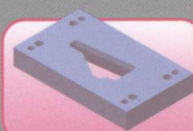
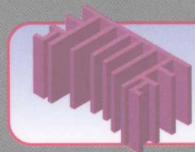
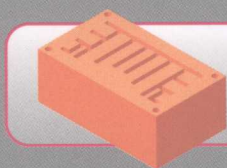




机械设计院
基础教程

Mastercam X2 电火花线切割 基础教程

何满才 编著



人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

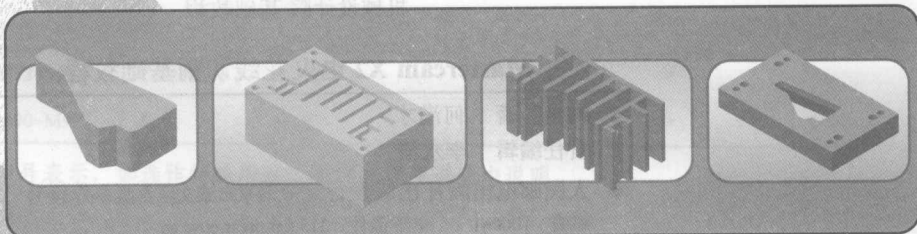


机械设计院
基础教程

Mastercam X2 电火花线切割 基础教程



何满才 编著



人民邮电出版社

北京

图书在版编目(CIP)数据

Mastercam X2电火花线切割基础教程 / 何满才编著.
北京: 人民邮电出版社, 2009. 2
机械设计院基础教程
ISBN 978-7-115-19191-5

I. M… II. 何… III. 数控线切割—程序设计—应用软件, Mastercam X2—教材 IV. TG484

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第176035号

内 容 提 要

Mastercam X2 是 Mastercam 的新版本, 在原有版本的基础上又增加了新的功能和模块。本书主要介绍 Mastercam Wire X2 电火花线切割模块在金属切削、模具设计与加工方面的运用。内容主要包括电火花加工的原理及过程、电火花线切割机床及操作、电火花线切割加工工艺、线切割 3B 代码及 G 代码编程, Wire X2 系统的显示界面、基本绘图及编辑功能、图形标注及实例绘图设计、线切割共同参数设置, 外形线切割参数设置、4 轴线切割参数设置、线切割轨迹及实体切割模拟等。

本书内容翔实, 实例讲解通俗易懂, 配合动画教学光盘, 使读者快速、全面地掌握 Mastercam Wire X2 系统强大的设计和线切割功能, 提高综合应用 Mastercam X2 解决实际问题的能力。

本书可作为高等院校及各类线切割培训班的辅助教材, 也可作为从事金属切削、数控加工及机械、模具设计领域的工程技术人员的参考书。

机械设计院·基础教程

Mastercam X2 电火花线切割基础教程

- ◆ 编 著 何满才
责任编辑 李永涛
 - ◆ 人民邮电出版社出版发行 北京市崇文区夕照寺街 14 号
邮编 100061 电子函件 315@ptpress.com.cn
网址 <http://www.ptpress.com.cn>
北京隆昌伟业印刷有限公司印刷
 - ◆ 开本: 787×1092 1/16
印张: 33.25
字数: 811 千字
印数: 1—3 000 册
- 2009 年 2 月第 1 版
2009 年 2 月北京第 1 次印刷

ISBN 978-7-115-19191-5/TP

定价: 65.00 元(附光盘)

读者服务热线: (010)67132692 印装质量热线: (010)67129223
反盗版热线: (010)67171154

关于本书

本书内容和特点

Mastercam 是美国 CNC Software 公司开发的 CAD/CAM 一体化软件。它集二维绘图、三维实体、曲面设计、体素拼合、数控编程、刀具路径模拟及真实感模拟等功能于一身,对系统运行环境要求较低,使用户无论是在造型设计、CNC 铣床、CNC 车床或 CNC 线切割等加工操作中,都能获得最佳效果。Mastercam 基于 PC 平台,支持中文环境,价位适中,对于广大的中小企业来说是最理想的选择。

