

普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材



顾问 杨叔子 李培根

数控加工工艺与编程

SHUKONG JIAGONG GONGYI YU BIANCHENG

吴晓光 何国旗 谢剑刚 范超毅 主编
唐小琦 主审



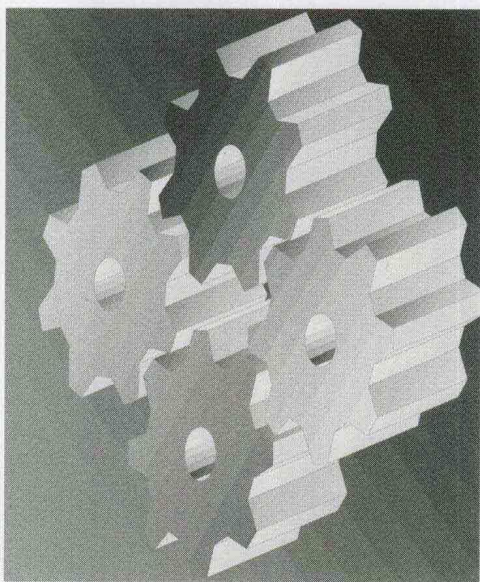
华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



普通高等院校“十一五”规划教材
普通高等院校机械类精品教材

顾 问 杨叔子 李培根

数控加工工艺与编程



主 编 吴晓光 何国旗 谢剑刚 范超毅
副主编 刘有余 闫占辉 孙 未 姚桂玲
周星元 游达章
编 委 齐洪方 肖小锋 张 链 张 驰
张成俊 邹安阳
主 审 唐小琦



华中科技大学出版社

<http://www.hustp.com>

中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺与编程/吴晓光等 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2010年1月
ISBN 978-7-5609-5932-0

I. 数… II. 吴… III. ①数控机床-加工工艺-高等学校-教材;②数控机床-程序设计-高等学校-教材 IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 238695 号

数控加工工艺与编程

吴晓光等 主编

策划编辑:刘锦
责任编辑:刘万飞
责任校对:朱霞

封面设计:潘群
责任监印:周治超

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)
武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录排:华中科技大学惠友文印中心
印刷:湖北新华印务有限公司

开本:787mm×960mm 1/16 印张:18.25 插页:2 字数:355 000
版次:2010年1月第1版 印次:2010年1月第1次印刷 定价:30.00元
ISBN 978-7-5609-5932-0/TG·106

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内 容 简 介

本书是根据普通高等院校“十一五”规划教材及普通高等院校机械类精品教材的培养目标和要求编写的。本书内容全面、系统、重点突出,力求体现先进性、实用性。基础理论以“必需、够用、实用”为度,应用实例紧密结合生产实际。全书共 8 章,主要内容包括数控机床概述、数控刀具及装夹方法、数控加工的切削用量、数控加工编程基础、数控车床编程、数控铣床编程、加工中心编程、自动编程等,各章配有大量的实例分析,章末均附有一定数量的思考与练习题,强调教与学、学与练的结合。书中自动编程一章,通过介绍我国有自主知识产权的 CAXA 制造工程师 2006 软件、美国 CNC Software 公司开发的最新版 Mastercam X 软件及由美国 UGS(Unigraphics Solutions)公司开发 UG 软件的造型和加工实例,深入浅出地引导学生学习和掌握交互式 CAD/CAM 系统的基本功能、使用方法及技巧。

本书既注重先进性又兼顾实用性,既有理论又有实例,可作为大中专院校数控技术、模具设计与制造、机械制造与自动化、机电一体化等专业的课程教材,也可作为数控技术培训教材。同时,还可供从事数控加工的工程技术人员参考。

序

“爆竹一声除旧，桃符万户更新。”在新年伊始，春节伊始，“十一五规划”伊始，来为“普通高等院校机械类精品教材”这套丛书写这个“序”，我感到很有意义。

近十年来，我国高等教育取得了历史性的突破，实现了跨越式的发展，毛入学率由低于10%达到了高于20%，高等教育由精英教育而跨入了大众化教育。显然，教育观念必须与时俱进而更新，教育质量观也必须与时俱进而改变，从而教育模式也必须与时俱进而多样化。

