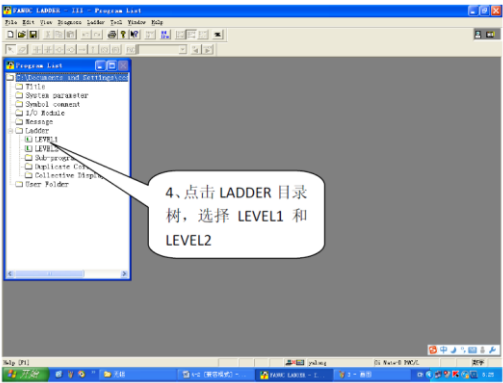


图6-3-4 程序编辑

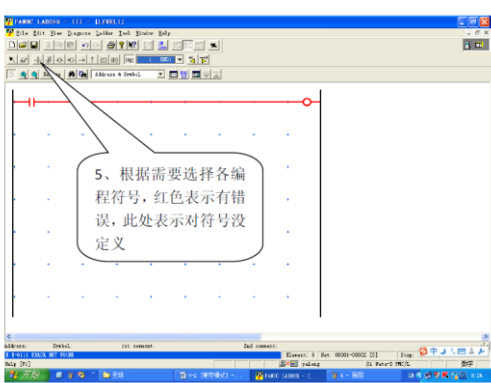


图6-3-5 程序编辑

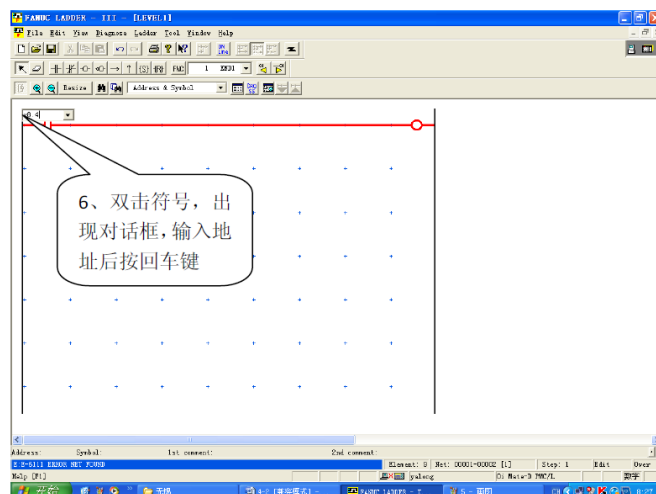


图6-3-6 程序编辑

③对编辑的内容进行编译，如图6-3-7和6-3-8。

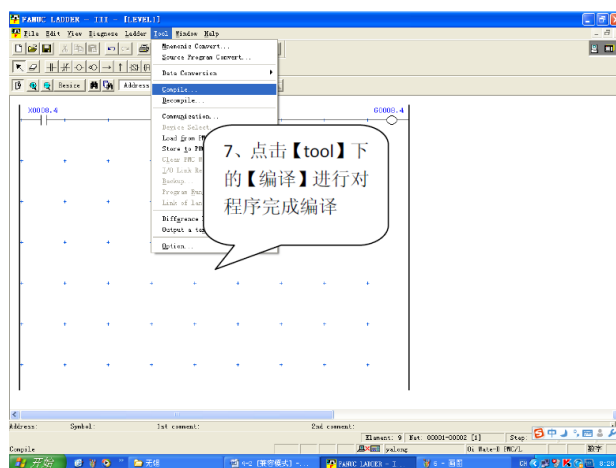


图6-3-7 程序编译

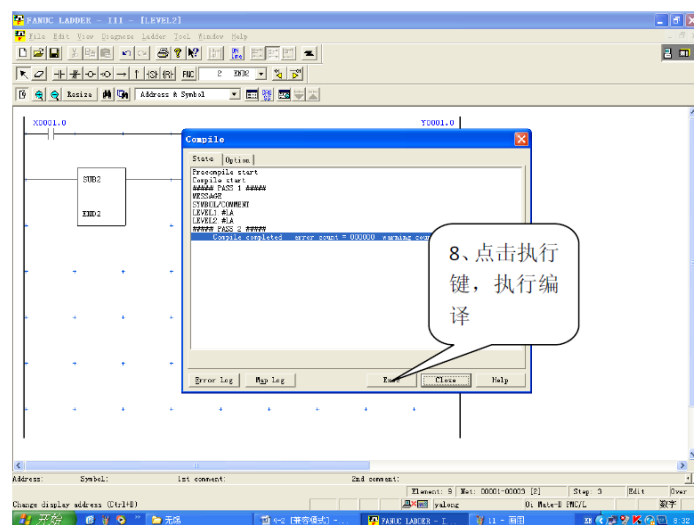


图6-3-8 程序编译

④对编译好的顺序程序进行输出，转化为系统可以识别的文件后，灌入系统。如图6-3-9，

6-3-10, 6-3-11和6-3-12。

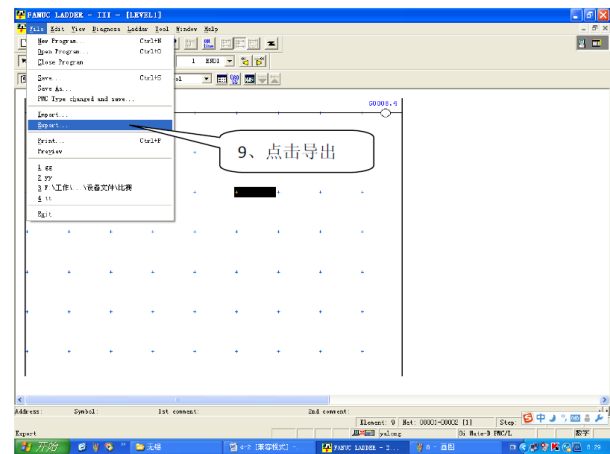


图6-3-9 程序导出

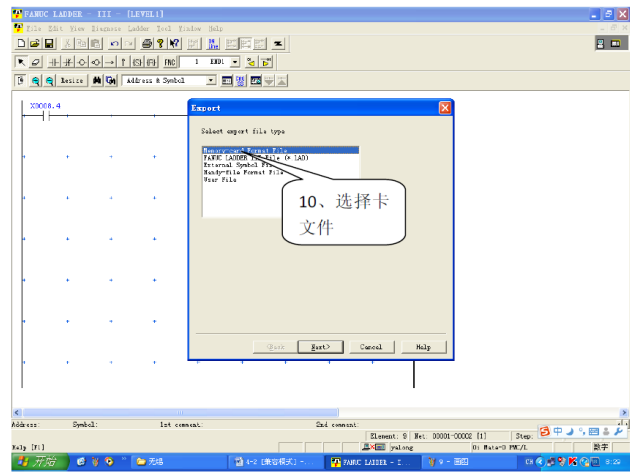


图6-3-10 选择卡文件

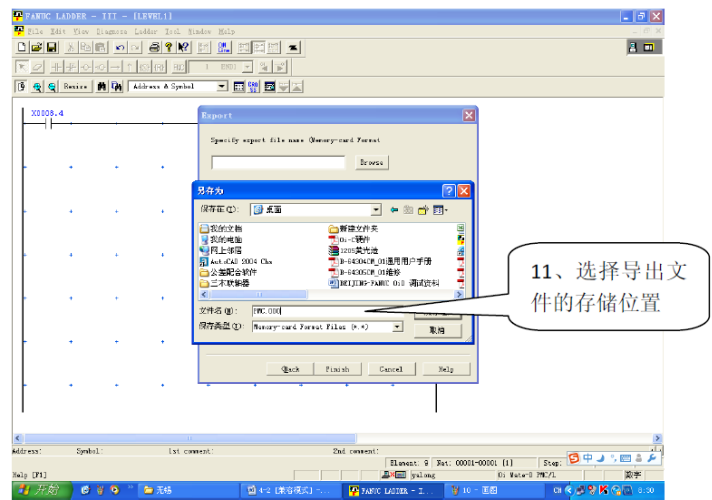


图6-3-11 选择存储位置

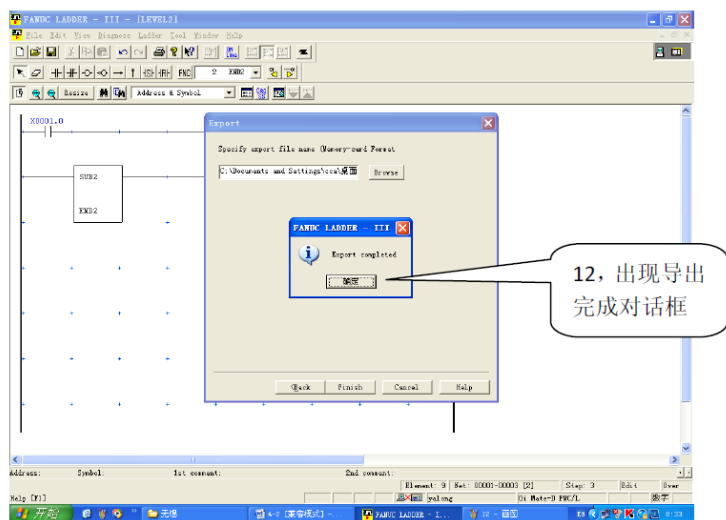


图6-3-12 导出成功界面

2. 机床工作方式

如图 6-3-13 所示为数控机床工作方式开关，a 为波段开关形式，b 为按键形式。

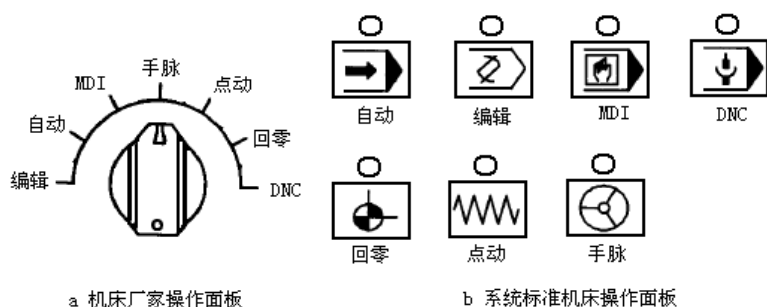


图 6-3-13 机床操作面板

工作方式切换按键可实现方式的转换以及相应指示灯的显示具体功能见表 6-3-2。

表 6-3-2 数控机床工作开关的功能

方式	符号	功能
编辑状态	EDIT	编辑存储到 CNC 内存中的加工程序文件。
自动运行状态	MEM	系统运行的加工程序为系统存储器内的程序。
手动数据输入状态	MDI	通过 MDI 面板可以编制最多 10 行的程序并被执行，程序格式和通常程序一样。
手轮进给状态	HND	刀具可以通过旋转机床操作面板上的手摇脉冲发生器微量移动。
手动连续进给状态	JOG	持续按下操作面板上的进给轴及其方向选择开关，会使刀具沿着轴的所选方向连续移动。
机床返回参考点	REF	在此状态下，可以实现手动返回机床参考点的操作。通过返回机床参考点操作，CNC 系统确定机床零点的位置。
DNC 状态	RMT	在此状态下，可以通过阅读机（加工纸带程序）或 RS-232 通信口与计算机进行通信，实现数控机床的在线加工。

方式选择信号是由 MD1、MD2、MD4 的三个编码信号组合而成的,可以实现程序编辑 EDIT、存储器运行 MEM、手动数据输入 MDI、手轮/增量进给 HANDLE/INC、手动连续进给 JOG、JOG 示教、手轮示教,此外,存储器运行于 DNC1 信号结合起来可选择 DNC 运行方式。手动连续进给方式与 ZRN 信号的组合,可选择手动返回参考点方式:

方式选择的 PMC 输入信号 MD1 (G43.0), MD2 (G43.1), MD4 (G43.2), DNC1 (G43.5), ZRN (G43.7), 方式选择的 PMC 输出信号为 F。PMC 与 CNC 之间相关工作方式的 I/O 信号见表 6-3-3。

表 6-3-3 PMC 与 CNC 之间相关工作方式的 I/O 信号

运行方式	PMC→CNC 信号					CNC→PMC 信号 F
	G43.7 ZRN	G43.5 DNC1	G43.2 MD4	G43.1 MD2	G43.0 MD1	
EDIT 编辑	0	0	0	1	1	F3.6
MEM 自动	0	0	0	0	1	F3.5
MDI	0	0	0	0	0	F3.3
HND 手轮	0	0	1	0	0	F3.1
JOG 手动	0	0	1	0	1	F3.2
REF 回零	1	0	1	0	1	F4.5

3. 辅助工作方式

(1) 机床锁住

机床锁住信号 MLK G44.1 接通后,机床的各个 NC 控制轴停止进给,机械各轴停止移动,但各轴工件坐标系坐标值仍然按照程序指令更新.执行此类操作时所导致的工件坐标和机械坐标的偏差应引起充分注意,否则可能会导致机床误动作。

(2) 空运行信号

DRN G46.7 接通后,机床不再按照程序中指令的速度移动,而是按照参数设定的空运行速度和运行状态(G00/G01)以及手动进给倍率所决定的速度移动。

(3) 单段运行（单节运行）

单程序段信号 SBK G46.1 接通后加工程序逐段运行,每个程序段执行完成后系统处于进给停止状态,要启动下个程序段的运行,需要重新按下操作面板的循环启动按键。

(4) 跳段

程序段跳过信号 BDT G44.0 接通后加工程序段前标记有“ /”符号的部分被系统忽略,不再执行。程序选择停止信号 OPTM R246.0 接通后,加工程序运行到包含 M01 的程序段时系统进入进给停止状态,而在信号未接通时,系统忽略程序中的 M01 代码。

4. 系统工作状态的PMC 控制

下面以 YL559 数控车床装调实训设备的机床操作面板为例,来看一下如何进行工作方式选择 PMC 程序的调试。

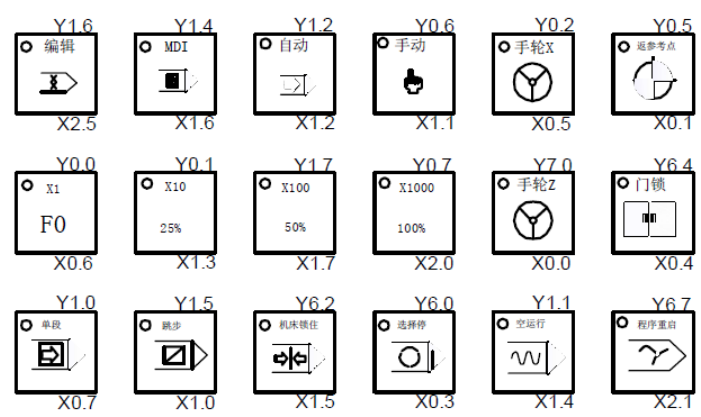


图 6-3-14 YL559 数控机床操作面板

状态开关信号的输入 / 输出地址是由系统 I/O Link 模块进行分配的。

编辑状态：输入信号（面板操作开关）地址为 X2.5，输出信号（指示灯）地址为 Y1.6。

存储运行（又称自动运行）：输入信号（面板操作开关）地址为 X1.2，输出信号（指示灯）地址为 Y1.2。

手轮 X 进给（又称手摇脉冲进给）：输入信号（面板操作开关）地址为 X0.5，输出信号（指示灯）地址为 Y0.2。

手轮 Z 进给（又称手摇脉冲进给）：输入信号（面板操作开关）地址为 X0.0，输出信号（指示灯）地址为 Y7.0。

手动数据输入：输入信号（面板操作开关）地址为 X1.6，输出信号（指示灯）地址为 Y1.4。

手动连续进给（又称点动进给）：输入信号（面板操作开关）地址为 X1.1，输出信号（指示灯）地址为 Y0.6。

返回参考点（又称回零）：输入信号（面板操作开关）地址为 X0.1，输出信号（指示灯）地址为 Y0.5。

信号 F3.6 表示系统处于编辑状态；信号 F3.5 表示系统处于自动运行状态；信号 F3.3 表示系统处于手动数据输入状态；信号 F3.4 表示系统处于 DNC 状态；信号 F3.2 表示系统处于手动连续进给状态；信号 F3.1 表示系统处于手轮控制状态；信号 F4.5 表示系统处于返回参考点状态。

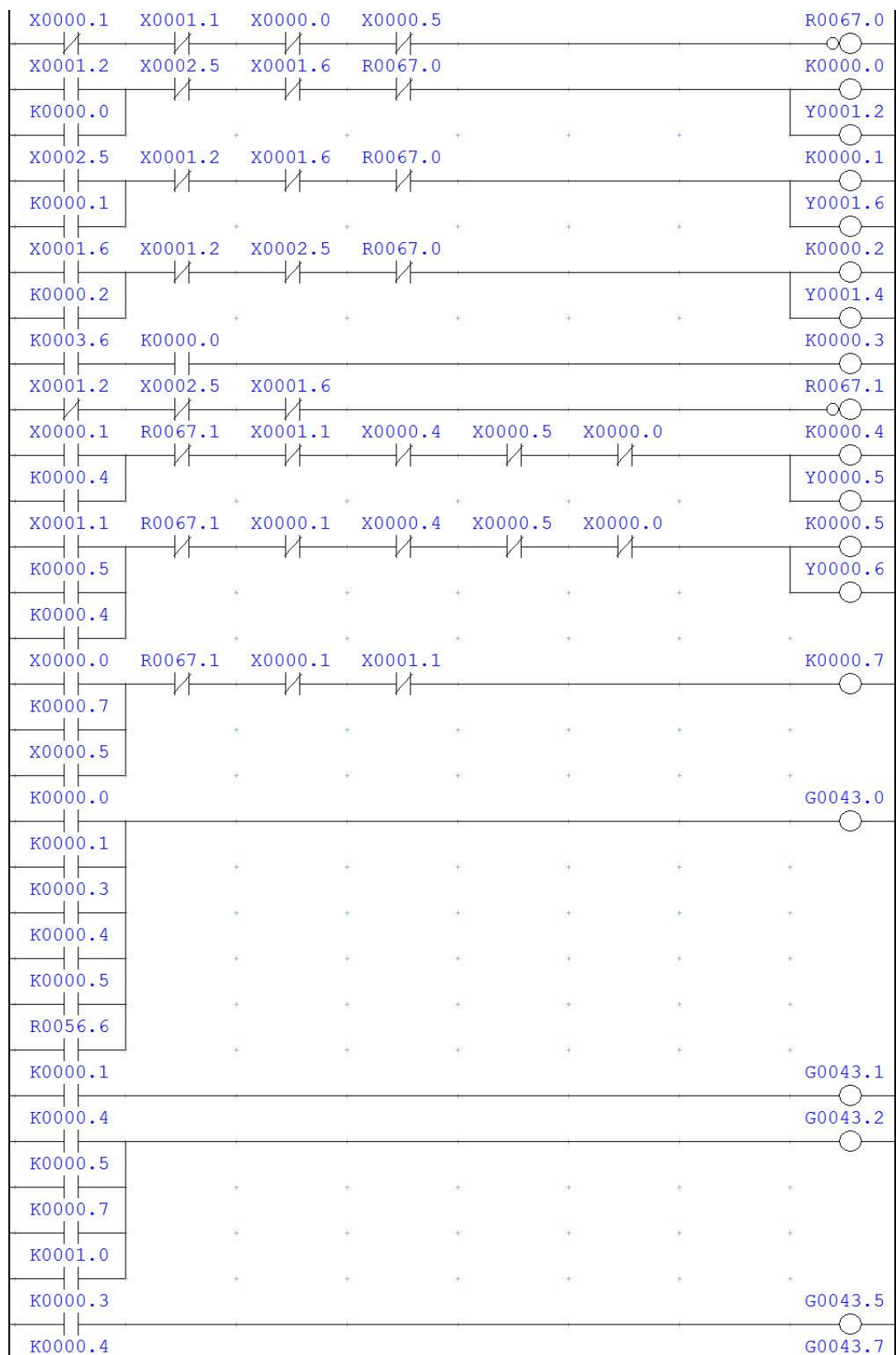


图 6-3-15 机床工作方式选择参考程序

【任务实施】

任务一：根据现有数控机床的实际情况，给出下表所示工作方式选择键的 PMC 输入输出地址，并完成下表。

序号	功能键	输入地址	输出地址
1	自动		
2	编辑		
3	手动数据输入		
4	回参考点		
5	手动		
6	手轮 X		
7	手轮 Z		

任务二：当按下如下各按键时，查看 G43 各位的状态

工作方式	G43. 7	G43. 6	G43. 5	G43. 4	G43. 3	G43. 2	G43. 1	G43. 0
编辑								
自动								
DNC								
MDI								
手轮进给								
手动进给								
返回参考点								

任务三：将梯形图显示方式由“符号”转换为“地址”。

操作步骤：_____

任务四：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“GZFSLAD”。

操作步骤：_____

查看工作方式选择各按键是否仍有效？

记录：_____

任务五：完成自动、编辑功能的 PMC 程序调试。

任务六：编写工作方式选择 PMC 程序，并完成调试。

任务七：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“BZLAD”。

操作步骤： _____

【任务拓展】

某公司生产某一系列数控车床，工作方式选择采用波段开关形式，现需要进行自动、编辑、手动数据输入、远程运行、回参考点、手动连续进给、增量进给、手轮进给等工作方式 PMC 程序的调试。

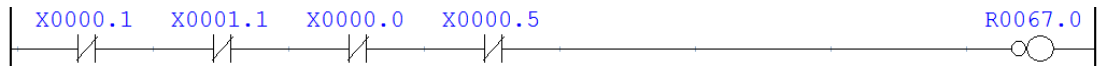
【知识巩固】

一、名词解释

- 1. 波段开关
- 2. K 地址

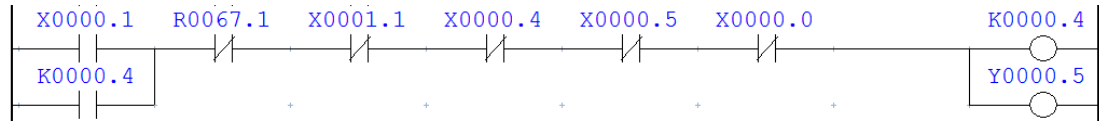
二、选择题

- 1. FANUC 系统的数控机床面板上 JOG 是指（ ）。
A. 快进 B. 点动 C. 自动 D. 暂停
- 2. 下列梯形图中，地址为 R067. 0 的元件作用是（ ）。



- A. 线圈输出 B. 线圈输入
- C. 线圈取反输出 D. 其它

- 3. 下列梯形图中，K0. 4 的作用是（ ）。



- A. 计数 B. 复位
- C. 断电后保持状态 D. 置位

任务 4 手动进给功能 PMC 程序调试

【任务目标】

- 1. 掌握手动功能 PMC 控制的相关信号及指令；
- 2. 能够根据控制要求完成手动进给功能 PMC 程序的编写及调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，手动进给功能分为普通手动进给和快速手动进给，普通手动进给的基准速度为：1000mm/min，快速手动进给的基准速度为：4000mm/min, 现需要完成手动功能 PMC 程序的调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

- 1. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言编程说明书；
- 2. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言补充编程说明书；
- 3. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
- 4. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的 PMC 程序调试工作，需要配备以下工具，具体见表 6-4-1。

表 6-4-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

1. 互锁信号

互锁信号是低电平有效的信号，当信号为零时，禁止轴移动。在自动换刀装置(ATC)和托盘交换装置(APC)等动作过程中，可以用该信号禁止轴的移动。

互锁信号有以下两种：全轴互锁信号和各轴互锁信号。全轴互锁信号为 G8.0，符号名为*IT，各轴互锁信号为 G130.0~G130.7，符号名为*IT1~*IT8，它们都是低电平有效的信号，见表 6-4-2。

表 6-4-2 互锁信号

地址	#7	#6	#5	#4	#3	#2	#1	#0
G8								*IT
G130	*IT8	*IT7	*IT6	*IT5	*IT4	*IT3	*IT2	*IT1

全轴互锁和各轴互锁是否有效取决于参数 3003，见表 6-4-3。

表 6-4-3 互锁信号相关参数

地址	#7	#6	#5	#4	#3	#2	#1	#0
3003							ITX	ITL

#1（ITX）0：使用各轴互锁信号*ITX

1：不使用各轴互锁信号*ITX

#0（ITL）0：使用全轴互锁信号*IT

1：不使用全轴互锁信号*IT

本程序选择只使用全轴互锁信号（*IT）和各轴互锁信号（*ITX）。850 型加工中心只需换刀时将第 3 轴锁住，取机械手扣刀信号 X10.4 低电平有效，当机械手扣刀时第 3 轴锁住。R49.0 的状态等于 R49.0 与信号 R49.0 的非信号产生的常 1 信号，除第 3 轴互锁信号外，其他互锁信号一直为 1，取消其他轴的互锁，PMC 程序如图 6-4-1 所示。

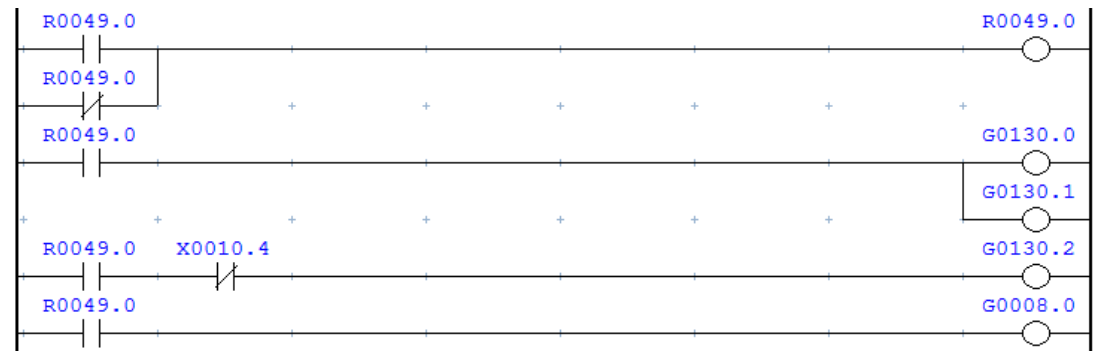


图 6-4-1 互锁信号 PMC 程序

2. 轴选方式有效

若选择了手动方式，即选择了手轮方式或手动进给方式或增量进给或回零方式之一时，在工作方式为手轮方式(F3.1)、手动进给方式(F3.2)、增量进给方式(F3.0)、回零方式(F3.4)任一种方式时，轴选方式有效，R203.7 为 1。PMC 程序如图 6-4-2 所示。

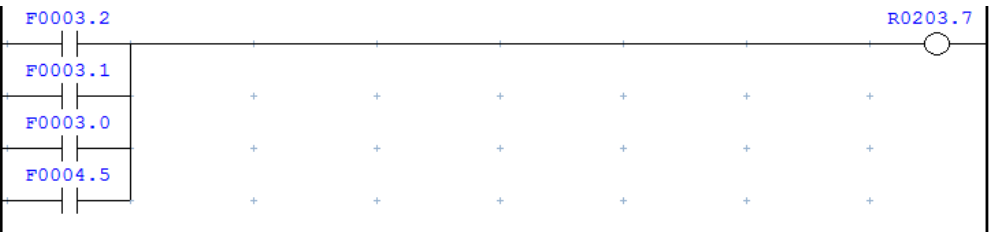


图 6-4-2 轴选方式 PMC 程序 1

3. 轴选信号的产生

PMC 与机床之间相关轴选和方向选择的 I/O 信号见表 6-4-4。PMC 与 CNC 之间相关轴选和方向选择的 I/O 信号见表 6-4-5。

表 6-4-4 PMC 与机床之间相关轴选和方向选择 I/O 信号

输入按钮 X 信号	输出指示灯 Y 信号
X 轴选按钮 X29.4	X 轴选指示灯 Y29.4
Y 轴选按钮 X29.5	Y 轴选指示灯 Y29.5
Z 轴选按钮 X29.6	Z 轴选指示灯 Y29.6
+方向按钮 X30.4	+方向指示灯 Y30.4
-方向按钮 X30.6	-方向指示灯 Y30.6

表 6-4-5 PMC 与 CNC 之间相关轴选和方向选择 I/O 信号

地址	#7	#6	#5	#4	#3	#2	#1	#0
G100	+J8	+J7	+J6	+J5	+J4	+J3	+J2	+J1
G102	-J8	-J7	-J6	-J5	-J4	-J3	-J2	-J1

同一轴正、负两方向信号均为 1 时，轴不移动。若按下 X、Y、Z 任意一轴的轴选按钮，生成 R202.6 上升沿的单脉冲，则添加图 6-4-3 所示程序。

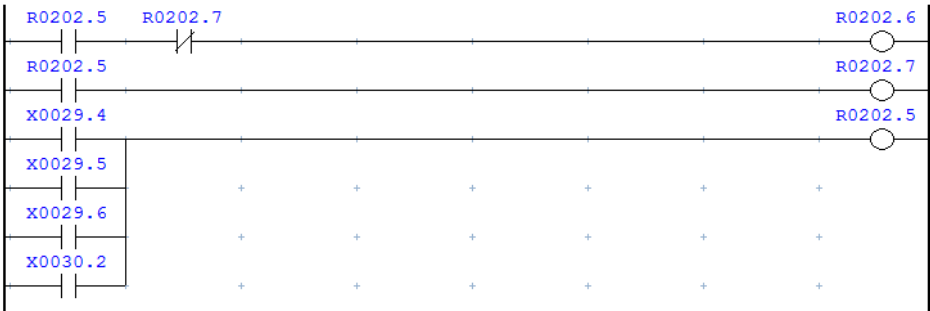


图 6-4-3 轴选方式 PMC 程序 2

R203.7 为轴运动使能信号，运用二分频信号生成 PMC 程序，设计如图 6-4-4 所示的每个轴选方式 PMC 程序。

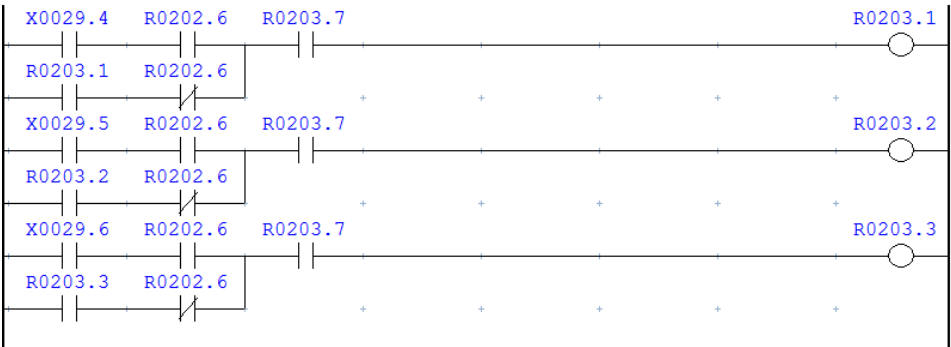


图 6-4-4 轴选方式 PMC 程序 3

轴移动指令信号有效必须使手动运行轴选方式有效信号、每个轴选信号和方向信号同时

为 1，轴移动指令 PMC 程序如图 6-4-5 所示。

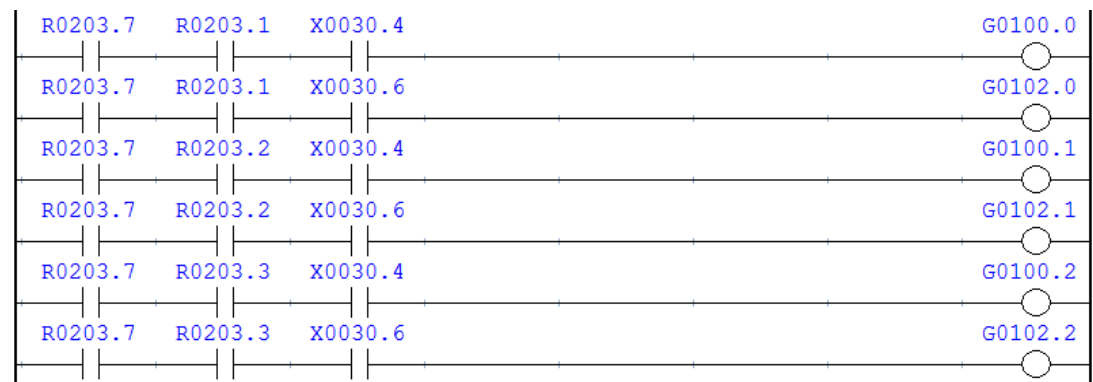


图 6-4-5 轴选方式 PMC 程序 4

轴选指示灯由轴选信号 (R203. 1、R203. 2、R203. 3) 和手动进给方式 (F3. 2) 控制，方向选择指示灯由轴方向运行信号 (G 100. 0、G 1 00. 1、G 100. 2、G102. 0、G102. 1、G102. 2) 控制，PMC 程序如图 6-4-6 所示。

