

中国第一汽车集团公司工会推出

数控车床 / 加工中心 编程方法、技巧与实例

SHUKONG CHECHUANG JIAGONG ZHONGXIN
BIANCHENG FANGFA JIQIAO YU SHILI

- ★ 技术标兵操作心得
- ★ 能工巧匠方法技巧
- ★ 大赛状元经验绝招
- ★ 生产现场操作案例

于久清 ◎ 编著



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS



于久清，第一汽车集团公司数控编程调整工，铣工高级技师。

他凭着深厚的机械加工功底和超人的学习毅力，不但掌握了数控机床编程操作技术，还通过大量实践摸索出了一些独特的加工工艺及程序编制经验。在新产品试制中，他独立完成了50多种产品的编程和调试工作，实现了30多项岗位技术创新。

他曾分别获得长春市、吉林省职工技能大赛第一名，被授予“长春市铣工状元”、“吉林省技术标兵”称号。还先后获得一汽公司、长春市和吉林省“五一”劳动奖章，一汽公司和长春市劳动模范，吉林省十大杰出能工巧匠，全国机械行业突出贡献技师等荣誉称号。

他是长春市享受特殊津贴的高技能人才，先后被一汽公司工会聘为高技能传承师、长春市总工会聘为高技能人才传艺项目技能导师、中华全国总工会聘为全国第二届职工职业技能大赛评委。

SHUKONG CHECHUANG JIAGONG ZHONGXIN BIANCHENG FANGFA JIQIAO YU SHILI

○ ISBN 978-7-111-23628-3

○ 策划编辑：荆宏智

○ 封面设计：王伟光

上架指导：工业技术/机械工程/机械加工

编辑热线：010-88379080

定价：22.00元

ISBN 978-7-111-23628-3



9 787111 236283 >

地址：北京市百万庄大街22号 邮政编码：100037
联系电话：(010)68326294 网址：<http://www.cmpbook.com> (机工门户网)
(010)68993821 E-mail: cmp@cmpbook.com
购书热线：(010)88379639 (010)88379641 (010)88379643

TG519.1/24

2008

中国第一汽车集团公司工会推出

数控车床/加工中心 编程方法、技巧与实例

于久清 编著

机械工业出版社

本书是由一位有 30 多年机加工经验的高级技师, 根据数控机床加工的现场工作实践经验编写而成的。本书的特点是: 开门见山直抒数控机床操作与编程的主题, 由浅入深, 通俗易懂, 图文并茂, 论述精辟。本书用独特的视角阐述了“工件坐标系的设定方法及对刀原理”“刀具长度补偿的两种使用方式和应用规则”和刀具半径补偿需特别注意的问题等, 都是作者在生产实践中的经验总结。书中有 40 多个工件编程加工案例, 全都是生产中使用的程序, 具有使用安全、可靠等特点。

本书不仅是数控加工技术初学者的良师益友, 更是有一定机械加工基础的技术工人学习数控加工技术的好帮手。也是技工学校数控专业适用的辅导教材, 还可作为数控编程人员和机电一体化大中专班学员的参考用书。

图书在版编目 (CIP) 数据

数控车床/加工中心编程方法、技巧与实例/于久清编著. —北京: 机械工业出版社, 2008.3

ISBN 978-7-111-23628-3

I. 数… II. 于… III. ① 数控机床: 车床-程序设计
② 数控机床加工中心-程序设计 IV. TG519.1 TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2008) 第 029926 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: 吴天培

版式设计: 霍永明 责任校对: 李 婷

封面设计: 王伟光 责任印制: 邓 博

北京诚信伟业印刷有限公司印刷

2008 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

140mm×210mm·12 印张·313 千字

0001—6 000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-23628-3

定价: 22.00 元

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换
销售服务热线电话: (010) 68326294

购书热线电话: (010) 88379639 88379641 88379643

编辑热线电话: (010) 88379080

封面无防伪标均为盗版

序

提起于久清同志不仅认识，也熟悉。早在 1998 年，集团公司技术创新现场交流大会就是在专用车厂召开的，他是会议发言人之一。听了他的发言交流，感觉他的做法有独到之处，在这前后我们还有过几次接触，给我留下了深刻的印象。他是一位肯于吃苦，乐于钻研，不愿意玩的人，对于麻将、扑克等一般性娱乐项目他一样也不会，每天除上班、吃饭、睡觉外就知道学习新知识，钻研新技术。这本《数控车床/加工中心编程方法、技巧与实例》字里行间都凝聚着他几十年的心血，也是他辛勤汗水和智慧结晶。这本书不仅是学习数控机床编程技术入门的好教材，更是我们一汽人宝贵的精神财富。

