



中等职业教育“十一五”规划教材

数控技术应用专业



工作过程导向

电加工 项目教程

DIANJIAGONG

XIANGMUJIAOCHENG

适用专业

- 数控技术应用专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业

韩喜峰◎主编 孟召琴 潘有崇◎副主编

华中科技大学出版社
<http://www.hustp.com>



第1版 (2015年12月第1次印刷)



电加工

项目教程

DIANJIAGONG

Project-based Textbook

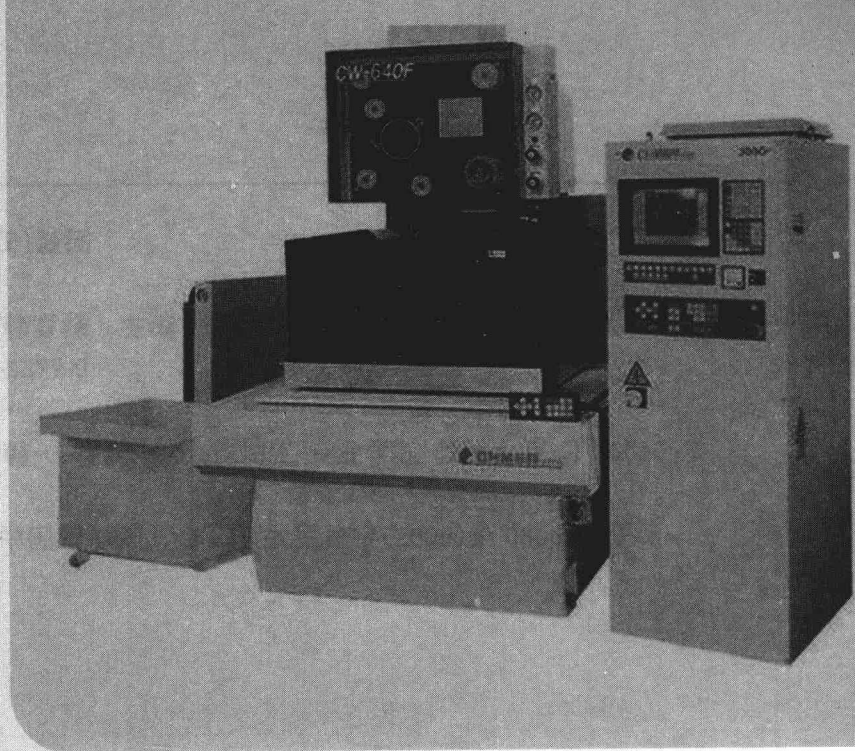
王强
主编

机械工业出版社

机械工业出版社
北京

中等职业教育“十一五”规划教材

数控技术应用专业



工作过程导向

电加工 项目教程

DIANJIAGONG

XIANGMUJIAOCHENG

适用专业

- 数控技术应用专业
- 模具设计与制造专业
- 机电一体化专业

主 编：韩喜峰

副主编：孟召琴 潘有崇

编 者：丁建飞

华中科技大学出版社
中国·武汉

图书在版编目(CIP)数据

电加工项目教程/韩喜峰 主编. —武汉:华中科技大学出版社,2009年6月
ISBN 978-7-5609-5377-9

I. 电… II. 韩… III. 电火花加工-专业学校-教材 IV. TG661

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 080622 号

电加工项目教程

韩喜峰 主编

策划编辑:孙基寿

责任编辑:孙基寿

责任校对:朱霞

封面设计:耀午书装

责任监印:熊庆玉

出版发行:华中科技大学出版社(中国·武汉)

武昌喻家山 邮编:430074 电话:(027)87557437

录 排:武汉众心图文激光照排中心

印 刷:华中科技大学印刷厂

开本:787 mm×1092 mm 1/16

印张:13

字数:300 000

版次:2009年6月第1版

印次:2009年6月第1次印刷

定价:21.80元

ISBN 978-7-5609-5377-9/TG·102

(本书若有印装质量问题,请向出版社发行部调换)

