

边看边学 FANUC

刘文 主编

数控铣床/加工中心加工50例



一例一视频

长达500分钟现场加工录像
数控编程与操作即学即会

- 数控铣削装夹及刀具
- 平面铣削加工
- 孔类零件加工
- 子程序/镜像/旋转/比例/排孔
- 数控铣削宏程序编程
- 螺纹零件加工
- 型腔类零件加工
- 自动编程加工



化学工业出版社

边看边学 FANUC 数控铣床/加工中心 加工 50 例（一例一视频）

刘 文 主编



化学工业出版社

· 北 京 ·

元 60.00 价 定

本书结合工程实例,全方位地介绍了 FANUC 数控铣床和加工中心编程与加工,具体内容涵盖平面类零件、孔类零件、螺纹类零件、型腔类零件等的加工设置方法和技巧。

本书的另一大特色是,为 50 个工程实例录制了长达 500 多分钟的教学视频,让读者边看边学,即学即会。

本书案例丰富、讲解清楚,既适合数控加工初学者作为自学教材,也适合专业人员从中提升技能和灵感。

图书在版编目(CIP)数据

边看边学 FANUC 数控铣床/加工中心加工 50 例(一例一视频)/刘文主编. —北京:化学工业出版社,2014.10
ISBN 978-7-122-19874-7

I. ①边… II. ①刘… III. ①数控机床-铣床-程序设计②数控机床加工中心-程序设计③数控机床-铣床-加工工艺④数控机床加工中心-加工工艺 IV. ①TG547
②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 035042 号

责任编辑:王 烨

文字编辑:谢蓉蓉

责任校对:边 涛

装帧设计:尹琳琳

出版发行:化学工业出版社(北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)

印 装:大厂聚鑫印刷有限责任公司

787mm×1092mm 1/16 印张 13 字数 323 千字 2014 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询:010-64518888(传真:010-64519686) 售后服务:010-64518899

网 址: <http://www.cip.com.cn>

凡购买本书,如有缺损质量问题,本社销售中心负责调换。

定 价: 68.00 元

版权所有 违者必究

前言

FOREWORD

数控技术是数控自动化的核心技术，是在现代制造业中已广泛使用的一种先进加工技术。我国已将数控技术列为振兴装备制造业的关键技术。目前，随着数控机床用量的剧增，急需培养一批能够熟练掌握现代数控机床编程、操作和维护的应用型技术人才。

数控铣床加工是一门实践性和操作性很强的课程，传统的数控教学方法往往不能做到理论联系实际，学生不知道如何在真实的情境中灵活地使用知识和运用技巧，这对专业能力的培养是不利的。经过多年的探索，比较有效的数控加工教学方法是运用任务驱动的方法开展教学，让学生在实习训练的过程中提高自己的技能，既培养了学生数控编程与加工的能力，又培养学生的学习能力、分析问题和解决问题的能力。基于以上认识，我们编写了“边看边学数控加工”系列丛书，以期帮助读者在真实的加工环境中进行学习。

本书主要针对 FANUC 数控铣床和加工中心，结合典型工程实例展开数控编程与加工方法和技巧的讲解，具有以下几大特色。

(1) 内容全面，涵盖平面类零件、孔类零件、螺纹类零件、型腔类零件等的加工设置方法和技巧。

(2) 实例丰富，全书有 50 个工程实例，每个实例均有详细的、具体的加工方法介绍。

(3) 提供实际加工视频，50 个案例对应 50 个实际加工的视频文件，可以让读者像看电影一样学习 FANUC 数控铣削加工的技术和方法，便于读者练习与揣摩加工思路及技巧。本书视频文件可登录出版社网站 www.cip.com.cn，到“资源下载”区下载。

(4) 写法独特，采用任务驱动的教学方式讲解，讲解过程中并不局限于理论知识的讲解，而是侧重实现技术精华的剖析和操作技巧的指点。

本书由刘文主编，谭建波、张国俊副主编，张海英、莫伟伟、巴宝莲、俞凯逸、毛睿、刘明亮、李继强、于艳东、马挺、郭磊、史华亮、颜新华、陈光宇、胡涛、曹琳、陈远杰、潘凌峰、俞鹏程、张初旻参加了本书的编写。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏和不足之处，恳请专家和广大读者批评指正。