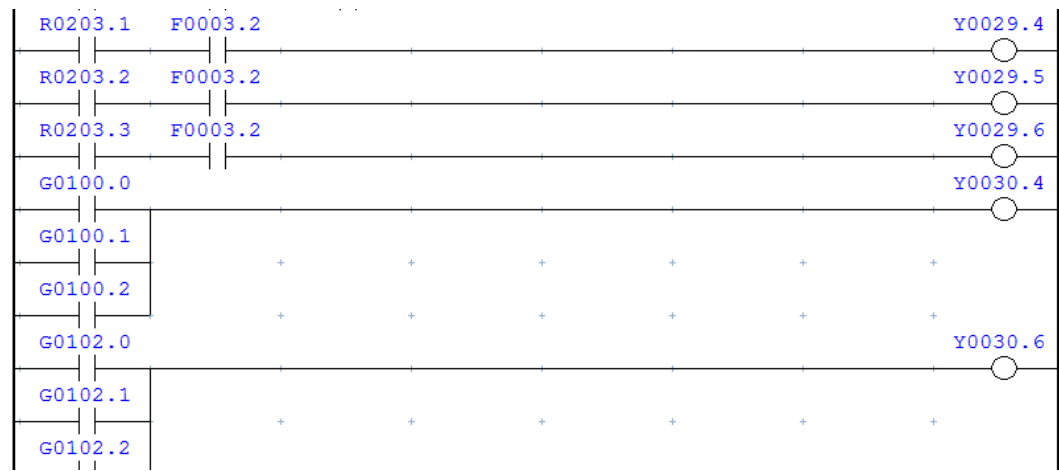


图 6-4-6 轴选方式 PMC 程序 5

4. 手动进给倍率处理

(1) 信号码转换

PMC 与机床之间相关 JOG 倍率处理的 I/O 信号见表 6-4-6。

表 6-4-6 PMC 与机床之间相关 JOG 倍率处理的 I/O 信号

倍率开关	输入 X 信号
	X20. 0-X20. 4

倍率开关输入信号 X20.0~X20.4 是格雷码,需将该信号转换为二进制码信号 R204.0~R204.4, PMC 程序设计如图 6-4-7 所示。

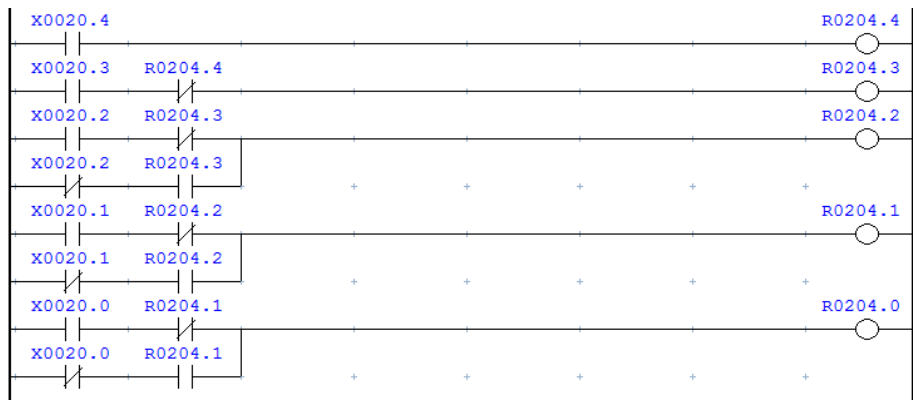


图 6-4-7 手轮进给倍率处理信号 1

(2) 倍率输出 CNC 处理

基本手动进给速度通过参数 1423 设定；手动进给速度倍率信号*JVi(jog override)使用 16 位二进制码信号*JV0~*JV15 (负逻辑)，CNC 输入地址为 G10.0~G11.7, 见表 6-4-7。实际上，根据输入信号的不同状态，利用代码转换指令将相应倍率值送到 G10~G11 中。

表 6-4-7 手动进给倍率信号地址

地址	#7	#6	#5	#4	#3	#2	#1	#0
G10	*JV7	*JV6	*JV5	*JV4	*JV3	*JV2	*JV1	*JV0
G11	*JV15	*JV14	*JV13	*JV12	*JV11	*JV10	*JV9	*JV8

5. 代码转换指令(COD、CODB)

(1) COD 指令

COD 指令是把 2 位 BCD 码(0~99)数据转换成 2 位或 4 位 BCD 码数据的指令。具体功能是把 2 位 BCD 码指定的数据表内数据(2 位或 4 位 BCD 码)输出到转换数据的输出地址中。指令格式如图 6-4-8 所示。

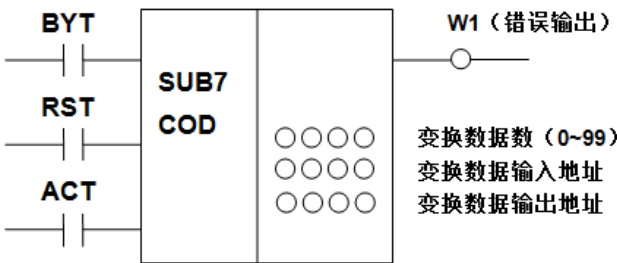


图 6-4-8 COD 指令格式

转换数据表的数据形式指定(BYT)：当 BYT=0 时，将数据表的数据转换为 2 位 BCD 码；当 BYT=1 时，将数据表的数据转换为 4 位 BCD 码。

错误输出复位 (RST)：当 RST=0 时，取消复位(输出 W1 不变)；当 RST=1 时，转换数据错误，输出 W1 为 0(复位)。

执行条件(ACT)：当 ACT=0 时，不执行 COD 指令；当 ACT=1 时，执行 COD 指令。

数据表的容量：指定转换表的范围(0~99)，数据表开始的单元为 0 号，最后的单元为 n 号，数据表的大小为 n+1。

转换数据输入地址：指定转换数据所在数据表的表内号地址，一般可通过机床面板的开关来设定该地址的内容。

转换数据输出地址：将数据表内指定的 2 位或 4 位 BCD 码转换成数据输出的地址。

错误输出(W1)：在执行 COD 指令时，如果转换输入地址出错(如转换地址数据超过了数据表容量)，则 W1 为 1。

(2) CODB 指令

CODB 指令是把 2 字节的二进制(0~256)数据转换成 1 字节、2 字节或 4 字节的二进制数据指令。具体功能是把 2 字节二进制数指定的数据表内号数据(1 字节、2 字节或 4 字节的二进制数据)输出到转换数据的输出地址中。一般用于数控机床面板倍率开关的控制。指令格式如图 6-4-9 所示。

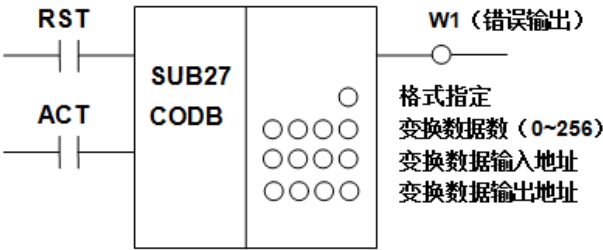


图 6-4-9 CODB 指令格式

错误输出复位(RST)：RST=0 时，取消复位(输出 W1 不变)；RST=1 时，转换数据错误，输出 W1 为 0(复位)。

执行条件(ACT)：ACT=0 时，不执行 CODB 指令；ACT=1 时，执行 CODB 指令。

数据格式指定：指定转换数据表中二进制数的字节数，0001 表示 1 字节二进制数，0002 表示 2 字节二进制数，0004 表示 4 字节二进制数。

数据表的容量：指定转换表的范围(0~256)，数据表开始单元为 0 号，最后单元为 n 号，数据表的容量为 n+1。

转换数据输入地址：指定转换数据所在数据表的表内号地址，一般可通过机床面板的开关来设定该地址的内容。

转换数据输出地址:将数据表内指定的1字节、2字节或4字节数据转换后输出的地址。

错误输出(W1)：在执行C指令时，如果转换输入地址出错(如转换地址数据超过了数据表容量)，则W1为1。

(3) 程序实例

R9091.1为常1信号，F3.2是手动进给确认信号。将21个机床倍率开关位置对应倍率值送到G10、G11中。倍率值以0.01%为基本单位。数据表的数值=-(倍率值×100+1)。

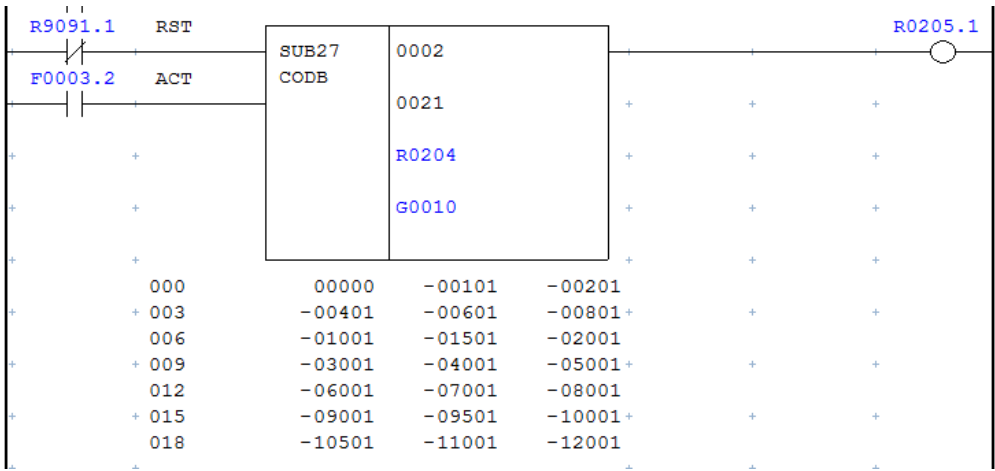


图 6-4-10 CODB 应用实例

6. 手动快速移动信号

手动快速移动信号为 G19.7，G19.7 为 1 时，手动快速移动功能有效。使用参数 1401#0 可以在进行返回参考点之前进行轴的快速移动操作。参数 1401#0=1，表示参考点未确立时，手动快速移动有效。快速移动倍率信号为 ROV1，ROV2（Rapid Override），具体见表 6-4-8。进给倍率信号地址和倍率的关系见表 6-4-9。

表 6-4-8 手动进给倍率信号地址

地址	#7	#6	#5	#4	#3	#2	#1	#0
G14							ROV2	ROV1

表 6-4-9 进给倍率信号地址和倍率的关系

ROV2	ROV1	倍率值
0	0	100%
0	1	50%
1	0	25%
1	1	F0（参数 1421 设定）

7. 急停控制

急停输入信号 X 地址是固定的，即 X8.4。数控系统直接读取该信号，当 X8.4 信号为“0”，

系统出现紧急停止报警。与急停报警紧密相关的信号还有 G8.4 信号，该信号是 PMC 送到 CNC 的紧急停止信号。若 G8.4 为“0”，系统则出现紧急停止报警。CNC 直接读取机床信号 X8.4 和 PMC 的输入信号 G8.4，两个信号中任意一个信号为 0 时，进入紧急停止状态。G8.4 信号为 PMC 将 X8.4 和其他相关的信号进行综合处理的输出信号，如图 6-4-11 所示。

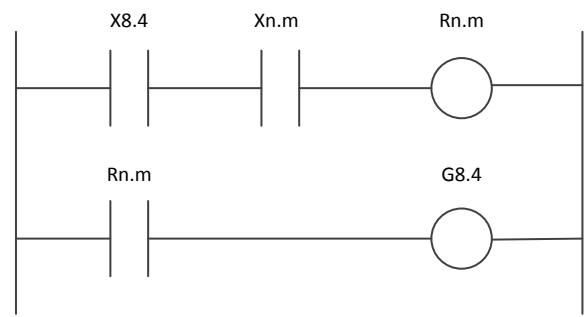


图 6-4-11 急停信号 PMC 处理

图 6-4-11 中，梯形图在 X8.4 后面串接了一个 Xn. m 信号，比如某些机床的刀库门开关等。若 Xn. m 为“0”，即使急停控制回路一切正常（X8.4 为“1”），紧急停止 G8.4 仍为“0”，系统仍然出现紧急停止报警。

【任务实施】

任务一：请根据数控机床的实际情况，给出下表所示功能键的 PMC 输入输出地址。

序号	功能键	输入地址	输出地址
1	←		
2	→		
3	↑		
4	↓		
5			
6	F0		
7	25%		
8	50%		
9	100%		

任务二：按下如下按键时，给出 G102、G100 各位的状态。

按键	G102.3	G102.2	G102.1	G102.0	G100.3	G100.2	G100.1	G100.0
←								
→								
↑								
↓								

任务三：选择如下手动进给倍率时，给出 G10、G11 各位的状态。

倍率	状态															
	G11 各位状态								G10 各位状态							
0%																
0.01%																
1%																
10%																

任务四：将参数 1002#0 设为 0，观看能否实现 X 轴和 Z 轴同时手动进给，设为 1 呢？

记录现象：_____

任务五：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“SDLAD”。

操作步骤：_____

任务六：编写手动进给的 PMC 程序，并完成调试。

任务七：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“BIAOZHUNLAD”。

操作步骤：_____

任务八：查看按下如下按键时 G14 各位的状态。

按键	G14.1	G14.0
F0		
25%		
50%		
100%		

任务九：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“SDKSLAD”。

操作步骤：_____

任务十：编写手动快速进给的 PMC 程序，并完成调试。

任务十一：手动进给和手动快速进给。

手动进给：基准速度由参数_____确定，进给倍率信号为_____，轴选信号为_____

手动快速进给：基准速度由参数_____确定，快速移动信号为 _____， 进给倍率信号为_____，轴选信号为_____

任务十二：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“BIAOZHUNLAD”。

操作步骤：_____

【任务拓展】

有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，机床上电后，手动方式移动 X 轴，工作台不能移动，手动方式移动 Z 轴，机床工作正常，试分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 全轴互锁
2. 各轴互锁
3. 二分频

二、选择题

1. *JV7前面的*表示（ ）
A. 开关信号 B. 常1信号
C. 常0信号 D. 负逻辑
2. 表示参考点未确立时，设定手动快速移动有效地参数是（ ）
A. 1401#0 B. 1424
C. 1425 D. 1430
3. 把2字节的二进制(0~256)数据转换成1字节、2字节或4字节的二进制数据指令是（ ）
A. COD B. CODB
C. DECB D. ROT

任务 5 主轴功能 PMC 程序调试

【任务目标】

- 1. 掌握二进制译码的工作原理；
- 2. 掌握主轴功能 PMC 控制的相关信号及指令；
- 3. 能够根据控制要求完成主轴功能 PMC 程序的编写及调试。

【任务描述】

某公司生产某一系列数控车床，采用三菱变频器 FR-A740-3.7K-CHT 进行模拟主轴控制，可以手动方式下启动主轴，也可以通过 M03 指令启动主轴，现需要完成主轴功能 PMC 程序的调试。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务，需要配备以下资料：

- 1. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言编程说明书；
- 2. FANUC 0i D 数控系统梯形图语言补充编程说明书；
- 3. FANUC 0i D 数控系统维修说明书；
- 4. 该数控车床的使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的 PMC 程序调试工作，需要配备以下工具，具体见表 6-5-1。

表 6-5-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	CF 卡	2G	个	1
	读卡器	SCRS028	个	1

三、知识准备

1. M 代码使用

通常，在 1 个程序段中只能指定 1 个 M 代码。但是在某些情况下，对某些类型的机床最多可指定 3 个 M 代码。在 1 个程序段中指定的多个 M 代码（最多 3 个，如 FANUC 0i 系统参数 3404#7 设定为“1”）被同时输出到机床，这意味着与通常的一个程序段中仅有一 M 指令相比，在加工中可实现较短的循环时间。通过 PMC 的译码后（第 1 个、第 2 个、第 3 个 M 代码输出的信号地址是不同的）同时输出到机床侧执行。

在一个程序段中同时指定了移动指令和辅助功能代码M代码时，系统有两种处理情况：第一种是移动指令与M代码指令同时被执行，如G00 X0 Y0 Z50 M03 S800；第二种是移动指令结束后才能执行M代码指令，如G01 X100 Y50 F20 M05。两种情况的具体控制选择是由系统编制M代码译码或执行M代码（PMC控制梯形图）时分配结束信号（DEN）决定的。

即使机床辅助功能锁住信号（AFL）有效，辅助功能 M00、M01、M02 和 M30 也可执行，所有的代码信号、选通信号和译码信号按正常方式输出。辅助功能 M98 和 M99 仍按正常方式执行，但不输出在控制单元中执行的结果。

2. M 代码控制时序

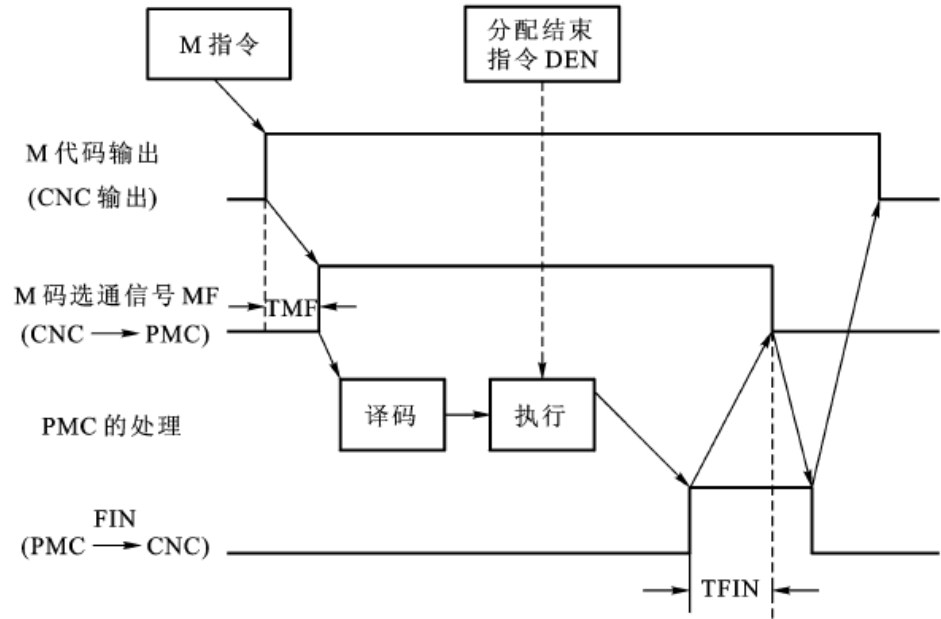


图 6-5-1 M 代码控制时序图

M 代码控制时序如图 6-5-1 所示。系统读到程序中的 M 代码指令时，就输出 M 代码指令的信息，FANUC 0i 系统M代码信息输出地址为 F10~F13（4 个字节二进制代码）。通过系统读 M 代码的延时时间 TMF 系统参数设定，标准设定时间为 16ms 后，系统输出 M 代码选通信号 MF，FANUC 0i 系统 M 代码选通信号为 F7.0。当系统 PMC 接收到M代码选通信号（MT）后，执行 PMC 译码指令（DEC、DECB），把系统的 M 代码信息译成某继电器为 1（开关信号），通过是否加入分配结束信号（DEN）实现移动指令和 M 代码是否同时执行，FANUC 0i 系统分配结束信号（DEN）为 F1.3。M 功能执行结束后，把辅助功能结束信号（FIN）送到 CNC 系统中，FANUC 0i 系统辅助功能结束信号（FIN）为 G4.3。当系统接收到 PMC 发出的辅助功能结束信号（FIN）后，经过辅助功能结束延时时间 TFIN（系统参数设定，标准设定时间为 16ms）切断系统 M 代码选通信号 MF。当系统 M 代码选通信号 MF 断开后，切断系统辅助功能结束信号

FIN，然后系统切断M代码指令输出信息信号，系统准备读取下一条 M 代码指令信息。

3. 功能指令介绍

数控机床在执行加工程序中规定的 M、S、T 功能时，CNC 装置以 BCD 或二进制代码形式输出 M、S、T 代码信号。这些信号需要经过译码才能从 BCD 或二进制状态转换成具有特定功能含义的一位逻辑状态。根据译码形式不同，PMC 译码指令分为 BCD 译码指令 DEC 和二进制译码指令 DECB 两种。

(1) DEC 指令

DEC 指令的功能是，当两位 BCD 代码与给定值一致时，输出为“1”；不一致时，输出为“0”。图 6-5-2 为 DEC 译码指令格式和应用实例。

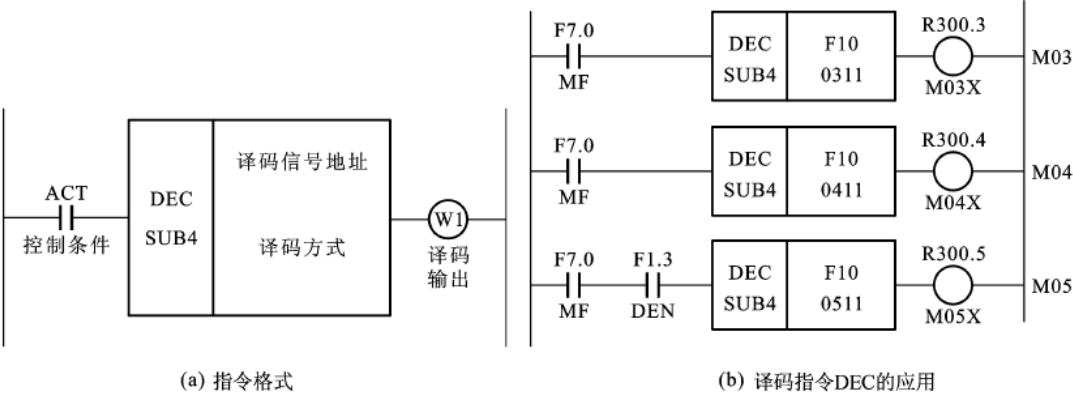


图 6-5-2 DEC 指令格式和应用实例

DEC 指令格式如图 6-5-2-a 所示，包括以下几部分：

控制条件：ACT=0，不执行译码指令；ACT=1，执行译码指令。

译码信号地址：指定包含两位 BCD 代码信号的地址。

译码方式：译码方式包括译码数值和译码位数两部分。译码数值为要译码的两位 BCD 代码；译码位数 01 为只译低 4 位数，10 为只译高 4 位数，11 为高低位均译。

译码输出：当指定地址的译码数与要求的译码值相等时为 1，否则为 0。

图 6-5-2-b 中，当执行加工程序的 M03、M04、M05 时，R300.3、R300.4、R300.5 分别为 1，从而实现主轴正转、反转及主轴停止自动控制。其中，F7.0 为 M 代码选通信号，F1.3 为移动指令分配结束信号，F1.0 为 FANUC 0i 系统的 M 代码输出信号地址。

(2) DECB 指令

DECB 指令的功能是可对 1、2 或 4 个字节的二进制代码数据译码，所指定的 8 位连续数据之一与代码数据相同时，对应的输出数据位为 1。DECB 指令主要用于 M 代码、T 代码

的译码，一条 DECB 代码可译 8 个连续 M 代码或 8 个连续 T 代码。

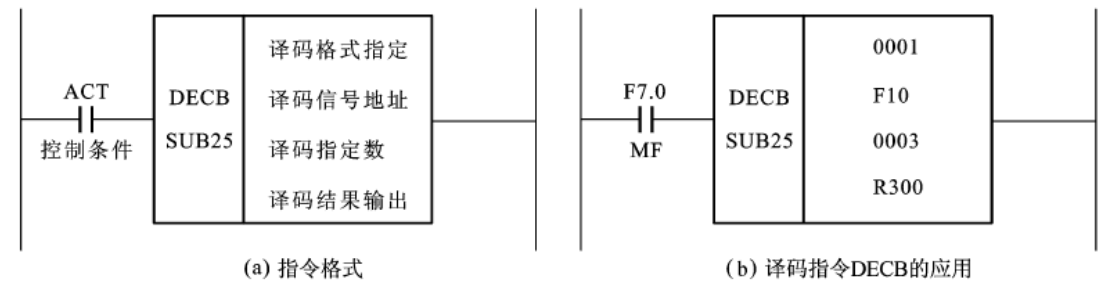


图 6-5-3 DECB 译码指令格式和应用实例

DECB 指令格式如图 6-5-3-a 所示，主要包括以下几项：

译码格式指定：0001 为 1 个字节的二进制代码数据，0002 为 2 个字节的二进制代码数据，0004 为 4 个字节的二进制代码数据。

译码信号地址：给定一个存储代码数据的地址。

译码指定数：给定要译码的 8 个连续数字的第一位。

译码结果输出：给定一个输出译码结果的地址。

图 6-5-3-b 中，加工程序执行 M03、M04、M05、M06、M07、M08、M09、M10 时，R300.0、R300.1、R300.2、R300.3、R300.4、R300.5、R300.6、R300.7 分别为 1。

4. M 代码 PMC 控制

图 6-5-4 为某数控铣床（系统采用 FANUC Oi 系统）的 M 代码辅助功能执行的 PMC 控制。二进制译码指令 DECB 把程序中的 M 代码指令信息（F10）转换成开关量控制，程序执行到 M00 时，R0.0 为 1；程序执行到 M01 时，R0.1 为 1；程序执行到 M02 时，R0.2 为 1；程序执行到 M03 时，R0.3 为 1；程序执行到 M04 时，R0.4 为 1；程序执行到 M05 时，R0.5 为 1；程序执行到 M08 时，R1.0 为 1；程序执行到 M09 时，R1.1 为 1。G70.5 为串行数字主轴正转控制信号，G70.4 为串行数字主轴反转控制信号，F0.7 为系统自动运行状态信号（系统在 MEM、MDI、DNC 状态），F1.1 为系统复位信号。当系统在自动运行时，程序执行到 M03 或 M04 主轴按给定的速度正转或反转，程序执行到 M05 或系统复位（包括程序的 M02、M30 代码），主轴停止旋转。在执行 M05 时，加入了系统分配结束信号 F1.3，如果移动指令和 M05 在同一程序段中，保证执行完移动指令后执行 M05 指令，进给结束后主轴电动机才停止。当程序执行到 M08 时，通过输出信号 Y2.0 控制冷却泵电动机打开机床冷却液，程序执行到 M09 时，关断机床冷却液，同理执行 M09 时也需要加入系统分配结束信号 F1.3。当程序执行到 M02 或 M30 时，系统外部复位信号 G4.3 为 1，停止程序运行。

并返回到程序的开头。当程序执行到M00 或M01（同时选择停输出信号Y 2.2 为1 ），系统执行程序单段运行（G46.1 为1 ）。图 6-5-4 中 F45.3 为主轴速度到达信号，F45.1 为主轴速度为零的信号，R100.0 为 M 代码完成信号，R100.1 为 T 代码完成信号。

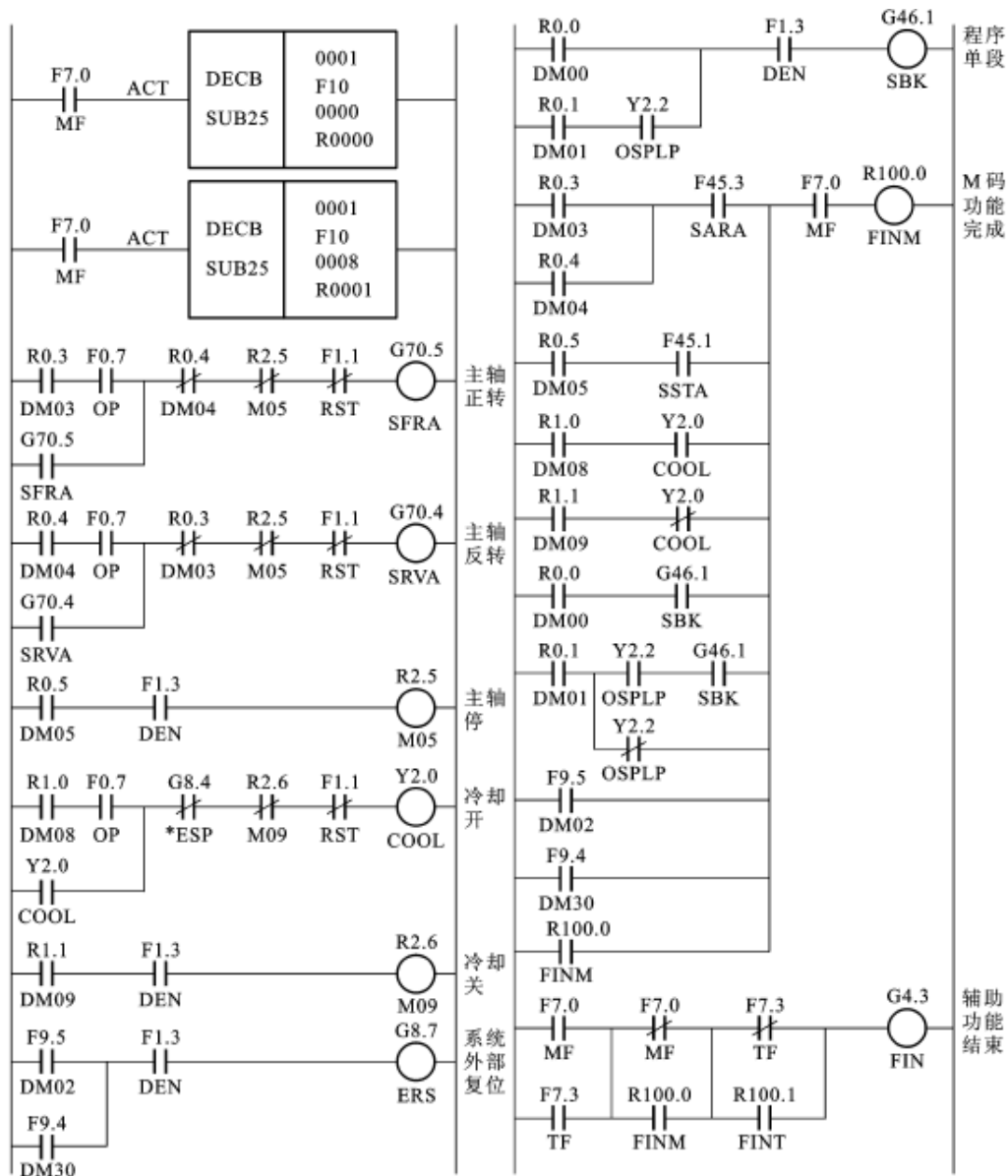


图 6-5-4 辅助功能 M 代码 PMC 控制

【任务实施】

任务一：请根据数控机床的实际情况，给出下表所示功能键的 PMC 输入输出地址。

序号	功能键	输入地址	输出地址
1	主轴正转		
2	主轴反转		
3	主轴停止		

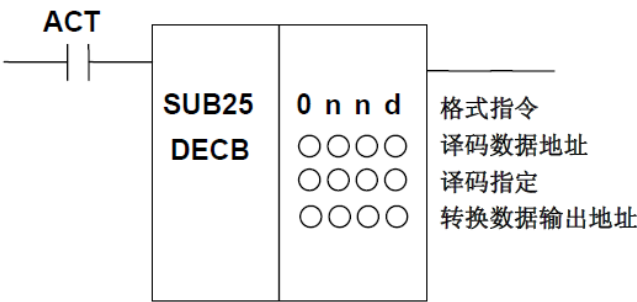
任务二：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“ZZSDDLAD”。

