



国家职业资格培训教材

数控铣工 加工中心操作工(中级) 操作技能鉴定实战详解

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

韩鸿鸾 高小林 主编

依据 **劳动和社会保障部**

制定的《国家职业标准》要求编写



国家职业资格培训教材

数控铣工/加工中心操作工(中级) 操作技能鉴定实战详解

国家职业资格培训教材编审委员会 组编

主 编 韩鸿鸾 高小林

副主编 王 英 闫 浩

参 编 韩中华 刘辉峰 梁华国

主 审 张玉东



机械工业出版社

地址: 北京市西城区百万庄大街24号
邮编: 100037
电话: (010) 88379222
网址: <http://www.cmpbook.com>
发行部: (010) 88379222
编辑部: (010) 88379222
印刷部: (010) 88379222

本教材是针对国家职业技能鉴定操作技能考试的需要,参照国家职业标准《数控铣工》(中级)、《加工中心操作工》(中级)的要求,按技能考核鉴定点进行实战设计的。本教材共收录操作技能鉴定试题 24 套,包括 FANUC 系统、SIEMENS 802D 系统、华中系统数控铣床/加工中心部分。本教材选题大部分来自各省市及国家题库,考核要求部分包括总体要求、评分标准、准备清单,考核实施部分包括零件图识读、工艺分析和程序编制,具有针对性、典型性、实用性。附录中还给出了考试所需的 FANUC 系统、SIEMENS 系统和华中系统的指令集。

本教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门、职业技术学院、技工院校考前培训的强化训练教材,又可作为参加职业技能鉴定读者的考前操作技能实战训练用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控铣工/加工中心操作工(中级)操作技能鉴定实战详解/韩鸿鸾,高小林主编. —北京:机械工业出版社,2011.1

国家职业资格培训教材

ISBN 978-7-111-32547-5

I. ①数… II. ①韩…②高… III. ①数控机床:铣床-技术培训-教材
②数控机床加工中心-技术培训-教材 IV. ①TG547②TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 226384 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑:荆宏智 责任编辑:荆宏智 宋亚东 责任校对:张玉琴

封面设计:饶薇 责任印制:杨曦

保定市中国画美凯印刷有限公司印刷

2011 年 2 月第 1 版第 1 次印刷

184mm×260mm·16.75 印张·412 千字

0001—3000 册

标准书号:ISBN 978-7-111-32547-5

定价:35.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066

门户网:<http://www.cmpbook.com>

销售一部:(010) 68326294

教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售二部:(010) 88379649

读者服务部:(010) 68993821

封面防伪标均为盗版

序

林德新 社 业 职 业 国
会 员 委 审 院

为落实国家人才发展战略目标，加快培养一大批高素质的技能型人才，我们精心策划了与原劳动和社会保障部《国家职业标准》配套的《国家职业资格培训教材》。这套教材涵盖41个职业，共172种。教材出版后，受到全国各级培训、鉴定部门和技术工人的欢迎，基本满足了培训、鉴定、考工和读者自学的需要，为培养技能人才发挥了重要作用，本套教材也因此成为国家职业资格培训的品牌教材。JJJ——“机工技能教育”品牌已深入人心。

按照国家“十一五”高技能人才培养体系建设的主要目标，到“十一五”期末，全国技能劳动者总量将达到1.1亿人，高级工、技师、高级技师总量均有大幅增加。因此，从2005年至2009年的五年间，参加职业技能鉴定的人数和获取职业资格证书的人数年均增长达10%以上，2009年全国参加职业技能鉴定和获取职业资格证书的人数均已超过1200万人。这种趋势在“十二五”期间还将会得以延续。

为满足职业技能鉴定培训的需要，我们经过充分调研，决定在已经出版的理论、技能、题库合一的《国家职业资格培训教材》的基础上，贯彻“围绕考点，服务鉴定”的原则，紧扣职业技能鉴定考核要求，根据企业培训部门、技能鉴定部门和读者的不同需求进行细化，分别编写理论鉴定培训教材系列、操作技能鉴定实战详解系列和职业技能鉴定考核题库系列。

《国家职业资格培训教材——鉴定培训教材系列》：针对国家职业技能鉴定理论知识考试的需要，参照《国家职业技能标准》的要求编写，主要用于考证前的理论培训。它主要有以下特色：

