

27. 滤油器及滤油装置

27.1 滤油器的类型

27.1.1 过滤原理与过滤介质

滤油器是液压系统中对油液进行过滤净化的重要元件。

过滤是目前应用最广泛的油液净化方法。过滤是利用多孔隙可透性介质滤除悬浮在油液中的固体颗粒污染物,其主要机制可归纳为直接阻截和吸附作用。直接阻截的特点是液流中的颗粒不偏离流束,直至被过滤介质表面或内部小于颗粒的孔口阻截。吸附作用的特点是液流中的颗粒在流经过滤介质内部孔隙时由于受各种力的作用偏离流束,直到与孔隙周围的介质接触并被吸附在通道内壁,对于纤维过滤介质即吸附在纤维表面。

按照结构和过滤原理,过滤介质可分为表面型和深度型两大类。表面型过滤介质是靠介质表面的孔口阻截液流中的颗粒,凡尺寸大于介质孔口的颗粒被截留在上游一侧的表面,而小于介质孔口的颗粒则随液流通过介质,如图 27.1-1 所示。金属网是最常用的表面型过滤介质。这类过滤介质滤除的颗粒全部截留在过滤介质靠上游一侧的表面。表面型过滤介质具有规则和均匀的孔口,当孔口被大颗粒部分堵塞后,形成的较小孔口也可以阻截一部分较小的颗粒。由于受介质表面孔口数量的限制,表面型过滤介质的纳污容量较小,但经过清洗后仍可重复使用。

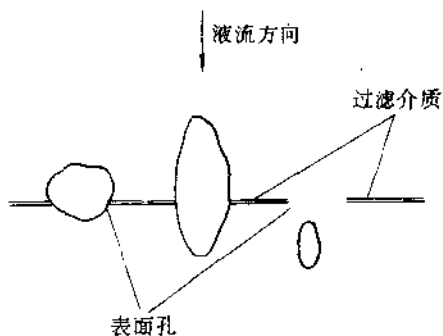


图 27.1-1 表面型过滤介质过滤原理

深度型过滤介质一般为多孔隙材料,具有无数贯穿介质两面的迂回通道,如图 27.1-2 所示,当液流通过介质时,大颗粒被阻截在介质表面孔口或介质内部通道缩口处,小颗粒一部分被介质材料吸附或沉积在通道内空穴的液流静止区,一部分则穿过介质到达下游。因而深度型过滤介质的过滤机制既有直接阻截,又有吸附作用。深度型过滤介质的过滤作用不仅局限于介质表面,而且发生在介质整个深度范围内,因而比表面型过滤介质具有更大的纳污容量。但深度型过滤介质内部截留的颗粒不容易清洗干净,因而一般的纤维过滤介质均匀一次性使用。对于不锈钢纤维粘和金属粉末烧结过滤介质,用一定的方法清洗可重复使用。目前应用最广泛的深度型过滤介质有各种类型的非编织纤维滤材。

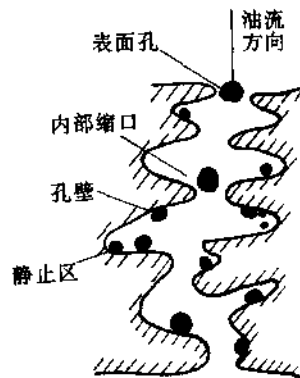


图 27.1-2 深度型过滤介质过滤原理

表面型过滤介质的孔径分布范围比较窄,而深度型过滤介质的孔径分布比较宽。图 27.1-3 为某一种表面型和深度型过滤介质的孔径分布曲线实例。两种过滤介质的最大孔径均为 $30\mu\text{m}$,即对于 $30\mu\text{m}$ 以上的颗粒都能有效地滤除。但表面型过滤介质的平均孔径为 $25\mu\text{m}$,最小孔径为 $20\mu\text{m}$,对小于 $20\mu\text{m}$ 的颗粒几乎无滤除能力。而该深度型过滤介质的平均孔径为 $15\mu\text{m}$,对小于 $15\mu\text{m}$ 的颗粒仍有一定的过滤能力。

表 27.1-1 列举了用于油液过滤的各种类型的过滤介质。

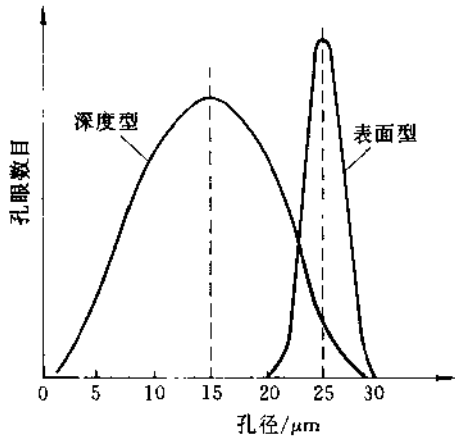


图 27.1-3 表面型和深度型过滤介质的孔径分布

表 27.1-1 过滤介质的类型

类型		实例	可有效滤除的最小颗粒 / μm
表面型	金属元件	片式	5
		线隙式	5
	金属编织网	金属网式	5
	纤维织品	天然或合成纤维织品	10
深度型	刚体多孔介质	陶瓷	1
		金属粉末烧结式	3
	微孔材料	泡沫塑料	3
		微孔滤膜	3
	非织品纤维	毛毡、棉丝	10
		滤纸	5
		合成纤维滤材	5
		无机纤维滤材(玻璃、陶瓷纤维)	1
	松散固体颗粒	不锈钢纤维毡	3
		硅藻土、膨胀珍珠岩、非活性炭	亚微米

27.1.2 滤油器的类型

液压滤油器可根据过滤精度, 结构特点和使用条件等方面来分类, 见表 27.1-2。

表 27.1-2 滤油器的类型

分类方法	类 型	
按过滤精度	高 精 中 等 粗	1-5 μm 10-20 μm 30-40 μm >50 μm
按过滤元件结构及过滤介质	折叠圆筒式	纸纤维 合成纤维 无机纤维 金属纤维 金属网
	圆柱筒式	金属粉末烧结 微孔塑料 合成纤维毡
	片式	金属网片
	线隙式	金属丝缠绕
单体滤油器 双体滤油器	并联使用 可切换交替使用	
按有无保护和指示装置	带旁通阀 带堵塞指示器 不带旁通阀和堵塞指示器	
按安装位置	吸油路	油箱内 油箱顶置 油箱侧置(自封型) 吸油管路
	压力油路	高、中、低压管路
	回油路	回油管路 油箱顶置
按滤油器的数目	单体滤油器 双体滤油器	并联使用 可切换交替使用

27.2 滤油器的结构

27.2.1 主要组成部分

滤油器的主要组成部分有壳体和过滤元件(一般称滤芯), 有的滤油器带旁通阀和堵塞指示或发讯装置。图 27.2-1 所示为一管式连接压力油路滤油器的结构。滤芯为纤维滤材折叠式, 油液从外向内流经滤芯。当滤芯堵塞, 压差达到预先设定值时堵塞指示器发出信号。若未即时采取维护措施, 压差继续增大, 则旁通阀开启, 油液以旁路绕过滤芯, 以防止滤芯破裂

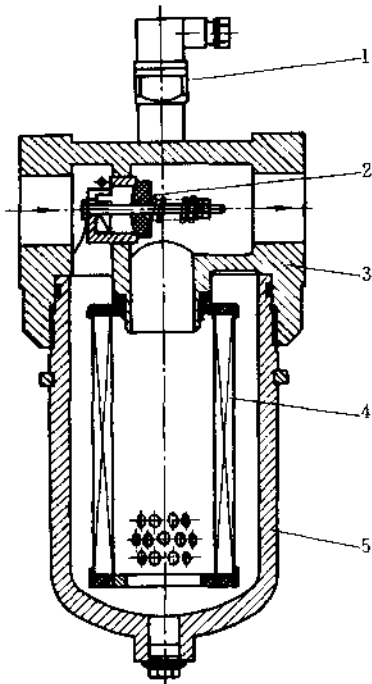


图 27.2-1 滤油器结构

1—堵塞指示器;2—旁通阀;3—滤头;4—滤芯;5—滤芯

图 27.2-2 为滤油器的液压图形符号。

堵塞指示器报警压差和旁通阀设定压差的推荐值见表 27.2-1。

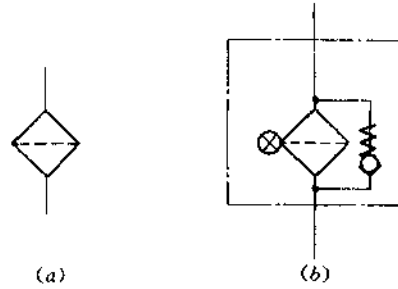


图 27.2-2 滤油器液压图形符号

(a) 一般符号和堵塞指示器;(b)带旁通阀和堵塞指示器

表 27.2-1 堵塞指示器和旁通阀设定压差推荐值
单位:MPa

	带旁通阀			不带旁通阀
	压力油路	回油路	吸油路	压力油路
堵塞指示器	0.5	0.25	0.02	0.5
旁通阀	0.7	0.35	0.025	

27.2.2 滤芯

滤芯是滤油器的关键元件,滤油器的性能主要取决于滤芯的结构参数和过滤材料的特性。液压系统用的滤油器滤芯有线隙式、片式、烧结式和折叠圆筒式等结构形式,其中应用最广泛的是折叠圆筒式滤芯。

折叠式滤芯的结构如图 27.2-3 所示,将过滤材料按一定折距折叠做成圆筒状,这样在有限的外形尺

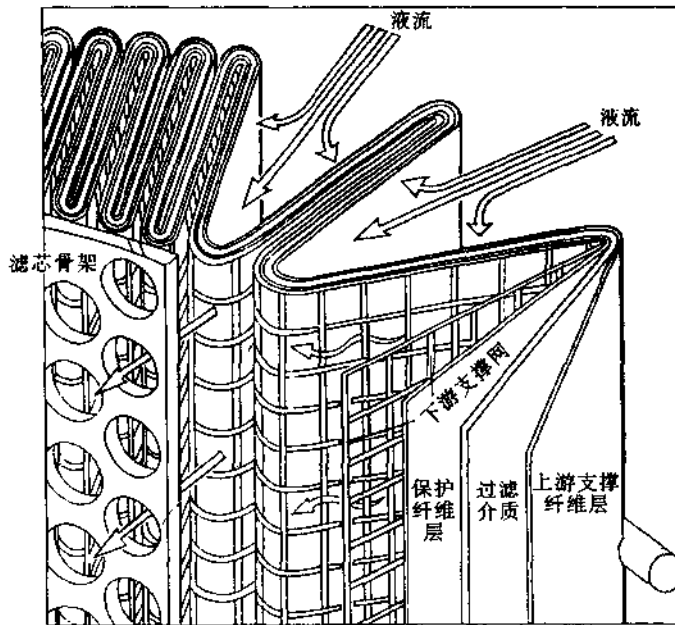


图 27.2-3 折叠式滤芯结构

寸内可以获得尽可能大的有效过滤面积。滤芯内有金属骨架,以承受压差形成的液压力。

折叠筒形滤芯采用的过滤材料主要有金属丝编织网、滤纸、合成纤维滤材、无机纤维滤材,以及不锈钢纤维烧结毡等。

金属丝编织网的材料可用黄铜、磷青铜、镍、低碳钢,或不锈钢等。根据不同的编织方法,金属丝滤网有方孔网和密纹网两种类型,密纹网又有平纹和斜纹之分。

表 27.2-2 和表 27.2-3 分别为几种常用方孔网和密纹网的规格和参数。

表 27.2-2 金属丝编织方孔网

金属丝直径 /mm	基本孔径 /μm	相当英制目数 /(目/英寸) ^①
0.071	180	100
0.063	150	120
0.050	125	145
0.050	100	170
0.040	80	210
0.030	50	318
0.025	40	391
0.018	28	552

注:①1英寸(in)=0.0254米(m)

表 27.2-3 金属丝编织密纹网

代号	金属丝直径 (经×纬) /mm	基本孔径 /μm	相当英制目数 (经×纬) /(目/英寸)
MPW55	0.40×0.28	180	14×100
MPW100	0.28×0.20	100	25×140
MPW120	0.25×0.18	80	30×155
MPW200	0.14×0.10	50	50×280
MPW240	0.14×0.10	40	60×280
MPW280	0.112×0.08	32	70×350
MXW300	0.112×0.08	30	80×680
MXW400	0.100×0.071	20	100×770
MXW850	0.045×0.030	10	212×1800
MXW1250	0.036×0.025	5	325×2200

注:MPW 表示平纹密网
MXW 表示斜纹密网

过去普遍采用树脂浸渍的滤纸作滤材,由于其纤维粗,透气性差,过滤精度一般不超过 20μm,而且纳垢

容量也小。

合成纤维滤材(涤纶,尼龙和聚丙烯等)纤维丝径细而且均匀,因而过滤精度高,可达 5~10μm,而且纳垢容量也大。

近年来无机纤维(玻璃纤维)滤材已广泛用来制造滤芯。这种纤维丝径极细,透气性好,因而过滤精度高,纳垢容量大。玻璃纤维滤芯过滤精度可达 1~3μm。但这种纤维强度低,质地脆,折叠时易破损,一般与滤纸或合成纤维组成复合滤材,如在玻璃纤维滤材两侧加化纤保护层,如图 27.2-3 所示。

不锈钢纤维毡滤材目前在世界各国已普遍使用。这种滤材是由长 15~20mm,丝径 4~20μm 的不锈钢纤维烧结而成的三维纤维粘结构,厚度一般为 0.12~0.7mm。它具有机械强度高,耐冲击性能好,耐热和抗腐蚀性能强等优点。过滤精度为 3~20mm,采用一定的方法清洗后可重复使用。

27.2.3 滤芯污染堵塞发讯器

污染堵塞发讯器有目视式和电信号式两种类型。

目视式发讯器一般采用一红色指示元件作为警告信号。图 27.2-4 为某种形式的目视发讯器的原理图。在正常情况下,磁铁 4 和活塞 5 在弹簧 6 作用下处于上部位置,指示帽 1 和磁铁 2 在两磁铁吸力下处于下部位置。当滤芯完全堵塞时,其两端压差增大,作用在活塞 5 上的液压力推动活塞 5 连同磁铁 4 向下移

