

国家社会科学基金（教育学科）“十一五”规划课题研究成果
中等职业学校数控技术应用专业规划教材



数控车削编程技术

SHUKONG CHEXIAO BIANCHENG JISHU

郎一民 主编



中国铁道出版社
CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

国家社会科学基金（教育学科）“十一五”规划课题研究成果
中等职业学校数控技术应用专业规划教材

数控车削编程技术

郎一民 主 编

石立侠 副主编

李 林 李翠珠 张金玉 黄医博 参 编

中国铁道出版社

CHINA RAILWAY PUBLISHING HOUSE

内 容 简 介

全书分四篇,共十一章:第一篇主要介绍数控车削编程的基础知识、数控车削加工工艺、数控刀具系统等内容;第二篇为华中 HNC-21/22T 系统;第三篇为 FANUC 系统;第四篇为 SIEMENS 系统。其中,第二、三篇的每章内容都包括编程指令、方法、技巧、实例应用及宏程序。对从简单切削循环、子程序到复合循环,从工艺分析、相关计算、加工路线、刀具选择到切削用量等几方面都做了详细的讲解,并列出了三大系统的参考程序。

本书内容深入浅出,详简得当,并选取了大量的典型零件。为提高学生的学习兴趣,本书每章都配有拓展延伸、相关链接及小结和复习题,以便于教学与自学。

本书适合作为中等职业学校数控技术应用专业的编程教材,也可作为从事数控车床工作的工程技术人员参考书,还可作为数控车床的培训教材。

图书在版编目(CIP)数据

数控车削编程技术/郎一民主编. —北京:中国铁道出版社, 2009. 12

中等职业学校数控技术应用专业规划教材

ISBN 978-7-113-10837-3

I. ①数… II. ①郎… III. ①数控机床: 车床—车削—程序设计—专业学校—教材 IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 224047 号

书 名: 数控车削编程技术

作 者: 郎一民 主编

策划编辑: 秦绪好

责任编辑: 翟玉峰

特邀编辑: 孙佳志

编辑助理: 何红艳

封面设计: 付 巍

责任校对: 王承慧

编辑部电话: (010) 63560056

封面制作: 李 路

责任印制: 李 佳

出版发行: 中国铁道出版社(北京市宣武区右安门西街 8 号 邮政编码: 100054)

印 刷: 河北省遵化市胶印厂

版 次: 2010 年 1 月第 1 版 2010 年 1 月第 1 次印刷

开 本: 787mm×1092mm 1/16 印张: 13.5 字数: 321 千

印 数: 4 000 册

书 号: ISBN 978-7-113-10837-3/TP·3685

定 价: 22.00 元

版权所有 侵权必究

本书封面贴有中国铁道出版社激光防伪标签,无标签者不得销售

凡购买铁道版图书,如有印制质量问题,请与本社计算机图书批销部联系调换

中等职业学校数控技术应用专业规划教材

编审委员会

主任：邓泽民 葛金印

副主任：（按姓氏笔画排序）

王 猛 朱仁盛 朱鹏超 严晓舟 张国军

邵泽强 赵光霞 崔俊明

委员：（按姓氏笔画排序）

王彩凤 石阶安 许国华 李 林

李友节 宋 胄 张 萍 陈 爽

郎一民 金志刚 周 欢 周文兰

施文龙 秦绪好 钱 屹 徐良芝

徐夏民 徐晓俊 高晓东 魏东坡

序

PREFACE

国家社会科学基金课题“以就业为导向的职业教育教学理论与实践研究”在取得理论研究成果的基础上，分别选取了高等职业教育和中等职业教育的十几个专业大类开展实践研究。中等职业教育机械专业类是其中之一。

本课题研究发现，中等职业教育在专业教育上承担着帮助学生构建起专业理论知识框架、技术方法体系框架和职业活动体系框架的任务。其中，专业理论知识框架、技术方法体系框架是为学生职业活动体系的构建服务的。而这三个体系框架的构建需要通过教材体系和教材内部结构得以实现，即学生的心理结构来自于教材的体系和结构。为此，这套中等职业教育机械类专业系列教材的设计，依据不同教材在其构建理论知识、技术方法、职业活动三个体系中的作用，采用了不同的教材内部结构设计和编写体例。