操作步骤：_____

任务三：编写主轴功能（手动启动主轴）的 PMC 程序，并完成调试。

任务四：了解 SUB25 功能指令



格式指定：_____

译码数据地址：_____

译码指定：_____

译码数据输出地址：_____

任务五：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“ZZZDLAD”。

操作步骤：_____

任务六：编写主轴功能（自动启动主轴）的 PMC 程序，并完成调试。

任务七：查看选择如下倍率时 X10.7—X11.1 各位的状态。

倍率	X11.1	X11.0	X10.7
50%			
60%			
70%			
80%			
90%			
100%			
110%			
120%			

任务八：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“ZZBLLAD”。

操作步骤： _____

任务九：编写主轴倍率功能的 PMC 程序，并完成调试。

任务十：梯形图还原

利用存储卡完成数控机床的梯形图恢复工作，恢复文件名为“BIAOZHUNLAD”。

操作步骤： _____

【任务拓展】

某数控机床，配置有 FANUC Oi mate MD 数控系统，采用串行主轴控制，在 MDI 和 AUTO 模式下，执行 M04 S1000可以使主轴反转，但是在执行 M03 S1000时，主轴不能正转，试分析可能的故障原因。

【知识巩固】

一、名词解释

1. BCD 码
2. 译码

二、选择题

1. FANUC Oi 系统M代码信息输出地址为（ ）
A. F10～F13 B. F22～F25
C. F26～F29 D. F7. 3
2. 对于 DECB 指令，描述错误的是（ ）
A. 使用 DECB 指令，一次可以连续译8个连续的 M 代码
B. 需要指定译码数据的地址
C. 给出要译码的连续8个数字的最后一个
D. 需要指定译码数据的输出地址
3. 对于 G4. 3指令，描述错误的是（ ）
A. M 功能执行结束后，把辅助功能结束信号 G4. 3（FIN）送至 CNC
B. 辅助功能结束信号（FIN），对于 M、S、T 功能是共用信号
C. 在同一程序段上 M、S、T 同时指令时，所有功能结束后，把辅助功能结束信号（FIN）

D. FIN 信号的程序段在二级程序段中编写

4. FANUC 0i 系统的主轴倍率 PMC 信号地址 G30 的状态为 00001010 时主轴的倍率是()

A. 40%

B. 30%

C. 20%

D. 10%

相关专业英语词汇

PMC—可编程控制器

PMCMNT—PMC 维护

PMCLAD—PMC 梯形图

PMCCNF—PMC 配置

sequence program—顺序程序

ladder—梯形图

specification—规格

interface—接口

I/O device—输入/输出设备

assign—分配

group—组

base—座

slot—槽

DGN—诊断

MA(machine ready)—机床准备完成

SA(servo ready)—伺服准备完成

ESP(emergency stop)—急停

mode select—方式选择

ROV(rapid override)—快速进给倍率

IT(interlock)—互锁

jog—手动进给

JV(jog override)—手动进给倍率

SPC(serial pulse coder)—串行脉冲编码器

SSPA(serial spindle Alarm) —串行主轴报警

online—在线

第三篇 数控机床整机装调与验收

项目七 数控机床整机装调

项目引入

数控机床属于高精度、自动化机床，必须通过安装、调试和验收合格后，才能投入正常的生产。数控机床的安装与调试是机床使用前期的一个重要环节。数控机床安装调试的目的是使数控机床达到出厂时的各项性能指标，从而使数控机床各项功能正常运行，并且使加工精度达到客户的要求。本项目主要包括数控机床整机安装、数控机床整机调试等几个典型工作任务。通过完成上述工作任务，使学生具备数控机床整机安装与调试的职业能力，并具备良好的职业素养。

项目要求

1. 掌握数控机床的安装步骤及注意事项
2. 掌握数控机床的调试方法和调试步骤
3. 能读懂数控机床总装配图
4. 能够完成数控机床的整机安装与调试
5. 具备分析问题和解决问题的能力

项目内容

任务 1 数控机床整机安装

任务 2 数控机床整机调试

任务 1 数控机床整机安装

【任务目标】

- 1. 了解数控机床安装的流程；
- 2. 掌握数控机床的安装步骤及注意事项；
- 3. 能够根据相关技术要求完成数控机床的整机安装。

【任务描述】

某机床生产厂家有一台水平床身的数控车床已运送至客户 A 的车间里，如图 7-1-1 所示，要求完成该车床的整机安装工作。



图 7-1-1 数控车床

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的安装工作，需要配备：

- 1. 该机床安装说明书
- 2. 该机床使用说明书

二、工具、材料准备

要完成本任务中的机床安装工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 7-1-1。

表 7-1-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	精密水平仪	0.02/1000mm	块	2
	起吊机	10T	台	1
	钢丝绳、枕木、撬棍	根据实际情况		若干
	防震垫铁	根据实际情况	组	16
	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1

材料	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	杠杆式千分表	0-0.6mm（0.002mm）	个	1
	除油剂	TA-39	瓶	1
	润滑油	20#、35#	升	20

三、知识准备

数控机床的安装是数控机床调试前的重要工作，安装工作完成了，调试工作才能进行，否则调试工作将不能顺利进行。

1. 数控机床安装前的技术准备

（1）环境要求

安装数控机床时，无论是在大厂房还是在房间内，无论是安装单台还是安装多台，都要有足够的面积和空间；不能阳光直射，并且还要求安装数控机床的附近不能有任何热源；要有足够的采光、环境温度和湿度；还要符合所安装数控机床给定的技术要求。

对于普通精度的数控机床，一般对环境温度或室温没有特殊要求，但是在一天的工作时间内，室内的环境温度波动不能过大。因为环境温度较大的波动会影响数控机床的各种精度，也会给数控机床的热稳定性带来不良影响，同时对被加工零件的精度也直接或间接地带来影响。

精密数控机床对室内的环境温度有一定的要求，一般为 $20^{\circ}\text{C} \pm 2^{\circ}\text{C}$ ，并且要求安装在具有中央空调的房间内。要注意：用单独的空调设备，挂式空调、柜式空调及分体式空调等是不允许在精密数控机床房间使用的，因为它会使机床局部受热或受冷，给机床的使用带来更大的影响。

对于高精度或超精密的数控机床，特别是一些高精度或超精密的数控坐标镗床和数控坐标磨床来说，对室内的环境温度会有更高的要求：一般为 $20^{\circ}\text{C} \pm 1^{\circ}\text{C}$ ，甚至还有要求为 $20^{\circ}\text{C} \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 的数控机床，并且对室内的设备数量、人员流动等都有特殊的要求。因为室内设备多了会增加热源，使数控机床自身的热稳定时间延长或间断变化。过多的人员流动也会使空气温度产生波动，使超精密机床出现微小的热胀冷缩变化，会使加工零件的精度受到影响，同时还会使数控机床的机械运动部件摩擦加快。

在要求环境温度的同时，一般安装数控机床的房间对使用环境的相对湿度也有比较严格的要求，一般要求数控机床的室内相对湿度应控制在 75% 以内。一些进口的精密数控机床对室内相对湿度的要求还要高一些。因为如果室内相对湿度较大，会使电气元件、检测元件受潮而出锈斑或锈蚀现象，从而使数控机床不能正常工作。

因此，在安装数控机床时，特别是安装高精度或超精密的数控机床时，一定要按数控机

床的说明、要求，严格控制室内的环境温度和环境的相对湿度，给数控机床的使用提供良好的前提条件。

(2) 地基要求

通常，机床在运到用户之前就要按双方签订的合同要求，由数控机床生产厂家将用户订购的数控机床地基图提供给用户。它将作为用户安装数控机床的技术条件之一，让用户把地基准备好。

数控机床分为大型和小型，普通型和精密型等种类。一般小型数控机床不需再准备特殊的地基，所建厂房的通用地基就可以直接使用，而大型或精密型的数控机床则需要按要求制作地基。

目前小型数控机床就位后可以直接使用，而大型或精密型的数控机床需要安装地脚螺钉才能投入使用。因此，要提前将螺钉孔制作好，以便使数控机床到位后固定地脚螺钉，这样的地基结构，在许多数控机床上广为使用。图 7-1-2 所示就是某数控机床的地基和地脚螺钉位置图。

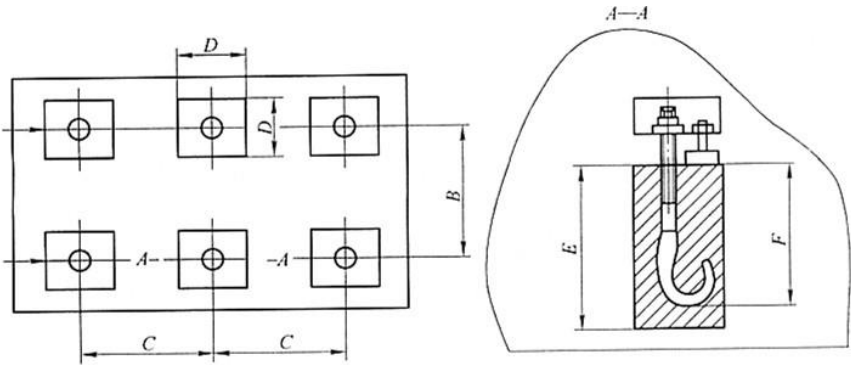


图 7-1-2 数控机床地基和地脚螺钉位置图

图 7-1-2 所示为装有 6 个地脚螺钉的数控机床地基图，对 6 个地脚螺钉孔的长×宽×深 ($L \times D \times E$) 和螺钉的深度有具体要求，同时对这 6 个地脚螺钉孔的位置也有具体要求。

目前，有许多数控机床对地基没有特殊要求，不需要预埋地脚螺钉，用减振垫铁作为数控机床的支承点。也就是说，数控机床的床身不需要与地面紧固，只把机床放在减振垫铁上即可。调整机床水平时，只要调整减振垫铁的高低就可以了。图 7-1-3 所示是某数控机床用减振垫铁的地基图。

图 7-1-3 中共有 5 个支承点，其中 3 个 A 为主要支承点，2 个 B 为辅助支承点。数控机床只要放在这 5 个支承点上，就不需要用地脚螺栓紧固。调整机床水平时，只要先调整 3 个 A 点的减振垫铁，使机床处于要求的水平状态后，再调整 2 个 B 点的减振垫铁与机床底面牢靠接触就可以了。当然，这种不需要地脚螺钉的数控机床床身和需要地脚螺钉的数控机床

床身在设计上是不同的。

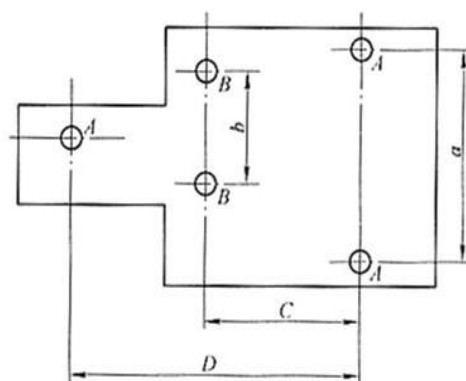


图 7-1-3 数控机床用减振垫铁的地基图

另外,还有一些数控机床,特别是一些进口的数控车床、车削中心、立式加工中心及卧式加工中心等对机床调整水平也没有特殊的要求,只要基本水平即可,不需要用水平仪来测量。但是,在安装这类数控机床时,对地基面的平面度有一定要求,即在制作地基地面、地面抹平时,安装数控机床的位置在每平方米1~2mm的误差,或者安装整体机床地面的平面度在一定的要求范围内就可以了。当然,这些类型大都属于普通精度的数控机床。

(3) 电压要求

我国供电制式是交流 380V 三相或交流 220V 单相,供电频率为 50Hz。而有些国家的供电制式和供电频率与我国的不同,如有的供电制式是交流 200V,供电频率采用 60Hz。因此,这些国家在制造数控机床时,电源电压的要求应与之相适应,也有为了满足不同用户的需要,在数控机床电源输入电压的前端配有电源变压器,变压器上设有多个插头供用户选择使用,同时又设有 50/60Hz 频率转换开关。在订购数控机床时,就要了解清楚所订数控机床对电压和频率的要求。变压器可以随数控机床订购,也可以单独订购。不管采取哪种订购方式,必须做到数控机床安装以前或安装的同时就要准备好。

数控机床一般对电源电压的波动范围都有规定,我国 JB/T 8832 - 2001《机床数控系统通用技术条件》中,对电压的波动规定在 $\pm(10\% \sim 15\%)$ 范围内。有些高精度的数控机床,特别是一些欧美国家生产的高精度数控机床,要求电源电压的波动为 $\pm(5\% \sim 10\%)$ 。目前,我国的电网电压供电质量不太好,电压波动比较大,电气干扰也比较严重。为了正确使用好数控机床,降低数控机床的故障率,在安装数控机床以前就要配备好相应的稳压电源(或称稳压器)。

(4) 接地要求

众所周知,数控装置与外部 MDI/CRT 单元、强电柜、机床操作面板、进给伺服电动机的

动力线与反馈信号线、主轴驱动电动机的动力线与反馈信号线以及手摇脉冲发生器等最后都要进行地线连接。数控机床的地线连接十分重要，良好的接地不仅对设备和人身的安全十分重要，同时能减少电气干扰，保证数控机床的正常运行。

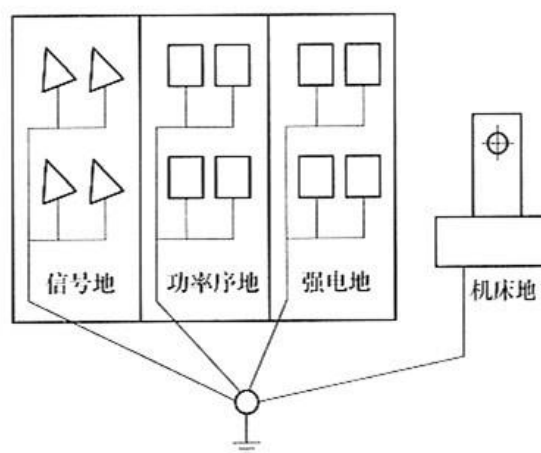


图 7-1-4 数控机床一点接地法示意图

一般厂房都具备接地装置，在数控机床安装以前，要认真检查这些接地装置。有些数控机床，特别是一些精密或超精密的数控机床对机床的外部接地还有特殊要求，需要单独接地。一般地线都采用辐射式接地法，即将数控机床所有需要接地的电缆都连接到公共接地上，公共接地点再与大地相连。同时，数控柜与强电柜之间应有足够粗的保护接地电缆，截面积要在 $5.5\sim 14\text{mm}^2$ 之间；而总的公共接地点必须与大地接触良好，一般要求接地电阻在 $4\sim 7\Omega$ 。一些高精度的数控机床对接地电阻还有更高的要求，如小于 3Ω 等。图 7-1-4 为数控机床一点接地法示意图。

因此，数控机床在安装以前必须检查或准备好外部接地装置，并保证具有良好的接地电阻，这样才能在保证人身和设备的安全的同时，也能保证数控机床的正常运行，使数控机床有良好的抗干扰能力。

（5）气源要求

大多数数控机床都要使用压缩空气，通常它们要求使用压缩空气的压力为 $4\sim 6\text{bar}$ ，也有的数控机床要求 $5\sim 8\text{bar}$ ，而许多工厂具有集中供应压缩空气的设备或压缩空气站，按照国家标准，压缩空气的压力为 $4\sim 6\text{bar}$ （少数也有 $8\sim 10\text{bar}$ ）。如果购买的数控机床所要求压缩空气的压力超出了用户所提供的压力范围，或者用户没有集中供应压缩空气的系统，那么在安装数控机床以前还要准备好必要的单独提供压缩空气的空气压缩机。

在选购空气压缩机时，一定要按照厂家或机床说明书中提供的技术参数或技术数据进行选购，要注意所需压缩空气的压力、流量必须满足要求，否则数控机床就不能正常工作。

不管采用什么方式给数控机床提供气源，在输入到数控机床的前端，需安装一套气源净化装置，来保证除湿、除油及过滤，达到机床说明书的技术要求。假如没有安装这套装置，只是靠机床上的装置来除湿、除油及过滤是肯定达不到要求的，那么未过滤的水、油及污物就会进入到数控机床的气动系统中去，从而造成严重的后果。

（6）液压油、润滑油、切削液及防冻液的准备

数控机床在安装以前，就应当按照说明书的要求将液压油、润滑油、切削液及防冻液按型号、牌号及数量准备好，并放置在现场。在数控机床安装完毕后，就应当将各种润滑油、液压油加入到机床中，切削液、防冻液也应当按要求加好。

如果这些工作不提前做好准备，待数控机床安装完成，准备通电试机或要开始调试数控机床时才去准备，势必影响工作的顺利进行。

根据安装数控机床的技术要求，对环境温度和湿度、地基、电压、接地及气源等都要按要求做好，同时做好液压油、润滑油、切削液及防冻液的准备工作，这样数控机床的安装和调试工作就会顺利展开。数控机床安装前的技术准备如图 7-1-5 所示。

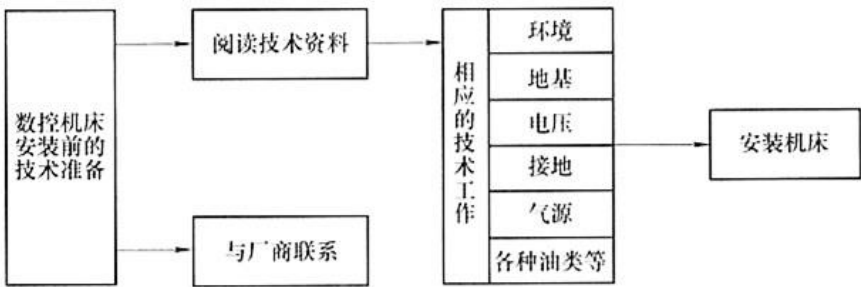


图 7-1-5 数控机床安装前的技术准备框图

2、机床的组件安装

（1）开箱

开箱要取得生产厂商的同意，如果厂商在现场更好，一旦发现运输过程的问题可及时解决。对于进口数控机床，必须按照规定通知商检部门到达现场，经同意后才能开箱，同时商检部门对开箱的全过程进行监管。开箱后商检部门要检查设备的外观质量，对以后的设备验收也实施监控，若出现外在或内在的质量问题，商检部门将与外商交涉协商解决。

在开箱之前，要将包装箱运至所要安装机床的附近，以避免在拆箱后搬运较长的距离而引起较长时间振动和灰尘、污物的侵入。当室外温度与室内温度相差较大时，应当使机床温度逐步过渡到室温，避免由于温度的突变造成空气中的水汽凝聚，以致在数控机床的内部零件或电路板上引起锈蚀。

在拆箱时，一般应先拆去顶盖，然后再拆 4 个侧板。在拆卸包装箱时，一定要注意不要包装箱板碰坏机床，特别是机床的电动机、电器柜、CRT 显示器和操作面板等。

顶盖和 4 个侧板拆除后，要检查机床的运输情况，如发现问题要及时与生产厂商或有关部门联系。如果没有问题，可拆除包装机床的密封罩，取出机床资料、说明书及装箱清单。

（2）检查外观

机床包装箱及包装密封罩被打开以后，要认真、彻底地检查数控机床的全部外观，包括各部件及附件。如果发现碰伤、损坏以及被盗等现象，要及时与厂商或有关部门联系。很多中、大型数控机床一般是由两个或两个以上的包装箱分开包装机床的附件、部件和备件等。附件一般有切削液装置、排屑器、液压装置等；部件一般有刀库、工作台及托盘；更大的设备还会将床身解体分开包装。不管有多少包装箱，包装箱打开后都必须认真检查其外观。

（3）按照装箱单查对机床附件、备件、工具及资料说明书

拿到装箱单后，按照清单认真查对各附件、备件、工具、刀具及有关资料和说明书等。通常在查对装箱单时，厂商要有代表在场。如果是进口设备，厂商代表、商检部门人员都要在场，以便出现问题及时登记、处理并解决。

（4）吊装就位

机床的起吊应严格按照说明书的吊装图进行，如图 7-1-6 所示。数控机床由于体积比较庞大，机床的就位应考虑吊装方法进行。起吊时，注意机床的重心和起吊位置，必须在机床上升时使机床底座呈水平状态。吊运加工中心时，直接将钢丝绳套在床身的吊柄上，吊钩通过吊杆将两组钢丝绳近似垂直起吊。起吊时，钢丝与机床的接触处，及与防护板的接触处必须用木块垫上，或在钢丝绳表面套上橡皮管，以免吊伤机床及防护板。待机床吊起离地面 100~200 mm 时，应仔细检查悬吊是否稳固。然后将机床缓缓地送至安装位置，并使减震垫铁、调整垫板、地脚螺栓对号入座。

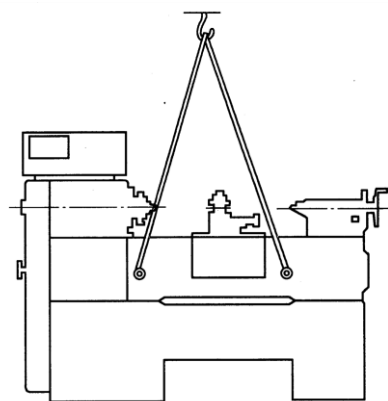


图 7-1-6 数控机床吊装方法示意图

(5) 水平调整

机床的水平调整是数控机床安装的主要内容之一,也是数控机床能够保证加工精度的前提条件。水平调整是指机床吊装到位后,机床放在基础上,在自由状态下,将水平仪放在机床的主要工作面(如机床导轨面或装配基面)进行找平,找平后将地脚螺栓均匀地锁紧并在地脚螺栓预留孔中浇注水泥。在评定机床安装水平时,对于数控机床,水平仪读数不大于 $0.02/1000\text{mm}$ 。在测量安装精度时,应选取一天中温度恒定的时候。

机床安装就位时,应注意如下技术要求:

①垫铁的型号、规格和布置位置应符合设备技术文件的规定。当无规定时,应符合下列要求:每一地脚螺栓近旁,应至少有一组垫铁;垫铁组在能放稳和不影响灌浆的条件下,宜靠近地脚螺栓和底座主要受力部位的下方;相邻两个垫铁组之间的距离不宜大于 800mm ;机床底座接缝处的两侧,应各垫一组垫铁;每一垫铁组的块数不应超过三块。图 7-1-7 为垫铁放置示意图。

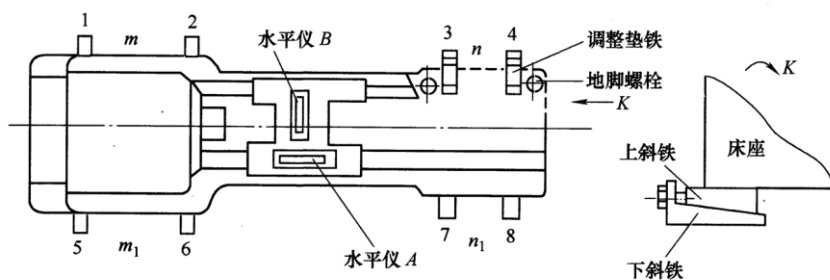


图 7-1-7 垫铁放置示意图

②每一垫铁组应放置整齐、平稳且接触良好。常用调整垫铁类型见表 7-1-2。

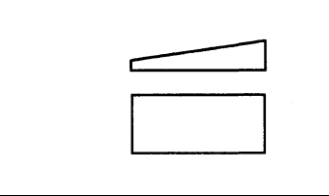
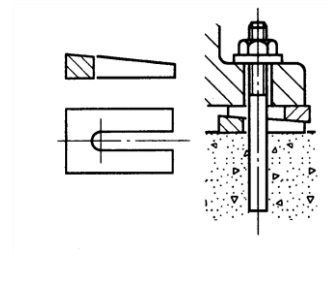
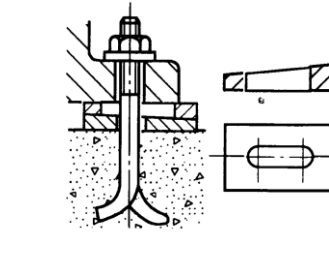
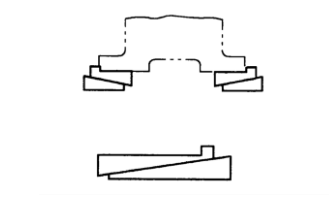
③机床调平后,垫铁组伸入机床底座底面的长度应超过地脚螺栓的中心,垫铁端面应露出机床底面的外缘,平垫铁宜露出 $10\sim 30\text{mm}$,斜垫铁宜露出 $10\sim 50\text{mm}$,螺栓调整垫铁应留有再调整的余量。

④调平机床时应使机床处于自由状态,不应采用紧固地脚螺栓局部加压等方法,强制机床变形使之达到精度要求。对于床身长度大于 8m 的机床,达到“自然调平”的要求有困难时,可先经过“自然调平”,然后采用机床技术要求允许的方法强制达到相关的精度要求。

⑤组装机床的部件和组件应符合下列要求:组装的程序、方法和技术要求应符合设备技术文件的规定,出厂时已装配好的零件、部件,不宜再拆装;组装的环境应清洁,精度要求高的部件和组件的组装环境应符合设备技术文件的规定;零件、部件应清洗洁净,其加工面不得被磕碰、划伤和产生锈蚀;机床的移动、转动部件组装后,其运动应平稳、灵活、轻便、

无阻滞现象，变位机构应准确可靠地移到规定位置；组装重要和特别重要的固定结合面，应符合机床技术规范中的相关检验要求。

表 7-1-2 常用调整垫铁类型

名称	图示	特点和用途
斜垫铁		斜度 1：10，一般配置在机床地脚螺栓附近，成对使用。 用于安装尺寸小、要求不高、安装后不需要再调整的机床，亦可使用单个结构，此时与机床底座为线接触，刚度不高
开口垫铁		直接卡入地脚螺栓，能减轻拧紧地脚螺栓时使机床底座产生的变形
带通孔斜垫铁		套在地脚螺栓上，能减轻拧紧地脚螺栓时使机床底座产生的变形
钩头垫铁		垫铁的钩头部分紧靠在机床底座边缘上，安装调整时起限位作用，安装水平不易走失，用于振动较大或质量为 10～15T 的普通中、小型机床

【任务实施】

按照如下步骤完成数控车床的安装，具体见表 7-1-3。

表 7-1-3 数控车床的安装步骤

序号	步骤	操作内容要求
1	安装环境 准备工作	为拆装方便，可将机床安装位置与四周间距加大至 1.5～2 米。
		车间温度应控制在 5℃～40℃ 范围之间，正常相对湿度应低于 75%。
		车间地基厚度要求 400mm 以上

2	机床的吊装就位	拆箱	检查机床外观并按照装箱单清点配件数量是否齐全。
		机床吊装	起吊时，注意机床的重心和起吊位置，在机床刚刚吊离地面时就应使机床确保平衡。缓慢吊起移至安装位置，将减震垫铁放入床身固定螺栓孔内并粗调水平。
		就位找平	将水平仪放置在导轨和工作台面上，观察气泡位置，并逐一调整减震垫铁调节螺母，使水平仪在横向、纵向放置，气泡均在刻线正中。水平调整完成后，应当把地脚螺栓牢牢地拧紧，确保水平精度不变。

【任务拓展】

某公司新购进一台数控铣床，根据其相关技术要求进行安装。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 地基
2. 吊装
3. 垫铁

二、选择题

1. 数控机床在装配过程中应遵循的一个原则是（ ），由里往外。
 - A. 由上至下
 - B. 由下至上
 - C. 由小到大
 - D. 由大到小
2. 将数控机床放置于地基上，在自由状态下按机床说明书的要求调整其（ ）。
 - A. 平面度
 - B. 平行度
 - C. 水平
 - D. 垂直度
3. 数控车床起吊时，要将尾座移至机床（ ），同时注意使机床底座呈水平状态。
 - A. 左端
 - B. 中间
 - C. 右端
 - D. 任意位置
4. 一般中小型数控机床无需做单独的地基，只需在硬化好的地面上，采用（ ）稳定机床的床身，用支承件调整机床的水平。
 - A. 斜垫铁
 - B. 开口垫铁
 - C. 活动垫铁
 - D. 以上均可

任务 2 数控机床整机调试

【任务目标】

- 1. 了解数控机床的调试工作流程；
- 2. 掌握数控机床的调试方法和调试步骤；
- 3. 能够根据技术要求完成数控机床的整机调试。

【任务描述】

有一台新购进的水平床身的数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，如图 7-2-1 所示，已吊装就位并完成了水平调整，现要求完成该数控车床的整机调试工作。



图 7-2-1 数控车床

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的调试工作，需要配备以下资料：

- 1. 该数控车床电气原理图；
- 2. 该数控车床使用说明书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的机床调试工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 7-2-1。

表 7-2-1 工具清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	螺丝刀	一字	套	1
	螺丝刀	十字	套	1
	万用表	VC890D	块	1
	内六方扳手	2-19mm（14pcs）	套	1
	活扳手	200×24	把	1

三、知识准备

1. 数控机床调试前的检查工作

(1) 机床内部部件的紧固和外部连接电缆检查

内部部件的检查首先应检查输入单元、电源单元、MDI/CRT 单元上电源按钮、输入变压器、伺服电源变压器各接线端子等处的螺钉是否紧固,检查需有盖罩的接线端子座是否已安装盖罩,然后检查所有连接器插头的紧固螺钉是否拧紧,针型插座与扁平电缆以及针型插座与电源插头是否锁紧。数控装置的结构布局有的是笼式结构,有的是主从结构形式,无论何种形式都应检查固定印制电路板的紧固螺钉是否拧紧,大板和小板之间的连接螺钉是否拧紧,以及检查印制电路板各块 ROM、RAM 片是否插入到位。需要指出的是,虽然这种检查非常琐碎而麻烦,但必须仔细进行,因为由于连接器插接不良造成系统故障的事很常见。

