

21 世纪高职高专
机械设计制造类
专业教材

数控仿真 技术实用教程

袁宗杰 邓爱国 主编

清华大学出版社

21 世纪高职高专机械设计制作类专业教材

数控仿真技术 实用教程

袁宗杰 邓爱国 主编
周小泉 练军峰 张庆新
王莘燕 杨 林 周建勇

参编

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

本书是一本数控加工仿真实训教材,在对编程的基本理论作了简单阐述后,分别对上海宇龙、北京斐克、南京斯沃和宇航等公司的数控仿真系统进行了全面的论述。在论述过程中,作者对软件的安装和使用作了较详细的介绍,以便使学员对软件有系统的了解。本书注重从初学者的认知规律出发,强调实用性、可操作性。全书对“数控加工仿真系统”的基本概念和基本操作方法的讲述浅显易懂、深入浅出;同时作者还安排了大量典型实用的例题(包括手工编程和自动编程),使学习者能够结合实例进行学习,更好地掌握数控机床的操作方法和技巧。书中对目前市场上的主流数控系统(FANUC 系统、SIEMENS 系统、MITSUBISHI 系统、华中数控系统、广州数控系统)的车、铣床仿真操作全过程进行了详细介绍,具有通俗性、新颖性和实用性等特点。

本书可作为大学、高职高专院校相关课程的教材,也可供工程技术人员参考。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

图书在版编目(CIP)数据

数控仿真技术实用教程/袁宗杰,邓爱国主编. —北京:清华大学出版社,2007.10
(21世纪高职高专机械设计制造类专业教材)
ISBN 978-7-302-16238-4

I. 数… II. ①袁… ②邓… III. 数控机床—计算机仿真—高等学校:技术学校—教材
IV. TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2007)第 153469 号

责任编辑:庄红权

责任校对:赵丽敏

责任印制:杨 艳

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

c-service@tup.tsinghua.edu.cn

社 总 机:010-62770175

邮购热线:010-62786544

投稿咨询:010-62772015

客户服务:010-62776969

印 装 者:北京市清华园胶印厂

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:24.25 字 数:585 千字

版 次:2007 年 10 月第 1 版 印 次:2007 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:36.00 元

本书如存在文字不清、漏印、缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。
联系电话:010-62770177 转 3103 产品编号:025724-01

前 言

随着数控加工技术的飞速发展,数控技能型人才紧缺的情况日益严重。许多大学、高职高专、技校相继开设了数控专业课程和相关实训课程。由于数控机床是一种价格相对昂贵的设备,数控实训中心或实验室的建设投资较大,许多院校受资金或办学场地的限制,无法建立起能满足高级技能型人才培养需求的数控实训中心或实验室。这就制约了数控人才的培养。

数控加工仿真系统可以在计算机屏幕上完成数控加工程序的输入输出、数控机床操作、工件加工、虚拟测量等数控加工全过程,而且在数控加工仿真系统中,机床操作面板和操作步骤与相应的实际数控机床完全相同,学生在这种虚拟工业环境中可以学习掌握数控机床的加工操作方法。因此,通过数控加工仿真系统既可以使培训得到实物操作训练的目的,又可大大减少昂贵的设备投入。基于以上情况,目前许多大、中专院校均采用数控加工仿真系统和真实数控机床相结合的方式,进行数控相关专业的实训教学。

目前国内使用的主要的数控仿真软件有上海宇龙软件工程有限公司的“数控加工仿真系统”、北京斐克公司的“VNUC 数控加工仿真与远程教学系统”、南京宇航自动化技术研究所的“南京宇航仿真软件”、南京斯沃软件技术有限公司的“斯沃仿真软件”以及广州超软公司的“超软仿真软件”。上海宇龙的“数控加工仿真系统”是国内市场占有率较高的数控加工仿真系统,国内已有 100 余所院校使用。因此,我们以该软件为主,兼顾其他软件的使用人群,设置了大量的手工编程和自动编程的仿真实例,使学员对这些仿真软件都有所了解,以扩大学员的知识面,拓宽他们的就业渠道。由于南京宇航仿真软件和南京斯沃仿真软件在使用性能、操作界面上基本一致,因此,在软件的安装和使用上,我们以南京宇航仿真软件为例进行了讲述,在应用实例中,我们以南京斯沃仿真软件为例进行了演示,这样兼顾了两种软件的学习。在机床使用上,对目前市场上的主流数控系统(FANUC 系统、SIEMENS 系统、MITSUBISHI 系统、华中数控系统、广州数控系统)的车、铣床操作全过程进行了详细介绍,使学员在学习后能尽快和市场接轨,适应企业的需要。

