

Quality Management  
In the Automotive Industry  
汽车工业质量管理

---

Inspection of Technical Cleanliness  
技术清洁检测

**Part 1**  
第一部分

Particulate contamination of functionally-relevant  
automotive components

功能相关的汽车零部件颗粒污染

---

2 Revised Edition. March 2015

(原:VDA19)

## 目录

|          |                        |           |
|----------|------------------------|-----------|
| <b>1</b> | <b>应用和标准适用范围.....</b>  | <b>1</b>  |
| 1.1      | 简介.....                | 1         |
| 1.2      | 例外不适用本标准情形.....        | 2         |
| 1.3      | 清洁度检测.....             | 2         |
| <br>     |                        |           |
| <b>2</b> | <b>清洁度规范(参考).....</b>  | <b>5</b>  |
| 2.1      | 原则.....                | 5         |
| 2.2      | 为系统制定清洁度要求.....        | 6         |
| 2.3      | 零件清洁度限值的制定.....        | 10        |
| 2.4      | 清洁度限值的后果.....          | 12        |
| 2.4.1    | 质量控制技术清洁度检测.....       | 12        |
| 2.4.2    | 对生产的影响.....            | 13        |
| <br>     |                        |           |
| <b>3</b> | <b>选择检测方法(参考).....</b> | <b>20</b> |
| 3.1      | 杂质提取过程的选择.....         | 20        |
| 3.1.1    | 检测介质.....              | 22        |
| 3.1.2    | 温度.....                | 23        |
| 3.1.3    | 机械原理.....              | 23        |
| 3.1.4    | 清洗时间.....              | 27        |
| 3.2      | 过滤装置的选择.....           | 28        |
| 3.3      | 选择分析方法.....            | 29        |
| 3.3.1    | 标准分析.....              | 29        |
| 3.3.2    | 深入分析.....              | 31        |
| 3.3.3    | 简化分析.....              | 31        |
| <br>     |                        |           |
| <b>4</b> | <b>符合清洁度要求的处理.....</b> | <b>37</b> |
| 4.1      | 原则.....                | 37        |
| 4.2      | 选择的措施和建议.....          | 38        |
| 4.2.1    | 人员.....                | 38        |

|          |                          |           |
|----------|--------------------------|-----------|
| 4.2.2    | 包装.....                  | 38        |
| 4.2.3    | 存储和运输.....               | 39        |
| 4.2.4    | 清洁度检测的空间.....            | 39        |
| 4.3      | 排除检测可能-无效检测.....         | 40        |
| 4.3.1    | 样件交付状态的偏差.....           | 40        |
| 4.3.2    | 检测实施过程中的偏差和错误.....       | 40        |
| <b>5</b> | <b>清洗方法研究和空白值检测.....</b> | <b>41</b> |
| 5.1      | 原则.....                  | 41        |
| 5.2      | 测试验证确认.....              | 42        |
| 5.2.1    | 原则.....                  | 42        |
| 5.2.2    | 材料和设备器具.....             | 43        |
| 5.2.3    | 操作步骤.....                | 44        |
| 5.3      | 空白值.....                 | 47        |
| 5.3.1    | 原则.....                  | 47        |
| 5.3.2    | 推导空白值.....               | 48        |
| 5.3.3    | 材料和设施.....               | 50        |
| 5.3.4    | 操作步骤.....                | 50        |
| 5.4      | 检测颗粒的探究(参考).....         | 51        |
| 5.4.1    | 原则.....                  | 51        |
| 5.4.2    | 材料和设备.....               | 51        |
| 5.4.3    | 操作步骤.....                | 52        |
| 5.5      | 特例.....                  | 52        |
| <b>6</b> | <b>提取方法.....</b>         | <b>59</b> |
| 6.1      | 原则.....                  | 59        |
| 6.2      | 清洗设备的一般要求.....           | 60        |
| 6.3      | 检测样品的预处理与后处理.....        | 60        |
| 6.3.1    | 拆除包装.....                | 61        |
| 6.3.2    | 检测表面说明.....              | 61        |

|          |                  |            |
|----------|------------------|------------|
| 8.2.2    | 光学分析.....        | 131        |
| 8.3      | 其他分析.....        | 157        |
| 8.3.1    | 其他光学分析.....      | 157        |
| 8.3.2    | SEM/EDX.....     | 161        |
| 8.3.3    | LIBS.....        | 168        |
| 8.3.4    | 拉曼.....          | 172        |
| 8.3.5    | IR(红外光谱).....    | 175        |
| 8.3.6    | x 射线层析.....      | 178        |
| 8.4      | 缩短分析时间.....      | 180        |
| 8.4.1    | 液体颗粒计数器.....     | 180        |
| 8.4.2    | 滤膜堵塞(光学).....    | 184        |
| <b>9</b> | <b>文件.....</b>   | <b>187</b> |
| 9.1      | 原则.....          | 187        |
| 9.2      | 基本信息.....        | 189        |
| 9.3      | 检测目标说明.....      | 189        |
| 9.4      | 预处理说明.....       | 189        |
| 9.5      | 清洗方法信息.....      | 190        |
| 9.5.1    | 喷洗.....          | 191        |
| 9.5.2    | 超声波清洗.....       | 191        |
| 9.5.3    | 冲洗.....          | 192        |
| 9.5.4    | 晃动.....          | 193        |
| 9.5.5    | 空气吹扫.....        | 194        |
| 9.5.6    | 吹流.....          | 194        |
| 9.6      | 过滤说明.....        | 195        |
| 9.7      | 分析说明.....        | 195        |
| 9.7.1    | 标准分析.....        | 195        |
| 9.7.2    | 进一步分析(信息部分)..... | 196        |
| 9.7.3    | 简便分析(信息部分).....  | 196        |
| 9.8      | 检测结果的说明 .....    | 197        |

|           |                         |            |
|-----------|-------------------------|------------|
| 9.8.1     | 重量分析.....               | 198        |
| 9.8.2     | 光学分析.....               | 198        |
| 9.8.3     | 延伸分析.....               | 201        |
| 9.8.4     | 简化分析.....               | 202        |
| 9.8.5     | 可选编码(参考).....           | 202        |
| 9.9       | 文件构成.....               | 206        |
| 9.9.1     | 检测说明书.....              | 206        |
| 9.9.2     | 验证确认报告.....             | 207        |
| 9.9.3     | 检测报告.....               | 208        |
| <b>10</b> | <b>解释和反馈(参考).....</b>   | <b>212</b> |
| 10.1      | 解释.....                 | 212        |
| 10.2      | 反馈.....                 | 213        |
| <b>11</b> | <b>职业安全 and 环境.....</b> | <b>214</b> |
| 11.1      | 常用信息.....               | 214        |
| 11.2      | 使用检测溶剂的危害.....          | 214        |
| <b>12</b> | <b>案例分析.....</b>        | <b>220</b> |
| 12.1      | 概况.....                 | 220        |
| 12.2      | 举例 1-高压空气罐.....         | 221        |
| 12.2.1    | 目标.....                 | 221        |
| 12.2.2    | 衰减实验检测.....             | 221        |
| 12.2.3    | 检测说明.....               | 223        |
| 12.3      | 案例 2-活塞环.....           | 225        |
| 12.3.1    | 目标.....                 | 225        |
| 12.3.2    | 衰减实验.....               | 225        |
| 12.3.3    | 衰减实验-替代方案.....          | 227        |
| 12.4      | 案例 3-电子部件的塑料壳.....      | 230        |
| 12.4.1    | 目标 .....                | 230        |

|          |                   |            |
|----------|-------------------|------------|
| 6.3.3    | 准备/条件.....        | 62         |
| 6.3.4    | 拆解.....           | 62         |
| 6.3.5    | 消磁.....           | 63         |
| 6.3.6    | 后处理.....          | 63         |
| 6.4      | 溶液清洗.....         | 64         |
| 6.4.1    | 检测清洗液.....        | 64         |
| 6.4.2    | 喷洗.....           | 67         |
| 6.4.3    | 超声波清洗.....        | 76         |
| 6.4.4    | 灌洗.....           | 84         |
| 6.4.5    | 晃动.....           | 92         |
| 6.4.6    | 溶解.....           | 97         |
| 6.5      | 空气提取.....         | 99         |
| 6.5.1    | 空气吹扫.....         | 99         |
| 6.5.2    | 空气贯通.....         | 104        |
| <b>7</b> | <b>分析过滤,.....</b> | <b>109</b> |
| 7.1      | 原则.....           | 109        |
| 7.2      | 分析膜片的性质及选择.....   | 109        |
| 7.2.1    | 耐化学性.....         | 109        |
| 7.2.2    | 过滤颗粒能力.....       | 110        |
| 7.2.3    | 滤膜的其他性质.....      | 110        |
| 7.3      | 关于滤膜的操作.....      | 111        |
| 7.4      | 材料及设备.....        | 112        |
| 7.5      | 操作步骤.....         | 113        |
| 7.6      | 检测滤膜上杂质分布.....    | 115        |
| <b>8</b> | <b>分析方法.....</b>  | <b>124</b> |
| 8.1      | 原则.....           | 124        |
| 8.2      | 标准分析.....         | 124        |
| 8.2.1    | 重量分析.....         | 124        |

|           |                            |            |
|-----------|----------------------------|------------|
| 12.4.2    | 衰减实验.....                  | 230        |
| 12.4.3    | 检测实验过程(第二次检测).....         | 223        |
| 12.4.4    | 检测说明书.....                 | 236        |
| 12.5      | 案例 4-铸造气缸液压应用.....         | 239        |
| 12.5.1    | 目标.....                    | 239        |
| 12.5.2    | 清洁度说明书.....                | 239        |
| 12.5.3    | 衰减实验.....                  | 240        |
| 12.5.4    | 检测规范说明.....                | 249        |
| 12.6      | 案例 5-常规检测一曲轴.....          | 252        |
| 12.6.1    | 实验说明.....                  | 252        |
| 12.6.2    | 清洁度规范说明书.....              | 256        |
| 12.6.3    | 目标.....                    | 257        |
| 12.6.4    | 检测流程的验证(第二次).....          | 257        |
| 12.6.5    | 日常检测.....                  | 262        |
| <b>13</b> | <b>定义,缩写和符号.....</b>       | <b>268</b> |
| 13.1      | 术语和定义.....                 | 268        |
| 13.2      | 缩写和符号.....                 | 278        |
| <b>14</b> | <b>工业协会技术清洁度(参考) .....</b> | <b>280</b> |

## 第二次修订和扩展版前言

在 2004 年 1 月第一版 VDA19 出版后,汽车行业清洁度技术的重要性日渐增强,并继续成为汽车行业的质量管理的重要组成部分。诞生了数以百计的汽车供应商和企业清洁实验室以及众多的服务实验室。也因此出现“技术清洁度检测人员”的职位,以及众多的相关公司职位(通常是岗位人员)来监督和协调清洁度方面的全方位技术(参见 VDA19 第 2 部分装配中的技术清洁度”)

由于 VDA19 广泛的应用和丰富的用户体验积累,在第一版出版多年后已需要修订和扩展.

同时对本标准的编号进行了调整:现在称本标准为“技术清洁度检测 VDA19.1 或者 VDA19 第一部分.这样该名称与现在的第二部分保持一致,即“装配技术中的清洁度 VDA192 或称做 vDA19 第二部分。

该重大修订(2012 年 6 月至 2014 年 12 月)的主要目标是:

- 提高清洁度分析结果的可比性
- 引入新技术(杂质提取和分析)
- 在标准范围内考量职业安全
- 提供有关清洁度要求的标准和超出清洁度限值的应对方案。

本版完好的保留了第一版组件清洁度分析的基本方法和程序,在此基础上做了更精确的和扩展形式的修订。

第二次修订和扩充版包含以下主题和内容

---- 一个新的参考章节 **2:清洁度规范**,规定了清洁度检测具体要求的制定,并考虑到技术要求,技术上和经济上的可行性。

---- 扩展的参考章节 **第 3 章—选择检测方法**,即提取程序、适当的分析和过滤方法的选择。对杂质提取处理和对应各种污染特征的特定分析方法的适用性采用表格和图表做了描述和支持。

---- 缩短了 **第 4 章检测样品的正确处理**。旧版这里的“检测前后样品处理”被移到杂质提取章节更合适的位置。此外,第 4 章也提到了 **VDA19 第 2 部分** 的相关要求,在 **VDA19.2** 对这个问题许多方面都作了详细描述。本章中新增加了一个小节,规定了根据什么样的标准,零件应该被排除在清洁度检测范围内。

---- **第 5 章检测方法制定和空白值检测**做了扩展和细化,特别对衰减检测的实施和结果的解释做了详实和具有约束性的规定,例如规定了 **6 个衰减检测步骤**

---- 在 **第 6 章杂质提取过程**,对液体采样方法(喷洗,超声波清洗,冲洗和晃动冲洗),在可能的情况下通过所谓的启动参数做了补充,从而建立有意义的缩小参数多样性的框架并提高杂质提取程序的可比性此外还描述了一个前置的溶解过程,其用于因介质而导致杂质延迟衰减的组件等。

---- 这里描述了 **2 种用空气作为提取介质的新的提取方法—气体流通和吹扫**,可用于在生产或使用过程中不与液体接触的组件检测。

---- 用了一个独立的和新的第 7 章来描述过滤过程。正确选择和准备滤膜是正确的应用光学分析方法前提条件。本章包含了关于滤膜选用的广泛的信息。

---- **第八章分析**现在分为 3 个部分:首先是所谓的标准分析包括杂质质量和/或光学分析(显微镜和新平板扫描),其已通过系统建立和参数设置的标准化使得分析结果的可比性更强。宽度将被添加作为一个新特征用于表征杂质颗粒,还统一了纤维的定义。

第二,进一步分析过程(过程优化,原因分析),用于材料分析或三维几何数据采集(由于深化分析的工作量和成本都远高于标准分析,因此深化分析仅在具有特别约定时用于检测清洁度状况)。除了第一版中已经包含的 SEM EDX 分析外,现在可以还可以采用 LBs,拉曼和红外光谱,光学粒子高度确定和微型计算机断层扫描等方法

第三,简化分析,可省去一个过滤步骤,因此能非常迅速地呈现分析结果,常用于密集数据采集检测。这里也列示了旧版所包含的液体粒子计数器以及一个基于光学识别和测量占据介质流体中一个分析筛的粒子的系统。由于不同的检测原理简化分析的结果不能够直接与光学分析相比,应该只用于清洁度要求的验证,且得到客户-供应商之间的协议明确指定

---- **VDA19** 第一版各章列示的所有用于记录技术清洁度,检测规范和检测协议的信息和表格,现在都集中到**第 9 章记录和文档**。这将有助于新版本的清晰度和可读性。

用于记录检测结果或检测要求的杂质颗粒大小分级从 1000 微米延长到 3000 微米。

---- 新的**第 10 章检测结果判断及反应措施**描述了当分析结果超过清洁度规范的允许值时该如何采取适当措施特别是考虑到在杂质提取时大量的使用清洗液,在一个新的**第 11 章**中阐述了职业安全和环境问题,来帮助洁净实验室的运营商开展实验室活动的结构性风险评估。

---- **第 12 章**定义,缩写和符号。

---- **第 13 章**技术清洁度工业协会 Tessa 更新了当前的状态。原来的参考书目章节在新版中省略。

---- 重新编排了**第 14 章案例和实践**,并基于不同的案例展示了如何确定清洁度检测方法,进行检测并记录。用具体案例来帮助技术清洁度的新人更好的理解和落实本标准的各个方面要求。

通过 **VDA19** 的修订版对第一版的重新组织和扩展,本标准不仅可以用于技术清洁度在实验室的检测的设计,实施和记录,也可以做为快速介绍资料适用于其他领域,如质量控制,设计和开发或供应商管理。如果需要粗略了解技术清洁度和检测可参考章节 **2** 和 **3**

## 1 应用和标准适用范围

### 1.1 简介

本标准规定了相关功能部件颗粒污染(清洁度检测)测定方法的应用和记录条件。

清洁度检测作为评估清洁度的基础, 比如目的为:

----- 首件认可与评估

----- 进货和出货检测

----- 与清洁度相关的生产过程的质量控制或监控(如清洗, 表面处理或组装)

本标准提高检测结果的有效性和可比性, 并规定了汽车行业的质量供应链上清洁度规范和检测结果的统一描述。

#### 参考文件:

如果清洁度检测是根据本标准进行的, 在文件(如检测要求或检测报告)中采用下述语句来描述参考标准:

根据 **VDA19.1** 进行的标准“技术清洁检测”, 如果该检测采用了标准分析的方法和参数, 且没有使用客户和供应商达成一致的方法和参数。

根据 **VDA19.1** 进行的进一步”技术清洁检测”, 如果该检测采用了客户与供应商达成一致的分析方法, 或者修改的/增强的方法, 这些方法的适用范围, 参数和报告应与供应商达成一致并记录。

根据 VDA19.1 进行的简化“技术清洁检测”，如果该检测采用了简化的清洁度分析方法，关于该方法的程序，参数和文件客户与供应商应达成一致。

## 1.2 例外不适用本标准情形

本标准不适用于：

1. 薄膜状杂质的分析(脂肪, 油, 等)
2. 对被测样件的非量化的(例如:定性)颗粒探测(例如:目视检测净布擦拭试验)
3. 流体检测(燃料, 油, 冷却液, 制动液等)参考 VDA19.2

也不包括零部件或系统的清洁度要求具体设定值。零部件或系统的清洁度要求取决于许多因素,非常个性化。清洁度要求的定义应仅由专家来进行,该专家不仅需要了解零部件本身的构成,还需要通晓它被安装的系统,日后的操作运行条件,技术可行性,以及用于制造和供应链的后果。确定清洁度限值的帮助文件见本标准第 2 章清洁规范。

## 1.3 清洁度检测

清洁度检测目的是为了尽可能完全的对生产过程导致的,试样相关表面的颗粒污染进行测量。

技术清洁检测是一种间接检测,不同于可以直接在检测对象上执行的其他检测,如目视或触觉(接触),技术清洁检测需要一个提取步骤。汽车关键部件的相关区域往往位于线路管道/壳体/水箱/水泵的内部,阀及类似流体推动构件,该流体可能会传输污染颗粒到敏感区。这种内表面通常无法直接进行检测,例如光学目视检测。此外很大一部分表面由于材料/粗糙度以及微粒污染物缺乏对比,因而不适于目视检测。

由于上述原因技术清洁度的分析首要步骤便是所谓的提取(或采样)杂质颗粒首先通过实验室清洗步骤从样件上清洗下来。接着全部清洗介质和分离的杂质颗粒经过滤膜过滤,然后将滤膜进行分析。

这也意味着,在同一**试样上进行清洁度检测的重复检测是不可能的**,因为该试验(提取)本身改变了样品的清洁度特征。

因为单个颗粒就可能影响关键功能,因此检测要尽可能完全提取从功能面可以脱落的杂质粒子。由于不存在已知污染程度的样件来验证提取过程的有效性,因此需要用技术清洁度检测的清洗(杂质提取)过程需要验证:

**杂质提取过程的验证:**用于检测对象的合适的清洗过程是通过合格性检测来确定的,相应的标准要素在本标准内有所规定。这些合格性检测要求用来最大可能的提取样品上的残余杂质。杂质提取过程合格性检测结果,边界条件和适宜的提取工艺参数必须进行记录。

**空白值:**被测样件越干净,即清洁度检测得到的杂质颗粒越少,由于检测引入的外部杂质导致检测结果失效的风险越大。清洁度检测允许的空白值在本标准中有所规定,空白值与被测样件的清洁度要求相关。

清洁度检测由以下步骤组成(见图 1-1)

1. 准备样品
2. 获取检测对象上的杂质颗粒(提取)
3. 过滤颗粒(简化分析除外)
4. 杂质颗粒计量分析
5. 检测过程和结果记录

实施技术清洁检测,配备专用设施,适当场所和合格及经验丰富的人员是必要的。

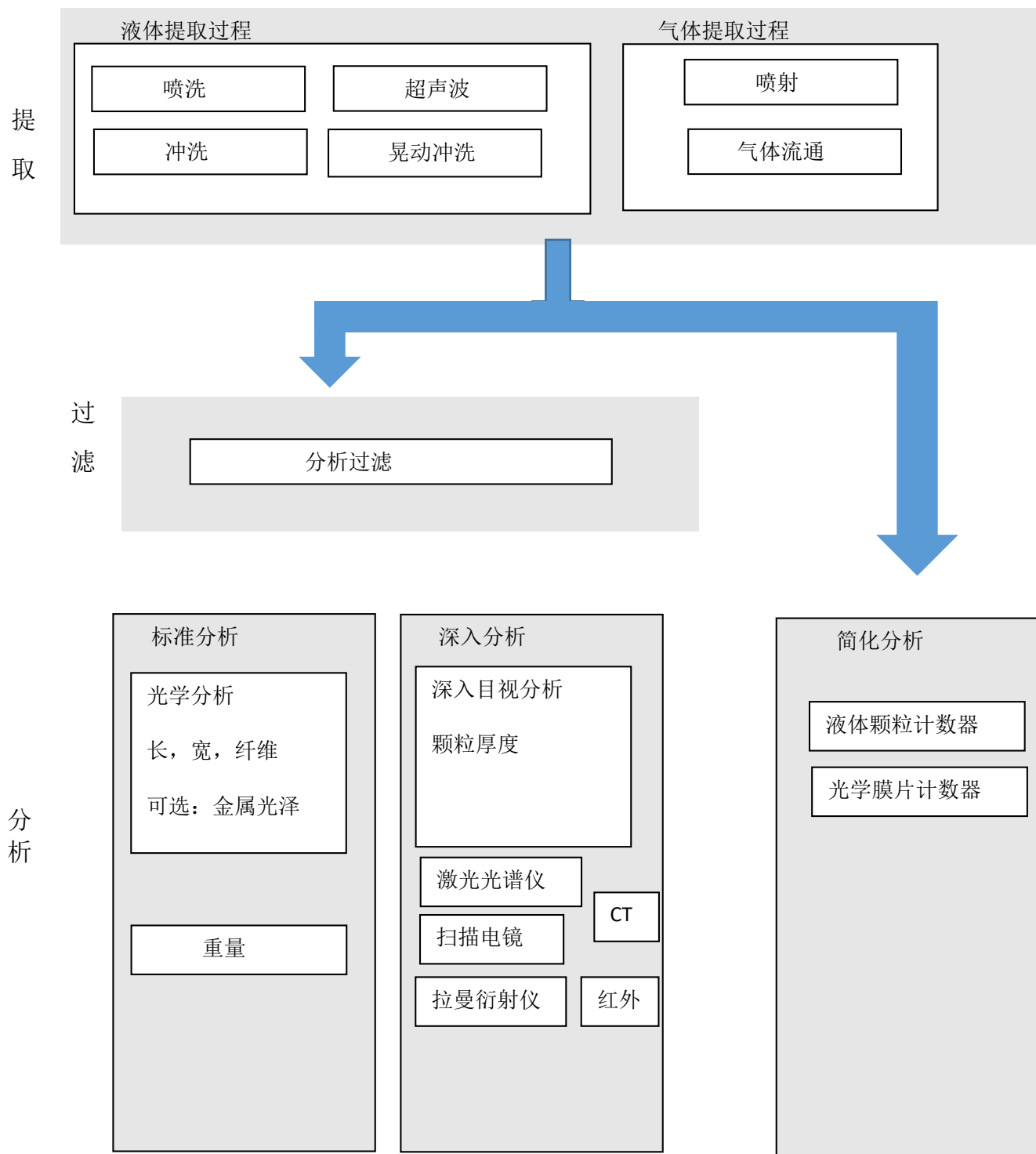


图 1-1: VDA19.1 规定的检测方法

## 2 清洁度规范(参考)

### 2.1 原则

如果颗粒污染物严重影响相应系统或零件的功能,则需要对零件设定清洁度要求(或清洁度检测限值)。如果不存在这样的危险,则不必创建清洁度要求。

清洁度检测限值通常理解为设定控制限而非采用公差范围。超过该限值并不直接导致故障,但风险增加了。发生错误的概率取决于系统自身的情况(几何形状,流动状态,随时间变化的横截面等等)

组件或系统可实现的清洁度在很大程度上取决于它的设计。在设定清洁度限值前应始终检测是否有可能提高相应系统对于杂质污染的容忍性(稳健性),例如,通过引导或减少系统中颗粒的迁移(利用离心力或安装过滤器等)。除了考虑技术和经济方面设定清洁度限值外另一种可能的方式是降低生产过程中产生的杂质数量。这已经可以通过选择材料和镀层/涂料,通过引入系统的可清洁性,以及在加工过程中减少毛刺和碎屑来实现。

因为技术清洁的状况不是一个不变的特征,比如一个缸孔的直径,而是受外部影响可改变的临时状态,因此生产厂与供应商应协调确定何时何地适用清洁度要求。这可以通过一般适用的供应条件来确定或为个别情况制定(例如,清洗后,上线组装时等)。

还应当审查其他双方签署的协议,以避免与约定的清洁度要求相矛盾。例如,涉及到合适的包装容器或可重复使用的包装的清洁。还可能需说明仓库位置,存储时间和对采用的组装过程的清洁能力。

## 2.2 为系统制定清洁度要求

在许多情况下,流体系统(液体和气体)内部具有对污染颗粒敏感的部件或分总成(示例见附录中故障机制)。由于在该系统中污染颗粒是动的,因此通常是整个系统链中“最薄弱的环节决定了整个系统的必要的清洁度水平。类似的汽车流体系统主要有:

- 燃油系统
- 润滑系统和液压油(发动机和变速箱)
- 制动系统
- 转向系统
- 空调和制冷系统
- 进气和排气道
- 排气后处理系统

**注:** 也有组件分属于多个流体系统。这种情况下组件的不同区域可以适用不同的清洁度要求,清洁度检测时也要相应的分区域提取杂质。

识别杂质颗粒敏感区域,如参考介质流通图识别。其目的是尽可能精确地界定影响功能的杂质污染,需要考虑以下方面:

- 破坏机理/损害程度(例如,堵塞,干扰,电器短路,……)
- 颗粒大小(相关尺寸)
- 颗粒的数量
- 材料特性有风险的颗粒材料
- 发生错误的可能性,例如当关闭一个阀
- (临时性的)系统中的局部浓度

第一步应当尽可能考虑图 2-1 左列所列示的要点。

第二步需要考虑所拟定的要求在现有的技术条件下-在考虑了图 2-1 右列所列示的要点后-是否在生产上可实现。

只有考虑了这两个模块(必要性和可行性)后,才可以为考量的系统制定一个合理的清洁度规范。

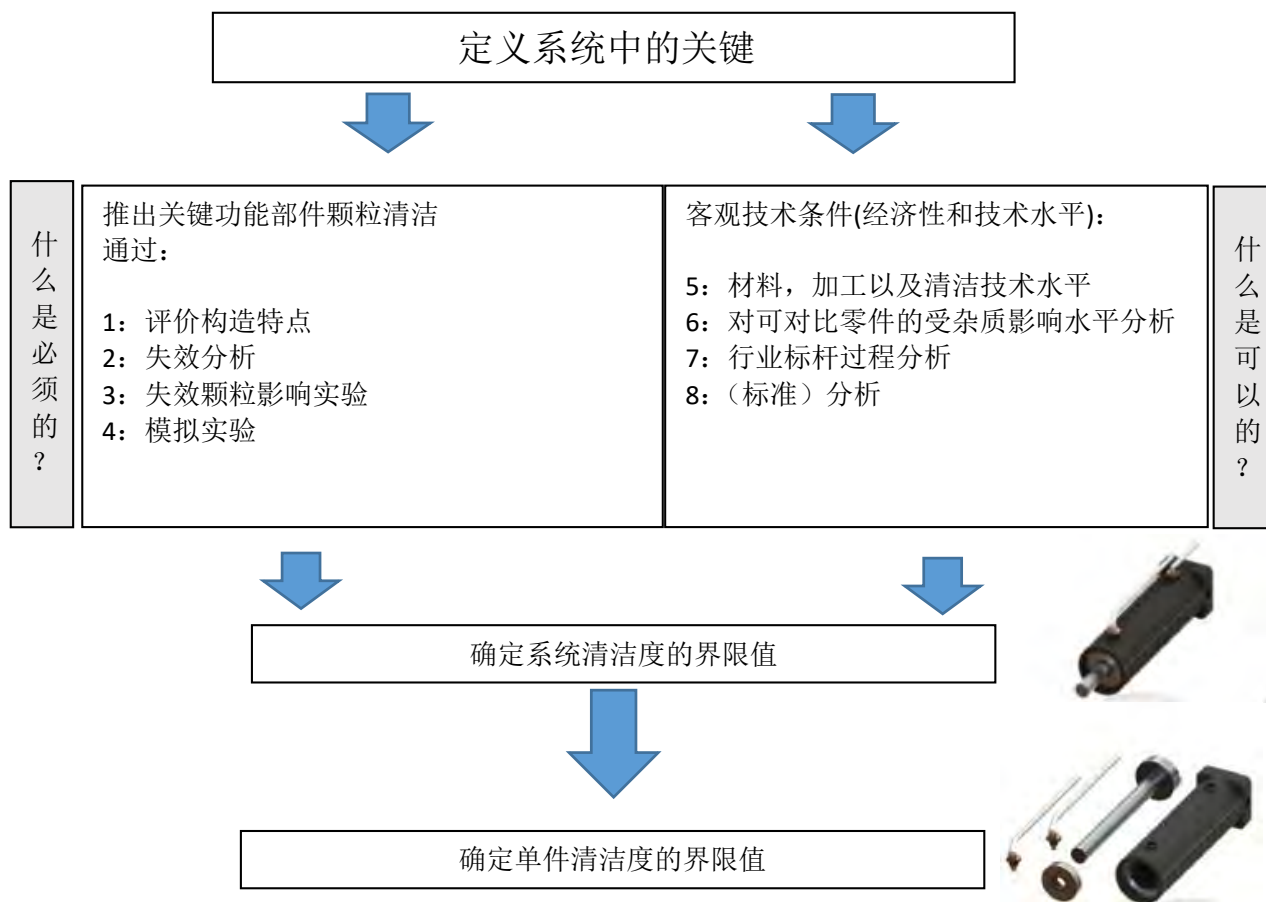


图 2-1: 如何建立清洁度规范

对于 1) 评价结构特征: 首先考虑结构特征如间隙尺寸, 阀或系统中过滤器孔径, 哪些几何尺寸的颗粒对流体系统内的零部件的正常功能具有重大影响。流动方向以及颗粒在流体中的朝向也可能需要被考虑。对于磨擦面如轴承需要考虑磨损造成的影响, 存在截止阀时考虑颗粒的抗剪切性, 当涉及到电子系统时需要考虑导电性是否会受到影响。

2) 失效评价和分析:如果已经具有系统(类似系统)的相关经验,那么可用检测台检测,也可以用批量化产品验证可以按照规范中规定来模拟使用或耐受性检测,以及出现的功能失效情况。造成损害的颗粒可以通过拆解来分离或通过计算机断层扫描检测来获得尺寸、几何形状和材料方面的特性。

3) 对导致失效颗粒的研究。为了检测系统的失效颗粒承受能力,可以试着对系统加入颗粒并研究颗粒造成的影响。例如可以在真实条件下(压力,温度,转速等)在安装前加入杂质颗粒到系统内或者用可气化的流动油脂带入。用这类检测来研究哪些颗粒大小、种类和数量会造成系统崩溃,不可逆损坏或者缩短寿命。这些结果可以通过观察检台参数例如震动和压力或者在检测系统拆解后观察零件表面来获得。

也可以用透明材料来加工检测组件或者检测系统,来直观地观测颗粒流转或堆积情况以及推断损坏风险。

4) 模拟:评价流体系统的颗粒承受能力的另外一个方法是采用可调整的计算机程序来计算承载了杂质颗粒的流体,来模拟杂质颗粒的转移

**注意:** 配备检测台或者调整软件程序来评价杂质承载能力,根据产品具有特定性可能会需要很大的技术和资金投入。

5) 材料,加工,清洗技术:汽车行业采用的材料和加工过程和高成本压力下,在很短节拍下制造零件使得汽车行业很难达到经济上可实现的其它行业常见的清洁度水平(例如半导体和制药行业)。比如一个三班倒紧张制造的铝铸造件,没有办法清洗到医药技术制造要求的打磨不锈钢零件的清洁度水平。

如果不考虑这些事实订立的清洁度要求可能会在巨大的清洗和再加工投入(见附件图表)后仍然不能从工艺上保证符合这些要求。在最终确定清洁度要求前要了解加工/清洗技术的现况。

**注意：** 2014 年的状况是汽车流体系统中微小颗粒的清洁度限值还达不到两位数字微米级(例如不允许出现大于 50 微米的颗粒),而且还不可避免的出现(纺织品)纤维。

6) 对可比零件的杂质容量分析:为了考量现有加工技术可达到的技术清洁度水平,可以在类似或者可比零件上进行 VDA19.1 的清洁度分析检测前提是制造和清洗过程可比以及近似的物流过程和环境条件。同时此类分析可以显示是否存在以及在何处改善清洁度的可能性。

7) 行业标杆对比:为了对在类似条件下使用的可比汽车零件在汽车和配套行业中建立一个尽可能一致的清洁度要求水平,建立普遍适用的杂质允许限值是有意义的。可以通过供应商之间对话来对特定产品组提供致的清洁度水平,或者更好的是通过用户沟通来对可比零件要求统一的清洁度水平,使得工艺和成本在供应商方面可以纳入计划。

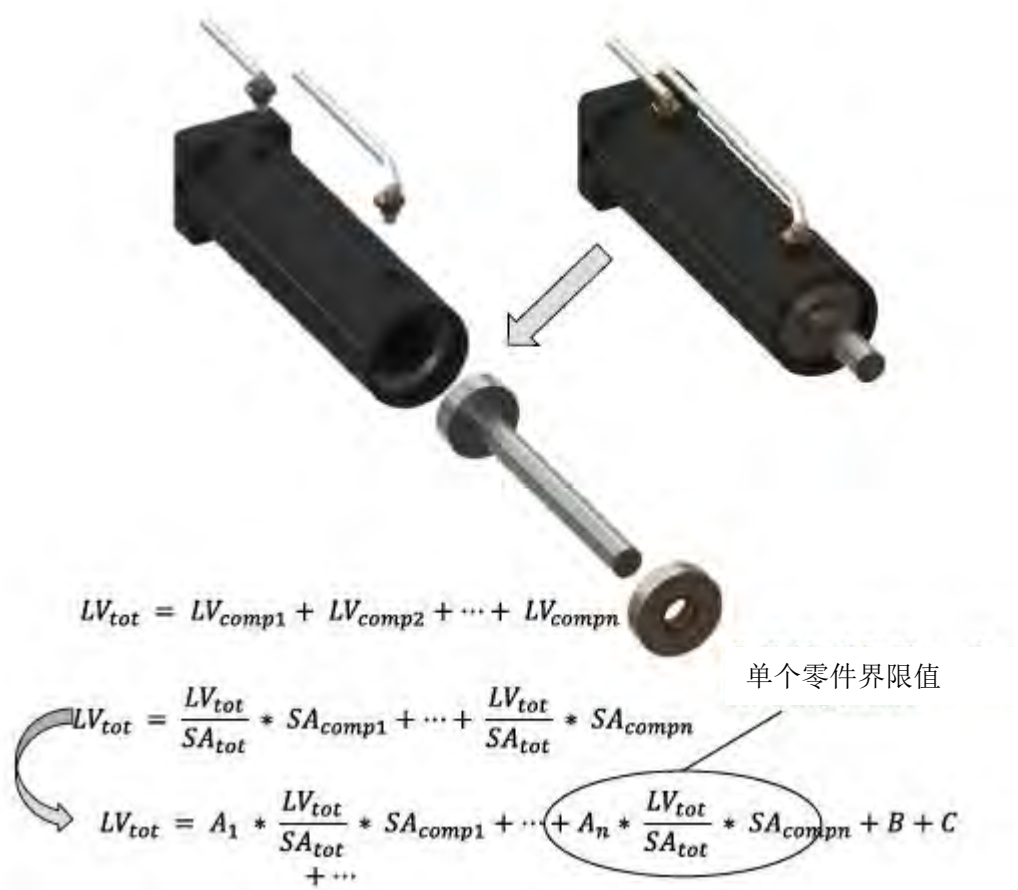
8) 分析:考虑到上述 1-7 点的清洁度要求可通过 **VDA19.1** 规定的分析过程来验证,但是如果供应商的检测不是用采用现有技术的设备进行的或者经济上不可行,则一个如此制定的清洁度要求是没有意义的。如果目户和供应商没有对例外情况达成一致,清洁度要求应可通过 VDA19.1 框架下的标准分析来检测。

### 2.3 零件清洁度限值的制定

从系统清洁度限值导出零件清洁度限值时应当区分两种情况

1) 系统清洁度限值是作为排除条件规定的, 例如系统中不得出现大于  $X$  微米的颗粒(除了纤维外)。在这种简单情况下清洁度要求适用于系统所有零件(与介质相接触的表面)。

2) 整个系统只允许一定数量的杂质, 例如杂质质量值或者杂质大小分布限值。总杂质量为系统所有组件的杂质之和( $i=1$  到  $n$ )。这意味着组件  $i$  的限值之和即为系统的杂质限值(见图 2-2 第一行)。由于一般情况下大的零件引入系统的杂质量比小零件多, 初步认定零件杂质含量限值占系统总杂质的份额可以通过与介质接触面的面积比来计算,(见图 2 第二行)。更匹配实际情况的做法是采用修正的面积系数。此时首先保留面积比, 即零件与系统的杂质比等于面积比。然后单个零件的杂质限值乘以质量系数  $A_i$ , 而系统总的杂质量限值保持不变—通过这种调整方式可以考虑清洁度或者其它与清洁度相关的因素。这样低值且清洗不经济的小零件或复杂的很难去毛刺或上镀层的零件赋予系数  $A > 1$ , 即零件杂质限值变得更大, 而可以被更好的去毛刺及清洗的大型零件则乘以  $A < 1$  的系数, 即零件杂质限值变小了。另外可以通过其他参数  $B, c$  等进一步引入其它清洁度相关的影响因素, 例如注入油后带入的杂质颗粒和加工过程中产生的污染(见图 2-2 第三行)



|                 |                  |
|-----------------|------------------|
| $LV_{total}$ :  | 系统总杂质限值          |
| $SA_{total}$ :  | 系统与介质接触的表面积      |
| $LV_{comp i}$ : | 单个零件 i 限值        |
| $SA_{comp i}$ : | 单个零件 i 与介质接触的表面积 |
| $A_i$ :         | 零件对应的质量系数        |
| $B, C, \dots$ : | 额外的杂质            |

图 2-2：如何计算零部件清洁度规定值

## 2.4 清洁度限值的后果

### 2.4.1 质量控制技术清洁度检测

如果客户和供应商之间协商确定了零件的技术清洁度要求,则根据该要求进行清洁度检测。技术清洁度检测遵循下列原则:

- 需要采用适当的专业设备来进行清洗和分析
- 检测具有实验特性,即需要适当的清洁空间来进行。
- 检测必须由专业人员完成(实验室背景的培训和经验是合适的)
- 应当避免经常性的人员变动,因为清洁度分析的结果很大程度上依赖于检测人员的经验和稳定的操作。
- 由于工作费时且需要人工操作,清洁度试验的数量比其它的质量检测(例如尺寸测量)要少得多(见附件的检测成本示例)。因此常规质量控制方法未必适应于清洁度检测。
- 比起其它的特征特性,零件的技术清洁程度具有非常大的随机性(见第 10 章理解和采取措施)
- 由于技术清洁是一个随时间变化的状态,且受众多因素的影响,应当明确规定何时何处适用清洁度要求,并规定从生产线取样和运输(包括包装)到检测地点的具体要求。

**注:**清洁度检测不必非要在清洁室中进行,检测环境洁净程度的选取要根据检测要求的空白值来确定,而空白值又与零件清洁度限值相关(见第 5 章确定检测方法和空白值)

#### 2.4.2 对生产的影响

清洁度要求的制定要考虑技术上及经济上可行性。清洁度要求过高可能导致整个供应链的制造及再加工成本过高。成本产生在以下方面：

- 材料选取和表面涂层
- 去毛刺等处理
- 清洗(见附件 2.2)
- 物流
- 生产环境
- 人员
- 组装设备和连接过程

因此在确定清洁度要求时应当适度,仅考虑功能必要的程度而不要超过必要要求(满足必要的清洁度水平,而非尽可能的清洁)。

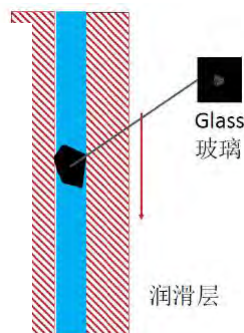
制造设备、物流、人员和环境的清洁度审核要求、信息和方法见标准 VDA19.2 “组装过程中的技术清洁度”。

## 附件 2 清洁度要求

### A2.1 失效机理示例

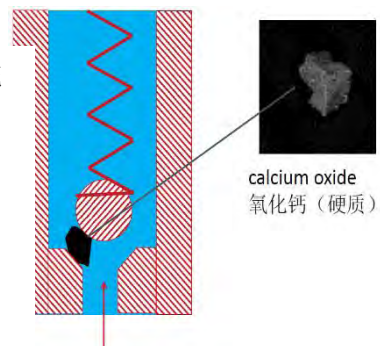
#### 轴承和滑动面的堵塞

- 涡轮增压器
- 曲轴轴承
- 加注泵
- 缸套



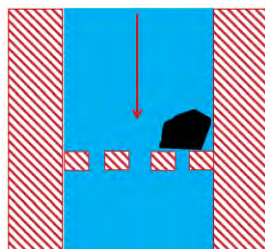
#### 阀的卡滞

- 防抱死制动系统
- 液压装置
- 制动助力器



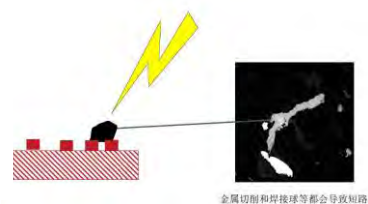
#### 燃油过滤器或喷嘴堵塞

- 喷油嘴
- 进油孔

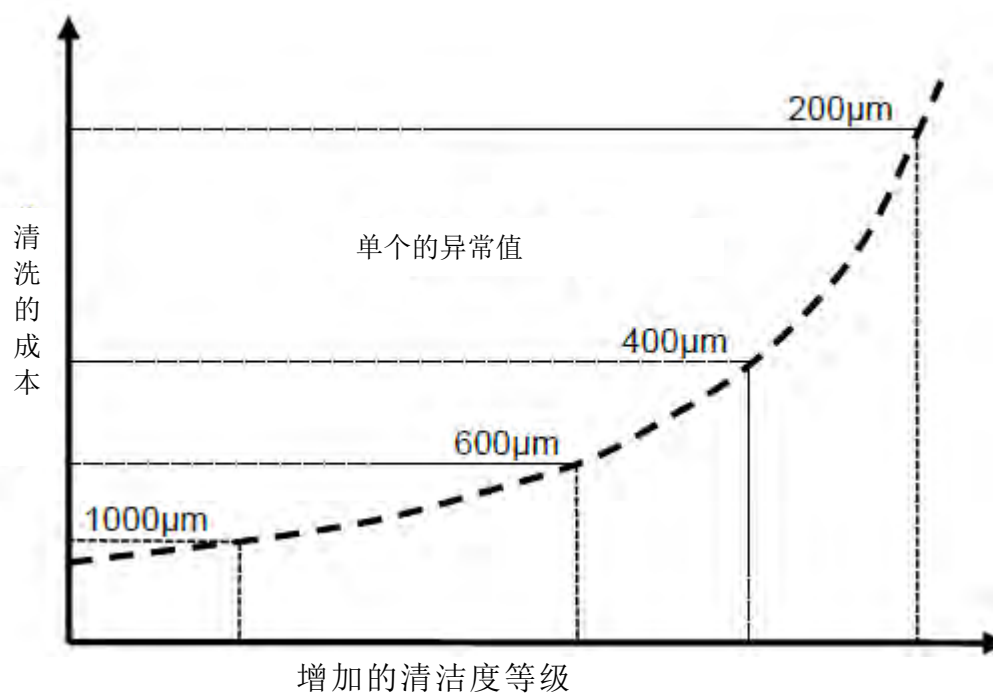


#### 触点短路

- 电控单元



### A 2.2 清洁度限值提高时增加的清洗成本



清洗成本升高的因素有：

- 更多的新投资
- 清洗设备维护过滤
- 清洗时间更长
- 零件清洗量变低
- 更高质量的洗涤架
- 保养
- 环境
- 人员资质

## A 2.3 示例:如何建立清洁度要求

**注意:**本示例仅仅是设计的一个案例。对于颗粒尺寸和数目的规定以及本实施例中提到的意见和结论仅为示例,实践中可能会完全不同。本例子仅用于说明清洁度规范是如何考虑和结合多方意见来制定的。

本示例的零件是装配有触点的电子元件

### 研发状态

如果导电杂质颗粒桥接电子元件上的触点造成短路,则可能会导致故障。

这种新产品的触点距离为 400 微米。

⇒ 基于该要求开发者先规定了下列清洁度:对于该零件非导电颗粒 $\geq 400$ 微米是允许的。

### 咨询质量控制部门:

过去类似的组件也时而发生过有因导电杂质颗粒造成的故障。清洁度分析也总是发现 $>600$  微米金属颗粒。

因为受影响的零件是在一个不具有进一步分析条件的地点制造的,所以需要创建清洁度要求,而且该要求应当可以用一个标准的分析检测要求来进行检测。

### 咨询生产部门

采购了一个新的清洗系统来清洗该零件。清洁度指标的制定应当使得在定期的清洁度检测条件下,清洁度水平的波动以及清洗系统的状态得到直观的监控。

### 质量控制部门措施:

同一个制造工艺过程生产的类似零件曾经做过清洁度分析。为此公司中心实验室采用了进一步分析的方法,深入分析也提供了材料信息和 3D 尺寸信息。结果显示了以下内容:

---- 除了金属杂质颗粒外,也发现了来源于壳体材料的非金属颗粒。这类颗粒的几何尺寸大于 1000 微米的可能导致一个内置继电器发生故障。清洁度规范也应考虑这方面风险。

---- 在生产过程中产生的金属粒子(焊渣,毛刺),尽管可能具有超过 400 微米的长度,但由于它们从未以这个长度接触到表面并导致短路。600 微米以上的颗粒才造成短路风险。

## **研发部门措施**

进行了一系列的检测,对所述组件加入不同尺寸和不同金属及制造过程的杂质颗粒(例如在一个震动检测仪上模拟行驶条件)。同时测量组件的电器功能。

结果表明,金属颗粒容易导致故障。金属颗粒的临界尺寸取决于金属种类。比如结果显示铝颗粒至少从 1000 微米开始才容易导致故障(可能是因为表面氧化层的影响)。而锌金属颗粒从 600 微米大小就易引发故障。

## **零件清洁度规范要求**

基于三个部门:研发、质量控制和生产的要求和建议,制定了下列清洁度规范:

| 颗粒大小分级                         | 所有颗粒（不含纤维） | 金属颗粒 |
|--------------------------------|------------|------|
| $X > 1000\mu\text{m}$          | 0          | 0    |
| $600 < X \leq 1000\mu\text{m}$ | 2          | 0    |
| $400 < X \leq 200\mu\text{m}$  | 6          | 2    |
| $200 < X \leq 400\mu\text{m}$  | 20         | 8    |
| $150 < X \leq 200\mu\text{m}$  | 40         | 无规定  |
| $100 < X \leq 150\mu\text{m}$  | 60         | 无规定  |
| $50 < X \leq 100\mu\text{m}$   | 150        | 无规定  |

### 该清洁度规范考虑了以下几点

---- 纺织纤维不受控制,因为它们不影响功能。但在分析时必须能够识别纤维,以便将它们同其它杂质颗粒区别开。

---- 颗粒分级定义从 50 微米开始,因为 50 微米以上的颗粒在标准测试中才能测得出。

---- 较小尺寸(<150 微米)的颗粒数量用于在早期阶段识别生产过程(清洗系统)中的波动,因为不能从少数大颗粒来预见该变化。

---- 不允许出现大于 1000 微米的颗粒,因为 1000 微米被视为关键尺寸即使这些杂质颗粒不是金属的。

---- 不允许出现大于 600 微米的有金属光泽的颗粒,因为 400-600 微米经证实不会对功能造成影响。

---- 把有金属光泽的颗粒归结为导电金属颗粒的光学分析标准方法不是绝对准确的(这里只能通过进一步的材料分析来确认)。尽管如此,如果是由有资格的操作员执行自动分析的后续确认工作,金属光泽仍可作为特征来识别颗粒种类。

---- 由于较小的颗粒(<150 微米)多用于杂质的趋势检测而不用来描述其危害性,因此对于<150 微米的颗粒省略类型(金属光泽)区分。这样做是有意义的,因为颗粒越小数量越多,人工确认分析结果的工作也变得越复杂和耗费精力。此外,小颗粒分类结果的准确性更加不确定不同光学分析系统之间对于较小颗粒的可比性也有所不同。

### 3 选择检测方法（参考）

清洁度检测包括三个阶段

----- 提取颗粒:通过介质清洗的方式从零件表面除去杂质颗粒。杂质提取方式是基于检测对象(组件)的特征来制定的,例如控制区域的大小形状和可接触与否,以及组件的材料和需要去除的杂质的类型和附着力。

----- 过滤颗粒:用于分析的相关大小的颗粒经由滤膜过滤沉积在滤膜上分析滤膜的选择取决于根据清洁度规范要进行分析的颗粒的大小和数量。

----- 颗粒分析:颗粒根据清洁度规范的相关特性要求来进行分析,根据不同的特性要求需要进行分析的特征包括大小和数量以及材料或颗粒的特殊性质等。没有要求特殊特性分析的,即采用所谓的标准分析方法。

**注:** 对于“简化分析”(见结构图 VDA19.1 第 1 章)取消了过滤工序,在使用检测介质剥离杂质颗粒后直接观察或者通过液体粒子计数器进行测量。

#### 3.1 杂质提取过程的选择

杂质提取方法的选择,参数确定和流程制定过程中需要关注清洗过程的优化和调整。根据图 2-2 参数对于杂质提取结果具有影响:

----- 检测介质(清洗液成分)

----- 清洗温度

----- 清洗设备(带参数清洗过程)

----- 清洗时间(清洗过程作用于零件表面的有效时间)

例如受到粘附力附着在零件表面上的颗粒的清洗。粘附的原因可以是范德华力或者空气湿度或加工助剂(冷却剂, 润滑剂或抗腐蚀剂)形成的毛细作用。提取过程的任务就是要克服这些力和分离杂质颗粒。



图 3-1 :颗粒通过粘附力附着在零件表面

**注意：** 需要注意的是在提取过程中零件上的毛刺可能会脱落, 并混入杂质被分析。为了避免这种情况, 应只对经过仔细地去毛刺的零件进行清洁度分析。如果这是不可能的, 一定要规定好如何评价和记录脱落的毛刺。

## 启动参数

提取方法主要是由零件尺寸、形状、材料和控制面的位置来确定, 选择杂质提取方法(清洗方式)后, 特定参数的选择如喷嘴直径, 流量, 超声波频率等还具有很大的选择空间。为了尽可能的提高杂质清洗过程及其分析结果的可比性, 建议采用 VDA19.1 第 6 章: 杂质提取在具体过程中建议的启动参数来研究制定检测方法。

**注意：** 可以调整启动参数来优化与特定零件相适应的杂质提取过程, 例如杂质分离(在不损伤各自的零件表面的情况下)或提取时间, 但要记录该偏离。

### 3.1.1 检测介质

#### 液体清洗提取杂质(试验液作为清洗介质)

汽车工业中大多数与功能相关的零部件都会在制造过程中或日常使用中与液体接触,这些液体会吸附或分离杂质颗粒,例如

- 冷却液
- 防腐剂
- 清洗媒介
- 运行介质

对于这些零件建议杂质提取过程采用清洗液,清洗液的主要作用是克服颗粒和零件之间的吸附力。为此需要检测哪种液体最适合用来清除杂质且不会对零件表面造成腐蚀。表 6-1 给出了一个粗略的概括,这里可以看出生产过程中出现的助剂的大部分可以用两种清洗液来清理:用含水的表面活性剂的中性清洁剂和非极性溶剂。采用后者时要格外注意工业安全和环境保护(不含芳香烃的异构烷烃在常温下不易燃,是优选方案)

#### 杂质提取液选择的建议:

- A 检测含水性表面活性剂的中性清洗液是否合适:这些通常用于水基冷却润滑剂乳剂,动物和植物脂肪和油以及胺系抗腐蚀剂(注意是没有泡沫的)。
- B 如果无法使用 a 中的中性清洗液,检测是否可以采用上述的非极性溶剂:特别是对矿物油基润滑剂和腐蚀抑制剂的清洁。
- C 如果前述两组清洗液都不适用,则需要选择特殊的清洗液,例如,乙醇(极性溶剂)用于制动元件的检测。

选取清洗液时应当总是考虑清洗液和组分材料的相容性(见表 6-2)

**注意:**如果钢零件在清洁度检测后需要返回到生产流程的,则通常须设有防锈措(通过清洗液添加或者在清洗过程后单独采取防锈措施)

## 用空气作为介质分离杂质

需要做清洁度检测的某些零件在制造期间或后续使用过程中不与液体接触(例如发动机的进气系统)。此外,也有与液体接触后会损坏的材料,如空气过滤器或用作包装材料的纸和纸板,其也与清洁度密切相关。如果这样的组件因化学溶解的作用而不能采用液体进行清洗的话,就可以采用空气进行杂质提取。

### 3.1.2 温度

试验介质应在室温下使用以控制检测的成本(安全性,舒适性,预热时间,能耗..)。特殊情况下,应相应地选择介质温度

### 3.1.3 机械原理

机械力在杂质颗粒的清洗中起着重要作用。清洗机构通常承担两个任务:

---- 受到强吸附的杂质颗粒通过较强的机械力来分离,即清洗。

---- 用相对较弱的机械力冲洗分离了的并有可能重新沉降(到零件上或者在清洗设备中)的弱吸附颗粒。

提取过程选择的第三步骤包括两个子部分“清洗技术的选择”,即清洗过程本身和“清洗设备即参数设置(体积流量,超声功率等)

提取过程选择的第三步骤包括两个子部分“清洗技术的选择,即清洗过程本身和“清洗设备”即参数设置(体积流量,超声功率等)

## 清洗技术的选择

清洗技术手段的选择主要是由零件的大小和几何形状和控制表面(零件内部或外部)的位置来确定的。对于具有多个功能区的组件,也可能分区域适用不同的清洁度要求,相应的检测时也可能会适用多种不同的提取方法(见附录3)

## 清洗液提取

对于液体杂质提取可以采用四种不同的提取方法-喷洗,超声波,冲洗和晃动。

**喷洗:** 采用喷嘴喷洗的方法适用于零件外部的可直接接触的,适用于平行射流或扁平喷嘴清洁的大面积区域。零件内部或不易触及的零件外部区域只能有条件地采用喷嘴进行清洁。对于此类喷射液体不能直接接触的几何体可以使用喷枪,其具有较小直径可以伸到盲孔中。

**优点:** 普遍适用,适应多种杂质提取任务。**缺点:** 已分离的微粒分布在大面积上→需要费力的冲洗,因为提取设备的较大表面积更难以实现较低的空白值。由于大部分清洗程序是人工完成的,操作者的影响因素很大。

**注意:** 喷嘴可通过直接放置在直径较小的管线或孔和管开孔处用于零件内部的杂质清洗提取,这里喷嘴被用于提取过程“冲洗”上,喷嘴仅被用来作为零件上的冲洗导管的适用装置。

**超声波清洗:** 用于清洗外部几何形状简单的零件,所述组件需要完全被浸没在清洗液中。杂质提取,特别是小零件作为试样的,可以放在超声可以穿透的篮筐中,放入专门用于超声波清洁度检测的清洗容器中,且超声波清洗机应带有液体出口用于过滤分析。为了补偿超声波能量的不均匀性,应该慢慢地移动超声波中的试样。移动的幅度应该至少是所使用的超声波波长的一半。

如果采用超声波法清洗零件内部的话,需要检测清洗效果是否足够好。通常超声进入的孔径越小,需要清洗的部分深入零件内部越深以及需要清洗的空腔越大,零件就越难清洗。

**优点:**易于操作,重复性好,检测人员的影响小,对于小零件来说是低成本检测设备,表面积较小所以可以达到较低的空白值。

**缺点:**在清洗设备参数设定不当时,超声通过空化作用可能会导致试样上的材料脱落并错误地将脱落物质检测为污染物颗粒,超声波清洗相关的参数(声场分布,气穴空化影响)其影响难以确定。

**冲洗:**冲洗方法适用于很多零件的内部区域的杂质提取,例如用于

---- 已经安装好的主动元件,如泵,喷油器等,可以在试验台上加载零件检测。

---- 管状封闭元件,其长度比入口或出口开口大很多的且内横截面接近入口和出口直径的。

在冲洗过程中零件内部需要清洁的整个内表面始终要保持贯通,清洗液要通过适配装置流到试样内。零件内部区域冲洗后的清洗液也同样要通过适配装置和软管或者管线流到过滤装置上或者直接从试样上流到一个清洗容器内(应当避免从零件的外表面溢出)。为了达到冲洗过程中的良好的清洁效果,内部的流体应该是湍流。

