

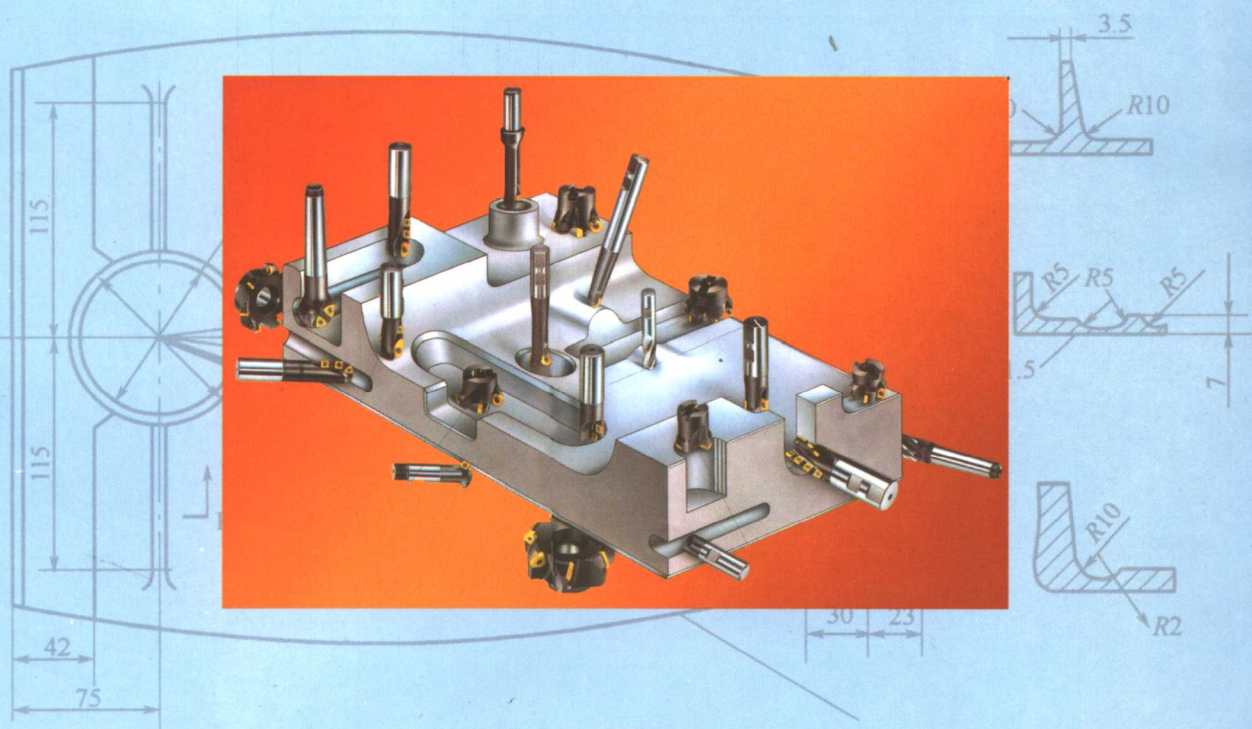


高等职业教育机电类专业规划教材
国家技能型紧缺人才培养教材

数控编程与加工技术

SHUKONGBIANCHENG YU JIAGONGJISHU

主编：董建国 王凌云 副主编：肖爱武 潘建新 主审：曾宪章



中南大学出版社

高等职业教育机电类专业规划教材

内容简介

本书是根据教育部颁布的《中等职业学校机电类专业教学大纲》和《中等职业学校机电类专业教学大纲》的要求，结合编者多年的教学经验和教材编写经验，参照国内外最新教材编写而成的。本书可作为中等职业学校机电类专业及相关专业的教材，也可供从事机电工作的工程技术人员参考。

数控编程与加工技术

主 编 董建国 王凌云
副主编 肖爱武 潘建新
主 审 曾宪章



中南大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控编程与加工技术/董建国等主编. —长沙:中南大学出版社,
2006.4

ISBN 7-81105-224-5

I. 数... II. 董... III. ①数控机床—程序设计
②数控机床—加工 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 031348 号

数控编程与加工技术

主 编 董建国 王凌云
副主编 肖爱武 潘建新
主 审 曾宪章

责任编辑 谭 平

责任印制 文桂武

出版发行 中南大学出版社

社址:长沙市麓山南路

邮编:410083

发行科电话:0731-8876770

传真:0731-8710482

印 装 中南大学湘雅印刷厂

开 本 787×1092 1/16 印张 12.25 字数 305 千字 插页:

