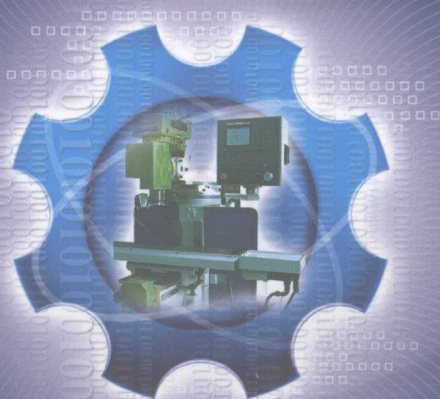




21世纪高职高专规划教材·机电类

数控铣床编程与强化实训

主编 刘仲海 张重山 主审 徐保国



7

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

内 容 简 介

本书结合高职高专学生特点,全面细致地介绍了数控铣床入门知识、数控铣床基本操作、程序编制的基本方法、刀具形状补偿、程序编制及加工实例、综合加工实训练习等内容,配以大量零件加工图形、界面操作图形、编程界面图形及典型工件的加工实例、参考程序等,侧重于操作实训,注重对学生各种能力的培养。

本书可作为高职高专院校和中等职业技术学校数控技术、机电一体化、机械制造等专业的教学用书,也可作为工程技术人员以及自学者的参考用书。

版权专有 侵权必究

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床编程与强化实训/刘仲海,张重山主编. —北京:北京理工大学出版社,2008.5

21世纪高职高专规划教材·机电类

ISBN 978-7-5640-1534-3

I. 数… II. ①刘…②张… III. 数控机床:铣床—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV. TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第070832号

出版发行/北京理工大学出版社

社 址/北京市海淀区中关村南大街5号

邮 编/100081

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

网 址/http://www.bitpress.com.cn

经 销/全国各地新华书店

印 刷/北京地质印刷厂

开 本/787毫米×960毫米 1/16

印 张/9.75

字 数/186千字

版 次/2008年5月第1版 2008年5月第1次印刷

印 数/1~4000册

定 价/16.00元

责任校对/陈玉梅

责任印制/李绍英

图书出现印装质量问题,本社负责调换

出版说明

当前，高度发达的制造业和先进的制造技术已经成为衡量一个国家综合经济实力和科技水平的重要标志之一，成为一个国家在竞争激烈的国际市场上获胜的关键因素。

如今，中国已成为制造业大国，但还不是制造业强国。我们要从制造业大国走向制造业强国，必须大力发展以机电一体化为主的先进制造技术，提高计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的技术水平。

制造业要发展，人才是关键。尽快培养一批高技能人才和高素质劳动者，是先进制造业实现技术创新和技术升级的迫切要求。高等职业教育既担负着培养高技能人才的任务，也为自身的发展提供了难得的机遇。

为适应制造业的深层次发展和机电一体化技术的广泛应用，根据高等职业教育发展与改革的新形势，北京理工大学出版社组织知名专家、学者，与生产制造企业的技术人员反复研讨，以教育部《关于加强高职高专人才培养工作的若干意见》等文件对高职高专人才培养的要求为指导思想，确立了“满足制造业对人才培养的需求，适应行业技术改革，紧跟前沿技术发展”的思路，编写了这套高职高专教材。本套教材力图实现：以培养综合素质为基础，以能力为本位，把提高学生的职业能力放在突出位置，加强实践性教学环节，使学生成为企业生产服务一线迫切需要的高素质劳动者；以企业需求为基本依据，以就业为导向，增强针对性，又兼顾适应性；课程设置和教学内容适应技术发展，突出机电一体化、数控技术、模具等应用专业领域的新知识、新技术、新工艺和新方法；教学组织以学生为主体，提供选择和创新的空間，构建开放、富有弹性、充满活力的课程体系，适应学生个性化发展的需要。

本套教材的主要特色有：

1. 借鉴国内外职业教育先进教学模式，顺应现代职业教育教学制度的改革趋势；
2. 以就业为导向，进行了整体优化；
3. 理论与实践一体化，强化了知识性和实践性的统一。

