



专用于国家职业技能鉴定


国家职业资格培训教程

# 铣工

(初级技能 中级技能 高级技能)

劳动和社会保障部 组织编写  
中国就业培训技术指导中心

XI GONG XI GONG

 中国劳动社会保障出版社



专用于国家职业技能鉴定

国家职业资格培训教程

# 铣 工

(初级技能 中级技能 高级技能)

劳动和社会保障部 组织编写  
中国就业培训技术指导中心

中国劳动社会保障出版社

**图书在版编目(CIP)数据**

铣工：初级技能 中级技能 高级技能/劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心组编写. —北京：中国劳动社会保障出版社，2004

国家职业资格培训教程

ISBN 7-5045-4053-6

I. 铣… II. 劳… III. 铣削-技术培训-教材 IV. TG54

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 009471 号

**中国劳动社会保障出版社出版发行**

(北京市惠新东街1号 邮政编码：100029)

出版人：张梦欣

\*

世界知识印刷厂印刷装订 新华书店经销

787毫米×1092毫米 16开本 23印张 568千字

2004年8月第1版 2004年8月第1次印刷

印数：3200册

定价：40.00元

读者服务部电话：010-64929211

发行部电话：010-64911190

出版社网址：<http://www.class.com.cn>

版权专有 侵权必究

举报电话：010-64911344

# 国家职业资格培训教程

## 铣 工

### 编审委员会

主 任	陈 宇				
副主任	张永麟	李 玲			
委 员	王宝金	陈 蕾	袁 芳	葛 玮	刘永澎
	沈照炳	应志梁	楼一光	秦克本	宋安祥
	马剑南	焦恒昌	吕一飞	徐文彦	陈寿龙
	朱庆敏	李智康	吴伟年	何春生	朱初沛
	张海英	吴以平	王一飞	应国强	

### 本书编审人员

主 编	周炳章			
编 者	孙小波	宋忠妹	周清磊	黄建康
主 审	顾春峰			

# 前 言

为推动机械行业职业培训和职业技能鉴定工作的开展，在铣工从业人员中推行国家职业资格证书制度，劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心在完成《国家职业标准——铣工》（以下简称《标准》）制定工作的基础上，组织参加《标准》编写和审定的专家及其他有关专家，编写了《国家职业资格培训教程——铣工》（以下简称《教程》）。

《教程》紧贴《标准》，内容上，力求体现“以职业活动为导向，以职业技能为核心”的指导思想，突出职业培训特色；结构上，《教程》是针对铣工职业活动的领域，按照模块化的方式，分初级、中级、高级、技师、高级技师5个级别进行编写的。《教程》的基础知识部分内容覆盖《标准》的“基本要求”；技能部分的章对应于《标准》的“职业功能”，节对应于《标准》的“工作内容”，节中阐述的内容对应于《标准》的“技能要求”和“相关知识”。

《国家职业资格培训教程——铣工（初级技能 中级技能 高级技能）》适用于对初级、中级、高级铣工的培训，是职业技能鉴定的指定辅导用书。

本书第一、四、七章由孙小波、宋忠妹（上海汽轮机厂）编写，第二、三、五、六、八、九章由周炳章（上海汽机厂）、周清磊（上海重型机器厂）编写，全书的数控铣床部分由黄建康（上海第四机床厂）编写，周炳章主编；顾春峰（东风汽车集团公司设备制造厂）主审。

由于时间仓促，不足之处在所难免，欢迎读者提出宝贵意见和建议。

劳动和社会保障部中国就业培训技术指导中心

# 目 录

## 第一部分 铣工初级技能

第一章 工艺准备	( 1 )
第一节 读图与识图	( 1 )
第二节 制订加工工艺	( 3 )
第三节 工件定位与夹紧	( 10 )
第四节 刀具准备	( 11 )
第五节 设备的调整及维护保养	( 22 )
第二章 工件加工	( 25 )
第一节 平面和连接面的加工	( 25 )
第二节 台阶、沟槽和键槽的加工及切断	( 41 )
第三节 分度方法及加工角度面和刻线	( 57 )
第四节 外花键的加工	( 72 )
第三章 精度检验及误差分析	( 77 )
第一节 平面和矩形工件的精度检验及误差分析	( 77 )
第二节 斜面和多面体的精度检验及误差分析	( 79 )
第三节 台阶、沟槽的精度检验及误差分析	( 81 )
第四节 外花键的精度检验及误差分析	( 85 )

