

中等专业学校教材

电子机械零部件制造工艺学

宋福生 主编

东南大学出版社

内 容 简 介

本书为中等专业学校电子设备结构设计专业的统编教材。内容包括：机械加工工艺规程制定、典型零件机械加工工艺（轴、套、壳体、齿轮）、机械加工精度及表面质量、工艺过程的劳动生产率和经济性、印制电路板机械加工工艺、机箱机柜的加工工艺、装配工艺基础、特种加工、板件冲压工艺、塑件成型工艺等。书中阐述了有关电子机械制造工艺基本理论，同时有较多的制定工艺规程的实例和分析。全书有关标准均采用最新国家标准，如GB 4863-85、GB5847-86等。

本书可作中等专业学校电子设备结构设计专业与其它有关专业的教材，亦可作为职业学校的教材或供从事电子机械的工程技术人员参考。

责任编辑 朱 丹

电子机械零部件制造工艺学

宋福生 主编

东南大学出版社出版

南京四牌楼2号

江苏省新华书店发行 大丰印刷二厂印刷

开本787×1092毫米 1/16 印张21.25 字数491千字

1990年5月第1版 1990年5月第1次印刷

印数：1—2000册

ISBN7-81023-198-7

TH·6 定价：4.20元

出版说明

根据国务院关于高等学校教材工作分工的规定，我部承担了全国高等学校、中等专业学校工科电子类专业教材的编审、出版的组织工作。由于各有关院校及参与编审工作的广大教师共同努力，有关出版社的紧密配合，从1978年至1985年，已编审、出版了两轮教材，正在陆续供给高等学校和中等专业学校教学使用。

为了使工科电子类专业教材能更好地适应“三个面向”的需要，贯彻“努力提高教材质量，逐步实现教材多样化，增加不同品种、不同层次、不同学术观点、不同风格、不同改革试验的教材”的精神，我部所属的七个高等学校教材编审委员会和两个中等专业学校教材编审委员会，在总结前两轮教材工作的基础上，结合教育形势的发展和教学改革的需要，制订了1986~1990年的“七五”（第三轮）教材编审出版规划。列入规划的教材、实验教材、教学参考书等近400种选题。这批教材的评选推荐和编写工作由各编委会直接组织进行。

这批教材的书稿，是从通过教学实践、师生反映较好的讲义中经院校推荐，由编审委员会（小组）评选择优产生出来的。广大编审者、各编审委员会和有关出版社为保证教材的出版和提高教材的质量，作出了不懈的努力。

限于水平和经验，这批教材的编审、出版工作还会有缺点和不足之处，希望使用教材的单位，广大教师和同学积极提出批评建议，共同为不断提高工科电子类专业教材的质量而努力。

电子工业部教材办公室

前 言

本教材系按电子工业部制定的工科电子类专业教材1986~1990年编审出版规划,由电子机械类专业教材编审委员会机械制造专业编审小组组织征稿、评选、推荐出版。

本教材由南京无线电工业学校宋福生担任主编,武汉无线电工业学校夏梓桥担任主审。

本课程的参考教学时数为126学时,主要内容为:机械加工工艺规程制定、典型零件机械加工工艺、机械加工精度及表面质量、工艺过程的劳动生产率和经济性、印制电路板机械加工工艺、机箱机柜的加工工艺、装配工艺基础、特种加工、板件冲压工艺、塑件成型工艺。

本书的任务是使电子设备结构设计专业学生掌握电子机械制造工艺的基本理论知识;培养学生具备产品结构工艺性的概念,在电子设备结构设计时能够考虑到各种工艺方法的特点,设计出结构工艺性好的零部件和产品;并且初步熟悉制定零部件工艺规程的原则、步骤和方法。书中有关机械制造工艺基本术语均采用最新国家标准。

本教材由宋福生编写第一、二、五、七、八、九、十章;南京无线电工业学校杨秀娟编写第三、四章;机械电子部1014研究所季余达编写第六章,宋福生统编全稿。参加审阅工作的还有梁国元、龚维蒸同志,他们为本书提出了许多宝贵意见,在此表示诚挚的感谢。由于编者水平有限,书中难免还存在一些缺点和错误,殷切希望广大读者批评指正。

