

# 纺织机械制造工艺学

《典型零件加工》

华东纺织工学院张念思编著

一九八一年三月

## 目 录

- 第一章 轴类零件加工
- 第二章 套类零件加工
- 第三章 支托架类零件加工
- 第四章 杠杆类零件加工
- 第五章 基体零件加工
  
- 附 录
- 第六章 锥齿轮加工
- 第七章 蜗杆、蜗轮加工

## 第一章 轴类零件加工

轴类零件是机器中常用的一种零件，主要用来传递动力或运动的。它们的结构类型很多，其表面要素是以外圆面（外旋转面）为主要特征的（有时某些外圆面可能不是主要表面）。按照外圆面的组合方式，轴类零件可分为两大类：单轴心线的一如光轴、阶梯轴、空心轴等，和多轴心线的一如曲轴、凸轮轴、偏心轴等。

对单一轴线的轴，按轴的长度对于外径的比（ $L/D$ ），又可分为刚性轴（ $L/D \leq 3 \sim 5$ ），中等刚性轴（ $L/D = 5 \sim 10$ ），和柔性轴（ $L/D \geq 10 \sim 12$ ）。空心轴的内径对于外径的比（ $d/D$ ），如果较小，对于轴的刚度无显著影响；当  $d/D \geq 0.7$  时，轴的刚度将降低 25% 以上，对于多轴心线的轴，则均为非刚性的零件。由此可见，轴的刚度与其结构特点有关。在加工非刚性的轴时，由于切削力和夹紧力的作用，容易产生弹性变形，影响加工精度，因此要采取适当的工艺措施。

除外圆表面外，轴类零件还有其他表面，如端面、孔、键槽（及花键）、螺纹等，有时这些表面也可能是主要表面，例如，法兰轴的端面、机床主轴的锥孔、轴的花键、罗拉沟槽等等。

### 一、结构类型及主要技术要求

图 1 - 1 是一些常用的轴类零件。

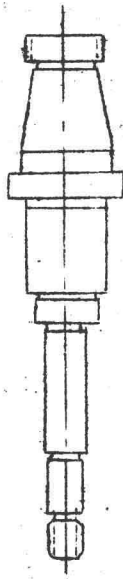
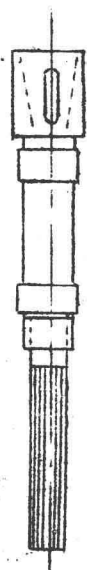
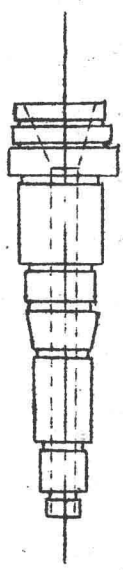
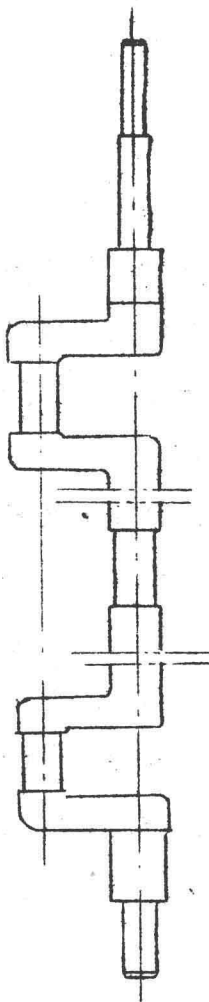
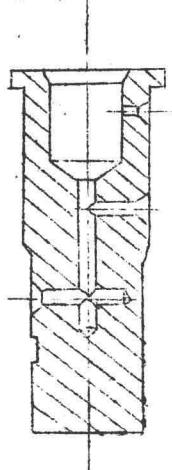
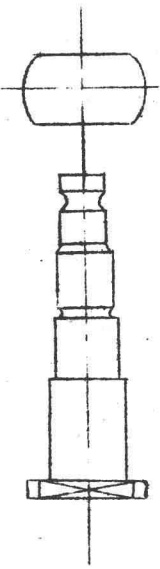
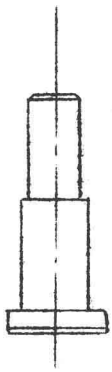
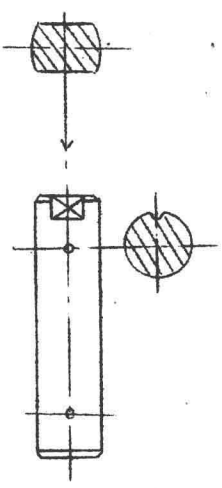


