

应用型本科精品规划教材

EEME



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

数控加工工艺学

实验指导书和习题、思考题详解

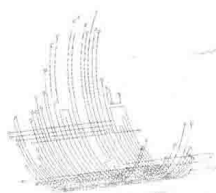
THE EXPERIMENT INSTRUCTION AND THE QUESTION AND ITS SOLUTION TO BE USED FOR
NUMERICALLY CONTROLLED MACHINING TECHNOLOGY

编著 汤胜常
审校 陆 勤



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

应用型本科精品规划教材



Excellent Electrical
& Mechanical Engineer

卓越机电工程师

数控加工工艺学

实验指导书和习题、思考题详解

THE EXPERIMENT INSTRUCTION AND
THE QUESTION AND ITS SOLUTION TO BE USED FOR
NUMERICALLY CONTROLLED MACHINING TECHNOLOGY

编 著 汤胜常

审 校 陆 勤



上海交通大学出版社
SHANGHAI JIAO TONG UNIVERSITY PRESS

内容提要

本书是与《数控加工工艺学》配套的《数控加工工艺学实验指导书和习题、思考题详解》。书中介绍了数控脉冲电火花线切割加工、数控车削加工和数控铣削加工等9个实验,以及主教材《数控加工工艺学》6章的习题与思考题详解。实验是学生与教学内容互动的过程,实验内容由学生自主完成,指导老师起辅导、解惑作用。通过实验,帮助学生更深刻地认识、验证和深化已学过的相关内容。习题、思考题和习题详解覆盖了主教材各章的教学内容,既加深了读者对教学内容的领会,又学会了实践工作中的正确应用,且便于学生自学之用,以便提高独立分析问题和解决问题的能力。

图书在版编目(CIP)数据

数控加工工艺学实验指导书和习题、思考题详解 /
汤胜常编著. —上海: 上海交通大学出版社, 2016
ISBN 978-7-313-14506-2

I. ①数… II. ①汤… III. ①数控机床—加工 IV.
①TG659

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2016)第 023156 号

数控加工工艺学实验指导书和习题、思考题详解

编 著: 汤胜常

出版发行: 上海交通大学出版社

邮政编码: 200030

出 版 人: 韩建民

印 制: 常熟市文化印刷有限公司

开 本: 787 mm×1092 mm 1/16

字 数: 149 千字

版 次: 2016 年 3 月第 1 版

书 号: ISBN 978-7-313-14506-2/TG

定 价: 26.00 元

地 址: 上海市番禺路 951 号

电 话: 021-64071208

经 销: 全国新华书店

印 张: 6.75

印 次: 2016 年 3 月第 1 次印刷

版权所有 侵权必究

告读者: 如发现本书有印装质量问题请与印刷厂质量科联系

联系电话: 0512-52219025

《卓越机电工程师》系列教材

编写指导委员会成员

(排名不分先后)

何亚飞(上海第二工业大学)

李荣斌(上海电机学院)

王朝立(上海理工大学)

夏妍春(上海第二工业大学)

王廷军(上海电机学院)

邬建江(上海电气集团上海电机厂有限公司)

沈尧荣(上海电气集团上海重型机器厂有限公司)

胡 雄(上海海事大学)

王世明(上海海洋大学)

鞠全勇(金陵科技学院)

薛士龙(上海海事大学)

许晓彦(上海海事大学)

总 序

随着制造业将再次成为全球经济稳定发展的引擎,世界各主要工业国家都加快了工业发展的步伐。从美国的“制造业复兴”计划到德国的“工业 4.0”战略,从日本的“智能制造”到中国的《中国制造 2025》发布,制造业正逐步成为世界各国经济发展的重中之重。我国在不久的将来,将从“制造业大国”走向“制造业强国”,社会和企业对工程技术应用型人才的需求也将越来越大,从而也大大推进了应用型本科教育的改革。

本套“卓越机电工程师系列教材”的编辑和出版就是为了迎接制造业的迅猛发展对工程技术应用型人才培养所提出的挑战。同时,我们也希望它能够积极地抓住当前世界范围内工程教育改革的机遇。

参加编写这套教材的教师无不在高等职业教育领域工作多年,尤其在工程实践和教学中饶有心得体会。首先,我们将教材的编写内容聚焦在“机电”工程领域。传统意义上讲,这似乎是两大机电类工程技术领域,但从今天“工业 4.0”意义上来讲,其内涵将会在机械制造理论与技术、机电一体化技术、电子与微电子技术、传感器与测量技术、高端装备制造与应用、智能制造技术、控制通讯与网络、计算机与软件及“云”服务技术等各个方面将融为一体。因此,这套“卓越机电工程师系列教材”将对于现在和未来从事于制造业的工程型、技术型人才来说是不可或缺的重要参考资料之一。