“有志者事竟成”。人活着就要有价值取向，就要有一种精神寄托。37 年前，于久清刚一进厂时就有“能加工会设计”的理想和志向。经过几十年的艰苦奋斗终于实现了自己的夙愿，由一名普通工人成为一名高级技师，走上了长春市职工职业技术的讲坛，步入了国家职工职业技术考试评委的行列。现在他也是一位有名气的人了，我为之骄傲与自豪，也为一汽工人中能够有这样的高技能人才而欣慰。我想，他取得今天的成果绝不是偶然的，是他人生价值的重要体现，是他不断追求的必然结果，是他拼搏奉献、学习创新精神的真实写照。

学习借鉴《数控车床/加工中心编程方法、技巧与实例》这本书，不仅要学技术，更重要的是学习于久清同志的那种精神。只要有精神作支撑，我们就不难掌握书中的操作和编程方法。

如今，在一汽建设“三化”（规模百万化，管理数字化，经营国际化）、实现自主百万辆的攻坚战中，我们需要这种精神，那就是“学习、创新、抗争、自强”的精神；需要这类人才，那

就是高技能的复合型人才。竺延风总经理说得好：“没有资金不可怕，没有技术不可怕，没有人才最可怕”。我们建设新一汽就是需要像长春汽车齿轮厂的《第一操作者》（数控设备维修案例）的编著者潘春胜、大众公司的《轿车车身返修调整方法》的编著者王洪军、解放公司的《汽车冷冲压模具调整与维修技术》的编著者方向远、专用汽车公司的《数控车床/加工中心编程方法、技巧与实例》的编著者于久清，还有李黄玺、李凯军等一批又一批的高技能复合型人才。我们要加大人才培养力度，创造人才发展的良好空间，搭建人才用武的广阔平台，拉动人才效应，实施人才战略，用人才力量和科技手段构建好一汽这座宏伟大厦，彰显“第一汽车、第一技能”的价值魅力！

大鹏乘风一日起，扶遥直上九万里。愿于久清同志在今后的工作道路上越走越远，用聪明的智慧和勤劳的双手取得更大的成绩，书写出更加精彩的篇章，创造出拼搏奉献的新辉煌！愿我们一汽人在企业建设中，克服一切困难，树立必胜信心，为夺取“三化”和自主百万辆的伟大胜利奋勇前进！

中国第一汽车集团公司党委副书记、工会主席

吕振东

2008年1月于长春

前 言

数控加工是集计算机、自动控制、精密机械综合运用一体化的高新技术。学好数控机床编程与操作，须具备一定的机械加工基础知识和较丰富的实际操作经验，二者不可或缺。随着自动化的日益提高，掌握数控加工技术，熟练操作数控机床已成为新时代机械工人的基本技能。

我是一名具有 37 年工龄的老铣工，尽管操作各种型号类型的铣床十分有把握，但在学习数控机床时还是遇到些麻烦。记得我第一次站在立式加工中心机床旁，看到满是写有英文字母的按键时，简直是手足无措，头脑一片空白，不知从何下手。但我坚信一条：“它，不就是一台立式铣床吗？我知道零件的加工方法，也深知怎么样能加工好，只是不知道让‘它’怎样加工罢了”。尽管这样，在学习操作时总还是觉得有劲使不上，甚至觉得操作太麻烦了，真不如普通铣床手动操作过瘾。其实不管干什么，都是万事开头难。

经过几年的努力学习，我适应了数控车床、加工中心的操作，还摸索出一些门道来。我知道在哪些方面走了些弯路；哪些方面是一般书籍涉及不到或根本不做详细说明的。例如“数控车床坐标系设定”，在其他资料中虽然也都提到设定坐标系，但都没有具体说明工件坐标系与机床坐标系究竟是怎样的一种关系，又是怎么联系起来的。操作者如何操作才能完成工件坐标系的设定。这些内容在本书中做了详细的叙述，只要仔细阅读，都能掌握工件坐标系的设定方法。

本书编程实例大多数来自车间生产第一线。尤其是在案例介绍中所列举的都是典型零件在实际加工中所使用的程序，不但可以供学习编程所用，还能对加工工艺方法有借鉴和参考价值，对

