

职业 教育 示 范 性 教 材



中等职业学校机电类专业规划教材·模具

模具数控 加工技术

段友良 主编 陈三 主审



湖南大学出版社

职业教育示范性教材
中等职业学校机电类专业规划教材

模具数控加工技术

主 编	段友良		
副主编	李雪辉	何贤红	
编 委	肖罗兰	李高伟	蒋小文
主 审	陈 三		



湖南大学出版社

2009年·长沙

内 容 简 介

本书以“理论够用为度、培养技能为先、重在实际应用”为编写原则,以模具数控机床的操作、数控编程指令和编程实例为核心内容进行讲解。全书以国内华中世纪星 HNC—21T 系统和日本 FANUC 系统作为典型数控系统进行介绍,重点介绍数控机床的编程,数控机床的基本操作方法和操作技巧,力求通过典型的实例,完整地体现相关知识技能的综合运用,力争达到较高的实际应用价值。

本书可作为中等职业学校模具专业的教材,也可供相关工程人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

模具数控加工技术/段友良主编.

—长沙:湖南大学出版社,2009.5

(中等职业学校机电类专业规划教材)

ISBN 978-7-81113-556-5

I. 模... II. 段... III. 模具数控机床加工—专业学校—教材

IV. TG76

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 070476 号

模具数控加工技术

Muju Shukong Jiagong Jishu

主 编:段友良

责任编辑:张建平

特约编辑:胡小锋

封面设计:晓艺视觉

出版发行:湖南大学出版社

社 址:湖南·长沙·岳麓山

邮 编:410082

电 话:0731-8822559(发行部),8820006(编辑室),8821006(出版部)

传 真:0731-8649312(发行部),8822264(总编室)

电子邮箱:presszhangjp@hnu.cn

网 址:<http://press.hnu.cn>

印 装:湖南省地质测绘印刷厂

开本:787×1092 16 开

印张:13

字数:333 千

版次:2009 年 6 月第 1 版

印次:2009 年 6 月第 1 次印刷

书号:ISBN 978-7-81113-556-5/TH·31

定价:25.00 元

版权所有,盗版必究

湖南大学版图书凡有印装差错,请与发行部联系

前 言

近年来,模具数控加工技术日新月异,数控机床的普及率逐年提高,并在模具行业中得到了广泛的使用,已经成为模具制造加工的核心设备之一。模具制造加工急需大量的模具数控机床操作与编程的应用型技术人才,要求他们不仅有扎实的理论知识,而且具备较强的动手实践能力,为了适应人才培养的需要,我们编写了这本教材。

本书是根据中等职业学校模具设计与制造专业主干课程“模具数控加工技术”的教学要求,在对广大中等职业学校模具数控专业教师调查的基础上,结合编者多年模具数控教学体会和中等职业学校学生的特点而编写的。

本书以“理论够用为度、培养技能为先、重在实际应用”为编写原则,以模具数控机床的操作、数控编程指令和编程实例为核心内容进行讲解。编写过程中力争贴近生产实际和反映模具数控加工的最新技术。

本书分六个项目,分别介绍了模具数控加工基础知识;模具数控车床编程与操作;模具数控铣床编程与操作;模具数控加工中心编程与操作;模具数控线切割编程与操作;模具电火花机床的常用操作等知识。本书以国内华中世纪星 HNC—21T 系统和日本 FANUC 系统作为典型数控系统进行介绍,重点介绍数控机床的编程,数控机床的基本操作方法和操作技巧,力求通过典型的实例,完整地体现相关知识技能的综合运用,力争达到较高的实际应用价值。

本书由新邵县职业中专段友良担任主编并编写第 1、2 章,湖南郴州综合职业中专学校何贤红编写第 3、4 章,涟源市工贸职业中专李高伟编写第 5、6 章,湘潭县第一职业中专李雪辉编写第 7、8 章,新邵县职业中专肖罗兰编写第 9、10 章,湖南省机械工业技术学院蒋小文编写第 11 章。湘潭工贸中专陈三担任主审。

由于编者水平有限,书中难免有不足和疏漏之处,恳请读者和各位同仁提出宝贵意见。

编 者

2009 年 3 月

目 次

项目一 模具数控加工基础知识

第一章 模具数控加工概述

1.1 模具加工的特点	004
1.1.1 现代模具工业的特点	004
1.1.2 模具制造技术的现状和发展	006
1.2 数控机床入门知识	007
1.2.1 数控机床基本概念与工作原理	007
1.2.2 数控机床的组成及其功能	007
1.2.3 数控机床的分类	009
1.2.4 数控机床的坐标系	012
1.2.5 数控机床的发展趋势	013
1.3 数控加工技术在模具制造中的应用	015
本章小结	016
练一练	016

