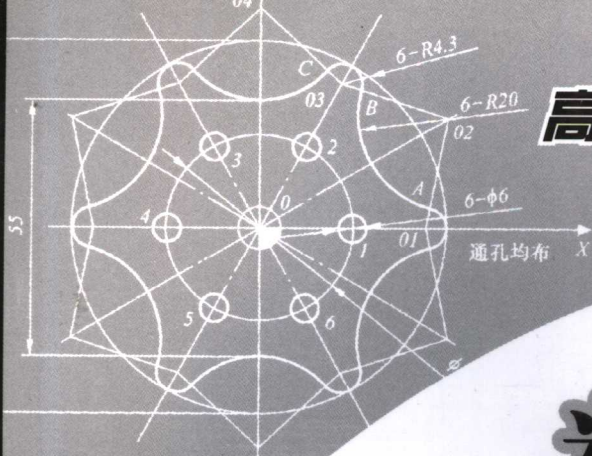
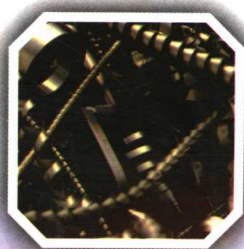


高职高专机电类规划教材



数控机床 故障诊断与维修

■ 周兰 陈少艾 主编 ■ 申晓龙 副主编 ■ 王文义 主审



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

高职高专机电类规划教材

数控机床故障诊断与维修

周 兰 陈少艾 主 编

申晓龙 副主编

王文义 主 审



人民邮电出版社

北 京

图书在版编目 (CIP) 数据

数控机床故障诊断与维修 / 周兰, 陈少艾主编. —北京:
人民邮电出版社, 2007.12
(高职高专机电类规划教材)
ISBN 978-7-115-16803-0

I. 数… II. ①周…②陈… III. ①数控机床—故障
诊断—高等学校: 技术学校—教材②数控机床—维修—高
等学校: 技术学校—教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 140647 号

内 容 提 要

本书是根据国家培养高素质技能型专门人才的有关要求而编写的。全书以数控机床的基本结构为主线,以提高数控机床维修人员的能力为目标,采用项目驱动的方式组织内容,注重与相关知识点结合,注重分析与解决问题方法和思路的引导,同时选用大量维修案例,帮助理解维修要点。全书分为 7 章,从数控机床的故障诊断与维修基础、数控机床电气控制基础、数控系统体系结构、数控系统故障诊断与维修、进给伺服系统故障诊断与维修、主轴驱动系统故障诊断与维修以及数控机床机械装置故障诊断与维修等方面,阐述数控机床维修必备的基础技能和知识,数控系统、伺服系统、机械结构、辅助装置等的体系结构、工作原理、常见故障、原因及故障维修方法等。本书每章后都有“学习小结”,各章节都附有一定的思考与练习题供读者选用。

本书可作为高职高专数控类、机制类、设备维修类专业的教学用书,也可作为工程技术人员的参考书籍。

高职高专机电类规划教材 数控机床故障诊断与维修

-
- ◆ 主 编 周 兰 陈少艾
副 主 编 申晓龙
主 审 王文义
责任编辑 潘新文
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
人民邮电出版社内蒙古印刷厂印刷
新华书店总店北京发行所经销
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 23.5
字数: 569 千字 2007 年 12 月第 1 版
印数: 1-3 000 册 2007 年 12 月内蒙古第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-16803-0/TN

定价: 33.00 元

读者服务热线: (010)67170985 印装质量热线: (010)67129223

高职高专机电类规划教材

编审委员会

主任：郭建尊

副主任：赵小平 孙小捞 马国亮

委员：(以姓氏拼音为序)

陈建环	陈桂芳	陈 静	程东风	毕建平	杜可可
巩运强	霍苏萍	郝 屏	黄健龙	孔云龙	李大成
李俊松	娄 琳	李新德	李秀忠	李银玉	李 英
李龙根	马春峰	宁玉伟	瞿彩萍	施振金	申辉阳
申晓龙	田光辉	童桂英	王 浩	王宇平	王金花
解金榜	于保敏	杨 伟	曾和兰	张伟林	张景耀
张月楼	章志芳	张 薇	赵晓东	周 兰	

丛书前言

目前, 高职高专教育已成为我国普通高等教育的重要组成部分。“十一五”期间, 国家将安排 20 亿元专项资金用来支持 100 所高水平示范院校的建设, 如此大规模的建设计划在我国职业教育发展历史上还是第一次, 这充分表明国家正在深化高职高专教育的深层次的重大改革, 加大力度推动生产、服务第一线真正需要的应用型人才的培养。

为适应当前我国高职高专教育如火如荼的发展形势, 配合高职高专院校的教学和教材改革, 进一步提高我国高职高专教育质量, 人民邮电出版社在相关教育、行政主管部门的大力支持下, 组织专家、高职高专院校的骨干教师及相关行业的工程师, 共同策划编写了一套符合当前职业教育改革精神的高质量实用型教材——“高职高专机电类规划教材”。

