

模具设计与制造专业



职业教育职业培训**改革创新教材**

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

模具线切割、电火花 加工与技能训练

◎ 廖 剑 主 编
◎ 张艳军 金 伟 彭惟珠 副主编
◎ 吴德永 主 审



电子工业出版社

PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

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

职业教育职业培训 改革创新教材

全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材

模具设计与制造专业

模具线切割、电火花加工 与技能训练

廖 剑 主 编

张艳军 金 伟 彭惟珠 副主编

吴德永 主 审

电子工业出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书根据高等职业院校、技师学院“模具设计与制造专业”的教学计划和教学大纲,以“国家职业标准”为依据,按照“以工作过程为导向”的课程改革要求,以典型任务为载体,从职业分析入手,切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想,把理论教学与技能训练很好地结合起来,并按技能层次分模块逐步加深模具线切割、电火花加工相关内容的学习和技能操作训练。本书较多地编入新技术、新设备、新工艺的内容,还介绍了许多典型的应用案例,便于读者借鉴,以缩短学校教育与企业需求之间的差距,更好地满足企业用人需要。

本书可作为高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校模具相关专业的教材,也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

未经许可,不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。
版权所有,侵权必究。

图书在版编目(CIP)数据

模具线切割、电火花加工与技能训练 / 廖剑主编. —北京: 电子工业出版社, 2013.1

职业教育职业培训改革创新教材 全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材·模具设计与制造专业

ISBN 978-7-121-17873-3

I. ①模… II. ①廖… III. ①模具—数控线切割—高等职业教育—教材②电火花加工—高等职业教育—教材IV. ①TG76②TG481③TG661

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2012)第 187041 号

策划编辑: 关雅莉

责任编辑: 郝黎明 特约编辑: 裴 杰

印 刷: 涿州市京南印刷厂

装 订: 涿州市京南印刷厂

出版发行: 电子工业出版社

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

开 本: 787×1 092 1/16 印张: 10.5 字数: 269 千字

印 次: 2013 年 1 月第 1 次印刷

定 价: 20.00 元

凡所购买电子工业出版社图书有缺损问题,请向购买书店调换。若书店售缺,请与本社发行部联系,联系及邮购电话:(010) 88254888。

质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

服务热线:(010) 88258888。

职业教育职业培训改革创新教材
全国高等职业院校、技师学院、技工及高级技工学校规划教材
模具设计与制造专业 教材编写委员会

主任 委员：史术高

湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）

副主任委员：（排名不分先后）

陈黎明 衡阳技师学院

刘铁石 衡阳技师学院

廖 剑 湖南工贸技师学院

王 斌 湖南工贸技师学院

刘少军 湖南工贸技师学院

马汉蒲 湖南工贸技师学院

吴建伟 湖南工贸技师学院

彭志红 湖南工贸技师学院

周青山 湘潭技师学院

陈芬桃 湘潭技师学院

郭献国 湘潭技师学院

聂 颖 湘潭技师学院

张立夏 湘潭技师学院

郭勇军 湘潭技师学院

康 勇 湘潭技师学院

