

第14章 结构设计概论

- 14.1 机械结构设计的原则和内容
- 14.2 结构设计的基本原理
- 14.3 提高强度和刚度的结构设计
- 13.4 结构设计方法
- 14.5 结构的工艺设计





14.1 机械结构设计的原则和内容

14.1.1 机械结构设计的基本要求和基本原则

在进行结构设计前，要详细了解设计对象（系统）的功能、性能参数、使用条件、工艺条件、材料、各种标准零部件、相近机器的通用件等。



结构设计必须满足以下的基本要求：

(1) 功能要求

能实现机械系统的功能和性能参数（如生产率、压力、速度等）要求；满足输入或输出的能量、物料、信号的具体要求。

(2) 工况条件

能实现与环境的相容性和适应性；能适应能量、物料、信号的不同要求；在规定的工作条件下，满足强度、刚度、可靠性要求。保证操作人员安全和身心健康。

(3) 工艺条件

根据生产批量、目前的工艺和设备水平，选用合适的结构。

(4) 其它

结构设计除了需满足强度、刚度、安全可靠性等要求外、还应满足外型美观要求。在可能情况下零、部件容易拆散回炉作为再生产的原材料。



14.2 结构设计的基本原理

结构设计中，设计者要从承载能力、寿命、强度、刚度、稳定性、减少磨损和腐蚀等方面来提高产品性能，获得最优方案。

结构设计的基本原理有助于开发新的结构，能最合理地满足要求。

但这些原理只在一定的前提下适用，并非到处可用，设计者必须根据任务和实际情况，检查哪些结构原理是主要的和应该应用的。

14.2.1 力和能量的传递原理

结构设计时，应正确处理力和能量的传递问题，设计时应尽量利用下列原理或原则：

(1) 等强度原理

等强度可使结构有相等强度，从而达到充分利用材料，提高经济效益。图14.1为等强度轴，虚线为等强度轴外形，实线为实际外形。

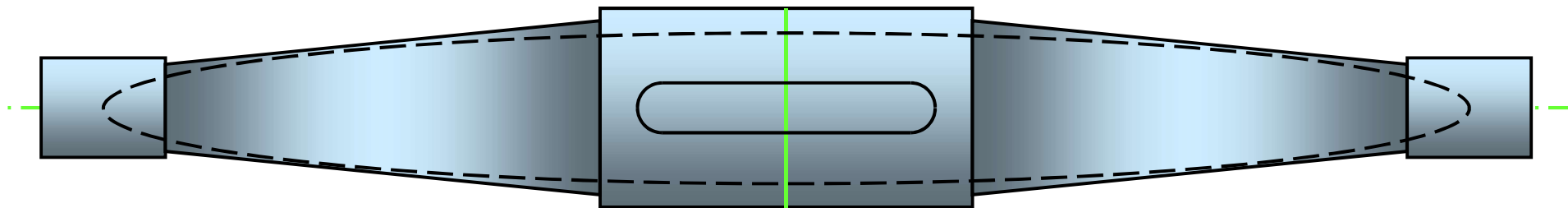


图14.1 轴的等强度外形和实际外形



(2) 力流合理

结构设计要完成能量、物料、信号的转换，力是能量的基本形式。完成力的形成、传递、分解、合成、改变和转换是结构设计的主要任务。力在构件中的传递轨迹按力流路线传递，力流密集程度反映力的大小。

力流合理包括：

- 力流路线直接、最短
- 力流转向平缓
- 变形协调原理
- 力平衡原理

◆力流路线直接、最短
按照力流路线直接并且最短的传递原理设计零件，可以使零件尺寸缩小，节省材料，变形小，刚性好。

图14.2 a 的力流路线最短，结构尺寸最小，
b、c图的力流路线比 a 长，故尺寸大。在力流路线近似的情况下，b 图的对称结构又比非对称结构的 c 图好。

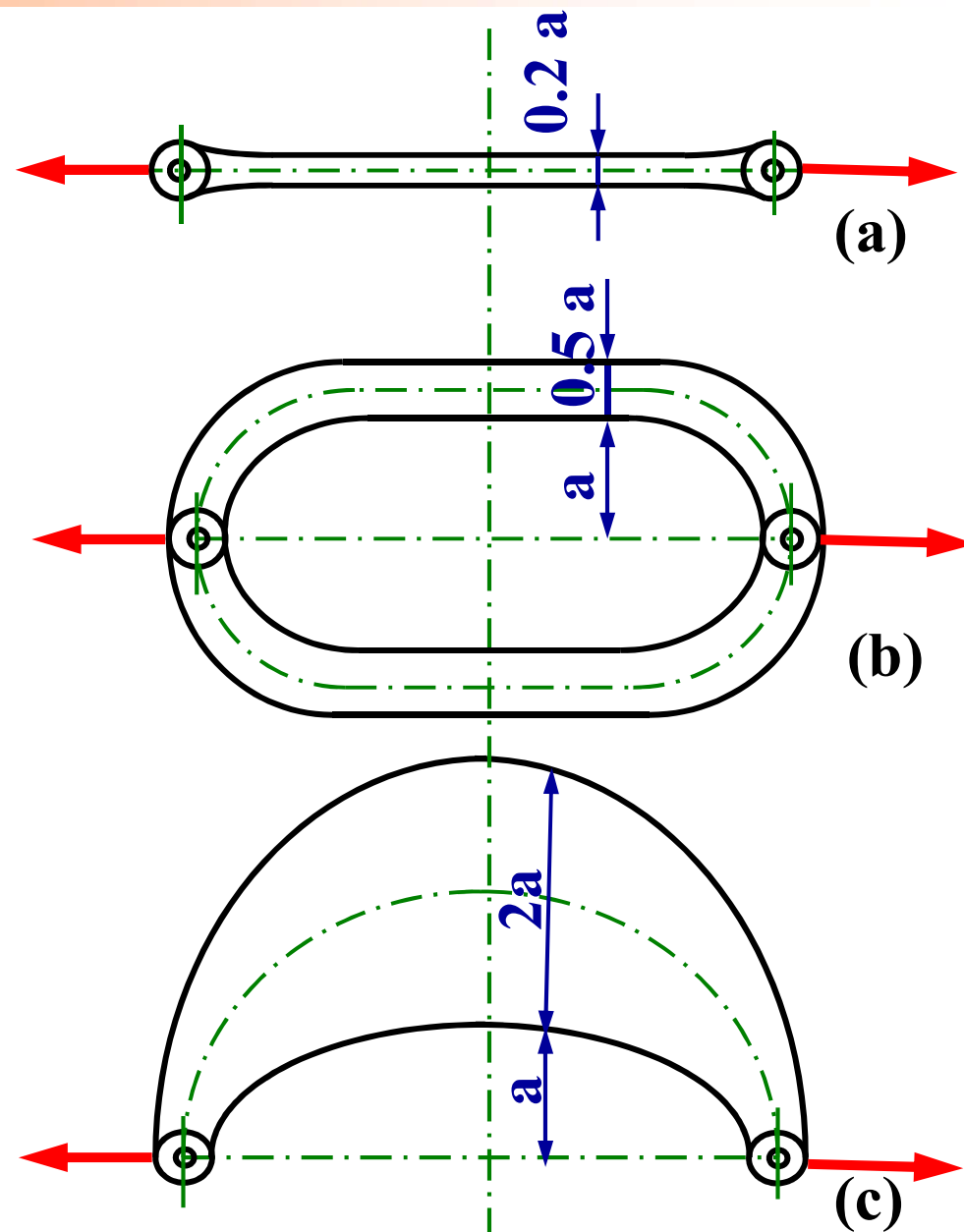


图14.2 力流路线对结构的影响

◆力流转向平缓

当结构断面发生突然变化，将引起力流方向急剧改变，使得力流密度增加，产生应力集中。结构设计应采取措施，**使力流方向变化平缓，减少应力集中**。图14-3的轴毂联接中，**图a**的力流方向变化急剧，A处应力集中，**图b**的力流方向变化较平缓，应力集中小。

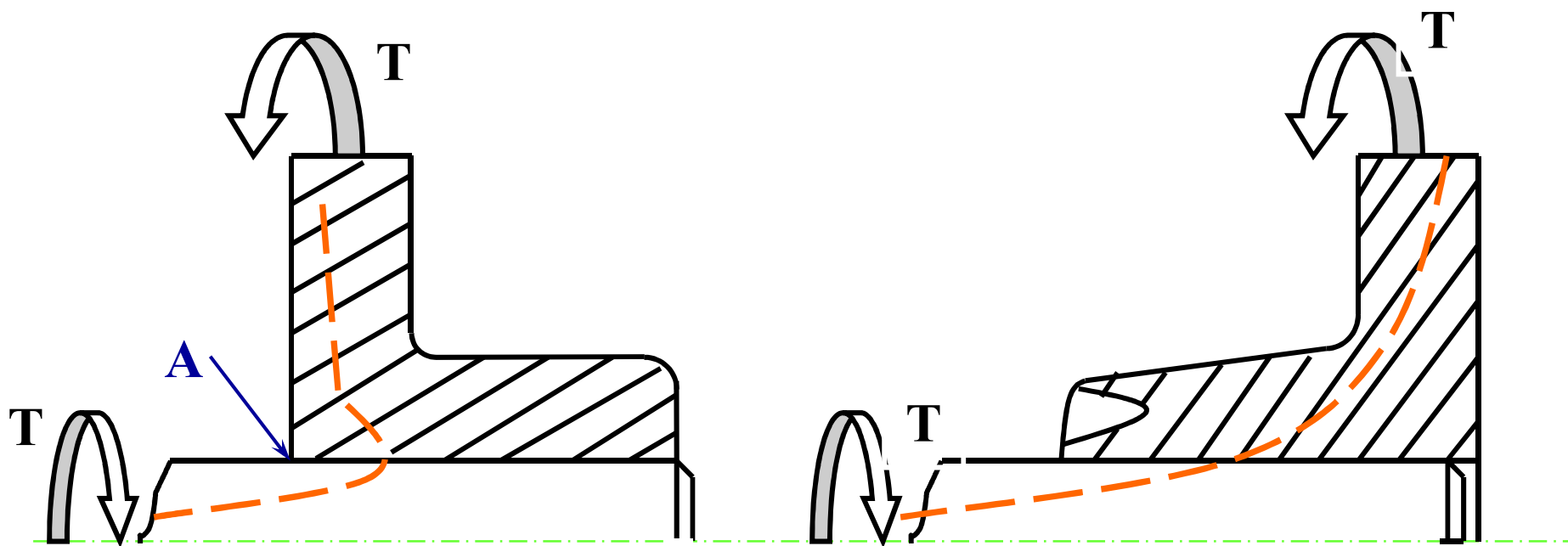


图14.3 轴毂连接

◆ 变形协调原理

两焊接板的变形及应力分布

a) 图为两板受拉，相对变形小，应力分布较均匀；

b) 图为一板受拉，另一板受压，相对变形大，应力分布不均匀；

c) 把两板改为板厚呈线性变化的斜接口，两板相对变形几乎等于零，应力分布非常均匀。

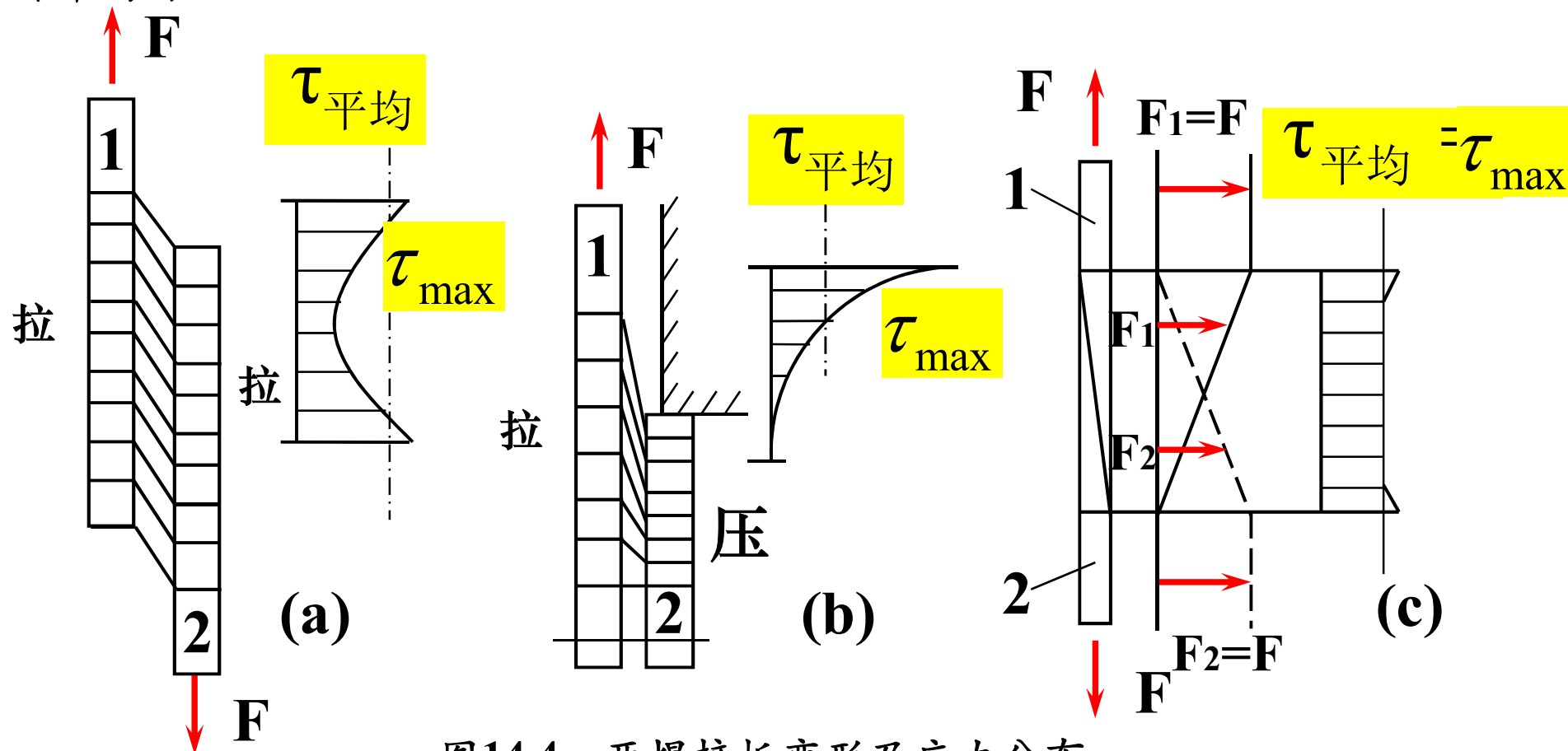


图14.4 两焊接板变形及应力分布



◆ 力平衡原理

为了实现总功能，各机构或零件需要传递做功的力和力矩，这种力称为有功力（矩）。但与此同时常常伴随产生一些无功力，例如斜齿轮的轴向力、惯性力等，这些无功力使轴和轴承等零件的负荷增大，降低机器的传动效率。

因此结构设计时要采取措施，消除无功力的不良影响。



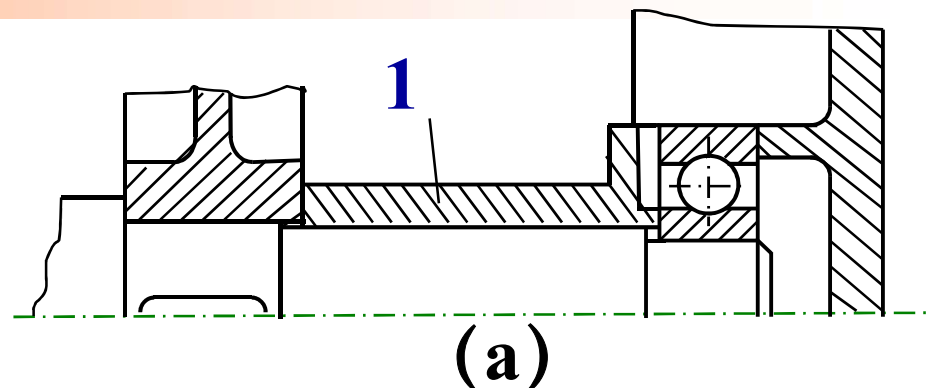
14.2.2 任务分工原理

任务分工原理，是安排不同的零、部件分工去完成功能任务。

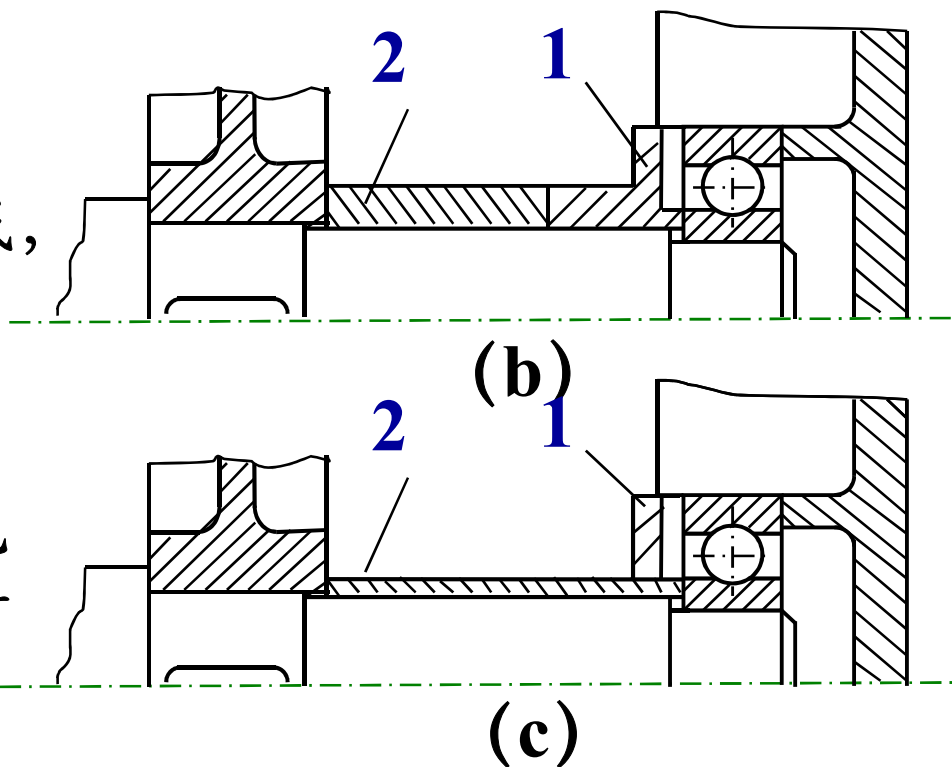
任务分工有两种情况 {
不同功能的任务分工
相同功能的任务分工

◆ 不同功能的任务分工

a) 图轴承的密封和定位用同一个结构1来完成，需用圆钢车成，成本高；



b) 图的密封和定位分别由 1挡圈和2轴套承担，2可用管料车成，节约材料，减少加工时间；



c) 图中密封件1为冲压件，用无屑加工代替有屑加工，确保密封要求，成本低。

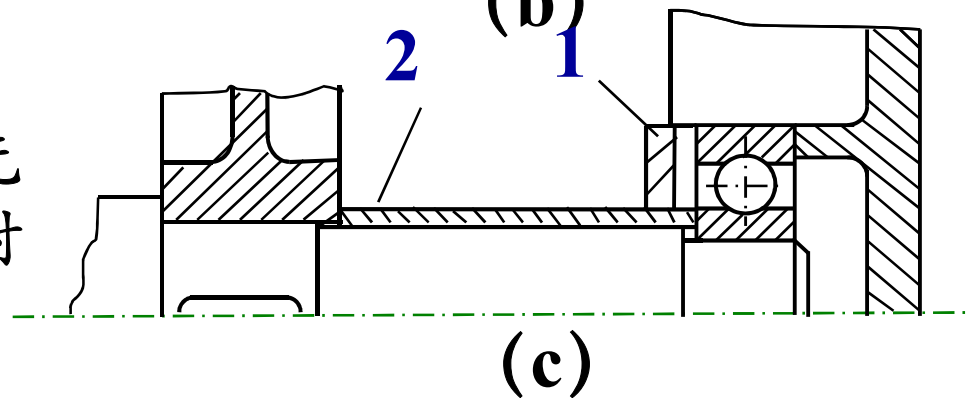


图14.5 不同的密封和定位结构



◆相同功能的任务分工

- 相同的功能可以由一个构件来承担，如减速箱中的**齿轮轴**，**既承受弯矩又承受扭矩**，而对承受大功率的零件，往往需要设计成大尺寸，此时可用几个零件来分担，从而减少尺寸和空间。
- 如**V带的拉力层**以多条线绳共同承受拉力、**推力滑动轴承使用多环式结构**，都是相同功能任务分工的典型例子。

14.2.3 自助原理

自助原理是对系统元件的适当选择和合理安排，使它们起着互相支持和自我加强的作用，从而更好地实现功能任务或避免过载时遭受损害。常见的自助原理的应用形式有：

(1) 自增强—在正常工作状态下辅助效应与初始效应的作用方向相同，总效应为两者之和。

(2) 自平衡—自平衡原理是在工作状态下，辅助效应和初始效应作用方向相反并达到平衡状态，以取得满意的总效应。

(3) 自保护—**超载时，应避免零、部件损坏**，除保护性损坏外，特别是当过载有可能反复出现时更需要有自动防止破坏的措施。通常从零件的本身结构上改进就可达到自保护的目，而不必采用特殊的防护装置。

