



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 20110—2006/ISO 18413:2002

---

## 液压传动 零件和元件的清洁度 与污染物的收集、分析和数据报告 相关的检验文件和准则

Hydraulic fluid power—Cleanliness of parts and components—  
Inspection document and principles related to contaminant  
collection, analysis and data reporting

(ISO 18413:2002, IDT)

2006-02-16 发布

2006-09-01 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 .....	II
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 检验文件 .....	2
5 污染物收集方法 .....	3
6 污染物分析方法 .....	5
7 数据报告 .....	5
8 选择指南 .....	6
9 验收准则 .....	6
10 标注说明(引用本标准) .....	6
附录 A (资料性附录) 污染物收集方法 晃动法 .....	9
附录 B (资料性附录) 污染物收集方法 压力冲洗法 .....	11
附录 C (资料性附录) 污染物收集方法 超声波振动法 .....	13
附录 D (资料性附录) 污染物收集方法 最终使用模拟法 .....	15
附录 E (资料性附录) 污染物分析及数据报告方法 .....	17
附录 F (资料性附录) 最终使用模拟试验台 设计指导 .....	19
附录 G (资料性附录) 复杂封闭表面的等效圆球面积 .....	22

## 前 言

本标准等同采用 ISO 18413:2002《液压传动 零件和元件的清洁度 与污染物的收集、分析和数据报告相关的检验文件和准则》(英文版)。

为了便于使用,依据 GB/T 1.1—2000 对 ISO 18413:2002 做了必要的编辑性修改。具体修改如下:

——“2 规范性引用文件”中,将部分 ISO 标准转换为相应的国家标准;

——对 F.2.2.5 的叙述做了适当修改,使其与图 F.1 一致;

——删除原文中的“参考文献”,但将正文中涉及到的参考文献(标准)列入“2 规范性引用文件”。

本标准的附录 A 至附录 G 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(SAC/TC3)归口。

本标准起草单位:北京化工大学、北京机械工业自动化研究所。

本标准主要起草人:李方俊、刘新德、赵曼琳、陈宇朕。

本标准是首次发布。

## 引 言

在液压传动系统中,能量的传递与控制是通过封闭回路中的受压液体来实现的。循环工作液体中存在的污染物将引起系统性能的下降。减少系统中这些污染物数量的方法之一,是在最终的总成之前清洗零件和元件。正确评价零件和元件的清洁度等级,需要两方面的文件内容,即清洁度要求和污染物收集、分析及数据报告采用的方法。

# **液压传动 零件和元件的清洁度 与污染物的收集、分析和数据报告 相关的检验文件和准则**

## **1 范围**

本标准规定了检验文件的内容,该检验文件既包括指定零件或元件的清洁度要求,又包括用于评价其清洁度等级的检验方法。清洁度要求和检验方法应由相关各方共同确定和认可。

注1:本标准不涉及确定特定零件或元件的清洁度等级要求。

注2:在本标准中,经过认可的工作液体被认为是元件。

本标准适用于任何流体传动系统零件或元件的湿表面。本标准不包括外观缺陷和液体或气体污染物。

本标准不涉及危险材料、操作、设备及其使用所带来的安全问题。本标准的使用者有责任建立完善的安全与健康实施规范,并在使用前确定其所限定的适用范围。

## **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 17446 流体传动系统及元件 术语(GB/T 17446—1998, idt ISO 5598:1985)

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—2002, ISO 11171:1999 MOD)

GB/T 20082 液压传动 油液污染 用光学显微镜计数法测定颗粒污染(GB/T 20082—2006 IDT, ISO 4407:2002)

ISO 4405 液压传动 油液污染 用称重法测定颗粒污染

ISO 11500 液压传动 利用遮光原理自动计数测定颗粒污染

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

## **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**

**元件清洁度 component cleanliness**

采用适当的分析方法测得的元件湿表面或受控表面上收集到的污染物数量或特征。

### **3.2**

**污染物 contaminant**

呈现在零件或元件内,或在它们的湿表面或受控表面上,游离的或可分离的固体物质。

注:本标准中所指的污染物包括悬浮在液体中的固体物质,但不包括液体和气体。本定义与 GB/T 17446 中还包括液体和气体的污染物定义不同。

3.3

**受控表面 controlled surface**

具有清洁度要求的零件或元件的湿表面。

3.4

**受控容积 controlled volume**

具有清洁度要求的零件或元件的湿容积。

3.5

**终点样本 end-point sample**

一系列重复样本中的最后样本,其对先前样本结果总和的影响不大于10%。

3.6

**检验文件 inspection document**

对零件或元件的清洁度要求及认可的检验方法的书面描述。

3.7

**检验方法 inspection method**

污染物收集、分析和数据报告的实施步骤,用于评价检验文件所规定的零件或元件的清洁度。

3.8

**零件清洁度 part cleanliness**

采用适当的分析方法测得的零件湿表面或受控表面上收集到的污染物数量或特征。

3.9

**买方 purchaser**

规定机器、设备、系统、零件或元件的要求,并判断产品是否满足这些要求的一方。

3.10

**代表性样本 representative sample**

收集到的能代表零件或元件内部或外部所含有的污染物数量和特征的物质。

3.11

**供货商 supplier**

根据合同为满足买方的要求而提供产品的一方。

3.12

**试验液 test liquid**

用来从零件或元件中去除、悬浮和收集污染物的合适液体。该液体初始污染度已知,且应与被测零件或元件及使用的仪器相容。

3.13

**验证 validation**

用试验方法评价污染物去除过程效率或确定实验室分析仪器工作正常的证实过程。

3.14

**湿表面 wetted surface**

零件或元件接触到系统液体的表面。

4 检验文件

4.1 内容

本标准规定了检验文件的内容,而不是格式。检验文件既能以单独文件的形式存在,也能以一系列相关文件的形式存在。不论文件的形式如何,检验文件应清楚地注明零件或元件的清洁度要求和认可的检验方法。

## 4.2 零件或元件的清洁度要求

检验文件应规定零件或元件的清洁度要求。清洁度要求应与零件或元件已知的或期望的功能或应用场合相适应。在考虑并确定某一特定零件或元件的清洁度要求时,典型的参考资料有:原始数据;现行的企业标准、行业标准、国家标准和国际标准;零件或元件的性能、可靠性和耐久性要求;同类零件或元件的数据。

零件或元件的清洁度要求应由相关各方共同确定和认可。

注:本标准不涉及确定特定零件或元件的清洁度等级要求。

## 4.3 检验方法

4.3.1 检验文件应规定评价零件或元件清洁度的检验方法。检验方法应由相关各方共同确定和认可,且应与零件或元件的结构和清洁度要求相适应。

4.3.2 检验文件应规定污染物收集、分析和结果报告的合适参数。在考虑确定认可的检验方法时,典型的参考资料有:以前所使用的有关污染物收集、分析和结果报告的方法;现行的企业标准、行业标准、国家标准和国际标准;零件或元件的性能、可靠性和耐久性要求;同类零件或元件的数据。建议依次选择使用国际标准、国家标准、行业标准和企业标准。

