

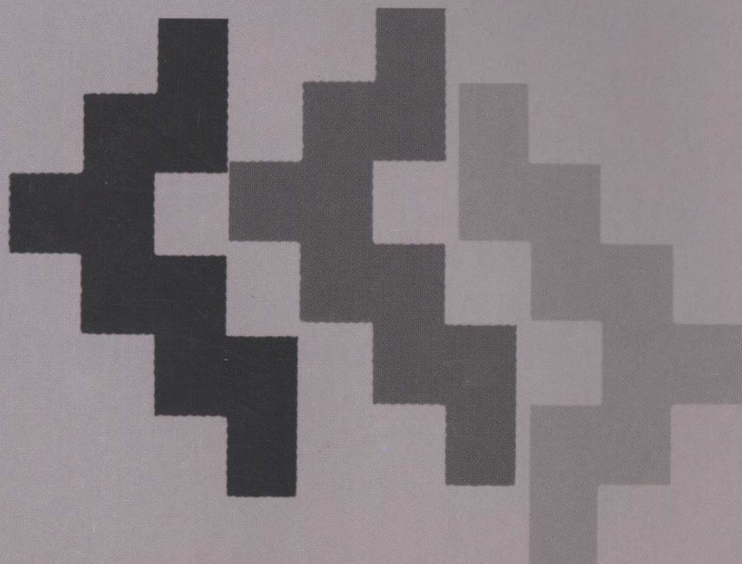
全国中等职业技术学校 **数控加工专业教材**

QUANGUO ZHONGDENG ZHIYE JISHU XUEXIAO SHUKONG JIAGONG ZHUANYE JIAOCAI



数控车工生产 Shukong 实践 (第二版)

中国劳动社会保障出版社



全国中等职业技术学校数控加工专业教材

数控车工生产实践

(第二版)

劳动和社会保障部教材办公室组织编写

中国劳动社会保障出版社出版
(北京市惠新东街1号 邮政编码: 100029)
出版人: 张孝荣

开本: 787毫米×1092毫米 1/16开本 11.5印张 270千字
2006年11月第2版 2006年11月第1次印刷
定价: 16.00元

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

数控车工生产实践/仲小敏主编. —2版. —北京: 中国劳动社会保障出版社, 2006
全国中等职业技术学校数控加工专业教材

ISBN 7-5045-4548-1

I. 数… II. 仲… III. 数控机床: 车床-专业学校-教材 IV. TG519.1

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2006)第 094296 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)

出版人: 张梦欣

*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 11印张 270千字

2006年11月第2版 2006年11月第1次印刷

定价: 16.00元

读者服务部电话: 010-64929211

发行部电话: 010-64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010-64911344

前 言

全国中等职业技术学校数控加工专业教材自出版以来,为满足中等职业技术学校教学及相关职业培训发挥了重要作用,受到了广大师生的好评。但是,随着我国社会主义市场经济和现代加工技术的迅速发展,社会及企业对技能人才的知识与技能结构提出了更新、更高的要求,数控技术和设备也有了很大的进步。为适应培养 21 世纪技能人才的需要,满足全国中等职业技术学校数控加工专业教学,我们根据劳动和社会保障部培训就业司颁发的相关专业教学计划和教学大纲,以及国家职业标准,组织有关专家对原版教材进行了全面修订,修订后的教材包括:《数控车工生产实践(第二版)》《车床数字控制(第三版)》。

在本套教材的教材编写过程中,我们始终坚持了以下几个原则:

以学生就业为导向,以企业用人标准为依据。在专业知识的安排上,紧密联系培养目标的特征,坚持够用、实用的原则,摒弃“繁难偏旧”的理论知识,同时,进一步加强技能训练的力度,特别是加强基本技能与核心技能的训练。

在考虑各地办学条件的前提下,力求反映机械行业发展的现状和趋势,尽可能多地引入新技术和新设备,使教材富有时代感。同时,采用最新的国家技术标准,使教材更加科学和规范。

遵从中等职业技术学校学生的认知规律,在结构安排和表达方式上,强调由浅入深,循序渐进,强调师生互动和学生自主学习,并通过大量生产中的案例和图文并茂的表现形式,使学生能