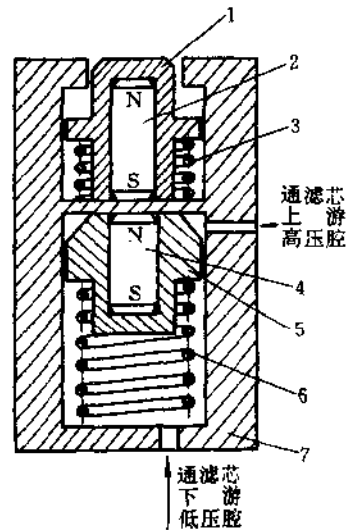


图 27.2-4 目视式堵塞发讯器原理图

- 1—红色指示帽;2—磁铁;3—弹簧;
- 4—磁铁;5—活塞;6—弹簧;7—壳体

动。此时指示帽在弹簧3作用下向上弹出,显示出红色指示信号。

电信号式堵塞发讯器通过电气开关接通灯光或声响装置报警,或切断液压系统的电气控制回路使系统停止工作。

图 27.2-5 为一种电信号发讯装置的原理图。在正常情况下,磁铁1和活塞2在弹簧3作用下处于右

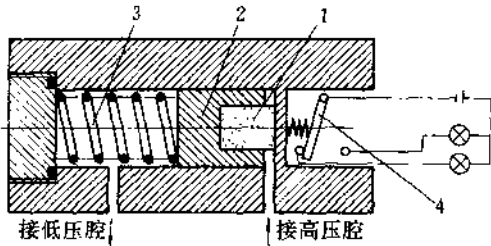


图 27.2-5 电信号堵塞发讯器原理图
1—磁铁;2—活塞;3—弹簧;4—开关

边位置。当滤芯压差增大到规定值时,将活塞和磁铁推向左端,开关4在弹簧作用下动作并发出信号。

此外,目前有的污染堵塞指示器还兼有目视和电信号发讯功能,通过一机械式目视指示器的动作驱动一微型开关,以发出电信号。

压力油路滤油器采用压差式污染堵塞发讯器,通过滤芯两端的压差来驱动发讯器。对于回油路滤油器可采用压力式发讯器,利用滤油器进油腔的压力来控制发讯器的动作。吸油滤油器一般采用真空压力或发讯器,当滤芯堵塞,液压泵吸油口真空度达到一定值时,发讯器动作。

几种国产滤芯堵塞发讯器的型号与主要技术参数见表 27.2-4。

27.3 滤油器过滤性能及评定方法

有关滤油器过滤性能方面的参数主要有:过滤精度、压差特性和纳垢容量。

表 27.2-4 发讯器型号与技术参数

型号	工作压力 /MPa	发讯值/MPa	工作温度 /℃	发讯器功率
CM-J	32	0.1+0.05	-20~+80	DC:48W
CS-III		0.2+0.05		24V
CS-IV		0.35+0.05		2A
CS-V		0.45+0.05		AC:55W
CY-I	16	0.6+0.05		220V
CY-II		0.8+0.05		0.25A
YM-I		1.0+0.05		
ZS-I	-0.9	0.01~-0.018	-20~+140	DC:24V 2A
ZS-II		-0.0045±0.0005		AC:220V 0.25A

注:CM-目视压阀发讯器;CS-电信号压差发讯器;CY-电信号压力发讯器
YM-目视压力发讯器;ZS-电信号真空发讯器

27.3.1 过滤精度

过滤精度是表征滤油器精密程度的一项性能参数,是指滤油器(或过滤材料)能够有效滤除的最小颗粒的尺寸,包含有过滤效率和颗粒尺寸的概念。过滤精度是选择滤油器时首先要考虑的一个重要性能指标,它直接关系到系统油液所能达到的清洁度水平。

自滤油器使用以来,曾采用过各种评定过滤精度的方法,过滤精度的标称也不一致,其中采用较普遍的有名义过滤精度和绝对过滤精度。目前世界各国已普

遍采用国际标准推荐的过滤比表示方法,并逐渐趋于统一。

(1) 名义过滤精度

名义过滤精度最早是在第二次世界大战期间美国军工部门提出的,用微米表示,其评定方法(MIL-F5504A)为,在滤油器上游加入空气滤清器细试验粉尘(ACFTD),对名义精度为 $10\mu\text{m}$ 的滤油器要求能够滤除98%(按重量计) $10\mu\text{m}$ 以上的颗粒。此后,一些滤油器制造厂仍沿用名义过滤精度,但评定方法和试

验条件不尽相同,甚至没有确切的含意,以致给用户选用滤油器带来困难。为此,美国流体动力学会在技术术语中对名义过滤精度的定义为:一个由滤油器制造厂给定的微米值。可见名义精度并不反映滤油器的实际过滤性能。

(2) 绝对过滤精度

绝对过滤精度指能够通过滤油器的最大球形颗粒的直径,以微米表示。例如,绝对精度为5 μ m的滤油器,能够通过的最大球形颗粒的尺寸为5 μ m。绝对过滤精度基本上反映过滤介质的最大孔口尺寸,或能够滤除的最小颗粒的尺寸。实际上油液中的颗粒污染物不都是球形,其形状一般是不规则的,对于扁长形颗粒,第二最大尺寸大于绝对精度值的颗粒仍有可能通过滤油器而到达下游。

(3) 过滤比

过滤比评定法是美国俄克拉荷马州立大学流体动力研究中心提出的,1981年被国际标准ISO4572“评定液压过滤器过滤性能的多次通过法”采纳,作为标称过滤精度的参数。

过滤比的定义如下:滤油器上游油液中大于某一给定尺寸的颗粒污染物浓度与下游油液中大于同一尺

寸的颗粒污染物浓度之比,用 β 表示,即

$$\beta_r = \frac{N_u}{N_d}$$

式中 β_r ——对某一颗粒尺寸 $x(\mu\text{m})$ 的过滤比;

N_u ——单位体积上游油液中大于尺寸 x 的颗粒数;

N_d ——单位体积下游油液中大于尺寸 x 的颗粒数。

例如,滤油器上游和下游1mL油液中大于10 μ m的颗粒分别为10000和5000,则过滤比 $\beta_{10} = 2$ 。

滤油器对不同尺寸颗粒的滤除能力是不同的,因对不同尺寸颗粒的过滤比也不相同。图27.3-5为某滤油器过滤比与颗粒尺寸关系,由图可以看出,过滤比 β 值随着颗粒尺寸的增大而增高。因此,当用过滤比表示过滤精度时必须注明其对应的颗粒尺寸,如 β_5 ,或 β_{10} 等。

过滤比可以很方便地变换为过滤效率,以颗粒数表示的过滤效率 E (对于某一尺寸的颗粒)可用下式表达

$$E = \frac{N_u - N_d}{N_u} = 1 - \frac{1}{\beta}$$

过滤比与过滤效率的对应值如下:

过滤比 β	1	2	10	20	75	100	200	1000
过滤效率 E	0	0.5	0.9	0.95	0.987	0.990	0.995	0.999

从上表可看出,过滤比与过滤效率有确定的对应关系,但它比过滤效率具有更高的分辨力。与过滤效率0.990和0.995对应的过滤比为100和200,过滤效率相差甚微,而过滤比则相差1倍。

27.3.2 压差特性

油液流经滤油器时由于油液运动和粘性阻力的作用,在滤油器的入口和出口之间产生一定的压差。影响清洁的滤油器压差的因素有:油液的粘度和比重、通过流量,以及滤芯的结构参数等。

滤油器的压差为壳体和滤芯两部分压力损失之和。图27.3-1所示为装有清洁滤芯的滤油器,以及壳体和滤芯的压差流量特性曲线。由于油液流经壳体某些部位局部呈紊流状态,因而压差和流量的关系呈现一定的非线性。而油液流经过滤介质时一般为层流状态,因而清洁滤芯的压差流量特性为线性关系。

滤油器的压差流量特性是选择滤油器公称流量或尺寸的依据,其测定方法可参考国际标准ISO3968“液压过滤器压差流量特性的评定”

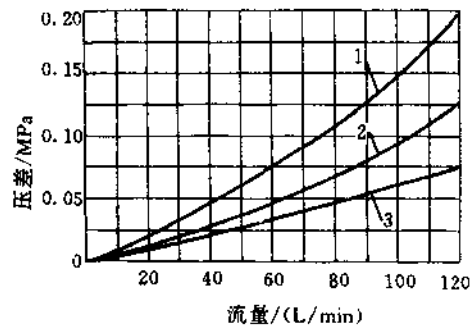


图 27.3-1 滤油器压差流量特性曲线
1—滤油器;2—壳体;3—清洁滤芯

滤油器(或滤芯)的压差流量特性与过滤面积,过滤精度和油液粘度等因素有关。

在压差一定的情况下,增大过滤面积可提高通过流量。目前广泛采用的折叠圆筒型滤芯在一定的外形尺寸下能容纳较大面积的滤材,其通过流量比同样尺寸的其它类型滤芯可增大5-10倍。

过滤材料相同而过滤精度不同的滤芯具有不同的压差流量特性。在相同的流量下,过滤精度愈高,其压差愈大。图 27.5-3 为某一滤芯的压差流量特性曲线,由图可以看出,当压差一定时,过滤精度愈高,滤芯允许通过的流量愈小。

在相同流量下,滤芯的压差与油液粘度一般为线性关系。滤芯的压差流量特性是在给定的油液粘度(一般为 $32\text{mm}^2/\text{s}$)条件下作出的,因而在选用滤油器时需要考虑系统油液的实际工作粘度。

27.3.3 纳垢容量

滤油器在使用过程中不断滤除油液中的颗粒污染物,滤芯逐渐被污染物堵塞,其压降逐渐增大。当压差达到规定极限值(产品技术规格给定)时,则需更换滤芯。滤芯在使用寿命期间容纳的颗粒污染物总量即纳垢容量,以重量(g)表示。滤芯的纳垢容量愈大,其使用寿命愈长。

滤芯的纳垢容量与滤芯的尺寸或过滤面积,以及过滤介质的孔隙度有关,有效过滤面积愈大,孔隙度愈高,则纳垢容量愈大。纳垢容量与过滤面积之间的关系一般可用下式表示:

$$\frac{C_1}{C_2} = \left(\frac{A_1}{A_2}\right)^n$$

式中 A_1, A_2 ——过滤面积;

C_1, C_2 ——与 A_1, A_2 对应的纳垢容量;

n ——纳垢容量增加的因素。

纳垢容量增大的因素 n 取决于滤芯的结构和过滤介质特性,其值一般为 $1.3 \sim 1.5$ 。图 27.3-2 所示为纳垢容量增大倍数与过滤面积增大倍数的关系。例如,若过滤面增大 4 倍,则纳垢容量增大 6~8 倍。

27.3.4 过滤性能的评定

目前国际标准 ISO4572“评定液压滤油器滤芯过滤性能的多次通过试验法”,已普遍为各国采用,作为滤油器过滤性能评定的标准方法^①。

多次通过试验的内容包括:评定滤油器对不同尺寸颗粒的过滤比(β 值),压差特性和纳垢容量。这一试验方法模拟滤油器在液压系统中的工作条件,污染物连续不断地侵入系统油液,并不断被滤油器滤除,而未能被滤除的部分又回到油箱,在系统的内多次循环。图 27.3-3 为多次通过试验的系统简图。试验时系统的流量保持恒定,连续向油箱注入试验粘尘,通过压差

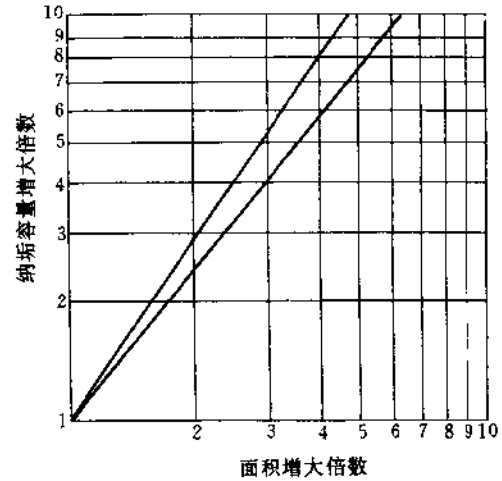


图 27.3-2 纳垢容量与过滤面积的关系

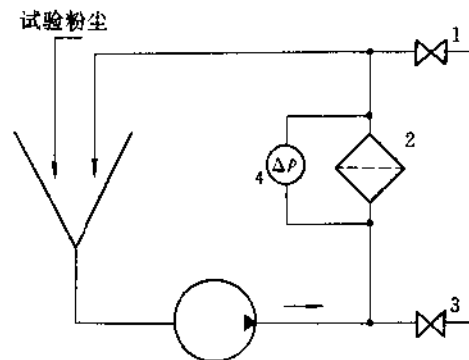


图 27.3-3 多次通过试验系统简图

1—下游取样阀;2—被试滤油器;3—上游取样阀;4—压差表

表监测滤油器两端的压差,按一定的时间间隔同时从滤油器上游和下游取油样,进行颗粒污染度分析,直到滤芯压差达到规定极限值为止。

滤油器多次通试验装置和工作系统如图 27.3-4 所示,由被试滤油器试验系统和污染物注入系统两部分组成。

修订后的 ISO4572 规定采用国际标准中等试验粉

① 修改后的 ISO4572 标准号改为 ISO16889

尘(ISOMTD)代替原来采用的空气滤清器细试验粉尘(ACFTD)。对油液污染度测定要求采用在线颗粒计数,每隔相等的时间间隔同时从上、下游取样进行在线颗粒分析,直到滤芯压差达到规定极限值为止,并记录试验的总时间。

由于在试验过程中滤芯的过滤性能随着压差的增大而变化,因而采用平均过滤比表示滤芯在整个过滤

过程中对各种尺寸颗粒的滤除能力,在对试验结果进行分析时,将总试验时间分为10等分,计算每个等分时间内各个颗粒尺寸范围的上游和下游油液颗粒浓度的平均值,并计算相应的过滤比。然后计算10个等分时间的颗粒浓度平均值和总的平均过滤比。

为了便于了解,表27.3-1列出了某一具体滤芯多次通过试验的颗粒分析与 β 值计算结果。

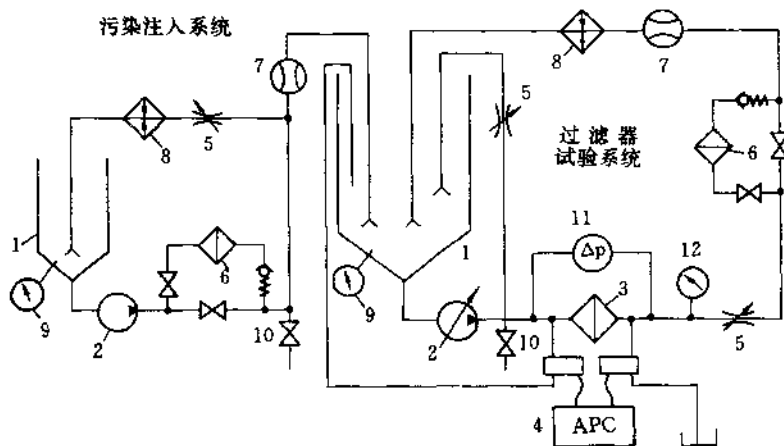


图 27.3-4 滤油器多次通过试验装置工作系统

1—油箱;2—泵;3—被试滤油器;4—颗粒计数系统;5—调节阀;6—清洗滤油器;7—流量计;
8—热交换器;9—湿度传感器;10—取样阀;11—压差表;12—压力表

表 27.3-1 滤芯多次通过试验颗粒分析报告
颗粒计数(每毫升颗粒数)

