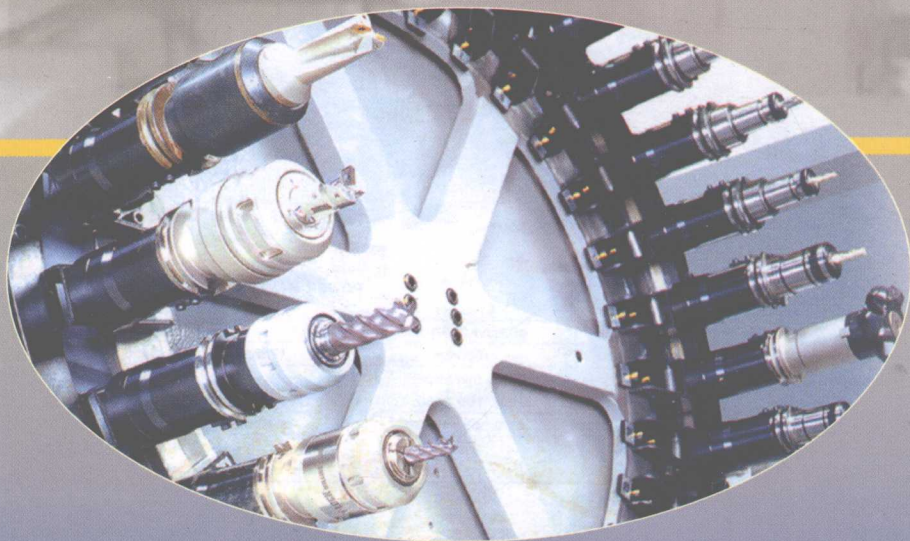


现代数控技术系列

# 现代数控机床 故障诊断及维修

(第3版)

李梦群 马维金 王爱玲 杨福合 编著  
主 编 李梦群 副主编 马维金



国防工业出版社

National Defense Industry Press

现代数控技术系列

# 现代数控机床 故障诊断及维修

(第3版)

李梦群 马维金 王爱玲 杨福合 编著  
主编 李梦群 副主编 马维金

国防工业出版社

北京·机械工业出版社

## 内 容 简 介

本书从数控系统、伺服系统以及常见的机械结构、功能部件的原理分析入手,深入浅出地阐明了数控机床故障诊断的理论依据;数控机床的工况监测与故障诊断技术是实现机械制造过程自动化的重要技术保证,本书予以重点论述;全面系统地阐述了故障诊断的基本方法和步骤;并通过精选实例,详细具体地介绍了故障分析与处理过程;力图做到理论密切联系实际,先进性与系统性相结合,实用性与技术性相结合。

全书共分10章,内容主要包括故障信号分析与处理基础、数控系统故障诊断、伺服系统的故障诊断与维修、PLC模块的故障诊断、数控机床机械结构的故障诊断及维修、数控机床切削加工过程状态监测与故障诊断、常用故障检测及诊断仪器仪表、数控机床故障诊断与维修实例、数控机床故障诊断技术最新进展。本书选材全面、经典、实用。

本书可以作为各类高等学校相关专业学生的教材、参考书,也可以作为研究单位、企业单位相关技术人员的参考书。

### 图书在版编目(CIP)数据

现代数控机床故障诊断及维修 / 李梦群等编著. —3版.