本系列教材充分体现了高职高专教育的特点, 突出了理论和实践的紧密结合, 本着“易学, 易用”的编写原则, 强调学生创造能力、创新精神和解决实际问题能力的培养, 使学生在 2~3 年的时间内充分掌握基本技术技能和必要的基本知识。

本系列教材按照如下的原则组织、策划和编写, 以尽可能地适应当今高职高专教育领域教学改革和教材建设的新需求和新特点。

1. 着重突出“实用”特色。概念理论取舍得当, 够用为度, 降低难度。对概念和基本理论, 尽量用具体事物或案例自然引出。
2. 基本操作环节讲述具体详细, 可操作性强, 使学生很容易掌握基本技能。
3. 内容紧随新技术发展, 将新技术、新工艺、新设备、新材料引入教材。
4. 尽可能将实物图和原理图相结合, 便于学生将书本知识与生产实践紧密联系起来。
5. 每本书配备全面的教学服务内容, 包括电子教案、习题答案等。

本系列教材第一批共有 22 本, 涵盖了高职高专机电类各专业的专业基础课和数控、模具、CAD/CAM 专业的大部分专业课, 将在 2007 年年底出版。

为方便高职高专老师授课和学生学习, 本系列教材将提供完善的教学服务体系, 包括多媒体教学课件或电子教案、习题答案等教学辅助资料, 欢迎访问人民邮电出版社网站 <http://www.ptpress.com.cn/download/>, 进行资料下载。

我们期望, 本系列教材的编写和推广应用, 能够进一步推动我国机电类职业技术教育的教学模式、课程体系和教学方法的改革, 使我国机电类职业技术教育日臻成熟和完善。欢迎更多的老师参与到本系列教材的建设中来。对本系列教材有任何的意见和建议, 或有意向参与本系列教材后续的编审工作, 请与人民邮电出版社教材图书出版分社联系, 联系方式: 010-67145004, panxinwen@ptpress.com.cn。

“高职高专机电类规划教材”丛书编委会

2007.5

编者的话

随着科学技术的发展,机械产品更新换代的速度在加快,这对机床设备不仅提出了精度和效率的要求,而且也对其提出了通用性和灵活性的要求。数控机床就是针对这种要求而产生的一种新型自动化机床。数控机床体现了当前世界机床技术的进步,也是衡量一个国家机械制造工艺水平高低的重要方面。

数控机床是一种价格昂贵的精密设备。机床经过一段较长时间的使用,电子元器件性能老化甚至损坏,有些机械部件会出现磨损甚至失效,为了尽量地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,就必须对数控机床进行日常的维护,对出现的故障进行及时排除。数控机床集微电子技术、计算机技术、自动控制技术及伺服驱动技术、精密机械技术于一体,环节较多,引发故障的原因也很多。作为维修人员,必须具备较高的机电一体化理论知识和技能水平,必须熟悉机床机、电、液、气各部分的结构及工作原理。

本书采用了模块化的编写方法,根据数控机床的基本构成,从数控机床的故障诊断与维修基础、数控机床电气控制基础、数控系统体系结构、数控系统故障诊断与维修、进给伺服系统故障诊断与维修、主轴驱动系统故障诊断与维修以及数控机床机械装置故障诊断与维修等模块说明各部分的结构(或体系结构)、工作原理、常见故障现象、故障排除方法等。各模块的编写采用项目驱动的方式,引入相关知识点,循序渐进,同时注重技能和能力的培养,每个环节都有相当数量的维修案例帮助学习处理故障的思维和办法。

数控机床维修是对机电一体化知识的综合应用,涉及电工与电子技术、机床电气控制、数控机床、数控原理、机床伺服系统、数控编程、液压与气动等较多学科,需要这些知识的前期铺垫。

全书可用60个学时讲授,其中第1章6学时,第2章24学时,第3章6学时,第4章6学时,第5章6学时,第6章4学时,第7章8学时,可以根据教学需要进行教学内容取舍。各章节独立成模块,可根据教学条件分模块实训和进行综合实训。

本书由周兰、陈少艾任主编,申晓龙任副主编,王文义任主审。其中第1章、第7章由申晓龙编写;第2章、第5章由周兰编写;第3章、第4章、第6章由陈少艾编写。全书由周兰统稿。

