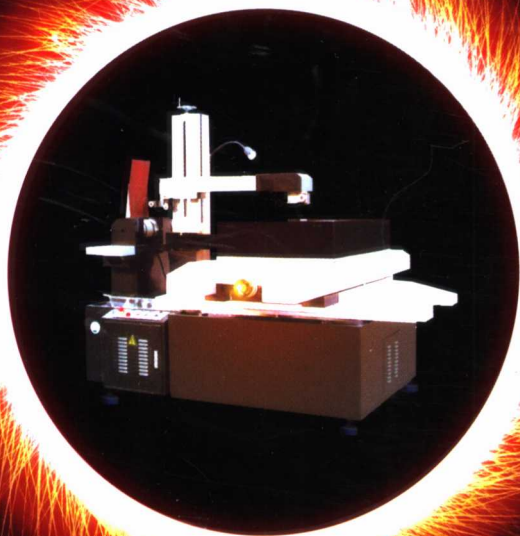


高速走丝电火花 数控线切割机床 维修技术

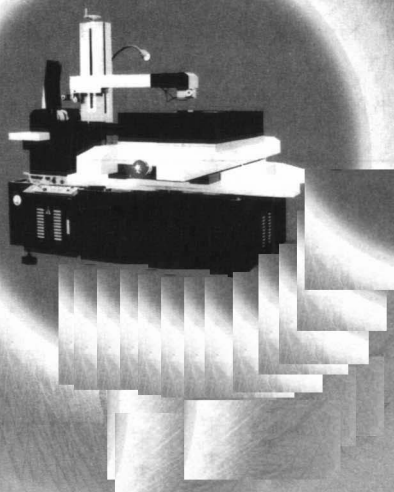
杨宗强 编



化学工业出版社

高速走丝电火花 数控线切割机床 维修技术

杨宗强 编



化学工业出版社

· 北京 ·

图书在版编目 (CIP) 数据

高速走丝电火花数控线切割机床维修技术/杨宗强编.

北京: 化学工业出版社, 2007. 7

ISBN 978-7-122-00669-1

I. 高… II. 杨… III. 电火花线切割-数控切割机床-维修 IV. TG481

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 091128 号

责任编辑: 宋 辉 刘 哲

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 宋 玮

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 装: 北京市兴顺印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 8 $\frac{1}{4}$ 插页 2 字数 204 千字

2007 年 8 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: 18.00 元

版权所有 违者必究

前 言

电火花加工机床从20世纪40年代开始得到研究并逐步应用于生产以来,在世界各工业发达国家相继得到发展并完善。我国工程技术人员在20世纪60年代独创的高速走丝电火花数控线切割机床,时至今日已成为我国数控机床中产量大、应用广的机种之一,被广泛应用于模具制造、汽车、仪表、航空航天、轻工等行业,用来加工难加工的材料及复杂形状的零件。高速走丝电火花数控线切割机床是机电一体化产品,由于其加工原理与传统机床加工原理有很大的区别,使之机械结构和电气控制具有明显的特点。

本书从高速走丝电火花数控线切割机床维修的角度出发,本着实用、够用、通俗易懂、突出实用性的原则,简要介绍了电火花数控线切割机床的结构和工作原理;通过大量实例阐述了维修的内容、特点、思路、方法和维修技巧。本书可作为从事电火花线切割的工程技术人员和技术工人的参考书,也可以作为高等职业院校相关专业的实训教材。

本书的主要内容包括高速走丝电火花数控线切割机床的组成及加工原理;机械传动系统、走丝系统的构成;机床电气控制系统、脉冲电源和数控系统的工作原理;维修中常用的电气元件特性、常用仪器的使用方法。并通过大量机械、电气系统常见故障实例,介绍了故障处理方法和维修技巧。

本书第1章1.4节、第2章2.4节由李建国编写;第3章3.1节、第4章4.3节由胡山编写;其余均由杨宗强编写。全书由杨宗强统稿。本书在编写过程中得到了刁雅芸、霍春云的大力帮助,在