北京:国防工业出版社,2009.3

(现代数控技术系列)

ISBN 978-7-118-06179-6

I. 现... II. 李... III. ①数控机床-故障诊断②数控机床-维修 IV. TG659

中国版本图书馆CIP数据核字(2009)第012276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100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

\*

开本 787×1092 1/16 印张 21½ 字数 485千字

2009年3月第3版第1次印刷 印数 1—5000册 定价 35.00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

## 《现代数控技术系列》编辑委员会

主 编 王爱玲

副主编 张吉堂

编 委 (按姓氏笔画排序)

马维金 王 彪 王俊元 王爱玲 朱丽梅

刘中柱 刘永姜 关世玺 孙旭东 李梦群

李耀明 杨福合 吴淑琴 辛志杰 沈兴全

张吉堂 陆春月 武文革 赵丽琴 彭彬彬

曾志强 蓝海根

## 第3版序

《现代数控技术系列》包括六个分册:《现代数控原理及控制系统》、《现代数控机床伺服及检测技术》、《现代数控编程技术及应用》、《现代数控机床故障诊断及维修》、《现代数控机床实用操作技术》和《现代数控机床》,前五个分册2001年1月初版,2005年1月再版;后一分册2003年4月初版,2005年8月第2次印刷时列入《现代数控技术系列》。该系列图书出版以来,深受数控技术领域广大师生和相关技术人员的欢迎。天津大学、天津工业大学、西安工业大学、广东工业大学、兰州理工大学等几十所高等院校将其作为本科生或研究生教材,天津工业大学还将《现代数控原理及控制系统》作为博士生入学考试参考用书,许多从事数控技术的科技人员也将其作为常备的参考书,广大读者对该系列书籍给予很高的评价。前两版各分册市场销售均超过3万册,取得了较好的社会效益和经济效益,为我国飞速发展的数控事业做出了一定贡献。

根据读者的反映及收集到的大量宝贵意见,结合数控技术发展的现状,现再次对《现代数控技术系列》进行修订,出版第3版(《现代数控机床》出版第2版)。本次修订对各分册进行了较大幅度的修改和结构调整,主要体现在以下几个方面:

1. 力求反映数控技术的最新发展。如《现代数控原理及控制系统》:删除了一部分陈旧的内容,增加了介绍 STEP-NC 标准的内容、STEP-NC 数控系统的译码过程、DNC 数控系统输入方式、曲面插补和螺纹加工算法、S 型加减速控制、自适应加减速控制、开放式数控系统接口等内容;《现代数控编程技术及应用》:在加工中心的编程部分,增加四轴、五轴加工中心编程内容的介绍,同时增加大型 CAD 软件中 CAM 部分的内容,如 Pro/E、Master CAM 等;《现代数控机床》:更新了数控机床的新技术和最新发展趋势,增加了并联机床、多轴车削中心、复合加工中心等内容,并结合参编作者的博士论文研究成果,更新了数控机床结构设计基本原则、数控机床的总体布局、数控机床的计算机辅助分析与设计等内容;《现代数控机床故障诊断及维修》:对第 2、8、9、10 章进行较大改动,增加开放式数控系统维修的内容,增加并重写了信号的描述、常用数学变换、时域分析、频域分析到频谱分析、时间序列分析,以及故障检测及常用诊断仪器仪表,精选了数控机床维修实例并增加了数控机床故障诊断技术的最新进展;《现代数控机床实用操作技术》:对数控操作技术相关的知识如数控刀具、工件装夹等作了较为详细的阐述,并增加或更新了每一章节的内容,在选用典型控制系统时,既考虑到目前国内常用的系统,又体现科学性、先进性;《现代数控机床伺服及检测技术》分册已列入普通高等教育“十一五”国家级规划教材,结合最新成果进行了重新编写。

2. 重新确定各分册具体内容,使各分册间的内容衔接更紧密,既避免了重复内容,又

考虑到各分册单独使用时的相对独立性,使知识的系统性更强、更科学。

3. 调整了编著者队伍,邀请有实际经验的教师、学业有成的教授、博士参加编写。

我希望第3版《现代数控技术系列》带给大家更多实用的知识,同时也希望得到更多读者的批评与指正。

张玲

2008年11月

## 序 言

现代数控技术集机械制造技术、计算机技术、成组技术与现代控制技术、传感检测技术、信息处理技术、网络通讯技术、液压气动技术、光机电技术于一体,是现代制造技术的基础,它的发展和运用,开创了制造业的新时代,使世界制造业的格局发生了巨大变化。

