

数控铣床编程与操作 实训教程

邱世全 主编

ShuKong XiChuang BianCheng yu CaoZuo ShiXun JiaoCheng



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

数控铣床编程与操作实训教程

邱世全 主编



浙江工商大学出版社
ZHEJIANG GONGSHANG UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

数控铣床编程与操作实训教程 / 邱世全主编. —杭州: 浙江工商大学出版社, 2014. 7

ISBN 978-7-5178-0276-1

I. ①数… II. ①邱… III. ①数控机床—铣床—程序设计—中等专业学校—教材②数控机床—铣床—操作—中等专业学校—教材 IV. ①TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 010441 号

数控铣床编程与操作实训教程

邱世全 主 编 金建生 副主编

责任编辑 杜功元 陈晓雯

封面设计 王妤驰

责任印制 包建辉

出版发行 浙江工商大学出版社

(杭州市教工路 198 号 邮政编码 310012)

(E-mail: zjgsupress@163.com)

(网址: <http://www.zjgsupress.com>)

电话: 0571-88904970, 88831806(传真)

排 版 杭州朝曦图文设计有限公司

印 刷 杭州五象印务有限公司

开 本 787mm×1092mm 1/16

印 张 9

字 数 208 千

版 印 次 2014 年 7 月第 1 版 2014 年 7 月第 1 次印刷

书 号 ISBN 978-7-5178-0276-1

定 价 18.00 元

版权所有 翻印必究 印装差错 负责调换

浙江工商大学出版社营销部邮购电话 0571-88904970

目 录

CONTENTS

第一章 数控铣床

第一节 数控铣床的概述	1
第二节 数控铣床数控系统面板的操作	11
第三节 数控铣床操作面板的基本操作	25
第四节 数控铣床的基本操作	30
第五节 数控铣床的编程	33
第六节 数控铣床编程的基本概念	34
第七节 数控铣床 FANUC 系统常用编程指令	39
第八节 数控铣床插补功能介绍	42
第九节 我国数控铣床的现状和发展趋势	58

第二章 数控铣床初级工训练

第一节 铣圆四方台	61
第二节 铣六边形台	66
第三节 铣圆台	71
第四节 铣四方圆台	76
第五节 铣四边形凸台	81
第六节 铣十字圆槽	86

第三章 数控铣床中级工训练

第一节 太极形台	91
第二节 异形轮台	96
第三节 六角槽	101
第四节 键槽圆弧台	106
第五节 六角星台	111
第六节 键槽圆台	116

第七节 四方凹槽 121

第八节 六角台 126

第九节 异型台 131

第十节 偏心台 136

第一章 数控铣床

第一节 数控铣床的概述

数控铣床是在一般铣床的基础上发展起来的,两者的加工工艺基本相同,结构也有些相似,但数控铣床是靠程序控制的自动加工机床,所以其结构也与普通铣床有很大区别。

一、数控铣床的主要组成

如图 1-1 所示,数控铣床主要由数控系统,主传动系统,进给伺服系统和冷却润滑系统等几大部分组成。

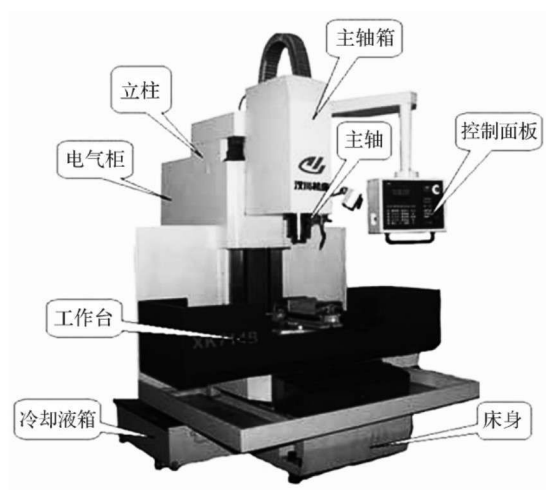


图 1-1 数控铣床的主要组成

(1) 主轴箱:包括主轴箱体和主轴传动系统,用于装夹刀具和带动刀具旋转,主轴转速范围和输出扭矩对加工有直接影响。

(2) 进给伺服系统:由进给点击和进给执行机构组成,按照程序设定的进给速度实现刀具和工件之间的相对运动,包括直线进给运动和旋转运动。

(3) 数控系统:数控铣床运动控制的中心,执行数控加工程序控制机床进行加工。

(4) 辅助装置:如液压、气动、润滑、冷却系统和排屑、防护等装置。

(5) 机床基础件:通常是指床身、立柱、横梁等,它是整个机床的基础和框架。

二、数控铣床的结构特点

除了数控控制代替了操纵手柄、手轮外,数控铣床在外观上与普通铣床确实有不少相似之处,但实际上数控铣床在结构上比普通铣床要复杂的多,与其他数控机床相比,数控铣床在结构上主要有以下两方面的特征。

