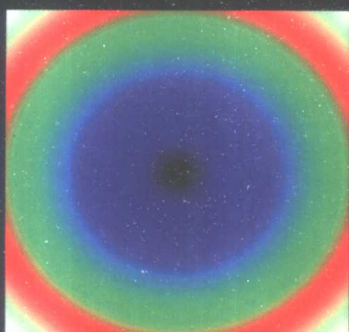


实用模具制造技术

SHIYONG MOJU ZHIZAO JISHU



高佩福
主编



China Light Industry Press
中国轻工业出版社

实用模具制造技术

高佩福 主编

 中国轻工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

实用模具制造技术/高佩福主编. —北京: 中国轻工业出版社, 1999.3

ISBN 7-5019-2284-5

I. 实… II. 高… III. 模具-制造 IV. TG766

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (98) 第 24900 号

责任编辑: 王 淳

策划编辑: 王 淳 责任终审: 滕炎福 封面设计: 崔 云

版式设计: 智苏娅 责任校对: 郎静瀛 责任监印: 徐肇华

*

出版发行: 中国轻工业出版社 (北京东长安街 6 号, 邮编: 100740)

印 刷: 中国人民警官大学印刷厂

经 销: 各地新华书店

版 次: 1999 年 3 月第 1 版 1999 年 3 月第 1 次印刷

开 本: 787×1092 1/16 印张: 18.75

字 数: 400 千字 印数: 1—3000

书 号: ISBN 7-5019-2284-5/TQ.155 定价: 30.00 元

·如发现图书残缺请直接与我社发行部联系调换·

前 言

模具是现代工业生产的重要工艺装备之一，模具对产品的产量和质量有着非常重要的作用。世界各国对于模具的设计与制造非常重视，日本人说：“模具工业是进入富裕社会的原动力”，模具的设计与制造水平，常可表明一个国家的工业发展程度。我国模具工业与模具工业发达国家相比，其差距表现在：①模具的设计水平，②模具的制造水平，③模具的标准化水平。为了推广国内外模具制造技术的先进经验，提高我国模具制造的技术水平，适应我国现代化工业发展的需要，我们编写了《实用模具制造技术》一书。

本书力求将模具的传统制造技术与现代制造技术相结合、基本原理与实践相结合，从我国生产实际出发，对模具各种典型零件的加工设备及参数、制造技术及工艺过程进行了详细介绍，并对模具中典型零件的加工方法和工艺用实例进行了具体说明。在内容上力求系统、全面、先进、通俗、实用，尽可能反映国内外新的、先进的模具制造技术。

根据目前我国模具制造业的实际情况，对于传统的制造模具业必须加以改造，发展先进、现代的制造模具技术。因为现代制造模具技术具有快捷、精益、智能等诸多特征，是多学科、多种先进技术的集成。面向 21 世纪，先进的制造模具技术将得到迅速发展和广泛应用，模具的制造业也将全面进入一个新的时代。

本书由高佩福主编，徐再生主审。全书共十章，第一、二章由李斌编写，第三、四、五、六、七、九、十章由高佩福编写，第八章由崔超编写，徐日欣、高媛同志也为此书提供了大量资料，在此表示感谢。由于编者水平有限，书中难免会有错误，恳请广大读者批评、指正。

