



中华人民共和国国家标准

GB/T 13277.2—2015

压缩空气 第2部分：悬浮油含量测量方法

Compressed air—
Part 2: Test methods for oil aerosol content

(ISO 8573-2:2007, MOD)

2015-12-31 发布

2016-06-30 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 单位	1
5 标准状态	1
6 试验方法选择指南	2
7 试验设备和试验方法的一般说明	2
8 试验过程——A 方法	7
9 试验过程——B 方法	10
10 B1 和 B2 方法的分析过程	11
11 试验结果处理	14
12 方法的不确定性	15
13 非首选含油量测量方法	15
附录 A (资料性附录) 试验报告	16
附录 B (资料性附录) 典型试验设备的布置及尺寸详图	17
附录 C (资料性附录) 非首选含油量测量方法	21
附录 D (资料性附录) 本部分与 ISO 8573-2:2007 的技术性差异及其原因	22

前 言

GB/T 13277《压缩空气》分为 9 部分：

- 第 1 部分：污染物净化等级；
- 第 2 部分：悬浮油含量测量方法；
- 第 3 部分：湿度测量方法；
- 第 4 部分：固体颗粒测量方法；
- 第 5 部分：油蒸气及有机溶剂测量方法；
- 第 6 部分：气态污染物含量测量方法；
- 第 7 部分：活性微生物含量测量方法；
- 第 8 部分：固体颗粒质量浓度测量方法；
- 第 9 部分：液态水含量测量方法。

本部分为 GB/T 13277 的第 2 部分。

本部分按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本部分使用重新起草法修改采用 ISO 8573-2:2007《压缩空气 第 2 部分：悬浮油含量测量方法》（英文版）。

考虑到我国国情，本部分在采用 ISO 8573-2:2007 时，做了一些修改。有关技术性差异已编入正文中，并在它们所涉及的条款的页边空白处用垂直单线标识。在附录 D 中给出了这些技术性差异及其原因的一览表以供参考。

为了便于使用，本部分还做了下列编辑性修改：

- a) “本国际标准”一词改为“本部分”；
- b) 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“,”；
- c) 压力单位用“MPa”代替“bar”；
- d) 删除 ISO 8573-2:2007 前言。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国压缩机标准化技术委员会(SAC/TC 145)归口。

本部分起草单位：合肥通用机械研究院、杭州日盛净化设备有限公司、广州市汉粤净化科技有限公司、无锡市华灵过滤设备有限公司、合肥通用环境控制技术有限公司、合肥通用机电产品检测院有限公司、上海超滤压缩机净化设备有限公司、西安联合超滤净化设备有限公司、杭州比埃斯过滤技术有限公司、广东太安伊侨气体设备有限公司、深圳市宏日嘉净化设备科技有限公司。

本部分主要起草人：李金禄、陈放、任芳、章建、王合广、杨耀峰、张剑敏、李大明、冯金虎、王先佳、刘柏藩。

压缩空气

第2部分：悬浮油含量测量方法

1 范围

GB/T 13277 的本部分规定了压缩空气中液态油和悬浮油取样和定量分析方法(A方法和B方法)。本部分适用于一般用压缩空气系统中的含油量测量,含油测量范围为 $0.001 \text{ mg/m}^3 \sim 40 \text{ mg/m}^3$ 。本部分不适用压缩空气中油蒸气含量的测量,油蒸气的测量另见 ISO 8573-5《压缩空气 第5部分:油蒸气及有机溶剂测量方法》。

2 规范性引用文件

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

GB/T 13277.1 压缩空气 第1部分:污染物净化等级(GB/T 13277.1—2008,ISO 8573-1:2001,MOD)

GB/T 30475.1 压缩空气过滤器 试验方法 第1部分:悬浮油(GB/T 30475.1-2013,ISO 12500-1:2007,MOD)

3 术语和定义

GB/T 13277.1 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

油 oil

由6个及以上碳原子组成的烃类混合物质,即 C_{6+} 。

3.2

悬浮油 oil aerosol

悬浮于气体介质中沉降速度可忽略的悬浮液态油混合物。

3.3

管壁流 wall flow

管内空气流动时不再呈悬浮状态的那部分液态污染物。

4 单位

本部分采用的单位为国际单位制(SI)常用的单位。

5 标准状态

悬浮油含量说明的标准状态如下:

a) 空气温度:20℃;

- b) 空气绝对压力:0.1 MPa;
- c) 相对水蒸气压力:0。

6 试验方法选择指南

这些试验方法均可以在压缩空气系统中的任意一点处使用,如表 1 所示,选择 A 方法或 B 方法取决于压缩空气系统中油污染的实际等级。在有管壁流出现的情况下,应采用 A 方法。

表 1 试验方法选择指南

参数	A 方法 全流量	B1 方法 全流量	B2 方法 部分流量
污染范围	1 mg/m ³ ~40 mg/m ³	0.001 mg/m ³ ~5 mg/m ³	0.001 mg/m ³ ~10 mg/m ³
过滤器最大流速	见 7.1.2.10	1 m/s	1 m/s
灵敏度	0.25 mg/m ³	0.001 mg/m ³	0.001 mg/m ³
精确度	实测值的±10%	实测值的±10%	实测值的±10%
最高温度	100 ℃	40 ℃	40 ℃
试验时间(典型)	50 h~200 h	2 min~10 h	2 min~10 h
过滤器结构	凝聚式管路过滤器	3 层膜片	3 层膜片

7 试验设备和试验方法的一般说明

7.1 A 方法

7.1.1 概述

A 试验方法适用于全流量,可以对流经两个串联高效凝聚式过滤器的全部空气流进行取样,还可以对悬浮油和管壁流这两种形式的油分进行测量。A 试验方法不适用于稳定流动状态且系统温度和压力又不能保持稳定的压缩空气的测量。

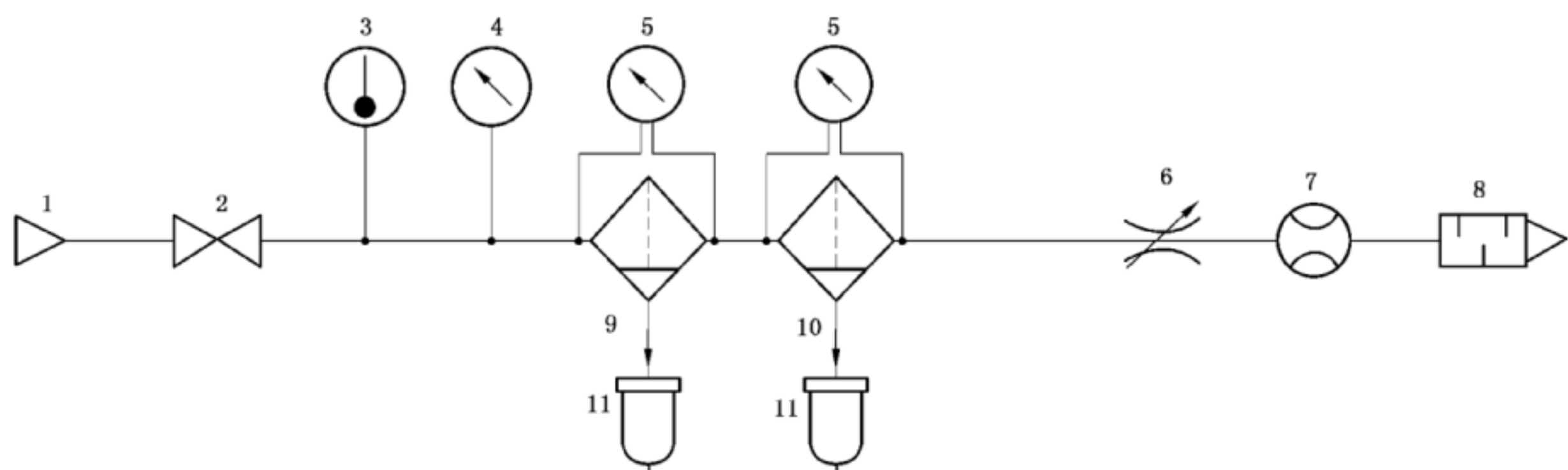
A 试验方法可以在压缩空气系统中的任何一点处,用来测量油污染等级严重的压缩空气系统。

试验设备应当保持完好,管路不允许有折弯弯头,所有阀门应当关闭,试验设备应通过加压、打开全流量球阀(图 1 中的 2)来检查系统有无泄漏。

7.1.2 试验设备

7.1.2.1 概述

A 方法所用试验设备的典型布置见图 1,试验设备的布置应当不影响到样品的采集。



说明：

- | | |
|-------------|--------------|
| 1——压缩空气取样点； | 7 ——流量计/传感器； |
| 2——全流量球阀； | 8 ——消声器； |
| 3——温度计/传感器； | 9 ——取样过滤器； |
| 4——压力表； | 10——备用过滤器； |
| 5——压差表； | 11——集液器。 |
| 6——精密调节阀； | |

图 1 A 方法试验设备的典型布置图

7.1.2.2 压缩空气取样点(图 1 中的 1)

压缩空气取样点是压缩空气系统试验中指定的测试点。

7.1.2.3 全流量球阀(图 1 中的 2)

这个阀门是可选用设备,方便测试点的连接。

7.1.2.4 温度计/传感器(图 1 中的 3)

温度(测量/指示)计用来显示测试期间压缩空气取样点处的温度。

7.1.2.5 压力表(图 1 中的 4)

压力表用来监测凝聚式过滤器是否在制造商技术规范规定的压力条件下运行。

7.1.2.6 压差表(图 1 中的 5)

压差表用来检测取样过滤器和备用过滤器上的压力降。

7.1.2.7 精密调节阀(图 1 中的 6)

为了准确地控制流量,要求使用能够便于调节的阀门。

7.1.2.8 流量计/传感器(图 1 中的 7)

应参照测试工况,采用测量精度为实测值 $\pm 5\%$ 的流量测量装置来确定取样空气量,见图 1 中的 7。

7.1.2.9 消声器(图 1 中的 8)

用来降低试验噪声,使其符合当地的降噪要求。

7.1.2.10 取样过滤器(图 1 中的 9)

取样过滤器为高效凝聚式过滤器,能够去除掉已知浓度的上游悬浮油,将下游悬浮油的浓度减少到 GB/T 30475.1 中规定的低于 0.01 mg/m^3 。

通过取样过滤器的取样空气流量不得超过制造商推荐的流量。

只有在过滤器达到稳定状态下测量值方有效。

7.1.2.11 备用过滤器(图 1 中的 10)

备用过滤器与取样过滤器相同,在取样过滤器不能正常工作时,备用过滤器用来收集通过的悬浮油。

7.1.2.12 集液器(图 1 中的 11)

将取样过滤器和备用过滤器(图 1 中的 9 和 10)中聚集的液体排放到可测量的集液器中,用毫升表示。

排放液体时应注意,要小心控制排放流量,压缩空气快速排出会使收集到的油产生泡沫,同时,如果收集的液体中出现气泡,应在气泡减少后方可读数,油含量可以直接通过称重量法用毫克单位测出。

