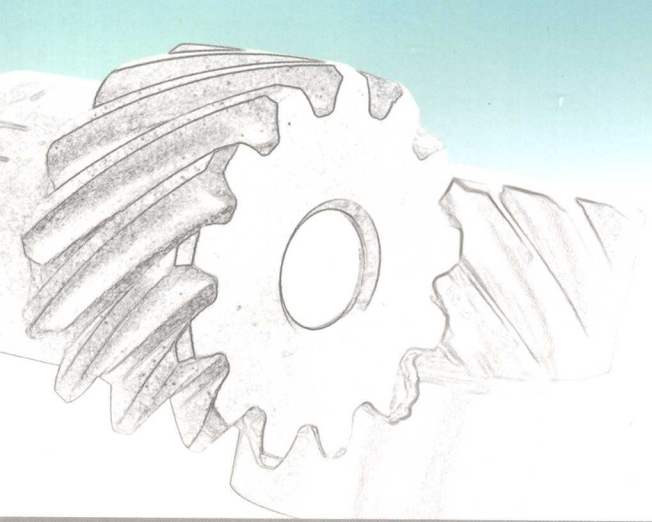


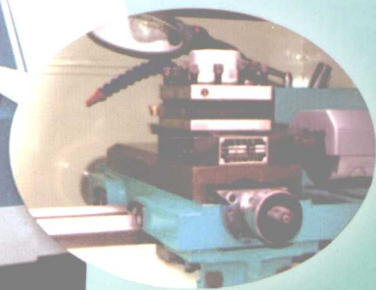
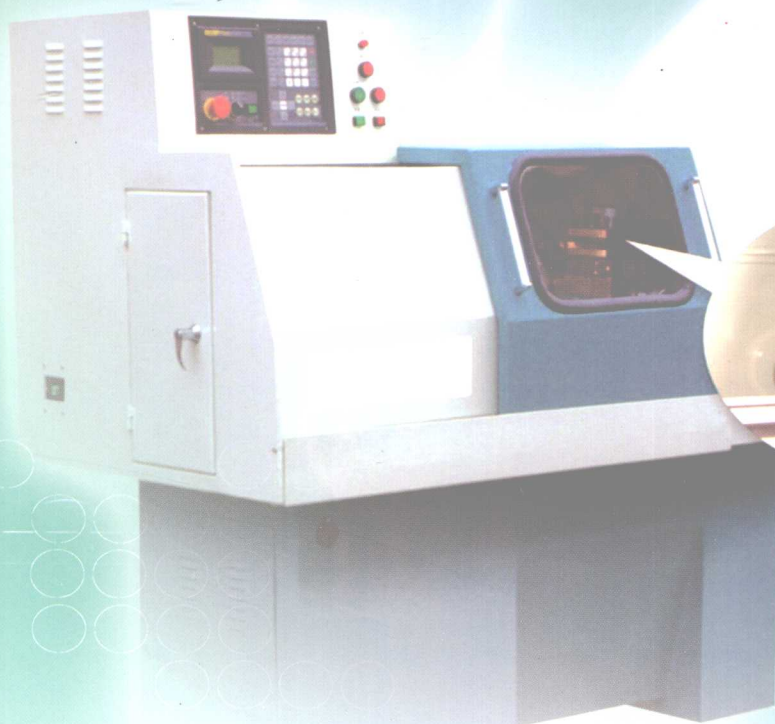


【职业 教育】
机电类系列教材

● 主编 孙智俊 黄云林
● 主审 吴晓东

数控车床加工技术

SHUKONG CHECHUANG JIAGONG JISHU



职业教育机电类系列教材

数控车床加工技术

主 编	孙智俊	黄云林	
副主编	鲍秀斌	李方显	齐 兵
编 者	孙智俊	黄云林	鲍秀斌
	李方显	齐 兵	代忠红
	张 顺	史广向	刘 祥
主 审	吴晓东		



安徽科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车床加工技术/孙智俊,黄云林主编. —合肥:安徽
科学技术出版社,2008.7

(职业教育机电类系列教材)

ISBN 978-7-5337-4074-0

I. 数… II. ①孙…②黄… III. 数控机床:车床-加
工工艺-专业学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2008)第 095520 号

数控车床加工技术

孙智俊 黄云林 主编

出 版 人: 朱智润

责任编辑: 王菁虹

文字编辑: 胡彩萍

封面设计: 王 艳

出版发行: 安徽科学技术出版社(合肥市政务文化新区圣泉路 1118 号
出版传媒广场, 邮编: 230071)

电 话: (0551)3533330

网 址: www.ahstp.net

E - mail: yougoubu@sina.com

经 销: 新华书店

排 版: 安徽事达科技贸易有限公司

印 刷: 合肥晓星印刷有限责任公司

开 本: 787×1092 1/16

印 张: 12.5

字 数: 300 千

版 次: 2008 年 7 月第 1 版 2008 年 7 月第 1 次印刷

定 价: 22.80 元

(本书如有印装质量问题, 影响阅读, 请向本社市场营销部调换)