为了方便教学,我们还制作了与本书配套的电子教案,可从人民邮电出版社网站(www.ptpress.com.cn)免费下载。

本书编写时参阅了有关院校、工厂、科研单位的教材、资料和文献,并到相关企业进行了调研、培训,得到了许多同行专家、教授、工程技术人员的支持和帮助,在此深表感谢。

由于时间仓促和经验有限,书中难免存在一些缺陷,恳请读者指正。

编者

2007.6于武昌

目 录

第 1 章 数控机床故障诊断与维修基础	1
1.1 数控机床体系结构	1
1.1.1 数控机床的类型	1
1.1.2 数控机床存在的运动	2
1.1.3 数控机床体系结构	5
1.2 数控机床故障特点及类型	13
1.2.1 数控机床故障特点	13
1.2.2 数控机床故障分类	14
1.3 数控机床故障诊断及排除的方法	16
1.3.1 数控机床故障诊断、排除应遵循的基本原则	16
1.3.2 故障诊断排除的一般流程	17
1.3.3 数控系统的自诊断技术	20
1.3.4 数控机床故障诊断排除的基本方法	23
思考与练习题	30
第 2 章 数控机床电气控制基础	31
2.1 数控机床电气控制及基本回路	31
2.1.1 数控机床常用控制电器简介	31
2.1.2 电气控制基本回路	35
2.1.3 典型控制回路	39
2.1.4 数控机床典型控制线路	45
2.2 数控机床用可编程控制器	51
2.2.1 可编程控制器的基本结构及工作原理	51
2.2.2 数控机床用可编程控制器类型及实现功能	55
2.2.3 PLC 指令系统	59
2.2.4 PLC 在数控机床上应用示例	64
2.3 步进电动机驱动装置	73
2.3.1 反应式步进电动机	73
2.3.2 多段反应式步进电动机	75
2.3.3 混合式步进电动机	76
2.3.4 步进电动机的细分	78
2.3.5 步进电动机的使用及几种步进电动机的比较	79
2.3.6 步进电动机的控制	80

2.3.7	晶体三极管简介	81
2.3.8	步进电动机驱动电路	83
2.4	直流伺服驱动装置	85
2.4.1	集成运算放大器简介	85
2.4.2	直流伺服电动机	90
2.4.3	晶闸管—电动机直流自动调速系统	97
2.4.4	晶体管—直流脉宽 (PWM) 调制自动控制系统	108
2.5	交流伺服驱动装置	114
2.5.1	交流伺服电动机	114
2.5.2	变频调速技术简介	120
2.5.3	晶闸管交—直—交电压型变频器	123
2.5.4	晶闸管交—直—交电流型变频器	126
2.5.5	脉宽调制型 (PWM) 变频器	130
2.6	数控机床主轴驱动装置	130
2.6.1	直流主轴驱动装置	130
2.6.2	交流模拟主轴驱动装置	136
2.6.3	交流数字主轴驱动装置	142
2.7	数控机床典型驱动装置及接口技术	144
2.7.1	进给驱动装置的接口	144
2.7.2	典型步进电动机驱动装置	155
2.7.3	变频电动机驱动装置	158
2.7.4	交流伺服电动机驱动装置	160
	思考与练习题	165
第3章	数控系统体系结构及参数设定	167
3.1	数控系统的基本构成	167
3.1.1	数控系统的体系结构	167
3.1.2	数控系统的硬件结构	169
3.1.3	数控系统的软件结构	173
3.2	典型数控系统及其接口	176
3.2.1	FANUC 数控系统	176
3.2.2	SIEMENS 数控系统	183
3.2.3	华中世纪星 HNC-21 数控系统	194
3.3	数控系统的参数设定	197
3.3.1	数控系统的参数	197
3.3.2	数控系统参数类型	198
3.3.3	参数的显示与修改	200
	思考与练习题	203

第4章 数控系统故障诊断与维修	204
4.1 数控系统电源类故障诊断与维修	204
4.1.1 电源单元工作原理	204
4.1.2 电源系统抗干扰技术	217
4.1.3 电源类故障诊断与维修	222
4.2 数控系统显示类故障诊断与维修	226
4.2.1 系统显示类故障现象	226
4.2.2 常见显示类故障及排除方法	226
4.2.3 显示类故障维修实例	227
4.3 数控系统软件类故障诊断与维修	229
4.3.1 数控系统软件的基本配置	229
4.3.2 软件故障发生的原因	229
4.3.3 软件故障排除方法	230
4.4 数控系统回参考点类故障诊断与维修	232
4.4.1 机床返回参考点的必要性	232
4.4.2 机床返回参考点的几种方式	232
4.4.3 机床回参考点的操作过程	234
4.4.4 机床回参考点常见故障及排除	234
4.4.5 机床回参考点故障维修示例	236
4.5 数控系统参数设定类故障诊断与维修	238
4.5.1 参数丢失的原因及重装	238
4.5.2 参数错误的故障现象	239
4.5.3 数控系统参数类故障维修实例	240
4.6 数控系统急停报警类故障诊断与维修	241
4.6.1 急停回路电气原理图	241
4.6.2 系统急停不能复位的原因	242
4.6.3 数控系统急停报警类故障维修实例	242
4.7 数控机床操作类故障诊断与维修	243
4.7.1 数控机床基本操作	243
4.7.2 常见故障及排除	244
4.7.3 数控机床操作类故障维修实例	245
4.8 数控机床 PLC 类故障诊断与维修	246
4.8.1 数控机床 PLC 故障的表现形式	246
4.8.2 可编程序控制器类故障诊断的要点	246
4.8.3 数控机床可编程序控制器类故障诊断方法	246
4.8.4 数控机床可编程序控制器类故障维修实例	247
思考与练习题	249

