



教育部高职高专规划教材

数控加工工艺 与编程

● 晏初宏 主编
李春雄 主审



化学工业出版社
教材出版中心

教育部高职高专规划教材

数控加工工艺与编程

晏初宏 主编

李春雄 主审

化学工业出版社
教材出版中心
·北京·

(京) 新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

数控加工工艺与编程/晏初宏主编. —北京: 化学工业出版社, 2004. 3

教育部高职高专规划教材

ISBN 7-5025-4059-8

I. 数… II. 晏… III. ①数控机床-加工-高等学校: 技术学院-教材②数控机床-程序设计-高等学校: 技术学院-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2004) 第 015858 号

教育部高职高专规划教材

数控加工工艺与编程

晏初宏 主编

李春雄 主审

责任编辑: 高 钰

文字编辑: 云 雷

责任校对: 陶燕华

封面设计: 郑小红

*

化学工业出版社 出版发行
教材出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京管庄永胜印刷厂印刷

三河市东柳装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 22¼ 字数 552 千字

2004 年 5 月第 1 版 2004 年 5 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4059-8/G · 1170

定 价: 35.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

出版说明

高职高专教材建设工作是整个高职高专教学工作中的重要组成部分。改革开放以来,在各级教育行政部门、有关学校和出版社的共同努力下,各地先后出版了一些高职高专教育教材。但从整体上看,具有高职高专教育特色的教材极其匮乏,不少院校尚在借用本科或中专教材,教材建设落后于高职高专教育的发展需要。为此,1999年教育部组织制定了《高职高专教育专门课程基本要求》(以下简称《基本要求》)和《高职高专教育专业人才培养目标及规格》(以下简称《培养规格》),通过推荐、招标及遴选,组织了一批学术水平高、教学经验丰富、实践能力强的教师,成立了“教育部高职高专规划教材”编写队伍,并在有关出版社的积极配合下,推出一批“教育部高职高专规划教材”。

“教育部高职高专规划教材”计划出版500种,用5年左右时间完成。这500种教材中,专门课(专业基础课、专业理论与专业能力课)教材将占很高的比例。专门课教材建设在很大程度上影响着高职高专教学质量。专门课教材是按照《培养规格》的要求,在对有关专业的人才培养模式和教学内容体系改革进行充分调查研究和论证的基础上,充分吸取高职、高专和成人高等学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验和教学成果编写而成的。这套教材充分体现了高等职业教育的应用特色和能力本位,调整了新世纪人才必须具备的文化基础和技术基础,突出了人才的创新素质和创新能力的培养。在有关课程开发委员会组织下,专门课教材建设得到了举办高职高专教育的广大院校的积极支持。我们计划先用2~3年的时间,在继承原有高职高专和成人高等学校教材建设成果的基础上,充分汲取近几年来各类学校在探索培养技术应用性专门人才方面取得的成功经验,解决新形势下高职高专教育教材的有无问题;然后再用2~3年的时间,在《新世纪高职高专教育人才培养模式和教学内容体系改革与建设项目计划》立项研究的基础上,通过研究、改革和建设,推出一大批教育部高职高专规划教材,从而形成优化配套的高职高专教育教材体系。

本套教材适用于各级各类举办高职高专教育的院校使用。希望各用书学校积极选用这批经过系统论证、严格审查、正式出版的规划教材,并组织本校教师以对事业的责任感对教材教学开展研究工作,不断推动规划教材建设工作的发展与提高。

教育部高等教育司

2001年4月3日

前言

本书是教育部高职高专数控加工技术专业的规划教材,是根据全国高职教育协作会专门课指导委员会于2002年4月在成都召开的高职高专“数控加工技术”专业教学研讨和专门课教材编写工作会议的精神编写的。除供高等职业技术学院、职工大学等相关专业选用外,也可供普通高等院校和从事数控加工工作的工程技术人员参考,或作为工厂数控机床操作工人的自学教材。

本书根据科学事业的迅速发展对人才素质的需要而确立课程的教学内容,体现了创新意识和实践能力为重点的教育教学指导思想。在书中渗透了当代科学思维,反映了当代科学事业发展对人才素质的要求。

本书在调查研究的基础上,总结了近几年来高等职业技术教育课程改革的经验,适应经济发展、科技进步和生产实际对教学内容提出的新要求,注意反映生产实际中的新知识、新技术、新工艺和新方法,突出了高等职业教育特色,紧密联系生产实际,注重基本理论、基本知识和基本技能的叙述,编写了形式多样的例题、习题和思考题,方便教学,具有广泛的实用性。

