

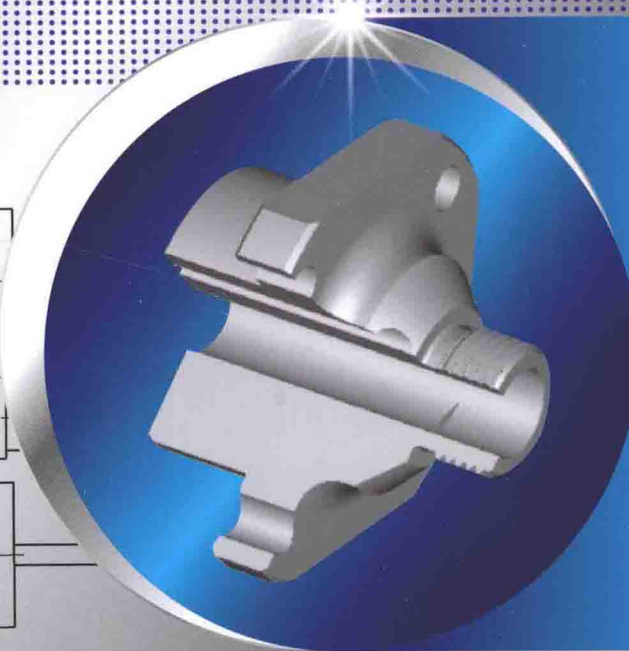
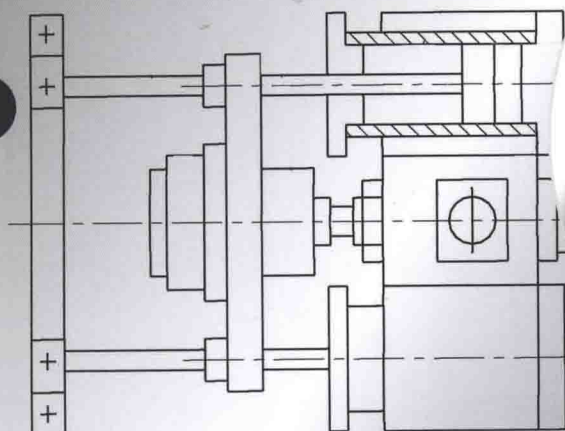


战祥乐 赵战峰 著



数控编程基础应用教程 (基于德国标准)

SHUKONG BIANCHENG
JICHU YINGYONG JIAOCHENG



化学工业出版社

战祥乐 赵战峰 著



数控编程基础应用教程 (基于德国标准)

本书主要介绍数控编程的基础知识、编程方法、编程实例等。全书共分4章。第1章介绍数控编程的基础知识，包括数控编程的概念、特点、分类、应用等。第2章介绍数控编程的准备工作，包括零件图的识图、加工工艺的制定、刀具的选择等。第3章介绍数控编程的编程方法，包括手工编程、自动编程等。第4章介绍数控编程的编程实例，包括平面铣削、轮廓铣削、钻孔等。

化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

数控编程基础应用教程: 基于德国标准/战祥乐, 赵战峰著. —北京: 化学工业出版社, 2015.9
ISBN 978-7-122-24660-8

I. ①数… II. ①战… ②赵… III. ①数控机床-程序设计-教材 IV. ①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2015) 第 151880 号

责任编辑: 贾 娜
责任校对: 吴 静

文字编辑: 张绪瑞
装帧设计: 刘丽华

出版发行: 化学工业出版社 (北京市东城区青年湖南街 13 号 邮政编码 100011)
印 刷: 北京永鑫印刷有限公司
装 订: 三河市宇新装订厂
787mm×1092mm 1/16 印张 12½ 字数 190 千字 2015 年 11 月北京第 1 版第 1 次印刷

购书咨询: 010-64518888 (传真: 010-64519686) 售后服务: 010-64518899
网 址: <http://www.cip.com.cn>
凡购买本书, 如有缺损质量问题, 本社销售中心负责调换。