编者

1998 年 6 月

目 录

第一章 模具制造工艺规程	1
第一节 基本概念	1
一、生产过程和工艺过程	1
二、模具的机械加工工艺过程	1
三、生产纲领与生产类型	4
四、制定工艺规程的原则、步骤及原始资料	5
第二节 模具零件图的研究	9
一、零件的结构分析	9
二、零件的技术要求分析	9
第三节 定位基准选择	10
一、基准的概念	10
二、工件的安装方式	11
三、定位基准的选择	12
第四节 工艺路线的拟定	16
一、表面加工方法的选择	17
二、加工阶段的划分	19
三、工序的集中与分散	20
四、加工顺序的安排	21
第五节 加工余量的确定及机床、工艺装备的选择	23
一、加工余量的基本概念	23
二、影响加工余量大小的因素	25
三、确定加工余量的方法	27
四、设备及工装的选择	28
五、切削用量与工时定额的确定	28
第二章 模具常用材料及毛坯	29
第一节 模具常用材料	29
一、模具常用材料的性能	29
二、冷冲模具常用材料	31
三、塑料模具常用材料	34
四、压铸模具常用材料	36
第二节 模具零件毛坯的加工余量	37
一、锻件毛坯的加工余量	37
二、铸件毛坯的加工余量	39

三、热轧圆钢毛坯的加工余量	39
四、气割毛坯的加工余量	40
第三节 模具零件毛坯锻造	40
一、锻件下料尺寸计算	40
二、锻造工艺要求	41
第三章 模具导向零件的制造技术	46
第一节 概述	46
一、模具导向零件的作用	46
二、导向零件的结构及分类	46
三、导向零件的基本要求	47
第二节 导柱的制造	49
一、导柱加工方案的选择	49
二、导柱的制造工艺过程	50
三、导柱加工过程中的定位	51
四、导柱的研磨	52
第三节 导套的制造	53
一、导套加工方案的选择	53
二、导套的加工工艺过程	53
三、导套加工过程中的定位	54
四、导套的研磨	55
第四节 滑块和导滑槽	56
一、滑块加工方案的选择	57
二、滑块定位基准的选择	57
三、滑块加工工艺过程	57
四、斜导柱孔的研磨	58
五、导滑槽的加工	59
第四章 模板类零件的制造技术	60
第一节 概述	60
一、模板类零件的作用	61
二、对模板类零件的要求	61
三、常见的模板类零件	62
第二节 冲压模座的制造技术	64
一、冲压模座加工的基本要求	64
二、模座的加工原则及材料	64
三、获得不同精度平面的加工工艺方案	65
四、加工上、下模座的工艺方案	65
第三节 模板孔系的坐标镗削加工	69
一、坐标镗床主要技术参数	69
二、坐标镗削加工前的准备	69
三、坐标镗削加工	71
四、影响镗削加工精度的其它因素	73

第四节 模板类零件的坐标磨削	73
一、坐标磨床的技术参数	73
二、工件的定位与找正	74
三、坐标磨削的方法	75
四、进行坐标磨削时需注意的问题	77
第五章 型孔制造技术	79
第一节 压印锉修加工	79
一、压印锉修的基本过程	80
二、压印锉修前的准备	80
三、压印锉修过程	81
第二节 型孔的电火花加工	82
一、电火花加工的原理及特点	82
二、电火花加工的生产率计算及常用设备	85
三、影响电火花加工质量的主要因素	87
四、型孔的电火花加工	92
第三节 型孔电火花线切割加工	102
一、概述	102
二、数字控制的基本原理	104
三、数控程序的编制	106
四、工件的工艺准备与装夹	115
第四节 镶拼型孔的制造	120
一、型孔镶拼方法及分段	120
二、拼块的制造过程	120
第六章 型腔制造技术	127
第一节 回转曲面型腔的车削	127
一、型腔车削的特种刀具	127
二、型腔车削的专用工具	129
三、型腔车削实例	131
第二节 非回转曲面型腔的铣削	133
一、铣削加工型腔	133
二、仿形铣削型腔	138
第三节 型腔的电火花加工技术	144
一、型腔电火花加工的工艺方法	144
二、型腔加工用电极	145
三、工件的准备	148
四、工件和电极的装夹与校正定位	149
五、电规准的选择、转换与平动量的分配	151
六、型腔电火花加工实例	153
第四节 型腔的电化学加工	154
一、电解加工	154
二、电解抛光	165