全书共七章,分别介绍了数控机床的加工工艺和程序编制的基本知识、数控车床的加工工艺、数控铣床的加工工艺、加工中心的加工工艺、数控线切割机床的加工工艺和自动编程等内容。

本书的绪论、第一章和第二章由晏初宏老师编写,第三章由熊显文老师编写,第四章由嵇宁老师编写,第五章由王雪红老师编写,第六章由刘铁老师编写、第七章由熊熙老师编写,晏初宏老师任主编,并负责全书的统稿和定稿。

本书由华南理工大学李春雄教授主审,对全书提出了许多宝贵的建议和修改意见,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,经验不足,书中的缺点和错误在所难免,恳请读者给予批评指正。

编者

2003年12月

目 录

绪论	1
一、数控加工在机械制造业中的地位 and 作用	1
二、数控加工技术的发展	1
三、数控加工技术的特点	5
四、数控机床的适用范围	7
五、数控加工工艺与编程的研究内容和任务	7
思考题与习题	8
第一章 数控机床加工工艺基础	9
第一节 金属切削的基本知识	9
一、金属切削运动	9
二、金属切削加工中的工件表面	10
三、切削要素	10
四、数控机床使用的刀具	12
五、数控机床切削用量的选择	19
六、切削液的选择	25
第二节 机械加工工艺规程的制订	27
一、生产过程和生产系统	27
二、工艺过程和工艺规程	28
三、生产纲领和生产类型	30
四、工艺规程制订的步骤及方法	32
五、定位基准的选择	40
六、制订工艺路线实例	46
第三节 机床工序的设计	50
一、加工余量的确定	50
二、工序基准的选择	54
三、工序尺寸及公差确定	59
四、工艺设备和工艺装备的选择	61
五、时间定额的确定	63
六、切削用量的确定	64
七、填写工艺文件	64
第四节 工艺尺寸的计算	69
一、工艺尺寸链的基本概念	69
二、工艺尺寸链的基本计算公式	70
三、工艺尺寸链封闭环的选择	71
四、工艺尺寸链的分析和计算	71
第五节 机械加工精度及表面质量	83

一、加工精度和表面质量	83
二、工艺系统的几何误差及改善措施	85
三、工艺系统受力变形产生的误差及改善措施	88
四、工艺系统热变形产生的误差及改善措施	89
五、工件内应力引起的误差及改善措施	90
六、影响表面粗糙度的工艺因素及改善措施	90
思考题与习题	91
第二章 数控加工程序编制的基本知识	98
第一节 数控程序编制中的有关标准及代码	98
一、数控加工程序编制的内容与方法	98
二、穿孔带和代码	100
三、数控机床坐标系和运动方向的规定	103
四、坐标系的原点	105
五、坐标计算单位	107
六、程序结构和程序段格式	108
第二节 数控程序编制的工艺指令	111
一、准备功能 G 指令	111
二、辅助功能 M 指令	119
三、其他功能指令	123
第三节 数控机床加工工艺分析	124
一、工件在数控机床上的装夹	124
二、对刀点和换刀点的确定	133
三、加工路线的确定	134
四、确定加工用量	137
五、选择切削刀具	138
六、确定程序编制的允许误差	139
七、平面及曲面加工的工艺处理	140
第四节 数控加工程序编制的数值计算	144
一、直线和圆弧轮廓的基点计算	144
二、非圆曲线的节点计算	146
三、刀位点轨迹坐标的计算	152
四、列表曲线的数学处理	154
五、简单立体型面零件的数值计算	156
六、自由曲面的数学处理及算法	157
七、组合曲面的数学处理	158
思考题与习题	159
第三章 数控车床加工工艺	164
第一节 数控车削的主要加工对象	164
一、精度要求高的回转体零件	164
二、表面质量要求高的回转体零件	164
三、表面形状复杂的回转体零件	164

