

航空航天 机械制造工艺学

□ 柯明扬 编 □ 北京航空航天大学出版社



V26

航空航天机械制造工艺学

柯 明 扬 编

北京航空航天大学出版社

内 容 简 介

本书为机械制造专业的专业教材。内容包括设计工艺过程的原则和方法；工序尺寸的设计和计算，以及工艺尺寸图表的应用；影响加工精度的因素、误差的统计分析以及回归分析和工艺试验的正交设计；表面粗糙度及表面层的物理机械性能；提高质量、生产率和经济性的措施，并介绍了有关计算机辅助制造系统等内容。在附录中，附有典型工艺路线的分析，书末附有习题。

本书结合航空航天工业的生产实践，总结了复杂零件工艺过程的设计原则和方法，为计算机辅助工艺过程设计提供了工艺模型。

本书供高等院校作为教学用书，也可供从事航空、航天及一般机械制造的工程技术人员参考。

航 空 航 天 机 械 制 造 工 艺 学 HANGKONG HANGTIAN JIXIE ZHIZAO GONGYIXUE

编 者 柯 明 扬

责任编辑 肖 之 中

北京航空航天大学出版社出版

新华书店总店科技发行所发行 各地新华书店经销

北京农业工程大学印刷厂印装

787×1092 1/16 印张:11.5 字数:294千字
1990年11月第一版 1990年11月第一次印刷 印数:3500册
ISBN 7-81012-175-8/TH·007 定价:2.35元

前 言

《航空航天机械制造工艺学》是根据航空、航天高等院校机械制造专业的要求而编写的，是一门主要专业课程。

航空航天机械加工的工艺知识，是航空、航天工业部门的设计、制造和管理人员所必备的知识。

为熟悉解决加工工艺问题的方法，掌握加工工艺方面的基本理论和基本知识，了解机械加工方面的发展，本教材叙述了航空、航天机械加工工艺过程的主要问题，内容包括：

1. 设计工艺路线的原则和方法；
2. 工序的详细设计，重点叙述了尺寸换算以及工序尺寸的设计与计算，尺寸图表法在工艺过程设计时的应用；
3. 影响加工精度因素的分析，以及加工精度的统计分析和控制的方法，工艺试验的正交设计法等；
4. 影响表面质量因素的分析，以及改善表面质量的措施；
5. 提高质量、生产率和经济性的措施，重点叙述了设计工艺性、计算机应用等近代的技术与方法。

本课程的特点是既有科学性、理论性，又有较强的综合性和实践性。

为适应工程技术应用和科学研究人才的培养，本教材侧重于基本理论和基础知程的应用。在附录中配有典型工艺过程分析的实例，在书末附有重点部分的习题。

学习本课程时应具有一定的机械加工基础知识和生产实践的知识。先修的工艺性课程应有：机械制造基础、公差及技术测量、金属材料及热处理、金属切削原理及刀具、金属切削机床等。

参加本书编写的还有何静彦、孙斌、马殿英、熊国顺、季平。

本书承北京理工大学胡永生教授审阅并提出了不少宝贵意见，谨致衷心的感谢。

本书大部分内容虽经多次教学实践，并在实践中不断修正与补充，但由于水平有限，编写时间仓促，书中难免有不少缺点和错误，恳请读者批评指正。

编 者

1989年3月于北京航空航天大学

目 录

绪 论

第一章 工艺过程概述

§ 1-1 工艺过程的组成	(2)
§ 1-2 设计工艺过程的基本要求	(4)
§ 1-3 设计工艺过程的技术依据	(5)
§ 1-4 机械加工精度的概念	(7)
§ 1-5 基准与定位	(9)
§ 1-6 尺寸链及计算方法	(11)

第二章 工艺路线设计

§ 2-1 零件图的工艺分析	(16)
§ 2-2 加工方法的选择	(19)
§ 2-3 阶段的划分	(22)
§ 2-4 工序的集中与分散	(23)
§ 2-5 基准选择	(24)
§ 2-6 热处理工序的安排	(34)
§ 2-7 辅助工序的安排	(36)
§ 2-8 轴套工艺路线分析	(37)

第三章 机床工序设计

§ 3-1 设备和工艺装备的选择	(40)
§ 3-2 加工余量的确定	(41)
§ 3-3 工序尺寸的确定	(44)
§ 3-4 工艺尺寸换算	(47)
§ 3-5 尺寸图表	(52)
§ 3-6 切削用量及冷却液的选择	(61)

第四章 机械加工精度

§ 4-1 概述	(62)
§ 4-2 加工误差产生的原因	(62)
§ 4-3 加工误差的统计分析	(78)
§ 4-4 工艺试验的正交设计法	(91)