编者于宁波高教园区

目 录 CONTENTS

第1章 数控铣削的基本知识	1
1.1 数控铣削编程基础	1
1.1.1 FANUC 数控系统简介	1
1.1.2 数控编程简介	1
1.1.3 数控铣床简介	8
1.2 数控铣床操作基础	9
1.2.1 数控系统 FANUC 0i 操作界面	9
1.2.2 数控铣床操作	11
第2章 数控铣削装夹及刀具	13
2.1 数控铣削装夹操作	13
2.1.1 工件定位装夹方案设计	13
2.1.2 通用夹具装夹及操作	17
2.2 数控铣削刀具材料选择	19
2.2.1 数控铣削刀具材料	19
2.2.2 数控铣削刀具的选择	23
第3章 平面铣削加工	24
3.1 平面加工	25
3.1.1 简单平面加工	25
3.1.2 方块零件加工	28
3.2 凸台加工	31
3.2.1 矩形凸台零件加工	31
3.2.2 圆形凸台零件加工	32
3.2.3 综合凸台零件加工	33
3.3 槽加工	35
3.3.1 直槽零件加工	35
3.3.2 圆弧槽零件加工	37
3.3.3 三角形槽零件加工	39
3.3.4 三角形图形零件加工	41
3.3.5 太极图形零件加工	43
3.3.6 燕尾槽零件加工	44

第4章	孔类零件加工	46
4.1	简单通孔零件加工	47
4.2	沉孔零件加工	50
4.3	盲孔加工	52
4.4	螺纹加工	54
4.5	镗孔加工一	56
4.6	镗孔加工二	59
第5章	其他指令的加工应用	62
5.1	子程序的加工应用	62
5.2	镜像指令的加工应用	65
5.3	旋转坐标指令的加工应用	67
5.4	比例缩放指令的加工应用	68
5.5	排孔指令的加工应用	70
第6章	数控铣削宏程序编程	72
6.1	宏程序概述	72
6.2	B类宏程序	73
6.2.1	宏程序调用与编写	73
6.2.2	算术运算指令与控制指令	74
6.3	宏程序的应用	75
6.3.1	简单宏程序加工(上圆下方)	75
6.3.2	椭圆成形面加工	77
6.3.3	函数成形轮廓加工	80
6.3.4	抛物线成形面加工	81
第7章	螺纹零件加工	83
7.1	内螺纹零件加工一	83
7.2	内螺纹零件加工二	84
7.3	外螺纹零件加工	85
第8章	型腔类零件加工	87
8.1	型腔零件加工一	87
8.2	型腔零件加工二	89
8.3	型腔零件加工三	91
第9章	综合零件铣削加工	94
9.1	综合案例1	94
9.2	综合案例2	98

9.3 综合案例 3	102
9.4 综合案例 4	104
9.5 综合案例 5	109
9.6 综合案例 6	111
9.7 综合案例 7	116
9.8 综合案例 8	119

第10章 自动编程 123

10.1 自动编程概述	124
10.2 基于 NX 的自动编程	125
10.2.1 NX 自动编程的简介	125
10.2.2 NX 案例 1—图形加工	126
10.2.3 NX 案例 2—三角形槽加工	135
10.2.4 NX 案例 3—凸台与槽加工	140
10.2.5 NX 案例 4—孔（点位）加工	148
10.2.6 NX 案例 5—曲面轮廓加工	156
10.2.7 NX 案例 6—螺纹铣削加工	163
10.2.8 NX 案例 7—上圆下方凸台轮廓加工	168
10.2.9 NX 案例 8—型腔加工	176
10.2.10 NX 案例 9—孔加工	183
10.2.11 NX 案例 10—综合加工	187

参考文献 202

第 1 章

数控铣削的基本知识

本章教学要点

- 熟悉数控编程的基础知识
- 了解数控机床坐标系及工件坐标系的建立
- 熟记数控机床的基本按钮及其作用
- 了解数控编程涉及常用代码的意义
- 熟悉 FANUC 加工中心的操作界面及基本操作

1.1 数控铣削编程基础

1.1.1 FANUC 数控系统简介

FANUC 系统是日本富士通公司的产品，通常其中文译名为发那科。现在，我国有多种型号的产品在使用，使用较为广泛的产品有 FANUC 0，FANUC 16，FANUC 18，FANUC 21 等。在这些型号中，FANUC 0 系列的使用尤为广泛。

FANUC 系统在设计中大量采用模块化结构。这种结构易于拆装、各个控制板高度集成，使系统的可靠性有了很大的提高，而且便于维修、更换。FANUC 0i 系统进一步提高了集成度，在继承数控系统的基础上，还集成了 EROM 和 SRAM 模块、PMC 模块、存储器和伺服模块，从而体积变得更小，可靠性更高。