四、带特殊螺纹的回转体零件	165
第二节 数控车削加工工艺的制订	165
一、零件图工艺分析	165
二、工序和装夹方式的确定	166
三、加工顺序的确定	167
四、进给路线的确定	168
五、切削用量的选择	171
第三节 轴类零件的数控车削加工工艺分析	171
一、轴类零件的结构特点和技术要求	171
二、轴类零件的材料、毛坯及热处理	172
三、轴类零件的加工工艺分析	172
第四节 数控车床的编程基础	175
一、数控车床编程特点	175
二、坐标系	175
三、数控车床加工参数的选择	175
四、数控车床编程基本功能指令	176
第五节 数控车床编程的基本方法	178
一、坐标值编程方式	178
二、机床原点与参考点	179
三、机床坐标系与工件坐标系	180
四、快速点定位指令 G00	181
五、直线插补编程指令 G01	182
六、圆弧插补指令 G02、G03	183
七、暂停指令 G04	184
八、循环加工编程	184
九、多重复合循环指令 G71、G72、G73、G70	187
十、螺纹加工编程	191
十一、子程序	196
十二、孔加工、外径切槽加工	198
十三、自动倒角、倒圆弧角功能	202
第六节 圆头车刀的编程与补偿	203
一、刀尖圆弧半径的概念	203
二、刀具半径补偿的实施	204
思考题与习题	207
第四章 数控铣床加工工艺	210
第一节 数控铣削加工的主要对象	210
一、平面类零件	210
二、变斜角类零件	210
三、曲面类零件	212
四、孔类零件	212
第二节 数控铣削加工工艺的制订	212

一、零件的工艺分析	212
二、装夹方案的确定	213
三、刀具选择的基本要求	215
四、切削用量的选择	215
五、进给路线的确定	215
六、平面凸轮零件的数控铣削工艺	217
第三节 数控铣床的编程基础	220
一、数控铣床的程序编制功能	220
二、SINUMERIK 840C 系统	221
三、常用的 G 指令功能和 M 指令功能	222
第四节 数控铣床的基本编程方法	238
一、数控铣床程序编制的基本模式	238
二、铣削轮廓类零件的加工程序	239
三、孔类零件的加工程序	242
四、去余量类零件的加工程序	245
五、空间曲面类零件的程序	248
六、适用坐标变换编程的零件程序	249
七、适用于极坐标编程的零件	251
八、螺旋线加工	251
思考题与习题	252
第五章 加工中心的加工工艺	255
第一节 加工中心的主要加工对象	255
一、加工中心的工艺特点	255
二、加工中心的主要加工对象	255
第二节 加工中心加工工艺方案的制订	256
一、零件的工艺分析	256
二、加工中心的选用	259
三、零件的工艺设计	260
四、加工中心加工底板零件的加工工艺方案	264
第三节 加工中心的程序编制基础	269
一、加工中心程序编制的特点	269
二、加工中心的坐标系	270
三、准备功能	271
四、附加零点偏置	272
五、主轴、刀具和辅助功能	273
第四节 圆弧程序的编制	275
一、圆心法圆弧加工程序的编制	275
二、半径法圆弧加工程序的编制	276
第五节 刀具偏置和补偿功能	277
一、刀具位置偏置	277
二、刀具长度补偿	280

三、刀具半径补偿	281
第六节 固定循环功能	285
一、固定循环功能	285
二、固定循环指令	287
三、固定循环中重复次数的使用方法	291
第七节 子程序	292
一、子程序的格式	292
二、子程序的执行过程	293
三、子程序的特殊调用方法	294
思考题与习题	295
第六章 数控线切割机床的加工工艺	297
第一节 数控线切割机床加工原理、特点及应用	297
一、数控线切割机床的加工原理	297
二、数控线切割机床加工的特点	298
三、数控线切割机床加工的应用	298
四、主要工艺指标	298
第二节 影响数控线切割加工工艺指标的主要因素	299
一、脉冲电源主要参数的影响	299
二、电极丝及其走丝速度的影响	300
三、零件厚度及材料的影响	300
四、其他因素对工艺指标的影响	300
第三节 数控线切割加工工艺的制订	301
一、零件图的工艺分析	301
二、工艺准备	301
三、零件的装夹和位置校正	305
四、加工参数的选择	307
第四节 数控线切割机床的基本编程方法	308
一、数控线切割机床编程基础	308
二、ISO 格式编程	309
三、3B 格式编程	311
四、4B 格式编程	313
思考题与习题	315
第七章 自动编程	316
第一节 自动编程概述	316
一、自动编程的概念	316
二、自动编程系统简介	317
三、自动编程的工作过程	319
第二节 Mastercam 图文交互式自动编程系统	320
一、Mastercam 功能简介	320
二、生成刀具轨迹的工作步骤	323
三、后置处理	331

第三节 2D 刀具轨迹的生成	332
一、外形铣削	332
二、孔加工	334
三、挖腔槽加工	336
四、平面铣削	338
第四节 3D 刀具轨迹的生成	339
一、三坐标加工刀具轨迹的特点	340
二、3D 刀具轨迹的生成要点	342
思考题与习题	342
参考书目	344