此表示衷心的感谢！

由于编写人员水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不足之处，恳请广大读者指正。

杨宗强
2007年5月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 电火花数控线切割机床的基本构成及特点	1
1.1.1 基本构成	3
1.1.2 特点	5
1.2 电火花数控线切割机床的加工过程	6
1.2.1 加工原理	6
1.2.2 加工过程	6
1.3 电火花数控线切割机床的型号及主要技术参数	14
1.3.1 型号	14
1.3.2 主要技术参数	15
1.3.3 主要性能指标	16
1.4 常用名词术语	17
1.4.1 放电	17
1.4.2 放电加工	18
1.4.3 电蚀	18
1.4.4 电压	19
1.4.5 电流	19
1.4.6 脉冲	19
1.4.7 时间	20
1.4.8 速度	20
1.4.9 补偿	21
1.4.10 切割	21
1.4.11 其他名词术语	21

第2章 电火花数控线切割机床机械结构 ————— 23

2.1 进给传动系统	24
2.1.1 拖板	25
2.1.2 导轨	26
2.1.3 丝杠传动副	29
2.1.4 齿轮副或蜗轮副	33
2.1.5 传动齿轮间隙的消除	34
2.2 丝架及走丝系统	38
2.2.1 丝架的结构	38
2.2.2 走丝部分的结构	40
2.2.3 导轮组件的结构	46
2.3 工作液供给系统	49
2.4 夹具及常用耗材	50
2.4.1 几种常用夹具的使用方法	50
2.4.2 常用电极丝规格、性能	52
2.4.3 常用工作液	54

第3章 电火花数控线切割机床电气控制系统 ————— 58

3.1 电火花数控线切割机床的基本操作	58
3.1.1 加工安全技术规程	58
3.1.2 基本操作步骤	59
3.1.3 日常维护保养要求	63
3.2 机床电气控制系统	65
3.2.1 储丝筒电动机使用直流电动机的控制线路	65
3.2.2 储丝筒电动机使用交流电动机的控制线路	71
3.3 脉冲电源	72
3.3.1 线切割脉冲电源的基本组成	74
3.3.2 工作原理分析	76
3.3.3 典型线路介绍	89

3.4 数控系统	97
3.4.1 数控系统的组成	97
3.4.2 数控系统的工作过程	121
3.4.3 逐点比较法插补原理	122
3.5 步进电动机驱动系统	126
3.5.1 步进电动机的工作原理	127
3.5.2 步进电动机驱动线路	131
第4章 电火花数控线切割机床检修基础	147
4.1 维修应具备的条件	147
4.1.1 对维修人员的基本要求	147
4.1.2 维修常用仪器和工具	149
4.1.3 技术资料 and 备件	150
4.2 常见故障诊断方法	150
4.2.1 故障和故障分类	150
4.2.2 处理故障的一般步骤	151
4.2.3 检查故障常用方法	153
4.3 线切割电气系统常用电气元件介绍	158
4.3.1 电阻器及其检测方法	158
4.3.2 电容器及其检测方法	160
4.3.3 晶体二极管及其判别方法	164
4.3.4 晶体三极管及其判别方法	165
4.3.5 单结晶体管 and VMOS 场效应管	168
4.3.6 常用集成电路介绍	173
4.3.7 低压电器	178
第5章 电火花数控线切割机床常见故障及诊断实例	181
5.1 机床电气控制部分常见故障及诊断	182
5.1.1 储丝筒运行不正常	182
5.1.2 其他故障	191

5.2 脉冲电源常见故障及诊断	194
5.3 数控系统常见故障及诊断	204
5.3.1 驱动电路故障	204
5.3.2 其他故障	216
5.4 机械部分常见故障及诊断	229
参考文献	251

第 1 章

概 述

1.1 电火花数控线切割机床的基本构成及特点

电火花线切割机床从最初的靠模电火花线切割机床，到光电控制电火花线切割机床，发展到了电火花数控线切割机床，同时由于一系列加工技术工艺的不断改进，使得电火花线切割加工已成为目前应用最为广泛的特种加工方法，并愈来愈引起人们的关注和重视。

由于电火花加工具有许多传统切削加工无法比拟的优点，因此其应用领域日益扩大，目前已广泛地应用于机械（特别是模具制造）、宇航、航空、电子、电机电器、精密机械、仪器、汽车拖拉机、轻工等行业，以解决难加工材料及复杂形状零件的加工问题。加工范围达到小至几微米的小轴、孔、缝，大到几米的超大型模具和零件。