唐志雄 郴州技师学院

戴 乐 湖南省机械工业技术学院

谢贤和 湖南省机械工业技术学院

陈向云 湖南省机械工业技术学院

陈少友 湖南省机械工业技术学院

熊建武 湖南工业职业技术学院

蔡志强 益阳职业技术学院

汪哲能 衡阳财经工业职业技术学院

王少炯 株洲市职工大学

陈 韬 衡阳市珠晖区教育局

李淑宝 广东省机械高级技工学校

彭惟珠 广东省机械高级技工学校

罗文锋 广东省高级技工学校

吴德永 茂名市高级技工学校

委 员：（排名不分先后）

邓远华 衡阳技师学院

陈宝翔 衡阳技师学院

陈桂奇 衡阳技师学院

赵泊平 衡阳技师学院

邓交岳 衡阳技师学院

黄海赞 衡阳技师学院

张国华 衡阳技师学院

文建平 衡阳财经工业职业技术学院

陈志彪 衡阳市职业中等专业学校

张艳军 湖南工贸技师学院

金 伟 湖南工贸技师学院

杜 婷 湖南工贸技师学院

张京昌 湖南工贸技师学院

周晓泉 湖南工贸技师学院

凌增光 湖南工贸技师学院

曾平平 湖南工贸技师学院

袁见平 湖南工贸技师学院

黄世雄 湖南工贸技师学院

赵小英 湖南工贸技师学院

刘 娟 湖南工贸技师学院

周明刚 湖南工贸技师学院

龙 湘 湖南工贸技师学院

宋安宁 湖南工贸技师学院

张 志 湖南工贸技师学院

肖海涛 湘潭技师学院

张 丽 湘潭技师学院

刘一峰 湘潭技师学院

龙 涛 湘潭大学

颜迎建 湘潭市电机集团力源模具公司

阳海红 湖南省机械工业技术学院

陈俊杰 湖南省机械工业技术学院

刘小明 湖南省机械工业技术学院

张书平 湖南省机械工业技术学院
陈小兵 湖南省机械工业技术学院
李飞飞 湖南省机械工业技术学院
陈效平 湖南省机械工业技术学院
陈 凯 湖南省机械工业技术学院
张健解 湖南省机械工业技术学院
丁洪波 湖南省机械工业技术学院
王碧云 湖南省机械工业技术学院
王 谨 湖南省机械工业技术学院
曾尚艮 湖南省机械工业技术学院
简忠武 湖南工业职业技术学院
易 杰 湖南工业职业技术学院
刘爱菊 湖南省蓝山县职业技术中专
彭 强 湖南省株洲第一职业技术学校
宋建文 长沙航天工业学校
张 源 湖南晓光汽车模具有限公司
张立安 益阳广益科技发展有限公司
贾庆雷 株洲时代集团时代电气有限公司
欧汉德 广东省技师学院
邹鹏举 广东省技师学院
洪耿松 广东省国防科技高级技工学校
李锦胜 广东省机械高级技工学校

蔡福洲 广州市白云工商技师学院
谭永林 广东省中山市技师学院
杨彩红 广东省中山市技师学院
黄 鑫 深圳市宝山技工学校
罗小琴 茂名市第二高级技工学校
廖禄海 茂名市第二高级技工学校
许 剑 江苏省徐州技师学院
李 刚 山西职业技术学院
王端阳 祁东县职业中等专业学校
刘雄健 祁东职业中等专业学校
卢文升 揭阳捷和职业技术学校
徐 湘 吉林机电工程学校
杨海涛 吉林机电工程学校
武青山 抚顺机电职业技术学校
乔 慧 山东省轻工工程学校
李金花 山东大王职业学院
于治策 威海工业技术学校
陈代云 福建工业学校
林艳如 福建工业学校
李广平 泊头职业学院
郝兴发 湖北省荆门市京山县职教中心
程伊莲 湖北城市职业学校

秘 书 处：刘南、杨波、刘学清

出版说明

人才资源是国家发展、民族振兴最重要的战略资源，是国家经济社会发展的第一资源，是促进生产力发展和体现综合国力的第一要素。加强人力资源开发工作和人才队伍建设是加快我国现代化建设进程中事关全局的大事，始终是一个基础性的、全面性的、决定性的战略问题。坚持人才优先发展，加快建设人才强国对于全面实现小康社会目标、建设富强民主文明和谐的社会主义现代化国家具有决定性意义。党和国家历来高度重视人力资源开发工作，改革开放以来，尤其是进入新世纪新阶段，党中央和国务院做出了实施人才强国战略的重大决策，提出了一系列加强人力资源开发的政策措施，培养造就了各个领域的大批人才。但当前我国人才发展的总体水平同世界先进国家相比仍存在较大差距，与我国经济社会发展需要还有许多不适应。为此，《国家中长期人才发展规划纲要（2010—2020年）》提出：“坚持服务发展、人才优先、以用为本、创新机制、高端引领、整体开发的指导方针，培养和造就规模宏大、结构优化、布局合理、素质优良的人才队伍，确立国家人才竞争比较优势，进入世界人才强国行列，为在本世纪中叶基本实现社会主义现代化奠定人才基础。”

职业教育培训是人力资源开发的主要途径之一，加强职业教育培训，创新人才培养模式，加快人才队伍建设是人力资源开发的重要内容，是落实人才强国战略的具体体现，是实现国家中长期人才发展规划纲要目标的根本保证。

