

创新驱动，放大信息消费的引燃效应

移动互联浪潮骤起，如何顺势而为推进经济转型？
网络经济风华正茂，如何抢抓机遇实现产业倍增？
新兴业态风起云涌，如何披沙拣金拓展市场版图？
模式创新渐迷人眼，如何拨云见日洞察变革路径？

中国

移动互联网产业发展 及应用实践



中国电子信息产业发展研究院
赛迪顾问股份有限公司

著

系列丛书之七
新兴产业



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY
<http://www.phei.com.cn>

机电工程系列丛书

数控电火花线切割加工多种 计算机编程方法的实际应用

主编 张学仁 白基成 郭永丰

主审 刘晋春

哈尔滨工业大学出版社

内 容 提 要

从书中能学到目前国内广泛应用的四种计算机编程控制软件的实际使用方法,书中内容共分 10 个单元,每个单元又分为 3 个部分:第一部分是教师授课(约 2 学时);第二部分是根据授课的相关内容,学生在计算机上熟悉使用编程控制软件进行深入学习和实践(约 2 学时);第三部分是由教师指导在数控电火花线切割机床上实践或参观(约 2 学时),共 60 学时左右。书的结构是模块化的,可以根据学校的具体学时及条件,选学其中一种软件的应用。

书中内容也可用于自学,只要有一台装有其中一种编程控制软件的机床或计算机,自己就可以参照书中的内容进行运行学习。

图书在版编目(CIP)数据

数控电火花线切割加工多种计算机编程方法的实际应用/
张学仁,白基成,郭永丰主编. —哈尔滨:哈尔滨工业大学
出版社,2014. 1

ISBN 978-7-5603-4016-6

I. ①数… II. ①张… ②白… ③郭… III. ①数控线
切割-电火花线切割-计算机辅助设计-应用软件
IV. ①TG484-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 029767 号

策划编辑 王桂芝
责任编辑 范业婷
出版发行 哈尔滨工业大学出版社
社 址 哈尔滨市南岗区复华四道街 10 号 邮编 150006
传 真 0451-86414749
网 址 <http://hitpress.hit.edu.cn>
印 刷 黑龙江省委党校印刷厂
开 本 787mm×1092mm 1/16 印张 19 字数 458 千字
版 次 2014 年 1 月第 1 版 2014 年 1 月第 1 次印刷
书 号 ISBN 978-7-5603-4016-6
定 价 38.00 元



(如因印装质量问题影响阅读,我社负责调换)

序

数控电火花线切割机床是集精密机械、高频电源、检测控制和数控技术为一体的高技术装备,是应用面最广、市场拥有量最大的电加工机床产品。它在加工特殊材料、复杂精密型面、微细结构等方面具有独特的优势,在我国精密模具、航天航空、军工、汽车、电子信息、家电等领域发挥着不可或缺的重要作用。

哈尔滨工业大学张学仁老师等长期从事数控电火花线切割加工技术的教学和研究工作,编纂的《电火花线切割加工技术工人培训自学教材》、《数控电火花线切割加工技术》等书籍多次修订再版和重印,受到了我国广大电加工工程技术人员和大专院校师生的欢迎。

加工程序的编制在数控电火花线切割机床的应用中极其重要。随着计算机技术的发展,数控电火花线切割加工编程控制软件也在不断进步。本书以目前国内广泛采用的编程软件为基础,详细介绍了数控电火花线切割加工程序的编制过程和方法,并对数控电火花线切割加工的多次切割技术也作了介绍。相信本书的编纂出版,对培养数控电火花线切割机床高层次操作使用人才、提高我国电火花线切割加工技术水平将起到很好的促进作用。

中国机械工程学会特种加工分会理事长



2013年8月

前 言

数控电火花线切割加工是一种高技术,在我国精密模具、航空航天、军工、汽车、电子信息及家电等领域中发挥着重要的作用。

从本书中能学到目前在国内广泛应用于数控电火花线切割加工的四种计算机编程控制软件的实际使用方法,书中内容共分10个单元,每个单元又分为3个部分:第一部分是教师授课(约2学时);第二部分是根据授课的相关内容,学生在计算机上熟悉使用编程控制软件进行深入学习和实践(约2学时);第三部分是由教师指导在数控电火花线切割机床上实践或参观(约2学时),共60学时左右。书的结构是模块化的,可以根据学校的具体学时及条件,选学其中一种软件的应用。