**优点:**通过适配装置和冲洗软管可以很好的隔离不相关区域,由于清洗液流经的表面较小可以达到较低的空白值,检测人员的影响较低,对于车辆的许多载流部件这个检测方法可以最好的模拟日后的运行条件

**缺点:**在流量较大时(部件具有大的内部横截面)或清洗驱动元件时(例如驱动元件已连接,通电或运转)所需的检测装置/检测台可能是造价昂贵的。冲洗管道同检测样品经由适配装置相连的过程中可能会出现磨损(拧紧螺纹,推挤,挤压,···),该磨损可能会被错误地被检测为颗粒污染的一部分。

**注意:**术语冲洗始终是指零件内部区域的冲洗,因而不存在零件外部区域的冲洗,所谓的清洗后的冲洗其实是一个喷洗过程,其中分离的杂质颗粒再次沉降(到零件上或者清洗设备中)并被输送到过滤装置。

**晃动:**摇晃适合用在几何形状简单,具有大量的内部提取区域但横截面不窄且很少有易关闭开口的零部件上。不适合用在细管或毛细管上,因为通过摇动清洗液介质不能充分运动,因此达不到有效地杂质清洗效果。

**优点:**操作简单,成本非常低,因表面积小因而空白值低

**缺点:**可用范围非常小。对于较大的试样手动不可行(试样重量+清洗液)

**注意:**术语晃动仅指零件内部杂质的清洗提取,通过将零件(单个或多个)放充满液体的容器中晃动来提取外部杂质的清洗办法 VDA19.1 不做规定件磨损导致污染的风险)

## 空气提取

空气提取杂质可以以两种方式进行,如对应液体喷洗过程的吹扫或者让气体贯通通过检测对象,类似清洗液冲洗过程。

**空气吹扫:**采用该提取方法时,用干净无油的压缩空气把试样上的杂质颗粒吹掉。该方法适合零件外表面或者零件内部压缩空气可触及的部分可以用于电子元件,不能被清洁介质贯通的发动机吸气系统组件,以及物流包装如塑料箱,小负荷支架或纸箱等。

**优点:**采用液体介质提取的封闭式清洗设备可以简单且便宜的改造用于空气吹扫杂质提取设备。空气吹扫是一种简单的检测工艺,也可用于与液体接触会被损坏的零件。

**缺点:**吹出的颗粒分布在大面积上。→需要较高的检测后杂质冲洗成本(用液体)由于提取设备的内表面积较大很难达到较低的空白值,由于清洗过程基本是手动完成的,因而对用户的影响较大。

**气流贯通:**采用这种空气提取杂质形式的话,检测对象通常是在一个专门的检测台内用空气贯通流过零件的方式提取杂质。这种方法适用于检测空气传导组件的内部清洁度,例如发动机的进气口。检测时大量的空气通过几厘米直径的横截面。

**优点:**通过管道系统上的适配装置可以很好地把检测区域同不相关区域隔离开。检测人员的影响低:对于进气系统的部件这种提取方法能最好地模拟使用条件下的车辆。遇到液体不稳定的空气过滤器也可以用这种方法进行检测。检测后检测对象上不会残留清洗液等试验介质。

**缺点:**检测台成本高,对应试样制作特定的工装,准备空气初步分析过滤与手动转换为液体二次过滤的耗费。

## 清洁度检测设备的参数设置

检测设备对零件的清洁程度甚至是否会损坏零件表面主要取决于该清洗过程对零件施加的机械力参数(脉冲, 力量, …)。合适的参数选择需要对检测设备, 其制造和后续使用具有丰富的经验知识。如果没有现成的规定或经验要求必须采用一定的设备或过程参数, 则使用标准建议的各种清洗方法分别对应的启动参数。

### 3.14 清洗时间

杂质提取时间是对应每个组件特别优化的, 而不同于通常的清洗过程参数那样是基于组件的几何形状特征和污染的类别来确定的。清洗时间的确定是通过在更短的作用时间和每次提取的杂质质量递减的条件下重复进行清洁度检测分析得到的, 即所谓的杂质衰减检测(见第 5 章:清洗方法研究制定和空白值测量)。即使检测液的量用于限定一段程序, 即合格的实际参数, 提取过程对部件表面的曝光。对于某些检测实验用的总清洗液量等于每次杂质衰减检测的清洗液量, 此时实际的参数是清洗过程作用于零件上的作用时间。

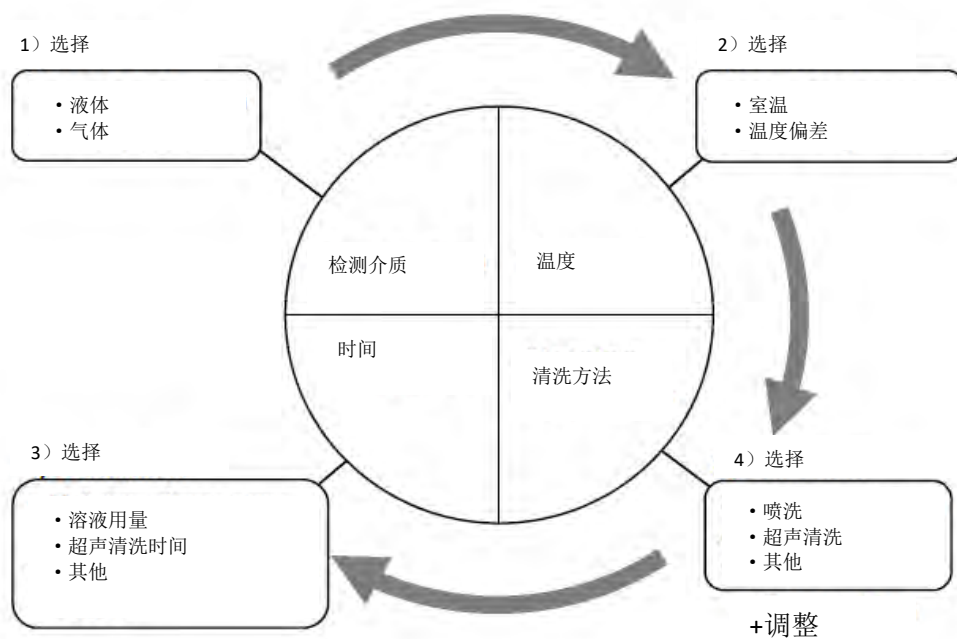


图 3-2 选择清洗方法的程序

### 3.2 过滤装置的选择

由于分析和测量滤膜上颗粒的光学分析方法应用日益广泛,精心挑选滤膜以及小心执行过滤程序作为分析的一个重要的准备步骤已经变得越来越重要。分析滤膜选择时要考虑其是否与试验液兼容和截留所需分析颗粒的能力。在这里起决定作用的是清洁度规范要求分析的颗粒大小,亦为滤膜需要截留的颗粒尺寸。

**注意:**如果有进一步的分析,也可能需要检测滤膜是否和该分析方法兼容(例如当采用强辐射分析方法)。

### 3.3 选择分析方法

要根据试样的清洁度规范所规定的颗粒特性和分析目的来选择分析方法。

**标准分析:**标准分析方法用来检测客户与供应商协议所确定的清洁度限值。标准分析框架不仅规定了分析方法和要分析的颗粒特性,还规定了分析过程的参数及每个颗粒特性的定义。如果客户和供应商之间没有特别就清洁度规范达成一致则适用标准分析规定

**进一步分析:**深入分析提供颗粒的种类和可能的来源。它被用于:

- 过程优化
- 查找来源(有害颗粒源)
- 对颗粒超过限值所采取的措施之
- 如果清洁度要求超出标准分析覆盖的特征特性范围。

深入分析的采用可能造成实施上的耗费和成本提高。

**简化分析:**因为可以快速获得结果因而能够采用较高的样本量,简化分析方法非常适合用于过程监控(监视)。

**注:**如果以固定的检测间隔被应用的话,标准或深入分析也可以用于过程监控(监视)

#### 3.3.1 标准分析

标准分析用于用户和供应商协议确定的清洁度限值的检测。标准分析包含下列两个分析过程:

## 重量分析

用来获得从试样上提取和沉积在分析滤膜上的所有颗粒的总质量。

## 光学分析

在标准光学分析的框架内, 可以使用显微镜或扫描法来确定颗粒大小分布以及对颗粒进行下列特征的测量或类型确定:

颗粒大小大于 50 微米的

----- 长度和/或

----- 宽度

将颗粒分类为

----- 纤维

----- 带金属光泽的(可选)

光学分析过程的使用要求具备受过培训的操作人员, 操作者不仅需要能够掌握系统的使用, 还必须有能力进行测量结果的后续控制和颗粒分类。

为了使不同类型系统或者同一检测系统但操作者不同的分析结果能具有更强的可比性, 遵守规定的设备, 参数, 程序和特征要求有着核心的意义。如果清洁度分析偏离了这些规定条件, 则该分析不能视为标准分析, 客户和供应商之间的协议应当提到这一点并记录。

### 3.3.2 深入分析

当需要下列杂质颗粒的附加信息时,应当进行深入分析:

- 小于 50 微米颗粒的准确尺寸测量
- 长和宽以外的颗粒几何特征例如第三维尺寸高度。
- 材料或者从材料推断的属性例如颗粒的硬度。

各个分析的目的,使用的程序,采用的流程和分析结果的分发与解释都要在客户和供应商协议中讨论和记录。

### 3.3.3 简化分析

那些需要杂质提取步骤,但实际分析过程省略了过滤分析步骤的分析技术属于简化分析”。简化分析可以很快的得到分析结果,这意味着采用简化分析可以在单位时间内检测更多的试样。这里列出的两个简化分析过程的结果不能完全对应那些标准分析生成的结果。因此简化分析不能用于清洁度最大限的检测,除非客户和供应商之间协议明确同意采用简化分析办法来检测。

下表概要归纳了上述分析方法及其应用范围。

表 3-1：分析方法和可能的应用

|      | 分析方法      |         | 分析目的    |                |      |
|------|-----------|---------|---------|----------------|------|
|      |           |         | 检测清洁度规范 | 为了过程优化<br>查找原因 | 过程监控 |
| 标准分析 | 重量分析      |         | ++      | --             | +    |
|      | 2D 二维扫描   |         | ++      | +              | +    |
|      | 光学显微镜     | 2D≥50um | ++      | +              | +    |
|      |           | 2D<50um | ++*)    | +              | +    |
| 3D   |           | -*)     | ++      | --             |      |
| 深入分析 | 计算机断层扫描   |         | -*)     | ++             | -    |
|      | 电镜/能谱仪    |         | 0*)     | ++             | -    |
|      | 激光诱导击穿光谱仪 |         | 0*)     | ++             | -    |
|      | 拉曼光谱仪     |         | 0*)     | ++             | -    |
|      | 红外显微镜     |         | -*)     | ++             | --   |
|      | 液体计数器     |         | 0*)     | -              | ++   |
| 简化分析 | 筛堵（光学的）   |         | 0*)     | 0              | ++   |

如果在客户和供应商协议内约定使用并设置分析参数的话也可以采用。

++ 非常适合

+ 较为适合

0 原则上适合

- 不太适合或者不能做到自动分析或者用起来成本高(当需要采购新设备时)

-- 不适合, 不能做到自动分析, 用起来成本高(当需要采购新设备时)

表 3-2：分析过程，可信度和界限

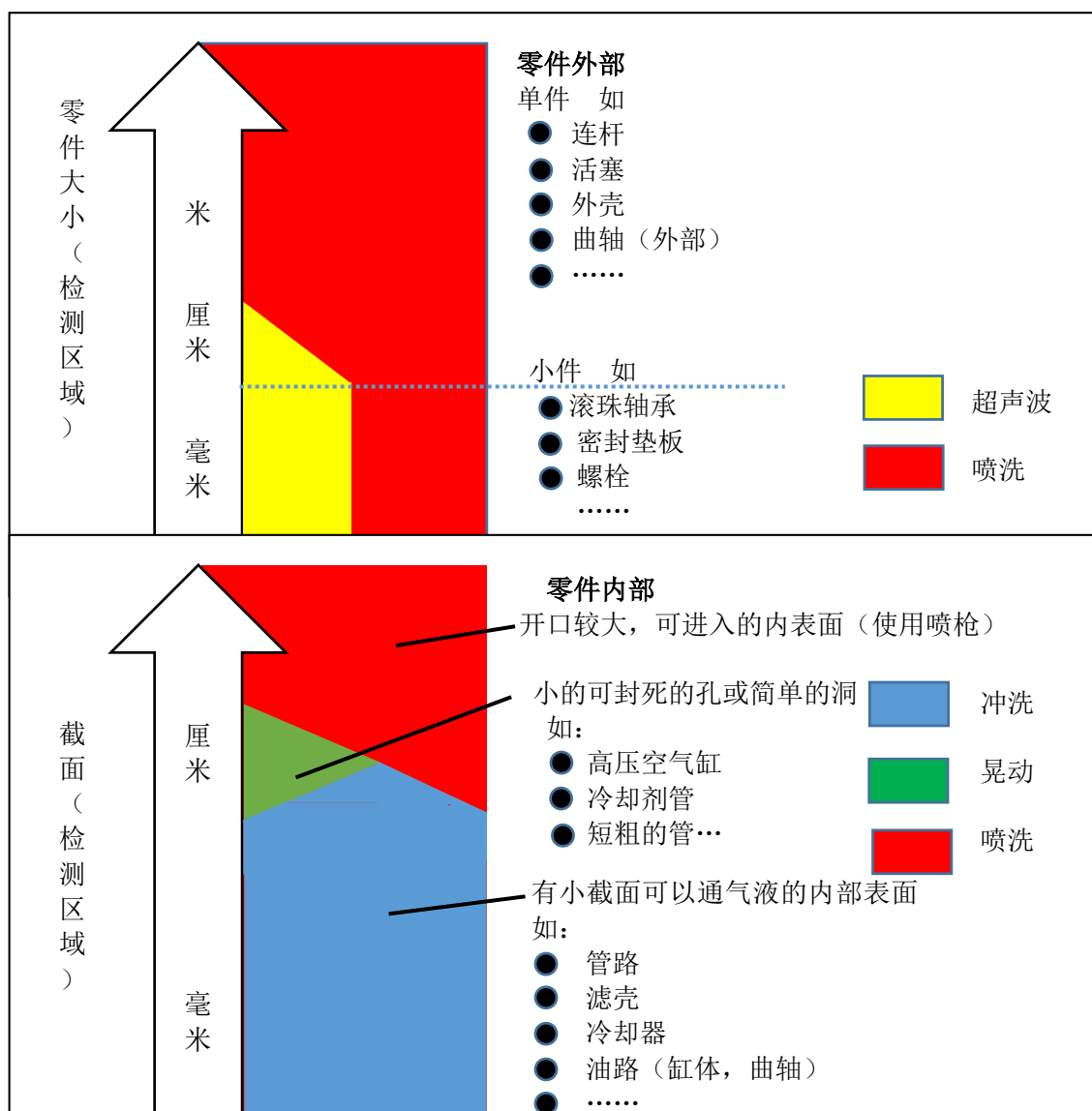
| 分析过程      | 可获得信息 |      |    |       |       |    | 使用限制                            |
|-----------|-------|------|----|-------|-------|----|---------------------------------|
|           | 颗粒总重  | 颗粒大小 |    |       | 其他特征  |    |                                 |
|           |       | 长    | 宽  | 高     | 金属光泽  | 材料 |                                 |
| 称重        | X     |      |    |       |       |    | 不能评价单个颗粒                        |
| 扫描        |       | X    | X  |       | (X) 2 |    | 后续控制只能靠图片辨认。放大倍数有限或者不能采用其他的对比方法 |
| 光学显微镜     |       | X    | X  | (X) 1 | (X) 2 |    | 一个光学系统提供的可能性并非都可用               |
| 计算机断层扫描   |       | X    | X  | X5    |       |    | 分析时间很长                          |
| SEM/EDX   |       | X    | X  |       |       | X  | 无法辨别有机物                         |
| 激光诱导击穿光谱仪 |       | X3   | X3 |       |       | X  | 无法分辨有机物                         |
| 拉曼光谱仪     |       | X3   | X3 |       |       | X  | 不能检测金属，不能用于吸收荧光的或黑色颗粒           |
| 红外显微镜     |       | X3   | X3 |       |       | X  | 仅用于有机物，不能做到全自动分析                |
| 液体计数器     |       | X4   |    |       |       |    | 易受气泡干扰                          |
| 筛堵（光学的）   |       | X    | X  |       |       |    | 易受光学系统上的残留物干扰                   |

是否可测量根据不同光学系统和设备能力

- 1：景深较浅（焦点从滤膜背景到颗粒上边缘）的显微镜可测
- 2：前提条件：需要后续人工验证
- 3：带自动光学颗粒检测过程的材料分析
- 4：尺寸通常通过一个圆面的直径来测量
- 5：所有尺寸都可测量（体积，厚度，横截面积……）

## 附录 3 选择检测方法

### A3.1 用清洗液提取杂质：根据零件不同区域选择不同的清洗方法举例



### A 3.2 用清洗液提取杂质：零件特征及适当的清洗方法示例

| 清洗方法     | 零件特征                                                      | 举例                        |
|----------|-----------------------------------------------------------|---------------------------|
| 喷洗或超声波清洗 | 小零件，尺寸从几毫米至几厘米，单件很难单独处理，作为散件检测（整个表面）                      | 球轴承，垫片，螺栓，弹簧，O型圈……        |
| 喷洗       | 小至大零件，几个厘米到一米长（整个表面）                                      | 连杆，活塞，齿轮，壳体部分，凸轮轴……       |
| 冲洗       | 可以贯通的零件部分，连接处和内部横截面为几毫米到几厘米区域（内部）                         | 管线，管道，过滤器壳体，热交换器          |
| 冲洗或者喷洗   | 连接处和内部横截面在几厘米范围内的零件的内部区域，这些区域既可冲洗又可喷洗进行检测                 | 液压阀组，管道或胶管接头，涡轮增压器壳体，油轨…… |
| 冲洗和喷洗    | 功能区有分区的零件，其中一个区域采用喷洗（外部），另一个区域采用冲洗（内部）方法检测（分别过滤到不同的分析滤膜上） | 发动机缸体，曲轴……                |
| 晃动       | 内部区域几何形状简单的零件，没有窄断面且很少有容易被封闭的开口（人工执行本程序的可操作界限：零件+清洗液的重量）  | 压缩空气罐，冷却剂贮存器，……           |
| 晃动或者冲洗   | 零件的可贯通冲洗内部区域，少有容易被封闭的开口（开口处横截面和内部的横截面，几个厘米）               | 管道，简单的热交换器（具有不太窄的横截面）……   |
| 晃动或者喷洗   | 零件内部几何形状简单，没有窄的内横截面，容易被封闭的开口少，开口的横截面大                     | 油箱，短管和粗管，……               |

### A 3.3 空气提取杂质:零件以及适用的提取方法案例

| 清洗方法  | 零件特征                                                       | 举例                                          |
|-------|------------------------------------------------------------|---------------------------------------------|
| 空气吹扫法 | 零件外部区域或高压空气可接触<br>电子线路板,该区域在生产和使用中不<br>或与液体接触或者与液体接触时会导致损坏 | 电子线路板,进气系统内的无法贯通的零件,包装材料(KLT 塑料箱,纸箱), ..... |
| 空气流通法 | 可贯通吹气的零件的内部区域,该区域在生产和使用中不<br>或与液体接触或者与液体接触时会导致损坏           | 软管,壳体,过滤器,歧管,波纹管中的进气                        |

## 4 符合清洁度要求的处理

### 4.1 原则

技术清洁检测的不是不可改变的零件特征特性,而是一个通过外部影响可以改变的临时状态。通过客户与供应商之间的协议,确定在何时何地执行满足相应的清洁度规范(如:清洗工序后,交付到组装线时或其它节点)。

从协议确定的组装链上的抽样位置到清洁度检测实验室途中,零件的清洁度状态是不可以改的。

为了能获得具有代表性状态下的试样,必须明确抽样时间点以及运送条件至检测地点的流程和规范。这也包括可能需要采取一些偏离常规批量生产条件的措施来运送试样到检测地点(例如其它种类包装或者不同的运输路径)。重点是对待试样必须要符合清洁度要求,这也是为什么检测人员必须是经过相应培训的有资格的人员。

下列因素也可以改变生产过程中选取的试样的清洁度状态

- 处理过程
- 包装
- 运输
- 环境条件
- 仓储
- 检测前的预处理(例如塞住某些部分,拆解或者安装支架)

根据需要对检测后需要返回到生产线或二次利用的试样制定相关规定来保证其清洁度状态,例如涂防锈保护剂做防锈处理或使用未经使用的塑料包装。关于如何评估影响因素和维持样件的清洁状态,VDA19.2提供了详细的指导。

## 4.2 选择的措施和建议

### 4.2.1 人员

整个检测过程从采样到样件归还都要明确相关岗位的责任

有关人员必须经过培训知晓如何处理检测对象并符合清洁度要求。

### 4.2.2 包装

包装必须满足相关的清洁度要求并能保护样件,比如涉及到

- 耐磨性,样件本身有颗粒脱落,密封性和静电
- 运输的方式和耗时,样件处理和存储过程
- 生产和清洁度检测之间的环境条件(例如气候条件波动)

直接与样件接触的薄膜和袋子必须是干净和未经使用的(一次性包装)纸箱不适合用于直接包装检测对象,因为纸箱本身会脱落非常多的颗粒

可重复使用的包装,如果试样是直接放入其中的,使用前应清洗。

这同样适用于密闭的包装件。密闭的包装不可以导致试样的机械损伤不允许使用自切锁紧件。

如果几个试样一起松散的放入包装内,则存在运输过程中相互摩擦/碰撞(材料磨损)和颗粒脱落的风险。

### 4.2.3 存储和运输

基本要求(需要注意的极限条件)

----- 路程尽可能短

----- 时间跨度尽可能小

----- 减少震动

----- 包装内采取保护措施防止损坏

----- 防止包装损坏

----- 如果必要的话增加辅助的保护措施如防雨防潮和防止温度剧烈变动  
建议在试样外包装上增加特定标记并规定存储区域

### 4.2.4 清洁度检测的空间

检测区域必须在空间上同产生污染的区域如清理毛刺和焊接等生产过程分开。在检测区域应避免使用压缩空气来清洁/吹干物体,因为污染可能会借此扩散。

试样的处理以及可能的拆解必须在符合清洁度要求的环境条件下进行

根据污染积累和试样的清洁度要求来制定地面,设备设施和工作地点的清洁方法和频率。如果检测的灵敏度需要,设立一个独立的洁净区域例如洁净工作台)用于实验。

该处的适用性并不一定依赖于一个(具体的)洁净室等级来实现。安装空气净化设备以达到 ISO 14644 定义的特定空气清洁度等级不是强制性的。重要的是可靠的获得空白值,因为空白值也反映了环境的实际影响。

### 4.3 排除检测可能 --无效检测

#### 4.3.1 样件交付状态的偏差

如果检测对象或者其包装上出现异常,而这种异常情形可以影响清洁度状态的话,则不能对该试样进行检测。建议的进一步程序有:

- 记录样件异常状态或者包装偏离既定条件要求的情形。
- 联系通知前后流程的相关负责人员
- 对样件进行标记并遵循隔离处理规定进行处置,例如返回或报废

典型的失效检测要素有:无内包装或内包装损坏,不合适的包装材料,受潮,生锈,样件损坏,存在明显外部污染物例如木材碎片等。

如果在样件具有上述异常的情形下仍然对其进行检测,则应该在检测报告中说明这种情况。

#### 4.3.2 检测实施过程中的偏差和错误

实际的清洁度检测过程中的任何偏差或事件都应记录在检测报告中。

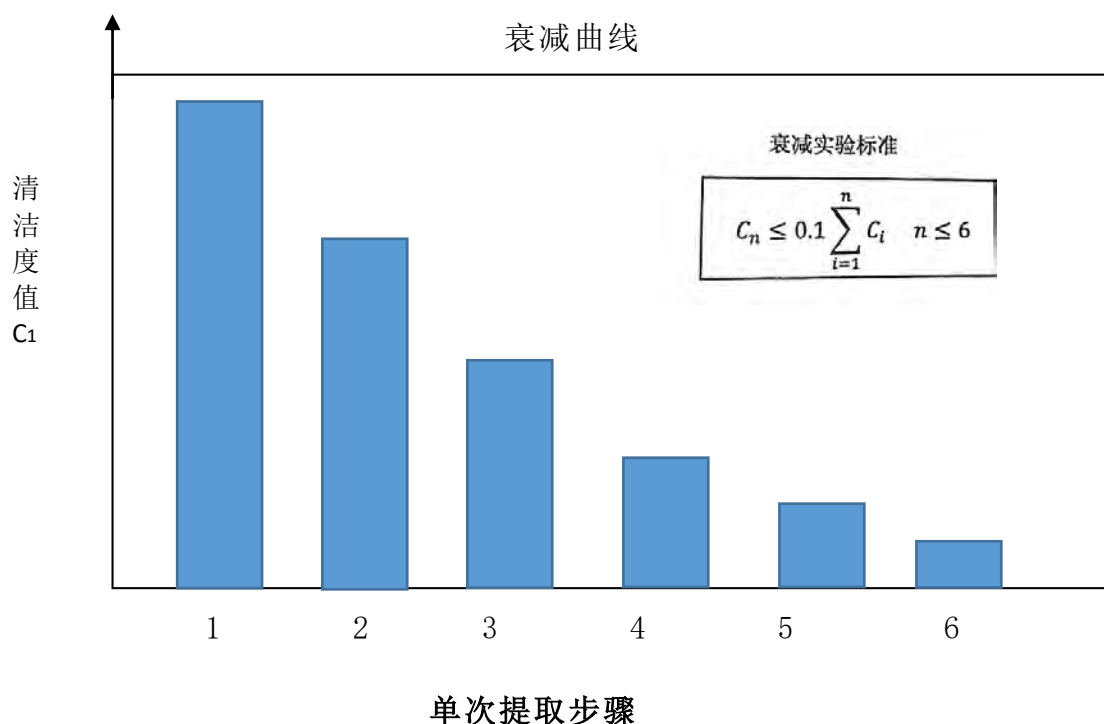
如果不能排除检测结果混入了外部污染,那么检测结果的技术测量就是没有意义的,也不应当记录到文档中。

相应的试样应当被隔离,不再适合重新进行检测。在相应的报告中替代清洁度测量值的内容备注“错误检测”,也可以给出出错的解释与原因分析。

## 5 清洗方法研究和空白值检测

### 5.1 原则

清洗方法研究用于确定最终清洗过程(常规检测)条件,是 3.1 章开始的选择检测方法的最终步骤。探究适当的清洗方法过程,形成图 3.2 中所示辛纳圆的第四区段(时间),是通过图 5.1 所示的衰减检测实验得到的。



衰减曲线, 清洁度结果值, 单词清洗步骤

图 5-1: 对同一个试样的重复检测得到的清洁度值

确定空白值和满足允许的空白值限值确保了清洁度检测是在充分洁净的检测和环境条件下进行的。因此可以确保检测过程中引入的非出自试样本身的污染不会的影响检测结果。

为了验证在清洗试样,清洗试样后冲洗清洗设备,滤膜处理操作和烘干以及分析过程中没有颗粒丢失,以至于对分析结果也造成颗粒缺失的情况,可以有选择性的进行检测颗粒的验证。

**备注 1:**在验证零件采购工厂与供应商在合同中确定的清洁度规范时,要根据 VDA19.1 确定适合的清洗方法的。

**备注 2:**甚至对深入分析或者简化分析也建议进行清洗方法的验证,因为一个完整的有效和清洗过程是任何一种合理分析的前提条件。

## 5.2 测试验证确认

### 5.2.1 原则

清洗过程的有效程度决定了零件的清洁度水平是否被正确评价。因此在清洁度检测时要证明,采用的清洗过程能够尽可能的把全部可脱落杂质颗粒都提取下来。因为不可能绝对确定实际杂质含量,而且也不存在定义的涵盖了形貌,材料,杂质成分和杂质粘性等汽车零件清洁度相关的所有方面条件的“一般污染件”,需要进行了杂质衰减检测。

杂质衰减检测是必须的,用来确定适合于某个零件或者类似零件组(零件族)的检测条件,并将该检测条件作定义一个检测规范”

通过对同一零件的重复清洗来确定,可脱落的杂质量是否逐次减小,并依此判断是否是一个适当的杂质提取过程。需要进行分析的杂质是否充分脱落并被提取收集,需要通过所谓的杂质衰减曲线来确定(见图 5-1)按要求确定衰减曲线上特定点一在该点上恰好最后一次提取的杂质小于迄今所有的杂质和的 10%,该点即用于建立常规检测过程。

同时进行衰减检测,清洗过程不能侵蚀零件造成颗粒脱落。该颗粒会混入颗粒物里,是不应该的(见附件 A5.2)

**注:**至少对于一个零件或者零件族确认一个适用的常规检测方法。在零件受到结构改动或者其制造工艺发生变化时,可能会存在原检测方法不能保证达到同样的杂质提取程度的风险(由于不同的零件外形或者杂质种类,数量或附着力的改变),此时要重新进行杂质衰减检测以验证方法是否适当。

确认检测方法适当性的过程包括下列步骤(附件 A5.1)

- 1、杂质衰减检测(5.2)
- 2、确定常规检测方法(5.2)
- 3、可选的:通过重复试验来检测常规检测方法。
- 4、检测空白值(5.3)
- 5、可选的:进行复测。

如果空白值和杂质衰减曲线正常,则确定的检测过程作为适当的检测规范用于常规检测。

**注:**在确定类似零件(几何形状,材料,涂层等类似)的检测规范时,可以将确定检测过程简化为步骤 3 和 4

上述第 1 到第 4 点举例见 12 章的示例。

### 5.2.2 材料和设备器具

杂质提取参数如提取介质,温度和清洗机制,过滤和分析过程的制定参照第三章“检测方法选择。”

杂质衰减检测的评价遵循分析过程,该分析过程也用于确认清洁度检测要求。

在衰减检测开始时设置相应的提取杂质过程的启动参数(见第 6 章提取过程)或最好使用论证过的更合适的参数。

如果需要重复进行衰减的话,需要准备相同的组件(同一类型和同一制造批次)。

**注:**杂质衰减检测绝不能在已经进行过杂质采集的样件上进行

### 5.2.3 操作步骤

#### 杂质衰减检测

图 5-1(见 5.1 节)示例展示了一个在适当条件下进行检测的杂质衰减曲线。

**注:**需要注意用于检测的样件要以符合清洁度检测的状态提交给实验室。(见第 4 章检测样件符合清洁度要求的处理)

1:确定适当的试样数量

2:清洗检测设备,进行空白值检测并符合要求。

**注:**由于在这个阶段上即还处于摸索检测方法的初始阶段,后续的循环检测方法尚未确定,空白值的检测方法就不能采用后期的循环检测确定的检测液容量和清洗时间。用于确定这个暂时“的空白值检测的参数由检测人员来确定,确定的依据有各个实验的启动参数以及操作者对清洗设备的经验。通常所说的设备空白样,即对各个清洗设备使用特定程序和特定溶液量或者特定清洗时间可以达到的空白值,是已知的-如果这个设备空白样作为暂时的用于检测清洗过程的空白值的话,也需要符合空白值要求。

3:同样的样件或者样件组采用启动参数连续进行 6 次清洗,每次清洗得到一个杂质质量 C。每次清洗步骤完成后都要对清洗设备采用有效地冲洗过程进行设备冲洗。

4:然后计算每次清洗得到的杂质质量与 6 次检测总的杂质质量之比

$$\frac{C_n}{\sum_{i=1}^n C_i} = \text{衰减检测} \quad \text{衰减检测的步骤}$$

5:当单次杂质与总的杂质质量比小于 0.1 时,即达到衰减检测要求

$$C_n \leq 0,1 \sum_{i=1}^n C_i \quad n \leq 6$$

6. 达到衰减检测要求后,即可制定循环检测抽检方法(见下一个副标题)

7. 如果 6 次清洗步骤都不能达到衰减的要求,则清洗参数需要进行适当的调整或者选择其它清洗方法,然后再用一组新的试样来进行杂质衰减检测。如果试样的材料在清洗过程中遭到腐蚀或破坏的话也可能造成衰减的效果减弱。对于杂质含量非常低的试样(非常洁净的试样),也可能很难来验证杂质衰减曲线,这里可以通过提高检测样件数量的办法来帮助实现实验效果。

8. 如果重复优化清洗过程参数都不能满足杂质衰减要求的话,该例子即为特例(见章节 5.5)

**注:** 6 次清洗过程得到的单次杂质量  $c$  所形成的衰减曲线示例见图 5-1。附件 52 内含有各种可能得到的曲线模式以及解释。

被用来确认衰减值及是否满足杂质衰减要求(第 4 点和第 5 点)的清洁度检测值  $C_i$  定义如下:

---- 用于质量描述时,指的是清洗得到的残余杂质质量。

---- 用于光学显微镜或者其它过程来确定杂质大小分布时,指的是某个分布级别内的杂质颗粒数量。为了简化和便于计算及展示衰减效果,可以对清洁度要求的所有颗粒级别的颗粒数量进行累加,尽管如此仍要注意在所有的颗粒大小分级内部要确保具有衰减的效果。

除了纤维外,所有的颗粒都要包括在衰减检测范围内。

当没有清洁度要求的存在,或者只定义了一个最大颗粒尺寸时(例如允许的颗粒大小不得大于  $X$  微米),则采用特定光学分析方法以及选择特定放大倍数和像素分辨率条件下可有效地测得的所有颗粒分级都要包括在杂质衰减检测的考量范围内(见章 8.2.2 光学分析)

**注 1:** 建议选择至少有 20 个计数的颗粒分级。同时还要考虑没有包括在清洁度规格内的颗粒粒径。

**注 2:** 为了获得更多的信息,可以在多个颗粒分级下进行评估。

## 检测条件的确认

从 5.2.3 的数据可以获得适当的对应不同清洗过程的循环检测条件

---- 带压力喷洗:喷洗时间,在给定的流速条件下等同于喷洗用液体总容量

---- 超声波清洗:在超声溶液中震荡的总时长

---- 低压冲洗:喷洗时间,在给定的流速条件下等同于冲洗用液体的总容量

---- 晃动:总晃动时间,在给定的晃动频率下等同于摇晃的次数

---- 吹扫:总吹扫时间

---- 贯通:贯通通过样件的总时间

当为了满足条件(达到 10%的要求)需要  $n$  次清洗时,制定的循环检测过程所用的总清洗时间为  $n-1$  倍(至少)单次清洗所用时间。这样做的目的是使得循环检测在给定的清洗液作用于样件的时间内可以至少清洗掉 90%的可脱落污染物。

**注:**保留将颗粒从清洗设备中冲洗出来的检测后冲洗过程。冲洗的溶液量以及冲洗时间与样件的清洗无关因此不必乘以  $(n-1)$ 。冲洗过程是否有效可以

通过重复冲洗过程或者通过带入检测颗粒 (见 5.4) 来检测。

这样制定的符合要求的例行抽检规范在再次验证后可以用于客户-供应商之间商定的清洁度检测规范。

### 清洁度检测条件确认严平行检测 (参考)

是否进行清洁度检测规范的验证是可选的, 可以通过所谓的平行检测来验证。

---- 即前个章节所述的循环检测连续两次应用于同一个未经清洁度检测过的样件并记录 2 次检测得到的杂质量 C1 和 C2。

---- 如果第二次的杂质量小于等于两次杂质量的和, 则所述的循环检测规范是适当的并作为检测规范确定下来。

$$C \leq 0,3 (C1+C2)$$

---- 如果条件不满足, 则要检测是否需要调整检测条件/清洗参数

## 5.3 空白值。

### 5.3.1 原则

零件的清洁度检测涉及将外部杂质引入到分析结果的风险。如果异物颗粒的这一比例 (“空白”) 太高, 这可能会导致一定量的误判。空白值代表了非来源于样件上的杂质量, 这些异物杂质颗粒可能来源于: ---- 清洗液和冲洗溶液

---- 清洗设备 (容器, 罐, 管道, 排风设施等)

---- 分析和清洗过程中的操作

---- 环境和人员

---- 和样件及清洗液接触的所有物体

检测环境的清洁程度必须符合样件所要求的清洁度状态

**注 1:** 如果达不到所要求的空白样, 必须找到是上述影响因素中的哪些原因造成的

**注 2:** 可以应用到一个干净的实验室中的清洁度优化的措施可参考 VDA192- 组装中的技术清洁度

为了确认空白值对于检测结果没有决定性的影响,

----- 必须确认空白值是用适当的方式确定的

----- 空白值不得超过样件清洁度要求值/检测值的一定比例。

如果在设备上刚刚进行了一个类似的试验则可以省略空白样检测。如果存在清洗设备的清洁状态不符合要求或未知则必须进行空白样实验, 例如清洗设备长期不用, 经过一夜或周末或者长时间未用

----- 当更换检测零件, 从一个具有较多污染杂质的样件的检测更换为一个较为洁净的零件时。

----- 因为这里将前一个检测的超过许可量的杂质带入到后一个检测内的风险相当高。

### 5.3.2 推导空白值

通过计算基于所述零件的杂质量来确定允许的空白值。

空白值不能超过该部件的所要求的/预期杂质量的 10%。允许的最大粒径适用空白值条件见表 5-1。

**注:** 如果一个零件的杂质量未知, 例如首件认可时一则制定清洗方法时的框架条件作为计算空白值的基础

表 5-1，空白值要求和示例

| 清洁度规范  | 空白值标准                       | 示例                 |      |                                                                         |        |
|--------|-----------------------------|--------------------|------|-------------------------------------------------------------------------|--------|
|        |                             | 清洁度规范              |      | 空白值推导                                                                   |        |
| 重量分析   | 最大允许重量的 10%                 | 7mg                |      | 0.7mg                                                                   |        |
| 颗粒大小分布 | 每个级别允许颗粒数量的 10%（小数点后数值省略不计） | 尺寸分级（um）           | 允许数量 | 尺寸分级 I（um）                                                              | 空白值允许数 |
|        |                             | $100 \leq X < 150$ | 90   | $100 \leq X < 150$                                                      | 9      |
|        |                             | $150 \leq X < 200$ | 28   | $150 \leq X < 200$                                                      | 2      |
|        |                             | $200 \leq X < 400$ | 6    | $200 \leq X < 400$                                                      | 0      |
|        |                             | $400 \leq X < 600$ | 0    | $400 \leq X < 600$                                                      | 0      |
| 最大允许颗粒 | 最大允许颗粒减半，按照所在区间的下限值确定       | 不允许颗粒大小大于 500um    |      | 500um/2=250um，落在 H 区间 $200 \leq X < 400$ ，由此可以得出空白值不允许有颗粒大于等于 200um 的颗粒 |        |
| 无      | 不允许大于 50um 的颗粒              | —                  |      | 不允许大于 50um                                                              |        |

\*)注意天平的分辨率，见 8.2.1 章节详细规定

\*\*)仅使用于没有资料，没有洁净规格，没有样件的分析结果，具有相似零件经验的情况下。

空白值与具体的零件检测相关。为了计算可靠的空白值,必须先在给定的单位面积/体积清洁度限值或者分级编码的清洁度要求条件下计算所分析的试样组(一个或多个部件)的最大允许杂质量。

如果清洁度规范规定了多种特性,例如杂质质量和颗粒大小分布,则空白值也要相应的计算和符合各个特性

在存在两种可能的空白值时,例如给出特定的杂质尺寸分布和最大容许颗粒,适用条件更加苛刻的空白值要求。

**注:** 在复验清洁度规范时,不允许从件的清洁度分析结果中扣除测定的空白值

### 5.3.3 材料和设施

在测定空白值时不仅清洗过程中,过滤和分析过程也要采用同零件检测相同的设备/材料/设置和检测参数

### 5.3.4 操作步骤

1. 允许的空白值计算或者基于清洁度规范或者基于 523 章节测定的清洁度值。
2. 不带零件完全执行 523 章节规定的循环检测过程并测定清洁度值(=空白值)
3. 检测测得的空白值是否位于许可的限值范围内

如果不满足空白值要求,则设备或者环境不合格,必须整改。

空白值不合格的另外一个原因是冲洗过程不充分,导致颗粒在检测设备中残留并进入空白值检测结果。

## 5.4 检测颗粒的探究(参考)

### 5.4.1 原则

通过空白值检测可以确保,在整个检测链条过程包括清洗、冲洗、过滤处理分析滤膜以及分析过程中仅有少量异物颗粒进入到试验结果中。

如果要检测是否在整个检测过程中没有相关的杂质颗粒丢失,可以通过使用检测颗粒进行一种可选的检测来验证。即在清洗设备中加入一定数量和大小的颗粒,经过冲洗和其它后续步骤后检测分析时候放入的颗粒可以被找到。这个方法可以用于以下项目的检测和优化:

- 冲洗过程
- 清洗和过滤元件的结构特征
- 在拿取,运输和干燥过程中对分析滤膜的处理
- 或者检测人员的培训

### 5.4.2 材料和设备

除了用于空白值或者常规检测的材料和设备外,还需要准备附加的已知数量和大小颗粒。这些检测颗粒要这样准备:即它们不会丢失而且也不会引入颗粒到清洗设备中。这里可以采用两种颗粒:

- a. 特定制作的检测颗粒,在分析过程可以被明确的辨识。前提是该颗粒可以重复落在分析滤膜上从而在光学分析中永远是同一反射面被重复测量。此外颗粒大小不能过于接近颗粒尺寸分级的边界处,以防止“越级”(颗粒可能一会儿测量结果位于这个级别内一会又落入另外一个级别)的发生。

b. 公司内部的“自有颗粒”, 例如从一个零件的清洁度分析纤维滤膜上冲洗掉的, 在对应实际检测中会出现的颗粒, 这些颗粒会在实验室日常检测分析中出现

### 5.4.3 操作步骤

- 已知的检测颗粒的准备
- 将检测颗粒放入清洗设备中
- 按规定的程序冲洗清洗设备
- 过滤, 拿出滤膜, 干燥滤膜和分析滤膜
- 确定被再次发现的检测颗粒的比率, 同标准值相比较

a. 如果使用的是特制的检测颗粒, 再次发现率应达到 100%。

b. 如果用的是自有颗粒, 这个再次检出率会在很大程度上受到颗粒的个数、大小、几何形状以及所用的清洗和过滤设备能力影响, 因此需要单独按具体条件确定。

---- 如果再次检出率达不到要求, 则整个检测链包括冲洗、过滤、滤膜处理和分析的工艺过程和/或设备设施要被优化调整, 然后再使用检测颗粒进行检测

### 5.5 特例

如果反复调整和优化后的检测条件还达不到衰减检测和/或空白值的要求可以在客户供应商协议内商议采用最佳检测过程已作为常规检测程序

**注:**在断定零件的清洁度检测属于特例之前, 首先要仔细检测和排除所有错误可能例如操作不当, 非相关零件区域的颗粒引入等。

特例可能出现在

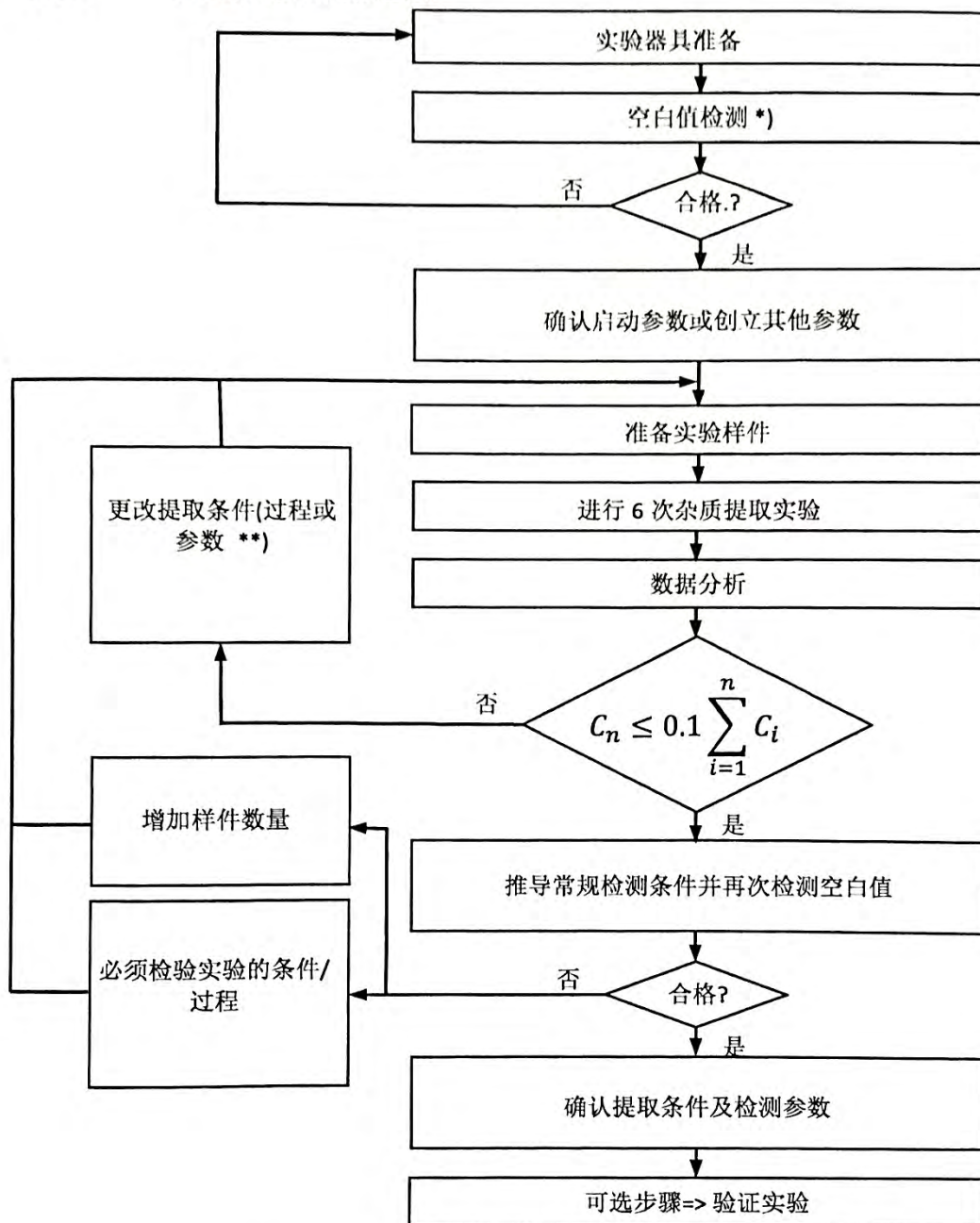
---- 有源模块, 需要在清洗过程中被驱动的 (例如, 阀, 泵, 喷射器, . . .)。这里由于运行产生的污物颗粒和颗粒脱落可能会堆积, 使得原有表面吸附的杂质颗粒的衰减不能被单独观察

---- 自身会释放颗粒的零件, 例如从零件材料或者涂层中产生杂质的零件

---- 高度洁净的部件, 其中, 尽管增加试样的数量和优化空白样也无法符合要求。

## 附件 5 衰减检测和空白值

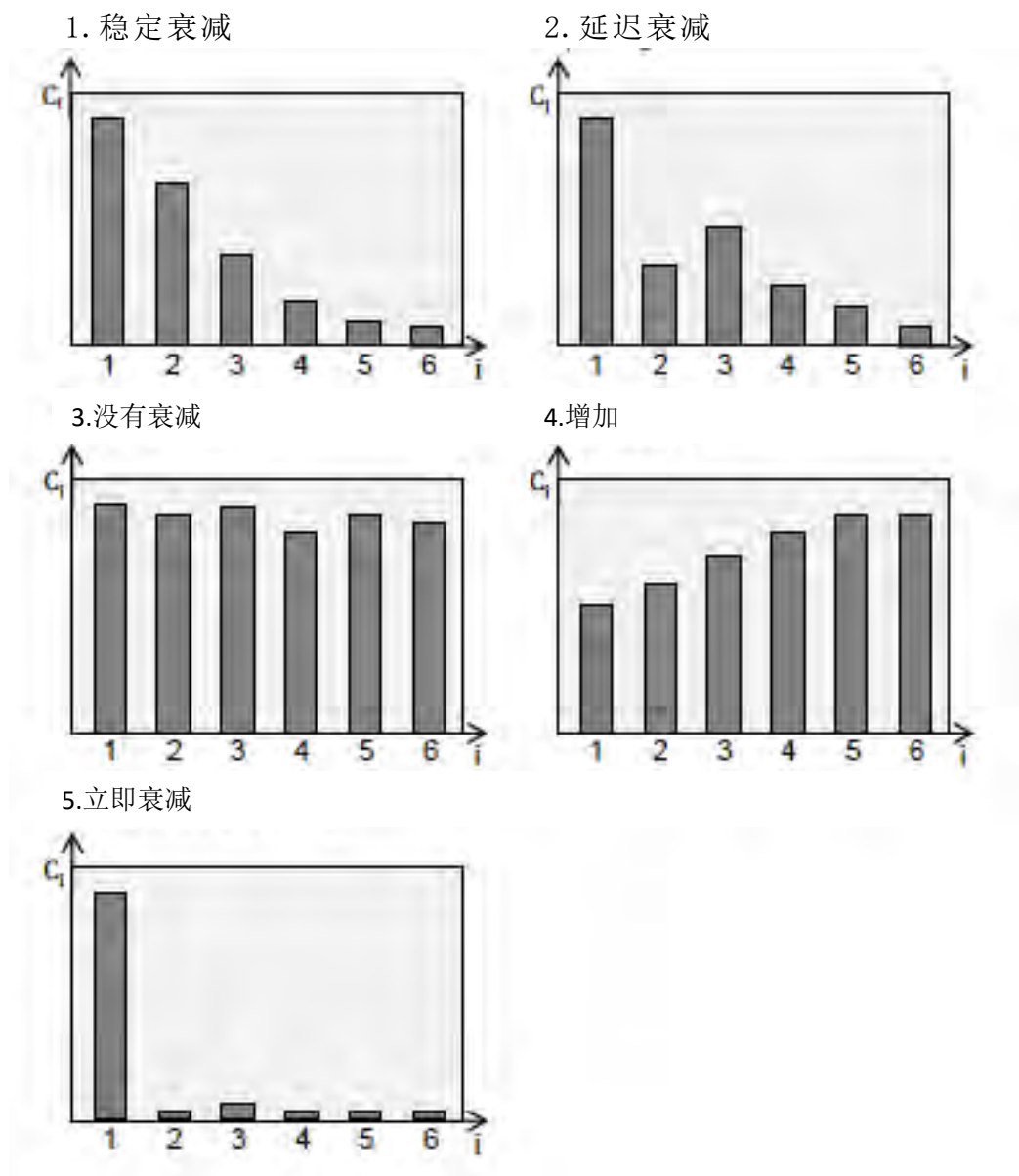
### A5.1 衰减检测的流程图



\*) 这是一个“临时”空白值，见第 5.2.3 节关于“临时”空白值的说明

\*\*) 参见附件 A5.2 不同形状的衰减曲线及其解释

## A 5.2 不同形状的衰减曲线



### 不同衰减曲线的解释

对于 1, **稳定衰减**: 颗粒物均匀脱落, 没有进一步解释的必要, 可以创建常规检测规范。

对于 2, **延迟衰减“尖点曲线”**: 颗粒剥离是不均匀的, 是由于溶解的污染物

或生产伴随物质如防腐剂是由提取液的延迟造成的。

若在最多 6 次单独的抽检后达到衰减标准,则根据 1) 设定例行检测程序

若由于颗粒剥离的时间延迟过长导致无法达到衰减标准,则可在具体的清洗流程之前进行溶解,作为独立的步骤。同时,在适宜的时间内将检测样品插入到合适的溶剂中(如清洗液),无需进一步的物理清洗操作支持,如喷洗或超声波。若待检测表面位于内部,还可对零件进行完全加注并密闭。

溶解所需的液体量以及溶解操作中容器所用的冲洗液体同样属于分析用液体。

在清洗程序中加速溶解的另外一个方法是采用具有较高溶解特性的检测液。同时请遵守相关的安全规范。

**对于 3) 无衰减:**在进行任意的清洗过程时,确定污物颗粒的数量大致相同。对此可能存在多个原因:

---- 清洗影响(化学溶解或机械影响)过于强烈,并未清洗属于附着物的污物,而是直接从零件(材料)上清洗下来。这些成分可能是由于铸造材料中的超声波导致的剥离物,剥落的涂层、溶解的毛边或牢固附着在表面上的汗珠。此种情况下必须采用其他的清洗参数,以避免“**零件腐蚀**”,或选择其他的清洗工艺。这种衰减特征可能是零件的特性或加工无法满足清洁度要求的标志,此状态下不适用于应用于对清洁度要求较高的范围。

---- 进行任意清洗过程中,确定的污物数量在空白试验值的大小范围内。此种情况下,清洗程序应采用较小的颗粒值/较小的空白试验值。若空白试验值已经非常小,则可能是由于该零件非常洁净,颗粒总量没有出现衰减,因为在检测清洗过程中仅有极少量的颗粒被溶解。此种情况下,应对此进行文件记录。

---- 另外, 增加检测批次数量也是一种有效的方法, 可在零件较洁净时明确确定需证明的颗粒总量与检测空白试验值比例之间的差别, 从而实现衰减目的

---- 衰减缺失的一个可能原因是铁磁体零件所具有的剩磁。此种情况下应在清洗之前要消磁。

---- 衰减缺失的另外一个原因可能是冲洗过程不足, 如从检测洗下的颗粒未完全从清洗设备中清除并送至后续的清洗步骤中。

**对于 4) 增加:** 在任意清洗过程中确定的污物数量增加。对此可能有多个原因:

---- 3) 中所述的强烈的“零件腐蚀”。

---- 清洗的影响非常小, 2) 中所述附着颗粒在深度溶解之后才会被释放这可能是长时间干燥或树脂化的防腐剂和溶解较弱的清洗剂导致的。

---- 由于零件或清洗设备的冲洗不足或处理错误导致浓度增加

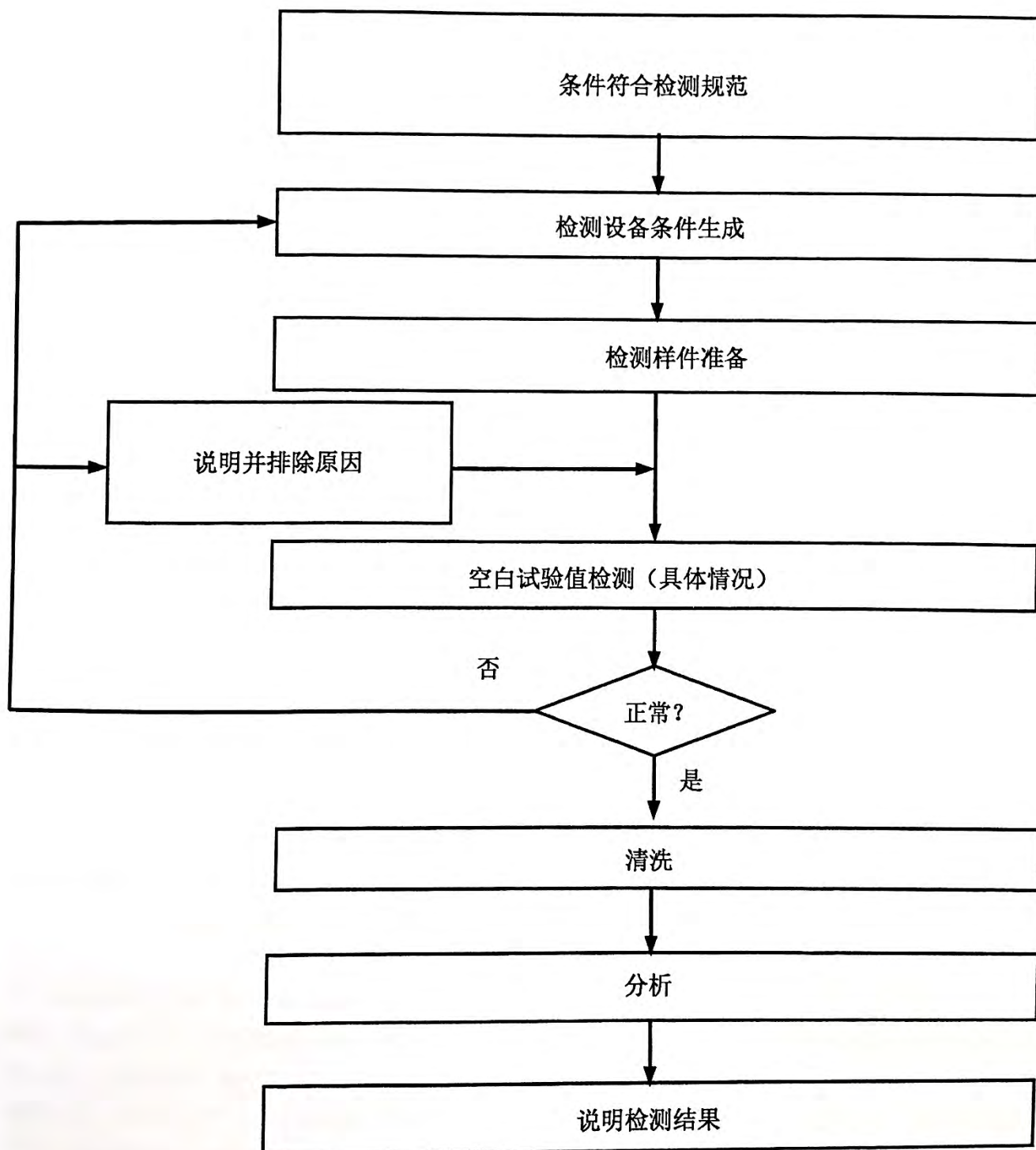
**对于 5) 迅速衰减:** 在第一个衰减步骤中就已将所有可溶解的颗粒总量从检测样上洗出。进一步的衰减步骤仅显示空白试验值范围内的颗粒数量。