本书内容新颖,加工程序示例丰富,各部分内容既相互联系又相互独立。我们精选了有代表性的零件图样,分别采用了 FANUC 系统、SIEMENS 系统、MITSUBISHI 系统、华中数控系统、广州数控系统来介绍其仿真加工过程,便于读者对不同数控系统的功能、特点进行比较学习。同时,我们依据教学特点对全书进行了精心编排,以方便用户根据自己的需要进行选择。本书不仅适合于教学,也非常适合“数控加工仿真系统”用户的学习和参考,通过阅读本书,结合上机操作练习,能在较短的时间内基本掌握“数控加工仿真系统”应用技术。

本书由山东劳动职业技术学院袁宗杰、邓爱国主编(第 1 章、第 3 章、第 5 章、第 7 章、

第9章),参加本书编写的还有山东大学工程训练中心周小泉(第2章),青岛电子信息技术学校王莘燕(第4章),青岛船员学院张庆新(第6章),山东技师学院练军峰(第8章、10.5节),山东拖拉机厂技校杨林(10.1~10.4节、10.6节、10.7节)。青岛临港职业学院的周建勇老师对本书的编写提供了许多帮助,在此一并感谢。

由于时间仓促,加之编者水平有限,不当之处在所难免,恳请读者多提宝贵意见,以便更加完善本书的内容。

作 者

2007年10月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 数控仿真技术的发展与应用	1
1.2 数控仿真技术的教学特点与组成	2
第 2 章 数控编程基础	4
2.1 数控机床的坐标系	4
2.2 数控机床程序编制的内容	6
2.3 数控机床程序的构成与格式	7
2.4 程序编制中的数值计算	9
2.5 数控机床的基本功能	14
2.6 数控程序编制的工艺处理	18
第 3 章 上海宇龙数控仿真系统	24
3.1 软件简介	24
3.2 软件的安装与卸载	24
3.3 加密锁管理程序	29
3.4 用户管理	31
3.5 系统设置及刀库管理	32
3.6 授课功能的使用	36
3.7 考试功能的使用	37
第 4 章 南京宇航数控仿真系统	44
4.1 软件的安装与启动	44
4.2 软件的基本功能	50
第 5 章 VNUC 数控仿真系统	63
5.1 软件简介	63
5.2 软件的安装与卸载	64
5.3 软件的启动与管理	68
5.4 软件的基本功能	70

第 6 章	FANUC Oi 数控系统的仿真	90
6.1	机床的基本操作	90
6.2	数控程序的处理	95
6.3	参数设置	97
6.4	数控车床仿真实例——手工编程	99
6.5	数控车床仿真实例——自动编程	106
6.6	数控铣床/加工中心仿真实例——手工编程	113
6.7	数控铣床/加工中心仿真实例——自动编程	119
第 7 章	SIEMENS 802D 数控系统的仿真	127
7.1	机床的基本操作	127
7.2	数控程序的处理	130
7.3	参数设置	133
7.4	数控车床仿真实例——手工编程	135
7.5	数控车床仿真实例——自动编程	144
7.6	数控铣床/加工中心仿真实例——手工编程	157
7.7	数控铣床/加工中心仿真实例——自动编程	165
第 8 章	MITSUBISHI 数控系统的仿真	179
8.1	机床的基本操作	179
8.2	数控程序的处理	186
8.3	参数设置	189
8.4	数控车床仿真实例——手工编程	191
8.5	数控车床仿真实例——自动编程	203
8.6	数控铣床/加工中心仿真实例——手工编程	220
8.7	数控铣床/加工中心仿真实例——自动编程	235
第 9 章	华中世纪星 HNC-21/22T 数控系统的仿真	247
9.1	机床的基本操作	247
9.2	数控程序的处理	259
9.3	参数设置	262
9.4	数控车床仿真实例——手工编程	265
9.5	数控车床仿真实例——自动编程	274
9.6	数控铣床/加工中心仿真实例——手工编程	284
9.7	数控铣床/加工中心仿真实例——自动编程	292
第 10 章	广州数控 GSK980T/990M 数控系统的仿真	302
10.1	机床的基本操作	302