7.2 B 方法

7.2.1 B1 方法——全流量取样

7.2.1.1 概述

B1 方法适用于流量恒定时对气体中的悬浮油进行取样和分析。在以上规定条件下,只要没有油污的管壁流,B1 方法可以定量地测量压缩空气中存在的悬浮油。

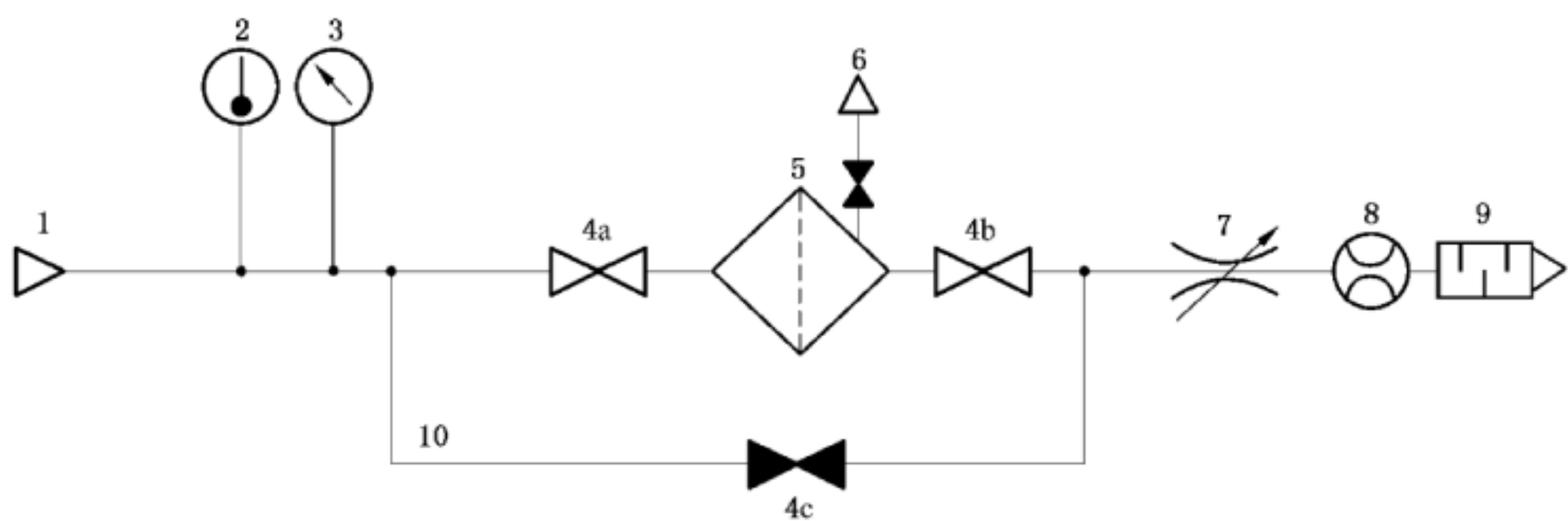
空气流全部流经管路阀门导入试验设备,试验设备要预先经过检查,确保其不会影响到原有的系统含油量等级。由于这种试验方法是用来测量空气中含油量浓度相对较低的系统,所以应特别注意试验设备的清洁,并应采取一些其他的预防措施(如阀门的吹洗),保证试验系统工况的稳定。良好的分析技术有助于提高测量的可信度等级。

可以提前做一初步试验,大致确定已有的含油量,然后再确定试验时测量的最佳时间周期。做全流量试验时,可以把空气送回到压缩空气系统中,以防止系统气量损失。也可以把气流排入大气。试验时不管采用哪种方法,都应进行流量测量,以确定试验中所用的空气量。由于试验设备是可以移动的,所以只要不超出规定的参数范围,且试验系统回路中安装有合适的阀门与试验设备相连,就可以选择不同的试验场所。要采取必要的措施来防止突然的压降冲击,因为这种压降冲击会危及试验中使用的过滤膜片,使大气中的杂物进入试验系统。

根据计算,在最短取样时间内能够收集到足量的悬浮油,且悬浮油能够符合 11.2.1 说明的单位溶剂中含油量的要求,悬浮油含量范围大约在 $0.001 \text{ mg/m}^3 \sim 10 \text{ mg/m}^3$ 之间,采用以上所述的取样和分析设备可以使试验测量精度高于 $\pm 10\%$ 。试验用过滤膜片前的空气上限速度为 1 m/s (在工作压力下),试验是在全流量条件下进行的。

含油量非常少的情况下,建议取样时间延长到 1 h 以上。

B1 方法的典型布置见图 2。



- 说明：
- | | | | |
|-------|------------|----|-------------|
| 1 | ——压缩空气取样点； | 6 | ——膜片夹持座减压阀； |
| 2 | ——温度计/传感器； | 7 | ——精密调节阀； |
| 3 | ——压力表/传感器； | 8 | ——流量计/传感器； |
| 4a~4c | ——全流量球阀； | 9 | ——消声器； |
| 5 | ——膜片夹持座； | 10 | ——旁通管。 |

图 2 B1 方法的典型布置

7.2.1.2 试验设备

7.2.1.2.1 膜片

要保证测量精度,应当采用高效玻璃纤维膜片,膜片使用粘结剂时不得影响到试验分析的结果,为了达到本方法所规定的试验精度,应将 3 层膜片相互贴紧后使用,膜片应符合表 2 规定的要求。

表 2 高效玻璃纤维膜片

参数	范围
单位面积重量/(g/m ²)	80~100
颗粒穿透率/%	低于 0.000 5

7.2.1.2.2 膜片支撑

为了防止膜片破碎,膜片应用耐用的固定材料加以支撑,使膜片能够在试验期间足以承受各种压差,膜片支撑的压力降应当尽可能地减小,使试验压缩空气流通过时阻力最小,见图 B.3。

7.2.1.2.3 管路和阀门

从与压缩空气系统的连接点到膜片夹持座的管路内径应该相等,内表面应光滑,以便使系统的损耗最小,这点很重要。

图 2 中的 4a~4c 所示阀门应为全流量球阀,球孔直径应与管路直径大致相等。

虽然全流量球阀(图 2 中的 4a~4c)加以了指定,旁通管路则可由一段挠性软管组成,并可以采用任何一种便于连接的形式。

7.2.1.2.4 膜片夹持座

任何可以放入圆形膜片的夹持座均可以使用。试验过程中施加的压力不得超过膜片夹持座能够承受的压力范围。

典型的膜片夹持座结构如图 B.4 所示。

7.2.1.2.5 结构材料

铝及铝合金不能用来制作任何可能与溶剂接触的零件。

7.2.2 B2 方法——部分流量取样

7.2.2.1 概述

B2 方法采用的试验设备与 B1 方法的试验设备相同,只是增加了一个取样管,在超出 B1 方法规定的流速范围时,可以在等动力条件下从主管路气流中进行部分流量取样。其精度和规定如 B1 方法所述。

为了确定试验条件,应知道主管路空气流量和取样流量。

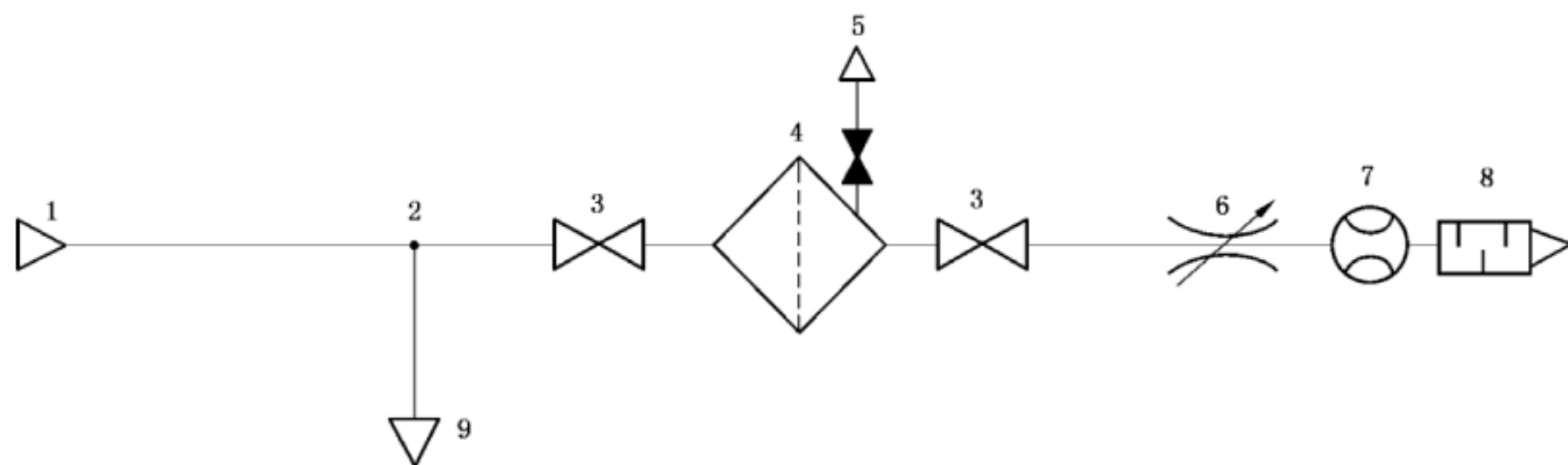
B2 方法采用一个取样管,取样管可以放置在压缩空气系统管路的任意部位,在等动力条件下,可以使用合适的连接件和阀门从主管路气流中抽取样品空气。取样管可以插入在主管路截面的中心位置,并建议事先做一些试验。

取样管/膜片夹持座接头采用的压力密封不得有任何烃类物质释放到溶液中并影响分析溶剂。不允许有样品空气从下游的膜片夹持座处返回到主管路中,一般可将其排入大气。

典型的取样管结构示于图 B.3。

7.2.2.2 试验设备

B2 方法的典型布置见图 3。



说明:

- 1——压缩空气源(上游);
- 2——等动力取样管插入点;
- 3——全流量球阀;
- 4——膜片夹持座;
- 5——膜片夹持座减压阀;