## 第二部分 铣工中级技能

第四章 工艺准备	( 87 )
第一节 读图与识图	( 87 )
第二节 制订加工工艺	( 94 )
第三节 工件定位与夹紧	( 101 )
第四节 刀具准备	( 114 )

第五节 设备调整及维护保养·····	(123)
<b>第五章 工件加工</b> ·····	(145)
第一节 坐标孔的加工·····	(145)
第二节 圆柱齿轮、齿条和锥齿轮的加工·····	(155)
第三节 牙嵌式离合器的加工·····	(177)
第四节 直线成形面的加工·····	(187)
第五节 圆柱面直齿刀具的加工·····	(194)
第六节 数控铣床·····	(197)
<b>第六章 精度检验及误差分析</b> ·····	(206)
第一节 精度较高的矩形工件、斜面、台阶、沟槽的检验·····	(206)
第二节 特殊型面的检验及误差分析·····	(211)
<b>第三部分 铣工高级技能</b>	
<b>第七章 工艺准备</b> ·····	(225)
第一节 识图与绘图·····	(225)
第二节 制订加工工艺·····	(235)
第三节 工件定位与夹紧·····	(244)
第四节 刀具准备·····	(263)
第五节 设备调整及维护保养·····	(275)
<b>第八章 工件加工</b> ·····	(285)
第一节 难加工材料的铣削·····	(285)
第二节 薄型和箱体工件的加工·····	(288)
第三节 复合斜面的加工·····	(293)
第四节 运用角度分度的差动分度法和光学分度头加工工件·····	(296)
第五节 凸轮和复杂成形面的加工·····	(301)
第六节 大质数直齿锥齿轮的铣削·····	(317)
第七节 圆柱面螺旋齿刀具齿槽、端面和锥面直齿槽的加工·····	(318)
第八节 型腔型面的加工·····	(325)

第九节	数控铣床	(331)
<b>第九章</b>	<b>精度检验及误差分析</b>	<b>(333)</b>
第一节	精密测量仪	(333)
第二节	薄型和箱体工件的精度检验及误差分析	(342)
第三节	复合斜面和对称键槽的精度检验及误差分析	(344)
第四节	螺旋槽（或面）及复杂型面的精度检测及误差分析	(346)
<b>第十章</b>	<b>培训指导与质量管理</b>	<b>(351)</b>
第一节	培训指导	(351)
第二节	质量管理	(352)



# 第一部分 铣工初级技能

## 第一章 工艺准备

### 第一节 读图与识图

#### 一、多面体（带斜面的矩形体）零件图的识读

带斜面的矩形体如图 1—1 所示，主视图表达了该多面体的前后真实形状，俯视图表达了该多面体的顶面视图，斜面部分在该视图上具有收缩性，而左视图是该多面体的左侧所观察的形状，同样，斜面在该视图上具有收缩性。

通过基础知识的学习，能很直观地想像出该三视图所表示的立体形状。

#### 二、带台阶、沟槽的简单零件图的识读

带台阶的零件图如图 1—2 所示，该台阶的形状实际上是两个大小不同的四棱柱叠加而成，该两四棱柱前后两端面平齐，故在主视图上没有分界线，而上四棱柱的左、右端面与下四棱柱的左、右端面不平齐，故在俯视图和左视图上便会出现分界线。

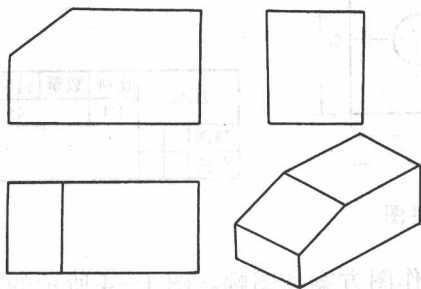


图 1—1 带斜面的矩形体

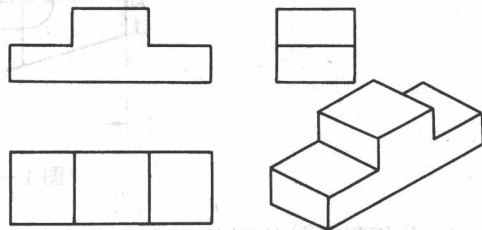


图 1—2 带台阶的零件图

图 1—3 所示为带键槽的轴，如果欲在三视图中表示键槽的形状和尺寸，则在视图上画出过多的虚线，有时甚至与外形轮廓线相互重叠，使图形很不清楚，不利于看图，为了解决这个问题，通常情况下，在视图中作适当的剖视（通常情况下的剖面，是通过键槽并垂直于轴线作假想的切开），这样可以减少虚线，且能很直观地反映出键槽的形状和尺寸。