第二章 模具数控加工编程基础

2.1 数控编程基本知识	018
2.1.1 数控编程的基本概念	018
2.1.2 数控加工程序的结构与格式	019
2.1.3 数控编程常用功能字	020
2.2 常用编程指令	021
2.2.1 数控机床的编程规则	021
2.2.2 工件坐标系的设定	022
2.2.3 数控编程中的常用编程指令	024
2.3 刀具补偿	027
2.3.1 刀具半径补偿	027
2.3.2 刀具长度补偿	028
本章小结	029
练一练	029

项目二 模具数控车床编程与操作

第三章 模具数控车床编程技术与实例

3.1 数控车床编程基础	034
3.1.1 机床坐标轴	034
3.1.2 机床坐标系、机床零点和机床参考点	034
3.1.3 工件坐标系、程序原点、对刀点和换刀点	035
3.2 数控车床编程指令	036
3.2.1 数控车床常用编程指令	036
3.2.2 数控车床的简单循环指令	049
3.2.3 数控车床的复合循环指令	052
3.3 模具数控车床编程典型实例	058
3.3.1 模具数控车床编程步骤	058
3.3.2 模具数控车床编程实例	059
本章小结	062
练一练	063

第四章 典型数控车床的基本操作

4.1 数控车床控制面板与基本操作	068
4.1.1 控制面板的组成	068
4.1.2 控制面板的基本操作	070
4.1.3 数控车床的操作步骤	084
4.2 数控车床的对刀方法	085
4.2.1 对刀的基本概念	085
4.2.2 对刀的基本方法	085
4.2.3 数控车床试切对刀法的原理及对刀思路	086
4.2.4 对刀方法操作	087
本章小结	089
练一练	090

项目三 模具数控铣床编程与操作

第五章 模具数控铣床编程技术与实例

5.1 数控铣床编程指令	094
5.1.1 固定铣削循环指令	094
5.1.2 子程序	100
5.1.3 比例缩放与镜像编程	103
5.1.4 坐标系旋转编程	107

5.1.5 极坐标编程	109
5.2 模具数控铣削加工典型实例	111
5.2.1 加工典型实例(1)	111
5.2.2 加工典型实例(2)	112
本章小结	113
练一练	115

第六章 典型数控铣床的基本操作

6.1 机床操作面板按钮及功能介绍	118
6.1.1 电源开关	118
6.1.2 紧急停止按钮及机床报警指示灯	119
6.1.3 方式选择旋钮	119
6.1.4 主轴功能	121
6.1.5 MDI 和 CRT 面板	121
6.2 手动操作	122
6.3 加工程序的输入和编辑	123
6.4 刀具偏置	125
6.5 设置工件坐标系零点	126
6.6 自动操作	127
本章小结	128
练一练	128

项目四 模具数控加工中心编程与操作

第七章 加工中心程序编程技术与实例

7.1 加工中心程序编制的基础	132
7.1.1 加工中心编程的特点	132
7.1.2 加工中心的刀库及自动换刀装置	133
7.2 加工中心程序编制的基本方法	134
7.2.1 加工中心换刀程序	134
7.2.2 加工中心宏程序	135
7.3 加工中心编程典型实例	143
本章小结	145
练一练	146

第八章 加工中心的基本操作

8.1 加工中心面板与常用操作	148
8.1.1 加工中心面板	148
8.1.2 加工中心的基本操作	148

8.2 加工中心坐标系设定与对刀	151
8.2.1 工件的装夹与对刀操作	151
8.2.2 加工中心加工坐标系的设定	152
本章小结	154
练一练	154

项目五 模具数控线切割编程与操作

第九章 数控线切割编程技术与实例

9.1 线切割编程基础	158
9.1.1 线切割编程介绍	158
9.1.2 3B 格式编制程序	158
9.1.3 带有间隙补偿的 4B 编程	161
9.1.4 ISO 代码数控程序的编制	161
9.2 模具数控线切割加工典型实例	164
9.2.1 典型实例(1)	164
9.2.2 典型实例(2)	165
本章小结	166
练一练	166