职业资格鉴定是全面贯彻落实科学发展观，大力实施人才强国战略的重要举措，有利于促进劳动力市场建设和发展，关系到广大劳动者的切身利益，对于企业发展和社会经济进步以及全面提高劳动者素质和职工队伍的创新能力具有重要作用。职业资格鉴定也是当前我国经济社会发展，特别是就业、再就业工作的迫切要求。

国家题库的建立，对于保证职业资格鉴定工作的质量起着重要作用，是加快培养一大批数量充足、结构合理、素质优秀的技术技能型、复合技能型和知识技能型的高技能人才，为各行各业造就出千万能工巧匠的重要具体措施。但目前相当一部分职业资格鉴定题库的内容已经过时，湖南省职业技能鉴定中心（湖南省职业技术培训研究室）组织鉴定站所、院校和企业专家开发了新的题库，并经过人力资源和社会保障部职业技能鉴定中心审核，获准可以按照新的题库开展相应工种的职业资格鉴定工作。

职业教育培训教材是职业教育培训的重要资源，是体现职业教育培训特色的知识载体和

教学的基本工具，是培养和造就高技能人才的基本保证。为满足广大劳动者职业培训鉴定需要，给广大参加职业资格鉴定的人员提供帮助，我们组织参加这次国家题库开发的专家，以及长期从事职业资格鉴定工作的人员编写了这套“国家职业资格技能培训与鉴定教材”。本套丛书是与国家职业标准、国家职业资格鉴定题库相配套的。在本套丛书的编写过程中，贯彻了“围绕考点，服务考试”的原则，把编写重点放在以下几个主要方面。

第一，内容上涵盖国家职业标准对该工种的知识和技能方面的要求，确保达到相应等级技能人才的培养目标。

第二，突出考前辅导的特色，以职业资格鉴定试题作为本套丛书的编写重点，内容上紧紧围绕鉴定考核的内容，充分体现系统性和实用性。

第三，坚持“新内容”为编写的侧重点，无论是内容还是形式上都力求有所创新，使本套丛书更贴近职业资格鉴定，更好地服务于职业资格鉴定。

这是推动培训与鉴定紧密结合的大胆尝试，是促进广大劳动者深入学习、提高职业能力和综合素质、促进人才队伍建设的一项重要基础性工作，很有意义，是一件大好事。

组织开发高质量的职业培训鉴定教材，加强职业培训鉴定教材建设，为技能人才培养提供技术和智力支持，对于提高技能人才培养质量，推动职业教育培训科学发展非常重要。我们要适应新形势新任务的要求，针对职业培训鉴定工作的实际需要，统一规划，总结经验，加以完善，努力把职业培训鉴定教材建设工作做得更好，为提高劳动者素质、促进就业和经济社会发展做出积极贡献。

电子工业出版社 职业教育分社

2012年8月

前 言

本书根据技师学院、技工及高级技工学校、高职高专院校“模具设计与制造专业”的教学计划和教学大纲，以“国家职业标准”为依据，按照“以工作过程为导向”的课程改革要求，以典型任务为载体，从职业分析入手，切实贯彻“管用”、“够用”、“适用”的教学指导思想，把理论教学与技能训练很好地结合起来，并按技能层次分模块逐步加深模具线切割、电火花加工相关内容的学习和技能操作训练。本书较多地编入新技术、新设备、新工艺的内容，还介绍了许多典型的应用案例，便于读者借鉴，以缩短学校教育与企业需求之间的差距，更好地满足企业用人的需求。

本书可作为高职高专院校、技师学院、技工及高级技工学校、中等职业学校模具相关专业的教材，也可作为企业技师培训教材和相关设备维修技术人员的自学用书。

本书的编写符合职业学校学生的认知和技能学习规律，形式新颖，职教特色明显；在保证知识体系完备，脉络清晰，论述精准深刻的同时，尤其注重培养读者的实际动手能力和企业岗位技能的应用能力，并结合大量的工程案例和项目来使读者更进一步灵活掌握及应用相关的技能。

