

电火花机 和线切割机 编程与机电控制

李忠文 编著



化学工业出版社
工业装备与信息工程出版中心

(京)新登字 039 号

图书在版编目 (CIP) 数据

电火花机和线切割机编程与机电控制/李忠文编著. —北京:
化学工业出版社, 2003. 11

ISBN 7-5025-4919-6

I. 电… II. 李… III. ①电火花成型加工-机床-机电一体化-控制系统 ②电火花线切割-切割设备-机电一体化-控制系统
IV. ①TG661 ②TG484

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 101159 号

电火花机和线切割机编程与机电控制

李忠文 编著

责任编辑: 李玉晖 刘 哲

责任校对: 蒋 宇

封面设计: 蒋艳君

*

化 学 工 业 出 版 社 出版发行
工业装备与信息工程出版中心

(北京市朝阳区惠新里 3 号 邮政编码 100029)

发行电话: (010) 64982530

<http://www.cip.com.cn>

*

新华书店北京发行所经销

北京市昌平振南印刷厂印刷

三河市宇新装订厂装订

开本 787 毫米×1092 毫米 1/16 印张 17 $\frac{3}{4}$ 字数 421 千字

2004 年 1 月第 1 版 2004 年 1 月北京第 1 次印刷

ISBN 7-5025-4919-6/TH·154

定 价: 38.00 元

版权所有 违者必究

该书如有缺页、倒页、脱页者, 本社发行部负责退换

内 容 提 要

电火花成型机和线切割机床是精密加工、模具制造的必备设备。机床能否正常运行、生产率的高低和制品质量的优劣取决于机械结构、电气线路、操作规程、加工程序编制和维护维修等诸多因素。本书汇集作者在实践中积累的技术资料和工作经验,介绍了目前国内常见机型的机电控制系统构成、编程、操作和故障处理,为现场技术人员提供了一本详尽实用的参考书。

本书可供电火花机和线切割机床编程、操作、维修技术人员参考,并可作技术工人培训用书。

目 录

第一章 线切割机工作原理及使用	1
第一节 线切割机床工作原理及特点	1
一、加工原理和特点	1
二、控制系统和工作过程	2
三、机床组成和主要结构	4
1. 机械系统	4
2. 传动系统	7
3. 机床润滑及工作液系统	8
4. 电气系统	8
5. 微机控制系统	10
四、常用线切割机床的主要技术指标	13
五、线切割机床加工操作步骤	15
1. 操作前的准备工作	15
2. DK77 系列线切割机操作步骤	15
3. SCX-I 型线切割机操作步骤	16
4. 线切割机床一般操作顺序	18
第二节 线切割机床微机控制系统及操作	18
一、SK-3256 型线切割机微机控制系统及操作	18
1. 显示面板和控制面板	18
2. 程序输入	20
3. 加工操作	23
二、SCX-I 型线切割机微机控制系统及操作	27
1. 操作面板	27
2. 键盘及命令	27
3. 加工操作	33
三、DK77 系列线切割机微机控制系统及操作	33
1. 控制面板	34
2. 程序输入	34
3. 加工操作	37
四、HX-A 型线切割机微机控制系统及操作	40
1. 控制面板	40
2. 程序输入	40
3. 加工操作	43

五、C97-7A 型锥度线切割机微机控制系统及操作	45
1. 控制面板	45
2. 加工操作	49
第二章 线切割机床编程方法及实例	55
一、常用格式程序编写方法	55
1. 常用格式程序	55
2. 程序编写方法	56
二、半自动编程	59
1. 指令与编程规则	59
2. 基本指令功能与编程	61
3. 辅助指令功能及编程	62
4. 指令应用及编程	67
三、编程实例	69
1. 半自动编程程序	69
2. 手工编程	72
四、计算机辅助编程	76
1. CAXA 线切割 V2 的特点和基本操作	76
2. CAXA 线切割 V2 基本用户界面及系统的功能设置	78
3. CAXA 线切割 V2 快速入门及编程实例	84
第三章 线切割机床机电控制	89
一、线切割机床电气控制系统	89
1. DK7735 型线切割机床电气控制系统	89
2. DK7728 型线切割机床电气控制系统	89
3. SCX-I 型线切割机床电气控制系统	95
4. 线切割机床的直流电源	95
二、线切割机床电子控制系统	95
1. 2535 型线切割机床高频电源	96
2. SCX-I 型线切割机床高频电源	96
3. DK77 型线切割机床高频脉冲电源	99
4. DK7735 型线切割机床高频脉冲电源	99
三、线切割机床微机控制系统	104
1. 微机控制系统硬件电路	105
2. Z80 CPU 微机控制系统电路	116
3. MCS-51 系列单片机控制系统电路	116
第四章 电火花成型机工作原理及使用	140
一、电火花成型机加工原理和机床基本结构	140
1. D7140 型电火花成型机基本结构	140
2. SC400 型数控电火花成型机基本结构	141
3. SEI 系列数控电火花成型机基本结构	144

二、电火花成型机系统组成	144
1. D7140 型电火花成型机系统组成	145
2. SC400 型精密数控电火花成型机系统组成	149
3. SE 系列精密数控电火花成型机系统	153
三、电火花成型机常用机型主要技术指标及操作	154
1. 常用电火花成型机主机技术参数	154
2. 电火花成型机加工技术参数	155
3. D7140 型电火花成型机操作	156
4. SC400 型精密数控电火花成型机操作	158
四、电火花成型机加工工艺	159
1. 影响工艺指标的因素	159
2. 加工条件	160
3. 工件	162
4. 电极	163
5. 精度	170
6. 被加工表面	170
第五章 电火花机系统设置及 ISO 代码编程	172
一、SC400 精密数控电火花成型机系统设置	172
1. 系统启动和光标操作	172
2. 手动方式功能设置	173
3. 编辑方式功能设置	178
4. 自动方式功能设置	183
5. 参数方式功能设置	187
6. 诊断方式功能设置	192
二、SE 系列精密数控电火花成型机系统设置	196
1. 系统操作	196
2. 手动加工操作	199
3. 准备屏功能设置	199
4. 自动/手动加工屏功能设置	202
5. 编辑屏功能设置	203
6. 配置屏功能设置	207
7. 诊断屏功能设置	209
8. 辅助诊断屏功能设置	209
9. 显示丝杠螺距误差修正表及 H 寄存器显示屏功能设置	209
三、ISO 代码编程	210
1. 概要	210
2. 段	213
3. 顺序号	214
4. 段跳过指令	215

