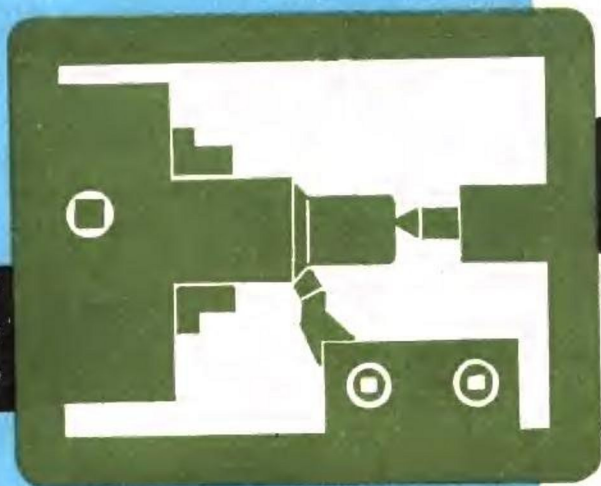




周定伍 编著

519.106

车床的合理使用

湖南科学技术出版社

数控车床的合理使用

周定伍 编著

责任编辑：李遂平

*

湖南科学技术出版社出版

(长沙市展览馆路8号)

湖南省新华书店发行 湖南省新华印刷二厂印刷

*

1987年11月第1版第1次印刷

开本：787×1092毫米 1/32 印张：4.875 字数：108,000

印数：1—2,700

ISBN 7—5357—0072—1/TH·5

统一书号：15204·193 定价：1.25元

湘目87—31

前 言

近年来数控技术已越来越受到机械制造行业的重视。今天，一个机械制造工厂的工艺现代化程度如何，其数控技术水平已成为重要的标志之一。

数控车床是一种最常见的数控机床，如何合理使用，对于发展数控技术关系极大。数控车削出现以后，传统的车工工艺学需要补充完善。数控车床的用户在逐年增多，这类机床的使用经验需要总结交流。以上这些，就是促使本人编著此书的动力。

本书不涉及数控车床的制造和维修，仅从工艺角度研究如何用好机床，内容偏重实际。所谈的都是使用数控车床必然碰到的程序编制和工艺处理方面的具体问题，如机床的选购、各类功能的使用、刀位点的选择、程序启动位置的布置、坐标系统的变换、走刀路线的安排、刀具的设计和选用等等。本书提出的解决这些问题的一系列原则和方法，可供数控车床的工艺编程和操作人员在工作中参考借鉴。

为照顾初学者的需要，本书中绝大多数问题都是从基本知识讲起。对于广大的并非直接从事数控车削技术工作，但与这一技术有关联的机械制造工程界人士（包括学校中有关专业的师生），本书可为他们提供一个观察了解现代数控技术的小小窗口。

在本书的最后,收入了一个以APT语言编写的源程序实例,供程编员参考。为压缩篇幅,本书未对APT语言进行全面的解释说明,因此部分读者可能一时还不能完全看懂这个源程序,但这并不妨碍这些读者对全书主要内容的理解和掌握。

数控技术专业的高级工程师陈和恒同志曾全文审阅本书初稿,提出了宝贵的修改意见,对此,作者谨表谢意。

作者水平不高,成书仓促,书中错误之处,希望读者批评指正。

编著者 周定伍

1986年8月25日

目 录

一、数控技术简介	(1)
1. 数控机床各部分概述.....	(1)
2. 数控机床的特点.....	(5)
3. 数控机床的适用范围.....	(7)
二、数控车床的选购	(9)
1. 数控车床的发展情况.....	(9)
2. 选购数控车床应注意的事项.....	(10)
3. 如何使购进的机床尽早投入使用.....	(12)
三、数控车床的使用与产品设计和工艺的联系	(14)
1. 与机械产品设计的联系.....	(14)
2. 与工艺过程设计的联系.....	(17)
四、程序编制概论	(19)
1. 程序编制的目的.....	(19)
2. 手工程编的步骤.....	(20)
3. 自动程编的步骤.....	(27)
4. 自动程编的条件.....	(28)
五、加工程序中的准备功能	(30)
1. 组别问题.....	(31)
2. 模式和非模式.....	(31)
3. 顺圆和逆圆插补.....	(31)