图 1-1 轴类零件



轴类零件的技术条件，一般可按下列各项表示之：

1. 对于外圆表面本身的精度方面：

(1) 直径和长度的尺寸精度；

(2) 表面光洁度和波度；

(3) 几何形状的允许偏差——不圆度（椭圆度、棱圆度等）；不圆柱度（锥度、鼓形度、鞍形度、弯曲度等）。

例如，对于精密配合的支承轴颈（如机床主轴），其精度常规定为1级或更高，表面光洁度 $\nabla \nabla \nabla_9 \sim \nabla \nabla \nabla \nabla_{10}$ 或更高。另一些轴（如变速箱传动轴）的精度为3~2级，表面光洁度 $\nabla \nabla \nabla_{7 \sim 8}$ 。而一般精度的轴，其外圆表面精度为5~4级，表面光洁度 $\nabla \nabla_{4 \sim 6}$ 。

上列对于轴类零件外圆表面的技术要求，系就一般情况而言的，主要还是根据其用途而定。例如纺机的罗拉（也可视为轴类零件），其沟槽外圆表面及工作轴颈的精度为5、4级，非工作轴颈则无尺寸精度要求，但它们的表面光洁度则为 $\nabla \nabla \nabla_8$ 、 $\nabla \nabla \nabla_7$ ，主要是为了不粘挂纤维的缘故。

至于外圆表面的几何形状偏差，如椭圆度、锥度等应在直径尺寸公差范围以内，一般可不另行列出；若几何形状精度要求高时，则需要加以规定。

2. 对于外圆与外圆或与其他表面的相互位置精度方面：

(1) 外圆与外圆（或孔）的同心度——例如，阶梯轴各外圆表面的同心度；机床主轴锥孔对主轴颈的同心度等。为了便于测量，也常把不同心度改写为相对于某一基准面的径向跳动量或各外圆表面的径向跳动量（偏心距的两倍）。

径向跳动一般不超过0.01~0.03毫米，视轴的用途，可能更

小或更大些。

(2) 外圆与外圆(或孔)轴心线的平行度和距离的尺寸精度——例如,曲轴的曲柄轴心线与曲轴轴心线的平行度,和它们间的距离尺寸精度。

(3)外圆轴心线对端面(或凸肩面)的垂直度、或对键槽或花键的平行度——例如,带法兰(或凸肩)的轴、阶梯轴、带齿轮坯的轴等的轴心线对端面的垂直度,通常以端面跳动量表示之。

此外,对于轴的热处理,也是一项重要的技术要求,视其用途而规定。

## 二、材料与毛坯选择

纺织机轴类零件常用的材料有:普通碳素钢A<sub>3</sub>、A<sub>5</sub>等用于一般载荷不大的轴和心轴;优质碳素结构钢15、20、35、45等用于重要的轴和罗拉和压辊等,视用途作相应的热处理,如表面渗碳淬火、调质或淬火等;合金结构钢20Cr、40Cr、35CrMo等经热处理用于高强度并要求耐磨的轴;不锈钢1Cr18Ni9、1Cr18Ni9Ti等则用于印染机械和化纤机械中要求耐腐蚀的轴类零件。在纺织机械的轴类零件中,碳钢用得是比较多的。此外,也有用铸铁的,如梳棉机锡林轴。

轴类零件的毛坯主要是棒料(热轧的或冷拉的)和单体毛坯(自由锻件、模锻件、铸件)。纺织机中的一些细长光轴和罗拉常是采用冷拉棒料的。对毛坯的选择,应根据零件的结构、使用要求、生产规模等方面综合考虑,尽可能的减少加工余量,以节约材料并减少机械加工的劳动量。

用棒料或锻件作为轴的毛坯时，于机械加工前须进行校直，以减少其弯曲，使余量比较均匀，当轴的刚性差时，在加工过程中，常须经多次校直，以保证其下一工序的进行和成品零件的技术要求。对于中小型的轴，通常采用冷校直法校直。但对于技术要求高的零件，如精密丝杠，一般不允许冷校直。

轴的锻件毛坯在机械加工前还须要焖火（或正火），以消除其内应力，改善机械加工性能成为以后的热处理工序作好准备。正火常作为热处理的最后工序，对于以棒料作毛坯者，则视技术要求，于加工前进行焖火或正火。

