

25. 摆动液压缸

25.1 概 述

摆动液压缸又称摆动液压马达。它是一种输出轴能作往复摆动运动的液压执行元件。

摆动液压缸最突出的优点是无需任何变速机构就可使负载直接获得往复摆动运动。因此,它被广泛地应用于各个领域。

摆动液压缸最大的问题是运动部位的密封比较困难,存在的运动间隙不可避免地会造成高低压腔间的内泄漏。随着工作压力的提高,此种内泄漏会大幅度地增加。因而降低了摆动液压缸的总效率和使用寿命。叶片式摆动液压缸因其叶片呈矩形,周边四角处的密封尤为困难。因此,摆动液压缸的应用受到局限。

80年代后,摆动液压缸的结构不断改善,工艺逐步精良,尤其是密封材料品种扩大,性能提高。目前,叶片式摆动液压缸最大工作压力已达25MPa,有的用户已要求提供工作压力30MPa的摆动液压缸。由于使用压力的提高,输出转矩的范围也扩大了,从零点几N·m到几万N·m,少数可达十万N·m以上。摆动液压缸的摆角,从实际使用的情况来看,90°和180°居多,大摆角的摆动液压缸应用也日益增多。国内单叶片式摆动液压缸的最大摆角已成功地做到310°。齿条齿轮式摆动液压缸则可提供最大摆角为720°的产品。除了上述的工作压力、输出转矩和最大摆角等指标外,在某

些特殊工况下,还要求摆动液压缸有较低的内泄漏和启动转矩。个别工况甚至要求在全程范围保持低速稳定性。即在某一低速下运动时运动件在全程范围内不得有爬行、卡阻甚至停顿的现象发生。实践证明要做到这一点很不容易,除非有相当高的设计和工艺水平。目前国内的摆动液压缸已经能够做到在304°全程范围内其低速稳定性保持在0.002~0.003rad/s的水平。

摆角大而结构紧凑,输出转矩大而启动压力低,效率高而寿命长,可适用多种工作介质的各种摆动液压缸由于其突出的优点和良好的质量正被越来越多的设备所采用。如舰用雷达天线稳定平台的驱动、声纳上换能器基阵的摆动、鱼雷发射架的启闭、大型火炮的输弹机、汽车和冰箱的自动生产线、机器人及各种冶金机械、石化机械等等。尽管如此,若要进一步扩大摆动液压缸的使用范围,尤其是摆动液压缸用于电液伺服系统时,其内泄漏的变化会影响伺服系统的性能。因此,改进摆动液压缸上运动部位的密封性能将是至关重要的。

25.2 分 类

摆动液压缸按结构形式的分类见表25.2-1。

25.3 工作原理、特点和使用范围

各类摆动液压缸的工作原理、特点和使用范围列于表25.3-1。

表 25.2-1 摆动液压缸按结构形式分类

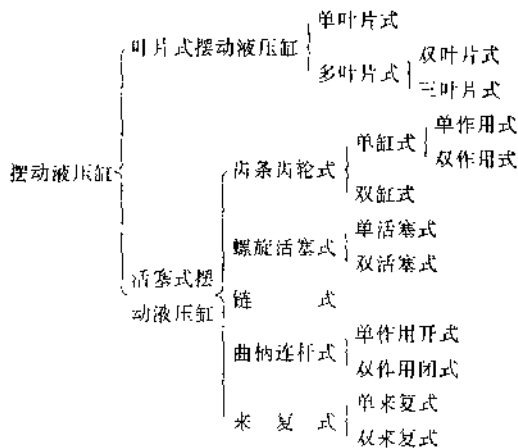
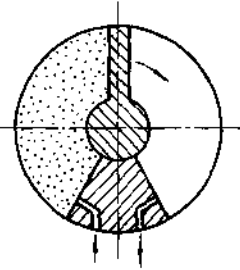
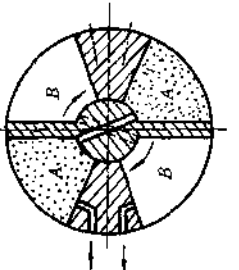
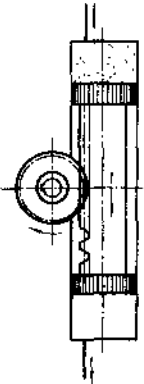
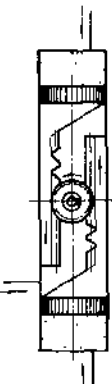
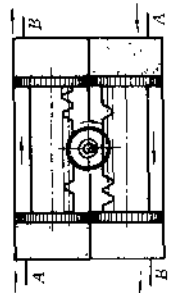


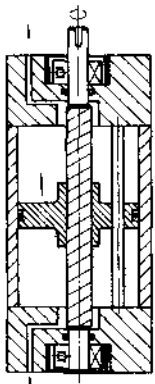
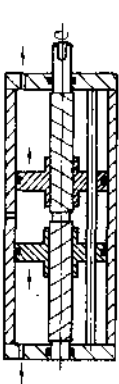
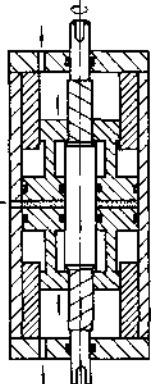
表 25.3-1 摆动液压机的工作原理、特点和使用范围

内容 结构形式	原理图	工作原理	特点	使用范围			
				最大转角	工作压力	输出转矩	
单叶片式		叶片把工作腔分隔成两腔。当压油腔时，叶片容积增大，叶片旋转，另一腔容积减小，进行排油。通过叶片带动油区反向转动，叶片就反转。	结构简单紧凑，轴向尺寸小，重量轻，安装方便，利于整机布局。机械效率较高。但密封困难，盖加工复杂。两端盖受压面积大，刚度不易保证。输出转矩不平衡，径向力较大。	≤310°	≤25MPa	≤35000 N·m	通常在 100°/s 以下。若过大，外部应设限位装置。
				≤100°	≤25MPa	≤83000 N·m	
多叶片式		对于多叶片式，两个(或二个)A腔必须同时通入压力油。两个(或三个)B腔也同时排油。	与单叶片式相比，输出转矩能增加一倍(或两倍)。输出轴不受径向力，机械效率更高。但转角较小，内泄漏较大，容积效率较低。	≤60°	≤25MPa	≤83000 N·m	通常在 100°/s 以下。若过大，外部应设限位装置。
				≤60°	≤25MPa	≤83000 N·m	

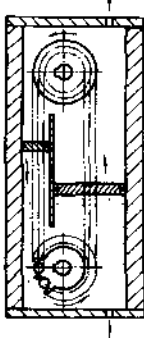
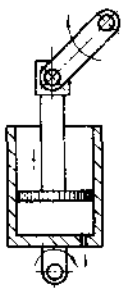
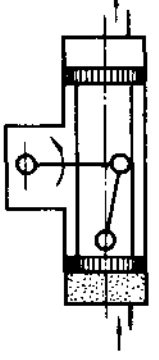
续表

内容	原理图	工作原理	特点	使用范围			
				最大转角	工作压力	输出转矩	
结构形式		<p>当压力油通入液缸左腔时, 活塞杆在压力油的推动下向右移动, 通过输出轴上的内齿圈带动输出轴上的外齿圈, 输出轴就反转。</p>	<p>结构简单, 密封容易。传动效率高, 转矩和角速度传递精度较高。位置精度使于控制。但制造和安装要求较高。</p>	<p>转角可通 过控制活 塞行程来 选取。必 要时, 转 角大于 360°</p>	<p>≤32MPa</p>	<p>≤100000 N·m, 少数可 达100000 N·m以上。</p>	<p>通常在 100°/s 以 下。若注 入、外部应 设限位装置。</p>
活 塞 式		<p>当压力油从液缸左腔通入时, 活塞杆向右移动, 齿圈带动齿条转动, 齿条带动齿圈, 若压力油从右腔通入, 则齿圈作反向转动。</p>	<p>与单作用式比较, 输出转矩大。但行程精度和安装精度要求更高。</p>	<p>与同样尺寸的双 活塞式相比, 行程较 长, 转角较大。但输 出转矩较小。</p>	<p>≤32MPa</p>	<p>≤100000 N·m, 少数可 达100000 N·m以上。</p>	<p>通常在 100°/s 以 下。若注 入、外部应 设限位装置。</p>
式 缸 式		<p>上、下两液缸是 互相独立的。当压 力油从油口A通入 时, 上缸的活塞右 移, 共同带动齿圈 顺时针转动, 油口 排出油。压力油从 油口B通入时, 下 缸的活塞左移, 齿 圈就逆时针转动。</p>	<p>与同样尺寸的双 活塞式相比, 行程较 长, 转角较大。但输 出转矩较小。</p>	<p>≤32MPa</p>	<p>≤100000 N·m, 少数可 达100000 N·m以上。</p>	<p>通常在 100°/s 以 下。若注 入、外部应 设限位装置。</p>	

续表

内容		原理图	工作原理	特点	使用范围				
					最大转角	工作压力	输出转矩	转速	
结构形式	单活塞式		螺杆和活塞上分别加工有大螺旋纹的螺纹，当压力油作用在活塞的一侧时，由活塞的轴向推力使螺杆转动，通过螺杆的啮合作用，输出轴作旋转运动，输出转矩。压力油反向，螺杆反转。	结构简单、行程长、转角大，传动平稳，无噪声。但螺杆上作用有轴向力，需另外安装推力轴承承受。螺旋副处密封困难，内泄漏更大，只能用于低压。	转角可通过控制活塞行程来自由选取。必要时，转角能大于 360°	$\leq 32\text{MPa}$	$\leq 100000\text{N}\cdot\text{m}$ ，少数可达 1000000 $\text{N}\cdot\text{m}$ 以上	通常在 100°/s 以下。若过大，外部应设限位装置	
	螺旋活塞式		螺杆的左、右两半分别加工成右旋和左旋螺纹，各自与左、右两个固定螺旋纹的螺杆啮合。当压力油从两个活塞间通入时，两个活塞各自向相反的方向运动，共同带动螺杆转动，输出转矩。若压力油反向，螺杆反向旋转。	与单活塞式比较，输出转矩大，螺杆上也不受轴向力。螺旋副处泄漏更大，只能用于低压。	同上	同上	同上	同上	同上
	双活塞式		同上	同上	同上	同上	同上	同上	同上

续表

内容 结构形式	原理图	工作原理	特点	使用范围		
				最大转角	工作压力	输出转矩 角速度
链式		大小活塞都与链条固定。链条装在输出轴上。链条和链轮啮合。通入压力油时，因大活塞受到的推力大，就沿压力作用方向直线移动。通过链条、链轮的传动，使输出轴反转。若压力油反向，输出轴也反转。	可同时带动两个相隔一定距离的负载同向等速旋转。作用在轴上的载荷小，工作可靠。但链条易磨损。高速时，传动不够平稳。	转角可通过控制活塞行程来自由选取。必要时，转角能大于360°。	≤32MPa	通常在100°/s以下。若过大，外部应设限位装置。
单作用开式		液压缸筒能够摆动。活塞杆与曲柄连接。曲柄与输出轴压力油时，活塞杆带动曲柄运动，带出转矩。回程时借助于外力将活塞推回。	结构简单，制造容易。曲柄越长，输出转矩越大。但回程需借助外力，应用受限。	≤90°	≤100000 N·m, 少数可达1000000 N·m以上	
双作用闭式		连杆装于液压缸内部。一端与活塞相连，另一端与曲柄相连。当活塞左腔通入压力油时，连杆右移，使曲柄带动输出轴转动。若压力油由右腔通入，输出轴反向转动。	与单作用开式比较，往复运动均带压力油作用，易于控制。转角易于实现调节。但行程较短，转角较小。	≤90°		

站 泵 式

续表

内容 结构形式	原理图	工作原理	特点	使用范围			
				最大转角	工作压力	输出转矩 角速度	
活 式 单 米 复 式		<p>当压力油从 M 口流入米复母活塞右端时, 就推动它沿着花键的轨道向左作直线运动。因主轴固定, 米复母活塞不能旋转, 通过米复螺旋副强迫米复杆反排体旋转。此时, N 口排油。若压力油反移, M 口排油, 缸体反转。</p>	<p>具有一个米复螺旋副。结构紧凑, 体积小, 重量轻, 工作平稳可靠, 传递转矩大。但加工复杂, 成本较高。</p>	<p>转角可通过控制米复螺旋副行程大小获得。必要时可达 360°。</p>	<p>≤ 32 MPa</p>	<p>≤ 100000 N·m, 少数可达 100000 N·m 以上</p>	<p>通常在 100°/s 以上。若过大, 外部应设限位装置。</p>
泵 式 双 米 复 式		<p>当压力油从 M 口流入时, 活塞就沿着 B 螺旋副旋转并向右运动, 活塞内的 A 螺旋副使米复杆主轴转动。此时, N 口排油。当油从 N 口流入时, M 口排油, 米复杆主轴反转。</p>	<p>具有两个米复螺旋副。结构更紧凑, 工作更平稳。可利用两个螺旋副行程间的差异, 调节输出转角大小。装配要求和加工精度也相应提高。</p>	<p>同上</p>	<p>同上</p>	<p>同上</p>	<p>同上</p>

25.4 典型结构

25.4.1 叶片式摆动液压缸的结构

(1) 单叶片式

最简单的单叶片式摆动液压缸的结构如图 25.4

4-1 所示。它仅有两端盖、与止挡做成一体的缸体和与叶片做成一体的输出轴以及支承输出轴的轴承等零件组成。叶片两侧高低压腔间的密封是靠在叶片两侧沿周边直接硫化成形的橡胶密封唇, 凡外泄漏部位均用 O 形橡胶圈密封。轴上的内花键传递输出转矩。

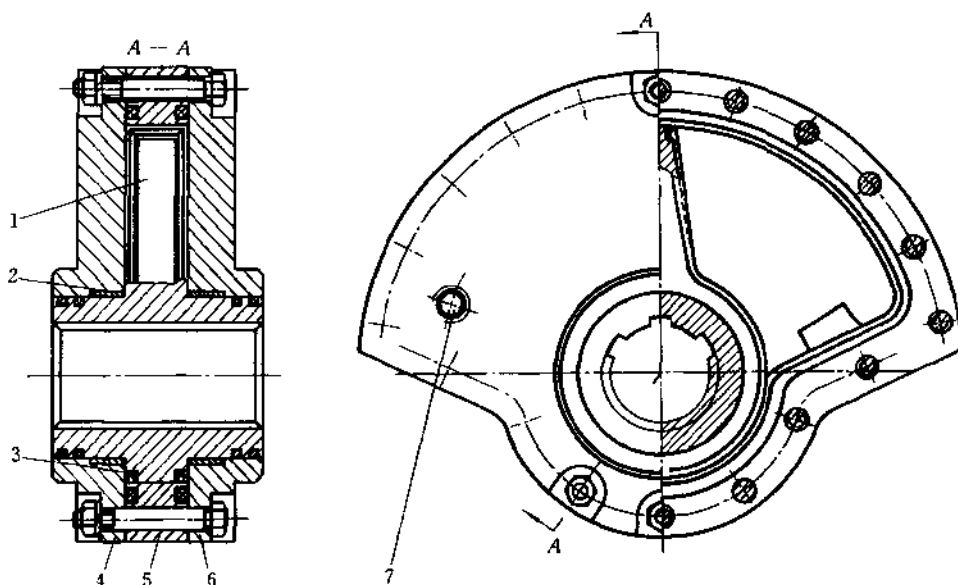


图 25.4-1 叶片和轴做成一体的摆动液压缸

1—与叶片做成一体的输出轴; 2—滑动轴承; 3—密封唇; 4—左端盖; 5—与止挡做成一体的缸体; 6—右端盖; 7—油口

图 25.4-2、图 25.4-3 和图 25.4-4, 三种结构都是单叶片式。但它们高低压腔间的密封形式有所不同。图 25.4-2 是靠弹簧片和滑块实现的。图 25.4-3 靠嵌在叶片和止挡外缘的框形密封来保证。图 25.4-4 则是间隙密封, 靠研配来达到运动部位的密封。框形密封的效果佳。结构进一步改进后, 如图 25.4-5。这种被称为压力补偿密封式摆动液压缸, 最大工作压力可达 25MPa, 最大摆角为 170° , 输出转矩可达 $1100\text{N}\cdot\text{m}$ 。下面简介它的结构形式。