数控技术是提高产品质量、提高劳动生产率必不可少的物质手段,它的广泛使用给机械制造业生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化,它的关联效益和辐射能力更是难以估计;数控技术是制造业实现自动化、柔性化、集成化生产的基础,现代的 CAD/CAM、FMS、CIMS 等,都是建立在数控技术之上。数控技术是国际商业贸易的重要构成,发达国家把数控机床视为具有高技术附加值、高利润的重要出口产品,世界贸易额逐年增加。

因此,数控技术是关系到国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低是衡量一个国家制造业现代化程度的核心标志,实现加工机床及生产过程数控化,是当今制造业的发展方向。专家们曾预言:机械制造的竞争,其实质是数控的竞争。

有鉴于此,发达国家把提高数控技术水平作为提高制造业水平的重要基础,竞相发展本国的数控产业。日本由于数控技术高度发展使其制造业迅速崛起,美国要挽回其失去的地位,欧洲要适应市场竞争的需求,从而以数控技术为主要标志的现代制造技术成了美国、日本和欧洲等工业国家竞争的焦点之一。日本、美国、意大利、西班牙、印度等国,都采用了一些扶植本国数控产业发展的政策措施。中国政府正积极采取各种有效措施大力发展中国的数控产业,把发展数控技术作为振兴机械工业的重中之重。数控技术在制造业的扩展与延伸所产生的辐射作用和波及效果对机械制造业的产业结构、产品结构、专业化分工方式、机械加工方式及管理模式、社会的生产分工、企业的运行机制等正带来深刻的变化,对国民经济的发展起着重要的促进作用。

现代机械加工业逐步向柔性化、集成化、智能化方向发展,需要将不断飞速发展的通用计算机技术及其体系结构、现代自动控制理论及现代的电力电子技术应用于新一代数控机床并突出其“开放式”及“智能化”的特征。

我国从发展数控技术的战略高度结合国民经济发展的特点对数控技术进行创新性研究,重点开发“开放式”、“智能化”的数控车床、数控加工中心及数控电加工机床系列产品。

本系列书籍作者选准了这个题材,1995年就在本单位机械设计制造及其自动化专业

开设了“机床数控技术”和“制造自动化技术”两个专业方向;在继续工程教育方面,作者所在单位作为“兵器工业现代数控技术培训中心”和“全国数控培训网太原分中心”的承办单位,自1995年以来,开办了40多期现代数控技术普及班、高级班和各种专项班,为70多个企事业单位培训了大量现代数控技术方面的工程技术人才。

在新产品研究开发方面,作者应用现代数控技术为企业开发出复杂曲面CAD/CAM一体化多种产品。

本系列书籍是在作者多年从事现代数控技术方面的教学、科研、基础理论研究和工作的基础上总结深化撰写成的。本系列书籍系统地分专题详细论述了现代数控技术的有关理论,内容充实,重点突出,同时尽可能地反映数控技术领域内的新成就和新的应用经验;在注重理论系统性的同时,强调如何应用理论分析实际问题,如数控编程实例及故障诊断实例等。在编写结构上,内容深入浅出,图文并茂,条理清楚,便于学用。

相信这套系列书籍能够有益于我国数控技术领域人才的培养,有益于我国数控技术的发展,有益于我国立足世界数控技术之林。

赵静

2001年9月13日于太原



## 第3版前言

数控技术的广泛使用给机械制造业的生产方式、产业结构、管理方式带来深刻的变化,其关联效益和辐射能力更是难以估计。数控技术和数控装备已成为关系国家战略地位和体现国家综合国力水平的重要基础性产业,其水平高低是衡量一个国家制造业现代化的核心标志,实现加工机床和生产过程的数控化,已经成为当今制造业的发展方向。