10.2	数控程序的处理.....	307
10.3	参数设置.....	309
10.4	数控车床仿真实例——手工编程.....	312
10.5	数控车床仿真实例——自动编程.....	320
10.6	数控铣床/加工中心仿真实例——手工编程	332
10.7	数控铣床/加工中心仿真实例——自动编程	341
附录 A FANUC Oi 数控系统指令格式		351
附录 B SIEMENS 802D 数控系统指令格式		356
附录 C MITSUBISHI 数控系统指令格式		363
附录 D 华中数控系统指令格式.....		369
附录 E 广州数控系统指令格式.....		376
参考文献		379

第1章 绪 论

内容提要

- ★ 数控仿真技术简介
- ★ 数控仿真技术的教学应用与特点
- ★ 数控仿真技术的组成

机床数控技术是20世纪70年代发展起来的一种机床自动控制技术。30多年来随着计算机、传感与检测、自动控制及机械制造等技术的不断进步,机床数控技术得到了迅速的发展。数控机床作为典型的机电一体化产品,是高新技术的重要组成部分,采用数控机床提高机械工业的数控化率,已成为当前机械制造技术更新的必由之路。近年来,随着企业数控机床应用率的大幅度提高,数控机床的操作技能培养成为各类职业院校一个亟待解决的问题。而数控机床是高技术产品,价格较昂贵,许多院校受场地和资金的限制,无法购置大量的数控机床来供学生实训。另一方面,学生直接在数控机床上进行操作练习,容易因为培训中的误操作而导致昂贵设备的损坏。因此,如何根据各院校的具体情况,在满足数控专业教学和实训需要的同时,做到“少花钱、多办事”,是各类职业院校面临的迫切问题。

数控加工仿真系统是结合机床厂家实际加工制造经验与高校(含职业技术学院、中等专业学校、技工学校和职业学校)教学训练一体化所开发的一种机床控制虚拟仿真系统软件,可以满足大批量学生的教学需求。实践课程教学的目的主要是对原理的验证,学生可利用数控加工仿真系统进行仿真操作,同样会起到真实设备的教学效果。仿真软件还可以依据不同的客户要求设计,尤其适于初学者入门学习,一方面通过该软件可以使达到实物操作训练的目的,并且安全可靠;另一方面通过动态的仿真操作使教学过程易教易学,能使教学效果显著提高。

1.1 数控仿真技术的发展与应用

1.1.1 数控仿真技术简介

在数控加工过程中,为检查数控程序的正确性,传统上采用试切的方法,但这种方法费工费料,代价昂贵,也延长了产品生产周期。后来又采用轨迹显示法,即用计算机控制铅笔绘图器,以笔代替刀具,以纸代替毛坯来仿真刀具运动轨迹的二维图形。这种方法可以显示二轴加工轨迹,也可以检查一些大的错误,但其运动仅限于平面,局限性很大。为此,人们一直在研究能逐步代替试切的仿真方法,并在试切环境的模型化、仿真计算和图形显示等方面取得了重要的进展。在这种情况下,数控加工的计算机仿真技术应运而生。

数控仿真技术是研究和设计复杂系统的一种新型和有效的工具。所谓数控加工仿真,就是采用计算机图形学的手段对加工走刀和零件切削过程进行模拟,具有快速、仿真度高、

成本低等优点。它采用可视化技术,通过仿真和建模软件,模拟实际的加工过程,在计算机屏幕上将铣、车、钻、镗等加工方法的加工路线描绘出来,并能提供错误信息的反馈,使工程技术人员能预先看到制造过程,及时发现生产过程中的不足,有效预测数控加工过程和切削过程的可靠性及高效性,此外,还可以对一些意外情况进行控制。数控加工仿真代替了试切等传统的走刀轨迹的检验方法,大大提高了数控机床的有效工时和使用寿命,因此在制造业得到了越来越广泛的应用。