压力补偿密封式摆动液压缸的叶片做成左右两半, 中间配置整体框形密封件、O 形密封圈、定距片和钢球, 用销钉定位, 再用螺钉将上述各件夹紧成一个整体的叶片。定距片的作用是使叶片左右两半之间保持预先设定的距离, 当用螺钉夹紧时, 整体框形密封件和 O 形密封圈就受预压而起一定的密封作用。定距片上还有三角沟槽。当压力油从装在叶片左右两半内的一个阀座流出时, 推开钢球通过三角沟槽充满 O 形密封圈内侧围成的空间, 由于此时钢球封死了对面阀座的阀口, 压力油就不能窜入低压腔, 该空间内的压力油就

使 O 形密封圈外胀变形压迫整体框形密封件, 使它紧紧地压向四周, 即使磨损也能自动补偿, 起到了良好的

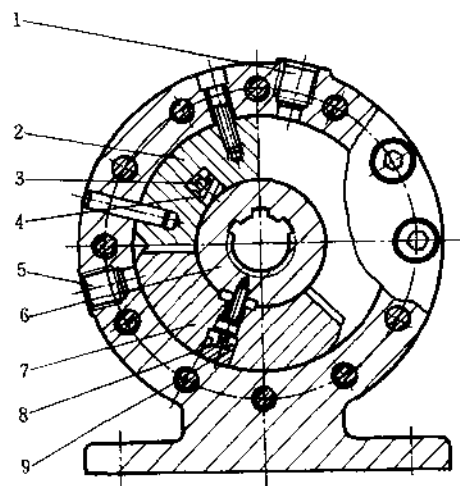


图 25.4-2 具有块状叶片的摆动液压缸

1、5—油口; 2—止挡; 3、8—弹簧片; 4、9—滑块; 6—输出轴; 7—叶片

密封作用。压力油反向时,同样能使 O 形密封圈内侧围成的空间充满压力油,实现自动补偿的密封作用。止挡也具有与叶片同样的密封结构。由于整体框形密

封件可用弹性和耐磨性优良的聚四氟乙烯制造,结构上又能自动补偿磨损,所以密封件寿命长。这种摆动液压缸适用于高压系统中驱动负载。

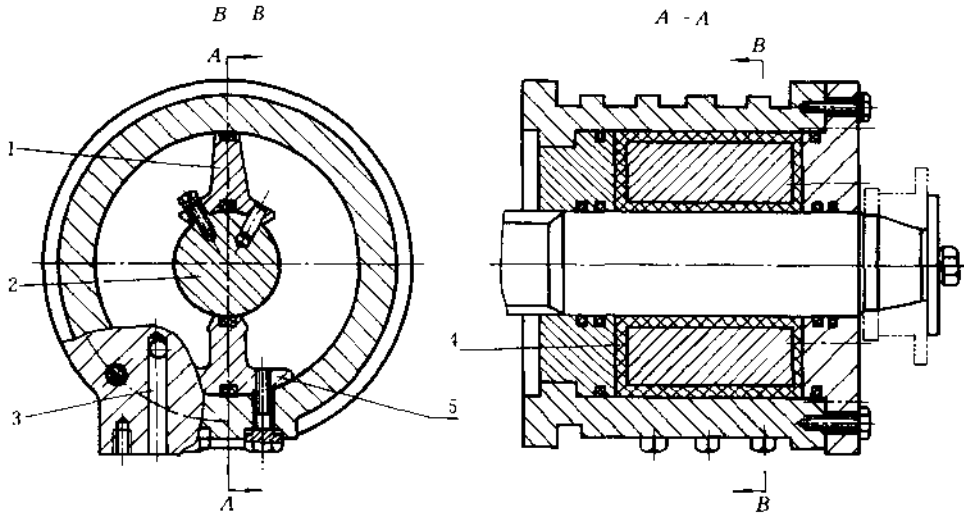


图 25.4-3 具有片状叶片的摆动液压缸

1—叶片;2—输出轴;3—油口;4—框形密封件;5—止挡

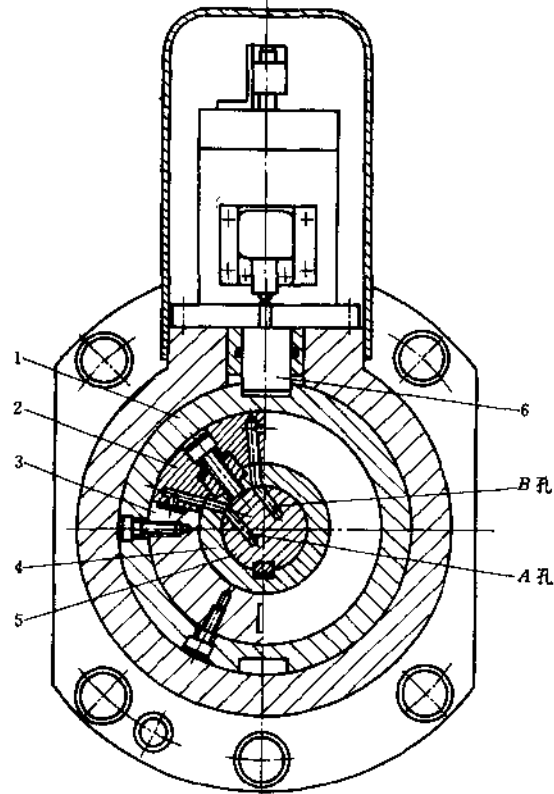


图 25.4-4 步进式工作的摆动液压缸

1—缸体;2—叶片;3—止挡;4—内套;5—输出轴;6—定位销

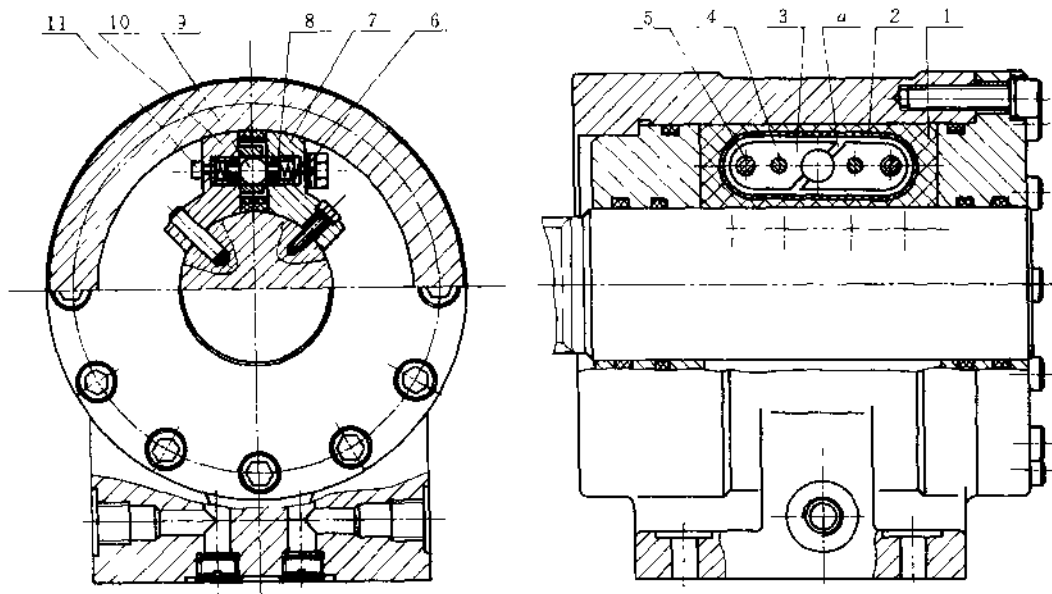


图 25.4-5 压力补偿密封式摆动液压缸

- 1—框形密封件;2—O形密封圈;3—定距片;4—销钉;5—螺钉;6—垫圈;
7、10—转子体;8—阀座;9—钢球;11—堵头;a—开在定距片上的三角沟槽

较复杂的单叶片式摆动液压缸的结构如图 25.4-6 所示。叶片中间有个长方孔使它套在输出轴的凸肩上并且轴向有间隙,两者可作相对移动。输出轴

和左、右轴套间分别装有尺寸非常严格而且排列整齐的滚针轴承和滚珠轴承,分别承受径向力和轴向力。高低压腔间的密封是在叶片和止挡两侧周边上均直接

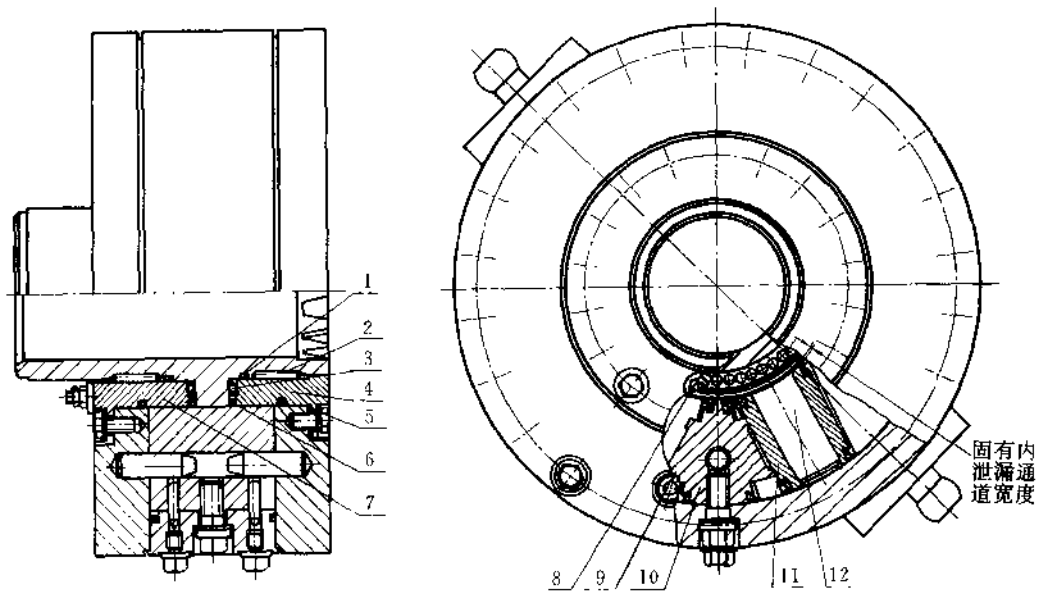


图 25.4-6 具有滑动叶片的摆动液压缸

- 1—O形密封圈;2—滚针轴承;3—滚珠轴承;4—右轴套;5—调整环;6—平面密封圈;
7—左轴套;8—卸荷阀;9—油口;10—止挡;11—叶片;12—输出轴

硫化成形的橡胶唇,左、右轴套端面与输出轴的凸缘端面之间使用特制的平面密封圈,并且把由于装平面密封圈而出现的固有内泄漏通道的宽度尽量减小。采取这些措施后内泄漏就会大大减少。左轴套外端还装有一个卸荷阀以保证平面密封圈和输出轴上为防止轴向泄漏而装的O形密封圈之间形成的闭死容积内的压力不超过允许值。装配时通过修磨调整环来保证合理的轴向间隙。输出轴通过端面的锥形齿无间隙啮合输出转矩。必要时也可用其他结构方式与输出轴联接传递转矩。

图25.4-1的结构零件少,但工艺性较差。图25.4-2、图25.4-4的结构因运动部位密封性差只能用于低压。图25.4-3、图25.4-5采用框形密封,工作压力较高,输出转矩较大。图25.4-6的优点是输出轴能承受轴向力,启动转矩小,尤其是低速稳定性好。国内已能在 304° 全程范围内做到 $0.002\sim 0.003\text{ rad/s}$ 的水平。其缺点是零件精度要求非常高,装配要有较高的技术水平。

(2) 双叶片式

图25.4-7和图25.4-8都是双叶片式结构。它的叶片和止挡在结构、密封形式上都与单叶片式基本相似。但双叶片式的叶片和止挡都是成对配管。压力油腔都对输出轴对称。因而径向液压力可互相抵消,使输出轴不受径向负荷。当两个摆动液压缸结构尺寸相同时,双叶片式的输出转矩可比单叶片式增加一倍,但转角也相应减小。对于摆角要求小而转矩要求大并且结构尺寸受限的场合,采用双叶片式较合适。

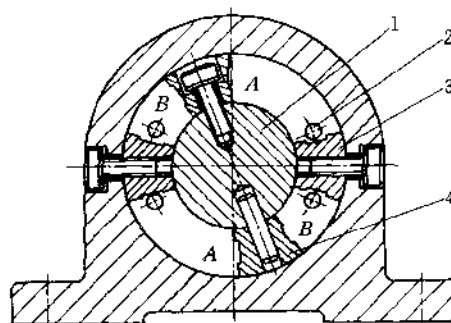


图 25.4-7 传动轴卸荷式双叶片摆动液压缸
1—输出轴;2—油孔;3—止挡;4—叶片

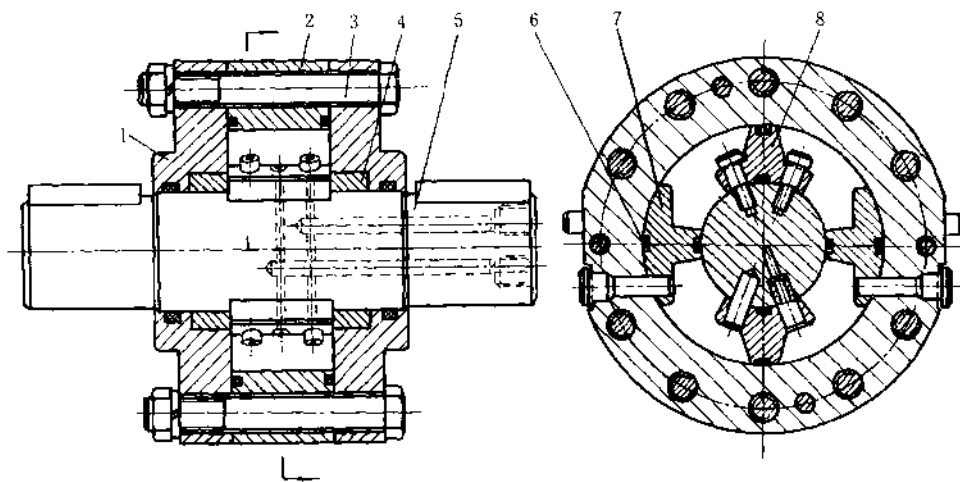


图 25.4-8 双叶片式摆动液压缸

1—左端盖;2—缸体;3—右端盖;4—铜套;5—轴;6—密封环;7—止挡;8—叶片

25.4.2 活塞式摆动液压缸的结构

(1) 齿条齿轮式

图25.4-9所示为单缸单作用式摆动液压缸的结构。输入压力油以后活塞作直线移动,经齿条和齿轮的啮合,直线移动就变为旋转运动,由齿轮轴输出转矩。左边的螺钉是调整活塞行程即控制输出转角大小用的。位置精度便于控制,结构简单,应用广泛。