编 委 会

主 任(排名不分先后): 寿培聪 吴丁良 姚成秀

副主任(排名不分先后): 施正和 翟 敏 黄庭曙 包太平 姚志浩
郝登峰 任祖明 王礼义 李涤新 肖 山 王立升 陈爱娥
刘淑凤 刘树钢 王亚平 石晓峰 丁士中 张 敏 王华君
唐久春 范铭祥 韩 云 王宏锦

委 员(排名不分先后): 徐 黎 刘纯根 李惠兰 江 涛 储立群
刘尚华 吴桂荣 邢良言 葛冬云 汪建安 徐万赋 姚卫宁
胡晓红 吴成群 张艺国 彭 建 刘 彦 陆伟生 张 李
魏 敏 吴晓东 李方显 朱晓华 张 强 周 斌 丁淑荃
汤 峰 陈洪金 顾 宏 周致远 陆思忠 朱振宇 窦祥国
潘 新 李国辉

前 言

中国加入世界贸易组织后正在逐步成为世界制造业大国,而目前应用高新技术,特别是利用信息技术改造传统产业、促进产业结构优化升级,已成为我国制造业发展的主题之一。数控机床是现代机械工业的重要技术装备,也是先进制造技术的基础装备。由于数控机床综合应用计算机、自动控制、电机与拖动、电子与电力、自动检测、气压和液压以及精密机械等方面的技术,因此,发展高精度、高效率及高柔性的数控机床是我国机械制造业技术改造的必经之路,是未来自动化的基础。近年来随着微电子技术、计算机技术、自动化技术的发展,数控机床也得到了飞速发展,在我国几乎所有的机床品种中都有数控机床。随着数控机床的发展,企业对数控机床操作人员、编程人员的数量需求不断扩大,对其素质要求也在不断提高。本着为学生提供实用性教材,使其在短时间内提高数控机床操作水平和编程能力的目的,我们特编写了此教材。

本教材是根据劳动与社会保障部制定的《国家职业标准》中有关数控工种的中级工等级考核标准编写的。在具体编写过程中,编者结合自己的实践和教学经验,从数控机床的基础原理及基本操作讲起,系统介绍了数控机床的编程基础知识以及加工工艺方面的知识。对每个例题的加工编程,均采用日本的 FANUC 数控系统及德国的 SIEMENS802s/c 数控系统进行对比讲解。

本教材的主要特点是:

(1)体现“教”、“学”、“做”合一的职业技术教育思想。针对中等职业学校的培养目标,降低对专业理论的要求,突出编程与操作的基本知识,在结构和内容上保证理论和实践一体化等先进教学方法的实施。

(2)结合大量的编程实例,由浅入深,对零件的加工编程进行分析。

(3)紧扣本专业的教学培养目标,坚持简单和实用的原则,强调知识的实际应用。

本教材共分九章,前三章分别介绍了数控机床加工工艺、机床操作基础与编程知识,第四章到第八章介绍构成零件几何特征体的编程知识,第九章作为数控中级工的提高知识来介绍。在每一章后均布置了相应内容的习题。

本教材由马鞍山工业学校孙智俊和黄云林老师任主编,由吴晓东老师主审。在本教材的编写过程中,代忠红、刘祥、史广向、张顺等老师也参与了部分章节的编写工作。

因作者的水平所限,书中难免有不当之处,敬请读者批评指正。

吴晓东

目 录

绪论	1
第一章 数控车床加工工艺基础	5
第一节 尺寸链	5
第二节 加工工艺基础	8
课后练习	12
第二章 数控编程基础	13
第一节 数控编程概述	13
第二节 数控编程与坐标系	16
课后练习	25
第三章 数控车床操作基础	30
第一节 法拉克(FANUC)数控系统	30
第二节 SIEMENS 数控系统	38
课后练习	45
第四章 程序编制	46
课后练习	57
第五章 循环与子程序加工	61
第一节 子程序加工	61
第二节 毛坯切削循环	65
第三节 FANUC 系统三大循环格式	85
第四节 沟槽循环——LCYC93	86
第五节 螺纹切削循环——LCYC97	92
课后练习	101
第六章 程序跳转加工	106
课后练习	121
第七章 精度控制	124
第一节 恒线速控制	124
第二节 刀具补偿功能相关知识	127
课后练习	129
第八章 典型零件加工	130
课后练习	151

第九章 数控仿真软件应用	153
第一节 数控仿真软件系统	153
第二节 机床操作	154
第三节 零件加工	165
课后练习	169
附录	170
附录1 数控车工(中级)技能鉴定考核大纲	170
附录2 切削加工中参数的选择	175
附录3 几种数控系统的指令格式	178
参考文献	191

绪 论

机床是人类进行劳动生产的重要工具,也是社会生产力发展水平的重要标志,普通机床已经有近两百年的历史。随着电子技术、计算机技术及自动化、精密机械与测量技术的发展与综合应用,产生了机电一体化的新型机床——数控机床。

数控机床及数控技术的应用,成功地解决了某些形状复杂、一致性要求较高的零件加工自动化问题,不仅大大提高了生产效率和加工精度,还减轻了工人的劳动强度,缩短了生产准备周期,并推动了航空、航天、船舶、国防、机电等工业的发展。目前,数控技术已逐步普及,数控机床在各个工业部门得到了广泛的应用,已经成为机床自动化的一个重要发展方向。