1.1.2 数控仿真技术的教学应用

数控仿真系统可以模拟实际设备加工环境及其工作状态,为验证数控程序的可靠性、防止干涉和碰撞的发生以及预测加工过程提供了强有力的工具。

针对目前计算机的普及以及在数控机床实验机上教学的诸多不便,结合数控加工技术的教学实践,基于计算平台的数控加工仿真教学系统,被用于数控操作人才的培训和教学。在培训和教学过程中,数控机床的模拟通过计算机屏幕上的仿真操作面板进行操作,而零件切削过程可在机床仿真模型上进行三维动画演示,仿真加工和操作几乎和实际机床的真实情况一样。

数控加工仿真系统具有 FANUC、SIEMENS、MITSUBISHI 等众多数控系统的功能,学生通过在计算机上操作此类软件,在很短的时间内就能掌握数控车、数控铣及加工中心的操作。

数控加工仿真系统功能较为完善,适合于教学的使用,其中语法诊断和模拟示教功能可以使学生进行人机交互式学习。即由学生输入 NC 程序,在模拟运行过程中,系统能及时提供错误信息、刀具相对移动轨迹的显示以及最终加工的立体效果,再由学生经过简单判断就能很容易地发现和修改 NC 程序的错误,从而避免教师直接面对学生而可能伤害学生的自尊,也大大减轻了教师批改学生 NC 程序作业时的繁重负担,使教师能够集中精力帮助学生解决实际问题,保证了教学质量,使教学效果得到显著提高。

在操作方面,由于数控加工仿真系统采用了与数控机床操作系统相同的面板和按键功能,并且使用数控加工仿真系统在操作中即使出现人为的编程或操作失误也不会危及机床和人身安全,反而学生还可以从中吸取大量的经验和教训。所以说它是初学者理想的实验、实践工具,只要经过短期的专门训练,学生很快就能适应数控系统的实际操作方法,从而为以后技能的进一步深造打下坚实的基础。由于是在教学中边教边学、边学边做、在做中学、在做中学,学生的积极性被调动起来,老师也在教学活动中得到解放,和学生一样感到非常轻松,大大提高了教学效果。

1.2 数控仿真技术的教学特点与组成

1.2.1 数控仿真技术的教学特点

- (1) 系统完全模拟真实数控机床的控制面板和屏幕显示,可轻松操作。
- (2) 在虚拟环境下对 NC 代码的切削状态进行检验,操作安全。
- (3) 用户可看到真实的三维加工仿真过程,仔细检查加工后的工件,可以更迅速地掌

握数控机床的操作过程。

(4) 采用虚拟机床替代真实机床进行培训, 在降低费用的同时获得更佳培训效果, 使用更经济。

1.2.2 数控仿真技术的组成

(1) 仿真环境: 由机床、工件、夹具、刀具库构成。

(2) 仿真过程: 包括几何仿真和力学仿真两个部分。几何仿真将刀具与零件视为刚体, 不考虑切削参数、切削力等其他物理因素的影响, 只仿真刀具、工件几何体的运动来验证 NC 程序的正确性。切削过程的力学仿真属于物理仿真范畴, 需要考虑精度分析等影响加工质量的因素, 它通过仿真切削过程的动态力学特性来预测刀具破损、刀具振动, 控制切削参数, 从而达到优化切削过程。

第 2 章 数控编程基础

内容提要

- ★ 数控机床的坐标系
- ★ 程序编制的内容
- ★ 程序的构成
- ★ 数控程序编制的工艺处理

2.1 数控机床的坐标系

2.1.1 坐标轴和运动方向的命名原则

规定数控机床的坐标轴及运动方向,是为了准确地描述机床的运动,简化程序的编制方法,并使所编程序有互换性。目前国际标准化组织已经统一了标准坐标系。我国原机械工业部也颁布了 JB 3051—1982《数字控制机床坐标和运动方向的命名》的标准,对数控机床的坐标轴和运动方向做了明文规定。

