

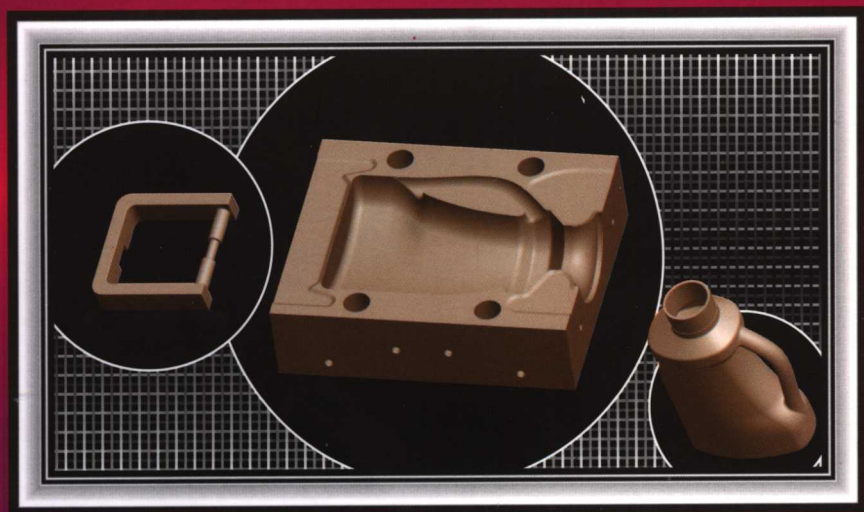


随书附光盘

梁庆 田佩林 金祖峰 编著

模具数控铣削加工 工艺分析与操作案例

MUJU SHUKONG XIXUE JIAGONG
GONGYI FENXI YU CAOZUO ANLI



化学工业出版社

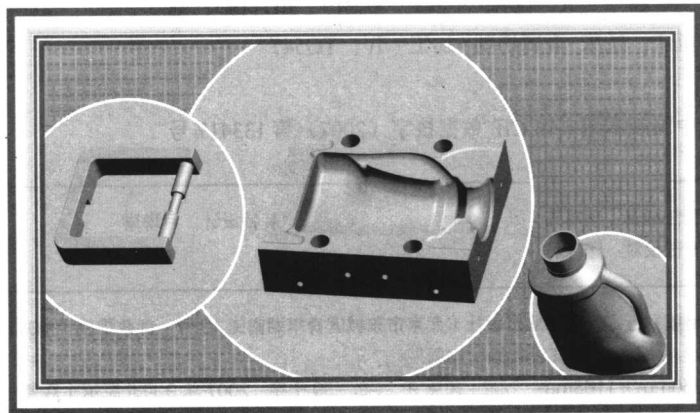
随书附光盘

梁庆 田佩林 金祖峰 编著

模具数控铣削加工

工艺分析与操作案例

MUJU SHUKONG XIXUE JIAGONG
GONGYI FENXI YU CAOZUO ANLI



化学工业出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

模具数控铣削加工工艺分析与操作案例 / 梁庆, 田佩林, 金祖峰编著. —北京: 化学工业出版社, 2007.9
ISBN 978-7-122-01048-3

I. 模… II. ①梁…②田…③金… III. 模具-数控机床: 铣床-金属切削-加工 IV. TG547

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 133417 号

责任编辑: 李军亮

装帧设计: 尹琳琳

责任校对: 陈 静

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: 化学工业出版社印刷厂

850mm×1168mm 1/32 印张 9 字数 259 千字 2007 年 9 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: 22.00 元

版权所有 违者必究

前 言

社会的发展和科学技术的进步,使得塑料、五金制品的应用几乎遍布各个领域。而所有这些领域所应用到的产品,大多是要通过塑料、五金等模具来生产的。模具是相关产业社会化大生产中最为重要的一个环节,理所当然也得到了长足的发展和进步。