## 4.4 有效性

检验文件应在双方同意的基础上生效,双方都应持有检验文件的文本。

## 4.5 一致性

4.5.1 除非在检验文件中另有说明,否则应遵守 4.5.2 和 4.5.3。

4.5.2 在使用认可的检验方法进行评价时,所有零件或元件都应满足规定的清洁度要求。

4.5.3 可能不要求对所有的零件或元件都进行检验。有些零件或元件要求满足规定的清洁度等级,而另一些零件或元件则没有清洁度要求。

注:鼓励将有成本效益的清洗方法作为正常生产过程的一部分进行开发、合作。通常检查程序常用于监控尺寸、清洁度和功能要求的一致性。

## 4.6 一致性的验证

4.6.1 零件或元件清洁度要求的一致性验证既可以通过工业中采用的统计取样方法进行,也可以通过检验过程中在供货商和买方的监控下进行。

4.6.2 测试结果的验证需要特别仔细,因为不同的污染物收集与分析方法将影响从同一个零件或元件得到的测试结果。此外,由于污染物收集过程导致被试零件或元件的清洗,因此同一被试件不应再次用于后续的一致性验证。

## 4.7 附加资料

4.7.1 除非供货商与买方另有协议,否则应遵守 4.7.2~4.7.5。

4.7.2 检验文件应规定零件或元件的清洁度等级要求及其适用范围。检验文件中应写明实施清洁度要求的检测点。由于零件或元件长期或不当的贮存可能会带来新的污染物(如氧化物),使用的检验文件应针对这些因素做出说明。

4.7.3 检验过程不包括对临时性的装运包装物的检验。但是,由这种包装物所导致的任何污染物都应包括在零件或元件清洁度的评价中。

4.7.4 诸如刻痕、瑕疵和污点这样的缺陷所促成的污染物,应包括在零件或元件清洁度的评价中。

4.7.5 在适用的场合,可以将允许的残余磁场强度的要求作为检验文件的一部分。

注:残余磁力会引起污染物在零件或元件表面的滞留和结块,两者都将影响污染物的收集和分析。

## 5 污染物收集方法

### 5.1 综述

污染物收集方法应经过协商,取得一致赞同意见,并在检验文件中写明。测得的零件或元件的清洁

度在很大程度上取决于分析所采用的收集污染物的程序。如果收集到的污染物不能直接进行分析,则应采用适当的控制措施,以确保收集到的样本具有代表性。污染物提取或收集过程的有效性可通过终点样本的概念进行确认。测试人员应遵循检验文件中规定的污染物收集方法,检验设备应清洁到不会对零件或元件清洁度的检测产生影响的程度。

## 5.2 概要

污染物收集有多种方法,用于从零件或元件的受控表面清除污染物并将污染物悬浮在适当的试验液中,再收集试验液和悬浮污染物以便进行分析。本标准描述了四种基本的污染物收集方法:晃动法、压力冲洗法、超声波振动法及最终使用模拟法。在供货商和买方一致同意的情况下也可采用其他方法,这些方法应经过适当的验证。

## 5.3 晃动法

5.3.1 简单封闭表面所含污染物,通过向被测零件或元件中注入适当种类和适量体积的试验液,并将开口密封好,晃动零件或元件使污染物从受控表面上脱离并悬浮在试验液中。晃动后应立即排出所有在测试中使用的试验液,并将其收集以便分析。具体要求参见附录 A。

5.3.2 需要控制的主要过程变量有:试验液及其相关性能,试验液的体积和温度,晃动的类型和周期,包括终点样本在内的样本收集次数,收集到的用于分析的试验液体积。

5.3.3 应考虑零件或元件的尺寸和质量,需用的吊具或卡具,以及为便于污染物收集而需要的任何辅助设备。

## 5.4 压力冲洗法

5.4.1 通过向安放在适当的液体收集设备上的零件或元件的受控表面定向喷射试验液,使裸露表面上或可接触表面上的污染物剥离。冲洗后所有在测试中使用的试验液应立即收集起来以便分析。具体要求参见附录 B。

5.4.2 需要控制的主要过程变量有:试验液及其相关性能,试验液的压力和流量,试验液的体积和温度,零件或元件的冲洗顺序,包括终点样本在内的样本收集次数,收集到的用于分析的试验液体积。

5.4.3 应考虑受控表面的总体可冲洗性,零件或元件的尺寸和质量,需用的吊具和卡具,以及为便于污染物收集而需要的任何辅助设备。

## 5.5 超声波振动法

5.5.1 通过将零件或元件浸没在试验液中并施加超声波振动,使超声波振动可达到的表面上的污染物剥离。零件或元件一旦从超声波清洗槽中取出,所有在测试中使用的试验液应立即收集起来以便分析。具体要求参见附录 C。

5.5.2 需要控制的主要过程变量有:试验液及其相关性能,试验液的体积和温度,设定的设备功率,在超声波中的暴露时间,包括终点样本在内的样本收集次数,收集到的用于分析的试验液体积,从零件或元件表面剥离可分离污染物的效果和从超声波清洗槽中收集用于分析的样本效果。

5.5.3 应考虑零件或元件的尺寸和质量,它们和超声波清洗槽的容量有关。同时还应考虑零件或元件的形状,这些因素都会影响超声波清洗槽的清洗效果。

## 5.6 最终使用模拟法

5.6.1 不易接触的内表面上的污染物,通过将零件或元件安装在模拟其最终使用的试验台上进行收集。试验液通过试验台进行循环的同时,使零件或元件动作。模拟循环一旦结束,应立即收集用于分析的具有代表性的试验液样本。具体要求参见附录 D。

5.6.2 产品试验台可用来进行最终使用模拟试验。当产品试验台被用于最终净化过程(例如:在管路中安装净化过滤器)时,供货商和买方可以协商,由零件或元件下游某一合适取样点收集到的样本来分析确定零件或元件的清洁度。

5.6.3 需要控制的主要过程变量有:试验液及其相关性能,试验液的体积和温度,模拟循环过程,循环周期,收集样本的大小和数量,以及控制先前试验遗留物影响的程序。



5.6.4 应慎重选择模拟循环(例如:伴随着零件或元件的跑合会产生污染物的循环)及确定液压系统中来自其他零件或元件的潜在交叉污染源,尤其当元件安装到试验台上时。尽量减少污染物的生成量是非常重要的,因为生成的污染物将引起后续污染物分析结果的变化。

## 6 污染物分析方法

### 6.1 综述

污染物分析方法应经过协商,取得一致赞同意见,并在检验文件中写明。被测零件或元件的清洁度等级取决于污染物分析所使用的程序。由于收集到的样本常常只含有少量的被试验液大大稀释的污染物,所以需要良好的实验室技术设备,以避免污染物的丢失和分析过程中其他污染源的交叉污染。测试人员应遵循检验文件规定的分析方法。