### 三、轴类零件的加工工艺方案

#### 1. 各种基本加工方法的工艺特点及其选择

轴类零件的主要表面是外圆表面（外旋转面），因此，最基本的加工方法有两种，即车削和磨削。

(1) 车削加工——车削是一种最主要最常用的加工方法，视轴的结构、生产规模等，可以在不同类型的车床（普通车床、六角车床、多刀半自动车床等等）上进行加工。

根据轴的毛坯制造精度和零件的技术要求，车削可分为：荒车、粗车、半精车、精车和细车几个加工阶段。当然，对于每一具体工件，不一定经历全部加工阶段的。

荒车通常用于大型锻件（自由锻造）或大型铸件的轴，切除大部分余量，以减少毛坯的空间偏差和表面几何误差。荒加工后的工件尺寸精度、对于锻件可达11~10级；对于铸件可达10~9级。

对于中小型的轴，可直接进行粗车。粗车后的工件精度可达7~

5级，表面光洁度 $\nabla_1 \sim \nabla_5$ 。除低精度的表面外，粗车通常作为轴的予加工。

半精车后的工件精度可达5~4级，光洁度 $\nabla_3 \sim \nabla_7$ 。半精车可作为磨削或其他精加工前的予加工，也可作为中等精度表面的最终加工。

精车后的工件精度可达4~2级，表面光洁度 $\nabla_5 \sim \nabla_9$ ，因此，精车一般作为最终加工，或作为光整加工的予加工。

细车是一种光整加工方法。细车后的工件精度可达3~2级，表面光洁度 $\nabla_7 \sim \nabla_{10}$ 。对于有色金属的工件常用细车，以获得高质量的外圆表面，因为磨削有色金属，砂轮容易堵塞。加工大型轴时，细车常用以代替磨削。

(2)磨削加工 磨削是最通用的精确加工方法，特别对于淬火后轴的加工。轴的磨削可在外圆磨床、无心磨床或各种专用磨床上进行加工。

磨削可分为：予磨（粗磨）、精磨和细磨几个加工阶段。予磨后的工件精度可达5~4级，表面光洁度 $\nabla_1 \sim \nabla_7$ ；精磨后精度可达3~2级，表面光洁度 $\nabla_7 \sim \nabla_9$ ；细磨后精度可达2~1级，表面光洁度 $\nabla_9 \sim \nabla_{10}$ 。

对于不淬火的轴，于半精车后一次磨削，精度可达5~3级，表面光洁度 $\nabla_1 \sim \nabla_7$ 。因此，对于不淬火的、精度较高的轴类零件常采用这样的加工方案，比用半精车、精车求得可靠而且经济。

当轴的某些表面的表面质量要求很高时（例如轴颈），于精加工后还须进行光整加工。常用的光整加工方法有：研磨、超精加工和镜面磨削等。经光整加工后的精度可达2~1级或以上，表面光



光洁度  $\nabla\nabla\nabla\nabla$   $10\sim 14^\circ$ 。

(1)超精加工后的精度、取决于上工序的精度。

2.加工方案(基准选择和加工顺序的安排)

单轴心线轴类零件的加工方案与基准选择有关,主要有下列三种方案:

(1)采用顶针孔作为统一的定位基准。

采用顶针孔作为统一的定位基准时,加工轴的第一道工序就是加工端面和顶针孔。在以后各工序中,统一以顶针孔为定位基准,将轴安装于车床的两顶针上(图1-2),进行加工外圆面和端面

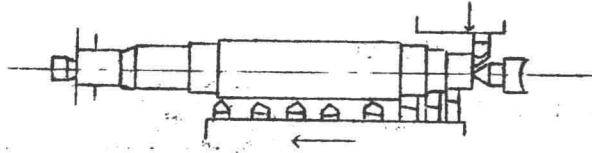


图 1 - 2 在顶针上加工轴

或凸肩。这种安装方式,符合基准统一原则,能保证各外圆表面的同心度和端面或凸肩的垂直度。因此对于实心的阶梯轴(凸肩轴)而同心度和垂直度要求高时,采用这种加工方案。

轴上其他次要表面,例如键槽、横向孔等,若轴不需要磨削时,可以放在最后加工;若轴需要淬火时,则在淬火前加工,淬火后,修磨顶针孔,再进行磨削加工。

在这种加工方案中,顶针孔既是统一的定位基准,因此,对于顶针孔加工提出下列要求:

(a)顶针孔的形状如图1-3所示,其尺寸标准根据工件的尺

寸，按 GB145-59 来选择确定。在打顶针孔前，先加工端面，以免钻头行偏或折断。

(b) 两顶针孔应打在工件的轴心线上，如有偏心或不在同一轴心线上（图 1-4），就要增大外圆面的加工余量。

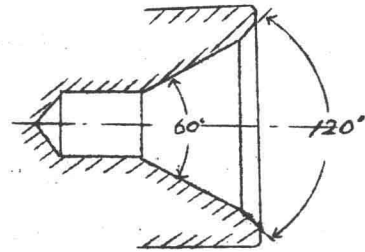


图 1-3 顶针孔

(c) 对同一批工件，顶针孔的深度应做得一致，否则，便产生轴向安装误差，对于平行加工出来的端面或凸肩（如图 1-2），虽不影响它们之间的精度，但要影响端面或凸肩的余量。因此，在多刀车床上加工时，前顶针常采用浮动的（能自由伸缩，图 1-5），使工件端面定位。这样，顶针孔深度不一，对工件轴向尺寸精度便无影响。

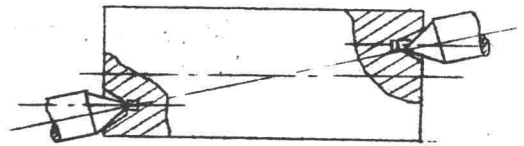


图 1-4 两顶针孔不在同一轴心线上

(d) 高速切削时，常采用活动后顶针（图 1-6）。但这类顶针具有一定的径向跳动，影响轴的加工精度。

在外圆磨床上磨削轴时，采用不旋转的前顶针，以消除磨床头架主轴的径向跳动对工件精度的影响。

在车削轴类零件时，特别对于非刚性轴，由于工艺系统的弹性变形，致使工件的直径尺寸、外圆几何形状以及圆柱度产生误差，而且弹性变形误差在总加工误差占有最大的比重。因此，在加工柔

