


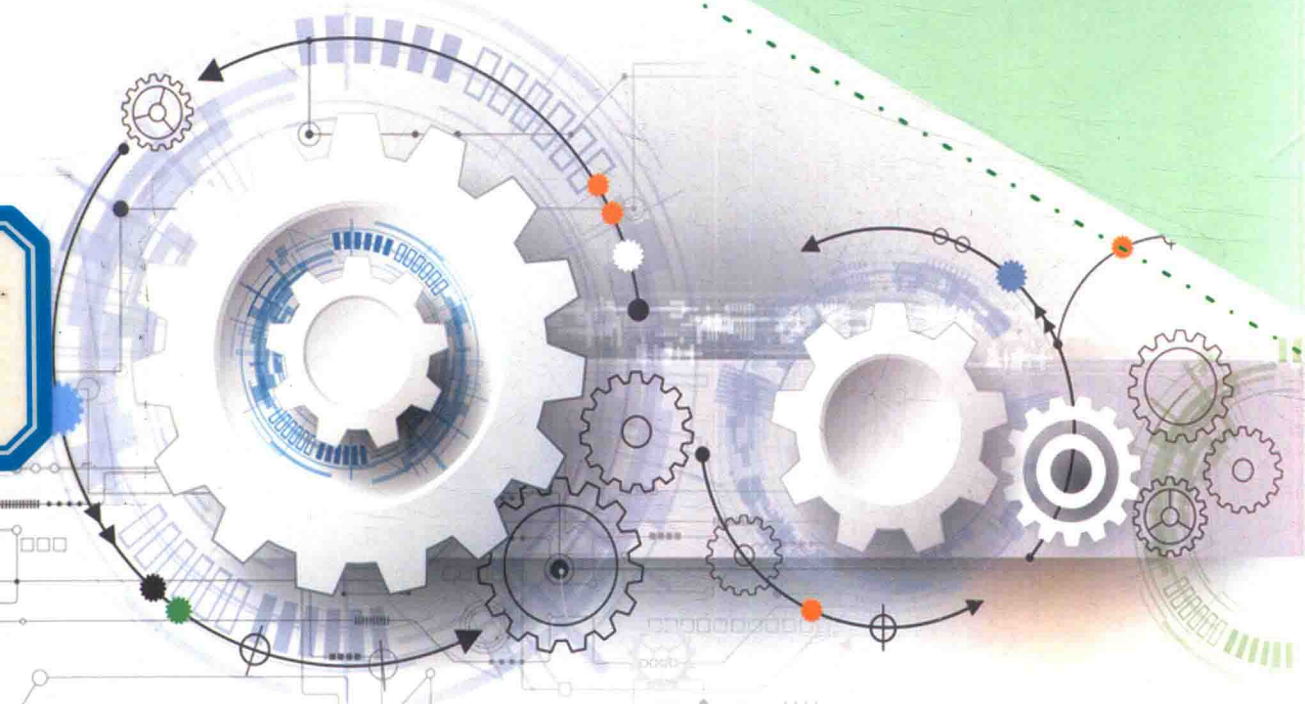
中天实训教程

 中国劳动社会保障出版社

五轴加工中心操作与编程——基础篇

WUZHOU JIAGONG ZHONGXIN CAOZUO YU BIANCHENG—JICHUPIAN

贺琼义 主编



中天实训教程

五轴加工中心操作与 编程——基础篇

编审委员会

(排名不分先后)

主任：于茂东
副主任：李树岭 吴立国 李 钰 张 勇
委员：刘玉亮 王 健 贺琼义 邴志刚 董焕和
郝 海 缪 亮 李丽霞 李全利 刘桂平
徐国胜 徐洪义 翟 津 张 娟

