



海普洛过滤技术公司

什么是 **D. F. E.**

滤芯革命进程

动态过滤效率多次通过试验

Hy-Pro 产品的竞争优势

www.filterelement.com

ISO 9000 Certificate

什么是 DFE (动态过滤效率试验?)

所有的液压润滑系统都有一个被最敏感的元件，比如伺服阀或高速轴承等元件限定的而不是界定的严格的污染度等级，元件生产厂商根据 ISO4406 或 ISO4406: 1999 提供了流体的污染度等级。要求有最佳的性能和最长的寿命。污染度等级决定了个体元件的磨损率(使用寿命) 并且能尽可能使用的像预期的那么好。

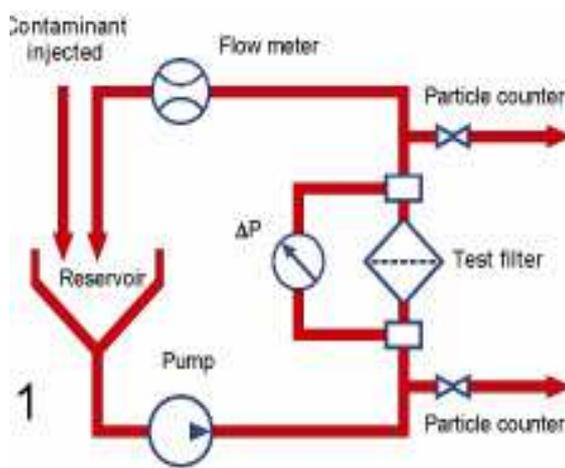
系统设计,过滤性能和维护很大地决定了系统的污染度等级,过滤器被希望保持在公差等级以下,在运转中系统的过滤器性能基于流速,流动密度,流速的变化,粘度,频率,污染度等级,注入速度和其他的几个条件。所有的过滤器都受限于系统的动态形式,液压系统过滤器遇到流速上的频率和快速变化伴有频率的变化。润滑系统在启动和关机过程中有典型的动态状态。过滤器的两个主要特性是截留率和存留率。截留率是过滤器捕获颗粒的效率,而存留率是一种过滤器如何保存住捕获住的颗粒的效率。一个过滤器不是黑洞,它的过滤效率不一定只基于它捕获的颗粒效率。如果设计不当,一只过滤器有可能变成最危险的污染源。



动态过滤效率试验 (DFE) 是液压润滑过滤器性能测试的一个变革, DFE 试验比当前工业更先进一步,它通过减少动态负荷循环,并在循环前,循环中和循环后进行测量实际的性能来弥补了实验室和实际应用之间的鸿沟。DFE 试验使实际使用中的截留率和存留率合格了,因此我们能够预测最糟糕的流体清洁度平均的清洁度。DFE 试验方法是 Scientific Services Inc(SSI)和 Hy-Pro Filtration 联合首创于 1998。

现行过滤器测试方法

过滤器总成和滤芯的生产厂商在理想的实验室条件采用工业标准测试过滤效率和纳污能力。该测试方法是在 1999 年根据 ISO4572 更新为 ISO16889 多次通过试验协议。此协议提供重复测试方法,在不同测试的情况下时相同的滤芯产生同样的过滤效率。图 1 描述 MIL-H-5606 液压油在一个闭环系统以恒定流量进行测试滤芯,而且在过滤器前后都装有颗粒计数器。在上游颗粒计数器前加入一定量的污染物。一小部分流体被过滤;然后通过过滤器前和后的颗粒计数器计算出过滤效率。过滤效率是在指定的污染颗粒 ($X_{\mu[C]}$) 下通过下述关系公式的 Beta 值来表示:



根据 ISO16889 的过滤效率 Beta 值:

$$\beta_{X[\mu]} = \frac{\text{上游} \geq X_{\mu} \text{污染颗粒数量}}{\text{下游} \geq X_{\mu} \text{污染颗粒数量}}$$

