

项目二 机械加工工艺流程制订

课题一 机械加工概述

知识点

- 机械生产过程和工艺过程
- 机械加工工艺过程及其组成
- 生产纲领、生产类型及工艺特点
- 工艺规程的概念、作用、及格式

技能点

熟悉机械生产过程和工艺规程。



课题分析

合理的工艺规程与生产实际有着密切的联系，因而制订者必须具有一定的生产实践知识。各种机械产品的结构、技术要求等差异很大，但它们的制造工艺则存在着很多的共同特征。这些共同的特征取决于企业的生产类型，而企业的生产类型又由企业的生产纲领决定。由于零件机械加工的工艺过程与其所采用的生产组织形式是密切相关的，所以在制订零件的机械加工工艺过程时，应首先确定零件机械加工的生产组织形式。通常先依据零件的年生产纲领选取合适的生产类型，然后再根据所选用的生产类型来确定零件机械加工的生产组织形式。

相关知识

一、机械生产过程和工艺过程

1. 生产过程

生产过程是指产品由原材料到成品之间的各个相互联系的劳动过程的总和。对于机器生

产而言，它包括：原材料的运输和保管，生产的技术准备工作，毛坯的制造，零件的机械加工与热处理，部件和产品的装配、检验、油漆和包装等。

为了降低机器的生产成本，一台机器的生产过程，往往由许多工厂联合完成。这样做有利于零部件的标准化和组织专业化生产。

一个工厂的生产过程，又可分为各个车间的生产过程。一个车间生产的产品，往往又是其他车间的原材料。例如：铸造和锻造车间的成品（铸件和锻件），就是机械加工车间的“毛坯”；机械加工车间的成品，又是装配车间的“原材料”。

2. 工艺过程

在机械产品的生产过程中，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。采用机械加工的方法，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过程称为机械加工工艺过程。

因此，机械制造工艺学主要是研究零件的机械加工和机器的装配工艺过程。

二、机械加工工艺过程及其组成

机械加工工艺就是用切削的方法改变毛坯的形状尺寸和材料的物理机械性质，成为具有所需的一定精度、粗糙度等的零件。机械加工工艺过程由一个或若干个顺次排列的工序组成，每一个工序又可分为若干个安装、工位和工步。

1. 工序

工序是一个（或一组）工人，在一台机床（或其他设备及工作地）上，对一个（或同时对几个）工件所连续完成的那部分工艺过程，称为一个工序。

区分工序的主要依据是工人、工件及工作地（或设备）是否变动，只要工人、工件及工作地（或设备）有一个发生变动，即构成另一工序。例如图 2-1 所示的阶梯轴，当单件小批生产时，其加工工艺及工序划分如表 2-1 所示。当中批生产时，其工序划分如表 2-2 所示。

工序不仅是制订工艺过程的基本单元，也是制订劳动定额、配备工人、安排作业计划和进行质量检验的基本单元。

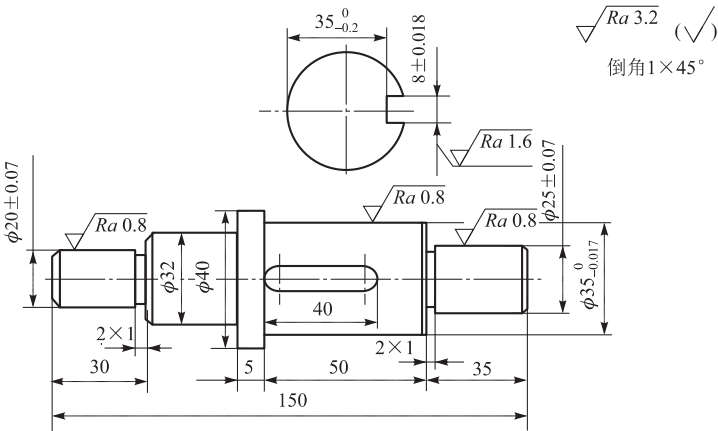


图 2-1 阶梯轴简图

表 2-1 阶梯轴加工工艺过程（单件小批产品）

工序号	工 序 内 容	设备
1	车端面、打顶尖孔、车全部外圆、切槽与倒角	车床
2	铣键槽、去毛刺	铣床
3	磨外圆	外圆磨床

2. 工步

在一个工序中，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，工序还可以进一步划分工步。工步是指加工表面、切削工具和切削用量中的切削速度与进给量均不变条件下所完成的那部分工艺过程。一个工序可包括几个工步，也可只包括一个工步。例如，在表 2-2 的工序 2 中，包括有粗、精车各外圆表面及切槽等工步，而工序 3 当采用键槽铣刀铣键槽时，就只包括一个工步。

表 2-2 阶梯轴加工工艺过程（中批生产）

工序号	工序内容	设备	工序号	工序内容	设备
1	铣端面、打顶尖孔	铣端面 打中心孔机床	4	去毛刺	钳工台
2	车外圆、切槽与倒角	车床	5	磨外圆	外圆磨床
3	铣键槽	铣床			

构成工步的任一因素（加工表面、刀具或切削用量中的切削速度和进给量）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进行的若干个相同的工步，为简化工序内容的叙述，通常多看做一个工步。例如图 2-2 所示零件上四个 $\phi 15\text{ mm}$ 孔的钻削，可写成一个工步——钻 4- $\phi 15\text{ mm}$ 孔。

为了提高生产率，用几把刀具同时加工几个表面的工步，称为复合工步（见图 2-3）。在工艺文件上，复合工步应视为一个工步。

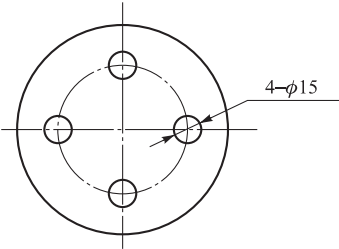


图 2-2 包括四个相同表面加工的工步

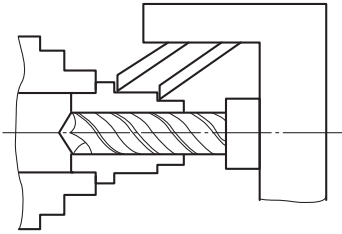


图 2-3 复合工步

3. 走刀

在一个工步内，若被加工表面需切去的金属很厚，需要分几次切削，则每进行一次切削就是一次走刀。一个工步可包括一次或几次走刀，走刀是构成工艺过程的最小单元。

4. 安装

工件在加工之前，在机床或夹具上先占据一正确的位置（定位），然后再予以夹紧的过

程称为安装。在一个工序内，工件的加工可能只需要安装一次，也可能需要安装几次。例如，表 2-2 的工序 3，一次安装即铣出键槽，而工序 2 中，为了车削全部外圆表面则最少需两次安装。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误差，而且还增加了安装工件的辅助时间。

5. 工位

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 2-4 所示为一种用回转工作台在一次安装中顺序完成装卸工件、钻孔、扩孔和铰孔四个工位加工的实例。

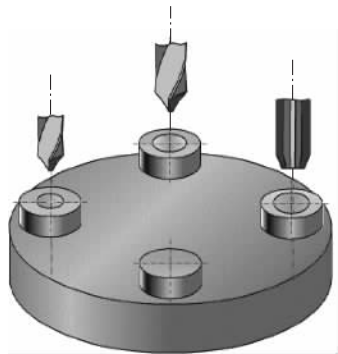


图 2-4 多工位加工

三、生产纲领、生产类型及工艺特点

各种机械产品的结构、技术要求等差异很大，但它们的制造工艺则存在着很多共同的特征。这些共同的特征取决于企业的生产类型，而企业的生产类型又由企业的生产纲领决定。由于零件机械加工的工艺过程与其所采用的生产组织形式是密切相关的，所以在制订零件的机械加工工艺过程时，应首先确定零件机械加工的生产组织形式。通常先依据零件的年生产纲领选取合适的生产类型，然后再根据所选用的生产类型来确定零件机械加工的生产组织形式。

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，计划期通常定为一年。某种零件（包括备品和废品在内）的年产量称为该项零件的年生产纲领。生产纲领的大小对零件加工过程和生产组织起着重要的作用，它决定了各工序所需专业化和自动化的程度，决定了所选用的工艺方法和工艺装备。

零件的生产纲领要计入备品和废品的数量，可按下式计算

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

式中， N 为零件的年生产纲领，件； Q 为机械产品的年产量，台/年； n 为每台产品中该零件的数量，件/台； $a\%$ 为备品的百分率； $b\%$ 为废品的百分率。

2. 生产类型

生产类型是指企业生产专业化程度的分类。在生产上，一般按照生产纲领的大小选用相应规模的生产类型。而生产纲领和生产规模的关系还随零件的大小及复杂程度而有不同。表 2-3 给出了它们之间的大致关系，可供参考。

表 2-3 生产纲领和生产类型的关系

生产类型	零件的年生产纲领/件		
	重型零件 (30 kg 以上)	中型零件 (4 ~ 30 kg)	轻型零件 (4 kg 以下)
单件生产	<5	<10	<100
小批生产	5 ~ 100	10 ~ 200	100 ~ 500

续表

生产类型	零件的年生纲领/件		
	重型零件 (30 kg 以上)	中型零件 (4 ~ 30 kg)	轻型零件 (4 kg 以下)
中批生产	100 ~ 300	200 ~ 500	500 ~ 5 000
大批生产	300 ~ 1 000	500 ~ 5 000	5 000 ~ 50 000
大量生产	> 1 000	> 5 000	> 50 000

机械制造业的生产可分为三种类型：单件生产、成批生产和大量生产。

(1) 单件生产。单件生产的基本特点，是生产的产品品种繁多，每种产品仅制造一个或少数几个，而且很少再重复生产。例如，重型机械产品制造和新产品试制都属于单件生产。在单件生产中，一般多采用通用机床和标准附件，极少采用专用夹具，靠划线等方法保证尺寸精度。所以，零件的加工质量及生产率主要取决于工人的技术熟练程度。

(2) 成批生产。成批生产是一年中分批地生产相同的零件，生产呈周期性重复。每批生产相同零件的数量称为批量。批量是根据零件的年生产纲领和一年中的批数计算出来的，而批数的多少要根据具体生产条件来决定。成批生产又可分为小批、中批、大批生产三种类型。

在大量生产中，广泛采用专用机床、自动机床、自动生产线及专用工艺装备。由于工艺过程自动化程度高，所以对操作工人的技术水平要求较低，但对机床调整的工人的技术水平要求较高。

3. 工艺特点

生产类型不同，产品和零件的制造工艺、所用设备及工艺装备、采取的技术措施、达到的技术经济效益等也不同。在制订零件的工艺规程时，可根据生产纲领的大小，参考表 2-3 所示提出的范围，确定相应的生产类型。生产类型确定以后，就可确定相应的工艺规程，一般在大量生产时采用自动线；在成批生产时采用流水线；在单件小批生产时则采用机群式工艺规程。

四、工艺规程的概念、作用

1. 工艺规程的概念

规定零件制造工艺过程和操作方法的工艺文件称为机械加工工艺规程。它是在具体的生产条件下，最合理或较合理的工艺过程和方法，并按规定的形式书写成工艺文件，经审批后用来指导生产的。

2. 机械加工工艺规程的作用

工艺规程是反映比较合理的工艺过程的技术文件，是机械制造厂最主要的技术文件之一。它一般应包括下列内容：工件加工工艺路线及所经过的车间和工段；各工序的内容及所采用的机床和工艺装备；工件的检验项目及检验方法；切削用量；工时定额及工人技术等级等。

工艺规程有以下几方面的作用：

(1) 合理的工艺规程是在总结广大工人和技术人员实践经验的基础上，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。按照工艺规程组织生产，可以保证产品的质量和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。实践表明，不按照科学的工艺进行生产，往往会引起产品质量的严重下降，生产效率的显著降低，甚至使生产陷入混乱状态。

但是，工艺规程也不应是固定不变的，工艺人员应不断总结工人的革新创造，及时地吸取国内外先进工艺技术，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，产品投产前原材料及毛坯的供应，通用工艺装备的准备，机械负荷的调整，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，都是以工艺规程作为基本依据的。

(3) 工艺规程是新建或扩建工厂或车间的基本资料。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：生产所需要的机床和其他设备的种类、规格和数量；车间的面积；机床的布置；生产工人的工种、等级、数量以及辅助部门的安排等。

五、课题实施：工艺规程的格式

将工艺规程的内容，填入一定格式的卡片，即成为生产准备和施工依据的工艺文件。各种工艺规程的格式如下：

(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），它是制订其他工艺文件的基础，也是生产技术准备、编制作业计划和组织生产的依据。

在这种卡片中，由于各工序说明不够具体，故一般不能直接指导工人操作，而多作为生产管理方面使用。在单件小批生产中，通常不编制其他较详细的工艺文件，而是以这种卡片指导生产。工艺过程综合卡片的格式见表 2-4。

表 2-4 机械加工工艺过程卡片

(工厂或企业名)			机械加工 工艺过程卡片		产品型号		零件图号			
					产品名称		零件名称		共 页	第 页
材料 牌号		毛坯 种类		毛坯外形 尺寸	每毛坯 可制件数		每台件数	(5)	备注	
工序号	工序 名称	工序内容			车间	工段	设备			工时定额
(7)	(8)									准终 单件
更改 内容										
	编制 (日期)			审核 (日期)			标准化 (日期)		会签 (日期)	

(2) 机械加工工艺卡片。工艺卡片是以工序为单位详细说明整个工艺过程的工艺文件。它是用来指导工人生产和帮助车间管理人员和技术人员掌握整个零件加工过程的一种主要技术文件，广泛用于成批生产的零件和小批生产中的重要零件。工艺卡片的内容包括：零件的材料、重量、毛坯的制造方法、各个工序的具体内容及加工后要达到的精度和表面粗糙度等，其格式见表 2-5。

表 2-5 机械加工工艺卡片

(企业名)			机械加工 工艺卡片		产品型号		零(部)件图号				共 页				
					产品名称		零件名称				第 页				
材料 牌号				毛坯 种类		毛坯外形 尺寸			每毛坯 件数		每台 件数		备 注		
工序	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	
					背吃 刀量/ mm	切削 速度/ (m· min ⁻¹)	切削 速度/ (r· min ⁻¹)	进给量/ (mm·r ⁻¹ 或 mm· min ⁻¹)		夹 具	刀 具	量 具		单 件	准 终
更改内容															
							编制 (日期)	审核 (日期)	标准化 (日期)			会签 (日期)			

(3) 机械加工工序卡片。这种卡片更详细地说明零件的各个工序应如何进行加工。在这种卡片上，要画出工序图，注明该项工序的加工表面及应达到的尺寸和公差、工件的装夹方式、刀具的类型和位置、进刀方向和切削用量等。在零件批量较大时都要采用这种卡片，其格式见表 2-6。

表 2-6 机械加工工序卡片

(工厂名)	机械工艺 工序卡片	产品名称及型号			零件名称	零件图号	工序名称	工序号	共 页							
									第 页							
(画工序简图处)					车间											
					同时加工 工件数	每料 件数	技术 等级	单件 时间/min	准 - 终时间/min							
					设备名称	设备编号	夹具名称	夹具编号	工作液							
					更改内容											
工步号	工步 内容	计算数据/ min			走刀 次数	切削用量				工时定额/min			刀具量具及 辅助工具			
		直径或长度	进给长度	单边余量		背吃 刀量/ mm	切削 速度/ (m · min ⁻¹)	切削 速度/ (r · min ⁻¹)	进给量/ (mm · r ⁻¹ 或 mm · min ⁻¹)	基本 时间	辅助 时间	工作 地点 服务 时间	名 称	规 格	编 号	数 量
								编制 (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										

课题二 工艺程式制订的原则、原始资料及步骤

知 识 点

- 制订工艺规程的原则
- 制订工艺规程的原始资料
- 制订工艺规程的步骤

技 能 点

掌握工艺规程制订的方法步骤。



课题分析

制订工艺规程是在一定的生产条件下，应以最少的劳动量和最低的成本，在规定的时间内，可靠地加工符合图样及技术要求的零件。在制订工艺程式时，应注意技术上的先进性、经济上的合理性，具备相关的原始资料。

