



国家中等职业教育改革发展示范学校建设项目成果教材

GUOJIA ZHONGDENG ZHIYE JIAOYU GAIGE FAZHAN SHIFAN XUEXIAO JIANSHE XIANGMU CHENGGUO JIAOCAI

数控铣削 加工工艺与编程

刘欣欣 赵冬辉 主编



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

国家中等职业教育改革
发展示范学校建设项目成果教材

数控铣削加工工艺与编程

主 编 刘欣欣 赵冬辉
副主编 董双忠 白 迪
参 编 郎一民 黄医博 金 晶 马红军 龙 宇
张利梅 满 明 张 苑 程福顺 于晓昂
孙亚男



机械工业出版社

本书采用工作过程系统化方式,将数控工艺员和数控程序员必备的基本知识与技能分解到各个项目中,使读者能够在解决问题的过程中由浅入深地学习数控铣削加工工艺与编程知识与技能。

本书主要介绍与数控铣削加工相关的工艺与编程知识和技能,包括数控铣削工艺制订基础知识,数控铣削加工常用工、量、刃、辅具,加工路线选择,数控编程常用指令,工艺文件制订等内容。全书共分8个项目,包括平面及常见外轮廓加工工艺与编程,外轮廓加工工艺与编程,槽类零件加工工艺与编程,型腔、岛屿类零件加工工艺与编程,孔类零件加工工艺与编程,中等难度复合零件加工工艺与编程,工艺及编程案例分析和技能鉴定模拟。在理论知识的选择上,以易懂、够用为主;在实践技能的培养上,注重理论结合实践,有的放矢,使读者不仅能够学习到足够的理论知识,而且能结合实际,掌握一些实践技巧。

本书适合中等职业学校数控、机械加工等专业的学生学习,也可用于相关工种的职业技能培训使用。

图书在版编目(CIP)数据

数控铣削加工工艺与编程/刘欣欣,赵冬辉主编. —北京:机械工业出版社,2014.8

国家中等职业教育改革发展示范学校建设项目成果教材

ISBN 978-7-111-47493-7

I. ①数… II. ①刘…②赵… III. ①数控机床-铣床-金属切削-中等专业学校-教材②数控机床-铣床-程序设计-中等专业学校-教材
IV. ①TG547

中国版本图书馆CIP数据核字(2014)第170070号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)

策划编辑:汪光灿 责任编辑:黎艳

版式设计:赵颖喆 责任校对:张玉琴

封面设计:陈沛 责任印制:乔宇

北京机工印刷厂印刷(三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2014年10月第1版第1次印刷

184mm×260mm·11.5印张·250千字

标准书号:ISBN 978-7-111-47493-7

定价:32.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心:(010) 88361066 教材网:<http://www.cmpedu.com>

销售一部:(010) 68326294 机工官网:<http://www.cmpbook.com>

销售二部:(010) 88379649 机工官博:<http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线:(010) 88379203 封面无防伪标均为盗版



前言

QIANYAN



中等职业学校担负着培养初、中级技能型人才和高素质劳动者的任务。目前,在我国工业技术发展的新形势下,机械制造业发展迅猛,数控铣削加工技术逐步成为了加工制造领域中的一项关键技术。在这样的背景下,编者总结了自己在教学岗位上教学多年的心得体会,同时结合当前学校教学的实际要求和企业需求编写了本书。

本书采用项目化教学,全书共分8个项目,内容包括平面及常见外轮廓加工工艺与编程,外轮廓加工工艺与编程,槽类零件加工工艺与编程,型腔、岛屿类零件加工工艺与编程,孔类零件加工工艺与编程,中等难度复合零件加工工艺与编程,工艺及编程案例分析和技能鉴定模拟。各项目采用工作过程系统化方式展开,与企业生产过程保持一致。全书注重实用性,强调理论联系实际,并将各知识点与技能点分散到各个项目中进行介绍与讲解。本书采用交互式编排,对于讲解过的知识与技巧,在后面的相应位置通过留白的方式让读者自行完成,以培养学生的应用能力。本书在内容安排上注重实用技术与必要的基础知识的统一、应用思路与技巧的统一,文字简练,图文并茂,确保了扎实的培训效果。通过项目教学、任务引领,使读者在解决实际问题的过程中由浅入深地学习数控铣削加工工艺与编程的知识与技能。

