

第二章 机械零件构型分析基础知识

组合体是从几何分析的观点出发,分析其形状(即形体分析),绘制其视图,标注其尺寸。而零件则需要根据其在机器中的功能、工艺要求,并考虑经济、美观等因素确定出零件的结构形状和尺寸(即构型分析),绘制其视图,标注其尺寸。形体分析和构型分析有联系,但决不能混同。它们的区别主要是零件的结构形状不能脱离零件在机器中的功能,以及制造的可能与方便,不能单纯从几何角度去构型,必须了解零件的结构与其制造、装配、使用等之间的关系。因此从图样的完整性和正确性出发,结合本章学习一些有关机械及其设计的常识,学会运用构型分析是非常必要的。

第一节 机械零件的合理构型

一、零、部件的基本概念

从制造的角度来看,任何机器都是由零件装配而成,比较复杂的机器常常是由零件和机构组成部件,再由部件和零件组成机器。

1. 零件

机器中每一个单独加工的单元体称为零件。

2. 部件

按功能划分的装配单元称为部件,每个部件中包含若干零件,各零件间有确定的相对位置,可能实现某种相对运动(机构),也可能相对静止(构件),它们为完成同一功能而协同工作。有少数零件在装配机器时,不参加任何部件而单独作为一个装配单元与其他部件一起直接装配在机器上。因此,机器由若干部件和零件组成,部件由零件组成。

二、零件的合理构型

尽管零件的设计方法有区别,零件的形状也是各式各样,但构成零件形状的主要因素总是与零件的设计要求、加工方法、装配关系及使用和维护密切相关。也就是说,零件的构型不能脱离零件在机器中的地位和作用,不能单纯从几何角度去构型。必须了解零件的形状与其加工过程、加工方法有何关系,零件之间通常有哪些装配关系等。在零件设计的实际过程中,除了考虑上述问题外,还应考虑强度、刚度和经济性问题。由于在学习本书时,还未学习与设计计算、校核计算有关的课程,所以本书主要讨论如何根据零件的功能合理构型。我们把确定零件的合理形状称为零件的合理构型,简称构型。所谓合理形状,是指在满足设计性能要求的前提下,尽可能使零件的形状简单、便于制造、结构紧凑、重量轻、成本低等。

1. 零件的构型原则

(1) 零件的形状、大小必须满足性能要求,即所设计的零件能在机器正常运转中,发挥它预期的作用。

(2) 组成零件的各基本体应尽可能简单, 一般采用常见的回转体(圆柱、圆锥、球、圆环)和各种平面立体, 尽量不采用不规则曲面。

(3) 构成零件的各基本体间应互相协调, 使零件结构紧凑, 便于制造, 造型美观。

2. 零件的构型规律

任何零件都不是孤立存在的, 它必须与其他零件组合成机器或机构, 完成一定的工作任务。因此零件间必须有连接、定位、协调、配合等要求。根据对大量零件进行构型分析的结果表明, 尽管零件的形状各式各样, 但大体上总可以把它们分成三大组成部分, 即“工作部分”“安装部分”和“连接部分”。为了使零件满足一定的功能要求, 零件必须要有“工作部分”; 为了与其他零件连接、装配, 还必须要有“安装部分”; “工作部分”和“安装部分”又通过“连接部分”连成一体。

如图 2-1 所示是一个齿轮油泵的泵体, 其中空腔部分用于容纳齿轮及支承齿轮轴, 可看成是“工作部分”; 泵体左侧的凸缘及其上面的螺纹孔, 实现泵体与泵盖的连接, 泵体下部的底板实现泵体与基座的连接, 所以是泵体的“安装部分”; 将“工作部分”与“安装部分”连接起来的部分可看成是“连接部分”。

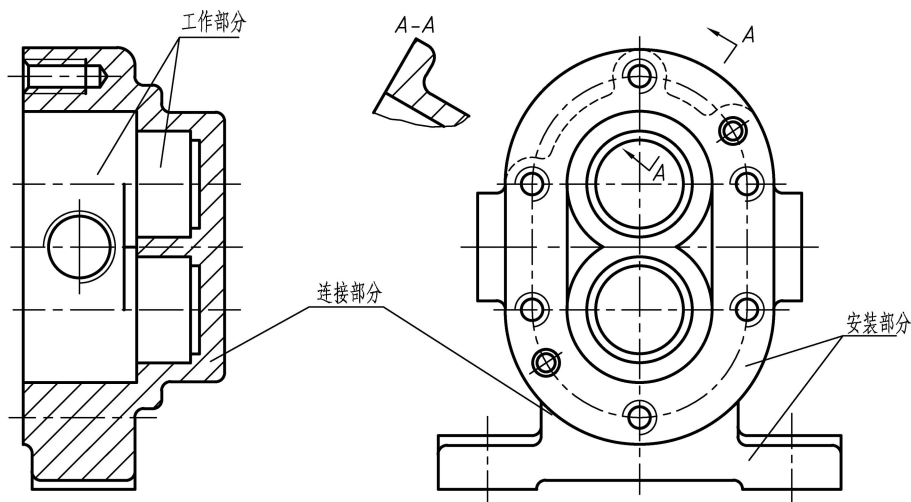


图 2-1 齿轮油泵泵体的构形分析

图 2-2 是两个支架类零件, 它们也是由“工作部分”“安装部分”和“连接部分”三部分组成。

再例如轮盘类零件中的齿轮, 其轮齿部分可看成是“工作部分”; 带有轴孔和键槽的轮毂是“安装部分”; 而轮辐(或幅板)则是“连接部分”。与其类似的皮带轮、链轮等各种轮盘类零件的总体构型思路是相同的, 仅仅是“工作部分”有所变化。依此类推, 轴类零件, 其安装传动或操纵零件(如齿轮、手柄等)的部分可看作是“工作部分”, 通常这一部分的轴上带有键槽、平面等。支承在轴承上的部分是“安装部分”, 其余可看作是连接部分(图 2-3(a))。

但并不是所有的零件都具备上述三个部分, 有时由于工作条件或空间的限制, 零件中的这三个组成部分中会有一个或两个发生变形或退化(主要是连接部分), 致使其特征不太明显, 但其构型规律仍然不变。如图 2-4 所示的盖类零件, 其“工作部分”就是零件的内腔, 零件上