编 者

1989年9月

目 录

第一篇 电子机械零部件机械加工工艺

第一章 机械加工工艺规程制定	1
第一节 机械加工工艺过程	1
第二节 工艺规程编制的原则、步骤及原始资料	6
第三节 零件的工艺性分析	7
第四节 毛坯的选择	10
第五节 定位基准的选择	12
第六节 工艺路线的拟定	20
第七节 加工总余量的确定	24
第八节 工艺尺寸的计算	31
第九节 工艺设备、工艺装备等的选择	42
第十节 编制工艺规程实例	43
第二章 典型零件机械加工工艺	50
第一节 轴的加工	50
第二节 套类零件加工	65
第三节 壳体零件加工	77
第四节 齿轮加工	91
第三章 机械加工精度及表面质量	111
第一节 加工精度的基本概念	111
第二节 机械加工误差产生的原因及降低方法	111
第三节 加工精度的统计方法	130
第四节 机械加工的经济精度	137
第五节 机械加工的表面质量	138
第四章 工艺过程的劳动生产率 和经济性	148
第一节 时间定额	148
第二节 提高劳动生产率的措施	149
第三节 机械加工自动化	152
第四节 成组工艺及计算机辅助制定 工艺过程简介	153
第五章 印制电路板机械加工工艺	163
第一节 概述	163

第二节 孔加工	165
第三节 外形加工	168
第六章 机箱机柜的加工工艺	171
第一节 概述	171
第二节 机箱机柜加工工艺分析	171
第三节 机箱机柜的加工工艺	176
第七章 装配工艺基础	183
第一节 概述	183
第二节 装配精度	185
第三节 装配尺寸链	185
第四节 达到装配精度的工艺方法	187
第八章 特种加工	197
第一节 电火花加工	197
第二节 电解加工	202
第三节 激光加工	206
第四节 超声波加工	209
第二篇 板件冲压工艺和塑件成型工艺	
第九章 板件冲压工艺	212
第一节 板料冲压的基本知识	212
第二节 冲裁工艺	224
第三节 冲裁模	234
第四节 弯曲工艺和弯曲模	254
第五节 拉深工艺及拉深模	270
第六节 成型工艺	285
第七节 冷挤压简介	289
第八节 板料冲压件工艺方案的制定	293
第十章 塑料零部件成型工艺	300
第一节 概述	300
第二节 热固性塑料的模塑成型	307
第三节 热塑性塑料的注射成型	313
第四节 热固性塑料的注射成型	319
第五节 塑料成型模具	320
参考书目	333

第一篇 电子机械零部件机械加工工艺

第一章 机械加工工艺规程制定

第一节 机械加工工艺过程

一、生产过程与工艺过程

电子产品的生产过程是将原材料或半成品转变为成品的全过程。对于结构比较复杂的电子产品，其生产过程主要包括下列过程：

1. 生产技术准备过程 此过程应完成产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如产品的研究实验和设计；工艺准备（对产品图样进行工艺性分析和审查，拟定工艺方案；编制各种工艺文件；设计、制造和调整工艺装备）；

2. 毛坯的制造过程 如铸造、锻造和冲压等；

3. 零件的加工过程 如机械加工、焊接、热处理和表面处理等；

4. 产品的装配过程 如部件装配、整机的机装、电装和总装以及调试和油漆等；

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。

在现代化生产中，为了便于组织专业化生产和提高劳动生产率，降低成本，一种产品的生产往往由许多工厂联合完成，所以一个工厂的生产过程往往是整个产品生产过程的一部分。电子产品的生产过程，同样是由若干工厂联合而成。例如，电视机厂生产电视机所需的显象管、高频头、电位器、电阻、电容、管子、喇叭等元、器件，是分别在有关工厂生产的，最后才集中在电视机厂装配成电视机。

一个工厂完成其产品的生产过程，称为工厂生产过程。可分为若干车间的生产过程，各个车间的产品也不一样，如铸造车间的产品是铸件，锻造车间的产品是锻件，机械加工车间的产品是零件，总装车间的产品是最后装配而成的整机。某车间制成其产品所经过的全部劳动过程，称为该车间的生产过程。某车间用的原材料（或半成品），可能是另一车间的成品，而它的成品又可能是其它车间的原材料。

在电子产品的生产过程中，对于那些改变生产对象的形状、尺寸、相对位置和性质等，使其成为成品或半成品的过程，称为工艺过程。而用机械加工的方法，直接改变毛坯的形状、尺寸和表面质量，使之成为合格产品零件的过程称为机械加工工艺过程。本章主要阐述的是机械加工工艺过程（以下简称工艺过程），但有时也要涉及毛坯制造和热处理的问题。

二、工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列的工序组成，而工序又可分为工步和工作行程。

(一) 工序 工序是工艺过程的基本单元。工序是一个或一组工人，在一个工作地对同一个或同时对几个工件所连续完成的那一部分工艺过程。

划分工序的主要依据是，工作地或机床是否变动，零件加工的工作地变动后，由于加工工作不连续，即构成另一工序。例如图 1-1 所示的阶梯轴，当中批生产时，其工序划分如表 1-1 所示。

