



中华人民共和国国家标准

GB/T 8190.11—2009/ISO 8178-11:2006

往复式内燃机 排放测量 第 11 部分：非道路移动机械用 发动机瞬态工况下气体和 颗粒排放物的试验台测量

Reciprocating internal combustion engines—Exhaust emission measurement—
Part 11: Test-bed measurement of gaseous and particulate exhaust emissions from
engines used in nonroad mobile machinery under transient test conditions

(ISO 8178-11:2006, IDT)

2009-03-19 发布

2009-11-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	Ⅲ
引言	Ⅳ
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
5 试验条件	6
6 试验循环	8
7 进行排放试验	12
8 排放测量原理	14
9 原始排气气体组分和部分流稀释系统颗粒物的测定	15
10 用全流稀释系统测定气体组分和颗粒物质量	23
11 气体组分的测量设备	30
12 颗粒物测量设备	33
附录 A (规范性附录) NRTC 发动机测功机程序	37
附录 B (规范性附录) 系统等效性的确定	48
附录 C (规范性附录) 系统取样误差的测定	49
附录 D (规范性附录) 碳流量检查	50
附录 E (资料性附录) 气样的计算程序(原始排气/部分流)示例	52
附录 F (资料性附录) 阶跃工况循环(RMC)	55
附录 G (规范性附录) 统计公式	56

前 言

GB/T 8190《往复式内燃机 排放测量》分为十一个部分：

- 第 1 部分：气体和颗粒排放物的试验台测量；
- 第 2 部分：气体和颗粒排放物的现场测量；
- 第 3 部分：稳态工况排气烟度的定义和测量方法；
- 第 4 部分：不同用途发动机的试验循环；
- 第 5 部分：试验燃料；
- 第 6 部分：测量结果和试验报告；
- 第 7 部分：发动机系族的确定；
- 第 8 部分：发动机系组的确定；
- 第 9 部分：压燃式发动机瞬态工况下排气烟度的试验台测量用试验循环和测试规程；
- 第 10 部分：压燃式发动机瞬态工况下排气烟度的现场测量用试验循环和测试规程；
- 第 11 部分：非道路移动机械用发动机瞬态工况下气体和颗粒排放物的试验台测量。

本部分为 GB/T 8190 的第 11 部分。

本部分等同采用 ISO 8178-11:2006《往复式内燃机 排放测量 第 11 部分：非道路移动机械用发动机瞬态工况下气体和颗粒排放物的试验台测量》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 8178-11:2006。

为便于使用，本部分做了下列编辑性修改：

- “本国际标准”、“ISO 8178 的本部分”等词改为“本部分”或“GB/T 8190 的本部分”；
- 用小数点“.”代替作为小数点的逗号“，”；
- 删除了国际标准的前言；
- 对 ISO 8178-11:2006 中引用的其他国际标准，有被采用为我国标准的用我国标准代替，未被采用为我国标准的直接采用国际标准。

本部分的附录 A、附录 B、附录 C、附录 D 和附录 G 为规范性附录，附录 E 和附录 F 为资料性附录。

本部分由中国机械工业联合会提出。

本部分由全国内燃机标准化技术委员会(SAC/TC 177)归口。

本部分起草单位：中国船舶工业综合技术经济研究院、上海内燃机研究所、广西玉柴机器股份有限公司。

本部分主要起草人：李军、陈云清、崔华标、邹强。

引 言

测量体系取决于试验循环的类型、稳态或瞬态,以及被测污染物的种类。在稳态循环条件下,废气排放的总量可以根据易测定的发动机原始排气浓度和排气流量,或根据被稀释排气的浓度和全流稀释系统的 CVS(定容取样)流量计算出来。这两种类似的体系在 GB/T 8190.1 里有所叙述。对于颗粒物而言,仅在稀释部分排放气体时可使用全流稀释系统或部分流稀释系统。

在 GB/T 8190 的本部分规定的瞬态循环条件下,实时排气流量的测定比较困难。因此,由于在全流稀释系统中不需要排气总流量的测定,CVS 原理已经被应用了多年。将总的排气进行稀释,使总流量(稀释空气和排气流量的和)保持恒定,气体和颗粒物的排放便在稀释状态下得以测定。这一系统对空间和费用的需求要比稳态循环条件下的部分流稀释系统高得多。另一方面,如果使用复杂的控制系统和计算方法,原始排气的测量和部分流稀释系统也能用于瞬态条件。