伴随着我国的经济的发展,模具的总体水平得到了前所未有的提高,也大大地缩短了与世界强国的距离。我国的制造业在全世界占据着举足轻重的地位,因此产生了社会对模具产业人才的大量需求,同时也对模具产业人才的水平提出了更高的要求。模具生产的工艺水平及科技含量的高低,已成为衡量一个国家科技与产品制造水平的重要标志,它在很大程度上决定着产品的质量、效益、新产品的开发能力,决定着一个国家制造业的国际竞争力。加入世贸组织后,中国正在逐步变成“世界制造中心”,为了增强竞争力,制造企业已开始广泛使用先进的数控技术来生产制造模具,模具制造已成为先进制造技术的一个重要组成部分。为了顺应形势的需要,满足广大模具制造技术人员和管理人员的需求,我们编写了《模具机械加工工艺分析与操作案例》、《模具数控铣削加工工艺分析与操作案例》、《模具数控电火花成型加工工艺分析与操作案例》、《模具数控电火花线切割加工工艺分析与操作案例》一系列图书,希望能对模具加工行业人员技术水平的提高有所帮助。

本书是根据我们多年实际工作中积累的经验编写而成的,采用了通俗的语言、详细的引导、对比的说明,使得读者更易于吸收。本书所列实例,全部经过生产验证,所给数据也都来自于实际的模具加工,读者可以参考使用。本书内容详细、齐全,只要读者能够认真地学习本书,加以吸收、消化,并能在实际模具生产中的应用,相信将有助于提高模具制造技术水平。

本书以模具数控铣削加工工艺为主线,详细、系统地讲解了作为

模具加工人员在实际工作过程中所应具备的知识。本书语言通俗易懂，可供模具制造业相关加工技术人员参考，也可供职业院校模具专业的师生参考。

本书在编写过程中，得到了深圳市嘉达机械厂 CNC 部、东莞振鹏塑胶模具厂设计部、广西诚基永信工程公司产品研发部、南宁燎旺车灯有限责任公司设计部、南宁职业技术学院机电系等单位提供的大量信息技术和宝贵的意见，在此一并表示衷心的感谢！

由于作者水平所限，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

编者

目 录

第 1 章 模具数控铣削加工工艺基础	1
1.1 模具加工的特点	1
1.2 模具数控加工的技术要点	2
1.3 模具数控铣削加工的特点	3
1.4 数控铣削加工工序的划分	5
1.5 模具数控铣削加工对象及适用范围	7
1.6 模架数控铣削加工工艺	11
1.6.1 模架制造基本工艺	12
1.6.2 模架的材料、毛坯及热处理要求	14
1.6.3 模架的加工要求	14
1.6.4 模架平板类零件的数控铣削加工工艺	16
1.7 型腔数控铣削加工工艺	16
1.7.1 模具材料的选择与应用	16
1.7.2 模具型腔的加工工艺	20
1.8 型心数控铣削加工工艺	23
1.9 铜公(电极)数控铣削加工工艺	25
1.9.1 分铜公的目的	26
1.9.2 分铜公的原则	37
1.9.3 铜公加工的难易程度分析	38
1.9.4 铜公的加工和要求精度	39
1.9.5 拆分铜公对降低制造成本的影响	41
1.9.6 拆分铜公对加工工序的安排及影响	41
1.9.7 拆分铜公对总的加工速度平衡的影响	43
1.9.8 拆分铜公对减少人为误差的影响	43
1.10 滑块数控铣削加工工艺	48
1.10.1 导滑槽的加工	48
1.10.2 型心滑块的加工	49
第 2 章 模具数控铣削加工参数选择	51
2.1 数控铣削加工刀具的种类及特点	51

2.1.1 数控铣削刀具的种类	51
2.1.2 数控铣削加工刀具的特点	62
2.1.3 典型刀具材料及工艺范围	63
2.2 数控刀具刀柄系统	64
2.3 数控加工刀具的选择	67
2.4 切削用量的选用	68
2.5 模具数控加工刀具的选用	70
2.6 数控铣削刀具选择实例	72
2.7 实际加工中的注意事项	74
2.7.1 数控铣削刀具的选择注意事项	74
2.7.2 铣削刀具的使用注意事项	75
2.7.3 模架加工注意事项	75
2.7.4 型腔加工注意事项	75
2.7.5 型心加工注意事项	77
2.7.6 电极(铜公)加工注意事项	78
2.7.7 滑块加工注意事项	79
2.7.8 其他注意事项	80
第3章 塑料注射模具数控铣削加工工艺分析与操作案例	83
3.1 型腔数控铣削加工	83
3.2 型心数控铣削加工	111
3.3 铜公(电极)数控铣削加工	127
3.4 滑块数控铣削加工	144
3.5 模架数控铣削加工	159
第4章 中空吹塑模具数控铣削加工工艺分析与操作案例	198
第5章 压铸模具数控铣削加工工艺分析与操作案例	220
第6章 钣金模具数控铣削加工工艺分析与操作案例	248
附录 模具常用名词对照	270
参考文献	272

