

中国高等职业技术教育研究会推荐

21世纪高等职业教育规划教材

数控机床电气及PLC控制技术

徐慧 卢艳军 主编



国防工业出版社

National Defense Industry Press

中国高等职业技术教育研究会推荐
21 世纪高等职业教育规划教材

数控机床电气及 PLC 控制技术

徐慧 卢艳军 主编

国防工业出版社

·北京·

内容简介

本书兼顾工程应用及教学需要,从数控机床电气控制的应用出发,论述典型机床的电气自动控制系统;在理论上,只求够用;在内容上,力求全面、实用,突出应用能力的培养。全书共分10章,从两方面着手编写:一方面论述了数控机床常用低压电器、常用电动机应用基础、电气控制基本环节、典型机床电气控制、调速控制;另一方面论述了PLC基础知识、S7-200系列PLC程序编制、PLC应用设计、S7-200系列PLC的自动化网络通信。本书PLC部分主要以西门子S7-200系列PLC产品为介绍对象,内容新颖,实例详细。

本书可作为高等职业教育机电一体化、数控、电气自动化等专业的教材,也可作为培训教材、自学教材,对从事电气控制的技术人员也有一定的参考价值。

图书在版编目(CIP)数据

数控机床电气及PLC控制技术 / 徐慧,卢艳军主编.
北京:国防工业出版社,2006.8
21世纪高等职业教育规划教材
ISBN 7-118-04611-6

I. 数... II. ①徐... ②卢... III. ①数控机床—电气控制—高等学校:技术学校—教材②可编程控制器—高等学校:技术学校—教材 IV. ①TG659②TP332.3

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第071741号

※

国防工业出版社出版发行
(北京市海淀区紫竹院南路23号 邮政编码100044)
腾飞胶印厂印刷
新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 13½ 字数 300千字
2006年8月第1版第1次印刷 印数 1—4000册 定价 21.00元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)68428422 发行邮购:(010)68414474
发行传真:(010)68411535 发行业务:(010)68472764

21 世纪高等职业教育机电类规划教材 编审专家委员会名单

- 主任委员** 方 新(北京联合大学教授)
刘跃南(深圳职业技术学院教授)
- 委 员** (按姓名笔画排列)
- 付文博(烟台南山学院副教授)
刘 炯(国防工业出版社副编审)
闫大建(北京科技职业学院副教授)
刘克旺(青岛职业技术学院副教授)
刘建超(成都航空职业技术学院副教授)
辛再甫(国防工业出版社副编审)
李景仲(辽宁省交通高等专科学校副教授)
韩玉勇(枣庄科技职业学院副教授)
蒋敦斌(天津职业大学教授)
颜培钦(广东交通职业技术学院副教授)

总 策 划 江洪湖 刘 炯

总 序

在我国高等教育从精英教育走向大众化教育的过程中,作为高等教育重要组成部分的高等职业教育快速发展,已进入提高质量的时期。在高等职业教育的发展过程中,各高校在专业设置、实训基地建设、双师型师资的培养、专业培养方案的制定等方面不断进行教学改革。高等职业教育的人才培养还有一个重点就是课程建设,包括课程体系的科学合理设置、理论课程与实践课程的开发、课件的编制、教材的编写等。这些工作需要每一位高职教师付出大量的心血,高职教材就是这些心血的结晶。

高等职业教育机电类专业赶上了我国现代制造业崛起的时代,中国的制造业要从制造大国走向制造强国,需要一大批高素质的、工作在生产一线的技术应用性人才,这就要求我们高等职业教育机电类专业的教师们担负起这个重任。

高等职业教育机电类专业的教材一要反映制造业的最新技术,因为高职学生毕业后马上要去现代制造业企业的生产一线顶岗,我国现代制造业企业使用的技术更新很快;二要反映某项技术的方方面面,使高职学生能对该项技术有全面的了解;三要深入某项需要高职学生具体掌握的技术,便于教师组织教学时切实使学生掌握该项技术或技能;四要适合高职学生的学习特点,便于教师组织教学时因材施教。要编写出高质量的高职教材,还需要我们高职教师的艰苦工作。

国防工业出版社组织了一批具有丰富教学经验的高职教师所编写的数控、模具、汽车、自动化、机电设备等方面的教材反映了这些专业的教学成果,相信这些专业的成功经验又必将随着本系列教材这个载体进一步推动其他院校的教学改革。