的凸缘、凸台、平面是“安装部分”，其外部形状起到连接“工作部分”和“安装部分”的作用，可看作是“连接部分”。又如图 2-3 (b) 所示的套筒零件，只有“工作部分”和“连接部分”，其“安装部分”退化为台肩右侧的定位表面。有时若零件本身比较复杂，可能会有几个“工作部分”等。一般情况下，“工作部分”“安装部分”“连接部分”这三部分是机械零件共有的形体特征，是具有普遍意义的零件构型规律。

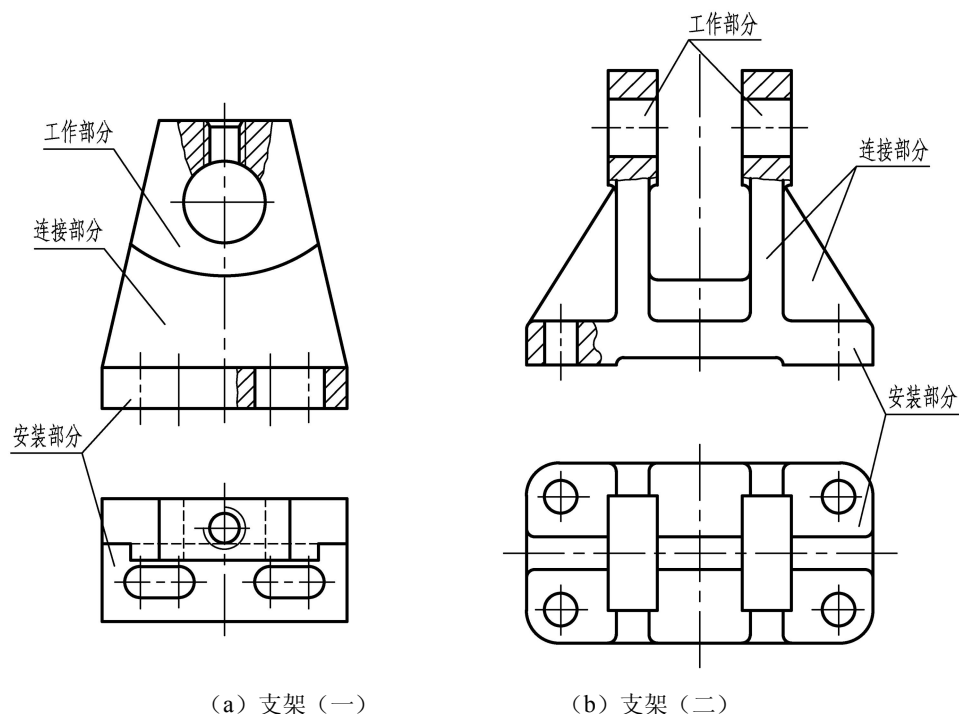


图 2-2 支架类零件的构型分析

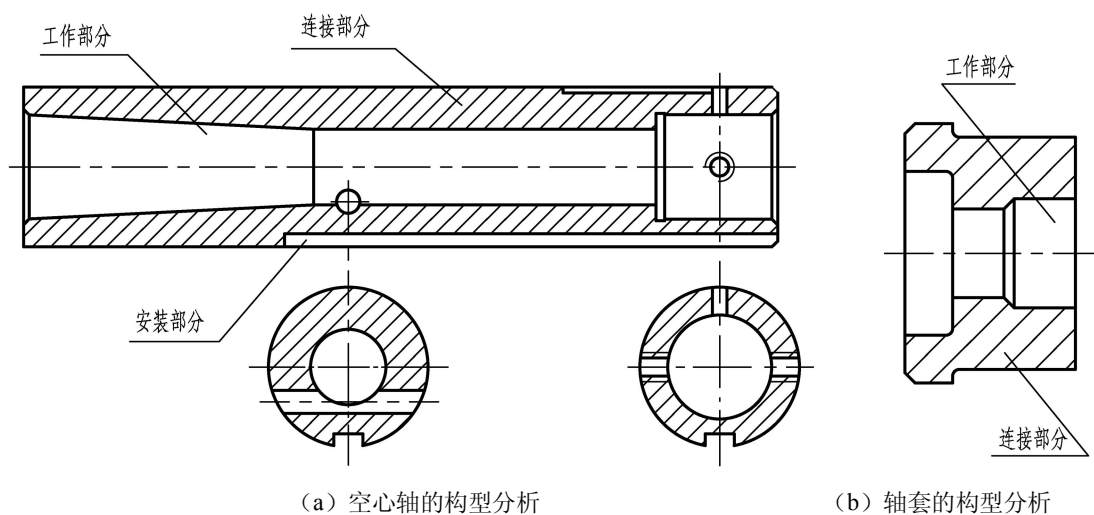


图 2-3 轴套类零件的构型分析

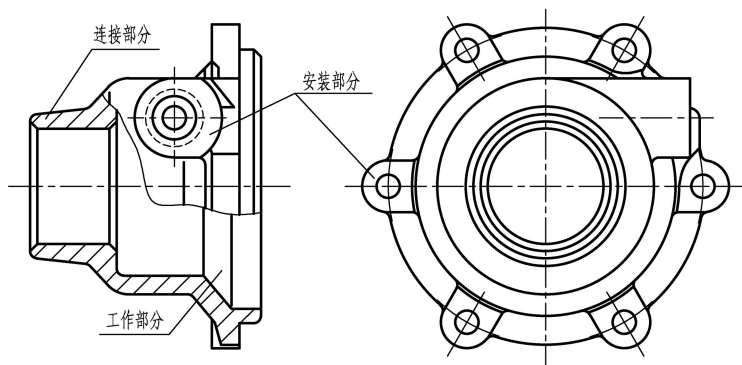


图 2-4 阀盖的构型分析

总之，零件的形状各种各样，构型的情况也是各种各样的，尽管如此，按照零件的构型规律，总是可对任何零件的组成进行分析。这一点很重要，它能使我们把握住哪怕是一个很复杂的零件的构型特征和过程，而不致于在设计零件时束手无策。这正是合理构型及构型分析观点给零件的形状、结构设计带来的好处。

