



# 中华人民共和国国家标准

GB/T 38340—2019/ISO 18854:2015

---

## 小艇 往复式内燃机排放测量 气体和颗粒排放物的试验台测量

Small craft—Reciprocating internal combustion engines exhaust emission  
measurement—Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions

(ISO 18854:2015, IDT)

2019-12-31 发布

2020-07-01 实施

国家市场监督管理总局  
国家标准化管理委员会 发布

## 目 次

前言 .....	V
1 范围 .....	1
2 规范性引用文件 .....	1
3 术语和定义 .....	1
4 符号和缩略语 .....	3
4.1 一般符号 .....	3
4.2 燃料成分符号 .....	5
4.3 化学组分符号 .....	5
4.4 缩略语 .....	6
5 试验条件 .....	6
5.1 发动机试验状况 .....	6
5.2 增压中冷发动机 .....	7
5.3 功率 .....	7
5.4 具体试验条件 .....	7
6 试验燃料 .....	8
7 发动机系列概念的应用与母型机的选择 .....	8
8 测量设备和待测数据 .....	8
8.1 总则 .....	8
8.2 测功器技术要求 .....	9
8.3 排气流量 .....	9
8.4 准确度 .....	11
8.5 气体组分的确定 .....	12
8.6 颗粒物的测定 .....	15
9 分析仪的校准 .....	18
9.1 总则 .....	18
9.2 校准气 .....	18
9.3 分析仪和取样系统的操作程序 .....	19
9.4 泄漏试验 .....	19
9.5 校准程序 .....	19
9.6 排气流量测量用示踪气分析仪的校准 .....	20
9.7 NO <sub>x</sub> 转换器效率试验 .....	20
9.8 火焰离子化检测器(FID)的调整 .....	22
9.9 CO、CO <sub>2</sub> 、NO <sub>x</sub> 、O <sub>2</sub> 、NH <sub>3</sub> 和 N <sub>2</sub> O 分析仪的干扰作用 .....	24
9.10 校准间隔 .....	28
10 颗粒测量系统的校准 .....	28
10.1 总则 .....	28



10.2	校准程序 .....	28
10.3	检验部分流状况 .....	28
10.4	校准间隔期 .....	28
11	定容取样(CVS)全流稀释系统的校准 .....	29
11.1	总则 .....	29
11.2	容积泵(PDP)的校准 .....	29
11.3	临界流量文丘里管(CFV)的校准 .....	30
11.4	亚音速文丘里管(SSV)的校准 .....	30
11.5	系统总体验证 .....	32
12	试验循环(运行工况) .....	32
12.1	总则 .....	32
12.2	试验循环 .....	32
13	试验运行 .....	34
13.1	取样滤纸的制备 .....	34
13.2	测试设备的安装 .....	34
13.3	起动稀释系统和发动机 .....	34
13.4	稀释比的调整 .....	34
13.5	试验点的确定 .....	35
13.6	分析仪的检查 .....	35
13.7	试验循环 .....	35
13.8	重验分析仪 .....	36
13.9	试验报告 .....	36
14	气体和颗粒排放物的数据评定 .....	36
14.1	气体排放物 .....	36
14.2	颗粒排放物 .....	36
15	气体排放物的计算 .....	37
15.1	总则 .....	37
15.2	排气流量的确定 .....	37
15.3	干/湿基修正 .....	37
15.4	NO <sub>x</sub> 的湿度和温度修正 .....	38
15.5	排放质量流量计算 .....	39
15.6	比排放计算 .....	42
16	颗粒排放物的计算 .....	43
16.1	颗粒物的湿度修正系数 .....	43
16.2	部分流稀释系统 .....	43
16.3	全流稀释系统 .....	44
16.4	颗粒物质量流量的计算 .....	44
16.5	比排放的计算 .....	45
16.6	有效加权系数 .....	45
17	气体排放物的测定 .....	45
17.1	总则 .....	45

17.2	主要排气组分 CO、CO <sub>2</sub> 、HC、NO <sub>x</sub> 、O <sub>2</sub>	45
17.3	氨分析	49
17.4	甲烷分析	50
17.5	甲醇分析	53
17.6	甲醛分析	54
18	颗粒物的测定	55
18.1	总则	55
18.2	稀释系统	55
18.3	颗粒取样系统	70
	参考文献	73

库七七 www.k99w.com 提供下载

## 前 言

本标准按照 GB/T 1.1—2009 给出的规则起草。

本标准使用翻译法等同采用 ISO 18854:2015《小艇 往复式内燃机排放测量 气体和颗粒排放物的试验台测量》。

与本标准中规范性引用的国际文件有一致性对应关系的我国文件如下：

- GB/T 6379.1—2004 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第1部分:总则与定义(ISO 5725-1:1994, IDT);
- GB/T 6379.2—2004 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第2部分:确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法(ISO 5725-2:1994, IDT);
- GB/T 19916—2005 小艇 主要数据(ISO 8666:2002, IDT);
- GB/T 21405—2008 往复式内燃机 发动机功率的确定和测量方法 排气污染物排放试验的附加要求(ISO 14396:2002, IDT)。

本标准由全国小艇标准化技术委员会(SAC/TC 241)提出并归口。

本标准起草单位:中国船舶工业综合技术经济研究院、广东联捷生物科技有限公司。

本标准主要起草人:朱佳帅、孙耀刚、刘伟、吴永峰、张军、黄志聪。

## 小艇 往复式内燃机排放测量 气体和颗粒排放物的试验台测量

### 1 范围

本标准规定了往复式内燃机稳态工况下气体和颗粒排放物的试验台测量和评定方法,以确定每种排气污染物的加权值。各种发动机负荷和转速的组合反映了发动机的不同用途。

本标准适用于安装在艇体长度不大于 24 m 的小艇上的船用往复式内燃发动机。

### 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 8190.1—2010 往复式内燃机 排放测量 第 1 部分:气体和颗粒排放物的试验台测量 (ISO 8178-1:2006, IDT)

GB/T 8190.6—2006 往复式内燃机 排放测量 第 6 部分:测量结果和试验报告 (ISO 8178-6:2000, IDT)

GB/T 21404—2008 内燃机 发动机功率的确定和测量方法 一般要求 (ISO 15550:2002, IDT)

ISO 5725-1 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第 1 部分:总则与定义 [Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—Part 1: General principles and definitions]

ISO 5725-2 测量方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第 2 部分:确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法 [Accuracy (trueness and precision) of measurement methods and results—Part 2: Basic method for the determination of repeatability and reproducibility of a standard measurement method]

ISO 8666 小艇 主要数据 (Small craft—Principal data)

ISO 14396 往复式内燃机 发动机功率的测量和检测方法 依据 ISO 8178 的废气排放试验的补充要求 (Reciprocating internal combustion engines—Determination and method for the measurement of engine power—Additional requirements for exhaust emission tests in accordance with ISO 8178)

### 3 术语和定义

ISO 8666 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

#### 3.1

**颗粒物 particulates**

用清洁过滤空气稀释排气,使在紧靠主滤纸上游处测得的气体温度大于 315 K (42 °C) 且不大于 325 K (52 °C) 时,在规定的过滤介质上所采集到的物质。

注 1: 颗粒物主要由碳、凝结的碳氢化合物、硫酸盐及结合水所组成。

注 2: 本标准定义的颗粒物,在成分和重量方面与用热过滤法直接从未稀释排气中取样的颗粒或尘埃有本质上的不同。业已证明,本标准所述颗粒物测量只对含硫量小于 0.8% 的燃料有效。

[源自 GB/T 8190.1—2010 定义 3.1,无注 3]

3.2

**部分流稀释系统 partial flow dilution system**

从总排气流中分离出部分原排气,与适量稀释空气混合后通入颗粒取样过滤纸的系统。

注:图 10~图 18。

3.3

**全流稀释系统 full flow dilution system**

用稀释空气与总排气流混合后,分离出部分稀释排气进行分析的系统。

注:在许多全流量稀释系统中,通常都对这部分预稀释排气进行二次稀释,使在颗粒过滤纸处达到合适的样气温度(见图 19)。

3.4

**等动态取样 isokinetic sampling**

保持探头处的平均样气速度等于排气流的平均速度,以控制排气样气流量的过程。

[源自 GB/T 8190.1—2010 定义 3.4]

3.5

**多对滤纸法 multiple-filter method**

每单个试验循环工况使用一对过滤纸的过程。

注:工况加权系数在取样后的试验数据评定阶段进行考虑。

[源自 GB/T 8190.1—2010 定义 3.6]

3.6

**单对滤纸法 single-filter method**

所有试验循环工况均使用一对过滤纸的过程。

注:工况加权系数应在试验循环颗粒取样阶段用调整样气流量和/或取样时间进行考虑。该方法要求密切注意取样持续时间和流量。

[源自 GB/T 8190.1—2010 定义 3.7]

3.7

**比排放 specific emissions**

以克每千瓦小时表示的质量排放。

[源自 GB/T 8190.1—2010 定义 3.8]

3.8

**量距气 span gas**

用于量距气体分析器的纯净气体混合物。

注:校准用气体和量距气从性质上相同,但主要功能不同。各种气体分析器性能检验和样本处理部件可参考校准用气体或量距气。

3.9

**零点气 zero gas**

在分析器中零响应的气体。

注:可以是纯氮、干净空气或纯氮和干净空气的混合气。

3.10

**校准 calibration**

设定测量系统响应的过程,以使其输出与一系列参考信号一致。

3.11

**验证 verification**

评估测量系统的输出能否将输入的参考信号反应在可接受的一或多个预定阈值内。

## 4 符号和缩略语

## 4.1 一般符号

符号	术语	单位
$A/F_{st}$	理想空燃比	—
$A_p$	等动态取样探头的横截面积	$m^2$
$A_r$	原子质量	g
$A_x$	排气管横截面积	$m^2$
$c_c$	本底修正浓度	ppm% (V/V)
$c_d$	稀释空气浓度	ppm% (V/V)
$c_x$	排气浓度(下标表示组分)	ppm% (V/V)
$D$	稀释系数	—
$E_{CO_2}$	NO <sub>x</sub> 分析仪的CO <sub>2</sub> 熄火	%
$E_E$	乙烷效率	%
$E_{H_2O}$	NO <sub>x</sub> 分析仪的水熄火	%
$E_M$	甲烷效率	%
$E_{NO_x}$	NO <sub>x</sub> 转化器效率	%
$e_{PT}$	颗粒排放	g/(kW·h)
$e_x$	气体排放(下标表示组分)	g/(kW·h)
$\lambda$	过量空气系数, [千克干空气/(千克燃料× $A/F_{ST}$ )]	—
$\lambda_{Ref}$	基准状况下的过量空气系数	—
$f_a$	实验室大气系数	—
$f_c$	碳系数	—
$f_{fd}$	干基排气流量计算用燃料特定系数	—
$f_{fh}$	干-湿基浓度计算用燃料特定系数	—
$f_{fw}$	湿基排气流量计算用燃料特定系数	—
$H_a$	进气绝对湿度, g(水)/kg(干空气)	g/kg
$H_d$	稀释空气绝对湿度, g(水)/kg(干空气)	g/kg
$i$	表示某单个工况的下标	—
$k_f$	碳平衡计算用燃料特定系数	—
$k_{hd}$	柴油机 NO <sub>x</sub> 的湿度修正系数	—
$k_{hp}$	汽油机 NO <sub>x</sub> 的湿度修正系数	—
$k_p$	颗粒的湿度修正系数	—
$k_{wa}$	进气的干-湿基修正系数	—
$k_{wd}$	稀释空气的干-湿基修正系数	—
$k_{we}$	稀释排气的干-湿基修正系数	—

符号	术语	单位
$k_{wr}$	原排气由干基至湿基的修正系数	—
$M$	发动机在试验转速时扭矩对最大扭矩的百分数	%
$M_r$	克分子质量	g
$m_d$	通过颗粒取样过滤器的稀释空气样气质量	kg
$m_{f,d}$	采集的稀释空气中颗粒样品质量	mg
$m_f$	采集的颗粒样品质量	mg
$m_{sep}$	通过颗粒取样过滤器的稀释空气样气质量	kg
$p_A$	泵出口处的绝对出口压力	kPa
$p_a$	发动机进气空气的饱和蒸汽压力	kPa
$p_b$	总气压	kPa
$p_d$	稀释空气的饱和蒸汽压力	kPa
$p_r$	冷却器后的水蒸气压力	kPa
$p_s$	干气压	kPa
$P$	未修正的有效功率	kW
$P_{aux}$	试验安装的、但并非 ISO 14396 所要求的辅助装置所吸收的标定总功率	kW
$P_m$	在试验条件下,发动机试验转速时的最大实测或标定功率	kW
$q_{mad}$	干基进气空气质量流量	kg/h
$q_{maw}$	湿基进气空气质量流量	kg/h
$q_{mdw}$	湿基稀释空气质量流量	kg/h
$q_{medf}$	湿基当量稀释排气质量流量	kg/h
$q_{mew}$	湿基排气质量流量	kg/h
$q_{mf}$	燃料质量流量	kg/h
$q_{mdew}$	湿基稀释排气质量流量	kg/h
$q_{mgas}$	某一气体排放的质量流量	g/h
$q_{mPT}$	颗粒质量流量	g/h
$r_d$	稀释比	—
$r_a$	等动态探头与排气管的横截面积之比	—
$R_a$	进气相对湿度	%
$R_d$	稀释空气相对湿度	%
$r_h$	火焰离子化检测器(FID)响应系数	—
$r_m$	甲醇的 FID 响应系数	—
$r_x$	亚音速喉口(SSV)与进口绝对静压之比	—
$r_y$	亚音速喉口(SSV)直径( $d$ )与进口管内径之比	—
$\rho$	密度	kg/m <sup>3</sup>
$S$	测功器设定值	kW
$T_a$	进气绝对温度	K

符号	术语	单位
$T_d$	绝对露点温度	K
$T_{ref}$	绝对基准温度(燃烧空气:298 K)	K
$T_c$	中冷空气绝对温度	K
$T_{cref}$	中冷空气绝对基准温度	K
$V_m$	摩尔容积	L
$W_i$	加权系数	—
$W_{fe}$	有效加权系数	—

## 4.2 燃料成分符号

$w_{ALF}$  ——燃料 H 含量,质量分数(%)

$w_{BET}$  ——燃料 C 含量,质量分数(%)

$w_{GAM}$  ——燃料 S 含量,质量分数(%)

$w_{DEL}$  ——燃料 N 含量,质量分数(%)

$w_{EPS}$  ——燃料 O 含量,质量分数(%)

$\alpha$  ——(H/C)摩尔比

$\beta$  ——(C/C)摩尔比

$\gamma$  ——(S/C)摩尔比

$\delta$  ——(N/C)摩尔比

$\epsilon$  ——(O/C)摩尔比

注:质量含量与摩尔比之间的换算见 GB/T 8190.1—2010 的式(A.3)~式(A.12)。

## 4.3 化学组分符号

ACN ——乙腈

C1 ——碳 1 当量碳氢化合物

CH<sub>4</sub> ——甲烷

C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> ——乙烷

C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> ——丙烷

CH<sub>3</sub>OH ——甲醇

CO ——一氧化碳

CO<sub>2</sub> ——二氧化碳

DNPH ——二硝基苯肼

DOP ——邻苯二甲酸二辛脂

HC ——碳氢化合物

HCHO ——甲醛

H<sub>2</sub>O ——水

NH<sub>3</sub> ——氨

NMHC ——非甲烷碳氢化合物

NO ——一氧化氮

NO<sub>2</sub> ——二氧化氮

NO<sub>x</sub> ——氮氧化物



N <sub>2</sub> O	——一氧化二氮
O <sub>2</sub>	——氧
RME	——菜子油甲脂
SO <sub>2</sub>	——二氧化硫
SO <sub>3</sub>	——三氧化硫

4.4 缩略语

CFV	——临界流量文丘里管
CLD	——化学发光检测器
CVS	——定容取样
EP	——排气管
ECS	——电化学传感器
FID	——火焰离子化检测器
FTIR	——傅里叶变换式红外线分析仪
GC	——气相色谱
HCLD	——加热型化学发光检测器
HFID	——加热型火焰离子化检测器
HPLC	——高压液相色谱
NDIR	——不分光红外线分析仪
NMC	——非甲烷截止器
PDP	——容积泵
PMD	——顺磁检测器
PT	——颗粒物
RH	——相对湿度
UVD	——紫外线检测器
ZRDO	——二氧化锆传感器

5 试验条件

5.1 发动机试验状况

5.1.1 试验状况参数

应测量发动机进气绝对温度( $T_a$ )[单位为开(K)]和干气压( $p_s$ )[单位为千帕(kPa)],并按式(1)~式(3)计算参数  $f_a$ :

a) 压燃式发动机

自然吸气与机械增压式发动机:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.7} \dots\dots\dots (1)$$

带或不带进气中冷的涡轮增压式发动机:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{1.5} \dots\dots\dots (2)$$

b) 火花点燃式发动机

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1.2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.6} \dots\dots\dots (3)$$

注：式(1)~式(3)与联合国欧洲经济委员会(ECE)、欧洲经济共同体(EEC)和美国环保局(EPA)排放法规中的公式相同,但和 ISO 的功率修正公式不同。

### 5.1.2 试验有效性

参数  $f_a$  应在以下范围内方可认为试验有效：

$$0.93 < f_a < 1.07 \quad \dots\dots\dots (4)$$

试验应在参数  $f_a$  为 0.96~1.06 时进行。

## 5.2 增压中冷发动机

应记录增压空气温度,该温度在标定功率转速和全负荷时,应在制造厂规定的最高增压空气温度  $\pm 5$  K 之内。冷却介质温度至少为 293 K (20 °C)。

如果使用试验室装置或外部鼓风机,则在标定功率转速和全负荷时,增压空气温度应调定在制造厂规定的最大增压空气温度  $\pm 5$  K 之内。上述调定点的增压空气冷却器的冷却液温度和冷却液流量在整个试验循环内均不应改变。

## 5.3 功率

比排放测量是以 ISO 14396 所规定的不修正的在曲柄轴或等效位置测量的有效功率为基础。发动机应带有运行所必需的辅助装置。若在试验台架上无法或不宜安装这些辅助装置时,应确定这些辅助装置所吸收的功率,并从实测发动机功率中予以扣除。

试验时应拆除某些仅因机器运行需要而安装在发动机上的辅助设备,诸如：

- 动力转向用压缩机；
- 空调压缩机；
- 液压驱动泵。

详见 ISO 14396。

如未拆除辅助装置,则为了按 13.5 计算测功器的设定值,应确定其在试验转速时所吸收的功率,除非这些辅助装置与发动机组成一体(例如风冷发动机的冷却风扇)。

## 5.4 具体试验条件

### 5.4.1 发动机进气系统

应使用发动机进气系统或试验室装置,当采用清洁空气滤清器,在标定功率转速和全负荷时,进气阻力应在制造厂规定的最大值  $\pm 300$  Pa 范围内。

若发动机装有与其组成一体的进气系统,则试验时应使用该系统。

注：进气阻力在标定转速和全负荷时调定。

### 5.4.2 发动机排气系统

应使用发动机排气系统或试验室装置,在标定功率转速和全负荷时,排气背压应在制造厂规定的最大值 80%~100% 范围内。排气系统应符合 8.5.4、18.2.1 和 18.2.2 中对排气取样要求。

若发动机装有与其组成一体的进气系统,则试验时应使用该系统。

若发动机装有排气后处理装置,排气管直径应与使用时相同,至少应为装有后处理装置的膨胀段开始进口处上游管径的 4 倍。从排气歧管法兰或涡轮增压器出口至排气后处理装置的距离应与在实艇上的布置相同或在制造厂规定的距离范围内。排气背压或阻力应符合上述要求,并可用阀门加以调节。在模拟试验和发动机特性试验期间可拆除后处理容器,用装有无活性催化剂支架的相当容器代替。

注：排气阻力在标定转速和全负荷时调定。

#### 5.4.3 冷却系统

应使用具有足够容量的发动机冷却系统,使发动机保持在制造厂规定的正常工作温度。

#### 5.4.4 润滑油

应记录试验用润滑油的规格,并随试验结果一起写入报告。

#### 5.4.5 可调化油器

应按制造商建议调节可调化油器。

#### 5.4.6 曲轴箱呼吸器

当作为发动机总排放的一部分而要求测量开式曲轴箱系统的曲轴箱排放时,应将曲轴箱排放引入排放系统后处理装置(若有)的下游和取样点的上游,并应保持足够距离,以确保曲轴箱排放与发动机排气能进行充分混合。

### 6 试验燃料

燃料特性影响发动机排气污染物的排放。因此,应确定试验用燃料特性,记录并随试验结果写进试验报告。当使用 ISO 8178-5 中指定的燃料作为基准燃料时,应提供该燃料代码和性能分析;ISO 8178-5 中的基准燃料或等效燃料皆可使用。

燃料温度应按制造厂的推荐。燃料温度应在喷油泵进口处或制造厂的规定进行测量,并记录测量位置。若使用流量表,则燃料温度的测量为可选项。

### 7 发动机系列概念的应用与母型机的选择

发动机制造商有责任确定其产品范围中需要归为同一系列的发动机。归为同一发动机系列的发动机必须具有相同的下列基础属性:

- 燃烧循环;
- 冷却介质;
- 单独的气缸排量:发动机之间的差别不超过 15%;
- 气缸数量和气缸构造(只适用于点燃式发动机);
- 吸气方式;
- 燃油类型;
- 燃烧室类型;
- 阀门和端口(结构、尺寸和数量);
- 燃油系统类型;
- 例如排气循环、进气、排气后处理、双燃料等其他特性。

母型机应从发动机系列中选取其排放属性最具有代表性的发动机。在适合的试验循环测量时,集成了预期能造成最高特定排放[单位为克每千瓦小时[g/(kW·h)]]的特性的发动机,应选择为该系列的母型机。

### 8 测量设备和待测数据

#### 8.1 总则

送试发动机所排放的气体 and 颗粒组分,应按第 17 章和第 18 章所述方法进行测量。这两章叙述了

推荐的气体排放分析系统(见第 17 章)和颗粒稀释及取样系统(见第 18 章)。

如能得到等效结果,也可采用其他系统和分析仪。系统的等效性应根据所考虑的系统与本标准已认可的一种系统用 7 对(或更多)样气作比对研究后确定。“结果”系指具体循环的加权排放值。比对试验应在同一试验室的同一试验单元内、同一发动机上,按同一时间进行。应选取合适的试验循环。样气对平均值的等效性应由在上述试验单元内和发动机试验条件下所测得的  $F$ -检验和  $t$ -检验的统计值(见 GB/T 8190.1—2010 附录 D)确定,离群值除外。比对试验所用系统应在试验前说明,并经有关各方同意。

当在标准系统中采用新系统时,应按 ISO 5725-1 和 ISO 5725-2 所述,根据再现性和重复性的计算确定等效性。

发动机在测功器上进行排放试验时,应使用下列设备。本标准不包括流量、压力和温度测量设备的细节,只在 8.4 中给出这些设备进行排放试验时所必需的准确度要求。

## 8.2 测功器技术要求

所用发动机测功器,应能完成所述的相应试验循环。

测量扭矩和转速用的测试设备应使轴功率的测量准确度保持在给定的限值范围内。可能需要进行附加的计算。测量设备的准确度应不超过 8.4 中所给出的最大公差值。

## 8.3 排气流量

### 8.3.1 一般要求

排气流量应按 8.3.2~8.3.6 中所述方法之一测定。

### 8.3.2 直接测量法

排气测量可用诸如下列设备直接测量:

- 压差计,例如流量喷嘴(参见 ISO 5167 系列);
- 超声波流量计;
- 涡街流量计。

应注意避免测量误差影响排放值的误差。诸如应根据仪器制造商的建议和良好的工程惯例将测试设备仔细安装到发动机排气系统中。尤其是测试设备的安装不应影响发动机的性能和排放。

流量计应满足 8.4 规定的准确度。

### 8.3.3 空气和燃料测量法

本法涉及空气流量和燃料流量的测量。所使用空气流量计和燃料流量计的准确度应符合 8.4 的规定。排气流量的计算如式(5):

$$q_{\text{mew}} = q_{\text{maw}} + q_{\text{mf}} \quad \dots\dots\dots (5)$$

### 8.3.4 燃料流量和碳平衡法

本法系采用碳平衡法,按照式(6),由燃料消耗量、燃料组分和排气浓度计算排气质量(见 GB/T 8190.1—2010 的 A.3.2.3.1):

$$q_{\text{mew}} = q_{\text{mf}} \times \left( \frac{\frac{w_{\text{BET}} \times w_{\text{BET}} \times 1.4}{\left( \frac{1.4 \times w_{\text{BET}}}{f_c} + w_{\text{ALF}} \times 0.089\,36 - 1 \right) \times \frac{1}{1.293} + f_{\text{d}}} + w_{\text{ALF}} \times 0.089\,36 - 1}{f_c + f_c} \right) \times \left( 1 + \frac{H_n}{1\,000} \right) + 1 \quad \dots\dots (6)$$

式中:

$f_{\text{id}}$ ——见 GB/T 8190.1—2010 的式(A.20)~式(A.23);

$H_{\text{a}}$ ——每千克干空气对应的水量,单位为克每千克(g/kg);

$f_{\text{c}}$ ——见 GB/T 8190.1—2010 的式(A.64):

$$f_{\text{c}} = (c_{\text{CO}_2\text{d}} - c_{\text{CO}_2\text{ad}}) \times 0.544 \text{ 1} + \frac{c_{\text{COd}}}{18 \ 522} + \frac{c_{\text{HCw}}}{17 \ 355} \dots\dots\dots (7)$$

式中:

$c_{\text{CO}_2\text{d}}$ ——原排气中干  $\text{CO}_2$  浓度,以百分数(%)表示;

$c_{\text{CO}_2\text{ad}}$ ——环境空气中干  $\text{CO}_2$  浓度,以百分数(%)表示;

$c_{\text{COd}}$ ——原排气中干 CO 浓度,以百万分之一(ppm)表示;

$c_{\text{HCw}}$ ——原排气中湿 HC 浓度,以百万分之一(ppm)表示。

注:也可选用氧平衡法,见 GB/T 8190.1—2010 的 A.3.3。

### 8.3.5 示踪测量法

本法涉及排气中示踪气浓度的测量。

将已知量的惰性气体(例如:纯氦气)作为示踪剂注入排气流中。该示踪气经混合后被排气所稀释,但不会在排气管中发生反应。然后从排气样气中测取示踪气。

为保证示踪气能充分混合,排气取样探头应位于示踪气注入处下游至少 1 m 处或 30 倍排气管径处,以较大值为准。当示踪气从发动机上游注入时,如果将示踪气浓度与基准浓度比较后证实已完全混合,则可将取样探头位置靠近示踪气注入处。

应将示踪气流量调定到使混合后的示踪气浓度位于示踪气分析仪的满量程以内。

排气流量计算按式(8):

$$q_{\text{mew}} = \frac{q_{\text{rt}} \times \rho_{\text{ew}}}{60 \times (c_{\text{mix}} - c_{\text{a}})} \dots\dots\dots (8)$$

式中:

$q_{\text{mew}}$ ——湿基排气质量流量,单位为千克每秒(kg/s);

$q_{\text{rt}}$ ——示踪气流量,单位为立方厘米每分( $\text{cm}^3/\text{min}$ );

$c_{\text{mix}}$ ——示踪气混合后的浓度,以百万分之一(ppm)表示;

$\rho_{\text{ew}}$ ——排气密度,单位为千克每立方米( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$c_{\text{a}}$ ——进气空气中示踪气的本底浓度,以百万分之一(ppm)表示。