Mastercam X2 是 Mastercam 的新版本,在原有版本的基础上又增加了新的功能和模块。

一、操作方面

Mastercam X2 系统程序进行了重新设计,在操作环境及方式上作了突破性的改进,去掉了原有的瀑布式层级菜单,取而代之的是目前流行的“窗口式操作”及“以对象为中心”的操作方式,这大大减少了鼠标的点击次数,提高了设计效率。

二、设计方面

单体模式可以选取“曲面边界”,可以动态选取串连起始点,还增加了工作坐标系统 WCS。在实体管理器中,可以直接切换“切除实体”和“增加凸缘”两种操作,可以将曲面转成开放的薄片实体(Sheet Solid)或封闭的实体(Solid body),还可增加薄片实体的厚度、移除实体中指定的面、由布尔运算或修剪操作分割实体并保留所有结果等功能。

三、加工方面

除了更改刀具直径和刀角半径需要重新计算刀具路径外,其他参数的更改不需要重新计算刀具路径。可改进刀具补偿控制,安全高度可选择是否“只在最前和最后的操作才使用”。打开文件时,可选择是否载入 NCI 资料,可以大大缩短读取大文件的时间,能自动检测实体中的孔并建立钻孔操作,可指定单一实体面做干涉面等。

本书主要介绍 Mastercam Wire X2 电火花线切割模块在金属切削、模具设计与加工方面的运用,主要分为以下 3 篇。

- 第 1 篇主要介绍电火花线切割的基础知识,包括电火花加工的原理及过程、电火花线切割机床及操作、电火花线切割加工工艺、线切割 3B 代码及 G 代码编程等内容。
- 第 2 篇主要介绍 Wire X2 系统的功能,包括系统的显示界面、基本绘图及编辑功能、图形标注及实例绘图设计等内容。
- 第 3 篇主要介绍 Wire X2 系统的线切割功能,包括线切割共同参数设置、外形线切割参数设置、4 轴线切割参数设置、线切割轨迹及实体切割模拟、典型线切割实例等内容。

本书由何满才主笔,参与编写和审校的人员有曾辉、谢春燕、朱建江、何玉芬、谢平霞、祝融峰、谢桂红、全晓雪、祝彩霞、谢桂军、全晓霞、胡兰美、何小力和谢云军等。

读者对象

本书可作为高等院校及各类线切割培训班的辅助教材，也可作为金属切削、数控加工及机械、模具设计领域的工程技术人员的参考书。

本书附盘内容

为了方便读者学习，本书附带一张光盘，主要内容如下。

- “结果文件”文件夹下的文件为本书中每个练习的操作结果文件，读者可以直接将其打开查看实例的最终结果，书中的实例编号与光盘中的文件编号相对应。
- “动画教学”文件夹下的文件为书中每个习题操作过程的动画教学文件，其格式为“.avi”格式，是一种最常用的动画文件格式，读者用 Windows 系统提供的“媒体播放机”就可以播放“.avi”动画文件。选择【开始】/【程序】/【附件】/【娱乐】/【Windows Media Player】选项即可打开“媒体播放机”。

注意：播放文件前要安装光盘根目录下的“tscc.exe”插件。

本书约定

为了叙述方便，本书在叙述命令调用时，采用了如下写法：

例如“选择菜单栏中的【Create】/【Arc】/【Create Circle Center Point】中心点绘圆命令”，其含义是先用鼠标左键单击菜单栏中的【Create】命令，然后在出现的【Create】菜单中单击【Arc】命令，再单击【Arc】菜单中的【Create Circle Center Point】命令。