第二节 与零件构型分析有关的问题

一、零件的工艺结构

零件的构型除需要满足上述功能设计要求外，其结构形状还应满足加工、测量、装配等制造过程所提出的一系列工艺要求，使零件具有良好的结构工艺性。

1. 毛坯制造的工艺结构

制造毛坯主要有铸造、锻造、焊接三种方法，机械工程中大多数零件的毛坯是通过铸造获得的。对于铸造毛坯设计时应考虑：

(1) 拔模斜度——在铸造时，为了便于将木模从砂型中取出，在铸件的内外壁上沿拔模方向设计出拔模斜度（图 2-5 (b)）。拔模斜度的大小：木模通常为 $1^\circ \sim 3^\circ$ ；金属模用手工造型时 $1^\circ \sim 2^\circ$ ；用机械造型时为 $0.5^\circ \sim 1^\circ$ 。

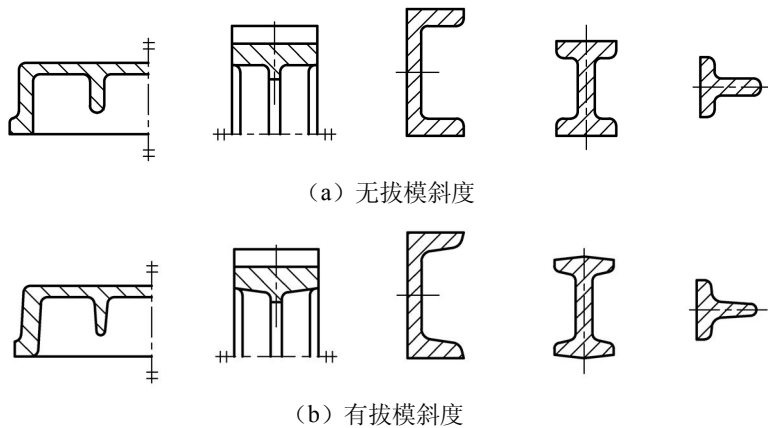


图 2-5 铸件上的拔模斜度

绘制零件图时,拔模斜度在图上一般不必画出,而在技术要求中用文字说明。若拔模斜度已在某一个视图中画出且已表达清楚时,其他视图允许只按小端画出(图 2-6)。

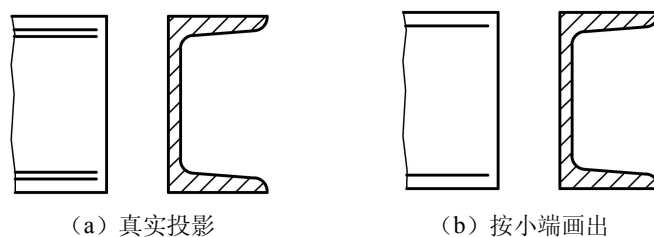


图 2-6 拔模斜度的画法

(2) 铸造圆角——为满足铸造工艺要求,防止砂型在尖角处落砂,避免金属冷却时,因应力集中产生裂纹和缩孔,在铸件两表面相交处应做出圆角(图 2-7)。

铸造圆角半径一般取壁厚的 0.2~0.4 倍,也可从机械设计手册中查取。同一铸件圆角半径的种类应尽可能少(图 2-8)。铸造圆角半径在图中不标注,而是在技术要求中统一注写。