本书由刘欣欣、赵冬辉任主编,董双忠、白迪任副主编,参与编写的还有郎一民、黄医博、金晶、马红军、龙宇、张利梅、满明、张苑、程福顺、于晓昂、孙亚男。在本书编写过程中参阅了国内相关文献、资料和教材,得到了许多专家和同行的支持与帮助,在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限,书中难免有错误和不妥之处,敬请读者批评指正。

编者



目录

MULU



前言

项目一 平面及常见外轮廓加工工艺与编程	1
任务一 大平面加工工艺与编程	1
任务二 八边形台加工工艺与编程	19
任务三 圆角台加工工艺与编程	32
项目二 外轮廓加工工艺与编程	45
任务一 十字台加工工艺与编程	45
任务二 双面加工工艺与编程	57
项目三 槽类零件加工工艺与编程	66
任务一 键槽加工工艺与编程	66
任务二 凹槽加工工艺与编程	76
任务三 沟槽加工工艺与编程	86
项目四 型腔、岛屿类零件加工工艺与编程	94
任务一 内轮廓加工工艺与编程	94
任务二 型腔加工工艺与编程	101
任务三 岛屿加工工艺与编程	109
项目五 孔类零件加工工艺与编程	116
任务一 钻孔和铰孔加工工艺与编程	116
任务二 螺纹和镗孔加工工艺与编程	129
任务三 铣孔加工工艺与编程	140
项目六 中等难度复合零件加工工艺与编程	149
任务一 综合练习一	149
任务二 综合练习二	153
项目七 工艺及编程案例分析	158
案例一 凸轮工艺分析	158
案例二 缸盖工艺分析	161



案例三 组合凸台程序分析·····	164
项目八 技能鉴定模拟·····	169
参考文献·····	178



项目一 平面及常见外轮廓 加工工艺与编程



项目目标 ○○○

熟练掌握零件图分析的基本内容、步骤以及数控铣削加工工艺制订步骤，了解粗、精加工走刀路线的确定原则和切削用量的确定方法，掌握 G54 ~ G59、M03/M05、S、F、T、G00/G01、M02、G41/G42/G40、G02/G03、G17/G18/G19 等指令的使用方法，熟练掌握华中 HNC-22M 型铣削数控系统模拟软件的基本操作方法。

具备分析简单零件图、确定走刀路线的能力，初步具备确定切削用量和填写工艺文件的能力，具备工艺执行能力，会应用所学指令进行简单零件加工程序编制，具备华中 HNC-22M 型铣削数控系统的基本操作能力。



项目要求 ○○○

- 1) 严格遵守工作步骤，进行规范化操作。
- 2) 加强安全和质量意识，能在工艺制订和编程中自觉加入安全和质量观念。
- 3) 对所学知识 with 技能进行认真分析与思考，广泛地同老师、同学进行讨论，开拓思维，激发创新精神。
- 4) 正确面对多方评价，并能客观地对自己进行评价；同时，能够从公正、客观的角度对合作伙伴进行评价。
- 5) 在项目进行中能够积极、高效地与老师、同学进行沟通与交流，并在团体活动中发挥积极作用。