本书编写人员

主 编 贺琼义
副主编 缪 亮
编 者 贺琼义 王传龙 李家吉 缪 亮
审 稿 吴立国

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

五轴加工中心操作与编程. 基础篇/贺琼义主编. —北京: 中国劳动社会保障出版社,
2017

中天实训教程

ISBN 978-7-5167-3110-9

I. ①五… II. ①贺… III. ①数控机床-车床-操作-教材②数控机床-车床-程序设计-教材
IV. ①TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 180245 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

*

北京市艺辉印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
787 毫米×1092 毫米 16 开本 13.75 印张 257 千字
2017 年 7 月第 1 版 2017 年 7 月第 1 次印刷
定价: 39.00 元

读者服务部电话: (010) 64929211/64921644/84626437

营销部电话: (010) 64961894

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

如有印装差错, 请与本社联系调换: (010) 50948191

我社将与版权执法机关配合, 大力打击盗印、销售和使用盗版
图书活动, 敬请广大读者协助举报, 经查实将给予举报者奖励。

举报电话: (010) 64954652

前言

为加快推进职业教育现代化与职业教育体系建设，全面提高职业教育质量，更好地满足中国（天津）职业技能公共实训中心的高端实训设备及新技能教学需要，天津海河教育园区管委会与中国（天津）职业技能公共实训中心共同组织，邀请多所职业院校教师和企业技术人员编写了“中天实训教程”丛书。

丛书编写遵循“以应用为本，以够用为度”的原则，以国家相关标准为指导，以企业需求为导向，以职业能力培养为核心，注重应用型人才的专业技能培养与实用技术的培训。丛书具有以下三个特点：

以任务驱动为引领，贯彻项目教学。将理论知识与操作技能融合设计在教学任务中，充分体现“理实一体化”与“做中学”的教学理念。

以实例操作为主，突出应用技术。所有实例充分挖掘公共实训中心高端实训设备的特性、功能以及当前的新技术、新工艺与新方法，充分结合企业实际应用，并在教学实践中不断改进与完善。

以技能训练为重，适于实训教学。根据教学需要，每门课程均设置丰富的实训项目，在介绍必备理论知识基础上，突出技能操作，严格实训程序，有利于技能养成和固化。

丛书在编写过程中得到了天津市职业技能培训研究室的积极指导，同时也得到了河北工业大学、天津职业技术师范大学、天津中德应用技术大学、天津机电工艺学院、天津轻工职业学院以及海克斯康测量技术（青岛）有限公司、ABB（中国）有限公司、天津领智科技有限公司、天津市翰本科技有限公司的大力支持与热情帮助，在此一并致以诚挚的谢意。

由于编者水平有限，经验不足，时间仓促，书中的疏漏在所难免，衷心希望广大读者与专家提出宝贵意见和建议。

编审委员会

内容简介

本书主要介绍 HEIDENHAIN iTNC530 数控系统五轴铣削编程基础、刀具半径补偿、程序运行控制、五轴定向加工等编程指令的使用方法，以及德国 DMG 公司 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心的操作。本书的特点是将操作技能和理论知识有机结合，以实用、够用为宗旨，采用大量实例，图文并茂，形象直观，语言通俗易懂。力求使读者阅读后能很快地应用到实际工作当中，以最少的时间学到最实用的五轴加工技术。

本书的主要内容包括多轴加工所使用的设备、HEIDENHAIN iTNC530 数控系统操作基础、五轴加工中心手工编程与操作。

本书为职业院校、技师学院和技校等各类院校数控多轴加工的通用教材，也可作为职业培训和在岗工程技术人员的培训教材。

目 录

项目一 五轴加工中心手工编程基础

PAGE 1

| | | |
|------|-----------------------------------|----|
| 任务 1 | DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心运行界面 | 2 |
| 任务 2 | 创建与编写程序 | 25 |
| 任务 3 | 输入刀具相关数据 | 42 |
| 任务 4 | 轮廓加工编程 | 51 |
| 任务 5 | 循环加工编程 | 72 |