书中内容也可用于自学,只要有一台装有其中一种编程控制软件的机床或计算机,自己就可以参照书中的内容进行运行学习。

安排全书内容的指导思想是,以数控电火花线切割技术中一些常用的重点技术问题为切入点,对重点部分深入讲解和实践,而不求面面俱到。重点如:手工编程和计算机编程,模具间隙补偿,线切割加工质量,电参数等。前6个单元为基础内容,第7单元为多次切割编程,最后有“高速走丝”、“中走丝”及“低速走丝”的加工实例,而对线切割机床及脉冲电源等,只着重于使用和必要的调整,没有专设单元。

为了便于不同的学校及个人使用,书中采用了国内已被广泛采用的四种计算机编程控制软件(HL、HF、CAXA和YH),各学校或个人可根据自己现有的条件从中选用一种。学校最好有其中一种编程控制软件的局域网,以便于每个学生都能上机学习实践。

“中走丝”是当前数控电火花线切割加工技术发展的重要成果,在前面7个单元中对数控电火花线切割基本技术知识及多次切割编程的学习,已为“中走丝”打下了必要的基础。

一门课程只可能学到今后进一步深入学习和具体操作使用的主要基础技术知识,而不可能也没有足够的时间来达到工人等级的操作技能要求。但书中这些知识已为进一步提高操作技能和深入学习铺平了道路。

本书也适用于新进入数控电火花线切割行业的大学毕业生及技术人员,作为提高自身技能的自学教材。

本书由哈尔滨工业大学张学仁、白基成、郭永丰主编,参加编写的有高云峰、王笑香、韩秀琴、赵亚坤、李朝将、刘华、曾昭阳、王湛昱、邢晓会,深圳市龙岗职业技术学校的周燕峰和云南机电职业技术学院的张晓庆也参加了编写。各有关公司参加编写的有:四川深扬数控机械有限公司的李克君和扬得胜;江苏冬庆数控机床有限公司的李冬庆和徐维安;苏州电加工机床研究所有限公司的朱宁和朱卫根;广州市南丰电子机械有限公司的邓浩林和甘玉培;温州飞虹电子仪器厂的张向春;苏州市开拓电子技术有限公司的于容亨和陆晓刚;重庆

华明光电技术研究所的张永新。

叶军理事长在百忙之中特为本书写序,在此表示衷心的感谢。

由于时间仓促,加之编写人员水平有限,书中难免会有不足之处,恳切希望广大读者提出宝贵意见。

张学仁

2013 年 8 月

目 录

第1单元 数控电火花线切割加工的特点、用途及手工编写3B程序 /1

第1部分 教师授课 /1

1.1 授课内容 /1

1.1.1 数控电火花线切割加工 /1

1.1.2 手工编写3B程序 /3

第2部分 学生练习 /7

1.2 学生练习手工编写3B程序 /7

第3部分 学生实践 /7

1.3 切割工件、检测及计算 /7

第2单元 插补原理及手工编写ISO代码 /9

第1部分 教师授课 /9

2.1 授课内容 /9

2.1.1 数控电火花线切割控制原理 /9

2.1.2 手工编写ISO代码 /11

2.1.3 手工编写直线(图1.9)ISO代码的实例 /12

2.1.4 手工编写圆弧和直线(图1.11)ISO代码的实例 /13

第2部分 学生练习 /15

2.2 学生练习手工编写ISO代码 /15

第3部分 学生实践 /16

2.3 切割工件、测量及观察 /16

第3单元 电参数及用编程软件编写直线及圆弧程序 /17

第1部分 教师授课 /17

3.1 脉冲电源的电参数 /17

3.2 用HL计算机编程控制软件编写直线及圆弧程序 /19

3.2.1 编写直线图形的程序 /19

3.2.2 编写圆弧和直线图形的程序 /29

3.3 用HF计算机编程控制软件编写直线及圆弧程序 /35

3.3.1 编写直线图形的程序 /35

3.3.2 编写圆弧和直线图形的程序 /41

3.4 用CAXA线切割XP计算机编程软件编写直线及圆弧程序 /45

- 3.4.1 CAXA 线切割 XP 的用户界面 /45
- 3.4.2 编写直线图形的程序 /47
- 3.4.3 编写圆弧和直线图形的程序 /50
- 3.5 用 YH 线切割计算机编程控制软件编写直线及圆弧程序 /54
 - 3.5.1 YH-8 计算机编程界面 /54
 - 3.5.2 编写图 3.61 直线图形的程序 /56
 - 3.5.3 编写圆弧和直线图形的程序 /60
- 第 2 部分 学生练习 /64
- 第 3 部分 学生实践 /65