时间间隔		$>5\mu\text{m}$	β_5	$>10\mu\text{m}$	β_{10}	$>15\mu\text{m}$	β_{15}	$>20\mu\text{m}$	β_{20}	$>30\mu\text{m}$	β_{30}
0~10%	上游	8333	6.2	2053	51.8	728	433	280	5490	68.8	∞
	下游	1343		39.6		1.68		0.051		0.0	
10%~20%	上游	8521	5.71	2063	45.0	729	285	287	4710	74.0	∞
	下游	1492		45.9		2.56		0.61		0.0	
20%~30%	上游	8658	5.17	2075	38.9	731	289	283	5780	72.1	7210
	下游	1676		53.3		2.53		0.49		0.10	
30%~40%	上游	9330	5.02	2222	35.3	789	253	309	5330	80.3	∞
	下游	1857		62.9		3.12		0.508		0	
40%~50%	上游	9289	4.81	2198	33.2	764	225	295	5000	74.2	
	下游	1933		66.2		3.40		0.059		0.0	

续表

时间间隔		>5 μm	β_5	>10 μm	β_{10}	>15 μm	β_{15}	>20 μm	β_{20}	>30 μm	β_{30}
50%~60%	上游	9337	4.65	2188	30.6	765	177	299	2690	78.7	∞
	下游	2006		71.5		4.32		0.111		0.0	
60%~70%	上游	9602	4.27	2226	25.4	785	158	305	2590	77.8	∞
	下游	2250		87.8		4.96		0.118		0.0	
70%~80%	上游	10070	3.33	2264	16.4	771	81.0	300	1250	76.8	7680
	下游	3028		137		9.52		0.240		0.010	
80%~90%	上游	11600	2.57	2381	10.9	799	52.9	306	1280	77.5	∞
	下游	4508		219		15.1		0.240		0.0	
90%~100%	上游	12720	2.42	2450	9.32	807	43.2	309	754	78.5	∞
	下游	5251		263		18.7		0.410		0.0	
平均值	上游	9746	3.85	2210	21.1	767	116	297	2130	75.9	37900
	下游	2534		105		6.59		0.140		0.002	

图 27.3-5 为根据上表中数据绘制出的平均过滤比与颗粒尺寸的关系曲线。可以看出,该滤芯对于不同尺寸的颗粒具有不同的过滤比。根据表 27.3-1 中不同颗粒尺寸的平均过滤比,用内插法可以求出与平

均过滤比为 2、10、75、100、200,以及 1000 相对应的颗粒尺寸微米值,见表 27.3-2。

表 27.3-2 平均过滤比与颗粒尺寸

平均过滤比	2	10	75	100	200	1000
颗粒尺寸/ μm	-	7.80	13.7	14.6	15.9	18.7

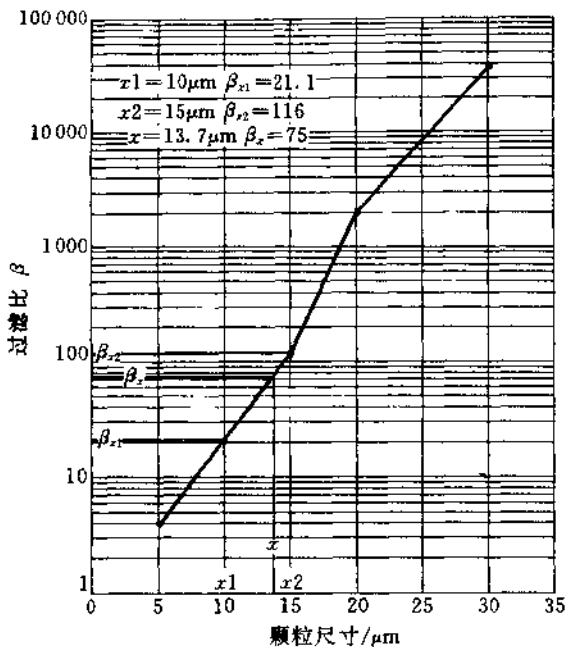


图 27.3-6 过滤比与颗粒尺寸的关系

为了便于用户选用滤油器,需要确定一个明确的单一的参数指标来表征过滤精度。这个参数可采用一个与给定过滤比相对应的颗粒尺寸(微米)表示。目前各国滤油器制造厂一般采用 β 值等于 75 时对应的颗粒尺寸(微米值)作为过滤精度(或绝对过滤精度)。例如,若 $\beta_5 = 75$,则过滤精度为 5 μm 。但有的厂家采用 $\beta_5 = 100$ 或 $\beta = 200$ 对应的颗粒尺寸作为其过滤精度。从表 27.3-2 可以看出,采用不同的 β 值定义的过滤精度是有一定差别的。

目前用过滤比标称过滤精度已普遍为世界各国采用。名义精度已基本摒弃。绝对过滤精度虽为一些制造厂沿用,但其含义和评定方法已和原来不同,而以 ISO4572 为基础。至于目前还存在的一些不致之处,有待在今后的标准化工作中进一步统一。

滤芯的纳垢容量是通过多次通过试验,从试验开始到滤芯压差达到允许极限值的整个试验时间内向试验系统内注入试验粉尘 (ISOMTD) 的总量 (g) 来确定的,如图 27.3-6 所示。

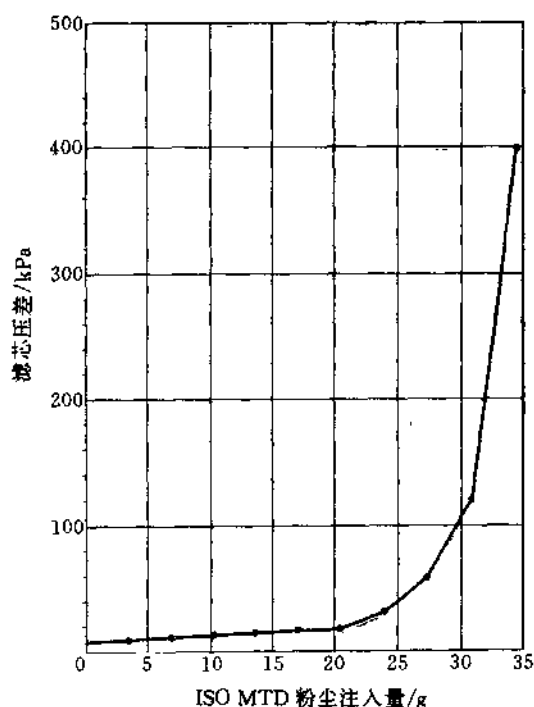


图 27.3-8 压差与试验粉尘注入量

滤芯的实际纳垢容量应是试验总时间内注入的试验粉尘总量减去未被滤除而残留在系统油液内的和随取样油液排出的部分。具体计算见 ISO4572。

表 27.3-3 所示为某一滤芯多次通过试验 (ISO4572) 得出的实际纳垢容量 (g)。滤芯采用无机纤维滤材, 试验压差为 0.5MPa, 试验粉尘为 ACFTD。表中尺寸用名义流量 (L/min) 表示。可以看出, 实际纳垢容量主要与滤芯的尺寸 (过滤面积) 和过滤精度有关。

27.4 滤芯结构性能的检验

为了对滤芯的结构性能和质量进行检验, 目前已制订了有关的标准, 包括滤芯的结构完整性、材料与工作液体的相容性、抗破裂性、额定轴向载荷, 以及疲劳特性等方面的检验方法。

27.4.1 滤芯结构完整性检验

(GB/T14041.1, ISO2942)

这个方法主要检验滤芯在加工中的缺陷和储运中可能造成的损坏, 如滤芯介质破裂、端盖粘结缺陷和破裂等。

检验时将清洁滤芯装在试验装置上, 滤芯浸在盛有异丙醇或工业酒精的槽内, 平放在液面以下 12.5cm

处, 向滤芯内部通入压缩空气, 压力达到规定的值, 将滤芯绕其轴线缓慢转动 360°。在规定压力下滤芯表面若无明显的连续气泡出现, 则认为结构完整性合格。

表 27.3-3 滤芯的实际纳垢容量

单位: g

尺寸	过滤精度			
	3 μ m	5 μ m	10 μ m	20 μ m
30	2.5	3.0	3.8	5.0
60	3.5	4.3	5.3	7.1
110	7.7	9.2	11.5	15.4
140	10.2	12.2	15.3	20.0
160	11.6	13.9	17.4	23.0
240	19.1	23.0	29.0	38.0
280	42.0	51.0	64.0	85.0
330	29.0	35.0	43.0	56.0
500	48.0	57.0	72.0	95.0
660	64.0	76.0	95.0	127.0

27.4.2 滤芯材料与液体相容性检验

(GB/T14041.2, ISO2943)

此项检验的目的是检验滤芯材料是否与使用的工作液体相容。将滤芯浸在使用的工作液体中, 液体加热到比规定的最高工作温度高 15°C, 72h 后取出。检验滤芯, 不得有结构损坏的明显迹象, 并且要求通过 GB/T14041.3 所规定的抗破裂性检验。

27.4.3 滤芯抗破裂性检验

(GB/T14041.3, ISO2941)

当液压系统在低温启动, 或滤芯被污染物完全堵塞, 以及发生压力冲击时, 在滤芯两端将产生很大的压差, 这个试验主要是检验滤芯结构耐压差的能力。

试验时系统流量保持滤油器的额定值, 在滤油器上游连续或间断地加入试验粉尘。随着污染物的注入, 滤芯两端的压差逐渐增大, 直至达到规定的耐破裂压差值为止, 对滤芯进一步作结构完整性检验, 滤芯结构应无损坏迹象。

滤芯耐破裂压差取以下值: 带旁通阀的回油路和压力油路滤油器分别为 1MPa 和 2MPa 不带旁通阀的滤油器为 16MPa。

27.4.4 滤芯额定轴向载荷的检验

(GB/T14041.4, ISO3723)

滤芯在使用中其端部受液压力和安装施加力的作用, 因而需要检验在额定轴向载荷下滤芯是否发生永

久变形或损坏。

检验程序如下:按 GB14041.1 对滤芯进行结构完整性检验,再按 GB14041.2 规定的要求将滤芯热浸 72h 后取出。待冷却到室温后对滤芯施加额定轴向载荷(按制造厂规定),持续 5min。滤芯的结构和材料不得有明显的损坏迹象,并且要求通过 GB/T14041.3 所规定的抗破裂性检验。

27.4.5 滤芯液流疲劳特性的检验(ISO3724)

滤油器在液压系统中经常处于压力和流量波动的作用下,因而滤芯材料容易产生疲劳而导致损坏和破裂。这种疲劳损坏通常发生在折叠式筒形滤芯的折叠根部,在流量波动影响下滤材反复弯曲而引起疲劳损坏。

滤芯疲劳特性试验程序如下:向试验系统注入污染物,在额定流量下滤芯的压差达到规定的极限值后,使流量在零与最大值之间循环变化,在完成规定的流量波动循环次数后,对滤芯进行检验,各部位应无损坏迹象,并要求通过 GB/T14041.3 规定的抗破裂性试验。

27.5 滤油器的选用

27.5.1 滤油器类型的选择

在选用液压滤油器时,一般需要参考滤油器制造厂提供的产品样本。然而产品样本一般只是给出基本的参数,而对具体使用条件不可能一一说明。因此,还必须根据具体的系统及其工作条件,考虑元件对污染的敏感性、工作压力及负载特性、流量波动、环境条件和对污染侵入的控制程度等因素。

当设计过滤系统和选用滤油器时,用户可向生产厂家提出工作系统对滤油器的技术要求,以便厂家能

够提供尽可能符合用户使用要求的产品。表 27.5-1 列出了订货时需要提出的滤油器主要技术要求(根据 ISO7744)。

表 27.5-1 滤油器主要技术要求

参 数	单 位	备 注
额定压力	MPa	连接方式 旁通阀 堵塞指示器
初始压差	MPa	
最大压差	MPa	
最大流量	L/min	
油液类型		
油液运动粘度	mm ² /s	
温度	℃	
最高	℃	
最低	℃	
正常	℃	
过滤精度	过滤比 β _r 或 绝对精度 μm	
系统油液容积	L	
其它要求		

关于液压滤油器的尺寸与性能参数,目前尚没有统一的标准,在选用滤油器时需要依照产品样本和有关行业标准。

目前国产液压滤油器的通用系列型号如图 27.5-1 所示。其中 ZUQ 可分为以下三种类型:纸质滤芯,化纤滤芯无机纤维滤芯。

例如, ZU-H160×10S 表示纤维滤材滤油器,额定压力 31.5MPa,公称流量 160L/min,过滤精度 10μm,管式连接,带污染堵塞发讯器。

国产滤油器的流量和过滤精度系列见表 27.5-2 和 27.5-3。

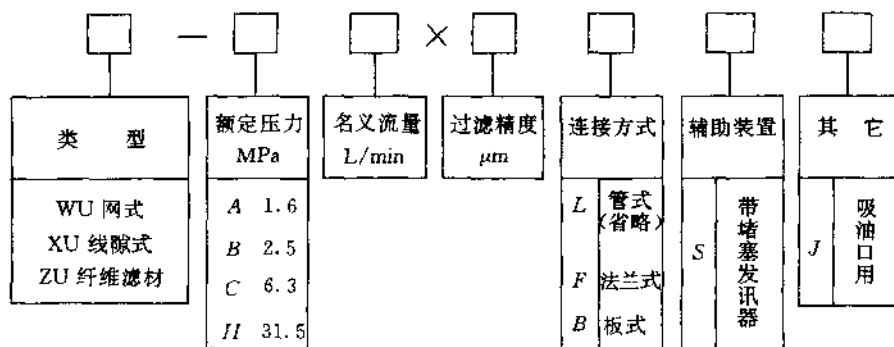


图 27.5-1 国产滤油器通用系列型号

表 27.5-2 流量系列

公称流量/(L/min)									
10	25	40	63	100	160	250	400	630	1000

表 27.5-3 过滤精度系列

过滤精度/ μm								
1	3	5	10	20	30	50	80	180

滤油器的类型和结构与它在液压回路中的位置有关。在液压系统中,滤油器根据需要可安装在吸油路、压力油路和回油路中,也可以安装在主系统之外,组成单独的外过滤系统。图 27.5-2 所示为安装在液压系统不同油路中的滤油器。

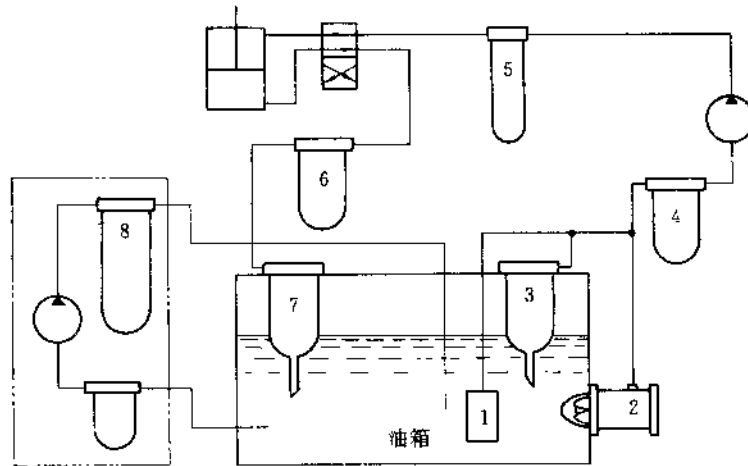


图 27.5-2 滤油器类型及安装位置

1—油箱内吸油滤油器;2—油箱侧部密封式吸油滤油器;3—油箱顶部吸油滤油器;4—吸油管路滤油器;5—压力管路滤油器;6—回油管路滤油器;7—油箱顶部回油滤油器;8—外过滤系统滤油器