其次,我们要求教材的编写内容做到“必要、前沿、实用”。应用型人才也必须掌握相应领域的基础理论知识。因此,在这套教材中,我们要求涉及必要的基础理论,但以“够用”为度,重“叙述”少“推导”;为了适应时代发展的需要,应用型人才还必须掌握本领域的最新技术。在这套教材中,我们还要求介绍最前沿的发展技术和最新颖的机电产品,让学生了解现代制造业的发展态势;为了突出本科工程教育的应用型特点,我们要求本套教材内容的选择要面向工程、面向技术、面向实际、面向地区经济发展的需求。能让学生缩短上岗工作时间、快速适应以及胜任工作岗位的挑战应该是这套教材编写的特色和创新之所在。

本系列教材的编者们非常感谢上海交通大学出版社。感谢他们做了充分的策划和出版方面的支持。我们愿意和出版社一起,响应《关于加快发展现代职业教育的决定》号召,为“试点推动、示范引领”做出我们绵薄的贡献。鉴于编者们的学识,我们非常欢迎广大同仁们在使用后提出建议、意见和批评,我们一定会认真分析,不断提高这套教材的水平,为迎接应用型本科教育春天的到来提供正能量。

何亚飞

2015 年 12 月 6 日于上海

前 言

(本书的性质、任务和学习方法)

本书是《数控加工工艺学》一书的配套教学参考书,书中包括两部分教学内容,都具有明确的教学针对性。其中前一部分是本课程的实验指导书。实验是学习本课程的一个重要环节,通过实验,学生会更深刻地认识、验证和深化已学过的相关内容;学会进行实验和研究工程实际问题的方法和技术,掌握实验数据和结果的判别鉴定方法。以期将来在工作中运用这些已学会了的典型实验实例,针对其他相应工件,编订出相应的加工工艺规程及其相关解法。实验时,学生自主地完成每项实验的全过程,指导老师仅起辅导、解惑作用。因此,学生必须预习本次所做实验的指导书内容。进入实验室,指导老师先解答学生当堂提出的疑问;随后,由老师提问,都能正确解答后,学生开始自己做实验,指导老师按学生的要求予以帮助。学生所编订的程序须经指导老师检查认可后,才输入数控系统。空运行通过后,再经指导老师复核认可,方可启动加工过程。

没有条件做实验时,必须让学生学完每章的教学内容后,完成好该章的习题、思考题,最后,独立完成该章相应项目的实验内容,包括针对这一零件的工艺过程分析、节点坐标计算、刀具选择与安装、工件装夹、刀具卡、工艺过程卡编制等,依次系统完成在作业本上,交给老师批改。以期通过这一阶段的学习,进一步使学生深深感受到学习的重要性与自觉性,以正确的态度、刻苦的努力,完成本课程的学习,达到本课程所要求的教学目的与要求,造就这一新时代的有用人才。

本书的另一部分是习题与思考题部分,按照本课程的教学目的与要求,拟定了教材上各章节末的习题与思考题,这些题目全部覆盖了各章的教学内容。然后,根据所拟的题目,详尽地完成了习题与思考题详解,详细且系统地阐释了各题的教学要求与实际应用,既分析了它的理论依据,又叙述了工程实际应用上的要领,以使读者能够更进一步深化领会教学内容,并学会在实际工作中的正确应用,起着演练性的教学作用与目的。一方面可供担负本课程教学任务的相关教师作为教学参考书使用,以便提高教学内容上的规范性,也便于各教师间都有着相同的教学要求、评判标准和涵盖宽度;最主要的方面是供在校就读或在职就读学生的自学之用。在学完本章教学内容后,当课后完成了习题与思考题作业以后,自己独自可以对照着《数控加工工艺学实验指导书和习题、思考题详解》一书,自

我检查一下相应的作业本,自我评判一下是否达标,还需要补充哪些内容,这就是标准化、规范化解答的针对性作用。经过这一步,既加深了对问题的认识,也强化了记忆,印象深刻。

本课程教材每章末的习题与思考题,是供学生学习本课程的四个学习环节之一。

完成习题与思考题的正确方法是,课后必须自习教材和听课笔记,复习并切实掌握相关章节的教学内容,仔细安排与独立地完成习题与思考题作业,边做边思考,以达到学到手,印象深,有意识地强化自我训练,培养一丝不苟的严谨学风,提高独立分析问题和解决问题的能力。

本系列配套教材和教学参考书可作为机械类、近机类和非机类专业的本科、专科、高职和继续教育等院校的《数控加工工艺与操作》等方面课程的教材;也可作为相应专业的网络教育学院和开放大学的教材使用。