第 4 单元 间隙补偿量 f 及过渡圆 R /66

- 第 1 部分 教师授课 /66
- 4.1 间隙补偿量 f 及过渡圆 R /66
 - 4.1.1 间隙补偿量 f 的组成 /66
 - 4.1.2 怎样判别间隙补偿量 f 的正或负 /67
 - 4.1.3 冲裁模具的间隙补偿量 /67
 - 4.1.4 冲孔模凸模、凹模、固定板及卸料板的间隙补偿量 /68
 - 4.1.5 落料模凹模、凸模、凸模固定板及卸料板的间隙补偿量 /69
 - 4.1.6 过渡圆 R /71
- 4.2 用 HL 计算机编程控制软件,编写冲孔模具加间隙补偿量 f 程序的实例 /73
 - 4.2.1 绘图 /73
 - 4.2.2 逆图形编写 10×5 冲孔模加间隙补偿量 f 的 3B 程序 /74
 - 4.2.3 编写用于模拟加工或加工时再加间隙补偿量的程序 /79
 - 4.2.4 用 HL 计算机编程控制软件进行模拟切割 /82
 - 4.2.5 在计算机上进行手动切割演示 /84
- 4.3 用 HF 计算机编程控制软件编写冲孔模具加间隙补偿量 f 程序的实例 /86
 - 4.3.1 绘图 /86
 - 4.3.2 逆图形编写间隙补偿量 $f_{凸}=0.1$ 的凸模程序 /87
 - 4.3.3 逆图形编写间隙补偿量 $f_{凹}=0.06$ 的凹模程序 /88
 - 4.3.4 逆图形编写间隙补偿量 $f_{固}=0.11$ 的固定板程序 /89
 - 4.3.5 逆图形编写间隙补偿量 $f_{卸}=0.08$ 的卸料板程序 /91
- 4.4 用 CAXA 线切割 XP 软件编写冲孔模具程序的实例 /92
 - 4.4.1 绘图 /92
 - 4.4.2 编写冲孔模具程序时加间隙补偿量 /93
 - 4.4.3 编写冲孔模具程序时先不加间隙补偿量 /99
- 4.5 用 YH 线切割计算机编程控制软件编写冲孔模具程序的实例 /100
 - 4.5.1 绘图 /100
 - 4.5.2 编写冲孔模具程序时加间隙补偿量 /101
 - 4.5.3 在编出的程序中怎样看出间隙补偿量数值的正负是否正确 /106

