

高职高专机电工程类规划教材

机械制造工艺与 机床夹具

吴拓 主编



高职高专机电工程类规划教材

机械制造工艺与机床夹具

主 编 吴 拓
副主编 朱派龙
参 编 方琼珊



机械工业出版社

本书是为适应高等职业教育和高等专科教育的机械制造专业教学改革,满足数控加工、模具制造、机电一体化等专业方向教学的需要,将《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》等机械专业课程中的核心内容有机地结合起来,从培养技术应用能力和加强素质教育出发,以机械制造工艺为主线,进行综合编写而成的一本系统的机械制造专业教材。全书共九章,主要内容有:机械加工过程与工艺规程、机械加工精度、机械加工表面质量、机床常用夹具、专用夹具的设计方法、典型零件加工工艺、特种加工工艺、现代制造技术、装配工艺基础等。

本书注重实际应用,突出基本概念,内容简明精炼,可供高等职业教育和高等专科教育院校机械制造专业使用,也可供普通高等工科院校师生及有关工程技术人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

机械制造工艺与机床夹具/吴拓主编. —北京:机械工业出版社, 2006.8
高职高专机电工程类规划教材
ISBN 7-111-19305-9

I. 机… II. 吴… III. ①机械制造工艺-高等学校:技术学校-教材②机床夹具-高等学校:技术学校-教材 IV. ①TH16②TG75

中国版本图书馆CIP数据核字(2006)第060590号

机械工业出版社(北京市百万庄大街22号 邮政编码100037)
责任编辑:王海峰 版式设计:霍永明 责任校对:魏俊云
封面设计:马精明 责任印制:洪汉军
北京京丰印刷厂印刷
2006年7月第1版·第1次印刷
184mm×260mm·15印张·371千字
0 001—4 000册
定价:22.00元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页,由本社发行部调换
本社购书热线电话(010)68326294
编辑热线电话(010)68354423
封面无防伪标均为盗版

前 言

广东省教育厅和机械工业出版社为了适应高等职业教育的需要,于1999年联合组织编写了一套高职高专规划教材,《机械制造工程》是其中的一本。该教材自2001年出版以来,受到了高职高专各院校的普遍欢迎,得到了较为广泛的使用。但近年来,各院校通过对该教材的使用,也发现了一些问题,例如机械制造、数控加工、模具加工、机电一体化等专业,需要对金属切削加工以及机械制造工艺等加强教学,一是感到教学内容不够充实;二是将金属切削加工及装备、机械制造工艺与夹具作为两门课程,感到教学安排不太方便。因此,在2004年6月广东省教育厅和机械工业出版社召集的主编工作会议上,部分高职院校提出了将该教材进行重新编写的建议。为此,一些以机械制造专业为骨干的院校决定部分专业方向继续使用修订后的《机械制造工程》一书,而部分专业方向如机械制造、数控加工、模具加工、机电一体化等则重新组织编写教材,此部分教材共由三册组成,即《金属切削加工及装备》、《机械制造工艺与机床夹具》、《机械制造工艺与机床夹具课程设计指导》,以使其更加符合部分高职专业教学的需要,并使新编教材更加完善。

《机械制造工艺与机床夹具》一书将《机械制造工艺学》、《机床夹具设计》等机械专业课程中的核心内容有机地结合起来,从培养技术应用能力和加强素质教育出发,以机械制造工艺为主线,进行综合编写而成的一本系统的机械制造专业教材。全书共九章,主要内容有:机械加工过程及工艺规程、机械加工精度、机械加工表面质量、机床夹具设计基础、机床专用夹具及其设计方法、典型零件加工工艺、特种加工工艺、现代制造技术、装配工艺基础等。

本书由吴拓任主编,朱派龙任副主编。编写分工为:第一、二、三、四章由吴拓编写,第五、九章由方琼珊编写,第六、七章由朱派龙编写,第八章第一、二、三节由朱派龙编写,第八章第四、五、六节由吴拓编写。全书由吴拓统稿。

本书注重实际应用,突出基本概念,内容简明精炼,可供高等职业教育和高等专科教育院校机械制造专业使用,也可供普通高等工科院校师生及有关工程技术人员参考。

本书在编写过程中得到了有关院校的领导和同行们的大力支持,书中引用了兄弟院校有关编著的珍贵资料,所用参考文献均已列于书后,在此对所有支持者、机械工业出版社一并表示衷心感谢!