本书由华东理工大学汤胜常编著,上海工程技术大学陆勤审校。书中存在的不足之处,恳请读者批评指正。

编著者

2015 年 12 月

目 录

第 1 章 数控加工工艺学实验指导书	1
实验 1 数控脉冲电火花线切割加工(一) 嵌镶块的切割加工(凹片)	1
实验 2 数控脉冲电火花线切割加工(二) 嵌镶块的切割加工(凸片)	6
实验 3 数控脉冲电火花线切割机床计算机辅助编程系统的应用和操作方法 模板的线切割加工	11
实验 4 数控车削加工(一) 阶梯轴的车削	15
实验 5 数控车削加工(二) 特形轴的加工	22
实验 6 数控车削加工(三) 螺纹零件的加工	29
实验 7 数控车削加工(四) 球首螺钉的车削	36
实验 8 数控铣削加工(一) 传动轴上普通平键键槽的铣削	44
实验 9 数控铣削加工(二) 平面凸轮曲面的铣削	54
第 2 章 数控加工工艺学习题、思考题详解	62
1 绪论	62
1.1 本章的教学目的与要求	62
1.2 习题及其解答	62
1.3 思考题及其解答	63
2 数控加工工艺基础	64
2.1 本章的教学目的与要求	64
2.2 习题及其解答	65
2.3 思考题及其解答	67
3 数控车削加工工艺与操作方法	69
3.1 本章的教学目的与要求	69

3.2	习题及其解答	69
3.3	思考题及其解答	71
4	数控铣削加工工艺与操作方法	73
4.1	本章的教学目的与要求	73
4.2	习题及其解答	73
4.3	思考题及其解答	75
5	加工中心的加工工艺和操作方法	76
5.1	本章的教学目的与要求	76
5.2	习题及其解答	76
5.3	思考题及其解答	78
6	数控脉冲电火花线切割加工工艺与操作方法	80
6.1	本章的教学目的与要求	80
6.2	习题及其解答	81
6.3	思考题及其解答	91
参考文献		97

第 1 章 数控加工工艺学实验指导书

实验 1 数控脉冲电火花线切割加工(一) 嵌镶块的切割加工(凹片)

1 目的与要求

掌握数控脉冲电火花线切割加工工艺过程及其加工步骤；
掌握数控脉冲电火花线切割加工的编程方法；
掌握数控脉冲电火花线切割机床的基本操作要领与实践技能。

2 设备与用具

DK77 系列型数控脉冲电火花线切割机床；
游标卡尺(读数值 0.02 mm)；
带架千分表(读数值 0.001 mm)；
走丝方向找正器。

3 辅助用品

200 号溶剂汽油、脱脂棉花、N15 号机械油、注油壶。

4 实验内容讨论

4.1 切割加工工件坯料准备

图 1.1 为嵌镶块的制造图,其中:

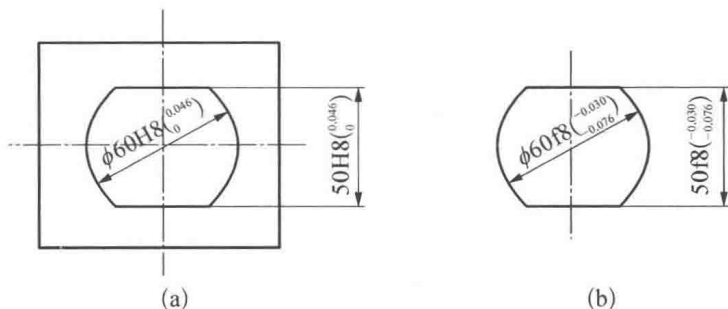


图 1.1 嵌镶块的切割

图 1.1(a)为凹片、图 1.1(b)为凸片。

了解图面所述的设计要求,选用毛坯材料为 Q235 热轧板材,板厚 6 mm。切割性能良好,尺寸齐全,精度要求适当。

4.1.1 坯料尺寸:取 70×60 mm 矩形板料。

4.1.2 预加工:

4.1.2.1 在平面磨床上,磨平上下平面和相邻两个侧面,保证该两侧面与上下面垂直。

4.1.2.2 退磁。

4.1.2.3 在嵌镶块凹片矩形坯料板中心,用台钻床钻一 $\phi 3$ mm 穿丝孔,通孔。

4.2 编写切割程序

根据嵌镶块制造图上规定的技术要求,编写线切割加工工艺程序,按五指令 3B 代码程序格式编写。

本实验为切割凹片,除图纸上已表明的圆角外,所有转折点,均以半径 0.15 mm 过渡。

4.2.1 间隙补偿量计算:

凹片的间隙补偿量为: $f_{\text{凹}} = r_{\text{丝}} + \delta = 0.06 + 0.01 = 0.07(\text{mm})$ 。

其中:取火花放电单侧间隙为 0.01 mm;工具电极丝直径为 $\phi 0.12$ mm。

4.2.2 节点坐标计算:

4.2.2.1 由图 1.1 可知,凹片轮廓圆弧直径的编程值为: $\phi 60.023$ mm,半径 R 为 30.0115 mm,因为切割内轮廓,须减去切割时的凹片间隙补偿量 0.07 mm,即 $R - f_{\text{凹}} = 29.9415$ mm,也就是工具电极丝中心线在 $O(0, 0)$ 坐标系中的位置;