第十章 数控线切割机床的基本操作

10.1 线切割机床简介	168
10.1.1 线切割机床及其组成	168
10.1.2 线切割加工原理及主要技术参数	170
10.2 线切割加工前的准备	172
10.2.1 工件材料的选定和各种处理	172
10.2.2 工件的装夹	172
10.2.3 工艺基准的选择	173
10.2.4 加工路线的选择	174
10.2.5 电极丝的选择和穿丝孔位置的确定	174
10.2.6 工件的调整	175
10.2.7 电极丝位置的调整	175
10.3 线切割机床操作与技巧	176
10.3.1 数控电火花线切割机床面板介绍	176
10.3.2 线切割加工基本操作	178
10.3.3 线切割加工的工艺技巧	179
10.4 加工过程中特殊情况的处理	180
10.4.1 短时间临时停机	180
10.4.2 断丝处理	180

10.4.3 控制器出错或突然停电·····	181
10.4.4 短路的排除·····	181
本章小结·····	181
练一练·····	182

项目六 模具电火花机床的常用操作

第十一章 数控电火花机床的常用操作

11.1 电火花加工概述·····	186
11.1.1 电火花加工原理与特点·····	186
11.1.2 电火花加工基本要求·····	186
11.1.3 电火花机床结构·····	187
11.1.4 电火花机床的型号及主要技术参数·····	189
11.2 电火花加工操作流程·····	189
11.3 电火花机床常用操作与技巧·····	191
11.4 电火花成型加工实训·····	191
11.4.1 单孔的电火花加工·····	191
11.4.2 冲模的电火花加工·····	193
本章小结·····	196
练一练·····	196
参考文献·····	197

项目一 模具数控加工 基础知识

第一章 模具数控加工概述

- ✈ 1.1 模具加工的特点
- ✈ 1.2 数控机床入门知识
- ✈ 1.3 数控加工技术在模具制造中的应用

1.1 模具加工的特点

1.1.1 现代模具工业的特点

1.1.1.1 现代模具企业的特征

现代模具工业已从传统的劳动密集产业转变为技术密集、人才密集和资本密集的新兴产业。它作为重要的生产装备行业在为各行各业服务的同时,也直接为高新技术产业服务。由于模具生产需要采用一系列高新技术,如 CAD/CAE/CAM/CAPP 等技术、计算机网络技术、激光技术、逆向工程和并行工程、快速成型技术及敏捷制造技术、高速加工及超精加工技术等,因此,模具工业已成为高新技术产业的一个重要组成部分。有人说,现代模具是高新技术背景下的工艺密集型工业。模具制造技术水平的高低,在很大程度上决定着产品的质量、效益和新产品的开发能力,它已成为衡量一个国家产品制造水平高低的重要标志。

模具被称为无以伦比的“效益放大器”。用模具加工产品可大大提高生产效率,还可节约原材料、降低能耗和成本、保持产品高互换性。因此,在国外,模具还被称为“金钥匙”“进入富裕社会的原动力”等等。更重要的是模具发展了,使用模具的产业其产品的国际竞争力也得到了提高。据国外资料统计,模具工业可带动其相关产业的比例大约是 1:100,即模具发展 1 亿元,可带动相关产业 100 亿元。

加入 WTO 后,模具企业为了参与激烈的市场竞争,必须重视人才的开发和培训,广泛使用新技术,努力提高自己的模具技术水平。在激烈的竞争中发展起来的现代模具企业,其重要特征表现如下:

(1) 以计算机为中心

计算机技术的广泛使用,使现代模具企业的首要特征是以计算机为中心。计算机是整个企业最活跃、最核心、最需要投资以及更新最快的部分(其软件每 2~3 年、硬件每 3~5 年更新一次)。以计算机为中心建立起来的计算机辅助设计、计算机辅助工程以及计算机辅助制造 CAD/CAE/CAM 是企业的生产主线,并向集成化、网络化、智能化方向发展。

(2) 模具设计水平高

现代模具企业都广泛采用计算机辅助技术、人工智能技术进行设计决策、模拟分析和优化设计。同时,数据库和计算机网络技术应用使设计师可以在更大范围内共享设计资料、信息、资源和展开合作,使现代模具设计的总体水平上升到一个前所未有的高度。现代模具有还要求有控压、控温等功能,甚至要求提供某些测量元件。在模具标准化、通用化、典型化程度很高的情况下,各模具企业都利用自己的某些专长设计制造模具,在激烈的竞争中求发展。