内容提要

本书以零件的数控快走丝电火花线切割加工工作过程为主线进行编写。全书共分五个项目，三个附录。项目一为电火花原理及应用；项目二为数控快走丝电火花线切割（一）；项目三为数控快走丝电火花线切割（二）；项目四为程序编制；项目五为数控电火花成型机床的加工操作方法；附录一为线切割安全操作规程；附录二为线切割机床日常保养知识；附录三为电火花机床的安全操作规程及机床保养。本书每一项目都设置了目标明确、操作性强的具体任务，并在完成任务的过程中插入理论知识，基本上做到理论与实践相结合。

本书可作为数控技术应用专业、模具设计及制造专业、机电一体化专业的中等职业教育教材，也可作为从事数控电加工机床工作的工程技术人员参考书及数控电加工机床短期培训用书。

总序

世界职业教育发展的经验和我国职业教育发展的历程都表明，职业教育是提高国家核心竞争力的要素。职业教育这一重要作用和地位，主要体现在两个方面。其一，职业教育承载着满足社会对人才需求的重任，培养为社会直接创造价值的高素质劳动者和专门人才的教育模式。职业教育既是经济发展的需要，又是促进劳动就业的需要。其二，职业教育还承载着满足个性需求的重任，是促进以形象思维为主的具有另类智力特点的青少年成才的教育模式。职业教育既是保证教育公平的需要，又是教育协调发展的需要。

职业教育不仅有着自己的特定目标——满足社会经济发展的人才需求以及与之相关的就业需求，而且有着自己的特殊规律——促进不同智力群体的个性发展以及与之相关的智力开发。

长期以来，由于我们对职业教育作为一种类型教育的规律缺乏深刻的认识，加之学校职业教育又占据绝对主体地位，因此职业教育与经济、企业联系不紧，导致职业教育的办学模式未能冲破“供给驱动”的束缚，教学方法也未能跳出学科体系

的框架，所培养的职业人才，其职业技能的专深不够、职业工作的能力不强，与行业、企业的实际需求及我国经济发展的需要相距甚远。实际上，这些都不利于个人通过职业这个载体实现自身所应有的职业生涯的发展。

因此，要遵循职业教育的规律，强调校企合作、工学结合，在“做中学”，在“学中做”，就必须进行教学改革。职业教育的教学应遵循“行动导向”的教学原则，强调“为了行动而学习”、“通过行动来学习”和“行动就是学习”的教育理念，让学生在由实践情境构成的以过程逻辑为中心的行动体系中获取过程性知识，去解决“怎么做”（经验）和“怎么做更好”（策略）的问题，而不是在由专业学科构成的以架构逻辑为中心的学科体系中去追求陈述性的知识，只解决“是什么”（事实、概念等）和“为什么”（原理、规律等）的问题。由此，作为教学改革核心课程的改革成功与否，就成为职业教育教学改革成功与否的关键。

当前，在学习和借鉴国内外职业教育课程改革成功经验的基础之上，工作过程导向的课程开发思想已逐渐为职业教育战线所认同。所谓工作过程，是“在企业里为完成一件工作任务并获得工作成果而进行的一个完整的工作程序”，是一个综合的、时刻处于运动状态但结构相对固定的系统。与之相关的工作过程知识，是情境化的职业经验知识与普适化的系统科学知识的交集，它“不是关于单个事务和重复性质工作的知识，而是在企业内部关系中将不同的子工作予以连接的知识”。以工作过程逻辑展开的课程开发，其内容编排以典型职业工作任务以及实际的职业工作过程为参照系，按照完整行动所特有的“资讯、决策、计划、实施、检查、评价”结构，实现学科体系的解构与行动体系的重构，实现在变化的具体的工作过程之中获取不变的思维过程完整性的训练，实现实体性技术、规范性技术通过过程性技术的物化。

近年来,教育部在中等职业教育和高等职业教育领域,组织了我国职业教育史上最大的职业教育师资培训项目——中德职教师资培训项目和国家级骨干师资培训项目。这些骨干教师通过学习、了解、接受先进的教学理念和教学模式,结合中国的国情,开发了更适合我国国情、更具有中国特色的职业教育课程模式。

华中科技大学出版社结合我国正在探索的职业教育课程改革,邀请我国职业教育领域的专家、企业技术专家和企业人力资源专家,特别是接受过中德职教师资培训或国家级骨干教师培训的中等职业学校的骨干教师,为支持、推动这一课程开发项目应用于教学实践,进行了有意义的探索——工作过程导向课程的教材编写。