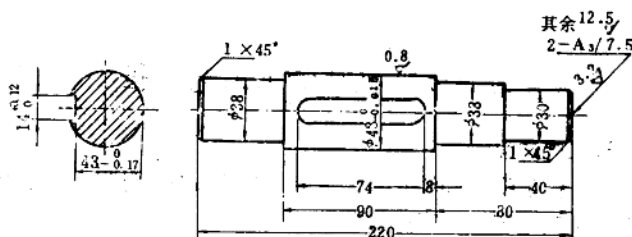


图 1-1 阶梯轴

表 1-1 中工序 3、4 的内容，由一个工人在一台机床上，先将整批工件右段外圆车成，再调头车左段外圆，因为工件加工不连续，应算两道工序；若单件生产时，车端面钻中心孔、车外圆右段和车外圆左段，可由一个工人在一台车床上连续完成，此时三道工序可合并为一个工序。

表 1-1 阶梯轴加工工艺过程 (中批生产)

工序号	工 序 内 容	设备
1	下料	锯床
2	车端面、钻中心孔 调头：车另一端面、钻中心孔	车床
3	车右端外圆、倒角	车床
4	车左端外圆、倒角	车床
5	铣键槽	铣床
6	去毛刺	钳工台
7	磨大外圆	外圆磨床

工序不仅是制订工艺过程的基本单元，也是制定时间定额、配备工人、安排生产计划和进行质量检验的基本单元。

(二) 安装与工位 工件经一次装夹后所完成的那一部分工序称为安装。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。例如，表 1-1 中的工序 2，为车两端面和钻中心孔就需两次安装。工件加工中应尽量减少安装次数，因为多一次安装就多一次安装误差，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、回转夹具或移位夹具，使工件在一次安装中先后处于几个不同的位置进行加工。此时，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工位。图 1-2 所示为一利用回转

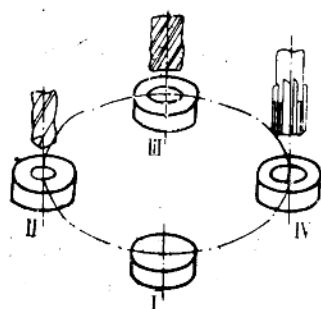


图 1-2 多工位加工工位
工位 I—装卸工件；工位 II—钻孔；
工位 III—扩孔；工位 IV—铰孔

工作台在一次安装中顺次完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四个工位加工的实例。采用多工位加工，可减少工件安装次数，缩短辅助时间，提高生产率。

(三) 工步与工作行程 在一个工序内，往往需要采取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。工步是指加工表面和加工工具不变的情况下，所连续完成的那一部分工序。一个工

序可包括几个工步，也可以只包括一个工步。例如，在表 1-1 的工序 3 中，包括有粗车各外圆表面及倒角等工步，而工序 5 当采用键槽铣刀铣键槽时，就只包括一个工步。

构成工步的任一因素（加工表面、刀具或切削用量）改变后，一般即变为另一工步。但是对于那些在一次安装中连续完成若干相同的工步内容，为简化叙述，通常多看作一个工步。例如，图 1-3 所示零件上四个 $\phi 3.2\text{mm}$ 孔的钻削，可写成一个工步——钻 4- $\phi 3.2\text{mm}$ 的孔。

为了提高生产效率，用几把刀具同时加工几个表面的工步，称为复合工步。例如，图 1-4 所示为用两把车刀一个钻头同时加工几个表面，在工艺文件上，复合工步应视为一个工步。

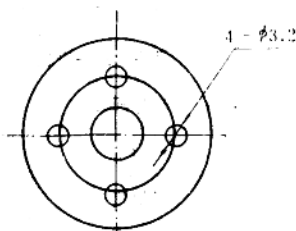


图 1-3 包括四个相同表面加工工步

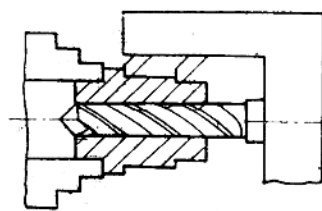


图 1-4 复合工步

刀具以加工进给速度相对工件所完成一次进给运动的工步部分称工作行程。在一个工步内，当被加工表面余量较多不能一次切除或为了获得较高的精度和较小的表面粗糙度时，需对某一表面进行多次切削，则每进给一次切削就是一次工作行程。一个工步可包括一次或几次工作行程，例如，图 1-5 所示。

根据上述内容，把图 1-1 所示零件的工艺过程归纳成表 1-2，以便对工艺过程、工序、安装、工步的概念和它们之间的相互关系，有更清楚的认识。

三、生产类型及其工艺特征

生产类型即企业生产专业化程度的分类。一般分为单件生产，成批生产和大量生产

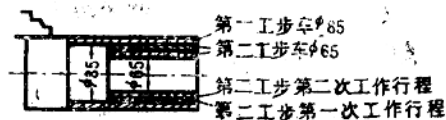


图 1-5 车阶梯轴的工步与工作行程

三种类型。而生产类型取决于企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划即生产纲领。产品（或零部件）的生产纲领，即包括备品率和废品率在内的该零件的年产量。生产纲领的大小，对工艺过程的编制有很大影响。