方新

《数控机床电气及 PLC 控制技术》 编委会名单

主 编	徐 慧	卢艳军			
编 委	赵 萍	高 杉	高洪波	卞西文	
	周 波	董贵华	胡修玉	韩玉勇	
	陈玉艳	杜兆辉			
主 审	王野牧				

前 言

为了适应高等职业教育事业的不断发展,本书针对高职高专电气、机电、数控等专业学生的培养目标和岗位技能的要求,在充分体现理论内容“必须、够用”的原则和突出应用能力、综合素质培养的前提下,由浅入深,循序渐进地对教材内容进行陈述。

本书共 10 章,从两方面着手编写,即数控机床电气和 PLC;主要包括数控机床常用低压电器、常用电动机应用基础、电气控制基本环节、典型机床电气控制、电动机调速控制系统、PLC 概论、S7-200 系列 PLC 程序编制、PLC 应用设计、S7-200 系列 PLC 的自动化网络通信。本书针对当前市场上众多 PLC 产品,以当今应用最广泛的西门子公司应用机型为主,介绍 PLC 的应用和程序设计方法,内容新颖,实例由浅入深。此外,每一章后都附有习题,使学生对所学的内容能进一步理解和掌握。本书中的术语、图形文字符号均采用最新的国家标准,既反映了我国机床电气控制的现状,也注意了机床控制新技术发展的需要。

本书由徐慧、卢艳军主编,其中,第 1 章、第 10 章由卢艳军编写,第 7 章、第 8 章、第 9 章由徐慧编写,第 2 章、第 6 章由赵萍编写,第 3 章、第 4 章由高杉编写,第 5 章由高洪波编写。参加本书编写工作的还有卞西文、周波、董贵华、胡修玉、韩玉勇、陈玉艳、杜兆辉。

本书由沈阳工业大学王野牧副教授主审。

中国高等职业技术教育研究会、辽宁省交通高等专科学校、沈阳航空工业学院、枣庄科技职业学院对本书的编写提供了帮助,另外,本书还得到了沈阳重型机械集团设计院秦立学的帮助,在此一并谨致衷心的感谢。

本书可作为高职高专机电一体化、数控、电气自动化等专业的教材,也可作为培训教材、自学教材,对从事电气控制的技术人员也有重要的参考价值。

由于电气控制技术日新月异,加之作者水平有限,时间仓促,书中的错误或不妥之处在所难免,恳请读者指正,不胜感激。

作 者

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 概论	1
1.1.1 数控机床电气控制系统的组成	1
1.1.2 机床电气控制系统及其发展	3
1.2 本课程的性质和任务	6
习题.....	6
第 2 章 数控机床常用低压电器	7
2.1 低压电器的基本知识	7
2.1.1 低压电器的分类	7
2.1.2 低压电器的基本结构	7
2.2 开关电器	9
2.2.1 低压隔离器	9
2.2.2 低压断路器	12
2.2.3 主令电器	13
2.3 接触器	16
2.3.1 接触器的用途及分类	16
2.3.2 接触器的结构及工作原理	16
2.3.3 接触器的选择	17
2.4 继电器	18
2.4.1 电磁式继电器	18
2.4.2 热继电器	19
2.4.3 时间继电器	20
2.4.4 速度继电器	22
2.4.5 温度继电器	22
2.4.6 液位继电器	23
2.5 熔断器	23
2.5.1 熔断器的结构和分类	23
2.5.2 熔断器的技术参数	23
2.5.3 熔断器的选择	24
2.6 执行电器	24
2.6.1 电磁阀	24

2.6.2	电磁离合器	24
2.6.3	电磁制动器	25
习题	26
第3章	常用电动机应用基础	27
3.1	直流电动机应用基础	27
3.1.1	直流电动机的工作原理和基本结构	27
3.1.2	直流电动机的机械特性	29
3.1.3	其他特性	29
3.2	交流电动机应用基础	30
3.2.1	三相异步电动机的工作原理	30
3.2.2	三相异步电动机的基本结构	31
3.2.3	其他特性	32
3.3	步进电动机应用基础	33
3.3.1	步进电动机的工作原理	33
3.3.2	步进电动机的结构	34
3.3.3	步进电动机的主要特性	34
3.4	其他常用的电动机	35
3.4.1	感应电动机	35
3.4.2	同步电动机	35
3.4.3	直线电动机	35
3.4.4	伺服电动机	36
3.5	电动机的保护	37
3.5.1	短路保护	37
3.5.2	过电流保护	37
3.5.3	欠电流保护	37
3.5.4	失压保护	37
3.5.5	欠电压保护	37
3.5.6	过电压保护	38
3.5.7	过载保护	38
3.6	电动机的选择	38
3.6.1	电动机种类的选择	38
3.6.2	电动机形式的选择	38
3.6.3	额定电压的选择	38
3.6.4	额定转速的选择	39
习题	39
第4章	电气控制基本环节	40
4.1	三相异步电动机的启动控制	40

