



中华人民共和国国家标准

GB/T 18853—2002

液压传动过滤器 评定滤芯过滤性能的多次通过方法

Hydraulic fluid power filters—Multi-pass method for evaluating
filtration performance of a filter element

(ISO 16889:1999, MOD)

2002-10-11 发布

2003-05-01 实施

中华人民共和国
国家质量监督检验检疫总局 发布

目 次

前言	Ⅲ
引言	Ⅳ
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号	2
5 总程序	4
6 试验设备	4
7 测量准确度和试验条件	4
8 过滤器性能试验回路的验证程序	5
9 试验前需要的信息	7
10 试验前的准备工作	7
11 过滤器性能试验	9
12 计算	9
13 数据表达	11
14 标注说明	12
附录 A(规范性附录) 基础试验油液的性能	14
附录 B(资料性附录) 试验系统设计导则	16
附录 C(资料性附录) 计算和图表报告示例	19

前 言

本标准修改采用 ISO 16889:1999《液压传动过滤器 评定滤芯过滤性能的多次通过方法》(英文版)。

本标准采用 ISO 16889:1999 时做了以下修改:

——“2 规范性引用文件”中以及文本中相应提及处,分别以“GB/T 786.1、GB/T 14041.1、GB/T 17446、GB/T 17484、GB/T 17486、GB/T 17489 和 GB/T 18854”代替了 ISO 16889:1999 中的“ISO 1219-1、ISO 2942、ISO 5598、ISO 3722、ISO 3968、ISO 4021 和 ISO 11171”。现行版本 GB/T 786.1—1993 等效采用 ISO 1219-1:1991;GB/T 14041.1—1993 参照采用 ISO 2942:1994;GB/T 17446—1998 等同采用 ISO 5598:1985;GB/T 17484—1998 等同采用 ISO 3722:1976;GB/T 17486—1998 等同采用 ISO 3968:1981;GB/T 17489—1998 等同采用 ISO 4021:1992;GB/T 18854—2002 修改采用 ISO 11171:1999。

——附录 B 的系统原理图中,热交换器符号及特殊功能油箱符号在 GB/T 786.1 中未作规定,故采用了 ISO 16889 中的表达方式,并在标准中增加脚注进一步说明。

——删除了 ISO 16889:1999 中的“附录 D”。因为此项内容对本标准的使用关系不大,且增加了标准的篇幅。

——为便于使用,依据 GB/T 1.1—2000 对 ISO 16889:1999 做了必要的编辑性修改。

本标准的附录 A 是规范性附录。

本标准的附录 B、附录 C 是资料性附录。

本标准由中国机械工业联合会提出。

本标准由全国液压气动标准化技术委员会(CSBTS/TC 3)归口。

本标准起草单位:北京承天倍达过滤技术有限责任公司、中国矿业大学(北京校区)、北京机械工业自动化研究所。

本标准主要起草人:张虎、李方俊、夏志新、吴勇、凌志超。

本标准是首次发布。

引 言

液压传动系统中,液压油的作用之一就是隔开并润滑元件的运动副。固体颗粒污染物的存在必然产生磨损,导致效率降低,缩短元件寿命,进而降低液压系统工作的可靠性。

液压过滤器用来控制液压系统中循环的污染颗粒数量,使油液的污染等级满足液压元件的污染敏感度以及用户需要的可靠性的要求。

为了能够比较过滤器的相关性能,以便选择最合适的过滤器,必须有试验规程。过滤器的性能特性取决于滤芯(它的滤材和几何形状)和外壳(它的结构形状和密封设计)。

实际上,液压油携带污染物连续不断地流经过滤器,直至达到预先设定的极限压降(旁通阀开启压力或者压差指示器设定的压差)。

正常使用寿命(达到极限压降之前)和液压系统中任意点的污染度水平都取决于污染物增加率(侵入率与生成率之和)和过滤器的性能特性。

因此,在实验室中进行的过滤器性能评定试验应该为被试过滤器提供连续的污染物侵入率,并且定时监测过滤器的过滤性能参数。

试验还应具有一定程度的重复性和再现性,标准的试验用污染物为 ISO 12103-1 规定的 ISO 中級试验粉末(ISO 12103-A3)。这种试验粉末具有稳定一致的颗粒尺寸分布,并在世界各地都能购买到。应采用按 GB/T 18854—2002 校准的自动颗粒计数器测量过滤器的上下游颗粒尺寸分布,来确定过滤器的过滤性能。

由于和实际液压系统中的流动变化相一致的循环流动很难规定、实现和校验,所以,在本试验方法中采用稳态工况作为试验工况,以提高试验结果的重复性和再现性。

液压传动过滤器 评定滤芯过滤性能的多次通过方法

1 范围

1.1 本标准规定了：

- 液压传动滤芯在连续污染物注入条件下的多次通过过滤性能试验；
- 测定纳污容量、颗粒滤除特性和压降特性的规程；
- 目前适用于液压传动滤芯的试验。这种滤芯对尺寸小于或等于 $25\ \mu\text{m}$ (c)颗粒的平均过滤比应大于或等于 75,并且试验结束时油箱的重量污染度小于 $200\ \text{mg/L}$;

注：试验设备的流量范围和颗粒尺寸下限通过验证确定。

- 试验应使用 ISO 中级试验粉末和附录 A 规定的油液。

1.2 本标准规定了一个不受静电变化影响的试验方法,试验数据具有再现性,适用于评定液压过滤器滤芯的过滤性能。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本标准,然而,鼓励根据本标准达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本标准。

- GB/T 786.1 液压气动图形符号(eqv ISO 1219-1)
- GB/T 14041.1 液压滤芯结构完整性检验方法(neq ISO 2942)
- GB/T 17446 流体传动系统及元件 术语(idt ISO 5598)
- GB/T 17484 液压油液取样容器 净化方法的鉴定和控制(idt ISO 3722)
- GB/T 17486 液压过滤器 压降流量特性的评定(idt ISO 3968)
- GB/T 17489 液压颗粒污染分析 从工作系统管路中提取液样(idt ISO 4021)
- GB/T 18854 液压传动 液体自动颗粒计数器的校准(ISO 11171:1999,MOD)
- ISO 4405 液压传动 油液污染 用称重法测定颗粒污染度
- ISO 11943 液压传动 在线液体自动颗粒计数系统 校准和验证的方法
- ISO 12103-1 道路车辆 过滤器性能试验粉末 第1部分:Arizona 试验粉末
- ASTMD 4308 用精密仪器测量液体碳氢化合物的电导率的标准试验方法