(1)控制铣床运动的坐标特征。为了把工件上连续复杂的轮廓形状加工出来必须控制刀具沿设定的直线、圆弧或空间的直线、圆弧轨迹运动。这就要求数控铣床的伺服拖动系统能在多坐标方向同时协调动作,并保持预定的相互关系,也就是要求铣床应能实现多坐标联动。数控铣床要控制的坐标数起码是 3 坐标中任意 2 坐标联动,要实现连续加工直线变斜角工件,起码要实现 4 坐标联动,而若要加工曲线变斜角工件,则要求实现 5 坐标联动。因此,数控铣床所配置的数控系统在档次上一般都比其他数控机床相应更高一些。

(2)数控铣床的主轴特征。现代数控铣床的主轴开启与停止,主轴正反转与主轴变速等都可以按程序介质上编入的程序自动执行。不同的铣床其变速功能与范围也不同。有的采用变频机组(目前已很少采用),固定几种转速,可任选一种编入程序,但不能在运转时改变;有的采用变频器调速,将转速分为几档,程编时可任选一档,在运转中可通过控制面板上的旋钮在本档范围内自由调节;有的则不分档,程编可在整个调速范围内任选一值,在主轴运转中可以在全速范围内进行无级调整,但从安全角度考虑,每次调高或调低只能在允许的范围内,不能有大起大落的突变。在数控铣床的主轴套筒内一般都设有自动拉、退刀装置,能在数秒种内完成装刀与卸刀,使换刀显得较方便。此外,多坐标数控铣床的主轴可以绕 X、Y 或 Z 轴作数控摆动,也有的数控铣床带有万能主轴头,扩大了主轴自身的运动范围,但主轴结构更加复杂。

三、数控铣床分类

1. 按构造分类

(1)工作台升降式数控铣床,如图 1-2 所示。

这类数控铣床采用工作台移动、升降,而主轴不动的方式。小型数控铣床一般采用此种方式。



图 1-2 工作台升降式数控铣床

(2) 主轴头升降式数控铣床, 如图 1-3 所示。

这类数控铣床采用工作台纵向和横向移动, 且主轴沿垂向溜板上下运动; 主轴头升降式数控铣床在精度保持、承载重量、系统构成等方面具有很多优点, 已成为数控铣床的主流。



图 1-3 主轴头升降式数控铣床

(3) 龙门式数控铣床, 如图 1-4 所示。

这类数控铣床主轴可以在龙门架的横向与垂向溜板上运动, 而龙门架则沿床身作纵向运动。大型数控铣床, 因要考虑到扩大行程, 缩小占地面积及刚性等技术上的问题, 往往采用龙门架移动式。

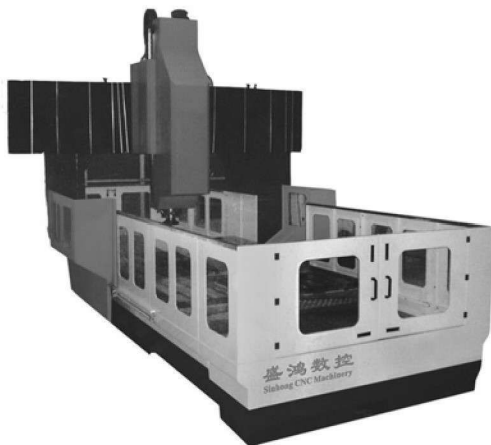


图 1-4 龙门式数控铣床

2. 按通用铣床的分类方法分类

(1) 数控立式铣床,如图 1-1 所示。

数控立式铣床在数量上一直占据数控铣床的大多数,应用范围也最广。从机床数控系统控制的坐标数量来看,目前 3 坐标数控立铣仍占大多数;一般可进行 3 坐标联动加工,但也有部分机床只能进行 3 个坐标中的任意 2 个坐标联动加工(常称为 2.5 坐标加工)。此外,还有铣床主轴可以绕 X、Y、Z 坐标轴中的其中 1 个或 2 个轴作数控摆角运动的 4 坐标或 5 坐标数控立铣。