4.1.1	三相鼠笼式异步电动机全压启动控制	40
4.1.2	三相鼠笼式异步电动机降压启动	41
4.2	三相异步电动机的可逆运行	44
4.2.1	电动机可逆运行的手动控制	44
4.2.2	电动机可逆运行的自动控制	45
4.3	三相异步电动机制动控制	46
4.3.1	电磁抱闸制动和电磁离合器制动	46
4.3.2	能耗制动控制	47
4.3.3	反接制动控制	47
4.3.4	电容制动	48
4.4	其他功能控制电路	49
4.4.1	点动与长动控制电路	49
4.4.2	连锁控制和顺序启动	50
4.4.3	多地点控制线路	50
4.4.4	步进控制线路	50
	习题	51
第5章	典型机床电气控制	52
5.1	电气识图与制图基础知识	52
5.1.1	电气控制系统图的基本表达方法	52
5.1.2	电气原理图	54
5.1.3	电器布置图	55
5.1.4	电气安装接线图	56
5.2	CA6140 车床电气控制系统	57
5.2.1	卧式车床主要结构	57
5.2.2	CA6140 卧式车床的运动形式和控制要求	58
5.2.3	CA6140 卧式车床电气原理图分析	58
5.3	Z3040 钻床电气控制系统	59
5.3.1	钻床的主要结构和运动情况	60
5.3.2	Z3040 钻床电气原理图分析	60
5.4	X62W 铣床电气控制系统	62
5.4.1	X62W 铣床基本运动形式及控制要求	62
5.4.2	X62W 铣床电气原理图分析	64
5.5	数控铣床电气控制系统	68
5.5.1	数控立式铣床的控制要求	68
5.5.2	供电电源	68
5.5.3	主轴及 X、Y、Z 轴伺服驱动工作原理	68
5.5.4	X、Y、Z 轴电机控制电路分析	71

习题	72
第 6 章 电动机调速控制系统	73
6.1 电动机调速的基本概念和指标	73
6.1.1 调速的基本概述	73
6.1.2 调速的性能指标	73
6.2 直流调速控制系统	74
6.2.1 直流电动机的调速方法	74
6.2.2 3 种调速方式性能比较	76
6.3 交流调速控制系统	77
6.3.1 交流调速的特点与分类	77
6.3.2 交流电动机的变极调速	77
6.3.3 交流电动机的串级调速	79
6.3.4 交流电动机的变频调速	80
习题	86
第 7 章 PLC 概论	87
7.1 PLC 的产生与发展	87
7.1.1 PLC 的产生	87
7.1.2 PLC 的定义	87
7.1.3 PLC 在国外的的发展状况	88
7.1.4 PLC 在国内的发展状况	88
7.1.5 PLC 的发展趋势	88
7.2 PLC 的特点及主要功能	89
7.2.1 PLC 的特点	89
7.2.2 PLC 的主要功能	90
7.2.3 PLC 的分类	91
7.3 PLC 的基本结构	92
7.3.1 CPU	93
7.3.2 存储器	93
7.3.3 I/O 模块	93
7.3.4 电源	95
7.3.5 扩展接口	95
7.3.6 通信模块	95
7.3.7 其他智能模块	95
7.4 PLC 的软件及编程语言	95
7.4.1 系统软件	96
7.4.2 用户程序	96
7.4.3 编程工具	98

