



中华人民共和国国家标准

GB/T 18853—2015
代替 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 16889:2008, MOD)

2015-12-31 发布

2016-07-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会 发布

目 次

前言	I
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
4 符号	3
5 总程序	4
6 试验设备	4
7 测试仪器精度和试验条件的变化范围	5
8 过滤器性能试验回路的验证程序	6
9 试验前需要的信息	8
10 试验前的准备工作	8
11 过滤器性能试验	10
12 计算	11
13 数据表达	12
14 标注说明	13
附录 A (规范性附录) 基础试验油液的性能	16
附录 B (资料性附录) 试验系统设计导则	18
附录 C (资料性附录) 计算和图表报告示例	22
参考文献	29

前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准代替 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》，与 GB/T 18853—2002 相比，主要技术变化如下：

- 修改了规范性引用文件 ISO 11943 和 ISO 4405 的采用版本，采用了最新版本（见第 2 章，2002 年版第 2 章）。
- 删除了规范性引用文件 ASTM D4308，将其归入参考文献中（见 2002 年版第 2 章）。
- 修改了部分参量符号（见 4.2，2002 年版 4.2）。
- 增加了颗粒尺寸(x_1, x_2)和采用内插值法计算得到的颗粒尺寸(x_{int})（见表 1）。
- 增加了对试验粉末用量超过 200 g 时的干燥要求和标准化要求（见 6.3）。
- 增加了抗静电添加剂的使用条件（见 10.3.2）。
- 增加了颗粒数平均值计算结果的数字处理要求（见 12.5d）。
- 修改了总的上、下游平均颗粒数计算公式的表达方式（见 12.7，2002 年版 12.7）。
- 删除了对上游油样的重量污染度分析次数要求（见 12.10）。

本标准使用重新起草法修改采用 ISO 16889:2008《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）。

本标准与 ISO 16889:2008 的技术性差异及其原因如下：

- 修改了规范性引用文件，以适应我国的技术条件，调整的情况集中反映在第 2 章“规范性引用文件”中，具体调整如下：
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 786.1 代替了 ISO 1219-1（见 4.1）；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 14041.1 代替了 ISO 2942（见第 9 章）；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 17446 代替了 ISO 5598（见第 3 章）；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 17484 代替了 ISO 3722（见 6.5）；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 17486 代替了 ISO 3968（见 6.7.1）；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 17489 代替了 ISO 4021（见 6.7.1）；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 18854 代替了 ISO 11171（见 4.2）；
 - 用等同采用国际标准的 GB/T 21540 代替了 ISO 11943（见 6.4）；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 27613 代替了 ISO 4405（见 6.8）；
 - 用修改采用国际标准的 GB/T 28957.1 代替了 ISO 12103-1（见 6.3）；
 - 删除了 ISO 16889:2008 的规范性引用文件 ISO 5725，因为此项文件仅在“附录 D”部分被引用。
 - 增加了第 9 章中试验前测试油液黏度 14 mm²/s 和 16 mm²/s 所对应温度值的要求，以提高试验结果的准确性。
 - 增加了 A.5 中的国产油液 YH-10、YH-12 和 YH-15 作为合格油液，以符合我国试验油液的实际应用情况。
 - 增加了对附录 B 的系统原理图中特殊功能油箱符号的脚注说明，该油箱符号在 GB/T 786.1 中未作规定，故采用了 ISO 16889 中的表达方式。
 - 修改了附录 B 的系统原理图中温度调节器的表达符号，采用 GB/T 786.1 中规定的表达方式。
- 本标准做了下列编辑性修改：

——删除了 ISO 16889:2008 的资料性附录 D,修改了“参考文献”。因为此两项内容对本标准的使用关系不大,且增加了标准的篇幅。

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(SAC/TC 3)归口。

本标准负责起草单位:国防科技工业颗粒度一级计量站。

本标准参加起草单位:九江七所精密机电科技有限公司、北京化工大学、新乡市平菲滤清器有限公司、黎明液压有限公司。

本标准主要起草人:杜立鹏、刘勇、吕宏楠、李方俊、吕寄中、叶萍、张万。

本标准所代替标准的历次版本发布情况为:

——GB/T 18853—2002。

引 言

在液压系统中,固体颗粒污染物通过加剧磨损、卡滞、淤积、堵塞和加速油液氧化变质等方式危害系统和附件,导致可靠性降低,故障率提高,附件寿命缩短等问题。液压过滤器用来控制液压系统中循环的污染颗粒数量,使油液的污染度等级满足液压附件的污染耐受度以及用户需要的可靠性要求。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,宜有试验标准。过滤器的性能特性取决于滤芯(它的滤材和几何形状)和过滤器壳体(它的结构形状和密封设计)。实际上,液压油携带污染物持续地流经过滤器,直至过滤器流阻达到预先设定的极限压差(旁通阀开启压力或压差指示器设定的压差)。过滤器使用寿命(达到极限压差之前)和液压系统中任意点的污染度都与污染物增加率(侵入率与生成率之和)和过滤器的性能特性有密切关系。因此,在实验室中进行的过滤器性能评定试验宜为被试过滤器提供连续的适量的污染物,并且定时监测过滤器的过滤性能参数。

试验宜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 中级试验粉末(ISO MTD,即 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。宜采用按 GB/T 18854 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,根据测量结果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

本标准规定以下内容：

- a) 液压传动滤芯在污染物连续注入条件下的多次通过过滤性能试验；
- b) 测定纳垢容量、颗粒滤除和压差特性的程序；
- c) 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) 的颗粒其平均过滤比大于或等于 75,并且试验结束时的油箱重量污染度小于 $200\ \text{mg/L}$ ；

注：试验设备的流量范围和颗粒尺寸下限通过验证确定。

- d) 使用 ISO 中级试验粉末和附录 A 规定的试验油液进行的试验。

本标准适用于以下三种试验条件：

- 试验条件 1,上游基本重量污染度为 $3\ \text{mg/L}$ ；
- 试验条件 2,上游基本重量污染度为 $10\ \text{mg/L}$ ；
- 试验条件 3,上游基本重量污染度为 $15\ \text{mg/L}$ 。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 786.1 流体传动系统及元件图形符号和回路图 第 1 部分:用于常规用途和数据处理的图形符号(GB/T 786.1—2009,ISO 1219-1:2006,IDT)

GB/T 14041.1 液压滤芯 第 1 部分:结构完整性验证和初始冒泡点的确定(GB/T 14041.1—2007,ISO 2942:2004,IDT)

GB/T 17446 流体传动系统及元件 词汇(GB/T 17446—2012,ISO 5598:2008,IDT)

GB/T 17484 液压油液取样容器 净化方法的鉴定和控制(GB/T 17484—1998,idt ISO 3722:1976)

GB/T 17486 液压过滤器 压差流量特性的评定(GB/T 17486—2006,ISO 3968:2001,IDT)

GB/T 17489 液压颗粒污染分析 从工作系统管路中提取液样(GB/T 17489—1998,idt ISO 4021:1992)

GB/T 18854 液压传动 液体自动颗粒计数器的校准(GB/T 18854—2015,ISO 11171:2010,MOD)

GB/T 21540 液压传动 液体在线自动颗粒计数系统 校准和验证方法(GB/T 21540—2008,ISO 11943:1999,IDT)

GB/T 27613 液压传动 液体污染 采用称重法测定颗粒污染度(GB/T 27613—2011,ISO 4405:1991,MOD)

GB/T 28957.1—2012 道路车辆 用于滤清器评定的试验粉尘 第 1 部分:氧化硅试验粉尘(ISO 12103-1:1997,MOD)