第五章 机械加工表面质量

§ 5-1 表面质量概述	(99)
§ 5-2 表面质量对使用性能的影响	(100)
§ 5-3 表面粗糙度及影响因素	(103)

§ 5-4	表面层物理机械性能及影响因素	(107)
§ 5-5	工艺系统的振动及控制方法	(115)
第六章 提高质量、生产率和经济性的措施		
§ 6-1	设计工艺性	(123)
§ 6-2	提高加工质量的途径	(130)
§ 6-3	提高劳动生产率的途径	(132)
§ 6-4	计算机技术的应用	(135)
§ 6-5	技术经济分析	(141)
§ 6-6	质量管理	(145)
附 录:		
一、	工艺过程设计示例——压气机盘	(146)
二、	工艺文件	(157)
三、	加工方法及经济加工精度	(158)
四、	表面粗糙度	(160)
五、	余量简表	(161)
习 题		(165)

绪 论

航空、航天工业是机械制造业中的一个专门部分。航空航天产品制造包括飞机制造、导弹制造、发动机制造、仪表附件制造、人造卫星、飞船、航天飞机制造等。它直接反映了工业生产的最高技术水平和能力，又集中应用了科学技术的最新成果。所以，航空航天工业的发展水平，常常是一个国家科学技术发展水平的标志。

航空航天机械制造工艺学是一门综合性的技术应用科学，是研究机械加工过程中工艺过程的规律，以及合理选择过程参数和控制这些参数的方法和手段的科学，即研究制造过程的本质、相互联系和发展规律的科学。

和一般机器制造一样，航空航天产品制造过程大致可分为毛坯制造、零件的机械加工、装配和试验四个阶段。航空航天机械制造工艺学是研究零件的机械加工工艺过程的学科。是产品制造工艺的重要组成部分。它以一般机械制造工艺为基础，同时又有自己的特点。这些特点是由航空航天产品本身及其生产的特点、以及航空航天技术发展的要求所决定的。

现代航空、航天产品的特点，主要表现在下列几个方面：

1. 零件和整机的制造质量要求非常高，技术要求、特种技术条件等要求严格；
2. 零件的构形复杂、壁薄，刚度低；
3. 使用的材料品种多，质量要求高，其中包括很难加工的钛合金、耐热钢、耐热合金等；
4. 采用各种高效率的先进工艺方法和手段，如高能粒子加工、超精加工等等，工艺过程细致而严密；
5. 要求有高度的专业化和广泛的协作关系；
6. 产品经常变动而产量不大。

随着科学技术的发展，特别是计算方法和计算机技术的迅速发展，大大地推动了航空、航天机械加工工艺的进步。

数控加工（NC）、计算机数字控制（CNC、MNC）、直接数字控制（DNC）、自适应控制（AC）等系统的推广和使用，更促进了航空航天工业的发展。近年来发展起来的柔性制造单元（FMC）和柔性制造系统（FMS），使多品种、中小批生产实现了加工自动化，大大促进了自动化的进程。

目前，计算机辅助设计与制造（CAD/CAM）的结合，为进一步发展计算机综合制造系统（CIMS）创造了条件，并进一步向生产全盘自动化，即无人化制造系统（UMS）的方向发展。

现代航空航天产品的制造是一个极其复杂的过程，它所涉及的面很广，由于问题的综合性和实践性，因此，一方面必须深入总结和利用现有的丰富实践经验，另一方面更需要进行大量科学实验和研究，并结合运用有关部门的最新科学成就，以解决制造过程中的问题并优化整个生产系统，进一步推进国防和科学的现代化。

学习本课程时，应该联系先修的基础课、技术基础课和专业基础课程，并应联系实际，注意有关科学技术的成就和发展，掌握工艺分析、工艺计算、工艺设计和工艺实验的基本技能和方法，培养综合解决工艺问题的独立工作能力。

第一章 工艺过程概述

§ 1-1 工艺过程的组成

一、生产过程和工艺过程

工厂的生产过程是将原材料或半成品转变为成品所进行的全部过程。

工厂的生产过程可以分为几个主要阶段。例如在航空、航天器发动机制造工厂中，这些阶段是：

1. 毛坯制造（在锻压、铸造等车间进行）；
2. 零件加工（在机械加工、冲压、焊接、热处理、表面处理等车间进行）；
3. 零件装配（在装配车间进行）；
4. 发动机试验（在发动机试车台进行）。

工厂的生产过程，是一个十分复杂的过程，它不仅包括那些直接作用到生产对象上去的工作，而且也包括许多生产准备工作（如生产计划的制订、工艺规程的编制、生产工具的准备等等）和生产辅助工作（如设备的维修、工具的刃磨、原材料和半成品的供应、保管和运输、以及生产中的统计、核算等）。