5. G 代码	215
6. X、Y、Z、U (I、J、K) 坐标轴	230
7. T 代码	230
8. M 代码	230
9. C 代码	231
10. 子程序	232
11. 关于运算	233
12. H 代码 (补偿)	234
13. 指定加工条件各参数代码	234
14. 代码的初始设置	235
15. 转角 R 功能	236
16. 用宏指令功能	236
17. 螺旋线插补代码 (HELICAL)	237
18. 调用固循	238
第六章 电火花成型机机电控制	245
一、D7140 型电火花成型机机电控制	245
二、精密数控电火花成型机机电控制	258
第七章 机床常见故障与处理	265
一、线切割机床常见故障与处理	265
二、线切割机床典型故障分析与处理	268
1. 步进电机	268
2. 脉冲电源	269
3. 运丝	270
三、电火花成型机常见故障与处理	271
1. 常见故障与处理	271
2. 电参数选配与示例	273
四、精密数控电火花成型机故障分析与处理	274
参考文献	277

第一章 线切割机工作原理及使用

我国数控线切割机床的拥有量占世界首位，技术水平与世界先进水平差距也逐渐缩小。尤其近年来，计算机技术的应用和线电极电火花加工技术结合，实现了各种复杂形状的模具和零件加工的自动化，其控制精度可达 $1\mu\text{m}$ ，实际加工精度可达 $\pm 0.01\text{mm}$ 。表面粗糙度可达 $R_a 1.25 \sim 2.5\mu\text{m}$ 。数控线切割机床是精密金加工、模具制造的必备设备，它不仅能加工一般金属材料，还能直接加工淬火钢、硬质合金钢和高硬度金属材料，从而缩短了模具制造以及新产品开发研制的周期，具有很好的经济效益。数控线切割机具有性能优异，工作可靠，操作简便，价格低廉，经济耐用等优点，广泛用于汽车、电子、仪器、仪表、精密机械、轻工等各个行业，并可以较好地加工精密的冲模（凹凸模、固定板）和挤压模样板、盘形凸轮和各种异形零件。

第一节 线切割机床工作原理及特点

一、加工原理和特点

线切割加工技术是线电极电火花加工技术，是电火花加工技术中的一种类型，简称线切割加工。图 1-1 是线切割机床加工的工作原理示意图。

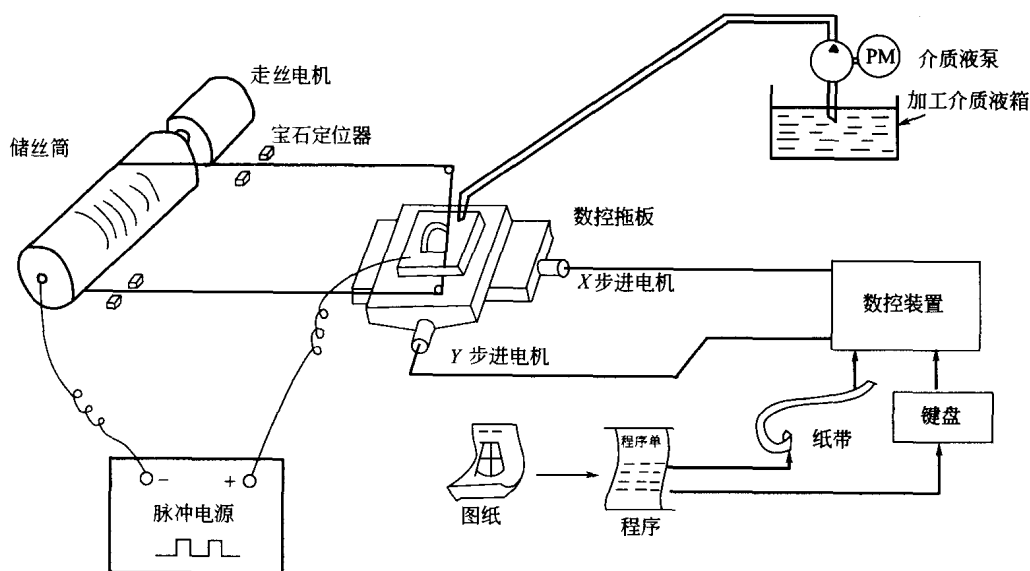


图 1-1 线切割机工作原理示意图

线切割机床采用钼丝或硬性黄铜丝作为电极丝。被切割的工件为工件电极，电极丝为工具电极。脉冲电源发出连续的高频脉冲电压，加到工件电极和工具电极上（电极丝）。

在电极丝与工件之间加有足够的、具有一定绝缘性能的工作液。当电极丝与工件间的距离小到一定程度时，工作液介质被击穿，电极丝与工件之间形成瞬时火花放电，产生瞬间高温，生成大量的热，使工件表面的金属局部熔化，甚至汽化；再加上工作液体介质的冲洗作用，使得金属被蚀除下来。这就是线切割机床的加工原理。工件放在机床坐标工作台上，按数控装置或微机程序控制下的预定轨迹进行加工，最后得到所需要形状的工件。由于储丝筒带动工具电极，即电极丝作正、反向交替的高速运动，所以电极丝基本上不被蚀除，可以较长时间使用。