外部连接是指数控装置与外部 MDI/CRT 单元、强电柜、操作面板、进给用伺服电动机的动力线与反馈信号线、主轴电动机的动力线与反馈信号线的连接以及与手摇脉冲发生器的连接。检查时按连接手册中的规定核查,并应检查各插头、插座是否正确牢固地连接。对于剥去外皮的电缆,应用金属卡子紧固在接地板上。地线的处理通常采用一点接地型,即将数控装置的信号、强电、机械等接地连接到公共接地点。总的公共接地点必须与大地接触良好,一般要求对大地的电阻值为 $4\sim 7\ \Omega$ 。在数控柜与强电柜之间应有足够粗 ($5.5\sim 14\ \text{mm}^2$) 的保护接地电缆,另外还应检查伺服单元和强电柜之间以及伺服变压器和强电柜之间是否连有保护接地线。

在连接变压器原边的电源输入电缆时,应注意切断数控柜电源开关,并检查电源变压器及伺服变压器的电压插头连接是否正确(尤其是进口数控柜或数控机床)。然后拆下动力线(断开与速度控制单元之间的连接),并将速度控制单元设定为电动机断线不报警状态(在许多伺服单元中均可通过短路棒设定来实现),这样即使接通数控柜电源也不会引起数控系统报警。

(2) 机床数控系统性能的全面检查和确认

① 设定确认

数控系统内设有许多用短路棒短路的设定,需要进行适当设定以适应各种型号机床的不同要求。对于购买的整机,数控装置在出厂时就已设定好,只需确认已有的设定状态。而对于单独购买的数控装置,因为生产时是按标准方式设定的,不一定适合实际要求,故必须根据配套设备的要求自行设定。设定确认工作应按照随机附有的维修说明书的要求进行,确认控制部分印制电路板即主板、ROM 板、连接单元、附加轴控制板以及旋转变压器/感应同

步器控制板的设定。这些设定与机床返回参考点的方法、速度反馈用检测元件、检测增益调节、分度精度调节等有关。无论直流伺服控制单元还是交流伺服控制单元，都有多达二十个设定点，用于选择反馈元件、回路增益以及是否产生各种报警等。此外，主轴伺服单元也有设定点，用于选择主轴电动机电流极限、主轴转速范围等。

②输入电源电压、频率及相序的确认和检查

目前所用的各种数控装置所用电源有多种，常见的有三相 200V、50Hz 或 220V、60Hz，使用时必须采用变压器将 AC380V 变为额定的电压。变压器容量应满足控制单元和伺服系统（随伺服电动机的容量而异）的电能消耗；电源电压的波动范围应在-15%~+10%以内，否则应外加交流稳压器。此外，还应确认伺服变压器原边中间插头的相序是否正确，电源变压器副边插头的相序是否正确（按 R—S—T 或 A—B—C 的顺序）。对采用晶闸管控制电路的电源，当相序不正确时，接通电源后可能使速度控制单元的保险丝烧断，故必须预先予以检查。检查相序的方法一是用相序表测量，二是用双线示波器观察 R-S 和 T-S 间的波形。用相序表检查时，当相序接法正确时，相序表按顺时针方向旋转，见图 7-2-2（a）；如果相序接法不对，相序表将逆时针旋转，这时可将接线 R、S、T 中任意两根线对调重新接好相序即可。用双线示波器来检测二相之间的波形，如图 7-2-2（b）所示，当二相在相位上相差 120° 时，证明相序是正确的。

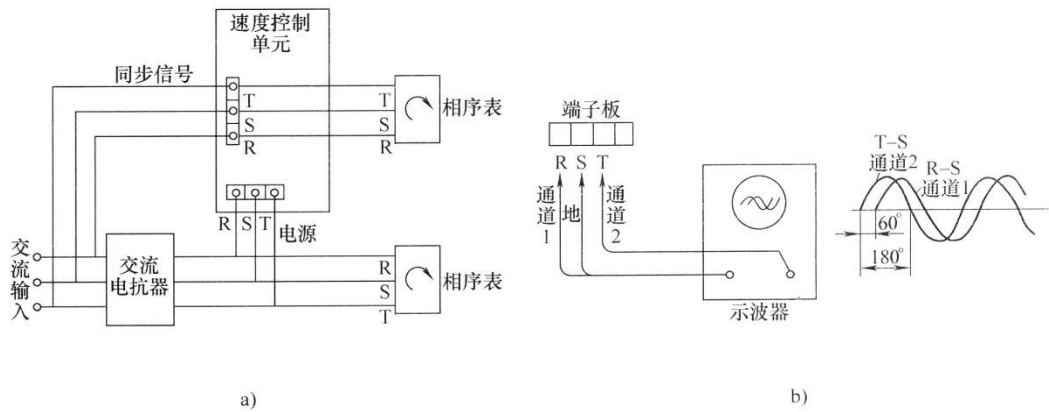


图 7-2-2 检查相序

在我国的供电制式中，频率为 50Hz；而在欧美一些国家，包括日本在内，其供电频率为 60Hz。因此，他们不但要满足本国的用户，还要满足世界上其他国家用户的需求，通常在电路板上设有 50/60Hz 频率转换开关。我们所购置的数控机床在通电前一定要检查频率转换开关是否已置于“50Hz”的位置上。

③确认直流电压输出端是否对地短路

这里所指的直流电压是指数控置内直流电源单元输出的+5V、+24V、±15V 等输出端电压，只需用万用表测量其对地的阻值即可确认。在 CNC 系统通电前，必须认真检查这些电源的输出端是否有对地短路现象。如果检查出有短路现象，应查清原因、排除故障，再准备通电，否则会烧坏直流稳压单元。

④接通数控柜电源，检查各输出电压

首先检查数控柜的各风扇是否旋转，以表明电源是否接入数控柜，然后检测主印制电路板的检测端子，确认各直流电压是否都在允许波动的范围内。一般来说，+5V、+15V 和-15V 三种电压允许波动±5%，而±24V 允许波动±10%，如果超出范围则需进行调整。对于进给用的直流伺服单元或交流伺服单元，以及主轴控制用的直流或交流伺服单元，也要确认直流电压波动，其波动允许范围一般在±(5~10)%之间。

⑤确认数控系统与机床侧的接口

目前数控系统一般有自诊断功能，并由 CRT 显示数控系统与机床接口及数控装置内部的状态。带有可编程序控制器时，有从 NC 到 PLC、PLC 到 NC、PLC 到 MT(机床)、MT 到 PLC 的各种信号。各信号的含义及相互逻辑关系随各 PLC 的梯形图而异，应参照随机床提供的梯形图说明书（内含诊断地址表），通过自诊断显示来确认数控系统与机床之间的接口信号状态是否正确。

⑥确认数控系统各种参数的设定

设定系统参数（包括 PLC 参数）的目的是：当数控装置与机床相连接时使机床具有最佳的工作性能。即使是同一型号的数控装置，其参数设定也随机床而异，随机附带的参数表是机床的重要技术资料，应妥善保存，不得遗失，否则在机床保养和维修中将会给恢复机床的工作性能带来很大困难。显示参数的方法随各类数控装置而异，FANUC 数控系统是通过按下 MDI 键盘上的“SYSTEM”键来显示已存入系统存储器的参数，显示的参数内容应与机床安装调整完成后的参数表一致。最后关断数控系统电源，连接电动机的动力线，并将速度控制单元设定为电动机断线，这时会产生报警的状态。

⑦检查机床状态

系统工作正常时应无任何报警，但为了预防意外，应在接通电源的同时做好随时按下急停按钮的准备。伺服电动机的反馈线反接或断线均会出现机床“飞车”现象，这时需立即切断电源，检查线路连接是否正确。在正常情况下，电动机首次通电瞬时可能会有微小转动，但系统的自动漂移补偿功能会使电动机轴立即返回并定位。此后即使电源再次断开、接通，电动机轴也不会转动。可以通过多次接通、断开电源或按下急停按钮的操作来确认电动机是

否不转。

⑧用手动进给检查各轴的运转情况

首先用手动进给连续移动机床各轴运动部件，通过 CRT 显示值检查机床部件移动方向是否正确。如不正确，应将电动机动力线、检测信号线反接。然后检查坐标轴运动的距离是否正确，如通过 MDI 操作输入移动指令，检查坐标轴的移动是否符合指令。否则，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。此外，还要用手动进给低速移动机床有关部件，并使移动轴碰到超程开关使其动作，用以检查超程限位是否有效，机床是否准确停止，以及数控装置是否在超程时发出报警。最后，用点动或手动快速移动机床有关部件，观察在最大进给速度时是否发生误差过大报警。

⑨返回机床参考点

机床的参考点是再次进行加工的程序基准位置，直接影响到加工精度，因此必须检查有无参考点功能及每次返回参考点的位置是否完全一致。

⑩确认数控装置功能是否符合订货要求

可用适合于该机床且简单明了的测试程序（如具有直线、圆弧移动指令、控制轴联动、固定循环等应该具备的功能程序）上机运行检查。数控装置的功能通常都包括基本功能和选择功能，这些功能一般以软件形式提供，只能在安装调整之后，数控装置处于无报警的正常状态时通过 CRT 显示，或使机床运行并对照订货要求检查确认。

（3）机床机械部分与辅助系统的检查

①机械部分的检查

对于加工中心，首先要检查各坐标轴的传动链，导轨端部刮削器盖板的螺钉有无松动，联轴器各锁紧螺钉是否松动，齿形同步带及带轮是否可靠，松紧是否合适。然后检查机床各坐标轴返回参考点的减速挡块固定螺钉是否牢靠，还要检查刀库上各刀位锁紧机构的螺钉、机械手卡爪及各限位块、可交换工作台外部托板机构、机床的工作室门、各防护罩、防护板等是否安全可靠。对于数控车床，还要检查刀塔、尾座上的紧固螺钉是否可靠。

②液压系统的检查

液压箱彻底清理干净后，要按机床说明书中液压油的牌号加注液压油，要检查液压油位置是否合乎要求，液压装置中的各集成元件是否牢靠，各液压电磁阀上的插头插座位置是否正确（按标记号检查）。压力表一定要进行首次校验，并有校验标记。此外，还要检查外部过滤装置等。

③气动系统的检查

气动压力表一定要进行首次校验，并有校验标记。对三联装置即过滤器、调压阀及喷雾润滑三部分进行检查，是否需要清洗过滤器，并按机床说明书上的要求加注喷雾润滑油，气动装置上的各气动元件和各电磁阀上的插头插座位置是否正确（按标记号检查）。

④中心润滑系统的检查

中心润滑系统主要用于数控机床各坐标的滚珠丝杠副、导轨、轴承及各运动面、滑动面的润滑。因此在检查这部分时，必须将油箱清洗干净后，按机床说明书规定的润滑油牌号加注到中心润滑油箱所标注的上限位置。中心润滑系统的压力表同样要进行首次校验标记，并标注下次校验鉴定日期。同时，还要检查中心润滑装置本身是否固定牢靠，以免在起动润滑时产生振动。

⑤制冷系统的检查

制冷系统主要用于主轴冷却、液压油循环冷却，有的数控机床也用于电气柜冷却。过去的数控机床也有用水冷的，有的制冷系统中还加入不冻液。在数控机床通电前通常要检查不冻液的液位是否合适，电动机、压缩机及排风扇等是否安装牢靠，各开关、插头及接线是否正确。这里要注意，不冻液对人体是有害的，在加注时最好不要用手直接接触。

⑥切削液系统和排屑装置的检查

通常，切削液装置和排屑装置是联合在一起安装的，因为它们在工作时是密不可分的。切削液通过冷却管喷出后，从排屑器底部经过过滤返回到切削液装置的容积箱内，再由切削液泵打到管路中。在一些数控机床中，特别是有些电主轴的数控机床，切削液还要经过制冷装置被冷却降温后，再经精过滤器进入电主轴内部，对电主轴进行冷却后再返回切削液箱。因此，在数控机床通电前对切削液系统和排屑装置要进行认真的检查。对切削液装置上的高压泵电动机、低压泵排屑装置的电动机相序用前面所述方法进行检查纠正；检查压力表（同样要进行首次校验）接头，各管接头是否安装好；检查各电磁换向阀插头，各开关位置是否正确；过滤器是否安装牢靠；排屑装置与切削液箱的连接是否正确；排屑装置与机床接触部位的高低调整得是否合适；排屑链的松紧是否合适；排屑装置上开关按钮的位置是否正确等。如果有主轴内冷，还要检查用于主轴内冷的过滤装置上的各部件是否安装得正确、牢靠；加注切削液后，各部分装置的液位是否合适，有无泄漏现象等。

（4）接通电源后的检查

上述检查工作做完以后，就可以进行下一步的通电检查了。具体检查内容有：

①强电柜电源的检查

在通电以后，首先要检查强电柜内电源变压器的输入端和输出端（初级和次级）的电压

是否符合技术要求，各相电压输入和输出是否平衡。如果发现异常，必须立刻断电，故障排除后再通电进行下一步的工作。

②数控柜内电源的检查

为了确保安全，在接通电源之前，可先将电动机动力线断开，这样在系统工作时不会引起机床运动。但在做此工作以前，先要阅读数控机床说明书和电路图，根据说明书的介绍对速度控制单元做一些必要性的设定，目的是不至于因断开电动机的动力线而造成数控机床报警。

接通电源以后，检查各输出电源是否正确。首先，检查数控柜中的各排风扇是否旋转，这也是判断电源是否接通的最简单、最直观的方法之一。然后，检查各模块单元及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范围内或波动范围之内。

一般来说，+24V 电压允许误差是 $\pm 10\%$ 左右，即 $(21.6-26.4)$ V； ± 15 V 电压的误差不超过 $\pm 10\%$ ，即 $\pm (13.5-16.5)$ V；对于+5V 电源要求较高，误差不能超过 $\pm 5\%$ ，即在 $\pm (4.75-5.25)$ V，因为+5V 电压是供给逻辑电路的，如果波动太大，会直接影响系统工作的稳定性。如果发现上述电压有问题，或不在要求的范围内，应立即断电，故障排除后再进行下一步工作。

③各熔断器的检查

各熔断器是主线路及每一块电路板或电路单元的保险装置。当外电压过高或负载端发生意外短路时，熔丝即刻熔断而使电源切断，起到保护作用。所以，通电前要用万用表测量各熔断器是否接通、型号是否正确，通电以后还要检查熔断器是否工作正常。

④液压系统、气动系统的检查

检查通电后的液压系统、气动系统的压力是否正常，各元件管接头有无漏油、漏气现象，还要特别注意主轴拉刀机构、变速机构的液压缸、机械手、刀库、主轴卡紧、尾座动作等的液压缸和电磁阀有无漏油现象。如果漏油，应立即断电修理或者更换，故障排除后才能进行下一步工作。

⑤CNC 系统通电

CNC 系统的电源接通以后，需等待几秒钟观察 CRT 显示，直到出现正常画面为止。如果出现 ALARM(报警) 显示，应根据报警内容采取措施。若需要关机，应切断电源，分析并寻找故障，将其排除后再通电进行下一步工作。

此时，应注意报警内容可能不止一个，要将每个故障都要排除后才能正常工作。否则，下一步工作将无法进行。图 7-2-3 所示为数控机床接通电源后几项必要检查工作。

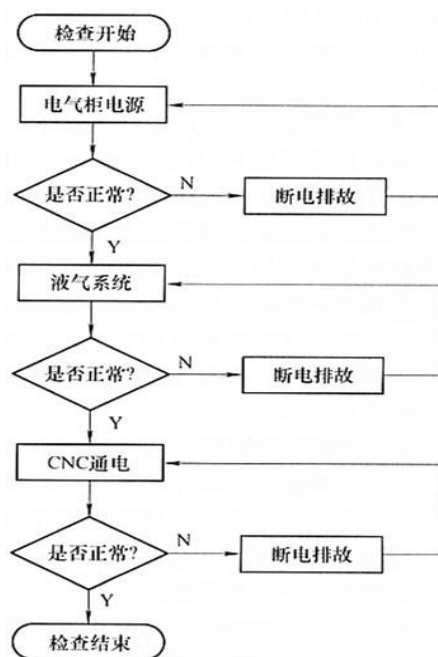


图 7-2-3 接通电源后主要检查工作流程图

数控机床调试前的检查工作到此可以告一段落。当然，在进行这些工作时，要根据数控机床各自的特点、技术要求进行具体分析并区别对待。检查工作可能有些差异，这都要视具体情况增加检查的部位。下一步工作即进行数控机床的调试，首先应当进行数控机床 CNC 系统的功能检查和调试工作。

2. 数控机床的通电调试

机床通电前还要按照机床说明书的要求给机床润滑油箱、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，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，自动托盘交换装置与工作台交换位置的找正等。

机床通电操作先合上总电源，但在 NC 不上电的情况下，检测三相电源相序、电压数值和有无缺相，在全部正常的情况下，启动 NC。查看主轴电机和进给轴电机旋转是否正常，旋向是否正确，然后机床断电，将电机与机械部分相连接。机床通电操作可以是一次同时接通各部分电源全面通电，也可以各部分分别通电，然后再做总供电试验。对于大型设备，为保证更加安全，应分别供电。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启动各部件。检查安全装置是否起作用、能否正常工作，液压泵工作后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，液压系统、冷却装置能否正常工作，等等。总之，根据机床说明书粗略检查机床主要部件功能是否正常、齐全，使机床各环节都能操作运转起来。

在数控系统与机床联机通电试车时，虽然数控系统已经可以正常工作无任何报警，但为了预防万一，应在接通电源的同时，做好按压急停按钮的准备，以便随时能够切断电源。如伺服电动机的反馈信号线接反或断线均会引起机床“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，用手动方式检查如下各基本运动功能：

①将状态选择开关置于 JOG 位置，将点动速度放置在最低挡，分别进行各坐标正、反向点动操作，同时按下与点动方向相对应的超程保护开关，验证其保护作用的可靠性，然后再进行慢速的超程试验，验证超程撞块安装的正确性。

②将状态开关置于回零位置，完成回参考点操作。

③将状态开关置于 JOG 位置或 MDI 位置，将主轴调速开关放在最低位置，进行各挡的主轴正、反转试验，观察主轴运转情况和速度显示的正确性，然后再逐渐升速到最高转速，观察主轴运转的稳定性。进行选刀试验，检查刀盘正、反转的正确性和定位精度。逐渐变化快速超调开关和进给倍率开关，随意点动，观察速度变化的正确性。

④将状态开关置于 EDIT 位置，自行编制一简单程序，尽可能多地包括各种功能指令和辅助功能指令，位移尺寸以机床最大行程为限。同时进行程序的增加、删除和修改操作。

⑤将状态开关置于程序自动运行状态，验证使所编制的程序执行空运转、单段运行、机床锁住、辅助功能锁住状态时的正确性。分别将进给倍率开关、快速超调开关、主轴速度超调开关进行多种变化，使机床在上述各开关的多种变化情况下进行充分运行，然后将各超调开关置于 100%处，使机床充分运行，观察整机的工作情况是否正常。

3. 数控车床空运行功能检验与调试

(1) 手动功能检验

对于最大车削直径 200~1000mm，最大车削长度至 5000mm 的数控卧式车床，通常按以下的要求进行空运行和功能检验。

①任选一种主轴转速和动力刀具主轴转速，起动主轴和动力刀架机构进行正转、反转、停止（包括制动）的连续试验，连续操作不少于 7 次。

②主轴和动力刀具主轴做低、中、高转速变换试验，转速的指令值与显示值（或实测值）之差不得大于 5%。

③任选一种进给量，将起动进给和停止动作连续操纵，在 Z 轴、X 轴、C 轴的全部行程上做工作进给和快速进给试验，Z 轴、X 轴快速行程应大于全行程的 1/2。正、反方向连续操作不少于 7 次，并测量快速进给速度及加、减速特性。测试伺服电动机电流的波动，其允

许差值由制造厂规定。

④在 Z 轴、X 轴、C 轴的全部行程上，做低、中、高进给量变换检验。

⑤用手摇脉冲发生器或单步移动溜板、滑板、C 轴的进给检验。

⑥用手动或机动使尾座和主轴在其全部行程上做移动检验。

⑦有锁紧机构的运动部件，在其全部行程的任意位置上做锁紧试验，倾斜和垂直导轨的滑板在切断动力后不应下落。

⑧回转刀架进行各种转位夹紧检验。

⑨液压、润滑、冷却系统做密封、润滑、冷却性能试验，要求调整方便、动作灵活、润滑良好、冷却充分、各系统不得渗漏。

⑩排屑、运屑装置检验。

⑪有自动装夹换刀机构的机床，应进行自动装夹换刀检验。

⑫有分度定位机构的 C 轴应进行分度定位检验。

⑬数字控制装置的各种指示灯、程序读入装置、通风系统等功能检验。

⑭卡盘的夹紧、松开，检验其灵活性及可靠性。

⑮机床的安全、保险、防护装置功能检验。

⑯在主轴最高转数下，测量制动时间，取 7 次平均值。

⑰自动监测、自动对刀、自动测量、自动上下料装置等辅助功能检验。

（2）控制功能验收

用 CNC 控制指令进行机床的功能检验，检验其动作的灵活性和功能可靠性。

①主轴进行正转、反转、停止及变换主轴转速检验（无级变速机构做低、中、高速检验，有级变速机构做各级转速检验）。

②进给机构做低、中、高进给量及快速进给变换检验。

③C 轴、X 轴和 Z 轴联动检验。

④回转刀架进行各种转位夹紧试验，选定一个工位测定相邻刀位和回转 180° 的转位时间，连续 7 次，取其平均值。

⑤试验进给坐标的超程、手动数据输入、坐标位置显示、回参考点、程序序号指示和检索、程序停止、程序结束、程序消除、单步进给、直线插补、圆弧插补、直线切削循环、锥度切削循环、螺纹切削循环、圆弧切削循环、刀具位置补偿、螺距补偿、间隙插补及其他说明书规定的面板及程序功能的可靠性和动作的灵活性。

（3）温升检验

测量主轴高速和中速空运行时主轴轴承、润滑油和其他主要热源的温升及其变化规律，检验应连续运转 180min。为保证机床在冷态下开始试验，试验前 16h 内不得工作，试验不得中途停车。试验前应检查润滑油的数量和牌号，确保符合使用说明书的规定。

温度测量应在主轴轴承（前、中、后）处及主轴箱体、电动机壳和液压油箱等产生热量的地方。

主轴连续运转，每隔 15min 测量一次。最后用被测部位温度值绘成时间-温升曲线图（见图 7-2-4），以连续运转 180min 的温升值作为考核数据。

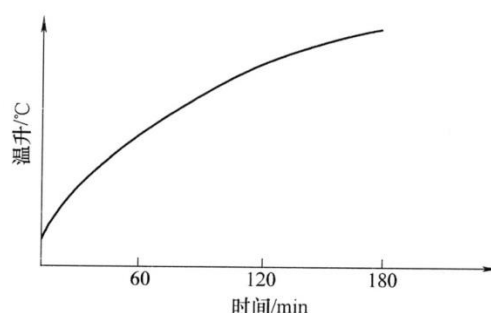


图 7-2-4 时间-温升曲线图

在实际的检验过程中，应该注意以下几点：

①温度测点应选择尽量靠近被测部件的位置。主轴轴承温度应以测温工艺孔为测点。在无测温工艺孔的机床上，可在主轴前、后法兰盘的紧固螺钉孔内装热电偶，螺孔内灌注润滑脂，孔口用橡皮泥或胶布封住。

②室温测点应设在机床中心高处离机床 500mm 的任意空间位置，油箱测温点应尽量靠近吸油口的地方。

4、数控车床的整机调试与负荷试验

（1）数控车床的空运转调试

如有一台卧式数控车床，最大车削直径为 $\Phi 400\text{mm}$ ，最大车削长度为 600mm，主轴的速度为 25~5000r/min，无级调速，即主轴的最低转速为 25r/min，最高转速为 5000r/min。

①温升的调试

将数控车床的主轴从最低速开始运转，经过中速、高速进行卧式数控车床的主轴温升调试。按照 JB/T 4368.3-96 的标准规定，主轴的最高转速运行时间不能少于 1h，如果是有级变速，从低到高每级速度的运转时间不少于 2min。在这里把主轴的无级调速，在 25~5000r/min 内划分为 24 个档次。最低转速由于是主轴刚开始运转，故转 30min；然后逐步提高转速到 5000r/min，此时主轴运行 60min。

在主轴运行过程中，可以从 CRT 的显示监控主轴的温度和温升情况。如果在 CRT 显示监控的同时，或无此功能时，可以用激光测温计对主轴进行直观测温，也可以与 CRT 显示的温度值进行比较，就可以较准确地测出主轴运转时的温度和升温情况。

对于卧式数控车床来说，主轴轴承的温度不能超过 70°C ，温升不能超过 35°C ，否则主轴轴承的自身质量、主轴轴承的精度选择及主轴轴承的装配质量会存在问题。

② 主轴转速和各坐标轴进给速度的调试

按照国家机械行业标准，数控卧式车床的技术条件 JB/T4368.3-96 中规定：主轴转速的实际偏差不应超过指令值的 $\pm 5\%$ ，各坐标轴的进给运动，包括 C 坐标轴旋转运动也不能超过指令值的 $\pm 15\%$ 。以主轴转速 $S=1000\text{r/min}$ 和坐标进给速度 $F=500\text{m/min}$ 为例，偏差值规定的范围如图 7-2-5 所示。

如图 7-2-5 所示，假设主轴的转速给定 $S=1000\text{r/min}$ ，这可以是在 MDI 方式给定，也可以是程序中给定，那么主轴的转速应当是 $S=950\sim 1000\text{r/min}$ ，或者是 $S=1000\sim 1050\text{r/min}$ 也属于正常转速值。对于坐标进给速度，假设给定 $F=5\text{m/min}$ ，可以是 MDI 方式给定，也可以是程序中给定，各坐标轴进给速度范围应当是 $F=4.75\sim 5\text{m/min}$ ，或者 $F=5\sim 5.25\text{m/min}$ 也属于正常值。

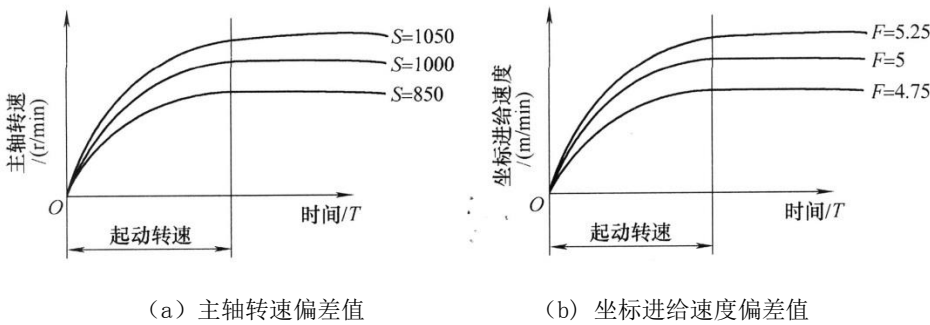


图 7-2-5 数控车床主轴转速和坐标进给速度允许的偏差值

为了保证数控车床的加工精度，主轴的转速和各坐标轴的进给速度是直接影响切削速度的重要参数。因此，在调试数控车床的主轴转速和各坐标的进给速度时，要引起足够的重视，可以用调整参数的方法进行一定范围内的修正。

③ 数控车床主机各部分动作的调试

可以用手动直接操纵按钮、开关在主轴低转速、中转速及高转速中各选择一种转速，然后起动主轴，并分别对主轴的低转速、中转速及高转速进行正转、反转和停止以及增速、减速，并进行 7 次以上的动作。再用控制指令 M 功能和 S 功能重复上述动作，看主轴这些动作

是否灵活、可靠。这是对主轴的正转、反转和制动的各动作进行试验和调试。

对 X 坐标轴、Z 坐标轴和 C 坐标轴用手动直接操作按钮、开关，低速、中速和快速进给的全行程内各进行 7 次以上的起动、停止和正方向、反方向以及增速、减速的连续运动和切换。然后再用控制指令 G 功能和 F 值重复低速和中速运行的动作，用 G00 指令重复快速运行的动作，对 C 轴还要进行分度定位的动作。此时，坐标伺服电动机、分度检测装置、位置检测装置、机械各传动装置及润滑系统等都应工作正常。

X、Z、C 三个坐标轴在 CNC 系统的控制下进行联动，包括直线轨迹的联动，曲线轨迹的联动。在圆弧或曲线轨迹的联动中，还应进行顺时针圆弧或曲线的联动和逆时针圆弧或曲线的联动。用这些动作来确认坐标的联动、直线插补、圆弧插补和过象限等是否具备了技术上的要求。

对回转刀架分别进行顺时针和逆时针旋转找刀位的动作。如果是 12 个刀位，那么依次从 1 号刀位找到 12 号刀位，或者从 12 号刀位反方向找到 1 号进行选刀动作。然后，顺时针和逆时针跳 1 个刀位进行选刀动作，即 1、3、5、7、9、11 号刀位或者 11、9、7、5、3、1 号刀位。最后，再进行顺时针、逆时针的任意选刀动作。进行这些动作的同时还要注意刀盘的锁紧和放松动作。

在回转刀架进行找刀动作时，需要用手动操纵按钮或开关和用 CNC 系统给定 T 指令进行控制两种方法分别进行。这时，回转刀架的电动机和机械传动机构、定位机构及锁紧机构等都应处于正常工作状态，不允许出现任何故障和异常现象。

对于 CNC 系统控制的沿 Z 坐标轴导轨移动的尾座和尾座中套筒顶尖的运动，先用手动开关或按钮操纵尾座运动，然后用脚踏开关操纵尾座中的套筒进行运动。注意进行套筒运动时，应当是全行程的，并且是反复多次进行动作。

在有些数控车床上，尾座在 Z 坐标轴上轨迹的运动是用手动来完成的，锁紧机构也是靠手动来完成的。此时，只需要进行脚踏操纵尾座套筒的全行程动作就可以了。

用手摇脉冲发生器（或称手轮），配合操作面板上的转换开关对 X 坐标轴、Z 坐标轴和 C 坐标轴进行连续或单步运行动作，再配合操作面板上的倍率转换开关对这三个坐标轴进行运行动作，此时不允许有失步和跳步现象。

用手动操纵各按钮和开关来反复对排屑装置或排屑器进行正反转、起动及停止，排屑器的动作应当平衡、灵活、可靠。如果发现传动链有碰排屑器内壁现象，就应当及时调整排屑链的合适位置，调整机构一般都设置在排屑器中排屑出口附近的两侧。

如果数控车床是斜床身导轨，有的斜床身导轨角为 45° ，有的斜床身导轨斜角为 30° 。

不管斜床身的斜率是多少，X 坐标轴在斜床身上的横向运动在任意一点停止时都应该被锁定，不应该出现下滑现象，特别是在断电情况下不应该出现下滑，这可以通过关断电源或按下急停按钮开关，再打开电源或抬起急停来观察和测量 X 坐标轴伺服电动机的制动装置是否出现问题，需要调整或更换。