---- 针对例行检测, 可采用与衰减测量步骤中相同的参数和清洗数量。

可能存在“过度清洗”的情况, 即在第一个步骤中清洗时间明显比溶解颗粒总量所需的时间长得多。此种情况下, 针对各个清洗步骤可以用较短的量/时间重复衰减测量程序, 以便可执行衰减程序并确定实际所需的清洗数量及时间。

**注:** 若衰减曲线的形状存在差别, 可能是由于操作错误或检测结构不适用导致的。

### A 5.3 检测流程



## 6 提取方法

### 6.1 原则

由于几何结构和表面特性,汽车流体系统中与功能相关的零件在任何情况下均不适于对颗粒进行直接检测(如采用光学或显微镜直接检测方法)。基于此原因,对采用清洗或抽样检测从零件上剥离颗粒的方法进行说明。

其目的不仅是确定颗粒的典型数量,还需确保尽可能完整采集可剥离颗粒的数据,同时使各个处于临界状态的颗粒安全剥离。该要求的证明及检测参照第 5 章“资格检测与空白试验值”。

根据检测样,必要时需要应用多种清洗方法。可能还需要对零件的组成部分进行机械处理,以便对相关的检测表面进行检测

典型情况是将零件的包装涵盖在清洁度检测范围内。

某个零件的检测表面可能有不同的清洁度参数要求,需进行单独的检测

在采用液体或空气(参见第 3 章“选择检测方法”)将颗粒从检测表面上剥离之后,需在分析滤膜上进行分离,滤膜将随后进行标准分析和或深入分析。采用简化分析时,取消过滤过程,同时直接在介质中进行颗粒分析采集。

由于清洁度检测的结果与清洗程序的谨慎操作有很大的关系,多数为手动过程,必须由具有资质的检测人员执行。执行清洗过程的细节请参见检测参数说明。

## 6.2 清洗设备的一般要求

所有的清洗设备, 若与检测介质有接触, 且所有区域的表面清洁度可在零件清洁度检测的结果中反应出来, 必须进行说明并清洁, 确保不会超过所允许的空白试验值。在设计和运行时必须考虑下列各项:

- 适宜的表面粗糙度
- 化学和机械耐受性
- 无污物积聚, 如死角或咬边
- 充分清洁
- 无磁性
- 无静电
- 收集容器的斜角排放口, 包括从收集容器至分析过滤的管道(尽可能短)
- 无(仅针对零件检测无重要的)单独的颗粒剥离过程, 包括操作移动或受驱动的单元时

针对空白试验值的可达性与符合性, 在检测介质清洗滤膜与分析过滤之间, 应确保清洗设备与媒介有接触的表面尽可能小, 且几何结构应尽可能简单。

## 6.3 检测样品的预处理与后处理

若在准备清洁度检测的零件时无法排除颗粒生成或释放的可能, 则准备工作应在清洁度检测工作附近区域执行, 但需在其他的合适工位上完成。

### 6.3.1 拆除包装

试样发送用于检测时必须保持清洁。多数情况下需采用合适的包装。包装的作用是在相关的生产步骤中将试样取出后,进行清洁度检测存储或运输时避免脏污。

打开包装并将试样取出时,注意该过程不得有污物从包装的外侧进入至零件的检测表面。对此,适宜的措施包括:

- 打开前清洁包装外侧
- 在打开包装和取出试样的操作之间更换手套
- 打开包装的操作与取出试样的操作由不同的人员执行
- 洋葱皮原理(采用双层包装和缓冲设计)

### 6.3.2 检测表面说明

并非零件的全部表面与清洁度相关,或需要符合清洁度规范。很多情况下,仅零件上的部分区域需要满足清洁度要求(如电子元件外壳盖的内侧),或在零件内有清洁度要求不同的多个区域(例如滤清的机油进油口和机油回流)。在此需说明两点

---- 检测表面的准确位置,用于确定拆解或准备工作等其他步骤,并计划清洗策略(如各个清洗步骤的顺序、喷洗顺序等)。

--- 检测表面的准确大小。该数值非常重要,清洁度参数采用标准形式或代码形式表示,如每 1000cm<sup>2</sup> 或 100cm<sup>3</sup>。此种情况下,必须采用检测表面的实际大小用于计算试样所允许的污物量,并由此得出检测所允许的空白试验值。另外,在设计衰减测量时应根据启动参数确定检测液的所需量

### 6.3.3 准备条件

若检测表面不是整个零件,或零件有不同清洁度参数的多个检测表面(参见 6.2.2),则需要对不同的零件区域进行隔离。这样可避免对检测表面进行检测时有清洗液意外进入其他的零件区域,导致无关颗粒对检测产生影响。

为此,将不需要检测的区域隔离,例如通过塞子、喷漆、遮盖、密闭或标记等方式。操作时必须确保隔离过程符合清洁度要求。

若需对不相关的试样区域进行提前清洁,则需注意不要让颗粒或其他物质进入相关的检测表面上,或从相关的检测表面上清除。

针对清洗过程,还需要将试样固定到固定设备、举升设备或检测设备上,或采用适配装置用于检测,例如使用冲洗管路、驱动装置或电气接口此时可能导致颗粒产生/脱落。对此请遵守第 6.34 点“拆解”所述的建议。

**注:** 部分情况下,需要在零件上安装颜色醒目的适配装置。若该颜色的颗粒出现在分析中,则是由适配装置的颗粒造成的,试样的清洁度不足。

### 6.3.4 拆解

部分情况下,在进行清洁度检测前需要全部或部分拆解检测样,以便能够进入与清洁度相关的功能区域,以执行清洗过程。

在拆解时,接缝连接等会有产生和释放颗粒的较高风险。为避免这些拆解颗粒进入零件的检测表面,拆解操作应谨慎计划,执行时应符合清洁度要求。拆解产生的颗粒应在产生/释放时立即清除(如通过抽吸或擦除)。所有工具和辅助设备必须保持清洁、避免摩擦。

另外,拆解时颗粒还可能从与清洁度无关的外部区域进行对清洁度要求较高的内表面。对此,应在拆解前清洁外表面避免此类状况的发生。

拆解流程对检测表面的清洁度状态会产生影响,因此需对拆解步骤详细记录,或制定一份精确的拆解说明书。

### 6.3.5 消磁

磁性可使可磁化的颗粒以较大的作用力附着在试样上。抽检前,应检测铁磁试样的剩磁,必要时进行消磁。

示例: 针对柴油直喷系统与介质有接触的元件的非临界剩磁值:2.5 高斯或 200A/m

生产过程中的加工流程可能导致零件产生磁性。消磁的必要性必须说明零件与功能相关的特性可能会由于消磁操作而失效。

由于技术条件限制不得进行消磁的零件,通常属于检测技术方面的特殊情况,必须在客户与供应商协议中说明。使用液体或空气进行的清洗操作多数情况下仅适于特定的条件,因此多采用与特定零件相关的颗粒剥离方法,该方法在 VDA19.1 中并未说明。

### 6.3.6 后处理

必须规定是否销毁已检测零件或再次用于生产流程。规定后处理步骤,如清除剩余检测液、烘干或空腔防腐。

## 6.4 溶液清洗

按照 3.1.1 中清洗方法选择的说明,汽车行业中大量与功能相关的部件适于采用液体进行清洗。

### 6.4.1 检测清洗液

检测清洗液(和冲洗液)必须与零件及抽检和过滤设备兼容,包括所用的密封件和过滤器。

在清洁效果方面,选择检测液时主要依赖于零件的材料和污物的特性。这主要与零件及其生产流程的历史状况有关(参见附件 A6.4.1.1)。与证明相关的颗粒可能会滞留在装配油脂或空腔防腐剂内。

若所使用的检测液或冲洗液清洁度不符,则应进行清洁过滤

**注:** 清洁过滤操作应可滤除最大相当于零件规定最小颗粒尺寸 10%的颗粒。例如,若待检测的最小尺寸为 100 $\mu$ m,则清洁过滤应过滤颗粒的尺寸应 210 $\mu$ m(分离度 99%)。可对溶液采用多重过滤。

**注意:**对于水状清洁剂,可能会滤除检测液中的除垢物质。

清洗和冲洗所用的溶液总量必须全部用于分析。

再次应用时(如回路系统内),必须对检测液进行处理,确保检测结果不会受到影响。注意:

---- 物理化学清洁影响不会受到限制,如除垢剂损失或消耗化学物质

---- 无对检测结果产生叠加影响的物质累积,如油脂或防腐剂。

---- 无对检测分布或零件产生损伤的物质累积,如水、酸、碱。

## 附录 6.4.1 清洗液

### 6.4.1.1 清洗液是否适用和兼容

下表是简单的概述，不能替代具体应用的技术解释，也不包括那些不属于所列类别中的特殊清洁剂。

表 6-1：清洗液对零件上可以结合颗粒的伴随污垢的情节能力

| 成分<br>(杂质)               | 清洗液           |        |          |
|--------------------------|---------------|--------|----------|
|                          | 水基中性表面活性剂     | 极性溶剂*) | 非极性溶剂**) |
| 盐 (水溶性)                  | +             | -      | -        |
| 矿物油型润滑油 (MBS)            | -             | +      | +        |
| 冷却/润滑油 · 水乳液<br>(水基 KSS) | +             | +      | 0        |
| \$IJ 动液 (二酞, 高级醇)        | +             | +      | +        |
| 动物和植物脂肪和油<br>(TPFÖ)      | 0             | +      | +        |
| 硅油                       | -             | -      | +        |
| 胺类抗腐蚀剂                   | +             | +      | 0        |
| 其它抗腐蚀剂                   | 0/+           | +      | +        |
| 蜡                        | 0<br>只适用于熔点之上 | 0      | +        |

+适用，有限适用，不适用

\*) 极性溶剂，如醇类

\*\*) 非极性溶剂，例如冷清洗液或汽油

## 附录 6.4.1 清洗液

### 6.4.1.1 清洗液是否适用和兼容

下表是简单的概述，不能替代具体应用的技术解释，也不包括那些不属于所列类别中的特殊清洁剂。

表 6-2：清洗液的材料兼容性

| 材料<br>试样和测试设备  | 清洗液       |        |          |
|----------------|-----------|--------|----------|
|                | 水基中性表面活性剂 | 极性溶剂*) | 非极性溶剂**) |
| 塑料             | +         | 0      | 0        |
| 弹性材料           | +         | 0      | 0        |
| 涂层表面           | 0         | 0      | 0        |
| 镁及其合金          | 0<br>带抑制剂 | +      | +        |
| 铝，铝合金和铝铸件等     | +         | +      | +        |
| 锌，锌合金及锌压铸件     | +         | +      | +        |
| 不锈钢            | +         | +      | +        |
| 钢和铸铁           | +         | +      | +        |
| 铁镀锌，电镀锌和镀铬     | +         | +      | +        |
| 黑色金属（铜，黄铜，青铜等） | +         | +      | +        |
| 玻璃             | +         | +      | +        |

+适用，0:有限适用，-:不适用

## 6.4.2 喷洗

### 原理

喷洗主要是通过自由射流到试样上的清洗液来实现的. 清洁效果主要受到射流的动量传递影响. 一般还有一个清洗液流净后的冲洗过程。

该方法适合于试样外部和可接触的内部结构的清洁。在使用时, 通过采用粗网筐或过滤筛也可以对简单几何形状的小试样进行单独清洗或者同时清洗 (参见附录 A6.4.2.2)。

大多数情况下可以应用圆形横截面的全射流喷嘴。但根据要提取杂质的试样的几何结构也可以采用其它类型的喷嘴 (见附录 A6.4.2.1)。

**注:**喷射设备(喷嘴)当它们被放置在孔或管道上时也可以用于冲洗试样件的内部这要求试样内部区域得到完整的灌装且内表面区域完全连接。清洗效果不再受射流影响而是与冲洗效果相关, 因为试样表面不被自由射流击中 (见章节 6.4.4 冲洗)。

喷洗过程的关键影响参数有:

- 试验液的特性
- 流量与喷嘴横截面积的组合
- 喷嘴和喷枪的几何形状
- 同试样的距离和角度
- 对试样各个表面的清洗顺序
- 单位面积清洗时间或清洗液用量
- 单位面积的重复次数

**注意:**喷射压力只能有限的表征喷洗对于颗粒提取的作用。尽管喷嘴的流量在给定喷嘴直径的条件下正比于喷嘴处的压力, 但是直接在喷嘴处测量压力是非常困难的。在其它位置处 (如在压力罐处或泵后) 测量的压力值可能严重偏离喷嘴处的压力, 因此不适合作为描述系统的参数。但是液体流量独立于测量点的位置始终是相同的。即使流速不是由液体流动系统中的传感器测得的, 也可以很容易地通过体积测量来确定 (例如液体注满玻璃烧杯的速度),

因此非常适合作为描述系统的参数。

当系统采用圆形出口横截面的喷嘴和不加宽圆柱形射流,或者系统内具有多个这样的喷嘴时射流的清洗效果受到样品与喷嘴之间的距离的影响显著较少,比加宽喷嘴(风扇喷嘴)小得多,这样使得试样的特定杂质清洗和提取易于进行(见附录 6.4.2.1 图 1, 4 和 6)

杂质提取的效果尤其受各个清洗过程步骤的影响,这些步骤通常是人工手动操作的。要在测试规范中规定与测试样相适应的喷洗过程。

如果喷洗时采用了溶剂作为清洗液,可能会导致气雾的形成,当清洗液的闪点显著高于室内温度或者测试温度时,这些气雾可以构成可燃混合物,凡是有气雾形成风险的地方,清洗过程应在适当的清洗室内进行,清洗室的结构要保证潜在的火源。

关于什么时候会产生气雾的问题,可参考下列文献

----- Leaflet M04302/2007 号 BG 化学

----- EN12921-3:2005+A1:2008(国际 C 标准 ISO12921-3)

当喷嘴处的压力低于 0.7bra 时,是不会产生气雾的。在此基础上 VDA19.1 试验性的创建了附录 A642.4 的表格。该图表示可以作为基础,用于判断喷嘴直径和流量组合与否会造成气雾的形成。该图仅适用于圆形喷嘴对于扩大和雾化射流的平坦喷嘴(扇形喷嘴)或其他喷嘴来说,普遍会导致气雾的形成,因而需要考虑防爆(见第 11 章的工作安全和环境保护)。

## 启动参数

喷洗的启动参数要这样设置:既要产生尽可能有效的清洗射流,同时又要保证不产生气雾,这样可以使得清洗设备的适用范围尽可能的广泛。

表 6-3: 喷洗的启动参数

| 参数            | 初始值                    |
|---------------|------------------------|
| 喷嘴形状          | 圆形                     |
| 喷嘴直径          | 2,5 mm                 |
| 流量            | 1,5 l/min              |
| 喷射距离          | max. 15 cm<br>最大 15 cm |
| 射流体积/零件<br>面积 | 5 ml/cm <sup>2</sup>   |

**注 1:**在进行大面积清洗时为了减少杂质提取时间的耗费可以采用多个射流喷嘴。应当注意的是,每个喷嘴打开时都要满足上述参数。

**注 2:**如果现有喷洗设备的结构会导致采用建议的启动参数时,操作者可能遭受从测试件上反射回来液体的迸溅危险或者清洗下来的杂质颗粒可能会丢失,则在有根据和记录的情况下可以减小喷洗流量到 1.0 升每分钟

建议在散装小零件的喷洗时每次测试采用最够数量的零件,使得批量零件的清洗区域总面积达到 200 平方厘米或更多。

在验证试验/杂质衰减测试(见第五章)特定清洗步骤后满足衰减测试要求时,可以得到一个用于常规检测的单位面积上应用的清洗液体积。如果在采用这些启动参数后不能满足衰减所需达到的条件,或者有文件证明需要使用其它适当的参数,则可以采用与该启动参数不同的参数设置。

## 材料和设备

用于清洗和提取杂质的材料及设备应符合 6.2 章对清洗设备的一般要求

### 1、清洗液

2、试样夹取设备:例如底座,镊子或单个试样的固定器;盛放小零件的粗格网篮;夹取大型零件的机械臂

### 3、喷洗设备由以下装置构成:

---- 喷射工具(多个):例如喷嘴”,可以通过人手操作喷嘴进行杂质清洗然后冲洗清洗设备,用于零件内部区域清洗的喷枪等等。

---- 用于供应清洗液的容器,过滤装置,泵或压力源

4、杂质提取清洗室。例如喷洗室,漏斗或收集清洗样品后的分析液体的容器

5、抽取装置(可选):从组件腔除去残留的液体

6、需要的话,用于容量测量的容器。例如烧杯或量筒以及用于控制清洗时间的秒表或者喷洗时通过校准器确定流体体积的秒表

**注意:** 原则上可以使用实验室喷瓶来对试样进行清洗提取杂质,但不推荐这样做,因为没有明确定义的稳定的喷射参数,因而使得杂质提取效果无法再现在许多情况下,实验室喷瓶很适合用于在清洗试样步骤后的对清洗设备或过滤装置的冲洗。

## 流程操作步骤

以下过程需调整使之适于测试对象的条件

1. 测试所需的所有必要材料
2. 清洗所有与清洗液接触的设备表面, 必要的话检测空白值
3. 按照 6.3 章准备试样
4. 将试样放入清洗室容器, 必要的话可适当固定试样, 从而使清洗液能够流入取样容器或收集容器
5. 按照参数, 时间和准确的喷洗顺序进行试样的清洗。小心执行此过程对于测试结果是至关重要的, 携带杂质的清洗液损失或者不相关零件面积上杂质被提取下来这两种情况都要避免。
6. 从积留杂质及液体的试样区域排空残留液体(可多次排空)。对难以触及的空腔使用抽吸装置来抽取积留液体(抽取得到的液体属于分析液)
7. 有时候需要对包装内表面进行清洗和杂质提取(得到的液体属于分析液)
8. 清洗设备与清洗液接触的区域在测试后的冲洗(清洗室, 固定式样的装置等...)。对于该后冲洗过程也应该开发, 测试并建立适当的程序(获得的液体用于分析液)
9. 全部流体流经过滤器并进行分析
10. 完成测试报告

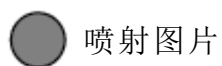
## 文档记录

参见第 9 章的文件记录和第 12 章案例分析

## 附录 6.4.2 喷洗

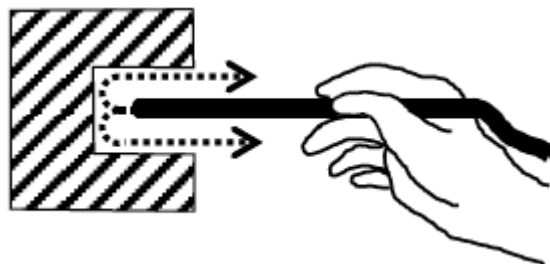
### A 6.4.2.1 喷洗清洗的实施示例

1) . 单点喷洗用的圆柱射流喷嘴

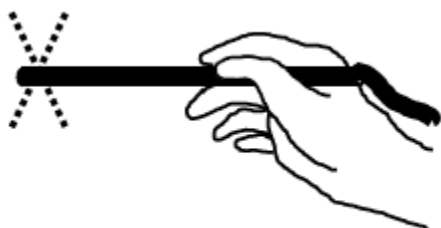


喷射图片

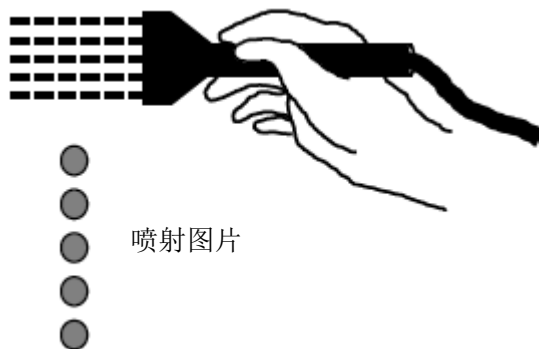
2) . 清洗盲孔用的喷枪



3) . 清洗零件内部区域的喷枪



4) . 大面积喷洗用的平行射流喷嘴



喷射图片

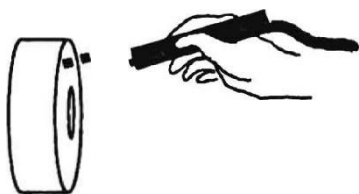
5) . 大面积喷洗用的扇形射流喷嘴（当心形成气雾）



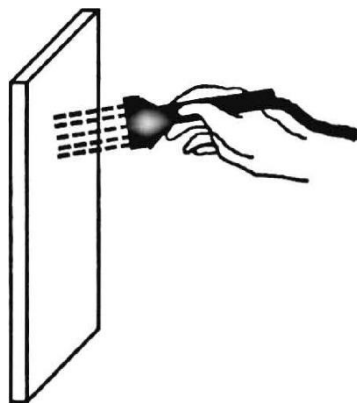
喷嘴形状

#### A 6.4.2.2 喷洗清洗的应用示例

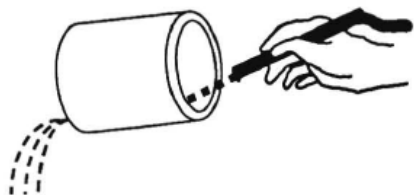
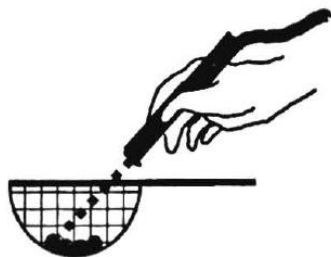
##### 1) 单个零件喷洗



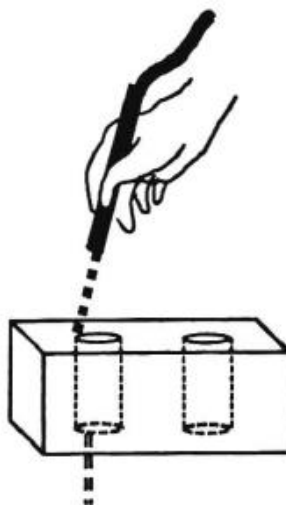
##### 2) 大片面积: 喷洗



##### 3) (散装) 零碎小件喷洗



##### 4) 可接触零件区域内部的喷洗



### A 6.4.2.3 典型的喷洗装置

1) 喷洗室（洁净空气区域）

2) 手动喷洗工具

3) 集水盘

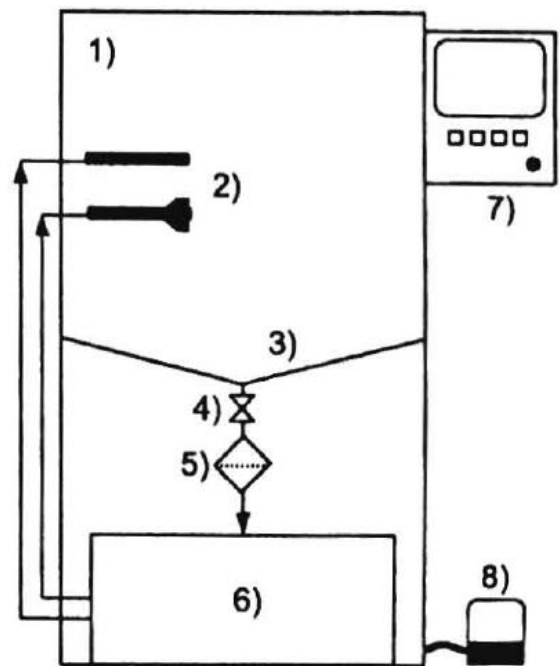
4) 开关阀

5) 分析滤膜

6) 清洗液介质供应，包括  
--清洗液装置容器  
--清洗液过滤装置  
--泵或压力供给装备

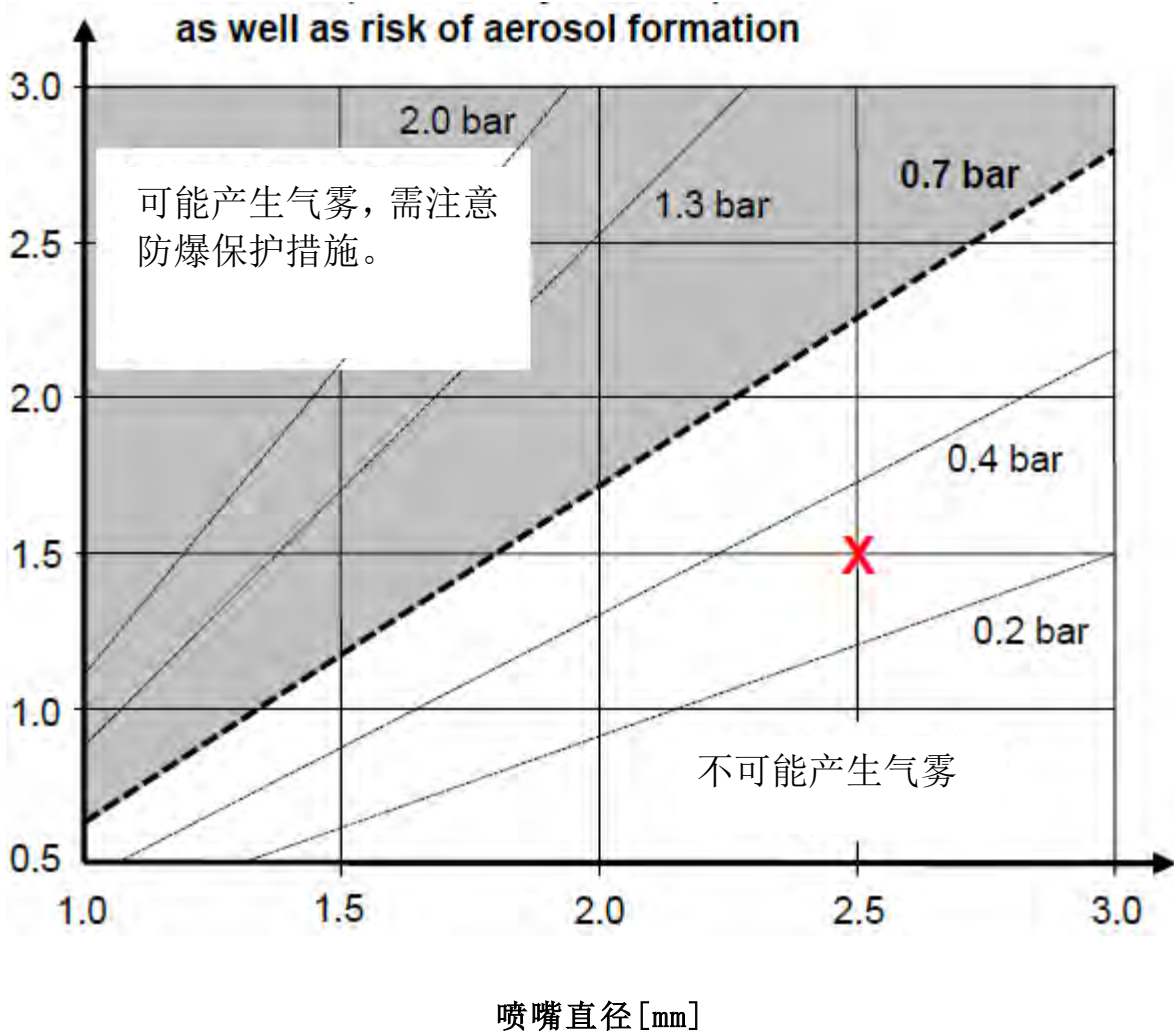
7) 喷射过程控制器

8) 脚踏开关



#### A 6.4.2.4 喷嘴直径和流量的相

喷嘴处喷射压力和喷嘴直径（圆柱射流），流量及可能形成的气雾之间的对应关系



作为启动参数的喷嘴横截面积和流体流量在图中用 X 标记，这个区域的取值不会造成气雾产生。这种说法基于：

- Leaflet M 043 02/2007 published by BG Chemie
- EN 12921-3:2005+A1:2008 (international C-norm ISO 12921-3)

### 6.4.3 超声波清洗

#### 原则

超声波清洗的原理是:经由液体介质传导的超声波,在 20-400 千赫的范围内的机械振动作用到测试对象的表面上。清洁过程需要将试样浸入清洗液并在配有超声振动设备的清洗设备内进行。

超声波的清洗及颗粒提取能力基于空化气泡的爆破所产生的高压峰值。

超声波的清洗效果尤其受到超声频率和声压的影响,超声频率和声压是通过超声功率和使用环境的几何条件确定的。一般情况下,超声功率越高而频率越低时,物理清洁能力越强。

**备注:**这也意味着可以通过选择更高频率或更低功率来减少混入测试结果的,由于不恰当的超声参数导致的侵蚀试样表面而产生的额外颗粒。特别对于铸铁应谨慎使用超声波,因为可能会导致石墨的脱落。另外在铸铝表面,涂漆或涂覆的表面和烧结材料上,不合适的超声参数也可能导致非杂质颗粒从试样表面脱落。

超声波可以用于试样外部区域清洗,如果声波可通过试样上的开口进入并达到足够强度的话也可以用于内部区域的清洗。对于试样内部的清洗效果,入口开口越小而内部空腔容积相对越大时清洗的效果较弱。同时进行内部和外部区域的清洗时,必须确保在试样的内部超过空化阈值且不会造成对试样表面材料的侵蚀。

超声浴的清洗方式特别适合于难以被单独处理的散装小零件。使用较小的超声浴设备或烧杯能够减小杂质提取涉及面的面积,这对实现空白值的要求具有积极作用。

超声波的另一个用途是可以协助进行内部冲洗过程。在用清洗液贯通冲洗试样时,一般来说试样是管状的(非遇声音变软/超声吸收材料),还将试样浸渍在超声浴中,从外部进行超声处理。

超声波清洗方法的关键影响参数有:

- 清洗液的特性和温度
- 超声频率
- 超声波的功率强度
- 超声波振动器在清洗盆的位置
- 试样与声源方向的朝向关系
- 清洗作用时间
- 零件的移动

启动参数

用于超声波清洗启动参数的选择,要避免特别低的超声频率,功率强度的选择要能保证良好的清洗效果并且同时不会对试样造成过度的应力负担,杂质衰减测试从一个短的启动时间开始

表 6.4: 超声清洗的启动参数

| 参数   | 初始值       |
|------|-----------|
| 超声频率 | 35.40 khz |
| 功率强度 | 10 W/I    |
| 时长   | 30-60s    |

备注:功率强度的调整是通过超声波浴中的功率控制装置(如果存在的话)或超声清洗盆的灌注水平(未放置试样)来进行调节的。通常使用双半波超声波装置,功率密度的取值应当按照有效功率密度而不应该按照峰值功率来记录。

建议对于那些散装小零件的测试要取用足够数量的样件,使得该批量试样的

需清洗面积达到 200 平方厘米或以上。

在验证试验/杂质衰减测试(见第五章)特定清洗步骤后满足衰减测试要求时,可以得到一个用于常规检测的超声波清洗的作用时间。如果在采用这些启动参数后不能满足衰减测试所需达到的条件,或者有文件证明需要使用其它适当的参数,则可以采用与该启动参数不同的参数设置。

## 材料和设备

用于清洗过程的材料和设备应符合第 62 章规定的对清洗设备的一般要求

1. 测试液, 动力粘度 $\leq 5$  平方毫米/秒
2. 当由不锈钢或其它合适的材料制成。数据和功率特征必须被记录, 特别是功率, 频率和清洗盆容积及盆内清洗液的填充水平。一般来说在清洗盆底部或侧壁配有发声器, 以实现超声浴内尽可能均匀的超声功率分布和清洗能力。
  - 清洗盆内固定测试对象的夹具(不可以跟盆底或侧面有接触), 要注意确保良好的超声穿透性(例如使用最大网格的网筐, 不使用紧凑的, 会吸收的塑料材料制成的夹具)
  - 在某些情况下: 用来装载小零件的烧杯和用来持有烧杯的辅具
3. 在某些情况下: 需要其他容器(漏斗, 烧杯)等来收集测试液
4. 用于冲洗的部件和设备, 和测试液的流量导流装置(见章节 6.4.2 喷洗)
5. 带分度的容器用于容积测定; 如烧杯或量筒
6. 抽干装置(可选): 用于去除试样腔内残留的清洗液

**注意:**除了适用于所有杂质提取流程的一般安全规定外(参见第 11 章), 在采用超声波浴清洗时还需要注意其它两点要求:

- 超声波在介入测试流体中时带来的能量输入可能导致在较长的超声震荡后测试液升温。这对于使用易燃液体的测试操作特别需要注意和防范(保持液体温度位于闪点以下 20°)

- 超声震荡过程中不得将手或身体其他部位伸入测试液(栓塞或皮肤细胞被破坏的危险!)

## 流程操作步骤

以下过程要根据测试对象条件进行调整。

1. 准备测试所需的一切必要材料
2. 预先清洁所有与清洗液接触的杂质提取设备的表面,必要的话检测空白值。
3. 根据 6.3 章的要求准备试样
4. 填充干净的清洗液到杂质提取设备中:
  - a. 直接在超声浴中清洗:注入清洗液并调节功率达到所需的功率强度(启动参数 10 瓦/升),或者当功率不可调控时,填充清洗液到对应于所需的功率强度的水平。
  - b. 将试样放入烧杯中进行超声波清洗:注入水和洗涤剂表面活性剂到超声波清洗盆内(提高润湿能力)。水仅作为对烧杯中的试样进行超声波作用的中间介质,而不属于分析液体。这里也是通过一个控制器来调整功率强度或者在没有功率调节器的情况下通过改变介质液体的填充水平来调整功率强度。这里用于计算功率强度的超声容积是介质水和烧杯装载溶液体积之和。烧杯中要灌入干净的清洗液。
5. 将测试对象直接放入超声浴中或放在承载装置如清洗篮内或者放入填充了清洗液的并被夹具固定在超声浴盆内的烧杯中。
6. 采用测试规范中定义的功率强度,频率和时间进行超声波清洗,并在超声处理过程中移动试样或烧杯。

**注 1:**如果是从多个侧面或多个方向对试样进行超声波震荡清洗,在重新定向试样时(转动,翻转等),必须注意避免由于操作而产生的额外的颗粒。

**注 2:**如果没有缓慢移动试样或烧杯通过超声浴的声场(位移至少为池中超声波长的一半),存在清洗效果较低或不均匀的可能性

7. 取出试样并用干净的清洗液仔细冲洗超声盆或烧杯。
8. 需要的话排空试样上的残留液体以获取包含在残留液体中的杂质颗粒。
9. 在某些情况下:对试样的包装内侧进行清洗和杂质提取(喷洗)。得到的液体作为分析液。
10. 倒空烧杯,如果技术上可行的话也可以将分析液体经由清洗盆中排出。

**注意:**当使用实验室超声波清洗机时要确保没有来自试样上的颗粒脱离并留在设备上,“颗粒沉积”风险通常发生在清洗盆的出水口处,此处由于制造的原因经常会存在缺口或断层。如果为了清空超声波清洗盆而安装了龙头,则需要测试拧动龙头时不会产生额外的颗粒,因为该额外颗粒会叠加到分析结果内(影响空白值)

11. 最后,用足够量的测试液来冲洗浸湿的接触清洗液的设备表面(例如烧杯和/或清洗盆)。得到的液体属于分析液。
12. 全部液体经过过滤后进行分析
13. 完成测试报告

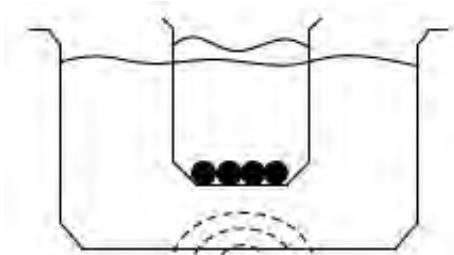
## 文件/记录

参见第 9 章的文件和第 12 章案例分析

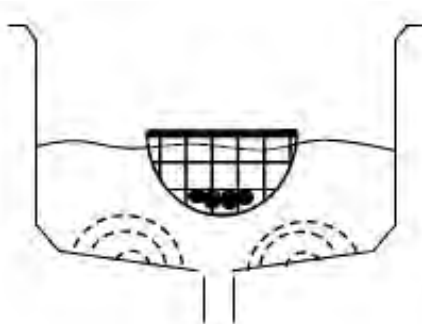
### 附录 6.4.3 超声波清洗

#### A 6.4.3.1 超声波清洗提取杂质的应用实例

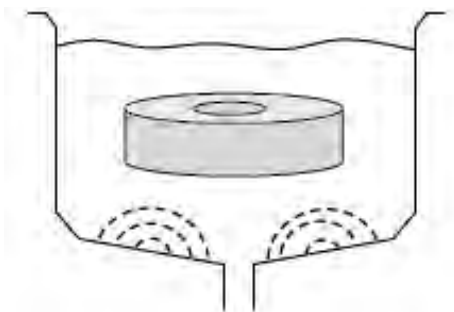
1. 小零件的超声波清洗（烧杯中放置散装小零件）



2. 小零件的超声波清洗（带网眼的清洗篮中放置散装的小零件）



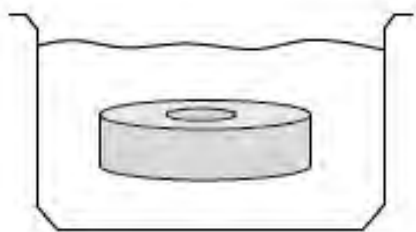
3. 单个零件的超声波清洗



#### A 6.4.3.2 超声波清洗的性能控制

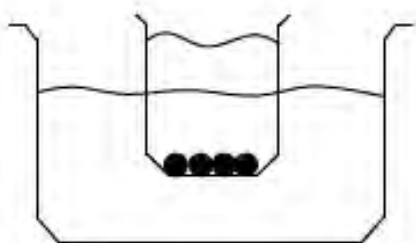
可以检查超声波清洗效果，来监控设备的相对稳定性（老化）或为了比较各种不同的超声波清洗机。这可以通过对一个铝箔进行气穴穿孔数量的定量检测来完成。这必须在特定条件下实施（铝箔厚度，位置和铝箔在超声浴盆内的朝向。）

### A 6.4.3.3 体积和功率强度的记录



分析体积=超声体积=  
超声浴清洗盆内装溶液的容积

超声浴的功率密度=超声波浴功率/  
清洗盆内装溶液的容积



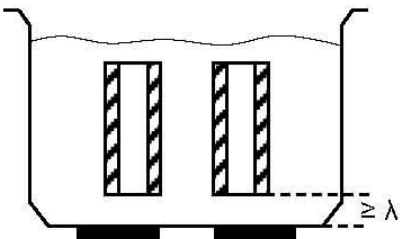
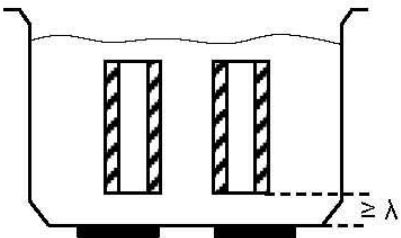
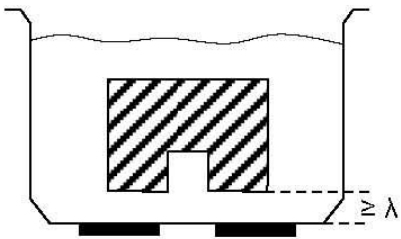
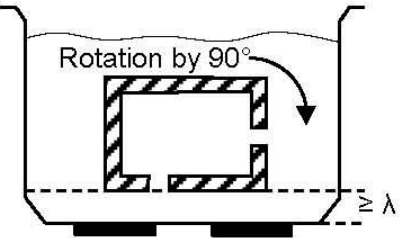
分析体积=烧杯内装载溶液的容积

超声浴的功率密度=超声波浴功率/  
清洗盆与烧杯内装溶液的容积之和

### A 6.4.3.4 超声波长示例

| 频率      | 波长 $\lambda$ |
|---------|--------------|
| 25 kHz  | 61 mm        |
| 35 kHz  | 43 mm        |
| 40 kHz  | 38 mm        |
| 120 kHz | 12 mm        |

**A 6.4.3.5**      **试样在超声波清洗机内的布置示例**

| 清洗                 | 清洗盆内位置                                                                                            | 备注                                                                                     |
|--------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|
| 对试样外表面进行清洗和杂质提取    |  <p>超声波辐射面</p>   | 试样离声源的距离<br>应 $\geq \lambda$ (见附录 A 6.4.3.3)<br><br>当杂质提取面和超声发射面之间的举例大于 400 毫米时，必须转动试样 |
| 对结构简单的内腔面进行清洗和杂质提取 |  <p>超声波辐射面</p>  | 试样开口朝向超声波发射面                                                                           |
| 浅洞等几何结构            |  <p>超声波辐射面</p> | 试样开口朝向超声发射面<br><br>注意空腔内液体的填充                                                          |
| 内部腔面               |  <p>超声波辐射面</p> | 试样开口朝向超声发射面<br><br>注意空腔内液体的填充                                                          |

#### 6.4.4 灌洗

##### 原则

对试样可贯通冲洗的内表面的清洗和杂质提取被称为灌洗。这里试样完全或几乎完全)充满了测试液。为了保证杂质颗粒的有效分离,测样内部的清洗液流动应该是湍流而不是分层流动。提高杂质分离效率的另一种可能性是通过有目的的脉冲流动来实现。

**注意:**所谓的“洗涤“或”冲洗“指的是一个非加压流体的排放过程,例如轻轻粘附在试样上的杂质在从试样上分离后再次沉淀,或从杂质分离装置的表面或零件上脱落并进入分析液中。在这种情况下,该液体是通过喷洗施加到试样表面上的。”洗涤”或“冲洗区别于本文所述的杂质分离过程” 澈洗”,灌洗仅用于试样内部几何区域内的杂质分离过程。

因此灌洗作为杂质分离方法的一种适合于汽车上支持液体流动的部件,比如:

---- 无源部件如管道,软管,导管,过滤器或热交换器

---- 灌流时需要被开启的有源部件,如阀或喷射器之类的,甚至需要被驱动的有源元件如泵等。

进行灌洗的试样上至少有一个位置要完全接近测试液连接管,灌穿通过测试对象后,该液体可以通过一个或多个连接管再离开试样,流到一个封闭的冲洗站内或者直接无压力排放到一个集液器内。

根据所测试样的情况可以很简单的就建立一个灌洗杂质分离过程。如附录 6.4.2.3 所述的喷洗设备,在把喷液装置用灌洗装置适配器来代替时,也能用于冲洗不太长的管道。但对于有源部件来说就可能需要非常昂贵的特别灌洗站,例如当试样需要通电,被驱动或必须承受较大压力时。

对于具有大的连接横截面的试验样件,例如在商用车的冷却系统中采用灌洗杂质分离过程,常常会达到灌洗方法的极限,因为为了建造能达到必要的液体流量和流速的杂质分离设备的投入成本会非常大。这种情况下应当转而采用晃动或者喷洗的杂质分离方法。

#### **灌洗过程的关键影响参数有:**

- 试验液的特性
- 流量和灌洗时间
- 测试样品的几何形状和性质
- 液体脉冲式涌动和脉冲频率
- 启动方式和频率(适用于有源元件)

#### **启动参数**

不像其他的杂质分离过程,灌洗方法无法指定有意义的启动参数。这是因为对于湍流必要的且在雷诺数 $>4000$ 计算得出的体积流量依赖于该试样的几何形状及试验液介质性质的影响。

然而应确保达到一个最低要求,即该试样应当受到其内部区域容量的数倍的清洗液的灌洗。

附件 6.4.4.3 列示了一个具有不同粘度的两种清洗液(冷剂)的流速列表。为了达到完全湍流并实现有效的杂质分离,达到该流速对于不同直径的管道或软管的灌洗是必要的

## 材料和设备

用于杂质分离的材料和设备应符合第 6.2 章对于设备的一般要求。

### 1. 清洗液

2. 需要的话,盛放和固定试样的装置:例如夹具或托架,对于有源元件:开关驱动装置等。

### 3. 灌洗装置由以下部分组成:

- 清洗液注入,贯通和流出试样的适配装置。
- 带有液体罐,净化过滤器,泵或者压力源的,必要的话也带有脉冲可能性的清洗液供给装置。

**备注:**灌洗台也可设计为真空抽取式,即清洗液不通过加压方式被压入传送经过试样内部,而是通过抽真空的方式以被吸入的方式通过试样内部。

### 4. 需要的话:其它容器如漏斗,烧杯等用于收集清洗液

### 5. 使用清洗液来冲洗本段第 7 点所提到的设备的喷洗装置

### 6. 带刻度的容器用来定量容积的:例如烧杯或量筒

### 7. 抽取装置(可选):用于去除试样内腔残留的液体

在一个封闭的回路冲洗时直接在试样后串联分析滤膜看起来是合乎逻辑的。然而,这通常是不可能的,因为过滤器具有很大的流动阻力,会导致在试样内的流体无法达到有效分离杂质所必需的流速。

附录 A6.4.4.4 例示了一个灌洗装置的示意性结构

## 操作步骤

以下过程需要根据测试对象的条件进行调整以适用于该试样。

1. 准备测试所需的所有必要的材料
2. 预先清洁所有与清洗液接触的杂质分离设备的表面, 必要的话检测空白值
3. 根据 6.3 章的要求准备试样
4. 将试样用适配器连接到灌洗供液管, 必要的话固定试样以使得清洗液可以顺利流到取样容器或收集槽内
5. 在某些情况下: 对于有源元件, 用于提供电流, 开关切换或驱动测试部件的连接装置
6. 在符合所有灌洗参数, 时间及有源元件的驱动参数条件下实施灌洗过程
7. 从积留杂质及液体的试样区域排空残留液体(可多次排空)。对难以接触的空腔使用抽吸装置来抽取积留液体(抽取得到的液体属于分析液)
8. 清洗设备与清洗液接触的区域如清洗室, 固定式样的装置等在测试后的冲洗。对于该后冲洗过程也应该开发, 测试并建立适当的程序(获得的液体属于分析液)
9. 全部清洗液流经过滤器并进行分析
10. 填写测试报告

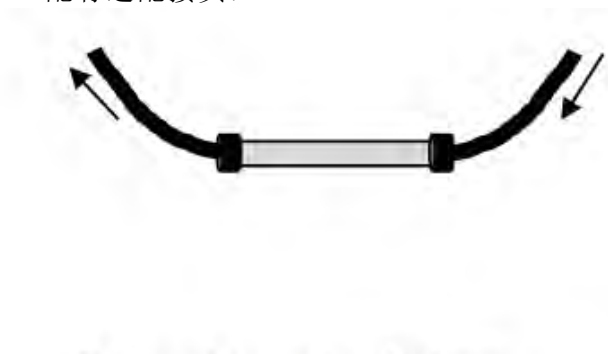
## 文件

参见第 9 章的文件和第 12 章案例分析

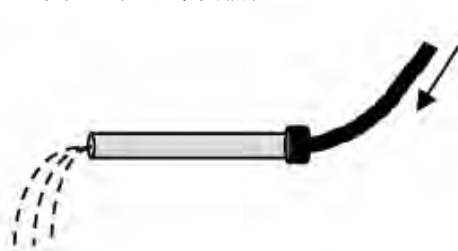
## 附录 6.4.4 内部清洗

### A 6.4.4.1 冲洗清洗过程设计示例

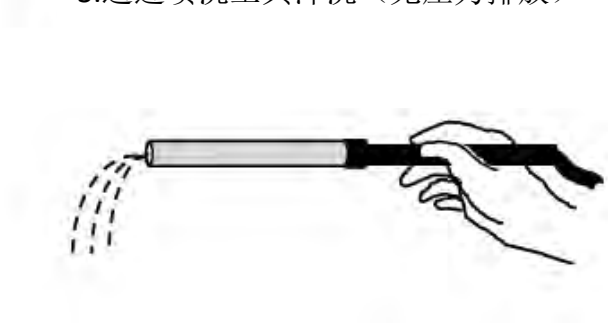
1. 在封闭系统内冲洗（管道两侧配有适配接头）



2. 通过冲洗管道的适配接头冲洗（无压力排放）



3. 通过喷洗工具冲洗（无压力排放）

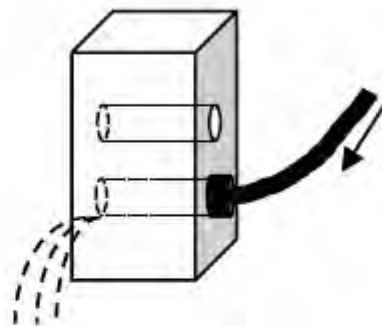


#### A 6.4.4.2 冲洗清洗用途设计示例

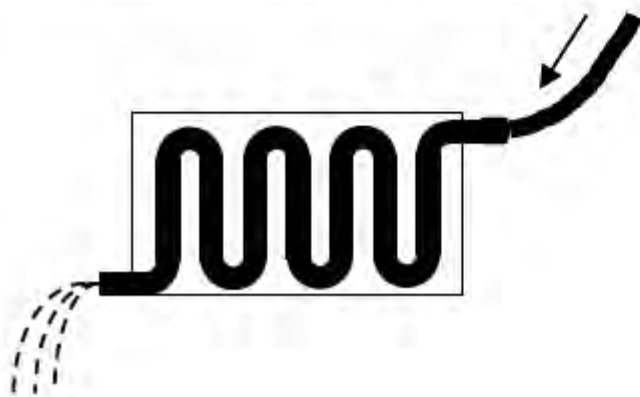
##### 1.管道冲洗



##### 2.零件内部区域冲洗（例如油孔）



##### 3.零件冲洗（例如热交换器或过滤器壳）

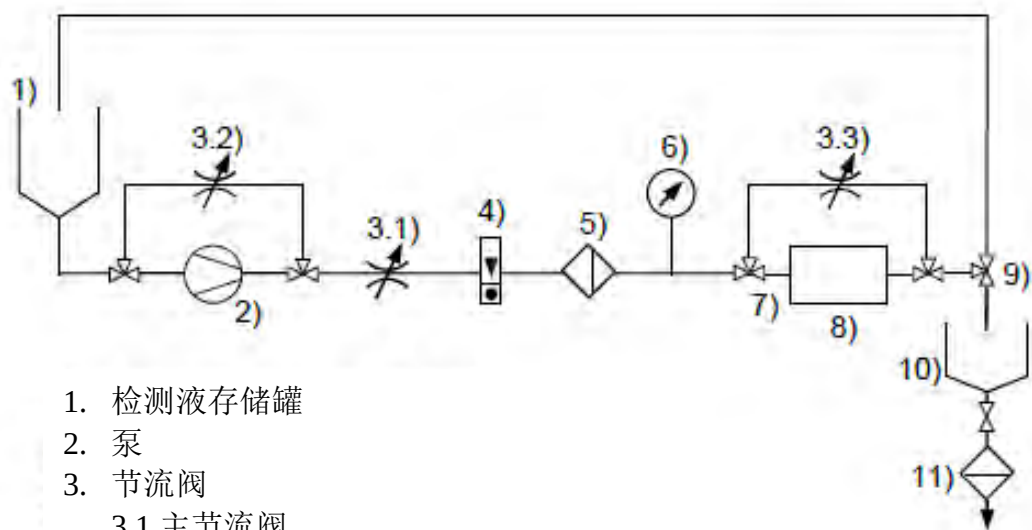


#### A 6.4.4.3 湍流参数示例

|               | 示例-低温清洁剂 1  | 示例-低温清洁剂 2  |
|---------------|-------------|-------------|
| 燃点【 °C 】      | 62          | 105         |
| 运动粘度【 mm²/s 】 | 1.9         | 3.2         |
| 管径【 mm 】      | 流量【 l/min 】 | 流量【 l/min 】 |
| 4             | 1.4         | 2.4         |
| 5             | 1.8         | 3.0         |
| 6             | 2.2         | 3.6         |
| 8             | 2.9         | 4.8         |
| 10            | 3.6         | 6.0         |
| 12            | 4.3         | 7.2         |
| 15            | 5.4         | 9.0         |
| 20            | 7.2         | 12.1        |
| 25            | 9.0         | 15.1        |
| 30            | 10.8        | 18.1        |
| 40            | 14.3        | 24.1        |
| 50            | 17.9        | 30.2        |

在计算湍流时，雷诺系数  $Re > 4000$ ，该数值通过公式  $Re = w \cdot d / \nu$  确定（ $w$ ：流体的速度， $d$ ：管道直径， $\nu$ ：运动粘度）。其他液体的湍流流量（ $dV/dt$ ）可根据变形公式  $dV/dt = Re \cdot d \cdot \pi \cdot \nu / 4$  进行计算。

#### A 6.4.4.4 冲洗台样例



1. 检测液存储罐
2. 泵
3. 节流阀
  - 3.1.主节流阀
  - 3.2.泵旁通阀上的节流阀
  - 3.3.检测样品旁通阀上的节流阀
4. 流量计
5. 清洗过滤器
6. 压力计
7. 检测样品的夹具
8. 检测样品
9. 三通球阀
10. 检测液的收集容器
11. 滤膜

#### 6.4.5 晃动

##### 原则

检测样品应按比例加注检测液并密闭开口。通过晃动提供辅助,颗粒从内部的检测表面上剥离并进入到液体中。另外,晃动还会从各个方向对附着的颗粒产生液体作用力。这样可以达到死角以及内凹区域。剥离的颗粒保持为悬浮状态。

该过程适于通过至少一个开口接触到内部空间的样品,且其尺寸和重量允许对检测区域进行充分的处理。检测较薄的管道或毛细管等狭窄的内部几何结构时,该过程并不适用,因为晃动产生的脉动冲击不会产生作用。

晃动过程的设计依据零件的形状、尺寸和重量。

该过程不适用于泡沫状液体。

晃动可采用手动方式进行,或采用自动化装置进行辅助。

**注:**清洗形状简单、尺寸较小的零件时,不建议在注满液体的容器内通过振动台操作或手动晃动封闭的容器清洗,因为零件之间的相互碰撞或零件与容器之间的碰撞会产生颗粒;对此类状况优先采用超声波或喷洗作为清洗方法。

晃动过程的主要影响参数:

- 检测液的特性
- 检测液的用量
- 晃动过程的时长、振幅和频率
- 加注的次数
- 检测样品的冲洗

## 启动参数

选择晃动清洗的启动参数时,应在确保手动操作的同时实现尽可能良好的清洗效果。

表格 6-5:晃动启动参数

| 参数  | 初始数值          |
|-----|---------------|
| 加注量 | 30-40%        |
| 振幅  | approx. 30 cm |
| 频率  | 1 Hz          |
| 时间  | 15 sec        |

在验证检测衰退测量的范围内(参见章节 5),针对例行检测确定晃动程序的最终时间和振动装置的数量,与具体哪些清洗程序后达到衰减标准有关。若采用这些启动参数后尚未达到衰减标准,或已证明且文件明确说明需要使用更适当的参数,则可能会与这些启动参数有所不同。

但 30-40%的零件填充度不应更改,因为过低或过高的填充度均不会产生充分的机械效果,无法实现有效的清洁效果

## 材料和设备

1. 清洗液
2. 冲洗零件与专业设备和或配量检测液的喷洗装置(参见章节 642)
3. 带有刻度的容器,用于确定容积;如烧杯或量筒
4. 漏斗:加注和/或抽取检测液
5. 用于检测样品的防磨密封塞

6. (选装) 自动化振动装置, 如振动台, 配有用于固定检测样品的固定工装
7. 监控晃动过程时长的时钟
8. 用于盛装分析液体的检测容器、试样容器或滤膜单元 (与应用有关)
9. 抽吸装置 (选装): 用于从零件空腔中抽取剩余液体

## 操作步骤

以下程序需要根据试样的特性进行调整。

1. 准备检测所需的材料
2. 预先清洁所有与介质有接触的清洗设备表面, 必要时确定空白试验值
3. 确定试样的内部容积
4. 根据章节 63 准备试样; 特别是需要进行外部清洁并使用合适的洁净、防磨密封塞来密闭零件开口
5. 打开密封塞, 完全排空试样
6. 确定检测液量, 该值应为试样内部容积的 30-40%
7. 将液体加注到试样中并密闭开口
8. 在遵守所有规定的条件下执行晃动过程 (频率、振幅、时间)
9. 打开密封件并使用漏斗将试样排空至试样容器内或过滤装置内。避免损失液体或弄湿试样的外部区域。
10. 谨慎冲洗试样的内部检测表面。冲洗程序可以采用新鲜的检测液再次进行晃动或采用喷洗进行冲洗。积存的液体属于分析用液体
11. 注意需完全排空检测样品