3 术语和定义

GB/T 17446 确立的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1

污染物注入量 contaminant mass injected

达到极限压降时注入试验系统的指定颗粒污染物的总量。

3.2

压降(Δp) differential pressure

规定条件下测得的被试元件的入口与出口压力之差。见图 1。

3.2.1

洁净过滤器总成压降 clean assembly differential pressure

被试元件为装有洁净滤芯的洁净过滤器,此时测得的入口与出口压力之差。见图 1。

3.2.2

洁净滤芯压降 clean element differential pressure

洁净滤芯所产生的压降,其值等于洁净过滤器总成压降减去壳体压降。见图 1。

3.2.3

过滤器极限压降 final assembly differential pressure

试验结束时的过滤器总压降,等于壳体压降与滤芯极限压降之和。见图 1。

3.2.4

壳体压降 housing differential pressure

过滤器不装滤芯时的压降。见图 1。

3.2.5

滤芯极限压降 terminal element differential pressure

供应商为保证过滤性能而规定的滤芯的最大压降。见图 1。

3.3

静电电导率 rest conductivity

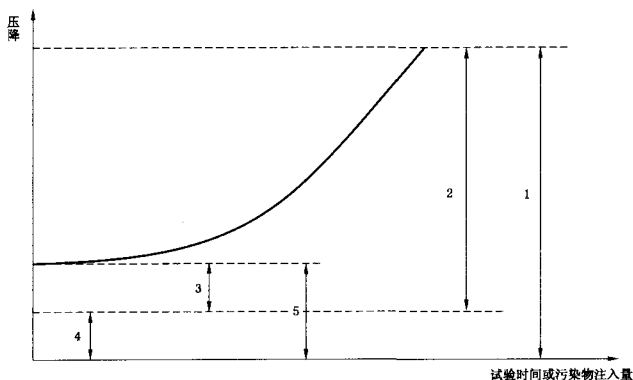
在电极之间加上直流电压之后,电流测量的初始瞬间所对应的电导率。

注:静态电导率等于在没有离子衰竭和极化的情况下,未充电流体的电阻的倒数。

3.4

纳污容量 retained capacity

滤芯达到其极限压降时有效截留的指定颗粒污染物的总量。



- 1 过滤器极限压降(试验结束时);
- 2——滤芯极限压降;
- 3——洁净滤芯压降;
- 4——壳体压降;
- 5——洁净过滤器总成压降。

图 1 多次通过试验的压降定义

4 符号

4.1 图形符号

采用的图形符号符合 GB/T 786.1。

4.2 参量符号

序号	符号	单位	描述或解释
4.2.1	$\bar{A}_{u,x}$	个/mL	尺寸 $\geq x$ 总的上游平均颗粒数
4.2.2	$\bar{A}_{d,x}$	个/mL	尺寸 $\geq x$ 总的下游平均颗粒数
4.2.3 ^a	$\beta_{x(t)}$	—	颗粒尺寸为 x 的过滤比(按 GB/T 18854 校准)
4.2.4	$\beta_{x,t}$	—	颗粒尺寸为 x 、时间间隔为 t 时的过滤比
4.2.5 ^a	$\bar{\beta}_{x(t)}$	—	颗粒尺寸为 x 的平均过滤比(按 GB/T 18854 校准)
4.2.6	C_R	g	纳污容量
4.2.7	G_b	mg/L	上游基本重量污染度平均值
4.2.8	G_b^i	mg/L	上游基本重量污染度预定值
4.2.9	G_i	mg/L	注入重量污染度平均值
4.2.10	G_i^i	mg/L	注入重量污染度预定值
4.2.11	G_{80}	mg/L	在过滤器极限压降的 80% 时, 试验油箱的重量污染度
4.2.12	M	g	需要注入的污染物质量
4.2.13	M_e	g	滤芯纳污容量(注入污染物的质量)的估计值
4.2.14	M_i	g	注入的污染物质量
4.2.15	M_p	g	在滤芯压降为 Δp 时累积注入的污染物质量
4.2.16	n	—	指定时间段的颗粒计数次数
4.2.17	$N_{u,x,i}$	个/mL	第 i 次计数, 尺寸 $\geq x$ 的上游颗粒数
4.2.18	$N_{d,x,i}$	个/mL	第 i 次计数, 尺寸 $\geq x$ 的下游颗粒数
4.2.19	$\bar{N}_{u,x,t}$	个/mL	时间间隔为 t 时, 尺寸 $\geq x$ 的上游颗粒平均数
4.2.20	$\bar{N}_{d,x,t}$	个/mL	时间间隔为 t 时, 尺寸 $\geq x$ 的下游颗粒平均数
4.2.21	p	Pa, kPa, bar	压力
4.2.22	Δp	Pa, kPa, bar	压降
4.2.23	q	L/min	试验流量
4.2.24	q_d	L/min	下游排放和取样流量
4.2.25	q_i	L/min	平均注入流量
4.2.26	q_i^i	L/min	预定的注入流量
4.2.27	q_u	L/min	上游取样流量
4.2.28	t	min	试验时间
4.2.29	t^i	min	预计的试验时间
4.2.30	t_f	min	最终试验时间
4.2.31	t_p	min	滤芯压降达到 Δp 时的试验时间
4.2.32	V_d	L	试验结束时, 注入系统油液体积的测量值
4.2.33	V_u	L	试验开始时, 注入系统油液体积的测量值
4.2.34	$V_{\min}$	L	注入系统油液需要的最小体积
4.2.35	V_{if}	L	试验结束时, 过滤器试验系统油液体积的测量值
4.2.36	V_v	L	注入系统油液的最小有效体积
^a 下标(c)表示过滤比 $\beta_{x(t)}$ 和平均过滤比 $\bar{\beta}_{x(t)}$ 是使用按照 GB/T 18854 校准的颗粒计数器, 采用本标准的试验方法测定的。			

5 总程序

- 5.1 按第 6、7 章设置和维护仪器设备。
- 5.2 按第 8 章验证设备。
- 5.3 按第 9、10、11 章进行试验。
- 5.4 按第 12 章分析试验数据。
- 5.5 按第 13 章表达第 10、11、12 章的试验数据。

6 试验设备

- 6.1 合适的计时器。
- 6.2 液体自动颗粒计数器,按照 GB/T 18854 校准。
- 6.3 ISO 中级试验粉末(ISO 12103-A3),符合 ISO 12103-1 的规定。将 200 g 以内的粉末,在 110℃~150℃ 的温度下进行干燥,干燥时间不少于 1 h。在用于试验系统前,先将 ISO 中级试验粉末掺入试验油液中,并进行机械搅动,然后以 $3\,000\text{ W/m}^2\sim 10\,000\text{ W/m}^2$ 的功率密度进行超声分散。

注:要购买 ISO 12103-A3 试验粉末,可以与 ISO 秘书处联系或者通过全国液压气动标准化技术委员会秘书处与之联系。

- 6.4 在线颗粒计数系统及必要时采用的稀释系统,按照 ISO 11943 验证。
- 6.5 取样瓶,用于收集液样进行重量污染度分析。每毫升取样瓶容积中大于 $6\text{ }\mu\text{m}(c)$ 的颗粒污染物应少于 20 个,按照 GB/T 17484 检验。
- 6.6 石油基试验油液,应符合附录 A 的规定。

注 1:根据目前的经验和其他过滤器标准,并考虑到试验油液在世界范围内可获得性,采用上述严格控制的液压油液,试验结果有较好的再现性。

注 2:如果试验油液中添加抗静电添加剂,可能会影响试验结果。

- 6.7 过滤器性能试验回路,由“过滤器试验系统”和“污染物注入系统”组成。
 - 6.7.1 过滤器试验系统包括:
 - a) 油箱、泵和能够按试验规程调节流量、压力、体积的油液调节元件和检测仪表,应满足第 8 章规定的要求;
 - b) 系统净化过滤器,能够提供表 2 规定的系统初始污染度;
 - c) 系统结构,对试验中将达到的污染度相对不敏感;
 - d) 系统结构,在预期的试验时间内不会改变试验污染物的尺寸分布;
 - e) 测压点,符合 GB/T 17486;
 - f) 被试过滤器上游和下游的取样部分,符合 GB/T 17489。
 - 6.7.2 污染物注入系统包括:
 - a) 油箱、泵和能够按试验规程调节流量、压力、体积的油液调节元件和检测仪表,应满足第 8 章规定的要求;
 - b) 系统结构,对试验中将达到的污染度相对不敏感;
 - c) 系统结构,在预期的试验时间内不会改变试验污染物的尺寸分布;
 - d) 油液取样部分,符合 GB/T 17489。
- 6.8 滤膜及其相关的试验设备,应按照 ISO 4405 的规定进行重量分析。

7 测量准确度和试验条件

- 7.1 调节并保持仪器精度和试验条件在表 1 规定的范围内。
- 7.2 根据不同的试验条件,试验参数应保持在表 2 给定的范围内。

表 1 仪器精度和试验条件的变化范围

试验参数		SI 单位	仪器读数精度(±)	允许的试验条件变化范围(±)
电导率		pS/m	10%	—
压降		Pa, kPa 或 bar	5%	—
上游基本重量污染度		mg/L	—	10%
流量	注入流量	mL/min	2%	5%
	试验流量	L/min	2%	5%
	APC 传感器流量	L/min	1.5%	3% ^a
运动黏度 ^b		mm ² /s	2%	1 mm ² /s
质量		g	0.1 mg	—
温度		°C	1°C	2°C ^c
时间		s	1 s	—
体积	注入系统	L	2%	—
	过滤器试验系统	L	2%	5%
^a 包括传感器流量变化在内的两个传感器之间的总体流量偏差应在 10% 以内。				
^b 1 mm ² /s = 1 cSt。				
^c 或根据黏度允许的变化范围来确定。				

表 2 试验条件

过滤器试验条件	试验条件 1	试验条件 2	试验条件 3
过滤器试验系统的初始污染度	对于要计数的最小尺寸颗粒,其数量应少于表 3 给定的最小值的 1%		
注入系统的初始污染度	低于注入重量污染度的 1%		
上游基本重量污染度/(mg/L) ^a	3±0.3	10±1.0	15±1.5
推荐采用的颗粒计数尺寸 ^b	最少选择 5 个过滤比范围在 $\beta=2$ 到 $\beta=1\,000$ 之间的颗粒尺寸来覆盖过滤器的性能。典型颗粒尺寸为:(4、5、6、7、8、10、12、14、20、25、30) $\mu\text{m(c)}$		
取样和计数方法	在线自动颗粒计数		
^a 当比较两个过滤器的试验结果时,上游基本重量污染度应该相同。			
^b 对于精过滤器,低过滤比($\beta=2,10\cdots$)的颗粒尺寸可能无法选择。对于粗过滤器,高过滤比($\beta=\cdots,200,1\,000$)的颗粒尺寸可能无法选择。			