感谢您选择了本书，也请您把对本书的意见和建议告诉我们。

电子函件：3dhmc@163.com（作者），liyongtao@ptpress.com.cn（责任编辑）。

作者

2008年11月

目录

第1篇 电火花线切割基础	1
第1章 电火花线切割概述	2
1.1 电火花加工的概念、特点及发展概况	2
1.1.1 电火花加工的概念	2
1.1.2 电火花加工的特点	2
1.1.3 电火花加工发展概况	3
1.2 电火花加工的基本原理、过程及影响因素	3
1.2.1 电火花加工的基本原理	3
1.2.2 电火花加工的过程	4
1.2.3 电火花加工的影响因素	5
1.3 电火花加工的分类	6
1.4 电火花线切割的原理、特点和分类	7
1.4.1 电火花线切割的原理	7
1.4.2 电火花线切割的特点	7
1.4.3 电火花线切割的分类	8
第2章 电火花线切割机床及操作	9
2.1 电火花线切割机床	9
2.1.1 电火花线切割机床的组成	9
2.1.2 电火花线切割机床的型号及主要参数	11
2.1.3 电极丝材料种类、名称和规格	11
2.2 电火花线切割机床的基本操作	11
2.2.1 电火花线切割机床的一般操作顺序	11
2.2.2 贮丝筒上丝	12
2.2.3 穿丝操作	12
2.2.4 贮丝筒行程调整	13
2.2.5 电极丝垂直找正	13
2.2.6 工件装夹及找正	14
2.2.7 线切割工作液的配制与更换	15
2.2.8 新丝加工的紧丝操作	16
2.2.9 加工中的断丝操作	16
2.2.10 加工操作中的注意事项	17
2.3 电火花线切割机床的维护与保养	17
2.3.1 机床的清理	18
2.3.2 机床的润滑	18

2.3.3 机床易损件的维护	18
第 3 章 电火花线切割加工工艺	19
3.1 电火花线切割加工步骤	19
3.1.1 分析零件图纸	19
3.1.2 工艺处理	19
3.1.3 数学处理	20
3.1.4 编制加工程序	20
3.1.5 程序检验	20
3.1.6 线切割机加工	20
3.1.7 切割工件检验	21
3.2 穿丝孔、起切点及走丝路线的确定	21
3.2.1 穿丝孔的确定	21
3.2.2 穿丝孔找中心	22
3.2.3 起切点的确定	23
3.2.4 走丝路线的确定	23
3.3 线切割电参数选择	24
3.4 常见故障的判断与排除	24
3.4.1 打开贮丝筒发生断丝	24
3.4.2 加工刚开始发生断丝	24
3.4.3 加工过程中发生断丝	25
3.4.4 加工结束时发生断丝	26
3.4.5 加工中频繁短路	26
3.4.6 找中心失灵	26
第 4 章 线切割 3B 代码编程	27
4.1 数控编程基础	27
4.1.1 数控及数控编程的概念	27
4.1.2 数控程序的分类	27
4.1.3 数控程序的格式及组成	28
4.1.4 数控系统的基本功能	29
4.2 线切割编程基础	30
4.2.1 线切割编程的概念	30
4.2.2 线切割程序的分类	30
4.3 线切割快走丝 3B 代码数控编程	30
4.3.1 3B 代码程序格式	31
4.3.2 斜线(直线)编程	31
4.3.3 圆弧编程	32
4.4 3B 代码编程中的补偿	34

4.4.1 补偿量	34
4.4.2 补偿量实现方式	35
4.5 带尺寸公差的编程计算方法	37
4.6 3B 代码综合编程实例	37
第 5 章 线切割 G 代码编程	51
5.1 线切割 G 代码编程常用准备功能	51
5.1.1 绝对坐标指令 G90	51
5.1.2 相对坐标指令 G91	51
5.1.3 起点坐标设定指令 G92	52
5.1.4 快速点定位指令 G00	52
5.1.5 直线插补指令 G01	52
5.1.6 圆弧插补指令 G02、G03	53
5.1.7 电极丝半径补偿指令 G40、G41、G42	55
5.1.8 锥度切割指令 G50、G51、G52	56
5.1.9 镜像和交换指令 G05~G12	58
5.2 线切割 G 代码编程常用辅助功能	60
5.2.1 加工暂停指令 M00、M01	60
5.2.2 程序结束指令 M02、M30	60
5.3 G 代码综合实例编程	61
第 2 篇 Mastercam Wire X2 线切割设计	69
第 6 章 Wire X2 系统概述	70
6.1 Wire X2 系统的运行环境	70
6.1.1 硬件配置	70
6.1.2 软件环境	70
6.2 Wire X2 系统的启动	70
6.3 Wire X2 系统的显示界面	71
6.3.1 标题栏	72
6.3.2 菜单栏	72
6.3.3 工具栏	72
6.3.4 坐标输入及捕捉栏	72
6.3.5 目标选择栏	73
6.3.6 操作栏	73
6.3.7 操作命令记录栏	74
6.3.8 绘图区	74
6.3.9 状态栏	75
6.3.10 加工操作管理器、实体管理器和浮雕管理器	75