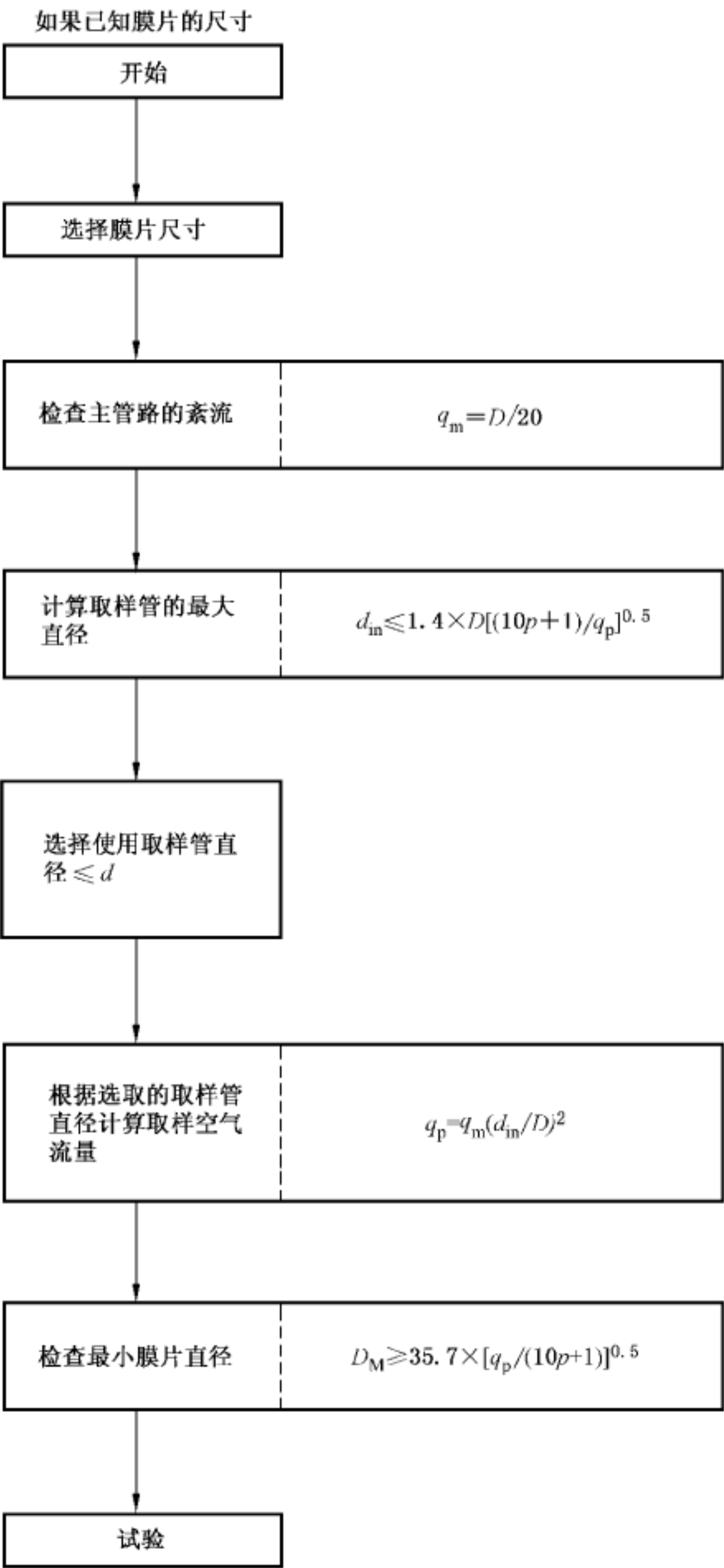
- 6——精密调节阀;
- 7——流量计/传感器;
- 8——消声器;
- 9——压缩空气源(下游)。

图 3 B2 方法的典型布置

7.2.2.3 压缩空气流量

在取样的全过程中,主管路和取样管内的空气流速应相等,这可以通过精密调节阀把流量计调节到合适的读数,以达到上述要求。

主管路和取样管的相同流速可以通过下列程序来计算。



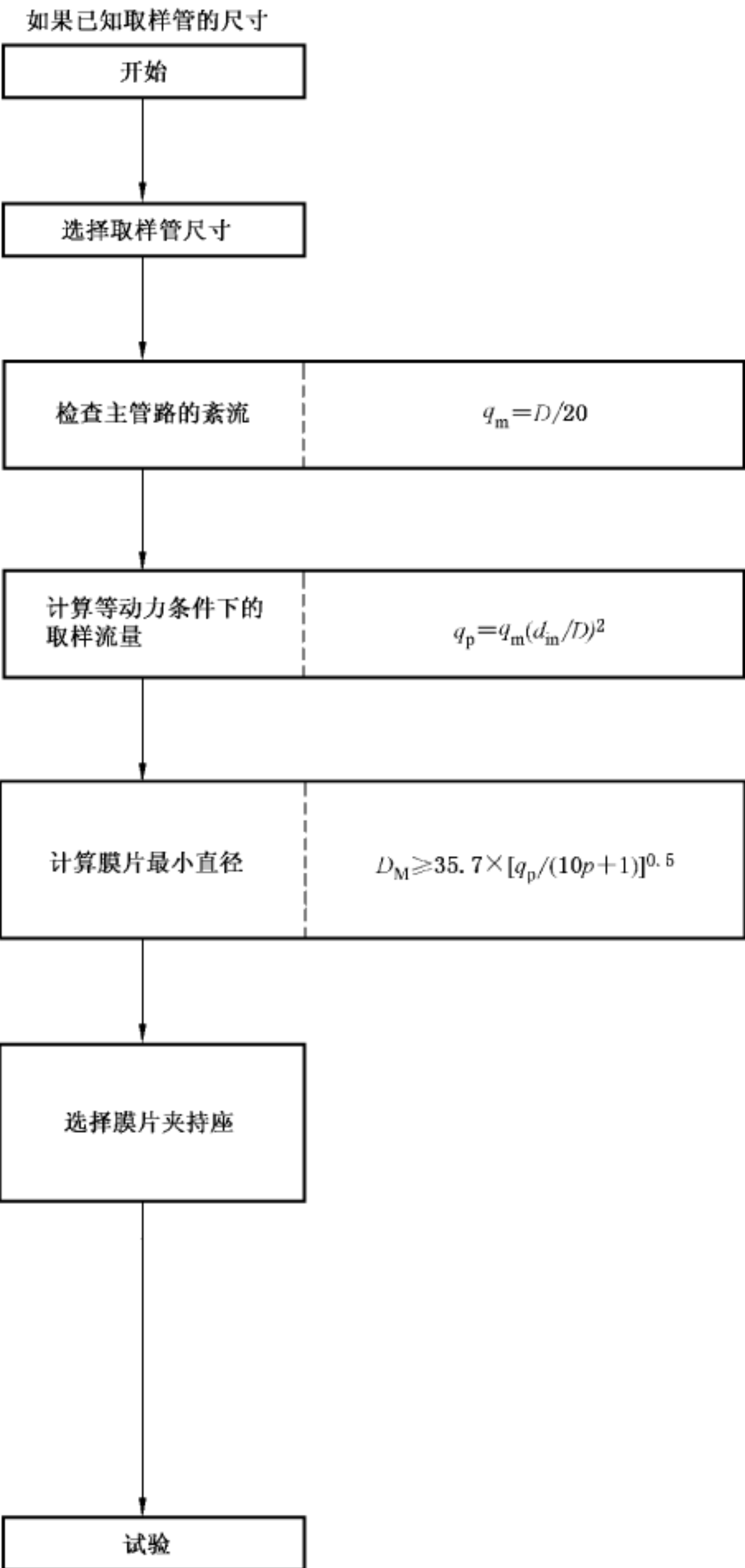
程序中:

- q_m ——主管路流量, L/s (标准状态);
- q_p ——取样管流量, L/s (标准状态);
- d_{in} ——取样管内径, mm;
- D ——主管内径, mm;
- D_M ——膜片直径, mm;
- p ——系统压力, MPa。

8 试验过程——A 方法

8.1 概述

方法 A 通常是在有管壁流出现的情况下采用,通过取样过滤器测定单位时间内收集到的油液量,



从而确定压缩空气中的含油量。

8.2 测量过程

8.2.1 启动

试验开始时,所有阀门都应在关闭状态。

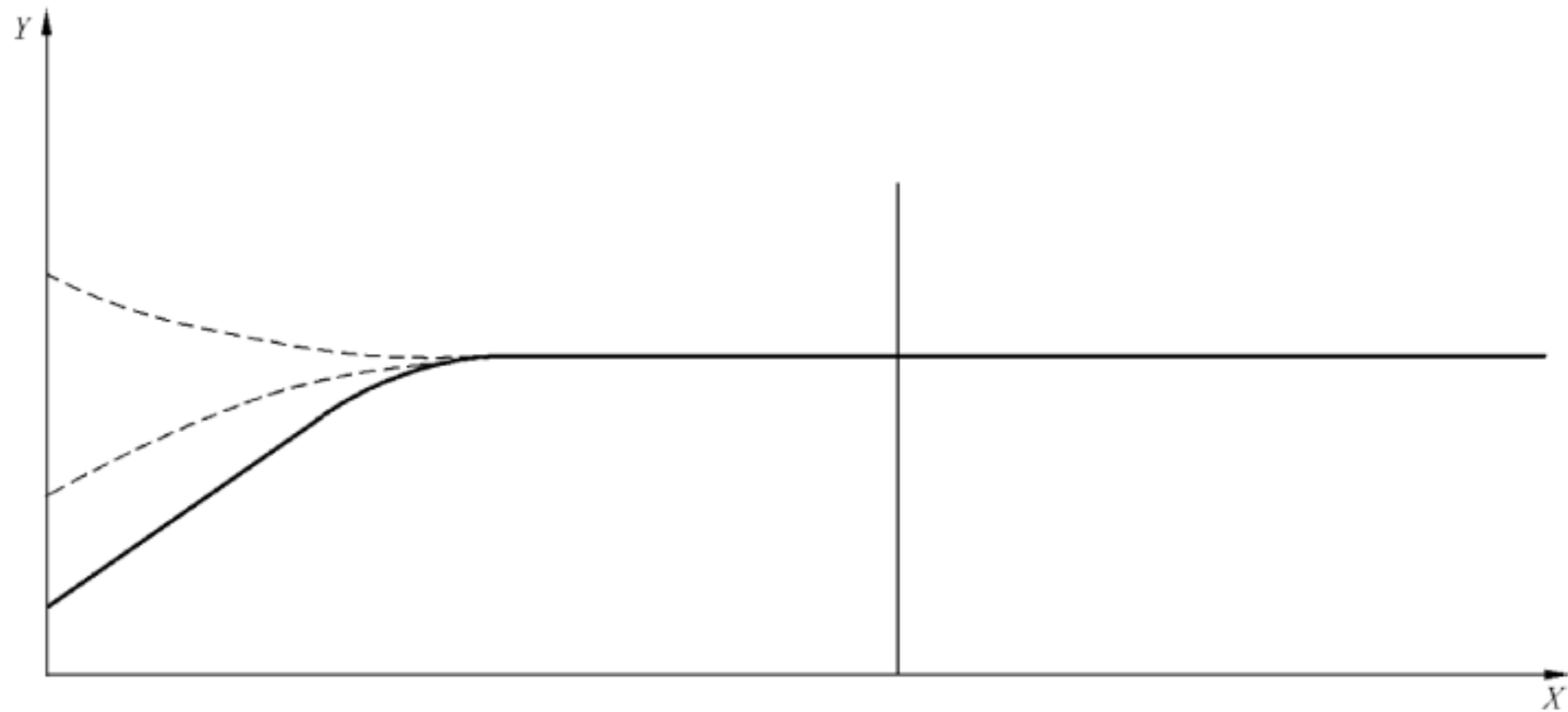
打开阀门(图 1 中的 2)至全开状态,给试验系统设备加压,用精密调节阀(图 1 中的 6)调节流量,将流量调节到规定的工况,流量值用流量计/传感器(图 1 中的 7)显示。