然而，在工厂的生产过程中，占重要地位的是工艺过程。工艺过程是与改变原材料或半成品成为成品直接有关的过程。工艺过程有锻压、铸造、机械加工、冲压、焊接、热处理、表面处理、装配和试车等。

机械加工工艺过程，是指用机械加工方法逐步改变毛坯的状态（形状、尺寸和表面质量），使之成为合格的零件所进行的全部过程。在航空、航天产品的制造过程中，机械加工在总劳动量中占的比重最大（约为60%），而且它是获得复杂构形和高精度零件的主要手段。近年来，由于科学技术的飞速发展，对产品的精度要求也就愈来愈高，因此，机械加工工艺过程在产品生产的整个工艺过程中，占有最重要的地位。

先进工艺过程的采用，对发展航空、航天工业的技术水平有着非常重大的关系。工艺过程的设计，在生产准备工作中起着决定性的作用。按照规定的工艺过程组织生产，对保证产品的质量、生产率和经济性有十分重要的意义。同时，生产中的各种生产准备工作和生产辅助工作，也都以规定的工艺过程为依据。而且，执行规定的工艺过程，才能够建立起正常的生产秩序。因此，设计正确合理的工艺过程，是一项十分重要的工作。

二、工艺过程的组成

机械加工工艺过程是由一系列工序组成的，毛坯依次通过这些工序而变为成品。

工序是工艺过程的基本组成部分。

工序 在一个工作地点上，对一个工件（或一组工件）进行加工所进行的连续工作。

工序的内容可繁可简，如图1-1a所示的零件，孔1需要进行钻和铰，如果一批工件中，

每个工件都是在一台机床上依次地先钻孔，而后接着铰孔，这就构成一个工序。如果将全批工件都先进行钻孔，然后再将全批钻过孔的工件进行铰孔，这样就成为两个工序了。

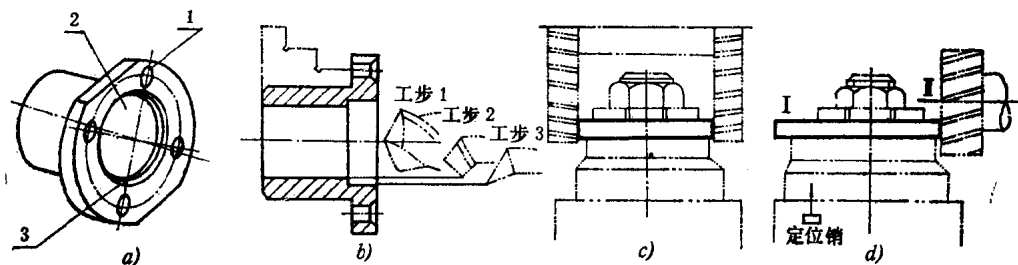


图1-1 工艺过程的组成

工序在组织计划工作中，是工艺过程的基本单元。

工序又可划分为不同的工步。

工步 在被加工表面、切削工具和机床的工作用量（转速和进给量）均保持不变的条件下所进行的工作。

如图1-1b所示，加工中间大孔的工序，这一工序包括三个工步：1) 钻孔 2) 铰孔 3) 铰环槽 3。

为了提高生产率，常常将几个工步合并成为一个**复合工步**。这种复合工步的特点是用几个工具同时加工几个表面，如图1-1c所示为用两把铣刀同时加工两个平面的情况。在多刀、多轴机床上加工时，主要是利用这一特点来提高劳动生产率。

一个工步又可分为几次走刀进行。

走刀 在一个工步中，切削工具从被加工表面上每切去一层金属所进行的工作。

当工件表面上需要切去的金属太厚，不可能或不宜一次切下时，就需要分几次走刀来进行加工。

完成一个工序，常需要进行许多工作，这些工作可分为基本工作（切削）和辅助工作（装卸工件、开动机床、引进工具和测量工件等）两部分。在辅助工作中，工件的安装占有很重要的地位。

安装 是使工件在机床上占据应有的位置，并夹紧使之固定在这个位置上。

由此，安装包括定位和夹紧两个内容。在一个工序中，可以用一次安装或几次安装来进行加工。如图1-1c所示，用一对铣刀同时加工两个侧面，这是一次安装。若用一把铣刀，先铣一边，然后将工件松开，旋转180°，并重新夹紧，再加工另一边，这就成了两次安装。