8 过滤器性能试验回路的验证程序

注:这些验证程序揭示了过滤器性能试验回路能否有效地防止污染物的沉降和污染物尺寸的改变。

8.1 过滤器试验系统的验证

8.1.1 在过滤器试验系统的最小工作流量下进行验证。验证时,用一个导管代替过滤器外壳。

8.1.2 调节试验系统(不包括净化过滤器回路)的油液总体积,使其介于在最小流量下每分钟流过体积的 1/4~1/2 之间,但不能低于 5 L。

注 1:如果流量小于等于 60 L/min,建议验证系统的油液总体积等于在最小流量下每分钟流过体积的 50%。如果流量大于 60 L/min,建议验证系统的油液总体积等于在最小流量下每分钟流过体积的 25%。

注 2:这是过滤器试验规程所要求的容积流量比(参考 10.3.4)。

8.1.3 在各种试验条件(1,2,3)下,注入 ISO 12103-A3 试验粉末,使系统油液达到表 2 所要求的上游

基本重量污染度。

8.1.4 验证通过每个颗粒计数传感器的流量等于该传感器校准时的流量，二者之间的差值应在表 1 给定的范围内。

8.1.5 使油液在试验系统中循环 1 h，同时连续地从上游取样进行自动在线颗粒计数 60 min。在验证过程中，取样液流不能中断。

8.1.6 在 60 min 试验期间内，以少于 1 min 的相等时间间隔，记录表 2 给定尺寸颗粒的在线计数累积积值。

8.1.7 满足以下条件，认为试验系统合格：

- a) 每一取样间隔内的给定尺寸颗粒数，都不得偏离所有取样间隔内这个尺寸颗粒数的平均值的 15%；
- b) 每毫升所有尺寸颗粒的累积计数平均值都应在表 3 允许的范围之内。

8.1.8 在线颗粒计数系统及必要时采用的稀释系统，按照 ISO 11943 验证。

表 3 每毫升累积颗粒数允许值

颗粒尺寸/ $\mu\text{m}(\text{c})$	试验条件 1 (3 mg/L)		试验条件 2 (10 mg/L)		试验条件 3 (15 mg/L)	
	最小	最大	最小	最大	最小	最大
1	104 000	128 000	348 000	426 000	522 000	639 000
2	26 100	31 900	86 900	10 600	130 000	159 000
3	10 800	13 200	36 000	44 000	54 000	66 000
4	5 870	7 190	19 600	24 000	29 400	35 900
5	3 590	4 390	12 000	14 600	17 900	22 000
6	2 300	2 830	7 690	9 420	11 500	14 100
7	1 510	1 860	5 050	6 190	7 570	9 290
8	1 010	1 250	3 380	4 160	5 080	6 230
10	489	609	1 630	2 030	2 460	3 030
12	265	335	888	1 110	1 340	1 660
14	160	205	536	681	810	1 020
20	46	64	155	211	237	312
25	16	27	56	86	87	126
30	6	12	21	40	34	58
40	1.1	4.5	4.4	14.2	7.9	20
50	0.15	2.4	1.0	7.6	2.4	11

8.2 污染物注入系统的验证

8.2.1 在最大重量污染度、最大注入系统容积、最小注入流量及要求的试验时间内，验证污染物注入系统。在要求的试验时间内应将注入系统的可用油液全部用完。

8.2.2 准备好污染物注入系统，包括要求的试验污染物总量和与系统结构相适应的油液体积。

注：在准备污染物注入系统时用到的所有附属规程都是验证规程的一部分。如果这些附属规程有所改变，就需要重新验证系统。

8.2.3 加入试验粉末，循环至少 15 min。

8.2.4 启动污染物注入系统，将流出的油液收集于注入系统之外。与此同时，采集注入油液的初始油

样,并测量注入流量。

8.2.5 注入流量与其期望值的偏差应保持在 $\pm 5\%$ 之内。

8.2.6 在 30 min、60 min、90 min 和 120 min 时,或根据注入系统中油液的消耗速率确定的至少四个相等的时间间隔,对注入液体进行取样并测量注入流量。

8.2.7 按照 ISO 4405 对 8.2.6 的每个油样进行重量污染度分析。

8.2.8 在验证试验结束时,测量污染物注入系统的油液体积,该体积为注入系统的最小有效体积 V_v 。

8.2.9 当每个油样的重量污染度与 8.2.1 规定的重量污染度的差别在 $\pm 10\%$ 之内,且各个油样之间的偏差不得超过平均值的 $\pm 5\%$ 时,认为验证合格。

8.2.10 当每次测量的注入流量与 8.2.1 规定的注入流量的差别在 $\pm 5\%$ 之内,且各次测量的注入流量之间的偏差不得超过平均值的 $\pm 5\%$ 时,认为验证合格。

8.2.11 当注入系统的剩余油液体积(8.2.8)加上平均注入流量(8.2.10)与总的注入时间(8.2.6)的乘积,对初始油液体积(8.2.2)的偏差小于 $\pm 10\%$,认为验证合格。

9 试验前需要的信息

采用本标准对特定滤芯进行试验前需要下列信息:

- a) 结构完整性试验压力(见 GB/T 14041.1);
- b) 滤芯试验流量;
- c) 滤芯极限压降;
- d) 指定过滤比的颗粒尺寸估计值;
- e) 滤芯纳污容量(注入质量)的估计值(M_e)。

10 试验前的准备工作

10.1 被试过滤器的装配

10.1.1 保证试验油液不会旁通被试滤芯。

10.1.2 按照 GB/T 14041.1 对被试滤芯进行结构完整性试验。

注 1: 结构完整性试验可以采用 6.6 使用的试验油液。

注 2: 如果滤芯不易取出,例如旋装式滤芯结构,结构完整性试验可以在多次通过试验之后将滤芯移出进行。但是必须注意,此时所测得的较低的第一个冒泡点未必就是试验开始时的值。

注 3: 如果滤芯达不到起码的指定试验压力,则不应进行以后的试验。

注 4: 试验滤芯中的液体蒸发后才能安装到被试过滤器滤壳中。

10.2 污染物注入系统

10.2.1 从表 2 选择一个上游基本重量污染度预定值(G_b'),通过下式计算预计的试验时间(t'),预计的试验时间最好在 1 h~3 h 的范围内。

$$t' = \frac{1\,000 \times M_e}{G_b' \times q} \quad \dots\dots\dots (1)$$

注 1: 如果厂家没有提供被试滤芯的估计纳污容量,则可试验另外一个滤芯以确定纳污容量。

注 2: 只要试验条件 1、2、3 能够满足,预计的试验时间小于 1 h 或者大于 3 h 都是允许的。

10.2.2 根据预计的试验时间(t')和预定的注入流量(q_i'),应用下式计算注入系统运转所需要的最小体积:

$$V_{\min} = (1.2 \times t' \times q_i') + V_v \quad \dots\dots\dots (2)$$

注 1: 由上式计算的体积,将保证被试滤芯所需要的足够的污染油液体积。增加的 20% 体积足以进行试验系统的循环。注入系统也可以具有更大的体积。

注 2: 注入流量通常为 0.25 L/min,该流量保证了从过滤器试验系统下游排出的取样液流对试验结果不会有较大的影响。只要上游基本重量污染度保持恒定,可以采用较大或较小的注入流量。注入流量应大于或等于 8.2.5

使用的流量。

10.2.3 用下式计算注入系统油液的重金属污染度预定值(G'_i)。

$$G'_i = \frac{G_b' \times q}{q_i'} \dots\dots\dots (3)$$

10.2.4 调节污染物注入系统初始的总体积(V_{i0}),使之达到 10.2.2 选定的值,并记录到图 2 的表中。初始的总体积(V_{i0})应在试验温度下测量。