华中科技大学出版社的这一探索,有以下两个特点。

第一,课程设置针对专业所对应的职业领域,邀请相关企业的技术骨干、人力资源管理者以及行业著名专家和院校骨干教师,通过访谈、问卷和研讨,由企业技术骨干和人力资源管理者提出职业工作岗位对技能型人才在技能、知识和素质方面的要求,结合目前我国中职教育的现状,共同分析、讨论课程设置中存在的问题,通过科学合理的调整、增删,确定课程门类及其教学内容。

第二,教学模式针对中职教育对象的智力特点,积极探讨提高教学质量的有效途径,根据工作过程导向课程开发的实践,引入能够激发学习兴趣、贴近职业实践的工作任务,将项目教学作为提高教学质量、培养学生能力的主要教学方法,把“适度”、“够用”的理论知识按照工作过程来梳理、编排,以促进符合职业教育规律的新的教学模式的建立。

在此基础上,华中科技大学出版社组织出版了这套工作过程导向的中等职业教育“十一五”规划教材。我始终欣喜地关注着这套教材的规划、组织和编写的过程。华中科技大学出版

社敢于探索、积极创新的精神，应该大力提倡。我很乐意将这套教材介绍给读者，衷心希望这套教材能在相关课程的教学过程中发挥积极作用，并得到读者的青睐。我也深信，这套教材在使用的过程中，通过教学实践的检验和实际问题的解决，能够不断得到改进、完善和提高。我希望，华中科技大学出版社能继续发扬探索、研究的作风，在建立具有我国特色的中等职业教育和高等职业教育的课程体系的改革中，作出更大的贡献。

是为序。

教育部职业技术教育中心研究所

《中国职业技术教育》杂志主编

学术委员会秘书长

中国职业技术教育学会

理事、教学工作委员会副主任

职教课程理论与开发研究会主任

姜大源 研究员、教授

2008年7月

前言

近几年来，数控电火花机床的应用日益广泛，企业对掌握电火花机床的技能型人才的需求年年增加，因此，培养数控电火花机床应用领域的专业技能型人才十分迫切。在这种情况下，多位长期从事中职数控电火花机床应用专业教学的教师，与参加了“全国中职学校数控/机电专业骨干教师赴德培训班”的教师通力合作，针对我国中职学校生源特点，结合国外先进的职业教育理念及多年的数控技术应用职业教学经验，以培养学生学习能力及操作技能为目的，编写了本教材。

本教材共分为五个项目，以零件加工方法和操作为主线，以具体的任务为驱动力，引导读者系统地掌握零件的装夹、零件的找正、程序的编写等各种方法，并且配有大量的思考题和零件图，以便读者进行练习。

本书由武汉机电工程学校韩喜峰主编。参加本书的编写人员有武汉机电工程学校韩喜峰（编写项目一、项目二和项目五的部分内容，负责全书统稿工作）、陕西省电子工业学校孟召琴（编写项目二大部分内容、项目三、项目四部分内容）、江西省冶金技师学院潘有崇（编写项目五大部分内容）、武汉机电工程学校丁建飞（编写项目三大部分内容）。

由于编者水平和经验所限，书中难免有错漏和不当之处，恳请同行专家和读者批评指正。

编 者

2009.5.2

目 录

项目一 电火花原理及其应用

任务 1-1	电火花加工的原理	(3)
任务 1-2	电火花加工的特点	(5)
任务 1-3	电火花加工机床的类型	(6)
任务 1-4	电火花加工的应用	(10)

项目二 数控快走丝电火花线切割（一）

任务 2-1	数控快走丝电火花线切割工作原理	(15)
任务 2-2	认识数控快走丝电火花线切割机床	(19)
任务 2-3	认识走丝机构	(25)
任务 2-4	上丝及穿丝操作	(30)
任务 2-5	认识线切割工作台	(36)
任务 2-6	装夹和找正工件	(38)
任务 2-7	电极丝的垂直校正	(46)
任务 2-8	电极丝的定位	(49)
任务 2-9	机床的电气控制	(53)

项目三 数控快走丝电火花线切割（二）

任务 3-1	制定数控线切割加工工艺过程	(59)
任务 3-2	线切割加工的工艺准备	(61)
任务 3-3	线切割加工工艺路线的选择	(66)
任务 3-4	电火花线切割加工综合实例	(68)
任务 3-5	电参数对加工的影响	(72)