对大多数非道路使用和重型发动机来说,CVS 系统显得庞大和浪费。因此,ISO 16183 已由 ISO/TC 22/SC 5 进行改进,并在标准中详细说明了在瞬态试验条件下重型发动机的原始排气测定方法和部分流稀释系统。既然许多非道路用发动机在发动机体积、排量以及功率上与重型发动机类似,ISO 16183 的内容也能用于非道路用发动机。

在本部分中,全流稀释和部分流稀释/原始排气方法被认为是等同的,因此两种方法在这里都已包括。

往复式内燃机 排放测量

第 11 部分:非道路移动机械用

发动机瞬态工况下气体和

颗粒排放物的试验台测量

1 范围

GB/T 8190 的本部分规定了往复式内燃机瞬态工况下气体和颗粒排放物的试验台测量和评定方法,以测定每种排放污染物的排放值。

本部分所涵盖的特定瞬态测试循环适用于输出功率从 37 kW~560 kW 的压燃式发动机,主要为道路车辆设计的发动机除外。本部分适用于 GB/T 8190.4 中 8.3.1.3 所规定的非道路车辆和由柴油机驱动的非道路工业设备用发动机,包括如建筑机械在内的各种用途发动机,这些用途包括:轮式装载机、推土机、履带式拖拉机、履带式装载机、卡车式装载机、越野式卡车、液压挖掘机、农业设备、自行式农用车(包括拖拉机)、林业机械、叉车、道路维护设备和移动式起重机。

由于测定一个排放值需要进行一系列复杂的单独测量,而不仅仅是得到单个的测量值,因此下面所述的许多规程都对实验室方法作了详细的叙述,致使测试结果不仅取决于发动机和试验方法,还取决于进行测量的过程。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过 GB/T 8190 的本部分的引用而成为本部分的条款。凡是注日期的引用文件,其随后所有的修改单(不包括勘误的内容)或修订版均不适用于本部分,然而,鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件,其最新版本适用于本部分。

GB/T 8190.5 往复式内燃机 排放测量 第 5 部分:试验燃料(GB/T 8190.5—2005,ISO 8178-5:1997,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)

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)

ISO 5167-1 对圆截面满管流用差压装置测量流体流量 第 1 部分:一般原理和要求

ISO 5725-2:1994 测试方法与结果的准确度(正确度与精密度) 第 2 部分:确定标准测试方法重复性和可再现性的基本方法

ISO 8178-1:2006 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 16183:2002 重型发动机 直接排放测量和瞬态试验条件下用部分流稀释系统的颗粒排放测量