示踪气本底浓度( $c_{\text{a}}$ )可由试验开始前和试验结束后立即测得的本底浓度的平均值确定。

当本底浓度低于最大排气流量时示踪气混合后浓度( $c_{\text{mix}}$ )的 1% 时,该本底浓度可忽略不计。

整套测量系统应满足对排气流量的准确度要求,并按 9.6 进行校准。

### 8.3.6 空气流量和空-燃比测量法

本法是利用空气流量和空-燃比计算排气质量。瞬时排气质量流量的计算见式(9)~式(11):

$$q_{\text{mew}} = q_{\text{maw}} \times \left( 1 + \frac{1}{A/F_{\text{st}} \times \lambda} \right) \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$$A/F_{\text{st}} = \frac{138.0 \times \left( \beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\epsilon}{2} + \gamma \right)}{12.011 \times \beta + 1.007 \ 94 \times \alpha + 15.999 \ 4 \times \epsilon + 14.006 \ 7 \times \delta + 32.065 \times \gamma} \dots\dots (10)$$

$$\lambda = \frac{\beta \times \left( 100 - \frac{c_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{2} - c_{\text{HC}} \times 10^{-4} \right) + \left( \frac{\alpha}{4} \times \frac{1 - \frac{2 \times c_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3.5 \times c_{\text{CO}_2}}}{1 + \frac{c_{\text{CO}} \times 10^{-4}}{3.5 \times c_{\text{CO}_2}}} - \frac{\epsilon}{2} - \frac{\delta}{2} \right) \times (c_{\text{CO}_2} + c_{\text{CO}} \times 10^{-4})}{4.764 \times \left( \beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\epsilon}{2} + \gamma \right) \times (c_{\text{CO}_2} + c_{\text{CO}} \times 10^{-4} + c_{\text{HC}} \times 10^{-4})} \dots\dots (11)$$

式中：

$A/F_{\text{st}}$ ——理想空-燃比，单位为千克每千克(kg/kg)；

$\lambda$ ——过量空气系数；

$c_{\text{CO}_2}$ ——干  $\text{CO}_2$  浓度，以百分数(%)表示；

$c_{\text{CO}}$ ——干  $\text{CO}$  浓度，以百万分之一(ppm)表示；

$c_{\text{HC}}$ ——HC 浓度，以百万分之一(ppm)表示。

注：燃油组分为  $\text{C}_\beta \text{H}_\alpha \text{S}_\gamma \text{N}_\delta \text{O}_\epsilon$  时， $\beta=1$ 。对于不含碳的燃料(例如：氢)，式(10)和式(11)不适用。

空气流量计应满足 8.4 中规定的准确度要求，所用  $\text{CO}_2$  分析仪应满足 8.5.3.3 中规定的要求，整套系统应满足对排气流量的准确度要求。

凡能满足 8.5.3.13 要求的空-燃比测量设备，诸如氧化锆型传感器，均可用于过量空气系数的测量。

### 8.3.7 总稀释排气流量

当采用全流稀释系统时，应用 PDP 或 CFV(见 18.2.2)测量总稀释排气( $q_{\text{mdew}}$ )流量。准确度应符合 10.2 的规定。

## 8.4 准确度

所有测量仪器的校准应依据国家标准或国际标准，并符合表 1 和表 2 中规定的要求。

注：分析仪的校准要求见 9.5。

应按仪器制造商的要求，根据内部审核程序对仪器进行校准。表 1 和表 2 中规定的偏差系指包括数据采集系统在内的最终记录值。

表 1 测量发动机相关参数用仪器的允许偏差

序号	测量仪器	允许偏差
1	发动机转速	读数的 $\pm 2\%$ 或发动机最高转速值的 $\pm 1\%$ ，以较大值为准
2	扭矩	读数的 $\pm 2\%$ 或发动机最大扭矩值的 $\pm 1\%$ ，以较大值为准
3	燃料消耗量 <sup>a</sup>	发动机最大燃料消耗量的 $\pm 2\%$
4	空气消耗量 <sup>a</sup>	读数的 $\pm 2\%$ 或发动机最大空气消耗量的 $\pm 1\%$ ，以较大值为准
5	排气流量	读数的 $\pm 2.5\%$ 或发动机最大排气流量的 $\pm 1.5\%$ ，以较大值为准
<sup>a</sup> 本标准所述排气污染物排放计算，在某些情况下是基于不同的测量和计算方法。由于排气污染物排放计算的总允差是限定的，所以，用于相应公式中的某些参数项的允许值应小于 GB/T 21404—2008 中表 4 中规定的允差。		

表 2 测量其他基本参数用仪器的允许偏差

序号	参数	允许偏差
1	温度不大于 600 K	±2 K 绝对值
2	温度大于 600 K	读数的±1%
3	排气压力	±0.2 kPa 绝对值
4	进气空气负压	±0.05 kPa 绝对值
5	大气压力	±0.1 kPa 绝对值
6	其他压力	±0.1 kPa 绝对值
7	相对湿度	±3%绝对值
8	绝对湿度	读数的±5%
9	稀释空气流量	读数的±2%
10	稀释排气流量	读数的±2%

8.5 气体组分的确定

8.5.1 分析仪技术要求

8.5.1.1 一般技术要求

分析仪的量程应与测量排气组分浓度所要求的准确度相适应(见 8.5.1.2)。分析仪在使用时应使所测浓度位于满量程的 15%和 100%之间。

若满量程为 155 ppm(或 ppmC)或以下,或如果使用的读数装置(计算机、数据记录器)在小于满量程 15%的情况下仍具有足够的准确度和分辨率,则在小于满量程 15%时的浓度也是可接受的。在这种情况下,应进行附加校准以确保校准曲线的准确度。

设备的电磁兼容性(EMC)应使附加误差趋于最小。

8.5.1.2 准确度

分析仪在整个量程内(零除外)的值不应比名义校准点的值大读数的±2%或满量程的±0.3%,以较大值为准。准确度应根据 9.5.5 所规定的校准要求确定。

注:本标准中的准确度是指分析仪读数与使用校准气时的名义校准值(=真值)的偏差。

8.5.1.3 精密度

精密度是指对一定校准气或量距气的 10 次重复响应的 2.5 倍的标准偏差,当每次所用量程大于 100 ppm(或 ppmC)时,不应大于满量程浓度的±1%,或用于 100 ppm(或 ppmC)以下时,应小于每次量程的±2%。

8.5.1.4 噪声

在整个使用量程内,分析仪在任何 10 s 时间内对零气和校准气或量距气的峰-峰响应值应不超过满量程的 2%。

8.5.1.5 零点漂移

零点响应是指在 30 s 时间间隔内对零气的平均响应(包括噪声在内)。零点响应在 1 h 时间内的漂

移在最小使用量程时应小于满量程的 $\pm 2\%$ 。

#### 8.5.1.6 量距漂移

量距响应的定义为在 30 s 时间间隔内对量距气的平均响应(包括噪声在内)。量距响应在 1 h 内的漂移在最小使用量程时应小于满量程 $\pm 2\%$ 。

#### 8.5.2 气体干燥

排气可能在湿或干的状态下测量。若使用气体干燥装置,则该装置对所测气体组分的影响应最小。不应采用化学干燥剂除去样气中的水分。

#### 8.5.3 分析仪

##### 8.5.3.1 一般要求

8.5.3.2~8.5.3.12 规定了所使用的测量规则。测量系统的详细说明见第 16 章。应使用下列仪器分析待测气体。对于非线性分析仪可使用线性化电路。

##### 8.5.3.2 一氧化碳(CO)分析

一氧化碳分析仪应是不分光红外线(NDIR)吸收型。

##### 8.5.3.3 二氧化碳(CO<sub>2</sub>)分析

二氧化碳分析仪应是不分光红外线(NDIR)吸收型。

##### 8.5.3.4 氧(O<sub>2</sub>)分析

氧分析仪应是顺磁探测器(PMD)、二氧化锆(ZRDO)或电化学传感器(ECS)型。

对诸如稀薄燃烧火花点燃式发动机,当 HC 和 CO 浓度较高时,不要使用二氧化锆传感器。

电化学传感器应补偿 CO<sub>2</sub> 和 NO<sub>x</sub> 干扰。

##### 8.5.3.5 碳氢化合物(HC)分析

碳氢化合物分析仪应是加热型火焰离子化探测器(HFID),检测器、阀、管路系统等需要加热,以保持气体温度在  $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$  ( $190\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 范围内。对甲醇燃料发动机,应符合 8.5.3.12.3 的温度要求。对于气体燃料发动机和火花点燃式发动机的稀释试验,碳氢化合物分析仪也可选用非加热型火焰离子化检测器(FID)。

##### 8.5.3.6 非甲烷碳氢化合物(NMHC)分析

###### 8.5.3.6.1 一般要求

这种方法取决于甲烷(CH<sub>4</sub>)的浓度,它对气体燃料比对液体燃料更合适。

###### 8.5.3.6.2 气相色谱(GC)法

从根据 8.5.3.5 测得的碳氢化合物中减去用气相色谱仪(GC)在  $423\text{ K}$  ( $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 条件下分析出的甲烷测定非甲烷碳氢化合物。

###### 8.5.3.6.3 非甲烷截止(NMC)法

用与 8.5.3.5 所述火焰离子化检测器(FID)相同的方法操作 NMC,减去碳氢化合物中的甲烷测定



非甲烷成分。

#### 8.5.3.7 氮氧化物(NO<sub>x</sub>)分析

如果按干基测量,氮氧化物分析仪应为带 NO<sub>2</sub>/NO 转换器的化学发光检测器(CLD)或加热型化学发光检测器(HCLD)。如果按湿基测量,若能满足水熄光检查(见 9.9.3.2),应使用 HCLD,且转换器温度应保持在 328 K(55 °C)以上。对于 CLD 和 HCLD,在进行干基测量时通向转换器和在湿基测量时通向分析仪的采样通道壁面温度均应保持在 328 K~473 K(55 °C~200 °C)范围内。

#### 8.5.3.8 二氧化硫(SO<sub>2</sub>)分析

由于经验表明,对二氧化硫使用直接测量法不能得到较精确的结果,二氧化硫排放应根据所有燃料的含硫量按式(12)计算:

$$q_{\text{mSO}_2} = q_{\text{mf}} \times w_{\text{GAM}} \times 20 \quad \dots\dots\dots (12)$$

注:对二氧化硫采用计算法是假定硫 100%转化,并且只限于不带后处理系统的发动机。在此情况下,二氧化硫可按仪器供应商的使用说明进行测量。由于测量二氧化硫相当困难,而且尚未完全证实可适用于排气测量,因此,需事先征得有关各方同意。

#### 8.5.3.9 氨(NH<sub>3</sub>)分析

氨应按 8.5.3.7 所述的化学发光检测器(CLD),用两只不同转换器进行测量。对于 NO<sub>x</sub> 和 NH<sub>3</sub> 的总量应采用 973 K(700 °C)的高温转换器。

当仅测量 NO<sub>x</sub> 时,应采用 573 K(300 °C)的低温转换器。两测量结果之差就是氨浓度。这种方法的响应时间较长(大约 10 min)。

另外,可按仪器供应商的使用说明使用傅里叶变换红外线(FTIR)分析仪或不分光紫外线谐振分析仪(NDUVR)。由于这一技术尚未完全证实适用于排气测量,因此,需事先征得有关各方同意。这种方法的响应时间比双转换器法要短得多。

#### 8.5.3.10 一氧化二氮(N<sub>2</sub>O)分析

可按仪器供应商的使用说明使用傅里叶变换式红外线(FTIR)或不分光红外线分析仪(NDIR)。由于这一技术尚未完全证实适用于排气测量,因此,需事先征得有关各方同意。

#### 8.5.3.11 甲醛(HCHO)分析

测定甲醛时应将排气样气,最好按稀释排气,通过一装有乙腈(ACN)溶液和二硝基苯肼试剂(DNPH)的冲击器,或通过涂有 2,4-DNPH 的二氧化硅滤筒。采集的样气应使用高压液相色谱(HPLC)法用紫外线在 365 nm 波段检测分析。

也可按照仪器供应商的使用说明,用傅里叶变换式红外线(FTIR)分析仪测量。

#### 8.5.3.12 甲醇(CH<sub>3</sub>OH)分析

##### 8.5.3.12.1 一般要求

可按仪器供应商的使用说明使用傅里叶变换式红外线(FTIR)分析仪。由于这一技术尚未完全证实适用于排气测量,因此,应事先征得有关各方同意。

##### 8.5.3.12.2 气相色谱(GC)法

测定甲醇时应将排气样气通过一装有去离子水的冲击器。样气应采用气相色谱(GC)法用火焰离

子化检测器(FID)进行分析。

#### 8.5.3.12.3 加热型火焰离子化检测(HFID)法

应在  $385\text{ K} \pm 10\text{ K}$  ( $112\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 时用丙烷校准加热型火焰离子化检测器(HFID)。甲醇响应系数应按 9.8.5 规定的样气浓度范围内按几种浓度确定。

#### 8.5.3.13 空-燃比测量

按照 8.3.6 规定用于确定排气流量的空-燃比测量设备应是宽量程的空-燃比传感器或氧化锆型的传感器。

传感器应直接安装在排气温度足够高的位置,以防止产生凝结水。

内装电子元器件的传感器,其精确度应符合下列要求:

- 读数的  $\pm 3\%$  ( $\lambda \leq 2$ );
- 读数的  $\pm 5\%$  ( $2 < \lambda \leq 5$ );
- 读数的  $\pm 10\%$  ( $\lambda > 5$ )。

为了达到上述规定的准确度,应按仪器制造商的规定对传感器进行校准。

#### 8.5.4 气体排放物的取样

气体排放物的取样探头应安装在距排气系统出口上游至少  $0.5\text{ m}$  或 3 倍排气管径处,以较大值为准,并应靠近发动机,以确保探头出的排气温度至少为  $343\text{ K}$  ( $70\text{ }^{\circ}\text{C}$ )。

在装有分岔式排气歧管的多缸机的情况下,探头进口应位于足够远的下游处,以确保样气能代表所有气缸的平均排放量。对于装有分组式排气歧管的多缸机,诸如“V”型发动机的布置,可从每组歧管单独取样,然后计算平均排放量。也可使用业已证明与上述方法有对应关系的其他方法。在计算排放量时应使用总排气质量流量。

如果排气后处理系统影响排气组分,则应在该装置下游处抽取排气样气。

对于火花点燃式发动机,排气取样探头应位于消声器的高压侧,而尽可能远离排气口。为确保发动机排气在抽样前能充分混合,可在消声器出口与取样探头间插入一混合箱。混合箱内腔容积应不小于试验发动机气缸排量的 10 倍,且其长、宽、高尺寸应大致相等。混合箱应尽可能小,并尽可能接近发动机。从混合箱出来的排气管应至少伸出取样探头位置外  $610\text{ mm}$ ,并且管径应足够大以使背压达到最小。混合箱的内表面温度应高于排气露点,建议最低温度为  $65\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

对于船用发动机,探头进口位置应避免吸入用于冷却、调节或降噪而喷入排气系统的水分。

当采用全流稀释系统测定颗粒物时,也可测定稀释排气中的气体排放物。取样探头应靠近稀释通道中的颗粒取样探头(见图 19,DT 和 PSP)。

对于压燃式发动机,应从稀释通道中直接取样测量 HC 和  $\text{NO}_x$  排放。而 CO 和  $\text{CO}_2$  排放则可选用直接测量或将样气引入取样袋中,然后测量取样袋中的浓度进行确定。

对于火花点燃式发动机和气体燃料发动机,所有排放组分都可选用直接从稀释通道中测量或将样气引入取样袋中,然后测量取样袋中的浓度进行测定。

### 8.6 颗粒物的测定

#### 8.6.1 一般要求

颗粒物测定需要采用稀释系统。应使用部分流稀释系统或全流稀释系统进行稀释。稀释系统的流量应大到足以能完全消除稀释和取样系统中的凝结水,并使紧靠过滤器座上游处的稀释排气温度迅速

降至 352 K(52 °C)。可在进入稀释系统前对稀释空气进行湿度控制;如果稀释空气的湿度较大,除湿将特别有用。稀释空气在紧靠稀释通道进口附近的温度应高于 288 K(15 °C)。

对于部分流稀释系统,应按 8.5.4 规定,根据 18.2.1 图 10~图 18 中排气管(EP)和取样管(SP)的布置,将颗粒取样探头安装在靠近气体取样探头的上游处。

部分流稀释系统是从发动机排气气流中抽取一部分原排气样气,然后将稀释空气引入样气中,测量已稀释样气中的颗粒排放物。因此应非常精确地测定稀释比。可采用不同的取样方法,而所用取样型式则决定了所要采用的硬件和程序(见 18.2.1)。

为了确定颗粒物质量,要求配置颗粒取样系统、颗粒取样过滤器、微克级天平以及可控制温度和湿度的称重室。对于颗粒物取样,可采用下列两种方法。

多对滤纸法,要求对试验循环的每个工况使用一对滤纸(见 8.6.2.3)。该方法可采用不太严格的取样程序,但使用的滤纸较多。

单对滤纸法,对试验循环的全部工况只使用一对滤纸(见 8.6.2.3)。试验取样阶段应特别注意取样时间和流量,但试验循环只需一对滤纸。

## 8.6.2 颗粒取样过滤器

### 8.6.2.1 过滤器技术要求

要求采用碳氟化合物涂层的玻璃纤维滤纸或碳氟化合物薄膜滤纸。所有各类滤纸对 0.3  $\mu\text{m}$  的邻二甲酸二辛酯(DOP)的采集效率在气体迎面速度为 35 cm/s 时至少应为 95%;在迎面速度为 100 cm/s 时,至少应为 99%。当在实验室与实验室之间或制造商与管理机构之间进行比对试验时,应使用相同性质的滤纸。

### 8.6.2.2 滤纸尺寸

颗粒物过滤纸的最小直径为 47 mm(污染直径为 37 mm)。可采用较大直径的滤纸(见 8.6.2.5)。

### 8.6.2.3 主滤纸和副滤纸

试验过程中如果采集效率大于 99%,用一张滤纸;如果采集效率在 95%和 99%之间,则可用一对串联布置的滤纸(一张为主滤纸,一张为副滤纸)对稀释排气进行取样。副滤纸应放置在主滤纸下游不超过 100 mm 处,但不应与主滤纸接触。滤纸可单独称重或把两张滤纸的污染面相向放置、成对进行称重。

### 8.6.2.4 滤纸迎面速度

通过滤纸的气体迎面速度应达到 35 cm/s~100 cm/s,从试验开始至结束,压力降的增加应不大于 25 kPa。

### 8.6.2.5 滤纸荷重

对于单对滤纸法,滤纸荷重应为 0.338  $\mu\text{g}/\text{mm}^2$  滤纸面积。最小滤纸荷重应为 0.065  $\mu\text{g}/\text{mm}^2$  滤纸面积。表 3 列出了最常用的滤纸尺寸。

对于多对滤纸法,所有滤纸的总荷重应为上述相应值与总工况数平方根的乘积。

表 3 最小滤纸荷重

滤纸直径 mm	推荐荷重 mg	要求最小荷重 mg
47	0.6	0.11
70	1.3	0.25
90	2.1	0.41
110	3.2	0.62

### 8.6.3 称重室和分析天平的技术要求

#### 8.6.3.1 称重室条件

在对所有滤纸进行调温和称重期间,用于对颗粒滤纸进行调温和称重的称重室(房)的温度应保持在  $295\text{ K} \pm 3\text{ K}$  ( $22\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ),湿度应保持在  $282.5\text{ K} \pm 3\text{ K}$  ( $9.5\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 3\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) 的露点,且相对湿度应为  $45\% \pm 8\%$ 。

#### 8.6.3.2 基准滤纸称重

在颗粒滤纸稳定化过程中,称重室内应无任何大气污染物(诸如灰尘等)沉积在滤纸上。称重室可偏离 8.6.3.1 所列要求,只要偏离持续时间不超过 30 min 即可。只有当称重室达到所需技术要求后,工作人员方可进入称重室。在对取样滤纸称重的 4 h 内,至少还应对两张不用的基准滤纸或基准滤纸对进行称重(最好同时进行)。基准滤纸的尺寸和材料应与取样滤纸相同。

如果基准滤纸(或基准滤纸对)的平均质量在取样滤纸两次称重之间的变化超过  $10\text{ }\mu\text{g}$  ( $1 \pm 5\%$ ) 实际试验时的颗粒物荷重,绝对上限值为  $40\text{ }\mu\text{g}$ ,则所有取样滤纸应作废,并要重做排放试验,或者选择对该滤纸重复进行循环,使其在基准滤纸公差相应较大时,达到较高的颗粒物荷重。

如果称重室不符合 8.6.3.1 提出的稳定性要求,但基准滤纸(对)的称重符合上述要求,则发动机制造商可认为取样滤纸的质量合格,或否定该试验,在调整称重室控制系统后,再重做试验。

#### 8.6.3.3 分析天平

用于测定所有滤纸质量的分析天平的精密度(标准差)应为  $20\text{ }\mu\text{g}$ ,分辨率应为  $10\text{ }\mu\text{g}$  (1 位数 =  $10\text{ }\mu\text{g}$ )。对于直径小于 70 mm 的滤纸,精密度和分辨率应分别为  $2\text{ }\mu\text{g}$  和  $1\text{ }\mu\text{g}$ 。

#### 8.6.3.4 静电效应的消除

为了消除静电效应,滤纸应在称重前进行中和处理,例如用钋中和器或有类似作用的装置进行处理。

#### 8.6.3.5 对颗粒物测量的附加要求

在稀释系统和从排气管到过滤器座之间的取样系统中,所有与原排气或稀释排气接触的零件,应能使颗粒物沉降和变异最少。所有零件应使用与排气组分不起反应的导电材料制成,并应接地,以防产生静电效应。

## 9 分析仪的校准

### 9.1 总则

每种分析仪应根据需要经常进行校准,以满足准确度要求。以下所述为 8.5.3 中所述分析仪采用的校准方法。

### 9.2 校准气

#### 9.2.1 一般要求

应遵守所有校准气的储存期限。

应记录制造商规定的校准气失效期。

#### 9.2.2 纯气

各种气体要求的纯度由下列给定的杂质限值所规定,操作时应备有下列气体:

——纯氮(杂质不大于 1 ppmC,不大于 1 ppmCO,不大于 400 ppmCO<sub>2</sub>,不大于 0.1 ppmNO);

——纯氧(纯度大于 99.5% 体积 O<sub>2</sub>);

——氢-氮混合气(40%±2% 氢,其余为氮)(杂质不大于 1 ppmC,不大于 400 ppmCO<sub>2</sub>);

——纯合成气(杂质不大于 1 ppmC,不大于 1 ppmCO,不大于 400 ppmCO<sub>2</sub>,不大于 0.1 ppmNO)  
(氧含量为 18%~21% 体积)。

#### 9.2.3 校准气和量距气

应备有下列化学成分的混合气:

——C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 和纯合成空气(见 9.2.2);

——CO 和纯氮;

——NO<sub>x</sub> 和纯氮(在该校准气中所含 NO<sub>2</sub> 的量应不超过 NO 含量的 5%);

——O<sub>2</sub> 和纯氮;

——CO<sub>2</sub> 和纯氮;

——CH<sub>4</sub> 和纯合成空气;

——C<sub>2</sub>H<sub>6</sub> 和纯合成空气。

注:只要各气体互不反应,允许使用其他气体组合。

校准气和量距气的实际浓度应不超过标称值的±2%。所有校准气浓度均以体积为基准(体积百分数或体积 ppm)。

#### 9.2.4 气体分配器的使用

用作校准和量距的气体也可借助精密的混合装置(气体分配器),用纯氮气或纯合成空气稀释的方法获得。混合装置的准确度应使混合后的校准浓度准确至±2%。这一准确度意味着用于混合的原始气浓度的准确度应至少为±1%(可溯源至国家或国际气体标准)。对每次使用混合装置时的校准均应在 15%~50% 满量程之间进行检验。

混合装置也可选用具有线性特性的仪器进行检查,例如,使用 NO 气体的化学发光检测器(CLD)。调节仪器的量距值时应将量距气直接连接在仪器上,在原有的设定值下检查混合装置,并将标称值与仪器的实测浓度进行比较。使每一点的偏差均不超过在标称值的±1%。但是,气体分配器的线性度不应应用原先就是用该气体分配器进行线性化处理的气体分析仪进行检验。

### 9.2.5 氧干扰气体

氧干扰检验气应含有  $350 \text{ ppmC} \pm 75 \text{ ppmC}$  碳氢化合物的丙烷。其浓度值应使用总碳氢化合物+杂质的色谱分析法或动态混合法按校准气公差进行确定。氮气是主要的稀释剂,其余为氧气。表 4 列出了汽油机和柴油机试验所需的混合气。

表 4 氧干扰检验气

适用范围	O <sub>2</sub> 浓度 %	余量
柴油机	21(20~22)	氮气
柴油机和汽油机	10(9~11)	氮气
柴油机和汽油机	5(4~6)	氮气
汽油机	0(0~1)	氮气

### 9.3 分析仪和取样系统的操作程序

分析仪的操作程序应按照仪器制造商的启动和使用说明书的规定进行,并应包括 9.4~9.9 所规定的最低要求。对于诸如 GC 和 HPLC 等实验室仪器仅需符合 9.5.4 的要求。

### 9.4 泄漏试验

应对系统进行泄漏试验。将探头从排气系统拆下,用塞子堵住端部,启动分析仪取样泵。在初步稳定以后,所有流量计读数应为零。如不为零,应检查取样管路并排除故障。

真空侧的最大允许泄漏量应为系统受检部分在用流量的 0.5%。在用流量可用分析仪流量和旁通流量进行估算。

另一种方法是采用浓度分步改变法,在取样管开始处将转换开关由零气转换到量距气,若经过适当时间后读数显示浓度低于输入浓度,则表示需要校准或有泄漏问题。

### 9.5 校准程序

#### 9.5.1 仪器总成

校准仪器总成并用标准气检验校准曲线,所用其他流量应与排气取样时相同。

#### 9.5.2 预热时间

预热时间宜按制造商的推荐,如无规定,推荐分析仪的预热时间至少为 2 h。

#### 9.5.3 不分光红外线分析仪(NDIR)和加热型火焰离子化检测器(HFID)

必要时可对 NDIR 分析仪进行调节,并使 HFID 分析仪的燃烧火焰达到最佳(见 9.8.1)。

#### 9.5.4 气相色谱仪(GC)和高压液相色谱仪(HPLC)

按照良好的实验室惯例和制造商的推荐值对这两种仪器进行校准。

#### 9.5.5 校准曲线的绘制

a) 应校准每一常用工作量程;

- b) 使用纯合成空气(或氮气)将 CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 和 HC 分析仪调至零位;
- c) 将适宜校准气通入分析仪,记录读数,并绘制校准曲线;
- d) 分析仪的校准曲线应在整个工作量程范围内至少用 6 个大致均匀分布的校准点(零除外)进行绘制。最高标称浓度应等于或大于满量程的 90%;
- e) 校准曲线用最小二乘法计算。可使用最佳拟合线或非线性方程;
- f) 校准点与最小二乘最佳拟合线之差应不大于读数的  $\pm 2\%$  或满量程的  $\pm 0.3\%$ ,以较大值为准;
- g) 必要时,应重新检验零位设定,并重复校准程序。