(2) 卧式数控铣床,如图 1-5 所示。

与通用卧式铣床相同,其主轴轴线平行于水平面。为了扩大加工范围和扩充功能,卧式数控铣床通常采用增加数控转盘或万能数控转盘来实现 4、5 坐标加工。这样,不但工件侧面上的连续回转轮廓可以加工出来,而且可以实现在一次装夹中,通过转盘改变工位运动,进行“四面加工”。



图 1-5 卧式数控铣床

(3) 立卧两用数控铣床,如图 1-6 所示。

目前,这类数控铣床已逐步增多,由于这类铣床的主轴方向可以更换,能达到在一台铣床上既可以进行立式加工,又可以进行卧式加工,而同时具备上述两类铣床的功能,其使用范围更广,功能更全,选择加工对象的余地更大,且给用户带来不少方便。特别是小批量生产。



图 1-6 立卧两用数控铣床

四、数控铣床的加工特点

数控铣削加工除了具有普通铣床加工的特点外,还有如下特点:

- (1) 零件加工的适应性强、灵活性好,能加工轮廓形状特别复杂或难以控制尺寸的零件,如模具类零件、壳体类零件等;
- (2) 能加工普通铣床无法加工或很难加工的零件,如用数学模型描述的复杂曲线零件以及三维空间曲面类零件;
- (3) 能加工一次装夹定位后,需进行多道工序加工的零件;
- (4) 加工精度高、加工质量稳定可靠;
- (5) 生产自动化程序高,可以减轻操作者的劳动强度。有利于生产管理自动化;
- (6) 生产效率高;
- (7) 从切削原理上讲,无论是端铣还是周铣都属于断续切削方式,而不像车削那样连续切削,因此对刀具的要求较高,应具有良好的抗冲击性、韧性和耐磨性。在干式切削状况下,还要求有良好的红硬性。

五、数控铣床常用刀具

选择刀具应根据机床的加工能力、工件材料的性能、加工工序、切削用量以及其他相关因素正确选用刀具及刀柄。刀具选择总的原则是:适用、安全、经济。

适用是要求所选择的刀具能达到加工的目的,完成材料的切削,并达到预定的加工精度。如粗加工时选择有足够大并有足够的切削能力的刀具能快速切削材料;而在精加工时,为了能把结构形状全部加工出来,要使用较小的刀具,加工到每一个角落。再如,切削低硬度材料时,可以使用高速钢刀具,而切削高硬度材料时,就必须使用硬质合金刀具。

安全指的是在有效切削材料的同时,不会产生刀具的碰撞、折断等。要保证刀具及刀柄不会与工件相碰撞或者挤擦,造成刀具或工件的损坏。如加长的直径很小的刀具切削硬质的材料时,很容易折断,选用时一定要慎重。

经济指的是能以最小的成本完成加工。在同样可以完成加工的情形下,选择相对综合成本较低的方案,而不是选择最便宜的刀具。刀具的耐用度和精度与刀具价格关系极大,必须引起注意的是,在大多数情况下,选择好的刀具虽然增加了刀具成本,但由此带来的加工质量和加工效率的提高则可以使总体成本可能比使用普通刀具更低,产生更好的效益。如进行钢材切削时,选用高速钢刀具,其进给速度只能达到 $100\text{mm}/\text{min}$,而采用同样大小的硬质合金刀具,进给速度可以达到 $500\text{mm}/\text{min}$ 以上,可以大幅缩短加工时间,虽然刀具价格较高,但总体成本反而更低。通常情况下,优先选择经济性良好的可转位刀具。

选择刀具时还要考虑安装调整的方便程度、刚性、耐用度和精度。在满足加工要求的前提下,刀具的悬伸长度尽可能短,以提高刀具系统的刚性。

数控加工刀具从结构上可分为:(1)整体式;(2)镶嵌式,镶嵌式又可分为焊接式和机夹

式。机夹式根据刀体结构不同,又分为可转位和不转位 2 种;(3)减振式,当刀具的工作臂长与直径之比较大时,为了减少刀具的振动,提高加工精度,多采用此类刀具;(4)内冷式,切削液通过刀体内部由喷孔喷射到刀具的切削刃部;(5)特殊形式,如复合刀具、可逆攻螺纹刀具等。