数控线切割加工的主要特点如下。

- (1) 线切割加工可以用于一般切削方法难以加工或者无法加工的形状复杂的工件加工，如冲模、凸轮、样板、外形复杂的精密零件及窄缝等，尺寸精度可达 $0.01 \sim 0.02\text{mm}$ ，表面粗糙度值 R_a 可达 $1.25\mu\text{m}$ 。
- (2) 线切割加工可以对一般切削方法难以加工或者无法加工的金属材料 and 半导体材料的工件进行加工，如淬火钢、硬质合金钢、高硬度金属等，但无法实现对非金属导电材料的加工。
- (3) 线切割加工直接利用线电极电火花进行加工，可以方便地调整加工参数，如调节脉冲宽度、脉冲间隔、加工电流等，提高线切割加工精度，也可通过调节实现加工过程的自动化控制。
- (4) 线切割加工效率较低，成本较高，不适于加工形状简单的批量零件。

二、控制系统和工作过程

电火花线切割机床的控制系统有数字控制系统和微机控制系统之分，而微机控制系统又分为单板机控制系统和单片机控制系统。数字控制系统是早期产品，逻辑控制繁琐，布置线路复杂，故障率高，维修不便利，已逐步被微机控制系统替代。微机控制系统简化了系统功能，便于应用，程序容易掌握，省去了穿孔机、光电机等设备，加工方便，差错率降低。微机控制系统因为具有运行可靠、操作方便、维修便利、造价低廉等优点而得到广泛而普遍的使用。

图 1-2 是电火花线切割机床工作过程。线切割机床的加工工作过程由图纸→程序→穿孔机→纸带→光电机→控制系统→控制 X 轴、Y 轴步进电机，再同高频电源一起共同对被加工工件进行线电火花切割加工。

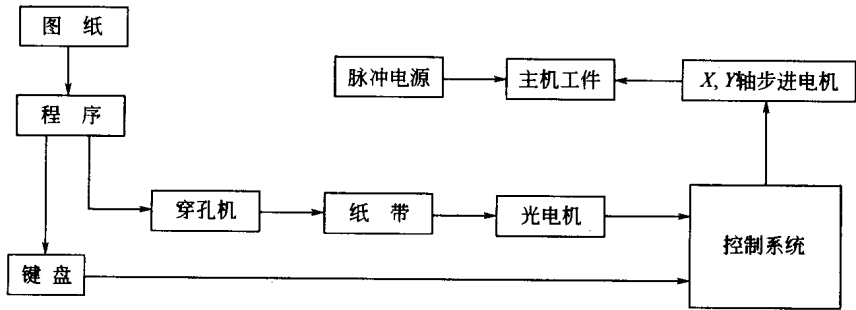


图 1-2 电火花线切割机床工作过程

图 1-3 是电火花线切割机床控制系统原理图。

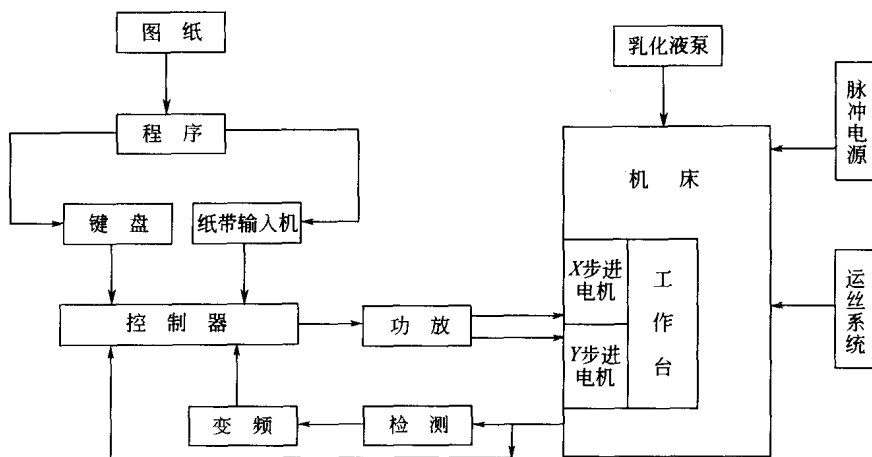


图 1-3 电火花线切割机床控制系统原理图

图 1-4 是采用 Z80 CPU 的电火花线切割机床控制系统原理图。除了基本部分外，还具有检测变频功能，通过微机控制系统来提高加工精度。微机控制系统采用以单板机 Z80 CPU 为核心，与存储器部件、输入输出接口、显示电路以及步进驱动电路组成系统，具有半自动编程功能。这种控制系统结构简单，可靠性高，使用方便，容易维修。