高速走丝电火花线切割机作为我国独创技术的机种，已成为我国数控机床中产量最大、应用最广的一种。据估计目前全国有数万台高速走丝电火花线切割机正在模具制造和零件加工中发挥着重要的作用。

近年来，高速走丝电火花线切割加工在功能、性能、技术指标、外观质量等方面有了很大的提高，具体主要反映在以下几个方面：大锥度切割技术发展迅速，并逐步完善、成熟；大厚度切割不

断进步，其工艺水平同步提高；多次切割工艺水平不断提高；机床结构取得新进展；控制系统不断完善，可靠性不断提高。

电火花加工是一种利用电、热能量加工金属的方法。在加工过程中加工工具和工件间要不断产生脉冲性的火花放电，依靠放电时产生的局部瞬时高温把金属蚀除下来，从而使加工零件在尺寸、形状及表面质量上达到预定的设计要求。实现电火花加工的技术条件有以下3点。

① 在电火花加工过程中必须具有工具电极的自动进给和调节装置。使工具电极和工件被加工表面之间经常保持一定的放电间隙，这一间隙随加工条件而定。如果间隙过大，极间电压不能击穿极间介质，则不会产生火花放电。如果间隙过小，很容易形成短路接触，同样也不能产生火花放电。

② 电火花加工必须采用脉冲电源（也称高频电源）。火花放电必须是瞬时的脉冲性放电，放电延续一段时间后，需停歇一段时间，这样才不会将放电时产生的热量传到其他部位，把每一次放电点限制在很小的范围内。

③ 火花放电必须在有一定绝缘性能的液体介质中进行，如皂化液或去离子水等，这些液体介质又称工作液，它们必须具有较高的绝缘强度，以有利于产生脉冲性的火花放电。同时，液体介质还能把电火花加工过程中产生的金属微粒屑、炭黑等电蚀物从放电间隙中悬浮排除出去，并且对电极和工件表面有较好的冷却作用。

电火花加工技术有如下特点。

① 主要用于加工金属等导电材料，但在一定条件下也可以加工半导体和非导体材料。

② 可以加工特殊及复杂形状的零件。由于加工中工具电极和工件不直接接触，没有机加工的切削力，因此，适宜加工低刚度工件及微细加工，适用于复杂形状工件的加工。

③ 适合于难切削材料的加工。由于加工中材料的去除是靠放

电时的电热作用实现的，材料的可加工性主要取决于材料的导电性及其热学特性，如熔点、沸点、比热容、热导率、电阻率等，而几乎与其力学性能（硬度、强度）无关。这样可以突破传统切削加工对刀具的限制，实现用软的工具加工硬韧的工件和加工超硬材料。

④ 一般加工速度较慢，电极有损耗，对工件的拐角最小角半径有限制。

1.1.1 基本构成

高速走丝电火花数控线切割机床由机床、脉冲电源、机床继电控制系统和数控系统四部分组成。其组成框图如图 1-1 所示。其组成示意如图 1-2 所示。

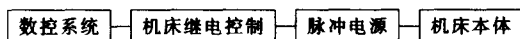


图 1-1 数控电火花线切割机床组成框图

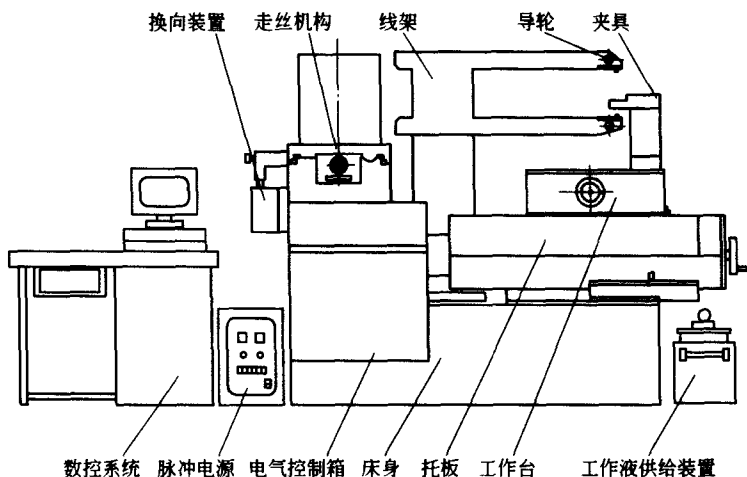


图 1-2 电火花数控线切割机床组成示意

(1) 机床部分

机床部分是电火花数控线切割机床的主要组成部分，由床身、坐标工作台、走丝机构、工作液循环系统和夹具、附件等组成。

床身 是支撑坐标工作台、走丝机构的基体。床身主要有铸造结构和焊接结构两种形式。铸造结构床身刚度较好，强度较高，长时间使用能保持原有的精度，应用较多。焊接结构床身轻便，制造容易，生产周期短，但加工工艺要求严格，要采用消除残余应力的措施，否则易产生变形。