数控加工刀具从制造所采用的材料上可分为:(1)高速钢刀具;(2)硬质合金刀具;(3)陶瓷刀具;(4)立方氮化硼刀具;(5)金刚石刀具;(6)涂层刀具。数控铣床上用到的刀具有:(1)钻削刀具,分小孔、短孔、深孔、攻螺纹、铰孔等;(2)镗削刀具,分粗镗、精镗等刀具;(3)铣削刀具,分面铣、立铣、三面刃铣等刀具。

1. 钻削刀具

在数控铣床和加工中心上钻孔都是无钻模直接钻孔,一般钻孔深度约为直径的 5 倍左右,加工细长孔时刀具易折断,因此要注意冷却和排屑。

如图 1-7 所示整体式硬质合金钻头,如果钻削深孔,冷却液可以从钻头中部引入。为了提高钻头的寿命,刀刃上涂有一层碳化钛,它的寿命为一般钻头的 2~3 倍,使用这种钻头钻箱体孔,比普通麻花钻要提高工效 4~6 倍。在钻孔前最好先用中心钻钻一个中心孔,或用一个刚性较好的短钻头顶一窝,解决在铸件毛坯表面的找正等问题。如代替孔的倒角,以提高小钻头的寿命。顶窝一般采用 $\Phi 8 \sim \Phi 15$ 的钻头。当工件毛坯表面非常硬,钻头无法划窝时可先用硬质合金立铣刀,在欲钻孔部位先铣一个小平面,然后再用中心钻钻一引孔,解决硬表面钻孔的找正问题。如图 1-8 所示。

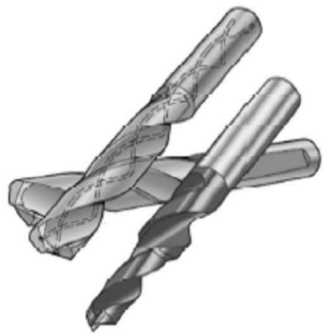


图 1-7 整体式硬质合金钻头

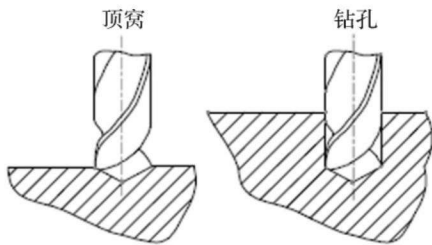


图 1-8 顶窝钻孔加工

2. 铣削加工的刀具

铣削加工刀具种类很多,在数控机床和加工中心上常用的铣刀有:

(1) 面铣刀

面铣刀主要用于立式铣床上加工平面、台阶面等。

面铣刀的圆周表面和端面上都有切削刃,多制成套式镶齿结构,刀齿为高速钢或硬质合金,刀体为 40Cr。

硬质合金面铣刀与高速钢铣刀相比,铣削速度较高,加工效率高,加工表面质量也较好,并可加工带有硬皮和淬硬层的工件,故得到广泛应用。目前广泛应用的可转位式硬质合金面铣刀结构如图 1-9 所示。它将可转位刀片通过夹紧元件夹固在刀体上,当刀片的一个切

削刃用钝后,可直接在机床上将刀片转位或更换新刀片。可转位式铣刀要求刀片定位精度高、夹紧可靠、排屑容易、更换刀片迅速等,同时各定位、夹紧元件通用性要好,制造要方便,并且应经久耐用。

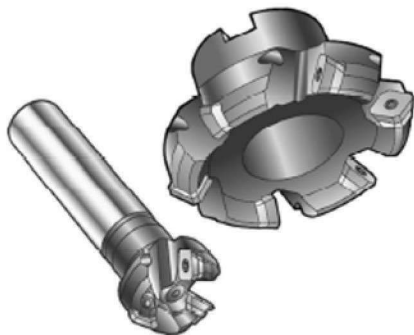


图 1-9 可转位式硬质合金面铣刀

面铣刀铣削平面一般采用 2 次走刀。粗铣时沿工件表面连续走刀,应选好每一次走刀宽度和铣刀直径,使接刀刀痕不影响精切走刀精度,当加工余量大且不均匀时铣刀直径要选小些。精加工时铣刀直径要大些,最好能包容加工面的整个宽度。