如 $\beta_{7\mu} = 600/4 = 150$, 过滤效率 (Beta): $\beta_{7\mu} = 150$

过滤效率也可表示为百分比:

$\beta_{7\mu} = 150 = (\beta - 1) / \beta \times 100$, 过滤比效率 $\beta_{7\mu} = 150 = (150 - 1) / 150 \times 100 = 99.33\%$
该过滤器在过滤 7μ 或更大的颗粒下过滤效率为 99.33%

DFE 多次通过测试方法

DFE 多次通过测试方法提高了工业标准,其通过引入动态条件下的负载循环并测量在该负载条件下的实时动态条件结果而不是取平均值。DFE 同时也指明实时的截留率,以前滤芯不能正确截留污染物能得到证实。释放截留污染现象被称为卸载,使关键系统受到短时污染。

DFE 测试时循环的条件跟 ISO16889 相似,但流速不是常数,DFE 通过控制流量的变化来保持系统满流量通过滤芯。颗粒计数器一直保持计数颗粒,而计数器之前中间没有油槽,这样确保测试的污染度是真实的。

每次流量变化之前、之中和之后计数器都进行工作,过滤效率也是采用 Beta 值,过滤百分比和每毫升的实际颗粒数表示。在正确时间和不同流量情况下进行快速颗粒计数的 DFE 测试使 Hy-Pro 公司分析和明白每种滤芯的捕获效率和留存率的特点。

DFE 测试方法—定量滤芯截留率和留存率

图 2 表示同一生产厂家两种相同的高效玻纤滤芯的性能，其中一个是根据 ISO16889 多次通过测试，另外一个是根据 DFE 多次通过测试方法、图表表示滤芯在测试时下 $6\mu_{[C]}$ 颗粒的实际数量。

滤芯	A1	A2
过滤比效率	$\beta_{7[C]} > 1000$	$\beta_{7[C]} > 1000$
高流量	112	112
低流量	56	-
污染物 (注入率)	3mg/1	3mg/1

A2 滤芯是在额定流量和保持稳定的过滤效率的测试，A1 滤芯是在最大流量与最小流量之间循环测试。这样 A1 的下游的颗粒是变化的，并且在从最小到最大流量时颗粒数为最大。峰值代表流量变化时的颗粒数，峰谷代表每次流量变化后的颗粒数，变化的峰值代表流量从低到高的变化。当 A1 滤芯拦截的污染物增加，同时流量从低到高时下游的颗粒数量增加。因此 A1 滤芯没有达到正确设计时污染物的留存率，这将会是危险的污染源。

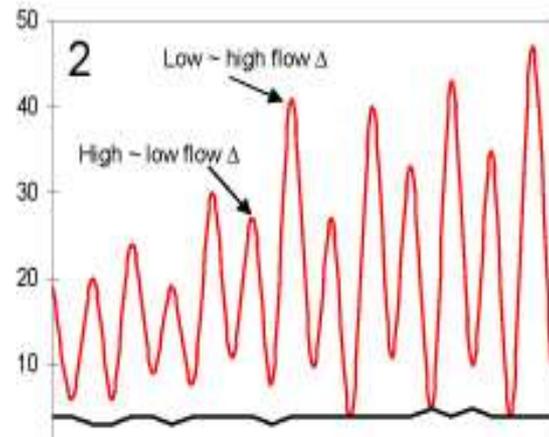
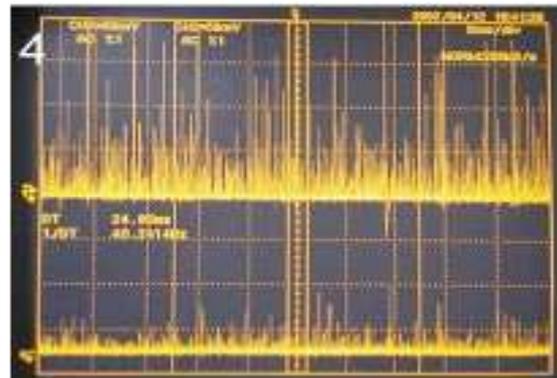
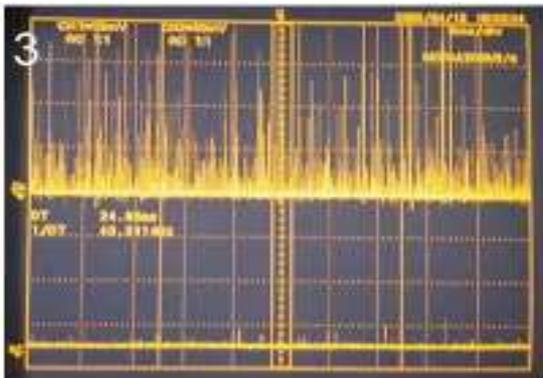