(3) 生产设备先进

现代模具的加工,更多地依靠各种自动化程度较高的高精度、高效率机床。从模具粗加工、热处理到各种精加工、光整加工、质量控制与检测,必须设备齐全,配套合理。其中,数控加工设备所占比重比较大,以适应单件或小批量复杂模具的生产。同时,数控加工设备也是模具 CAD/CAE/CAM 的基础,有助于实现模具制造的全自动加工。

(4) 供货期短

现代模具对短交货期的要求日益迫切,模具的交货期限已从传统的几个月向几十天、十几天甚至数小时发展,这些是传统制模方法所不能达到的。模具设计已从人工经验设计方式转化为依靠计算机辅助设计的方式。广泛采用模具 CAD/CAE/CAM 技术,使模具设计、计算机

分析、生产装备、数控加工、检验、试模等工作一体化,设计数据直接经过网络和数据库管理系统传递到各个生产部门,大大缩短模具生产周期。此外,成型过程计算机模拟、并行工程、人工智能、快速成型制造等先进制造技术的应用,以及模具标准化、专业化生产等也为缩短供货期起了重要作用。

(5) 重视人才培养和汇聚

一个现代模具企业,最重要的就是拥有丰富的经验和掌握先进技术与设备的人。当前,高素质、高技艺的模具人才的缺乏已成为全球性的紧迫问题,加强这方面人才的培养和再教育,并将这些人才成功地汇聚起来,就成为现代模具企业的重要任务和特征。

1.1.1.2 模具制造加工的特点

模具制造具有一般机械产品的共性,同时又具有其特殊性。与一般机械产品制造相比,模具制造加工难度通常较大。作为一种专用工艺装备,模具制造和加工一般有以下几个方面的特点:

(1) 模具生产为单件、多品种生产

每副模具只能加工出某一种特定形状、尺寸和精度的制件。因此,在模具制造工艺上尽量采用通用机床、刀具、量具和仪器,尽可能减少专用工具的数量。在制造工序的安排上要求工序相对集中,以保证模具加工的质量和进度,简化管理和减少工序周转时间。

(2) 模具形状复杂,并要求具有高精度和低表面粗糙度

模具的工作部分形状复杂,一般都是二维或三维的复杂曲面,而不是一般机械加工的简单几何形面。产品零件对模具精度和表面粗糙度的要求越来越高,尺寸精度和形位公差一般 $\pm 0.01\text{ mm}$ 左右, $R_a \leq 0.8\text{ }\mu\text{m}$,模具制造中数控设备的使用越来越普遍,特种加工方法的应用也越来越多。

(3) 模具制造要求生产周期短

新产品更新换代的加快和市场竞争的加剧,要求模具生产周期越来越短。模具的生产管理、模具设计和工艺工作都应该适应这一要求;同时还要提高模具的标准化水平,以缩短制造周期,提高质量,降低成本。

(4) 模具制造要求成套性生产

当某个制件需要多副模具加工时,前一副模具所制造的产品是后一副模具的毛坯;模具之间相互牵连制约,只有最终制件合格,这一系列模具才算合格。因此在模具的生产和计划上必须充分考虑这一特点。

(5) 模具材料的硬度高

模具实际上就是一种机械加工工具,模具的工作零件一般都是采用淬火合金工具钢或硬质合金等材料制造的,硬度较高,采用传统的机械加工方法制造比较困难,所以模具加工方法又有别于一般机械加工。

(6) 模具制造过程中要求安排试模和试修

由于在模具设计和制造中采用了一些经验性公式和经验性数据,所以模具在装配后必须经过试模,最后才能判定模具是否合格。同时模具的某些关键部位需要通过试修才能最后确定。因此,在生产进度的安排上必须留有试模和试修的时间。

1.1.2 模具制造技术的现状和发展

1.1.2.1 模具制造技术的现状

模具的特点决定了模具工业的快速发展,模具制造水平是衡量一个国家机械制造业水平的重要标志。

我国已经具备制造大型、精密、复杂、长寿命模具的能力。如:硬质合金多工位级进模,步距精度 $<0.005\text{ mm}$,成型表面粗糙度达 $0.4\sim 0.1\text{ }\mu\text{m}$,镶件的重复定位精度 $<0.005\text{ mm}$,互换性好,模具寿命达1亿冲次,具有自动冲切、叠压、铆合、扭角、计数分组和安全保护功能。又如:大型的塑料模,重达10 t以上,尺寸精度为 0.01 mm ,型腔 $R_a=0.1\text{ }\mu\text{m}$,模具寿命达30万次以上,达到国际同类模具产品的先进水平。