3 术语和定义

GB/T 17446 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

污染物注入量 **contaminant mass injected**

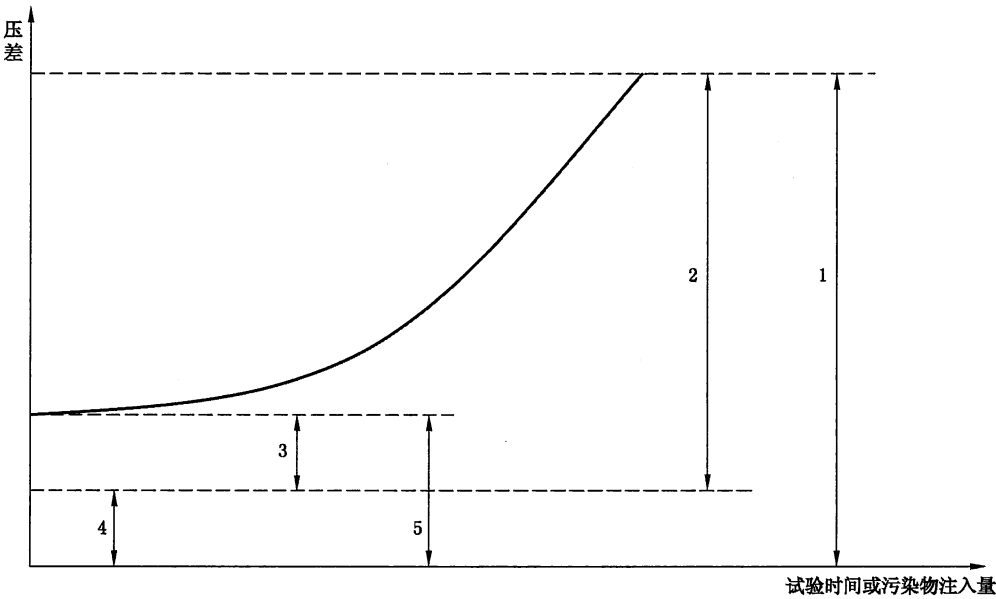
达到极限压差时注入试验系统的指定颗粒污染物的总量。

3.2

压差 **differential pressure**

规定条件下测得的被试元件的入口压力与出口压力之差。

注：有关压差术语的图解见图 1。



说明：

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

图 1 多次通过试验的压差定义

3.2.1

洁净过滤器总成压差 **clean assembly differential pressure**

被试元件为装有洁净滤芯的洁净过滤器,此时测得的入口压力与出口压力之差。

3.2.2

洁净滤芯压差 **clean element differential pressure**

洁净滤芯所产生的压差,其值等于洁净过滤器总成压差减去壳体压差。

3.2.3

过滤器极限压差 **final assembly differential pressure**

试验结束时的过滤器总压差,等于壳体压差与滤芯极限压差之和。

3.2.4

壳体压差 housing differential pressure

过滤器不装滤芯时的压差。

3.2.5

滤芯极限压差 terminal element differential pressure

供应商为保证过滤性能而规定的滤芯的最大压差。

3.3

静态电导率 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或极化的情况下,未充电流体电阻的倒数。

3.4

纳垢容量 retained capacity

滤芯达到其极限压差时有效截留的指定颗粒污染物的总量。

4 符号

4.1 采用的图形符号符合 GB/T 786.1。

4.2 本标准采用的字母符号如表 1 所示。

表 1 字母符号

符号	单位	描述或解释
$\overline{A}_{u,x}$	个/mL	尺寸大于 x 总的上游平均颗粒数
$\overline{A}_{d,x}$	个/mL	尺寸大于 x 总的下游平均颗粒数
$\overline{c}_b$	mg/L	上游基本重量污染度平均值
c'_b	mg/L	上游基本重量污染度预定值
$\overline{c}_i$	mg/L	注入重量污染度平均值
c'_i	mg/L	注入重量污染度预定值
c_{80}	mg/L	在过滤器极限压差的 80% 时,试验油箱的重量污染度
m	g	需要注入的污染物质量
m_e	g	滤芯纳垢容量(注入污染物的质量)的估计值
m_i	g	注入的污染物质量
m_P	g	在滤芯压差为 Δp 时累计注入的污染物质量
m_R	g	纳垢容量
n	—	指定时间段的颗粒计数次数
$N_{u,x,j}$	个/mL	第 j 次计数,尺寸大于 x 的上游颗粒数
$N_{d,x,j}$	个/mL	第 j 次计数,尺寸大于 x 的下游颗粒数
$\overline{N}_{u,x,t}$	个/mL	时间间隔为 t 时,尺寸大于 x 的上游颗粒平均数
$\overline{N}_{d,x,t}$	个/mL	时间间隔为 t 时,尺寸大于 x 的下游颗粒平均数
p	Pa、kPa、bar	压力
Δp	Pa、kPa、bar	压差

表 1 (续)

符号	单位	描述或解释
q	L/min	试验流量
q_d	L/min	下游取样和排放流量
$\bar{q}_i$	L/min	平均注入流量
q'_i	L/min	预定的注入流量
q_u	L/min	上游取样流量
t	min	试验时间
t_{pr}	min	预计的试验时间
t_f	min	最终试验时间
t_p	min	滤芯压差达到 Δp 时的试验时间
V_{if}	L	试验结束时,注入系统油液体积的测量值
V_{ii}	L	试验开始时,注入系统油液体积的测量值
V_{min}	L	注入系统油液需要的最小体积
V_{tf}	L	试验结束时,过滤器试验系统油液体积的测量值
V_v	L	注入系统油液的最小有效体积
x_1, x_2	$\mu\text{m}(\text{c})$	颗粒尺寸
x_{int}	$\mu\text{m}(\text{c})$	采用内插值法计算得到的颗粒尺寸
$\beta_{x(\text{c})}^a$	—	颗粒尺寸为 x 的过滤比(按 GB/T 18854 校准)
$\beta_{x,t}$	—	颗粒尺寸为 x 、时间间隔为 t 时的过滤比
$\bar{\beta}_{x(\text{c})}^a$	—	颗粒尺寸为 x 的平均过滤比(按 GB/T 18854 校准)
^a 下标(c)表示过滤比 $\beta_{x(\text{c})}$ 和平均过滤比 $\bar{\beta}_{x(\text{c})}$ 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 章、第 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 章、第 10 章、第 11 章进行试验。
- 5.4 按第 12 章分析试验数据。
- 5.5 按第 13 章要求表达第 10 章、第 11 章、第 12 章的试验数据。

6 试验设备

- 6.1 经计量合格的合适的计时器。
- 6.2 液体自动颗粒计数器(APC),按照 GB/T 18854 校准。
- 6.3 ISO 中级试验粉末(ISO MTD, ISO 12103-A3),符合 GB/T 28957.1—2012 的规定。将不多于 200 g 的粉末,在 110 ℃~150 ℃的温度下进行干燥,干燥时间不少于 1 h。干燥后的粉末应置于干燥皿

中自然冷却至室温,再进行取样称量。多于 200 g 的粉末,每增加 100 g 干燥时间至少增加 30 min(增加量不足 100 g 的按 100 g 计)。在用于试验系统前,先将 ISO MTD 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。确保所使用的 ISO MTD 试验粉末符合 GB/T 28957.1—2012 的规定。

6.4 在线计数系统及必要时采用的稀释系统,按照 GB/T 21540 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。

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。系统结构见图 B.1。

a) 过滤器试验系统包括:

- 1) 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;
- 2) 系统净化过滤器,能够提供表 3 规定的系统初始污染度;
- 3) 系统结构,对试验中将达到污染度相对不敏感;
- 4) 系统结构,在预期的试验时间内不改变试验污染物的尺寸分布;
- 5) 测压点应符合 GB/T 17486;
- 6) 被试过滤器上游和下游的取样部分,符合 GB/T 17489。

注:已证明满足要求的典型结构参见附录 B。

b) 污染物注入系统包括:

- 1) 油箱、泵、油液调节元件和检测仪表,应满足第 8 章所规定的流量、压力、体积要求;
- 2) 系统结构,对试验中将达到污染度相对不敏感;
- 3) 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;
- 4) 油液取样部分,符合 GB/T 17489。

注:已证明满足要求的典型结构参见附录 B。

6.8 滤膜及其相关的试验设备,应按照 GB/T 27613 的规定进行重量分析。

7 测试仪器精度和试验条件的变化范围

7.1 调节并保持仪器精度和试验条件在表 2 规定的范围内。

表 2 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%	1 000~10 000
压差	Pa、kPa 或 bar	5%	—
上游基本重量污染度	mg/L	—	±10%
注入流量	mL/min	2%	±5%
试验流量	L/min	2%	±5%
自动颗粒计数器(APC) 传感器流量	L/min	1.5%	±3% ^a
运动黏度	mm ² /s ^b	2%	±1
质量	g	0.000 1	—

表 2 (续)

试验参数	SI 单位	仪器读数精度(±)	允许的试验条件变化范围
温度	℃	1	±2°
时间	s	1 s	—
注入系统体积	L	2%	—
过滤器试验系统体积	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 mm²/s=1 cSt。 ^c 或根据黏度允许的变化范围来确定。			

7.2 根据不同的试验条件,试验参数应保持在表 3 给定的范围内。

表 3 试验条件

参数	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 4 规定的最小值的 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 ^a /(mg/L)	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 $\beta=1\,000$ 之间的颗粒尺寸来涵盖过滤器的性能。典型颗粒尺寸为:4 μm 、5 μm 、6 μm 、7 μm 、8 μm 、10 μm 、12 μm 、14 μm 、20 μm 、25 μm 、30 μm (c)。		
取样和计数方法	在线自动颗粒计数		

^a 比较两个过滤器的试验结果时,上游基本重量污染度应相同。

^b 对于精细过滤器,低过滤比(如 $\beta=2$ 或 $\beta=10$)的颗粒尺寸可能无法选择。对于粗过滤器,高过滤比(如 $\beta=200$ 或 $\beta=1\,000$)的颗粒尺寸可能无法选择。因为这些测量要求可能会超出自动颗粒计数器的测量极限或本标准规定的试验条件范围。

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(以 L/min 表示)下每分钟流过体积的 25%~50%之间,但不能低于 5 L。如果流量小于或等于 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: 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 或 3)下,注入试验粉末,使系统油液达到表 3 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 2 给定的范围内。

8.1.5 使油液在试验系统中循环 60 min,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 3 给定尺寸颗粒的在线计数累积值,包括 30 $\mu\text{m}(\text{c})$ 颗粒尺寸。

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 4 允许的范围之内。

表 4 颗粒尺寸与对应的每毫升累积颗粒数允许值

颗粒尺寸	每毫升累积颗粒数允许值 ^a					
	试验条件 1 (3 mg/L)		试验条件 2 (10 mg/L)		试验条件 3 (15 mg/L)	
$\mu\text{m}(\text{c})$	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	106 000	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
^a 最小值和最大值是利用泊松分布计算方法,采用美国国家标准技术研究院的标准物质 SRM 2806(见 ISO/TR 16144)所确定的颗粒数。						

8.1.8 在线颗粒计数系统及必要时采用的稀释系统,按照 GB/T 21540 验证。

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。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 4 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 GB/T 27613 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 若满足以下条件,则验证合格:

- 当 8.2.6 中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超过平均值的 $\pm 5\%$ 。
- 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超过平均值的 $\pm 5\%$ 。
- 当注入系统的剩余油液体积 V_v (见 8.2.8) 加上平均注入流量 [见 8.2.9b)] 与总的注入时间的乘积,与初始油液体积 (见 8.2.2) 的偏差在 $\pm 10\%$ 之内。

9 试验前需要的信息

采用本标准对特定液压滤芯进行试验前需要下列信息:

- 结构完整性试验压力或初始冒泡压力 (见 GB/T 14041.1);
- 滤芯试验流量;
- 滤芯极限压差;
- 指定过滤比的颗粒尺寸估计值;
- 滤芯纳垢容量 (注入质量) 的估计值 m_e ;
- 试验前从过滤器试验系统中采集试验油样,分别检测试验油液黏度 $14 \text{ mm}^2/\text{s}$ 和 $16 \text{ mm}^2/\text{s}$ 对应的温度值,以满足正式试验对油液黏度的要求。

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。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。但是应注意,此时所测得的较低的第一个冒泡点不代表在多次通过试验之前进行结构完整性试验时会测得同样的值。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。被试滤芯中的液体蒸发后才能安装到被试过滤器壳体中。

注:结构完整性试验可以采用 6.6 使用的试验油液。

10.2 污染物注入系统

10.2.1 从表 3 选择一个上游基本重量污染度预定值 c'_b ,通过式(1)计算预计的试验时间 (t_{pr}),预计的试验时间最好在 1 h~3 h 的范围内。如果厂家没有提供被试滤芯的估计纳垢容量,则可试验另外一个滤芯以确定纳垢容量。

$$t_{pr} = \frac{1\,000 \times m_e}{c'_b \times q} \dots\dots\dots (1)$$

注：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_{pr} 和预定的注入流量 q'_i ，应用式(2)计算注入系统运转所需要的最小体积 V_{min} 。由式(2)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。注入流量 q'_i 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 规定的流量。

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

10.2.3 用式(3)计算注入系统油液的重量污染度预定值 c'_i ：

$$c'_i = \frac{c'_b \times q}{q'_i} \dots\dots\dots (3)$$

10.2.4 调整污染物注入系统初始的总体积 V_{ii} ，使之达到 10.2.2 选定的值，并记录到如表 5 所示的报告中。初始的总体积 V_{ii} 应在试验温度下测量。

10.2.5 用式(4)计算污染物注入系统需要注入的污染物质量 m 。

$$m = \frac{c'_i \times V_{ii}}{1\,000} \dots\dots\dots (4)$$

10.2.6 在向污染物注入系统加入试验粉末之前，验证油液本底污染度低于表 3 所示的值。

10.2.7 用与污染物注入系统验证(见 8.2)相同的方法，向污染物注入系统体积为 V_{ii} 的油液中加入质量为 m (见 10.2.5)的试验粉末。

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。记录在如表 5 所示的报告中。在调节期间，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

警告：加入抗静电添加剂可能影响试验结果。

10.3.1 将过滤器壳体(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 范围内(参考 ASTM D4308)。如果超出该范围，可以通过加入抗静电添加剂来增加电导率或者加入新油来降低电导率。

10.3.3 在额定流量和能够使油液黏度保持在 $15 \text{ mm}^2/\text{s} \pm 1.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ 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 测定壳体压差。

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 25% ~ 50% 之间，但不能低于 5 L。如果流量小于或等于 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：试验结果的重复性要求系统体积保持恒定。试验系统的油液体积与试验流量之比在 1:4 ~ 1:2 之间，以使系统油箱的几何尺寸最小，并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应高于表 3 规定的值。

10.3.6 按以下程序进行在线自动颗粒计数：

- 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；调整下游排放流量(含下游取样流量)，使之与注入流量的偏差在 $\pm 5\%$ 以内。在整个试验过程中保持两个取样点的流量不间断。
- 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。上、下游传感器的流量应设置并保持在 8.1.4 和

表 2 规定的范围内。

- c) 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。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。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 3)。

11 过滤器性能试验

11.1 将滤芯安装在壳体内,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,以保证油液黏度在 $15 \text{ mm}^2/\text{s} \pm 1.0 \text{ mm}^2/\text{s}$ 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差,计算并记录洁净滤芯的压差(洁净过滤器总成压差减去按 10.3.3 测得的壳体压差)。

11.3 计算过滤器极限压差(滤芯极限压差加上壳体压差)。

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 3 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。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:

- a) 让污染注入油液流入过滤器试验系统的油箱中。
- b) 启动计时器。
- c) 排出试验系统下游排放和取样流量,以保持稳定的系统油液体积($\pm 5\%$)。见 10.3.6a)。

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差达到 11.3 计算的极限值。通过上、下游传感器的流量应等于 10.3.6b)选定的值,并保持在表 2 的变化范围之内。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 2 的变化范围之内。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。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。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差。建议采用压差传感器进行连续的压差测量。

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

11.12 当被试过滤器达到极限压差时,按下列步骤结束试验:

- a) 记录试验最终时间。
- b) 从过滤器试验系统移除注入流量。
- c) 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_{ef} 。

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结果时,核查是可取的方式。

12 计算

12.1 确定 10 个报告时间(t),分别等于最终试验时间[11.12a)]的 10%,20%,…100%,并将这些时间记录在如表 5 所示的报告表中。

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

12.3 计算并记录如表 5 所示的报告表中所给出的每个报告时间的滤芯净压差,滤芯净压差等于对应于每个报告时间的过滤器压差减去壳体压差。

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,则应相应调整。

12.5 用式(5)和式(6)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。

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

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

式中:

n ——该报告时间段的计数次数。

计算时应注意下述 a)~d)的说明:

a) 删除试验时间分别为 1 min、2 min、3 min 时的 3 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。

b) 用式(5)和式(6)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[a)中删除的前 3 个颗粒数除外]分别求平均值。把这些平均值记录在如表 5 所示的报告表中。

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。

c) 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如表 5 所示的报告表中。

d) 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 c)相似的方法用每个报告时间间隔的颗粒数计算平均值。取 3 位有效数字记录到如表 5 所示的报告表中(如:1.75;20.1;400)。

12.6 用式(7)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。取 3 位有效数字记录到如表 5 所示的报告表中(如:1.75;20.1;400)。

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

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 个报告时间的 10 个平均颗粒数作平均,用式(8)和式(9)计算整个试验总的上、下游平均颗粒数。记录到如表 5 所示的报告表中。

$$\bar{A}_{u,x} = \sum_{k=1}^{10} \bar{N}_{u,x,k} \quad \dots\dots\dots (8)$$

$$\bar{A}_{d,x} = \sum_{k=1}^{10} \bar{N}_{d,x,k} \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

k ——对应于最终试验时间(t_f)的(10%, 20%, …100%)的报告时间间隔数目,取值(1, 2, 3, …10)。

12.8 用式(10)计算总的平均过滤比($\bar{\beta}_{x(c)}$),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。记录到如表 5 所示的报告中。

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

注:下标(c)表示过滤比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 按照 GB/T 27613 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。记录到如表 5 所示的报告中。计算污染物注入系统的这两个重量污染度的平均值 $\bar{c}_i$,当注入系统每个油样的重量污染度与平均值 $\bar{c}_i$ 的差值在 $\pm 5\%$ 范围以内,认为试验合格。如果注入重量污染度平均值 $\bar{c}_i$ 与 10.2.3 选定的重量污染度 c_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 按照 GB/T 27613 对 80%净压差时取的上游油样(11.11)进行重量污染度分析。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。记录到如表 5 所示的报告中。

注:最终油样定在 80%净压差时抽取是因为取样时间通常与试验结束时间重合。

12.11 用式(11)计算并在如表 5 所示的报告中记录平均注入流量 $\bar{q}_i$ 。平均注入流量 $\bar{q}_i$ 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。

$$\bar{q}_i = \frac{V_u - V_{if}}{t_f} \quad \dots\dots\dots (11)$$

当该值与 10.2.2 选定值的差别在 $\pm 5\%$ 范围以内时,认为试验合格。

12.12 用式(12)计算并在如表 5 所示的报告中记录上游基本重量污染度平均值 $\bar{c}_b$ 。

$$\bar{c}_b = \frac{\bar{c}_i \times q_i}{q} \quad \dots\dots\dots (12)$$

当该值等于表 3 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。给出如表 5 所示的报告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 由达到极限压差时的最终试验时间 t_f 、注入系统的重量污染度平均值 $\bar{c}_i$ 和平均注入流量 $\bar{q}_i$,用式(13)计算滤芯的注入污染物总量 m_i 。

$$m_i = \frac{\bar{c}_i \times \bar{q}_i \times t_f}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (13)$$

用式(14)计算并在如表 5 所示的报告中记录纳垢容量 m_R ,圆整到两位有效数字。

$$m_R = m_i - \frac{c_{80} \times V_{if}}{1\,000} - \frac{q_d \times t_f \times (c_{80} - \bar{c}_b)}{1\,000} - \frac{q_u \times t_f \times [(c_{80} + \bar{c}_b)/2]}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (14)$$

注:从污染物注入量中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质量;(2)从被试过滤器下游

取样口排出的污染物估计值, $(c_{80} - \bar{c}_b)$ 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, $(c_{80} + \bar{c}_b)/2$ 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 算出的重量污染度记录在如表 5 所示的报告表中。

13.4 用式(15)计算试验粉末注入量, 并将压差与污染物注入量计算结果记录到如表 5 所示的报告表中, 且将二者的关系曲线绘制在线性坐标系中(见图 C.1)。

$$m_p = \frac{\bar{c}_i \times \bar{q}_i \times t_p}{1\ 000} \dots\dots\dots (15)$$

式中:

m_p ——在压差为 Δp 、时间为 t_p 时累积注入的试验粉末质量。

13.5 在半对数坐标系中绘制平均过滤比 β 和颗粒尺寸 x 的关系曲线。 β 值在对数坐标轴上, 其最大值为 100 000(示例见图 C.2)。

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

13.6 用式(16)分别计算平均过滤比为 2、10、75、100、200、1 000 时的颗粒尺寸值, 并记录在如表 5 所示的报告表中。计算方法采用内插值法, 即在过滤比 β 对颗粒尺寸 x 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。

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

对于许多过滤器来说, 因其实测值范围超出上述内插值法计算范围, 因此上面每一个 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值对应的颗粒尺寸值。

注 1: 用式(16)计算对于给定的过滤比 $\beta_{x(c)}$, 颗粒尺寸内插值 $x\ \mu\text{m}(c)$ 落在图 C.2 上两点之间(分别对应的过滤比和颗粒尺寸为 $\beta_{x_1}, \beta_{x_2}, x_1, x_2$)

注 2: 若 β 值大于 100 000, 式(16)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(示例见图 C.3)。

13.8 在 $\lg\text{-}\lg$ 坐标图上绘制每一颗粒尺寸的平均过滤比与滤芯压差的关系曲线。 β 值为纵坐标(示例见图 C.4)。

13.9 记录与试验有关的所有物理量。

14 标注说明

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—2015, 《液压传动过滤器 评定滤芯过滤性能的多次通过方法》(ISO 16889:2008, MOD)”。

表 5 滤芯多次通过试验报告表

实验室: _____ 试验日期: _____ 操作人员: _____								
过滤器和滤芯的标识								
滤芯标识: _____ 滤壳标识: _____								
旋装式: 是/否 _____ 滤芯初始冒泡点/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/℃: _____								
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 MTD 试验粉末 _____ 批号: _____								
试验系统								
流量 q /(L/min): _____ 初始体积/L: _____								
上游基本浓度 c_b /(mg/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 $\bar{q}_i$ /(L/min)		
污染浓度/(mg/L)						污染浓度 $\bar{c}_i$ /(mg/L)		
计数系统								
计数位置		计数器和传感器			流量/(mL/min)		稀释比	
上游								
下游								
计数器校准方法: _____ 计数器校准日期: _____								
试验结果								
滤芯结构完整性								
根据 GB/T 14041.1 测定的冒泡点/Pa: _____ 试验液: _____								
压差								
壳体压差/kPa: _____ 洁净过滤器总成压差/kPa: _____								
洁净滤芯压差/kPa: _____ 滤芯极限压差/kPa: _____								
压差与污染物注入量的对应关系								
时间间隔	试验时间 min	滤芯压差 kPa	注入质量 g	时间间隔	试验时间 min	滤芯压差 kPa	注入质量 g	
10%				60%				
20%				70%				
30%				80%				
40%				90%				
50%				100%				
纳垢容量								
注入的试验粉末总量 m_i /g: _____ 纳垢容量 m_R /g: _____								
压差为 80% 时的上游污染浓度 m_{80} /(mg/L): _____								