- 汲取国家职业资格培训教材精华——保留国家职业资格培训教材的精华内容，考虑企业和读者的需要，重新整合、更新、补充和完善培训教材的内容。
- 依据最新国家职业标准要求编写——以《国家职业技能标准》要求为依据，以“实用、够用”为宗旨，以便于培训为前提，提炼重点培训和复习的内容。
- 紧扣国家职业技能鉴定考核要求——按复习指导形式编写，教材中的知识点紧扣职业技能鉴定考核的要求，针对性强，适合技能鉴定考试前培训使用。

《国家职业资格培训教材——操作技能鉴定实战详解系列》：针对国家职业技能鉴定操作技能考试的需要编写。本套教材按实战进行设计，解析详细，定位于操作技能考试前的突击冲刺、强化训练。它主要有以下特色：

- 依据明确，具有针对性——依据技能考核鉴定点设计，目的明确。
- 内容全面，具有典型性——图样、评分表、准备清单，完整齐全。
- 解析详细，具有实用性——图解形式，操作步骤和重点解析详细。
- 练考结合，具有实战性——单项训练题、综合训练题，步步提升。

《国家职业资格培训教材——职业技能鉴定考核题库系列》：针对技能培训、鉴定和考工部门和参加技能鉴定人员复习、考核和自检自测的需要编写。它主要有以下特色：

- 考核重点、理论题、技能题、答案、模拟试卷齐全。

- 初级、中级、高级、技师、高级技师各等级全包括。
- 试题典型性、代表性、针对性、通用性、实用性强。
- 内含职业技能鉴定试题、全国及部分省市大赛试题。

这些教材是《国家职业资格培训教材》的扩充和完善，目的是满足不同的需求，将“机工技能教育”品牌发扬光大。在编写时，我们重点考虑了以下几个方面：

在工种选择上，选择了机电行业的车工、铣工、钳工、机修钳工、汽车修理工、制冷设备维修工、铸造工、焊工、冷作钣金工、热处理工、涂装工、维修电工等近二十个主要工种。

在编写依据上，依据最新国家职业标准要求，紧扣职业技能鉴定考核要求编写。对没有国家职业标准，但社会需求量大且已单独培训和考核的职业，则以相关国家职业标准或地方鉴定标准和要求为依据编写。

在内容安排上，提炼应重点培训和复习的内容，突出“实用、够用”，重在教会读者掌握必需的专业知识和技能，掌握各种类型题的应试技巧和方法。

在作者选择上，共有十几个省、自治区、直辖市相关行业 200 多名工程技术人员、教师、技师和高级技师等从事技能培训和考工的专家参加编写。他们既了解技能鉴定的要求，又具有丰富的教材编写经验。

全套教材既可作为各级职业技能鉴定培训机构、企业培训部门的考前培训教材，又可作为读者考前复习和自测使用的复习用书，也可供职业技能鉴定部门在鉴定命题时参考，还可作为职业技术学院、技工院校、各种短训班的专业课教材。

在这套教材的调研、策划、编写过程中，曾经得到许多企业、鉴定培训机构有关领导、专家、工程技术人员、技师和高级技师的大力支持和帮助，在此表示衷心的感谢！

虽然在编写这套培训教材中尽了很大努力，但教材中难免存在不足之处，诚恳地希望专家和广大读者批评指正。

国家职业资格培训教材编审委员会

前 言

随着社会的进步，科技的发展，社会上对于数控技术人才的需求也越来越大了。现在我国数控技术应用专业人才（数控车工、数控铣工、加工中心操作工、电切削工、数控程序员、数控机床装调维修工）的缺口在 60 万人左右。

我国加入世界贸易组织后，跨国企业在我国各地建立高起点的企业，这些企业所需要的技术人员有相当多的一部分为数控技术人员。

为了加强数控技术人员的规范性，原中国劳动和社会保障部在以前相关标准的基础上，于 2005 ~ 2007 年分别对这些标准进行了更新与增加。各省市也根据这些标准进行相应的技术等级鉴定。虽然现在有关数控技术的书籍很多，但针对相关标准、针对技术等级鉴定的书籍还很匮乏。本书就是在这种情况下编写的。

本书是根据《数控铣工》和《加工中心操作工》中级部分的技能要求编写的。本书所选试题大部分来自各省市技能鉴定题库中的技能试题，有的已经在鉴定中应用了。针对现在各省市的技能鉴定陆续采用国家题库的情况，本书也选用了大量的国家技能鉴定题库中的试题。