图25.4-10是单缸双作用式摆动液压缸的结构。它行程短、转角小,但输出转矩较大。

图25.4-11所示为双缸式齿条齿轮式摆动液压缸的结构。相同条件下其输出转矩要比单缸单作用式齿条齿轮式摆动液压缸增加一倍。目前此种产品摆角可达 360° ,输出转矩可达十万 $\text{N}\cdot\text{m}$ 以上。

(2) 曲柄连杆式

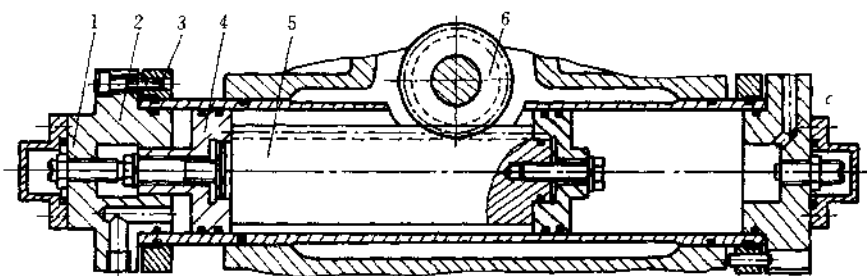


图 25.4-9 单作用齿条齿轮式摆动液压缸
1—调节螺钉;2—端盖;3—卡环;4—活塞;5—齿条;6—齿轮

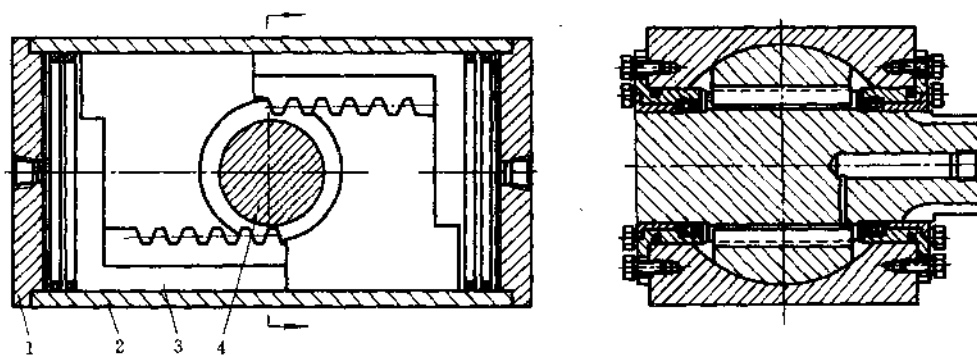


图 25.4-10 双作用齿条齿轮式摆动液压缸
1—端盖;2—缸体;3—带齿条的活塞;4—齿轮

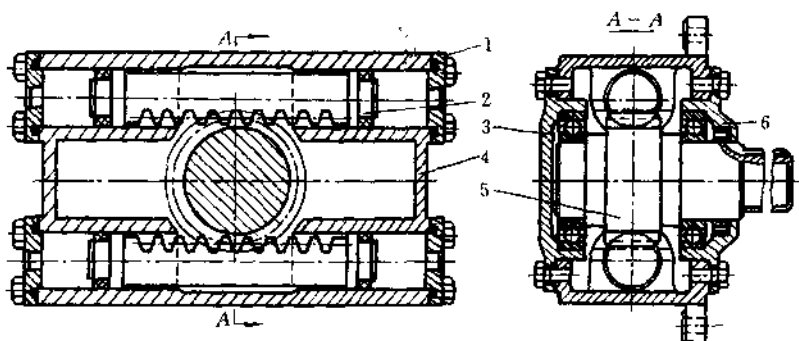


图 25.4-11 双缸式齿条齿轮式摆动液压缸
1—端盖;2—带齿条的活塞;3—端盖;4—缸体;5—齿轮

图 25.4-12 所示是双作用闭式曲柄连杆式摆动液压缸。由左右油口进入的压力油驱使活塞往复运动,通过连杆牵动曲柄摆动。曲柄上装有平键的轴即输出转矩的轴。调节螺钉是控制动角度的。

(3) 来复式

按摆动液压缸内包含的来复螺旋副数目,有单来复式和双来复式之分。

图 25.4-13 是单来复式摆动液压缸的结构。它

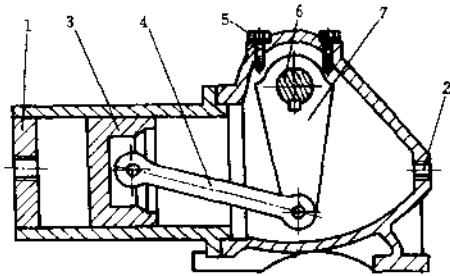


图 25.4-12 双作用闭式曲柄连杆式摆动液压缸
1—左油口;2—右油口;3—活塞;4—连杆;5—调节螺钉;
6—输出轴;7—曲柄

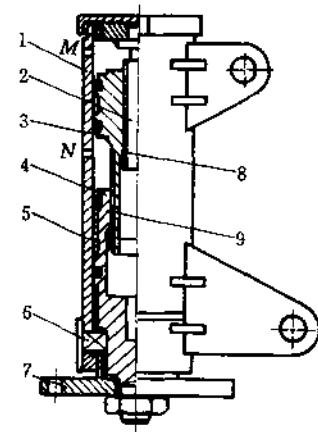


图 25.4-13 单来复式摆动液压缸
1—缸体;2—来复杆;3—来复母活塞;4—主轴;5—滑动轴承;
6—滚动轴承;7—法兰;8—来复螺旋副;9—直花键副

的来复杆与缸体固定。主轴通过法兰固定于基座上,来复母活塞的内螺旋齿与来复杆的外螺旋齿啮合。来复母活塞下部的外花键又与主轴上的内花键配合。工作时,来复母活塞相对于缸体不但作直线运动,而且作旋转运动,因此,对活塞的结构要求颇高。

图 25.4-14 是双向单来复式摆动液压缸。它的来复母活塞仅作直线运动。结构上左右对称,通过同步杆连接左右两主轴实现同步。它可用于驱动处于同一轴线上的两个负载作同步旋转。

图 25.4-15 所示的结构是用在台车钻臂上翻转凿岩机滑道的单来复式摆动液压缸。其活塞上的来复杆与主轴上的来复螺旋副相配,主轴又与滑道相连,缸

体通过法兰轴固定于钻臂上。当压力油从油口 M 进入缸体左腔时,活塞沿着直花键副向右运动。由于钻臂不动,所以活塞直线运动时,通过来复螺旋副就迫使主轴连同滑道一起旋转。反之,压力油由 N 油口进入时,滑道就反转。它的优点是能带动细长机构旋转。

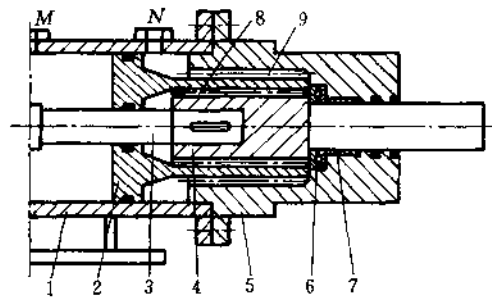


图 25.4-14 双向单来复式摆动液压缸
1—缸体;2—来复母活塞;3—同步杆;4—来复杆主轴;
5—缸盖;6—滚动轴承;7—滑动轴承;8—来复螺旋副;
9—直花键副

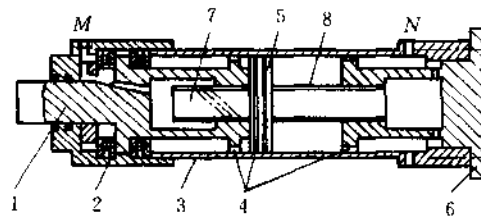


图 25.4-15 细长单来复式摆动液压缸
1—主轴;2—滚动轴承;3—缸体;4—尼龙支承;5—来复杆活塞;
6—法兰轴;7—来复螺旋副;8—直花键副

图 25.4-16 是一种主轴(输出轴)既能旋转又会伸缩的双来复式摆动液压缸的结构。主轴上没有来复螺旋,通过两个平键与空心来复杆滑动配合,以便主轴旋转和伸缩。双来复活塞能在直线移动的同时旋转。当压力油从油口 M 流入时,双来复活塞在液压力推动下右移,同时通过其上的来复螺旋副 A 转动。由于来复螺旋副 B 的作用,双来复活塞的动作又迫使空心来复杆旋转,主轴也就随之转动。此时,油口 N 排油。若油口 E 也同时通入压力油,往复活塞就左移。由于往复活塞与主轴固结,所以主轴就一边旋转一边左移。此时,油口 F 排油。压力油反向,主轴运动也反向。

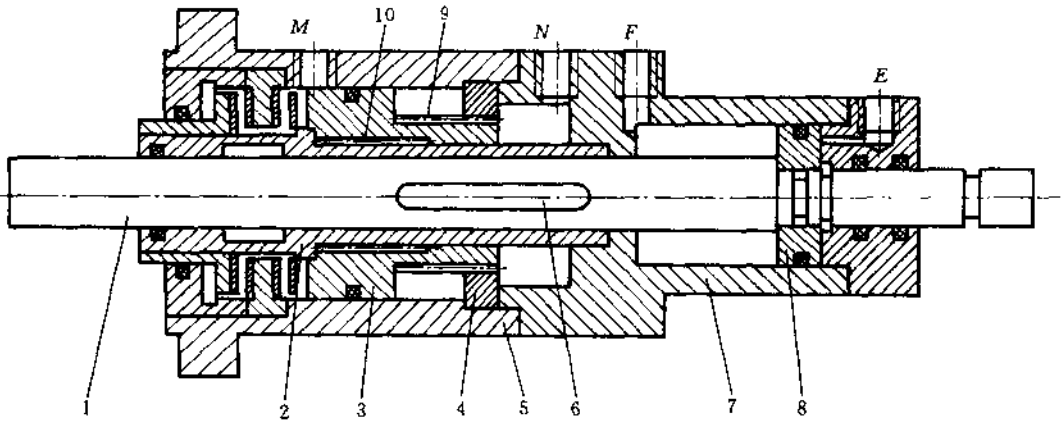


图 25.4-16 伸缩双来复式摆动液压缸

1—主轴;2—空心来复杆;3—双来复活塞;4—来复母体;5—来复缸体;6—平键;7—作复缸体;8—作复活塞;9—来复螺旋副 A;10—来复螺旋副 B

来复式摆动液压缸与叶片式摆动液压缸相比,它转矩大,容积效率高,摆角可以超过 360° 。若与其他结构形式的活塞式摆动液压缸相比,它具有更高的机械效率。因此,它获得更广泛的应用。

25.5 摆动液压缸设计概要

摆动液压缸结构型式颇多。它的设计与一般液压缸相比有其特殊性。设计时,除了首先满足负载所需的最大摆角外,最重要的参数是输出转矩和输入流量。前者决定设计的摆动液压缸是否能拖动负载,后者则要求为使负载达到所需的角速度时液压系统应供给摆动液压缸多少流量。各类摆动液压缸的输出转矩和输入流量的计算公式列于表 25.5.1。

下面以叶片式和活塞式中的来复式为例,介绍设计要点,供设计者参考。

25.5.1 叶片式摆动液压缸设计要点

(1) 用转矩公式确定主要结构尺寸

通常情况下,负载在空气或水中工作,其粘性阻尼系数可以忽略。输出转矩只要克服驱动负载所必需的转矩和使负载获得必要的角加速度所需的转矩。即:

$$T = T_L + 10I \frac{d\omega}{dt} \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (25.5-1)$$

式中 T_L ——负载转矩($\text{N}\cdot\text{m}$);

I ——包括输出轴(叶片轴)本身惯量在内的
转化到输出轴上的总转动惯量($\text{kg}\cdot\text{m}^2$);

ω ——负载的角速度(rad/s)

T_L 主要包括两部分,即负载摩擦力矩和由负载重量引起的转矩,都能从已知的工作求得。在输出轴尺寸和材料尚未确定前, I 值难以求得。因为输出轴本身的转动惯量与总惯量相比通常都很小,在初步设计时可把它忽略。通常负载又直接与输出轴相连,中间没有变速机构,因此这时的总转动惯量就是负载折算到输出轴上的惯量, I 值就不难求得了。 ω 的大小及其随时间变化的规律是已知的。这样,由式(25.5-1)就可求得 T 。从表 25.5-1 中知输出转矩公式:

$$T = \frac{1}{8} Zb(D^2 - b^2)(p_1 - p_2) \times 10^6 \cdot \eta_m \quad (\text{N}\cdot\text{m}) \quad (25.5-2)$$

式中的符号意义及其单位见表 25.5-1。

严格来说,由式(25.5-1)求取的 T 值比式(25.5-2)的 T 值要小些。但初步确定结构尺寸时可视为相等。这样,先设 $Z=1$, $\eta_m=0.8\sim 0.9$ 。通常进、出口压力已知,再按安装空间大小设定 b 、 D 、 d 三个尺寸中的两个,就能按式(25.5-2)求得另一个尺寸。三个初定的尺寸应进行圆整。 D 值向大的方向圆整, d 值向小的方向圆整。 b 若不能取整数,可取到小数后一位。这样求出的尺寸若不宜,三者间可再调整直到满意为止。如所需转矩较大,摆角在 100° 左右,可考虑采用双叶片式结构,此时 $Z=2$, η_m 值取 $0.9\sim 0.95$ 。若摆角在 60° 左右,结构允许时也可采用三叶片式,即 $Z=3$ 。但此情况不多。

当进、出口压力需自选定时,首先要考虑整个液压

表 25.5-1 摆动液压机主要参数计算公式

分 类	输 出 转 矩 $T/(N \cdot m)$	输 入 流 量 $q/(L/min)$	符 号 说 明
叶 片 式	$\frac{1}{8} Zb(D^2 - d^2)(p_1 - p_2) \times 10^6 \eta_m$	$\frac{3Zb(D^2 - d^2)\omega}{4\eta_v} \times 10^4$	D —缸体内径(m) p_1 —进口压力(MPa) p_2 —出口压力(MPa) ω —输出抽角速度(rad/s) η_m —机械效率 单叶片式: 0.8~0.9 双叶片式: 0.9~0.95 活塞式: >0.8 η_v —容积效率 单叶片式: 0.9~0.95 双叶片式: ≤ 0.9 活塞式: 0.98~1.0
			Z —叶片数; b —叶片轴向宽度(m); d —叶片安装轴外径(m)
齿 条 齿 轮 式	$\frac{1}{8} \pi D_g D_g^2 (p_1 - p_2) \times 10^6 \eta_m$	$\frac{3\pi D_g D_g^2 \omega}{4\eta_v} \times 10^4$	D_g —齿轮分度圆直径(m)
			D_g —螺杆中径(m); D_0 —螺杆外径(m); λ —螺旋升角(rad); ρ' —当量摩擦角(rad); l —螺距(m)
螺 旋 活 塞 式	$\frac{1}{8} \pi D_g (D^2 - D_0^2)(\text{tg}\lambda + \rho')(p_1 - p_2) \times 10^6 \eta_m$	$\frac{3l(D^2 - D_0^2)\omega}{4\eta_v} \times 10^4$	D_g —螺杆中径(m); D_0 —螺杆外径(m); λ —螺旋升角(rad); ρ' —当量摩擦角(rad); l —螺距(m)
			D_g —链轮节圆直径(m); D, d —大、小缸体内径(m)
曲 柄 连 杆 式	$\frac{1}{4} \pi D D^2 (p_1 - p_2) \times 10^6 \eta_m$	$\frac{3\pi D D^2 \omega}{2\eta_v} \times 10^4$	l —曲柄长度(m)
			S —米复螺旋副导程(m); d —活塞直径(m)
米 复 式	$\frac{1}{8} S(D^2 - d^2)(p_1 - p_2) \times 10^6 \eta_m$	$\frac{3S(D^2 - d^2)\omega}{4\eta_v} \times 10^4$	S —米复螺旋副导程(m); d —活塞直径(m)