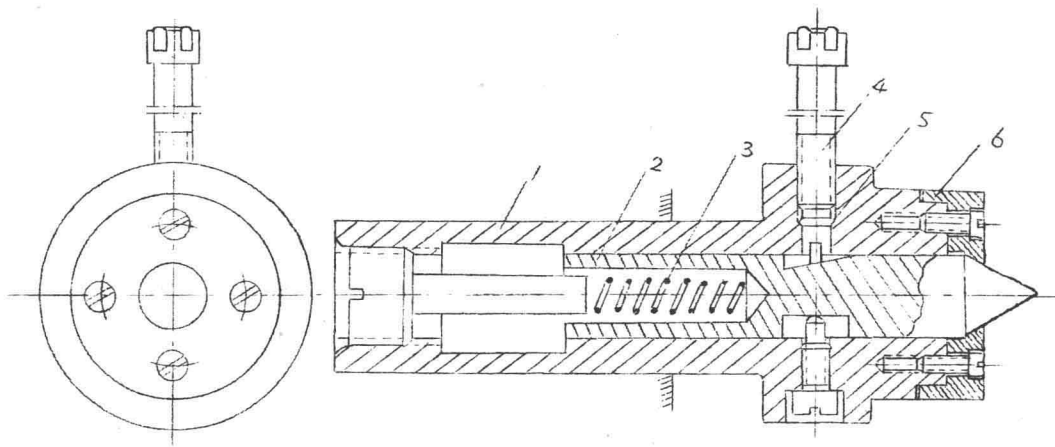


图 1 - 5 游动顶针

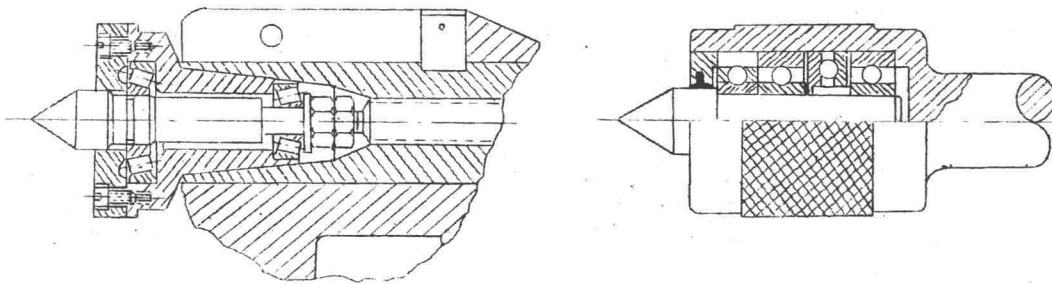
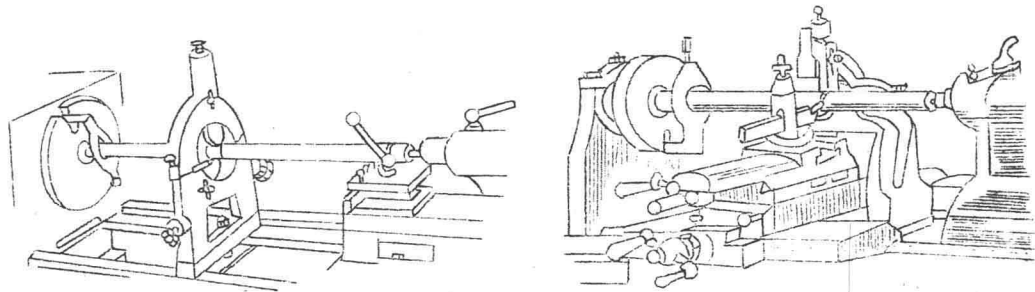


图 1-6 活动尾顶针

性轴时，通常采用中心架或跟刀架（图 1 - 7），以提高工件系统的刚度。采用中心架或跟刀架时，必须仔细调整其支承爪，使工件的轴心线与理论的位置相符合；否则，会产生工件的不圆度误差。



(a) 中心架

(b) 跟刀架

1 - 工件；2 - 跟刀架；3 - 大溜板。

图 1 - 7 加工柔性轴用的中心架和跟刀架

(2) 对于空心轴，可采用孔为定位基准。

开始加工时，先以顶针孔定位加工外圆；再以外圆定位加工孔；最后则以孔定位精加工外圆。车床主轴就采用这种加工方案<sup>\*</sup>。由上可知，在加工过程中，基准经过几次转换，虽符合基准重合原则，

<sup>\*</sup> 在最后精加工主轴前端锥孔时，用前后支承轴颈作为定位基准的。

但不能遵循基准统一的原则。基准经过一次转换，精度提高，因而工件精度得以逐步提高，最后达到技术要求。

以孔为定位基准时，可有三种安装方式（图 1 - 8）：a）对于粗加工后的孔，用多齿顶针（也可用于铸件的毛坯孔）；b）如孔两端有锥面，用锥形柱塞；c）如孔两端为圆柱面，则用圆柱柱塞（整体的或可涨式的）。

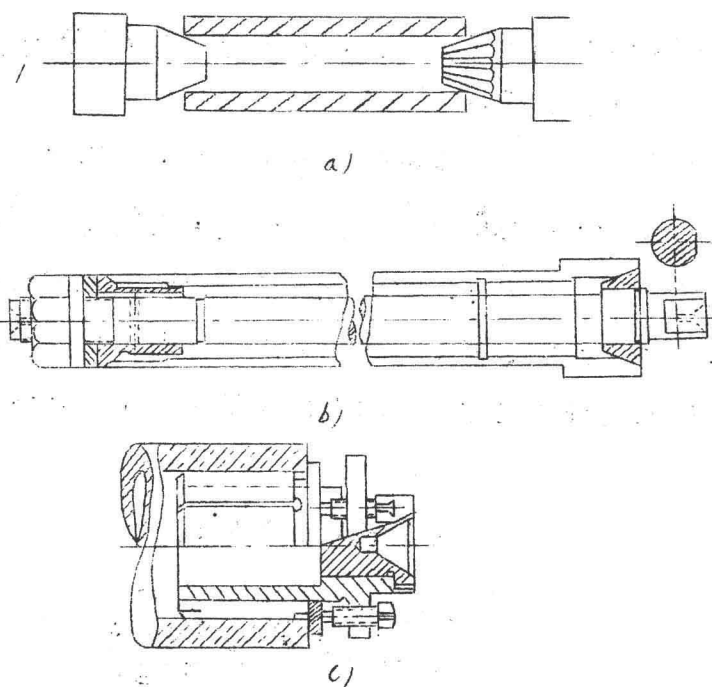


图 1 - 8 以孔定位的安装方式

a) 多齿顶针；b) 锥形柱塞；c) 圆柱柱塞；

### (3) 用外圆表面定位。

用工件的外圆面定位，夹持在卡盘中。常用的卡盘有：

(a) 弹簧夹头——用冷拉钢或经过荒车的热轧棒料作毛坯，在六角车床或自动车床上加工时，采用弹簧夹头夹持工件。根据工件直径的大小、几何形状的精度以及夹头新旧的程度，工件安装可能产生偏心（0.05~0.1毫米）和轴向偏移（0.04~0.08毫米）。