注:如果一些剩余物质(如液体、保护膜、润滑脂)不溶于试验液,这些物质的存在可能会给分析带来问题。

### 6.2 概要

众多的标准实验室分析方法都可以用来检测零件或元件需要的清洁度数据。数据报告的格式与污染物分析方法密切相关。本标准描述了四种基本的污染物分析方法:称重法、颗粒尺寸法、化学成分法和颗粒尺寸分布法。在供货商和买方一致同意的情况下也可采用其他分析方法。

### 6.3 称重法

获取包含从受控表面收集到的所有污染物的样本。通常在控制条件下,通过滤膜过滤将污染物从试验液中分离出来,称取过滤后沉积在滤膜表面上物质的质量(见 ISO 4405)来确定污染物浓度(单位面积质量、单位体积质量、单位零件质量或单位元件质量)。

### 6.4 颗粒尺寸法

获取包含从受控表面收集到的所有污染物的样本。通常在控制条件下,通过滤膜过滤将污染物从试验液中分离出来,使用光学显微镜或光学图像分析仪(见 GB/T 20082)、扫描电子显微镜或其他图像分析仪器来检查滤膜上残留的污染物以确定颗粒尺寸。

报告数据时应规定尺寸参数(总面积或最长直线尺寸)。

注:6.4 可以使用 6.3 中的样本。

### 6.5 化学成分法

获取包含从受控表面收集到的所有污染物的样本。通常在控制条件下,通过滤膜过滤将污染物从试验液中分离出来,使用适当的仪器,如装有 X 射线荧光能谱仪的扫描电子显微镜,来检查滤膜上残留的污染物以确定化学成分。

注:6.5 可以使用 6.3 中的样本。

### 6.6 颗粒尺寸分布法

获取具有代表性的污染物样本。通过适当的计数方法确定颗粒的尺寸和数量,如采用遮光传感器的光学自动颗粒计数器(见 ISO 11500)、光学显微镜或光学图像分析仪(见 GB/T 20082)。

注 1:采用样本处理程序,以便将大颗粒的沉积减小到最小,这对于含有尺寸大于 50  $\mu\text{m}$  的颗粒的样本尤为重要。

注 2:有些颗粒计数仪器不能承受高浓度污染或肉眼可见的大颗粒,此时需要对样本进行稀释或预先过滤。

## 7 数据报告

### 7.1 综述

数据的表达方式应经过协商,取得一致赞同意见,并在检验文件中写明。通常,所选择的格式应指明最关注的污染物质,也用来指明给定零件或元件规定的清洁度要求的重要程度。

### 7.2 概要

污染物可以通过多种方法进行描述,任何单一的数据报告格式都不可能适合于所有的应用场合。因此,重要的是在检验文件中确定最关注的污染物特征以及规定一种合适的数据报告格式。本标准描

述了四种经常需要确定的污染物特征:污染物质量、颗粒尺寸、化学成分和颗粒尺寸分布。

当以浓度或标准分布报告数据时,对零件或元件的面积或容积应清楚地加以定义。在适当时,可以使用附录 G 所描述的程序。

### 7.3 污染物质量

通过重量分析法,获得零件或元件表面污染物的质量信息。污染物质量数据常用于污染物控制过程的监控。

### 7.4 颗粒尺寸

通过显微镜分析法,可获得特定颗粒污染物的尺寸信息。颗粒尺寸数据常用于对某一特定尺寸敏感的关键零件或元件的分析,或用于污染物控制过程的监控。

### 7.5 化学成分

通过专业化的实验室分析方法,可获得污染物的化学成分信息。污染物化学成分数据常用于对某一特定成分敏感的关键零件或元件的分析,或用于污染物控制过程的监控。

### 7.6 颗粒尺寸分布

通过颗粒计数分析法,可获得污染物的尺寸分布信息。颗粒尺寸分布数据常用于装配后的元件和过程流体的最终清洁度检查。颗粒尺寸分布也可以作为对零件或元件表面的清洁度要求。

## 8 选择指南

### 8.1 概要

以下提供的样本收集、分析和数据报告的方法,在选定的条件下已得到广泛的认可。检验文件中应写明适合于特定零件或元件的要求。

### 8.2 污染物收集

表 1 概括了与液压零件和元件类别相关的污染物收集方法的选择指南。

### 8.3 污染物分析

表 2 概括了与污染物收集方法相关的污染物分析方法的选择指南。

### 8.4 数据报告

表 3 概括了与评定的污染物特征和适用的分析方法相关的数据报告方法的选择指南。

## 9 验收准则

如果报告的清洁度是由认可的检验方法测定,且达到或好于检验文件中的规定值,则零件或元件的清洁度验收合格。

## 10 标注说明(引用本标准)

当遵照本标准时,建议在测试报告、产品目录和销售文件中作如下说明:

“零件和元件的清洁度检验文件符合 GB/T 20110—2006/ISO 18413:2002《液压传动 零件和元件的清洁度 与污染物的收集、分析和数据报告相关的检验文件和准则》”。

表 1 污染物收集方法的选择指南

零件或元件	污染物收集方法 <sup>a</sup>			
	晃动法	压力冲洗法	超声波振动法	最终使用模拟法
总成分				
泵和马达	NR	NR	NA	R
阀和缸	NR	NR	NA	R

表 1 (续)

零件或元件	污染物收集方法 <sup>a</sup>			
	晃动法	压力冲洗法	超声波振动法	最终使用模拟法
油路块和集成块	NR	A	A	R
蓄能器	A	NR	NA	R
简单形状和壳体				
齿轮、板和轴	A	R	R	NA
阀芯、杆和柱塞	A	R	R	NA
金属件和密封件	A	R	R	NA
闭式和开式油箱	A	R	NA	NR
空心零件				
油路板和基座块	R	A	A	A
软管和硬管	R	A	A	R
管接头	A	R	A	A
过滤元件				
可清洗滤芯	方法须经供货商和买方同意			
不可清洗滤芯	方法须经供货商和买方同意			
滤壳	A	R	A	A
注：R——推荐的；A——可接受的；NR——不推荐的；NA——不可接受的。				
<sup>a</sup> 对于污染物收集方法，应协商取得一致赞同意见，并在检验文件中写明。				

表 2 污染物分析方法的选择指南

污染物收集方法	污染物分析方法 <sup>a</sup>				
	称重法	颗粒尺寸法	化学成分法	颗粒尺寸分布法	
				取样瓶法	在线法
晃动法	R	R	R	R	NA
压力冲洗法	R	R	R	R	A
超声波振动法	R	R	R	R	R
最终使用模拟法	A	A	A	A	R
注：R——推荐的；A——可接受的；NR——不推荐的；NA——不可接受的。					
<sup>a</sup> 对于污染物分析方法，应协商取得一致赞同意见，并在检验文件中写明。					