4.2.2.2 由图 1.2 可知: $\sin \angle BOI = 24.9415 / 29.9415 = 0.833$, 所以 $\angle BOI = 56.409^\circ$, $X_B = OI = 29.9415 \times \cos 56.409^\circ = 16.5655(\text{mm})$ 。则点 B 的坐标为: $B(16.5655, 24.9415)$ ①。

4.2.2.3 取各转折点的过渡圆半径:

$r = 0.15$ mm, 则 $OO_{1a} = 29.9415 - 0.15 = 29.7915(\text{mm})$; $O_{1a}G_a = 24.9415 - 0.15 = 24.7915$ (mm); 而 $\cos \angle OO_{1a}G_a = O_{1a}G_a / OO_{1a} = 0.8322$, 所以 $\angle OO_{1a}G_a = 33.678^\circ$,

则 $OG_a = OO_{1a} \times \sin \angle OO_{1a}G_a = 29.7915 \times \sin 33.678^\circ = 16.52(\text{mm})$ 。

4.2.2.4 $\triangle OF_aH_a \sim \triangle OO_{1a}G_a$

则 $OF_a : OO_{1a} = OH_a : OG_a = F_aH_a : O_{1a}G_a$

所以 $OH_a = OF_a \times OG_a / OO_{1a} = 29.9415 \times 16.52 / 29.7915 = 16.603(\text{mm}) \cdots \cdots X_{F_a}$

$F_aH_a = OF_a \times O_{1a}G_a / OO_{1a} = 29.9415 \times 24.7915 / 29.7915 = 24.9163(\text{mm}) \cdots \cdots Y_{F_a}$

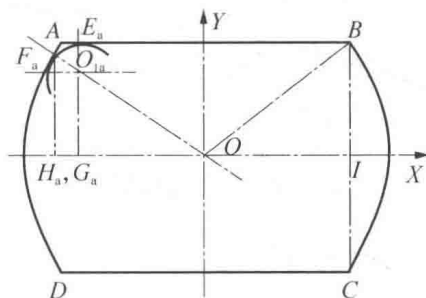


图 1.2 转折点的过渡圆弧节点

① 本书表示长度的单位不注者均为毫米(mm)。

从而, E_a 点的坐标: $E_a(-16.52, 24.9415)$

F_a 点的坐标: $F_a(-16.603, 24.9163)$

O_{1a} 点的坐标: $O_{1a}(-16.52, 24.7915)$

4.2.2.5 由数控系统的镜像功能(Mirror Image,轴对称原理),其余如角 B 、 C 、 D 的各相应点的坐标如下: $E_b(16.52, 24.9415)$, $F_b(16.603, 24.9163)$, $O_{1b}(16.52, 24.7915)$;

$E_c(16.52, -24.9415)$, $F_c(16.603, -24.9163)$, $O_{1c}(16.52, -24.7915)$;

$E_d(-16.52, -24.9415)$, $F_d(-16.603, -24.9163)$, $O_{1d}(-16.52, -24.7915)$ 。

4.2.3 切割线段的工艺分析:

4.2.3.1 线段 OF_a 的切割。起割凹片时,工具电极丝处在 O 点上,该点称为起割点。工件上预制穿丝孔。按相对坐标取值,则 O 点为原点 $O(0, 0)$,切割至 $F_a(-16.603, 24.9163)$,因绝对值 $Y_{F_a} > X_{F_a}$,即线段靠近 Y 轴,计数方向取为 GY 。 OF_a 的计数长度为 $24\,916\,\mu\text{m}$,加工指令为 $L2$,因所切割的线段处在第二象限内。

4.2.3.2 圆弧 F_aF_d 的切割。切割圆弧时,以圆心为原点 $O(0, 0)$,起割点 $F_a(-16.603, 24.9163)$,切至点 $F_d(-16.603, -24.9163)$ 。切割 F_aF_d 的计数方向取为 GX ,因其终点靠近 Y 轴。计数长度值为 $2(OF_a - OH_a) = 2(29.9415 - 16.603) = 26.677(\text{mm})$,即 $26\,677\,\mu\text{m}$ 。加工指令记为 $NR2$,因起割点在第二象限内,逆时针方向切割。

4.2.3.3 圆弧 F_dE_d 的切割。以圆心 O_{1d} 为原点 $O_{1d}(0, 0)$,起割点 $F_d(-0.083, -0.125)$,切割至 $E_d(0, -0.15)$ 。计数方向为 GX ,因为 E_d 点靠在 Y 轴上。计数长度为 $83\,\mu\text{m}$ 。加工指令记为 $NR3$,因起割点在第三象限内,逆时针方向切割。

4.2.3.4 线段 E_dE_c 的切割。取原点 $E_d(0, 0)$,切割至 $E_c(33.04, 0)$ 。计数方向为 GX ,因线段处在 X 轴上。计数长度为 $33\,040\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $L1$,因线段处在 X 轴上。