零件的生产纲领可按下式计算：

$$N = Qn(1 + \alpha\% + \beta\%)$$

式中 N ——零件的生产纲领（件/年）， Q ——产品的生产纲领（台/年），
 n ——每台产品中该零件的数量（件/台）， $\alpha\%$ ——备品率，随产品交付给用户和修理单位的易损零件备用品， $\beta\%$ ——废品率，补充生产过程中不可避免的废品量。

（一）单件生产 单件生产的基本特点，是产品年产量少，每年生产极少重复，甚至完全不重复。例如，新产品的试制，专用非标准设备的制造和重型产品的制造等。

表 1-2 阶梯轴机械加工工艺过程的组成

工 序 号	安 装 号	工 步 号	工序、安装、工步的内容	机 床	工 序 号	安 装 号	工 步 号	工序、安装、工步的内容	机 床
Ⅱ	A		下料	锯床	Ⅳ	A	3	车外圆 $\phi 30$	车床
			车端面钻中心孔				4	倒角	
			三爪夹外圆					车外圆左段	
		1	车右端面					调头两顶尖安装	
	2	钻中心孔		1	车外圆 $\phi 38$				
	B		调头三爪夹外圆		2	倒角			
		1	车左端平面			铣键槽			
		2	钻中心孔			平口钳夹外圆			
		A		车外圆右段		1	铣键槽		
			两顶尖安装			磨外圆			
1	车外圆 $\phi 48$ (留余量)				两顶尖安装				
2	车外圆 $\phi 38$			1	磨外圆 $\phi 48_{-0.016}^0$				

（二）成批生产 成批生产的基本特征是，产品的年产量较大，全年任务分批生产，各种产品是分批分期地轮番进行生产。例如，雷达、通讯机和金属切削机床的生产。

同一产品（或零部件）每批投入生产的数量称为批量。根据批量大小，成批生产又可分为小批生产、中批生产和大批生产。小批生产工艺过程的特点和单件生产相似，

大批生产的工艺过程特点和大量生产相似，中批生产的工艺过程特点则介于两者之间。

(三) 大量生产 大量生产的基本特点，是生产纲领很大，不是分批生产，在大多数工作地长期不断地重复同一道工序的加工，整个工艺过程流水式地进行。例如，电子产品的元器件、标准件、汽车和轴承等的制造属于这类生产。

生产类型不同，产品制造的工艺方法、所用设备和工艺装备以及生产的组织均不相同。大批大量生产采用高生产率的工艺及设备，经济效益好；单件小批生产常采用通用设备及通用工装，生产率低，经济效益较差。各种生产类型的工艺特征见表 1-3。

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，仅供确定生产类型时参考。

表 1-3 各种生产类型的工艺特征

类 型	单 件 生 产	成 批 生 产	大 量 生 产
工艺特征			
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，加工余量中等	铸件广泛采用金属模机器造型；锻件广泛采用模锻，以及其它高生产率的毛坯制造方法。毛坯精度高，加工余量小
机床设备及布置形式	采用通用机床。机床按类别和规格大小采用“机群式”排列布置	采用部分通用机床和部分高生产率机床。机床按加工零件类别分工段安排布置	广泛采用高生产率的专用机床及自动机床。机床设备按流水线形式排列布置
夹 具	多用标准附件，很少采用专用夹具。靠划线及试切法达到尺寸精度	广泛采用夹具，部分靠划线法达到加工精度	广泛采用高生产率夹具，靠夹具及调整法达到加工精度
模 具	必须用模具生产的零件，采用简易模具、通用模具	广泛采用各类模具	采用高效模具
刀具与量具	采用通用刀具和万能量具	较多采用专用刀具和量具	广泛采用高生产率专用刀具和自动测量仪器
对工人的要求	需要技术熟练的工人	需要一定技术熟练程度的工人	对操作工人的技术要求较低，对调整工人的技术要求较高
工 艺 文 件	有简单的工艺路线卡	有工艺规程、对关键零件有详细的工艺规程	有详细的工艺文件

表 1-4 生产类型和生产纲领的关系

同 类 零 件 的 年 产 量 (件)			
生产类型	重 型	中 型	轻 型
单件生产	<5	<10	<100
小批生产	5~100	10~200	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

第二节 工艺规程编制的原则、步骤及原始资料

工艺规程是规定产品或零部件制造工艺过程和操作方法的工艺文件。机械加工工艺规程一般应包括下述内容：零件加工的工艺路线，各工序的具体加工内容、切削用量、时间定额以及所采用的设备和工艺装备等。