为了使编程人员在加工零件时,不知道是刀具移向工件,还是工件移向刀具的情况下,就可以根据图样确定机床的加工过程,特别规定:永远假定刀具相对于静止的工件坐标系而运动。

2.1.2 标准坐标系的规定

在数控机床上加工零件,机床的动作是由数控系统发出的指令来控制的。为了确定机床的运动方向和移动的距离,就要在机床上建立一个坐标系,这个坐标系就叫标准坐标系,也叫机床坐标系。在编制程序时,就可以以该坐标系来规定运动方向和距离。

数控机床上的坐标系是采用右手直角笛卡儿坐标系,如图 2-1 所示。在图中,大拇指的方向为 X 轴的正方向;食指为 Y 轴的正方向;中指为 Z 轴的正方向。

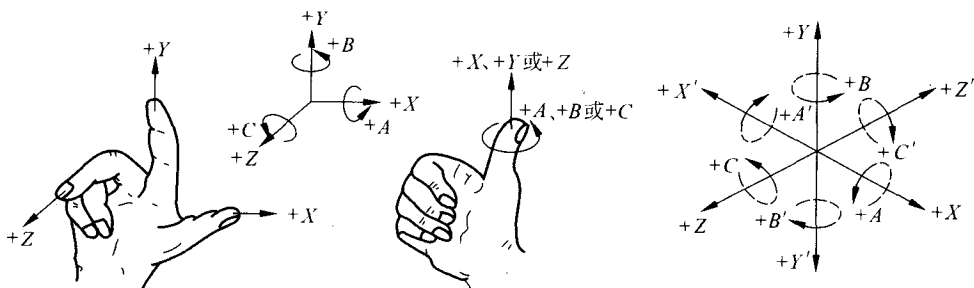


图 2-1 右手直角笛卡儿坐标系

2.1.3 运动方向的确定

JB 3051—1982 中规定：机床某一部件运动的正方向，是增大工件和刀具之间距离的方向。

1. Z 坐标的运动

Z 坐标的运动由传递切削力的主轴所决定，与主轴轴线平行的坐标轴即为 Z 轴。由于车床、磨床等是主轴带动工件旋转，铣床、钻床、镗床等是主轴带着刀具旋转，那么与主轴平行的坐标轴即为 Z 坐标。如果机床没有主轴（如牛头刨床），则 Z 轴垂直于工件装卡面。

Z 坐标的正方向为增大工件与刀具之间距离的方向。如在钻镗加工中，钻入和镗入工件的方向为 Z 坐标的负方向，而退出为正方向。

2. X 坐标的运动

X 坐标是水平的，它平行于工件的装夹面。这是在刀具或工件定位平面内运动的主要坐标。对于工件旋转的机床（如车床、磨床等），X 坐标的方向是在工件的径向上，且平行于横滑座。刀具离开工件旋转中心的方向为 X 轴正方向。对于刀具旋转的机床（如铣床、镗床、钻床等），若 Z 轴是垂直的，则当从刀具主轴向立柱看时，X 运动的正方向指向右方。若 Z 轴（主轴）是水平的，则当从主轴向工件方向看时，X 运动的正方向指向右方。

3. Y 坐标的运动

Y 坐标轴垂直于 X、Z 坐标轴。Y 运动的正方向根据 X 和 Z 坐标的正方向，按照右手直角笛卡儿坐标系来判断。

4. 旋转运动 A、B 和 C

A、B 和 C 相应地表示其轴线平行于 X、Y 和 Z 坐标的旋转运动。A、B 和 C 的正方向，相应地表示在 X、Y 和 Z 坐标正方向上按照右旋螺纹前进的方向，如图 2-1 所示。

5. 附加坐标

如果在 X、Y、Z 主要坐标以外，还有平行于它们的坐标，可分别指定为 U、V、W。如还有第三组运动，则可分别指定为 P、Q 和 R。

6. 对于工件运动时的方向判别

对于工件运动而不是刀具运动的机床，必须将前述为刀具运动所做的规定做相反的安排。用带“'”的字母，如 $+X'$ ，表示工件相对于刀具的正向运动指令。而不带“'”的字母，如 $+X$ ，则表示刀具相对于工件的正向运动指令。二者表示的运动方向正好相反。对于编程人员、工艺人员，只考虑不带“'”的运动方向。