FANUC 系统有很强的抵抗恶劣环境的能力。其工作环境温度为 $0\sim 45^{\circ}\text{C}$ ，相对湿度为 75%，抗振能力为 0.5g （加速度），电网波动为 $-15\%\sim 10\%$ 。

FANUC 系统的性能稳定，操作界面友好，系统各系列总体结构非常类似，具有基本统一的操作界面。FANUC 系统可以在较为宽泛的环境中使用，对于电压、温度等外界条件的要求不是特别高，因此适应性很强。

FANUC 系统所配置的系统软件具有比较齐全的基本功能和选项功能，同时提供丰富的信号和编程指令便于用户编制机床的 PMC 控制程序，增加了程序的灵活性。其次，系统具有很强的 DNC 功能，通过串行传输接口，可以实现 PC 与机床之间的数据传输。

1.1.2 数控编程简介

（1）手工编程

手工编程的内容主要有分析图样确定工艺过程、数值计算、编写程序、校对程序和试切。

在数控机床上加工零件，需要根据零件图对零件的形状、尺寸精度、表面粗糙度、工件材料、毛坯类型和热处理等情况进行分析，选择合适的机床、刀具，确定定位夹紧装置、加工方法、加工顺序及切削用量的大小。在确定工艺过程中，应充分考虑所用数控机床的指令功能，充分发挥机床的效能，做到加工路线合理、走刀次数少和加工工时短等。此外，还应

填写有关的工艺技术文件，如数控加工工序卡片、数控刀具卡片、走刀路线图等。

根据零件图的几何尺寸及设定的编程坐标系，计算出刀具中心的运动轨迹，得到全部刀位数据。一般数控系统具有直线插补和圆弧插补的功能，对于形状比较简单的平面形零件（如直线和圆弧组成的零件）的轮廓加工，只需要计算出几何元素的起点、终点、圆弧的圆心（或圆弧的半径）、两几何元素的交点或切点的坐标值。如果数控系统无刀具补偿功能，则要计算刀具中心的运动轨迹坐标值。对于形状复杂的零件（如由非圆曲线、曲面组成的零件），需要用直线段（或圆弧段）逼近实际的曲线或曲面，根据所要求的加工精度计算出其节点的坐标值。

根据加工路线计算出刀具运动轨迹数据和已确定的工艺参数及辅助动作，编程人员可以按照所用数控系统规定的功能指令及程序段格式，逐段编写出零件的加工程序。编写时应注意：第一，程序书写的规范性，应便于表达和交流；第二，在对所用数控机床的性能充分熟悉的基础上，使用各种编程技巧及知识来编写程序。

将加工程序输入数控机床的方式有：键盘、磁盘、磁带、存储卡、连接上级计算机的 DNC 接口及网络等。目前常用的方法是通过键盘直接将加工程序输入（MDI 方式）到数控机床程序存储器中或通过计算机与数控系统的通信接口将加工程序传送到数控机床的程序存储器中，由机床操作者根据零件加工需要进行调用。现在一些数控机床已经配置大容量存储卡存储加工程序，可以当作数控机床程序存储器使用，因此数控程序可以事先存入存储卡中。

数控程序必须经过校验和试切，才能进行正式加工。在有图形模拟功能的数控机床上，可以进行图形模拟加工，检查刀具轨迹的正确性。对无此功能的数控机床可进行空运行检验。但这些方法只能检验出刀具运动轨迹是否正确，不能查出对刀误差，由于刀具调整不当或因某些计算误差会引起加工误差及零件的加工精度变化，所以有必要经过零件加工首件试切的这一重要步骤。当发现有加工误差或不符合图纸要求时，应分析误差产生的原因，以便修改加工程序或采取刀具尺寸补偿等措施，直到加工出合乎图样要求的零件为止。随着数控加工技术的发展，可采用先进的数控加工仿真方法对数控加工程序进行校核。

该方法适合待加工的工件形状简单、编程工作量小、加工程序段不多、出错概率小、经济、及时等情况。

（2）自动编程

数控自动编程是利用计算机和相应的编程软件编制数控加工程序的过程。

现在应用较为普遍的自动编程软件有 MasterCAM, NX, PRO-E (CREO) 等。它们在功能、价格、服务等方面各有优点，用户需要根据自己的实际情况来选择合适的自动编程软件。

该方法适合待加工的工件形状复杂，如非圆曲线，特别是具有曲线及曲面的加工、复杂模具的加工、编程工作量大等情况。

（3）数控程序的组成

一个完整的数控程序由程序号、程序主体和程序结束三部分组成。

例如：O0001

G99 F0.2;