系统的要求。出口压力能选定零最好。进口压力选高一些能使摆动液压缸体积小,重量轻,但要密封性好。既无外泄漏又使内泄漏尽量小。

上述方法确定尺寸有时要反复几次才能取得满意的结果。但实践证明是比较实用。

(2) 校核输出转矩

各结构尺寸确定后,再按式(25.5-2)求出较为精确的输出转矩。选定输出轴的材料以后,其惯量也可求出。代入式(25.5-1)就能得负载实际所需转矩。对按不同公式算出的转矩进行比较,可知最后选定的结构尺寸是否合理。需要强调的是输出转矩必须略大于实际所需转矩。

(3) 求为达到负载角速度 ω 所需的输入流量

$$q = \frac{3Zb(D^2 - d^2)\omega}{4\eta_v} \times 10^4 \quad (\text{L/min}) \quad (25.5-3)$$

式中的符号意义及其单位见表 25.5-1。

影响容积效率 η_v 的因素较多。但主要是通过叶片密封部位的内泄漏。密封形式和材料、油的运动粘度、叶片的角速度和工作压力都会影响内泄漏的大小。尤其是工作压力升高时,内泄漏会迅速增加。单叶片式的内泄漏大体如图 25.5-1。由图可知:油的运动粘度不变时,对于同一个摆动液压缸,工作压力大者内泄漏大。若工作压力也一定,则排量大的摆动液压缸内泄漏也大。

表 25.5-1 列出了各类摆动液压缸的机械效率和容积效率的选取范围。

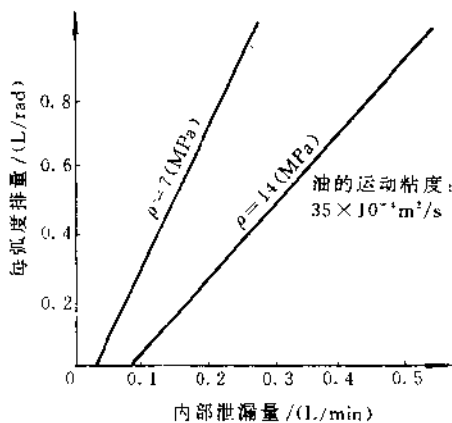


图 25.5-1 单叶片式摆动液压缸的内过漏

(4) 主要零件的强度和刚度计算

(A) 缸盖和缸体都受内压连续均布载荷时,其强度和刚度可根据具体的几何形状参照弹性薄板或薄壳的有关公式计算。若摆角在 300° 左右,摆动液压缸形状成短圆柱状时,也可参照液压缸缸筒的办法进行计算。

(B) 对于片状结构的叶片,其危险截面在根部。最大正应力为

$$\sigma_{\max} = \frac{T}{W} - \frac{3(D-d)^2(p_1 - p_2)}{4\delta_0^2} \quad (\text{MPa}) \quad (25.5-4)$$

式中 T ——叶片根部所受弯矩,由下式求得

$$T = \frac{b(D-d)^2(p_1 - p_2)}{8} \times 10^6 \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (25.5-5)$$

W ——叶片根部抗弯截面系数,对矩形截面

$$W = \frac{b\delta_0^2}{6} \quad (\text{m}^3) \quad (25.5-6)$$

D ——缸体内径(m);

d ——叶片安装轴外径(m);

p_1 ——进口压力(MPa);

p_2 ——出口压力(MPa);

δ_0 ——叶片根部厚度(m)。

式(25.5-5)和式(25.5-6)中的 b 为叶片轴向宽度(m)。

应该使

$$\sigma_{\max} \leq \frac{\sigma_s}{n} \quad (\text{MPa}) \quad (25.5-7)$$

式中 σ_s ——叶片材料的屈服极限(MPa);

n ——安全系数,取 3~4。

为降低应力集中系数,叶片根部和输出轴的连接处应尽可能加大过渡部分的圆角。

对于块状结构的叶片,可用式(25.5-5)进行强度计算。

(C) 缸体连接计算:缸体和缸盖通常都用螺栓连接。其强度要按拉应力和剪应力的合成应力计算。可参见第 23 章液压缸的有关部分。应该注意的是摆动液压缸的内腔常呈环式扇形,所以其最大拉力应是缸内最大压力和缸盖上最大受力面积之乘积。

(D) 输出轴:单叶片式的输出轴不仅在承受最大扭矩时要有足够的强度,而且在承受径向载荷时也应有足够的刚度。如果径向载荷引起的弯矩较小,可采用许用扭应力计算法来考核轴的强度。双叶片式的输出轴不受径向载荷,所以也可用此法计算。

摆角大、工作压力又高的单叶片式摆动液压缸,因轴上所受不平衡径向力很大,故对输出轴的弯曲变形也应验算。其挠度应在允许范围内。通常许用挠度可取轴支承间距的万分之二。

25.5.2 来复式摆动液压缸设计要点

(1) 主要参数计算

(A) 来复运动副的设计是来复式摆动液压缸设计的关键。它的结构尺寸直接决定了液压缸所需的压力和流量。当活塞受液压力作用时,来复运动副上能输出的实际转矩:

$$T = \frac{pSA \operatorname{tg}(\lambda - \rho)}{2\pi \operatorname{tg}\lambda} \times 10^6 \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (25.5-8)$$

式中 p ——液体压力(MPa);

S ——来复螺旋副的导程(m);

A ——活塞受油压作用的有效面积(m^2)。一般可设计大一些。对于细长液压缸,则取小一些;

λ ——来复螺旋副升角(rad);一般取 0.87rad 左右。对于细长液压缸可取 1.05rad 左右;

ρ ——摩擦角(rad)。不同的螺旋牙形可用不同公式计算。

矩形牙: $\rho_A = \operatorname{arctg}f$ (rad);

梯形牙: $\rho_B = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos\alpha}$ (rad);

渐开线牙: $\rho_C = \operatorname{arctg} \frac{f}{\cos\alpha'}$ (rad)。

式中 f ——来复螺旋副摩擦系数,一般取 0.1 ;

α ——梯形牙的端面牙形角(rad);

α' ——渐开线牙的端面牙形角(rad)。

在具体设计时,无论哪种牙形都取 $\rho = 0.10472\text{rad}$ 较好。

由于来复式摆动液压缸安装位置不同,负载机构的重心与来复副中心线的距离(即重心的回转半径)也不同。距离很大时,摆动液压缸可做得粗矮些。反之,做得细长些。当摆动液压缸的位置在工作时是变动的,负载机构的重心线既不垂直也不平行于来复副中心线时,就要求在设计液压系统时保证不发生负载机构自重而导致液压缸摆动情况。因此,设计时应考虑用来克服负载引起的力矩所需的液压力必须按具体安装情况的力学原理来求得。

如果活塞旋转一周,正好转移了来复螺旋副一个导程,则来复螺旋副上能产生的理论转矩为

$$T = \frac{pSA}{2\pi} \times 10^6 \quad (\text{N} \cdot \text{m}) \quad (25.5-9)$$

比较式(25.5-8)和式(25.5-9),可知来复螺旋副的机械效率

$$\eta_m = \frac{\operatorname{tg}(\lambda - \rho)}{\operatorname{tg}\lambda} \quad (25.5-10)$$

整个来复式摆动液压缸的机械效率还应考虑其它相对运动部分的机械损失,所以应比由式(25.5-10)算得的略小。

(B) 当输出轴的转动角速度为 ω (rad/s)时,需要输入的流量

$$q = \frac{3SA\omega}{\pi\eta_v} \times 10^4 \quad (\text{L}/\text{min}) \quad (25.5-11)$$

设计时可取容积效率 $\eta_v = 0.98$ 。

(C) 来复螺旋牙形设计:牙形有矩形、梯形和渐开线形三种。梯形牙强度高而且能自动调整配合间隙。渐开线形牙加工容易,配合良好。所以,这两种用得较多。因加工需要,来复副牙形图要包括端面牙形和法面牙形。

梯形牙的端面牙形如图25.5-2所示。

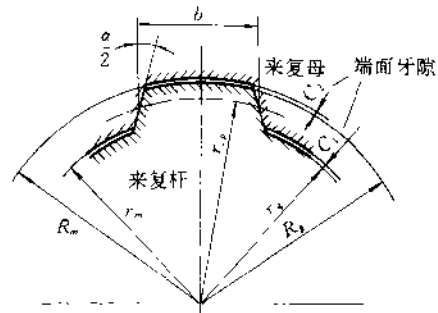


图 25.5-2 梯形牙的端面牙形

端面牙宽:

$$b = 2r_p \sin \frac{\pi}{Z} \quad (\text{m}) \quad (25.5-12)$$

式中 r_p ——平均半径(m);

Z ——来复螺旋的头数,通常 $Z = 6$ 。端面牙隙 $C_1 = C_2$,取 $(0.5 \sim 1) \times 10^{-3}$ (m)。

端面牙形角:

$$\alpha = 2 \operatorname{arctg} \frac{\operatorname{tg} \frac{\delta}{2}}{\cos \beta} \quad (\text{rad}) \quad (25.5-13)$$

式中 δ ——法面牙形角,取 0.349rad ;

β ——螺旋角, $\beta = (1.571 - \lambda)$ (rad)。

利用螺旋角 β 和端面牙形各参数,可算得法面牙形各参数。

梯形牙的法面牙形如图25.5-3。

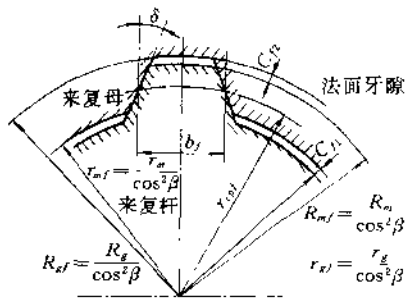


图 25.5-3 梯形牙的法面牙形

来复杆法面顶圆半径

$$R_{gf} = \frac{R_g}{\cos^2 \beta} \quad (\text{m}) \quad (25.5-14)$$

来复杆法面根圆半径

$$r_{gf} = \frac{r_g}{\cos^2 \beta} \quad (\text{m}) \quad (25.5-15)$$

法面牙宽

$$b_f = b \cos \beta \quad (\text{m}) \quad (25.5-16)$$

法面牙隙

$$C_{1f} = \frac{c_1}{\cos^2 \beta} \quad (\text{m}) \quad (25.5-17)$$

$$C_{2f} = \frac{c_2}{\cos^2 \beta} \quad (\text{m}) \quad (25.5-18)$$

渐开线牙形的设计原理可参照斜齿轮设计。

来复螺旋副强度计算主要是校核其齿面挤压强度。对于矩形牙和梯形牙的螺旋副,可用下式进行强度设计或校核齿面强度。

$$\sigma_{cm} = \frac{T}{\varphi Z_c h r_{cp} S_p} \times 10^{-6} \quad (\text{MPa}) \quad (25.5-19)$$

应使 $\sigma_{cm} \leq [\sigma_{cm}]$ 。

式中 σ_{cm} ——每个齿的工作面上产生的挤压应力 (MPa);

T ——来复式摆动液压缸需要传递的总转矩,可按式 25.5-8 求得 (N·m);

φ ——不均匀分配系数,取 0.7~0.8;

Z_c ——齿数;

h ——端面牙形的齿高 (m), $h = R_g - r_g$

式中 R_g ——来复杆端面顶圆半径 (m);

r_g ——来复杆端面根圆半径 (m);

S_{cp} ——端面牙形上平均半径 r_{cp} 上的导程 (m);

$[\sigma_{cm}]$ ——许用挤压应力 (MPa),对于经热处理的

优质结构钢可取 10MPa。

对于渐开线牙形,则用下式计算:

$$\sigma_{cm} = \frac{T}{1.6 \varphi r_{cp}^2 \cos \beta S_p} \times 10^{-6} \quad (\text{MPa}) \quad (25.5-20)$$

由于齿工作面投影面积取近似值,故式(25.5-19)和式(25.5-20)也是一个近似的计算式,但其计算精度可满足实际需要。

D. 活塞尺寸的确定

由式(25.5-8)和式(25.5-11)知,活塞面积与压力和流量都有关,应根据整个液压系统的要求合理选定。此外,还应考虑来复螺旋副升角的影响。升角越大,活塞面积应选得越小。

(2) 轴承的选用

由于来复运动的特点,主轴总是同时受径向力和轴向力。通常选用滑动轴承承受径向载荷,推力滚动轴承承受轴向载荷。滑动轴承需验算比压:

$$p = \frac{F_{Rmax}}{dl} \times 10^{-6} \leq [p] \quad (\text{MPa}) \quad (25.5-21)$$

式中 F_{Rmax} ——作用于滑动轴承上的最大径向载荷 (N);

d ——主轴直径 (m);

l ——滑动轴承长度 (m);

$[p]$ ——许用比压 (MPa)。活塞直线运动速度较低时,可取得大一些。钢与铸造青铜配合时, $[p] = 5 \text{MPa}$ 。

滚动轴承按静载荷选用。轴承上的额定静载荷应不小于 1.5 倍负载作用在轴承上的轴向力。

(3) 花键的选用

传递输出转矩用的花键必须是齿侧定心。矩形牙或梯形牙的来复螺旋副,用矩形花键。渐开线形牙则用渐开线形花键。

(4) 材料的选用

来复螺旋副通常用两种不同的材料制造。如钢和铸铁,钢和青铜。活塞可用两种材料组合也可用同一种材料。用一种材料时,与缸体配合处要有鼓形密封圈和尼龙环。滑动轴承可用尼龙制作。

25.5.3 摆动液压缸密封的设计和加工

每种摆动液压缸都存在着动密封设计和静密封设计。前者关系着摆动液压缸的容积效率和机械效率,后者应确保摆动液压缸在使用时无任何外泄漏。所以,对于密封的设计,尤其是设计合理的动密封是摆动

液压缸设计的重要内容。

对于活塞式结构,通常都能选购到标准的O形橡胶密封圈实现静密封。动密封的主要部位是活塞和缸壁之间。由于缸筒内截面呈圆形,密封件的设计和制造都较为容易。其材质除传统的胶类外,近年又发展了橡塑复合,填充聚四氟乙烯等等新型材料,大大提高了密封件的使用性能,并且在尺寸上形成系列,方便了设计选用。

与活塞式结构的情况不同。叶片式摆动液压缸的形状因呈扇状,缸盖与缸体间的静密封圈往往会选不到标准的O形橡胶密封圈。此时常需自行设计制造。除了合理选用密封圈的截面尺寸外,密封圈内径长度和密封沟槽的尺寸一定要算得精确。特别是沟槽的圆弧连接处的长度不能仅靠估算求得。实践证明,如果这个静密封圈设计不当,往往会造成缸盖和缸体间的外泄漏。动密封设计包括叶片轴的轴向密封和叶片及止挡的四周。轴向密封圈只要叶片轴的轴颈尺寸选择合适,不难选购到标准的各类密封圈。但叶片和止挡的密封其作用是可靠地隔离高低压油腔,截面形状又呈长方形,其转角处的密封性能很不易保证。所以,设计和制造都有较大难度。下面介绍几种效果较好的密封结构形式:

(1) 橡胶密封唇

橡胶密封唇的设计颇为困难,主要依赖于经验。因为密封效果好的密封唇既要使密封可靠又要使静摩

擦阻力最小。压力腔内密封唇是张开的,其光滑的翼尖紧贴于密封面。它是用专用模具通过橡胶的硫化工艺直接把中等硬度的橡胶胶料硫化到叶片和止挡两侧的周边上。为使橡胶和金属能良好结合,硫化前金属的有关结合表面要经喷砂处理。图25.4-1和图25.4-2所示的结构都采用了橡胶密封唇。图25.5-4是叶片轴上硫化有橡胶密封唇的详图。目前在低、中压系统的摆动液压缸中常有应用。缺点是制造复杂,成本较高。