第2部分 学生练习 /107

第3部分 学生实践 /107

第5单元 线切割加工质量和绘制两圆公切、旋转、阵列图形及跳步加工 /108

第1部分 教师授课 /108

5.1 线切割加工质量及各种影响因素 /108

5.1.1 线切割加工质量 /108

5.1.2 影响线切割加工质量的各种因素 /109

5.2 用 HL 计算机编程控制软件绘公切、旋转、阵列、跳步及齿轮图形 /117

5.2.1 两圆公切和旋转图形 /117

5.2.2 阵列及跳步 /119

5.2.3 绘齿轮孔图形并编出齿轮孔加工的 3B 程序 /123

5.3 用 HF 计算机编程控制软件绘公切、旋转及跳步图形 /125

5.3.1 两圆公切和旋转图形 /125

5.3.2 阵列及跳步 /128

5.3.3 绘齿轮孔图形并编出齿轮孔加工的 3B 程序 /133

5.4 用 CAXA 线切割 XP 软件绘公切、旋转及跳步图形 /136

5.4.1 两圆公切和旋转图形 /136

5.4.2 阵列及跳步 /138

5.4.3 绘齿轮孔图形并编出齿轮孔加工的 3B 程序 /143

5.5 用 YH 线切割计算机编程控制软件绘公切、旋转及跳步图形 /145

5.5.1 两圆公切和旋转图形 /145

5.5.2 阵列及跳步 /147

5.5.3 绘齿轮孔图形并编出齿轮孔加工的 3B 程序 /150

第2部分 学生练习 /151

第3部分 学生实践 /151

第6单元 线切割锥度和上下异形面 /152

第1部分 教师授课 /152

6.1 线切割加工锥度和上下异形面工件 /152

6.1.1 与线切割锥度有关的名词 /152

6.1.2 锥体加工编程 /152

6.2 用 HL 软件编写锥体及上下异形面程序 /154

6.2.1 编写锥体程序及模拟加工 /154

6.2.2 上下异形面编程及模拟加工 /157

6.3 用 HF 软件编写锥体及上下异形面程序 /162

6.3.1 锥体编程及空走 /162

6.3.2 上下异形面编程及空走 /166

6.4 用 CAXA 线切割 XP 软件编锥体及绘公式曲线 /173

- 6.4.1 编 $10 \times 5 (R=0.2)$ 的正锥体程序 /173
- 6.4.2 绘公式曲线及列表曲线 /175
- 6.5 用 YH 线切割计算机编程软件编写锥体及上下异形面程序 /181
 - 6.5.1 编 $10 \times 5 (R=0.2)$ 的正锥体程序 /181
 - 6.5.2 上下异形面编程及模拟加工 /183
- 第2部分 学生练习 /189
- 第3部分 学生参观 /189

第7单元 中走丝及多次切割 /190

- 第1部分 教师授课 /190
- 7.1 中走丝及多次切割 /190
 - 7.1.1 中走丝 /190
 - 7.1.2 多次切割 /190
- 7.2 用 HL 编程控制软件做三次切割编程 /191
 - 7.2.1 用 HL 编程控制软件做凹件三次切割编程 /191
 - 7.2.2 用 HL 编程控制软件做凸件三次切割编程 /194
- 7.3 用 HF 计算机编程控制软件做三次切割编程 /198
 - 7.3.1 用 HF 计算机编程控制软件做凹件三次切割编程 /198
 - 7.3.2 用 HF 计算机编程控制软件做凸件三次切割编程 /203
- 7.4 用 CAXA 线切割 XP 软件编写三次切割程序实例 /208
 - 7.4.1 用 CAXA 线切割 XP 软件编写凹件的三次切割程序 /208
 - 7.4.2 用 CAXA 线切割 XP 软件编写凸件的三次切割程序 /211
- 7.5 用 YH 的 U8.2 多次切割软件编写三次切割程序 /214
 - 7.5.1 用 YH 的 U8.2 多次切割软件编写凹件的三次切割程序 /214
 - 7.5.2 用 YH 的 U8.2 多次切割软件编写凸件的三次切割程序 /217
- 第2部分 学生练习 /220
- 第3部分 学生实践 /220

第8单元 江苏冬庆的高速走丝机床加工实例 /221

- 8.1 江苏冬庆数控机床有限公司机床简介 /221
 - 8.1.1 公司简介 /221
 - 8.1.2 机床的特点 /221
- 8.2 江苏冬庆的高速走丝机床加工凸模实例 /223
 - 8.2.1 工件的加工条件 /224
 - 8.2.2 开机及作图 /224
 - 8.2.3 编程序 /225
 - 8.2.4 模拟切割 /227
 - 8.2.5 加工 /228

第9单元 四川深扬的中走丝机床加工实例 /233

- 9.1 四川深扬数控机械有限公司简介 /233
 - 9.1.1 公司简介 /233
 - 9.1.2 四川深扬数控中走丝机床的特点 /233
- 9.2 四川深扬数控中走丝机床加工凹模实例 /235
 - 9.2.1 作图 /236
 - 9.2.2 工件的加工条件 /236
 - 9.2.3 参数选择 /236
 - 9.2.4 编写凹模的三次切割加工程序(共11步) /237
 - 9.2.5 凹模的加工过程(共10步) /242
 - 9.2.6 切割过程中必要的调整和注意事项 /247
 - 9.2.7 电极丝刀库化控制功能的补充说明 /247
- 9.3 四川深扬数控中走丝机床加工凸模实例 /248
 - 9.3.1 作图 /249
 - 9.3.2 工件的加工条件 /249
 - 9.3.3 参数选择 /249
 - 9.3.4 编写凸模的三次切割加工程序(共10步) /250
 - 9.3.5 凸模的加工过程(共11步) /254
 - 9.3.6 几点加工经验及注意事项 /260