7. 主轴旋转运动的方向

主轴的顺时针旋转运动方向（正转）是按照右旋螺纹旋入工件的方向。

2.1.4 绝对坐标系与增量（相对）坐标系

1. 绝对坐标系

刀具（或机床）运动轨迹的坐标值是以相对于固定的坐标原点 O 给出的，即称为绝对坐标，该坐标系称为绝对坐标系。如图 2-2(a) 所示，A、B 两点的坐标均以固定的坐标原点 O 计算，其值为： $X_A=10$ ， $Y_A=20$ ， $X_B=30$ ， $Y_B=50$ 。

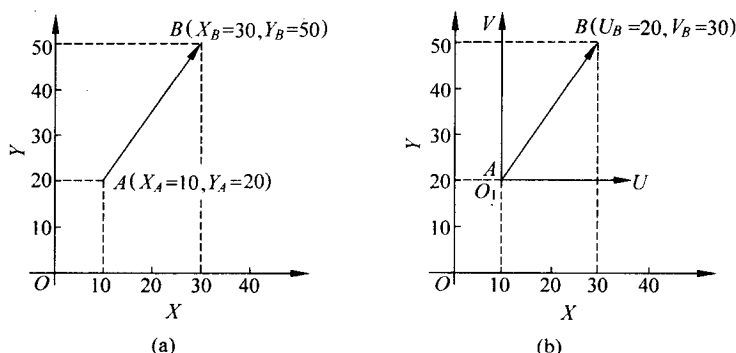


图 2-2 绝对坐标与增量坐标

(a) 绝对坐标; (b) 增量坐标

2. 增量(相对)坐标系

刀具(或机床)运动轨迹的坐标值是相对于前一位置(或起点)来计算的,即称为增量(或相对)坐标,该坐标系称为增量坐标系。

增量坐标系常用代码表中的 U 、 V 、 W 表示。 U 、 V 、 W 分别表示与 X 、 Y 、 Z 平行且同向的坐标轴。如图 2-2(b) 所示, B 点相对于 A 点的坐标(即增量坐标)为 $U_B=20$, $V_B=30$, U - V 坐标系称为增量坐标系。

2.2 数控机床程序编制的内容

2.2.1 数控编程的内容

数控编程的主要内容有分析零件图样、确定加工工艺过程、数值计算、编写零件加工程序、制作控制介质、校对程序及首件试切。

2.2.2 数控编程的步骤

数控编程的步骤一般如图 2-3 所示。

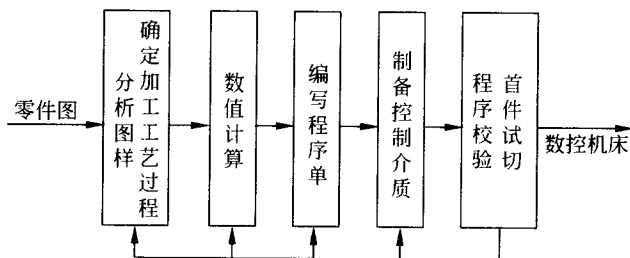


图 2-3 数控编程的步骤

1. 分析图样、确定加工工艺过程

在确定加工工艺过程时,编程人员要根据图样对工件的形状、尺寸、技术要求进行分析,然后选择加工方案,确定加工顺序、加工路线、装夹方式、刀具及切削参数,同时还要考虑所

用数控机床的指令功能,充分发挥机床的效能。确定加工工艺过程时,要注意选择短的加工路线,同时要正确选择对刀点和换刀点,以减少换刀次数。

2. 数值计算

根据零件图的几何尺寸、确定的工艺路线及设定的坐标系,计算零件粗、精加工的各运动轨迹,得到刀位数据。对于点定位控制的数控机床(如数控冲床),一般不需要计算。当零件图样坐标系与编程坐标系不一致时,需要对坐标进行换算。对于形状比较简单的零件(如直线和圆弧组成的零件),加工其轮廓时需要计算出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心、两几何元素的交点或切点的坐标值,有的还要计算刀具中心的运动轨迹坐标值。对于形状比较复杂的零件(如非圆曲线、曲面组成的零件),需要用直线段或圆弧段逼近,根据要求的精度计算出节点坐标值,这种情况一般要用计算机来完成数值计算的工作。