一个国家的机床数控化率,反映了这个国家机床工业和机械制造业水平的高低,同时也是衡量国家科技水平的重要标志之一。数控技术对于实现生产过程的自动化,促进科技进步和加速现代化建设,都有十分重大的意义。

一、数控机床的产生与发展

随着科学技术的发展,机械产品日趋复杂化和精密化,更新换代也越来越频繁,个性化的需求使得生产类型由大批、大量向多品种、小批量生产转换,这样相应地对机械产品加工的精度、效率、柔性及自动化等提出了越来越高的要求。

机械行业传统、典型的加工方式主要有三种:

(1)采用普通通用机床的单件、小批生产。由技术工人手工操作控制机床,工艺参数基本由操作工人确定,生产效率低,产品质量不稳定,特别是一些复杂的零件加工,需依赖靠模或借助画线和样板等手工操作的方法进行加工,加工效率和精度受到很大限制。

(2)采用通用的机械自动化机床(如凸轮自动车床)的大批量生产。以专用凸轮、靠模等实体零件作为加工工艺、控制信息的载体来控制机床的自动运行。若产品更新,则需设计、更换或调整相应的信息载体零件,因此需要较长的准备周期,仅适用于大批量简单零件标准件类的加工。

(3)采用组合专用机床及其自动线的大批量生产。一般以系列化的通用部件和专用化夹具、多轴箱体等组成主机本体,采用 PLC 实现自动或半自动控制。其加工工艺内容及参数在设备设计时就严格规定,使用中一般很难也很少更改。这种自动化高效设备需要较大的初期投资和较长的生产准备周期,只有在大批量生产条件下才会产生显著的经济效益。

显然,上述三种加工方式对于当前机械制造业中占机械加工总量 70%~80% 的单件小批量生产的零件很难适应。

为了解决上述问题,满足多品种、小批量、复杂、高精度零件的自动化生产要求,迫切需要一种通用、灵活、能够适应产品频繁变化的柔性自动化机床。

以计算机技术为依托,1952 年美国帕森斯(Parsons)公司和麻省理工学院(MIT)合作,研制成功了世界上第一台以数字计算机为基础的数字控制三坐标直线插补铣床,从而使得机械制造业进入了一个崭新时代。

第一台数控机床问世以来,随着微电子技术、自动控制技术和精密测量技术的发展,数控

技术也得到了迅速发展,先后经历了电子管(1952年)、晶体管(1959年)、小规模集成电路(1965年)、大规模集成电路及小型计算机(1970年)和微处理机[或微型计算机(1974年)]等五代数控系统。

前三代数控系统属于专用控制计算机的硬接线(硬件)系统,一般称为 NC(numerical control)数控。20世纪70年代初期,计算机技术的迅速发展使得小型计算机的价格急剧下降,从而出现了以小型计算机代替专用硬件控制计算机的第四代数控系统。这种系统不仅具有更好的经济性,而且许多功能可用编制的专用程序实现,并可将专用程序储存在小型计算机的存储器中,构成控制软件。这种数控系统称为 CNC(computerized numerical control),即计算机控制系统。20世纪70年代中期,以微处理机为核心的数控系统 MNC(micro computerized numerical control)得到了迅速发展。CNC与MNC均称为软接线(软件)数控系统。NC数控系统早已经淘汰,现代数控均采用MNC数控系统。目前通常将现代数控系统称为CNC。

1958年,北京机床研究所和清华大学等单位率先研制了电子管式开环伺服驱动的数控机床。由于历史原因,迟迟未能在实用阶段上有所突破。70年代初期,我国研制的数控装置主要采用晶体管分立元器件,性能不稳定,可靠性差,只有少量的数控机床(如专用数控铣床及非圆齿轮插齿机等)用于生产。1972年,采用集成数字电路的数控系统在清华大学研制成功,数控技术开始在车、钻、铣、镗、磨及齿轮等加工领域得以推广。

从1980年开始,随着我国改革和开放政策的实施,国内一些单位从日本、美国、前西德等国家引进较先进的数控(制造)技术,并投入批量生产。

与此同时,我国许多单位开始投入经济型数控系统的研制工作。最近,我国在引进、消化和吸收国外先进数控技术的基础上,开发和生产了拥有自主知识产权的数控软硬件。现在国内常用的数控系统有广州数控、华中数控等。