数控机床故障诊断与维修技术不仅是保证设备正常运行的前提,对数控技术的发展也起到了巨大的推动作用。但是,由于数控设备的先进性、复杂性和高智能化的特点,在故障诊断与维修理论、技术和手段上都发生了深刻的变化。

本书是在国防工业出版社出版的《现代数控机床故障诊断及维修》(2001年第1版,2005年第2版)的基础上进行的修订。本次修订对原有内容进行了充实、精炼,增加了故障信号分析与处理基础,数控机床故障诊断技术最新进展两章,修订比例达到80%以上。力图做到理论密切联系实际,先进性与系统性紧密结合。

本书由中北大学李梦群教授、博士任主编,马维金副教授、博士任副主编。第1章由王爱玲教授、博导编写,第2章、第9章、第10章由李梦群编写,第3章~第5章由杨福合讲师、硕士编写,第6章~第8章由马维金编写。本书是编写成员精诚合作的结晶。全书由王爱玲统一定稿。

在编写过程中,编者参考了诸多著作和教材,在此对各位作者深表谢意。

限于编者的水平,书中难免有错误和疏漏之处,殷切期望各位读者批评、指正。

编者

2008年9月

# 目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控机床概述	1
1.1.1 数控机床的定义	1
1.1.2 数控机床的组成	2
1.2 数控机床的加工过程	3
1.3 数控机床故障诊断与维修的目的和意义	5
1.3.1 数控机床故障诊断与维修的意义	5
1.3.2 数控机床故障诊断与维修的目的	5
1.4 数控机床故障诊断的研究对象与故障分类	6
1.4.1 数控机床故障诊断的研究对象	6
1.4.2 数控机床故障的特点	7
1.4.3 数控机床故障的分类	7
1.5 数控机床故障诊断与维修的方法与步骤	8
1.5.1 数控机床故障诊断与维修的方法	8
1.5.2 数控机床故障诊断与维修的一般步骤	12
1.6 数控机床的维护	14
第 2 章 故障信号分析与处理基础	18
2.1 信号的分类与描述	18
2.1.1 确定性信号与非确定性信号	18
2.1.2 能量信号与功率信号	19
2.1.3 时限与频限信号	20
2.1.4 连续时间信号与离散时间信号	20
2.1.5 物理可实现信号	23
2.1.6 信号分析中常用函数	23
2.2 信号的常用数学变换	26
2.2.1 傅里叶变换	26
2.2.2 拉普拉斯变换	31
2.2.3 $z$ 变换	34

2.3	信号的时域分析 .....	35
2.3.1	时域分解 .....	35
2.3.2	时域统计分析 .....	38
2.3.3	直方图分析 .....	40
2.3.4	相关分析 .....	42
2.4	信号的频域分析 .....	43
2.4.1	幅值谱分析 .....	44
2.4.2	功率谱分析 .....	45
2.5	倒频谱分析 .....	47
2.5.1	倒频谱的数学描述 .....	47
2.5.2	倒频谱分析的应用 .....	48
<b>第3章</b>	<b>数控系统故障诊断 .....</b>	<b>50</b>
3.1	数控系统概述 .....	50
3.1.1	数控系统的组成 .....	50
3.1.2	数控系统的工作过程 .....	52
3.1.3	数控系统的功能 .....	53
3.1.4	CNC 系统的硬件结构 .....	55
3.1.5	CNC 系统的软件结构 .....	57
3.2	典型数控系统简介 .....	59
3.2.1	FANUC 数控系统 .....	59
3.2.2	SIEMENS 数控系统的基本配置 .....	69
3.3	数控系统故障诊断技术与实例 .....	74
3.3.1	数控系统硬件故障诊断 .....	74
3.3.2	数控系统软件故障原因与排除方法 .....	76
3.3.3	数控系统自诊断技术的应用 .....	78
3.3.4	利用机床参数来维修系统 .....	81
<b>第4章</b>	<b>伺服系统的故障诊断与维修 .....</b>	<b>83</b>
4.1	伺服系统概述 .....	83
4.1.1	伺服系统概念及其作用 .....	83
4.1.2	伺服系统的组成与工作原理 .....	83
4.2	主轴驱动系统故障及诊断 .....	85
4.2.1	常用主轴驱动系统介绍 .....	86
4.2.2	主轴伺服系统的故障形式及诊断方法 .....	87
4.2.3	直流主轴驱动故障诊断 .....	88
4.2.4	交流主轴驱动故障诊断 .....	92