12. 最后用足量的检测液对检测液润湿的表面(试样容器、过滤装置等进行冲洗。积存的液体属于分析用液体

13. 对所有液体进行过滤和分析

14. 填写检测报告

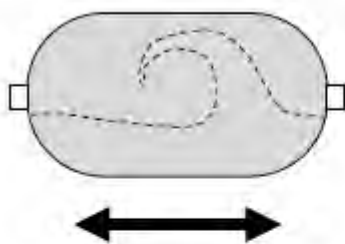
## 文档

参见文档第 9 章和具体案例的第 12 章

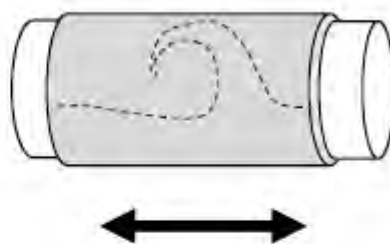
## 附录 6.4.5 晃动

### A 6.4.5.1 晃动冲洗的示例

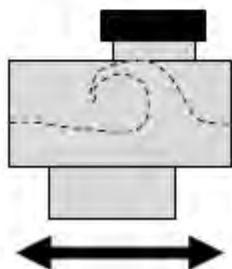
1. 压力罐的晃动



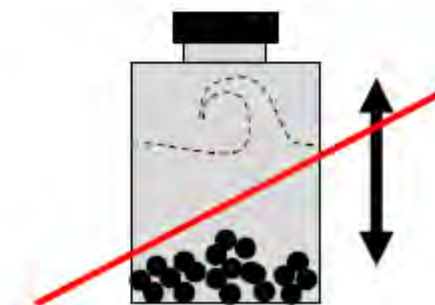
2. 管道的晃动（较短较大的横截面）



3. 容器的晃动



4. 容器中的小零件的晃动，不适用



#### 6.4.6 溶解

##### 原则

对于防腐或涂脂的零件, 仅可在溶解防腐剂或润滑剂后进行有效的颗粒清洗过程。这样, 在验证检测的范围内可出现延迟衰减的情况。

在此类情况下, 在实际的清洗之前作为准备步骤可执行溶解操作。同时, 在适宜的时间内将待检测的零件插入到合适的溶剂中(如检测清洁介质), 无需进一步的物理清洗操作支持, 如喷洗或超声波。若待检测表面位于内部, 还可对零件进行完全加注并密闭。

溶解所需的液体量以及溶解操作中容器所用的冲洗液体同样属于分析用液体。

在清洗程序中加速溶解的另外一个方法是采用具有较高溶解特性的检测液(检测与零件的兼容性)。同时请遵守相关的安全规范。

溶解过程的主要影响参数:

---- 溶解液体的特性

---- 溶解程序的时长

##### 材料和设备

1. 溶解液体(例如具有较高溶解效果的检测液或介质)
2. 冲洗专业设备和/或配量检测液的喷洗装置(参见章节 642)
3. 必要的话:漏斗, 用于加注或抽取溶解液
4. 必要的话:用于检测样品的防磨密封塞

5. 监控溶解过程时长的计时
6. 喷洗或超声波清洗装置的溶解容器、烧杯或容器

## 操作步骤

以下程序需要根据试样的特性进行调整。

1. 准备检测所需的材料
2. 预先清洁所有与介质有接触的溶解容器表面,必要时确定空白试验值
3. 将零件插入到溶解容器内
4. 向溶解容器内加注溶解液,直至零件完全浸入。注意所有表面应完全润湿,例如盛装的零件
5. 在溶解期间将零件留在溶解液内,无需其他的物理作用影响
6. 取出零件并执行进一步的清洗程序
7. 对溶解液执行过滤过程
8. 最后用足量的检测液对溶解液润湿的表面(试样容器、过滤装置等)进行冲洗。所用的液体属于分析用液体。
9. 对所有液体进行过滤和分析
10. 填写检测报告

若溶解程序仅用于零件内部区域,则需要对所述程序进行改动。零件需要完全加注溶解液(完全润湿,无空气掺入),并在溶解期间保持零件密闭(如使用密封塞)。然后排空零件,并对溶解液进行过滤。

## 文档

参见文档第 9 章

## 6.5 空气提取

在车辆中会安装部分部件,这些部件在运行(部分包括生产过程)中不会与液体发生接触。某些零件在接触液体后会受损,例如空气滤清器因此无法使用液体执行清洗操作。对于此类零件可采用空气执行清洗操作,作为替代手段。

### 6.5.1 空气吹扫

#### 原则

采用该清洗方法时,颗粒会被洁净、无油的压缩空气气流从检测样品上吹走。工具和程序与采用液体执行的喷洗过程相似。

该方法适于清洗外部区域或压缩空气气流可以接触到的零件内部区域,可用于电子部件、不能使用液体灌注的发动机进气系统部件等,也可用于物流包装等,如透明塑料罩、小型装载托架或硬纸板箱等。

此类清洗需要采用全封闭的空间,该空间应可施行干扰且具有接口/压缩空气通过(例如手套箱),压缩空气可排出,确保不会在空间内产生过压。

#### 通过吹扫实施的清洗过程分两步完成:

1. 第一步:将颗粒用压缩空气气流从检测样品上吹走,并让颗粒附着在液体润湿的空腔侧壁上。吹扫后将试样从空间内取出。
2. 第二步:将位于清洗室内的颗粒用液体从侧壁上冲下并进行分析,与喷洗清洗过程后的冲洗程序相同。

### 吹扫过程的主要影响参数：

- 吹扫压缩空气的压力
- 吹嘴的几何结构
- 相对于试样的间距和角度
- 检测试样表面的吹扫顺序
- 每个表面或每次进给的作用时间
- 每个表面的重复次数

**注：**喷洗冲洗过程中，测量的位置测量压力和数据非常关键（喷嘴处或泵后方等），与此过程不同，通过空气进行扫气时压力波动不会随位置不同而产生较大的波动，可设定适当的清洗参数。不过对于空气来说，流量的计量无法通过简单的校准确定。

### 启动参数

表格 6-6: 吹扫启动参数

| 参数        | 初始数值                        |
|-----------|-----------------------------|
| 喷嘴形状      | 全气流圆形喷嘴                     |
| 喷嘴直径      | <b>1.5 mm</b>               |
| 压力        | <b>1.5 bar</b>              |
| 吹气间距      | <b>Max. 10 cm</b>           |
| 吹扫时间/零件面积 | <b>1 sec/cm<sup>2</sup></b> |

**注：**对较大的表面积进行检测时，可采用多个喷嘴（例如在同一个吹扫工具中同时使用），以缩短吹洗时间。

根据验证检测衰减测量（参见章节 5）得到的单位面积的最终吹扫时间，启动参数达到衰减标准，或已证明且文件明确说明需要使用更适当的参

数,则可采用与这些启动参数有所不同。

## 材料和设备

用于清洗的材料和专业设备应满足第 62 章中对清洗设备的一般要求。

1. 使用洁净、无油的压缩空气进行压缩空气供给(压缩空气的清洁度应在空白试验值的标准要求内),用于调节压力的节流阀和显示压力的压力计。带有喷嘴的吹扫工具,可实现开关功能(在喷枪上有一个指压开关或在压缩空气管路上有一个脚动开关)

2. 按照需求固定零件:如支座、固定支架

3. 冲洗程序的喷洗装置包括:

- 喷洗装置:如用手导向的喷嘴尖部”可用于冲洗清洗设备、并流喷嘴或平流喷嘴
- 通过检测液罐、清洗过滤器、泵进行媒介供应,或压力供应

4. 完全封闭的吹扫和喷洗空间,可以进行干扰,对吹扫和冲洗工具进行导向(如手套箱)并操作试样。箱体必须可进行压力排气,以避免空间内产生过压。洗出的颗粒在排气过程中不允许有所损失。

5. 按照要求用于确定容积的带刻度容器:如烧杯或量筒,用于确定清洗时间量的秒表或通过校准确定冲洗时流量的装置

## 操作步骤

以下程序需要根据试样的特性进行调整。

1. 准备检测所需的材料

2. 根据章节 6.3 准备试样

3. 预先清洁所有与压缩空气和介质有接触的吹扫空间表面,并使用检测液清洁其他清洗设备,必要时确定空白试验值。吹扫空间的所有侧壁应在清洗开始时通过吹扫操作作用检测介质润湿,以便粘附将被吹掉的颗粒

4. 将检测样品置于吹扫空间内,必要时固定检测样品

5. 遵照所有的参数、时间和准确的吹扫顺序, 执行吹扫清洗程序。该程序的谨慎操作对于检测结果非常重要。

6. 将试样从吹扫空间中取出

7. 使用检测液冲洗吹扫空间内的所有表面, 以便对空间内所有洗下的颗粒进行分析。针对该冲洗过程, 也同样开发、设计和制订了一个适合的实验程序。

8. 对所有液体进行过滤和分析

9. 填写检测报告

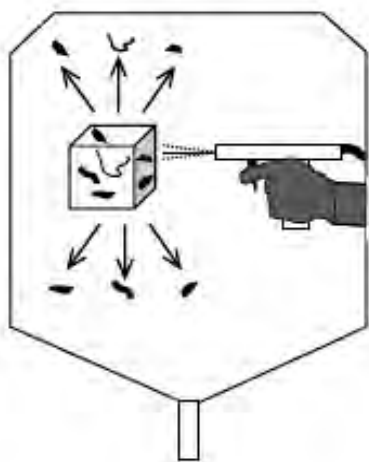
## 文档

参见文档第 9 章

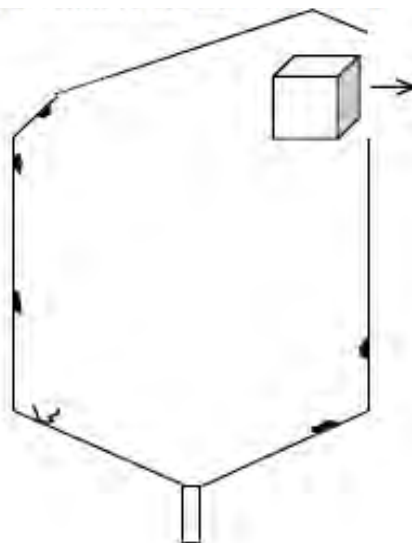
## 附录 6.5.1 空气吹扫清洗

### A6.5.1.1

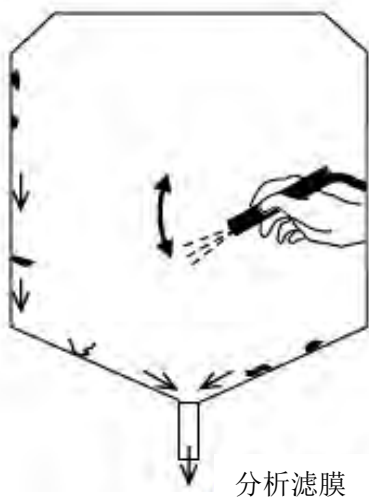
步骤一：使用压缩空气吹扫试样，  
颗粒清洗



步骤二：取出试样



步骤三：用液体漂洗无试样的腔室



## 6.5.2 空气贯通

### 原则

采用空气清洗这种形式时,试样需要使用空气进行贯通,与采用液体进行清洗的冲洗台操作类似。

该方法适于检测空气导流部件的内部清洁度,例如发动机的进气道。此种情况下会通过零件数厘米的横截面导流较大的空气量。

通过该方法进行清洗时分为两个清洗步骤(参见附录 6.5.2.1)。

1. 初级清洗:需灌洗的试样通过零件专用的适配装置与检测台相连。灌入洁净空气(预先过滤)时洗出的颗粒可在初级过滤单元内通过大尺寸(大流量!)、细网眼的金属筛进行分离。在完成初级清洗后根据清洁度情况取出初级滤膜并用于二级清洗过程。

2. 二级清洗:在二级清洗步骤中,借助喷洗液体清洗(参见章节 6.4.2)将初级清洗滤膜上的颗粒从试样上再次剥离,并使其附着到适于显微镜和或重力测量的常规二级滤膜上。

**注:**通过灌洗操作进行的空气清洗同样适于汽车中的运动部件。这些部件是指横截面为数个毫米的压缩空气导流系统。原理图请参见附录 A6.5.2.2。在编写 VDA119.1 的该版本时,该种清洗方法的经验尚不丰富,因此对此并无详细的描述。在示例草图中,运动部件中灌注有洁净无油的压缩空气,空气在清洗后导入到喷洗清洗设备注满液体的容器内。从零件上洗下的颗粒附着到液体中,随后可通过滤膜进行过滤和分析。

灌注空气清洗过程的主要影响参数包括：

- 灌注空气的流量
- 试样的几何尺寸与类型
- 操作的类型和频率(驱动元件)
- 灌注的时间

## 启动参数

流经试样的空气流量无法设定为普遍适用的启动参数,而应根据零件此后操作中流经的流量进行调整。该数值应在客户供应商协议中约定。

建议采用两分钟作为衰减测量评定程序中具体清洗步骤的启动时间。

## 材料和设备

用于清洗的材料和专业设备应满足第 62 章中对清洗设备的一般要求。

1. 具体案例:零件定位:如固定支架或夹紧件,对于驱动元件:用于开关、操作等的夹具
2. 流量检测台包括:
  - 空气预滤器
  - 连接检测样品的管道系统
  - 带有初级滤膜的初级过滤单元(例如 10 $\mu$ m 金属筛网)。初级过滤单元的内侧(侧壁)必须使用液体进行冲洗,且液体在最低点有存留
  - 用于流量测量和设置的管道系统
  - 用于产生检测空气流量的泵
3. 零件专用适配装置(特殊情况下需自行制作),用于将检测样品与检测台的管道系统相连
4. 喷洗清洗设备(参见章节 6.4.2),用于初级滤膜的二级清洗

5. 必要时:冲洗初级过滤单元的其他喷洗设备,冲洗设备在第 4 点的条件下应单独装配且此时无法使用。

## 操作步骤

以下程序需要根据试样和检测台的特性进行调整。

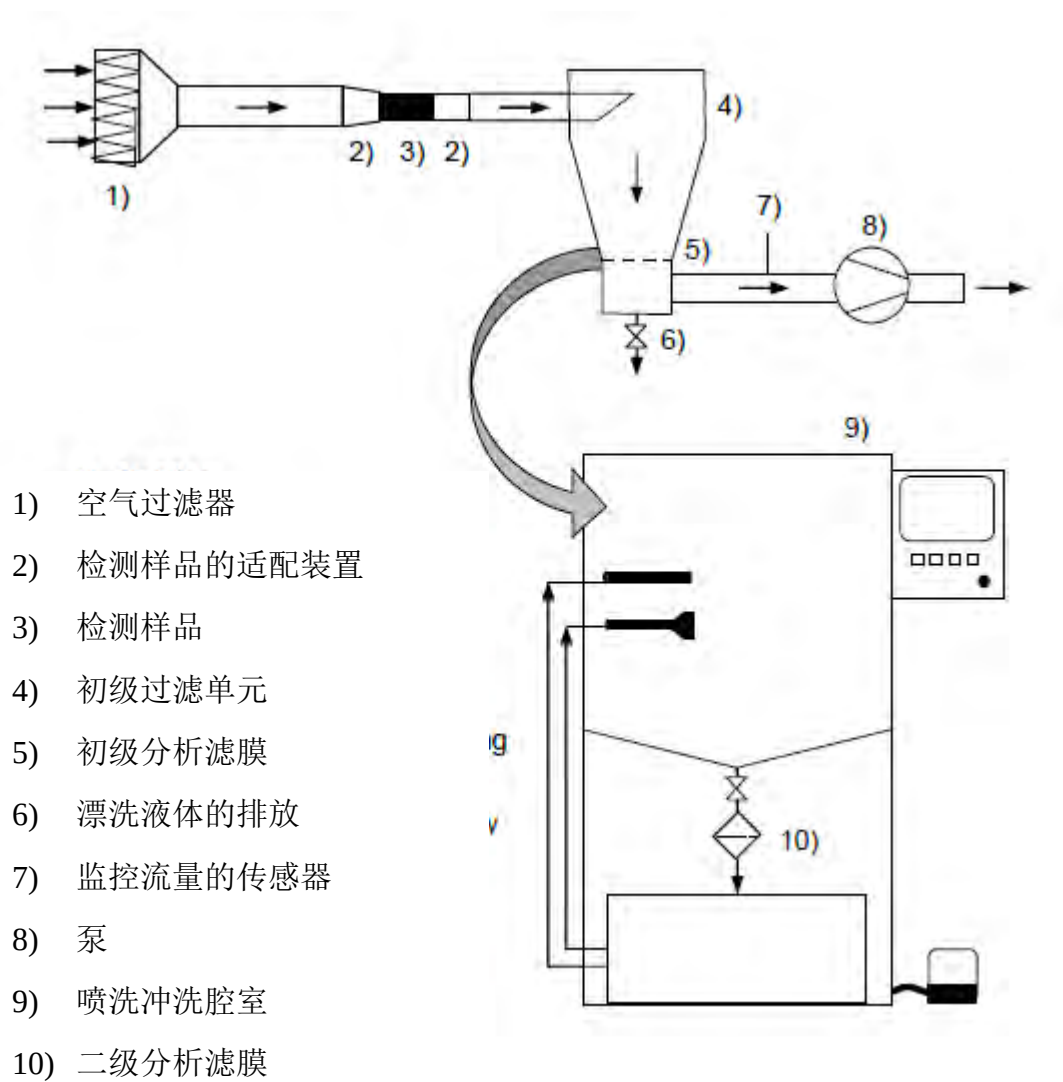
1. 准备检测所需的材料
2. 预先清洁所有与清洗相关的清洗设备表面,必要时确定空白试验值
3. 根据章节 6.3 准备试样
4. 使用零件专用的适配装置将试样安装到检测台上
5. 具体案例:对于驱动元件,连接、通电或运转检测部件的设备
6. 针对驱动元件,在满足所有流量、时间和运行参数条件下执行灌洗程序
7. 使用液体冲洗初级过滤单元的内侧,以便使侧壁上沉积的颗粒加速附着到初级滤膜上
8. 排出初级过滤单元最低点处留存的冲洗液体
9. 取出初级滤膜并根据清洁度要求运送至喷洗清洗设备处
10. 将初级滤膜作为试样执行整个喷洗清洗过程(根据章节 6.4.2 喷洗中的程序)。将颗粒转移至二级滤膜上。
11. 填写检测报告

## 文档

参见文档第 9 章

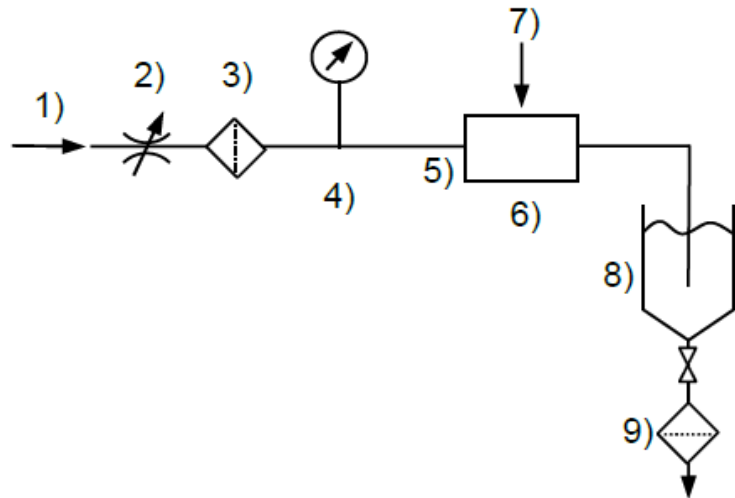
## 附录 6.5.2 空气贯通

### A6.5.2.1 空气贯通清晰的原理，例如发动机近期区域部件



#### A6.5.2.2 空气贯通清洗的原理，例如运动系统的部件

- 1) 无油脂的压缩空气
- 2) 节流阀
- 3) 空气滤清器
- 4) 压力计
- 5) 检测样品固定工装
- 6) 检测样品
- 7) 检测样品控制系统（仅驱动元件）
- 8) 检测液体收集容器
- 9) 分析滤膜



## 7 分析过滤

### 原则

过滤这一步骤的任务是将从零件上提取的,混合在清洗液中的杂质颗粒分离到分析膜片的表面,以实现杂质颗粒的分析。通常使用真空过滤的方法。

经过过去几年的比较,我们发现相对于杂质质量,对杂质颗粒的计数及深入分析更具有现实意义。这就要求颗粒应该单独的、分散的分离在分析膜片上,这也使得过滤这一步骤对之后的膜片分析结果变得十分重要。对过滤设备,过滤膜片以及过滤过程的精确选择就成为了决定分析结果质量的关键。

### 7.2 分析膜片的性质及选择

分析膜片的性质除了耐化学性,过滤能力等还有很多其他特性,如光学特性等,需要根据所处理问题及分析目标选择不同的膜片。对于 VDA19.1 的标准清洁度分析,即:对大于 50 微米的颗粒进行称重和或光学分析,推荐使用下边膜片:

#### 5 微米 PET 网格编制膜片

##### 7.2.1 耐化学性

过滤过程所使用的用具以及膜片应该和实验过程所用清洗液(包括所用的冲洗溶液及颗粒固定液)相适应。(见附录 A74)

### 7.2.2 过滤颗粒能力

#### 膜片孔径

分析过滤膜片的作用是将与结果分析相关大小的颗粒截留住(理想状况是只截留此大小的颗粒)。所以分析膜片孔径应该根据清洁度要求规格来选择,即膜片必须可以确保将清洁度要求的最小颗粒截留在膜片上为了可以截留形状细长的颗粒:

过滤膜片孔径=要求最小颗粒的 1/10 到 1/5

对于较大颗粒(>50 微米)采用 1/10,而 1/5 原则是在检测较小颗粒(<50um)的时候采用。一般来说,小颗粒会比大颗粒的形状更加紧凑,更加多样化。(参见附件 A7.3 过滤膜片孔径选择)

#### 分级过滤

为了更好的按照颗粒大小选择性过滤颗粒,可以采用不同孔径的膜片进行多级过滤。这种过滤可以通过一个过滤支架来实现,这种过滤支架可以依次摆放多个过滤膜。(见附件 A7.2)

通过分级过滤可以将大颗粒截留在孔径较大的膜片上,以便于通过显微镜更容易的进行计数及分析。数量众多的小颗粒将被截留在下一级的微孔滤膜上。在进行重量评判的时候,将需要考虑所有级别滤膜上的杂质。

### 7.2.3 滤膜的其他性质

对于膜片的一般性要求是,需要其具有足够的耐热性以应对在烘箱中的烘干过程,以及适当的受力稳定性(抗裂能力)以应对使用镊子的操作或者真空干燥的过程。

膜片应该针对特定的杂质颗粒种类以及特殊的分析过程进行选择或优化,例如:

---- 为了获得更好的光学对比效果需要使用特殊光学效果(如不同颜色)的膜片,或者在使用光学显微镜的分析过程中为了获得更好的材料对比度,更好的导电性以及更好的耐用性使用特殊材料制成的膜片。

---- 需要选用自身不会遮蔽目标颗粒信号的膜片材质。例如对拉曼散射光谱及傅里叶变换红外光谱没有反应的膜片材质。

### 7.3 关于滤膜的操作

为了在使用滤膜的过程中避免对结果产生不良影响,应该注意以下操作要点:

---- 滤膜应该保存在密封的膜片盒中,以最大程度的降低环境污染。

---- 在滤膜使用前先要对滤膜的清洁度及完好性进行目视检测,如果滤膜破损则应该报废,而如果不干净则可以使用杂质提取时所用溶液进行清洗。

---- 在滤膜的操作过程中应该使用干净的镊子夹滤膜的边缘。

**注:**尖锐物体可能会造成分析滤膜的损坏

---- 分析滤膜载有杂质颗粒的一面在任何时候都不允许与其他表面相接触(可能引起颗粒损失)。只有在显微镜分析之前或为了保存将膜片固定在膜片夹里时是唯一的例外。

**注:**在为了显微镜分析而封存膜片的过程中可能会将杂质颗粒夹变形。形状分析后可能会有打开膜片夹的需求,例如对杂质颗粒进行进一步的分析,在此过程中会由于膜片夹透明玻片的附着而损失颗粒。

---- 经过过滤后从烘干到进行评价的步骤中滤膜应该保存在适当的器皿中(例如,为了在烘干过程中将滤膜更方便的取出应该使用带防护网的培养皿)。为了保证滤膜不被混淆保存器皿上应该做明确的标识。

## 7.4 材料及设备

1. 滤膜, 应该根据清洁度检测的特点选择所用滤膜
2. 包括真空过滤泵在内的过滤装置, 需要根据过滤过程选择(见附录)

**注:**在过高的压力下存在杂质颗粒穿过滤膜或滤膜损坏的风险

3. 在分析滤膜的操作过程中需要使用镊子

**注 1:**所使用的镊子以及所有接触滤膜的用具既不可以有磁性也不允许积累静电, 因为磁力以及静电积累会造成杂质颗粒的损失。

**注 2:**在滤膜的操作过程中也可以使用扁铲, 所有针对镊子的要求也适用于扁铲。

4. 过滤过程结束后需要用的清洗液; 例如, 喷瓶进行后续冲洗
5. 培养皿, 或相似的干净可封闭容器来操作及保存滤膜
6. 可以控温的烘干箱

**注:**烘干的温度以及时间由所用滤膜和检测液决定(见 8.2.1: 重量分析)

**注:**在烘干被溶液沾湿的滤膜时需要保证烘干箱中有足够的空气交换, 这是为了保证没有可燃混合物产生(保证浓度不超出爆炸下限)

7. 固定剂(可选): 将所收集的颗粒固定在分析膜片上的物质。

**注:**固定剂的使用是为了防止在膜片的操作及评价中造成颗粒损失。在有重量分析要求时在使用固定剂之前首先要确认固定剂的残留物重量可测。

## 7.5 操作步骤

### 1. 准备过滤的步骤所需的材料

### 2. 准备所有过滤所需装置

准备所用过滤装置。杂质提取过程所用仪器是由所选择的过滤方法决定的。过滤方法分两种(见附录 A7.1)

#### 2.1 直接过滤

过滤过程直接和提取设备相连:过滤设备直接与分析溶液的收集容器相连接。

#### 2.2 分离过滤

先将分析溶液收集在一个干净的容器中(例如玻璃杯或检测容器)之后通过一套单独的过滤装置过滤。

### 3. 首先要根据所使用的分析方法对分析膜片进行必要的预处理。

#### 3.1 显微镜分析:

滤膜不必须经过特别预处理。

#### 3.2 重量分析:

滤膜的空白值重量必须测量(见章节 8.2.1:重量分析)。避免残余重量的负面影响是滤膜分析的先决条件。

### 4. 用镊子将分析膜片放入膜片支架中

**注:**在使用特别薄的分析膜片(如聚碳纤维)时在溶液流出的一面使用辅助措施例如用合适的滤膜作为辅助手段)是很有帮助的。这样可以使杂质颗粒平均分配在膜片上,以利于显微镜分析(避免“支撑网效应”)

### 5. 清洗液的过滤

#### 5.1 直接过滤:

为了避免杂质颗粒损失检测容器(具体为清洗容器或超声池)需要用干净的清洗液冲洗,用来冲洗的溶液量也计入清洗液总用量。

#### 5.2 间接过滤

在清洗液从检测容器(例如从超声清洗池中取出的玻璃烧杯倒入过滤设备后需要小心冲洗检测容器,所用清洗液量也计入清洗液总量。在此过程中需要注意每次过滤的溶液量不得超过真空瓶的最大容量。

**注:**有可能提取和过滤两个步骤不在同一个地方进行(较远)以至于检测容器需要在这两个过程中需要进行一个较长的运送过程。在这种情况下需要注意:在过滤前必须将检测容器的外部清理干净以防止清洗液将这部分杂质颗粒冲到过滤器中。如果清洗液被长期静置,其中的杂质颗粒有可能沉积并结块。将结块的颗粒分开对于之后的计数分析十分重要。这可以通过摇晃检测容器或超声清洗来实现。所选择的方法不得改变颗粒大小在溶液中的最初分布为了将沉积的颗粒恢复成悬浮的状态一般采取谨慎摇晃检测容器的方式。检测容器(包括密闭容器)的内部必须用清洗液冲洗以防止损失杂质颗粒,用来冲洗的溶液量计入清洗液总量。

#### 6. 清洗液的过滤

如果在过滤过程中溶液总是可以将漏斗填满,那么杂质颗粒将会均匀的分布在滤膜上(对显微镜分析比较重要)。但实际上清洗液一般都是沿着漏斗壁流下,这样造成的风险是,大多数的杂质颗粒分布在了滤膜的边缘并很可能会重叠。

#### 7. 所有清洗液流过的表面最后都需要冲洗以避免颗粒损失

**注:**在上述的冲洗过程中不可以用溶液直接冲洗分析滤膜表面,因为这样会打乱膜片表面上本来平均分布的杂质颗粒。

8. 为重量分析准备的滤膜(可选):滤膜上不必要的化学残留物需要用合适的溶液清洗干净。

9. 为显微镜光学分析准备的滤膜(可选):可以通过固定剂的使用将颗粒固定在分析膜片上。

**注意:**需要重量分析的膜片不应因为固定剂的使用而改变残余重量

#### 10. 在尚有真空的情况下移除膜片架的上部

11. 将膜片架上部发现的杂质颗粒(如果存在)通过冲洗小心的转移到滤膜上。
12. 小心的将已经吸干的分析滤膜用镊子取下(防止颗粒损失)并放入标记好的干净的培养皿中(操作中需要保持膜片水平)。
13. 在半开的培养皿中烘干滤膜(用来做重量分析的膜片应烘干至重量恒定。见章节 8.2.1:重量分析)

## 7.6 检测滤膜上杂质分布

一个可以评价的分析滤膜是使用自动光学系统对颗粒进行分析的前提条件,也就是说杂质颗粒应该没有重叠没有结块的平均分布在滤膜上。使滤膜可以被评价,以下几点比较重要:

---- 杂质分布百分比,即颗粒在分析膜片表面上的分布密度百分比

---- 杂质分布的均质性,也即颗粒在分析膜片表面是以怎样均匀的状态分布的(是否有颗粒结块或大部分颗粒聚集在边缘

---- 纤维的分布:纤维与其他杂质颗粒比长度一般很长。纤维可能会覆盖很大的滤膜表面,也可能会影响或覆盖大量的其他颗粒,使其他颗粒不能被单个的计算。

杂质分布密度百分比的情况应该通过光学分析系统确认并记录。杂质分布密度的界限值与所使用的膜片种类是相关的。在附录 7.7 中是对编织滤膜和泡沫滤膜的概述。

出现无法评价的滤膜分布时,必须选取与所测件同一批次的零件重新进行杂质提取及过滤。为了改善膜片上杂质分布以便分析可以采取方法

1. 使用更大的滤膜(前提是所使用的过滤装置以及分析系统可以实现)

## 2. 将检测用溶液分多个滤膜过滤

**注:**当滤膜截留了大量的对分析结果没有意义的十分微小的颗粒时,可以选择较大过滤孔径的滤膜进行过滤。通过这种方法在滤膜上得到很小的颗粒分布密度并减少颗粒重叠的风险。探测区域和膜片背景之间的对比减少也因此会比之前弱化。如果在显微镜分析的同时还需要进行重量分析,那么在为了阻止颗粒重叠而进行的减少颗粒分布措施和重量检测限之间存在矛盾(见章节 8.2.1 重量检测)。

## 3. 采用分级过滤的方法:

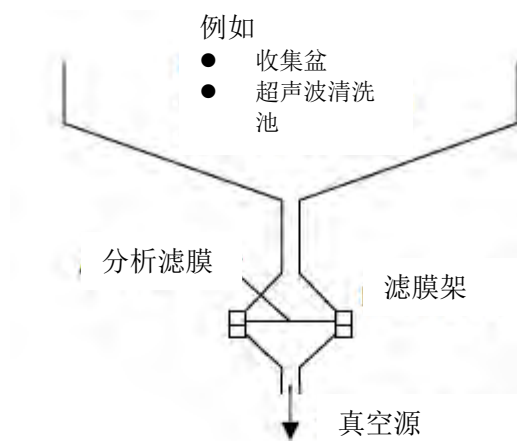
在分级过滤中采用不同孔径的滤膜以将大小不同的颗粒分别截留。

在附录 A7.6 中举了几个分析膜片的实例以及相应的补救措施。

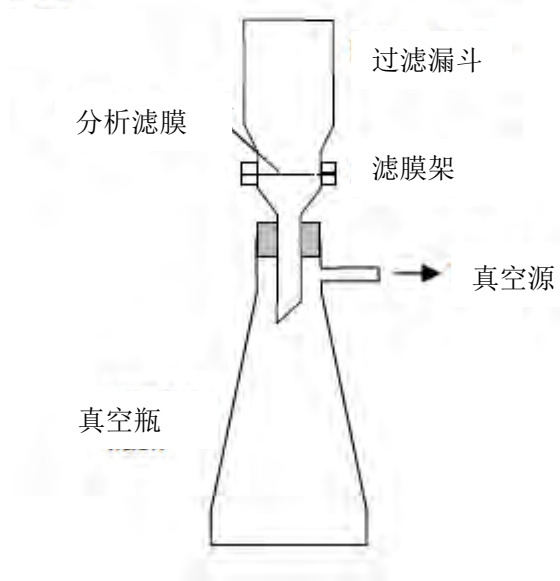
## 附录 7 过滤

### A7.1 过滤的分类

#### A) 直接过滤

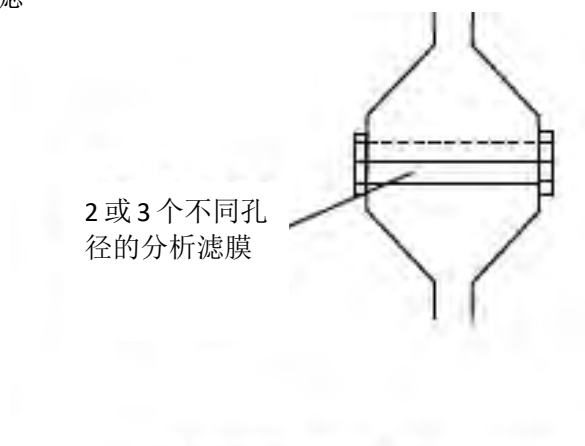


#### B) 分离过滤

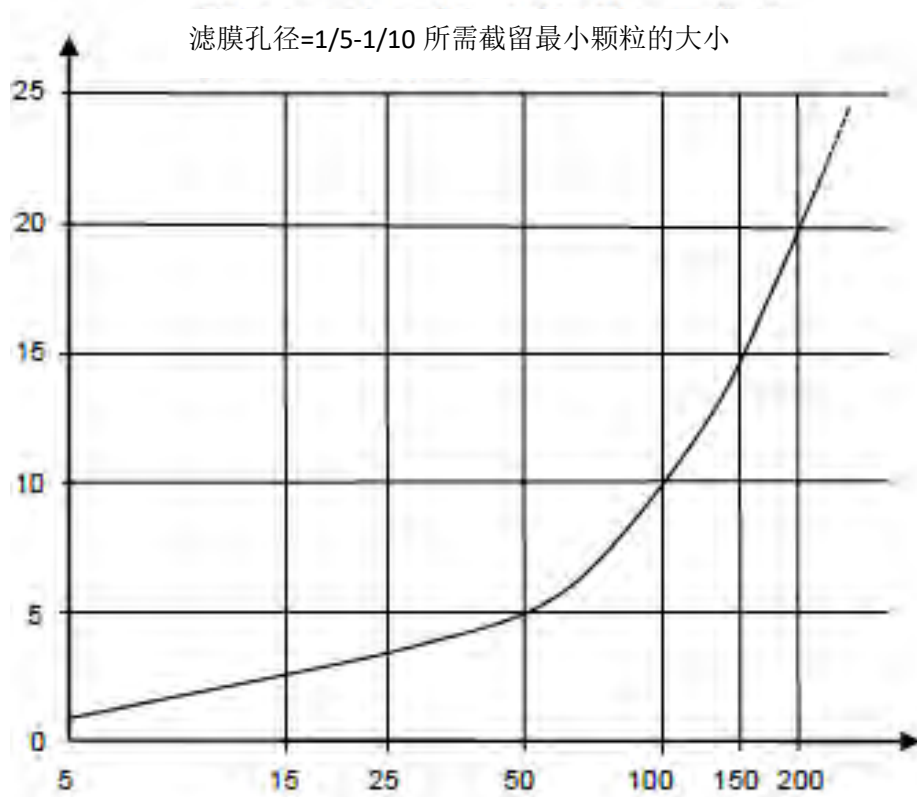


## A7.2 分级过滤

分级过滤



## A7.3 滤膜孔径的选择



需要截留的最小颗粒大小（微米）

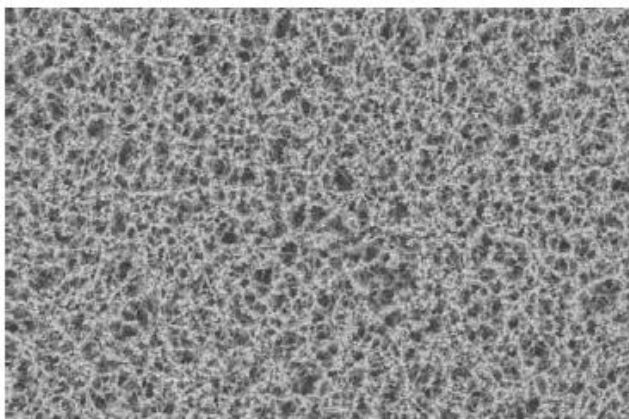
#### A7.4 分析滤膜对检测溶液的抗性

| 滤膜材质  |        | 介质（检测或冲洗所使用溶液） |     |        |               |          |
|-------|--------|----------------|-----|--------|---------------|----------|
|       |        | 水基中性清洗液        | 异丙醇 | 酒精（乙醇） | 有机聚合物,例如,冷清洗液 | 酮类,例如,丙酮 |
| 泡沫结构膜 | 硝酸纤维素  | +              | -   | -      | +             | -        |
|       | 醋酸纤维素  | +              | +   | -      | +             | -        |
|       | 聚酰胺/尼龙 | +              | +   | +      | +             | +        |
| 网状编织  | 聚酯     | +              | +   | +      | +             | +        |
|       | 聚酰胺/尼龙 | +              | +   | +      | +             | +        |

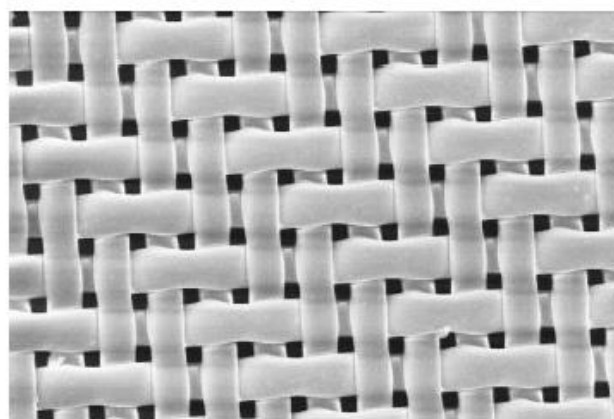
注：本表格仅给出了几种常用滤膜的种类。特殊情况下，例如，需要对某种特别清洗液有抗性或有特殊过滤需求，可能需要选择其他种类的滤膜。没有特别情况，对于滤膜的使用请参见章节 7.2.

## A7.5 分析滤膜的举例

8 微米 硝酸纤维素泡沫滤膜



15 微米 PET 网状滤膜



放大倍数 200X

### 泡沫滤膜

优点：表面光滑，有利于进行杂质光学分析。

缺点：带有颜色的颗粒会被无法定义大小的海绵状颗粒结构吸收，其大小远远小于名义上的滤膜孔径。这些颗粒与清洁度检测要求没有关系，但会使分析膜片颜色变暗（大量的微小颗粒），会严重的限制对滤膜的光学分析（滤膜变灰色或黑色）。另外这种滤膜还会吸收空气中的水分（对重量分析产生影响）。

### 编织网状滤膜

优点：拥有确定的几何孔径从而可以对确定大小的颗粒进行分离。置邮少量有色微小颗粒会被截留，有利于对膜片的光学分析。大多数只会对空气湿度有很微量的吸收（准确的重量分析结果）

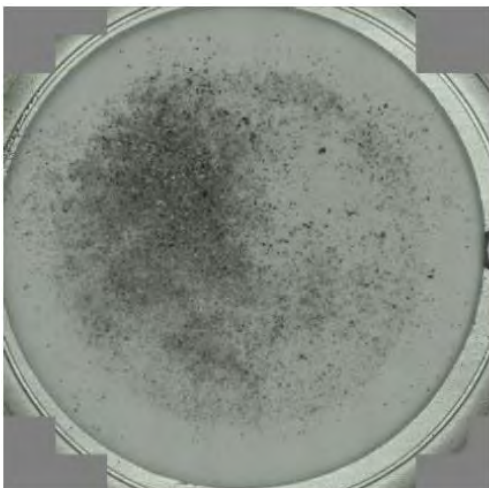
缺点：在放大倍数很大或光照很集中的情况下，滤膜的网状结构可能产生干扰信号/反射，对光学分析产生不良影响。

## A7.6 问题分析滤膜举例及可能解决方法



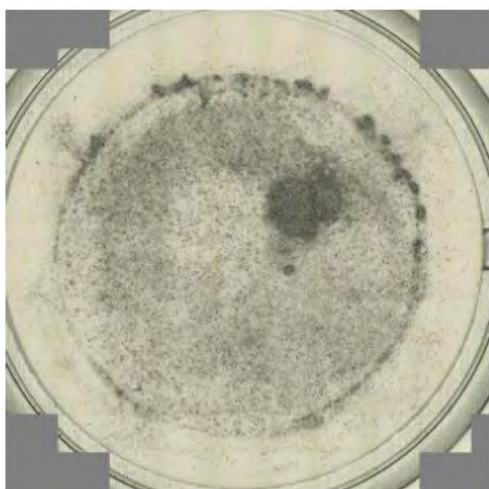
好的滤膜分布

- 杂质颗粒分布均匀
- 单个颗粒距离较远



杂质颗粒过于密集的滤膜

- 减少检测的样品数
- 使用孔径更大的滤膜
- 使用分级过滤法



杂质颗粒分布不均的滤膜

- 优化滤膜夹紧处或过滤过程
- 滤膜再处理（重新晃动清洗过滤膜或滤膜夹紧处）

图像举例：滤膜截图



杂质分布过于密集

- 减少检测样品
- 单使用孔径更大的滤膜
- 使用分级过滤



滤膜完全被覆盖

- 无法进行光学评价
  - 只可进行重量分析
- 纸壳出现在滤膜上
- 现有包装不适宜

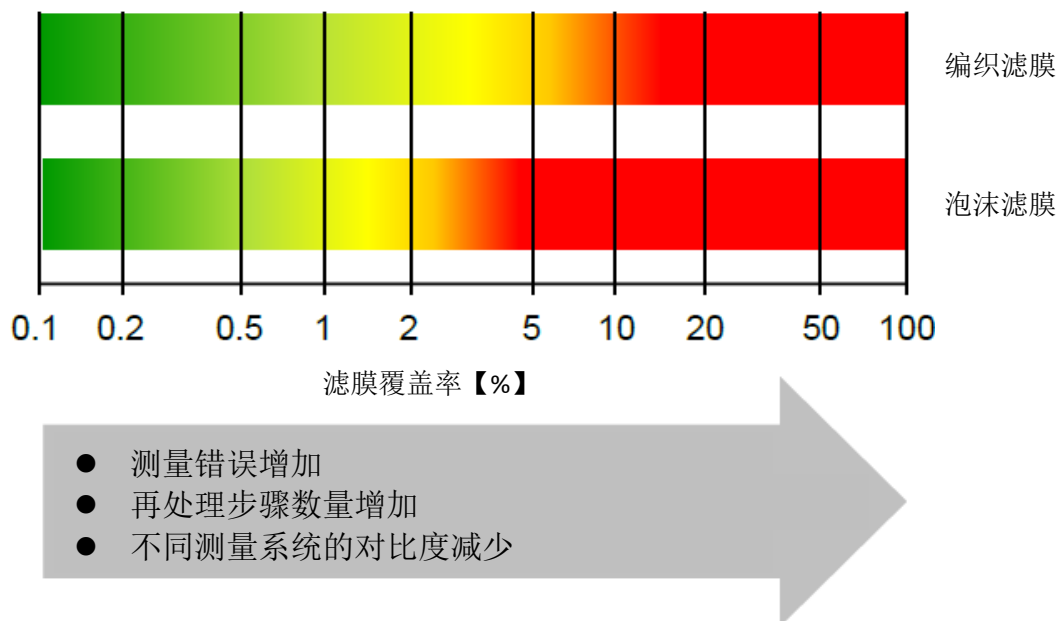


滤膜上纤维过多

- 样件的存放不适宜

## A7.7 滤膜覆盖率与可分析性

### 分析滤膜光学分析可能性



滤膜覆盖率编织滤膜从 3%，泡沫滤膜从 1.5%开始，杂质光学分析的难度就会增加。测量错误以及人工校对都会随之增加，而不同测量系统结果见的可对比性会下降。另外分析滤膜的可分析性还与其他因素相关(分布的均匀度，纤维含量等)，所以上图数值只作为一个单一条件的简略参考判定标准。

注：在滤膜上杂质颗粒分布十分均匀的情况下，尽管滤膜的杂质覆盖率很高，滤膜也可以被很准确的分析。

## 8. 分析方法

### 原则

本章主要描述了如何运用所选择的分析方法来评判杂质颗粒。至于如何选择合适的分析方法及其应用领域则已经在第三章检测方法的选择中有过论述。

### 8.2 标准分析

在没有其他约定的情况下,标准分析是对零件是否符合经过客户与供应商协商得到的清洁度要求的检测。标准分析一般包括重量分析和或光学分析。为了在技术及可行性允许的范围内使结果达到尽量高的可比性在使用过程中需要对设备的设定以及评判的参数进行预先的设定。

#### 8.2.1 重量分析

##### 原则

通过用分析天平对过滤清洗液之前和之后分析滤膜的称重,将得到检测对象所有提取杂质颗粒的总重量。过程如下图所示。

前期处理（如有需求）

烘干

冷却

称重

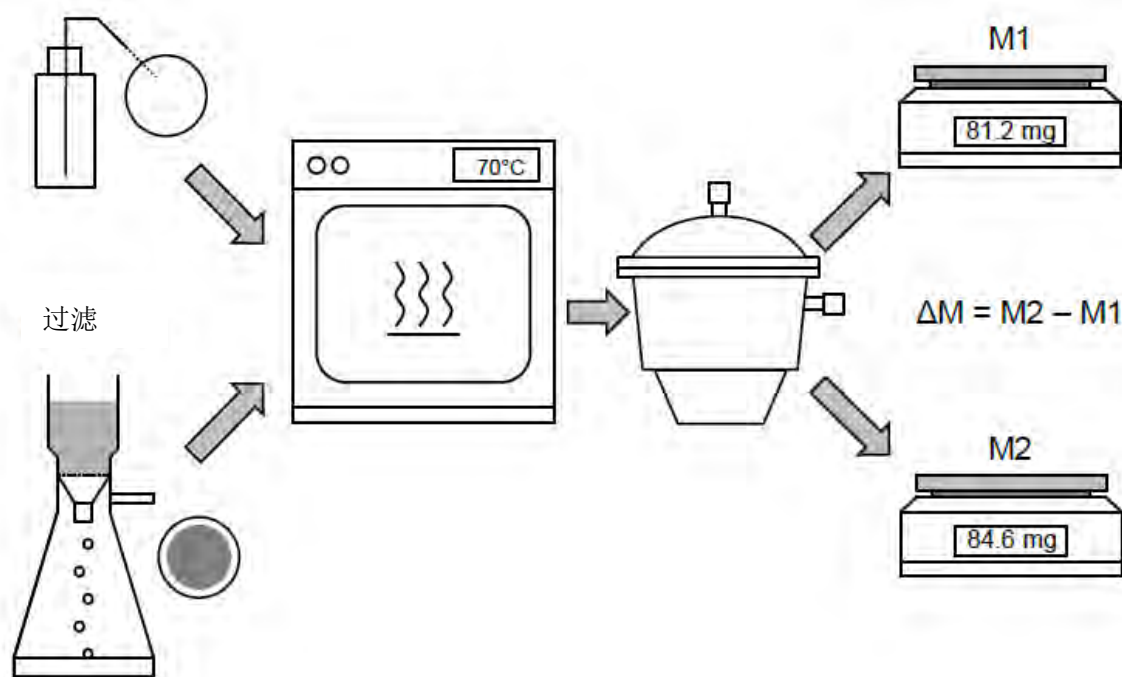


图 8-1:重量分析流程图

重量分析的结果显示的是残余物的重量值,其数值是由杂质颗粒的总量以及较大颗粒及其材料决定的。重量分析无法给出具体颗粒的数量、大小以及性质,也难以给出可能的潜在失效风险。

为了得到准确的重量差别必须在室温条件下在滤膜制备,干燥以及冷却的过程中慎重操作。如果需要测量十分微小的重量差别,就需要增加室内空调的控温精度及天平摆放位置考虑隔离控制。

如果在重量分析的同时还需要进行其他的分析,例如:颗粒光学分析,那么总是先进行对残余杂质的重量分析。

同时进行重量和颗粒大小形状的分析经常会陷入两难的境地, 因为精确的重量分析要求分析滤膜上的杂质颗粒尽可能多一点, 而对杂质的光学分析则要求杂质必须单个独立分布在膜片上。

**重量恒定性:**滤膜的烘干温度及时间与分析滤膜的材质及使用的检测和冲洗溶液相关。当分析滤膜的重量达到恒定, 也即滤膜重量不再随着烘干时间而减少时, 烘干条件就满足了要求。针对所使用的膜片/检测液组合至少需要有一次实验来确定相应的烘干温度与时间。(例如, 硝酸纤维素膜与冷清洗液的组合, 烘干条件为: 70° c, 150 分钟)

**注 1:**重量恒定是指, 一张滤膜在两次烘干后称重, 称重结果一致即为重量恒定。

**注 2:**烘干条件(时间和温度)会随着滤膜和使用的检测溶液而改变, 需要注意滤膜生产厂家的说明。

**非颗粒型残余物:**为了使还未使用的滤膜空重更加稳定可以采取下边措施: 在第一次烘干前先用少量检测溶液冲洗膜片, 以便将可能的膜片材料残余物清洗干净。

在特定情况下可能需要采取以下步骤: 为了将可能存在的那些不以颗粒形式存在但却会影响称重结果的化学残留物清洗干净, 需要用适当的溶液在过滤结束时再一次冲洗滤膜。类似残余物可能包括水基清洗液中的表面活性剂或附着在零件上不易溶解的油脂或蜡。

如果颗粒必须被固定在分析滤膜上, 也就是为了接下来的分析在过滤过程中使用粘合剂, 那么在最后的称重分析前应该先将所使用的固定剂提取出来, 以避免其对重量的影响。

## 材料及设备

参见第七章:过滤。另外需要补充几点:

### 1. 干燥皿

干燥皿是用来使分析滤膜在烘干后冷却的过程中不从环境中吸收水份。

**注:**根据具体的清洁度要求,确切的说当残余重量相对较大的时候,可以放弃干燥皿的使用。另外空白样值不超过最大允许值也是这种操作的前提条件。

### 2. 电离单元(当静电被证明干扰称重)。

**注释:**β射线也需要被监控

电离单元会产生阳离子和阴离子。他们用来中和会影响称重结果的分析滤膜所带的静电。电离单元应该尽可能的靠近称量位置。但所用离子发生器不应带有送风装置。

### 3. 分析天平

对分析天平读数的基本要求为  $1d(1 \text{ 分度值})=0.1 \text{ 毫克}=0.0001 \text{ 克}$   
(万分之一天平)

## 环境条件

测量的界限值,也就是测量的灵敏度不仅仅是由所用分析天平的能力决定的。环境温湿度的恒定性以及空气清洁度都会对结果造成较大影响。如果测量环境不可控,那么测量时间就会对结果有影响,这里的测量时间是指经过干燥的分析滤膜称量之前在环境中经过的时间。所以此过程应尽可能的使用相同时间来完成。

摆放天平的桌子应尽可能的不传递震动,抗磁且防静电(材料中不含钢材,塑料或玻璃)。天平所在房间必须没有震动,房间温度应保持恒定。相对空气湿度应保持在 45%到 60%之间。

**注:**使用百万分之一天平( $\pm 1$  微克)推荐环境规定固定的相对湿度。

必须避免阳光的直射以及气流影响(也包括清洁间)。分析天平也因该尽量避免靠近空调、暖气或门窗处。

## 重量分析的限值

在万分之一天平的使用中,如果房间中的温度及相对湿度不受控,那它的检测限为 1 毫克。参照空白值部分最高占到 10%的要求,残余杂质颗粒重量(M)最少达到 10 毫克才符合称量的规则。

为了测量杂质质量小于 10 毫克的零件清洁度,分析设备(包括天平和环境)的检测下限必须小于 1 毫克,这是因为空白值 10%要求的缘故。这将通过使用更高测量精度的天平以及控制环境的温度和相对湿度来达到。

通过这些更复杂的措施可以称量最少 3 毫克的杂质颗粒。所以当所称量的残余杂质质量很微量时,M(3 毫克)就将作为报告的称量结果。

另一个可以称量零件上微量杂质颗粒的办法是增加残余物重量。即增加检测抽样数,将多个零件的分析溶液过滤在一个滤膜上。

## 操作步骤

1. 准备过滤及分析所用设备及材料
2. 准备重量恒定的分析滤膜(可选):

**注:**为了保持分析滤膜的重量恒定,在第一次干燥前先要用分析溶液冲洗滤膜,以便将过滤材料中可能存在的可清洗物质去除。否则这些物质将在过滤的过程中被去除,重量记入残余重量,导致所得残余物重量少于实际重量。此过程应该在首次用分析溶液和分析滤膜检测前进行。

2.1 将膜片放入滤膜支架并过滤足量清洁的分析溶液,以便将可溶解的滤膜组成部分清洗干净

2.2 滤膜的预干燥是利用真空泵通过空气将分析滤膜吸干。

3. 用镊子将分析滤膜取下放入已经标记好且干净的培养皿中

4. 初始重量 M1 的确定(皮重)

4.1 将半开盖装着滤膜的培养皿(干燥器)放入经过预热的烘干箱中,按要求控制温度与时间烘干滤膜

4.2 取出干燥器并立即放入干燥箱中,按要求控制时间冷却滤膜。

4.3 从干燥箱中取出干燥器并立即用镊子将膜片摆到分析天平的称盘中

4.4 得到并记录显示值作为分析滤膜的初始重量(皮重)

5. 用镊子将滤膜夹回到培养皿中并盖上盖子。这样就为分析过滤完成了滤膜的制备。

6. 进行分析过滤(参见第七章:过滤)

7. 最终重量 M2 的确定(毛重)

7.1 将半开盖装着滤膜的培养皿(干燥器)放入经过预热的烘干箱中,按要求控制温度与时间烘干滤膜

7.2 取出干燥器并立即放入干燥箱中,按要求控制时间冷却滤膜。

7.3 从干燥箱中取出干燥器并立即用镊子将膜片摆到分析天平的称盘中

**重点:**注意,此过程中滤膜上的杂质颗粒不得遗失

8. 得到并记录显示值作为分析滤膜的 M2 重量(皮重)

9. 用镊子将滤膜放回培养皿并盖上盖子
10. 通过计算 M2 和 M1 的重量差得到残余物重量(净重)

## 校准

分析天平校准请遵照生产商的产品说明执行。

## 文档记录

参见第 9 章文档记录及第 12 章案例

### 8.2.2 光学分析

与称重分析的仅能提供提取杂质的一个总量值不同,光学分析可以提供杂质的部分具体信息。杂质颗粒可以被测量,计数以及确定类型。

光学分析可以根据要求的不同选择显微镜或平板扫描。

单个或少量有某些相应特征的颗粒可能会对零件的功能造成严重影响,必须确保这些颗粒被检测到。因此对膜片的所有有效面积上颗粒进行计数很有必要。

除固定参数值的标准分析外,该分析无需客户与供应商的约定即可用于清洁度规范的检测,还可利用光学系统进行其他分析。

整个分析滤膜的光学分析通常采用全自动方式。若仅检测到少量大颗粒,则也可采用人工方式。

#### 原则

在进行光学分析时,将用合适的照明灯来照亮带有从试样上洗下颗粒的滤膜,并通过透镜放大成像,通常情况下在摄像机传感器上以像素方式显示。颗粒的识别和尺寸特征的确定需要通过图像处理完成。进行该分析时,仅可检测到外观(亮度)与背景有区别的对象。因此,如果白色颗粒位于白色的分析滤膜上,则可能无法被采集到,或在零件内非常亮(参见附录 A8.2.2.5)。这并不属于错误或光学系统有欠缺,而是该证明方法本身如此,受到原理的限制。

在该过程中具体采集哪些颗粒,如何进行尺寸测量及把颗粒分类则依据具体情况有非常大的不同,与以下因素相关:

- 成像镜头(放大倍数与分辨率)
- 照明的类型(亮区、暗区、反射光、透射光)及其各种规格
- 视场的照明
- 图像处理软件通过阈值确定哪些区域属于颗粒,哪些属于滤膜背景(二值阈值)。
- 颗粒测量和分类的定义标准,以及其所应用的准确算法
- 具体组成与相应污物颗粒的光学特性(颜色、亮度、色均度、表面形状与粗糙度……)
- 等等

所有这些因素对于颗粒光学分析的结果均有影响。基于此,只有在使用相同的系统采用相同的设置进行类似污物颗粒的分析时,光学分析结果才具有可对比性。

## 标准光学分析

在采用差异性较大的不同分析系统对滤膜进行分析时,为了实现较高的对比性,针对光学颗粒分析过程建议在 VDA19.1 的框架内采用标准分析。

采用标准光学分析时需满足四个前提条件:

- 光学分析系统符合相应的条件(参见材料和专业设备一章)
- 清洁度规范,只对颗粒 $\geq 50$ 微米有要求
- 准备充分、均匀且颗粒分布不会过密的滤膜(参见第7章过滤)
- 培训充分、对该项工作经过专项培训的人员

基本原理是, 无需依赖所使用的光学系统(材料显微镜、体视显微镜、连续变倍镜或扫描系统和相应的光源), 从而在不依赖图像生成系统的条件下, 满足图像设定与分析时的统一的分析要求, 确保分析结果具有较高的可对比性。