(2) 变截面密封圈

框形变截面密封圈主要解决长方形截面四个棱角处的密封难问题。用橡胶胶料压制成长方形的密封圈,特点是在四个棱角处设计成正方体,直线部分的截面则是圆形。由于正方体截面积比直径与正方体边长相等的圆截面积大,工作时,液压力就作用于两者的面积差上迫使棱角部分向四角压紧,达到较好的密封效果。使用时,常在密封件中部开槽,将此密封圈放入。图25.5-5是变截面密封圈及其安装图。

(3) 聚四氟乙烯密封圈

图25.5-6是聚四氟乙烯密封圈及其安装图。它由掺有玻璃纤维的聚四氟乙烯压制而成。截面呈皮碗状。使用时,其内圈装一个弹性的O形环使它紧贴于密封面上。由于这种材料摩擦系数小,有自润滑性,所以耐磨、寿命长、高压下也可使用。

(4) 框形密封圈

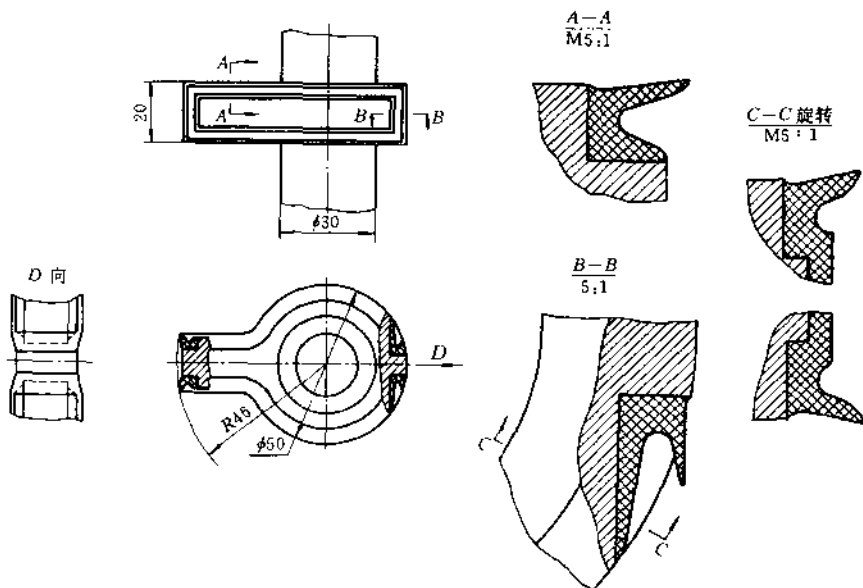


图 25.5-4 带唇状密封的叶片轴

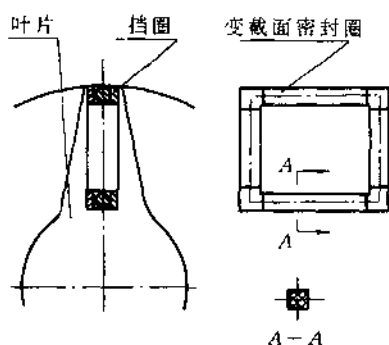


图 25.5-5 变截面密封圈及其安装

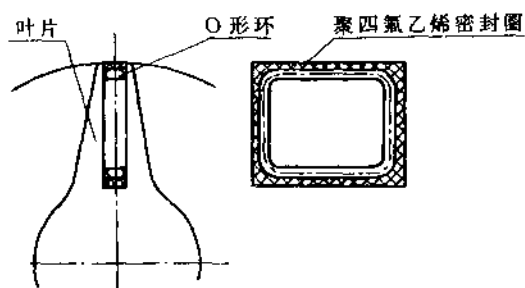


图 25.6-6 聚四氟乙烯密封圈及其安装

如图 25.4-3 所示,用于装载机上的摆动液压缸,其叶片和止挡就采用由橡胶胶料压制的框形密封圈,其截面为矩形。经过结构改进,框形密封圈也能用于

高压的密封,其工作压力可达 25MPa。

(5) 机械间隙密封

这是纯粹依靠相关零部件的配合精度和表面质量来阻止泄漏的一种方法,密封间隙一般控制在 $10\mu\text{m}$ 。虽然无需设计和加工密封件,但因零部件的加工精度高,实际费用不低。图 25.4-2、图 25.4-4 和图 25.4-7 都采用了机械间隙密封。由于合理的密封间隙不易控制,所以机械间隙密封一般只用在低压系统的摆动液压缸。

25.6 产品介绍

90 年代以来,摆动液压缸的生产已经打破了过去自给性配套生产的局面向专业化发展。国内已有多家生产单位可以提供叶片式或活塞式各种型号规格的摆动液压缸。限于篇幅,不能一一介绍。

25.6.1 YM 系列单叶片式摆动液压缸

YM 系列单叶片式摆动液压缸主要用于国防和其它液压装置,由江苏无锡第 721 厂水声中心设计制造。YM3.4-22 型、YM0.09-95 型、YM1.12-104 型可置于海水中工作。YM1.43·304 型和 YM3.7·304 型低速稳定性好,能在 304° 全程范围内做到以角速度 $0.002\sim 0.003\text{rad/s}$ 旋转不卡阻、不爬行的水平,可用于特殊的使用场合。

YM 系列单叶片式摆动液压缸的技术参数见表 25.6-1。

表 25.6-1 YM 系列单叶片式摆动液压缸技术参数

型 号	最大摆角 / (°)	每转排量 / (L/r)	工作压力 / MPa	许用压力 / MPa	理论转矩 / (N·m)	外形尺寸 / mm	质量 / kg	结构形式	工作环境	生产单位
YM3.4-22	22	3.4	2	4	$537.5\Delta P$	$288 \times 184 \times 148$	27	见图 25.6-1~25.6-6	允许置于海水	江苏无锡第七二一厂水声中心
YM0.09-95	95	0.09	7	7	$14\Delta P$	$146 \times 110 \times 148$	9			
YM1.12-104	104	1.12	2	4	$178.5\Delta P$	$302 \times 132 \times 220$	18			
YM1.12-104A	104	1.12	5	5	$178.5\Delta P$	$302 \times 100 \times 220$	16			
YM1.12-125	125	1.12	4	8	$178.5\Delta P$	$308 \times 100 \times 246$	27			
YM0.28-157	157	0.28	7	7	$45.3125\Delta P$	$260 \times 155 \times 210$	17	见图 25.6-7~25.6-9	空气或油中	
YM3.7-180	180	3.7	5	5	$588.6\Delta P$	$360 \times \phi 340 \times 198$	78			
YM1.43-304	304	1.43	2	4	$288\Delta P$	$416 \times \phi 280 \times 167.5$	46			
YM3.7-304	304	3.7	2	4	$588.6\Delta P$	$417 \times \phi 340 \times 198$	73			

注: Δp 为叶片两侧压力差, MPa。

用户选用时,如摆角、安装尺寸和使用场合另有要求,订货时可与生产单位协商。

YM 系列单叶片式摆动液压缸的外形图和外形尺寸见图 25.6-1~图 25.6-9。

25.6.2 YMD、YMS 系列叶片式摆动液压缸

YMD 系列单叶片式摆动液压缸和 YMS 系列双

叶片式摆动液压缸均由浙江温州市低噪声液压泵厂和航天工业总公司北京测控技术研究所合作生产。它们的额定工作压力都是 14MPa, 最大的输出转矩达 9100N·m, 具有终端缓冲。