4.3	进给伺服系统故障及诊断	100
4.3.1	常见进给驱动系统及其结构形式	101
4.3.2	进给伺服系统的故障形式及诊断方法	104
4.3.3	进给驱动的故障诊断	108
4.3.4	进给伺服电机的维护	117
4.4	位置检测装置故障及诊断	119
4.4.1	常用检测装置的维护	120
4.4.2	检测装置故障的常见形式及诊断方法	122
4.4.3	检测装置故障的诊断与排除	123
<b>第5章</b>	<b>PLC 模块的故障诊断</b>	<b>127</b>
5.1	概述	127
5.1.1	数控机床中 PLC 的形式	127
5.1.2	PLC 与外部信息的交换	128
5.1.3	数控机床 PLC 的功能	129
5.2	PLC 在数控机床中的应用实例	129
5.2.1	数控机床工作状态开关 PMC 控制	129
5.2.2	数控机床加工程序功能开关 PMC 控制	132
5.2.3	数控机床倍率开关 PMC 控制	136
5.2.4	数控机床润滑系统 PMC 控制	138
5.2.5	数控车床自动换刀 PMC 控制	140
5.2.6	数控机床辅助功能代码(M 代码)PMC 控制	143
5.3	常用数控系统的 PLC 状态的监控方法	146
5.3.1	西门子系统的 PLC 状态显示功能	146
5.3.2	FANUC 系统的 PMC 状态监控	149
5.4	PLC 控制模块的故障诊断	152
5.4.1	PLC 故障的表现形式	152
5.4.2	PLC 控制模块的故障诊断方法与实例	153
<b>第6章</b>	<b>数控机床机械结构的故障诊断及维修</b>	<b>160</b>
6.1	机械故障的类型及其诊断方法	160
6.1.1	机械故障的类型	160
6.1.2	机械故障的诊断方法	161
6.2	数控机床的启、停运动故障	162
6.2.1	主轴不能启动	162
6.2.2	机床启动后出现失控现象	162
6.2.3	机床出现“死机”而不能动作	163

6.2.4	机床返回基准点故障	163
6.3	主轴部件故障诊断与维修	164
6.3.1	主轴部件的维护特点	164
6.3.2	主传动链的故障诊断	166
6.4	进给传动系统的故障诊断与维修	174
6.4.1	滚珠丝杠螺母副的故障及维护	174
6.4.2	进给传动系统的常见故障类型及诊断方法	175
6.4.3	进给传动系统常见故障的报警形式	177
6.4.4	进给传动系统故障实例	180
6.5	导轨副的故障及维护	181
6.6	ATC 及 APC 系统的故障诊断与维修	182
6.6.1	刀库及换刀机械手(ATC)的维护	183
6.6.2	刀库的故障	183
6.6.3	换刀机械手的故障	184
6.6.4	工作台自动交换装置的故障诊断	186
6.7	液压与气动系统的故障诊断与维修	187
6.7.1	液压传动系统的原理与维护	187
6.7.2	液压传动系统的故障诊断及排除	189
6.7.3	气动系统的原理与维护	192
6.8	数控机床润滑系统的故障诊断	194
6.8.1	数控机床润滑系统的故障分析	194
6.8.2	润滑系统的故障诊断	196
6.9	数控机床机械故障的综合诊断与实例	196
6.9.1	机械故障的综合诊断	197
6.9.2	故障实例的综合分析	197
6.10	数控机床运动质量特性故障诊断	203
6.10.1	位置偏差过大	203
6.10.2	零件的加工精度差	204
6.10.3	两轴联动铣削圆周时圆度超差	204
6.10.4	机床运动时起调引起的精度不良	205
6.10.5	故障分析实例	205
<b>第 7 章</b>	<b>数控机床切削加工过程状态监测与故障诊断</b>	<b>207</b>
7.1	机床加工过程状态监测与故障诊断的内容及待研究的问题	207
7.1.1	监测与诊断的特点	207
7.1.2	监测与诊断的内容	208
7.1.3	待研究的问题	209

