

机械制造技术基础

第六章 典型零件加工

Typical machining

第一节 轴类零件加工

第六章 典型零件加工

本章要点



轴类零件加工



套类零件加工



箱体类零件加工

教学目的：结合零件机械加工工艺规程制定的基本知识，通过对三种典型零件加工工艺过程的分析，进一步加强学生对所学有关知识的理解和掌握，使其能灵活地运用所学知识解决实际生产中的基本工艺问题。

教学重点：零件技术要求分析、主要表面加工方法的选择，粗、精基准的选择以及解决关键工艺问题的措施。

教学难点：根据零件的技术要求灵活地选择粗、精基准和确定加工工序的顺序。

第一节 轴类零件加工

一、概述

■ 轴类零件的功用与结构特点

轴类零件在机器中，主要用来支承传动零件、传递运动和转矩的。

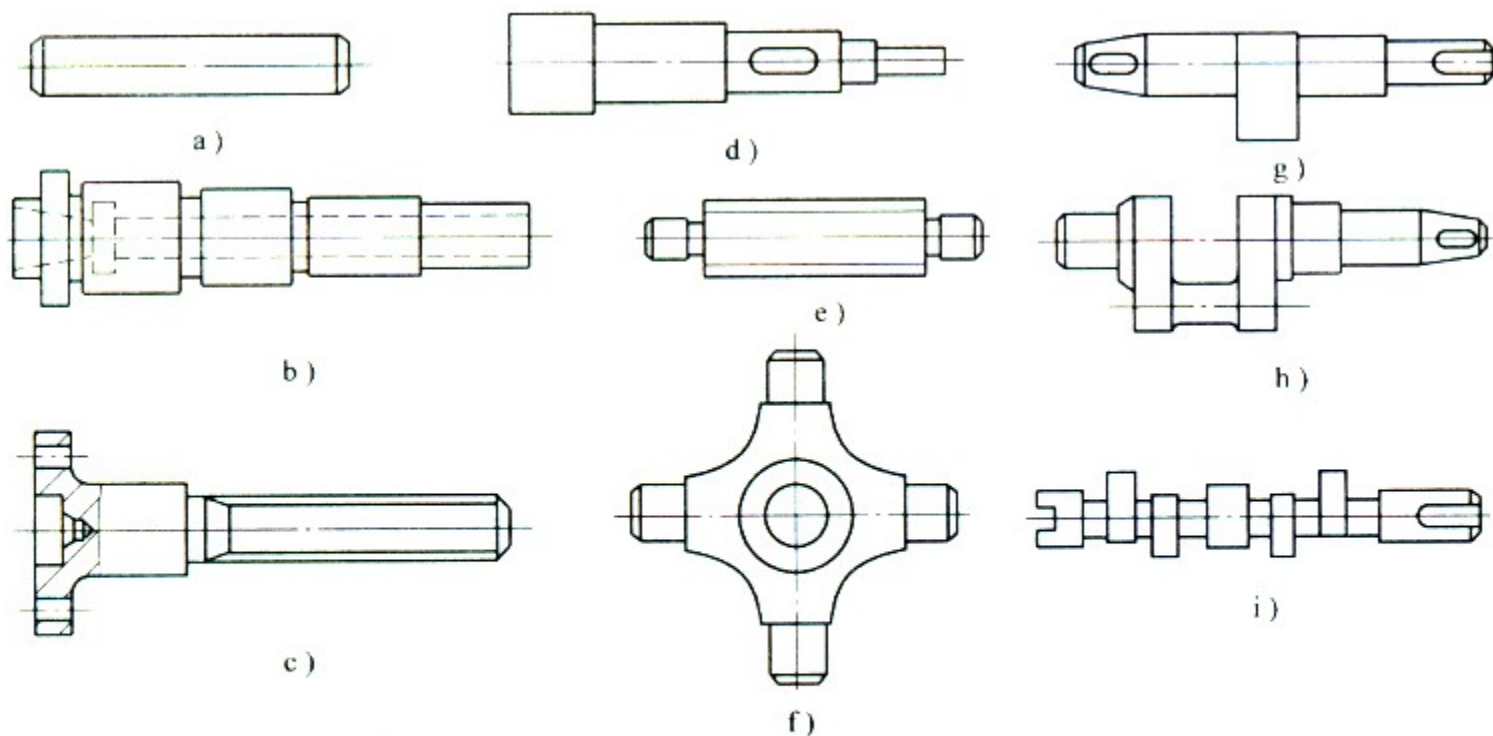


图 6-1 轴的种类

a) 光轴 b) 空心轴 c) 半轴 d) 阶梯轴 e) 花键轴
f) 十字轴 g) 偏心轴 h) 曲轴 i) 凸轮轴

第一节 轴类零件加工

■ 轴类零件的主要技术要求

□ 加工精度

➤ **尺寸精度** 指直径和长度的精度。其支承轴颈一般与轴承配合，是主要表面，公差等级为 IT5 ~ IT7 级。装配传动件的轴颈精度要求可稍低，为 IT6 ~ IT9。长度方向的尺寸一般只规定其基本尺寸。

➤ **形状精度** 指圆度、圆柱度。一般轴颈的形状精度应限制在尺寸公差范围内，对形状精度要求较高时，要在零件图上规定形状公差。

➤ **位置精度** 保证配合轴颈（装配传动件的轴颈）对于支承轴颈（装配轴承的轴颈）的同轴度或圆跳动量，是轴类零件的主要位置精度要求。其次是定位端面与轴线的垂直度有一定要求。