够比较轻松地掌握所学内容。

本套教材的编写工作得到了江苏、山东、陕西等省劳动和社会保障厅及有关学校的支持和帮助，对此我们表示衷心的感谢。

《数控车工生产实践（第二版）》主要内容有：入门知识、数控机床的基本操作、数控机床坐标系的设置及对刀操作、轴类零件的数控加工、切槽和切断、螺纹加工、套类零件的数控加工、SIEMENS 系统固定循环方法、特形面的数控加工、子程序的用法、综合件加工、数控机床的维护保养及常见故障处理、数控机床数据通信。

《数控车工生产实践（第二版）》由仲小敏主编。

劳动和社会保障部教材办公室

2006 年 11 月

目 录

课题一 入门知识	(1)
课题二 数控机床的基本操作	(7)
§ 2.1 SIEMENS 802S/802C 控制面板操作	(7)
§ 2.2 数控编程基本知识	(13)
§ 2.3 数控车床刀架及工具系统	(16)
§ 2.4 数控车床操作练习	(18)
课题三 数控机床坐标系的设置及对刀操作	(23)
§ 3.1 数控机床坐标系的设置	(23)
§ 3.2 对刀操作	(28)
课题四 轴类零件的数控加工	(34)
§ 4.1 外圆、端面和台阶的数控加工	(34)
§ 4.2 外圆锥的数控加工	(43)
课题五 切槽和切断	(51)
课题六 螺纹加工	(58)
课题七 套类零件的数控加工	(70)
§ 7.1 钻孔、扩孔和铰孔	(70)
§ 7.2 车削直通孔	(79)
§ 7.3 车削台阶孔	(81)
§ 7.4 车削平底孔和内沟槽	(82)
§ 7.5 车内圆锥	(85)

课题八 SIEMENS 系统固定循环用法	(87)
课题九 特形面的数控加工	(96)
§ 9.1 单一圆弧的加工	(96)
§ 9.2 复合圆弧的加工	(103)
课题十 子程序的用法	(105)
课题十一 综合件加工	(111)
课题十二 数控机床的维护保养及常见故障处理	(125)
课题十三 数控机床数据通信	(134)
附录一 SINUMERIK 802S/C base line 指令表	(139)
附录二 JB/T 3208—1999 准备功能 G, M 代码	(146)
附录三 车削加工的切削速度 (参考数值)	(149)
附录四 数控加工实习报告	(152)
附录五 数控车工加工题库	(153)
附录六 常用数控术语	(165)

课题一

入门知识

本课题实习教学要求

1. 了解数控加工技术的应用及发展情况。
2. 了解中等职业技术学校的性质和本工种生产实践课的任务。
3. 了解本工种生产实践课的教学特点。
4. 了解本校或本实习工厂的数控机床和加工情况。
5. 熟悉工厂的各种规章制度,并掌握本工作岗位安全文明生产的要求。

一、数控技术的基本知识和现代数控的发展方向

现代数控技术的典型应用是 FMC/FMS/CIMS,其发展方向是高速化、高精度化、高效加工、多功能化、小型化、复合化、开放化和智能化,以及数控标准的发展。目前,数控技术的发展动向是:开放式数控系统、高速加工系统。

1. 数控技术的基本概念

(1) 数控。数控即数字控制 (Numerical Control, NC),是用数字化信息对机床运动及加工过程进行控制的一种方法。NC 已成为数控加工的专用术语。

(2) 数控技术。数控技术是用数控机床(数控设备)进行自动化加工的一种技术,它综合应用了多种学科的知识。

(3) 数控机床。数控机床是实现柔性自动化的关键设备,是柔性自动生产系统的基本单元。

数控技术是现代先进制造技术的基础,其技术水平和普及程度是衡量一个国家综合国力和工业现代化程度的重要标志。

(4) CNC 与 CAE/CAD/CAM/CAPP 的关系。CNC 与 CAE (Computer Aided Engineering, 计算机辅助工程)、CAD (Computer Aided Design, 计算机辅助设计)、CAM (Computer Aided Manufacturing, 计算机辅助制造)、CAPP (Computer Aided Process Planning, 计算机辅助工艺设计) 的关系如图 1—1 所示。

