



第05章

连接及连接件

第02节 联轴等器件

宋超阳

songcy@ieee.org

本章要点概述

- 连接设计
 - 螺纹连接
 - 螺纹连接设计
 - 螺旋传动
 - 销连接
 - 焊接与胶接
- 联轴器、离合器和制动器
 - 联轴器
 - 离合器
 - 制动器

联轴器

联轴器是用来把两轴连接在一起（有时也用于连接轴与其他回转零件），以传递运动与转矩的
机器运转时两轴不能分离，只有机器停车并将连接拆开，
两轴才能分离

联轴器的类型

• 联轴器所连接的两轴，由于制造及安装误差，承载后的变形及温度变化的影响等，会引起两轴对位置的变化，致使不能保证严格的对中

• 根据联轴器有无弹性元件、对各种相对位移有无补偿能力，联轴器可分为

- 刚性联轴器
- 挠性联轴器
- 安全联轴器

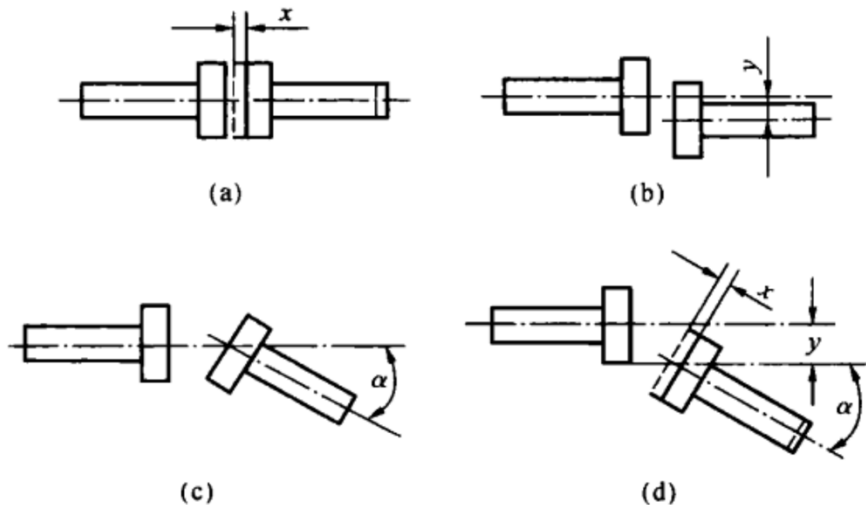


图 9-1 轴线的相对位移

(a) 轴向位移 x ; (b) 径向位移 y ; (c) 角位移 α ; (d) 综合位移 x, y, α

表 9-1 联轴器的类型

类 型	在传动系统中的作用	备 注
刚性联轴器	只能传递运动和转矩,不具备其他功能	包括凸缘联轴器、套筒联轴器、夹壳联轴器等
挠性联轴器	无弹性元件的挠性联轴器,不仅能传递运动和转矩,而且具有不同程度的轴向(Δx)、径向(Δy)、角向($\Delta \alpha$)补偿性能	包括齿式联轴器、万向联轴器、链条联轴器、滑块联轴器等
	有弹性元件的挠性联轴器,能传递运动和转矩,具有不同程度的轴向(Δx)、径向(Δy)、角向($\Delta \alpha$)补偿性能,以及不同程度的减振、缓冲作用,能改善传动系统的工作性能	包括各种非金属弹性元件挠性联轴器和金属弹性元件挠性联轴器,各种弹性联轴器的结构不同,差异较大,在传动系统中的作用亦不尽相同
安全联轴器	传递运动和转矩,有过载安全保护。挠性安全联轴器还具有不同程度的补偿性能	包括销钉式、摩擦式、磁粉式、离心式、液压式等安全联轴器

常用联轴器的结构特点：刚性联轴器

- 有套筒式、夹壳式和凸缘式等
 - 这里只介绍较为常用的凸缘联轴器
 - 凸缘联轴器是把两个带有凸缘的半联轴器用键分别与两轴连接，然后用螺栓把两个半联轴器连成一体，以传递运动和转矩
- 这种联轴器有以下两种主要的结构形式

(a) 普通的凸缘联轴器，通常是靠铰制孔用螺栓来实现两轴对中。采用铰制孔用螺栓时，螺栓杆与钉孔为过渡配合，靠螺栓杆承受挤压与剪切来传递转矩

(b) 有对中榫的凸缘联轴器，靠一个半联轴器上的凸肩与另一个半联轴器上的四槽相配合而对中。连接两个半联轴器时用普通螺栓连接，此时螺栓杆与钉孔壁间存在间隙装配时须拧紧螺栓，转矩靠半联轴器接合面的摩擦力矩来传递

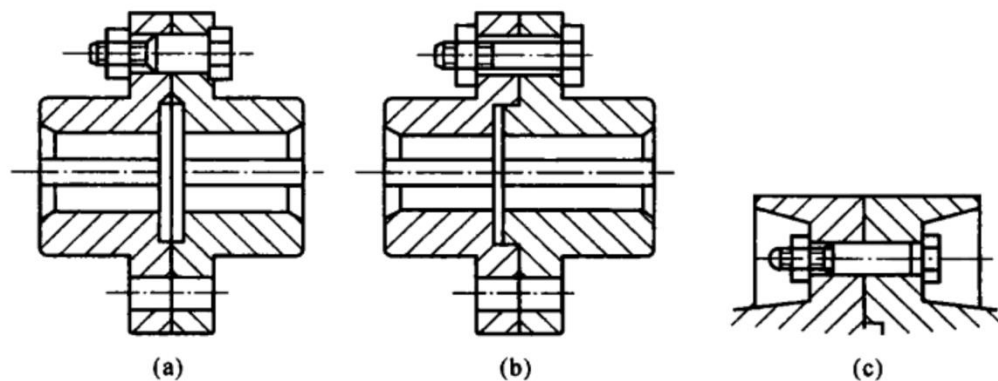


图 9-2 凸缘联轴器

(c) 为了运行安全，可做成带防护边的

常用联轴器的结构特点：刚性联轴器

- 凸缘联轴器的材料可用灰铸铁和碳钢，重载时或圆周速度大于30m/s时应用铸钢或锻钢
- 由于凸缘联轴器属于刚性联轴器，对所连两轴间的相对位移缺乏补偿能力，故对两轴对中性的要求很高
- 当两轴有相对位移存在时，就会在机件内引起附加载荷，使工作情况恶化，这是它的主要缺点
- 但由于它构造简单、成本低、可传递较大的转矩，故当转速低、无冲击、轴的刚性大、对中性较好时常被采用

常用联轴器的结构特点：挠性联轴器

- 常用的挠性联轴器有以下几种

1) 无弹性元件的挠性联轴器

- (1) 十字滑块联轴器
- (2) 齿轮联轴器
- (3) 万向联轴器

这类联轴器因具有挠性，故可补偿两轴的相对位移。但因无弹性元件，故不能缓冲减振

2) 有弹性元件的挠性联轴器

- (1) 弹性圈柱销联轴器
- (2) 尼龙柱销联轴器

这类联轴器因装有弹性元件，不仅可以补偿两轴间的相对位移，而且具有缓冲、减振能力

常用联轴器的结构特点：挠性联轴器

十字滑块联轴器

- 由端面开有四槽的两个半联轴器1、3和一个两端具有凸块的中圆盘2所组成
 - 中间圆盘两端的凸块相互垂直，并分别与两半联轴器的四槽相嵌合，凸块的中心线通过圆盘中心
 - 两个半联轴器分别装在主动轴和从动轴上
- 运转时，如果两轴线不同心或偏斜，中间圆盘的凸块将在半联轴器的凹槽内滑动，以补偿两轴的相对位移
 - 因此，四槽和凸块的工作面要求有较高的硬度（HRC46~50）并加润滑剂
 - 当转速较高时，中间圆盘的偏心将会产生较大的离心力，加速工作面的磨损，并给轴和轴承带来较大的附加载荷，故它只宜用于低速的场合
 - 它允许的径向位移 $y \leq 0.04d$ （ d 为轴径），角位移 $\alpha \leq 30^\circ$

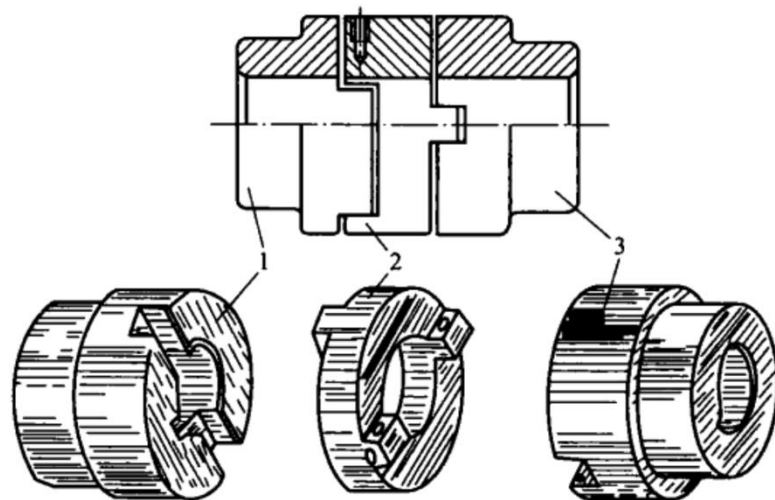


图 9-3 十字滑块联轴器
1、3—半联轴器；2—中间圆盘

常用联轴器的结构特点：挠性联轴器

齿轮联轴器

- 它主要由两个具有外齿的半联轴器1、4和两个具有内齿的外壳2、3组成
 - 两外壳用螺栓5连成一体，两半联轴器分别装在主动轴和从动轴上，外壳与半联轴器通过内、外齿的相互啮合而相连
-
- 工作时，靠啮合的齿轮传递转矩，轮齿的齿廓常为 20° 压力角的渐开线齿廓，轮齿间留有较大的齿侧间隙，外齿轮的齿顶做成球面，球面中心位于该轮的轴线上，故能补偿两轴的综合位移这种联轴器能传递较大的转矩，但结构较复杂，制造较困难，在重型机器和起重设备中应用较广
 - 它用于高速传动（如用于燃气轮机传动轴系的连接）时，必须进行高精度加工，并经动平衡处理，还需要有良好的润滑和密封
 - 齿式联轴器不适用于立轴