任务一 大平面加工工艺与编程



任务描述 ○○○

通过完成本任务，了解数控铣削加工工艺的制订流程，掌握华中 HNC-22M 型铣削数控系统的基本操作方法，理解 G00/G01 指令的意义，并掌握其使用方法。



工艺制订 ○○○

一、图样分析

平面加工零件图如图 1-1 所示。



平面加工毛坯图如图 1-2 所示，毛坯已经由铣床加工至规定尺寸。

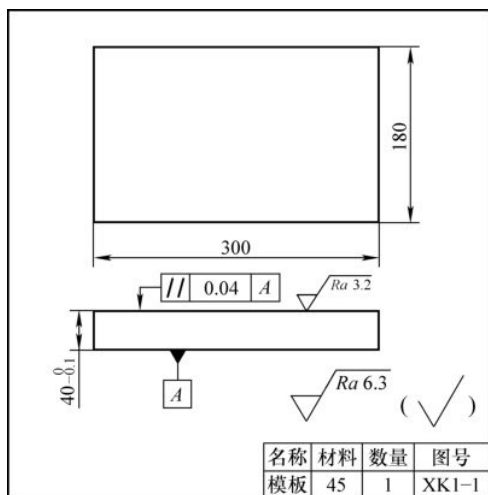


图 1-1 平面加工零件图

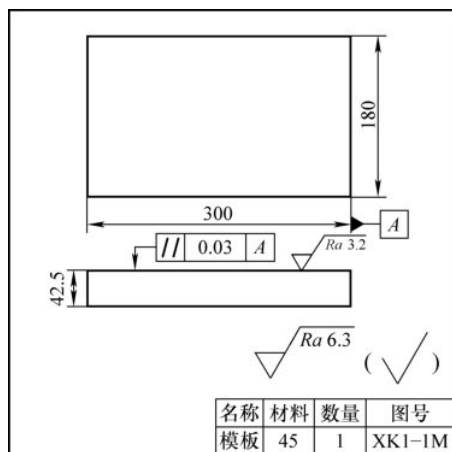


图 1-2 平面加工毛坯图

知识链接

图样分析的基本内容与目的

标题栏信息：名称一般情况下用于说明零件的用途；材料决定加工刀具的材质；数量基本能体现生产组织形式。

技术要求：一般来说是对图样中没有明确说明的事项的补充，如热处理、表面处理、未注表面粗糙度等。

图样基本信息：零件长、宽、高的最大尺寸，看是否超出机床的加工范围；毛坯外形、待加工部位及要求，明确加工部位及加工具体公差要求，进而确定定位基准，选择夹具、刀具尺寸、量检具等。

二、装夹方案的确定

(一) 定位基准的选择

选择与被加工表面相对的表面，即零件下表面为定位基准。

知识链接

定位基准选择的基本原则

- 1) 应保证定位基准的稳定性和可靠性，以确保工件表面之间的位置精度。



2) 力求与设计基准重合,也就是尽可能从相互间有直接位置精度要求的表面中选择定位基准,以减小因基准不重合而引起的误差。

3) 应使实现定位基准的夹具结构尽量简单,工件装卸和夹紧方便。

(二) 夹具的选择

夹具名称及规格: 机用虎钳, 6in 或 8in。



知识链接

机用虎钳简介

机用虎钳是一种机床通用附件,配合工作台使用,对加工过程中的工件起固定、夹紧和定位作用,如图 1-3 所示。机用虎钳是刨床、铣床、钻床、磨床、插床的主要夹具,广泛用于铣床、钻床上进行的各种平面、沟槽、角度等的加工。

