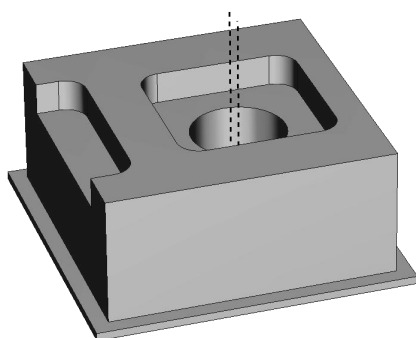


企业培训微教材



培训专题：数控车铣复合加工

培训单元：凹模零件工艺设计与编程加工

微教材创作说明

本教学点采用线上线下混合式教学，线上学习时需要数控加工工艺、FANUC 用户编程手册、FANUC 操作说明书等专业资料来辅助，线下实操训练时需要以实训任务书为依据指导学生进行实训。本教材可作为线上视频课的辅助资料及线下实操的实训手册。

《数控加工工艺与装备》课程是数控技术专业的核心课程，主要以生产过程中各类典型零件为载体，具体介绍工艺过程设计和工艺装备使用方法。车铣复合凹模零件作为加工中心典型零件之一，是本课程的重要组成部分，主要包括零件图分析、工艺过程设计、加工程序编制、零件数控加工等四个教学点。通过“车铣复合凹模零件工艺过程设计及加工”教学点的学习，使学生掌握车铣复合凹模零件工艺过程设计思路和编程方法，生产过程中能够根据具体车铣复合凹模零件合理设计工艺和程序，并操作数控机床完成零件的加工。

在“互联网+教育”背景下，学习的边界被跨越，为满足学生可以随时随地获取优质的数字化资源，进行自主、泛在、交互、协作式学习需求。本教材在编写过程中积极引入“二维码”进行视频、课件等媒体链接，满足手机端阅读观看需求，实现学生由“玩手机”到“用手机”的转变。本着实用性的原则，本教材引入企业真实车铣复合凹模零件为项目载体展开编写，并配套 VMC850E 操作视频，能够满足企业对学生的专业技能需求，建议教学时长为 4 学时。

微教材使用说明

本精品课面向对象应掌握机械识图、数控工艺、数控编程等专业基础知识，熟悉 VMC850E 加工中心的基本操作方法（可观看资源包中加工中心操作方法的视频）。学习者在线上视频学习和线下实操过程均可使用本教材作为参考，锻炼自己针对具体车铣复合凹模零件进行工艺设计和数控加工

的技能。教师在教学过程中可将本教材作为辅助资料，于课前推送给学生进行预习观看，了解车铣复合凹模零件的加工工艺过程，也可在课上作为教学案例进行使用。

本教材是线上视频课程和线下实操练习的辅助参考资料，学习者可参照本教材完成线上学习，然后针对指定车铣复合凹模零件尝试进行工艺设计和程序编制；也可以参照本教材对类似车铣复合凹模零件的工艺方案进行实施，即现场操作加工中心完成零件加工，从而掌握车铣复合凹模零件的数控加工技能。

本教材是学习辅助资料，使用过程中，学习者应善于思考和总结，不仅仅局限于教材的设计思路，努力做到具体情况具体分析。另外建议学习者独立完成线下实训环节，以便通过实践掌握技能，通过实践积累经验，真正达到学以致用的目的。

微教材教学点说明

车铣复合凹模零件是机器中经常遇到的典型零件之一。车铣复合凹模零件一般由腔体、孔等要素组成，且尺寸精度、形状精度、位置精度和表面粗糙度均有要求。车铣复合凹模内配合部分尺寸精度通常要求较高，为 IT5~IT7，而非配合部分尺寸精度一般要求较低，为 IT6~IT9；车铣复合凹模的几何形状精度主要是指基准面的平面度，配合孔的圆柱度等，一般将其公差限制在尺寸公差范围内；车铣复合凹模的位置精度主要由连接件在机械中的位置和功用决定。鉴于车铣复合凹模零件应用广泛、技术要求全面、工艺设计方面具有典型性，能够覆盖常用的铣削工艺知识，因此，这里选取“车铣复合凹模零件工艺过程设计与加工”开发了精品课。