**注 1:**单独应用标准光学分析无法确保为不同系统分析结果提供良好的可对比性可对比性的程度与具体情况下相应的污物颗粒有很大的关系, 必须具体对待

**注 2:**改变光学分析的参数设定, 其分析的结果可能会发生变化。

特殊情况下可能是因为需要采用与标准分析有差别的规范, 例如:

---- 清洁度规范要求分析小于 50 微米的较小颗粒

---- 清洁度规范包含分辨颗粒的其他特征和类型, 如颗粒的材料或颗粒的厚度

---- 需要或希望改进特定颗粒的检测效果, 该过程可采用与标准分析不同的其他对比方法和或参数。

若客户与供应商对清洁度检验标准达成一致, 则此偏差需要归档记录。

若清洁度规范符合标准分析的要求, 且客户与供应商无其他约定, 则应用此标准分析。

## 标准光学分析对颗粒的采集、测量与分类

在对大于 50 微米的颗粒进行标准光学分析时, 可采用不同的光学系统, 如材料显微镜、体视显微镜、连续变倍镜或平板扫描, 并带有相应的光源。

如图 8-2 所示,分析滤膜(以及颗粒)区域通过成像镜头放大输出至摄像机传感器上(或逐行扫描的摄像机)。摄像机传感器包含不同的光敏元件(像素)。因此,每个相机成像像素的尺寸是除了调节镜头放大倍率以外最重要的设定,因此,在测量颗粒时应以微米/像素为图片成像的基础单位(参见微米比例尺示例中的图 8-2)。

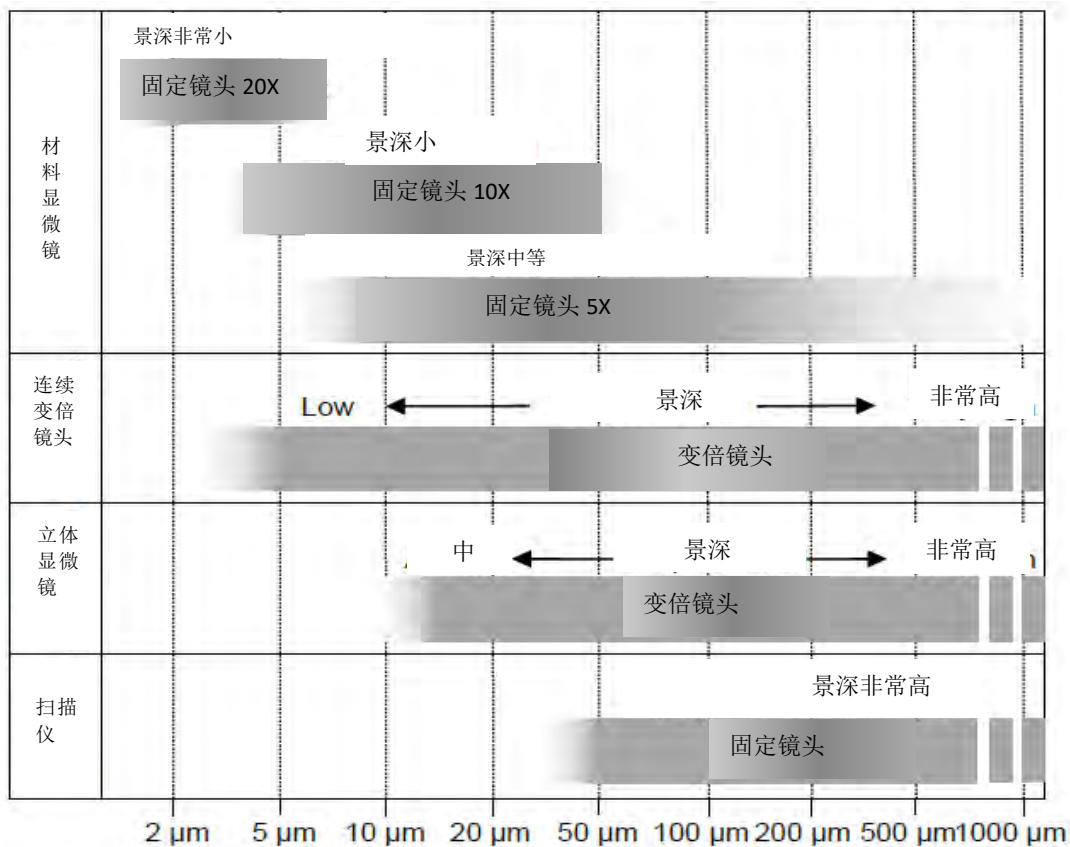
为确保准确颗粒尺寸测量准确性,颗粒的最长长度上至少排列 10 个像素。在标准分析中,规定最小测量的颗粒长度从 50um 起,所以分析时系统像素精度最好是 5 微米/像素以上。

决定颗粒准确性的不止是摄像机成像像素和单个像素尺寸,设备的光学成像镜头也是决定成像的重要因素,例如,显微镜的镜头或镜头设置(变倍等级)直接决定了仪器的光学分辨率和景深。图 8-3 例举了不同设备的景深和对应准确分析颗粒尺寸的范围的能力。

选择的光学放大倍率越高,像素尺寸越小,能精确测量尺寸更小的颗粒。但是,随着倍率越来越高,成像景深也越来越小,测量小颗粒时如遇到大颗粒,就会难以测量。因此,在高倍率且浅景深情况下,必须考虑通过 Z 轴方向自动纠正补充,来确保分析滤膜的准确性。

**注:**另外,在放大倍数较高时,相同视场下采集图像数量增多。分析时间以及待处理/存档的数据量因而也会增加。

在选择放大倍数时,应在较高的光学分辨率与良好的景深、较短的测量时间与较少的数据存储量之间确定一个最优方案。



针对颗粒大小范围推荐的适用值

|        |             |
|--------|-------------|
| 景深:非常小 | 1-10 微米     |
| 小      | 10-50 微米    |
| 中      | 50-100 微米   |
| 高      | 100-1000 微米 |
| 非常高    | >1000 微米    |

图 8-2:针对颗粒大小范围推荐的适用显微镜及放大倍数

**注:**与体视显微镜类似,连续变倍显微镜或显微镜均具有一个放大倍数可变的变焦镜头。使用体视显微镜时,观察者的眼睛可在不同的角度下通过一个镜头观察试样(视差)。这样,通过窥视孔观察时可对试样产生非常直观的印象。若将体视显微镜用于自动化测量,应对摄像机的光路进行导向,确保不会出现视差或需要进行修正。连续变倍显微镜的分光路器把原本要送至双眼的光路直接送至摄像机。纯视频变焦显微镜省去了窥视孔,摄像机仅有一个光路,图像仅可在显示器上观察到。

测量非常小的颗粒（标准分析范围以外）时，如 5 或 15 微米。可以不采用 10 倍像素的标准，仅采用 5 倍像素大小显示颗粒。

成像比例尺[ 微米/像素 ]

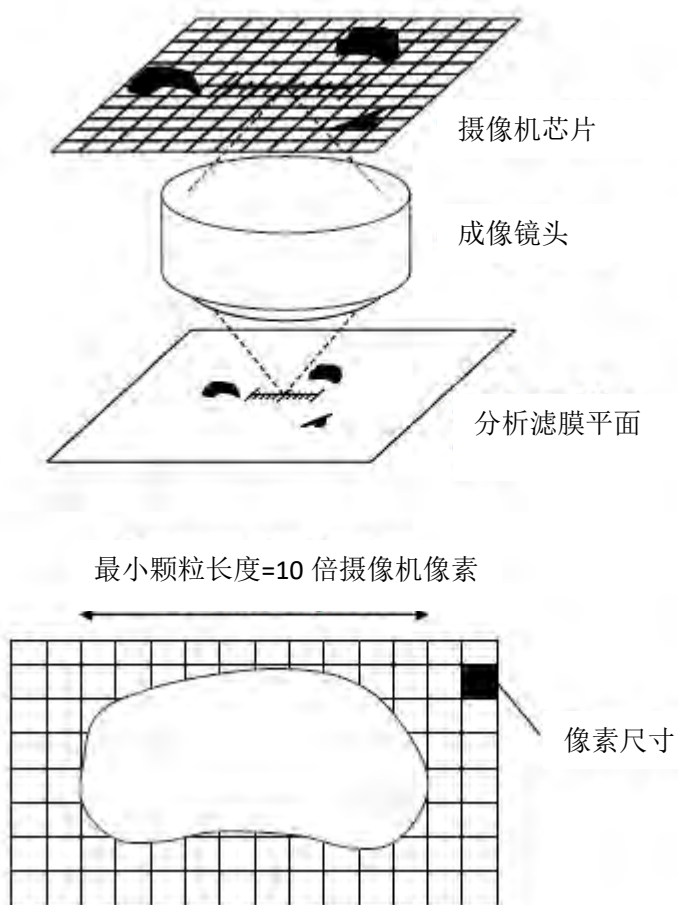


图 8-3：光学图像的像素分辨率

根据此前的说明,应用光学方法有效确定颗粒尺寸分布时,滤膜应准备充分、颗粒不得过密且分布均匀,滤膜上的颗粒不得互相接触或叠加可能无法避免特殊情况的存在,需要手动后期修正)。分析滤膜是否具有可分析性的依据是颗粒在滤膜上的百分比。针对应用光学分析方法的用户,显示并记录该值作为辅助。根据二值化(参见下方)属于颗粒所有类型)的所有图像区域,均属于滤膜上的颗粒百分比范围。该值不仅与清洁度要求中的颗粒大小有关,还与滤膜区域内的所有像素有关。关于滤膜上颗粒百分比的其他信息请参见章节 7.6 滤膜覆盖率的检测。

在**采集颗粒数据**时,图像处理软件将图片的特定区域定义为颗粒,其他区域属于滤膜的背景。为此,通常将图像的整个亮度区域按照灰度值等级由黑至白划分。针对颗粒分析共创建了 256 个灰度等级。若特定灰度值图像中的像素数超过了灰度值,则会采用直方图”显示,如图 8-4

在设定图像亮度、直方图的形状和位置以及设置对于区分颗粒/背景非常关键的一个或两个阈值(二值阈值)时,需要应用其他条件,以改进分析结果的可对比性。在此需要区分两种情况,即采用偏振镜的光学显微镜和未采用偏振镜的扫描:

**1. 采用偏振镜的光学显微镜:**光源照射至分析滤膜前,首先通过一个偏振镜,使光线产生线性偏振,光线从被测物反射至物镜时,会穿过第二个呈  $90^\circ$  旋转的偏振镜(检偏镜),交叉偏振镜组会过滤金属反射,使其呈暗色。因此识别颗粒需在交叉偏振位置下。亮度值调至滤膜的最大背景亮度值的  $55\% \pm 5\%$ (通过调节光源亮度相机曝光时间,或类似方法),所有图片上的相关信息(暗色颗粒)均在此最大灰度值左侧。

2. 设定二值阈值为相对灰度值分配最大值的 70%，参见图 8-4。该灰度阈值左侧的结构属于颗粒部分。

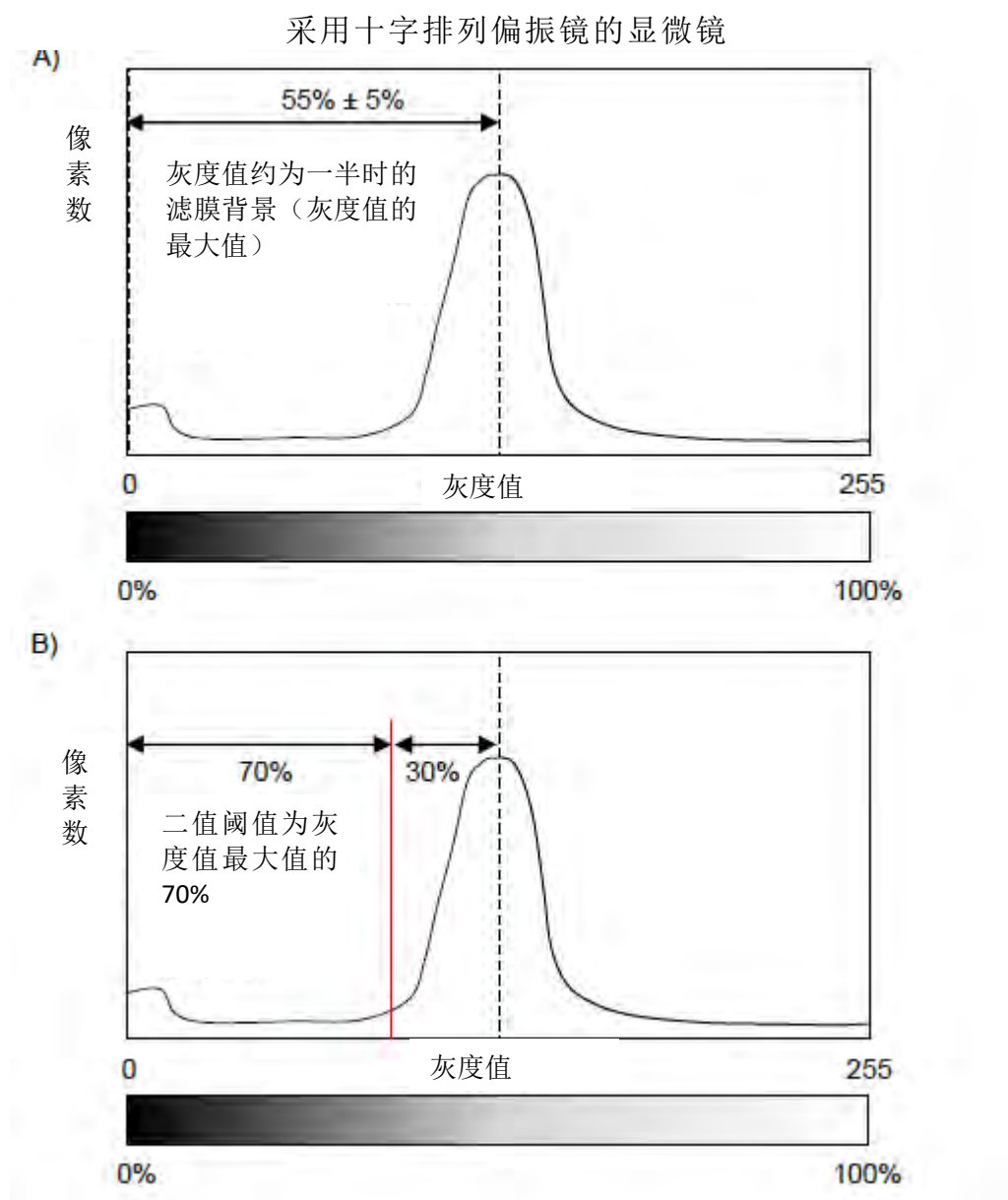


图 8-4：采用偏振镜的光学显微镜的图像亮度与二值阈值的设置

2. 未采用偏振镜的扫描与采用十字排列偏振镜的图像不同, 未采用偏振镜的图像的相关信息位于直方图最大值的左右两侧, 即将试样结构的暗区与亮区作为滤膜背景。针对扫描系统设定图像亮度, 使直方图的最大值为整个亮区的 50%。

为采集颗粒数据, 应相对灰度最大值设定两个二值阈值, 一个为 70%, 另一个为 145%(参见图 8-5)。左侧灰度值阈值的左侧、右侧灰度值阈值的右侧的结构属于颗粒部分。滤膜背景的中间区域看似已被“隔离”。

与采用十字排列偏振镜系统相比, 该方法的缺点是亮区与暗区的颗粒往往会被分隔开, 因为在颗粒内部由亮区向暗区过渡时, 滤膜背景的亮度区域(隔离的区域)会出现交叉。如图 Fig. 8-中所示, 颗粒由于图像处理的方法(放大和缩减)会被再次封闭。图 A)中所示为带有亮点和暗点的颗粒样本, 灰度过渡在图 B)根据二值化分为三个独立的区域。在第一个放大步骤中首先将颗粒的原始亮度区域放大一个像素 C)。在第二个放大步骤中将所有颗粒区域放大一个像素, 分开的结构采用相同幅度的放大倍数 D)。现在由于颗粒的整个轮廓变大 E), 其在缩减步骤 F)中缩小一个像素, 产生此后用于测量的颗粒结构 G)。

**注 1:**在应用这种连接隔离颗粒的方法时, 可能存在紧邻、但物理上分隔开的颗粒连接到一起可能, 导致数量和尺寸出现错误。还可将颗粒内部的结构相互连接, 在最糟糕的情况下可能导致几何结构和尺寸发生变化

**注 2:**由于扫描采用定向照明, 在对编织滤膜进行分析时可能出现织物细丝上出现反射的情况, 从而被误作为(较小的)浅色颗粒。通过适当的方法(去斑”), 可确保此种干扰信号反射光不会被视作颗粒。

扫描仪（未采用偏振镜）

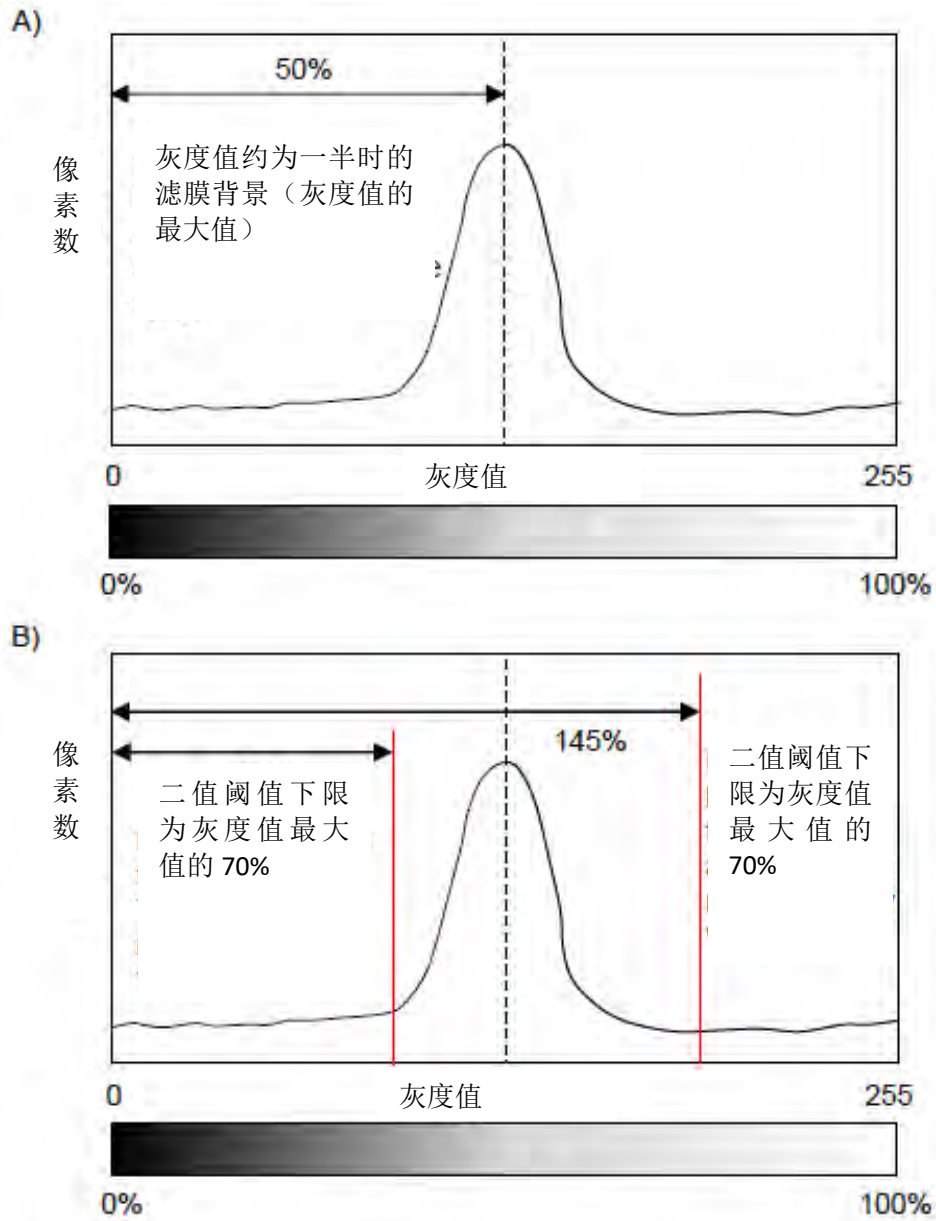


图 8-5：未采用偏振镜的光学扫描系统的图像亮度与二值阈值的设置

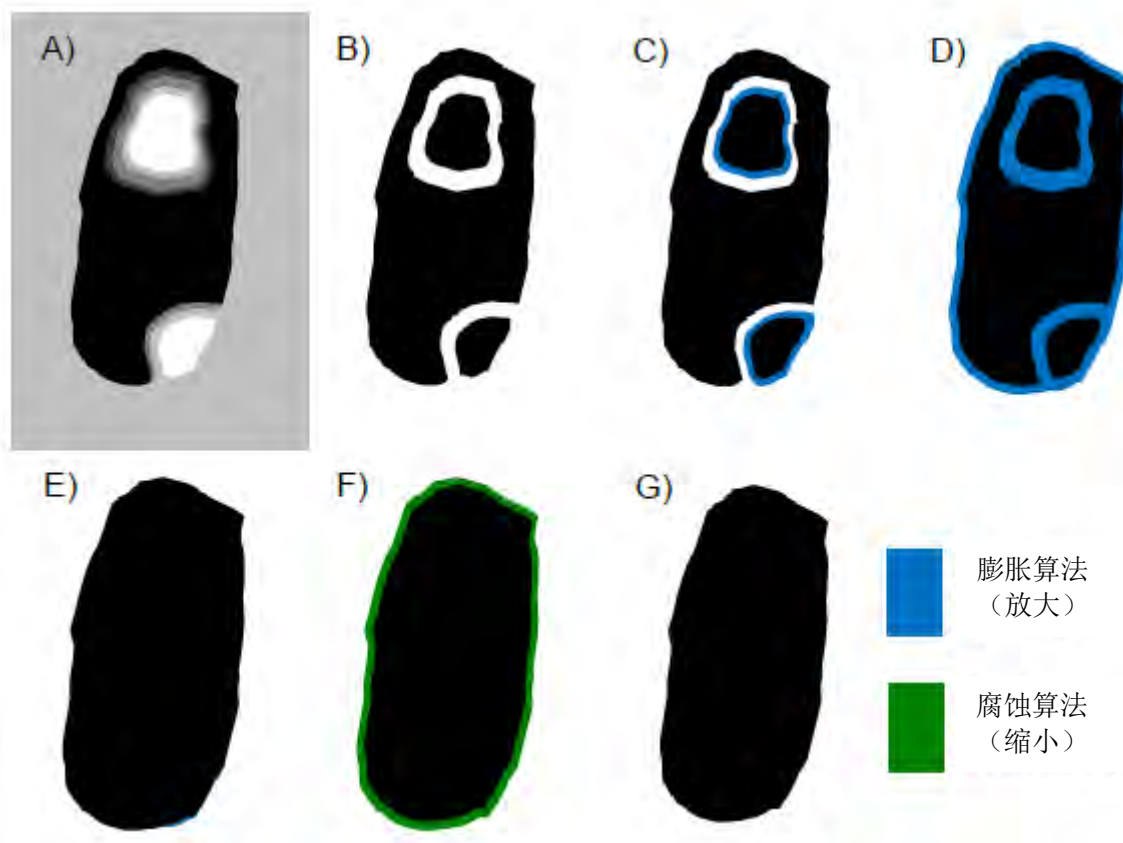


图 8-6：通过放大和缩减来连接分隔开的颗粒结构

在标准光学分析的框架内，可进行以下**颗粒尺寸测量和分类**

1. **颗粒长度**：根据以下图示，测量颗粒两端两根平行线之间的最大垂直距离，在图像处理中称为  $Feret_{max}$  长度数据相当于颗粒的“最差情况-损伤可能”，该颗粒在汽车系统内可跨接一个颗粒位置，如电子系统的触点间距。

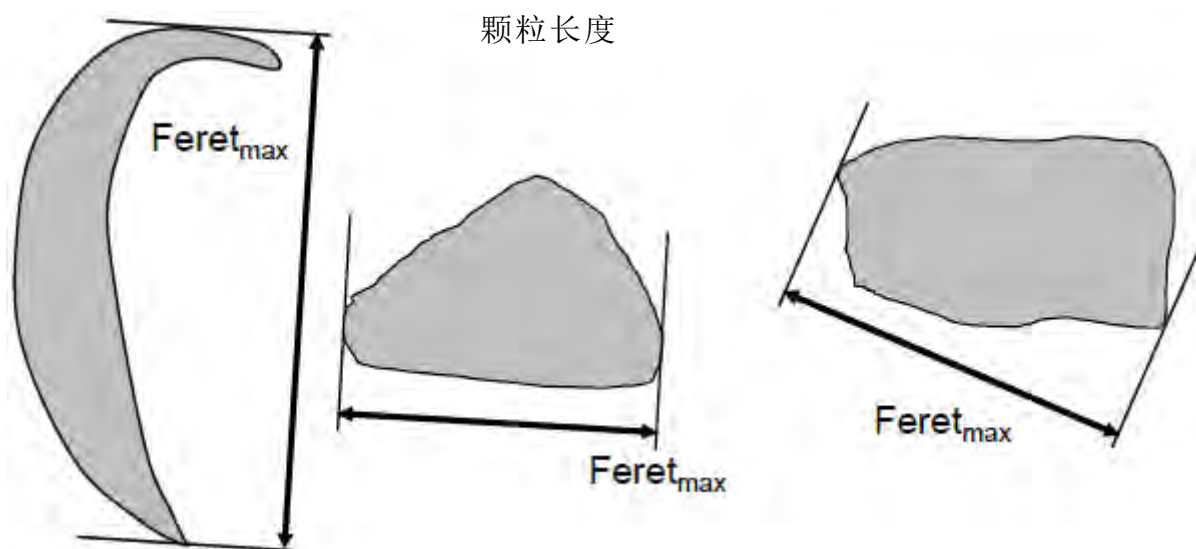


图 8-7：颗粒长度的定义，作为  $Feret_{max}$  直径

**颗粒宽度：**根据以下图示，测量颗粒两端两根平行线之间的最小垂直距离，在图像处理中称为  $Feret_{min}$ 。从损伤可能的角度考虑，该值相当于相应宽度的颗粒可以通过的通道的宽度。

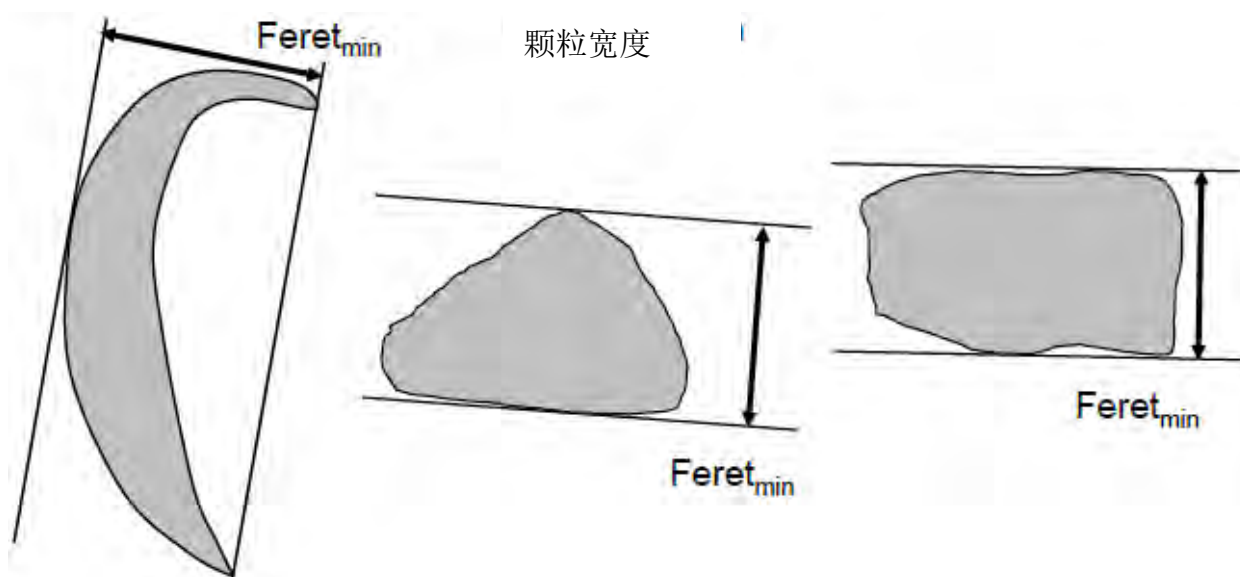


图 8-8：颗粒宽度的定义，作为  $Feret_{min}$  直径

**注:**确定 Feret 长度和宽度时,测量的准确性与两根平行线围绕相应颗粒旋转的角度有关,用于确保最大或最小位置。每次旋转的角度应 $\leq 5^{\circ}$ 。

附录 8.2.2.1 中对其他两个颗粒宽度进行了说明,这两个宽度在标准分析范围内属于可选数据。

2. **纤维的定义及测量:**在所有生产和实验室环境中,只要有人员进入就会从衣物上带入纤维,并在之后的产品清洁度测试中被找到。材料纤维普遍很长,但对技术系统功能上的影响甚微,因此需重视将其从实心的、有潜在损伤风险的颗粒中区分出来。

纤维结构分类的几何标准为

---- 拉伸长度/最大内切圆直径 $>20$

---- 通过最大内切圆测量的宽度 $\leq 50$  微米(参见附录 A8.2.2.1)

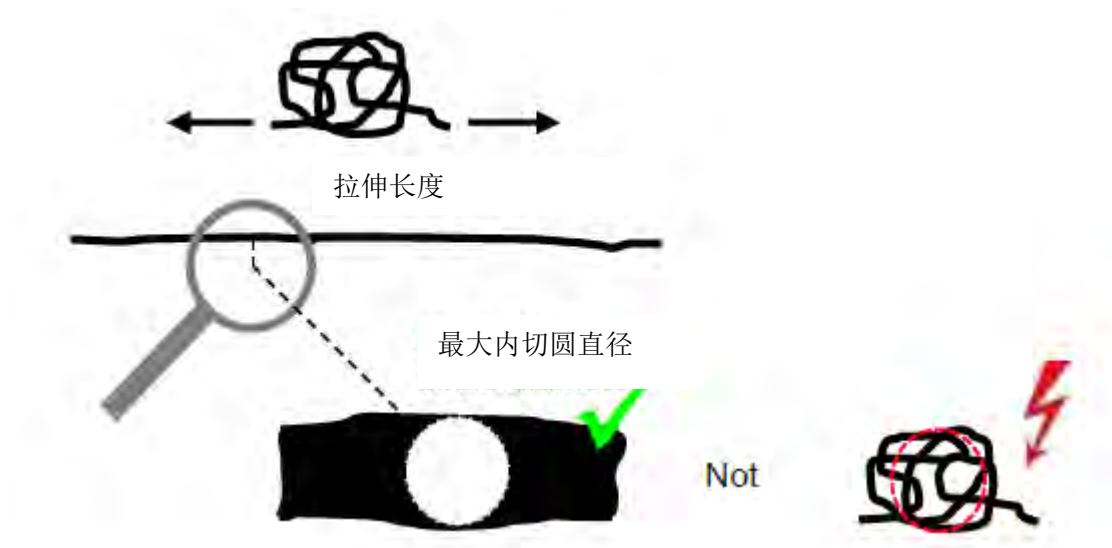


图 8-9: 纤维的分类

纤维长度的测量可以采用两种方式。与任意其他颗粒的长度相同,首先通过  $Feret_{max}$  说明纤维长度。

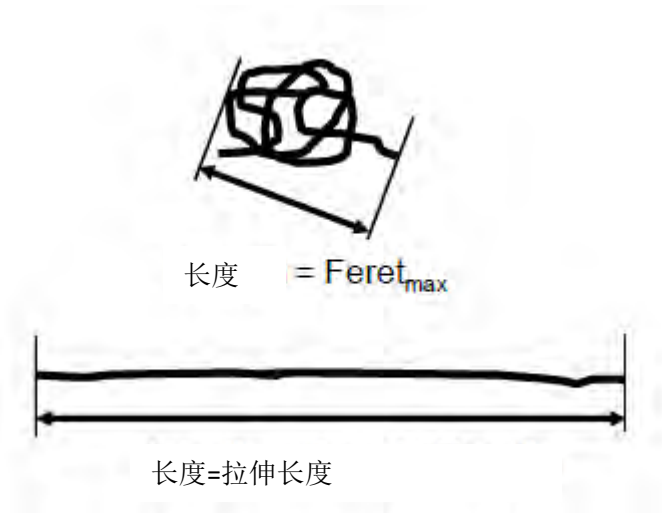


图 8-10：纤维的测量

相比其他类型的颗粒,材料纤维不以固定形态出现,在滤膜上出现时,其方向性、位置度、卷曲和打节的程度都是随机的。故难以采用常规的  $Feret_{max}$  长度去定义此类颗粒。因此,采用“拉伸长度”进行替代。该长度可采用图形处理软件进行自动计算。

**注意:**必须在所有手动修正、校准和/或确认重新计算这一步骤后,才能计算并保存拉伸长度。反之,只有先使用同样尺寸标准对两者进行测量和记录,才能判定是纤维还是颗粒。

**3. 金属光泽颗粒的分类(可选):**金属颗粒在确定技术清洁度时非常重要:首先,金属是生产与功能相关的系统的核心材料,因此很多试样的加工或装配工艺会产生大量的污染物颗粒;另外,由于金属的特性(例如硬度或导电性)在众多应用中对功能非常重要。

金属颗粒只能通过其他的方法进一步进行分析判断。无法通过常见的光学显微镜进行分析。因为不同的金属和来自不同生产流程中产生的金属颗粒,具有不同的光学外观。所以,不同颗粒的光学形态在颜色、亮度、表面形态结构,形状和色均度方面都有显著差异。

即使这样,许多金属颗粒都能呈现一个共同特征:在被呈现颗粒的表面不是很明亮,且(表面)被氧化或表面被油烟等其他污染物包裹时,仍呈现部分金属反射或金属光泽。此特征被用来支持判定。

金属表面自由移动的电子是产生金属光泽的原因。判定这类颗粒时,会分析并比对两张图片。一次分析的是两个偏振镜在十字交叉位置时拍摄的图片,用来识别并呈现全部颗粒(偏振光图像),另一次分析是两个偏振镜在平行位置或偏振镜不介入时拍摄的图像(非偏振光图像)如果反光颗粒物(其阈值接近或等同白色阈值)在非偏振光图像和偏振光图像下被识别的形态一致,并且在偏振光图像下显示深色,则此类颗粒可以被定义为具有金属光泽。如果其深色数值在灰度阈值当中接近于黑色时,可以非常明确的区分出具有金属光泽的颗粒和具有其他光泽的颗粒。

对于未采用偏振镜单元的扫描仪,从技术上来说,无法应用偏振光图像和非偏振光图像对比的分析技术。但明亮的反射(颗粒上局部区域的反射其阈值接近或等同于白色阈值)可以被用来预分析带有金属反射的颗粒。然而,会因此产生风险,即把具有其他类型明亮反射的非金属颗粒识别为带金属反射的金属颗粒。已经有许多设备对金属和非金属颗粒进行标准化定义并设置相应的分析参数。在本次出版的 VDA19.1 中,仍未对下一部分进行标准化定义:

- 光学镜头类型
- 倍率角度或便被倍率
- 光源的准确几何形状
- 定义金属光泽的标准分析程序和分析参数设置
- 特殊金属颗粒定义的设置和特殊颗粒的定义

因此,只有自动分析系统使用完全相同的系统设定、分析参数,其自动分析后得到的金属颗粒的结果,才具有完全的可比性。

虽然金属光泽分类在很多时候会遇到各种各样的限制,但属于一种非常实际的辅助手段,为了将其用于金属清洁度的分析和清洁度规范的检测,应向光学分析系统的用户操作人员说明以下各项并要求其遵守

---- 检测清洁度实验室试样在例行工作中检测到的金属颗粒是否可通过相应所用的系统和根据相应的设置参数定义为金属光泽颗粒。需要时,可以通过其他分析方法进行预检

---- 自动分析设备的分析结果,可由有资者操作者进行手动再确认,或对颗粒进行重新判断和归类。

## 再确认

即使分析滤膜制作的很好,且滤膜上的颗粒没有堆积或过于靠近(参见 A. 7. 7),也不可避免的因为光学或技术限制而产生误判现象。

---- 颗粒表面部分区域与滤膜背景的亮度相同,颗粒会被割裂成多个颗粒。

---- 许多颗粒相互堆叠后,被识别成一个颗粒。

---- 颗粒性质误判。

**注:**颗粒性质的误判,可能是由于不同类型颗粒相互堆叠造成的。例如,一个小的金属颗粒压到一根纤维上,此时,这根纤维和金属颗粒整体都会被判定为金属颗粒。

由于可能存在此类错误,光学自动化清洁度分析的结果应由一名经过相应培训的操作人员进行后续检测。分析系统应可将分离开的颗粒相连接、将相互接触的颗粒分离开,并重新进行分类。

在后期检测后,应再次对颗粒进行分析,如采用较高的放大倍数、不同的照明灯或其他对比方法进行观察,以便检测测量或分类是否正确。由于原理限制,对于光学显微镜、平板扫描无法进行此项操作,此时仅可以较高的变焦倍数观察图像。

所执行的后期处理步骤应由分析系统归档并保存,以便此后追踪。

## 材料和专业设备

1. 光学系统,如材料显微镜、变焦显微镜、体视显微镜或平板扫描等,其部件或特征符合“**标准光学分析框架内颗粒的采集、测量和分类**”节中的说明。

2. 入射光照明:执行自动化测量时,需要在整个视域及所有放大区域内提供均匀持久的照明,这一点非常关键。为避免对照明灯进行误调应将照明灯与光学分析系统固定连接。应避免反射光等产生的人为效果,如织物滤膜的细丝产生的反射光。

视域照明时少许的不均匀情况可通过图片处理进行补偿(显微镜的明暗修正、扫描的白平衡或其他的亮度补偿(与颗粒相关的图片信息不得被其更改))。

3. 试样固定支架:在进行自动化光学分析时必须固定滤膜,使其在试样台移动时不会发生滑动。滤膜的所有区域及滤膜上的颗粒必须位于成像镜头的景深范围内。这对于精确成像和分析非常重要。

为此,需将滤膜张紧(与鼓膜类似)或使用玻璃罩夹紧。对于通过探头分析滤膜的平板扫描系统,需要使用玻璃片夹紧。

**注 1:**若滤膜在固定工装中未采用盖板,则周围环境必须足够清洁,确保分析期间不会有其他污物对带有特定尺寸颗粒或纤维的滤膜造成干扰。固定工装不允许遮盖住滤膜的有效区域。

**注 2:**若滤膜未使用玻璃罩夹紧,则在试样台移动期间大尺寸颗粒可能会发生滑动导致重复计算情况出现。

**注 3:**打开固定滤膜的盖片时,需要考虑颗粒可能会附着在盖片上,而没有留存在滤膜上。若将滤膜用于其他分析操作,则在此前进行分析时不应使用盖片,或将盖片上附着的颗粒使用实验室喷洗瓶非常小心的清洗至原来的滤膜上(真空吸滤器)

**注 4:**若滤膜带有透视区域,与较大织物滤膜的孔眼类似,则在进行光学分析时应使用与滤膜颜色和亮度相似的试样固定支架。否则存在将可透视的暗色区域误视为颗粒的可能。最简单的情况下,不透明的滤膜会位于织物滤膜下方。

4. 电机移动单元:针对定位轴的准确性,必须满足较高的要求:

---- 在进行自动化分析时,必须对有效的滤膜表面进行分析,不得遗漏参见附录 A8.2.2.2 和 8.2.2.3)

---- 必须重新对颗粒进行定位,以便手动后期检测(平板扫描由于结构限制无法实施)

定位准确性应位于最小颗粒的范围内

若试样台的移动路程足够大,则试样支架可固定多个滤膜,以便按照先后次序进行自动化分析过程(重要:聚焦面应超过水平间距)。

5. 摄像机:摄像机传感器像素数(平板扫描时为行扫描摄像机)必须根据放大镜头的光学分辨率进行调整,最小需测量的颗粒尺寸为 10 倍像素。

摄像机的光敏度对分析图像的影响与对照明亮度产生的影响类似摄像机必须采用规定的固定光敏度设置运行。调整亮度的自动功能必须禁用。

6. 图像处理:系统控制和图像分析所应用的程序必须满足一定的特性要求,具体请参见章节“**标准光学分析框架内颗粒的采集、测量和分类**”中的说明分析图像处理的其他软件过滤选项,如增强对比度或边缘锐化对于观察人员来说可能非常有用,但在标准光学分析中不得使用,因为其产生的影响往往无法复制。

## 操作步骤

以下程序需要根据相应光学分析系统的特性进行调整。

1. 准备检测所需的材料

2. 将滤膜固定在试样固定支架内。为此,需使用镊子将滤膜小心的从干燥容器或运输容器(如玻璃盘)中取出并进行相应的定位。操作时不应造成颗粒损失。若滤膜使用玻璃罩夹紧,则需检测盖片的清洁度,必要时进行清洁。

**注 1:**若将滤膜仅用于光学分析操作,不用于重量测量,则可以省去预处理过程。

**注 2:**与重量测量不同,在进行光学分析时必须将滤膜干燥,直至其重量保持恒定。因此,省去在干燥皿中的冷却步骤。原则上也可对潮湿的滤膜进行光学分析,但是可能存在湿气产生反射光的风险,或滤膜在显微镜中干燥后导致图像发生变化

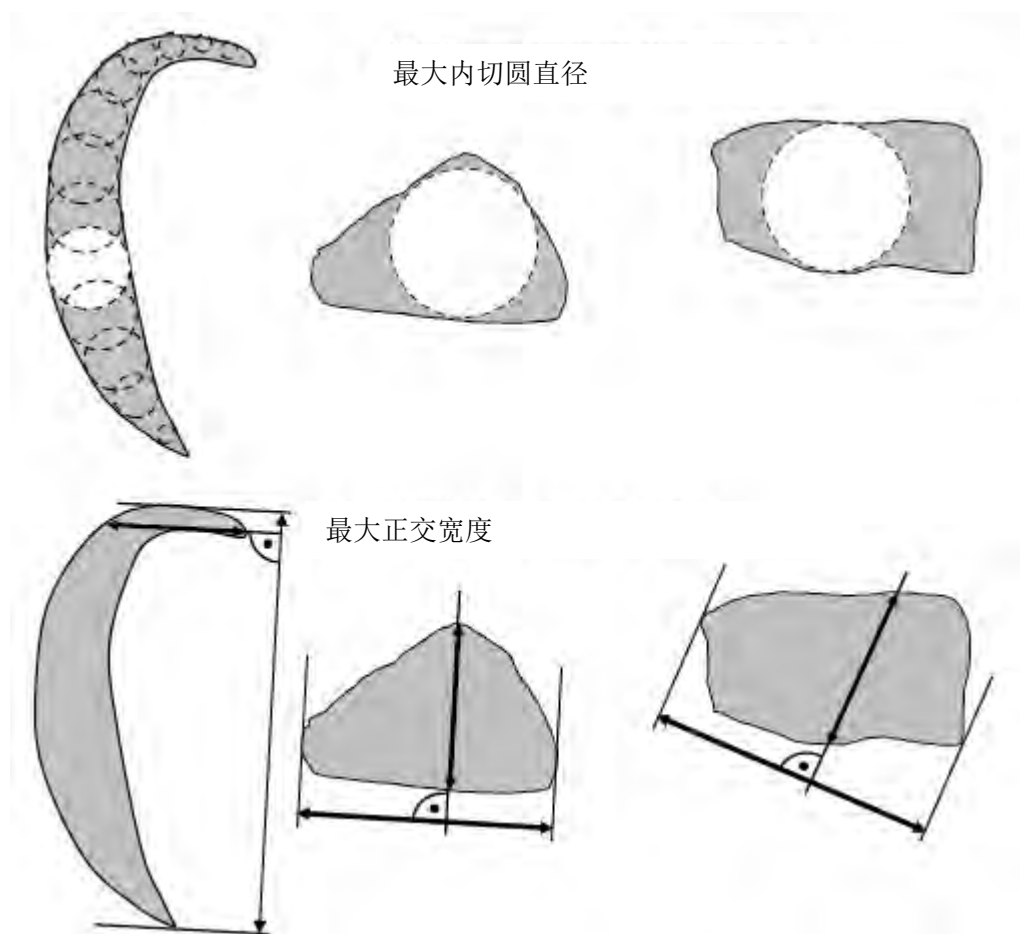
3. 将试样固定支架固定到试样台上(或将试样固定支架插入到平板扫描内)
4. 设置所有参数,包括照明(必要时考虑预热时间)。设置可由分析系统为手动执行和或(部分)自动
5. 必要时检测试样和试样台的平度
6. 需要时,成像镜头应聚焦在滤膜的表面上
7. 执行自动化分析操作
8. 根据“后期检测”章节对分析结果进行后期检测
9. 结果存档

## 文档

参见文档第 9 章和第 12 章的具体案例

## 附录 8.2.2 光学分析

### A8.2.2.1 标准光学分析框架内的其他（可选）颗粒宽度

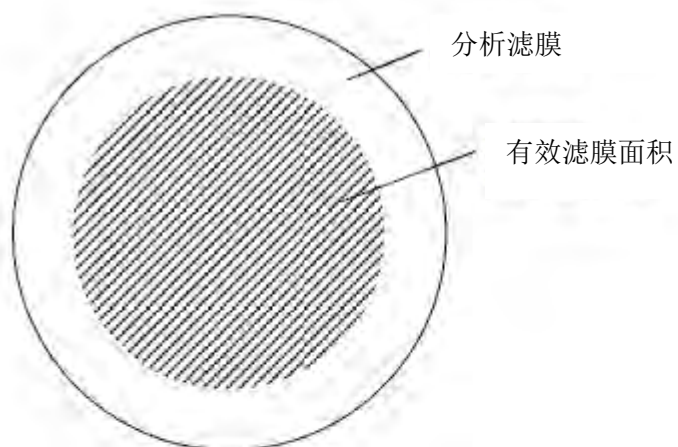


在标准光学分析的框架内，还可选择两个其他的颗粒宽度。

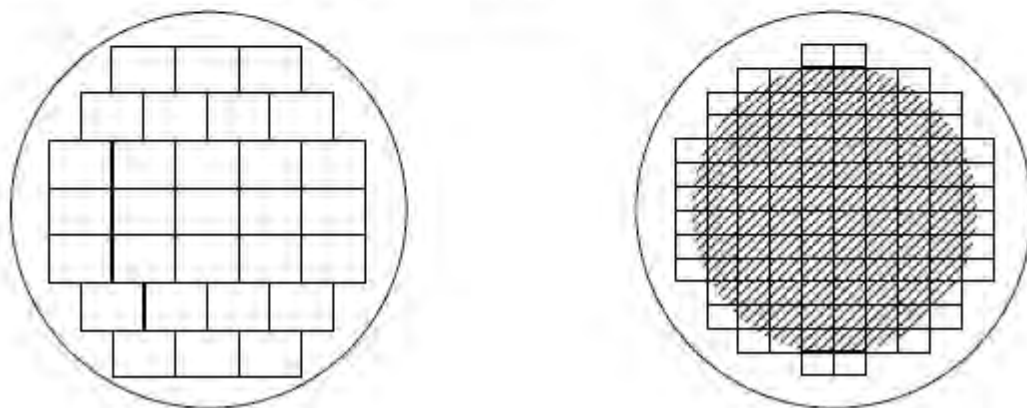
---- **最大内切圆：**从损伤可能的角度考虑，其相当于颗粒可通过的最窄通道。

---- **最大正交宽度：**其相当于垂直测量的最长长度，与损伤相关的尺寸无直接关联。

### A8.2.2.2 分析滤膜的概念



有效滤膜面积是指过滤时润湿并沉积有颗粒的表面。



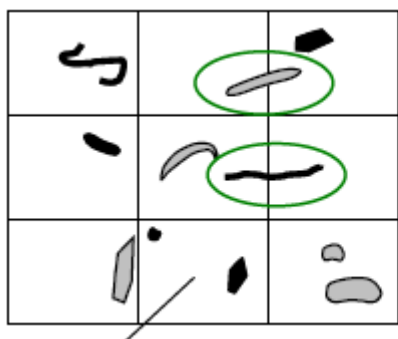
选择测量区域的位置时，必须分析整个有效滤膜面积。图示为两个显微镜网格，左侧为较小的放大倍数，右侧为较大的放大倍数。扫描在使用行扫描摄像机时会生成一个线格。

**注：**由于过滤流程或操作的不足，个别颗粒可能位于有效过滤面积之外。如有可能，也要把这些颗粒计算进去。

### A8.2.2.3 颗粒重组

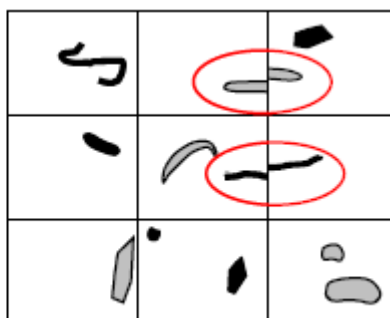
为避免颗粒位于视场之外，未被测量，重复测量或仅部分测量，光学分析系统必须能够对“边缘处的颗粒”进行结构重组，并对整个颗粒进行测量和分类。为此，需要结合图片分析与轴控制，以及采用精准的电动试样扫描台，并在试样台的轴与摄像机的轴之间进行准确的平行度调节。以下图示 b 为错误示例，这是摄像机与试样台移动轴之间未精确调整时出现的错误，或尺寸校准有误时出现的错误。

a) 正确颗粒拼接



单个视场

b) 错误的颗粒拼接



#### A8.2.2.4      校准与保养

对放大倍数进行校准时, 标定一级的特定长度单位(标定物比例尺)与标定图示的相应长度单位(摄像机传感器或整个图片或手动测量的目视比例尺)进行配对(参见图 8-3)

针对滤膜测量过程所用的所有放大倍数均必须进行校准。具有变倍功能的系统, 如体视显微镜, 放大倍数在规定位置必须可固定。

在进行简单的长度校准时, 必须使用标定物比例尺(带有刻度值的玻璃片)。

对自动化光学分析系统的其他基本功能进行检测时, 除正确的放大倍数外, 其还包括正确的自动化长度测量以及摄像机与试样台的对齐和视场的构成, 可以使用所谓的颗粒标准样件。这是一个玻璃托架, 托盘上有规定的颗粒几何结构, 包括完整的黑白对比。

所使用的标准样件应经过标定并且可追溯。

光学分析系统的可对比性通过具有理想几何结构和对比性的标准样件无法比对, 因为亮度设置与二值阈值无法确定统一。

### A8.2.2.5 光学分析的工作原理与极限

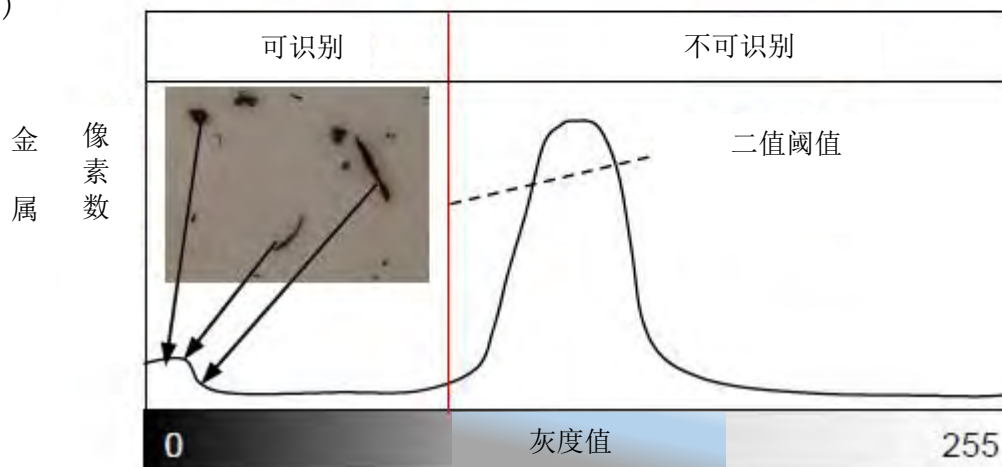
采用显微镜进行光学颗粒分析时,仅可对小于二值阈值的颗粒结构进行数据采集(相比滤膜背景的颜色更深)。

因此,为识别金星,会在设备上加入偏振镜组,偏振镜组在十字交叉排列时,金属颗粒上的反光会被过滤,该位置呈现暗色。通常以此方法来识别金属。

其他材料,例如:研磨材料、朔料和织物纤维等,通常具有广泛的光谱和亮度等级。因此,颗粒当中的明亮颗粒或明亮部位有时不能完全被识别。



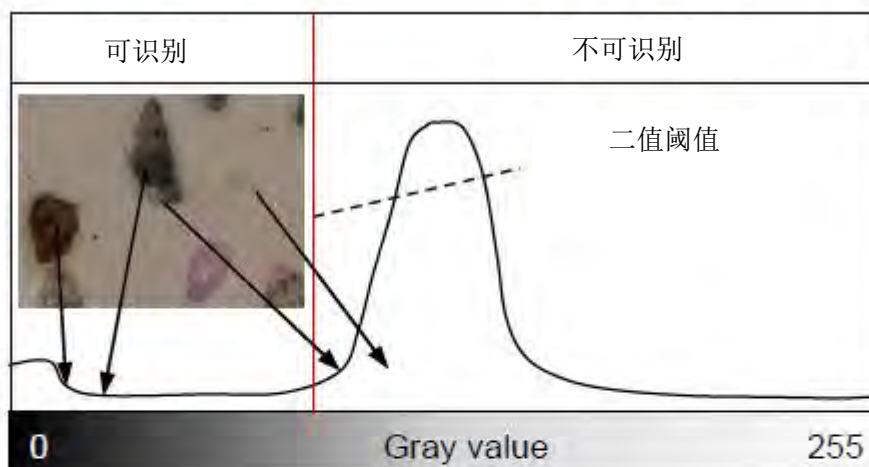
A)



B)

磨料

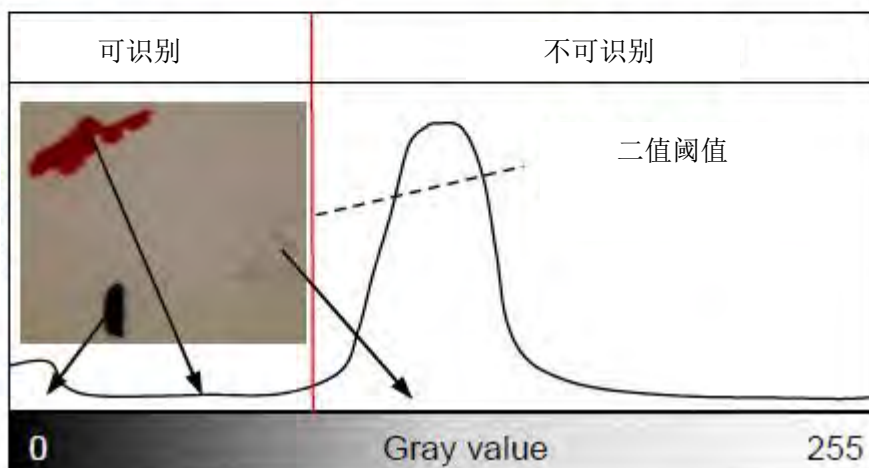
像素数



C)

塑料

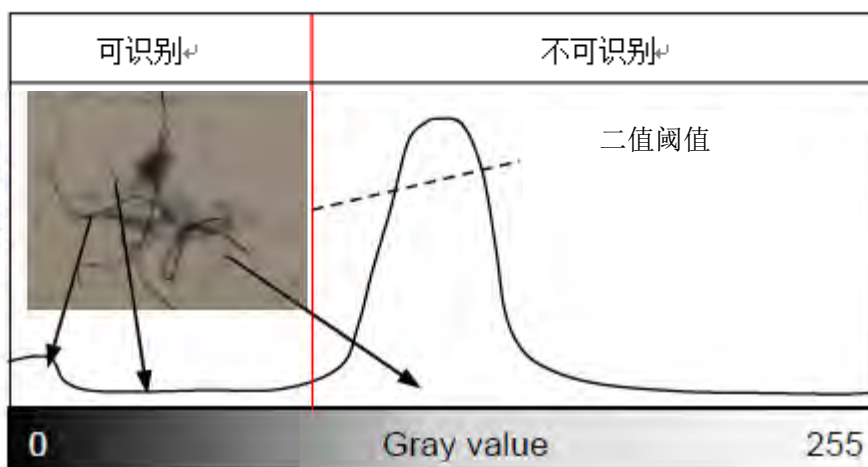
像素数



D)

织物纤维

像素数



### 8.3 其他分析

进行其他分析时,与标准分析相比,所应用的方法针对颗粒形状(第三规格)和/或颗粒材料方面提供更为详尽的信息。其他分析的方法用于在流程优化或原因查找框架内确定颗粒的来源。另外,在超过极限值时出现的反应范围内,其他分析可用于对颗粒产生的损伤可能性进行更为准确的评估,与标准分析方法相比更好。