承担专业理论知识体系构建任务的教材，强调了专业理论知识框架的完整与系统，不强调专业理论知识的深度和难度；追求的是学生对专业理论知识整体框架的了解，不追求学生只掌握某些局部内容，而求其深度和难度。

承担技术方法体系框架构建任务的教材，注重让学生了解这种技术的产生与演变过程，培养学生的技术创新意识；注重让学生把握这种技术的整体框架，培养学生对新技术的学习能力；注重让学生在技术应用过程中掌握这种技术的操作，培养学生的技术应用能力；注重让学生区别同种用途的其他技术的特点，培养学生职业活动中的技术比较与选择能力。

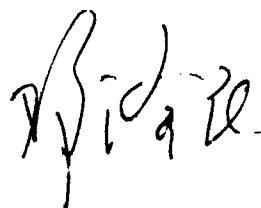
承担职业活动体系构建任务的教材，依据不同职业活动对所从事人特质的要求，分别采用了过程驱动、情景驱动、效果驱动的方式，形成了做学合一的各种教材结构与体例，诸如：项目结构、案例结构等。过程驱动培养所从事人的程序逻辑思维；情景驱动培养所从事人的情景敏感特质；效果驱动培养所从事人的发散思维。

本套教材无论从课程标准的开发、教材体系的建立、教材内容的筛选、教材结构的设计还是到教材素材的选择，得到了机械行业专家的大力支持，他们在机械行业职业资格标准和各类技术在我国应用广泛程度，提出了十分有益的建议；倾注了国内知名职业教育专家和全国一百多所中等职业学校机械专业类一线老师的心血，他们对中等职业教育机械类专业培养的人才特质和类型提出了宝贵的意见，对中等职业教育机械类专业教学提供了丰富的素材和鲜活的教学经验。

这套教材是我国中等职业教育近年来从只注重学生单一职业活动体系构建，向专业理论知识框架、技术方法体系框架和职业活动体系框架三个体系构建的转变的有益尝试，也是国

家社会科学研究基金课题“以就业为导向的职业教育教学理论与实践研究”研究成果的具体应用之一。

如本套教材有不足之处，敬请各位专家、老师和广大同学不吝赐教。希望通过本套教材的出版，为我国中等职业教育和机械产业的发展做出贡献。

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'X. Y. Zhang' or similar, written in a cursive style.

2009年10月

前言

FOREWORD

本教材是根据教育部数控技术应用专业技能型紧缺人才培养方案及以国家数控职业技能鉴定标准为基准,将职业技术的应用型作为主线并结合中等职业学校的教学要求,以突出数控车削编程的针对性和实用性、强化实践技能为目的进行编写的。

本教材选用了国内主流的华中 HNC-21/22T 系统、FANUC Oi 系统、SIEMENS-802D 系统,全面、系统地介绍了数控车削的基础知识、工艺分析、刀具系统及编程技术,以实例的形式详细讲解了数控车削的手工编程方法及具体加工中的工艺处理。

本教材的特点是理论联系实际、系统性强、实用性强、通俗易懂,具有针对性、可操作性和实用性。从内容编排上力求表述简洁易懂,步骤清晰明了,以便于教学和自学使用。书中精选了大量典型实例,重点讲述了三大系统各自的编程思路、特点。力争做到内容丰富,图文并茂。各章都附有小结及大量复习题,便于广大师生学习参考。