一、编制工艺规程的原则

编制工艺规程的原则是，在一定的生产条件下，以最少的劳动消耗和最低的费用，按计划规定的速度，可靠地加工出符合图纸及技术要求的零件。工艺规程首先要保证产品质量。同时要保证最好的经济效益。在编制工艺规程时，通常要满足下述原则。

1. 技术上的先进性 在编制工艺规程时，要了解国内外电子机械工艺技术的发展，通过必要的工艺实验，尽可能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，往往一个零部件会由几种不同的工艺方案来实现其技术要求。此时应全面考虑，并通过核算选择经济上最合理的方案，使之成本最低。

3. 良好的劳动条件 工艺规程编制时，要使工人具有良好而安全的劳动条件。因此，在工艺方案上要注意采取机械化或自动化措施。

二、编制工艺规程的原始资料

零部件的工艺规程，决定于零部件的结构、材料、技术要求、生产纲领和本厂实际工艺条件。因此在编制工艺规程时，应具备下列原始资料：

1. 产品的全套图纸；
2. 产品验收的质量标准；

3. 产品的生产纲领 生产纲领决定着生产类型,对工厂的生产过程和生产组织起着决定性的作用,因此是编制工艺规程的依据。

4. 毛坯资料 成批、大量生产时,铸、锻、冲压等毛坯制造,都有毛坯制造图。通常毛坯图由毛坯制造的技术人员设计绘制,经机械加工工艺技术员全面审查确定。机械加工工艺技术员必须掌握毛坯图,以了解毛坯余量,铸件分型面、浇口、冒口的位置,以及模锻件的飞边位置,出模斜度等。只有这样才能正确选择零件加工时的装夹部位和加工方法。

单件小批生产时,一般不绘毛坯图。需实地了解毛坯的形状、尺寸及机械性能等。

5. 现场的生产条件 为了使编制的工艺规程能指导生产,必须立足于本厂的生产条件。因此,要深入生产实际,了解毛坯的生产能力及技术条件,加工设备和工艺装备的规格及性能,工人的技术水平以及专用设备、工艺装备的制造能力等。

6. 国内外工艺技术的发展情况 工艺规程的编制,既应符合生产实际,又不能墨守成规。要随着产品和生产的发展,不断地革新和完善现行工艺。因此,要经常研究国内外有关工艺技术资料,积极引进先进的工艺技术,不断地提高工艺水平,以便在生产中取得最大的经济效益。

7. 有关的工艺手册及图册,本系统、本厂典型工艺以及类似零件的成熟工艺资料。

三、编制工艺规程的步骤

编制零件机械加工工艺规程主要步骤大致如下:

1. 分析零件图和产品装配图,零件结构工艺性审查;
2. 计算零件的生产纲领,明确生产类型;
3. 确定毛坯;
4. 拟定工艺路线;
5. 确定各工序所用的机床设备和工艺装备;
6. 确定各工序加工余量,工序尺寸及其公差;
7. 确定各工序、工步的切削用量和工时定额;
8. 确定各主要工序的技术要求及检验方法;
9. 填写工艺文件。

第三节 零件的工艺性分析

零件图是编制工艺规程最主要的原始资料,在编制工艺时,必须首先加以认真分析。为了更深刻地理解零件结构上的特征和主要技术条件,通常还需分析产品的总装图、部件装配图及验收标准,从中了解零件功用和相关零件之间的配合及主要技术要求制定的依据。

零件的工艺性分析一般可从下面三方面进行:

一、零件的结构工艺性分析

零件结构工艺性是指所设计的零件在满足使用要求的前提下制造的可行性和经济

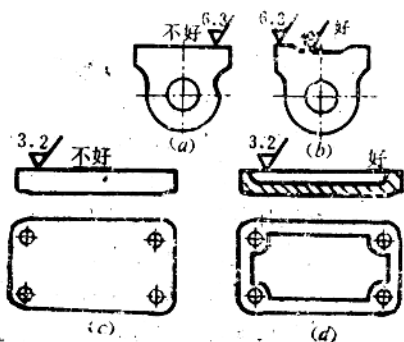


图 1-6 减少平面加工尺寸

图1-7(a)所示的孔无法加工, 若将孔改成图1-7(b)所示就便于加工。图1-8(a)中的孔离侧壁较近, 除非采用加长的钻头, 否则无法加工。若将孔改成离侧壁远些, 如图1-8(b)所示, 则用一般钻头就可以加工。再如图1-9(a)方形凹坑的四角无法加工, 若改成图1-9(b)所示的形状就便于加工。