表 5 (续)

过滤比 $\beta_{x(c)}$													
平均过滤比		2		10		75		100		200		1 000	
颗粒尺寸/(μm (c))													
颗粒数(每 mL)和过滤比													
时间间隔	$d^* >$ μm (c)	β	$d >$ μm (c)	β	$d >$ μm (c)	β	$d >$ μm (c)	β	$d >$ μm (c)	β	$d >$ μm (c)	β	
上游初始													
10% 上游 下游													
20% 上游 下游													
30% 上游 下游													
40% 上游 下游													
50% 上游 下游													
60% 上游 下游													
70% 上游 下游													
80% 上游 下游													
90% 上游 下游													
100% 上游 下游													
上游平均 下游平均													

* 测量的颗粒直径。

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

- a) 倾点(最大值): $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- b) 闭口闪点(最小值): $82\text{ }^{\circ}\text{C}$;
- c) 酸值或碱值(最大值): 0.10 mg/g (以 KOH 计)

A.2 添加剂

- a) 改善黏温系数的添加剂: 不超过 20%(质量分数)
 - b) 抗氧化剂: 不超过 2%(质量分数)
 - c) 抗磨添加剂, 例如磷酸三甲苯酯(TCP): 小于 3%(质量分数)
- 注: 当使用磷酸三甲苯酯时, 正异构体的最大含量为 1%(质量分数)。

A.3 成品油的性能

- a) 黏度:
 - 1) $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时(最小值): $13.2\text{ mm}^2/\text{s}$;
 - 2) $100\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时(最小值): $4.9\text{ mm}^2/\text{s}$;
 - 3) $-50\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时(最大值): $2\,500\text{ mm}^2/\text{s}$;
 - 4) $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 时(最大值): $600\text{ mm}^2/\text{s}$ 。
- b) 倾点(最大值): $-60\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- c) 闭口闪点(最小值): $82\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。
- d) 酸值(最大值): 0.20 mg/g (以 KOH 计)。
- e) 橡胶溶胀, 标准合成橡胶: 19%~30%。
- f) 蒸发损失(最大值): 20%。
- g) 铜片腐蚀(ASTM¹⁾标准, 最大值): No.2。
- h) 含水量(最大值): $100\text{ }\mu\text{g/g}$ 。
- i) 钢对钢磨损(平均磨痕, 最大直径): 1 mm。
- j) 氯(最大值): $50\text{ }\mu\text{g/g}$ 。

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(质量分数)。

1) 美国材料与试验协会。

A.5 合格的油液

下列油液符合上述要求：

- a) MIL-PRF-5606；
- b) DCSEA 415；
- c) NATO Codes H-515/H-520；
- d) UK DEF STAN 91-48；
- e) YH-10；
- f) YH-12；
- g) YH-15。

注：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，试验结果有较好的再现性。

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 $1\,000\text{ pS/m}$ ~ $10\,000\text{ pS/m}$ 之间（见 ASTM D4308）。如果超出此范围，可以通过添加抗静电添加剂增加电导率或添加新油减少电导率。

注 1：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。

注 2：添加抗静电添加剂会影响试验结果。

附录 B
(资料性附录)
试验系统设计导则

B.1 引言

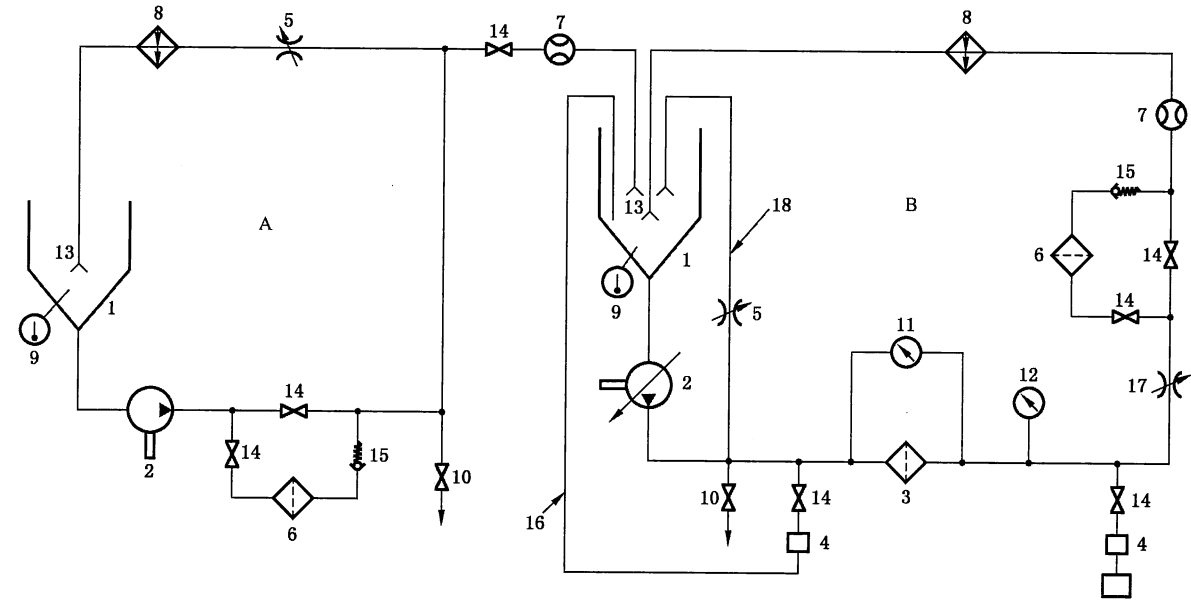
- B.1.1 多次通过试验程序需要预先的试验验证程序来确定试验设备是否满足试验要求。
B.1.2 本附录拟提供制造能满足本标准验证要求的试验设备的基本导则。
B.1.3 请注意,本附录仅提供制造设备的导则,并不保证设备的成功验证。

B.2 基本试验系统

B.2.1 一般导则

B.2.1.1 试验系统

基本试验设备的系统原理如图 B.1 所示。它包括过滤器试验系统和污染物注入系统两部分。



说明:

- A——污染物注入系统;
B——过滤器试验系统;
1——油箱^a;
2——泵;
3——被试过滤器;
4——颗粒计数系统(APC);
5——节流阀;

- 6——净化过滤器;
7——流量计;
8——温度调节器;
9——温度计;
10——取样阀;
11——压差计;
12——压力表;

- 13——扩散器;
14——截止阀;
15——单向阀;
16——可选油箱回路;
17——节流阀(用于背压);
18——可选旁通回路。

^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。

图 B.1 系统原理图

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

管接头及配件不应有能存留污染物的内裸螺纹或凸沿。

B.2.1.4 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.2.1.5 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安装方式。

B.2.2 过滤器试验系统**B.2.2.1 油箱**

B.2.2.1.1 锥角不超过 90° 的圆锥底油箱,回油在油面以下扩散。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 在油箱高度受限制时,采用图 B.2 所示的完全圆锥形的油箱设计,能够较好地容纳系统要求的油液。