工件在一个工序中进行多次安装，往往会降低加工质量，而且还要花费很多装夹时间，因此，当工件必须在不同的位置加工时，常利用夹具来改变工件的位置。

工位 是工件在一次装夹后，在机床上所占有的各个位置。

图1-1d所示为利用夹具在两个工位上进行铣削平面的情况。工件的Ⅰ端加工后，不必卸下工件，只须拔出定位销，使夹具的上半部分带着工件一起旋转180°，再插入定位销，使工件的Ⅰ端占据Ⅱ端原有的位置。亦即使夹具的上半部和底部之间改变角向相对位置，从而使工件由第一工位转到第二工位。

上述这些术语，可通过螺钉的机械加工工艺过程来说明。螺钉的零件图见图1-2，工艺过

程见表1-1。

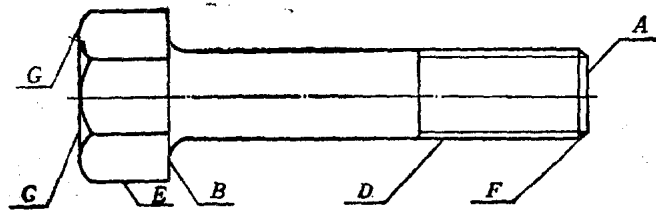


图1-2 螺钉

表1-1 螺钉机械加工工艺过程

工 序	安 装	工 步	走 刀	工 位
5: 车	1 (三爪卡盘)	1) 车端面A	1	1
		2) 车外圆E	1	
		3) 车螺纹外径D	3	
		4) 车端面B	1	
		5) 倒角F	1	
		6) 车螺纹	6	
		7) 切断	1	
10: 车	1 (三爪卡盘)	1) 车端面C	1	1
		2) 倒棱G	1	
15: 铣	1 (旋转夹具)	1) 铣六方 (复合工步)	3	3

§ 1-2 设计工艺过程的基本要求

设计零件的机械加工工艺过程，是生产技术准备工作的一个重要组成部分。

一个零件可以采用不同的工艺过程制造出来。但是，正确与合理的工艺过程，应满足下列基本要求：

1. 保证产品的质量符合设计图和技术条件所规定的要求；
2. 保证高的劳动生产率；
3. 保证经济的合理性。

质量、生产率和经济性，通常就构成了制订工艺过程所必须满足的技术和经济要求。保证航空、航天产品的质量是最重要的，而生产率和经济性，对国防工业来说，也具有特殊的意义。

另外，在设计工艺过程时，必须特别重视改善劳动条件。

新技术和新工艺的发展，如毛坯的精化，特种工艺和超精工艺技术的发展，以及数控和计算机技术的应用等等，都对产品的质量和生产周期有很大的影响。因此，随着生产技术的

发展，工艺过程也要不断地改进。

同时，设计的工艺过程要能够保证产品质量的稳定。即工艺过程要能够可靠地实现图纸和技术条件所规定的要求。亦即产品的质量，尽可能不依赖操作者的技艺，而要决定于设备、工艺装备和工艺方法的完善程度。

总之，设计工艺过程，是要合理地解决技术和经济问题。为了使设计的工艺过程更为合理，就必须对各种可行的方案进行分析比较，以使工艺过程能全面地符合质量、生产率和经济性的要求。

§ 1-3 设计工艺过程的技术依据

零件机械加工的工艺过程，取决于零件的要求、产量的大小和现场的生产条件。所以，在设计工艺过程时，必须掌握下列资料作为基本的技术依据。

一、零件图及技术条件

零件图及其技术条件，是制造对象的技术要求，是设计工艺过程的主要技术依据。

在零件图上应包括：

1. **构形** 有必要的投影、剖视或剖面等，必须使零件定形。另外，还应有确定构形大小的全部尺寸；

2. **技术要求** 有关尺寸、形状和位置关系允许的偏差；表面粗糙度以及某些特殊的技术要求（如平衡、音频和重量等）；

3. **材料** 有关材料的牌号、热处理方式及硬度、材料的无损探伤、毛坯种类及检验等级等。

另外，所有不能在图纸上用图形或符号表示的要求或说明，一般可写在图纸上或另附的文件上，这些称之为技术条件。

在设计工艺过程时，首先应对零件图进行详细的工艺分析，以便掌握工艺关键并采取必要的工艺措施。

二、生产量

工艺过程必须根据给定的生产量的大小来设计。产品的产量及劳动量的大小，是影响生产类型的主要因素。根据航空及航天产品制造业的特点，与一般机械制造业一样，生产可分为三种基本类型。单件生产、成批生产和大量生产。

1. **单件生产** 这种生产类型的特点是产品的品种多、产量小（一件、几件或几十件），而且不再重复（或不定期重复）生产。

由于这种类型的产量小，所以常采用通用的设备及工艺装备。对于形状复杂的表面，一般采用数控加工。按照这种方式组织生产的有工具制造、专用设备制造以及新产品的试制等。

2. **成批生产** 这种生产类型的特点是产品分批地进行生产，按一定时期交替地重复。因批量的不同，成批生产可分为大批生产、中批生产和小批生产三种。大批生产的产品品种有限而产量较大，所以常采用接近于大量生产的方式进行。而小批生产则产品的品种繁多而