关闭阀门,用集液器(图 1 中的 11)收集油液。

8.2.2 取样管过滤器的稳定

取样过滤器(图 1 中的 9)在饱和状态下运行,要达到这一状态,应当留有充裕的运行时间。

试验测量只有在取样过滤器上的压差达到图 4 中的稳定状态,取样过滤器(图 1 中的 9)滤杯中的油清晰可见时方可进行。



说明:

X —— 时间;

Y —— 取样过滤器上的压差;

—— 未使用过的取样过滤器特性曲线;

----- 已使用过的取样过滤器特性曲线。

图 4 取样过滤器的特性曲线

压差表(图 1 中的 5)显示出压降稳定状况,未使用过的取样过滤器要达到稳定状态所需的时间比先前已使用过的取样过滤器要长一些,达到压降稳定所需的时间长短取决于油/水的负荷量大小。

8.2.3 含油量的测量

测量前排干净取样过滤器(图 1 中的 9)中的油,并收集在适当的容积测量集液器中,测量的时间间隔取决于收集到的液态油含量。为了避免由于泡沫引起的读数误差,可以将收集到的油分离出来。测量时要注意正确读取液柱的弧形液面读数。另外也可以将收集到的油称重,以毫克来计量。

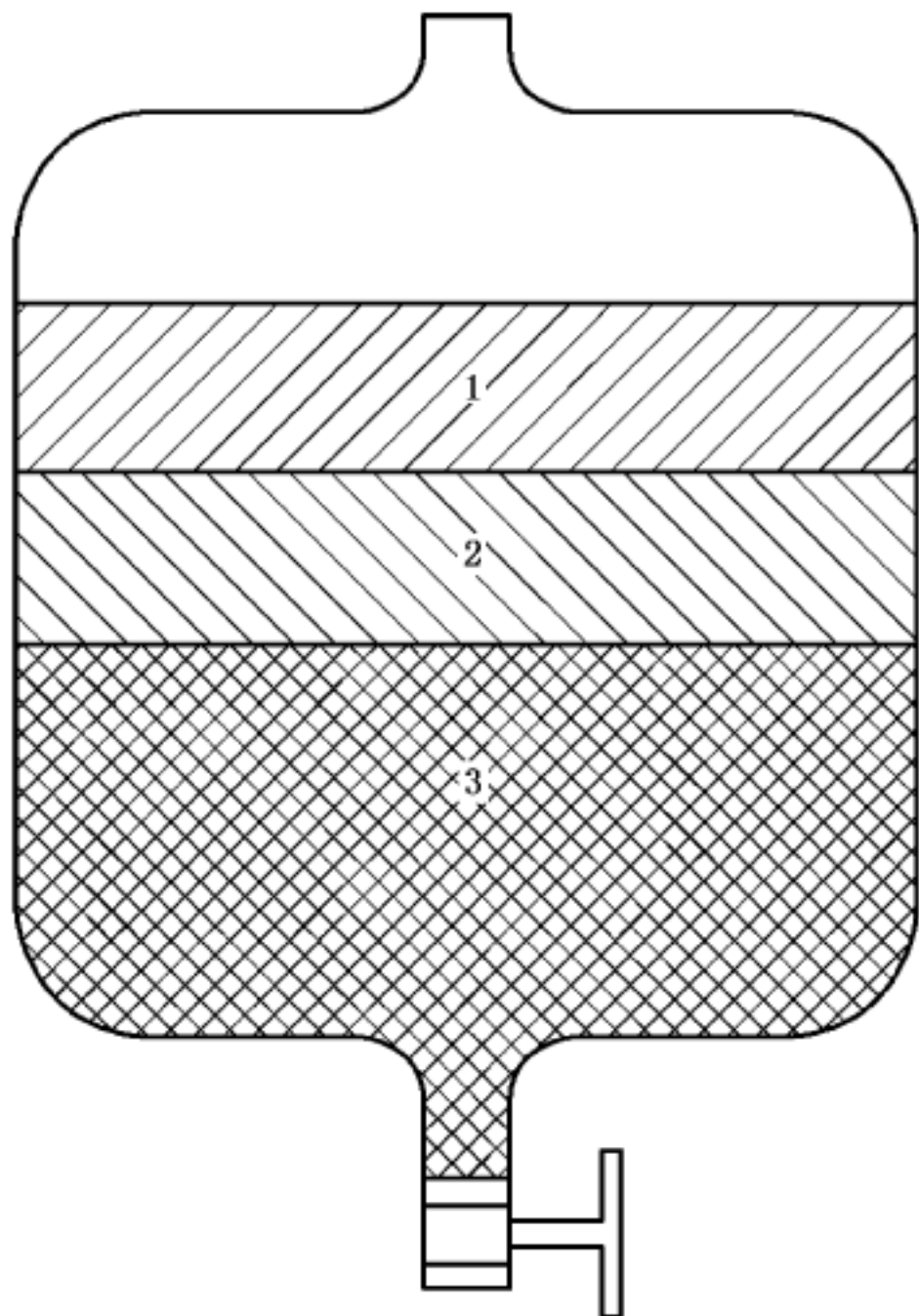
取样过滤器(图 1 中的 9)收集到的油应达到要求的精度,备用过滤器(图 1 中的 10)用来保证取样过滤器的正常工作,备用过滤器中如发现有任何明显有油的痕迹,则表明取样过滤器滤芯需要更换。

8.2.4 油/水的测量

用容器收集液态油时也总是会伴随着收集到冷凝水。

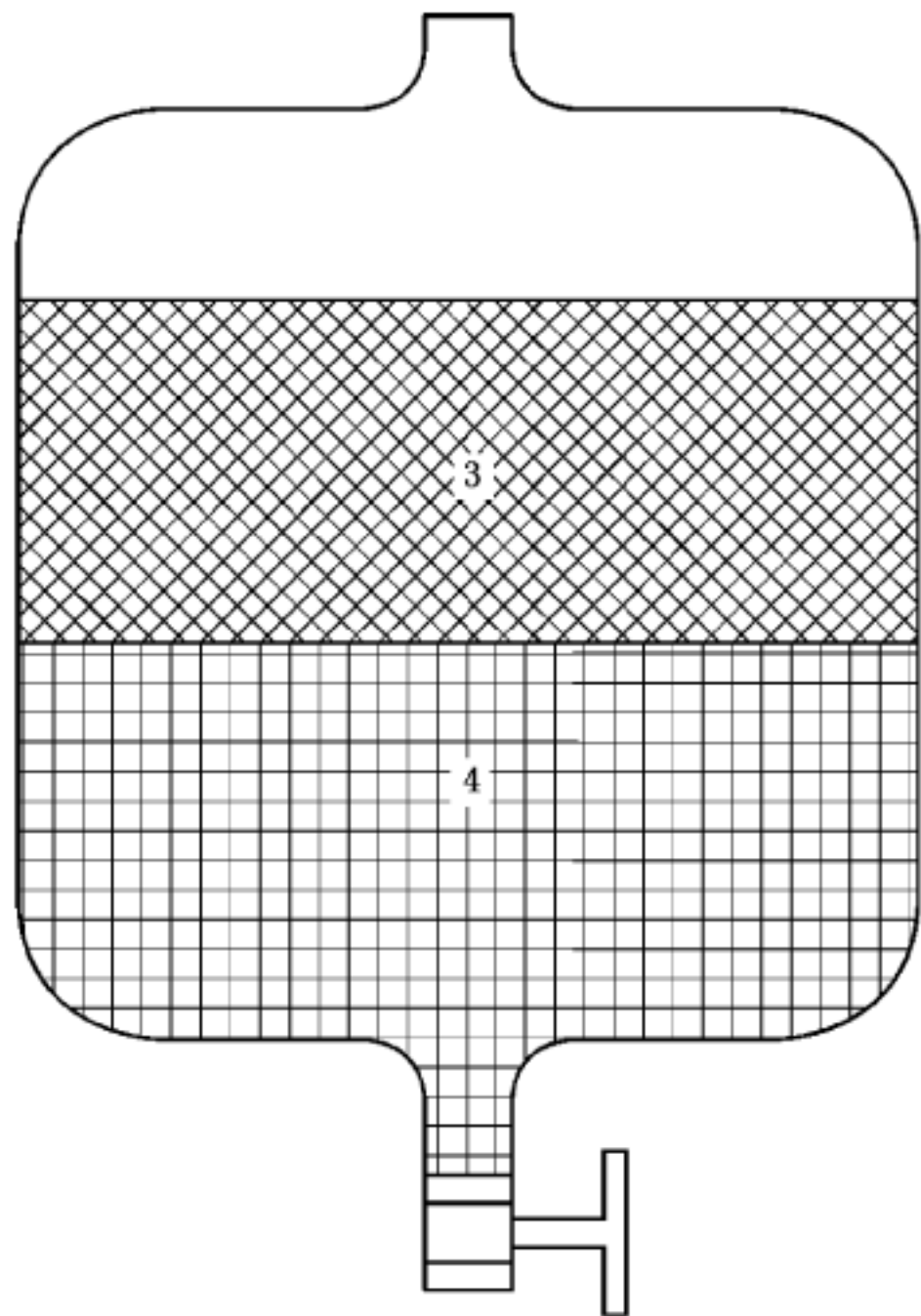
收集到的液体中含有水、油/水乳化液和油。根据油的类型,可将油水乳化液进行分离,排放掉水,测量油,见图 5。

如果出现油水乳化液层,应先排掉无油的水,然后加入已知量的溶解溶剂,摇晃使油分解出来,见图 6。



说明:
1——油;
2——油/水乳化液;
3——水。

图 5 油/水分离器



说明:
3——水;
4——油/溶解溶剂。

图 6 油-溶解溶剂/水分离器

排出较多的油/溶解溶剂溶液进行测量,用总重量减去已知的溶剂量,即可得出实际收集到的油量。
试验收集容器不必提前用溶剂浸泡。如果要进行一系列的测量工作,残留在收集容器上的取样量是恒定的,只有第一次的试验结果才会有损失。

注 1:应遵守制造商提供的安全说明,保证过滤器的收集容器与溶剂相匹配。
注 2:油/水乳化液中含水量的测量方法参见相关标准或文献。

8.2.5 空气流量(排放量)

空气流量测量精度不得低于实际流量的 5%。

8.2.6 温度

温度测量用摄氏度表示,精度不低于 1℃。

8.3 试验结果计算

8.3.1 概述

试验精度取决于收集到的含油量多少,随含油量的增加而随之变化。应保证试验结果的稳定,且具有重复性,保证表示的方式可靠。

8.3.2 含油量

当收集到的油量以体积表示时,含油量 X 按式(1)计算:

$$X = \frac{V \times \rho}{q \times H \times 3.6} \quad \dots\dots\dots(1)$$

式中:

X ——含油量,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

V ——收集到的油量,单位为毫升(mL);

ρ ——油的密度,单位为千克每立方米(kg/m^3);

q ——在标准状态(见第5章)下的空气流量,单位为升每秒(L/s);

H ——试验持续时间,单位为小时(h)。

当收集到的油量以质量表示时,含油量 X 按式(2)计算:

$$X = \frac{m}{q \times H \times 3.6} \quad \dots\dots\dots(2)$$

式中:

X ——含油量,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

m ——油的质量,单位为毫克(mg);

q ——在标准状态(见第5章)下的空气流量,单位为升每秒(L/s);