★ 配合轴颈对支承轴颈的径向圆跳动一般为 $0.01 \sim 0.03\text{mm}$ ，高精度轴，配合轴颈对支承轴颈的径向圆跳动一般为 $0.001 \sim 0.005\text{mm}$ 。

第一节 轴类零件加工

□ 表面粗糙度

一般支承轴颈的表面粗糙度 Ra 值为 $0.63 \sim 0.16\mu\text{m}$ ，配合轴颈的表面粗糙度 Ra 值为 $2.5 \sim 0.63\mu\text{m}$ 。

■ 轴类零件的材料和毛坯

□ 轴类零件的材料

➤ 一般轴类零件常用 45 钢，并根据工作条件不同采用不同的热处理工艺（如正火、调质、淬火等），以获得一定的强度和耐磨性。

➤ 对于中等精度、转速较高的轴类零件，可选用 40Cr 等合金结构钢。经调质和表面淬火处理后，具有较高的综合力学性能。精度较高的轴，还可采用轴承钢 GCr15 和弹簧钢 65Mn 等材料，通过调质和表面淬火处理后，具有更高的耐磨性和耐疲劳性能。

➤ 对高转速、重载的轴，选用 20CrMnTi、20Mn2B、20Cr 等低碳合金钢或 38CrMoAl 等渗氮钢。低合金钢经渗氮和调质后，有很高的心部强度、优良的耐磨性和耐疲劳性能，热处理变形小。

第一节 轴类零件加工

□轴类零件的毛坯

轴类零件常用的毛坯为圆棒料和锻件。某些大型或结构复杂的轴才采用铸件。毛坯经过加热锻造后，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。因此除了光轴、直径相差不大的阶梯轴使用热轧和冷拉的棒料外，一般比较重要的轴。大都采用锻件。