(5) CNC 与现代先进制造系统的关系

1) CNC 的发展趋势: DNC (直接数字控制) — FMC (柔性制造单元) — FMS (柔性制造系统) — CIMS (计算机集成制造系统)。

2) 现代制造技术的发展方向: 并行工程、敏捷制造、数字化制造、智能制造、网络制造、绿色制造、纳米制造、高速加工等。

2. 数控机床的组成及分类

(1) 数控机床的组成 (见图 1—2)

1) 数控系统。包括 I/O 接口、CNC 装置、伺服系统、PLC。

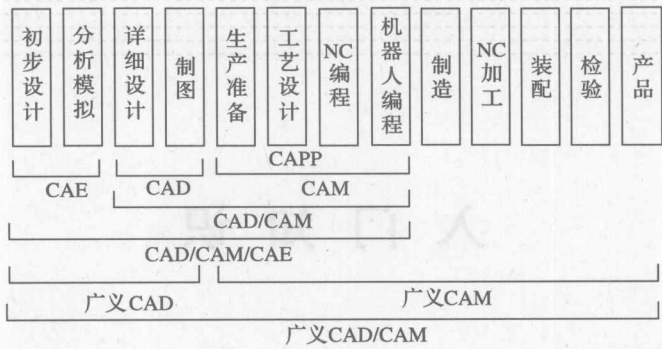


图 1—1 CNC 与 CAE/CAD/CAM/CAPP 的关系



图 1—2 数控机床的组成

2) 机械主体。包括主运动机构、进给运动机构、辅助机构、床身等。

(2) 数控机床的应用

1) 多品种变批量、单件小批量的自动化生产。

2) 柔性加工和柔性自动化生产

- 小批量而又轮番生产的零件。
- 几何形状复杂的零件。
- 在加工过程中必须进行多种工序加工的零件。
- 切削余量大的零件。
- 必须严格控制公差（公差带范围很小）的零件。
- 工艺与设计会经常变化的零件。
- 贵重零件。
- 需全部检测的零件等。

(3) 数控机床的分类（见表 1—1）。

表 1—1 数控机床的分类

分类标准	种 类	
按控制运动的轨迹特点分类	点位控制数控机床	
	直线控制数控机床（单轴数控）	
	轮廓控制数控机床	二坐标联动
		2.5 坐标联动
		三坐标联动
		四坐标联动
		五坐标联动

续表

分 类 标 准	种 类	
按伺服系统的控制类型分类	开环控制的数控机床	
	闭环控制的数控机床	
	半闭环控制的数控机床	
按工艺方法分类	金属切削类数控机床	数控车床
		数控铣床
		数控钻床
		数控磨床
		数控镗床
		加工中心
	金属成形类及特种加工类数控机床	
按功能水平分类	高档	
	中档	
	低档（又称经济型）	
按驱动方式分类	步进式	
	直流伺服	
	交流伺服（交流模拟、交流数字）	
按组成和功能分类	开放式数控	
	智能数控	

3. 数控机床控制系统（CNC）

(1) CNC 系统的组成。CNC 系统由数控装置、伺服系统和系统程序组成。

1) 数控装置（专用计算机）。由硬件和软件组成。

2) 伺服系统。由检测装置、驱动装置和伺服电动机组成。

3) 系统程序。常见的数控系统程序有 SIEMENS, FANUC 等。

(2) 数控装置的硬件组成及功能

1) 数控装置的硬件

- 微机基本系统：CPU、总线、存储器、I/O 设备等。

- 数控接口组件：进给轴位置控制接口组件、主轴控制接口组件、手摇脉冲发生器接口组件等。

- 接口：人机界面接口、通信接口、机电接口、辅助功能（M）控制接口等。

2) 硬件功能。与软件一起接收输入信息（程序），经过译码、轨迹计算（速度计算）、补偿计算、加/减处理和插补运算，给各个坐标的伺服驱动器分配速度、位移指令，完成数控加工任务。