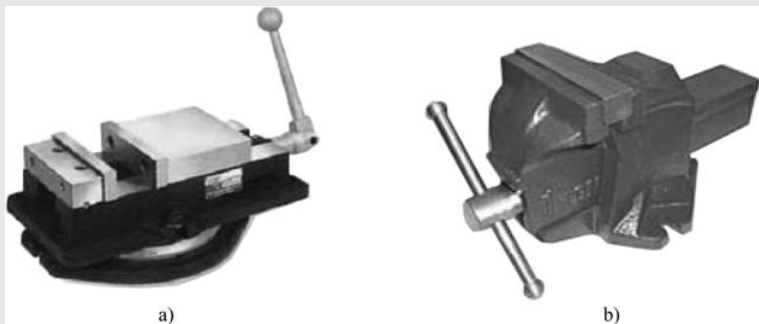


图 1-3 机用虎钳

三、刀具选择

(一) 刀具名称及规格

1) 面铣刀, $\phi 63\text{mm}$ 。

2) 面铣刀, $\phi 125\text{mm}$ 。

(二) 刀具类型及材质

机夹刀具, YT15 刀片。



知识链接

面铣刀简介

刀体质量轻,容屑空间大,排屑流畅,切削轻快,通用性好。其主切削刃分布在铣刀的圆柱面或圆锥面上,副切削刃分布在铣刀的端面上。

面铣刀主要用于加工较大的平面,如图 1-4a 所示。当连续铣削平面时,粗

铣时面铣刀的直径要小一点，精铣时面铣刀的直径要大一些，最好能包容待加工表面的整个宽度。

45°面铣刀的主偏角为45°，适用于各种面铣加工、倒角加工及过渡面加工等；90°面铣刀适用于台阶面和方肩侧壁的铣削，由于进给力很小，特别适合薄壁件的面铣，同时也可以用于一些开槽加工，如图1-4b所示；R型面铣刀切削刃强度高，随背吃刀量不同，其主偏角和切屑负载均会变化，且切屑很薄，适用于耐热合金及对敞开平面的加工，如螺旋插补铣、坡走铣和曲面铣，如图1-4c所示。

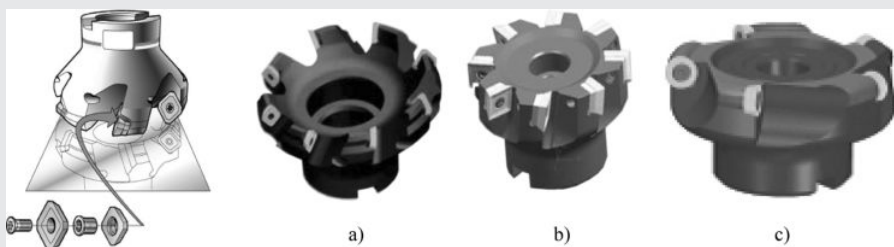


图1-4 面铣刀

a) 45°面铣刀 b) 90°面铣刀 c) R型面铣刀

四、量、检具的选择

(一) 量具名称及规格

- 1) 游标卡尺，0~100mm/0.01mm。
- 2) 游标高度尺，0~100mm/0.01mm。

(二) 检具名称及规格

- 1) 粗糙度样板， $Ra3.2\mu m$ 平铣样板、 $Ra6.3\mu m$ 平铣样板。
- 2) 平台，600mm×800mm/1级或2级。
- 3) 百分表，0~10mm/0.01mm。



知识链接

平行度检验方法——打表法

对于相对位置的上、下平面间的平行度，当表面的边长或直径不太大时，可以放在平台上用千分表、百分表、测微计等指示计进行测量，测量数值即为检验结果，这种方法称作打表法。打表法是生产中常用的检验方法之一，还可以用来测量平面度、垂直度、跳动等。

度为 80mm/min。

(2) 精加工 选择 $\phi 125\text{mm}$ 面铣刀，主轴转速为 600r/min，背吃刀量为 0.5mm，进给速度为 100mm/min。



知识链接

切削用量的选择

切削用量的选择包括主轴转速、进给速度、背吃刀量和侧吃刀量等参数的选取。

铣削加工的进给量是指刀具每旋转一周，工件与刀具沿进给方向上的相对位移量，其单位是 mm/r。

进给速度是单位时间内工件与铣刀在进给方向上的相对位移量，其单位是 mm/min。

切削用量的大小对切削力、切削功率、刀具磨损、加工质量和加工成本均有显著影响。数控加工中选择切削用量时，就是在保证加工质量和刀具寿命的前提下，充分发挥机床性能和刀具切削性能，使切削效率最高、加工成本最低。