(1) 吸油滤油器

吸油路滤油器的作用主要是保护液压泵,防止吸油时将较大颗粒污染物吸入泵内。吸油口滤油器结构简单(无壳体),但由于浸没在油箱底部,容易被污染物堵塞,并且维护困难。安装在油箱顶部和侧部的吸油滤油器,具有结构紧凑,管路简单和更换滤芯方便等优点。

吸油滤油器的压差受液压泵吸油特性的限制,使用中最大压差一般不大于 0.02MPa。压差过大,容易造成液压泵吸空而导致气蚀损坏。因而吸油滤油器一般采用 100—180 μm 低精度滤芯(网式或线隙式),最高过滤精度不超过 30—50 μm 。

(2) 压力油路滤油器

压力油路滤油器装设在液压泵的下游压力管路,向系统输送清洁的压力油液。根据压力等级可分为高压、中压和低压几种类型。压力油路滤油器在压差方面的限制不是很严格,因而可选用高精度滤油器,过滤

精度一般为 3—20 μm 。工作中滤芯最大压差一般为 0.35—0.5MPa。高压滤油器要求能够承受系统最大工作压力(可高达 42MPa),因而其结构尺寸设计得比较紧凑,纳垢容量从而受到一定的限制。

(3) 回油路滤油器

从安装位置来说,在系统回油路中安装滤油器是比较理想的。在系统油液流回油箱之前,滤油器将外界侵入系统的和系统内产生的污染物滤净,为液压泵提供清洁的油液。然而,回油滤油器受其上游执行元件(液压马达或缸)流量波动的影响,使过滤性能降低。回油路滤油器承受的压力为回油路的背压,一般不超过 1MPa,因而结构尺寸可适当加大,以提高纳垢容量。回油路滤油器可采用高精度滤芯,最大允许压差一般为 0.35MPa。

(4) 外过滤系统滤油器

对于变量泵系统,当在低流量下工作时,主油路中的滤油器对污染物的过滤能力将大大降低,在这种情

况下可采用外过滤系统。外过滤系统不受主液压回路中流量波动的影响,其过滤性能比较稳定。此外,采用外过滤系统可以在主系统工作前,对油箱内的油液进行预先过滤,为液压泵提供清洁的油液。外过滤系统可采用高精度和较大尺寸的低压滤油器,流量可根据污染侵入率和工作油液体积来确定,每分钟流量(L/min)一般为油液体积(L)的10%—20%。经验表明,外过滤与主回路过滤相结合,可以获得很好的过滤效果。

27.5.2 滤油器过滤精度的选择

合理选择滤油器的过滤精度是保证液压系统油液达到所要求清洁度的关键。滤油器在液压系统中的作用主要有两个方面:一是控制元件的污染磨损;二是防止污染引起的故障。前一种滤油器要求具有足够高的过滤精度,原则上应能有效地滤除尺寸接近关键元件

运动副动态油膜厚度的颗粒污染物。这类滤油器担负系统的主要过滤作用,一般安装在系统的压力油路和回油路中。后一种滤油器主要用于保护个别元件,防止较大颗粒污染物进入元件而引起突发性故障。这类滤油器一般精度较低,安装在紧靠被保护元件的上游。

在选择液压系统主要滤油器过滤精度时,主要考虑系统中关键元件的污染敏感性及其工作条件。具体步骤如下:

- 根据系统中对污染最敏感的元件及其工作条件(工作压力、温度及油液类型等),确定油液污染控制的目标清洁度等级

- 为实现所需的目标清洁度,确定滤油器的设置(位置和数量)和过滤精度。

各类液压元件对油液清洁度的要求可参看表27.5-4。

表 27.5-4 典型液压元件对油液清洁度要求(ISO4406)^①

元 件 类 型	工 作 压 力/MPa		
	<14	14~21	>21
液 压 泵	<14	14~21	>21
定量齿轮泵	18/15	17/15	16/13
定量叶片泵	18/15	17/14	16/13
定量柱塞泵	17/15	16/14	15/13
变量叶片泵	16/14	15/13	15/13
变量柱塞泵	16/14	15/13	14/12
液 压 阀		<21	>21
方向阀(电磁阀)		18/15	17/14
压力控制阀(调压阀)		17/14	17/14
流量控制阀(标准型)		17/14	17/14
单向阀		18/15	18/15
插装阀		18/15	17/14
液压遥控阀		16/13	15/12*
比例方向阀(节流阀)		15/12	13/11*
比例压力控制阀		16/13	15/12*
比例插装阀		15/12	14/11*
伺服阀		14/11*	13/10*
液压执行器	<14	14~21	>21

① 威格士有限公司,目标清洁度工作单

续表

元 件 类 型	工 作 压 力/MPa		
缸	18/15	18/15	18/15
叶片马达	18/15	17/14	16/13
轴向柱塞马达	17/14	16/13	15/12
齿轮马达	19/17	18/15	17/14
径向柱塞马达	18/14	17/13	16/13
摆线马达	16/14	15/13	14/12

注：* 需要精确取样进行清洁度测定

参考上表确定系统油液的目标清洁度,然后根据环境工作条件和对污染侵入控制的程度,确定滤油器的设置和所需的过滤精度。

对于中等污染侵入率以及正常维护的状况,滤油器过滤精度的选择可参考表 27.5-5。

表 27.5-5 目标清洁度与滤油器的设置及过滤精度

单位: μm

滤油器的设置	油液目标清洁度(ISO4406)					
	17/15	16/14	15/13	14/12	13/11	12/10
压力油路或回油路	5	5	3	3		
压力油路和回油路	10	10	5	5	3	3
压力油路或回油路, 加外过滤	10	5	5	5	3	3
压力油路和回油路, 加外过滤	10	10	5	5	5	3
外过滤(流量 20%)*	5	5	3	3		
外过滤(流量 10%)*	5	3	3			

注：* 流量为系统油液体积(L)的 20% 或 10%, L/min.

根据实际经验,对于不同类型和要求的液压系统,可参考表 27.5-6 选择滤油器的过滤精度。

27.5.3 滤油器尺寸的确定

滤油器的尺寸与通过流量有着对应的关系。通常是根据液压系统的流量确定滤油器所需的通过流量,从而确定滤油器的尺寸。

在选择滤油器尺寸时,主要参考制造厂产品样本提供的技术参数。国产滤油器型号标明公称流量以供选用。国外滤油器产品一般用无量纲的公称流量值来表征滤油器的尺寸,如型号尺寸为 160 的滤油器,其公称流量为 160L/min。

应当指出,公称流量是在给定的条件(油液粘度、过滤精度和压差)下的流量值。例如,德国标准 DIN24550 规定滤油器的公称流量是在油液粘度为 $32\text{mm}^2/\text{s}$,滤芯过滤精度 $25\mu\text{m}$ ($\beta_{25} \geq 75$),以及给定压差情况下通过的流量。一定尺寸或公称流量的滤油器,对于不同粘度的油液和不同过滤精度的滤芯,其允许通过的流量是不同的。

图 27.5-3 为公称流量为 240L/min 某一型号滤芯的压差流量特性曲线,当压差为 0.06MPa,过滤精度为 20、10、5 和 $3\mu\text{m}$ 的滤芯其通过流量分别为 220、110、70 和 45L/min(油液粘度为 $30\text{mm}^2/\text{s}$)。

表 27.5-6 滤油器过滤精度的选择

液压系统类型和实例	目标清洁度 ISO4406	推荐过滤精度 α $\beta_1 \geq 75$
可靠性要求极高,对污染非常敏感的液压控制系统,如航天实验室(高性能伺服阀)	13/9	1-2
工业设备伺服系统和重要的高压液压系统,如飞机、精密机床等(伺服阀,比例阀)	15/11	3-5
高压或中压液压系统,如工程机械、车辆(一般液压泵和阀)	18/14 ~19/15	10-20
元件间隙较大的低压液压系统	21/17	30-40

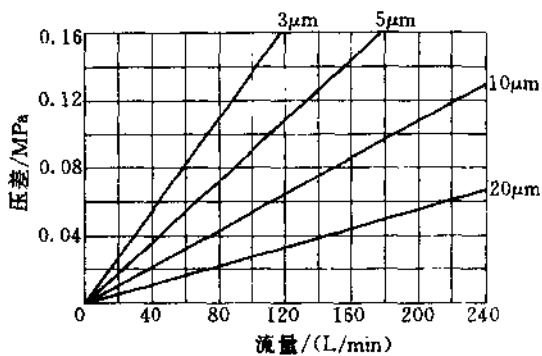


图 27.5-3 滤芯压差-流量特性曲线

工作油液的粘度对滤油器的通过流量有很大的影响。在一定的压差下,油液的粘度愈高,滤油器允许的通过流量愈小,由于厂家提供的滤油器流量-压差曲线是在标准粘度(如 $32\text{mm}^2/\text{s}$)下得出的,因而根据流量-压差曲线确定滤油器通过流量时,需要将实际工作油液粘度下的系统流量换算为标准粘度下的流量,换算公式如下

$$q_s = f_s q$$

式中 q ——实际系统流量;
 q_s ——标准粘度下的流量;
 f_s ——粘度变换系数

$$f_s = \frac{\nu}{\nu'} + \sqrt{\frac{\nu}{\nu'}}$$

式中 ν 和 ν' 分别为工作油液的实际粘度和试验时的标准粘度。

滤油器尺寸应根据通过滤油器的最大流量确定。对于液压缸传动系统的回油路滤油器,需考虑液压缸活塞与活塞杆的面积比,滤油器的通过流量应按回程时的流量来确定。例如,液压缸的活塞与活塞杆的面积比为 4,则回程时通过滤油器的流量为供油泵流量的 4 倍。此外,在确定滤油器尺寸时还需考虑滤芯的使用寿命。为了避免频繁更换滤芯,一般应根据环境污染状况和对污染侵入的控制能力,适当增大滤油器的尺寸。

实例 确定某一液压缸传动系统回油路滤油器的尺寸。已知:泵的流量为 $100\text{L}/\text{min}$,工作中油液的粘度为 $46\text{mm}^2/\text{s}$,滤油器过滤精度 $5\mu\text{m}$,液压缸活塞与活塞杆的面积比为 2。

①确定滤油器的最大通过流量:回油路滤油器的最大流量为泵的流量乘活塞与活塞杆的面积比,

$$q_{\max} = 100 \times 2 = 200\text{L}/\text{min}$$

②将 q_{\max} 换算为标准粘度下的流量

$$\begin{aligned} q_s &= f_s q_{\max} \\ &= \frac{46}{32} + \sqrt{\frac{46}{32}} \times 200 \\ &= 264\text{L}/\text{min} \end{aligned}$$

③根据以上计算出的流量 q_s ,从产品压差-流量曲线中选择合适的滤油器型号为 ZU-A630,其公称流量为 $630\text{L}/\text{min}$ 。图 27.5-4 为所选用滤油器滤芯的压差-流量曲线,滤芯初始压差取 0.05MPa ,过滤精度 $5\mu\text{m}$ 的滤芯其允许通过流量为 $300\text{L}/\text{min}$ 。

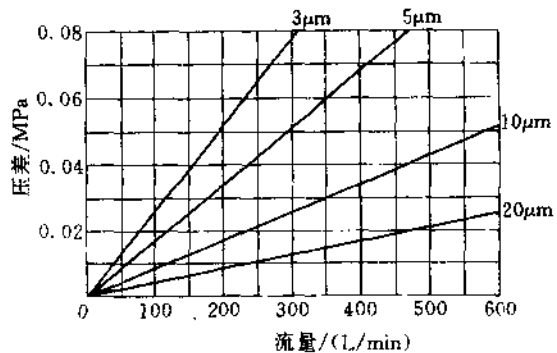


图 27.5-4 630 型滤油器压差-流量特性曲线

27.5.4 液压过滤系统实例

图 27.5-5 所示为一个具有电磁阀和伺服阀的典型液压系统及滤油器的设置。在紧靠液压泵的下游装设一精滤油器 1 以保护系统中除泵以外的所有其它元件。在靠近伺服阀的入口装设不带旁通阀的高精度滤油器 2, 过滤精度不低于 $3\mu\text{m}$ 。由于在任何时候不允许未经滤过的油液进入伺服阀, 因而该滤油器不带旁通阀, 并且其滤芯的压差要求能够承受系统的最大工作压力。在系统的总回油路上装有低压精滤油器 3。在液压泵外壳压力允许的情况下, 泵的泄漏油液应通过一单独的回油滤油器 4 以滤除液压泵产生的磨粒。当系统液压泵的每分钟流量小于油箱容积的 10%, 或回油路流量波动大的情况下, 则应采用外循环滤油器 6。

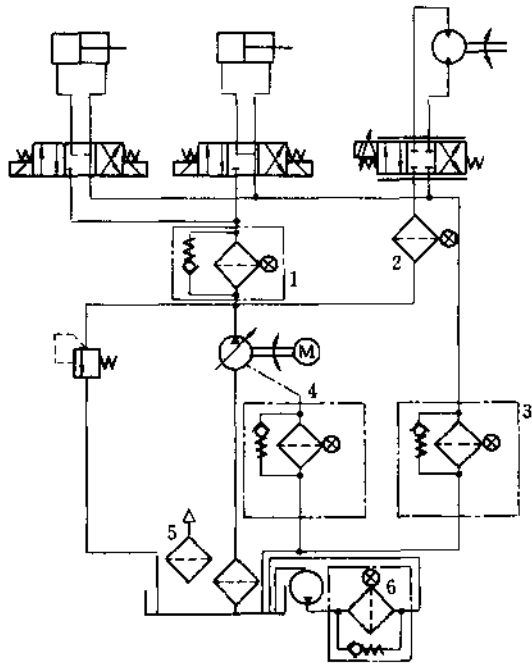


图 27.5-5 典型液压系统及滤油器的设置

1—带旁通阀压力油路滤油器; 2—不带旁通阀压力油路滤油器; 3—回油路滤油器; 4—泵体泄漏油路滤油器; 5—油箱空气滤清器; 6—系统外循环滤油器

对于一些大流量的伺服阀(或比例阀)系统, 如大型注塑机或金属挤压机等, 系统流量可达 $1000\text{l}/\text{min}$, 在这种情况下可采用一大流量的高精度压力油路滤油器(可带旁通阀)控制整个系统的污染, 同时用一不带旁通阀的小流量高精度滤油器保护伺服阀的先导级,

如图 27.5-6 所示。

图 27.5-7 所示为污染恶劣的环境下液压过滤系统, 液压缸的活塞杆暴露在污染严重的环境(如轧钢机、电炉或野外移动设备等), 为了保护伺服阀, 在液压缸和伺服阀之间可装设一带反向液流阀的滤油器, 用以滤除从活塞杆端侵入系统的颗粒污染物。