第10单元 苏州电加工机床研究所有限公司低速走丝机床加工实例 /261

- 10.1 苏州电加工机床研究所有限公司简介 /261
- 10.2 低速走丝(单向走丝)电火花线切割机床介绍 /261
 - 10.2.1 机床的工作原理 /261
 - 10.2.2 机床外形与菜单功能介绍 /261
- 10.3 加工实例 /263
 - 10.3.1 直壁形工件的加工(凹/凸配合) /263
 - 10.3.2 锥形工件的加工 /270
 - 10.3.3 细小工件的加工 /278
- 10.4 加工结果异常分析 /278
 - 10.4.1 加工精度异常 /278
 - 10.4.2 频繁断丝 /280
 - 10.4.3 加工速度异常 /281
 - 10.4.4 加工表面线痕过多 /281
 - 10.4.5 加工表面粗糙度异常 /281
- 10.5 加工的典型工件展示 /281
 - 10.5.1 防电解电源加工效果 /281
 - 10.5.2 锥度切割效果 /282

10.5.3 精度切割效果 /282

10.5.4 表面粗糙度切割效果 /282

附录 导轮组件的作用、结构及装卸 /283

附录 1 导轮组件的作用及结构 /283

附录 2 导轮组件的装卸 /285

第1单元 数控电火花线切割加工的特点、用途及手工编写3B程序

教学目的

- (1) 初步认识数控电火花线切割加工；
- (2) 学习手工编写直线和圆弧的3B程序；
- (3) 检测尺寸和计算单边放电间隙 $\delta_{\text{电}}$ (mm)及计算切割速度 v_{wi} (mm²/min)。

第1部分 教师授课

1.1 授课内容

1.1.1 数控电火花线切割加工

1. 电火花线切割加工

电火花线切割加工时,在电极丝和工件之间进行脉冲放电。如图1.1所示,电极丝接脉冲电源的负极,工件接脉冲电源的正极。当来一个电脉冲时,在电极丝和工件之间产生一次火花放电,在放电通道的中心温度瞬间可高达10 000℃以上,高温使工件金属熔化,甚至有少量气化,高温也使电极丝和工件之间的工作液部分产生气化,这些气化后的工作液和金属蒸气瞬间迅速热膨胀,并具有爆炸的特性。这种热膨胀和局部微爆炸,抛出熔化和气化了金属材料而实现对工件材料进行电蚀切割加工。通常认为电极丝与工件之间的放电间隙 $\delta_{\text{电}}$ 在0.01 mm左右,若电脉冲的电压高,放电间隙会大一些。线切割编程时,一般取 $\delta_{\text{电}} = 0.01 \text{ mm}$ 。

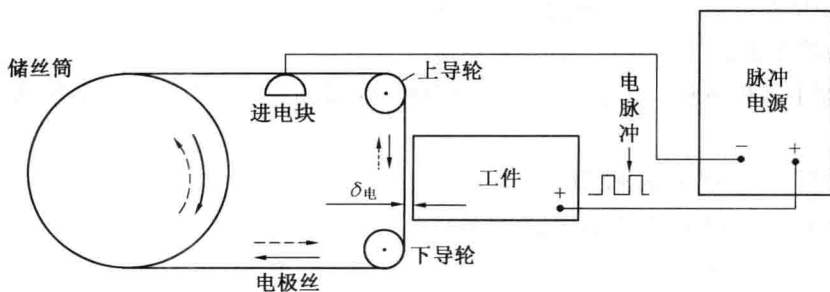


图1.1 电火花线切割加工原理

为了确保每来一个电脉冲时在电极丝和工件之间产生的是火花放电而不是电弧放电,必须创造必要的条件。首先,必须使两个电脉冲之间有足够的时间,使放电间隙中的介质消电离,即使放电通道中的带电粒子复合为中性粒子,恢复本次放电通道处间隙中介质的绝缘强度,以免总在同一处发生放电而导致电弧放电。一般脉冲间隔应为脉冲宽度的4倍以上。