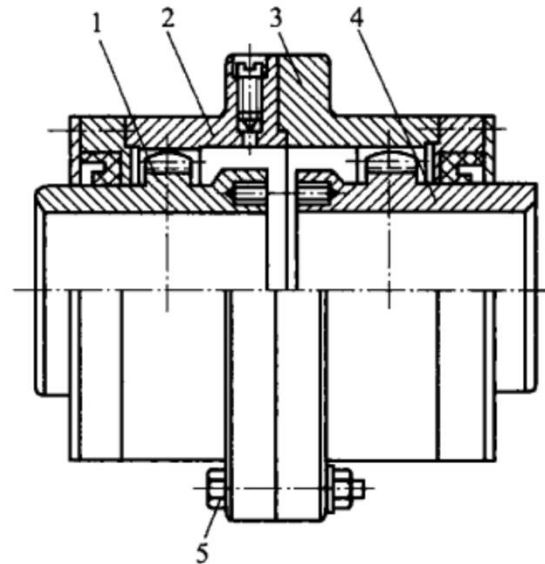


图 9-4 齿轮联轴器

1、4—半联轴器；2、3—外壳；5—螺栓

常用联轴器的结构特点：挠性联轴器

万向联轴器

- 它主要是由两个分别固定在主、从动轴上的叉形接头1、2和一个十字形零件（称十字头）3组成
- 叉形接头和十字头是铰接的，因此允许被连接两轴的轴线夹角很大

□ 但当两轴线不重合时，主动轴等速转动，而从动轴将在某一范用内 ($\omega_1 \cos \alpha \leq \omega_2 \leq \omega_1 / \cos \alpha$) 作周期性的变速转动，会在传动中引起附加动载荷

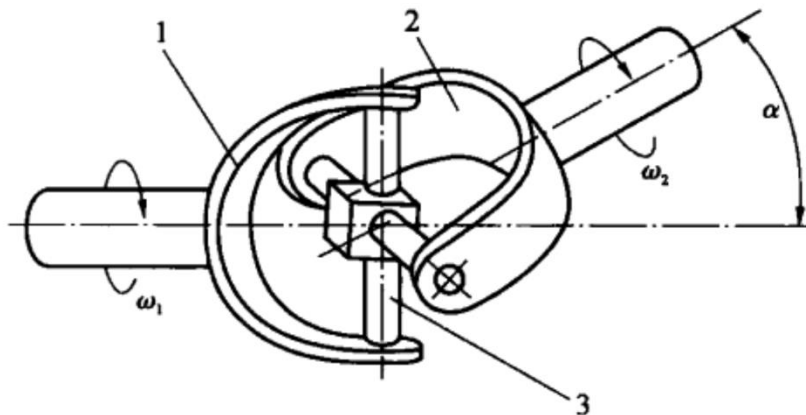


图 9-5 万向联轴器结构简图

1、2—叉形接头；3—十字头

常用联轴器的结构特点：挠性联轴器

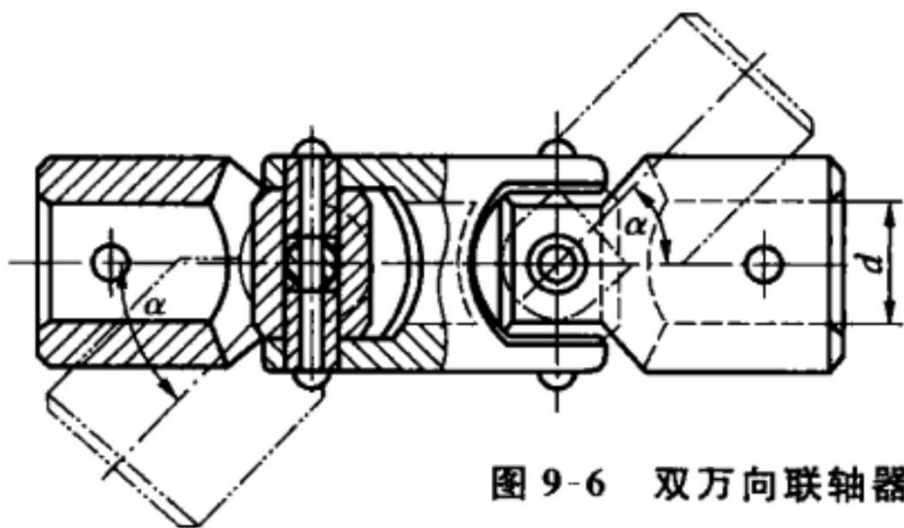
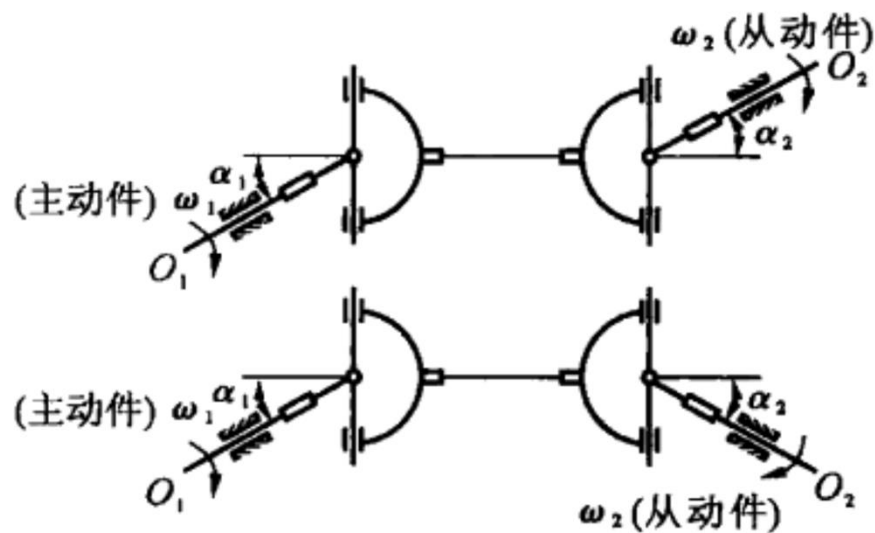


图 9-6 双万向联轴器

(a) 结构图；(b) 简图



- ❑ 为了克服这一缺点，常将万向联轴器成对使用，构成双万向联轴器，但应注意安装时必须保证 O_1 轴、 O_2 轴与中间轴之间的夹角相等，并且中间轴的两端的叉形接头应在同一平面内
- ❑ 只有采用这种双万向联轴器才可以使 $\omega_1 = \omega_2$
- ❑ 万向联轴器可用于相交两轴间的连接（两轴夹角最大可达 $35^\circ \sim 45^\circ$ ），或工作时有较大角位移的场合
- ❑ 它能可靠地传递转矩和运动，结构比较紧凑，传动效率高，维修保养比较方便，因此，在汽车、拖拉机、金属切削机床中获得了广泛应用

常用联轴器的结构特点：挠性联轴器

弹性圈柱销联轴器

- 它的结构与凸缘联轴器相似，只是用套有弹性圈1的柱销2代替了连接螺栓
- 这种联轴器结构比较简单，制造容易，不用润滑，弹性圈更换方便（不用移动半联轴器），具有一定的补偿两轴线相对偏移和减振、缓冲性能
- 这种联轴器多用于经常正、反转，启动频繁，转速较高的场合
- 在安装这种联轴器时，应注意留出间隙 c ，以便两轴工作时能作少量的相对轴向位移

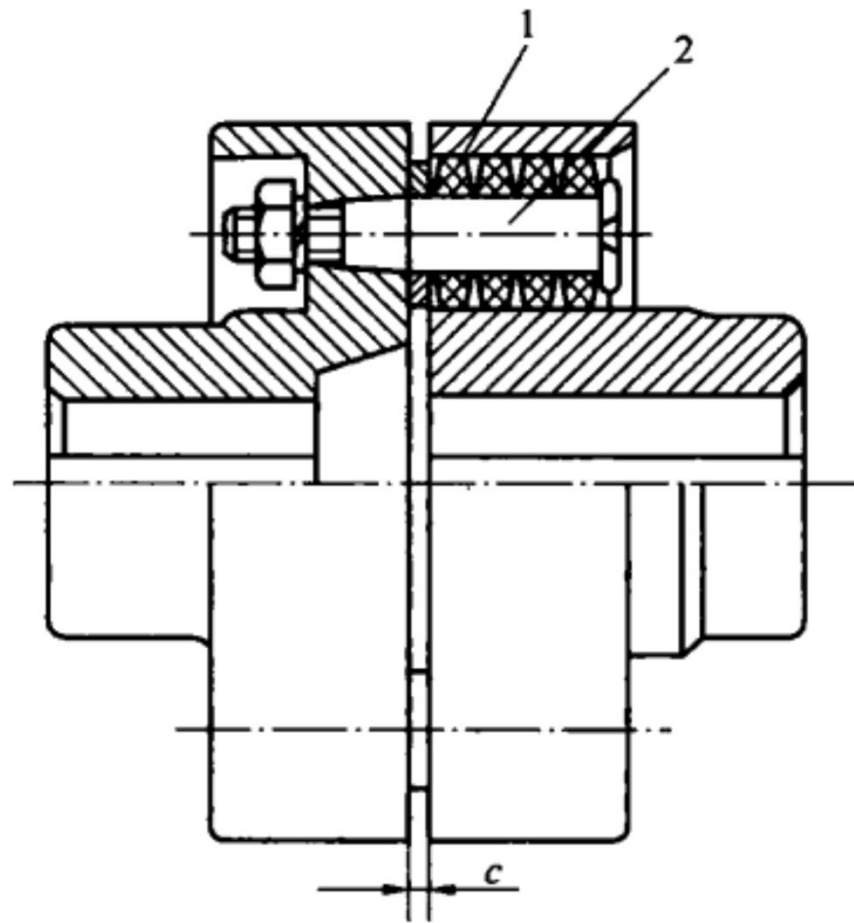


图 9-7 弹性圈柱销联轴器

1—弹性圈；2—柱销

常用联轴器的结构特点：挠性联轴器

尼龙柱销联轴器

- 可以看成由弹性圈柱销联轴器经简化而成。即采用尼龙柱销1代替弹性圈和金属柱销
- 为了防止柱销滑出，在柱销两端配置挡圈2
- 在装配时也应注意留出间隙 c

- 尼龙柱销联轴器结构简单，安装、制造方便，耐久性好，也有吸振和补偿轴向位移的能力
- 常用于轴向窜动量较大，经常正、反转，启动频繁，转速较高的场合和带载荷启动的高、低速传动轴系，可代替弹性圈柱销联轴器
- 它不宜用于可靠性要求高（如起重机提升机构）、重载和具有强烈冲击与振动的场合，对径向与角向位移大、安装精度低的传动轴系，也不宜选用