(2) 立铣刀

立铣刀是数控机床上用得最多的一种铣刀,主要用于立式铣床上加工凹槽、台阶面等,其结构如图 1-10 所示。

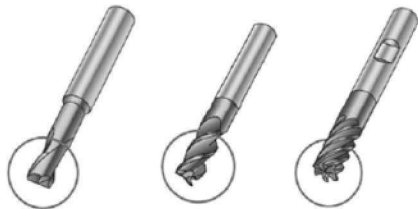


图 1-10 立铣刀

立铣刀的圆柱表面和端面上都有切削刃,它们可同时进行切削,也可单独进行切削。立铣刀端面刃主要用来加工与侧面相垂直的底平面。图 1-10 中的直柄立铣刀分别为两刃、三刃和四刃的铣刀。

立铣刀和镶硬质合金刀片的立铣刀主要用于加工凸轮、凹槽和箱口面等。

为了提高槽宽的加工精度,减少铣刀的种类,加工时可采用直径比槽宽小的铣刀,先铣槽的中间部分,然后用刀具半径补偿功能来铣槽的两边,以达到提高槽的加工精度的目的。

(3) 模具铣刀

模具铣刀由立铣刀发展而成,主要用于立式铣床上加工模具型腔、三维成型表面等。可分为圆锥形立铣刀、圆柱形球头立铣刀和圆锥形球头立铣刀 3 种,其柄部有直柄、削平型直柄和莫氏锥柄。它的结构特点是球头或端面上布满了切削刃,圆周刃与球头刃圆弧连接,可以作径向和轴向进给。铣刀工作部分用高速钢或硬质合金制造。如图 1-11 所示为高速钢

制造的模具铣刀,如图 1-12 所示为用硬质合金制造的模具铣刀。小规格的硬质合金模具铣刀多制成整体结构,Φ16mm 以上直径的,制成焊接或机夹可转位刀片结构。



图 1-11 高建钢模具铣刀



图 1-12 硬质合金模具铣刀

曲面加工常采用球头铣刀,但加工曲面较平坦部位时,刀具以球头顶端刃切削,切削条件较差,因而应采用可转位圆刀片铣刀如图 1-12(b)。

(4) 键槽铣刀

键槽铣刀主要用于立式铣床上加工圆头封闭键槽等。如图 1-13 所示,键槽铣刀有两个刀齿,圆柱面和端面都有切削刃。键槽铣刀可以不经预钻工艺孔而轴向进给达到槽深,然后沿键槽方向铣出键槽全长。