版 次 2006 年 5 月第 1 版 2006 年 5 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 7-81105-224-5/G·077

定 价 22.00 元

图书出现印装问题,请与经销商调换

内容简介

本书注重数控技术与机械加工技术的结合，在讲述基本理论的基础上，大量给出已实践过后加工实例及其加工程序，具有很强的针对性和实用性。本书的主要内容包括：数控技术概论，数控编程基础，数控车床的编程与加工，数控铣床的编程与加工，加工中心的编程与加工，数控线切割机床编程与加工，电火花机床的编程与加工。

本书可作为高等职业院校数控技术专业、模具设计与制造专业、机械制造与自动化专业、计算机辅助设计与制造专业的教材；也可供从事数控加工技术工作的相关工程技术人员参考；还可以作为职业技能鉴定的培训教材。



高等职业教育机电类专业规划教材

国家技能型紧缺人才培养教材

编写委员会

主任：金潇明

副主任：（以姓氏笔画为序）

李建跃 肖智清 钟振龙 梁勇 曾宪章

委员：（以姓氏笔画为序）

王志泉 王定祥 王凌云 皮智谋 许文全

刘茂福 肖正祥 汤光华 汤忠义 李绪业

张导成 欧阳中和 张秀玲 张若峰 胡智清

晏初宏 徐政坤 郭紫贵 黄红辉 梁旭坤

董建国 曾霞文 管文华 谭海林 樊小年



总 序

加入世贸组织后,我国机械制造业迎来了空前的发展机遇,我国正逐步变成“世界制造中心”。为了增强竞争能力,中国制造业开始广泛使用先进的数控技术、模具技术,21世纪机械制造业的竞争,其实是数控技术的竞争。随着数控技术、模具技术的迅速发展及数控机床的急剧增长,我国机械企业急需大批数控机床编程、操作、维修技术人才及模具设计与制造技术人才,而目前劳动力市场这种技术应用型人才严重短缺。为此,教育部会同劳动和社会保障部、国防科工委、信息产业部、交通部、卫生部联合启动了“职业院校制造业和现代服务业技能型紧缺人才培养培训工程”,明确了高等职业教育的根本任务就是要从劳动力市场的实际需要出发,坚持以就业为导向,以全面素质为基础,以能力为本位,努力造就数以千万计的制造业和现代服务业一线迫切需要的高素质技能型人才。并在全国选择确定了90所高职院校、96所中职院校作为数控技术技能型紧缺人才培养培训工程示范院校,推荐403个企事业单位作为校企合作数控培养培训基地。计划2003~2007年向社会输送数控专业毕业生数十万人,提供短期培训数十万人次,以缓解劳动力市场数控技能型人才紧缺的现状。

大量培养技能型人才中的一个重要问题就是教材。在机电类专业高等职业教育迅速发展的同时,具有高职特色的机电类专业教材极其匮乏,不能满足技能型人才培养的需要。为了适应机电类高职教育迅速发展的形势,在湖南省教育厅职成处,湖南省教育科学研究院的支持、指导和帮助下,湖南省高等职业教育机电类专业教学研究会和中南大学出版社进行了广泛的调研,探索出版符合高职教育教学模式、教学方式、教学改革的新教材的路子。他们组织全国30多所高职院校的院系领导及骨干教师召开了多次教材建设研讨会,充分交流了教学改革、课程设置、教材建设的经验,把教学研究与教材建设结合起来。并对机电类专业高职教材的编写指导思想、教材定位、特色、名称、内容、篇幅进行了充分的论证,统一了思想,明确了思路。在此基础上,由湖南省高等职业教育机电类专业教学研究会牵头,成立了“湖南省机电类专业规划教材编委会”,组织编写出版了高等职业教育机电类专业系列教材,这套教材包括机电类所有专业的公共专业基础课教材及数控、模具专业的核心专业课教材。教材的编委会由业内权威教授、专家、高级工程师技术人员组成,作者都是具有丰富教学经验、较高学术水平和实践经验的教授、专家及骨干教师、双师型教师。编委会通过推荐、招标、遴选确定了每本书的主编,并对每本书的编写大纲、内容进行了认真的审定,还聘请了中南大学、湖南大学等高校的教授、专家担任教材主审,确保了教材的高质量及权威性和专业性。

