



职业技能 短期培训教材

全国职业培训推荐教材 | 人力资源和社会保障部教材办公室评审通过 | 适合于职业技能短期培训使用

电切削加工基本技能

DIANQIEXIAO JIAGONG JIBEN JINENG

● 推荐使用对象：农村进城务工人员 | 就业与再就业人员 | 在职人员



中国劳动社会保障出版社

全国职业培训推荐教材

人力资源和社会保障部教材办公室评审通过

适合于职业技能短期培训使用

电切削加工基本技能

中国劳动社会保障出版社

图书在版编目(CIP)数据

电切削加工基本技能/李明主编. —北京:中国劳动社会保障出版社, 2009

职业技能短期培训教材

ISBN 978 - 7 - 5045 - 8027 - 6

I. 电… II. 李… III. 电加工-金属切削 IV. TG506

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 147000 号

中国劳动社会保障出版社出版发行

(北京市惠新东街 1 号 邮政编码: 100029)

出版人: 张梦欣

*

北京金明盛印刷有限公司印刷装订 新华书店经销
850 毫米×1168 毫米 32 开本 5.75 印张 142 千字
2009 年 8 月第 1 版 2009 年 8 月第 1 次印刷

定价: 11.00 元

读者服务部电话: 010 - 64929211

发行部电话: 010 - 64927085

出版社网址: <http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话: 010 - 64954652

前言

职业技能培训是提高劳动者知识与技能水平、增强劳动者就业能力的有效措施。职业技能短期培训，能够在短期内使受培训者掌握一门技能，达到上岗要求，顺利实现就业。

为了适应开展职业技能短期培训的需要，促进短期培训向规范化发展，提高培训质量，中国劳动社会保障出版社组织编写了职业技能短期培训系列教材，涉及二产和三产百余种职业（工种）。在组织编写教材的过程中，以相应职业（工种）的国家职业标准和岗位要求为依据，并力求使教材具有以下特点：

短。教材适合 15 ~ 30 天的短期培训，在较短的时间内，让受培训者掌握一种技能，从而实现就业。

薄。教材厚度薄，字数一般在 10 万字左右。教材中只讲述必要的知识和技能，不详细介绍有关的理论，避免多而全，强调有用和实用，从而将最有效的技能传授给受培训者。

易。内容通俗，图文并茂，容易学习和掌握。教材以技能操作和技能培养为主线，用图文相结合的方式，通过实例，一步步地介绍各项操作技能，便于学习、理解和对照操作。

这套教材适合于各级各类职业学校、职业培训机构在开展职业技能短期培训时使用。欢迎职业学校、培训机构和读者对教材中存在的不足之处提出宝贵意见和建议。

人力资源和社会保障部教材办公室

简介

本书主要介绍线切割加工和电火花加工基本技能。主要内容包括线切割加工的原理，线切割机床基本结构与操作，线切割3B和ISO代码手工编程，CAXA线切割V2软件计算机编程，线切割加工工艺及技能训练，以及电火花加工的原理、加工工艺及安全技术规程等。本书内容简单，易于理解，重在技能培养，每个操作环节都安排相应的技能训练，循序渐进，操作性强。

另外，学员在学习本书之前，还需补充学习机械识图、机械加工等基础知识，以便更好地理解相关内容，掌握电切削加工操作技能。

本书由李明主编，严金荣参编；沈剑峰审稿。

目录

第一单元	电火花线切割加工入门知识	(1)
模块一	电火花线切割加工原理、特点及应用	(2)
模块二	电火花线切割机床基本结构与操作技能 训练	(5)
模块三	电火花线切割机床的使用规则及维护与保养 方法	(12)
模块四	电火花线切割加工常用量具及其使用	(16)
第二单元	线切割编程	(25)
模块一	3B 代码的手工编程	(25)
模块二	ISO 代码的手工编程	(37)
模块三	加工程序在机床控制器面板上的输入及技能 训练	(44)
第三单元	CAXA 线切割 V2 软件计算机编程	(51)
模块一	CAXA 线切割 V2 软件	(51)
模块二	数控线切割自动编程基础	(82)
模块三	轨迹生成、代码生成、代码传输与后置 设置	(90)
第四单元	电火花线切割加工工艺及技能训练	(97)
模块一	电火花线切割加工的步骤及要求	(97)
模块二	电极丝对线切割工艺指标的影响及其操作	(103)