第 5 章 进给伺服系统故障诊断与维修	250
5.1 步进电动机驱动系统的故障诊断与维修	252
5.1.1 步进电动机驱动器与数控系统的连接	252
5.1.2 步进电动机驱动系统故障特点	252
5.1.3 步进电动机驱动常见故障	252
5.1.4 步进电动机驱动维修实例	253
5.2 直流伺服驱动系统故障诊断与维修	254
5.2.1 直流伺服驱动系统的类型	254
5.2.2 晶闸管 SCR 直流伺服驱动	254
5.2.3 晶体管直流脉宽调制 PWM 伺服驱动	260
5.2.4 直流伺服驱动维修实例	265
5.3 交流伺服驱动系统故障诊断与维修	267
5.3.1 交流伺服驱动系统常见结构形式	267
5.3.2 交流伺服驱动原理	269
5.3.3 FANUC 交流模拟伺服驱动系统	273
5.3.4 SIEMENS 交流模拟伺服驱动系统	279
5.3.5 交流伺服驱动维修实例	285
思考与练习题	290
第 6 章 主轴驱动系统故障诊断与维修	291
6.1 主轴驱动基础	291
6.1.1 数控机床对主轴驱动系统的要求	291
6.1.2 常用主轴驱动系统简介	292
6.1.3 主轴伺服系统常见故障形式及诊断方法	293
6.2 直流主轴驱动系统	294
6.2.1 直流主轴驱动原理	294
6.2.2 FANUC S 系列直流主轴驱动装置	296
6.2.3 直流主轴驱动系统维修实例	300
6.3 交流主轴驱动系统	302
6.3.1 FANUC 交流模拟主轴驱动装置	302
6.3.2 SIEMENS 交流主轴驱动装置	308
6.3.3 交流主轴驱动系统维修实例	314
思考与练习题	316
第 7 章 数控机床机械装置故障诊断与维修	318
7.1 数控机床机械结构故障概述	318
7.1.1 数控机床机械故障的特点	318
7.1.2 机械部件故障常见类型	318

7.1.3 数控机床各典型部件可能出现的主要故障	319
7.2 主轴部件的故障诊断与维修	320
7.2.1 数控机床对主轴部件的要求	320
7.2.2 主运动的实现方式及主轴端部结构	320
7.2.3 主轴部件的支承方式与预紧	322
7.2.4 主轴的密封与润滑	326
7.2.5 主轴准停装置及自动换刀	330
7.2.6 主轴的维护	331
7.2.7 主轴常见故障诊断与维修	331
7.2.8 数控机床主轴维修实例	332
7.3 进给运动部件的故障诊断与维修	333
7.3.1 对数控机床进给系统机械结构的要求	333
7.3.2 齿轮副间隙的消除	333
7.3.3 滚珠丝杠螺母副间隙调整及预紧	335
7.3.4 数控机床导轨	339
7.3.5 进给运动部件维修实例	345
7.4 刀具自动交换装置故障诊断与维修	348
7.4.1 数控机床常见自动换刀方式	348
7.4.2 加工中心刀库及换刀装置的维护	352
7.4.3 换刀装置常见故障诊断与维修	352
7.5 数控机床辅助装置	355
7.5.1 液压系统在数控机床上的应用	355
7.5.2 液压系统基本构成及常见故障表现形式	358
7.5.3 液压系统常见故障诊断与维修	359
思考与练习题	361
参考文献	363

第1章 数控机床故障诊断与维修基础

本章作为数控机床故障诊断与维修基础，介绍数控机床常见类型，分析典型机床存在的运动和典型机床的体系结构；介绍数控机床故障的特点、类型；结合典型案例介绍故障诊断与维修的基本原则、一般流程、基本方法等。

重点掌握数控机床故障诊断与维修的原则和方法。

1.1 数控机床体系结构

1.1.1 数控机床的类型

数控机床有多种分类方法，不同类型的数控机床有着不同的结构特点和工艺用途。

1. 按照数控机床的工艺用途分

数控机床按照工艺用途可分为以下几类。

(1) 普通类的数控机床

普通类的数控机床包括卧式数控车床和立式数控车床、数控钻床、数控镗床、数控铣床、数控磨床等。其中卧式数控车床主要用于小型盘类、轴类零件的加工，采用四方刀架或回转刀库盘；立式数控车床用于大型盘类零件的加工，采用转塔刀架换刀；数控钻床主要用于钻孔、铰孔、攻螺纹等加工，采用转塔主轴或手动换刀；数控镗床也有卧式和立式之分，用于箱体类零件钻、镗和铣削加工，采用手动换刀；数控铣床常见的有立式、卧式和龙门式，用于平面、曲面、沟槽和孔的加工；数控磨床根据工件形状的不同分为平面磨床、内圆磨床、外圆磨床等，用于平面、内孔、外圆表面、端面等的精加工。

(2) 加工中心

加工中心包括车削中心、钻铣镗加工中心、磨削加工中心等。车削中心集中了车、钻、铣、磨等工艺的特点，其回转刀盘上配备有自驱刀具，有的车削加工中心还配备有多个回转刀库盘及副主轴。钻铣镗加工中心可以进行零件的钻、镗、铣、螺纹及内孔切槽等多种加工，根据工艺用途不同可以配备有多种结构形式的刀库，如盘状刀库、链状刀库等。钻铣镗加工中心分机械手自动换刀和无机械手自动换刀等形式。磨削加工中心能够对工件的内外圆进行磨削加工，同时可以实现外圆砂轮和内圆砂轮的自动更换。