产量不大，其生产方式接近于单件生产。航空与航天工业的零件生产，按其性质来说，一般是属于中小批生产的类型。

成批生产一般采用通用设备及部分专用设备，并广泛地采用专用工艺装备。

3. 大量生产 这种生产类型的特点是产品的产量大，大多数设备经常重复进行某一工件的一个工序的加工。常采用专用设备及专用工艺装备。广泛地采用高生产率的专用机床、组合机床、自动机床与自动生产线。航空发动机的叶片车间，一般是按大量生产的类型来组织生产的。

在同一工厂内，甚至在同一车间中的各个工段，也可能按不同的生产类型来组织生产。

由于生产类型的不同，在生产组织、生产管理、车间布置、设备、工艺装备、工艺方法以及操作者的技术水平等各方的要求，也都有所不同。所以，在设计工艺过程时，必须注意和生产类型相适应。

产量和生产类型的关系及其工艺特点，一般可归纳为表1-2所示。

表1-2 产量、生产类型与工艺特点

生产类型	单件生产	成 批 生 产			大 量 生 产	
		小批	中批	大批		
年 产 量 (件)	重型机械	< 5	5~100	100~300	—	
	中型机械	<20	20~200	200~500	500~5000	
	轻型机械	<100	100~500	500~5000	5000~50000	
工 艺 特 点	毛坯特点	用木模手工造型，自由锻等，毛坯精度低，加工余量大	用金属模造型、模锻等，部分采用先进高效方法，如精铸、辗压、空心锻造等，毛坯精度及加工余量中等			广泛采用机器造型及精铸、精锻、精压、辗压等先进高效方法，毛坯精度高，加工余量小，部分毛坯无余量
	机床设备	采用通用机床，部分采用数控机床，加工中心机床等	采用通用机床和部分专用机床，组合机床，采用柔性制造单元及系统			广泛采用专用机床，自动机床
	设备布置形式	按机群式布置	设备按零件类别分工段排列			按流水线或自动生产线排列
	工艺装备	采用标准附件，通用夹具，通用刀具，通用量具	采用通用夹具，并广泛采用专用夹具，采用专用或通用刀具、量具			广泛采用高生产率的专用夹具、刀具及量具，并采用自动检测
	生产率	生产率较低，采用数控技术可提高生产率	中 等			高
	成 本	较 高	中 等			低

在一般情况下，生产类型的不同，设计工艺过程的详细程度也有所不同。单件生产时，一般只设计工艺路线；在成批和大量生产时，才详细地设计工艺过程。但由于航空及航天产品的可靠性要求极高，因此，在各种情况下均需详细地设计工艺过程。

另外，在设计流水生产的工艺过程时，必须使完成每一工序所需要的时间，接近于节律或其整数倍，以便使机床得到充分的负荷。

节律 为加工一个工件时完成一个工序所需的时间，可按下式计算：

$$t = T_1 / Q$$

式中 T_1 —— 某一段时间;

Q —— 在此期间内所加工的工件数。

近年来, 计算机技术的迅速发展, 先进的设备及技术——数控机床、加工中心以及成组技术、柔性制造技术、集成制造系统等的出现和发展, 对各种生产类型的工艺特点, 甚至对批量的概念等, 都将发生新的变化。

三、生产条件

设计工艺过程, 可能是在现有工厂的条件下, 或者是在新设计的工厂条件下进行。在后一种情况下, 可以根据需要和我国当前可能的条件来选择设备, 因而可采用较为先进的技术。而在前一种情况下, 主要应从现有的机床设备出发来设计较为合理的工艺过程, 使现有的设备能得到充分利用。

为了发挥现有生产设备的潜力, 以提高产品的质量和生产率, 机床设备的改装具有十分重大的技术和经济意义。

新技术、新工艺的发展, 新设备的不断出现, 标志着生产工艺水平的不断提高。因此, 为了更好地保证质量、提高劳动生产率、降低生产成本, 在设计工艺过程时, 要充分注意新技术的引用。

§ 1-4 机械加工精度的概念

精度是航空、航天产品制造业中的主要质量指标之一。保证零件规定的加工精度是设计零件机械加工工艺过程的首要任务。

机械加工精度, 是指工件在机械加工后的尺寸、几何形状以及表面间的相对位置等的实际几何参数, 与设计图所规定的数值相符合的程度。而它们之间不相符合的程度, 则称为加工误差。