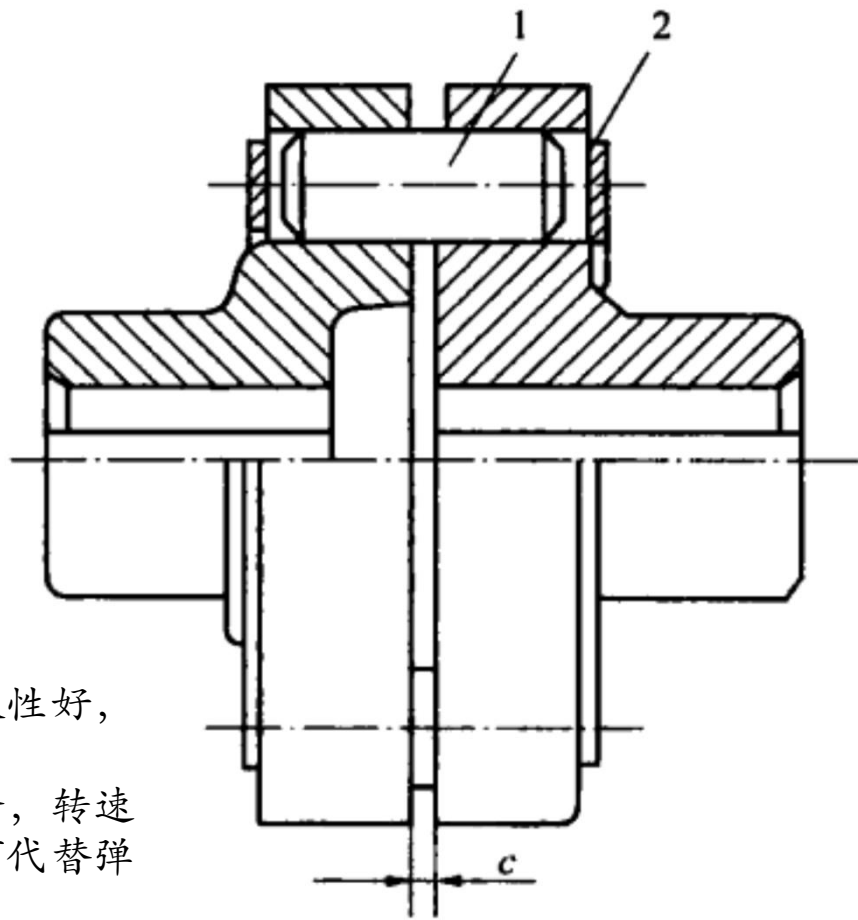


图 9-8 尼龙柱销联轴器

1—尼龙柱销；2—挡圈

常用联轴器的结构特点：其他联轴器

剪切销安全联轴器

- 有单剪的和双剪的两种
- 单剪的安全联轴器的结构类似凸缘联轴器，用钢制销钉连接
 - 销钉装在经过淬火的两段钢制套管中，过载时即被剪断。这类联轴器，由于销钉材料机械性能的不稳定以及制造尺寸误差等原因，工作精度不高，而且销钉剪断后，不能自动恢复工作能力，必须停车更换销钉
 - 但由于它结构简单，所以在很少过载的机器中常采用

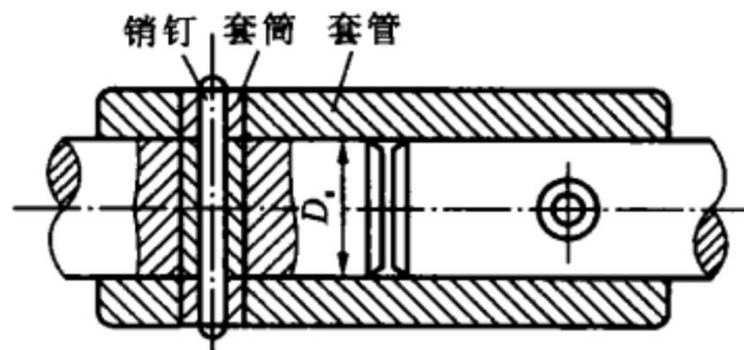
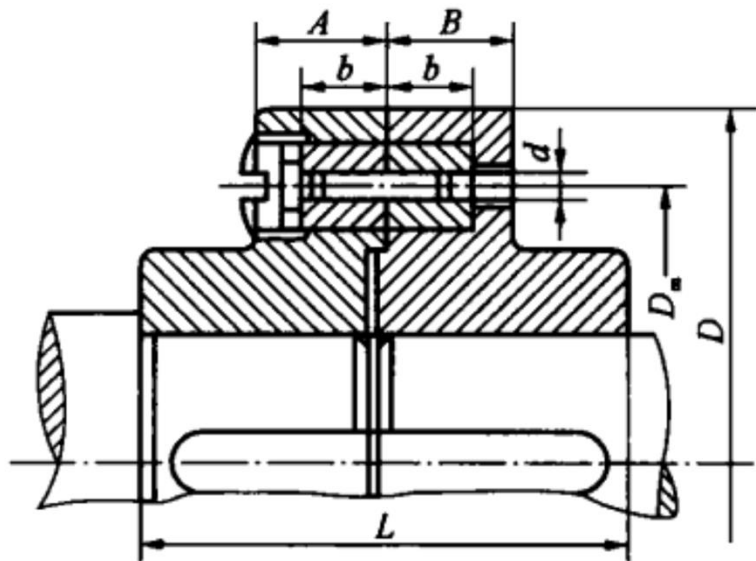


图 9-9 剪切销安全联轴器

(a) 单剪；(b) 双剪

常用联轴器的结构特点：其他联轴器

带制动轮单面鼓形齿联轴器

- 图示为带制动轮单面鼓形齿联轴器
- 本图示例为重载型结构，用螺栓3将半联轴器1、制动轮2及内齿圈4连接在一起，采用循环冷却、润滑

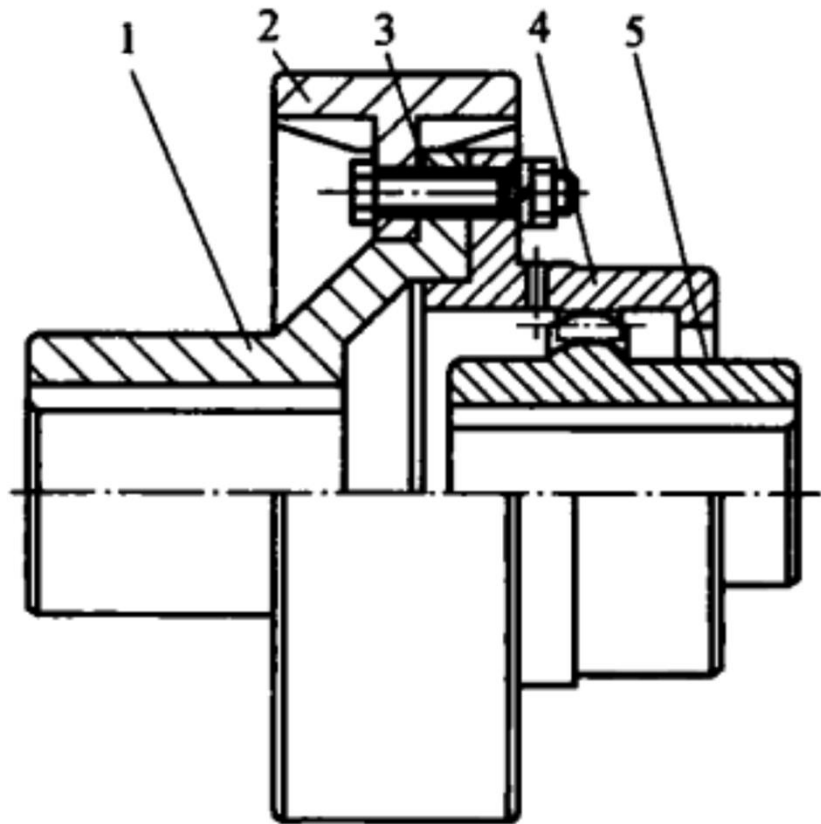


图 9-10 带制动轮单面鼓形齿联轴器

1—半联轴器；2—制动轮；3—螺栓；

4—内齿圈；5—外齿半联轴器

联轴器的选择：联轴器类型的选择

- 目前，常用的联轴器大多已标准化或规格化了，一般情况下，只需正确选择联轴器的类型，确定联轴器的型号及尺寸。必要时，可对其易损的薄弱环节进行载荷能力的校核计算，转速高时，还应验算其外缘的离心应力和弹性元件的变形，进行平衡试验等

(1) 所需传递转矩的大小和性质

- 对缓冲、减振功能的要求以及是否可能发生共振等

(2) 联轴器所连两轴轴线的相对位移

- 即由制造和装配误差、轴受载和热膨胀变形以及部件之间的相对运动等引起联轴器所连两轴轴线的相对位移程度。

(3) 许用的外形尺寸和安装方法

- 为了便于装配、调整和维修，应考虑必需的操作空间。对于大型的联轴器，应能在轴不需作轴向移动的条件下实现装拆。

(4) 联轴器的许用转速。

- 当 $n > 5000 \text{ r/min}$ 时，应考虑联轴器外缘的离心应力和弹性元件的变形等因素，并进行平衡试验
- 高速时，不应选用非金属弹性元件和可动元件之间有间隙的挠性联轴器

此外，还应考虑工作环境、使用寿命以及润滑、密封和经济性等条件，再参考各类联轴器特性，选择一种合适的联轴器类型

联轴器的选择：型号、尺寸的确定

- 对于已标准化和系列化的联轴器，选定合适类型后，可按转矩、轴直径和转速等确定联轴器的型号和结构尺寸
- 确定联轴器的计算转矩 T 时应注意：由于机器启动时及运转过程中，可能出现动载荷及过载等现象，所以，应取轴上的最大转矩作为计算转矩
 - 当最大转矩不能精确求得时： $T_{ca} = K_A T$

表 9-2 工作情况系数 K_A

分类	工作情况及举例	电动机、 汽轮机	四缸和四缸 以上内燃机	双缸内 燃机	单缸内 燃机
I	转矩变化很小,如发电机、小型通风机、小型离心泵	1.3	1.5	1.8	2.2
II	转矩变化小,如透平压缩机、木工机床、运输机	1.5	1.7	2.0	2.4
III	转矩变化中等,如搅拌机、增压泵、有飞轮的压缩机、冲床	1.7	1.9	2.2	2.6
IV	转矩变化和冲击载荷中等,如织布机、水泥搅拌机、拖拉机	1.9	2.1	2.4	2.8
V	转矩变化和冲击载荷大,如造纸机、挖掘机、起重机、碎石机	2.3	2.5	2.8	3.2
VI	转矩变化大并有强烈的冲击载荷,如压延机、无飞轮的活塞泵、重型初轧机	3.1	3.3	3.6	4.0

- T : 联轴器所需传递的名义转矩 (N·m)
- T_{ca} : 联轴器所需传递的计算转矩 (N·m)
- K_A : 工作情况系数 (此系数也适用于离合器的选择), 其值可查表得

联轴器的选择：联轴器类型的选择

- 根据计算转矩、轴直径和转速等，由下面的条件，可从有关手册中选取联轴器的型号和结构尺寸：
 - $T_{ca} \leq [T]$ 或 $n \leq n_{max}$
 - $[T]$: 所选联轴器型号的许用转矩 (N·m)
 - n : 被连接轴的转速 (r/min)
 - n_{max} : 所选联轴器允许的最高转速 (r/min)
- 多数情况下，每一型号联轴器适用的轴的直径均有一个范围
 - 标准中已给出轴直径的最大与最小值，或者给出适用直径的尺寸系列，被连接两轴的直径都应在此范围之内
 - 一般情况下被连接两轴的直径是不同的，两个轴端形状也可能不同