本套教材适合于作为高职高专院校机电一体化、数控技术、机械制造及自动化、模具设计与制造等专业的课程教学和技能培训用书。

北京理工大学出版社

前 言

随着社会经济发展对制造业的要求不断提高,以及科学技术特别是计算机技术的高速发展,传统的制造业已发生了根本性的变革,以数控技术为主的现代制造技术占据了重要地位。数控技术集微电子、计算机、信息处理、自动检测、自动控制等高新技术于一体,是制造业实现柔性化、自动化、集成化、智能化的重要基础。这个基础是否牢固直接影响到一个国家的经济发展和综合国力,关系到一个国家的战略地位。因此,世界上各工业发达国家均采取重大措施来发展自己的数控技术及其产业。

本书共分为8章,全面细致地介绍了数控铣床操作的入门知识、数控铣床的基本操作、数控铣床程序编制的基本方法、刀具形状补偿、数控铣床编程加工实例、数控铣床职业资格中级工、高级工操作实例以及数控铣床操作练习题库等。

为了适应和体现职业教育的特点与规律,本书结合高职高专学生的特点,对传统教材进行了大胆的改革尝试。主要针对于数控加工的特点,讲述了数控铣床编程和操作方法,侧重于操作实训。从学生的实际应用出发,由浅入深地讲解了数控编程的技巧和操作,配有大量的零件加工图形、操作界面图形、编程界面图形,以及典型工件的加工实例、参考程序等,注重对学生各种能力的培养,内容清晰、直观、易懂。

本书由天津现代职业技术学院刘仲海、张重山主编,刘仲海统稿,徐保国主审。在编写过程中参考了兄弟院校的教材和资料,得到了有关教师和工程技术人员的大力支持和技术指导,特此表示感谢。

本书可作为高职高专院校和中等职业学校数控技术、机电一体化、机械制造等专业的教学用书,也可作为工程技术人员以及自学者的参考用书。

由于作者水平有限,限于时间和从事数控加工实训工作的经验不足,书中难免有不少缺点或错误之处,恳请读者批评指正。

目 录

第1章 入门知识	1
1.1 安全文明教育	1
1.2 机床简介	3
1.3 数控机床的维护保养	7
第2章 数控铣床基本操作	11
2.1 面板操作	11
2.2 工件装夹	17
2.3 对刀	18
第3章 程序编制的基本方法	23
3.1 数控铣床程序的结构组成	23
3.2 数控铣床程序编制的基本方法	26
3.3 几种常用指令及使用方法	29
第4章 刀具形状补偿	36
4.1 刀具及其工艺特点	36
4.2 刀具半径补偿及其使用规则	47
4.3 刀具长度补偿及其使用规则	53
第5章 程序编制及加工实例	59
5.1 平面铣削加工实训	59
5.2 外轮廓铣削加工实训	63
5.3 内轮廓铣削加工实训	65

5.4 钻孔加工实训	67
第6章 综合加工	69
6.1 综合加工练习图一实训练习	69
6.2 综合加工练习图二实训练习	74
6.3 综合加工练习图三实训练习	79
第7章 综合练习件分析与编程实例	85
7.1 数控铣中级练习件部分	85
7.2 数控铣高级练习件部分	99
第8章 练习图库	138
参考文献	145

第1章

入门知识

1.1 安全文明教育

一、实训教学要求

- ① 了解安全文明生产的重要性。
- ② 掌握数控铣床安全操作规程。

二、实训教学重点、难点

数控铣床安全操作规程。

三、实训教学内容

1. 文明生产

文明生产是现代企业生产现场管理好坏的重要标志和现代工业生产的客观要求，数控加工是一种先进的加工手段，自动化程度比较高，并且采用了高性能的部件和系统，机床运行的可靠性高、加工精度高。