● 本书内容

全书共分为4篇，7个模块、32个任务，内容由浅入深，全面覆盖了模具线切割、电火花加工知识及相关的操作技能。主要包括电火花加工原理及特点，电火花加工机床的种类，名称、性能、结构和一般传动关系，电火花加工的主要名词术语；电火花线切割的编程，3B格式程序，ISO格式程序编程，CAXA线切割软件编程简介，自动编程控制系统；加工路线的确定，线切割加工中的电参数，线径补偿的确定，线切割加工的安全文明生产；电火花线切割机床操作准备，工件的装夹，线切割加工参数实训，线切割机床上丝操作实训，线切割穿丝操作实训，线切割电极丝垂直度调整实训，电极丝定位操作实训；模具电火花线切割加工实例，凸模加工，凹模加工，跳步加工，锥度加工，上下异形面加工；模具电火花成型加工工艺基础，电火花成型加工设备，电火花成型加工中的参数，电火花成型加工工艺，电火花成型加工的安全文明生产；电火花成型机床操作准备，件的装夹与校正，电极的装夹与校正，电极定位，电火花成型编程加工实例等内容。

● 配套教学资源

本书提供了配套的立体化教学资源,包括专业建设方案、教学指南、电子教案等必需的文件,读者可以通过华信教育资源网(www.hxedu.com.cn)下载使用或与电子工业出版社联系(E-mail: yangbo@phei.com.cn)。

● 本书主编

本书由湖南工贸技师学院廖剑主编,湖南工贸技师学院张艳军、金伟,广东省机械高级技工学校彭惟珠副主编,茂名市高级技工学校吴德永主审,湖南工贸技师学院杜婷等参与编写。由于时间仓促,作者水平有限,书中错漏之处在所难免,恳请广大读者批评指正。

● 特别鸣谢

特别鸣谢湖南省人力资源和社会保障厅职业技能鉴定中心、湖南省职业技术培训研究室对本书编写工作的大力支持,并同时鸣谢湖南省职业技能鉴定中心(湖南省职业技术培训研究室)史术高、刘南对本书进行了认真的审校及建议。

主 编

2012年8月

反侵权盗版声明

电子工业出版社依法对本作品享有专有出版权。任何未经权利人书面许可，复制、销售或通过信息网络传播本作品的行为；歪曲、篡改、剽窃本作品的行为，均违反《中华人民共和国著作权法》，其行为人应承担相应的民事责任和行政责任，构成犯罪的，将被依法追究刑事责任。

为了维护市场秩序，保护权利人的合法权益，我社将依法查处和打击侵权盗版的单位和个人。欢迎社会各界人士积极举报侵权盗版行为，本社将奖励举报有功人员，并保证举报人的信息不被泄露。

举报电话：(010) 88254396; (010) 88258888

传 真：(010) 88254397

E-mail: dbqq@phei.com.cn

通信地址：北京市万寿路 173 信箱

电子工业出版社总编办公室

邮 编：100036

目 录

第一篇 模具电火花线切割编程基础

模块一 电火花基本知识	2
任务1 电火花加工原理及特点	2
任务2 电火花加工机床的种类、名称、性能、结构和一般传动关系	6
任务3 电火花加工的主要名词术语	17
模块二 电火花线切割的编程	22
任务1 3B 格式程序	22
任务2 ISO 格式程序编程	27
任务3 CAXA 线切割软件编程简介	39
任务4 YH 自动编程控制系统	56

第二篇 模具电火花线切割工艺与操作

模块三 模具电火花线切割加工工艺基础	64
任务1 加工路线的确定	64
任务2 线切割加工中的电参数	66
任务3 线径补偿的确定	71
任务4 线切割加工的安全文明生产	73
模块四 模具电火花线切割加工的基本操作	75
任务1 电火花线切割机床操作准备	75
任务2 工件的装夹	80
任务3 线切割加工参数实训	84
任务4 线切割机床上丝操作实训	87
任务5 线切割穿丝操作实训	90
任务6 线切割电极丝垂直度调整实训	91
任务7 电极丝定位操作实训	94

第三篇 模具电火花线切割加工实例

模块五 实训	99
任务1 凸模加工	99
任务2 凹模加工	103
任务3 跳步加工	107
任务4 锥度加工	111
任务5 上下异形面加工	115

第四篇 模具电火花成型加工工艺与操作

模块六 模具电火花成型加工工艺基础	121
任务1 电火花成型加工设备	121
任务2 电火花成型加工中的参数	125
任务3 电火花成型加工工艺	128
任务4 电火花成型加工的安全文明生产	134
模块七 模具电火花成型加工的基本操作	136
任务1 电火花成型机床操作准备	136
任务2 工件的装夹与校正	143
任务3 电极的装夹与校正	147
任务4 电极定位	151
任务5 电火花成型编程加工实例	152