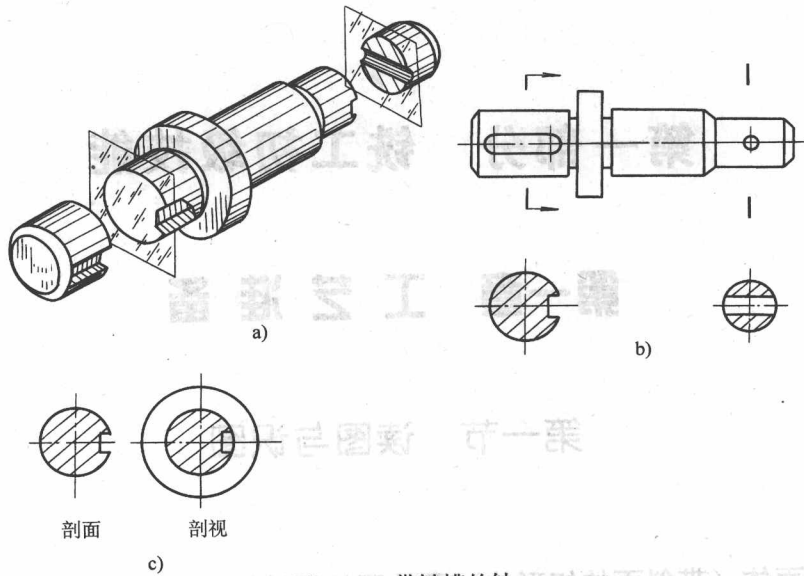


图 1—3 带键槽的轴

a) 轴的剖切位置 b) 剖面图 c) 剖面与剖视的区别

### 三、平行垫铁和压板等简单零件图的绘制方法

如图 1—4 所示是压板的零件图，绘制压板的主要步骤为：

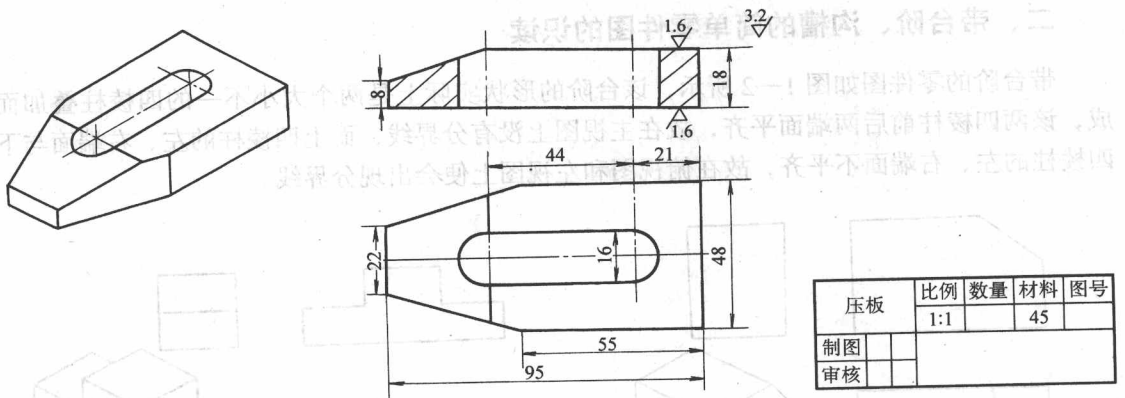


图 1—4 压板零件图

1. 分析零件结构形状，确定表达方案，并选定作图方案和图幅。图 1—4 所示的压板，是在基本形体长方体的基础上切割而成，可采用全剖主视图来表达零件上腰形孔的深度，用俯视图来表达其外形结构。

2. 画出各视图。
3. 标注尺寸。
4. 确定技术要求。
5. 填写标题栏。

## 第二节 制订加工工艺

### 一、识读简单零件的工艺规程

#### 1. 工艺规程的意义

规定产品或零部件制造过程和操作方法等的工艺文件，称为工艺规程。也就是把零件的工艺过程和工序等内容，用文件的形式确定下来。如机械加工工艺卡、工序卡等等。对初级、中级铣工，主要是识读零件的铣削加工工序卡。