在上述数控车床空运转调试的工作中，除了进行温升调试，主轴转速和各坐标轴进给速度调试，以及数控车床主机各主要部分动作的调试以外，还需要进一步细化调试内容，其中包括程序动作调试、进给和插补动作调试、切削循环动作调试、补偿动作调试、超程保护、手动数据输入、坐标位置显示和回参考点等动作调试。图 7-2-6 所示为进一步细化调试的一些基本内容。在对数控车床的这部分调试工作中，可能有部分内容没有被列进去，读者可以根据调试数控车床的具体情况进行增减。

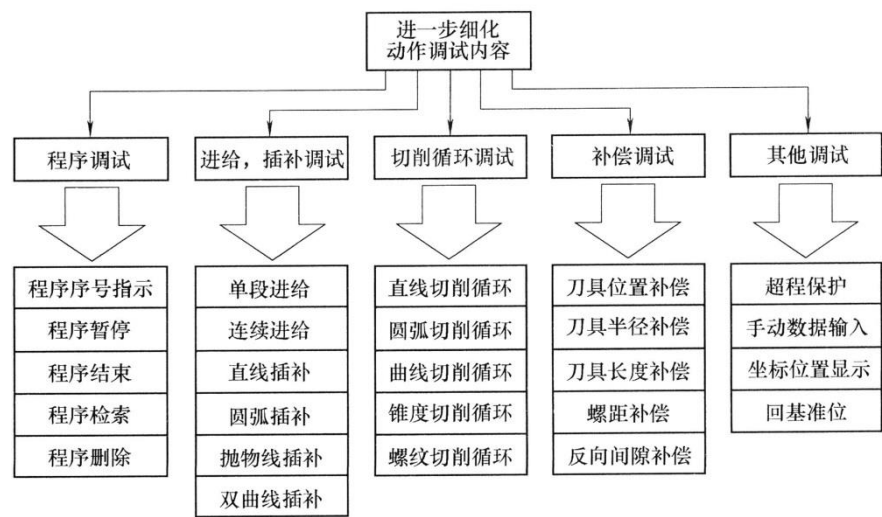


图 7-2-6 数控车床细化调试内容示意图

图 7-2-6 中的螺距补偿指的是直线坐标滚珠丝杠副的螺距在某一点上超出了定位精度所要求的范围，而通过 CNC 系统进行的螺距补偿。反向间隙补偿指的是各直线坐标滚珠丝杠螺母副的反向间隙，另外还有齿轮的反向误差所规定的范围通过 CNC 系统进行反向间隙补偿。

④数控车床主传动系统空运转功率的调试

在数控车床空运转调试中还应包括齿轮传动的主传动系统空运转的功率调试、单纯的齿形带传动的主传动系统空运转的功率调试及电主轴传动系统空运转的功率调试。例如，某台数控车床的主轴转速范围是 25~5000r/min，无级调速，它所要求的是在主轴达到 5000r/min 时，即在 100%转速时功率为 9kW；而主轴在 2000r/min 时，即 在 主 轴 最 高 转 速 的 40%时，要求的功率为 14kW。又如，某国产数控车床的轴转速范围是 25~5000r/min，无级

调速,它所要求的是在主轴达到 625r/min 以上时,即在主轴最高转速的 12.5%以上时为 11kw 的恒功率。因此,在调试数控车床主传动系统空运转功率时,要对照说明书中所提供的主轴转速和主轴功率之间的关系,并看实际功率参数是否与设计的功率参数相符合。

⑤数控车床整机连续空运转模拟切削的调试

一般数控机床的生产厂商都会给用户提供一个具有数控机床全部功能,并模拟切削加工的数控机床整机空运转程序。作为用户,也可以根据自身的特殊情况和需要,要求厂商或自己编制一个数控车床的空运转模拟切削调试程序,对所购置的数控车床进行整机连续空运转模拟切削调试。

在我国标准 JB/T 4368.3-96 中规定,卧式数控车床整机连续模拟切削的时间为 48h,模拟空运转程序的一次循环在 15min 以内,每次重复循环程序的时间间隔不能大于 1min。这样,数控车床在连续空运转模拟切削的 48h 中,不应出现任何故障。

对主轴转速从低到高、从高到低,各坐标的进给运行从低到高、从高到低,刀架的每个刀位换刀,尾座及尾座套筒的全行程动作,各坐标轴的全行程动作,排屑器的正转、反转、停止,切削液的开关及主轴卡盘的夹紧与放松等全部进行调试和试验,这是数控车床调试过程中不可缺少的工作。

(2) 数控车床的负荷试验

数控车床的负荷试验是数控车床调试中的一项重要工作,实际上是看所购置数控车床的加工能力是否能满足用户所提出的数控车床应当承受动负荷方面的技术要求。

数控车床的最大切削抗力、切削时的抗振性和数控车床主传动系统的最大转矩、主传动系统的最大功率等,都是对数控车床进行负荷试验时的重要内容。

在进行最大切削抗力和主传动系统的最大转矩试验时,切削试件的材料用 45 号中碳钢,刀具的材料、类型和切削用量及切削试件的尺寸等要参照厂商所提供说明书的规定进行。最大切削抗力按主分力和刀具角度来确定。主传动系统的最大转矩可用功率表、电流表、电压表及转速表进行测量。许多数控车床的操作面板上都装有电流表、电压表、转速表或功率表,在数控车床正常的加工中随时都进行监控。还有些数控车床 CNC 系统中的自适应控制也具备了监控最大切削抗力和主传动系统的最大转矩,如果在切削时超出了数控车床对抗力和转矩的要求,数控车床会报警来对操作人员进行提示。

在进行数控车床的抗振性切削试验时,要按照 JB/T 4368.3-96 标准中提供的实验条件、刀具几何角度、刀具材料、试件材料、尺寸、切削用量等标准进行试验,并且不应发生颤振现象。

【任务实施】

按照如下步骤，完成数控车床的调试工作，并做好记录。

1. 数控机床调试前的检查工作

(1) 机床内部部件的紧固和外部连接电缆检查。

(2) 机床数控系统性能的全面检查和确认。

(3) 机床机械部分与辅助系统的检查。

(4) 接通电源后进行强电柜电源、数控柜内电源、各熔断器、液压气动系统、CNC 系统通电的检查。

2. 数控机床的通电调试，手动方式检查各项基本运动功能。

3. 数控车床空运行功能检验与调试

(1) 手动功能检验

(2) 控制功能验收

(3) 温升检验

4. 数控车床的整机调试与负荷试验

(1) 数控车床的空运转调试

(2) 数控车床的负荷试验

【任务拓展】

某工厂新购买一台数控铣床，配备 FANUC 0i MD 数控系统，已吊装就位并完成了水平调整，现要求完成其调试工作。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 空运行功能检验

2. 温升检验

3. 负荷试验

二、选择题

1 数控机床调试前应做的检查工作有（ ）。

A. 机床内部部件的紧固和外部连接电缆检查

B. 机床数控系统性能的全面检查和确认

C. 机床机械部分与辅助系统的检查

- D. 以上均是
2. 数控车床进行负荷试验时的重要内容（ ）。
- A. 测量主轴高速和中速空运行时主轴轴承、润滑油和其他主要热源的温升及其变化规律，检验应连续运转180min。
- B. 为保证机床在冷态下开始试验，试验前16h 内不得工作，试验不得中途停车。
- C. 温度测量应在主轴轴承（前、中、后）处及主轴箱体、电动机壳和液压油箱等产生热量的地方。
- D. 室温测点应设在机床中心高处离机床500mm 的任意空间位置，油箱测温点应尽量远离吸油口的地方
3. 数控车床进行负荷试验时的内容是（ ）。
- A. 最大切削抗力 B. 切削时的抗振性 C. 主传动系统的最大转矩 D. 以上均是

相关专业英语词汇

ambient temperature—环境温度
installation—安装
foundation—地基
hydraulic oil—液压油
air supply—气源
damping pad iron—减振垫铁
debugging—调试
frequency—频率
phase sequence—相序
interface—接口
backup—备份

项目八 数控机床精度检测与验收



项目引入

一台数控机床的全部检测验收工作是一项复杂的工作,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,最后得出对该机床的综合评价。这项工作一般是由机床生产厂家完成的。对一般的数控机床用户,其验收工作主要是根据机床出厂检验合格证上规定的验收条件及实际能提供的检测手段来部分或全部地测定机床合格证上各项技术指标。本项目主要包括数控机床几何精度检验、数控机床位置精度检验、数控机床切削精度检验等几个典型工作任务。通过完成上述工作任务,使学生具备数控机床精度检验与验收的职业能力,并具备良好的职业素养。



项目要求

1. 掌握数控机床精度检验的内容
2. 掌握数控机床精度检验的方法
3. 会查阅数控机床验收的相关标准
4. 能够根据技术标准完成数控机床的精度检验工作
5. 具备分析问题和解决问题的能力



项目内容

- 任务1 数控机床几何精度检验
- 任务2 数控机床位置精度检验
- 任务3 数控机床切削精度检验

任务 1 数控机床几何精度检验

【任务目标】

- 1. 掌握常用量具的使用方法；
- 2. 掌握数控机床几何精度检验的内容和方法；
- 3. 能正确使用几何精度检验的各种工量具；
- 4. 能够根据技术要求完成数控机床几何精度的检验。

【任务描述】

某工厂有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，现要求根据该机床使用说明书和出厂合格证书，对该机床的几何精度进行检测验收。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的精度检测与验收工作，需要配备以下资料：

- 1. 该数控车床的使用说明书；
- 2. 该数控车床的出厂合格证书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的精度检测与验收工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 8-1-1。

表 8-1-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	平尺	400, 1000, 0 级	把	2
	检验棒	Φ 80×500	个	1
	莫氏锥度验棒	No5×300, No3×300	个	2
	顶尖	莫氏 5 号, 莫氏 3 号	个	2
	杠杆式百分表	0-0.8mm	个	1
	磁力表座	150	个	1
	水平仪	0.02/1000	个	2
	等高块	30×30×30	只	3

三、知识准备

1. 数控机床验收标准

(1) 通用类标准

这类标准规定了数控机床调试验收的检验方法，测量工具的使用，相关公差的定义，机床设计、制造、验收的基本要求等。如国家标准GB/T 16462.1-2007 《数控车床和车削中心

检验条件 第1部分：卧式机床几何精度检验》、GB/T 17421.2-2000《机床检验通则第2部分 数控轴线的定位精度和重复定位精度的确定》、GB/T 17421.4-2003《机床检验通则 第4部分 数控机床的圆检验》，这些标准等同于ISO 230标准。

（2）产品类标准

这类标准规定具体形式的机床的几何精度和工作精度的检验方法，以及机床制造和调试验收的具体要求。如我国的JB/T8801-1998《加工中心 技术条件》、JB/T8771.1-2009《加工中心 检验条件 第1部分 卧式和带附加主轴头机床的几何精度检验(水平Z轴)》、GB/T 18400.6-2001《加工中心检验条件 第6部分进给率、速度和插补精度检验》等。具体形式的机床应当参照合同约定和相关的中外标准进行具体的调试验收。

当然在实际的验收过程中，也有许多的设备采购方按照德国VD1/DGQ3441标准或日本的JIS B6201、JIS B6336、JIS B6338标准或国际标准ISO 230进行调试验收。不管采用什么样的标准，需要注意的是不同的标准对“精度”的定义差异很大，验收时一定要弄清各个标准精度指标的定义及计算方法。

（3）机床的检验精度

机床的加工精度是衡量机床性能的一项重要指标。影响机床加工精度的因素很多，有机床本身的精度影响，还有因机床及工艺系统变形、加工中产生振动、机床的磨损以及刀具磨损等因素的影响。在上述各因素中，机床本身的精度是一个重要的因素。例如，在数控车床上车削圆柱面，其圆柱度主要决定于工件旋转轴线的稳定性、车刀刀尖移动轨迹的直线度以及刀尖运动轨迹与工件旋转轴线之间的平行度，即主要决定于车床主轴与刀架的运动精度以及刀架运动轨迹相对于主轴的位置精度。

机床的精度包括几何精度、传动精度、定位精度以及工作精度等，不同类型的机床对这些方面的要求是一样的。

2. 几何精度

几何精度检验，又称静态精度检验，是综合反映机床关键零、部件经组装后的综合几何形状误差。机床的几何精度是指机床某些基础零件工作面的几何精度，它指的是机床在不运动(如主轴不转，工作台不移动)或运动速度较低时的精度。它规定了决定加工精度的各主要零、部件间以及这些零、部件的运动轨迹之间的相对位置允差。例如，床身导轨的直线度、工作台面的平面度、主轴的回转精度、刀架溜板移动方向与主轴轴线的平行度等。在机床上加工的工件表面形状，是由刀具和工件之间的相对运动轨迹决定的，而刀具和工件是由机床的执行件直接带动的，所以机床的几何精度是保证加工精度最基本的条件。

目前,检测机床几何精度的常用检测工具有精密水平仪、精密方箱、90°角尺、平尺、平行光管、千分表、测微仪、高精度检验棒等。检测工具的精度必须比所测的几何精度高一个等级,否则测量的结果将是不可信的。每项几何精度的具体检测方法可照 JB 2670-82《金属切削机床精度检测通则》、JB 4369-86《数控卧式车床精度》、JB/T 8771.2-2008《加工中心检验条件》等有关标准的要求进行,亦可按机床出厂时的几何精度检测项目要求进行。

机床几何精度的检测必须在机床精调后依次完成,不允许调整一项检测一项,因为几何精度有些项目是相互关联相互影响的。

3. 几何精度检验内容

数控机床的几何精度是综合反映机床主要零、部件组装后线和面的形状误差、位置误差或位移误差。根据 GB/T 16462.1-2007《数控车床和车削中心检验条件 第1部分:卧式机床几何精度检验》、GB/T 18400.2-2010《加工中心检验条件 第2部分:立式或带垂直主回转轴的万能主轴头机床几何精度检验(垂直Z轴)》等国家标准的说明,有如下几类:

(1) 直线度

①一条线在一个平面或空间内的直线度,如数控卧式车床床身导轨的直线度。

②部件的直线度,如数控升降台铣床工作台纵向基准T形槽的直线度。

③运动的直线度,如立式加工中心X轴轴线运动的直线度。

长度测量方法有:平尺和指示器法、钢丝和显微镜法、准直望远镜法和激光干涉仪法。

角度测量方法有:精密水平仪法、自准直仪法和激光干涉仪法。

(2) 平面度(如立式加工中心工作台面的平面度)

测量方法有:平板法、平板和指示器法、平尺法、精密水平仪法和光学法。

(3) 平行度、等距度、重合度

线和面的平行度,如数控卧式车床顶尖轴线对主刀架溜板移动的平行度;运动的平行度,如立式加工中心工作台面和X轴轴线间的平行度。等距度,如立式加工中心定位TL-与I作台回转轴线的等距度。同轴度或重合度,如数控卧式车床工具孔轴线与主轴轴线的重合度。

测量方法有:平尺和指示器法、精密水平仪法、指示器和检验棒法。

(4) 垂直度

直线和平面的垂直度,如立式加工中心主轴轴线和X轴轴线运动间的垂直度;运动的垂直度,如立式加工中心Z轴轴线和X轴轴线运动间的垂直度。

测量方法有:平尺和指示器法、角尺和指示器法、光学法(如自准直仪、光学角尺、放射器等)。

(5) 旋转

径向跳动，如数控卧式车床主轴轴端的卡盘定位锥面的径向圆跳动，或主轴定位孔的向圆跳动；周期性轴向窜动，如数控卧式车床主轴的周期性轴向窜动；端面圆跳动，如数控卧式车床主轴的卡盘定位端面圆的跳动。

测量方法有：指示器法、检验棒和指示器法、钢球和指示法。

4. 百分表(或千分表)检验机床精度注意事项

由于千分表的读数精度比百分表高，所以百分表适用于尺寸精度为 IT6~IT8 级零件的校正和检验；千分表则适用于尺寸精度为 IT5~IT7 级零件的校正和检验。百分表和千分表按其制造精度，可分为 0 级、1 级、2 级三种，0 级精度最高。使用时，应按照零件的形状和精度要求，选用合适的百分表或千分表的精度等级和测量范围。

(1) 使用前，应检查测量杆活动的灵活性。即轻轻推动测量杆时，测量杆在套筒内的移动要灵活，没有任何卡滞现象，且每次放松后，指针能回复到原来的刻度位置。

(2) 使用百分表或千分表时，必须把它固定在可靠的夹持架上(如固定在万能表架或磁性表架上，见图8-1-1)，夹持架要安放平稳，以免使测量结果不准确或摔坏百分表。

用夹持百分表的套筒来固定百分表时，夹紧力不要过大，以免因套筒变形而使测量杆活动不灵活。



图 8-1-1 安装在专用夹持架上的百分表

(3) 用百分表或千分表测量零件时，测量杆必须垂直于被测量表面(见图8-1-2)。使测量杆的轴线与被测量尺寸的方向一致，否则将使测量杆活动不灵活或使测量结果不准确。

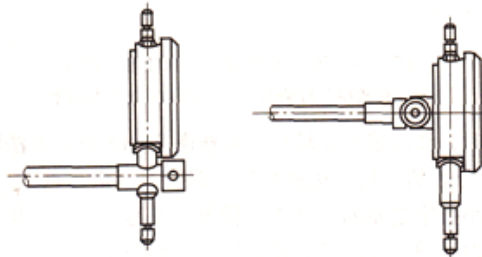


图 8-1-2 百分表安装方法

(4) 测量时, 不要使测量杆的行程超过它的测量范围; 不要使测量头突然撞在零件上; 不要使百分表和千分表受到剧烈的振动和撞击, 亦不要把零件强迫推入测量头下, 免得损坏百分表和千分表的机件而失去精度。因此, 用百分表或千分表测量表面粗糙或有显著凹凸不平的零件是错误的。

(5) 用百分表校正或测量零件时, 如图8-1-3所示。应当使测量杆有一定的初始测力。即在测量头与零件表面接触时, 测量杆应有 $0.3\sim 1\text{ mm}$ 的压缩量(千分表可小一点, 有 0.1 mm 即可), 使指针转过半圈左右, 然后转动表圈, 使表盘的零位刻线对准指针。轻轻地拉动手提测量杆的圆头, 拉起和放松几次, 检查指针所指的零位有无改变。当指针的零位稳定后, 再开始测量或校正零件的工作。如果是校正零件, 此时开始改变零件的相对位置, 读出指针的偏摆值, 就是零件安装的偏差数值。

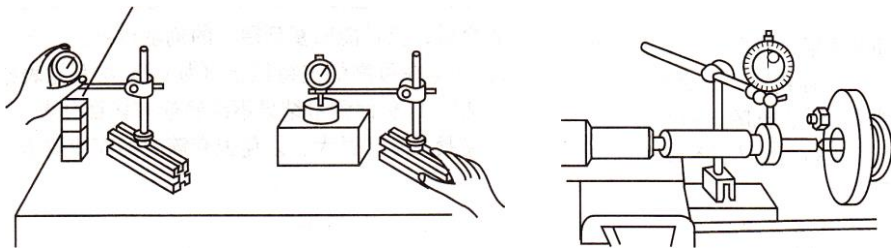


图 8-1-3 百分表尺寸校正与检验方法

(6) 检查轴类零件圆度、圆柱度及跳动, 如图8-1-4所示。将工件放在V架形上, 或顶在车床两顶尖之间, 使测量头与工件表面接触, 然后把刻度盘零位对准指针, 跟着慢慢地移动表座或旋转工件, 按标准测量检验方法和百分表读数计算工件误差。

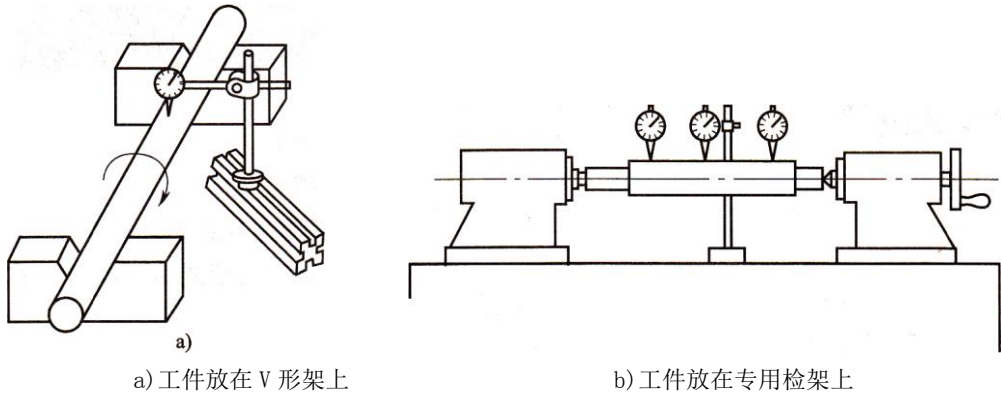


图 8-1-4 轴类零件圆度、圆柱度及跳动

检验工件的偏心度时, 如果偏心距较小, 可按图8-1-5所示方法测量偏心距, 把被测轴装在两顶尖之间, 使百分表的测量头接触在偏心部位上(最高点), 用手转动轴, 百分表上指示出的最大数字和最小数字之差的二分之一就等于偏心距的实际尺寸。偏心套的

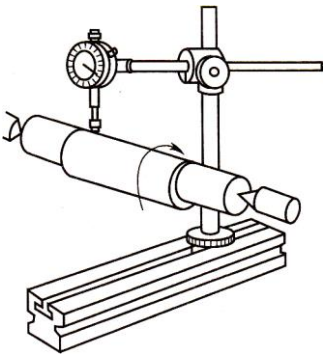


图 8-1-5 在两顶尖上测量偏心距的方法

偏心距也可用上述方法来测量，但必须将偏心套装在心轴上进行测量。

偏心距较大的工件，因受到百分表测量范围的限制，就不能用上述方法测量。这时可用如图 8-1-6 所示的间接测量偏心距的方法：测量时，把 V 形铁放在平板上，把工件放在 V 形铁中，转动偏心轴，用百分表测量出偏心轴的最高点，找出最高点后，工件固定不动：再将百分表水平移动，测出偏心轴外圆到基准外圆之间的距离 a ，然后用下式计算出偏心距 e ：

$$\frac{D}{2} = e + \frac{d}{2} + a$$

$$e = \frac{D}{2} - \frac{d}{2} - a$$

式中： e —偏心距，mm

D —基准轴外径，mm

d —偏心轴直径，mm

a —基准轴外圆到偏心轴外圆之间最小距离，mm

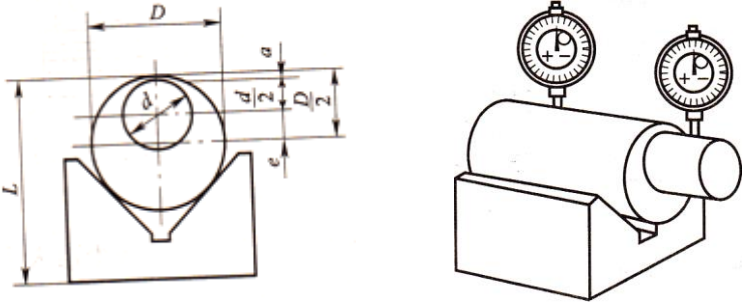
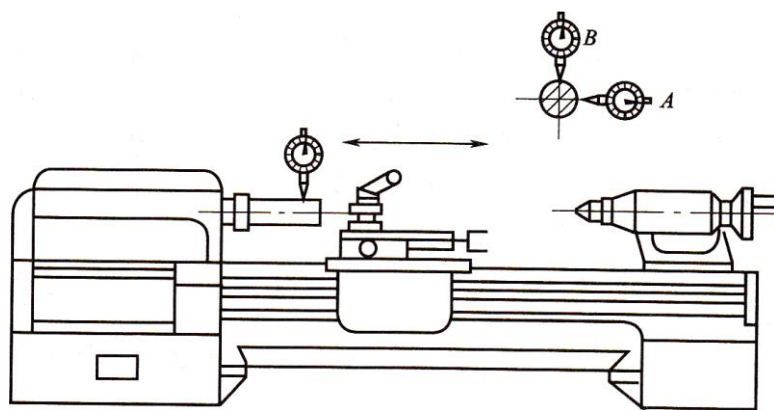


图 8-1-6 偏心距的间接测量方法

用上述方法，必须把基准轴直径和偏心轴直径用千分尺测量出正确的实际尺寸，否则计算时会产生误差：

(7) 检验车床主轴线对刀架移动平行度时，在主轴锥孔中插入一检验棒，把百分表固定在刀架上，使百分表测头触及检验棒表面，如图 8-1-7 所示。移动刀架，分别对侧母线 A 和上母线 B 进行检验。记录百分表读数的最大差值。为消除检验棒轴线与旋转轴线不重合对测量的影响，必须旋转主轴 180° ，再同样检验一次 A、B 的误差，分别计算，两次测量结果的代数和之半就是主轴线对刀架移动的平行度误差。要求水平面内的平行度允差只许向前偏，即检验棒前端偏向操作者；垂直平面内的平行度允差只许向上偏。

(8) 检验刀架移动在承平面内直线度时，将百分表固定在刀架上，使其测头顶在主轴和尾座顶尖间的检验棒侧母线上（图 8-1-8 位置 A），调整尾座，使百分表在检验棒两端的读数相等。然后移动刀架，在全行程上检验。百分表在全行程上读数的最大代数差值，就是水平面内的直线度误差：



A 一侧母线位置 B 一上母线位置

图 8-1-7 主轴轴线对刀架移动的平行度检验

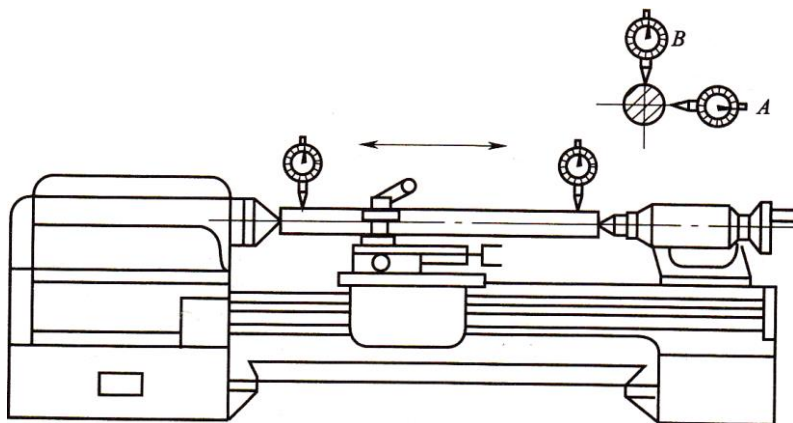


图 8-1-8 刀架移动在水平面内的直线度检验

(9) 在使用百分表和千分表的过程中,要严格防止水、油和灰尘渗入表内,测量杆上也不要加油,免得粘有灰尘的油污进入表内,影响表的灵活性。

(10) 百分表和千分表不使用时,应使测量杆处于自由状态,以免使表内的弹簧失效。如安装在内径百分表架上的百分表,不使用时,应拆下来保存。

5. 框式水平仪的使用方法

(1) 工作原理

当水平发生倾斜时,水准泡的气泡就向水平仪升高的一端移动。由于水准泡的内壁曲率半径不同,因此,产生了不同的分度值。

(2) 仪器用途

水平仪主要用于检验各种机床及其他类型设备导轨的直线度、平面度和设备安装的水平度、垂直度。

(3) 仪器规格

规格: 100 mm、150 mm、200 mm、250 mm、300 mm。

分度值: 0.02~0.10 mm/m。



图 8-1-9 框式水平仪

(4) 仪器结构

水平仪主要由主体、水准泡系统及调整机构等部分组成(见图 8-1-9)。主体用做测量基面，水准泡系统用做读数，调整机构用做调整水平仪零位。

(5) 使用方法

测量时使水平仪工作面紧贴在被测表面，待气泡完全静止后方可进行读数。

水平仪的分度值是以 1 m 为基长的倾斜值(以一端为基点，另一端点与水平位置的距离)，如需测量长度为 L 的实际倾斜值则可通过下式进行计算：

实际倾斜值=分度值 $\times L \times$ 偏差格数

为避免由于水平仪零位不准引起的测量误差，因此，在使用前必须对水平仪的零位进行校对或调整。

水平仪零位校对调整方法：将水平仪放在基础稳固、大致水平的平板(或机床导轨)上，待气泡稳定后，在一端如左端读数，且定为零。再将水平仪调转 180° ，仍放在平板原来的位置上，待气泡稳定后，仍在原来一端(左端)读数，若为 A 格则水平仪零位误差为 $A/2$ 格。如果零位误差超过许可范围，则需调整水平仪零位调整机构(水平仪零位调整须由专业人员调整螺钉或螺母，使零位误差减小至许可值以内。对于非规定调整的螺钉，螺母不得随意拧动。调整前水平仪工作面与平板必须擦拭干净。调整后螺钉或螺母等件必须紧固)。

(6) 注意事项

①水平仪使用前用无腐蚀性汽油将工作面上的防锈油洗净，并用脱脂棉纱擦拭干净方可使用。

②温度变化会使测量产生误差，使用时必须与热源和风源隔绝。如使用环境温度与保存环境温度不同，则需在使用环境中将水平仪置于平板上稳定 2h 后方可使用。

③测量时必须待气泡完全静止后方可读数。

④水平仪使用完毕，必须将工作面擦拭干净，并涂以无水、无酸的防锈油，覆盖防潮纸装入盒中置于清洁干燥处保管。

⑤水平仪在正确使用和保管的前提下，由于制造原因而产生的缺陷、故障，自出厂之日起半年内由生产厂家负责免费修理、退换，但产品必须结构完整，外表无损。

6. 精度检验前的准备工作

数控机床完成就位和安装后，在进行几何精度检验前，通常要在基础上先用水平仪进行安装水平的调整。机床的安装水平调平的目的是取得机床的静态稳定性，是机床的几何精度检验和工作精度检验的前提条件，但不作为交工验收的正式项目，即几何精度和工作精度检验合格，安装水平是否在允许范围不必进行校验。机床的安装水平的调平应该符合以下要求：

(1) 机床应以床身导轨作为安装水平的检验基础，并用水平仪和桥板或专用检具在床身导轨两端、接缝处和立柱连接处按导轨纵向和横向进行测量。

(2) 应将水平仪按床身的纵向和横向，放在工作台上或溜板上，并移动工作台或溜板在规定的位置进行测量。

(3) 应以机床的工作台或溜板为安装水平检验的基础，并用水平仪在机床纵向和横向放置，在工作台或溜板上进行测量，但工作台或溜板不应移动位置。

(4) 应以水平仪在床身导轨纵向等距离移动测量，并将水平仪读数依次排列在坐标纸上，画出垂直平面内直线度偏差曲线，其安装水平应以偏差曲线两端点连线的斜率作为该机床的纵向安装水平。横向应以横向水平仪的读数值计。

(5) 应以水平仪在设备技术文件规定的位置上进行测量

7. 几何精度检验项目及检验方法

检验项目主要有：床身纵向导轨在垂直平面内的直线度、床身导轨的平行度、坐标轴移动在主平面内的直线度、主轴轴线(对溜板移动)的平行度和刀架横向移动对主轴轴线的垂直度。其余检验项目用户可根据自己的需要，有侧重的进行检验。