SAE J 1937:1995 在测功试验间的低温进气空气冷却系统的发动机测试

3 术语和定义

下列术语和定义适用于 GB/T 8190 的本部分。

3.1

颗粒物 particulate matter

用干净的过滤空气稀释排气后,使在紧靠主滤纸上游处测得的气体温度高于 315 K(42 °C)和不高

于 325 K(52 °C)时,在规定的过滤介质上所采集到的所有物质。

注:其主要组分是碳、凝结的碳氢化合物、带有缔合水的硫酸盐。

3.2

气体污染物 gaseous pollutants

一氧化碳、碳氢化合物(或非甲烷碳氢化合物)、氮氧化物[表示二氧化氮(NO_2)当量]、甲醛和甲醇。

3.3

部分流稀释法 partial flow dilution method

从总排气流中分离出部分原始排气与适量稀释空气混合后,进入颗粒取样滤纸的过程。

3.4

全流稀释法 full flow dilution method

用稀释空气与所有排气流混合后,分离出部分稀释排气进行分析的过程。

注:在许多全流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温度。

3.5

比排放 specific emissions

用 $[\text{g}/(\text{kW} \cdot \text{h})]$ 表示的排放量。

3.6

稳态试验循环 steady-state test cycle

一系列发动机试验模式的试验循环,且在每一种试验模式下,发动机都能在足够的时间内达到要求的转速、扭矩和稳定状态。

3.7

瞬态试验循环 transient test cycle

用一系列转速规范值和扭矩规范值进行的试验循环,且这些转速值和扭矩值随时间进行相应的快速变化。

3.8

额定转速 rated speed

按照发动机制造厂家的说明,发动机达到额定或最佳功率时的转速。

注:详见 GB/T 21405。

3.9

低速 low speed

达到额定或最佳功率 50%时的发动机最低转速。

3.10

高速 high speed

达到额定或最佳功率 70%时的发动机最高转速。

3.11

参考转速 reference speed

用来对非道路瞬态循环(NRTC)试验相对转速值进行规范化的 100%转速值,见 6.4.2。

3.12

响应时间 response time

被测组分在参考点的快速变化与测试系统相应变化的时间差,由此被测组分的变化至少为满量程的 60%且不超过 0.1 s。

注 1:系统响应时间(t_{90})包括系统延迟时间和系统上升时间。

注 2:响应时间会随着由被测组分变化所引起的参考点位置的变化而变化,这些参考点可设在取样探头处或直接设在分析仪进口处。在本部分中,参考点规定在取样探头处。

3. 13

延迟时间 delay time

被测组分在参考点的变化与系统响应最终读数值 10%(t_{10})的时间。

注 1：对于排气组分，延迟时间主要指被测组分从取样探头到检测器间的传递时间。

注 2：对于延迟时间，参考点规定为取样探头处。

3. 14

上升时间 rise time

最终读数从 10%~90%($t_{90}-t_{10}$)的响应时间。

注 1：这是指被测组分到达仪器后仪器的响应时间。

注 2：对于上升时间，参考点规定在取样探头处。

3. 15

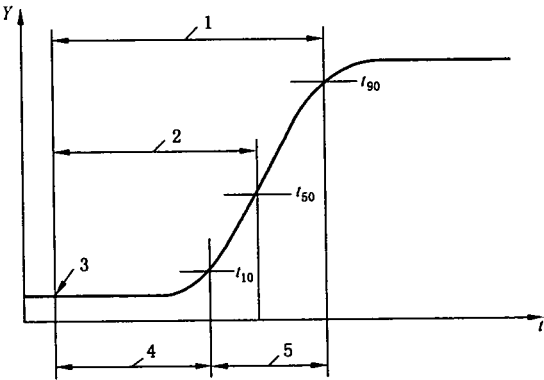
转换时间 transformation time

在参考点处被测组分的变化与系统响应最终读数 50%(t_{50})的时间。

注 1：对于转换时间，参考点规定在取样探头处。

注 2：转换时间用于对不同测试仪器的信号排列。

注 3：3. 12~3. 15 不适用于第 10 章所指的全流稀释系统。



- Y——响应值。
1——响应时间；
2——转换时间；
3——阶跃输入；
4——延迟时间；
5——上升时间。

图 1 系统响应的定义

4 符号和缩略语

4.1 通用符号

表 1 通用符号列表

符 号	单 位	术 语
A/F_{st}	—	理论空燃比
c	ppm/%(V/V)	浓度
C_c	—	滑动系数
d_e	m	排气管直径

表 1 (续)

符 号	单 位	术 语
d_p	m	取样探头直径
d_{PM}	m	颗粒直径
f	Hz	数据取样率
f_a	—	实验室大气系数
E_{CO_2}	%	NO _x 分析仪的 CO ₂ 熄火
E_E	%	乙烷效率
E_{H_2O}	%	NO _x 分析仪中的水熄火
E_M	%	甲烷效率
E_{NO_x}	%	NO _x 转化器效率
η	Pa · s	排气的动力黏度
H_a	g/kg	进气的绝对湿度
i	—	某单个瞬时测量的下标(如:1 Hz)
k_f	—	燃料特定系数
$k_{h,D}$	—	压燃式发动机 NO _x 的湿度修正系数
k_W	—	原始排气由干基至湿基的修正系数
λ	—	过量空气系数
m_{edf}	kg	整个循环的稀释排气当量
m_t	mg	采集的颗粒样品质量
m_{gas}	g	整个试验循环的排气质量
m_{PM}	g	整个试验循环的颗粒排放物质量
m_{ce}	kg	整个循环的排气样品质量
m_{ced}	kg	通过稀释通道的稀释排气质量
m_{cep}	kg	通过颗粒取样滤纸的稀释排气质量
M_{gas}	g/(kW · h)	气体排放的比排放量
M_{PM}	g/(kW · h)	颗粒的比排放量
n	—	测量次数
p_a	kPa	发动机进气空气的饱和蒸气压力
p_b	kPa	总气压
p_c	kPa	冷却后水蒸气分压
p_s	kPa	干空气压力
P	—	颗粒渗透
$q_{m:d}$	kg/s	干基进气质量流量
$q_{m:w}$	kg/s	湿基进气质量流量
q_{mCe}	kg/s	原始排气碳的质量流量
q_{mCf}	kg/s	进入发动机碳的质量流量