若要求其他分析方法用于检测清洁度规范,则应在客户与供应商规范中规定并对应用的方法进行准确的参数设定。在应用进一步的分析时,分析成本与标准分析相比会明显增加。

“硬度”或“磨损性”等物理特征或其他材料特性的说明仅可通过进一步分析确定。多数情况下,标准分析框架内确定的金属光泽是金属及导电颗粒的特征。若需要准确确定颗粒的金属特性,则应采用深入分析方法。

#### 8.3.1 其他光学分析

##### 光学特征

对于颗粒的特征和分类,可在进一步分析的框架内利用其他光学特征,如形状特征、颜色、表面纹理等等。

##### 颗粒高度

##### 原则

在采用该分析方法时,需要通过显微镜镜头(T)的景深确定颗粒高度景深可简单的以所用波长(一般情况下可假设该值为550nm)与所用镜头的孔径(nA)之比表示。

$$T = \frac{550}{nA^2}$$

所用镜头的孔径会对分辨率及其景深产生影响。通常情况下,使用固定镜头时孔径会随放大倍数而增大。随着显微镜放大倍数的增大(25X→>5x→>10x→>20x),光学分辨率也会随之增加,而景深会减小,即区域内清晰显示同一平面内不同高度的结构(焦距平面)。

带有高分辨率固定镜头的显微镜系统在放大倍数超过 20X(通过窥视孔时的总放大倍数为 200 倍)时,景深会很小,不同高度的物体无法在同个焦距平面内成像。下方和上方的焦距平面可能存在差别。差值属于高度信息。

该方法的理论准确度与所用镜头的孔径有关,可采用 2 倍景深。

为确定高度,应首先确定颗粒下侧的焦距平面。之后镜头应沿 z 轴移动直至颗粒的上表面位于焦距内。

颗粒高度则为两个焦距平面的差值,或镜头沿 z 方向移动的路径。通过转轴斜度和 z 轴的步进电机可间接确定该值(参见图 8-11)

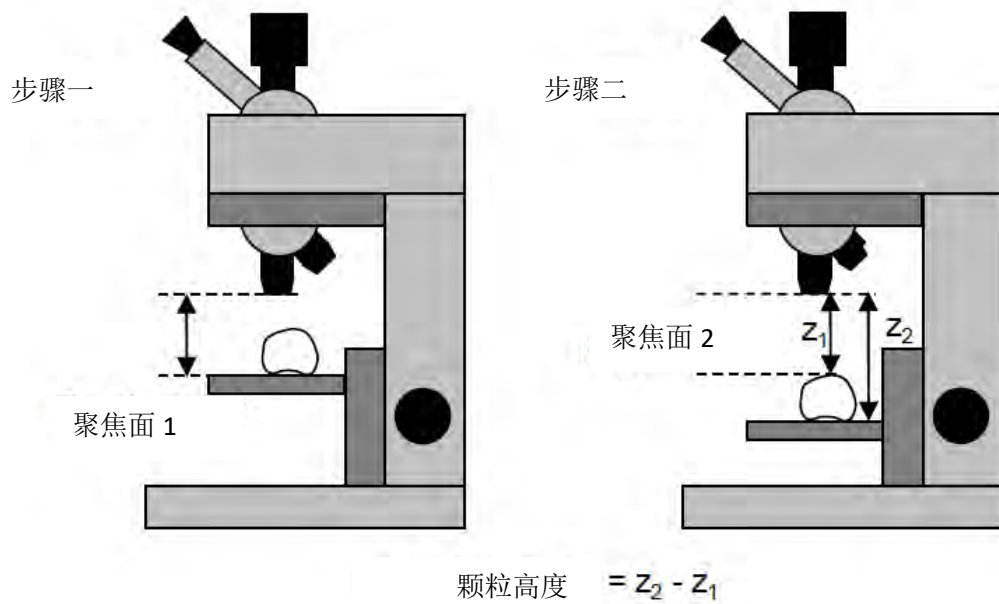


图 8-11: 颗粒高度确定的原理

**注:**为尽可能通过滤膜背景的焦点位置与颗粒最高点之间的差值确定颗粒的高度, 应将颗粒水平置于平面滤膜上。针对织物滤膜应确保颗粒没有渗入孔内, 进而导致高度测量值过小。

### 材料和专业设备

- 采用平行光路的光学显微镜
- 孔径 $>0.4$  的透镜通常相当于 20 倍放大倍数(窥视孔的总放大倍数为 200 倍)
- 高分辨率细焦点(分辨率在亚  $\mu$  范围内)
- 读取焦点位置的软件
- 滤膜固定支架, 无盖板

滤膜在过滤后不允许使用盖片覆盖, 因为这样颗粒会被压入滤膜内。

## 操作步骤

---- 通过低放大倍数的透镜进行一般分析, 如 2.5X 或 5x 确定颗粒的二维信息, 如长度、宽度、面积等。

---- 在扫描程序后, 可使用较高放大倍数的透镜 (孔径 $\geq 0.4$ ) 对临界值颗粒的高度进行确定。

---- 自动启动、选择和保存所需的颗粒

---- 较高放大倍数透镜的应用

---- 更改对比方法, 以更好的识别颗粒的形状

---- 聚焦在需分析颗粒附近的滤膜背景上

---- 由用户确认第 1 个焦点位置

---- 通过软件读取第 1 个焦点位置

---- 聚焦在颗粒的最高点

---- 由用户确认第 2 个焦点位置

---- 通过软件读取第 2 个焦点位置

---- 分析焦点位置, 以确认高度差

---- 在整个结果中确定高度差

## 文档

在分析报告中, 通过所用光学系统的名称应可明确得知系统的结构, 因为变焦系统通常不适用于此分析方法。

测定的结果可在分析报告单独的表格中填写。为预估测量颗粒的损伤可能, 除颗粒高度数据外, 还需要说明其长度与宽度。

### 8.3.2 SEM/EDX

#### 原则

SEM/EDX 分析是一个电子光学计数,扫描电子显微镜颗粒测量 (SEM) 和能量分辨 X 射线光谱 (EDX) 的组合方法。SEM/EDX 分析也可手动对单个颗粒或者在光学显微镜之前选择的颗粒进行分析,前提是颗粒坐标已在 SEM/EDX 系统中给出。通过颗粒分级和材料分级对应的颗粒大小可得出一些失效原因或者颗粒来源。其中材料分级是由化学组成推导而来的。

为了确保像光学分析一样所有单独临界颗粒全都包含在内,要对整个膜片面积进行计数。

**注:**对于监控应用,为确定较小颗粒尺寸通道内较多数量的颗粒,可仅计算部分该尺寸的滤膜,并对整个滤膜的颗粒数量进行推算。采用这种方式时,应在计算区域内选择具有代表性的颗粒状态。

与光学分析相同,准备充分的滤膜应无颗粒叠加,是进行正确采集、测量和分析的前提条件。

在 SEM 中采集和显示颗粒的基础是材料对比度,这一对比度是由化学元素的背散射电子的不同强度产生的。

**注意:**探测原理基于不同的对比度,采用光学和网格电子显微镜获取的分析结果无法进行相互比较。

具体哪些图像区域可视为颗粒、哪些属于滤膜背景,需要通过一个阈值(二值阈值)确定,与光学分析相同。根据 SEM 中不同的对比度,含碳的滤膜背景会呈现暗色;若颗粒中所含元素比碳重,则会呈亮色(颗粒中的元素越重,颜色越亮)。

在颗粒相对应图示的位置处,有一个 EDX 线谱。X 射线谱中线条的能量位置属于化学元素的特征。对线谱进行分析时需要确定相应元素的数量其结果可用于推算检测颗粒的化学组成。为正确确定颗粒的整体特征,EDX 分析时的电子束不允许停留在颗粒的某一个位置处,而应对颗粒进行彻底的扫描,具体如下图所示。

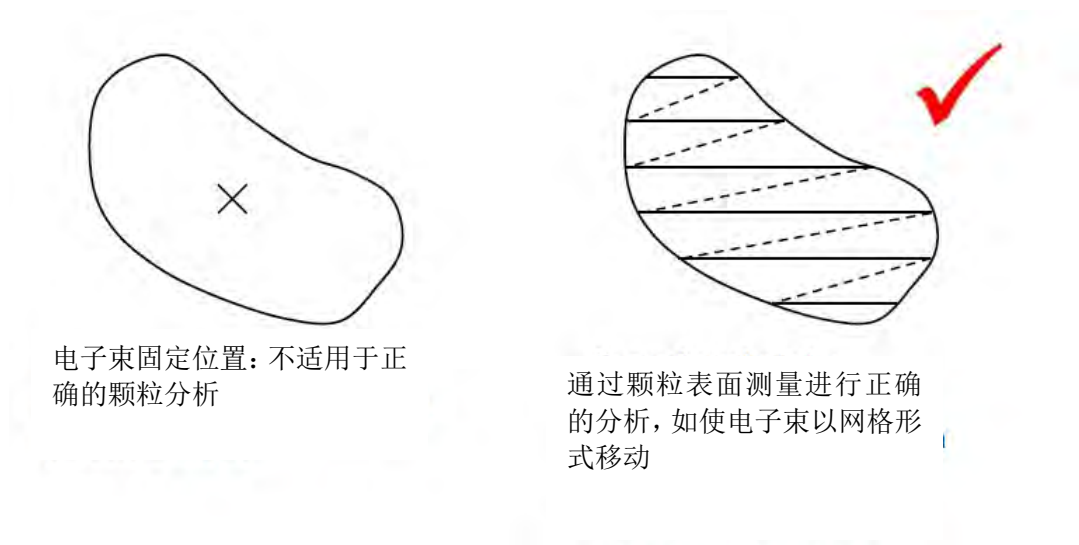


图 8-12 EDX 分析时的电子束移动

对数量进行正确的测量时,必须遵守极靴下缘与试样表面之间的设备专用工作距离(通常在 10 至 25mm 之间)。

**注:**由于通过 SEM/EDX 进行颗粒自动化分析时会分析非常多的颗粒,所以会在每个颗粒一秒或几秒的范围内选择 EDX 分析时间,以便在 X 射线衍射要求的计数速率与尽可能短的分析时间之间达到平衡。确认元素分析结果时,应可在全自动化分析后可重新对颗粒进行处理,采用较长的测量时间和较多的 X 射线衍射对分析结果进行验证。

**测量极限:**颗粒与特定材料等级的配对仅可通过元素组成完成。若 EDX 射线分析仪采用限定的能量分辨率,部分情况下可提高测量的准确性。

有机滤膜的材料与背景的对比度缺失, 较难探测有机颗粒。通常可探测到有机物, 不过通常由于碳含量较高, 无法进行进一步的分类。塑料属于特殊情况, 其除碳、氮和氧元素外还含有其他元素, 与卤代合成材料类似 (PVC 中的氯, PTFE 中的氟)。

**注:**通过金属滤膜上的准备工作, 可对有机物、合成材料、氮化硼和碳化硼进行测量及计数。

## 材料和专业设备

- 网格电子显微镜:
  - 可调节真空度: 通过真空腔室内的剩余空气分子可将电荷移走, 这些电荷通过电子束进入到试样中。低真空设备试样喷射或喷涂操作也可取消。
  - 自动化 xy-台
  - 用于固定一个或多个滤膜
  - 背散射电子分析仪 (BSE), 用于拍摄图像
  - 恒定的束流 (每小时的波动 < 1%)
- X 射线分析仪, 带有分析元素的分析系统 (EDX 系统) 按照要求: 颗粒粘结剂, 用于使颗粒附着到滤膜上并移走电荷 (若颗粒带电, 则由于静电作用力或导致图像错误或颗粒 “跳跃”, 导致颗粒在分析中消失或重复计数)
- 针对分辨率、图像组成和颗粒结构重组以及需测量颗粒规格的要求适用于光学分析系统相同的规定。

## 操作步骤

以下程序需要根据 SEM/EDX 系统的特性进行调整。

- 按照要求:使用适当的颗粒粘结剂将颗粒固定到滤膜上。若应同样进行重力测量分析,则允许在重力测量后使用颗粒粘结剂进行固定。
- 将滤膜插入至 SEM/EDX 系统内,并将工作腔室的压力调整至稳定的工作压力。
- Z 位置:调整试样台的高度时,应使滤膜在系统内处于正确的工作距离。
- SEM 的加速电压应根据标准调整为 20kV,用于元素分析。这样,分析时可应用 x 射线光谱范围,其可对 x 射线进行有效分离,并对元素进行区分。对于特定的试样而言,可能需要采用文件记录的其他加速电压
- 分析所用的射束可根据试样的兼容性、EDX 分析仪的计数速率和每个颗粒希望达到的分析时间进行调整。
- 必要情况时:加热阴极,以产生稳定的射束
- 调整 RE 图像的亮度与对比度时,必须探测所有相关元素并充分利用图像处理的动态区域
- 开始自动化分析

## 文档

参见文档第 9 章

## 附录 8.3.2 SEM/EDX

### A8.3.2.1 材料分级

为将探测到的颗粒按照材料组进行分级，SEM/EDX 系统必须能够进行必要的配对关联工作。下表含有特定元素组成百分比与材料等级的配对示例。

| 材料等级                  | 元素        | 百分比           |
|-----------------------|-----------|---------------|
| <b>Steel A</b><br>钢 A | <b>Fe</b> | <b>&gt;95</b> |
|                       | <b>Mn</b> | <b>&lt;1</b>  |
|                       | <b>Si</b> | <b>&lt;1</b>  |
| <b>Steel B</b><br>钢 B | <b>Fe</b> | <b>&gt;85</b> |
|                       | <b>Cr</b> | <b>&lt;10</b> |
|                       | <b>Ni</b> | <b>&lt;5</b>  |
|                       | <b>Mn</b> | <b>&lt;1</b>  |
|                       | <b>Si</b> | <b>&lt;2</b>  |
| <b>Steel C</b><br>钢 C | <b>Fe</b> | <b>50-80</b>  |
|                       | <b>Cr</b> | <b>10-40</b>  |
|                       | <b>Ni</b> | <b>0-15</b>   |
|                       | <b>W</b>  | <b>1-10</b>   |
|                       | <b>Mo</b> | <b>1-10</b>   |
|                       | <b>V</b>  | <b>1-10</b>   |
| <b>Brass</b><br>黄铜    | <b>Cu</b> | <b>20-80</b>  |
|                       | <b>Zn</b> | <b>20-80</b>  |
| <b>Bronze</b><br>青铜   | <b>Cu</b> | <b>20-80</b>  |
|                       | <b>Sn</b> | <b>20-80</b>  |

所使用的材料分级应根据已知材料试样的分析进行验证(如零件制造流程中的典型合金)。

**注:**按照要求,可汇总不同的材料等级,如根据物理特性(导电性、硬度、磨损性)

#### A8.3.2.2      校准

对 SEM/EDX 系统应每年一次校准或在较大的干扰后进行校准 (SEM 长度测量、EDX 能量测量)。

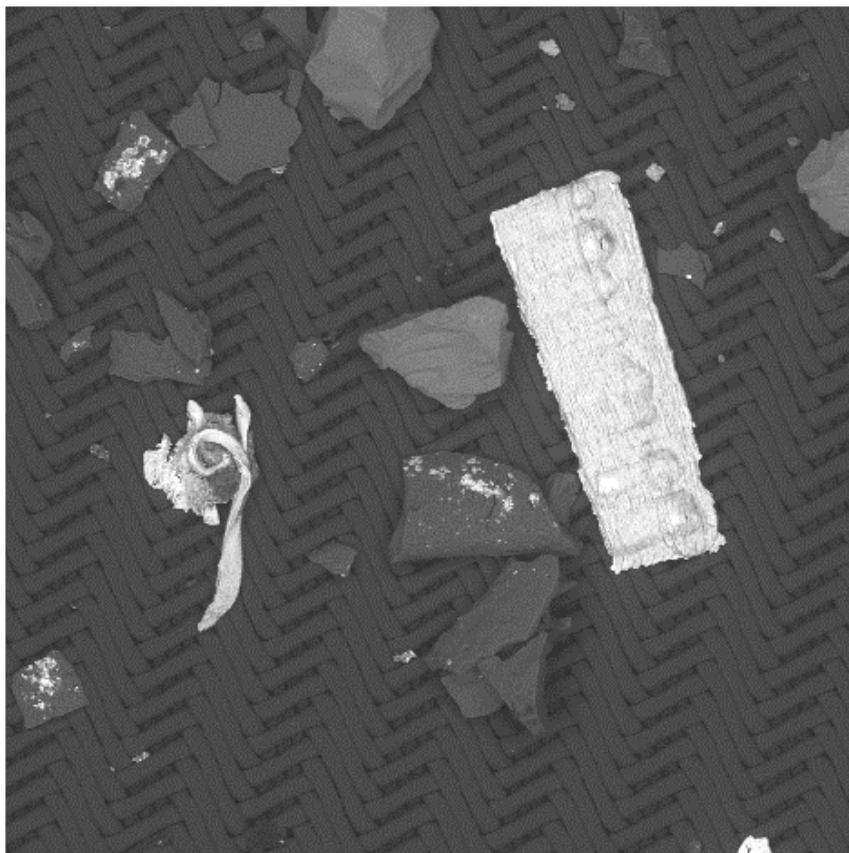
#### A8.3.2.3      保养

所有位于 SEM 真空系统内的部件, 如试样腔室、分析仪等, 在对试样排气和或腔室压力较高时很可能会被污染。这些部件应根据规定的时间间隔或在图像质量发生变化时进行清洁。

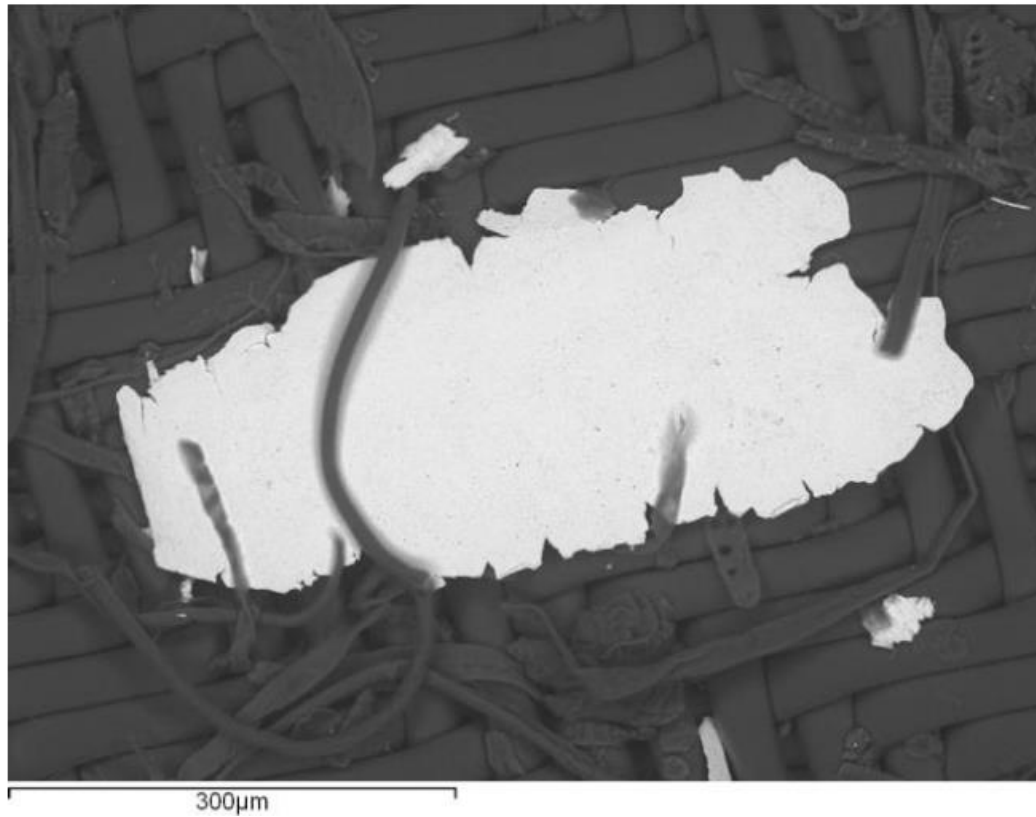
出现老化或磨损的部件, 特别是阴极等电子部件, 在需要或制造商要求时进行更换。

#### A8.3.2.4      材料对比和滤膜涂覆颗粒

与光学系统不同, 图像中的亮度对比不是通过颗粒的光学特性产生的, 而是由于材料的对比产生的, 较重的元素会较亮, 较轻的元素会比较暗。



在滤膜上颗粒的百分比过大时,可能会出现测量错误,与光学系统相同,这是由于颗粒相邻或上下叠加导致的。下图所示为一个金属颗粒,由于根有机纤维的影响像是被分成了两个颗粒。



### 8.3.3 LIBS

#### 原则

激光诱导击穿光谱仪(LIBS)是一个可对材料元素进行分析的发射光谱仪。在零件清洁度中,根据光谱中的谱线确定滤膜或粘结剂片上颗粒的材料。另外还可直接对零件进行分析,甚至可根据相应的材料损失对试样进行深度分析。

分析时,通过一个透镜将激光脉冲聚焦在一个颗粒上。所用脉冲激光的波长为 331 至 1064nm。激光脉冲将蒸发材料并产生等离子体。根据系统,所观察到的波长范围在 400 至 800 纳米之间。光谱的分辨率,即每个光谱的点数根据测量系统在 0.01 至 1 纳米之间。

纯金属产生的信号通常非常强。信号强度主要与材料的蒸发点有关。由激光脉冲蒸发的材料越多,信号越强。金属和无机材料借助光谱数据库通过元素特有的谱线确定。聚合体和弹性体只能通过无机混入物(若有)进行分类配对。采用较高的激光功率时,可能会观察到有机分子碎片,从而可更好的识别聚合体的分类配对。

采用相同的系统时,颗粒的最小尺寸约为 15 微米。信号的质量与透镜的孔径和光谱仪的透光量有很大的关系。激光焦点的大小同样与透镜的孔径和激光的光束质量有关。针对每个颗粒,均应采用直径 20 微米、深度约 10 微米的凹坑进行分析。分析时间应短于一秒。该方法为定量法,可识别并分类配对合金。根据线谱的分辨率,某些合金组成成分在线谱中可能会覆盖其他成分,对识别造成干扰。

## 材料和专业设备

硝化纤维素或聚酯织物制成的 47 毫米或 25 毫米圆形滤膜仅会产生较弱的 LIBS 信号,因此是无干扰接收颗粒特有 LIBS 信号的理想基底。

可以证明使用粘结乳液固定膜片和颗粒具有优点。这样,可以避免激光脉冲造成颗粒的移动。

LIBS 显微镜的基础是一台不断进行修正的显微镜。在成像的摄像机前方,通过一个镜子与激光耦合,并与 LIBS 信号断开。激光波长为 331 纳米和 1064 纳米。

结合有显微镜的系统自动采集颗粒(参见光学显微镜)并确定颗粒重心的坐标。使该颗粒与激光焦距保持一致。

光线通过格栅区分开,并由 ccD(电荷耦合元件)记录。通过微计算机对信号进行分析,对光谱进行处理,并与数据库中的线谱进行比较。数据库比较确定两个线谱之间的相似性,将结果换算为数字。成功配对的数字应大于 700,总值为 1000。

## 操作步骤

操作人员将检测滤膜插入到分析设备中并启动自动化分析程序。根据颗粒长度或其他形状参数选择颗粒进行分析。操作人员在测量方法中针对线谱自动解释的数据库进行调整。若颗粒线谱的相符度超过 700,则在测量和检测报告中给出材料名称。

部分测量系统只有在自动测量完成后才能对颗粒进行手动再分析。此时,操作人员可在颗粒上选择其他的测量点或不同的焦点,并对材料相同的测量点进行轰击,分析较深的层面。

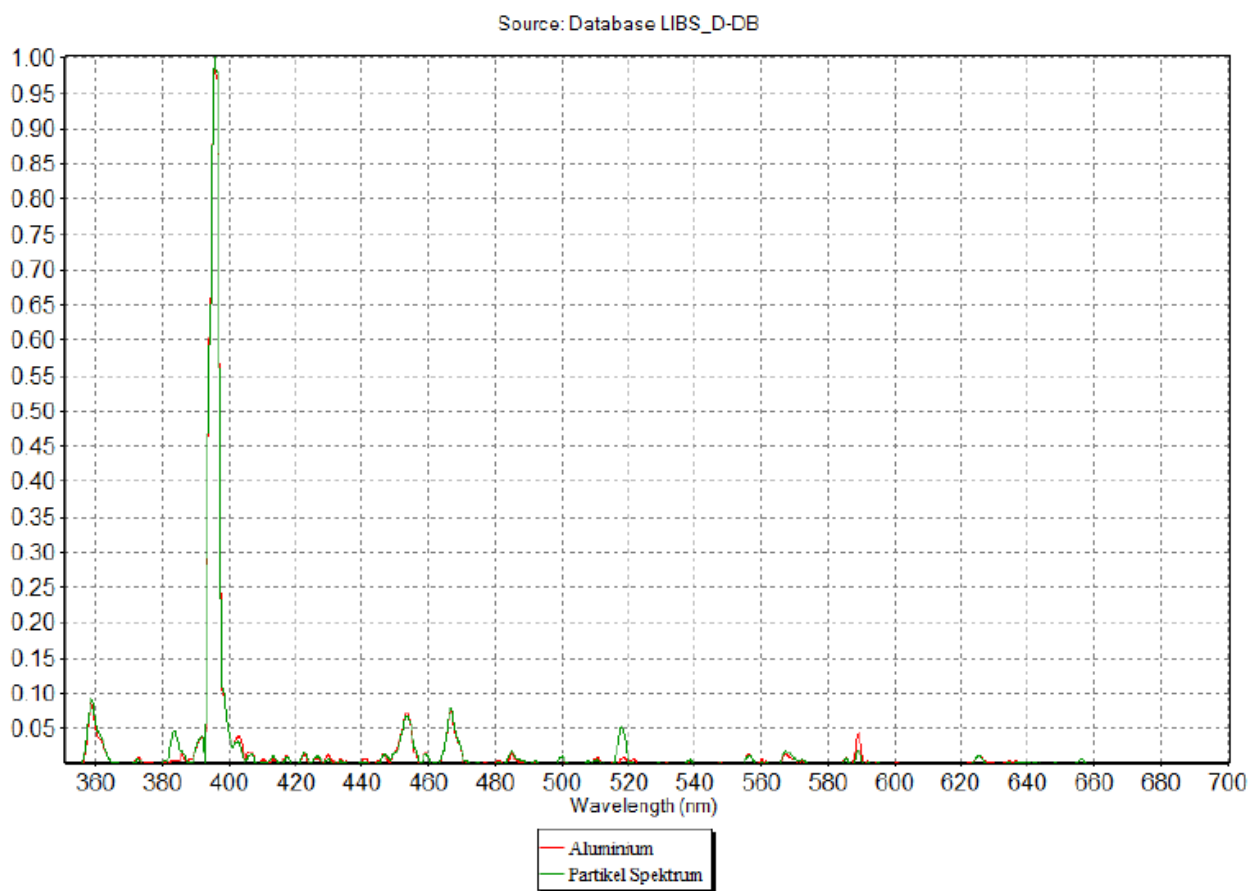
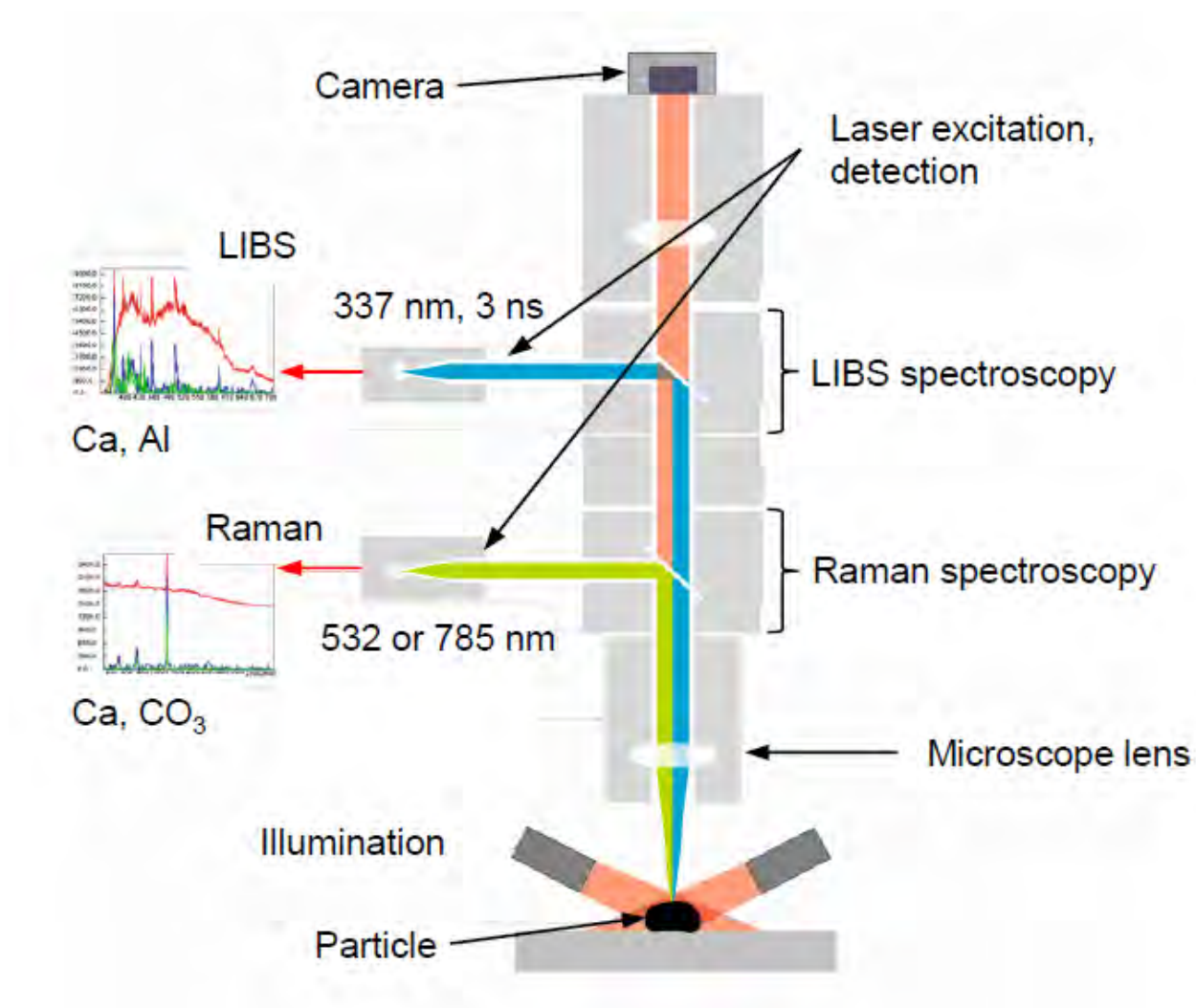


图 8-13：铝（绿色）与颗粒谱线进行 LIBS 线谱对比，相符度：996，线谱质量：171, 331 纳米激光

### 附录 8.3.3 LIBS

#### A8.3.3.1 可用于 LIBS 和拉曼光谱的一种光谱系统结构图



### 8.3.4 拉曼

#### 原则

拉曼光谱是一种可对颗粒进行结构分析的振动光谱。分子中的原子及其相互排列属于特有的材料特征。

在分析时,激光束通过透镜聚焦在一个颗粒上。物质与激光的相互作用会发出一个信号,并由一台 CCD 摄像机(电荷耦合元件)记录。该信号可被称为光谱。根据系统,所观察到的波长范围在 400 至 3500 波数之间。光谱的分辨率,即每个光谱的点数,根据测量系统在 2 至 12 波数之间。

分析限于分子,纯金属不会发出信号。有机和无机材料,若可产生拉曼光谱,则通过结构专有的光谱与光谱数据库进行配对。

颗粒的最小尺寸与分析透镜的放大倍数因数有关。理论上可测量自 0.5 微米起的颗粒。信号的质量与透镜的孔径和光谱仪的透光量有很大的关系。激光焦点的大小同样与孔径有关,在 0.5 至 8 微米之间。

每个颗粒的典型分析时间在 30 至 60 秒之间。部分情况下,通过激光束可以激发分子内的荧光。荧光可能会遮盖住拉曼信号,对配对产生影响。

#### 材料和专业设备

由于金属不会发出拉曼信号,因此是无干扰接收颗粒特有拉曼信号的理想基底。准备工作可以购买专用的金属塑料滤膜。颗粒尺寸大于 0.5 微米的材料在这种滤膜上可以发出无干扰信号。

颗粒较大时,硝化纤维素或聚酯织物制成的 47 毫米或 25 毫米圆形滤膜无需准备即可使用。采用这种方法操作时,颗粒应有效遮住滤膜背景,这样有机材料就会对拉曼信号产生显著影响。

拉曼显微镜的基础是一台不断进行修正的显微镜。在成像的摄像机前方,通过一个镜子与激光耦合,并与拉曼信号断开。激光波长为 532 纳米和 785 纳米。激光功率可调。在拉曼测量期间可通过数码摄像机观察试样。

结合有显微镜的系统自动采集颗粒(参见光学显微镜)并确定颗粒重心的坐标。使该颗粒与激光焦距保持一致。

光线通过格栅区分开,并由冷却的 cCD 记录。通过微计算机对信号进行分析,对光谱进行处理,并与数据库中的线谱进行比较。数据库比较确定两个线谱之间的相似性,将结果换算为数字。成功配对的数字应大于 700,总值为 1000

## 操作步骤

操作人员将检测滤膜插入到分析设备中并启动自动化分析程序。根据颗粒长度或其他形状参数选择颗粒进行分析。光谱的标准参数为激光功率 5mW 至 10mW,每个颗粒的照射时间为 30 至 60 秒。操作人员在测量方法中针对线谱自动解释的数据库进行调整。若颗粒线谱的相符度超过 700,则在测量和检测报告中给出材料名称

部分测量系统只有在自动测量完成后才能对颗粒进行手动再分析。操作人员可以在颗粒上选择其他测量点或不同的焦点。操作人员在该模式下也可对激光功率和照射时间根据颗粒材料进行调整。

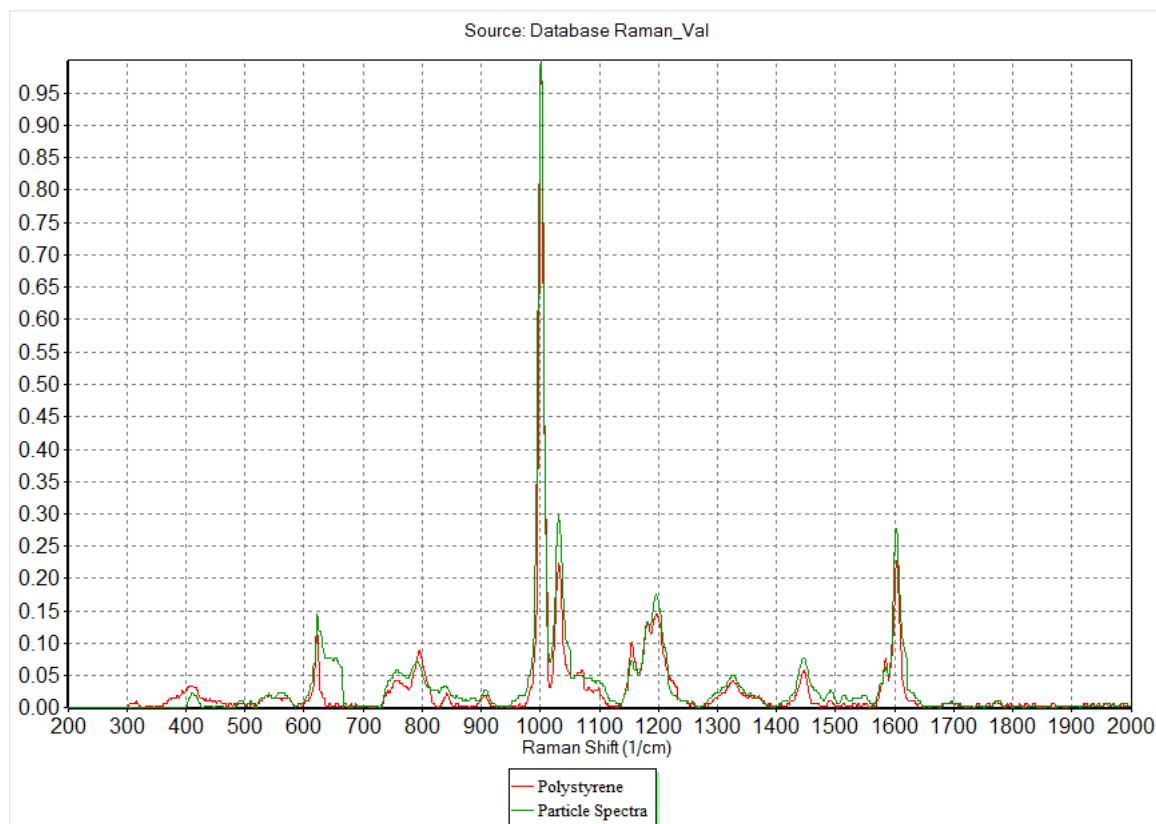


图 8-14: 聚苯乙烯 (绿色) 的拉曼谱线与颗粒谱线对比相符度:966, 线谱质量:101 照射时间:60s, 785 纳米激光, 强度 30%

拉曼系统的结构图请参见附录 A8.3.3.1

### 8.3.5 IR(红外光谱)

#### 原则

在红外区域(波数 4000-400 $\text{cm}^{-1}$ , 波长 25-25 $\mu\text{m}$ )的电磁波照射有机分子, 固定能量将被吸收。吸收能量取决于被激发原子群和整个分子的振动能量频率, 例如伸编振动或者变形振动。无红外活性, 但有拉曼活性(见段落 8.3.4)的全部都是对称对称的振动。

相对于色散性光谱仪, 傅立叶光谱仪具有短的检测时间和和更好的信噪比。

生成的红外光谱大部分使用透射方法: 激发辐射的百分透光率除以波长的倒数(波长; 单位  $\text{cm}^{-1}$ )。因为结构或者说官能团吸收的能量取决于存在的键, 故可通过这种方法验证具有红外活性的官能团。尽管通过吸收的能量或者由此生成的波谱段能对单独的结构单元定义, 实际上还是通过一个谱图库与生成的总红外谱图进行检索。

这大部分取决于现有的谱图库, 通过这种方法大部分的有机化合物和材料都能被定义。此外, 这也适用于作为燃料和辅助材料的油脂, 油。为了能够定义所有未知样品, 建议扩大自己投入使用的材料, 燃料和辅助材料的数据库。

对于可以分析有两种不同的傅立叶红外检测手段, ATR 方法(衰减全反射)或者透射。这两种方法原则上通过一个单纯的红外光谱仪或者红外显微仪(与谱图生成相连)来实现。

**ATR 方法:**红外光谱通过晶体,晶体压上须定义的颗粒,一次和再次脱离。原则上仅能得到 1-3um 穿透深度的信息。样品定位并不复杂。这种方法尤其适用于强吸收的材料。

**透视:**一定程度上被压的很薄的颗粒,能通过红外射线,并生成红外光谱,才能使用此种方法。光谱信息来源于完整的颗粒体积。

### 材料和成套设备

- 带有联机谱图库的傅立叶红外光谱仪或者傅立叶红外显微仪
- 如有必要:镊子和针用于分析膜片准备
- 如有必要需要金刚石压片备件(透视)
- 分析膜片上单独颗粒的准备,例如可用体视显微镜

### 操作步骤

| 检测方法   | 红外光谱仪                                   | 红外显微仪                                                             |
|--------|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------|
| ATR 方法 | 用镊子将颗粒在分析膜片上取出并用 ATR 晶体定位 ATR 晶体的压头压上颗粒 | 颗粒放在分析膜片上<br>(无须手动准备)<br>ATR 晶体下探到颗粒处                             |
| 透射     |                                         | 用镊子/针从分析膜片上取下颗粒并放到金刚石压片窗上。压片的另一部分放上,颗粒压紧后变薄。<br>金刚石压片放在红外显微光波区并检测 |

## 文档

结果记录通常通过以红外光谱对比的形式在报告中给出,更进一步说样品红外光谱和在谱图库中与之最相匹配红外光谱的对比。

另外与红外光谱仪相连接的显微镜以及使用的检测手段要清楚的描述(生产厂家,种类等等)

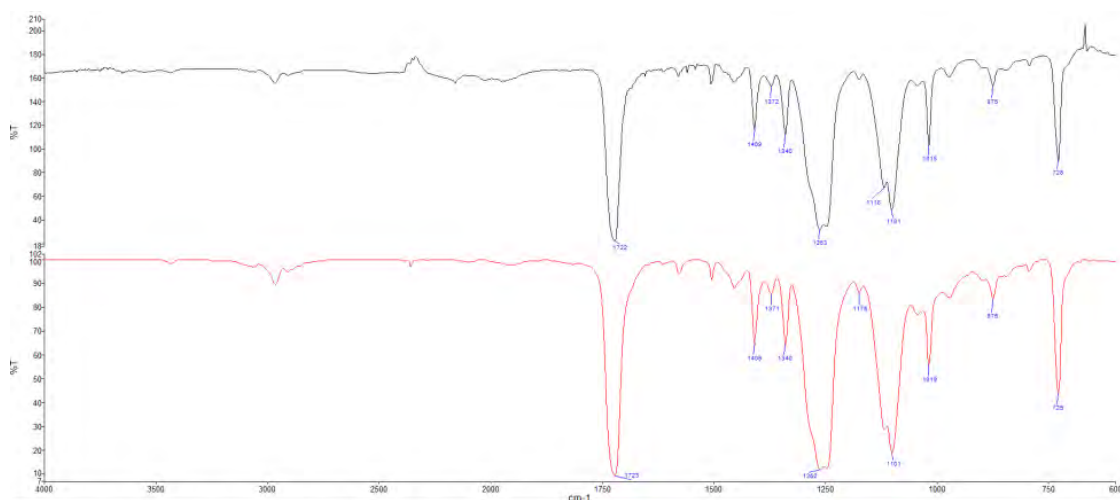


图 8-15: PET (黑色, 上面) 红外光谱和与之最相符的谱图库的红外光谱

## 文献

- IR-Spektroskopie, Eine Einführung (Helmut Günzler, Hans-Ulrich Gremlich), ISBN 978-3-527-30801-9, Wiley-VCH
- IR-Spectroscopy (Helmut Günzler), ISBN 978-3-527-28896-0, Wiley-VCH
- Course notes on the interpretation of infrared and Raman spectra (Dana W. Mayo, Foil A. Miller, Robert W. Hannah), ISBN 978-0-471-24823-1, Wiley

### 8.3.6 X 射线层析

#### 原则

在进行 x 射线层析时,检测样品的图片通过精准聚焦的 x 射线投射在一台 x 射线摄像机上(参见图示)。在采集数据时,对检测样品逐步旋转,次旋转的角度都会记录一个射线图片。

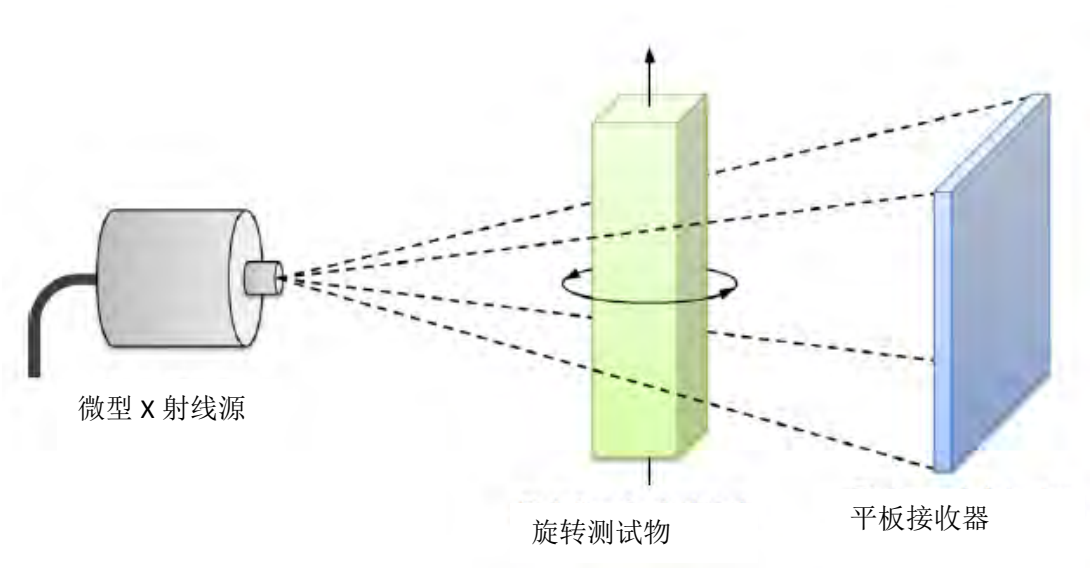


图 8-16:计算机断层扫描的原则

根据投影图形的整体,采用计算机支持方法采用 Feldkamp 算法对空间内的 x 射线衰减进行重组(计算机断层扫描)。衰减与材料的密度相符因此重组相当于空间内的密度分配。重组的灰度级是颗粒密度的一个数值。通过图片分析方法,根据密度分布可计算检测样品的几何结构。

进行颗粒分析时,检测样是经过充分准备的带有颗粒的滤膜。通过分区可将颗粒从环境中分离出来并进行具体的分析。分析一方面是对颗粒进行三维几何测量,另一方可通过灰度级分析确定颗粒的密度。这样就可将较重和较轻的材料区别开来,这是确定颗粒来源的依据之一。光谱法(EDX、IR、拉曼)采用的高分辨率材料分析无法通过 x 射线层析法完成。

## 材料和专业设备

对微颗粒分析需要使用高分辨率层析系统("Mikro-CT")类似设备必须配有高分辨率摄像机和一个微聚焦 x 射线发射源。X 射线聚焦光斑的直径相当于可以检测到的颗粒最小尺寸。需要使用一台平面分析仪作为 x 射线摄像机,通过扫描采集整个滤膜的数据。

可对滤膜上的单个颗粒或全部颗粒进行检测。检测单个颗粒时,将颗粒固定在胶粘带上或聚苯乙烯基底上。滤膜通过折叠和滚动进行压缩,使试样的直径变为最小。通过这种方式使整个滤膜具有较高的空间分辨率。

通过合适的软件对重组的灰度级数据进行分区,完成扫描分析操作。该软件还能够根据该分区确定所需的颗粒规格(长度、厚度、伸长、表面、容量、包围盒、密度指数等等)

## 操作步骤

1. 颗粒固定滤膜压缩
2. 射线扫描和重组
3. 分区和颗粒分析
4. 报告生成

## 文档

进行 x 射线层析时,需对数据统计条件进行文件记录:x 射线能量(kV)管电流( $\mu$ A)、聚焦光斑尺寸( $\mu$ m)像素尺寸( $\mu$ m)、X 射线滤膜的材料和厚度、材料密度参照。

## 8.4 缩短分析时间

在此说明了两种分析方法,均需执行清洗步骤,但对于实际的分析过程不需要进行分析过滤操作。确定分析结果的速度会明显更快,即每个单位时间可以检测更多的零件。时间缩短后的分析方法可以非常好的用于流程监控。

在此说明的两种时间缩短的分析方法的结果与采用标准分析产生的结果并不一致。因此,这两种分析方法不能用于清洁度规范的检测,除非客户与供应商有明确的约定。

### 8.4.1 液体颗粒计数器

#### 原则

通过消光颗粒计数器(光学颗粒计数器/OPZ)可在透明的液体中对已有的颗粒根据大小进行分级并计数。应用该设备时,不要求对零星分布相对较大的抑制颗粒进行统计。此时需主要观察 5 微米至 200 微米颗粒出现的次数。

在液体阶段直接检测颗粒可使该设备具有大范围自动化、简便操作测量技术的特征。在直接进行后续处理的数据采集系统中,将实时进行连续的颗粒计数或试样测量。

基于检测原理,所需的液体以规定的流量输送经过颗粒传感器。对于“静止”的试样,例如在烧杯中经过超声波清洗后,将通过相应的试样输送设备进行此项操作,多数采用自动喷洗系统。若液体经过管路,例如在冲洗零件时,则传感器可直接与管路相连。

在传感器内有一个毛细管形的测量单元,该单元由一束光照亮。其强度通过一个光电传感器不间断测量。灌注液体中已有的颗粒会对光衰减脉冲产生影响,该脉冲与其投影面积成正比。颗粒的几何结构,如长度和宽度根据此类消光测量无法提供。光衰减的大小(被遮住的传感器面积)通过一个等效面积圆进行确定,其直径作为颗粒的大小。(示例参见图 8-17)

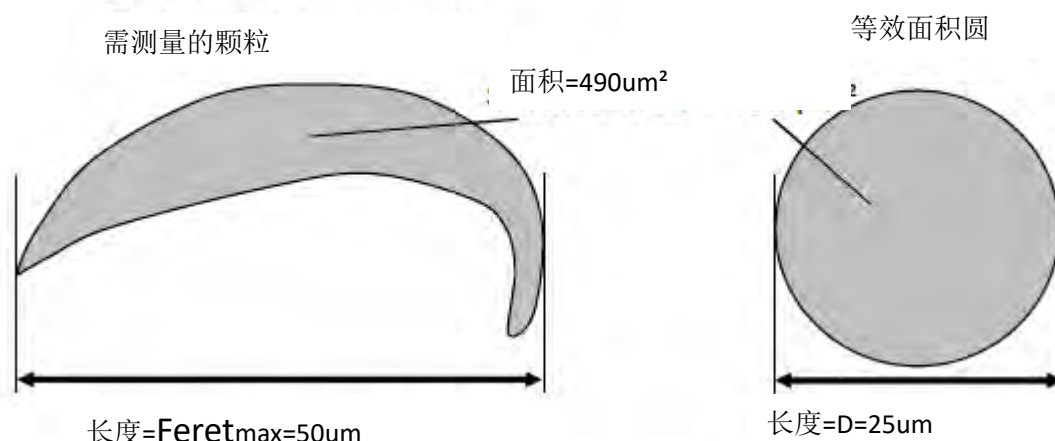


图 8-17: 等效面积圆的直径作为颗粒的尺寸

颗粒的形状越接近细长的碎片状或纤维状,颗粒计数器显示的颗粒大小与长度值  $Feret_{max}$  偏差越大。

统计与显示测量液体中的气泡或其他液体的液滴时,(错误的)采用了与固体颗粒相同方法。

出于监控目的采用 OPZ 统计或以图形显示众多的颗粒特征。对此通常仅测量(少)部分的已有分析液体或液体试样。统计学应用基于颗粒在分析液体中的分布较为均匀,清洁度质量的变化或流程偏差属于平均颗粒尺寸分布的变化。基于液体抽检试样浓度测量的零件清洁度评估或对比,必须考虑用于清洗的液体总量是多少(颗粒总量稀释)。

若测量设备操作简单,则在准备和输送分析液体时必须非常谨慎,避免产生气泡等现象。若浓度超过设备的最高值,则由于测量单元内多个颗粒的叠加导致计数错误增多(重合浓度)。预先有针对性的稀释可应对这种情况。

目前,对技术上较为复杂的试样输送系统的研发在未来应能够使测量设备可在清洗室内直接运行,从而可对积存的检测液实时分析,无需相应的手动准备操作

OP 在采用 MTD 时应在油中(平均试验粉尘)进行校准或对球形聚苯乙烯颗粒在水中校准。

检测计数功能时应使用含有规定量颗粒的液体试样。

通过尝试或理论证明可评估何时出现“沉积损失”。较重且多数相对较大的颗粒在通过试样输送管路中流动的液体运输时,会有一定的物理限制。

## 材料和专业设备

除测量设备和所属的试样输送系统外,主要还需要可密封的试样容器、烧杯和已过滤的检测液。后者用于对测量系统进行清洁并统计空白实验值。还可用于颗粒浓度超过 OPZ 测量范围的试样,起到稀释作用。另外还需用到护目镜,可能还需要手套。为对液体试样进行均质化和排气,还可另外选择一个超声波容器。均质化也可通过自动翻转或振动装置进行处理。在试样静止时为使颗粒更好的处于悬浮状态,需要用到一个搅拌器。电磁搅拌器在此并不适用,因为其会吸附磁铁颗粒污染物,导致测量出现错误(结果错误)。

## 操作步骤

试样测量需要根据一定的标准执行,例如《美国药典》788“注射剂中的微粒”或 ISO 11500. 对测量进行准备和设计时必须清除气泡。

## 静止的液体试样：

测量静止试样时，必须将此前颗粒均质化操作的试样进行晃动。此种情况下，需要在此后执行静置阶段，其中包裹的气泡就会在此期间向上移动并溢出；同时还应以适宜的搅拌器速度对试样进行处理，使其保持均质。

**注：**浮起的颗粒（例如较轻的塑料件）通过该种测量技术无法统计

## 针对压力导向液体管路的应用

该应用通常针对功能试验台或对零件进行内部冲洗的装置。从结构和流程的设计上，可确保系统中无气泡留存。此时，在进行实际的内部冲洗步骤时（若可实施），应首先有针对性的用液体灌洗待检测的部件（燃油管路等）。为正确执行测量，通常还需设置一个规定的恒定测量流量。

## 文档

特殊说明包括：

- 测量设备和试样输送系统的普通名称
- 最后校准的日期和方式（聚苯乙烯或 ISO-MTD）
- 试样抽样技术：试样容器或直接在冲洗管路上
- 专门的指南，所示的颗粒大小通常为等值尺寸数据
- 列举绝对计数（无浓度）时，必须同时说明实际检测的液体量
- 对浓度进行说明时，必须包括最初清洗所用的液体量。
- 检测量的百分比：若传感器仅能有效统计分析灌洗液体的一部分。
- 高浓度试样的稀释因数
- 所有测量液体的量
- 重合浓度

#### 8.4.2 滤膜堵塞（光学）

##### 原则

采用这种分析方法时,将颗粒直接从液流(含颗粒的清洗介质)分离至分析滤网上,该滤网在摄像机的视域内。选择分析滤网的孔大小时,应确保仅分离相应的颗粒尺寸,较小的颗粒会从滤网中穿过。位于清洗装置出口处的测量单元配有照明灯(若不在该位置处,则此为有滤膜固定位置),以便使用摄像机对滤网上分离的颗粒进行清晰的数据采集

其他图像处理和分析过程通过光学分析进行(颗粒二值化与测量)。与用于颗粒分析的自动化显微镜系统不同,该分析方法仅对一个视域进行分析,不会将多个视域整合为一副视图。这样,系统不会达到显微镜系统的光学分辨率,特别适于采集单个的大颗粒。

进行分析时,相应对两个数据采集进行评估,一个在颗粒清洗和分离前,另外一个在之后。差值相当于从零件上清洗下的颗粒总量。

若分析滤网的颗粒密度过大,则可能出现分析错误,因为颗粒会相互接触或叠加,此时需将分析滤网冲洗干净并将颗粒洗下(尽量)。冲净过程需要使用合适的泵和阀,以反向液流冲洗,或将分析滤网转动  $180^{\circ}$ 。

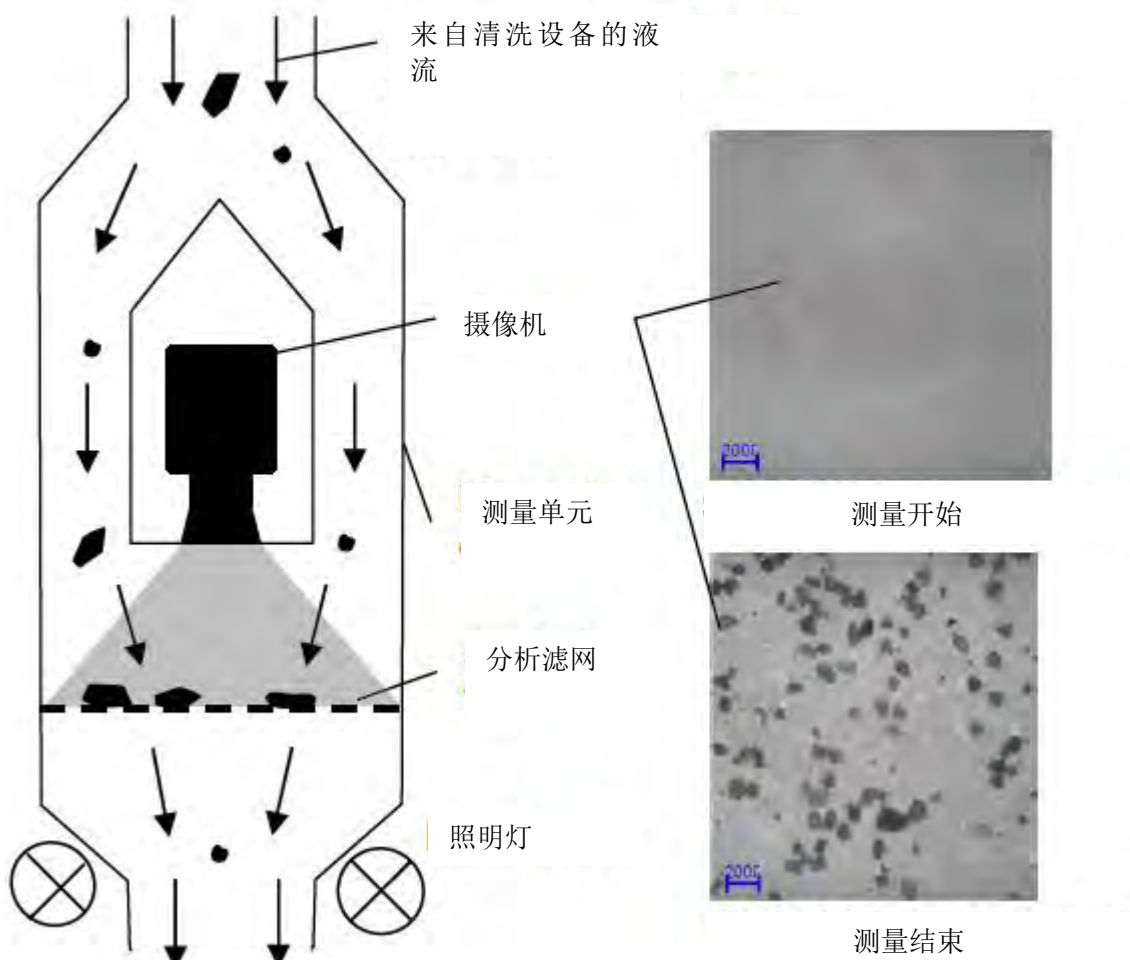


图 8-18: 光学测量滤网堵塞的单元

### 材料和专业设备

- 测量单元含有
  - 摄像机
  - 分析滤网
  - 照明灯
  - 用于反向冲洗分析滤网的工装
  - 图像处理和分析
  
- 清洗设备和清洗介质的反向流动的适配装置

## 操作步骤

以下程序需要根据相应清洗设备和分析系统的特性进行调整。

- 将分析滤网图像的采集和分析作为初始状态
- 执行清洗程序, 包括冲洗整个清洗和冲洗液体应经过测量单元并通过分析滤网。
- 清洗后对分析滤网图像进行采集和分析
- 两个分析的差值相当于从检测样品上分离的颗粒总量。
- 在颗粒分布较多时, 对分析滤网进行再次清洗或冲洗

## 文档

颗粒的测量和归档应根据颗粒大小分级的光学分析执行, 颗粒大小分级参见文档第 9 章的说明。

## 9 文件

### 原则

在清洁度检测的范围内产生了多个不同的文件。根据所执行清洁度检测的类型,可分为验证报告或检测报告。

验证报告记录检测条件、清洗参数和验证检测的结果(衰减顺序),通过这些最后可以确定例行检测的流程。

检测报告简要记录清洗参数和检测条件以及例行检测的结果。检测报告中仅需包含与已执行检测相关的说明。

检测说明作为第三个文件包含有关清洗参数和分析参数的说明,以及其他人员了解检测程序的说明。说明采用关键词形式或进行详细说明,并可采用照片或插图进行辅助。检测说明可能包含验证证明或指明验证报告的文件。可以选择采用其他引用说明(例如其他约定)。

格式正确的文档至少应包含子章节中所述的说明。需要时应可插入其他说明。

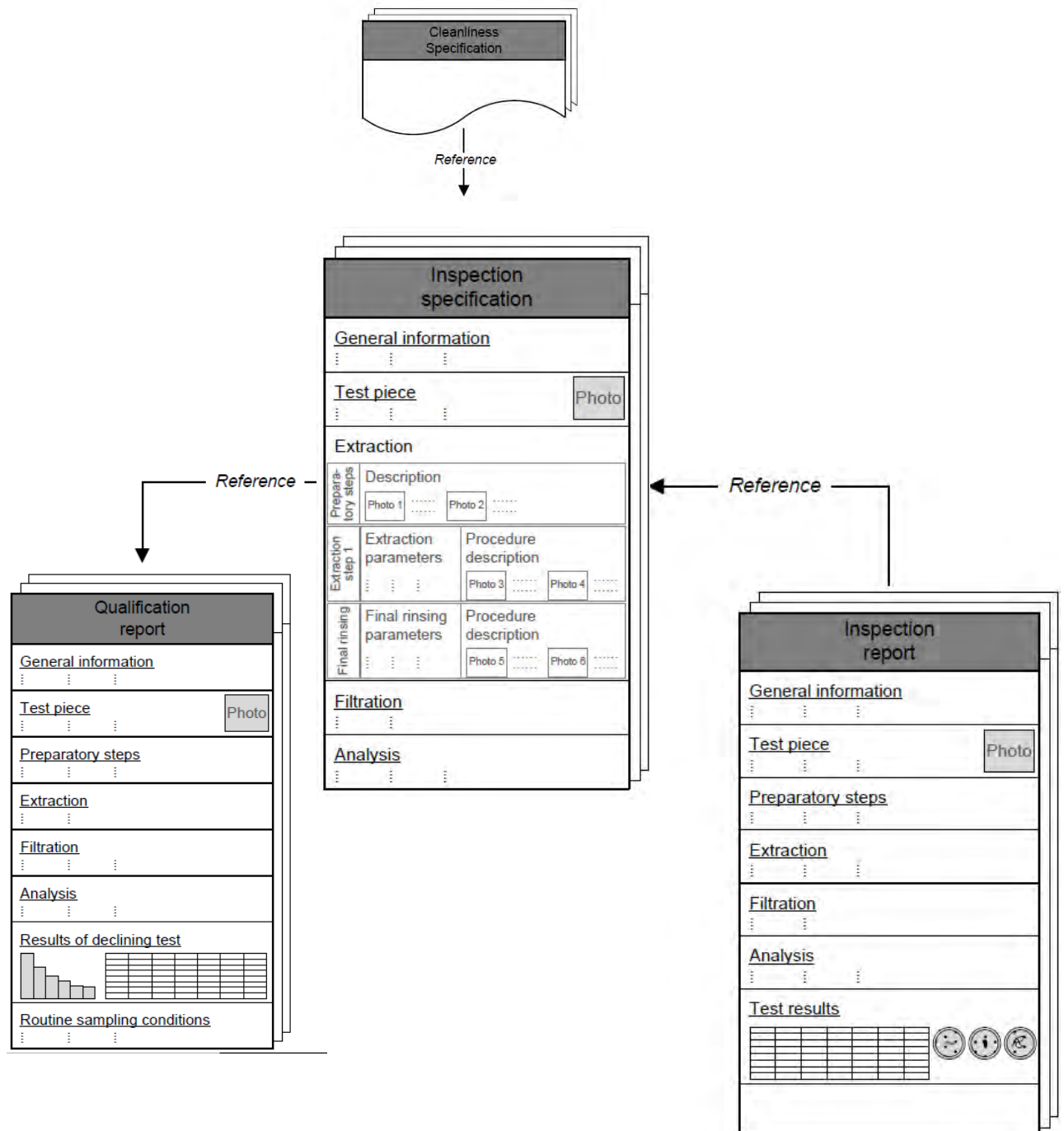


图 8-19 清洁度检测的文档（概括和联系）

9.2 基本信息

基本信息包括一些总体信息，这个对于分类和管理现有文档非常有用。

基本信息

委托号: .....