由于编者水平有限,书中难免有疏漏之处,恳请各位同仁及读者不吝批评指正。

编 者

2006年2月于广州

目 录

前言			
第一章 机械加工过程与工艺规程	1		
第一节 基本概念	1		
第二节 机械加工工艺规程概述	5		
第三节 零件图的研究和工艺分析	8		
第四节 毛坯的选择	10		
第五节 定位基准的选择	13		
第六节 工艺路线的拟订	16		
第七节 工序内容的设计	20		
第八节 机械加工生产率和技术经济分析	27		
思考题与习题	30		
第二章 机械加工精度	33		
第一节 概述	33		
第二节 影响加工精度的因素及其分析	34		
第三节 加工误差的综合分析	44		
第四节 保证和提高加工精度的主要途径	47		
思考题与习题	49		
第三章 机械加工表面质量	51		
第一节 概述	51		
第二节 影响表面质量的工艺因素	53		
第三节 控制表面质量的工艺途径	55		
第四节 机械加工振动对表面质量的影响及其控制	59		
第五节 磨削的表面质量	64		
思考题与习题	68		
第四章 机床常用夹具	69		
第一节 机床夹具概述	69		
第二节 工件的定位	73		
第三节 定位误差分析	85		
第四节 工件的夹紧	94		
第五节 各类机床夹具	112		
第六节 现代机床夹具	126		
思考题与习题	130		
第五章 专用夹具的设计方法	133		
第一节 专用夹具设计的基本要求	133		
第二节 专用夹具设计的规范化程序	133		
第三节 夹具设计实例	136		
第四节 计算机辅助夹具设计简介	139		
思考题与习题	140		
第六章 典型零件加工工艺	142		
第一节 轴类零件的加工	142		
第二节 箱体类零件的加工	149		
第三节 圆柱齿轮加工	152		
思考题与习题	156		
第七章 特种加工工艺	158		
第一节 概述	158		
第二节 电火花加工	159		
第三节 电化学加工	167		
第四节 高能束加工	174		
第五节 超声波加工	179		
第六节 快速成形技术	182		
思考题与习题	184		
第八章 现代制造技术	185		
第一节 精密超精密加工技术	185		
第二节 成组技术	192		
第三节 计算机辅助工艺过程设计	198		
第四节 数控加工技术	202		
第五节 机械制造自动化与信息化	211		
第六节 其他新技术新工艺简介	217		
思考题与习题	223		
第九章 装配工艺基础	224		
第一节 概述	224		
第二节 保证装配精度的工艺方法	227		
第三节 装配尺寸链	229		
第四节 装配工艺规程的制订	230		
思考题与习题	233		
参考文献	235		

第一章 机械加工过程与工艺规程

第一节 基本概念

制订机械加工工艺是机械制造企业工艺技术人员的一项主要工作内容。机械加工工艺规程的制订与生产实际有着密切的联系，它要求工艺规程制订者具有一定的生产实践知识和专业基础知识。

在实际生产中，由于零件的结构形状、几何精度、技术条件和生产数量等要求不同，一个零件往往要经过一定的加工过程才能将其由图样变成成品零件。因此，机械加工工艺人员必须从工厂现有的生产条件和零件的生产数量出发，根据零件的具体要求，在保证加工质量、提高生产效率和降低生产成本的前提下，对零件上的各加工表面选择适宜的加工方法，合理地安排加工顺序，科学地拟定加工工艺过程，才能获得合格的机械零件。下面是在确定零件加工过程时应掌握的一些基本概念。

一、生产过程与工艺过程

1. 生产过程和工艺过程的概念

机械产品的生产过程是指将原材料转变为成品的所有劳动过程。这里所指的成品可以是一台机器、一个部件，也可以是某种零件。对于机器制造而言，生产过程包括：

- (1) 原材料、半成品和成品的运输和保存；
- (2) 生产和技术准备工作，如产品的开发和设计、工艺及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；
- (3) 毛坯制造和处理；
- (4) 零件的机械加工、热处理及其他表面处理；
- (5) 部件或产品的装配、检验、调试、油漆和包装等。

由上可知，机械产品的生产过程是相当复杂的。它通过的整个路线称为工艺路线。

工艺过程是指改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为半成品或成品的过程。它是生产过程的一部分。工艺过程可分为毛坯制造、机械加工、热处理和装配等工艺过程。

机械加工工艺过程是指用机械加工的方法直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使之成为零件或部件的生产过程，它包括机械加工工艺过程和机器装配工艺过程。本书所称工艺过程均指机械加工工艺过程，以下简称为工艺过程。

2. 工艺过程的组成

在机械加工工艺过程中，针对零件的结构特点和技术要求，要采用不同的加工方法和装备，按照一定的顺序集资进行加工，才能完成由毛坯到零件的过程。组成机械加工工艺过程的基本单元是工序。工序又由安装、工位、工步和走刀等组成。

(1) 工序 一个或一组工人，在一个工作地点对同一个或同时对几个工件进行加工所连续完成的那部分工艺过程，称之为工序。由定义可知，判别是否为同一工序的主要依据是：工作地点是否变动和加工是否连续。