表 3 数据报告方法的选择指南

污染物分析方法	测量特征	数据报告的单位		备 注
		推荐的	可接受的	
		mg/m <sup>2</sup> 受控表面	mg/元件 <sup>a</sup>	
称重法	质量	mg/L 受控容积		
		mg/零件	mg/kg	

表 3 (续)

污染物分析方法		测量特征	数据报告的单位		备 注
			推荐的	可接受的	
颗粒尺寸法		最大颗粒尺寸	$\mu\text{m}$	mm	推荐用 最长尺寸
		大于指定尺寸的 颗粒数量	大于指定尺寸( $\mu\text{m}$ )的 颗粒数量	大于指定尺寸(mm)的 颗粒数量	
化学成分法		化学成分	有或没有指定 元素或化学成分	质量比	报告化学 分析方法
				体积比	
颗粒尺寸 分布法	取样瓶法	颗粒尺寸和数量	每 $\text{cm}^2$ 受控表面大于指定尺寸的颗粒数量		一般包括几个 颗粒尺寸
			每 mL 受控体积中大于指定尺寸的颗粒数量		
			单位零件大于指定尺寸的颗粒数量		
			单位元件大于指定尺寸的颗粒数量		
	在线法	颗粒尺寸和数量	每 $\text{cm}^2$ 受控表面大于指定尺寸的颗粒数量		
			每 mL 受控体积中大于指定尺寸的颗粒数量		
			单位零件大于指定尺寸的颗粒数量		
			单位元件大于指定尺寸的颗粒数量		

<sup>a</sup> 该单位一般不适用于装配后元件。

<sup>a</sup> 该单位一般不适用于装配后元件。

## 附录 A

### (资料性附录)

### 污染物收集方法 晃动法

#### A.1 范围

本附录介绍了采用晃动法收集污染物的准则。采用本方法确定的零件或元件清洁度等级主要取决于测试参数,如晃动类型、晃动周期、选择的试验液等。这些参数应在检验文件中写明,测试人员应严格遵守。

#### A.2 方法概述

A.2.1 通过以下过程收集污染物:向测试件中适量地注入已知体积的试验液,封闭开口,通过晃动测试件使污染物从受控表面上脱离,并悬浮在试验液中。

A.2.2 为了使污染物最大程度地脱离,需要多次收集样本。

A.2.3 如果使用辅助机械晃动试验液,应慎重选择机械晃动的方法,以限制其产生任何交叉污染。

A.2.4 实体测试件(如齿轮、板、轴等)需放在含有试验液的容器中,以便晃动使污染物脱离并悬浮在试验液中。

A.2.5 在每次污染物收集过程中,晃动结束后,应立即排完并收集试验液。晃动和污染物收集都应在最大的流体扰动下进行。

A.2.6 按照检验文件的规定分析试验液的样本。

#### A.3 材料和设备

##### A.3.1 试验液

**警告:**使用低闪点试验液时应小心操作。

收集过程中使用的试验液及其初始污染度等级,应经供货商和买方协商同意。试验液应与零件或元件的所有使用材料相容,同时与零件或元件最终使用系统的工作液体相容。试验液应与包括密封件和过滤器在内的所有测试装置相容,并且经过滤达到认可的初始污染度等级。推荐使用低黏度试验液。测试温度下的试验液黏度应 $\leq 5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

试验液的污染度等级应足够低,使其对所测得的零件或元件污染物总量的影响最小。

##### A.3.2 收集盘或容器

清洗所有收集装置,使其不大于零件或元件假定的或允许的清洁度等级所规定的污染物颗粒数的5%。任何收集装置在清洗后使用前都应覆盖住,以防止来自环境的污染。

注:残留在装置上的污染物有可能被转移到样本中并计入零件或元件的污染物中。

##### A.3.3 取样容器的清洗

应充分地清洗取样容器,以使其不会对污染物分析结果产生影响。如果不知道预期的清洁度等级,则最低清洁度等级为每毫升取样容器的容积中尺寸 $\geq 6 \mu\text{m(c)}$ 的颗粒数为3个,被认为是合适的。

注:“ $\mu\text{m(c)}$ ”指使用按 GB/T 18854 校准的自动颗粒计数器计数时的尺寸。对于使用显微镜法计数的颗粒,5  $\mu\text{m}$  等同于 6  $\mu\text{m(c)}$ 。

#### A.4 步骤

A.4.1 确定所分析零件或元件的受控容积和/或受控表面积,包括正常操作过程中系统流体所接触到的所有容积和表面积,在检验文件中,应对需要控制清洁度的零件或元件规定其受控容积和/或受控表

面积。

A.4.2 清洗测试件的外表面。被清洗的外表面位置应不同于收集污染物样本的受控表面位置。小心清洗,以免污染受控表面。外表面被定义为在零件或元件的正常操作过程中不与系统液体相接触的表面。

A.4.3 根据需去掉装运用的塞子,加入试验液。如果零件或元件在装运过程中部分地注入了试验液,则排放这些试验液,测量其体积,按 A.4.6 进行污染物分析。

A.4.4 将占零件或元件总容积 30% 到 40% 的试验液倒入准备好的测量容器中,如带刻度的量筒或烧杯。以尽可能高的精度仔细测量试验液的体积,推荐的最低测试精度为  $\pm 2\%$ 。

A.4.5 将测量好的试验液小心地倒入测试件中,用无污染的塞子重新密封。按预先确定的方法晃动测试件。将试验液由测试件中排放到清洁的收集容器或在线颗粒计数系统的油箱中。小心操作,以免接触非湿表面,盖好收集容器以免被外界污染。

A.4.6 按检验文件中规定的方法分析样本,见附录 E。

A.4.7 对同一个测试件重复 A.4.4~A.4.6 两次以上,每次使用不同的容器收集样本。

A.4.8 用下述方法证实污染物去除效率:

- a) 对于 A.4.4~A.4.7 所收集到的三个样本中的每一个,测定污染物的总质量或大于指定尺寸的颗粒的总数。
- b) 将第三次样本结果除以前两次样本结果的总和。
- c) 若计算值  $\leq 0.10$ ,则污染物收集工作结束。对于颗粒计数而言,计算值  $\leq 0.10$  这一判据适用于尺寸大于检验文件中规定尺寸的颗粒的总数。
- d) 若计算值  $> 0.10$ ,则需要进一步取样。重复 A.4.4~A.4.6,直到最后一次样本的结果小于等于其以前样本总和的十分之一为止。

A.4.9 按检验文件的规定报告数据,见附录 E。

## 附录 B (资料性附录)

### 污染物收集方法 压力冲洗法

#### B.1 范围

本附录介绍了采用压力冲洗法收集污染物的准则。采用本方法确定的零件或元件清洁度等级主要取决于测试参数(如冲洗压力、液体体积、喷嘴类型等)。这些参数应在检验文件中写明,测试人员应严格遵守。