(1) 纵向与横向导轨精度验收

①床身纵向导轨在垂直平面内的直线度

检验工具：精密水平仪

检验方法：如图 8-1-10 所示，在溜板上靠近前导轨处，纵向放置一水平仪，等距离(近似等于规定局部误差的测量长度)移动溜板，在全部测量长度上检验，将水平仪的读数依次排列，画出导轨直线误差曲线，曲线相对其两端点连线的最大坐标差值即为导轨全长的直线度误差，曲线上任意局部测量长度的两的直线度检测示意图端相对曲线两端点连线的坐标差

值，即为导轨的局部误差。

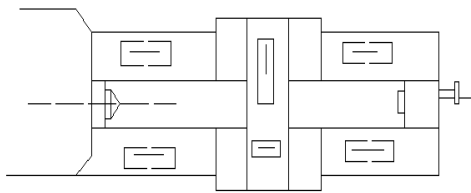


图 8-1-10 床身纵向导轨在垂直平面内

②横向：床身导轨的平行度

检验工具：精密水平仪

检验方法：如图 8-1-11 所示，将水平仪沿横向放置在溜板上，等距离移动溜板进行检验，记录水平仪读数，水平仪读数的最大代数差值即为床身导轨的平行度误差。

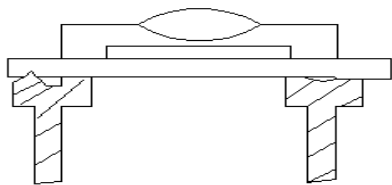
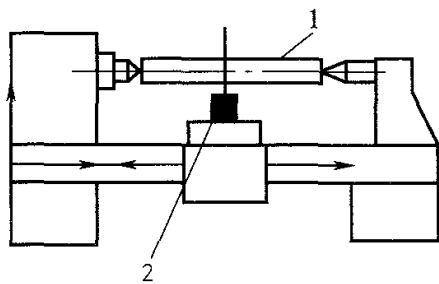


图 8-1-11 床身导轨两工作面之间的平行度检测示意图

(2) 坐标轴移动在主平面内的直线度验收

检验工具：百分表、检验棒、平尺

检验方法：如图 8-1-12 所示，将百分表固定在溜板上，使其测头触及主轴和尾座顶尖的检验棒表面上，调整尾座，使百分表在检验棒两端的读数相等。移动溜板在全部行程上检验，百分表读数的最大代数差值即为直线度误差(尽可能在两项尖问轴线和刀尖所确定的平面内检验)。



1-检验棒 2-带表座百分表

图 8-1-12 坐标轴移动在主平面内的直线度检测示意图

(3) 尾座移动对溜板移动的平行度验收

检验工具：百分表

检验方法：如图 8-1-13 所示，将百分表固定在溜板上，使其测头分别触及近尾座端的套筒表面，垂直平面内尾座移动对溜板移动的平行度是垂直平面内的误差。水平面内尾座移

动对溜板移动的平行度是水平面内的误差。

将尾座套筒伸出后，接正常工作状态锁紧，同时使尾座尽可能的靠近溜板，把安装在溜板上的第二个百分表相对于座套筒的端面调整为零；溜板移动时也要手动移动尾座直至第二个百分表的读数为零，使尾座与溜板相对距离保持不变。按此法使溜板和尾座全行程移动，只要第二个百分表的读数始终为零，则第一个百分表相应指示出平行度误差。或沿行程在每隔 300mm 处记录第一个百分表读数，百分表读数的最大差值即为平行度误差。第一个百分表分别在图中 a、b 位置测量，误差单独计算，百分表在任意 500mm 行程上和全行程上的最大差值就是局部长度和全长上的平行度误差。

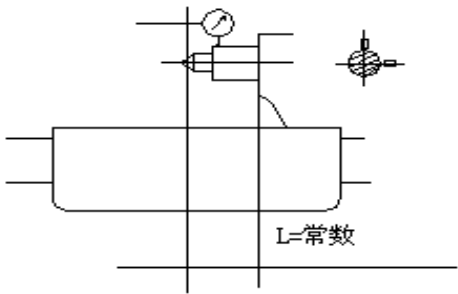


图 8-1-13 尾座移动对溜板移动的平行度检测示意图

（4）主轴端部的跳动验收

检验工具：百分表、专用装置

检验方法：如图 8-1-14 所示，用专用装置在主轴线上加力 F (F 的值为消除轴向间隙的最小值，100 N)，把百分表安装在机床固定部件上，然后使百分表测头沿主轴轴线分别触及专用装置的钢球和主轴轴肩支撑面。a，固定在主轴端部的检验棒中心孔内的钢球上；b，固定在主轴轴肩支撑面上。低速旋转主轴，百分表读数最大差值即为主轴的轴向窜动误差和主轴轴肩支撑面的跳动误差。

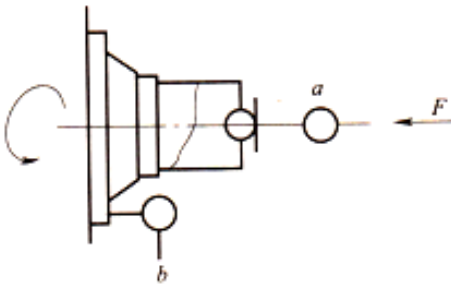


图 8-1-14 主轴端部的跳动检测示意图

（5）主轴定位孔的径向圆跳动验收(只适用于主轴有定位孔的机床)

检验工具：百分表

检验方法：如图 8-1-15 所示，固定百分表，使其测头触及主轴定位孔表面。旋转主轴检验。误差以百分表读数的最大差值计。

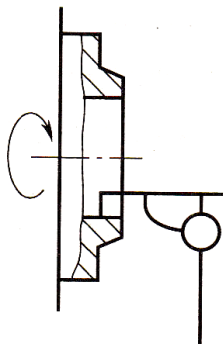


图 8-1-15 主轴定位孔的径向圆跳动检测示意图

(6) 主轴定心轴颈的径向跳动验收

检验工具：百分表。

检验方法：如图 8-1-16 所示，把百分表安装在机床固定部件上，使百分表测头垂直于主轴定心轴颈并触及主轴定心轴颈，沿主轴轴线施加 F ($F=100\text{ N}$)；旋转主轴，百分表读数最大差值即为主轴定心轴颈的径向圆跳动误差。

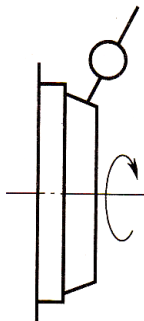


图 8-1-16 主轴定心轴颈的径向圆跳动检测示意图

(7) 主轴锥孔轴线的径向圆跳动验收

检验工具：百分表、检验棒。

检验方法：如图 8-1-17 所示，将检验棒插在主轴锥孔内，把百分表安装在机床固定部件上，使百分表测头垂直触及被测表面，旋转主轴，记录百分表的最大读数差值，在 a、b 处分别测量，a 靠近主轴端面，b 距 a 点 300 mm。标记检验棒与主轴的圆周方向的相对位置，取下检验棒，同向分别旋转检验棒 90° 、 180° 、 270° 后重新插入主轴锥孔，在每个位置分别检测。取 4 次检测的平均值即为主轴锥孔轴线的径向圆跳动误差。

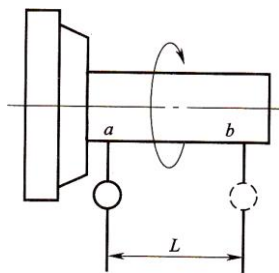


图 8-1-17 主轴锥孔轴线的径向圆跳动检测示意图

(8) 主轴轴线(对溜板移动)的平行度验收

检验工具：百分表、检验棒。

检验方法：如图 8-1-18 所示，将检验棒插在主轴锥孔内，把百分表安装在溜板(或刀架)上，然后：

①使百分表测头在垂直平面内垂直触及被测表面(检验棒)，移动溜板，记录百分表的最大读数差值及方向；旋转主轴 180° ，重复测量一次，取两次读数的算术平均值作为在垂直平面内主轴轴线对溜板移动的平行度误差。

②使百分表测头在承平平面内垂直触及被测表面(检验棒)，按上述①的方法重复测量一次，即得水平平面内主轴轴线对溜板移动的平行度误差，误差以百分表两次读数的代数和之半计。

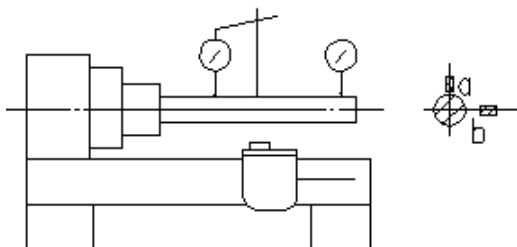


图 8-1-18 主轴轴线的平行度检测示意图

(9) 主轴顶尖的跳动验收

检验工具：百分表和专用顶尖

检验方法：如图 8-1-19 所示，将专用顶尖插入主轴锥孔内，把百分表安装在机床固定部件上，使百分表测头垂直触及顶尖锥面上，沿主轴轴线施加力 F ($F=100\text{ N}$)，旋转主轴检验，误差以百分表读数除以 $\cos\alpha$ (α 为锥体半角)。

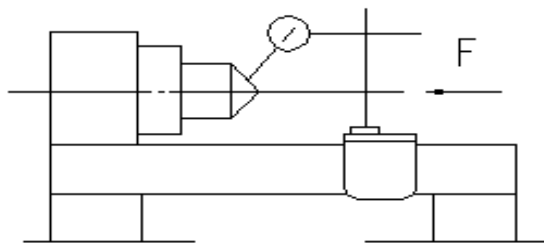


图 8-1-19 主轴顶尖的跳动检测示意图

(10) 尾座套筒轴线对溜板移动的平行度验收

检验工具：百分表

检验方法：如图 8-1-20 所示，将尾座套筒伸出有效长度(最大工作长度的一半)后，按正常工作状态锁紧。百分表安装在溜板(或刀架)上，然后：

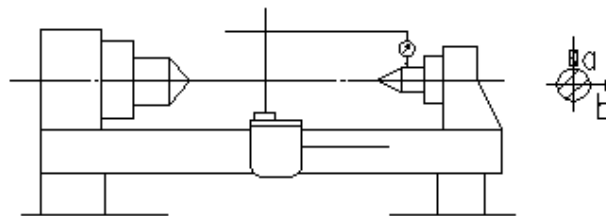


图 8-1-20 尾座套筒轴线对溜板移动的平行度检测示意图

①使百分表测头在垂直平面内垂直触及被测表面(尾座套筒)，移动溜板，记录百分表的最大读数差值及方向，即得在垂直平面内尾座套筒轴线对溜板移动的平行度误差。

②使百分表测头在水平平面内垂直触及被测表面(尾座套筒)，按上述①的方法重复测量一次，即得在水平平面内尾座套筒轴线对溜板移动的平行度误差。a 在垂直平面内，b 在水平平面内，a、b 误差分别计算，误差以百分表读数最大值计。

(11) 尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度验收

检验工具：百分表、检验棒。

检验方法：如图 8-1-21 所示，尾座套筒伸出并按正常工作状态锁紧。将检验棒插在尾座套筒锥孔内，百分表安装在溜板(或刀架)上，然后：

①把百分表测头在垂直平面内垂直触及被测表面(尾座套筒)，移动溜板，记录百分表的最大读数差值及方向；取下检验棒，旋转检验棒 180° 后重新插入尾座套孔，重复测量一次，取两次读数的算术平均值作为在垂直平面内尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度误差。

②把百分表测头在水平平面内垂直触及被测表面，按上述①的方法重复测量一次，即得在水平平面内尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度误差。a、b 误差分别计算，误差以百

分表两次测量结果的代数和之半计。

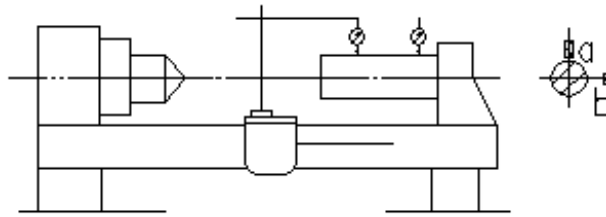


图 8-1-21 尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度检测示意图

(12) 床头主轴和尾座两顶尖的等高度验收

检验工具：百分表、检验棒

检验方法：如图 8-1-22 所示，将检验棒装在主轴和尾座两顶尖上，把百分表固定在溜板(或刀架)上，使百分表测头在垂直平面内垂直触及被测表面(检验棒)，然后移动溜板至行程两端极限位置上检验，移动小拖板(x 轴)，记录百分表在行程两端的最大读数值的差值，即为床头主轴和尾座两顶尖的等高度(测量时注意方向)。

当车床两顶尖距离 $D_c < 500 \text{ mm}$ 时，尾座应紧固在床身导轨的末端；当 $D_c > 500 \text{ mm}$ 时，尾座应紧固在 $D_c / 2$ 处。检验时，尾座套筒应退入尾座腔内，并锁紧。

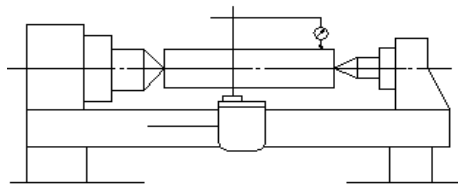


图 8-1-22 床头主轴和尾座两顶尖的等高度检测示意图

(13) 刀架横向移动对主轴轴线的垂直度验收

检验工具：百分表、平圆盘、平尺

检验方法：如图 8-1-23 所示，将平圆盘(平圆盘直径为 300 mm)安装在主轴锥孔内，百分表安装在横滑板上，使百分表测头在水平平面内垂直触及被测表面(平圆盘)，再沿 x 轴向移动刀架，记录百分表的最大读数差值及方向；将圆盘旋转 180° ，重新测量一次，取两次读数的算术平均值作为刀架横向移动对主轴轴线的垂直度误差。

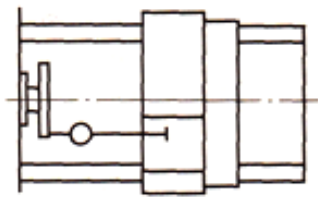


图 8-1-23 刀架横向移动对主轴轴线的垂直度

8. 几何精度检测注意事项

(1) 检测中应注意某些几何精度要求是互相牵连和影响的

如主轴轴线与尾座轴线同轴度误差较大时,可以通过适当调整车床床身的地脚垫铁来减少误差,但这一调整同样又会引起导轨平行度误差的改变。因此,数控车床的各项几何精度检测应在一次检测中完成,否则会造成顾此失彼的现象。

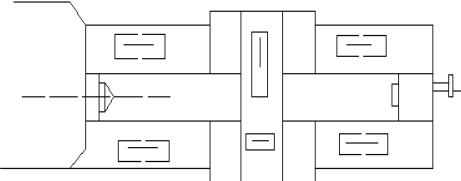
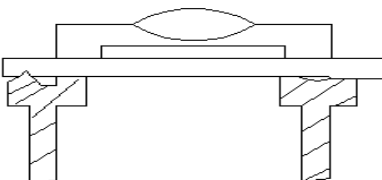
(2) 检测中还应注意消除检测工具和检测方法造成的误差

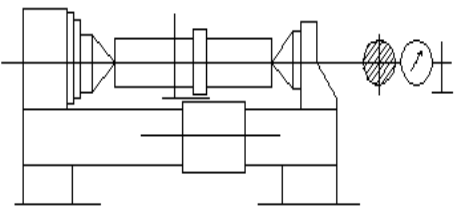
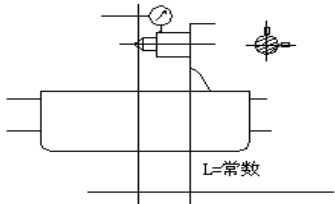
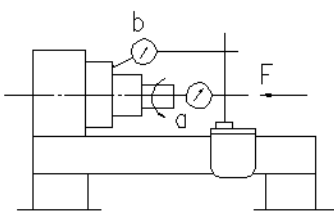
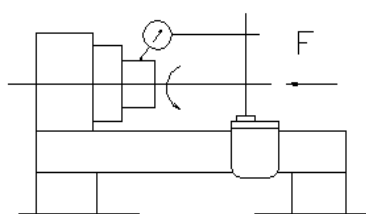
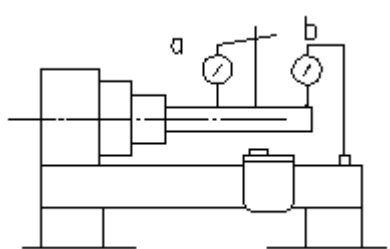
如检测车床主轴回转精度时,检验棒自身的振摆、弯曲等造成的误差;在表架上安装千分表和测微仪时,由于表架的刚度不足而造成的误差;在卧式车床上使用回转测微仪时,由于重力影响,造成测头抬头位置 and 低头位置的测量数据误差等。

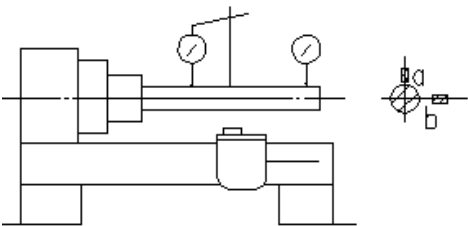
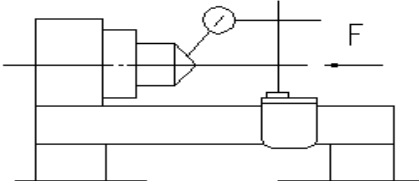
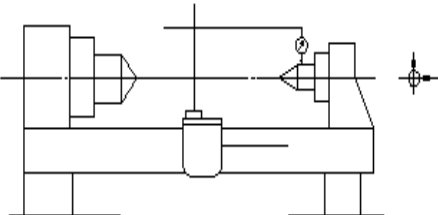
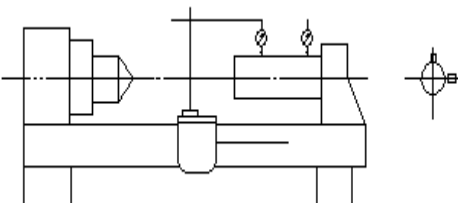
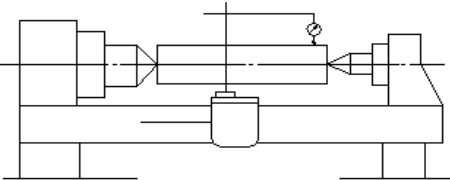
【任务实施】

完成数控车床几何精度检验,并整理记录实验数据,填写表 8-1-2。

表 8-1-2 数控车床几何精度检测记录表

序号	检测内容		检测方法	允许误差/mm	实测误差
1	床身导轨调水平	纵向 导轨在垂直平面内的直线度		0.020 (凸) 局部公差:在任意 250 长度上测量为 0.075	
		横向 导轨的平行度		0.04/1000	

2	溜板移动在水平面内的直线度		0.02	
3	尾座移动对溜板移动的平行度: a: 在垂直平面内 b: 在水平面内		0.03 局部公差: 在任意 500 测量长度上为 0.02	
4	主轴 a: 主轴的轴向窜动 b: 主轴轴肩支承面的跳动		a: 0.01 b: 0.02 (包括轴向窜动)	
5	主轴定心轴颈的径向跳动		0.01	
6	主轴锥孔轴线的径向跳动 a: 靠近主轴端面 b: 距离主轴端面 300mm 处		a: 0.01 b: 0.02	

7	主轴轴线对溜板移动的平行度 a:在垂直平面内 b:在水平内(测量长度为 200mm)		a:在 300 测量长为 0.02(只许向上偏) b:0.015(只许向上偏)	
8	顶尖的跳动		0.015	
9	尾座 尾座套筒轴线对溜板移动的平行度 a:在垂直平面内 b:在水平面内		a:在 100 测量长度上为 0.015(只许向上偏) b:在 100 测量长度为 0.01(只许向前偏)	
10	尾座套筒锥孔轴线对溜板移动的平行度 a:在垂直平面内 b:在水平面内(测量长度为 200mm)		a:在 300 测量长度上为 0.03(只许向上偏) b:0.03(只许向前偏)	
11	两顶针 主轴和尾座两顶尖的等高		0.02(只许尾座高)	

【任务拓展】

某工厂有一台数控铣床，配备 FANUC 0i MD 数控系统，根据该机床使用说明书和出厂合格证书，对该机床进行几何精度的检测验收。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 几何精度
2. 径向跳动
3. 轴向窜动

二、选择题

1. 车床主轴轴线有轴向窜动时，对车削（ ）精度影响大。
A. 外圆表面 B. 丝杠螺距
C. 内孔表面 D. 锥面
2. 用水平仪检验机床导轨直线度误差时，若把水平仪放在导轨右端，气泡向左偏2格；若把水平仪放在导轨左端，气泡向右偏2格，则此导轨是（ ）。
A. 直的 B. 中间凹的 C. 中间凸的 D. 向右倾斜
3. 卧式数控车床的主轴轴线高度与尾座中心高度之间的关系是（ ）。
A. 主轴轴心高于尾座中心 B. 尾座中心高于主轴中心
C. 只要在误差范围内即可 D. 无要求
4. 使用百分表（或千分表）检验机床精度时，下列说法错误的是（ ）。
A. 千分表适用于尺寸精度为 IT6~IT8级零件的校正和检验。
B. 百分表和千分表按其制造精度，可分为0级、1级、2级三种，0级精度最高。
C. 使用前，应检查测量杆活动的灵活性。
D. 用夹持百分表的套筒来固定百分表时，夹紧力不要过大，以免因套筒变形而使测量杆活动不灵活。
5. 数控机床几何精度检查前首先应该进行（ ）。
A. 连续空运行试验 B. 安装水平的检查与调整
C. 数控系统功能试验 D. 无要求

任务 2 数控机床位置精度检验

【任务目标】

- 1. 掌握位置精度检验常用工量具的使用方法；
- 2. 掌握数控车床位置精度的检验方法；
- 3. 能正确使用位置精度检验的各种工量具；
- 4. 能够根据技术要求完成数控车床位置精度的检验。

【任务描述】

某工厂有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，现要求根据该机床使用说明书和出厂合格证书，对该机床的位置精度进行检测验收。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的精度检测与验收工作，需要配备以下资料：

- 1. 该数控车床的使用说明书；
- 2. 该数控车床的出厂合格证书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的精度检测与验收工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 8-2-1。

表 8-2-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	激光干涉仪	±0.5ppm (0-40 摄氏度)	套	1
	步距规	1 级 450mm	个	1
	杠杆式百分表	0-0.8mm	个	1
	磁力表座	150	个	1

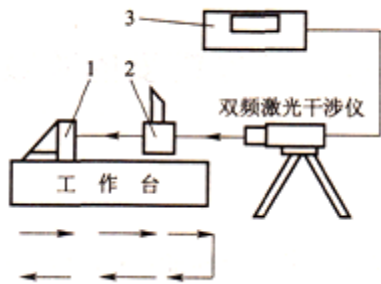
三、知识准备

数控设备的位置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（运动精度）。根据一台数控车床实测的定位精度数值，可以判断出加工工件在该车床上所能达到的最高加工精度。

位置精度主要检测内容有：直线运动定位精度，直线运动重复定位精度，直线运动轴机械原点返回精度，直线运动矢动量的测定。

- 1. 位置精度概述
 - (1) 直线运动定位精度

按标准规定，对数控机床的直线运动定位精度的检验应以激光检测为准，如图 8-2-1 所示。条件不具备时，也可用标准长度刻线尺配以光学显微镜进行比较测量，如图 8-2-2 所示，这种方法的检测精度与检测技巧有关，一般可控制在 $(0.004 \sim 0.005) \text{ mm}/1000 \text{ mm}$ 。而激光检测的测量精度可比标准长度刻线尺检测精度高一倍。



1-反光镜 2-分光镜 3-数显记录仪
图 8-2-1 激光检测

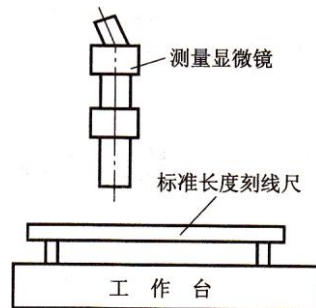


图 8-2-2 标准长度刻线尺比较检测

为反映多次定位的全部误差。ISO 标准规定每一个定位点按 5 次测量数据计算出平均值和离散差 $\pm 3\sigma$ ，画出其定位精度曲线。测定的定位精度曲线还与环境温度和轴的工作状态有关，如数控机床丝杠的热伸长为 $(0.01 \sim 0.02) \text{ mm}/1000 \text{ mm}$ ，而经济型的数控机床一般不能补偿滚珠丝杠热伸长，故有些数控机床采用预拉伸丝杠的方法来减少其影响。

（2）直线运动重复定位精度

该精度是反映坐标轴运动稳定性的基本指标，而车床运动稳定性决定着加工零件质量的稳定性和误差的一致性。

一般检测方法是在靠近各坐标行程的中点及两端的任意三个位置进行测量，每个位置用快速移动定位。在相同的条件下重复做 7 次定位，测出定位点的坐标值，并求出读数的最大差值。以三个位置中最大差值的二分之一，取 $\pm$ 号后，作为该坐标的重复定位精度。

（3）直线运动轴机械原点的返回精度

数控机床每个坐标轴都有精确的定位起点，即坐标轴的原点或参考点，它与程序编制中使用的工件坐标系、夹具安装基准有直接关系。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）直线运动矢动量

坐标轴直线运动矢动量又称为直线运动反向误差，是进给轴传动链上驱动元件的反向死区以及机械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，定位精度和重复

定位精度就越差，如果矢动量在全行程上分布均匀，可通过数控系统的反向间隙补偿功能予以补偿。

2. 精度检测

定位精度和重复定位精度的测量仪器可以用激光干涉仪、线纹尺、步距规。其中用步距规测量定位精度因其操作简单而在批量生产中被广泛采用。

（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，当不具备激光检测仪的条件时，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，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。

3. 利用激光干涉仪进行位置精度测量

- (1) 首先要对整个机床的水平进行调平，然后启动机床进行15分钟的空运转，接下来让X 轴、Y 轴、Z 轴三轴回零。
- (2) 完成激光干涉仪的安装与布置。
- (3) 开启激光干涉仪的激光电源，使激光预热大约15~20分钟，等激光指示灯出现绿色后，表明激光已稳定。
- (4) 进行光学镜的安装。
- (5) 进行激光器、干涉镜及反射镜的调整

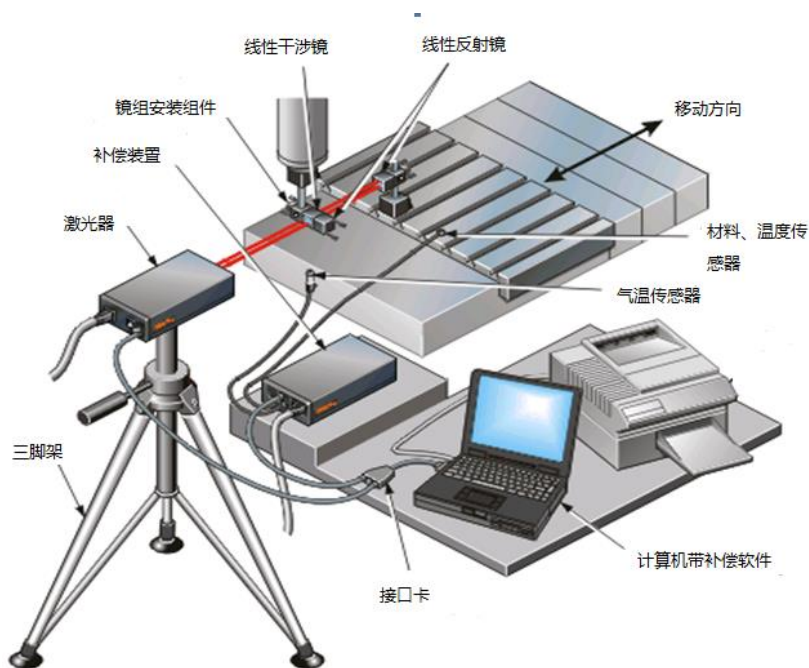


图 8-2-3 激光干涉仪安装连接示意图

- (6) 根据测量要求，设定目标值，目标值的设定应尽可能覆盖整个行程范围。

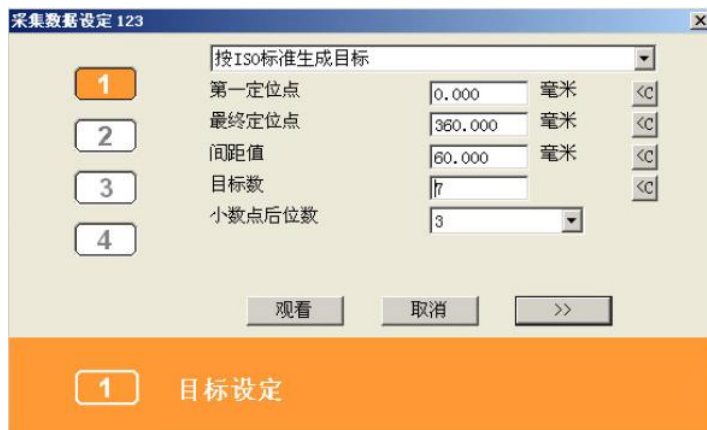


图8-2-4 采集数据设定

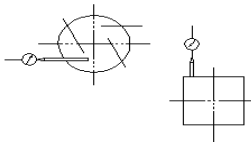
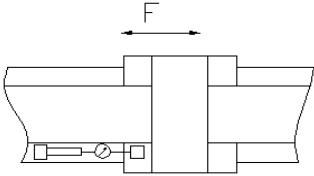
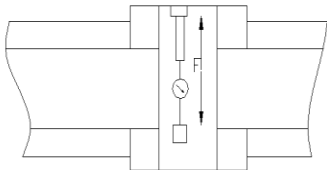
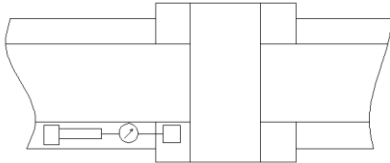
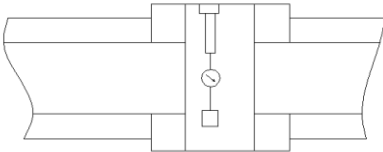
- (7) 按目标值设定要求编制数控测量程序，进行数据采集

(8) 数据分析

【任务实施】

完成数控车床位置精度检验，并整理记录实验数据，填写表 8-2-2。

表 8-2-2 数控车床位置精度检验记录表

序号	检测内容		检测方法	允许误差 /mm	实测误差
1	刀架回转的重复定位精度			0.01	
2	重复定位精度	Z 轴		0.015	
		X 轴		0.01	
3	定位精度	Z 轴		0.045	
		X 轴		0.04	