根据高职教育应用型人才培养目标,这套教材既具有高等教育的知识内涵,又具有职业教育的职业能力内涵,主要体现了以下特点。

(1) 以综合素质为基础,以能力为本位。

本套教材把提高学生能力放在突出的位置,符合教育部机电类专业教学基本要求和人才

培养目标,注重创新能力和综合素质培养。尽量做到理论与实践的零距离,教材的编写注重技能性、实用性,加强实验、实训、实习等实践环节,力求把学生培养成为机电行业一线迫切需要的应用型人才。

(2) 以社会需求为基本依据,以就业为导向。

适应社会需求是职业教育生存和发展的前提,也是职业教育课程设置的基本出发点。本套教材以机电企业的工作需求为依据,探索和建立根据企业用人“订单”进行教育与培训的机制,明确职业岗位对核心能力和一般专业能力的要求,重点培养学生的技术运用能力和岗位工作能力。教材选用了技术先进、占市场份额最大的 FANUC(法那科)、SIEMENS(西门子)和华中典型数控系统,既具针对性,又兼适应性,使学生具有较强的就业岗位适应能力。

(3) 反映了机电领域的新知识、新技术、新工艺、新方法。

本套教材充分反映了机电行业内最新发展趋势和最新研究成果,体现了数控、模具领域的新知识、新技术、新工艺、新方法,克服了以往专业教材中存在的內容陈旧、更新缓慢的弊端,选择了目前最新的数控系统为典型实例,采用了最新的国家标准及相关技术标准。

(4) 贯彻学历教育与职业资格证书、技能证考试相结合的精神。

本套教材把职业资格证书、技能证考证的知识点与教材内容相结合,将实践教学体系与国家职业技能鉴定标准实行捆绑,设计了与数控(车、铣)等工种技能考证基本相同的教材体系和标准板块,安排了相应的考证训练题及考证模拟题,使学生在获得学分的同时,也能较容易地获得职业资格证书。

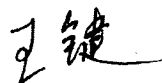
(5) 教材内容精炼。

本套教材以工程实践中“会用、管用”为目标,理论以“必需、够用”为度,对传统教材內容进行了精选、整合、优化和压缩,能更好地适应高职教改的需要。由于作了统一规划,相关教材之間內容安排合理,基础课与专业课有机衔接,全套教材具有系统性、科学性。

(6) 教材体系立体化。

为了方便老师教学和学生學習,本套教材提供了电子课件、电子教案、教学指导、教学大纲、考试大纲、题库、案例素材等教学资源支持服务平台。

教材的生命力在于质量,而提高质量是永恒的主题。希望教材的编委会及出版社能做到与时俱进,根据高职教育改革和发展的形势及机电类专业技术发展的趋势,不断对教材进行修订、改进、完善,精益求精,使之更好地适应高等职业教育人才培养的需要,也希望他们能够一如既往地依靠业内专家,与科研、教学、产业第一线人员紧密结合,加强合作,不断开拓,出版更多的精品教材,为高等职业教育提供优质的教学资源和服务。



2006年1月于长沙

(序作者为湖南省教育厅副厅长,教授、博士生导师)



前 言

随着数控技术的快速发展和数控机床的广泛应用,社会上急需培养大批能熟练掌握数控机床编程、操作、修理和维护的应用性高技能人才。本书是为了适应这类人才培养需要而组织编写的。

本书按照“保证基础,重在应用,充分体现高职特色”的指导思想组织编写,注重数控技术与机械加工技术的结合,在讲述基本理论的基础上,大量给出已实践过后加工实例及其加工程序,具有很强的针对性和实用性。授课课时为50~60课时。

本书的主要内容有:数控技术概论,数控编程基础,数控车床的编程与加工,数控铣床的编程与加工,加工中心的编程与加工,数控线切割机床的编程与加工,电火花机床的编程与加工。

本书由湖南工业职业技术学院董建国副教授、湖南科技职业技术学院王凌云副教授担任主编,由湖南化工职业技术学院肖爱武副教授、湖南科技职业技术学院潘建新副教授担任副主编。