本课程建议教学总学时为 74 学时,各校可根据教学实际灵活安排。各部分内容学时分配建议参考意见如下表所示:

| 章节 | 课程 | 内容 | 建议学时数 |
|----|---------------------|----------------------|-------|
| 1 | 第一篇数控车削编程基础 | 数控车削编程概述 | 4 |
| 2 | | 数控车削加工工艺 | 6 |
| 3 | | 数控刀具系统 | 4 |
| 4 | 第二篇华中 HNC-21/22T 系统 | 基本编程指令应用 | 6 |
| 5 | | 复合切削循环及应用 | 8 |
| 6 | | 宏程序及应用 | 8 |
| 7 | 第三篇 FANUC 系统 | FANUC Oi 系统编程指令应用 | 2 |
| 8 | | 复合形状多重切削循环及应用 | 6 |
| 9 | | 用户宏程序 | 6 |
| 10 | 第四篇 SIEMENS 系统 | SIEMENS-802D 系统编程与应用 | 10 |
| 11 | | 参数编程与应用 | 8 |
| | 机动 | | 6 |
| 总计 | | | 74 |

本书由长春机械工业学校郎一民担任主编并编写第 7、8、9、10、11 章并进行最后的统稿,长春机械工业学校石立侠任副主编并与黄医博共同编写第 1、2、3 章;天津第一轻工业学校李翠珠、张金玉编写第 4、5 章;辽宁朝阳工程技术学校李林编写第 6 章。本书由湖南

铁道职业技术学院朱鹏超副教授主审，其对本书的编写提出了许多宝贵意见和建议，在此表示衷心感谢。

由于编写时间仓促，教材中难免有一些错误或疏漏之处，恳请各位读者提出宝贵意见。

编者
2009年9月

目 录

CONTENTS

第一篇 数控车削编程基础

| | |
|---------------------------|----|
| 第 1 章 数控车削编程概述 | 1 |
| 1.1 数控编程基本知识 | 1 |
| 1.1.1 数控编程的概念 | 1 |
| 1.1.2 数控编程的种类 | 2 |
| 1.1.3 数控编程的步骤 | 3 |
| 1.1.4 数控程序的基本结构 | 4 |
| 1.2 数控车床的坐标系统 | 7 |
| 1.2.1 尺寸单位与坐标 | 7 |
| 1.2.2 数控机床的坐标轴与运动方向 | 8 |
| 1.2.3 数控机床的两种坐标系 | 10 |
| 1.2.4 数控机床的坐标与对刀换刀点 | 11 |
| 1.3 数控车削的编程特点 | 12 |
| 小结 | 12 |
| 复习题 | 13 |
| 第 2 章 数控车削加工工艺 | 15 |
| 2.1 数控车削加工概述 | 15 |
| 2.1.1 数控车削加工的对象及内容 | 15 |
| 2.1.2 数控车削加工工艺分析 | 16 |
| 2.1.3 数控车削加工工艺特点 | 17 |
| 2.1.4 数控车削加工工序的划分 | 18 |
| 2.1.5 数控车削加工工序的顺序安排 | 19 |
| 2.1.6 数控车削加工工序设计 | 19 |
| 2.2 编程中的数学计算 | 21 |
| 2.2.1 数值换算 | 21 |
| 2.2.2 坐标值计算 | 22 |
| 2.2.3 辅助计算 | 23 |
| 2.3 常用数控车削加工工艺文件 | 24 |
| 2.3.1 数控加工刀具调整卡 | 24 |
| 2.3.2 数控加工工序卡 | 24 |
| 2.3.3 数控加工程序说明卡 | 25 |
| 2.3.4 数控加工刀具运动轨迹图 | 25 |
| 2.3.5 数控加工程序单 | 26 |
| 2.4 数控车削工艺分析实例 | 26 |

| | |
|---------------------------|-----------|
| 小结 | 28 |
| 复习题 | 29 |
| 第 3 章 数控刀具系统 | 31 |
| 3.1 常用数控车削刀具 | 31 |
| 3.1.1 数控车床常见刀具类型及特点 | 31 |
| 3.1.2 数控车削常用刀具材料 | 32 |
| 3.1.3 数控车床刀具功能 | 34 |
| 3.2 刀具补偿功能指令 | 35 |
| 3.2.1 刀具补偿的概念 | 35 |
| 3.2.2 刀具的补偿 | 35 |
| 3.2.3 刀尖圆弧半径补偿 | 37 |
| 小结 | 40 |
| 复习题 | 40 |