第一篇 模具电火花线切割编程基础

模块一 电火花基本知识

如何学习

本模块内容为一些电火花线切割原理方面的基础知识，同学们主要以了解、知道为认知标准。

什么是电火花加工

电火花加工又称放电加工（Electrical Discharge Machining, EMD）。它是在加工过程中，使工具和工件之间不断产生脉冲性的火花放电，靠放电时产生的局部、瞬时的高温将金属蚀除下来。这种利用火花放电产生的腐蚀现象对金属材料进行加工的方法称为电火花加工。

任务1 电火花加工原理及特点



任务描述

根据物理知识的回忆，了解电火花加工的原理及其特点。



学习目标

- (1) 了解电火花加工的基本概念和特点。
- (2) 知道电火花线加工的分类与发展现状。
- (3) 掌握电火花线切割加工的基本原理。
- (4) 熟悉一些电火花加工的名词术语。



任务分析

任务要求对初中物理科目中的电学部分中的电流概念要有一定的理解基础，熟知电流的成因和必要条件。



完成任务

基本概念

1. 电流

- (1) 定义：电流是指电荷在媒质中的定向运动。
- (2) 电流的成因：电源的电动势形成了电压，继而产生了电场力，在电场力的作用下，处于电场内的电荷发生定向移动，形成了电流。
- (3) 电流方向：电流方向规定为与电子运动方向相反。
- (4) 电流形成的必要条件：①电源的电动势；②构成闭合回路的导体媒质。

2. 电火花加工

电火花加工又称放电加工（Electrical Discharge Machining, EMD）。它是在加工过程中，使工具和工件之间不断产生脉冲性的火花放电，靠放电时产生的局部、瞬时的高温将金属蚀除下来。这种利用火花放电产生的腐蚀现象对金属材料进行加工的方法称为电火花加工。

完成任务

1. 电火花加工原理

电火花加工时，脉冲电源的一极接工具电极，另一极接工件电极，两极均浸入具有一定绝缘度的液体介质（常用煤油或矿物油或去离子水）中。工具电极由自动进给调节装置控制，以保证工具与工件在正常加工时维持一很小的放电间隙（0.01~0.05 mm）。当脉冲电压加到两极之间，便将当时条件下极间最近点的液体介质击穿，形成放电通道。由于通道的截面积很小，放电时间极短，致使能量高度集中（ $10 \sim 10^7 \text{ W/mm}$ ），放电区域产生的瞬时高温足以使材料熔化甚至汽化，以致形成一个小凹坑，如图 1-1 所示。第一次脉冲放电结束之后，经过很短的间隔时间，第二个脉冲又在另一极间最近点击穿放电。如此周而复始高频率地循环下去，工具电极不断地向工件进给，它的形状最终就复制在工件上，形成所需要的加工表面。

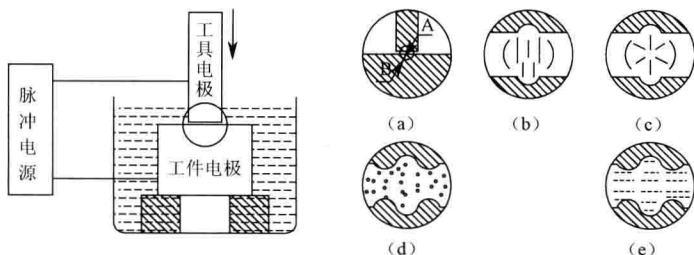


图 1-1 电火花加工原理

2. 电火花加工的优点

(1) 可以加工难以用金属切削方法加工的零件, 不受材料硬度影响。

(2) 由于工具电极与工件电极不直接接触, 没有机械切削力。所以, 在制作工具电极时不必考虑其受力特性, 工具电极可以做得十分微细, 能进行微细加工和复杂型面加工。

(3) 电火花加工是通过脉冲放电来蚀除金属材料的, 而脉冲电源的参数随时可调, 因此在同一情况下, 只需调整电参数即可切换粗、半精、精、超精加工。

3. 电火花加工的局限性

(1) 电火花加工生产效率低。

(2) 被加工的工件只能是导体。

(3) 存在电极损耗, 这就影响了成型精度。

(4) 加工表面有变质层。

(5) 加工过程必须在工作液中进行。电火花加工时放电部位必须在工作液中, 否则将引起异常放电。

(6) 线切割加工有厚度极限。

4. 电火花加工的分类与发展概况

根据目前电火花设备使用情况来分, 可分为三大类:

1) 电火花成型加工

采用成型工具电极进行仿形电火花加工的方法。

2) 电火花线切割加工

利用金属线作为电极对工件进行切割的方法。

3) 其他类型电火花加工

如电火花磨削加工、电火花回转加工、电火花研磨、珩磨、电火花打孔, 以及金属电火花表面强化、刻字等。



知识链接

电火花加工的发展概况

1. 国际电火花加工技术发展的五大趋势

目前电加工技术的发展趋势可归纳为五化: 精密微细化、智能化、个性化、绿色环保化和高效化。

1) 精密微细化

电火花微细加工主要指尺寸小于 $300\ \mu\text{m}$ 的轴孔、沟槽、型腔等的加工。

通过采用蠕动式微进给机构的微细电火花加工装置, 可以成功地加工出微细孔和微细轴。不仅可以加工圆孔, 还可以加工各种异型孔。

通过微细电火花铣削技术还可以制造更小的微三维结构, 进而制造更小的微型机械及微型机器人, 从而体现该技术更为广泛的潜在价值和应用前景。

2) 智能化

电火花成形加工智能控制系统应重点研究以下技术：①专家系统的应用；②人工神经网络技术的应用；③模糊控制技术的应用。

3) 个性化

为了适应零件多品种、小批量的特点，电火花加工机床的结构和功能也呈现出个性化的发展趋势。出现了聚晶金刚石超硬材料的电火花加工专用机床、轮胎模具的电火花加工机床、航空蜂窝密封组件电火花加工机床、330 MW 汽轮机高压喷嘴组零件的电火花加工机床等。

4) 绿色环保化

绿色电火花加工的研究内容包括①高效节能脉冲电源的研制；②提高脉冲电源的电磁兼容性；③处理“三废”。

5) 高效化

近年来在提高电火花成型加工效率方面有了新突破。利用非燃性工作液或在工作液中加入添加剂的电火花成型加工机可成倍提高加工速度。

以往直线电机主要用在加工中心上。目前，直线电机在一些 EDM 和 WEDM 机床上已广泛应用。直线电机的使用使传动机构简单，能实现高速度、高加速度移动，满足了 EDM 加工高速响应的特别要求。最大驱动力高达 3 000 N，快进速度可达 100 m/min。能消除由于电蚀产物未排除而发生的集中放电，二次放电间隙不均匀性等得到极大的抑制，从而改善了加工质量，提高了加工效率。

随着国际互联网的高速发展和普及，EDM 机床的通信和控制也发生了巨大的变化。FANAC 公司开发了集中管理软件包。公司的总监视器通过国际互联网可很便利地监控多台远程异地 WEDM 机床的工作状况，并能实时诊断分析每一台机床的工作故障，及时向用户提出解决措施，实现了电火花加工过程的高效性。

此外，新型电源和机器人技术也已应用到了电火花加工机床中。例如，夏米尔公司生产的某系列电火花线切割机床，不仅使用了先进的“Clean Cut”新型脉冲电源，还配备了小型 HSR-5 机器人，使电火花线切割机床的加工速度和其他性能有了大幅度提高。

2. 我国电火花加工的发展

20 世纪 50 年代初期，我国开始研究和试制电火花镀敷设备，即把硬质合金用电火花工艺镀敷在高速钢金属切削刀具和冷冲模刃口上，提高金属切削刀具和模具的使用寿命。同时，我国还成功研制了电火花穿孔机，并广泛应用于柴油机喷嘴小孔的加工。

20 世纪 60 年代初，上海科学院电工研究所成功研制了我国第一台靠模仿形电火花线切割机床。随后又出现了具有我国特色的冷冲模工艺，即直接采用凸模打凹模的方法，使凸凹模配合的均匀性得到了保证，大大简化了工艺过程。

20 世纪 60 年代末，上海电表厂张维良工程师在阳极切割的基础上发明了我国独有的高速走丝线切割机床。上海复旦大学研制出电火花线切割数控系统。

70 年代，随着电火花工艺装备的不断进步，电火花型腔模具成型加工工艺已经成熟。线切割工艺也从加工小型冷冲模发展到可以加工中型和较大型模具。切割厚度不断增加，加工精度也不断提高。