定 价: 49.00 元

版权所有 违者必究

广东是职业教育大省，具备良好的职业教育发展环境和氛围。近年来，广东适应经济发展方式转变和产业转型升级的要求，稳步推进现代职业教育建设，取得明显成效。现代职业教育是构建现代产业体系的重要支撑，产业转型升级的成败取决于对先进技术的自主创新能力和应用开发能力，取决于是否拥有一大批具备对先进技术自主创新能力和应用开发能力的高素质技术技能人才。为此，广东省委省政府提出了构建现代职业教育体系的战略目标。为实现这一战略目标，必须加快职业教育的国际化，学习借鉴国际先进的职业教育理念和方式，引进吸收国际先进技术、标准，深化教育教学改革，培养产业转型升级迫切需要的高素质技术技能人才。2010年6月，粤德高层互访后，广东省领导强调广东要与德国加强“双向交流”，加快引进德国先进技术，助推广东省产业转型升级。此后，广东省在职业教育领域更加注重与德国同行的交流与合作，开展了一系列卓有成效的活动，把重心放在引进德国先进技术标准上，以适应广东省先进制造业的发展需要。

德国数控标准采用的是 DIN 66025，是整个欧盟国家普遍采用的数控标准。近年来，广东轻工职业技术学院战祥乐老师及其团队在繁忙的教学工作之余，对这一标准作了深入研究，形成了《数控编程基础应用教程（基于德国标准）》、《数控编程高级应用教程（基于德国标准）》、《数控编程工作任务（基于德国标准）》系列图书。该系列图书以图解和项目的形式全面讲解了德国标准 DIN 66025 的内涵，引进了德国近年来在数控技术职业教育方面的成功经验，结合目前广东省职业院校比较普遍使用的 FANUC 数控系统，以编程对比的形式进行了详细的阐述。该系列图书内容全面，涵盖了数控车、数控铣、车铣复合、3+2 轴编程，全面讲解了 DIN 66025 的通用编程方法，也专门讲述了 FANUC、SINUMERIK、HEIDENHAIN 数控系统的编程。该系列图书分基础编程、高级编程，同时配有德国标准 DIN 66025 工作任务，基础应用教程和高级应用教程形成梯次递进的体系，有助于全面提高学生的数控编程能力。

据本人所知，该系列图书是我国首套全面讲解德国数控编程标准的专业书籍，为广东省职业教育引进德国先进标准迈出了可贵的第一步，是粤德职业教育合作和现代职业教育教学改革的重要成果。相信随着该系列图书的出版，将有力地推动广东省数控技术专业职业教育，进一步提升教学水平和人才培养质量。



2015 年 5 月

随着经济结构调整、产业转型升级的深入,广东省积极借鉴欧盟国家特别是德国在自主创新、培养和使用人才等方面的经验与做法,引进更多的德资企业,加强双向交流合作,推动经济发展。因此,广东省与德国的合作呈不断上升的趋势。

广东省作为国家高技能人才培养的先进地区,在我国率先以数控技术专业为试点,制定实施职业教育等级证书制度。在该制度的制定实施过程中,充分参考德国先进的职业教育理念、标准和资源,积极探索国际合作培养高端技能人才的路径。这样既有助于提高广东省职业教育的整体教学水平,又可以引发我们对现有教育模式的反思,改变现有的不适应新形势的旧观念和做法,促进职业教育的教学改革。德国标准 DIN 66025 是国际上最先进的数控标准之一,编写本书的目的在于将其引入我国高职、中职学校数控技术专业的教学中。同时,有利于培养实用型高技能人才,提高数控技术专业教师的教学能力。

数控 PAL (prüfungsaufgaben und lehrmittelentwicklungsstelle) 是德国工商会 DIHK (Deutscher Industrie-und Handelskammertag) 应用数控标准 DIN 66025 进行数控编程教学及考核的简称。本书通过图解的形式全面介绍了数控标准 DIN 66025 的编程指令,以项目的形式全面讲解数控车、数控铣编程基础,并对数控车、数控铣编程进行专项训练。同时,将 PAL 数控编程与 SINUMERIK、HEIDENHAIN、FANUC、HNC、GSK 数控编程进行对比,从而使读者更容易掌握与过渡。