为了保证火花放电时电极丝(一般用钼丝)不被烧断,必须向放电间隙注入大量工作液,以使电极丝得到充分冷却。同时电极丝必须做高速轴向运动,以避免火花放电总在电极丝的局部位置而被烧断,电极丝速度为 $8 \sim 10 \text{ m/s}$ 。高速运动的电极丝,有利于不断往放电间隙中带入新的工作液,同时也有利于把电蚀产物从间隙中带出去。

电火花线切割加工时,为了获得比较好的表面粗糙度和高的尺寸精度,并保证钼丝不被烧断,应选择好相应的脉冲参数,并使工件和钼丝之间的放电必须是火花放电,而不是电弧放电。

2. 数控电火花线切割加工的特点及用途

(1) 数控电火花线切割加工。

电火花线切割加工时,装夹着工件的 X 、 Y 工作台由步进电动机的转动传动至丝杠螺母机构,进而带动工作台移动,步进电动机是由线切割机床电控柜中的数控系统驱动的,所以称为“数控电火花线切割加工”。

(2) 数控电火花线切割加工的特点。

电火花线切割加工与电火花成形加工比较,主要有以下特点:

- ① 不需要制造成形电极,工件材料的预加工量少。
- ② 能方便地加工复杂截面的型柱、型孔、大孔、小孔和窄缝等。
- ③ 脉冲电源的加工电流较小,脉冲宽度较窄,属中、精加工范畴,所以采用正极性加工,即脉冲电源的正极接工件,负极接电极丝。电火花线切割加工基本是一次加工成形,一般不要中途转换规准。
- ④ 由于电极是运动着的长金属丝,单位长度电极丝损耗较小,所以当切割面积的周边长度不长时,电极损耗对加工精度影响较小。

⑤ 只对工件进行图形落料加工,故余料还可以使用。

⑥ 工作液选用水基乳化液,而不是煤油,非但不易引发火灾,而且可以节省能源物资。

⑦ 自动化程度高,操作方便,加工周期短,成本低,较安全。

(3) 数控电火花线切割加工的主要用途。

① 可加工多种材料。凡是导电金属材料都可以加工,如一些用机械切削加工方法难以加工的材料:

- a. 超硬材料,如淬火钢、硬质合金;
- b. 韧性材料,如各种不锈钢、耐热合金;
- c. 脆性材料,如磁钢;
- d. 特殊材料,如钨铁硼等;
- e. 不易装夹的薄壁零件;
- f. 各种复杂形状的零件,只要能编出程序,都可以方便地加工出理想的工件。

② 常用于加工的工件。

- a. 加工各种精密模具:如冲模、复合模、粉末冶金模、挤压模、塑料模和胶木模等;
- b. 直接加工各种盘形零件:如齿轮、链轮、变压器和电机转子或定子硅钢片和凸轮以及一些精密零件等;
- c. 加工各种电火花成形加工用的工具电极。

1.1.2 手工编写3B程序

数控线切割机床的控制系统是根据人的“命令”控制机床进行加工的。所以必须先将要进行线切割加工工件的图形用线切割控制系统所能接受的“语言”编好“命令”,输入控制系统(控制器),这种“命令”就是线切割程序,编写这种“命令”的工作称为数控线切割编程,简称编程。

编程方法分手工编程和计算机编程。手工编程是线切割工作者的一项基本功,它能使编程者比较清楚地了解编程所需要进行的各种计算和编程过程。但手工编程的计算工作比较繁杂,费时间。因此,近些年来由于计算机的飞速发展,线切割编程目前大多采用计算机编程。计算机有很强的计算功能,大大减轻了编程的劳动强度,并大幅度地减少了编程所需的时间。

线切割程序格式有3B、4B、5B、ISO和EIA等,使用最多的是3B格式和ISO代码格式。

1.3B程序格式及编写3B程序的方法

3B程序格式见表1.1。表中的B称为分隔符号,它在程序单上起着把X、Y和J数值分隔开的作用。当程序输入控制器时,读入第一个B后,它使控制器做好接收X坐标值的准备,读入第二个B后做好接收Y坐标值的准备,读入第三个B后做好接受J值的准备。加工圆弧时,程序中的X、Y必须是圆弧起点对其圆心的坐标值。加工斜线时,程序中的X、Y必须是该斜线段终点对其起点的坐标值,斜线段程序中的X、Y值允许它们同时按相同比例缩小,只要其比值保持不变即可。对于与坐标轴重合的线段,在其程序中的X或Y值,均不必写出。