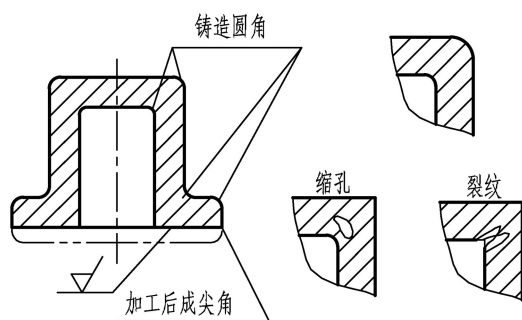


图 2-7 铸造圆角

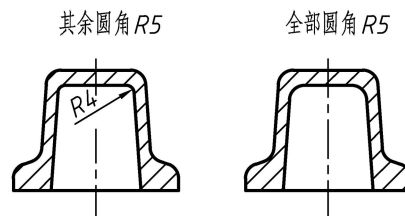


图 2-8 铸造圆角的标注

(3) 铸件应壁厚均匀——铸件的壁厚不均匀时,由于厚薄部分的冷却速度不一样,容易形成缩孔或产生裂纹。所以在设计铸件时,壁厚应尽量均匀。

- 使各处壁厚尽量一致,防止局部肥大(图 2-9)。在设计时,可用作内切圆的方法来检验,内切圆的直径差别不能大于 20%~25%(图 2-9)。

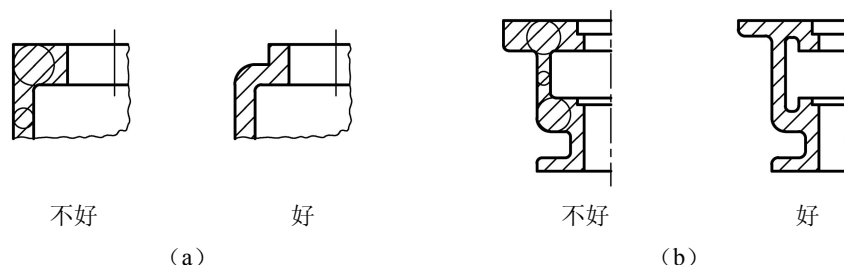


图 2-9 铸件壁厚应均匀

- 不同壁厚的连接要逐渐过渡(图 2-10)。
- 内部的壁厚应适当减少,从而使整个铸件能均匀冷却(图 2-11)。

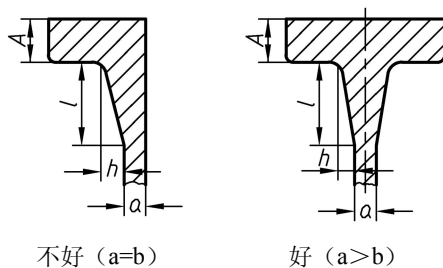


图 2-10 不同壁厚逐渐过渡

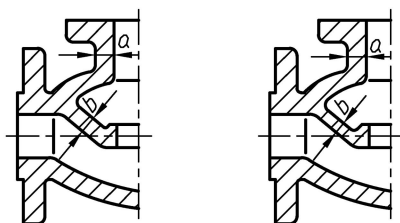


图 2-11 内部壁厚较小

为补偿壁厚减薄后对铸件强度及刚度的影响，可增设加强肋（图 2-12）。肋的厚度通常为 $0.7 \sim 0.9$ 壁厚，高度不大于壁厚的 5 倍。

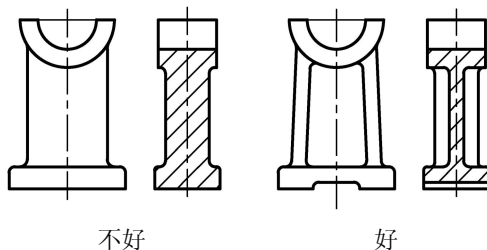


图 2-12 肋板厚度与壁厚的关系

（4）铸件各部分形状应尽量简化——为了便于制模、分型、清理，去除浇、冒口和机械加工，铸件外形应尽可能平直，内壁也应减少凸起或分支部分（图 2-13）。

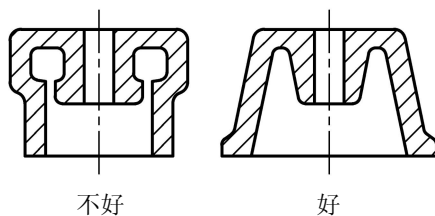


图 2-13 铸件各部分形状应尽量简化

（5）过渡线的形成及画法——由于铸件上有圆角、拔模斜度的存在，铸件表面上相贯线就不十分明显了，称为过渡线（图 2-14）。过渡线的画法实质上就是按没有圆角的情况求出相贯线的投影，即画到理论上的交点处（图 2-15）。

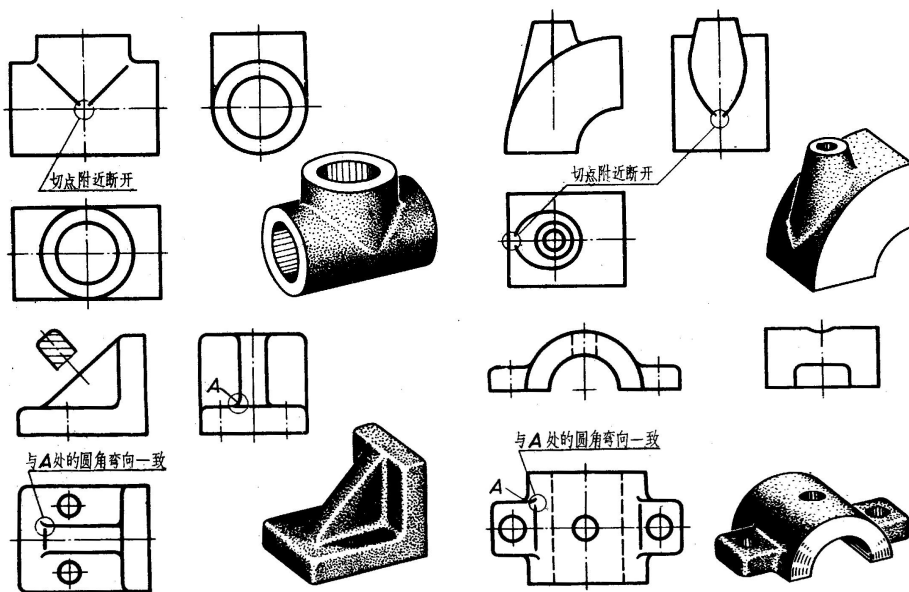


图 2-14 过渡线

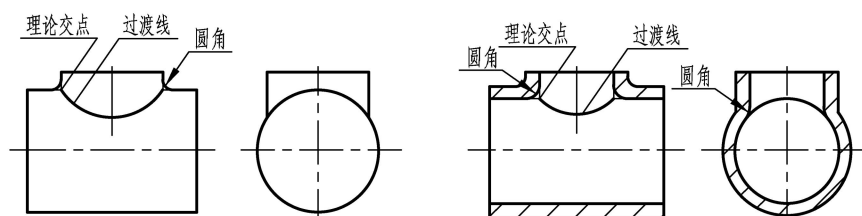


图 2-15 过渡线画法

铸件底板的上表面与圆柱面相交，当交线位置与圆柱圆心连线的圆心角大于或等于 60° 时，过渡线按两端带小圆角的直线画出（图 2-16 (a)）；当交线位置与圆柱圆心连线的圆心角小于 45° 时，过渡线按两端不到头的直线画出（图 2-16 (b)）。

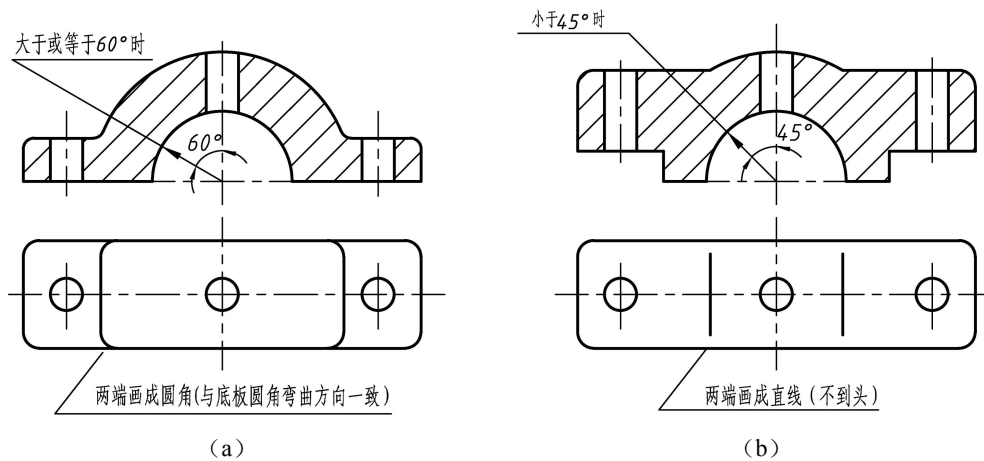


图 2-16 圆柱面与平面相交时过渡线的画法

零件上的肋板与圆柱和底板相交（或相切）时，过渡线的画法取决于肋板的断面形状，以及相交或相切的关系（图 2-17）。

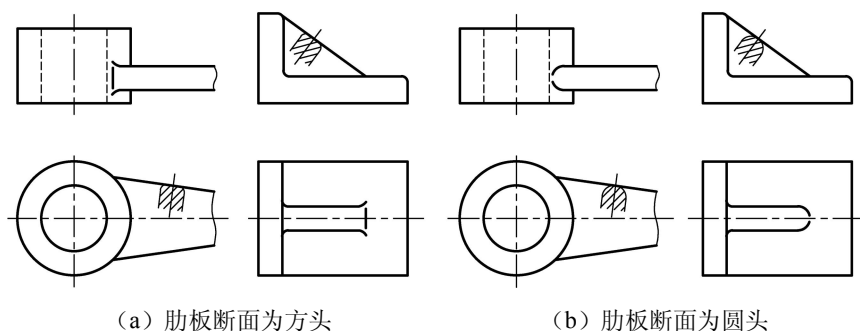


图 2-17 肋板过渡线的画法

2. 机械加工的工艺结构

(1) 倒角——为了便于装配和保护装配表面，常将尖角加工成倒角。常见的倒角为 45° ，也有 30° 和 60° 的。倒角大小的确定可根据轴或孔的直径尺寸查阅机械设计手册。倒角尺寸的常见注写方式如图 2-18 所示。