■轴类零件的一般加工工艺路线

➤一般渗碳钢的轴类零件加工工艺路线

备料→锻造→正火→钻中心孔→粗车→半精车、精车→渗碳(或碳氮共渗)→局部淬火、低温回火→粗磨→次要表面加工→精磨。

第一节 轴类零件加工

➤ 一般精度调质钢的轴类零件加工工艺路线

备料→锻造→正火(退火)→钻中心孔→粗车→调质→半精车、精车→局部淬火、回火→粗磨→次要表面加工→精磨。

➤ 精密渗氮钢的轴类零件加工工艺路线

备料→锻造→正火(退火)→钻中心孔→粗车→调质→半精车、精车→低温时效→粗磨→渗氮处理→次要表面加工→精磨→光整。

➤ 整体淬火轴类零件加工工艺路线

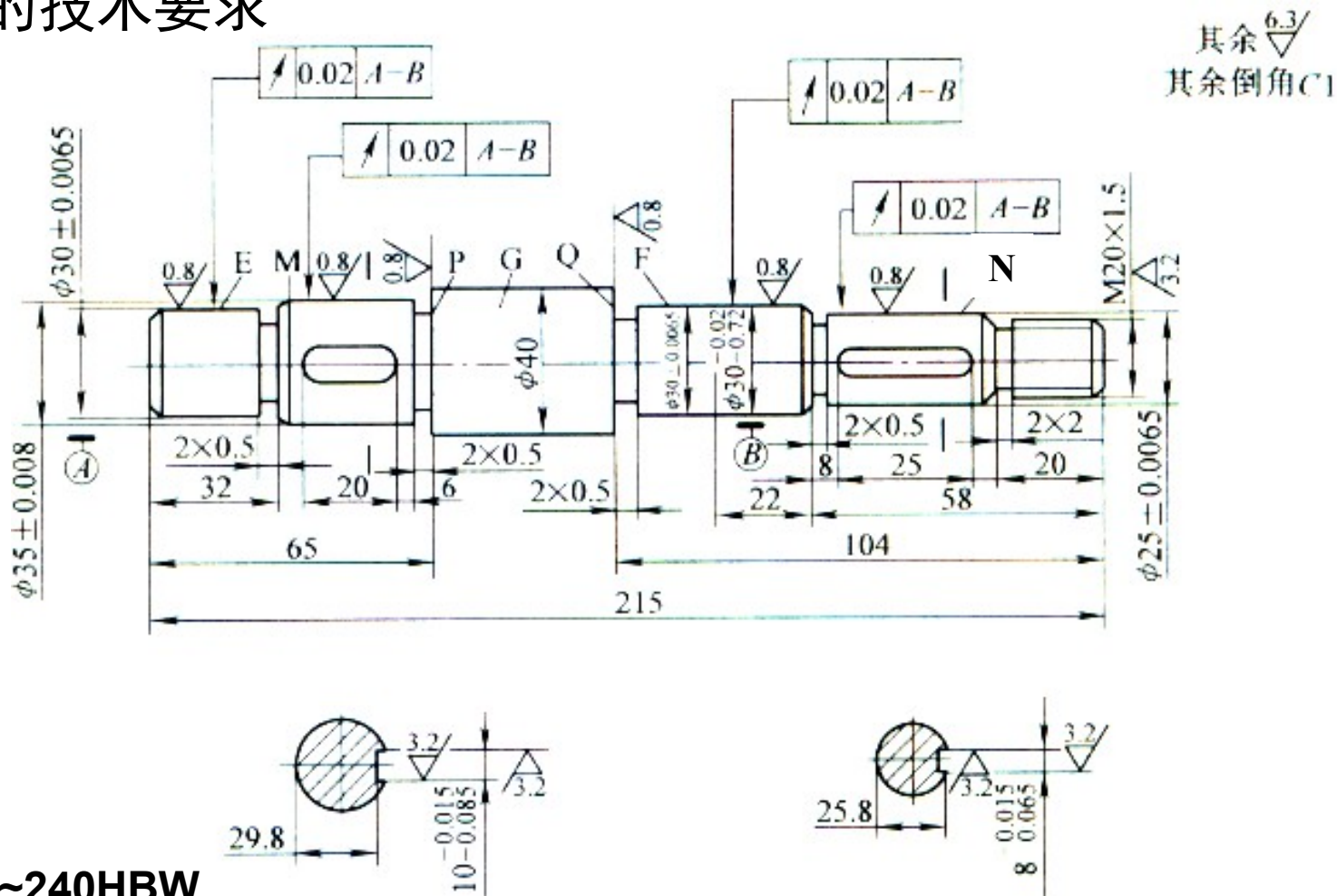
备料→锻造→正火(退火)→打顶尖孔→粗车→调质→半精车、精车→次要表面加工→整体淬火→粗磨→低温时效→精磨。