4.2.3.5 圆弧 E_cF_c 的切割。取原点 $O_{1c}(0, 0)$,起割点 $E_c(0, -0.15)$,切割至点 $F_c(0.083, -0.125)$ 。计数方向为 GX ,因 F_c 点靠近 Y 轴。计数长度值为 $83\,\mu\text{m}$,加工指令记为 $NR4$,因起割点在第四象限内,逆时针方向切割。

4.2.3.6 圆弧 F_cF_b 的切割。取原点为 $O(0, 0)$,起割点 $F_c(16.603, -24.9163)$,切割至点 $F_b(16.603, 24.9163)$ 。计数方向为 GX ,因其终点靠近 Y 轴。计数长度值为 $26\,677\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $NR4$,因起割点在第四象限内,逆时针方向切割。

4.2.3.7 圆弧 F_bE_b 的切割。取原点 $O_{1b}(0, 0)$,起割点 $F_b(0.083, 0.125)$,切割至 $E_b(0, 0.15)$ 。计数方向记为 GX ,因终点在 Y 轴上。计数长度值为 $83\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $NR1$,因切割起点在第一象限内,逆时针方向切割。

4.2.3.8 线段 E_bE_a 的切割。取原点 $E_b(0, 0)$,也是起割点,切割至 $E_a(-33.04, 0)$ 。计数方向为 GX ,因线段处在 X 轴上。计数长度值为 $33\,040\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $L3$,因线段处在第二、三象限,且位于 X 轴上。

4.2.3.9 圆弧 E_aF_a 的切割。取原点 $O_{1a}(0, 0)$,起割点 $E_a(0, 0.15)$,切割至 $F_a(-0.083, 0.125)$ 。计数方向为 GX ,因终点靠近 Y 轴。计数长度值为 $83\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $NR2$,因起割点在第二象限内,逆时针方向切割。

4.2.3.10 沿着线段 F_aO ,工具电极丝返回。取原点也是起割点 $F_a(0, 0)$,返回至

$O(16.603, -24.9163)$, 计数方向为 GY , 因终点靠近 Y 轴。计数长度值为 $24\,916\,\mu\text{m}$, 即 F_aO 在 Y 轴上的投影长度。加工指令记为 $L4$, 因线段处在第四象限内。

4.2.4 凹片线切割程序单。

程序段序号	加工程序
1	B16603 B24916 B24916 $GY\ L2$
2	B16603 B24916 B26677 $GX\ NR2$
3	B B150 B83 $GX\ NR3$
4	B33040 B B33040 $GX\ L1$
5	B83 B125 B83 $GX\ NR4$
6	B16603 B24916 B16677 $GX\ NR4$
7	B B150 B83 $GX\ NR1$
8	B33040 B B33040 $GX\ L3$
9	B83 B125 B83 $GX\ NR2$
10	B16603 B24916 B24916 $GY\ L4$
11	MJ

4.3 上机操作实践步骤

4.3.1 开机。合上机床电源空气开关, 接通总电源。松开急停键, 启动机床数控系统。

一旦出现死机或无法返回加工主菜单时, 可同时按下 Ctrl 、 Alt 和 Delete 键, 重启机床数控系统。

4.3.2 上丝操作步骤: 按下贮丝筒急停键, 并断开“检查断丝开关”; 把工具电极丝盘, 套上上丝电动机轴上, 并锁住; 用摇手柄将贮丝筒手动转至极限位置处。从丝盘上拉出一丝头, 绕过介轮、导轮等, 用紧固螺钉把丝头固定于贮丝筒端面上; 然后, 将丝筒顺时针转几圈后, 启动上丝电动机, 以拉紧电极丝, 防止电极丝松散、乱丝。手动摇转贮丝筒, 将电极丝依次密排绕上贮丝筒, 至丝筒轴向长度 $10\sim 15\text{ mm}$ 宽度后, 取下摇手柄, 松开急停键, 把贮丝筒调节旋钮转至第一档, 即转速最慢一档; 按下贮丝筒启动键, 开始自动绕丝。

接近绕完时, 按下贮丝筒急停键, 将电极丝拉紧后, 关掉上丝电动机, 把丝头用螺钉紧固在贮丝筒端面上, 防止松散、乱丝。

手动上丝时, 不启动贮丝筒电动机, 手动摇转贮丝筒, 匀速转动, 上满丝筒。

4.3.3 穿丝操作步骤: 按下丝筒急停键, 把张丝支架拉至机床前面处, 用插销固定好。拉出丝筒上电极丝一端线头, 拉紧并绕过各导轮、定滑轮、导电块, 回到贮丝筒, 再用螺钉把丝头固定在丝筒端面上。手动转动丝筒, 反向转几圈, 使电极丝两端都有足够长度绕在丝筒上。

拨去固定张丝支架的插销, 让支架在平衡锤重力作用下移至平衡点为止。穿丝操作完毕。

4.3.4 按工件切割厚度, 调整行程挡块。手动转动贮丝筒, 使平绕在丝筒上的电极丝长度, 两端均有若干贮丝量, 约为 $5\sim 8\text{ mm}$ 丝筒轴向长度为止。