1.1.2.2 模具制造技术的发展

(1) 制造设备水平的提高促进模具制造技术的发展

先进的模具加工设备拓展了机械加工模具的范围,提高了加工精度,降低了表面粗糙度,大大提高了生产效率。如:数控仿形铣床、加工中心、精密坐标磨床、数控坐标磨床、数控电火花成型机、慢走丝线切割机、精密电加工机床、三坐标测量机、挤压研磨机、激光快速成型机等。

(2) 模具新材料的应用促进模具制造技术的发展

模具材料是影响模具寿命、质量、生产效率和生产成本的重要因素,目前我国模具寿命仅为发达国家的 $1/5\sim 1/3$,而其中材料和热处理原因占60%以上。随着新型优质模具钢的不断开发(如:65Nb、LD1、HM1、GR等)以及热处理工艺和表面强化处理工艺的进一步的完善和发展(如:组织预处理、高淬低回、低淬低回、低温快速退火等热处理工艺以及化学热处理、气相沉积、渗金属、电火花强化等新工艺、新技术),都将极大地促进和提高模具制造技术的快速发展。

(3) 模具标准化程度的提高促进模具制造技术的发展

模具的标准化程度是模具技术发展的重要标志,目前我国的标准化程度约占30%(50多项国家标准,300多个标准号),而发达国家为70~80%,标准化促进了模具的商品化,商品化推动了模具生产的专业化。从而提高模具制造质量,缩短制造周期,降低制造成本,也促进新材料、新技术的应用。

(4) 模具现代设计和制造技术促进了模具制造技术的发展

CAD/CAM/CAE技术的发展,使模具设计与制造向着数字化方向发展,尤其在成型零件方面软件(如UG、Pro/E)的广泛应用,实现了模具设计与制造的一体化,极大地提高了模具制造技术和制造水平,也是未来模具制造技术的主要发展方向。

1.1.2.3 模具制造技术的发展趋势

社会快速发展,产品不断增多,更新换代加快,模具质量和生产周期尤为重要,从而决定了模具制造技术的发展趋势。

(1) 粗加工向高速加工发展

如:VHM超高速加工中心 $F=76\text{ m/min}$, $S=4\ 500\text{ r/min}$ 。此外,还有高速车削中心、精密坐标镗床、高速锯床、激光切割等等。

(2) 成型表面的加工向精密、自动化方向发展

(3) 光整加工向自动化方向发展

减少研磨、抛光等光整加工的手工作业,实现计算机控制的自动加工设备,提高光整质量和工效。

(4) 反向制造工程制模技术的发展

以三坐标测量机和快速成型技术为代表的反向制模技术是以复制为原理的制造技术,是模具制造技术的又一重要发展方向,特别适用于多品种、小批量、形状复杂的模具制造。

(5) 模具 CAD/CAM/CAE 技术将有更快的发展

从模具结构设计→模具工作状态的模拟→自动加工程序的生成→自动化加工、自动检测,实现设计到制造的一体化是模具制造业发展的必然趋势。

1.2 数控机床入门知识

1.2.1 数控机床基本概念与工作原理

1.2.1.1 数控机床基本概念

数字控制(Numerical Control)是用数字化信号对机械设备的运动及加工过程进行控制的一种方法,简称数控(NC)。它是一种自动控制技术。它所控制的一般是位置、角度、速度等机械量,也可以控制温度、压力、流量等物理量。

数控机床是采用了数字控制技术的加工设备,它通过数字化信息对机床的运动方向及加工过程进行控制,实现要求的机械动作,并自动完成加工任务。它是一种典型的技术密集且自动化程度很高的机电一体化产品。

1.2.1.2 数控机床的工作原理

数控机床工作原理是数控装置内的计算机对以数字和字符编码方式所记录的信息进行一系列处理后,向机床进给等执行机构发出命令,执行机构则按其命令对加工所需各种动作,如刀具相对于工件的运动轨迹、位移量和速度等实现自动控制,从而完成工件的加工。如图 1.1 所示。