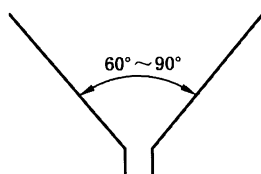


图 B.2 圆锥体

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

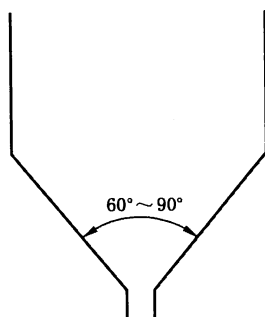


图 B.3 圆柱体接圆锥体

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 系统用泵的机构不应改变试验污染物的颗粒尺寸分布。可采用齿轮泵和某些类型的柱塞泵。离心泵和步进式容积泵均不适用。

B.2.2.2.4 泵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 泵用电机应该对负载变化不敏感,以保持转速的恒定。可采用变频交、直流电机。

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3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,应该采用高纳垢容量的过滤器。

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 温度控制器

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,这样能减少颗粒在热交换器中沉淀或者被捕获的可能性。

——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。经验证,隔膜阀、溢流阀和节流阀也可用于旁通被试过滤器。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 背压阀

该阀为非强制性使用,安装在被试过滤器的下游,调节被试过滤器的试验压力,使其满足在线自动颗粒计数器的工作压力要求。可采用球阀、隔膜阀、溢流阀和节流阀。

B.2.2.6 流量计

流量计应安装在被试过滤器下游取样口的下游,以消除对下游颗粒计数可能产生的影响。因此,测得的流量实际上略低于通过被试过滤器的流量。需要对流量进行修正以反映这一变化,因此报告记录的流量是流量计读数与下游取样流量之和。流量计安装在被试过滤器的下游,能够最大限度地保护流量计免于污染物的磨损。可采用带有密封轴承的涡轮流量计。

B.2.3 污染物注入系统

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(见B.2.2.1)。由于污染物注入油箱的体积大、污染物

浓度高,需要增加一些附属搅拌装置,可以是搅拌器、附属循环回路或者具有类似功能的设备。

B.2.3.2 泵

B.2.3.2.1 污注系统回路中的高污染浓度要求只能选用对磨损泥浆完全不敏感的泵。可采用离心泵和步进式容积泵。

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方式都是可行的。

B.2.3.3 净化过滤器

纳垢容量是最重要的考虑因素,其他因素和过滤器试验系统(见 B.2.2.3)相同。

B.2.3.4 温度控制器

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正常工作。

附录 C
(资料性附录)
计算和图表报告示例

C.1 首要信息

按照第 9 章的规定,试验前需要的信息如下:

- a) 结构完整性压力: 1 500 Pa;
- b) 试验流量 q : 100 L/min;
- c) 滤芯极限压差: 400 kPa;
- d) 推测的过滤比: $\beta_{5(c)} = 4$, $\beta_{15(c)} = 75$;
- e) 估计的纳垢容量 m_e : 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 c'_b : 10 mg/L;

预定的注入流量 q'_i : 0.25 L/min;

颗粒计数尺寸: 5 $\mu\text{m}(c)$ 、10 $\mu\text{m}(c)$ 、15 $\mu\text{m}(c)$ 、20 $\mu\text{m}(c)$ 、30 $\mu\text{m}(c)$

用式(1)计算 t_{pr} : $t_{pr} = \frac{1\,000 \times 40\text{ g}}{10\text{ mg/L} \times 100\text{ L/min}} = 40\text{ min}$

用式(2)计算 V_{min} : $V_{min} = (1.2 \times 40\text{ min} \times 0.25\text{ L/min}) + 8\text{ L} = 20\text{ L}$

用式(3)计算 c'_i : $c'_i = \frac{10\text{ mg/L} \times 100\text{ L/min}}{0.25\text{ L/min}} = 4\,000\text{ mg/L}$

用式(4)计算 m : $m = \frac{4\,000\text{ mg/L} \times 20\text{ L}}{1\,000} = 80\text{ g}$

C.2 多次通过试验结果

C.2.1 多次通过试验的参数见 C.1, 剩余试验条件和试验结果见表 C.1。将用式(11)、式(12)(见 12.11 和 12.12)计算 $\bar{q}_i$ 和 $\bar{c}_b$ 得到的试验结果记录在表 C.1 中:

$$\bar{q}_i = \frac{20\text{ L} - 11.4\text{ L}}{34.2\text{ min}} = 0.252\text{ L/min}$$

$$\bar{c}_b = \frac{3\,980\text{ mg/L} \times 0.252\text{ L/min}}{100\text{ L/min}} = 10\text{ mg/L}$$

用式(13)计算 m_i :

$$m_i = \frac{3\,980\text{ mg/L} \times 0.252\text{ L/min} \times 34.2\text{ min}}{1\,000} = 34.3\text{ g (取整数 34 g)}$$

C.2.2 为了计算纳垢容量 m_R , 试验数据应附加参数: 下游排出的取样流量 q_d (此例为 0.20 L/min) 和上游排出的取样流量 q_u (此例为 0.05 L/min)

C.2.3 用 13.2 的式(14)计算 m_R :

$$\begin{aligned} m_R &= 34.3\text{ g} - \frac{22.3\text{ mg/L} \times 24.5\text{ L}}{1\,000} - \frac{0.2\text{ L/min} \times 34.2\text{ min} \times (22.3\text{ mg/L} - 10\text{ mg/L})}{1\,000} \\ &\quad - \frac{0.05\text{ L/min} \times 34.2\text{ min} \times (22.3\text{ mg/L} + 10\text{ mg/L})/2}{1\,000} \\ &= 34.3 - 0.55 - 0.08 - 0.03 = 33.64\text{ g} \approx 34\text{ g} \end{aligned}$$

表 C.1 滤芯多次通过试验报告表

实验室：×××× 试验日期：××××年××月××日 实验人员：×××							
过滤器和滤芯的标识							
滤芯标识：×××× 样件		滤芯壳标识：×××× 样件					
旋装式：是/否		滤芯初始冒泡点/Pa：1 500					
试验条件							
试验油液							
类型：(油液制造商)		型号：MIL-PRF-5606		批号：1234			
试验温度下的黏度/(mm ² /s)：14.9		温度/℃：37.2					
抗静电(是/否)		抗静电添加剂类型：Stadis450		电导率/(pS/m)：1 250			
试验污染物							
类型：ISO MTD 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 c _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) 0.252	
污染浓度/(mg/L)		3 979.7		3 981.0		污染浓度 c _i /(mg/L) 3 980	
计数系统							
计数位置		计数器和传感器		流量/(mL/min)		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-PRF-5606					
压差							
壳体压差/kPa：31.0		洁净过滤器总成压差/kPa：39.4					
洁净滤芯压差/kPa：8.4		滤芯极限压差/kPa：400					
压差与污染物注入量的对应关系							
时间间隔	试验时间 min	滤芯压差 kPa	注入质量 g	时间间隔	试验时间 min	滤芯压差 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
纳垢容量							
注入的试验粉末总量 m _i /g：34		纳垢容量 m _R /g：34					
压差为 80%时的上游污染浓度 m ₈₀ /(mg/L)：22.3							

表 C.1 (续)