(3) 金属成型类数控机床（又称无屑加工数控机床）

金属成型类数控机床包括数控剪板机、数控折弯机、数控冲床等。

(4) 特种数控加工机床

特种数控加工机床包括数控电火花加工机床、数控线切割机床、数控激光切割设备等。

(5) 其他

除上述 4 类外还有数控火焰切割设备、数控等离子切割设备、数控水切割设备、三坐标测量机等。

2. 按照刀具相对于工件的运动方式分

数控机床按照刀具相对于工件的运动方式可分为以下几类。

(1) 点位控制数控机床

点位控制数控机床严格控制刀具从一个位置到另一个位置的准确定位，刀具在移动和定位过程中不进行任何加工。典型的机床有数控钻床、坐标镗床、数控冲床等，如图 1-1 所示。

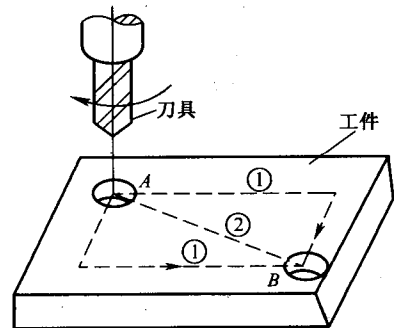


图 1-1 点位控制数控机床

(2) 点位直线控制数控机床

点位直线控制数控机床不仅能控制刀具或移动部件实现从一个位置到另一个位置的精确移动，而且能使它们以给定的速度实现平行于坐标轴方向的加工。典型的机床有数控车床、数控铣床、数控磨床等，如图 1-2 所示。

(3) 轮廓控制数控机床

轮廓控制数控机床是对两个或两个以上的坐标轴同时进行控制，不仅要控制机床移动部件的起点和终点坐标，还要控制加工过程中的速度、方向和位移量，即必须控制加工轨迹，以便加工出所要求的轮廓。典型的机床有两轴联动（2D）、三轴控制任意两轴联动（2.5D）、三轴联动（3D）、四轴、五轴（4D、5D）等多轴联动，如图 1-3 所示。

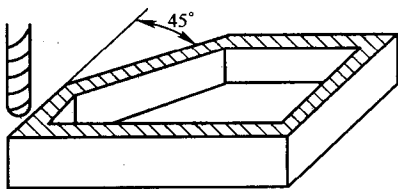


图 1-2 点位直线控制数控机床

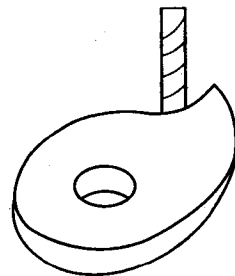


图 1-3 轮廓控制数控机床

1.1.2 数控机床存在的运动

1. 机床的运动

数控机床在加工过程中存在多种运动，按照运动作用的不同分为表面成型运动和辅助运动。

表面成型运动是指使工件获得一定表面形状所必需的刀具和工件之间的相对运动，分为

主运动和进给运动。其中主运动直接切除毛坯上的被切削层，速度高，消耗机床大部分动力；进给运动用于保证被切削层不断地投入切削，形成各种形状的加工表面，进给运动相对来说消耗电动机的功率要小些。

数控机床加工过程中还存在一些辅助运动，如工作台的分度运动，刀架或刀库的选刀运动，机械手的换刀运动等，这些运动虽然不直接参与加工，但是对于保证加工质量，提高生产效率，改善加工条件等起到了很大的作用。