拓宽数控加工技术视野，将起到抛砖引玉的作用。

本书还具有入门快、易弄懂、便掌握、速提高的特色。不仅是初学数控机床编程者的良师益友，也是技工学校数控专业在实习现场教学的辅助教材，更是具备一定机械加工基础知识和较丰富普通机床加工经验的工人师傅，学习数控加工技术的好帮手。

让更多愿意学习数控加工技术的人尽快掌握这门操作技能，为企业和社会创造更多的财富，是我最大的心愿。

本书在编写和出版过程中，得到了一汽集团公司、一汽专用汽车公司各级领导的高度重视和鼎力支持，同时还得到了长春汽车工业高等专科学校数控教研室资深讲师和专用汽车公司有关专业技术人员的帮助和指导。现借此书出版之际，向他们致以深深的谢意。

鉴于本人文化水平有限，接触数控机床时间不长，特别是接触的设备还有一定的局限性，有些观点和案例可能有误，真诚恳请有关专家和读者批评指正。

编 者

目 录

序 前言

第一部分 数 控 车 床

第 1 章 数控车床编程基本知识

1.1 编程概述	4
1.1.1 程序的结构与格式	4
1.1.2 程序段格式	4
1.1.3 准备功能 (G 代码)	5
1.2 G 代码功能分类	5
1.2.1 模态 G 代码	5
1.2.2 非模态 G 代码	5
1.2.3 G 代码的说明	5
1.3 辅助功能 (M 代码)	7
1.4 绝对值和增量值编程	8
1.5 插补功能	9
1.5.1 G00 (定位)	9
1.5.2 G01 直线插补	10
1.5.3 G02 顺时针圆弧插补、G03 逆时针圆弧 插补	12
1.5.4 圆弧插补的实际应用 (以斜床身机床为例) ...	12
1.5.5 G02、G03 圆弧插补编程实例 (球形销轴的 加工)	15
1.6 刀具补偿功能和 T 代码	19
1.6.1 刀具选择指令 T 代码	19

1.6.2	T 代码与刀具位置补偿	20
1.6.3	刀具位置偏置 (刀补)	21
1.6.4	补偿形式	22
1.6.5	刀具半径右补偿 (G42) 应用实例一	26
1.6.6	刀具半径右补偿 (G42) 应用实例二	27
1.6.7	G41、G42 半径补偿在使用时应注意的几个 问题	28

第 2 章 如何设定和建立工件坐标系

2.1	坐标系统概述	32
2.2	四个坐标系之间的关系	32
2.3	设定工件坐标值与加工零点	33
2.4	怎样确定工件零点在数控机床中的位置	34
2.4.1	用 G50 设定工件坐标系对刀实例	34
2.4.2	自动设定工件坐标系与操作实例	40
2.4.3	预置工件坐标系 (G54 ~ G59) 的操作 方法	51
2.4.4	用刀具偏移来设定工件坐标系的操作 方法	55
2.4.5	综合编程加工实例 (轮毂的加工)	58

第 3 章 简化编程和固定循环功能

3.1	G32 单程螺纹切削指令	66
3.1.1	δ_1 与 δ_2 的大约计算值	66
3.1.2	G32 车削圆锥螺纹	67
3.1.3	G32 指令车削多头蜗杆	68
3.2	固定循环 G90、G92、G94	72
3.2.1	G90 固定循环车外径	72
3.2.2	G90 固定循环车锥面	73
3.2.3	关于 R (半径差值) 正负の説明	75

3.2.4	G90 功能综合编程	76
3.2.5	G92 螺纹切削循环	77
3.2.6	关于数控车床螺纹加工的说明	80
3.2.7	G94 端面粗车循环	81
3.3	G71、G70 外圆复合循环	82
3.3.1	G71 编程格式	82
3.3.2	编程举例	83
3.3.3	用 G71 外圆粗车循环加工手球工件	85
3.3.4	G71、G70 外径粗车和精车循环	89
3.4	G72 端面粗车循环	91
3.4.1	编程举例	92
3.4.2	G72 端面粗车复合循环功能加工实例	93
3.4.3	齿圈支架大端面的加工（另一面的数控车加工）	101
3.5	G73 轮廓循环加工	105
3.5.1	G73 轮廓加工循环指令格式	106
3.5.2	编程举例	106
3.5.3	G73 轮廓加工循环加工实例	109
3.6	G74 端面车槽循环	113
3.7	G75 外径车槽复合循环	114
3.7.1	等间距槽的加工	114
3.7.2	车宽槽循环加工	115
3.8	G76 大螺距螺纹车削循环	116

