

第三章 液压缸

4.1 重点、难点分析

在液压系统中，液压缸属于执行装置，用以将液压能转变成往复运动的机械能。由于工作机的运动速度、运动行程与负载大小、负载变化的种类繁多，液压缸的规格和种类也呈现出多样性。因此，液压缸的设计以及与设计相关的：缸的类型、缸的组成、缸的计算、缸的结构以及与结构相关联有关问题为本章的重点。对于液压缸的种类，由于液压缸种类繁多，而活塞式液压缸应用广泛，因而活塞式液压缸是诸类缸中的重点；就缸的计算而言，对三种不同联接形式的单杆液压缸的压力（ p_1 、 p_2 ）、推力 F 、速度 v 、流量 q 及负载 F 等量的关系中，这些量之间的计算关系为重点；对与缸结构相关的问题，液压缸的排气、缓冲为重点。

液压缸的结构比较简单，便于理解和学习，但是对于直观性不强的差动液压缸、缸的背压、缸的缓冲的概念的理解

可视为本章的难点。

1. 液压缸的种类

液压缸的类型很多，按照不同的机构特征，液压缸可以分成不同的类型。按液压缸的结构形式可分为活塞缸和柱塞缸；按照液压油的作用方式可分为双作用缸和单作用缸；按照缸的固定方式可分为缸固定和杆固定；对于活塞式缸按照活塞杆在端盖伸出情况可分为双出杆缸和单出杆缸；按照缸的用途又可分为普通缸和特殊缸。普通液压缸通常指活塞缸、柱塞缸、摆动缸等，特殊液压缸主要指伸缩缸、增压缸、数字缸、步进缸等；按照工作压力和用途可分为中低压缸、中高压缸、高压缸三类。

单出杆活塞缸一般用于单向负载较大的工进、另一方向负载较小的快速退回场合；双出杆活塞缸用于双向运动可以得到相同的速度和承受同样的负载的场合。对于单出杆缸无论是缸固定还是杆固定，其运动范围相同；但是对于双

出杆液压缸，缸固定时的运动范围大于杆固定时的情况。单作用液压缸适应于单向需要液压动力且返向有外力推回的场合；双作用缸适合于双向均需要液压动力要求场合。柱塞缸一般用作长行程的单作用缸，所有直线运动的液压缸都适合于负载力与活塞轴线重合且不承受径向力的场合。

2. 液压缸的结构

一个典型结构的活塞式液压缸由活塞、活塞杆、缸体、端盖（导向）组成。不同用途的液压缸这四个组成部分的结构形式、材质种类、尺寸大小、连接方式各不相同。液压缸的缸体有铸造成型与型材加工成型两种，前者可以用铸铁、铸铝铸钢经过铸造加工成型，后者可选择钢管（有缝钢管、无缝钢管）、铝管加工成型；活塞杆可以分为是实心杆与空心杆两种，材质一般为结构钢；活塞可以用铸铁、铸铝等材料制造；端盖材料受缸的连接方式影响，一般用铸铁与钢材两种材料。缸与端盖的连接形式参看表 4—1，活塞与活塞杆的

连接形式参看表 4-2，缸的安装固定方式参看图 4-3。

表 4-1 缸的端盖与缸体的连接

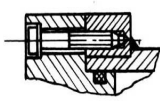
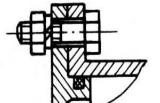
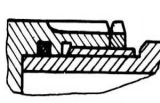
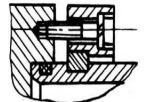
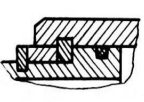
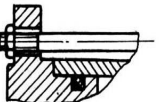
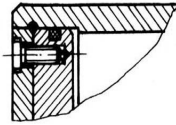
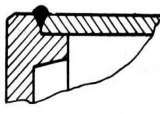
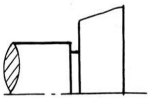
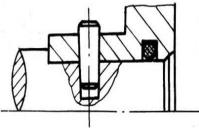
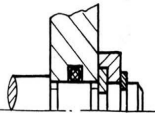
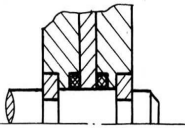
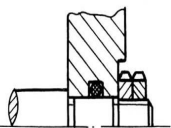
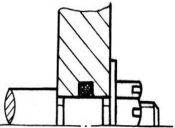
法 兰 连 接		螺 纹 连 接	
			