一、零件精度的标志

由分析零件的构形可知, 任何零件都是由各种表面组合而成的。在大多数情况下, 这些表面都是些很简单的表面, 如平面、圆柱面等。另外, 简单的直纹面和回转面, 如锥面、球面、螺旋面、齿形表面等, 应用也较多。更复杂的立体型面、如叶片的叶型表面等, 则应用较少。

零件的精度, 可以从下列两方面来表示:

1. 表面本身精度:

- 1) 表面本身的尺寸精度 如圆柱面和球面的直径、锥面的锥角等;
- 2) 表面本身的形状精度 如平面度、圆度、圆柱度、面轮廓度等 (见国标GB1183-80中所规定的形状精度)。

2. 表面间相对位置精度:

- 1) 表面间的位置尺寸精度 如平面间的距离、孔间距等;

2) 表面间的位置关系精度 如平行度、垂直度、对称度、位置度、圆跳动等(见国标GB1183-80中所规定的位置精度)。

任何一种加工方法都不可能加工出绝对准确的零件,总是要产生一些误差的。因此,在设计工艺过程时,应考虑加工的需要与可能来规定适当的加工精度。

二、零件规定精度的获得方法

零件在加工时,获得规定精度的方法,主要有试削法和自动获得法。

1. 试削法

试削法是经过多次试切走刀而获得规定精度的。在每次试切走刀后,进行测量,然后校正切削工具对工件的位置,直到获得所要求的精度为止。图1-3a所示即为在车床上采用试削法加工外圆时的情况。

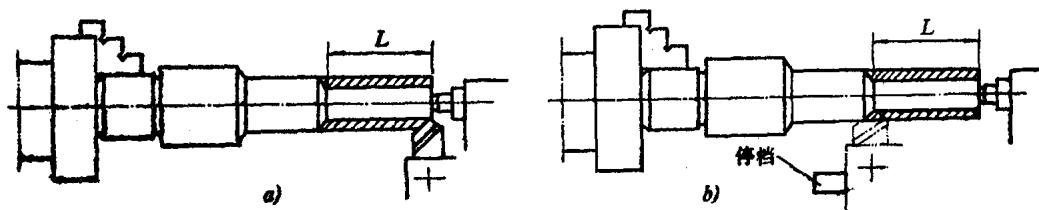


图1-3 获得规定精度的方法
a—试削法加工; b—定距装刀法加工

采用试削法加工,往往要进行多次试切与测量,生产率较低,,一般只适用于单件或小批生产。

2. 自动获得法

1) 用定尺寸切削工具加工:

这种方法是采用有一定尺寸和形状的切削工具进行加工,使获得所规定的精度。如用铰刀、拉刀加工孔,用丝锥加工螺纹孔,以及用成型工具加工型面等。

2) 用定距装刀法加工:

用定距装刀法获得规定的精度是指利用行程控制装置(挡块、凸轮等)等将切削工具调整好,以取得切削工具对加工表面的正确位置,然后加工一批工件,获得所规定的精度。这种方法广泛应用于多刀机床、转塔车床、龙门铣床等半自动和自动机床上。某些通用机床也可进行定距加工,如图1-3b所示即为在车床上采用定距装刀法加工的情况。

这种方法所能得到的加工精度,不仅取决于设备(包括夹具、刀具等)的调整精度,而还和加工过程中的稳定性有关。

3) 由设备本身保证

由设备本身保证获得规定的精度是指工件在加工后、被加工表面所要求的精度,取决于设备的精度。如在车床上加工端面和外圆,其垂直度就取决于机床的精度。数控机床、加工中心机床等,也是由设备本身保证精度的。

自动获得精度的方法,是成批生产和大量生产中采用的主要方法,也是机械加工过程自动化的必要条件。另外,关于基准、尺寸等问题的研究,都是在自动获得精度的前提下进行的。

§ 1-5 基准与定位

在设计工艺过程时，不但要考虑获得表面本身的精度，而且还必须保证表面间位置精度的要求。这就需要考虑工件在加工过程中的定位和测量等基准问题。

基准，是指零件上（或工件上）某些点、线或面，据此以确定其他点、线或面的位置。

1. 设计基准

设计基准是零件图上的一个点、线或面，据此以标定其他点、线或面的位置。

在零件图上，按零件在产品中的工作要求，用一定的位置尺寸或位置关系来确定各表面间的相对位置。图 1-4 所示是三个零件图的部分要求。对平面 A 来说，平面 B 是它的设计基准。对平面 B 来说， A 是它的设计基准。它们是互为设计基准的（图 1-4a）。 D 是平面 C 的设计基准（图 1-4b）。在图 1-4c 上，虽然 G 和 H 面之间没有标注一定的尺寸，但有一定的位置关系精度的要求，因此， H 是 G 面的设计基准。