本书在体系上设计合理，内容上循序渐进，文字规范、简练，图样绘制和标注采用最新规范。

本书由韩鸿鸾、高小林任主编，王英、闫浩任副主编，韩中华、刘辉峰、梁华国参加编写，张玉东主审，全书由韩鸿鸾统稿。

本书在编写过程中得到了山东省、河南省、河北省、江苏省、上海市等技能鉴定部门的大力支持，在此深表谢意。

由于时间仓促，编者水平有限，书中缺陷乃至错误在所难免，感谢广大读者给予批评指正。

编 者

目 录

序

前言

试题一	轮廓加工	1
试题二	型腔加工	15
试题三	齿形轮廓加工	28
试题四	轮廓与型腔加工	55
试题五	具有腰形槽轮廓加工	65
试题六	封闭槽加工	75
试题七	型腔与孔加工	81
试题八	内外轮廓加工(一)	90
试题九	“U”形槽与外轮廓加工	101
试题十	封闭槽与外轮廓加工	108
试题十一	含岛屿型腔加工	115
试题十二	耳形轮廓加工	125
试题十三	含岛屿型腔与轮廓加工	131
试题十四	封闭槽与外轮廓加工	143
试题十五	平面与轮廓加工	152
试题十六	内外轮廓加工(二)	159
试题十七	平面与外轮廓加工	165
试题十八	型腔与外轮廓加工	172
试题十九	轮廓与异形腔加工	180
试题二十	跑道形轮廓加工	189
试题二十一	孔与封闭槽加工	198
试题二十二	端盖加工	206
试题二十三	凸轮槽加工	217
试题二十四	孔与内外轮廓加工	224
附录 A	FANUC 系统数控铣床/加工中心的准备功能与辅助功能	232
附录 B	SIEMENS 指令集	236
附录 C	华中世纪星 HNC—21M 常用指令	254
	参考文献	256

试题一 轮廓加工

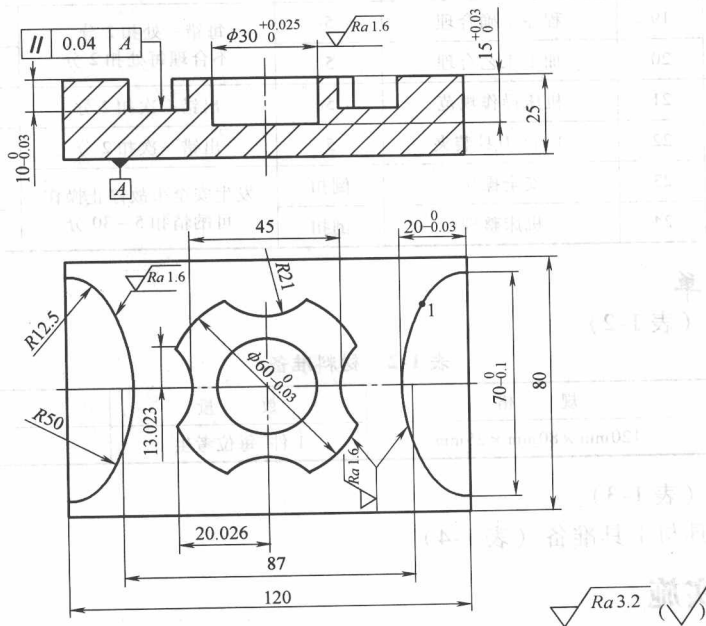
一、考核目标

- 1) 掌握中等复杂零件图的识读方法。
- 2) 掌握技能鉴定考核的加工工艺安排方法。
- 3) 掌握机用平口钳装夹工件的方法。
- 4) 掌握零件的找正方法。
- 5) 掌握刀具的选择方法。
- 6) 掌握圆弧插补、直线插补的应用方法。
- 7) 掌握孔加工的方法。
- 8) 掌握数控铣床/加工中心的操作方法。

二、考核要求

1. 总体要求

- 1) 本题分值：100分。
- 2) 考核时间：240min。
- 3) 具体考核要求：按零件图（图 1-1）完成加工操作。



1点 (50.000, 30.000)

图 1-1 零件图

2. 评分标准 (表 1-1)