第 7 章 Wire X2 基本绘图	77
7.1 绘制点——Point	77
7.1.1 绘制位置点——Create Point Position	78
7.1.2 动态绘制点——Create Point Dynamic	78
7.1.3 绘制参数式曲线节点——Create Point Node Points	78
7.1.4 绘制等分点——Create Point Segment	79
7.1.5 绘制几何图形端点——Create Point Endpoints	80
7.1.6 绘制小于指定半径值的圆心点——Create Point Small Arcs	80
7.1.7 绘制穿丝点——Create Thread Point	80
7.1.8 绘制切割停留点——Create Cut Point	81
7.2 绘制线——Line	81
7.2.1 两点绘线——Create Line Endpoint	82
7.2.2 绘制最近线——Create Line Closest	87
7.2.3 绘制分角线——Create Line Bisect	87
7.2.4 绘制法线——Create Line Perpendicular	88
7.2.5 绘制平行线——Create Line Parallel	88
7.3 绘制圆弧——Arc	89
7.3.1 边界点绘制圆——Create Circle Edge Point	90
7.3.2 中心点绘制圆——Create Circle Center Point	91
7.3.3 绘制中心点极坐标圆弧——Create Arc Polar	92
7.3.4 绘制端点极坐标圆弧——Create Arc Polar Endpoints	92
7.3.5 两点绘制圆弧——Create Arc Endpoints	92
7.3.6 三点绘制圆弧——Create Arc 3 Points	93
7.3.7 绘制切圆弧——Create Arc Tangent	93
7.4 绘制标准矩形——Create Rectangle	99
7.5 绘制变形矩形——Create Rectangular Shapes	101
7.6 绘制多边形——Create Polygon	103
7.7 绘制椭圆——Create Ellipse	106
7.8 绘制旋绕线——Create Spiral	108
7.9 绘制螺旋线——Create Helix	110
7.10 绘制曲线——Spline	112
7.10.1 手动绘制曲线——Create Manual Spline	112
7.10.2 自动绘制曲线——Create Automatic Spline	113
7.10.3 转换 Spline 曲线——Create Curves Spline	113
7.10.4 熔接曲线——Create Blended Spline	114
7.11 绘制圆角——Fillet	114
7.11.1 绘制单个圆角——Fillet Entities	115
7.11.2 绘制串连圆角——Fillet Chains	115
7.12 绘制倒角——Chamfer	115

7.12.1 绘制单个倒角——Chamfer Entities	116
7.12.2 绘制串连倒角——Chamfer Chains	116
7.13 绘制文字——Create Letters	117
7.14 绘制边界框——Create Bounding Box	124
7.15 绘制圆周孔——Create Bolt Circle	127
7.16 绘制楼梯——Create Stair Geometry	128
7.17 绘制门——Create Door Geometry	129
7.18 习题	130
第 8 章 编辑几何图形	132
8.1 目标选择——Select	132
8.2 修剪/打断/延伸几何图形——Trim / Break	137
8.2.1 修剪/打断/延伸几何图形——Trim/Break/Extend	138
8.2.2 多物体修剪——Trim Many	141
8.2.3 将几何图形打断成两段——Break Two Pieces	141
8.2.4 相交处打断几何图形——Break at Intersection	142
8.2.5 将几何图形打断成多段——Break Many Pieces	142
8.2.6 将图形标注打断成线——Break Drafting into Lines	143
8.2.7 将圆打断成多段——Break Circles	143
8.2.8 圆弧修剪成全圆——Close arc	143
8.3 连接几何图形——Join entities	144
8.4 修改曲线控制点——Modify Spline	145
8.5 转换 NURBS 曲线——Convert NURBS	145
8.6 曲线变弧——Simplify	146
8.7 设置曲面法向方向——Set Normal	147
8.8 修改曲面法向方向——Change Normal	148
8.9 删除几何图形——Delete	148
8.10 习题	158
第 9 章 转换几何图形	160
9.1 移动几何图形——Xform Translate	161
9.2 3D 空间移动几何图形——Xform Translate 3D	163
9.3 镜像几何图形——Xform Mirror	166
9.4 旋转几何图形——Xform Rotate	169
9.5 缩放几何图形——Xform Scale	172
9.6 偏移几何图形——Xform Offset	174
9.7 串连偏移几何图形——Xform Offset Contour	177
9.8 投影几何图形——Xform Project	180
9.9 阵列几何图形——Xform Rectangular Array	181