优点 1. 结构简单 2. 加工方便 3. 易于拆装	缺点 1. 连接端部较大 2. 外形尺寸大	优点 1. 重量较轻 2. 外形尺寸小 3. 结构紧凑	缺点 1. 端部结构复杂 2. 削弱了缸体强度
半 环 连 接		拉 杆 连 接	
			
优点 1. 结构简单 2. 工艺性好 3. 易于拆装	缺点 键槽削弱了缸体强度	优点 1. 结构简单 2. 工艺性好 3. 通用性大	缺点 1. 重量大,体积大 2. 拉杆受力,影响密封
钢 丝 连 接		焊 接	
			
优点 1. 结构简单 2. 尺寸小,重量轻	缺点 1. 拆装不方便 2. 承载能力小	优点 1. 结构简单 2. 尺寸小	缺点 1. 焊后有变形 2. 局部有硬化 3. 内径不易加工

表 4-2 缸的活塞杆与活塞的连接

整 体 式		销 连 接	
			
优点	缺点	优点	缺点
1. 结构简单 2. 轴向尺寸小	磨损后需整体更换,因而成本高	1. 工艺简单 2. 装配方便	1. 承载能力小 2. 需有防脱落的措施
半 环 连 接		螺 纹 连 接	
			
优点	缺点	优点	缺点
1. 拆卸方便 2. 连接可靠 3. 承载能力大,耐冲击	结构复杂	1. 结构简单 2. 连接稳固	需有防松措施

3.液压缸背压的概念

背压就是指缸回油腔的压力。对于双作用式液压缸，无论是单出杆缸还是双出杆缸，油液从缸中出流的腔称之为

回油腔，也称背压腔。该腔的压力称为回油压力或背压。在理论计算时，当不涉及实际管路时，若无负载的（与工作负载方向相反）作用，则将该缸的回油压力视为零。在实际情况下，由于管路长度与弯头的存在，造成压力损失较大。此时回油压力不但不能为零，有时会高达几个兆帕。在进行液压计算时，要正确理解理论计算与实际计算的差别，注意背压的处理与判别。

4. 差动缸的概念

差动缸是指将单活塞杆液压缸的无杆腔与有杆腔连通并同时通压力油连接使用的液压缸。这种连接方式称缸的差动连接。缸差动连接时若不考虑管道压力损失，则缸两腔的压力相等；缸两腔的面积差就产生了差动力；在差动力作用下液压油推动活塞向有杆腔方向运动。缸在差动时，其有杆腔的排油与泵的供油汇合进入无杆腔，因此进入无杆腔的流量增大（为两者之和），活塞前进速度为 v_3 ，较非差动

连接时活塞前进速度 v_1 增大。活塞后退速度为 v_2 ，若要使 $v_3=v_2$ ，只需使缸的结构参数 $D=\sqrt{2}d$ 。可见液压缸的差动连接可以在泵供油量一定的情况下使缸活塞的运动速度增加。因此，缸的差动连接可以提高系统的效率，降低制造成本，广泛应用于单向运动时快速小负载、慢速大负载的场合，特别适合于机床的液压系统。

5. 液压缸的计算

缸计算主要涉及以下参数：缸的结构参数—缸内径（ D ）、活塞杆外径（ d ）、摆动缸定子半径（ R_1 ）、摆动缸转子半径（ R_2 ）；液压油的动力参数—进油压力（ p_1 ）、回油压力（ p_2 ）、供油流量（ q ）；外载荷的动力参数—往复缸的推力（ F ）、速度（ v ），摆动缸的扭矩（ T ）、角速度（ ω ）等量值间的逻辑运算关系。