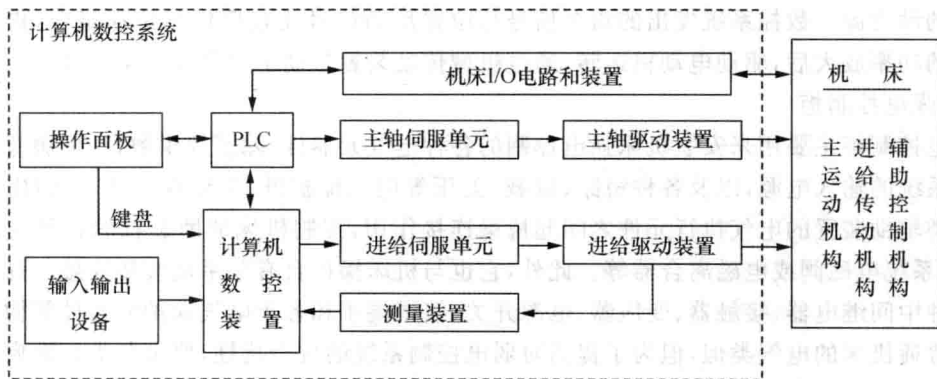


图 1.1 数控机床工作原理图

1.2.2 数控机床的组成及其功能

数控机床一般由数控系统、包含伺服电动机和检测反馈装置的伺服系统、强电控制柜、机床本体和各类辅助装置组成,如图 1.2 所示。

(1) 控制介质

控制介质又称信息载体,是人与数控机床之间联系的中间媒介物质,反映了数控加工中全

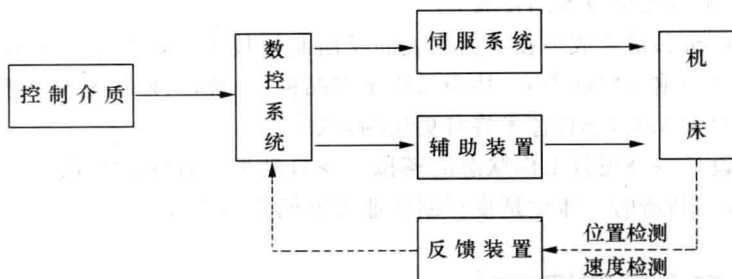


图 1.2 数控机床的系统组成框图

部信息。

(2) 数控系统

数控系统是机床实现自动加工的核心,是整个数控机床的灵魂所在。主要由输入装置、监视器、主控制系统、可编程控制器、各类输入/输出接口等组成。主控制系统主要由 CPU、存储器、控制器等组成。数控系统的主要控制对象是位置、角度、速度等机械量,以及温度、压力、流量等物理量。其控制方式又可分为数据运算处理控制和时序逻辑控制两大类。其中主控制器内的插补模块就是根据所读入的零件程序,通过译码、编译等处理后,进行相应的刀具轨迹插补运算,并通过与各坐标伺服系统的位置、速度反馈信号的比较,从而控制机床各坐标轴的位移。而时序逻辑控制通常由可编程控制器 PLC 来完成,它根据机床加工过程中各个动作要求进行协调,按各检测信号进行逻辑判别,从而控制机床各个部件有条不紊地按顺序工作。

(3) 伺服系统

伺服系统是数控系统和机床本体之间的电传动联系环节。主要由伺服电动机、驱动控制系统和位置检测与反馈装置等组成。伺服电动机是系统的执行元件,驱动控制系统则是伺服电动机的动力源。数控系统发出的指令信号与位置反馈信号比较后作为位移指令,再经过驱动系统的功率放大后,驱动电动机运转,通过机械传动装置带动工作台或刀架运动。

(4) 强电控制柜

强电控制柜主要用来安装机床强电控制的各种电气元器件,除了提供数控、伺服等一类弱电控制系统的输入电源,以及各种短路、过载、欠压等电气保护外,主要在 PLC 的输出接口与机床各类辅助装置的电气执行元件之间起桥梁连接作用,控制机床辅助装置的各种交流电动机、液压系统电磁阀或电磁离合器等。此外,它也与机床操作台有关手动按钮连接。强电控制柜由各种中间继电器、接触器、变压器、电源开关、接线端子和各类电气保护元器件等构成。它与一般普通机床的电气类似,但为了提高对弱电控制系统的抗干扰性,要求各类频繁启动或切换的电动机、接触器等电磁感应器件中均必须并接 RC 阻容吸收器;对各种检测信号的输入均要求用屏蔽电缆连接。

(5) 辅助装置

辅助装置主要包括自动换刀装置 ATC(Automatic Tool Changer)、自动交换工作台机构 APC(Automatic Pallet Changer)、工件夹紧放松机构、回转工作台、液压控制系统、润滑装置、切削液装置、排屑装置、过载和保护装置等。

(6) 机床本体

数控机床的本体是指其机械结构实体。它与传统的普通机床相比较,同样由主传动系统、