第 1 章

模具数控铣削加工工艺基础

模具是工业生产的重要工艺装备。由于用模具加工成形零部件,具有生产效率高、质量好、节约原材料和能源、成本低等一系列优点,它已成为当代工业生产的重要手段和工艺发展方向。改革开放以来,中国模具工业发展十分迅速,国民经济的高速发展对模具工业提出了越来越高的要求,也为其发展提供了巨大的动力。近些年来,中国模具工业一直以每年 17% 左右的增长速度快速发展。

模具是目前应用数控加工最为广泛的一个行业,而模具的数控加工有其自身的特点。模具制造是一个生产周期要求紧迫,技术手段要求较高的复杂生产过程。模具数控加工主要的工作流程是:建立或获取客户的产品数据模型,在产品模型的基础上进行面向制造的设计;根据设计的结果,选配合适的模架,设计必要的电极,生成生产所需的数据模型和图样;编程部门根据模具的设计模型进行工艺分析,为型心、型腔和电极及镶块加工编制数控程序。

1.1 模具加工的特点

模具的制造是单件生产,每一副模具都是一个新项目,有着不同的结构特点,每一个模具的开发都是一项创造性的工作。模具的开发并非最终产品,而是为新产品的开发服务。而一般企业的新产品开发在数量、时间上并不固定,从而造成模具生产具有随机性强、计划性差、客户变动大、产品变化多等特点。因此,对模具制造企业的人员有更高的要求,要求模具企业的员工必须能快速反应,也就是要有足够的基础知识和实践经验。

随着新产品开发的周期越来越短,而模具又是新产品开发费时最

多的项目之一，模具开发的周期也随之缩短，因此从模具报价到设计制造过程都要有很快速的反应。特别是模具制造过程必须要快，才能达到客户的要求。所以要求模具的加工工序应高度集成，并优化工艺过程，在最短的加工工艺流程中完成模具的加工。

模具结构不确定。模具需要按制件的形状和结构要素进行设计，同时由于模具所成形的产品往往是新产品，所以在模具开发过程中经常需要更改，或者在试模后对产品的形状或结构做调整，而这些更改需要进行重新加工。同时，模具具有结构复杂、型面复杂、精度要求高、使用的材料硬度高的特点。因此，应用数控加工进行模具制造可以大幅度提高加工精度、减少人工操作、提高加工效率、缩短模具制造周期。另外，模具的数控加工具有一定代表性，并比普通产品的数控加工有更高的要求。

1.2 模具数控加工的技术要点

模具为单件生产，很少有重复开模的机会。因此，数控加工的编程工作量大，对数控加工编程人员和操作人员就有更高的要求。

① 模具的结构部件多，而且数控加工工作量大，模具通常有模架、型腔、型心、镶块或滑块、电极等部件需要通过数控加工成形。

② 模具的型腔面复杂，而且对成形产品的外观质量影响大，因此在加工型腔表面时必须达到足够的精度，尽量减少，最好能避免钳工修整和手工抛光工作。

③ 模具部件一般需要多个工序才能完成加工，应尽量安排在一次安装下全部完成，这样可以避免因多次安装造成的定位误差并减少安装时间。通常模具成形部件包括粗铣、精铣、钻孔等加工，并且要使用不同规格的刀具进行加工。合理安排加工次序和选择刀具就成为提高效率的关键之一。

④ 模具的精度要求高。通常模具的公差范围要达到成形产品的 $1/10 \sim 1/5$ ，而在配合处的精度要求更高，只有达到足够的精度，才能保证不出现溢料，所以在进行数控加工时必须严格控制误差。

⑤ 模具通常是“半成品”，还需要通过钳工修整或其他加工，如

电火花加工等。因此,在加工时要考虑到使后续工序加工方便,如为后续工序提供便于使用的基准等。

⑥ 模具材料通常要用到硬度很高的钢材,如压铸模具所用的 H13 钢材,通常在热处理后硬度会达到 52~58HRC,而锻压模具的硬度更高。所以,在数控加工时必须采用高硬度的硬质合金刀具,选择合理的切削用量进行加工,最好用高速铣削进行加工。

⑦ 标准化是提高效率、缩短加工时间的有效途径。对于模具而言,尽量采用标准件可以减少加工工作量。同时,在模具设计制造过程中使用标准的设计方法,如将孔的直径标准化、系列化,可以减少换刀次数,提高加工效率。