松开一侧行程挡块, 移至紧靠换向开关的适当位置后固定好; 用同样方法调整好电极丝的另一端。两挡块间的间距, 即为工具电极丝的往返行程长度。

4.3.5 设置机床坐标系操作步骤: 光标移至主菜单中的“手动操作”菜单的“撞极

限”子功能;按下 F2 键,移动机床 X 轴至负极限,就自动建立了 X 轴坐标;同理,按下 F4、F6 和 F8 键,分别建立起 Y 轴、U 轴和 V 轴的坐标;再将光标移至“手动操作”菜单的“设零点”子功能,按下 F5 键,在当前坐标系下,将各轴坐标同时设为零。

这样,就建立起了机床坐标系。

4.3.6 程序编辑、输入和校对。光标移至加工主菜单“文件”中的“编辑”子功能,按下 F3 键,创建新文件,输入文件名,用键盘输入加工程序;光标移至“保存”子功能,将程序保存到磁盘上;光标移至加工主菜单中的“装入”子功能,调用磁盘上的加工程序;光标移至加工主菜单上“校验画图”子功能,数控系统就自动进行校对。如果正确无误,CRT 屏上即显示零件图形。

光标移至加工主菜单“运行”中的“模拟运行”子功能,机床将模拟实际加工轨迹空运行。这时,工作台上未装上工件,贮丝筒、工艺液、脉冲电源均尚未启动。

4.3.7 电极丝走丝方向的找正操作步骤:擦净机床工作台台面和找正器基面与外侧面。按工件切割厚度调整好 Z 轴高度后锁定。找正器底面(基面)紧贴工作台台面,纵、横向与 X、Y 轴平行;用手持操作盒移动 X、Y 轴,让电极丝接近找正器侧面,但未触及。光标移至加工主菜单“手动”中的“接触感知”子功能,按下 F7 键启动高频脉冲电源,产生微弱放电,并启动丝筒;光标移至加工主菜单“手动”方式下,用手持操作盒低速移动电极丝慢慢接近找正器侧面,直至出现微弱放电火花为止,观察火花的均匀度,即可鉴定电极丝走丝方向的倾斜度。用手持操作盒点动移动 U 轴或 V 轴,直至火花在找正器垂直面上均匀一致为止。

4.3.8 工件的定位、装夹。因工件尺寸较小,采用如图 1.3 所示的两侧定位安装,一侧为双螺栓-压板,另一侧为单螺栓-压板固定之。

用带架千分表找正各面间的垂直度和平行度。

加工时,工件表面上置一磁钢,以吸住切下的料头,不致走动、变形或下落。

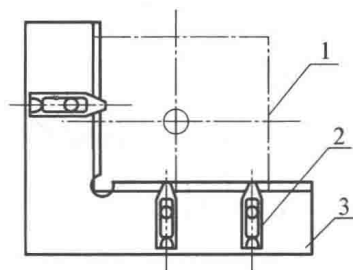


图 1.3 折角定位安装

1-工件;2-螺栓-压板;3-折角支架

4.3.9 工艺参数的选用和调整。

电极丝材料:钼丝;

电极丝直径: $\phi 0.12 \text{ mm}$;

走丝速度: 6 m/s ;

空载电压: 80 V ;

脉冲宽度: $8 \mu\text{s}$;

脉冲间隔: $30 \mu\text{s}$;

平均电流: 1.5 A 。

工艺液:乳化液(含油量 5%)。

4.3.10 切割完毕。关掉操作面板上的电源键(OFF),最后,关掉总电源空气开关;拆下工件,用游标卡尺检查工件的实际尺寸,是否介于设计图规定的尺寸公差范围内,作出适用性结论,工件是否合格。

4.3.11 将机床、用具擦拭干净,工具放归原处;机床工作台台面上擦上 N15 号机械油,以防锈蚀。

实验 2 数控脉冲电火花线切割加工(二)

嵌镶块的切割加工(凸片)

1 目的与要求

掌握嵌镶块配合件间隙补偿量计算和分配的原则与方法;
掌握配合件节点计算的基本原则和具体步骤;
掌握数控脉冲电火花线切割加工的编程方法;
掌握数控脉冲电火花线切割机床的基本操作要领与实践技能。