离合器

离合器的功能与类型

- 1) 离合器的功能
 - 离合器是一种在机器运转过程中，可使两轴随时接合或分离的装置
 - 它的主要功能是用来操纵机器传动系统的断续，以便进行变速及换向等
- 2) 离合器的类型
 - 按操作的方式，离合器可分为以下两种

(1) 外力操纵式离合器

- 有机械操纵式、电磁操纵式、液压操纵式和气动操纵式等形式

(2) 自动离合器

- 自动离合器能够自动进行接合或分离，不需人来操纵
 - 离心离合器，当转速达到一定值时，两轴能自动接合或分离
 - 安全离合器，当转矩超过允许值时，两轴即自动分离
 - 定向离合器，只允许单向传动，反转时即自动分离

表 9-3 离合器的分类

类	型	变型或附属型	自动或可控	是否可逆	典型应用	
机械式	刚性	牙嵌	可控	是	农业机械、机床等 通用机械传动 曲轴压力机 一般机械 小转矩机械传动	
		齿型	可控	是或否		
		转键	可控	是		
		滑键	可控	是		
		拉键	可控	是		
	摩擦	干式单片	可控	是	拖拉机、汽车	
		湿式单片	可控	是	汽车、工程机械、机床	
		干式多片				
		湿式多片	锥式	可控	是	机械传动
		涨圈	可控	是	机械传动	
扭簧	可控	是	机械传动			
离心	自由闸块式	自动	否	离心机、压缩机、搅拌机 低启动转矩传动 特殊传动		
	弹簧闸块式 钢球式	自动 自动	否 是或否			
超越	滚柱式	自动	否	升降机、汽车 农机、自行车等 飞轮驱动、飞机 高转矩传动 发电机组等		
	棘轮式	自动	否			
	楔块式	自动	否			
	螺旋弹簧式	自动	否			
	同步切换式	自动	否			
电磁	磁场 磁滞 涡流	湿式粉末	自动	是或否	专用传动 专用传动 小功率仪表、伺服传动 电铲、拔丝、冲压、石油	
		干式粉末	自动	是或否		
			自动或可控 自动或可控	是 是		
流体摩擦	气胎	鼓式	自动	是	船舶	
		缘式 盘式	自动 自动	是 是		
	液压	盘式	自动	是	船舶、工业机械	
流体	液力	变矩器 耦合器	自动 自动	否 是	液力变速箱 挖掘机、矿山机械	

常用离合器：1. 牙嵌离合器

- 它主要由端面带齿的两个半离合器1、2组成，通过啮合的齿来传递转矩
 - 其中半离合器1固装在主动轴上，而半离合器2利用导向平键安装在从动轴上，它可沿轴线移动
 - 工作时利用操纵杆（图中未画出）带动滑环3，使半离合器2作轴向移动，实现离合器的接合或分离

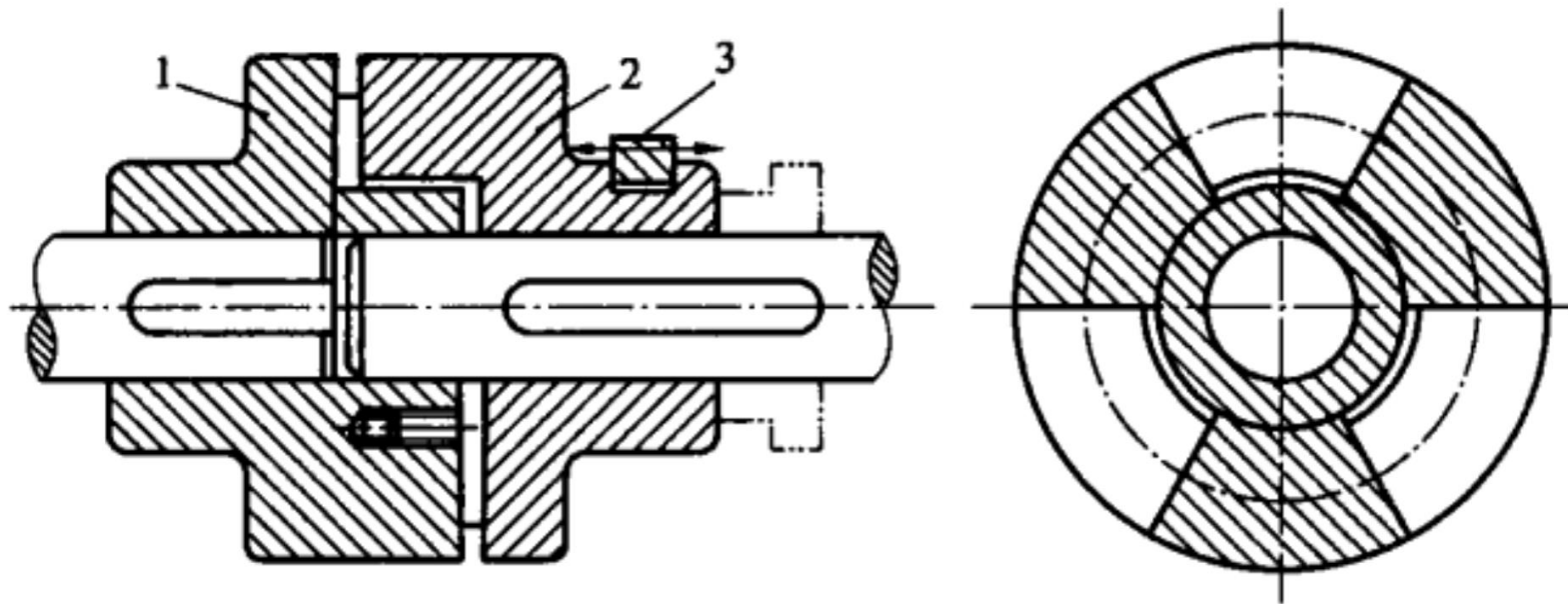


图 9-12 牙嵌离合器

1、2---半离合器；3---滑环

常用离合器：1. 牙嵌离合器

- 这种离合器沿圆柱面上的展开齿形有三角形、矩形、梯形和锯齿形三种
 - 三角形齿接合和分离容易，但齿的强度较弱，多用于传递小转矩
 - 梯形和锯齿形齿强度较高，接合和分离也较容易，多用于传递大转矩的场合，但锯齿形齿只能单向工作，反转时工作面将受较大的轴向分力，会迫使离合器自行分离
 - 矩形齿制造容易，但只有在齿与槽对准时方能接合，因而接合困难；同时接合以后，齿与齿接触的工作面间无轴向分力作用，所以分离也较困难，故应用较少
- 牙嵌离合器结构简单，外廓尺寸小，接合后两半离合器没有相对滑动，但只宜在两轴的转速差较小或相对静止的情况下接合，否则，齿与齿会发生很大冲击，影响齿的寿命

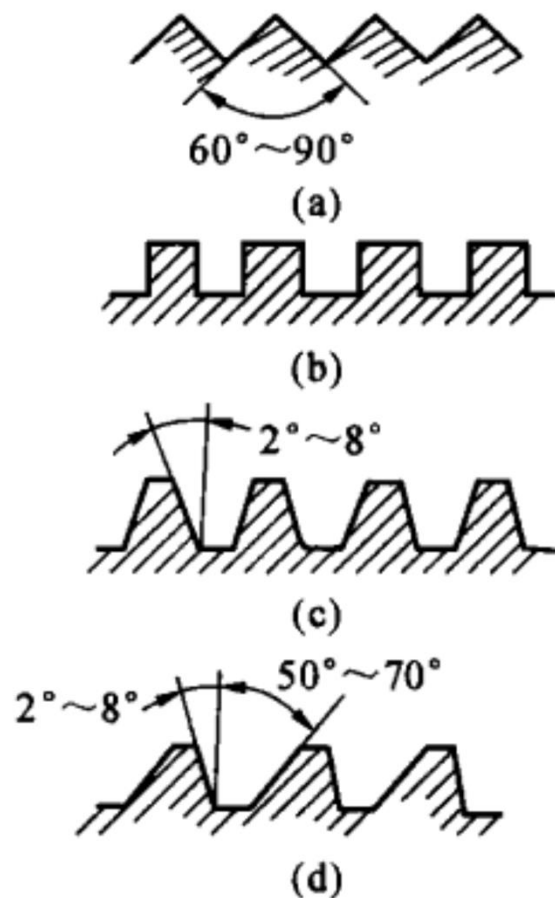


图 9-13 沿圆柱面上的展开齿形

(a) 三角形；(b) 矩形；(c) 梯形；(d) 锯齿形

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

- 圆盘摩擦离合器是摩擦式离合器中应用最广的一种离合器
 - 它与牙嵌离合器的根本区别在于它是依靠两接触面之间的摩擦力，使主、从动轴接合和传递转矩
- 因此，它具有下述特点：

①能在不停车或两轴具有任何大小转速差的情况下进行接合

②控制离合器的接合过程，就能调节从动轴的加速时间，减少接合时的冲击和振动，实现平稳接合

③过载时，摩擦面间将发生打滑，可以避免其他零件的损坏

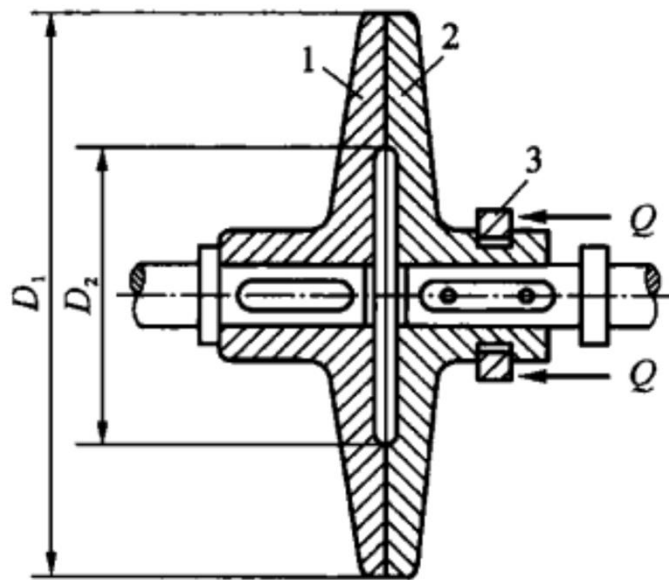


图 9-14 单片式圆盘摩擦离合器

1、2—半离合器；3—滑环

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

1) 单片式圆盘摩擦离合器

- 如图所示，它由两个半离合器1、2组成
 - 转矩是通过两个半离合器接触面之间的摩擦力来传递的
 - 与牙嵌离合器一样，半离合器1固装在主动轴上，半离合器2利用导向平键（或花键）安装在从动轴上，通过操纵杆和滑环3可以在从动轴上滑移

