

轴锻件（机械部件）

轴锻件是穿在轴承中间或车轮中间或齿轮中间的圆柱形物件，但也有少部分是方型的。轴是支承转动零件并与之一起回转以传递运动、扭矩或弯矩的机械零件。一般为金属圆杆状，各段可以有不同的直径。机器中作回转运动的零件就装在轴上。

中文名 轴锻件

类 型 转轴，心轴，传动轴

材料使用

1、碳素钢

35、45、50 等优质碳素结构钢因具有较高的综合力学性能，应用较多，其中以 45 钢用得最为广泛。

为了改善其力学性能，应进行正火或调质处理。不重要或受力较小的轴，则可采用 Q235、Q275 等碳素结构钢。

2、合金钢

合金钢具有较高的力学性能，但价格较贵，多用于有特殊要求的轴。

例如采用滑动轴承的高速轴，常用 20Cr、20CrMnTi 等低碳合金结构钢，经渗碳淬火后可提高轴颈耐磨性；

汽轮发电机转子轴在高温、高速和重载条件下工作，必须具有良好的高温力学性能，常采用 40CrNi、38CrMoAlA 等合金结构钢。

轴的毛坯以锻件优先、其次是圆钢；

尺寸较大或结构复杂者可考虑铸钢或球墨铸铁。

例如，用球墨铸铁制造曲轴、凸轮轴，具有成本低廉、吸振性较好，对应力集中的敏感性较低、强度较好等优点。

轴的力学模型是梁、多数要转动，因此其应力通常是对称循环。

其可能的失效形式有：疲劳断裂、过载断裂、弹性变形过大等。

轴上通常要安装一些带轮毂的零件，因此大多数轴应作成阶梯轴，切削加工量大。

结构分类

结构设计

轴的结构设计是确定轴的合理外形和全部结构尺寸，为轴设计的重要步骤。它由轴上安装零件类型、尺寸及其位置、零件的固定方式，载荷的性质、方向、大小及分布情况，轴承的类型与尺寸，轴的毛坯、制造和装配工艺、安装及运输，对轴的变形等因素有关。设计者可根据轴的具体要求进行设计，必要时可做几个方案进行比较，以便选出最佳设计方案，以下是一般轴结构设计原则：

- 1、节约材料，减轻重量，尽量采用等强度外形尺寸或大的截面系数的截面形状；
- 2、易于轴上零件精确定位、稳固、装配、拆卸和调整；
- 3、采用各种减少应力集中和提高强度的结构措施；
- 4、便于加工制造和保证精度。

轴的分类

常见的轴根据轴的结构形状可分为曲轴、直轴、软轴、实心轴、空心轴、刚性轴、挠性轴（软轴）。

直轴又可分为：①转轴，工作时既承受弯矩又承受扭矩，是机械中最常见的轴，如各种减速器中的轴等。②心轴，用来支承转动零件只承受弯矩而不传递扭矩，有些心轴转动，如铁路车辆的轴等，有些心轴则不转动，如支承滑轮的轴等。③传动轴，主要用来传递扭矩而不承受弯矩，如起重机移动机构中的长光轴、汽车的驱动轴等。轴的材料主要采用碳素钢或合金钢，也可采用球墨铸铁或合金铸铁等。轴的工作能力一般取决于强度和刚度，转速高时还取决于振动稳定性。

用途应用

扭转刚度

轴的扭转刚度校核是计算的轴的工作时扭转变形量，是用每米轴长的扭角 度量。轴的扭转变形要影响机器的性能和工作精度，如内燃机凸轮轴的扭转角过大，

会影响气门的正确启闭时间；龙门式起重机运动机构传动轴的扭转角会影响驱动轮的同步性；对有发生扭转振动危险的轴以及操纵系统中的轴，都需要有较大的扭转刚度。

技术要求

1、加工精度

1) 尺寸精度 轴类零件的尺寸精度主要指轴的直径尺寸精度和轴长尺寸精度。按使用要求，主要轴颈直径尺寸精度通常为 IT6-IT9 级，精密的轴颈也可达 IT5 级。轴长尺寸通常规定为公称尺寸，对于阶梯轴的各台阶长度按使用要求可相应给定公差。