图 3 表示 A1 滤芯在从低流量到高流量变化时上游和下游的原始颗粒数，图 4 表示 A1 滤芯在从低流量到高流量变化时的颗粒数。下游的颗粒数可以表明流量变化时大量的的大颗粒在动态条件下没有通过滤芯，这种现象称之为“污染物卸载”。当滤芯截留更多污染物时，更多数量的污染物将被释放回系统。卸载也可能发生在流速从高到低的变化情况下，在动态条件下滤芯能短暂恢复，但污染物卸载能引起流体的高污染，使系统遭受破坏和系统性能不可靠。



DFE 测试方法—定量滤芯截留率和留存率

滤芯早期的过度的卸载将是滤材失效的象征。图 9 表示滤芯 B 在 ISO16889 多次通过测试的过滤效率 ($\beta_{7[C]} > 1000$)。然而当相同的滤芯在 DFE 多次通过测试下 Beta 值将下降。滤材的选择是基于滤芯生产厂商的 Beta 值。Beta 值是 ISO16889 多次通过的产物而没有考虑到系统流量变化的动态条件。

图 5 表示比较 Hy-Pro 两种相同采用 G7 双层玻纤的性能，所有 Hy-Pro 滤芯采用 G7 或更好的滤材并根据 DFE 多次通过测试来设计和发展的。

滤芯	Hy-Pro1	Hy-Pro2
过滤比效率	$\beta_{7[C]} > 1000$	$\beta_{7[C]} > 1000$
高流量	112	112
低流量	56	-
污染物 (注入率)	3mg/1	3mg/1

虽然污染物卸载影响是明显的，根据 DFE 测试在动态流量条件下 Beta 值与 ISO16889 多次通过测试都是 $\beta_{7[C]} > 1000$ 。

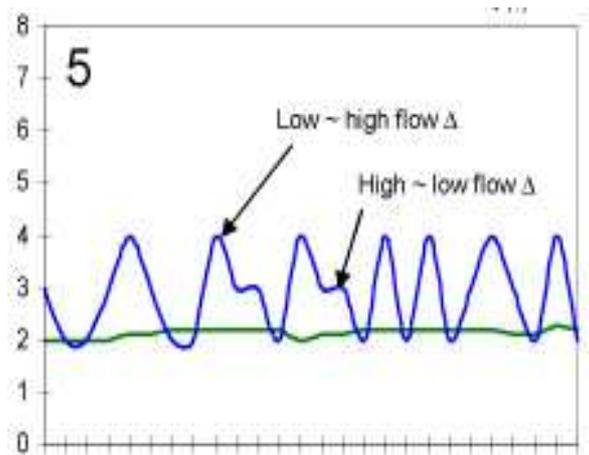
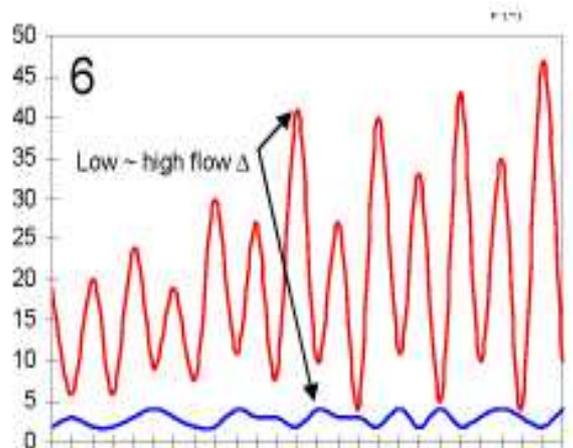