报告号: .....

委托人: .....

分析时间: .....

联系人: .....

实验委托:  
检测原因:

☐ 常规检测  
☐ 第一次采样

☐ 再检测  
☐ 过程检测

☐ 资格检测  
☐ 设计改变  
☐ .....

9.3 检测目标说明

检测目标的说明应该准确和清楚的定义。其它重要信息见下：

- 检测目标材料组成
- 检测目标上薄膜状残留物

基本信息

零件: .....

零件号: .....

批次号: .....

取样日期: .....

取样时间: .....

取样地点: .....

供货状态: .....

检测批量: .....

控制区域: .....

$A_C = \dots\dots\dots \text{cm}^2$   
 $V_C = \dots\dots\dots \text{cm}^3$

检测说明: .....

Photo  
on delivery

Photo  
test piece

9.4 预处理说明

预处理说明应该指出，哪些工作步骤是必要进行。缺少的预加工信息会使人对检测结果进行错误分析。

预处理

☐ 无  
☐ 拆卸  
☐ 去磁

☐ 隔离检测区域（例如堵塞，遮盖）  
☐ 对不属于检测区域被污染的表面进行清洁  
☐ .....

## 9.5 清洗方法信息

清洗方法有很多不确定度,因为它强烈的依赖于检测人个人水平。通过给出清洗方法说明可以使降低不确定度,且这种清洗方法流程须尽量详细记录下来。清洗方法要具有重复性且结果可很好对比。建议使用检测栏和方框栏来降低答案的多样性。自由喷射角度或者喷射流能在清洗过程中可很大程度改变,因此建议写出其相应说明。

| 清洗                     |                                                                         |                                                            |                                                                                                                      |
|------------------------|-------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 清洗范围                   | <input type="checkbox"/> 检测目标不包括包装<br><input type="checkbox"/> 检测目标包括包装 | 检测环境:                                                      | <input type="checkbox"/> 无定义<br><input type="checkbox"/> 清洁间等级 VDA19.2<br><input type="checkbox"/> 无尘间等级 ISO 14644-1 |
| 清洗方法                   | <input type="checkbox"/> 喷射<br><input type="checkbox"/> 超声波             | <input type="checkbox"/> 冲洗<br><input type="checkbox"/> 晃动 | <input type="checkbox"/> 吹刷<br><input type="checkbox"/> 空气贯通                                                         |
| 环境:                    | 液体                                                                      | 时长                                                         | 温度                                                                                                                   |
| <b>9.5.1</b> 喷洗        |                                                                         | <b>9.5.3</b> 冲洗                                            |                                                                                                                      |
| <b>9.5.2</b> 超声波       |                                                                         | <b>9.5.4</b> 晃动                                            |                                                                                                                      |
| <b>9.5.5</b> 吹刷 (空气清洗) |                                                                         | <b>9.5.6</b> 空气贯通 (空气清洗)                                   |                                                                                                                      |

| 清洗, 检测区域 1       |                                                                                              | 清洗, 检测区域 2       |                                                                                              |
|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------|
| 清洗装置生产厂家:        |                                                                                              | 清洗装置生产厂家:        |                                                                                              |
| 清洗装置模式:          |                                                                                              | 清洗装置模式:          |                                                                                              |
| 喷头生产厂家:          |                                                                                              | 喷头生产厂家:          |                                                                                              |
| 喷头种类:            | <input type="checkbox"/> 圆头喷流 <input type="checkbox"/> 平行喷流                                  | 喷头种类:            | <input type="checkbox"/> 圆头喷流 <input type="checkbox"/> 平行喷流                                  |
| 喷头尺寸:            | <input type="checkbox"/> 扁头喷流 <input type="checkbox"/>                                       | 喷头尺寸:            | <input type="checkbox"/> 扁头喷流 <input type="checkbox"/>                                       |
| 清洗液:             | <input type="checkbox"/> 溶液<br><input type="checkbox"/> 中性清洗剂<br><input type="checkbox"/> 其他 | 清洗液:             | <input type="checkbox"/> 溶液<br><input type="checkbox"/> 中性清洗剂<br><input type="checkbox"/> 其他 |
| 流量:              |                                                                                              | 流量:              |                                                                                              |
| 清洗时间:            | ..... l/min                                                                                  | 清洗时间:            | ..... l/min                                                                                  |
| 喷洗时间:            | ..... min                                                                                    | 喷洗时间:            | ..... min                                                                                    |
| 角度 (检测目标: 自由喷射): | ..... °                                                                                      | 角度 (检测目标: 自由喷射): | ..... °                                                                                      |
| 距离 (检测目标: 喷头):   | ..... mm                                                                                     | 距离 (检测目标: 喷头):   | ..... mm                                                                                     |
| 自由喷流速度:          | ..... mm/s                                                                                   | 自由喷流速度:          | ..... mm/s                                                                                   |

9.5.1 喷洗

影响喷洗实验参数是最多的, 因此在文档中应相应注意一下。喷洗方法影响取决于喷洗头选择。根据喷头式样应在下列文框中记录尺寸, 喷头。

- 对于圆形喷头(全喷流), 喷头横截面用 mm 表示
- 喷射角度用° 表示, 对扁平喷头(扇形喷流)用等效喷头横截面以单位 mm 表示
- 喷头横截面用 mm 以及平行喷流喷头的孔个数

其他说明应该在下面记录:

清洗, 检测区域 1

清洗装置生产厂家:

清洗装置模式:

喷头生产厂家:

喷头种类: ☐ 圆头喷流 ☐ 平行喷流

喷头尺寸: ☐ 扁头喷流 ☐

清洗液: ☐ 溶液 ☐ 中性清洗剂 ☐ 其他

流量:

清洗时间: /min

喷洗时间: min

角度 (检测目标: 自由喷射): °

距离 (检测目标: 喷头): mm

自由喷流速度: mm/s

清洗, 检测区域 2

清洗装置生产厂家:

清洗装置模式:

喷头生产厂家:

喷头种类: ☐ 圆头喷流 ☐ 平行喷流

喷头尺寸: ☐ 扁头喷流 ☐

清洗液: ☐ 溶液 ☐ 中性清洗剂 ☐ 其他

流量:

清洗时间: /min

喷洗时间: min

角度 (检测目标: 自由喷射): °

距离 (检测目标: 喷头): mm

自由喷流速度: mm/s

9.5.2 超声波清洗

对超声波清洗已知的影响参数要比记录的参数要多。因为声波转换压力, 压力峰值和其他的一些参数没法简单的给出, 这些参数是受限的。

超声波效率参数是不详尽的, 因为其效率与超声波仪摆放高度有关。可用功率密度(效率每个填充体积)代替。

超声波

检测区域 1

清洗装置生产厂家:.....

清洗装置模式:.....

清洗液体:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

.....

超声波机器的液体:.....|

烧杯液体:.....|

频率:.....Hz

功率:.....W/l

时长:.....min

检测区域 2

清洗装置生产厂家:.....

清洗装置模式:.....

清洗液体:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

.....

超声波机器的液体:.....|

烧杯液体:.....|

频率:.....Hz

功率:.....W/l

时长:.....min

9.5.3 冲洗

冲洗分为许多不同的形式。它可以是简单的挤压冲洗,也可以是非常昂贵的能调节流向,脉冲和参数的冲洗方法。

清洗溶液在相同方向通过控制体积流量的周期性改变,可以称为脉冲。和时间相关的参数称为脉冲频率。

冲洗

检测区域 1

清洗装置生产厂家:.....

清洗装置模式:.....

喷头生产厂家:.....

喷头种类:

☐ 圆头喷流

☐ 平行喷流

☐ 扁头喷流

☐ .....

喷头尺寸:.....

清洗液:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

流量:..... l/min

清洗液量:..... l

喷射时长:..... min

脉冲频率:..... s<sup>-1</sup>

最大流量:..... l/min

最小流量:..... l/min

对洗:.....

检测区域 2

清洗装置生产厂家:.....

清洗装置模式:.....

喷头生产厂家:.....

喷头种类:

☐ 圆头喷流

☐ 平行喷流

☐ 扁头喷流

☐ .....

喷头尺寸:.....

清洗液:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

流量:..... l/min

清洗液量:..... l

喷射时长:..... min

脉冲频率:..... s<sup>-1</sup>

最大流量:..... l/min

最小流量:..... l/min

对洗:.....

9.5.4 晃动

晃动实验是一个手动的清洗方式。手臂的频率和振幅既不可设定也无法测量, 因此应该尽可能好的记录下来。

前后左右的运动可以作为频率来理解。振幅则是上升高度。充满数是指, 在清洗步骤中检测目标被溶液(再)充满的次数。

晃动

检测区域 1

清洗装置生产厂家:.....

清洗装置模式:.....

清洗液

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

溶液量..... l

频率:..... Hz

振幅:..... mm

晃动时长:..... min

充满数:.....

检测区域 2

清洗装置生产厂家:.....

清洗装置模式:.....

清洗液

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

溶液量..... l

频率:..... Hz

振幅:..... mm

晃动时长:..... min

充满数:.....

9.5.5 空气吹扫

空气吹扫和喷洗的原理是一样的，在这里空气作为清洗介质。

清洗，检测区域 1

清洗装置生产厂家:

清洗装置模式:

喷头生产厂家:

喷头种类:

☐ 圆头喷流

☐ 平行喷流

☐ 扁头喷流

☐

喷头尺寸:

清洗液:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

流量:

清洗时间:

喷洗时间:

角度 (检测目标: 自由喷射):

距离 (检测目标: 喷头):

空气喷流速度:

清洗，检测区域 2

清洗装置生产厂家:

清洗装置模式:

喷头生产厂家:

喷头种类:

☐ 圆头喷流

☐ 平行喷流

☐ 扁头喷流

☐

喷头尺寸:

清洗液:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

流量:

清洗时间:

喷洗时间:

角度 (检测目标: 自由喷射):

距离 (检测目标: 喷头):

空气喷流速度:

9.5.6 空气贯通

空气贯通和冲洗原理是一样的，只是空气作为清洗介质。

空气贯通

检测区域 1

清洗装置生产厂家:

清洗装置模式:

喷头生产厂家:

喷头种类:

☐ 圆头喷流

☐ 平行喷流

☐ 扁头喷流

☐

喷头尺寸:

清洗液:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

流量:

清洗液量:

喷洗时长:

脉冲频率:

最大流量:

最小流量:

对洗

检测区域 2

清洗装置生产厂家:

清洗装置模式:

喷头生产厂家:

喷头种类:

☐ 圆头喷流

☐ 平行喷流

☐ 扁头喷流

☐

喷头尺寸:

清洗液:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

流量:

清洗液量:

喷洗时长:

脉冲频率:

最大流量:

最小流量:

对洗

9.6 过滤说明

除了关于过滤的信息，还有关于干燥和后处理的信息。

过滤

滤膜 1

生产厂家: .....

类型: .....

材质: .....

直径: ..... mm

孔径: ..... µm

滤膜 2

生产厂家: .....

类型: .....

材质: .....

直径: ..... mm

孔径: ..... µm

滤膜 3

生产厂家: .....

类型: .....

材质: .....

直径: ..... mm

孔径: ..... µm

干燥

干燥机器

☐ 无（环境中）

☐ 干燥箱

☐ 干燥皿

温度: ..... °C

时长: ..... min

预处理

☐ Yes

☐ No

后处理

液体:

☐ 溶液

☐ 中性清洗剂

☐ 其他

液体量: .....

9.7 分析说明

需要给出分析须注意的参数及调整分析系统的说明。清洗和分析需要在不同的房间或不同的空间条件下进行, 检测环境说明应包括像 9.5 段落中提到清洗方法。

9.7.1 标准分析

9.7.1.1 重量分析

天平的重量结果此外也取决于室温。室温不需要另外记录, 建议在进行重量分析时注明室内温度。

重量

生产厂家: .....

模式: .....

最后一次校准: .....

天平精度:

☐ ±0,1 mg

☐ ±0,01 mg

☐ ±0,001 mg

9. 7. 1. 2      光学分析

光学仪器须通过标块来校准。最后一次检测应该记录下来。这个比例是通过每像素放大倍数[um/Pixel]表示。

| 光学分析   |                |
|--------|----------------|
| 生产厂家:  | .....          |
| 模式:    | .....          |
| 尺寸/像素: | .....          |
| 分析直径:  | ..... μm/Pixel |
| 亮度:    | ..... mm       |
| 下临界值:  | ..... %        |
|        | .....          |

9. 7. 2      进一步分析（信息部分）

对于进一步分析说明的不同取决于使用的分析系统。带有能谱仪的扫描电镜作为下面的例子。

| 扫描电子显微镜/能谱仪（REM/EDX） |                                                                    |
|----------------------|--------------------------------------------------------------------|
| 生产厂家:                | .....                                                              |
| 模式:                  | .....                                                              |
| 加速能量:                | ..... keV                                                          |
| 分析直径:                | ..... mm                                                           |
| 焦点距离:                | ..... mm                                                           |
| 工作状态:                | <input type="checkbox"/> Automated <input type="checkbox"/> Manual |

9. 7. 3      简化分析（信息部分）

这里给出的简化分析指光学颗粒计数器。

| 光学计数器（OPZ） |                         |
|------------|-------------------------|
| 生产厂家:      | .....                   |
| 模式:        | .....                   |
|            | 重合极限: .....             |
|            | 最后一次校准: : .....         |
|            | 校准材料: .....             |
| 分析液体:      | ..... ml                |
| 稀释因子:      | .....                   |
| 测量间隙:      | ..... min <sup>-1</sup> |
| 额定容积流量:    | ..... ml/min            |
| 检测容积:      | ..... ml                |

## 9.8 检测结果的说明

检测结果说明仅和基础尺寸相关。这里没有先后顺序, 只要给出这三个基本尺寸就可以。

被检测组件的个数  $n=[1]$

检测件浸湿表面积  $A_c=[\text{cm}^2]$

检测件浸湿体积  $V=[\text{cm}^3]$

### 9.8.1 重量分析

重量分析的结果是残余物的重量  $M=M_2-M_1$ , 得出的最后一位数字要四舍五入。 $M_2$  和  $M_1$  重量读数是根据天平分辨率的。颗粒重量用符号  $G$  记录, 这个是残留物重量除以检测件的个数。

与检测数相关重量

$$G_C = \frac{M}{n} = \left[ \frac{mg}{1} \right]$$

单位用 mg 每... (n) ...件来表示。

与沾湿表面积相关重量

$$G_A = \frac{M * 1000}{A_C} = \left[ \frac{mg}{1000 \text{ cm}^2} \right]$$

与沾湿体积相关重量

$$G_V = \frac{M * 1000}{V_C} = \left[ \frac{mg}{100 \text{ cm}^3} \right]$$

### 9.8.2 光学分析

通过光学系统可得出颗粒长宽, 以及长/宽比(同时:大小等级)。最终结果就是得出颗粒大小的分布, 及颗粒大小等级。

其它长度/宽度区间只有在绝对必要时记录, 如这里所列的大小等级,  $100 \leq X < 200 \mu\text{m}$ ,  $200 \leq X < 300 \mu\text{m}$  等等。(造成分析时间延长)

截止到现在大小等级是通过拼写 L, M 和 N 划分的, 见表 8-1

表 8-1: (颗粒) 大小等级

| Size class | Size x [μm]          |
|------------|----------------------|
| B          | $5 \leq x < 15$      |
| C          | $15 \leq x < 25$     |
| D          | $25 \leq x < 50$     |
| E          | $50 \leq x < 100$    |
| F          | $100 \leq x < 150$   |
| G          | $150 \leq x < 200$   |
| H          | $200 \leq x < 400$   |
| I          | $400 \leq x < 600$   |
| J          | $600 \leq x < 1000$  |
| K          | $1000 \leq x < 1500$ |
| L          | $1500 \leq x < 2000$ |
| M          | $2000 \leq x < 3000$ |
| N          | $3000 \leq x$        |

颗粒大小分布是相对于总的被检测零件来说。归一化的颗粒数 H 是总颗粒数与零件个数比。

检测零件个数相关的颗粒数

$$H_c = \frac{h}{n} = [1]$$

单位是颗粒每...()...组件。

例如一批试样有 5 个检测件 (n=5) 用一个已知大小等级 H (200 ≤ X < 400 μm) 的颗粒来计算, 则归一化的颗粒数为 Hc=0, 2, 数值要最少精确到小数点后一位。

与被润湿表面积相关的颗粒数

$$H_A = \frac{h * 1000}{A_c} = \left[ \frac{1}{1000 \text{ cm}^2} \right]$$

单位必须是…颗粒每…1000cm<sup>2</sup>

例如, 一个被润湿组件的表面积  $A_c=263\text{cm}^2$ , 其有 89 个颗粒在 H( $200 \leq X < 400 \mu\text{m}$ ) 大小等级处, 那么归一化的颗粒数结果为  $H_A=338.4$ , 数值要最少精确到小数点后一位。

### 与被润湿体积相关颗粒数

$$H_V = \frac{h * 100}{V_C} = \left[ \frac{1}{100 \text{ cm}^3} \right]$$

例如一个被润湿零件体积为  $v=320\text{cm}^3$ , 其有 2 个颗粒属于 K( $1000 \leq X < 1500\mu\text{m}$ ) 的大小等级, 故根据上式得出归一化颗粒数为  $H_y=0.6$ , 数值要最少精确到小数点后一位。

根据不同参数得出的颗粒数要直接填写到相应的表格栏(对比实验结果)。归一化中常常会出现小数点, 数值要精确到小数点后一位。小数点后一位的偏差根据边界值要求应归属更高一级, 对小的绝对颗粒数应该根据情况评估。

如果没有给出相应参数, 那么空白值的说明要一直与这组试样有关。

类别说明是要给出的第二种评估, 通过使用包含光反射的物理效应来定义颗粒。区分并记录金属反光和非金属不反光的类别。通过光学系统无法对硬的或软的, 导电的或不导电的以及导磁的或不导磁的颗粒分类。

检测结果

颗粒大小分类

| 长度 $Feret_{Max} [\mu m]$ |            | 每 1000cm <sup>2</sup> 的颗粒数 |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |
|--------------------------|------------|----------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
|                          |            | B                          | C             | D             | E              | F              | G              | H              | I              | J               | K               | L               | M               | N    |
|                          |            | 5                          | 15            | 25            | 50             | 100            | 150            | 200            | 400            | 600             | 1000            | 1500            | 2000            | 3000 |
|                          |            | $\leq x < 15$              | $\leq x < 25$ | $\leq x < 50$ | $\leq x < 100$ | $\leq x < 150$ | $\leq x < 200$ | $\leq x < 400$ | $\leq x < 600$ | $\leq x < 1000$ | $\leq x < 1500$ | $\leq x < 2000$ | $\leq x < 3000$ | <    |
| 类别                       | 所有不包含纤维的颗粒 |                            |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |
|                          | 金属反光颗粒     |                            |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |
|                          | 纤维         |                            |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |

| 长度 $Feret_{Min} [\mu m]$ |            | 每 1000cm <sup>2</sup> 的颗粒数 |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |
|--------------------------|------------|----------------------------|---------------|---------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------|
|                          |            | B                          | C             | D             | E              | F              | G              | H              | I              | J               | K               | L               | M               | N    |
|                          |            | 5                          | 15            | 25            | 50             | 100            | 150            | 200            | 400            | 600             | 1000            | 1500            | 2000            | 3000 |
|                          |            | $\leq x < 15$              | $\leq x < 25$ | $\leq x < 50$ | $\leq x < 100$ | $\leq x < 150$ | $\leq x < 200$ | $\leq x < 400$ | $\leq x < 600$ | $\leq x < 1000$ | $\leq x < 1500$ | $\leq x < 2000$ | $\leq x < 3000$ | <    |
| 类别                       | 所有不包含纤维的颗粒 |                            |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |
|                          | 金属反光颗粒     |                            |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |
|                          | 纤维         |                            |               |               |                |                |                |                |                |                 |                 |                 |                 |      |

图片

记录最大颗粒是第三类评估。根据光学系统中的图片处理软件, 最长或者最宽颗粒的照片将会展示出来, 以便对潜在伤害进行分析。每类照片的多少没有规定。

### 9.8.3 延伸分析

检测结果与选择的检测方法有关。比如 SEM/EDS 分析可额外对材料进行分类。

## 检测结果

根据材料分类的大小等级

| 长度 , Feret <sub>Max</sub> [μm] |       | 根据材料分类的大小等级      |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|--------------------------------|-------|------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|--------------------|
|                                |       | B                | C                 | D                 | E                  | F                   | G                   | H                   | I                   | J                    | K                     | L                     | M                     | N                  |
|                                |       | 5<br>≤ x <<br>15 | 15<br>≤ x <<br>25 | 25<br>≤ x <<br>50 | 50<br>≤ x <<br>100 | 100<br>≤ x <<br>150 | 150<br>≤ x <<br>200 | 200<br>≤ x <<br>400 | 400<br>≤ x <<br>600 | 600<br>≤ x <<br>1000 | 1000<br>≤ x <<br>1500 | 1500<br>≤ x <<br>2000 | 2000<br>≤ x <<br>3000 | 3000<br>≤ x <<br>∞ |
| 类别                             | 钢，高合金 |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|                                | 钢，非合金 |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|                                | 黄铜    |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|                                | 铜     |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|                                | 铝     |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|                                | 铅     |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|                                | 矿物    |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
|                                | 纤维    |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |
| ...                            |       |                  |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |                    |

图片



## 9.8.4 简化分析

### 检测结果

颗粒大小分布

| 等效长度 [μm] | 每 1000cm <sup>2</sup> 的颗粒数 |          |          |           |           |           |           |           |            |            |            |            |      |
|-----------|----------------------------|----------|----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|------------|------------|------------|------------|------|
|           | B                          | C        | D        | E         | F         | G         | H         | I         | J          | K          | L          | M          | N    |
|           | 5                          | 15       | 25       | 50        | 100       | 150       | 200       | 400       | 600        | 1000       | 1500       | 2000       | 3000 |
|           | ≤ x < 15                   | ≤ x < 25 | ≤ x < 50 | ≤ x < 100 | ≤ x < 150 | ≤ x < 200 | ≤ x < 400 | ≤ x < 600 | ≤ x < 1000 | ≤ x < 1500 | ≤ x < 2000 | ≤ x < 3000 | <    |
|           |                            |          |          |           |           |           |           |           |            |            |            |            |      |

## 9.8.5 可选编码(信息)

依据 ISO 16232(2007 版) 初衷, 本段颗粒大小分布编码用于对清洁度值进行简化。这种编码是在记录中自愿给出的。其最终能在颗粒分布上进行应用。

尽管在原 ISO 标准中没有对单个的颗粒能否编码(纤维, 金属反光,...)和编码形式颗粒宽度的具体规定。

组件清洁度编码(英文 **Component Cleanliness Code**)

浓度等级(engl: contamination leve)颗粒总数将根据编码来分类, 见表 8-2

书写方式见下列清洁度编码:

$$CCC = \underbrace{A}_{\text{相关参数}} \left( \underbrace{B}_{\text{颗粒等级}} \right) \underbrace{20}_{\text{浓度等级}} \underbrace{/}_{\text{分隔符}} C16/D18/ \dots$$

相关参数颗粒等级浓度等级分隔号

相关参数说明了, 颗粒总数是否与:

1000cm<sup>2</sup> 润湿的检测目标表面有关(表示符号:A)

100cm<sup>3</sup> 润湿的检测目标体积有关(表示符号:V)

或者

1 组件(表示符号:N) 有关

颗粒大小分级和浓度分级可分别从表 8-1 和 82 得出。

表 8-2: 颗粒浓度分级

| Cleanliness Level | Particle count<br>(per 1000 cm <sup>2</sup> or pro 100 cm <sup>3</sup> ) |                       |
|-------------------|--------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
|                   | including                                                                | up to                 |
| 00                | -                                                                        | 0                     |
| 0                 | 0                                                                        | 1                     |
| 1                 | 0                                                                        | 2                     |
| 2                 | 0                                                                        | 4                     |
| 3                 | 0                                                                        | 8                     |
| 4                 | 0                                                                        | 16                    |
| 5                 | 0                                                                        | 32                    |
| 6                 | 0                                                                        | 64                    |
| 7                 | 0                                                                        | 130                   |
| 8                 | 0                                                                        | 250                   |
| 9                 | 0                                                                        | 500                   |
| 10                | 0                                                                        | 1 x 10 <sup>3</sup>   |
| 11                | 0                                                                        | 2 x 10 <sup>3</sup>   |
| 12                | 0                                                                        | 4 x 10 <sup>3</sup>   |
| 13                | 0                                                                        | 8 x 10 <sup>3</sup>   |
| 14                | 0                                                                        | 16 x 10 <sup>3</sup>  |
| 15                | 0                                                                        | 32 x 10 <sup>3</sup>  |
| 16                | 0                                                                        | 64 x 10 <sup>3</sup>  |
| 17                | 0                                                                        | 130 x 10 <sup>3</sup> |
| 18                | 0                                                                        | 250 x 10 <sup>3</sup> |
| 19                | 0                                                                        | 500 x 10 <sup>3</sup> |
| 20                | 0                                                                        | 1 x 10 <sup>6</sup>   |
| 21                | 0                                                                        | 2 x 10 <sup>6</sup>   |
| 22                | 0                                                                        | 4 x 10 <sup>6</sup>   |
| 23                | 0                                                                        | 8 x 10 <sup>6</sup>   |
| 24                | 0                                                                        | 16 x 10 <sup>6</sup>  |

## 组件清洁度编码简便书写

将举例说明哪些可用 CCC 书写形式。下面给出了颗粒大小分布：

| 每 1000cm <sup>3</sup> 的颗粒数 |                   |                   |                    |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |           |
|----------------------------|-------------------|-------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------|
| B                          | C                 | D                 | E                  | F                   | G                   | H                   | I                   | J                    | K                     | L                     | M                     | N         |
| 5<br>≤ x <<br>15           | 15<br>≤ x <<br>25 | 25<br>≤ x <<br>50 | 50<br>≤ x <<br>100 | 100<br>≤ x <<br>150 | 150<br>≤ x <<br>200 | 200<br>≤ x <<br>400 | 400<br>≤ x <<br>600 | 600<br>≤ x <<br>1000 | 1000<br>≤ x <<br>1500 | 1500<br>≤ x <<br>2000 | 2000<br>≤ x <<br>3000 | 3000<br>< |
| 634981                     | 49735             | 36791             | 938                | 502                 | 394                 | 48                  | 7                   | 5                    | 2                     | 1                     | 1                     | 0         |

对归一化后的颗粒数表示，颗粒浓度分级可从表 9-2 中直接获取，则组件清洁度编码为：

$$CCC = A(B20/C16/D12/E10/F10/G9/H6/I3/J2/K1/L0/M0/N00)$$

若有一种颗粒大小分级未知，例如，无详细说明无分析结果在这分级中，则这一分级在 CCC 中省略：

$$CCC = A(D12/E10/F10/G9/H6/I3/J2/K1/L0/M0)$$

若相邻两个颗粒大小分级相同，可简写：

$$CCC = A(B20/C16/D12/\underline{EF}10/G9/H6/I3/J2/K1/\underline{LM}10/N00)$$

同样的，有多个相邻的颗粒大小分级相同，

| 每 100cm <sup>3</sup> 的颗粒数 |                    |                     |                     |                     |                     |                      |           |
|---------------------------|--------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------|
| B - D                     | E                  | F                   | G                   | H                   | I                   | J                    | K - N     |
| 5<br>≤ x <<br>50          | 50<br>≤ x <<br>100 | 100<br>≤ x <<br>150 | 150<br>≤ x <<br>200 | 200<br>≤ x <<br>400 | 400<br>≤ x <<br>600 | 600<br>≤ x <<br>1000 | 1000<br>< |
| 721507                    | 938                | 502                 | 394                 | 48                  | 7                   | 5                    | 4         |

则可写为：

$$CCC = A(\underline{B - D}20/E10/F10/G9/H6/I3/J2/\underline{K - N}2)$$

## 特殊情况，相关参数 N

CCC 每组件仅表示为 1 个组件。浓度分级无法表示，因此颗粒大小分布则由无编码的颗粒数代替。颗粒数应精确到小数点前一位。

$$CCC = N(B755840/C43720/D36791/E938/F502/G394/H48/I7/J5/K2/L1/M1/N0)$$

## 9.9 文件构成

### 9.9.1 检测说明书

检测说明书是清洁度分析的重要文件，在资质检测之后产生，相应检测参数由常规检测得出。检测说明书包括：

- 基本信息
- 检测目标信息
- 预加工信息\*(详细)
- 清洗信息 • (详细)
- 过滤信息
- 分析信息
- 检测目标保存

检测说明书可归属于资质检测或者是单独文件可参阅验证确认被告

检测说明书是通过一个对检测过程的描述(特别是\*部分)。图片和照片能帮助人们更好理解。通常下:检测过程步骤越多,越繁琐的描述无法起到辅助的作用。

相比,简单的对检测过程重点的描述就好多了。

检测说明书要在检测时不取决于时间,地点和检测人员。可参见检测说明书案例 12.6.1

检测结果在检测说明书中不予以记录。在没有检测报告的情况下,资质检测结果要在检测说明书中记录。在没有单独的清洁度说明书和无相应的图纸说明时,清洁度要求和临界值应在检测说明书给出。

### 9.9.2 验证确认报告

个生成的文件就是验证确认被告。只要检测条件和检测参数没有被评估,那么检测说明和检测报告不生成。验证确认被告包括:

- 基本信息
- 检测件信息
- 是否进行预处理的信息
- 清洗信息
- 过滤信息
- 分析信息
- 衰减实验结果
- 空白样检测
- 常规检测条件和参数信息

验证确认报告包含衰减实验描述,常规检测条件,参数(标\*处)。结果尽可能测量两次。

从包含衰减实验的验证确认被告导出的常规检测条件和参数也能在检测说明书和检测报告中找到。常规检测条件和参数来源要保持透明,在检测说明书中相应的参考依据须强制性给出。如果检测详细说明包含所有有用的资质验证,那么参考依据可以不写(对比前面例子)

### 9.9.3 检测报告

检测报告是最后生成的文件。只有在被认证的检测条件和参数完成后,才可以进行常规检测。在检测报告中调节和结果要言简意赅。这个检测报告包括:

- 基本信息
- 检测目标信息
- 是否进行预检测的信息
- 清洗信息
- 过滤信息
- 分析信息
- 常规检测信息

结果是检测报告中最重要的部分。结果在重复常规检测中可变,而其它的部分不可变。

在检测报告中必须包含检测说明书的参考依据,用以更好理解使用的检测条件和参数。例如在一个特殊条件下,衰减实验没有成功以及检测参数无效,参考依据将变得非常重要。若检测报告已存档或保存,那么在传送检测报告时可不给出检测详细说明和验证确认被告。

## 附录：

下面是一个带有检测区域的检测目标检测报告例子。清洗方法为喷洗。进行三阶式过滤。分析时使用天平和光学显微镜。

## 检测报告

### 基本信息

委托号: ..... 报告号: .....  
 委托人: ..... 分析时间: .....  
 联系人: .....  
 实验委托: ☐ 常规检测: ☐ 再检测: ☐ 资格检测: .....  
 检测原因: ☐ 第一次采样: ☐ 过程检测: ☐ 设计改变: ☐ .....

### 检测目标

零件: ..... 供货状态: .....  
 零件号: ..... 检测批量: .....  
 批次号: ..... 控制区域: .....  
 取样日期: .....  $A_C = \dots\dots\dots \text{cm}^2$   
 取样时间: .....  $V_C = \dots\dots\dots \text{cm}^3$   
 取样地点: ..... 检测说明: .....  
 Photo on delivery Photo test piece

### 预处理

- ☐ 无  
☐ 拆卸  
☐ 去磁

### 清洗

清洗范围: ☐ 检测目标不包括包装 ☐ 检测目标包括包装 检测环境: ☐ 无定义 ☐ 清洁间等级 VDA19.2 ☐ 无尘间等级 ISO 14644-1  
 清洗方法: ☐ 喷射 ☐ 冲洗 ☐ 吹刷 ☐ 空气贯通  
☐ 超声波 ☐ 晃动  
 环境: 液体: ..... 时长: ..... 温度: .....

#### 清洗, 检测区域 1

清洗装置生产厂家: .....  
 清洗装置模式: .....  
 喷头生产厂家: .....  
 喷头种类: ☐ 圆头喷流 ☐ 平行喷流 ☐ 扁头喷流  
 喷头尺寸: .....  
 清洗液: ☐ 溶液 ☐ 中性清洗剂 ☐ 其他  
 流量: ..... l/min  
 清洗时间: ..... min  
 喷射时间: ..... min  
 角度 (检测目标: 自由喷射): .....  
 距离 (检测目标: 喷头): ..... mm  
 自由喷射速度: ..... mm/s

#### 清洗, 检测区域 2

清洗装置生产厂家: .....  
 清洗装置模式: .....  
 喷头生产厂家: .....  
 喷头种类: ☐ 圆头喷流 ☐ 平行喷流 ☐ 扁头喷流  
 喷头尺寸: .....  
 清洗液: ☐ 溶液 ☐ 中性清洗剂 ☐ 其他  
 流量: ..... l/min  
 清洗时间: ..... min  
 喷射时间: ..... min  
 角度 (检测目标: 自由喷射): .....  
 距离 (检测目标: 喷头): ..... mm  
 自由喷射速度: ..... mm/s

## 过滤

| 滤膜 1                    | 滤膜 2                    | 滤膜 3                    |
|-------------------------|-------------------------|-------------------------|
| 生产厂家: .....             | 生产厂家: .....             | 生产厂家: .....             |
| 类型: .....               | 类型: .....               | 类型: .....               |
| 材质: .....               | 材质: .....               | 材质: .....               |
| 直径: ..... mm            | 直径: ..... mm            | 直径: ..... mm            |
| 孔径: ..... $\mu\text{m}$ | 孔径: ..... $\mu\text{m}$ | 孔径: ..... $\mu\text{m}$ |

### 干燥

干燥机器 ☐ 无（环境中）  
☐ 干燥箱  
☐ 干燥皿

温度: .....  $^{\circ}\text{C}$   
 时长: ..... min

### 预处理

☐ Yes ☐ No

### 后处理

液体: ☐ 溶液 .....  
☐ 中性清洗剂 .....  
☐ 其他 .....  
 液体量: ..... l

## 分析

**重量**

生产厂家: .....  
 模式: .....  
 最后一次校准: .....  
 室温: .....  $^{\circ}\text{C}$   
 天平分辨率: ☐  $\pm 0,1 \text{ mg}$   
☐  $\pm 0,01 \text{ mg}$   
☐  $\pm 0,001 \text{ mg}$

### 光学分析

生产厂家: .....  
 模式: .....  
 标块: .....  
 最后一次校准: .....  
 尺寸: .....  $\mu\text{m}/\text{pixel}$   
 分析直径: ..... mm  
 亮度: ..... %  
 下临界值: .....

## 分析结果

残留物重量

$M =$  .....  $G_C =$  .....  $G_A =$  .....  $G_V =$  .....

### Particle size distribution according to categories

| 长度 Feret <sub>Max</sub> [ $\mu\text{m}$ ] |           | 每 1000cm <sup>2</sup> 的颗粒数 |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
|-------------------------------------------|-----------|----------------------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|--|
|                                           |           | D                          | E          | F          | G          | H          | I          | J          | K          | L          | M          | N          |  |
|                                           |           | 25                         | 50         | 100        | 150        | 200        | 400        | 600        | 1000       | 1500       | 2000       | 3000       |  |
|                                           |           | $\leq x <$                 | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ | $\leq x <$ |  |
|                                           |           | 50                         | 100        | 150        | 200        | 400        | 600        | 1000       | 1500       | 2000       | 3000       |            |  |
| 类                                         | 所有不包含纤维颗粒 |                            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
| 别                                         | 金属反光颗粒    |                            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |
|                                           | 纤维        |                            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |            |  |

图片



膜片占用率



## 10 解释和反馈（参考）

### 10.1 解释

组件工业清洁度大的浮动是生产的一个重要特点。这种大的浮动是指颗粒数(重量的或者颗粒大小分级)和(尤其是)最大颗粒的长度。

这种浮动原因不仅是由于没有被定义的污染颗粒造成的,也由于一个很大没有被控制范围,像存在在加工工艺或者运输和储存中各式各样的污染,在切削加工过程中能在加工金属件时,掉落长的,宽的和其它形状的金属屑。其中部分作为组件的污染颗粒。

**注:**原因是,在实验室精加工过程产生的金属屑,其长度大约有 20%的浮动。

工业组件清洗设备能非常有效的减少组件污染数,主要的浮动范围被控制。另外一个潜在的浮动原因是滤膜工业特性(过滤曲线)。例如在清洗设备中,清洗剂和洗涤剂通过滤膜,达到一定的宽度和长度颗粒将会被过滤并排列。过滤后滤膜上的颗粒,在清洁度分析结果中作为一个浮动的原因。

这就是为什么,在汽车,供应商工业以及其他的过程能力值中,其质量保证标准基准没有放在工业清洁度领域中。

另外一方面在 21 章节中,清洁度临界值并非关于公差极限而关于干涉极限。如果组件的清洁度没有超标,那么不一定会造成组件组成的系统故障。

如果当临界区域的颗粒在某个偶然的时间点,也可能是在一个系统敏感位置的偶然排列,将会引起故障,这种故障的可能性会增大。

VDA19.1 清洁度分析主要目标不是以收集造成这些大的特征浮动结果,而是系统分析原因的产生,例如发现:

- 在清洁过程/清洁装置的故障
- 错误放置或磨损的工具
- 错误的包装或储存

## 10.2 反馈

根据前面段落阐述的浮动原因,针对超出极限值的清洁度检测提出解决方案和反馈,并应进行再检测。首要步骤要检测检测条件和检测装置然后再对一组来自同样生产批次的组件检测(B样品)。

若第二组实验也超出极限值,那么要升级措施,这种措施在 VDA19.1 中没有规定,而是在每个顾客供应商-关系中有规定。针对升级措施的进步工业检测基石为:

- 更多零件的检测
- 对超过规定的污染颗粒更加进一步准确的检测,比如对颗粒三维确定或者材料分析。

注:通常组件评估,是对个别偏离值通过客户和供应商之间商定的

## 11 职业安全和环境

由于近几年工业清洁度日趋重要产生了新的职业形象“清洁度检测员”。同时也产生了新的日常形象,工作人员在一个很长时间区域内用去油脂的清洗液工作,清洗也通常为碳水化合物清洗剂。由于到目前为止产生的潜在危险是通过安全规则和条约预防,因此有关信息点将在这举出。

### 11.1 常用信息

此准则综合了来自材料,工具和装置对人和环境危害应用。准则并没有把要求提高到处理和去除所有与应用相关的危险。从事相关工作人员应采取相应的安全和健康措施,以及遵循法律规定。

### 11.2 使用检测溶剂的危害

清洁度实验室清洁度检测间的工作人员应在工作区域内,创建对日常工作危害的一个评估。本段列举了可能存在的危害,尤其包含典型在清洁度清洗过程中出现的溶剂,和危害评估的过程。原则上由溶剂产生下列危害:

---- 由吸入或皮肤接触产生的危害

- 蒸汽或者气雾通过呼吸道
- 对皮肤的油脂脱落

---- 物化性质产生的危害

- 火灾
- 危险易爆环境

对清洁度分析应使用无芳香化合物的冷溶剂且闪点 $>60^{\circ}\text{C}$ , 此措施消除上面列举项目中“火灾”。冷清洗剂以冷凝胶和蒸汽形式存在, 若超过了爆炸下限 (通常对冷清洗剂 0.6-0.7%) 将出现一个爆炸环境。对冷清洗剂蒸汽工作环境的极限值常为  $600\text{mg}/\text{m}^3$  环境中如果是这个值, 就没有爆炸的可能性, 因为其远远低于爆炸下限。在下图 11-1 展示了存在的不同在实验室的日常活动危险点接触液体, 吸气和爆炸危险。

#### 潜在危险:

- 和液体气雾接触
- 接触和吸入蒸汽
- 爆炸的危险

#### 另外

- 存储/运输
- 灌注
- 故障状况/洒出



使用超声波清洗会产生额外的危害,例如,通过加热洗容器里的清洗液(见 6.4.3 段)。

储存溶剂参见 TRGS510

工作环境极值参见 TRGS900。

通过对清洁度实验室危害评估,可进行简单的安全防护措施。下列顺序列出了优先级(1 为最高优先级)。优先级下的每个小点是列举出的例子,无优先级,其对危害起到防护或避免作用。

#### 1. 可替代(举例):

- 用含水清洗剂(如果清洗效果没有损失时)
- 使用闪点 $>60^{\circ}$  溶剂(例如碳水化合物)
- 使用无芳香类异链烷烃溶液混合物
- 冲洗过程代替有气雾形成危害的喷洗过程
- 等等

#### 2. 技术措施(举例):

- 强制通风
- 清洗工作需要排风系统且密闭空间,必要时要有防爆保护
- 干燥区域需要有排风系统
- 膜片干燥,温度要低
- 应使用密封垃圾箱放溶剂擦布
- 监控超声波清洗温度,如通过达到临界值温度要有自动切断功能
- 清洗间中不允许有火源

---- 喷头喷压应小于 0.7bar(气雾形成的可能性参见 EN12921-3:2005+A1:2008)(见附录中图表 A6.4.2.4)

---- 等等

### 3. 组织监控(举例)

---- 控制在干燥箱中已过滤果溶液膜片的数量

---- 把已干燥组件放到其他工位

---- 定期处理实验室沾有溶剂擦布

---- 等等

### 4. 个人防护措施(举例):

---- 呼吸防护(不作为永久的保护措施)

---- 脸部防护

---- 防液体工服

---- 等等

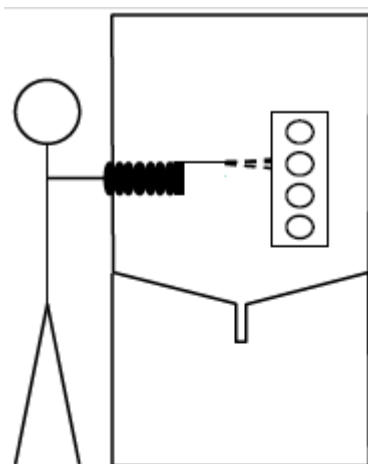
**注:**这种风险的识别目的是不完整的。它不会从他们的义务允许洁净实验室,以获取有关所有有效的监管,法律,准则和危害全面的信息,从而适当考虑到这些风险评估。

附录 11.1 包含不同类型的实验室的例子,可用于在与压力冲洗提取以及各种要进行风险评估的例子尤其注意的是,完全开放的压力清洗室是非常危险的。在这种情况下,个人防护用品要从技术防护的角度来评估。具体规定见 TGRS900

A11.1 用溶剂清洗过程中可能的危险源评估（举例）

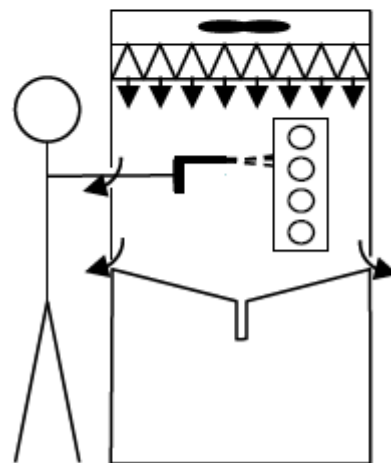
A. 完全密封的喷洗池：

- 在提取后评估
- 气雾释放
- 爆炸极限发生的可能性
- 爆炸危险源



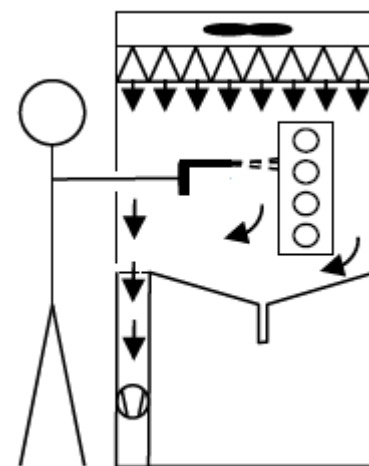
B. 在有进气和排气密封的喷洗池：

- 清洗后评估
- 爆炸极限发生的可能性
- 爆炸危险源



C. 在有进气和排气，吸气密封的喷洗池：

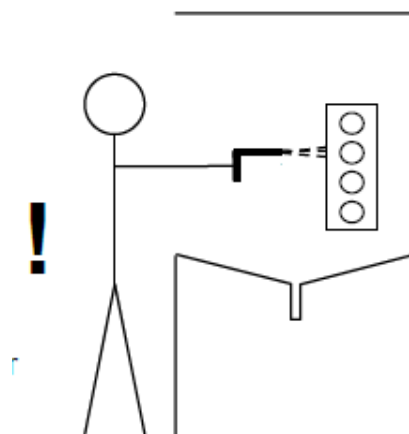
- 在吸气过程中可能爆炸的危险源



D. 在有进气和排气，吸气密封的喷洗池：

- 爆炸极限和
- 爆炸危险源
- 气雾的释放不可避免
- 溶剂接触最大可能

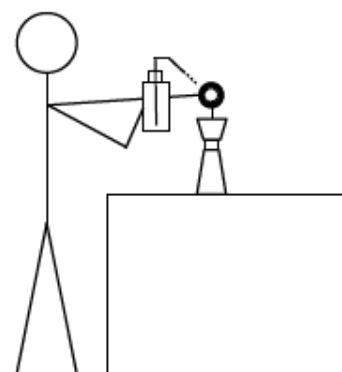
仅在防护装备和非长时间工作下允许



E. 喷洗：

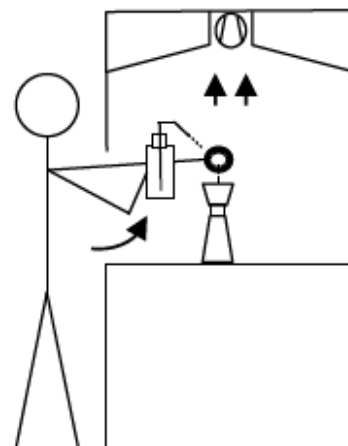
危害见 D，由于少量和小的喷洗压力

- 评估工位极限值
- 气雾释放不可避免
- 溶液接触



F. 在通风柜下手动喷洗：

- 非常小的危害
- 由于低压要注意空白样



## 12. 案例分析

### 12.1 概括

下面是列出的案例：

| 举例/检测对象       | 清洗方法  | 分析方法             | 目标                               |
|---------------|-------|------------------|----------------------------------|
| 12.2 高压空气罐    | 晃动    | 称重               | 制定检测说明书, 衰减实验                    |
| 12.3 活塞环, 有涂层 | 超声波   | 光学显微镜 (自动)       | 制定检测说明书, 衰减测试                    |
| 12.4 塑料壳      | 喷洗    | 光学显微镜 (自动)       | 制定检测说明书, 衰减实验和根据第二次验证实验          |
| 12.5 铸造气缸     | 喷洗    | 称重<br>光学显微镜 (自动) | 制定检测说明书, 衰减实验, 需考虑到清洁度详细说明和空白样制定 |
| 12.6 曲轴       | 喷洗+冲洗 | 光学显微镜 (自动)       | 审查现有检测说明书通过两次试验, 考虑检测说明书进行理性检测   |

## 12.2 举例 1-高压空气罐

### 12.2.1 目标

制定满足衰减实验的标准流程并在检测说明书中说明, 以此为基础, 常规实验中重复进行。

### 12.2.2 衰减实验检测

衰减实验要进行六次清洗。清洗条件资质合格情况由下面给出的衰减实验结果决定。

#### 清洗条件

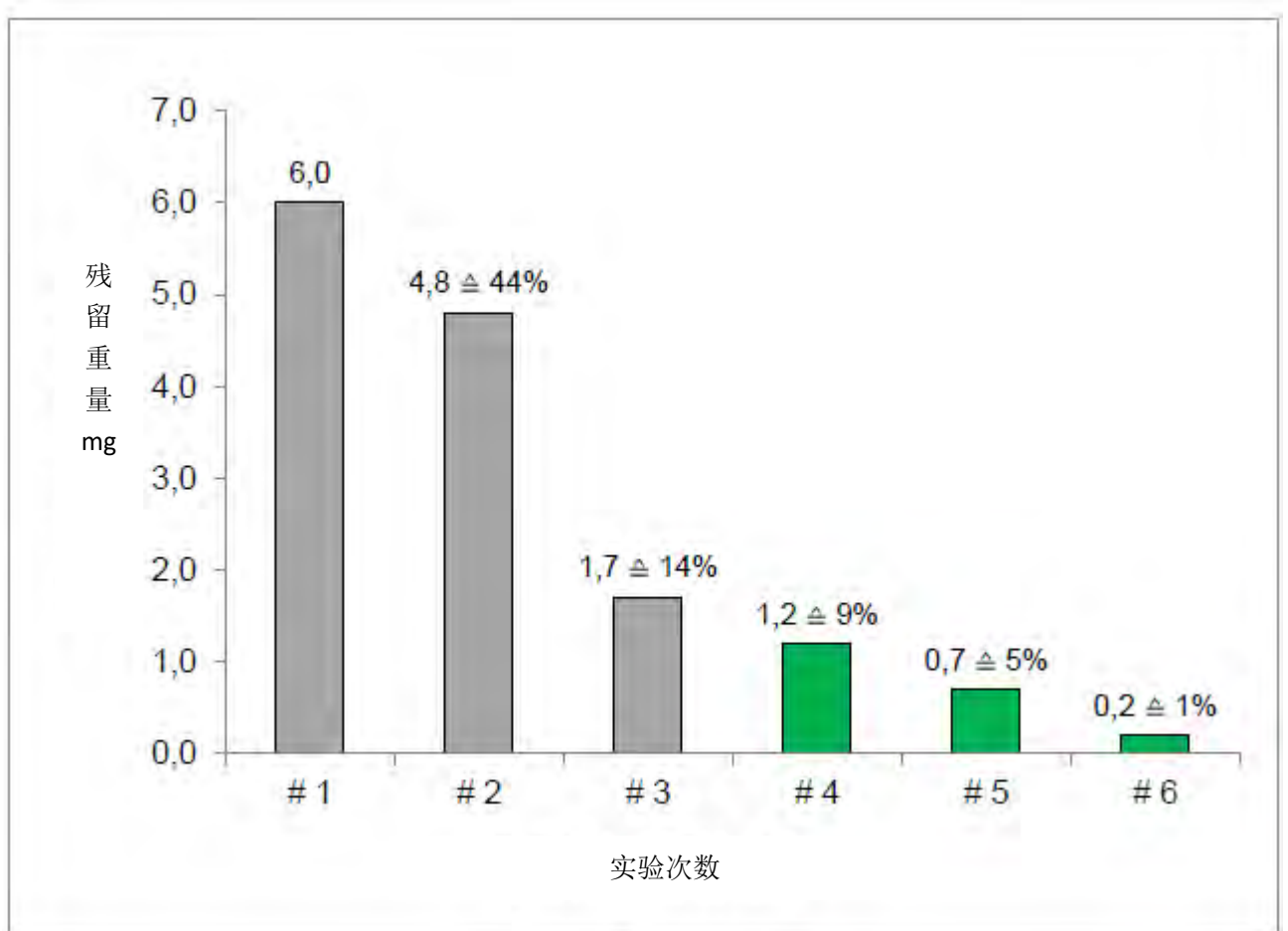
根据组件重量和控制面位置(内面)用晃动这种清洗方法来清洗一组组件(试样组=1)。组件由钢加工成, 体积为 6L。清洗容器应注满占体积的 30%溶剂, 每分钟晃动 20 下, 每分钟以 30cm 振幅晃动。

#### 分析条件

实验后, 分析溶液应通过过滤精度 5um 且直径 47mm 分析滤膜(硝化棉)。用一个精度为五位数的天平称重。

#### 衰减实验结果

| 衰减实验计算: 颗粒重量  |               |                |      |      |                |
|---------------|---------------|----------------|------|------|----------------|
|               | 清洁度称量<br>值 mg | 清洁度称量总<br>值 mg | 衰减值  |      | 衰减值是否 ≤<br>10% |
| Extraction #1 | 6.0           | —              | —    |      | —              |
| Extraction #2 | 4.8           | 10.8           | 0.44 | 44 % | No             |
| Extraction #3 | 1.7           | 12.5           | 0.14 | 14 % | No             |
| Extraction #4 | 1.2           | 13.7           | 0.09 | 9 %  | Yes            |
| Extraction #5 | 0.7           | 14.4           | 0.05 | 5 %  | Yes            |
| Extraction #6 | 0.2           | 14.6           | 0.01 | 1 %  | Yes            |



第四次实验比例是 0.09 (9%)，满足小于等于 0.1 衰减实验要求 (10%)。在检测说明中，重复常规检测的清洗参数应该符合验证确认的结果。通过多出三倍的清洗时间，所有重要的颗粒可以检测出来。

## 12.2.3 检测说明

| 基本信息  |                                           |                                |                                                              |
|-------|-------------------------------------------|--------------------------------|--------------------------------------------------------------|
| 委托号:  | 1234567                                   | 报告号:                           | #Insp. spec._compressed air tank_date#                       |
| 委托人:  | John Smith                                | 分析时间:                          | 31.12.2013                                                   |
|       |                                           | 联系人:                           | Mr. Cleanliness                                              |
| 实验委托: | <input type="checkbox"/> 常规检测:            | <input type="checkbox"/> 再检测:  | <input checked="" type="checkbox"/> 资格检测:                    |
| 检测原因: | <input checked="" type="checkbox"/> 第一次采样 | <input type="checkbox"/> 过程检测: | <input type="checkbox"/> 设计改变 <input type="checkbox"/> ..... |

| 检测目标  |                                        |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|-------|----------------------------------------|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 零件:   | 高压空气罐                                  | 供货状态:                               | 密封包装                                                                                                                                                                                                                                                                    |
| 零件号:  | 987654                                 | 检测批量:                               | 1                                                                                                                                                                                                                                                                       |
| 批次号:  | 654321                                 | 控制区域:                               | Internal area                                                                                                                                                                                                                                                           |
| 取样日期: | 23.12.2013                             | $A_C = \dots\dots\dots \text{cm}^2$ | <div style="display: flex; justify-content: space-around;"> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px;"></div> <div style="border: 1px solid black; width: 100px; height: 100px; text-align: center; vertical-align: middle;">Photo</div> </div> |
| 取样时间: | 11:30                                  | $V_C = \dots\dots\dots \text{cm}^3$ |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
| 取样地点: | Packing station                        |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                         |
|       | #Insp. spec._compressed air-tank_date# |                                     |                                                                                                                                                                                                                                                                         |

| 预处理                          |                                                        |
|------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 无:  | <input type="checkbox"/> 隔离检测区域 (例如, 阻塞)               |
| <input type="checkbox"/> 拆卸: | <input checked="" type="checkbox"/> 对不属于检测区域被污染的表面进行清洁 |
| <input type="checkbox"/> 去磁: | <input checked="" type="checkbox"/> .....              |

| 清洗    |                                               |                                        |                                           |
|-------|-----------------------------------------------|----------------------------------------|-------------------------------------------|
| 清洗范围: | <input checked="" type="checkbox"/> 检测目标不包括包装 | 检测环境                                   | <input type="checkbox"/> 无定义              |
|       | <input type="checkbox"/> 检测目标包括包装             |                                        | <input checked="" type="checkbox"/> 清洁间等级 |
|       |                                               |                                        | <input type="checkbox"/> 无尘间等级            |
| 清洗方法  | <input type="checkbox"/> 喷洗                   | <input type="checkbox"/> 冲洗            | <input type="checkbox"/> 吹刷               |
|       | <input type="checkbox"/> 超声波                  | <input checked="" type="checkbox"/> 晃动 | <input type="checkbox"/> 吹流               |
| 环境:   | 液体.....                                       | 时长.....                                | 温度.....                                   |
|       |                                               |                                        | Grade (VDA 19-2)<br>(ISO 14644-1) .....   |

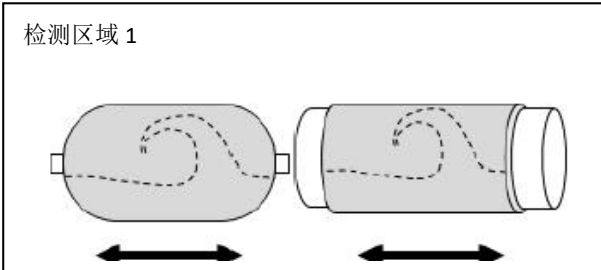
晃动

|           |                                |           |
|-----------|--------------------------------|-----------|
| 检测区域 1    |                                |           |
| 清洗装置生产厂家: |                                |           |
| 清洗装置模式:   | 实验室工作地                         |           |
| 清洗液       | <input type="checkbox"/> 溶液    | .....     |
|           | <input type="checkbox"/> 中性清洗剂 | .....     |
|           | <input type="checkbox"/> 其他    | .....     |
| 溶液量       | 1.81                           | ..... l   |
| 频率:       | 20x                            | ..... Hz  |
| 振幅:       | 30cm                           | ..... mm  |
| 晃动时长:     | 3min                           | ..... min |
| 充满数:      |                                | .....     |

|           |                                |           |
|-----------|--------------------------------|-----------|
| 检测区域 2    |                                |           |
| 清洗装置生产厂家: |                                |           |
| 清洗装置模式:   | .....                          |           |
| 清洗液       | <input type="checkbox"/> 溶液    | .....     |
|           | <input type="checkbox"/> 中性清洗剂 | .....     |
|           | <input type="checkbox"/> 其他    | .....     |
| 溶液量       |                                | ..... l   |
| 频率:       |                                | ..... Hz  |
| 振幅:       |                                | ..... mm  |
| 晃动时长:     |                                | ..... min |
| 充满数:      |                                | .....     |

|        |            |
|--------|------------|
| 检测区域 1 |            |
| 再清洗液:  | 溶液, 全部去油脂  |
| 喷头构造:  | 圆形喷头 2.5mm |
| 流量:    | 1 V min    |
| 清洗液量:  | 0.5 L      |
| 喷洗时间:  | 0.5min     |

|        |  |
|--------|--|
| 检测区域 2 |  |
| 再清洗液:  |  |
| 喷头构造:  |  |
| 流量:    |  |
| 清洗液量:  |  |
| 喷洗时间:  |  |



过滤

滤膜 1

生产厂家: SIEB .....