三、电铸加工	168
第五节 超声波加工	171
一、超声波加工的基本原理和特点	171
二、超声波加工设备的基本组成	172
三、超声波抛光工艺	175
第六节 型腔的冷挤压技术	177
一、冷挤压加工的特点	177
二、型腔冷挤压加工方式	177
三、冷挤压力及设备	178
四、型腔冷挤压冲头	179
五、冷挤压模套及挤压方式	180
六、型腔冷挤压坯料准备	181
七、冷挤压时的润滑	182
八、型腔冷挤压实例及废品分析	183
第七节 超塑性成型	186
一、PMS 钢的性能	186
二、型腔超塑成型工艺	187
三、超塑锌铝合金	191
第八节 陶瓷型铸造	192
一、陶瓷型模型常用的材料	192
二、陶瓷型铸造工艺过程	193
三、陶瓷型铸造型腔的特点	195
第九节 合成树脂制造型腔	196
一、浇注型腔常用的合成树脂	196
二、型腔浇注成型的工艺过程	196
第七章 凸模、型芯类零件的制造技术	199
第一节 制造凸模、型芯的工艺过程	199
第二节 凸模刨削加工	200
一、牛头刨床刨削凸模	201
二、刨模机床加工凸模	202
第三节 凸模、型芯的成型磨削	204
一、成型砂轮磨削法	204
二、夹具成型磨削法	208
三、成型磨削的基本原则	214
第四节 数控成型磨削	214
一、数控成型磨床的主要功能	215
二、数控成型磨床磨削方式	215
第八章 模具零件的热处理	217
第一节 模具零件热处理的方法	217
一、模具零件的退火	217

二、模具零件的正火·····	218
三、模具零件的淬火·····	219
四、模具零件的回火·····	221
第二节 冷冲模具的热处理·····	222
一、凸模和凹模的预先热处理工艺·····	222
二、凸模和凹模的淬火工艺·····	225
三、凸模和凹模的回火工艺·····	226
四、热处理工序的安排·····	227
第三节 型腔模的热处理·····	228
一、塑料型腔模的热处理·····	228
二、锻造型腔模的热处理·····	230
第四节 模具零件的化学处理·····	232
一、渗碳·····	233
二、碳、氮共渗·····	235
三、其它化学处理·····	237
四、碳、氮、硼三元共渗·····	238
第五节 影响热处理质量的因素及防止措施·····	239
一、热处理工艺因素的影响及防止措施·····	239
二、零件结构因素的影响及防止措施·····	241
第九章 模具的装配技术 ·····	242
第一节 模具装配的组织形式及方法·····	242
一、模具装配的组织形式·····	242
二、模具的装配方法·····	243
第二节 冷冲模的装配·····	246
一、冷冲模装配的技术要求·····	247
二、模具零件的固定方法·····	248
三、凸、凹模间隙调整·····	257
四、冲裁模具的总装及试冲·····	258
第三节 其它冷冲模具装配特点·····	261
一、复合模·····	261
二、连续模·····	261
三、弯曲模·····	262
四、拉深模·····	264
第四节 塑料模具的装配·····	265
一、塑料模具装配技术要求·····	266
二、塑料模具组件的装配·····	267
三、型腔的装配及修磨·····	269
四、滑块抽芯机构的装配·····	271
五、浇口套的装配·····	272
六、导柱、导套的装配·····	273
七、顶出机构的装配·····	274

八、总装·····	275
九、试模·····	276
第十章 模具制造技术的发展·····	280
一、开发、应用新型模具材料 ·····	280
二、应用高效精密机床加工模具 ·····	283
三、开发、应用模具计算机辅助设计和制造技术 ·····	284
四、模具表面硬化处理技术 ·····	285
五、快速经济制模技术 ·····	287
参考文献 ·····	288