图 6 比较滤芯 A1 和 Hy-Pro (动态条件) 的性能，两种滤芯在 ISO16889 和 DFE 测试下都有优秀的颗粒截留表现，DFE 测试下的 Hy-Pro 滤芯在下游能够更稳定的颗粒计数和在动态流量条件下更一致的过滤效率。颗粒留存率的提高将对系统清洁度变得更可预见性。

滤芯	滤芯 A1	Hy-Pro1
过滤比效率	$\beta_{7[C]} > 1000$	$\beta_{7[C]} > 1000$
高流量	112	112
低流量	56	56
污染物 (注入率)	3mg/1	3mg/1



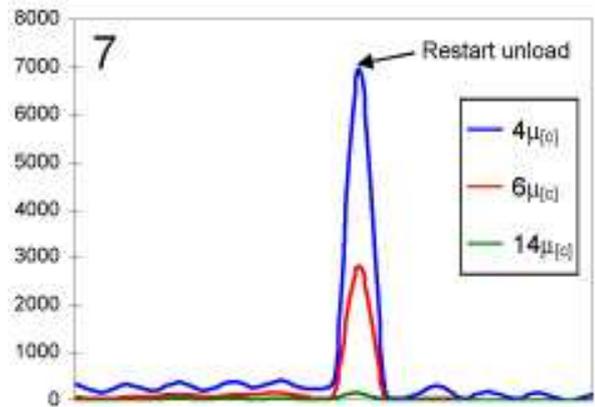
DFE 多次通过测试方法—冷启动污染物存留

一旦滤芯已经截留足够的污染物达到 ΔP 终极值大约是 90% 时，脏的过滤器指示器设定，大流量走到 0，注入系统被关停片刻。主要的流量泵被启动能迅速达到最大的滤芯精度伴随实时实际运转中的颗粒数以测量污染的工作滤芯的存留率。

模拟系统启动以后，系统继续演示测试负载循环来进一步监测重启以后的滤芯存留率，这一部分 DFE 测试的目的是用以量化这种滤芯在重启的状态下，对先前截留的颗粒的纳污容量有多好。重启前的存在也许是时间的原因，或是系统温度的作用用一个带有一定的污染物的滤芯来模拟冷启动。

图 7 和下面的表表述了滤芯的性能，

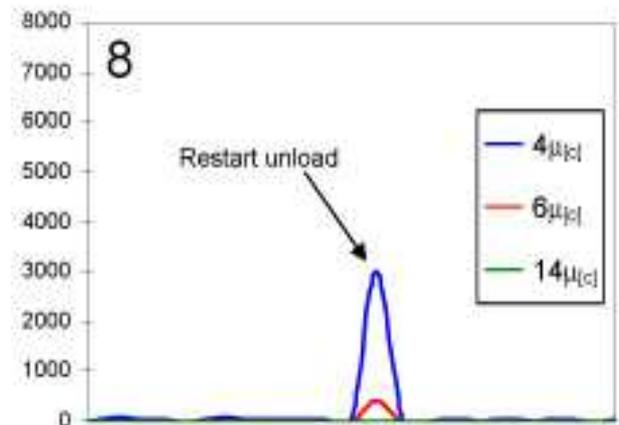
A1, A2 是同一批滤芯，同时做了 DFE 重启测试在重启期间滤器后的 $6\mu(C)$ 颗粒数增长了 20 个按 ISO 标准 $4\mu(c)$ 和 $6\mu(c)$ 颗粒数增长了 4 个在重启试验期间，没有新的污染物被注入所以所测颗粒是已经在系统里的或是滤芯卸载的。结果是由于滤芯的纳污方式不正确而导致了流体高度污染。