H ——试验持续时间,单位为小时(h)。

8.4 试验结果的表示

试验数据的记录以及格式参见附录A。

9 试验过程——B方法

9.1 油蒸气

试验过程中,为了防止油蒸气冷凝,主管路和取样管内的气流均应当保持等温条件。

9.2 最高气流速度

在工作压力下通过膜片的气流速度不得超过 1 m/s 。

9.3 温度

温度测量用摄氏度表示,精度不低于 1°C 。

9.4 操作

清洁的膜片应保管好,防止灰尘和大气污染。在膜片夹持座放入或取出膜片时,最好使用镊子。完成测量和分析前,外露的膜片应保存好,防止灰尘。最好用预先清洁过的玻璃器皿,膜片不应使用有机或烃类材料制成的容器保存。如果测量与分析之间相隔几个小时,则应将膜片储存于阴凉处。

9.5 零位样品

为了检查膜片是否清洁,随意挑选一个新膜片,对此膜片进行分析,确保其不含油。

9.6 试验准备

用脱脂的方法来确保膜片夹持座或元件无烃类污染。膜片夹持座清洗后,应带上聚乙烯手套进行操作,以防膜片夹持座被手指上的油脂污染。

用镊子放三层合适的取样膜片在膜片夹持座碟形腔内(见 B.3),在取样碟形腔外径上位于气体进口侧嵌入密封,形成完整的密封。然后,将膜片夹持座碟形腔从外部夹紧,允许其加压到试验系统压力。将膜片夹持座安装到图 B.3 所示的测试管中。

试验设备在接入系统之前,应完全无油、无烃类和其他污染物,对位于接头和夹持座之间的各个部件,上述要求尤为重要,应非常仔细地清洗。不允许在距测试设备上游 10 倍管径之内有弯头存在。

系统安装过程中不能增加任何烃类污染物;在使用之前,通过对安装设备清洗溶剂的分析来检查加以确定。

9.7 B1 试验方法

9.7.1 在悬浮油浓度未知的情况下,可以进行预试验确定大概的含油等级。

9.7.2 悬浮油含量用放入膜片夹持座内的取样膜片(见图 2 和 7.2.1.2.1)来测量。在放入膜片前,空气如下所示引入旁通管路。

- a) 将旁通管路上的全流量球阀(图 2 中的 4c)打开;
- b) 关闭阀门(图 2 中的 4a 和 4b);
- c) 打开减压阀(图 2 中的 6)排空膜片夹持座,空气流通过旁通管(图 2 中的 10);
- d) 打开膜片夹持座,放入 3 层膜片,和 1 个支撑片(支撑片应放置在取样膜片的后面,也可参见图 B.3);
- e) 关闭减压阀(图 2 中的 6),插入膜片夹持座。

9.7.3 悬浮油测量装置已准备完毕,可以按下列方式使用。

- a) 慢慢打开阀(图 2 中的 4a),给膜片夹持座加压;
- b) 将阀(图 2 中的 4b)置于开启位置,小心地关闭阀(图 2 中的 4c),这时,精密调节阀(图 2 中的 7)已调至预定的位置,让规定的流量通过取样膜片,计算通过膜片的最大流量,使流速不得超过 1 m/s,见 7.2.1;
- c) 测量收集悬浮油所需的时间,这个时间至少应为 2 min,打开阀(图 2 中的 4c)结束试验,关闭阀(图 2 中的 4b);
- d) 关闭阀门(图 2 中的 4a),打开阀门(图 2 中的 6)排空膜片夹持座;
- e) 取出膜片,放在无烃类物质的清洁容器内,防止膜片被污染。

9.7.4 含油量分析和计算方法见第 11 章。

9.8 B2 试验方法

空气流的取样和测试参见 B.2。

9.9 典型试验设备的布置

典型试验设备的布置及尺寸详图参见附录 B。

10 B1 和 B2 方法的分析过程

10.1 原理

膜片或膜片夹持座内收集到的油被溶解于选好的优级纯溶剂中,用红外光谱测定法测定(见图 7)。

在 3 个特征波数下,溶剂中的油浓度与油对红外光的吸收率成正比,这 3 个波数取决于油的类型,一般为 $2\,960\text{ cm}^{-1}$ 、 $2\,925\text{ cm}^{-1}$ 和 $2\,860\text{ cm}^{-1}$ 。

吸收率 A 用式(3)计算:

$$A = \lg\left(\frac{I_0^3}{I_1 I_2 I_3}\right) \dots\dots\dots (3)$$

式中:

A ——吸收率,无量纲比值;

I_0 ——原始的光强度(溶剂);

I_1, I_2, I_3 ——3 个特征波数(溶液)下对应的光强度。

将吸光率与已知浓度的计算吸收曲线图进行对比。

如果在有价值频谱中出现多于 3 个波峰值,则分析中应当采用校核期间使用的 3 个相同的波峰值。

10.2 溶剂

为了从膜片和夹持座萃取油,应当选择对于待分析的油具有良好溶解能力的溶剂,其化学成分中不含有 C-H 链,在红外光波范围为 $3\,400\text{ cm}^{-1} \sim 2\,500\text{ cm}^{-1}$ 时具有光学透光度。试剂应小心处理,使用时应严格遵循试剂供应商提供的使用说明。选择的溶剂应当专供红外光谱分析使用。

10.3 红外分光光度计

双光束或傅里叶变换红外分光光度计,其波数范围至少在 $3\,400\text{ cm}^{-1} \sim 2\,500\text{ cm}^{-1}$,透光度的重复性优于 0.3%。

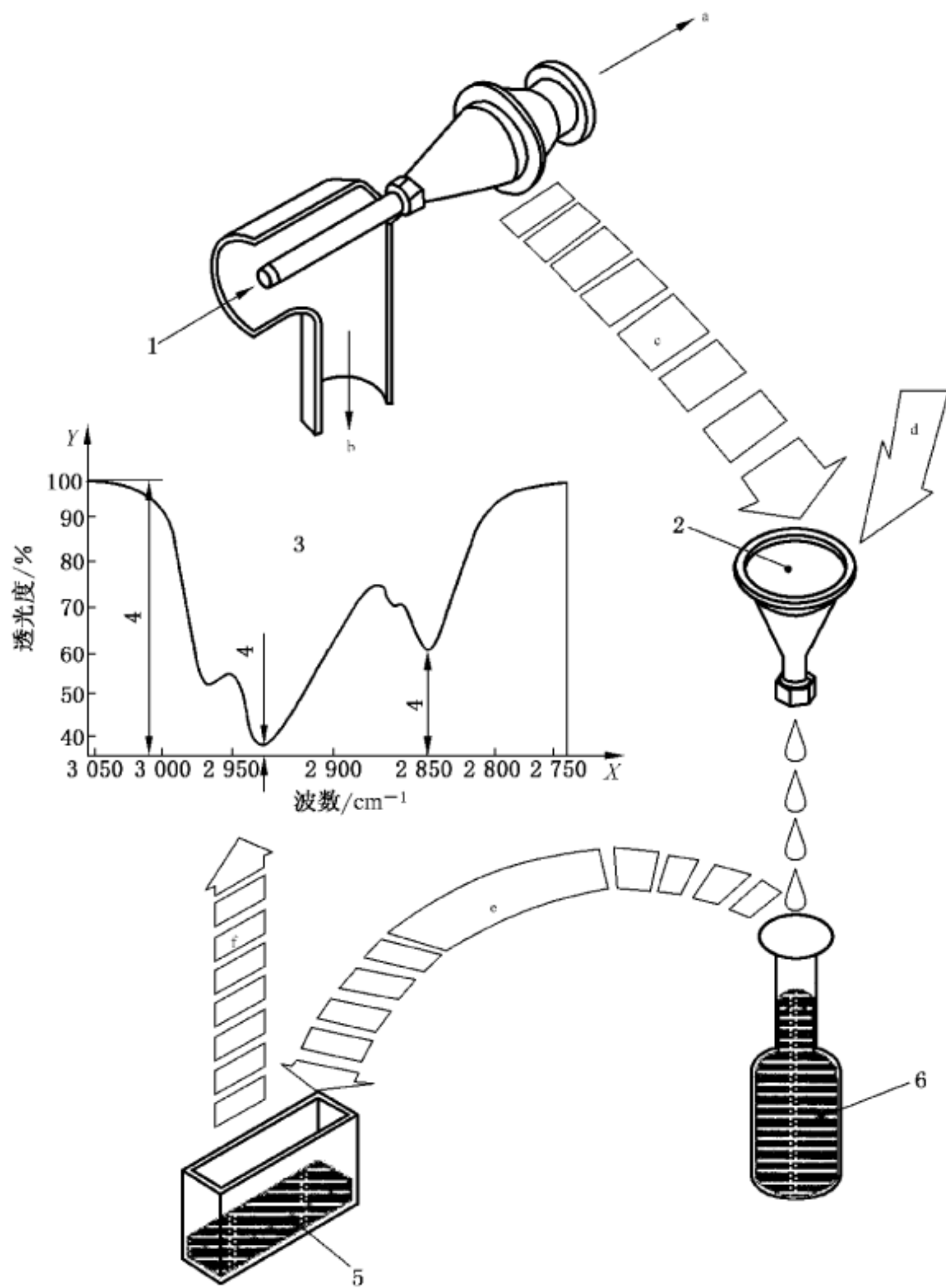
10.4 膜片收集油的分析过程

清洗膜片,确保膜片上没有油的痕迹。

记录从 $3\,400\text{ cm}^{-1} \sim 2\,500\text{ cm}^{-1}$ 的光谱。

典型的光谱曲线示于图 7。

用已标定的曲线图(见 11.1 和图 8)确定膜片上收集到的油量。



- 说明：
- 1——等动力取样管；
 - 2——膜片；
 - 3——典型的红外光谱；
 - 4——3个吸收率波段的波数；
 - 5——红外分光光度计器皿；
 - 6——油+溶剂。
- ^a 至流量计和控制阀；
- ^b 至主流量计；
- ^c 取出夹持座和膜片；
- ^d 添加溶剂，见 10.2；
- ^e 样品倒入器皿；
- ^f 至红外分光光度计。

图 7 测试分析方法

11 试验结果处理

11.1 制备标定图表

使用精度高于 0.1 mg 的分析天平或其他精确的称量仪器,称量取出 100 mg 试验用油,用清洁的溶剂将其稀释,制成油浓度为 0.1 mg/mL 的备用溶液。