★ 注意 经淬火后的部位，不能用普通刀具切削，所以一些沟、槽、小孔等须在淬火前加工完成。

第一节 轴类零件加工

二、轴类零件加工工艺过程及其分析

□ 阶梯轴的技术要求



调质处理 220~240HBW

第一节 轴类零件加工

图 6-2 所示剖分式减速箱传动轴的主要技术要求：

- **尺寸精度** 传动轴的支承轴颈 E、F 是传动轴的装配基准，制造精度直接影响传动轴部件的旋转精度，有很高的技术要求，其尺寸精度为 IT6，配合轴颈 M、N 的尺寸精度也为 IT6。
- **形状精度** 轴颈的形状精度应限制在直径公差范围内，要求较高的应在工作图上标明，该轴形状公差均未注出。
- **位置精度** 配合轴颈对支承轴颈一般有径向圆跳动和同轴度要求，装配定位用的轴肩对支承轴颈一般有端面圆跳动或垂直度要求。该轴的径向圆跳动和端面圆跳动公差均为 0.02mm。
- **表面粗糙度** 轴颈的表面粗糙度应与尺寸公差相适应。该轴的轴颈和定位轴肩 Ra 值均为 $0.8\mu\text{m}$ ，键槽两侧面为 $3.2\mu\text{m}$ ，其余表面为 $6.3\mu\text{m}$ 。
- **热处理** 轴的热处理根据其材料和使用要求确定。对于传动轴，正火、调质和表面淬火较多。该轴要求调质处理。