2) 几何精度 轴类零件一般是用两个轴颈支撑在轴承上，这两个轴颈称为支撑轴颈，也是轴的装配基准。除了尺寸精度外，一般还对支撑轴颈的几何精度（圆度、圆柱度）提出要求。对于一般精度的轴颈，几何形状误差应限制在直径公差范围内，要求高时，应在零件图样上另行规定其允许的公差值。

3) 相互位置精度 轴类零件中的配合轴颈（装配传动件的轴颈）相对于支撑轴颈间的同轴度是其相互位置精度的普遍要求。通常普通精度的轴，配合精度对支撑轴颈的径向圆跳动一般为 0.01-0.03mm，高精度轴为 0.001-0.005mm。

此外，相互位置精度还有内外圆柱面的同轴度，轴向定位端面与轴心线的垂直度要求等。

2、表面粗糙度

根据机械的精密程度，运转速度的高低，轴类零件表面粗糙度要求也不相同。一般情况下，支撑轴颈的表面粗糙度 R_a 值为 0.63-0.16 μm ；配合轴颈的表面粗糙度 R_a 值为 2.5-0.63 μm

加工工艺

1、轴类零件的材料

轴类零件材料的选取，主要根据轴的强度、刚度、耐磨性以及制造工艺性而决定，力求经济合理。

常用的轴类零件材料有 35、45、50 优质碳素钢，以 45 钢应用最为广泛。对于受载荷较小或不太重要的轴也可用 Q235、Q255 等普通碳素钢。对于受力较大，轴向尺寸、重量受限制或者某些有特殊要求的可采用合金钢。如 40Cr 合金钢可用于中等精度，转速较高的工作场合，该材料经调质处理后具有较好的综合力学

性能；选用 Cr15、65Mn 等合金钢可用于精度较高，工作条件较差的情况，这些材料经调质和表面淬火后其耐磨性、耐疲劳强度性能都较好；若是在高速、重载条件下工作的轴类零件，选用 20Cr、20CrMnTi、20Mn2B 等低碳钢或 38CrMoAlA 渗碳钢，这些钢经渗碳淬火或渗氮处理后，不仅有很高的表面硬度，而且其心部强度也大大提高，因此具有良好的耐磨性、抗冲击韧性和耐疲劳强度的性能。

球墨铸铁、高强度铸铁由于铸造性能好，且具有减振性能，常在制造外形结构复杂的轴中采用。特别是我国研制的稀土—镁球墨铸铁，抗冲击韧性好，同时还具有减摩、吸振，对应力集中敏感性小等优点，已被应用于制造汽车、拖拉机、机床上的重要轴类零件。

2、轴类零件的毛坯

轴类零件的毛坯常见的有型材（圆棒料）和锻件。大型的，外形结构复杂的轴也可采用铸件。内燃机中的曲轴一般均采用铸件毛坯。

型材毛坯分热轧或冷拉棒料，均适合于光滑轴或直径相差不大的阶梯轴。

锻件毛坯经加热锻打后，金属内部纤维组织沿表面分布，因而有较高的抗拉、抗弯及抗扭转强度，一般用于重要的轴。

加工方法

1、外圆表面的加工方法及加工精度

轴类、套类和盘类零件是具有外圆表面的典型零件。外圆表面常用的机械加工方法有车削、磨削和各种光整加工方法。车削加工是外圆表面最经济有效的加工方法，但就其经济精度来说，一般适于作为外圆表面粗加工和半精加工方法；磨削加工是外圆表面主要精加工方法，特别适用于各种高硬度和淬火后的零件精加工；光整加工是精加工后进行的超精密加工方法（如滚压、抛光、研磨等），适用于某些精度和表面质量要求很高的零件。

由于各种加工方法所能达到的经济加工精度、表面粗糙度、生产率和生产成本各不相同，因此必须根据具体情况，选用合理的加工方法，从而加工出满足零件图纸上要求的合格零件。

序号	加工方法	经济精度	（公差等级）	经济粗糙度	Ra 值/ μ m	适用范围
----	------	------	--------	-------	---------------	------

1	粗车	IT13-IT11	50-12.5	适用于淬火钢以外的各种金属
---	----	-----------	---------	---------------