对于操作者来说，一方面要管好、用好和维护好数控机床；另一方面，还必须养成文明生产的工作习惯和严谨的工作作风，应具有较好的职业素质、责任心和良好的合作精神。

2. 数控机床安全生产规程

- ① 数控机床的使用环境要避免光的直接照射和其他辐射，要避免潮湿或粉尘过多的场所，特别要避免有腐蚀性气体的场所。
- ② 为了避免电源不稳定造成电子元件损坏，数控机床应采取专线供电或增设稳压装置。
- ③ 数控机床的开机、关机顺序，一定要按照机床说明书的规定操作。
- ④ 主轴启动，开始切削之前一定要关好防护罩门，程序正常运行中严禁开启防护罩门。

⑤ 机床发生事故, 操作者要注意保留现场, 并向维修人员如实说明事故发生前后的情况, 以利于分析问题, 查找事故原因。

⑥ 机床在正常运行时不允许打开电气柜的门, 禁止按“急停”、“复位”按钮。

⑦ 数控机床的使用一定要有专人负责, 严禁其他人员随意动用数控设备。

⑧ 要认真填写数控机床的工作日志, 做好交接工作, 消除事故隐患。

⑨ 不得随意更改数控系统内制造厂设定的参数。

3. 数控铣床安全操作规程

① 操作人员应熟悉所用数控铣床的组成、结构以及规定的使用环境, 并严格按机床操作手册的要求正确操作, 尽量避免因操作不当而引起故障。

② 应按要求正确着装。

③ 按顺序开、关机。开机时, 先开机床总电源, 再开数控系统的电源; 关机时, 先关数控系统的电源, 再关机床总电源。

④ 开机后, 观察系统 CRT 显示信息是否正常, 然后进行返回参考点的操作, 以建立机床坐标系。

⑤ 启动机床主轴空运行 10 min 以上, 达到热平衡状态后再进行零件的加工。

⑥ 按工艺规程的要求安装找正工装夹具, 检查刀具系统的安装及刀具类型、尺寸。

⑦ 对刀并建立工件坐标系。

⑧ 正式加工之前, 应进行程序试运行, 防止加工中刀具与工件碰撞, 损坏机床和刀具。

⑨ 刀具补偿值输入偏置页面后, 要对刀补号、补偿值、正负号、小数点进行认真地核对。

⑩ 检查每把刀柄在主轴孔中是否都能拉紧。

⑪ 程序修改后, 要对修改部分进行仔细地核对。

⑫ 无论是单件加工还是成批加工, 首件都必须对照零件图的工艺、程序和刀具调整卡, 进行逐个程序的试切。

⑬ 每把刀首次使用时, 必须先验证它的实际长度与所给刀补值是否相符。

⑭ 手动连续进给操作时, 必须检查各种开关所选择的位置是否正确, 确定正负方向, 然后进行操作。

⑮ 在程序运行中, 要观察数控系统上的坐标显示, 了解目前刀具运动点在机床坐标系中的位置, 程序段的位移量, 还剩余多少位移量等。

⑯ 加工过程中应随时注意机床的系统状态显示, 对异常情况要及时处理, 尤其应注意报警信息及超程、急停等现象, 确保安全操作。

⑰ 加工完毕后, 卸刀时应先握住刀柄, 再按换刀开关; 装刀时应在确认刀柄完全到位后再松手。