第4章 操作编程典型案例介绍

4.1	用一支刀杆装两把刀的加工实例	120
4.2	较大内球面零件的加工实例	123
4.3	轴间差速器前壳加工实例（中心钻对刀问题）	127
4.4	三刀位、四把刀、五刀补加工实例	131

第5章 数控车床的操作

5.1 “方式键”或方式旋钮	138
5.1.1 编辑方式 	138
5.1.2 手动数据输入方式 MDI 	138
5.1.3 自动操作方式 	138
5.1.4 手动操作方式 (点动) JOG 	138
5.1.5 手摇脉冲进给方式 	140
5.1.6 返回参考点方式 	140
5.2 机床操作选择键	140
5.2.1 单程序段操作 	140
5.2.2 选择程序段跳过 	140
5.2.3 选择停 M01 	141
5.2.4 空运行功能 	141
5.2.5 机床锁住功能 	141
5.3 功能键 POS (位置键)	142
5.3.1 绝对坐标位置显示——ABS	142
5.3.2 相对坐标位置显示——REL	142
5.3.3 综合坐标位置显示——ALL	143
5.3.4 运行时间和零件数显示	143
5.4 功能键 PROG (程序键)	144
5.4.1 程序内容显示	144
5.4.2 当前执行的程序段及其模态数据	145
5.4.3 程序检查画面 (检视画面)	145
5.4.4 MDI 操作程序画面	146
5.4.5 显示内存和程序清单	147
5.5 补正键	147

5.5.1	刀具偏置画面 (形状)	147
5.5.2	工件坐标系偏移值 G54 ~ G59	148
5.6	系统参数键、故障资料键及图形显示键	149
5.6.1	系统参数键 PARAM	149
5.6.2	故障资料键 ALARM	151
5.6.3	图形显示键 GRPH	151
5.7	编辑程序键	151
5.7.1	插入键 INSRT	151
5.7.2	修改键 (替换键) ALTER	151
5.7.3	删除键 DELET	152
5.7.4	分号键 EOB	153
5.7.5	取消键 CAN	153
5.7.6	数据输入键 INPUT	153
5.7.7	翻页键 PAGE	153
5.7.8	复位键 RESET	153
5.7.9	操作软键	153
5.7.10	急停按钮 (红色蘑菇状)	154
5.7.11	超程释放键	154
5.7.12	CK7620/500 数控车床操作面板	154
5.7.13	CK7620/500 数控车床辅助操作面板	154
5.8	数控车床安全操作须知	157

第二部分 加工中心

第 6 章 加工中心编程基本知识

6.1	编程概述	162
6.1.1	加工程序的组成	162
6.1.2	程序段格式	163
6.2	准备功能 G 代码	163
6.2.1	模态 G 代码	164

6.2.2	非模态 G 代码	164
6.2.3	特殊用途 G 代码	164
6.2.4	G 代码的说明	165
6.3	辅助功能 M 代码和其他代码 S、F、T	168
6.3.1	常用的 M 代码	168
6.3.2	其他辅助功能 S、F、T 代码	170
6.4	绝对值指令和增量值指令	170
6.4.1	绝对值指令	170
6.4.2	增量值指令	170
6.5	插补功能	172
6.5.1	G00 定位功能 (快速移动)	172
6.5.2	G01 直线进给功能	173
6.5.3	G02 顺时针圆弧插补功能、G03 逆时针圆弧插补 功能	173
6.5.4	用 I、J 矢量值指令圆弧加工 (G17 平面)	176
6.5.5	圆弧插补 G02、G03, 在整圆中点与点间编程 方法	178
6.5.6	圆弧切削举例	180
6.5.7	圆弧切削实例 (刀具移动轨迹坐标图)	180
6.6	刀具补偿功能	181
6.6.1	G43 刀具长度正向补偿的第一种用法	181
6.6.2	G43 刀具长度正向补偿的第二种用法	183
6.6.3	G44 刀具长度负向补偿	185
6.6.4	关于 G43、G44 实际使用时的经验	187
6.6.5	G49 刀具长度补偿取消	188
6.6.6	刀具半径补偿	188
6.7	加工中心安全操作须知	196
6.7.1	机床开动与工件加工前的准备工作	196
6.7.2	工件在加工中应注意的事项	197
6.7.3	零件加工完毕应注意事项	198