相关知识

一、制订工艺规程的原则

制订工艺程式的原则是，在一定的生产条件下，以最少的劳动量和最低的成本，在规定的时间内，可靠地加工符合图样及技术要求的零件。在制订工艺程式时，应注意以下问题。

1. 技术上的先进性

在制订工艺规程时，要了解当时国内外行业工艺技术的发展水平，通过必要的工艺试验，积极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，可能会出现几种能保证零件技术要求的工艺方案。此时应通过核算或相互对比，选择经济上最合理的方案，使产品的能源、原材料消耗和成本最低。

3. 有良好的劳动条件

在制订工艺规程时，要注意保证工人在操作时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的措施，将工人从某些笨重繁杂的体力劳动中解放出来。

二、制订工艺规程的原始资料

在制订工艺规程时，通常应具备下列原始资料：

- (1) 产品的全套装配图和零件的工作图。
- (2) 产品验收的质量标准。
- (3) 产品的生产纲领（年产量）。
- (4) 毛坯资料。毛坯资料包括各种毛坯制造方法的技术经济特征；各种钢材型料的品种、规格、毛坯图等。在无毛坯图的情况下，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。为了使制订的工艺规程切实可行，一定要考虑现场的生产条件。因此要深入生产实际，了解毛坯的生产能力及技术水平；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及工艺装备的制造能力等。
- (6) 国内外工艺技术的发展情况。工艺规程的制订，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资料，积极引进适用的先进工艺技术，不断提高工艺水平，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。

三、课题实施：制订工艺规程的步骤

制订零件机械加工工艺规程的主要步骤大致如下：

- (1) 分析零件图和产品装配图。
- (2) 确定毛坯的制造方法和形状。
- (3) 拟定工艺路线。
- (4) 确定各工序的加工余量，计算工序尺寸和公差。
- (5) 确定各工序的设备、刀、夹、量具和辅助工具。
- (6) 确定切削用量和工时定额。
- (7) 确定各主要工序的技术要求及检验方法。
- (8) 填写工艺文件。

下面分别对上述的主要问题进行分析讨论。

课题三 零件的工艺分析

知 识 点

- 零件结构工艺性的概念
- 零件的结构及其工艺性分析
- 零件的技术要求分析

技 能 点

零件结构工艺性分析。



课题分析

在制订工艺规程时，首先必须对零件图进行认真分析。在对零件的工艺分析时，如发现图样上的视图、尺寸标准、技术要求有错误或遗漏，或结构工艺性不好，应提出修改意见。

相关知识

一、零件结构工艺性的概念

零件结构工艺性，是指所设计的零件在能满足使用要求的前提下制造的可行性和经济性。它包括零件的各个制造过程的工艺性。在制订机械加工工艺规程时，主要进行零件切削加工工艺性分析。

二、零件的结构及其工艺性分析

零件图是制订工艺规程最主要的原始资料。在制订工艺规程时，首先必须对零件图进行认真分析。为了更深刻理解零件结构上的特征和技术要求，通常还需要研究产品的总装图、部件装配图以及验收标准，从中了解零件的功用和相关零件的配合，以及主要技术要求制订的依据。

在对零件的工艺分析时，要注意以下问题：

(1) 机器零件的结构，由于使用要求不同而具有各种形状和尺寸。但是，如果从形体上加以分析，各种零件都是由一些基本表面和特形表面组成的。基本表面有内外圆柱表面、圆锥表面和平面等。特形表面主要有螺旋面、渐开线齿形表面及其他一些成形表面等。

(2) 在研究具体零件的结构特点时，首先要分析该零件是由哪些表面组成的，因为表面形状是选择加工方法的基本因素。例如外圆表面一般是由车削和磨削加工出来的；内孔则多是通过钻、扩、铰、镗和磨削等加工方法所获得的。除表面形状外，表面尺寸对加工工艺方案也有重要的影响。以内孔为例，大孔与小孔，深孔与浅孔在加工工艺方案上均有明显的不同。

(3) 在分析零件的结构时，不仅要注意零件的各个构成表面本身的特征，而且还要注意这些表面的不同组合，正是这些不同的组合才形成零件结构上的特点。例如以内外圆为主的表面，既可组成盘、环类零件，也可组成套筒类零件。对于套筒类零件，既可以是一般的轴套，也可以是形状复杂或刚性很差的薄壁套筒。显然，上述不同结构的零件在所选用的加工工艺方案上往往有着较大的差异。在机械制造业中，通常按照零件结构和工艺过程的相似

性,将各种零件大致分为轴类零件、套筒类零件、盘环类零件、叉架类零件以及箱体等。

(4) 在研究零件的结构时,还要注意审查零件的结构工艺性。零件的结构工艺性是指零件的结构在保证使用要求的前提下,是否能以较高的生产率和最低的成本方便地制造出来的特性。许多功能作用完全相同而在结构上却不相同的两个零件,它们的加工方法与制造成本往往差别很大,所以应仔细分析零件的结构工艺性。

三、零件的技术要求分析

零件技术要求包括下列几个方面:

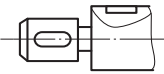
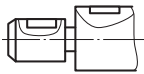
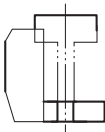
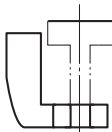
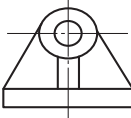
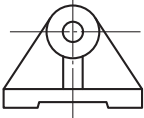
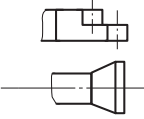
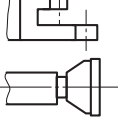
- (1) 加工表面的尺寸精度。
- (2) 主要加工表面的形状精度。
- (3) 主要加工表面之间的相互位置精度。
- (4) 各加工表面的粗糙度以及表面质量方面的其他要求。
- (5) 热处理要求及其他要求(如动平衡等)。

根据零件结构特点,在认真分析了零件主要的技术要求之后,对制订零件加工工艺流程即可有一初步的轮廓。

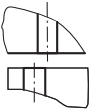
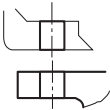
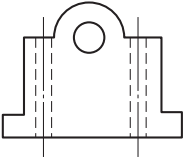
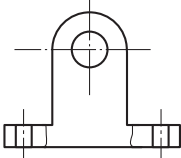
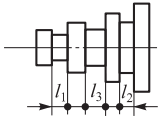
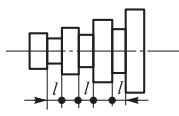
四、课题实施

根据表 2-7 列出的零件机械加工工艺性对比实例。在对零件的工艺分析时,如发现图样上的视图、尺寸标准、技术要求有错误或遗漏,或结构工艺性不好时,应提出修改意见。但修改时必须征得设计人员的同意,并经过一定的手续。

表 2-7 零件机械加工工艺性实例

序号	A 工艺性差的结构	B 工艺性好的结构	说 明
1			键槽的尺寸、结构一致,一次性装卡,加工全部键槽,提高生产率
2			结构 A 的加工不便调整刀具
3			结构 B 切削面积小,稳定性好
4			结构 B 保证了加工的可能性,减少刀具、砂轮的磨损

续表

序号	A 工艺性差的结构	B 工艺性好的结构	说 明
5			加工结构 A 上的孔钻头易折断
6			结构 B 避免了深孔加工, 节约了原材料
7			结构 B 的两槽尺寸相同, 可减少工具种类, 减少换刀时间

课题四 毛坯选择

知 识 点

- 机械加工中常见毛坯的种类
- 毛坯的选择原则
- 毛坯形状和尺寸的确定

技 能 点

正确确定毛坯的形状和尺寸。



课题分析

在制订工艺规程时, 毛坯种类的选择, 不仅影响着毛坯的制造工艺、设备及制造费用, 而且对零件机械加工工艺、设备和工具的消耗以及工时定额也都有很大的影响。现代机械制造是通过毛坯精化使毛坯的形状和尺寸尽量与零件接近, 减少机械加工的劳动量, 力求实现少、无切屑加工。但是, 由于现有毛坯制造工艺技术的限制, 加之产品零件的精度和表面质量的要求又越来越高, 所以毛坯上某些表面仍需留有一定的加工余量, 以便通过机械加工来达到零件的质量要求。



相关知识

在制订工艺规程时,正确地选择毛坯有重大的技术经济意义。毛坯种类的选择,不仅影响着毛坯的制造工艺、设备及制造费用,而且对零件机械加工工艺、设备和工具的消耗以及工时定额也都有很大的影响。因此为正确选择毛坯,常需要毛坯制造和机械加工两方面工艺人员的紧密配合,以兼顾冷、热加工两方面的要求。

一、机械加工中常见毛坯的种类

1. 铸件

形状复杂的毛坯,宜采用铸造方法制造,目前生产中的铸件大多数是用砂型铸造的,少数尺寸较小的优质铸件可采用特种铸造,如金属型铸造、离心铸造和压力铸造等。

2. 锻件

锻件有自由锻造锻件和模锻件两种。

自由锻造锻件的加工余量大,锻件精度低,生产率不高,适用于单件和小批生产以及大型号锻件。

模锻件的加工余量较小,锻件精度高,生产率高,适用于产量较大的中小型锻件。

3. 型材

型材有热轧和冷拉两类,热轧型材尺寸较大,精度较低,多用于一般零件的毛坯;冷拉型材尺寸较小,精度较高,多用于制造毛坯精度要求较高的中小型零件,适用于自动机加工。

4. 焊接件

对于大件来说,焊接件简单方便,特别是单件小批生产可以大大缩短生产周期,但焊接的零件变形较大,需要经过时效处理后才能进行机械加工。

二、毛坯的选择原则

在进行毛坯选择时,应考虑下列因素:

1. 零件材料的工艺性(如可铸性及可塑性)及零件对材料组织和性能的要求

例如材料为铸铁与青铜的零件,应选择铸件毛坯。对于钢质零件,还要考虑机械性能的要求。对于一些重要零件,为保证良好的机械性能,一般均须选择锻件毛坯,而不能选择棒料。

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,可直接选取棒料;若各台阶直径相差较大,为减少材料消耗和机械加工劳动量,则宜选择锻件毛坯。至于一些非旋转体的板条形钢质零件,一般则多为锻件。零件的外形尺寸对毛坯选择也有较大的影响。对于尺寸较大的零件,目前只能选择毛坯精度、生产率都比较低的砂型铸造和自由锻造的毛坯;而中小型零件,则可选择模锻及各种特种铸造的毛坯。

3. 生产纲领大小

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,这样制造毛坯的设备和装备价格则比较高,但这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均较低的毛坯制造方法。

4. 现有生产条件

选择毛坯时,还要考虑现场毛坯制造的实际工艺水平、设备状况以及对外协作的可能性。

三、课题实施:毛坯形状和尺寸的确定

现代机械制造的发展趋势之一,是通过毛坯精化使毛坯的形状和尺寸尽量与零件接近,减少机械加工的劳动量,力求实现少、无切屑加工。但是,由于现有毛坯制造工艺技术的限制,加之产品零件的精度和表面质量的要求又越来越高,所以毛坯上某些表面仍需留有一定的加工余量,以便通过机械加工来达到零件的质量要求。毛坯制造尺寸和零件尺寸的差值称为毛坯加工余量,毛坯制造尺寸的公差称为毛坯公差。毛坯加工余量及公差同毛坯制造方法有关,生产中可参照有关工艺手册和部门或企事业的标准确定。

毛坯加工余量确定后,毛坯的形状和尺寸,除了将毛坯加工余量附加在零件相应的加工表面之外,还要考虑到毛坯制造、机械加工以及热处理等许多工艺因素的影响。下面仅从机械加工工艺角度来分析一下,在确定毛坯形状和尺寸时应注意的几个问题。

(1) 为使加工时工件安装稳定,有些铸件毛坯需要铸出工艺搭子,如图2-5所示。工艺搭子在零件加工后一般均应切除。

(2) 在机械加工中,有时会遇到像磨床主轴部件中的三块瓦轴承,平衡砂轮用的平衡块以及车床走刀系统中的开合螺母外壳(图2-6)等零件。为了保证这些零件的加工质量和加工方便,常将这些分离零件先做成一个整体毛坯,加工到一定阶段后再切割分离。

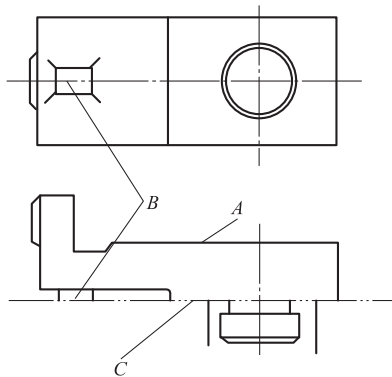


图2-5 具有工艺搭子的刀架毛坯

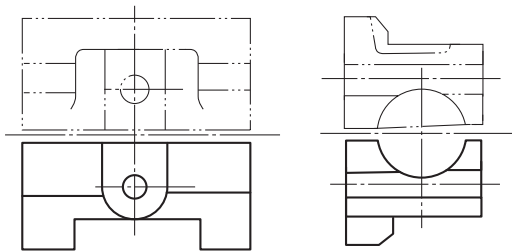


图2-6 车床开合螺母外壳简图

(3) 为了提高零件机械加工的生产率,对于一些类似图2-7所示的需经锻造的小零件,可以将若干零件先合锻成一件毛坯,经平面和两侧的斜面加工后再切割分离成单个零件。显然,在确定毛坯的长度 L 时,应考虑切割零件所用锯片铣刀的厚度 B 和切割的零件数 n 。

(4) 为了提高生产率和在加工过程中便于装夹,对一些垫圈类零件,也应将多件合成一个毛坯。图2-8为一垫圈零件,毛坯可取一长管料,其内径要小于垫圈内径。在车削时,

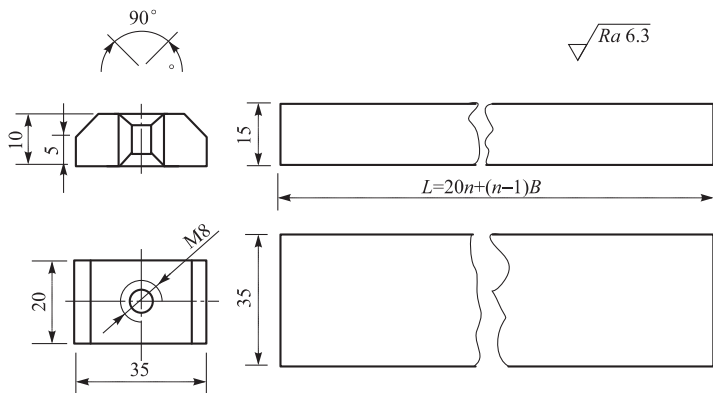


图 2-7 滑键的零件图及毛坯图

用卡爪夹住一端外圆，另一端用顶尖顶住，这时可以车外圆、切槽。然后，用三爪卡盘夹住外圆较长的一部分，用 $\phi 16$ mm 的钻头钻孔，然后切割成若干个垫圈零件。