(b) 三爪自动卡盘——用这种卡盘夹持工件，可能产生较大的安装偏心（0.1~0.2毫米）和轴向偏移（0.05~0.1毫米）。有时采用所谓软爪（不淬火的），在安装工件前将夹爪支承面精车一

道，以提高安装精度。为了提高工件系统的刚度，除用卡盘夹持外，并用后顶针顶住工件的另一端。

(c)四爪卡盘——用四爪卡盘夹持工件时，需要调整。若用千分表细心校正工件，可得到很高的安装精度，但辅助时间较长。

一般说来，用卡盘夹持工件的定位精度比较低。但如能在一次安装中加工出轴的全部表面（或大部分表面）时，以上所说的安装误差并不影响轴直径的尺寸精度和空间位置精度，但影响加工余量，需要相应增大。

图 1 - 9 是以工件外圆面定位加工的方式。

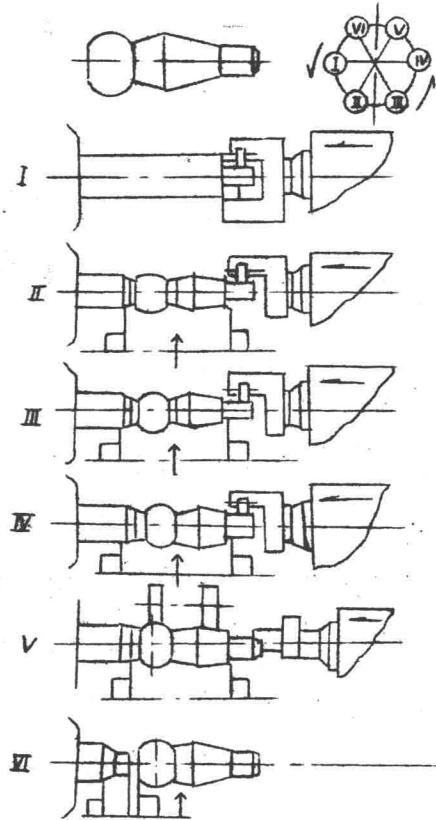


图 1 - 9 用外圆表面定位加工轴类零件

对于多轴心线的轴类零件，从零件的结构来看，可视为几个单轴心线轴的组合体，例如布机的曲轴，可视为由两个轴心线平行的单轴心线的轴所组合而成的。因此，在加工多轴心线的轴类零件时，首先是解决每个单轴心线轴的加工问题，其次是解决如何达到各个轴心线的相互位置精度要求的问题。

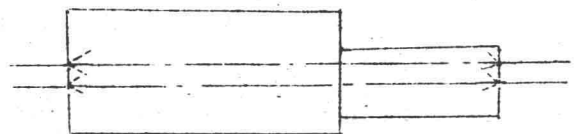
对于多轴心线的轴类零件加工，可以有下列三种方案：

(1)先加工出统一的基准，然后以统一基准加工其余表面。这一加工方案一般需要专用机床或专用的工艺装备，零件的技术要求主要由机床或夹具来保证，劳动生产率较高。主要用于大批大量生产。布机曲轴加工便采用这种方案，详见下节。

(2)先加工出一个单轴心线的轴，然后利用普通量具和简单的辅助工具，调整工件的安装位置，加工第二个单轴心线的轴。依次加工完成工件（图 1 - 10）。这一加工方案一般可在通用机床上进行加工，不需要专用夹具，但调整费时，劳动生产率也较低，主要用于单件小批生产和维修。

(3)先加工出各个轴的定位基准，然后利用各自的定位基准进行安装，分别加工出各个单轴心线的轴。各组定位基准相互位置的精度要求，可用划线、样板或简单的辅具来达到。此时，零件的技术要求，主要由各组定位基准的相互位置精度来保证。例如，偏心轴的加工，便可采用这种方案（图 1 - 11）。