第7章 工件坐标系的设定

7.1 坐标系的确定	200
7.2 机床坐标系的零点位置	201
7.2.1 第1参考点	201
7.2.2 第2参考点	201
7.2.3 第3、第4参考点	202
7.3 怎样建立工件坐标系	202
7.3.1 G54~G59 工件坐标系的设定方法	202
7.3.2 如何使用 G92 预置寄存工件坐标系	207
7.3.3 附加工件坐标系 G54.1~G54.48	210

第8章 常见件基本编程方法

8.1 铣普通方形槽的编程方法	212
8.2 在平面上连续钻多个孔的编程方法	213
8.3 用圆弧插补 G02、G03 加工整圆	214
8.3.1 外圆轮廓加工	214
8.3.2 内孔圆弧加工	218
8.4 铣外六方	221

第9章 固定循环加工功能

9.1 钻镗孔固定循环, G73、G74、G76、G81~G89 ...	226
9.1.1 固定循环功能表	226
9.1.2 固定循环基本动作	227
9.1.3 G90 和 G91 的坐标计算	227
9.1.4 G98、G99 返回平面的指令	228
9.1.5 固定循环的取消	229
9.1.6 钻孔循环基本范例 (钻法兰盘四个孔)	230
9.1.7 G73 啄进钻孔循环 (高速步进钻孔循环)	230
9.1.8 G83 步进钻孔循环 (深孔啄进式钻孔循环) ...	231

9.1.9 G81、G82 钻孔循环与镗孔循环	232
9.1.10 G74 与 G84 攻左右螺纹固定循环	234
9.1.11 G76 精密镗孔固定循环	236
9.1.12 G85 与 G89 精镗孔循环	238
9.1.13 G86 与 G88 镗孔循环	239
9.1.14 G87 返镗孔循环	240
9.1.15 固定循环功能应用实例	242
9.2 子程序调用功能 M98、M99	245
9.2.1 子程序编程格式	246
9.2.2 子程序特殊用法	246
9.3 综合编程举例	248

第 10 章 特殊程序编程与加工

10.1 G68、G69 坐标旋转功能	254
10.1.1 相同形状工件的加工	254
10.1.2 链轮的加工 (铣型)	255
10.1.3 用坐标旋转功能 G68 (G69) 加工 正八角形	258
10.1.4 槽轮加工实例	260
10.2 G72.2 线性复制子程序功能	266
10.3 镜像功能 M70、M71、M72、M73 (台湾大立加工 中心)	267
10.4 极坐标指令 G15、G16	269
10.5 局部坐标系 G52 特殊功能	272
10.5.1 局部坐标系的设定	272
10.5.2 用局部坐标系 G52 和极坐标 G16 功能加工 实例	275

第 11 章 加工中心典型零件编程加工实例

11.1 轮边减速器壳小面的加工	284
------------------------	-----

11.2 圆柱齿轮壳大面的加工	292
11.3 钻漏水板孔	302
11.4 中重型卡车浮轮桥件——摆臂的加工	306
11.4.1 数控机床加工工艺	306
11.4.2 编程使用的主要功能及特点	309
11.4.3 加工程序	310
11.5 用圆柱螺纹铣刀铣较大螺孔	317
11.6 技能大赛试题选编（配合件的加工）	324

第12章 加工中心机床的操作

12.1 接通电源	340
12.2 机床清零（返回机械“0”点）	340
12.3 自动操作（记忆操作）	341
12.4 编辑程序	342
12.5 手动输入操作方式（MDI）	343
12.6 手动方式操作（JOG）	344
12.7 手动脉波手轮操作	344
12.8 操作面板按键说明	345
12.9 加工程序的复制、移出、插入	350
12.9.1 复制程序	350
12.9.2 移出部分程序	352
12.9.3 插入（合并）程序	353
12.10 立式加工中心的操作方法	353
12.10.1 机床起动	354
12.10.2 原点复归	354
12.10.3 手动换刀	354
12.10.4 编辑程序	355
12.10.5 要单独执行某段程序	355
12.10.6 建立刀具档案	356
12.11 H63 韩国起亚卧式加工中心操作	357