3. 编写程序单

加工路线、工艺参数及刀位数据确定以后,编程人员可以根据数控系统规定的功能指令代码及程序段格式,逐段编写加工程序单。此外,还应填写有关的工艺文件,如数控加工工序卡片、数控刀具卡片、数控刀具明细表、工件安装和零点设定卡片、数控加工程序单等。

4. 制备控制介质

制备控制介质,即把编制好的程序单上的内容记录在控制介质上作为数控装置的输入信息。我国数控机床上使用的控制介质一般都为穿孔纸带,穿孔纸带是按照国际标准化组织(international standardization organization, ISO)或美国电子工业学会(electronic industries association, EIA)的标准代码制成的。穿孔纸带上的程序代码,通过纸带阅读装置送入数控系统。穿孔纸带的特点是不受环境因素的影响(如磁场),不易损坏。

5. 程序校验与首件试切

程序单和制备好的控制介质必须经过校验和试切才能正式使用。校验的方法是直接将控制介质上的内容输入到数控装置中,让机床空运转,即以笔代刀,以坐标纸代替工件,画出加工路线,以检查机床的运动轨迹是否正确。在有 CRT 图形显示屏的数控机床上,用模拟刀具与工件切削过程的方法进行检验更为方便。但这些方法只能检验出运动是否正确,不能查出被加工零件的加工精度,因此有必要进行零件的首件试切。当发现有加工误差时,应分析误差产生的原因,找出问题所在,加以修正。

从以上内容来看,作为一名编程人员,不但要熟悉数控机床的结构、数控系统的功能及标准,而且还必须是一名好的工艺人员,要熟悉零件的加工工艺、装夹方法、刀具、切削用量的选择等方面的知识。

2.3 数控机床程序的构成与格式

每种数控系统,根据系统本身的特点及编程的需要,都有一定的程序格式。机床不同,其程序的格式也不同。因此编程人员必须严格按照机床说明书的规定格式进行编程。

2.3.1 程序的结构

一个完整的程序由程序号、程序内容和程序结束 3 部分组成。

例如 O0001	程序号
N01 G92 X40 Y30;	} 程序内容
N02 G90 G00 X28 T01 S800 M03;	
N03 G01 X — 8 Y8 F200;	
N04 X0 Y0;	
N05 X28 Y30;	
N06 G00 X40;	
N07 M30;	程序结束

1. 程序号

程序号即为程序的开始部分,为了区别存储器中的程序,每个程序都要有程序编号,在编号前采用程序编号地址码。如在 FANUC Oi 系统中,一般采用英文字母“O”作为程序编号地址,而其他系统采用“P”,“%”以及“:”等。

2. 程序内容

程序内容部分是整个程序的核心,它由许多程序段组成,每个程序段由一个或多个指令构成,它表示数控机床要完成的全部动作。

3. 程序结束

程序结束是以程序结束指令 M02 或 M30 作为整个程序结束的符号,来结束整个程序。

2.3.2 程序段格式

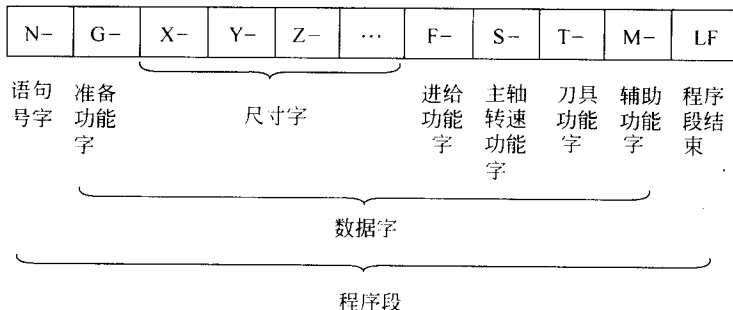
零件的加工程序是由程序段组成的,每个程序段由若干个数据字组成,每个字是控制系统的具体指令,它由表示地址的英文字母、特殊文字和数字集合而成。