10.2.5 用下式计算污染物注入系统需要注入的污染物质量(M)。

$$M = \frac{G'_i \times V_{i0}}{1\,000} \dots\dots\dots (4)$$

10.2.6 在向污染物注入系统加入 ISO 12103-A3 试验粉末之前,验证油液本底污染度低于表 2 所示的值。

10.2.7 用与污染物注入系统验证(8.2)相同的方法,向污染物注入系统体积为 V_{i0} 的油液中加入质量为 M (10.2.5)的 ISO 12103-A3 试验粉末。

10.2.8 在试验温度下调节注入流量,使其与 10.2.2 预定值(q_i')的差不超过 $\pm 5\%$,并在整个试验过程中保持在这个范围内。记录在图 2 的表中。

10.2.8.1 在准备阶段,注入系统取样油液直接回到注入系统油箱。

10.3 过滤器试验系统

10.3.1 将滤壳(不装试验滤芯)安装到过滤器试验系统中,并将空气排尽。

10.3.2 检查试验油液的静态电导率,使之保持在 1 000 pS/m~10 000 pS/m 的范围内(参考 ASTM D4308)。可以通过加入抗静电添加剂来实现。

警告:加入抗静电添加剂可能影响试验结果。

10.3.3 在额定流量和能够使油液黏度保持在 15 mm²/s $\pm$ 1.0 mm²/s 的油液温度下,循环过滤器试验系统中的油液。记录油液温度并按照 GB/T 17486 记录壳体压强。

10.3.4 调节过滤器试验系统(不包括净化过滤器回路)的油液总体积,使其在指定的过滤器试验流量下每分钟流过体积的 1/4(25%)~1/2(50%)之间,但不能低于 5 L。

注 1:如果流量小于等于 60 L/min,建议过滤器试验系统的油液总体积等于每分钟流过体积的 50%。如果流量大于 60 L/min,建议过滤器试验系统的油液总体积等于每分钟流过体积的 25%。

注 2:试验结果的重复性要求系统容积保持恒定。系统容积流量比确定在 1:4~1:2 之间,是为了使油箱的几何尺寸和使油液在油箱内达到最佳混合状态所需的试验油液体积减至最小。

10.3.5 系统油液的初始污染度不得高于表 2 规定的值。

10.3.6 进行在线自动颗粒计数

10.3.6.1 调节上、下游取样流量,达到与取样规程相一致的上游初始值;调整下游排放和取样流量(q_d),使之与注入流量的偏差小于 $\pm 5\%$ 。在整个试验过程中保持两个取样点的流量不间断。

10.3.6.2 如果在线自动颗粒计数需要稀释,则调节上、下游的稀释流量,使在试验结束时通过颗粒计数器的流量和浓度仍然符合颗粒计数器的要求。

注:上、下游传感器的流量必须设置并保持 8.1.4 和表 1 规定的范围内。

10.3.6.3 被试过滤器上游未稀释和未过滤的取样油液直接回试验油箱。

注 1:如果上游取样油液在自动颗粒计数过程中被稀释或过滤,则被稀释或过滤的油液应收集到过滤器试验系统之外。

注 2:如果上游取样油液被稀释或过滤,则下游排出系统的取样流量应减小,减小量为排出系统外的上游取样流量值。这有助于保证系统油液体积与其初始值的差控制在 $\pm 5\%$ 之内。

10.3.7 调整颗粒计数器的阈值,使之对应选定的颗粒尺寸(见表 2)。

11 过滤器性能试验

11.1 将滤芯安装在滤壳内,然后将试验系统调整到规定的试验状态(试验流量和试验温度,试验温度按 10.3.3 规定,以保证油液粘度在 $15 \text{ mm}^2/\text{s} \pm 1.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ 范围内),并重新检查液位。

11.2 测量并记录洁净过滤器总成压降,计算并记录洁净滤芯的压降(洁净过滤器总成压降减去按 10.3.3 测得的壳体压降)。

11.3 计算过滤器极限压降(滤芯极限压降加上壳体压降)。

11.4 用在线颗粒计数器从被试过滤器的上游测量并记录系统初始污染度。

11.5 如果上游污染度低于表 2 规定的值,旁通系统的净化过滤器。

11.6 从污染物注入系统取样,并标上“注入系统重量污染度初始油样”。

11.7 测量并确认注入流量。

注:试验过程中要求连续测量注入流量,以保证注入流量保持在规定值范围内。

11.8 按下列步骤进行过滤器试验:

11.8.1 让污染注入油液流入过滤器试验系统的油箱中。

11.8.2 启动定时器。

11.8.3 排出试验系统下游排放和取样流量(q_d),以保持稳定的系统油液体积($\pm 5\%$)。见 10.3.6.1。

11.9 以小于 1 min 的相等时间间隔,对上、下游油液进行在线颗粒计数并记录,直到通过过滤器的压降达到 11.3 计算的极限值。

注 1:通过上、下游传感器的流量应等于 10.3.6 选定的值,并在表 1 的变化范围之内。

注 2:在整个试验过程中应该能够监测和记录通过传感器的流量,并保持在表 1 的变化范围之内。

注 3:应根据需要进行在线稀释,以避免超出按 GB/T 18854 测定的自动颗粒计数器的重合误差极限。

注 4:建议控制并记录流量和稀释比,以便计算每次通过传感器的精确体积。

注 5:建议最小测量体积为 10 mL,以获得有效的统计颗粒数。

11.10 在整个试验过程中,记录每次计数开始时的过滤器压降。

注:建设采用压降传感器进行连续的压降测量。

11.11 当被试过滤器达到极限压降的 80%时,从被试过滤器上游取样,以便进行重量污染度分析。

11.12 当被试过滤器达到极限压降时,按下列步骤结束试验:

11.12.1 记录试验最终时间。

11.12.2 切断流向过滤器试验系统的注入流量。

11.12.3 关掉通过被试过滤器的流量。

11.13 测量并记录试验结束时过滤器试验系统的油液体积 V_{tf} 。

11.14 测量并记录试验结束时污染物注入系统的油液体积 V_{if} 。

11.15 从污染物注入系统中取最后液样,以便进行重量污染度分析。

11.16 核查被试滤芯没有可见的损坏迹象,作为完成此项试验的结果。

注:尽管在试验之前的安装和试验程序已检验合格,但当说明试验圆满完成的結果时,核查是可取的方式。

12 计算

12.1 确定 10 个报告时间,分别等于最终试验时间(11.12.1)的 10%,20%,...100%,并将这些时间记录到图 2 的表中。

12.2 根据每个报告时间前、后最相近的测量压降,采用线性插值来计算对应于这个报告时间的过滤器压降。100%时间点的压降采用过滤器极限压降。

12.3 计算并记录图 2 报告表中所给出的每个报告时间的滤芯净压降,滤芯净压降等于对应于每个报告时间的过滤器压降减去壳体压降。

12.4 对于试验过程中得到的每一次颗粒计数(11.9),用原始计数值除以油液体积,计算对应每一尺寸的每毫升累积颗粒数值。如果进行了稀释,则相应调整。

12.5 用下列公式分别计算 10 个报告时间(t)的每个颗粒尺寸(x)的上游平均颗粒数和下游平均颗粒数。

$$\bar{N}_{u,x,t} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{u,x,i}}{n} \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$\bar{N}_{d,x,t} = \frac{\sum_{i=1}^n N_{d,x,i}}{n} \quad \dots\dots\dots (6)$$

其中: n ——该报告时间段的计数次数。

计算时应注意下述说明:

12.5.1 删除试验时间分别为 1 min、2 min、3 min 时的三次颗粒计数值。

注:删除这些颗粒计数值是为了消除系统稳定前所得到的具有潜在错误的颗粒计数值。

12.5.2 利用上面的公式计算第一个报告时间(10%)的颗粒数平均值,对由 12.4 获得的第一个报告时间之前的所有上、下游颗粒数(上面删除的前三个颗粒数除外)分别求平均值。把这些平均值记录在图 2 的报告中。

注:如果整个试验时间少于 30 min,则可能没有报告时间为 10%的颗粒计数值,将这一项留作空白。

12.5.3 对于第二个报告时间(20%)的颗粒数平均值,对由 12.4 获得的第一个报告时间之后、第二个报告时间之前的所有上、下游颗粒数分别求平均值。把这些平均值记录在图 2 的报告中。

12.5.4 对于第三个到第十个报告时间(30%~100%)的颗粒数平均值,按照与 12.5.3 相似的方法用每个报告时间间隔的颗粒数计算平均值。把这些平均值记录在图 2 的报告中。