第二篇 华中 HNC-21/22T 系统

| | |
|-----------------------------|-----------|
| 第 4 章 基本编程指令应用 | 42 |
| 4.1 数控系统准备功能 | 42 |
| 4.2 常用数控基本编程指令 | 44 |
| 4.2.1 快速点定位指令 | 44 |
| 4.2.2 直线插补指令 | 44 |
| 4.2.3 圆弧插补指令 | 44 |
| 4.2.4 进给速度单位的设定 | 47 |
| 4.2.5 恒切削速度的设定 | 47 |
| 4.2.6 暂停的设定 | 48 |
| 4.2.7 直径/半径编程的设定 | 48 |
| 4.2.8 绝对值编程/增量值编程的设定 | 48 |
| 4.3 数控车床坐标系指令 | 49 |
| 4.3.1 机床坐标系下编程指令 | 49 |
| 4.3.2 坐标系的选择 G54~G59 | 49 |
| 4.3.3 工件坐标系的设定 | 50 |
| 4.4 内、外圆简单切削循环 | 51 |
| 4.4.1 轴类零件内、外径简单切削循环 | 51 |
| 4.4.2 盘类零件端面简单切削循环 | 53 |
| 4.5 螺纹简单切削循环 | 55 |
| 4.5.1 螺纹的种类及应用 | 55 |
| 4.5.2 单行程外螺纹切削 | 58 |
| 4.5.3 外螺纹固定切削循环 | 58 |
| 4.5.4 内螺纹固定切削循环 | 61 |
| 4.6 子程序编程 | 62 |

| | | |
|--------------|------------------------|-----------|
| 4.6.1 | 子程序的调用 | 62 |
| 4.6.2 | 子程序的应用 | 63 |
| 小结 | | 64 |
| 复习题 | | 65 |
| 第 5 章 | 复合切削循环及应用 | 68 |
| 5.1 | 内、外圆粗、精车复合切削循环 | 68 |
| 5.2 | 端面、内腔粗、精车复合切削循环 | 72 |
| 5.3 | 封闭轮廓粗、精车复合切削循环 | 75 |
| 5.4 | 内、外螺纹复合切削循环 | 76 |
| 5.5 | 典型内、外轮廓切削综合件 | 78 |
| 小结 | | 81 |
| 复习题 | | 82 |
| 第 6 章 | 宏程序及应用 | 84 |
| 6.1 | 宏程序编程 | 84 |
| 6.1.1 | 宏程序概述 | 84 |
| 6.1.2 | 变量的赋值与运算 | 85 |
| 6.1.3 | 宏变量类型及语句表达式 | 87 |
| 6.2 | 宏程序应用 | 88 |
| 6.2.1 | 宏程序在子程序中的应用 | 88 |
| 6.2.2 | 宏程序在复合切削循环中的应用 | 90 |
| 6.2.3 | 宏程序综合应用 | 90 |
| 小结 | | 94 |
| 复习题 | | 95 |

第三篇 FANUC 系统

| | | |
|--------------|--------------------------------|-----------|
| 第 7 章 | FANUC 0i 系统编程指令应用 | 97 |
| 7.1 | 数控系统准备功能 | 97 |
| 7.2 | 常用数控基本编程指令 | 98 |
| 7.3 | 内、外圆简单切削循环 | 101 |
| 7.3.1 | 轴类零件内、外圆简单切削循环 | 101 |
| 7.3.2 | 盘类零件端面简单切削循环 | 103 |
| 7.4 | 螺纹简单切削循环 | 106 |
| 7.4.1 | 外螺纹简单切削循环 | 106 |
| 7.4.2 | 螺纹简单切削循环编程应用 | 107 |
| 7.5 | 子程序编程 | 109 |
| 7.5.1 | 子程序概述 | 109 |
| 7.5.2 | 子程序的嵌套 | 109 |
| 7.5.3 | 子程序的调用 | 109 |