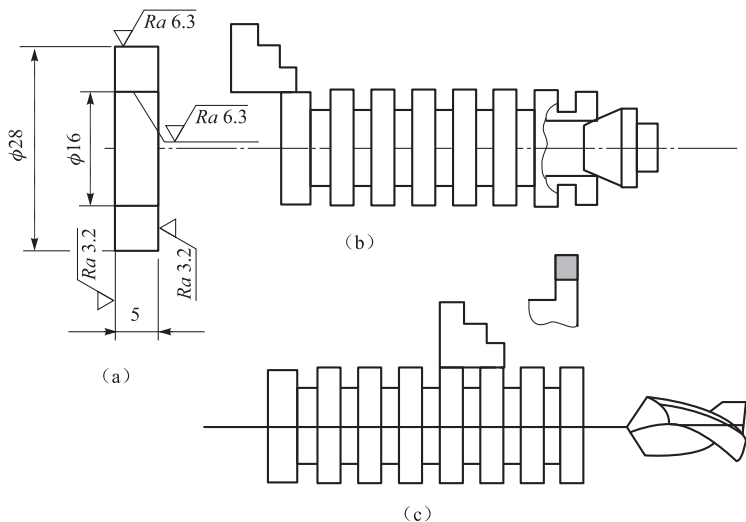


图 2-8 垫圈的整体毛坯及加工

(a) 垫圈尺寸；(b) 爪卡夹住一端；(c) 车外圆；钻孔外圆，另一端用顶尖顶住

课题五 定位基准选择

知识点

- 基准及其分类
- 工件定位的概念及定位方法
- 六点定位原理
- 定位基准的选择

技能点

工件的定位原理及定位基准的选择。



课题分析

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的位置。为了保证加工表面的相对位置精度，工件定位时，必须使加工表面的设计基准相对机床主轴的轴线或工作台的直线运动方向占据某一正确位置。定位基准选择的正确与否，不仅影响到零件的尺寸精度和相互位置精度，而且对零件各表面间的加工顺序也有很大的影响。

相关知识

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 2-9 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的位置。基准就其一般意义来说，就是零件上用以确定其他点、线、面的位置所依据的点、线、面。

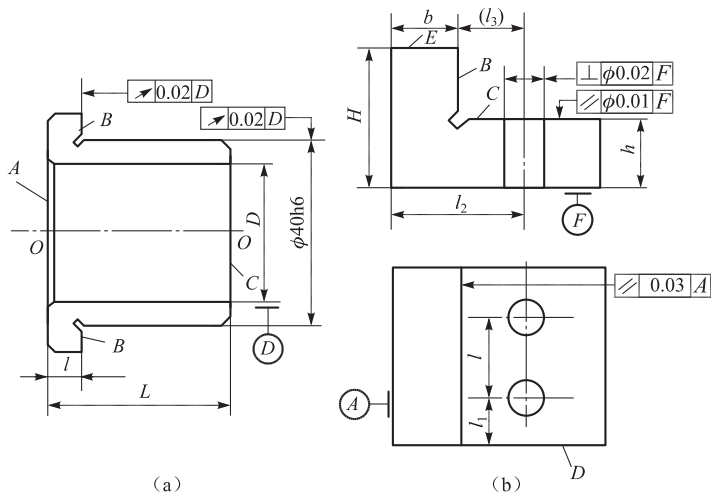


图 2-9 零件的位置精度示例

(a) 外圆及端面为装配基准；(b) 底面为装配基准

1. 设计基准

在零件图上用以确定其他点、线、面位置的基准，称为设计基准。例如图 2-9 (a) 所示的钻套零件，轴心线 $O-O$ 是各外圆表面和内孔的设计基准；端面 A 是端面 B 、 C 的设计

基准；内孔表面 D 的轴心线是 $\phi 40h6$ 外圆表面径向圆跳动和端面 B 端面圆跳动的设计基准。作为设计基准的点、线、面在工件上不一定具体存在。例如孔的中心、轴心线、基准中心平面等，常常由某些具体表面来体现，这些表面可称为基面。

2. 工艺基准

零件在加工和装配过程中所使用的基准，称为工艺基准。工艺基准按用途不同，又分为装配基准、测量基准、定位基准和工序基准。

(1) 装配基准。装配时用以确定零件在部件或产品中位置的基准称为装配基准。例如图 2-9 (a) 所示零件的 $\phi 40h6$ 外圆及端面 B 和图 2-9 (b) 所示零件的底面即为装配基准。

(2) 测量基准。零件检验时，用以测量已加工表面尺寸及位置的基准，称为测量基准。例如图 2-9 (a) 所示零件，当以内孔为基准（套在检验心轴上）去检验 $\phi 40h6$ 外圆的径向圆跳动和端面 B 的端面圆跳动时，内孔即测量基准。

(3) 定位基准。加工时，使工件在机床或夹具中占据一个正确位置所用的基准，称为定位基准。例如将图 2-9 (a) 零件套在心轴上磨削 $\phi 40h6$ 磨削外圆表面时，内孔即定位基准；又如图 2-9 (b) 所示零件，用底面、左侧面和夹具中的定位元件相接触磨削 B 、 C 表面，以保证相应的平行度要求时，底面和左侧面即定位基准。

(4) 工序基准。在工艺文件上用以标定加工表面位置的基准，称为工序基准。例如图 2-9 (b) 所示的零件，两个孔在水平位置方向的尺寸为 l_2 ，设计基准为左侧面。钻孔时如果从工艺上考虑需要按 l_3 加工，则 B 面即工序基准，加工尺寸 l_3 叫做工序尺寸。

二、工件定位的概念及定位方法

1. 工件定位的概念与要求

加工前，工件在机床或夹具中占据某一正确位置的过程叫做定位。工件定位时有以下两点要求：

(1) 为了保证加工表面与设计基准间的相对位置精度（即同轴度、平行度等），工件定位时应使加工表面的设计基准相对机床占据一个正确位置。下面结合图 2-9 所示零件加工时的定位，对“正确位置”的含义作一个具体说明。

对于图 2-9 (a) 所示零件，为了保证加工表面 $\phi 40h6$ 的径向圆跳动的要求，工件定位时必须使其设计基准（内孔轴心线 $O-O$ ）与机床主轴的回转轴收线 $O'-O$ 重合，见图 2-10 (a)；对于图 2-9 (b) 所示零件，为了保证加工面 B 与其设计基准 A 的平行度要求，工件定位时必须使设计基准 A 与机床工作台的纵向直线运动相平行，见图 2-10 (b)；加工孔时为了保证两孔与其设计基准（底面 F ）的垂直度要求，工件定位时必须使设计基准 F 面与机床主轴轴心线垂直，见图 2-10 (c)。

通过以上实例可以看出，为了保证加工表面的相对位置精度，工件定位时，必须使加工表面的设计基准相对机床主轴的轴线或工作台的直线运动方向占据某一正式确立的方位，此即工件定位的基本要求。

(2) 为了保证加工表面与其设计基准间的距离尺寸精度，当采用调整法进行加工时，位于机床或夹具上的工件，相对刀具必须有一确定的位置。

表面间距离尺寸精度的获得方法通常有两种：试切法和调整法。

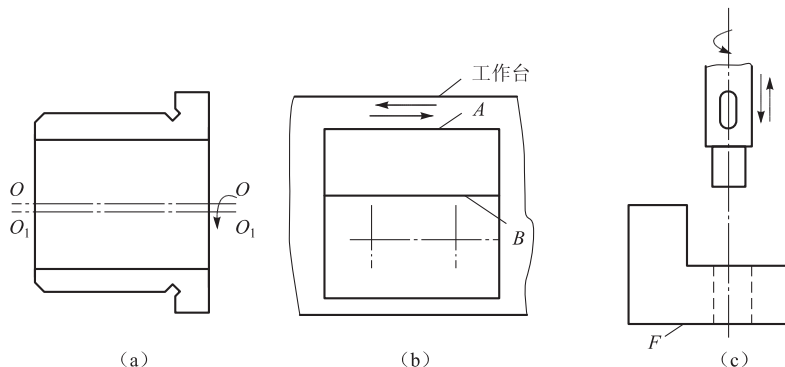


图 2-10 工件定位的“正确位置”示例

- (a) 基准 $O-O$ 与机床主轴的 $O'-O'$ 重合；(b) 基准 A 与机床工作台的纵向直线运动相平行；
(c) 基准 F 面与机床主轴轴线垂直

试切法是一种通过试切—测量加工尺寸—调整刀具位置—再试切的反复过程来获得尺寸精度的方法。由于这种方法是在加工过程中通过多次试切后才达到的，所以加工前工件相对刀具的位置可不必确定。例如在图 2-11 (a)，为获得尺寸 l ，加工前工件在三爪卡盘中的轴向位置不必严格限定。

调整法是一种加工前按规定尺寸调整好刀具与工件的相对位置，并在一批工件加工的过程中保持这种位置的加工方法。显然，按调整法加工时，零件在机床或夹具上相对刀具的位置必须确定。图 2-11 中示出了按调整法加工工件时获得距离尺寸精度的两个实例，图 2-11 (b) 是通过三爪反装和挡铁来确定工件与刀具的相对位置；图 2-11 (c) 是通过夹具中定位元件与导向元件的既定位置来确定工件与刀具的相对位置。

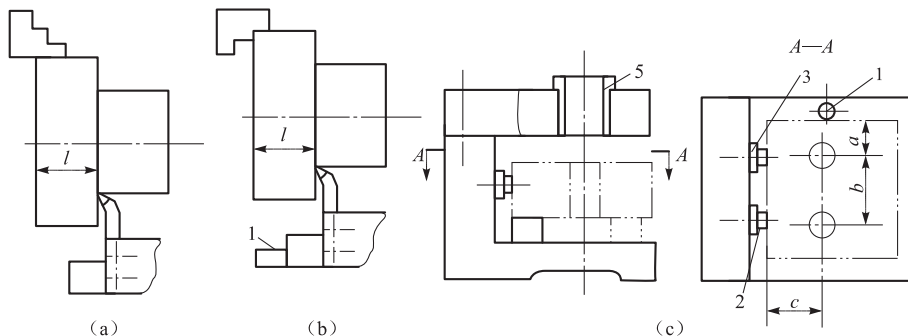


图 2-11 获取距离尺寸精度方法示例

1—挡铁；2、3、4—定位元件；5—导向元件

综上所述，为了保证加工表面的位置精度，无论采用试切法还是调整法，加工表面的设计基准相对机床或夹具的位置必须正确，至于工件相对刀具的位置是否需要确定，则取决于获得距离尺寸精度的方法，调整法需要确定，试切法则不必确定。

2. 工件定位的方法

工件在机床上定位有以下三种方法：

- (1) 直接找正法。此法是用百分表、划针或目测在机床上直接找正工件，使其获得正

确位置的一种方法。例如在磨床上磨削一个与外圆表面有同轴度要求的内孔时,加工前将工件装在四爪卡盘上,用百分表直接找正外圆表面,即可使工件获得正确的位置(图2-12(a));又如在牛头刨床上加工一个同工件底面与右侧有平行度要求的槽时,用百分表找正工件的右侧面(图2-12(b)),即可使工件获得正确的位置。槽与底面的平行度要求,由机床的几何精度予以保证。

直接找正法的定位精度和找正的快慢,取决于找正精度、找正方法、找正工具和工人的技术水平。用此法找正工件往往要花费较多的时间,故多用于单件和小批生产或位置精度要求特别高的工件。

(2) 划线找正法。此法是在机床上用划针按毛坯或半成品上所划的线找正工件,使其获得正确位置的一种方法(图2-13)。由于受到划线精度和找正精度的限制,此法多用于批量较小、毛坯精度较低以及大型零件等不便使用夹具的粗加工中。

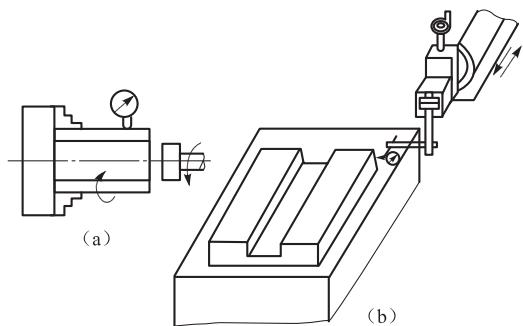


图2-12 直接找正法示例

- (a) 用百分表找正外圆表面;
(b) 用百分表找正工件的右侧面

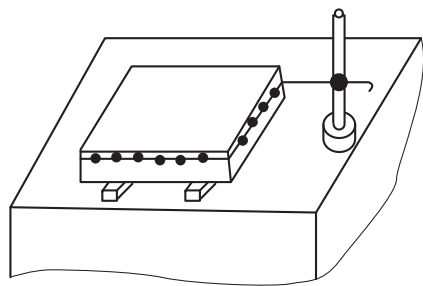


图2-13 划线找正法示例

(3) 采用夹具定位(图2-11(c))。此法是用夹具上的定位元件使工件获得正确位置的一种方法。工件定位迅速方便,定位精度也比较高,广泛用于成批和大量生产。

三、六点定位原理

任何一个未被约束的刚体,在空间都是一个自由体,它可以向任何方向移动和转动。为了便于研究其运动规律,我们把它放到由 Ox 、 Oy 、 Oz 轴所确定的空间直角坐标系中,如图2-14所示。从力学运动分解的原理可知,刚体在空间的任何运动都可看成是相对于该坐标的六种运动的合成。我们把这六种运动的可能性称为六个自由度。

工件在定位以前,也像一个物体在空间的情况一样,具有六个自由度,即沿 x 、 y 、 z 三个轴方向的移动,用 $\vec{Ox}$ 、 $\vec{Oy}$ 、 $\vec{Oz}$ 来表示,以及绕 x 、 y 、 z 三个轴的转动,用 $\vec{Ox}$ 、 $\vec{Oy}$ 、 $\vec{Oz}$ 来表示。

要使工件在空间处于相对固定不变的位置,就必须限制其六个自由度。限制的方法如图2-15所示,用相当于六个支承点的定位元件与工件的定位基准面“接触”来

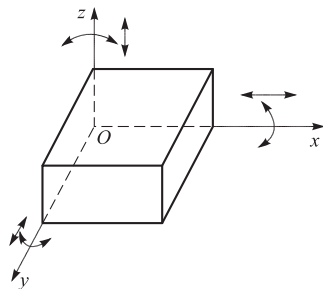


图2-14 空间直角坐标系

限制。

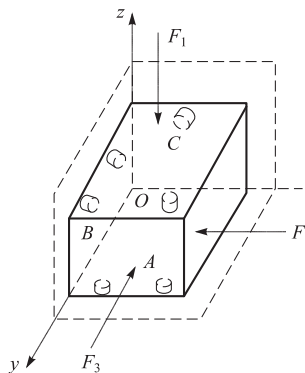


图 2-15 工件的六点定位

图 2-15 中工件上的 A 面是与机床工作台或夹具上三个支承相接触的，我们把工件上的这个 A 面称为主要定位基准。显然，三个支承点之间的面积越大，支承工件就越稳定；工件的平面越平整，定位越可靠。所以，一般选择工件上大而平整的表面作为主要定位基准。两点决定一条线，即决定方向，工件上的表面 B 是与夹具上的两个支承点相接触，所以把 B 面称为导向定位基准。一般都选择工件上的窄长表面作为导向定位基准，或者把夹具上起着两个支承作用的平面作成窄长形。工件上的 C 面与夹具上的一个支承相接触，C 面就称为止动定位基准。

我们还要分清“定位”和“夹紧”这两个概念。“定位”只是使工件在夹具中得到某一正确的位置。而要使工件受力的相对于刀具的位置不变，则还须“夹紧”。因此，“定位”和“夹紧”是不相同的。

通常把按一定规律分布的六个支承点能消除工件六个自由度的方法，称为“六点定位原理”。应用此原理可以正确地分析和解决工件安装时的定位问题。

必须指出：在生产中，工件的定位不一定限制六个自由度，这要根据工件的具体加工要求而定，一般只要相应的限制那些对加工精度有影响的自由度就行了。关于这方面的具体实例，将在以后各章讲解“典型零件”加工时，结合具体的加工零件，详细讲解“六点定位原理”的具体应用。

四、课题实施：定位基准的选择

在零件的加工过程中，各工序定位基准的选择，首先应根据工件定位时要限制的自由度个数来确定定位基面的个数，然后再根据基准选择的规律正确选择每个定位基面。

1. 工件定位基面数的确定

工件定位时，究竟需要几个表面定位，要根据加工表面的位置精度要求和对工件应限制的自由度来确定。例如对于图 2-9 所示的支承块，为获得尺寸 H ，用铣刀加工顶面时，通常只选择底面这个小表面定位即可；而加工 B、C 表面时，为获得尺寸 b 和 h ，并保证加工面与其基面 A、F 的平行度要求，则应选择 A、F 两个表面定位；至于两孔的钻削加工，当采用钻模加工时，为获得距离尺寸 l_1 与 l_2 ，并保证孔的轴线与底面垂直度要求，应选择 A、F 及 D 面三个表面定位，孔距尺寸 l 由钻模板上钻套间的距离精度保证。正确选择定位基面数以及各基面应限制几个自由度问题，实际工作中还地涉及其他一些因素，详见《机床夹具设计》课程。工件定位所需的基面数确定之后，如何正确地去选择每一定位基面，生产中已总结出一些规律，下面顺次讨论起始工序所用的粗基准和最终工序（含中间工序）所用的精基准的选择问题。