以国家需求与社会发展为导向，走多样化人才培养之路是今后高等教育教学改革的一项重要任务。在前几年，教育部高等学校机械学科教学指导委员会对全国高校机械专业提出了机械专业人才培养模式的多样化原则，各有关高校的机械专业都在积极探索适应国家需求与社会发展的办学途径，有的已制定了新的人才培养计划，有的正在考虑深刻变革的培养方案，人才培养模式已呈现百花齐放、各得其所的繁荣局面。精英教育时代规划教材、一致模式、雷同要求的一统天下的局面，显然无法适应大众化教育形势的发展。事实上，多年来许多普通院校采用规划教材就十分勉强，而又苦于无合适教材可用。

“百年大计，教育为本；教育大计，教师为本；教师大计，教学为本；教学大计，教材为本。”有好的教材，就有章可循，有规可依，有鉴可借，有道可走。师资、设备、资料（首先是教材）是高校的三大教学基本建设。

“山不在高，有仙则名。水不在深，有龙则灵。”教材不在厚薄，内容不在深浅，能切合学生培养目标，能抓住学生应掌握的要言，能做

到彼此呼应、相互配套,就行,此即教材要精、课程要精,能精则名、能精则灵、能精则行。

华中科技大学出版社主动邀请了一大批专家,联合了全国几十个应用型机械专业,在全国高校机械学科教学指导委员会的指导下,保证了当前形势下机械学科教学改革的发展方向,交流了各校的教改经验与教材建设计划,确定了一批面向普通高等院校机械学科精品课程的教材编写计划。特别要提出的,教育质量观、教材质量观必须随高等教育大众化而更新。大众化、多样化决不是降低质量,而是要面向、适应与满足人才市场的多样化需求,面向、符合、激活学生个性与能力的多样化特点。“和而不同”,才能生动活泼地繁荣与发展。脱离市场实际的、脱离学生实际的一刀切的质量不仅不是“万应灵丹”,而是“千篇一律”的桎梏。正因为如此,为了真正确保高等教育大众化时代的教学质量,教育主管部门正在对高校进行教学质量评估,各高校正在积极进行教材建设,特别是精品课程、精品教材建设。也因为如此,华中科技大学出版社组织出版普通高等院校应用型机械学科的精品教材,可谓正得其时。

我感谢参与这批精品教材编写的专家们!我感谢出版这批精品教材的华中科技大学出版社的有关同志!我感谢关心、支持与帮助这批精品教材编写与出版的单位与同志们!我深信编写者与出版者一定会同使用者沟通,听取他们的意见与建议,不断提高教材的水平!

特为之序。

中国科学院院士
教育部高等学校机械学科指导委员会主任

杨红子

2006.1

前 言

制造自动化技术是先进制造技术中的重要组成部分,其核心技术是数控技术。从 20 世纪中叶数控技术出现以来,数控机床给机械制造业带来了革命性的变化。数控机床的特点及应用范围使其成为国民经济和国防建设的重要装备。

进入 21 世纪,我国制造业在世界上所占的比重越来越大,随着我国逐渐成为“世界制造业中心”进程的加快,社会急需大批既懂得企业需求的产品设计、又能熟悉并掌握数控加工及数控编程的工程技术人才。为了适应数控技术和国民经济发展的需要,以及高等工科院校的教学要求,在教育部机械学科教学指导委员会的指导下,遵循为我国普通高等院校机械专业编写精品教材的思路,参考了大量国内外资料,结合多年来的教学实践经验、科研成果及积累的典型的数控加工工艺分析及编程实例,并根据目前企业、高校教学广泛应用与学习的 CAD/CAM 自动编程软件和数控技术及应用专业方向的教学改革,编写了这本教材。本教材取材新颖,力求反映数控技术和数控加工工艺与编程的基本知识、加工方法、手段与最新加工技术成就,书中本着基础理论以“必需、够用、实用”为度,应用实例紧密结合生产实际为原则。针对目前国内广泛应用的华中数控、北京数控和广州数控等数控系统,这几种数控系统都是在 FANUC 系统的基础上结合我国国情开发的,因此,本书以华中数控系统为例介绍数控铣床编程指令的应用。

本书可作为高等工科院校数控技术、模具设计与制造、机械制造与自动化、机电一体化等专业的课程教材,也可作为数控技术培训教材。同时,还可供从事数控加工的工程技术人员参考。