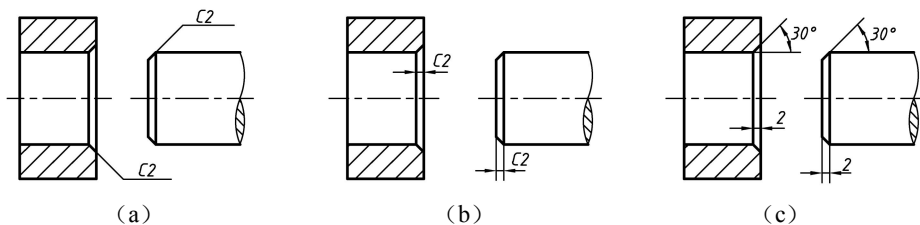


图 2-18 倒角的画法与标注

(2) 退刀槽和砂轮越程槽——为了切削加工零件时便于退刀，以及在装配时使其与相邻零件保证靠紧，常在零件的台肩处预先加工出退刀槽和砂轮越程槽（图 2-19）。它们的结构尺寸可根据轴或孔的直径尺寸查阅机械设计手册，标注形式见本书表 3-1。

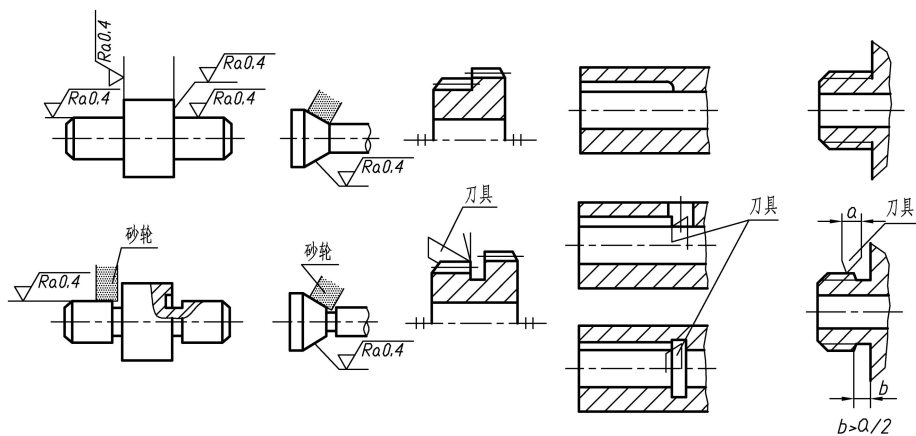


图 2-19 退刀槽和砂轮越程槽

(3) 凸台、凹坑和沉孔——为了保证零件间的接触面接触良好，零件上凡与其他零件接触的表面一般都要加工，但为了减少加工面、降低加工费用并且保证接触良好，一般采用在零件上设计凸台或凹坑的方法尽量减少加工面（图 2-20）。为便于加工和保证加工质量，凸台应在同一平面上。

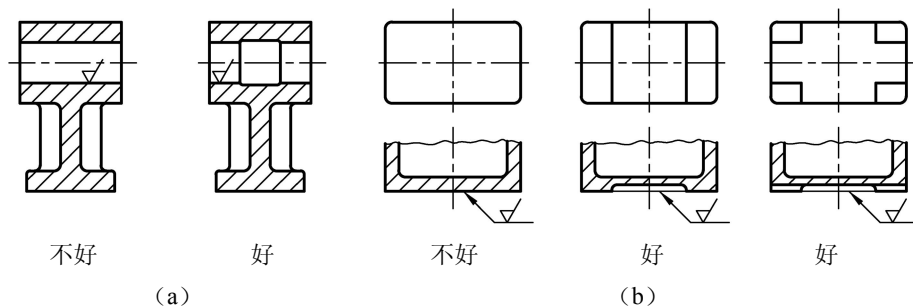


图 2-20 尽量减少加工面

在螺纹连接的支承面上，常加工出凹坑或凸台，如图 2-21 (a) 所示。图 2-21 (b) 是螺栓连接常用的沉孔形式及其加工方法。图 2-22 是螺钉连接常用的沉孔形式。