14.2.4 稳定性原理

- 当一个系统的特性受到干扰时，其结果又产生另一个作用，作用于干扰量，使干扰量受到抑制、缓和甚至抵消，使系统很快回复到原有特性（状态），这样的系统特性是稳定的。

- 如图 a 一个球处于凹弧面上，它的位置是稳定的，处于稳态。

- 如果球处于凸弧面上（图b），则是不稳定的，处于不稳定状态。

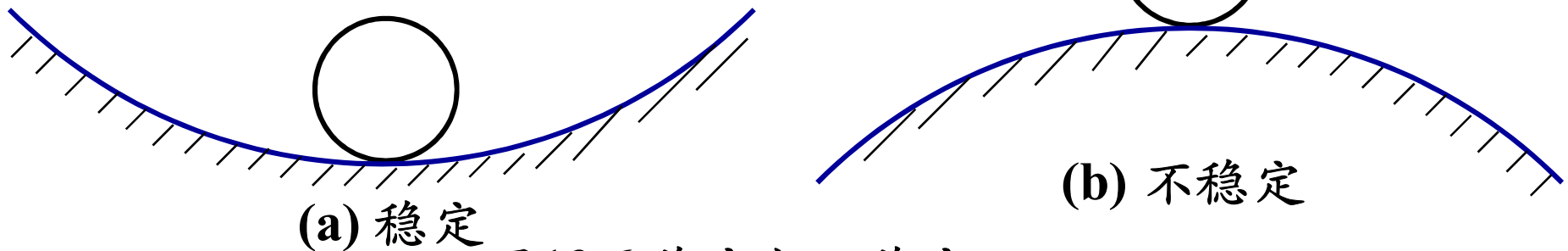


图13.6 稳定与不稳定

14.2.5 安全技术原理

结构设计时必须考虑安全技术原理，以保证系统正常工作。设计时可运用**三级安全技术**（即直接安全技术、间接安全技术、指示性安全技术），并应力求采用直接安全技术（即设计的解根本不存在危险），如果不能确保，则采用间接安全技术（即采用防护系统）。指示性安全技术只是在危险之前发出警报，以及通过指示鉴别危险的范围。

除了考虑上述的基本原理外，还必须考虑**膨胀效应、蠕变特性和松驰**的效果。它们在工作初期十分轻微，难以即时估计它的影响。结构设计时，应在结构上采取一定的措施，使蠕变和松驰限制在一定范围内。

14.3 提高强度和刚度的结构设计

14.3.1 提高静应力下的强度






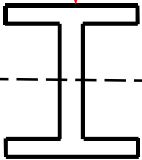
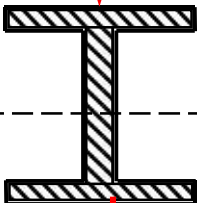
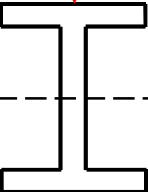
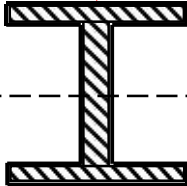
为了提高静应力下零件的强度，必须设法降低受载时零件的最大应力。设计时应注意几点：

(1) 应尽量采用等强度的设计原则，以充分发挥材料效用和节约材料。

(2) 改变零件的受力状况是从结构设计上提高零件强度的一种重要措施。

(3) 避免细杆受弯曲应力，细杆受弯曲应力时，变形很大，承载能力很小。通过改变杆的截面尺寸和形状可提高其抗弯能力。对于主要受弯矩的梁常用截面的抗弯截面模量的比较见表14.1，从表中可见，采用工字形截面的结构承受弯矩较为合理。

表14.1 非圆截面的相对截面系数对比

截面积为常数				抗弯剖面模量为常数			
零件	重量	抗弯截面系数	惯性矩	零件	重量	抗弯截面系数	惯性矩
 1	1	1	1	 6	0.6	1	1.7
 2	1	2.2	5	 7	0.33	1	3
 3	1	5	25	 8	0.2	1	3
 4	1	9	40	 9	0.12	1	3.5
 5	1	12	70				

(4) 钢材的抗拉强度优于抗压强度，而铸铁的抗压强度优于抗拉强度，因此应尽量避免铸铁结构受拉。从14.7 (b) 图中的拉应力小于压应力，其结构较合理。

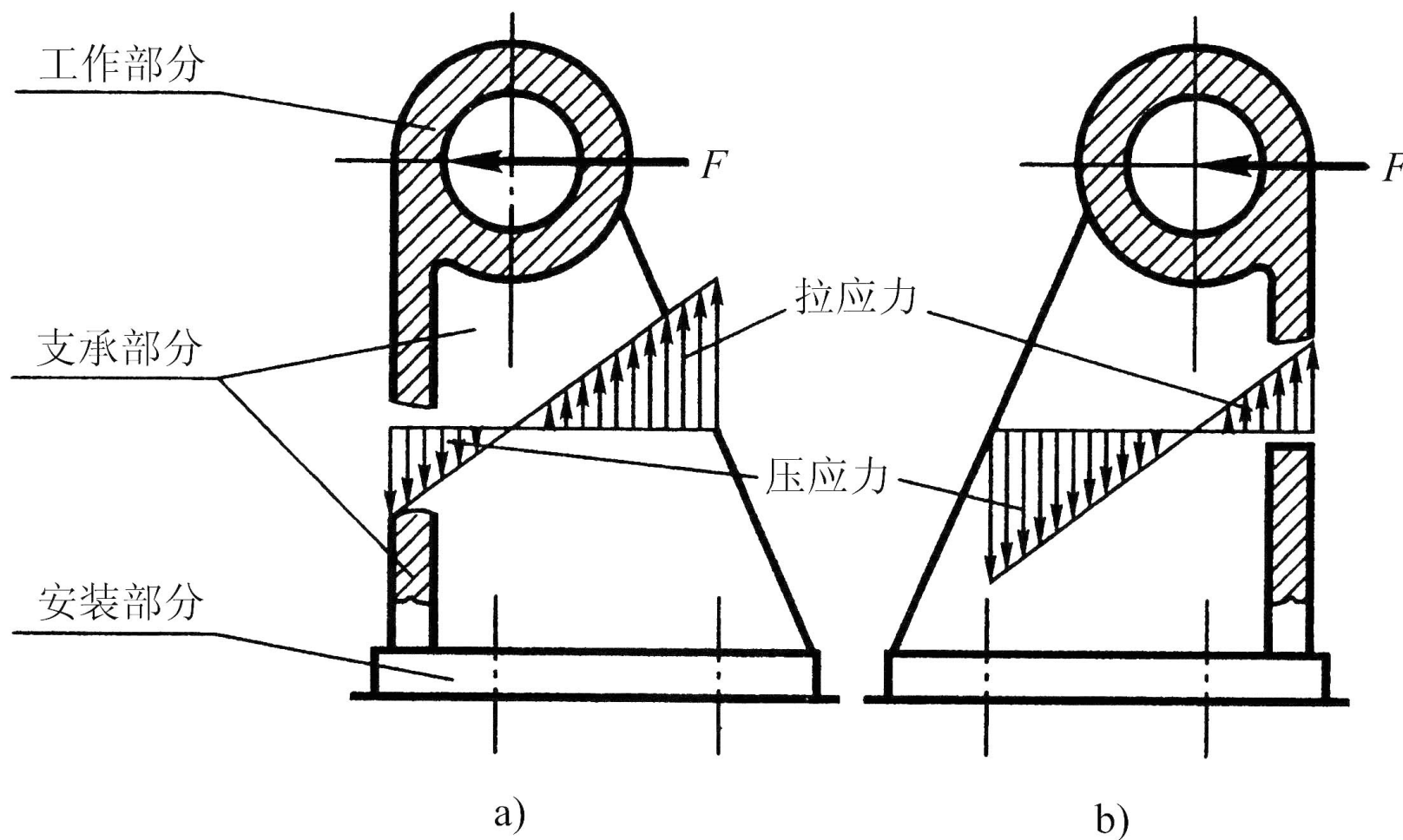


图14.7 铸铁支架受力比较

(5) 避免悬臂结构。如图14.8所示，通过改进带轮的结构，就可减少轴悬臂部分的长度，从而降低了轴上的弯矩。

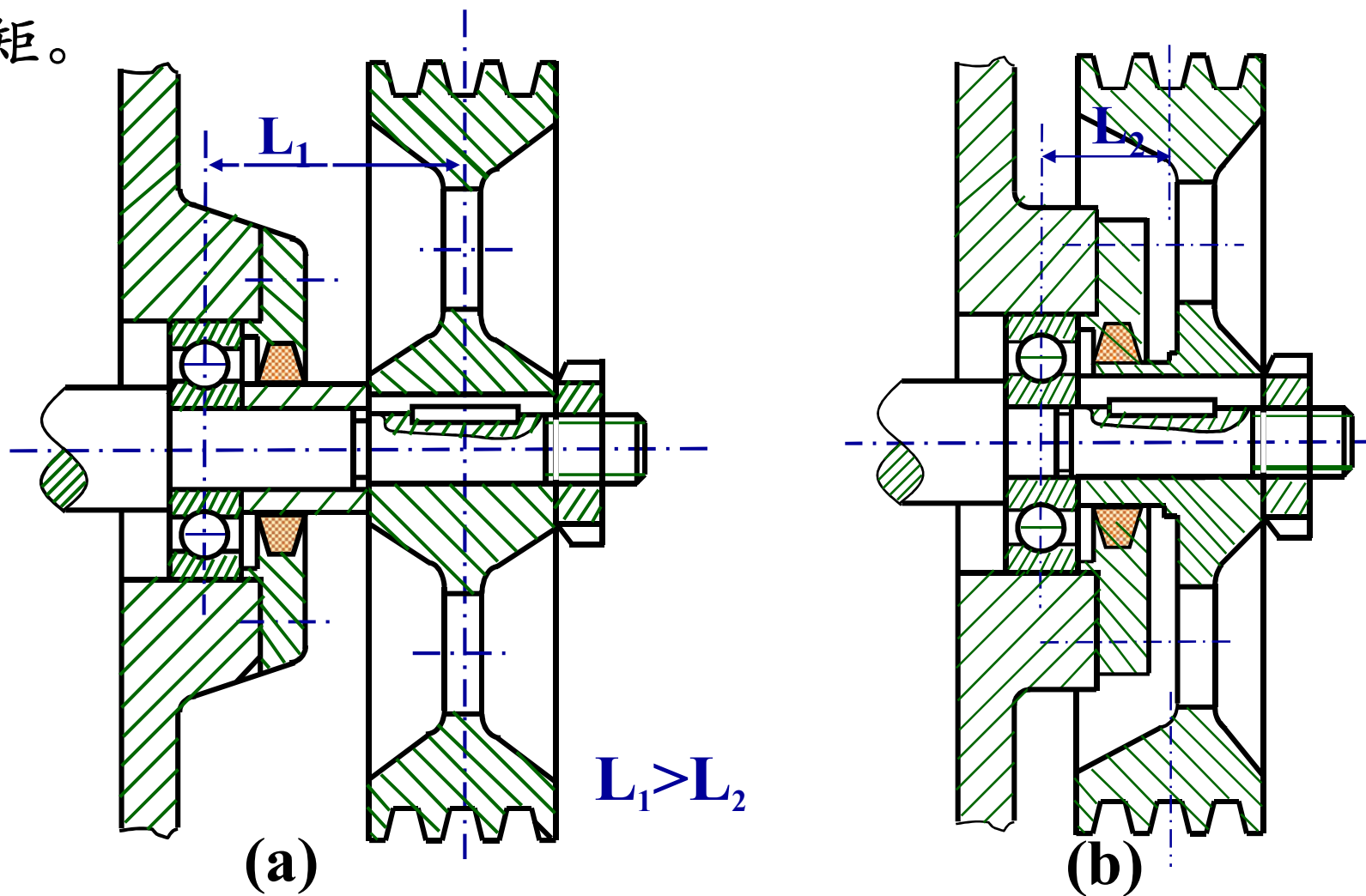


图14.8 减少悬臂长度的带轮结构

(6) 对于直径较大的轴类零件,可采用空心轴结构,空心轴受弯矩和扭矩时,其正应力和切应力能合理分布,使材料得以充分利用。

图14.9是不同 d/D 值的环形截面及实心圆截面轴的强度、刚度变化曲线。从图中可看出,当 d/D 值大于0.4时,用相同重量的材料,空心轴可获得较实心轴大得多的强度和刚度。

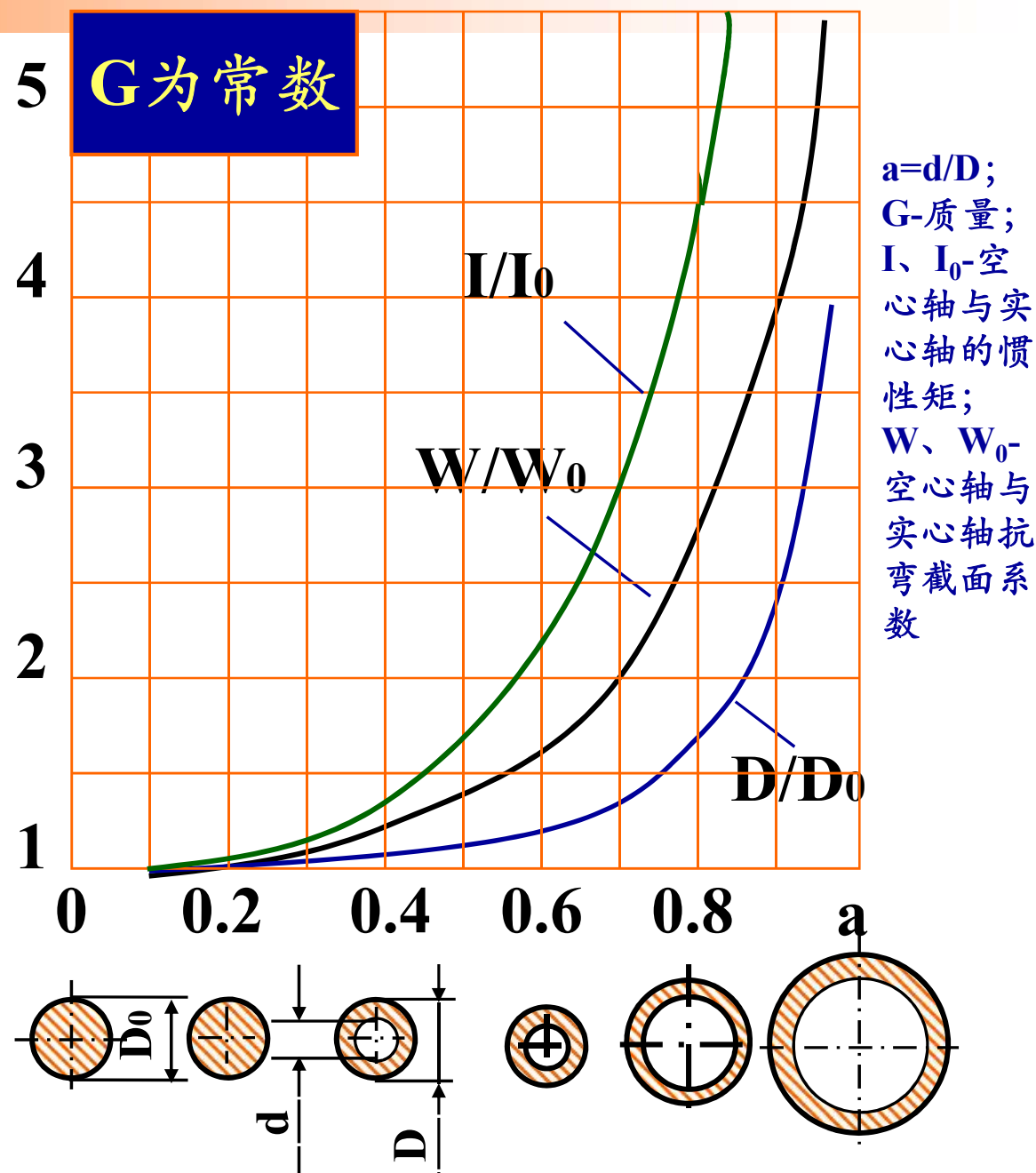


图14.9 不同 d/D 值截面轴的强度、刚度变化曲线



14.3.2 提高疲劳强度

疲劳破坏是机械零件的主要失效形式。提高疲劳强度的措施有：

- ◆ 降低应力集中程度
- ◆ 表面状况对疲劳强度的影响
- ◆ 提高接触强度
- ◆ 提高刚度

(1) 降低应力集中程度

机械零件常常形状复杂，形成应力集中源，使局部最大应力为平均应力的若干倍；应力集中处容易产生疲劳裂纹，发生疲劳失效。降低应力集中程度可提高零件的疲劳强度，设计时应尽量避免直径变化太大，在直径变化处用圆弧过渡。

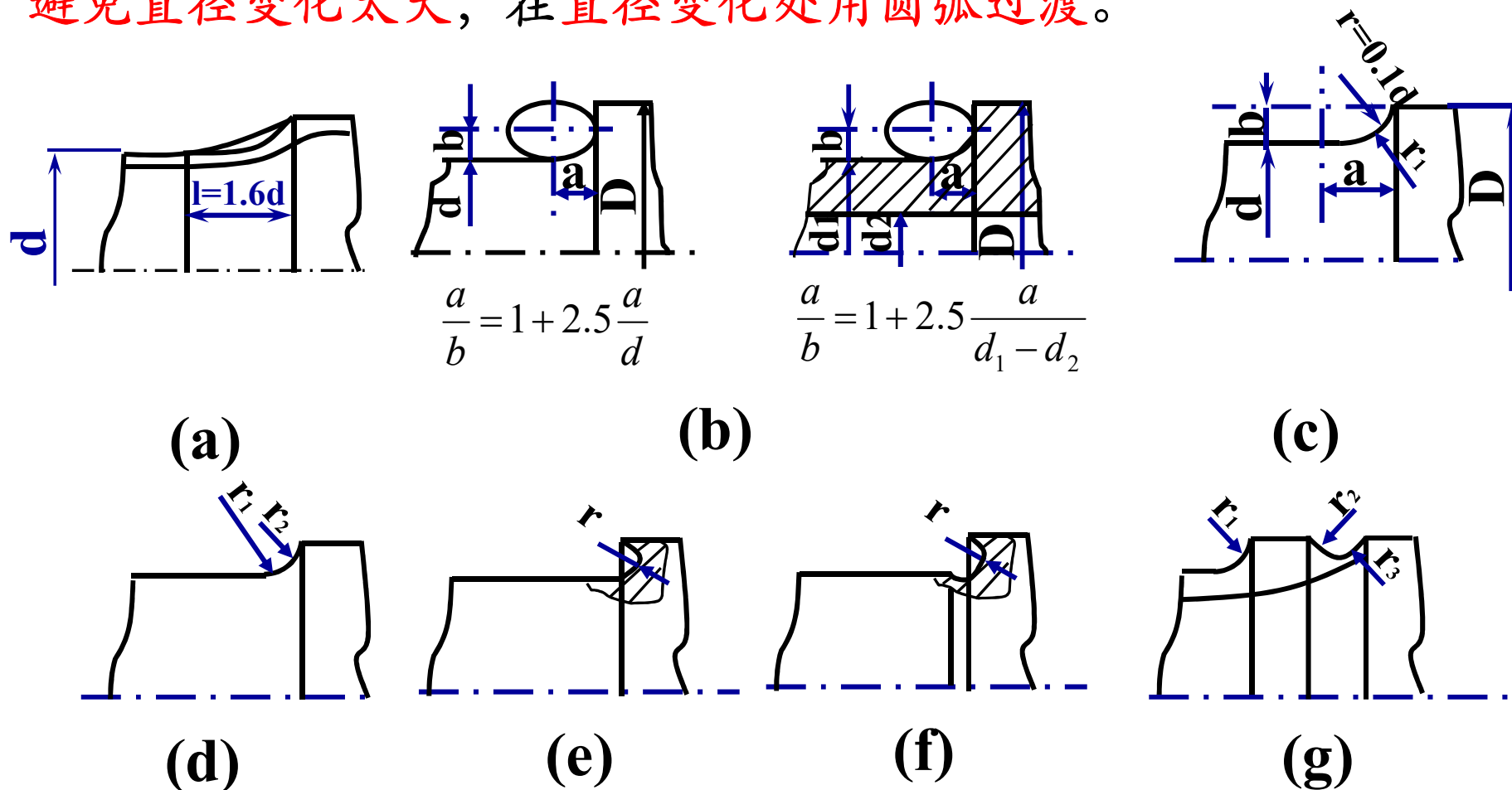


图14.10 不同圆弧过渡形式

图14.11为在板上开孔的结构，

图14.11 (c) 的结构能降低应力集中的最大应力。

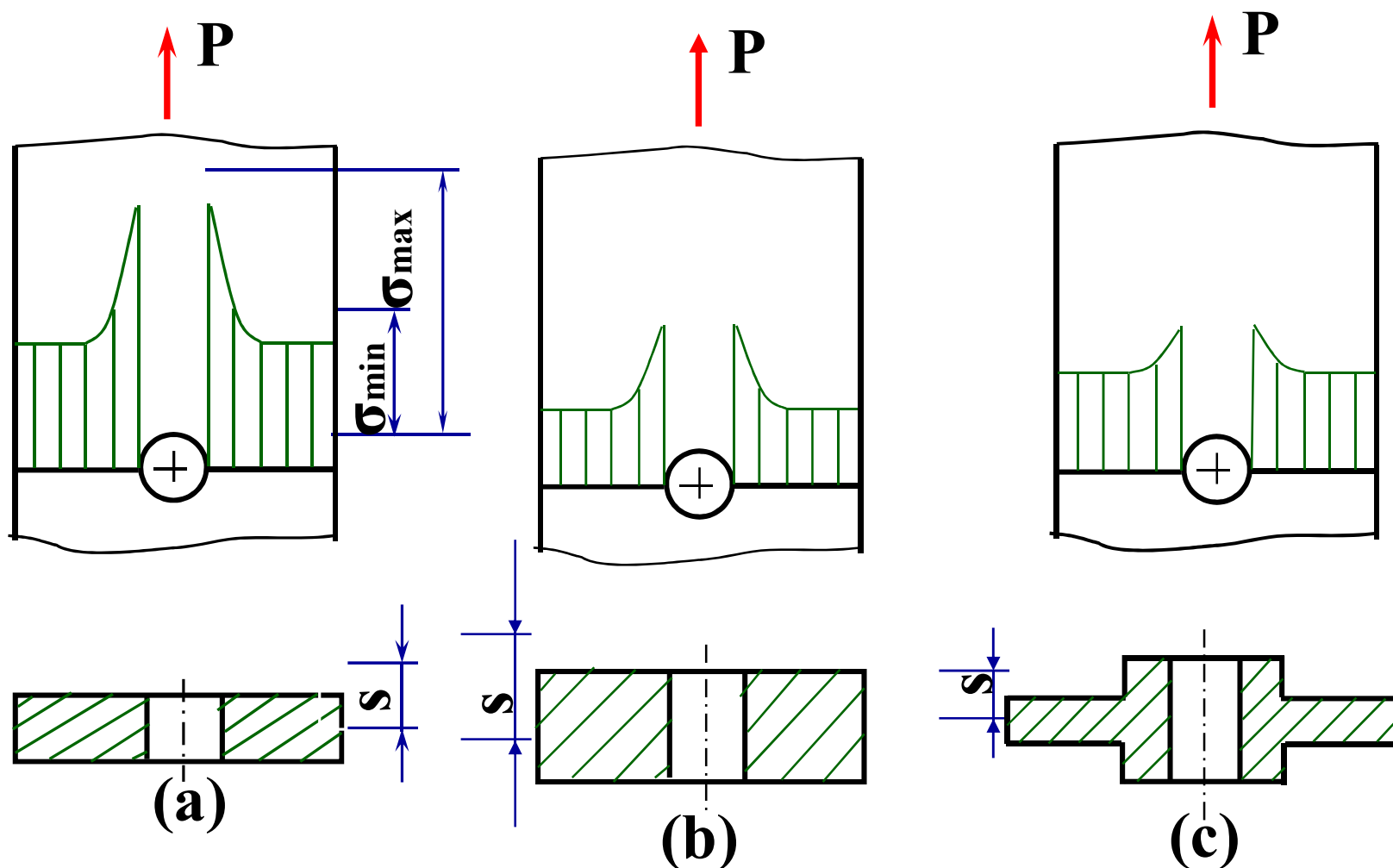


图14.11 降低应力集中最大应力的结构

(2) 表面状况对疲劳强度的影响

①表面粗糙度

表面加工粗糙留有刀痕，零件受力后会产生应力集中。若零件受力后其最大应力又发生在表面，则表面很容易成为疲劳裂纹的起始点，所以提高表面粗糙度对高强度钢材疲劳强度的影响更为显著。