2	粗车 -半精车	IT10-IT8	6.3-3.2
---	---------	----------	---------

3	粗车 -半精车-精车	IT8-IT7	1.6-0.8
---	------------	---------	---------

- 4 粗车 -半精车-精车-滚压 IT8-IT7 0.2-0.025
- 5 粗车 -半精车-磨削 IT8-IT7 0.8-0.4 主要用于淬火钢，也可用于未淬火钢，但不适用于有色金属
- 6 粗车 -半精车-粗磨-精磨 IT7-IT6 0.4-0.1
- 7 粗车 -半精车-粗磨-精磨-超精加工（或轮式超精磨） IT5 0.1-0.012
（或 Rz 0.1）
- 8 粗车 -半精车-精车-精细车（金刚车） IT7-IT6 0.4-0.025 主要用于要求较高的有色金属
- 9 粗车 -半精车-粗磨-精磨-超精磨（或镜面磨） IT5 以上 0.025-0.006
（或 Rz 0.1） 极高精度的外圆加工
- 10 粗车 -半精车-粗磨-精磨-研磨 IT5 以上 • 012 （或 Rz 0.1）

2、外圆表面的车削加工

(1)外圆车削的形式

轴类零件外圆表面的主要加工方法是车削加工。主要的加工形式有：

荒车 自由锻件和大型铸件的毛坯，加工余量很大，为了减少毛坯外圆形状误差和位置偏差，使后续工序加工余量均匀，以去除外表面的氧化皮为主的外圆加工，一般切除余量为单面 1-3mm。

粗车

中小型锻、铸件毛坯一般直接进行粗车。粗车主要切去毛坯大部分余量（一般车出阶梯轮廓），在工艺系统刚度容许的情况下，应选用较大的切削用量以提高生产效率。

半精车

一般作为中等精度表面的最终加工工序，也可作为磨削和其它加工工序的预加工。对于精度较高的毛坯，可不经粗车，直接半精车。

精车

外圆表面加工的最终加工工序和光整加工前的预加工。

精细车

高精度、细粗糙度表面的最终加工工序。适用于有色金属零件的外圆表面加工，但由于有色金属不宜磨削，所以可采用精细车代替磨削加工。

但是，精细车要求机床精度高，刚性好，传动平稳，能微量进给，无爬行现象。车削中采用金刚石或硬质合金刀具，刀具主偏角选大些（ 45° — 90° ），刀具的刀尖圆弧半径小于0.1-1.0mm。以减少工艺系统中弹性变形及振动。

(2) 车削方法的应用

1) 普通车削 适用于各种批量的轴类零件外圆加工，应用十分广泛。单件小批量常采用卧室车床完成车削加工；中批、大批生产则采用自动、半自动车床和专用车床完成车削加工。

2) 数控车削 适用于单件小批和中批生产。应用愈来愈普遍，其主要优点为柔性好，更换加工零件时设备调整和准备时间短；加工时辅助时间少，可通过优化切削参数和适应控制等提高效率；加工质量好，专用工夹具少，相应生产准备成本低；机床操作技术要求低，不受操作工人的技能、视觉、精神、体力等因素的影响。对于轴类零件，具有以下特征适宜选用数控车削。

结构或形状复杂，普通加工操作难度大，工时长，加工效率低的零件。

加工精度一致性要求较高的零件。

切削条件多变的零件，如零件由于形状特点需要切槽，车孔，车螺纹等，加工中要多次改变切削用量。

批量不大，但每批品种多变并有一定复杂程度的零件。

对带有键槽，径向孔（含螺钉孔）、端面有分布的孔（含螺钉孔）系的轴类零件，如带法兰的轴，带键槽或方头的轴，还可以在车削加工中心上加工，除了能进行普通数控车削外，零件上的各种槽、孔（含螺钉孔）、面等加工表面也可一并能加工完毕。工序高度集中，其加工效率较普通数控车削更高，加工精度也更为稳定可靠。