#### 9.5.6 代用校准方法

如能证明代用技术(例如计算机、电控量程开关等)能提供同样的准确度,则可使用这些代用方法。

#### 9.5.7 校准的检验

在每次分析前均应按下列程序对每一常用工作量程进行检验。

应使用零气和标称值大于 80% 满量程的量距气进行检验校准。

若所考虑的两点其实测值与标定基准值之差不大于满量程的  $\pm 4\%$ ,可修改调整参数。如若不然,则应检验量距气或按 9.5.5 确定新的校准曲线。

#### 9.6 排气流量测量用示踪气分析仪的校准

测量示踪气浓度的分析仪应用标准气体进行校准。

校准曲线应在整个工作量程范围内至少用 6 个大致均匀分布的校准点(零除外)进行确定。最高标称浓度应等于或大于满量程的 90%。校准曲线由最小二乘法求得。

校准点与最小二乘最佳拟合线之差应不大于读数的  $\pm 2\%$  或满量程的  $\pm 0.3\%$ ,以较大值为准。

试验运行前,应用零气和标称值大于分析仪 80% 满量程的量距气对分析仪进行调零和量距。

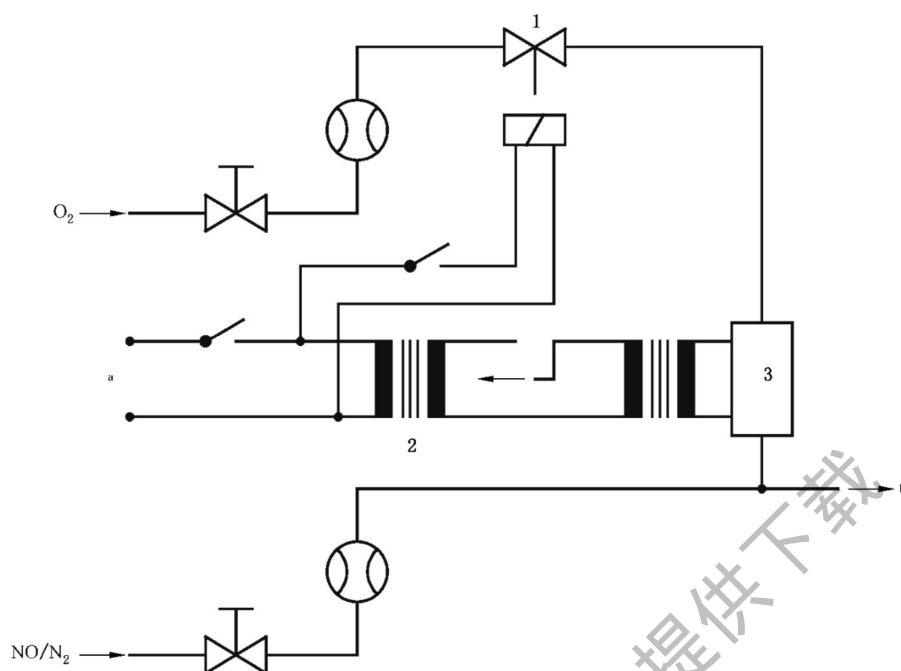
#### 9.7 NO<sub>x</sub> 转换器效率试验

##### 9.7.1 一般要求

将 NO<sub>2</sub> 转换成 NO 的转换器的效率按 9.7.2~9.7.9 的规定进行试验(见图 1)。

##### 9.7.2 试验设置

采用图 1 所示试验装置(也可见 8.5.3.7)及以下程序,用臭氧发生器试验转换器的效率。



说明:

- 1——电磁阀;  
2——自耦变压器;  
3——臭氧发生器。

<sup>a</sup> 交流电。

<sup>b</sup> 至分析仪。

图 1 NO<sub>2</sub> 转换器效率试验装置示意图

### 9.7.3 校准

应根据制造商的技术规定,使用零气和量距气(量距气的 NO 含量必须达到工作量程的 80%左右,混合气中 NO<sub>2</sub> 浓度应小于 NO 浓度的 5%)在最常用工作量程范围内校准化学发光检测器(CLD)和加热型化学发光检测器(HCLD)。NO<sub>x</sub> 分析仪应置于 NO 模式,以使量距气不会通过转换器。记录指示浓度。

### 9.7.4 计算

NO<sub>x</sub> 转换器的效率按式(13)计算:

$$E_{\text{NO}_x} = \left( 1 + \frac{a-b}{c-d} \right) \times 100 \quad \dots\dots\dots (13)$$

式中:

- a* ——按 9.7.7 所测 NO<sub>x</sub> 浓度;  
*b* ——按 9.7.8 所测 NO<sub>x</sub> 浓度;  
*c* ——按 9.7.5 所测 NO 浓度;  
*d* ——按 9.7.6 所测 NO 浓度。

### 9.7.5 加氧

通过三通阀,将氧气或零气连续通入气流,直到指示浓度比 9.7.3(分析仪置于 NO 模式)所给定的



指示校准浓度小 20% 左右时为止。

记录指示浓度( $c$ )。在整个过程中臭氧发生器始终处于停激状态。

#### 9.7.6 激活臭氧发生器

激活臭氧发生器以产生足够的臭氧,使 NO 浓度降到 9.7.3 规定的校准浓度的 20% 左右(最低 10%)。记录指示浓度( $d$ )(分析仪置于 NO 模式)。

#### 9.7.7 NO<sub>x</sub> 模式

然后将 NO 分析仪转换到 NO<sub>x</sub> 模式,使混合气(由 NO、NO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub> 和 N<sub>2</sub> 组成)通过转换器。记录指示浓度( $a$ )(分析仪置于 NO<sub>x</sub> 模式)。

#### 9.7.8 停激臭氧发生器

停止激活臭氧发生器,将 9.7.7 所述混合气通过转换器进入检测器。记录指示浓度( $b$ )(分析仪置于 NO<sub>x</sub> 模式)。

#### 9.7.9 NO 模式

在停激臭氧发生器情况下将分析仪转换到 NO 模式,并切断氧或合成空气的气流。分析仪的 NO<sub>x</sub> 读数应不偏离按 9.7.3 所测值的  $\pm 5\%$  以上(分析仪置于 NO 模式)。

#### 9.7.10 试验间隔期

在每次校准 NO<sub>x</sub> 分析仪前均应测试转换器的效率。

#### 9.7.11 效率要求

转换器的效率应不低于 90%,宜高于 95%。

在分析仪最常用量程范围内,如 NO<sub>x</sub> 转换器不能按 9.7.3 要求使 NO 浓度由 80% 降低到 20%,则应使用所能降低的最大量程范围。

### 9.8 火焰离子化检测器(FID)的调整

#### 9.8.1 探测器响应的最佳化

应按仪器制造商的规定调节 FID。可使用丙烷-空气量距气,使最常用工作量程范围内的响应最佳化。

在制造商推荐的燃料和空气流量的情况下,将 350 ppmC  $\pm$  75 ppmC 量距气通入分析仪。根据量距气响应与零气响应之差确定出一定燃料流量下的响应。燃料流量应在高于和低于制造商技术要求的范围内进行渐增调节。记录这些燃料流量下的量距气响应和零点气响应。然后将量距气响应与零点气响应之差绘制成曲线,并将燃料流量调整到曲线的高响应区。这仅仅是对流量的初步调定,其后可能还需要根据 9.8.2 和 9.8.3 中碳氢化合物响应参数和氧干扰检验的结果使其进一步最佳化。

如果氧干扰或碳氢化合物响应系数不能满足下列技术要求,则应按 9.8.2 和 9.8.3 要求,对每种流量在高于和低于制造商技术要求的范围内对空气流量进行渐增调节。

也可按美国汽车工程师学会(SAE)论文 770141 中规定的程序进行优化。

#### 9.8.2 碳氢化合物响应系数

分析仪应按 9.5 用丙烷-空气和纯合成空气进行校准。

分析仪在启用前或大修期后应测定响应系数。某种碳氢化合物的响应系数( $r_h$ )等于 FID 的 C1 读数与以 ppmC1 表示的气瓶气体浓度之比。

试验气体的浓度应足以使响应值达到约 80% 满量程的程度,该浓度在按重量标准以体积表示时的准确度应为  $\pm 2\%$ 。另外,应预先将气瓶置于  $298\text{K} \pm 5\text{K}$  ( $25\text{ }^\circ\text{C} \pm 5\text{ }^\circ\text{C}$ ) 温度下调温处理 24 h。

所用试验气体和推荐的相对响应系数范围如下:

——甲烷和纯合成空气:  $1.00 \leq r_h \leq 1.15$ ;

——丙烯和纯合成空气:  $0.90 \leq r_h \leq 1.1$ ;

——甲苯和纯合成空气:  $0.90 \leq r_h \leq 1.1$ 。

以上各值均以丙烷和纯合成空气的  $r_h = 1$  为准。

### 9.8.3 氧干扰检验

分析仪在启用前和大修期后应进行氧干扰检验。

选择量程范围时应使氧干扰检验气落在上半个 50% 内。试验时应按要求调定加热炉温度。氧干扰检验气按 9.2.5 的规定。

- 将分析仪调零;
- 对于汽油机,用混有 0% 氧气的量距气对分析仪进行量距;对于柴油机,则用混有 21% 氧气的量距气对分析仪进行量距;
- 重新检验零点气响应。如果变化大于满量程的 0.5%,则重复步骤 a) 和 b);
- 通入 5% 和 10% 氧干扰检验气;
- 再次检验零点气响应。如果变化大于满量程的  $\pm 1\%$ ,则重新进行试验;
- 按式(14)计算步骤 d) 中每种混合气的氧干扰(% $\text{O}_2$  干扰):

$$\% \text{O}_2 \text{ 干扰} = \frac{(B - \text{分析仪响应})}{B} \times 100 \quad \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$$\text{分析仪响应} = \frac{A}{\text{在 } A \text{ 时的 } \% \text{ 满刻度}} \times \text{在 } B \text{ 时的 } \% \text{ 满刻度}$$

式中:

A ——步骤 b) 所用量距气的碳氢化合物浓度,以百万分之 C 计,单位为微升每升( $\mu\text{L/L}$ );

B ——步骤 d) 所用氧干扰检验气的碳氢化合物浓度,以百万分之一(ppm)C 表示。

$$(\text{ppmC}) = \frac{A}{D} \quad \dots\dots\dots (15)$$

式中:

D ——分析仪对 A 响应的满量程百分数。

- 试验前所有要求的氧干扰检验气的氧干扰百分数应小于  $\pm 3\%$ ;
- 如果氧干扰大于  $\pm 3\%$ ,则应对每一流量重复 9.8.1 的步骤,在高于和低于制造商技术要求的范围内渐增调节空气流量;
- 如果在调整空气流量后氧干扰仍大于  $\pm 3\%$ ,则应改变燃料流量和取样流量,并对每一新设定值重复 9.8.1 的步骤;
- 如果氧干扰仍大于  $\pm 3\%$ ,则应在试验前修理或更换分析仪、FID 燃料或燃烧器空气。用修理或更换过的仪器或气体重复 a)~i) 的步骤。

### 9.8.4 非甲烷截止器(NMC)的效率

#### 9.8.4.1 一般要求

NMC 是通过氧化除甲烷以外的所有碳氢化合物,以去除样气中的非甲烷碳氢化合物(NMHC)。

理想情况是,对甲烷的转换率为 0%,而以乙烷为代表的碳氢化合物的转换率为 100%。为了精确测量 NMHC,应测定这两种转换效率,并用于计算 NMHC 排放的质量流量(见 15.4)。

#### 9.8.4.2 甲烷效率

使甲烷校准气在旁通和流过 NMC 时流经火焰离子化检测器(FID),记录这两种情况下的浓度,按式(16)计算甲烷效率:

$$E_M = 1 - \frac{C_{\text{有截止器}}}{C_{\text{无截止器}}} \quad \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$C_{\text{有截止器}}$ —— $\text{CH}_4$  流过 NMC 时的 HC 浓度;

$C_{\text{无截止器}}$ —— $\text{CH}_4$  旁通 NMC 时的 HC 浓度。

#### 9.8.4.3 乙烷效率

使乙烷校准气在旁通和流过 NMC 时流经 FID,记录这两种情况下的浓度,按式(17)计算乙烷效率:

$$E_E = 1 - \frac{C_{\text{有截止器}}}{C_{\text{无截止器}}} \quad \dots\dots\dots (17)$$

式中:

$C_{\text{有截止器}}$ —— $\text{C}_2\text{H}_6$  流过 NMC 时的 HC 浓度;

$C_{\text{无截止器}}$ —— $\text{C}_2\text{H}_6$  旁通 NMC 时的 HC 浓度。

#### 9.8.5 甲醇响应系数

当要使用 FID 分析仪分析含甲醇的碳氢化合物时,应先确定分析仪的甲醇响应系数( $r_m$ )。

用微升注射器将已知量的甲醇( $a$ ,单位为毫升)注入隔片注射器的加热混合区内[395 K(122 °C)],蒸发后用已知量的零级空气( $b$ ,单位为立方米)将其吹入泰德拉袋内。空气量( $s$ )应达到使袋中的甲醇浓度能反映排气样气中的浓度范围。

用 FID 分析取样袋中样气,并按式(18)计算响应系数:

$$r_m = \frac{\chi_{\text{FID}}}{C_{\text{SAM}}} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

$\chi_{\text{FID}}$ ——FID 读数,以百万分之一(ppm)C 表示;

$C_{\text{SAM}}$ ——取样袋中甲醇浓度,以百万分之一(ppm)C 表示。由  $a$  与  $b$  求得: $C_{\text{SAM}} = 594 \times a/b$ 。

### 9.9 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{O}_2$ 、 $\text{NH}_3$ 和 $\text{N}_2\text{O}$ 分析仪的干扰作用

#### 9.9.1 一般要求

除所分析的那种气体外,其他气体也会以多种方式干扰读数。在不分光红外线分析仪(NDIR)和顺磁检测器(PMD)仪器中出现的正干扰,会使干扰气体产生与被测气体相同的作用,但影响程度较小。在 NDIR 仪器中出现的负干扰系由于干扰气体扩大了被测气体的吸收带所致。而在化学发光检测器(CLD)仪器中出现的负干扰则是由于干扰气体的熄光作用所产生。分析仪在启用前或大修期后应按 9.9.2 和 9.9.3 进行干扰检验,每年应至少检验一次。

#### 9.9.2 $\text{CO}$ 分析仪的干扰检验

水和  $\text{CO}_2$  会干扰  $\text{CO}$  分析仪的性能。因此,应在室温下,使试验时所用最大工作量程为 80%~

100%满量程浓度的 CO<sub>2</sub> 量距气从水中冒泡流出,并记录分析仪的响应值。当量程等于或大于 300 ppm 时,分析仪的响应值应不大于满量程的 1%,而当量程小于 300 ppm 时应不大于 3 ppm。

### 9.9.3 NO<sub>x</sub> 分析仪的熄光检验

与化学发光检测器(CLD)[和加热型化学发光检测器(HCLD)]分析仪有关的两种气体是 CO<sub>2</sub> 和水蒸气。这些气体的熄光响应与其浓度成正比,因此需要使用试验方法测定按照试验经验在最高预期浓度下的熄光值。

#### 9.9.3.1 CO<sub>2</sub> 熄光检验

将最大工作量程为 80%~100%满量程浓度的 CO<sub>2</sub> 量距气通入 NDIR 分析仪,记录 CO<sub>2</sub> 值作为 A。然后用 NO 量距气将其稀释到约 50%并通入 NDIR 和(H)CLD,分别记录 CO<sub>2</sub> 和 NO 值,作为 B 和 C。然后切断 CO<sub>2</sub>,只让 NO 量距气通过(H)CLD,记录 NO 值,作为 D。

按式(19)计算熄光值:

$$E_{\text{CO}_2} = \left\{ 1 - \left[ \frac{(C \times A)}{(D \times A) - (D \times B)} \right] \right\} \times 100 \quad \dots\dots\dots (19)$$

式中:

A ——用 NDIR 测定的未稀释 CO<sub>2</sub> 浓度,以百分数(%)表示;

B ——用 NDIR 测定的稀释 CO<sub>2</sub> 浓度,以百分数(%)表示;

C ——用(H)CLD 测定的稀释 NO 浓度,以百万分之一(ppm)表示;

D ——用(H)CLD 测定的未稀释 NO 浓度,以百万分之一(ppm)表示。

也可选用诸如动态混合/掺混等其他方法稀释和量化 CO<sub>2</sub> 和 NO 量距气的值。

#### 9.9.3.2 水熄光检验

这种检验只适用于湿气体浓度的测量。水熄光计算应考虑用水蒸气稀释 NO 量距气并使混合气的水蒸气浓度接近预计的试验浓度。

将常用工作量程为 80%~100%满量程浓度的 NO 量距气通过(H)CLD,记录 NO 值,作为 D。然后使 NO 量距气在温度为 298 K±5 K(25 °C±5 °C)的水中冒泡流出,通入(H)CLD,记录 NO 值,作为 C。测定并记录水温。测定与起泡器水温(F)相对应的混合气饱和蒸汽压力,记录为 G。计算混合气的水蒸气浓度[H,以百分数(%)表示]如式(20):

$$H = 100 \times \left( \frac{G}{p_b} \right) \quad \dots\dots\dots (20)$$

按式(21)计算预期的稀释 NO 量距气(在水蒸气中)的浓度(D<sub>e</sub>):

$$D_e = D \times \left( 1 - \frac{H}{100} \right) \quad \dots\dots\dots (21)$$

对于柴油机排气,预期试验时排气中最大水蒸气浓度[以百分数(%)表示]应按照燃料原子 H:C 为 1.8:1 的假设,根据排气中最大 CO<sub>2</sub> 浓度 A 估算如式(22):

$$H_m = 0.9 \times A \quad \dots\dots\dots (22)$$

记录 H、D<sub>e</sub> 和 H<sub>m</sub>。

水熄光值按式(23)计算:

$$E_{\text{H}_2\text{O}} = 100 \times \left( \frac{D_e - C}{D_e} \right) \times \left( \frac{H_m}{H} \right) \quad \dots\dots\dots (23)$$

式中:

D<sub>e</sub> ——预期稀释的 NO 浓度,以百万分之一(ppm)表示;

$C$  —— 稀释的  $\text{NO}$  浓度,以百万分之一(ppm)表示;

$H_m$  —— 最大水蒸气浓度,以百分数(%)表示;

$H$  —— 实际水蒸气浓度,以百分数(%)表示。

注: 由于在熄光计算中未考虑  $\text{NO}_2$  在水中的吸收,所以对该检验而言,使  $\text{NO}$  量距气中所含的  $\text{NO}_2$  浓度尽量最低极为重要。

### 9.9.3.3 最大允许熄光值

最大允许熄光值如下:

——对于所有干式 CLD 分析仪,应证实对预期的最高水蒸气浓度(即本章后面计算的“%  $\text{H}_2\text{O}$  预期”),脱水技术可使 CLD 湿度保持小于或等于 5 g 水/kg 干空气(或约 0.008%  $\text{H}_2\text{O}$ ),即在 3.9 °C 和 101.3 kPa 时的相对湿度(RH)为 100%。这一湿度要求也相当于在 25 °C 和 101.3 kPa 时的相对湿度(RH)约为 25%。这可通过测量加热式除湿器出口处的温度或测量紧靠 CLD 上游处的湿度证实。如果只有除湿器的气流流入 CLD,则也可测量 CLD 的排气湿度。

——对于原排气测量,按 9.9.3.1 的  $\text{CO}_2$  熄光值为满量程的 2%。

——按 9.9.3.2 的水熄光值为满量程的 3%。

——对于稀释排气测量, $\text{CO}_2$  和水的综合熄光值为 2%。

### 9.9.4 $\text{O}_2$ 分析仪干扰

除氧气外,其他气体对顺磁检测器(PMD)分析仪产生的仪器响应比较弱。通常排气组分的氧当量见表 5。

表 5 氧当量

气体	氧当量 %
二氧化碳( $\text{CO}_2$ )	-0.623
一氧化碳( $\text{CO}$ )	-0.354
一氧化氮( $\text{NO}$ )	+44.4
二氧化氮( $\text{NO}_2$ )	+28.7
水( $\text{H}_2\text{O}$ )	-0.381

如要进行高精度测量,应用式(24)修正实测的氧浓度:

$$\text{干扰} = \frac{(\text{氧当量 \%} \times \text{实测浓度})}{100} \dots\dots\dots (24)$$

对二氧化锆传感器(ZRDO)和电化学传感器(ECS)分析仪,除氧以外其他气体所产生的仪器干扰应按仪器供应商的使用说明和良好的工程惯例进行补偿。

### 9.9.5 用红外(IR)和紫外(UV)测量技术对 $\text{NH}_3$ 和 $\text{N}_2\text{O}$ 测量通道的交叉干扰检验补偿

#### 9.9.5.1 确定 $\text{NH}_3$ 分析仪(NDUVR 方法)交叉干扰的修正程序

一氧化氮( $\text{NO}$ )和二氧化氮( $\text{NO}_2$ )存在交叉干扰。若交叉干扰超过满量程的 2%,则应用测量设备测量两种组分,并对分析仪读数进行补偿。

### 9.9.5.2 交叉干扰的检验

向分析仪输入 NO 和 NO<sub>2</sub> 校准气,以进行交叉干扰补偿。对每种组分,应在从零至最高预期干扰气浓度之间按照相同间隔,至少用 5 种不同的校准气浓度进行补偿检验。NH<sub>3</sub> 读数与零气读数的最大偏差在常用量程范围内应小于满量程的±2%。如果偏差较大,应对响应的干扰组分制定新的修正曲线,然后用于分析仪读数。可使用单混气体,也可使用含有两种或两种以上干扰气的混合气。

### 9.9.5.3 交叉干扰修正曲线的制定程序

#### 9.9.5.3.1 NO 交叉干扰

将测量过程中所用 NO 分析仪量程上均匀分布的至少 5 种不同 NO 浓度的校准气通入 NH<sub>3</sub> 分析仪。

记录 NO 标称值及 NH<sub>3</sub> 实测浓度。用最小二乘法拟合作为相应的拟合函数(例如多项式拟合函数) $f(\text{NO})$ ,求出用于补偿 NO 交叉干扰的修正曲线。拟合点数至少应比拟合参数多 2 个(例如对于 4 阶多项式至少需有 7 个拟合点)。修正值  $\text{NH}_3\text{-已补偿} = \text{NH}_3\text{-未补偿} - f(\text{NO})$  应不超过分析仪零点读数满量程的±1%。

#### 9.9.5.3.2 NO<sub>2</sub> 交叉干扰

NO<sub>2</sub> 的交叉干扰检验程序与 NO<sub>2</sub> 量距气的程序相同。结果得到修正曲线  $f(\text{NO}_2)$ 。

用于确定交叉干扰补偿曲线的校准气应该是单混气。不应使用含有两种或两种以上干扰气的混合气绘制交叉干扰补偿曲线。

应用测量系统完成下列补偿计算:

$$\text{NH}_3\text{-已补偿} = \text{NH}_3\text{-未补偿} - f(\text{NO}) - f(\text{NO}_2)$$

补偿曲线确定以后,应按 9.9.5.2 规定的程序检验交叉干扰补偿。

### 9.9.5.4 确定 N<sub>2</sub>O 分析仪交叉干扰的修正程序[不分光红外线分析法(NDIR)]

CO<sub>2</sub>、CO 和 NO 存在交叉干扰,而某些碳氢化合物的干扰则较少。

### 9.9.5.5 检验交叉干扰

将 CO、CO<sub>2</sub>、NO 和 C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 的校准气通入分析仪中,以进行交叉干扰补偿。对于每种组分,要在从零至最高预期干扰气浓度之间按照相同间隔至少用 5 种不同的校准气浓度进行补偿检验。NO<sub>2</sub> 读数与零点气读数的最大偏差在常用量程范围内应小于满量程的±2%。如果偏差较大,应对相应的干扰组分制定新的修正曲线,然后用于分析读数。可使用单混气,也可使用含有两种或两种以上干扰气的混合气。

### 9.9.5.6 交叉干扰修正曲线的制定程序

#### 9.9.5.6.1 CO 交叉干扰

将测量过程中所用 CO 分析仪量程上均匀分布的至少 5 种不同 CO 浓度的校准气通入 N<sub>2</sub>O 分析仪。

记录 CO 标称值及 N<sub>2</sub>O 的实测浓度。用最小二乘法拟合作为相应的拟合函数(例如多项式拟合函数) $f(\text{CO})$ ,求出用于补偿 CO 交叉干扰的修正曲线。拟合点数至少应比拟合参数多 2 个(例如对于 4 阶多项式至少需有 7 个拟合点)。

修正值  $\text{N}_2\text{O}_{\text{c已补偿}} = \text{N}_2\text{O}_{\text{未补偿}} - f(\text{CO})$  在分析仪零气读数范围内应不超过满量程的±1%。

#### 9.9.5.6.2 CO<sub>2</sub>、NO 和 C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 的交叉干扰

对 CO<sub>2</sub>、NO 和 C<sub>3</sub>H<sub>8</sub> 用相同程序进行交叉干扰检验,结果分别得到修正函数  $f(\text{CO}_2)$ 、 $f(\text{NO})$  和  $f(\text{C}_3\text{H}_8)$ 。

用于确定交叉干扰补偿曲线的校准气应该是单混气。不应使用含有两种或两种以上干扰气的混合气绘制交叉干扰补偿曲线。

应用测量系统完成下列补偿计算:

$$N_2O_{\text{已补偿}} = N_2O_{\text{未补偿}} - f(\text{CO}_2) - f(\text{CO}) - f(\text{NO}) - f(\text{C}_3\text{H}_8)$$

补偿曲线确定以后,应按 9.9.5.5 规定的程序检验交叉干扰补偿。

#### 9.10 校准间隔

应至少每 3 个月,或系统检修时或更换后可能影响校准时,按 9.5 对分析仪进行校准。

### 10 颗粒测量系统的校准

#### 10.1 总则

为了达到本标准所要求的准确度,应经常对测量系统各元器件进行校准。本章叙述了对 8.6 和第 18 章中所述各元器件所需使用的校准方法。

#### 10.2 校准程序

##### 10.2.1 流量测量

气体流量计或流量测量仪的校准应按国际或国家标准。

如果气体流量用差压流量测量法测定,最大差值误差应使  $q_{\text{medf}}$  的准确度不超过  $\pm 4\%$  (见 18.2.1, 图 10~图 18 中的排气分析仪说明)。该值可用各仪器误差的均方根进行计算。

##### 10.2.2 排气分析仪

如果稀释比是通过测量 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 浓度确定的,则排气分析仪应按 9.5.5 进行校准。

##### 10.2.3 碳流量检验

为了检查测量和控制问题,并检验部分流稀释系统的运行状态,极力推荐用实际排气进行碳流量检验。至少每当安装新的发动机或试验室布局有重大改变时都应进行碳流量检验。

发动机应在最大扭矩和转速或其他能产生 5% 以上 CO<sub>2</sub> 的稳定工况下运行。部分流取样系统应在稀释系数大约为 15:1 的状况下运行。

若要进行碳流量检验,应按 GB/T 8190.1—2010 附录 F 所规定的程序。碳流量应按 GB/T 8190.1—2010 中的式(F.1)、式(F.2)和式(F.3)进行计算。所有碳流量宜一致,误差应不超过 6%。

#### 10.3 检验部分流状况

应根据图 10~图 18 中对排气管说明的要求,若适用,检验和调整排气速度和压力波动范围。

#### 10.4 校准间隔期

应至少每年一次或当系统经检修或更换后可能影响校准时,对流量测量仪进行校准。

## 11 定容取样(CVS)全流稀释系统的校准

### 11.1 总则

应使用精确的流量计和节流装置校准 CVS 系统。测量在不同的节流设定值下通过该系统的流量，并测量系统的控制参数以及与流量的关系。

可使用各种类型的流量计，例如已校准的文丘里管、层流流量计和涡街流量计等。

### 11.2 容积泵(PDP)的校准

#### 11.2.1 一般要求

应同时测量所有与泵有关的参数、以及与泵串联的校准用文丘里管的相关参数。绘制计算流量(泵进气处,单位为  $\text{m}^3/\text{min}$ ,绝对压强和温度下),随泵参数具体组合值的相关函数的变化图。确定泵流量和相关函数的线性方程,如果 CVS 是多速驱动,则应对所使用的每种流量范围进行校准。

校准期间应保持温度的稳定性。

校准用文丘里管与 CVS 泵之间的所有管道及连接处的泄漏应低于最低流量点(最大节流和最低泵速点)的 0.3%。

#### 11.2.2 数据分析

应采用按照制造商规定方法测得的流量计数据计算每个节流设定值(至少 6 个)时的空气流量( $Q_s$ ),单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ )。然后按式(25)将空气流量转换成在泵进口处绝对温度和压力下的泵流量( $V_0$ ),单位为立方米每转( $\text{m}^3/\text{r}$ )。

$$V_0 = \frac{Q_s}{n} \times \frac{T}{273} \times \frac{101.3}{p_A} \quad \dots\dots\dots (25)$$

式中:

$Q_s$  ——标准状况(101.3 kPa, 273 K)下的空气流量,单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$T$  ——泵进口处温度,单位为开(K);

$p_A$  ——泵进口处绝对压力,单位为千帕(kPa);

$n$  ——泵转速,单位为转每秒(r/s)。

考虑到泵压力变化和泵滑移率之间的相互影响,应按式(26)计算泵转速、泵进出口压差和泵出口绝对压力之间的相关函数( $X_0$ ):

$$X_0 = \frac{1}{n} \times \sqrt{\frac{\Delta p_p}{p_A}} \quad \dots\dots\dots (26)$$

式中:

$n$  ——泵转速,单位为转每秒(r/s);

$\Delta p_p$  ——泵进出口压差,单位为千帕(kPa);