12.6 分别计算 10 个报告时间的过滤比($\beta_{x,t}$),过滤比($\beta_{x,t}$)等于对应报告时间的每个尺寸 x 的上游平均颗粒数除以下游平均颗粒数(见下式)。取三位有效数字记录到图 2 给出的报告中(如:1.75;20.1;300)。

$$\beta_{x,t} = \frac{\bar{N}_{u,x,t}}{\bar{N}_{d,x,t}} \quad \dots\dots\dots (7)$$

应计算平均颗粒数,并根据平均颗粒数计算平均过滤比(β 值),无论如何过滤比 β 本身都不能作平均计算。

12.7 将对应于 12.6 的 10 个记录时间的 10 个平均颗粒数作平均,计算整个试验总的上、下游平均颗粒数(见下式)。记录到图 2 给出的报告中。

$$\bar{\bar{A}}_{u,x} = \frac{\sum_{t=10}^{100} \bar{N}_{u,x,t}}{10} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\bar{\bar{A}}_{d,x} = \frac{\sum_{t=10}^{100} \bar{N}_{d,x,t}}{10} \quad \dots\dots\dots (9)$$

其中: t ——10 个报告时间间隔,取值 10~100。

12.8 用下式计算总的平均过滤比($\beta_{x(c)}$),总的平均过滤比等于每个尺寸 $x \mu\text{m}(c)$ 的总的上游平均颗粒数除以总的下游平均颗粒数。

$$\beta_{x(c)} = \frac{\bar{\bar{A}}_{u,x}}{\bar{\bar{A}}_{d,x}} \quad \dots\dots\dots (10)$$

注:下标(c)表示过滤比 $\beta_{x(c)}$ 是基于本标准试验方法,并采用了按照 GB/T 18854 校准的颗粒计数器。

应计算平均颗粒数,并根据平均颗粒数计算平均过滤比(β 值),无论如何过滤比 β 本身都不能作平

均计算。

12.9 对从污染物注入系统取得的两个油样(11.6 和 11.15)进行重量污染度分析。报告数据精确到 0.1 mg/L。(见 ISO 4405)。

12.9.1 计算污染物注入系统的这两个重量污染度的平均值(G_i)。

12.9.2 当注入系统每个油样的重量污染度与上述平均值的差值小于 $\pm 5\%$,认为试验合格。

注:如果注入系统平均重量污染度 G_i 与 10.2.3 选定的重量污染度 G_i' 相差超过 5%,则重新进行重量分析。如果重新分析结果仍超过 5%,则建议重新进行 8.2 污染物注入系统有效性的验证。

12.10 对 80%净压降时取的上游油样(11.11)进行三次重量污染度分析。分析结果的平均值作为系统的最终重量污染度进行记录,报告数据精确到 0.1 mg/L。

注:最终油样定在 80%净压降时抽取是因为取样时间通常与试验结束时间重合。

12.11 用下式计算并记录平均注入流量(q_i)。平均注入流量(q_i)等于试验开始时注入系统的体积与试验结束时注入系统的体积差与最终试验时间之比。

$$q_i = \frac{V_{ii} - V_{if}}{t_i} \quad \dots\dots\dots (11)$$

当该值与 12.2.2 选定值的差别小于 $\pm 5\%$,认为试验合格。

12.12 用下式计算并记录上游基本平均重量污染度(G_b)。

$$G_b = \frac{G_i \times q_i}{q} \quad \dots\dots\dots (12)$$

当该值等于表 2 指定的上游基本重量污染度时,认为试验合格。

13 数据表达

13.1 根据本标准评定的滤芯性能试验报告至少应包含下列信息。

给出图 2 报告表中包含的全部试验结果和计算结果。应采用给出的报告表形式。

13.2 由达到极限压降时的实际试验时间(t_i)、注入系统的平均重量污染度(G_i)和平均注入流量(q_i),按下式计算滤芯的 ISO 12103-A3 中级试验粉末注入总量(M_i)。

$$M_i = \frac{G_i \times q_i \times t_i}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (13)$$

用下式计算并报告对 ISO 12103-A3 试验粉末的纳污容量,圆整到两位有效数字。

$$C_R = M_i - \frac{G_{80} \times V_i}{1\,000} - \frac{q_d \times t_i \times (G_{80} - G_b)}{1\,000} - \frac{q_u \times t_i \times (G_{80} + G_b)/2}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (14)$$

注 1:上式是从 ISO 12103-A3 注入量减去一部分得到的。

注 2:从污染物注入量减去的三项分别表示:(1)试验结束时留在试验系统中的污染物重量;(2)从被试过滤器下游取样口排出的污染物估计值, $(G_{80} - G_b)$ 是被试过滤器的下游重量污染度的保守估计值;(3)从上游取样口排出的污染物估计值, $(G_{80} + G_b)/2$ 是上游平均重量污染度的估计值。如果上游取样液流回油箱而不是排出,将式中最后一项去掉。

13.3 将 12.9、12.10 算出的重量污染度写入报告。

13.4 用下式计算 ISO 12103-A3 试验粉末污染物注入量,并将压降与污染物注入量计算结果记录到图 2 的报告表中,且将二者的关系曲线绘制在线性坐标系中。

$$M_p = \frac{G_i \times q_i \times t_p}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (15)$$

其中: M_p ——在压降为 ΔP 、时间为 t_p 时累积加入的污染物质量。

13.5 在半对数坐标系中绘制平均过滤比 β 和颗粒尺寸的关系曲线。 β 值在对数坐标轴上,其最大值为 100 000。

注:当 $\beta_{x(tc)}$ 为 ∞ (下游颗粒数为 0) 时,取 $\beta_{x(tc)} = 100\,000$ 。

13.6 分别计算平均过滤比为 2、10、75、100、200、1 000 时的颗粒尺寸(微米值),并记录在图 2 的报告

表中。计算方法采用内插值法,即在过滤比对颗粒数的半对数坐标图的两点连接直线上作内插值计算。不得采用外推法。

注1:对于许多过滤器来说,上面每一个 β 值对应的颗粒尺寸都不能用内插值法求得。在这种情况下应注明,这些不能求得的颗粒尺寸值是小于计数的最小颗粒尺寸还是大于计数的最大颗粒尺寸。试验报告中至少应有两个或者更多相邻的过滤比对应的颗粒尺寸值。

注2:颗粒尺寸微米值的内插值计算,采用下列公式。对于给定的过滤比 $\beta_{x(c)}$,颗粒尺寸内插值 $x \mu\text{m}(c)$ 落在13.5给出的图上两点之间(分别对应的过滤比和颗粒尺寸为 $\beta_{x_1}, \beta_{x_2}, x_1, x_2$)。

$$x = \frac{(x_1 - x_2) \times \lg(\beta_{x(c)}/\beta_{x_1})}{\lg(\beta_{x_1}/\beta_{x_2})} + x_1 \quad \dots\dots\dots (16)$$

注3:若 β 值大于100 000,上式中取100 000。

13.7 在半对数坐标图上绘制每一颗粒尺寸的平均过滤比与试验时间百分比的关系曲线。 β 值为对数坐标。

13.8 在lg-lg坐标图上绘制每一颗粒尺寸的平均过滤比与滤芯压降的关系曲线。 β 值为纵坐标。

13.9 记录与试验有关的所有物理量。

14 标注说明(引用本标准)

当完全遵照本标准时,在试验报告、产品目录和销售文件中可作如下说明:

“过滤性能试验数据的评定方法符合GB/T 18853—2002,液压传动过滤器 评定滤芯过滤性能的多次通过方法(ISO 16889—1999,MOD)”。

实验室: _____ 试验日期: _____ 操作人员: _____

过滤器和滤芯的标识

滤芯标识: _____ 滤芯壳标识: _____
旋装式:是/否 _____ 滤芯最小冒泡点(Pa): _____

试验条件

试验油液			
类型: _____ 型号: _____ 批号: _____			
试验温度下的黏度(mm^2/s): _____ 温度($^{\circ}\text{C}$): _____			
抗静电:是/否 _____ 抗静电添加剂类型: _____ 电导率(pS/m): _____			
试验污染物			
类型: ISO 12103-A3 试验粉末 批号: _____			
试验系统			
流量 $q(\text{L}/\text{min})$: _____ 初始体积(L): _____			
上游基本浓度 $G_0(\text{mg}/\text{L})$: _____ 最终体积(L): _____			
注入系统			
注入参数	初始	最终	注入参数平均值
系统体积/L			注入流量 $q_i/(\text{L} \cdot \text{min}^{-1})$
污染浓度 $G_i/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$			污染浓度 $G_i/(\text{mg} \cdot \text{L}^{-1})$
计数系统	计数器和传感器		流量 $/(\text{mL} \cdot \text{min}^{-1})$
上游			
下游			
计数器校准方法: _____ 计数器校准日期: _____			