M03 S600 T0101;

M08;

G00 X41.0 Z2.0;

X38.5;

```
G01 Z-10.0;
G00 X100.0;
Z100.0;
M30;
```

1) 程序号 程序号位于程序开始部分, 为了区别存储器中的程序, 每个程序都有程序编号, 在编号前采用程序编号地址码。在 FANUC 系统中, 一般采用英文字母 O 作为程序编号的地址。

2) 程序主体 程序的主体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某一个完整的加工工步或动作。

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。

(4) 程序段格式

每个程序段都由“字”和“;”所组成。每个程序字表示一个功能指令, 因此又称为功能字, 字又是由地址符和数值所构成的, 如 X (地址符) 100.0 (数值)。在程序中能作指令的最小单位是字。

不同的数控系统往往有不同的程序段格式, 格式不符合规定, 数控系统将不能接受。故编写时, 编程人员应严格遵守所针对的数控系统, 按照程序段格式进行编程。

程序段格式主要有三种, 即固定顺序程序段格式、使用分配符的程序段格式和字地址程序段格式。现在广泛采用的程序段格式是字地址程序段格式。

字地址程序段格式如下:

```
N_G_X_Y_Z_F_S_T_M_;
```

(5) 数控编程的基本指令

FANUC 数控系统是我国数控机床上采用较多的数控系统, 其功能指令可以分为准备功能 G 指令、辅助功能 M 指令、进给功能 F 指令、主轴转速 S 指令及刀具功能 T 指令。这些功能指令是编制数控程序的基础, 一般由功能地址码和数字组成。

1) 模态指令 编程中的指令分为模态指令和非模态指令。模态指令是指一经程序执行, 便一直有效, 直到以后程序中重新指定其他同组指令时才失效, 例如 G00 和 G01 等, 期间相同的模态指令可以省略不写。同样, 尺寸功能字如出现前后段重复, 则该尺寸功能字也可以省略。而非模态指令, 其功能仅在出现的程序段中有效。

2) 指令分组 指令分组, 是指将系统中相互冲突的代码分为一组, 并以编程号区别。同组代码具有相互取代的作用, 同一组代码在一个程序段中只能有一个生效, 当在同样程序段中出现两个或两个以上的同组代码时, 一般以最后输入的代码为准。

3) 准备功能 G 指令 准备功能也称 G 功能指令或 G 代码, 用于指定机床的运动方式, 该指令用于将控制系统预先设置为某种预期状态, 或者某种加工模式和状态。准备功能由地址符 G 和两位数字所组成, 从 G00~G99 共 100 种, 如表 1-1 所示。

4) 辅助功能 辅助功能也叫 M 功能或 M 代码。它由地址 M 和后面的两位数字组成。用来控制机床的各辅助动作及开关状态。常见的辅助功能指令, 如表 1-2 所示。

辅助功能一般写在程序段后面。与 G 代码不同, 同一程序中只能有一个 M 功能。如同一程序段中有多个同组 M 指令, 则最后指定的指令有效。辅助指令分为前作用和后作用两类。

常用辅助指令简要说明如下。

表 1-1 G 代码一览表

G 代码	组	功 能	G 代码	组	功 能
*G00	01	定位（快速移动）	G57	14	选择工件坐标系 4
G01		直线切削	G58		选择工件坐标系 5
G02		圆弧插补（CW，顺时针）	G59		选择工件坐标系 6
G03		圆弧插补（CCW，逆时针）	G70	00	精加工循环
G04	00	暂停	G71		内外径粗切循环
G09		停于精确的位置	G72		台阶粗切循环
G20	06	英制输入	G73		成形重复循环
G21		公制输入	G74		Z 向进给钻削
G22	04	内部行程限位 有效	G75		X 向切槽
G23		内部行程限位 无效	G76		切螺纹循环
G27	00	检查参考点返回	*G80	10	固定循环取消
G28		参考点返回	G83		钻孔循环
G29		从参考点返回	G84		攻螺纹循环
G30		回到第二参考点	G85		正面镗循环
G32	01	切螺纹	G87		侧钻循环
*G40	07	取消刀尖半径偏置	G88		侧攻螺纹循环
G41		刀尖半径偏置（左侧）	G89		侧镗循环
G42		刀尖半径偏置（右侧）	G90	01	（内外直径）切削循环
G50	00	主轴最高转速设置（坐标系设定）	G92		切螺纹循环
G52		设置局部坐标系	G94		（台阶）切削循环
G53		选择机床坐标系	G96	12	恒定线速度控制
*G54	14	选择工件坐标系 1	*G97		恒定线速度控制取消
G55		选择工件坐标系 2	G98	05	指定每分钟移动量
G56		选择工件坐标系 3	*G99		指定每转移动量