2. 粗基准的选择

在起始工序中，工件定位只能选择未经加工的毛坯表面，这种定位表面称为粗基准。粗基准选择的好坏，对以后各加工表面的加工余量的分配，以及工件上加工表面和不加工表面的相对位置均有很大影响。因此，必须十分重视粗基准的选择。粗基准选择总的要求是为后

续工序提供必要的定位基准，具体选择时应考虑下列原则。

(1) 对于具有不加工表面的工件，为保证不加工表面与加工表面之间的相对位置要求，一般应选择**不加工表面**为粗基准。

例如图 2-16 所示的套类零件，外圆表面 l 为不加工表面，为了保证镗孔后壁厚均匀（即内外圆表面的偏心较小），应选择外圆表面 l 为粗基准。

又如图 2-17 (a) 所示的箱体零件，箱体内壁 A 面和 B 面均为不加工表面。为了防止位于 II 孔轴心线上齿轮的外圆装配时和箱体内壁 A 面相碰，设计时已考虑留有间隙（图 2-17 (b)），并由加工尺寸 a 、 b 予以保证。

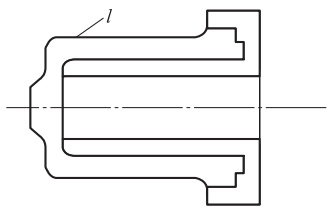


图 2-16 套的粗基准选择

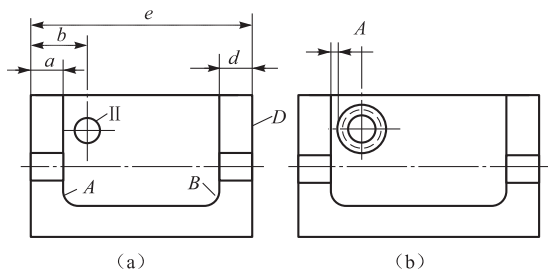


图 2-17 箱体零件简图

(a) 箱体零件；(b) 设计时留有间隙

加工图 2-17 所示的箱体时，如果先选择 A 面为粗基准加工 C 面（图 2-18 (a)），然后以 C 面为精基准加工 II 孔（图 2-18 (b)），先后分别保证加工尺寸（ a 和 b ），则间隙 Δ 可间接获得，保证齿轮外圆不与 A 面相碰。反之，如果先选择 B 面为粗基准加工 D 面，然后以 D 面为精基准加工 C 面，最后以 C 面定位加工 II 孔，先后顺次获得加工尺寸 d 、 c 和 b ，则尺寸 a 除了因尺寸 d 、 c 的加工误差而发生变化外，还将随着毛坯内壁 A 、 B 两面间的距离尺寸的变化而变化。由于毛坯尺寸误差较大，尺寸 a 的误差必随之较大。当尺寸 a 大到使间隙 Δ 为负值时，则齿轮装配时必然和 A 面相碰。显然，后面这一加工方案的粗基准选择是不正确的。这也表明，当零件上存在若干个不加工表面时，应选择与加工表面的相对位置有紧密联系的不加工表面作为粗基准。

不加工表面与加工表面间相对位置的具体要求是比较多的。除了上述两例中的壁厚均匀和旋转件不得和箱体壁相碰外，诸如零件外形要对称美观，凸缘位置偏移要小等。生产中应结合具体零件进行具体分析。

(2) 对于具有较多加工表面的工件，粗基准的选择，应合理分配各加工表面的加工余量。在分配加工余量时应注意以下各点：

① 应保证各加工表面都有足够的加工余量。

② 对于某些重要的表面（如导轨面和重要的内孔等），应尽可能使其加工余量均匀，对导轨面要求加工余量尽可能小一些，以便能获得硬度和耐磨性更好的表面。

③ 使工件上各加工表面总的金

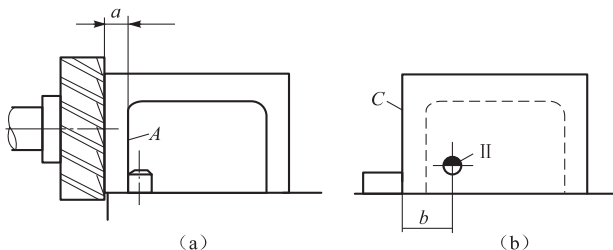


图 2-18 箱体加工粗基准选择

(a) 以 A 面为粗基准加工 C 面；(b) 以 C 面为精基准加工 II 孔

属切除量最小。

为了保证第一项要求，粗基准应选择毛坯上加工余量最小的表面。例如对于图 2-19 所示的阶梯轴，应选择 $\phi 55$ mm 外圆表面作粗基准，因其加工余量较小。如果选 $\phi 108$ mm 的外圆表面为粗基准加工 $\phi 55$ mm 表面，当两个外圆表面的偏心为 3 mm 时，则加工后的 $\phi 50$ mm 外圆表面，因一侧加工余量不足而出现部分毛面，使工件报废。

为了保证第二项要求，应选择那些重要表面为粗基准。例如对于图 2-20 所示的床身零件，应选择导轨面为粗基准。以导轨面定位加工与床腿的连接面，可消除较大的毛坯误差，使连接面与导轨面基本平行。当以连接面为精基准加工导轨面时，导轨面的加工余量就比较均匀，而且可以比较小。

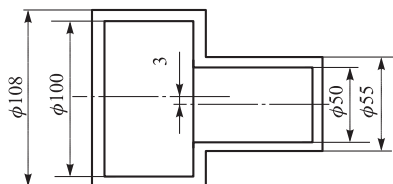


图 2-19 阶梯轴粗基准选择

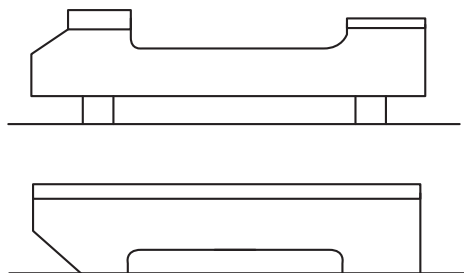


图 2-20 床身基准选择

为了保证第三项要求，应选择工件上那些加工面积较大，形状比较复杂，加工劳动量较大的表面为粗基准。仍以图 2-20 所示零件为例，当选择导轨面为粗基准加工与床腿连接的表面时，由于加工面是一个简单平面，且面积较小，即使切去较大的加工余量，金属的切除量并不大，加之以后导轨面的加工余量比较小，故工件上总的金属切除量也就比较小。

(3) 作为粗基准的表面应尽量平整，没有浇口、冒口或飞边等其他表面缺陷，以便使工件定位可靠，夹紧方便。

(4) 由于毛坯表面比较粗糙且精度较低，一般情况下同一尺寸方向上的粗基准表面只能使用一次。否则，因重复使用所产生的定位误差会引起相应加工表面间出现较大的位置误差。例如 2-21 所示的小轴，如重复使用毛坯表面 B 定位去分别加工表面 A 和 C，必然会使此两加工表面产生较大的同轴度误差。

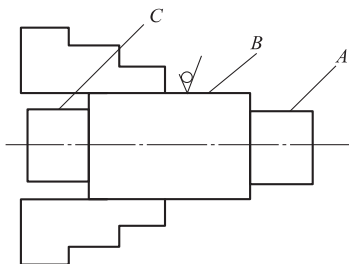


图 2-21 重复使用粗基准示例

上述粗基准选择的原则，每一条都说明一个方面的问题，实际应用时往往会出现相互矛盾的情况，这就要求全面考虑，灵活运用，保证主要的要求。当运用上述原则对毛坯进行划线时，还可通过“借”的办法，兼顾以上各原则（主要是前两条原则）。

3. 精基准选择

在最终工序和中间工序中，应采用已加工表面定位，这种定位表面称为精基准。精基准的选择，不仅影响工件的加工质量，而且与工件安装是否方便可靠也有很大关系。选择精基

准的原则如下：

(1) 为了较容易地获得加工表面对其设计基准的相对位置精度，应选择加工表面的设计基准为定位基准。这一原则通常称为“基准重合”原则。

例如图 2-22 所示的零件，当零件表面间的尺寸按图 2-22 (a) 标注时，表面 B 和表面 C 的加工，从“基准重合”原则出发，应选择表面 A（设计基准）为定位基准。加工后，表面 B、C 相对 A 面的平行度取决于机床的几何精度；尺寸精度 T_a 和 T_b 则取决于机床—刀具—工件工艺系统的一系列工艺因素。

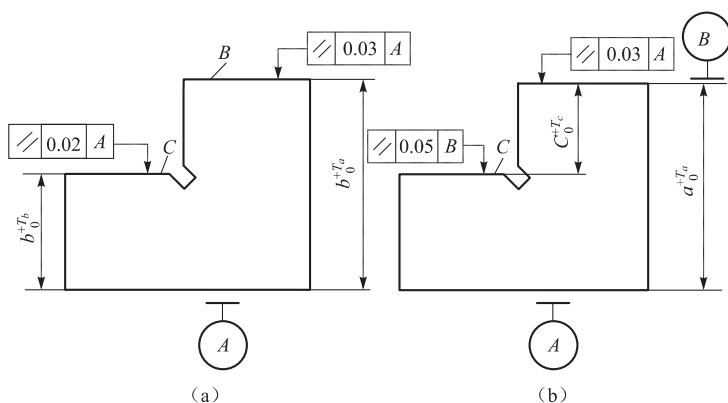


图 2-22 图示零件的两种尺寸方法

按调整法加工表面 B 和表面 C 时，尽管刀具相对定位基面 A 的位置是按照尺寸 a 和 b 预先调定的，而且在一批工件的加工过程中是始终不变的，但是由于工艺系统中许多工艺因素的影响，一批零件加工后的尺寸 a 和 b 仍会产生误差 Δ_a 和 Δ_b ，这种误差叫做加工误差。在基准重合的条件下，只要这种误差不大于尺寸 a 和 b 的公差（即 $\Delta_a \leq T_a$ ， $\Delta_b \leq T_b$ ），加工零件即不会产生废品。

当零件表面间的尺寸标注如图 2-22 (b) 所示时，如果仍选择表面 A 为定位基准，并按调整法分别加工表面 B 和 C，对于表面 B 来说，是符合“基准重合”原则的，对表面 C 则不符合。

表面 C 的加工情况如图 2-23 (a) 所示，加工后尺寸 C 的误差分布见图 2-23 (b)。由图 2-23 (b) 中可明显看出：在加工尺寸 C 中，不仅包含有本工序的加工误差 Δ_f ，而且还包含有由于基准不重合所带来的设计基准 B 与定位基准 A 间的尺寸误差 Δ_{ch} ，这个误差叫做基准不重合误差，其最大允许值为定位基准与设计基准间位置尺寸 a 的公差 T_a 。为了保证加工尺寸 C 的精度要求，上述两个误差之和应小于或等于尺寸 C 的公差 T_c （暂不考虑夹具的有关误差）。即

$$\Delta_f + \Delta_{ch} (T_a) \leq T_c$$

从上式可以看出，在 T_c 为一定值时，由于 Δ_{ch} 的出现，势必要缩小 Δ_f 的值，即需要提高本工序的加工精度。因此，选择定位基准时应尽可能遵守“基准重合”原则。应当指出：“基准重合”原则，对于保证表面间的相对位置精度（如平行度、同轴度等）亦完全适用。

(2) 定位基准的选择应便于工件的安装与加工，并使夹具的结构简单。

例如图 2-22 (b) 所示零件，当加工表面 C 时，如果采用“基准重合”原则，则应选择表面 B 为定位基准，工件的安装如图 2-24 所示。这样不仅工件安装不方便，夹具的结构

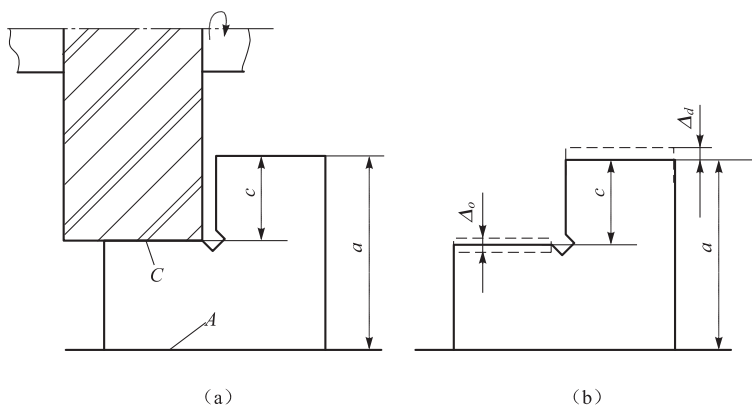


图 2-23 基准不重合误差示例

(a) 表面 C 的加工情况; (b) 加工后尺寸 C 的误差分布

也将复杂得多。如果采用图 2-23 所示的 A 面定位, 虽然可使工件安装方便, 夹具结构也简单些, 但又会产生基准不重合误差 Δ_{ch} , 定位基准选择中的上述矛盾是经常出现的, 在这种情况下, 首先要认真分析 T_c 、 Δ_f 和 Δ_{ch} 三者间的数量关系, 然后采取不同的处理方案。

当加工尺寸的公差值较大, 而加工表面 B、C 的加工误差又比较小时, 即 $T_c \geq \Delta_f + \Delta_{ch}$ 时, 应优先考虑工件安装的要求, 选择表面 A 为定位基准。

当加工尺寸的公差 T_c 较小, 而加工表面 B、C 的加工误差又比较大时, 即 $T_c < \Delta_f + \Delta_{ch}$ 时, 可考虑以下三种方案:

① 改变加工方法或采取其他工艺措施, 提高表面 B 和 C 的加工精度, 即减小 Δ_f 和 Δ_{ch} 的数值, 使 $T_c > \Delta_f + \Delta_{ch}$, 这样可仍选择 A 面为定位基准。

② 以表面 B 定位, 消除基准不重合误差 Δ_{ch} , 这样往往要采用结构比较复杂的夹具。为了保证加工精度, 有时不得不采取这种方案。

③ 采用组合铣削, 以 A 面定位同时加工表面 B 和表面 C, 如图 2-25 所示。这样可使表面 B、C 间的位置精度 (平行度) 和尺寸精度都与工件定位无关。两表面间的尺寸精度主要取决于两铣刀直径的差值。

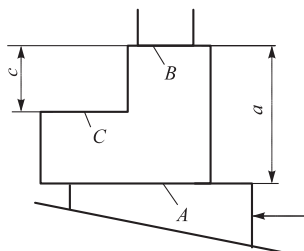


图 2-24 基准重合工件安装示意图

A—夹紧表面; B—定位表面; C—加工面

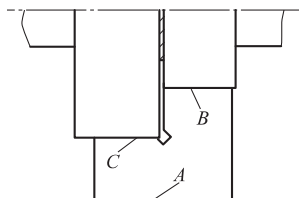


图 2-25 组合铣削加工

A—定位面; B、C—加工面

(3) 当工件以某一组精基准定位, 可以比较方便地加工其他各表面时, 应尽可能在多数工序中采用此同一组精基准定位, 这就是“基准统一”原则。例如, 轴类零件的大多数工序都采用顶尖孔为定位基准; 齿轮的齿坯和齿形加工多采用齿轮的内孔及基准端面为定位基准。