- 能传递的最大转矩： $T_{max} = QfR_m$

- Q ：两摩擦片之间的轴向压力
- f ：摩擦系数 | R_m ：平均半径

- 设摩擦的合力作用在平均半径的圆周上

- 取环形接合面的外径为 D_1 ，内径为 D_2 ，则

$$R_m = \frac{D_1 + D_2}{4}$$

- 这种单片式摩擦离合器结构简单，散热性好，但传递的转矩较小
- 当需要传递较大转矩时，可采用多片式摩擦离合器

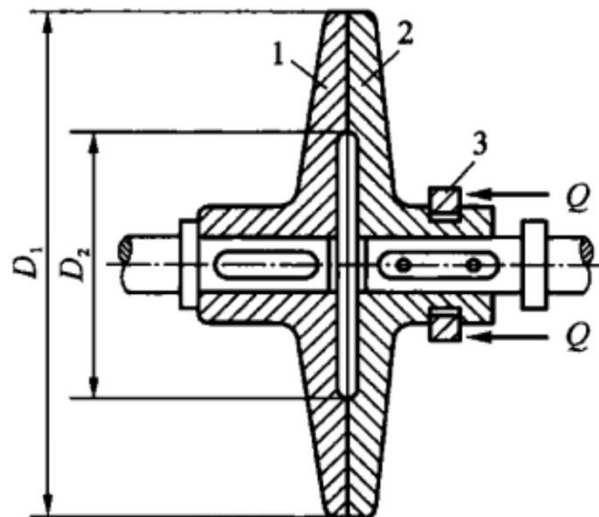


图 9-14 单片式圆盘摩擦离合器

1、2—半离合器；3—滑环

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

2) 多片式摩擦离合器

- 它有两组摩擦片，其中外摩擦片5利用外圆上的花键与外鼓轮2相连（外鼓轮2与轴1固连），内摩擦片6利用内圆上的花键与内套筒4相连（内套筒4与轴3固连）
- 当滑环7作轴向移动时，将拨动曲臂压杆8，使压板9压紧或松开内、外摩擦片组，从而使离合器接合或分离
- 螺母10是用来调节内、外摩擦片组间隙大小的

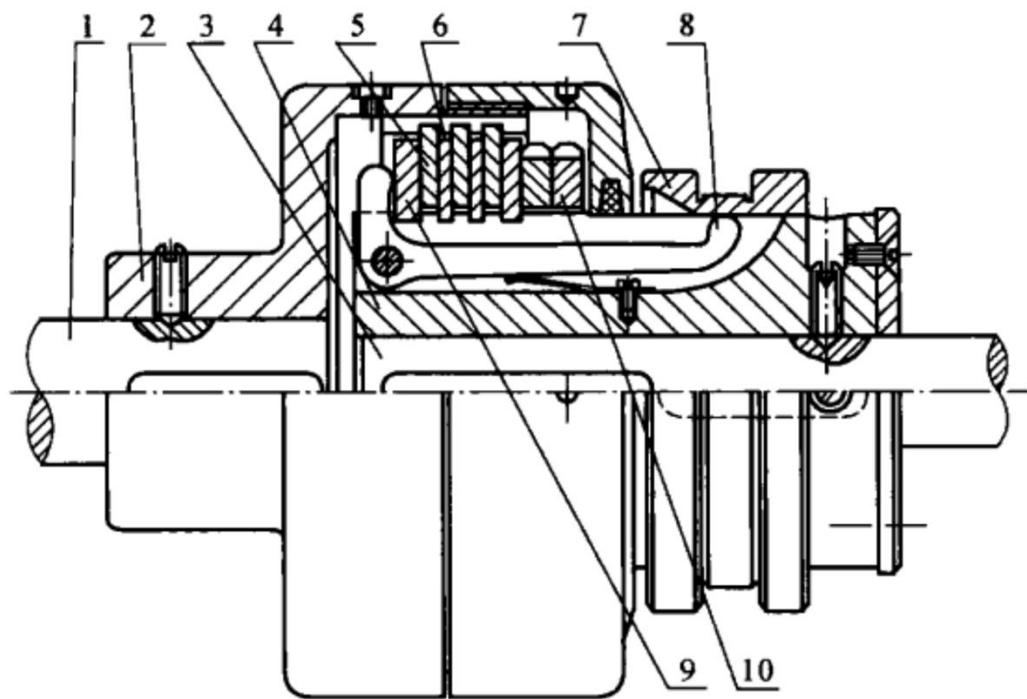


图 9-15 多片式摩擦离合器

1、3—轴；2—外鼓轮；4—内套筒；5—外摩擦片；
6—内摩擦片；7—滑环；8—曲臂压杆；9—压板；10—螺母

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

2) 多片式摩擦离合器

- 外摩擦片和内摩擦片的结构形状如图所示
- 若将内摩擦片改为碟形的，使其具有一定的弹性，则离合器分离时摩擦片能自行弹开，接合时也较平稳
- 多片式摩擦离合器能传递的最大转矩为： $T_{max} = QfR_mz$
 - z ：接合摩擦面数 | 其他符号的含义同前

- 摩擦工作表面的内、外直径之比，是摩擦离合器的一个重要的无因次结构参数
- 为使不均匀的磨损不致过大，通常取外径与内径之比为1.5~2
- 增加摩擦片数目，可以提高离合器传递转矩的能力，但摩擦片过多会影响分离动作的灵活性，故一般不超过10~15对

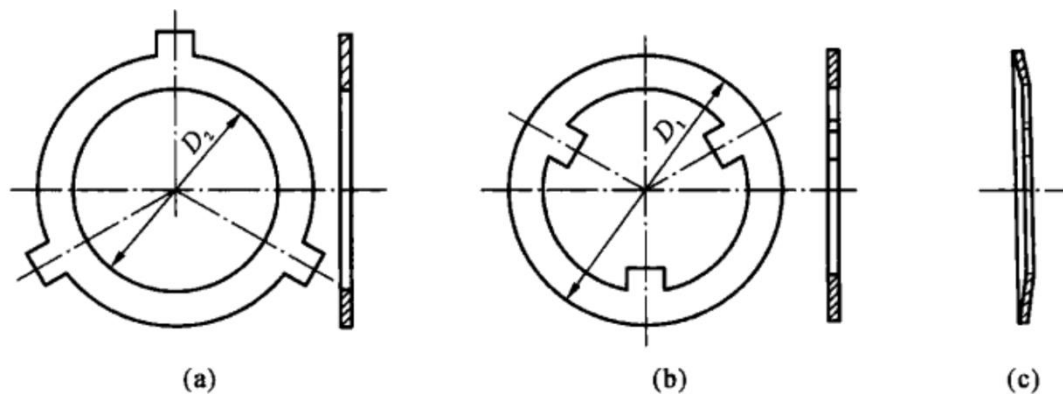


图 9-16 摩擦片

(a) 外摩擦片；(b) 内摩擦片；(c) 碟形内摩擦片

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

2) 多片式摩擦离合器

• 接合、工作和分离三个工作阶段

- 在接合和分离过程中，从动轴的转速总低于主动轴的转速，因而两摩擦工作面间必将产生相对滑动，从而会消耗一部分能量，并引起摩擦片的磨损和发热
- 为了限制磨损和发热，应使接合面上的压强 p 不超过许用压强 $[p]$ ，即

$$p = \frac{4Q}{\pi(D_1^2 - D_2^2)} \leq [p]$$

- D_1 、 D_2 ：环形接合面的外径和内径 (mm)
- Q ：轴向压力 (N)
- $[p]$ ：许用压强 (N/mm²)

• 许用压强 $[p]$ 为基本许用压强 $[p_0]$ 与系数 k_1 、 k_2 、 k_3 的乘积，即

- $[p] = [p_0]k_1k_2k_3$
- k_1 、 k_2 、 k_3 ：因离合器的平均圆周速度、主动摩擦片数以及每小时的接合次数不同而引入的修正系数，可查表得到

 表 9-4 摩擦系数 f 和基本许用压强 $[p_0]$

摩擦副材料与润滑条件		摩擦系数 f	圆盘摩擦离合器的基本许用压强 $[p_0]$ /(N·mm ⁻²)
在油中工作	淬火钢-淬火钢	0.06	0.6~0.8
	铸铁-铸铁或淬火钢	0.08	0.6~0.8
	钢-夹布胶木	0.12	0.4~0.6
	淬火钢-粉末冶金材料	0.10	1~2
不在油中工作	压制石棉-钢或铸铁	0.30	0.2~0.3
	铸铁-铸铁或淬火钢	0.15	0.2~0.3
	淬火钢-粉末冶金材料	0.30	0.4~0.6

 表 9-5 修正系数 k_1

平均圆周速度 v /(m·s ⁻¹)	1	2	2.5	3	4	6	8	10	15
k_1	1.35	1.08	1	0.94	0.86	0.75	0.68	0.63	0.55

 表 9-6 修正系数 k_2

主动摩擦片数	3	4	5	6	7	8	9	10	11
k_2	1	0.97	0.94	0.91	0.88	0.85	0.82	0.79	0.76

 表 9-7 修正系数 k_3

每小时接合次数	90	120	180	240	300	≥360
k_3	1	0.95	0.80	0.70	0.60	0.50

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

3) 磁粉离合器

- 如图所示，磁粉离合器主要由磁铁轮芯5、环形激磁线圈4、从动外鼓轮2和齿轮1组成
 - 主动轴7与磁铁轮芯5固连，在轮芯外缘的凹槽内绕有环形激磁线圈4，线圈与接触环6相连；从动外鼓轮2与齿轮1相连，并与磁铁轮芯间有0.5~2mm的间隙，其中填充磁导率高的铁粉和油或石墨的混合物3
 - 这样，当线圈通电时，形成经轮芯、间隙、外鼓轮又回到轮芯的闭合磁通，使铁粉磁化
- 当主动轴旋转时，由于磁粉的作用，带动外鼓轮一起旋转来传递转矩
 - 断电时，铁粉恢复为松散状态，离合器即行分离
- 这种离合器接合平稳，使用寿命长，可以远距离操纵，但尺寸和重量较大

