

项目一 螺纹轴的数控加工工艺制订与实施

螺纹轴是轴类零件中的典型零件之一，常见的有台阶轴、细长轴、偏心轴、复杂轴等。它们的特点是直径方向尺寸较小，而长度方向尺寸较大，加工的部位主要是外表面，我们称这样的零件为轴类零件。如图 1-1 所示为一螺纹轴零件图，毛坯为 $60 \times 123\text{mm}$ 的圆钢，生产类型为单件或小批量生产，无热处理工艺要求，试制订加工工艺方案，选择合理的刀具和切削工艺参数，编制数控加工工艺。

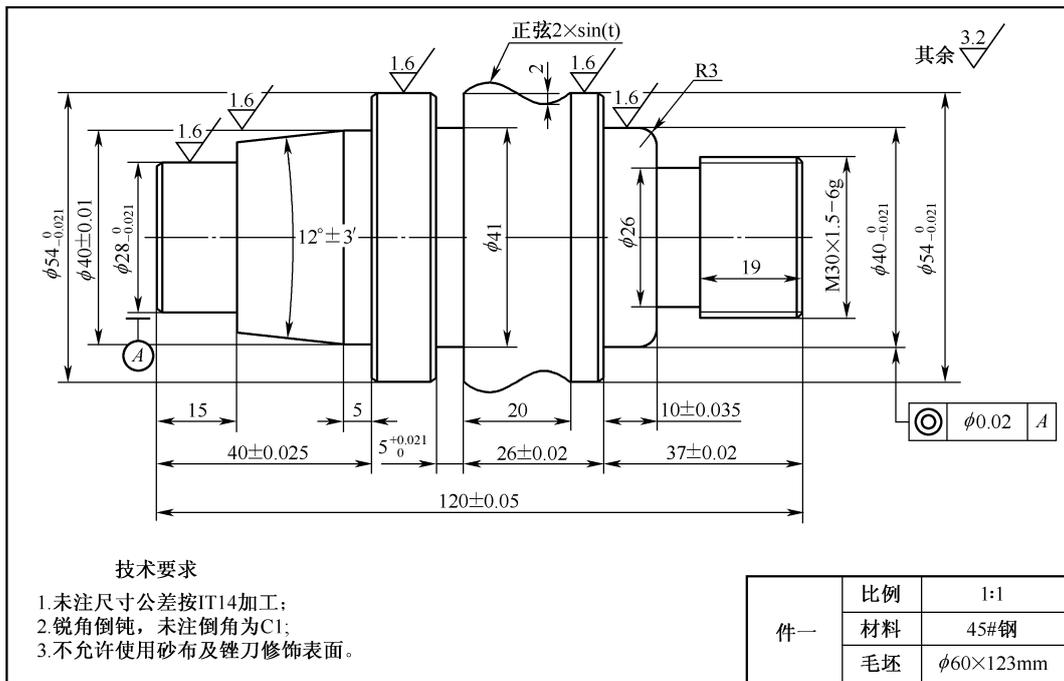


图 1-1 螺纹轴

任务 1 分析螺纹轴的数控加工工艺

一、任务描述

如图 1-1 所示为螺纹轴的零件图，本任务以螺纹轴为例，主要介绍机械加工工艺规程的制订原则、主要依据和步骤。试根据零件图给出的相关信息，正确地分析零件的主要技术要求和结构工艺性。

二、任务资讯

1. 生产过程和工艺过程

(1) 生产过程

机械产品制造时,将原材料或半成品转变为成品的全过程,称为生产过程。机械产品的生产过程主要包括:

1) 生产技术准备过程。产品投入生产前的各项生产和技术准备工作。如产品的设计和试验研究、工艺设计和专用工装设计与制造等。

2) 毛坯的制造过程。如铸造、锻造和冲压等。

3) 零件的各种加工过程。如机械加工、焊接、热处理和其他表面处理。

4) 产品的装配过程。如部件装配、总装配、调试等。

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。

(2) 工艺过程

在机械产品的生产过程中,那些与原材料变为成品直接相关的过程,如毛坯制造、机械加工、热处理和装配等,称为工艺过程。

(3) 机械加工工艺过程

采用机械加工的方法直接改变生产对象的尺寸、形状和表面质量,使之成为产品零件的过程称为机械加工工艺过程。本节的主要研究对象就是机械加工工艺过程中的有关问题。

2. 机械加工工艺过程的组成

在机械加工工艺过程中,根据被加工对象的结构特点和技术要求,常需要采用各种不同的加工方法和设备,并通过一系列加工步骤,才能将毛坯变成零件。因此,机械加工工艺过程是由一个或几个顺次排列的工序组成的,而工序又可细分为若干工步、安装和进给。

(1) 工序

一个(或一组)工人在一台机床(或一个工作地)对一个(或同时对几个)零件所连续完成的那一部分工艺过程,称为工序。工序是组成机械加工工艺过程的基本单元。

区分工序的主要依据是看工作地是否变动和加工过程是否连续。加工中设备是否变化很容易判断,但连续性是指加工过程的连续,而非时间上的连续。例如,螺纹轴加工过程中的车端面和外圆,如果加工中是先加工完一端后马上调头加工另一端,则此加工内容为一个工序;如果把一批工件的一端全部加工完后再加工全部工件的另一端,那么同样这些加工内容,由于对每个工件而言是不连续的,应算作两道工序。

(2) 工步与进给

在加工表面、加工工具和切削用量中的转速与进给量都不变的情况下,所连续完成的那部分工序内容称为工步。一个工序可包括一个工步,也可包括几个工步。

构成工步的任一因素(加工表面、切削工具或切削用量)改变后,一般即变为另一工步。有关工步的特殊情况有以下几种:

在一次安装中连续进行的若干相同的工步,为简化工序内容的叙述,通常多看作是一

个工步。例如，对于图 1-2 所示零件上 4 个 $\phi 15$ 孔的钻削，可写成一个工步。

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，如图 1-3 所示。在工艺文件上，复合工步应视为一个工步。

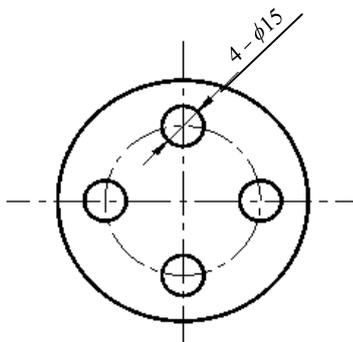


图 1-2 加工四个相同表面的工步

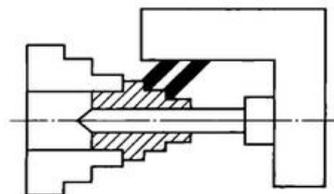


图 1-3 复合工步

在数控机床加工中，往往将用同一把刀加工出不同表面的全部加工内容看作是一个工步。在一个工步中，若被加工表面需切去的金属层很厚，需要几次切削，则每一次切削就叫一次进给。一个工步包括一次或几次进给。

(3) 装夹与工位

在工件的加工过程中，为了保证被加工零件的几何参数正确，必须保证加工过程中工件与刀具的相对位置关系正确，为此，工件在加工之前首先应保证其位置正确，找出工件正确位置的过程叫定位。其次，在加工过程中切削力产生后，为保证工件在该力作用下不改变其定位确定的正确位置，应对工件进行固定，该过程叫夹紧。在加工前，在机床或夹具中定位、夹紧工件的过程称为装夹。在一个工序中，工件可能只需要装夹一次，也可能需要装夹几次。工件在一次装夹后，其在机床上占据的每一个加工位置称为一个工位。

3. 生产纲领和生产类型

不同的生产类型，其生产过程和生产组织、车间的机床布置、毛坯的制造方法、采用的工艺装备、加工方法以及工人的熟练程度等都有很大的不同，因此在制定工艺规程时必须明确该产品的生产类型。

(1) 生产纲领

根据市场需要和企业的生产能力编制企业在计划期内应当生产的产品产量和进度计划。主要指包括备品和废品在内的产品的年产量。可按需求产品的数量、备品率和废品率，按以下公式计算：

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

式中： N ——零件的生产纲领（件/年）； Q ——产品的生产纲领（台/年）； n ——每台产品所需该零件数量（件/台）； α ——备品率； β ——废品率。

(2) 生产类型

生产类型是企业（或车间、工段、班组、工作地）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。

1) 单件生产。

基本特点是：产品品种繁多，数量少，只做一件或几件，很少重复生产。如新产品试制、重型机器、大型船舶等属于此类型。

2) 成批生产。

同一产品（或零件）每批投入生产的数量称为批量。根据批量大小又可分为大批生产、中批生产和小批生产。

成批生产的基本特点是：生产品种较多，每一种产品均有一定的数量且周期性生产。如通用机床、电数控加工制造等属于此类型。

3) 大量生产。

基本特点是：生产的品种少数量多，大多数工作地点长期重复地进行某一道工序的加工。如自行车制造、轴承制造等属于此类型。

(3) 生产类型的划分

划分生产类型的参考数据见表 1-1。

表 1-1 划分生产类型的参考数据

生产类型		同类零件的年产量（件）		
		重型零件	中型零件	轻型零件
单件生产		5 以下	10 以下	100 以下
成批生产	小批	5~100	10~200	100~500
	中批	100~300	200~500	500~5000
	大批	300~1000	500~5000	5000~50000
大量生产		1000 以上	5000 以上	50000 以上