$p_A$  ——泵出口绝对压力,单位为千帕(kPa)。

用最小二乘法线性拟合得到校准公式[式(27)]:

$$V_0 = D_0 - m \times (X_0) \quad \dots\dots\dots (27)$$

式中:

$V_0$  ——泵进口处绝对温度和压力下的泵流量,单位为立方米每转( $\text{m}^3/\text{r}$ );

$D_0$  ——回归线的截距;

$m$  ——斜率常数。



对于多速 CVS 系统,不同泵流量范围内所绘制的校准曲线应该大致互相平行,而且截距值( $D_0$ )随泵流量范围的减少而增加。

所得计算值应不超过  $V_0$  实测值的  $\pm 0.5\%$ 。 $m$  值将随泵的不同而改变。颗粒物的超时流入将使泵的滑移减少,致使  $m$  值降低。因此,在泵投入使用、大修后、以及系统总体验证显示滑移率发生变化时均应进行校准。

### 11.3 临界流量文丘里管(CFV)的校准

#### 11.3.1 一般要求

CFV 的校准以临界流文丘里管的流量方程为基础。气体流量( $Q_s$ )是进口压力和温度的函数,以式(28)表示:

$$Q_s = \frac{k_v \times p_A}{\sqrt{T}} \quad \dots\dots\dots (28)$$

式中:

$Q_s$  ——标准状况(101.3 kPa, 273 K)下的空气流量,单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$k_v$  ——校准系数;

$p_A$  ——文丘里管进口处的压力,单位为千帕(kPa);

$T$  ——文丘里管进口处的温度,单位为开(K)。

#### 11.3.2 数据分析

应采用制造商规定方法测得的流量计数据计算每个节流设定值(至少 8 个)时的空气流量( $Q_s$ ),单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ )。根据每个设定值的校准数据按式(29)计算校准系数( $k_v$ ):

$$k_v = \frac{Q_s \times \sqrt{T}}{p_A} \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

$k_v$  ——校准系数;

$Q_s$  ——标准状况(101.3 kPa, 273 K)下的空气流量,单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$T$  ——文丘里管进口处温度,单位为开(K);

$p_A$  ——文丘里管进口处绝对压力,单位为千帕(kPa)。

为了确定临界流量范围,应绘制  $k_v$  随文丘里管进口处压力的变化图。对于临界(阻流)流量,  $k_v$  有一相对恒定值。当压力降低(真空度增加)时,文丘里管不再阻流,并使  $k_v$  降低,这表明 CFV 是在允许范围外运行。

应计算临界流量区域内最少 8 点处的平均  $k_v$  和标准差。标准差不应超过平均  $k_v$  值的  $\pm 0.3\%$ 。

### 11.4 亚音速文丘里管(SSV)的校准

#### 11.4.1 一般要求

SSV 的校准以亚音速文丘里管的流量方程为基础。气体流量( $Q_{SSV}$ )是进口压力和温度以及 SSV 进口和喉口间压力降的函数,如式(30)所示:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d p_A \sqrt{\left[ \frac{1}{T} (r_x^{1.4286} - r_x^{1.7143}) \left( \frac{1}{1 - r_y^4 r_x^{1.4286}} \right) \right]} \quad \dots\dots\dots (30)$$

式中:

$Q_{SSV}$  ——标准状况(101.3 kPa, 273 K)下的空气流量,单位为立方米每分( $\text{m}^3/\text{min}$ );

$A_0$  ——常数和单位转换的集合,  $A_0 = 0.006\ 111$ , 国际单位为  $\left[\frac{\text{m}^3}{\text{min}}\right]\left[\frac{\text{K}^{\frac{1}{2}}}{\text{kPa}}\right]\left[\frac{1}{\text{mm}^2}\right]$ ;

$d$  ——SSV 的喉口直径, 单位为米(m);

$C_d$  ——SSV 的流出系数;

$p_A$  ——文丘里管进口处绝对压力, 单位为千帕(kPa);

$T$  ——文丘里管进口处温度, 单位为开(K);

$r_x$  ——SSV 喉口与进口绝对静压之比,  $r_x = 1 - (\Delta p / p_A)$ ;

$r_y$  —— $d$  与进口管子内径( $D$ )之比,  $r_y = d/D$ 。

#### 11.4.2 数据分析

应采用按制造商规定方法测得的流量计数据计算每个节流设定值(至少 16 个)的空气流量( $q_{\text{vSSV}}$ ), 单位为立方米每分( $\text{m}^3/\text{min}$ )。然后根据每个设定值的校准数据按式(31)计算流出系数( $C_d$ ):

$$C_d = \frac{q_{\text{vSSV}}}{d^2 p_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r_x^{1.428\ 6} - r_x^{1.714\ 3}) \left(\frac{1}{1 - r_y^4 r_x^{1.428\ 6}}\right)\right]}} \quad \dots\dots\dots (31)$$

式中:

$C_d$  ——流出系数;

$q_{\text{vSSV}}$  ——标准状况(101.3 kPa, 273 K)下的空气流量, 单位为立方米每分( $\text{m}^3/\text{min}$ );

$T$  ——文丘里管进口处温度, 单位为开(K);

$d$  ——SSV 的喉口直径, 单位为米(m);

$r_x$  ——SSV 喉口与进口绝对静压之比,  $r_x = 1 - (\Delta p / p_A)$ ;

$r_y$  —— $d$  与进口管子内径( $D$ )之比,  $r_y = d/D$ 。

为了确定亚音速流量, 应绘制 SSV 喉口处的流出系数( $C_d$ )随雷诺数( $Re$ )的变化图。按式(32)计算 SSV 喉口处的雷诺数( $Re$ ):

$$Re = A_1 \frac{q_{\text{vSSV}}}{d\mu} \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

$Re$  ——雷诺数;

$A_1$  ——常数和单位转换的集合,  $A_1 = 25.551\ 52 \left(\frac{1}{\text{m}^3}\right) \left(\frac{\text{min}}{\text{s}}\right) \left(\frac{\text{mm}}{\text{m}}\right)$ ;

$q_{\text{vSSV}}$  ——标准状况(101.3 kPa, 273 K)下的空气流量, 单位为立方米每秒( $\text{m}^3/\text{s}$ );

$d$  ——SSV 的喉口直径, 单位为米(m);

$\mu$  ——气体的绝对黏度或动力黏度, 单位为千克每米秒 $[\text{kg}/(\text{m} \cdot \text{s})]$ , 按式(33)计算:

$$\mu = \frac{bT^{3/2}}{S + T} = \frac{bT^{1/2}}{1 + \frac{S}{T}} \quad \dots\dots\dots (33)$$

式中:

$b$  ——经验常数  $= 1.458 \times 10^6 \frac{\text{kg}}{\text{msK}^{1/2}}$ ;

$T$  ——文丘里管进口处温度, 单位为开(K);

$S$  ——经验常数  $= 110.4\ \text{K}$ 。

由于  $Q_{\text{SSV}}$  是雷诺数  $Re$  公式中的输入项, 因此, 开始计算时, 应首先设定校准用文丘里管的  $Q_{\text{SSV}}$  或  $C_d$  的初始值, 然后重复计算直至  $Q_{\text{SSV}}$  收敛。判断收敛的方法是应精确到每一点的 0.1% 或更好。

对于亚音速流量区域内的最少 16 个点, 由求得的校准曲线拟合方程计算的  $C_d$  值应不超过每个校准点实测  $C_d$  值的  $\pm 0.5\%$ 。

## 11.5 系统总体验证

### 11.5.1 一般要求

应在正常运行状况下向系统输入已知质量的污染气体,确定 CVS 取样系统和分析系统的总准确度。然后对污染物进行分析,并按 15.5 计算其质量,但丙烷应用系数 0.000 472 代替 HC 的 0.000 479。应使用下列两种技术之一进行测量。

### 11.5.2 用临界流量孔板计量

将已知量的纯气(一氧化碳或丙烷)通过已校准的临界流量孔板输入 CVS 系统。如果进口压力足够高,则临界流量孔板调节的流量与孔板出口压力无关(临界流动)。将 CVS 系统按常规排放试验方式运行 5 min~10 min。用常用设备(取样袋或积分法)分析样气,并计算气体质量。如此测定的质量应不超过已知注入气体质量的 $\pm 3\%$ 。

### 11.5.3 用重量法计量

测定装有一氧化碳或丙烷气的小筒质量,精度保持在 $\pm 0.01$  g 以内。使 CVS 系统按常规排放试验方式运行约 5 min~10 min,同时将一氧化碳或丙烷注入该系统。用微分称重法测定流出的纯气量。用常用设备(取样袋或积分法)分析样气,并计算气体质量,如此测定的质量应在已知注入气体质量的 $\pm 3\%$ 以内。

## 12 试验循环(运行工况)

### 12.1 总则

每次试验应按某一试验循环给出的试验工况顺序进行。试验工况最短持续时间为 6 min。必要时,可以延长工况的持续时间,例如为了采集足够的颗粒试样质量或使大型发送机达到稳定状况。

应记录工况持续时间并将其写入报告中。

应在发动机稳定达到每种工况所要求的转速和扭矩后,在该工况的任何区段,至少测量和记录 3 min 内的气体污染物排放浓度值。只有测量过程的最后 60 s 方可按照第 14 章的规定用于排放计算。

颗粒取样应按制造厂规定在发动机达到稳定状态后开始,并且最好与气体污染物排放测量同时进行。对于单对滤纸法,颗粒取样应在气体污染物排放测量完成的 $\pm 5$  s 内结束。

对于多对滤纸法,只要达到所要求的转速和扭矩,就可在工况期内重复进行颗粒取样和气体污染物排放测量,直到取得有效试样为止。

只要发动机按前一工况预调至稳定状态,就可重复试验工况。在进行任何循环的第一工况时,应按 13.3 的要求将发动机预调至稳定状态。如在一个工况结束到另一工况开始的延误时间超过 20 min 而少于 4 h,则应将发动机按前一工况预调至稳定状态;如时间超过 4 h,则应按 13.3 中的要求将发动机预调至稳定状态。

如在试验工况的任何时间,试验设备失灵或发动机转速和负荷不符合 13.7.1 的要求,则试验工况应为无效,可予取消。然后再按前一工况将发动机预调至稳定状态,重新开始该试验工况。

注:在工况中测量时间的选取见 13.7.2。

### 12.2 试验循环

#### 12.2.1 用途

有五种试验循环:

——循环 E1:长度小于 24 m 的小艇用柴油机;

- 循环 E3:重载船用发动机(螺旋桨特性);
- 循环 E4:长度小于 24 m 的游艇用火花点燃式发动机;
- 循环 E5:长度小于 24 m 的小艇用柴油机(螺旋桨特性);
- 循环 D2:柴电推进的间歇负载发电机组。

对于柴油机,可根据与实际运行相接近的程度选用试验循环 E1 或 E5。也可选用循环 E3。

对于恒速船用发动机可采用 D2 循环。对于可变螺距螺旋桨机组,可根据与实际运行相接近的程度选用循环 D2、E3 或 E5。通常其工况更接近于恒速运行(循环 D2)。

对于火花点燃式发动机,可采用试验循环 E4。

## 12.2.2 试验工况和加权系数

见表 6 和表 7。

表 6 循环 E 的试验工况和加权系数

工况号 (循环 E1)	1	2					3	4			5
转速 <sup>a</sup>	额定转速					中间速度					低怠速
扭矩 <sup>a</sup> %	100	75					75	50			0
加权系数	0.08	0.11					0.19	0.32			0.3
工况号 (循环 E3)	1					2		3		4	
转速 <sup>a</sup> %	100					91		80		63	
功率 <sup>a</sup> %	100					75		50		25	
加权系数	0.2					0.5		0.15		0.15	
工况号 <sup>b,c</sup> (循环 E4)	1					2		3		4	
转速 <sup>a</sup> %	100					80		60		40	
扭矩 <sup>a</sup> %	100					71.6		46.5		25.3	
加权系数	0.06					0.14		0.15		0.25	
工况号 (循环 E5)	1					2		3		4	
转速 <sup>a</sup> %	100					91		80		63	
功率 %	100					75		50		25	
加权系数	0.08					0.13		0.17		0.32	

<sup>a</sup> 见 GB/T 8190.1—2010 中 12.5 和 ISO 8178-4:2007 的 3.5、3.6 及第 5 章和第 6 章。

<sup>b</sup> 根据制造商要求,工况 1 的 CO 排放可忽略。

<sup>c</sup> 按照发动机制造商提供的满足文件,可对不在该工况运行的发动机进行试验工况的修正。

表 7 循环 D2 的试验工况和加权系数

工况号 (循环 D2)	1	2	3	4	5
转速 <sup>a</sup>	额定转速				
扭矩 <sup>a</sup> %	100	75	50	25	10
加权系数	0.05	0.25	0.3	0.3	0.1
<sup>a</sup> 见 GB/T 8190.1—2010 中 12.5 和 ISO 8178-4:2007 的 3.5、3.6 及第 5 章和第 6 章。					

12.2.3 试验实施

试验循环 E1、E3、E4、E5 或 D2 应按相应循环工况号递增的顺序进行。  
应考虑 12.1 的规定。

13 试验运行

13.1 取样滤纸的制备

应在试验前至少 1 h 将每张(对)滤纸放在一个盖住但不密封的培替氏培养皿里,置于称重室内进行稳定化处理。在稳定化过程结束时,称取每张(对)滤纸的重量并记录其自重。然后将该张(对)滤纸存放在盖住的培替氏培养皿或滤座中,供试验时使用。如该张(对)滤纸从称重室取出后的 8 h 内未使用,则应在使用前重新称重。

13.2 测试设备的安装

仪器和取样探头应按要求安装。当采用全流稀释系统稀释排气时,应将尾管接在系统上。

13.3 起动稀释系统和发动机

起动并预热稀释系统和发动机,使全部温度和压力在全负荷、标定转速时达到稳定。稳定条件见 GB/T 21404—2008 的 6.2.4.3.2。

13.4 稀释比的调整

起动颗粒取样系统,对单对滤纸法应按旁通方式运行(对多对滤纸法可任选)。稀释空气的颗粒本底值可将稀释空气通入颗粒过滤器进行测定。若用已经过滤的稀释空气,则可在试验前、中或后的任何时间内测定一次。若稀释空气未经过滤,则应至少在循环开始、结束和接近中间的三个时间测定,并取其平均值。

调整稀释空气,使滤纸在每个工况时的最高表面温度不超过 325 K(52 ℃)。总稀释比不小于 4。

对 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 浓度控制系统,应在每次试验开始和结束时,测定稀释气体的 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 含量。试验前后所测稀释空气的 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 的本底浓度应分别在 100 ppm 或 5 ppm 范围内。

当使用稀释排气分析系统时,应在整个试验程序中将抽取的稀释空气注入取样袋中,以测定各气体组分的相关本底浓度。至少可在循环开始、结束和接近中间的三个时间测取连续(无取样袋)本底浓度,然后确定平均值。如发动机制造商要求,也可略去本底浓度的测量。

### 13.5 试验点的确定

应按 5.4.1 和 5.4.2 将进气阻力和排气背压的设定值调整到制造商规定的上限值。

为了计算规定试验工况时的扭矩值,应通过实验测定在规定试验转速下的最大扭矩值。对不是在全负荷扭矩曲线的某一转速范围内运行的发动机,应由制造商标定在试验转速下的最大扭矩。

应按式(34)计算发动机在每个试验工况的设定值:

$$S = \left[ (P_m + P_{aux}) \times \frac{M}{100} \right] - P_{aux} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

$S$  ——测功器设定值,单位为千瓦(kW);

$P_m$  ——试验工况下(由制造商规定)试验转速时的最大实测或标定功率,单位为千瓦(kW);

$P_{aux}$  ——试验安装的,但非 ISO 14396 所要求的辅助装置所吸收的标定功率,单位为千瓦(kW);

$M$  ——试验工况规定的扭矩,以百分数(%)表示。

### 13.6 分析仪的检查

将排放分析仪置零并进行量距。

### 13.7 试验循环

试验循环见第 12 章,该循环考虑了发动机的大小和用途的变化。

#### 13.7.1 试验顺序

发动机应按 12 章中相应试验循环的每个工况进行运行。以下所示公差仅适用于排放数据采集期内、颗粒物和气袋取样期间:

a) 对采用测功器转速控制试验型测试的发动机

在初始过渡期后试验循环的每个工况期间,规定转速应保持在标定转速的 $\pm 1\%$ 或 $\pm 3 \text{ r/min}$ 以内,以较大值为准。但低怠速时则应保持在制造商规定的公差范围内。规定扭矩则应保持在使整个测量期间的平均扭矩处在试验转速下最大扭矩值的 $\pm 2\%$ 以内。

b) 对采用测功器负荷控制试验型测试的发动机

在初始过渡期后试验循环的每个工况期间,规定转速应保持在标定转速的 $\pm 2\%$ 或 $\pm 3 \text{ r/min}$ 以内,以较大值为准,但在任何情况下均应保持在 $\pm 5\%$ 以内,而低怠速时应保持在制造商规定的公差范围内。

在要求扭矩为试验转速下最大扭矩的 $50\%$ 或以上的试验循环工况期间,在数据采集期间的规定平均扭矩应保持在要求扭矩值的 $\pm 5\%$ 以内。在要求扭矩为试验转速下最大扭矩的 $50\%$ 以下的工况期间,在数据采集期间的规定平均扭矩应保持在要求扭矩值的 $\pm 10\%$ 或 $\pm 0.27 \text{ N} \cdot \text{m}$ ,以较大值为准。

#### 13.7.2 分析仪响应

至少在每工况的最后 $3 \text{ min}$ 期间使排气流过分析仪,将分析仪的输出记录在纸带记录仪上火用等效的数据采集装置进行测量。若用气袋取样测定稀释 $\text{CO}$ 和 $\text{CO}_2$ (见 8.5.4),则应在每工况的最后 $3 \text{ min}$ 期间将样气送入袋中,然后对袋内样气进行分析和记录。

#### 13.7.3 颗粒取样

可用单对滤纸法或多对滤纸法进行颗粒取样(见 8.6)。

由于两种方法的结果可能稍有差别,因此在测量结果中应说明使用的方法。

对单对滤纸法,在考虑试验循环程序中所规定的工况加权系数时,应使抽取的样气与每循环工况的排气质量流量成正比。这可通过适当调整样气流量、取样时间和/或稀释比达到,以符合 16.6 中有效加权系数的准则。

取样应尽可能在每工况的最后进行。每工况的取样时间:单对滤纸法至少为 20 s;多对滤纸法不少于 60 s。有关试验工况持续时间的补充说明见第 12 章。对于没有旁通功能的系数,每工况的取样时间,对单对滤纸法和多对滤纸法均应至少为 60 s。

#### 13.7.4 发动机工况

待发动机稳定后,应测量每工况的转速和负荷、进气温度、燃料流量和空气或排气流量。

如果不可能测量排气流量或燃烧空气时,则可用碳-氧平衡法计算这些参数(见 8.3.6 和 GB/T 8190.1—2010 附录 A)。

应记录计算所需的一切补充数据(见第 14 章)。

### 13.8 重验分析仪

排放试验后,应使用零气和相同量距气重验分析仪。若两次测量结果之差小于 2%,则可认为试验合格。

### 13.9 试验报告

试验报告应包括 GB/T 8190.6—2006 所指定的数据。

## 14 气体和颗粒排放物的数据评定

### 14.1 气体排放物

为评定气体排放物,应求出每工况最后 60 s 内记录纸的平均读数值,并根据记录纸的平均读数和相应的校准数据确定每工况内 HC、CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、O<sub>2</sub>、NMHC(NMC 法)、NH<sub>3</sub> 和 CH<sub>3</sub>OH(FID 法)的平均浓度。如使用取样袋,则应根据取样袋读数和相应的校准数据确定取样袋中的平均浓度。如能保证数据采集等效,也可使用不同的记录形式。

如需测定平均本底浓度,则应根据取样袋的稀释空气读数或根据平均连续(无取样袋)本底读数和相应的校准数据求出。

当对 CH<sub>3</sub>OH 和 HCHO 使用冲击器或吸收盒取样法时,则应根据 GC 和 HPLC 分析法所测冲击器或吸收盒(见图 7 和图 8)内 CH<sub>3</sub>OH/HCHO 的数量和通过冲击器或吸收盒的样气总体积测定其浓度和本底浓度(如用)。

### 14.2 颗粒排放物

为评定颗粒物,应记录每工况通过滤纸的总样气质量( $m_{sep}$ )。

应将滤纸放回称重室制定好调温处理 1 h,但不应超过 80 h,然后称重。记录滤纸总重并减去其自重(见 13.1)。

如需本底修正,应记录通过滤纸的稀释空气质量( $m_d$ )和颗粒物质量( $m_{f,d}$ )。如进行多次测量,则应计算每次测量的  $m_{f,d}$  除以  $m_d$  的商,并取其平均值。

## 15 气体排放物的计算

### 15.1 总则

图 2 列出了各种可能的若干排放计算导则。若可能也可使用气体排放的替代计算。

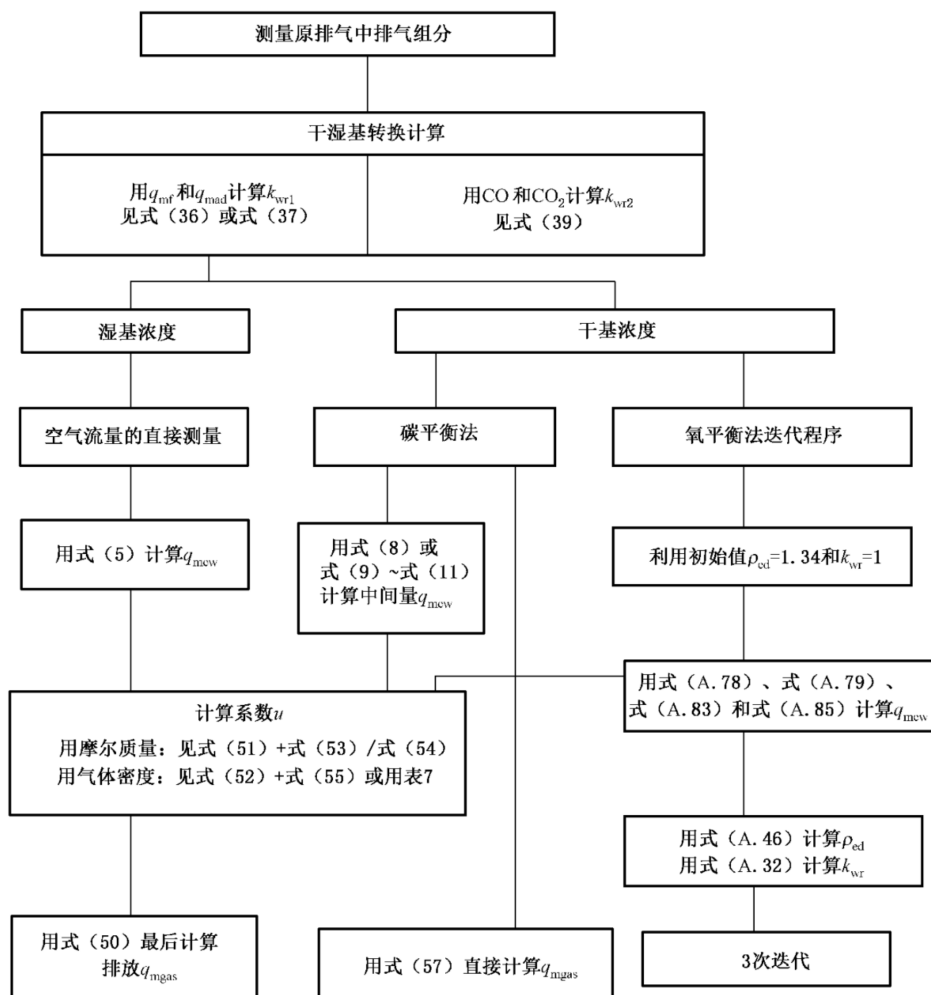


图 2 原排气中排气组分的测量

### 15.2 排气流量的确定

应根据 8.3.2~8.3.7 确定每工况的排气流量( $q_{mew}$ )。

当用全流稀释系统时,应根据 8.3.7 确定每工况的总稀释排气流量( $q_{mew}$ )。

### 15.3 干/湿基修正

若排放不是按湿基测得,则应按式(35)转换到湿基值。式(35)推导见 GB/T 8190.1—2010 附录 A。

$$c_w = k_w \times c_d \quad \dots\dots\dots (35)$$

a) 对于原排气

1) 完全燃烧



$$k_{wr1} = \left( 1 - \frac{1.244\ 2 \times H_a + 111.19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773.4 + 1.244\ 2 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times f_{fw} \times 1\ 000} \right) \times 1.008 \quad \dots\dots\dots (36)$$

或

$$k_{wr1} = \frac{\left( 1 - \frac{1.244\ 2 \times H_a + 111.19 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf}}{q_{mad}}}{773.4 + 1.244\ 2 \times H_a + \frac{q_{mf}}{q_{mad}} \times f_{fw} \times 1\ 000} \right)}{\left( 1 - \frac{p_r}{p_b} \right)} \quad \dots\dots\dots (37)$$

$$f_{fw} = 0.055\ 594 \times w_{ALF} + 0.008\ 002\ 1 \times w_{DEL} + 0.007\ 004\ 6 \times w_{EPS} \quad \dots\dots\dots (38)$$

## 2) 不完全燃烧

当存在相当数量未燃烧或部分燃烧的组分(CO、H<sub>2</sub>)时,应使用式(39)(推导见 GB/T 8190.1—2010 附录 A)。

$$k_{wr2} = \frac{1}{1 + \alpha \times 0.005 \times [c_{CO2d} + c_{COd}] - 0.01 \times c_{H2d} + k_{w2} - \frac{p_r}{p_b}} \quad \dots\dots\dots (39)$$

以及

$$c_{H2d} = \frac{0.5 \times \alpha \times c_{COd} \times (c_{COd} + c_{CO2d})}{c_{COd} + 3 \times c_{CO2d}} \quad \dots\dots\dots (40)$$

注: 式(39)和式(40)中 CO 和 CO<sub>2</sub> 浓度以百分数(%)表示。

## b) 对于稀释排气

$$k_{we1} = \left( 1 - \frac{\alpha \times c_{CO2w}}{200} \right) - k_{w1} \quad \dots\dots\dots (41)$$

或

$$k_{we2} = \left( \frac{(1 - k_{w1})}{1 + \frac{\alpha \times c_{CO2d}}{200}} \right) \quad \dots\dots\dots (42)$$

## c) 对于稀释空气

$$k_{wd} = 1 - k_{w1} \quad \dots\dots\dots (43)$$

$$k_{w1} = \frac{1.608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right]}{1\ 000 + \left\{ 1.608 \times \left[ H_d \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) + H_a \times \left( \frac{1}{D} \right) \right] \right\}} \quad \dots\dots\dots (44)$$

## d) 对于进气空气(若不同于稀释空气)

$$k_{wa} = 1 - k_{w2} \quad \dots\dots\dots (45)$$

$$k_{w2} = \frac{1.608 \times H_a}{1\ 000 + (1.608 \times H_a)} \quad \dots\dots\dots (46)$$

式中:

$H_a$  —— 进气空气的绝对湿度,单位为克每千克(g/kg);

$H_d$  —— 稀释空气的绝对湿度(每千克干燥空气中含多少克水),单位为克每千克(g/kg)。

注:  $H_a$ 、 $H_d$  可用通用公式由相对湿度、露点、蒸汽压或干/湿球的测量值得。

## 15.4 NO<sub>x</sub> 的湿度和温度修正

因 NO<sub>x</sub> 排放与大气状况有关,应采用式(47)~式(49)中给出的系数对 NO<sub>x</sub> 浓度进行大气温度和

湿度修正,当湿度为 0 g/kg~25 g/kg 时这些系数方才有效。

若经有关各方同意,也可使用其他湿度基准值代替 10.71 g/kg,并应随同计算结果一起写入报告。

若能证明正确或有效,经有关各方同意,也可使用上述湿度范围以外的其他修正公式。在下述公式中, $T_a$  表示在空气滤清器入口处的大气温度, $H_a$  表示在空气滤清器入口处的大气湿度。