⑱ 加工完毕后, 将 X、Y、Z 轴移动到行程的中间位置, 并将主轴速度和进给速度倍率开关调置低挡位, 防止因误操作而使机床产生错误的动作。

⑬ 加工完毕, 清扫现场, 并做好工作记录。

4. 数控铣床操作步骤

① 打开压缩空气。

② 打开机床的电源开关→数控系统开关→释放急停按钮。

③ 机床回归参考点。

④ 工件的装夹、找正。

⑤ 对刀 (X 、 Y 轴) 确定工件原点, 输入工件坐标系。

⑥ 刀具安装。

⑦ 对刀 (Z 轴), 输入对刀值。

⑧ 输入程序。

⑨ 试运行、试切削。

⑩ 自动加工。

⑪ 清扫机床并保养。

⑫ 把 X 、 Y 、 Z 轴移动到中间位置, 保证机床精度。

⑬ 关机床, 先按下急停按钮→关闭数控系统电源→关闭机床电源→关闭压缩空气。

四、容易出现的问题及注意事项

① 机床上、下电时, 应该按照顺序进行。

② 回参考点时, 要注意先回 Z 轴, 各轴距离机械坐标为 100 mm 以上。

③ 机床锁住后, 要先回参考点再加工或对刀。

④ 机床出现问题时应立刻向老师报告。

⑤ 在关闭机床时, 要把各轴放在中间位置, 以保证机床的精度。

1.2 机床简介

一、实训教学要求

① 了解数控铣床的类型。

② 了解数控铣床的基本结构。

③ 掌握常用铣削系统的主要功能。

④ 掌握上海第四机床厂数控铣床的主要性能。

二、实训教学重点、难点

数控铣床的主要性能参数。

三、实训教学内容

1. 数控铣床简介

在箱体、壳体类机械零件，特别是模具型腔的加工中，采用数控铣床进行加工的占有很大的比例。因此，学习、掌握数控铣床的编程与加工操作十分重要。同时，它也是学习加工中心编程与加工的重要基础。铣削是机械加工中最常用的方法之一，包括平面铣削和轮廓铣削。与加工中心相比，数控铣床除了缺少自动换刀装置及刀库外，其他方面均与加工中心类似，可以对工件进行钻、扩、铰、镗、镗孔与攻丝等，但主要还是用来对工件进行铣削加工。

2. 数控铣床分类

数控铣床在结构上共分为四种：立式数控铣床、卧式数控铣床、立卧两用数控铣床和龙门式数控铣床。如图 1.2.1 所示。



图 1.2.1 数控铣床的分类

3. 数控铣床基本结构

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的，两者的加工工艺基本相同，结构也有些相似，但数控铣床是靠程序控制的自动加工机床，所以其结构与普通铣床比较有较大的区别。

如图 1.2.2 所示为 XK714B 数控铣床外形图。数控铣床一般由主轴箱、进给伺服系统、控制系统、辅助装置、机床基础件等几大部分组成。

① 主轴箱：包括主轴箱体和主轴传动系统，用于装夹刀具并带动刀具旋转。主轴转速范围和输出扭矩对加工有直接的影响。

② 进给伺服系统：由进给电机和进给执行机构组成，按照程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动，包括直线进给运动和旋转运动。