床身上的坐标工作台面水平调整机构常采用可调支撑螺钉机构和可调垫铁机构，前者多用于小型机床。调整时，应使4个可调支撑螺钉都处在着地受力状态，伸出部分要尽量短，调整好之后用防松螺母拧紧。在大、中型线切割机床中常采用可调垫铁机构，以达到调整台面水平的目的。

坐标工作台 主要由拖板、导轨、丝杠运动副、联轴器及齿轮传动部分组成。坐标工作台多采用“十”字形拖板，要求运动灵活、轻巧。导轨基本上都是滚动导轨副。丝杠传动副的作用是将电动机的旋转运动转变为拖板的直线位移运动。联轴器及齿轮传动部分是实现电动机与丝杠传动的环节。

走丝机构 由丝架、导轮、储丝筒和换向组件组成。走丝机构主要用来带动电极丝按一定的线速度运动，并将其整齐排列在储丝筒上。

工作液循环系统 由过滤部分、进液管、回液管、流量调节控制阀、工作液泵和工作液箱等组成，其作用是保证加工稳定，提高生产效率。

夹具 夹具有很多种，生产厂家只随机提供一副夹持板的夹具。其他类型的夹具一般由用户根据加工需要自行设计或购买。

(2) 脉冲电源部分

脉冲电源又称高频电源，其组成电路有很多种。一般脉冲电源

均由直流电源、脉冲发生电路（或脉冲发生器）、推动级、功率放大电路和取样电路组成。脉冲电源的作用是为电火花切割加工提供能量。脉冲电源的质量直接影响加工精度、表面粗糙度和加工速度等加工工艺指标。

（3）机床继电控制系统

机床继电控制部分的主要作用是控制走丝机构的启动和停止及换向、控制工作液的供给、脉冲电源的启动和停止。

（4）数控系统

数控系统是一台以专用计算机（或 PC 机）为核心的控制系统。由输入/输出装置、数控装置（或控制器）、接口电路、伺服电动机驱动线路组成。工件加工程序由输入装置输入到数控装置中，数控装置运算、插补，经输出接口电路控制伺服电动机拖动机床传动系统，完成工件的加工。

1.1.2 特点

高速走丝电火花数控线切割机床主要用于模具及有关零件的加工。特点如下。

① 机械传动结构简化，传动链较短。

② 机械结构具有较高的动态刚度、阻尼精度及耐磨性，热变形较小。

③ 传动高效。更多地采用高效传动部件，如滚珠丝杠副、直线滚动导轨等。

④ 用于加工普通机械加工方法难于加工或无法加工的特殊材料和复杂形状的工件。

⑤ 加工工件的表面受热影响小。一次加工成型，中途不需转换加工规范。

⑥ 加工自动化程度高、可靠性高、加工精度高。

1.2 电火花数控线切割机床的加工过程

1.2.1 加工原理

高速走丝电火花数控线切割机床是利用工具电极对工件进行脉冲放电实现加工的。其加工原理示意如图 1-3 所示。

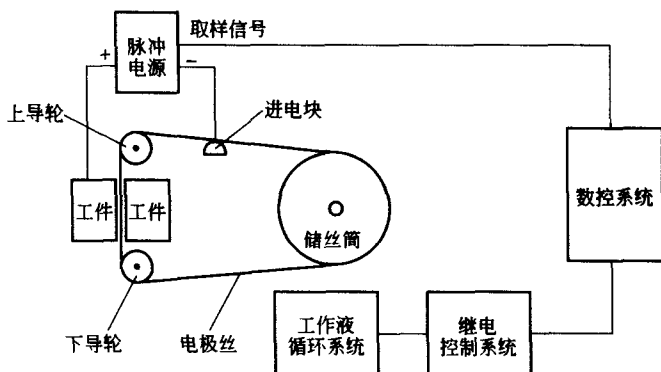


图 1-3 数控电火花线切割机床加工原理示意

脉冲电源的正极接工件，负极接电极丝，电极丝整齐排列在储丝筒上，储丝筒以一定的转速旋转，并往复移动，使电极丝以一定的速度移动，不断进入和离开加工区。工作液循环系统将工作液不断浇在工件和电极丝之间。数控系统根据取样信号，连续给电动机发出进给信号，使工件和电极丝按编制的程序相对运动，加工出所需的零件。