表 1 (续)

符 号	单 位	术 语
q_{mCp}	kg/s	部分流稀释系统碳的质量流量
q_{mdew}	kg/s	湿基稀释排气质量流量
q_{mdw}	kg/s	湿基稀释空气质量流量
q_{medf}	kg/s	湿基当量稀释排气质量流量
q_{mew}	kg/s	湿基排气质量流量
q_{mex}	kg/s	从稀释通道中采集的样品质量流量
q_{mf}	kg/s	燃料质量流量
q_{vs}	L/min	排气分析系统的系统流量
q_{vt}	cm ³ /min	示踪气体流量
r_d	—	稀释比
r_h	—	FID 的碳氢化合物响应系数
r_m	—	FID 的甲醇响应系数
r_s	—	平均取样比
ρ	kg/m ³	密度
ρ_e	kg/m ³	排气密度
ρ_{PM}	kg/m ³	颗粒密度
σ	—	标准偏差
T	K	绝对温度
T_a	K	进气空气的绝对温度
t_{10}	s	阶跃输入与 10% 最终读数的时间差
t_{50}	s	阶跃输入与 50% 最终读数的时间差
t_{90}	s	阶跃输入与 90% 最终读数的时间差
τ	s	颗粒弛缓时间
u	—	气体组分与排气的密度比
V_s	L	排气分析系统的总体积
W_{act}	kW · h	每个试验循环的实际循环功
v_e	m/s	排气管中的气流速度
v_p	m/s	取样探头中的气流速度

注：ppm 表示 10⁻⁶。

4.2 燃料组分的符号与缩略语

w_{ALF}	燃料中的氢含量,质量百分比%
w_{BET}	燃料中的碳含量,质量百分比%
w_{GAM}	燃料中的硫含量,质量百分比%
w_{DEL}	燃料中的氮含量,质量百分比%
w_{EPS}	燃料中的氧含量,质量百分比%
α	氢的摩尔比(H/C)

β	碳的摩尔比(C/C)
γ	硫的摩尔比(S/C)
δ	氮的摩尔比(N/C)
ϵ	氧的摩尔比(O/C)

假定燃料的化学式为 $C_{\beta}H_{\alpha}O_{\epsilon}N_{\delta}S_{\gamma}$ 。

4.3 化学组分的符号与缩略语

ACN	乙腈
C1	碳 1 当量碳氢化合物
CH ₄	甲烷
CH ₃ OH	甲醇
C ₂ H ₆	乙烷
C ₃ H ₈	丙烷
CO	一氧化碳
CO ₂	二氧化碳
DNPH	二硝基苯肼
DOP	邻苯二甲酸二辛酯
HC	碳氢化合物
HCHO	甲醛
H ₂ O	水
NMHC	非甲烷碳氢化合物
NO _x	氮氧化物
NO	一氧化氮
NO ₂	二氧化氮
PM	颗粒物
RME	植物油甲脂

4.4 缩略语

CLD	化学发光检测器
FID	火焰离子化检测器
FTIR	傅里叶变换式红外分析仪
GC	气相色谱
HCLD	加热式化学发光检测器
HFID	加热式火焰离子化检测器
HPLC	高压液相色谱
MW	分子质量
NDIR	不分光红外线分析仪
NMC	非甲烷截断器
NTRC	非道路瞬态循环
%FS	满量程百分比
SIMS	二次离子质谱仪
Stk	斯托克司数

5 试验条件

5.1 发动机试验条件

5.1.1 试验条件参数

发动机进气绝对温度(T_a)用 K 表示,干气压(p_s)以 kPa 表示,需要进行测定,参数 f_a 应按下列规

定确定。对于具有不同组多进气歧管的多缸发动机,如“V”型发动机,则应取各不同组的平均温度。

自然吸气和机械增压发动机:

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

带或不带进气中冷的涡轮增压发动机:

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

注:公式(1)和公式(2)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)中的排放法规等同,但与国际标准化组织(ISO)的功率修正公式不同。