第一章 模具制造工艺规程

第一节 基本概念

一、生产过程和工艺过程

(一) 生产过程

生产过程是将原材料或半成品转变成为成品的各有关劳动过程的总和。一般模具产品，其生产过程主要包括下列过程。

(1) 生产技术准备过程 这个过程主要是完成模具产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如模具产品的试验研究和设计，工艺设计和专用工艺装备的设计与制造；各种生产资料的准备以及生产组织等方面的准备工作。

(2) 毛坯的制造过程 如铸造、锻造和冲压等。

(3) 零件的各种加工过程 如模具的机械加工、焊接、热处理和其它表面处理等。

(4) 产品的装配过程 包括部装、总装、调试和油漆等。

(5) 各种生产服务活动 如生产中原材料、半成品和工具的供应、运输、保管以及产品的包装和发运等。

由上述过程可以看出，模具产品的生产过程是相当复杂的。为了便于组织生产和提高劳动生产率，现代模具工业的发展趋势是自动化、专业化生产。这样各工厂的生产过程就变得比较简单，有利于保证质量、提高效率和降低成本。如模具零件毛坯的生产，由专业化的毛坯生产工厂来承担。模具上的导柱、导套、顶杆等零件，由专业化的标准件厂来完成。这既有利于模具上各种零件质量的保证，也利于降低成本。对于专业化零部件制造厂和模具制造厂都是有利的。

(二) 工艺过程

在模具产品的生产过程中，对于那些与原材料变为成品直接有关的过程，如毛坯制造、机械加工、热处理和装配等，称为工艺过程。用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使之成为产品零件的那部分工艺过程，称为模具机械加工工艺过程。将合理的机械加工工艺过程确定后，以文字形式作为施工的技术文件，即为模具机械加工工艺规程。

二、模具的机械加工工艺过程

模具机械加工工艺过程是比较复杂的。在这个过程中，根据被加工零件的结构特点和技术要求，常需要采用各种不同的加工方法和设备，并通过这一系列加工步骤，才能

将毛坯变成所需的零件。为了客观地反映和分析这一过程，也为了对这一过程描述的比较准确，就需要研究这一过程的组成。并对其组成单元作出科学的定义。

模具机械加工工艺过程是由一个或若干个顺序排列的工序组成的。而工序又可分为工步或走刀。

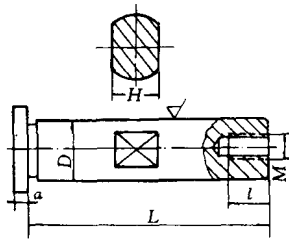


图 1-1 限位导柱简图

(一) 工序

工序是工艺过程的基本单元。工序是指一个（或一组）工人，在一个固定的工作地点，如机床或钳工台，对一个（或同时几个）工件所连续完成的那部分工艺过程。

划分工序的主要依据，是零件在加工过程中工作地点（或机床）是否变更。零件加工的工作地点变更后，即构成另一个工序。例如图 1-1 所示的限位导柱，如果数量很少或单件生产时，其工序的划分见表 1-1。

表 1-1 限位导柱加工工艺过程

工 序 号	工 序 内 容	设 备
1	车端面、打顶尖孔、车全部外圆、切槽、倒角	车 床
2	铣平面	铣 床
3	磨外圆	磨 床
4	钻孔、攻丝、去毛刺	钳 工

工序不仅是制订工艺过程的基本单元，也是制定劳动定额、配备工人、安排作业计划和进行质量检验的基本单元。工序的制订也与被加工工件的数量有关；当加工数量较大时，图 1-1 所示的限位导柱，其工序的划分见表 1-2。

表 1-2 限位导柱加工工艺过程（大批生产）

工 序 号	工 序 内 容	设 备
1	车端面、打顶尖孔	专用车床
2	车外圆、加槽、倒角	车 床
3	铣平面	铣 床
4	磨外圆	外圆磨床
5	钻孔、攻丝、去毛刺	钳 工