#### B.2 方法概述

**B.2.1** 用被加压的试验液定向地冲洗试件的所有受控表面。在冲洗过程中,机械振动有助于分离受控表面上的污染颗粒。冲洗应在最大的流体扰动下进行。

**B.2.2** 为了最大程度地清除污染物,需要多次冲洗。

**B.2.3** 在每次样本收集过程中,冲洗结束后应立即收集试验液。

**B.2.4** 按照检验文件的规定分析试验液的样本。

#### B.3 材料和设备

##### B.3.1 试验液

**警告:**使用低闪点试验液时应小心操作。在操作过程中应避免产生气雾,以降低燃烧的风险。

收集过程中使用的试验液及其初始污染度等级,应经供货商和买方协商同意。试验液应与零件或元件的所有使用材料相容,与最终使用系统的工作液体相容。试验液还应与包括密封件和过滤器在内的所有测试装置相容,并且经过滤达到认可的污染度等级。推荐使用低黏度试验液,测试温度下的试验液黏度应 $\leq 5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

试验液的污染度等级应足够低,使其对所测得的零件或元件污染物总量的影响最小。

##### B.3.2 取样容器的清洗

应充分地清洗取样容器,以使其不会对污染物分析结果产生影响。如果不知道预期的清洁度等级,则最低清洁度等级为每毫升取样容器的容积中尺寸 $\geq 6 \mu\text{m}(c)$ 的颗粒数为3个,被认为是合适的。

注:“ $\mu\text{m}(c)$ ”指使用按 GB/T 18854 校准的自动颗粒计数器计数时的尺寸。对于使用显微镜法计数的颗粒,5  $\mu\text{m}$  等同于 6  $\mu\text{m}(c)$ 。

##### B.3.3 配液压力容器

容器应装有能测量期望压力范围的压力表,最好还装有压力安全阀。通常使用不锈钢容器,以抵抗各种试验液的化学腐蚀。

##### B.3.4 液体分配枪

液体分配枪应配备在线过滤器托架和适合过滤器(见 B.3.5)的支撑网,以使液体的过滤尽可能地靠近出口口。配液压力容器与分配枪之间也可以有选择地安装管路过滤器。

##### B.3.5 过滤器

过滤器最大的孔径尺寸应为所分析最小颗粒尺寸的25%。过滤器材料应与试验液相容。选择合适精度的过滤器以便达到 B.3.1 规定的液体污染度。

##### B.3.6 过滤器镊子

用扁平、非锯齿状的镊子来处理膜片,以免损坏或交叉污染膜片。

##### B.3.7 收集盘或容器

清洗所有收集装置,使其不大于零件或元件假定的或允许的清洁度等级所规定的污染物颗粒数的

5%。任何收集装置在清洗后使用前都应覆盖住,以防止来自环境的污染。

注:残留在装置上的污染物有可能被转移到样本中并计入零件或元件的污染物中。

## B.4 步骤

**B.4.1** 确定所分析零件或元件的受控容积和/或受控表面积,包括正常操作过程中系统流体所接触到的所有容积和表面积。在检验文件中,应对需要控制清洁度的零件或元件规定其受控容积和/或受控表面积。

**B.4.2** 清洗测试件的非湿外表面。被清洗的外表面位置应不同于收集污染物样本的受控表面位置。小心清洗,以免污染受控表面和湿表面。若测试件很大,例如油箱,仅清洗那些在污染物收集过程中能潜在产生污染物的外表面。外表面被定义为在零件或元件的正常操作过程中不与系统液体相接触的表面。

**B.4.3** 去掉所有装运用的盖子和塞子。如果测试件有残留液体,这些液体应收集到清洁的收集盘或容器中,并作为最终分析体积的一部分。

**B.4.4** 如果可能,将测试件放在按上述规定准备好的清洁的收集盘中。

许多零件或元件因体积太大而不便放入收集盘中,在评定这种零件或元件时,先将测试件安放在取样方便的位置。理想的安放位置是试验液和残留液能流到收集容器中。可能需要其他辅助设备(如吊链、装配架、吊车)使测试件到达合适的位置。对于像油箱这类不能有效排放的零件或元件,清除残留物的最佳方法是利用真空系统。在真空系统中所有要接触试验液的零件在测试前都应清洗,使其达到或小于假定的或允许的清洁度等级所规定的污染颗粒数的5%。

**B.4.5** 如果受控表面需要拆卸才能接触到,应小心地拆卸零件和元件。

这种污染物收集方法对于不需要拆卸的元件是比较精确的,因为拆卸过程本身可能产生污染物。在需要拆卸时,操作人员应仔细拆卸,以使产生的污染物最少。

**B.4.6** 设定容器的压力等级,使射流具有最佳的扰动。如果不需要 B.4.5 中所要求的拆卸,按 B.4.8 进行。

**B.4.7** 从正常工作时与系统液体接触的拆卸元件的所有表面上冲洗污染物,可以冲洗到同一个收集盘中,也可以冲洗到另外的清洁的收集盘或容器中。

**B.4.8** 当所有受控表面都可以接触时,用通过分配枪的试验液射流仔细冲洗这些表面。对于正常工作时与系统液体接触的零件或元件的所有表面都要尽力冲洗,以去除任何污染物。所有残留物都应冲洗到收集盘中,或在合适的场合使用真空系统进行收集。

**B.4.9** 将所有收集的残留物和液体合并在一起。将所有盛冲洗液的收集盘和容器仔细地冲洗,冲洗液汇入一个收集容器中。

**B.4.10** 按检验文件中规定的方法分析样本,见附录 E。

**B.4.11** 对同一个测试件重复 B.4.7~B.4.10 两次以上,每次使用不同的容器收集样本。

**B.4.12** 用下述方法证实污染物去除效率:

- a) 对于 B.4.7~B.4.11 所收集到的三个样本中的每一个,测定污染物的总质量或大于指定尺寸的颗粒的总数。
- b) 将第三次样本结果除以前两次样本结果的总和。
- c) 若计算值 $\leq 0.10$ ,则污染物收集工作结束。对于颗粒计数而言,计算值 $\leq 0.10$ 这一判据适用于尺寸大于检验文件中指定值的颗粒的总数。
- d) 若计算值 $> 0.10$ ,则需要进一步取样。重复 B.4.7~B.4.10,直到最后一次样本的结果小于等于其以前样本总和的 $\frac{1}{10}$ 为止。

**B.4.13** 按检验文件的规定报告数据,见附录 E。



## 附 录 C (资料性附录)

### 污染物收集方法 超声波振动法

#### C.1 范围

C.1.1 本附录介绍了采用超声波振动法收集污染物的准则。采用本方法确定的零件或元件清洁度等级主要取决于测试参数(如试验液体积、试验液特性和超声波功率等级)。这些参数应在检验文件中写明,测试人员应严格遵守。