表 1-1 评分标准

项目与配分	序号	技术要求	配分	评分标准	检测记录	得分
工件质量 (80分)	岛屿	1	$\phi 60_{-0.03}^0 \text{mm}$	10	超差 0.01mm 扣 2 分	
		2	$2 \times 87 \text{mm}$	2	超差不得分	
		3	$2 \times 45 \text{mm}$	2	超差不得分	
		4	$4 \times R21 \text{mm}$	2	每错一处扣 1 分	
		5	$Ra \ 1.6 \mu\text{m}$	5	每错一处扣 1 分	
		6	深度 $10_{-0.03}^0 \text{mm}$	5	超差 0.1mm 扣 2 分	
	孔	7	$\phi 30_{+0.025}^0 \text{mm}$	10	超差 0.01mm 扣 2 分	
		8	深度 $15_{+0.03}^0 \text{mm}$	5	超差 0.01mm 扣 2 分	
		9	$Ra \ 1.6 \mu\text{m}$	3	每错一处扣 1 分	
	耳形轮廓	10	$2 \times 20_{-0.03}^0 \text{mm}$	10	超差 0.01mm 扣 2 分	
		11	$2 \times 70_{-0.1}^0 \text{mm}$	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
		12	平行度 0.04mm	4	超差 0.01mm 扣 2 分	
		13	$4 \times R12.5 \text{mm}$	4	每错一处扣 1 分	
		14	$2 \times R50 \text{mm}$	2	每错一处扣 1 分	
		15	$Ra \ 1.6 \mu\text{m}$	3	每错一处扣 1 分	
	其他	16	工件按时完成	4	未按时完成全扣	
		17	工件无缺陷	3	缺陷一处扣 1 分	
		18	$Ra \ 3.2 \mu\text{m}$	2	每错一处扣 1 分	
程序与工艺 (10分)	19	程序正确合理	5	每错一处扣 2 分, 不合理每处扣 2 分		
	20	加工工艺合理	5			
机床操作 (10分)	21	机床操作规范	5	出错一次扣 2 分		
	22	工件、刀具装夹	5	出错一次扣 2 分		
安全文明生产	23	安全操作	倒扣	发生安全事故停止操作 可酌情扣 5~30 分		
	24	机床整理	倒扣			

3. 准备清单

1) 材料准备 (表 1-2)。

表 1-2 材料准备

名称	规格	数量	要求
45 钢或铝	$120 \text{mm} \times 80 \text{mm} \times 25 \text{mm}$	1 件/每位考生	三面垂直

2) 设备准备 (表 1-3)。

3) 刀具、量具与工具准备 (表 1-4)。

三、考核实施

技能鉴定是对考生工艺知识、编程能力、操作技能水平的综合考评。要求考生以最合理的工艺方案、最佳的刀具路径,在规定的时间内完成试件的加工。

表 1-3 设备准备

名称	规格	数量	要求
数控铣床	根据考点情况选择		
机用平口钳	对应工件	1 副/每台机床	
机用平口钳扳手	相应机用平口钳	1 副/每台机床	
机用平口钳固定螺栓扳手	相应机用平口钳	1 副/每台机床	
垫铁	对应工件	1 副	

表 1-4 刀具、量具与工具准备

序号	名称	规格/mm	数量	备注
1	游标卡尺	0.02/0 ~ 150	1 副/每台机床	
2	外径千分尺	0.01/50 ~ 75		
3	内径千分尺	0.01/25 ~ 50		
4	深度千分尺	0.01/0 ~ 150		
5	指示表、磁性表座	0.01/0 ~ 10		
6	半径样板	R15 ~ R30		
7	塞尺	0.02 ~ 1		
8	立铣刀	φ10		
9	镗刀	SBJ-1625-90(φ25 ~ φ31)		
10	刀柄、夹头	与以上刀具相关的刀柄、钻夹头和弹簧夹		
11	计算器			

最合理的工艺方案是采用最少的进给次数、最快捷的余量去除方式、最有效的精度保证和最方便的工件自检方法，在规定的时间内完成试件加工的工艺方案。

最佳的刀具路径是在保证加工精度和表面粗糙度的前提下，数值计算最简单、进给路线最短、空行程少、编程量小、程序短、简单易行的刀具路径。

在规定时间内用熟练操作和快捷的编程，合理使用刀具，优选切削用量，确保关键得分点，把握加工节奏、粗精加工分开，力争用最短的时间完成内容。

本试题主要针对由多个圆弧相连构成的轮廓进行加工考核。要求学生通过分析图样，合理制定加工方案，熟练进行加工前准备、安装刀具与装夹工件、程序与参数的输入和校验以及零件加工和检测等各项操作。

1. 零件图识读

零件由一个内轮廓尺寸、一个岛屿外轮廓和两个形状相同的外轮廓组成。内轮廓尺寸为 $\phi 30^{+0.025}_0$ mm、高度尺寸为 $15^{+0.03}_0$ mm、表面粗糙度值为 $Ra1.6\mu\text{m}$ ；外轮廓尺寸为 $\phi 60^{+0.03}_0$ mm、 $R21$ mm、 $20^{+0.03}_0$ mm、 $70^{+0.1}_0$ mm、 $10^{+0.03}_0$ mm；平行度为 0.04 mm、表面粗糙度值为 $Ra1.6\mu\text{m}$ 。