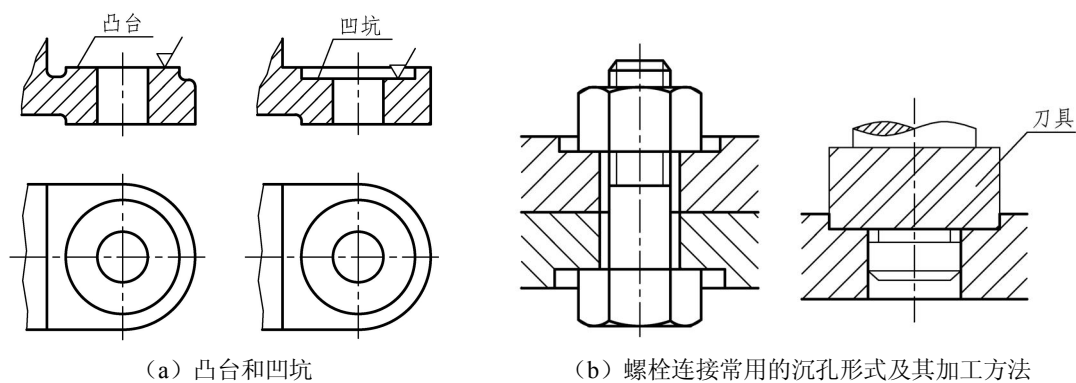


图 2-21 凸台、凹坑和沉孔

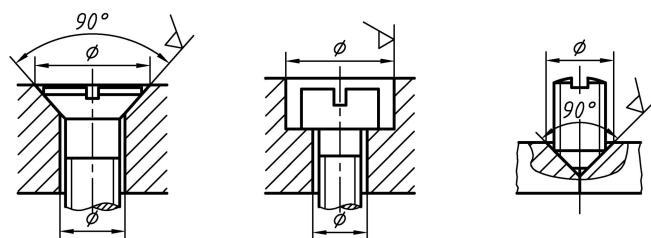


图 2-22 螺钉连接常用的沉孔形式

(4) 钻孔结构

- 图 2-23 是用钻头加工盲孔（不通的孔）和两直径不同的通孔时的加工过程、画法和尺寸注法。

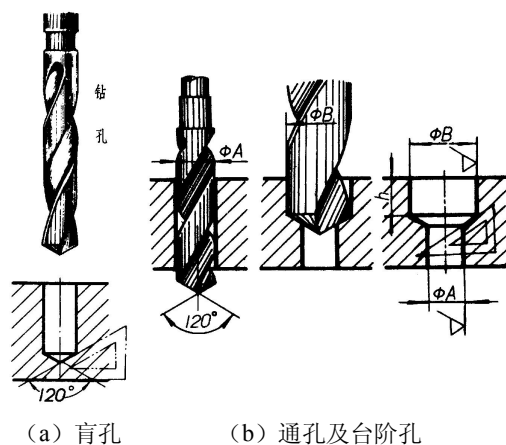


图 2-23 钻头加工孔的过程和画法

- 用钻头在零件上钻孔时，要尽量使钻头垂直于被钻孔的零件表面，以保证钻孔准确和避免钻头折断，如遇有斜面或曲面，应预先做出凸台或凹坑（图 2-24）。同时还要保证钻孔工具的工作条件（图 2-25）。

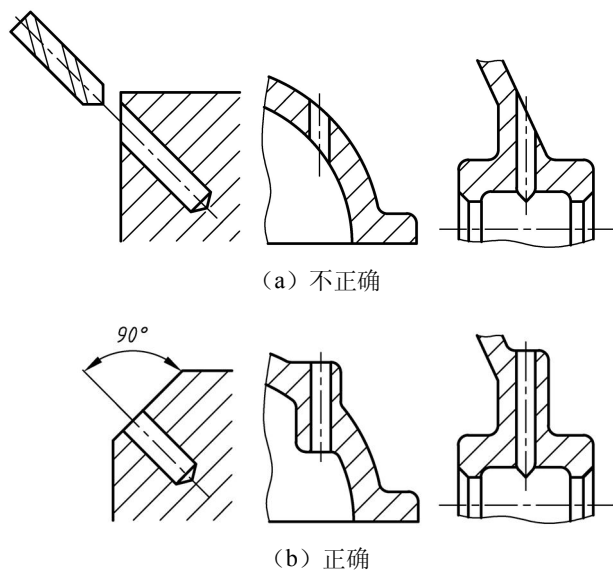


图 2-24 钻头要垂直于被钻孔的表面

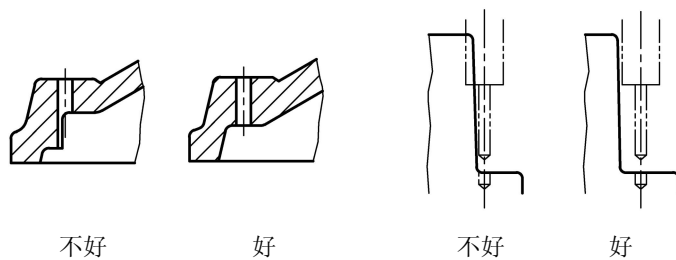


图 2-25 保证钻孔的工作条件

- 还须考虑钻孔加工的可能性,如图 2-26 (a) 所示小孔无法加工,此时可在其上方设计一工艺孔。图 2-27 (b) 所示的 C 孔无法加工,可将其一侧打通,加工好 C 孔后用工艺堵塞封口。

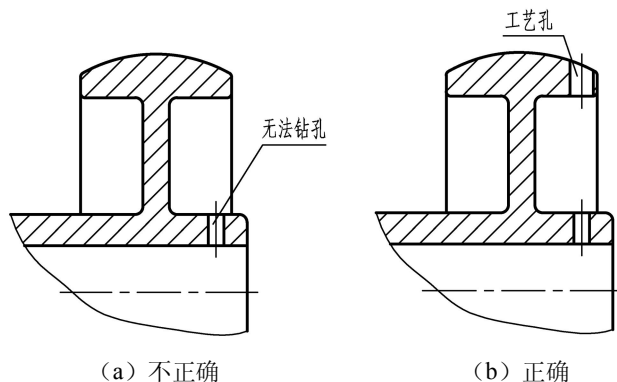


图 2-26 工艺孔

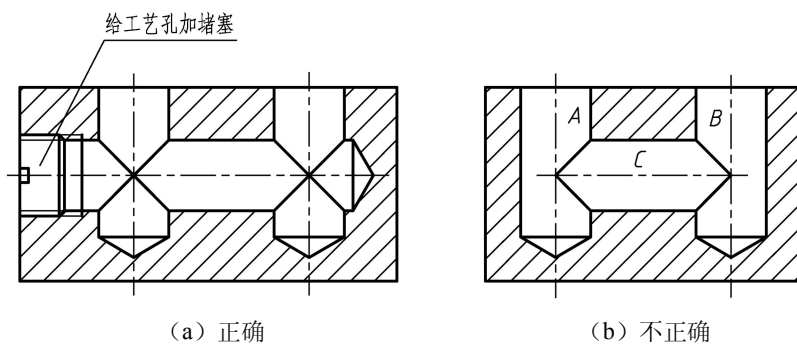


图 2-27 工艺堵塞

(5) 为了便于加工,应尽量避免在内壁上作出加工面(图 2-28)。同一轴线上的孔径不同时,必须依次递减,不应出现中间大两头小的情况(图 2-29)。

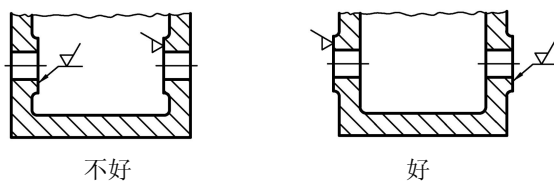


图 2-28 避免在内壁上做出加工面

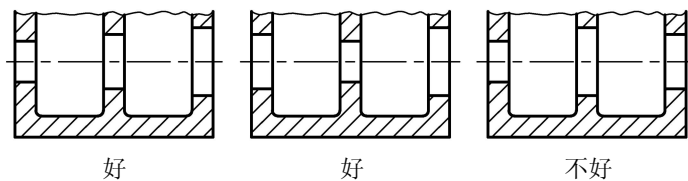


图 2-29 同一轴线上的孔

二、零件的强度和刚度与构型

零件的形状与零件的受力状况也有密切关系,同一零件受力大的部分应该厚一些,或增设加强肋等。图 2-30 (a) 所示零件,由于左边凸出部分根部受力最大,因此外形设计成圆锥状,使壁厚逐渐变厚。而图 2-30 (b) 则将外形设计成圆柱状使壁厚相同,但增设加强肋。必要时,也可将外形既设计成圆锥状,又增设加强肋。