本书所有项目通过德国 KELLER 软件的验证,所有编程项目通过机床实际加工验证。

本书由广东轻工职业技术学院战祥乐、赵战峰著。特别感谢德国 Keller SYMplus CNC 公司、Chinawindow 公司及德国工商会上海分会 AHK (Deutsche Auslandshandelskammern) 对本书提供的帮助与支持。感谢广东省教育厅魏中林副厅长为本书的出版作序,感谢广东省教育厅吴念香调研员为本书提出的大量指导性建议。

由于著者的水平所限,不足之处在所难免,请广大读者斧正。

著者

2015 年 5 月

第一章 图解德国数控标准指令

第一节	图解数控车削编程指令	1
第二节	数控车削编程指令代码	9
第三节	PAL 与 FANUC 数控车削编程指令代码对比	11
第四节	图解数控铣削编程指令	13
第五节	PAL 数控铣削编程指令 G 代码	24
第六节	PAL 与 FANUC 数控铣削编程指令 G 代码对比	25

第二章 数控车削编程基础

第一节	几何基础	28
第二节	数控车床坐标系	31
第三节	数控车削轮廓编程指令	33
第四节	数控车削粗加工循环指令	41

第三章 数控车削编程应用项目

项目一	直线轮廓外圆车削	44
项目二	圆弧轮廓外圆车削	49
项目三	内外圆车削	54
项目四	综合车削（一）	64
项目五	综合车削（二）	74
项目六	综合车削（三）	84
项目七	综合车削（四）	95
项目八	综合车削（五）	103
项目九	多数控系统编程对比	115
数控车削编程练习任务		123

第四章 数控铣编程基础

第一节	数控铣削基本指令	131
第二节	数控铣削编程指令应用实例	134
数控铣削编程基础作业题		144

第五章 数控铣削编程应用项目

项目一	综合铣削加工（一）	155
项目二	综合铣削加工（二）	163

项目三 综合铣削加工（三）	171
项目四 综合铣削加工（四）	179
数控铣削编程练习任务	189

参 考 文 献

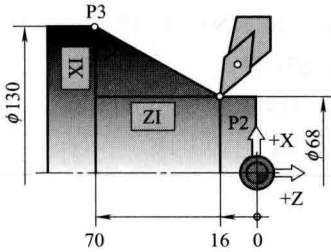
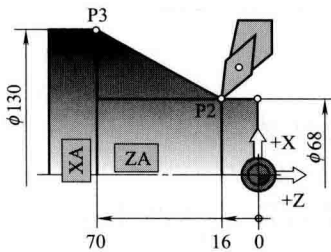
第一章

图解德国数控标准指令

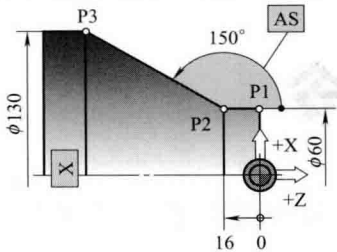
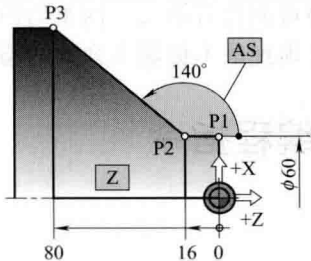
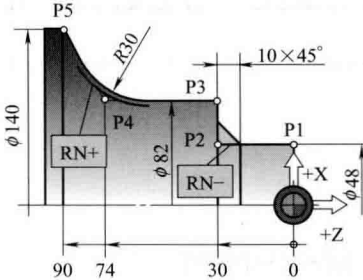
本章以图例的形式全面讲解德国数控标准 DIN 66025 的编程指令，通过本章的学习初步掌握数控编程指令。在“数控程序”中列出的数控程序可能含有第二、四章的内容，如果不能理解，请在学习后面的相关章节后再仔细阅读，但必须理解本标题所列出的指令。