模块三	穿丝孔对线切割工艺的影响及加工	(113)
模块四	工件的装夹与找正	(119)
模块五	电极丝与工件相对位置的确定	(129)
模块六	工作液对工艺指标的影响及配制	(137)
模块七	线切割加工电参数对工艺指标的影响及 调节	(140)
模块八	线切割加工实例	(150)
第五单元	电火花加工	(157)
模块一	电火花加工入门知识	(157)
模块二	工具电极、工件的安装与校正	(160)
模块三	工件与电极相对位置的确定方法	(167)
模块四	电火花加工电参数的选用	(171)
模块五	电火花加工安全技术规程	(176)

第一单元 电火花线切割加工入门知识

火花放电蕴涵着巨大的能量。在自然界中，雷电是最常见的大规模火花放电现象，如图 1—1 所示。它实质上是正、负带电区域之间气体被击穿后所产生的气体放电现象。

在实际工作中，可利用火花放电进行金属加工，从而形成各种形式的电火花加工方法，其类型和特点见表 1—1。其中电火花成型加工（简称电火花加工）和电火花线切割加工（简称线切割加工）的应用最为广泛，并逐渐向数控化方向发展。

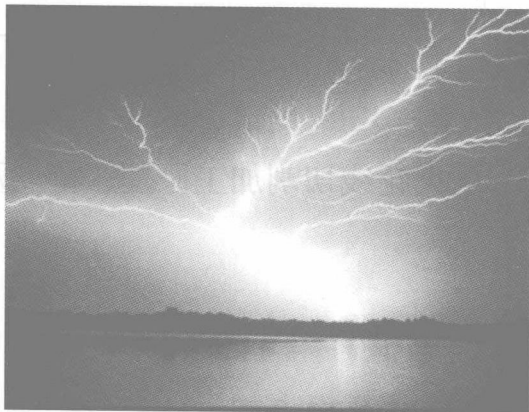


图 1—1 雷电放电现象

表 1—1

各种电火花加工方法及其特点

类型	特 点
电火花成型加工	主要用于各种型腔模具及复杂型腔零件的加工，也可用于冷冲模中凹模板落料孔的放电及蚀除工件中折断的钻头或丝锥等加工。约占电火花机床总数的 30%
电火花线切割加工	主要用于各种冷冲模的加工，也用于样板、复杂的型柱和型孔等工件的加工。约占电火花机床总数的 60%
电火花高速小孔加工	主要用于深径比大的小孔、穿丝孔等的加工。约占电火花机床总数的 2%
电火花磨削加工	主要用于高精度、表面粗糙度值小的小孔（如拉丝模等）及不便于采用磨削加工的异形、窄小工件的加工。约占电火花机床总数的 3%
电火花同步共轭回转加工	工具电极与工件可做旋转运动，主要用于高精度的异形齿轮、螺纹环规等工件的加工。约占电火花机床总数的 1%
电火花强化、刻字	主要用于模具、刀具、量具等刃口的表面强化和镀覆加工，也可用于刻字、打印记等。占电火花机床总数的 1% ~2%

本单元先学习电火花线切割加工的基础知识。

模块一 电火花线切割加工原理、特点及应用

培训目标：

了解电火花线切割加工的原理、特点及应用。

一、电火花线切割加工的原理

电火花线切割加工的原理是利用移动的细金属导线（直径为 0.02 ~0.3 mm 的钼丝或黄铜丝）作为工具电极，在细金属导线与工件间施加脉冲电流，产生火花放电，利用放电通道内的瞬时高温（10 000 ~12 000℃）来蚀除材料，从而实现对工件的切割，如图 1—2 所示。