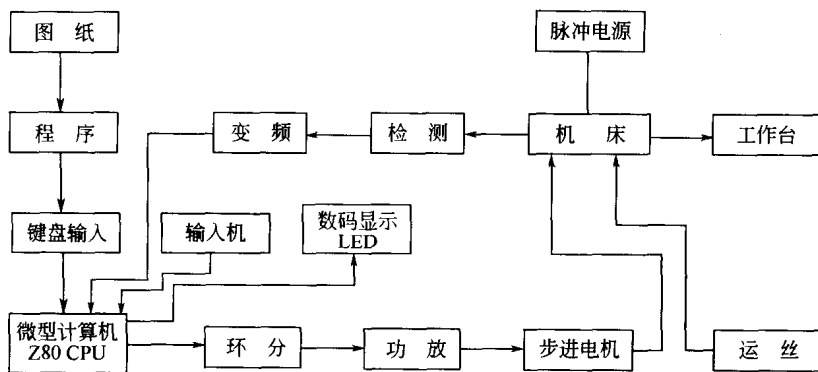


图 1-4 采用 Z80 CPU 的电火花线切割机床控制系统原理图

图 1-5 是采用 8031 CPU 的电火花线切割机床控制系统原理图。基本部件同上，只是

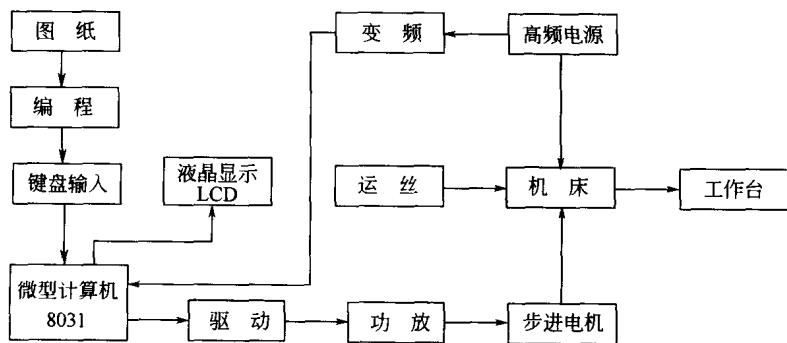


图 1-5 采用 8031 CPU 的电火花线切割机床控制系统原理

微机系统采用以单片机 MCS-51 系列高档八位单片机 8031 CPU 为核心, 配有存储器、可编程序并行 I/O 接口和可编程序键盘/显示接口、输入输出接口、显示电路和步进驱动电路, 是目前市场上常用的首选机型之一。

电火花线切割机床加工过程概括起来是: 加工者根据图纸中的工件尺寸, 编制成一定的程序, 并且通过键盘或光电输入设备将程序输入到控制器中去。在控制系统接收到输入的程序后, 将其存入内存储器中。电火花线切割机在收到加工命令后, 就开始运行程序, 通过微机控制系统进行插补运算。每运算一次, 发出一个给进脉冲, 然后经过功放驱动步进电机, 使机床工作台按预定的轨迹进行加工。运丝系统由运丝电机传动给储丝筒, 通过行程开关使储丝筒作往复运动, 从而使得钼丝运动。钼丝经过机架上的导轮与工件相接近, 小到一定距离。乳化液泵即工作液泵将线切割机专用乳化液通过喷嘴喷入工作切口上, 高频脉冲电源产生的连续高频脉冲被分别加到钼丝与工件上进行放电加工。步进电机每走一步, 就使得钼丝与工件产生一次放电加工。根据钼丝与工件之间的间隙进行检测, 检测信号的大小送入变频电路, 再由变频电路产生的频率大小来控制微机的进给速度。当间隔增大时就加快进给速度, 当间隙减小时, 就减慢进给速度, 以保持均衡的放电间隙, 从而也维持了一定的加工电流。

三、机床组成和主要结构

线切割机床主要由机械系统、传动系统、润滑系统、电气系统和微机控制系统组成。其主体结构由床身、坐标工作台、线架、运丝装置、工作液箱、机床电器、夹具、保护罩及机床附件等部分组成。图 1-6 是线切割机床主体结构。

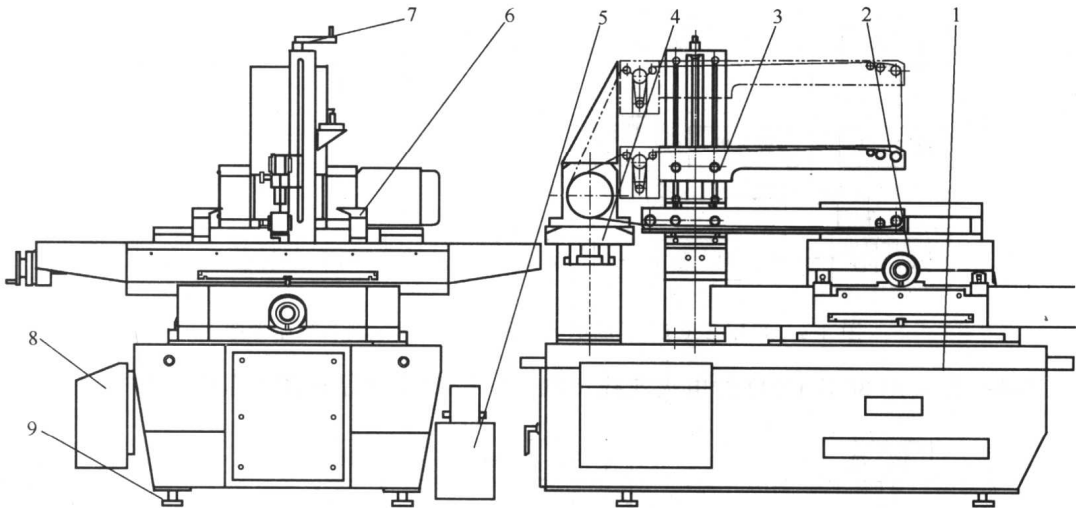


图 1-6 机床主体结构

1—床身; 2—工作台; 3—线架; 4—运丝部件; 5—工作液箱; 6—夹具与挡水板;
7—机床附件; 8—控制电器; 9—调整垫块

1. 机械系统

机械系统主要由床身、坐标工作台、线架及运丝装置等组成。

机床床身是箱形结构的铸件, 是安装坐标工作台、线架及运丝装置的基础, 要有较好的刚性, 以保证机床的加工精度。床身既能起支撑和连接坐标工作台、运丝机构和线架等

部件的作用，又起安装机床电器、存放工作液的作用。

坐标工作台主要由工作台上拖板、中拖板、下拖板、丝杠和齿轮变速箱等部件组成。拖板的纵向、横向运动是采用“一V一平”滚动导轨结构。图 1-7 所示是线切割机坐标工作台结构。坐标工作台用于安装并且带动工件在工作台平面内作 X、Y 两个方向的移动。坐标工作台分上下两层，分别与 X 轴、Y 轴丝杠相连。由两个步进电机通过两对消除齿轮及丝杠转动来实现两个方向的运动。步进电机每接收到微机发出的一个脉冲信号，其输出轴就转动一个步距角。通过消除齿轮变速带动丝杠转动，使工作台在相对应的方向上移动 0.001mm。坐标工作台的有效行程就是步进电机驱动丝杠的转动对应的移动距离。丝杠前端采用两只角接触轴承来消除间隙，可调整预紧力，使间隙接近零，具有转动灵活、精度高、寿命长等优点而被普遍采用。由于控制系统采用开环控制，机床加工精度主要由坐标工作台的运动精度来确定。图 1-8 是 DK7763 型线切割机工作台结构。