第一节 图解数控车削编程指令

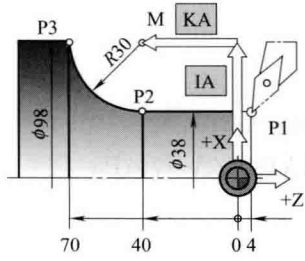
1. G1 直线插补

图 例	数控程序
(1) 绝对坐标指令 G90 与增量坐标 XI、ZI	
	<pre>N10... N15 G90 N20... N25 G1 X68 Z-16;P2 N30 G1 XI62 ZI-54;P3 N35...</pre>
(2) 绝对坐标 XA、ZA 与增量坐标指令 G91	
	<pre>N10... N15 G91 N20... N25 G1 X68 Z-16;P2 N30 G1 XA130 ZA-70;P3 N35...</pre>

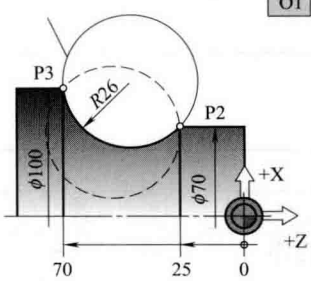
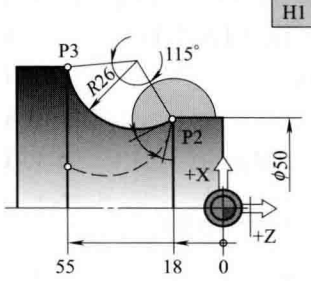
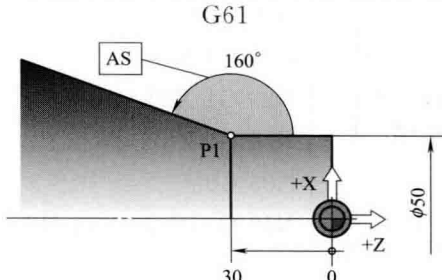
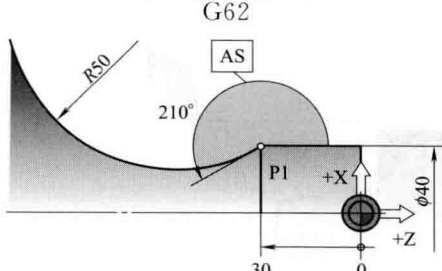
续表

图 例	数控程序
(3) 角度 AS 与 X 坐标 	<pre> N10... N15 N20... N25 G1 X60 Z-16;P2 N30 AS150 X130;P3 N35... </pre>
(4) 角度 AS 与 Z 坐标 	<pre> N10... N15 G90 N20... N25 G1 X60 Z-16;P2 N30 G1 AS140 Z-80;P3 N35... </pre>
(5) 倒圆角 RN+ 与倒斜角 RN- (RN+ 与 RN- 提供二维轮廓间的过渡功能) 	<pre> N10... N15 G90 N20 G0 X48 Z0;P1 N25 G1 Z-30 RN-10;P2 N30 G1 X82;P3 N35 G1 Z-74 RN+30;P4 N40 G1 X140 Z-90;P5 </pre>

2. G2、G3 圆弧插补

图 例	数控程序
(1) 圆心绝对坐标的圆弧插补 	<pre> N10 ... N15 G90 N20 G0 X38 Z4;P1 N25 G1 Z-40;P2 N30 G2 X98 Z-70 IA98 KA-40;P3 N35 ... </pre>

续表

图 例	数控程序
(2) 半径 R、扇形角 AO 编程及多方案的选择(半径 R 或扇形角 AO 可能会出现多个方案的圆弧,可以使用 O、H 及 R 的+、-进行选择)	
① 使用 R 及 O 选择圆弧	
	<pre> N10 ... N15 G90 N20 ... N25 G1 X70 Z-25;P2 N30 G2 X100 Z-70 R26 O1;P3 N30 G2 X100 Z-70 R+26;P3 </pre>
② 使用 AO 及 H 选择圆弧	
	<pre> N10 ... N15 G90 N20 ... N25 G1 X50 Z-18;P2 N30 G2 Z-55 R26 AO115 H1;P3 </pre>
(3) 轮廓编程(使用 G61、G62、G63 可以方便地定义车削轮廓)	
	<pre> N15 G1 X50 Z-30;P1 N20 G61 AS160 </pre>
	<pre> N15 G1 X40 Z-30;P1 N20 G62 AS210 R50 </pre>