项目二 五轴加工中心操作基础

PAGE 127

| | | |
|------|------------------------------------|-----|
| 任务 1 | DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心开机与关机 | 128 |
| 任务 2 | DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心基本操作 | 137 |
| 任务 3 | 建立刀具表和刀位表 | 150 |
| 任务 4 | 文件管理 | 157 |
| 任务 5 | 装卸刀具 | 181 |
| 任务 6 | 工件坐标系确定 | 196 |

项目一

五轴加工中心手工编程基础

任务1 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心运行界面

【任务描述】

本任务要求学生掌握 HEIDENHAIN iTNC530 操作系统的运行屏幕界面、机床操作区和刀具表。

【任务分析】

本任务通过对机床操作面板的初步认识，掌握 HEIDENHAIN iTNC530 操作系统屏幕界面布局、屏幕界面上的软键说明、机床操作区域布局及操作区按键说明、标准刀具数据参数、自动测量刀具所需要的刀具数据、自动计算速度/进给速度所需要的刀具数据和用于开关式 3D 测量探针系统的刀具参数。

【相关知识】

一、DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心整体布局

DMG 公司五轴加工中心 DMU 60 monoBLOCK 如图 1—1—1 所示，是同类级别中最高效的五轴加工中心，标配五轴或模块式设计，针对特定机床的主轴，转速可选配 12 000 r/min 或 42 000 r/min，用作 B 轴的快速动态数控铣头具有很大的摆动范围，摆角摆动范围为 $-120^{\circ} \sim +30^{\circ}$ ，还有快速数控回转工作台，适用于日常生产的五面/五轴加工。这些创新

特点在万能高速加工领域开拓了广泛的应用范围，不断提高通用性和最佳的操作舒适性。机床设计符合人体工程学，最吸引人的设计特点是旋转门，只要拉一下手柄，就可以完全进入加工区域。