为取得好的经济效益，不同生产类型的制造工艺有不同特征，小批生产的生产特点接近于单件生产，中批生产的生产特点介于小批生产和大批生产之间，大批生产的生产特点接近于大量生产。

各种生产类型的工艺特征见表 1-2。

表 1-2 各种生产类型的工艺特点

工艺特点	单件、小批生产	批量生产	大批、大量生产
产品数量	少	中等	大量
加工对象	经常变换	周期性变换	固定不变
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	部分铸件用金属模造型，部分锻件用模锻，毛坯精度和加工余量中等	广泛采用金属模机器造型和模锻，以及其他高效率的毛坯制造方法。毛坯精度高，加工余量小
零件互换性	一般配对制造，广泛采用调整和修配法	大部分零件有互换性，少数用钳修配	全部零件有互换性，某些要求精度高的配合，采用分组装配

续表

工艺特点	单件、小批生产	批量生产	大批、大量生产
机床设备及其布置形式	采用通用机床设备,按机床类别采用机群式排列	部分采用通用机床和高效率专用机床;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
工艺装备	采用通用夹具、刀具和量具,靠划线和试切法达到设计要求	较多采用专用夹具、专用刀具和专用量具,部分用找正装夹达到设计要求	广泛用高生产率的工艺装备,用调整法达到精度要求
对技术工人要求	需要技术水平高的工人	需要一定熟练程度的技术工人	调整工技术要求高,机床操作工要求技术熟练程度低
对工艺文件的要求	只编制简单的工艺过程卡	有详细的工艺过程卡,零件的关键工序有详细的工序卡	详细编制工艺过程卡和工序卡
生产率	低	一般	高
成本	高	一般	低

例如,前述工件加工实例中工件为轻型零件,生产数量为20件,应属于单件生产。

4. 机械加工工艺规程

机械加工工艺规程是规定零件制造工艺过程和操作方法的技术文件。

(1) 工艺规程的作用

工艺规程是指导生产的主要技术文件。工艺规程的制订首先要确保其科学性与合理性,并在生产实践中不断改进和完善,而在生产中,则必须严格地执行既定的工艺规程,这是产品质量、生产效率和经济效益的保障。

工艺规程是生产组织和管理工作的基本依据。产品投产前原材料及毛坯的供应、通用工艺装备的准备、机床负荷的调整、专用工艺装备的设计与制造、作业计划的编排、劳动力的组织以及生产成本的核算等,都是以工艺规程为依据的。工艺规程是工厂基础建设的基本资料。

(2) 工艺规程的类型和格式

在机械制造的工厂里,常用的工艺文件的类型有机械加工工艺过程卡片和机械加工工序卡片。

1) 机械加工工艺过程卡片 机械加工工艺过程卡片是以工序为单位,说明零件整个机械加工过程的一种工艺文件。在这种卡片中,由于各工序的说明不够具体,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。但在单件和小批生产中,通常不编制其他较详细的工艺文件,而用该卡片指导零件加工。

2) 机械加工工序卡片 机械加工工序卡片是用来具体指导工人进行操作的一种工艺文件,多用于大批量生产中的重要零件。工序卡片中详细记载了该工序加工所必需的工艺资料,如定位基准的选择、工件的装夹方法、工序尺寸、公差以及机床、刀具、量具、切削用量的选择和工时定额的确定等,其格式见表1-3。

表 1-3 机械加工工序卡片

产品名称	零件图号			毛坯	件数					
工序号	工序内容	工艺装备	车间	刀具	切削用量				工时	
					主轴转速/ (r/min)	进给量/ (mm/r)	背吃刀量/ (mm)	进给 次数	机 动	辅 助
编制				审核		批准				

(3) 制定工艺规程的步骤

1) 分析研究零件图样，了解该零件在产品或部件中的作用，找出其要求较高的主要表面及主要技术要求，并了解各项技术要求制定的依据，审查其结构工艺性。

2) 选择和确定毛坯。

3) 拟订工艺路线。

4) 详细拟订工序具体内容。

5) 对工艺方案进行技术经济分析。

6) 填写工艺文件。

另外，在制订数控加工工艺规程时，制订的方法、原则与制订一般机械加工工艺规程是非常相似的，但在制订时的具体操作上有一些区别，最后的工艺文件也有所不同。数控工艺规程的格式除了上述的工艺过程卡片和工序卡片外，还需要有一份数控加工刀具卡片，其格式见表 1-4，该表为数控车床用加工刀具卡片，数控铣床和加工中心的刀具卡片形式与之略有差别。

5. 零件的结构工艺性分析

明确被加工零件的结构特点和技术要求特点是合理制订零件机械加工工艺规程的前提，因此在着手制订零件的机械加工工艺规程之前，先对零件进行工艺分析有着重要意义。

表 1-4 数控加工刀具卡片

产品名称或代号:			零件名称:		零件图号:	
序号	刀具号	刀具规格及名称	材质	数量	加工表面	备注
编制:			审核:			

(1) 零件的结构及其工艺性分析

在制订零件的工艺规程时, 必须首先对零件进行工艺分析。对零件进行工艺分析主要要注意以下问题:

1) 零件组成表面的形式。

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, 圆锥面和平面等, 特形表面有螺旋面、渐开线齿形面和一些成形面等。因为表面形状是选择加工方法的基本依据, 因此认清零件的组成表面是正确确定各表面的加工方法的基础。

2) 构成零件的各表面的组合关系。

同种类型的表面的不同组合决定了零件结构上的不同特点。例如以内、外圆为主要表面, 既可组成盘、环类零件, 也可组成套类零件。对于套类零件, 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。显然, 上述不同零件在选用加工工艺方案时存在很大差异。

3) 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。功能作用完全相同而在结构上却不相同的两个零件, 它们的加工方法和制造成本往往差别很大。

(2) 零件的技术要求分析

零件的技术要求分析包括下列几个方面:

- 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)。

三、任务分析

如图 1-1 所示的螺纹轴, 该轴生产纲领为 2000 件/年, 材料为 45 号钢。在制订机械工艺规程时, 如选择不同的加工方案, 产品质量、生产效率、加工成本就会有所区别, 因此, 为了合理安排生产, 保证加工产品的高质量、高效率、低成本, 就需要制订合理的数控加

工工艺。

在制订数控加工工艺规程前，首先对图 1-1 所示螺纹轴进行工艺分析。零件的工艺分析主要从加工制造的角度对零件进行可行性分析，通常包括零件的技术要求分析和零件的结构工艺分析两个方面。

四、任务实施

(一) 任务准备

(1) 准备《数控加工工艺制订与实施》相关教学资料，包括教材、教参、工作任务书等。

(2) 准备教学用辅具、典型轴类零件。

(3) 准备生产资料，包括机床设备、工艺装备等。

(4) 安全文明教育。

(二) 任务实施

1. 螺纹轴的技术要求分析

(1) 尺寸精度

该轴类零件的尺寸精度主要指轴的直径尺寸精度。有五处精度外圆，其尺寸公差为 0.021mm，相当于 IT7 级精度，其余部位精度都低于该公差要求。

(2) 位置精度

该轴的主要位置精度要求为右端 40mm 直径轴线相对基准的同轴度为 0.02mm。

(3) 表面粗糙度

五处精度外圆的表面质量要求为 Ra1.6 μ m，其余为 Ra3.2 μ m。

2. 螺纹轴的结构工艺性分析

(1) 螺纹轴组成表面的形式

该零件基本表面有外圆柱表面、圆锥面、正弦曲面、槽、螺纹等，其中正弦曲面需要用宏程序或自动编程，加工难度较大。因为表面形状是选择加工方法的基本依据，因此认清零件的组成表面是正确确定各表面的加工方法的基础。

(2) 构成零件的各表面的组合关系

该零件结构合理，属于轴类零件，直径尺寸变化不大，刚性好。

3. 加工工序的安排

先粗加工各外圆尺寸，在精加工各外圆尺寸，再加工槽，最后加工螺纹。外圆表面的加工顺序为粗加工先加工大直径外圆，然后加工小直径外圆，以免一开始就降低工件的刚度，精加工是从小直径圆到大直径圆顺序加工。

五、检查评估

螺纹轴工艺分析评分标准见表 1-5。

表 1-5 螺纹轴工艺分析的评分标准

姓名		零件名称	螺纹轴	总得分		
项目	序号	检查内容	配分	评分标准	检测记录	得分
工艺分析	1	尺寸精度	20	不正确每处扣 5 分		
	2	位置精度	20	不正确每处扣 5 分		
	3	表面粗糙度	20	不正确每处扣 5 分		
	4	零件结构	10	不正确每处扣 5 分		
	5	加工工序安排	10	不合理每处扣 1 分		
表现	6	团队协作	10	违反操作规程全扣		
	7	考勤	10	不合格全扣		