续表

图 例	数控程序
Diagram for G63 example showing a part with a 210-degree arc and points P1, P2, P3. Dimensions include 72, 20, 0, 40, and R26.	<pre> N15 ... N20 G1 X40 Z-20;P1 N20 G61 AS210;P2 N30 G62 Z-72 R+26;P3 </pre>

3. 循环指令

(1) G22 子程序调用

格式	图例	程 序	
G22 L [H] [/] 必选地址： L:子程序地址 可选地址： H: 重复次数			

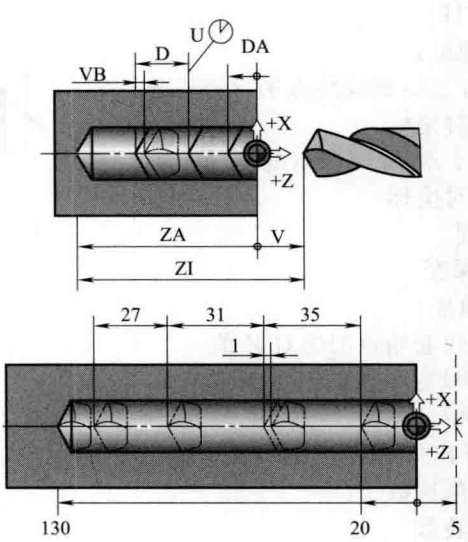
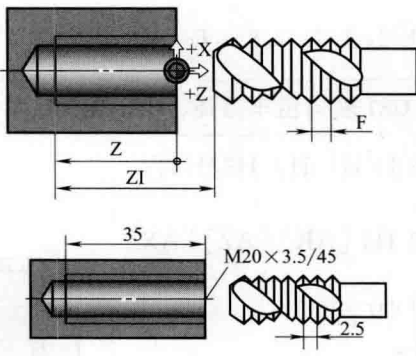
(2) G23 程序部分重复

G23 N N [H] 必选地址： N: 起始程序段号 N: 结束程序段号 可选地址： H: 重复次数	Diagram for G23 example showing a part with dimensions 16, 15, 0, 58, 36, 54, and 30. Points P1 and W are marked.	<pre> N10 .. N15 G0 X58 Z-15 M4 N20 G91 N20 G1 X-22 N25 G1 X22 N30 G0 Z-16 N35 G90 N40 G23 N20 N35 H2 </pre>
---	--	--

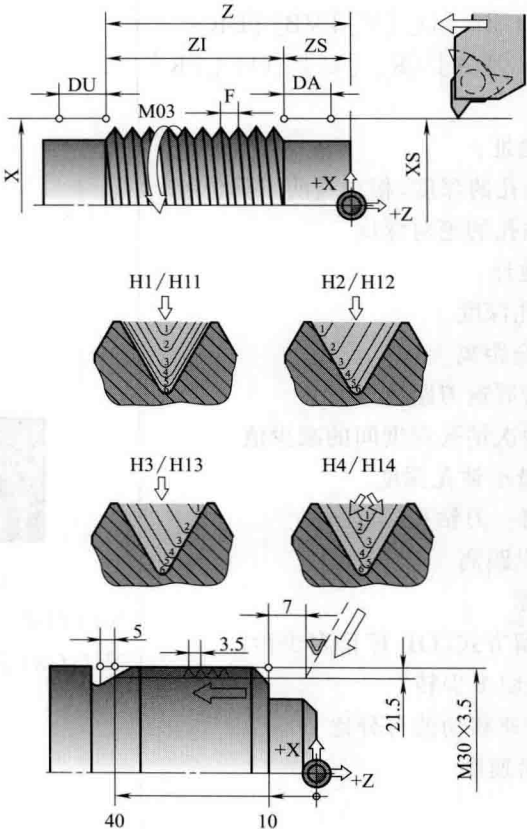
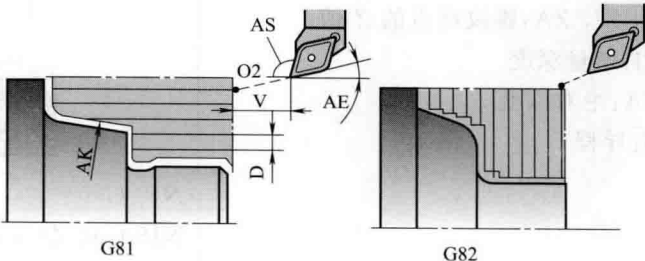
(3) G14 返回换刀点