绪 论

一、数控加工在机械制造业中的地位和作用

随着科学技术的发展,机械产品的结构越来越合理,其性能、精度和效率日趋提高,更新换代频繁,生产类型由大批量生产向多品种小批量生产转化。因此,对机械产品的加工相应地提出了高精度、高柔性与高度自动化的要求。

大批量生产的产品,如汽车、拖拉机与家用电器的零件,为了提高产品的质量和生产率,多采用专用的工艺装备、专用的自动化机床、专用的自动生产线或自动车间进行生产。尽管这类设备初次投资很大,生产准备周期长,产品改型不易,因而使产品的开发周期增长。但是由于分摊在每个零件上的费用很少,所以经济效益仍很显著。

然而,在机械制造工业中,单件及中、小批生产的零件约占机械加工总量的80%以上,尤其是在造船、航天、航空、机床、重型机械以及国防部门,其生产特点是加工批量小,改型频繁,零件形状复杂和精度要求高,加工这类产品需要经常改装或调整设备,对于专用化程度很高的自动化机床来说,这种改装和调整甚至是不可能实现的。

在飞机制造业中,已经采用的仿形机床部分地解决了小批量复杂零件的加工。但这种机床有两个主要缺点:一是在更换零件时,必须制造相应的靠模或样件并调整机床,不但要耗费大量的手工劳动,而且生产准备时间长;二是靠模或样件在制造中由于条件的限制而产生的误差和在使用中由于磨损而产生的误差不能在机床上直接进行调整,因而使加工零件的精度很难达到较高的要求。

由于数控机床综合应用了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密检测与新型机械结构等方面的技术成果,具有高柔性、高精度与高度自动化的特点,因此采用数控加工手段,解决了机械制造业中常规加工技术难以解决,甚至无法解决的单件、小批量,特别是复杂型面零件的加工。应用数控加工技术是机械制造业的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个新的阶段,提高了机械制造业的制造水平,为社会提供了高质量、多品种及高可靠性的机械产品。目前,应用数控加工技术的领域已从当初的航空工业部门逐步扩大到汽车、造船、机床、建筑等民用机械制造业,并已取得了巨大的经济效益。

二、数控加工技术的发展

1. 数控机床的发展

1952年美国帕森斯公司(Parsons Co.)和麻省理工学院伺服机构实验室(Serve Mechanisms Laboratory of the Massachusetts's Institute of Technology)合作研制成功世界上第一台三坐标数控立式铣床,用它来加工直升机叶片轮廓检查用样板。这是一台采用专用计算机进行运算与控制的直线插补轮廓控制数控铣床,专用计算机采用电子管元件,逻辑运算与控制采用硬件联结的电路。1955年,这类机床进入实用化阶段,在复杂曲面的加工中发挥了重要作用,这就是第一代数控系统。从那时起50多年来,随着自动控制技术、微电子技术、计算机技术、精密测量技术及机械制造技术的发展,数控机床得到了迅速发展,不断地更新

换代。

1959 年,晶体管元件问世,数控系统中广泛采用晶体管和印制板电路,从此数控系统跨入第二代。

1965 年,出现了小规模集成电路,由于其体积小,功耗低,使数控系统的可靠性得到了进一步提高,数控系统从而发展到第三代。

随着计算机技术的发展,出现了以小型计算机代替专用硬接线装置,以控制软件实现数控功能的计算机数控系统,即 CNC 系统,使数控机床进入第四代。

1970 年前后,美国英特尔(Intel)公司首先开发和使用四位微处理器,1974 年美、日等国首先研制出以微处理器为核心的数控系统。由于中、大规模集成电路的集成度和可靠性高、价格低廉,所以微处理器数控系统得到了广泛的应用。这就是微机数控(Micro-Computer Numerical Control)系统,即 MNC 系统,从而使数控机床进入第五代。

20 世纪 90 年代后,基于 PC-CNC 的智能数控系统的发展和应用,充分利用现有 PC 机的软硬件资源,规范设计了新一代数控系统,从而使数控机床的发展进入到第六代。

我国是从 1958 年开始研制数控机床的,到 20 世纪 60 年代末 70 年代初,已经研制出一些晶体管式的数控系统,并用于生产。但由于历史的原因,一直没有取得实质性的成果。数控机床的品种和数量都很少,稳定性和可靠性也比较差,只在一些复杂的、特殊的零件加工中使用。

直到 20 世纪 80 年代初,我国先后从日本、德国、美国等国家引进一些先进的 CNC 装置及主轴、伺服系统的生产技术,并陆续投入了生产。这些数控系统性能比较完善,稳定性和可靠性都比较好,在数控机床上采用后得到了用户的认可,结束了我国数控机床发展徘徊不前的局面,使我国数控机床在质量、性能及水平上有了一个飞跃。到 1985 年,我国数控机床的品种累计达 80 多种,数控机床进入了实用阶段。