将水或蒸汽喷入增压器中(空气增湿)被认为是一种排放控制手段,因此在湿度修正时不予考虑。增压中冷器内的凝结水会改变增压空气的湿度,因此在湿度修正时应予考虑。

a) 压燃式发动机按式(47)计算:

$$k_{hd} = \frac{1}{1 - 0.0182 \times (H_a - 10.71) + 0.0045 \times (T_a - 298)} \quad \dots\dots\dots (47)$$

式中:

$T_a$  ——空气温度,单位为开(K);

$H_a$  ——进气空气湿度,单位为克每千克(g/kg)。

b) 增压中冷压燃式发动机,可用式(48)替代:

$$k_{hd} = \frac{1}{1 - 0.012 \times (H_a - 10.71) - 0.00275 \times (T_a - 298) + 0.00285 \times (T_{sc} - T_{scRef})} \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中:

$T_{sc}$  ——中冷空气温度;

$T_{scRef}$  ——中冷空气基准温度。

注:其他变量的说明见 a)。

c) 点燃式发动机,按式(49)计算:

$$k_{hp} = 0.6272 + 44.030 \times 10^{-3} \times H_a - 0.862 \times 10^{-3} \times H_a^2 \quad \dots\dots\dots (49)$$

注:变量说明见 a)。

## 15.5 排放质量流量计算

### 15.5.1 原排气

应根据污染物的原浓度、表 8 中的  $u$  值和按照 15.5.1.1 求得的排气质量流量计算每工况的排放质量流量。如果按干基测量浓度,则应先按 15.3 对浓度值进行干-湿基修正后再作进一步计算。

另外如经有关各方同意,也可选用 15.5.1.2 中的精确公式计算质量排放。若试验所用燃料不是表 8 所规定的燃料,则在燃用多种燃料运行或有异议时必须采用精确公式。

#### 15.5.1.1 基于表列值的计算方法

应采用式(50)计算:

$$q_{mgas} = u_{gas} \times c_{gas} \times q_{mew} \quad \dots\dots\dots (50)$$

式中:

$q_{mgas}$  ——某一组分的气体排放质量流量;

$u_{gas}$  ——排气组分密度与排气密度之比;

$c_{gas}$  ——原排气中各组分浓度,以百万分之一(ppm)表示;

$q_{mew}$  ——排气质量流量,单位为千克每小时(kg/h)。

为了计算  $NO_x$ ,应使用按 15.4 确定的湿度修正系数  $k_{hd}$  或  $k_{hp}$ ,若适用。

如果未按湿基进行测量,则应按 15.3 将所测浓度转换成湿基浓度。

表 8 列出了基于理想气体性质下各种燃料所选排气组分的  $u$  值。

#### 15.5.1.2 基于精确公式的计算方法

使用式(50)计算质量排放,应用式(51)或式(52)代替表列值计算  $u_{gas}$ ,并假设在下列式中式(50)中

的浓度  $c_{\text{gas}}$  的测量值或转换后以百万分之一(ppm)表示:

$$u_{\text{gas}} = \frac{M_{\text{r,gas}}}{M_{\text{r,e}} \times 1\,000} \quad \dots\dots\dots (51)$$

或

$$u_{\text{gas}} = \frac{\rho_{\text{gas}}}{\rho_{\text{e}} \times 1\,000} \quad \dots\dots\dots (52)$$

式中:

$M_{\text{r,gas}}$  —— 气体分子质量,单位为克(g);

$M_{\text{r,e}}$  —— 排气分子质量,单位为克(g);

$\rho_{\text{gas}}$  —— 气体密度,单位为千克每立方米( $\text{kg}/\text{m}^3$ );

$\rho_{\text{e}}$  —— 排气密度,单位为千克每立方米( $\text{kg}/\text{m}^3$ )。

$\rho_{\text{gas}} = M_{\text{r,gas}}/22.414$  或从表 8 中选用(基于理想气体性质)。

表 8 给出了若干排气组分的密度( $\rho_{\text{gas}}$ )值。在假定为完全燃烧情况下可按式(53)求得一般燃料组分  $\text{C}_\beta\text{H}_\alpha\text{O}_\epsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$  的排气分子质量( $M_{\text{r,e}}$ )。

$$M_{\text{r,e}} = \frac{1 + \frac{q_{\text{mf}}}{q_{\text{maw}}}}{\frac{\frac{q_{\text{mf}}}{q_{\text{maw}}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\epsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12.011 \times \beta + 1.007\,94 \times \alpha + 15.999\,4 \times \epsilon + 14.006\,7 \times \delta + 32.065 \times \gamma} + \frac{\frac{H_{\text{a}} \times 10^{-3}}{2 \times 1.007\,94 + 15.999\,4} + \frac{1}{M_{\text{r,a}}}}{1 + H_{\text{a}} \times 10^{-3}}} \quad \dots\dots\dots (53)$$

或对于不完全燃烧,式(54)计算:

$$M_{\text{r,e}} = \frac{M_{\text{rHC}} \times c_{\text{HCw}}}{10^6} + \frac{28.01 \times c_{\text{COw}}}{10^6} + \frac{44.01 \times c_{\text{CO}_2\text{w}}}{10^2} + \frac{46.01 \times c_{\text{NO}_x\text{w}}}{10^6} + \frac{32 \times c_{\text{O}_2\text{w}}}{10^2} + \frac{2.016 \times c_{\text{H}_2\text{w}}}{10^2} + 18.01 \\ \times (1 - k_{\text{wr}}) + \frac{28.01}{100} \times \left[ 100 - \frac{c_{\text{HCw}}}{10^4} - \frac{c_{\text{COw}}}{10^4} - c_{\text{CO}_2\text{w}} - \frac{c_{\text{NO}_x\text{w}}}{10^4} - c_{\text{O}_2\text{w}} - c_{\text{H}_2\text{w}} - 100 \times (1 - k_{\text{wr}}) \right] \quad \dots\dots\dots (54)$$

按式(55)推导排气密度( $\rho_{\text{e}}$ ):

$$\rho_{\text{e}} = \frac{1\,000 + H_{\text{a}} + 1\,000 \times \left( \frac{q_{\text{mf}}}{q_{\text{mad}}} \right)}{773.4 + 1.243\,4 \times H_{\text{a}} + f_{\text{fw}} \times 1\,000 \times \left( \frac{q_{\text{mf}}}{q_{\text{mad}}} \right)} \quad \dots\dots\dots (55)$$

式中:

$$f_{\text{fw}} = 0.055\,594 \times w_{\text{ALF}} + 0.008\,002\,1 \times w_{\text{DEL}} + 0.007\,004\,6 \times w_{\text{EPS}} \quad \dots\dots\dots (56)$$

当用碳平衡方法时按式(57)计算:

$$q_{\text{mgas}} = \frac{M_{\text{r,gas}} \times c_{\text{gas}} \times q_{\text{mf}}}{M_{\text{rf}} \times \left[ (c_{\text{CO}_2\text{w}} - c_{\text{CO}_2\text{aw}}) + \frac{c_{\text{COw}} + c_{\text{HCw}}}{10^4} \right] \times 10} \quad \dots\dots\dots (57)$$

式中  $c_{\text{CO}}$  和  $c_{\text{HC}}$  以百万分之一(ppm)表示,  $c_{\text{CO}_2}$  以体积分数表示。

式(58)的推导见 GB/T 8190.1—2010 中的 A.2.2.2。

$$M_{\text{rf}} = \alpha \times A_{\text{rH}} + \beta \times A_{\text{rC}} + \gamma \times A_{\text{rS}} + \delta \times A_{\text{rN}} + \epsilon \times A_{\text{rO}} \quad \dots\dots\dots (58)$$

## 15.5.2 稀释排气

应根据污染物的稀释浓度、表 9 中的  $u$  值和稀释排气质量流量按式(59)计算每工况的排放质量流量。如果按干基测量浓度,则应先按 15.3 对浓度值进行干/湿基修正,然后再作进一步计算。

$$q_{\text{mgas}} = u_{\text{gas}} \times c_{\text{gas,c}} \times q_{\text{mdew}} \quad \dots\dots\dots (59)$$

式中:

$u_{\text{gas}}$  —— 排气组分密度与稀释排气密度(相当于空气密度)之比;

$c_{\text{gas},c}$ ——稀释排气中各组分的本底修正浓度,以百万分之一(ppm)表示;

$q_{\text{mdew}}$ ——稀释排气质量流量,单位为千克每秒(kg/s)。

表9列出了基于理想气体性质下各种燃料所选排气组分的 $u$ 值。

$$c_c = c - c_d \times \left[ 1 - \frac{1}{D} \right] \quad \dots\dots\dots (60)$$

$$D = \frac{FS}{c_{\text{CO}_2} + (c_{\text{CO}} + c_{\text{HC}}) \times 10^{-4}} \quad \dots\dots\dots (61)$$

或

$$D = \frac{FS}{c_{\text{CO}_2}} \quad \dots\dots\dots (62)$$

式中:

$$FS = 100 \times \frac{1}{1 + \frac{\alpha}{2} + \gamma + 3.76 \left( 1 + \frac{\alpha}{4} - \frac{\epsilon}{2} + \gamma \right)} \quad \dots\dots\dots (63)$$

式中 $\alpha$ 、 $\gamma$ 、 $\epsilon$ 为燃料 $\text{CH}_a\text{O}_\epsilon\text{S}_\gamma$ 的组成。

对于柴油, $FS=14.4$ 。

表8 原排气的系数 $u_{\text{gas}}$ 和燃料特定参数

燃料和对应 $\rho_c$ / (kg/m <sup>3</sup> )		气体							
		NO <sub>x</sub>	CO	HC	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	HCHO	CH <sub>3</sub> OH
		$\rho_{\text{gas}}/(\text{kg}/\text{m}^3)$							
		2.053	1.250	<sup>a</sup>	1.963 6	1.427 7	0.716	1.340	1.430
		系数 $u_{\text{gas}}^{\text{b}}$							
柴油	1.294 3	0.001 586	0.000 966	0.000 479	0.001 517	0.001 103	0.000 553	0.001 035	0.001 104
菜子油甲脂	1.295 0	0.001 585	0.000 965	0.000 536	0.001 516	0.001 102	0.000 553	0.001 035	0.001 104
甲醇	1.261 0	0.001 628	0.000 991	0.001 133	0.001 557	0.001 132	0.000 568	0.001 062	0.001 134
乙醇	1.275 7	0.001 609	0.000 980	0.000 805	0.001 539	0.001 119	0.000 561	0.001 050	0.001 121
天然气 <sup>c</sup>	1.266 1	0.001 621	0.000 987	0.000 558 <sup>d</sup>	0.001 551	0.001 128	0.000 565	0.001 058	0.001 129
丙烷	1.280 5	0.001 603	0.000 976	0.000 512	0.001 533	0.001 115	0.000 559	0.001 046	0.001 116
丁烷	1.283 2	0.001 600	0.000 974	0.000 505	0.001 530	0.001 113	0.000 558	0.001 044	0.001 114
汽油	1.297 7	0.001 582	0.000 963	0.000 481	0.001 513	0.001 100	0.000 552	0.001 032	0.001 102
<sup>a</sup> 与燃料有关。 <sup>b</sup> 当 $\lambda=2$ ,干空气,273 K,101.3 kPa时。 <sup>c</sup> 对于质量组成C=66%~76%;H=22%~25%;N=0%~12%, $u$ 值精确至0.2%以内。 <sup>d</sup> 基于CH <sub>2,93</sub> 的NMHC值(对于总HC,应使用CH <sub>4</sub> 的 $u_{\text{gas}}$ 系数)。									

表 9 稀释排气的系数  $u_{\text{gas}}$  和燃料特定参数

燃料 ( $\rho_c = 1.293 \text{ kg/m}^3$ )		气体							
		NO <sub>x</sub>	CO	HC	CO <sub>2</sub>	O <sub>2</sub>	CH <sub>4</sub>	HCHO	CH <sub>3</sub> OH
		$\rho_{\text{gas}} / (\text{kg/m}^3)$							
		2.053	1.250	<sup>a</sup>	1.963 6	1.427 7	0.716	1.340	1.430
		系数 $u_{\text{gas}}^{\text{b}}$							
柴油		0.001 588	0.000 967	0.000 480	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
菜子油甲脂		0.001 588	0.000 967	0.000 537	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
甲醇		0.001 588	0.000 967	0.001 105	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
乙醇		0.001 588	0.000 967	0.000 795	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
天然气 <sup>c</sup>		0.001 588	0.000 967	0.000 584 <sup>d</sup>	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
丙烷		0.001 588	0.000 967	0.000 507	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
丁烷		0.001 588	0.000 967	0.000 501	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
汽油		0.001 588	0.000 967	0.000 483	0.001 519	0.001 104	0.000 553	0.001 036	0.001 106
<sup>a</sup> 与燃料有关。 <sup>b</sup> 假定稀释排气密度 = 空气密度。 <sup>c</sup> 对于质量组成 C = 66% ~ 76% ; H = 22% ~ 25% ; N = 0% ~ 12% , $u$ 值精确至 0.2% 以内。 <sup>d</sup> 基于 CH <sub>2.93</sub> 的 NMHC 值(对于总 HC, 应使用 CH <sub>4</sub> 的 $u_{\text{gas}}$ 系数)。									

15.5.3 非甲烷碳氢化合物(NMHC)浓度的确定

NMHC 浓度的确定取决于所用方法(见 17.5)。在两种情况下, CH<sub>4</sub> 浓度的确定和分解如下:

a) 气相色谱法(GC)按式(64)计算:

$$C_{\text{NMHC}} = C_{\text{HC}} - C_{\text{CH}_4} \quad \dots\dots\dots (64)$$

b) 非甲烷截止器(NMC)法按式(65)计算:

$$C_{\text{NMHC}} = \frac{C_{\text{HC(无截止器)}} \times (1 - E_{\text{M}}) - C_{\text{HC(有截止器)}}}{E_{\text{E}} - E_{\text{M}}} \quad \dots\dots\dots (65)$$

式中:

- $C_{\text{HC(有截止器)}}$  ——样气流过 NMC 时的 HC 浓度;
- $C_{\text{HC(无截止器)}}$  ——样气从 NMC 旁通时的 HC 浓度;
- $E_{\text{M}}$  ——按 9.8.4.2 确定的甲烷效率;
- $E_{\text{E}}$  ——根据 9.8.4.3 确定的乙烷效率。

15.6 比排放计算

按式(66)计算所有各组分的排放:

$$\text{gas}_x = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} (q_{\text{mgasi}} \times W_{\text{fi}})}{\sum_{i=1}^{i=n} (P_i \times W_{\text{fi}})} \quad \dots\dots\dots (66)$$

式中：

$q_{\text{mags}}$ ——某一组分气体的排放质量流量；

$$P = P_{\text{m}} + P_{\text{aux}} \quad \dots\dots\dots (67)$$

式中：

$P_{\text{m}}$ ——各工况下的实测功率；

$P_{\text{aux}}$ ——各工况下安装在发动机上的辅助装置所消耗的功率。

加权系数和工况数见第 12 章。

## 16 颗粒排放物的计算

### 16.1 颗粒物的湿度修正系数

由于柴油机的颗粒物排放与大气状况有关，因此颗粒物浓度应用式(68)中给出的系数( $k_p$ )进行修正。

若经有关各方同意，也可用其他湿基基准值代替 10.71 g/kg，并应随同计算结果一起写入报告。

若能证明正确或有效，也可使用其他修正公式。

$$k_p = \frac{1}{[1 + 0.0133 \times (H_a - 10.71)]} \quad \dots\dots\dots (68)$$

式中：

$H_a$ ——进气空气湿度，单位为克每千克(g/kg)。

### 16.2 部分流稀释系统

应按下列步骤确定最终所需报告的颗粒物排放试验结果。由于可使用各种方式控制稀释比，因而需使用不同方法计算  $q_{\text{medf}}$ 。所有计算均以取样期间各工况的平均值为基础。

#### 16.2.1 等动态系统

见图 10 和图 11。按式(69)计算：

$$q_{\text{medf}} = q_{\text{mew}} \times r_d \quad \dots\dots\dots (69)$$

其中： $r_d$  按式(70)计算：

$$r_d = \frac{q_{\text{mdw}} + (q_{\text{mew}} \times r_a)}{q_{\text{mew}} \times r_a} \quad \dots\dots\dots (70)$$

式中  $r$  相当于等动态探头横截面积  $A_p$  与排气管横截面积  $A_T$  之比，按式(71)计算。

$$r_a = \frac{A_p}{A_T} \quad \dots\dots\dots (71)$$

#### 16.2.2 带 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 浓度测量的系统

见 18.2.1 图 12、图 14～图 16。

对于  $q_{\text{medf}}$ ，用式(69)和式(72)表示：

$$r_d = \frac{c_{\text{Ew}} - c_{\text{Aw}}}{c_{\text{Dw}} - c_{\text{Aw}}} \quad \dots\dots\dots (72)$$

式中：

$c_{\text{Ew}}$ ——原排气中示踪气的湿基浓度；

$c_{\text{Dw}}$ ——稀释排气中示踪气的湿基浓度；

$c_{\text{Aw}}$ ——稀释空气中示踪气的湿基浓度。

应按 15.3 将所测干基浓度转换成湿基浓度。

### 16.2.3 带 CO<sub>2</sub> 测量和使用碳平衡法的系统

见图 13。

$q_{\text{medf}}$  按式(73)计算：

$$q_{\text{medf}} = \frac{k_f \times q_{\text{mf}}}{c_{(\text{CO}_2)\text{D}} - c_{(\text{CO}_2)\text{A}}} \quad \dots\dots\dots (73)$$

式中：

$c_{(\text{CO}_2)\text{D}}$ ——稀释排气中 CO<sub>2</sub> 浓度；

$c_{(\text{CO}_2)\text{A}}$ ——稀释空气中 CO<sub>2</sub> 浓度。

浓度以湿基的体积分数(%)表示。

因此，

$$r_d = \frac{k_f \times q_{\text{mf}}}{q_{\text{mew}} \times [c_{(\text{CO}_2)\text{D}} - c_{(\text{CO}_2)\text{A}}]} \quad \dots\dots\dots (74)$$

在上述公式中,  $k_f$  可根据 GB/T 8190.1—2010 中 A.4 用最终式(75)确定：

$$k_f = \omega_{\text{BET}} \times 2.412 \ 9 \quad \dots\dots\dots (75)$$

### 16.2.4 带流量测量的系统

见 18.2.1 图 17 和图 18。以式(76)表示：

$$r_d = \frac{q_{\text{mdew}}}{q_{\text{mdew}} - q_{\text{mdw}}} \quad \dots\dots\dots (76)$$

$q_{\text{medf}}$  的计算见式(69)。

## 16.3 全流稀释系统

颗粒排放试验报告中的结果按下列步骤确定。

所有计算均以取样期间各工况的平均值为基础。对于全流稀释系统,用  $q_{\text{mdew}}$  作为  $q_{\text{medf}}$ 。

### 16.4 颗粒物质量流量的计算

颗粒物质量流量计算方法如下：

a) 对于单对滤纸法,按式(77)计算：

$$q_{\text{mPT}} = \frac{m_f}{m_{\text{sep}}} \times \frac{q_{\text{medf}}}{1\ 000} \quad \dots\dots\dots (77)$$

$$\overline{q_{\text{medf}}} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{\text{medfi}} \times W_{fi} \quad \dots\dots\dots (78)$$

$$m_{\text{sep}} = \sum_{i=1}^{i=n} M_{\text{sepi}} \quad \dots\dots\dots (79)$$

$i=1, \dots, n$

b) 对于多对滤纸法,按式(80)计算：

$$q_{\text{mPTi}} = \frac{M_{fi}}{m_{\text{sepi}}} \times \frac{q_{\text{medfi}}}{1\ 000} \quad \dots\dots\dots (80)$$

$i=1, \dots, n$

$PT_{\text{mass}}$  系在整个试验循环内由取样期间各工况的平均值累加求得。

可对颗粒物质量流量进行如下本底修正(13.4)。

c) 对采用本底修正的单对滤纸法,按式(81)计算：

$$q_{\text{mPT}} = \left\{ \frac{m_{\text{f}}}{m_{\text{sep}}} - \left[ \frac{m_{\text{f,d}}}{m_{\text{sep}}} \times \sum_{i=1}^{i=n} \left( 1 - \frac{1}{D_i} \right) \times W_{\text{fi}} \right] \right\} \times \frac{\overline{q_{\text{medf}}}}{1\,000} \dots\dots\dots (81)$$

d) 对采用本底修正的多对滤纸法,按式(82)计算:

$$q_{\text{mPT}i} = \left\{ \frac{m_{\text{fi}}}{m_{\text{sepi}}} - \left[ \frac{m_{\text{f,d}}}{m_{\text{d}}} \times \left( 1 - \frac{1}{D} \right) \right] \right\} \times \frac{q_{\text{medfi}}}{1\,000} \dots\dots\dots (82)$$

式中  $D$  根据式(61)和(62)计算而得。如果没有测量稀释  $\text{CO}_2$  浓度,也可用根据 16.2.1~16.2.4确定的稀释比( $r_{\text{d}}$ )代替部分流稀释系统的  $D$ 。

如果进行多次测量,则应用  $\overline{m_{\text{f,d}}/m_{\text{d}}}$  代替  $m_{\text{f,d}}/m_{\text{d}}$ 。

## 16.5 比排放的计算

颗粒物比排放按式(83)~式(84)计算:

a) 对于单对滤纸法

$$e_{\text{PT}} = \frac{q_{\text{mPT}}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \times W_{\text{fi}}} \dots\dots\dots (83)$$

b) 对于多对滤纸法

$$e_{\text{PT}} = \frac{\sum_{i=1}^{i=n} q_{\text{mPT}i} \times W_{\text{fi}}}{\sum_{i=1}^{i=n} P_i \times W_{\text{fi}}} \dots\dots\dots (84)$$

式中:

$$P_i = P_{\text{mi}} + P_{\text{auxi}} \dots\dots\dots (85)$$

参见式(39)。

## 16.6 有效加权系数

对于单对滤纸法,各工况的有效加权系数  $W_{\text{fei}}$  按式(86)计算:

$$W_{\text{fei}} = \frac{m_{\text{sepi}} \times \overline{q_{\text{medf}}}}{m_{\text{sep}} \times q_{\text{medfi}}} \dots\dots\dots (86)$$

$i=1, \dots, n$

有效加权系数值应在第 12 章所列加权系数的  $\pm 0.005$  以内。

## 17 气体排放物的测定

### 17.1 总则

图 3~图 10 和 17.2~17.6 详细叙述了推荐的取样和分析系统。由于各种布置都能得到相同的结果,因此无需与这些图完全一致。也可增加一些部件,诸如仪表、阀门、电磁阀、泵和开关等,以提供更多的数据和协调各部件系统的功能。但对无法保持某些系统准确度的其他部件,则可根据良好的技术判断予以删除。

### 17.2 主要排气组分 $\text{CO}$ 、 $\text{CO}_2$ 、 $\text{HC}$ 、 $\text{NO}_x$ 、 $\text{O}_2$

对测定原排气或稀释排气中气体排放物的分析系统,根据以下使用方法进行叙述:



- 用 HFID 或 FID 测定碳氢化合物；
- 用 NDIR 测定一氧化碳和二氧化碳；
- 用 HCLD、CLD 或等效仪器测定氮氧化物；
- 用 PMD、ECS 或 ZRDO 测定氧气。

对于原排气(见图 3),可用一个取样探头或用紧靠在一起而内部分流至不同分析仪的两个取样探头抽取所有组分的样气。必须注意在分析系统的任何位置均不应使排气组分出现凝结(包括水和硫酸)。

对于稀释排气(见图 4),应使用与抽取其他组分不同的取样探头抽取碳氢化合物样气,除非所有分析仪都使用一个公用取样泵,并且取样管路系统是根据良好的工程惯例进行设计。必须注意在分析系统的任何位置都不应使排气组分出现凝结(包括水和硫酸)。

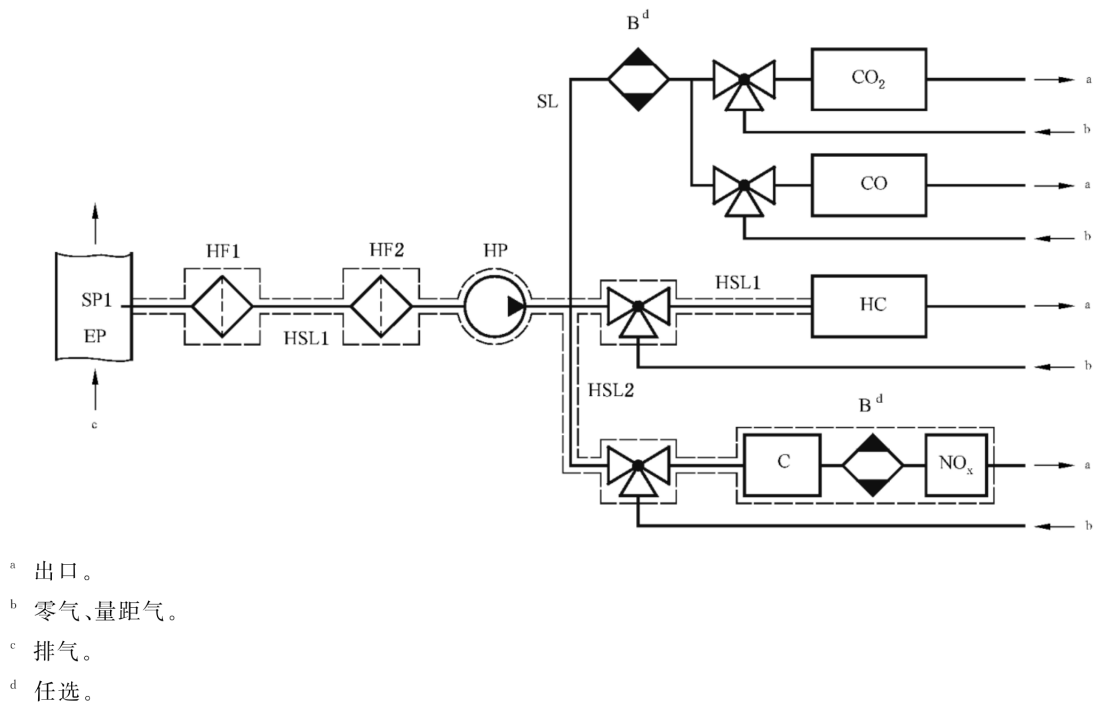


图 3 用于分析原排气中 CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、HC 和 O<sub>2</sub> 的系统流程图

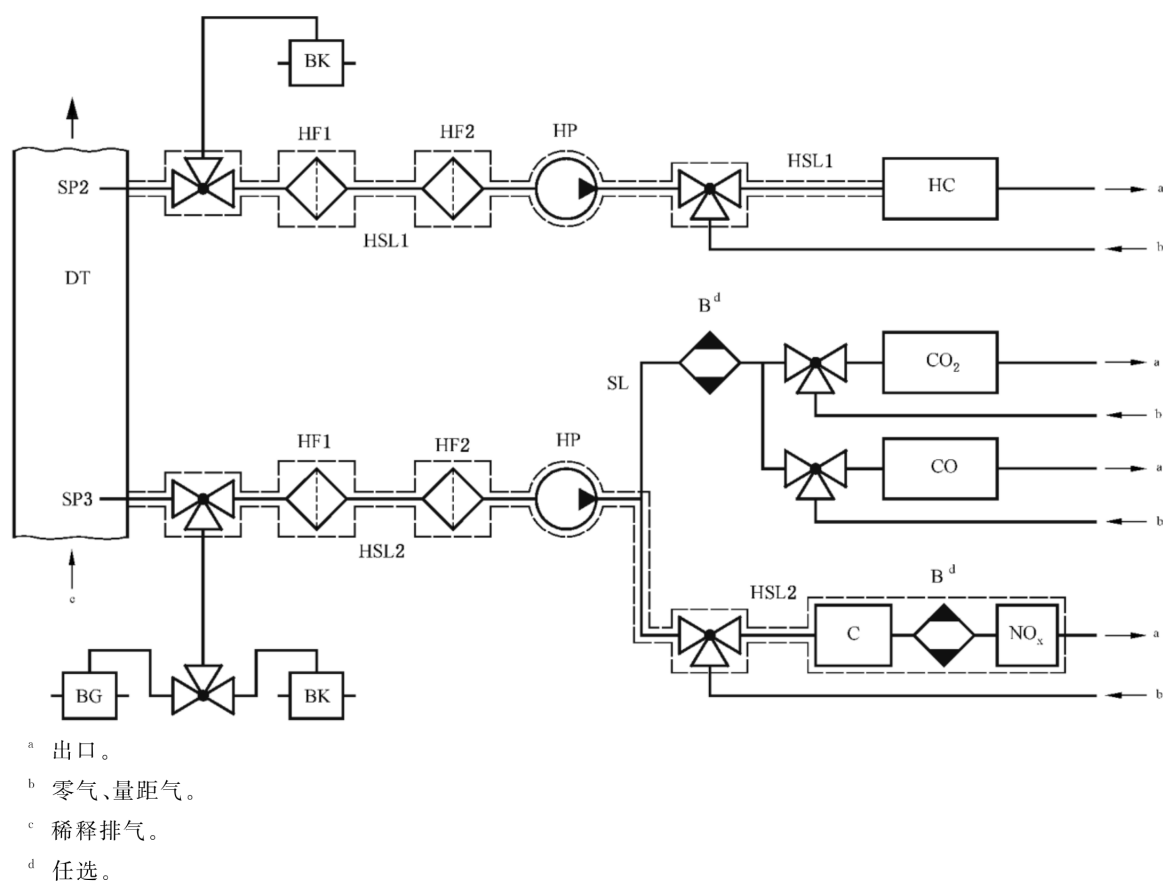


图 4 用于分析稀释排气中 CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub>、HC 和 O<sub>2</sub> 的系统流程图