对于整个零件来说，有很多个位置尺寸和位置关系精度的要求。但是，在各个方向上，往往有一个主要的设计基准。如图 1-4c 所示的零件， F 就是轴向主设计基准。

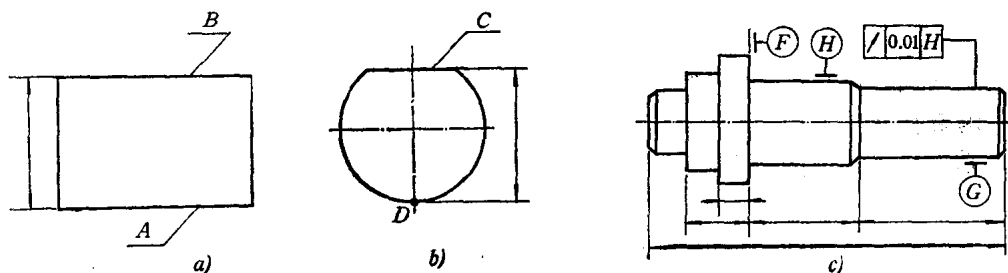


图 1-4 设计基准

在设计工艺过程时，要考虑如何获得表面间的位置精度问题，因此，需根据设计基准来分析如何选取工艺基准问题。最常用的工艺基准有原始基准、定位基准和测量基准。

2. 原始基准

原始基准是在工序单上（或在其它工艺文件上），据此以标定被加工表面位置的点、线或面。被标定的加工表面的位置尺寸，称为原始尺寸。

图 1-5 所示为钻孔工序的简图。这两种方案对被加工孔的原始基准选择不同，原始尺寸

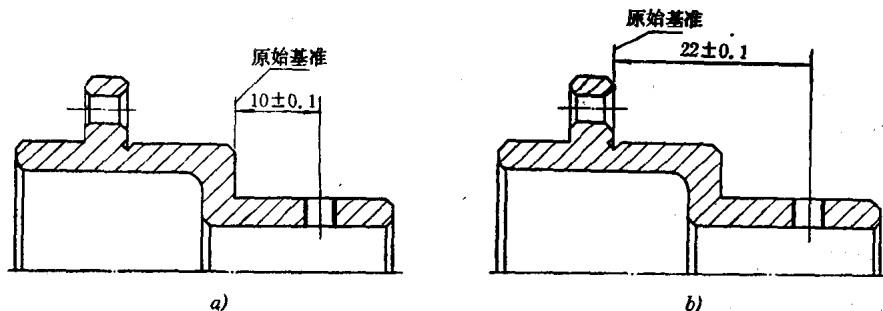


图 1-5 原始基准及原始尺寸

也因之而异。

3. 定位基准

定位基准是工件上的一个面，当工件在夹具上（或直接在设备上）定位时，它使工件在原始尺寸方向上获得确定的位置。

图 1-6 所示为加工某工件的两个工序简图。由于原始尺寸方向的不同，定位基准的表面也就不同。

在图 1-6a 中，原始尺寸为 H_1 ，工件以底面定位。在图 1-6b 中，原始尺寸为 H_2 和 H_3 ，所以工件要以底平面及圆柱面定位。

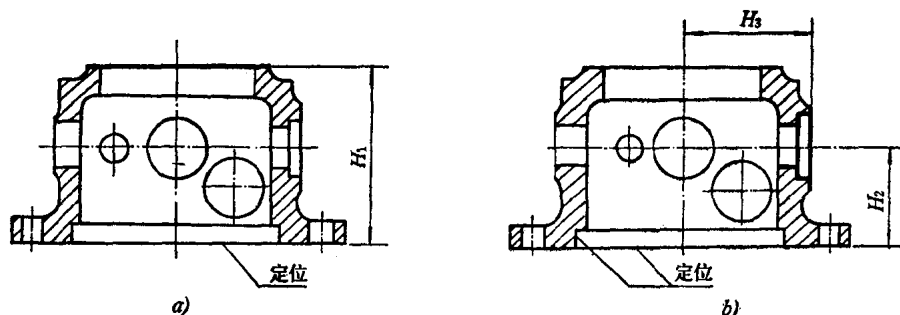


图 1-6 定位基准

与夹具（或设备）接触而不起定位作用的表面，称为支撑表面。

4. 测量基准

测量基准是工件上的一个表面、表面的母线或表面上的一个点，据此以测量被加工表面的位置。

图 1-7 所示为检测被加工平面时所用的两种方案，原始尺寸不同，选择的测量基准也不相同。

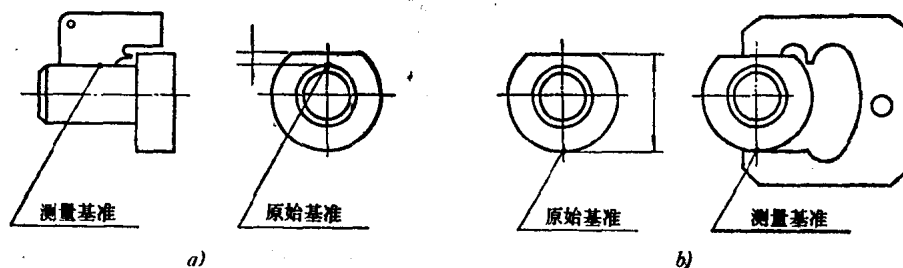


图 1-7 测量基准

工件在机床上定位，一般有两种方法：校正定位法和非校正定位法。

校正定位法

用这种方法定位时，工件在机床上是靠找正的方法来获得所要求的位置的。这种方法的生产率较低，所以一般只是在单件或小批生产中使用。但对于一些大型复杂的工件，如机匣等零件，由于毛坯制造比较困难，制造精度不高，所以也常采用划线找正的办法。另外，校正定位法还用于工件的定位精度要求特别高的情况（0.01~0.005毫米左右），因为使用夹具有时很难保证较高的定位精度。