本教材围绕数控铣工职业岗位核心能力，以零件具体加工过程为主线，依据国家专业标准对相应知识点和技能点进行重构组合，最终设计了车铣复合凹模零件图分析、工艺过

程设计、加工程序编制、零件加工与检验等 4 个教学点。通过“零件图分析”教学点学习，使学生掌握机械制图基础知识和机械识图方法，能够读懂中等复杂度零件图，能对真实车铣复合凹模零件进行测绘，通过拓展训练进一步读懂中等复杂程度的装配图；通过“工艺过程设计”教学点学习，使学生掌握车铣复合凹模零件毛坯的种类和应用特点、常见刀具的种类和选择方法、常见夹具的种类和应用场合、切削过程和走刀路线的设计方法、切削参数的概念和选择方法等，在今后的专业技术工作中，能够针对中等复杂程度的具体车铣复合凹模零件设计工艺过程；通过“加工程序编制”教学点学习，使学生掌握 FANUC 系统常见编程指令的格式和用法，能够熟练编制车铣复合凹模零件内外轮廓的加工程序；通过“零件加工与检验”教学点学习，使学生掌握数控加工中心操作和精度检验方法，熟悉零件加工过程，积累加工经验，培养处理实际问题的能力，针对具体零件能够熟练操作加工中心完成零件加工。

精品课中四个教学点的设计有机融合，完整描述了零件加工过程，基本覆盖了数控铣工岗位中的识图、工艺设计、编程、机床实操等核心知识点和技能点。通过对教学点进行线上学习和线下训练，为数控加工中心职业岗位核心能力的培养奠定坚实基础。

微教材同步教学实施说明

为保证微教材在课前、课上、课后都能得到充分利用，教师在教学过程中应积极应用信息化教学手段。课前，教师可通过“雨课堂”、“蓝墨云班课”等教学软件创建班级，并积极推送微教材和相应资源包，引导学习者参照微教材对视频课内容进行预习；课上，教师可利用微教材和视频课讲述车铣复合凹模零件工艺分析及编程加工的全过程，使学生牢牢掌握重要的教学知识点，特别注重学生学以致用能力的

培养；课后，学习者可以利用微教材对上课内容进行巩固复习，并以此为参考完成作业零件的工艺编程及加工。

本教材是线上视频课程和线下实操练习的辅助资料，教师可引导学习者参照本教材完成线上学习，特别是零件图分析、工艺设计和数控编程部分；教师也可以参照本教材指导学生在数控加工中心上进行线下实操训练，使学生掌握数控加工中心操作技能和车铣复合凹模零件加工要领，为今后从事相关技术岗位的工作奠定基础。

一、线上教学内容

（一）车铣复合凹模零件图分析

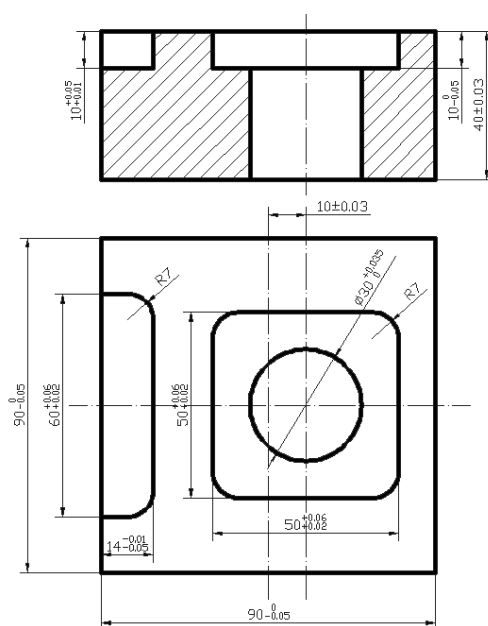


图1 车铣复合凹模零件图

图1所示车铣复合凹模零件，主要有方形腔体、半封闭腔体、孔等要素组成。其中 $14_{-0.05}^{+0.01}$ 与方形腔体 $50_{+0.02}^{+0.06}$ 尺寸精度为IT8级，凸台高度 $10_{+0.01}^{+0.05}$ 精度要求不是很高，表面粗糙度要求为Ra3.2。