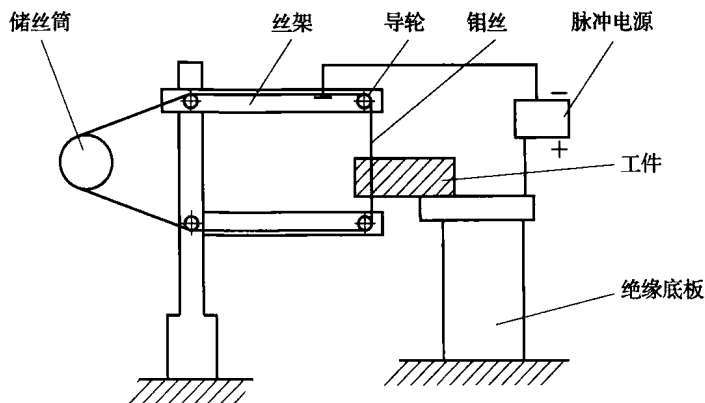


图 1—2 电火花线切割加工的原理

二、电火花线切割加工的特点

1. 不需制造专用成型电极，工件毛坯的预加工量少（一般只需加工穿丝孔），缩短了生产准备时间，降低了成本。

2. 电极丝直径较细（ $\phi 0.02 \sim 0.3 \text{ mm}$ ），与工件不直接接触，没有机械加工的切削力，因此可以方便地加工具有微细异形孔、窄缝等刚度较低的工件。

3. 只对工件材料进行平面图形加工（俗称“套料”加工），提高材料的利用率，尤其是贵重金属材料的利用率。

4. 由于极性效应，电极丝的单位损耗较少，对加工面积不大的工件的加工精度影响较小。慢走丝电火花线切割加工时由于电极丝是一次性使用，对加工精度影响更小。

5. 电火花线切割加工主要采用水基乳化液或等离子水为工作液，不会引起火灾，容易实现安全无人运转。

6. 使用计算机控制电极丝轨迹和间隙补偿功能，同一加工程序可方便地加工出模具凸模和凹模，模具间隙可根据需要进行调节。

7. 自动化程度高，操作方便，加工周期短，成本低，安全性较高。

正是由于电火花线切割加工具有许多突出的优点，因而发展较快，已获得了广泛的应用。

三、电火花线切割加工的应用

1. 加工模具

电火花线切割加工适用于各种形状的冲模，采用数控自动编程及不同的间隙补偿量时，一次编程就可以切割凸模、凸模固定板、凹模及卸料板等。此外，还可加工挤压模、粉末冶金模、弯曲模、塑压模等，也可加工带锥度的模具。

由于电火花线切割机床加工速度和精度（快走丝机通常能达到 $0.01 \sim 0.02 \text{ mm}$ 、慢走丝机能达到 $0.002 \sim 0.005 \text{ mm}$ ）的迅速提高，以及加工功能（电火花磨削代替坐标磨床加工）的不断完善和改进，改变了以往传统冷冲压模具的加工方法。如复杂及异形的小冲模以前只能采用镶拼结构，通过分开加工和曲线磨削后镶拼成型，现在可用线切割整体加工的方法，制造周期可缩短 $3/4 \sim 4/5$ ，成本降低 $2/3 \sim 3/4$ ，配合精度高，降低了制造难度，而且也降低了对模具装配技术工人操作技能的要求。

2. 加工电火花成型加工用的电极

一般穿孔加工用的电极，带锥度型腔加工用的电极以及铜钨、银钨合金之类的电极材料用电火花线切割加工特别经济，同时也适用于加工微细、形状复杂的电极。

3. 试制新产品及零件加工

在新产品开发过程中需要试制单件样品，若使用电火花线切割直接切割出零件，无须模具，这样可以大大缩短新产品开发周期并降低试制成本。如在冲压生产中，未制造出落料模时，先用电火花线切割加工的样板进行成型等后续加工，待产品得到验证后再制造落料模；另外，修改设计、变更加工程序比较方便，加工薄件时还可多片叠在一起加工。