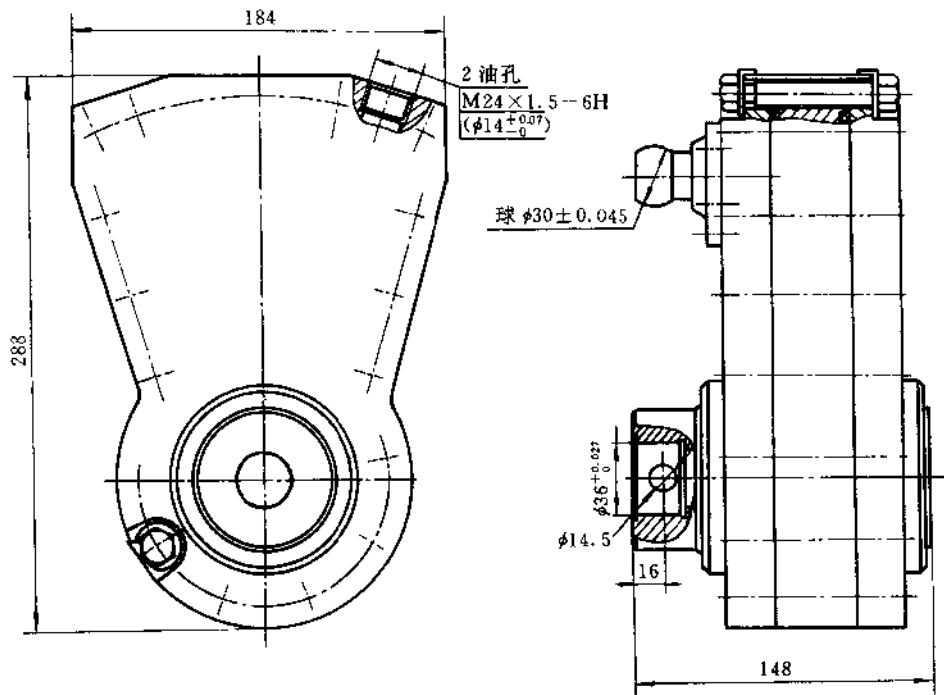


图 25.6-1 YM3.4-22 摆动液压缸外形图

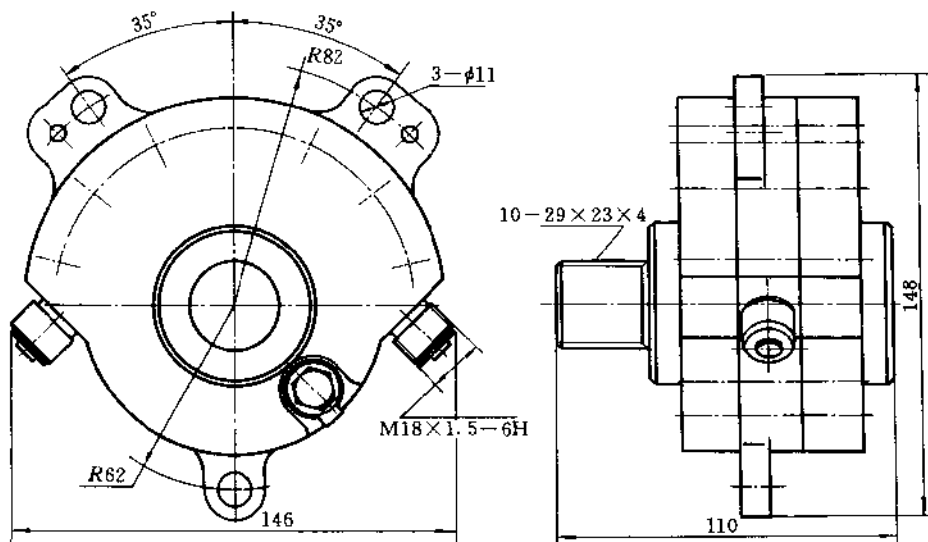


图 25.6-2 YM0.09-95 摆动液压缸外形图

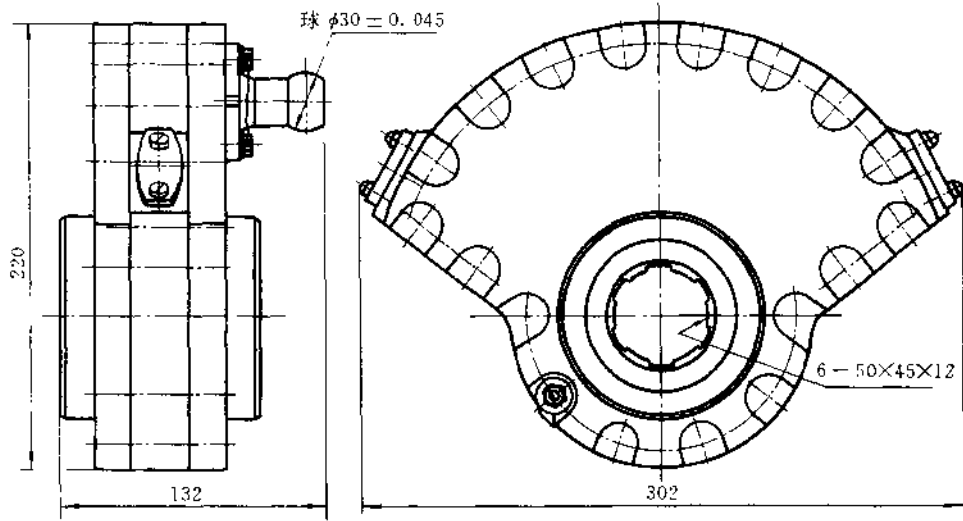


图 25.6-3 YMI.12 104 摆动液压缸外形图

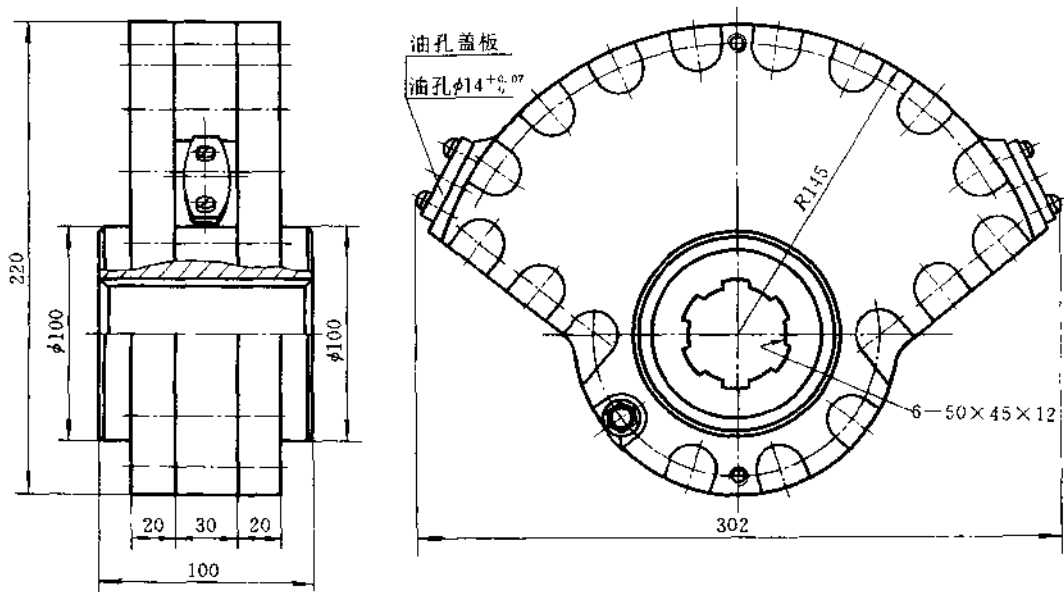


图 25.6-4 YMI.12-104A 摆动液压缸外形图

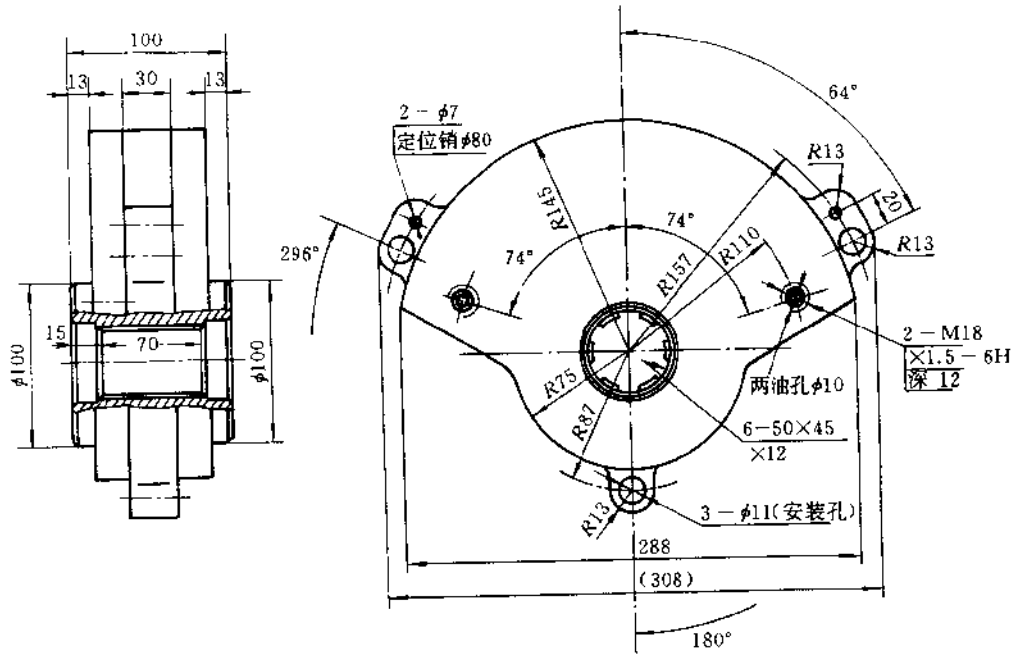


图 25.6-5 YM1.12-125 摆动液压缸外形图

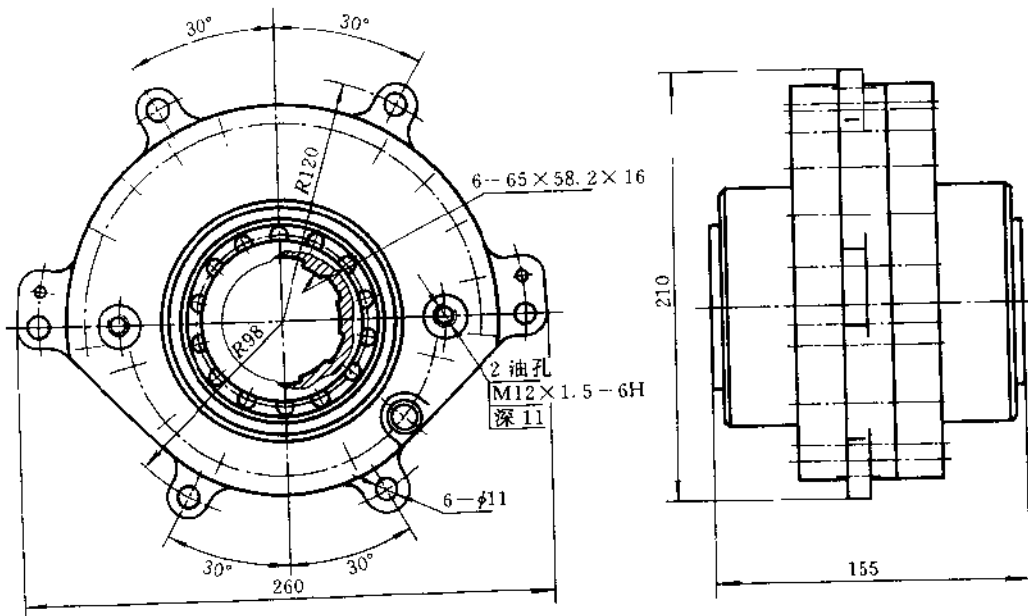


图 25 6-6 YM0.28-157 摆动液压缸外形图

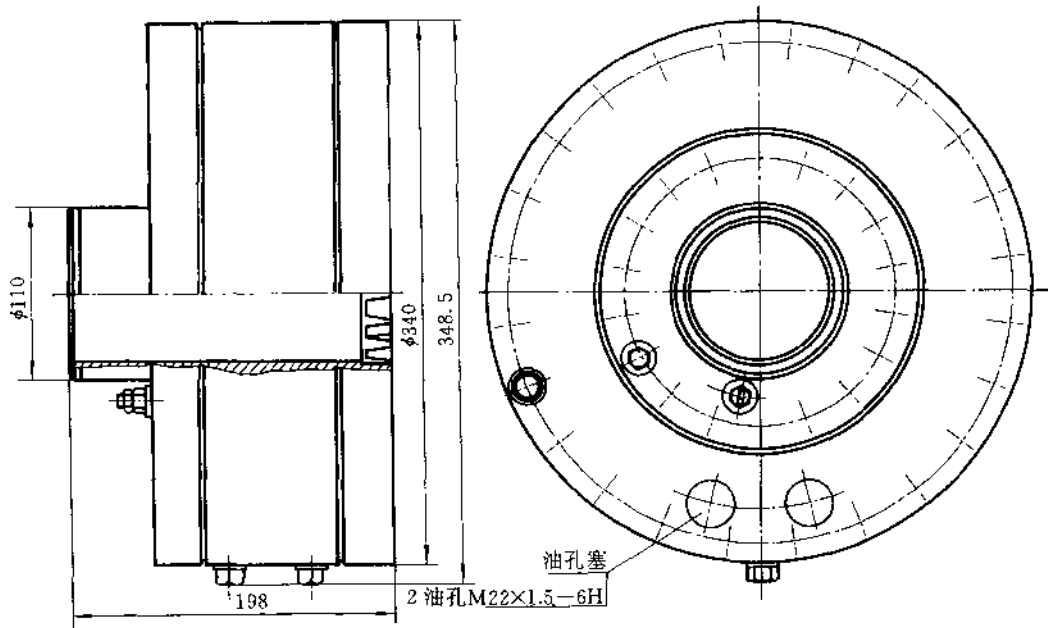


图 25.6-7 YM3.7-180 摆动液压缸外形图

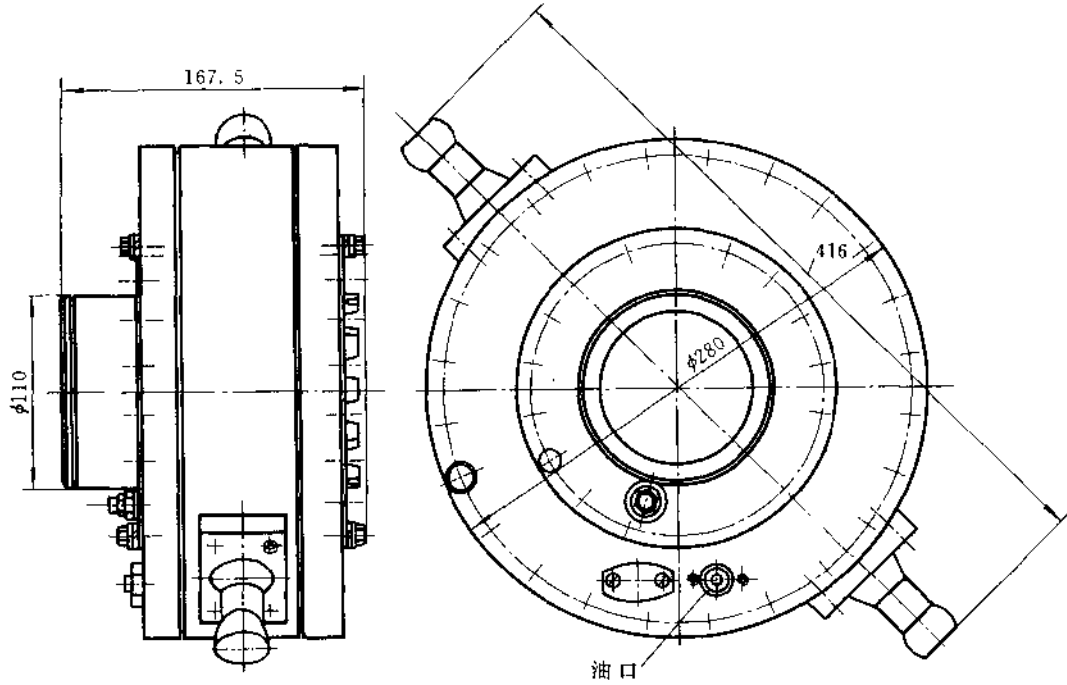


图 25.6-8 YM1.43 304 摆动液压缸外形图

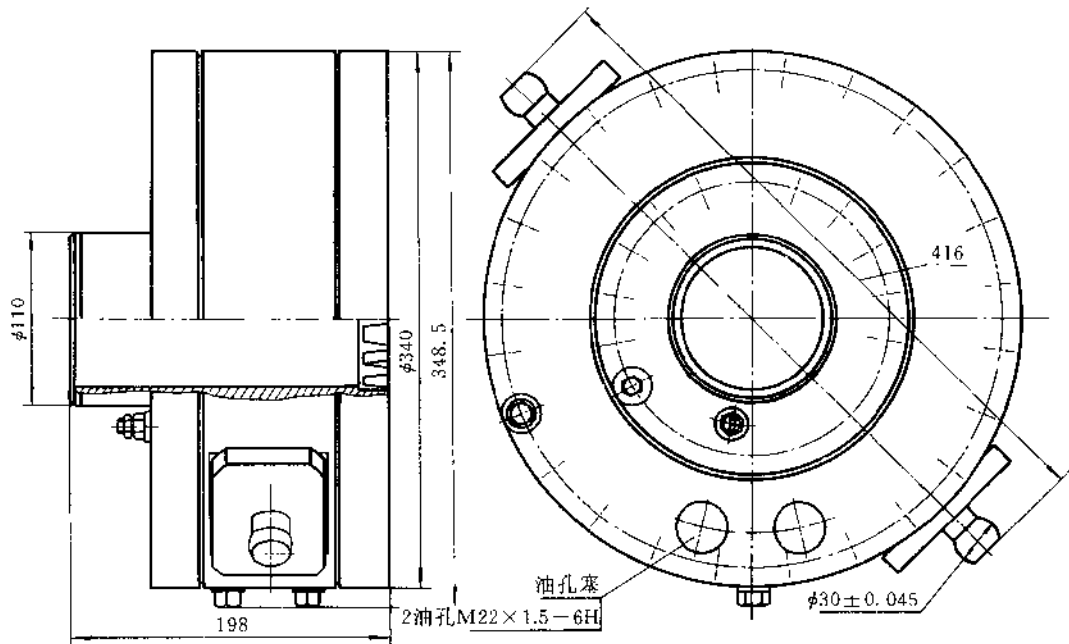


图 25.6-9 YM3.7-304 摆动液压缸外形图

YMD 系列单叶片式摆动液压缸的技术参数见表 25.6-2;外形图见图 25.6-10;外形尺寸见表 25.6-3。

YMS 系列双叶片式摆动液压缸的技术参数见表 25.6-4;外形图见图 25.6-10;外形尺寸见表 25.6-5。

25.6.3 SCB 系列齿条齿轮式摆动液压缸

SCB 系列齿条齿轮式摆动液压缸由天津四方油缸有限公司设计制造。它使用高性能进口密封件,启动压力低,机械效率高,摆角可大于 360° ,最大输出转矩可达十万 $\text{N}\cdot\text{m}$ 以上,适用的介质种类和工作温度范围广。

SCB 系列齿条齿轮式摆动液压缸有单齿条和双齿条两种结构,每种结构都有法兰式和底脚式两种安装方式,与负载的联接方式又分外轴和内孔两种,这样就形成了八个不同的结构形式。每种形式又有 $\phi 40 \sim \phi 200\text{mm}$ 十种不同的缸径,同一种缸径又有 $0^\circ \sim 90^\circ$ 、 $0^\circ \sim 180^\circ$ 、 $0^\circ \sim 270^\circ$ 、 $0^\circ \sim 360^\circ$ 四种标准摆动角度。由此共组成 320 个不同的型号产品。用户如有特殊要求,该公司可提供 $0^\circ \sim 720^\circ$ 范围内任意摆角和两端外轴、两端内孔或一端外轴另一端内孔等特殊联接方式的产

品。

SCB 系列齿条齿轮式摆动液压缸的外形尺寸见表 25.6-6~表 25.6-13。

型号说明:

SCB F Z S 180 × 360 H W R A

① ② ③ ④ ⑤ ⑥ ⑦ ⑧ ⑨ ⑩

①四方齿条齿轮摆动缸

②法兰式——F 脚底式——J

③轴输出——Z 孔输出——K

④单齿条——D 双齿条——S

⑤缸径:40 50 63 80 100

125 140 160 180 200

⑥摆角: $0^\circ \sim 90^\circ$ $0^\circ \sim 180^\circ$

$0^\circ \sim 270^\circ$ $0^\circ \sim 360^\circ$

⑦带缓冲——H

⑧工作介质:无——液压油

W——水-乙二醇,高水基

⑨工作温度:无—— $-30 \sim +100^\circ\text{C}$

R—— $-200 \sim +260^\circ\text{C}$

⑩额定压力:A—— $0 \sim 6.3\text{MPa}$

B—— $6.3 \sim 16\text{MPa}$

表 25.6-2 YMD 系列单叶片式摆动液压缸技术参数

型 号	最大摆角 / (°)	每转排量 / (L/r)	额定压力 / MPa	额定理论转矩 / (N·m)	外形尺寸 / mm	质 量 / kg	生产单位
YMD-30	90、180、270	0.03	14	71	见表 25.6-3	5.3	浙江温州市低噪声液压泵厂
YMD-60		0.06		137		6	
YMD-120		0.12		269		11	
YMD-200		0.20		445		21	
YMD-300		0.30		667		23	
YMD-500		0.50		1116		40	
YMD-700		0.70		1578		44	
YMD-1000		1.00		2247		75	
YMD-1600		1.60		3360		80	
YMD-2000		2.00		4686		85	
YMD-4000		4.00		9100		100	

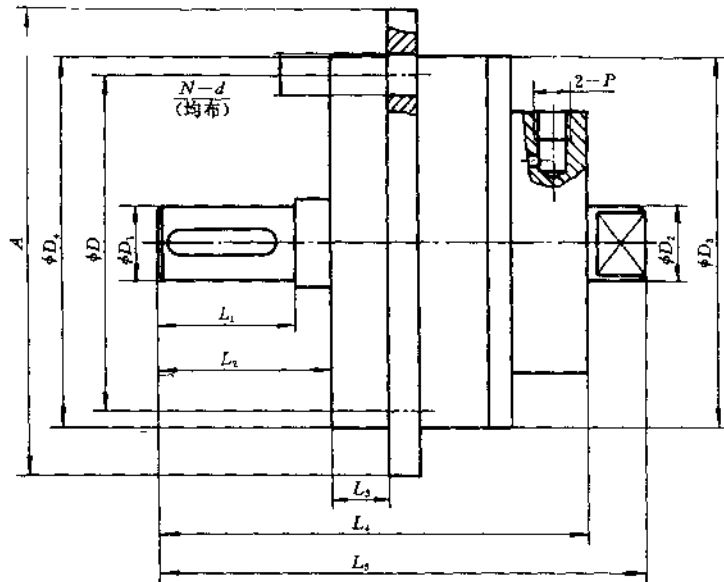


图 25.6-10 YMD 型和 YMS 型摆动液压缸外形图

表 25.6-3 YMD 系列单叶片式摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

型号	A	φD	φD ₁	φD ₂	φD ₃	φD ₄	L ₁	L ₂	L ₃	90°		180°, 270°		N	d	P(出口)	与输出轴的连接方式	
										L ₄	L ₅	L ₄	L ₅				平 键	花 键
YMD-30	125×125	125	20	20	100	100	36	46	15		116	132	4	φ11	M10×1.0-6H	6×6	6×16×20×4	
YMD-60	125×125	125	20	20	100	100	36	46	15	116	132	130	146	4	φ11	M10×1.0-6H	6×6	6×16×20×4
YMD-120	150×150	160	25	25	130	125	42	52	15	137	153	149	165	4	φ14	M10×1.0-6H	8×7	6×21×25×5
YMD-200	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	169	190	177	198	4	φ18	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMD-300	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	179	200	191	212	4	φ18	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMD-500	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	228	254	238	264	4	φ22	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMD-700	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	238	264	255	281	4	φ22	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMD-1000	301×301	315	50	50	260	250	82	92	25	247	278	268	299	4	φ26	M22×1.5-6H	14×9	8×46×50×9
YMD-1600	φ300	260	65	65	232	220	82	102	20			302	332	6	φ18	M18×1.5-6H	18×11	8×56×65×10
YMD-2000	φ320	280	71	71	244	225	105	108	20			302	332	6	φ18	M18×1.5-6H	20×12	8×62×72×12
YMD-4000	φ320	282	90	90	252	225	140	161	21			402	442	12	φ18	M27×2.0-6H	25×14	10×82×92×12