（二）车铣复合凹模工艺过程设计

1. 毛坯选择

零件材料为铝合金，没有特殊的性能要求，而且最大尺寸为 $90\times 90\times 40\text{mm}$ ，外形规则，故选择毛坯形状为方形，各面尺寸放大 5mm 。在保证加工余量足够的前提下兼顾经济性原则，同时考虑到毛料的实际规格，最后确定毛坯尺寸规格为 $100\times 100\times 45\text{mm}$ ，如图 2 所示。

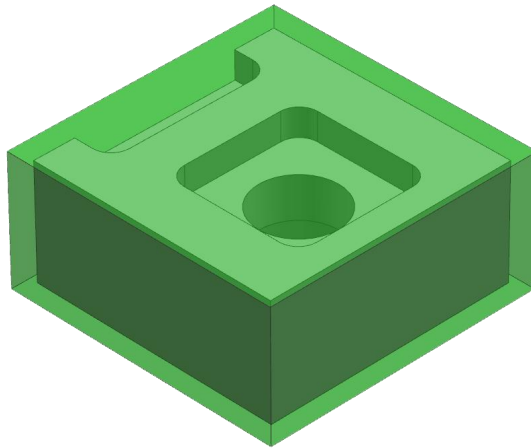


图 2 车铣复合凹模毛坯

2. 机床选择

由于该零件形状简单，材料加工性能较好，故选择数控铣削加工方式即可满足要求。考虑到零件的尺寸规格，同时兼顾车间设备的实际情况，这里选用 VMC850E 数控加工中心进行加工，如图 3 所示。



图 3 数控加工中心

3. 选择刀具

该零件加工要素包括圆弧面、孔，因此加工过程中相应选择 3 把刀具，具体如下：

T01 $\phi 50$ 面铣刀加工零件表面

T02 $\phi 20$ 立铣刀加工零件外形

T03 $\phi 10$ 立铣刀加工零件腔体

T04 $\phi 12$ 钻头加工 $\phi 30$ 底孔

4. 装夹方案确定

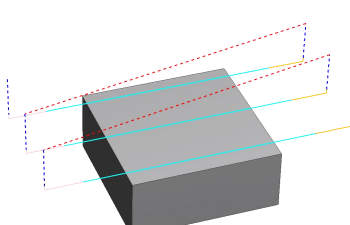
本次加工的零件为规整的车铣复合凹模零件，所以选择平口钳进行装夹，考虑到加工部分的高度为 40MM，为保证加工安全，工件露出钳口大于 42MM。

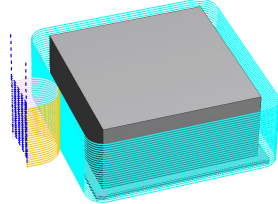
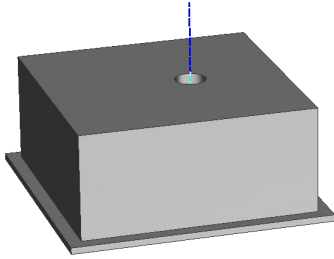
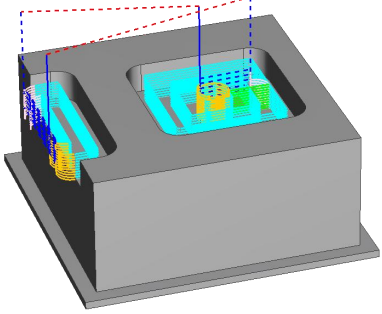
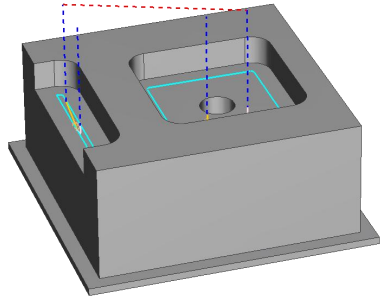
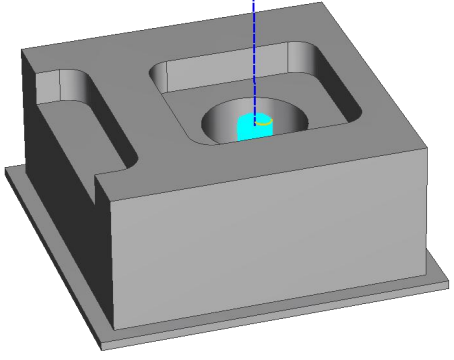