本书共分为八章。第 1 章介绍数控机床的组成、工作原理、分类和发展及技术水平。第 2 章介绍数控刀具及其装夹方法,包括数控机床常用的刀具种类、数控可转位刀片、数控刀具的选择、数控刀具的装夹方法等。第 3 章介绍数控加工的切削用量选择,包括数控车削的切削用量选择、数控铣削的切削用量选择、加工中心的切削用量选择。第 4 章介绍数控编程基础,包括数控系统的指令代码、常见功能指令的编程方法与举例等。第 5 章介绍数控车床编程及应用举例。第 6 章介绍数控铣床编程及应用举例。第 7 章介绍加工中心编程及应用举例。第 8 章介绍自动编程,包括 CAXA 制造工程师数控加工自动编程、Mastercam X 数控自动编程和 UG 数控自动编程。

参加本书编写的有武汉科技学院吴晓光,湖南工业大学何国旗,武汉科技大学谢剑刚,江汉大学范超毅,安徽工程科技学院刘有余,长春工程学院闫占辉,成都理工大学孙未,湖北第二师范学院姚桂玲,湖北工业大学游达章,武汉理工大学华夏学院齐洪方,武汉科技学院周星元、肖小锋、张链、张驰、张成俊、邹安阳。全书由吴晓光、何国旗、谢剑刚、范

超毅担任主编,刘有余、闫占辉、孙未、姚桂玲、周星元、游达章担任副主编,华中科技大学唐小琦教授任全书主审。吴晓光负责并完成了全书的统稿工作。

本书在编写过程中,参阅了以往其他版本的同类教材,同时参阅了有关工厂和科研院所的一些教材、资料和文献,并得到许多同行专家教授的支持和帮助,在此衷心致谢。

由于编者水平有限,时间仓促,书中难免有错误和不妥之处,望读者和同仁提出宝贵意见。

编 者

2009年9月1日

目 录

第 1 章 绪论	(1)
1.1 数控机床的产生及特点	(1)
1.2 数控机床的组成及分类	(4)
1.3 数控加工的定义、内容及特点.....	(9)
1.4 数控机床的发展趋势.....	(12)
思考与练习	(16)
第 2 章 数控刀具及装夹方法	(17)
2.1 概述.....	(17)
2.2 刀具种类.....	(18)
2.3 数控可转位刀片.....	(19)
2.4 数控刀具的选择.....	(22)
2.5 数控刀具的装夹方法.....	(31)
思考与练习	(34)
第 3 章 数控加工的切削用量	(35)
3.1 数控加工的切削基础.....	(35)
3.2 数控车削机床的切削用量.....	(44)
3.3 数控铣削加工的切削用量.....	(48)
3.4 加工中心的切削用量.....	(50)
思考与练习	(53)
第 4 章 数控编程基础	(55)
4.1 概述.....	(55)
4.2 数控编程的基础.....	(58)
思考与练习	(88)
第 5 章 数控车床编程	(89)
5.1 概述.....	(89)
5.2 数控车床的刀具补偿.....	(91)
5.3 简化编程功能指令.....	(97)
5.4 数控车床加工编程实例	(116)
思考与练习.....	(132)

第 6 章 数控铣床编程	(135)
6.1 数控铣床编程基础	(135)
6.2 数控铣床编程指令	(155)
6.3 数控铣削加工程序的实例	(174)
思考与练习.....	(197)
第 7 章 加工中心编程	(200)
7.1 概述	(200)
7.2 加工中心加工工艺方案的制定	(204)
7.3 加工中心的程序编制基础	(210)
7.4 加工中心综合编程实例	(212)
思考与练习.....	(223)
第 8 章 数控加工自动编程	(225)
8.1 CAXA 制造工程师数控加工自动编程	(225)
8.2 Mastercam X 数控自动编程	(244)
8.3 UG 数控自动编程	(257)
思考与练习.....	(279)
附录	(281)
附录 A FANUC 数控系统铣削 G 代码指令系列	(281)
附录 B FANUC 数控系统车削 G 代码指令系列.....	(282)
附录 C FANUC 数控系统 M 代码指令系列	(283)
参考文献	(284)

第 1 章 绪 论

数控机床是一种以数字量作为指令信息形式,通过数字逻辑电路或计算机控制的机床。它综合运用了机械、微电子、自动控制、信息、传感测试、电力电子、计算机、接口和软件编程等多种现代技术,是典型的机电一体化产品。