9.10	卷成圆筒——Xform Roll.....	183
9.11	动态移动几何图形——Xform Drag	186
9.12	拉伸几何图形——Xform Stretch	186
9.13	转换 STL 图形文件——Xform STL	187
9.14	图形排样——Xform Geometry Nesting.....	188
9.15	二维绘图综合练习	188
9.16	习题.....	196
第 10 章 图形标注.....		200
10.1	尺寸标注基础	201
10.1.1	尺寸标注的三要素	201
10.1.2	尺寸标注的基本原则	201
10.2	尺寸标注样式设置——Drafting Options	202
10.2.1	尺寸属性设置	203
10.2.2	尺寸文本设置	205
10.2.3	注解文本设置	209
10.2.4	尺寸线、尺寸界线和尺寸箭头设置.....	210
10.2.5	其他设置	212
10.3	尺寸标注——Dimension.....	215
10.3.1	水平标注——Horizontal Dimension.....	215
10.3.2	垂直标注——Vertical Dimension.....	216
10.3.3	平行标注——Parallel Dimension.....	216
10.3.4	基线标注——Baseline Dimension.....	216
10.3.5	连续标注——Chained Dimension.....	217
10.3.6	角度标注——Angular Dimension.....	218
10.3.7	圆标注——Circular Dimension.....	218
10.3.8	法线标注——Perpendicular Dimension.....	219
10.3.9	相切标注——Tangent Dimension	219
10.3.10	坐标标注——Ordinate	220
10.3.11	点标注——Point Dimension.....	220
10.3.12	尺寸公差标注	221
10.4	尺寸编辑——Dimension Multi Edit.....	223
10.5	绘制尺寸界线及引线——Create Witness Line/Leader.....	224
10.6	创建注解——Create Note.....	224
10.7	图案填充——Create X-Hatch.....	228
10.8	快速标注——Smart Dimension.....	229
10.9	更新标注——Regen.....	230
10.10	习题	245

第 11 章 属性修改及图层管理.....	247
11.1 修改几何图形属性	248
11.2 图层管理.....	252
11.2.1 图层简介	252
11.2.2 建立和控制图层	252
第 12 章 Wire X2 线切割设计实例	257
12.1 样板.....	257
12.2 五角星	259
12.3 三角样板	261
12.4 多腔凹模	262
12.5 “CNC” 文字	265
12.6 锥凸台	267
12.7 喷嘴.....	268
12.8 CPU 散热片.....	269
12.9 拼图板	274
12.10 凸轮	278
12.11 盖板.....	280
12.12 手柄	284
12.13 固定滑块	288
12.14 镶件	290
12.15 支套	294
12.16 指针	297
12.17 薄钢片落料模	301
12.18 上圆下方异形件	304
12.19 心凸台	305
12.20 三角锥	310
第 3 篇 Mastercam Wire X2 线切割加工	312
第 13 章 Wire X2 外形线切割	313
13.1 Wire X2 线切割方法	313
13.2 线切割共同参数	314
13.2.1 电极丝参数设置	314
13.2.2 放电间隙及预留量设置	316
13.2.3 程序注解文本	316
13.2.4 线切割起始点设置	317
13.2.5 原点及构图面设置	317
13.2.6 NCI 文件杂项变数	318

