

油液清洁度标准及测定方法

1、油液清洁度标准和检测方法

油液清洁度是为了定量地描述和评定油液的清洁度,实施对油液的污染控制。目前,各行业都采用国际标准 ISO 4406 或美国航天学会标准 NAS 1638。我国在 1993 年修改采用 ISO4406-1987,起草了自己的油液清洁度标准 GB/T14039-1993,2002 年修改采用 ISO4406-1999,将 GB/T14039-1993 修订为 GB/T 14039-2002。

1.1、ISO 标准

1.1.1、ISO 4406-1987 (两位数系统)

ISO 4406-1987 (两位数系统) 清洁度等级标准采用两个颗粒尺寸即 5 $\mu$ m 和 15 $\mu$ m 作为检测清洁度的特征粒度。一般情况下,人们认为 5 $\mu$ m 左右颗粒的浓度是引起流体系统淤积和堵塞故障的主要因素,而大于 10 $\mu$ m 的颗粒浓度对设备零件的磨损起主导作用。

ISO4406-1987 是基于 ISO4402 (以 ACFTD (air cleaner fine test dust) 作为标定计数仪的标准颗粒) 颗粒标定标准而制定的。它是以光学显微镜测量颗粒尺寸。

ISO 4406-1987 清洁度等级标准见表 1。

表 1 ISO 4406-1987 (两位数系统)

每毫升颗粒数		清洁度分级	每毫升颗粒数		清洁度分级
大于	上限值		大于	上限值	
80000	160000	24	160	320	15
40000	80000	23	80	160	14
20000	40000	22	40	80	13
10000	20000	21	20	40	12
5000	10000	20	10	20	11
2500	5000	19	5	10	10
1300	2500	18	2.5	5	9
640	1300	17	1.3	2.5	8
320	640	16	0.64	1.3	7

在结果报告中,前面的数码代表每毫升油液中尺寸大于 5 $\mu$ m 的颗粒数等级,后面的数码代表每毫升油液中尺寸大于 10 $\mu$ m 的颗粒数等级,如 ISO16/13 表示:每毫升油

液中尺寸大于 5 $\mu\text{m}$  的颗粒数为 320~640, 定义等级为 16; 大于 10 $\mu\text{m}$  的颗粒数为 40~80, 定义等级为 13。

如一样品的颗粒计数结果见表 2, 按照 ISO 4406-1987 标准, 该样品清洁度报告结果为: ISO 16/13。

表 2 颗粒计数结果示例

颗粒尺寸 $\mu\text{m}$	1	2	5	10	20	50	100
每毫升大于该尺寸的颗粒数	4753	1398	542	71	24	8	2

### 1.1.2、ISO 4406-1999 (三位数系统)

ISO4406-1999 (三位数系统) 清洁度等级标准采用三个颗粒尺寸作为检测清洁度的特征颗粒, 即: 4  $\mu\text{m}$ 、6  $\mu\text{m}$  和 14  $\mu\text{m}$ 。这是因为 ISO4406-1999 是基于 ISO11171 (以 NIST (SRM2806) 作为标定计数仪的标准颗粒) 颗粒标定标准而修订的。它是电子显微镜测量颗粒尺寸。

ISO4406-1999 清洁度等级标准与 ISO4406-1987 清洁度等级标准一样。

如一样品的颗粒计数结果见表 3, 按照 ISO 4406-1999 标准, 该样品清洁度报告结果为: ISO 18/16/13。

表 3 颗粒计数结果示例

颗粒尺寸 $\mu\text{m}$	1	2	5	10	20	30	50	100
每毫升大于该尺寸的颗粒数	1340	524	144	56	16	6	2	0.1

### 1.1.3、ISO 4406-1987 和 ISO 4406-1999 的转换关系

根据经验, ISO 4406-1987 和 ISO 4406-1999 的结果可以通过下面的换算进行转换: 两位数清洁度的第一位加 2~3 为三位数清洁度的第一位, 两位数清洁度的第一位和第二位数值保持不变成为三位数清洁度的第二位和第三位。

如: 两位数清洁度为: ISO 16/13, 换算成三位数清洁度为: ISO 19 (18) /16/13。

## 1.2、NAS 标准

NAS1638 是由美国航天学会制定的清洁度等级标准, 它根据 5 个颗粒尺寸范围将清洁度分为 14 个等级, 见表 4。

表 4 NAS 1638 清洁度等级标准

级别	100mL 样品中规定颗粒大小 ( $\mu\text{m}$ ) 范围内的最大颗粒数				
	5~15	15~25	25~50	50~100	> 100
00	125	22	4	1	0
0	250	44	8	2	0
1	500	89	16	3	1
2	1000	178	32	6	1
3	2000	356	63	11	2
4	4000	712	126	22	4
5	8000	1425	253	45	8
6	16000	2850	506	90	16
7	32000	5700	1012	180	32
8	64000	11400	2025	360	64
9	128000	22800	4050	720	128
10	256000	45600	8100	1440	256
11	512000	91200	16200	2880	512
12	1024000	182400	32400	5760	1024

由表 4 可知，每个尺寸段的颗粒浓度有一个固定范围，即相邻两个等级颗粒数量之比为 2，因此，可以用这个比值外推超过 12 级的油液清洁度。在实际操作中，根据实测颗粒数在 5 个尺寸段的分布，得到 5 个对应的清洁度等级，以最高级确定油液的清洁度。

NAS1638 标准是根据 20 世纪 60 年代飞机液压系统润滑油中的固体颗粒分布统计特征而制定的。随着科技的发展，液压系统润滑油中固体颗粒的分布发生了很大变化，特别是大于 15  $\mu\text{m}$  的大颗粒大幅度减少，导致大颗粒尺寸段的设定已毫无必要，所以国际标准化组织制修订 ISO 4406 并逐渐取代 NAS 1638。同时，美国航天学会也意识到 NAS 1638 标准在使用中存在一些缺点，所以也进行了改进，现已修订为 AS 4509。该标准特别加强了对小颗粒的控制力度，增加了 000 等级，即增加了大于 2  $\mu\text{m}$  的颗粒尺寸，另外，颗粒尺寸不按区间划分而按尺寸上限分档，颗粒计数上由区间计数改为累计计数。

2、ISO 4406 和 NAS 1638 的对应关系

ISO 4406 和 NAS 1638 两个标准的清洁度等级划分有所不同，但是二者的测定原理是相同的。因此，两个标准清洁度等级有一定的对应关系，其关系见表 6。

表 6 ISO 4406 和 NAS 1638 清洁度等级对应关系

ISO4406	21/18	20/17	19/16	18/15	17/14	16/13	15/12	14/11	13/10	12/9	11/8	10/7	9/6	8/5
NAS1638	12	11	10	9	8	7	6	5	4	3	2	1	0	00

3、润滑油清洁度与 ISO 4406 清洁度等级关系

不同润滑油对清洁度的要求是不一样的，比如，液压油和汽轮机油对清洁度要求最严，齿轮油次之，内燃机油则相对要宽松一些，这些油品对清洁度的相对要求见表 7。

表 7 常用润滑油清洁程度与 ISO 4406 清洁度等级关系

油品	12/9	14/11	16/13	18/15	20/17	22/19	24/21
液压油	非常清洁	非常清洁	清洁	脏	脏	脏	脏
齿轮油		非常清洁	非常清洁	清洁	脏	脏	脏
内燃机油			非常清洁	非常清洁	清洁	脏	
汽轮机油	非常清洁	非常清洁	清洁	脏	脏	脏	脏

注：该文摘自周亚斌、焦丽菲所著《油液清洁度标准及测定方法》