(二) 工步与走刀

在一个工序内，往往需要采用不同的刀具和切削用量，对不同的表面进行加工。为了便于分析和描述工序的内容，工序还可进一步划分工步。当加工表面，切削工具和切削用量中的转速与进给量均不变时，所完成的那部分工序称为工步。例如表 1-2 中的工序 2 中，包括粗、精车各外圆表面、倒角、切槽等几个工步。而工序 3 用铣刀铣平面时，只包括一个工步。

构成工步的任一因素（加工表面、刀具或切削用量）改变后，一般即变为另一个工步。但是对于那些在一次安装中连续进行的若干相同的工步，为简化工序内容的叙述，通常看作一个工步。例如图 1-2 所示零件上 6 个 $\phi 10\text{mm}$ 孔的钻削，可写成一个工步——钻 6- $\phi 10\text{mm}$ 孔。

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个加工表面的工步，称为复合工步。在工艺文件上，复合工步可看作为一个工步，见图 1-3 所示。

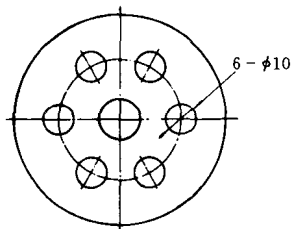


图 1-2 相同加工表面的工步

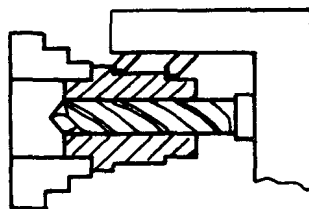


图 1-3 复合工步

在一个工步内，由于被加工表面需切除的金属层较厚，需要分几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀。走刀是工步的一部分，一个工步可包括一次或几次走刀。

(三) 安装与工位

工件在加工之前，在机床或夹具上先占据一个正确的位置，这就是定位。然后再予以夹紧的过程称为安装。并使其在加工过程中保持定位时的正确位置不变。在一个工序内，工件的加工可能只需安装一次，也可能需要安装几次。工件在加工过程中应尽量减少安装次数。因为多一次安装就多一次误差。而且还增加了安装工件的辅助时间。

为了减少工件安装的次数，常采用各种回转工作台，回转夹具或

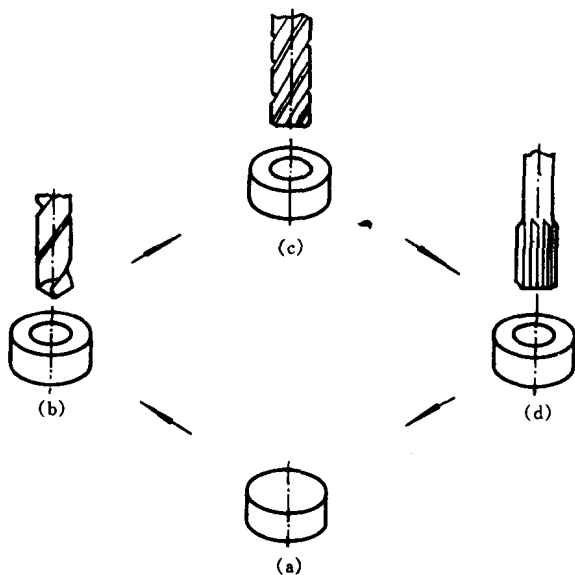


图 1-4 多工位加工

(a) 装卸工件 (b) 钻孔 (c) 扩孔 (d) 铰孔

移位夹具。使工件在一次安装中先后处于几个不同位置进行加工。此时，工件在机床上占据的每一个加工位置称为工位。图 1-4 所示为一个利用回转工作台在一次安装中顺利完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四工位加工的实例。采用多工位加工，可减少工件安装次数，缩短辅助时间，提高生产效率。