六、知识拓展

齿轮轴

加工如图 1-4 所示齿轮轴，该齿轮轴材料为 30CrMnTi。生产纲领为 2000 件/年，分析齿轮轴的加工工艺。

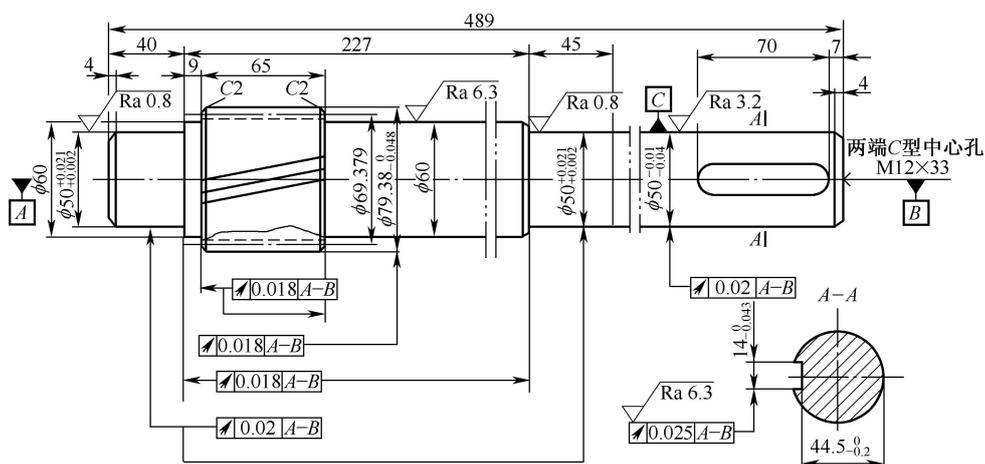


图 1-4 齿轮轴

(一) 轴的技术要求分析

1. 尺寸精度和形状精度

该轴类零件的尺寸精度主要指轴的直径尺寸精度。轴上支承轴颈和配合轴颈（装配传动件的轴颈）的尺寸精度最高处为两处 50mm 轴颈处，其尺寸公差为 0.019mm ，相当于 IT6 级精度，其余部位精度都低于该公差要求，其形状精度方面无特殊要求。

2. 位置精度

该轴的主要位置精度要求为两处 50mm 轴颈处相对于两顶尖公共中心线的跳动公差

为 0.02mm，另外四处端面相对于两顶尖公共中心线的跳动公差为 0.018mm。

3. 表面粗糙度

轴上的表面以支承轴颈的表面质量要求最高，该轴类零件表面粗糙度要求最高处为 Ra0.8 μ m。

(二) 齿轮轴加工工艺分析

1. 热处理工序的安排

在轴加工的整个工艺过程中，应安排足够的热处理工序，以保证齿轮轴力学性能及加工精度要求，并改善工件加工性能。

一般在轴毛坯锻造后首先安排正火处理，以消除锻造内应力，细化晶粒，改善机加工时的切削性能。

在粗加工后安排调质处理。在粗加工阶段，经过粗车、钻孔等工序，齿轮轴的大部分加工余量被切除。粗加工过程中切削力和发热都很大，在力和热的作用下，轴产生很大内应力，通过调质处理可消除内应力，代替时效处理，同时可以得到所要求的韧性。

半精加工后，除重要表面外，其他表面均已达到设计尺寸。重要表面仅剩精加工余量，这时齿部等安排局部淬火处理，使之达到设计的硬度要求，保证这些表面的耐磨性。而后续的精加工工序可以消除淬火的变形。

2. 加工顺序的安排

机加工顺序的安排依据“基面先行，先粗后精，先主后次”的原则进行。对齿轮轴零件一般是准备好中心孔后，先加工外圆，再加工其他部分，并注意粗、精加工分开进行。在齿轮轴加工工艺中，以热处理为标志，调质处理前为粗加工，淬火处理前为半精加工，淬火后为精加工。这样把各阶段分开后，保证了主要表面的精加工最后进行，不致因其他表面加工时的应力影响主要表面的精度。

在安排齿轮轴工序的次序时，还应注意以下几点：

(1) 该轴的齿形粗加工应安排在齿轮轴各外圆完成半精加工之后，因为作为齿轮轴来讲，齿形加工是该零件加工中工作量比较大、加工难度也比较大的加工内容，其加工位置适当放后一些，可提高定位基准的定位精度，而齿形精加工应安排在该零件各外圆等表面全部加工好后进行，通过齿形精加工消除齿形局部淬火产生的热处理变形。

(2) 外圆表面的加工顺序应先加工大直径外圆，然后加工小直径外圆，以免一开始就降低工件的刚度。

(3) 齿轮轴上的键槽等次要表面的加工一般应安排在外圆精车或粗磨之后、精磨外圆之前进行。因为如果在精车前就铣出键槽，一方面，在精车时，由于断续切削而产生振动，既影响加工质量又容易损坏刀具；另一方面，键槽的尺寸要求也难以保证。这些表面加工也不宜安排在主要表面精磨后进行，以免破坏主要表面的精度。

七、思考与练习

(一) 填空题

1. 机械产品制造时，将原材料或半成品转变为成品的全过程，称为_____。

2. 在机械产品的生产过程中, 那些与原材料变为成品直接相关的过程, 如毛坯制造、机械加工、热处理和装配等, 称为_____。

3. _____是企业(或车间、工段、班组、工作地)生产专业化程度的分类。

4. _____是指导生产的主要技术文件。

5. 一般在轴毛坯锻造后首先安排_____处理, 以消除锻造内应力, 细化晶粒, 改善机加工时的切削性能。

(二) 选择题

1. 在加工表面、加工工具和切削用量中的转速与进给量都不变的情况下, 连续完成的那部分工序内容称为()。

A. 工步 B. 工序 C. 工位

2. 一个(或一组)工人在一台机床(或一个工作地)对一个(或同时对几个)零件所连续完成的那一部分工艺过程, 称为()。

A. 工步 B. 工序 C. 工位

3. 工件在一次装夹后, 其在机床上占据的每一个加工位置称为一个()。

A. 工步 B. 工序 C. 工位

4. 齿轮轴在粗加工后安排()。

A. 退火 B. 时效处理 C. 正火 D. 调质处理

5. 外圆表面加工顺序应为先加工()直径外圆, 然后再加工()直径外圆, 以免一开始就降低了工件的刚度。

A. 大、小 B. 小、大

(三) 简答题

1. 零件的技术要求分析包括哪几个方面?

2. 制定工艺规程的步骤是什么?

(四) 分析题

如图 1-5 所示为一台阶轴零件图, 毛坯为 $50 \times 105\text{mm}$ 的圆钢, 生产类型为单件或小批量生产, 无热处理工艺要求, 试分析数控加工工艺。

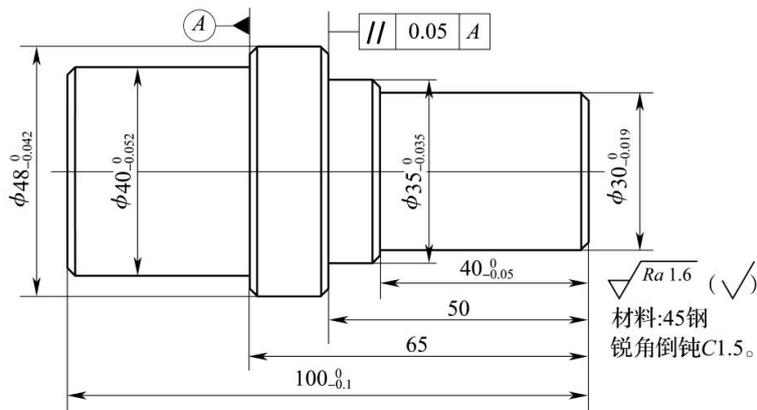


图 1-5 台阶轴

任务2 选择螺纹轴的毛坯、机床与刀具

一、任务描述

如图 1-1 所示为螺纹轴的零件图，试根据零件结构与技术要求，确定零件毛坯，合理选择数控机床与刀具。

二、任务资讯

(一) 零件毛坯

1. 机械加工中常见的毛坯

(1) 铸件 形状复杂的毛坯，本节零件宜采用该类毛坯。目前生产中的铸件大多采用砂型铸造，少数尺寸小的优质铸件可采用特种铸造。

(2) 锻件 锻件有自由锻造锻件和模锻件两种。

自由锻造锻件，是在各种锻锤压力机上由手工操作而成形的锻件。这种锻件的精度低，加工余量大，生产率不高，工件结构简单，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生产。

模锻件是用一套专用的锻模，在吨位较大的锻锤或压力机上锻出的锻件。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一些，加工余量较小。模锻件的材料组织分布比较有利，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。

(3) 型材 型材有热轧和冷拔两类，热轧型材尺寸较大，精度较低，多用于一般零件的毛坯；冷拔型材尺寸较小，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，但焊接件的变形较大，需要经过时效处理后才能进行机械加工。

2. 毛坯选择应考虑的因素

在进行毛坯选择时，应考虑下列因素：

(1) 零件材料的工艺性（如可铸性和可塑性）及零件对材料组织和性能的要求

例如，零件材料为铸铁和青铜时，应选择铸件毛坯；对于钢质零件，还要考虑力学性能要求；对于一些重要零件，为保证良好的力学性能，一般需选择锻件毛坯，而不能选择型材。

(2) 零件的结构形状与外形尺寸

形状复杂的毛坯一般采用铸造方法制造，薄壁零件不应用砂型铸造。例如常见的各种阶梯轴，如各台阶直径相差不大，可直接选择型材（圆棒料）；如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，一般则多用锻件毛坯。零件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，多选择砂型铸造或自由锻造毛坯；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