非校正定位法

使用这种方法时,只要使工件上的定位基准和夹具(或设备)上的定位表面相接触,就能使工件获得所要求的位置。由于这种方法的生产率较高,因此,在成批及大量生产时,主要采用这种方法。必须指出,采用这种方法定位时,要求工件的定位基准,必须有一定的精度。

§ 1-6 尺寸链及计算方法

在设计和制造过程中,需要确定表面间的位置,因而常遇到尺寸和精度的计算问题,所以首先要掌握尺寸链及其计算方法。

一、尺寸链

用来确定某些表面间相互位置的一组尺寸,按照一定的次序排列成为封闭的链环,称为尺寸链。

在零件图或工艺文件上,为了确定某些表面间的相互位置,可以列出一些尺寸链。在设计图上的称为**设计尺寸链**;在工艺文件上的称为**工艺尺寸链**。

图1-8a所示为某一零件的轴向尺寸图,底的厚度 F_1 由设计尺寸 A_1 、 A_2 、 A_3 所确定。尺寸 A_1 、 A_2 、 A_3 ,再加上 F_1 就组成一个设计尺寸链。

图1-8b所示为该零件的两个工序图,凸缘厚度 A_3 由 H_1 及 H_3 所确定,尺寸 H_1 、 H_3 和 A_3 组成一个工艺尺寸链。 H_1 、 H_2 则与 F_1 组成另一个工艺尺寸链。

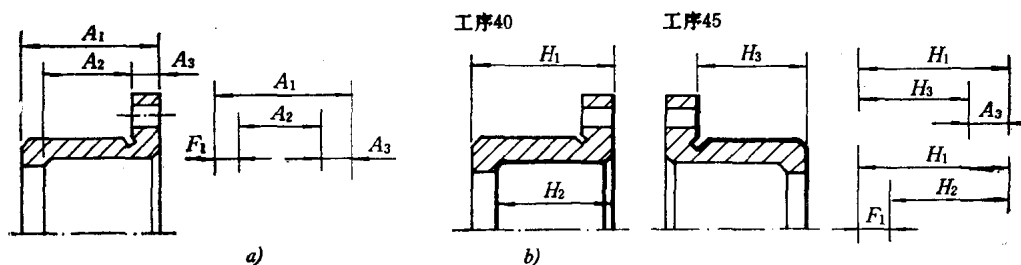


图1-8 设计尺寸链和工艺尺寸链

尺寸链中的每一个尺寸称为尺寸链的环。每个尺寸链环按其性质可分为两类:组成环和封闭环。

组成环:

直接形成的尺寸称组成环。如设计图(图1-8a)上直接给定的尺寸 A_1 、 A_2 、 A_3 等。在工序图(图1-8b)上直接加工获得的尺寸 H_1 、 H_2 、 H_3 等。

封闭环:

由其它尺寸间接形成的尺寸称为封闭环。如 A_1 、 A_2 、 A_3 、 F_1 所组成的设计尺寸链中, F_1 是由 A_1 、 A_2 、 A_3 所确定的,所以 F_1 是间接形成的,是这个设计尺寸链的封闭环。在工艺尺寸链中, A_3 是由 H_1 和 H_3 所确定的,所以 A_3 是该工艺尺寸链的封闭环。同理,在 H_1 、 H_2 、 F_1 的工艺尺寸链中, F_1 是封闭环。