3) 硬件的具体组成

- 微机基本系统。

- 人机界面接口：键盘、显示器、操作面板、手摇脉冲发生器等。

- 通信接口、RS232 并行接口、RS485 串行接口、网络接口。

- 进给轴位置控制接口。
- 主轴控制接口。
- 辅助功能（M 指令）控制接口。

(3) 数控装置软件的基本组成和功能。数控装置软件由控制功能程序和管理功能程序组成。

1) 控制功能程序。实时性强，用于进给坐标的位置控制。

- 译码。
- 预处理（刀补和速度处理）。
- 插补。
- 位置控制。

2) 管理功能程序。实时性稍差，但要保证控制软件数据的供给传递，具体见图 1—3 所示的数控装置软件组成图。

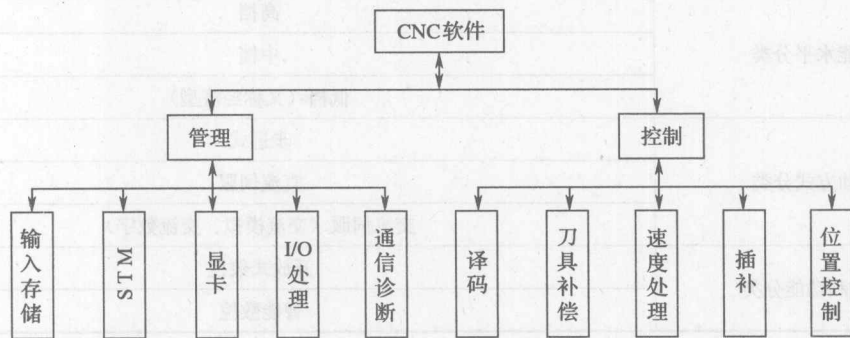


图 1—3 数控装置软件组成图

3) 伺服系统的位置环和速度环（包括电流环）均采用数字闭环、软件计算、数字调解等。为适应不同类型的机床、不同精度和不同加工速度的要求，应预先调整加、减速性能或自动调整加、减速性能。

4) 采用高分辨率的位置检测装置。高分辨率的脉冲编码器，内有微处理器组成的细分电路，使得分辨率大大提高，增量位置检测为 10 000 p/r（脉冲数每转）以上；绝对位置检测为 1 000 000 p/r，16 000 000 p/r 以上。

5) 补偿技术得到了发展和应用。现代数控系统都具有补偿功能，可以对伺服系统进行多种补偿，如丝杠螺距误差补偿、齿侧间隙补偿、轴向运动误差补偿、空间误差补偿和热变形补偿等。

6) 采用光栅尺的全闭环系统。

7) 采用矢量控制技术。

二、数控车工生产实习课的任务

数控车工生产实习课的任务是：教育学生牢固树立科学技术是第一生产力的思想，爱岗敬业，增强质量意识，注意安全，文明生产，树立良好的职业道德；培养学生全面牢固地掌握本工种的基本操作技能和辅助工作技能；能独立完成本工种中级职业资格要求的工作；能查找车床数控系统和车床主体在使用中的常见故障，并能协助专业维修人员尽快排除故障；了解数控机床的基本结构，并能参与数控机床的技术改革；当条件具备时，努力掌握相近工

种（如数控铣床操作工、加工中心操作工、数控线切割机床操作工、数控电火花机床操作工等）的基本操作技能。

三、文明生产和安全操作

文明生产是企业管理中的一项十分重要的内容，它直接影响产品的质量，影响设备和工、量、夹具的使用效果及寿命，还会影响操作工人技能的发挥。技工学校和技师学院的学生是工厂的后备工人，从开始学习本课程起，就要重视培养文明生产的良好习惯。因此，要求实习学生在整个实习操作过程中必须做到以下几点：

1. 进入数控加工实习场地后，应服从实习指导老师的安排，听从指挥，不得擅自启动或操作数控系统。
2. 熟悉机床使用说明书和机床的一般性能、结构，严禁超性能使用。
3. 开机前应按设备检查卡规定的要求检查机床各部分是否完整、正常，机床的安全防护装置是否牢靠。
4. 按润滑图表规定加油，检查油标、油量、油质及油路是否正常，保持润滑系统清洁，油箱、油眼不得敞开。
5. 严格按照数控车床操作步骤操作机床，未经实习指导老师同意，其他人员不得私自开动。
6. 按动各按键时用力应适度，不得有用力拍打键盘、按键和显示屏的野蛮操作行为。
7. 严禁敲打中心架、顶尖、刀架、导轨等机床部件。
8. 机床发生故障或不正常现象时，应立即停车检查、排除。
9. 实习学生离开机床、变换速度、更换刀具、测量尺寸、调整工件时，都应停车。
10. 工作完毕后，应使机床各部位处于原始状态，并切断电源。
11. 妥善保管工、量、夹具和机床附件，保持机床整洁、完好。
12. 做好机床清扫工作，保持清洁，认真执行交接班手续，填好交接班记录。