2. 工艺分析

为去除加工余量，以刀具中心编程加工出 $68\text{mm} \times 70\text{mm}$ 的矩形轨迹，加工深度 10 mm（粗加工留 0.2 mm 余量），然后粗、精加工外轮廓和内轮廓，并保证深度尺寸。孔的粗加工

采用螺旋插补铣削方式(图1-2),可以不加工落刀孔,最后用 $\phi 30\text{mm}$ 的镗刀精加工至尺寸。加工顺序如下:

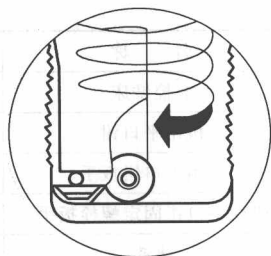


图1-2 螺旋插补铣削方式

1) 用 $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀以 $68\text{mm} \times 70\text{mm}$ 的刀具中心轨迹编程,粗加工去除部分加工余量,加工深度为 9.8mm ,留 0.2mm 表面加工余量。

2) 用 $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀, $D1$ 为 5.5mm , Z 轴按 5mm 和 9.8mm 的加工深度修改和重复运行程序完成耳形轮廓的粗加工,留 0.2mm 表面加工余量。

3) 用 $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀, $D1$ 为 5.5mm , Z 轴按 5mm 和 9.8mm 的加工深度修改和重复运行程序完成岛屿轮廓的粗加工,留 0.2mm 表面加工余量。

4) 用 $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀以螺旋插补的进刀方式完成孔的粗加工,直径留 1mm 余量,深度加工至规定尺寸。

5) 更换 $\phi 10\text{mm}$ 立铣刀,重新建立长度补偿值并精加工耳形外轮廓, $D1$ 为 5mm ,加工深度为 10mm 。

6) 精加工岛屿外轮廓, $D1$ 为 5mm ,加工深度为 10mm 。

7) 精加工 $68\text{mm} \times 70\text{mm}$ 底面,加工深度为 10mm 。

8) 精镗 $\phi 30^{+0.025}_0$ 孔至规定尺寸。

3. 螺旋下刀

由于立铣刀端部有顶尖孔,所以不能垂直向下进刀,但可以利用数控铣床或加工中心三轴联动的功能完成带轴向进给的切削。

在图1-3中, M 为刀具端面顶尖的直径, E 为刀具端部顶尖孔 60° 坡口的深度。由图1-3可知,当刀具径向向移动 M (单位为 mm)时,主轴旋转的转数 r 为

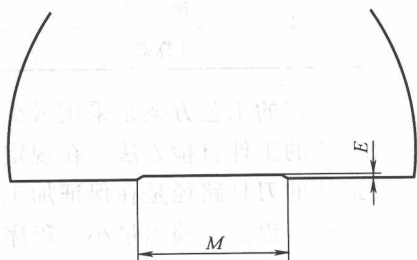


图1-3 下刀转数计算

$$r = \frac{M}{f_z z}$$

式中 f_z ——每齿径向进给量(mm/z);

z ——刀具的齿数。

而在相同时间内主轴轴向进给 $T = fr$,则

$$T = \frac{fM}{f_z z}$$

式中 f ——每转轴向进给量(mm/r)。

从理论上讲,只要 $T < E$ 进给就是安全的,即 $\frac{fM}{f_z z} < E$,也就是当 $f < \frac{zf_z E}{M}$ 时,进给就是安全的。

若 $E = 0.5\text{mm}$, $f_z = 0.05\text{mm}/z$, $z = 4$, $M = 3\text{mm}$ 则 $f < 0.033\text{mm}/r$,取 $f < 0.03\text{mm}/r$ 。

本题圆的周长 $L = \pi D = 3.14 \times 20\text{mm} = 62.8\text{mm}$,为刀具中心移动的距离,其他参数不变,则主轴共旋转 $62.8\text{mm}/(4 \times 0.05\text{mm}) = 125.6r$ 。 Z 轴安全进给的距离是 $0.03\text{mm} \times 125.6 = 3.768\text{mm}$ 。若加工深度超过 3.7mm ,就要增加进给次数,此处分5次,工艺过程和加工参数见表1-5。