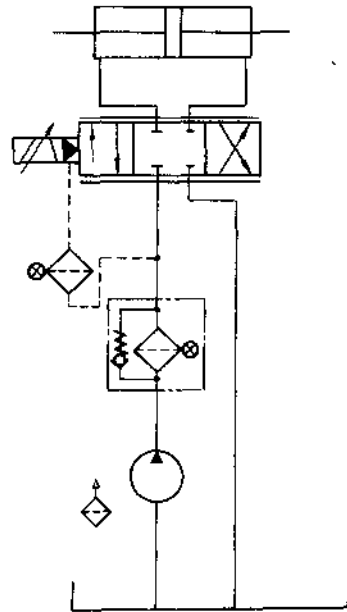


图 27.5-6 大流量液压伺服阀系统滤油器的设置

27.6 滤油装置

27.6.1 滤油装置的类型

为了有效地控制液压系统污染, 除了在液压系统中装设滤油器外, 还需要有各种类型的滤油装置, 对注入系统的新油进行过滤, 或对污染严重的系统进行外循环过滤, 以加强对系统油液的过滤净化, 以及对更换下来的脏油进行净化处理。

目前有的现场由于油液污染控制措施不完善, 液压系统油液污染严重以致影响设备正常工作, 因而不得不采取频繁换油的办法。而实际上换下来的脏油往往只是污染超过限度, 而理化性能并没有劣化, 这类油液只需用过滤净化装置进行处理仍可继续使用。这不仅可以节省油料费用, 而且更重要的是可以节约宝贵的油料资源。

按照功能和结构, 滤油装置有以下几种类型:

- 滤油车: 又可分为不带油箱的和带油箱的滤油车。

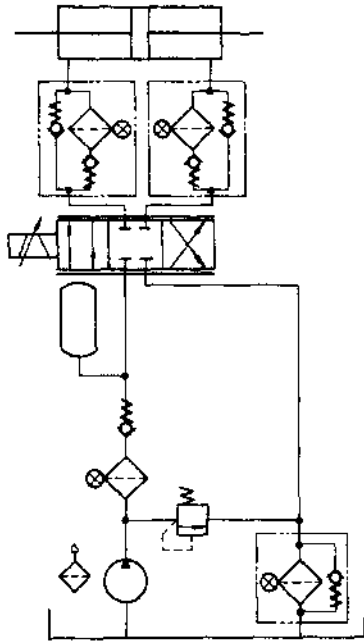


图 27.6-7 带反向液流阀的滤油器过滤系统

- 便携式滤油装置
- 外过滤系统滤油装置
- 液压清洗装置
- 油液净化装置

27.6.2 滤油车

滤油车是移动式的滤油装置，一般为手推车型式，可以很方便地移动至液压设备旁边，向液压系统注油并过滤，也可以周期性地对液压系统油液进行外循环过滤。

LUC 系列滤油车的外形和主要组成如图 27.6-1 所示，滤油车本身不带油箱，其油路系统见图 27.6-2。

LUC 系列滤油车的主要技术参数见表 27.6-1。

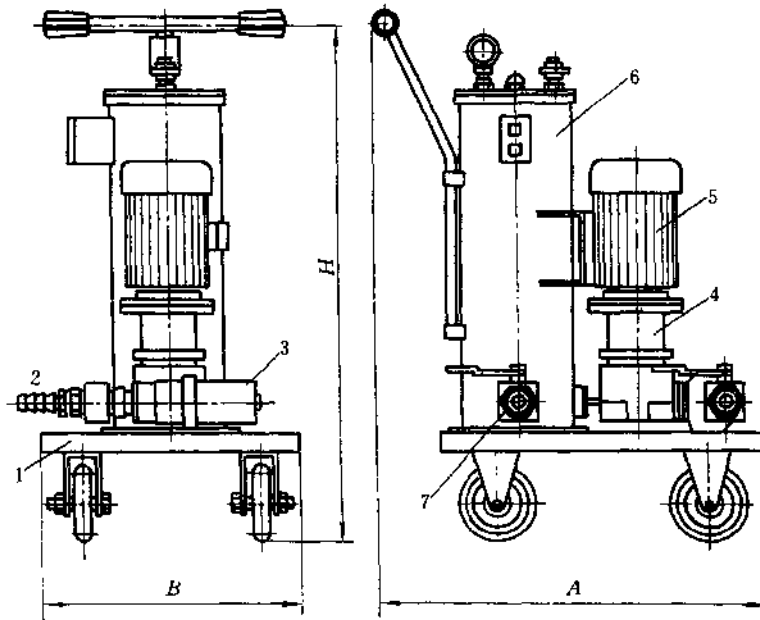


图 27.6-1 LUC 滤油车外形图

1—小车；2—进油口；3—粗滤油器；4—液压泵；5—电机；6—精滤油器；7—出油口

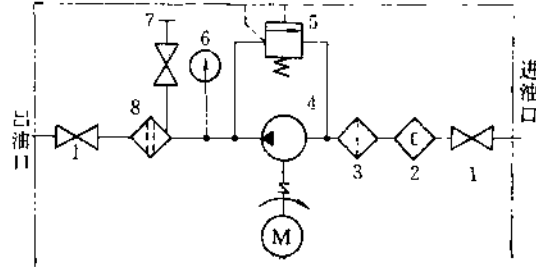


图 27.6-2 LUC 滤油车油路系统

1—球阀;2—磁性过滤器;3—粗滤油器;4—泵;5—安全阀;6—压力表;7—排气阀;8—精滤油器

表 27.6-1 LUC 系列滤油车技术参数

型号	名义流量 /(L/min)	初始压差 /MPa	粗滤精度 /μm	精滤精度 /μm	磁铁吸力 /N	电机功率 /kW	电压 /V	质量 /Kg
LUC-16	16	≤0.02	100	3	2	0.37	380	60
LUC-40	40			5		0.75		90
LUC-63	63			10		1.1		110
LUC-100	100			20		1.5		130

带油箱的滤油车可直接利用油箱向液压系统输送油液,或从系统排放油液。图 27.6-3 所示为一种带油箱滤油车的外形。另一种型式的滤油车带有拾取装置,可以很方便地将标准油桶(200L)吊装在小车上或从车上卸下,其外形如图 27.6-4 所示。这种滤油车

可将车上油桶内的油液过滤后注入到液压系统内,或将系统内的脏油排泻到空油桶中。

图 27.6-5 所示为带油箱(或油桶)滤油车的几种工作方式:图(a)为向系统注油并过滤,图(b)为排放系统内油液;图(c)为对系统油液进行外循环过滤。

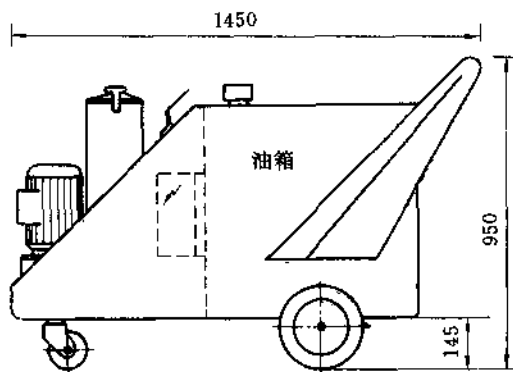


图 27.6-3 带油箱的滤油车

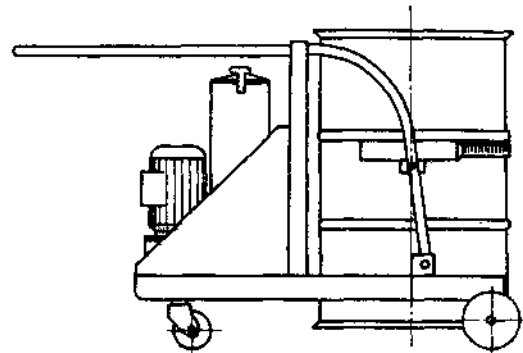


图 27.6-4 携带油桶的滤油车

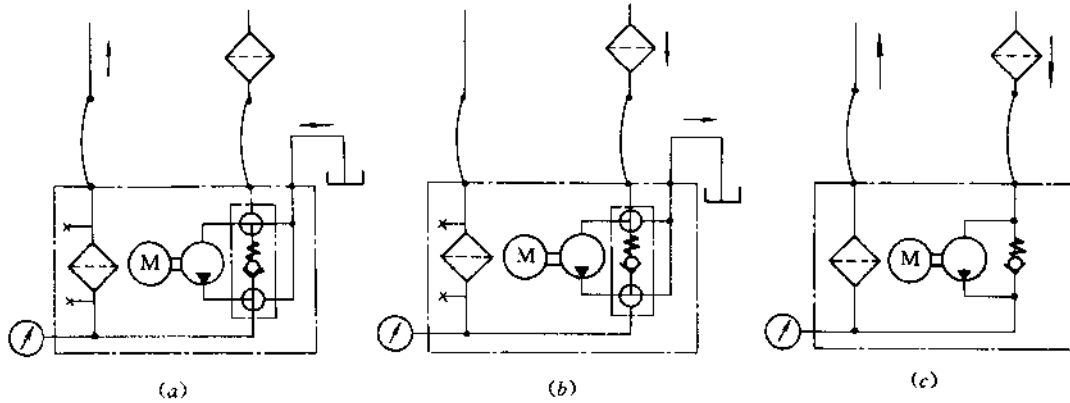


图 27.6-5 带油箱滤油车工作方式

(a)从油箱向系统注油并过滤;(b)将系统内油液排出至油箱;(c)系统外循环过滤

27.6.3 便携式滤油装置

便携式滤油装置为一种手提式小型滤油机,其特点为结构紧凑,小巧轻便,适用于向小型液压设备或一般滤油车无法接近的液压系统注油过滤,或进行外循

环过滤净化。

便携式滤油装置的外形结构如图 27.6-6 所示,流量一般为 10L/min,质量 10kg 左右,过滤精度可根据需要选用。

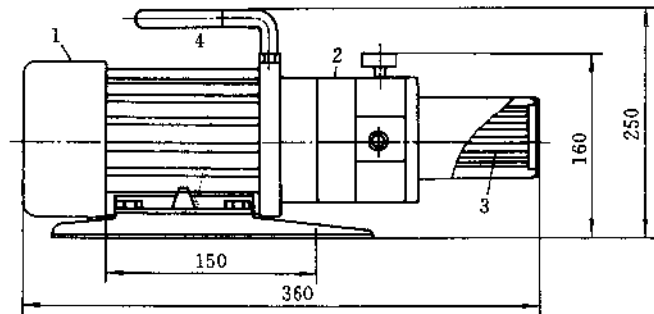


图 27.6-6 便携式滤油装置

1—电动机;2—油泵;3—滤油器;4—手把

27.6.4 系统外滤油装置

系统外滤油装置是指位于液压系统主回路之外,对油箱内油液进行外循环过滤的装置,见图 27.6-7。它主要用于污染严重的液压系统,或变量泵系统小流量下过滤效率低的情况。系统外滤油装置与系统主回路滤油器相结合,可以获得很好的过滤效果。目前系统外滤油装置应用日益普遍,从工程机械和小型液压设备到大型设备的液压泵站都有应用,流量从每分儿升到十千升。

图 27.6-7 所示为一种小型外过滤装置,可装设在各种工程机械和小型液压设备上。它采用 $0.5\mu\text{m}$ 的高精度滤油器,最大流量为 3.2L/min,最大压差 0.54MPa,功率 0.18kW。使用经验表明,采用这种外过滤装置,系统油液清洁度比原来提高 4~5 级 (ISO4406)。根据不同应用情况,系统油液清洁度可达 11/7~18/13 级。这种小型外过滤装置的液压系统如图 27.6-8 所示。

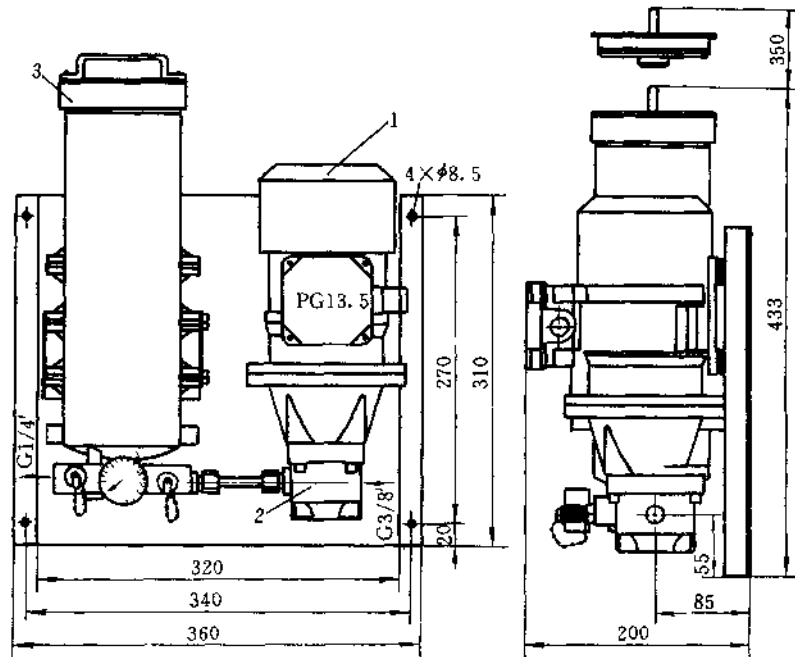


图 27.6-7 OL126 外滤油装置
1—电动机;2—液压表;3—滤油器

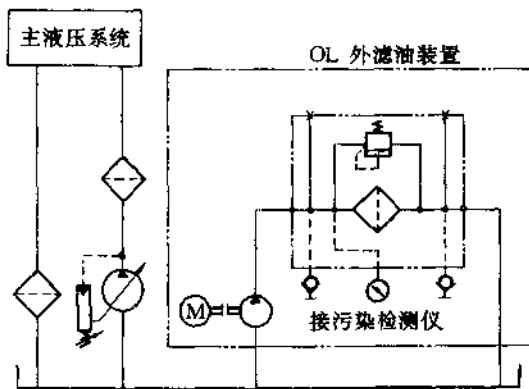


图 27.6-8 OL126 外滤油装置液压系统

目前系统外滤油装置也应用在一些大型液压设备和润滑系统的液压泵站,作为泵站的一个组成部分。其特点为采用高精度大纳垢容量的滤油器。过滤精度为 $3\sim 5\mu\text{m}$,甚至更高。为了避免频繁更换滤芯,可采用数个滤油器并联,以增大容量。外过滤系统的流量(L/min)一般取系统油液体积(L)的 $10\% \sim 20\%$ 。

27.6.5 液压清洗装置

液压清洗装置是专门为清洗液压系统和元件而设计的一种过滤净化装置,其作用是清除元件或系统在装配和组装过程中残留的污染物,使之达到元件或系统清洁度的要求。

液压清洗装置要求具有足够高的过滤净化能力,

过滤精度一般为 $3\sim 5\mu\text{m}$,或更高。此外,在清洗过程中要求液流处于充分的紊流状态(雷诺数一般在4000以上)以加强对内部残留污染物的冲刷作用。为此,应采用低粘度油液,并尽可能提高液流速度和适当增高油液的温度。