二、数控机床的概念

数控即数字控制(Numerical Control,缩写为NC),是数字程序控制的简称。

数控机床是一种通过数字信息控制机床按给定的运动规律,进行自动加工的机电一体化新型加工设备。

机床数控技术是通过数控机床加工技术而实现的,应用数控技术的关键在于学好和用好数控机床。

三、数控机床的特点

(1)提高零件的加工精度,稳定产品质量。由于数控机床在加工过程中自动加工,消除了人为的操作误差,因此,零件的一致性较好。

(2)可进行复杂曲面的零件加工。

(3)提高生产效率2~3倍,复杂零件可提高几十倍。

(4)可以实现一机多用,如数控加工中心(钻、镗、铣合一的机床)的应用。

(5)采用数控机床有利于向计算机控制与管理生产方面发展,为实现生产过程自动化创造条件。

四、数控车床的分类

按数控系统水平分,可分为:经济型数控车床、全功能型数控车床、车削中心、FMC(柔性

加工单元)车床。

按车床主轴配置分,可分为:卧式数控车床、立式数控车床。

按数控系统控制轴数分,可分为:两轴控制数控车床、多轴控制数控车床。

五、数控车床的发展趋势

从 1952 年美国麻省理工学院研制出第一台试验性数控系统,到现在已走过了 50 多年的历程。数控系统由当初的电子管式起步,经历了分立式晶体管式→小规模集成电路式→大规模集成电路式→小型计算机式→超大规模集成电路→微机式的数控系统等发展阶段。

当前,数控车床呈现出以下发展趋势。

1. 高速、高精密化

高速、精密是机床发展永恒的目标。随着科学技术突飞猛进的发展,机电产品更新换代的速度加快,对零件加工的精度和表面质量的要求也愈来愈高。为满足市场复杂多变的需求,当前机床正向高速切削、干切削和准干切削方向发展,加工精度也在不断地提高。另一方面,电主轴和直线电机的成功应用,陶瓷滚珠轴承、恒温高速滚珠丝杠副及带滚珠保持器的直线导轨副等机床功能部件的面市,也为机床向高速、精密方向发展创造了条件。

数控车床采用电主轴,取消了皮带、带轮和齿轮等环节,大大减少了主传动的转动惯量,提高了主轴动态响应速度和工作精度,彻底解决了主轴高速运转时皮带和带轮等传动部件的振动和噪声问题。采用电主轴结构可使主轴转速达到 10 000 r/min 以上。

直线电机驱动速度高,加减速特性好,有优越的响应特性和跟随精度。用直线电机做伺服驱动,省去了滚珠丝杠这一中间传动环节,消除了传动间隙(包括反向间隙),运动惯量小,系统刚性好,在高速下能精密定位,从而极大地提高了伺服精度。

直线滚动导轨副,由于其具有各向间隙为零和非常小的滚动摩擦,磨损小,发热可忽略不计,有非常好的热稳定性,提高了全程的定位精度和重复定位精度。

通过直线电机和直线滚动导轨副的应用,可使机床的移动速度由目前的 10~20 m/min 提高到 60~80 m/min,甚至高达 120 m/min。

2. 高可靠性

数控机床的可靠性是数控机床产品质量的一项关键性指标。数控机床能否发挥其高性能、高精度和高效率,并获得良好的效益,关键取决于其可靠性的高低。

3. 数控车床设计 CAD 化、结构设计模块化

随着计算机应用的普及及软件技术的发展,CAD 技术得到了广泛发展。CAD 不仅可以替代人工完成繁琐的绘图工作,更重要的是可以进行设计方案选择和大件整机的静态与动态特性分析、计算、预测及优化设计,可以对整机各工作部件进行动态模拟仿真。在模块化的基础上,在设计阶段就可以看出产品的三维几何模型和逼真的色彩。采用 CAD,还可以大大提高工作效率,提高设计的一次成功率,从而缩短试制周期,降低设计成本,提高市场竞争能力。通过对机床部件进行模块化设计,不仅能减少重复性劳动,而且可以快速响应市场,缩短产品开发设计周期。

4. 功能复合化

功能复合化的目的是进一步提高机床的生产效率,使用于非加工的辅助时间减至最少。通过功能的复合化,可以扩大机床的使用范围,提高效率,实现一机多用、一机多能,即一台数控车床既可以实现车削功能,也可以实现铣削加工;或在以铣为主的机床上也可以实现磨削加工。

5. 智能化、网络化、柔性化和集成化

21 世纪的数控装备将是具有一定智能化的系统。智能化的内容表现在数控系统中的各个方面:为追求加工效率和加工质量方面的智能化,如加工过程中的自适应控制、工艺参数自动生成;为提高驱动性能及使用连接方面的智能化,如前馈控制、电机参数的自适应运算、自动识别负载、自动选定模型、自整定等;简化编程、简化操作方面的智能化,如智能化的自动编程、智能化的人机界面等;另外还有智能诊断、智能监控等方面的功能,以方便系统的诊断及维修等。

网络化数控装备是近年来机床发展的一个热点。数控装备的网络化将极大地满足生产线、制造系统、制造企业对信息集成的需求,是实现新的制造模式,如敏捷制造、虚拟企业、全球制造的基础单元。

数控机床向柔性自动化系统发展的趋势是:从点(数控单机、加工中心和数控复合加工机床)、线(FMC、FMS、FTL、FML)向面(工段车间独立制造岛、FA)、体(CIMS、分布式网络集成制造系统)的方向发展,另一方面向注重应用性和经济性方向发展。柔性自动化技术是制造业适应动态市场需求及产品迅速更新的主要手段,是各国制造业发展的主流趋势,是先进制造领域的基础技术。其重点是以提高系统的可靠性、实用化为前提,以易于联网和集成为目标,注重加强单元技术的开拓和完善。CNC 单机向高精度、高速度和高柔性方向发展。数控机床及其构成的柔性制造系统能方便地与 CAD、CAM、CAPP 及 MTS 等联结,向信息集成方向发展。网络系统向开放、集成和智能化方向发展。