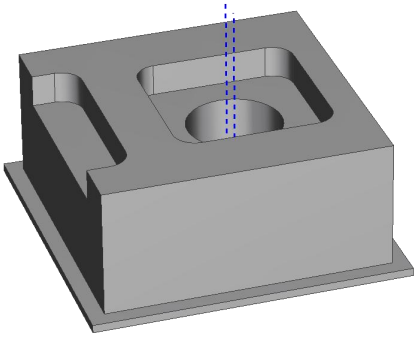
图 4 装夹工件

5. 加工顺序设计

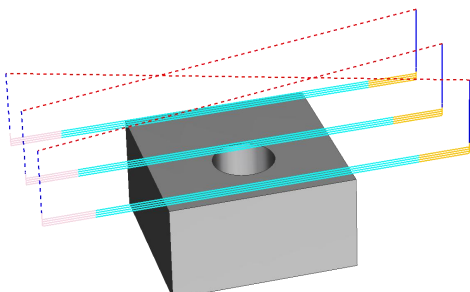
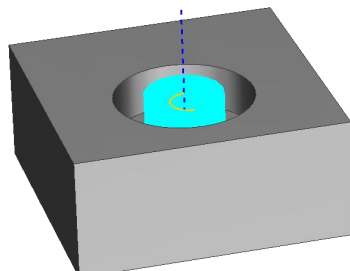
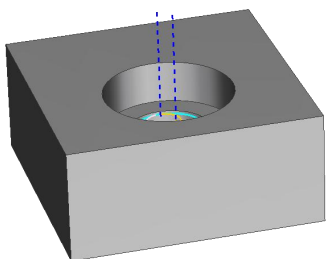
装夹零件侧面，根据使用刀具不同分为 7 个工步：

工步号	工步内容	示意图
1	用 $\phi 50$ 面铣刀加工表面	

2	用 $\Phi 20$ 立铣刀粗精加工零件外轮廓	
3	用 $\Phi 12$ 钻头加工底孔	
4	用 $\Phi 10$ 立铣刀粗加工腔体部分	
5	用 $\Phi 10$ 立铣刀精加工腔体部分	
6	用 $\Phi 20$ 立铣刀粗加工 $\Phi 30$ 孔	

7	用 $\phi 20$ 立铣刀精加工 $\phi 30$ 孔	
---	-----------------------------------	--

翻面，装夹，分为 3 个工步

工步号	工步内容	示意图
1	用 $\phi 50$ 面铣刀加工零件表面	
2	用 $\phi 20$ 立铣刀粗加工 $\phi 46$ 台阶孔	
3	用 $\phi 20$ 立铣刀精加工 $\phi 46$ 台阶孔	