当零件的生产纲领较大时，应选择精度和生产率都较高的毛坯制造方法；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。

3. 毛坯的形状和尺寸的确定

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和技术的限制，加之产品零件的精度和表面质量的要求越来越高，所以毛坯上某些表面仍须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。毛坯尺寸和零件尺寸的差值称为毛坯加工余量，毛坯尺寸的公差称为毛坯公差。毛坯加工余量和公差与毛坯的制造方法有关，生产中可参照有关工艺手册或标准确定。

毛坯加工余量确定后，除了将毛坯加工余量附加在工件相应的加工面上之外，还要考虑毛坯制造、机械加工以及热处理等许多工艺因素的影响。在确定毛坯形状和尺寸时应注意以下问题：

(1) 为了加工时工件装夹方便，有些铸件毛坯需要铸出便于装夹的夹头，夹头在零件加工后再予以切除。

(2) 在机械加工中，有时会遇到像车床走刀系统中的开合螺母外壳（图 1-6）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。

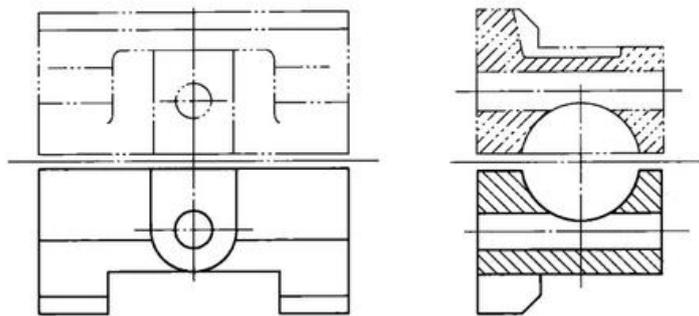


图 1-6 车床开合螺母外壳

(3) 为了提高生产效率和在加工中便于装夹，对于一些垫圈类零件，应将多件合成一个毛坯，如图 1-7 所示。

(二) 数控车床

1. 数控车床的种类

数控车床是数字程序控制车床的简称，它集通用性好的万能型车床、加工精度高的精密型车床和加工效率高的专用型普通车床的特点于一身，是国内使用量最大、覆盖面最广的一种数控机床，占数控机床总数的 25% 左右。

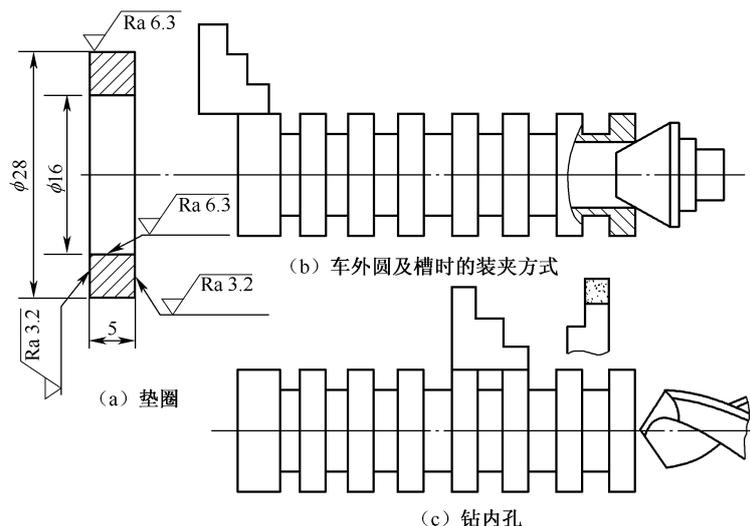


图 1-7 垫圈的整体毛坯及加工

数控车床的分类方法较多，但通常都以与普通车床相似的方法进行分类。主要按车床主轴位置分类：

(1) 立式数控车床（图 1-8）。立式数控车床简称为数控立车，其车床主轴垂直于水平面，并有一个直径很大的圆形工作台，供装夹工件用。这类车床主要用于加工径向尺寸大、轴向尺寸相对较小的大型复杂零件。

(2) 卧式数控车床（图 1-9）。卧式数控车床又分为数控水平导轨卧式车床和数控倾斜导轨卧式车床。其倾斜导轨结构可以使车床具有更大的刚性，并易于排除切屑。



图 1-8 立式数控车床



图 1-9 卧式数控车床

2. 数控车削加工的对象

(1) 轮廓形状特别复杂或难于控制尺寸的回转体零件

因车床数控装置都具有直线和圆弧插补功能，还有部分车床数控装置具有某些非圆曲线插补功能，故能车削由任意平面曲线轮廓所组成的回转体零件，包括通过拟合计算处理后的、不能用方程描述的列表曲线类零件，难于控制尺寸的零件（如具有封闭内成形面的壳体零件以及图 1-10 所示“口小肚大”的特形内表面零件）。

(2) 精度要求高的零件

零件的精度要求主要指尺寸、形状、位置和表面等精度要求，其中的表面精度主要指表面粗糙度。例如，尺寸精度高（达 0.001mm 或更小）的零件；圆柱度要求高的圆柱体零

件；素线直线度、圆度和倾斜度均要求高的圆锥体零件；线轮廓度要求高的零件（其轮廓形状精度可超过用数控线切割加工的样板精度）；在特种精密数控车床上，还可加工出几何轮廓精度极高（达 0.001mm）、表面粗糙度值极小（Ra 达 0.02 μm ）的超精零件，以及通过恒线速度切削功能，加工表面精度要求高的各种变径表面类零件等。

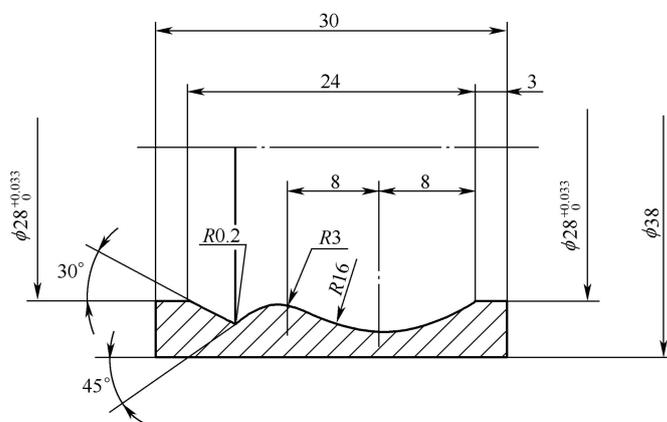


图 1-10 特形内表面零件

（3）特殊的螺旋零件

这些螺旋零件是指特大螺距（或导程）、变（增/减）螺旋、等螺距与变螺距或圆柱与圆锥螺旋面之间作平滑过渡的螺旋零件，以及高精度的模数螺旋零件（如圆柱、圆弧蜗杆）和端面盘形螺旋零件等。

（三）数控车削常用刀具

刀具的选择是数控加工工艺设计中的重要内容之一。刀具选择合理与否不仅影响机床的加工效率，而且还直接影响加工质量。选择刀具通常要考虑机床的加工能力、工序内容、工件材料等因素。

与传统的车削方法相比，数控车削对刀具的要求更高，不仅要求精度高、刚度好、耐用度高，而且要求尺寸稳定、安装调整方便。这就要求采用新型优质材料制造数控加工刀具，并优选刀具参数。

由于工件材料、生产批量、加工精度以及机床类型、工艺方案的不同，车刀的种类也异常繁多。

1. 根据车刀切削刃分类

根据车刀切削刃的不同，数控车削常用的车刀一般分为三类，即尖形车刀、圆弧形车刀和成形车刀。

（1）尖形车刀

以直线形切削刃为特征的车刀一般称为尖形车刀。这类车刀的刀尖（同时也为其刀位点）由直线形的主、副切削刃构成，如 90°内、外圆车刀，左、右端面车刀，切槽（断）车刀及刀尖倒棱很小的各种外圆和内孔车刀。用这类车刀加工零件时，其零件的轮廓形状主要由一个独立的刀尖或一条直线形主切削刃产生位移后得到，它与另两类车刀加工时所得

到零件轮廓形状的原理是截然不同的。

(2) 圆弧形车刀

如图 1-11 所示,圆弧形车刀是较为特殊的数控加工用车刀。其特征是构成主切削刃的刀刃形状为一圆度误差或轮廓误差很小的圆弧;该圆弧上的每一点都是圆弧形车刀的刀尖,因此,刀位点不在圆弧上,而在该圆弧的圆心上。车刀圆弧半径理论上与被加工零件的形状无关,可按需要灵活确定或经测定后确认。当某些尖形车刀或成形车刀(如螺纹车刀)的刀尖具有一定的圆弧形状时,也可作为这类车刀使用。圆弧形车刀可以用于车削内、外表面,特别适宜于车削各种光滑连接(凹形)的成形面。

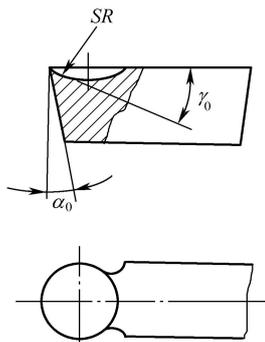


图 1-11 圆弧形车刀

(3) 成形车刀

成形车刀俗称样板车刀,其加工零件的轮廓形状完全由车刀刀刃的形状和尺寸决定。数控车削加工中,常见的成形车刀有小半径圆弧车刀、非矩形车槽刀和螺纹车刀等。在数控加工中,应尽量少用或不用成形车刀,当确有必要选用时,则应在工艺文件或加工程序单上进行详细说明。