表 25.6-4 YMS 系列双叶片式摆动液压缸技术参数

型号	最大摆角 /(°)	每转排量 /(L/r)	额定压力 /MPa	额定理论转矩 /(N·m)	内泄漏量 /(L/min)	外形尺寸 /mm	质量 /kg	生产单位
YMS-60	90	0.06	14	142	0.48	见表 25.6-5	5.3	浙江温州市 低噪音液压泵厂
YMS-120		0.12		282	0.53		10	
YMS-200		0.20		488	0.57		20	
YMS-300		0.30		732	0.70		22	
YMS-450		0.45		1031	0.70		38	
YMS-600		0.60		1363	0.80		41	
YMS-800		0.80		1814	0.85		68	
YMS-1000		1.00		2268	1.07		71	
YMS 2000		2.00		4686	1.15		85	
YMS-4000		4.00		9096	1.22		101	

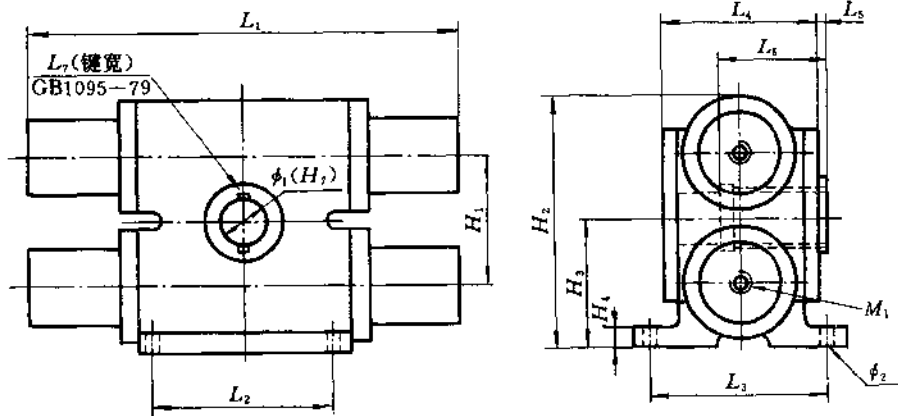
单位: mm

表 2E.6-5 YMS 系列双叶片式摆动液压缸外形尺寸

型号	A	ϕD	ϕD_1	ϕD_2	ϕD_3	ϕD_4	L_1	L_2	L_3	L_4	L_5	N	d	P(油口)	与输出轴的联接方式	
															平 键	花 键
YMS-60	125×125	125	20	20	100	100	36	46	15	116	132	4	$\phi 11$	M10×1.0-6H	6×6	6×16×20×4
YMS-120	150×150	160	25	25	130	125	42	52	15	137	153	4	$\phi 14$	M10×1.0-6H	8×7	6×21×25×5
YMS-200	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	169	190	4	$\phi 18$	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMS-300	190×190	200	32	32	168	160	58	68	18	179	200	4	$\phi 18$	M14×1.5-6H	10×8	6×28×32×7
YMS-450	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	228	254	4	$\phi 22$	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMS-600	236×236	250	40	40	206	200	82	92	20	238	264	4	$\phi 22$	M18×1.5-6H	12×8	8×36×40×7
YMS-800	301×301	315	50	50	260	250	82	92	25	247	278	4	$\phi 26$	M22×1.5-6H	14×9	8×46×50×9
YMS-1000	301×301	315	50	50	260	250	82	92	25	256	287	4	$\phi 26$	M22×1.5-6H	14×9	8×46×50×9
YMS-2000	$\phi 320$	280	71	71	244	225	105	108	20				$\phi 18$	M18×1.5-6H	20×12	8×62×72×12
YMS-4000	$\phi 320$	282	90	90	252	225	140	161	21				$\phi 18$	M27×2.0-6H	25×14	10×82×92×12

表 25.6-6 SCBJZD 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

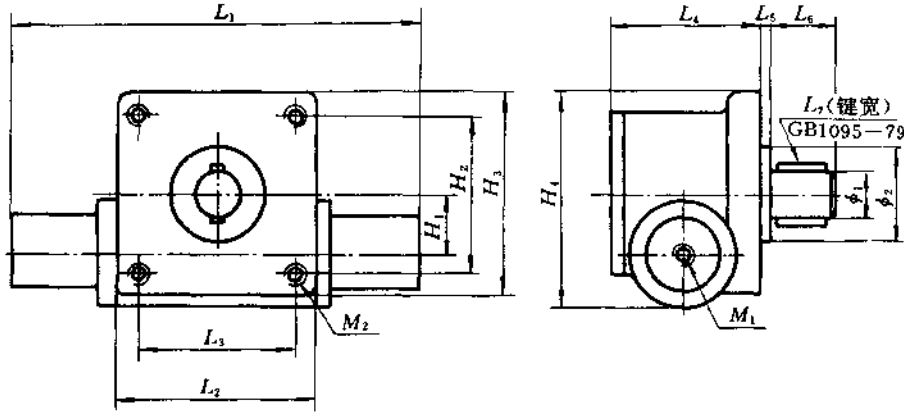


安装联接方式: 底脚式、轴输出

型号	缸径	转矩 (N·m)	ϕ_1	ϕ_2	L_1				L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	H_1	H_2	H_3	H_4	M_1
					90°	180°	270°	360°											
SCBJZD 40	40	745	70	13.5	420	558	696	834	142	162	155	5	105	20	55	188	110	24	M18×1.5
SCBJZD 50	50	1320	80	13.5	450	607	764	921	148	188	165	5	125	22	66	215	131	24	M18×1.5
SCBJZD 63	63	2310	90	17.5	485	658	830	1003	166	202	190	5	140	25	72	236	142	36	M27×2
SCBJZD 80	80	4060	95	17.5	560	749	937	1126	178	228	210	10	150	25	86	267	168	36	M27×2
SCBJZD100	100	7625	115	22	630	856	1083	1309	196	268	245	10	165	32	100	306	195	36	M33×2
SCBJZD125	125	13400	125	26	720	977	1235	1493	232	288	285	10	180	32	116	354	228	40	M33×2
SCBJZD140	140	18620	145	26	770	1052	1335	1618	242	308	290	15	200	36	125	377	246	40	M42×2
SCBJZD160	160	27010	165	33	825	1139	1453	1768	258	332	315	15	220	40	140	415	274	45	M42×2
SCBJZD180	180	37060	175	33	925	1265	1604	1943	332	382	380	15	240	45	152	475	303	45	M48×2
SCBJZD200	200	53310	195	33	1010	1406	1802	2197	368	442	440	15	260	45	170	520	333	45	M48×2

表 25.6-7 SCBJZS 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

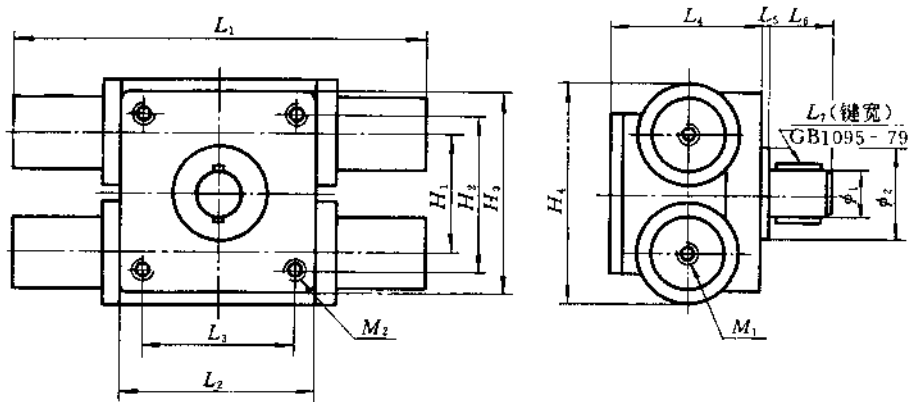


安装联接方式: 底座式、轴输出

型号	缸径	转矩 (N·m)	φ1	φ2	L ₁				L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	M ₁
					90°	180°	270°	360°											
SCBJZS 40	40	1490	70	13.5	420	558	696	834	142	162	155	5	105	20	110	215	110	24	M18×1.5
SCBJZS 50	50	2640	80	13.5	450	607	764	921	148	188	165	5	125	22	132	257	131	24	M18×1.5
SCBJZS 63	63	4620	90	17.5	485	658	830	1003	166	202	190	5	140	25	144	279	142	36	M27×2
SCBJZS 80	80	8120	95	17.5	560	749	937	1126	178	228	210	10	150	25	172	332	168	36	M27×2
SCBJZS100	100	15250	115	22	630	856	1083	1309	196	268	245	10	165	32	200	385	195	36	M33×2
SCBJZS125	125	26800	125	26	720	977	1235	1493	232	288	285	10	180	32	232	451	228	40	M33×2
SCBJZS140	140	37240	145	26	770	1052	1335	1618	242	308	290	15	200	36	250	487	246	40	M42×2
SCBJZS160	160	54020	165	33	825	1139	1453	1768	258	332	315	15	220	40	280	543	274	45	M42×2
SCBJZS180	180	74120	175	33	925	1265	1604	1943	332	382	380	15	240	45	304	601	303	45	M48×2
SCBJZS200	200	106620	195	33	1010	1406	1802	2197	368	442	440	15	260	45	340	661	333	45	M48×2

表 25.6-8 SCBJKD 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

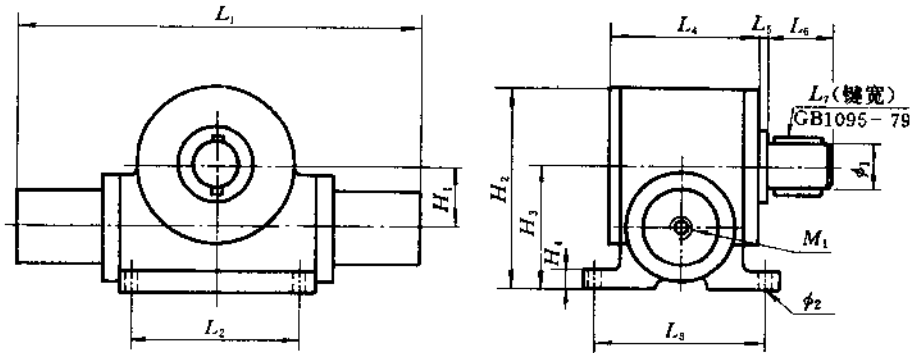


安装联接方式: 底脚式、孔输出

型号	缸径	转矩 (N·m)	ϕ_1	ϕ_2	L_1				L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	H_1	H_2	H_3	H_4	M_1
					90°	180°	270°	360°											
SCBJKD 40	40	745	50	13.5	420	558	696	834	142	162	155	5	105	14	55	188	110	24	M18×1.5
SCBJKD 50	50	1320	60	13.5	450	607	764	921	148	188	165	5	125	18	66	215	131	24	M18×1.5
SCBJKD 63	63	2310	65	17.5	485	658	830	1003	166	202	190	5	140	18	72	236	142	36	M27×2
SCBJKD 80	80	4060	70	17.5	560	749	937	1126	178	228	210	10	150	20	86	267	168	36	M27×2
SCBJKD100	100	7625	85	22	630	856	1083	1309	196	268	245	10	165	22	100	306	195	36	M33×2
SCBJKD125	125	13400	90	26	720	977	1235	1493	232	288	285	10	180	25	116	354	228	40	M33×2
SCBJKD140	140	18620	105	26	770	1052	1335	1618	242	308	290	15	200	28	125	377	246	40	M42×2
SCBJKD160	160	27010	120	33	825	1139	1453	1768	258	332	315	15	220	32	140	415	274	45	M42×2
SCBJKD180	180	37060	125	33	925	1265	1604	1943	332	382	380	15	240	32	152	475	303	45	M48×2
SCBJKD200	200	53310	140	33	1010	1406	1802	2197	368	442	440	15	260	36	170	520	333	45	M48×2

表 25.6-9 SCBJKS 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

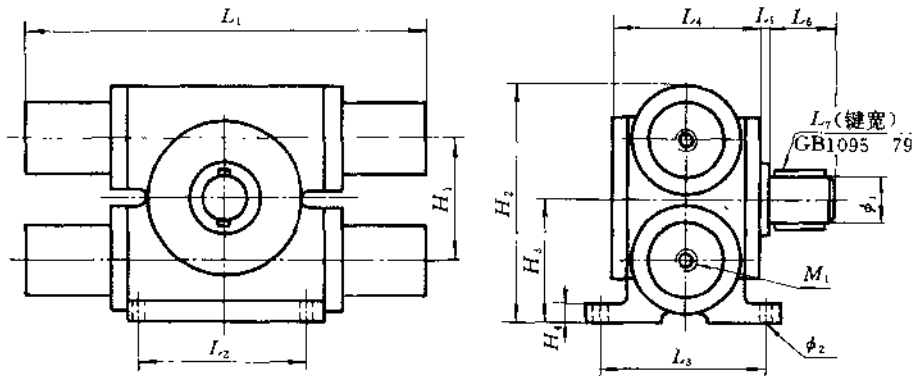


安装联接方式: 底脚式、孔输出

型号	缸径	转矩 (N·m)	ϕ_1	ϕ_2	L_1				L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	H_1	H_2	H_3	H_4	M_1
					90°	180°	270°	360°											
SCBJKS 40	40	1490	50	13.5	420	558	696	834	142	162	155	5	105	14	110	215	188	24	M18×1.5
SCBJKS 50	50	2640	60	13.5	450	607	764	921	148	188	165	5	125	18	132	257	212	24	M18×1.5
SCBJKS 63	63	4620	65	17.5	485	658	830	1003	166	202	190	5	140	18	144	279	234	36	M27×2
SCBJKS 80	80	8120	70	17.5	560	749	937	1126	178	228	210	10	150	20	172	332	260	36	M27×2
SCBJKS100	100	15250	85	22	630	856	1083	1309	196	268	245	10	165	22	200	385	308	36	M33×2
SCBJKS125	125	26800	90	26	720	977	1235	1493	232	288	285	10	180	25	232	451	336	40	M33×2
SCBJKS140	140	37240	105	26	770	1052	1335	1618	242	308	290	15	200	28	250	487	356	40	M42×2
SCBJKS160	160	54020	120	33	825	1139	1453	1768	258	332	315	15	220	32	280	543	392	45	M42×2
SCBJKS180	180	74120	125	33	925	1265	1604	1943	332	382	380	15	240	32	304	601	442	45	M48×2
SCBJKS200	200	106620	140	33	1010	1406	1802	2197	368	442	440	15	260	36	340	661	502	45	M48×2