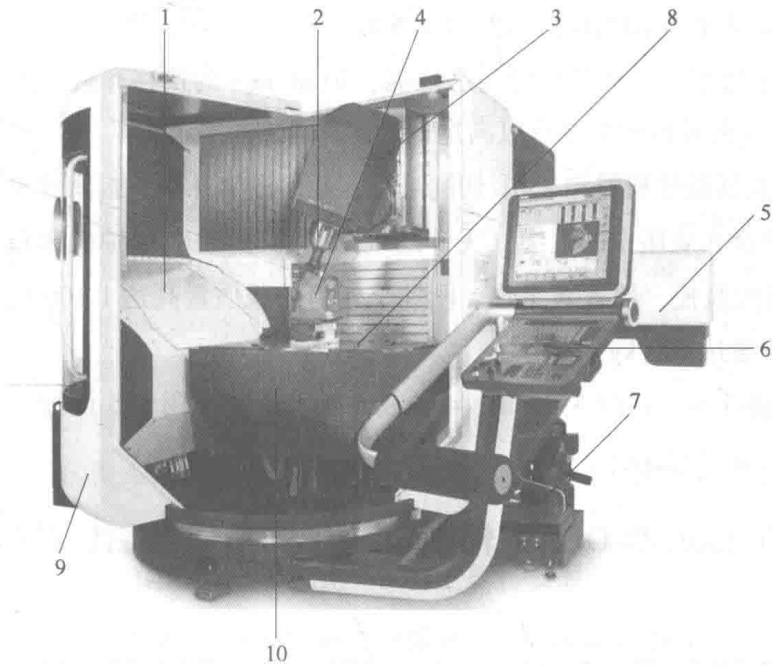


图 1—1—1 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心

1—刀库 2—铣削头 3—主轴箱 4—工件 5—排屑器 6—操作台
7—切削液装置 8—数控回转工作台 9—安全门 10—升降工作台

如图 1—1—2 所示为 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心主轴。

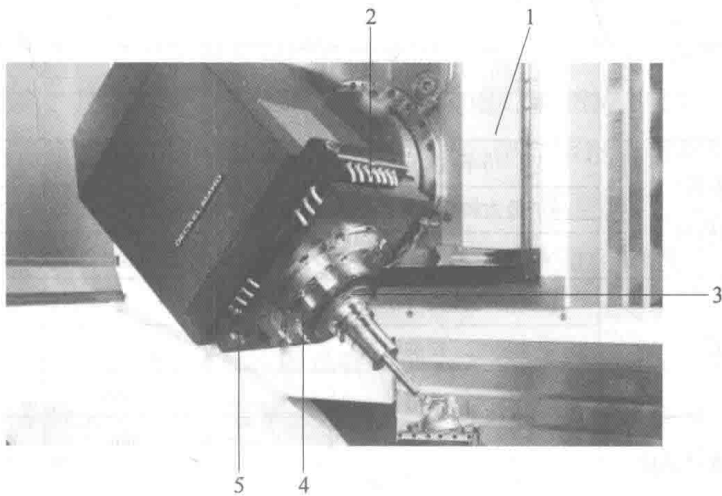


图 1—1—2 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心主轴

1—主轴箱 2—切削液喷嘴 3—刀柄 4—主轴 5—空气喷嘴

二、DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心机床特点

1. 最新设计：加工空间具有最佳的畅通性和更高的可视性，DMG ERGOline Control 控制面板配有 19in 显示屏 HEIDENHAIN iTNC530。

2. 标配 0.7 g 加速度带来最佳的动态性能，30 m/min 的快移和进给速度及转速高达 12 000 r/min 的高速回转轴使机床可以满足现代模具加工的需求。

3. 标配一体式刮板排屑器和 250L 切削液箱，几何温度补偿，封闭式全罩壳，整合在铣头内的电源，整合在底座中的电缆（无碎屑堆积，无碰撞），五轴机床和 HEIDENHAIN iTNC530 上具有碰撞监控、插入式主轴、刚性工作台的载质量高达 1 100 kg，数控回转工作台五轴加工载质量达 700 kg。

4. 标配多功能 3 轴，选配 3 + 2 轴、4 轴或 5 轴，可完美用于 5 面加工和五轴同步铣削，链式刀库具有 60 个刀位。

三、DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心技术数据和特性（见表 1—1—1）

表 1—1—1 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心技术数据和特性

| 序号 | 内容 | 技术指标 | 单位 | 数据 |
|----|------------------------|-------------------|---------|--------------|
| 1 | 工作范围 | X/Y/Z 轴 | mm | 730/560/560 |
| | | 最大快移和进给速度 | m/min | 30 |
| | | 机床质量 | kg | 6 000 |
| 2 | 换刀机械手 | 刀柄 | — | SK40 |
| | | 刀库 | 类型 | 盘式 |
| | | 刀库刀位数量 | 个 | 24 |
| | | 换刀时间 | s | 9 |
| 3 | 电主轴的主驱动机构 | 功率 (40/100% DC) | kW | 15/10 |
| | | 最大转矩 (40/100% DC) | N · m | 130/87 |
| | | 最大主轴转速 | r/min | 12 000 |
| 4 | 铣头 | 数控摆头铣头 (B 轴) 摆动范围 | | -120° ~ +30° |
| | | 摆动时间 | S | 1.5 |
| | | 快移 | m/min | 35 |
| 5 | 工作台 (数控回转工作台集成在刚性工作台上) | 回转工作台尺寸 | mm | φ600 |
| | | 固定工作台尺寸 | mm × mm | 1 000 × 600 |
| | | 最大载质量 | kg | 700 |
| | | 最大快移和进给速度 | m/min | 40 |