项目四 程序编制

任务 4-1	3B 代码的格式	(77)
任务 4-2	3B 代码编程方法	(78)
任务 4-3	3B 代码编程范例	(82)
任务 4-4	G 代码格式	(85)
任务 4-5	G 代码常用指令的编程方法	(87)
任务 4-6	认识 CAXA 线切割软件	(94)
任务 4-7	CAXA 线切割绘图	(96)
任务 4-8	加工轨迹生成与仿真	(121)
任务 4-9	加工程序生成及传输	(132)

项目五 数控电火花成型机床的加工操作方法

任务 5-1	认识数控电火花成型机床	(137)
任务 5-2	工件的装夹	(140)
任务 5-3	工件的校正	(142)
任务 5-4	电极的装夹	(144)
任务 5-5	电极的校正	(146)
任务 5-6	电极的定位	(148)
任务 5-7	机床的操作	(149)
任务 5-8	数控电火花成型机床的加工工艺	(159)
任务 5-9	数控电火花成型加工的 G 代码编程	(172)
任务 5-10	数控电火花成型加工编程	(178)

附录 操作规程和日常保养

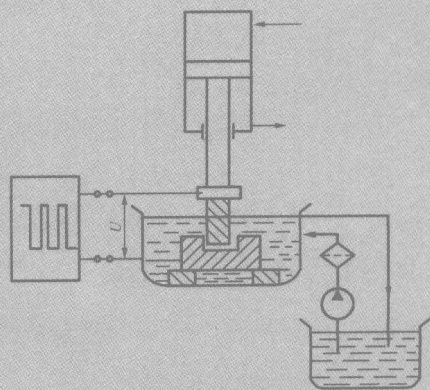
附录 1	线切割安全操作规程	(190)
附录 2	线切割机床日常保养知识	(190)
附录 3	电火花机床的安全操作规程及机床保养	(191)

项目一

【教学重点】

- 电火花加工的原理
- 电火花机床加工的必备条件
- 数控电火花机床加工的对象
- 电火花加工的特点

电火花原理及其应用



教 学 建 议

序 号	任 务	建 议 学 时	建 议 教 学 方 式	备 注
1	任务 1-1	1	讲授、示范教学、辅导教学	
2	任务 1-2	1	讲授、辅导教学	
3	任务 1-3	1	讲授、辅导教学	
4	任务 1-4	1	讲授、辅导教学	
总 计		4		

教 学 准 备

序 号	任 务	设 备 准 备	刀 具 准 备	材 料 准 备
1	任务 1-1	电火花机床 1 台		
2	任务 1-2			
3	任务 1-3			
4	任务 1-4			

教 学 评 价

序 号	任 务	教 学 评 价		
1	任务 1-1	好 ☐	一般 ☐	差 ☐
2	任务 1-2	好 ☐	一般 ☐	差 ☐
3	任务 1-3	好 ☐	一般 ☐	差 ☐
4	任务 1-4	好 ☐	一般 ☐	差 ☐