2. 典型机床的运动分析

(1) 数控车床运动分析

图 1-4 所示为 MJ-50 数控车床传动链示意图，该车床存在以下运动。

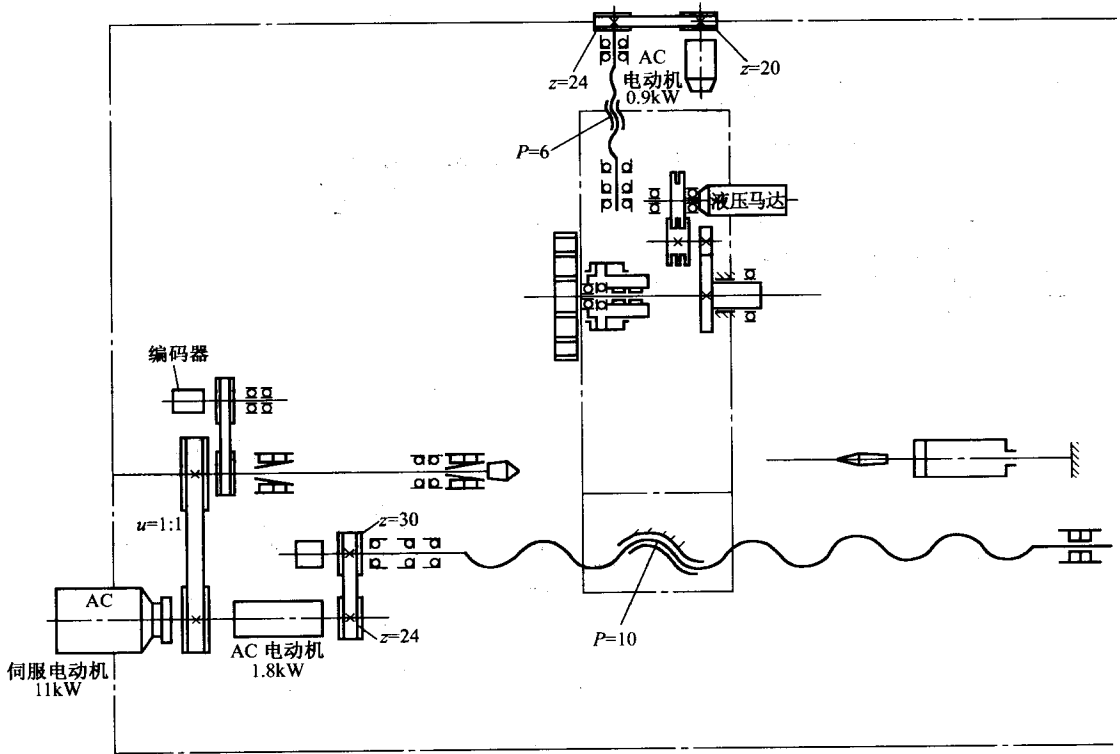


图 1-4 MJ-50 数控车床传动链示意图

主运动传动系统由功率为 11kW 的交流伺服电动机驱动，经一级速比为 1:1 的弧齿同步齿形带轮传动，直接带动主轴旋转。主轴在 35r/min~3 500r/min 的转速范围内实现无级调速。由于主轴的调速范围不是很大，所以在主轴箱内省去了齿轮传动变速机构，减少了齿轮传动误差对主轴精度的影响。

纵向进给系统由功率为 1.8kW 的交流伺服电动机驱动，经一级速比为 1:1.25 弧齿同步齿形带轮传动，带动导程 $P=10\text{mm}$ 的滚珠丝杠旋转，将电动机的回转运动转化成床鞍的直线纵向运动。

横向进给系统由功率为 0.9kW 的交流伺服电动机驱动，经一级速比为 1:1.2 的弧齿同步齿形带轮皮带传动，带动导程 $P=6\text{mm}$ 的滚珠丝杠旋转，将电动机的回转运动转化成滑板的

直线横向运动。

数控车床换刀时，需要刀架做回转分度运动，刀架回转的角度取决于装刀数目。MJ-50 共有 10 把刀具，分度角以 36° 为单位。回转刀架的动力源为液压马达，通过起分度作用的平板共轭分度凸轮，将分度运动传递给一对齿轮副，进而带动刀架回转。