本书第1章由湖南信息职业技术学院丁泽华老师编写,第2章由株洲职业技术学院唐利平老师编写,第3章、第7章由湖南工业职业技术学院董建国副教授编写,第4章由湖南科技职业技术学院王凌云副教授、潘建新老师编写,第5章由长沙航空职业技术学院黄登红副教授编写,第6章由湖南化工职业技术学院肖爱武副教授编写。

全书由湖南科技职业技术学院曾宪章教授担任主审。

由于编者水平有限,加之时间仓促,缺点和错误在所难免,恳请读者批评指正。

编 者
2006年3月



目 录

第 1 章 数控技术概论	(1)
1.1 数控机床概述	(1)
1.2 开放式数控系统简介	(4)
1.3 数控加工的工艺特点	(6)
思考与练习	(7)
第 2 章 数控编程基础	(8)
2.1 数控编程概述	(8)
2.2 数控机床的坐标系	(10)
2.3 插补原理	(12)
2.4 编程格式	(13)
思考与练习	(15)
第 3 章 数控车床的编程与加工	(16)
3.1 车削零件的工艺分析与加工要领	(16)
3.2 切削用量的选择及要领	(24)
3.3 数控车床的编程	(30)
3.4 圆头车刀的编程与补偿	(47)
3.5 数控车削加工编程实例	(49)
思考与练习	(54)
第 4 章 数控铣床的编程与加工	(57)
4.1 数控铣削加工工艺分析	(57)
4.2 数控铣床坐标系统及对刀方法	(72)
4.3 数控铣床系统指令介绍	(78)
4.4 数控铣床编程与加工实例	(109)
思考与练习	(116)
第 5 章 加工中心的编程与加工	(119)
5.1 加工中心概述	(119)
5.2 加工中心编程及应用	(121)
5.3 加工中心编程中应注意的问题	(134)

5.4 加工中心编程实例	(136)
思考与练习	(139)
第6章 数控线切割机床的编程与加工	(140)
6.1 数控线切割加工简介	(140)
6.2 数控电火花线切割的加工工艺	(141)
6.3 数控电火花线切割机床编程	(148)
6.4 数控电火花线切割加工与编程实例	(153)
思考与练习	(158)
第7章 电火花机床的编程与加工	(160)
7.1 电火花加工原理	(160)
7.2 电火花加工精度与电极	(161)
7.3 数控电火花机床的编程与操作	(170)
7.4 电火花加工实例	(177)
思考与练习	(184)
参考文献	(185)



第 1 章 数控技术概论

1.1 数控机床概述

1.1.1 数控机床简介

随着科学技术的发展,机电产品日趋精密复杂。产品的精度要求越来越高、更新换代的周期也越来越短,从而促进了现代制造业的发展。尤其是宇航、军工、造船、汽车和模具加工等行业,用普通机床进行加工(精度低、效率低、劳动强度大)已无法满足生产要求,从而一种新型的用数字程序控制的机床应运而生。这种机床是一种综合运用了计算机技术、自动控制、精密测量和机械设计等新技术的机电一体化典型产品。数控机床是一种装有程序控制系统(数控系统)的自动化机床。该系统能够逻辑地处理由其他符号编码指令(刀具移动轨迹信息)所组成的程序。具体地讲,把数字化了的刀具移动轨迹的信息输入到数控装置,经过译码、运算,从而控制刀具与工件相对运动,加工出所需要的零件的机床,即为数控机床。

1. 数控机床工作原理

按照零件加工的技术要求和工艺要求,编写零件的加工程序,然后将加工程序输入到数控装置,通过数控装置控制机床的主轴运动、进给运动、更换刀具、工件的夹紧与松开、润滑泵的开与关,使刀具、工件和其他辅助装置严格按照加工程序规定的顺序、轨迹和参数进行工作,从而加工出符合图纸要求的零件。