⑧ 程序化是指对模具的数控程序应建立一套完善的程序,按既定的方法和步骤进行数控加工,可以减少或防止错误。

⑨ 合理安排数控加工与普通加工,对某些既可以使用普通机床加工,又可以通过数控机床加工成形的零件,需综合考虑其加工时间、加工成本以及机床的加工能力,进行统筹安排,一般应按数控机床的加工能力优先安排数控加工。同时,在顺序安排上,也应该优先服从数控机床的加工时间。

⑩ 模具电极的加工:在模具加工中,对于尖角、筋条等部位,无法用机床加工到位,以及某些特殊要求的产品,需要进行电火花加工,而电火花加工要用到电极。电极加工时需要设置放电间隙。模具电极通常采用紫铜或石墨。石墨具有易加工、电加工速度快、价格便宜的特点,但在数控加工时,石墨粉尘对机床的损害极大,要配有专用的吸尘装置或者浸在液体中进行加工,需要用专用数控石墨加工中心。

1.3 模具数控铣削加工的特点

模具制造是典型的单件小批量生产,以前主要采用普通手动设备进行生产,遇到复杂自由曲面或难以加工部分就采用仿形铣床与电火花机床进行生产。但由于仿形铣床加工精度较低,增加了抛光工作量和时间,且制作仿形增加了生产费用和时间,所以现代模具企业几乎都采用 CNC 机床、加工中心或者 CNC 电火花加工设备进行塑料模具

的生产。由于采用了 CNC 机床和加工中心等先进设备,模具的交货期限大大缩短,生产成本也降低了。数控加工技术是现代先进制造技术的一个重要组成部分,在现代模具制造业中具有重要的作用。掌握先进的数控加工技术是模具专业人才适应社会飞速发展的关键。

本书主要介绍 CNC 数控铣削加工(包括数控铣床、加工中心加工,也称 CNC 加工),其加工机理和普通铣床的加工基本上是一样的,唯一不同的是普通铣床的加工是人工操作的,而 CNC 加工是自动进给加工的。CNC 加工在模具制造中有着非常重要的地位,是应用最广泛的加工方式。目前,它在某种意义上说是一家模具企业加工能力、加工质量、加工速度的象征,有着举足轻重的影响。

数控铣床和加工中心在编程上并没有实质性的区别,只是加工中心比数控铣床多了自动换刀装置,可以自动换刀连续加工(即可以在粗加工到精加工的过程中自动换刀,并一次加工完成,避免了多次拆装刀具造成的误差)。在编制程序时,只要将数控铣床加工的多个程序组合起来并添加自动换刀程序,即可用于加工中心上完成连续加工。即使不对程序做自动换刀的修改,也可以将数控铣床的程序用于加工中心上,但此时的加工中心就等于数控铣床。

从 20 世纪 80 年代中期开始,制造技术进入了一个全面发展的新时期,其特点是以提高切削速度和进给速度为目标,主要内容包括高速主轴单元、快速进给和高加(减)速度的驱动系统、高性能的快速 CNC 控制系统、高刚性的机床结构、超硬刀具材料和涂层工艺技术等。目前市场上现有的高速铣削加工机床主轴的最高转速为 40000~60000r/min,在 X、Y、Z 坐标轴方向的最大工作进给速度提高到 24~30m/min。高速加工的基本出发点是高速低负荷状态下的切削,与低速高负荷状态下的切削相比能够更快地切除材料。低负荷切削意味着可减小切削力,从而减少切削过程中的振动和变形。与普通机床加工相比,高速加工采用全新的加工工艺,从刀具、切削参数到走刀路径的选择及程序的编制都不同于传统加工。它在提高工件的加工质量和效率、降低加工成本方面的优势是显而易见的,如可以获得很高的表面质量,容易实现零件精细结构的加工而避免了大量电极的制造和耗时的放电加工。同时,简化了生产工序,使大部分工作都集中在高速加

工中心上完成。数控高速铣削的特点是:

① 转速高 ($n=10000\sim60000\text{r/min}$)、进给速度快 (5m/min 以上)、背吃刀量小 ($0.3\sim0.6\text{mm}$ 之间, 特殊情况下可在 0.1mm 以下)、切削行间距小 (0.2mm 以下), 刀具在切削加工时与工件材料接触的时间极短, 所以产生的切削热也相当低。工件被切削时产生的内应力极小, 可以进行精度较高的薄壁类零件加工, 配用合适的刀具还可以实现一些传统方法难以实现的加工, 如难切削材料 (淬硬钢、石墨、钛合金) 的加工、一些微小结构 (小孔、细槽) 的铣削加工。

② 切削加工过程中刀具所承受的切削力小, 提高了刀具的使用寿命并降低了机床的维护成本。

③ 加工后的零件表面粗糙度可达到 $R_a0.2\mu\text{m}$, 减少了模具抛光占用的时间, 极大提高了模具生产效率。以模具加工为例, 高速加工的模具生产周期至少缩短 60%, 成本下降约 30%。而且高速加工的模具比电火花加工的模具表面质量更佳, 使用寿命更长。

不难看出, CNC 加工对现代模具制造效率、精度等方面的提高起到了至关重要的作用。

在模具成形零件的制造过程中, 在编制好数控程序后利用 CAM 软件, 先在计算机上模拟加工过程, 以检验数控程序的正确性。在确认数控程序没有错误后, 可通过与计算机连接的局域网以直接数控 (DNC) 方式将数控程序传送至选定的 CNC 机床或加工中心上进行加工。工作流程如下。

产品图→构建立体图→编写刀具路径→输入联机电脑→在机床上对刀分中→输入和设定各种坐标系→机床按照刀具路径开始进行加工→完成加工。

1.4 数控铣削加工工序的划分

模具零件加工质量的要求相对较高, 往往不可能通过一道工序达到其要求, 而要通过几道工序逐步达到所要求的加工质量。为保证加工质量和合理地使用设备、人力, 零件的数控铣削加工过程通常按工序性质不同分为粗加工、半精加工、精加工三个阶段。

① 粗加工阶段 其任务是切除毛坯上大部分多余的材料,使毛坯在形状和尺寸上接近成品零件,目的是提高生产率。

② 半精加工阶段 其任务是使主要表面达到一定的精度,留有一定的精加工余量,为主要表面的精加工(如精铣、精磨)做好准备。另外,可完成一些次要表面的加工,如扩孔、攻螺纹、铣键槽等。

③ 精加工阶段 其任务是保证各主要表面达到规定的尺寸精度和表面粗糙度要求,主要目标是全面保证加工质量。

数控铣削加工一般按工序集中原则划分工序,划分方法如下。

① 按所用刀具划分 以同一把刀具完成的那部分工艺过程为一道工序,这种方法适用于工件的待加工表面较多、机床连续工作时间较长、加工程序的编制和检查难度较大等情况。加工中心常用这种方法划分。

② 按安装次数划分 以一次安装完成的那部分工艺过程为一道工序,这种方法适用于加工内容不多的工件,加工完成后就能达到待检状态。

③ 按粗、精加工划分 即粗加工中完成的那部分工艺过程为一道工序,精加工中完成的那部分工艺过程为一道工序。这种划分方法适用于加工后变形较大,粗、精加工需分开的零件,如毛坯为铸件、焊接件或锻件。

④ 按加工部位划分 即以完成相同型面的那部分工艺过程为一道工序,对于加工表面多而复杂的零件,可按其结构特点(如内形、外形、曲面和平面等)划分成多道工序。

数控铣削加工工序通常按下列原则安排。

① 基面先行原则。用作精基准的表面应优先加工出来,因为定位基准的表面越精确装夹误差就越小。例如:轴类零件加工时,总是先加工中心孔,再以中心孔为精基准加工外圆表面和端面。又如箱体类零件总是先加工定位用的平面和两个定位孔,再以平面和定位孔为精基准加工孔系和其他平面。

② 先粗后精原则。各个表面的加工顺序按照粗加工→半精加工→精加工→光整加工的顺序依次进行,逐步提高表面的加工精度,减小表面粗糙度值。

③ 先后主次原则。零件的主要工作表面、装配基面应先加工，以便及早发现毛坯中主要表面可能出现的缺陷。次要表面可穿插进行，放在主要加工表面加工到一定程度后，最终精加工之前进行。

④ 先面后孔原则。对箱体、支架类零件，平面轮廓尺寸较大，一般先加工平面，再加工孔和其他尺寸，这样安排加工顺序，一方面可用加工过的平面定位，稳定可靠；另一方面在加工过的平面上加工孔比较容易，并能提高孔的加工精度，特别是钻孔，孔的轴线不易偏。