图 3 和图 4 部件：

总则——应使取样路径内的所有部件保持在各系统所规定的温度范围内。

EP ——排气管(仅图 3)

DT ——稀释通道(仅图 4)

详见 18.2.2。

SP1 ——原排气取样探头(仅图 3)

推荐用一根直的、末端封闭的多孔不锈钢探头，其内径应不大于取样管内径，探头壁厚不大于 1 mm，在三个不同径向平面内至少有 3 个小孔，其大小应能抽取大致相同的样气流量。探头应至少伸入排气管 80% 直径。

注：如果排气脉冲或发动机振动会改变取样探头，则经有关各方商定可增加探头壁厚。

SP2——稀释排气 HC 取样探头(仅图 4)

探头应：

——为加热型取样管路 HSH1 前端 254 mm~762 mm 处；

——最小内径为 5 mm；

——安装在稀释通道 DT 内(见图 19)、稀释空气和排气充分混合(即排气进入稀释通道处下游约 10 倍管径处)；

——远离(径向)其他探头和通道壁，使其不受任何尾流或涡流的影响；

——加热，使探头出口处的气流温度提高到 463 K±10 K(190 °C±10 °C)；对甲醇燃料发动机应达到 385 K±10 K(112 °C±10 °C)；

——若用 FID 进行测量，则不加热(冷态)。

SP3——稀释排气 CO、CO<sub>2</sub>、NO<sub>x</sub> 取样探头(仅图 4)

探头应:

- 与 SP2 在同一平面;
- 远离(径向)其他探头和通道壁,使其不受任何尾流或涡流的影响;
- 对整个长度进行加热和保温,使温度不低于 328 K(55 °C),以免水分凝结。

HSL1——加热型取样管

取样管路将样气从单只探头处输送到分流点和 HC 分析仪。取样管路:

- 最小内径应 5 mm,最大内径应 13.5 mm;
- 应由不锈钢或聚四氟乙烯(PTFE)制成。

a) 对于非甲醇燃料发动机

若取样探头处排气温度等于或低于 463 K(190 °C),则应在每个单独控制的加热部位测量时,使壁温保持在 463 K±10 K(190 °C±10 °C)。

若取样探头处排气温度高于 463 K(190 °C),则应使壁温高于 453 K(180 °C)。

在紧靠加热型过滤器 F2 和 HFID 之前,应使气体温度保持在 463 K±10 K(190 °C±10 °C)。

b) 对于甲醇燃料发动机

若取样探头处排气温度等于或低于 385 K(112 °C),则应在每个单独控制的加热部位测量时,使壁温保持在 385 K±10 K(112 °C±10 °C)。

若取样探头处排气温度高于 463 K(190 °C),则应使壁温高于 375 K(102 °C)。

在紧靠加热型过滤器 F2 和 HFID 之前,应使气体温度保持在 385 K±10 K(112 °C±10 °C)。

HSL2——加热型 NO<sub>x</sub>(和 NH<sub>3</sub>)取样管路

取样管路应:

- 使用冷却槽 B 时,在转换器 C 之前,不用冷却槽 B 时,在分析仪之前使管壁温度保持在 328 K~473 K(55 °C~200 °C);
- 由不锈钢或聚四氟乙烯(PTFE)制成。

注:由于取样管路的加热仅用于防止水分和硫酸的凝结,故取样管路的温度将取决于燃料的含硫量。

SL——CO、(CO<sub>2</sub>、O<sub>2</sub>)取样管路

管路应由聚四氟乙烯(PTFE)或不锈钢制成。可为加热型或不加热型。

BK——本底气袋(可选,仅图 4)

用于测量本底浓度。

BG——取样袋(可选,仅图 4、CO 和 CO<sub>2</sub>)

用于测量样气浓度。

HF1——加热型预过滤器(可选)

温度应与 HSL1 或 HSL2 相同。

HF2——加热型过滤器

用于在分析仪前滤除样气中的固体颗粒物,温度应与 HSL1 或 HSL2 相同。需要时可更换过滤器。

HP——加热型取样泵

应将泵加热至 HSL1 或 HSL2 的温度。

HC

测定碳氢化合物的加热型火焰离子化检测器(HFID)。对于非甲醇燃料发动机,温度维持在 453 K~473 K(180 °C~200 °C);对于甲醇燃料发动机,温度维持在 375 K~395 K(102 °C~122 °C)。

CO、CO<sub>2</sub>

用 NDIR 分析仪测定一氧化碳和二氧化碳。

NO

用 CLD 或 HCLD 分析仪测定氮氧化物。若使用 HCLD 分析仪,则应使温度应保持在 328K~473 K(55 °C~200 °C)。

C——转转器

在用 CLD 或 HCLD 进行分析前,先用转转器将 NO<sub>2</sub> 催化还原成 NO。

O<sub>2</sub>

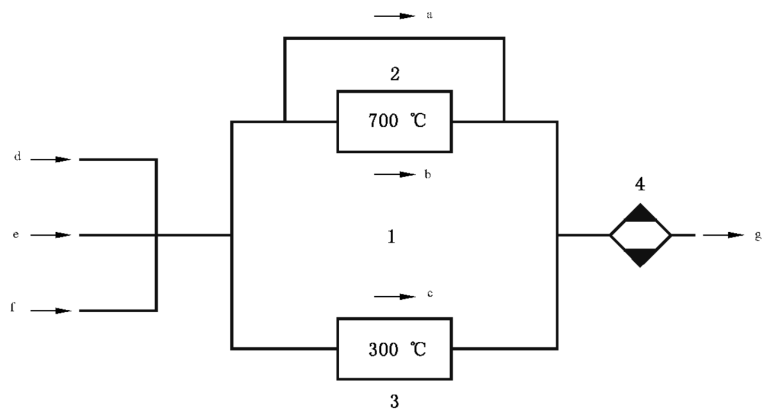
用 PMD、ZRDO 或 ECS 分析仪测定氧气。

B——冷却槽

用于将排气样气冷却后析出水分。应用冰或制冷器使冷却槽温度保持在 273 K~277 K(0 °C~4 °C)。不管分析仪是否如 9.9.2 和 9.9.3 所确定的那样免受水蒸气干扰,冷却槽均可任选。若用冷凝法除水,应在水分离器内或其下游处监测样气的温度或露点。样气温度或露点不应超过 280 K(7 °C)。不应使用化学干燥剂去除样气中的水分。

### 17.3 氨分析

如果排气中[例如来自选择性催化还原(SCR)设备中的 NH<sub>3</sub> 气源]存在氨(NH<sub>3</sub>),宜使用图 5 中的测量系统。高温转换器 C1 将 NH<sub>3</sub> 氧化成 NO,测得的“C”值是 NH<sub>3</sub> 和 NO<sub>x</sub> 的总和。低温转换器 C2 不会氧化 NH<sub>3</sub>,而是将 NO<sub>2</sub> 转化为 NO,测得的“A”值是 NO<sub>x</sub>。C 和 A 之差相当于 NH<sub>3</sub> 的值。通过再增加一个转换器和连接管路可将该系统整合为 17.2 和图 3 及图 4 所述的分析系统。计算程序与其他排气组分相同,见 15.5。



说明:

1——HSL2;

2——C1;

3——C2;

4——B(可选)。

<sup>a</sup> B(NO 测量)。

<sup>b</sup> C(NO<sub>x</sub> + NH<sub>3</sub> 测量)。

<sup>c</sup> A(NO<sub>x</sub> 测量)。

<sup>d</sup> 样气。

<sup>e</sup> 零气。

<sup>f</sup> 量距气。

<sup>g</sup> 至分析仪。

注: A - B = NO<sub>2</sub> 含量; C - A = NH<sub>3</sub> 含量。

图 5 测量 NO<sub>x</sub>/NH<sub>3</sub> 用转换器系统流程图

图 5 部件:

C1——高温转换器

C1 温度应保持在 953 K~993 K(680 °C~720 °C)。

C2——低温转换器

C2 温度应保持在 553 K~593 K(280 °C~320 °C)。

B——冷却槽(可选)

用于将排气样气冷却后析出。应用冰或制冷器使冷却槽温度保持在 273 K~277 K(0 °C~4 °C)。无论分析仪是否如 9.9.2 和 9.9.3 所确定的免受水蒸气干扰,冷却槽均可任选。不应使用化学干燥剂去除样气中的水分。

## 17.4 甲烷分析

甲烷(CH<sub>4</sub>)分析采用两种方法。

### 17.4.1 气相色谱(GC)法(图 6)

本法具体细节参见参考文献[7]。

当使用 GC 方法时,将少量所测样气在惰性载气的冲扫下注入分析柱。分析柱根据样气各组分的沸点将其分离后,按不同时间从分析柱洗提出来。然后通过检测器,根据不同浓度发出电信号。这是一种非连续分析技术。

对于  $\text{CH}_4$ , 应使用带 FID 的自动化 GC 装置。抽取的排气样气通入样袋内, 从中抽取一部分样气将其注入 GC 内。样气在波拉帕克(Porapak)色谱柱内被分离成两部分( $\text{CH}_4$ /空气/ $\text{CO}$  和  $\text{NMHC}/\text{CO}_2/\text{H}_2\text{O}$ )。分子筛柱将空气和  $\text{CO}$  中的  $\text{CH}_4$  分离出来后通入 FID。从一次注入样气到下次注入样气的一个完整循环可在 30 s 内完成。

图 6 为用于常规测定  $\text{CH}_4$  的典型 GC 方法流程图。

根据良好的技术判断, 也可使用其他 GC 方法。

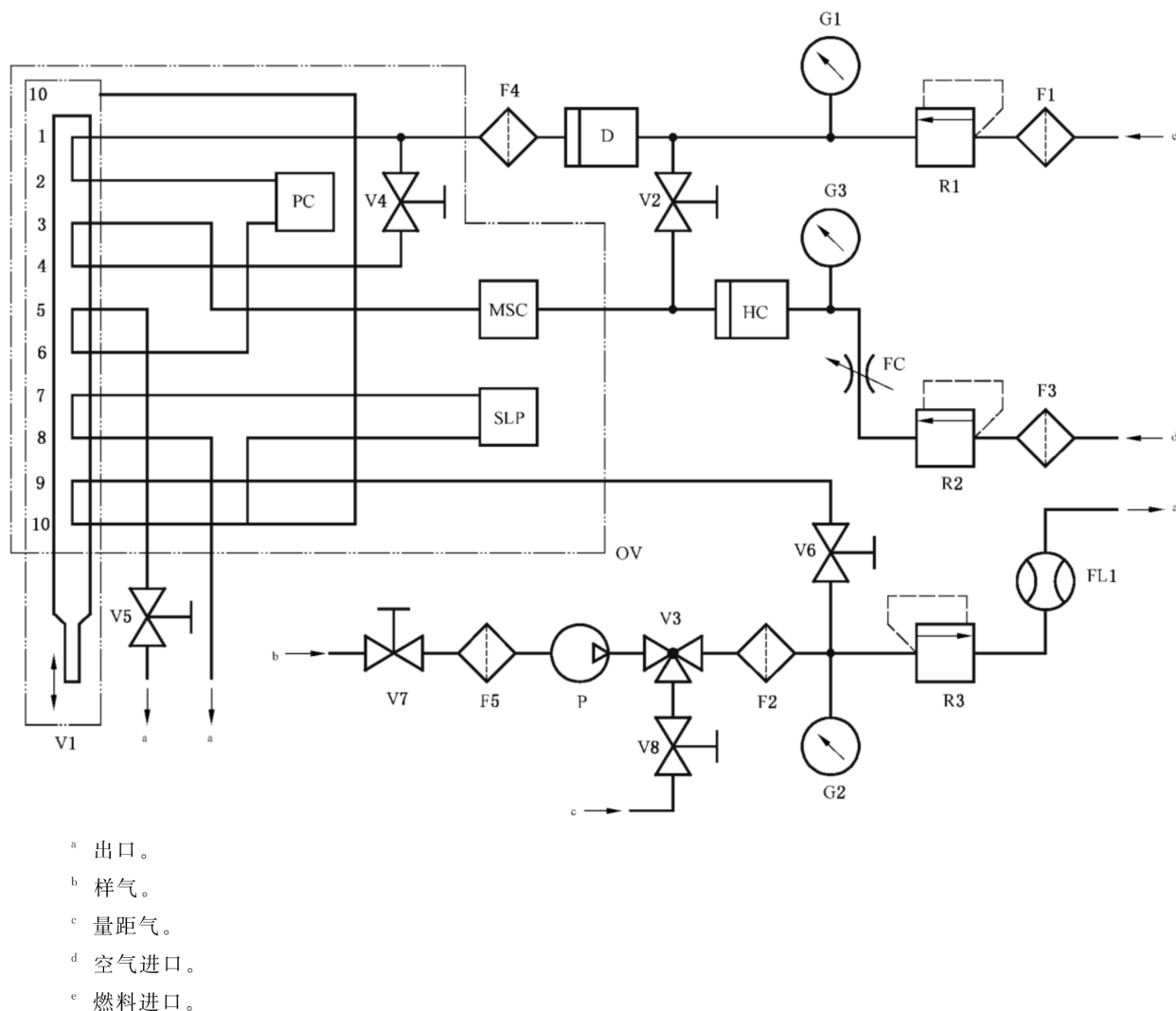


图 6 甲烷分析流程图(GC 法)

图 6 部件:

PC——波拉帕克色谱柱

波拉帕克数 N 为 180/300  $\mu\text{m}$ (50/80 目), 柱长 610 mm×内径 2.16 mm。初次使用前应使用载气在 423 K(150 °C)下至少调温处理 12 h。

MSC——分子筛柱

13X 型, 250/350  $\mu\text{m}$ (45/60 目), 柱长 1 220 mm×内径 2.16 mm。初次使用前应使用载气在 423 K(150 °C)下至少调温处理 12 h。

OV——保温炉

用于在分析仪工作时使各色谱柱和阀门保持稳定温度, 并在 423 K(150 °C)下对各色谱柱进行调

温处理。

SLP——样气圈

具有足够长度、使容积可达约  $1\text{ cm}^3$  的不锈钢管。

P——泵

将样气送达气相色谱仪。

D——干燥器

内装分子筛,用以除去载气中可能存在的水分和其他杂质。

HC——火焰离子化检测器(FID)

用于测定甲烷浓度。

V1——样气注入阀

用于注入样气。应具有余隙容积小、气密性好并可加温到  $423\text{K}(150\text{ }^\circ\text{C})$  的特点。

V3——切换阀

用于切换量距气、样气或截流。

V2、V4、V5、V6、V7、V8——针阀

用于调定系统中各流量。

R1、R2、R3——压力调节器

用于分别控制燃料(即载气)、样气和空气流量。

FC——流量毛细管

用于控制流进 FID 的空气流量。

G1、G2、G3——压力表

用于分别监测燃料(即载气)、样气和空气流量。

F1、F2、F3、F4、F5——过滤器

烧结型金属过滤器以防止砂粒进入泵或仪表。

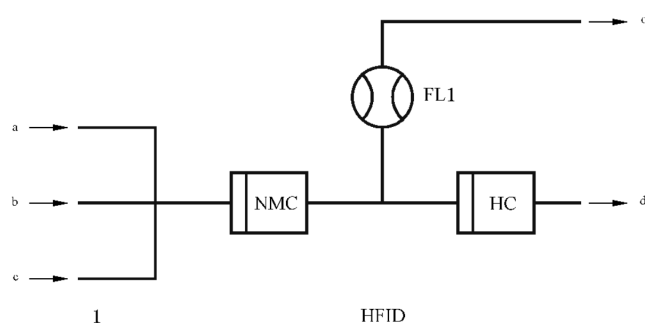
FL1——流量表

用于测量样气旁通流量。

#### 17.4.2 非甲烷截止器(NMC)法(图 7)

截止器将除  $\text{CH}_4$  以外的所有碳氢化合物氧化成  $\text{CO}_2$  和  $\text{H}_2\text{O}$ ,以便样气通过 NMC 时,使 HFID 只检测出  $\text{CH}_4$ 。通常 HC 取样管路(见图 3 和图 4)应配备有气流切换装置,使气流能交替地通过或绕过截止器。进行非甲烷试验时,应在 FID 上观测这两个数值,并作好记录。

试验工作开始前,应在不小于  $600\text{ K}(327\text{ }^\circ\text{C})$  的温度下,确定出截止器在代表排气流状况的含水量时对  $\text{CH}_4$  和  $\text{C}_2\text{H}_6$  催化作用的特征值。应了解取样排气流的露点和含  $\text{O}_2$  量。不用对原先所采(袋装)样气中的非甲烷部分进行评定。记录 FID 对  $\text{CH}_4$  的相对响应。



说明：

1——HSL1。

a 零气。

b 量距气。

c 样气。

d 出口。

图 7 非甲烷分析流程图(NMC 方法)

图 7 部件：

NMC——非甲烷截止器

用于氧化除甲烷外的所有碳氢化合物。

HC

加热型火焰离子化检测器(HFID)，用于测定 HC 和  $\text{CH}_4$  的浓度。温度稳定在 453 K~473 K (180 °C~200 °C)。

FL1——流量表

用于测量样气旁通流量。

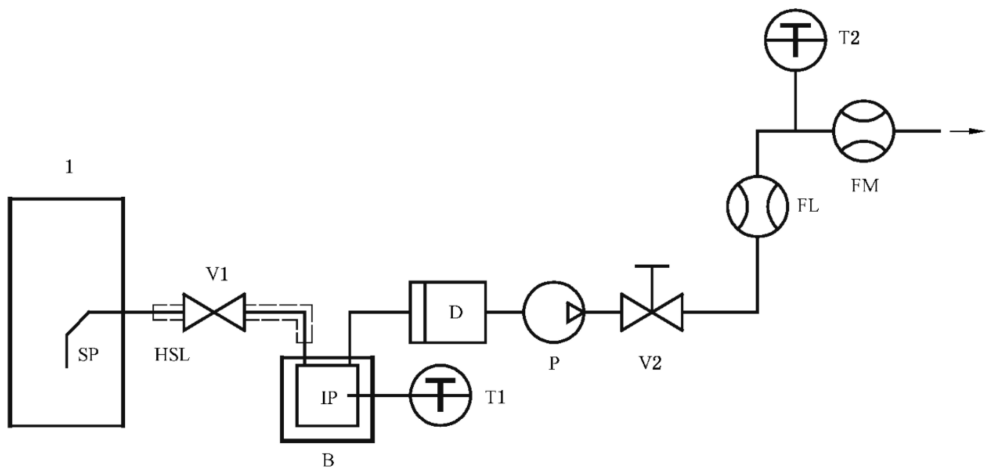
## 17.5 甲醇分析

本条叙述 8.5.3.12 所述甲醇分析法中的气相色谱法(GC 法)，见图 8。

将排气样气通入两只串联的、用冰冷却、含有去离子水的冲击器。取样时间和流量应使初级冲击器内的  $\text{CH}_3\text{OH}$  至少达到 1 mg/L 的推荐浓度。在二级冲击器内  $\text{CH}_3\text{OH}$  浓度应不超过总采集量的 10%。这些要求不适用于本底测量。

根据已制定的气相色谱程序，试验后最好在 24 h 内将冲击器内的样气注入 GC 仪内。若不能在 24 h 内进行分析，则在分析前应将样气存放在 277 K~283 K (4 °C~10 °C) 阴凉处。将  $\text{CH}_3\text{OH}$  从其他组分中分离出来后用 FID 进行检测。用已知量的  $\text{CH}_3\text{OH}$  标准气校准色谱仪。





说明：  
1——排气管或稀释通道。

图 8 甲醇分析流程图

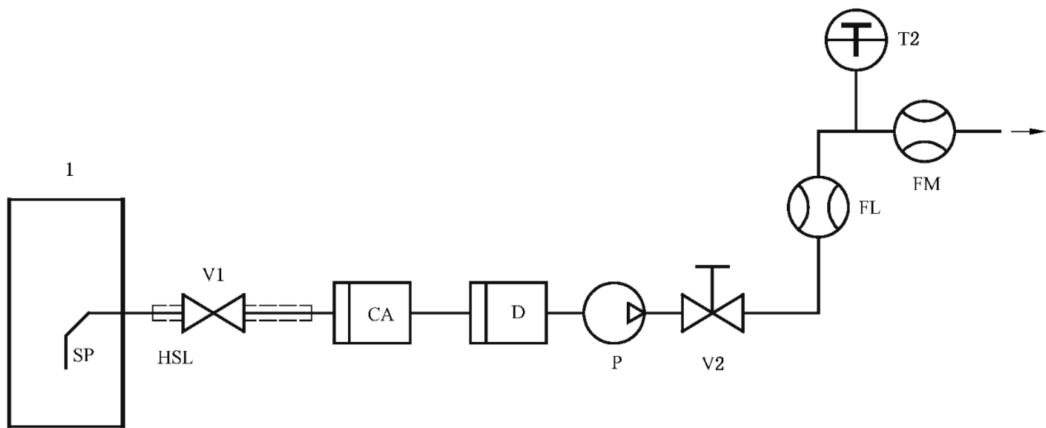
17.6 甲醛分析

见图 9。

在使用高压液相色谱(HPLC)时,将少量所测样气在惰性液体的压力冲扫下注入分析柱。按照与气相色谱(GC)法相同的一般规则,对样气组分进行分离、洗提和检测。与气相色谱法一样,本方法不是一种连续分析技术。

将排气样本通入两只串联的、用冰冷却、装有二硝基苯肼(DNPH)试剂的乙腈(ACN)溶液的冲击器或通过涂有 2,4-二硝基苯肼的二氧化硅盒。推荐的采集器中甲醛(HCHO)浓度至少为 1 mg/L。

试验后,最好在 24 h 内将采集器内的样气注入 HPLC 仪内。若不能在 24 h 内进行分析,则在分析前应将样气存放在 277 K~283 K(4 ℃~10 ℃)阴凉处。用梯度洗提法(见图 9)将甲醛(HCHO)从其他碳基化合物中分离出来后,用 365 nm 紫外线(UV)检测器进行检测。用 CHO-DNPH 衍生物的标准样品校准高压液相色谱(HPLC)。



说明：  
1——排气管或稀释通道。

图 9 甲醛分析流程图

图 8 和图 9 部件：  
SP——取样探头

对于原排气,推荐使用一根直的、末端封闭的多孔不锈钢探头,其内径应不大于取样管内径。探头壁厚应不超过 1 mm。在三个不同径向平面上至少有三个孔,其大小应能抽取大致相同的样气流量。探头应至少伸入排气管 80% 直径。按 8.5.4 规定,探头应靠近 HC/CO/NO<sub>x</sub>/CO<sub>2</sub>/O<sub>2</sub> 取样探头。

对于稀释排气,探头应与 HC、CO/NO<sub>x</sub>/CO<sub>2</sub> 及颗粒取样探头一样,位于稀释通道 DT 同一平面(见图 19),但应与其他探头保持足够的距离,以避免尾流或涡流的影响。

HSL——加热型取样管

HSL 的温度应在混合气最大露点与 394 K(121 °C)之间。只要样气采集装置(IP)紧靠 SP,可防止样气在 HSL 内由于冷凝而损失,则可省去加热 HSL。

IP——冲击器(对于甲醛可任选)

用于采集样气中的甲醇或甲醛。冲击器应用冰或制冷器冷却。

CA——盒式采集器(可选,仅甲醛)

用于采集样气中的甲醛。

B——冷却槽

用于冷却冲击器。

D——干燥器(可选)

用于去除样气中的水分。

P——取样泵

V1——电磁阀

用于将样气导入采集装置。

V2——针阀

用于调节采集装置中的样气流量。

T1——温度传感器

用于监测冷却槽的温度。

T2——温度传感器(可选)

用于监测样气温度。

FL——流量计(可选)

用于测量通过采集装置的样气流量。

FM——流量测量装置

气体流量计或其他流量仪,用于在取样期间测量通过采集装置的流量。

## 18 颗粒物的测定

### 18.1 总则

18.2 和 18.3 及图 10~图 21 详细叙述了推荐的稀释和取样系统。由于各种配置可以产生相同的结果,因此无需与这些图完全一致。也可增加一些部件,诸如仪表、阀门、电磁阀、泵和开关等,以提供更多的数据并协调各部件系统的功能。但对无法保持某些系统准确度的其他部件,则可根据良好的技术判断予以删除。

### 18.2 稀释系统

#### 18.2.1 部分流稀释系统(图 10~图 18)

所述的稀释系统是以稀释部分排气流为基础。分流排气和随后的稀释过程可通过不同形式的稀释系统完成。在随后颗粒物采集中,是将全部稀释排气或仅部分稀释排气通过颗粒取样系统(见图 20)。第一种方法称为总量取样型,第二种方法称为分量取样型。

稀释比的计算取决于所用系统的形式。宜使用下列形式:

- 等动态系统(图 10 和图 11)。该系统流入输送管的气流与总排气流在气体速度和/或压力上应相匹配,因此在取样探头处的排气流应均匀、无扰动。通常可使用一只共振器和在取样点上游安置一根直的引流管达到。然后可根据容易测量的值(例如管径)计算分流比。应注意的是,等动态仅用于和气流状况相匹配而不是和粒径分布相匹配。后者通常不是必需的,因为颗粒尺寸很小,能随流体流线流动。
- 具有浓度测量的流量控制系统(图 12~图 16)。该系统通过调节稀释空气流量和总稀释排气流量而从总排气流中取样。稀释比由发动机排气中天然存在的示踪气体(例如  $\text{CO}_2$  或  $\text{NO}_x$ ) 的浓度确定。稀释排气和稀释空气中的示踪气浓度是实测的,而原排气中的浓度可直接测定,也可在已知燃料组分的情况下,根据燃料流量和碳平衡公式确定。系统可通过计算的稀释比(图 12 和图 13)或通过流入输送管(图 14~图 16)的流量进行控制。
- 流量控制系统(图 17 和图 18)。该系统通过设定稀释空气流量和总稀释排气流量而从总排气流中取样。稀释比由两种流量之差确定。需准确校准两只流量表的相对流量值,因为两流量的相对值可导致在较高稀释比(15 及以上)时的显著误差。流量控制非常简单,需要时可通过保持稀释排气流量恒定而只改变稀释空气流量控制流量。

注:推荐使用部分流稀释系统,不仅因为它比全流稀释系统更具成本效益,而且还因为无法在试验台上和在现场实现“大、中型”发动机试验的全流量稀释,且对其他发动机而言,还受到现场各种条件限制。