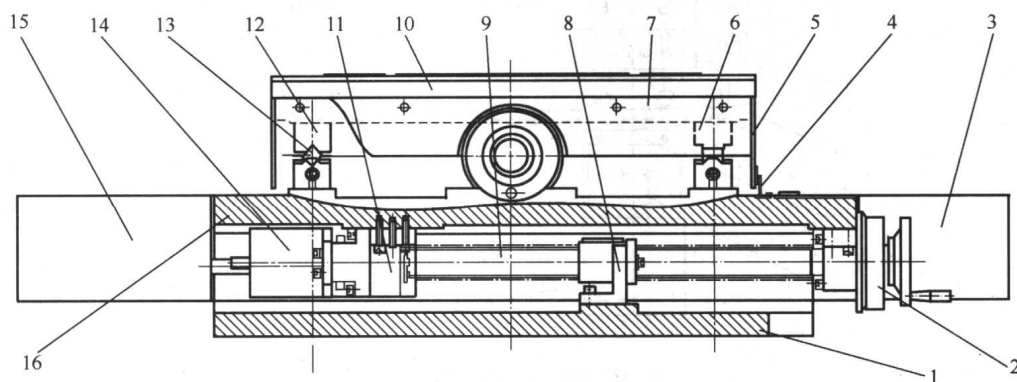


图 1-7 线切割机坐标工作台结构

- 1—下拖板；2—手轮组件；3—中拖板右罩盖；4—标尺；5—上拖板右挡板；6—平导轨；7—上拖板前挡板；
8—螺母座；9—滚珠丝杠；10—上拖板；11—后支座；12—V 形导轨；13—液柱；
14—步进电机；15—中拖板左罩盖；16—中拖板

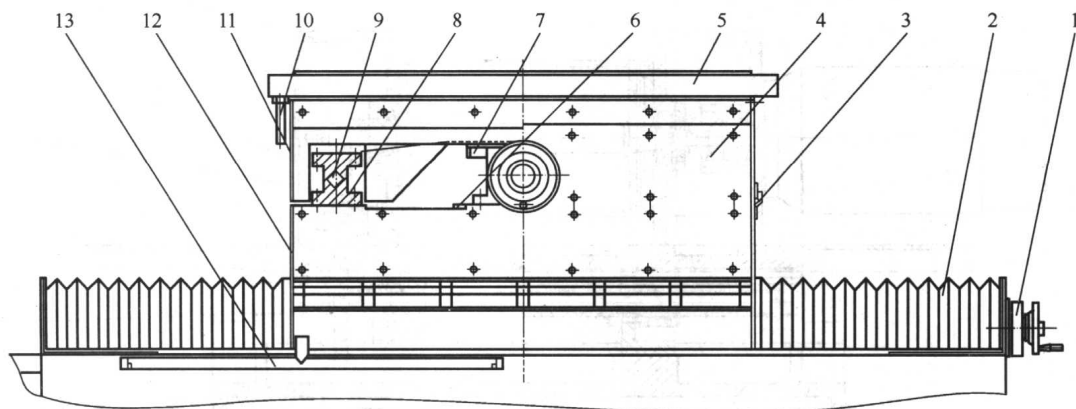


图 1-8 DK7763 型工作台结构

- 1—手轮组件；2—床身导轨防护罩；3—零位指针；4—滑座上前挡板；5—工作台；6—滑座；7—螺母座；
8—V 形导轨；9—液柱；10—回水管；11—工作台左挡板；12—滑座左挡板；13—标尺

线架安装在储丝筒与工作台之间。为满足不同厚度工件的要求，机床采用可变跨距结构的线架，以确保上、下导轮与工件的最佳距离，减小电极丝的抖动，提高加工精度。线架采用铸件结构，提高线架的刚性对加工精度有很大的影响。线架的下悬臂固定在立柱上，上悬臂可沿立柱导轨做上、下升降。导轮置于线架悬臂的前端，采用密封结构组装在悬臂上。图 1-9 是线切割机床的线架部件结构。

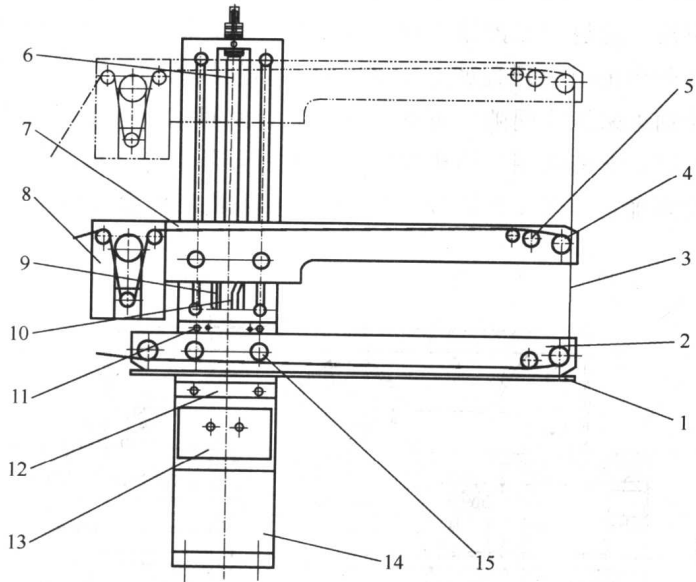


图 1-9 线架部件结构

- 1—水槽；2—下悬臂；3—电极丝；4—导轮组件；5—双导电轮组件；6—丝杠；
 7—上悬臂；8—电极丝张紧装置；9—电线；10—水管；11—定位块；
 12—定位座；13—冷却阀面板；14—立柱；15—调整螺钉