三、生产纲领与生产类型

(一) 生产纲领

工厂制造产品（或零件）的年产量，称为生产纲领。在制定工艺规程时，一般按产品（或零件）的生产纲领来确定生产类型。

零件的生产纲领可按下式计算：

$$N = Qn(1 + a + b)$$

式中 N ——零件的生产纲领

Q ——产品的生产纲领

n ——每台产品中该零件的数量

a ——该零件的备品率，%

b ——该零件的废品率，%

(二) 生产类型

根据产品的生产纲领的大小和品种的多少，模具制造业的生产类型主要可分为两种类型：单件生产和成批生产（对于特大批量生产的情况，模具制造业中很少出现）。

1. 单件生产

生产的产品品种较多，每种产品的产量很少，同一个工作地点的加工对象经常改变，且很少重复生产。如新产品试制用的各种模具和大型模具等都属于单件生产。

2. 成批生产

产品的品种不是很多，但每种产品均有一定的数量。工作地点的加工对象周期性的更换，这种生产称为成批生产。例如模具中常用的标准模板、模座、导柱、导套等多属于成批生产。

同一产品（或零件）每批投入生产的数量称为批量。根据产品的特征和批量的大小，成批生产可分为小批生产、中批生产和大批生产。生产类型的工艺特点见表 1-3 所示。

表 1-3 生产类型的工艺特点

类 型 项 目	单 件 生 产	成 批 生 产
产品特点	产品或零件数量小，品种多，事先不能决定是否重复生产	产品或零件有一定数量，品种不多，经常周期性地重复生产
机床加工对象	机床上加工各种不同的零件。它们的变换没有一定规律	机床上周期性地变换加工零件
机床设备与工艺装备	万能设备，很少采用夹具和专用工具	万能设备和部分专用设备。广泛采用夹具
操作方式	用划线及试切法工作	在调整好的机床上工作。有时部分采用划线及试切法
零件的互换性	很少采用互换性生产，多采用修配法	普遍应用互换性生产，少量用于修配
工人技术要求	需要技术熟练的工人	需要有一定技术熟练程度的工人

续表

项 目 \ 类 型	单 件 生 产	成 批 生 产
毛坯的制造方法及加工余量	铸件用木模，手工造型，锻件用自由锻。毛坯精度低，加工余量大	部分铸件用金属模，部分锻件用模锻。毛坯精度中等，加工余量适中。
机床布置形式	机床按类别和规格大小，采用“机群式”排列布置	机床按加工零件类别分工段排列布置
工艺规程	编制简单的工艺规程	有工艺规程，对关键零件有详细的工艺规程

生产类型的划分，主要取决于产品的复杂程度及生产纲领的大小。表 1-4 所列生产类型与生产纲领的关系，可供确定生产类型时参考。

四、制定工艺规程的原则、步骤及原始资料

(一) 工艺规程的作用

工艺规程是指导施工的技术文件。模具加工工艺规程一般应包括下述内容：零件加工工艺路线、各工序的具体加工内容、切削用量、工时定额以及所采用的设备和工艺装备等。

表 1-4

生产类型和生产纲领的关系

生产类型	同类零件的年产量/件		
	重型 (零件的质量 > 2000kg)	中型 (零件的质量 100~2000kg)	轻型 (零件的质量 < 100kg)
单件生产	< 5	< 20	< 100
小批生产	5~100	20~200	100~500
中批生产	100~300	200~500	500~5000
大批生产	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产	> 1000	> 5000	> 50000

工艺规程具有以下几方面的作用。

1. 工艺规程是指导生产的主要技术文件

合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员的实践经验的基础上，依据工艺理论和必要的工艺试验而制订的。它体现了一个企业或部门群众的智慧。按照工艺规程进行生产，可以保证产品的质量、较高的生产效率和经济效益。因此，生产中一般应严格地执行既定的工艺规程。