图2 滤芯多次通过试验报告表

试验结果

滤芯结构完整性

根据 GB/T 14041.1 测定的冒泡点(Pa): _____ 浸湿液体: _____

压降

壳体压降(kPa): _____ 洁净过滤器总成压降(kPa): _____

洁净滤芯压降(kPa): _____ 滤芯极限压降(kPa): _____

压降与污染物注入量的对应关系

时间间隔	试验时间/ min	滤芯压降/ kPa	注入质量/g	时间间隔	试验时间/min	滤芯压降/ kPa	注入质量/ g
10%				60%			
20%				70%			
30%				80%			
40%				90%			
50%				100%			

纳污容量

注入的 ISO 12103-A3 试验粉末总量 $M(g)$: _____ 纳污容量 $C_R(g)$: _____压降为 80% 时的上游浓度 $G_{80}(mg/L)$: _____过滤比 $\beta_{x(c)}$

平均过滤比	2	10	75	100	200	1 000
颗粒尺寸/ $\mu m(c)$						

颗粒计数(每 mL)和过滤比

时间间隔	$d^* >$ $\mu m(c)$	β	$d^* >$ $\mu m(c)$	β	$d^* >$ $\mu m(c)$	β	$d^* >$ $\mu m(c)$	β	$d^* >$ $\mu m(c)$	β	$d^* >$ $\mu m(c)$	β
上游初始												
10% 上游												
10% 下游												
20% 上游												
20% 下游												
30% 上游												
30% 下游												
40% 上游												
40% 下游												
50% 上游												
50% 下游												
60% 上游												
60% 下游												
70% 上游												
70% 下游												
80% 上游												
80% 下游												
90% 上游												
90% 下游												
100% 上游												
100% 下游												
上游平均												
下游平均												

a 测量的颗粒直径。

图 2 (续)

附录 A
(规范性附录)
基础试验油液的性能

A.1 矿物基础油液的性能

——倾点(最大值)	—60℃
——闭口闪点(最小值)	82℃
——酸值或碱值(最大值)	0.10 mg KOH/g

A.2 添加剂

- 改善黏温系数的添加剂:不超过20%(按质量)
 - 抗氧化剂:不超过2%(按重量)
 - 抗磨添加剂,例如三甲苯磷:(0.5 ± 0.1)%(按质量)
- 注:当使用三甲苯磷时,正异构体的最大含量为1%(按质量)。

A.3 成品油的性能

——黏度:40℃时(最小值)	13.2 mm ² /s
100℃时(最小值)	4.9 mm ² /s
——50℃时(最大值)	2 500 mm ² /s
——40℃时(最大值)	600 mm ² /s
——倾点(最大值)	—60℃
——闭口闪点(最小值)	82℃
——酸值或碱值(最大值)	0.20 mg KOH/g
——橡胶溶胀,标准合成橡胶	19%~30%
——蒸发损失(最大值)	20%
——铜片腐蚀(ASTM ¹⁾ 标准,最大值)	No. 2e
——含水量(最大值)	100 μg/g
——钢对钢磨损(平均磨痕,最大直径)	1 mm
——氯(最大值)	50 μg/g

A.4 成品油的颜色

采用清澈透明的油液和含有红色颜料的油液。为便于识别而加入的红色颜料与油液的比例不超过1:10 000(按重量)。

A.5 合格的油液

在起草该标准期间,下列油液符合上述要求:

Mil-H-5606

AIR 3520

Nato Code H-515/20

DEF STAN 91-48

1) 美国材料与试验协会

A.6 静态电导率

建议检查试验油液静态电导率,并使其保持在 $1\,000\text{ pS/m} \sim 10\,000\text{ pS/m}$ 之间(见 ASTM D 4308)。可以通过添加抗静电添加剂实现。

注意:选用添加剂时,建议超过生产日期 18 个月的添加剂不要使用。

附录 B
(资料性附录)
试验系统设计导则

B.1 引言

- B.1.1** 多次通过试验程序需要预先的校准试验程序来确定试验设备是否满足试验要求。
- B.1.2** 本附录拟提供建造能满足本标准要求的试验设备的基本导则。
- B.1.3** 请注意,本附录仅提供建造设备的导则,并不保证设备的成功校准。

B.2 基本试验系统

B.2.1 一般导则

- B.2.1.1** 基本试验设备的系统原理如图 B.1 所示。它包括两部分:过滤器试验系统和污染物注入系统。

B.2.1.2 管道

所有管道尺寸应能使油液处于紊流状态,应避免采用长直管道。

B.2.1.3 管接头

管接头不应有能存留污染物的内裸螺纹或凸沿。

B.2.1.4 管道和管接头

管道和管接头布置时应消除流动死区,并尽可能优先选择垂直管道。

B.2.1.5 阀

球阀优于其他类型的阀,因为球阀不易存留污染物且有自清洁功能。

B.2.2 过滤器试验系统

过滤器试验系统包括以下部分。

B.2.2.1 油箱

- B.2.2.1.1** 锥角不超过 90° 的锥底油箱,回油在油面以下扩散。

注:这种结构技术能够消除水平底部可能带来的污染物沉淀。

- B.2.2.1.2** 在油箱高度受限时,采用图 B.2 所示的完全锥形的油箱设计,能够较好地容纳系统要求的油液。

- B.2.2.1.3** 在油箱直径受限时,采用图 B.3 所示的圆柱体接锥形底部的油箱设计,能够较好地容纳系统要求的油液。

- B.2.2.1.4** 油箱锥角在 $60^\circ \sim 90^\circ$ 之间选择,以便既容易制造,又能够分辨不同的液位。

- B.2.2.1.5** 试验油箱中采用一个液位监测装置,用来检验液位是否保持恒定。

B.2.2.2 系统用泵和电机

- B.2.2.2.1** 系统用泵应选用在工作压力下对污染物相对不敏感的泵。

- B.2.2.2.2** 系统用泵的流量脉动特性应较低(低于 10%),以避免产生错误的试验结果。

- B.2.2.2.3** 泵的机构不应改变试验污染物的颗粒尺寸分布。

注:齿轮泵和一些类型的柱塞泵已经被证明能够达到上述要求。离心泵和步进式容积泵很难满足要求。

- B.2.2.2.4** 采用电机应为变速类型的,以提供调节试验流量的能力。

- B.2.2.2.5** 采用电机应该对负载变化不敏感,以保持转速的恒定。

注:变频交、直流电机都能满足上述要求。

B.2.2.3 净化过滤器

B.2.2.3.1 系统净化过滤器应能够使系统初始污染度达到试验方法中表2的要求。

B.2.2.3.2 为了加快净化速度,系统净化过滤器的精度应比被试过滤器的精度高,流量应至少等于系统流量的最大值。

B.2.2.3.3 为了提高经济效果,应该采用高纳污容量的过滤器。

B.2.2.3.4 最好采用多个过滤器或大过滤器,使得单位面积上的流量较小。

B.2.2.4 热交换器和加热器

根据系统功率的不同,系统油液可能需要冷却或加热:

——热交换器:可以采用传统的板式和管式热交换器。建议采用油液从热交换器底部进入管路的立式结构,这能减少颗粒在热交换器中沉淀或者被捕获的可能性。

——如上所述的单次通过型或者多次通过型热交换器都已得到成功应用。

——有数据表明,当油液在管中进行热交换时,热交换损失高达65%。此时应注意热交换器尺寸的大小。

——其他冷却方法,例如在油箱和管道外面缠绕水管,虽然具有双层管壁,但冷却效果也很满意。

——油液加热:如果需要,可以在外表面采用加热带进行加热或者用一个壳体中具有高温流体的热交换器进行加热。

B.2.2.5 调节阀

B.2.2.5.1 旁通阀

通常在被试过滤器的上游安装一个包括旁通阀的直接回油箱的旁通回路。该回路允许在小流量试验时系统泵也能高速运转,从而消除了系统大的流量波动与过热。隔膜阀、溢流阀和节流阀已经被证明适用于旁通过滤器。