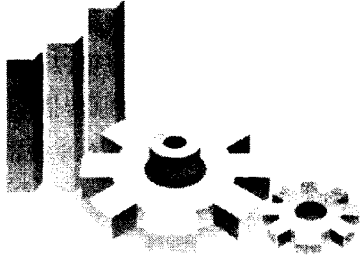
| | |
|----------------------------------|------------|
| 小结 | 112 |
| 复习题..... | 113 |
| 第 8 章 复合形状多重切削循环及应用 | 116 |
| 8.1 内、外圆粗、精车复合形状多重切削循环 | 116 |
| 8.1.1 外圆粗、精车复合形状多重切削循环 | 116 |
| 8.1.2 内腔粗、精车复合形状多重切削循环 | 118 |
| 8.2 端面与内腔粗、精车复合形状多重切削循环 | 119 |
| 8.2.1 端面粗、精车复合形状多重切削循环 | 119 |
| 8.2.2 内腔粗、精车复合形状多重切削循环 | 121 |
| 8.3 封闭轮廓粗、精车复合形状多重切削循环 | 122 |
| 8.4 外圆槽、端面复合形状多重切削循环 | 125 |
| 8.4.1 外圆槽复合形状多重切削循环 | 125 |
| 8.4.2 端面槽复合形状多重切削循环 | 126 |
| 8.5 螺纹复合切削循环..... | 127 |
| 8.6 典型综合零件编程..... | 128 |
| 小结 | 131 |
| 复习题..... | 132 |
| 第 9 章 用户宏程序..... | 134 |
| 9.1 用户宏程序编程 (B 类) | 134 |
| 9.1.1 变量..... | 134 |
| 9.1.2 运算指令 | 136 |
| 9.1.3 控制语句..... | 137 |
| 9.2 宏程序中子程序的调用及应用 | 138 |
| 9.3 宏程序在复合固定循环中的应用 | 142 |
| 小结 | 148 |
| 复习题..... | 148 |

第四篇 SIEMENS 系统

| | |
|--|------------|
| 第 10 章 SIEMENS-802D 系统编程与应用 | 151 |
| 10.1 数控系统准备功能..... | 151 |
| 10.2 常用数控基本编程指令 | 153 |
| 10.2.1 圆弧插补指令 | 153 |
| 10.2.2 进给速度单位指令..... | 154 |
| 10.2.3 恒切削速度指令 | 154 |
| 10.2.4 英制/公制 (米制) 编程指令 | 154 |
| 10.2.5 可编程坐标零点偏置设定 | 155 |
| 10.2.6 零点偏置子程序调用..... | 156 |
| 10.2.7 可编程比例系数设定..... | 156 |
| 10.2.8 切线过渡圆弧 CT..... | 157 |

| | | |
|---------------|-----------------------|------------|
| 10.3 | 子程序及应用 | 157 |
| 10.3.1 | 程序的命名规则及调用 | 157 |
| 10.3.2 | 子程序的嵌套 | 158 |
| 10.4 | 轮廓内、外切削复合循环 | 159 |
| 10.4.1 | 毛坯切削循环 | 159 |
| 10.4.2 | 切削循环子程序 | 162 |
| 10.5 | 槽的复合切削循环 | 165 |
| 10.5.1 | 切槽复合切削循环 | 165 |
| 10.5.2 | 退刀槽切削循环 | 169 |
| 10.5.3 | 螺纹退刀槽切削循环 | 170 |
| 10.6 | 内、外螺纹切削循环 | 172 |
| 10.6.1 | 单行程螺纹切削 | 172 |
| 10.6.2 | 特殊螺纹切削 | 172 |
| 10.6.3 | 螺纹切削循环 | 173 |
| 10.7 | 孔加工切削循环 | 176 |
| 10.7.1 | 孔加工概述 | 177 |
| 10.7.2 | 钻孔循环指令 | 177 |
| 10.7.3 | 深孔钻削循环指令 | 179 |
| 10.7.4 | 攻螺纹循环指令 | 180 |
| 10.7.5 | 铰孔循环指令 | 181 |
| 10.7.6 | 常用镗孔循环指令 | 183 |
| 10.8 | 典型综合零件编程 | 184 |
| | 小结 | 187 |
| | 复习题 | 188 |
| 第 11 章 | 参数编程与应用 | 191 |
| 11.1 | “R”参数编程 | 191 |
| 11.1.1 | 参数“R”的设置 | 191 |
| 11.1.2 | 程序跳转语句 | 192 |
| 11.2 | 参数编程综合应用 | 194 |
| 11.2.1 | 外轮廓特殊组合曲线参数编程 | 194 |
| 11.2.2 | 内、外轮廓特殊组合曲线参数编程 | 195 |
| | 小结 | 199 |
| | 复习题 | 199 |
| | 参考文献 | 201 |