③ 控制系统：数控铣床运动控制的中心，执行数控加工程序，控制机床进行加工。

④ 辅助装置：如液压、气动、润滑、冷却系统和排屑、防护等装置。

⑤ 机床基础件：通常是指底座、立柱、横梁等，它是整个机床的基础和框架。

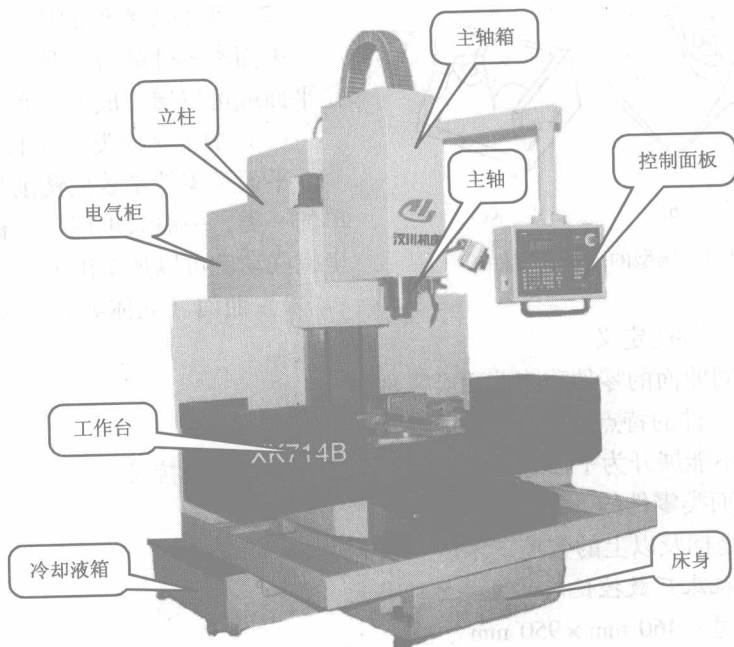


图 1.2.2 XK714B 数控铣床的外形图

4. 常用铣削系统主要功能

① 点位控制功能。

② 连续轮廓控制功能。

③ 刀具半径补偿功能。

④ 比例及镜像加工功能。

⑤ 旋转功能。

⑥ 子程序调用功能。

⑦ 宏程序功能。

5. 数控铣床加工范围

数控铣床一般用于加工平面类零件和曲面（立体类）零件。

1) 平面类零件

(1) 平面类零件的定义

加工面平行、垂直于水平面或加工面与水平面的夹角为定角的零件称为平面类零件。如图 1.2.3 所示的三个零件均属平面类零件。目前，在数控铣床上加工的绝大多数零件属于平面类零件。

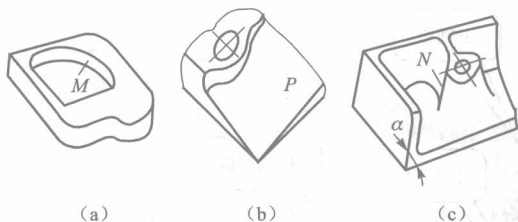


图 1.2.3 典型的平面类零件

(2) 平面类零件的特点

平面类零件的特点是，各个加工单元面是平面或可以展开成为平面。

(3) 加工平面类零件的数控机床

平面类零件是数控铣削加工对象中最简单的一类，一般只须用三坐标数控铣床的两坐标联动就可以加工出来。

2) 曲面（立体类）零件

(1) 曲面类零件的定义

加工面为空间曲面的零件称为曲面类零件。

(2) 曲面类零件的特点

一是加工面不能展开为平面；二是加工面与铣刀始终为点接触。

(3) 加工曲面类零件的数控机床

一般采用三坐标及以上的数控铣床。

6. 上海第四机床厂数控铣床的主要性能参数

① 工作台尺寸：460 mm × 950 mm。

② 工作台高：840 mm。

③ 工作台最大承受载荷：600 kg。

④ T 形槽（数量 × 槽宽 × 间距）：3 × 18 mm × 120 mm。

⑤ 坐标轴的行程：X 轴 800 mm；Y 轴 500 mm；Z 轴 550 mm。

⑥ 主电机功率：7.5 kW。

⑦ 主轴转速：20 ~ 6 000 r/min。

⑧ 主轴锥度：BT40。

⑨ 快速移动速度 (X 、 Y 、 Z)：10 000 mm/min。

⑩ 进给速度范围 (X 、 Y 、 Z)：1 ~ 5 000 mm/min。

⑪ 工作压力：0.6 MPa。

⑫ 最小设定单位：0.001 mm。

四、容易出现的问题及注意事项

应掌握使用的机床的性能参数，在加工时，让机床充分发挥其性能。

1.3 数控机床的维护保养

一、实训教学要求

- ① 了解数控机床维护保养的意义。
- ② 了解数控机床维护保养的基本知识。
- ③ 掌握数控机床日常维护保养的目的。

二、实训教学重点、难点

数控机床日常维护保养的检查方法和要求。

三、实训教学内容

1. 维护保养的意义

数控机床使用寿命的长短和故障的高低，不仅取决于机床的精度和性能，很大程度上也取决于它的正确使用和维护。正确的使用能防止设备非正常磨损，避免突发故障，精心的维护可使设备保持良好的技术状态，延缓劣化进程，及时发现和消除隐患于未然，从而保障安全运行，保证企业的经济效益，实现企业的经营目标。因此，机床的正确使用与精心维护是贯彻设备管理以防为主的重要环节。