采用“基准统一”原则有以下优点：

① 简化了工艺过程，使各工序所用夹具比较统一，从而减少了设计和制造夹具的时间和费用。

② 采用“基准统一”，可减少基准变换所带来的基准不重合误差。

(4) 某些要求加工余量小而均匀的精加工工序，可选择加工表面本身作为定位基准。加工表面的位置精度应由前工序保证。

例如磨削床身的导轨面时，就是以导轨面找正定位（图 2-26）。此外，采用浮动铰刀铰孔，用圆拉刀拉孔以及用无心磨磨削外圆表面等，都是以加工面本身作为定位基准的实例。

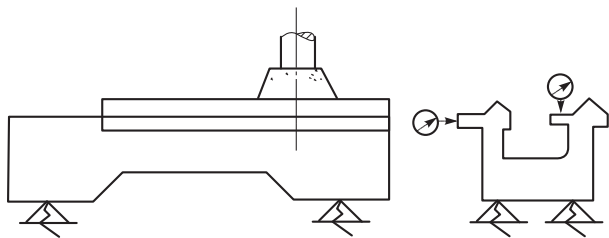


图 2-26 以加工面本身找定位

4. 辅助基准的应用

工件定位时，为了保证加工表面的位置精度，多优先选择设计基准或装配基准为定位基准，这些基准一般均为零件上重要工作表面。但有些零件的加工，为了安装方便或易于实现基准统一，人为地造成一种定位基准，如图 2-5 所示零件上的工艺搭子和轴类零件加工所用的顶尖孔等。这些表面不是零件上的工作表面，在零件的工作中不起任何作用，只是由于工艺上的需要才作出的，这种基准称为辅助基准。此外，零件上的某些次要的自由表面（非配合表面），因工艺上宜作为定位基准，以备提高其加工精度和表面质量定位时使用，这种表面也属于辅助基准。例如，丝杠的外圆表面，从螺旋副的传动看是非配合的次要表面。但在丝杠螺纹的加工中，外圆表面是导向基面，它的圆度和圆柱度直接影响螺纹的加工精度，所以应提高其形状精度，并降低其表面的粗糙度。

课题六 工艺路线的拟订

知 识 点

- 表面加工方法和加工方案的选择
- 零件各表面加工顺序的确定

技 能 点

零件各表面加工顺序的确定。



课题分析

工艺路线的拟订是制订工艺过程的总体布局，其主要任务是选择各个表面的加工方法和加工方案，确定各个表面的加工顺序以及整个工艺过程中工序数目的多少等。

机械加工工艺规程的制订，大体上可分为两个步骤。首先是拟订零件加工的工艺路线，然后再确定每一工序的工序尺寸、所有设备和工艺装备以及切削规范和工时定额等。这两个步骤是互相联系的，应进行综合的分析和考虑。

工艺路线的拟订是制定工艺过程的总体布局，其主要任务是选择各个表面的加工方法和加工方案，确定各个表面的加工顺序以及整个工艺过程中工序数目的多少等。

关于工艺路线的拟订，目前还没有一套普遍而完整的方法，但经过多年来的生产实践，已总结出一些综合性原则。在应用这些原则时，要结合生产实际，分析具体条件，防止生搬硬套。

表面加工方法的选择，首先要保证加工表面的加工精度和表面粗糙度的要求。表面加工方法的选择，除了首先保证质量要求外，还须考虑生产率和经济性的要求。在拟订工艺路线时，为确定各表面的加工顺序和工序的数目，可参照生产中已总结出的一些指导性原则。



相关知识

一、表面加工方法和加工方案的选择

在拟订零件的工艺路线时，首先要确定各个表面的加工方法和加工方案。表面加工方法和方案的选择，应同时满足加工质量、生产率和经济性等方面的要求。

表面加工方法的选择，首先要保证加工表面的加工精度和表面粗糙度的要求。由于同一精度及表面粗糙度的加工方法往往有若干种，实际选择时还要结合零件的结构形状、尺寸大小以及材料和热处理的要求全面考虑。例如对于 IT7 级精度的孔，采用镗削、铰削、拉削和磨削均可达到要求。但箱体上的孔，一般不宜选择拉孔和磨孔，而常选择镗孔或铰孔；孔径大时选择镗孔，孔径小时取铰孔。对于一些需经淬火的零件，热处理后应选磨孔；对于有色金属的零件，为避免磨削时堵塞砂轮，则应选择高速镗孔。

表面加工方法的选择，除了首先保证质量要求外，还须考虑生产率和经济性的要求。大批量生产时，应尽量采用高效率的先进工艺方法，如拉削内孔与平面、同时加工几个表面的组合铣削或磨削等。这些方法都能大幅度的提高生产率，取得很大的经济效益。但是在年产量不大的生产条件下，如盲目采用高效率的加工方法及专用设备，则会因设备利用率不高，造成经济上的较大损失。此外，任何一种加工方法，可以获得的加工精度和表面质量均有一个相当大的范围，但只有在一定的精度范围内才是经济的，这种一定范围的加工精度即为该种加工方法的经济精度。选择加工方法时，应根据工件的精度要求选择与经济精度相适应的加工方法。例如，对于 IT7 级精度、表面粗糙度 Ra 为 $0.4 \mu\text{m}$ 外圆，通过精心车削虽也可以达到要求，但在经济上就不及磨削合理。表面加工方法的选择还要考虑现场的实际情况，如

设备的精度状况、设备的负荷以及工艺装备和工人技术水平等。

为了正确地选择加工方法，应了解生产中各加工方法的特点及其经济加工精度。常用加工方法的经济加工精度及表面粗糙度可查阅有关工艺手册。

二、课题实施：零件各表面加工顺序的确定

在拟订工艺路线时，为确定各表面的加工顺序和工序的数目，生产中已总结出一些指导性原则及具体安排中应注意的问题，现分述如下：

1. 工艺过程划分阶段原则

对于加工质量要求较高的零件，工艺过程应分阶段进行施工。机械加工工艺过程一般可分以下几个阶段：

粗加工阶段：主要任务是切除各加工表面上的大部分加工余量，使毛坯在形状和尺寸上尽量接近成品。因此，在此阶段中应采取措施尽可能提高生产率。

半精加工阶段：完成一些次要表面的加工，并为主要表面的精加工做好准备（如精加工前必要的精度和加工余量等）。

精加工阶段：保证各主要表面达到规定的质量要求。

当有些零件具有很高的精度和很细的表面粗糙度要求时，尚需增添光整加工阶段，其主要任务是提高尺寸精度和降低表面的粗糙度值。

工艺过程分阶段的主要原因是：

（1）保证加工质量。工件粗加工时切除金属较多，产生较大的切削力和切削热，同时也需要较大的夹紧力，而且粗加工后内应力要重新分布。在这些力和热的作用下，工件会发生较大的变形。如果不分阶段的连续进行粗精加工，就无法避免上述原因所引起的加工误差。加工过程分阶段后，粗加工造成的误差，通过半精加工和精加工即可得到纠正，并逐步提高零件的加工精度和降低表面粗糙度值，保证零件加工质量的要求。

（2）合理使用设备。加工过程划分阶段后，粗加工可采用功率大，刚度好和精度较低的高效率机床以提高生产率，精加工则可采用高精度机床以确保零件的精度要求。这样既充分发挥了设备各自的特点，也做到了设备的合理使用。

（3）便于安排热处理工序，使冷热加工工序配合得更好。例如，对一些精密零件，粗加工后安排去除应力的时效处理，可减少内应力变形对精加工的影响；半精加工后安排淬火不仅容易满足零件的性能要求，而且淬火引起的变形又可通过精加工工序予以消除。

此外，粗、精加工分开后，毛坯的缺陷（如气孔、砂眼和加工余量不足等）在粗加工后即可及早发现，及时决定修补或报废，以免对报废的零件继续进行精加工而浪费工时和其他制造费用。精加工表面安排在后面，还可保证其不受损伤。

在拟订零件的工艺路线时，一般应遵循划分加工阶段这一原则，但具体运用时要灵活掌握，不能绝对化。例如，对于一些毛坯质量高，加工余量小，加工精度要求较低而刚性又较好的零件，即不必划分阶段。又如对于一些刚性好的重型零件，由于装夹吊运很费工时，往往不划分阶段，而在一次安装完成表面的粗精加工。

应当指出：工艺路线的划分阶段，是指零件加工的整个过程来说的，不能从某一表面的加工或某一工序的性质来判断。例如：有些定位基准，在半精加工阶段甚至粗加工阶段就需

要加工得很精确,而某些钻小孔的粗加工工序,常常又安排在精加工阶段。

2. 工序集中程度的确定

在安排工序时,还应考虑工序中所含加工内容的多少。在每道工序中所安排的加工内容多,则一个零件的加工只集中在少数几道工序里完成,这时工艺路线短、工序少,称为工序集中。在每道工序中所安排的加工内容少,则一个零件的加工分散在很多工序里完成,这时工艺路线长、工序多,称为工序分散。前者说明工序集中程度高,后者说明工序集中程度低。

工序集中具有以下特点:

(1) 在工件的一次安装中,可以加工完工件上的多个表面。这样可以较好的保证这些表面之间的相互位置精度;同时可以减少安装工件的次数和辅助时间,并减少工件在机床之间的搬运次数和工作量,有利于缩短生产周期。

(2) 可以减少机床的数量,并相应的减少操作工人,节省车间面积,简化生产计划和生产组织工作。

工序分散具有以下特点:

(1) 机床设备及工夹具比较简单,调整比较容易,能较快地更换所生产的产品。

(2) 生产工人易于掌握生产技术,对工人的技术水平要求也较低。

3. 工序顺序的安排。

(1) 机械加工工序的安排。在安排加工顺序时,应注意以下几点:

① 根据零件功用和技术要求,先将零件的主要表面和次要表面区分开,然后着重考虑主要表面的加工顺序,次要表面加工可适当穿插在主要表面加工工序之间。

② 当零件要分段进行加工时,先安排各表面的粗加工,中间安排半精加工,最后安排主要表面的精加工和光整加工。由于次要表面精度要求不高,一般在粗、半精加工阶段即可完成,但对于那些同主要表面相对位置关系密切的表面,通常多置于主要表面精加工之后加工。例如,许多零件主要孔周围的紧固螺孔的钻孔和攻丝,多在主要孔精加工之后完成。

③ 零件加工一般多从精基准的加工开始,然后以精基准定位加工其他主要表面和次要表面。例如,轴类零件先加工顶尖孔,齿轮先加工孔及基准端面等。为了定位可靠且使其他表面加工达到一定的精度,精基准一开始即应加工到足够高的精度和较细的表面粗糙度,并且往往在精加工阶段开始时,还要进一步精整加工,以满足其他主要表面精加工和光整加工的需要。

④ 为了缩短工件在车间内的运输距离,避免工件的往返流动,加工顺序应考虑车间设备的布置情况,当设备呈机群式布置时,尽可能将同工种的工序相继安排。

(2) 热处理工序的安排。机械零件常采用的热处理工艺有:退火、正火、调质、时效、淬火、渗碳及氮化等。按照热处理的目的,将上述热处理工艺大致分为两大类:预备热处理和最终热处理。

1) 预备热处理。预备热处理包括退火、正火、时效和调质等。这类热处理的目的是改善加工性能,消除内应力和为最终热处理做好组织准备。其工序位置多在粗加工前后。

① 退火和正火。经过热加工的毛坯,为改善切削加工性能和消除毛坯的内应力,常进

行退火和正火处理。例如,含碳量大于0.7%的碳钢和合金钢,为降低硬度便于切削常采用退火;含碳量低于0.3%的低碳钢和低合金钢,为避免硬度过低切削时黏刀而采用正火以提高硬度。退火和正火尚能细化晶粒,均匀组织,为以后的热处理做好组织准备。退火和正火常安排在毛坯制造之后粗加工之前。

② 调质。调质即淬火后进行高温回火,能获得均匀细致的索氏体组织,为以后表面淬火和氮化时减少变形做好组织准备,因此调质可作为预备热处理工序。由于调质后零件的综合机械性能较好,对某些硬度和耐磨性要求不高的零件,也可作为最终的热处理工序。调质处理常置于粗加工之后和半精加工之前。

③ 时效处理。时效处理主要用于消除毛坯制造和机械加工中产生的内应力。对形状复杂的铸件,一般在粗加工后安排一次时效即可。但对于高精度的复杂铸件(如坐标镗床的箱体)应安排两次时效工序,即:铸造—粗加工—时效—半精加工—时效—精加工。简单铸件则不必时效。

除铸件外,对一些刚性差的精密零件(如精密丝杠),为消除加工中产生的内应力,稳定零件的加工精度,在粗加工、半精加工和精加工之间安排多次的时效工序。

2) 最终热处理。最终热处理包括各种淬火、回火、渗碳和氮化处理等。这类热功当量处理的目的是提高零件材料的硬度和耐磨性,常安排在精加工前后。

① 淬火。淬火分为整体淬火和表面淬火两种,其中表面淬火因变形、氧化及脱碳较小而应用较多。为提高表面淬火零件的心部性能和获得细马氏体的表层淬火组织,常需预先进行调质及正火处理。其一般加工路线为:下料—锻造—正火(退火)—粗加工—调质—半精加工—表面淬火—精加工。

② 渗碳淬火。渗碳淬火适用于低碳钢和低合金钢,其目的是使零件表层含碳量增加,经淬火后使表层获得高的硬度和耐磨性,而心部仍保持一定的强度和较高的韧性及塑性。渗碳处理按渗碳部位分整体渗碳和局部渗碳两种。局部渗碳时对不渗碳部位要采取防渗措施。由于渗碳淬火变形较大,加之渗碳时一般渗碳层深度为0.5~2 mm,所以渗碳淬火工序常置于半精加工和精加工之间。其加工路线一般为:下料—锻造—正火—粗、半精加工—渗碳—淬火—精加工。当局部渗碳零件的不需渗碳部位采用加大加工余量防渗时,渗碳后淬火前,对防渗部位要增加一道切除渗碳层的工序。

③ 氮化处理。氮化是表面处理的一种热处理工艺,其目的是通过氮原子的渗入使表层获得含氮化合物,以提高零件硬度、耐磨性、疲劳强度和抗蚀性。由于氮化温度低,变形小且氮化层较薄,氮化工序位置应尽量靠后安排。为减少氮化时的变形,氮化前要加一道除应力工序。因为氮化层较薄且脆,为使零件心部具有较高的综合机械性能,故粗加工后应安排调质处理。氮化零件的加工路线一般为:下料—锻造—退火—粗加工—调质—半精加工—除应力—粗磨—氮化—精磨、超精磨或研磨。

(3) 辅助工序的安排。辅助工序包括工件的检验、去毛刺、清洗和涂防锈油等,其中检验工序是主要的辅助工序。它对保证产品质量有极重要的作用。检验工序应安排在粗加工全部结束后,精加工之前;零件从一个车间转向另一个车间前后;重要工序加工前后;零件全部加工结束之后。

课题七 确定加工余量

知识点

- 加工余量的基本概念
- 影响加工余量大小的因素
- 确定加工余量的方法

技能点

确定加工余量的方法。



课题分析

加工余量是指加工过程中从加工表面切去的金属层厚度。由于毛坯制造和各个工序尺寸都不可避免存在着误差，因而无论总加工余量还是工序加工余量都是个变动值，加工余量过大，不仅增加机械加工的劳动量，降低了生产率，而且增加材料、工具和电力的消耗，提高加工成本。但是加工余量过小，又不能保证消除前工序的各种误差和表面缺陷，甚至产生废品。因此，应当合理地确定加工余量。对于需要热处理的零件，还要了解热处理后工件变形的规律。否则，往往因变形过大加工余量不足而造成工件的成批报废。确定加工余量的方法通常有：(1) 经验估计法；(2) 查表修正法；(3) 分析计算法。正确地确定工序尺寸及其公差，是制订工艺规程的重要工作之一。