7.1.4	切削过程工况监控系统	210
7.2	切削过程刀具磨损与破损的在线监测与诊断	211
7.2.1	切削过程中发生的物理现象及刀具监控原理	211
7.2.2	刀具磨破损在线自动检测	212
7.2.3	刀具寿命管理监视系统	212
7.2.4	切削过程刀具磨损与破损的振动监测法	213
7.2.5	刀具磨损与破损的主电机功率或电流监测法	220
7.2.6	刀具磨破损的声发射监控法	221
7.2.7	刀具磨破损检测技术的综合应用	224
7.3	切削颤振的在线监控	226
7.3.1	特征信号的选择	226
7.3.2	切削颤振的统计特征	227
7.3.3	颤振的频域特征分析	227
7.4	切屑状态的在线监控	228
7.4.1	概述	228
7.4.2	信号采集及预处理	229
7.4.3	切屑折断频率 $f_c$ 的计算方法	229
7.4.4	切屑折断状态的频域特征分析	230
7.4.5	切屑状态的统计特性	231
<b>第8章</b>	<b>常用故障检测及诊断仪器仪表</b>	<b>233</b>
8.1	万用表	233
8.2	示波器	233
8.2.1	示波器的选择	233
8.2.2	示波器的使用	234
8.3	逻辑测试笔	235
8.3.1	逻辑测试笔的功能	236
8.3.2	逻辑测试笔的使用	236
8.3.3	逻辑测试笔的选择	237
8.4	逻辑分析仪	238
8.4.1	逻辑分析仪的特点	238
8.4.2	逻辑分析仪的结构原理	239
8.4.3	逻辑分析仪的触发方式和显示方式	241
8.4.4	逻辑分析仪的使用	242
8.5	集成电路测试仪	244
8.5.1	概述	244
8.5.2	集成电路测试仪的结构原理	245

8.5.3	集成电路测试仪的功能 .....	246
8.5.4	集成电路测试仪的使用 .....	246
8.6	特征代码分析仪 .....	248
8.6.1	特征代码分析仪的结构原理 .....	248
8.6.2	特征代码分析仪的使用 .....	250
8.7	存储器测试仪 .....	251
8.7.1	存储器测试仪的结构原理 .....	251
8.7.2	存储器测试仪的使用 .....	251
8.8	短路故障追踪仪 .....	252
8.8.1	短路故障追踪仪的原理 .....	252
8.8.2	“创能”短路故障追踪仪面板 .....	253
8.8.3	短路故障追踪仪的应用 .....	254
8.9	激光干涉仪 .....	255
8.10	球杆仪 .....	256
8.11	其他诊断仪器 .....	257
<b>第9章</b>	<b>数控机床故障诊断与维修实例 .....</b>	<b>258</b>
9.1	CNC 系统故障维修实例 .....	258
9.1.1	FANUC CNC 系统故障诊断实例 .....	258
9.1.2	SIEMENS CNC 系统故障维修实例 .....	263
9.1.3	其他 CNC 系统故障诊断实例 .....	267
9.2	伺服系统故障维修实例 .....	269
9.3	主轴系统故障维修实例 .....	278
9.4	刀架刀库系统故障维修实例 .....	283
9.5	工作台故障维修实例 .....	290
<b>第10章</b>	<b>数控机床故障诊断技术最新进展 .....</b>	<b>296</b>
10.1	数控机床故障诊断的小波分析技术 .....	296
10.1.1	小波变换基础 .....	297
10.1.2	基于小波分析的故障诊断 .....	300
10.2	数控机床故障诊断的模糊诊断技术 .....	300
10.2.1	模糊故障诊断基础 .....	300
10.2.2	基于模糊诊断的数控机床故障诊断 .....	312
10.3	数控机床故障诊断的神经网络诊断技术 .....	313
10.3.1	神经网络基础 .....	313
10.3.2	基于神经网络的数控机床故障诊断 .....	317
10.4	数控机床故障诊断的专家系统 .....	318