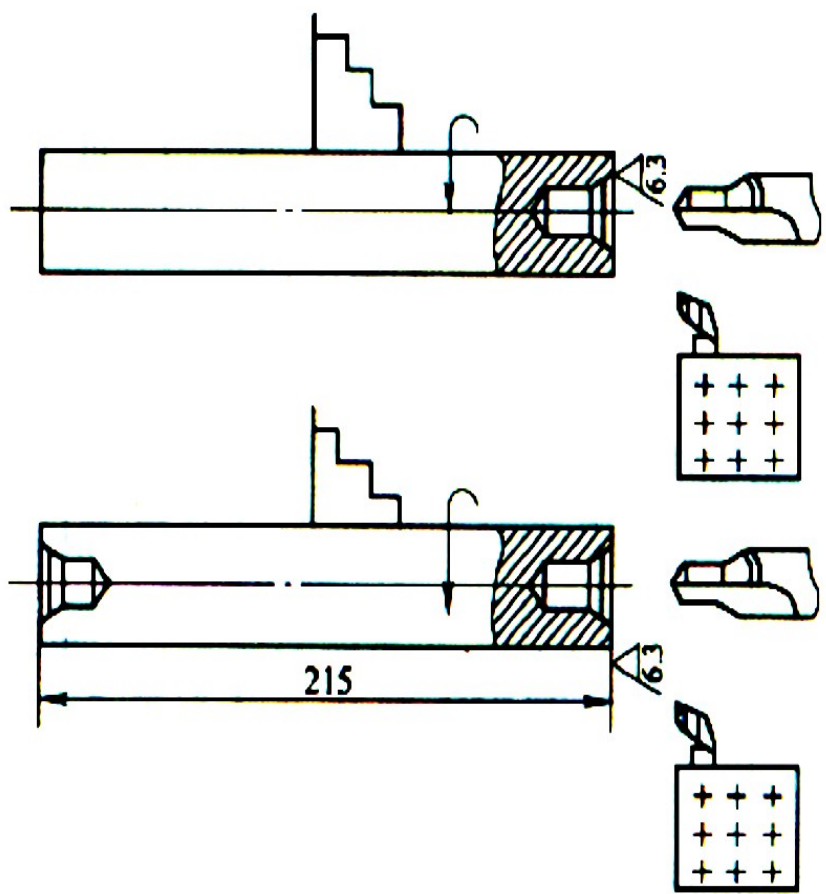
第一节 轴类零件加工

□ 阶梯轴加工工艺过程

- 毛坯的选择 该轴材料为 45 钢，各外圆直径相差不大，且小批量生产，毛坯可选热轧圆棒料。
 - 加工阶段的确定 该轴应先车削成形，对于精度较高，表面粗糙度 R_a 较小的外圆 E、F、M、N 和轴肩 P、Q，在车削后还应磨削。车削和磨削时以两端中心孔为精基准定位，中心孔在粗车前加工。其加工工艺过程有加工中心孔、粗车、半精车和磨削四个阶段。
 - 加工顺序的安排 要求不高的外圆在半精车时加工到规定尺寸。退刀槽，越程槽，倒角和螺纹在半精车时加工。键槽在半精车后进行划线和铣削。调质处理安排在粗车和半精车之间，调质后要修研中心孔，以消除热处理变形和氧化皮。在磨削前还应修研中心孔，进一步提高定位精基准的精度。
- ★ 传动轴加工工艺过程：下料→车两端面、钻中心孔→粗车各外圆→调质→修研中心孔→半精车各外圆、切槽、倒角→车螺纹→划键槽加工线→铣键槽→修研中心孔→磨削→检验。

第一节 轴类零件加工

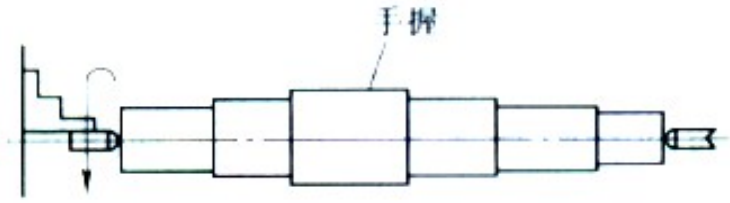
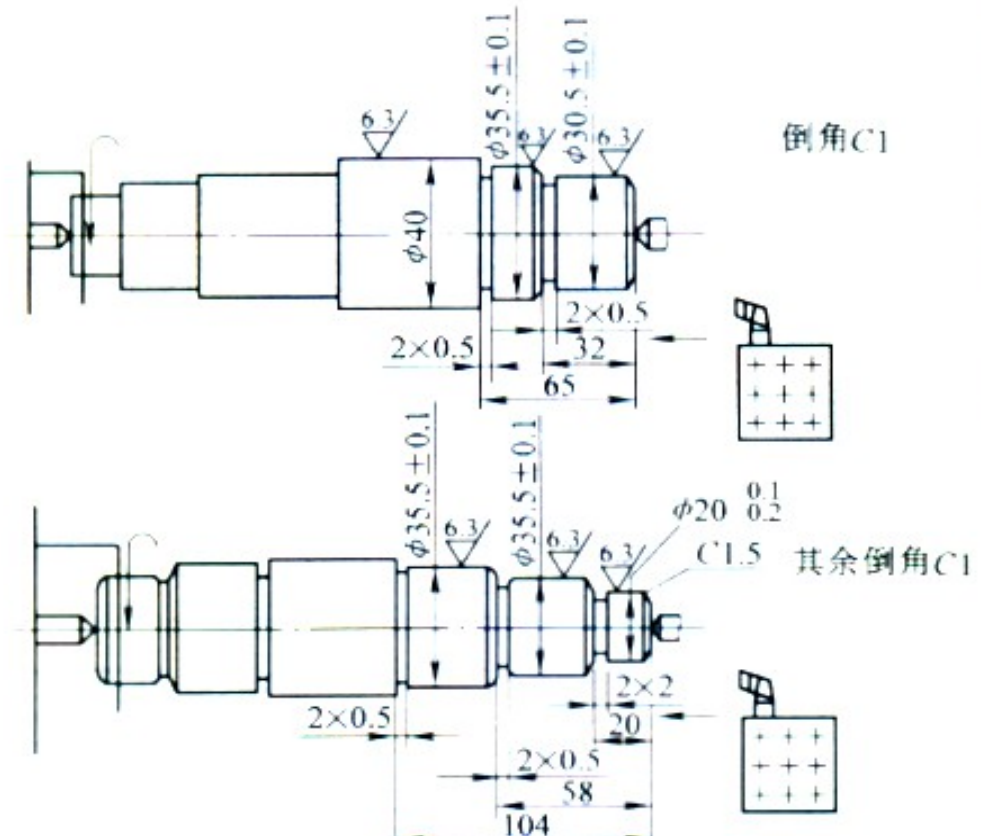
表 6-1 传动轴工艺过程卡