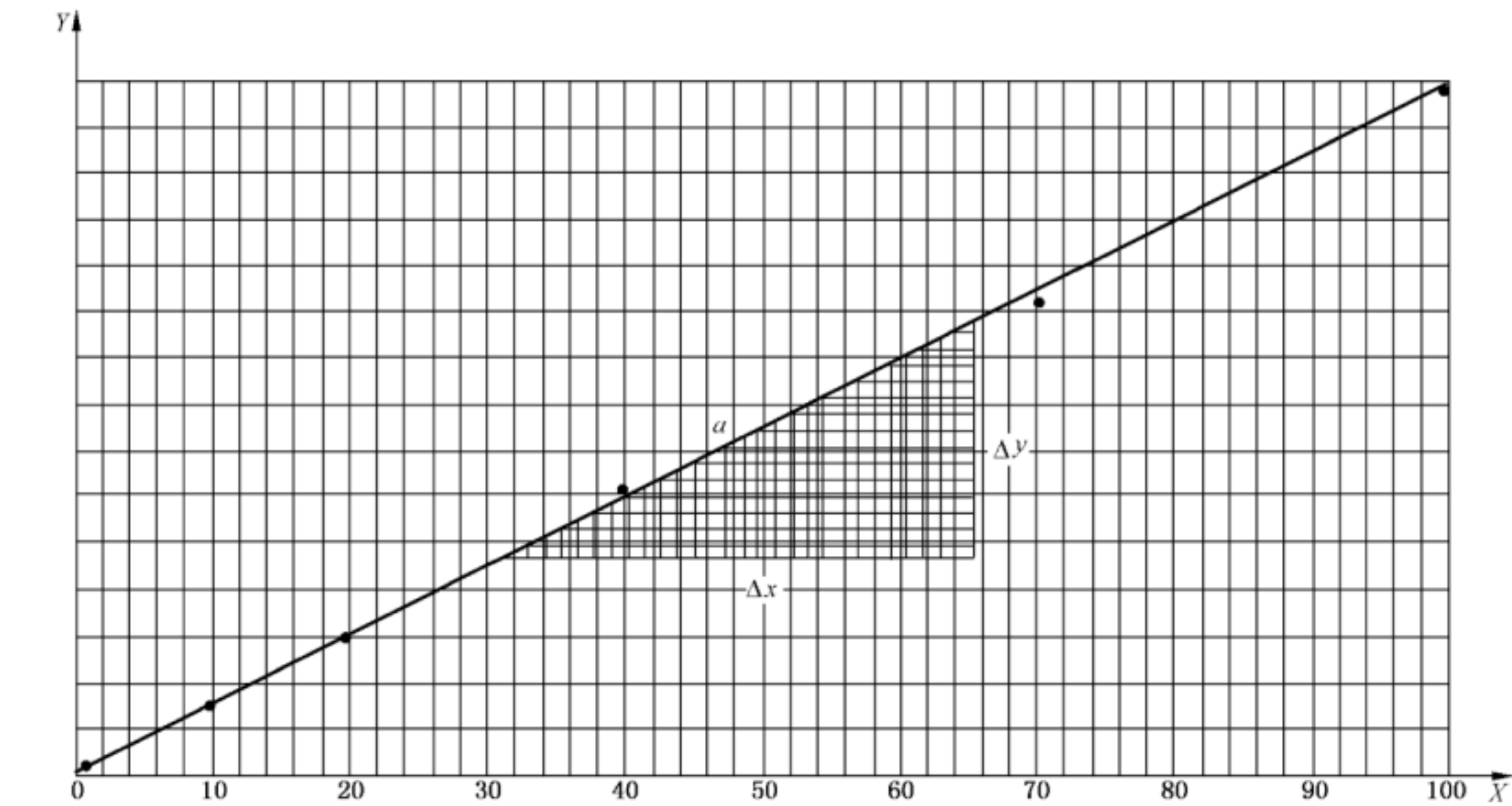
用备用溶液制备几组标定样品。制备标定样品时,应测量初始溶液已知容量,并用清洁溶剂加以稀释至 50 mL。初始备用溶液的容量和稀释后标定样品的油浓度示于表 3 中。

表 3 标准溶液的稀释

初始备用溶液的容量 mL	稀释后标定样品的油浓度 $\mu\text{g/mL}$
1	2
5	10
10	20
20	40
35	70
50	100

应当注意,表 3 中所示的油浓度是假定所测油的重量是 100 mg。实际操作时,所测油浓度应当根据称量出的实际油的重量来计算得出。

对于每个标定的样品,按 10.1 要求记录下光谱,计算其吸收率。根据结果绘制出吸收率与油浓度关系曲线,如图 8 所示。



说明:

X —— 油浓度,单位为微克每毫升($\mu\text{g/mL}$);

Y —— 吸收率, $A = \lg(I_0^3 / I_1 I_2 I_3)$;

a —— 标定系数, $C = m = \Delta y / \Delta x$ 。

图 8 标定曲线

通过这些数据建立一条直线,这条直线与 y 轴交于 c 点(这里是原点, $c=0$)。这条直线的形式为:

$$y = mx + c$$

式中:

m ——直线的斜率,等于 $\Delta y / \Delta x$;

c ——曲线与 y 轴的交点,这里就是原点;即当油浓度为 0 时,吸收率等于 0。

应使用线性最小平方回归法得出最佳直线。计算精度由判定系数 R^2 描述,其值应不得小于 0.995;否则,应重复进行分析。最后的标定系数 C 由曲线的斜率 m 来确定。

标定曲线随着油的氧化程度随之发生变化,因此,在可能的情况下,使用从压缩机取出并已知原始状态的油,或其他在试验时已知来源的油,来制备成标定曲线图。

标定曲线只有在分析特定油的情况下方能有效。每一不同品种的油,以及同种油每一不同批次的,均应分别绘制出标定曲线。

注: R^2 的值代表数据点到直线的偏离,说明数据与这一直线的吻合程度, R^2 的值乘以 100 时,就给出了其与直线吻合的百分比程度。

11.2 试验结果计算

11.2.1 概述

收集油的时间取决于能够收集到足够多的油所需要的时间,即从膜片上溶解萃取油,产生 $2 \mu\text{g/mL} \sim 100 \mu\text{g/mL}$ 油浓度范围的溶液所需的时间。由于开始试验时,压缩空气中的油浓度是未知的,因而,膜片收集的油份量也是未知的,故需要进行多次试验,以确定出恰当的试验时间。建议初始试验时间要短些,以防止在试验设备管路和管件中增加显著的污染。

11.2.2 含油量

含油量 X 按式(4)计算:

$$X = \frac{A \times V_s}{C \times q \times H \times 3\,600} \dots\dots\dots(4)$$

式中:

X ——含油量,单位为毫克每立方米(mg/m^3);

A ——吸收率,计算见 10.1;

V_s ——膜片和夹持座用溶剂萃取后收集到的油和溶剂的容积,用 mL 来表示;

C ——标定系数,根据 11.1 的标定曲线斜率 m 来确定;

q ——在标准状态(见第 5 章)下的空气流量,单位为升每秒(L/s);

H ——试验持续时间,单位为小时(h)。

12 方法的不确定性

采用 B1 和 B2 方法所述试验仪器,含油量范围为 $0.001 \text{ mg/m}^3 \sim 10 \text{ mg/m}^3$ (大气状态),取样时间为 $2 \text{ min} \sim 10 \text{ h}$,试验测量值的不确定性优于 $\pm 10\%$ 。

13 非首选含油量测量方法

非首选含油量测量方法参见附录 C。

附 录 A
(资料性附录)
试 验 报 告

在下述工况进行测量时,按照(A、B1 或 B2)方法分析,压缩空气样品中含有液态油或悬浮油是_____ mg/m³。

工况条件:

压缩空气样品取自_____ (如收集储气罐、主管路、支管路等)。

取样点处,通常记录下列工况:

压力:	kPa
温度:	°C
估计流量:	L/s

压缩空气系统有以下部分组成(如需要可作特别说明):

设备
管路
负荷状况

压缩机 1 运行于	%的负荷下
压缩机 2 运行于	%的负荷下
压缩机 3 运行于	%的负荷下
压缩机 <i>n</i> 运行于	%的负荷下

附录 B
(资料性附录)
典型试验设备的布置及尺寸详图

B.1 B1 方法

测试点处试验设备的常规平面布置见图 B.1。所示膜片夹持座的结构设计参见 B.3。实际上膜片夹持座的型式可以采用市场上能够购买到、且可以安装上夹持座(5)中相同圆形膜片即可。

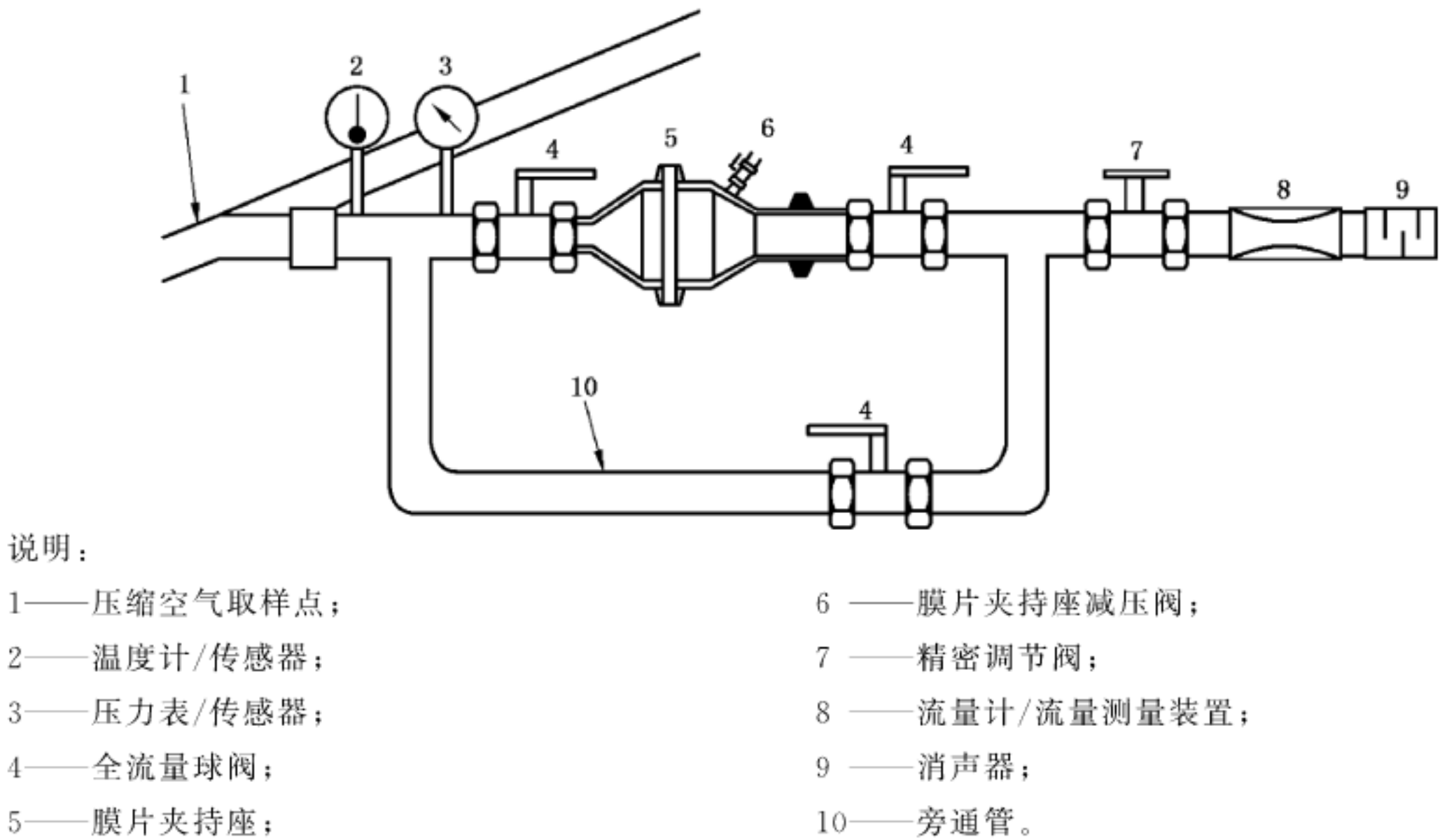


图 B.1 B1 方法的典型试验设备

B.2 B2 方法

B.2.1 等动力取样——常用

- 取样管和膜片夹持座的温度应当与试验用空气的温度相同，否则，会出现冷凝现象。
等动力取样装置应当具备以下条件：
- a) 取样管距上游弯头或节流处的距离至少应当有 10 倍的管径长，距下游的弯头或节流处的距离至少应当有 3 倍的管径长。
 - b) 取样管的尺寸应以不影响空气流为宜，管端接头的形状和结构可以变化。
 - c) 如果管路内表面没有用溶剂冲洗，则应当采取必要的措施，防止油蒸气在管路内表面的冷凝。
 - d) 取样要求主管路内空气流为紊流状态(雷诺数大于 4 000)。