相关知识

一、加工余量的基本概念

加工余量是指加工过程中从加工表面切去的金属层厚度。加工余量可分为工序（工步）加工余量和总加工余量。

工序（工步）加工余量是指某一表面在一道工序（工步）中所切除的金属层厚度，它取决于同一表面相邻工序（工步）前后工序（工步）尺寸之差（图 2-27）。

对于外表面 $Z_b = a - b$ （图 2-27（a））。

对于内表面 $Z_b = b - a$ （图 2-27（b））。

式中， Z_b 为本工序（工步）的工序加工余量； a 为前工序（工步）的工序尺寸； b 为本工序（工步）的工序尺寸。

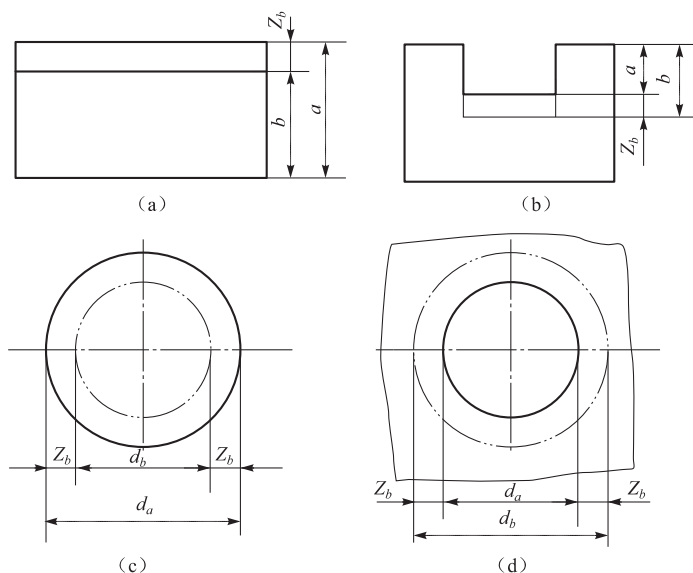


图 2-27 加工余量

- (a) 外表面的工序加工余量；(b) 内表面的工序加工余量；
(c) 轴的直径上的加工余量；(d) 孔的直径上的加工余量

上述表面的加工余量为非对称的单边加工余量，旋转表面（外圆和孔）的加工余量是对称加工余量。

对于轴 $2Z_b = d_a - d_b$ （图 2-27 (c)）。

对于孔 $2Z_b = d_b - d_a$ （图 2-27 (d)）。

式中， $2Z_b$ 为直径上的加工余量； d_a 为前工序（工步）的加工表面的直径； d_b 为本工序（工步）的加工表面的直径。

总加工余量是指零件从毛坯变成成品的整个加工过程中某一表面所切除的金属层的总厚度，即零件上同一表面毛坯尺寸与零件尺寸之差。总加工余量等于各工序加工余量之和。

$$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n Z_i$$

式中， Z_{Σ} 为总加工余量； Z_i 为第 i 道工序的工序加工余量； n 为该表面总共加工的工序（或工步）数。

由于毛坯制造和各个工序尺寸都不可避免存在着误差，因而无论总加工余量还是工序加工余量都是个变动值，出现了最小加工余量和最大加工余量，它们和工序尺寸公差的关系如图 2-28 所示。

由图 2-28 可以看出：公称加工余量是相邻两工序基本尺寸之差；最小加工余量是前工序最小工序尺寸和本工序最大工序尺寸之差；最大加工余量是前工序最大工序尺寸和本工序最小工序尺寸之差。工序加工余量的变动范围（最大加工余量与最小加工余量的差值）等于前工序与本工序两工序尺寸公差之和。

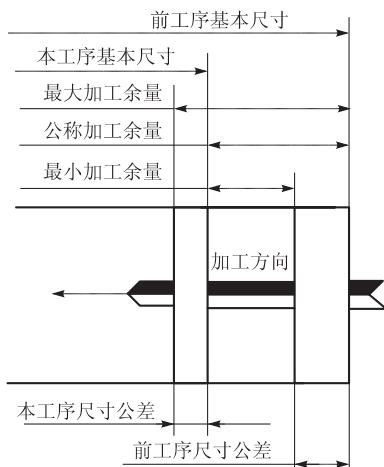


图 2-28 加工余量及其公差

工序尺寸的公差带，一般规定在零件的“入体”方向，故对于被包容表面（轴），基本尺寸即最大工序尺寸；而对于包容面（孔），则是最小工序尺寸（图 2-29）。毛坯尺寸的公差一般采用双向标注。

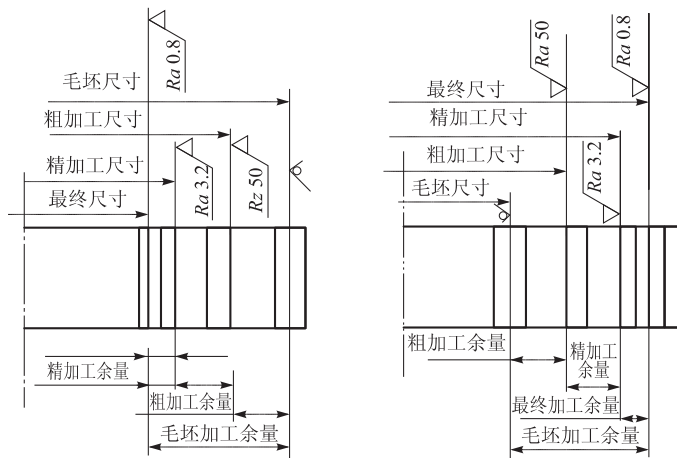


图 2-29 加工余量和加工尺寸分布图

二、影响加工余量大小的因素

加工余量的大小对于零件的加工质量和生产率均有较大的影响。加工余量过大，不仅增加机械加工的劳动量，降低了生产率，而且增加材料、工具和电力的消耗，提高加工成本。但是加工余量过小，又不能保证消除前工序的各种误差和表面缺陷，甚至产生废品。因此，应当合理地确定加工余量。

前已知，零件加工表面的总加工余量等于各工序加工余量之和，而工序加工余量（通常指公称加工余量）又是由最小工序加工余量和前工序的工序尺寸公差所构成。由此可见，为正确地确定加工余量的大小，必须先分析影响最小工序加工余量的因素。

为了使工件的加工质量逐步得到提高，各工序所留最小工序加工余量，应能保证前工序产生的形位误差和表面层缺陷被相邻后续工序切除，这就是确定工序最小余量的基本要求。图 2-30 示出最小工序加工余量与其构成因素间的关系。图 2-30（a）为一个需要镗孔的零件。图 2-30（b）为前工序加工内孔所产生的形位误差及表面缺陷的放大示意图。图中 ρ_a 为轴线歪斜所形成的位置误差； η_a 为圆柱度形状误差； Ra 与 H_a 分别为表面粗糙度与变形层深度。由图 2-30（b）可以看出，为了将镗孔前的形位误差及表面缺陷切除，镗孔工序的单边最小加工余量应包括上述误差及缺陷的数值，即：

$$Z_b = \frac{d'_b}{2} - \frac{d_a}{2} = H_a + Ra + \eta_a + \rho_a$$

最小工序加工余量所包括的上述误差，都是前工序产生的。在本工序镗孔时，由于某种原因工件不可避免存在着安装误差 ε_b 、原孔轴线 $O-O$ 与工件安装后的回转轴线 $O'-O'$ 间的同轴度误差（图 2-30（c）），为了确保前工序误差及缺陷的切除，最小工序加工余量还必须考虑 ε_b 的影响。本工序的安装误差 ε_b 和前工序的位置误差 ρ_a 都属于空间误差，计算时应求矢

量和的绝对值。图 2-30 (c) 所示的情况是从最坏条件出发, 对两者进行了简单的叠加。

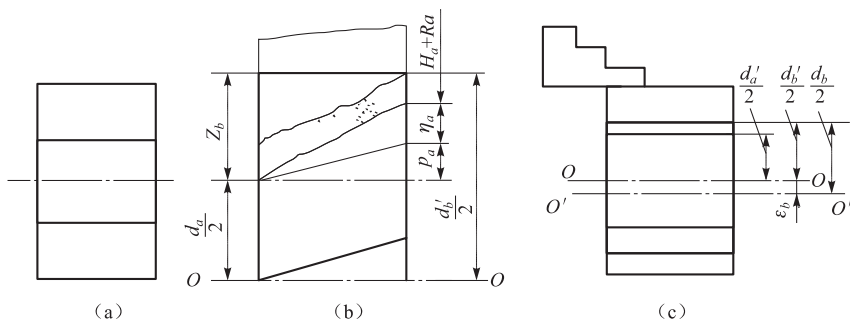


图 2-30 最小加工余量构成因素图解

(a) 一个需要镗孔的零件; (b) 形位误差及表面缺陷; (c) 同轴度误差

在明确了影响最小工序加工余量的因素之后, 考虑到前工序的尺寸公差 (T_a), 通常已包括了形状误差 η_a , 所以影响工序加工余量的因素可归纳为以下几项:

- (1) 前工序的表面质量 (Ra 与 H_a)。
- (2) 前工序的工序尺寸公差 (T_a)。
- (3) 前工序的位置误差 (ρ_a)。
- (4) 本工序工件的安装误差 (ϵ_b)。

而工序加工余量的组成则可用下式表示:

$$2Z_b \geq T_a + 2(H_a + Ra) + 2|\bar{\rho}_a + \bar{\epsilon}_a| \quad (\text{用于对称加工面})$$

$$Z_b \geq T_a + (H_a + Ra) + |\bar{\rho}_a + \bar{\epsilon}_b| \quad (\text{用于非对称加工面})$$

对不同的零件和不同的工序, 上述误差的数值与表现形式也各有不同。在决定工序加工余量时应区别对待。例如, 细长轴件易弯曲变形, 母线直线误差已超出直径尺寸公差范围, 工序加工余量即应适当放大。对采用浮动铰刀等工具以加工表面本身定位进行加工的工序, 则可不考虑安装误差 ϵ_b 的影响, 因而工序加工余量可相应减小。至于某些主要用来降低表面粗糙度的精加工及抛光等工序, 工序加工余量的大小仅仅与表面粗糙度 Ra 有关。

此外, 对于需要热处理的零件, 还要了解热处理后工件变形的规律。否则, 往往因变形过大加工余量不足而造成工件的成批报废。

三、课题实施: 确定加工余量的方法

1. 经验估计法

此法是根据工艺人员的经验确定加工余量的方法。为了防止加工余量不够而产生废品, 所估计加工余量一般偏大。此法常用于单件小批生产。

2. 查表修正法

此法是以工厂生产实践和试验研究积累的有关加工余量的资料数据为基础, 并结合实际加工情况进行修订来确定加工余量的方法, 应用比较广泛。在查表时应注意表中数据是公称值, 对称表面 (如轴或孔) 的加工余量是双边的, 非对称表面的加工余量是单边的。

3. 分析计算法

此法是根据一定的试验资料和计算公式，对影响加工余量的各项因素进行分析和综合计算来确定加工余量的方法。这种方法确定的加工余量最经济合理，但需要积累比较全面的资料，目前应用尚少。

课题八 工序尺寸及其公差的确

知 识 点

- 工艺尺寸链
- 工序尺寸及其公差的确

技 能 点

工序尺寸及其公差的确。



课题分析

工艺尺寸链是解决零件加工过程中加工尺寸间内在联系的重要手段。工艺尺寸链的主要特征仍然是各环连接的封闭性，即由一个封闭环和若干个组成环构成的工艺尺寸链中各环的排列呈封闭形式。工序尺寸及其公差的确与工序加工余量的大小，工序尺寸的标注以及定位基准的选择和变换有着密切的联系。零件的加工过程，是毛坯的形状和尺寸通过切削加工逐步向成品演变的过程。在这个过程中，加工表面本身的尺寸以及各表面之间的尺寸都在不断地变化，这种变化无论是在一个工序内部，还是在各个工序之间都有一定的内在联系。运用尺寸链理论去揭示这些尺寸间的联系，是合理确定工序尺寸及其公差的基础。

相关知识

一、工艺尺寸链

1. 工艺尺寸链的概念

工艺尺寸链是解决零件加工过程中加工尺寸间内在联系的重要手段。下面先就图 2-31 所示两零件在加工和测量中有关尺寸的关系，来建立工艺尺寸链的概念。

图 2-31 (a) 所示为一定位套， A_2 与 A_1 为图样上已标注的尺寸。按零件图进行加工时，尺寸 A_2 不便直接测量。如欲通过易于测量的尺寸 A_2 进行加工，以间接保证尺寸

A_Z 的要求, 则首先需要分析尺寸 A_1 、 A_2 和 A_Z 之间的内在关系, 然后据此算出尺寸 A_2 的数值。

又如图 2-31 (b) 所示零件, 当加工 C 表面时, 为使夹具结构简单和工件定位稳定可靠, 若选择表面 A 为定位基准, 并按调整法根据对刀尺寸 A_2 加工表面 C , 以间接保证尺寸 A_Z 的精度要求, 则同样需要首先分析尺寸 A_1 、 A_2 和 A_Z 之间的内在关系, 然后据此算出对刀尺寸 A_2 的数值。

由上述两例可以看出, 在零件的加工过程中, 为了加工和检验的方便, 有时需要进行一些工艺尺寸的计算。为使这种计算迅速准确, 按照尺寸链的基本原理, 将这些有关尺寸 (A_1 、 A_2 和 A_Z) 以一定顺序首尾相连排列成一封闭的尺寸系统, 即构成了零件的工艺尺寸链, 简称工艺尺寸链。图 2-31 (c) 即为反映尺寸 A_1 、 A_2 和 A_Z 三者关系的工艺尺寸链简图。

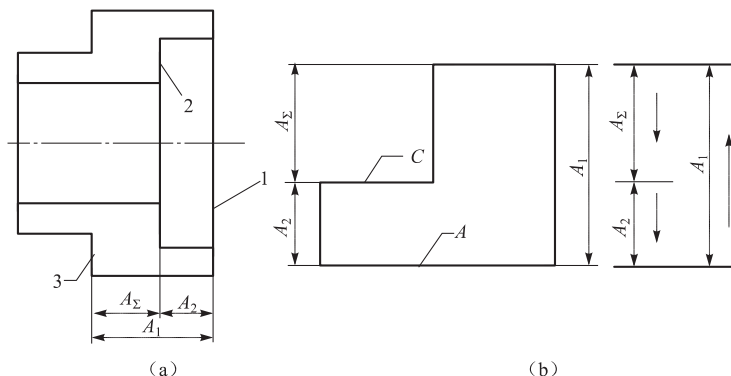


图 2-31 两零件加工和测量中的尺寸关系

(a) 定位面; (b) 加工面; (c) 三者关系的工艺尺寸链简图

工艺尺寸链的主要特征仍然是各环连接的封闭性, 即由一个封闭环和若干个组成环构成的工艺尺寸链中各环的排列呈封闭形式。组成环是指那些加工过程中直接获得的尺寸 (如上例中的 A_1 和 A_2), 封闭环是指那些加工过程间接获得的尺寸 (如上例中的 A_Z)。

工艺尺寸链中封闭环的确定, 之所以比装配、设计尺寸链中封闭环困难, 是由于它是随着零件的加工方案在变化。由于尺寸链具有封闭特征, 尺寸链中组成环的变化势必引起封闭环的变化。在组成环中, 那些自身增大会使封闭环也随之增大的组成环叫做增环, 如上例中的 A_1 , 在以后的计算公式中以符号 $\overrightarrow{A_i}$ 表示; 反之, 那些自身增大会使封闭环随之减小的组成环叫做减环, 如上例中的 A_2 , 以符号 $\overleftarrow{A_i}$ 表示。为了迅速确定尺寸链中的组成环中哪些是增环, 哪些是减环, 可采用下述方法: 在尺寸链简图上, 先给封闭环任定方向并画出箭头, 然后沿此方向环绕尺寸链回路, 依次给每一组成环画出箭头。凡箭头方向和封闭环相反的为增环, 相同的则为减环 (图 2-31 (c))。