下游 滤芯 3	$4\mu_{[C]}$	$6\mu_{[C]}$	$14\mu_{[C]}$	ISO4406:1999
启动前	429	136	25	16/14/12
启动过程中	6973	2802	139	20/18/14

图表 8 和其下面的表

描述的是 Hy-pro 3 滤芯，它和图 5 中的 Hy-pro 1 和 2 是一批。Hy-pro3 滤芯的卸载是明显的，但是影响大大的降低了。滤芯 A3 (图 7) 比 Hy-pro 3 滤芯对 6μ 的卸载大 7 倍甚至更多，在 $14\mu(c)$ 的颗粒上大于等于 35 倍。DFE 精度级的 Hy-pro 滤芯比只按 ISO16889 多次标准设计和标定的滤芯有更高的存留率。



如果我们假设一个滤器像一个黑洞，里面截留了所有的污染物，那我们在运行系统是肯定有虚假的安全感。如果你只讨论滤芯的截留率时，也应该考虑一下它的存留率。

下游 HY-PRO 滤芯 3	$4\mu_{[C]}$	$6\mu_{[C]}$	$14\mu_{[C]}$	ISO4406:1999
启动前	75	10	1	13/11/7
启动过程中	2994	404	4	19/16/9

DFE 和 ISO16889 多次通过测试的比较

图标 9 显示的是三个不同厂商按照 ISO16889 标准生产的滤芯的性能比较. 结果是按时间测算的 beta 值, 滤芯 B 的截留率比 Hy-pro 滤芯好, Hy-pro 滤芯是按 ISO16889 标准并在持续流动的情况下测试的. 所有的滤芯都是在 $\beta_{5(c)} > 200$ 或 1000 的状态下测得的.

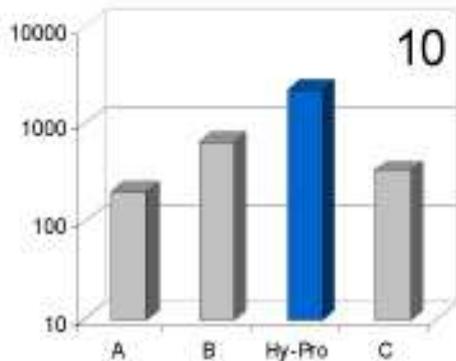
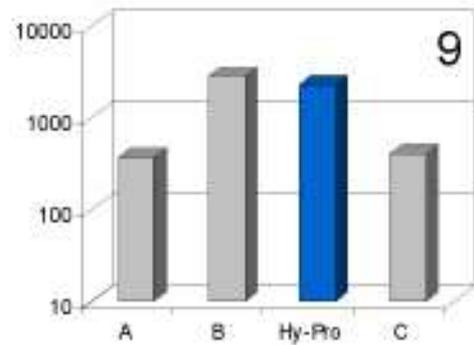
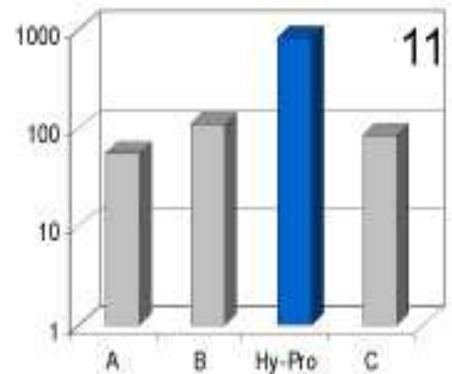


图 10 显示的是按时间并按 DFE 多次通过的标准测得的相同滤芯的性能比较, 为了描述 DFE 和 ISO16889 的不同, 两个试验运行相似只是流速不同. 穿过滤芯的流体上下循环以模拟一个真实的负荷的液压系统. 滤芯 A 和 B 测得的 β 值在 Hy-pro 滤芯和 C 的 β 值以下.

图 11 中, 在流体变化期间取的数值已被隔离然后在瞬间流动间平均产生了一个 β 值. 既然 DFE 试验几经显示出在流动变化期间滤芯的性能是最糟的, 隔绝这些结果能有助于预测动态系统中的性能. 通过这些图表我们可以看到滤器的性能是如何被循环的系统影响着.