数控机床具有较强的适应性和广泛的通用性,能获得较高的加工精度和稳定的加工质量,具有较高的生产效率,能改善劳动条件,减轻劳动强度,便于现代化生产管理。

数控机床自从 20 世纪 50 年代问世以来,发展迅速,在发达国家的机床工业总产值中已占大部分,其使用范围已从小批量生产扩展到大批量生产的领域。

1.1 数控机床的产生及特点

1.1.1 数控机床的产生

科学技术和社会生产的不断发展,机械制造技术发生了深刻的变化,机械产品的结构越来越合理,其性能、精度和效率日趋提高,因此对加工机械产品的生产设备提出了三高(高性能、高精度和高自动化)的要求。

在机械产品中,单件和小批量产品占到 70%~80%。由于这类产品的生产批量小,品种多,一般都采用通用机床加工。当产品改型时,加工所用的机床与工艺装备均需作相应的变换和调整,而且通用机床的自动化程度不高,基本上由人工操作,难于提高生产效率和保证产品质量。实现这类产品生产的自动化成为了机械制造业中长期未能解决的难题。

为了解决大批大量生产的产品(如汽车零件、摩托车零件、家用电器零件等)的高产优质问题,以前多采用专用机床、组合机床、专用自动化机床及专用自动生产线和自动化车间进行生产。但是应用这些专用生产设备,生产周期长,产品改型不易,因而新产品的开发周期增长,生产设备使用的柔性很差。

现代机械产品的一些关键零部件,如造船、航天、航空、机床及国防部门的产品零件,往往都精密复杂,加工批量小,改型频繁,显然不能在专用机床或组合机床上加工。而借助靠模和仿形机床,或者借助划线和样板用手工操作的方法来加工,加工精度和生产效率受到很大的限制。特别是空间复杂的曲线曲面,在普通机床上根本无法实现。

为了解决上述问题,一种新型的数字程序控制机床应运而生,它极其有效地解决了上述一系列矛盾,为单件、小批量生产,特别是复杂型面零件提供了自动化加工手段。数控

机床的研制始于 20 世纪 40 年代末。1952 年美国 PARSONS 公司与麻省理工学院 (MIT) 合作研制了第一台三坐标立式数控铣床。该机床的研制成功是机械制造行业中的一次技术革命,使机械制造业的发展进入了一个新的阶段。

在第一台数控机床问世至今的 50 多年中,随着微电子技术的迅猛发展,数控系统也在不断地更新换代,先后经历了电子管(1952 年)、晶体管和印刷电路板(1960 年)、小规模集成电路(1965 年)、小型计算机(1970 年)、微处理器或微型计算机(1974 年)和基于 PC-NC 的智能数控系统(20 世纪 90 年代后)等六代数控系统。

前三代数控系统是属于采用专用控制计算机的硬逻辑(硬线)数控系统,简称(NC, numerical control),目前已被淘汰。

第四代数控系统采用小型计算机取代专用控制计算机,数控的许多功能由软件来实现,不仅在经济上更为合算,而且提高了系统的可靠性和功能特色,故这种数控系统又称为软线数控,即计算机数控系统(CNC, computer numerical control)。1974 年采用以微处理器为核心的数控系统,形成第五代微型机数控系统(MNC, micro-computer numerical control)。以上 CNC 与 MNC 统称为计算机数控。CNC 和 MNC 的控制原理基本上相同,目前趋向采用成本低、功能强的 MNC。

由于 CNC 数控系统生产厂家自行设计其硬件和软件,这种封闭式的专用系统具有不同的软硬件模块、不同的编程语言、五花八门的人机界面、多种实时操作系统、非标准化接口等,不仅给用户带来了使用上和维修上的复杂性,还给车间物流层的集成带来了很大困难。因此现在发展了基于 PC-NC 的第六代数控系统,它充分利用现有 PC 机的软、硬件资源,规范设计新一代数控系统。

在数控系统不断更新换代的同时,数控机床的品种也得到不断地发展。自 1952 年世界上出现第一台三坐标数控机床以来,先后研制成功了数控转塔式冲床、数控转塔钻床。1958 年美国 K&T 公司研制出带自动换刀装置的加工中心(MC, machining center)。随着 CNC 技术、信息技术、网络技术及系统工程学的发展,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,即直接数字控制系统(DNC, direct numerical control)。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)。1978 年以后,各种加工中心相继问世。以 1~3 台加工中心为主体,再配上自动更换工件(AWC, automated work piece change)的随行托盘(pallet)或工业机器人,以及自动检测与监控技术装备,组成柔性制造单元(FMC, flexible manufacturing cell)。自 20 世纪 90 年代后,出现了包括市场预测、生产决策、产品设计与制造和销售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),它将一个制造工厂的生产活动进行有机的集成,以实现更高效益、更高柔性的智能化生产。综上所述,数控