图 27.6-9 为 B-2 型液压清洗机的液压系统图,当进行清洗时,被清洗元件或系统接在清洗出油口和回油口之间。当需要作冲击清洗时,操纵电磁溢流阀 6 的电磁阀,使溢流阀周期性启闭,从而在清洗回路中产生液压冲击,以加强清洗效果。定期从取样口取油样进行污染度测定,可以确定是否达到清洗的要求。该清洗装置也可以用作液压系统的外过滤净化装置。

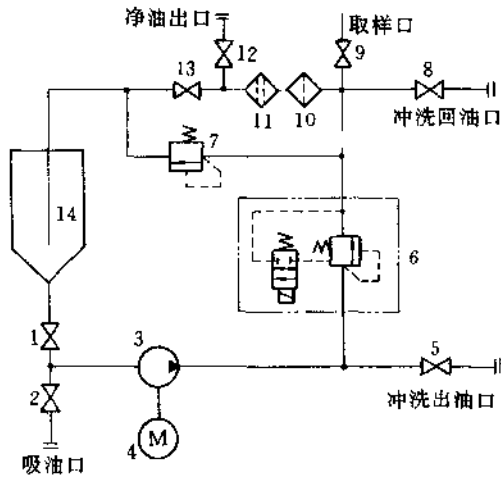


图 27.6-9 B-2 型液压清洗机液压系统
1、2、5、8、9、12、13—截止阀;3—液压泵;
4—电动机;6—电磁溢流阀;7—溢流阀;
10—粗滤油器;11—精滤油器;14—油箱

27.6.6 油液净化装置

滤油装置主要是滤除油液中的固体颗粒物,对于油液中的水和其它污染物,则必须采用其它的净化方法。将过滤与其它净化方法结合起来,可以达到油液综合净化的目的,对于未劣化变质的污染油液,可采用图 27.6-10 所示的综合净化方法,具体采用那几种净化方法可根据实际情况确定。

图 27.6-11 为 ZJC 型油液净化装置的工作系统,采用过滤和真空净油方法,净化后的油液清洁度为 NAS7-9 级,含水量可降低到 100-200ppm。

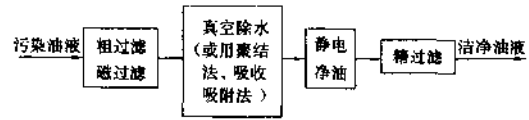


图 27.6-10 油液综合净化框图

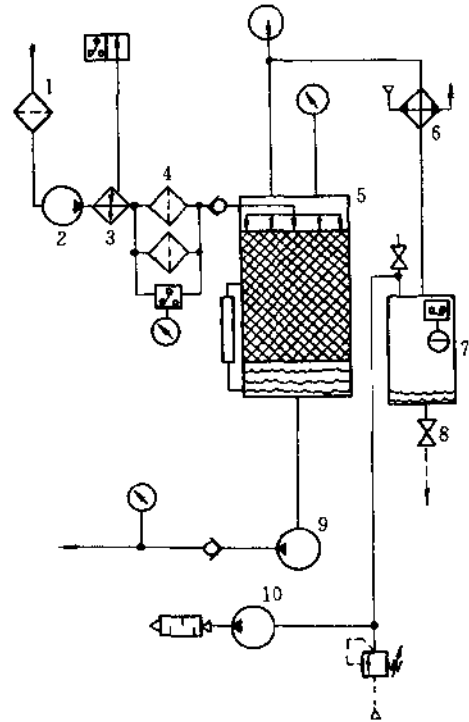


图 27.6-11 ZJC 油液净化装置工作系统
1—粗滤油器;2—输油泵;3—加热器;4—精滤油器;5—真空室;
6—冷凝器;7—贮水器;8—排水阀;9—排油泵;10—真空泵

27.7 滤油器产品简介

27.7.1 吸油滤油器

(1) 箱内吸油口滤油器

国内通用型 WU 系列网式吸油口滤油器的技术规格及外形尺寸见表 27.7-1。

国内通用型 XU 系列线隙式吸油口滤油器的技术规格及外形尺寸见表 27.7-2。

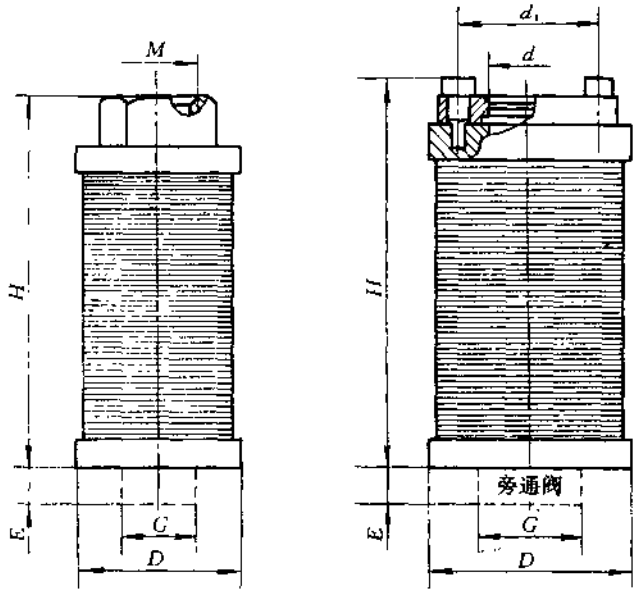
WU 和 XU 系列吸油滤油器生产厂家:上海高行液压件厂、沈阳滤油器厂、天津滤油器厂、无锡液压件厂、北京承天倍达过滤技术公司、太原液压机械厂、七〇七研究所、温州黎明液压机厂等。

表 27.7-1 WU 吸油滤油器系列

型 号	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	尺 寸/mm			
			$M(d)$	H	D	h
WU-16×※-J	16		M18×1.5	84	35	7
WU-25×※-J	25		M22×1.5	104	44	14
WU-40×※-J	40	40	M27×2	124	44	17
WU-63×※-J	63	80	M33×2	103	71	16
WU-100×※-J	100	100	M42×2	153	71	16
WU-160×※-J	160	130	M48×2	200	83	20
WU-250×※-J	250	180	$\phi 50$	203	88	—
WU-400×※-J	400		$\phi 65$	250	105	—
WU-630×※-J	630		$\phi 80$	302	119	25

注：※—过滤精度

表 27.7-2 XU 型吸油滤油器系列



型 号	公称流量 (L/min)	过滤精度 / μm	尺 寸/mm					
			$M(d)$	H	D	d_1	G	E
XU-16 \times *-J	16		M18 \times 1.5	104	56		18	15
XU-25 \times *-J	25		M22 \times 1.5	125	78		18	15
XU-40 \times *-J	40		M27 \times 2	198	78		18	15
XU-63 \times *-J	63	80	M33 \times 2	186	99		36	18
XU-100 \times *-J	100	100	M42 \times 2	288	99		36	18
XU-160 \times *-J	160	180	M48 \times 2	368	118		46	19
XU-250 \times *-J	250		50	443	162	74	46	19
XU-400 \times *-J	400		65	508	222	93	46	19
XU-630 \times *-J	630		80	680	252	104	66	25

注: *—过滤精度

(2) 箱上吸油滤油器

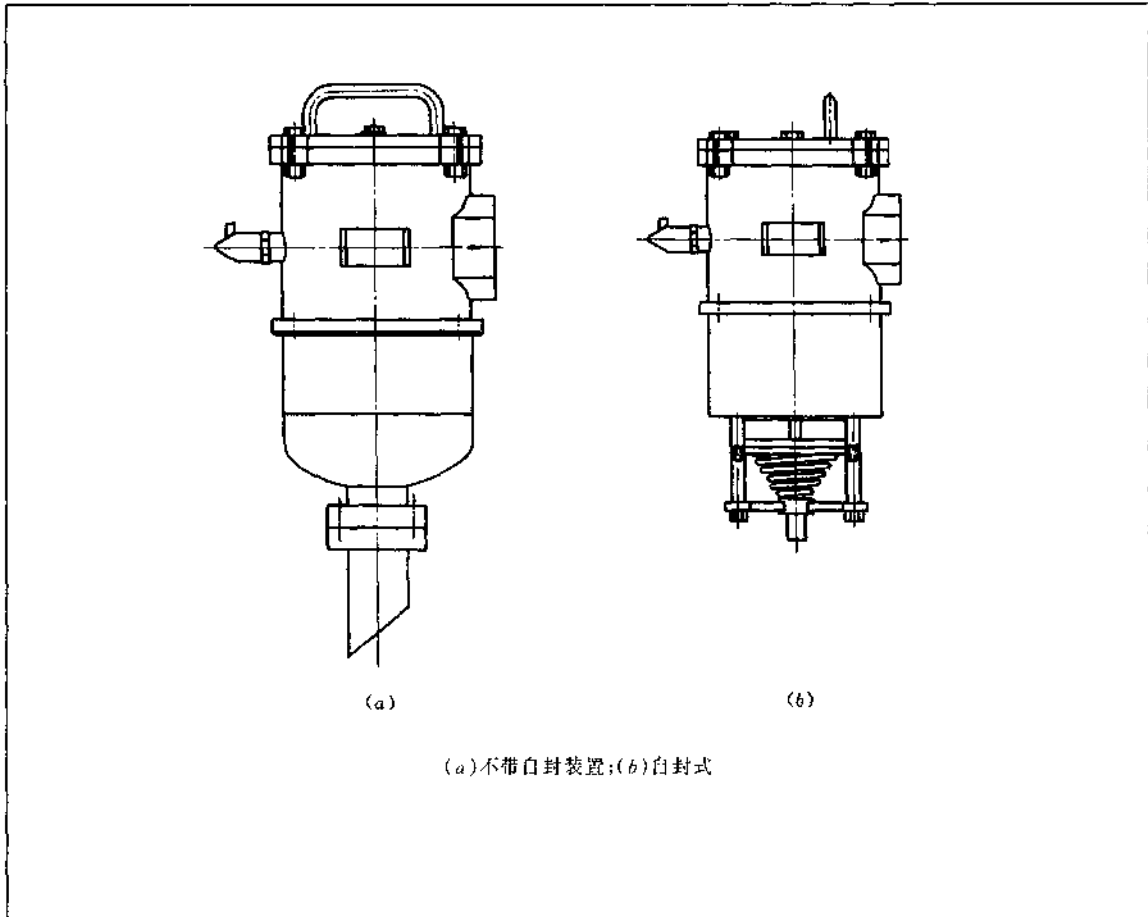
箱上吸油滤油器一般安装在油箱顶部, 自封式吸油滤油器可安装在油箱的侧部或底部。采用箱上吸油滤油器可简化系列管路, 使布置紧凑。

箱上吸油滤油器的外形和技术规格见表 27.7-3。

(3) 吸油管路滤油器

吸油管路滤油器安装在吸油管路上。几种系列见表 27.7-4。

表 27.7-3 箱上吸油滤油器系列



(a)

(b)

(a)不带自封装置;(b)自封式

型号	公称流量 (L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
ST	40, 63, 100, 100, 250, 400, 630, 1000	40, 80, 100, 130, 180	北京承天信达 过滤技术公司
SS(自封式)			
SF(自封式)	56, 90, 140, 225, 360, 460	25, 40, 80, 100, 130, 180	太原液压机械厂
CFAS	100, 250, 630, 1100	80, 100, 180	上海高行液压件厂
NJC	25, 40, 63, 100 160, 250, 400, 630, 800	80, 100, 180	温州黎明机电厂
LXZ(自封式)			
SLXZ(双筒自封式)			
SFA(自封式)	80~850	25, 60, 125, 250	新乡索非玛液压有限公司

表 27.7-4 吸油管路滤油器系列

型 号	公称流量 (L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
SL	40, 63, 100, 160,	40, 80, 100, 130, 180	北京承天倍达 过滤技术公司
ISV	250, 400, 630, 1000	80, 100, 180	温州黎明液压 机电厂

27.7.2 压力管路滤油器

根据工作压力范围,压力管路滤油器有高压、中压和低压几种类型,高压一般为 21~42MPa,中压为 6.3~16MPa,低压为 1~2.5MPa。高、中压管路滤油器用于液压系统的压力油路,而低压管路滤油器主要用于回油路。

(1) 高压管路滤油器

• 通用型 ZU-H 系列高压管路滤油器(见表 27.7-5)

• 其它系列高压管路滤油器(见表 27.7-6)

• 高压板式滤油器

板式滤油器可直接安装在连接板(块)上,可简化

管路和实现集成化,其外形和产品系列见表 27.7-7。

(2) 中压管路滤油器(见表 27.7-8)

(3) 低压管路滤油器

A. 通用型 ZU-A 系列低压管路滤油器(见表 27.7-9)。

B. 其它系列低压管路滤油器(见表 27.7-10)

(4) 双筒管路滤油器(带转换阀)

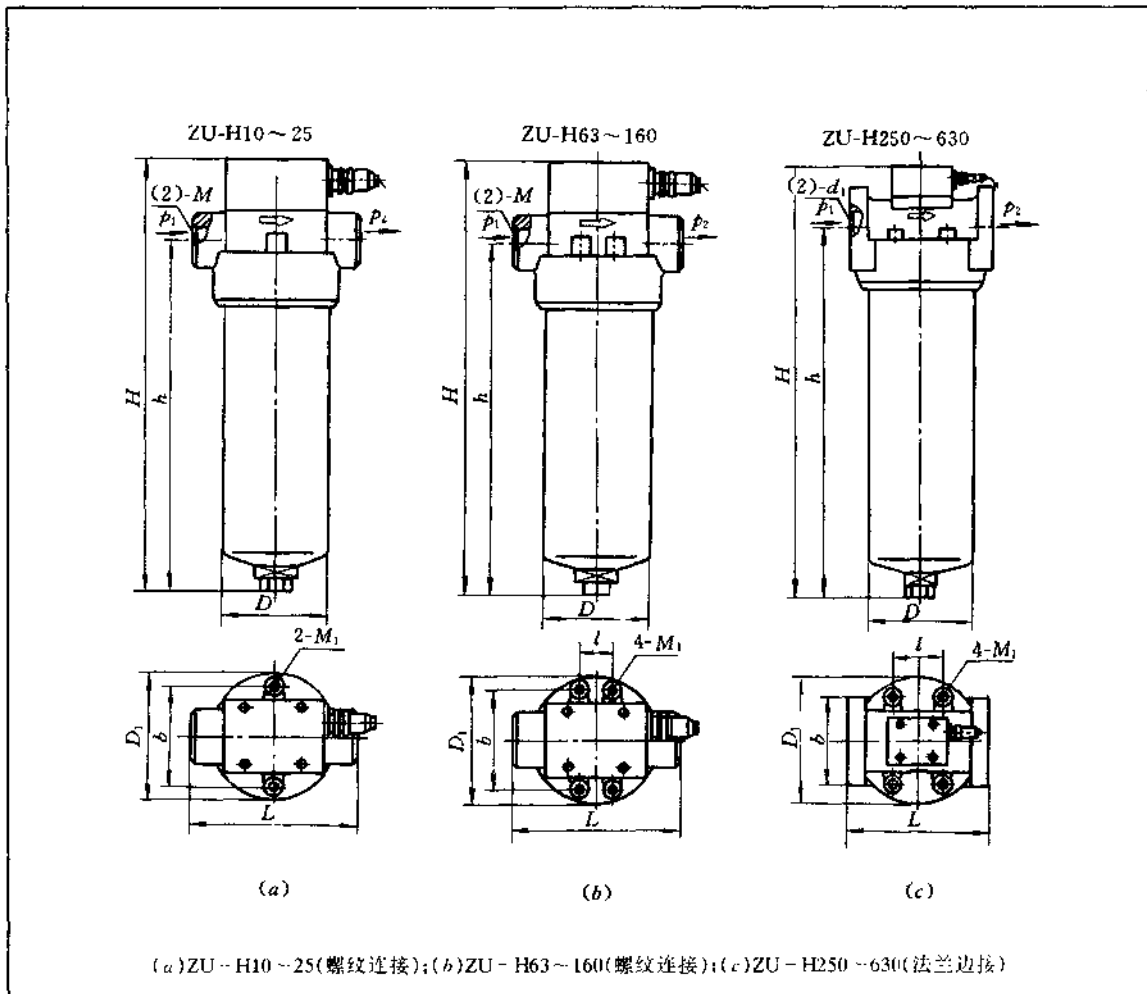
双筒管路滤油器可不停机更换滤芯,适用于不间断连续工作的系统。

• 高压双筒管路滤油器(见表 27.7-11)