4. G04功能	(32)
5. G90功能和G91功能	(33)
6. G92功能	(33)
7. G94和G95功能	(34)
8. G96和G97功能	(34)
六、刀具补偿功能	(36)
1. 刀具长度补偿功能	(36)
2. 刀具轨迹补偿功能	(37)
七、刀位点的选择	(40)
1. 什么是刀位点	(40)
2. 计入刀尖圆弧并以刀尖圆弧中心点为刀位点的 程编	(41)
3. 计入刀尖圆弧并以刀端点为刀位点的程编	(45)
4. 其它刀具的刀位点的选择	(49)
八、程序启动位置和坐标体系	(53)
1. 程序启动位置	(53)
2. 工件坐标系和机床坐标系	(56)
3. 如何适应工件原点的变动	(59)
4. 预置计数功能的两种运用方式	(61)
九、走刀路线的安排	(65)
1. 换刀位置的选择	(65)
2. 走刀路线与毛坯余量的联系	(66)
3. 对大余量毛坯进行阶梯切削时的走刀路线	(67)
4. 台阶平面的车削和柱面车削的先后次序	(68)
5. 分层切削时刀具的终止位置	(69)
6. 走刀路线与床头主轴旋向的联系	(70)
7. 切槽的走刀路线	(70)

8. 为试削工件确定刀补值而特意安排的走刀路线	(71)
9. 为塞块对刀而作出的路线安排	(73)
10. 走刀路线与机床丝杠螺母间隙	(76)
11. 固定循环功能的走刀路线	(77)
十、数控车床的刀具特点	(85)
1. 装刀方式	(85)
2. 关于刀具预调	(88)
3. 刀具与机床行程的联系	(90)
4. 干涉和碰撞问题	(92)
5. 刀具与程序的协调	(93)
6. 断屑问题	(95)
7. 铰孔精度问题	(96)
8. 刀尖高度问题	(97)
十一、可转位刀具的选用	(104)
1. 可转位刀具的特点	(104)
2. 刀片形状的选取	(105)
3. 关于可转位刀片的转位精度	(109)
4. 刀片的紧固方式	(112)
十二、编程和加工实例	(115)
1. 工艺分析和处理	(115)
2. 刀具调整图的绘制	(127)
3. 用APT语言编写的源程序	(127)
4. 对本源程序的说明	(144)

一、数控技术简介

在普通机床上加工工件时,工人反复地进行一系列的操作:开车、停车、进刀、走刀、主轴变速、主轴换向、开启和关闭冷却液、更换刀具等等。在自动机床或半自动机床上,通过凸轮、挡块一类的机构控制机床的动作,简化了工人的操作,但生产准备周期和工序准备时间长,灵活性和通用性差。数控机床则是利用记录在穿孔纸带或其它控制介质上的数字指令来操纵机床的各种动作。工件的加工内容和加工步骤等用数字代码表示,通过控制介质输入机床的控制机中。控制机对输入的信息进行运算处理后,转换成各种信号控制机床的动作,自动完成工件加工。图1是数控机床工作方式的示意。

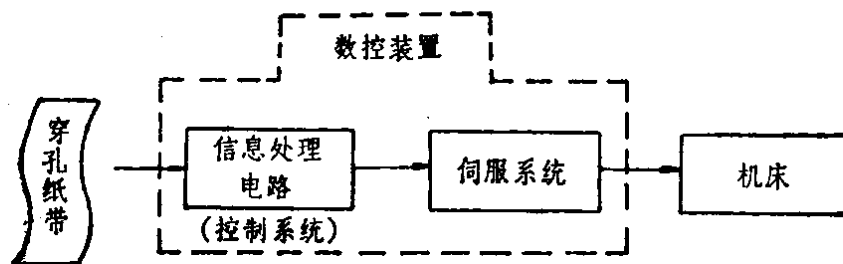


图1 数控机床的工作方式

1. 数控机床各部分概述

(1) 信息处理电路 (控制系统)