七、工艺文件的填写

1. 数控加工工序卡片（表 1-1）

表 1-1 数控加工工序卡片

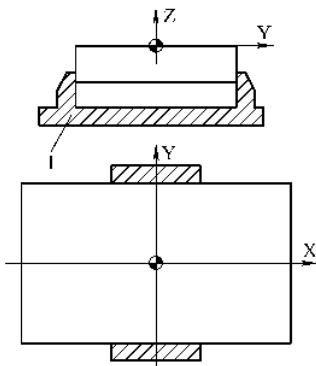
机加实训中心		数控加工工序卡片		产品名称	零件名称	零件图号		
					模板	XK1-1		
工序号	程序号			夹具名称	使用设备		车间	
一	O1101、O1102			机用虎钳	华中世纪星数控铣床		数控铣加工车间	
工步号	工步内容	刀具号	刀具规格 /mm	量具及检具	主轴转速 / (r/min)	进给速度 / (mm/min)	背吃刀量 /mm	备注
1	粗铣上表面	T01	$\phi 63$ 面铣刀	游标卡尺	500	80	2.0	
2	精铣上表面	T02	$\phi 125$ 面铣刀	游标卡尺、游标高度尺、粗糙度样板	600	100	0.5	
编制	马红军	审核	金晶	审批	刘欣欣	2013 年 2 月 5 日		共 1 页 第 1 页

2. 数控加工工件安装和原点设定卡片（表 1-2）



表 1-2 数控加工工件安装和原点设定卡片

机加实训中心	数控加工工件安装和 原点设定卡片	零件名称	零件图号	工序号	装夹次数
		模板	XK1-1	—	1



编制日期	审核日期	审批日期	第 1 页	1	机用虎钳	
2013 年 2 月 4 日	2013 年 2 月 4 日	2013 年 2 月 5 日	共 1 页	序号	夹具名称	夹具图号

3. 数控加工刀具卡片

(1) 数控加工刀具卡片 (表 1-3 和表 1-4)

表 1-3 数控加工刀具卡片 (一)

机加实训中心		数控加工刀具卡片		产品名称或代号			零件名称	
							模板	
零件图号	XK1-1			程序编号			O1101	
工步号	刀具号	刀具名称	刀具		半径 补偿值 /mm	长度 补偿值 /mm	备注	
			直径 /mm	长度 /mm				
1	T01	面铣刀	63	45				
编制	马红军	审核	金晶	审批	刘欣欣	2013 年 2 月 5 日	共 2 页	第 1 页

表 1-4 数控加工刀具卡片 (二)

机加实训中心		数控加工刀具卡片		产品名称或代号			零件名称	
							模板	
零件图号	XK1-1			程序编号			O1102	
工步号	刀具号	刀具名称	刀具		半径 补偿值 /mm	长度 补偿值 /mm	备注	
			直径 /mm	长度 /mm				
2	T02	面铣刀	125	58				
编制	马红军	审核	金晶	审批	刘欣欣	2013 年 2 月 5 日	共 2 页	第 2 页

(2) 数控加工刀具调整卡片 如果在加工中需要使用机夹刀具等, 还需填写刀具调整卡片, 见表 1-5 和表 1-6。

表 1-5 数控加工刀具调整卡片 (一)

机加实训中心		数控加工刀具调整卡片		型别		型材		零件图号	
零件名称			模板					XK1-1	
设备名称	数控铣床	设备型号	华中世纪星数控铣床			程序号	O1101		
毛坯材料	45	硬度	300 ~ 340HBW	工序名称	数控铣	工序号	—		
序号	刀号	刀具名称	刀具图号	刀具参数			刀补地址		加工部位
				刀片	刀尖半径	刀杆规格	半径	长度	
1	T01	45°面铣刀	(一)	硬质合金	0.4mm	BT40	01	01	上表面