生产规模不同，加工条件不同，其工艺过程及工序的划分也不同。图 1-1 所示的阶梯轴，根据加工是否连续和变换机床的情况，小批量生产时，可划分为表 1-1 所示的三道工序；大批大量生产时，则可划分为表 1-2 所示的五道工序；单件生产时，甚至可以划分为表 1-3 所示的两道工序。

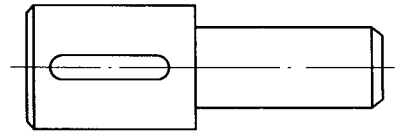


图 1-1 阶梯轴

表 1-1 小批量生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	车一端面，钻中心孔；调头车另一端面，钻中心孔	车床
2	车大端外圆及倒角；车小端外圆及倒角	车床
3	铣键槽；去毛刺	铣床

表 1-2 大批大量生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	铣端面，钻中心孔	中心孔机床
2	车大端外圆及倒角	车床
3	车小端外圆及倒角	车床
4	铣键槽	立式铣床
5	去毛刺	钳工

表 1-3 单件生产的工艺过程

工序号	工序内容	设备
1	车一端面，钻中心孔；车另一端面，钻中心孔；车大端外圆及倒角；车小端外圆及倒角	车床
2	铣键槽；去毛刺	铣床

(2) 安装 在加工前，应先使工件在机床上或夹具中放在正确的位置上，这一过程称为定位。工件定位后，将其固定，使其在加工过程中保持定位位置不变的操作称为夹紧。将工件在机床或夹具中每定位、夹紧一次所完成的那一部分工序内容称为安装。一道工序中，工件可能被安装一次或多次。

(3) 工位 为了完成一定的工序内容，一次安装工件后，工件与夹具或设备的可动部分一起相对刀具或设备的固定部分所占据的每一个位置称为工位。为了减少由于多次安装带来的误差和时间损失，加工中常采用回转工作台、回转夹具或移动夹具，使工件在一次安装中，先后处于几个不同的位置进行加工，称为多工位加工。图 1-2 所示为一利用回转工作台，在一次安装中依次完成装卸工件、钻孔、扩孔、铰孔四个工位加工的例子。采用多工位加工方法，既可以减少安装次数，提高加工精度，并减轻工人的劳动强度；又可以使各工位的加工与工件的装卸同时进行，提高劳动生产率。

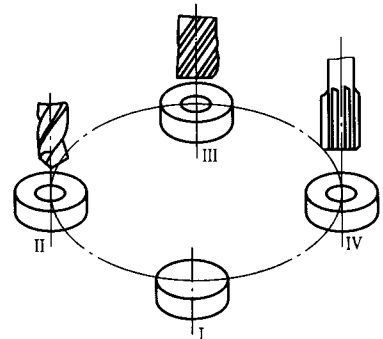


图 1-2 多工位加工
 工位 I—装卸工件 工位 II—钻孔
 工位 III—扩孔 工位 IV—铰孔

(4) 工步 工序又可分成若干工步。加工表面不变、切削刀具不变、切削用量中的进给量和切削速度基

本保持不变的情况下所连续完成的那部分工序内容，称为工步。以上三个不变因素中只要有一个因素改变，即成为新的工步。一道工序包括一个或几个工步。

为简化工艺文件，对于那些连续进行的几个相同的工步，通常可看作一个工步。为了提高生产率，常将几个待加工表面用几把刀具同时加工，这种由刀具合并起来的工步，称为复合工步，如图 1-3 所示。图 1-4 所示为立轴转塔车床回转刀架一次转位完成的工位内容应属于一个工步。复合工步在工艺规程中也写作一个工步。

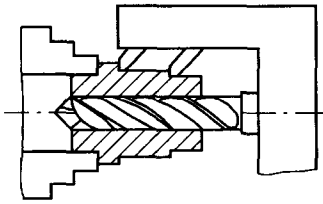


图 1-3 复合工步

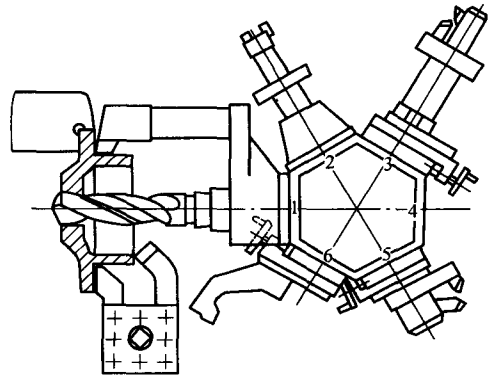


图 1-4 立轴转塔车床回转刀架

(5) 走刀 在一个工步中，若需切去的金属层很厚，则可分为几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可以包括一次或几次走刀。