2. 根据与刀体的连接固定方式分类

根据与刀体的连接固定方式的不同,车刀主要可分为焊接式、机夹式和可转位式三大类。

焊接式车刀将硬质合金刀片用焊接的方法固定在刀体上称为焊接式车刀。这种车刀的优点是结构简单,制造方便,刚性较好。缺点是由于存在焊接应力,使刀具材料的使用性能受到影响,甚至会出现裂纹。另外,刀杆不能重复使用,硬质合金刀片不能充分回收利用,造成刀具材料的浪费。

可转位车刀避免了焊接车刀的缺点,有利于新型车刀材料的发展,在数控车床中应用广泛。

(1) 可转位车刀的概念及组成

1) 可转位车刀的概念。

可转位车刀就是把压制有合理的几何参数,能保证(在一定的切削用量范围内)卷屑、断屑,并有几个刀刃的刀片,用机械夹固的方法,装夹在标准的刀杆(或刀体)上。使用时不需要刃磨(或只需稍加修磨),一个刀刃用钝后,只需把夹紧机构松开,把刀片转过一

个角度，即可用另一个新的刀刃进行切削。待多角形刀片的各刀刃均已磨钝后，换上新的刀片又可继续使用。

2) 可转位车刀的组成。

可转位车刀由刀杆 1、夹紧元件 4、刀片 2 及刀垫 3 组成（图 1-12）。刀片的材料主要有高速钢、硬质合金、涂层硬质合金、陶瓷、立方氮化硼和金刚石等。

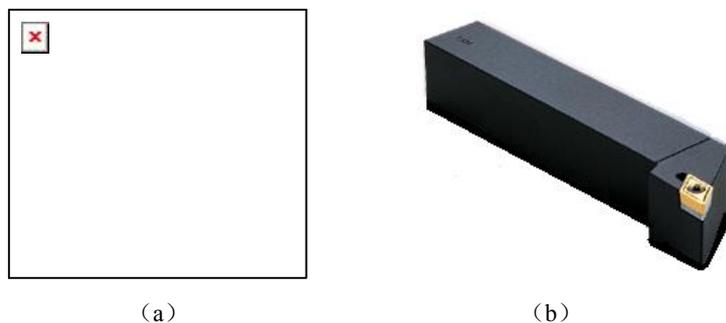


图 1-12 可转位车刀及组成

其中应用最多的是硬质合金和涂层硬质合金刀片。选择刀片材料，主要依据为被加工工件的材料、被加工表面的精度要求、切削载荷的大小以及切削过程中有无冲击和振动等。

(2) 可转位车刀的优点

1) 生产效率高。

刀片有合理几何参数，可用较高切削用量，且能使排屑顺利；刀片转位迅速，更换方便；因此能提高切削效率，又能减轻工人劳动强度。

2) 节省刀杆材料，降低刀具成本。

由于省去了刃磨工作及砂轮的消耗，刀杆又可长期使用，所以刀具费用降低。

3) 有利于刀具的标准化和集中生产，可充分保证刀具的制造质量。

随着可转位刀具标准化工作的完善，可大大减少刀具储备量，可以在一把刀杆上配备多种牌号的硬质合金刀片，简化了刀具管理。

4) 有利于新材料、新技术的研制、推广和应用。

刀具减少了焊接环节，避免了焊接引起的缺陷，为新型硬质合金的研制、开发和应用创造了条件，涂层刀片也得到了广泛应用。

5) 刀具耐用度高。

由于刀片未经焊接，可避免热应力，提高了刀具耐磨性和抗破损能力。

(3) 可转位车刀刀片简介

刀片形状、代号及其选择，根据 GB2076—87 规定，可转位车刀刀片的型号由代表一定意义的字母和数字代号按一定顺序位置排列组成，共有 10 个号位，表示了刀片的形状、尺寸、精度、结构特点、刀片厚度等，见表 1-6 和表 1-7。

1) 刀片形状 可转位刀片形状最常用的是正三角形和四边形，根据不同的使用要求来选用不同形状的刀片，见表 1-7。

表 1-6 可转位刀片型号标注

号位	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
号位含义	刀片形状	法后角	刀片精度	刀片类型	刀片边长	刀片厚度	刀尖圆弧半径	刀刃截面形状	切削方向	断屑槽形式与宽度
实例	T	N	U	M	16	06	08	E	R	A4
实例说明	三角形	0°	普通级	单面断屑槽及有中心固定孔	16mm	6mm	0.8mm	倒圆形	左切方向	A型断屑槽, 槽宽4mm

表 1-7 常用刀片形状的选用

刀片形状	特点	应用场合
正三角形 T	刀尖角小, 强度差, 耐用度低	可用于 60°、90°、93°外圆、端面及内孔车刀, 适用于较小的切削用量
正四边形 S	刀尖角为 90°, 强度及耐用度介于三角形与五边形之间	可进行外圆、端面加工及车孔和倒角
正五边形 P	刀尖角为 108°, 强度及耐用度好	用于加工系统刚性较好, 且不能同时兼作外圆车刀与端面车刀
带副偏角三角边 F、凸三角形 W	刀尖角都为 80°, 刀尖强度、耐用度均比三角形好	用于 90°外圆、端面、内孔车刀, 工艺系统刚性差者不宜采用
棱形刀片 V、D	刀尖角小, 强度差, 耐用度低	适用于仿形车床和数控车床刀具
圆形刀片 R	强度及耐用度好	可用于车曲面、成形面或精车刀具

2) 刀片法后角 法后角共有 10 种型号, 其中 N 型刀片后角为 0°是最常用的, 刀具后角靠刀片安装在刀杆上倾斜形成。若使用平装刀片结构, 则需按后角要求选择相应刀片。N 型法后角一般用于粗、半精车; B、C、P 型法后角一般用于半精、精车仿形及加工内孔。

3) 偏差等级 刀片尺寸偏差等级共有 12 个精度等级, 通常用于具有修光刃的可转位刀片, 允许偏差取决于刀片尺寸的大小, 每种刀片的尺寸允许偏差应按其相应的尺寸标准进行表示。普通车床粗、半精加工刀片精度用 U 级, 对刀尖位置要求较高的或数控机床用 M 级, 更高级的用 G 级。

4) 类型 类型用一位字母表示刀片有无断屑槽和中心固定孔, 共有 15 种, 见表 1-8。带孔刀片一般用孔来夹紧, 无孔刀片则采用上压式夹紧。

表 1-8 可转位刀片的类型

代号	固定方式	断屑槽	代号	固定方式	断屑槽	代号	固定方式	断屑槽
N	无固定孔	无	A	圆形孔	无	B	单面 70°~90° 沉孔	无
R		单面有	M		单面有	H		单面有
F		双面有	G		双面有	C	双面 70°~90° 沉孔	无
W	单面	无	Q	双面	无	J		双面有
T	40°~60°沉孔	单面有	U	40°~60°沉孔	双面有	X	其他, 需图形并附加说明	

5) 刀片边长 选取舍去小数部分的刀片切削刃长度值作代号。若舍去小数部分后, 只剩下一位数字, 则必须在数字前加“0”。如切削刃长度分别为 16.5mm、9.525mm, 则数字代号分别为 16 和 09。

6) 刀片厚度 刀片厚度用两位数字表示, 选取舍去小数部分的刀片厚度值作代号。若舍去小数部分后, 只剩下一位数字, 则必须在数字前加“0”。而当刀片厚度的整数值相同, 而小数部分不同, 则将小数部分大的刀片的代号用“T”代替“0”, 以示区别。如刀片厚度分别为 3.18mm 和 3.97mm 时, 前者代号为 03, 后者代号为 T3。

7) 刀尖圆角半径 刀尖转角形状或刀尖圆角半径的代号。若刀尖转角为圆角, 则用省去小数点的圆角半径毫米数表示, 如刀片圆角半径为 0.8mm, 代号为 08, 刀片圆角半径为 1.2mm, 代号为 12, 当刀片转角为夹角时, 代号为 00。刀尖圆弧半径的大小直接影响刀尖的强度及被加工零件的表面粗糙度。刀尖圆弧半径大, 会使表面粗糙度值增大, 切削力增大且易产生振动, 切削性能变坏, 但刀刃强度增加, 刀具前后刀面磨损减少。通常在切深较小的精加工、细长轴加工、机床刚度较差情况下, 选用刀尖圆弧较小些的刀具; 而在需要刀刃强度高、工件直径大的粗加工中, 选用刀尖圆弧大些的刀具。国家标准 GB2077-87 规定, 刀尖圆弧半径的尺寸系列为 0.2mm、0.4mm、0.8mm、1.2mm、1.6mm、2.0mm、2.4mm、3.2mm。刀尖圆弧半径一般适宜选取进给量的 2~3 倍。

8) 切削刃截面形状 用一字母表示刀片的切削刃截面形状, F 代表尖锐刀刃, E 代表倒圆刀刃, T 代表倒棱刀刃, S 代表既倒棱又倒圆刀刃。

9) 切削方向 R 表示供右切的外圆刀, L 表示供左切的外圆刀或右切的车孔刀。N 表示左右均有切削刃, 既能左切又能右切。

10) 断屑槽型与槽宽 用舍去小数位部分的槽宽毫米数表示刀片断屑槽宽度的数字代号。例如, 槽宽为 0.8mm, 代号为 0; 槽宽为 3.5mm, 代号为 3。当刀片有左、右切之分时, 左切刀在型号的第九号位加代号 L, 右切刀在型号的第九号位加代号 R。