工序卡（工序卡片）的内容包括零件名称、图样、图号和产品名称、毛坯材料、每一成品的零件数量、毛坯尺寸、完成该工序需要的安装和工步（或工位）的程序、所使用的机床、夹具、刀具、检验工具以及切削用量等等。工序卡主要用于成批生产，对单件生产的零件，则往往以简单的操作卡替代。

一个零件的工艺过程，是根据产品的生产类型、零件的大小和复杂程度，再结合本厂或车间的设备等具体条件制订的。所以即使是相同的零件，其工艺过程在各工厂或车间，也可能是不相同的。但正确的工艺规程是在总结长期的生产实践和科学实验的基础上，经过必要的工艺试验而制订的，并通过生产实践不断改进和完善。因此，工艺规程是指导生产的主要文件，必须严格遵守。若不按工艺规程进行生产，产品质量将不能保证，产量也不易达到，从而使生产效率和经济效益降低。

工艺规程的内容和具体格式虽不统一，但大同小异。单件生产时，一般只编制工艺过程综合卡片，内容比较简单。它主要按加工顺序列出整个零件的工序序号、工序名称和内容以及完成各工序的机床、工艺装备和时间定额等。所谓工艺装备是指产品制造中所用的各种工具总称，包括刀具、夹具、模具、量具、检具、辅具、钳工工具和工位器具等，工艺装备简称工装。成批和大量生产时，除了有工艺过程卡片外，还有工艺卡片和工序卡片，内容比较详细，如每个工序和工步加工的表面和要求、工件的装夹方式、所用设备和工艺装备的名称规格或编号、切削用量，并在工序卡片上画出工序图等。

#### 2. 识读多面体零件的工序卡

图 1—5 所示为矩形工件，其工序卡片的格式和内容见表 1—1。由于该矩形工件不是某台机器上的零件，故有些项目没有内容可不填。

首先，先学看工序卡。看工序卡应先看表头。在表头中，可以了解该零件的图形、名称、所需材料、毛坯尺寸、该工序在整个工艺过程中的位置等制造信息。由于工件仅靠铣削工序即可完成，故有些栏目如“下一工序名称”，没有填写内容。

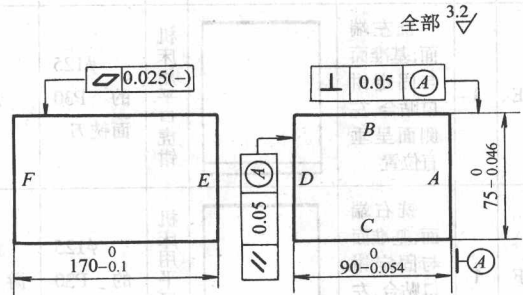


图 1—5 矩形工件

表 1—1

矩形工件的工序卡片

工厂名称	工序卡片编号		工艺规程号码	零件图号
制卡部门	产品名称			
	零件名称	矩形件		
			工序名称	铣矩形
			工序号码	
			每台件数	
			材 料	45
			毛坯尺寸	180×96×82
			设 备	X5032
			职业等级	铣工初级
			下一工序名称	