1986~1990 年,是我国数控机床大发展的时期。在此期间,通过实施国家重点科技攻关项目“柔性制造系统技术及设备开发研究”,以及重点科技开发项目“数控机床引进技术消化吸收”等,推动了我国数控机床的发展。

1991 年以来,一方面从日本、德国、美国等国家购进数控系统,另一方面积极开发、设计、制造具有自主知识产权的中、高档数控系统,并且取得了可喜的成果。我国的数控产品已覆盖了车、铣、镗铣、钻、磨、加工中心及齿轮机床、折弯机、火焰切割机、柔性制造单元等,品种达 500 多种。中、低档数控系统已达到小批量生产能力。

2. 自动编程系统的发展

在 20 世纪 50 年代后期,美国首先研制成功了 APT (Automatically Programmed Tools) 系统。由于它具有语言直观易懂、制备控制介质快捷、加工精度高等优点,很快就成为广泛使用的自动编程系统。到了 20 世纪 60 年代和 70 年代,又先后发展了 APT III 和 APT IV 系统,主要用于轮廓零件的程序编制,也可以用于点位加工和多坐标数控机床的程序编制。APT 语言系统很庞大,需要大型通用计算机,不适用于中、小用户。为此,还发展了一些比较灵活、针对性强的可用小型计算机的自动编程系统,如用于两坐标轮廓零件程序编制的 ADAPT 系统等。

在西欧和日本,也在引进美国技术的基础上发展了各自的自动编程系统,如德国的 EXAPT 系统、法国的 IFAPT 系统、英国的 2CL 系统以及日本的 FAPT 和 HAPT 系统等。

1972 年,美国洛克希德飞机公司开发出具有计算机辅助设计、绘图和数控编程一体化

功能的自动编程系统 CAD/CAM, 由此标志着一种新型的计算机自动编程方法的诞生。1978 年, 法国达索飞机公司开发研制出具有三维设计、分析和数控编程一体化功能的 CATIA 自动编程系统; 1983 年, 美国 Unigraphics Solutions 公司开发研制出 UG II CAD/CAM 系统, 这也是目前应用最广泛的 CAD/CAM 软件之一。从 20 世纪 80 年代以后, 各种不同的 CAD/CAM 自动编程系统如雨后春笋般地发展起来, 如 Master CAM、Surf CAM、Pro/Engineer 等。

自 20 世纪 90 年代中期以后, 数控自动编程系统更是向着集成化、智能化、网络化、并行化和虚拟化方向迅速发展, 标志着更新的自动编程系统的发展潮流和方向。

我国的自动编程系统发展较晚, 但进步很快, 目前主要有用于航空零件加工的 SKC 系统以及 ZCK, ZBC 系统和用于线切割加工的 SKG 系统等。

3. 自动化生产系统的发展

随着 CNC 技术、信息技术、网络技术以及系统工程学的发展, 为单机数控化向计算机控制的多机制造系统自动化发展创造了必要的条件。在 20 世纪 60 年代末期, 出现了由一台计算机直接管理和控制一群数控机床的计算机群控系统, 即直接数控系统 DNC (Direct NC), 1967 年出现了由多台数控机床连接成可调加工系统, 这就是最初的柔性制造系统 FMS (Flexible Manufacturing System)。20 世纪 80 年代初又出现以 1~3 台加工中心为主体, 再配上工件自动装卸的可交换工作台及监控检验装置的柔性制造单元 FMC (Flexible Manufacturing Cell)。20 世纪 80 年代末 FMC、FMS 发展迅速, 在 1989 年第八届欧洲国际机床展览会上, 展出的 FMS 超过 200 条。如图 0-1 所示是加工箱体零件的柔性制造系统。