三、任务分析

该零件为轴类零件, 材料为 45 号钢, 轴类零件最常用的毛坯是锻件与圆棒料, 大型轴或结构复杂的轴采用铸件。锻件的优点是材料经过加热锻造后, 可使金属内部纤维组织沿表面均匀分布, 获得较高的抗拉、抗弯及抗扭强度, 因此受力载荷较大, 比较重要的轴类毛坯常采用锻件, 该轴属于一般零件, 选择圆钢就可以了。然后, 根据零件结构选择数控车床与刀具。

四、任务实施

(一) 任务准备

- (1) 准备《数控加工工艺制订与实施》相关教学资料, 包括教材、教参、工作任务书等。
- (2) 准备教学用辅具、典型轴类零件。
- (3) 准备生产资料, 包括机床设备、工艺装备等。
- (4) 安全文明教育。

（二）任务实施

1. 选择毛坯

零件尺寸变化小，性能要求一般，毛坯选择圆钢。

2. 选择螺纹轴的机床

该零件基本表面有外圆柱表面、圆锥面、正弦曲面、槽、螺纹等，其中正弦曲面需要用宏程序或自动编程，用普通车床无法实现，所以选择数控车床。

3. 选择螺纹轴的加工刀具

该零件因结构较复杂，工件材料 45 号钢，尺寸精度较高，选择可转位 90°外圆车刀、车槽刀、三角螺纹车刀，材料为 YT15。编制刀具卡片，见表 1-9。

表 1-9 数控加工刀具卡片

产品名称或代号：			零件名称：螺纹轴		零件图号：	
序号	刀具号	刀具规格及名称	材质	数量	加工表面	备注
1	T01	90°外圆车刀	YT15	1	粗车外圆、端面及倒角等	R0.2
2	T02	车槽刀	YT15	1	车退刀槽	
3	T03	60°螺纹车刀	YT15	1	M20×1.5	
4	T04	3 中心钻	高速钢	1	中心孔	
5	T04	30°外圆车刀	YT15	1	精车外圆、正弦曲线	
编制：			审核：			

五、检查评估

螺纹轴的毛坯、刀具、机床选择评分标准见表 1-10。

表 1-10 螺纹轴毛坯、机床、刀具选择的评分标准

姓名	零件名称		螺纹轴	总得分		
项目	序号	检查内容	配分	评分标准	检测记录	得分
毛坯	1	毛坯	20	不正确每处扣 10 分		
机床	2	机床	30	不正确每处扣 10 分		
刀具	3	刀具	30	不正确每处扣 10 分		
表现	4	团队协作	10	违反操作规程全扣		
	5	考勤	10	不合格全扣		

六、知识拓展

齿轮轴：加工如图 1-13 所示齿轮轴，该齿轮轴材料为 30CrMnTi。生产纲领为 2000 件/年，选择齿轮轴的毛坯、机床、刀具。

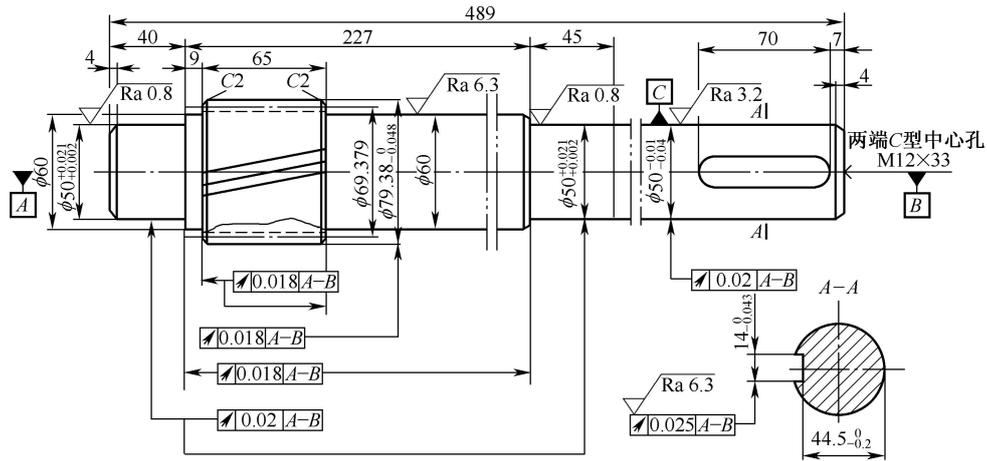


图 1-13 齿轮轴

根据齿轮轴的结构，搜集资料，选择选择毛坯、机床、加工刀具。

七、思考与练习

(一) 填空题

1. 型材有热轧和冷拔两类，_____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。
2. 各阶直径相差较大，为减少材料消耗和机械加工劳动量，则宜选择_____毛坯。
3. 根据车刀切削刃的不同，数控车削常用的车刀一般分为_____、_____、_____三类。
4. 根据与刀体的连接固定方式的不同，车刀主要可分为_____、_____、_____三大类。
5. 数控车削加工的对象有_____、_____、_____。

(二) 选择题

1. 形状复杂的零件毛坯一般选用（ ）。
 - A. 铸件
 - B. 锻件
 - C. 棒料
 - D. 型材
2. 机械加工选择刀具时一般应优先采用（ ）。
 - A. 标准刀具
 - B. 专用刀具
 - C. 复合刀具
 - D. 都可以
3. 采用数控机床加工的零件应该是（ ）。
 - A. 单一零件
 - B. 中小批量、形状复杂、型号多变
 - C. 大批量
4. 确定毛坯要考虑机械加工的最佳效果，毛坯制造不需要考虑的因素是（ ）。
 - A. 生产纲领
 - B. 材料的工艺性
 - C. 零件的结构形状和尺寸
 - D. 机床
5. 单件小批量生产一般选用（ ）。

- A. 铸件 B. 锻件 C. 焊接件 D. 型材

(三) 简答题

1. 毛坯的类型有哪些？
2. 数控车床有哪几种？使用场合分别是什么？
3. 如何选择可转位车刀的刀片形状？

(四) 分析题

如图 1-14 所示零件，试选择该零件的毛坯、机床、刀具，并说明选择依据。

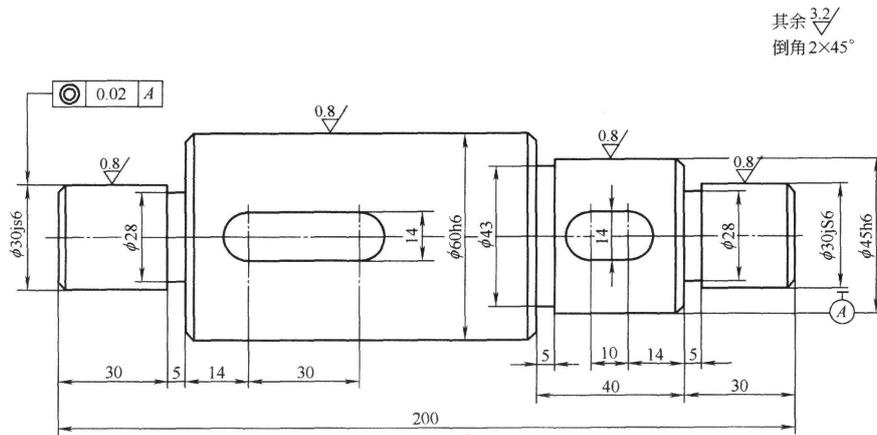


图 1-14

任务 3 选择螺纹轴的基准

一、任务描述

如图 1-1 所示螺纹轴，该零件的结构尺寸较复杂，依据零件的加工精度要求，为该零件的数控加工选择基准，保证加工精度。

二、任务资讯

(一) 基准的分类

1. 基准

工件是一个几何体，它是由一些几何元素（点、线、面）构成的。其上任何一个点、线、面的位置总是用它与另一些点、线、面的相互关系（距离尺寸、平行度、同轴度）来确定的。用来确定生产对象（工件）上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面叫做基准。根据基准的作用不同，可分为两类，即设计基准和工艺基准。

2. 基准的分类

(1) 设计基准

在设计图样上所采用的基准称为设计基准。如图 1-15 所示的轴套零件，外圆的设计基

准是它们的中心线；端面 A 是端面 B 、 C 的设计基准；内孔 D 的轴线是 $\phi 25h6$ 外圆径向跳动的设计基准。

对于某一位置要求（包括两个表面之间的尺寸或者位置精度）而言，在没有特殊指明的情况下，它所指的两个表面之间常是互为设计基准的。图 1-15 中，对于尺寸 40mm 来说， A 面是 C 面的设计基准，也可认为 C 面是 A 面的设计基准。