⑤ 数控加工工序与普通工序的衔接。数控工序前后一般都穿插有其他普通工序，如果衔接不好容易产生矛盾，因此必须解决数控工序与非数控工序之间的衔接问题。最好的方法是建立相互状态要求，例如：是否需要为后道工序留加工余量，留多少；定位面与孔的精度要求及形位公差等。其目的是达到能相互满足加工需要，且质量目标与技术要求明确，交接验收有依据。关于手续问题，如果是在同一个车间，可由编程人员与主管该零件的工艺员协商确定，在制定工序工艺文件中互审会签，共同负责；如果不在同一个车间，则应用交接状态表进行规定，共同会签，然后反映在工艺规程中。

1.5 模具数控铣削加工对象及适用范围

在箱体、壳体类机械零件的加工中，特别是模具型腔的加工中，数控铣床的加工量占有很大的比重。数控铣床主要用于加工平面和曲面轮廓的零件，还可以加工复杂形面的零件，如凸轮、样板、模具、螺旋槽等。同时，也可以对零件进行钻、扩、铰、镗和镗孔加工。

数控铣削机床的加工对象与数控机床的结构配置有很大关系。它通常分为以下几种结构。

① 立式结构的铣床：一般适用于加工盘、套、板类、立体曲面类等零件。一次装夹后，可对上表面进行铣、钻、扩、镗、铰、攻螺纹等工序以及内外轮廓的加工。

② 卧式结构的铣床：一般都带有回转工作台，一次装平后可完成除安装面和顶面以外其余四个面的各种工序加工，适用于箱体类零件加工。

③ 万能式数控铣床：主轴可以旋转 90° 或工作台带着工件旋转

90°，一次装夹后可以完成对工件 5 个表面的加工。

④ 龙门式铣床：适用于大型零件的加工。

在此我们主要介绍立式结构的数控铣削机床在模具加工中的应用。数控铣削加工在模具加工中的应用主要有以下几个方面。

① 模架定模板、动模板的加工（见图 1-1、图 1-2）。

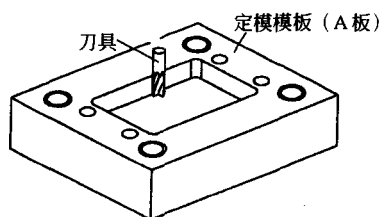


图 1-1 模架定模板的加工

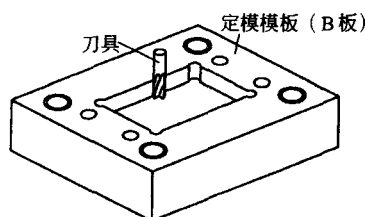


图 1-2 模架动模板的加工

② 滑块位的加工（见图 1-3）。

③ 定模型腔、动模型心的粗加工及精加工，分型面的加工（见图 1-4～图 1-9）。

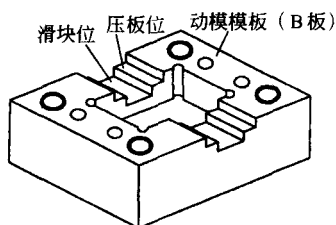


图 1-3 滑块位的加工

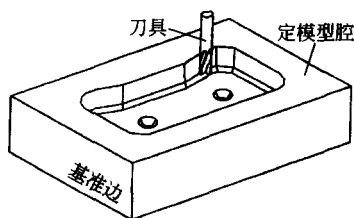


图 1-4 开关盖模具定模型腔加工