#### C.2 方法概述

C.2.1 对装有零件或元件及试验液的容器施加超声波振动,以去除所有受控表面上的污染物。

C.2.2 振动结束后,立即收集用过的试验液。

C.2.3 按照检验文件的规定分析试验液的样本。

#### C.3 材料和设备

##### C.3.1 试验液

**警告:**使用低闪点试验液时应小心操作。

收集过程中使用的试验液及其初始污染度等级,应经供货商和买方双方协商同意。试验液应与零件或元件的所有使用材料相容,同时与最终使用系统的工作液体相容。试验液还应与包括密封件和过滤器在内的所有测试装置相容。推荐使用低黏度试验液,测试温度下的试验液黏度应 $\leq 5 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

试验液的污染度等级应足够低,使其对所测得的零件或元件污染物总量的影响最小。

##### C.3.2 超声波清洗槽

超声波清洗槽应使用不锈钢制造,超声波设备的重要特性应在检验文件中规定。

##### C.3.3 收集盘或容器

清洗所有收集装置,使其不大于零件或元件假定的或允许的清洁度等级所规定的污染物颗粒数的5%。任何收集装置在清洗后使用前都应覆盖住,以防止来自环境的污染。

注:残留在装置上的污染物有可能被转移到样本中,并计入零件或元件的污染物中。

##### C.3.4 取样容器的清洗

应充分地清洗取样容器,以使其不会对污染物分析结果产生影响。如果不知道预期的清洁度等级,则最低清洁度等级为每毫升取样容器容积中尺寸 $\geq 6 \mu\text{m(c)}$ 的颗粒数为3个,被认为是合适的。

注:“ $\mu\text{m(c)}$ ”指使用按 GB/T 18854 校准的自动颗粒计数器计数时的尺寸。对于使用显微镜法计数的颗粒,5  $\mu\text{m}$  等同于 6  $\mu\text{m(c)}$ 。

#### C.4 步骤

C.4.1 确定所分析零件或元件的受控容积和/或受控表面积。检验文件中,应对需要控制清洁度的零件或元件规定其受控容积和/或受控表面积。

C.4.2 去掉所有装运用的盖子和塞子。不要拆卸元件,以避免产生污染物。

C.4.3 将测试件浸没在装有清洁试验液的收集器中,或浸没在装有适量体积清洁试验液的超声波清洗槽中。当测试零件或元件仅有内表面清洁度要求时,将试验液尽可能多地注入到测试件中,密封测试件并浸没在超声波清洗槽中。

C.4.4 在检验文件中要求的与振动时间相适应的功率等级下,超声波振动测试件。

C. 4.5 收集超声波清洗槽中的所有残留污染物,并使用合适的试验液射流冲洗超声波清洗槽。当测试零件或元件仅有内表面清洁度要求时,将测试件从超声波清洗槽中拿出,使用不起毛的布料或干净的气流仔细地擦干或吹干外表面。将试验液倒入容器中,并使用合适的试验液射流冲洗内表面。

C. 4.6 排放并收集用于分析的试验液,或将试验液转移到在线颗粒计数系统的油箱中,以便进行循环和分析。与超声波清洗相关联的在线颗粒计数设备的液体系统,应使用清洗液作为验证试验液按照 ISO 11943 进行验证。

C. 4.7 按检验文件中规定的方法分析样本和报告数据,见附录 E。

C. 4.8 对同一个测试件重复 C. 4.3~C. 4.7 两次以上,每次使用不同的容器收集样本。

C. 4.9 用下述方法证实污染物去除效率:

- a) 对于 C. 4.3~C. 4.8 所收集到的三个样本中的每一个,测定污染物的总质量或大于指定尺寸的颗粒的总数。
- b) 将第三次样本结果除以前两次样本结果的总和。
- c) 若计算值 $\leq 0.10$ ,则污染物收集工作结束。对于颗粒计数而言,计算值 $\leq 0.10$ 这一判据适用于尺寸大于检验文件中指定值的颗粒的总数。
- d) 若计算值 $> 0.10$ ,则需要进一步取样。重复 C. 4.3~C. 4.7,直到最后一次样本的结果小于等于其以前样本总和的 $\frac{1}{10}$ 为止。

C. 4.10 按检验文件的规定报告数据,见附录 E。

## 附录 D

### (资料性附录)

#### 污染物收集方法 最终使用模拟法

### D.1 范围

D.1.1 本附录介绍了采用最终使用模拟法收集污染物的准则。采用本方法确定的零件或元件清洁度等级主要取决于测试参量(如测试台再现测试零件或元件功能状况和要求的的能力,包括试验液的工作流量、温度、扰动和脉动,试验液的循环时间,获得试验液代表性样本的能力)。这些参量应在检验文件中写明,测试人员应严格遵守。

### D.2 方法概述

D.2.1 将零件或元件安装在经过认证的测试设备上,然后用已知污染度的试验液运行设备。通过运行将污染物从零件或元件上清除,并转移到液体中。

D.2.2 最终使用模拟运行一旦完成,试验液的代表性样本既可以直接在线分析,也可以收集后进行分析。

D.2.3 测试件应有足够的工作时间,至少通过十倍于测试件受控容积的等效液体体积。最终使用模拟法及污染物收集应在试验液能实现的最高扰动下进行。

D.2.4 按照检验文件的规定分析试验液的样本。

注:除非检验文件中另有说明,本方法不用于测量带负载试运行过程中产生的污染物。

### D.3 材料和设备

#### D.3.1 试验液

**警告:**使用低闪点试验液时应小心操作。

收集过程中使用的试验液及其初始污染度等级,应经供货商和买方双方协商同意。试验液应与零件或元件的所有使用材料相容,同时与零件或元件最终使用系统的工作液体相容。试验液还应与包括密封件和过滤器在内的所有测试装置相容,并且经过滤达到认可的初始污染度等级。测试温度下的试验液黏度应 $\leq 15 \text{ mm}^2/\text{s}$ 。

试验液最好与最终使用的液体相同。试验液的污染度等级应足够低,使其对所测得的零件或元件污染物总量的影响最小。

#### D.3.2 测试夹具

使用能使测试件在其额定流量、温度和压力下运转的测试夹具。

#### D.3.3 试验台设备

使用具有油箱、泵、液体调节装置和检测仪器的试验台,这些元件能根据程序的要求调节流量、压力和容积范围。试验台能够满足 D.4 的认证要求。适用的试验台的设计指导见附录 F。

系统液体体积应尽可能少,以防止空气混入。

#### D.3.4 净化过滤器

系统中应安装一个净化过滤器,它能够提供 D.4.6 规定的系统初始污染度等级。

#### D.3.5 液体取样器

液体取样器应符合 GB/T 17489 的要求,并安装在测试件下游的系统中。

#### D.3.6 颗粒计数器

根据分析的要求选择适当的颗粒计数器。光学自动颗粒计数器应按照 GB/T 18854 进行校准,按

照 ISO 11943 进行验证。

#### D.3.7 取样容器的清洗

应充分地清洗取样容器, 使其不会对污染物分析结果产生影响。如果不知道预期的清洁度等级, 则最低清洁度等级为每毫升取样容器的容积中尺寸 $\geq 6 \mu\text{m(c)}$ 的颗粒数为 3 个, 被认为是合适的。