机床已经成为组成现代化机械制造生产系统,实现计算机辅助设计(CAD, computer aided design)、计算机辅助制造(CAM, computer aided manufacturing)、计算机辅助检验(CAT, computer aided testing)与生产管理等全部生产过程自动化的基本数控机床。

我国数控机床的研制始于1958年。到20世纪60年代末20世纪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,如数控线切割机床、数控铣床等。但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。这是我国数控机床发展的初级阶段。

目前,我国数控机床生产企业有100多家,年产量增加到1万多台,品种满足率达80%,并在有些企业实施了FMS和CIMS工程,表明数控机床进入了实用阶段。

在数控机床全面发展的同时,数控技术在其他机械行业中也得以迅速发展,数控激光与火焰切割机、数控压力机、数控弯管机、数控绘图机、数控冲剪机、数控坐标测量机、数控雕刻机等数控机床得到了广泛的应用。

1.1.2 数控机床的特点

数控机床是一种高效能自动化加工设备。与普通机床相比,数控机床具有如下特点。

(1) 适应性强 数控机床是根据数控工作要求编制的数控程序来控制设备执行机构的各种动作,当数控工作要求改变时,只需改变数控程序软件,而不需改变机械部分和控制部分的硬件,就能适应新的工作要求。因此,生产准备周期短,有利于机械产品的更新换代。

(2) 精度高,质量稳定 数控机床本身的精度较高,还可以利用软件进行精度校正和补偿,数控机床加工零件是按数控程序自动进行,可以避免人为的误差。因此,数控机床可以获得比普通设备更高的加工精度,尤其提高了同批零件生产的一致性,产品质量稳定。

(3) 生产效率高 数控机床上可以采用较大的运动用量,有效地节省了运动工时。还有自动换速、自动换刀和其他辅助操作自动化等功能,而且无需工序间的检验与测量,故使辅助时间大为缩短。

(4) 能完成复杂型面的加工 许多复杂曲线和曲面的加工,普通机床无法实现,而数控机床完全可以完成。

(5) 减轻劳动强度,改善劳动条件 由于数控机床是自动完成,许多动作不需操作者进行,因此劳动条件和劳动强度大为改善。

(6) 有利于生产管理 采用数控机床,有利于向计算机控制和管理的生产方向发展,为实现制造和生产管理自动化创造了条件。

1.2 数控机床的组成及分类

1.2.1 数控机床的组成

数控机床通常由以下几部分组成,其原理框图如图 1-1 所示。

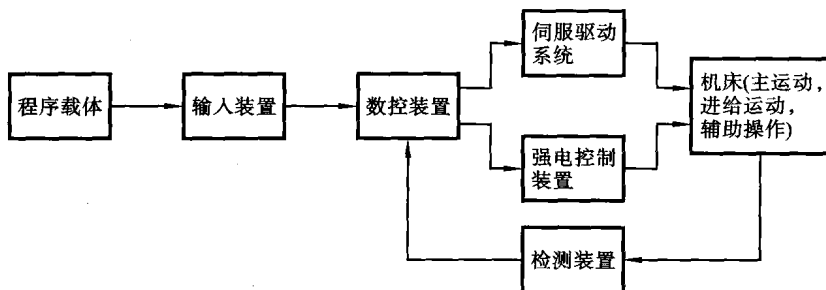


图 1-1 数控机床的组成

1. 程序载体

对数控机床进行控制,首先必须在人与机床之间建立某种联系,这种联系的中间媒介物称为程序载体(或称控制介质)。在程序载体上存储着被加工零件所需要全部几何信息和工艺信息。这些信息是在对加工工件进行工艺分析的基础上确定的,它包括工件在机床坐标系内的相对位置、刀具与工件相对运动的坐标参数、工件加工的工艺路线和顺序、主运动和进给运动的工艺参数及各种辅助操作。用标准的由字母、数字和符号构成的代码,按规定的格式编制工件的加工程序单,再按程序单制作穿孔带、磁带等多种程序载体,用手工直接输入方式将程序输入到数控系统中。编程工作可以由人工进行,也可以由计算机辅助编程系统完成。操作者根据数控工作要求编制数控程序,并将数控程序记录在程序介质(如穿孔纸带、磁带、磁盘等)上。