工序号	工种	工序内容	加工简图	设备
1	下料	$\phi 45 \times 220$		锯床
2	车	车端面见平，钻中心孔；调头，车另一端面，保证总长 215mm，钻中心孔		车床

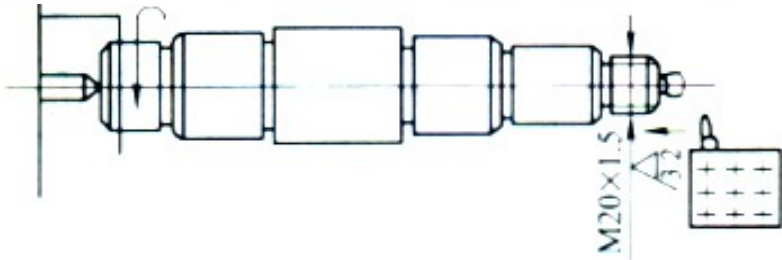
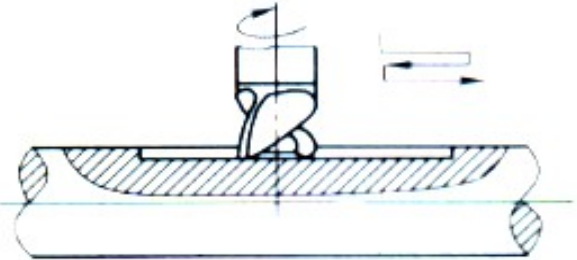
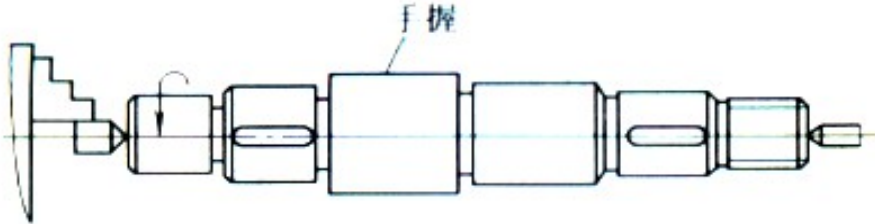
第一节 轴类零件加工

工序号	工种	工序内容	加工简图	设备
3	车	粗车三个台阶，直径上均留余量 3mm；调头，粗车另一端三个台阶直径上均留余量 3mm		车床
4	热	调质，220~240HBW		

第一节 轴类零件加工

工序号	工种	工序内容	加工简图	设备
5	(钳)	修研两端中心孔		车床
6	车	半精车三个台阶，$\phi 40\text{mm}$ 车到图样规定尺寸，其余直径上留余量 0.5mm；切槽 $2\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 两个，倒角 $C1$ 两个。调头，半精车余下的三个台阶，其中螺纹台阶车到 $\phi 20_{-0.1}^{0.1}\text{mm}$，其余直径上留余量 0.5mm；切槽 $2\text{mm} \times 0.5\text{mm}$ 两个，$2\text{mm} \times 2\text{mm}$ 一个；倒角 $C1$ 两个，$C1.5$ 一个。		车床