②表面处理

采用在零件表面滚压、喷丸、碳化、氮化、表面淬火等方法强化表面层，都可以提高疲劳强度。表面经处理后形成硬化层或氮化层，并在表面形成压应力，当工作载荷使表层存在拉应力时，因有残余压应力，拉应力被部分地抵消，因而提高了疲劳强度。

(3) 提高接触强度

机械零件受载时在接触表面会产生脉动循环变化的接触应力，由式(7-26)可知，合理设计结构，提高接触强度有三个途径：

- ①增加圆柱体的接触宽度，以减小接触点的载荷。
- ②增大两接触物体在接触点的曲率半径。

$$\sigma_H = \sqrt{\frac{F}{\pi b} \left(\frac{\frac{1}{\rho_1} \pm \frac{1}{\rho_2}}{\frac{1 - \mu_1^2}{E_1} + \frac{1 - \mu_2^2}{E_2}} \right)}$$

图14.12 a的两球面曲率半径相等，接触强度差。

图 14.12b增大一个球面的曲率半径，提高接触强度。

图14.12c增大接触面的曲率半径，而且采用内接触表面，接触强度最高。

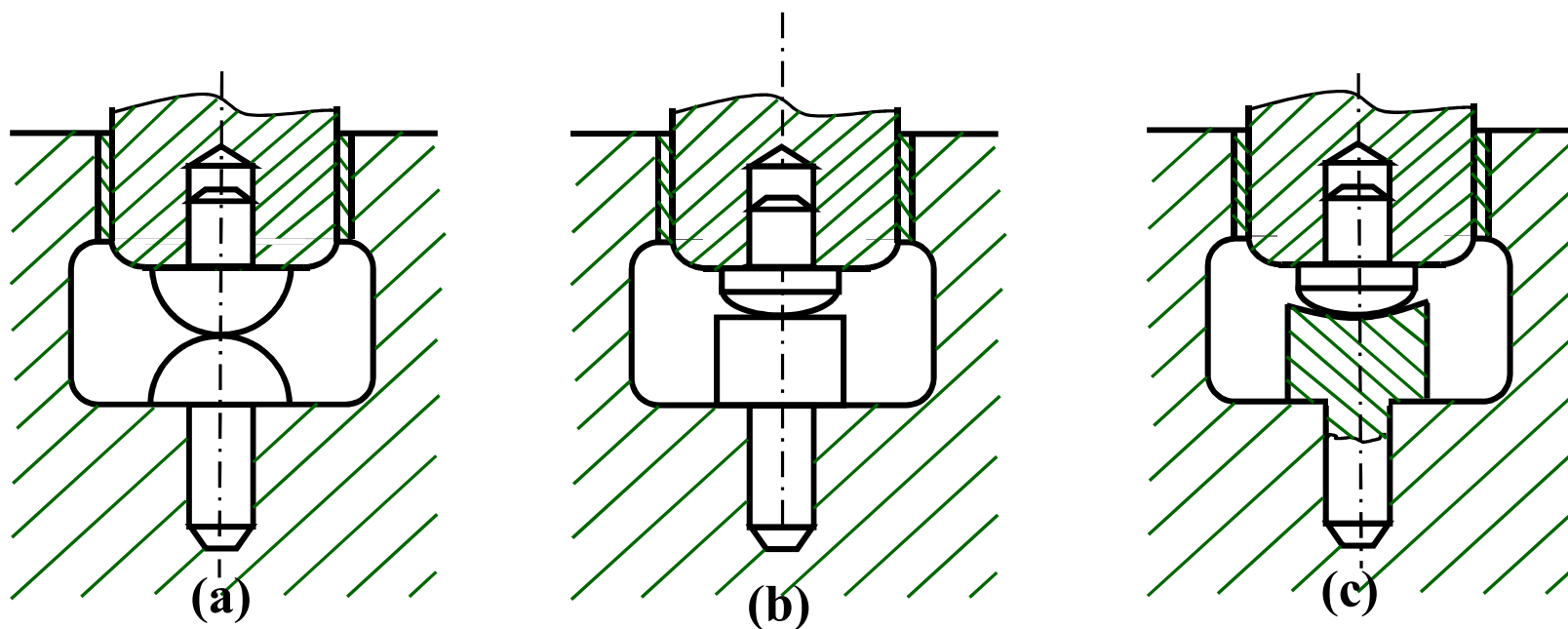


图14.12 球面支承的组合形式

③以面接触代替线接触

在图14.13 a中，杆1和销2为线接触，受载时接触应力高，图14.13b中增加零件3，则变线接触为面接触，提高接触强度。

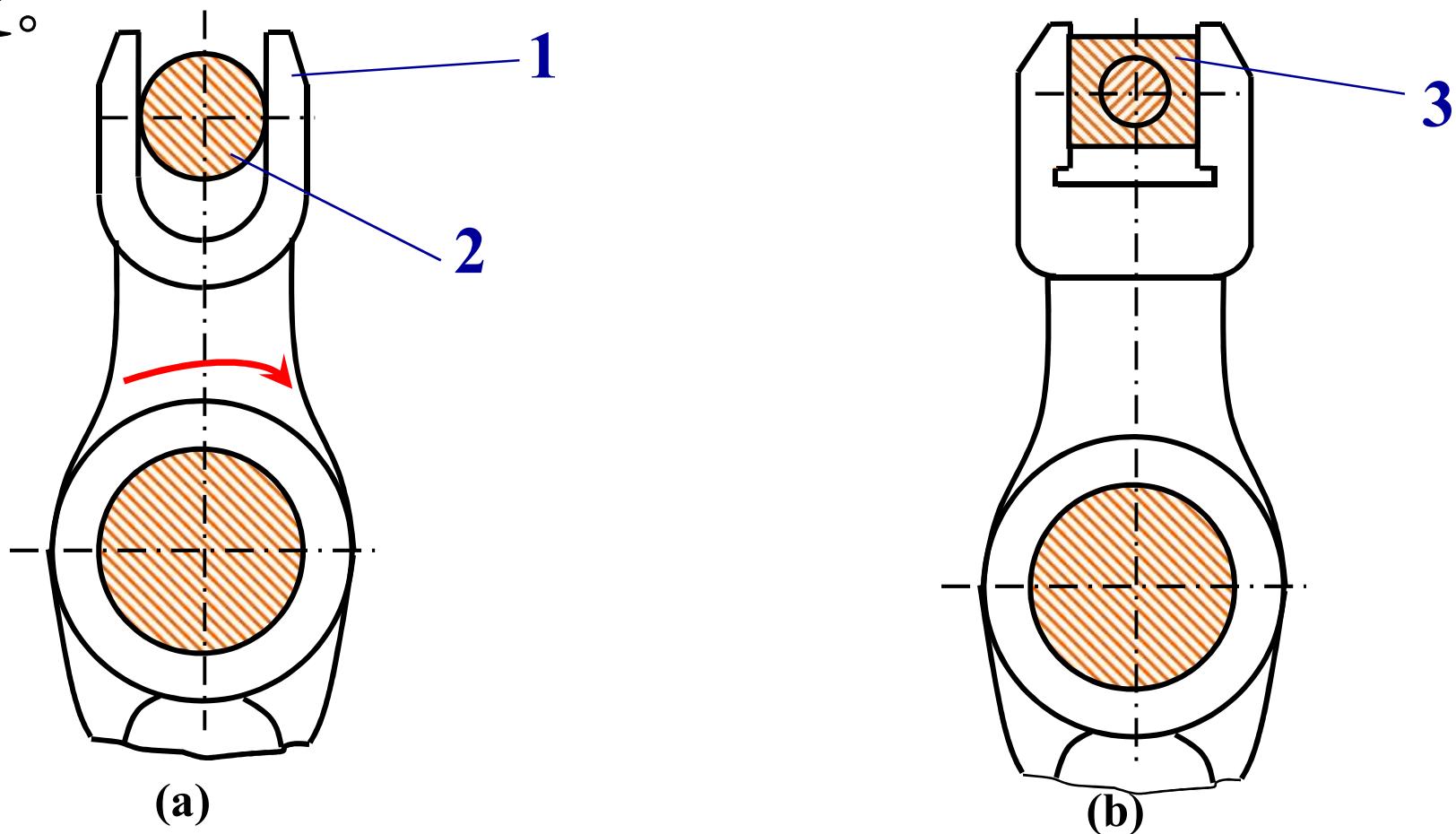


图14.13 加大接触面积提高接触强度

(4) 提高刚度

- 结构的刚度是指在外载荷作用下抵抗其自身变形的能力。在相同的外载荷作用下，刚度愈大则变形愈小，刚度也表明结构（或系统）的工作能力。
- 与材料的弹性模量、变形体断面的几何特征数（如受弯曲时断面的惯性矩 I ，受扭转时断面的极惯性矩 I_p 、受拉、压时的断面积 S ）、载荷类型及支承方式等有关，其中断面的尺寸和形状对刚度的影响最大。

提高零件结构刚度可以采取以下的措施：

- ① 采用合理的结构
- ② 用构件受拉、压代替弯曲
- ③ 提高支承刚度
- ④ 采用加强筋、板
- ⑤ 采用合理的剖面形状提高构件刚度

①采用合理的结构

图14.14 b的悬臂梁受载时产生弯曲，可采用14.14a图的桁架结构代替受弯曲的悬臂梁，桁架比细长杆在刚度上有明显的优越性。

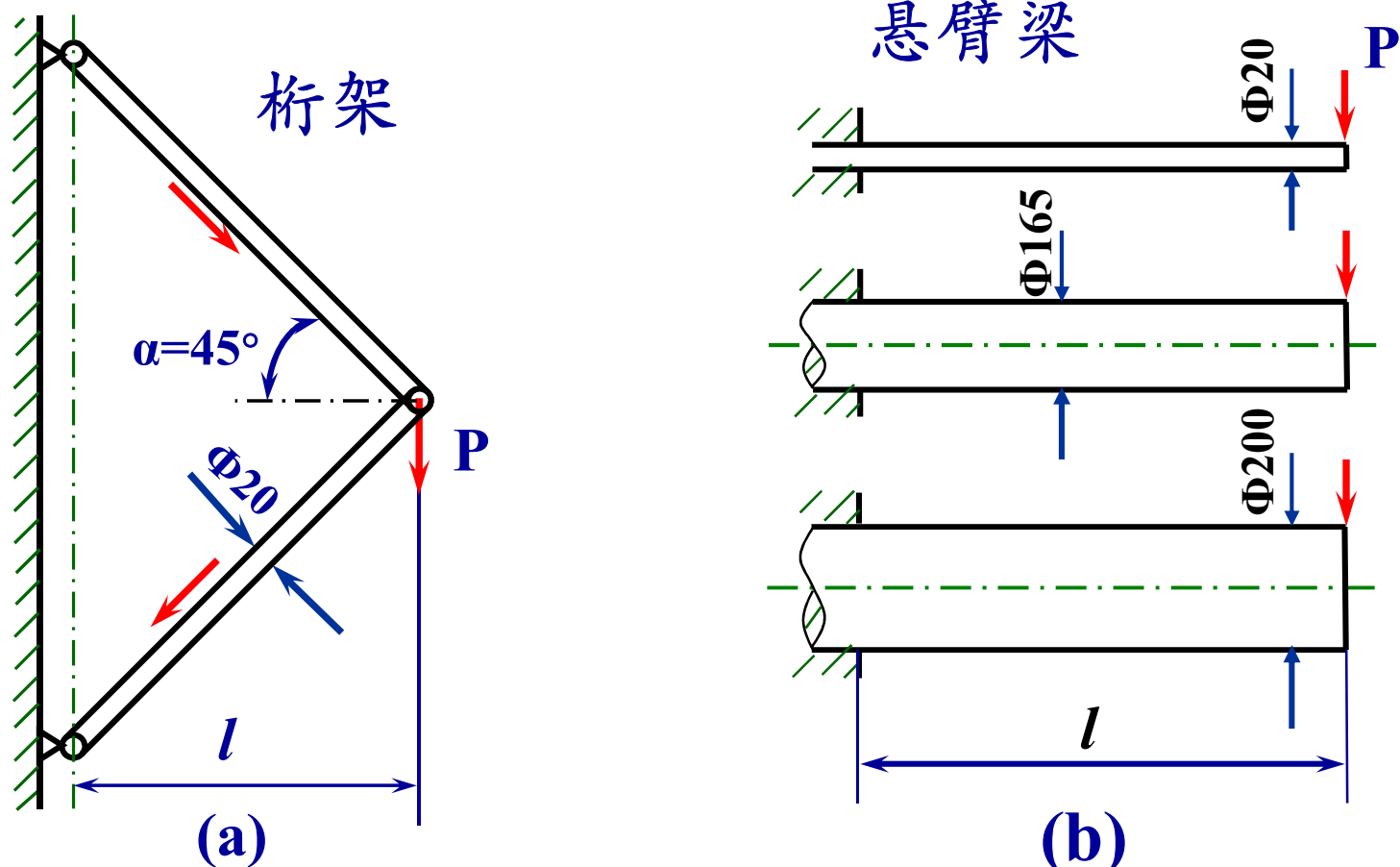


图14.14 采用桁架结构提高刚度

②用构件受拉、压代替弯曲

当构件受弯矩作用时，在距中性面远的材料“纤维”中产生大的弯曲应力，在**中性面处弯曲应力为零**，大部分的负荷由靠边界附近的材料承受，中性面附近相当大部分的材料得不到充分利用。而构件受拉伸时，应力基本上均匀分布，材料得到较好利用，因此**用拉压代替弯曲可获得较高的刚度**。

如图14.15的铸造支座受横向力，当把结构a改为结构b时，辐板则由受弯曲改为受拉、压。

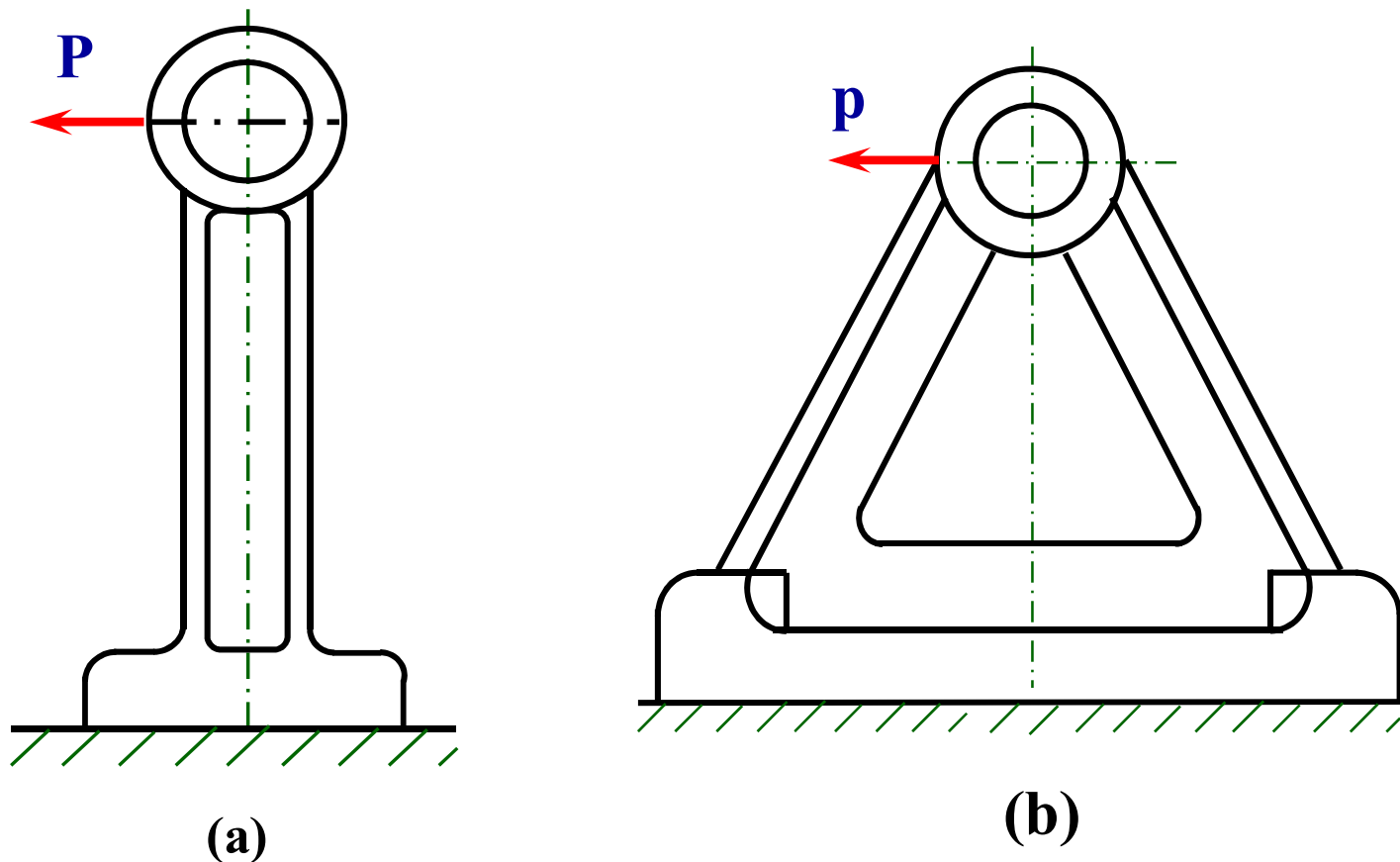


图14.15 提高铸铁支座的刚度



③提高支承刚度

对刚度要求较高的轴系，设计时可用以下措施提高支承刚度：

1) 采用刚度高的轴承安装方式

角接触球轴承和圆锥滚子轴承常成对使用，它的安装方式有正装和反装两种。

- **反装**时，轴系刚度提高，这种结构对悬臂轴是一种较好的支承方式。
- **正装**结构适宜用于轴承之间的轴上装有重载齿轮的场合。

正装（面对面）

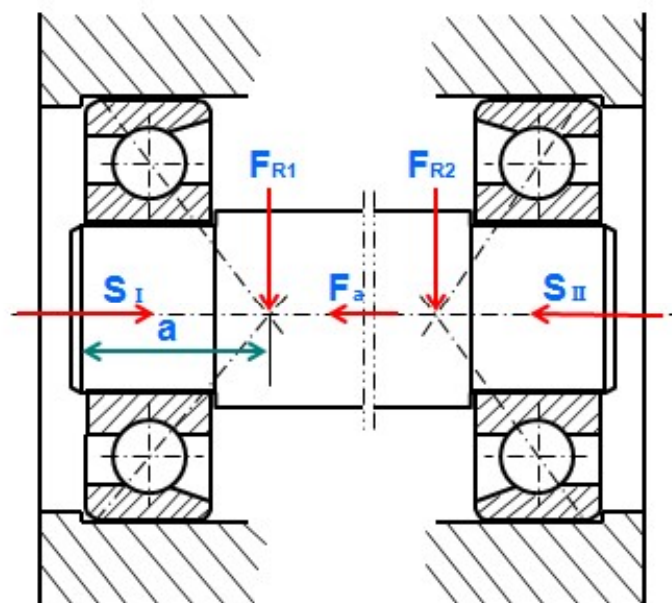
适合于传动零件
位于两支承之间

面:轴承外圈的窄边

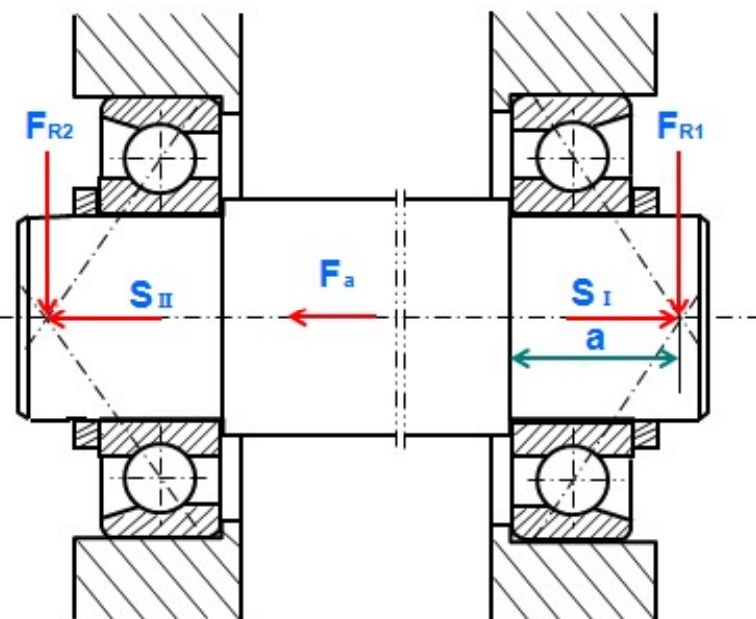
背:轴承外圈的宽边

反装（背靠背）

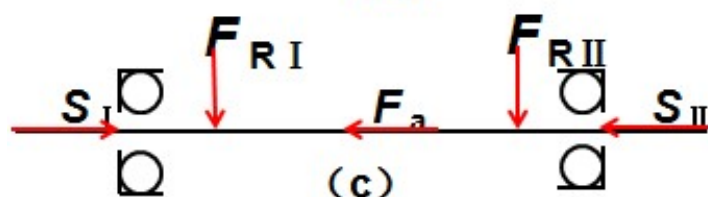
适合于传动零件
处于外伸端



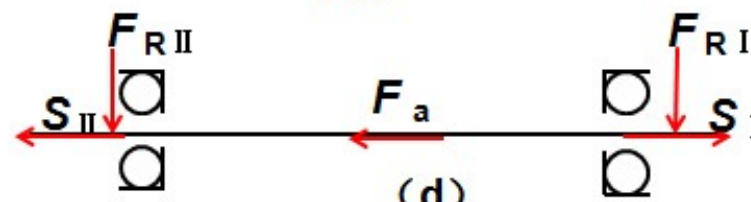
(a)