13.2.7 NCI 文件指令文本	318
13.3 外形设置——Contour	319
13.3.1 切割方式	319
13.3.2 锥度设置	320
13.3.3 高度设置	321
13.3.4 补偿设置	322
13.3.5 转角设置	328
13.3.6 寻找相交性	330
13.3.7 误差设置	330
13.3.8 过滤设置	331
13.3.9 锥度切割转角设置	331
13.3.10 锥度切割圆角设置	334
13.3.11 CW/CCW 转角/圆角参数切换	336
13.4 导引入/导出——Lead in/out	336
13.4.1 外形导引入/导出——Contour Leads	337
13.4.2 支撑切割导引入/导出——Tab Cut Leads	341
13.4.3 精切割导引入/导出——Finish Leads	342
13.5 切割设置——Cuts	343
13.5.1 粗、精切割设置	343
13.5.2 支撑切割设置	344
13.5.3 粗切割、支撑切割和精切割顺序设置	345
13.5.4 支撑切割暂停代码产生之时机	347
13.5.5 切割暂停代码输出形式	347
13.5.6 切割状态显示	349
13.6 切割控制——General	350
13.6.1 切割方向控制	350
13.6.2 外形控制	351
13.6.3 子程序控制	352
13.6.4 线切割机控制	354
13.7 工件设置	355
13.7.1 设置工件尺寸	356
13.7.2 设置工件原点	357
13.7.3 其他参数设置	358
13.8 加工操作管理	358
13.8.1 编辑切割参数	359
13.8.2 数据重新生成	359
13.8.3 切割轨迹模拟	360
13.8.4 实体切割模拟	361
13.8.5 后处理产生 NC 程序	362

13.9 外形线切割实例	364
13.9.1 样板	364
13.9.2 五角星	373
13.9.3 三角样板	381
13.9.4 多腔凹模	392
13.9.5 CNC 文字	399
13.9.6 锥凸台	405
13.9.7 喷嘴	413
第 14 章 Wire X2 4 轴线切割	421
14.1 4 轴线切割概要	421
14.2 4 轴设置——4 Axis	422
14.2.1 高度设置	422
14.2.2 切割轨迹 Z 高度参考方式	423
14.2.3 NC 代码输出格式	423
14.2.4 同步设置	424
14.3 4 轴线切割实例	425
14.3.1 上圆下方异形件	425
14.3.2 心凸台	433
14.3.3 三角锥	438
第 15 章 Wire X2 线切割实例	444
15.1 CPU 散热片	444
15.2 拼图板	450
15.3 凸轮	455
15.4 盖板	463
15.5 手柄	468
15.6 固定滑块	472
15.7 镶件	480
15.8 支套	486
15.9 指针	491
15.10 薄钢片落料模凸模	497
15.11 薄钢片落料模凹模	505
附 录	514
参考文献	518

第1篇 电火花线切割基础

本篇从电火花加工的概念和特点入手,简要介绍了电火花加工的基本原理、电火花线切割设备的基本操作及电火花线切割加工工艺。然后详细介绍了数控系统的基本功能,线切割快走丝 3B 代码编程,线切割慢、快走丝 G 代码编程等内容。以实例形式详细介绍了手工 3B 代码和 G 代码编程的方法及技巧。

本篇内容如下:

- 电火花线切割概述。
- 电火花线切割机床及操作。
- 电火花线切割加工工艺。
- 线切割 3B 代码编程。
- 线切割 G 代码编程。

第1章 电火花线切割概述

学习指南

- 电火花加工的概念、特点及分类。
- 电火花加工的原理、过程及影响因素。
- 电火花线切割加工的原理及分类。

1.1 电火花加工的概念、特点及发展概况

电火花加工技术是现代先进制造技术的一个重要组成部分，在现代模具制造业中具有重要作用。对机电专业，特别是模具专业人才来说，掌握先进的电火花线切割加工技术是非常必要的。