第一节 轴类零件加工

工序号	工种	工序内容	加工简图	设备
7	车	车螺纹 M20 × 1.5		车床
8	钳	划两个键槽加工线		
9	铣	铣两个键槽，平口钳装夹		立铣
10	(钳)	修研两端中心孔		车床

第一节 轴类零件加工

工 序 号	工 种	工 序 内 容	加 工 简 图	设 备
11	磨	磨外圆 E 、 M 到图样规定尺寸，靠磨轴肩 P ；调头，磨外圆 F 、 N 到图样规定尺寸，靠磨轴肩 Q	Technical drawing of a shaft with two views showing grinding operations. The top view shows grinding of diameters E and M against shoulder P. The bottom view shows grinding of diameters F and N against shoulder Q. Dimensions include diameters like $\phi 30$, $\phi 35$, $\phi 25$, and lengths like 80. Surface texture symbols (0.8) are present.	外圆磨床
12	检	检验	按图样技术要求项目检验	

第一节 轴类零件加工

□轴类零件加工工艺过程分析

➤ **合理选择定位基准** 轴类零件加工时的定位基准，最常用的是中心孔。因轴线是轴上各外圆表面和各结构的设计基准，以两中心孔定位，符合基准重合原则，且能在一次装夹中加工出多个表面，也符合基准统一原则。只要可能就应尽量采用中心孔作为轴类零件加工的定位基准。

当不能用中心定位时，或是粗加工时为了提高零件的刚度，可采用轴的外圆表面作为定位基准，或是以外圆表面和中心孔作为轴类零件加工的定位基准。

若是空心轴，为了能在通孔加工后继续使用顶尖定位，一般都采用带有中心孔的锥堵或锥堵心轴定位。

➤ **合理安排热处理工序** 在轴类零件加工过程中，应合理安排热处理工序，以保证轴类零件的力学性能及加工精度要求，并改善材料的切削加工性能。

第一节 轴类零件加工

➤ **划分加工阶段** 由于轴类零件常是多阶梯且带有孔的零件，在加工过程中要切除大量的余量，会引起应力重新分布而产生变形，应将轴类零件的加工过程按粗、精加工分开的原则划分阶段，并在加工阶段之间安排相应的热处理工序，使得粗加工和半精加工中产生的变形和误差在下阶段中予以消除和纠正。最好粗、精加工阶段间要间隔一些时间，让上道工序产生的内应力逐步消失。

➤ **合理安排工序顺序**

❖ 在安排工序顺序时，要与定位基准的选择相适应。轴类零件各表面的加工顺序，与定位基准的转换有关。因各阶段加工开始时总是先加工基准面，后加工其他面，这样有利于加工时有比较精确的定位基准面，以减小定位误差，保证加工质量。

❖ 安排加工顺序时，先粗后精，主要表面的精加工安排在最后

第一节 轴类零件加工

- ❖ 热处理工序安排要适当。为改善金属组织和加工性能而安排的热处理，如退火、正火等，一般应安排在机械加工之前；为提高零件的力学性能而安排的热处理，如调质，一般应安排在粗加工之后，精加工之前。为提高表面硬度而安排的淬火应在粗磨之前，渗氮安排在粗磨之后，精磨之前。
- ❖ 淬硬表面上的孔、槽等表面的加工等应在淬火之前完成，淬火后要安排修正工序；对非淬硬表面上的孔、槽等表面的加工尽可能往后安排，一般应放在外圆精车（或粗磨）之后，精磨前进行，可保证精车的连续切削，不产生振动，不易损坏。
- ❖ 轴类零件刚性较好时，先车小直径外圆表面并按顺序向大直径处加工，然后掉头车大端外圆，这样比较方便，生产效率。
- ❖ 刚性较差的轴类零件，则应先车大直径外圆后车小直径外圆，以避免轴类零件刚性过早地降低。