安 装 号	工 步 号	工步和安 装的内容	工步图	夹 具	工 具		铣 削 用 量				
					刀 具	量 具	铣削深 度 (mm)	进给量 $f_z$ (mm/z)	铣削速度 $V_c$ (m/min)	铣刀转速 $n$ (r/min)	同时加 工件数
A	1	铣基准 面		机床用平口虎钳	$\phi 125$ 的 P30 面铣刀	刀口 形直尺、 样板	粗铣 2.5~3 精铣 0.5~1	粗铣 0.2 精铣 0.12	粗铣 90 精铣 110	粗铣 235 粗铣 300	1
B	1	铣左侧 面, 基准 面与固定 钳口贴合		机床用平口虎钳	$\phi 125$ 的 P30 面铣刀	角尺	粗铣 2~2.5 精铣 0.5~1	粗铣 0.2 精铣 0.12	粗铣 90 精铣 110	粗铣 235 精铣 300	1
C	1	铣右侧 面, 基准 面与固定 钳口贴合		机床用平口虎钳	$\phi 125$ 的 P30 面铣刀	角尺、 千分尺	粗铣 0.2~0.25 精铣 0.5~1	粗铣 0.2 精铣 0.12	粗铣 90 精铣 110	粗铣 235 精铣 300	1
D	1	铣顶 面, 基准 面与平行 垫铁贴合		机床用平口虎钳	$\phi 125$ 的 P30 面铣刀	千分 尺	粗铣 2.5~3 精铣 0.5~1	粗铣 0.2 精铣 0.12	粗铣 90 精铣 110	粗铣 235 精铣 300	1
E	1	铣左端 面, 基准面 与固定钳 口贴合, 左 侧面呈垂 直位置		机床用平口虎钳	$\phi 125$ 的 P30 面铣刀	角尺	5	0.2	90	235	1
F	1	铣右端 面, 基准面 与固定钳 口贴合, 左 侧面呈垂 直位置		机床用平口虎钳	$\phi 125$ 的 P30 面铣刀	角尺、 游标卡 尺	5	0.2	90	235	1



工序卡中的工序图或工步图是识读的重点。在这类图中，外形轮廓多以细实线表示，本工序或本工步的加工面则以粗实线表达。这样，就可以很方便地弄清哪些是本工序应该加工的面。

从“安装号”所在行往下，是以“安装号”为单元要求铣工加工的内容。

以安装号 A 所在行为例，加工内容是“铣基准面”。在“工步图”中，以粗实线表达的面是本次安装后要求加工的面。我们还可以从后面看到应选用的夹具、刀具、铣削参数和检查时使用的检具等。工人应该按卡片要求调整机床、选择刀具、按规定的切削参数进行操作。由于粗、精铣时的铣削参数不同，该工步实际上是两个工步，为了简化卡片，也有的单位不再分行，在一行内写下两个工步的加工参数。在本次安装后，铣工应该以粗、精铣两步加工该面。

选择好铣削的第一个面，对以后的铣削质量有很大关系。一般来说，应选择表面积最大的面，或图样上给定的设计基准面。这样，会给以后的铣削准备一个较好的基准。这个面我们称为“基准面”。

安装号 B 行描述的是铣削第二个面的要求。安装时，必须让基准面与机床用平口虎钳的固定钳口贴好，以保证两个铣削面之间的垂直度。其他的铣削要求与铣削参数如该行所述，以下不再重复。

安装号 C 行描述的是铣削第三个面的要求。安装时，在保证基准面与机床用平口虎钳的固定钳口贴好的前提下，还应让另一个铣削好的表面与机床用平口虎钳导轨面（或平行垫铁）贴好，以保证三个铣削面之间的平行度或垂直度。

安装号 D 行描述的是铣削第四个面的要求。安装时，应保证基准面与机床用平口虎钳的导轨面（或平行垫铁）贴好。这样，才能较稳妥的保证铣削面之间的位置关系。

安装号 E 行描述的是铣削第五个面的要求。应该注意，这是最不容易掌握的一步。安装时，在保证基准面贴紧固定钳口的前提下，还应使用角尺或百分表，校正侧面，保证它与铣床工作台表面垂直。

安装号 F 行描述的是铣最后一个面的要点和铣第三个面要点一样。

对带有斜面的连接面工件，应在铣削好矩形体后进行。在立式铣床上，一般在扳转立铣头后，利用铣刀的端面或周边刃铣削斜面。

如果零件上还有台阶、沟槽，应在找正矩形主要面的位置后铣削，以保证相对位置的准确性。

以上是矩形体工序卡的识读过程。识读其他加工类型的工序卡的方法也与之类似。关键是要正确识读工序图（或工步图），按要求进行安装，按要求选择铣削参数，按要求操作等。

### 3. 识读台阶、沟槽类零件的工序卡

在机械零件中台阶形和带槽的零件很多，如铣床上的 T 形槽、台阶垫铁、压板等。

台阶和沟槽类零件工序卡的形式和矩形工件的工序卡相同。在内容上，上一道工序是加工矩形或圆柱（轴）形。在矩形件上铣台阶或沟槽，往往用机床用平口虎钳装夹；若在轴上铣台阶或沟槽，则用 V 形架或三爪自定心卡盘等夹具装夹，单件加工时也可用机床用平口虎钳装夹。