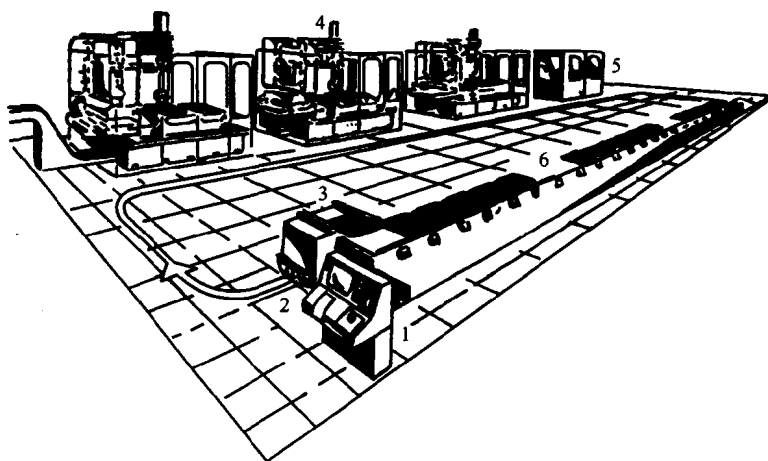


图 0-1 加工箱体零件的柔性制造系统实例

- 1—带有记录生产数据的主计算机控制与主计算机接口；2—生产数据记录打印；
3—感应式无轨小车；4—卧式镗铣加工中心；5—零件清洗站；
6—托盘与上、下料工作站

目前, 已经出现了包括生产决策、产品设计、制造和管理等全过程均由计算机集成管理和控制的计算机集成制造系统 CIMS (Computer Integrated Manufacturing System), 以实现工厂自动化。图 0-2 是 CIMS 技术集成关系图, 它表明了 CIMS 技术主要是通过计算机信息技术模块、把工程设计、经营管理和加工制造三大自动化子系统集成起来的示意情况。

(1) 工程设计系统 主要包括计算机辅助工程分析 (CAE, Computer Aided Engineer-

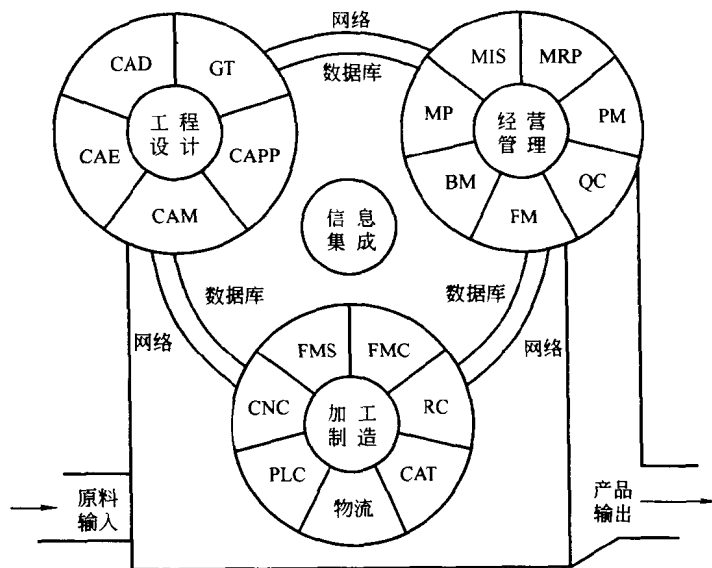


图 0-2 CIMS 技术集成关系图

ing)、计算机辅助设计 (CAD, Computer Aided Design)、成组技术 (GT, Group Technology)、计算机辅助工艺过程设计 (CAPP, Computer Aided Process Planning) 和计算机辅助制造 (CAM, Computer Aided Manufacturing) 等。

(2) 经营管理系统 主要包括管理信息系统 (MIS, Management Information System)、制造资源计划 (MRP, Manufacturing Resource Planning)、生产管理 (PM, Production Management)、质量控制 (QC, Quality Control)、财务管理 (FM, Financial Management)、经营计划管理 (BM, Business Management) 和人力资源管理 (MP, Man Power Resources Management) 等。

(3) 加工制造系统 主要包括 FMS 柔性制造系统、FMC 柔性制造单元、CNC 数控机床、可编程序控制器 (PLC, Programmable Logic Controller)、机器人控制器 (RC, Robot Controller)、自动测试 (CAT, Computer Automated Testing) 和物流系统等。

如图 0-3 所示是 CIMS 的组成示意图, 从中可以知道它是一个极其复杂而庞大的系统, 工厂自动化 (AF, Automated Factory) 只是其中的一部分。它共包括办公室自动化 (OA, Office Automated) 和柔性制造系统 FMS 两大部分。其中办公室自动化 OA 又包括工程设计和经营管理两大子系统, 它由 MIS 系统、产品开发 CAE、市场信息 MKT、设计管理 CAD、生产管理 MRP (指制造资源计划)、生产技术 CAM 以及它们各自的数据库组成。而柔性制造系统 FMS 由上述各系统集成得到的生产过程信息来控制。毛坯从自动立体仓库的输送机输出, 经机器人或搬运车自动搬运到加工机床, 经加工机床 CNC 加工后, 再由机器人或搬运车自动搬运到自动装配线由机器人装配, 最后经 CAT 自动测试检验后输出合格的产品。