六、数控车床操作安全知识

(1) 未经老师许可,学生不得私自开动机床,不得私自拆卸工具、夹具及刀具。

(2) 开机前必须检查是否回零,刀具补偿是否取消。

(3) 加工前,所编程序须经指导教师审核修正,加工过程中必须关闭防护门。禁止两人以上同时操作同一台机床。

(4) 不准在开车状态装卸卡盘。装卸和测量工件后,扳手要立即取下。装卸卡盘和较大的工具、夹具和零件时,床面应垫木板。

(5) 工作时,夹持工件不得使用硬物敲打,工作面不得乱放杂物。妥善保管设备附件和工具、夹具、量具。

(6) 加工细长工件时要用顶针、跟刀架或中心架,车头前部伸出量以工件直径的 20~50 倍为宜;车尾伸出量小于 150 mm 时应扎布条警告,大于 150 mm 时应用托架。

(7) 紧固车刀时不得少于两个螺钉,刀头伸出长度不可超过刀杆厚度的 1.5 倍。

(8) 高速车削和加工韧性材料时,应采用断屑切削。

(9) 工作后保持机床清洁,整理好工具、夹具和量具。

课后练习

1. 数控机床加工与传统机械加工有何分别?

2. 什么叫数控机床?

3. 简述数控机床的加工特点。

4. 简述数控车床的发展趋势。

5. 简述数控车床操作安全知识。

第一章 数控车床加工工艺基础

第一节 尺 寸 链

一、机械加工精度

在机械加工中,由于受各种因素的影响,刀具和工件间的正确位置发生变化,使加工后的表面不能与理想表面完全符合,如车削后工件的外圆尺寸有大有小、外圆柱面出现变形等。

零件加工后的实际几何参数(尺寸、形状和位置)与理想零件的几何参数的符合程度称为加工精度。零件加工精度的主要内容有以下几项。

1. 尺寸精度

加工表面的尺寸(如孔径、轴径、长度)及加工表面到基面的尺寸(如孔到面、面到面的距离)的精度。

2. 几何形状精度

加工表面的宏观几何形状(如圆度、圆柱度、平面度等)精度。

3. 相对位置精度

加工表面与其他表面的相对位置(如平行度、垂直度、同轴度等)精度。

零件图或工序图中,尺寸精度以尺寸公差的形式表示,几何形状及相对位置精度以形位公差的形式表示。加工时应满足所有的精度要求。

二、工艺尺寸链及其计算

1. 工艺尺寸链的基本概念

(1) 尺寸链:

在机器装配或零件加工过程中,由相互连接的尺寸形成封闭的尺寸组,成为尺寸链。

(2) 工艺尺寸链:

尺寸链中全部组成环为同一零件工艺尺寸所形成的尺寸链。

(3) 尺寸链相关术语:

① 尺寸链图。在加工过程中形成的相互有关的封闭尺寸图形,称为工艺尺寸链图。

如图 1-1(a)所示的工件加工中,需保证尺寸 A_1 、 A_2 及 A_3 。虽然 C 、 D 表面间没有标注尺寸,但零件加工后,此尺寸就存在了。如在 C 和 D 间标注尺寸 A_0 ,与 A_1 、 A_2 、 A_3 就形成了一个封闭的图形,如图 1-1(b)所示。其中 A_1 、 A_2 、 A_3 的任何尺寸变化都会影响尺寸 A_0 的大小。这种加工过程中形成的相互有关的封闭尺寸图形,称为工艺尺寸链图。

② 组成环。在尺寸链中,能人为控制或直接获得的尺寸称为组成环,如图 1-1 中尺寸 A_1 、 A_2 和 A_3 。

③ 封闭环。在尺寸链中被间接控制,当其他尺寸出现后自然形成的尺寸,称为封闭环。每一个组成环的变化,都会使封闭环发生变化,如图 1-1(b)中 A_0 尺寸。封闭环以 A_0 为代号,

一个尺寸链中只能有一个封闭环。

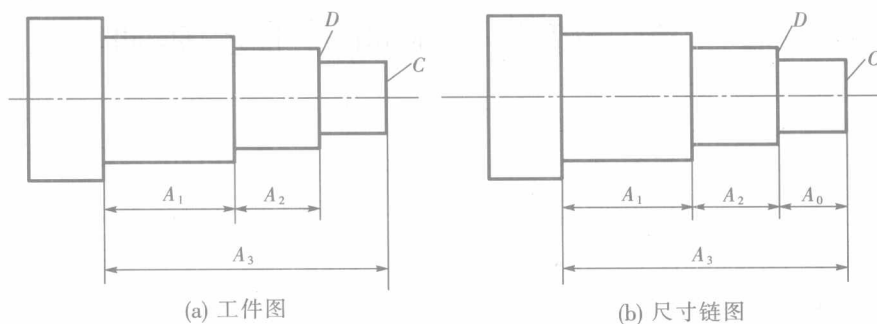


图 1-1 尺寸链

④增环。某组成环增大或减小,而其他组成环不变,使封闭环随之增大或减小,则此组成环为增环。如图 1-1 尺寸 A_3 为增环。增环用 $\overset{\circ}{A}$ 表示。