但是，工艺规程也不是不能变化的，工艺人员应注意总结工人的革新创造，及时地汲取国内外的先进工艺技术，对现行工艺不断地予以改进和完善，以便更好地指导生产。

2. 工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据

由于工艺规程所涉及的内容可以看出：在生产管理中，产品投产前后材料及毛坯的供应，通用工艺装备的准备，机床负荷的调整，专用工艺装备的设计和制造，作业计划

的编排、劳动力的组织，以及生产成本的核算等，都是以工艺规程为基本依据的。

3. 工艺规程是新建或扩建工厂的基础

在新建或扩建工厂或车间时，只有依据工艺规程和生产纲领才能正确地确定生产所需的机床和其它设备的种类、规格和数量、车间的面积、机床的布置、生产工人的工种、等级及数量。以及辅助部门的安排等。

因此，工艺规程是模具制造最主要的技术文件之一。

(二) 制订工艺规程的原则和方法

制订工艺规程的原则是在一定的生产条件下，所编制的工艺规程能以最少的劳动量和最低的费用，可靠地加工出符合图样及技术要求的零件。工艺规程首先要保证产品质量。同时要争取最好的经济效益。在制订工艺规程时，要体现以下三个方面。

1. 技术上的先进性

在制订工艺规程时，要了解国内外本行业工艺技术的发展。通过必要的工艺试验，采用适用的先进工艺和工艺装备。

2. 经济上的合理性

在一定的生产条件下，可能会出现几个保证工件技术要求的工艺方案。此时，应全面考虑，并通过核算或评比选择经济上最合理的方案。使产品的能源、物资消耗和成本最低。

3. 有良好的劳动条件

制订工艺规程时，要注意保证工人具有良好、安全的劳动条件。通过机械化、自动化等途径，把工人从笨重的体力劳动中解放出来。

制订工艺规程时，工艺人员必须认真研究原始资料，如产品图样、生产纲领、毛坯资料及生产条件的状况等。参照同行业工艺技术的发展，综合本部门的生产实践经验，进行工艺文件的编制。

(三) 制订工艺规程的步骤

编制工艺规程，一般可按以下步骤进行。

- ①零件图的研究与工艺分析。
- ②确定生产类型。
- ③确定毛坯的种类和尺寸。
- ④选择定位基准和主要表面的加工方法。拟订零件加工工艺路线。
- ⑤确定工序尺寸及其公差。
- ⑥选择机床、工艺装备、切削用量及时间定额。
- ⑦填写工艺文件。

(四) 工艺文件的格式及应用

将工艺规程的内容，填入一定格式的卡片。即为生产准备和施工依据的技术文件。称为工艺文件。常见的有以下几种。

1. 工艺过程综合卡片

这种卡片主要列出了整个零件加工所经过的工艺路线（包括毛坯、机械加工和热处理等），其表格如表 1-5 所示。它是制订其它工艺文件的基础，也是生产技术准备、编

制作业计划和组织生产的依据。在单件小批生产中，一般简单零件只编制工艺过程卡片，作为工艺指导文件。

表 1-5 工艺过程综合卡片

工厂	工艺过程 综合卡片	名称型号			零件名称			零件图号			
		材料	名称		毛坯	种类		零件质量	毛重		第 页
			牌号			尺寸			净重		共 页
			性能				每台件数				每批件数
工序号	工 序 内 容			加工 车间	设备 名称	工艺装备名称编号			技术 等级	时间定额/min	
						夹具	刀具	量具		单件	准备终结
更改 内容											
编制				校对		审核				会签	

表 1-6 机械加工工艺卡片

工厂	机械加工 工艺卡片	名称型号			零件名称			零件图号						
		材料	名称		毛坯	种类		零件质量	毛重		第 页			
			牌号			尺寸			净重		共 页			
			性能				每台件数				每批件数			
工 序 号	装 夹	工 步	工序 内容	同时 加工 零件数	切 削 用 量			设备名 称及 编号	工艺装备 名称及编号			技术 等级	工时定额 /min	
					切削深度 /mm	切削速度 / (m/min)	每分钟转 数或往复 次数		进给量/ (mm/r 或 mm/双行程)	夹 具	刀 具			量 具
更改 内容														
编制				校对		审核				会签				