铣削台阶和沟槽时，一般都采用立铣刀和盘形铣刀加工。具体应按台阶和沟槽的结构来确定。

#### 4. 识读外花键的工艺流程工序卡

外花键一般都在轴上，故对一个零件来讲，就称为花键轴。铣外花键的上一道工序是轴的加工。铣外花键时，一般都采用分度头加三爪自定心卡盘和后顶尖装夹，为“一夹一顶”；精加工时，也可采用两顶尖和鸡心夹头装夹。

在铣床上加工外花键多为粗加工，下一道工序为磨外花键。此时，都采用三面刃铣刀铣削，单件生产时用一把三面刃铣刀铣削；成批生产时，用两把三面刃铣刀组合铣削法铣削。若是精加工，除上述两种用三面刃铣刀加工外，在成批生产时，可用专用的外花键成形铣刀加工。至于工序卡的形式，都与表 1—1 的格式基本相同，故不再列出。

### 二、制订简单工件的铣削加工顺序

#### 1. 矩形（连接面）工件加工顺序的制订

加工矩形（连接面）工件时，应选择一个较大的表面，或以图样上给定的设计基准面作为定位基准，这个面必须是第一安排加工的表面，然后以基准面为基础，与夹具的支承面（即固定钳口）贴合，加工两侧面；再以基准面与机床用平口虎钳导轨面（即平行垫铁）贴合，加工顶面；最后仍以基准面与固定钳口贴合，并把侧面校正成垂直位置，加工两端面。在整个加工过程中，尽量采用同一基准面，这样，可减少或避免累积误差。加工顺序如表 1—1 所示。

对带有斜面的连接面工件，先加工相互垂直和平行的表面，然后加工斜面。

#### 2. 带台阶或沟槽的工件加工顺序的制订

在矩形工件上铣台阶或沟槽时，先铣准矩形，再铣台阶或沟槽。若台阶和沟槽都有时，则其次是铣台阶，最后铣沟槽。在轴上铣台阶或沟槽时，先加工成轴，再铣台阶，最后铣沟槽，但有时也可先铣沟槽，后铣台阶。

### 三、铣削用量的选择

#### 1. 铣削用量

铣削过程中所选用的切削用量称为铣削用量。

铣削用量包括铣削深度  $a_p$ 、每齿进给量  $f_z$ 、铣削速度  $v_c$  等，合理选择铣削用量，对提高生产效率、改善表面质量和加工精度有着重要作用。