数控车床采用自动定心卡盘装夹工件，通过液压缸的左右腔进油来夹紧或松开工件。

数控车床上存在以上一些表面成型运动和辅助运动，机床数控装置就是要对这些运动进行控制。

(2) 数控铣床运动分析

图 1-5 所示为 XKA5750 数控铣床传动链示意图，该机床存在以下运动。

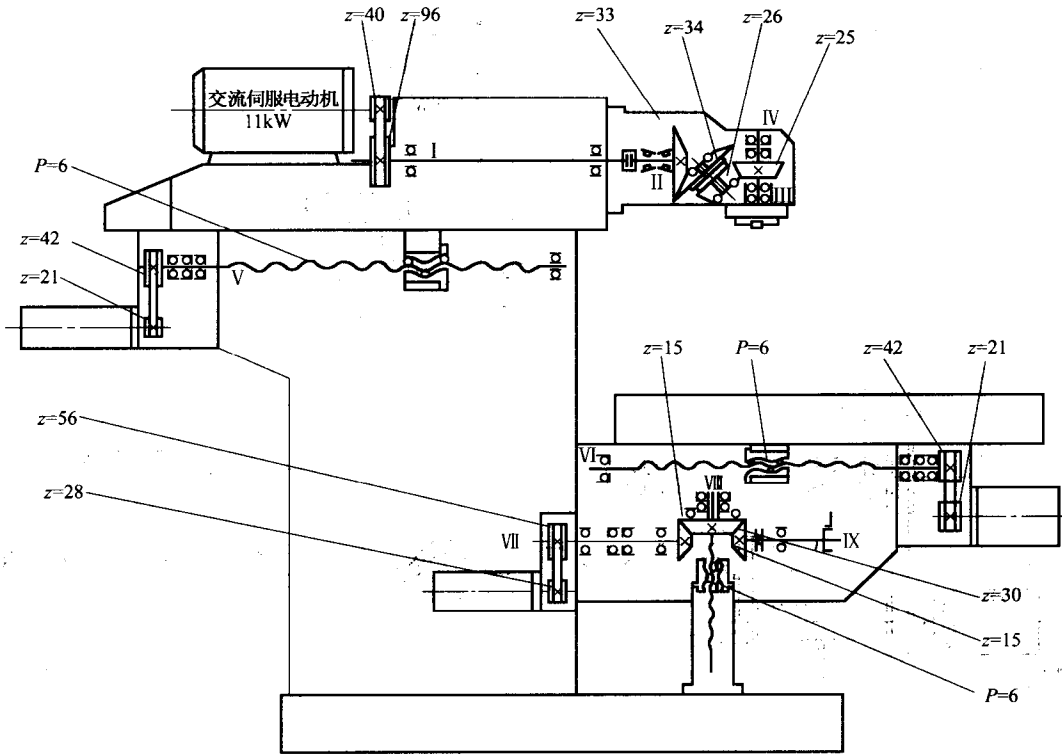


图 1-5 XKA5750 数控铣床传动链示意图

主运动是铣床主轴的旋转运动，由装在滑枕后部的交流主轴伺服电动机驱动，电动机的运动通过速比为 $1:2.4$ 的一对弧齿同步齿形带轮到滑枕的水平轴 I 上，再经过万能铣头的两对弧齿锥齿轮副 ($33/34, 26/25$) 将运动传到主轴 IV，主轴的转速范围为 $50\text{r/min} \sim 2\,500\text{r/min}$ (电动机转速范围为 $120\text{r/min} \sim 6\,000\text{r/min}$)。主轴转速在 625r/min (电动机转速在 $1\,500\text{r/min}$) 以下为恒转矩输出；主轴转速在 $625\text{r/min} \sim 1\,875\text{r/min}$ 内为恒功率输出；主轴转速超过 $1\,875\text{r/min}$ 后输出功率下降，转速到 $2\,500\text{r/min}$ 时，输出功率下降到额定功率的 $1/3$ 。

工作台的纵向 (X 向) 进给和滑枕的横向 (Y 向) 进给传动系统，都是由交流伺服电动机通过速比为 $1:2$ 的一对同步圆弧齿形带轮，将运动传动至导程 $P=6\text{mm}$ 的滚珠丝杠。升降台的垂直 (Z 向) 进给运动为交流伺服电动机通过速比为 $1:2$ 的一对同步齿形带轮将运动传

到轴Ⅶ，再经过一对弧齿锥齿轮传到垂直滚珠丝杠上，带动升降台运动。垂直滚珠丝杠上的弧齿锥齿轮还带动轴Ⅸ上的锥齿轮，经单向超越离合器与自锁器相连，防止升降台因自重而下滑。

(3) 加工中心运动分析

图 1-6 所示为 JCS-018A 加工中心传动链示意图，该加工中心存在以下运动。

JCS-018 型立式加工中心的主运动驱动电动机是交流变频调速电动机，连续输出额定功率为 5.5kW，最大输出功率为 7.5kW，主电动机经两级多楔带轮驱动主轴。当经带轮副直径为 $\phi 183.6\text{mm}/\phi 183.6\text{mm}$ 传动时，主轴转速 n 为 $(45 \sim 1\,500 \sim 4\,500)$ r/min；当经带轮副直径为 $\phi 119\text{mm}/\phi 239\text{mm}$ 传动时，主轴转速 n 为 $(22.5 \sim 750 \sim 2\,250)$ r/min。传动带采用一次成型的三联带。

X, Y, Z 3 个轴各有一套基本相同的进给伺服系统。脉宽调速直流伺服电动机直接带动滚珠丝杠，功率都为 1.4kW，无级调速。3 个轴的进给速度均为 $1\text{mm}/\text{min} \sim 400\text{mm}/\text{min}$ ；快移速度，X, Y 两轴皆为 $15\text{m}/\text{min}$ ，Z 轴为 $10\text{m}/\text{min}$ 。3 个伺服电动机分别由数控指令通过计算机控制，任意两个轴都可以联动。

圆盘形刀库亦用直流伺服电动机经蜗杆蜗轮驱动，装在标准刀柄中的刀具，置于圆盘的周边。当需要换刀时，刀库旋转到指定位置准停，刀库中刀套在汽缸作用下向下旋转 90° ，为自动换刀做好准备。

该加工中心采用机械手自动换刀，机械手换刀时要完成这样几个动作：旋转 75° 抓刀——向下拔刀——旋转 180° 换刀——向上装刀——反转 75° 复位等。所有这些动作都是通过各自独立的液压缸驱动实现的。