第一篇 数控车削编程基础



第 1 章

数控车削编程概述

学习目标

- 掌握数控编程的概念、种类、步骤及程序的结构、格式和程序段的含义。
- 明确对刀点及换刀点在数控车床坐标系中的设定方法。
- 熟悉数控车床的编程特点。

随着数控技术的发展，数控机床不仅在宇航、造船、军工等领域广泛使用，而且也进入了汽车、机床等民用机械制造行业。目前，在机械行业中，单件、小批量的生产所占的比例越来越大，机械产品精度和质量也在不断提高。所以，普通机床越来越难以满足加工精密零件的需要。同时，由于生产水平的提高，数控机床的价格在不断下降，因此，数控机床在机械行业中已经得到了普遍的应用。

1.1 数控编程基本知识

数控机床是在普通机床的基础上发展和演变而成的。在普通机床上完成零件的加工过程是：技术人员根据零件图样及工艺文件要求，事先编制好加工工艺卡，操作人员按照该工艺卡的规定并通过自己的操作技能，以手工控制的方式完成各工序和工步的加工。在该工艺卡中，不仅规定了加工的路线和方法，还规定了所有的工艺参数，如刀具形式、切削用量和刀具位移等各种数据，以及其他有关的技术要求。该工艺所规定的工艺流程即加工中规定的“程序”。

数控机床加工不需要通过手工去进行直接操作，而是严格按照一套特殊的命令（简称指令），并经过数控系统处理后，使机床自动完成零件的加工。这套特殊命令的作用，除了与工艺卡的作用相同外，还能被数控装置所“接收”。这种能被机床数控系统所接收的指令集合，就是数控机床加工中所必需的加工程序。

1.1.1 数控编程的概念

由于数控机床是根据程序来控制机床运转及动作的，使用数控机床进行零件加工时必须首先

将零件图纸上的信息处理成数控系统能识别的程序，这一程序的编制叫做数控编程。

由于数控机床要按照程序来加工工件，编程人员编制好程序后，要输入到数控系统中以指挥机床工作。程序的输入是通过控制介质或 MDI 方式实现的，具体方法有多种，目前常用的有以下几种：

(1) 纸带 需要利用纸带穿孔机和光电阅读机进行程序纸带的制作和输送。它是数控程序按一定规则制成穿孔纸带，数控机床通过纸带阅读机装置将纸带上的代码转换成数控装置可以识别的电信号，经过识别和译码以后分别输送到相应的寄存器。这些指令作为控制与运算的原始依据，控制器根据指令控制运算及输出装置，达到对机床进行控制的目的，目前常用的纸带是八单位的穿孔纸带。

(2) 软盘 即计算机软盘，需借助于软驱进行程序输入、输出。编程人员可以在计算机上使用自动编程软件进行编程，然后借助于软驱进行程序输入、输出。编程人员可以在计算机上使用自动编程软件进行编程，然后把计算机与数控机床上的 RS-232 标准串行接口连接起来，实现计算机与机床之间的通信(或使用数控机床上配备的软盘驱动器)。这样就不必把程序制成穿孔纸带，而是通过通信的方式，将加工指令直接送入数控系统，指挥机床进行加工，从而提高了系统的可靠性和信息的传递效率。

(3) 数据磁带 这种方法是将编制好的程序录制在数据磁带上，在加工零件时，再将程序从数据磁带上读出来，从而控制机床动作。

(4) MDI 即手动数据输入方式。它是利用数控机床操作面板上的键盘，将编号的程序直接输入到数控系统中，并通过显示器显示有关内容。MDI 的特点是输入简单，检验与校核、修改方便，适用于形状简单和程序不长的工件。