• 中压双筒管路滤油器(见表 27.7-12)

• 低压双筒管路滤油器(见表 27.7-13)

表 27.7-5 ZU 系列高压管路滤油器



(a) ZU-H10~25(螺纹连接); (b) ZU-H63~160(螺纹连接); (c) ZU-H250~630(法兰边接)

型号	通径 /mm	额定压力 /MPa	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	尺寸/mm									
					H	h	L	l	b	D_1	D	M_1	d_1	M
ZU-H10×*S	15	31.5	10	3	188	130	118		70	88	73	M6		M27×2
ZU-H25×*S			25		278	220								
ZU-H63×*S	20		63	5	308	247	128	44	86	124	102			M33×2
ZU-H100×*S	25		100		379	314								
ZU-H160×*S	32		160	20	420	347	116		100	146	121	M10		M48×2
ZU-H250×*FS	40		250		504	415								
ZU-H400×*FS	50		400	40	530	446	206		142					—
ZU-H630×*FS	53		630		632	548								

生产厂家:上海高行液压件厂,北京承天信达过滤技术公司,沈阳滤油器厂,太原液压机械厂,温州黎明液压机电厂,天津滤油器厂,无锡液压件厂等

注: *—过滤精度

表 27.7-6 高压管路滤油器型号和技术规格

型号	额定压力 /MPa	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
7PG	25	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	北京承天倍达过滤技术公司
9PG	40			
250/400L	25, 40	10, 18, 32, 56, 90, 140, 225, 360, 460, 560, 900	1, 3, 5, 10, 15, 25	太原液压机械厂
YFL-H	31.5	10~630	3, 5, 10, 25	七〇七研究所
GU-H	32	10, 25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630	3, 5, 10, 20, 30, 40	温州黎明液压机电厂
PQI	32	50, 80, 110, 150, 300, 450	3, 5, 10, 20	上海高行液压件厂

表 27.7-7 高压板式滤油器系列

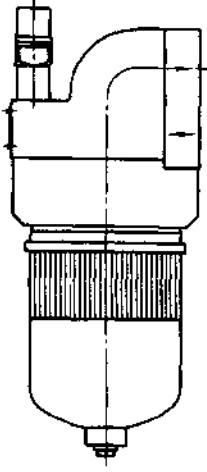
	型号	额定压力 /MPa	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
	7PP	25	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000	1, 3, 5, 10, 15, 25	北京承天倍达过滤技术公司
	9PP	40			
	250/400P	25, 40	10, 18, 32, 56, 90, 140, 225, 360, 460, 560, 900	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	太原液压机械厂
	ZU H	31.5	25, 40, 60	3, 5, 10, 20	上海高行液压件厂

表 27.7-8 中压管路滤油器型号

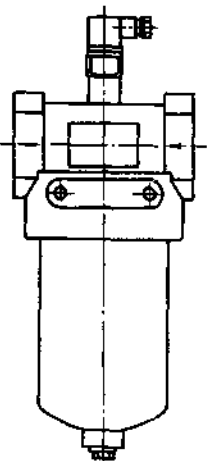
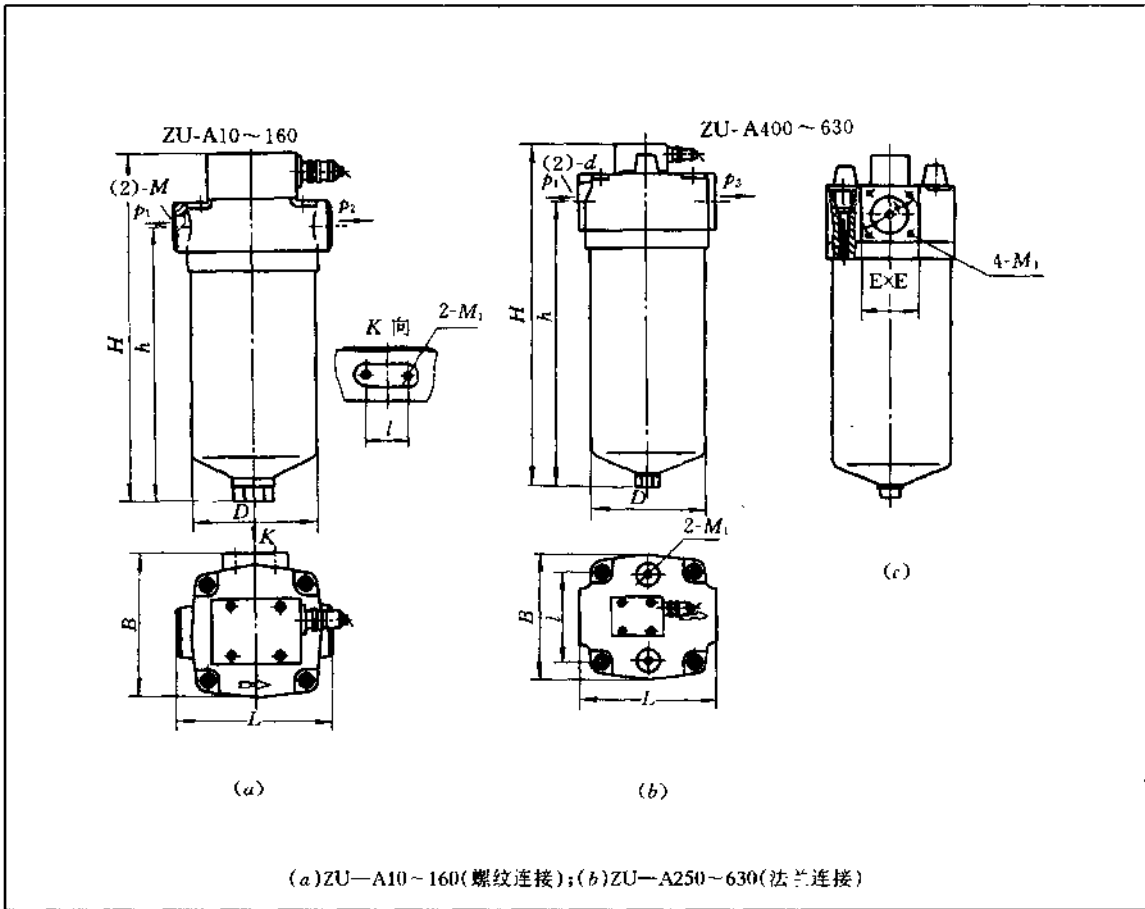
	型号	额定压力 /MPa	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
	5PG	6.3	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	北京承天倍达过滤技术公司
	6PG	16			
DFL-A	6.3	10, 25, 63, 100, 160, 250	3, 5, 10, 25	七〇七研究所	

表 27.7-9 ZU-A 系列低压管路滤油器



型 号	通径 /mm	额定压力 /MPa	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	尺 寸/mm									
					H	h	L	B	D	l	M ₁	E	M	
ZU-H10×*S	10	1.6	10	3	214	153	110	106	79	36	M6		M18×1.5	
ZU-H25×*S	15		25		239	182	120	114	99				M22×1.5	
ZU-H63×*S	25		63		318	254	146	131	114	55	M8		M33×2	
ZU-H100×*S	32		100		422	358	150						M42×2	
ZU-H160×*S	40		160		20	449	380	170	148	134	65			M48×2
ZU-H250×*S	50		250		30	565	390	185	166	163	115			M10
ZU-H400×*S	65		400		40	706	623	196	176	168	140	M12	85	
ZU-H630×*S	80		630		40	831	740	222	212	198	160			

生产厂家: 见表 27.7-5
注: *—过滤精度

表 27.7-10 低压管路滤油器系列

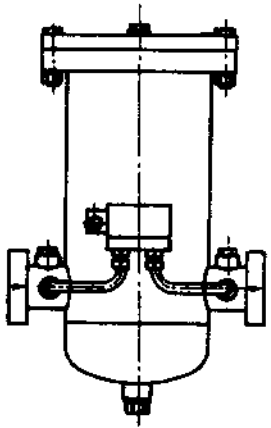
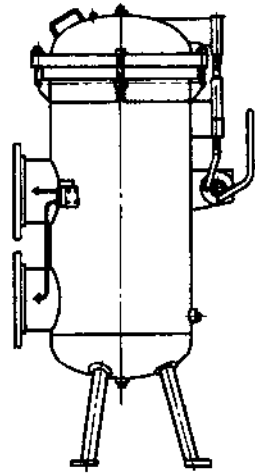
 				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 型式 1 型式 2 </div>				
型 号	额定压力 /(MPa)	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
3PG	2.5	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1500, 2000, 3000, 4000, 6000, 8000	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	北京承天信达过滤技术公司
2PG	1.6			
16L	1.6	56, 90, 140, 225, 360, 560, 900, 1400, 1800, 2200, 3200, 5400, 7200	1, 3, 5, 10, 15, 25	太原液压机械厂
DRLF	1.6	1300, 2600, 3900, 6500, 7800	1, 3, 5, 10, 20, 30	温州黎明液压机电厂

表 27.7-11 高压双筒管路滤油器系列

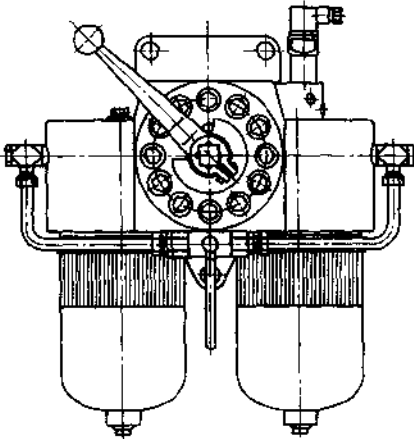
	型号	额定压力 /MPa	公称流量 / (L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
	7PD	25	40, 63, 100, 160, 250,	1, 3, 5, 10, 15,	北京承天倍达过滤技术有限公司
	qpD	40	400, 630, 1000	25, ...	
	210/400LD	21, 40	10, 18, 32, 56, 90, 140, 225, 360, 460, 560, 900	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	太原液压机械厂
	SFL-F	20	25--630	3, 5, 10, 25	七〇七研究所

表 27.7-12 中压双筒管路滤油器

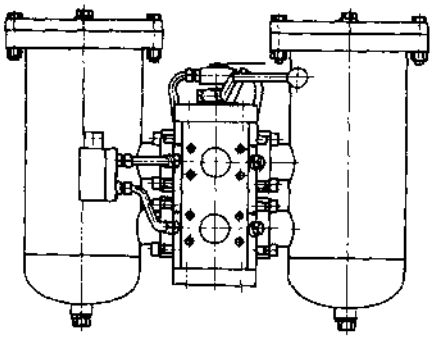
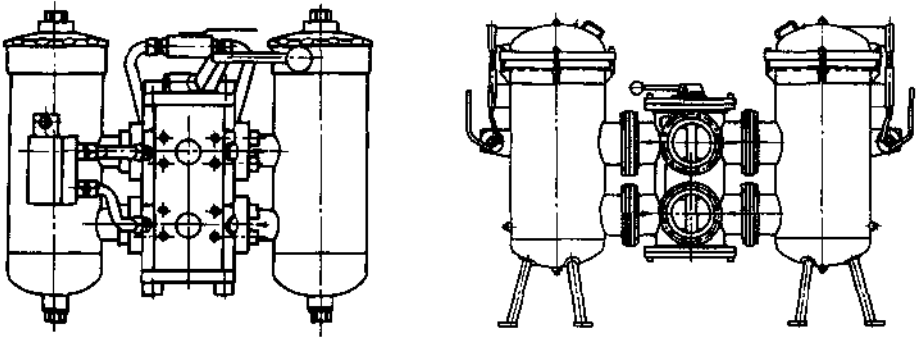
	型号	额定压力 /MPa	公称流量 / (L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
	5PD	6.3	40, 63, 100, 160, 250,	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	北京承天倍达过滤技术有限公司
	6PD	15	400, 630, 1000		

表 27.7-13 低压双筒管路滤油器系列

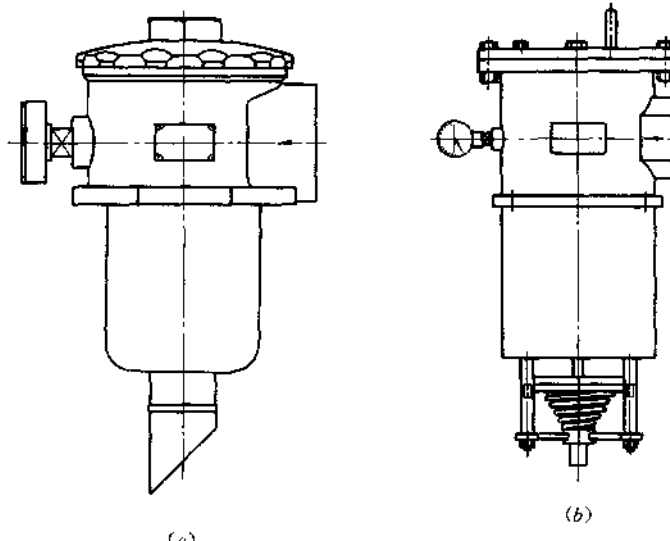
				
<div style="display: flex; justify-content: space-around; width: 100%;"> 型式 1 型式 2 </div>				
型 号	额定压力 /MPa	公称流量 /(L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
3PD	2.5	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1500, 2000, 3000,	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	北京承天倍达过滤技术 公司
2PD	1.6	4000, 6000, 8000		
16LD	1.6	56, 90, 140, 225, 360, 560, 900, 1400, 1800, 2200, 3200, 5400, 7200	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	太原液压机械厂
SZU - A SQU - A	1.6	25, 40, 63, 100, 160, 250, 400	1, 3, 5, 10, 20, 30, 40	温州黎明液压机电厂
SXU - A			30, 50	
SRLF	1.6	60, 110, 160, 240, 330, 500, 660, 850, 950, 1300	1, 3, 5, 10, 20, 30, 40	
SDRLF	1.6	1300, 2600, 3900, 6500, 7800	1, 3, 5, 10, 20, 30	
LSFL	1.0	720, 1200, 2200, 3400	3, 5, 10, 25	七〇七研究所