表 1-5 工艺过程和加工参数

工步	工步内容	刀具类型	主轴转速 (r/min)	进给速度/(mm/min)		工步图
				Z向	周向	
1	粗加工	φ10mm 立铣刀	500	500	100	
2	耳形轮廓粗加工		500	500	100	
3	岛屿轮廓粗加工		500	500	100	
4	孔粗加工		500	500	150	
5	外轮廓精加工		800	500	150	
6	68mm × 70mm 底面精加工		800	500	150	
7	孔精加工	镗刀	1000	80	—	

4. 程序编制

- 1) 数值计算。图样已经给出了所需的编程点的值,不需要进行计算。
- 2) 确定工件坐标系原点。从图样分析可以得出整个加工轮廓相对毛坯中心是对称的,所以选择工件对称中心作为 X 轴和 Y 轴的编程原点, Z 轴零点选择毛坯的上表面。
- 3) 加工程序(表 1-6)。

表 1-6 加工程序

FANUC Oi 数控系统程序	华中系统数控程序	注 释
O0011;	O0011 %1	68mm×70mm 去余量加工程序
G17 G54 G80 G40 G49;	G17 G54 G80 G40 G49	1. 粗加工两次运行该程序,深度为 5mm 和 9.8mm,留 0.2mm 精加工余量 2. 外轮廓精加工后,修改深度为 Z-10.0; M03 S500 为 M03 S800; F100 为 F150,再次运行此程序,精加工底面
G90 G00 G43 H01 Z100.0;	G90 G00 G43 H01 Z100	
M03 S500;	M03 S500	
G00 X34.0 Y50.0 M08;	G00 X34 Y50 M08	
Z10.0;	Z10	
G01 Z-9.8 F500;	G01 Z-9.8 F500	
Y-35.0 F100;	Y-35 F100	
X-34.0;	X-34	
Y35.0;	Y35	
X34.0;	X34	
G00 G90 Z300.0 M05;	G00 G90 Z300 M05	抬刀至安全高度,主轴停止
G49;	G49	取消长度补偿
M30;	M30	程序结束
O0012;	O0012 %1	耳形轮廓的粗、精加工程序
G17 G54 G90 G40 G49;	G17 G54 G90 G40 G49	
M03 S500;	M03 S500	粗加工时 S500,精加工时 S800
G00 G43 H02 Z10.0;	G00 G43 H02 Z10	更换刀具精加工前,要重新调整 H02 值
X70.0 Y-50.0 M08;	X70 Y-50 M08	
G01 Z-10.0 F500;	G01 Z-10 F500	
G41 Y-35.0 D02 F100;	G41 Y-35 F100	精加工时 F100 改为 F150
X60.0;	X60	加工右边轮廓
G02 X50.0 Y-30.0 R12.5;	G02 X50 Y-30 R12.5	
Y30.0 R50.0;	Y30 R50	
X60.0 Y35.0 R12.5;	X60 Y35 R12.5	
G01 X67.0;	G01 X67	
Y55.0 F500;	Y55 F500	因不进行切削,加快进给速度提高定位效率
X-67.0;	X-67	
Y35.0;	Y35	
X-60.0 F100;	X-60 F100	精加工时 F100 改为 F150

(续)