为发挥部分流稀释系统的优点,必须注意避免在输送管内可能存在颗粒损失的问题,以保证从发动机排气中采集到具有代表性的样气,并测定分流比。

以上所述系统均考虑这些关键方面。

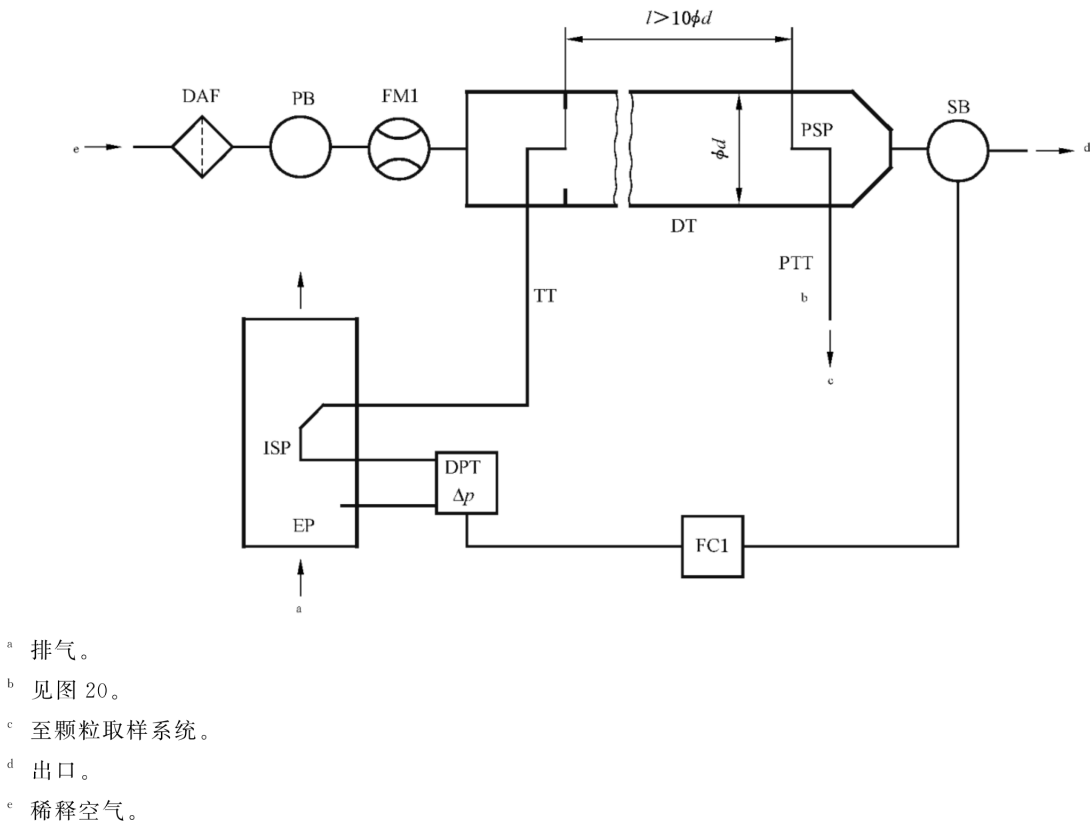


图 10 带有等动态探头和分量取样的部分流稀释系统(SB 控制)

原排气通过等动态取样探头 ISP 和输送管 TT 从排气管 EP 输送到稀释通道 DT。用差压传感器 DPT 测量排气管和探头入口间的排气差压。该信号被传送到控制抽气泵 SB 的流量控制器 FC1,以使

探头的顶部的差压为零。在这种条件下,EP 和 ISP 内的排气流速均相同,并且流过 ISP 和 TT 的气流是排气流量中的一个恒定分数(分流)。分流比用 EP 和 ISP 的横截面积确定。用流量测量装置 FM1 测量稀释空气流量。稀释比由稀释空气流量和分流比计算。

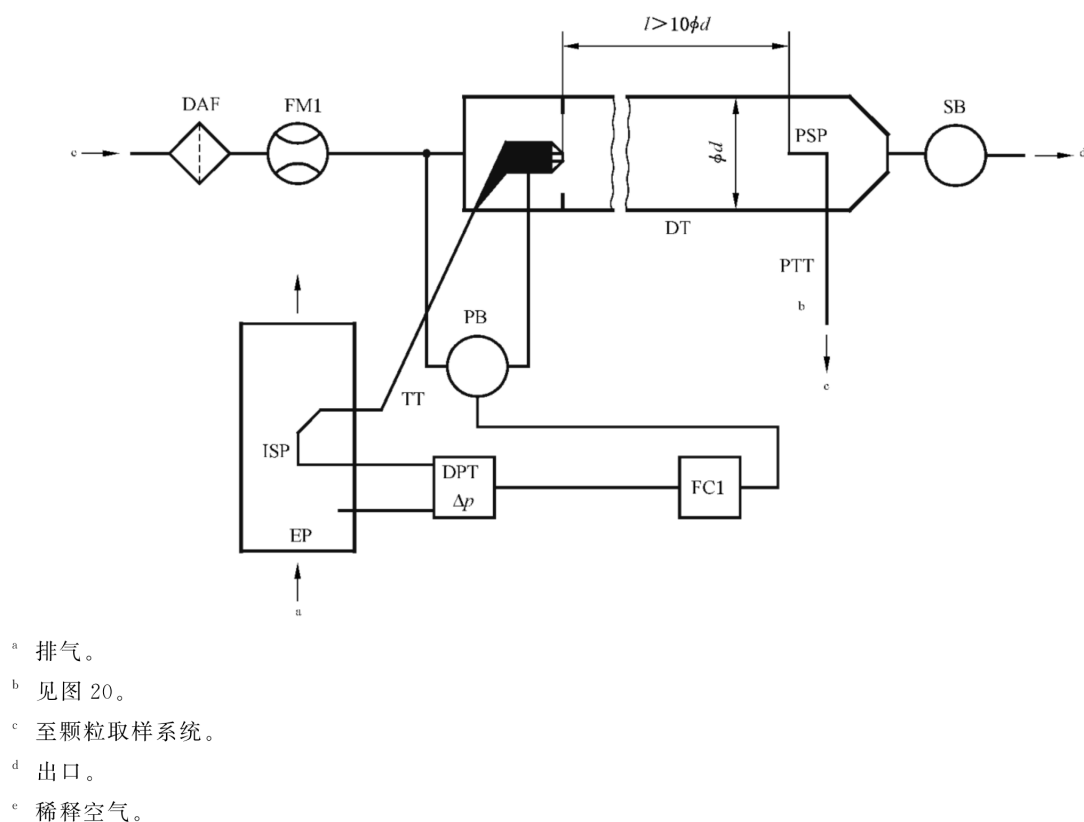


图 11 带等动态探头和分量取样的部分流稀释系统(PB 控制)

原排气通过等动态取样探头 ISP 和传输管 TT 从排气管 EP 输送到稀释通道 DT。用差压传感器 DPT 测量排气管和探头入口间的排气差压。该信号被传送到控制抽气泵 SB 的流量控制器 FC1,以使探头的顶部的压差为零。这可通过采集一小部分稀释空气实现,该稀释空气力量已经用流量测量装置 FM1 测定,然后用风动流量孔输送至 TT。在这种条件下,EP 和 ISP 中的排气流速均相同,并且流过 ISP 和 TT 的气流是排气流量的一个恒定分数(分流)。分流比由 EP 和 ISP 的横截面积确定。稀释空气由抽气泵 SB 抽吸并经 DT 吸入,在 DT 的进口处用 FM1 测量流量。稀释比由稀释空气流量和分流比计算。

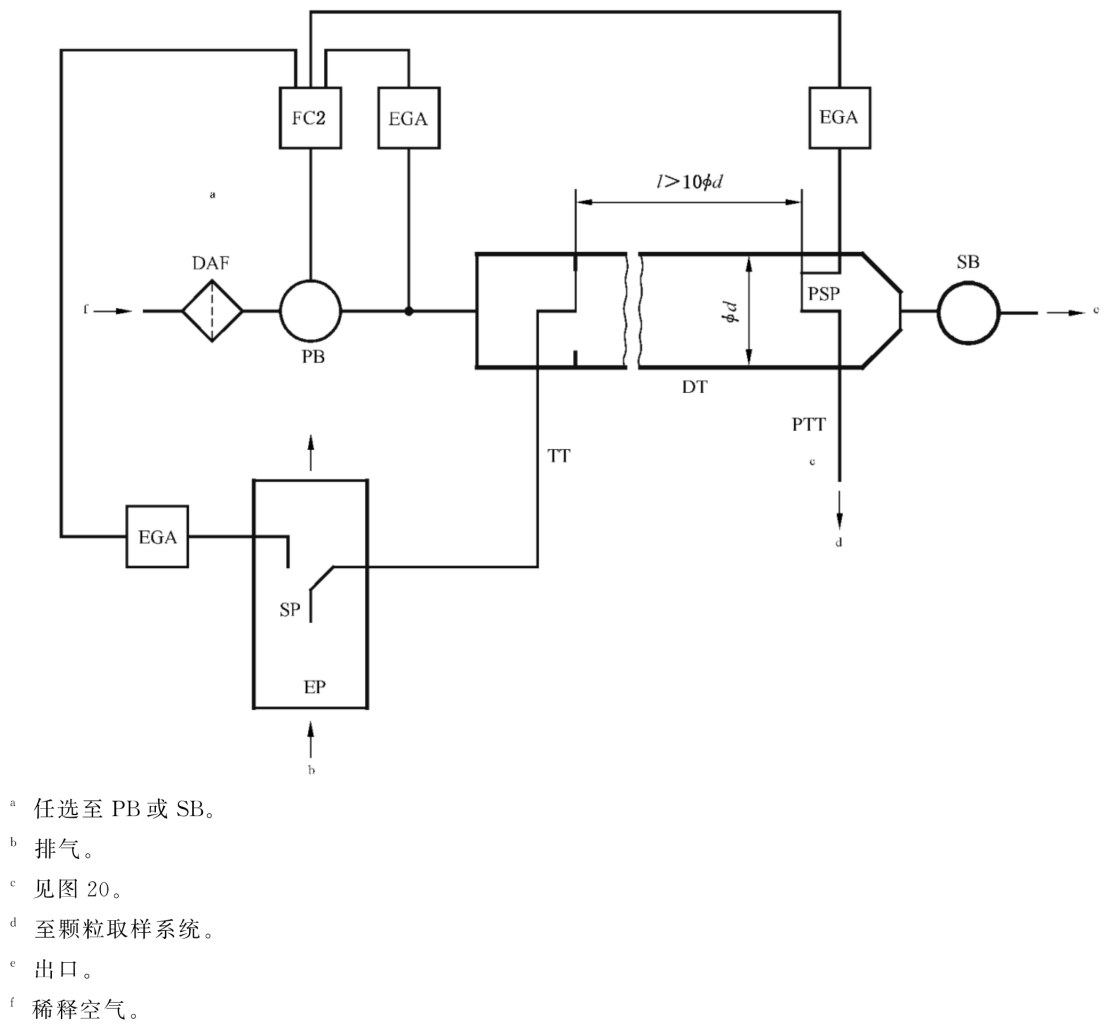
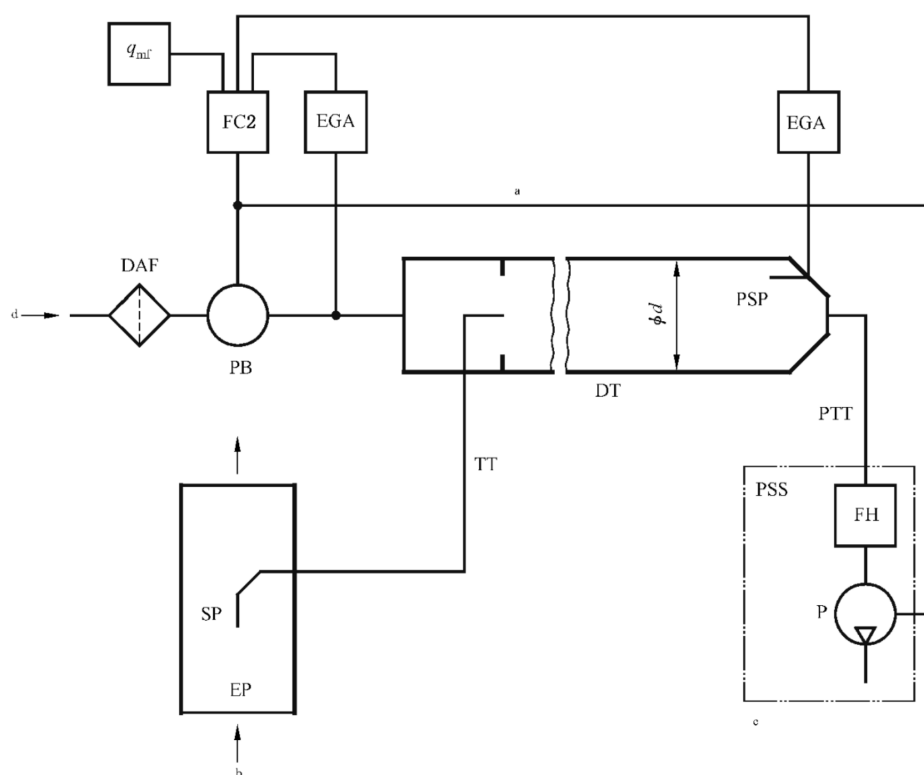


图 12 带 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 浓度测量和分量取样的部分流稀释系统

原排气通过取样探头 SP 和传输管 TT 从排气管 EP 输送到稀释通道 DT。用排气分析仪 EGA 测量原排气、稀释排气以及稀释空气中示踪气(CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub>)的浓度。将该信号传送到控制压力鼓风机 PB 或抽气泵 SB 的流量控制器 FC2,使 DT 中保持所要求的排气分流和稀释比。然后根据原排气、稀释排气和稀释空气中的示踪气体浓度计算稀释比。



- a 任选至 P。  
 b 排气。  
 c 见图 20。  
 d 稀释空气。

图 13 带 CO<sub>2</sub> 浓度测量、碳平衡和总量取样的部分流稀释系统

原排气通过取样探头 SP 和传输管 TT 从排气管 EP 输送到稀释通道 DT。使用排气分析仪(EGA)在稀释排气和稀释空气中测量 CO<sub>2</sub> 浓度。将 CO<sub>2</sub> 和燃料流量  $q_{mf}$  信号传输到流量控制器 FC2 或颗粒物取样系统的流量控制器 FC3(见图 20)。FC2 控制压力鼓风机 PB, FC3 控制取样泵 P(见图 20),从而调节流入和流出系统的流量,以便在 DT 中保持所需的排气分流和稀释比。利用碳平衡假设,根据 CO<sub>2</sub> 浓度和  $q_{mf}$  计算稀释比。

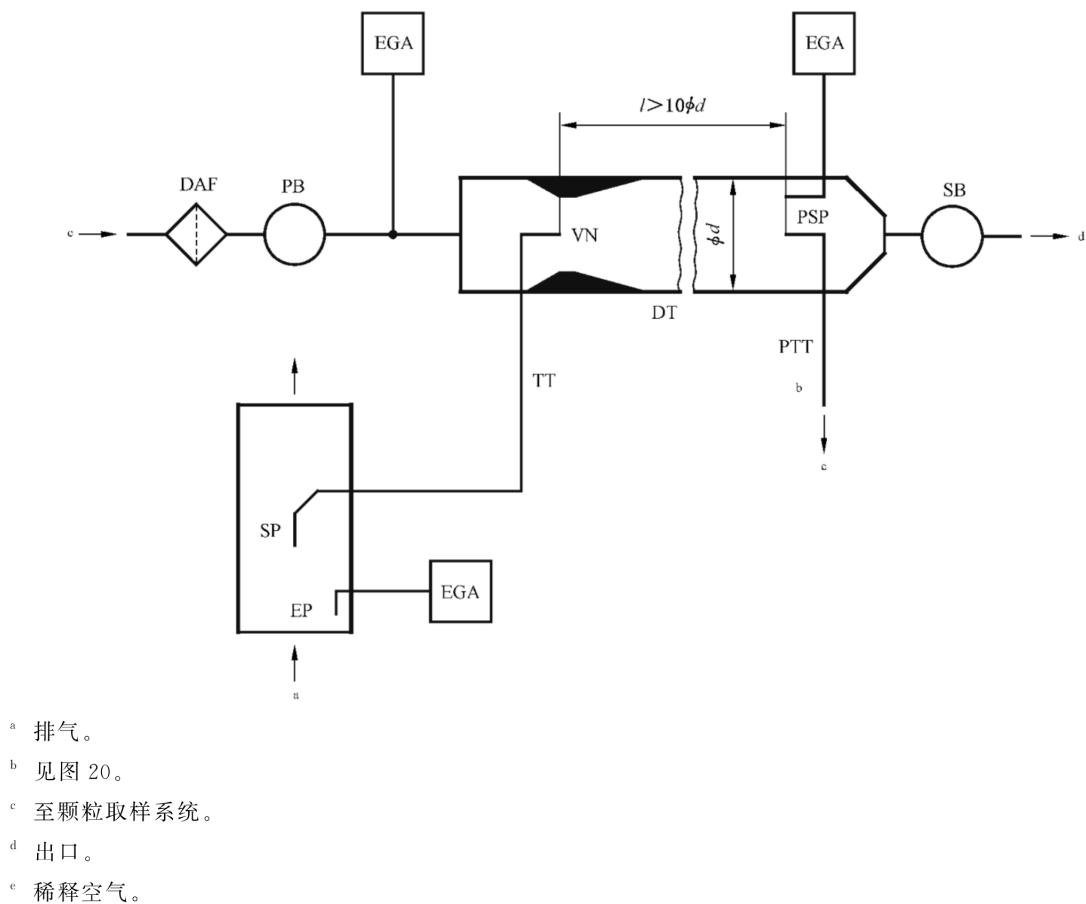
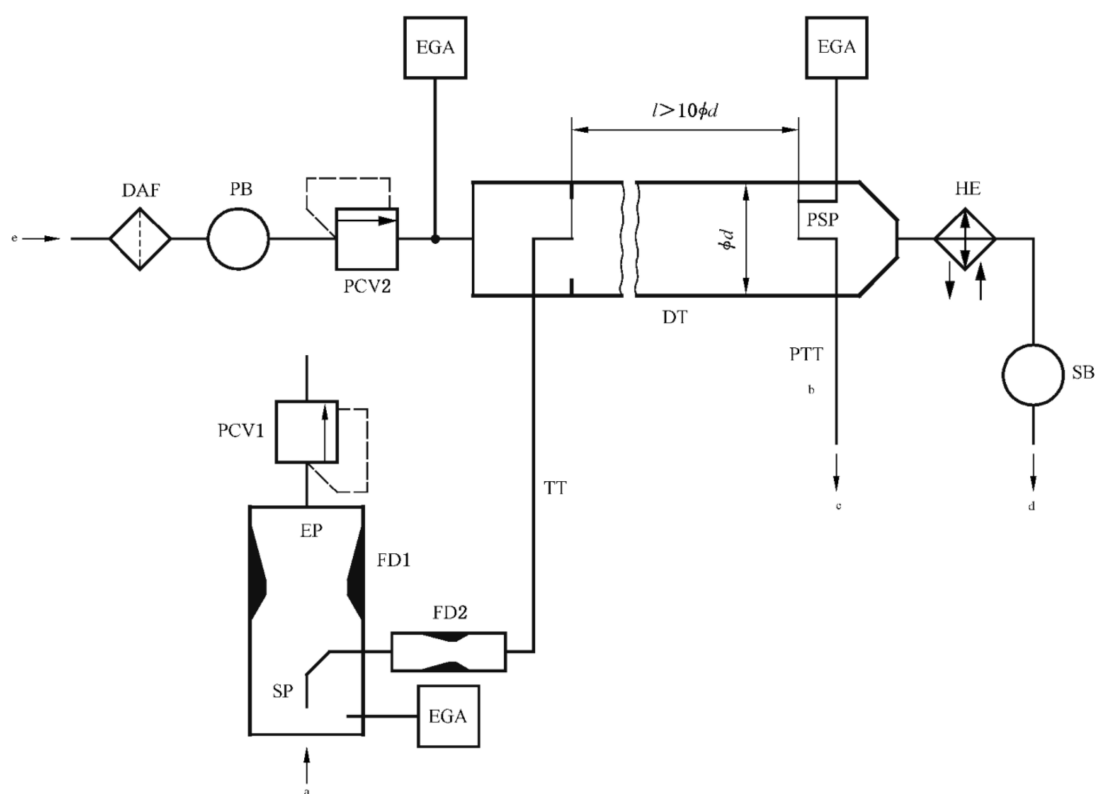


图 14 带单文丘里管、浓度测量和的分量取样的部分流稀释系统

排气管 EP 中的原排气,受稀释通道 DT 中文丘里管产生负压的作用,通过取样探头 SP 和传输管 TT 输送至稀释通道 DT。通过 TT 的气体流量取决于文丘里管区域的动量交换,因此受到 TT 出口处气体绝对温度的影响。所以,对于一定通道流量下的排气分流不是恒定不变,低负荷时的稀释比要略低于高负荷时的稀释比。用排气分析仪 EGA 测量原排气、稀释排气和稀释空气中示踪气( $\text{CO}_2$  或  $\text{NO}_x$ ) 的浓度,并且根据测量值计算稀释比。

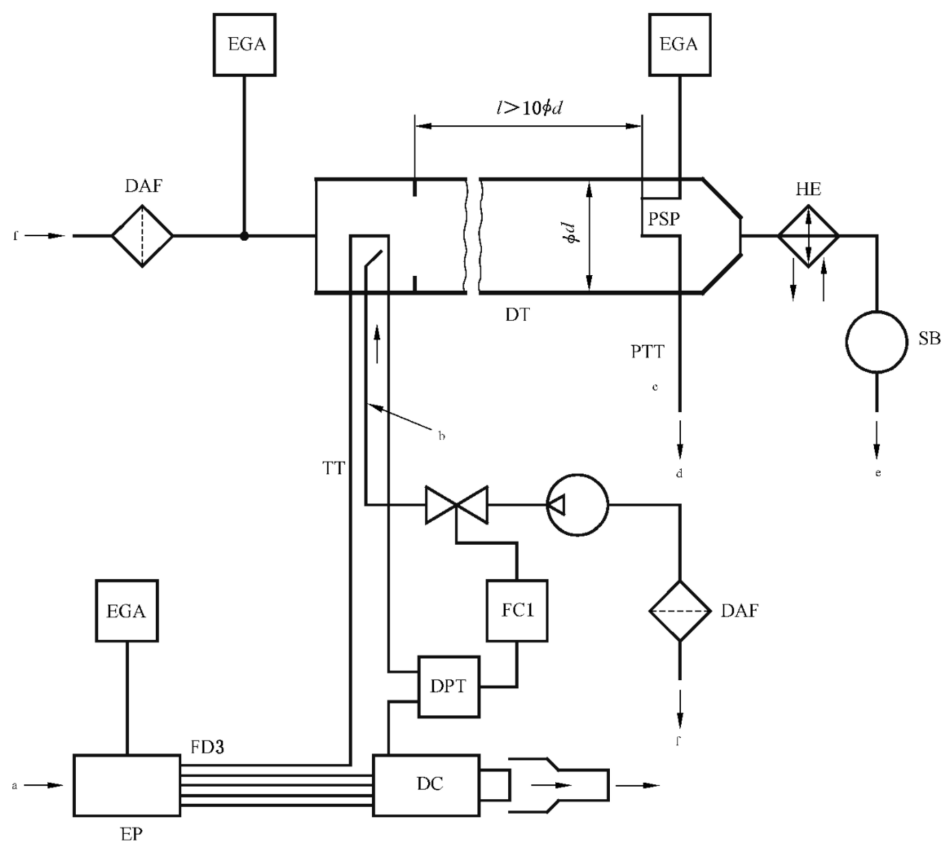


- a 排气。  
 b 见图 20。  
 c 至颗粒取样系统。  
 d 出口。  
 e 稀释空气。

图 15 带双文丘里管或双喷管、浓度测量和分量取样的部分流稀释系统

原排气从排气管 EP, 通过取样探头和传输管 TT, 以及装有一套喷管或文丘里管的分流器输送到稀释通道 DT。第一个分流器(FD1)位于 EP 中, 第二个分流器(FD2)位于 TT 中。此外, 需要两只压力控制阀(PCV1 和 PCV2), 以通过控制 EP 背压和 DT 中的压力保持排气分流恒定。PCV1 位于 EP 中 SP 的下游, PCV2 位于压力鼓风机 PB 和 DT 之间。用排气分析仪 EGA 测量原排气、稀释排气和稀释空气示踪气( $\text{CO}_2$  或  $\text{NO}_x$ ) 的浓度。这三次测量都是检查排气分流所必需的, 并可用于调节 PCV1 和 PCV2, 以进行精确的分流控制。稀释比由示踪气浓度计算。

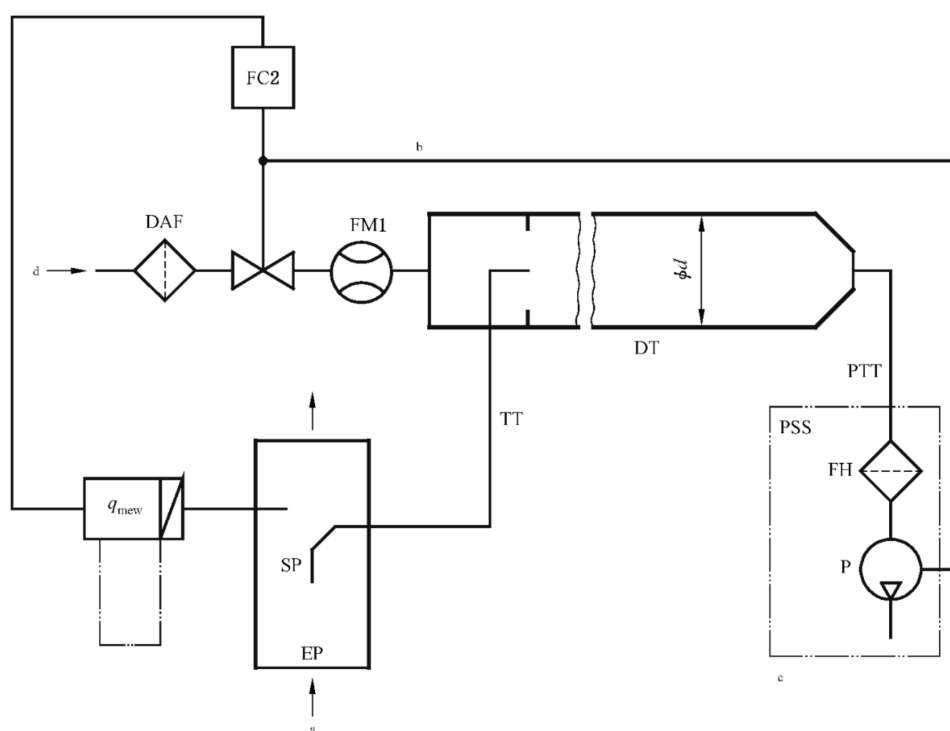




- a 排气。
- b 新鲜空气喷入。
- c 见图 20。
- d 至颗粒取样系统。
- e 出口。
- f 稀释空气。

图 16 带多管分流、浓度测量和分量取样的部分流稀释系统

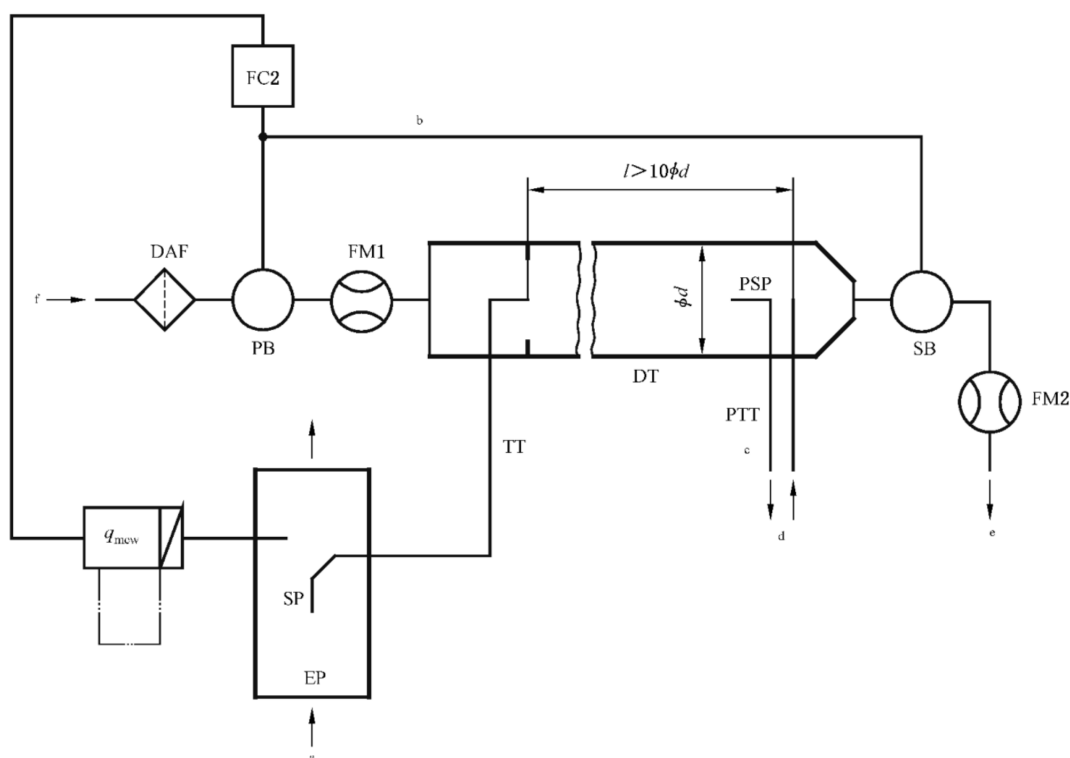
排气管 EP 中的原排气,利用由许多安装在 EP 中具有相同尺寸(相同直径、长度和弯曲半径)的管子组成的流量分流器 FD3,通过传输管 TT 输送至稀释通道 DT。排气通过其中一根管子导入 DT,而通过其余管子的排气则流入缓冲室 DC。因此,可由总管数确定排气分流。为控制恒定分流,需要用差压传感器 DPT 在 DC 和 TT 出口间测得的差压为零。通过在 TT 的出口处将新鲜空气喷入 DT 可使差压为零。用排气分析仪 EGA 测量原排气、稀释排气和稀释空气示踪气( $\text{CO}_2$  或  $\text{NO}_x$ )的浓度。所有三次测量都是检查排气分流所必需的,并可用于控制喷射空气流量以进行精确的分流控制。稀释比由示踪气浓度计算。