1.1.1 电火花加工的概念

电火花加工是一种利用电能和热能进行加工的新工艺，俗称放电加工（Electrical Discharge Machining，简称 EDM）。电火花加工与一般金属切削加工的区别在于，电火花加工时工具与工件并不接触，而是靠工具与工件间不断产生的脉冲性火花放电所产生的局部、瞬时的高温把金属材料逐步蚀除下来。由于在放电过程中有可见火花产生，故称之为电火花加工。

1.1.2 电火花加工的特点

现代制造工业的迅猛发展带动了新材料的不断涌现，高熔点、高硬度的材料层出不穷，使传统的金属切削方法很难进行加工，而电火花加工几乎与材料的力学性能（硬度、强度等）无关，它突破了传统金属切削方法对刀具的限制，同时电火花加工本身所具有的特殊性决定了其具有如下特点。

一、电火花加工的优点

- (1) 适合难切削材料的加工，如高硬度材料、热处理后的工件等。
- (2) 特殊及复杂零件的加工，如微细零件、复杂模具型腔的加工。
- (3) 由于电火花加工是利用脉冲放电来蚀除金属材料，而脉冲电源的参数调节容易利用计算机数字控制方法进行控制，因此电火花加工易于实现数控加工。
- (4) 能改善结构设计，如将镶拼模具结构改为用电火花加工的整体结构。

二、电火花加工的局限性

- (1) 通常只能对导电材料（如金属）进行加工，不能对塑料、陶瓷等非金属材料进行加工。
- (2) 电火花加工速度较慢、生产效率较低，因此在安排工艺时尽可能采用一般金属切削方法进行加工。不能完全用金属切削方法加工的零件，应先采用金属切削方法对可加工的零件进行粗加工，然后再利用电火花进行精加工，从而提高加工效率。
- (3) 加工过程存在电极损耗。在利用电和热蚀除金属材料的同时，电极也存在损耗，且损耗常集中在尖角、边沿和底面位置，影响成型精度。常需制造多个电极来达到加工精度要求，提高了加工成本。
- (4) 难以加工有棱角的工件，电火花加工的最小角部半径通常在 $0.02\sim 0.3\text{mm}$ 。
- (5) 被加工工件表面存在变质层（熔化层和热影响层）。对某些材料（如不锈钢）进行电火花加工后应对加工表面进行处理。
- (6) 电火花加工过程必须在工作液（如煤油）中进行，增加了加工的不安全隐患。

1.1.3 电火花加工发展概况

电火花加工中的电蚀现象早在 20 世纪初期就被人们发现，如插头、开关的启闭所产生的火花对接触表面的损坏。但真正将电蚀现象运用到实际生产加工中的是前苏联科学家拉扎连柯夫妇，1943 年，他们利用电蚀原理研制出世界上第一台实用化的电火花加工装置，并在以后的推广应用中不断改进，使电火花加工技术得到空前发展。如今，结合计算机技术的数控电火花加工设备的制造在国外已成为一个专门的行业，并且朝高精度、数控化和无人化方向发展。

我国在 20 世纪 50 年代初期开始研究电火花设备，并于 60 年代初期研制出第一台靠模仿形电火花线切割机床，随后研制出具有我国特色的高速（快）走丝线切割机床。七八十年代我国电火花加工技术得到飞速发展，如今已涌现出一批具有较高水准的电火花加工设备生产厂家，数控技术、电脑自动编程技术在电火花加工中得到普遍应用，并逐步向国际标准靠拢。

1.2 电火花加工的基本原理、过程及影响因素

了解和掌握电火花加工的基本原理、过程及影响因素，有利于操作人员在实际加工中合理地选择和设置电参量。

1.2.1 电火花加工的基本原理

电火花加工是由于工具电极和加工工件相互靠近并达到一定的放电间隙后，两者之间产生脉冲性火花放电，并伴随局部瞬时的高温使金属局部熔化，甚至气化的电蚀现象来蚀除金属材料。

要产生火花放电应具备一定的条件，如合适的放电间隙、一定的放电延续时间以及工作