7.5	PLC 的工作原理	99
7.5.1	PLC 的工作方式	99
7.5.2	PLC 的工作执行过程	100
7.6	PLC 的主要性能指标	101
7.6.1	存储容量	101
7.6.2	I/O 点数	101
7.6.3	扫描速度	101
7.6.4	编程指令的种类和数量	101
7.6.5	编程语言及编程手段	101
7.6.6	高级模块	102
	习题	102
第 8 章	S7-200 系列 PLC 程序编制	103
8.1	S7-200 系列 PLC 的组成及性能	103
8.1.1	硬件系统的基本构成	103
8.1.2	S7-200 系列 PLC 的主要性能指标	105
8.1.3	外端子图	105
8.2	PLC 的内部元件及寻址方式	106
8.2.1	软元件(软继电器)	106
8.2.2	软元件类型及功能	107
8.2.3	数据类型及寻址方式	109
8.3	S7-200 系列 PLC 基本指令系统	112
8.3.1	位逻辑指令	112
8.3.2	定时器指令	115
8.3.3	计数器指令	117
8.4	S7-200 系列 PLC 功能指令	118
8.4.1	功能指令的分类及用途	118
8.4.2	传送类指令	119
8.4.3	比较指令	121
8.4.4	移位与交换指令	122
8.4.5	数字运算类指令	123
8.4.6	逻辑操作指令	125
8.4.7	程序控制指令	126
8.4.8	高速计数指令	128
8.5	PLC 的编程及应用	131
8.5.1	梯形图的结构规则	131
8.5.2	基本程序段	133
8.5.3	常用基本程序举例	134

8.6	编程软件 STEP7-Micro/WIN 32 使用方法介绍	138
8.6.1	编程软件的系统要求	138
8.6.2	软件的安装	139
8.6.3	硬件的连接	139
8.6.4	显示界面及各部分功能	141
8.6.5	编程方法	146
	习题	147
第9章	PLC 应用设计	150
9.1	PLC 控制系统设计方法及步骤	150
9.1.1	PLC 控制系统设计的基本原则	150
9.1.2	PLC 控制系统的设计步骤	150
9.1.3	PLC 控制系统设计的任务	151
9.1.4	PLC 机型的选择	151
9.1.5	I/O 地址分配	152
9.1.6	系统设计	153
9.1.7	总装和统调	153
9.2	节省 I/O 点数的几种方法	154
9.2.1	减少输入点数的措施	154
9.2.2	减少输出点数的措施	155
9.3	提高 PLC 控制系统可靠性的措施	155
9.3.1	PLC 对工作环境的要求	156
9.3.2	PLC 对供电的要求	156
9.3.3	PLC 控制系统的布线要求	158
9.3.4	PLC 控制系统的接地要求	159
9.3.5	冗余系统与热备用系统	159
9.3.6	故障的检测与诊断	160
9.4	PLC 的应用实例	161
9.4.1	PLC 在数控机床上的应用	161
9.4.2	PLC 在 QCS014 液压试验台改造中的应用	169
9.4.3	PLC 在大小球分选机控制中的应用	174
	习题	178
第10章	S7-200 系列 PLC 的自动化网络通信	180
10.1	计算机通信简介	180
10.1.1	概述	180
10.1.2	串行通信的信号传输	182
10.1.3	工厂自动化通信网络	183
10.1.4	通信网络的传输介质	184

10.1.5	计算机通信的国际标准	185
10.2	S7-200 系列 PLC 的通信方式与通信参数的设置	185
10.2.1	S7-200 系列 PLC 的通信方式	185
10.2.2	S7-200 系列 PLC 支持的通信协议	186
10.2.3	S7-200 系列 PLC 通信的网络部件	188
10.2.4	网络读写指令	189
10.2.5	S7-200 通信扩展模块	190
10.2.6	通信设置	190
10.3	计算机与 PLC 的通信	190
10.3.1	用 Micro Computing 软件实现 PLC 与计算机的通信	191
10.3.2	自由端口模式下 PLC 的串行通信程序设计	191
10.3.3	使用工控组态软件实现通信	191
10.3.4	使用串行通信控件实现通信	192
10.3.5	使用 STEP7-Micro/WIN 32 软件在 PPI 工作模式下实现通信	194
	习题	194
附录 1	常用电气图形符号新旧对照表(GB 4728—85)	195
附录 2	常用基本文字符号新旧对照表	199
附录 3	常用辅助文字符号新旧对照表	200
附录 4	西门子 S7-200 系列 PLC CPU 规范	200
	参考文献	202