2. 输入装置

输入装置的作用是将程序载体上的数控代码信息转换成相应的电脉冲信号传送到数控装置的内存存储器。根据制作存储介质的不同,输入装置可以是光电阅读机、磁带机或软盘驱动器等。数控机床加工程序也可通过键盘用手工方式直接输入数控系统,还可通过编程计算机用 RS232C 或采用网络通信方式传送到数控系统中。

零件加工程序输入过程有两种不同的方式:一种是边读入边加工(数控系统内存较小时);另一种是一次将零件加工程序全部读入数控装置内部的存储器上,加工时再从内部存储器逐段调出进行加工。

3. 数控装置

数控装置是数控机床的核心。数控装置从内部存储器中取出或接收输入装置送来的一段或几段数控加工程序,经过数控装置的逻辑电路或系统软件进行编译、运算和逻辑处理后,输出各种控制信息和指令,控制机床各部分的工作,使其进行规定的有序运动和动作。

零件的轮廓图形往往由直线、圆弧或其他非圆弧曲线组成,刀具在加工过程中必须按零件形状和尺寸的要求进行运动,即按图形轨迹移动。由于输入的零件加工程序只能是各线段轨迹的起点和终点坐标值等数据,不能满足要求,因此要进行轨迹插补,也就是在线段的起点和终点坐标值之间进行“数据点的密化”,求出一系列中间点的坐标值,并向相应坐标输出脉冲信号,控制各坐标轴(即进给运动的各执行元件)的进给速度、进给方向和进给位移量等。

4. 强电控制装置

强电控制装置的主要功能是接受数控装置所控制的内置式可编程控制器(PLC)输出的主轴变速、换向、启动或停止,刀具的选择和更换,分度工作台的转位和锁紧,工件的夹紧或松夹,切削液的开或关等辅助操作的信号,经功率放大直接驱动相应的执行元件(如接触器、电磁阀等),从而实现数控机床在加工过程中的全部自动操作。

5. 伺服控制装置

伺服控制装置接受来自数控装置的位置控制信息,将其转换成相应坐标轴的进给运动和精确定位运动。由于伺服控制装置是数控机床的最后控制环节,它的伺服精度和动态响应特性将直接影响数控机床的生产效率、加工精度和表面加工质量。

目前,常用的伺服驱动器件有功率步进电动机、直流伺服电动机和交流伺服电动机等。交流伺服电动机具有良好的性价比,成为首选购伺服驱动器件。除了三大类的电动机以外,伺服控制装置还必须包括相应的驱动电路。

伺服电动机与脉冲编码器的组合构成了较理想的半闭环伺服系统,已被广泛采用。

6. 机床

与传统的普通机床相比,数控机床在整体布局、外部造型、主传动系统、进给传动系统、刀具系统、支承系统和排屑系统等方面有着很大的差异。这些差异是为了更好地满足数控技术的要求,并充分适应数控加工的特点。数控技术通常在机床的精度、静刚度、动刚度和热刚度等方面提出了更高的要求,而传动链则要求尽可能的简单。因此,必须建立数控机床设计的新概念。

数控程序经数控设备的输入输出接口输入到数控设备中,控制系统按数控程序控制该设备执行机构的各种动作或运动轨迹,达到规定的工作结果。图 1-2 所示为数控机床的一般工作原理图。

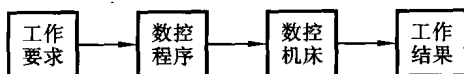


图 1-2 数控机床的工作原理

1.2.2 数控机床的分类

数控设备的种类很多,各行业都有自己的数控设备和分类方法。在机床行业,数控机床通常从以下不同角度进行分类。

1. 按工艺用途分类

目前,数控机床的品种规格已达 500 多种,按其工艺用途可以划分为以下四大类。

(1) 金属切削类 指采用车、铣、镗、钻、铰、磨、刨等各种切削工艺的数控机床。它又可分为两类。

① 普通数控机床 普通数控机床一般指在加工工艺过程中的一个工序上实现数字控制的自动化机床,有数控车、铣、钻、镗及磨床等。普通数控机床在自动化程度上还不够完善,刀具的更换与零件的装夹仍需人工来完成。