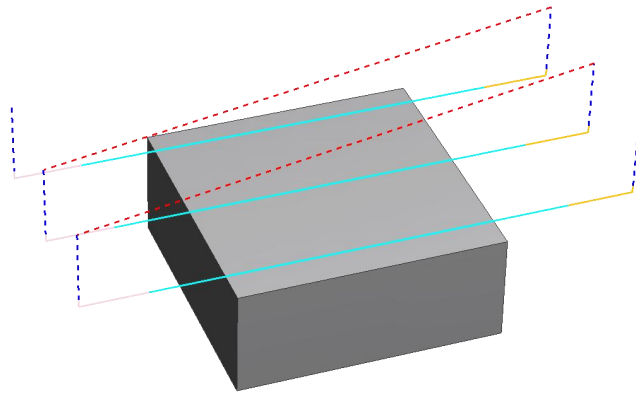
6. 切削用量选择

切削用量包括切削速度、进给量和背吃刀量。具体的参数选择如下：

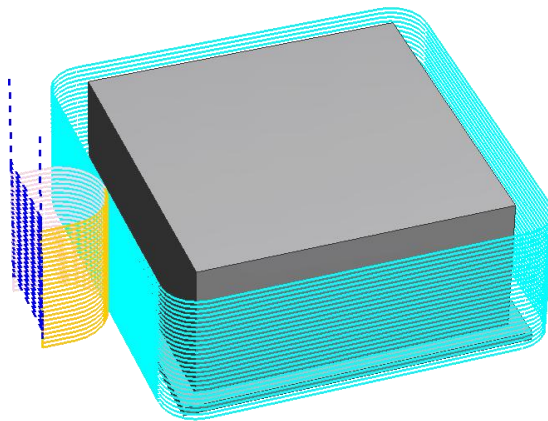
加工内容	刀具	主轴转速 (r/min)	进给速度 (mm/min)	背吃刀量 (mm)
铣上下表面	$\phi 50$ 面铣刀	1200	500	2
粗铣 90X90 外形轮廓	$\phi 20$ 立铣刀	2000	500	2
精铣 90X90 外形轮廓	$\phi 20$ 立铣刀	2000	1000	0.5
钻 $\phi 30$ 底孔	$\phi 12$ 钻头	1000	200	3
粗铣腔体	$\phi 10$ 立铣刀	5000	800	2
精铣腔体	$\phi 10$ 立铣刀	5000	500	0.5
粗铣 $\phi 46$ 和 $\phi 30$ 孔	$\phi 20$ 立铣刀	2000	500	2
精铣 $\phi 46$ 和 $\phi 30$ 孔	$\phi 20$ 立铣刀	2000	1000	0.5

（三）程序编制

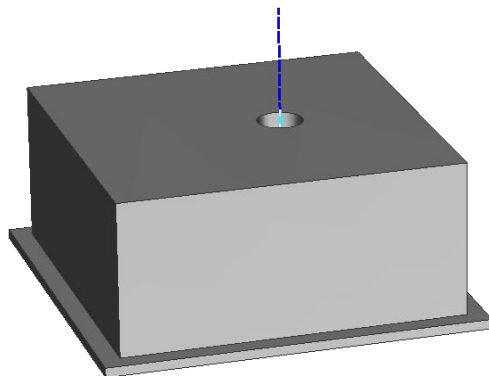
根据加工顺序要求，先用首先使用面铣编制铣削表面程序，铣削时注意表面见光即可，不能铣削太深以免高度不足影响后序加工。



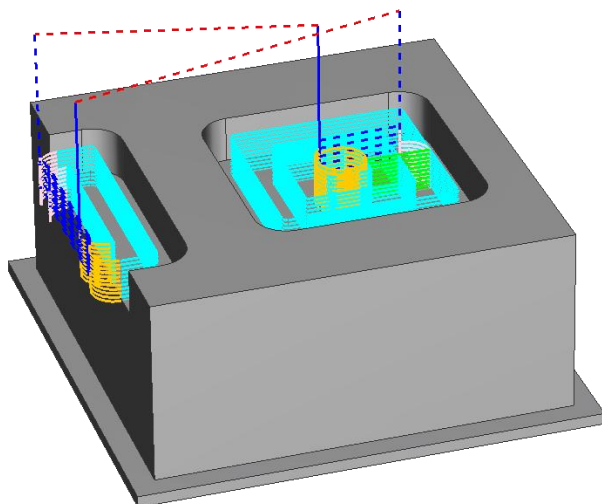
然后使用平面轮廓铣工序,用 $\phi 20$ 立铣刀加工外轮廓,铣削时注意铣削的深度要大于 40mm, 保证翻面加工时铣削平面后仍保留足够的量。