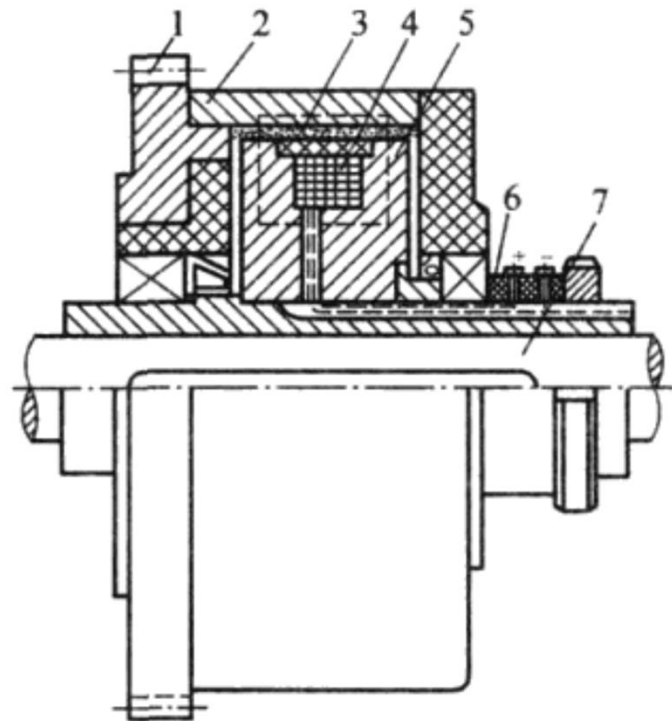


图 9-17 磁粉离合器

- 1—齿轮；2—从动外鼓轮；3—混合物；
4—环形激磁线圈；5—磁铁轮芯；
6—接触环；7—主动轴

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

4) 自动离合器

- 一种能根据机器运转参数（如转矩、转速或转向）的变化而自动完成接合与分离动作的离合器
- 常用的自动离合器有安全离合器、离心式离合器、定向离合器

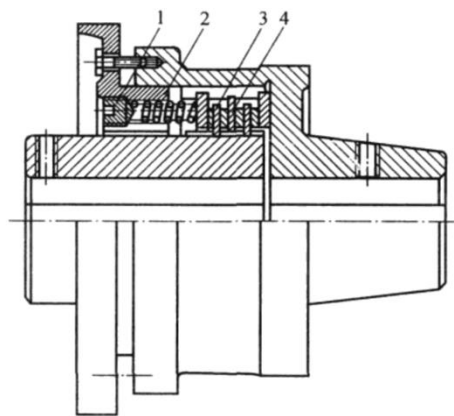


图 9-18 摩擦式安全离合器

1-调整螺钉;2-弹簧;3、4-内、外摩擦片

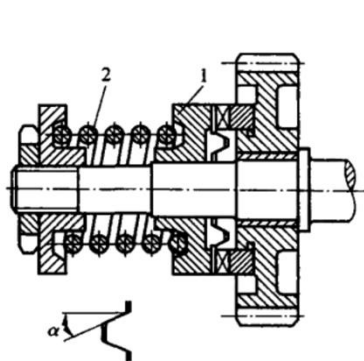


图 9-19 牙嵌式安全离合器

1-半离合器;2-弹簧

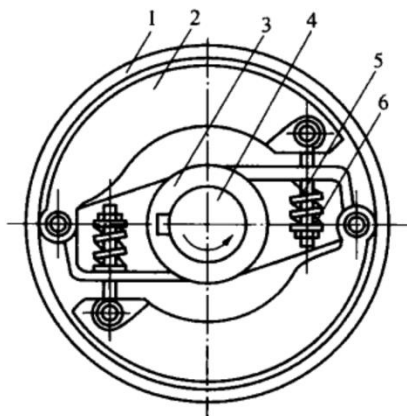


图 9-20 自动接合式离合器

1-外鼓轮;2-瓦块;3-轴套;
4-主动轴;5-弹簧;6-螺母

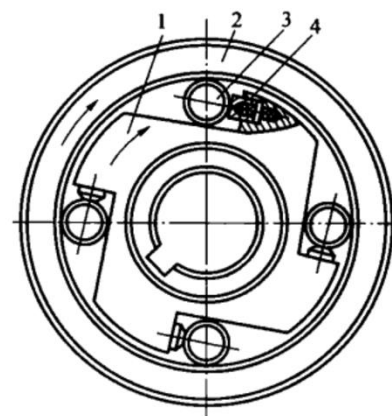


图 9-21 滚柱式定向离合器

1-星轮;2-外圈;
3-滚柱;4-弹簧顶杆

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

4) 自动离合器：安全离合器

- 安全离合器在所传递的转矩超过一定数值时自动分离
- 它有许多种类型，图示为摩擦式安全离合器
- 它的基本构造与一般摩擦离合器大致相同，只是没有操纵机构，而利用调整螺钉1来调整弹簧2对内、外摩擦片3、4的压紧力，从而控制离合器所能传递的极限转矩
- 当载荷超过极限转矩时，内、外摩擦片接触面间会出现打滑，以此来限制离合器所传递的最大转矩

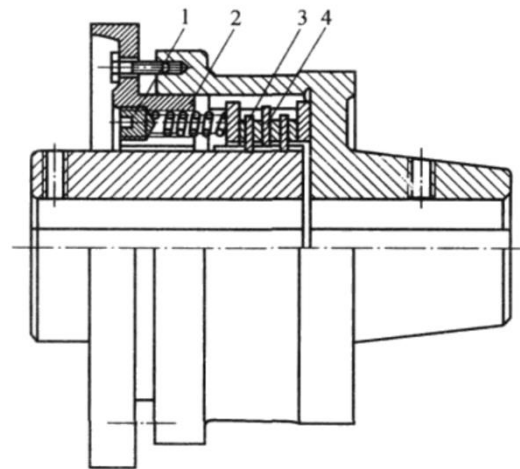


图 9-18 摩擦式安全离合器

1—调整螺钉；2—弹簧；3、4—内、外摩擦片

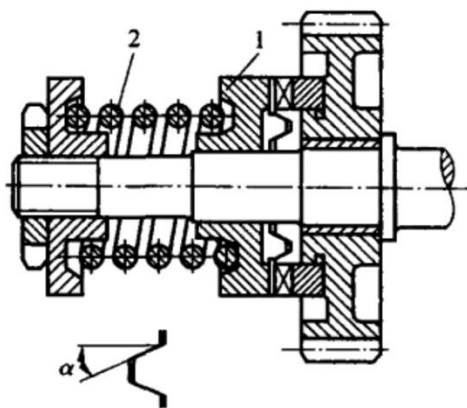


图 9-19 牙嵌式安全离合器

1—半离合器；2—弹簧

- 图示为牙嵌式安全离合器
- 它的基本构造与牙嵌离合器相同，只是牙面的倾角 α 较大，工作时啮合牙面间能产生较大的轴向力 F_{α}
- 这种离合器也没有操纵机构，而用一弹簧压紧机构使两个半离合器接合，当转矩超过一定值时， F_{α} 将超过弹簧压紧力和有关的摩擦阻力，半离合器1就会向左滑移，使离合器分离；当转矩减小时，离合器又自动接合

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

4) 自动离合器：离心式离合器

□ 离心式离合器是通过转速的变化，利用离心力的作用来控制接合和分离的一种离合器

□ 离心式离合器有自动接合式和自动分离式两种

- 前者当主动轴达到一定转速时，能自动接合；
- 后者相反，当主动轴达到一定转速时能自动分离

□ 图示为一种自动接合式离合器。它主要由与主动轴4相连的轴套3，与从动轴（图中未画出）相连的外鼓轮1、瓦块2、弹簧5和螺母6组成

- 瓦块的一端铰接在轴套上，一端通过弹簧力拉向轮心，安装时使瓦块与外鼓轮保持一适当间隙

- 这种离合器常用做启动装置，当机器启动后，主动轴的转速逐渐增加，当达到某一值时，瓦块将因离心力带动外鼓轮和从动轴一起旋转。拉紧瓦块的力可以通过螺母来调节

- 有时用于电动机的伸出轴端，或直接装在皮带轮中，使电动机正、反转时都是空载启动，以降低电动机启动电流的延续时间，改善电动机的发热现象

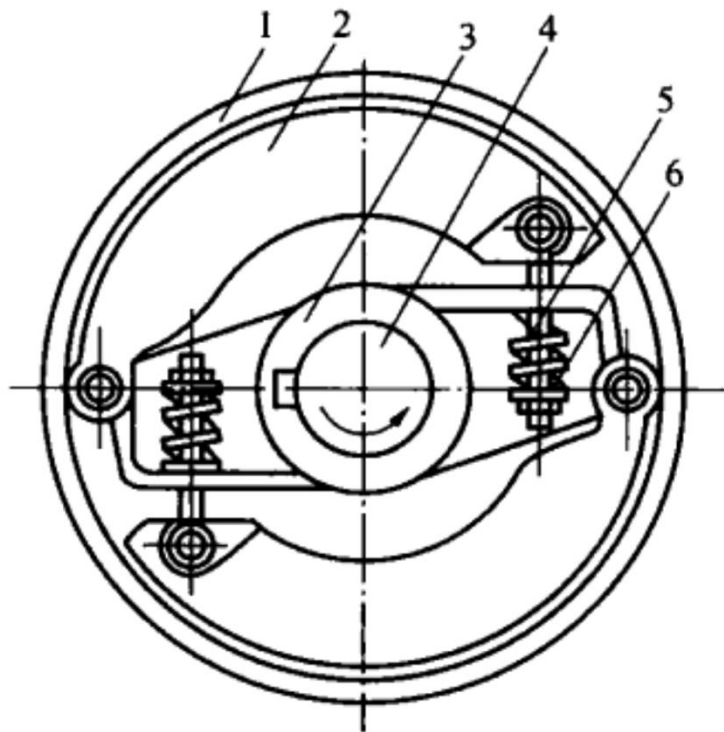


图 9-20 自动接合式离合器

1—外鼓轮；2—瓦块；3—轴套；
4—主动轴；5—弹簧；6 螺母

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

4) 自动离合器：定向离合器

- 定向离合器只能传递单向转矩，反向时能自动分离。如前所述的锯齿形牙嵌离合器就是一种定向离合器，它只能单方向传递转矩，反向时会自动分离
 - 这种利用齿的嵌合的定向离合器，空程时（分离状态运转）噪声大，故只宜用于低速场合
 - 在高速情况下，可采用摩擦式定向离合器，其中应用较为广泛的是滚柱式定向离合器
 - 它主要由星轮1、外圈2、弹簧顶杆4和滚柱3组成
 - 弹簧的作用是将滚柱压向星轮的楔形槽内，使滚柱与星轮、外圈相接触
 - 星轮和外圈均可作为主动轮
 - 当星轮为主动件并按图示方向旋转时，滚柱受摩擦力的作用被楔紧在槽内，因而带动外圈一起转动，这时离合器处于接合状态
 - 当星轮反转时，滚柱受摩擦力的作用，被推到槽中较宽的部分，不再楔紧在槽内，这时离合器处于分离状态