二、生产纲领和生产类型

1. 生产纲领

生产纲领是指企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。计划期通常为 1 年，所以生产纲领也称为年产量。

对于零件而言，产品的产量除了制造机器所需要的数量之外，还要包括一定的备品和废品，因此零件的生产纲领应按下式计算：

$$N = Qn(1 + a\%)(1 + b\%) \quad (1-1)$$

式中 N ——零件的年产量 (件/年)；

Q ——产品的年产量 (台/年)；

n ——每台产品中该零件的数量 (件/台)；

$a\%$ ——该零件的备品率；

$b\%$ ——该零件的废品率。

2. 生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。人们按照产品的生产纲领、投入生产的批量，可将生产分为：单件生产、批量生产和大量生产三种类型。

(1) 单件生产 单个生产不同结构和尺寸的产品，很少重复甚至不重复，这种生产称为单件生产。如新产品试制、维修车间的配件制造和重型机械制造等都属此种生产类型。其特

点是：生产的产品种类较多，而同一产品的产量很小，工作地点的加工对象经常改变。

(2) 大量生产 同一产品的生产数量很大，大多数工作地点经常按一定节奏重复进行某一零件的某一工序的加工，这种生产称为大量生产。如自行车制造和一些链条厂、轴承厂等专业化生产即属此种生产类型。其特点是：同一产品的产量大，工作地点较少改变，加工过程重复。

(3) 批量生产 一年中分批轮流制造几种不同的产品，每种产品均有一定的数量，工作地点的加工对象周期性地重复，这种生产称为成批生产。如一些通用机械厂、某些农业机械厂、陶瓷机械厂、造纸机械厂、烟草机械厂等的生产即属这种生产类型。其特点是：产品的种类较少，有一定的生产数量，加工对象周期性地改变，加工过程周期性地重复。

同一产品（或零件）每批投入生产的数量称为批量。根据批量的大小又可分为大批量生产、中批量生产和小批量生产。小批量生产的工艺特征接近单件生产，大批量生产的工艺特征接近大量生产。

根据前面公式计算的零件生产纲领，参考表 1-4 即可确定生产类型。不同生产类型的制造工艺有不同特征，各种生产类型的工艺特征见表 1-5。

表 1-4 生产类型和生产纲领的关系

生产类型		生产纲领（件/年或台/年）		
		重型（30kg 以上）	中型（4~30kg）	轻型（4kg 以下）
单件生产		5 以下	10 以下	100 以下
批量生产	小批量生产	5 ~ 100	10 ~ 200	100 ~ 500
	中批量生产	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5000
	大批量生产	300 ~ 1000	500 ~ 5000	5000 ~ 50000
大量生产		1000 以上	5000 以上	50000 以上

表 1-5 各种生产类型的工艺特点

工艺特点	单 件 生 产	批 量 生 产	大 量 生 产
毛坯的制造方法	铸件用木模手工造型，锻件用自由锻	铸件用金属模造型，部分锻件用模锻	铸件广泛用金属模机器造型，锻件用模锻
零件互换性	无需互换、互配零件可成对制造，广泛用修配法装配	大部分零件有互换性，少数用修配法装配	全部零件有互换性，某些要求精度高的配合，采用分组装配
机床设备及其布置	采用通用机床；按机床类别和规格采用“机群式”排列	部分采用通用机床，部分采用专用机床；按零件加工分“工段”排列	广泛采用生产率高的专用机床和自动机床；按流水线形式排列
夹具	很少用专用夹具，由划线和试切法达到设计要求	广泛采用专用夹具，部分用划线法进行加工	广泛用专用夹具，用调整法达到精度要求
刀具和量具	采用通用刀具和万能量具	较多采用专用刀具和专用量具	广泛采用高生产率的刀具和量具
对技术工人要求	需要技术熟练的工人	各工种需要一定熟练程度的技术工人	对机床调整工人技术要求高，对机床操作工人技术要求低
对工艺文件的要求	只有简单的工艺过程卡	有详细的工艺过程卡或工艺卡，零件的关键工序有详细的工序卡	有工艺过程卡、工艺卡和工序卡等详细的工艺文件

第二节 机械加工艺规程概述

一、机械加工艺规程的概念

机械加工艺规程是将产品或零部件的制造工艺过程和操作方法按一定格式固定下来的技术文件。它是在具体生产条件下，本着最合理、最经济的原则编制而成的，经审批后用来指导生产的法规性文件。

机械加工艺规程包括零件加工工艺流程、加工工序内容、切削用量、采用设备及工艺装备、工时定额等。

二、机械加工艺规程的作用

机械加工艺规程是机械制造工厂最主要的技术文件，是工厂规章制度的重要组成部分，其作用主要有：

1) 它是组织和管理生产的基本依据。工厂进行新产品试制或产品投产时，必须按照工艺规程提供的数据进行技术准备和生产准备，以便合理编制生产计划，合理调度原材料、毛坯和设备，及时设计制造工艺装备，科学地进行经济核算和技术考核。