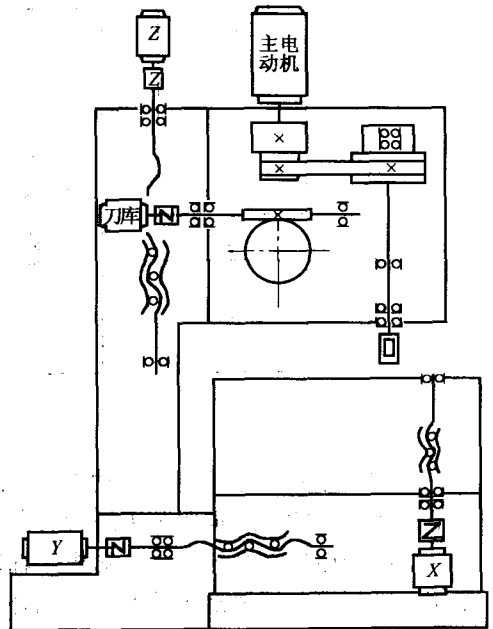


图 1-6 JCS-018A 加工中心传动链示意图

1.1.3 数控机床体系结构

1. 数控机床体系结构概述

数控机床是典型的机电一体化产品，由加工程序、输入装置、数控系统、伺服系统、辅助控制系统、机床本体以及反馈系统构成。各部分之间的联系如图 1-7 所示。

数控装置是数控机床的核心。现代数控装置是具有专用系统软件的微机，它由输入输出接口线路、控制运算器和存储器等构成。它接收控制介质上的数字化信息，经过控制软件或逻辑电路进行编译、运算和逻辑处理后，将数控加工程序信息按两类控制量分别输出：一类是连续控制量，送往伺服系统；另一类是离散的开关控制量，送往机床强电控制系统，从而协调数控机床各部分的运动，完成所有运动的控制，实现数控机床的加工过程。

进给伺服系统由进给轴伺服电动机（一般内装速度和位置检测装置）和进给伺服装置组成。进给伺服系统驱动机床各坐标轴的切削进给，提供切削过程中所需要的转矩和运转速度。

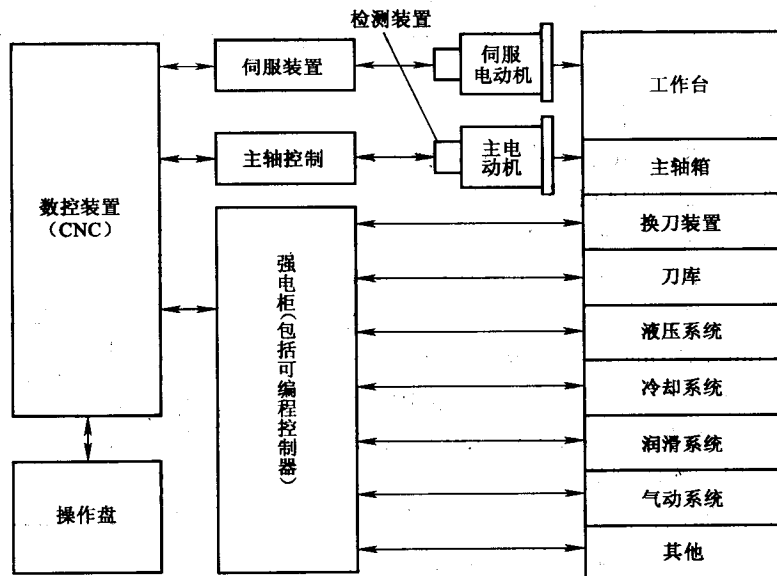


图 1-7 数控机床体系结构

主轴伺服系统包括主轴电动机 (含速度检测装置) 和主轴伺服装置, 实现对主轴转速的调节控制, 有的主轴伺服装置还含有主轴定向控制功能。

机床强电控制系统, 除了对机床辅助运动和辅助动作 (包括电动系统、液压系统、气动系统、冷却箱及润滑油箱等) 的控制外, 还包括对保护开关、各种行程极限开关和操作盘上的各种按键、操作指示灯、波段开关等的检测和控制。在机床强电控制系统中, 润滑、冷却、气动、液压和主轴换刀等系统的逻辑控制通常由可编程控制器实现。

2. FANUC 0 系统体系结构

FANUC 0 系统是 FANUC 公司于 20 世纪 80 年代初期开始推出的产品, 20 多年来相继推出了多个产品系列, 在全世界机床行业得到了广泛的应用, 也是中国市场上销售量最大的一种数控系统。

根据系统的硬件结构, 除部分特殊系统外, FANUC 0 系统总体说来可以分为 FANUC 0Mate, FANUC 0, FANUC 00 三大类产品。其中 FANUC 0Mate 为精简型系统, 价格较低, 受硬件的局限选择功能, 通常都较少, 故不同规格系统间的性能差距较小; FANUC 0 为基本型系统, 功能可扩展的范围大, 不同规格系统间的性能差别很大; FANUC 00 为带 14 英寸彩色显示屏, 具有人机操作界面 (Man Machine Communication, MMC) 的系统。MMC 可以认为是一台独立的计算机, 具有独立的 CPU、存储器等硬件, 可以进行文件管理等操作, 系统也可以同时进行多画面显示, 并进行开放式运行。

此外, 根据系统的用途与基本软件的不同, FANUC 0 系统又可以分为铣床/加工中心控制用系统 (M 型)、车床控制用系统 (T 型)、磨床控制用系统 (G 型)、冲床控制用系统 (P 型)、双刀架车床控制用系统 (TT 型) 等不同型号。由于 FANUC 0 系列系统规格、型号较多, 为了便于表述, 下面以 FS 0 泛指 FS 0Mate, FS 0, FS 00 三大系列的全部产品。