注：带*者表示是开机时会初始化的代码。

表 1-2 FANUC 辅助功能指令表

M00	程序停止	M12	主轴定向
M01	选择停止	M30	程序结束（复位）并回到开头
M02	程序结束（复位）	M48	主轴过载取消（不起作用）
M03	主轴正转（CW）	M49	主轴过载取消（起作用）
M04	主轴反转（CCW）	M94	镜像取消
M05	主轴停止	M95	X 坐标镜像
M06	换刀	M96	Y 坐标镜像
M08	切削液开	M98	子程序调用
M09	切削液关	M99	子程序结束

- ① 程序停止指令 M00 执行完含有该指令的程序后，主轴的转动、进给等都将停止，可以进行换刀、工件重新装夹等一系列操作。在重新启动机床后，将继续执行后面的程序。
- ② 选择停止指令 M01 执行过程和 M00 相同，不同在于只有按下机床控制面板上的“任选停止”开关，该指令才有效，否则机床将继续执行后面的程序。
- ③ 程序结束指令 M02 和 M30 这两个功能相似，但作用不同。M02 功能将终止程序，但不会回到程序开头的第一个程序段；M30 功能同样是终止程序，但能回到程序开头。

④ 主轴功能 M03, M04 和 M05 顺时针方向旋转使用 M03 编程, 逆时针方向旋转使用 M04 编程。M05 具有使主轴停止转动的功能, 不管主轴的旋转方向如何, 该功能都将停止主轴旋转。通常 M03 或 M04 与主轴旋转功能 S 配合使用, 如 M03 S600, 表示主轴正转, 主轴转速为 600r/min。

⑤ M08 和 M09 冷却液开、关 M08 表示冷却液开, M09 表示冷却液关。

5) 主轴控制 用 S 表示主轴回转转速。如 S300 表示主轴转速为 300r/min。

6) 进给功能 用 F 表示切削中的进给速度。如 F100 表示进给速度为 100mm/min。

7) 刀补功能 用 D 和 H 加数值分别指定刀具直径和长度补偿量的号码。补偿量是按号码存储在内存中的。

8) 暂停功能 用 P 或 X 加数值构成, 可以按指令所给时间延时执行下一程序段。如 P1000 表示 1s 暂停。

9) 程序号指令 用 P 加四位以内数值指定子程序号码。

(6) 数控机床的坐标系

数控机床的坐标系统, 包括坐标系、坐标原点和运动方向, 对于数控加工及编程, 是一个相当重要的概念。标准中规定, 直线进给运动用右手直角笛卡儿坐标系表示, 其基本坐标轴为 X 轴、Y 轴、Z 轴, 各轴与机床的主要导轨相平行, 如图 1-1 所示。大拇指指向为 X 轴的正方向, 食指指向为 Y 轴的正方向, 中指指向为 Z 轴的正方向。为了使编程人员能够在不知道刀具和工件之间如何做相对运动的情况下, 对图纸确定加工过程和编程加工程序, 假定工件不动, 规定数控机床的坐标运动是刀具相对静止工件的运动, 其增大工件与刀具之间距离的方向是坐标运动的正方向。如果工件相对于刀具运动, 则用加“'”的字母表示, 按相对运动关系, 工件运动的正方向恰好与刀具运动的正方向相反。

在数控机床中, 根据坐标系原点的不同, 同时存在着机床坐标系和工件坐标系, 如图 1-2 所示。机床坐标系是机床上固有的坐标系, 设有固定的坐标系原点, 称为机床零点, 它是机床制造商设置在机床上一个物理位置, 其作用是使机床和控制系统同步, 建立测量机床运动坐标的起始点。它也是其他坐标系与坐标值的基准点。机床参考点 R 是机床制造厂在机床上设置的, 通过末端行程开关粗测定, 再用测量系统精确测定的一个固

定点。它通常位于工作台运行范围的一个角上, 即设置在机床各轴靠近正向极限的位置上。它是 CNC 装置确定机床零点的参考点。通过“回零”操作, 可以手动控制到达参考点。工件坐标系是指在编程时, 采用工件上的局部坐标系为坐标系进行编程。在确定工件坐标时, 应尽可能将工件的原点选择在工艺定位基准上, 这样对保证加工精度有利。如果设计基准和工艺基准不重合, 要分析由不重合产生的误差。