CIMS 目前还没有一个统一的定义, 但有两个大家一致公认的结论。

① 在功能上, CIMS 包含了一个工厂的全部生产经营活动, 即从市场预测、产品设计、加工制造、管理和售后服务的全部活动。CIMS 比传统的工厂自动化的范围大得多, 是一个复杂的大系统。

② CIMS 模式的自动化不是工厂各个环节的计算机化或自动化（有人称自动化孤岛）的简单叠加，而是有机的集成，并且这个集成不仅仅是物质、设备的集成，而更主要的是体现在以信息集成为特征的技术集成，以至于人的集成。

自动化生产系统的发展，使加工技术跨入了一个新的里程碑，建立了一种全新的生产模式。我国已开始在这方面进行了探索与研制，并取得了可喜的成果，已有一些 FMS 和 CIMS 成功地用于生产。

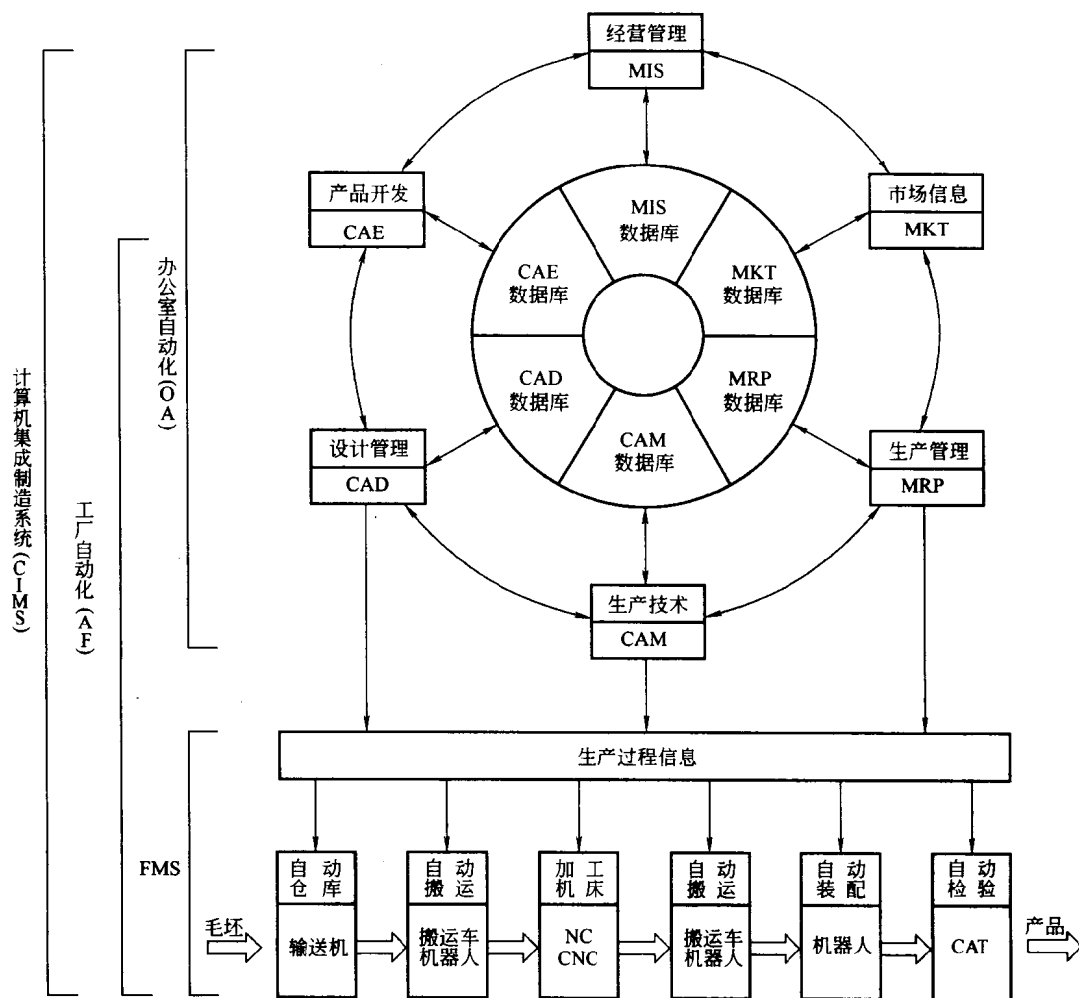


图 0-3 CIMS 的组成示意图

三、数控加工技术的特点

数控机床是由普通机床发展而来的，它们之间最明显的区别是数控机床可以按事先编制的加工程序自动地对工件进行加工，而普通机床的整个加工过程必须通过技术工人的手工操作来完成，图 0-4 所示说明了这两者之间的主要区别。