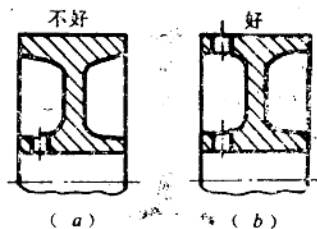


图 1-7 便于加工与测量

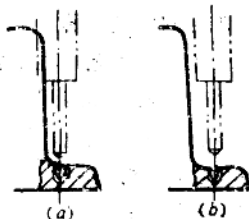


图 1-8 使刀具便于进入加工位置

为保证加工时刀具能正常工作, 应留出退刀槽, 如图1-10所示。

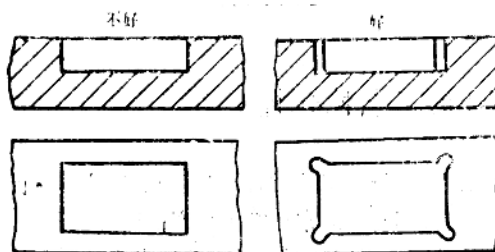


图 1-9 方形凹坑四角的结构

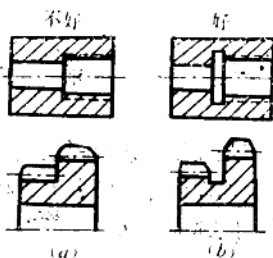


图 1-10 留出退刀槽

图1-11(a)所示零件, 各孔轴线不平行, 钻孔时必须多次安装; 图1-11(b)所示的结构, 各孔轴线平行, 既便于加工也可在一次安装中加工出来, 因而工艺性较好。

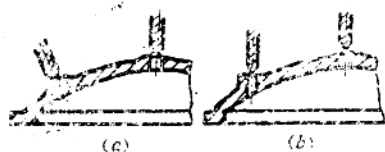


图 1-11 便于加工和减少安装次数

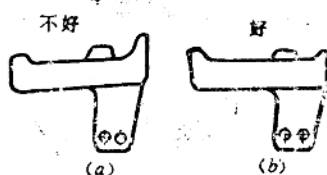


图 1-12 凸台高度应一致

3. 各加工面上的尺寸和要求尽可能一致。图1-12所示零件上的几个平面凸台高度应一致，以便能一次对刀加工，减少对刀次数，提高生产率。

同一轴上键槽的宽度，多联齿轮的模数，同一零件上的螺孔直径等，应尽可能相等，以便使用同一刀具或相同尺寸刀具进行加工。如图1-13所示阶梯轴上的三个环槽，宽度相同时只需一把刀，宽度不同时则需换刀加工。

4. 圆锥表面应尽可能短，因为过长的锥面不便于加工。为了便于加工与测量，在外圆锥面的大端或内圆锥面的小端应接有一段圆柱表面，如图1-14所示。

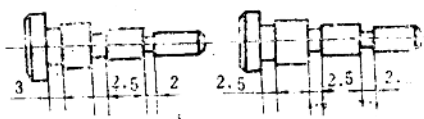


图 1-13 使用相同刀具

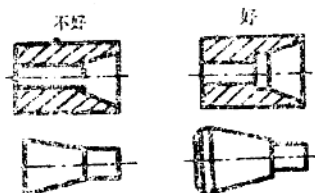


图 1-14 圆锥表面结构

5. 孔的结构工艺性，孔应尽可能为通孔，盲孔会引起加工和测量的困难。

无特殊要求的孔深应尽可能浅，因为深孔加工要采用专用钻头或为了排屑要多次退出钻头。如果孔的深度增大，钻头引偏的可能性也大。

钻头钻进与钻出的表面应该垂直于孔的轴线，如图1-15 (b)所示。在不垂直的情况下，所形成的角度不应大于 15° 。当需要在倾斜表面上钻孔时，则必须有便于钻头钻进的专用凹坑，否则由于切削力的单面作用，会使孔的精度降低，表面粗糙度增大，甚至折断钻头。

无论是一般的还是比较精密的盲孔，孔底最好应允许有由钻头钻成的锥坑，以便用通用钻头钻孔。若结构需要把孔做成平底时，则为了便于端面刀具切削，应减少该部分的加工尺寸，如图1-16所示。