(b)



(c)



(d)



2) 选择刚度高的轴承

一般线接触的轴承（尤其是双列轴承）要比点接触的轴承刚度高。

- 滚针轴承具有特别高的刚度，但由于滚针轴承容许转速不高，故其应用受到很大限制。
- 双列圆柱滚子轴承具有很高的刚度。
- 圆柱滚子轴承的刚度也很高，但不能调整径向间隙。
- 圆锥滚子轴承刚度高、受力大、安装调整方便，故应用广泛。
- 推力球轴承轴向刚度最高。
- 其它各种类型轴承的轴向刚度则完全取决于轴承接触角的大小，接触角越大，则轴向刚度越大。

3) 对轴承进行预紧

- 为了提高轴承刚度，可以对轴承进行预先加载，使滚动体和内、外圈之间产生一定的预变形，以保持内、外圈之间处于压紧状态。
- 预紧后的轴承不仅增加轴承的刚度，而且有利于提高旋转精度、减小振动和噪声。
- 预紧量不能太大，否则会增加磨损和发热量，使轴承寿命降低。
- 预紧力可以利用金属垫片（图14.16），或磨窄套圈（图14.17）等方法获得。

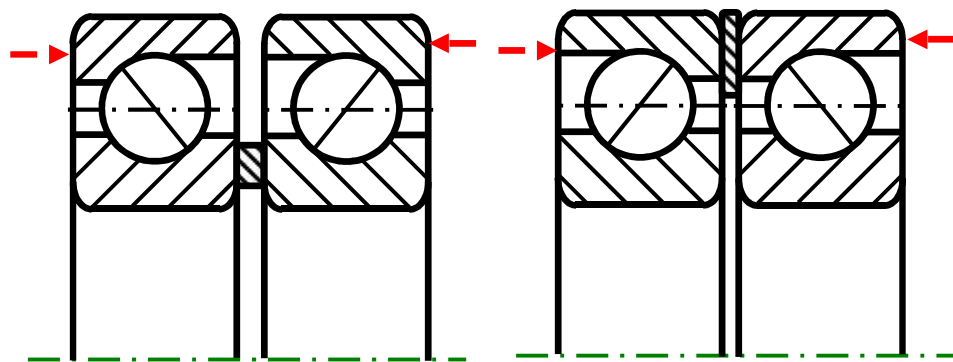


图14.16 利用金属垫片预紧

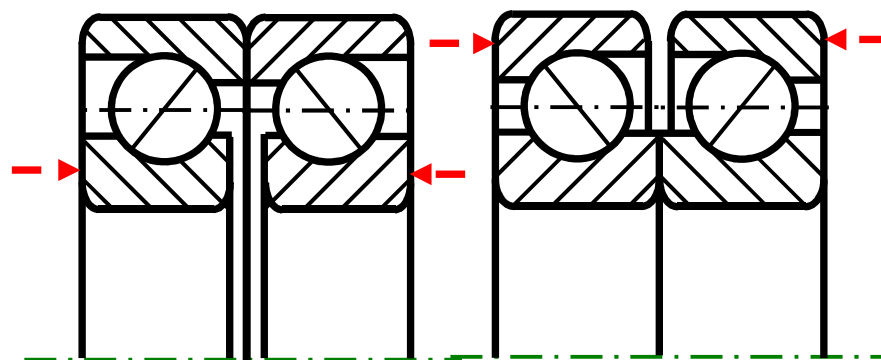


图14.17 利用磨窄套圈预紧

4) 增加轴系中的轴承数

- 对刚度要求特别高的轴系，可采用二个或多个轴承的结构。
- 图14.18磨床主轴结构，在每个支点都采用二个轻系列角接触球轴承，满足了高速及刚度要求的需要。

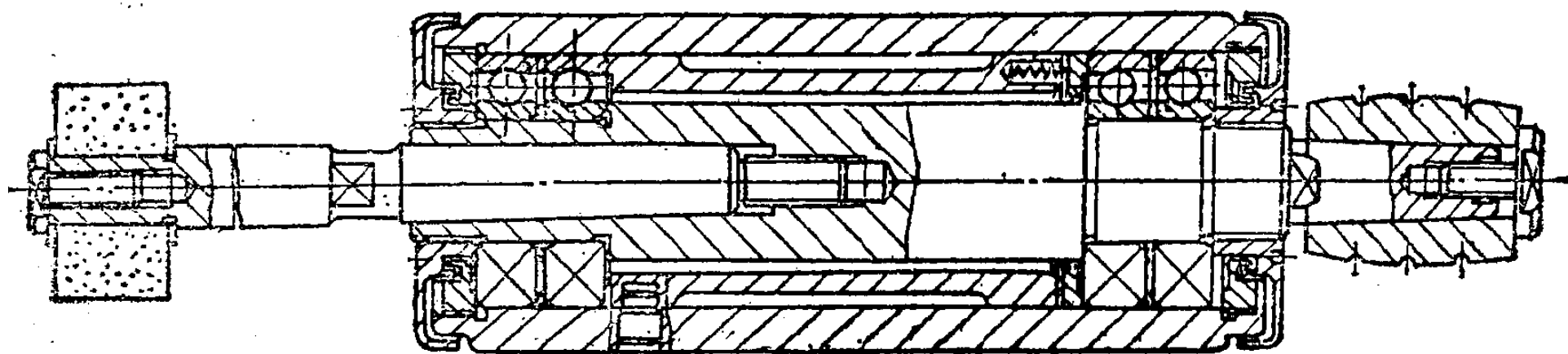
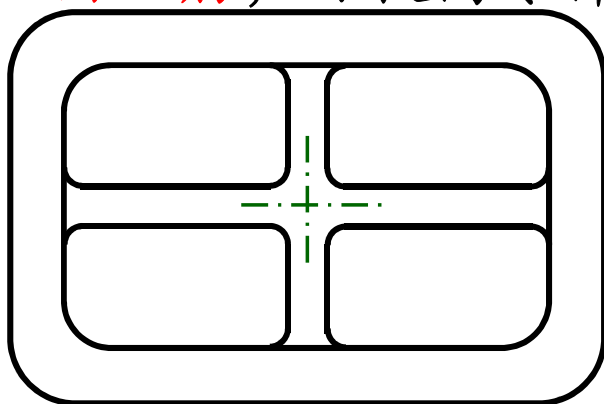


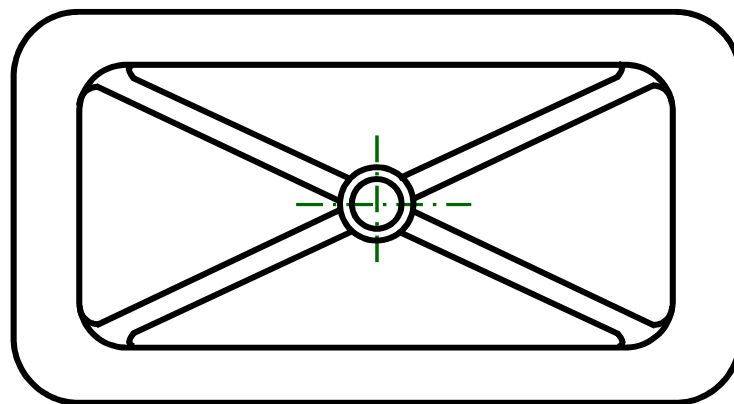
图14.18 内圆磨床主轴轴承结构

④采用加强筋、板

- 在零件上面加筋，可提高零件的刚度

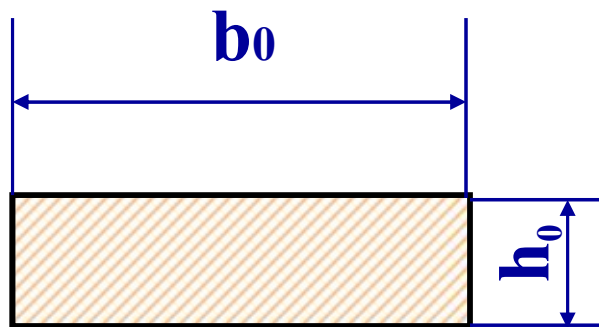


较差



较好

- 如图14.20a的平置矩形截面梁受弯曲，因断面的抗弯惯性矩小，所以刚度很低
- 可采用图14.20b的结构，用肋板加强刚度。



(a)

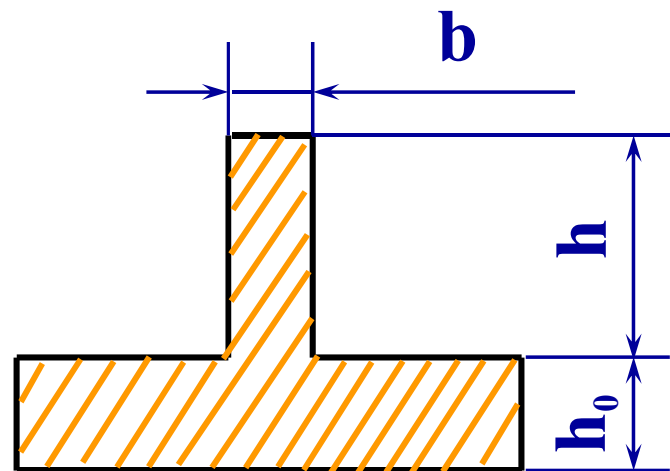
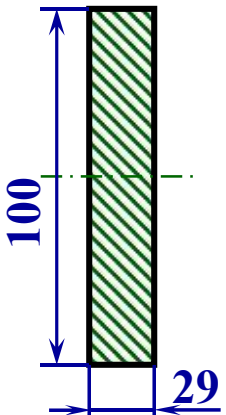


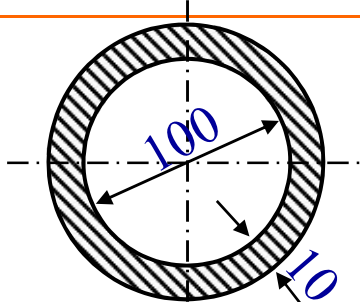
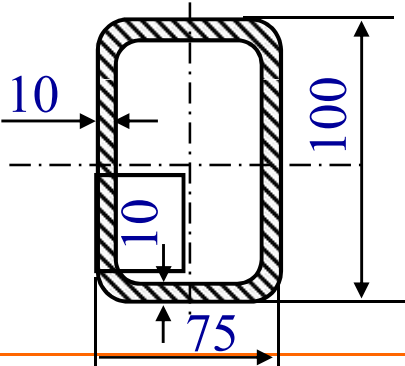
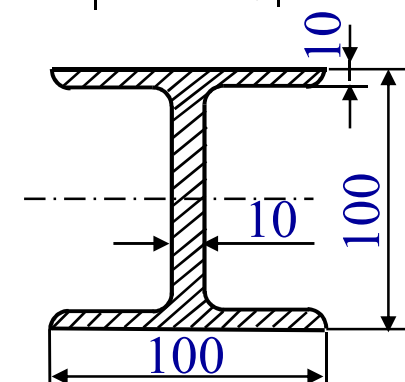
图14.20 用肋板加强刚度 (b)

⑤采用合理的剖面形状提高构件刚度

绝大多数的构件受力情况都很复杂，因而要产生拉伸（或压缩）、弯曲、扭转等变形。当受弯曲或扭转时，**截面形状对它们的强度和刚度有着很大的影响。**

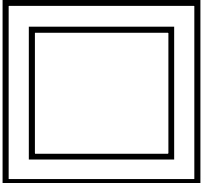
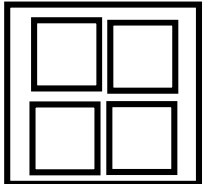
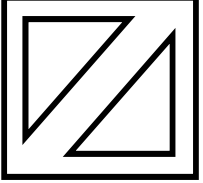
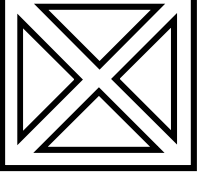
表14.2 常用的几种截面形状比较

截面		弯曲			扭转		
形状	面积 /cm ²	许用弯矩 /(N/m)	相对 强度	相对 刚度	许用扭矩 /(N/m)	相对 强度	相对 刚度
	29.0	4.83[σ_b]	1.0	1.0	0.27[T τ]	1.0	1.0

截面		弯曲			扭转		
形状	面积 /c m ²	许用弯矩 /(N/m)	相对 强度	相对 刚度	许用扭矩 /(N/m)	相对 强度	相对 刚度
	28.3	5.82[σ _b]	1.2	1.15	11.6[Tτ]	43	8.8
	29.5	6.63[σ _b]	1.4	1.6	10.4[Tτ]	38.5	31.4
	29.5	9.0[σ _b]	1.8	2.0	1.2[Tτ]	4.5	1.9

在铸造构件中常使用空心方形断面，为了加强空心方形断面的刚度，可在里面加不同形式的隔板。

表14.3 四种不同断面的刚度比较

断面	I 弯	I 扭
	1	1
	1.17	2.16
	1.55	3
	1.78	3.7



14.4 结构设计方法

结构设计主要是确定机器零部件的形状、数目、尺寸、相互位置和相互联接方式，或者对这几个要素进行变化，得到多种方案，然后选择最佳结构。

14.4.1 算法

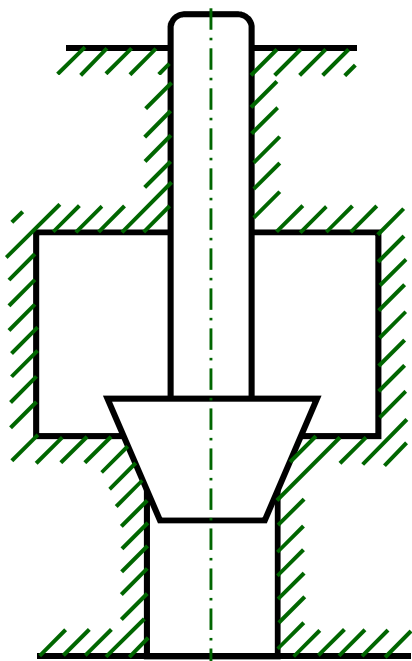
零件外形轮廓的设计，是结构设计中的一个难点，通常依靠设计人员的理论知识和实践经验，先确定基本形状，然后根据各种约束条件进行修改和完善，直至满意为止。算法是一种数学方法，可进行最优形状设计。
零件结构设计往往采用机械设计的强度和刚度设计方法。

14.4.2 形态变换法

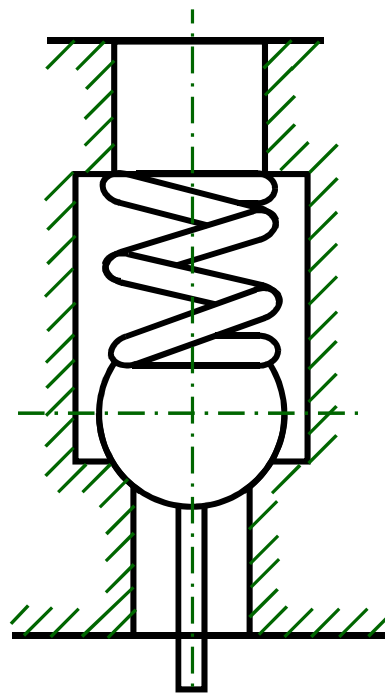
变换零件结构的形状、位置、数目、尺寸和顺序，得到不同的结构设计方案叫形态变换法。

(1) 变换零件工作表面形状

如图14.21所示，通过改变阀心表面形状，可以得到不同的阀门结构。



(a)



(b)

图14.21 工作面形状变化

(2) 变换零件作用面的相关位置

- 图 a 球面设计在推杆2上，当摆杆作用推杆时，受到横向作用力。
- 图 b 是球面设计在摆杆1上的结构，当作用时，推杆只受到轴向力

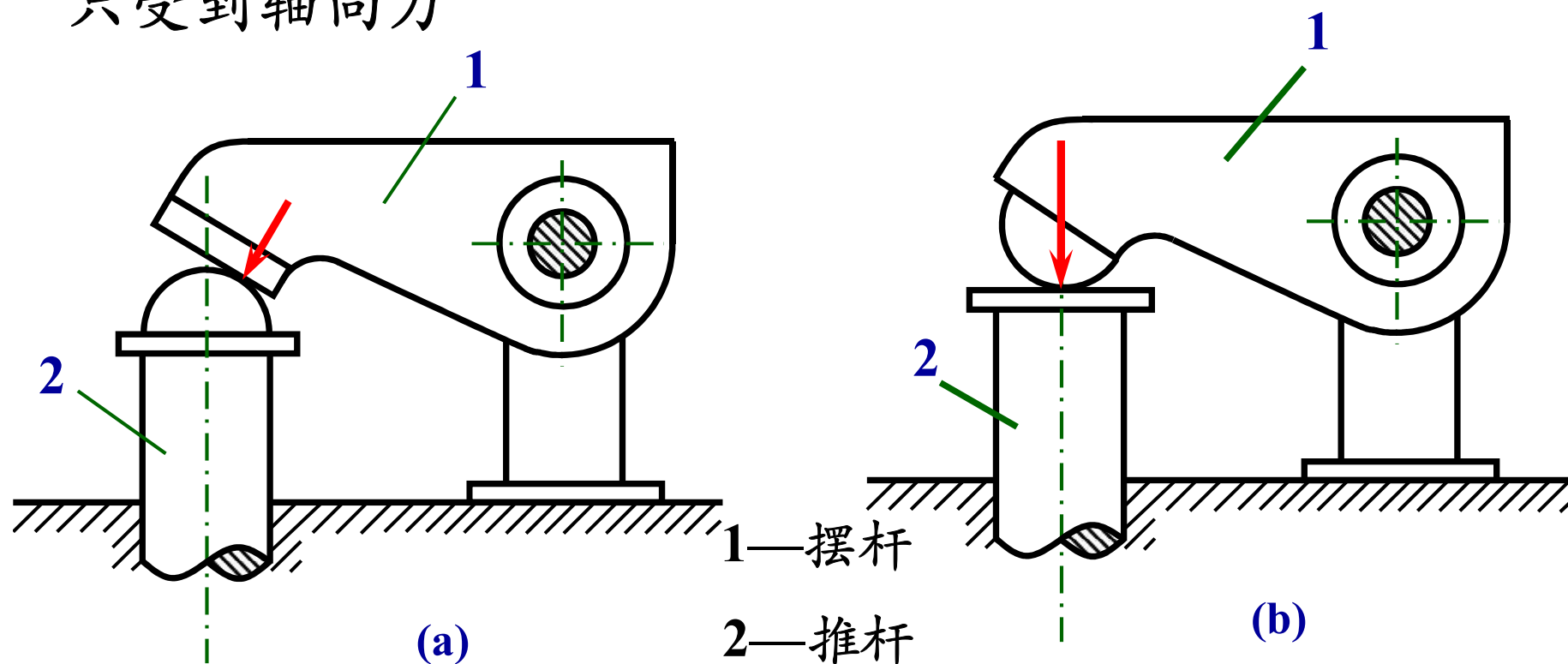


图14.22 摆杆与从动杆的球面位置变换

(3) 改变零件工作面的数目而发生形态变换

图14.23为螺钉头内接触面数目变化而引起的形态变换，适用于各种工作条件下的螺钉。

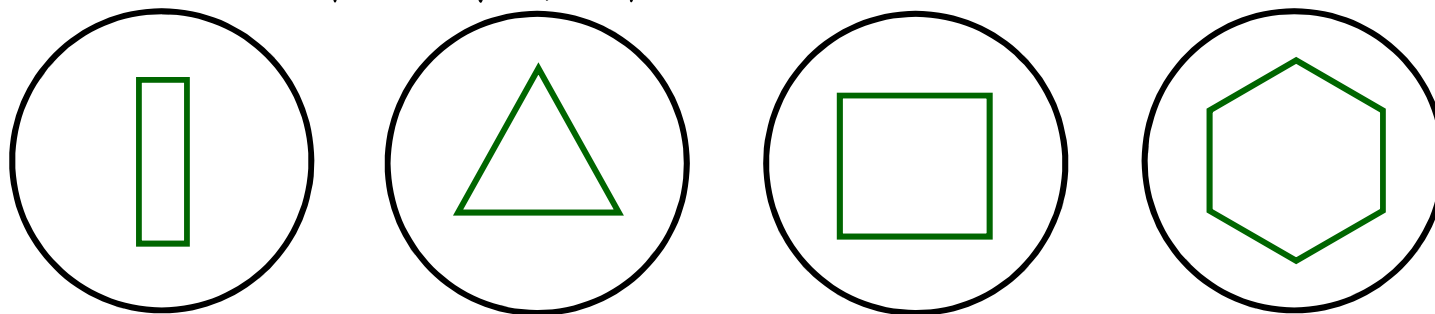


图14.23 螺钉头作用面数目变换

(4) 尺寸变化而发生形态变换

零件表面通过尺寸的增大或缩小而发生形态变化。例如V带型号的变化、齿轮模数变化等都是尺寸变化的例子。

(5) 通过改变零件表面排列顺序或功能表面位置的变换而得到不同的结构。

在图14.24的轴毂连接中，当变换工作面的形状、数目、位置和大小，可得到轴毂连接的多种结构方案。

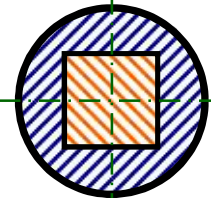
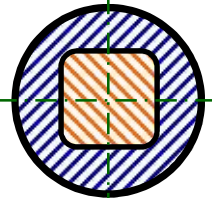
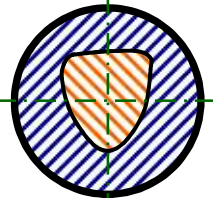
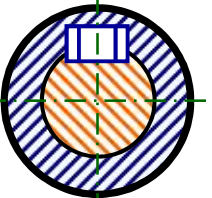
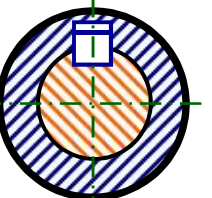
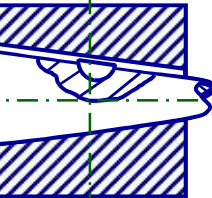
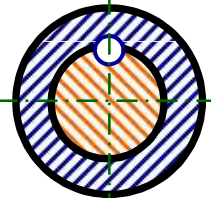
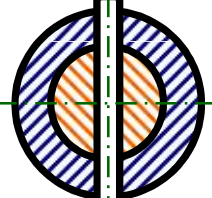
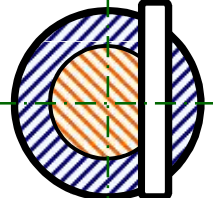
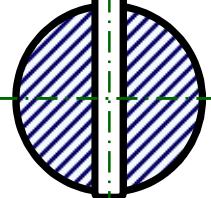
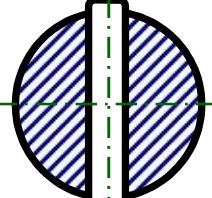
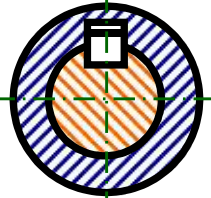
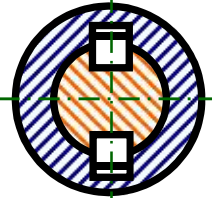
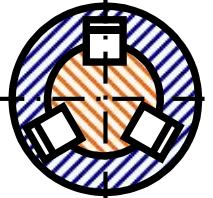
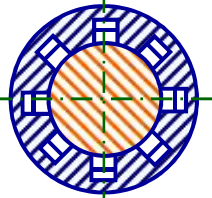
方案 参数	1	2	3	4	5	6
形状						
位置						
大小						
数量						