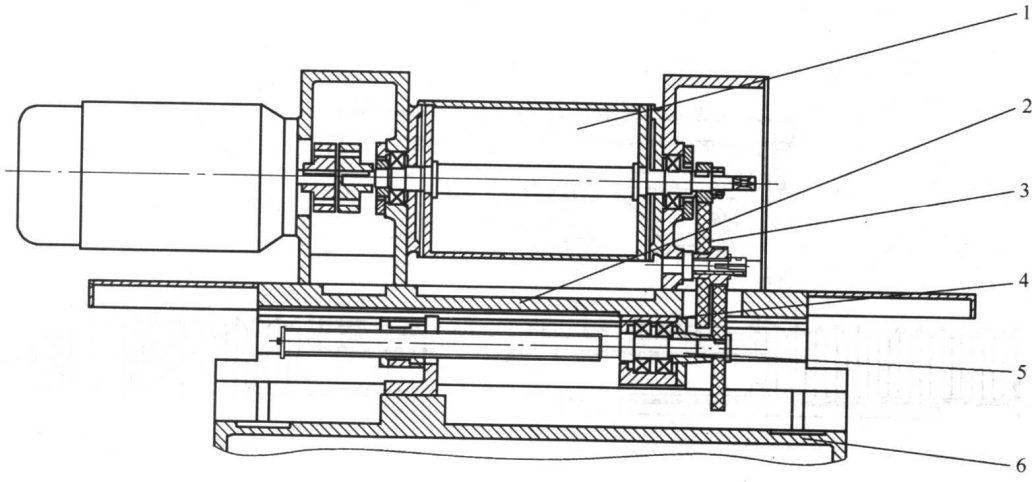


图 1-10 运丝部件结构

- 1—储丝筒；2—丝筒拖板；3—传动系统；4—导轨；5—运丝丝杠；6—底座

运丝装置由储丝筒、储丝筒拖板、拖板座及传动系统组成。储丝筒由薄壁管制成，具

有重量轻、惯性小、耐腐蚀等优点。储丝筒主轴通过联轴器与电机相连。联轴器中装有耐油橡胶垫块，对电机换向时瞬时产生的冲击起到机械缓冲作用，以减少振动，从而延长传动轴的使用寿命。图 1-10 是线切割机床运丝部件结构，储丝筒主轴装有两对变速齿轮，带动传动丝杠，使储丝筒与拖板作往复运动使钼丝有规律地等距离排列在储丝筒上。储丝筒拖板的频繁换向是采用行程开关控制来实现的，它具有控制简单、动作灵敏、换向噪声小、振动轻、使用寿命长等优点。左、右撞块间的距离可以调节，一般根据钼丝的长短来确定。钼丝两端留有一定的余量，当行程开关失灵时，可切断电机电源，确保机床的安全。

2. 传动系统

传动系统由工作台、运丝装置和线架所组成。传动系统包括工作台传动系统、运丝装置传动系统和电极丝运转系统。

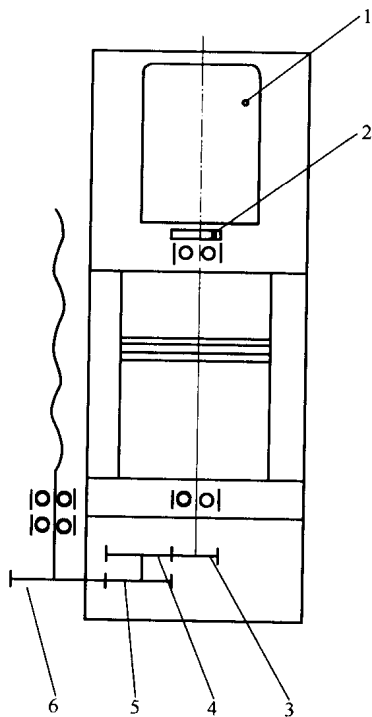


图 1-12 运丝装置传动系统示意图

1—电动机；2—联轴器；
3,4,5,6—齿轮

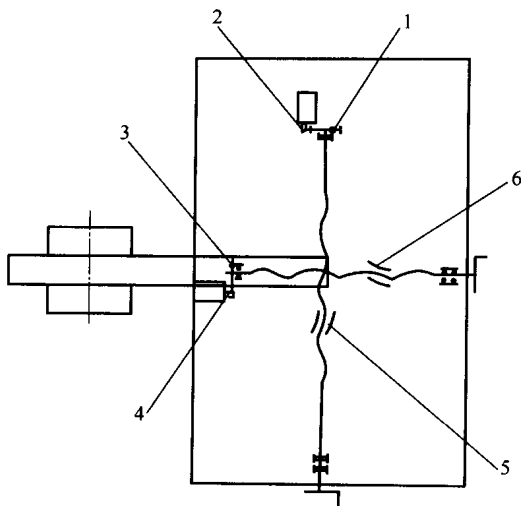


图 1-11 工作台传动系统示意图

1,2,3,4—齿轮；5,6—螺母

工作台传动系统主要是 X 轴和 Y 轴方向传动，图 1-11 是工作台传动系统示意图。

X 轴向传动路线如下。控制系统发出进给脉冲，X 轴步进电机接收到这个进给脉冲信号，其输出轴就转一个步距角，通过一对齿轮变速带动丝杠转动。齿轮 2 和齿轮 1 啮合变速后带动丝杠，通过螺母 5 带动拖板，使工件实现 X 轴向移动。

Y 轴向传动路线类似上述情况。Y 轴步进电机转动，通过齿轮 4 和齿轮 3 啮合变速后带动丝杠，螺母 6 再带动拖板，使工作台实现 Y 轴向移动。控制系统每发出一个脉冲，工件就移动 0.001mm。当然也可以通过 X、Y 轴向两个摇手柄使工件实现 X、Y 方向移动。