6. 减轻零件重量，外形较大的零件，应设计出减轻孔，如图1-17所示。

毛坯加工、零件的热处理、表面处理等加工工序对零件结构也都有要求，因此在进行零件结构设计时，应

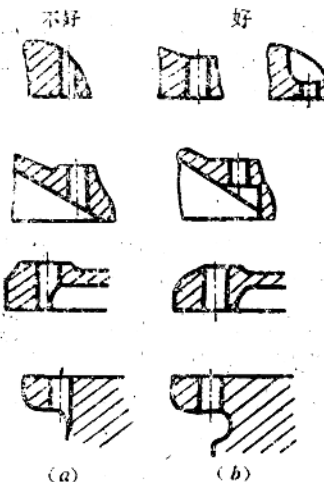


图 1-15 孔的位置

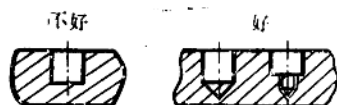


图 1-16 盲孔的结构



图 1-17 天线反射体曲线样板

从整个生产过程考虑其结构的工艺性。

二、材料及其加工性能分析

零件材料应尽量采用国产的，不应随便采用进口材料。

零件材料对加工方法和热处理方法有很大影响，例如，低粗糙度黑色材料的零件要用磨，而铝合金零件则宜用车、铣和研磨、抛光的加工方法。若材料用得不合理，也会使整个工艺过程的安排发生问题。如图1-18所示的方头销，头部需要淬硬到HRC55~60，零件上面有一个 $\phi 2H7$ 的孔，装配时与另一个零件相配钻，如图T8A材料，因零件很短，淬硬头部时，势必整个零件就要淬硬，使 $\phi 2H7$ 孔装配时不能配钻。若改用20Cr

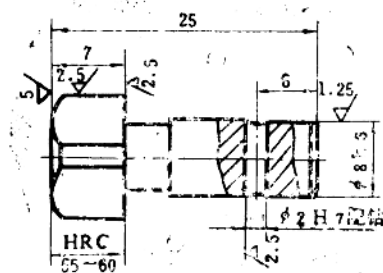


图 1-18 方头销

局部渗碳，在 $\phi 2H7$ 处镀铜保护（或用其它方法保护），就比较合理。又如，先淬硬后再用电火花或线切割加工的零件，一般不宜用碳素工具钢，而应选用合金工具钢。

三、零件技术要求分析

零件的技术要求包括：加工表面的尺寸公差与几何形状公差、各表面之间的相互位置公差、加工表面的粗糙度、热处理要求和其它技术要求。应分析这些技术要求是否合理，在现有生产条件下能否

达到或需要什么工艺措施才能加工。

分析零件图后，对工艺性不好的结构，不合理的技术要求应提出修改意见，交设计部门考虑修改。

第四节 毛坯的选择

毛坯是根据对零件或产品所要求的形状、工艺尺寸等而制成的供进一步加工用的生产对象。所以正确选择毛坯有其重要的技术经济意义。因为毛坯的形状和特性在很大程度上决定了后续加工的难易程度、工序数量、劳动量和材料消耗。为此要求设计人员与毛坯制造和机械加工方面的工艺人员紧密配合，来兼顾零件结构和冷热加工方面的要求。要选择好毛坯，还需掌握毛坯的种类、制造方法及其运用范围。

一、毛坯的种类

机械加工中常见的毛坯有下述几种：

（一）铸件 形状复杂的毛坯，宜采用铸造方法制造。电子产品毛坯的铸件，主要

是铝合金铸件,也有少量的铸铁件、铸钢件和其它合金铸件。目前生产中的铸件大多是采用砂型铸造的,对有些优质铸件可采用特种铸造(如金属型铸造、离心铸造、压力铸造等)。

砂型铸造件一般采用木模手工造型。木模制造精度差,易受潮变形,手工造型铸件的误差大,故铸件的精度低,加工表面的加工余量也比较大。手工造型生产率较低,适用于单件和小批生产。为提高铸件精度和生产率,大批量生产时广泛采用金属模机器造型。此法需要一套金属模板和相应的造型设备,费用较高,且铸件的重量受限制,常用于中小尺寸的铸件。

金属型铸造的铸件,是将熔融的液体金属浇注到金属的模具中,依靠金属自重充满型腔而获得的铸件。这种铸件比砂型铸件的精度高,但需要专用的金属模,适用于大批量生产中小尺寸、结构不太复杂的有色金属铸件。

离心铸造的铸件,是将液体金属注入高速旋转的铸型内,使金属液在离心力的作用下充满铸型而形成铸件。这种铸件结晶细,金属组织致密,机械性能较好;外圆精度及表面质量均好,但内孔精度差,需留出较大的加工余量,适用于黑色金属及铜合金的旋转体铸件(套筒和法兰盘等)。由于铸造时需要特殊设备,故产量大时才比较经济。

压力铸造的铸件,是液态或半液态的金属在高压的作用下,以较高的速度压入金属铸型而获得的。这种铸件的质量高,精度为IT11~13,表面粗糙度 R_a 值可达到 $3.2\sim0.4\mu\text{m}$,机械加工时只需进行精加工,因而节省很多金属。由于铸件是在高压下形成的,铸件的结构可比较复杂,铸件上的各种孔、螺纹、文字及花纹图案均可铸出。压力铸造需要一套昂贵的设备和铸型,故目前主要用于大量生产中的形状复杂、尺寸较小、重量不大的有色金属铸件。