表 1.1 3B 程序格式

B	X	B	Y	B	J	G	Z
	X 坐标值		Y 坐标值		计数长度	计数方向	加工指令

(1) 计数方向G和计数长度J。

① 计数方向G及其选择。为保证所要加工的圆弧或线段能按要求的长度加工出来,一般线切割机床是通过控制从起点到终点X或Y拖板进给的总长度来达到的。因此在计算机中设立一个J计数器进行计数,即将加工该线段的拖板进给总长度J的数值预先置入J计数器中。加工时被确定为计数长度这个坐标的拖板每进给一步,J计数器就减1。这样,当J计数器减到零时,则表示该圆弧或直线段已加工到终点。在X和Y两个坐标中用哪个坐标作计数长度J呢?这个计数方向的选择要依图形的特点而定。

加工斜线段时,必须用进给距离比较长的一个方向作进给长度控制。若线段的终点为 $A(X_e, Y_e)$,当 $|Y_e| > |X_e|$ 时,计数方向取GY(图1.2);当 $|Y_e| < |X_e|$ 时,计数方向取GX(图1.3)。确定计数方向时,可以以 45° 为分界线(图1.4),当斜线在阴影区内时,取GY,反之取GX。若斜线正好在 45° 线上时,理论上应该是在插补运算加工过程中,最后一

步走的是哪个坐标,则取该坐标为计数方向。从这个观点来考虑,Ⅰ、Ⅲ象限应取GY,Ⅱ、Ⅳ象限应取GX,才能保证加工到终点。

圆弧计数方向的选取,应根据圆弧终点的情况而定,从理论上分析,应该是当加工圆弧达到终点时,最后一步走的是哪个坐标,就应选该坐标作计数方向;也可以 45° 线为界(图1.5),若圆弧终点坐标为 $B(X_e, Y_e)$,当 $|X_e| < |Y_e|$ 时,即终点在阴影区内,计数方向取GX,当 $|X_e| > |Y_e|$ 时,计数方向取GY;当终点在 45° 线上时,不易准确分析,按习惯任取。

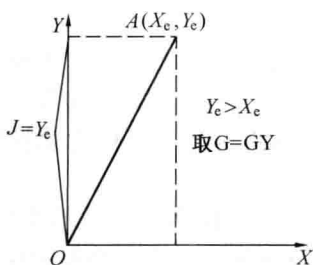


图 1.2 取GY

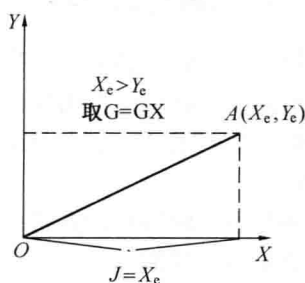


图 1.3 取GX

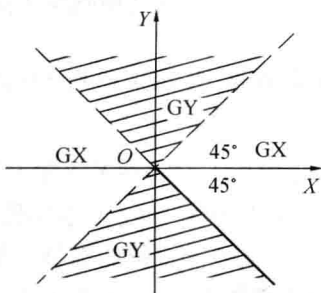


图 1.4 斜线段计数方向的选取

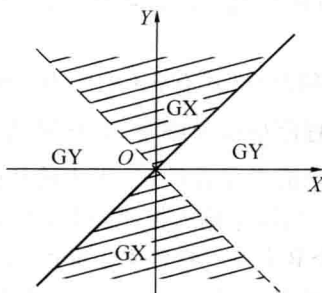


图 1.5 圆弧计数方向的选取

② 计数长度 J 的确定。当计数方向确定后,计数长度 J 应取计数方向从起点到终点拖板移动的总距离,即圆弧或直线段在计数方向坐标轴上投影长度的总和。

对于斜线,如图1.2所示,取 $J = Y_e$;如图1.3所示,取 $J = X_e$ 即可。

对于圆弧,它可能跨越几个象限,如图1.6和图1.7的圆弧都是从A加工到B。如图1.6所示,取GX, $J = J_{X1} + J_{X2}$;如图1.7所示,取GY, $J = J_{Y1} + J_{Y2} + J_{Y3}$ 。