注:如果采用旁通回路,在试验系统验证时应将这一部分接入系统。

B.2.2.5.2 计数器压力调节阀

该阀为非强制性使用,安装在过滤器的下游,使被试过滤器在在线自动颗粒计数器要求的压力下进行试验。球阀,隔膜阀,溢流阀和节流阀适用于该用途。

B.2.2.6 流量计

流量计应安装在被试过滤器和下游取样口之间,以测得试验回路的真实流量,并且能够最大限度地保护流量计免于污染物的磨损。在别的位置安装流量计时,如果取样流量未经过流量计进行测量,则需要对流量进行修正。带有密封轴承的涡轮流量计是适用的。

B.2.3 污染物注入系统

污染物注入系统包括以下部分。

B.2.3.1 油箱

制造和设计的注意事项与试验系统油箱相同。

注:由于体积大和污染物浓度高,污染物注入油箱需要一些附属搅拌装置,搅拌装置可以是搅拌器、附属循环回路或者类似的高能量输入设备。

B.2.3.2 泵

B.2.3.2.1 该回路的高污染浓度使泵的选择局限在对磨损泥浆完全不敏感的泵上,离心泵和步进式容积泵适用。

B.2.3.2.2 如果采用离心泵,入口在下的立式安装或出口在底部的卧式安装被证明是成功的。

B.2.3.3 净化过滤器

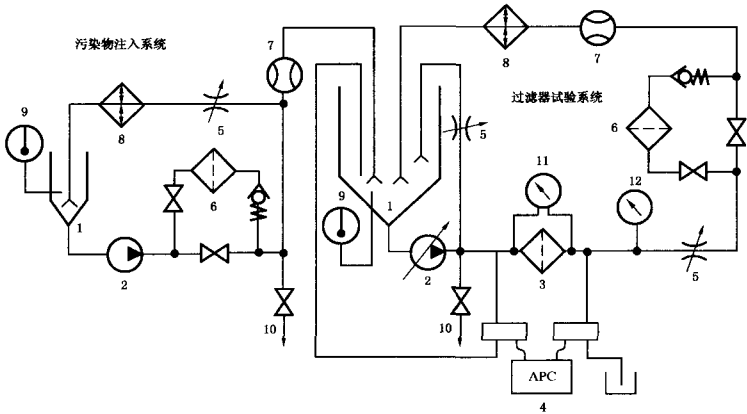
纳污容量是最重要的考虑因素,其他因素和过滤器试验系统相同。

B.2.3.4 热交换器

见B.2.2.4过滤器试验系统中的建议。

B.2.3.5 流量计

用于污染物注入系统的流量计应能够在很高的颗粒污染浓度下工作。



- 1——油箱^a；
2——泵；
3——被试过滤器；
4——颗粒计数系统；
5——调节阀；
6——净化过滤器；
7——流量计；
8——热交换器^b；
9——温度传感器；
10——取样阀；
11——压降指示器；
12——压力表。

^a 此油箱与一般液压传动系统的油箱不同，具有特殊的结构和功能，所以未采用 GB/T 786.1 规定的图形符号，而采用了原 ISO 标准中的表达方式。

^b 热交换器符号在 GB/T 786.1 中未作规定，故采用了原 ISO 标准中的表达方式。该元件的相关说明见附录 B.2.2.4。

图 B.1 系统原理图

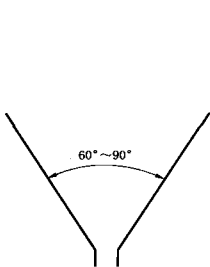


图 B.2 完全锥形

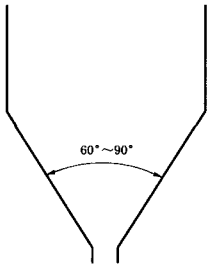


图 B.3 圆柱形接锥形

附录 C

(资料性附录)

计算和图表报告示例

本附录给出典型多次通过试验获得的试验数据、计算和图表示例。

C.1 预备信息

按照第 9 章试验前需要的信息如下：

结构完整性压力：	1 500 Pa；
试验流量 q ：	100 L/min；
滤芯极限压降 Δp ：	400 kPa；
预计的过滤比：	$\beta_{5(c)} = 4, \beta_{15(c)} = 75$ ；
估计的纳污容量 M_c ：	40 g。

为了达到试验目的，实验室选择如下试验条件：

上游基本重量污染度预定值 G_b' ：	10 mg/L；
预定的注入流量 q' ：	0.25 L/min；
颗粒计数尺寸：	(5、10、15、20、30) $\mu\text{m}(c)$
由 10.2.1 的公式(1)得到：	$t' = \frac{1\,000 \times 40\text{ (g)}}{10\text{ (mg/L)} \times 100\text{ (L/min)}} = 40\text{ (min)}$
由 10.2.2 的公式(2)得到：	$V_{\min} = 1.2 \times 40\text{ (min)} \times 0.25\text{ (L/min)} + 8\text{ (L)} = 20\text{ (L)}$
由 10.2.3 的公式(3)得到：	$G_t' = \frac{10\text{ (mg/L)} \times 100\text{ (L/min)}}{0.25\text{ (L/min)}} = 4\,000\text{ (mg/L)}$
由 10.2.5 的公式(4)得到：	$M = \frac{4\,000\text{ (mg/L)} \times 20\text{ (L)}}{1\,000} = 80\text{ (g)}$

C.2 多次通过试验结果

用上面的参数进行多次通过试验，其余的试验条件参数和试验结果如图 C.1 所示。图 C.1 所示的试验结果计算如下：

由 12.11 的公式(11)得到：	$q_i = \frac{20\text{ (L)} - 11.4\text{ (L)}}{34.2\text{ (min)}} = 0.252\text{ (L/min)}$
由 12.12 的公式(12)得到：	$G_b = \frac{3\,980\text{ (mg/L)} \times 0.252\text{ (L/min)}}{100\text{ (L/min)}} = 10.0\text{ (mg/L)}$
由 13.2 的公式(13)得到：	$M_i = \frac{3\,980\text{ (mg/L)} \times 0.252\text{ (L/min)} \times 34.2\text{ (min)}}{1\,000} = 34.3\text{ (g)}$
圆整为 34 g。	

为了计算纳污容量，需要试验数据表中没有报告的下列参数：

下游取样流量 q_d ：	0.20 L/min；
上游取样流量 q_u ：	0.05 L/min；

由 13.2.1 的公式(14)得到：

实验室：××××试验日期：××××年××月××日实验人员：×××

过滤器和滤芯标识

滤芯标识：××××滤壳标识：××××

旋装式：是/否滤芯最小冒泡点(Pa)：1 500

试验条件

试验流体

类型：(油液制造商) 型号：Mil-H-5606批号：1234

试验温度下的黏度(mm²/s)：14.9温度(℃)：37.2

抗静电：是/否抗静电添加剂类型：Stadis 450电导率(pS/m)：1250

试验污染物

类型：ISO 12103-A3 试验粉末批号：4390C

试验系统

流量q(L/min)：100初始体积(L)：25.0

上游基本浓度G_b(mg/L)：10.0最终体积(L)：24.5

注入系统

注入参数	初始	最终	注入参数平均值	
系统体积/L	20.0	11.4	注入流量q _i /(L·min ⁻¹)	0.252
污染浓度/(mg·L ⁻¹)	3 979.7	3 981.0	污染浓度G _i /(mg·L ⁻¹)	3 980

计数系统	计数器和传感器	流量/(mL·min ⁻¹)	稀释比
上游	ABC型 123,序号 21	100	1 : 1
下游	ABC型 123,序号 22	100	无

计数器校准方法：GB/T ××××计数器校准日期：××××年××月××日

试验结果

滤芯结构完整性

根据 GB/T 14041.1 测定的冒泡点 Pa：2 190浸湿液体：Mil-H-5606

压降

壳体压降(kPa)：31.0洁净过滤器总成压降(kPa)：39.4

洁净滤芯压降(kPa)：8.4滤芯极限压降(kPa)：400

压降与污染物注入量的对应关系

时间间隔	试验时间/ min	滤芯压降/ kPa	注入质量/ g	时间间隔	试验时间/ min	滤芯压降/ kPa	注入质量/ g
10%	3.4	10.1	3.4	60%	20.5	17.9	20.6
20%	6.8	11.9	6.9	70%	24.0	31.7	24.0
30%	10.3	13.7	10.3	80%	27.4	59.0	27.4
40%	13.7	15.4	13.7	90%	30.8	123.0	30.8
50%	17.1	16.8	17.1	100%	34.2	400.0	34.3