2) 它是指导生产的主要技术文件。工艺规程是在结合本厂具体情况，总结实践经验的基础上，依据科学的理论和必要的工艺实验后制订的，它反映了加工过程中的客观规律，工人必须按照工艺规程进行生产，才能保证产品质量，才能提高生产效率。

3) 它是新建和扩建工厂的原始资料。根据工艺规程，可以确定生产所需的机械设备、技术工人、基建面积以及生产资源等。

4) 它是进行技术交流，开展技术革新的基本资料。典型和标准的工艺规程能缩短生产的准备时间，提高经济效益。先进的工艺规程必须广泛吸取合理化建议，不断交流工作经验，才能适应科学技术的不断发展。工艺规程则是开展技术革新和技术交流必不可少的技术语言和基本资料。

三、机械加工艺规程的类型

工艺规程的类型有：

(1) 专用工艺规程——针对每一个产品和零件所设计的工艺规程。

(2) 通用工艺规程，它包括：

1) 典型工艺规程——一组结构相似的零部件所设计的通用工艺规程；

2) 成组工艺规程——按成组技术原理将零件分类成组，针对每一组零件所设计的通用工艺规程；

3) 标准工艺规程——已纳入国家标准或工厂标准的工艺规程。

为了适应工业发展的需要，加强科学管理和便于交流，按照规定，属于机械加工艺规程的有：

1) 机械加工艺过程卡片 主要列出零件加工所经过的整个工艺路线、采用的工装设备和工时等内容，多作为生产管理使用；

表 1-7 机械加工工艺卡(卡芯)

工 厂		机械加工工艺卡片				产品型号	零(部)件图号		共 页							
材料牌号		毛坯种类	毛坯外形尺寸	每毛坯件数		零(部)件名称		每台件数	备注							
工序装夹	工序	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			
				背吃刀量 /mm	切削速度 / (m/min)	每分钟转数 / 或往复次数	进给量 / (mm 或 mm / 双行程)		夹具	刀具	量具		单件	准终		
描图																
描校																
底图号																
装订号																
							编制(日期)	审核(日期)	会签(日期)							
标记处数更改文件号签字日期							标记处数更改文件号签字日期									

表 1-8 机械加工程序卡

机械加工程序卡片		产品型号	零(部)件图号		共()页		第()页	
		产品名称	零(部)件名称		车间	工序号	工序名称	材料牌号
		毛坯种类	毛坯外形尺寸		每个毛坯可制件数		每台件数	
		设备名称	设备型号		设备编号		同时加工件数	
		夹具编号		夹具名称		切削液		
		工位器具编号		工位器具名称		工序工时		
						准终 单件		
工步号	工步内容	工艺装备	主轴转速 $r \cdot \min^{-1}$	切削速度 $m \cdot \min^{-1}$	进给量 $mm \cdot r^{-1}$	背号刀量 mm	进给次数	工步工时 机动辅助
描图								
描校								
底图号								
装订号								
					设计(日期)	审核(日期)	标准化(日期)	会签(日期)
标记处数更改文件号签字日期					标记处数更改文件号签字日期			

四、制订工艺规程的原则和依据

1. 制订工艺规程的原则

制订工艺规程时，必须遵循以下原则：

- 1) 必须充分利用本企业现有的生产条件；
- 2) 必须可靠地加工出符合图样要求的零件，保证产品质量；

- 3) 保证良好的劳动条件,提高劳动生产率;
- 4) 在保证产品质量的前提下,尽可能降低消耗、降低成本;
- 5) 应尽可能采用国内外先进工艺技术。

由于工艺规程是直接指导生产和操作的技术文件,因此工艺规程还应做到清晰、正确、完整和统一,所用术语、符号、编码、计量单位等都必须符合相关标准。

2. 制订工艺规程的主要依据

制订工艺规程时,必须依据如下原始资料:

- 1) 产品的装配图和零件的工作图;
- 2) 产品的生产纲领;
- 3) 本企业现有的生产条件,包括毛坯的生产条件或协作关系、工艺装备和专用设备及其制造能力、工人的技术水平以及各种工艺资料和标准等;
- 4) 产品验收的质量标准;
- 5) 国内外同类产品的新技术、新工艺及其发展前景等的相关信息。

五、制订工艺规程的步骤

制订机械加工工艺规程的步骤大致如下:

- 1) 熟悉和分析制订工艺规程的主要依据,确定零件的生产纲领和生产类型;
- 2) 分析零件工作图和产品装配图,进行零件结构工艺性分析;
- 3) 确定毛坯,包括选择毛坯类型及其制造方法;
- 4) 选择定位基准或定位基面;
- 5) 拟定工艺路线;
- 6) 确定各工序需用的设备及工艺装备;
- 7) 确定工序余量、工序尺寸及其公差;
- 8) 确定各主要工序的技术要求及检验方法;
- 9) 确定各工序的切削用量和时间定额,并进行技术经济分析,选择最佳工艺方案;
- 10) 填写工艺文件。

六、制定工艺规程时要解决的主要问题

制定工艺规程时,主要解决以下几个问题:

- 1) 零件图的研究和工艺分析;
- 2) 毛坯的选择;
- 3) 定位基准的选择;
- 4) 工艺路线的拟订;
- 5) 工序内容的设计,包括机床设备及工艺装备的选择、加工余量和工序尺寸的确定、切削用量的确定、热处理工序的安排、工时定额的确定等。

第三节 零件图的研究和工艺分析

制定零件的机械加工工艺规程前,必须认真研究零件图,对零件进行工艺分析。

一、零件图的研究

零件图是制订工艺规程最主要的原始资料。只有通过零件图和装配图的分析,才能了解产品的性能、用途和工作条件,明确各零件的相互装配位置和作用,了解零件的主要技术要求,找出生产合格产品的关键技术问题。零件图的研究包括三项内容:

(1) 检查零件图的完整性和正确性 主要检查零件视图是否表达直观、清晰、准确、充分;尺寸、公差、技术要求是否合理、齐全。如有错误或遗漏,应提出修改意见。

(2) 分析零件材料选择是否恰当 零件材料的选择应立足于国内,尽量采用我国资源丰富的材料,尽量避免采用贵金属;同时,所选材料必须具有良好的加工性。

(3) 分析零件的技术要求 包括零件加工表面的尺寸精度、形状精度、位置精度、表面粗糙度、表面微观质量以及热处理等要求。分析零件的这些技术要求在保证使用性能的前提下是否经济合理,在本企业现有生产条件下是否能够实现。

二、零件的结构工艺性分析

零件的结构工艺性是指所设计的零件在不同类型的具体生产条件下,零件毛坯的制造、零件的加工和产品的装配所具备的可行性和经济性。零件结构工艺性涉及面很广,具有综合性,必须全面综合地分析。零件的结构对机械加工工艺过程的影响很大,不同结构的两个零件尽管都能满足使用要求,但它们的加工方法和制造成本却可能有很大的差别。所谓具有良好的结构工艺性,应是在不同生产类型的具体生产条件下,对零件毛坯的制造、零件的加工和产品的装配,都能以较高的生产率和最低的成本、采用较经济的方法进行并能满足使用性能的结构。在制订机械加工工艺规程时,主要对零件切削加工工艺性进行分析。

两个使用性能完全相同的零件,因结构稍有不同,其制造成本就有很大的差别。零件机械加工结构工艺性的对比,请参见《机械制造工艺与机床夹具课程设计指导》(吴拓、方琼珊编,机械工业出版社,2006年1月)书中的表1-1。

三、零件工艺分析应重点研究的几个问题

对于较复杂的零件,在进行工艺分析时还必须重点研究以下三个方面的问题:

(1) 主次表面的区分和主要表面的保证 零件的主要表面是指零件与其他零件相配合的表面,或是直接参与机器工作过程的表面。主要表面以外的其他表面称为次要表面。根据主要表面的质量要求,便可确定所采用的加工方法以及采用哪些最后加工的方法来保证实现这些要求。

(2) 重要技术条件分析 零件的技术条件一般是指零件的表面形状精度和位置精度,静平衡、动平衡要求,热处理、表面处理,探伤要求和气密性试验等。重要技术条件是影响工艺过程制订的重要因素,通常会影响到基准的选择和加工顺序,还会影响工序的集中与分散。

(3) 零件图上表面位置尺寸的标注 零件上各表面之间的位置精度是通过一系列工序加工后获得的,这些工序的顺序与工序尺寸和相互位置关系的标注方式直接相关,这些尺寸的标注必须做到尽量使定位基准、测量基准与设计基准重合,以减少基准不重合带来的误差。

第四节 毛坯的选择

选择毛坯，主要是确定毛坯的种类、制造方法及其制造精度。毛坯的形状、尺寸越接近成品，切削加工余量就越少，从而可以提高材料的利用率和生产效率，然而这样往往会使毛坯制造困难，需要采用昂贵的毛坯制造设备，从而增加毛坯的制造成本。所以选择毛坯时应从机械加工和毛坯制造两方面出发，综合考虑以求最佳效果。