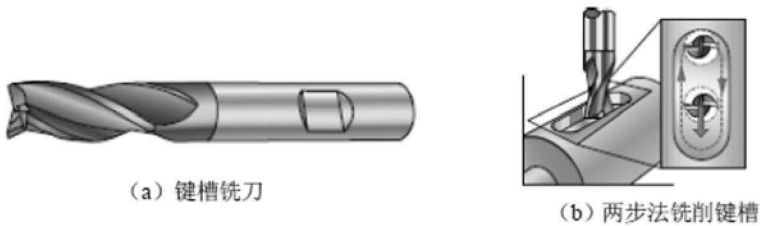


图 1-13 键槽铣刀

(5) 镗孔刀具

在加工中心上进行镗削加工通常是采用悬臂式加工,因此要求镗刀有足够的刚性和较好的精度。

在镗孔过程中一般都是采用移动工作台或立柱完成 Z 向进给(卧式),保证悬伸不变,从

而获得进给的刚性。

对于精度要求不高的几个同尺寸的孔,在加工时,可以用一把刀完成所有孔的加工后,再更换一把刀加工各孔的第二道工序,直至换最后一把刀加工最后一道工序为止。

精加工孔则须单独完成,每道工序换一次刀,尽量减少各个坐标的运动以减少定位误差对加工精度的影响。

加工中心常用的精镗孔刀具为如图 1-14 所示的精镗微调刀杆系统。

大直径的镗孔加工可选用如图 1-15 所示的可调双刃镗刀系统,镗刀两端的双刃同时参与切削,每转进给量高,效率高,同时可消除切削力对镗杆的影响。

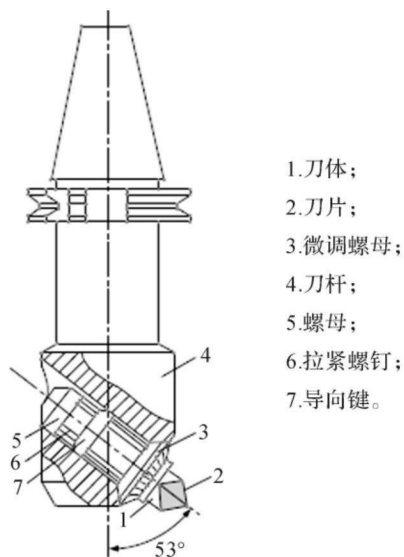


图 1-14 精镗微调镗刀

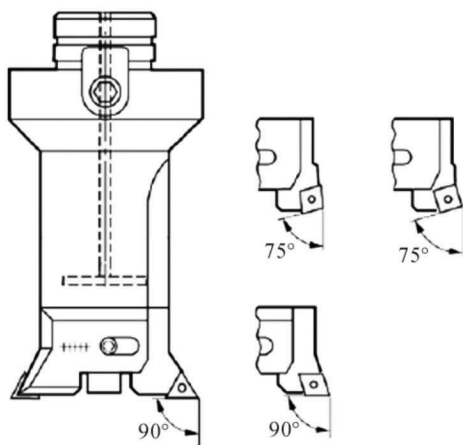


图 1-15 可调双刃镗刀

六、数控铣床常用夹具简介

1. 数控铣削加工常用的夹具

(1) 万能组合夹具。适用于小批量生产或研制时的中、小型工件在数控铣床上进行铣加工。如图 1-16 所示。

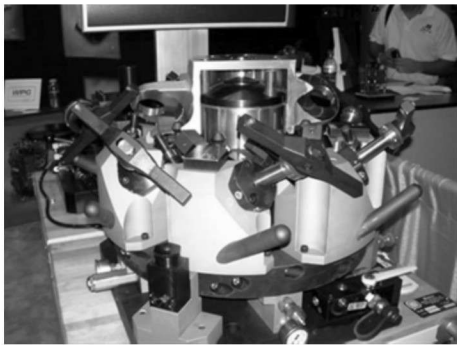


图 1-16 万能组合夹具

(2)专用铣切夹具。是特别为某一项或类似的几项工件设计制造的夹具,一般在批量生产或研制时非要不可时采用。

(3)多工位夹具。可以同时装夹多个工件,可减少换刀次数,也便于一面加工,一面装卸工件,有利于缩短准备时间,提高生产率,较适宜于中批量生产。

(4)气动或液压夹具。适用于生产批量较大,采用其他夹具又特别费工、费力的工件。能减轻劳动强度和提高生产率,但此类夹具结构较复杂,造价往往较高,而且制造周期较长。

(5)真空夹具。适用于有较大定位平面或具有较大可密封面积的工件。有的数控铣床(如壁板铣床)自身带有通用真空平台,在安装工件时,对形状规则的矩形毛坯,可直接用特制的橡胶条(有一定尺寸要求的空心或实心圆形截面)嵌入夹具的密封槽内,再将毛坯放上,开动真空泵,就可以将毛坯夹紧。对形状不规则的毛坯,用橡胶条已不太适应,须在其周围抹上腻子(常用橡皮泥)密封,这样做不但很麻烦,而且占机时间长,效率低。为了克服这种困难,可以采用特制的过渡真空平台,将其叠加在通用真空平台上使用。

除上述几种夹具外,数控铣削加工中也经常采用虎钳、分度头和三爪夹盘等通用夹具。

2. 掌握数控铣床夹具的选择原则

在选用夹具时,通常需要考虑产品的生产批量,生产效率,质量保证及经济性等,选用时可参照下列原则:

(1)在生产量小或研制时,应广泛采用万能组合夹具,只有在组合夹具无法解决工件装夹时才可放弃;

(2)小批或成批生产时可考虑采用专用夹具,但应尽量简单;

(3)在生产批量较大时可考虑采用多工位夹具和气动、液压夹具。

第二节 数控铣床数控系统面板的操作

一、概述

数控系统面板即 CRT/MDI 操作面板。本书介绍的操作面板是 FANUC 公司的 FANUC 01 系统的操作面板,其中 CRT 是阴极射线管显示器的英文缩写(Cathode Radiation Tube,CRT),而 MDI 是手动数据输入的英文缩写(Manual Date Input,MDI)。如图 1-17 所示,为 9" CRT 全键式的操作面板和 MDI 标准键盘的操作面板。