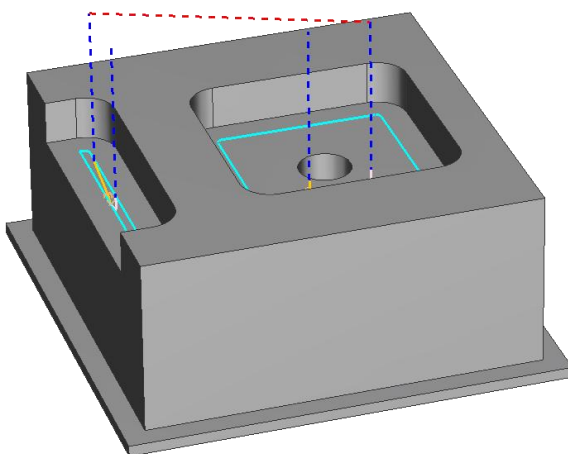
然后用 $\phi 12$ 钻头打 $\phi 30$ 底孔。



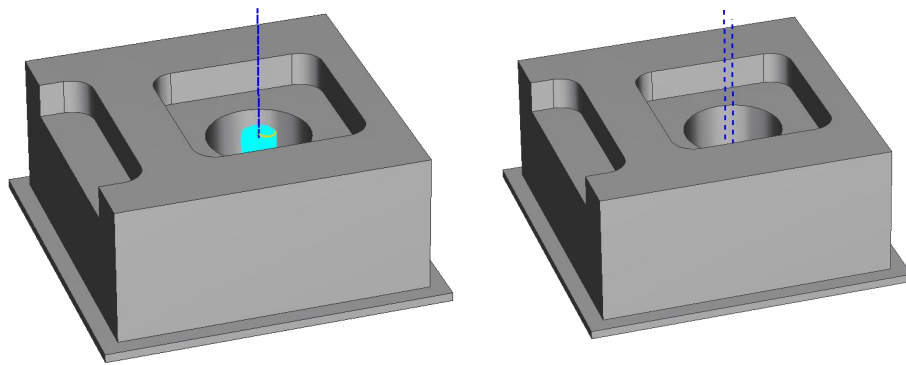
然后采用型腔铣工序加工腔体部分，由于是封闭区域要注意螺旋进刀，以免发生踩刀。



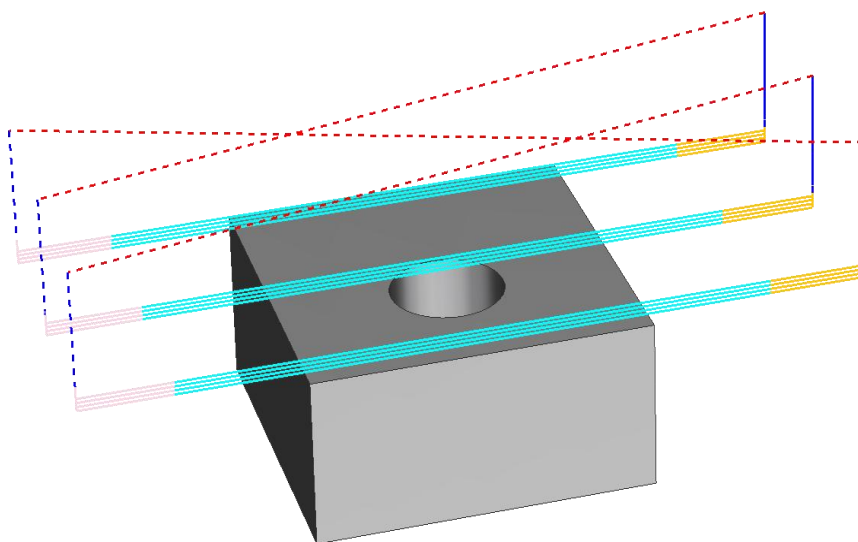
然后采用面铣命令，使用 $\phi 10$ 立铣刀，精加工腔体底面：



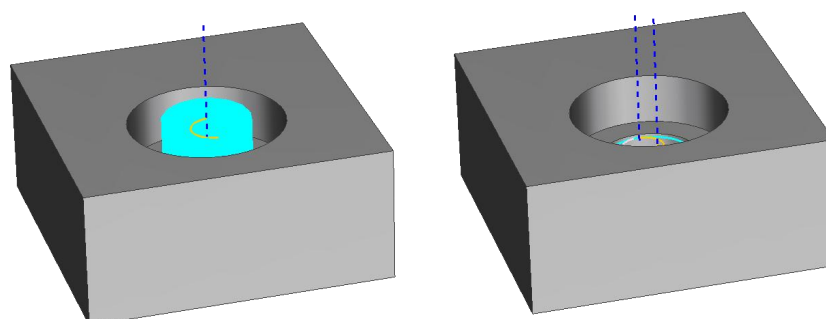
用 $\phi 20$ 立铣刀粗精加工 $\phi 30$ 孔：



翻面加工，装夹加工的 90×90 外轮廓，用面铣工序去除底面余量：



用 $\phi 20$ 立铣刀粗精加工 $\phi 46$ 台阶孔：



测试题

1. 根据图纸凸模的方形凸台尺寸为 $50_{-0.06}^{-0.02}$ ，凹模的方形凸台为 $50_{+0.02}^{+0.06}$ ，那么他们的配合种类属于？
A、过渡配合 B、间隙配合 C、过盈配合 D、紧密配合
2. 切削加工车铣复合凹模时，考虑刀具的变形情况， $\phi 30$ 孔形状最可能出现？
A. 椭圆形 B. 上粗下细形 C. 上细下粗形 D. 方形
3. $\phi 50$ 的面铣刀铣削平面时，发现表面接刀处有台阶可能是？
A. 刀具有磨损
B. 机床 XY 轴不垂直
C. 主轴与工作台不垂直
D. 冷却不到位
4. 普通麻花钻的刀尖锥角是？
A. 118-120 B. 50-100 C. 45-90 D. 30-50