在一般工业应用中，压缩空气处于紊流状态，流量 q 在实际工况中按式(B.1)确定：

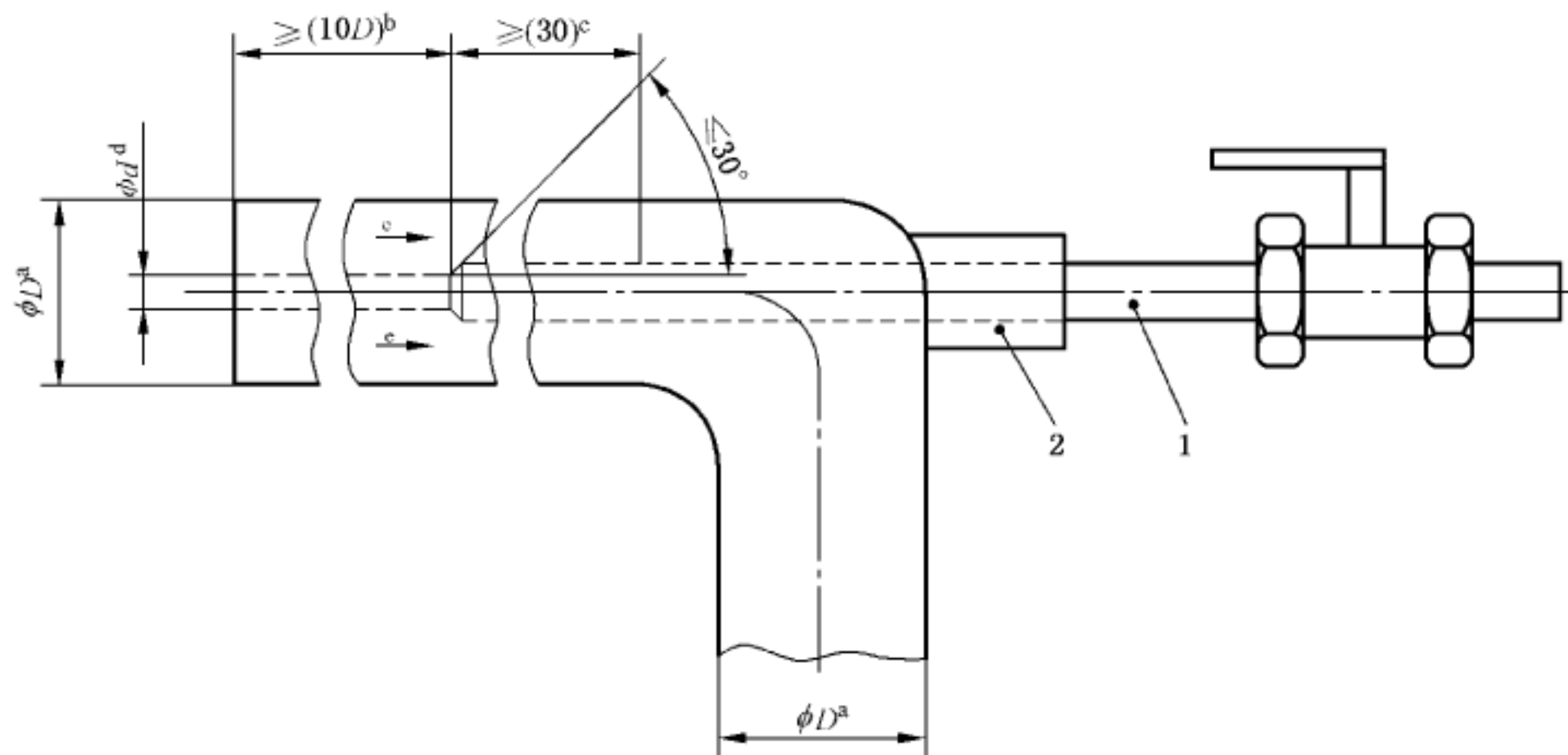
$$q \geq D/20 \quad \dots\dots\dots (B.1)$$

式中：

q ——流量，单位为升每秒(L/s)；
 D ——管内径，单位为毫米(mm)。

B.2.2 等动力取样设备布置

压缩空气试验系统中插入点的等动力取样管布置如图 B.2。



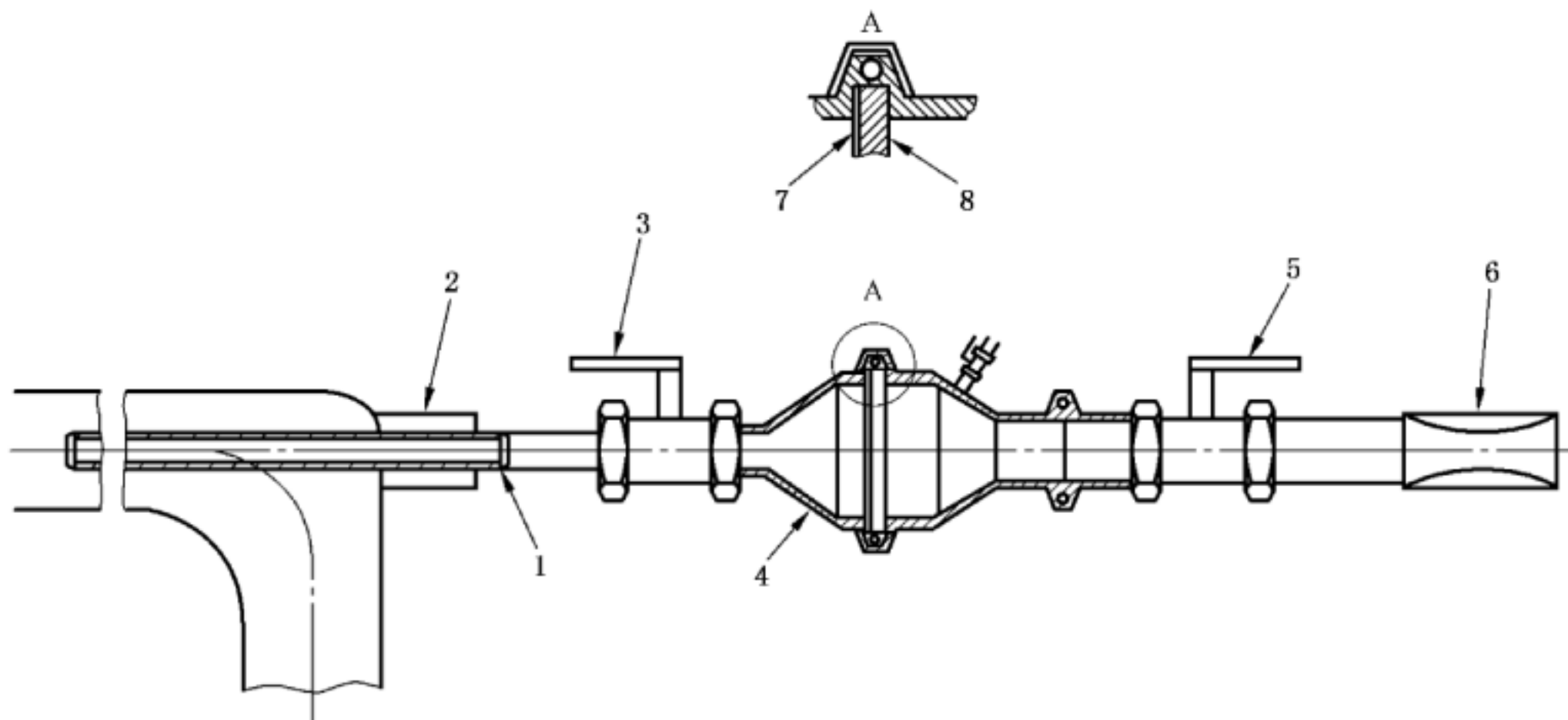
说明：

- 1——主管路取样管；
- 2——取样管插入深度调节压管。
- ^a 主管内径 D ；
- ^b 取样管前直管段最小长度 $\geq 10 \times D$ ；
- ^c 取样管插入点距离 $\geq 3 \times D$ ；
- ^d 取样管内径 d_{in} ；
- ^e 空气流方向。