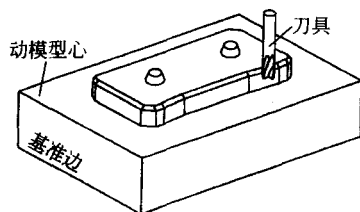


图 1-5 开关盖模具动模型心加工

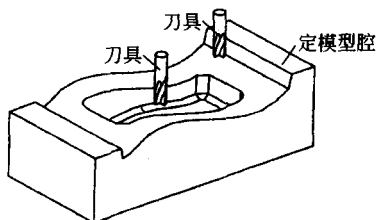


图 1-6 电源方盒模具定模型腔、分型面加工

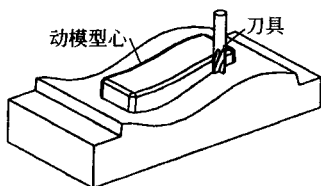


图 1-7 电源方盒模具动模型心、分型面加工

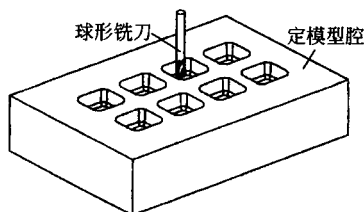


图 1-8 按钮垫模具定模型腔加工

④ 流道的加工 (见图 1-10、图 1-11)。

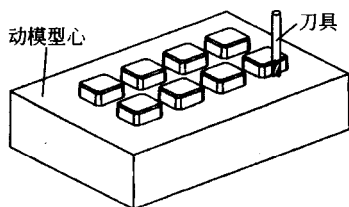


图 1-9 按钮垫模具动模型心、分型面加工

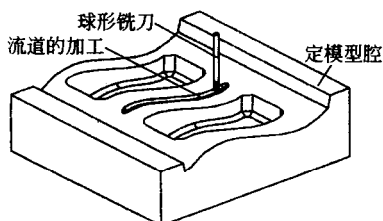


图 1-10 电源方盒模具流道加工

⑤ 各类铜公 (电极) 粗、精公的加工 (见图 1-12~图 1-15)。

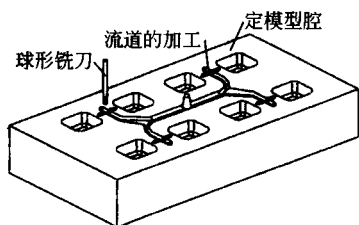


图 1-11 按钮垫模具流道加工

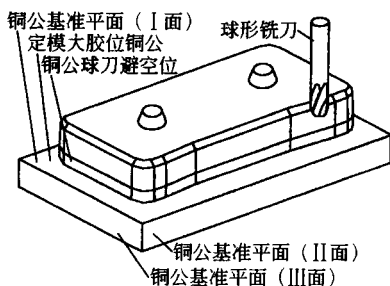


图 1-12 开关盖定模大腔位铜公加工

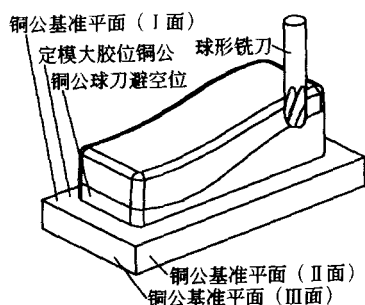


图 1-13 电源方盒定模大胶位铜公加工

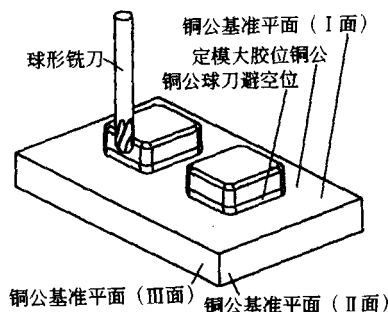


图 1-14 按钮垫定模大胶位铜公加工

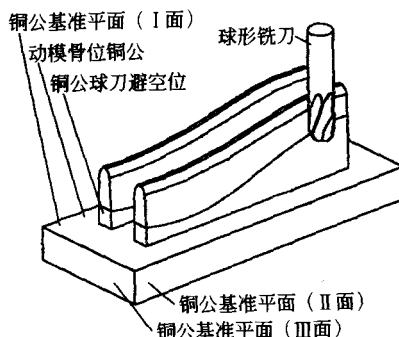


图 1-15 收音机底壳动模骨位铜公加工

CNC 加工用的刀具要求都比较高，刀具的各项尺寸精确、质量高、加工不易磨损，再加上它是自动进给，自动走刀，所以，CNC 加工出来的表面很光滑，各部位的尺寸也很精确，如果没有加工“死角”，它加工出来的型心可以不必再进行电火花加工而直接使用。CNC 加工的速度和效率都很高，因为它是自动走刀，刀具可以不间断地进行切削加工，无论什么曲面（凹面、凸面、斜面、相惯面等）对 CNC 加工来说，几乎都可以完成，此外 CNC 加工中心机床还有自动换刀功能，所有这些都使得 CNC 加工的速度得到了大大提高，又因为 CNC 加工中心的加工是通过程序来控制的，只要机床、主轴、刀具条件允许，它的加工能力是非常强的，所以，通常情况下，它是模具厂模具加工的