四、DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心数控系统

HEIDENHAIN iTNC530 数字控制系统是适合铣床、加工中心或需要优化刀具轨迹控制其加工过程的通用性控制系统。该系统的数据处理时间比以前的 TNC 系列产品快 8 倍，所配备的“快速以太网”通信接口能以 100 Mbit/s 的速率传输程序数据，比以前快了 10 倍，新型程序编辑器具有大型程序编辑能力，可以快速插入和编辑信息程序段。在新系统中，DMG 公司首次将 NC（Numerical Control，数字控制，简称数控）主控计算机与驱动控制单元分开，并装了英特尔处理器。该机采用 15 in 高分辨率 XGA（Extended Graphics Array，扩展图形阵列）显示器（1 024 × 768 像素的分辨率）或 10.4 in（640 × 480 像素的分辨率）VGA（Video Graphics Array，视频图形阵列）显示器显示。任何熟悉 TNC 系统的操作者可以很快掌握这种新系统的操作。机械师不必记忆 G 代码，只需用组合键按键就可以编制线段、圆弧、循环程序。

针对模具加工的复杂曲面，要实现高速、高精度和高表面质量加工，必须具备好的硬件基础、良好的伺服性能及高速控制能力。

高速 3D 控制器 HEIDENHAIN iTNC530 的主要特点是采用了速度更快的 400 MHz 的 AMD（Advanced Micro Devices，美国超微半导体公司）处理器，iTNC530 所有的实时任务均在自己开发的实时操作系统（Heros）下完成，而且也可提供带双处理器的主计算机，一个用来运行 HEIDENHAIN 操作系统，即 CNC（Computer Numerical Control，计算机数据控制）的核心“New Heros”，另一个用来运行 MS Windows 2000 操作系统。它既可以保证系统的实时计算和稳定性能，同时又能满足用户对 Windows 应用程序的需求。

HEIDENHAIN iTNC530 程序段的处理时间是 0.5 ms。几何形状越复杂、公差要求越严格，点的密度将越高。用高速进给加工时，必须更快地处理相应的 NC 编码，以免发生所谓的数据饥饿限制进给速度。当被处理的 NC 程序段的缓存中没有数据时，由于缺少定位指令，运动将停止或突变。HSM（High Speed Machining，高速加工）的 CNC 的特点是程序段的处理时间要短到 1 ms 甚至更短的时间。iTNC530 是完全能胜任高速加工（HSM）要求的 CNC 系统。

高速加工应用中的数控加工 NC 程序是在外部的 CAM（Computer Aided Manufacturing，计算机辅助制造）系统上生成的。通常，NC 程序只有几百 KB，也常常有高达数百兆字节的程序。因此，HSM 使用的 CNC 系统的重要特点是要具有高速数据传输能力的快速以太网接口。以太网接口的传输速度是 100 Mbit/s，这是现今常规网络的标准速度。新型的 HEIDENHAIN CNC 系统主机单元带有各类数据通信接口（Ethernet/RS232/RS422/USB

等), 所配备的快速以太网通信接口能以 100 Mbit/s 的速率传输程序数据。

HEIDENHAIN iTNC530 系统采用限制加加速值并利用过滤器对加加速度进行了光滑处理。高速进给时, 如果任何一个轴突然换向会导致过高加速度和加加速, 将使机床结构产生振动。通过 CNC 实现速度、加速度和加加速平滑方案是降低或消除该影响的好方法。

HEIDENHAIN iTNC530 支持姊妹刀具的自动更换功能。为了自动处理刀具磨损或断裂需要用同尺寸的铣刀进行更换的情况, 而且如果 CNC 支持该功能, 操作人员可加载多个相同铣刀的换刀装置, 将这些相同的铣刀标识为姊妹刀具用于 NC 程序的调用。CNC 将自动用这些特定的姊妹刀具更换磨损或断裂的铣刀, 继续完成 NC 程序。

HEIDENHAIN iTNC530 的“预读”功能为 256 行。“预读”功能是指预先计算每一个程序段所应采用的正确速度和加速度, 并生成速度和加速度配置方案, 以便满足编程的刀具路径要求。预先计算的信息被读入 CNC 系统内的缓存中, 并按加工中的程序要求从缓存中调用。一旦缓存中没有数据, 由于 CNC 系统的计算速度无法跟上进刀速度, 机床将停止运动直到达到下一个预先计算行为止。这种问题被称为数据饥饿。现代 CNC 系统的程序段处理时间越来越短, 为避免发生数据饥饿, 需要数控系统预读的行数也越来越多。