G14 [H] 可选地址： H0: 所有轴同时返回换刀点 H1: X 轴先返回换刀点, Z 轴再返回换刀点 H2: Z 轴先返回换刀点, X 轴再返回换刀点	Diagram for G14 example showing a part with points H0, H1, and H2 marked.
--	--

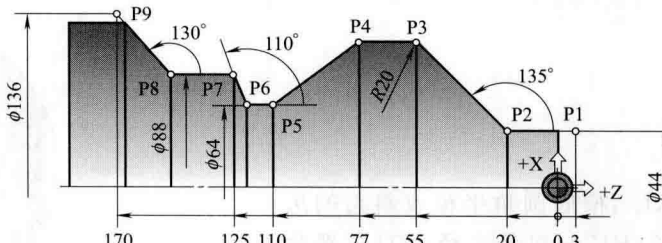
续表

格式	图例及程序
(4) G84 钻孔循环 G84 ZI/ZA [D] [V] [VB] [DR] [DM] [DA] [R] [U] [O] [FR] [E] 必选地址: ZI: 钻孔的深度, 相对当前刀具位置 ZA: 钻孔的绝对深度 可选地址: D: 啄孔深度 V: 安全距离 VB: 断屑退刀距离 DR: 两次钻孔深度间的减少值 DM: 最小钻孔深度 DA: 第一刀钻孔深度 R: 退出距离 U: 停留 O: 停留方式 (O1: 停留多少秒; O2: 停留多少转) FR: 快速移动的百分比 E: 进给速度	 N10 G90 N15 G84 Z-130 D30 V5 VB1 DR4 U0.5 N20 ..
(5) G32 攻螺纹循环 G32 Z/ZI/ZA F 必选地址: Z, ZI, ZA: 螺纹终点的 Z 值 ZI: 增量深度 ZA: 绝对深度 F: 导程	 N10 G90 N15 G32 Z-35 F2.5 S.. M..

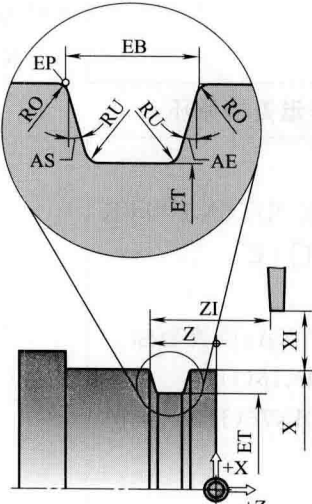
续表

格式	图例及程序
(6) G31 车螺纹循环 G31 Z/ZI/ZA X/XI/XA F D [ZS] [XS] [DA] [DU] [Q] [O] [H] 必选地址： Z, ZI, ZA: 螺纹终点的 Z 值, 增量/绝对坐标 X, XI, XI: 螺纹终点的 X 值, 增量/绝对坐标 F: 导程 D: 总深度 可选地址： ZS: 螺纹起始点的绝对 Z 值 XS: 螺纹起始点的绝对 X 值 DA: 导入 DU: 导出 Q: 切削次数 O: 空转数 H: 选择切削方式 H1: 无偏移 H2: 从左侧进刀 H3: 从右侧进刀 H4: 两侧交替进刀 H11: 无偏移的径向留余量 H12: 从左侧进刀的径向留余量 H13: 从右侧进刀的径向留余量 H14: 两侧交替进刀的径向留余量 余量为: $1/2, 1/4, 1/8 \times D$	 N10 G90 N15 G31 Z-40 X30 F3.5 D2.15 ZS-10 XS30 Q12 O13 H14 N20 ..
(7) G81 轴向粗车循环、G82 端面粗车循环 G81/G82 D[H1/H2/H3/H24] 或 G81/G82 H4 [AK] [AZ] [AX] [AE] [O] [Q] [V] [E] 必选地址： D: 切削层深度 可选地址： H1: 仅粗加工, 在 45° 方向退刀	 G81 G82