图14.24 轴毂连接的结构方案

14.4.3 关系变换法

(1) 改变运动方式

在机械系统中，各部件或零件之间的运动形式有：平移运动、回转运动、一般运动。通过改变运动形式，得出不同的结构，而实现同一功能。

(2) 连接方式的变换

运动件与固定件的连接方式有相对滑动、相对滚动、既滚动又滑动。

(3) 固定方式的变换

- ①利用两个零件接触面之间的摩擦力来固定
- ②利用中间件来固定
- ③利用零件的形状实现固定



14.5 结构的工艺设计

设计机械零部件时，必须考虑结构工艺性，使机械零、部件在满足使用功能的前提下，能实现生产率高、生产成本低的目的。此外在生产批量、生产设备条件、使用维护条件不同时，应在结构上作相应的改变。如单件生产的机器底座用焊接件较经济，而中小批量生产甚至大批量生产采用铸件更合理。随着科技的发展，不断出现很多新工艺、新技术、新材料，设计师应不断掌握新技术，以提高结构设计质量。

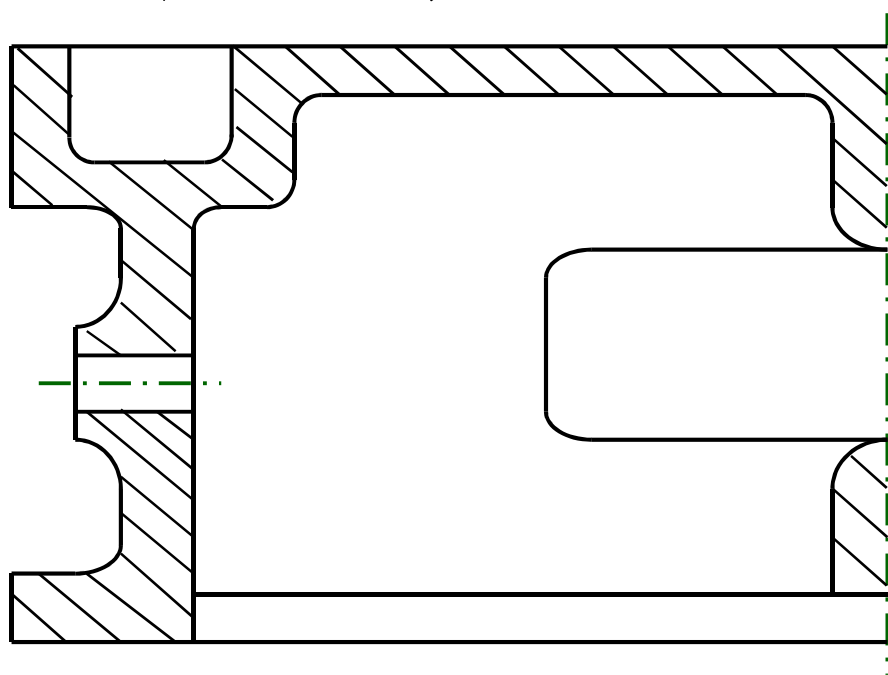


14.5.1 铸件的工艺性

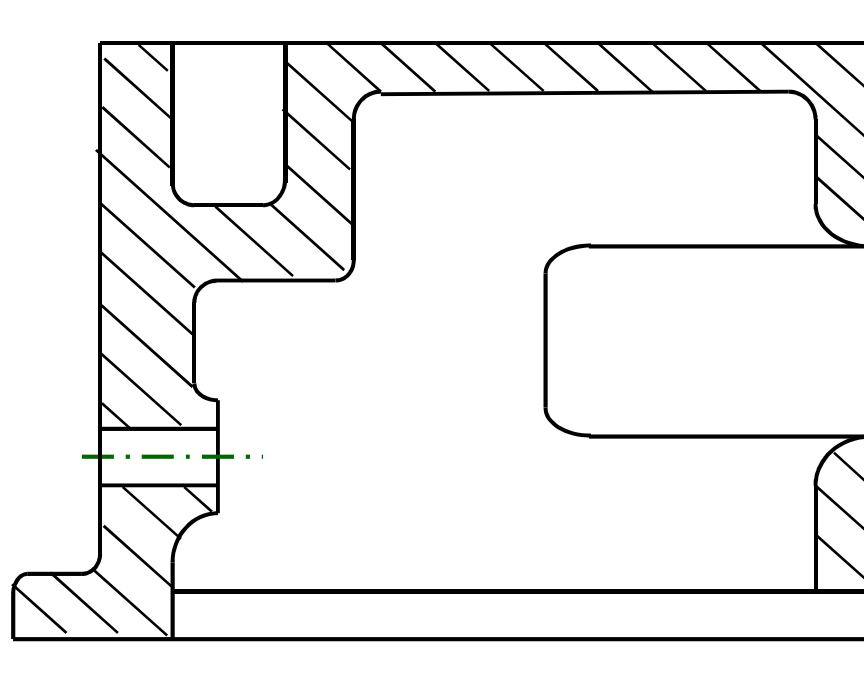
- 铸件在机械中所占比重较大，铸件中以灰铸铁应用最广，如箱体、支架、机床的床身等均用灰铸铁铸造而成。
- 灰铸铁容易铸造成各种复杂形状、耐磨性、吸震性好、易切削加工；
- 铸件应该按制模、造型、浇铸、冷却、清理、搬运、热处理等步骤，按工艺性的要求设计其各部分的结构。
- 铸件的铸造工艺质量不易控制，容易产生缺陷，因此设计铸件时，除了考虑机械结构的刚度和强度外，还要考虑铸件的工艺性，使所设计的铸件结构尽量合理，达到较好的使用效果。

(1) 形状简单

设计铸造零件时，应使零件形状简单，并尽量使零件形状对称，以便于制模。**铸件表面的凹凸形状应尽量减少**，以避免使用活块。如图14.25 (b) 比 (a) 的凹凸部分较少，便于制模。



(a)



(b)

图14.25 减少铸件的凹凸部分

(2) 合理确定铸件壁厚

为了降低铸件重量，希望减薄壁厚，但受强度和材料流动性限制，壁厚又不可太薄。

表14.4给出了各种材料从流动性要求出发的允许最薄壁厚值，它与铸件尺寸有关。

表14.4 砂型铸件最薄壁厚

铸件尺寸/mm	铸钢	灰铸铁	球墨铸铁	可锻铸铁	铝合金	铜合金
$<200 \times 200$	6~8	5~6	6	4~5	3	3~5
$200 \times 200 \sim 500 \times 500$	10~12	6~10	12	5~8	4	6~8
$>500 \times 500$	18~25	15~20			5~7	

- 设计铸件壁厚力求均匀，以提高铸件的质量；
- 减少铸件中断面厚度大的部分，避免金属聚集以致产生缩孔或缩松（图14.26）。

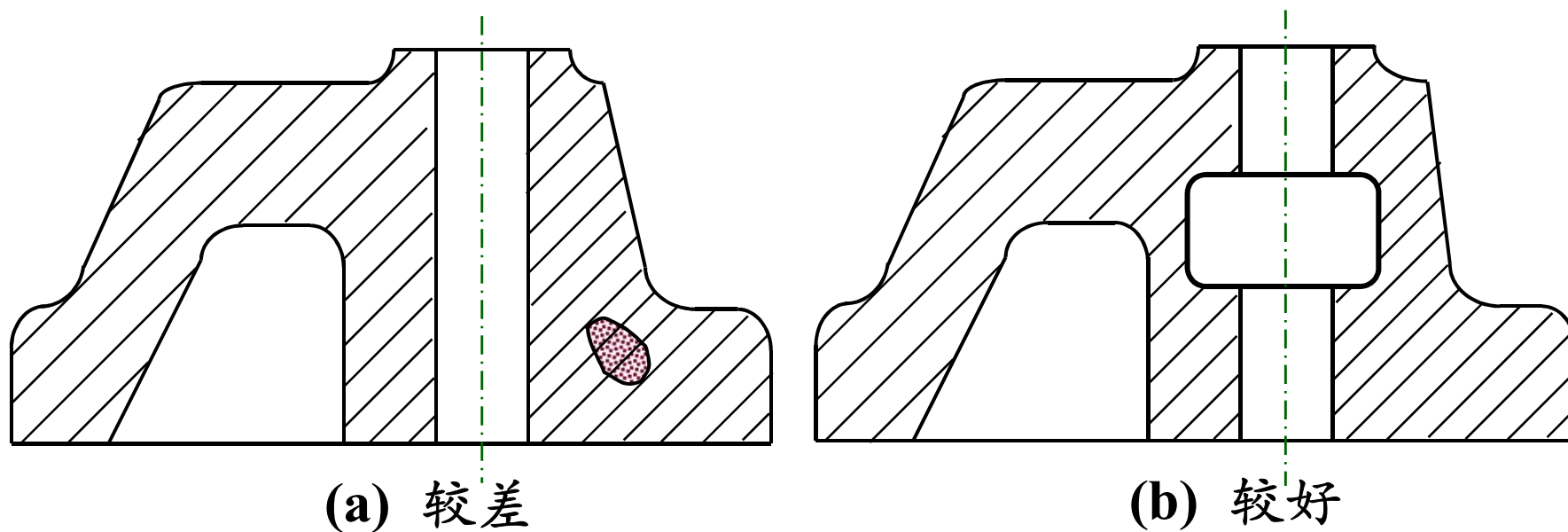
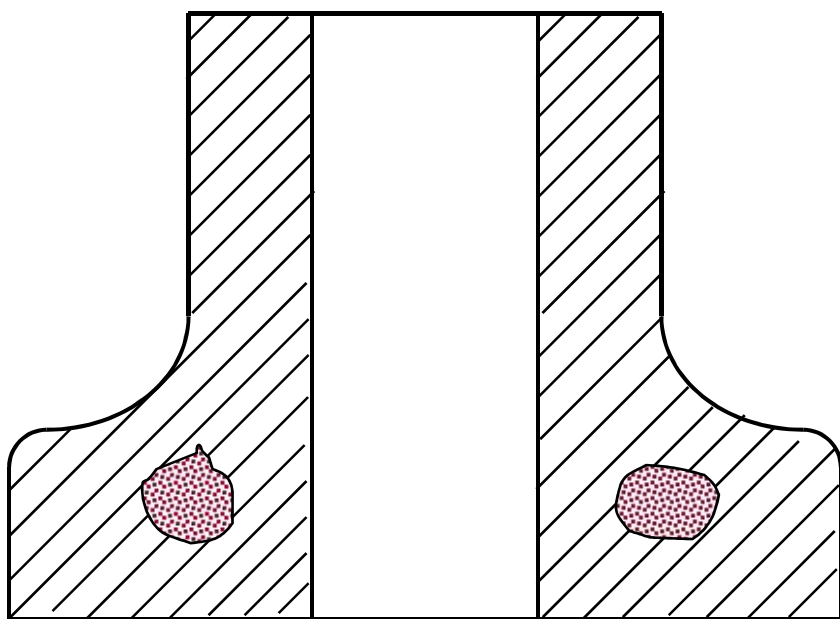
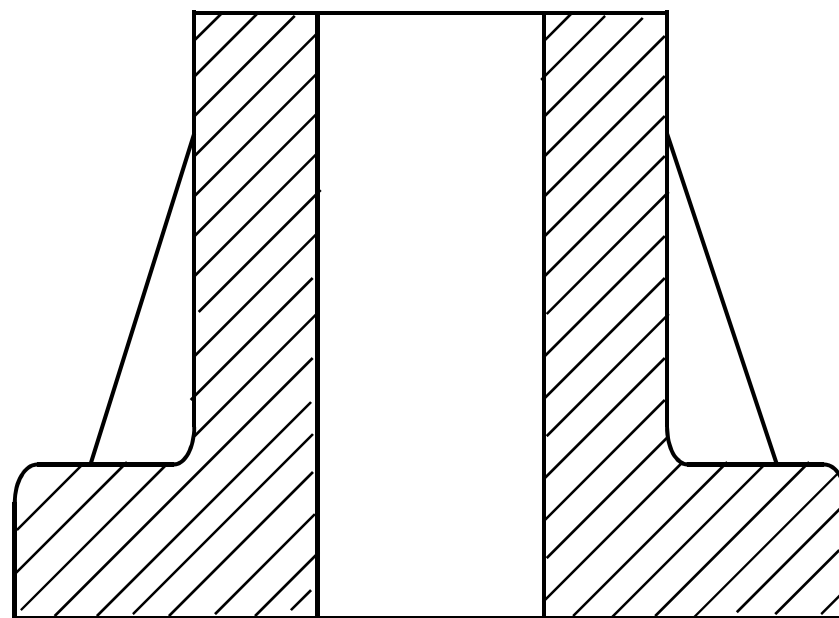


图14.26 铸铁壁厚力求均匀

在铸件结构设计时，可以用**加强肋使壁厚均匀**，图14.27 (b) 中，用肋板代替厚壁，既可以保证壁原来的刚度，又使壁厚均匀，结构合理，减轻质量。



(a) 较差



(b) 较好

图14.27 用加强肋使壁厚均匀

对于形状较复杂或尺寸较大的铸件，铸件内腔壁厚应较外壁厚减小15~20%（因内壁冷却较慢），不同壁厚连接处，应采用过渡结构（图14.28）。铸件各个面的交界处应采用圆角结构。

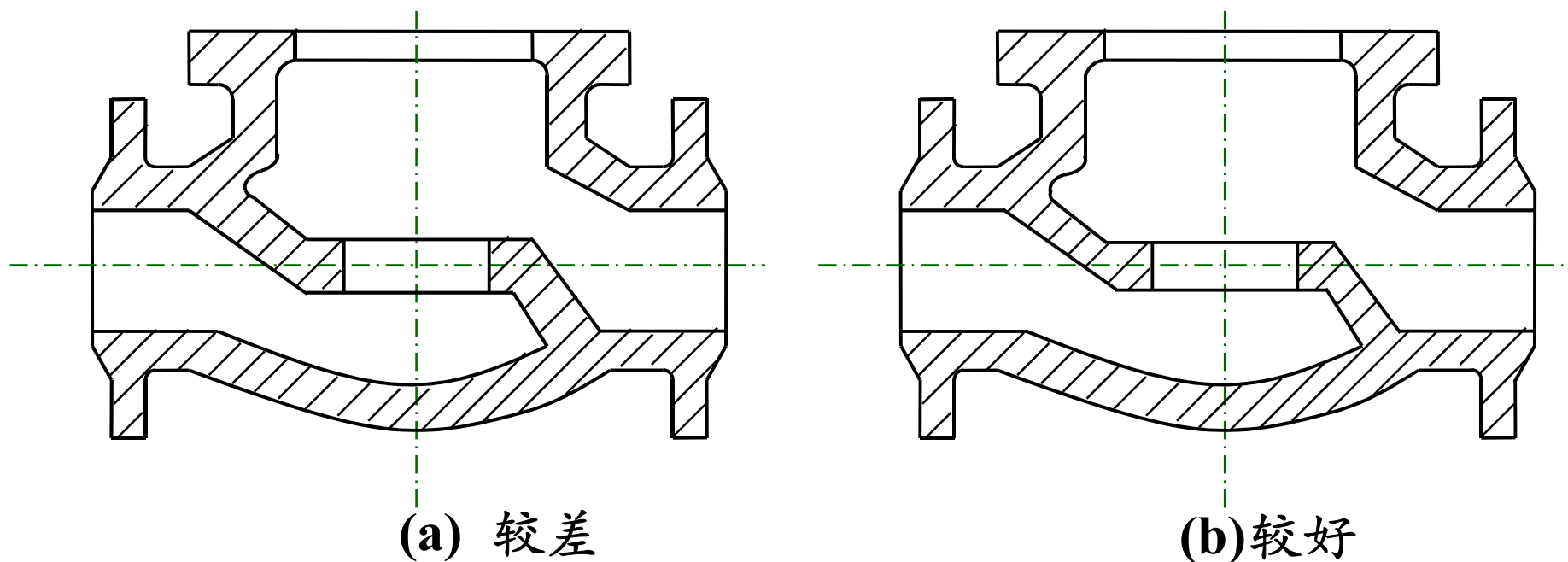
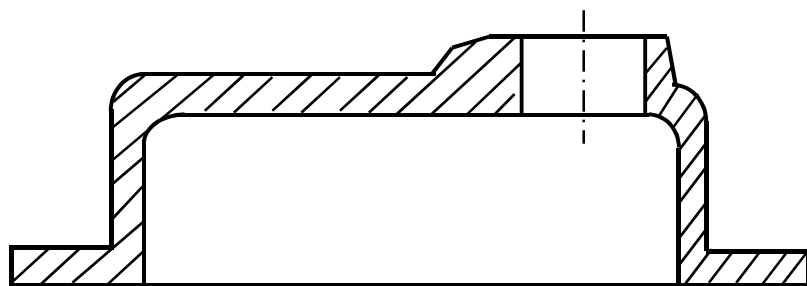
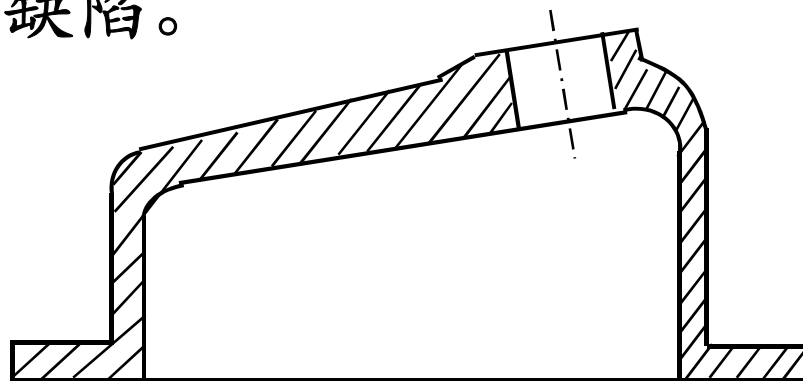


图14.28 内、外壁厚合理结构

- 此外对于薄壁铸件，必须避免较大又较薄的水平面，因为水平平面浇铸时容易造成冷隔或形成气孔、渣眼或夹砂，改为有斜坡的平面，有利于排出液态金属中的杂质和由于铁液漫流造成的冷隔等缺陷。