信息处理电路是数控装置的核心。它根据输入的大量信息和数据,进行高速的处理和计算,以便控制伺服系统,再依靠

伺服系统去驱动机床的工作部件。

信息处理电路有两类根本不同的类型。一种是所谓的“硬件数控”，它是依靠硬件(历经电子管、晶体管、小规模集成电路、中规模集成电路)的逻辑连线组成输入电路、运算器、控制器等。这类装置的通用性和可靠性差，成本高，维修困难，现已几乎被机床厂家全部淘汰。另一种是新的类型，它是随着大规模集成电路的出现和微处理机技术的高速发展而问世的。这种信息处理电路又被称为控制系统，它由微型计算机(或小型计算机)、大规模集成电路和机床接口等部件组成，通过计算机程序(软件)来实现其控制功能。这种类型的数控装置被称为计算机数控装置(CNC装置)。和前一类硬件数控装置相比，CNC装置的性能价格比高，可靠性强，使用和维修方便，深受用户欢迎。计算机数控技术(CNC技术)不仅是当前数控技术发展的主流和方向，而且是正在兴起的柔性加工单元(FMC)和柔性加工系统(FMS)的基础。CNC技术有着广阔发展的前景。

(2) 伺服系统

伺服系统接受控制系统的控制，驱动机床的工作部件。控制系统、伺服系统和机床三者之间的关系，就象人的脑、手和手动工具三者之间的关系。控制系统好比是“脑”，伺服系统好比是“手”，机床好比是“手动工具”。“脑”指挥“手”，“手”操纵“工具”。

伺服系统按被控制量有无检测及反馈来分，有开环伺服系统、闭环伺服系统和半闭环伺服系统三类。

开环伺服系统比较简单。控制系统根据加工程序中的指令，经过计算发出一定的信号给伺服系统。伺服系统中的驱动机构转过一定的角度带动丝杠螺母使工作部件移动一段距离。究竟

移动了多少，该系统不加检测，定位精度由执行元件的精度和机床传动的精度来保证。

闭环系统见图2。控制系统根据加工程序中的指令，经过计

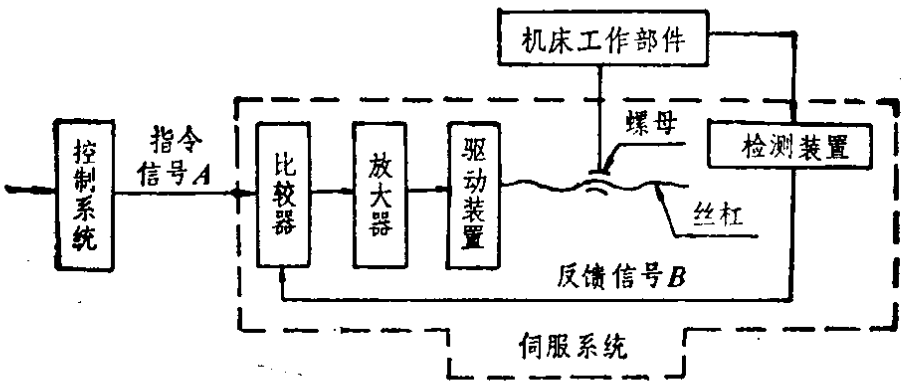


图2 闭环伺服系统

算向伺服系统发出指令 A。工作部件移动后，通过位置检测单元测出工作部件的实际移动距离，然后向比较器发出反馈信号 B。比较器比较 A 和 B，直到 A 和 B 相等时，工作部件才停止移动。闭环控制系统的特点是定位精度较高，但系统复杂，调试和维修较困难。

如果位置检测单元装在图2的丝杠上，它不直接测量工作部件的位移，而是通过测量丝杠的转角代替测量工作部件的位移，则这样的伺服系统被称为半闭环伺服系统，其定位精度一般介于开环伺服系统和闭环伺服系统之间。

伺服系统中常用的驱动电机有步进电机、小惯量直流电机、宽调速直流电机、伺服交流电机等。常用的检测元件有旋转变压器、感应同步器、光栅位置检测装置和磁尺检测装置等。

(3) 机床

为了适应数控加工的要求，机床本身在结构上也有许多不同于普通机床的特点。不能错误地认为数控机床就是传统结构的机床加上数控装置。

众所周知，机床的静刚性和动刚性是影响加工精度和生产率的重要因素。一般情况下，静刚性差时，会降低加工精度；动刚性差时，在一定的切削用量下机床将产生颤振。数控机床既然同时具有高精度和高生产率的特点，在机床设计时显然不能照搬传统的普通机床的设计方案。