第一节 轴类零件加工

三、轴类零件加工中的关键工艺问题

❑ 锥堵或锥堵心轴的使用

空心轴类零件，一般采用锥堵或锥堵心轴的中心孔作为定位基准。当轴类零件锥孔锥度较小时，适于采用锥堵；当锥孔锥度较大时，应采用锥堵心轴。

★ 使用锥堵和锥堵心轴时应注意

：
➤ 一般不中途更换或重新安装，以避免多次更换或安装引起的误差。

➤ 用锥堵心轴时，两个锥堵和锥面要求同轴，否则螺母拧紧后会

使工件变形。
➤ 安装锥堵或锥堵心轴时，不能用力过大，尤其是对壁厚较薄的空心主轴，以免引起变形。使用塑料或尼龙制的心轴效果较好。

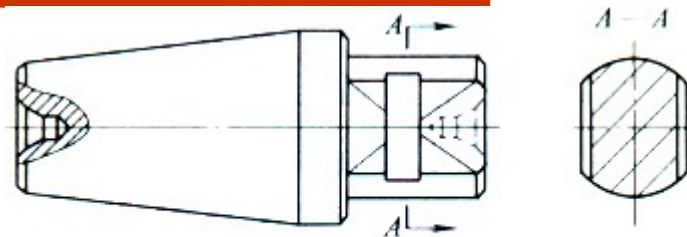


图 6-3 锥堵

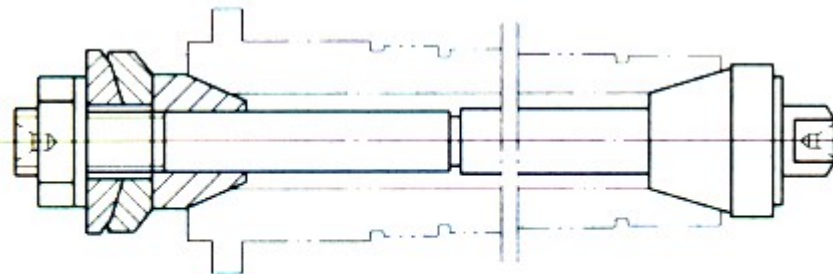


图 6-4 带有锥堵的拉杆心轴

第一节 轴类零件加工

□中心孔的研磨

➤两端中心孔 (或两端孔口 60° 倒角) 应尽可能做到两端中心孔轴线相互重合, 孔的锥角要准确, 它与顶尖的接触面积要大 (精磨工序要达到 75% 以上, 光整加工要求达到 80% 以上), 表面粗糙度要小, 否则装夹于两顶尖的轴在加工过程中将因接触刚度的变化而出现圆度误差。

➤中心孔在使用中的磨损及热处理后的变形都会影响加工质量。在热处理后, 磨削加工前, 应安排修研中心孔工序, 以消除误差。

➤修研方法

❖铸铁顶尖修研 用于修正尺寸较大或精度要求特别高的孔, 效率低, 一般不采用。

❖油石或橡胶顶尖修研

❖硬质合金顶尖修研 精度高, 表面粗糙度值小, 工具寿命较长, 修研效率比油石高, 一般轴类零件多采用。

❖中心孔磨床加研磨剂修研 成批生产, 精度和效率都高。

第一节 轴类零件加工

□ 深孔加工

零件孔的长径比 $L/D \geq 5$ 时，为深孔。

❖ 深孔加工应安排在调质以后及外圆表面粗车或半精车之后，既可以避免调质引起的变形对孔轴心线的直线度影响，又可以为深孔加工提供一个较精确的定位基准。

❖ 深孔加工中，应采用工件旋转，刀具送进的方式，以使工件的回转中心与机床主轴回转中心一致。

❖ 刀杆要有支承，刀头应有导向块，以保证孔轴心线的直线度。

❖ 刀具常采用分屑和断屑措施，切削区喷射法进行充分冷却，并使切屑顺利排出。