在零件制造方面，可用于加工品种多、数量少的零件，特殊难加工材料的零件，材料试验样件，各种型孔、型面、特殊齿

轮、凸轮、卡规及样板等。如卡规和样板的制造采用电火花线切割加工时，只需备料→热处理→线切割加工→型面的研磨这几道工序，大大缩短制造周期。

有些具有锥度切割的线切割机床，可以加工出“天圆地方”等上、下异形面的零件。同时还可进行微细加工，异形槽和标准缺陷的加工等。

4. 加工特殊材料

切割某些高硬度、高熔点的金属时，使用机械加工的方法几乎是不可能的，而采用电火花线切割加工既经济又能保证精度。

模块二 电火花线切割机床基本结构与操作技能训练

培训目标：

熟悉快走丝线切割机床的结构及特点；熟悉快走丝线切割机床控制柜与机床操作面板的按键功能；掌握机床操作的正确步骤及操作要点。

根据电极丝的运行速度，电火花线切割机床通常分为两大类：一类是低速走丝（或称慢走丝）电火花线切割机床，这类机床的电极丝做低速单向运动，一般运丝速度低于 0.2 m/s ，这是国外生产和使用的主要机种；另一类是高速走丝（或称快走丝）电火花线切割机床，电极丝做高速往复运动，一般运丝速度为 $8\sim 10\text{ m/s}$ ，这是我国生产和使用的主要机种，也是我国独创的电火花线切割加工机床。

相对来说，快走丝电火花线切割机床结构比较简单，价格比慢走丝线切割机床低。但是由于它运丝速度快，机床的振动较大，电极丝的振动也大，导轮损耗大，给提高加工精度带来较大

的困难。另外,电极丝在加工反复运行中的放电损耗也是不能忽视的,因而要得到高精度的加工和维持加工精度也相当困难。目前能达到的精度为 0.01 mm , 表面粗糙度 R_a 值为 $0.63 \sim 1.25\text{ }\mu\text{m}$, 但一般的加工精度为 $\pm (0.015 \sim 0.02)\text{ mm}$, 表面粗糙度 R_a 值为 $1.25 \sim 2.5\text{ }\mu\text{m}$, 可满足一般模具的要求。

本书主要以苏州沙迪克三光 DK7725 系列线切割机床为例介绍国产快走丝线切割机床。

其中 D 为机床类别代号,表示电加工机床;K 为机床通用特性代号,表示数控;7 为组代号,表示电火花加工机床;7 为系代号,表示线切割机床;25 为基本参数代号,表示工作台横向行程为 250 mm 。

电火花线切割机床的种类很多,但其设备结构基本一样,主要由机床本体、脉冲电源、控制系统、工作液循环系统及机床附件等几部分组成,苏州沙迪克三光 DK7725—e 型线切割机床与 BKDC 型控制器如图 1—3 所示,如图 1—4 所示为苏州沙迪克三光 DK7725—f 型线切割机床与 BKDF 型控制器。