5. 为什么建议封闭区域要螺旋进刀？
6. 根据前面学习，简述车铣复合凹模零件加工流程。

二、线下教学内容

请同学们在数控加工中心上进行实操训练，完成零件加工并填写实训工单。

车铣复合凹模零件加工实训工单					
姓名： 专业班级： 日期：					
一、加工准备					
二、简述工件安装方法和注意事项					
三、简述铣刀的对刀过程，并记录对刀数值。					
四、简述程序读入方法。					
五、合理选择量具检验零件加工精度，并填写工件质量评分表。					
序号	考核内容及要求	评分标准	配分	检测结果	得分
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					

系列微教材列表

(1) 数车：车铣复合凹模零件工艺过程设计及加工微教材

(2) 数车：套筒零件工艺过程设计及加工微教材

(3) 3 轴：车铣复合凹模零件工艺过程设计及加工微教材

(4) 4 轴：壳体零件工艺过程设计及加工微教材

(5) 4 轴：叶轮零件工艺过程设计及加工微教材

(6) 5 轴：吊挂框零件工艺过程设计及加工微教材

(7) 车铣复合：小轴零件工艺过程设计及加工微教材

(8) 车铣复合：堵盖零件工艺过程设计及加工微教材

(9) 车铣复合：凸模零件工艺过程设计及加工微教材

(10) 车铣复合：凹模零件工艺过程设计及加工微教材

本教材适于读者说明

1. 主要阅读对象

本教材适用于数控技术、机械制造及自动化等机械类相关专业的学生。

2. 拓展阅读对象

在职或意向机械加工人员。