除了采用手动方法返回参考点, 还可以采用编程的方法返回参考点。在 FANUC 系统中, 提供了多个与返回参考点有关的指令。

1) 返回参考点校验 (G27) 程序中的这项功能, 用于检查机床是否准确返回参考点。

格式: G27 X(U)___, Z(W)___;

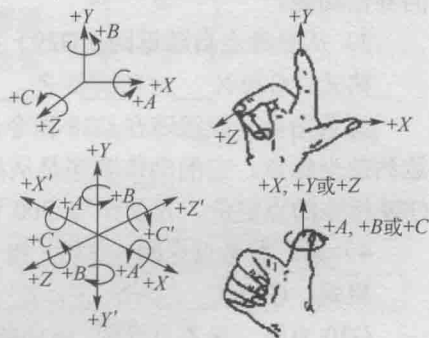


图 1-1 右手直角笛卡儿坐标系

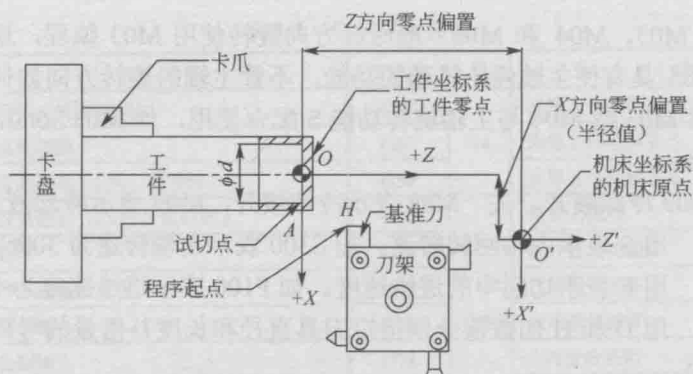


图 1-2 数控机床的各点关系

当执行 G27 指令后，返回各轴参考点指示灯分别点亮。当使用刀具补偿功能时，指示灯是不亮的，所以在取消刀具补偿功能后，才能使用 G27 指令。当返回参考点校验功能程序段完成，需要使机械系统停止时，必须在下一个程序段后增加 M00 或 M01 等辅助功能或在单程序段情况下运行。

2) 自动返回参考点 (G28) 指令。

利用这项指令，可以使受控轴自动分别返回参考点。

格式：G28 X___, Y___, Z___ T00;

其中 X、Z 为中间点位置坐标，指令执行后，所有的受控轴都将快速定位到中间点，然后再从中间点回到参考点。G28 指令一般用于自动换刀，所以使用 G28 指令时，应取消刀具的补偿功能。

3) 从参考点自动返回 (G29) 指令。

格式：G29 X___, Y___, Z___;

这条指令一般跟随在 G28 指令后使用，指令中的 X、Z 坐标值是执行完 G29 后，刀具应达到的坐标点。它的动作顺序是从参考点快速到达 G28 指令的中间点，再从中间点移动到 G29 指令的点定位，其动作与 G00 相同。

4) 第二参考点返回 (G30) 指令。

格式：G30 X___, Y___, Z___;

G30 为第二参考点返回，该功能与 G28 指令相似。不同之处是刀具自动返回第二参考点，而第二参考点的位置是由参数来设定的，G30 指令必须在执行返回第一参考点后有效。如 G30 指令后面直接跟 G29 指令，则刀具将经由 G30 指令（坐标值为 X, Y, Z）的中间点移到 G29 指令的返回点定位，类似于 G28 后跟 G29 指令。通常 G30 指令用于自动换刀位置与参考点不同的场合，而且在使用 G30 前，同 G28 一样应先取消刀具补偿。

工件坐标系的建立。在数控系统中，工件坐标系的建立方法有两种方式。

1) 使用 G92 建立单一的工件坐标系。

如图 1-3 所示，为一个一次装夹加工三个相同零件的多程序原点和机床参考点之间关系及偏移的计算方法，采用 G92 实现原点偏移的有关指令如下。

G90;

/*设置绝对坐标系，刀具位于机床参考点

G92 X20.0 Y20.0 Z0.0;

/*将程序原点定义在第一个零件上的工作原点 A

.....