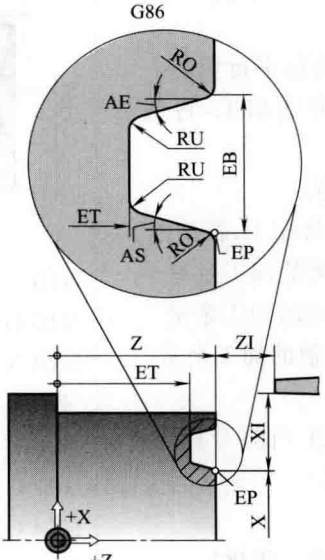
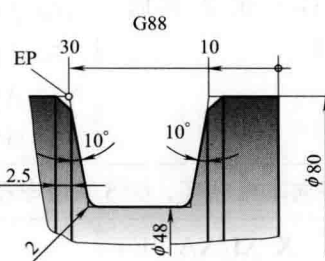
续表

格式	图例及程序
H2:沿着轮廓逐层平行切削 H3:用 H1 的方法加工,再附加轮廓刀路 H4:精加工轮廓 H24:先用 H2 粗加工,再精加工 AK:平行于轮廓的加工余量 AZ:平行于 Z 轴的加工余量 AX:平行于 X 轴的加工余量 AE:进刀角度 O:加工起点(O1 当前刀具位置; O2 从轮廓计算) Q:空刀路优化 (Q 1 不优化; Q 2 优化) V:安全距离(G81 在 Z 方向; G82 在 X 方向) E:进给速度	 N10 N15 G81 D3 H3 E0.15 AZ0.1 AX0.5 N20 X44 Z3;P1 N25 G1 Z-20;P2 N30 G1 Z-55 AS135 RN20;P3 N35 G1 Z-77 AS180;P4 N40 G1 Z-110 X64;P5 N45 AS180;P6 N50 AS110 X88 Z-125;P7 N55 AS180;P8 N60 AS130 X136 Z-170;P9 N65 G80;加工轮廓描述结束

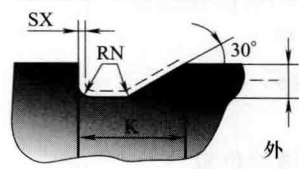
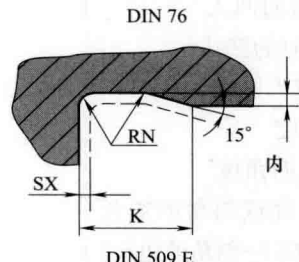
(8) G86 径向车槽循环、G88 轴向车槽循环

G86 Z/ZI/ZA X/XI/XA ET [EB] [D] [..] G88 Z/ZI/ZA X/XI/XA ET [EB] [D] [..] 必选地址: Z/ZI/ZA X/XI/XA:位置坐标 ET:G86 槽底直径 G88 槽底的 Z 坐标 可选地址: EB:凹槽宽度和槽的位置 EB+向 Z+方向的凹入 EB- 向 Z-方向的凹入 D:每层切削深度 AS:槽的侧面角度 AE:槽的另一侧面角度 RO:槽顶圆角半径或斜角的边长 (RO+圆角半径;RO-斜角的边长)	
--	--

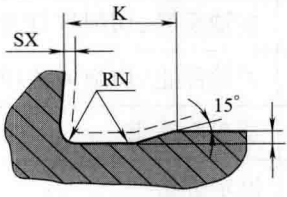
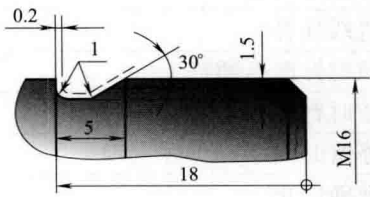
续表