【任务拓展】

某工厂有一台数控铣床，配备 FANUC 0i MD 数控系统，根据该机床使用说明书和出厂合格证书，对该机床进行位置精度的检测验收。

【知识巩固】

一、名词解释

1. 位置精度
2. 定位精度
3. 重复定位精度
4. 矢动量

二、选择题

1. 数控机床的直线定位精度是在（ ）条件下测量的。
A. 低温不加电 B. 空载
C. 满载空转 D. 高温满载
2. 数控机床位置精度的主要指标是（ ）。
A. 分辨率和脉冲当量 B. 主轴回转精度
C. 定位精度和重复定位精度 D. 平行度和垂直度
3. （ ）是指数控机床工作台等移动部件在确定的终点所达到的实际位置精度。
A. 定位精度 B. 重复定位精度
C. 加工精度 D. 分度精度
4. 工作台定位精度测量时应使用（ ）。
A. 激光干涉仪 B. 百分表
C. 千分尺 D. 游标卡尺
5. 机床定位精度检测的环境温度应该在（ ）之间。
A. 5-35℃ B. 15-45℃
C. 15-25℃ D. 无要求

任务3 数控机床切削精度检验

【任务目标】

- 1. 掌握数控车床切削精度的检验内容；
- 2. 掌握数控车床切削精度的检验方法；
- 3. 能正确使用切削精度检验的各种工量具；
- 4. 能够根据技术要求完成数控车床切削精度的检验。

【任务描述】

某工厂有一台数控车床，配备 FANUC 0i TD 数控系统，现要求根据该机床使用说明书和出厂合格证书，对该机床的切削精度进行检测验收。

【资讯计划】

一、资料准备

要完成本任务中的精度检测与验收工作，需要配备以下资料：

- 1. 该数控车床的使用说明书；
- 2. 该数控车床的出厂合格证书。

二、工具、材料准备

要完成本任务中的精度检测与验收工作，需要配备以下工具和材料，具体见表 8-3-1。

表 8-3-1 工具和材料清单

清单	名称	规格	单位	数量
工具	刀具	根据实际情况	套	1
	各类量具		套	1
	试件	车削试件	个	1

三、知识准备

1. 数控机床切削精度概述

数控机床切削精度检验又称动态精度检验，是在切削加工条件下，对机床几何精度和定位精度的一项综合考核。切削精度受机床几何精度、刚度、温度等影响，不同类型机床检验的方法不同。进行切削精度检查的加工，可以是单项加工，也可以综合加工一个标准试件。现多以单项加工为主。

2. 数控车床单项加工精度检验

一般数控车床是对一个综合试件的加工质量进行切削精度评价，机床质量好坏的最终考

核标准还是看该机床加工零件的质量如何。在切削试件时，可参照 JB 2670_82 中规定的有关条文进行，或按机床所附有关技术资料规定的具体条件进行。对于数控卧式车床，单项加工精度有外圆车削、端面车削和螺纹切削。

（1）外圆车削

精车钢件试件的三段外圆，车削后，检验外圆的圆度及直径的一致性。

①外圆检验：误差为试件近主轴端的一段外圆上，同一横剖面内最大与最小半径差。

②直径一致性。误差为通过中心的同一纵向剖面内，三段外圆的最大直径差。外圆车削试件如图 8-3-1 所示。

试件材料为 45 号钢，切削速度 100~150 m/min，背吃刀量 0.1~0.15 mm，进给速度小于或等于 0.1 mm/r，刀片材料为 YW3 涂层刀具。试件长度取床身上最大车削直径的 1/2，或最大车削长度的 1/3，最长为 500mm，直径大于或等于长度的 1/4。精车后圆度小于 0.007mm，直径的一致性在 200 mm 测量长度上小于 0.03mm（机床加工直径小于或等于 800mm 时）。

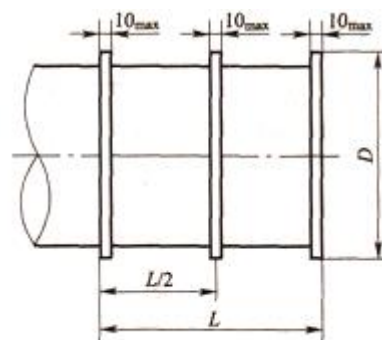


图 8-3-1 外圆车削试件

（2）端面车削

精车铸铁盘形试件端面，车削后检验端面的平面度。精车端面的试件如图 8-3-2 所示。试件材料为灰铸铁，切削速度 100 m/min，背吃刀量 0.1~0.15mm，进给速度小于或等于 0.1mm/r，刀片材料为 YW3 涂层刀具，试件外圆直径最小为最大加工直径的 1/2。精车后检验其平面度，200mm 直径上为 0.02mm，只允许凹。

（3）螺纹切削

用 60° 螺纹车刀，精车 45 号钢类试件的外圆柱螺纹。车削时，允许使用顶尖。精车螺纹的试件如图 8-3-3 所示。

螺纹长度要大于或等于 2 倍工件直径，但不得小于 75mm，一般取 80 mm。螺纹直径接近 z 轴丝杠的直径，螺距不超过 2 轴丝杠螺距之半，可以使用顶尖。精车 60° 螺纹后，在任意 60mm 测量长度上螺距累积误差的允差为 0.02 mm。

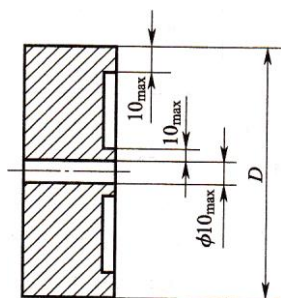


图 8-3-2 端面车削试件

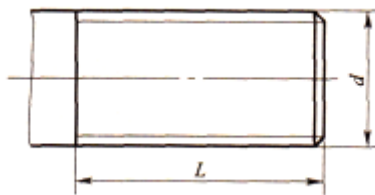


图 8-3-3 螺纹切削试件

3. 数控车床综合切削精度检测

综合车削试件如图 8-3-4 所示。材料为 45 号钢，有轴类和盘类零件，加工对象为台阶圆锥、凸球、凹球、倒角及割槽等内容，检验项目有圆度、直径尺寸精度及长度尺寸精度等。

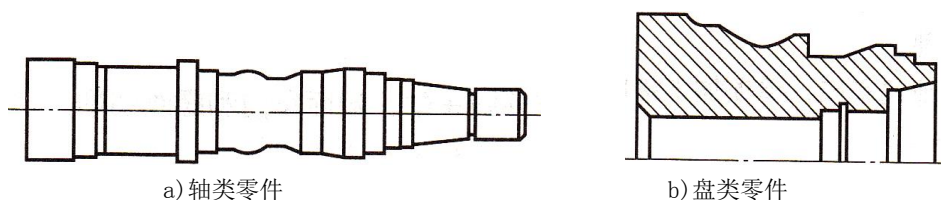


图 8-3-4 综合车削试件

4. 数控铣床切削精度检测

对于立式数控铣床和加工中心，进行切削精度检测时，可以是单项加工，也可以综合加工一个标准试件。单项加工时，主要检测的单项精度有：

- ①镗孔精度；
- ②端面铣刀铣削平面的精度(X-Y 平面)；
- ③镗孔的孔距精度和孔径分散度；
- ④直线铣削精度；
- ⑤斜线铣削精度；
- ⑥同弧铣削精度；

对于卧式机床，还需要检测箱体掉头镗孔同心度和水平转台回转 90° 铣四方加工精度。

对于有特殊的高效机床，还要做单位时间内金属切削量的试验等；切削加工试验材料除特殊要求之外，一般都用 1 级铸铁，使用硬质合金刀具，按标准的切削用量切削。

也可以综合加工一个标准试件来评定机床的切削精度，标准试件如图 8-3-5 所示。

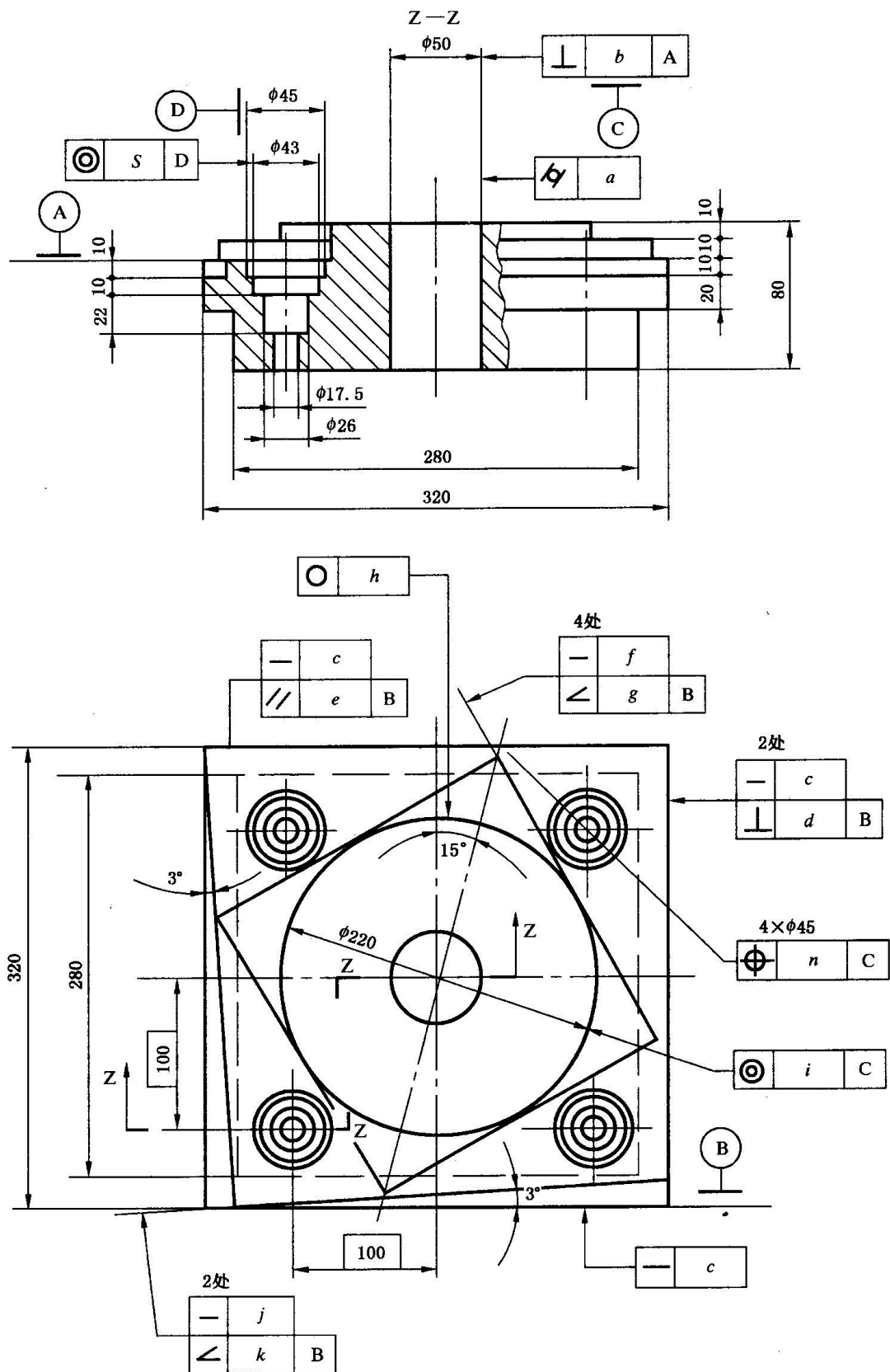
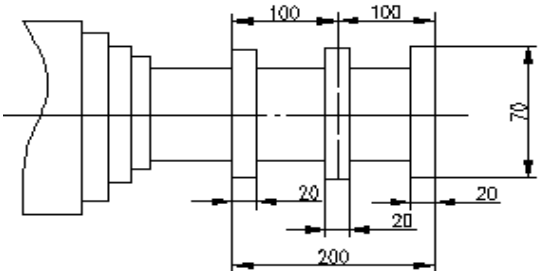


图 8-3-5 综合铣削试件

【任务实施】

进行数控车床切削精度检验，并整理记录实验数据，填写表 8-3-2。

表 8-3-2 数控车床切削精度检验记录表

序号	检测内容	检测方法	允许误差 /mm	实测误差
P1	精车外圆的精度 a:圆度 b:在纵截面内直径一致性		a:0.005 b:在 200 测量长度 上为 0.03	

【任务拓展】

某工厂有一台数控铣床，配备 FANUC 0i MD 数控系统，根据该机床使用说明书和出厂合格证书，对该机床进行切削精度的检测验收。

【知识巩固】

一、名词解释

- 1. 切削精度
- 2. 单项加工精度
- 3. 综合切削精度

二、选择题

- 1. 下列不属于数控车床单项加工精度的是（ ）。
 - A. 外圆车削
 - B. 端面车削
 - C. 螺纹车削
 - D. 抛物线车削
- 2. 对于立式车床，需要检验的单项加工精度不包括（ ）。
 - A. 镗孔精度
 - B. 端面铣刀铣削平面的精度(X-Y 平面)
 - C. 直线铣削精度
 - D. 箱体掉头镗孔同心度
- 3. 数控机床切削精度检验（ ），对机床几何精度和定位精度的一项综合检验。
 - A. 又称静态精度检验，是在切削加工条件下
 - B. 又称动态精度检验，是在空载条件下
 - C. 又称动态精度检验，是在切削加工条件下
 - D. 又称静态精度检验，是在空载条件下
- 4. （ ）不属于切削精度检验。

- A. 镗孔精度
- B. 直线运动原点复归位精度
- C. 直线铣削精度
- D. 斜线铣削精度

5. 机床切削精度检验中的圆弧铣削精度检测, 出现()是由于两坐标实际的系统误差

- A. 两半圆上下错位的图形
- B. 两半圆左右错位的图形
- C. 锯齿形条纹
- D. 斜椭圆

相关专业英语词汇

workplace—车间
pre-acceptance—预验收
final acceptance—最终验收
packing list—装箱单
vibration—振动
warning—警告
chuck—卡盘
interference—干涉
positioning accuracy—定位精度
cutting accuracy—切削精度
precision acceptance—精度验收
dynamic error—动态误差
maintenance—维护

附录

附录 1：《数控机床装调维修工》职业标准

1. 职业概况

1.1 职业名称

数控机床装调维修工。

1.2 职业定义

使用相关工具、工装、仪器，对数控机床进行装配、调试和维修的人员。

1.3 职业等级：

高级（国家职业资格三级）。

1.4 职业环境

常温、室内。

1.5 职业能力特征

具有较强的学习、理解、表达、计算能力；具有较强的空间感、形体知觉、听觉和色觉，具备手指、手臂灵活和形体动作协调性；具有独立作业和多人共同作业，协调配合能力。

1.6 基本文化程度：

高中毕业或同等学历。

1.7 鉴定要求

1.7.1 适用对象

从事或准备从事本职业的人员。

1.7.2 申报条件

——凡申报本专业的人员必须具有电工上岗资格。

（1）取得本职业中级职业资格证书后，连续从事本职业工作 3 年以上，经本职业高级正规培训达规定标准学时数，并取得结业证书。

（2）取得本职业中级职业资格证书后，连续从事本职业工作 5 年以上。

（3）取得高级技工学校或经劳动保障行政部门审核认定的，以高级技能为培养目标的高等职业学校本职业（专业）毕业证书。

（4）取得本职业中级职业资格证书的大专以上本专业或相关专业的毕业生，连续从事本职业工作 2 年以上。

1.7.3 鉴定方式

分为理论知识考试和技能操作考核两部分。理论知识考试采用闭卷笔试方式，技能操作考核采用实际操作方式。理论知识考试和操作技能考核成绩均实行百分制，成绩皆达到 60 分及以上者为合格。

1.7.4 鉴定时间

理论知识考试不少于 120 分钟；技能操作考核时间为：不少于 240 分钟。

2. 基本要求

2.1 职业道德

2.1.1 职业道德基本知识

2.1.2 职业守则

- (1) 遵守法律、法规和有关规定
- (2) 爱岗敬业、具有高度的责任心
- (3) 严格执行工作程序、工作规范、工艺文件和安全操作规程
- (4) 工作认真负责，团结合作
- (5) 爱护设备及工、夹、刀、量具
- (6) 着装整洁，符合规定；保持工作环境清洁有序，文明生产

2.2 基础知识

2.2.1 基础理论知识

- (1) 机械识图知识
- (2) 电气识图知识
- (3) 公差配合与形位公差
- (4) 金属材料及热处理基础知识
- (5) 机床电气基础知识
- (6) 金属切削刀具基础知识
- (7) 液压与气动基础知识
- (8) 测量与误差分析基础知识
- (9) 计算机基础知识

2.2.2 机械装调基础知识

- (1) 钳工操作基础知识
- (2) 数控机床机械结构基础知识
- (3) 数控机床机械装配工艺基础知识
- (4) 数控机床操作与编程基础知识

2.2.3 电气装调基础知识

- (1) 电工操作基础知识
- (2) 数控机床电气结构基础知识
- (3) 数控机床电气装配工艺基础知识
- (4) 数控机床操作与编程基础知识

2.2.4 维修基础知识

- (1) 数控机床精度与检测基础知识
- (2) 数控机床故障与诊断基础知识

2.2.5 安全文明生产与环境保护知识

- (1) 现场安全文明生产要求
- (2) 安全操作与劳动保护知识
- (3) 环境保护知识

2.2.6 质量管理知识

- (1) 企业的质量目标
- (2) 岗位的质量要求
- (3) 岗位的质量保证措施与责任

2.2.7 相关法律、法规知识

- (1) 中华人民共和国劳动法的相关知识
- (2) 中华人民共和国合同法的相关知识

3. 工作要求

职业功能	工作内容	技能要求	相关知识
一、 数控 机床 机械 装调	(一) 机械功能部件装配和机床总装	1. 能读懂机床总装配图或部件装配图 2. 能绘制联接件装配图 3. 能根据整机装配调试要求准备工具、工装 4. 能完成二种以上机械功能部件（主轴箱、进给系统、换刀装置、辅助设备）的装配或一种以上型号的机床总装 5. 能进行数控机床几何精度、工作精度的检测和调整 6. 能看懂三坐标测量报告、激光检测报告，并进行一般误差分析和调整(如垂直度、平行度、同轴度、位置度等)	1. 数控机床总装配图或部件装配图识图知识 2. 联接件装配图的画法 3. 整机装配、调试、检修所用工具、工装原理知识及使用方法 4. 数控机床液压与气动工作原理 5. 数控机床精度检验方法 6. 阅读三坐标测量报告、激光检测报告的方法 7. 一般误差分析和调整的方法
	(二) 机械功能部件及整机调整	1. 能读懂数控机床电气原理图，电气接线图 2. 机床通电试车时，能完成机床数控系统初始化后的资料输入 3. 能进行系统操作面板、机床操作面板上的功能调整 4. 能进行数控机床试车（如空运转） 5. 能进行二种型号以上数控系统的操作 6. 能进行二种型号以上数控系统的加工编程 7. 能根据零件加工工艺要求准备刀具、夹具 8. 能完成试车工件的加工 9. 能使用通用量具对所加工工件进行检测，并进行误差分析和调整	1. 数控机床电气原理图，电气接线图识图知识 2. 电气元件标注及画法 3. 数控系统通讯方式 4. 数控机床参数基本知识 5. 数控系统的使用说明书 6. 试车工艺规程 7. 刀具的几何角度、功能及刀具材料的切削性能的知识 8. 零件加工中夹具的使用方法 9. 零件加工切削参数的选择 10. 数控机床加工工艺知识 11. 加工工件测量与误差分析方法

二、 数控 机床 机械 维修	(一) 整机维修	1. 能读懂机床总装配图或部件装配图 2. 能读懂所维修的数控机床电气原理图, 电气接线图 3. 能读懂所维修的机床液压与气动原理图 4. 能判断机械、电气、液压(气动)的常见故障 5. 能排除所维修的数控机床涉及到的全部机械故障 6. 能排除所维修的数控机床强电方面的故障	1. 数控机床总装配图或部件装配图识图知识 2. 数控机床电气原理图, 电气接线图识图知识 3. 电气元件标注及画法 4. 液压与气动原理图 5. 数控机床机械故障诊断与排除的知识 6. 数控机床强电故障排除知识
	(二) 整机调整	1. 能完成机床数控系统初始化后的资料输入 2. 能进行系统操作面板、机床操作面板上的功能调整 3. 能对所维修机床进行操作 4. 能对所维修机床加工编程 5. 能根据零件加工工艺要求准备刀具、夹具 6. 能使用通用量具对所加工工件进行检测, 并进行误差分析和调整	1. 数控系统通讯方式 2. 数控机床的操作说明书 3. 数控机床参数基本知识 4. 数控系统的操作说明书 5. 刀具的几何角度、功能及刀具材料的切削性能的知识 6. 零件加工中夹具的使用方法 7. 零件加工切削参数的选择 8. 数控机床加工工艺知识 9. 加工工件测量与误差分析方法
三、 数控 机床 电气 装调	(一) 电气整机装配	1. 能读懂数控机床电气装配图、电气原理图、电气接线图 2. 能读懂机床总装配图 3. 能读懂液压与气动原理 4. 能读懂与电气相关的机械图纸(如数控刀架、刀库与机械手等) 5. 能按照图纸要求安装二种规格以上数控机床全部电路, 其中有配电板、电气柜、操作台、主轴变频器、机床各部分之间电缆线的连结等	1. 数控机床电气装配图、电气原理图, 电气接线图识图知识 2. 所维修的数控机床 PLC 梯形图知识 3. 机床总装配图知识 4. 液压与气动原理知识 5. 数控刀架、刀库与机械手原理知识 6. 一般电气元器件的名称及其用途 7. 数控系统硬件知识: CNC 接口电路、伺服装置、可编程控制器、主轴变频器等

	(二) 电气整 机调整	1. 能在数控机床通电试车时，通过机床通讯口把机床参数与梯形图传入 CNC 控制器中 2. 能使用系统参数、PLC 参等对机床进行调整 3. 能进行数控机床各种功能的调试 4. 能应用数控系统编制加工程序（选用常用刀具） 5. 能进行数控机床试车（如空运转） 6. 能加工试车工件 7. 能对机床导轨调平 8. 能进行数控机床几何精度调整	1. 数控系统通讯方式 2. 数控机床 PLC 梯形图知识 3. 数控机床各种参数使用知识 4. 变频器操作及维修知识 5. 数控机床功能调试知识 6. 刀具的几何角度、功能及刀具材料的切削性能 7. 数控机床操作方法 8. 数控系统的编程方法 9. 机械零件加工工艺 10. 机床导轨调平的方法 11. 数控机床几何精度调整知识
四、 数控 机床 电气 维修	(一) 电气 整机维修	1. 能读懂所维修的数控机床电气装配图、电气原理图、电气接线图 2. 能读懂机床总装配图 3. 能读懂液压与气动原理 4. 能读懂与电气相关的机械图纸(如数控刀架、刀库与机械手等) 5. 能通过仪器仪表检查故障点 6. 能通过数控系统诊断功能、PLC 梯形图等诊断故障产生的原因并予以排除 7. 能判断所装配数控机床的机械、电气、液压常见故障 8. 能完成二种规格以上数控机床的电气维修	1. 所维修的数控机床电气装配图、电气原理图、电气接线图知识. 2. 维修的数控机床 PLC 梯形图知识 3. 机床总装配图知识 4. 液压与气动原理知识 5. 数控刀架、刀库与机械手原理知识 6. 仪器仪表使用知识 7. 数控系统自诊断功能知识 8. 数控机床电气故障与诊断方法 9. 机床传动的基础知识 10. 数控机床液压与气动工作的原理 11. 数控机床操作说明书 12. 数控系统操作说明书 13. 数控系统连接说明书 14. 数控系统参数说明书

	(二) 电气整 机调整	1. 能读懂 PLC 梯形图, 并会修改其中的错误 2. 能使用系统参数、PLC 参数等对机床进行调整 3. 能进行数控机床几何精度检测 4. 能读懂三坐标测量报告、激光检测报告并进行一般分析(如垂直度、平行度、同轴度、位置度等) 5. 能使用通用量具对轴类、盘类工件进行检测, 并进行误差分析	1. 数控机床精度检验知识 2. 阅读三坐标测量报告、激光检测报告的方法 3. 机床精度检测与误差分析方法 4. 通用量具使用方法 5. 轴类、盘类工件测量与误差分析方法
--	----------------	---	---

附录 2: FANUC PMC 地址

地址	信号名称	符号	T 系列	M 系列
X004#0	测量位置到达信号	XAE	○	○
X004#1		YAE	-	○
X004#1		ZAE	○	-
X004#2		ZAE	-	○
X004#2, #4	各轴手动进给互锁信号	+MIT1, +MIT2	○	-
X004#2, #4	刀具偏移量写入信号	+MIT1, +MIT2	○	
X004#2~ #6, 0, 1	跳转信号	SKIP2~SKIP6, SKIP7, SKIP8	○	○
X004#3, #5	各轴手动进给互锁信号	-MIT1, -MIT2	○	-
X004#3, #5	刀具偏移量写入信号	-MIT1, -MIT2	○	-
X004#6	跳转信号 (PMC 轴控制)	ESKIP	○	○
X004#7	跳转信号	SKIP	○	○
X004#7	扭矩过载信号	SKIP	-	○
X008#4	急停信号	*ESP	○	○
X009	参考点返回减速信号	*DEC1~*DEC4	○	○
G000, G001	外部数据输入的数据信号	ED0~ED15	○	○
G002#0~#6	外部数据输入的地址信号	EA0~EA6	○	○
G002#7	外部数据输入的读取信号	ESTB	○	○
G004#3	结束信号	FIN	○	○
G004#4	第 2M 功能结束信号	MFIN2	○	○
G004#5	第 3M 功能结束信号	MFIN3	○	○
G005#0	辅助功能结束信号	MFIN	○	○
G005#1	外部运行功能结束信号	EFIN	-	○
G005#2	主轴功能结束信号	SFIN	○	○
G005#3	刀具功能结束信号	TFIN	○	○
G005#4	第 2 辅助功能结束信号	BFIN	○	-
G005#6	辅助功能锁住信号	AFL	○	○
G005#7	第 2 辅助功能结束信号	BFIN	-	○
G006#0	程序再启动信号	SRN	○	○
G006#2	手动绝对值信号	*ABSM	○	○
G006#4	倍率取消信号	OVC	○	○
G006#6	跳转信号	SKIPP	○	
G007#1	启动锁住信号	STLK	○	
G007#2	循环启动信号	ST	○	○
G007#4	行程检测 3 解除信号	RLSOT3	○	
G007#5	跟踪信号	*FLWU	○	○
G007#6	存储行程极限选择信号	EXLM	○	○
G007#7	行程到限解除信号	RLSOT	-	○

G008#0	互锁信号	*IT	○	○
G008#1	切削程序段开始互锁信号	*CSL	○	○
G008#3	程序段开始互锁信号	*BSL	○	○
G008#4	急停信号	*ESP	○	○
G008#5	进给暂停信号	*SP	○	○
G008#6	复位和倒回信号	RRW	○	○
G008#7	外部复位信号	ERS	○	○
G009#0～4	工件号检索信号	PN1, PN2, PN4, PN8, PN16	○	○
G010, G011	手动移动速度倍率信号	*JV0～*JV15	○	○
G012	进给速度倍率信号	*FV0～*FV7	○	○
G014#0, #1	快速进给速度倍率信号	ROV1, ROV2	○	○
G016#7	F1 位进给选择信号	F1D	—	○
G018#0～#3	手动进给轴选择信号	HS1A～HS1D	○	○
G018#4～#7		HS2A～HS2D	○	○
G019#0～#3		HS3A～HS3D	○	○
G019#4, #5	手轮进给量选择信号(增量进给信号)	MP1, MP2	○	○
G019#7	手动快速进给选择信号	RT	○	○
G023#5	在位检测无效信号	NOINPS	○	○
G024#0～ G025#5	扩展工件号检索信号	EPN0～EPN13	○	○
G025#7	扩展工件号检索开始信号	EPNS	○	○
G027#0	主轴选择信号	SWS1	○	○
G027#1		SWS2	○	○
G027#2		SWS3	○	○
G027#3	各主轴停止信号	*SSTP1	○	○
G027#4		*SSTP2	○	○
G027#5		*SSTP3	○	○
G027#7	Cs 轮廓控制切换信号	CON	○	○
G028#1, #2	齿轮选择信号(输入)	GR1, GR2	○	—
G028#4	主轴松开完成信号	*SUCPF	○	—
G028#5	主轴夹紧完成信号	*SCPF	○	—
G028#6	主轴停止完成信号	SPSTP	○	—
G028#7	第 2 位置编码器选择信号	PC2SLC	○	○
G029#0	齿轮档选择信号(输入)	GR21	○	
G029#4	主轴速度到达信号	SAR	○	○
G029#5	主轴定向信号	SOR	○	○
G029#6	主轴停信号	*SSTP	○	○
G030	主轴速度倍率信号	SOV0～SOV7	○	○
G32#0～G033#3	主轴电机速度指令信号	R01I～R12I	○	○
G033#5	主轴电机指令输出极性选择信号	SGN	○	○
G033#6		SSIN	○	○
G033#7	PMC 控制主轴速度输出控制信号	SIND	○	○

G034#~G035#3	主轴电机速度指令信号	R01I2~R12I2	○	○
G035#5	主轴电机指令输出极性选择信号	SGN2	○	○
G035#6	主轴电机指令输出极性选择信号	SSIN2	○	○
G035#7	PMC 控制主轴速度输出控制信号	SIND2	○	○
G036#0~ G037#3	主轴电机速度指令信号	R01I3~R12I3	○	○
G037#5	主轴电机指令极性选择信号	SGN3	○	○
G037#6	主轴电机指令极性选择信号	SSIN3	○	○
G037#7	主轴电机速度选择信号	SIND3	○	○
G038#2	主轴同步控制信号	SPSYC	○	○
G038#3	主轴相位同步控制信号	SPPHS	○	○
G038#6	B-轴松开完成信号	*BECUP	—	○
G038#7	B-轴夹紧完成信号	*BECLP	—	○
G039#0~#5	刀具偏移号选择信号	OFN0~OFN5	○	—
G039#6	工件坐标系偏移值写入方式选择信号	WOQSM	○	
G039#7	刀具偏移量写入方式选择信号	GOQSM	○	
G040#5	主轴测量选择信号	S2TLS	○	
G040#6	位置记录信号	PRC	○	
G040#7	工件坐标系偏移量写入信号	WOSET	○	
G041#0~#3	手轮中断轴选择信号	HS1IA~HS1ID	○	○
G041#4~#7		HS2IA~HS2ID	○	○
G042#0~#3		HS3IA~HS3ID	—	○
G042#7	直接运行选择信号	DMMC	○	○
G043#0~#2	方式选择信号	MD1, MD, MD4	○	○
G043#5	DNC 运行选择信号	DNCI	○	○
G043#7	手动返回参考点选择信号	ZRN	○	○
G044#0, G045	跳过任选程序段信号	BDT1, BDT2~BDT9	○	○
G044#1	所有轴机床锁住信号	MLK	○	○
G046#1	单程序段信号	SBK	○	○
G046#3~#6	存储器保护信号	KEY1~KEY4	○	○
G046#7	空运行信号	DRN	○	○
G047#0~#6	刀具组号选择信号	TL01~TL64	○	
G047#0~ G048#0		TL01~TL256	—	○
G048#5	刀具跳过信号	TLSKP	○	○
G048#6	每把刀具的更换复位信号	TLRSTI	—	○
G048#7	刀具更换复位信号	TLRST	○	○
G019#0~ G050#1	刀具寿命计数倍率信号	*TLV0~*TLV9	—	○
G053#0	通用累计计数器启动信号	TMRON	○	○
G053#3	用户宏程序中断信号	UINT	○	○
G053#6	误差检测信号	SMZ	○	—