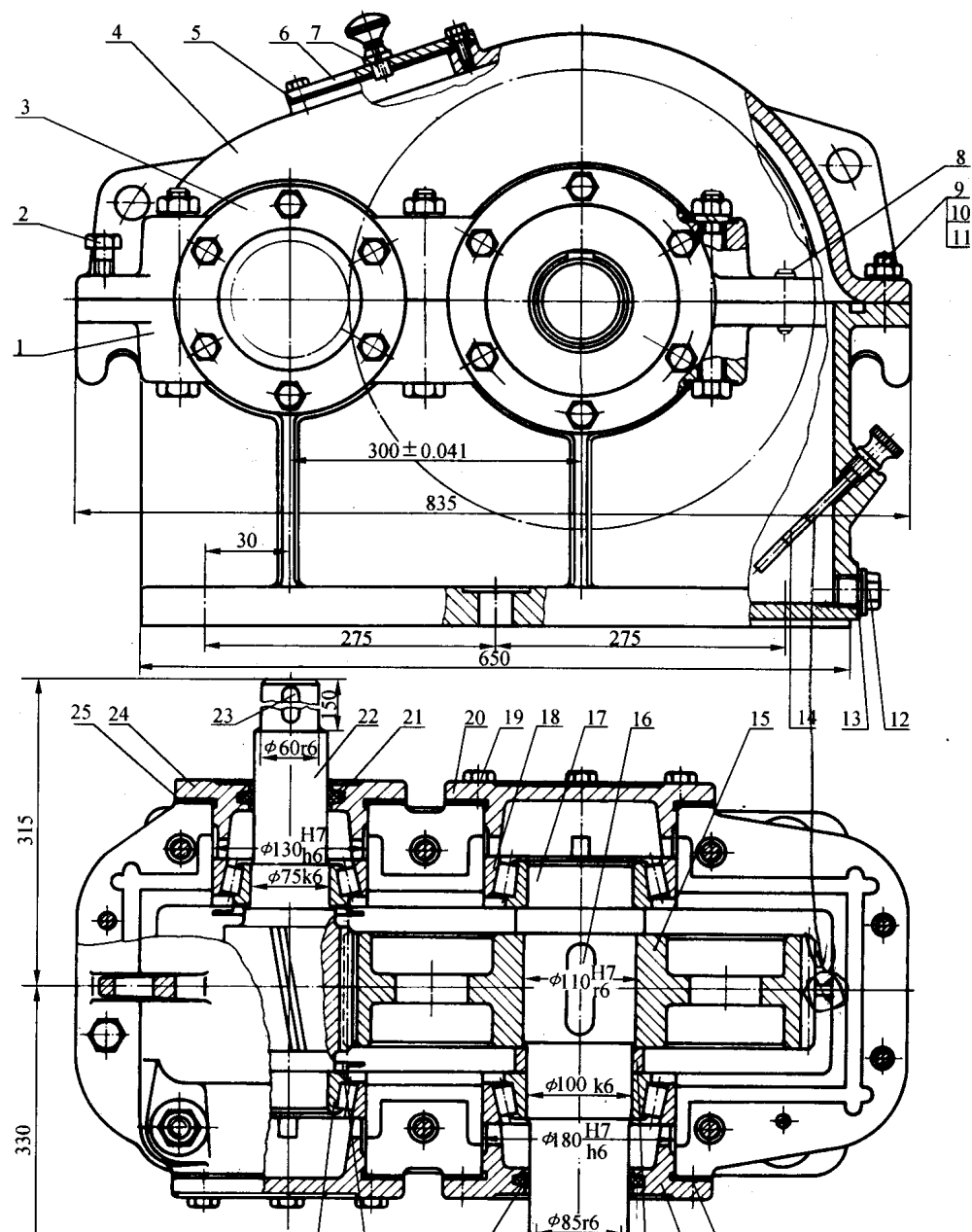
(a) 较差

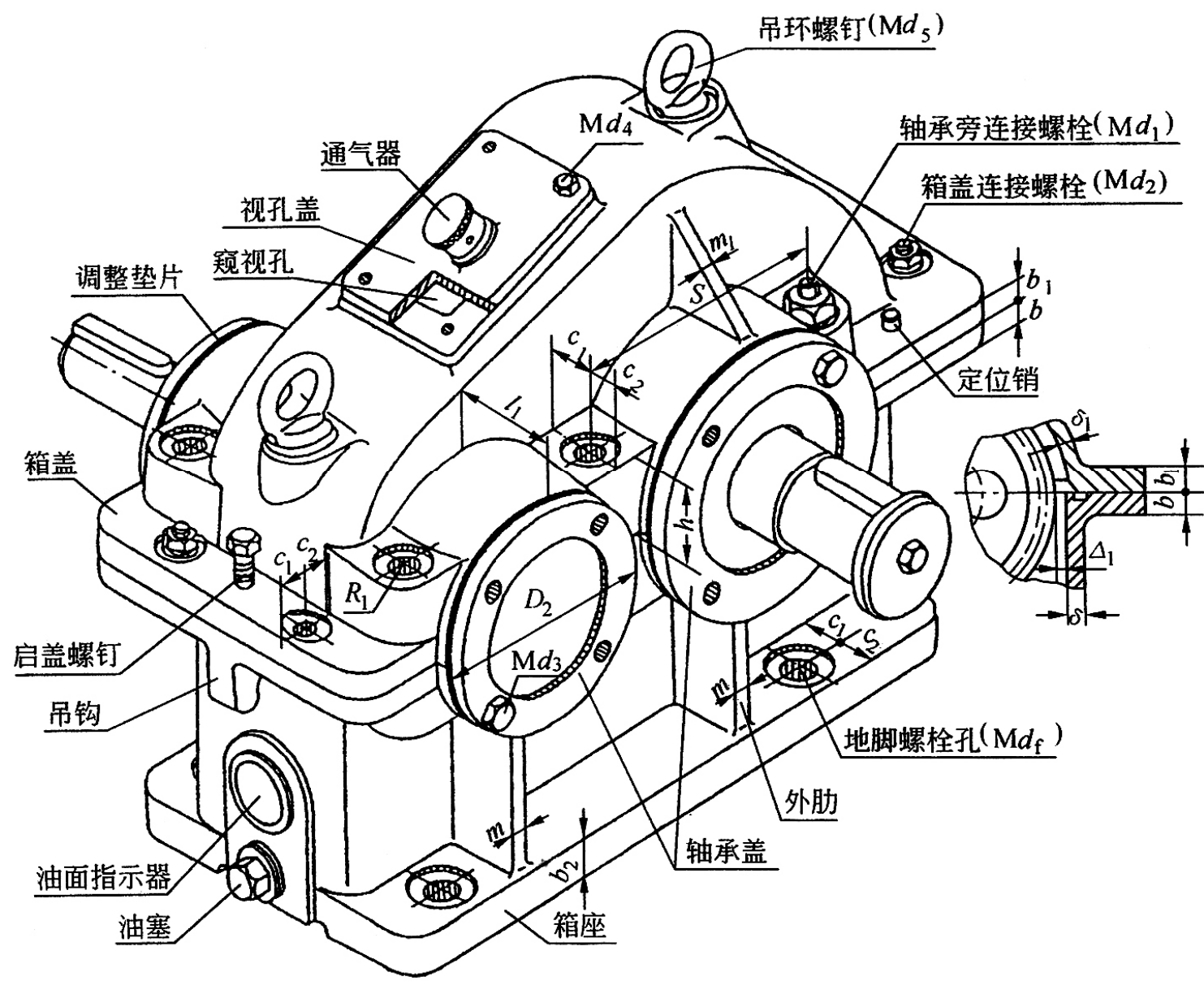


(b) 较好

图14.29 避免采用较大又较薄的水平面

- 铸件应有适当的起模斜度及适当的圆角，铸件上不能有尖锐的转角，以避免在冷却时由于不均匀收缩而产生应力集中或裂纹。





14.5.2 焊接件的工艺性

- 焊接件主要用于钢结构、机架和机械零件中，设计焊接件时要合理选择焊接方法和焊接材料。
- 焊接件在焊接时温度很高，而且温度分布不均匀，焊缝及母体金属在焊接时产生很大的变形，在冷却时由于各部分温度变化不同，还会产生很大的变形和内应力，甚至产生裂纹。

(1) 不应在同一个接头中采用两种连接结构，避免结构复杂和铆钉、螺栓连接不起作用。

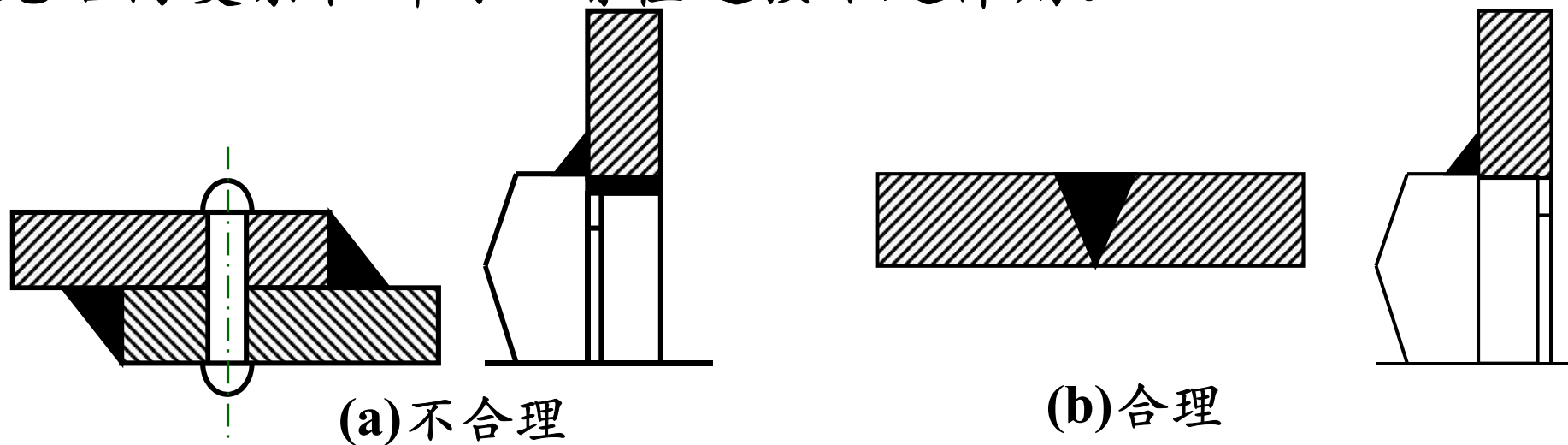
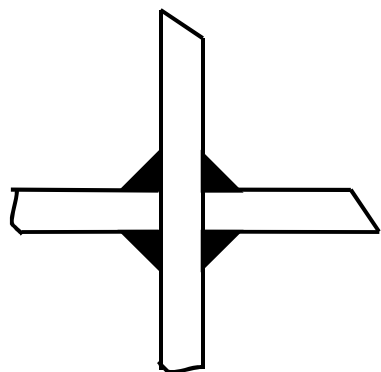
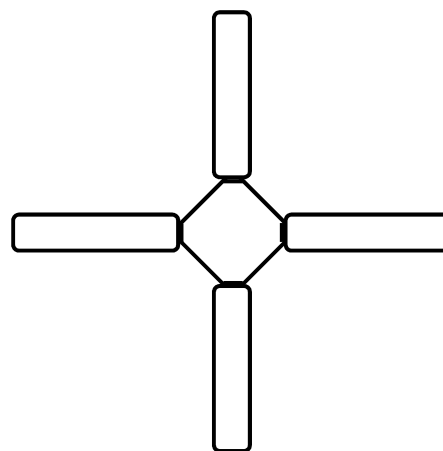


图14.30 避免在同一个接头中采用两种连接结构

(2) 设计焊接结构时，应使结构的应力和变形最小。



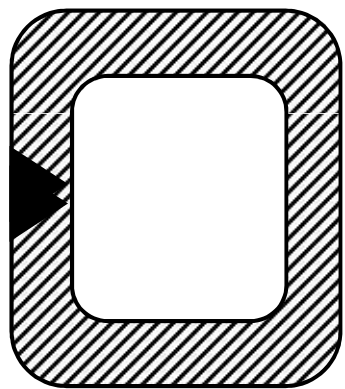
(a) 不合理



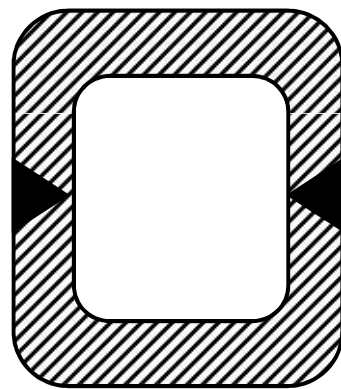
(b) 合理

图14.31 使结构的应力和变形最小

(3) 尽可能避免使用不对称的焊缝，**焊缝布置与焊接顺序也对称**，这样就可以利用各条焊缝冷却时的力和变形的互相均衡，以得到焊件整体的较小变形。



(a) 不合理



(b) 合理

图14.32 焊接件设计应使焊缝具有对称性

(4) 设计时应注意焊缝受力。避免焊缝承受剪力或集中载荷，避免在应力最大的部位布置焊缝。

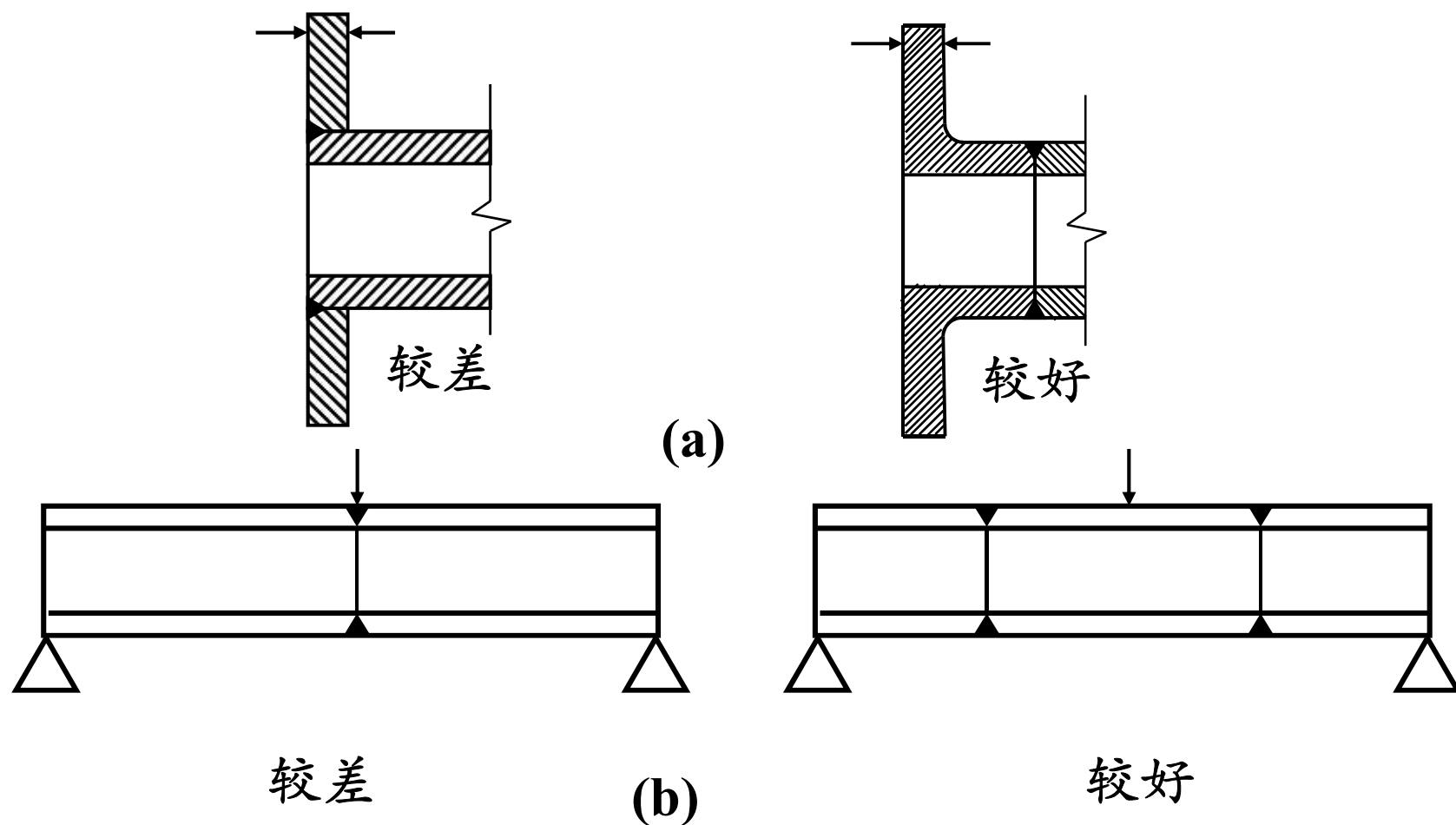


图14.33 避免焊缝受集中载荷

当采用搭接焊缝时，应保证搭接部分有足够的长度，减小焊缝中附加弯曲应力。

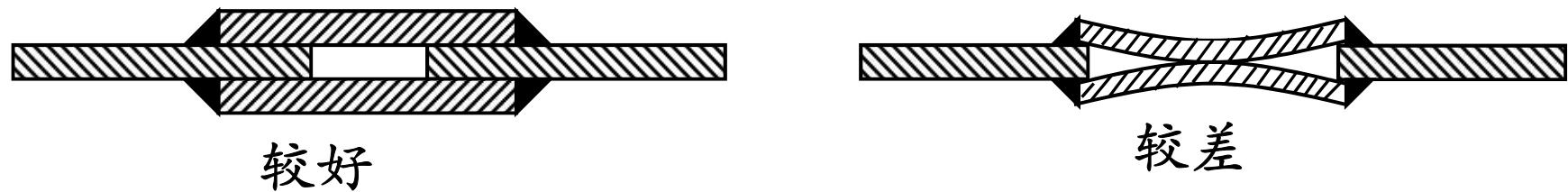
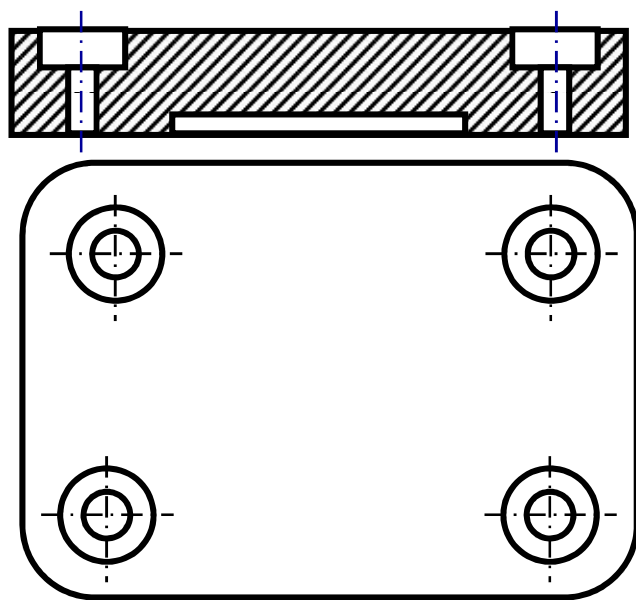