注: “ $\mu\text{m(c)}$ ”指使用按 GB/T 18854 校准的自动颗粒计数器计数时的尺寸。对于使用显微镜法计数的颗粒,  $5 \mu\text{m}$  等同于  $6 \mu\text{m(c)}$ 。

#### D.4 测试设备的验证

D.4.1 新试验台和任何改动后的试验台都要进行验证。

D.4.2 安装一个模拟的测试件。

注: 通常选择清洁的钢管作为模拟的测试件。

D.4.3 向系统中注入已知体积的试验液, 并记录所用试验液体积。

D.4.4 运转系统, 用净化过滤器净化回路。

D.4.5 将温度保持在设定值 $\pm 2^\circ\text{C}$ 之内。

D.4.6 在额定流量下运转试验台, 直到试验液污染度为每毫升液体中尺寸 $\geq 10 \mu\text{m(c)}$ 的颗粒数小于等于 10 个为止。试验液污染度的确定最好采用在线分析, 另一种方法是用清洁的取样瓶收集样本后分析。如果使用取样瓶, 则取样瓶的清洁度应包含在试验液污染度的要求中。

D.4.7 去掉或旁通系统的净化过滤器。

D.4.8 在每升试验液中加入 5 mg 的 ISO MTD 试验粉末(ISO 12103-A3)。

D.4.9 加入试验粉末 15 min 后开始进行分析或样本收集。每隔 3 min 进行在线分析或用经过验证证明合格的清洁取样瓶收集 200 mL 的试验液, 直到收集 10 个样本为止。

D.4.10 从所关注的最小尺寸开始, 确定每个样本的累计颗粒数。在每个样本中对给定尺寸所测得的颗粒数与所有样本颗粒数平均值的偏离程度应在 $\pm 15\%$ 之内。

D.4.11 如果颗粒数符合 D.4.10 的要求, 则测试设备通过验证。

#### D.5 步骤

D.5.1 确定所分析零件或元件的受控容积和/或受控表面积, 包括正常操作过程中系统流体所接触到的所有容积和表面积。

D.5.2 清洗测试件的外表面。小心操作, 以免污染受控表面。外表面被定义为在正常操作过程中不与系统液体相接触的表面。不要拆卸元件, 以避免产生污染物。

D.5.3 去掉测试件上的所有装运用的盖子和塞子。

D.5.4 安装并旁通测试件。

D.5.5 以 $\pm 2\%$ 的精度测量试验台所使用的试验液体积。

D.5.6 运行具有净化过滤器的测试设备, 直到污染度达到 D.4.6 的要求为止。

D.5.7 去掉或旁通净化过滤器。

D.5.8 采用检验文件规定的测试参量进行最终使用模拟测试。

D.5.9 除另有说明外, 应连续运行测试回路, 并每隔 2 min 测量一次颗粒数, 直到连续 3 次测得的颗粒数与其平均值的偏差在 $\pm 15\%$ 之内为止。

D.5.10 进行在线分析或收集试验液样本作后续分析。样本体积应不小于 100 mL。

D.5.11 按检验文件的规定分析样本并报告数据, 见附录 E。

## 附录 E

(资料性附录)

## 污染物分析及数据报告方法

## E.1 范围

本附录介绍了对采用附录 A、附录 B、附录 C 和附录 D 描述的污染物收集方法所获得的污染物样本进行分析,及产生数据报告的有关信息。

## E.2 分析

## E.2.1 称重法

按照检验文件准备和分析样本,参考 ISO 4405。

## E.2.2 颗粒尺寸法

按照检验文件准备和分析样本,参考 GB/T 20082。滤膜孔径应与被监测污染物颗粒的尺寸相当,以保证滤膜不会被远小于所关注尺寸的颗粒过早地堵塞。实践发现,通过粗滤网对污染的试验液进行预先过滤,然后将滤网上的大颗粒冲洗到分析膜片上很方便。

## E.2.3 化学成分法

按照检验文件准备和分析样本。

## E.2.4 颗粒尺寸分布法

E.2.4.1 按照检验文件准备和分析样本,既可用瓶取样法也可用在线颗粒计数法。根据相关标准校准颗粒计数器。

E.2.4.2 当需要从试验液总体样本中提取等分试样时,先晃动总体样本 30 s 左右,使颗粒悬浮起来,然后立即将一部分样本缓慢地倒入清洁的取样瓶中,倒入的液体占取样瓶容积的 50%~70%,再将取样瓶口盖住。按照经过验证的颗粒计数方法对样本进行分析。

E.2.4.3 应保证颗粒浓度在所用颗粒计数法进行精确颗粒计数所允许的最大浓度之下。在必要时,可稀释样本。在采用显微镜计数时,可使用较少的液体体积。上述两种情况下,应分别记录样本稀释比和分析所使用的液体体积。

E.2.4.4 确定每个样本的选定尺寸的颗粒数(每 mL 的颗粒数)。用 E.2.4.3 的稀释比乘以该数得到试验液的颗粒浓度(每 mL 的颗粒数)。

E.2.4.5 用试验液总体积乘以 E.2.4.4 得到的数值,得到单位零件或单位元件的污染物颗粒数。

E.2.4.6 用 E.2.4.5 得到的数值除以零件或元件的受控容积,得到单位受控容积的污染物颗粒数。

E.2.4.7 用 E.2.4.5 得到的数值除以零件或元件的受控面积,得到单位受控面积的污染物颗粒数。

E.2.4.8 在 E.2.4.5、E.2.4.6 或 E.2.4.7 中得到的计算数值,即为零件或元件的污染物颗粒数等级。

## E.3 报告

## E.3.1 方法

零件和元件的清洁度可以按 E.3.2~E.3.5 中的一种或几种方法进行报告。

## E.3.2 污染物质量法

以单位面积的污染物质量(如  $\text{mg}/\text{m}^2$ )、单位零件的污染物质量、单位元件的污染物质量为单位,报告重量清洁度。

注:单位元件的污染物质量一般不适用于总成件。

**E.3.3 颗粒尺寸法**

按最大污染颗粒尺寸或大于指定尺寸的颗粒数量报告颗粒尺寸。

**E.3.4 化学成分法**

报告所选择污染物颗粒的化学成分的信息。

**E.3.5 颗粒尺寸分布法**

以每 mL 受控容积、单位零件、单位元件或单位面积中所含各要求尺寸的颗粒数为单位报告清洁度。

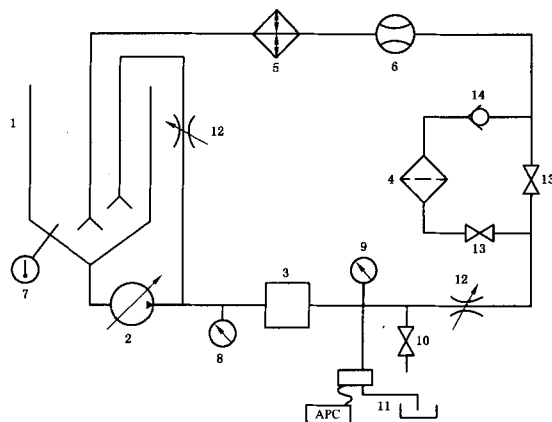
## 附录 F

(资料性附录)