在强大硬件的支持下, iTNC530 采用了全数字化驱动技术。其位置控制器、速度控制器和电流控制器全部实现数字控制。数字电动机控制技术能获得非常高的进给速度。iTNC530 在同时插补多达五轴时, 还能使转速高达 40 000 r/min 的数控主轴达到要求的切削速度。

该系统通用性好并适合五坐标控制, 在需要优化刀具轨迹控制的情况下, 其强大的控制能力可实时计算实际坐标值, 因而简化了加工循环的编程。在离线编制 3D 曲面形状程序时, 同一程序可用于不同的机床。

【任务实施】

一、机床屏幕界面

1. 屏幕界面布局

DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心数控操作系统 HEIDENHAIN iTNC530 界面如图 1—1—3 所示, 图中相关区域的功能见表 1—1—2。

2. 屏幕界面上的软键说明

在屏幕下方的左边和右边各有几个控制软键, 如图 1—1—3 所示, 其软键说明见表 1—1—3。

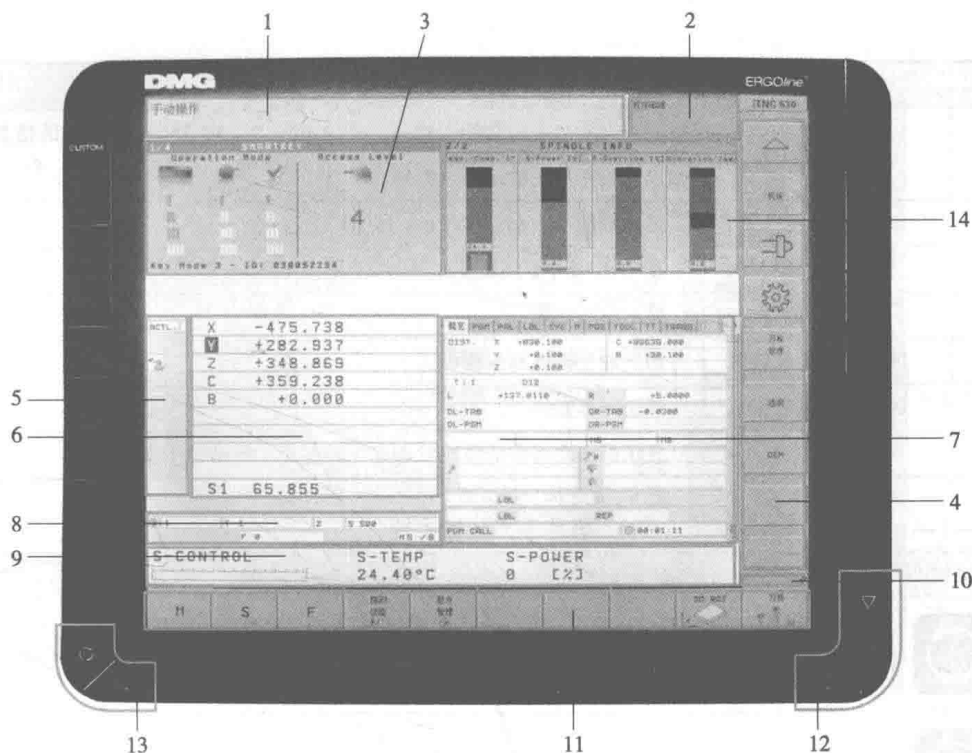


图 1—1—3 HEIDENHAIN iTNC530 界面

- 1—左侧标题行 2—右侧标题行 3—授权运行状态 4—垂直功能键 5—坐标系状态显示 6—位置显示
7—状态表格 8—工艺和零点显示 9—监控显示 10—用户文档资料 11—水平功能键
12—屏幕右下角软键区 13—屏幕左下角软键区 14—主轴监控