2 设备与用具

DK77 系列型数控脉冲电火花线切割机床;
游标卡尺(读数值 0.02 mm);
带架千分表(读数值 0.001 mm);
走丝方向找正器。

3 辅助用品

200 号溶剂汽油、脱脂棉纱布、N15 机械油、注油壶。

4 实验内容讨论

4.1 坯料准备

图 1.4 为嵌镶块凸片制造图。

4.1.1 读图。了解图面设计要求和条件。选用毛坯材料为 Q235 热轧板料,厚度为 6 mm,切割性能较好。图面上尺寸齐全,精度要求适当。

4.1.2 坯料尺寸。取 70×60 mm 矩形板料。

4.1.3 预加工。

4.1.3.1 在平面磨床上磨平上下两平面和相邻两侧面,保证该两侧面与上下平面相互垂直。

4.1.3.2 退磁。

4.2 编写切割程序

根据图 1.4 凸片制造图规定的设计要求,编写线切割加工工艺程序,按五指令 3B 代码程序格式编写。本实验为切割嵌镶块凸片,除图纸上已标定的转角外,所有转角处,均以半径 0.15 mm 圆弧过渡。

4.2.1 间隙补偿量计算。凸片的间隙补偿量:

$$f_{\text{凸}} = r_{\text{丝}} + \delta = 0.06 + 0.01 = 0.07(\text{mm})$$

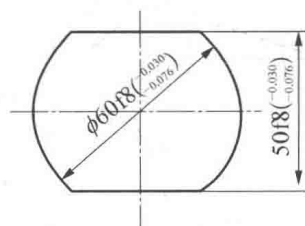


图 1.4 嵌镶块-凸片制造图

其中:取火花放电单侧间隙为 0.01 mm;取工具电极丝直径为 $\phi 0.12$ mm。

4.2.2 节点坐标计算。

4.2.2.1 工具电极丝中心的进给路线。由图 1.4 可知,凸片轮廓的圆弧直径编程值为: $\phi 59.977$ mm,则半径 R 为 29.988 5 mm。因是切割外轮廓,所以须加上切割时的凸片间隙补偿量 0.07 mm。即 $R + f_{\text{凸}} = 29.988 5 + 0.07 = 30.058 5(\text{mm})$,即工具电极丝中心线在 $O(0, 0)$ 坐标系中的位置。所以图 1.5 也是工具电极丝中心的进给路线图。

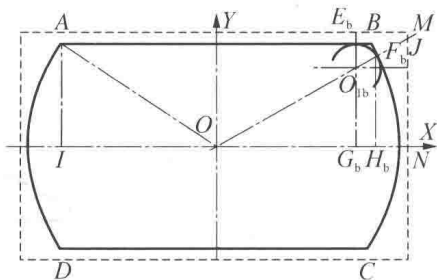


图 1.5 凸片转折点的节点

4.2.2.2 由图 1.5 可知, $\sin \angle AOI = AI/AO = 25.058 5/30.058 5 = 0.833 66$,所以 $\angle AOI = 56.4763^\circ$ 。从而直角边 $OI = 30.058 5 \times \cos 56.4763^\circ = 16.6(\text{mm})$ 。所以点 A 的坐标为 $A(-16.6, 25.058 5)$ 。

4.2.2.3 取各转角处的过渡圆弧半径: $r = 0.15$ mm, 则

$$OO_{1b} = 30.058 5 - 0.15 = 29.908 5(\text{mm})$$

$$O_{1b}G_b = 25.058 5 - 0.15 = 24.908 5(\text{mm})$$

而 $\cos \angle OO_{1b}G_b = O_{1b}G_b/OO_{1b} = 24.908 5/29.908 5 = 0.832 8$, 所以 $\angle OO_{1b}G_b = 33.61^\circ$ 。则 $OG_b = OO_{1b} \times \sin \angle OO_{1b}G_b = 29.908 5 \times \sin 33.61^\circ = 16.555 4(\text{mm})$ 。

4.2.2.4 $\triangle OF_bH_b \sim \triangle OO_{1b}G_b$, 则 $OF_b:OO_{1b} = OH_b:OG_b = F_bH_b:O_{1b}G_b$ 所以 $OH_b = OF_b \times OG_b/OO_{1b} = 30.058 5 \times 16.555 4/29.908 5 = 16.638 4(\text{mm}) \cdots \cdots X_{F_b}$

$$F_bH_b = OF_b \times O_{1b}G_b/OO_{1b} = 30.058 5 \times 24.908 5/29.908 5 = 25.033 4(\text{mm}) \cdots \cdots Y_{F_b}$$

从而, E_b 点的坐标为 $E_b(16.555 4, 25.058 5)$; F_b 点的坐标为 $F_b(16.638 4, 25.033 4)$; OO_{1b} 点的坐标为 $OO_{1b}(16.555 4, 24.908 5)$ 。

4.2.2.5 由数控系统的镜像功能(Mirror Image,轴对称原理),其余各角 A、C、D 相应点的坐标如下:

$$E_a(-16.555 4, 25.058 5), F_a(-16.638 4, 25.033 4), O_{1a}(-16.555 4, 24.908 5);$$

$$E_c(16.555 4, -25.058 5), F_c(16.638 4, -25.033 4), O_{1c}(16.555 4, -24.908 5);$$

$$E_d(-16.555 4, -25.058 5), F_d(-16.638 4, -25.033 4), O_{1d}(-16.555 4, -24.908 5)。$$