运丝装置的传动系统主要是机床行程开关。运丝装置机构带动电极丝以一定线速度运动，并将电极丝整齐地盘绕在储丝筒上。行程开关控制储丝筒的正反转向。图 1-12 是线切割机床运丝装置传动系统示意图。运丝装置的传动路线是：电动机 1 转动，通过联轴器 2 带动储丝筒按一定的速度运动旋转。同轴上齿轮 3 和齿轮 4 啮合传动再传给齿轮 5 和齿轮 6。经两对齿轮的变速传动，带动丝杠、螺母后驱动拖板移动，并使电极丝整齐地盘绕在储丝筒上。

电极丝运转系统主要是由储丝筒旋转，带动电极丝做正反向交替运动。排丝轮导轮保持电极丝整齐地排列在储丝筒上，经过线架作来回高速移动（线速度为 8m/s 左右），进行切割加工。图 1-13 是线切割机床电极丝传动系统示意图。电极丝传动路线是由储丝筒经过排丝轮，再经过导电轮，由上导轮切割工件，再经下导轮 1 和下导轮 2 后，回储丝筒进行往复盘绕。

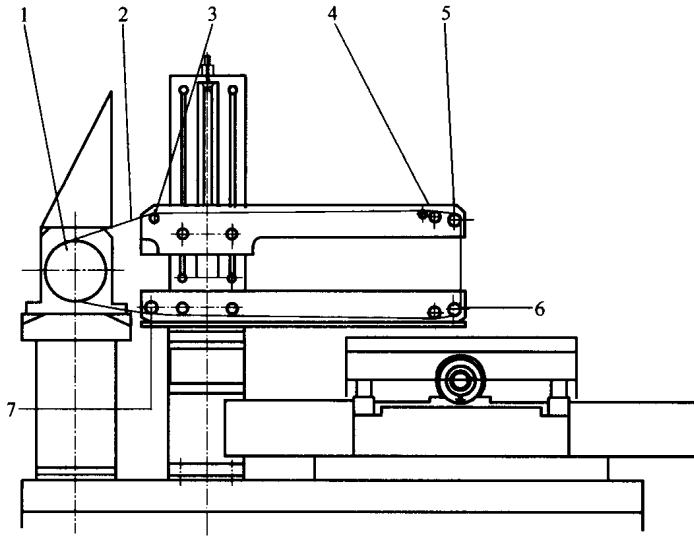


图 1-13 电极丝传动系统示意图

1—储丝筒；2—电极丝；3—排丝轮；4—导电轮；5—上导轮；6—下导轮 1；7—下导轮 2

3. 机床润滑及工作液系统

线切割机床有机床润滑系统和工作液系统。

机床润滑系统对线切割机床各个运动副进行润滑，以保证机床各个运动部件灵活可靠。手摇工作台做纵、横向移动应轻松灵活，拨动储丝筒、导轮均应旋转自如，轻便灵活。图 1-14 是线切割机床工作台润滑部位。工作台各部位的运动副润滑，重点是丝杠（滚珠丝杠）、螺母和齿轮箱及拖板滑道等。一般要求加油时间为每周一次。图 1-15 是线切割机床运丝部件润滑部位。运丝部件各部位的运动副润滑，重点是齿轮、丝杠、螺母和拖板导轨等。一般要求加油时间为每周一次。

工作液系统由工作液、工作液箱、工作液泵和循环导管组成。工作液起绝缘、排屑、冷却等作用。工作液一般采用(7~10)%的植物性皂化液或 DX-1 油酸钾乳化油水溶液。工作方式由工作液泵供给工作液循环喷注的压力进行工作。每次脉冲放电后，工件与电极丝之间必须迅速恢复绝缘状态，这是靠工作液的绝缘作用实现的。工作液喷注在切口中，使得脉冲放电不能转变为稳定持续的电弧放电，否则会影响加工质量和精度。在加工过程中，工作液的喷注压力会将加工过程中产生的金属小颗粒迅速从电极之间冲走，保证正常加工。工作液还可以起冷却作用，冷却受热的电极和工件，防止工件变形。