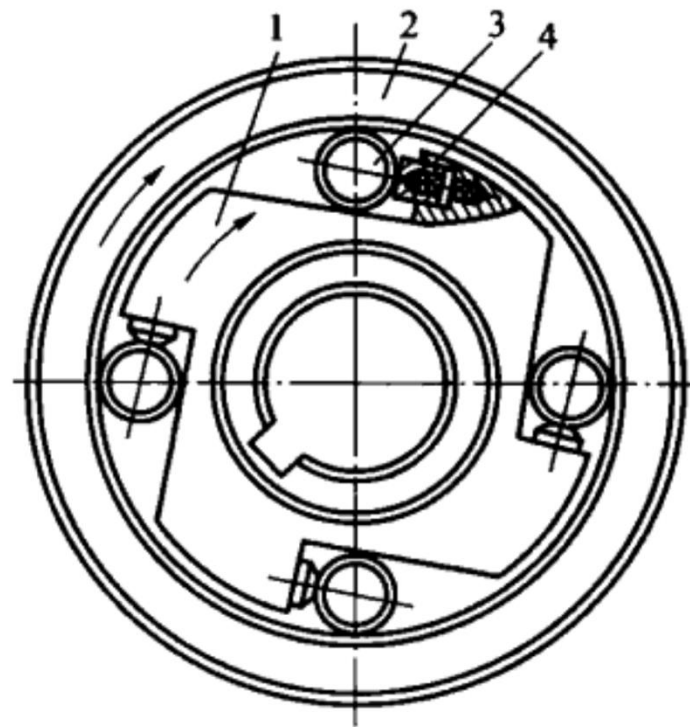


图 9-21 滚柱式定向离合器

1—星轮；2—外圈；
3—滚柱；4—弹簧顶杆

常用离合器：2. 圆盘摩擦离合器

4) 自动离合器：定向离合器

□ 如果星轮仍按图示方向旋转，而外圈还能从另一条运动链获得与星轮转向相同但转速较大的运动时，按相对运动原理，离合器将处于分离状态。此时星轮和外圈互不相干，各自以不同的转速转动

□ 所以，这种离合器又称为自由行走离合器

□ 又由于它的接合和分离与星轮和外圈之间的转速差有关，因此也称超越离合器

□ 在汽车的启动机中装上这种定向离合器，启动时电动机通过定向离合器的外圈（此时外圈转向与图中所示相反）、滚柱、星轮带动发动机；当发动机发动以后，反过来带动星轮，使其获得与外圈转向相同但转速较大的运动，使离合器处于分离状态，以避免发动机带动启动电动机超速旋转

□ 定向离合器常用于汽车、拖拉机和机床等设备中

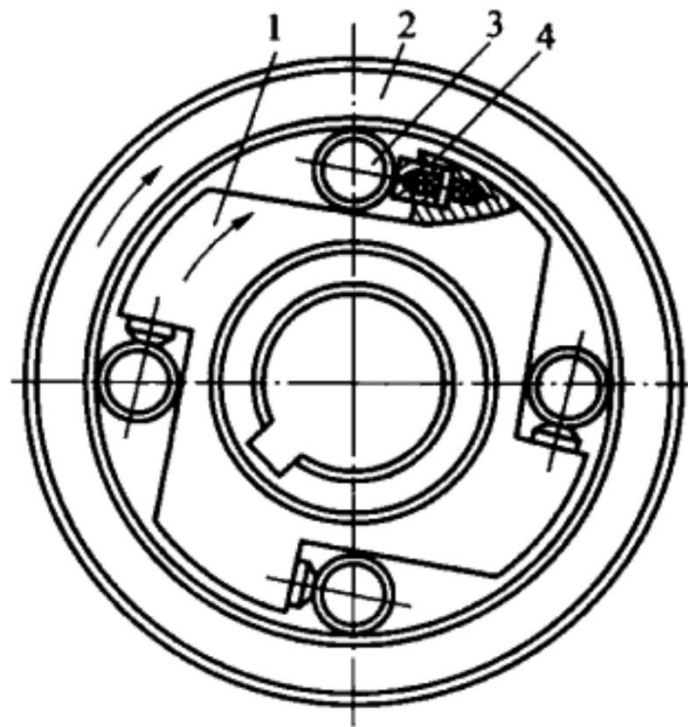


图 9-21 滚柱式定向离合器

1—星轮；2—外圈；

3—滚柱；4—弹簧顶杆

离合器的选择

- 大多数离合器已标准化或规格化，设计时，只需参考有关手册对其进行类比设计或选择即可

首先根据机器的工作特点和使用条件，结合各种离合器的性能特点，确定离合器的类型



类型确定后，可根据被连接的两轴的直径、计算转矩和转速，从有关手册中查出适当的型号



必要时，可对其薄弱环节进行承载能力校核

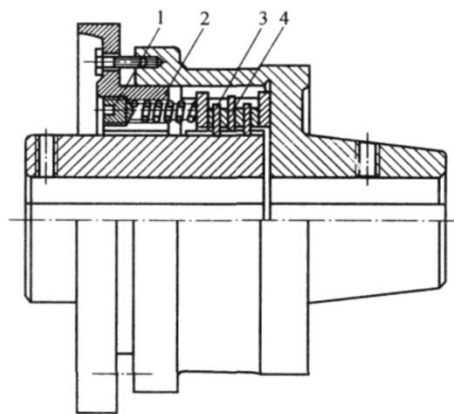


图 9-18 摩擦式安全离合器

1—调整螺钉；2—弹簧；3、4—内、外摩擦片

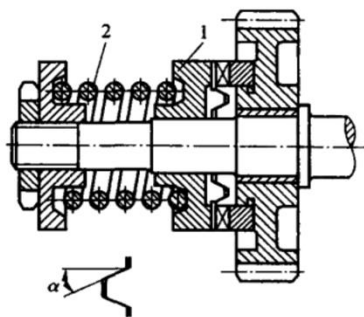


图 9-19 牙嵌式安全离合器

1—半离合器；2—弹簧

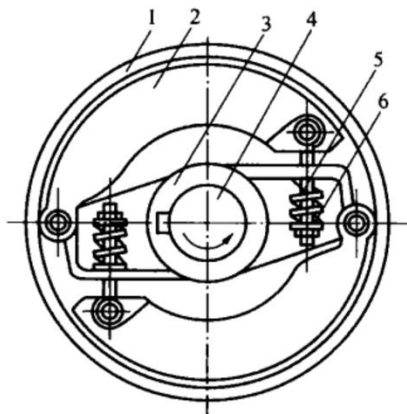


图 9-20 自动接合式离合器

1—外鼓轮；2—瓦块；3—轴套；
4—主动轴；5—弹簧；6—螺母

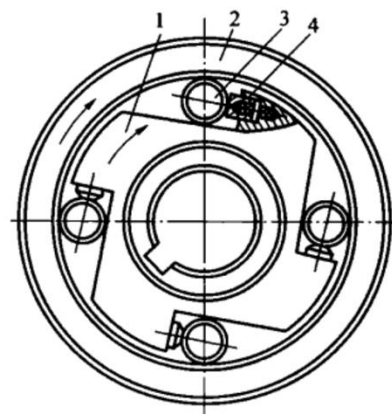


图 9-21 滚柱式定向离合器

1—星轮；2—外圈；
3—滚柱；4—弹簧顶杆

制动器

制动器的功能与类型

• 制动器的功能

- 用来降低机械速度或使机械停止运转，有时也用做限速装置

• 制动器的类型

- 外抱瓦块制动器、内张蹄式制动器、带式制动器、钳盘式制动器等

表 9-8 常用机械制动器的特点与应用范围

形式	制动器名称	特点	应用范围
	外抱瓦块制动器(简称瓦块制动器,也称块式制动器)(见图9-22)	构造简单、可靠,制造与安装方便,双瓦块无轴向力,维修方便,价格便宜。有冲击和振动。广泛用于各种机械中	各种起重运输机械,石油机械,矿山机械,挖掘机械,冶金机械及设备,建筑机械,船舶机械等
轮式(也称鼓式)制动器	内张蹄式制动器(简称蹄式制动器)(见图9-23)	结构紧凑,构造复杂,制动不够平稳,散热性差;制动鼓的热膨胀影响制动性能。价格贵,维修不方便,逐渐被盘式制动器所代替。曾广泛用于各种车辆的行走轮上	各种车辆多用,如汽车、拖拉机、叉车等,各种无轨运行式起重机的行走机构,筑路机械,飞机等
	带式制动器(见图9-24)	结构简单、紧凑,包角大,因而制动力矩大。制动轮轴受有较大的弯曲力,制动带的压力分布不均匀等	各种卷扬机,机床,汽车起重机的起升机构以及要求紧凑的机构,作为装在低速轴或卷筒上的安全制动器

形式	制动器名称	特点	应用范围
盘式制动器	单盘制动器(有干式和湿式之分)	制动平稳;湿式散热性较好;受轴向力	电动葫芦及各种车辆
	多盘制动器(有干式和湿式之分)	制动平稳,制动力矩大;干式散热性差,湿式散热性好;受轴向力	电动葫芦,机床,汽车,飞机,坦克以及工程机械等大型设备
	钳盘式制动器	制动平稳,可靠,动作灵敏;散热性好,无瓦块制动器的热衰退现象;制动力矩大,可调范围大,耐频繁制动,转动惯量小;防尘、防水能力强;摩擦材料所受压力大,受轴向力(可减至最小),横向尺寸大;价格贵,有的制动器需要液体(气体)泵站及管路等复杂设备	各种起重运输机械,矿山机械,石油机械,冶金机械及其设备,装卸机械,施工机械,建筑机械,叉车、汽车、坦克等车辆,印刷机械,造纸机械,机械式压力机,机床,拔丝机械等
	制动臂(模块式)盘式制动器	同上,但不需要液体(气体)泵站等复杂设备;制动架结构大,铰轴多,机械效率稍低	中等容量的各种起重运输机械,冶金机械及其设备,石油机械,建筑机械等