2. 维护保养必备的基础知识

数控机床具有机、电、液集于一体，技术密集和知识密集的特点。因此，数控机床的维护人员不仅要有机械加工工艺及液压、气动方面的知识，也要具备电子计算机、自动控制、驱动计测量技术等知识，这样才能全面了解、掌握数控机床以及做好机床的维修保养工作。维护人员在维护前应详细阅读数控机床有关说明书，对数控机床有一个详细的了解，包括机床结构特点、工作原理，以及电缆的连接。

3. 数控机床进行日常维护和保养的目的

目的是延长器件的使用寿命和机械部件的更换周期,防止发生意外的恶性事故;使机床保持良好的状态,并保持长时间的稳定工作。不同型号的数控机床的日常保养的内容和要求不完全一样,机床说明书中已有明确的规定,但总的来说主要包括以下几个方面。

① 良好的润滑状态。定期检查、清洗自动润滑系统,及时添加或更换油脂、油液,使丝杠导轨等各运动部位始终保持良好的润滑状态,以降低机械的磨损速度。

② 机械精度的检查调整。用以减少各运动部件之间的形状和位置偏差,包括换刀系统、工作台交换系统、丝杠、反向间隙等的检查调整。

③ 经常清扫卫生。如果机床周围环境太脏,粉尘太多,均会影响机床的正常运行;电路板上太脏,可能产生短路现象;油水过滤器、完全过滤网太脏,会导致压力不够,散热不好,造成故障。所以必须定期进行卫生清扫。

数控机床日常保养见表 1.3.1。

表 1.3.1 数控机床日常保养

序号	检查周期	检查部位	检查要求
1	每天	导轨润滑油箱	检查油量,及时添加润滑油,润滑泵定时启动打油及停止
2	每天	主轴润滑恒温油箱	工作正常,油量充足,温度范围合适
3	每天	机床液压系统	油箱油泵无异常噪声,工作油面合适,压力表指示正常,管路及各接头无泄漏
4	每天	压缩空气气源压力	气动控制系统压力在正常范围之内
5	每天	气源自动分水滤气器,自动空气干燥器	及时清理分水器中滤出的水分,保证自动空气干燥器工作正常
6	每天	气液转换器和增压器油面	油量不够时要及时补足
7	每天	X、Y、Z 轴导轨面	清除切屑和脏物,导轨面无划伤损坏,润滑油充足
8	每天	液压平衡系统	平衡压力指示正常,快速移动时平衡阀工作正常
9	每天	CNC 输入/输出单元	光电阅读机的清洁,机械润滑良好
10	每天	各防护装置	导轨,机床防护罩等齐全有效
11	每天	电气柜各散热通风装置	各电气柜中散热风扇工作正常,风道过滤网无堵塞,及时清洗过滤器

续表

序号	检查周期	检查部位	检查要求
12	每周	各电气柜过滤网	清洗黏附的尘土
13	不定期	冷却油箱、水箱	随时检查液面高度, 及时添加油 (或水), 太脏时需清洗或更换油箱 (水箱) 和过滤器
14	不定期	废油池	及时取走存积的废油, 避免溢出
15	不定期	排屑器	经常清理切屑, 无卡住等现象
16	半年	主轴驱动皮带	按机床说明书要求调整皮带的松紧程度
17	半年	各轴导轨上镶条、压紧滚轮	按机床说明书要求调整松紧状态
18	一年	直流伺服电动机碳刷	检查换向器表面, 去除毛刺, 吹净碳粉, 及时更换磨损过短的碳刷
19	一年	液压油路	清洗溢流阀、减压阀、滤油器、油箱, 过滤或更换液压油
20	一年	主轴润滑恒温油箱	清洗过滤器、油箱, 更换润滑油
21	一年	润滑油泵、过滤器	清洗润滑油池
22	一年	滚珠丝杠	清洗丝杠上旧的润滑脂, 涂上新油脂