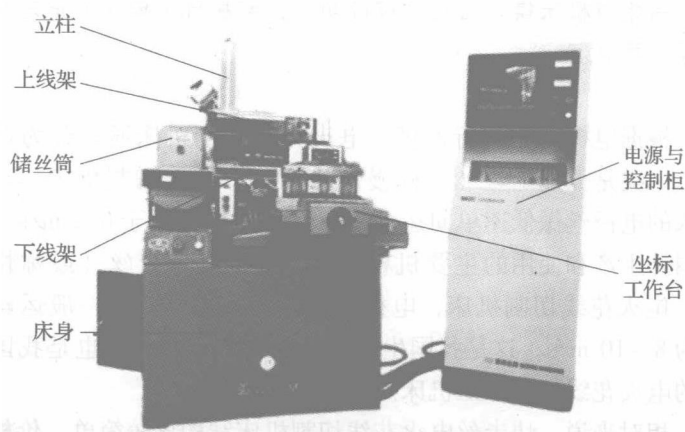


图 1—3 苏州沙迪克三光 DK7725—e 型线切割机床与 BKDC 型控制器

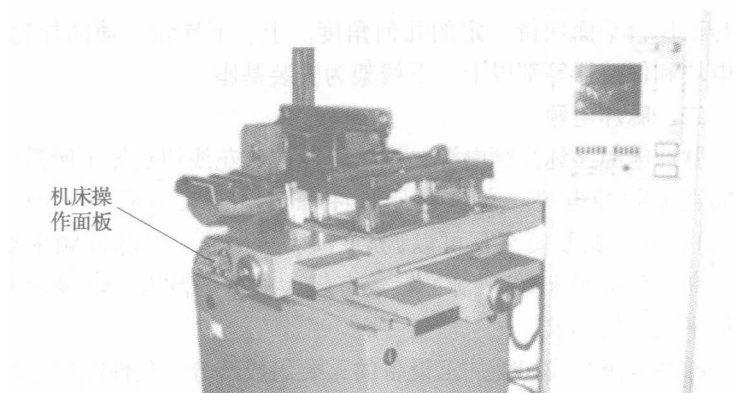


图 1—4 苏州沙迪克三光 DK7725—f 型线切割机床与 BKDF 型控制器

一、机床本体

机床本体包括床身、坐标工作台、运丝机构、线架四大部分。

1. 床身

床身是坐标工作台、运丝机构及线架的支撑与固定基础，一般用铸铁制造。它通常采用箱式结构，应有足够的强度和刚度。床身内部安置电源和工作液箱，有些机床也将电源和工作液箱移出床身另行安放，这样可减少电源的发热和工作液泵的振动对机床加工精度的影响。

2. 坐标工作台

坐标工作台用来装夹工件，它由 X 轴、 Y 轴两个溜板，导轨，滚珠丝杠传动副和齿轮传动机构四部分组成，溜板借助控制台发出的信号分别控制两个步进电动机来进行预定的加工。

3. 运丝机构

快走丝线切割机床的运丝机构由交流电动机，储丝筒，丝杠传动副，左、右行程撞块和储丝筒往复换向行程开关组成。其中交流电动机带动储丝筒做高速往复运动，并保持一定的张力，由行程撞块与开关实现往复换向。

4. 线架

线架的主要功能是对电极丝起支撑作用，并使电极丝工作部

分与工作台平面保持一定的几何角度。上、下导轮，辅助导轮，导电块和保持器等都以上、下线架为安装基座。

二、脉冲电源

脉冲电源又称高频电源，用于提供电火花线切割加工所需的单向直流脉冲电流。它应满足脉冲峰值电流大小适当（10 ~ 30 A），脉冲宽度要窄且可以调节（0.5 ~ 64 μs ），脉冲频率要尽量高（5 ~ 500 kHz），脉冲参数有较大的可调范围，电极丝的损耗率较小的要求。

脉冲电源是线切割加工设备的重要组成部分，其性能的好坏直接影响到线切割加工的工艺指标。脉冲电源的种类较多，目前广泛采用的电源是晶体管矩形波电源、晶体管控制的 RC 式电源和高频分组脉冲电源。

三、控制系统

控制系统的主要作用是控制工件相对于电极丝的运动轨迹及进给速度，是线切割加工设备的重要部件。快走丝线切割设备主要采用开环控制结构和计算机数字程序控制形式（CNC）。

开环控制即控制系统中没有检测反馈装置，采用步进电动机作为驱动电动机。其优点是控制方便，结构简单，价格低廉；但由于机械传动的误差未经过反馈校正，受齿轮传动副及丝杠副的影响，位移精度不高。近年来，由于齿轮消隙装置及精密滚珠丝杠副制造精度的提高，机床的传动精度有所提高。

现在生产的线切割机床由于采用了计算机数字控制系统，除了具有基本的轨迹控制功能外，还增加了以下功能：

1. 加工过程的最优化控制，如最佳进给速度、短路回退、断丝回零、自动变换加工条件的自适应控制等。
2. 操作自动化，如自动定位、自动退回原点、停电后再通电自动恢复加工、自动穿丝和多轴控制等。
3. 故障分析及安全检查，如自动诊断、出错显示、接口检查等。