/*加工第一个零件


```

G00 X0 Y0;           /*快速回到程序原点
G92 X20 Y20 Z0;       /*将程序原点定义在第二个零件上的工作原点 B
.....               /*加工第二个零件
G00 X0 Y0;           /*快速回到程序原点
G92 X20 Y20;          /*将程序原点定义在第三个零件上的工作原点 C

```

2) 使用 G54~G59 建立多个工件坐标系。

采用 G54~G59 实现原点偏移的有关指令如下。

设置 G54~G56 的原点偏置寄存器。

对第一个零件: G54 X20 Y20 Z0

对第二个零件: G55 X40 Y40 Z0

对第三个零件: G56 X60 Y60 Z0

然后调用:

```
G90 G54;
```

```
...           /*加工第一个零件
```

```
G 55;
```

```
...           /*加工第二个零件
```

```
G56;
```

```
...           /*加工第三个零件
```

(7) 绝对坐标系编程与相对坐标编程

移动量的给出有两种方式: 绝对指令方式, 即终点位置是由所设定的坐标系的坐标值所给定的, 代码为 G90; 增量指令方式, 即终点位置是相对于前一位置的增量值及移动方向所给定的, 代码为 G91。

如图 1-4 所示, 是使用这两种不同指令时的坐标区别。

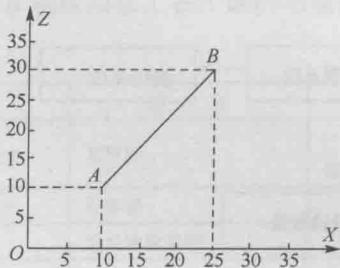


图 1-4 两种指令的方式

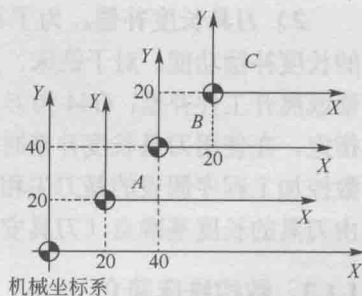


图 1-3 机床参考点的偏移

绝对指令方式

N	X	Y
N01	X10.0	Y10.0
N02	X25.0	Y30.0

增量指令方式

N	X	Y
N01	X10.0	Y10.0
N02	X15.0	Y20.0

(8) 刀具补偿

在数控加工过程中, 将刀架相关点和刀具切削点之间进行位置偏置, 从而使数控系统的控制对象由刀具相关点变换到刀尖或刀刃边缘的过程, 称之为刀具补偿。刀具补偿一般分为刀具的长度补偿和刀具的半径补偿。

在现在的 CNC 系统中, 有的系统已具备三维刀具补偿功能。对于四轴或五轴联动数控加工, 机床配件还不具备刀具半径补偿功能, 必须在刀位计算时考虑到刀具半径。

1) 刀具的半径补偿代码有 G40, G41 和 G42, 都是模态代码。G40 是用于取消刀具半径

补偿功能。G41 是相对于刀具前进方向进行补偿，又称为左刀补，如图 1-5 所示。G42 是在相对于刀具前进方向右侧进行补偿，又称右刀补，如图 1-6 所示。

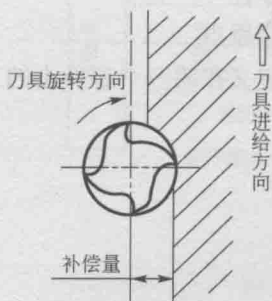


图 1-5 左刀补 G41



图 1-6 右刀补 G42

从刀具的寿命、加工精度、表面粗糙度考虑，G41 加工的效果好，因而使用较多。

车削刀尖半径补偿与铣削刀具半径补偿一样，也分为左刀补和右刀补。采用刀尖半径补偿时，刀具运动轨迹指的不是刀尖，而是刀尖上刀刃圆弧的中心位置。

2) 刀具长度补偿。为了在数控加工中使用多把长度不尽相同的刀具，就需要利用刀具的长度补偿功能。对于铣床，刀具的长度补偿功能指令是 G43 和 G44。G43 为刀具长度正补偿或离开工件补偿；G44 为刀具长度负补偿或趋向于工件补偿。取消刀具长度补偿用 G49 来指定。在使用刀具长度补偿时，机床操作者必须十分清楚刀具长度补偿的原理和操作。零件数控加工程序假设的是刀尖相对于工件的运动，刀具长度补偿的实质是将相对于工件的坐标由刀具的长度基准点（刀具安装定位点）移动到刀尖（或刀心）的位置。