• • • • •

仔细观察一台工作中的数控电火花成型机床(如图 1-1 所示),了解其基本组成和工作原理,画出其基本组成图,简述其加工工作过程。

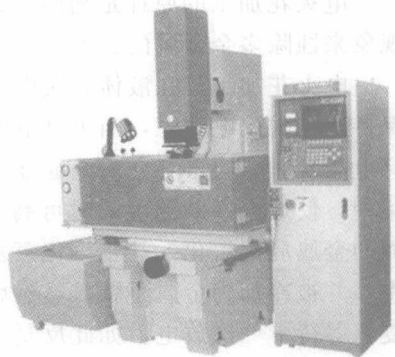


图 1-1 数控电火花成型机床



• • • • •

第 1 步 阅读与该任务相关的知识。

第 2 步 数控电火花成型机床的基本组成如图

1-2 所示。

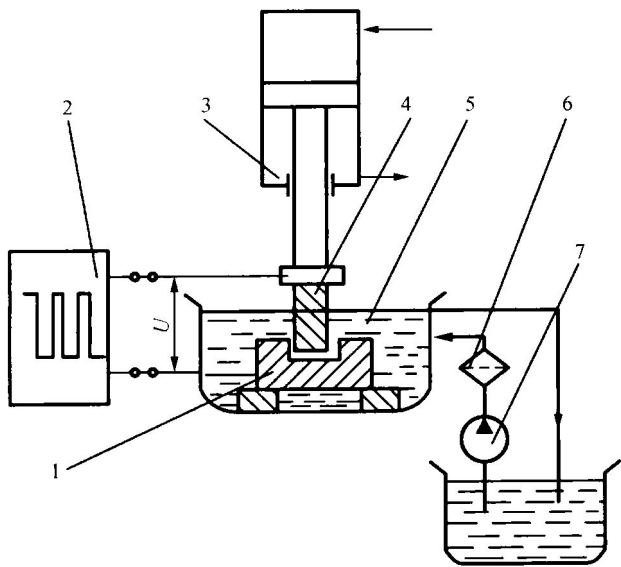


图 1-2 电火花成型加工原理图

1—工件 2—脉冲电源 3—自动进给装置 4—工具电极 5—工作液 6—过滤器 7—泵

数控电火花加工过程分为如下四个阶段：

- ① 极间介质电离、击穿，形成放电通道；
- ② 介质热分解、电极材料熔化、气化，热膨胀和局部微爆炸；
- ③ 金属材料抛出；
- ④ 极间介质消电离。



任务 1-1 (3) 相关知识



1. 电火花加工的原理

电火花加工的原理是利用工具和工件（正、负电极）之间脉冲性火花放电时的电腐蚀现象来蚀除多余金属的。

电火花加工是在液体介质中进行的，机床的自动进给调节装置使工件和工具电极之间保持适当的放电间隙，当工具电极和工件之间施加很强的脉冲电压（达到间隙中介质的击穿电压）时，会击穿介质绝缘强度最低处。由于放电区域很小，放电时间极短，能量高度集中，使放电区的温度瞬时可高达 $10\,000^{\circ}\text{C} \sim 12\,000^{\circ}\text{C}$ ，从而导致工件表面和工具电极表面的金属局部熔化，甚至汽化蒸发。局部熔化和汽化的金属在爆炸力的作用下抛入工作液中，并被冷却为金属小颗粒，然后被工作液冲离工作区。一次放电后，介质的绝缘强度恢复，等待下一次放电。如此反复，工件表面不断地被蚀除，并在工件上复制出工具电极的形状，从而达到成型加工的目的。

2. 电火花加工的必备条件

经验表明，把火花放电转化为有用的加工技术，必须满足以下条件。

- ① 工具电极和工件被加工表面之间要保持一定的放电间隙。这一间隙随加工条件而定，通常为几微米至几百微米。
- ② 电火花加工必须配备一个性能良好的脉冲电源，以保证加工效率和表面粗糙度。
- ③ 只能加工能导电的材料，不能加工有机玻璃、尼龙等绝缘材料。
- ④ 火花放电需在有一定绝缘性能的液体介质中进行。
- ⑤ 电火花成型加工需要事先制作电极，制作电极的材料通常用紫铜、石墨或钢；电火花线切割加工则要使用电极丝（钼丝、黄铜丝等）。

3. 电火花加工的适用范围

由于电火花加工的独特优点，其应用领域日益扩大，已在机械（特别是模具制造）、宇航、航空、电子、核能、仪器、轻工等领域得到广泛应用。电火花加工的适用范围主要有如下两点。

(1) 用于传统机械加工方法难以加工的材料加工。

电火花加工时，材料的去除是靠放电热蚀作用来实现的，材料的加工性能主要取决于材料的熔点、导热系数（热导率）等热学性质，而几乎与其硬度、韧性、抗拉强度等机械性质无关。这样，工具电极材料就不必比工件硬，故电极制造就比较容易。具体情况包括如下四点。

① 加工模具，如冲模、锻模、塑料模、拉伸模、压铸模、挤压模、玻璃模、胶木模、陶土模、粉末冶金烧结模、花纹模等。电火花加工可在淬火后进行，免去了热处理变形的修正问题。多种型腔可整体加工，避免了常规机械加工方法因需拼装而带来的误差。

② 在航空、宇航等领域中常使用高温合金等难以加工的材料，这些材料常用电火花