（1）对于各类往复运动的液压缸有效计算面积：

$$\text{无杆腔面积 } A_1 = \frac{\pi}{4} D^2 \quad \text{有杆腔面积 } A_2 = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

$$\text{差动面积 } A_3 = \frac{\pi}{4} d^2$$

(2) 对于双出杆液压缸:

$$\text{双向分别供油 } v = \frac{q}{A_2} = \frac{4q}{\pi(D^2 - d^2)}$$

$$F = A_2(p_1 - p_2) = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)(p_1 - p_2)$$

(3) 对于单出杆液压缸:

$$\text{无杆腔供油时} \quad v_1 = \frac{q}{A_1} = \frac{4q}{\pi D^2}$$

$$F_1 = A_1(p_1 - p_2) = \frac{\pi}{4} D^2 (p_1 - p_2)$$

$$\text{有杆腔供油时 } v = \frac{q}{A_2} = \frac{4q}{\pi(D^2 - d^2)}$$

$$F_2 = A_2(p_1 - p_2) = \frac{\pi}{4}(D^2 - d^2)(p_1 - p_2)$$

$$\text{差动连接供油时 } v_3 = \frac{q}{A_{31}} = \frac{4q}{\pi d^2}$$

$$F_3 = A_3(p_1 - p_2) = \frac{\pi}{4} d^2 (p_1 - p_2)$$

(4) 对于柱塞缸:

$$v = \frac{q}{A_3} = \frac{4q}{\pi d^2} \quad F = A_3(p_1 - p_2) = \frac{\pi}{4} d^2 (p_1 - p_2)$$

(5) 对于摆动缸:

$$\omega = 2\pi n = \frac{2q\eta_v}{b(R_2^2 - R_1^2)}$$

$$T = b \int_{R_1}^{R_2} (p_1 - p_2) r dr \eta_m = \frac{b}{2} (R_2^2 - R_1^2) (p_1 - p_2) \eta_m$$

5. 液压缸的缓冲

缸的缓冲装置是在运动速度快、惯性大的液压缸上所设置的一种减缓冲击的装置。缓冲装置常用间隙缓冲与可调缓冲两类，前者用于运动速度与质量比较固定的液压缸，后者主要用于速度与质量变化的缸。

液压缸在缓冲时通过回油腔节流口的作用，将进油腔液压油的压能、运动部件的动能转化成缓冲腔液压油的压力能。这种压能可以用节流口流量通用公式分析，当采用节流口可调式缓冲装置时，缓冲过程中的缓冲阻尼是固定不变的，而在缓冲开始时运动部件的速度是最高的，所以在缓冲开始时产生的缓冲压力也最高，随着运动部件的速度降低，缓冲压力逐渐降低；当采用节流口可变式的缓冲装置时，缓冲过程中的缓冲阻尼是随着节流孔面积的减小而逐渐提高的，虽然

而在缓冲开始时运动部件的速度最高，但节流阻尼最小，缓冲压力高，随着运动部件的速度降低，节流口通流面积减小，阻尼作用增强，缓冲压力也逐渐降低。所以节流口可变式较节流口可调式节流缓冲装置的缓冲效果好并且位置精度高。

7. 液压缸的排气

排气装置是用于液压缸排出气体的装置。对于长期不使用的缸或者新投入使用的缸，其内部总会存有气体，这样会引起缸的振动和爬行，有时影响缸运动平稳性。缸排气的方法主要有：排气阀排气、排气塞排气、进出油口排气几种形式。无论采用那种排气方式，一定要记住气体比油轻这个道理，应当将排气装置安装于缸工作腔的最高位置，否则排气无效。

8. 液压缸设计时要注意的几个问题

液压缸属于非标准件，在工程实际中往往要进行缸的设计。在设计缸时要注意以下几个问题：在确定了负载大小

选定了压力与种类后，根据缸的类型计算活塞杆的直径、计算得到缸的直径，首先要圆整成密封圈的标准直径，并选择好相应的密封方式和密封圈。根据缸受力情况，验算缸的壁厚与活塞杆的稳定性。一般中低压系统无需进行强度验算，但是对于以传递运动为主的液压缸，要进行速度验算；对于惯性力较大的缸要进行缓冲部分的设计；对于停顿时间较长的缸要进行排气部分设计；对于法兰式液压缸的端盖螺栓要进行强度计算。