2. 数控机床结构

数控机床主要由控制介质、数控装置、伺服系统和机床本体四个部分组成,如图 1-1 所示。

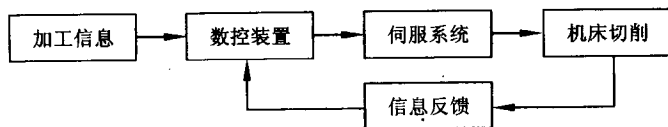


图 1-1 数控机床的加工过程

(1) 控制介质 控制介质以指令的形式记载各种加工信息,如零件加工的工艺过程、工艺参数和刀具运动等。将这些信息输入到数控装置,控制数控机床对零件切削加工。

(2) 数控装置 数控装置是数控机床的核心,其功能是接受输入的加工信息,经过数控装置的系统软件和逻辑电路进行译码、运算和逻辑处理,向伺服系统发出相应的脉冲,并通过伺服系统控制机床运动部件按加工程序指令运动。

(3) 伺服系统 伺服系统由伺服电机和伺服驱动装置组成,通常所说数控系统是指数控装置与伺服系统的集成,因此说伺服系统是数控系统的执行系统。数控装置发出的速度和位移指令控制执行部件按进给速度和进给方向移动。每个进给运动的执行部件都配备一套伺服系统,有的伺服系统还有位置测量装置,直接或间接测量执行部件的实际位移量,并反馈给数控装置,对加工的误差进行补偿。

(4) 机床本体 数控机床的本体与普通机床基本类似,不同之处是数控机床结构简单、刚性好,传动系统采用滚珠丝杠代替普通机床的丝杠和齿条传动,主轴变速系统采用简化了的齿轮箱,普遍采用变频调速和伺服控制。

1.1.2 数控机床分类

数控机床可以根据不同的方法进行分类,常用的分类方法有按数控机床加工原理分类、按数控机床运动轨迹分类和按进给伺服系统控制方式分类。

1. 数控机床加工原理分类

按数控机床加工原理可把数控机床分为普通数控机床和特种加工数控机床。

(1) 普通数控机床 如数控车床、数控铣床、加工中心、车削中心等各种普通数控机床,其加工原理是用切削刀具对零件进行切削加工。

(2) 特种加工数控机床 如线切割数控机床,对硬度很高的工件进行切割加工;如电火花成型加工数控机床,采用电火花原理对工件的型腔进行加工。

2. 按数控机床运动轨迹分类

数控机床运动轨迹主要有三种形式:点位控制运动、直线控制运动和连续控制运动。

(1) 点位控制运动 点位控制运动指刀具相对工件的点定位,一般对刀具运动轨迹无特殊要求,为提高生产效率和保证定位精度,机床设定快速进给,临近终点时自动减速,从而减少运动部件因惯性而引起的定位误差。

(2) 直线控制运动 直线控制运动指刀具或工作台以给定的速度按直线运动。

(3) 连续控制运动 连续控制运动也称为轮廓控制运动,指刀具或工作台按工件的轮廓轨迹运动,运动轨迹为任意方向的直线、圆弧、抛物线或其他函数关系的曲线。这种数控系统有一个轨迹插补器,根据运动轨迹和速度精确计算并控制各个伺服电机沿轨迹运动。

3. 按进给伺服系统控制方式分类

由数控装置发出脉冲或电压信号,通过伺服系统控制机床各运动部件运动。数控机床按进给伺服系统控制方式分类有三种形式:开环控制系统、闭环控制系统和半闭环控制系统。

(1) 开环控制系统 这种控制系统采用步进电机,无位置测量元件,输入数据经过数控系统运算,输出指令脉冲控制步进电机工作,如图1-2所示,这种控制方式对执行机构不检测,无反馈控制信号,因此称之为开环控制系统。开环控制系统的设备成本低,调试方便,操作简单,但控制精度低,工作速度受到步进电机的限制。

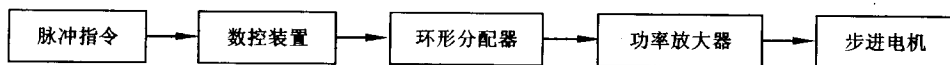


图 1-2 开环控制系统

(2) 闭环控制系统 这种控制系统绝大多数采用伺服电机, 有位置测量元件和位置比较电路。如图 1-3 所示, 测量元件安装在工作台上, 测出工作台的实际位移值反馈给数控装置。位置比较电路将测量元件反馈的工作台实际位移值与指令的位移值相比较, 用比较的误差值控制伺服电机工作, 直至到达实际位置, 误差值消除, 此称之为闭环控制。闭环控制系统的控制精度高, 但要求机床的刚性好, 对机床的加工、装配要求高, 调试较复杂, 而且设备的成本高。