(3) 外圆表面的磨削加工

用磨具以较高的线速度对工件表面进行加工的方法称为磨削。磨削加工是一种多刀多刃的高速切削方法，它使用于零件精加工和硬表面的加工。

磨削的工艺范围很广，可以划分为粗磨、精磨、细磨及镜面磨。

磨削加工采用的磨具（或磨料）具有颗粒小，硬度高，耐热性好等特点，因此可以加工较硬的金属材料和非金属材料，如淬硬钢、硬质合金刀具、陶瓷等；加工过程中同时参与切削运动的颗粒多，能切除极薄极细的切屑，因而加工精度高，表面粗糙度值小。磨削加工作为一种精加工方法，在生产中得到广泛的应用。由于强力磨削的发展，也可直接将毛坯磨削到所需要的尺寸和精度，从而获得了较高的生产率。

工艺分析

1、轴类零件加工的工艺路线

1) 基本加工路线

外圆加工的方法很多，基本加工路线可归纳为四条。

① 粗车—半精车—精车

对于一般常用材料，这是外圆表面加工采用的最主要的工艺路线。

② 粗车—半精车—粗磨—精磨

对于黑色金属材料，精度要求高和表面粗糙度值要求较小、零件需要淬硬时，其后续工序只能用磨削而采用的加工路线。

③ 粗车—半精车—精车—金刚石车

对于有色金属，用磨削加工通常不易得到所要求的表面粗糙度，因为有色金属一般比较软，容易堵塞沙粒间的空隙，因此其最终工序多用精车和金刚石车。

④ 粗车—半精—粗磨—精磨—光整加工

对于黑色金属材料的淬硬零件，精度要求高和表面粗糙度值要求很小，常用此加工路线。

2) 典型加工工艺路线

轴类零件的主要加工表面是外圆表面，也还有常见的特特形表面，因此针对各种精度等级和表面粗糙度要求，按经济精度选择加工方法。

对普通精度的轴类零件加工，其典型的工艺路线如下：

毛坯及其热处理—预加工—车削外圆—铣键槽—（花键槽、沟槽）—热处理—磨削—终检。

(1) 轴类零件的预加工

轴类零件的预加工是指加工的准备工序，即车削外圆之前的工艺。

校直 毛坯在制造、运输和保管过程中，常会发生弯曲变形，为保证加工余量的均匀及装夹可靠，一般冷态下在各种压力机或校直机上进行校直，

(2) 轴类零件加工的定位基准和装夹

1) 以工件的中心孔定位 在轴的加工中，零件各外圆表面，锥孔、螺纹表面的同轴度，端面对旋转轴线的垂直度是其相互位置精度的主要项目，这些表面的设计基准一般都是轴的中心线，若用两中心孔定位，符合基准重合的原则。中心孔不仅是车削时的定为基准，也是其它加工工序的定位基准和检验基准，又符合基准统一原则。当采用两中心孔定位时，还能够最大限度地在这次装夹中加工出多个外圆和端面。

2) 以外圆和中心孔作为定位基准（一夹一顶） 用两中心孔定位虽然定心精度高，但刚性差，尤其是加工较重的工件时不够稳固，切削用量也不能太大。粗加

工时，为了提高零件的刚度，可采用轴的外圆表面和一中心孔作为定位基准来加工。这种定位方法能承受较大的切削力矩，是轴类零件最常见的一种定位方法。

3) 以两外圆表面作为定位基准 在加工空心轴的内孔时，（例如：机床上莫氏锥度的内孔加工），不能采用中心孔作为定位基准，可用轴的两外圆表面作为定位基准。当工件是机床主轴时，常以两支撑轴颈（装配基准）为定位基准，可保证锥孔相对支撑轴颈的同轴度要求，消除基准不重合而引起的误差。

4) 以带有中心孔的锥堵作为定位基准 在加工空心轴的外圆表面时，往往还采用代中心孔的锥堵或锥套心轴作为定位基准，见图 9 所示。

锥堵或锥套心轴应具有较高的精度，锥堵和锥套心轴上的中心孔即是其本身制造的定位基准，又是空心轴外圆精加工的基准。因此必须保证锥堵或锥套心轴上锥面与中心孔有较高的同轴度。在装夹中应尽量减少锥堵的安装此书，减少重复安装误差。实际生产中，锥堵安装后，中途加工一般不得拆下和更换，直至加工完毕。