各铣削用量的定义及计算公式见表 1—2。

表 1—2

铣削用量的定义及计算公式

名称	定义	计算公式	举例
铣削深度 $a_p$ (mm)	沿铣刀轴线方向测量的刀具切入工件的深度		

续表

名称	定义	计算公式	举例
每齿进给量 $f_z$ (mm/齿)	铣刀每转过一个齿, 工件相对铣刀移动的距离	$f_z = \frac{f}{z} = \frac{v_f}{zn} \text{ (mm/齿)}$ 式 $v_f$ ——铣刀每分钟进给量 (mm/min); $z$ ——铣刀齿数; $n$ ——铣刀转速 (r/min)	<p>【例】已知铣刀每分钟进给量为 <math>v_f = 375 \text{ mm/min}</math>, 铣刀每分钟转速 <math>n = 150 \text{ r/min}</math>, 铣刀齿数 <math>z = 14</math>, 求铣刀每齿进给量 <math>f_z</math>。</p> <p>【解】 <math>f_z = \frac{v_f}{zn} = \frac{375}{14 \times 150} \approx 0.18 \text{ mm/齿}</math></p>
每转进给量 $f$ (mm/r)	铣刀每转过一转, 工件相对铣刀移动的距离	$f = f_z z \text{ (mm/r)}$	<p>【例】已知 <math>f_z = 0.05 \text{ mm/齿}</math>, <math>z = 16</math>, <math>n = 300 \text{ r/min}</math>, 求 <math>f</math> 及 <math>v_f</math>。</p> <p>【解】 <math>f = f_z z = 0.05 \times 16 = 0.80 \text{ mm/r}</math>  <math>v_f = f_z zn = 0.05 \times 16 \times 300 = 240 \text{ mm/min}</math></p>
进给速度 (每分钟进给量) $v_f$ (mm/min)	铣刀每转过一分钟, 工件相对于铣刀移动的距离	$v_f = fn = f_z zn \text{ (mm/min)}$	<p>【例】已知铣刀外径 <math>d_o = 63 \text{ mm}</math>, 铣刀转速 <math>n = 190 \text{ r/min}</math>, 求铣削速度 <math>v_c</math>。</p> <p>【解】 <math>v_c = \frac{\pi d_o n}{1000} = 37.6 \text{ m/min}</math></p> <p>【例】铣刀外径 <math>d_o = 80 \text{ mm}</math>, 铣削速度 <math>v_c = 30 \text{ m/min}</math>, 试求在 X6132 (X62W) 铣床上铣刀每分钟转速 <math>n</math>。</p> <p>【解】 <math>n = \frac{1000 v_c}{\pi d_o} = \frac{1000 \times 30}{3.14 \times 80} \approx 119 \text{ r/min}</math>            根据铣床主轴转速表取铣刀每分钟转速 <math>n = 118 \text{ r/min}</math></p>
铣削速度 $v_c$ (m/min)	主运动的线速度。也就是铣刀刀部最大直径处在一分钟内所经过的距离	$v_c = \frac{\pi d_o n}{1000} \text{ (m/min)}$ 式中 $d_o$ ——铣刀外径 (mm); $n$ ——铣刀转速 (r/min) 在实际工作中, 一般都先确定铣削速度 $v_c$ 的大小, 然后按上式算出转速 $n$ 来调整铣床的主轴转速	<p>【例】已知铣刀外径 <math>d_o = 63 \text{ mm}</math>, 铣刀转速 <math>n = 190 \text{ r/min}</math>, 求铣削速度 <math>v_c</math>。</p> <p>【解】 <math>v_c = \frac{\pi d_o n}{1000} = 37.6 \text{ m/min}</math></p> <p>【例】铣刀外径 <math>d_o = 80 \text{ mm}</math>, 铣削速度 <math>v_c = 30 \text{ m/min}</math>, 试求在 X6132 (X62W) 铣床上铣刀每分钟转速 <math>n</math>。</p> <p>【解】 <math>n = \frac{1000 v_c}{\pi d_o} = \frac{1000 \times 30}{3.14 \times 80} \approx 119 \text{ r/min}</math>            根据铣床主轴转速表取铣刀每分钟转速 <math>n = 118 \text{ r/min}</math></p>

## 2. 合理选择铣削用量

### (1) 选择铣削用量的原则

- 1) 保证刀具具有合理的使用寿命, 有高的生产率和低的成本。
- 2) 保证加工质量, 主要是保证加工表面的精度和表面粗糙度达到图样要求。
- 3) 不超过铣床允许的动力和扭矩, 不超过工艺系统 (刀具、工件、机床) 允许的刚度和强度, 同时又充分发挥它们的潜力。

上述三条, 根据具体情况应有所侧重。一般在粗加工时, 应尽可能发挥刀具、机床的潜力并保证合理的刀具寿命; 精加工时, 则首先要保证加工精度和表面粗糙度, 同时兼顾合理的刀具寿命。

### (2) 选择铣削用量的顺序

在铣削过程中，如果能在一定的时间内切除较多的金属，就有较高的生产率。显然，增大铣削深度、铣削速度和进给量，都能增加金属的切除量。但是，影响刀具寿命最显著的因素是铣削速度，其次是进给量，而铣削深度影响最小。所以，为了保证必要的刀具寿命，应当优先采用较大的铣削深度，其次是选择较大的进给量，最后才是根据刀具寿命要求，选择适宜的铣削速度。

### (3) 铣削用量的选择

1) 铣削深度 在铣削加工中，一般是根据工件切削层的尺寸来选择铣刀的。例如，用面铣刀铣削平面时，铣刀直径一般应选择大于铣削层的宽度。若用圆柱铣刀铣削平面时，铣刀长度一般应大于工件铣削层的宽度。当加工余量不大时，应尽量一次进给铣去全部的加工余量。只有当工件的加工精度较高时，才分粗铣、精铣。具体数值的选取可参考表 1—3。

表 1—3 铣削深度的选择 mm

工件材料	高速钢铣刀		硬质合金铣刀	
	粗铣	精铣	粗铣	精铣
铸 铁	5~7	0.5~1	10~18	1~2
软 钢	<5	0.5~1	<12	1~2
中硬钢	<4	0.5~1	<7	1~2
硬 钢	<3	0.5~1	<4	1~2