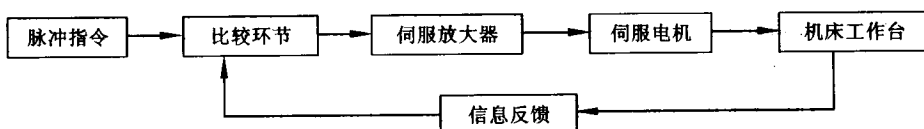


图 1-3 闭环控制系统

(3) 半闭环控制系统(图 1-4) 这种控制系统的位置测量元件不是测量工作台的实际位置, 而是测量伺服电机的转角, 经过推算得出工作台位移值, 反馈至位置比较电路, 与指令中的位移值相比较, 用比较的误差值控制伺服电机工作。这种用推算方法间接测量工作台位移, 不能补偿数控机床传动链零件的误差, 因此称之为半闭环控制系统。半闭环控制系统的控制精度高于开环控制系统, 调试比闭环控制系统容易, 设备的成本介于开环与闭环控制系统之间。

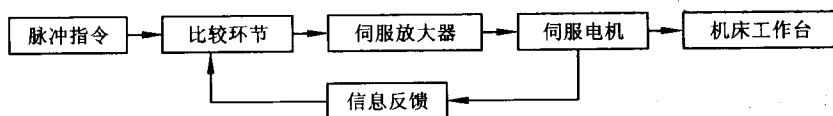


图 1-4 半闭环控制系统

1.1.3 数控机床发展趋势

数控机床是 20 世纪 50 年代发展起来的新型自动化机床, 较好地解决了形状复杂、精密、小批量零件的加工问题, 具有适应性强、加工精度和生产效率高的优点。由于综合了电子计算机、自动控制、伺服驱动、精密测量和新型机械结构等诸方面的先进技术, 数控机床的发展日新月异, 数控机床的功能越来越强大。数控机床的发展趋势体现在数控功能、数控伺服系统、编程方法、数控机床的检测和监控功能、自动调整和控制技术等方面的发展。

1. 数控功能的扩展

- (1) 数控系统插补和联动轴数的增加, 有的数控系统能同时控制几十根轴;
- (2) 数控系统中微处理器处理字长的增加, 目前广泛采用 32 位微处理器;
- (3) 数控系统中实现人机对话、进行交互式图形编程;
- (4) 基于 PC 的开放式数控系统的发展, 使数控系统得到更多硬件和软件的支持。

2. 数控伺服系统的发展

- (1) 交流伺服系统替代直流伺服系统;

- (2) 前馈控制技术的发展,增加了速度指令控制,使跟踪滞后误差减小;
- (3) 高速电主轴和程序段超前处理技术(LOOK AHEAD)使高速小线段加工得以实现;
- (4) 多种补偿技术的发展与应用,如机械静摩擦与动摩擦非线性补偿,机床精度误差的补偿和切削热膨胀误差的补偿;
- (5) 位置检测装置检测精度的提高,采用细分电路大大提高了检测装置的分辨率。

3. 编程方法的发展

- (1) 在线编程技术的发展,实现前台加工操作,后台同时编程;
- (2) 面向车间编程方法(WOP)的发展,即输入加工对象的加工轨迹,数控系统自动生成加工程序;
- (3) CAD/CAM 技术的发展,实现计算机辅助设计与辅助制造一体化。

4. 数控机床的检测和监控功能的增强

数控机床在加工过程中对刀具和工件在线检测,发现工件超差,刀具磨损和破损及时反馈或报警处理。

5. 自动调整控制技术的应用

按加工要求,数控系统动态调整工作参数,使加工过程始终达到最佳工作状态。

综上所述,由于数控机床不断采用科学技术发展中的各种新技术,使得其功能日趋完善,数控技术在机械加工中的地位也显得越来越重要,数控机床的广泛应用是现代制造业发展的必然趋势。

1.2 开放式数控系统简介

1.2.1 数控系统的发展现状

随着现代制造业生产方式的发展,生产设备正朝着灵活、多功能、网络化的方向发展,它希望控制器的功能重新配置、修改、扩充和改装甚至重新生成,这样就对控制器产生了“开放”的要求。控制器制造商希望开放式控制器具有更高的性能价格比,具有较高的产品竞争力。制造信息的集成化、生产系统的分散化也促进了控制器的开放。日新月异的互联网技术为控制器的开放奠定了物质基础。