⑤减环。某组成环减小或增大,而其他组成环不变,使封闭环随之减小或增大,则此组成环为减环。如图 1-1 中的 A_1 、 A_2 尺寸。减环用 $\overset{\sigma}{A}$ 表示。

2. 尺寸链的计算公式(表 1-1)

表 1-1 尺寸链的计算公式

求解	应用公式	含义
基本尺寸	$A_0 = \sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overset{\sigma}{A}_i$	A_0 : 封闭环的基本尺寸
		$\sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_i$: 所有增环基本尺寸之和
		$\sum_{i=m+1}^{n-1} \overset{\sigma}{A}_i$: 所有减环基本尺寸之和
		m : 增环的环数
		n : 组成环的总环数
最大极限尺寸	$A_{0\max} = \sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_{i\max} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overset{\sigma}{A}_{i\min}$	$A_{0\max}$: 封闭环的最大极限尺寸
		$\sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_{i\max}$: 各增环的最大极限尺寸之和
		$\sum_{i=m+1}^{n-1} \overset{\sigma}{A}_{i\min}$: 各减环的最小极限尺寸之和
最小极限尺寸	$A_{0\min} = \sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_{i\min} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overset{\sigma}{A}_{i\max}$	$A_{0\min}$: 封闭环的最小极限尺寸
		$\sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_{i\min}$: 各增环的最小极限尺寸之和
		$\sum_{i=m+1}^{n-1} \overset{\sigma}{A}_{i\max}$: 各减环的最大极限尺寸之和

续表 1-1

求解	应用公式	含义
公差	$\delta(A_0) = \sum_{i=1}^m \delta(\overset{\circ}{A}_i) + \sum_{i=m+1}^{n-1} \delta(\overset{\sigma}{A}_i)$	$\delta(A_0)$: 封闭环的公差
		$\sum_{i=1}^m \delta(\overset{\circ}{A}_i)$: 所有增环公差之和
		$\sum_{i=m+1}^{n-1} \delta(\overset{\sigma}{A}_i)$: 所有减环公差之和
上偏差	$es(A_0) = \sum_{i=1}^m es(\overset{\circ}{A}_i) - \sum_{i=m+1}^{n-1} ei(\overset{\sigma}{A}_i)$	$es(A_0)$: 封闭环的上偏差
		$\sum_{i=1}^m es(\overset{\circ}{A}_i)$: 所有增环上偏差之和
		$\sum_{i=m+1}^{n-1} ei(\overset{\sigma}{A}_i)$: 所有减环下偏差之和
下偏差	$ei(A_0) = \sum_{i=1}^m ei(\overset{\circ}{A}_i) - \sum_{i=m+1}^{n-1} es(\overset{\sigma}{A}_i)$	$ei(A_0)$: 封闭环的下偏差
		$\sum_{i=1}^m ei(\overset{\circ}{A}_i)$: 所有增环下偏差之和
		$\sum_{i=m+1}^{n-1} es(\overset{\sigma}{A}_i)$: 所有减环上偏差之和

【例 1】 计算图 1-2 中工件尺寸 A_0 应控制在什么范围。

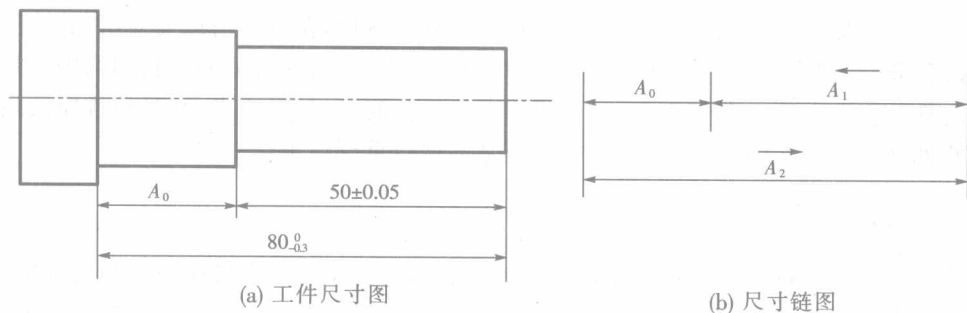


图 1-2 工件

解: 由图 1-2(a) 知尺寸 80 为增环, 尺寸 50 为减环, 由此得到尺寸链图(b)。

$$A_{0\max} = \sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_{i\max} - \sum_{i=1}^n \overset{\sigma}{A}_{i\min} = 80 - (50 - 0.05) = 30.05(\text{mm})$$

$$A_{0\min} = \sum_{i=1}^m \overset{\circ}{A}_{i\min} - \sum_{i=1}^n \overset{\sigma}{A}_{i\max} = (80 - 0.3) - (50 + 0.05) = 29.65(\text{mm})$$