四、数控车工生产实习课教学的特点

生产实习课教学主要是培养学生全面、牢固掌握实际操作的技能 and 技巧。数控车工生产实习课与普通车工生产实习课比较，具有以下特点：

1. 数控车工生产实习课教学以普通车工生产实习课教学为基础，但掌握其技能和技巧主要体现在用脑过程中，特别是编制加工程序过程中的工艺处理环节尤为突出。
2. 数控车削加工是自动控制加工中的一种，它融机械、电子、计算机、液压、气压、传感器、检测等多项技术为一体，涉及多门知识的综合应用。因此，要求学生全面、牢固地掌握各门先修课及本专业理论课知识，并灵活应用到实习教学过程中。
3. 学生应在教师指导下，经过观察、模仿、反复练习，以获得基本操作技能，还应结合数控加工特点发挥其创新能力，不断提高技艺。
4. 数控车工生产实习课的内容多、难度大，在完成各课题教学的同时，还应培养和提高学生分析和解决问题的能力，以便今后能独立地将所学技能、技巧应用到实际生产中去。
5. 生产实习课教学是结合生产实际进行的，在整个生产实习教学过程中，要教育学生热爱本工种（专业），重视产品质量，培养经济观念，树立安全操作和文明生产的思想。

五、现场参观

1. 参观历届同学的实习工件和生产产品。
2. 参观学校或工厂的设备，并重点参观有关的数控加工机床。

六、讨论并撰写实习心得报告

1. 对数控车工工作的认识和想法。
2. 遵守数控实习场地各项规章制度的重要意义。
3. 文明生产和遵守安全操作规程的重要意义。
4. 自行撰写一份参观实习心得报告（见附录四）。

课题二

数控机床的基本操作

本课题实习教学要求

1. 了解数控车床的结构、各部分的名称及作用。
2. 掌握所用设备的操作面板上各种按键的符号及含义。
3. 掌握所用数控系统的编辑、删除、复制、检索等功能操作。
4. 掌握准备功能、辅助功能、进给功能、刀具功能、转速功能各代码的含义，并会正确使用。

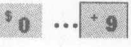
§ 2.1 SIEMENS 802S/802C 控制面板操作

一、数控系统 (SIEMENS 802S/802C) 控制面板操作介绍

SIEMENS 802S/802C 控制面板如图 2—1 所示。



图 2—1 SIEMENS 802S/802C 控制面板

- | | |
|--|---|
|  软功能键 |  垂直菜单键 |
|  加工键 |  报警应答键 |
|  返回键 |  选择/转换键 |
|  菜单扩展键 |  回车/输入键 |
|  区域转换键 |  上档键。上档键转换对应字符 |
|  光标向上键 |  光标向下键 |
| 上档：向上翻页键 |  光标向右键 |
|  光标向左键 |  空格键（插入键） |
|  删除键（退格键） |   字母键 |
|  数字键 | |