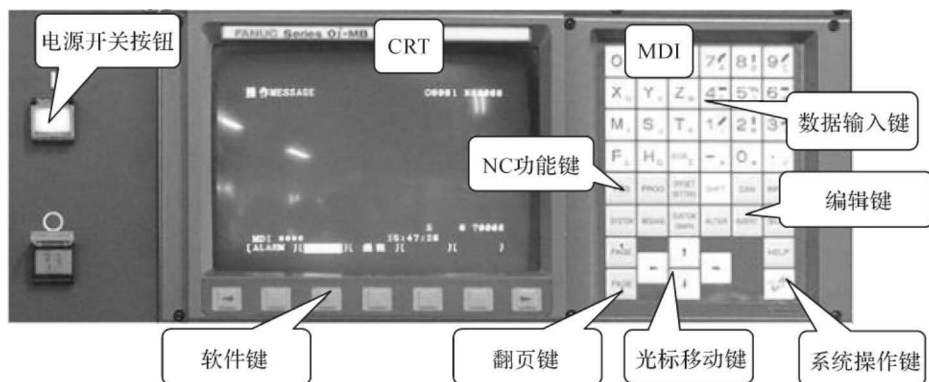


图 1-17 CRT/MDI 操作面板

可以将面板的键盘分为以下几个部分:

(1) 软件键

该部分位于 CRT 显示屏的下方,除了左右两个箭头键外,键面上没有任何标识。这是因为各键的功能都被显示在 CRT 显示屏的下方的对应位置,并随着 CRT 显示的页面不同而有着不同的功能,这就是该部分被称为软件键的原因;

(2) 系统操作键

这一组有二个键,分别为右下角 RESET 键和 HELP 键,其中的 RESET 为复位键,HELP 键为系统帮助键;

(3) 数据输入键

该部分包括了铣床能够使用的所有字符和数字。可以看到,字符键都具有 2 个功能,较大的字符为该键的第一功能,即按下该键可以直接输入该字符,较小的字符为该键的第二功能,要输入该字符须先按“SHIFT”键(按“SHIFT”键后,屏幕上相应位置会出现一个“~”符号)然后再按该键。另外键“6/sp”中“sp”是“空格”的英文缩写(Space),也就是说,该键的第

二功能是空格；

(4)光标移动键和翻页键

在 MDI 面板的下方的上下箭头键(“↑”和“↓”)和左右箭头键(“←”和“→”)为光标前后移动键,标有“PAGE”的上下箭头键为翻页键；

(5)编辑键

这一组有 5 个键:CAN、INPUT、ALTER、INSERT 和 DELETE,位于 MDI 面板的中右方,这几个键为编辑键,用于编辑加工程序；

(6)NC 功能键

该组的 6 个键(标准键盘)或 8 个键(全键式)用于切换 NC 显示的页面以实现不同的功能；

(7)电源开关按钮

机床的电源开关按钮位于 CRT/MDI 面板左侧,红色标有“OFF”的按钮为 NC 电源关断,绿色标有“ON”的按钮为 NC 电源接通。

二、MDI 面板

CRT 为显示屏幕,用于相关数据的显示,用户可以从屏幕中看到操作数控系统的反馈信息。MDI 面板是用户输入数控指令的地方,MDI 面板的操作是数控系统最主要的输入方式。

如图 1-18 所示,为 MDI 面板上各按键的位置。

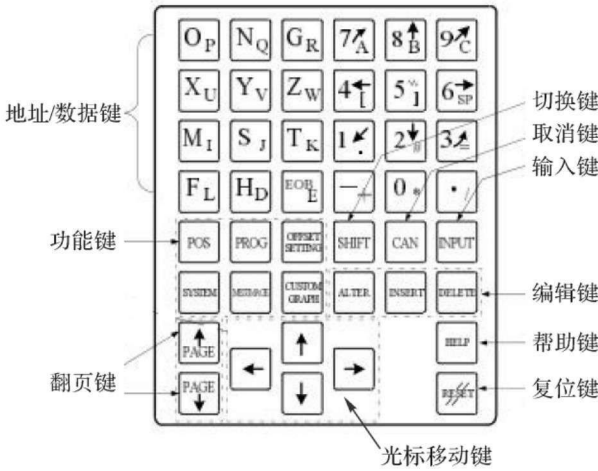


图 1-18 MDI 操作面板

如表 1-1 所示为 MDI 面板上各键的详细说明。