内张蹄式制动器

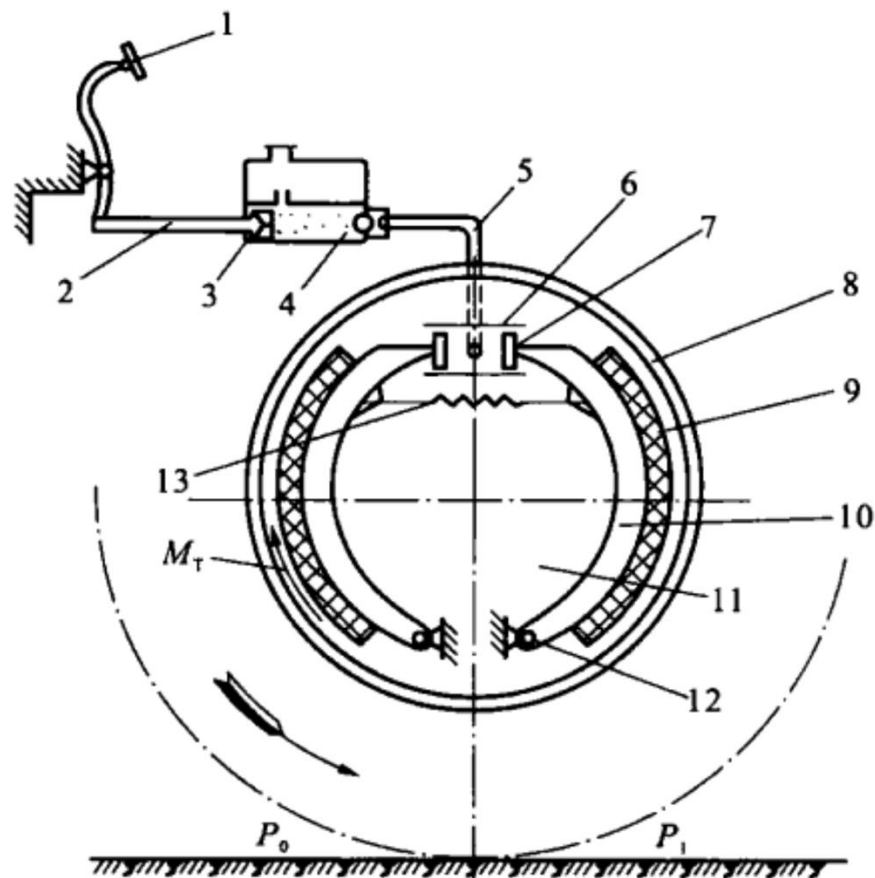


图 9-23 内张蹄式制动器制动系统工作原理

1—制动踏板；2—推杆；3—主缸活塞；4—制动主缸；5—油管；6—制动轮缸；7—轮缸活塞；
8—制动鼓；9—制动垫片；10—制动蹄；11—制动底板；12—支承销；13—制动蹄回位弹簧

带式制动器

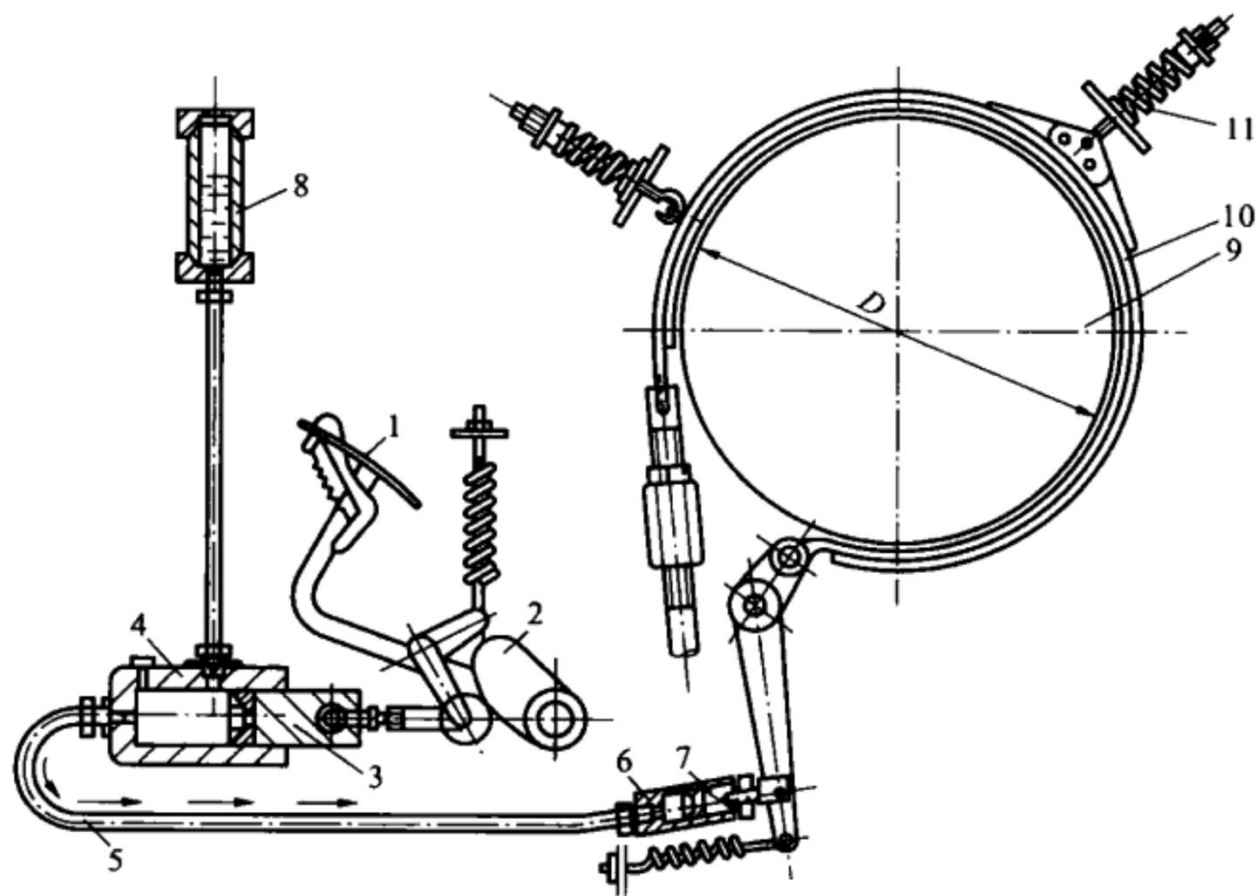


图 9-24 液压操纵带式制动器

1—踏板；2—凸轮；3、7—活塞；4、6—油缸；5—油管；8—储油器；9—制动轮；
10—钢带；11—防止制动带偏斜和贴在制动轮上，并保证松闸间隙的机构

制动器的组成

- 制动器类型虽多，但其组成的主要零部件的功能大同小异，其主要组成部分一般包括以下部分

1) **制动架或壳体**，制动器的基础件，起联系或组装其他零部件的作用

2) **紧闸装置**，使制动器起制动作用的紧闸部件

• 如手柄、杠杆、弹簧、液压或气压装置等

3) **松闸装置**，它是使制动器不起制动作用的部件，即松闸部件

• 也称驱动器装置，如手柄、杠杆、电力液压推动器、电磁液压推动器、电磁阀和液压系统、电磁铁等

4) **摩擦副**，即制动轮（盘）和制动瓦块，它是制动器执行制动的对偶件

5) **调整装置**，它是调整制动器退距均等的机构

6) **辅助装置**，它由制动瓦块的复位装置等其他零部件组成

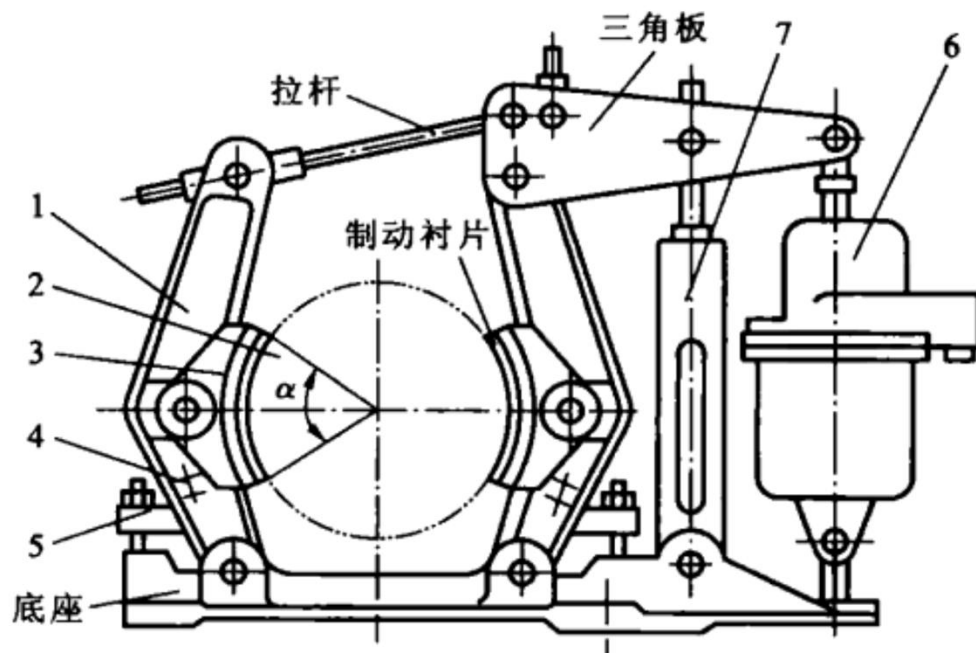


图 9-22 外抱瓦块制动器

1—制动架(包括制动臂、底座、三角板、拉杆等); 2—制动轮;

3—制动瓦块(包括制动衬片); 4—制动瓦块的自位装置;

5—退距(间隙)调整装置; 6—松闸装置(电力液压推动器); 7—紧闸装置(弹簧)

制动器选择的原則

1) 配套主机的性能和结构

- 起重机的起升机构、矿山机械的提升机都必须选用常闭式制动器，以保证安全性和可靠性
- 行走机构和回转机构选用常闭式或常开式制动器都可以，但为了容易和方便地控制制动，推荐选用常开式制动器

2) 配套主机的使用环境、工作条件和保养条件

- 如主机上有液压站，则选用带液压的制动器，如主机要求干净，并有直流电源供给时，则选用直流短程电磁铁制动器最合适
- 有的设备要求制动平稳、无噪声，最好选用液压制动器或磁粉制动器

3) 经济性

- 满足使用要求前提下，成本最好低些

4) 制动器的安装位置和容量

- 制动器通常安装在机械传动中的高速轴上。此时，需要的制动力矩小，制动器的体积小，重量轻，但因机械传动的中间环节多，安全可靠性相对较差
- 如安装在机械传动的低速轴上，则比较安全可靠，但转动惯量大，所需的制动力矩大，制动器体积和重量相对也大
- 安全制动器通常安装在低速轴上

制动器的选择方法

首先根据机器的工作特点和使用条件，结合制动器的性能特点，按选择原则，选定合适的制动器类型和结构



然后根据机器运转情况计算制动轴上的负载转矩，并考虑一定的安全储备（乘以制动安全系数）求出计算制动转矩



以计算制动转矩为依据，选出标准型号后，再进行必要的发热、制动时间（或距离、转角）等验算

- 在设计或选择制动器时，主要依据制动转矩（ T ）
 - 制动转矩的计算方法需根据不同机构的需要来确定，可参见有关起重机械的书籍
- 下面为起重机械的制动安全系数：
 - $S=1.3\sim 1.5$ 手动起升机构
 - $S=2\sim 3$ 普通电动机起升机构
 - $S=3\sim 4$ 抓斗起升机构和重型吊具的起升机构
 - $S=1.5$ 行走和回转机构
 - 注：以上为简化计算，准确的计算方法，可参考有关资料



机械设计

Design & Learning Research Group

谢谢~

宋超阳
songcy@ieee.org