一、毛坯的种类

毛坯的种类很多，同一种毛坯又有多种制造方法。

1. 铸件

铸件适用于形状复杂的零件毛坯。根据铸造方法的不同，铸件又分为：

(1) 砂型铸造的铸件 这是应用最为广泛的一种铸件。它又有木模手工造型和金属模机器造型之分。木模手工造型铸件精度低，加工表面需留较大的加工余量；木模手工造型生产效率低，适用于单件小批生产或大型零件的铸造。金属模机器造型生产效率高，铸件精度也高，但设备费用高，铸件的重量也受限制，适用于大批量生产的中小型铸件。

(2) 金属型铸造铸件 将熔融的金属浇注到金属模具中，依靠金属自重充满金属模具型腔而获得的铸件。这种铸件比砂型铸造铸件精度高、表面质量和力学性能好，生产效率也较高，但需专用的金属型腔模，适用于大批量生产中的尺寸不大的有色金属铸件。

(3) 离心铸造铸件 将熔融金属注入高速旋转的铸型内，在离心力的作用下，金属液充满型腔而形成的铸件。这种铸件晶粒细，金属组织致密，零件的力学性能好，外圆精度及表面质量高，但内孔精度差，且需要专门的离心浇注机，适用于批量较大的黑色金属和有色金属的旋转体铸件。

(4) 压力铸造铸件 将熔融的金属在一定的压力作用下，以较高的速度注入金属型腔内而获得的铸件。这种铸件精度高，可达 IT11 ~ IT13；表面粗糙度值小，可达 $Ra3.2 \sim 0.4\mu m$ ；铸件力学性能好。压力铸造可铸造各种结构较复杂的零件，铸件上各种孔眼、螺纹、文字及花纹图案均可铸出。但需要一套昂贵的设备和型腔模。适用于批量较大的形状复杂、尺寸较小的有色金属铸件。

(5) 精密铸造铸件 将石蜡通过型腔模压制成与工件一样的蜡制件，再在蜡制工件周围粘上特殊型砂，凝固后将其烘干焙烧，蜡被蒸发而放出，留下工件形状的模样，用来浇铸。精密铸造铸件精度高，表面质量好。此法一般用来铸造形状复杂的铸钢件，可节省材料，降低成本，是一项先进的毛坯制造工艺。

2. 锻件

锻件适用于强度高、形状比较简单的零件毛坯，其锻造方法有自由锻和模锻两种。

自由锻造锻件是在锻锤或压力机上用手工操作而成形的锻件。它的精度低，加工余量大，生产率也低，适用于单件小批生产及大型锻件。

模锻件是在锻锤或压力机上，通过专用锻模锻制而成的锻件。它的精度和表面粗糙度均比自由锻造的好，可以使毛坯形状更接近工件形状，加工余量小。同时，由于模锻件的材料纤维组织分布好，锻制件的机械强度高。模锻的生产效率高，但需要专用的模具，且锻锤的

吨位也要比自由锻造的大。模锻主要适用于批量较大的中小型零件。

3. 焊接件

焊接件是根据需要将型材或钢板焊接而成的毛坯件，它制作方便、简单，但需要经过热处理才能进行机械加工。它适用于单件小批生产中制造大型毛坯，其优点是制造简便，加工周期短，毛坯重量轻；缺点是焊接件抗振动性差，机械加工前需经过时效处理以消除内应力。

4. 冲压件

冲压件是通过冲压设备对薄钢板进行冷冲压加工而得到的零件，它可以非常接近成品要求，冲压零件可以作为毛坯，有时还可以直接成为成品。冲压件的尺寸精度高，适用于批量较大而零件厚度较小的中小型零件。

5. 型材

型材主要通过热轧或冷拉而成。热轧的精度低，价格较冷拉的便宜，用于一般零件的毛坯。冷拉的尺寸小，精度高，易于实现自动送料，但价格贵，多用于批量较大且在自动机床上进行加工的情形。按其截面形状，型材可分为圆钢、方钢、六角钢、扁钢、角钢、槽钢以及其他特殊截面的型材。

6. 冷挤压件

冷挤压件是在压力机上通过挤压模挤压而成。其生产效率高。冷挤压毛坯精度高，表面粗糙度值小，可以不再进行机械加工，但要求材料塑性好，主要为有色金属和塑性好的钢材。冷挤压适用于大批量生产中制造形状简单的小型零件。

7. 粉末冶金件

粉末冶金件是以金属粉末为原料，在压力机上通过模具压制成形后经高温烧结而成。其生产效率高，零件的精度高，表面粗糙度值小，一般可不再进行精加工，但金属粉末成本较高，适用于大批大量生产中压制形状较简单的小型零件。