注意问题

磨损原因

轴类磨损是轴使用过程中最为常见的设备问题。轴类出现磨损的原因有很多，但是最主要的原因就是用来制造轴的金属特性决定的，金属虽然硬度高，但是退让性差（变形后无法复原），抗冲击性能较差，抗疲劳性能差，因此容易造成粘着磨损、磨料磨损、疲劳磨损、微动磨损等，大部分的轴类磨损不易察觉，只有出现机器高温、跳动幅度大、异响等情况时，才会引起人们的察觉，但是到人们发觉时，大部分轴都已磨损，从而造成机器停机。

针对技术

大型设备轴头磨损后的修复是一个值得关注的问题。当轴的材质为 45 号钢（调质处理）时，如果仅采用堆焊处理，则会产生焊接内应力，在重载荷或高速运转的情况下，可能在轴肩处出现裂纹乃至断裂的现象。如果采用去应力退火，则难于操作，且加工周期长，检修费用高。当轴的材质为 HT200 时，采用铸铁焊也不理想。

国内针对轴类磨损一般采用的是补焊、裹轴套、打麻点等，如果停机时间短又有备件，一般会采用更换新轴，一些维修技术较高的企业会采用电刷镀、激光焊、微弧焊甚至冷焊等，这些维修技术需要采购高昂的设备和高薪聘请技术工人，国内一些中小企业一般通过技术较高外协来帮助修复高价值轴，只不过要支付高昂的维修费用和运输费用。

修复技术

对于以上修复技术，在欧美日韩企业已不太常见，因为传统技术效果差，而激光焊、微弧焊等高级修复技术对设备和人员要求高，费用支出大，欧美日韩一般采用的是福世蓝高分子复合材料技术和纳米技术，现场操作，不仅有效提升了维修效率，更是大大降低了维修费用和维修强度。

因金属材质为“常量关系”，虽然强度较高，但抗冲击性以及退让性较差，所以长期的运行必造成配合间隙不断增大造成轴磨损，意识到这种关键原因后，欧美新技术研究机构研制的高分子复合材料即具有金属所要求的强度和硬度，又具有金属所不具备的退让性（变量关系），通过“模具修复”、“部件对应关系”、“机械加工”等工艺，可以最大限度确保修复部位和配合部件的尺寸配合；同时，利用复合材料本身所具有的抗压、抗弯曲、延展率等综合优势，可以有效地吸收外力的冲击，极大化解和抵消轴承对轴的径向冲击力，并避免了间隙出现的可能性，也就避免了设备因间隙增大而造成相对运动的磨损，所以针对轴与轴承的静配合，复合材料不是靠“硬度”来解决设备磨损的，而是靠改变力的关系来满足设备的运行要求。

联轴器

通常轴不能单独运转，要使轴能够正常运转就必须使用联轴器。

基本概念

联轴器属于机械通用零部件范畴，用来联接不同机构中的两根轴

（主动轴和从动轴）使之共同旋转以传递扭矩的机械零件。在高速重载的动力传动中，有些联轴器还有缓冲、减振和提高轴系动态性能的作用。联轴器由两半部分组成，分别与主动轴和从动轴联接。一般动力机大都借助于联轴器与工作机相联接，是机械产品轴系传动最常用的联接部件。20世纪后期国内外联轴器产品发展很快，在产品的设计时如何从品种甚多、性能各异的各种联轴器中选用能满足机器要求的联轴器，对多数设计人员来讲，始终是一个困扰的问题。常用联轴器有膜片联轴器，鼓形齿式联轴器，万向联轴器，安全联轴器，弹性联轴器及蛇形弹簧联轴器。

主要用途

联轴器的用途很广泛，一般情况下只要有电机或减速机就要用联轴器，大型联轴器在冶金机械上用的比较多。

不同的联轴器有不同的作用，综合各种联轴器的作用如下：

- 一、是把原动机和工作机械的轴联接起来并传递扭矩。
- 二、是可以适当补偿两根轴因制造、安装等因素造成的径向轴向和角向误差。
- 三、安全联轴器当发生过载时，联轴器打滑或销子断开以保护工作机械。

四、弹性联轴器还有缓冲、减振和提高轴系动态性能的作用

更多锻件百科知识请关注中国锻件网 www.duanzaochina.com