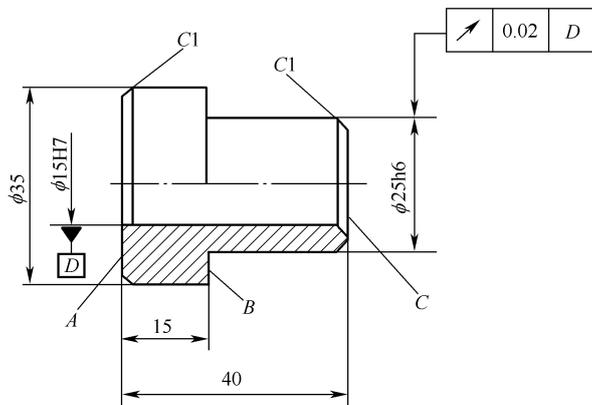


图 1-15 轴套

(2) 工艺基准

在工艺过程中所使用的基准称为工艺基准。按其用途不同，又可分为定位基准、测量基准、装配基准和工序基准。

1) 定位基准 在加工过程中用作定位的基准称为定位基准。定位基准一般由工艺人员选定，它对于保证零件的尺寸和位置精度起着重要作用。

2) 测量基准 测量工件时所采用的基准称为测量基准。图 1-15 中的零件，用卡尺测量尺寸 15mm 和 40mm，表面 A 是表面 B 、表面 C 的测量基准。

3) 装配基准 用来确定零件或部件在产品中的相对位置所采用的基准称为装配基准。如主轴的轴颈、齿轮的孔和端面等。

4) 工序基准 在工序图上，用来确定本工序所加工表面加工后的尺寸、形状、位置的基准称为工序基准。工序基准应尽量与设计基准一致，当考虑定位或试切测量方便时也可以与定位基准或测量基准一致。

(二) 基准的选择

1. 粗基准的选择

图 1-16 和图 1-17 分别为某零件的毛坯和某工序的加工要求示意图，试为图 1-16 所示零件的首道机械加工工序选择粗基准，并为图 1-17 所示零件的该工序加工选择精基准。

图 1-16 为某轴类零件的毛坯示意图，该毛坯结构简单，其加工可在车床上利用三爪自定心卡盘夹持外圆后进行，因而粗基准只有两种选择，即以左端外圆为粗基准或以右端外圆为粗基准。由图可知，由于毛坯制造存在较大误差，使左、右两段圆柱产生了 3mm 的偏心，粗基准应考虑工件各加工面的余量是否够，合理确定定位的粗基准。

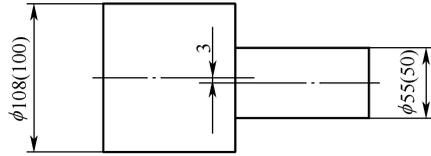


图 1-16 阶梯轴毛坯

图 1-17 为某零件加工中某工序的示意图, 该加工工序为加工零件的 B 、 C 平面, 由于 C 面的工序基准为 B 面, 加工中如采用 A 面为定位基准则基准不重合, 而如果采用 B 面作为定位基准又会使夹具的结构复杂, 使工件的装夹困难, 因此在实际加工中应综合考虑各种因素, 合理确定定位的精基准。

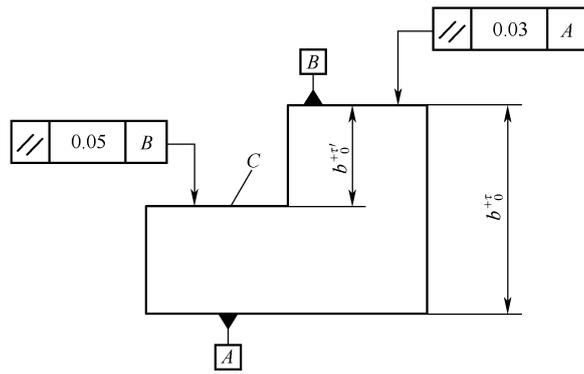


图 1-17 某工序的示意图

在零件的起始工序中, 只能选择未经机械加工的毛坯表面作定位基准, 这种基准称为粗基准。选择粗基准时, 应重点考虑两个问题: 一是保证主要加工面有足够的余量而均匀的余量和各待加工面有足够的余量; 二是保证加工面和不加工面之间的相互位置精度。具体选择的的原则是:

(1) 为了保证加工面与不加工面之间的位置要求, 应选择不加工面做定位基准。

当工件上有多个不加工面与加工面之间有位置要求时, 则应以其中要求最高的不加工面为粗基准。

(2) 粗基准的选择应使各加工面的余量合理分配。在分配余量时应考虑以下两点:

1) 为保证各加工面都有足够的加工余量, 应选择毛坯余量最小的面为粗基准。例如, 图 1-16 所示的阶梯轴, 因 55mm 外圆的余量较小, 故应选择 55mm 外圆为粗基准。如果选择 108mm 外圆为粗基准加工 50mm 外圆, 由于两外圆有 3mm 的偏心, 则可能因 50mm 的余量不足而使工件报废。

2) 为了保证重要加工表面的余量均匀, 应选择重要表面为粗基准。

(3) 粗基准应避免重复使用, 在同一尺寸方向上通常只允许使用一次。

粗基准是毛面, 一般来说表面比较粗糙, 形状误差也大, 如重复使用就会造成较大的定位误差, 因此粗基准应避免重复使用。应以粗基准定位首先加工好精基准, 为后续工序准备好精基准。

(4) 选作粗基准的表面应平整、光洁, 要避开锻造飞边和铸造浇冒口、分型面等缺陷, 以保证定位准确, 夹紧可靠。

另外, 当使用夹具装夹时, 选择的粗基准面最好使夹具结构简单、操作方便。

2. 精基准的选择

在零件的整个加工过程中, 除首道机械加工工序外的所有机械加工工序都应采用已经加工过的表面定位, 这种定位基准叫精基准。选择精基准时, 重点是考虑如何减小工件的定位误差、保证工件的加工精度, 同时也要考虑装夹工件的方便、夹具结构的简单。选择精基准时一般遵循下列原则:

(1) 基准重合原则

即选择工件的设计基准(或工序基准)作为定位基准, 以避免由于定位基准与设计基准(或工序基准)不重合而引起的定位误差。如图 1-17 所示零件, 由于本工序加工面为 C 面, 加工 C 面时的工序基准为 B 面, 如果定位时选择 B 面即满足基准重合的要求, 如选择 A 面则定位基准与工序基准不重合。

(2) 基准统一原则

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。

(3) 自为基准原则

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。这时本工序的位置精度是不能得到提高的, 因而其位置精度应在前工序得到保证。

(4) 互为基准原则

为了获得均匀的加工余量或较高的位置精度, 可采用互为基准反复加工的原则。例如加工精密齿轮时, 先以内孔定位加工齿形面, 齿面淬硬后需进行磨齿, 因齿面淬硬层较薄, 所以要求磨削余量小而均匀, 此时可用齿面为定位基准磨内孔, 再以内孔为定位基准磨齿面, 从而保证吃面的磨削余量均匀, 且与齿面的相互位置精度又较容易得到保证。

(5) 定位基准的选择应便于工件的装夹, 并使夹具的结构简单

仍以图 1-17 所示零件为例, 当加工 C 面时, 如果采用“基准重合”原则, 选择 B 面为定位基准, 这样不仅装夹不便, 而且夹具的结构也将很复杂。如果采用 A 面作为定位基准, 虽然可使工件装夹方便、夹具结构简单, 但会产生基准不重合误差, 如果本工序加工要求不是很高, 则采用 A 面为定位基准是合适的; 但如果本工序加工要求很高, 则采用 B 面为定位基准就比较合理。

上述定位基准选择原则在具体使用时常常会互相矛盾, 必须结合具体的生产条件进行分析, 抓住主要矛盾, 兼顾其他要求, 灵活运用这些原则。

三、任务分析

在基准中, 定位基准选择正确与否, 关系到拟定工艺路线和夹具设计是否合理, 并将影响到工件的加工精度、生产率和加工成本。因此, 定位基准的选择是制订工艺的主要内

容之一，也是设计加工程序的主要依据。

四、任务实施

(一) 任务准备

(1) 准备《数控加工工艺制订与实施》相关教学资料，包括教材、教参、工作任务书等。

(2) 准备教学用辅具、典型轴类零件。

(3) 准备生产资料，包括机床设备、工艺装备等。

(4) 安全文明教育。

(二) 任务实施

1. 选择螺纹轴的粗基准

毛坯外圆为粗基准，粗加工右端，然后再以右端外圆为基准加工左端。

2. 选择螺纹轴的精基准

精加工可以以两中心孔定位，也可以一夹一顶装夹，外圆和中心孔定位。

五、检查评估

螺纹轴的基准选择评分标准见表 1-11。

表 1-11 选择螺纹轴基准的评分标准

姓名	零件名称		螺纹轴	总得分		
项目	序号	检查内容	配分	评分标准	检测记录	得分
基准	1	粗基准	40	不正确每处扣 10 分		
	2	精基准	40	不正确每处扣 10 分		
表现	3	团队协作	10	违反操作规程全扣		
	4	考勤	10	不合格全扣		

六、知识拓展

齿轮轴的加工基准：加工如图 1-18 所示齿轮轴，该齿轮轴材料为 30CrMnTi。生产纲领为 2000 件/年，选择齿轮轴的基准。

齿轮轴主要表面的加工顺序，在很大程度上取决于定位基准的选择。轴类零件本身的结构特征和主轴上各主要表面的位置精度要求都决定了以轴线为定位基准是最理想的。这样既保证基准统一，又使定位基准与设计基准重合。一般多以外圆为粗基准，以轴两端的顶尖孔为精基准。具体选择时还要注意以下几点：