图14.34 减小焊缝中附加弯曲应力

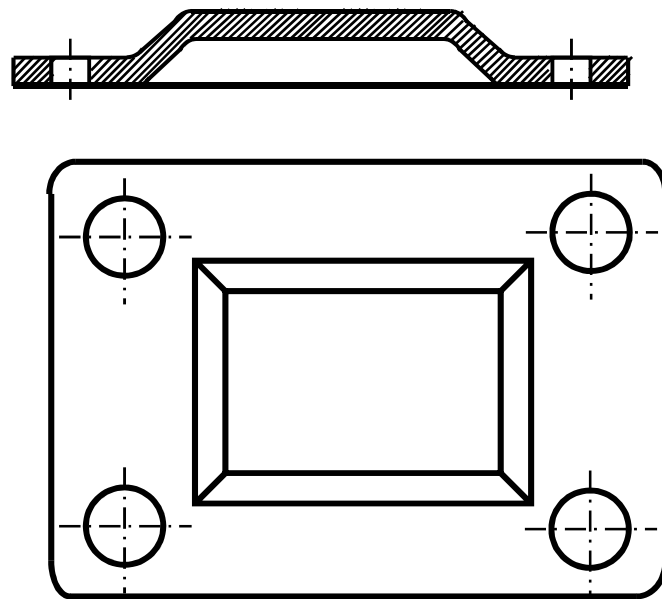
14.5.3 考虑加工、装配、维修、回收再用等的工艺性

(1) 在保证功能要求的前提下，尽量减小机械加工量。正确选用精密铸造、模锻、电渣焊等工艺方法，可以大量减少机械加工量。

如图14.35的减速器观察孔盖，如把铸件结构改为冲压件，则可以直接冲压后使用。

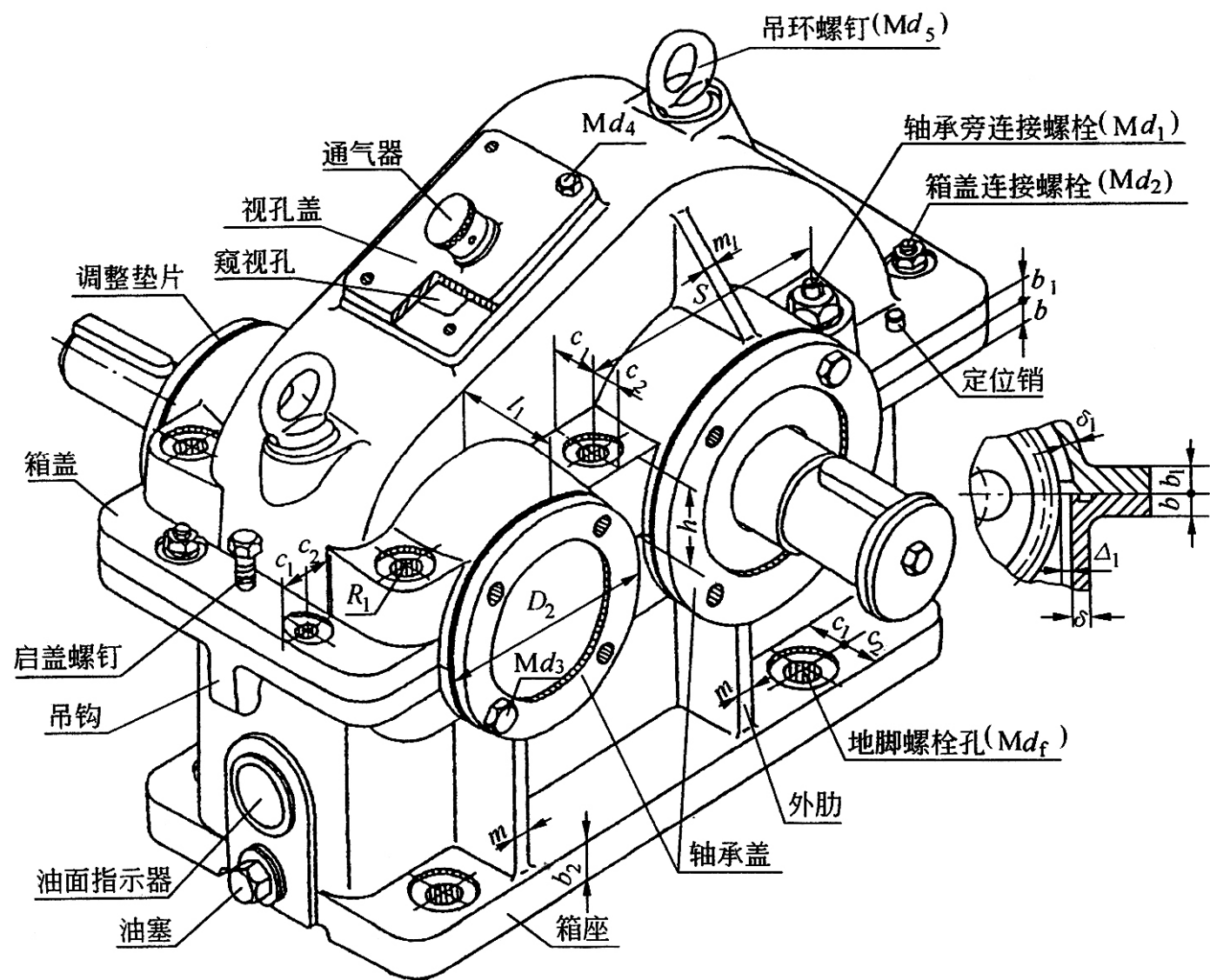


(a) 铸件



(b) 冲压件

图14.35 减速器观察孔盖的结构



(2) 保证机械零件可能加工。对于车、刨、磨等加工表面，应留有足够的退刀槽或砂轮越程槽

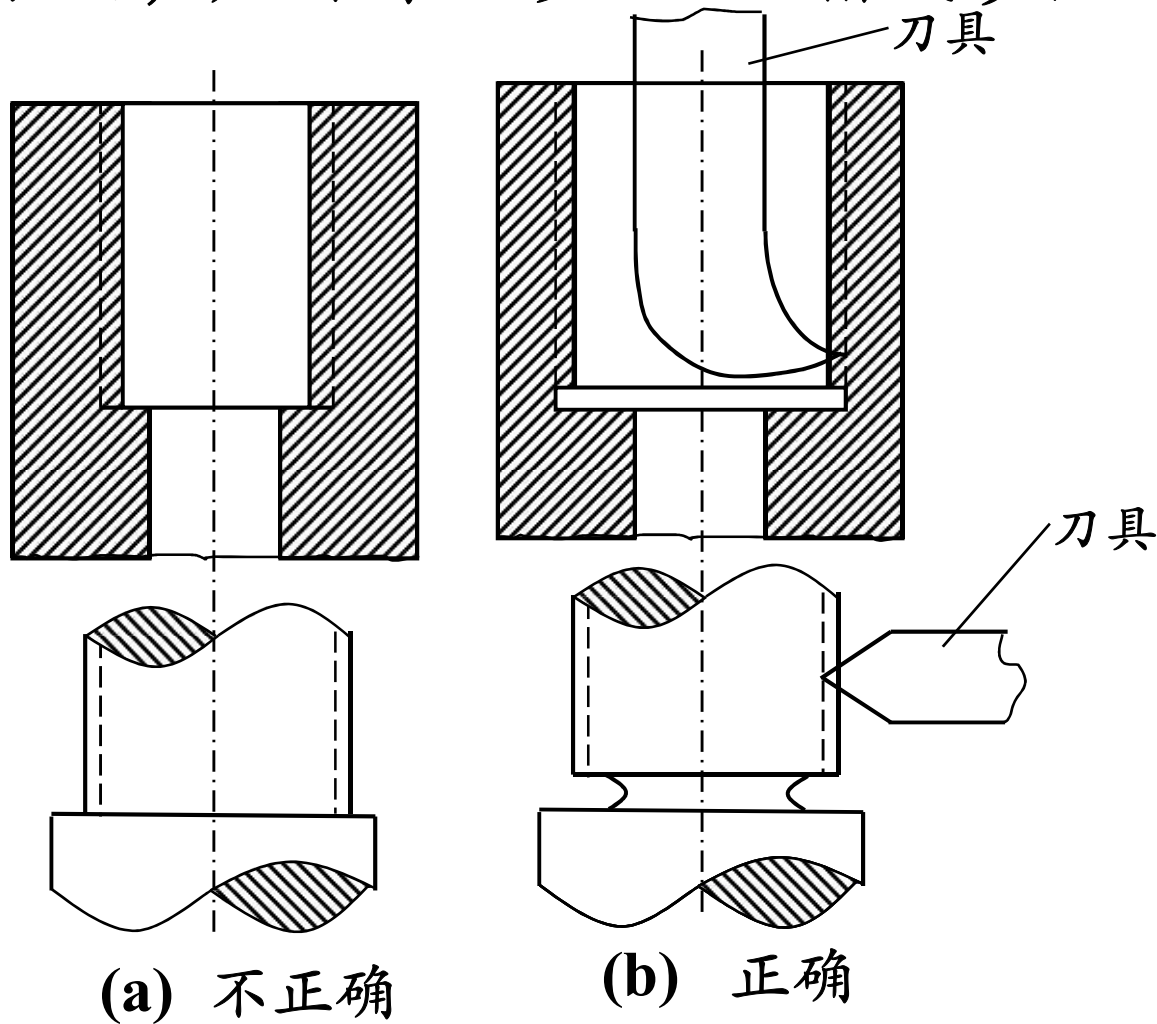


图14.36 螺纹退刀槽

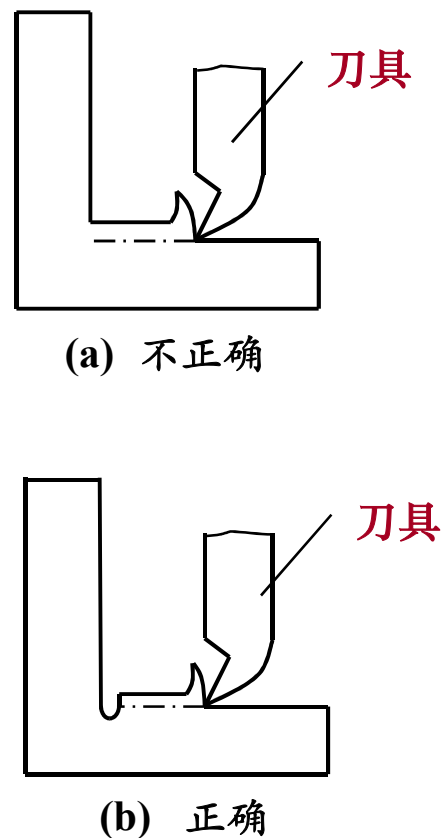
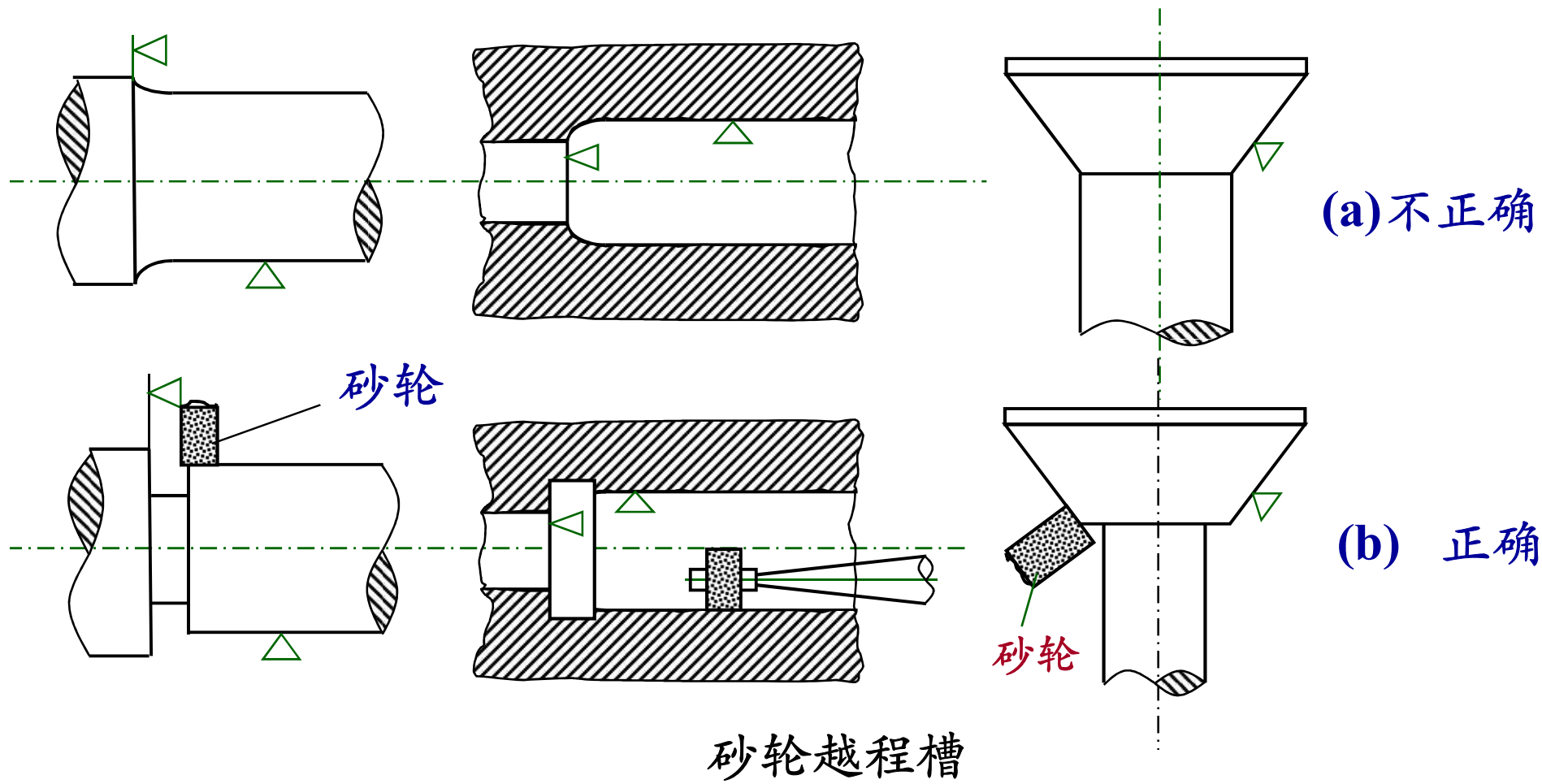


图14.37 退刀槽



(3) 使机械零件便于加工，如便于刀具定位，保证刀具的工作空间。尽可能减少零件在机床上的加工工序，提高加工效率和精度。

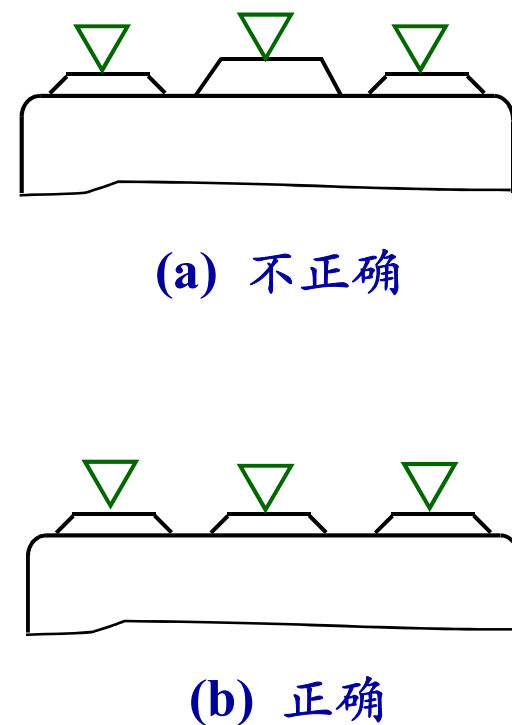
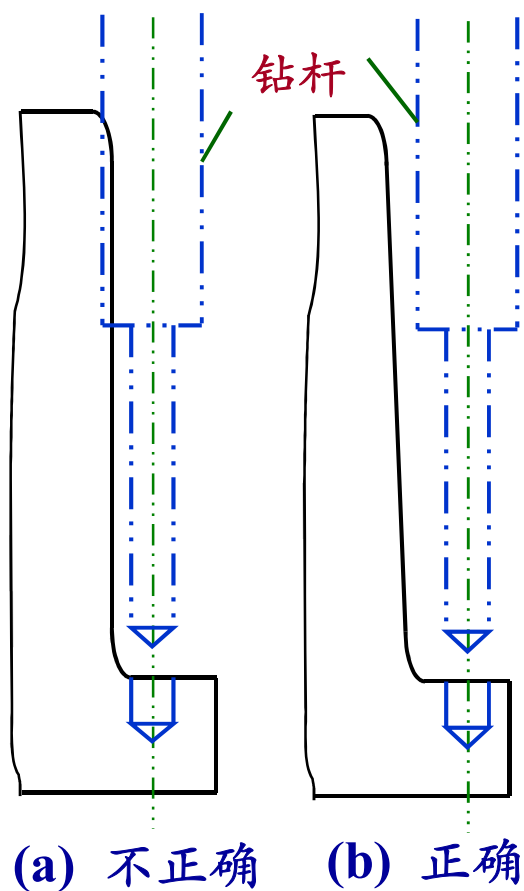
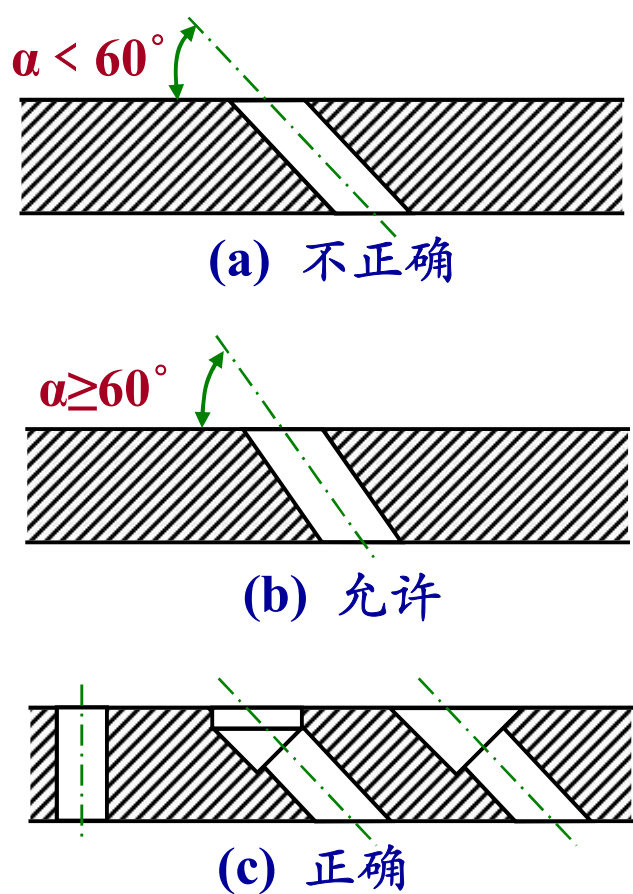
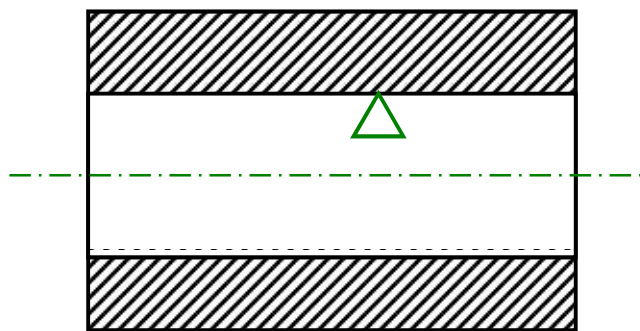


图14.41 减少加工工序

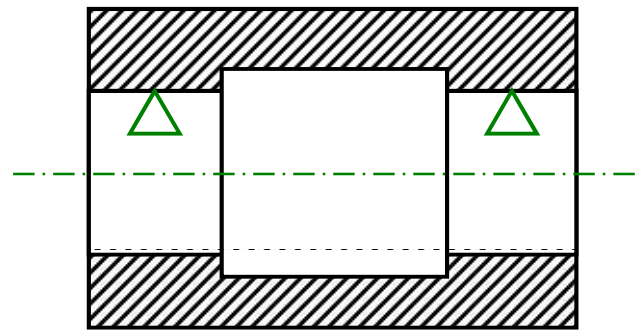
图14.39 便于刀具定位

图14.40 保证刀具的工作空间

(4) 减少加工量，如注意减少加工面数或加工面积等。



(a) 不正确



(b) 正确

图14.42 尽量减少加工量

(5) 零件有足够的刚度，图14.43b增加了**加强筋**，减少了加工时底部的变形，可保证加工精度。

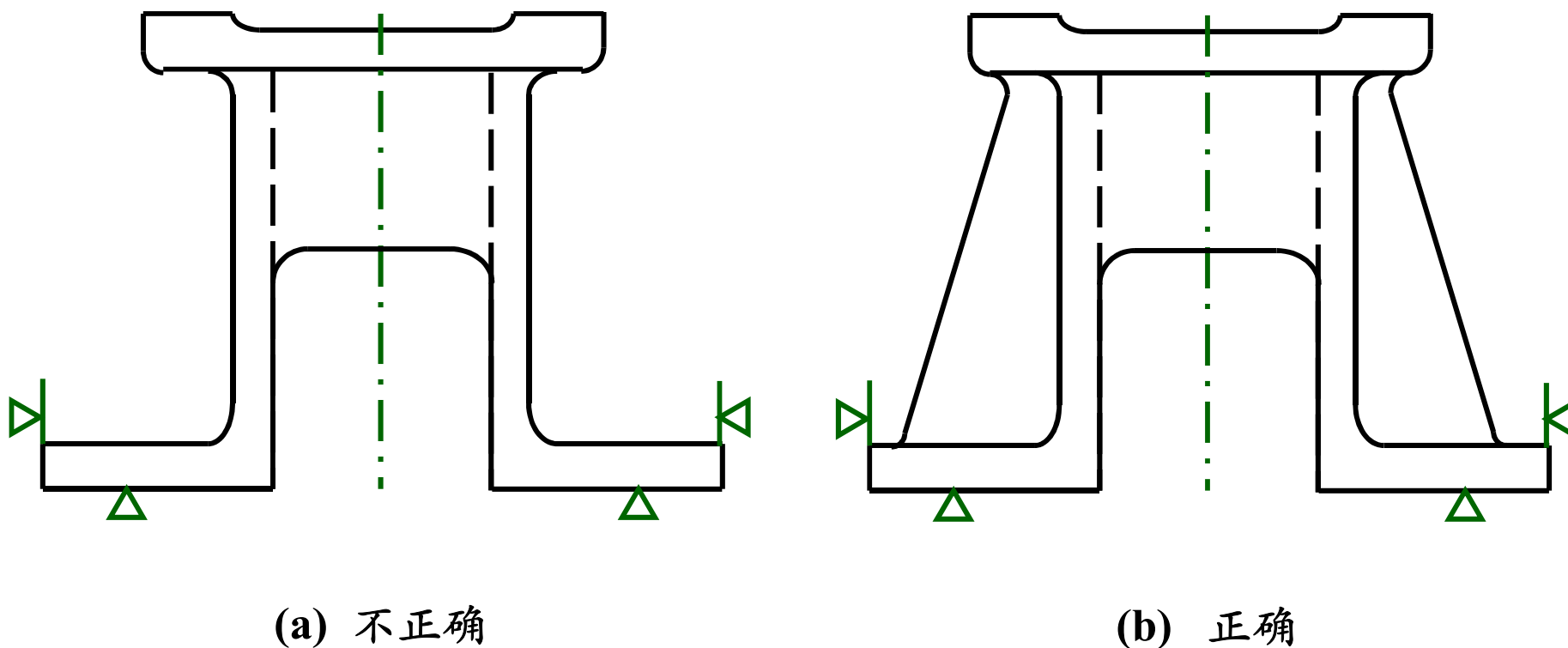


图14.43 加强零件的刚度

(6) 当机械零件发生失效或损坏时，要便于用户查找、更换、修复，或者能被另一零件代替。如采用安全销、安全阀和易损件等。对于可能松脱的零件加以限位，使其不致脱落造成机器事故。如图14.44 (a) 表示螺钉松脱后落入机器内，影响系统正常工作，图14.44 (b) 表示螺钉松脱后受到限位，不致掉入系统中。