这里需要特别说明的是，由于目前一般采用的微处理机数控系统内存量已大大增加，数控系统内存 ROM 中自身就有编程软件，实现了在线编程，并且零件程序也能较多地直接保存在数控系统内存 RAM 中。对于程序存储介质的使用，主要是指某一数控机床所加工的工件品种较多时，为了工厂均衡生产的需要，将某些暂时不用的工件程序保存在程序介质中，等以后要用时再输入，即程序介质只起外存储器的作用。它与以前硬件连接的 NC 数控机床对程序介质同步运行来加工工件是不同的。

拓展延伸

零件程序是连续将字符输入 CNC，当接口接收到一个字符后就向 CPU 发出中断信号，激活中断服务程序，读入一个字符。先进行奇偶校验，检查读入字符的正确性；再进行语句的检查，即检查该字符是不是程序字的信息。例如，G 代码最多跟两位码，如果接收到 G 代码后又接收到了 3 位码，说明输入的程序有误。当检查通过后才能将输入的字符存入零件程序缓冲区。

1.1.2 数控编程的种类

1. 手工编程

编程过程依赖人工完成的方式称为手工编程，是指编制零件数控加工程序的各步骤，即由分析纸确定工艺过程数值计算、编写零件加工程序单，制备控制介质到程序校验都是由人工完成的。

手工编程比较简单，很容易掌握且适应性强。对于一些结构简单的零件，可以方便地使用数控系统提供的各种简化编程指令来编制数控加工程序。由于数控车床主要加工对象是回转类零件，零件程序的编制相对简单，因此车削类零件的数控加工程序主要依靠手工编程完成。但手工编程工作量大，烦琐易出错，目前也借助计算机辅助设计软件的 CAGD（计算机辅助几何设计）功能来求取轮廓的基点和节点。本书以手工编程为主，讲解数控车床编程知识与技巧。手工编程有两大“短”原则：一是零件加工程序要尽可能短，即尽可能使用简化编程指令编制程序，一般来说，程序越简短编程人员出错的概率也越低；二是零件的加工路线要尽可能短，这主要包括两个方面，车削用量的合理选择和程序中空走到加工路线的选择，合理的加工路线对提高零件的生产效率有非常重要的作用。

2. 自动编程

对于形状简单（轮廓由直线和圆弧组成）的零件，手工编程可以满足要求，但对于曲线轮廓，三维曲面等复杂型面，一般采用计算机自动编程。自动编程是用计算机编制数控加工程序的过程，即把人们输入的零件图纸信息改写成数控机床能执行的数控加工程序，就是说数控编程大部分工作由计算机来完成，编程人员只需根据零件图纸及工艺要求使用规定的数控编程语言写一个较简短的零件程序，并输入到计算机自动进行数值计算、后置处理、编写出零件加工程序单。目前中小企业普遍采用这种方法，编制复杂的零件加工程序效率高，可靠性好。专用软件多为在开放型操作系统环境下、在微机上开发的，成本低，通用性强。

3. CAD/CAM 辅助编程

利用 CAD/CAM 系统进行零件的设计、分析及加工编程。该方法适用于制造业中的 CAD/CAM 集成系统，目前正被广泛应用。该方式适应面广、效率高、程序质量好，是一种人机对话的编程方法，编程人员根据屏幕菜单提示的内容，反复与计算机对话，选择菜单目录或回答计算机提问，直到把需要回答的问题全部答完。这种编程方式从零件图的定义、走刀路线的确定以及加工参数的选择，整个过程都在对话方式下完成，不存在编程语言问题。

1.1.3 数控编程的步骤

数控机床是依据程序来控制机床运转及动作的。使用数控机床进行零件加工时，首先须将加工路径和加工条件转换为程序，此种程序即称为加工程序或零件程序。从分析零件图开始到零件加工完毕整个加工过程如图 1-1 所示。

1. 分析零件图

首先需要正确分析零件图，确定零件的加工部位，根据零件图的技术要求，分析零件的形状、基准面、尺寸公差和粗糙度要求，还有加工面的种类、零件的材料、热处理等其他技术要求。