1.1.3 数控铣床简介

FANUC 数控铣床是由输入输出装置、数控控制装置、伺服系统、检查反馈装置和机床本体组成，如图 1-7 所示。

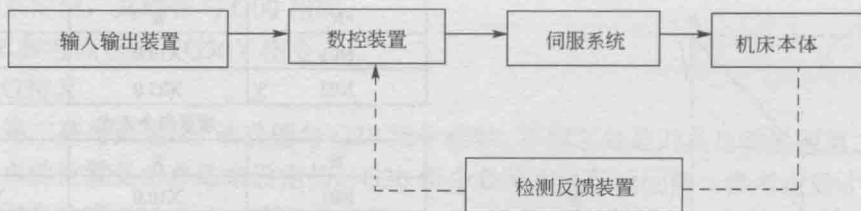


图 1-7 数控铣床的组成

(1) 输入输出设备

输入输出装置主要实现程序的编制和修改，程序和数据的输入、显示、存储和打印等功能。

(2) 数控装置

数控装置是由中央处理单元、存储器、总线和相应的软件构成的专用技术机，是数控机床的核心。数控机床的功能强弱，主要由这一部分决定。

(3) 伺服系统及检测反馈装置

伺服系统是接受数控装置的指令，驱动机床执行机构运动的驱动部件。检测反馈装置由

检测部件和相应的测量电路组成。通过检测反馈装置，检测伺服电机或机床执行部件的速度或位移，实现机床的快速响应和灵敏而准确地跟踪指令的功能。

(4) 机床本体

机床本体是数控机床的主体，它包括机床的主运动部件、进给运动部件、执行部件和基础部件。为保证机床的高精度、高效率和高自动化加工要求，机床机械结构应具备较高的动态特性、动态刚度、耐磨性以及抗热变形性能。

1.2 数控铣床操作基础

1.2.1 数控系统 FANUC 0i 操作界面

FANUC 0i 主系统的 MDI 操作面板，如图 1-8 所示。



图 1-8 MDI 操作面板

MDI 编程面板上各个键的功能，如表 1-3 所示。

表 1-3 各个键的功能

键	名 称		功 能 说 明
RESET	复位键		按下此键，复位 CNC 系统，包括取消报警、主轴故障复位、中途退出自动操作循环和输入、输出过程等
HELP	帮助键		按此键用来显示如何操作机床。可在 CNC 发生报警时提供报警的详细信息
	地址和数字键		按下这些键，输入字母、数字和其他字符
INPUT	输入键		除程序编辑方式以外的情况，当面板上按下一个字母或数字键以后，必须按下此键才能输入到 CNC 内。另外，与外部设备通信时，按下此键，才能启动输入设备，开始输入数据到 CNC 内
PAGE	页面变换键		用于 CRT 屏幕选择不同的页面
POS	页面切 换键	位置显示键	在 CRT 上显示机床当前的坐标位置
PROG		程序键	在编辑方式，编辑和显示在内存中的程序。在 MDI 方式，输入和显示 MDI 数据
OFFSET SETTING		参数设置键	刀具偏置数值和宏程序变量的显示设定
SYSTEM		系统键	用于显示系统画面
MESSAGE		信息键	用于显示信息画面
CUSTOM GRAPH		图形显示键	用于显示用户宏画面或图形显示画面

续表

键	名 称		功 能 说 明
AUXGRAPH	辅助图形		图形显示功能，用于显示加工轨迹
ALTER	编辑键	替代键	用输入域内的数据替代光标所在的数据
DELET		删除键	删除光标所在的数据
INSRT		插入键	将输入域之中的数据插入到当前光标之后的位置上
CAN		取消键	取消输入域内的数据
EOB		回车换行键	结束一行程序的输入并且换行

FANUC Oi 系统的操作面板，如图 1-9 所示。



图 1-9 操作面板

各操作面板的功能，如表 1-4 所示。

表 1-4 操作面板功能介绍

键	名 称	功 能 说 明
 方式选择	EDIT	编辑方式。按下此键，复位 CNC 系统，包括取消报警、主轴故障复位、中途退出自动操作循环和输入、输出过程等
	MEMORY	自动方式。调用系统内部存储的 NC 程序并自动运行
	MDI	示教方式。在此模式下，一个简易的程序可以直接输入执行
	DNC	通过 RS232 串口在线传输程序至 CNC 系统进行在线加工
	HANDLE	手轮方式。在这个模式，使用手轮来控制三个坐标轴的移动速度
	JOG	这个模式可以使轴以手动的方式进给，进给率以面板的进给率开关为准
	STEP	此模式用于手动快速进给
	ZRN	回零方式。使三个坐标轴原点复归（回零）
 进给倍率	进给倍率修调	当选择开关选择为手动方式或回零时，进给倍率修调旋钮可以调节进给速率
 主轴倍率	主轴倍率修调	当选择开关选择为手动方式或回零时，主轴倍率修调旋钮可以调节主轴速率