开放式体系结构 CNC 的研究始于 1987 年美国政府资助下的 NGC(Next Generation Controller)项目。其目的是实现基于互操作和分级式软件模块的“开放体系结构的标准规范”SOSAS(Specification for an Open System Architecture Standard)。1994 年由美国 Chrysler Corp、Ford Motor 和 General Motors Powertrain Group 三大汽车公司提出了 OMAC(Open Modular Architecture Controllers)计划,其目标是降低控制器的投资成本和维护费用,提高机床利用率,提供软硬件模块的“即插即用”和高效的控制器重构机制,缩短产品开发周期,从而使系统易于更新换代,尽快跟上新技术的发展,并适应需求的变化。

欧盟在 1992 年组织了 OSACA(Open System Architecture for Control within Automation Systems)项目,其研究目标是自动化系统中的开放式控制系统体系结构。该项目由德国斯图加特大学的 ISW 研究所主持,联合德国、意大利、法国、瑞士、英国、西班牙等 11 个国家的有关研究结构、大学和制造商,投资 1140 万欧元,历时 4 年,于 1996 年结束。OSACA 模型的

理想是在标准平台上建立由可自由组合的模块组成的系统,它是诸多开放式控制器研究计划中最为理想的模型。现在,欧洲主要的数控制造商如:SIEMENS、BOSCH、NUM、FAGOR等都在开发符合 OSACA 标准规范的开放式数控系统。

日本在 1995 年由机床制造商和信息、电子产品企业组建了 OSE 协会,开展名为 OSEC (Open System Environment for Controller Architecture) 的研究。项目分两步进行,第一步是“OSEC - II 设计”的研究,议论的中心问题是开放式控制器的意义和方向,提出了 FADL 语言,其实质是建立一种有多家公司支持的中性语言,以这种中性语言作为用户与控制器的交互界面。第二步是“OSEC II 设计”的研究,目标是达到能实际安装的完成度高的体系结构。在 OSEC - II 中,FADL 语言进一步发展为 OSEL 语言,它将终端用户和机械厂家积累的生产技术做成软件包的形式,是一种具有可重复利用特性的新的 NC 语言。

这些研究项目的主要任务是要制定开放式数控系统的体系结构标准规范,以便在这种标准的支持下,各个开发商能开发出具有互换性和互操作性的构成要素模块,通过标准化接口,可将不同制造商提供的要素模块组合成所需要的数控系统。

1.2.2 开放式数控系统的概念

国际电气电子工程师协会(IEEE)是这样定义开放式数控系统的:“符合系统规范的应用系统可以运行在多个销售商的不同平台上,可以与其他系统的应用进行互操作,并且具有一致风格的用户交互界面。”通俗地说,就是数控系统提供给用户(机床或机械制造商)一个平台,使他们能够在这个平台上,根据设备所需的特定功能,开发与之相应的软件和硬件,并与系统软件集成为一个新的应用系统,使该设备具有较高的性价比,并大大缩短开发周期。目前,世界上各控制系统制造商推出或正在研究的具有开放特点的数控系统产品大致可以分为如下三个层次:

第一层次是人机界面的开放。它只开放了非实时的人机界面部分,允许用户自己设计控制系统的界面和编程语言。

第二层次的开放是控制系统在明确固定的拓扑结构下允许替换内核中的特定模块以满足用户的特殊需要。例如,用户可以替换控制系统核心的插补算法等。

第三层次的开放是拓扑结构完全可变的“完全开放”的控制系统。OSACA 追求的就是这种理想的控制器产品。在 OSACA 计划中,各种功能模块的地位是平等的,它们之间的拓扑关系是由系统内部的配置系统确定的。功能模块之间的信息传递是由系统内部的通信机制保证的。

1.2.3 开放式数控系统的特点

现在国际上公认的开放式体系结构应具有四个特点:相互操作性、可移植性、可缩放性、可互换性。

1. 相互操作性(Interoperability)