过滤比 $\beta_{x(c)}$													
平均过滤比		2		10		75		100		200		1 000	
颗粒尺寸/ μm (c)		<5		7.80		13.7		14.6		15.9		18.7	
颗粒计数(每 mL)和过滤比													
时间间隔	$d > 5$ μm (c)	β	$d > 10$ μm (c)	β	$d > 15$ μm (c)	β	$d > 20$ μm (c)	β	$d > 30$ μm (c)	β	$d >$ μm (c)	β	
上游初始	0.50		0.20		0.10		0.00		0.00				
10% 上游 下游	13 900	6.2	1 750	51.9	480	432.0	174	5 490	29	∞			
	2 240		33.7		1.1		0.0		0.0				
20% 上游 下游	14 200	5.7	1 760	45.0	481	285.0	179	4 710	31	∞			
	2 490		39.1		1.7		0.0		0.0				
30% 上游 下游	14 400	5.1	1 770	39.0	482	289.0	176	5 770	30	7 210			
	2 800		45.4		1.7		0.0		0.0				
40% 上游 下游	15 600	5.0	1 890	35.3	520	252.0	192	5 320	34	∞			
	3 100		53.5		2.1		0.0		0.0				
50% 上游 下游	15 500	4.8	1 870	33.2	504	225.0	184	5 010	31	∞			
	3 230		56.3		2.2		0.0		0.0				
60% 上游 下游	15 600	4.7	1 860	30.5	504	177.0	186	2 690	33	∞			
	3 350		60.9		2.9		0.1		0.0				
70% 上游 下游	16 000	4.3	1 890	25.3	518	158.0	190	2 590	33	∞			
	3 750		74.7		3.3		0.1		0.0				
80% 上游 下游	16 800	3.3	1 910	16.3	508	80.9	187	1 260	32	7 680			
	5 050		117.0		6.3		0.1		0.0				
90% 上游 下游	19 400	2.6	2 030	10.9	527	52.9	190	1 280	32.4	∞			
	7 520		186.0		10.0		0.1		0.0				
100% 上游 下游	21 200	2.4	2 090	9.3	532	43.3	192	753.0	33	∞			
	8 760		224.0		12.3		0.3		0.0				
上游平均 下游平均	16 300	3.9	1 880	21.1	506	116.0	185	2 130	32	37 900			
	4 230		89.0		4.4		0.1		0.0				

C.2.4 用 13.4 的式 15 计算表 C.1 中的每个污染物注入量。用式(5)、式(6)、式(7)、式(8)、式(9)和式(10) 计算平均颗粒数和过滤比。

C.2.5 图 C.1 是滤芯压差与污物注入量的关系曲线。第一个数据点表示的是在试验初始清洁滤芯的压差,剩余的数据点(至少 10 个)每一个表示的是最终试验时间从 10%~100%对应的滤芯压差值。这些数值均记录在表 C.1 中。

C.2.6 用式(16)计算表 C.1 指定过滤比的内插颗粒尺寸。例如,用式(16)计算 $\beta_{x(c)} = 75$ 的颗粒尺寸 x ,在 $10\ \mu\text{m(c)} \sim 15\ \mu\text{m(c)}$ 之间取得内插值。

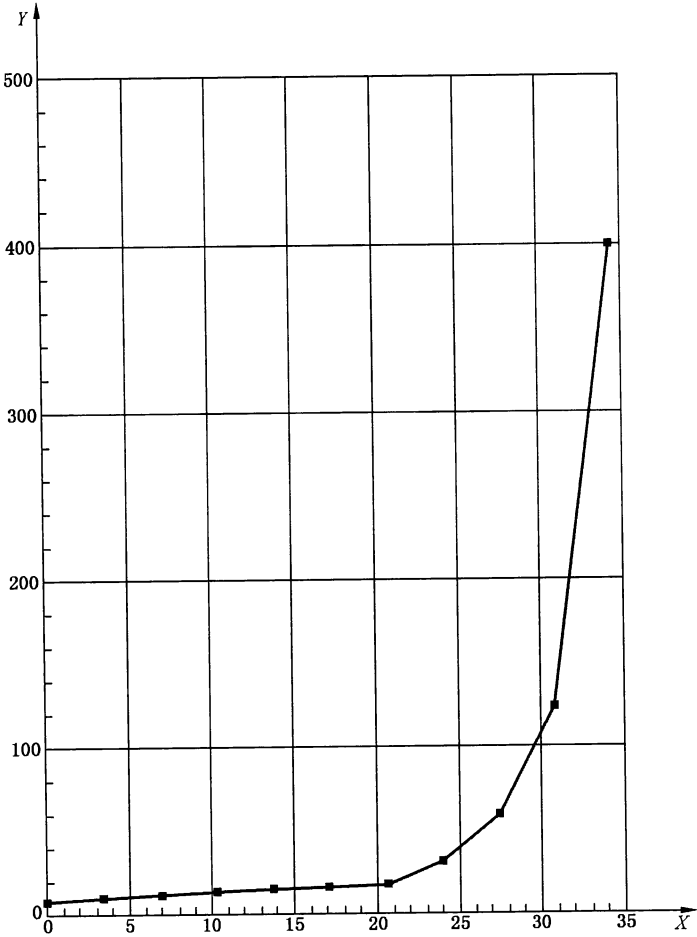
$$x = \frac{[10\ \mu\text{m(c)} - 15\ \mu\text{m(c)}] \times \log(75/21.1)}{\log(21.1/116)} + 10\ \mu\text{m(c)} = 13.7\ \mu\text{m(c)}$$

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

C.2.7 图 C.2 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 $10\ \mu\text{m(c)}$ 和 $15\ \mu\text{m(c)}$ 的线性内插值。 $\beta = 75$ 时的颗粒尺寸内插值为 $13.7\ \mu\text{m(c)}$,或者 $\beta_{13.7(c)} = 75$ 。

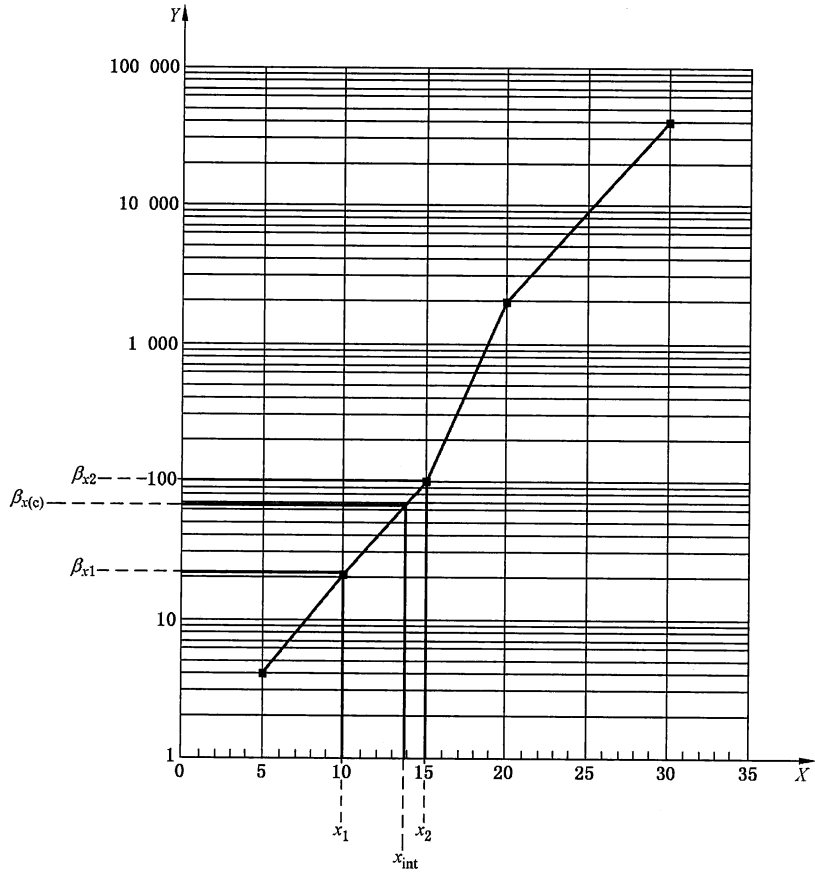
C.2.8 图 C.3 是对应每一颗粒尺寸的平均过滤比与试验时间的百分比关系图。这些值也表示在表 C.1 中。注意有几个 $30\ \mu\text{m(c)}$ 处的 β 值是无穷大,在图上取 $\beta = 100\ 000$ 的点。