从机床的刀具系统来说，数控机床的刀具系统通常都比普通机床的刀具系统复杂。以数控车床为例，一般都有刀位较多的刀架或刀盘。对车床刀具系统的设计要求是：容刀量大，换刀时间短，转位精度好，刀具易于更换和调整，安装方式可靠，相邻刀位的刀具干涉性小等等。刀具系统的设计方案往往对整个机床的结构布局产生影响。例如，床身为倾斜式的数控车床（图3）就是为适应大型刀盘结构而产生的。这种结构使操作者装卸工件和刀具时既能靠近床头又能靠近刀盘，观察加工情况

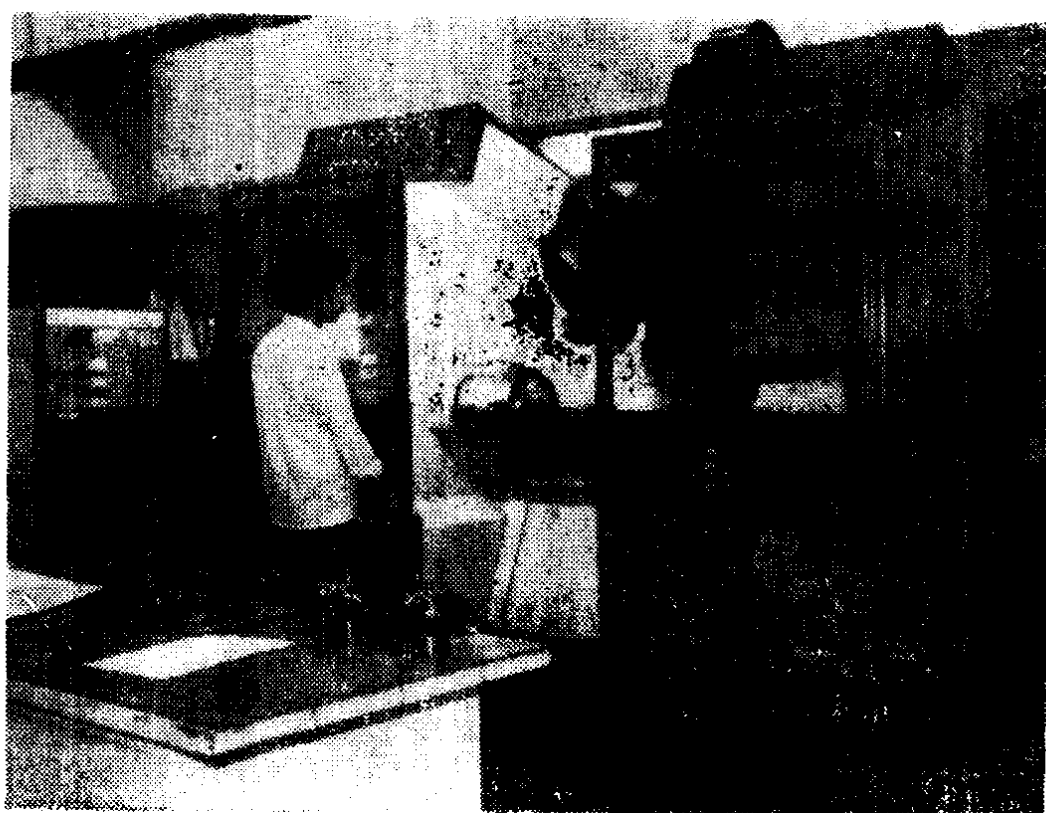


图3 倾斜式床身的数控车床

和在机床上检测工件都比较方便。可见，仅就刀具系统而言，数控车床的设计方案就大有文章可做，与普通车床大不相同。

数控机床工作部件运动速度变化范围比较大，要求快速启动性能好，慢速时不能出现“爬行”。因此，机床导轨的阻尼特性要好。此外，由于数控机床辅助工作时间短，连续负荷运转时间长，所以对机床的热变形要求也比普通机床要高。

2. 数控机床的特点

(1) 适于加工复杂件

数控机床可以实现多坐标联动。例如数控车床上，刀架的纵向（Z向）和横向（X向）运动一般可以同时进行。合理地编制程序，就可以方便地用普通刀具车削出锥面、球面、圆弧旋转面、非圆曲线旋转面和列表曲线旋转面。对于加工部位多，尺寸复杂，加工时观察和测量困难的车工工序，数控车床显示出极大的优越性。普通车床上加工螺纹离不开丝杠机构和挂轮，螺距受挂轮的限制；在数控车床上加工螺纹则不需要丝杠和挂轮机构，螺距变化范围宽，而且无级可调，由程编指令确定。