G053#7	倒角信号	CDZ	○	
G054, G055	用户宏程序输入信号	UI000~UI015	○	
G058#0	程序输入外部启动信号	MINP	○	○
G058#1	外部读开始信号	EXRD	○	○
G058#2	外部阅读/传出停止信号	EXSTP	○	○
G058#3	外部传出启动信号	EXWT	○	○
G060#7	尾架屏蔽选择信号	*TSB	○	
G061#0	刚性攻丝信号	RGTAP	○	○
G061#4, #5	刚性攻丝主轴选择信号	RGTSP1	○	—
G062#1	CRT 显示自动清屏取消信号	*CRTOF	○	○
G062#6	刚性攻丝回退启动信号	RTNT	—	○
G063#5	垂直/角度轴控制无效信号	NOZAGC	○	○
G066#0	所有轴 VRDY OFF 报警忽略信号	IGNVRY	○	○
G066#1	外部键入方式选择信号	ENBKY	○	○
G066#4	回退信号	RTRCT	○	○
G066#7	键代码读取信号	EKSET	○	○
G067#6	硬拷贝停止信号	HCABT	○	○
G067#7	硬拷贝请求信号	HCREQ	○	○
G070#0	转矩限制 LOW 指令信号（串行主轴）	TLMLA	○	○
G070#1	转矩限制 HIGH 指令信号（串行主轴）	TLMHA	○	○
G070#2, #3	离合器/齿轮信号（串行主轴）	CTH1A, CTH2A	○	○
G070#4	CCW 指令信号（串行主轴）	SRVA	○	○
G070#5	CW 指令信号（串行主轴）	SFRA	○	○
G070#6	定向指令信号（串行主轴）	ORCMA	○	○
G070#7	机床准备就绪信号（串行主轴）	MRDYA	○	○
G071#0	报警复位信号（串行主轴）	ARSTA	○	○
G071#1	急停信号（串行主轴）	*ESPA	○	○
G071#2	主轴选择信号（串行主轴）	SPSLA	○	○
G071#3	动力线切换结束信号（串行主轴）	MCFNA	○	○
G071#4	软启动停止取消信号（串行主轴）	SOCAN	○	○
G071#5	速度积分控制信号	INTGA	○	○
G071#6	输出切换请求信号	RSLA	○	○
G071#7	动力线状态检测信号	RCHA	○	○
G072#0	准停位置变换信号	INDXA	○	○
G072#1	变换准停位置时旋转方向指令信号	ROTAA	○	○
G072#2	变换准停位置时最短距离移动指令信号	NRROA	○	○
G072#3	微分方式指令信号	DEFMDA	○	○
G072#4	模拟倍率指令信号	OVRA	○	○
G072#5	增量指令外部设定型定向信号	INCMDA	○	○
G072#6	变换主轴信号时主轴 MCC 状态信号	MFNHGA	○	○
G072#7	用磁传感器时高输出 MCC 状态信号	RCHHGA	○	○

G073#0	用磁传感器的主轴定向指令	MORCMA	○	○
G073#1	从动运行指令信号	SLVA	○	○
G073#2	电机动力关断信号	MPOFA	○	○
G073#4	断线检测无效信号	DSCNA	○	○
G074#0	转矩限制 LOW 指令信号	TLMLB	○	○
G074#1	转矩限制 HIGH 指令信号	TLMHB	○	○
G074#2, #3	离合器/齿轮档信号	CTH1B, CTH2B	○	○
G074#4	CCW 指令信号	SRVB	○	○
G074#5	CW 指令信号	SFRB	○	○
G074#6	定向指令信号	ORCMB	○	○
G074#7	机床准备就绪信号	MRDYB	○	○
G075#0	报警复位信号	ARSTB	○	○
G075#1	急停信号	*ESPB	○	○
G075#2	主轴选择信号	SPSLB	○	○
G075#3	动力线切换完成信号	MCFNB	○	○
G075#4	软启动停止取消信号	SOCNB	○	○
G075#5	速度积分控制信号	INTGB	○	○
G075#6	输出切换请求信号	RSLB	○	○
G075#7	动力线状态检测信号	PCHB	○	○
G076#0	准停位置变换信号	INDXB	○	○
G076#1	变换准停位置时旋转方向指令信号	ROTAB	○	○
G076#2	变换准停位置时最短距离移动指令信号	NRROB	○	○
G076#3	微分方式指令信号	DEFMDB	○	○
G076#4	模拟倍率指令信号	OVRB	○	○
G076#5	增量指令外部设定型定向信号	INCMDB	○	○
G076#6	变换主轴信号时主主轴 MCC 状态信号	MFNHGB	○	○
G076#7	用磁传感器是 Hing 输出 MCC 状态信号	RCHHGB	○	○
G077#0	用磁传感器的主轴定向指令	MORCMB	○	○
G077#1	从动运行指令信号	SLVB	○	○
G077#2	电机动力关断信号	MPOFB	○	○
G077#4	断线检测无效信号	DSCNB	○	○
G078#0～ G079#3	主轴定向外部停止的位置指令信号	SHA00～SHA11	○	○
G080#0～ G081#3		SHB00～SGB11	○	○
G091#0～#3	组号指定信号	SRLNI0～SRLNI3	○	○
G092#0	I/O Link 确认信号	LOLACK	○	○
G092#1	I/O Link 指定信号	LOLS	○	○
G092#2	Poewer Mate 读/写进行中信号	BGIOS	○	○
G092#3	Poewer Mate 读/写报警信号	BGIALM	○	○
G092#4	Poewer Mate 后台忙信号	BGEM	○	○
G096#0～#6	1%快速进给倍率信号	*HROV0～*HROV6	○	○

G096#7	1%快速进给倍率选择信号	HROV	○	○
G098	键代码信号	EKC0~EKC7	○	○
G100	进给轴和方向选择信号	+J1~+J4	○	○
G101#0~#3	外部减速信号 2	*+ED21~*+-ED24	○	○
G102	进给轴和方向选择信号	-J1~J4	○	○
G103#0~#3	外部减速信号 2	*-ED21~*-ED24	○	○
G104	坐标轴方向存储器行程限位开关信号	+EXL1~+EXL4	○	○
G105		-EXL1~-EXL4	○	○
G106	镜像信号	MI1~MI4	○	○
G107#0~#3	外部减速信号 3	*+ED31~*+E34	○	○
G108	各轴机床锁住信号	MLK1~MLK4	○	○
G109#0~#3	外部减速信号 3	*-ED31~*-ED34	○	○
G110	行程极限外部设定信号	+LM1~+LM4	—	○
G112		-LM1~-LM4	—	○
G114	超程信号	*+L1~*+L4	○	○
G116		*-L1~*-L4	○	○
G118	外部减速信号	*+ED1~*+ED4	○	○
G120	*-ED1~-ED4		○	○
G124#0~#3	控制轴脱开信号	DTCH1~DTCH4	○	○
G125	异常负载检测忽略信号	IUDD1~IUDD4	○	○
G126	伺服关闭信号	SVF1~SVF4	○	○
G127#0~#3	Cs 轮廓控制方式精细加/减速功能无效信号	CDF1~CDF4	○	○
G130	各轴互锁信号	*IT1~*IT4	○	○
G132#0~#3	各轴和方向互锁信号	+MIT1~+MIT4	—	○
G134#0~#3	各轴和方向互锁信号	-MIT1~-MIT4	—	○
G136	控制轴选择信号（PMC 轴控制）	EAX1~EAX4	○	○
G138	简单同步轴选择信号	SYNC1~SYNC4	○	○
G140	简单同步手动进给轴选择信号	EFINA	—	○
G142#0	辅助功能结束信号（PMC 轴控制）	EFINA	○	○
G142#1	累积零位检测信号	ELCKZA	○	○
G142#2	缓冲禁止信号	EMBUFA	○	○
G142#3	程序段停信号（PMC 轴控制）	ESBKA	○	○
G142#4	伺服关断信号（PMC 轴控制）	ESOFA	○	○
G142#5	轴控制指令读取信号（PMC 轴控制）	ESTPA	○	○
G142#6	复位信号（PMC 轴控制）	ECLRA	○	○
G142#7	轴控制指令读取信号（PMC 轴控制）	EBUFA	○	○
G143#0~#6	轴控制指令信号（PMC 轴控制）	ECOA~EC6A	○	○
G143#7	程序段停禁止信号（PMC 轴控制）	EMSBKA	○	○
G144. G145	轴控制进给速度信号（PMC 轴控制）	EIF0A~EIF15A	○	○
G146~G149	轴控制数据信号（PMC 轴控制）	EID0A~31A	○	○
G150#0, #1	快速进给倍率信号（PMC 轴控制）	ROV1E, ROV2E	○	○

G150#5	倍率取消信号（PMC 轴控制）	OVCE	○	○
G150#6	手动快速选择信号（PMC 轴控制）	RTE	○	○
G150#7	空运行信号（PMC 轴控制）	DRNE	○	○
G151	进给速度倍率信号（PMC 轴控制）	*FV0E～*FV7E	○	○
G154#0	辅助功能结束信号（PMC 轴控制）	EFINB	○	○
G154#1	累积零检测信号（PMC 轴控制）	ELCKZB	○	○
G154#2	缓冲禁止信号	EMBUFB	○	○
G154#3	程序段停信号（PMC 轴控制）	ESBKB	○	○
G154#4	伺服关闭信号（PMC 轴控制）	ESOFB	○	○
G154#5	轴控制暂停信号（PMC 轴控制）	ESTPB	○	○
G154#6	复位信号（PMC 轴控制）	ECLRB	○	○
G154#7	轴控制指令读取信号（PMC 轴控制）	EBUFB	○	○
G155#0～#6	轴控制指令信号（PMC 轴控制）	EC0B～EC6B	○	○
G155#7	程序段停信号（PMC 轴控制）	EMSBKB	○	○
G156. G157	轴控制进给速度信号（PMC 轴控制）	EIF0B～EIF15B	○	○
G158～G161	轴控制数据信号（PMC 轴控制）	EID0B～31B	○	○
G166#0	辅助功能结束信号（PMC 轴控制）	EFINC	○	○
G166#1	累积零位检测信号	ELCKZC	○	○
G166#2	缓冲禁止信号	EMBUFC	○	○
G166#3	程序段停信号（PMC 轴控制）	ESBKC	○	○
G166#4	伺服关断信号（PMC 轴控制）	ESOFC	○	○
G166#5	轴控制指令读取信号（PMC 轴控制）	ESTPC	○	○
G166#6	复位信号（PMC 轴控制）	ECLRC	○	○
G166#7	轴控制指令读取信号（PMC 轴控制）	EBUFC	○	○
G167#0～#6	轴控制指令信号（PMC 轴控制）	EC0C～EC6C	○	○
G167#7	程序段停禁止信号（PMC 轴控制）	EMSBKC	○	○
G168. G169	轴控制进给速度信号（PMC 轴控制）	EIF0C～EIF15C	○	○
G170～G173	轴控制数据信号（PMC 轴控制）	EID0C～31C	○	○
G178#0	辅助功能结束信号（PMC 轴控制）	EFIND	○	○
G178#1	累积零位检测信号	ELCKZD	○	○
G178#2	缓冲禁止信号	EMBUFD	○	○
G178#3	程序段停信号（PMC 轴控制）	ESBKD	○	○
G178#4	伺服关断信号（PMC 轴控制）	ESOFD	○	○
G178#5	轴控制指令读取信号（PMC 轴控制）	ESTPD	○	○
G178#6	复位信号（PMC 轴控制）	ECLRD	○	○
G178#7	轴控制指令读取信号（PMC 轴控制）	EBUFD	○	○
G179#0～#6	轴控制指令信号（PMC 轴控制）	EC0D～EC6D	○	○
G179#7	程序段停禁止信号（PMC 轴控制）	EMSBKD	○	○
G180. G181	轴控制进给速度信号（PMC 轴控制）	EIF0D～EIF15D	○	○
G182～G185	轴控制数据信号（PMC 轴控制）	EID0D～31D	○	○
G192	各轴 VRDY OFF 报警忽略信号	IGVRY1～IGVRY4	○	○
G198	位置显示忽略信号	NPOS1～NPOS4	○	○

G199#0	手摇脉冲发生器选择信号	IOBH2	○	○
G199#1	手摇脉冲发生器选择信号	IOBH3	○	○
G200	轴控制高级指令信号	EASIP1~EASIP4	○	○
G274#4	Cs 轴坐标系建立请求信号	CSFI1	○	○
G349#0~#3	伺服转速检测有效信号	SVSCK1~SVSCK4	○	○
G359#0~#3	各轴在位检测无效信号	N0INP1~N0INP4	○	○
F000#0	倒带信号	RWD	○	○
F000#4	进给暂停报警信号	SPL	○	○
F000#5	循环启动报警信号	STL	○	○
F000#6	伺服准备就绪信号	SA	○	○
F000#7	自动运行信号	OP	○	○
F001#0	报警信号	AL	○	○
F001#1	复位信号	RST	○	○
F001#2	电池报警信号	BAL	○	○
F001#3	分配结束信号	DEN	○	○
F001#4	主轴使能信号	ENB	○	○
F001#5	攻丝信号	TAP	○	○
F001#7	CNC 信号	MA	○	○
F002#0	英制输入信号	INCH	○	○
F002#1	快速进给信号	RPDO	○	○
F002#2	恒表面切削速度信号	CSS	○	○
F002#3	螺纹切削信号	THRD	○	○
F002#4	程序启动信号	SRNMV	○	○
F002#6	切削进给信号	CUT	○	○
F002#7	空运行检测信号	MDPN	○	○
F003#0	增量进给选择检测信号	MINC	○	○
F003#1	手轮进给选择检测信号	MH	○	○
F003#2	JOG 进给检测信号	MJ	○	○
F003#3	手动数据输入选择检测信号	MMDI	○	○
F003#4	DNC 运行选择确认信号	MRMT	○	○
F003#5	自动运行选择检测信号	MMEM	○	○
F003#6	存储器编辑选择检测信号	MEDT	○	○
F003#7	示教选择检测信号	MTCHIN	○	○
F004#0, F005	跳过任选程序段检测信号	MBDT1, MBDT2~MBDT9	○	○
F004#1	所有轴机床锁住检测信号	MMLK	○	○
F004#2	手动绝对值检测信号	MABSM	○	○
F004#3	单程序段检测信号	MSBK	○	○
F004#4	辅助功能锁住检测信号	MAFL	○	○
F004#5	手动返回参考点检测信号	MREF	○	○
F007#0	辅助功能选通信号	MF	○	○
F007#1	高速接口外部运行信号	EFD	-	○
F007#2	主轴速度功能选通信号	SF	○	○

F007#3	刀具功能选通信号	TF	○	○
F007#4	第 2 辅助功能选通信号	BF	○	-
F007#7			-	○
F008#0	外部运行信号	EF	-	○
F008#4	第 2M 功能选通信号	MF2	○	○
F008#5	第 3M 功能选通信号	MF3	○	○
F009#4	M 译码信号	DM30	○	○
F009#5		DM02	○	○
F009#6		DM01	○	○
F009#7		DM00	○	○
F010~F013	辅助功能代码信号	M00~M31	○	○
F014~F015	第 2M 功能代码信号	M200~M215	○	○
F016~F017	第 3M 功能代码信号	M300~M315	○	○
F022~F025	主轴速度代码信号	S00~S31	○	○
F026~F029	刀具功能代码信号	T00~T31	○	○
F030~F033	第 2 辅助功能代码信号	B00~B31	○	○
F034#0~#2	齿轮选择信号（输出）	GRI0, GR20, GR30	-	○
F035#0	主轴功能检测报警信号	SPAL	○	○
F036#0	12 位代码信号	R010~R120	○	○
F037#3S			○	○
F038#0	主轴夹紧信号	SCLP	○	-
F038#1	主轴松开信号	SUCLP	○	-
F038#2	主轴使能信号	ENB2	○	○
F038#3		ENB3	○	○
F040, F041	实际主轴速度信号	ARO~AR15	○	-
F044#1	CS 轮廓控制切换结束信号	FSCSL	○	○
F044#2	主轴同步速度控制结束信号	FSPSY	○	○
F044#3	主轴相位同步控制结束信号	FSPPH	○	○
F044#4	主轴同步控制报警信号	SYCAL	○	○
F045#0	报警信号（串行主轴）	ALMA	○	○
F045#1	零速度信号（串行主轴）	SSTA	○	○
F045#2	速度检测信号（串行主轴）	SDTA	○	○
F045#3	速度到达信号（串行主轴）	SARA	○	○
F045#4	负载检测信号 1（串行主轴）	LDT1A	○	○
F045#5	负载检测信号 2（串行主轴）	LDT2A	○	○
F045#6	转矩限制信号（串行主轴）	TLMA	○	○
F045#7	定向结束信号（串行主轴）	ORARA	○	○
F046#0	动力线切换信号（串行主轴）	CHPA	○	○
F046#1	主轴切换结束信号（串行主轴）	CFINA	○	○
F046#2	输出切换信号（串行主轴）	RCHPA	○	○
F046#3	输出切换结束信号（串行主轴）	RCFNA	○	○
F046#4	从动运动状态信号（串行主轴）	SLVSA	○	○

F046#5	用位置编码器的主轴定向接近信号（串行主轴）	PORA2A	○	○
F046#6	用磁传感器主轴定向结束信号（串行主轴）	MORA1A	○	○
F046#7	用磁传感器主轴定向接近信号（串行主轴）	MORA2A	○	○
F047#0	位置编码器一转信号检测的状态信号（串行主轴）	PC1DTA	○	○
F047#1	增量方式定向信号（串行主轴）	INCSTA	○	○
F047#4	电机激磁关断状态信号（串行主轴）	EXOFA	○	○
F048#4	CS 轴坐标系建立状态信号	CSPENA	○	○
F049#0	报警信号（串行主轴）	ALMB	○	○
F049#1	零速度信号（串行主轴）	SSTB	○	○
F049#2	速度检测信号（串行主轴）	SDTB	○	○
F049#3	速度到达信号（串行主轴）	SARB	○	○
F049#4	负载检测信号 1（串行主轴）	LDT1B	○	○
F049#5	负载检测信号 2（串行主轴）	LDT2B	○	○
F049#6	转矩限制信号（串行主轴）	TLMB	○	○
F049#7	定向结束信号（串行主轴）	ORARB	○	○
F050#0	动力线切换信号（串行主轴）	CHPB	○	○
F050#1	主轴切换结束信号（串行主轴）	CFINB	○	○
F050#2	输出切换信号（串行主轴）	RCHPB	○	○
F050#3	输出切换结束信号（串行主轴）	RCFNB	○	○
F050#4	从动运动状态信号（串行主轴）	SLVSB	○	○
F050#5	用位置编码器的主轴定向接近信号（串行主轴）	PORA2B	○	○
F050#6	用磁传感器主轴定向结束信号（串行主轴）	MORA1B	○	○
F050#7	用磁传感器主轴定向接近信号（串行主轴）	MORA2B	○	○
F051#0	位置编码器一转信号检测的状态信号（串行主轴）	PC1DTB	○	○
F051#1	增量方式定向信号（串行主轴）	INCSTB	○	○
F051#4	电机激磁关断状态信号（串行主轴）	EXOFB	○	○
F053#0	键输入禁止信号	INHXY	○	○
F053#1	程序屏幕显示方式信号	PRGDPL	○	○
F053#2	阅读/传出处理中信号	RPBSY	○	○
F053#3	阅读/传出报警信号	RPALM	○	○
F053#4	后台忙信号	BGEACT	○	○
F053#7	键代码读取结束信号	EKENB	○	○
F054, F055	用户宏程序输出信号	U0000～U0015	○	○
F056～F059		U0100～U0131	○	○

F060#0	外部数据输入读取结束信号	EREND	○	○
F060#1	外部数据输入检索结束信号	ESEND	○	○
F060#2	外部数据输入检索取消信号	ESCAN	○	○
F061#0	B 轴松开信号	BUCLP	—	○
F061#1	B 轴夹紧信号	BCLP	—	○
F061#2	硬拷贝停止请求接受确认	HCAB2	○	○
F061#3	硬拷贝进行中信号	HCEXE	○	○
F062#0	AI 先行控制方式信号	AICC	—	○
F062#3	主轴 1 测量中信号	SIMES	○	—
F062#4	主轴 2 测量中信号	S2MES	○	—
F062#7	所需零件计数到达信号	PRTSF	○	○
F063#7	多边形同步信号	PSYN	○	—
F064#0	更换刀具信号	TLCH	○	○
F064#1	新刀具选择信号	TLNW	○	○
F064#2	每把刀具的切换信号	TLCHI	—	○
F064#3	刀具寿命到期通知信号	TLCHB	—	○
F065#0	主轴的转向信号	RGSP	—	○
F065#1		RGSPM	—	○
F065#4	回退完成信号	RTRCTF	○	○
F066#0	先行控制方式信号	G08MD	○	○
F066#1	刚性攻丝回退结束信号	RTPT	—	○
F066#5	小孔径深孔钻孔处理中信号	PECK2	—	○
F070#0~F071	位置开关信号	PSW01~PSW16	○	○
F072	软操作面板通用开关信号	OUT0~OUT7	○	○
F073#0	软操作面板信号 (MD1)	MD10	○	○
F073#1	软操作面板信号 (MD2)	MD20	○	○
F073#2	软操作面板信号 (MD4)	MD40	○	○
F073#4	软操作面板信号 (ZRN)	ZRNO	○	○
F075#2	软操作面板信号 (BDT)	BDT0	○	○
F075#3	软操作面板信号 (SBK)	SBK0	○	○
F075#4	软操作面板信号 (MLK)	MLK0	○	○
F075#5	软操作面板信号 (DRN)	DRNO	○	○
F075#6	软操作面板信号 (KEY1~KEY4)	KEY0	○	○
F075#7	软操作面板信号 (*SP)	SP0	○	○
F076#0	软操作面板信号 (MP1)	MP10	○	○
F076#1	软操作面板信号 (MP2)	MP20	○	○
F076#3	刚性攻丝方式信号	RTAP	○	○
F076#4	软操作面板信号 (R0V1)	R0V10	○	○
F076#5	软操作面板信号 (R0V2)	R0V20	○	○
F077#0	软操作面板信号 (HS1A)	HS1A0	○	○
F077#1	软操作面板信号 (HS1B)	HS1B0	○	○
F077#2	软操作面板信号 (HS1C)	HS1C0	○	○

F077#3	软操作面板信号 (HS1D)	HS1D0	○	○
F077#6	软操作面板信号 (RT)	RT0	○	○
F078	软操作面板信号 (*FV0~*FV7)	*FV00~*FV70	○	○
F079, F080	软操作面板信号 (*JV0~*JV15)	*JV00~*JV150	○	○
F081#0, 2, 4, 6	软操作面板信号 (+J1~ +J4)	+J10~+J40	○	○
F081#1, 3, 5, 7	软操作面板信号 (-J1~ -J4)	-J10~-J40	○	○
F090#0	伺服轴异常负载检测信号	ABTQSV	○	○
F090#1	第 1 主轴异常负载检测信号	ABTSP1	○	○
F090#2	第 2 主轴异常负载检测信号	ABTSP2	○	○
F094	返回参考点结束信号	ZP1~ZP4	○	○
F096	返回第 2 参考位置结束信号	ZP21~ZP24	○	○
F098	返回第 3 参考位置结束信号	ZP31~ZP34	○	○
F100	返回第 4 参考位置结束信号	ZP41~ZP44	○	○
F102	轴移动信号	MV1~MV4	○	○
F104	到位信号	INP1~INP4	○	○
F106	轴运动方向信号	MVD1~MVD4	○	○
F108	镜像检测信号	MMI1~MMI4	○	○
F110#0~#3	控制轴脱开状态信号	MDTCH1~MDTCH4	○	○
F112	分配结束信号 (PMC 轴控制)	EADEN1~EADEN4	○	○
F114	转矩极限到达信号	TRQL1~TRQL4	○	-
F120	参考点建立信号	ZRF1~ZRF4	○	○
F122#0	高速跳转状态信号	HD00	○	○
F124	行程限位到达信号	+OT1~+OT4	-	○
F124#0~#3	超程报警中信号	OTP1~OTP4	○	○
F126	行程限位到达信号	-OT1~-OT4	-	○
F129#5	0%倍率信号 (PMC 轴控制)	EOVO	○	○
F129#7	控制轴选择状态信号 (PMC 轴控制)	*EAXSL	○	○
F130#0	到位信号 (PMC 轴控制)	EINPA	○	○
F130#1	零跟随误差检测信号 (PMC 轴控制)	ECKZA	○	○
F130#2	报警信号 (PMC 轴控制)	EIALA	○	○
F130#3	辅助功能执行信号 (PMC 轴控制)	EDENA	○	○
F130#4	轴移动信号 (PMC 轴控制)	EGENA	○	○
F130#5	正向超程信号 (PMC 轴控制)	EOTPA	○	○
F130#6	负像超程信号 (PMC 轴控制)	EOTNA	○	○
F130#7	轴控制指令读取结束信号 (PMC 轴控制)	EBSYA	○	○
F131#0	辅助功能选通信号 (PMC 轴控制)	EMFA	○	○
F131#1	缓冲器满信号 (PMC 轴控制)	EABUFA	○	○
F131, F142	辅助功能代码信号 (PMC 轴控制)	EM11A~EM48A	○	○
F133#0	到位信号 (PMC 轴控制)	EINP8	○	○
F133#1	零跟随误差检测信号 (PMC 轴控制)	BCKZB	○	○
F133#2	报警信号 (PMC 轴控制)	EIALB	○	○
F133#3	辅助功能执行信号 (PMC 轴控制)	EDENB	○	○

F133#4	轴移动信号 (PMC 轴控制)	EGENB	○	○
F133#5	正向超程信号 (PMC 轴控制)	EOTPB	○	○
F133#6	负像超程信号 (PMC 轴控制)	EOTNB	○	○
F133#7	轴控制指令读取结束信号 (PMC 轴控制)	EBSYB	○	○
F134#0	辅助功能选通信号 (PMC 轴控制)	EMFB	○	○
F134#1	缓冲器满信号 (PMC 轴控制)	EABUFB	○	○
F135, F145	辅助功能代码信号 (PMC 轴控制)	EM11B~EM48B	○	○
F136#0	到位信号 (PMC 轴控制)	EINPC	○	○
F136#1	零跟随误差检测信号 (PMC 轴控制)	BCKZC	○	○
F136#2	报警信号 (PMC 轴控制)	EIALC	○	○
F136#3	辅助功能执行信号 (PMC 轴控制)	EDENC	○	○
F136#4	轴移动信号 (PMC 轴控制)	EGENC	○	○
F136#5	正向超程信号 (PMC 轴控制)	EOTPC	○	○
F136#6	负像超程信号 (PMC 轴控制)	EOTNC	○	○
F136#7	轴控制指令读取结束信号 (PMC 轴控制)	EBSYC	○	○
F137#0	辅助功能选通信号 (PMC 轴控制)	EMFC	○	○
F137#1	缓冲器满信号 (PMC 轴控制)	EABUFC	○	○
F138, F148	辅助功能代码信号 (PMC 轴控制)	EM11C~EM48C	○	○
F139#0	到位信号 (PMC 轴控制)	EINPD	○	○
F139#1	零跟随误差检测信号 (PMC 轴控制)	BCKZD	○	○
F139#2	报警信号 (PMC 轴控制)	EIALD	○	○
F139#3	辅助功能执行信号 (PMC 轴控制)	EDEND	○	○
F139#4	轴移动信号 (PMC 轴控制)	EGEND	○	○
F139#5	正向超程信号 (PMC 轴控制)	EOTPD	○	○
F139#6	负像超程信号 (PMC 轴控制)	EOTND	○	○
F139#7	轴控制指令读取结束信号 (PMC 轴控制)	EBSYD	○	○
F140#0	辅助功能选通信号 (PMC 轴控制)	EMFD	○	○
F140#1	缓冲器满信号 (PMC 轴控制)	EABUFD	○	○
F141, F151	辅助功能代码信号 (PMC 轴控制)	EM11D~EM48D	○	○
F172#6	绝对位置编码器电池电压零值报警信号	PBATZ	○	○
F172#7	绝对位置编码器电池电压值低报警信号	PBATL	○	○
F177#0	从装置 I/O Link 选择信号	IOLNK	○	○
F177#1	从装置外部读取开始信号	ERDIO	○	○
F177#2	从装置读/写停止信号	ESTPIO	○	○
F177#3	从装置外部写开始信号	EWTI0	○	○
F177#4	从装置程序选择信号	EPRG	○	○
F177#5	从装置宏变量选择信号	EVAR	○	○
F177#6	从装置参数选择信号	EPARM	○	○
F177#7	从装置诊断选择信号	EDGN	○	○
F178#0~#3	组号输出信号	SRLN00~SRLN03	○	○
F180	冲撞式参考位置设定的矩极限到达信号	CLRCH1~CLRCH4	○	○
F182	控制信号 (PMC 轴控制)	EACNT1~EACNT4	○	○

F274#4	Cs 轴坐标系建立报警信号	CSF01	○	○
F298#0～#3	报警预测信号	TDFSV1～TDFSV4	○	○
F349#0～#3	私服转速低报警信号	TSA1～TSA4	○	○

参考文献

- [1] 王秋敏, 宋嘎. 数控机床故障诊断与维修 [M]. 上海: 华东师范大学出版社, 2014 年 7 月
- [2] 韩鸿鸾, 董先. 数控机床机械系统装调与维修一体化教程 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2017 年 7 月
- [3] 李宏胜, 朱强, 曹锦江. FANUC 数控系统维护与维修 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2011 年 8 月
- [4] 北京发那科机电有限公司. FANUC CNC 维修与调整(0i-D)培训教程 [M]. 北京: 高等教育出版社, 2011 年 8 月
- [5] 严峻. 数控机床机械系统维修与调试实用技术 [M]. 北京: 机械工业出版社, 2013 年 5 月
- [6] 人力资源和社会保障部教材办公室. 数控机床机械装调与维修 [M]. 北京: 中国劳动社会保障出版社, 2012 年 5 月
- [7] 吕景泉. 数控机床安装与调试 [M]. 北京: 中国铁道出版社, 2011 年 7 月
- [8] 汤彩萍. 数控系统安装与调试: 基于工作过程工学结合课程实施整体解决方案 [M]. 北京: 电子工业出版社, 2009 年 11 月
- [9] 陈红康. 数控编程与加工 [M]. 济南: 山东大学出版社, 2009 年 8 月
- [10] 周兰. FANUC 系统数控机床回参考点方式及其故障排除[J]. 机床电器, 2012,(3):26-28.
- [11] 王银洲. 四工位电动刀架机械故障维修实例 [J]. 设备与维修, 2013,(14):79-80.
- [12] 焦连岷. 数控系统“跟踪误差过大”报警现象及实例分析 [J]. 设备与维修, 2013,(1):83-85.