2. 数控机床的选择

根据零件形状和加工的内容及范围，确定该零件是否适宜在数控机床上加工，在哪类设备上加工，确定使用机床的种类。

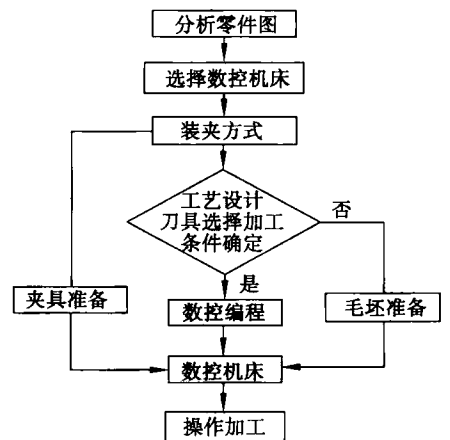


图 1-1 数控编程顺序框图

3. 工件的装夹方法

在数控机床上加工零件, 工序集中往往在一次装夹中就完成全部工序。工件的装夹方法直接影响着产品的加工精度和加工效率, 必须认真加以考虑。因此, 零件的定位、夹紧要注以下几个方

(1) 尽量采用组合夹具和标准化的通用夹具。当工件批量较大、精度要求较高时, 可以设计专用夹具, 但结构应尽量简单。

(2) 零件定位、夹紧部位应不妨碍各部位的加工、刀具更换以及重要部位的测量, 尤其要避免刀具与工件、刀具与夹具相撞的现象。

(3) 加紧力应力求通过靠近主要支撑点所组成的三角形内。应力求靠近切削部位, 并在刚性较好的地方。尽量不要在被加工孔径上方, 以减少零件变形。装夹定位要考虑重复安装的一致性, 以减少对刀时间, 提高同一批零件加工的一致性。一般同一批零件采用同一定位基准和同一装夹方式。

4. 加工工艺确定

在该阶段要确定加工的顺序和步骤, 一般分为粗加工、半精加工和精加工等阶段。粗加工一般留 1mm 的加工余量, 要使机床和刀具在能力允许的范围内以尽可能短的时间完成。半精加工, 一般保留 0.1mm 的加工余量。精加工直接形成产品的最终尺寸精度和表面粗糙度, 对于精度要求较高的表面要分别进行加工。

5. 刀具选择

在对零件加工部位进行工艺分析之后, 要确定使用的刀具, 粗、精加工用的刀具要分开, 所采用的刀具要满足加工质量和效率要求。

6. 程序编制

完成以上工作后, 就进入关键的阶段——程序编制。首先进行数学处理, 根据零件的几何尺寸、刀具加工路线和设定的编程坐标系来计算刀具运动轨迹的坐标值。对于加工由圆弧和直线组成的简单轮廓的零件, 计算会比较简单, 对于非圆曲线, 需用直线段或圆弧来逼近。对于自由曲线, 曲面等加工, 要借助计算机辅助编程来完成。

7. 操作加工

加工程序编制完成以后, 在加工之前要进行程序试运行, 以检验程序是否正确。然后操作机床进行加工。

1.1.4 数控程序的基本结构

一个完整的数控加工程序结构由程序号、程序段和程序结束符组成。在加工程序的开头有程序号, 以便于进行程序检索。程序号就是给工件加工程序编一个号, 并说明该工件加工程序开始。常用字符“%”及其后 4 位十进制数表示, 形式为“% × × × ×”。也有时用字符“0”开头编号。由多个程序段组成加工程序的全部内容, 用以表达数控机床要完成的全部动作。程序结束时以辅助功能指令 M02、M30 或 M99 (子程序结束) 作为整个程序的结束符, 结束工件加工过程, 程序的结构如图 1-2 所示。

1. 程序字

某个程序中安排的字符的集合, 称为程序字。程序字通常由一个地址 (用字母表示) 和一组数字组成, 如“G01”总称为字, 其中“G”表示地址, “01”表示数字组合。