② 数控加工中心 数控加工中心 MC 是带有刀库和自动换刀装置的数控机床。在加工中心上,可使零件一次装夹后,实现多道工序的集中连续加工。加工中心的类型很多,一般分为立式加工中心、卧式加工中心和车削加工中心等。加工中心由于减少了多次安装造成的定位误差,所以提高了零件各加工面的位置精度,近年来发展迅速。

(2) 金属成形类 指采用挤、压、冲、拉等成形工艺的数控机床,常用的有数控弯管机、数控压力机、数控冲剪机、数控折弯机、数控旋压机等。

(3) 特种加工类 主要有数控电火花线切割机、数控电火花成形机、数控激光与火焰切割机等。

(4) 测量、绘图类 主要有数控绘图机、数控坐标测量机、数控对刀仪等。

2. 按控制运动的方式分类

(1) 点位控制数控机床 这类机床只控制机床运动部件从一点移动到另一点的准确定位,在移动过程中不进行切削,对两点间的移动速度和运动轨道没有严格控制。为了减少移动时间和提高终点位置的定位精度,一般先快速移动,当接近终点位置时,再以低速准确移动到终点,以保证定位精度。这类数控机床有数控钻床、数控坐标镗床、数控冲床等。

(2) 直线控制数控机床 直线控制数控机床可控制刀具或工作台以适当的进给速度,沿着平行于坐标轴的方向进行直线移动和切削加工,进给速度根据切削条件可在一定范围内变化。

直线控制的简易数控车床,只有两个坐标轴,可加工阶梯轴。直线控制的数控铣床,

有三个坐标轴,可用于平面的铣削加工。现代组合机床采用数控进给伺服系统,驱动动力头沿带有多轴箱的轴向进给进行钻镗加工,它也算是一种直线控制数控机床。

数控镗铣床、加工中心等机床,它们的各个坐标方向的进给运动的速度能在一定范围内进行调整,兼有点位和直线控制加工的功能,这类机床应该称为点位/直线控制的数控机床。

(3) 轮廓控制数控机床 轮廓控制数控机床能够对两个或两个以上的位移及速度进行连续相关的控制,使合成的平面或生成的运动轨迹能满足零件轮廓的要求。它不仅能控制机床移动部件的起点与终点坐标,而且能控制整个加工轮廓每一点的速度和位移,将工件加工成要求的轮廓形状。

常用的数控车床、数控铣床和数控磨床就是典型的轮廓控制数控机床。数控火焰切割机、电火花加工机床及数控绘图机等也采用了轮廓控制系统。轮廓控制系统的结构要比点位/直线控制系统更为复杂,在加工过程中需要不断进行插补运算,然后进行相应的速度和位移控制。

现代计算机数控装置的控制功能均由软件实现,增加轮廓控制功能不会带来成本的增加。因此,除少数专用控制系统外,现代计算机数控装置都具有轮廓控制功能。

3. 按驱动装置的特点分类

(1) 开环控制数控机床 图 1-3 所示为开环控制数控机床的系统框图。这类控制的数控机床的控制系统没有位置检测元件,伺服驱动部件通常为反应式步进电动机或混合式伺服步进电动机。数控系统每发出一个进给指令,经驱动电路功率放大后,步进电动机旋转一个角度,再经过齿轮减速装置带动丝杆旋转,通过丝杠螺母机构转换为移动部件的直线位移。移动部件的移动速度或位移量是由输入脉冲的频率或脉冲数所决定的。此类数控机床的信息流是单向的,即进给脉冲发出后,实际移动值不再反馈回来,所以称为开环控制数控机床。

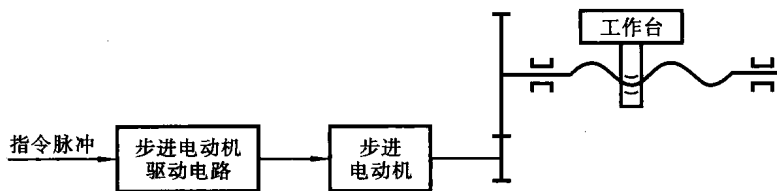


图 1-3 开环控制数控机床的系统框图

开环控制系统的数控机床结构简单,成本较低。但是,系统对移动部件的实际位移量不进行监测,也不能进行误差校正。因此,步进电动机的失步、步距角误差、齿轮与丝杠等传动误差都将影响被加工零件的精度。开环控制系统仅适用于加工精度要求不高的中小型数控机床,特别是简易经济型数控机床。

(2) 闭环控制数控机床 闭环控制数控机床是在机床移动部件上直接安装直线位移