(2) 适于加工精密件

当前中小型数控机床定位精度一般不低于0.03毫米，重复定位精度一般不低于0.01毫米。因为机床精度较高，而机床动作完全由预先编好的程序控制，所以工件精度一致性好。数控机床具有刀具补偿功能。尽管在目前补偿值尚由操作者控制，但毕竟不是通过观察刻度盘的数值摇动手柄控制，而是向数控装置输入某一数值进行控制。正确地使用刀具补偿功能，甚至可以使刚性较好而材料又较易切削的工件的加工精度接近于机床的精度。数控车床和加工中心的刀具容量通常较大，可以根据每个加工步骤的要求选择最合适的刀具进行切削。在粗加工、

半精加工和精加工各个阶段，切削负荷步步递减。精加工刀具负荷小，使用寿命长，有利于工件质量的稳定。对于难切削材料的工件和刚性较差的工件，只要有相应的措施，数控机床也能使加工精度在一定程度上得到稳定。

(3) 缩短新产品试制和生产周期

以普通机床为加工手段时，新产品的试制常因大批专用工装的设计和制造延误进度。对于复杂的产品，甚至需要设计和制造专用机床设备，费工费时。一旦这些工装和设备配备齐全，又往往成为下一代产品的“包袱”。造成这种被动局面的原因是普通机床的适应性和灵活性较差，而专用设备则更缺乏应变能力。当前，国内外机械产品市场竞争激烈，企业为求其生存和发展，产品必须常出常新，试制手段和生产手段的“柔性”至关重要。在这方面，数控技术正好是大有作为。数控加工的手段减少了对专用工装品种和数量上的要求，也降低了对专用工装复杂性的要求，有利于产品的更新换代。

(4) 提高工作效率

一般说来，数控机床的潜在生产能力是普通机床的三倍以上。这是因为数控机床的主轴转速和进给速度变化范围大，机床动刚性好，允许选用较高的切削用量。加工中辅助时间相对缩短也是切削效率提高的重要原因之一。

(5) 便于生产管理

加工程序调妥之后，正常情况下加工所需的时间也就基本上可以确定。在自动程编的条件下，甚至可以在程序编好的同时就自动计算出该程序所需的全部走刀时间。将这个时间乘上一定的经验系数，就可以较准确地估得该工序的全部工时。数控加工的工序越多，数控化程度越高，生产的节奏就越容易掌握。所以说，数控技术的发展有利于生产管理，特别适应于计

算机生产管理。

(6) 降低操作者的劳动强度

每批工件首件加工时，特别是新编制的程序试削加工时，操作者要担负重要的责任，经验显得十分重要，此时，劳动强度并不低。在这方面，熟练的操作工人的作用是不可忽视的。以为数控机床的操作工人只是送送纸带、按按电钮，这显然是误会，至少当前还不能普遍做到。不过在数控机床上，继首件加工通过后再加工同样的工件，劳动强度则大大降低。当然，这还依赖于其它的条件，如刀具的耐用度和标准化程度。

3. 数控机床的适用范围

现阶段，数控机床的使用受到限制的主要原因是机床价格太高。出于经济效益方面的考虑，数控机床一般不宜加工形状简单、技术要求低、毛坯余量过大、毛坯余量不均匀和批量过大的产品。内孔加工排屑特别困难的工序，安排数控加工要慎重。有的个别情况，受到数控机床工作方式的限制，目前无法采用数控加工。例如车削一根略带锥度的长轴，在数控车床上，往往受最小脉冲当量的限制(或电机慢速性能的限制)，使