表 1—1—2

HEIDENHAIN iTNC530 界面各区域的功能

| 区域号 | 作用 | 详细说明 |
|-----|---------|--|
| 1 | 左侧标题行 | 将显示当前选中的机床运行方式 [手动操作、MDI (Manual Data Input, 手动数据输入)、电子手轮、单段运行、自动运行、SmarT.NC 等] |
| 2 | 右侧标题行 | 显示当前选中的程序运行方式 (程序保存/编辑、程序测试等) |
| 3 | 授权运行状态 | 显示当前机床的运行方式及 SmartKey 状态 |
| 4 | 垂直功能键 | 显示机床功能 |
| 5 | 坐标系状态显示 | 显示坐标系的状态 |
| 6 | 位置显示 | 可通过 MOD (模式) 键设置: ACTL. (实际位置)、REF (参考位置)、NOML. (名义位置)、DIST. (刀具当前位置到编程位置的剩余距离)、LAG (跟随误差)、DEFL. (测头偏移) |
| 7 | 状态表格 | 表格概况: 位置显示可达 5 个轴、刀具信息、正在启用的 M 功能、正在启用的坐标变换、正在启用的子程序、正在启用的程序循环、用 PGM CALL (定义程序调用) 调用的程序、当前的加工时间、正在启用的主程序名 |

续表

| 区域号 | 作用 | 详细说明 |
|-----|----------|---|
| 8 | 工艺和零点显示 | 显示刀具名、刀具轴、转速、进给方向、旋转方向、切削液的信息和来自预设值表正启用的基准点编号 |
| 9 | 监控显示 | 显示轴的功率和温度 |
| 10 | 用户文档资料 | 在 TNC 引导下浏览, 如帮助文件等 |
| 11 | 水平功能键 | 显示编程功能 |
| 12 | 屏幕右下角软键区 | 切换加工模式和编程模式 |
| 13 | 屏幕左下角软键区 | 切换屏幕布局 |
| 14 | 主轴监控 | 显示机床在当前的监控状态 (主轴温度、振动、倍率等) |

表 1—1—3

屏幕下方软键说明

| 控制软键形式 | 说 明 |
|---|--------------|
|  | 切换屏幕布局 |
|  | 切换加工模式和编程模式 |
|  | 在显示屏中选择功能的软键 |
|  | 向左软键行切换键 |
|  | 向右软键行切换键 |
|  | 向上软键行切换键 |

二、机床操作面板

1. 机床操作面板布局

DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心操作面板如图 1—1—4 所示。图中相关区域的功能见表 1—1—4。