滤芯 B 当按照 ISO16889 (图 9) 进行试验时在大于 $\beta_{7(c)} > 2000$ 的颗粒时有一个 β 值. 然而图 11 显示滤芯 B 在各种不同的流体中的平均值是小于 $\beta_{7(c)} > 100$. Hy-pro 滤芯的 β 值大于 $\beta_{7(c)} > 800$, 也是唯一一个 β 值大于 100 的. 图 11 里描述的 Hy-pro 滤芯的性能显示了为什么 Hy-pro 滤芯按照 DFE 试验方法设计和开发.



依据 I S O 16889 来预估滤芯是如何在动态系统中运行, 意思是说我们应该不考虑所有可供信息就决定滤器性能. 目前的对液压润滑系统的滤器性能 (按 ISO16889 标准) 工业标准试验对于预估离线滤器和循环系统是一个好的工具, 但是不能精确的表示动态环境下的液压系统和冷启动下的润滑系统的重要. 确定问题的第一步是了解问题到底出在哪里, 没有 DFE 试验是很难真正预测动态系统中滤器的真正性能的.

了解 ISO 代码 —ISO 标准的清洁度代码（按 ISO4406-1999）用以量化在 3 种尺寸：

4 μ (c), 6 μ (c) 14 μ (c) 每升流体中的颗粒污染度等级。这个 ISO 代码用 3 个数字来表示（如：19/17/14）。每一个数都是一个相关尺寸的颗粒的污染度等级代码。这个代码包括所有的等于大于该尺寸的颗粒。重要的是应该主要每级代码数的增加，颗粒尺寸数量的范围就扩大一倍。

ISO4406: 1999 代码图		
代码	每毫升颗粒	
	更多	等于或小于
24	80000	160000
23	40000	80000
22	20000	40000
21	10000	20000
20	5000	10000
19	2500	5000
18	1300	2500
17	640	1300
16	320	640
15	160	320
14	80	160
13	40	80
12	20	40
11	10	20
10	5	10
9	2.5	5
8	1.3	2.5
7	0.64	1.3
6	0.32	0.64

颗粒尺寸	每 毫 升 颗 粒	ISO 4406 代码 范 围	ISO 代码
4 μ _[c]	151773	80000~160000	24
6 μ _[c]	38363	20000~40000	22
10 μ _[c]	8229		
14 μ _[c]	3339	2500~5000	19
21 μ _[c]	1048		
38 μ _[c]	112		

颗 粒 尺 寸	每 毫 升 颗 粒	ISO 4406 代 码 范 围	ISO 代码
4 μ _[c]	492	320~640	16
6 μ _[c]	149	80~160	14
10 μ _[c]	41		
14 μ _[c]	15	10~20	11
21 μ _[c]	5		
38 μ _[c]	1		

成功的获得系统清洁度等级

开发一种全面的污染度等级控制，从始至终关注流体会导致可靠的工厂运行并能节约成本。要达到全面的污染度等级控制有如下几步：观测调查全部的液压润滑系统，建立油分析计划，对新油要指定等级要求，确定一个基本的每一个系统的污染度等级，对新油和运输后的油要过滤，密封所有的油箱油桶，安装高质量的颗粒和干燥滤清器，加强对现有系统的空气和流体的过滤，用手提或固定的离线设备加强过滤，提高储油桶，运输期间的处理，水的去除，要确定一个污染度等级。

合适的污染度控制和全面的系统清洁度等级控制的花费不会超过当系统的污染度等级失去控制时所需花费的 3%。一定要关注并避免和流体污染度有关的问题产生的资源漏失，要关注的有以下几个问题：

- 停工和生产损失
- 元件的维修与更换
- 缩短的流体使用寿命
- 废弃的材料与供应
- 原因分析会议
- 维修造成的劳动力成本
- 不可靠的机器性能
- 浪费的时间和精力