因此, 加工中 A_0 尺寸应控制在 29.65~30.05mm。

【例 2】 现要加工图 1-3 所示零件, 已知 A、B、C 面均已加工。现以 A 面为定位基准, 采用调整法加工 D 面, 按工序尺寸 L_3 对刀进行加工。为保证车削后尺寸 L_0 符合图样要求, 必须控制尺寸 L_3 , 求工序尺寸 L_3 及其偏差值。

解: 由题意判断, L_2 、 L_3 为增环, L_1 为减环, 做尺寸链如图 1-3(b) 所示。

$$L_3 \text{ 的基本尺寸: } 20 = 100 + L_3 - 120$$

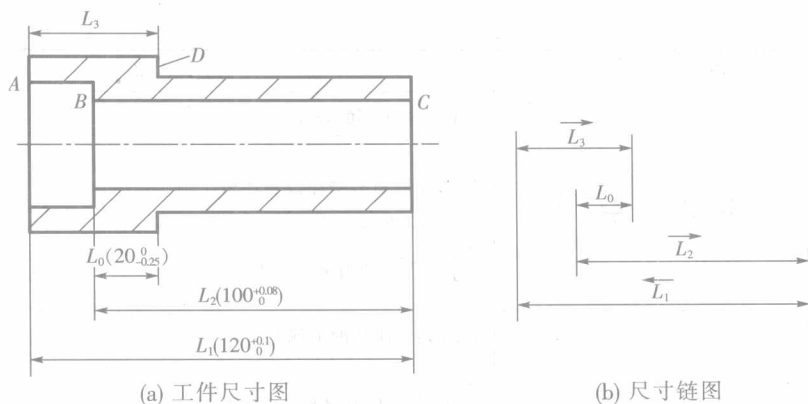


图 1-3 加工件

$$L_3 = 40(\text{mm})$$

$$L_3 \text{ 的上偏差: } 0 = 0.08 + es - 0$$

$$es = -0.08(\text{mm})$$

$$L_3 \text{ 的下偏差: } -0.25 = 0 + ei - 0.1$$

$$ei = -0.15(\text{mm})$$

即 L_3 的工序尺寸为 $40_{-0.15}^{+0.08}(\text{mm})$ 。

第二节 加工工艺基础

无论是普通加工还是数控加工、手工编程还是自动编程,在编程前都要对所加工的零件进行工艺过程分析,拟定加工方案,确定加工路线和加工内容,选择合适的刀具和切削用量,设计合适的夹具及装夹方法。在编程中,对一些特殊的工艺问题(如对刀点、刀具轨迹路线设计等)也应做些处理,因此,在编程中,工艺分析处理是一项很重要的工作。

一、工艺设计特点

工艺设计是对工件进行数控加工的前期工艺准备工作,它必须在程序编制之前完成。因为只有工艺设计方案确定以后,编程才有依据。工艺方面考虑不周是造成数控加工差错的主要原因之一,工艺设计不当,往往要成倍增加工作量,有时甚至要推倒重来。因此,编程人员一定要注意先把工艺设计做好,不要急急忙忙先考虑编程。

在普通机床上加工零件时,是用工艺规程、工艺卡片来规定每道工序的操作程序,操作人员按规定的步骤加工零件。而在数控机床上加工零件时,要把这些工艺过程、工艺参数和规定数据以数字符号信息的形式记录下来,用它来控制、驱动机床加工。由此可见,数控机床加工工艺与普通机床加工工艺在原则上基本相同,但数控加工的整个过程是自动进行的,因而又有其自身的特点。

(1) 数控加工的工序内容比普通机床加工的工序内容复杂。由于数控机床比普通机床价格贵,若只用于简单工序在经济上不合算,所以在数控机床上通常安排较复杂的工序,甚至是在普通机床上难以完成的工序。

(2) 数控机床加工程序的编制比普通机床工艺规程的编制复杂。这是因为在普通机床的加工工艺中不必考虑的问题,如工序内工步的安排、对刀点、换刀点及走刀路线的确定等问题,

在编制数控机床加工工艺时却不能忽略。

根据实际应用需要,数控加工工艺主要包括以下内容:

- (1)选择并决定零件适合在数控机床上加工的内容。
- (2)对零件图纸进行数控加工工艺分析,明确加工内容及技术要求。
- (3)具体设计加工工序,选择刀具、夹具及切削用量。
- (4)处理特殊的工艺问题,如对刀点、换刀点的确定,加工路线的确定,刀具补偿,分配加工误差等。
- (5)处理数控机床上部分工艺指令,编制工艺文件。

二、零件的加工工艺性分析

数控加工工艺性分析涉及内容很多,这里从数控加工的必要性、可能性与方便性来加以分析。

(一)选择并决定进行数控加工的内容

当选择并决定对某个零件进行数控加工后,并不等于要把它所有的加工内容都包下来,可能只是其中的一部分进行数控加工。必须对零件图纸进行仔细的工艺分析,选择那些最适合、最需要进行数控加工的内容和工序。在选择并做出决定时,应结合本单位的实际,立足于解决难题和提高生产效率,充分发挥数控加工的优势。在选择时,一般可按下列顺序考虑:

- (1)通用机床无法加工的内容应作为优先选择内容。
- (2)通用机床难加工、质量也难以保证的内容应作为重点选择内容。
- (3)通用机床加工效率低、工人手工操作劳动强度大的内容,可结合数控机床的特点进行选择。