FANUC Oi 数控系统程序	华中系统数控程序	注 释
G02 X-50.0 Y30.0 R12.5; Y-30.0 R50.0; X-60.0 Y-30.0 R12.5;	G02 X-50 Y30 R12.5 Y-30 R50 X-60 Y-30 R12.5	加工左边轮廓
G01 X-70.0;	G01 X-70	
G00 Z200.0 M09; G49 M05; M30;	G00 Z200 M09 G49 M05 M30	
O0013;	O0013 %1	岛屿轮廓的粗、精加工程序
G17 G54 G90 G40 G49; M03 S500;	G17 G54 G90 G40 G49 M03 S500	粗加工时 S500;精加工时 S800
G00 G43 H02 Z10.0; X0.0 Y-50.0 M08;	G00 G43 H02 Z10 X0 Y-50 M08	更换刀具精加工前,要重新调整 H02 值
G01 Z-10.0 F500; G41 Y-27.026 D02 F100; X-13.023;	G01 Z-10 F500 G41 Y-27.026 F100 X-13.023	精加工时 F100 改为 F150
G02 X-27.026 Y-13.023 R30.0; G03 Y13.023 R21.0;	G02 X-27.026 Y-13.023 R30 G03 Y13.023 R21	
G02 X-13.023 Y27.026 R30.0; G03 X13.023 R21.0;	G02 X-13.023 Y27.026 R30 G03 X13.023 R21	
G02 X27.026 Y13.023 R30.0; G03 Y-13.023 R21.0;	G02 X27.026 Y13.023 R30 G03 Y-13.023 R21	
G02 X13.023 Y-27.026 R30.0; G03 X-21.0 Y-43.5 R-21.0;	G02 X-13.023 Y-27.026 R30 G03 X-21.0 Y-43.5 R-21	加工大于 180°弧,撤出轮廓
G01 G40 X0.0; G00 Z200.0 M09; G49 M05; M30;	G01 G40 X0 G00 Z200 M09 G49 M05 M30	
O0014;	O0014 %1	孔粗加工程序
G17 G54 G90 G40 G49; M03 S500;	G17 G54 G90 G40 G49 M03 S500	粗加工 S500
G00 X4.5 Y0.0 M08; G43 H02 Z10.0;	G00 X4.5 Y0 M08 G43 H02 Z10	
G01 Z1.0 F500; G03 I-4.5 Z-3.0 F150; I-4.5 Z-6.0; I-4.5 Z-9.0; I-4.5 Z-12.0; I-4.5 Z-15.0;	G01 Z0 F150 G91 G03 I-4.5 Z-3 L5	Z 轴定位 1. 刀具中心编程,螺旋线下刀铣削 φ19mm 圆,去除孔的余量 2. 华中系统“L5”表示以每圈 3mm 的铣削深度,铣削 5 次到达 15mm 的加工深度

(续)

FANUC Oi 数控系统程序	华中系统数控程序	注 释
I-4.5;	I-4.5	铣平底面
G00 Z1.00;	G00 G90 Z0	Z轴和X轴定位,加工 $\phi 29\text{mm}$ 的孔, 直径留1mm精加工余量
G01 X9.5;	G01 X9.5	
G03 I-9.5 Z-5.0;	G03 I-9.5 G91 Z-5 L3	螺旋线插补
I-9.5 Z-10.0;		
I-9.5 Z-15.0;		
I-9.5;	I-9.5	铣平底面
G00 Z200.0 M09;	G00 G90 Z200 M09	
G49 M05;	G49 M05	
M30;	M30	
O0015;	O0015 %1	孔的精加工程序
G17 G54 G90 G80 G49;	G17 G54 G90 G80 G49	
M03 S1000;	M03 S1000	
G00 X0.0 Y0.0 M08;	G00 X0 Y0 M08	
G43 H02 Z50.0;	G43 H02 Z50	用G82精镗孔有助于平孔底。“P” 表示孔底暂停时间,FANUC系统单位 为“ms(毫秒)”;华中系统为“s(秒)”
G98 G82 Z-15.0 R3.0 P500 F80;	G98 G82 Z-15.0 R3.0 P0.5 F80	
G80;	G80	
G49 G00 Z300.0 M09;	G49 G00 Z300.0 M09	
M05;	M05	
M30;	M30	

5. 机床操作 (FANUC Oi-M 数控系统)

FANUC Oi-M 数控铣床的 MDI 单元及控制面板,如图 1-4 所示。

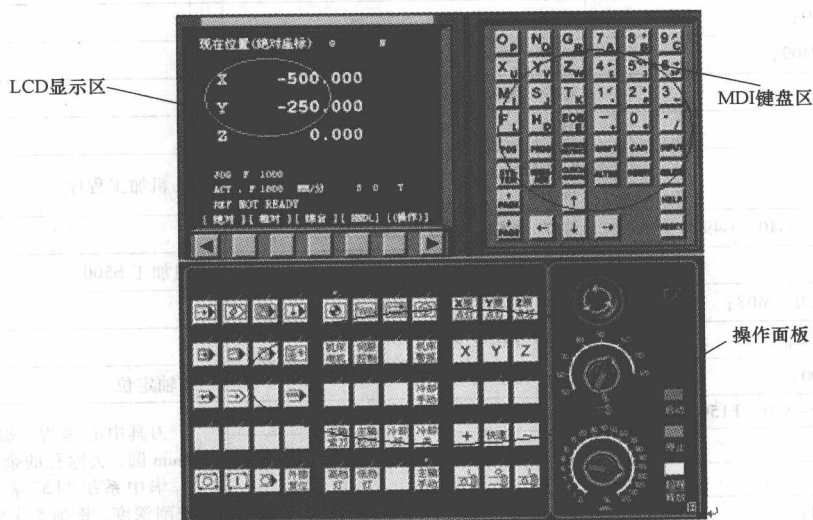


图 1-4 FANUC Oi-M 数控铣床面板

(1) 程序输入

1) 操作步骤：选择 (编辑模式) → (程序管理) → 按以下顺序依次输入建立加工程序。

O0011 +
 +
 G17 G21 G40 G54 + +
 G00 G90 Z50. + + +
 ... + +
 M30 + +

结果如下：

O0011;
 G17 G21 G40 G54;
 G00 G90 Z50;
 ...;
 ...;
 M30;