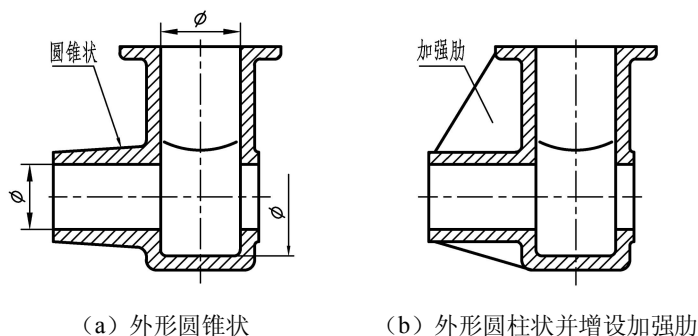


图 2-30 零件的强度、刚度与合理构型

图 2-31 是手柄、摇臂类零件,其构型采用与上述零件相同的思路,在受力较大的部位,设计的宽厚一些。

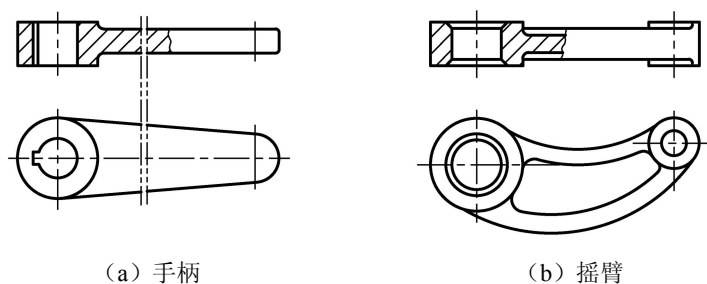


图 2-31 手柄与摇臂的构型

三、零件的重量与构型

在保证零件有足够的强度、刚度的情况下,如何使零件的重量轻、用料省,也是设计人员构型时,面临的一个必须考虑的问题。

1. 由内形定外形

箱体类和盖类零件的内腔形状确定后,根据内形向外扩展,采用相同壁厚(图 2-32 (b)),在某些情况下也是可使零件的重量减轻的方法之一。

2. 局部加强与整体减薄

通常等壁厚对于减轻零件的重量是不理想的。应该使其受力部位加厚,其他部位减薄,如图 2-32 (a) 所示,这样从整体来说重量减轻了,而且构型也趋于合理。零件上的凸缘就是这种构型思路的结果。如图 2-33 (b) 是某个零件的凸缘,凸缘上有若干均布的螺栓孔,由于

螺栓孔附近受力最大, 为了保证足够的刚度和强度, 以及减轻零件的重量, 将螺栓孔附近局部加厚, 而凸缘整体减薄, 如图 2-33 (a) 所示。

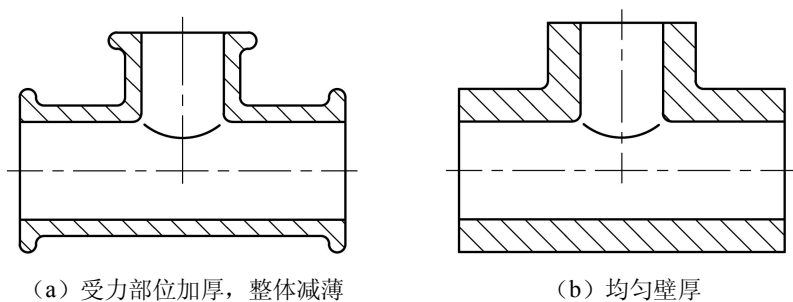


图 2-32 合理构型

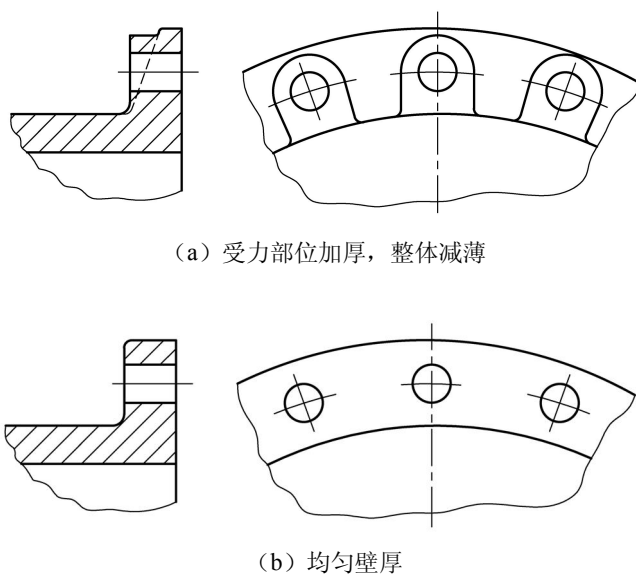


图 2-33 螺栓孔的局部合理构型

3. 去掉多余金属

图 2-34 的零件原型是一直径较大的圆柱凸缘, 为了减轻零件的重量, 在不影响强度和刚度的情况下, 可考虑去掉多余部分, 图 2-34 的几种构型方案都比较好。又如: 轮盘类零件采用辐条、辐板形式, 以及在辐板上开设减轻孔 (图 2-35) 都是相同的构型思路。