类型: 滤膜 .....

材质: PET 筛网 .....

直径: 47mm mm

孔径: 5um .um

滤膜 2

生产厂家: .....

类型: .....

材质: .....

直径: ..... mm

孔径: ..... um

滤膜 3

生产厂家: .....

类型: .....

材质: .....

直径: ..... mm

孔径: ..... um

干燥

干燥机器☐ 无（环境中）  
☐ 干燥箱  
☐ 干燥皿

温度: 60°C ..... °C

时长 1h ..... min

预处理

☐ Yes ☐ No

后处理

液体:  
☐ 溶液 .....  
☐ 中性清洗剂 .....  
☐ 其他 .....

液体量: ..... l

重量

生产厂家: XYZ .....

最后一次校准: .....

模式 2013 .....

天平精度: ☐ ±0,1 mg ☐ ±0,01 mg ☐ ±0,001 mg

12.3 案例 2-活塞环

12.3.1 目标

制定满足衰减实验的标准流程并在检测说明书中说明,以此为基础,在常规实验中重复进行。

12.3.2 衰减实验

衰减实验要进行六次清洗。清洗条件资质合格情况由下面给出的衰减实验结果决定。

清洗条件

根据组件重量和材料且在一种溶剂的清洗条件下,选用超声波清洗。10 个活塞环为实验的一组件。第一个近似的启动参数设置建议为超声波清洗时间 1min, 频率 40kHz 和功率密度为 10W/l。

225

## 分析条件

清洗完后，分析溶液通过过滤精度 5um 直径为 47mm 膜片过滤（PET-筛网）。然后用自动光学显微镜来分析大于 E 等级的颗粒（颗粒 $\geq 50\mu\text{m}$ ）

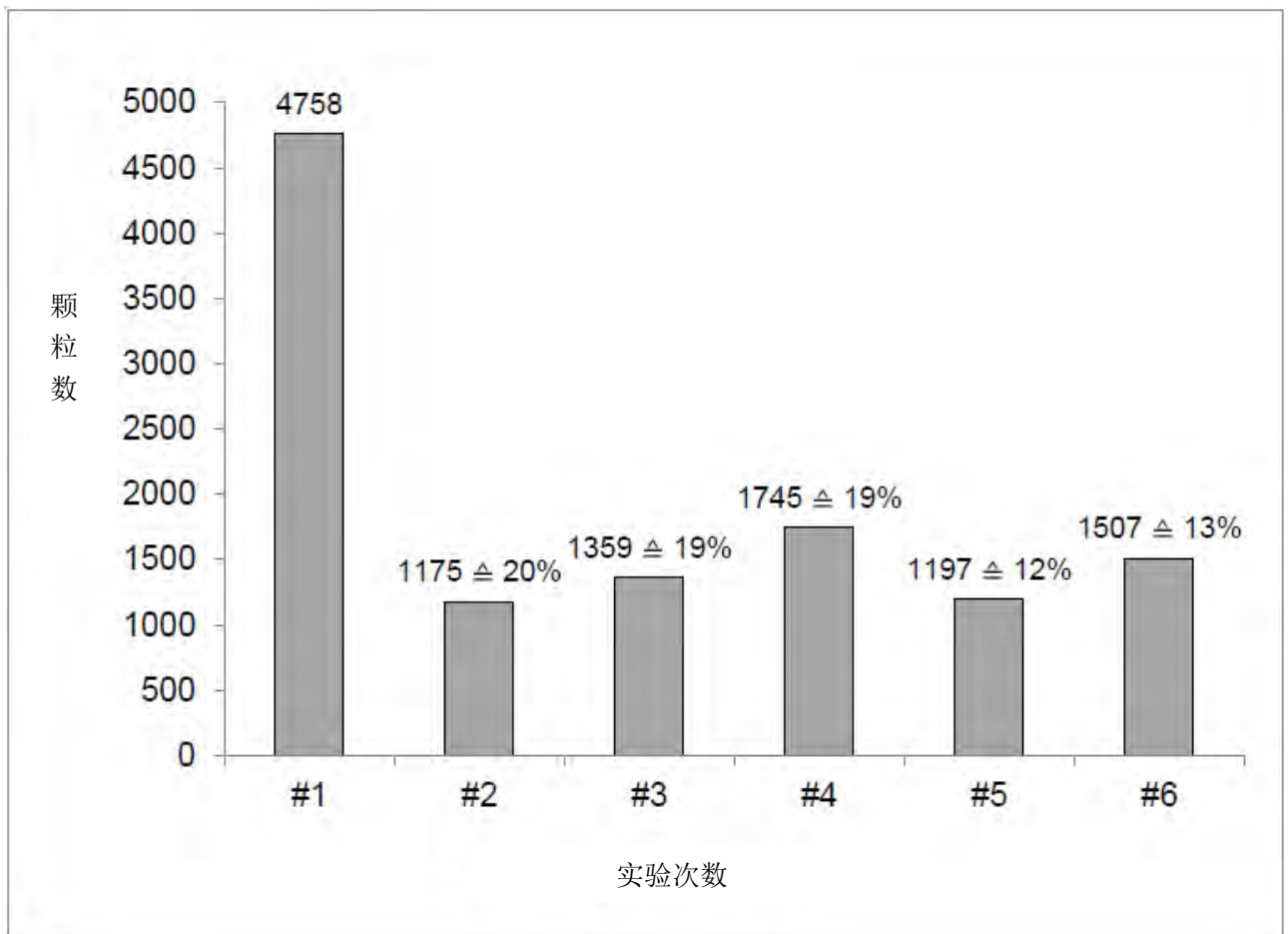
## 衰减实验结果：

| 颗粒数在每个颗粒等级                                          |                      |                       |                       |                       |                       |                        |                         |                         |                         |                  |
|-----------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Size Class                                          | E                    | F                     | G                     | H                     | I                     | J                      | K                       | L                       | M                       | N                |
| Length<br>Ferret <sub>max</sub><br>in $\mu\text{m}$ | 50<br>$\leq x < 100$ | 100<br>$\leq x < 150$ | 150<br>$\leq x < 200$ | 200<br>$\leq x < 400$ | 400<br>$\leq x < 600$ | 600<br>$\leq x < 1000$ | 1000<br>$\leq x < 1500$ | 1500<br>$\leq x < 2000$ | 2000<br>$\leq x < 3000$ | 3000<br>$\leq x$ |
| Extraction #1                                       | 3593                 | 746                   | 272                   | 129                   | 12                    | 4                      | 2                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Extraction #2                                       | 889                  | 180                   | 64                    | 33                    | 7                     | 2                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Extraction #3                                       | 1031                 | 224                   | 70                    | 27                    | 7                     | 0                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Extraction #4                                       | 1208                 | 349                   | 126                   | 59                    | 2                     | 1                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Extraction #5                                       | 875                  | 204                   | 80                    | 34                    | 4                     | 0                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Extraction #6                                       | 1157                 | 242                   | 78                    | 28                    | 2                     | 0                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |

## 备注：

把颗粒大小分级 E-N 相加，然后算出衰减比例。

| 衰减结果计算：颗粒总数   |      |       |      |      |                       |
|---------------|------|-------|------|------|-----------------------|
|               | 清洁度值 | 清洁度总值 | 衰减比值 |      | 衰减比值是否<br>$\leq 10\%$ |
| Extraction #1 | 4758 | ---   | ---  |      | ---                   |
| Extraction #2 | 1175 | 5933  | 0.20 | 20 % | No                    |
| Extraction #3 | 1359 | 7292  | 0.19 | 19 % | No                    |
| Extraction #4 | 1745 | 9037  | 0.19 | 19 % | No                    |
| Extraction #5 | 1197 | 10234 | 0.12 | 12 % | No                    |
| Extraction #6 | 1507 | 11741 | 0.13 | 13 % | No                    |



衰减比值 5.3

此清洗过程不满足衰减实验结果的小于等于 0.1 (10%) 的要求。故此清洗过程不能作为日后常规清洁度检测标准。须改变参数或者清洗方法来进行新的资质验证。

#### 结论：

这种原因可能是由于来自组件涂层的影响，因为每个衰减试验都有很多的颗粒数。因此，选择其他的清洗方法来进行衰减实验。

#### 12.3.3 衰减实验替代方案

一组件的衰减实验要进行 6 次清洗。并最终衰减实验结果来确定实验清洗条件。

## 清洗条件

由于第一组衰减实验结果失败, 将选择喷洗来且在用一种清洗液下进行衰减实验。这次选用 5 个活塞环。推荐第一次近似启动参数设置为 25mm 直径的圆头喷头, 15Lmin 流量和 1min. 清洗时间。

## 分析条件

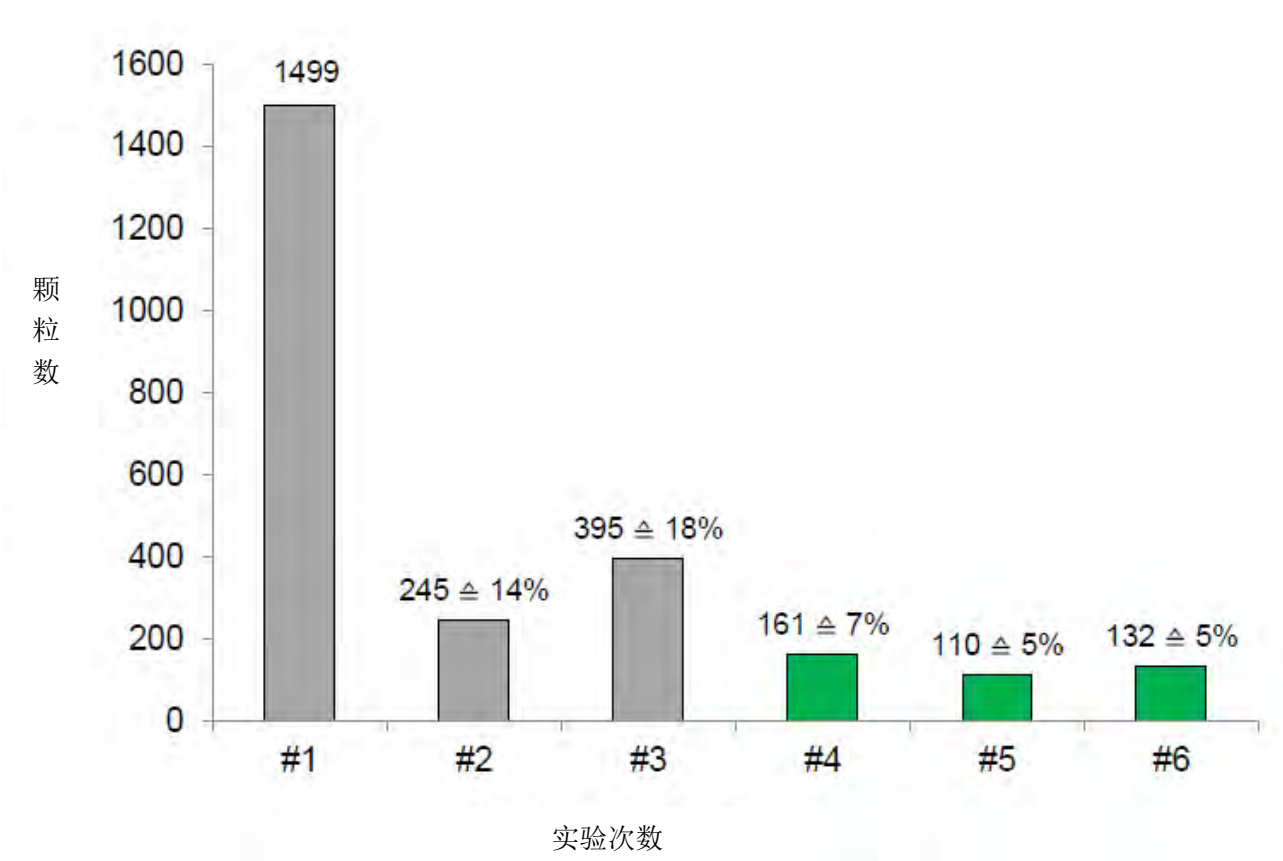
清洗后分析溶液通过过滤精度 5um, 直径为 47mm 的膜片过滤 (PET 筛网), 再用自动光学显微镜来分析大于 E 等级的颗粒 (颗粒 250  $\mu$  m) 衰减实验结果:

### 衰减实验结果:

| 颗粒数在每个颗粒等级                                    |                         |                          |                          |                          |                          |                           |                            |                            |                            |                  |
|-----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| Size Class                                    | E                       | F                        | G                        | H                        | I                        | J                         | K                          | L                          | M                          | N                |
| Length<br>Ferret <sub>max</sub><br>in $\mu$ m | 50<br>$\leq x <$<br>100 | 100<br>$\leq x <$<br>150 | 150<br>$\leq x <$<br>200 | 200<br>$\leq x <$<br>400 | 400<br>$\leq x <$<br>600 | 600<br>$\leq x <$<br>1000 | 1000<br>$\leq x <$<br>1500 | 1500<br>$\leq x <$<br>2000 | 2000<br>$\leq x <$<br>3000 | 3000<br>$\leq x$ |
| Extraction #1                                 | 1121                    | 191                      | 113                      | 47                       | 21                       | 6                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #2                                 | 180                     | 35                       | 22                       | 8                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #3                                 | 349                     | 23                       | 11                       | 11                       | 1                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #4                                 | 101                     | 34                       | 19                       | 7                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #5                                 | 79                      | 21                       | 7                        | 3                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #6                                 | 87                      | 31                       | 9                        | 4                        | 1                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |

备注：  
要把大小分级 E-N 相加然后算出衰减比例。

| 衰减结果计算：颗粒总数   |      |       |      |      |            |
|---------------|------|-------|------|------|------------|
|               | 清洁度值 | 清洁度总值 | 衰减比值 |      | 衰减比值是否≤10% |
| Extraction #1 | 1499 | ---   | ---  |      | ---        |
| Extraction #2 | 245  | 1744  | 0.14 | 24 % | No         |
| Extraction #3 | 395  | 2139  | 0.18 | 18 % | No         |
| Extraction #4 | 161  | 2300  | 0.07 | 7 %  | Yes        |
| Extraction #5 | 110  | 2410  | 0.05 | 5 %  | Yes        |
| Extraction #6 | 132  | 2542  | 0.05 | 5 %  | Yes        |

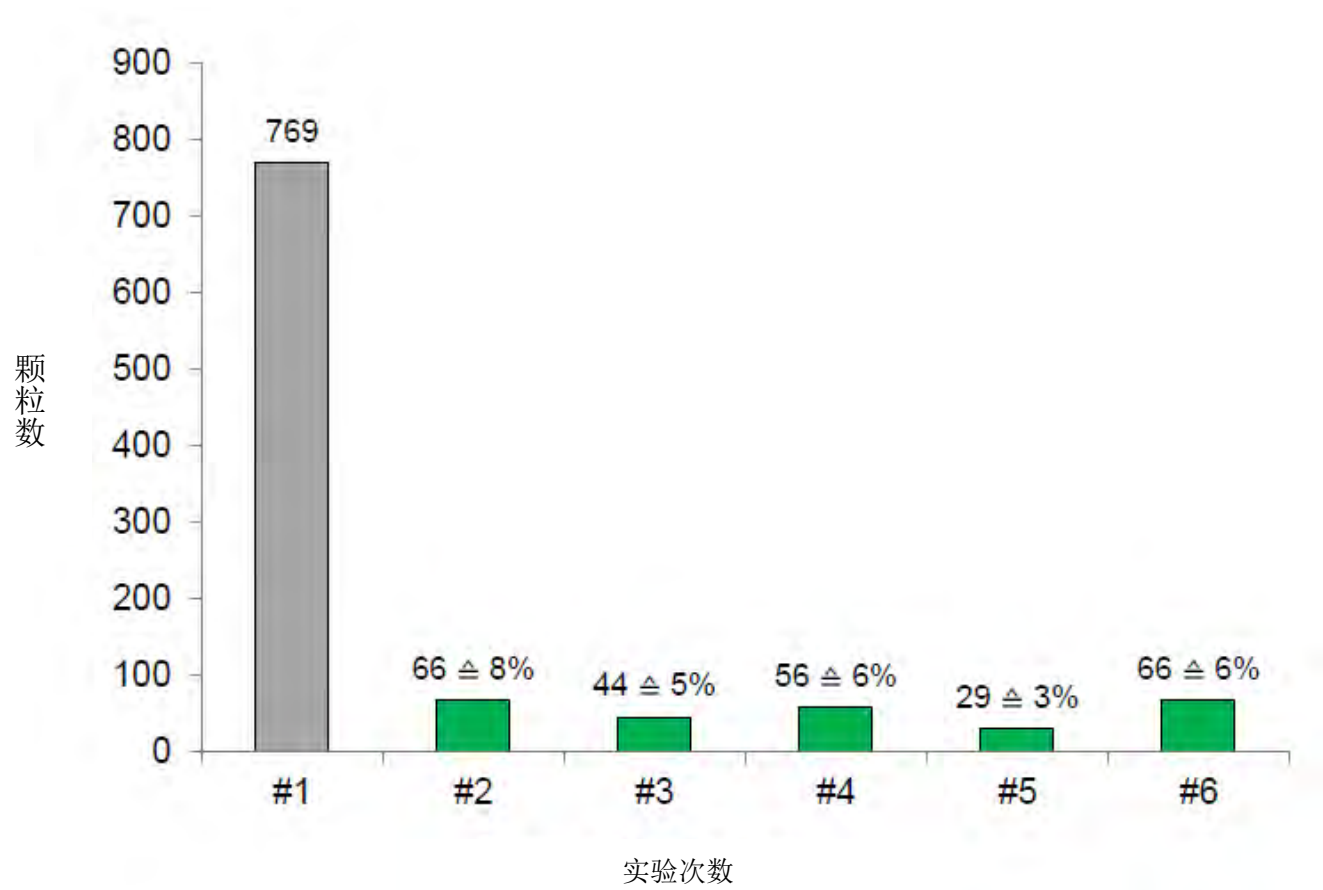


衰减比例 5.3 替代方案

备注：

衰减实验比例应计算 E-N 总和。

| 衰减结果计算：颗粒总数   |      |       |      |     |            |
|---------------|------|-------|------|-----|------------|
|               | 清洁度值 | 清洁度总值 | 衰减比值 |     | 衰减比值是否≤10% |
| Extraction #1 | 769  | ---   | ---  |     | ---        |
| Extraction #2 | 66   | 835   | 0.08 | 8 % | Yes        |
| Extraction #3 | 44   | 879   | 0.05 | 5 % | Yes        |
| Extraction #4 | 56   | 935   | 0.06 | 6 % | Yes        |
| Extraction #5 | 29   | 964   | 0.03 | 3 % | Yes        |
| Extraction #6 | 66   | 1030  | 0.06 | 6 % | Yes        |



衰减实验比值 5.4

第四次试验的比例即除以前面四次总和为 0.07 (7%), 符合衰减实验临界值 0.1 (10%)。在检测说明书中对于日常重复性检测一定要按照资质验证的结果。最终确定清洗时间为每单个试验三倍时间, 以便清洗掉所有重要颗粒。

#### **结论:**

用喷洗方法不会造成部件损伤。因此可最终作为清洁度检测手段。

### **12.4      案例 3 • 电子部件的塑料壳**

#### **12.4.1      目标**

制定满足衰减实验的标准流程并在检测说明书中说明, 以此为基础, 在常规实验中重复进行。

#### **12.4.2      衰减实验**

衰减实验要进行六次清洗。清洗条件资质合格情况由下面给出的衰减实验结果决定。

## 清洗条件

根据重量和组件材料且用含水中性清洁剂作为清洁液, 选用喷洗清洗。10\*10cm 大的组件由注射成型材料和嵌入式橡胶密封垫组成。5 个壳体为实验的一组件。推荐设置第一个近似的启动参数每个件为 25mm 直径, 体积流量用 1.5Lmin, 清洗时间 0.5min

## 分析条件

清洗完后, 分析溶液通过过滤精度 5  $\mu$ m 直径为 47mm 膜片过滤 (PET 筛网)。然后用自动光学显微镜来分析大于 E 等级的颗粒 (颗粒 250um)

## 衰减实验结果

| 颗粒数在每个颗粒等级                                    |                         |                          |                          |                          |                          |                           |                            |                            |                            |                  |
|-----------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| Size Class                                    | E                       | F                        | G                        | H                        | I                        | J                         | K                          | L                          | M                          | N                |
| Length<br>Ferret <sub>max</sub><br>in $\mu$ m | 50<br>$\leq x <$<br>100 | 100<br>$\leq x <$<br>150 | 150<br>$\leq x <$<br>200 | 200<br>$\leq x <$<br>400 | 400<br>$\leq x <$<br>600 | 600<br>$\leq x <$<br>1000 | 1000<br>$\leq x <$<br>1500 | 1500<br>$\leq x <$<br>2000 | 2000<br>$\leq x <$<br>3000 | 3000<br>$\leq x$ |
| Blank Value 1                                 | 39                      | 5                        | 2                        | 0                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #1                                 | 398                     | 182                      | 61                       | 48                       | 13                       | 6                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #2                                 | 24                      | 8                        | 2                        | 0                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Blank Value 2                                 | 15                      | 1                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |

第二次试验的比例即除以加上前面 1 次总和为 0.08 (8%) 并且符合衰减实验临界值 0.1 (10%)。在检测说明书中对于日常重复性检测, 一定要遵循验证确认的结果。这就意味着, 实验应包括所有重要颗粒。

#### 12.4.3 检测实验过程(第二次检测)

为了确保中性含水清洗剂并非在暂时间内, 可分离衰减试验中组件上所有重要颗粒, 应进行第二次检测。

此过程应该用同样的组件进行第二次实验。并且之前和之后应空白样要检测。空白样的检测应在无清洗和无分析过程时已经在没有组件时进行。

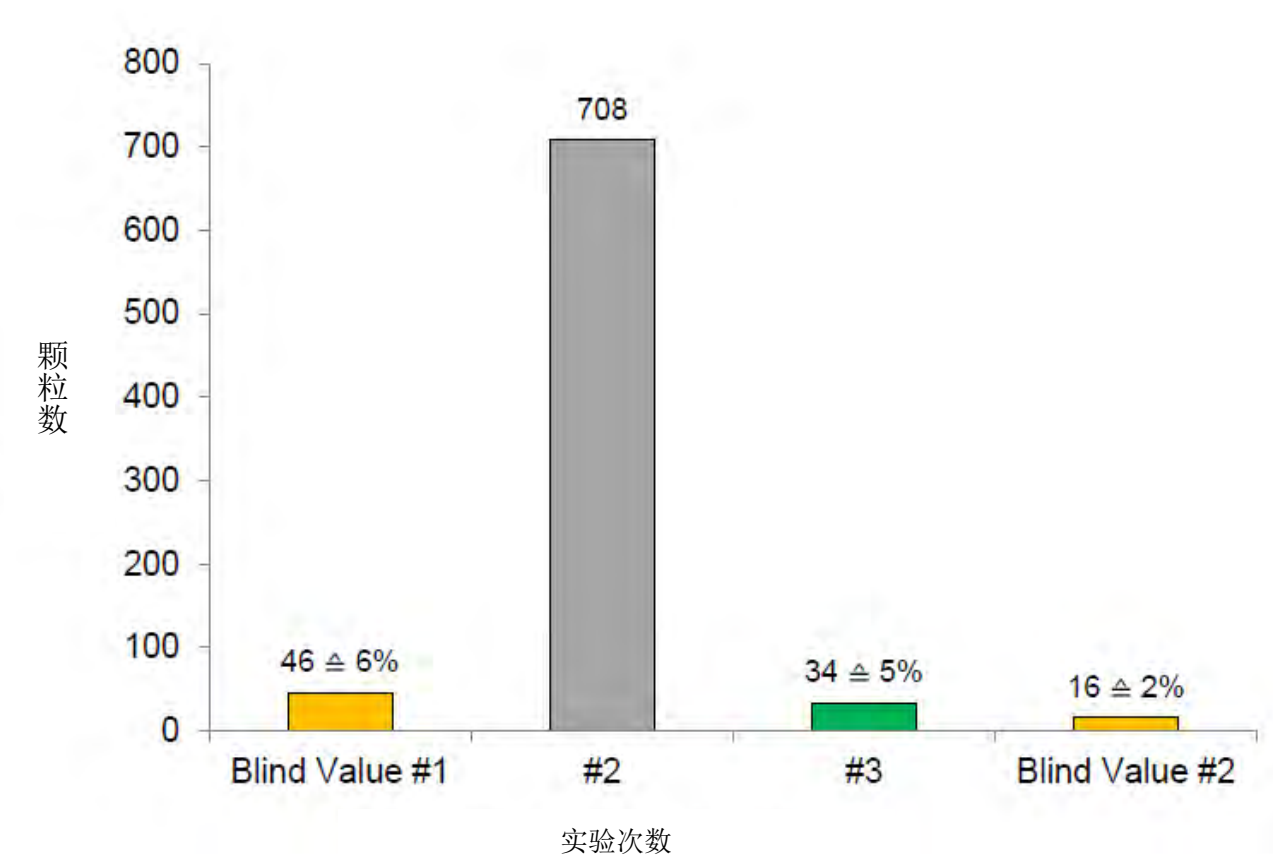
#### 第二次检测结果

| 颗粒数在每个颗粒等级                                          |                         |                          |                          |                          |                          |                           |                            |                            |                            |                  |
|-----------------------------------------------------|-------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------------------------|----------------------------|----------------------------|----------------------------|------------------|
| Size Class                                          | E                       | F                        | G                        | H                        | I                        | J                         | K                          | L                          | M                          | N                |
| Length<br>Ferret <sub>max</sub><br>in $\mu\text{m}$ | 50<br>$\leq x <$<br>100 | 100<br>$\leq x <$<br>150 | 150<br>$\leq x <$<br>200 | 200<br>$\leq x <$<br>400 | 400<br>$\leq x <$<br>600 | 600<br>$\leq x <$<br>1000 | 1000<br>$\leq x <$<br>1500 | 1500<br>$\leq x <$<br>2000 | 2000<br>$\leq x <$<br>3000 | 3000<br>$\leq x$ |
| Blank Value 1                                       | 39                      | 5                        | 2                        | 0                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #1                                       | 398                     | 182                      | 61                       | 48                       | 13                       | 6                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Extraction #2                                       | 24                      | 8                        | 2                        | 0                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |
| Blank Value 2                                       | 15                      | 1                        | 0                        | 0                        | 0                        | 0                         | 0                          | 0                          | 0                          | 0                |

备注：

应把大小级 E-N 颗粒相加。

| 衰减结果计算：颗粒总数   |      |       |                |     |                |
|---------------|------|-------|----------------|-----|----------------|
|               | 清洁度值 | 清洁度总值 | 衰减比值是<br>否≤10% |     | 衰减比值是否≤<br>30% |
| Extraction #1 | 708  | ---   | ---            |     | ---            |
| Extraction #2 | 34   | 742   | 0.05           | 5 % | Yes            |



5.4 第二次检测

第二层次实验的比例即除以前面两次总和为 0.05（5%）并且符合衰减实验临界值 0.3（30%）。在检测说明中对于日常重复性检测一定要遵循验证确认的结果。

空白样检测：

| 颗粒数在每个颗粒等级                                          |                      |                       |                       |                       |                       |                        |                         |                         |                         |                  |
|-----------------------------------------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|------------------------|-------------------------|-------------------------|-------------------------|------------------|
| Size Class                                          | E                    | F                     | G                     | H                     | I                     | J                      | K                       | L                       | M                       | N                |
| Length<br>Ferret <sub>max</sub><br>in $\mu\text{m}$ | 50<br>$\leq x < 100$ | 100<br>$\leq x < 150$ | 150<br>$\leq x < 200$ | 200<br>$\leq x < 400$ | 400<br>$\leq x < 600$ | 600<br>$\leq x < 1000$ | 1000<br>$\leq x < 1500$ | 1500<br>$\leq x < 2000$ | 2000<br>$\leq x < 3000$ | 3000<br>$\leq x$ |
| Extraction #1                                       | 398                  | 182                   | 61                    | 48                    | 13                    | 6                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Max. permissible blank<br>value 10 %                | 39                   | 18                    | 6                     | 4                     | 1                     | 0                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Blank Value<br>#1                                   | 39                   | 5                     | 2                     | 0                     | 0                     | 0                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Blank Value<br>i.O.                                 | Yes                  | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                    | Yes                     | Yes                     | Yes                     | Yes              |
| Blank Value<br>#2                                   | 15                   | 1                     | 0                     | 0                     | 0                     | 0                      | 0                       | 0                       | 0                       | 0                |
| Blank Value<br>i.O.                                 | Yes                  | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                   | Yes                    | Yes                     | Yes                     | Yes                     | Yes              |

备注：

没有在清洁度说明中对组件的极值，空白样的极限值可以通过检测的清洁度值（#1 实验）得出（10%的清洁度值，近似）。

总结：

通过对衰减实验进行的实验过程可确定组件清洁度。

## 12.4.4 检测说明书

| 基本信息  |                                           |                                |                                           |
|-------|-------------------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------------|
| 委托号:  | 1234567                                   | 报告号:                           | 基本信息                                      |
| 委托人:  | John Smith                                | 分析时间:                          | 31.12.2013                                |
|       |                                           | 联系人:                           | Mr. Cleanliness                           |
| 实验委托: | <input type="checkbox"/> 常规检测:            | <input type="checkbox"/> 再检测:  | <input checked="" type="checkbox"/> 资格检测: |
| 检测原因: | <input checked="" type="checkbox"/> 第一次采样 | <input type="checkbox"/> 过程检测: | <input type="checkbox"/> 设计改变             |

| 检测目标  |            |       |                           |
|-------|------------|-------|---------------------------|
| 零件:   | 活塞环        | 供货状态: | 在 VCI 薄膜袋中包装的 50 个零件      |
| 零件号:  | 10892-15   | 检测批量: | 5                         |
| 批次号:  | 13131313   | 控制区域: | 整个组件                      |
| 取样日期: | 23.12.2013 |       | $A_C = \dots \text{cm}^2$ |
| 取样时间: | 11.30      |       | $V_C = \dots \text{cm}^3$ |
| 取样地点: | 包装处        |       |                           |

| 预处理                          |                                                        |
|------------------------------|--------------------------------------------------------|
| <input type="checkbox"/> 无:  | <input type="checkbox"/> 隔离检测区域 (例如, 阻塞)               |
| <input type="checkbox"/> 拆卸: | <input checked="" type="checkbox"/> 对不属于检测区域被污染的表面进行清洁 |
| <input type="checkbox"/> 去磁: | <input checked="" type="checkbox"/> .....              |

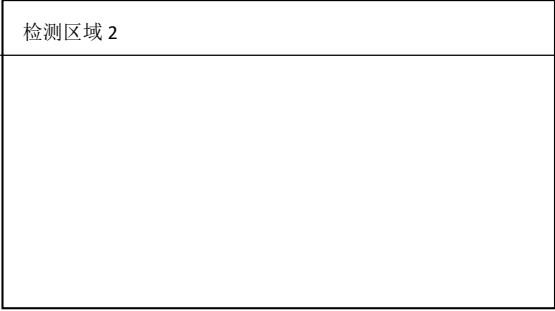
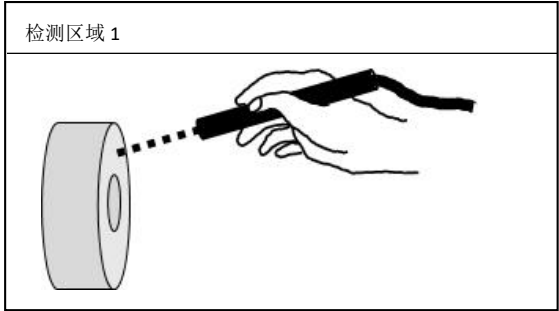
| 清洗    |                                               |         |                                           |
|-------|-----------------------------------------------|---------|-------------------------------------------|
| 清洗范围: | <input checked="" type="checkbox"/> 检测目标不包括包装 | 检测环境    | <input type="checkbox"/> 无定义              |
|       | <input type="checkbox"/> 检测目标包括包装             |         | <input checked="" type="checkbox"/> 清洁间等级 |
|       |                                               |         | <input type="checkbox"/> 无尘间等级            |
| 清洗方法  | <input checked="" type="checkbox"/> 喷洗        | 冲洗      | <input type="checkbox"/> 吹刷               |
|       | <input type="checkbox"/> 超声波                  | 晃动      | <input type="checkbox"/> 吹流               |
| 环境:   | 液体.....                                       | 时长..... | 温度.....                                   |

| 清洗，检测区域 1          |       |      |
|--------------------|-------|------|
| 清洗装置生产厂家：          | clean |      |
| 清洗装置模式：            | 2000  |      |
| 喷头生产厂家： clean      |       |      |
| 喷头种类：              | 圆头喷流  | 平行喷流 |
| 喷头尺寸：              | 扁头喷流  |      |
| 清洗液：               | 溶液    |      |
|                    | 中性清洗剂 |      |
|                    | 其他    |      |
| 流量： 1.5l/min       |       |      |
| 清洗液量： 3.75l        |       |      |
| 喷洗时间： 0.5min       |       |      |
| 角度（检测目标：自由喷射）： 45° |       |      |
| 距离（检测目标：喷头）： 15cm  |       |      |
| 自由喷流速度：            |       |      |

| 清洗，检测区域 2      |       |      |
|----------------|-------|------|
| 清洗装置生产厂家：      |       |      |
| 清洗装置模式：        |       |      |
| 喷头生产厂家：        |       |      |
| 喷头种类：          | 圆头喷流  | 平行喷流 |
| 喷头尺寸：          | 扁头喷流  |      |
| 清洗液：           | 溶液    |      |
|                | 中性清洗剂 |      |
|                | 其他    |      |
| 流量：            |       |      |
| 清洗时间：          |       |      |
| 喷洗时间：          |       |      |
| 角度（检测目标：自由喷射）： |       |      |
| 距离（检测目标：喷头）：   |       |      |
| 自由喷流速度：        |       |      |

| 检测区域 1 |            |
|--------|------------|
| 再清洗液：  | 溶液，全部去油脂   |
| 喷头构造：  | 圆形喷头 2.5mm |
| 流量：    | 1.5l/min   |
| 溶液量：   | 3l         |
| 再清洗时间： | 2min       |

| 检测区域 2 |            |
|--------|------------|
| 再清洗液：  | 溶液，全部去油脂   |
| 喷头构造：  | 圆形喷头 2.5mm |
| 流量：    | 1.5l/min   |
| 溶液量：   | 3l         |
| 再清洗时间： | 2min       |



过滤

滤膜 1

生产厂家：SIEB.....

类型：滤膜.....

材质：PET 筛网.....

直径：47mmmm

孔径：5um.µm

滤膜 2

生产厂家：.....

类型：.....

材质：.....

直径：.....mm

孔径：.....µm

滤膜 3

生产厂家：.....

类型：.....

材质：.....

直径：.....mm

孔径：.....µm

干燥

干燥机器☐ 无（环境中）  
☐ 干燥箱  
☐ 干燥皿

温度：90°C.....°C

时长1h.....min

预处理

☐ Yes☐ No

后处理

液体：☐ 溶液.....  
☐ 中性清洗剂.....  
☐ 其他.....

液体量：.....l

光学分析

生产厂家：XYZ

模式：XYZ

尺寸/像素：.....µm/Pixel

分析直径：.....mm

亮度：.....%

下临界值：.....

标块：.....

最后一次校准：.....

238

## 12.5 案例 4-铸造气缸 液压应用

### 12.5.1 目标

制定满足资质标准的实验过程,实验过程要在检测说明中记录。重复的常规清洁度实验可根据检测说明进行。对于一个组件应有一极限值在清洁度说明中确定。

### 12.5.2 清洁度说明书

下面是对检测件的清洁度说明。

| 清洁度说明                                    |                             |                     |                                                              |                     |                      |                                                  |                       |                       |             |
|------------------------------------------|-----------------------------|---------------------|--------------------------------------------------------------|---------------------|----------------------|--------------------------------------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 组件                                       | 零件                          |                     | 零件号                                                          |                     |                      | 图纸号                                              |                       |                       |             |
|                                          | 铸造气缸                        |                     | 1234567                                                      |                     |                      | 9876-54321                                       |                       |                       |             |
|                                          |                             |                     | 面积                                                           | 800cm²              |                      | 体质                                               |                       |                       |             |
| 相关参数                                     | <input type="checkbox"/> 组件 |                     | <input checked="" type="checkbox"/> A <sub>C</sub> = 1000cm² |                     |                      | <input type="checkbox"/> V <sub>C</sub> = 100cm³ |                       |                       |             |
| 检测说明书                                    |                             |                     |                                                              |                     |                      |                                                  |                       |                       |             |
| 颗粒数在每个颗粒等级                               |                             |                     |                                                              |                     |                      |                                                  |                       |                       |             |
| Size Class                               | F                           | G                   | H                                                            | I                   | J                    | K                                                | L                     | M                     | N           |
| Length<br>Ferret <sub>max</sub><br>in μm | 100<br>≤ x <<br>150         | 150<br>≤ x <<br>200 | 200<br>≤ x <<br>400                                          | 400<br>≤ x <<br>600 | 600<br>≤ x <<br>1000 | 1000<br>≤ x <<br>1500                            | 1500<br>≤ x <<br>2000 | 2000<br>≤ x <<br>3000 | 3000<br>≤ x |
| 无纤维的所有颗粒                                 | n.a.                        | n.a.                | n.a.                                                         | 50                  | 10                   | 5                                                | 0                     | 0                     | 0           |
| 金属反光颗粒                                   | n.a.                        | n.a.                | n.a.                                                         | 10                  | 5                    | 0                                                | 0                     | 0                     | 0           |
| 纤维                                       | n.a.                        | n.a.                | n.a.                                                         | n.a.                | n.a.                 | n.a.                                             | n.a.                  | n.a.                  | n.a.        |
| 重量                                       |                             |                     |                                                              |                     |                      |                                                  |                       |                       |             |
| 残余物重量 mg                                 | 12                          |                     |                                                              |                     |                      |                                                  |                       |                       |             |

### 12.5.3 衰减实验

衰减实验要进行六次清洗。清洗条件资质合格情况由下面给出的衰减实验结果决定。

#### 清洗条件

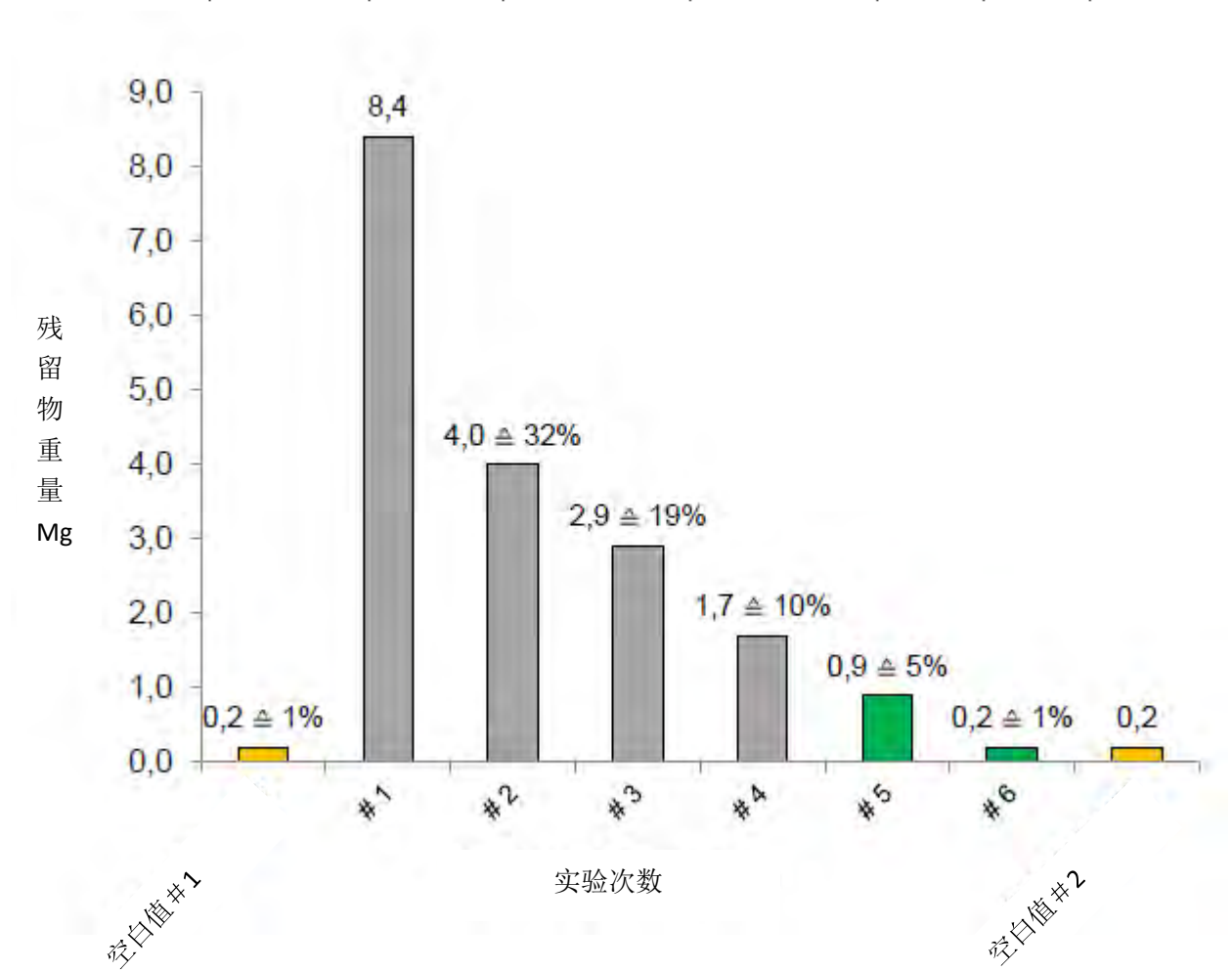
根据重量和组件材料选用喷洗清洗。检测组件的个数要明确, 第一个近似的启动参数推荐设置为, 直径为 25mm 的圆头喷枪, 流量 15L/min, 根据检测的组件面积(800cm<sup>2</sup>) 得出一个推荐溶液值为 4L。计算的清洗时间为 2 分 36 秒每件。

#### 分析条件

清洗完后, 清洗溶液通过一系列过滤连续装置, 装置是由一个过滤精度 5 μ m 分析过滤膜片(硝化纤维)和 21μm 过滤精度过滤膜片(PET-筛网)组成, 它们直径均为 47mm。5um 过滤膜片需称重且 21μm 过滤膜片根据自动光学显微镜分析为 1 大小等级(颗粒大小 ≥2400 μ m)

衰减实验称重结果：

|               | 清洁度值 mg |     | 清洁度总<br>值 mg | 清洁度累<br>计值 mg | 衰减比值 |      | 衰减比值<br>是 否 ≤<br>10% |
|---------------|---------|-----|--------------|---------------|------|------|----------------------|
|               | 粗孔      | 细孔  |              |               |      |      |                      |
| Extraction #1 | 4.8     | 3.6 | 8.4          | ---           | ---  |      | ---                  |
| Extraction #2 | 1.2     | 2.8 | 4.0          | 12.4          | 0.32 | 32 % | No                   |
| Extraction #3 | 1.3     | 1.6 | 2.9          | 15.3          | 0.19 | 19 % | No                   |
| Extraction #4 | 0.8     | 0.9 | 1.7          | 17.0          | 0.10 | 10 % | No                   |
| Extraction #5 | 0.3     | 0.6 | 0.9          | 17.9          | 0.05 | 5 %  | Yes                  |
| Extraction #6 | 0.1     | 0.1 | 0.2          | 18.1          | 0.01 | 1 %  | Yes                  |



衰减比值 5.5 重量

第五次实验的比例即除以前面 5 次总和为 0.05 (5%)，其满足衰减实验临界值 0.1 (10%)。在检测说明中对于日常重复性检测，一定要遵循验证确认的结果。

## 空白样检测

| 称重                 |     |
|--------------------|-----|
| 允许残留物重量 mg         | 12  |
| 空白样 mg (最大允许值 10%) | 1.2 |
| 空白样 1              | 0.2 |
| 空白样 i.o.           | Yes |
| 空白样 2              | 0.2 |
| 空白样 i.o.           | Yes |

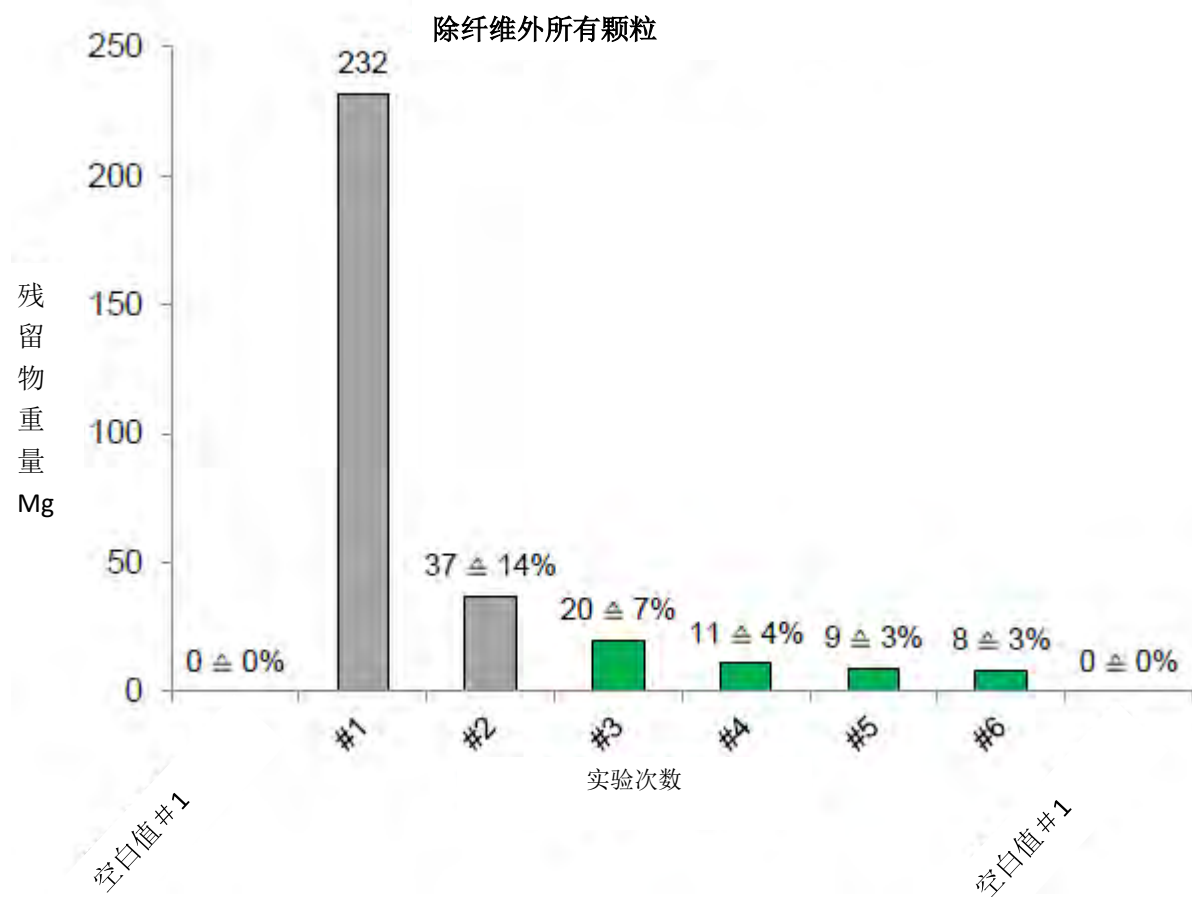
通过光学显微镜的衰减试验结果：

| 颗粒数在每个颗粒等级                                |                     |                     |                     |                     |                      |                       |                       |                       |             |
|-------------------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|----------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|-------------|
| 颗粒等级                                      | F                   | G                   | H                   | I                   | J                    | K                     | L                     | M                     | N           |
| 长度<br>—<br>Ferret <sub>max</sub><br>in μm | 100<br>≤ x <<br>150 | 150<br>≤ x <<br>200 | 200<br>≤ x <<br>400 | 400<br>≤ x <<br>600 | 600<br>≤ x <<br>1000 | 1000<br>≤ x <<br>1500 | 1500<br>≤ x <<br>2000 | 2000<br>≤ x <<br>3000 | 3000<br>≤ x |
| 1.空白样                                     | 1                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0           |
| #1 试验                                     | 1235                | 627                 | 171                 | 56                  | 4                    | 1                     | 0                     | 0                     | 0           |
| #2 试验                                     | 954                 | 376                 | 15                  | 19                  | 2                    | 1                     | 0                     | 0                     | 0           |
| #3 试验                                     | 623                 | 212                 | 12                  | 7                   | 1                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0           |
| #4 试验                                     | 324                 | 159                 | 9                   | 1                   | 1                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0           |
| #5 试验                                     | 189                 | 79                  | 7                   | 0                   | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0           |
| #6 试验                                     | 98                  | 46                  | 7                   | 1                   | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0           |
| 2.空白样                                     | 0                   | 0                   | 0                   | 0                   | 0                    | 0                     | 0                     | 0                     | 0           |

备注：

应计算 H-K 衰减试验比例总和。

| 衰减结果计算：颗粒总数 |      |       |      |      |              |
|-------------|------|-------|------|------|--------------|
|             | 清洁度值 | 清洁度总值 | 衰减比值 |      | 衰减比值是否 ≤ 10% |
| #1 试验       | 232  | —     | —    |      | —            |
| #2 试验       | 37   | 269   | 0.14 | 14 % | No           |
| #3 试验       | 20   | 289   | 0.07 | 7 %  | Yes          |
| #4 试验       | 11   | 300   | 0.04 | 4 %  | Yes          |
| #5 试验       | 9    | 309   | 0.03 | 3 %  | Yes          |
| #6 试验       | 8    | 317   | 0.03 | 3 %  | Yes          |



衰减试验 5.5 光学显微法

第三次实验的比例即除以加上前面 3 次总和为 0.07 (7%)，其满足衰减实验临界值 0.1 (10%)。在检测说明书中对于日常重复性检测，一定要按照验证确认结果。