27.7.3 箱上回油滤油器

箱上回油滤油器一般安装在油箱的顶部。自封式滤油器可安装在油箱的侧部或底部。

- 单筒箱上回油滤油器 (见表 27.7-14)
- 双筒箱上回油滤油器 (见表 27.7-15)

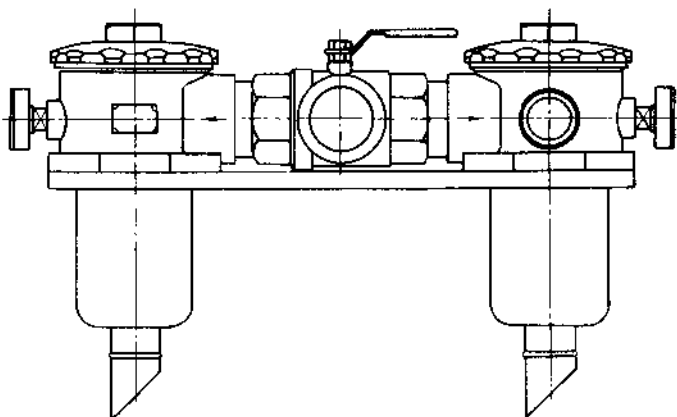
表 27.7-14 单筒箱上回油滤油器系列



(a) 不带自封装置; (b) 自封式

型号	额定压力 /MPa	公称流量 / (L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
RG	1.0	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1500, 2000	3, 5, 10, 15, 25, ...	北京承天信达过滤技术公司
16R	1.6	10, 18, 32, 56, 90, 140, 225, 225/360, 225/450, 360, 560, 900, 1400, 1800, 2200, 3200, 5400, 7200	10, 15, 25	太原液压机械厂
PZU	1.6	25, 40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 800	10, 20	上海高行液压件厂
			1, 3, 5, 10, 20, 30	温州黎明液压件厂
CFRI	1.6	100, 250, 630, 1100	3, 5, 10, 20, 30	上海高行液压件厂
RFM	0.3	25~670	3, 6, 12, 25	新乡索菲玛液压有限公司
RS (自封式)	1.0	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000	3, 5, 10, 15, 25, ...	北京承天信达过滤技术公司
LXZS-160 (自封式)	1.6	160	10, 20	温州黎明液压机电厂

表 27.7-15 双筒箱上回油滤油器系列



型 号	额定压力 /MPa	公称流量 / (L/min)	过滤精度 / μm	生产厂家
RD	1.0	40, 63, 100, 160, 250, 400, 630, 1000, 1500, 2000	10, 15, 25	北京承天信达过滤技术公司
16RD	1.6	10, 18, 32, 56, 90, 140, 225, 225/360, 225/450, 360, 560, 900, 1400, 1800, 2200, 3200, 5400, 7200	10, 15, 25	太原液压机械厂
SLHN	1.6	25, 40, 63, 100, 250, 400, 630, 800	1, 3, 5, 10, 20, 30	温州黎明液压机电厂

27.7.4 通用型 ZU 系列滤油器滤芯

ZU-H 高压管路滤油器和 ZU-A 低压管路滤油器滤芯的尺寸规格见表 27.7-16。

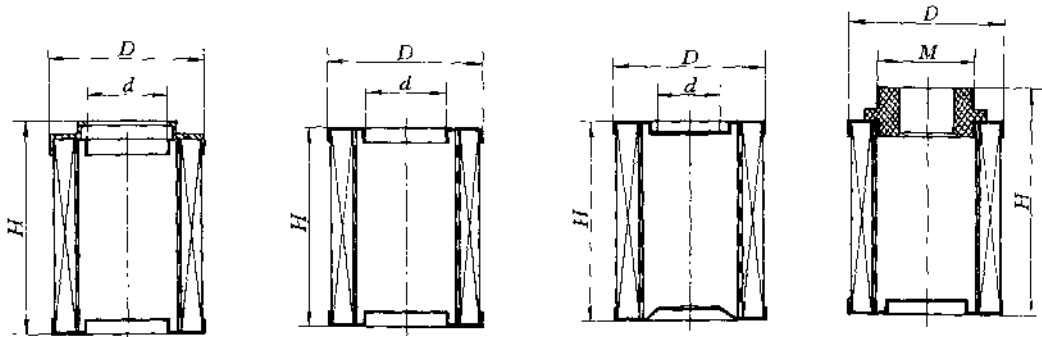
27.7.5 几种进口滤油器滤芯

近年来我国引进了一些滤压设备,其配套滤油器

种类繁多,下面列举几种有代表性的滤油器用滤芯。

- 美国 Pall 公司 9600 系列滤芯(见表 27.7-17)
- 美国 Pall 公司 8300 系列滤芯(见表 27.7-18)
- 德国 Hydac 公司 D 系列滤芯(见表 27.7-19)
- 德国 Hydac 公司 R 系列滤芯(见表 27.7-20)

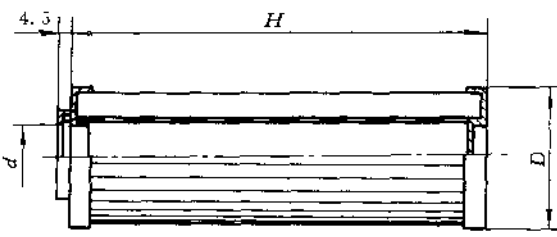
表 27.7-16 ZU 系列滤油器滤芯技术规格



序号	滤油器型号	滤芯型号	公称流量 (L/min)	尺寸/mm		
				H	D	D(M)
	ZU-H10×*S	HX-10×*	10	75	53	21
	ZU-H25×*S	HX-25×*	25	165		
	ZU-H63×*S	HX-63×*	63	176	74	32
	ZU-H100×*S	HX-100×*	100	238		
	ZU-H160×*S	HX-160×*	160	256	88	45
	ZU-H250×*FS	HX-250×*	250	326		
	ZU-H400×*FS	HX-400×*	400	346	103	60
	ZU-H630×*FS	HX-630×*	630	446		
	ZU-A10×*(B)S	TZX ₂ -10×*	10	92	56	30
	ZU-A25×*(B)S	TZX ₂ -25×*	25	112	78	40
	ZU-A63×*(B)S	TZX ₂ -63×*	63	172	98	50
	ZU-A100×*(B)S	TZX ₂ -100×*	100	272	98	50
	ZU-A160×*S	TZX ₂ -160×*	160	282	118	60
	ZU-A250×*FS	TZX ₂ -250×*	250	390	133	M60×1.5
	ZU-A400×*FS	TZX ₂ -400×*	400	528	142	M72×1.5
	ZU-A630×*FS	TZX ₂ -630×*	630	631	164	M90×2

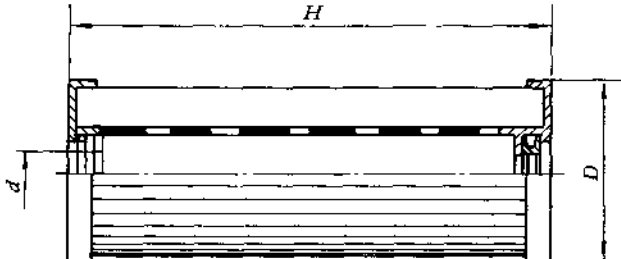
注：* 代表过滤精度，可选 1、3、5、10、20、30、40μm

表 27.7-17 Pall 9600 系列滤芯型号



型 号	公称流量 (L/min)	过滤精度 / μm	滤芯尺寸/mm			O形密封圈尺寸	密封材料
			D	d	H		
HC9600FUP4H	76	3	80	43 + 0.15	112	K47.5 × 2.65	丁腈橡胶
HC9600FUP8H	160				204		
HC9600FUP13H	190				324		
HC9600FUP16H	220				423		
HC9600FUT4H	190	25	80	43 + 0.15	112		
HC9600FUT8H	250				204		
HC9600FUT13H	330				324		
HC9600FUT16H	400				423		

表 27.7-18 Pall 8300 系列滤芯型号



型 号	公称流量 (L/min)	过滤精度 / μm	滤芯尺寸/mm			O形密封圈尺寸	密封圈材料
			D	d	H		
HC8300FUP8H	260	3	152	105 + 0.2 + 0.1	207	106 × 3.55	丁腈橡胶
HC8200FUP16H	450				426		
HC8300FUN8H	340	6			207		
HC8300FUN16H	510				426		
HC8300FUS8H	410	12			207		
HC8300FUS16H	530				427		
HC8300FUT8H	510	25			207		
HC8300FUT16H	600				427		

表 27.7-19 Hydac D 系列滤芯型号

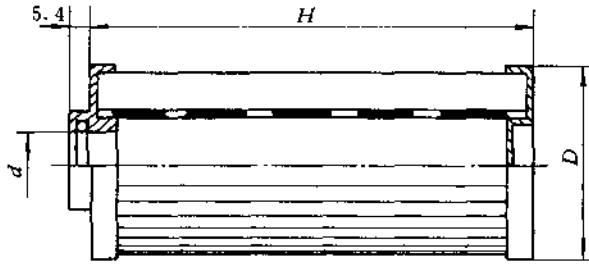
	型号	公称流量 (L/min)	过滤精度 / μm	滤芯尺寸/mm			
				D	d	H	
	0030D	30	3, 5, 10, 20	35	12.3	88.5	
	0060D	60					85.5
	0110D	110		44.2	22.1	153	
	0140D	140				194.5	
	0160D	160		60	34.1	123.5	
	0240D	240				182.5	
	0330D	330				174.5	
	0550D	550		76.6	48.1	268	
	0660D	660				345	

表 27.7-20 Hydac R 系列滤芯型号

型号	公称流量 (L/min)	过滤精度 / μm	滤芯尺寸/mm					
			D_1	D_2	d	H_1	H_2	h
0030R	30	3, 5, 10, 20	35	18	12.3	105	95	5
0060R	60					102.5	92	
0110R	110		44.2	24	22.1	170	159.5	
0160R	160					143.5	130	
0240R	240		60	36	34.1	202.5	189	
0330R	330					194.5	181	5.4
0500R	500		76.6	46	48.1	275.5	262.5	
0660R	660					332	313.5	
0850R	850		95.4	66	68.1	412.5	394	
0950R	950					362.5	338	
1300R	1300	124.5	95	96.1	481.5	457		

27.7.6 滤油器产品国内外发展趋势

到目前为止,液压滤油器的规格设置、产品性能、连接尺寸等还没有统一的标准,产品的标准化、系列化水平很低。这不仅给滤油器的设计制造带来麻烦,而且给滤油器的使用与维护带来诸多不便。为此,滤油器产品的标准化、系列化已成为国内外发展的趋势。

(1) 分类发展趋势

根据滤油器在液压系统中安装位置的不同,一般将其分为油箱滤油器和管路滤油器两大类,根据滤油器结构形式与功能的不同可分为十大系列。分类趋势见图 27.7.1。

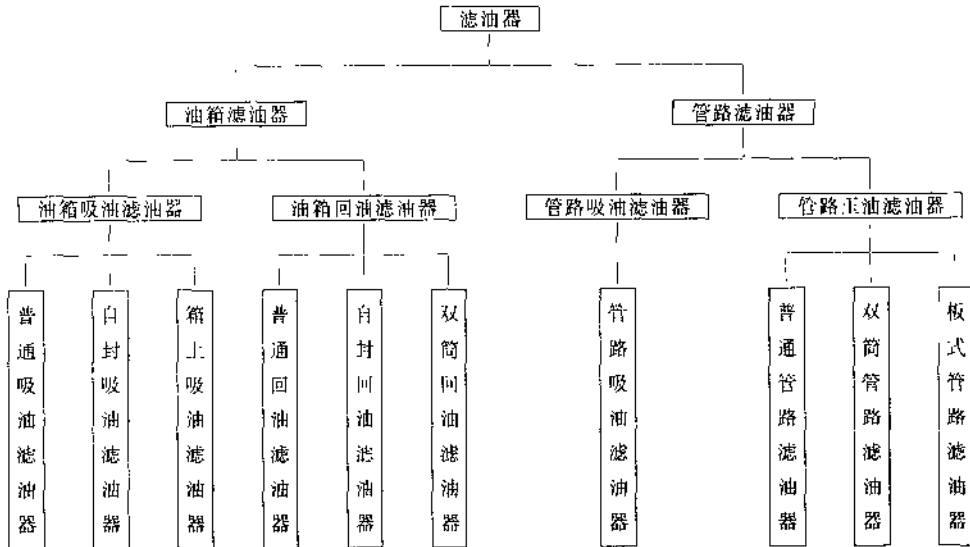


图 27.7-1 滤油器产品的分类

(2) 连接方式发展趋势

滤油器的连接方式主要有公制螺纹、管螺纹及法兰三种,其中法兰连接有采用四螺钉整体式法兰和四螺钉对分法兰的趋势。

(3) 滤芯发展趋势

滤芯是滤油器产品中的易耗件,经常需要更换。

滤芯尺寸的标准化、系列化将给制造商和用户带来极大的方便。相对而言,管路滤油器滤芯细长,油箱回油滤油器短粗。

(4) 滤油器产品标准化系列化的发展趋势

表 27.7-21 为根据上述发展趋势设计生产的滤油器系列。

表 27.7-21 滤油器系列

类别	名称	型号	额定压力 /MPa	公称流量 / (L/min)	过滤精度 / μm	连接方式
油箱过滤器	普通吸油滤油器	SG	1.0	40~1000	40, 80, 100, 130, 180, ...	公制螺纹, 管螺纹, 法兰
	自封吸油滤油器	SS				
	箱上吸油滤油器	ST				
	普通回油滤油器	RG	40~2000	3.5, 10, 15, 25, ...	法兰	
	自封回油滤油器	RS				
	双筒回油滤油器	RD				

续表

类别	名称	型号	额定压力 /MPa	公称流量 /(L/min)	过滤精度 μm	连接方式					
管 路 过 滤 器	管路吸油滤油器	SL	—	40~1000	40, 80, 100, 130, 180, ...	公制螺纹、管螺 纹, 法兰					
	低压管路滤油器	2PG	1.6	40~8000	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	法兰					
		3PG	2.5								
	中压管路滤油器	5PG	6.3	40~1000		1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	公制螺纹、管螺 纹, 法兰				
		6PG	16								
	高压管路滤油器	7PG	25								
		9PG	40								
	高压板式管路滤油器	7PP	25					40~8000	1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	板式	
		9PP	40								
	双筒低压管路滤油器	2PD	1.6	40~8000			1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	法兰			
		3PD	2.5								
	双筒中压管路滤油器	5PD	2.5	40~1000						1, 3, 5, 10, 15, 25, ...	法兰
		6PD	16								
	双筒高压管路滤油器	7PD	25								
9PD		40									

生产厂家: 北京承天达过滤技术有限责任公司