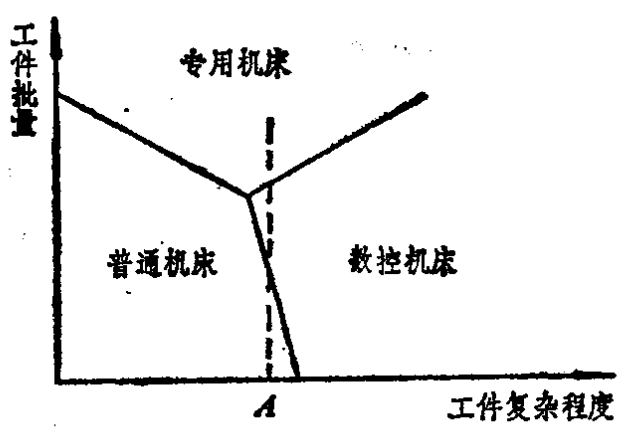


图4 各类机床的适用范围

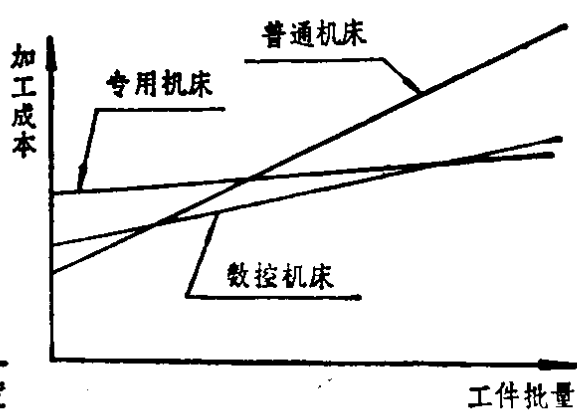


图5 工件批量和加工成本的关系
(设工件复杂程度为图4中的A)

工件呈现出若干个台阶，不能满足加工要求。图4定性地表示数控机床，普通机床和专用机床各自的适用范围。图5是以上三类机床的工件批量和加工成本关系。

二、数控车床的选购

1. 数控车床的发展情况

数控车床是一种最基本的数控机床。凡有条件的单位，不妨以数控车床的使用作为数控技术应用(不含数控线切割在内)的起步。

早期的数控车床，因为数控装置的可靠性较差，使不少用户不敢涉足。现在，国内外的情况都有很大的改变，较先进的数控系统的可靠性指标已达到两年内两班制作业仅出现一次故障的水平。机床生产厂家的售后服务质量也正在不断提高，用户所遇到的因机床故障而引起的麻烦，比过去大大减少。

在工业发达国家，数控车床在车床产量中的比例逐年大幅度上升，表1列出了日本的情况。

表1 数控车床产量与全部车床产量的比例关系(日本)

年 份		1970	1975	1980
数控车床产量在车床 总产量中占的比例	按机床数量	0.93%	7.07%	34.59%
	按机床产值	9.12%	25.17%	69.15%

当前，数控车床和其它数控机床一样，正朝着提高效率、提高精度、提高可靠性、增强功能、降低成本和方便操作的方向发展。

我国生产数控车床的厂家现有南京机床厂、长城机床厂、

上海第二机床厂、沈阳第三机床厂、齐齐哈尔第一机床厂、大连机床厂等等。各厂家现在大都配用国外质量较高的CNC系统。

2. 选购数控车床应注意的事项

本节不作全面性的论述，仅提醒用户注意以下几个方面的问题：

(1) 机床的大小规格和类型应与产品相适合

从普通车床使用的现状来看，一个普遍值得注意的问题是：规格（主要以中心高为标志）偏大，床身偏长，造成了很大的浪费。数控车床价格昂贵，以大机床干小活，以长机床干短活当然是不经济的。占地面积大，能量消耗过多，辅助工作时间增加，精度相对下降等等都是选购过大、过长的机床带来的弊端。购买单台数控车床时，为照顾少数工件的加工需要，有时不得已偏向于选择较大较长的规格。在选购多台数控车床时或补充数控车床数量时，则应十分注意卡盘数控车床和较小规格的数控车床的搭配。

(2) 关于数控装置中供用户选择的功能

数控装置的功能包括两部分：一部分是基本功能，一部分是供用户选择的功能。功能越多，性能当然越好，但价格也就越贵。用户应从实际使用的需要出发去进行选择。例如，在立式车床上，一般不进行螺纹切削，因此购买立式数控车床时可以不要求具备螺纹切削功能；数控车床的刀尖圆弧半径补偿功能，实际生产中用处并不大，一般可以省去；图形显示功能是大有好处的，但目前价格相当高，如果用户有发展带图象显示的自动编程技术的条件，则此项考虑可以从免。近年来新开发的数控车床，供用户选择的辅助编程功能如固定循环功能、用户参数循环功能、子程序功能，乃至机床在线编程功能等都在