第 1 章 绪 论

1.1 概 论

机床是机械制造业中的主要加工设备,机床的质量、数量及自动化水平,直接影响整个机械工业的发展;机床的自动化水平对提高生产效率和产品质量,减轻操作人员的体力劳动等方面起到极为重要的作用。数控机床由普通机床发展而来,它集机械、液压、气动、伺服驱动、精密测量、电气自动控制、现代控制理论、计算机控制和网络通信等技术于一体,是一种高效率、高精度、能保证加工质量、能解决工艺难题、有一定柔性的生产设备,正逐步取代普通机床。

数控(Numerical Control, NC)技术是用数字化信息进行控制的自动控制技术,采用数控技术控制的机床,或者说装备了数控系统的机床,称之为数控机床。数控机床是机电一体化典型的典型产品,现代数控系统又称为计算机数控(Computer Numerical Control, CNC)系统。

机床的电气控制对于现代机床的发展有着非常重要的作用,从广义上说,现代机床电气控制的重要标志是:自动调节技术、电子技术、检测技术、计算技术、综合控制技术应用于机床中。虽然目前机床使用各种不同的动力设备,如液压装置、气压装置及电气设备等,但其中电气设备使用最广泛,是最主要的动力设备,即使使用液压或气压装置做动力,也离不开电气控制,电气自动控制装置的配置情况正是机床自动化水平的重要标志。

1.1.1 数控机床电气控制系统的组成

自 19 世纪有了电动机以后,由于电力在传输、分配、使用和控制方面的优越性,使电动机拖动获得了广泛应用。现代机床的动力主要由电动机来提供,即由电动机来拖动机床的主轴和进给系统。电动机通过传动机构,来带动工作机构的拖动方式,就称为电力拖动。

人们习惯把电动机、传动机构及工作机构视为电力拖动部分;把为满足加工工艺要求,电动机启动、制动、反向、调速的控制部分视为电气自动控制部分。

数控机床电气控制系统由数控装置、进给伺服系统、主轴伺服系统、机床强电控制系统等组成,如图 1-1 所示。

数控装置是数控机床电气控制系统的控制中心。它能够自动地对输入的数控加工程序进行处理,将数控加工程序信息按 2 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,从而协调控制机床各部分的运动,完成数控机床所有运动的控制。

由图 1-1 可知,机床的控制任务是实现对主轴的转速和进给量的控制,有时还要完

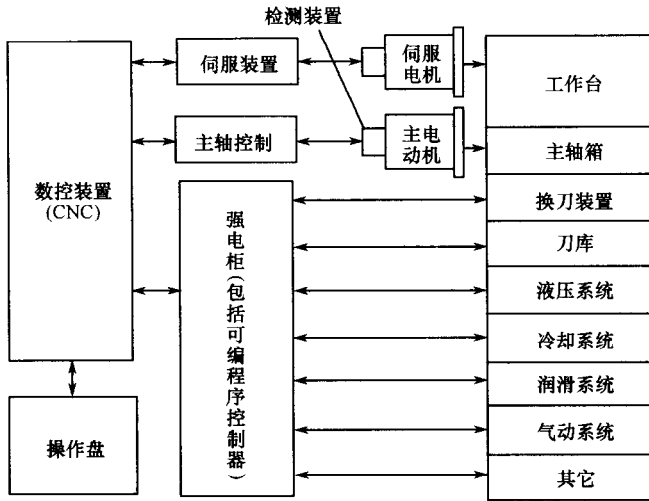


图 1-1 数控机床电气控制系统组成

成如各种保护、冷却、照明等控制。机床的电气自动控制系统就是用电气手段为机床提供动力,并实现上述控制任务的系统。从数控机床最终要完成的任务看,主要有以下 3 个方面内容。

1. 主轴运动

和普通机床一样,主运动主要完成切削任务,其动力约占整台机床动力的 70%~80%。基本控制是主轴的正转、反转和停止,可自动换挡及无级调速;对加工中心和某些数控车床还必须具有定向控制和 C 轴控制。

2. 进给运动

这是数控机床区别于普通机床最根本的地方,即用电气驱动替代了机械驱动,数控机床的进给运动是由进给伺服系统完成的。进给伺服系统包括伺服驱动装置、伺服电动机、进给传动链及位置检测装置,如图 1-2 所示。