4.2.3 切割线段的工艺分析。

4.2.3.1 线段 MF_b 的切割。起割凸片时,工具电极丝中心处在 M 点上,该点称为起割点。因坯料长度为 70 mm,所以 $ON = 35$ mm(见图 1.6)。则 NP 为起割点 M 的间隙补偿量 0.07 mm,故 $OP = 35.07$ mm。

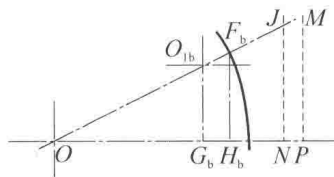


图 1.6 起割点 M 的位置

$$OM = 35.07/\sin 33.61^\circ = 63.36(\text{mm})$$

$$OM - OF_b = 63.36 - 30.058 5 = 33.301 9(\text{mm}), \text{即 } MF_b = 33.301 9(\text{mm})。$$

按相对坐标取值,则 M 点为原点 $M(0, 0)$,切割至 $F_b(-18.433 8, -27.734 6)$ 。计数方

向为 GY , 因绝对值 $Y_{F_b} > X_{F_b}$, 线段 MF_b 靠近 Y 轴。计数长度为 $27\,735\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $L3$, 因所加工线段处在第三象限内。

4.2.3.2 圆弧 F_bF_c 的切割。切割圆弧时, 以该圆弧的圆心为原点 $O(0, 0)$, 起割点 $F_b(16.638\,4, 25.033\,4)$, 切至 $F_c(16.638\,4, -25.033\,4)$ 。其计数方向为 GX , 因其终点靠近 Y 轴。计数长度为 $2(OF_b - OH_b) = 26.840\,2\,\text{mm} = 26\,840\,\mu\text{m}$ 。加工指令记为 $SR1$, 因起割点 F_b 在第一象限内, 且顺时针方向切割。

4.2.3.3 圆弧 F_cE_c 的切割。以圆心 O_{1c} 为原点 $O_{1c}(0, 0)$, 起割点 $F_c(0.083, -0.125)$, 切至 $E_c(0, -0.15)$ 。计数方向为 GX , 因圆弧终点靠近 Y 轴。计数长度为 $83\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $SR4$, 因起割点在第四象限内, 且顺时针方向切割。

4.2.3.4 线段 E_cE_d 的切割。取原点 $E_c(0, 0)$, 切至 $E_d(-33.111, 0)$ 。计数方向为 GX , 因线段处在 X 轴上。计数长度为 $33\,111\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $L3$, 因线段在第三象限, 且在 X 轴上。

4.2.3.5 圆弧 E_dF_d 的切割。取原点 $O_{1d}(0, 0)$, 起割点 $E_d(0, -0.15)$, 切割至点 $F_d(-0.083, -0.125)$ 。计数方向为 GX , 因 F_d 点靠近 Y 轴。计数长度为 $83\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $SR3$, 因起割点在第三象限内, 顺时针方向切割。

4.2.3.6 圆弧 F_dF_a 的切割。取原点 $O(0, 0)$, 起割点 $F_d(-16.638\,4, -25.033\,4)$, 切至点 $F_a(-16.638\,4, 25.033\,4)$ 。计数方向为 GX , 因终点靠近 Y 轴。计数长度为 $26\,840\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $SR3$, 因起割点在第三象限, 顺时针方向切割。

4.2.3.7 圆弧 F_aE_a 的切割。取原点 $O_{1a}(0, 0)$, 起割点 $F_a(-0.083, 0.125)$, 切至 $E_a(0, 0.15)$ 。计数方向为 GX , 因终点在 Y 轴上。计数长度为 $83\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $SR2$, 因起割点在第二象限内, 顺时针方向切割。

4.2.3.8 线段 E_aE_b 的切割。取原点 $E_a(0, 0)$, 也是起割点, 切至点 $E_b(33.111, 0)$, 计数方向为 GX , 因线段处在 X 轴上。计数长度为 $33\,111\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $L1$, 因线段在第一象限, 且在 X 轴上。

4.2.3.9 圆弧 E_bF_b 的切割。取原点 $O_{1b}(0, 0)$, 起割点 $E_b(0, 0.15)$, 切至 $F_b(0.083, 0.125)$ 。计数方向为 GX , 因其终点靠近 Y 轴。计数长度为 $83\,\mu\text{m}$ 。加工指令为 $SR1$, 因起割点在第一象限内, 顺时针方向切割。凸片切割完成。

4.2.4 凸片线切割程序单。

程序段序号	加工程序
1	B18434 B27735 B27735 GY L3
2	B16638 B25033 B26840 GX SR1
3	B83 B125 B83 GX SR4
4	B33111 B B33111 GX L3
5	B B150 B83 GX SR3
6	B16638 B25033 B26840 GX SR3
7	B83 B125 B83 GX SR2
8	B33111 B B33111 GX L1
9	B B150 B83 GX SR1