快走丝线切割机床的电源与控制系统集中在机床控制柜内，操作较方便，如图 1—3 和图 1—4 所示。

技能训练：苏州沙迪克三光 DK7725—f 型线切割机床 与 BKDF 型控制柜的操作

本训练主要进行控制柜与机床的开、关机操作，熟悉控制柜与机床操作面板的按键及功能。

一、BKDF 型控制柜操作面板各部分的功能及操作步骤

1. 打开控制柜右侧壁上的电源总开关，旋转弹出红色急停按钮，按下绿色启动按钮，进入控制系统主界面，如图 1—5 所示为 BKDF 型控制柜面板键盘与主界面。

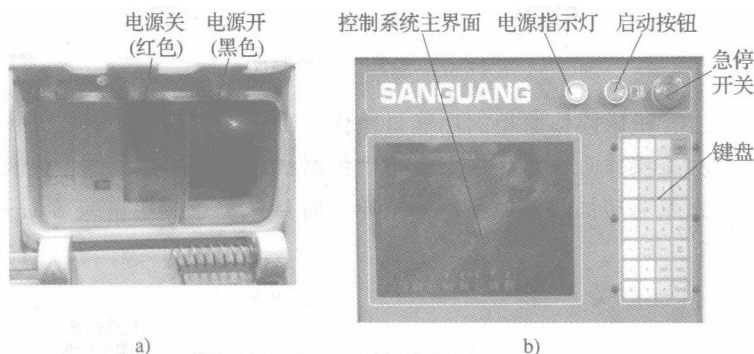


图 1—5 BKDF 型控制柜面板键盘与主界面

2. 在主界面下按显示屏右边的键盘区键入数字，如按 1 进入“设置”功能，按 2 进入“编辑”功能，按 3 进入“输入”功能，按 5 进入“准备”功能，按 6 进入“运行”功能，如图 1—5 所示。进入各功能界面后可根据需要进行相关操作，具体步骤不再赘述，有兴趣的可查阅机床控制系统使用说明书等技术资料进行了解。操作者可在控制器上进行程序校验、图形跟踪（模拟切割）、加工参数设置等功能的操作练习。

3. 面板下方左边为脉冲电源控制区（见图 1—6），在此可

对脉冲宽度、间距比、加工时投入功放管数量等加工参数进行调节；中间为加工状态控制区，可对机床工作台伺服电动机、高频、自动变频及切割速度变频调节等进行控制与调节；通过电流表与电压表可观察加工过程的稳定性，如图 1—6 所示。

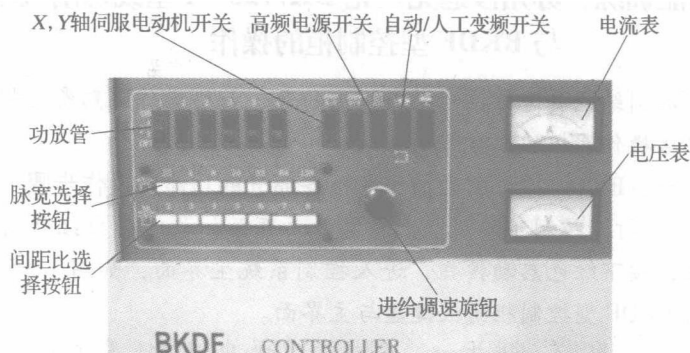


图 1—6 脉冲电源控制区

二、机床操作面板的功能与操作

机床操作面板各按钮主要用于控制机床运丝电动机、工作液泵、上丝电动机的动作及高频电源、断丝保护等功能，如图 1—7 所示。

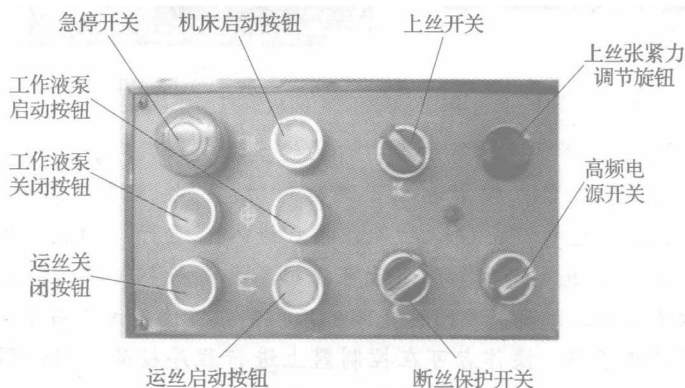


图 1—7 机床操作面板