程序段格式是指一个程序段中字、字符、数据的书写规则,通常有以下 3 种格式:

1. 地址程序段格式

地址程序段格式由语句号字、数据字和程序段结束组成。各字前有地址,各字的排列顺序要求不严格,数据的位数可多可少,不需要的字以及与上一程序段相同的续效字可以不写。该格式的优点是程序简短、直观并且容易检验、修改,故该格式在目前广泛使用。

地址程序段格式如下:



例如: N20 G01 X25 Y36 F100 S300 T02 M30;

(1) 语句号字: 用以识别程序段的编号。用地址码 N 和后面的若干位数字来表示。例如: N20 表示该语句的语句号为 20。

(2) 准备功能字(G 功能字): 使数控机床做好某种操作准备指令,用地址 G 和两位数

字来表示,从 G00~G99 共 100 种。

(3) 尺寸字: 尺寸字由地址码、+、- 符号及绝对值(或增量)的数值构成。尺寸字的地址码有 X、Y、Z、U、V、W、P、Q、R、A、B、C、I、J、K、D、H 等。例如: X20 Y40。尺寸字的“+”可省略。表示地址码的英文字母的含义如表 2-1 所示。

表 2-1 地址码中英文字母的含义

地 址 码	意 义	地 址 码	意 义
O、P	程序号、子程序号	P、Q、R	平行于 X、Y、Z 坐标的第三坐标
N	程序段号	A、B、C	绕 X、Y、Z 坐标的转动
X、Y、Z	X、Y、Z 方向的主运动	I、J、K	圆弧中心坐标
U、V、W	平行于 X、Y、Z 坐标的第二坐标	D、H	补偿号指定

(4) 进给功能字: 表示刀具中心运动时的进给速度。它由地址码 F 和后面若干位数字构成。这个数字的单位取决于每个数控系统所采用的进给速度的指定方法。如 F100 表示进给速度为 100 mm/min, 有的以 Fxx 表示, 后两位数字既可以是代码也可以是进给量的数值。具体内容见所用数控机床的编程说明书。

(5) 主轴转速功能字: 由地址码 S 和在其后面的若干位数字组成, 单位为转速单位(r/min)。例如: S800 表示主轴转速为 800 r/min。

(6) 刀具功能字: 由地址码 T 和若干位数字组成。刀具功能字的数字是指定的刀号, 数字的位数由所用系统决定。例如: T08 表示第 8 号刀。

(7) 辅助功能字(M 功能): 表示一些机床辅助动作的指令。用地址码 M 和后面两位数字表示, 从 M00~M99 共 100 种。

(8) 程序段结束: 写在每一程序段之后, 表示程序结束。当用 EIA 标准代码时, 结束符为“CR”, 用 ISO 标准代码时为“LF”。也有的用符号“:”或“*”表示。

2. 使用分隔符的程序段格式

这种格式预先规定了输入时可能出现的字的顺序, 在每个字前写一个分隔符“HT”, 这样就可以不使用地址符, 只要按规定的顺序把相应的数字跟在分隔符后面就可以了。

使用分隔符的程序段与地址程序段的区别在于用分隔符代替了地址符。在这种格式中, 重复的可以不写, 但分隔符不能省略。若程序中出现连在一起的分隔符, 表明中间略去一个数据字。

使用分隔符的程序格式一般用于功能不多且较固定的数控系统, 但程序不直观, 容易出错。

3. 固定程序段格式

这种程序段既无地址码也无分隔符, 各字的顺序及位数是固定的。重复的字不能省略, 所以每个程序段的长度都是一样的。这种格式的程序段长且不直观, 目前很少使用。

2.4 程序编制中的数值计算

2.4.1 数值计算的内容

根据零件图样, 按照已确定的加工路线和允许的编程误差, 计算数控系统所需输入的数据, 称为数控加工的数值计算。手工编程时, 在完成工艺分析和确定加工路线以后, 数值计