图 1 - 11 偏心轴的加工



#### 四、轴类零件的加工工 艺过程和主要工序 的分析

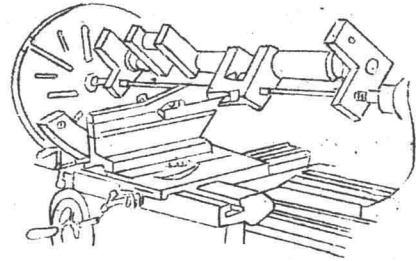


图 1 - 1 0

轴类零件的种类很多，每类的结构形状（光轴例外）尺寸大小、技术要求以及生产规模等等各不相同，因而它们的加工工艺过程也不一样。这里只介绍阶梯轴和布机曲轴的工艺过程，并对某些主要工序加以分析说明。

在普通车床上加工曲轴的曲柄轴颈

1. 阶梯轴加工——图 1 - 1 2 的阶梯轴，其加工工艺过程（主要工序）列为表 1 - 1。

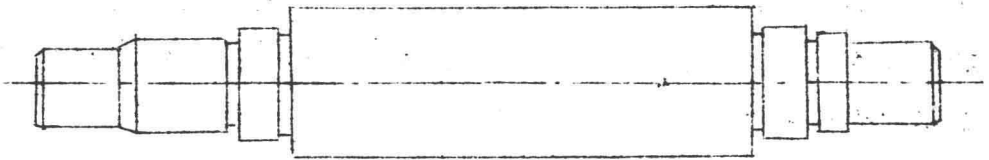


图 1 - 1 2 阶梯轴

表 1 - 1 阶梯轴加工工艺过程（主要工序）

序号	工序名称	定位基准
1	落料、校直（或单件毛坯）	外圆面
2	粗加工两端面、打顶针孔	顶针孔
3	粗车各外圆面	顶针孔
4	半精车各外圆面、端面，退刀槽、倒角。	轴颈（或顶针孔）
5	铣键槽（或花键）	
6	热处理（按技术要求，热处理后需进行校直，修磨中心孔）	
7	磨削各轴颈	顶针孔
	磨削花键（按零件结构及技术要求）	顶针孔



兹将车削、磨削、花键加工的加工方法说明如下。

(1)车削——阶梯轴可以在普通车床、液压仿形车床、多刀车床上等等进行加工。上节已将在普通车床上车削的问题加以说明。这里只讨论多刀车削的问题。

当阶梯轴的各外圆相差不大时，采用等分最长阶梯的分段车削方法来加工，如图 1 - 1 3 所示。这样便可以缩短刀具的纵向工作行程。但由于几把车刀加工同一阶梯，很难调整到各刀尖在一直线上；多把车刀也不容易调整得很精确；此外，在加工过程中，系统变形也不均匀，因此，多刀车削的加工精度通常达 4 级左右。此外，为了保证各阶梯的长度尺寸精度，通常采取浮动前顶针，以工件端面作轴向定位，用自紧卡盘夹紧。多刀车削的生产率很高，但调整费时，用于大批量的生产中。

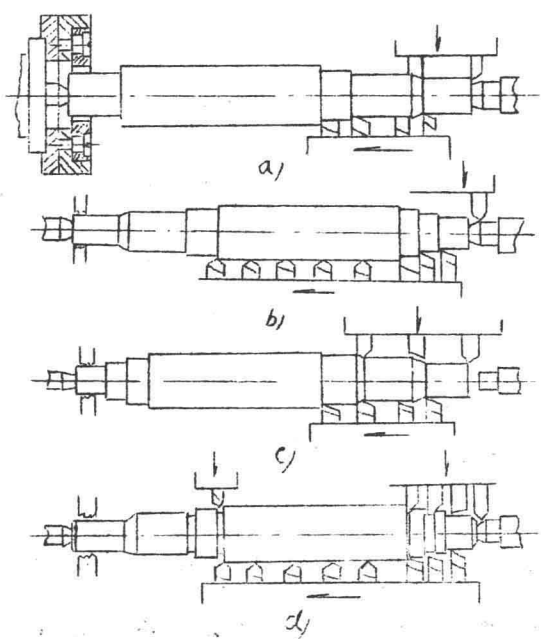


图 1 - 1 3 多刀车削阶梯轴