- a 排气。
- b 任选 P(PSS)。
- c 见图 20。
- d 稀释空气。

图 17 带流量控制和总量取样的部分流稀释系统

原排气通过取样探头 SP 和传输管 TT 从排气管 EP 输送到稀释通道 DT。用颗粒取样系统的流量控制器 FC3 和取样泵 P 调节通过稀释通道的总流量(见图 20)。流量控制器 FC2 可用  $q_{\text{mew}}$  或  $q_{\text{maw}}$  和  $q_{\text{mf}}$  作指令信号控制稀释空气流量,以达到所要求的排气分流。流入 DT 的样气流量是总流量和稀释空气流量之差。用流量测量仪 FM1 测量稀释空气流量,用颗粒取样系统中的流量测量仪 FM3 测量总流量(见图 20)。根据这两个流量计算稀释比。



- a 排气。
- b 至 PB 或 SB。
- c 见图 20。
- d 至颗粒物取样系统。
- e 出口。
- f 稀释空气。

图 18 带流量控制和分量取样的部分流稀释系统

原排气通过取样探头 SP 和传输管 TT 从排气管 EP 输送至稀释通道 DT。排气分流和流入 DT 的气流由调节压力鼓风机 PB 和抽气泵 SB 流量(或转速)的流量控制器 FC2 进行控制。这种控制之所以有可能是因为用颗粒取样系统采集的样气会返回 DT。 $q_{\text{mew}}$  或  $q_{\text{maw}}$  和  $q_{\text{mf}}$  可用作 FC2 的指令信号。用流量测量仪 FM1 测量稀释空气流量,用流量测量仪 FM2 测量总流量。根据这两个流量计算稀释比。

图 10~图 18 的部件:

EP——排气管

排气管可隔热。为减少排气管的热惯量,建议排气管壁厚与直径之比不大于 0.015。所用柔性管段的长度与直径之比应限制在 12 以下。应尽量减少弯管数以减少惯性沉积。若系统中有试验台消声器,则也可将消声器隔热。

对于等动态系统,在距离取样探头顶端上游至少 6 倍管径和下游至少 3 倍管径范围内,排气管应无弯头、弯管和管径突变。除怠速工况外,取样区域的气体流速应高于 10 m/s。排气压力波动不应超过平均值的 $\pm 500$  Pa。除了采用底盘型排气系统(包括消声器和后处理装置)外,任何减少压力波动的措施均不应改变发动机性能或导致颗粒沉积。

对于不使用等动态探头的系统,建议在距离取样探头顶端上游 6 倍管径至下游 3 倍管径处为直管段。

SP——取样探头(图 12~图 18)

最小内径应为 4 mm。排气管与探头之间的直径比最小应为 4。探头应是沿排气管中心线、面向排

气上游的开口管,或如图 3 中 SP1 所述的多孔探头。

ISP——等动态取样探头(图 10 和图 11)

等动态取样探头应安装在排气管中心线上,面向排气上游,以符合 EP 段的气流状况,并设计成能提供一定比例的原排气。其最小内径应为 12 mm。

等动态排气分流需要控制系统,以保持 EP 与 ISP 的差压为零。在这些条件下,EP 和 ISP 中的排气流速是相同的,并且通过 ISP 的质量流量是排气流量的一个恒定分数。ISP 应与差压传感器 DPT 连接。使用流量控制器 FC1 控制 EP 和 ISP 之间的差压为零。

FD1,FD2——分流器(图 15)

在排气管 EP 和输送管 TT 中分别装有一套文丘里管或喷管,以提供一定比例的原排气样气。为实现比例分流,需采用一个由两只压力控制阀 PCV1 和 PCV2 组成的控制系统控制 EP 和 DT 中的压力。

FD3——分流器(图 16)

在排气管 EP 中装有一组管子(多管组件),以提供一定比例的原排气样气。其中一根管将排气输送到稀释通道 DT,而其他管将排气送至缓冲室 DC。这些管子应具有相同的尺寸(直径、长度、弯曲半径相同),以便排气分流取决于总管数。为实现比例分流,需采用控制系统,以保持多管组件进入 DC 的出口端与 TT 出口端的差压为零。在这些条件下,EP 和 FD3 中的排气流速成比例,并且 TT 中的流量是排气流量的一个恒定分数。这两个出口端应与差压传感器 DPT 连接。用流量控制器 FC1 控制差压为零。

EGA——排气分析仪(图 12~图 16)

可使用 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 分析仪(CO<sub>2</sub> 分析仪只能采用碳平衡法)。分析仪应像测定气体排放物的分析仪一样进行校准。可使用一台或几台分析仪确定浓度差。

测量系统的准确度应能使  $q_{\text{medi}}$  的准确度在  $\pm 4\%$  以内。

TT——输送管(图 10~图 18)

输送管应做到:

- 尽可能短,且其长度不大于 5 m;
- 直径等于或大于探头直径,但不大于 25 mm;
- 出口端位于稀释通道中心线上并指向下游。

若管长为 1 m 以下,应使用最高导热系数为 0.05 W/(m·K)的材料进行隔热,其径向隔热厚度应与探头直径相当。若管长大于 1 m,则应隔热并加热,使管壁最低温度为 523 K(250 °C)。

DPT——差压传感器(图 10,图 11 和图 16)

差压传感器应有  $\pm 500$  Pa 或以下的量程。

FC1——流量控制器(图 10,图 11 和图 16)

对于等动态系统(图 10 和图 11),需要采用流量控制器保持 EP 和 ISP 之间的差压为零。其调节方法为:

- a) 在每个工况期间,控制抽气泵 SB 的转速或流量,并使压力鼓风机 PB 的转速或流量保持恒定(图 10);或
- b) 调节抽气泵 SB 使稀释排气的质量流量为一恒定值,并控制压力鼓风机 PB 的流量,从而控制输送管 TT 末端区域的排气样气流量(图 11)。

在压力控制系统中,控制回路内的误差应不超过  $\pm 3$  Pa。稀释通道内的压力波动不应超过平均值的  $\pm 250$  Pa。

对于多管系统(图 16),为了达到比例分流,需要用流量控制器使多管组件出口与输送管出口之间的差压为零。这可通过控制 TT 出口处喷入 DT 的空气流量进行调节。

PCV1,PCV2——压力控制阀(图 15)

对双文丘里管/双喷管系统,为达到比例分流需要采用两只压力控制阀,以控制 EP 背压和 DT 中的压力。阀门应位于 EP 的 SP 下游以及 PB 与 DT 之间。

DC——缓冲室(图 16)

应将缓冲室安装在多管组件的出口处,以使排气管 EP 中的压力波动降到最小。

VN——文丘里管(图 14)

文丘里管安装在稀释通道 DT 内,以使输送管 TT 出口区产生负压。通过 TT 的气体流量由文丘里管区内的动量转换确定,并且基本上与压力鼓风机 PB 的流量成正比,从而得到恒定的稀释比。由于动量转换受 TT 出口处温度和 EP 与 DT 之间的压差的影响,所以低负荷时的实际稀释比要比高负荷时稍低。

FC2——流量控制器(图 12、图 13、图 17 和图 18;任选)

流量控制器可用于控制压力鼓风机 PB 和/或抽气泵 SB 的流量。它可与排气、进气或燃料流量信号和/或 CO<sub>2</sub> 或 NO<sub>x</sub> 的压差信号相连接。

当使用增压空气时(图 17),FC2 可直接控制空气流量。

FM1——流量测量装置(图 10、图 11、图 17 和图 18)

气体流量计或其他流量仪表用于测量稀释空气流量。若将压力鼓风机 PB 经过校准以测量流量,则 FM1 可任选。

FM2——流量测量装置(图 18)

气体流量计或其他流量仪表用于测量稀释的排气流量。若将抽气泵 SB 经过校准以测量流量,则 FM2 可任选。

PB——压力鼓风机(图 10~图 15 和图 18)

用于控制稀释空气流量。PB 可连接到流量控制器 FC1 或 FC2 上。当使用蝶阀时不需要 PB。若经校准,则 PB 可用于测量稀释空气流量。

SB——抽气泵(图 10~图 12、图 15、图 16 和图 18)

仅适用于分量取样系统。若经校准,则 SB 可用于测量稀释的排气流量。

DAF——稀释空气过滤器(图 10~图 18)

建议将稀释空气过滤并用炭洗以消除本底碳氢化合物。稀释空气的温度应大于 288 K(15 °C),并可除湿。如发动机制造商要求,可根据良好的工程惯例对稀释空气进行取样,以确定本底颗粒水平,然后将其从稀释排气的实测值中减去(见 13.4)。

DT——稀释通道(图 10~图 18)

稀释通道:

- 应具有足够的长度,以使排气和稀释空气在紊流条件下充分混合;
- 应由不锈钢制成;
- 分量取样样式,直径应至少为 75 mm;
- 总量取样样式,直径应至少为 25 mm;
- 在排气进入稀释通道前,如空气温度不超过 325 K(52 °C),可通过直接加热或预热加热稀释空气的方法使壁温不大于 325 K(52 °C);
- 可隔热。

发动机排气应与稀释空气充分混合。对于分量取样系统,在系统投入使用后,应在发动机运转时用通道的 CO<sub>2</sub> 分布图检查混合质量(至少 4 个等间距测量点)。如果需要,可以使用混合喷管。

如果稀释通道 DT 附近的环境温度低于 293 K(20 °C),则应采取预防措施,以避免颗粒失落在稀释通道的冷壁上。因此,建议在上述限制范围内加热和/或隔热。

在发动机高负荷时,可采用诸如循环风扇那样不太剧烈的方法冷却稀释通道,只要冷却介质的温度不低于 293 K(20 °C)。

HE——热交换器(图 15 和图 16)

热交换器应具有足够的容量,以使抽气泵 SB 入口处的温度保持在试验期间实测平均工作温度的 $\pm 11\text{ K}$ 以内。

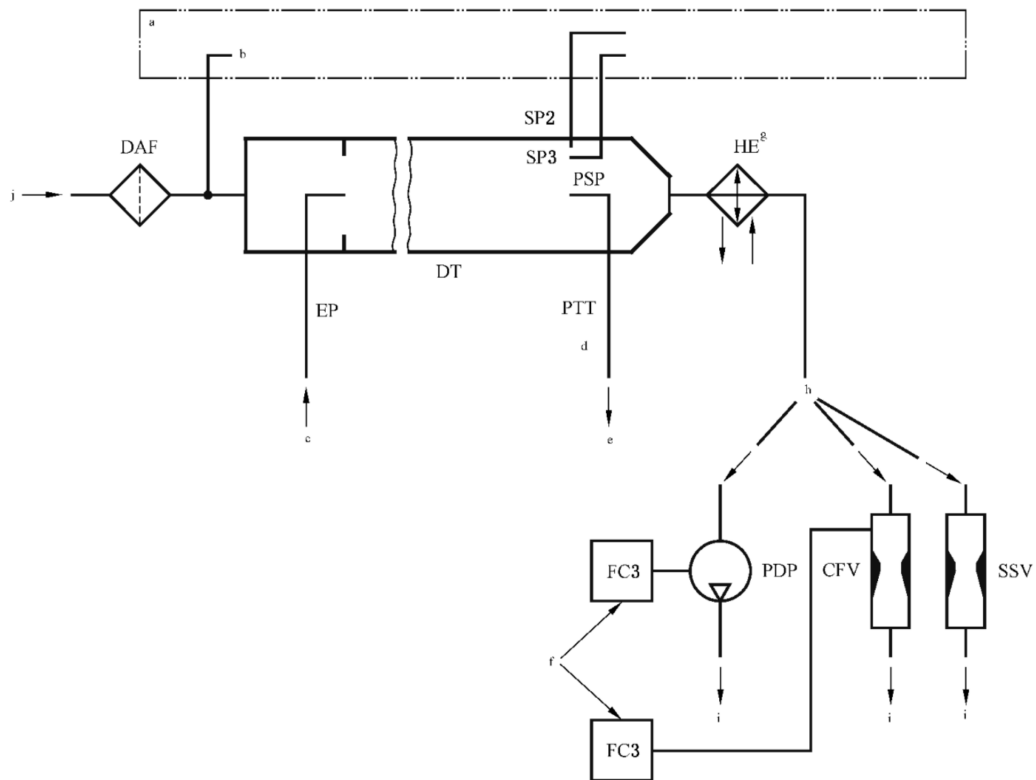
### 18.2.2 全流稀释系统

见图 19。

这是一种基于使用定容取样(CVS)原理稀释全部排气的稀释系统。应测量排气和稀释空气混合气的总体积。可使用 PDP 或 CFV 系统进行测量。

将稀释排气样气通入颗粒取样系统(见图 20 和图 21),随后进行颗粒采集。直接进行采集,称为单级稀释,若将样气通入第二稀释通道内再次进行稀释,则称为双级稀释。当单级稀释不能使滤纸表面温度达到要求时,可用双级稀释。虽然双级稀释系统是稀释系统的一部分,但由于它具有典型颗粒取样系统的大多数部件,因此在图 21 中称为颗粒取样系统的一种变型。

气体排放物也可在全流稀释系统的稀释通道内测定。因此,图 19 中表示了气体组分的取样探头但无图示说明。对主要排气组分、甲醇和甲醛的相应要求分别见 17.2、17.5 和 17.6。



- a 分析仪系统(见图 4)。  
b 本底。  
c 排气。  
d 见图 20。  
e 对颗粒取样系统,见图 20,或至 DDS,见图 21。  
f 若使用 EFC。  
g 任选。  
h 或。  
i 出口。  
j 稀释空气。

图 19 全流稀释系统

全部原排气与稀释空气在稀释通道 DT 内混合。稀释排气的流量用容积泵 PDP 或临界流量文丘里管 CFV 测量。热交换器 HE 或电子流量补偿器 EFC 可以用于比例颗粒取样和流量测定。由于颗粒质量的测定基于总稀释排气流量,因此不必计算稀释比。

图 19 部件:

EP——排气管

从发动机排气歧管出口、涡轮增压器出口或后处理装置到稀释通道的排气管长度不应超过 10 m。若系统长度超过 4 m,那么超过 4 m 的所有管道都应隔热。若使用管式烟度计则烟度计可除外。隔热层径向厚度应至少为 25 mm。隔热材料在 673 K 时的导热系数应不大于 0.1 W/(m·K)。为减少排气管的热惯量,推荐排气管壁厚与直径之比不大于 0.015。所用柔性管段的长度和直径之比应限制在 12 以下。

PDP——容积泵

PDP 根据泵的转数和泵排量计量总稀释排气流量。不应用 PDP 或稀释空气进气系统人为降低排

气系统背压。当使用 PDP 系统工作时,所测排气静背压应在同样发动机转速和负荷下不接 PDP 时所测排气静背压的 $\pm 1.5$  kPa 以内。当不使用流量补偿时,紧靠 PDP 前的排气混合气温度应在试验期间所测平均工作温度的 $\pm 6$  K 以内。只有当 PDP 入口处温度不超过 323 K(50 °C)时,才可使用流量补偿。

#### CFV——临界流量文丘里管

CFV 通过保持阻流状态流动(临界流动)测量总稀释排气流量。使用 CFV 装置工作时所测排气静背压应在同样发动机转速和负荷下不接 CFV 时所测排气静背压的 $\pm 1.5$  kPa 以内。当不使用流量补偿时,紧靠 CFV 前的排气混合气温度应在试验期间所测平均工作温度的 $\pm 11$  K 以内。

#### SSV——亚音速文丘里管

SSV 利用亚音速文丘里管气体流量随进口压力和温度以及文丘里管进口与喉口间压力降的变化测量总稀释排气流量。SSV 工作时测得的排气静背压应在同样发动机转速和负荷下不接 SSV 时所测排气静背压的 $\pm 1.5$  kPa 以内。当不使用流量补偿时,紧靠 SSV 前的排气混合气温度应在试验期间所测平均工作温度的 $\pm 11$  K 以内。

#### HE——热交换器(若使用 EFC,可选)

换热器应具有足够的容量,以使温度保持在上述要求的范围内。

#### EFC——电子流量补偿(若使用 HE,可选)

若 PDP 或 CFV 入口处的温度不能保持在上述规定范围内,则需要采用流量补偿系统才能在颗粒系统中进行连续流量测量和控制比例取样。为此,需要用连续测得的流量信号相应修正通过颗粒取样系统内颗粒过滤器的样气流量(见图 20 和图 21)。

#### DT——稀释通道

##### 稀释通道

- 直径应足够小以引起紊流(雷诺数大于 4 000)并且具有足够的长度以使排气和稀释空气充分混合。可使用混合喷管;
- 直径至少为 75 mm;和
- 可隔热。

应将发动机排气引向稀释通道进口下游,并使之与空气充分混合。

当采用单级稀释时,来自稀释通道的样气被输送到颗粒取样系统(见图 20)。PDP 或 CFV 的气流容量应足以使紧靠主颗粒过滤器前的稀释排气温度保持在 315 K(42 °C)~325 K(52 °C)之间。

当采用双级稀释时,来自稀释通道的样气被输送到二次稀释通道,经进一步稀释后,通入取样过滤器(见图 21)。PDP 或 CFV 的气流容量应足以使 DT 内的稀释排气在取样区的温度保持小于或等于 464 K(191 °C)。二次稀释系统应提供足够的二级稀释空气以使紧靠在颗粒过滤器前的二次稀释排气温度保持在 315 K(42 °C)~325 K(52 °C)之间。

#### DAF——稀释空气过滤器

建议将稀释空气进行过滤和炭洗,以消除本底碳氢化合物。稀释空气的温度应为 288 K(15 °C),并可除湿。如发动机制造厂要求,可根据良好的工程惯例从稀释空气中抽取样气测定本底颗粒水平,然后可将其从稀释排气的测量值中减去(见 13.4)。

#### PSP——颗粒取样探头

该探头是 PTT 前端部分

- 应面向气流上游,安装在稀释空气与排气充分混合处,即安装在稀释系统稀释通道 DT 的中心线上(见 18.2),距排气进入稀释通道部位下游约 10 倍管径处;
- 内径至少应为 12 mm;
- 可通过直接加热或预加热稀释空气的方法使壁温加热至不大于 325 K(52 °C),只要在排气进入稀释通道前空气温度不超过 325 K(52 °C);和



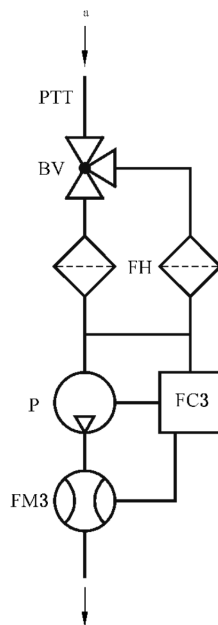
——探头可隔热。

### 18.3 颗粒取样系统

见图 20 和图 21。

需要用颗粒取样系统将颗粒采集到颗粒过滤器上。在部分流稀释、总量取样的情况下,当稀释排气的全部样气均流经过滤器时,稀释系统(见图 13 和图 17)和取样系统通常形成一个整体装置。在部分流稀释或全流稀释,分量取样的情况下,当仅有部分稀释排气流经过滤器时,稀释系统(参见图 10~图 12,图 14~图 16,图 18 和图 19)和取样系统通常形成两个不同的装置。在本标准中,全流稀释系统的两级稀释系统(图 21)可看作是典型颗粒取样系统的特定变型,如图 20 所示。两级稀释系统具有颗粒取样系统的全部主要部件,如过滤器座和取样泵,以及一些稀释装置,如稀释空气输气管和二次稀释通道。

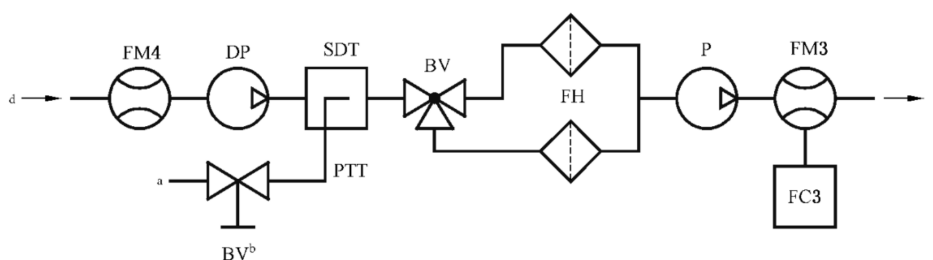
为了避免对控制回路产生任何影响,建议在整个试验过程中都要开动取样泵。对单对滤纸法,应使用旁通系统使样气在预定时间通入取样过滤器。应尽量减少切换过程对控制回路的干扰。



<sup>a</sup> 来自稀释通道 DT(参见图 10~图 16,图 18 和图 19)。

图 20 颗粒取样系统

用取样泵 P 从部分流或全流稀释系统的稀释通道 DT 通过颗粒取样探头 PSP 和颗粒输送管 PTT 抽取稀释排气样气。样气通过装有颗粒取样滤纸的过滤器座(FH)。用流量控制器 FC3 控制样气流量。若使用电子流量补偿 EFC(见图 19),则用稀释排气流量作为 FC3 的指令信号。



<sup>a</sup> 来自稀释通道 DT(见图 19)。

<sup>b</sup> 可选。

<sup>c</sup> 出口。

<sup>d</sup> 稀释空气。

图 21 两级稀释和颗粒取样系统(仅限全流稀释系统)

稀释排气样气从全流稀释系统的稀释通道 DT 经颗粒取样探头 PSP 和颗粒输送管 PTT 被输送到二次稀释通道 SDT,作再次稀释。然后样气通入装有颗粒取样滤纸的过滤器座 FH,稀释空气流量通常是恒定的,而样气流量由流量控制器 FC3 控制。若采用电子流量补偿 EFC(见图 19),则用总稀释排气流量作为 FC3 的指令信号。

图 20 和图 21 的部件:

PSP——颗粒取样探头

颗粒取样探头,图中未示出,是颗粒输送管 PTT 的前端部分。

探头:

——应面向气流上游、安装在稀释空气与排气充分混合处(见 18.2),距排气进入稀释通道部位下游约 10 倍通道管径处;

——内径至少应为 12 mm;

——可采用直接加热或预热稀释空气的方法使壁温加热到不大于 325 K(52 °C),只要在排气进入稀释通道前空气温度不超过 325 K(52 °C);和

——可隔热。

PTT——颗粒输送管

颗粒输送管的长度应不超过 1 020 mm,且应尽可能短。

该尺寸适用于:

——部分流稀释分量取样型和全流单级稀释系统、从探头顶端至过滤器座的部分;

——部分流稀释总量取样型、从稀释通道末端至过滤器座的部分;和

——全流两级稀释系统、从探头顶端至二次稀释通道的部分。

颗粒输送管:

——可采用直接加热或预热稀释空气的方法使壁温加热到不大于 325 K(52 °C),只要在排气进入稀释通道前空气温度不超过 325 K(52 °C);和

——可隔热。

SDT——二次稀释通道(仅限图 21)

二次稀释通道管径至少应为 75 mm,并有足够长度,以便使二次稀释样气至少有 0.25 s 的滞留时间。主过滤器座 FH 应位于 SDT 出口 300 mm 范围内。

二次稀释通道:

——可采用直接加热或预热稀释空气的方法使壁温加热到不大于 325 K(52 °C),只要在排气进入稀释通道前空气温度不超过 325 K(52 °C);和

——可隔热。

FH——过滤器座

应满足 8.6.2.3 的要求。

过滤器座：

——可采用直接加热或预热稀释空气的方法使壁温加热到不大于 325 K(52 °C)，只要在排气进入稀释通道前空气温度不超过 325 K(52 °C)；和

——可隔热。

对于主过滤器和备用过滤器，如果使用，可采用单只过滤器壳或分开的过滤器壳。

P——取样泵

若不采用 FC3 进行流量修正，颗粒物取样泵应位于离通道足够远的位置，以使入口气体温度保持恒定( $\pm 3$  K)。

DP——稀释空气泵(仅限图 21)

稀释空气泵的安装位置应能以 298 K $\pm$ 5 K(25 °C $\pm$ 5 °C)的温度提供二次稀释空气。

FC3——流量控制器

在无其他措施时，应使用流量控制器对颗粒样气流量在样气通路中的温度和背压变化进行补偿。

若采用电子流量补偿 EFC(见图 19)，则需用流量控制器。

FM3——流量测量装置

若不采用 FC3 进行流量修正，则用于测量颗粒样气流量的气量计或流量计应位于离取样泵 P 足够远的位置，以使进入的气体温度保持恒定( $\pm 3$  K)。

FM4——流量测量装置(仅限图 21)

测量稀释空气流量的气量计或流量计的安装位置应能使进入的气体温度保持恒定( $\pm 3$  K)。

BV——球阀(可选)

球阀内径应不小于颗粒输送管 PTT 的内径，其切换时间应小于 0.5 s。

若 PSP、PTT、SDT 和 FH 附近的环境温度低于 293 K(20 °C)，则应采取预防措施避免颗粒失落在这些部件的冷壁上。因此，建议对这些部件进行加热或隔热，使它们的温度保持在各自推荐的范围内。

在发动机高负荷时，只要冷却介质的温度不低于 288 K(15 °C)，上述部件可以通过诸如循环风扇那样不剧烈的方法进行冷却。

## 参 考 文 献

- [1] ISO 5167-1:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 1: General principles and requirements
  - [2] ISO 5167-2:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 2: Orifice plates
  - [3] ISO 5167-3:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 3: Nozzles and Venturi nozzles
  - [4] ISO 5167-4:2003, Measurement of fluid flow by means of pressure differential devices inserted in circular cross-section conduits running full—Part 4: Venturi tubes
  - [5] ISO 8178-4:2007, Reciprocating internal combustion engines—Exhaust emission measurement—Part 4: Steady-state test cycles for different engine applications
  - [6] ISO 8178-5:2007, Reciprocating internal combustion engines—Exhaust emission measurement—Part 5: Test fuels
  - [7] SAEJ 1151:1991, Methane measurement using gas chromatography
  - [8] SAE Technical Paper 770141, Optimization of a Flame Ionization Detector for Determination of Hydrocarbon in Diluted Automotive Exhausts
-