2. 机床操作面板按键详细说明

DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心操作面板按键详细说明见表 1—1—5。

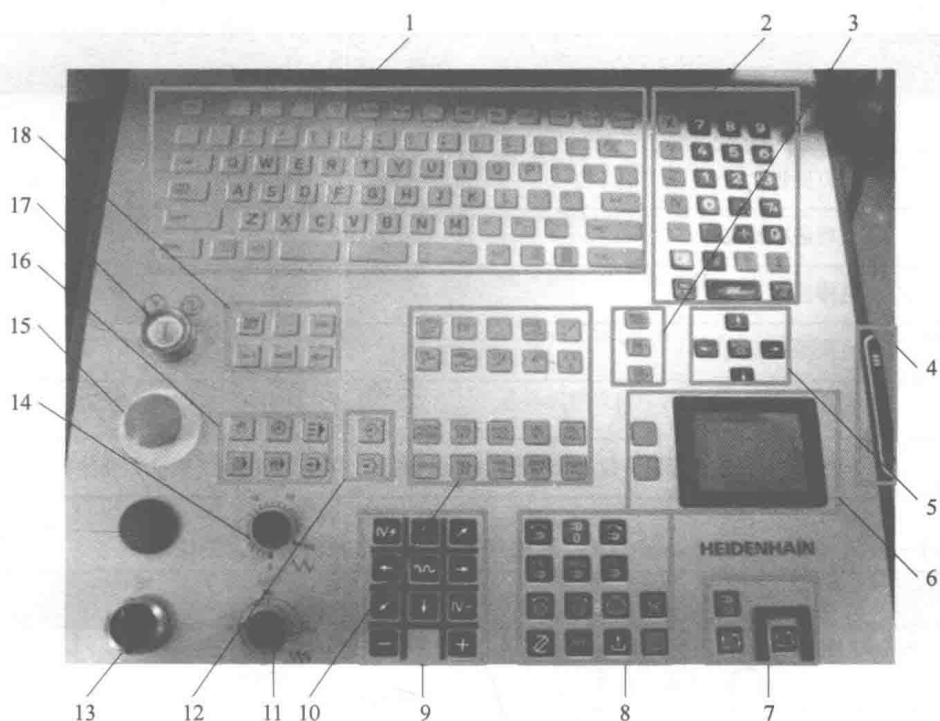


图 1—1—4 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心操作面板

- 1—输入字母和符号的键盘区 2—坐标轴与数字区 3—导航键区 4—电气运行方式开关区 5—方向键和“GOTO”键
6—触摸屏区 7—进给停止, 主轴停止, 程序启动键区 8—功能键区 9—轴运动键区 10—编程指令区
11—进给倍率旋钮 12—编程运行方式键 13—松刀旋钮 14—快移倍率旋钮 15—急停按钮
16—机床操作模式区 17—系统电源开关 18—程序/文件管理功能键

表 1—1—4 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心操作面板相关区域的功能

| 区域号 | 功能区说明 |
|-----|--------------------------|
| 1 | 输入字母和符号的键盘区 |
| 2 | 坐标轴与数字区, 主要坐标轴与编号的输入和编辑键 |
| 3 | Smart NC 导航键区 |
| 4 | SmartKey, 电气运行方式开关区 |
| 5 | 光标移动方向键和跳转指令 (GOTO) 键区 |
| 6 | 触摸屏区 |
| 7 | 进给停止, 主轴停止, 程序启动键区 |
| 8 | 功能键区 |
| 9 | 轴运动键区 |
| 10 | 打开编程对话窗口区 |
| 11 | 进给倍率旋钮 |

续表

| 区域号 | 功能区说明 |
|-----|---|
| 12 | 编程运行方式键 |
| 13 | 松刀旋钮 |
| 14 | 快移倍率旋钮 |
| 15 | 急停按钮 |
| 16 | 机床操作模式区 |
| 17 | 系统电源开关 |
| 18 | 程序/文件管理功能键, 包括计算器、MOD (模式) 功能、HELP (帮助) 功能等 |

表 1—1—5 DMU 60 monoBLOCK 五轴加工中心操作面板按键详细说明

| 区域号 | 按键形式 | 说 明 |
|----------------------|---|-------------|
| 1 输入字母和 符号的键盘区 |  | 文件名, 注释 |
| |  | DIN/ISO 编程 |
| 16 机床操作模式区 |  | 手动操作 |
| |  | 电子手轮 |
| |  | SmarT. NC |
| |  | MDI 模式 |
| |  | 程序运行——单段运行 |
| |  | 程序运行——全自动运行 |

续表

| 区域号 | 按键形式 | 说 明 |
|----------------------------|---|------------------------------|
| 12 编程运行 方式键 |  | 程序编辑 |
| |  | 测试运行 |
| 18 程序/文件管理, TNC 系统功能 |  | 选择或删除程序和文件, 外部数据传输 |
| |  | 选择 MOD 功能 |
| |  | 显示 NC 出错信息的帮助信息, 调用 TNCguide |
| |  | 显示当前全部出错信息 |
| |  | 显示计算器 |
| 5 方向键和 GOTO 键区 |  | 上、下移动光标键 |
| |  | 左、右移动光标键 |
| |  | 直接移至程序段、循环和参数功能上 |
| 10 刀具功能 |  | 定义程序中所用刀具数据 |
| |  | 调用刀具数据 |