图 B.2 等动力取样管插入布置

无管壁流时，等动力取样可以用于流速高的压缩空气系统。

等动力取样试验设备的布置如图 B.3 所示，阀门(5)和流量计(6)可以分别进行调节和测量。



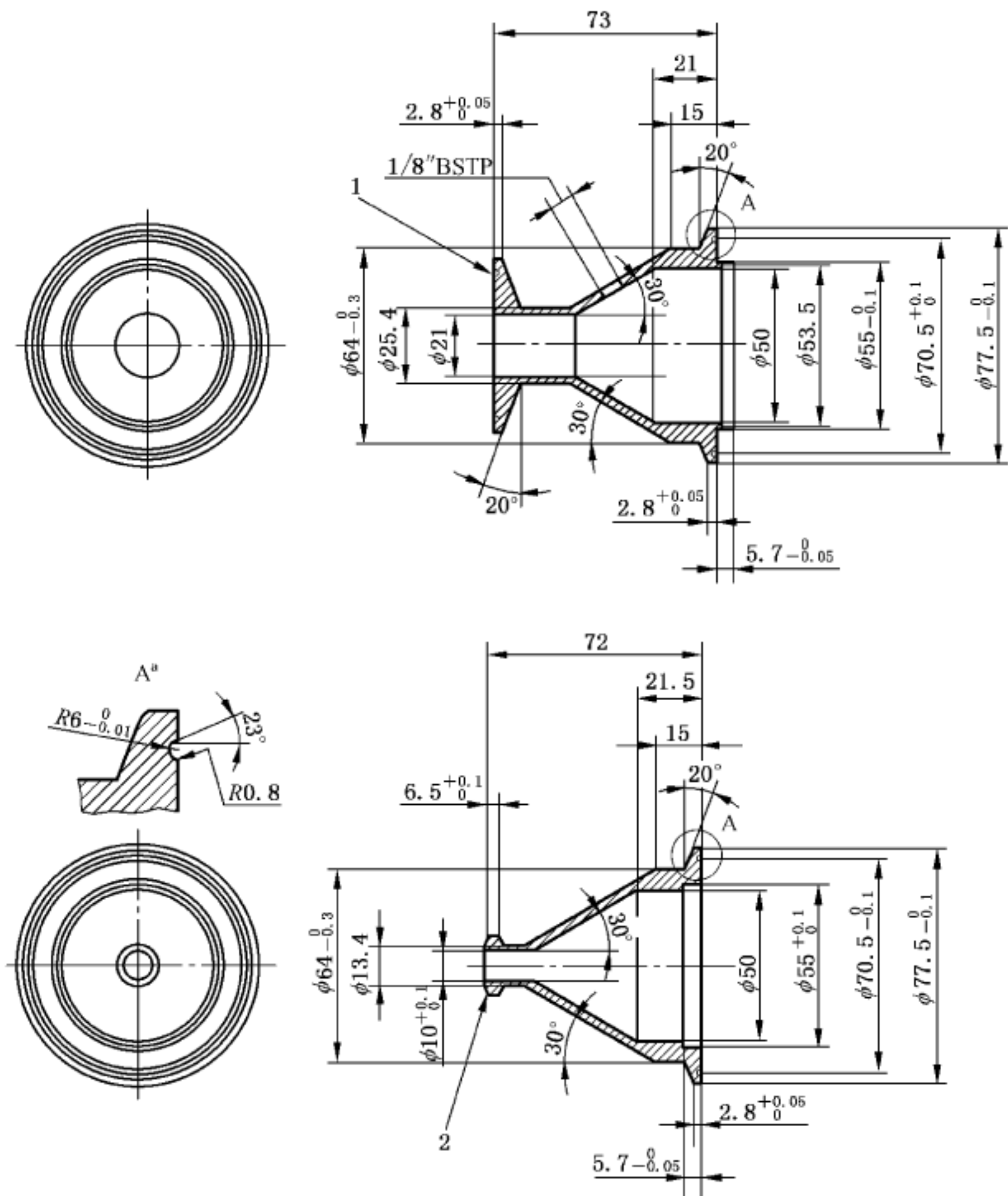
说明：

- | | |
|------------|-------------------|
| 1——取样管； | 5——精密调节阀； |
| 2——带压套的接管； | 6——流量计/流量测量装置； |
| 3——全流量球阀； | 7——三层膜片； |
| 4——膜片夹持座； | 8——不锈钢支撑(3 mm 厚)。 |

图 B.3 B2 方法等动力取样管布置

B.3 膜片夹持座的结构

图 B.4 提供的是膜片夹持座中各种零部件的尺寸,图 B.4 夹持座结构使用的是 55 mm 的膜片。



说明:

- 1——典型的无缝接管口;
- 2——与取样管相连的奶嘴式无缝接管口。
- ^a 典型的无缝接管口。

图 B.4 典型的膜片夹持座

B.4 等动力取样管

取样管的常规结构如图 B.5 所示,当设计使用的是适配 55 mm 的膜片夹持座时,取样管可以用于 0.7 MPa、流速 0.16 m/s 的工况条件。

取样管的截面应为圆形,开口端厚度应小于 1.5 mm,内外表面倾斜度与管子轴线的夹角不大于 30°。具体参见图 B.5。

管端接管处的角度可减小对取样管端部的冲击。

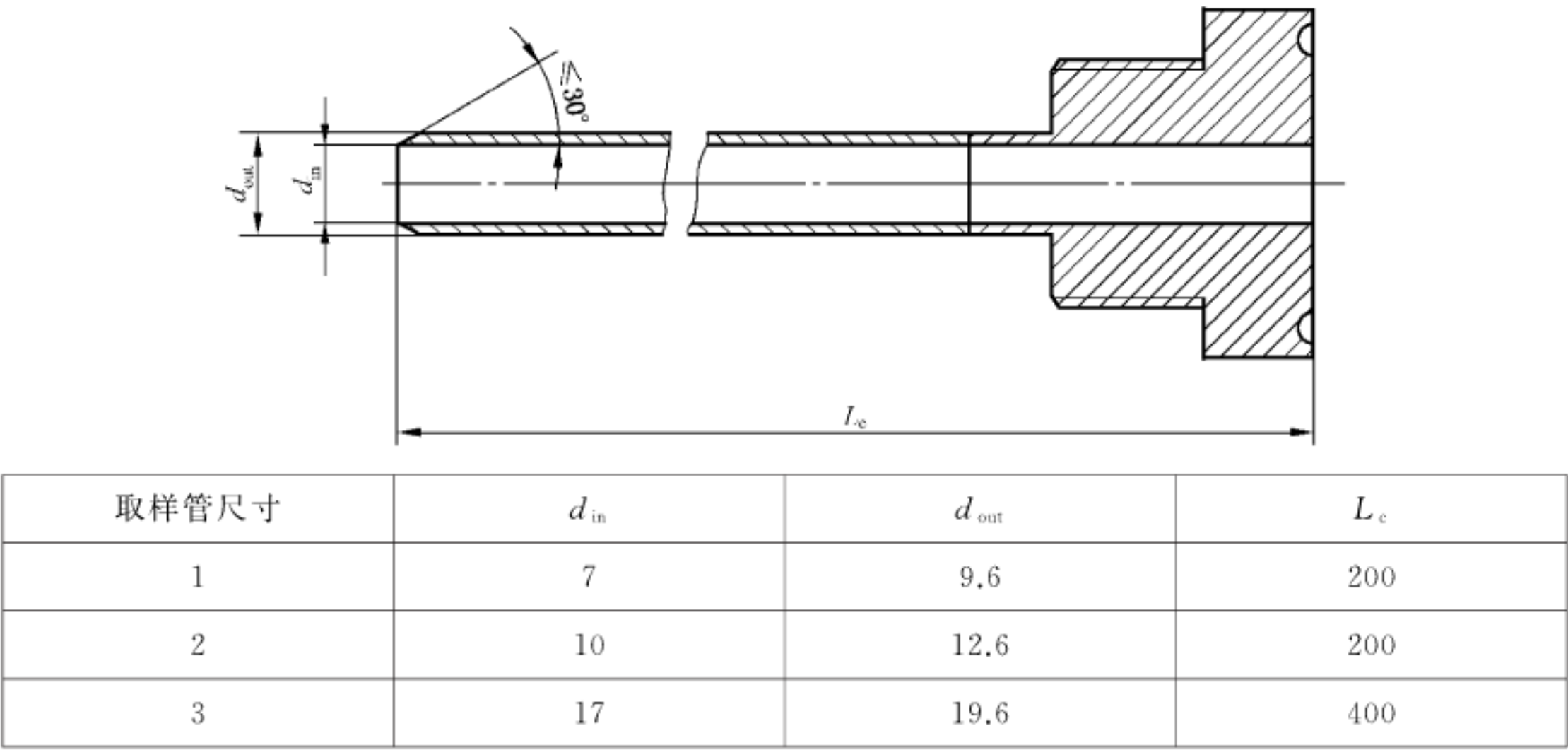


图 B.5 典型的等动力取样管

B.5 取样管安装

按照图 B.5 通常的设计要求,可得到满意的取样管。可以采用高弹性氟塑料(或类似材料)密封做成简单的压力密封,来防止分析过程中的污染。

这种压力密封应能够在达到最大工作压力时使取样管固定在管路中,密封压套应能够在需要时让取样管方便可靠地改变插入深度。

附 录 C
(资料性附录)
非首选含油量测量方法

C.1 概述

以下列出了其他一些非首选的测量压缩空气系统含油量的方法。

C.2 油分指示仪法

油分指示仪内装有检气剂,与油发生反应形成着色层,根据色层颜色的深浅或变色层的长度进行定量分析。

C.3 分光光度计法

分光光度计法是在特定波长处或一定波长范围内光的吸收度,对该物质进行定性或定量分析。

C.4 粒径谱仪法

粒径谱仪是一种利用光的散射原理对悬浮颗粒进行计数的仪器。该方法可以用于特定气体(只含有油颗粒)的含油量对比测量和过滤器的过滤效率试验。

C.5 检油管法

将油雾捕集到检油管指示层,在催化剂作用下与检油管中的浓硫酸产生黑色产物,色深与含油量存在相关性,通过比色来检测空气中的含油量。该方法一般只适用于定性分析。

C.6 光化电离探测器法

该方法是一种通过 PID(光化电离探测器)测量碳氢化合物蒸气含量的方法。

附 录 D
(资料性附录)

本部分与 ISO 8573-2:2007 的技术性差异及其原因

表 D.1 给出了本部分与 ISO 8573-2:2007 的技术性差异及其原因的一览表。

表 D.1 本部分与 ISO 8573-2:2007 的技术性差异及其原因

本部分的章条编号	技术性差异	原因
1	将原标准的两段语句重新编写	符合我国标准对于范围的描述
2	引用了适合我国实情的我国标准	适合我国国情
11.1	将制成浓度为 1 mg/mL 备用液更改为制成浓度为 0.1 mg/mL 备用液,表 3 的数据也随之更改	纯油密度小于 1 mg/mL,故不能制成该备用液,根据标准中的试验要求,按此处理
图 B.4	按照我国制图标准对尺寸进行标注	国际标准中对有关尺寸同时标出了最大尺寸和最小尺寸,不符合我国制图标准
附录 C	增加了附录 C,非首选的含油量测量方法	目前国外国内有许多含油量测量仪器,虽然准确度各不相同,但根据不同场合也有使用价值,在附录 C 中对这些方法进行了梳理和说明

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
压缩空气
第 2 部分：悬浮油含量测量方法
GB/T 13277.2—2015

*

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

网址：www.gb168.cn

服务热线：400-168-0010

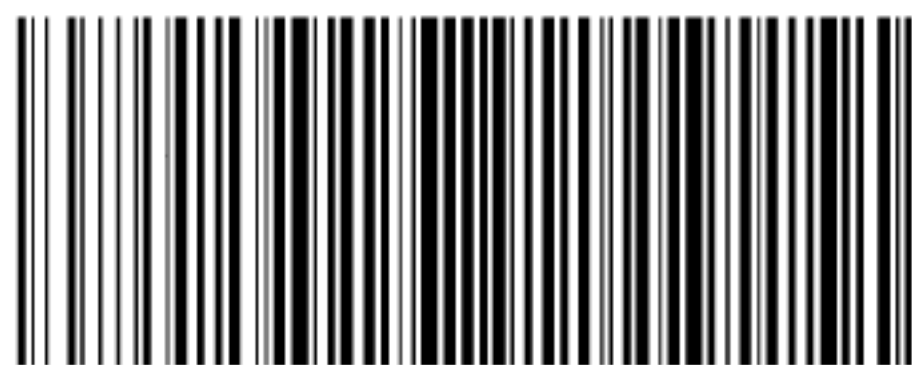
010-68522006

2016 年 4 月第一版

*

书号：155066 · 1-53892

版权专有 侵权必究



GB/T 13277.2—2015