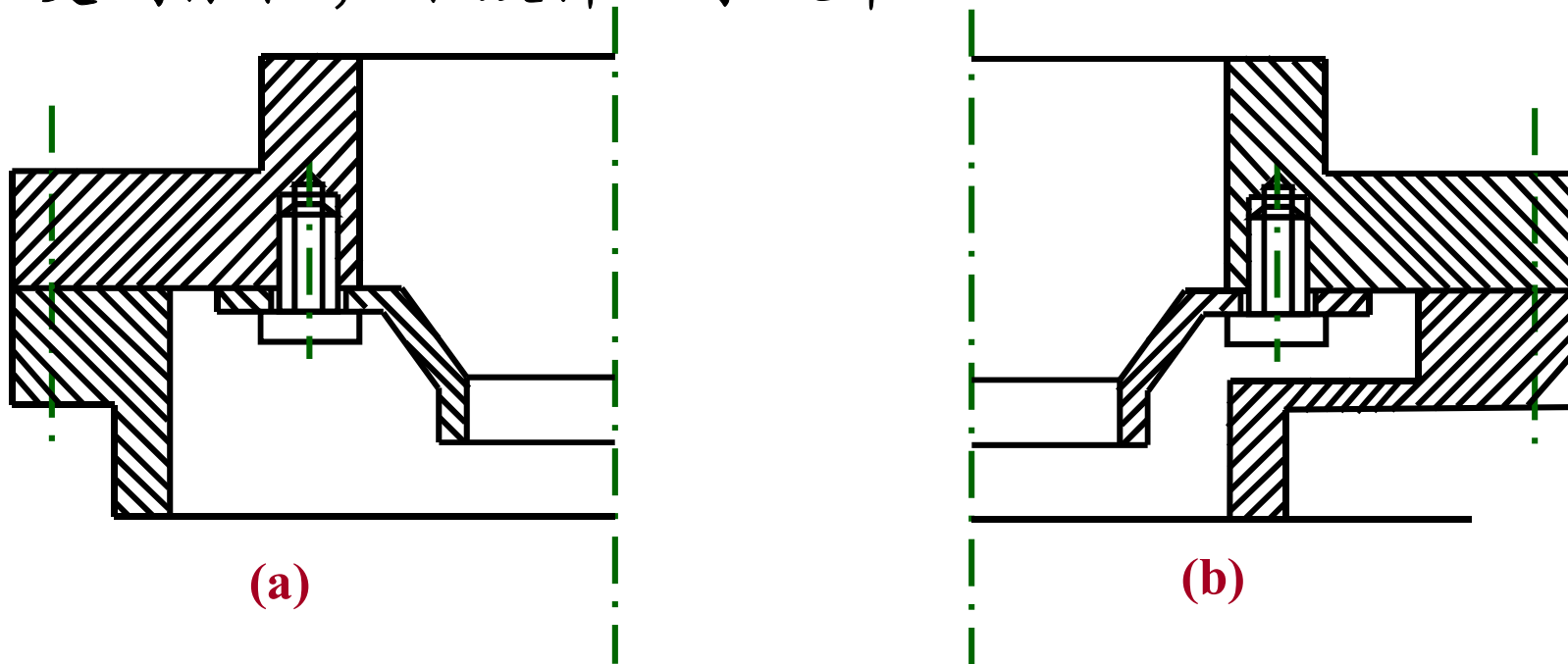
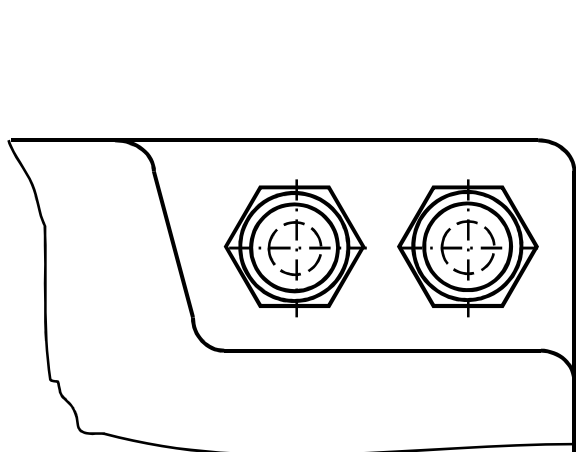
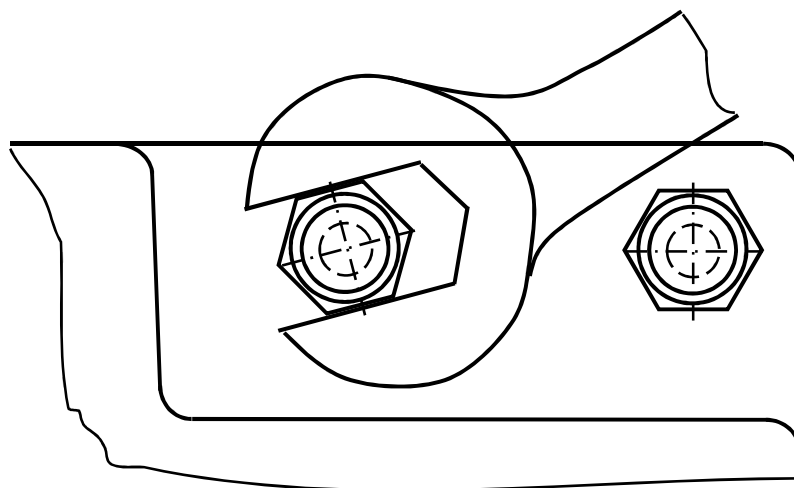


图14.44 对可能松脱的零件限位

(7) 保证零件在装配和检修时能装能拆，并且装拆方便，如图14.45至图14.48的a) 为不便或不能装配的结构，b)为正确的结构。

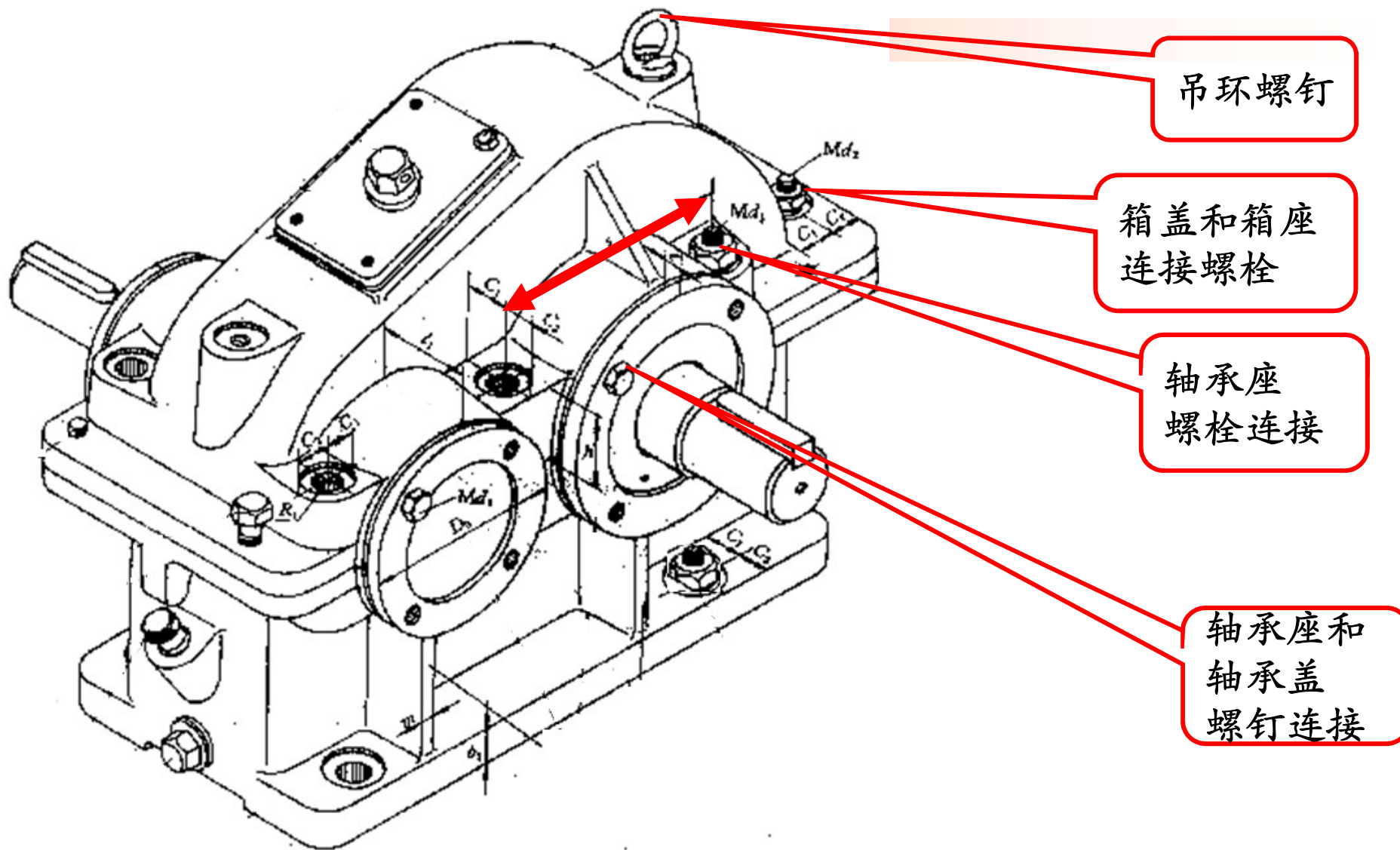


(a) 不正确

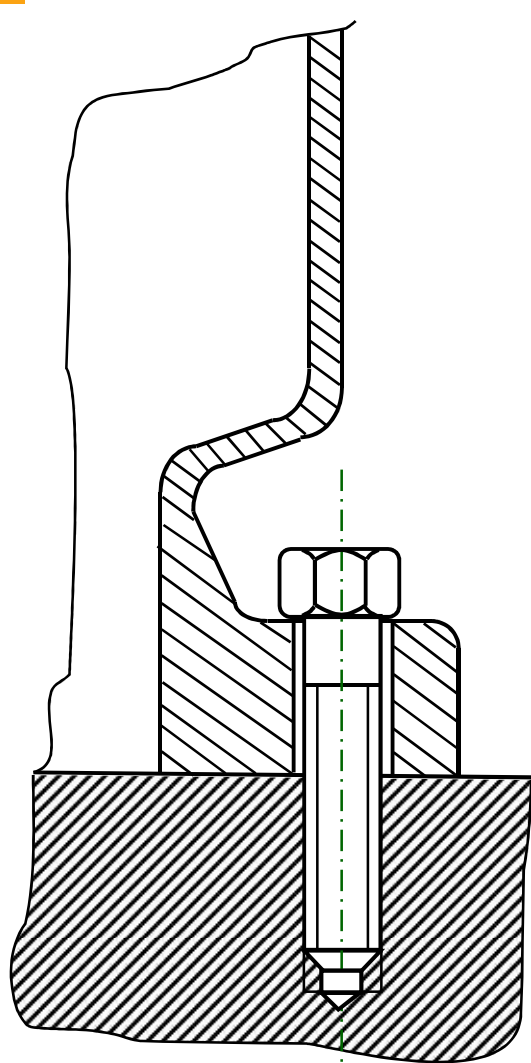


(b) 正确

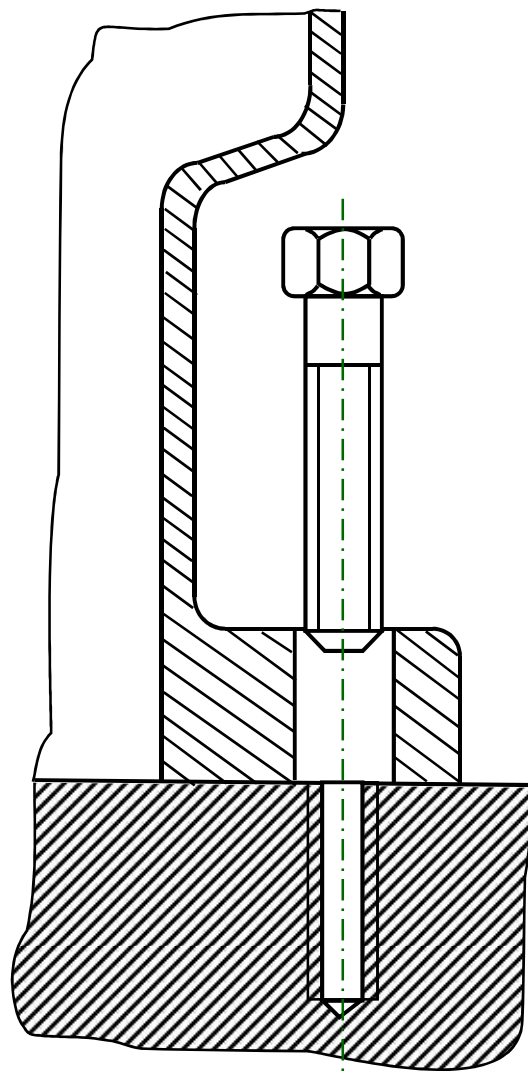
图14.45 留有扳手空间



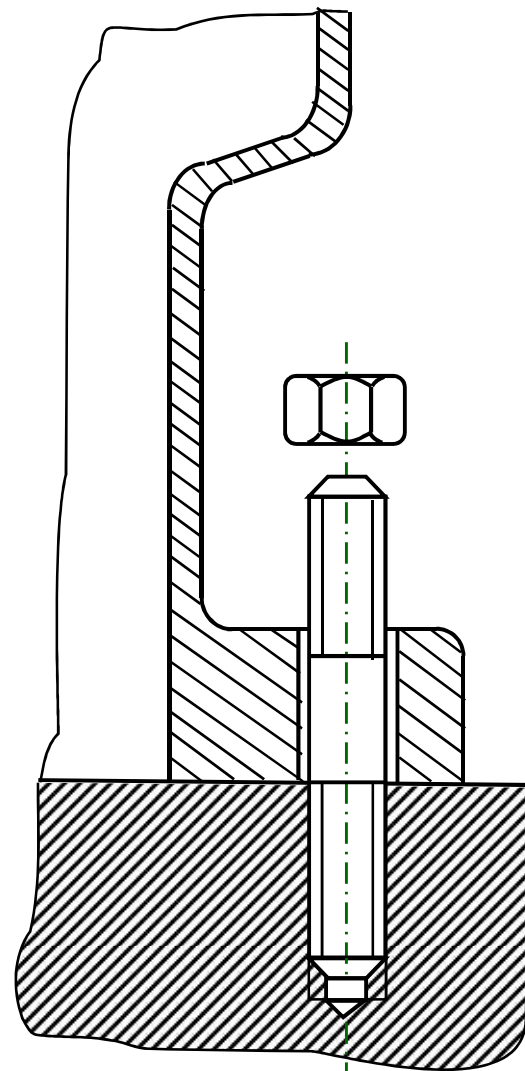
一级齿轮减速器



(a) 不正确



(b) 正确



(c) 正确

图14.46 留有螺栓或螺柱拆卸空间

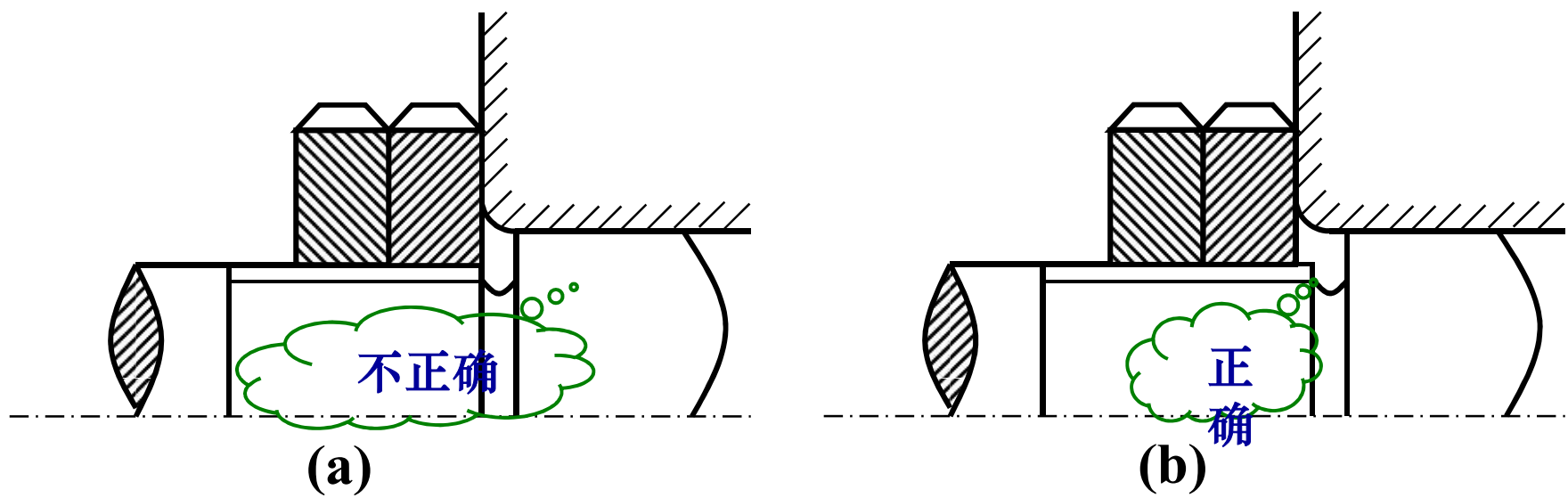


图14.47 留有螺纹余量以压紧零件

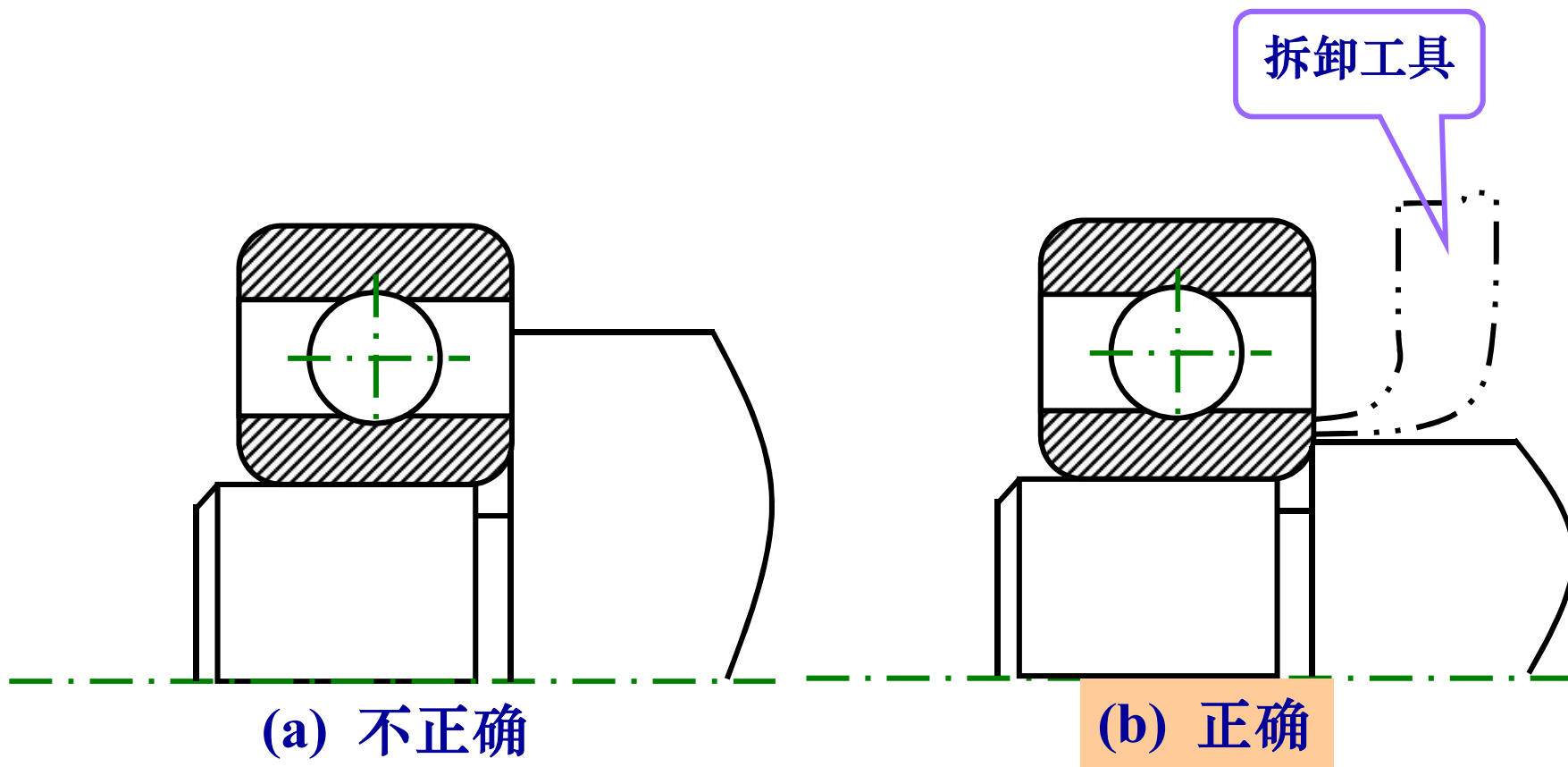


图14.48 正确安装滚动轴承

(8) 应使装配误差不影响装配质量和系统的功能。

- 圆柱齿轮传动中的小齿轮应比大齿轮加宽5~10mm，以备即使有装配误差，仍可保证啮合宽度。
- 如图14.49中的轮毂比轴段宽2~3mm，以保证装配质量。

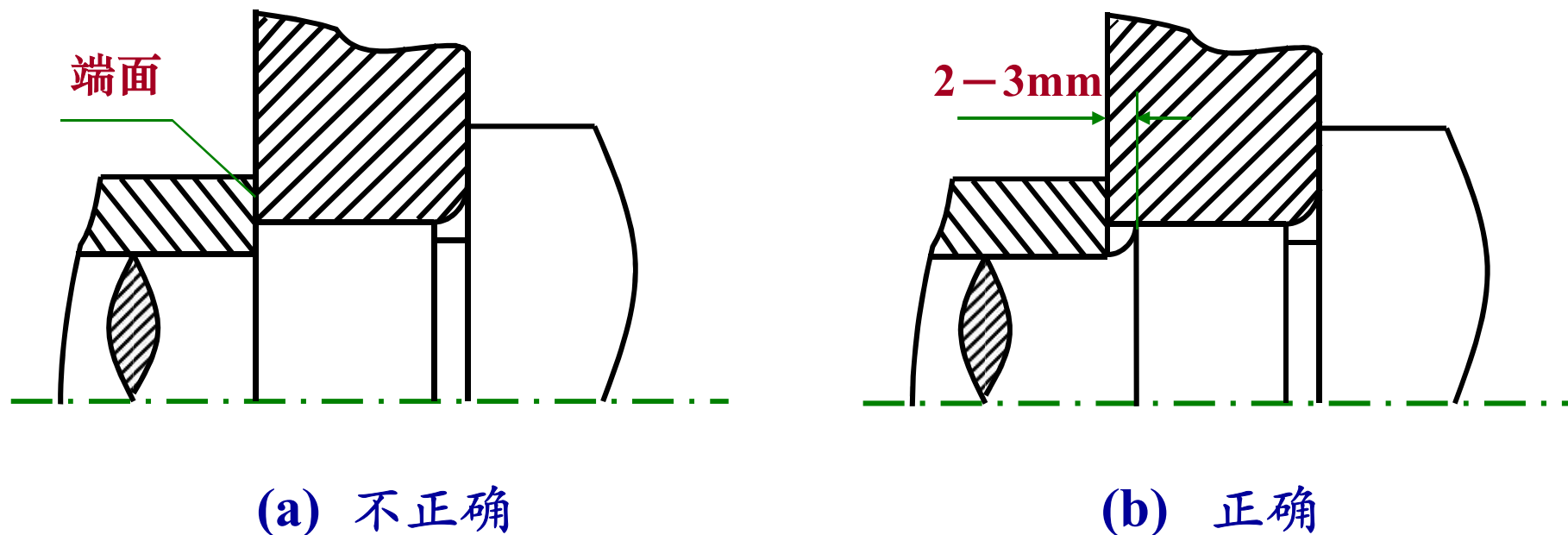


图14.49 正确选择零件宽度

(9) 对于再生回收的零件要考虑容易拆卸、回收、分类、再生回用。