相互操作性指不同应用程序模块通过标准化的应用程序接口运行于系统平台上,相互之间保持平等的相互操作能力,协调工作。这一特性要求提供标准化的接口、通讯和交互模型。

随着制造技术的不断发展,CNC 也正朝着信息集成的方向发展。CNC 系统不但应能和

不同系统彼此互联,实施正确有效的信息互通,同时应在信息互通的基础上,能信息互用,完成应用处理的协同工作,因此要求不同的应用模块能相互操作,协调工作。

2. 可移植性(Portability)

可移植性指不同的应用程序模块可以运行于不同供应商提供的不同的系统平台之上。可移植性应用于 CNC 系统,其目的是为了解决软件公用问题。要使系统提供可移植特性,基本要求是设备无关性,即通过统一的应用程序接口,完成对设备的控制;要求各部件具有统一的数据格式、行为模型、通讯方式和交互机制。具备可移植特性的系统,可使用户具有更大的软件选择余地,通过选购适应多种系统的软件,费用可以显著降低。同时在应用软件开发过程中,重复投入费用也可降低。可移植性也包括对用户的适应性,要求 CNC 系统具有统一风格的交互界面,使用户适应一种控制器的操作,即可适应一类控制器的操作,而无需对该控制器的使用重新进行费时费力的培训。

3. 可缩放性(Scalability)

可缩放性指增添和减少系统的功能仅仅表现为特定模块单元的装载与卸载。不是所有的场合都需要 CNC 系统具备复杂且完善的数控功能,在这种情况下,厂家没有必要购买不适于加工产品的复杂数控系统。因为可缩放性使得 CNC 系统的功能和规模变得极其灵活,既可以增加配件或软件以构成功能更加强大的系统,也可以裁减其功能来适应简单加工场合。同时,同一软件既可以在该系统的低档硬件配置上运行,也可以在该系统的高档硬件配置上应用。可缩放性使得用户可以灵活改变 CNC 系统的应用场合,一台控制器可以使用于多种类加工设备的控制上。

4. 相互替代性(Interchangeability)

相互替代性指不同性能和不同功能的单元可以相互替代,而不影响系统的协调运行。有了相互替代性,构成开放体系结构的数控系统就不受唯一供应商所控制,也无需为此付出昂贵的版权使用费。相反,只需支付合理的或较少的费用,即可获得系统的各组成部件,并且可以有多个来源。

1.3 数控加工的工艺特点

1.3.1 数控加工工艺的基本特点

工艺规程是工人在加工时的指导性文件。由于普通机床受控于操作工人,因此,在普通机床上用的工艺规程实际上只是一个工艺过程卡,机床的切削用量、走刀路线、工序的工步等往往都是由操作人员自行选定。数控加工的程序是数控机床的指令性文件。数控机床受控于数控指令,加工的全过程都是按程序指令自动进行的。因此,数控加工程序与普通机床工艺规程有较大差别,涉及的内容也较广。数控机床加工程序不仅包括零件的工艺过程,而且还要包括切削用量,走刀路线,刀具尺寸以及机床的运动过程。因此,要求编程人员对数控机床的性能、特点、运动方式、刀具系统、切削规范以及工件的装夹方法都要非常熟悉。工艺方案的好坏不仅会影响机床效率的发挥,而且将直接影响机床效率的发挥,而且将直接影响到零件的加工质量。

1.3.2 数控加工工艺的主要内容

概括起来数控加工工艺主要包括如下内容:

- (1) 选择在数控机床上加工的零件, 确定工艺内容。
- (2) 分析被加工零件的图样, 明确加工内容及技术要求。
- (3) 确定零件的加工方案, 制定数控加工工艺路线。如划分工序、安排加工顺序, 处理与非数控加工工序的衔接等。
- (4) 加工工序的设计。如选取零件的定位基准, 夹具方案的确定、划分工步、选取刀辅具、确定切削用量等。
- (5) 数控加工程序的调整。选取对刀点和换刀点, 确定刀具补偿, 确定加工路线。
- (6) 分配数控加工中的容差。
- (7) 处理数控机床上的部分工艺指令。

思考与练习

1. 简述数控机床的发展趋势。
2. 试述数控机床的分类。
3. 简述数控机床的工作原理。
4. 试分析三种伺服控制系统的控制特点。
5. 试述数控系统的发展现状。
6. 试述开放式数控系统的概念。
7. 试述开放式数控系统的特点。
8. 简述数控加工的工艺特点。