4. 数控系统的日常维护

数控系统使用一定时间之后, 某些元器件或机械部件总要损坏。延长元器件的寿命和零部件的磨损周期, 防止各种故障, 特别是恶性事故的发生, 延长整台数控系统的使用寿命, 是对数控系统进行日常维护的目的。具体的日常维护要求, 在数控系统的使用、维修说明书中一般都有明确的规定。总的来说, 要注意以下几点。

① 制定数控系统日常维护的规章制度。根据各种部件的特点, 确定各自保养条例。如明文规定哪些地方需要天天清理, 哪些部件要定时加油或定期更换等。

② 应尽量少开数控柜和强电柜的门。机加工车间空气中一般都含有油雾、飘浮的灰尘甚至金属粉末, 一旦它们落在数控装置内的印刷线路板或电子器件上, 容易引起元器件间绝缘电阻下降, 并导致元器件及印刷线路板的损坏。因此, 除非进行必要的调整和维修, 否则不允许加工时敞开柜门。

③ 定时清理数控装置的散热通风系统。应每天检查数控装置上各个冷却风扇工作是否正常。视工作环境的状况, 每半年或每季度检查一次风道过滤器是否有堵塞现象, 如过滤网上灰尘积聚过多, 需要及时清理, 否则将会引起数控装置内温度过高 (一般不允许超过 55°C), 致使数控系统不能可靠地工作, 甚至发生过热报警现象。

④ 定期检查和更换直流电机电刷。虽然在现代数控机床上有交流伺服电机和交流主轴电机取代直流伺服电机和直流主轴电机的倾向。但广大用户所用的大多数还是直流电机。而电机电刷的过度磨损将会影响电机的性能,甚至造成电机损坏。为此,应对电机电刷进行定期检查和更换。检查周期随机床使用频繁度而异,一般为每半年或一年检查一次。

⑤ 经常监视数控装置用的电网电压。数控装置通常允许电网电压在额定值的 $\pm 10\% \sim \pm 15\%$ 的范围内波动,如果超出此范围就会造成系统不能正常工作,甚至会引起数控系统内的电子部件损坏。为此,需要经常监视数控装置用的电网电压。

⑥ 存储器用的电池需要定期更换。存储器如采用 CMOS RAM 器件,为了在数控系统不通电期间能保持存储的内容,设有可充电电池维持电路。在正常电源供电时,由 +5 V 电源经一个二极管向 CMOS RAM 供电,同时对可充电电池进行充电;当电源停电时,则改由电池供电维持 CMOS RAM 信息。在一般情况下,即使电池仍未失效,也应每年更换一次,以确保系统能正常工作。电池的更换应在 CNC 装置通电状态下进行。

⑦ 数控系统长期不用时的维护。为提高系统的利用率和减少系统的故障率,长期闲置不用是不可取的。若数控系统处在长期闲置的情况下,需注意以下两点:一是给系统通电,特别是在环境湿度较高的梅雨季节更是如此。在机床锁住不动的情况下,让系统空运行,利用电器元件本身的发热来驱散数控装置内的潮气,保证电子元器件及部件性能的稳定可靠。实践证明,在空气湿度较大的地区,经常通电是降低故障率的一个有效措施。二是如果数控机床的进给轴和主轴采用直流电机来驱动,应将电刷从直流电机中取出,以免由于化学腐蚀作用,换向器表面腐蚀,造成换向性能变坏,使整台电机损坏。

⑧ 备用印刷线路板的维护。印刷线路板长期不用是容易出故障的。因此,对于已购置的备用印刷线路板应定期装到数控装置上通电,运行一段时间,以防损坏。

四、容易出现的问题及注意事项

在日常工作当中,容易忽略机床的日常维护和保养,作为一个合格的操作人员来说,不只是要有一个好的编程思维和方式,而且还要有一个日常对机床进行维护的良好的素养。因此,在日常的生产和学习中,应该注重对机床的日常维护和保养,以提高机床的使用寿命,保障机床的使用精度。