数控机床又称数字控制（Numerical Control）机床，是相对于模拟控制而言的。在数字控制系统中所处理的信息主要是离散的数字量，而不像模拟控制系统那样主要处理一些连

续的模拟量。早期的数字控制系统是采用数字逻辑电路联结成的,即 NC。而目前则是采用了计算机的计算机数控系统 (Computer Numerical Control), 即 CNC。机床数控技术就是以数字化的信息实现对机床自动控制的一门技术。其中, 刀具与工件运动轨迹的自动控制, 刀具与工件相对运动的速度自动控制是机床数字控制的最主要的控制内容。

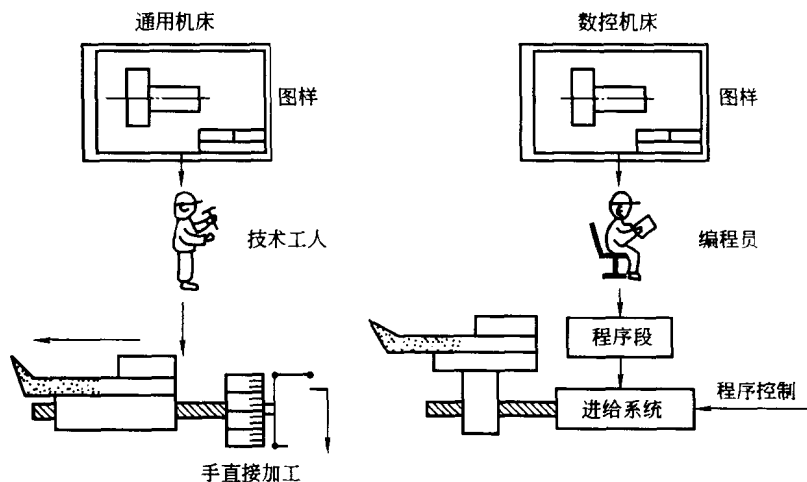


图 0-4 普通机床加工与数控机床加工的区别

数控机床工作前,要预先根据工件的要求,确定工件加工工艺过程、工艺参数,并按一定的规则形成数控系统能理解的数控加工程序。即:将工件的几何信息和工艺信息数字化,按规定的代码和格式编制成数控加工程序。然后用适当的方式将数控加工程序输入到数控机床的数控装置中,这样便可启动机床运行数控加工程序。在运行数控加工程序的过程中,数控装置会根据数控加工程序的内容发出各种控制命令,如启动主轴电动机、开切削液,进行刀具轨迹计算,同时向特殊的执行单元发出数字位移脉冲并进行进给速度控制,正常情况下可一直到程序运行结束,工件加工完毕为止。

同常规加工相比,数控加工具有如下的特点。

(1) 自动化程度高 在数控机床上加工零件时,除了手工装卸工件外,全部加工过程都由机床自动完成。在柔性制造系统线上,上下料、检测、诊断、对刀、传输、调度、管理等也都自动完成,这样减轻了操作者的劳动强度,改善了劳动条件。

(2) 加工精度高,加工质量稳定 数控加工的尺寸精度通常在 $0.005 \sim 0.1\text{mm}$ 之间,目前最高的尺寸精度可达 $\pm 0.0015\text{mm}$,不受零件形状复杂程度的影响,加工中消除了操作者的人为误差,提高了同批零件尺寸的一致性,使产品质量保持稳定。

(3) 对加工对象的适应性强 数控机床上实现自动加工的控制信息是加工程序。当加工对象改变时,除了相应更换刀具和解决工件装夹方式外,只要重新编写并输入该零件的加工程序,便可自动加工出新的零件,不必对机床作任何复杂的调整,这样缩短了生产准备周期,给新产品的研制开发以及产品的改进、改型提供了捷径。

(4) 生产效率高 数控机床的加工效率高,一方面是自动化程度高,在一次装夹中能完成较多表面的加工,省去了划线、多次装夹、检测等工序;另一方面是数控机床的运动速度高,空行程时间短。目前,数控车床的主轴转速已达到 $5000 \sim 7000\text{r/min}$,数控高速磨削的砂轮线速度达到 $100 \sim 200\text{m/s}$,加工中心的主轴转速已达到 $20000 \sim 50000\text{r/min}$,各轴的快