4. 电气系统

电气系统主要由高频脉冲电源、直流电源和电气控制系统组成。高频脉冲电源是进行线电极切割的能源。直流电源主要是 24V 直流源驱动步进电机用。电气控制系统主要是控

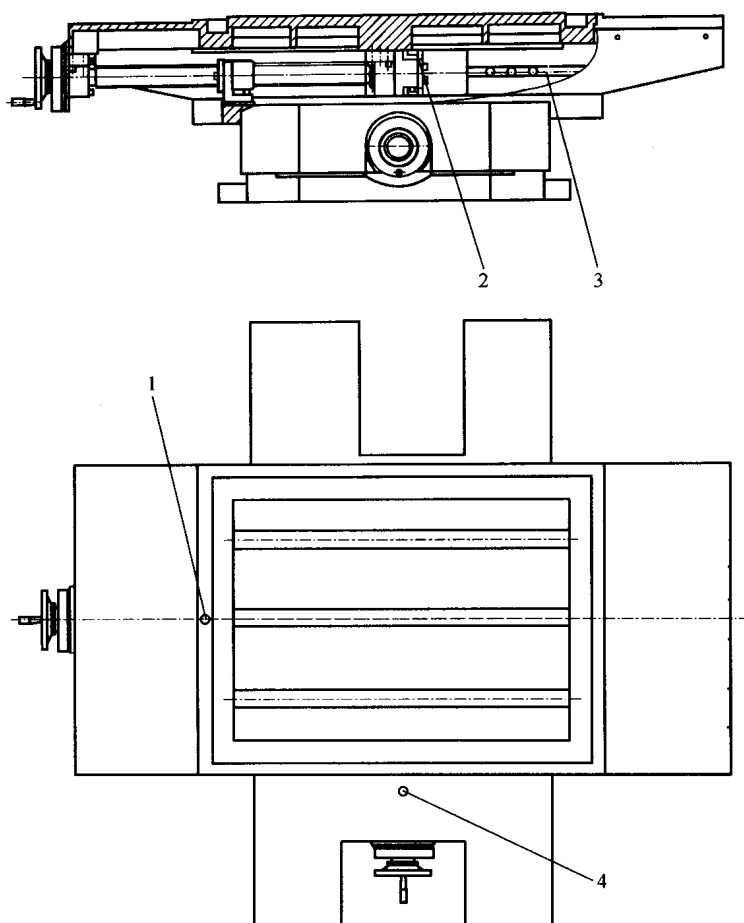


图 1-14 工作台润滑部位

1—滚珠丝杠；2—齿轮箱；3—拖板滑道；4—螺母

制工作液泵电机和运丝筒电机等用。

高频脉冲电源又称脉冲电源，其作用是把工频 50Hz 的交流电转换成几百千赫兹的高频的单向脉冲电源，为高速旋转的线切割机提供一系列不同脉宽的矩形脉冲。脉冲电源由整流电路、主振电路、脉宽调节电路、功率放大电路等组成。图 1-16 是脉冲电源的系统组成方框图。整流电路通过电源变压器将 380V 或 220V 的电压进行降压，再经过整流电路、滤波电路提供直流 100V、直流 10V 或直流 16V 的电源，以供其他电路作工作电源之用。主振电路可由多谐振荡器产生主频脉冲，也可用晶体振荡器产生主频脉冲，现多用数字集成电路和模拟集成电路来设计电路。由晶振产生主频脉冲，经分频电路得到几百千赫兹的基本脉冲，再通过脉宽调节和间隔调节电路的整形，输出所需要的占空比波形。脉冲宽度调节由 4 只开关选择，调节量化单位为 $4\mu\text{s}$ 。脉冲间隔也由 4 只开关选择，调节范围为 1~15 倍的脉宽。调节电路输出的整形波形经前置放大后，驱动功率管或功率模块，输出稳定整齐的矩形波形。将波形送至电极丝和工件，以提供放电加工所用的电流。通过选择开关还可选择加工电流幅值大小。线电极切割时，电极丝即工具电极接脉冲电源的负极，工件接脉冲电源的正极。现在脉冲电源的整形电路均由数字集成电路代替晶体管分立

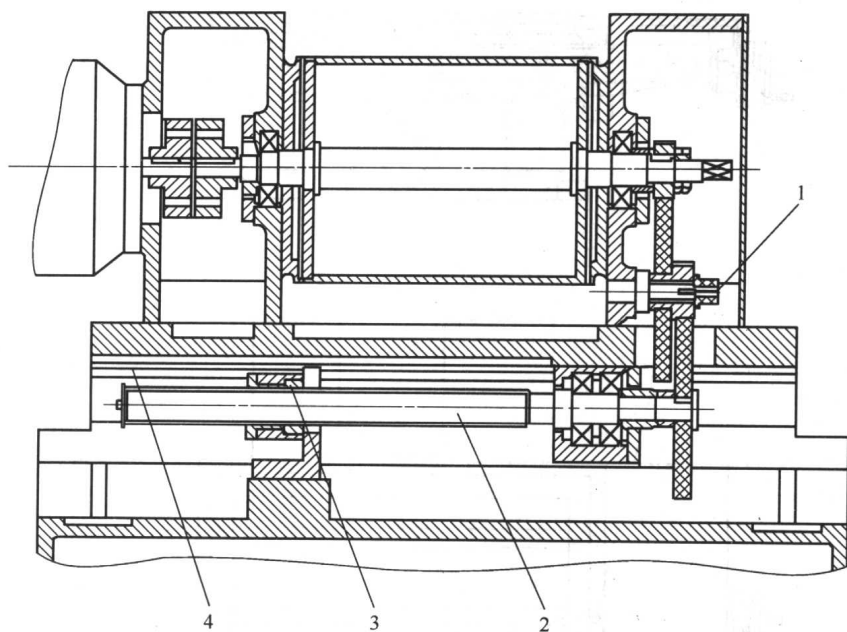


图 1-15 运丝部件润滑部位

1—齿轮；2—丝杠；3—螺母；4—拖板导轨

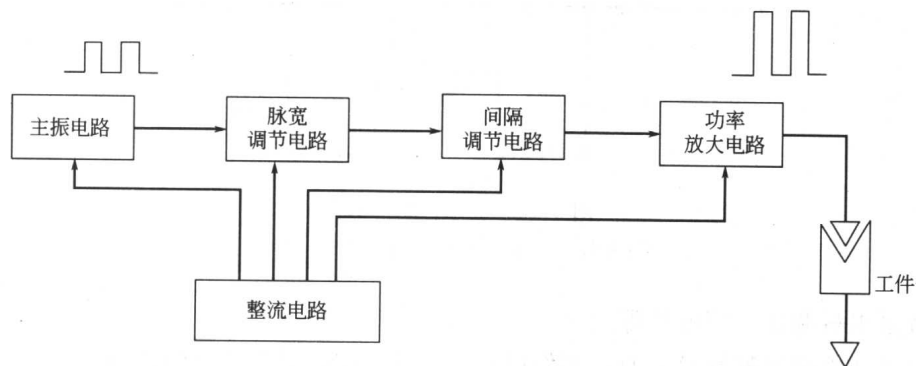


图 1-16 脉冲电源系统组成方框图

电路，功放电路的功率三极管也由 CMOS 管和场效应大功率管所替代，整机性能更加稳定可靠，运行更安全。

直流电源常指供给驱动步进电机用的直流 24V 电源，它常有 2 组电源，分别供给 X 轴和 Y 轴步进电机，电路设计简单。一般由电源变压器降压至 22V 交流低电压，再由桥式整流器进行全波整流，整流后进行电容滤波。滤波电容容量较大，使得放电时间常数越大，输出电压越平稳。经滤波电路后输出 24V 直流电源。

线切割机床电气控制电路比较简单，控制电器包括工作液泵电机、运丝筒电机和辅助电器等。工作液泵电机控制是点动自锁电路。运丝筒电机控制为正、反转电路，靠按钮、行程开关来进行控制。

5. 微机控制系统

微机控制系统一般由中央处理器 (CPU)、存储器、输入和输出电路组成。输入设备