一般来说,上述这些加工内容采用数控加工后,在产品质量、生产效率与综合经济效益等方面都会得到明显提高。相比之下,下列一些内容则不宜采用数控加工:

- (1)需要通过较长时间占机调整的加工内容,如:以毛坯的粗基准定位来加工第一个精基准的工序等。
- (2)必须按专用工装协调的孔及其他加工内容。主要原因是采集编程用的数据有困难,协调效果也不一定理想,有“费力不讨好”之感。
- (3)按某些特定的制造依据(如样板、样件、模胎等)加工的型面轮廓。主要原因是取数据难,易与检验依据发生矛盾,增加编程难度。
- (4)不能在一次安装中加工完成的其他零星部位,采用数控加工很麻烦,效果不明显,可安排通用机床补加工。

此外,在选择和决定加工内容时,也要考虑生产批量、生产周期、工序间周转情况等。总之,要尽量做到合理,达到多快好省的目的。要防止把数控机床降格为通用机床使用。

(二)零件图样上尺寸数据的标注原则

1. 零件图上尺寸标注应适合数控加工的特点

对数控加工来说,最倾向于以同一基准标注尺寸或直接给出坐标尺寸。这种标注法,既便于编程,也便于尺寸之间的相互协调,在保持设计、工艺、检测基准与编程原点设置的一致性方面带来很大方便。但由于零件设计人员往往在尺寸标注中较多地考虑装配等使用特性方面,而不得不采取局部分散的标注方法,这样会给工序安排与数控加工带来诸多不便。事实上,由于数控加工精度及重复定位精度都很高,不会因产生较大的积累误差而破坏使用特性,因而改

局部的分散标注法为同基准标注或坐标式尺寸标注是完全可行的。

2. 构成零件轮廓的几何元素的条件应充分

由于零件设计人员在设计过程中考虑不周,常常遇到构成零件轮廓的几何元素的条件不充分或模糊不清。如:圆弧与直线、圆弧与圆弧到底是相切还是相交,含糊不清;有些明明画的是相切,但根据图纸给出的尺寸计算,因相切条件不充分而变为相交或相离状态,使编程无从下手;有时,所给条件又过于“苛刻”或自相矛盾,增加了数学处理与节点计算的难度。因为在自动编程时要对构成轮廓的所有几何元素进行定义,手工编程时要计算出每一个节点的坐标,无论哪一点不明确或不确定,编程都无法进行。所以,在审查与分析图纸时,一定要仔细认真,发现问题应及时找设计人员协商。

3. 审查与分析定位基准的可靠性

数控加工工艺特别强调定位加工,尤其正反两面都采用数控加工的零件,以同一基准定位十分必要,否则很难保证两次定位安装加工后两个面上的轮廓位置及尺寸协调。所以,如零件本身有合适的孔,最好用它来做定位基准孔;即使零件上没有合适的孔,也要想法专门设置工艺孔作为定位基准。如零件上无法做出工艺孔,可以考虑以零件轮廓的基准边定位,或在毛坯上增加工艺凸耳,打出工艺孔,完成定位加工后再去除的方法。

对图纸的工艺性分析与审查,一般是在零件图纸设计和毛坯设计以后进行的,特别是在把原来采用通用机床加工的零件改为数控加工的情况下,零件设计都已经定型,我们再要求根据数控加工工艺的特点,对图纸或毛坯进行较大更改,一般是比较困难的,所以一定要把重点放在零件图纸或毛坯图纸初步设计与设计定型之间的工艺性审查与分析上。

4. 零件各加工部位的结构工艺性应符合数控加工的特点

(1)零件的内腔和外形最好采用统一的几何类型和尺寸,这样可以减少刀具规格和换刀次数,使编程方便,效益提高。

(2)内槽圆角的大小决定着刀具直径的大小,因而内槽圆角半径不应过小。

此外,还应分析零件要求的加工精度、尺寸公差等是否可以得到保证,是否有引起矛盾的多余尺寸或影响工序安排的封闭尺寸等。

三、加工方法的选择及加工方案的确定

(一)机床的选用

在数控机床上加工零件,一般有以下两种情况。一种是有零件图样和毛坯,要选择适合加工该零件的数控机床;另一种是已经有了数控机床,要选择适合该机床加工的零件。无论哪种情况,考虑的因素主要有毛坯的材料和类型、零件的轮廓形状复杂程度、尺寸大小、加工精度及零件数量、热处理要求等。概括起来机床的选用要满足以下要求:

(1)保证加工零件的技术要求,能够加工出合格产品。

(2)有利于提高生产率。

(3)可以降低生产成本。

(二)加工方法的选择

加工方法的选择原则是保证加工表面的精度和表面粗糙度的要求。由于获得同一级精度及表面粗糙度的加工方法一般有许多,因而在实际选择时,要结合零件的形状、尺寸大小和热处理要求等全面考虑。例如,对于 IT7 级精度的孔采用镗削、铰削、磨削等加工方法均可达到精度要求,但箱体上的孔一般采用镗削或铰削,而不宜采用磨削。一般小尺寸的箱体孔选择铰