2) 每齿进给量的选择 粗加工时，限制进给量的主要因素是切削力。确定进给量的主要根据是铣床进给机构的强度、刀杆刚度、刀齿强度以及机床、夹具、工件等工艺系统的刚度。在强度、刚度许可的条件下，进给量应尽量取得大些。

精加工时，限制进给量的主要因素是表面粗糙度。为了减少工艺系统的振动，减小已加工表面的残留面积高度，一般选取较小的进给量。进给量的选取可参考表 1—4。

表 1—4 每齿进给量的选择 mm/z

刀具名称	高速钢铣刀		硬质合金铣刀	
	铸 铁	钢 件	铸 铁	钢 件
圆柱铣刀	0.12~0.2	0.1~0.15	0.2~0.5	0.08~0.20
立铣刀	0.08~0.15	0.03~0.06	0.2~0.5	0.08~0.20
套式面铣刀	0.15~0.2	0.06~0.10	0.2~0.5	0.08~0.20
三面刃铣刀	0.15~0.25	0.06~0.08	0.2~0.5	0.08~0.20

3) 铣削速度的选择 在铣削深度和每齿进给量确定后，应在保证合理刀具寿命的前提下确定铣削速度。

粗铣时，确定铣削速度必须考虑到铣床的许用功率。如果超过铣床的许用功率，则应当降低铣削速度。

精铣时，一方面应考虑合理的铣削速度，以抑制积屑瘤产生，保证表面质量；另一方面，由于刀尖磨损往往会影响到加工精度，因此应选用耐磨性较好的刀具材料，并尽可能使之在最佳铣削速度范围内工作。

铣削速度可在表 1—5 推荐的范围内选取，并根据实际情况进行试切后加以调整。



表 1—5

铣削速度的选择

m/min

工件材料	铣削速度		说 明
	高速钢铣刀	硬质合金铣刀	
20	20~45	150~190	1. 粗铣时取小值, 精铣时取大值 2. 工件材料强度和硬度较高时取小值, 反之取大值 3. 刀具材料耐热性好时取大值, 反之取小值
45	20~35	120~150	
40Cr	15~25	60~90	
HT150	14~22	70~100	
黄铜	30~60	120~200	
铝合金	112~300	400~600	
不锈钢	16~25	50~100	

#### 四、切削液的选择

切削液应根据工件材料、刀具材料和加工工艺等具体条件来选用。

粗加工时, 由于切削量大, 产生的热量多、温度高, 而对表面质量的要求却不高, 所以应采用以冷却为主的切削液。

精加工时, 对工件表面质量的要求较高, 并希望铣刀耐用度高, 希望用有良好润滑作用的切削液。另外, 由于精加工时切削量少, 产生的热量也少, 所以对冷却的要求不高, 因此, 精加工时应选用以润滑为主的切削液。

铣削不锈钢和高强度材料时, 粗加工用较稀的乳化液, 精加工用含有极压添加剂的煤油、浓度高的乳化液和硫化油(柴油加 20% 脂肪和 5% 硫磺)等。

铣削铸铁和黄铜等脆性材料时, 由于切屑呈细小颗粒状, 这些切屑和切削液混合后, 容易堵塞冷却系统、机床导轨和丝杠、铣刀齿槽等, 因此一般不用切削液。必要时可用煤油、乳化液和压缩空气。

用硬质合金铣刀进行高速切削时, 由于刀齿的耐热性好, 故一般不用切削液, 必要时用乳化液。

在使用切削液时, 为了得到良好的效果, 应注意以下几点:

1. 用硬质合金铣刀高速切削时, 若必须使用切削液, 则应在开始切削之前就连续、充分地浇注, 以免刀片因骤冷而碎裂。

2. 切削液应浇注到刀齿与工件接触处, 即尽量浇注在靠近温度最高的地方。

在使用切削液时, 量要充分, 而且一开始就使用, 使铣刀得到充分冷却, 并使工件的温度与室温接近, 以减少热胀冷缩的影响。

铣削时, 切削液的选用见表 1—6。

表 1—6

常用切削液选用表

加工材料	铣 削 种 类	
	粗 铣	精 铣
碳 钢	乳化液、苏打水	乳化液(低速时 10%~15%, 高速时 5%)极压乳化液、混合油、硫化油、肥皂水溶液等