## 最终使用模拟试验台 设计指导

## F.1 范围

本附录提供了为建立满足附录 D 要求的试验台的一些基本指导。遵循这些指导并不一定能保证设备验证的成功。典型的试验台回路图如图 F.1 所示。



- 1——油箱；
- 2——泵；
- 3——测试件；
- 4——净化过滤器；
- 5——热交换器；
- 6——流量计；
- 7——温度传感器；
- 8——上游压力传感器；
- 9——下游压力传感器；
- 10——取样阀；
- 11——颗粒计数系统；
- 12——节流阀；
- 13——球阀；
- 14——单向阀。

图 F.1 典型的试验台回路图

## F.2 最终使用模拟试验台

### F.2.1 总则

#### F.2.1.1 管路

所有管路的尺寸应能使液体产生紊流,并避免长的直管道。

#### F.2.1.2 管接头

管接头不应有能够存留污染物的内露螺纹或凸起。

#### F.2.1.3 管路及管接头的布置

管路和管接头的布置应避免存在流动的死区。在可能的地方,垂直布置比水平布置更可取。

#### F.2.1.4 阀

球阀优于其他种类的阀,因为球阀有自清洁功能,不会存留污染物。

### F.2.2 测试系统的元件

#### F.2.2.1 油箱

应使用锥角 $\leq 90^\circ$ 的锥底油箱,回油应在液面以下扩散。

注1:这种结构能够消除水平底部可能带来的污染物沉积。

注2:锥底油箱的锥角在 $60^\circ$ 到 $90^\circ$ 之间,既便于制造,又便于分辨不同的液位。

宜安装监测装置,以确认油箱的液位保持恒定。

#### F.2.2.2 泵及电机

应使用在期望的工作压力下对污染物相对不敏感的泵。

系统泵所显示的流量脉动应小于10%。

系统泵应不会因其机械结构导致测试污染物颗粒尺寸分布的显著改变。

泵的驱动应能调速,以便调节测试流量。

泵的驱动应对负载的变化不敏感,以保持恒定的转速。

注:交流与直流变频电机具有上述要求的性能。

#### F.2.2.3 净化过滤器

系统的净化过滤器应能提供D.4.6所规定的系统初始污染度等级。

#### F.2.2.4 热交换器

根据系统功率的大小,系统液体可能需要加热或冷却。

可以使用传统的列管式热交换器。推荐使用立式安装结构,液体从底部的管中进入,以减少颗粒在热交换器中沉积或被捕获的可能性。也可以采用侧向式和多次通过式热交换器。

有些数据表明,当采用液体在管中流动的散热方式时,传热损失可高达65%。因此应小心选择换热器的尺寸。

如果需要对液体加热,可以在管道外表面使用加热带或在壳体中通过高温液体的加热器来实现。

#### F.2.2.5 流量计

流量计安装在测试件与下游取样口之间可测得测试段的真实流量,但可能对污染测试结果产生影响。流量计安装在其他位置(通常安装在图F.1所示位置)时,测得的流量可能不包含取样流量,因此应对测得的流量值进行修正。宜使用密封轴承的涡轮流量计。

#### F.2.2.6 温度传感器

系统应安装温度传感器,以便监测试验液的温度,使其在期望温度的 $\pm 0.5^\circ\text{C}$ 范围内。

#### F.2.2.7 上游压力表

系统应在测试件上游安装压力表,以便监测试件进口的压力。

#### F.2.2.8 下游压力表

系统应在测试件下游安装压力表,以便监测试件出口的压力。



**F.2.2.9 取样阀**

取样阀应符合 GB/T 17489 的规定。

**F.2.2.10 颗粒计数系统**

光学自动颗粒计数器应按照 GB/T 18854 进行校准,并按照 ISO 11943 进行验证。

## 附录 G (资料性附录)

### 复杂封闭表面的等效圆球面积

#### G.1 范围

在检验文件允许的情况下,本附录可用于复杂形状的零件或元件难以直接计算的湿表面积。

#### G.2 近似等效面积

近似等效面积用于报告单位湿表面积的污染物总量。近似等效面积可以通过先测定实际零件或元件的容积,并认为所测的容积是球形的,然后利用下述基本关系式计算球表面积:

$$\begin{aligned} V &= \pi d^3 / 6 \\ d &= (6V/\pi)^{1/3} \\ A_s &= \pi d^2 \end{aligned} \quad \dots\dots\dots (G.1)$$

式中:

$V$ ——球的容积;

$d$ ——球的直径;

$A_s$ ——球的表面积。

对于封闭容积,球的表面积总是绝对最小,所以在最后计算近似等效面积时应引入一个调整系数:

$$A_e = 1.2 A_s \quad \dots\dots\dots (G.2)$$

式中:

$A_e$ ——近似等效面积;

$A_s$ ——计算的球面积。

#### G.3 近似等效面积的确定

##### G.3.1 外湿表面

G.3.1.1 当零件或元件被系统液体所包围时,按 G.3.1.2~G.3.1.5 确定外湿表面的面积。

G.3.1.2 密封所有内部通道。

G.3.1.3 将测试件浸没在试验液中。

G.3.1.4 测量排出液体的体积。

G.3.1.5 按 G.2 计算近似等效面积。

##### G.3.2 内湿表面

G.3.2.1 当零件或元件包围系统液体时,按 G3.2.2~G3.2.6 确定内湿表面的面积。

G.3.2.2 密封所有出口通道。

G.3.2.3 给测试件注入液体。

G.3.2.4 测量充满测试件所需要的液体体积。

G.3.2.5 测试件注入液体时,要避免截留空气。

G.3.2.6 按 G.2 计算近似等效面积。

##### G.3.3 外湿表面和内湿表面

G.3.3.1 当零件或元件既包围封闭系统液体又被系统液体包围时,按 G.3.3.2~G.3.3.4 确定外湿表面和内湿表面的面积。

G.3.3.2 按 G.3.1 计算外湿表面的近似等效面积。

**G.3.3.3** 按 G.3.2 计算内湿表面的近似等效面积。

**G.3.3.4** 将 G.3.3.2 和 G.3.3.3 的结果相加,得到总的近似等效面积。

---