2) 常用键的操作

① (取消键)。用 键取消当前错误的输入。例如，输入程序段“G90 G00 X0.0 S800 M03;”，当输入到“G90 G00 X0.0”，后面输入“S800”时，不小心输入了“Y0”或其他字符时，可用 取消错误的输入，然后继续输入。

② (替换键)。当发现程序段中有需要修改的字符时，可用 键修改。例如，输入程序段“G01 G41 X0 Y0 D02 F100;”，所要求的刀具半径补偿地址是“D01”，但是输入了“D02”，这时把光标移动到“D02”上，然后输入“D01”按下 键即可。

③ (删除键)。 键可删除程序、程序段或已输入的指令。在 (程序编辑模式)，按下 键显示程序画面：

- a) 输入“0—9999” + 键，删除内存中所有的程序。
- b) 输入“Oxxxx” + 键，输入程序号的程序被删除。
- c) 输入“Oxxxx, Oyyyy” + 键，删除程序号从 No. xxxx 到 No. yyyy 之间的程序。
- d) 将光标移动到所要删除的程序段上，输入 + 可以把所选中的程序段删除。
- e) 在程序的编辑或查看过程中，将光标移动到需要删除的地方，按下 即可。

(2) 程序校验

1) 起动、关闭机床操作

① 起动机床。打开机床配电箱的总电源 → 起动数控系统的启动按钮 → 等待数控系统起动后 (图 1-5) → 顺时针旋转释放急停按钮 。



图 1-5 起动显示画面

② 关闭机床。移动机床的 X、Y 坐标轴至机床的中间位置，Z 轴离开限位开关（-100.00mm）→按下 按钮→按 关闭数控系统电源→按 关闭机床的总电源。

2) 移动坐标轴

① 回参考点 (REF)。选择 (返回参考点按钮)→ (Z 轴按钮)→ (X 轴按钮)→ (Y 轴按钮)→ 等所有轴的指示灯完全点亮，此时各坐标轴已回到参考点。

② 手动连续 (JOG)。选择 手动方式→选择 、 或 →按下 或 方向键→相应的坐标轴以 G01 的速度连续移动→调节倍率开关 控制移动速度（按下 或 + 快速键，为 G00 速度）。

③ 手摇脉冲发生器 (HANDLE)。选择 →在电子手轮（图 1-6）上选择 X 轴、Y 轴或 Z 轴和适当的移动倍率→顺时针旋转轮盘，坐标轴沿正向移动；反之，沿负向移动。

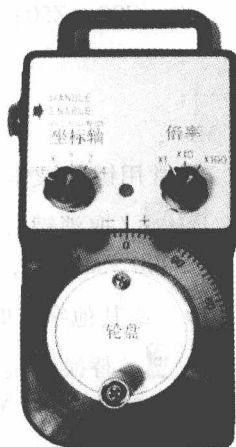


图 1-6 电子手轮

3) 建立工件坐标系。建立坐标系也是对刀的过程，常用的工具有铣刀、光电式和偏心式寻边器、Z 轴设定器和杆杠指示表等（图 1-7），在此用铣刀试切法进行对刀。

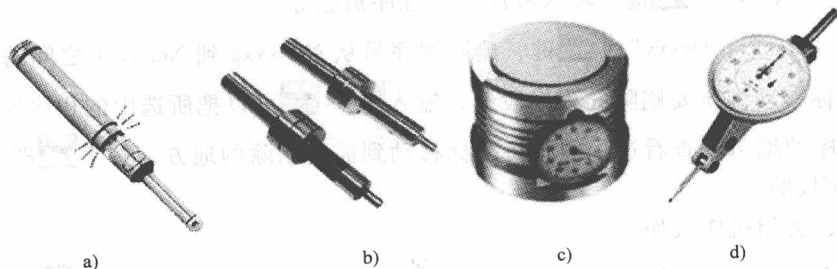


图 1-7 常用对刀工具

a) 光电式寻边器 b) 偏心式寻边器 c) Z 轴设定器 d) 杠杆指示表