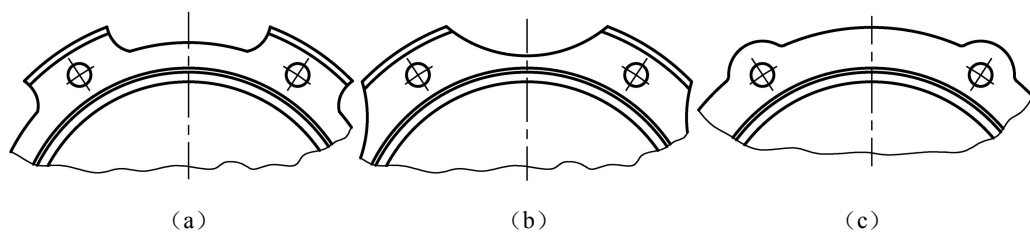


图 2-34 凸缘的几种合理构型

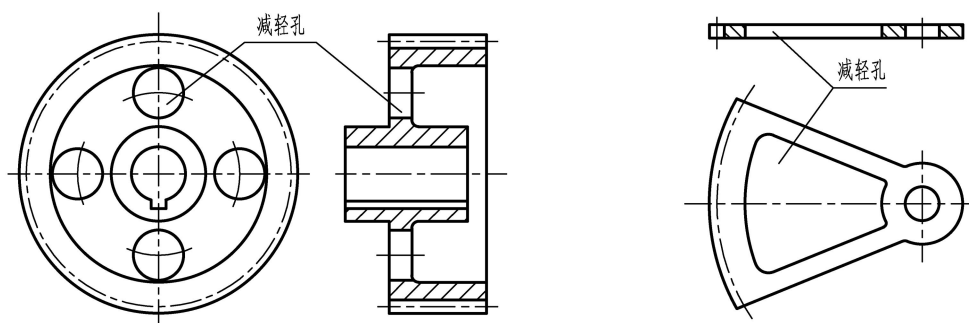


图 2-35 减轻孔的作用

四、零件的使用寿命与构型

机器中有些零件经常磨损。如何提高这类零件的寿命是提高整机寿命的关键问题。如图 2-36 (a) 所示调压阀, 由于阀瓣在工作中常上下跳动, 与阀体撞击, 从而使阀体易于损坏。为此, 在阀体内嵌入一个阀座 (图 2-36 (b)), 需要时更换小阀座即可, 这无形中提高了阀体的寿命。

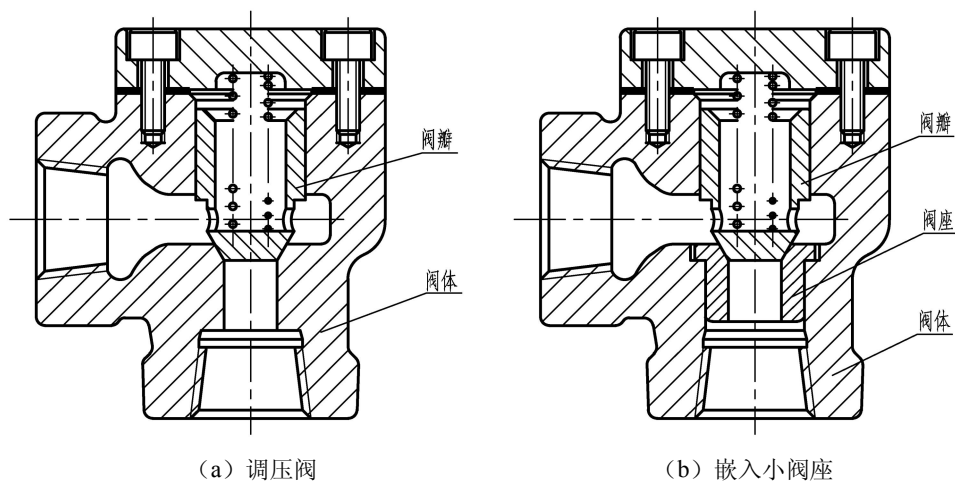


图 2-36 易损零件的合理构型 (一)

图 2-37 (a) 是一铝制零件的连接凸缘, 由于经常拆卸, 螺纹部分极易损坏, 致使整个零件报废。如果在铝制零件上嵌入一钢制螺套 (图 2-37 (b)), 可相应提高整个零件的寿命。

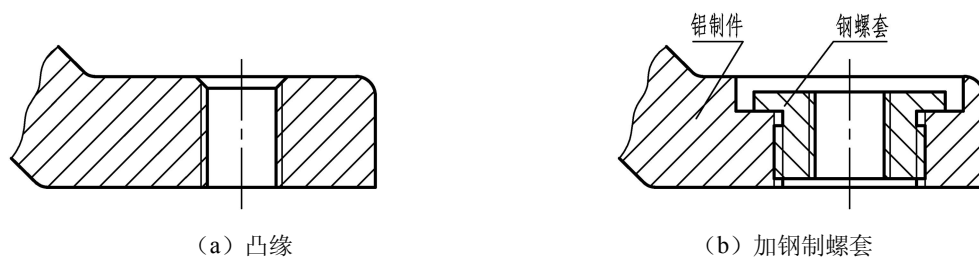


图 2-37 易损零件的合理构型 (二)

有时为了使零件耐磨，还可先在零件上加工出一环型槽（图 2-38（b）），然后在槽中浇铸上一层耐磨合金（图 2-38（a）），以提高零件寿命。

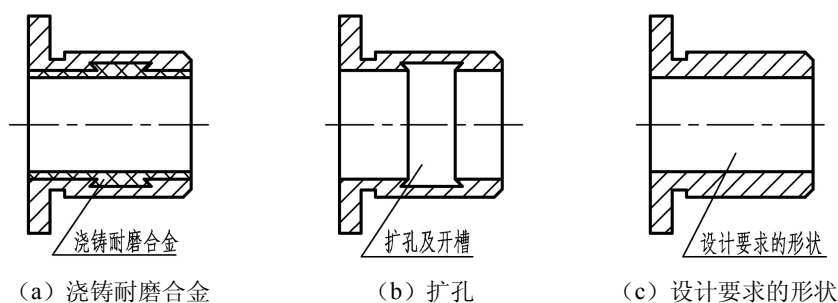


图 2-38 易损零件的合理构型（三）

任何一个零件都不是孤立存在的，它一定要与其他零件发生某种联系，这种联系体现在零件间的装配关系或某些特殊要求上，即零件间的配合关系、连接关系、传动关系以及定位、锁紧、密封等。因此，零件的构型与其装配关系有密切的联系，关于装配结构及其合理性和与装配有关的构型问题，见本书第六章第三节中的相关内容。

复习思考题

1. 零件上常见的工艺结构有哪些？
2. 为什么要进行结构分析？找一个零件，试分析其各个结构的功能。