格式	图例及程序
RU:槽底圆角半径或斜角的边长(RU+圆角半径;RU-斜角的边长) AK:平行于轮廓的余量 AX:在X方向的余量 EP:设定槽的定位点(EP1 定位点在槽的开口顶部角落;EP2 定位点在槽的底部角落) H:加工方式(H1 预加工凹槽;H14 先预加工凹槽再精加工;H2 粗加工;H24 先粗加工再精加工;H4 精加工) DB:宽度的百分比 V:安全距离	G86  G88  N10 G0 X82 Z-32 N35 G86 Z-30 X80 ET48 EB20 D4 AS10 AE10 RO-2.5 RU2 H14

(9) G85 车退刀槽循环

G85 Z/ZI/ZA X/XI/XA I/[I] K [RN] [SX] [H] [E] 必选地址: Z/ZI/ZA X/XI/XA:位置坐标 I:槽深,参照 DIN76(H1) K:槽宽,参照 DIN76(H1) 可选地址: RN:圆角半径 SX:磨削余量	 
--	---

续表

格式	图例及程序
H: 退刀槽类型 H1 DIN 76 H2 DIN 509 E H3 DIN 509 F E: 进给速度	 DIN 509F  N10 G0 .. N15 G85 ZA-18 XA16 I1.5 K5 RN1 SX0.2 H1 E0.15

4. G80 加工轮廓描述结束

G80 [ZA] [XA]

可选地址:

ZA: 按 Z 的绝对坐标值确定与 X 轴平行的加工边界

XA: 按 X 的绝对坐标值确定与 Z 轴平行的加工边界

第二节 数控车削编程指令代码

坐标	XA/YA/ZA	相对于工件坐标系的绝对坐标值输入
	XI/YI/ZI	相对于工件坐标系的增量坐标值输入
	IA/JA/ KA	相对于工件坐标系的圆心绝对坐标输入
T (刀具)	T	转塔或刀库中的刀具
	TC	刀具补偿存储器号
	TR	刀具半径补偿值
	TL	刀具长度补偿值
	TZ	刀具在 Z 方向补偿值
	TX	刀具在 X 方向补偿值

续表

M 代 码 (附 加 功 能)	M13	主轴正转、切削液打开	
	M14	主轴反转、切削液打开	
	M15	主轴停止、切削液关闭	
	M17	子程序结束	
	M60	恒定进给	
G 代 码	插补		刀具补偿
	G0	快速点定位	G40 取消刀具半径补偿
	G1	直线插补	G41 刀具半径左补偿
	G2	顺时针圆弧插补	G42 刀具半径右补偿
	G3	逆时针圆弧插补	进给和速度
	G4	停留时间	G92 极限转速
	G9	准确停止	G94 每分钟进给速率(mm/min)
	G14	返回换刀点	G95 每转进给速率(mm/r)
	G61	直线轮廓插补	G96 恒线速度
	G62	顺时针圆弧轮廓插补	G97 恒转速
	G63	逆时针圆弧轮廓插补	程序调用
	坐标系零点		G22 调用子程序
	G50	取消工件坐标系零点平移和旋转	G23 程序部分重复
	G53	激活机床坐标系	G29 条件跳转
	G54~ G57	工件坐标系绝对坐标零点偏置	
	G59	工件坐标系零点平移和旋转	
	加工平面		循环
	G17	选择端面为加工平面	G31 车螺纹循环
	G17C	选择端面为加工平面,以极坐标编程	G32 攻螺纹循环
	G18	以当前刀具选择加工平面	G33 不分层单刀车螺纹循环
	G19	选择圆柱面为加工面	G80 加工轮廓描述结束
	G19C	选择圆柱面为加工面,以极坐标编程	G81 内外圆粗车循环
	测量		G82 端面粗车循环
	G70	主单位为英寸	G83 平行轮廓粗加工循环
	G71	主单位为毫米	G84 钻孔循环
	G90	绝对坐标	G85 车退刀槽循环
	G91	增量坐标	G86 径向车槽循环
			G87 径向轮廓车槽循环
			G88 轴向车槽循环
			G89 轴向轮廓车槽循环