纳污容量

注入的 ISO 12103-A3 试验粉尘总量 M(g)：34纳污容量 C_k(g)：34

压降为 80%时的上游浓度 G₈₀(mg/L)：22.3

过滤比 β_{s(c)}

平均过滤比	2	10	75	100	200	1 000
颗粒尺寸/μm(c)	—	7.80	13.7	14.6	15.9	18.7

图 C.1 滤芯多次通过试验报告表

续试验结果

颗粒计数(每 mL)和过滤比												
时间间隔	$d > 5$ $\mu\text{m}(\text{c})$	β	$d > 10$ $\mu\text{m}(\text{c})$	β	$d > 15$ $\mu\text{m}(\text{c})$	β	$d > 20$ $\mu\text{m}(\text{c})$	β	$d > 30$ $\mu\text{m}(\text{c})$	β	$d >$ $\mu\text{m}(\text{c})$	β
上游初始	0.50		0.20		0.10		0.00		0.00			
10% 上游	13 900		1 750		480		174		29			
下游	2 240	6.2	33.7	51.9	1.1	432.0	0.0	5 490	0.0	∞		
20% 上游	14 200		1 760		481		179		31			
下游	2 490	5.7	39.1	45.0	1.7	285.0	0.0	4 710	0.0	∞		
30% 上游	14 400		1 770		482		176		30			
下游	2 800	5.1	45.4	39.0	1.7	289.0	0.0	5 770	0.0	7 210		
40% 上游	15 600		1 890		520		192		34			
下游	3 100	5.0	53.5	35.3	2.1	252.0	0.0	5 320	0.0	∞		
50% 上游	15 500		1 870		504		184		31			
下游	3 230	4.8	56.3	33.2	2.2	225.0	0.0	5 010	0.0	∞		
60% 上游	15 600		1 860		504		186		33			
下游	3 350	4.7	60.9	30.5	2.9	177.0	0.1	2 690	0.0	∞		
70% 上游	16 000		1 890		518		190		33			
下游	3 750	4.3	74.7	25.3	3.3	158.0	0.1	2 590	0.0	∞		
80% 上游	16 800		1 910		508		187		32			
下游	5 050	3.3	117.0	16.3	6.3	80.9	0.1	1 260	0.0	7 680		
90% 上游	19 400		2 030		527		190		32.4			
下游	7 520	2.6	186.0	10.9	10.0	52.9	0.1	1 280	0.0	∞		
100% 上游	21 200		2 090		532		192		33			
下游	8 760	2.4	224.0	9.3	12.3	43.3	0.3	753.0	0.0	∞		
上游平均	16 300		1 880		506		185		32			
下游平均	4 230	3.9	89.0	21.1	4.4	116.0	0.1	2 130	0.0	37 900		

图 C.1(续)

$$\begin{aligned}
 C_R &= 34.3 (\text{g}) - \frac{22.3(\text{mg/L}) \times 24.5(\text{L/min})}{1\ 000} \\
 &\quad - \frac{0.2(\text{L/min}) \times 34.2(\text{min}) \times [22.3(\text{mg/L}) - 10(\text{mg/L})]}{1\ 000} \\
 &\quad - \frac{0.5(\text{L/min}) \times 34.2(\text{min}) \times [22.3(\text{mg/L}) + 10(\text{mg/L})]/2}{1\ 000} \\
 &= 34.2 - 0.55 - 0.08 - 0.03 = 33.6(\text{g}) \approx 34(\text{g})
 \end{aligned}$$

用 13.4 的公式(15)计算图 C.1 中的污染注入量。用公式(5)、(6)、(7)、(8)、(9)和(10)计算平均颗粒数和过滤比。

图 C.2 是滤芯压降与污染物注入量关系曲线。第一个数据点代表试验开始时洁净滤芯压降,接下

来的数据点(最少 10 个)代表在试验结束时间的 10%~100%时对应的压降值。

用公式(16)计算图 C.1 底部给定的过滤比的颗粒尺寸内插值,例如:为了计算 $\beta_{x(c)}=75$ 处的颗粒尺寸 x ,在 $10\text{ }\mu\text{m(c)}$ ~ $15\text{ }\mu\text{m(c)}$ 之间取得内插值如下:

$$x = \frac{|10 - 15| \times \lg(75/21.1)}{\lg(21.1/116)} + 10 = 13.7\text{ }(\mu\text{m(c)})$$

$\beta=2$ 时的颗粒尺寸不能计算,因为它低于最小计数颗粒尺寸 $5\text{ }\mu\text{m}$,不允许外插值。

图 C.3 是 β 值和颗粒尺寸的关系图,它用直线段将不同颗粒尺寸对应的数据点连接起来。图中显示了上面计算的颗粒尺寸是 β 值分别为 21.1 和 116 对应的颗粒尺寸 $10\text{ }\mu\text{m(c)}$ 和 $15\text{ }\mu\text{m(c)}$ 的线性内插值。 $\beta=75$ 时的颗粒尺寸内插值为 $13.7\text{ }\mu\text{m(c)}$,或者 $\beta_{13.7(c)}=75$ 。

图 C.4 是对应每一颗粒尺寸的平均过滤比与试验时间的百分比关系图。这些值也表示在图 C.1 中。注意有几个 $30\text{ }\mu\text{m}$ 处的 β 值是无穷大,在图上取 $\beta=100\text{ }000$ 的点。

图 C.5 是对应每一颗粒尺寸的平均过滤比与滤芯压降的关系图。这些值也表示在图 C.1 中。注意当 β 为无穷大时,图上取 $\beta=100\text{ }000$ 的点。

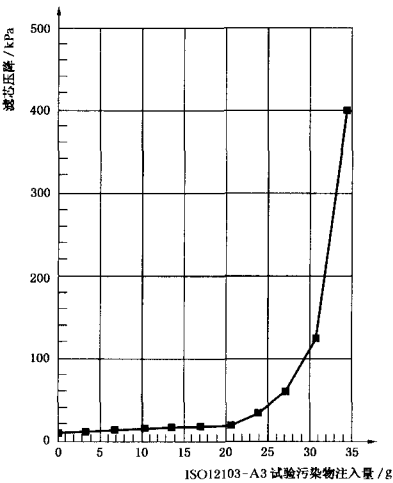


图 C.2 压降和污染物注入量关系曲线示例

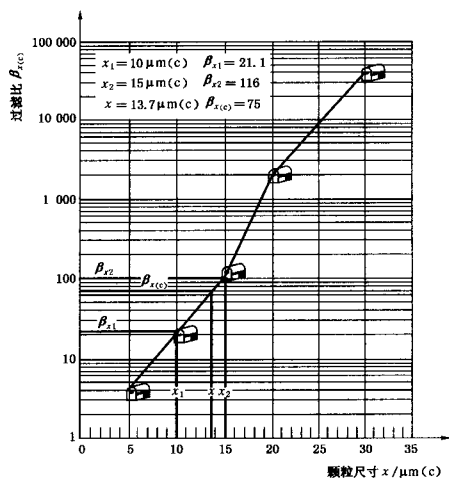


图 C.3 过滤比和颗粒尺寸关系曲线示例

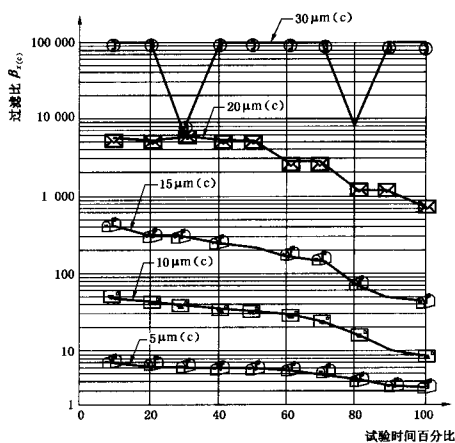


图 C.4 过滤比和试验时间百分比的关系曲线示例

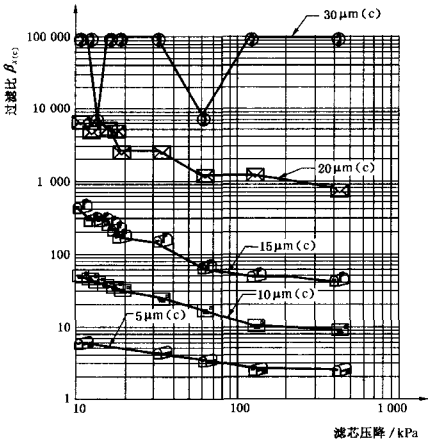


图 C.5 过滤比和滤芯压降的关系曲线示例