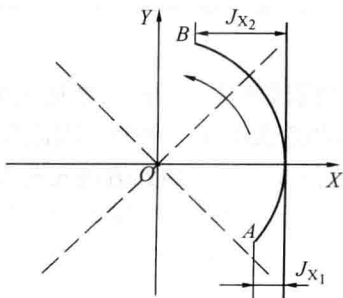


图 1.6 跨越两个象限

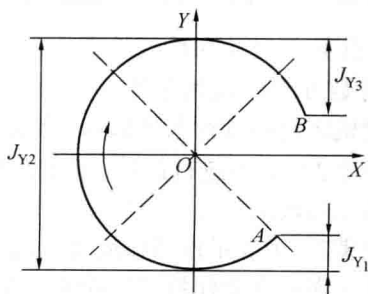


图 1.7 跨越四个象限

(2) 加工指令Z。

Z是加工指令(图1.8)的总代号,共分12种,其中圆弧加工指令有8种。

加工指令中,SR表示顺圆,NR表示逆圆,字母后面的数字表示该圆弧的起点所在象限,

如SR1表示顺圆弧,其起点在第一象限。对于直线段的加工指令用L表示,L后面的数字表示该线段所在的象限。对于与坐标轴重合的直线段,正X轴为L1,正Y轴为L2,负X轴为L3,负Y轴为L4。

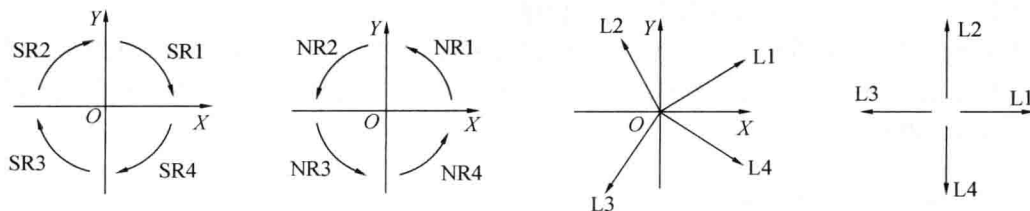


图 1.8 加工指令

2. 手工编写直线3B程序的实例

逆图 1.9 编写直线图形的 3B 程序。

电极丝(钼丝)从图 1.10 左下角“起始点”处开始切割到左下角“切入点”处为第①条程序 N1,从第②条程序开始沿图形的逆时针方向切割,第⑩条程序的终点返回到切入点,第⑪条程序到起始点结束。

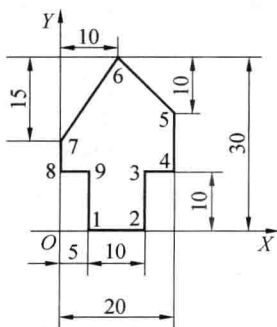


图 1.9 直线图形



图 1.10 逆图 1.9 编写 3B 程序的顺序及有关数据

逆图形编出的 3B 程序见表 1.2,图 1.10 中注出了每条程序的位置及编每条 3B 程序有关的数据,以方便阅读程序和理解程序。

表 1.2 逆图形编的 3B 程序及有关说明

起始点坐标 = 5.00000, -3.00000

N 1:	B	0 B	3000 B	3000 GY	L2	切入线终点对起点(0, 3)
N 2:	B	10000 B	0 B	10000 GX	L1	第一象限的直线,终点对起点(10, 0)
N 3:	B	0 B	10000 B	10000 GY	L2	第二象限的直线,终点对起点(0, 10)
N 4:	B	5000 B	0 B	5000 GX	L1	第一象限的直线,终点对起点(5, 0)
N 5:	B	0 B	10000 B	10000 GY	L2	第二象限的直线,终点对起点(0, 10)
N 6:	B	10000 B	10000 B	10000 GY	L2	第二象限的直线,终点对起点(-10, 10)
N 7:	B	10000 B	15000 B	15000 GY	L3	第三象限的直线,终点对起点(-10, 15)
N 8:	B	0 B	5000 B	5000 GY	L4	第四象限的直线,终点对起点(0, -5)
N 9:	B	5000 B	0 B	5000 GX	L1	第一象限的直线,终点对起点(5, 0)
N 10:	B	0 B	10000 B	10000 GY	L4	第四象限的直线,终点对起点(0, -10)
N 11:	B	0 B	3000 B	3000 GY	L4	切出线,第四象限的直线,终点对起点(0, -3)
N 12:	DD					停机码