表 25.6-10 SCBFZD 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

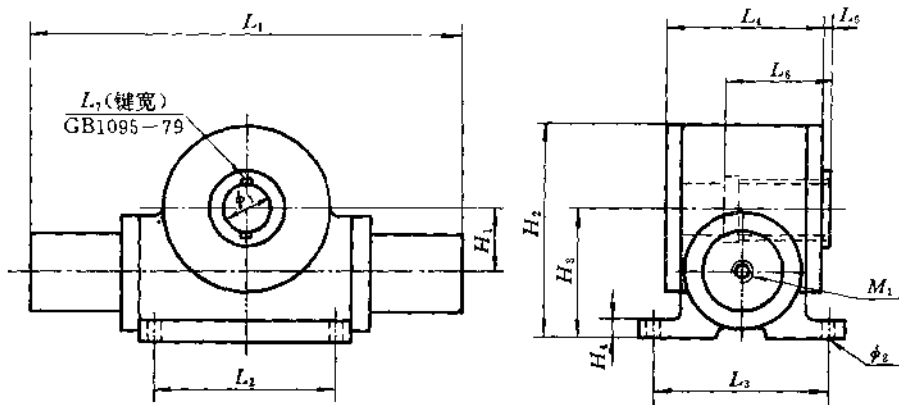


安装联接方式: 法兰式、轴输出

型号	缸径	转矩 (N·m)	φ ₁	φ ₂	L ₁				L ₂	L ₃	L ₄	L ₅	L ₆	L ₇	H ₁	H ₂	H ₃	H ₄	M ₁	M2×孔深
					90°	180°	270°	360°												
SCBFZD 40	40	745	70	95	420	558	696	834	166	142	155	5	105	20	55	162	188	198	M18×1.5	M12×20
SCBFZD 50	50	1320	80	105	450	607	764	921	172	148	165	5	125	22	66	188	212	232	M18×1.5	M12×20
SCBFZD 63	63	2310	90	115	485	658	830	1003	196	166	190	5	140	25	72	202	234	254	M27×2	M16×25
SCBFZD 80	80	4060	95	125	560	749	937	1126	208	178	210	10	150	25	86	228	260	293	M27×2	M16×25
SCBFZD100	100	7625	115	145	630	856	1083	1309	236	196	245	10	165	32	100	268	308	344	M33×2	M20×30
SCBFZD125	125	13400	125	155	720	977	1235	1493	276	232	285	10	180	32	116	288	336	391	M33×2	M24×35
SCBFZD140	140	18620	145	180	770	1052	1335	1618	288	242	290	15	200	36	125	308	356	419	M42×2	M24×35
SCBFZD160	160	27010	165	200	825	1139	1453	1768	318	258	315	15	220	40	140	332	392	465	M42×2	M30×45
SCBFZD180	180	37060	175	220	925	1255	1604	1943	392	332	380	15	240	45	152	382	442	519	M48×2	M30×45
SCBFZD200	200	53310	195	240	1010	1406	1802	2197	428	368	440	15	260	45	170	442	502	579	M48×2	M30×45

表 25.6-11 SCBFZS 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

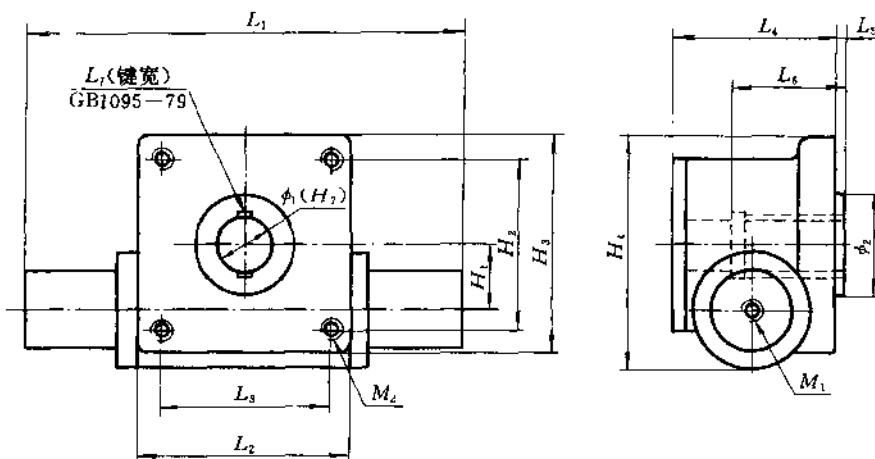


安装联接方式: 法兰式, 轴输出

型号	缸径	转矩 (N·m)	ϕ_1	ϕ_2	L_1				L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	H_1	H_2	H_3	H_4	M_1	$M_2 \times$ 孔深
					90°	180°	270°	360°												
SCBFZS 40	40	1490	70	95	420	558	696	834	166	142	155	5	105	20	110	162	188	210	M18×1.5	M12×20
SCBFZS 50	50	2640	80	105	450	607	764	921	172	148	165	5	125	22	132	188	212	252	M18×1.5	M12×20
SCBFZS 63	63	4620	90	115	485	658	830	1003	196	166	190	5	140	25	144	202	234	274	M27×2	M16×25
SCBFZS 80	80	8120	95	125	560	749	937	1126	208	178	210	10	150	25	172	228	260	327	M27×2	M16×25
SCBFZS100	100	15250	115	145	630	856	1083	1309	236	196	245	10	165	32	200	268	308	380	M33×2	M20×30
SCBFZS125	125	26800	125	155	720	977	1235	1493	276	232	285	10	180	32	232	288	336	446	M33×2	M24×35
SCBFZS140	140	37240	145	180	770	1052	1335	1618	288	242	290	15	200	36	250	308	356	482	M42×2	M24×35
SCBFZS160	160	54020	165	200	825	1139	1453	1768	318	258	315	15	220	40	280	332	392	530	M42×2	M30×45
SCBFZS180	180	74120	175	220	925	1265	1604	1943	392	332	380	15	240	45	304	382	442	596	M48×2	M30×45
SCBFZS200	200	106620	195	240	1010	1406	1802	2197	428	368	440	15	260	45	340	442	502	656	M48×2	M30×45

表 25.6-12 SCBFKD 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm

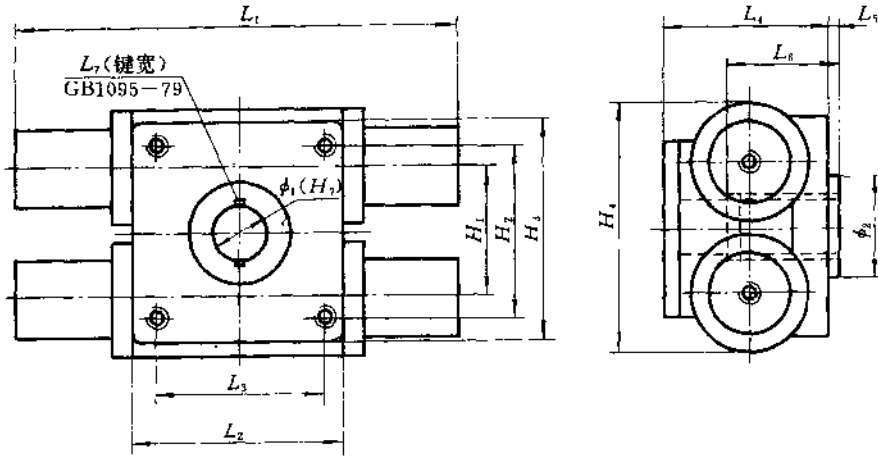


安装联接方式: 法兰式、孔输出

型号	缸径	转矩 (N·m)	ϕ_1	ϕ_2	L_1				L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	H_1	H_2	H_3	H_4	M_1	$M_2 \times$ 孔深
					90°	180°	270°	360°												
SCBFKD 40	40	745	50	95	420	558	696	834	166	142	155	5	105	14	55	162	188	198	M18 × 1.5	M12 × 20
SCBFKD 50	50	1320	60	105	450	607	764	921	172	148	165	5	125	18	66	188	212	232	M18 × 1.5	M12 × 20
SCBFKD 63	63	2310	65	115	485	658	830	1003	196	166	190	5	140	18	72	202	234	254	M27 × 2	M16 × 25
SCBFKD 80	80	4060	70	125	560	749	937	1126	208	178	210	10	150	20	86	228	260	293	M27 × 2	M16 × 25
SCBFKD100	100	7625	85	145	630	856	1083	1309	236	196	245	10	165	22	100	268	308	344	M33 × 2	M20 × 30
SCBFKD125	125	13400	90	155	720	977	1235	1493	276	232	285	10	180	25	116	288	336	391	M33 × 2	M24 × 35
SCBFKD140	140	18620	105	180	770	1052	1335	1618	288	242	290	15	200	28	125	308	356	419	M42 × 2	M24 × 35
SCBFKD160	160	27040	120	200	825	1139	1453	1768	318	258	315	15	220	32	140	332	392	465	M42 × 2	M30 × 45
SCBFKD180	180	37060	125	220	925	1265	1604	1943	392	332	380	15	240	32	152	382	442	519	M48 × 2	M30 × 45
SCBFKD200	200	53310	140	240	1010	1406	1802	2197	428	368	440	15	260	36	170	442	502	579	M48 × 2	M30 × 45

表 25.6-13 SCBFKS 型摆动液压缸外形尺寸

单位: mm



安装联接方式: 法兰式、孔输出

型号	缸径	转矩 /(N·m)	ϕ_1	ϕ_2	L_1				L_2	L_3	L_4	L_5	L_6	L_7	H_1	H_2	H_3	H_4	M_1	$M_2 \times$ 孔深
					90°	180°	270°	360°												
SCBFKS 40	40	1490	50	95	420	558	696	834	166	142	155	5	105	14	110	162	188	198	M18×1.5	M12×20
SCBFKS 50	50	2640	60	105	450	607	764	921	172	148	165	5	125	18	132	188	212	232	M18×1.5	M12×20
SCBFKS 63	63	4620	65	115	485	658	830	1003	196	166	190	5	140	18	144	202	234	254	M27×2	M16×25
SCBFKS 80	80	8120	70	125	560	749	937	1126	208	178	210	10	150	20	172	228	260	293	M27×2	M16×25
SCBFKS100	100	15250	85	145	630	856	1083	1309	236	196	245	10	165	22	200	268	308	344	M33×2	M20×30
SCBFKS125	125	26800	90	155	720	977	1235	1493	276	232	285	10	180	25	232	288	336	391	M33×2	M24×35
SCBFKS140	140	37240	105	180	770	1052	1335	1618	288	242	290	15	200	28	250	308	356	419	M42×2	M24×35
SCBFKS160	160	54020	120	200	825	1139	1453	1768	318	258	315	15	220	32	280	332	392	465	M42×2	M30×45
SCBFKS180	180	74120	125	220	925	1265	1604	1943	392	332	380	15	240	32	304	382	442	519	M48×2	M30×45
SCBFKS200	200	106620	140	240	1010	1406	1802	2197	428	368	440	15	260	36	340	442	502	579	M48×2	M30×45

25.7 选用须知

液压系统中只有当负载作摆动运动时才选用摆动液压缸作为执行元件。从这个意义上讲,摆动液压缸是一种专用液压件。因此,其型号、规格和生产厂家都没有通用液压件那样多。设计师选用时往往会碰到困难。下面介绍选用时应考虑的因素。

(1) 摆角的大小

摆动液压缸的摆角一般是不能调整的。当它的输出轴直接和负载紧固时,最大摆角应与负载所需的最大摆动角度相等。特殊情况下,可选择摆角大的摆动液压缸,在其外部装上行程开关,负载所需的摆角由两只行程开关的位置设定。或者在缸体内部止挡上加装经过周密计算过的限位块,限制摆动液压缸的摆角。但此种不得已的办法最好让生产厂去做,以避免装拆摆动液压缸时引起诸如外泄漏等弊病出现。目前,可供产品的摆动液压缸的最大摆角,叶片式的为 304° ,活塞式的为 720° 。若把叶片式串联使用,也能得到更大的摆角。但那样做轴向尺寸会增加,并且安装复杂,费用也多。

(2) 输出转矩和工作压力大小

当摆动液压缸的结构尺寸决定后,其输出转矩只取决于工作压力和它的机械效率。选择摆动液压缸的输出转矩略大于负载所需转矩这是无疑的。但要注意这里所指的负载所需转矩要包括三部分,即负载摩擦力矩、负载重量引起的转矩和使负载获得必要的角加速度所需的转矩。否则,负载有可能不转或虽转但达不到应有的速度。有些摆动液压缸,由于结构的原因,输出轴上会受到侧向力。此时,应在安装联接方式上采取措施,使输出轴尽可能不承受附加的侧向力。为提高摆动液压缸的使用寿命,实际选用时,摆动液压缸的额定输出转矩可比负载所需转矩大20%左右。

目前,叶片式摆动液压缸最大工作压力可达25MPa,活塞式则可达32MPa。选用时,系统工作压力若小于摆动液压缸的工作压力,则除了减少摆动液压缸的部分输出转矩外,对摆动液压缸的使用只会产生有利的影响。反之,当系统工作压力大于摆动液压缸的工作压力时,可在摆动液压缸前面加装一个减压阀,把系统工作压力降到摆动液压缸的工作压力。这样,只要输出转矩能满足负载要求,工作压力较低的摆动液压缸照样能在中高压系统中应用,实践也证明它是

可行的。

(3) 启动压力和内泄漏大小

摆动液压缸的启动压力和内泄漏大小主要是与其运动部位的密封质量紧密相关。运动部位密封得紧一些,可减少内泄漏。但启动压力也往往增加了。这是一个在实践中不易解决的矛盾。所以,对于一个高质量的摆动液压缸,应当做到启动压力低而内泄漏也尽可能的小。这除了要求工作腔具有严格的几何尺寸和形位公差外,工作腔的表面粗糙度和密封形式、密封材质及密封件的压缩量等也应有相当高的要求。摆动液压缸应用在一般液压系统中时,因为启动压力和工作压力相比往往很小,不会对输出转矩产生很大影响。内泄漏造成的系统流量损失与摆动液压缸的排量相比通常也很小。因此,它们不必成为选择摆动液压缸的主要考虑因素。但当摆动液压缸应用在动态品质要求高的电液伺服系统或负载有较高的低速平稳性要求的系统中时,就必须对其启动压力和内泄漏指标加以重视。因为它们会对伺服系统的动态品质造成不良影响。尤其是内泄漏的增加会造成流量从排油腔逸走,使负载的速度减小。内泄漏也常会瞬时改变而引起压力的变化,造成不希望的转矩变化产生不需要的负载加速度。研究表明,内泄漏的变化是影响负载低速稳定性的决定性因素。尤其在负载大时,甚至会使摆动液压缸产生爬行。图25.4-6的结构形式具有较好的低速平稳性,用于电液伺服系统中性能良好。无锡第721厂水声中心生产的YM1.43-304和YM3.7-304型单叶片摆动液压缸就是按图25.4-6的结构形式设计的产品。

(4) 缓冲与止动

摆动液压缸的摆动速度通常较低。当负载不大时,叶片转动到极限位置碰到止挡产生的冲击力缸体自身能够承受,无需另设缓冲或止动装置。但当负载大、转速高时,惯性力会使止挡损坏。此时,就必须考虑采取缓冲和止动措施。缓冲机构可设计在缸体内部,如YMD型和YMS型叶片式摆动液压缸。当高压、高速造成的冲击力很大的时候,可在摆动液压缸的外部采用减速回路,装流量阀或在进油口处设置小型溢流阀或顺序阀,管路中装蓄能器等等办法来消除惯性和液压力的冲击。必要时,才另装机械止动装置迫使负载止动。