1.2.2 加工过程

(1) 加工零件的一般步骤

加工零件的一般步骤大体可划分为 4 个步骤：第一步编制加工

零件的程序；第二步输入程序；第三步装夹工件坯料并找正；第四步控制指令的执行，实现零件的加工。

第一步，编制程序，根据零件图纸的要求设计加工工艺过程，如加工路线、行程等，按编程手册的有关规定编制数控加工程序单。

高速走丝电火花数控线切割机床是按照事先编制好的零件数控加工程序自动地对工件进行加工的。理想的加工程序不仅应保证加工出符合图样要求的合格零件，同时应能使电火花数控线切割机床的功能得到合理的应用与充分的发挥，以使电火花数控线切割机床能安全可靠及高效地工作。

程序员在编程前，应了解所用数控机床的规格、性能、数控系统所具备的功能及编程指令格式等。应先对图样规定的技术要求、零件的几何形状、尺寸及工艺要求进行分析，确定加工参数和加工路线，再进行数值计算，获得数据。

程序员在编制程序时，应按电火花数控线切割机床规定的代码和程序格式，将工件的尺寸、加工路线、数据编制成加工程序，并输入数控系统，由数控系统控制机床自动地进行加工。一般来说，数控编程过程如图 1-4 所示。

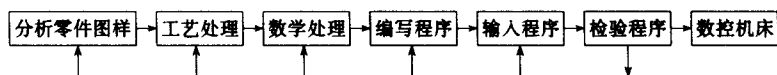


图 1-4 数控编程过程

编程方式有手工编程和自动编程及介于两者之间的半自动编程方式。

① 手工编程（3B 格式的编程方法） 手工编程是指编制零件加工程序的各个步骤，即从零件图样分析、工艺处理、确定加工路线和工艺参数、几何计算、编写零件的数控加工程序单直至程序的检验，均由人工来完成，如图 1-5 所示。手工编程过程实质上是将

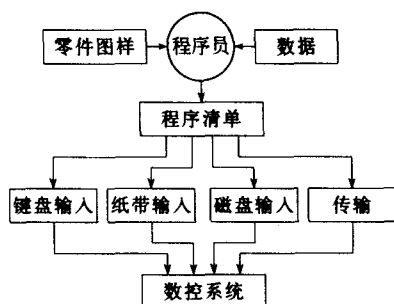


图 1-5 手工编程过程示意

数控机床加工指令、工艺基础和待加工零件图样的综合应用过程。手工编程应用于几何形状不太复杂、编程计算较简单、程序段不多的零件。早期的线切割加工程序格式有多种，如 3B、4B、5B、±3B、ISO 等。3B 格式程序使用得最多。对于轮廓形状不是由简

单的直线、圆弧组成的复杂零件，以及几何元素虽不复杂，但程序量很大的零件，计算及编写程序则相当繁琐，工作量大，容易出错，且很难校对，采用手工编程是难以完成的。为解决此问题，就必须采用自动编程的方法。

a. 3B 格式 BXBYBJGZ

其中 B——分隔符，其作用是将程序中的 X、Y、J 的数值分隔开；

X——X 坐标的数值；

Y——Y 坐标的数值；

J——计数长度；

G——计数方向；

Z——加工指令。

加工斜线时，坐标的原点为斜线的起始点，X、Y 为斜线的终点坐标。当 X、Y 为“0”时，可不写。加工圆弧时，坐标原点取在圆心，X、Y 为圆弧起点坐标。

编程时，对于组成图形的每一段斜线或圆弧，都要分别建立自己的坐标系，也就是说每段程序的坐标系都是独立的，但 X、Y 坐标轴的方向始终与 X、Y 拖板的运动方向是平行的，也就是说各坐标系之间只是平移的关系。X、Y、J 的数值均以微米 (μm) 为