2. 工艺尺寸链计算的基本公式

工艺尺寸链的计算方法有两种: 极大极小法和概率法。生产中一般多采用极大极小法, 其基本计算公式如下。

图 2-32 给出了计算中各种尺寸和偏差的关系, 表 2-8 列出了计算用符号。

表 2-8 尺寸链计算所用符号表

环	符号名称							
	基本尺寸	最大尺寸	最小尺寸	上偏差	下偏差	公差	平均尺寸	平均偏差
封闭环	A_{Σ}	$A_{\Sigma \max}$	$A_{\Sigma \min}$	$B_s A_{\Sigma}$	$B_x A_{\Sigma}$	T_{Σ}	$A_{\Sigma m}$	$B_M A_{\Sigma}$
增环	$\vec{A}$	$\vec{A}_{\max}$	$\vec{A}_{\min}$	$\vec{B_s A}$	$\vec{B_x A}$	$\vec{T_i}$	$\vec{A_m}$	$\vec{B_{MA}}$
减环	$\overleftarrow{A}$	$\overleftarrow{A}_{\max}$	$\overleftarrow{A}_{\min}$	$\overleftarrow{B_s A}$	$\overleftarrow{B_x A}$	$\overleftarrow{T_i}$	$\overleftarrow{A_m}$	$\overleftarrow{B_{MA}}$

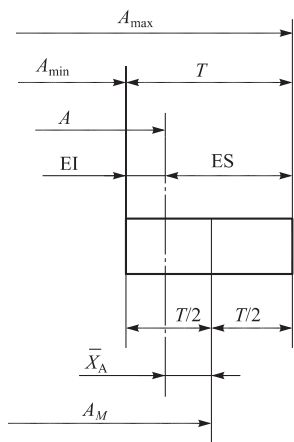


图 2-32 各种尺寸和偏差的关系图

(1) 各环基本尺寸计算。

$$A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_i \quad (2-1)$$

式中, n 为包括封闭环在内的尺寸链总环数; m 为增环的数目; $n-1$ 为组成环 (包括增环与减环) 的数目。

(2) 各环极限尺寸计算。

$$A_{\Sigma \max} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i \max} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i \min} \quad (2-2)$$

$$A_{\Sigma \min} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i \min} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i \max} \quad (2-3)$$

(3) 各环上、下偏差计算公式。

$$B_s A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m B_s \vec{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_x \overleftarrow{A}_i \quad (2-4)$$

$$B_x A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m B_x \vec{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_s \overleftarrow{A}_i \quad (2-5)$$

(4) 各环公差计算。

$$T_{\Sigma} = \sum_{i=1}^{n-1} T_i \quad (2-6)$$

(5) 各环平均尺寸计算。

$$A_{\Sigma m} = \sum_{i=1}^m \vec{A}_{i m} - \sum_{i=m+1}^{n-1} \overleftarrow{A}_{i m} \quad (2-7)$$

式中, 各组成环平均尺寸按下式计算

$$A_{i m} = \frac{A_{i \max} + A_{i \min}}{2} \quad (2-8)$$

(6) 各环平均偏差计算公式。

$$B_M A_{\Sigma} = \sum_{i=1}^m B_M \vec{A}_i - \sum_{i=m+1}^{n-1} B_M \overleftarrow{A}_i \quad (2-9)$$

式中, 各组成环平均偏差按下式计算

$$\begin{aligned} B_M A_i &= A_{i m} - A_i \\ &= \frac{A_{i \max} + A_{i \min}}{2} - A_i \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 &= \frac{(A_{i\max} - A_i) + (A_{i\min} - A_i)}{2} \\
 &= \frac{B_s A_i + B_x A_i}{2}
 \end{aligned}
 \quad (2-10)$$

二、课题实施：工序尺寸及其公差的确

工序尺寸及其公差的确与工序加工余量的大小，工序尺寸的标注以及定位基准的选择和变换有着密切的联系。下面依次讨论几种常见情况下工序尺寸确定的方法。

1. 工序基准与设计基准重合时工序尺寸及其公差的确

零件上外圆和内孔的加工多属这种情况，当表面需经多次加工时，各工序的加工尺寸及公差取决于各工序的加工余量及所采用加工方法的经济加工精度，计算的顺序是由最后一道工序向前推算。

案例 1：某法兰盘零件上有一个孔，孔径 $\phi 60^{+0.03}_0$ mm，表面粗糙度 Ra 为 $0.8 \mu\text{m}$ ，需淬硬。工艺上考虑需经过粗镗、半精镗和磨削加工。各工序的公称加工余量经查手册数值如下：

磨削余量 0.4 mm

半精镗余量 1.6 mm

粗镗余量 7 mm

各工序的尺寸计算如下：

磨削后孔径应达到图样规定尺寸，故磨削工序尺寸即图样上的尺寸。即 $D = \phi 60^{+0.03}_0$ mm

半精镗后的孔径基本尺寸为 $D_1 = 60 - 0.4 = 59.6$ mm。

粗镗后的孔径基本尺寸为 $D_2 = 59.6 - 1.6 = 58$ mm。

毛坯孔径基本尺寸为 $D_3 = 58 - 7 = 51$ mm。

按照加工方法能达到的经济精度给各工序尺寸确定公差如下：

磨前半精镗取 IT9 级公差，查表得 $T_1 = 0.074$ mm。

粗镗孔取 IT12 级公差，查表得 $T_2 = 0.3$ mm。

毛坯公差 $T_3 = \pm 2$ mm。

按规定各工序尺寸的公差应取“入体”方向，则各工序尺寸及其公差如图 2-33 所示。

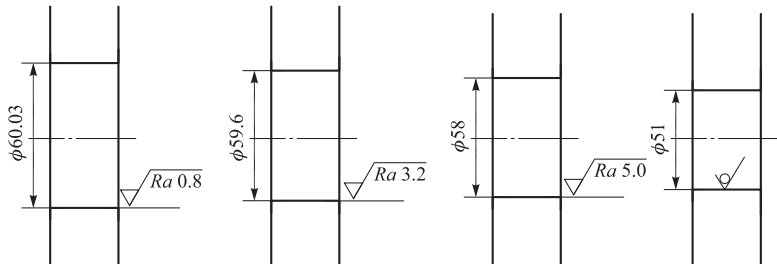


图 2-33 各工序尺寸及其公差

2. 工艺基准与设计基准不重合时工序尺寸及其公差的确

零件上的表面最终加工时，为了便于测量或工件定位，工艺基准（定位或测量基准）与设计基准不重合，此时应通过换算改注有关工序的尺寸公差。

（1）测量基准和设计基准不重合的尺寸换算。在零件加工中，有时会遇到一些表面加工之后，按设计尺寸不便（或无法）直接测量的情况。因此需要在零件上另选一易于测量的表面作测量基准进行加工，以间接保证设计尺寸要求。此时，即需要进行工艺换算。

案例 2：如图 2-34 所示轴承碗，当以端面 B 定位车削内孔端面 C 时。图样中标注的设计尺寸 A_{Σ} 不便直接测量。如果先按尺寸 A_1 的要求车出端面 A，然后以 A 面为测量基准去控制尺寸 x ，则设计尺寸 A_{Σ} 即可间接获得。在上述三个尺寸 A_{Σ} 、 A_1 和 x 所构成的尺寸链中，显然 A_{Σ} 是封闭环，而 x 和 A_1 为组成环。现在的问题是，如何通过换算以求得尺寸 x 。

为了较全面地了解尺寸换算中的问题，我们将图样中的设计尺寸 A_{Σ} 和 A_1 给出三组不同的公差（图 2-34（a）），现分别予以讨论。

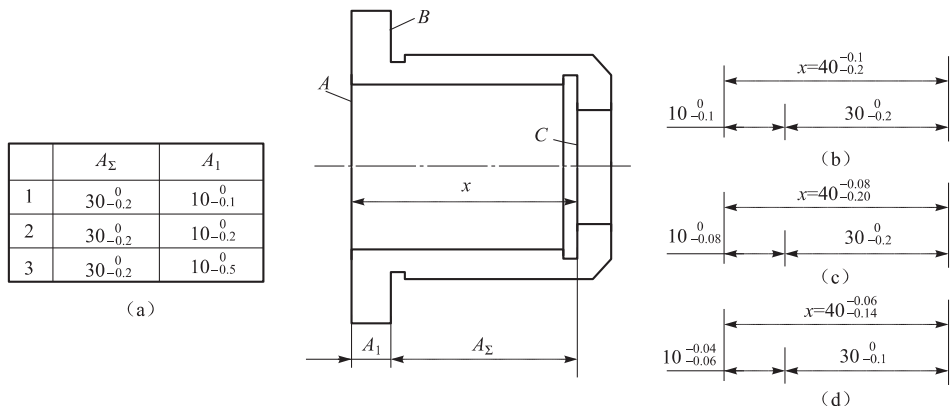


图 2-34 测量基准与设计基准不重合的尺寸换算

① 当设计尺寸 $A_{\Sigma} = 30_{-0.2}^0$ mm， $A_1 = 10_{-0.1}^0$ mm 时，求解车内孔端面 C 的尺寸 x 及其公差（如图 2-34（b））。

按式（2-1）求基本尺寸 x ：

因为 $30 = x - 10$

所以 $x = 30 + 10 = 40$ mm

按式（2-4）求上偏差 $B_s x$

因为 $0 = B_s x - (0.1)$

所以 $B_s x = -0.1$ mm

按式（2-5）求下偏差 $B_x x$ ：

因为 $-0.2 = B_x x - 0$

所以 $B_x x = -0.2$ mm

最后求得 $x = 40_{-0.2}^{-0.1}$ mm

② 当设计尺寸 $A_{\Sigma} = 30_{-0.2}^0$ mm， $A_1 = 10_{-0.2}^0$ mm 时，如仍采用上述工艺进行加工，由于组成环 A_1 的公差和封闭环 A_{Σ} 的公差相等，按式（2-6）可求得尺寸 x 的公差为零，即尺寸 x 要加工的绝对准确，这实际上是不可能的。因此必须压缩尺寸 A_1 的公差。设 $A_1 = 10_{-0.08}^0$ mm

(图 2-34 (c)), 则 x 值的计算如下:

按式 (2-1) 计算基本尺寸:

$$x = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

按式 (2-4) 计算上偏差 $B_s x$

$$\text{因为 } 0 = B_s x - (-0.08)$$

$$\text{所以 } B_s x = -0.08 \text{ mm}$$

按式 (2-5) 计算下偏差 $B_x x$:

$$B_x x = -0.2 \text{ mm}$$

$$\text{最后求得: } x = 40 \begin{smallmatrix} -0.08 \\ -0.20 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

③ 当设计尺寸 $A_\Sigma = 30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.1 \end{smallmatrix} \text{ mm}$, $A_1 = 10 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.5 \end{smallmatrix} \text{ mm}$, 由于组成环 A_1 的公差远大于封闭环 A_Σ 的公差, 如仍采用上述工艺进行加工, 根据封闭环公差应大于或等于各组成环公差之和的关系, 考虑到加工内孔端面 C 比较困难, 应给其留有较大的公差, 则应大幅度压缩 A_1 的公差。假设 $T_{A_1} = 0.02 \text{ mm}$, 并取 $A_1 = 10 \begin{smallmatrix} -0.04 \\ -0.06 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ (图 2-34 (d)), 则 x 值求解如下:

$$\text{基本尺寸 } x = 30 + 10 = 40 \text{ mm}$$

上偏差 $B_s x$:

$$\text{因为 } 0 = B_s x - (-0.06)$$

$$\text{所以 } B_s x = -0.06 \text{ mm}$$

下偏差 $B_x x$:

$$\text{因为 } -0.1 = B_x x - (-0.04)$$

$$\text{所以 } B_x x = -0.1 - 0.04 = -0.14 \text{ mm}$$

$$\text{最后求得: } x = 40 \begin{smallmatrix} -0.06 \\ -0.14 \end{smallmatrix} \text{ mm}$$

从上述三组尺寸的换算可以看出: 通过尺寸换算来间接保证封闭环的要求, 必须要提高组成环的加工精度。当封闭环的公差较大时 (如第一组设计尺寸), 仅需要提高本工序 (车端面 C) 的加工精度; 当封闭环的公差等于甚至小于一个组成环的公差时 (如第二组或第三组设计尺寸), 则不仅要提高本工序尺寸 x 的加工精度, 而且要提高前工序 (或工步) 的工序尺寸 A_1 的加工精度。例如第三组的尺寸 A_1 换算后的公差为 0.02 mm , 仅为原设计公差 0.5 mm 的 $1/25$, 大大提高了加工精度, 增加了加工的困难。因此, 工艺上应尽量避免尺寸换算。

必须指出, 按换算后的工序尺寸进行加工以间接保证原设计尺寸要求时, 还存在一个“假废品”的问题。例如: 当按图 2-34 (b) 的尺寸链所解算的尺寸 $x = 40 \begin{smallmatrix} -0.1 \\ -0.2 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 进行加工时, 如某一零件加工后实际尺寸 $x = 39.95 \text{ mm}$, 即较工序尺寸的上限还超差 0.05 mm , 从工序上看, 此件即应报废。但如将该零件的 A_1 实际尺寸再测量一下, 如果 $A_1 = 10 \text{ mm}$, 则封闭环尺寸 $A_\Sigma = 39.95 - 10 = 29.95 \text{ mm}$, 仍符合设计尺寸 $30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.2 \end{smallmatrix} \text{ mm}$ 的要求。这就是工序上报废而产品仍合格的所谓“假废品”问题。为了避免“假废品”的出现, 对换算后工序尺寸超差的零件, 应按设计尺寸再进行复量和换算, 以免将实际尺寸合格的零件报废而造成浪费。

(2) 定位基准和设计基准不重合的尺寸换算。零件加工中, 当加工表面的定位基准与设计基准不重合时, 也需要进行一定的尺寸换算。

案例3: 图2-35 (a) 所示零件, 镗孔前, 表面A、B、C已经加工过。镗孔时, 为使工件装夹方便, 选择表面A为定位基准, 并按工序尺寸 L_3 进行加工。为了保证镗孔后间接获得的设计尺寸 L_Σ 符合图样规定的要求, 必须将 L_3 的加工误差控制在一定范围内。

首先必须明确设计尺寸 L_Σ 是本工序加工工序中的派生尺寸, 即封闭环。然后从封闭环出发, 按顺序将尺寸 L_2 、 L_1 和 L_3 联接为一封闭的系统, 即形成工艺尺寸链图(图2-35 (b))。在此尺寸链中, 按画箭头方法可迅速判断 L_3 与 L_2 为增环, L_1 为减环。

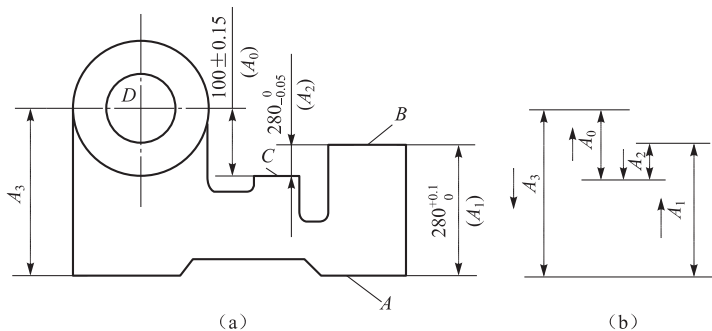


图2-35 定位基准和设计基准不重合的尺寸换算
(a) 零件; (b) 工艺尺寸链图

在明确了各环的性质, 并绘制出工艺尺寸链简图后, 本工序镗孔的工序尺寸 L_3 可按下列各式进行计算。

按式(2-1)计算基本尺寸:

因为 $L_\Sigma = L_3 + L_2 - L_1$

$$100 = L_3 + 80 - 280$$

所以 $L_3 = 280 + 100 - 80 = 300$ mm

按式(2-4)计算上偏差:

因为 $B_s L_\Sigma = B_s L_2 + B_s L_3 - B_x L_1$

$$0.15 = 0 + B_s L_3 - 0$$

所以 $B_s L_3 = 0.15$ mm

按式(2-5)计算下偏差:

因为 $B_x L_\Sigma = B_x L_2 + B_x L_3 - B_s L_1$

$$-0.15 = -0.06 + B_x L_3 - 0.1$$

所以 $B_x L_3 = 0.1 + 0.06 - 0.15 = 0.01$ mm

最后求得镗孔尺寸为 $L_3 = 300 \begin{smallmatrix} +0.15 \\ +0.01 \end{smallmatrix}$ mm

3. 从尚需继续加工表面标注工序尺寸的计算

在零件加工中, 有些加工表面的测量基面或定位基面是一些尚需继续加工的表面。当加工这些基面时, 不仅要保证本工序对该加工表面的一些精度要求, 而且同时还要保证原加工表面的要求, 即一次加工后要同时保证两个尺寸的要求。此时即需要进行工艺上的尺寸换算。

案例 4: 图 2-36 (a) 为一齿轮内孔的简图。内孔 $\phi 85_{-0}^{+0.035}$ mm, 键槽尺寸深度为 $90.4_{0}^{+0.20}$ mm。内孔及键槽的加工顺序如下:

- (1) 精镗孔至 $\phi 84.8_{0}^{+0.07}$ mm。
- (2) 插键槽至尺寸 A (通过工艺计算确定)。
- (3) 热处理。
- (4) 磨内孔至 $\phi 85_{0}^{+0.035}$ mm 同时间接保证键槽深度 $90.4_{0}^{+0.20}$ mm 要求。

根据以上加工顺序可以看出, 磨孔后不仅要能保证内孔的尺寸 $\phi 85_{-0}^{+0.035}$ mm, 而且要能同时自动获得键槽的深度尺寸 $90.4_{0}^{+0.20}$ mm。为此必须正确地算出以镗孔后表面为测量基准的插键槽的工序尺寸 A 。图 2-36 (b) 列出了尺寸链简图, 其中精镗后的半径 $42.4_{0}^{+0.035}$ mm, 磨孔后的半径 $42.5_{0}^{+0.0175}$ mm 以及键槽尺寸 A 都是直接获得的, 为组成环。键槽深度 $90.4_{0}^{+0.20}$ mm, 是间接获得的, 为封闭环。按照工艺尺寸链的公式 A 值计算如下。

按式 (2-1) 求基本尺寸。

因为 $90.4 = A + 42.5 - 42.4$

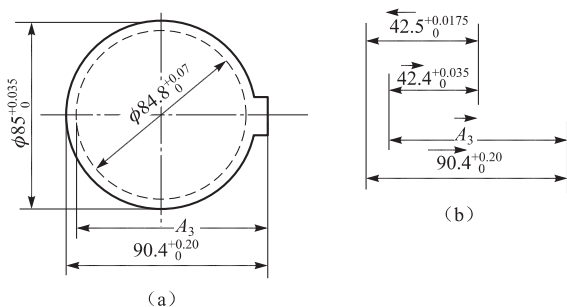


图 2-36 从尚需继续加工表面标注工序附的计算

(a) 一齿轮内孔的简图; (b) 尺寸链简图

所以 $A = 90.4 + 42.4 - 42.5 = 90.3$ mm

按式 (2-4) 求上偏差:

因为 $0.2 = B_s A + 0.0175 - 0$

所以 $B_s A = 0.20 - 0.0175 = 0.1825$ mm

按式 (2-5) 求下偏差:

因为 $0 = B_x A + 0 - 0.035$

所以 $B_x A = 0.035$ mm

插键槽工序尺寸:

$$A = 90.3_{+0.035}^{+0.183} \text{ mm}$$

4. 保证渗氮、渗碳层深度的工艺计算

产品中有些零件的表面需进行渗氮或渗碳处理, 而且在精加工后还要保持一定的渗层深度。为此, 必须合理地确定渗前加工的工序尺寸和热处理时的渗层深度。

案例 5: 图 2-37 (a) 所示为一衬套, 材料为 38CrMoAlA, 孔径为 $\phi 145_{0}^{+0.05}$ mm 的表面需要渗氮, 精加工后要求渗层深度为 $0.3 \sim 0.5$ mm (图 2-37 (b)), 即单边深度为 $0.3_{0}^{+0.2}$ mm, 双边深度为 $0.6_{0}^{+0.4}$ mm。

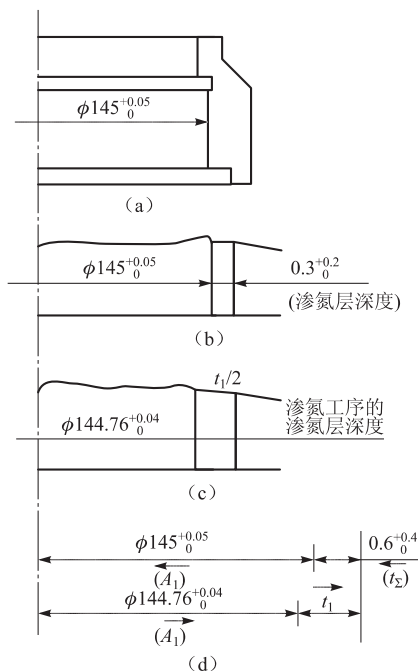


图 2-37 保证渗氮深度的尺寸计算

(a) 衬套; (b) 渗层深度;

(c) 表面加工过程; (d) 工艺尺寸链

该表面的加工过程为：氮化前，内孔先磨到 $\phi 144.76^{+0.04}_{-0}$ mm（图 2-37（c）），表面粗糙度 Ra 值为 $0.8 \mu\text{m}$ ，然后进行氮化处理，最后将内孔磨到 $\phi 145^{+0.05}_0$ mm，并保证渗层深度在 $0.3 \sim 0.5$ mm 范围内。试求氮化处理时，此表面应达到的渗层深度 t_1 。

由图 2-37（d）可以看出，氮化前后的工序尺寸 A_1 、 A_2 和精加工前后的渗层深度可组成一工艺尺寸链。显然， t_Σ 为封闭环。 t_1 的求解如下：

按式（2-1）可求得 t_1 的基本尺寸为：

$$t_1 = 145 + 0.6 - 144.76 = 0.84 \text{ mm}$$

按式（2-4）、式（2-5）可求得 t_1 的上、下偏差为：

$$B_s t_1 = 0.4 - 0.04 = 0.36 \text{ mm}$$

$$B_x t_1 = 0.04 \text{ mm}$$

$$\text{故 } t_1 = 0.84^{+0.36}_{+0.04} \text{ mm (双边)}$$

$$t_1/2 = 0.42^{+0.183}_{+0.02} \text{ mm (单边)}$$

即渗层深度为 $0.44 \sim 0.6$ mm。保证渗碳层的尺寸链的解算和渗氮情况相同。

案例 6：如图 2-38（a）所示的轴套，其中 $\phi 28^{0}_{-0.052}$ mm 外径表面上要求镀铬，镀层厚度为 $0.025 \sim 0.04$ mm（双边即 $0.05 \sim 0.08$ 或 $0.08^{0}_{-0.03}$ mm）。该表面加工顺序：车—磨—镀铬，求 $\phi 28^{0}_{-0.052}$ mm 外径在镀铬前的工序尺寸 A 和公差。

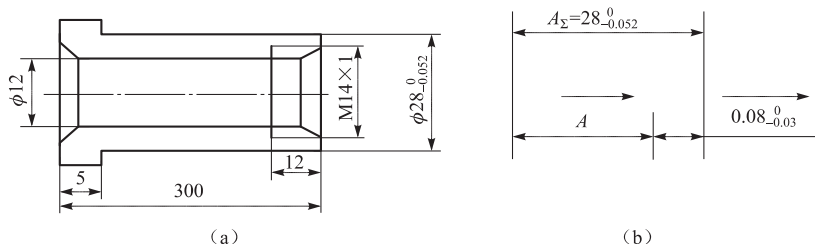


图 2-38 镀后不加工的尺寸换算及尺寸链图

（a）轴套；（b）尺寸链简图

解：因零件尺寸 $\phi 28^{0}_{-0.052}$ mm 是镀铬以后间接保证的，所以它是封闭环。作尺寸链简图 2-38（b）。按尺寸链计算公式求出。

A 的基本尺寸 $28 \text{ mm} = A + 0.08 \text{ mm} - 0$ （无减环故为 0）

则 $A = 27.92 \text{ mm}$

A 的上偏差 $0 = ES_A + 0$

则 $ES_A = 0$

A 的下偏差 $-0.052 \text{ mm} = EI_A + (-0.03) \text{ mm}$

则 $EI_A = -0.22 \text{ mm}$

所以镀铬前的工序尺寸 A 为 $27.92^{0}_{-0.022} \text{ mm}$ 。

课题九 机床、工艺装备及其他参数的选择

知识点

- 机床的选择
- 工艺装备的选择
- 切削用量与工时定额的确定

技能点

切削用量与工时定额的确定。



课题分析

在一般工厂中，由于工件材料、毛坯状况、刀具材料和几何角度以及机床的刚度等许多工艺因素变化较大，故在工艺文件上不规定切削用量，而由操作者根据实际情况自己确定。但是，在大批量生产中，特别是在流水线或自动线上必须合理地确定每一工序的切削用量。单件小批生产选择通用设备，大批大量生产选择高生产率专用设备。

相关知识

一、机床的选择

在选择机床时应注意下述几点：

(1) 机床的主要规格尺寸应与加工零件的外廓尺寸相适应。即小零件应选小的机床，大零件应选大的机床，做到设备合理使用。对于大型零件，在缺乏大型设备时，可采用“蚂蚁啃骨头”的办法，以小干大。

(2) 机床的精度应与工序要求的加工精度相适应。对于高精度的零件加工，在缺乏精密设备时，可通过设备改装，以粗干精。

(3) 机床的生产率与加工零件的生产类型相适应。单件小批生产选择通用设备，大批大量生产选择高生产率专用设备。

(4) 机床选择还应结合现场的实际情况，例如设备的类型、规格及精度状况，设备负荷的平衡状况以及设备的分布排列情况等。

二、工艺装备的选择

工艺装备的选择，包括夹具、刀具和量具的选择。

1. 夹具选择

单件小批生产，应尽量选用通用夹具。例如各种卡盘、虎钳和回转台等。为提高生产率应积极推广使用组合夹具。大批量生产，应采用高生产率的气液传动的专用夹具。夹具的精度应与加工精度相适应。

2. 刀具的选择

一般采用标准刀具，必要时也可采用各种高生产率的复合刀具及其他一些专用刀具。刀具的类型、规格及精度等级应符合加工要求。

3. 量具的选择

单件小批生产中应采用通用的量具，如游标卡尺与百分尺等。大批量生产中应采用各种量规和一些高生产率的专用检具。量具的精度必须与加工精度相适应。

三、课题实施：切削用量与工时定额的确定

正确选择切削用量，对保证加工精度、提高生产率和降低刀具的损耗有很大的意义。在一般工厂中，由于工件材料、毛坯状况、刀具材料和几何角度以及机床的刚度等许多工艺因素变化较大，故在工艺文件上不规定切削用量，而由操作者根据实际情况自己确定。但是，在大批量生产中，特别是在流水线或自动线上必须合理地确定每一工序的切削用量。

工时定额是完成某一工序所规定的时间。定额的制定应考虑到最有效的利用生产工具，并参照工人的实践经验，在充分调查研究，广泛征求工人意见的基础上，实事求是地予以确定。

项目驱动

1. 什么是生产过程？什么是工艺过程？二者有什么关系？
2. 举例说明工序、安装、工位、工步及走刀的概念。
3. 什么是生产纲领？有哪几种生产类型？
4. 什么是工艺规程？简述工艺规程制定的步骤？
5. 什么是定位基准？精基准与粗基准的选择各有何原则？

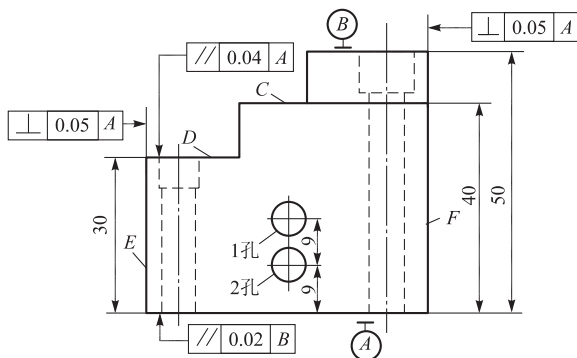


图 2-39

6. 如图 2-39 所示零件，在加工过程中将 A 面放在机床工作台上加工 B、C、D、E、F 表面，在装配焊接 A 面与其他零件连接。试说明：

- (1) A 面是哪些表面的尺寸和相互位置的设计基准？
- (2) 哪个表面是装配基准和定位基准？

7. 如图 2-40 所示的零件，在外圆、端面、内孔加工后，钻 $\phi 10$ mm 孔。试计算以 B 面定位钻 $\phi 10$ mm 孔的工序

尺寸及其偏差。

8. 加工如图 2-41 所示的一批零件，有关的加工过程如下：

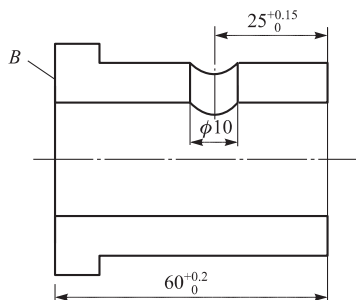


图 2-40

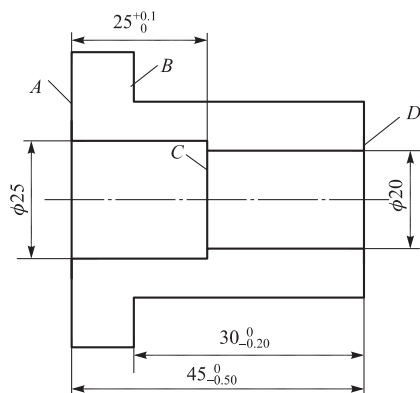


图 2-41

- (1) 以左端 A 面及外圆定位，车右端外圆及端面 D 、 B ，保证尺寸 $30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.20 \end{smallmatrix}$ mm。
- (2) 调头以右端外圆及端面 D 定位，车 A 面，保证零件总长为 L 。
- (3) 钻 $\phi 20$ mm 通孔，镗 $\phi 25$ mm 孔，保证孔深为 $\phi 25.1 \begin{smallmatrix} +0.15 \\ 0 \end{smallmatrix}$ mm。
- (4) 以端面 D 定位磨削 A 面，用测量方法保证 $\phi 25.1 \begin{smallmatrix} +0.10 \\ 0 \end{smallmatrix}$ mm，加工完毕。求尺寸 L 。

9. 加工如图 2-42 所示的轴及其键槽，图纸要求轴径为 $\phi 30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.032 \end{smallmatrix}$ mm，键槽深度尺寸为 $26 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.20 \end{smallmatrix}$ mm，有关的加工过程如下：

- (1) 半精车外圆至 $\phi 30.6 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.10 \end{smallmatrix}$ mm。
- (2) 铣键槽至尺寸 A 。
- (3) 热处理。
- (4) 磨外圆至 $\phi 30 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.032 \end{smallmatrix}$ mm。

求工序尺寸 A 。

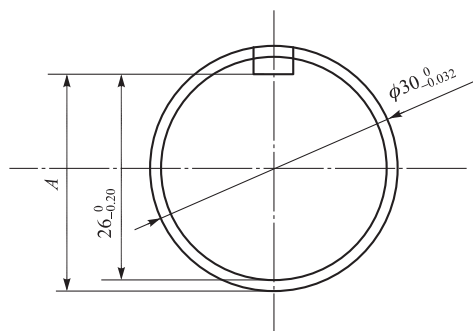


图 2-42

10. 磨削一表面淬火后的外圆表面，磨后尺寸要求为 $\phi 60 \begin{smallmatrix} 0 \\ -0.03 \end{smallmatrix}$ mm。为了保证磨后工件淬硬层的厚度，要求磨削的单边加工余量为 0.3 ± 0.05 mm。若不考虑淬火时工件的变形，求淬火前精车的直径工序尺寸。