10.4.1	专家系统的基本组成 .....	318
10.4.2	知识库的建立与维护 .....	320
10.4.3	全局数据库及其管理系统 .....	321
10.4.4	推理机 .....	322
10.4.5	解释子系统设计 .....	323
10.4.6	神经网络与专家系统 .....	323
10.4.7	数控机床故障诊断的专家系统 .....	324

参考文献 .....	326
------------	-----



# 第 1 章 绪 论

## 1.1 数控机床概述

### 1.1.1 数控机床的定义

国际信息处理联盟(International Federation of Information processing, IFIP)第五技术委员会对数控机床所做的定义是:数控机床(Numerical Control Machine)是一个装有程序控制系统的机床,该系统能够逻辑地处理具有使用号码或其他符号编码规定的程序。该定义中所指的程序控制系统即为数控系统(Numerical Control System),它由用来实现数字化信息控制的硬件和软件两部分组成,其核心为数控装置(Numerical Controller, NC)。由于现代数控系统都采用了计算机进行控制,因此数控装置也可称为 CNC(Computerized Numerical Control)装置。

通俗而言,数控机床就是采用数控装置进行控制的机床,它集自动化控制技术、电机技术、自动检测技术、计算机控制技术等先进技术为一体,是现代制造技术中不可缺少的设备。

带有自动刀具交换装置(Automatic Tool Change, ATC)的数控机床(带有回转刀架的数控车床除外)称为加工中心(Machine Center, MC)。它通过刀具的自动交换,可以一次装夹完成多工序的加工,实现了工序的集中和工艺的复合,从而缩短了辅助加工时间,提高了机床的效率;减少了零件安装、定位次数,提高了加工精度。加工中心是目前数控机床中产量最大、应用最广的机床。

在加工中心的基础上,通过增加多工作台(托盘)自动交换装置(Auto Pallet Changer, APC)以及其他相关装置,组成的加工单元称为柔性加工单元(Flexible Manufacturing Cell, FMC)。FMC 不仅实现了工作的集中和工艺的复合,而且通过工作台(托盘)的自动交换和完善的自动检测、监控功能,可以进行一定时间的无人化加工,从而进一步提高了设备的加工率。FMC 既是柔性制造系统的基础,又可以作为独立的自动化加工设备使用,因此其发展速度较快。

在 FMC 和加工中心基础上,通过增加物流体系、工业机器人以及相关设备,并由中央控制系统进行集中、统一控制和管理,这样的制造系统称为柔性制造系统(Flexible Manufacturing System, FMS)。FMS 可以进行长时间的无人化加工,从而可以实现多品种零件的全部加工或部分装配,实现了车间制造过程的自动化,它是一种高度自动化的先进制造系统。随着科学技术的发展,为了适应市场需求多变的形势,对现代制造业来说,不仅需要发展车间过程的自动化,而且要实现从市场预测、生产决策、产品设计、产品制造直到产品销售的全面自动化。将这些要求综合,构成的完整的生产制造系统,称为计算机集成制造系统(Computer Integrated Manufacturing System, CIMS)。CIMS 将一个工厂的生产、经营活