备注：数字/字母键用于输入数据到系统数据输入域，系统自动判别取字母还是取数字。

二、数控机床操作面板介绍

SIEMENS 802S/802C 操作面板如图 2—2 所示。

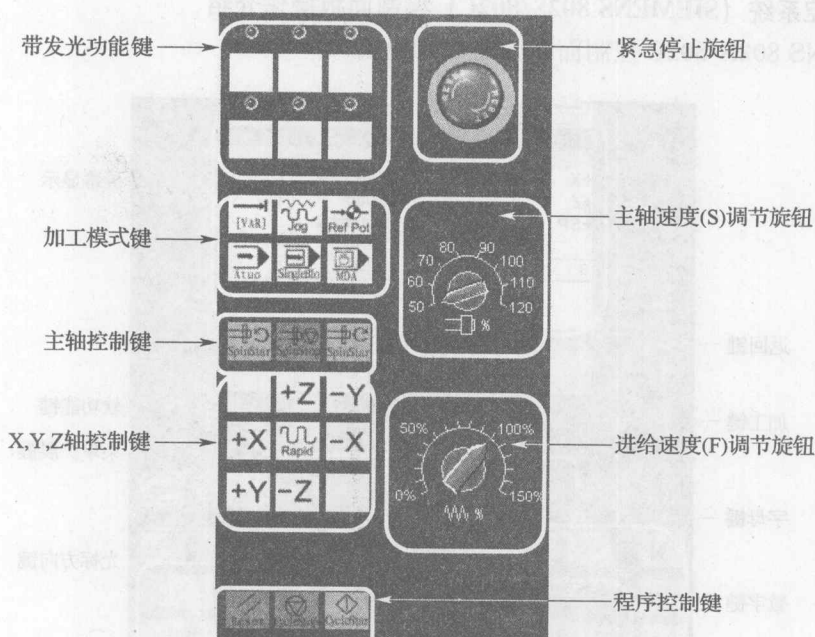


图 2—2 SIEMENS 802S/802C 操作面板

 用于直接通过操作面板输入数控 MDA 程序和编辑程序

 进入自动加工模式
AUTO

 手动方式, 手动连续移动台面或
JOG 者刀具

 手动方式回参考点
REF POT

 增量选择
VAR

 自动加工模式中单步运行
SINGL

 主轴正转
SPINSTAR

 主轴反转
SPINSTAR

 主轴停止
SPINSTOP

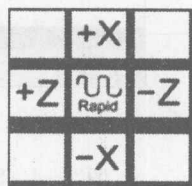
 复位键
RESET

 循环启动
CYCLESTAR

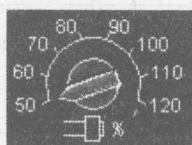
 循环停止
CYCLESTOP

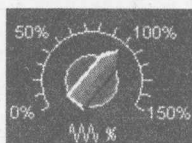
 快速移动
RAPID

 带指示灯的用户键

 选择要移动的轴
方向键

 紧急停止旋钮

 主轴速度(S)调节旋钮

 进给速度(F)调节旋钮

三、操作区域的划分

按控制器的基本功能可以划分为以下几个操作区域, 如图 2—3 所示。



图 2—3 SIEMENS 802S 系统的操作区域

四、屏幕划分

SIEMENS 802S 系统屏幕如图 2—4 所示, 屏幕符号说明见表 2—1。

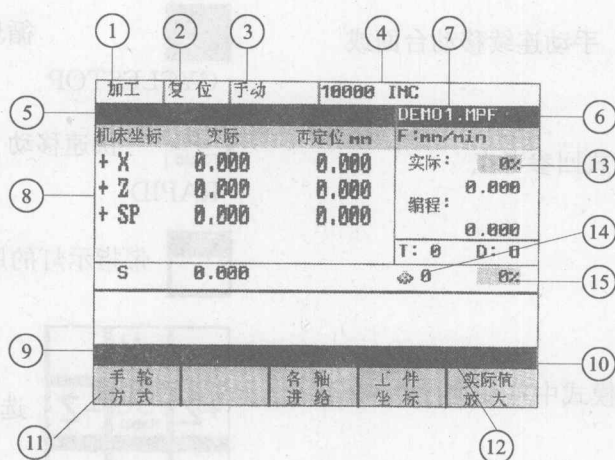


图 2—4 SIEMENS 802S 系统屏幕

表 2—1

SIEMENS 802S 系统屏幕符号说明

图中元素	缩略符	含 义
①当前操作区域	MA	加工
	PA	参数
	PR	程序
	DI	通信
	DG	诊断
②程序状态	STOP	程序停止
	RUN	程序运行
	RESET	程序复位
③运行方式	JOG	点动方式
	MDA	手动输入，自动执行
	AUTO	自动方式
④状态显示	SKP	程序段跳跃 跳步的程序段在其段号之前用一斜线表示，这些程序段在程序运行时跳过不执行
	DRY	空运行 轴在运行时将执行设定数据“空运行进给率”中规定的进给值
	ROV	快速修调 修调开关对于快速进给也生效
	SBL	单段运行 此功能生效时，零件程序按以下方式逐段运行： 每个程序段逐段解码，在程序段结束时有一暂停，但在没有空运行进给的螺纹程序段时为一例外，在此只有螺纹程序段运行结束后才会产生一暂停 SBL 功能只有处于程序复位状态时才可以选择