C.2.9 图 C.4 是对应每一颗粒尺寸的平均过滤比与滤芯压差的关系图。这些值也表示在表 C.1 中。注意当 β 为无穷大时,图上取 $\beta = 100\ 000$ 的点。



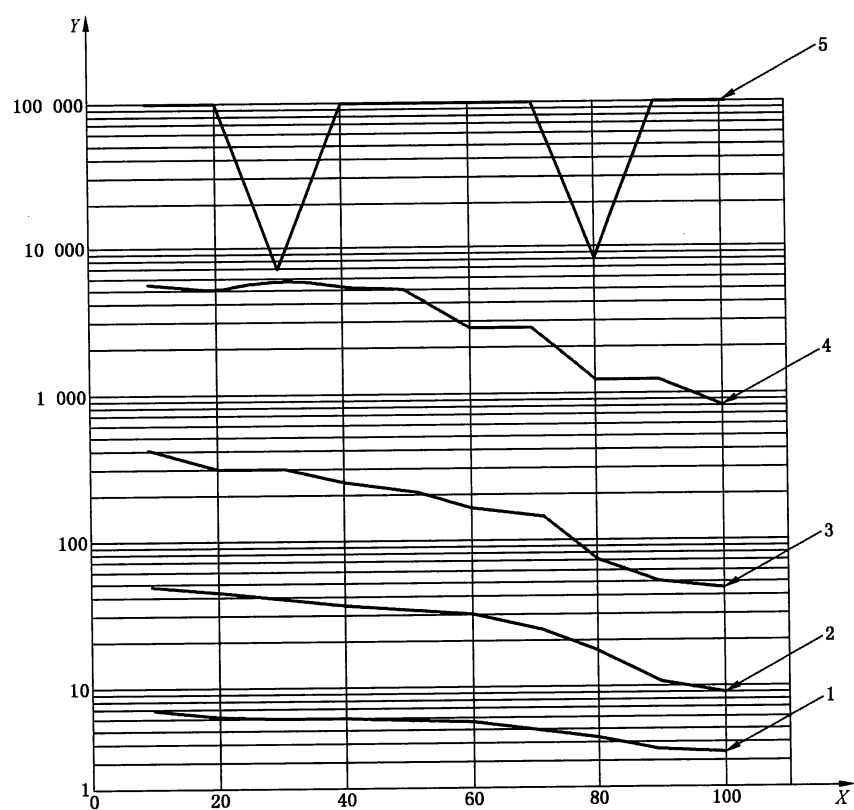
说明:
X——ISO 12103-A3 试验污染物注入质量,单位为克(g);
Y——滤芯压差,单位为千帕(kPa)。

图 C.1 滤芯压差和污染物注入量关系曲线示例



说明：
X——颗粒尺寸，单位为微米[μm(c)]；
Y——过滤比， $\beta_{x(c)}$ 。
注： $x_1=10\ \mu\text{m(c)}$ ， $\beta_{x_1}=21.1$ ；
 $x_2=15\ \mu\text{m(c)}$ ， $\beta_{x_2}=116$ ；
 $x_{\text{int}}=13.7\ \mu\text{m(c)}$ ， $\beta_{x(c)}=\beta_{13.7(c)}=75$ 。

图 C.2 过滤比和颗粒尺寸关系曲线示例



说明：

X —— 试验时间百分比, t_i ;

Y —— 过滤比, $\beta_{x(c)}$;

1 —— 颗粒尺寸为 $5 \mu\text{m}(c)$ 的曲线;

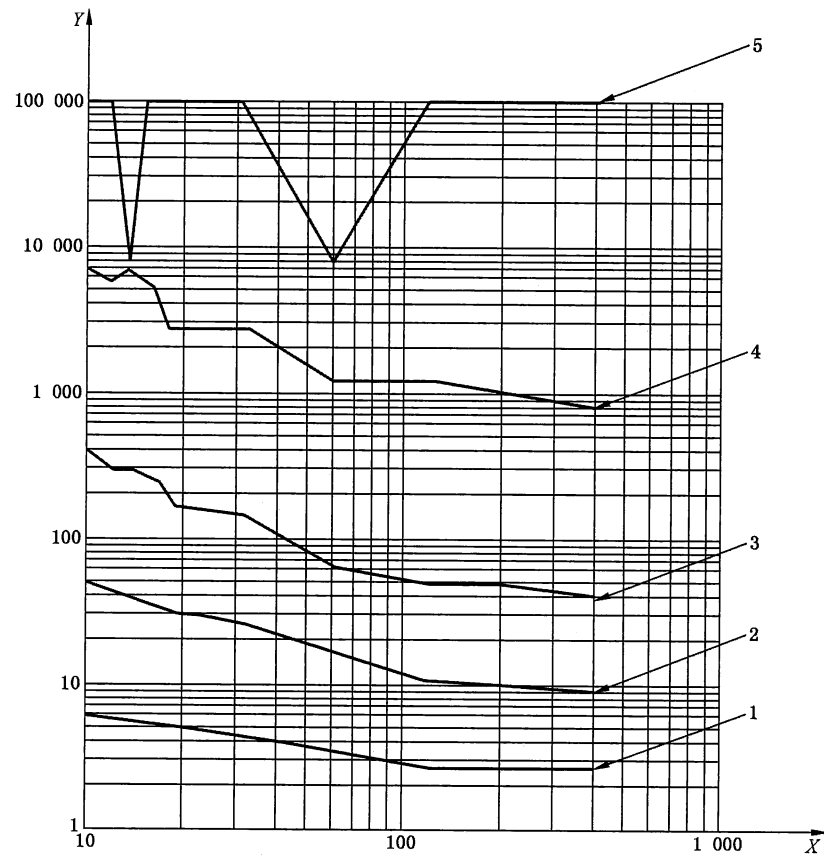
2 —— 颗粒尺寸为 $10 \mu\text{m}(c)$ 的曲线;

3 —— 颗粒尺寸为 $15 \mu\text{m}(c)$ 的曲线;

4 —— 颗粒尺寸为 $20 \mu\text{m}(c)$ 的曲线;

5 —— 颗粒尺寸为 $30 \mu\text{m}(c)$ 的曲线。

图 C.3 过滤比和试验时间百分比的关系曲线示例



说明：
X——滤芯压差，单位为千帕(kPa)；
Y——过滤比， $\beta_{x(c)}$ ；
1——颗粒尺寸为 5 $\mu\text{m(c)}$ 的曲线；
2——颗粒尺寸为 10 $\mu\text{m(c)}$ 的曲线；
3——颗粒尺寸为 15 $\mu\text{m(c)}$ 的曲线；
4——颗粒尺寸为 20 $\mu\text{m(c)}$ 的曲线；
5——颗粒尺寸为 30 $\mu\text{m(c)}$ 的曲线。

图 C.4 过滤比和滤芯压差的关系曲线示例

参 考 文 献

[1] ISO/TR 16144, Hydraulic fluid power—Calibration of liquid automatic particle counters—Procedures used to certify the standard reference material SRM 2806

[2] ASTM D4308, Standard Test Method for Electrical Conductivity of Liquid Hydrocarbons by Precision Meter

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
液 压 传 动 过 滤 器
评 定 滤 芯 过 滤 性 能 的 多 次 通 过 方 法
GB/T 18853—2015

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)

网址 www.spc.net.cn

总编室:(010)68533533 发行中心:(010)51780238

读者服务部:(010)68523946

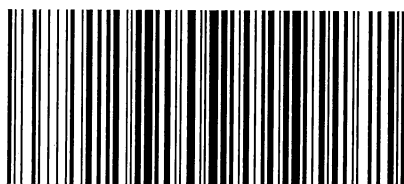
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 61 千字
2016年9月第一版 2016年9月第一次印刷

*

书号: 155066·1-54182 定价 33.00 元



GB/T 18853—2015

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107