刀具简图



(一)

更改栏					编程员			共 2 页
					工艺员			第 1 页
					工艺室主管			
	更改单号	更改编号	更改者	日期	主工艺师			

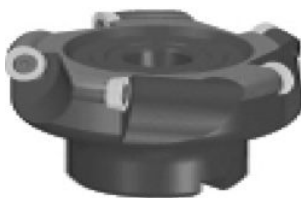
表 1-6 数控加工刀具调整卡片 (二)

机加实训中心		数控加工刀具调整卡片		型别		型材		零件图号	
零件名称			模板					XK1-1	
设备名称	数控铣床	设备型号	华中世纪星数控铣床			程序号	O1102		
毛坯材料	45	硬度	300 ~ 340HBW	工序名称	数控铣	工序号	—		
序号	刀号	刀具名称	刀具图号	刀具参数			刀补地址		加工部位
				刀片	刀尖半径	刀杆规格	半径	长度	
2	T02	R 型面铣刀	(二)	硬质合金	0	BT40	02	02	上表面



(续)

刀具简图



(二)

更改栏					程序员		共 2 页
					工艺员		第 2 页
					工艺室主管		
	更改单号	更改编号	更改者	日期	主工艺师		

4. 数控加工走刀路线图 (表 1-7 和表 1-8)

表 1-7 数控加工走刀路线图 (一)

机加实训中心		数控加工走刀路线图		零件图号	工序号	工步号	程序号		
				XK1-1	一	1	O1101		
机床 型号	华中世纪星 数控铣床	程序 段号	N30 ~ N110	加工 内容	粗铣上表面			共 2 页	第 1 页
<div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="text-align: center;"> <p>X-Y平面走刀示意图</p> </div> <div style="text-align: center;"> <p>Z-Y平面走刀示意图</p> </div> </div>							编 程	马红军	
							审 核	金晶	
							审 批	刘欣欣	
符号	⊙	⊗	⊙	○→	—→	- - -→	▬→		
含义	抬刀	下刀	编程 原点	起刀点	进给走 刀方向	快速走 刀方向	行切		

表 1-8 数控加工走刀路线图 (二)

机加实训中心		数控加工走刀路线图		零件图号	工序号	工步号	程序号		
				XK1-1	一	2	O1102		
机床型号	华中世纪星数控铣床	程序段号	N60 ~ N100	加工内容	粗铣上表面			共 2 页	第 2 页
<p>X—Y 平面走刀示意图</p>								编程	马红军
								审核	金晶
								审批	刘欣欣
符号									
含义	抬刀	下刀	编程原点	进给走刀方向	走刀线相交				



程序编制

一、参考程序

1. 粗加工程序清单 (表 1-9)

表 1-9 粗加工程序清单

机加实训中心		数控加工程序清单		设备名称	设备型号	数控系统			
				数控铣床	华中世纪星	HNC-22M			
零件名称		零件图号		工序名称		工序号			
模板		XK1-1		铣削上表面		一			
材料	45	硬度	300 ~ 340HBW	程序号	O1101				
程序					说明				
O1101; N10 G54 G17 G21 G40 G49 G90 G80 T01; N20 M03 S500 M08; N30 G00 X200.0 Y -58.5; N40 G00 Z5.0; N50 G01 Z -2.0 F80; N60 G91 G01 X -400; N70 Y63; N80 X400; N90 Y63; N100 X -400; N110 G00 Z100; N120 M02;					粗铣上表面程序 使用 $\phi 63\text{mm}$ 面铣刀 主轴正转, 切削液开 刀具到达起刀点上方 刀具快速接近工件 下刀 - X 向铣削, 第一行切削 + Y 向进刀 + X 向铣削, 第二行切削 + Y 向进刀 - X 向铣削, 第三行切削 抬刀 程序结束				
编制	马红军	审核	金晶	审批	刘欣欣	2013 年 2 月 5 日		共 2 页	第 1 页