二、确定毛坯时应考虑的因素

在确定毛坯时应考虑以下因素：

(1) 零件的材料及其力学性能 当零件的材料选定以后，毛坯的类型就大体确定了。例如，材料为铸铁的零件，自然应选择铸造毛坯；而对于重要的钢质零件，力学性能要求高时，可选择锻造毛坯。

(2) 零件的结构和尺寸 形状复杂的毛坯常采用铸件，但对于形状复杂的薄壁件，一般不能采用砂型铸造；对于一般用途的阶梯轴，如果各段直径相差不大、力学性能要求不高时，可选择棒料做毛坯，倘若各段直径相差较大，为了节省材料，应选择锻件。

(3) 生产类型 当零件的生产批量较大时，应采用精度和生产率都比较高的毛坯制造方法，这时毛坯制造增加的费用可由材料耗费减少的费用以及机械加工减少的费用来补偿。

(4) 现有生产条件 选择毛坯类型时，要结合本企业的具体生产条件，如现场毛坯制造的实际水平和能力、外协的可能性等。

(5) 充分考虑利用新技术、新工艺和新材料的可能性 为了节约材料和能源，减少机械加工余量，提高经济效益，只要有可能，就必须尽量采用精密铸造、精密锻造、冷挤压、粉末冶金和工程塑料等新工艺、新技术和新材料。

三、确定毛坯时的几项工艺措施

实现少切屑、无切屑加工,是现代机械制造技术的发展趋势。但是,由于毛坯制造技术的限制,加之现代机器对零件精度和表面质量的要求越来越高,为了保证机械加工能达到质量要求,毛坯的某些表面仍需留有加工余量。加工毛坯时,由于一些零件形状特殊,安装和加工不大方便,必须采取一定的工艺措施才能进行机械加工。以下列举几种常见的工艺措施。

(1) 为了便于安装,有些铸件毛坯需铸出工艺搭子,如图 1-5 所示。工艺搭子在零件加工完毕后一般应切除,如对产品使用和外观没有影响,也可保留在零件上。

(2) 装配后需要形成同一工作表面的两个相关偶件,为了保证加工质量并使加工方便,常常将这些分离零件先制作成一个整体毛坯,加工到一定阶段后再切割分离。如图 1-6 所示的车床走刀系统中的开合螺母外壳,其毛坯就是两件合制的;柴油机连杆大端也是合制的。

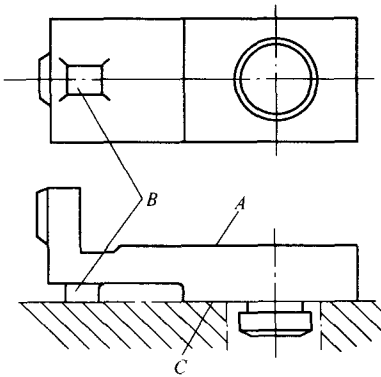


图 1-5 工艺搭子的实例

A—加工面 B—工艺搭子 C—一定位置

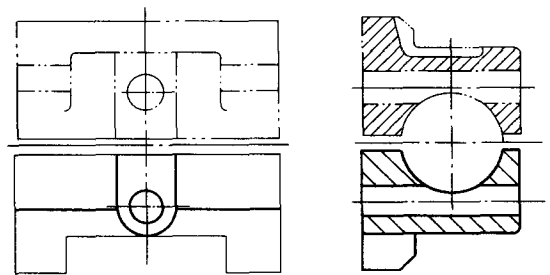


图 1-6 车床开合螺母外壳简图

(3) 对于形状比较规则的小型零件,为了便于安装和提高机械加工的生产率,可将多件合成一个毛坯,加工到一定阶段后,再分离成单件,如图 1-7 所示的滑键,对毛坯的各平面加工好后再切割成单件,再对单件进行加工。

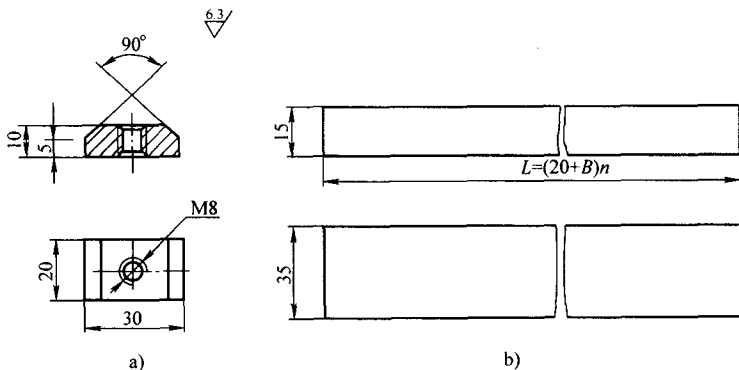


图 1-7 滑键零件图与毛坯图

a) 滑键零件图 b) 滑键毛坯图