(1) 当各加工表面间相互位置精度要求较高时，最好在一次装夹中完成各个表面的加工。

(2) 粗加工或不能用两端顶尖孔（如加工主轴锥孔）定位时，为提高工件加工时工艺系统的刚度，可只用外圆表面定位或用外圆表面和一端中心孔作定位基准。在加工过程中，应交替使用轴的外圆和一端中心孔作定位基准，以满足相互位置精度要求。

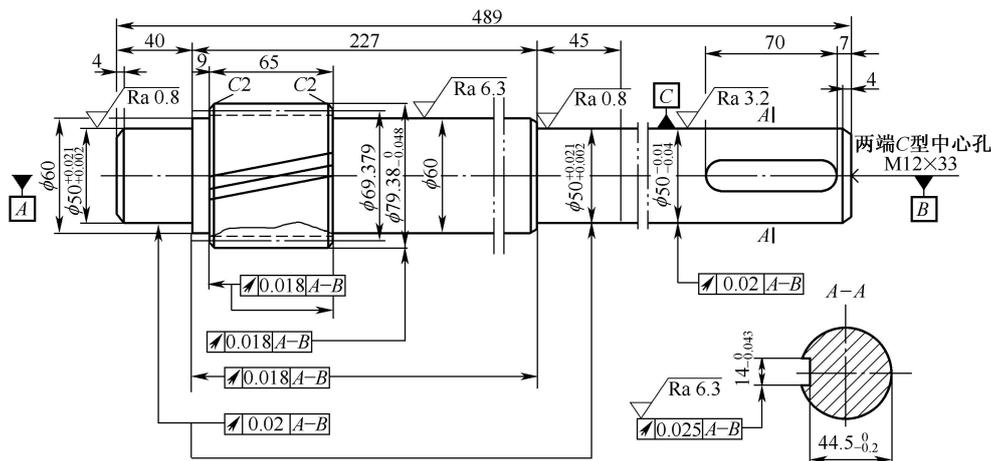


图 1-18 齿轮轴

(3) 如果轴是带通孔的零件,在通孔钻出后将使原来的顶尖孔消失。为了仍能用顶尖孔定位,一般均采用带有顶尖孔的锥堵或锥套心轴。当轴孔的锥度较大(如铣床主轴)时,可用锥套心轴;当主轴锥孔的锥度较小(如CA6140型机床主轴)时,可采用锥堵。必须注意,使用的锥套心轴和锥堵应具有较高的精度并尽量减少其安装次数。锥堵和锥套心轴上的中心孔既是其本身制造的定位基准,又是主轴外圆精加工的基准,因此必须保证锥堵或锥套心轴上的锥面与中心孔有较高的同轴度。若为中、小批生产,工件在锥堵上安装后一般中途不更换。若外圆和锥孔需反复多次互为基准进行加工,则在重装锥堵或心轴时必须按外圆找正或重新修磨中心孔。

从以上分析来看,图 1-18 齿轮轴加工工艺过程中选择定位基准应考虑这样安排:工艺过程一开始就以外圆作粗基准钻端面中心孔,为粗车准备定位基准;而粗车外圆则为后续加工准备定位基准;此后,为了给半精加工、精加工外圆准备定位基准,又先加工好前后顶尖孔作定位基准;齿轮齿形加工也采用顶尖孔作为定位基准,这非常好地体现了基准统一原则,也充分体现了基准重合原则。

七、思考与练习

(一) 填空题

1. 根据基准的作用不同,可分为_____和_____两类。
2. _____一般由工艺人员选定,它对于保证零件的尺寸和位置精度起着重要作用。
3. 精基准的选择原则是_____、_____、_____、_____。
4. 一般轴类零件,在车、铣、磨等工序中,始终用中心孔作为精基准,符合_____原则。
5. 选择精基准应力求基准重合,即_____基准与_____基准重合。

(二) 选择题

1. 用来确定生产对象(工件)上几何要素间的几何关系所依据的那些点、线、面叫做()。

- A. 设计基准 B. 基准 C. 工艺基准
2. 在加工过程中用作定位的基准称为 () 基准。
- A. 定位 B. 装配 C. 工序 D. 测量
3. () 基准应避免重复使用, 在同一尺寸方向上通常只允许使用一次。
- A. 粗 B. 精 C. 定位 D. 测量
4. 在下列内容中, 不属于工艺基准的是 ()。
- A. 定位基准 B. 测量基准 C. 装配基准 D. 设计基准
5. 选择加工表面的设计基准为定位基准的原则称为 () 原则。
- A. 基准重合 B. 基准统一 C. 自为基准 D. 互为基准
6. 工件上有些表面需要加工, 有些表面不需要加工, 选择粗基准时, 应选 () 为粗基准。
- A. 不加工表面 B. 要加工表面 C. 重要表面

(三) 简答题

1. 工艺基准包括哪些?
2. 粗基准的选择原则是什么?

(四) 分析题

如图 1-19 所示的心轴零件图, 试完成该零件定位基准的选择。

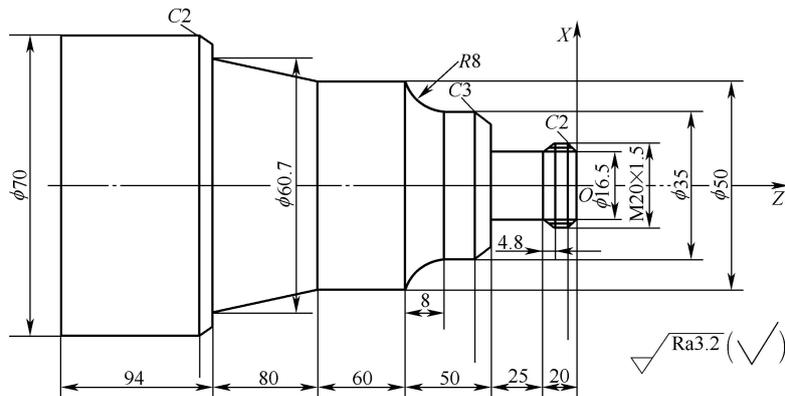


图 1-19

任务 4 拟订螺纹轴的工艺路线

一、任务描述

如图 1-1 所示螺纹轴的零件图, 根据零件图给出的技术要求及以上任务分析, 拟定螺纹轴的工艺路线。

二、任务资讯

(一) 加工方法

1. 工序的划分

根据数控加工的特点，数控加工工序的划分一般可按下列方法进行：

(1) 以一次安装、加工作为一道工序。这种方法适合于加工内容较少的工件，加工完毕后即达到待检状态。

(2) 以同一把刀具加工的内容划分工序。有些工件虽然能在一次安装中加工出很多待加工表面，但因程序太长，可能会受到某些限制，如控制系统的限制（内存容量），车床连续工作时间的限制（一道工序在一个工作班内不能结束）等。此外，程序太长会增加错误及检索困难。因此，每道工序的内容不可太多。

(3) 以加工部位划分工序。对于加工表面较多或不能一次装夹完成的工件（如图 1-20 所示），可按其结构特点将加工部分分成几个部分，如内腔、外形、曲面或端面，并将每一部分的加工作为一道工序。如图 1-20 (a) 所示，第一次先进行圆柱加工，然后二次装夹（调头），车削如图 1-20 (b) 所示的圆球。

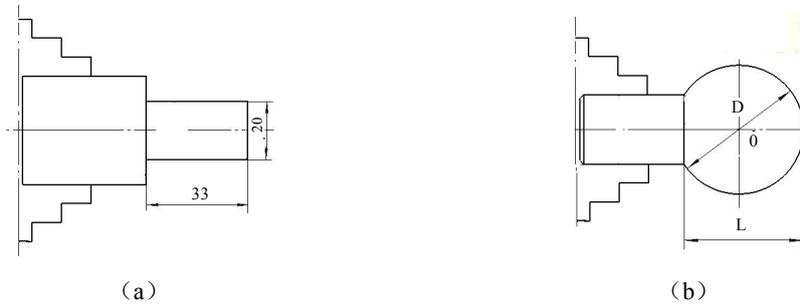


图 1-20 分序加工示意

(4) 以粗、精加工划分工序。对于加工中易发生变形和要进行中间热处理的工件，粗加工后的变形常常需要进行校直，故要进行粗、精加工的零件一般都要将工序分开。如图 1-21 所示的零件内孔尺寸较多，且 $\phi 52$ 外圆精度较高，应按粗、精加工划分工序。

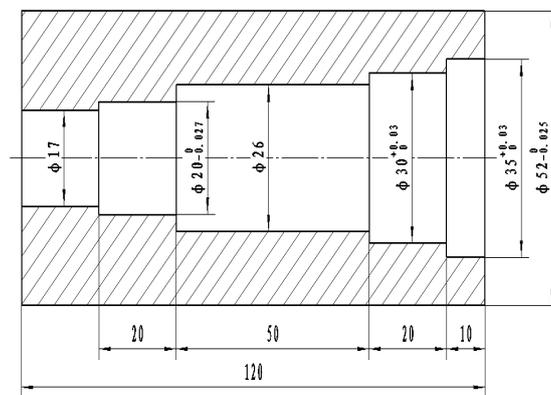


图 1-21 套类零件