(二) 锻件 锻件有自由锻造锻件和模锻件两种。

自由锻造锻件,是在各种锻锤和压力机上由手工操作而形成的锻件。这种锻件的精度低,加工余量大,生产率不高,且结构简单,但锻造时不需要专用模具,适用于单件和小批生产、以及大型锻件。

模锻件是采用一套专用的锻模,在吨位较大的锻锤和压力机上锻出来的锻件。这种锻件的精度、表面质量比自由锻造好,锻件的形状也可复杂些,加工余量较少。模锻件的材料纤维组织分布均匀,因而机械强度较高。模锻的生产率也高,适用于产量较大的中小型锻件。模锻后如再予以精压,则锻件的尺寸和形状可获得更高的精度。

(三) 型材 型材的品种规格很多。常用型材的断面有圆形、方形、长方形、六角形,以及管材、板料、带料、丝状料等。按材料的种类常用的有钢、紫铜、黄铜、青铜、铝、铝合金和非金属(如聚苯乙烯、聚四氟乙烯、夹布胶木、橡胶)等。此外还有其它断面形状的型材,如角形型材、槽形型材、工字型材、散热型材和异形型材。

型材有热轧和冷轧(拉)两类,热轧型材尺寸精度低,脱炭层深、弯曲变形大,多用作一般零件的毛坯;冷轧(拉)型材尺寸较小,但精度较高(IT9~13级),表面粗糙度低,多用于毛坯精度要求较高的中小型零件,易实现自动送料,适合自动机加工,但价格较热轧贵,多用于批量大的生产。

(四) 焊接件 电子设备的天线架、机架、机箱、高频零件等,大都采用板料、型材、管材焊接而成,这样可以大大减少机械加工劳动量和节约大量的金属材料。但焊接

变形较大,机加工前应进行热处理,消除残余应力,改善切削性能。

(五) 冲压件和塑料件 板材或塑料用模具成型,可制得一般或复杂的平面形式,立体结构的零件毛坯,是无屑、少屑、节料、高效的加工方法,详见本书第九、十章。

二、毛坯的选择

毛坯选择有两种不同的方向,一种是使毛坯的形状和尺寸尽量与零件接近,零件制造的大部分劳动量用于毛坯,机械加工多为精加工,加工量和费用都比较少;另一种是毛坯的形状及尺寸与零件相差较大,机械加工切除材料较多,其加工量和费用也较大。随着毛坯制造专业化生产的发展,为节约能源与材料,毛坯的加工应逐步沿着前一种方向发展。

选择毛坯应全面考虑下列因素:

1. 零件材料的工艺特性(如可锻性及可塑性),以及零件对材料组织和性能的要求。例如,铸铁(可锻铸铁除外)和青铜不能锻造,只能选铸件;重要的钢质零件,为保证良好的机械性能,不论结构形状简单或复杂,均不宜选用轧制型材,而应选用锻件。

2. 零件的结构形状与外形尺寸 例如,常见的各种阶梯轴,若各台阶直径相差不大,可直接选取圆棒;若各台阶直径相差较大,为节约材料和减少机械加工的加工量,则宜选择锻件毛坯;至于一些非旋转体的零件,一般为型材或锻件。零件的外形尺寸对毛坯选择也有较大影响,大尺寸的毛坯,不宜采用模锻和压铸,只宜选用自由锻造和砂型铸造。外型特殊、机械加工困难的小件,可采用精密制造方法加工毛坯。板状、筒体类、接近等壁厚塑性好的零件,宜采用冲压、挤压工艺制造毛坯。

3. 零件生产纲领的大小 当零件的产量较大时,应选择精度和生产率都比较高的毛坯制造方法,这样用于毛坯制造的设备及装备费用较高,但可由材料消耗的减少和机械加工费用的降低来补偿。零件的产量较小时,应选择精度和生产率较低的毛坯制造方法。

4. 现有生产条件 选择毛坯时,不应脱离本厂设备条件和工艺水平,但又要结合产品的发展,积极创造条件,采取先进的毛坯加工方法。

第五节 定位基准的选择

在制定零件加工的工艺规程时,正确地选择工件的定位基准有着十分重要的意义。定位基准选择的好坏,不仅影响零件加工的位置精度,而且对零件各表面的加工顺序也有很大的影响。本节先建立一些有关基准和定位的概念,然后再着重讨论定位基准选择的一些原则。

一、基准及其分类

机械零件表面间的相对位置包括两方面的要求:表面间的距离尺寸精度和相对位置精度(如同轴度、平行度、垂直度和圆跳动等),如图1-19所示,研究零件表面间的相对位置关系是离不开基准的,不明确基准就无法确定表面间的相对位置。基准就其一般