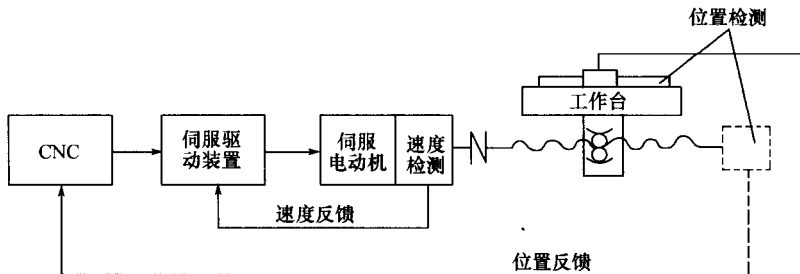


图 1-2 数控机床进给伺服系统

伺服控制的最终目的就是机床工作台或刀具的位置控制,伺服系统中所采取的一切措施,都是为了保证进给运动的位置精度。如对机械传动链进行预紧和反向间隙调整;采用高精度的位置检测装置;采用高性能的伺服驱动装置和伺服电动机,提高数控系统的运算速度等。

3. 强电控制

数控系统对加工程序处理后输出的控制信号除了对进给运动轨迹进行连续控制外,还要对机床的各种状态进行控制,这些状态包括主轴的变速控制,主轴的正转、反转及停止,冷却和润滑装置的启动和停止,刀具自动交换,工件夹紧和放松及分度工作台转位等。例如,通过对机床程序中的 M 指令、机床操作面板上的控制开关及分布在机床各部位的行程开关、接近开关、压力开关等输入元件的检测,由数控系统内的可编程序控制器(PLC)进行逻辑运算,输出控制信号驱动中间继电器、接触器、电磁阀及电磁制动器等输出元件,对冷却泵、润滑泵、液压系统和气动系统进行控制。

电源及保护电路由数控机床强电线路中的电源控制电路构成。强电线路由电源变压器、控制变压器、各种断路器、保护开关、接触器、熔断器等连接而成,以便为辅助交流电动机(如冷却泵电动机、润滑泵电动机等)、电磁铁、离合器、电磁阀等功率执行元件供电。强电线路不能与低压下工作的控制电路或弱电线路直接连接,只有通过断路器、中间继电器等器件,转换成在直流低电压下工作的触点的开合动作,才能成为继电器逻辑电路和 PLC 可接收的电信号,反之亦然。

开关信号和代码信号是数控装置与外部传送的 I/O 控制信号。当数控机床不带 PLC 时,这些信号直接在数控装置和机床间传送。当数控装置带有 PLC 时,这些信号除极少数的高速信号外,均通过 PLC 传送。

1.1.2 机床电气控制系统及其发展

机床电气自动控制的发展与电力拖动、电气自动控制的发展紧密相连。

1. 电力拖动的发展过程

20 世纪初,由于电动机的出现,使得机床的拖动发生了根本性的变革,电动机代替了蒸汽机,机床的电力拖动也随着电动机的发展而不断更新。

1)成组拖动 19 世纪末,交流、直流电动机相继出现,最初是由电动机直接代替蒸汽机,即由一台电动机拖动一组机床,称之为成组拖动。电动机是通过拖动传动轴(天轴),再由传动轴经过皮带来实现能量分配与传递。这种拖动方式机构复杂、传递路径长、损耗大、生产灵活性小、工作中极不安全,在电动机成本逐渐下降后,已被淘汰。

2)单电机拖动 20 世纪 20 年代,出现了单独拖动形式,即由一台电动机拖动一台机床,称为单电机拖动。与成组拖动相比较,简化了传动机构,缩短了传动路径,降低了能量传递中的损失,提高了传动效率,同时也可充分利用电动机的调速性能,并易于实现自动控制。至今,中小型通用机床仍有采用单电机拖动的。

3)多电机拖动 由于生产的发展,机床在结构上有所改变,机床的运动要求增多。如果各种辅助运动也用同一台电动机拖动,其机械传动机构将变得十分复杂,而且也不能满足生产工艺的需要,因此出现了多台电动机分别拖动不同的运动机构,这种由多台电动机拖动一台机床称为多电机拖动。

采用了多电机拖动以后,不但简化了机床的机械结构,提高了传动效率;各运动部件能够选择最合理的运动速度,缩短了加工时间;而且便于分别控制,易于实现各运动部件的自动化,提高机床整体的自动化程度。多电机拖动已经成为现代机床最基本的拖动方式。