5.1.2 试验有效性

参数 f_a 应在如下范围内方可认为试验有效: $0.93 \leq f_a \leq 1.07$ 。

注:建议试验中将参数 f_a 控制在 0.96~1.06 之间。

5.2 增压中冷发动机

应记录增压空气温度。发动机在额定功率和全负荷条件下运行时,最高增压空气温度应不超过制造厂规定值的 ± 5 K。冷却介质温度至少应达到 293 K(20 °C)。

如果使用了试验间系统或额外的通风机,则当发动机在标明的最大功率和全负荷条件下运行时,增压空气温度应调整在制造厂规定的最高增压空气温度值的 ± 5 K 之内。增压中冷器的冷却剂温度和冷却剂流速一旦按此设定,在整个试验循环中不应改变。增压中冷器的体积应基于好的工程实践和典型的机车或机械的应用实际。

增压中冷器的调整也可按照 SAE J 1937:1995 的规定进行。

5.3 功率

比排放测量以 GB/T 21405 规定的不修正的有效功率为基础。发动机应与运转发动机所需的附件一同进行试验。

如果在试验台架上不可能或不合适安装这些附件,那么则应该对这些附件所消耗的功率进行测定,则被它们消耗的功率应从整个试验循环工作区域所测得的发动机功率中减去。

试验时,应拆除某些安装在发动机上、仅用于操纵配套机械所需的辅助设备。诸如:

- 制动用空气压缩机;
- 动力转向用压缩泵;
- 空调压缩机;
- 液压驱动泵。

详见 GB/T 21404—2008 和 GB/T 21405—2008 的表 1。

如未拆除辅助设备,则应确定出这些辅助设备在整个试验循环工作区域运行时所消耗并增加到被测发动机功率中的功率,但当辅助设备是发动机整体的一部分时除外(如风冷式发动机的冷却风扇)。

对于被测功率或被测循环功转换为不修正的有效功或不修正的循环功,发动机制造厂应按照 6.6.2 的要求,针对整个循环工作区域给出修正公式,并应得到有关各方同意。

5.4 发动机的进气系统

发动机的进气系统或试验间系统,在发动机使用清洁空气滤清器和按额定功率和全负荷工况运行时,其进气阻力应在制造厂规定的上限值的 ± 300 Pa 以内。

如果发动机安装了整体式进气系统,也应进行试验。

5.5 发动机的排气系统

发动机的排气系统或试验间系统,在发动机按额定功率和全负荷工况运行时其排气背压应在制造厂规定的上限值的 ± 650 Pa 以内。排气系统应符合 9.4.2 和 ISO 8178-1:2006 中 16.2 规定的排气取

样要求。

如果发动机安装有排气后处理装置,排气管直径应与使用时相同,至少是包含后处理装置的膨胀段开始的进口上游直径的4倍。从排气歧管法兰或涡轮增压器出口到排气后处理装置的距离应与安装在车辆上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标准要求,可用阀门加以调节。在模拟试验和发动机性能试验期间可以拆除后处理器,替换为等效的含有惰性催化剂的容器。

5.6 冷却系统

发动机所使用的冷却系统应具有足够能力使发动机维持在制造厂规定的正常运行温度范围内。

5.7 润滑油

润滑油应由制造厂指定。应记录试验用润滑油的规格并随试验结果一起写入报告。

5.8 试验用燃料

燃料特性会影响发动机的排放。因此应对试验用燃料的特性进行测定记录并随试验结果一起提交。若使用 GB/T 8190.5 指定的燃油作为基准燃油,则应提供基准燃油的代号和分析结果。对于所有其他燃料,则要记录 GB/T 8190.5 中相应通用数据表上列出的那些特性。

燃油温度应按制造厂的推荐。燃油温度应在喷油泵入口处或按制造厂的规定位置测量,并记录测量位置。

试验用燃料根据试验目的选择。除非经有关各方同意,燃料应按表 2 选定。当没有合适的基准燃料时,可使用性能非常接近于基准燃料的燃料。燃料特性应予说明。

表 2 燃料选择

试验目的	有 关 方	燃料选择
定型试验 (认证)	1. 认证机构 2. 制造厂或供应商	基准燃料,如已指定; 商用燃料,如未指定基准燃料
验收试验	1. 制造厂或供应商 2. 用户或检验员	按制造厂规定的商用燃料 ^a
研究/开发	一个或几个制造厂、研究机构、燃料 和润滑油供应商等	要适合试验目的
^a 用户和检验员应注意:使用商用燃料进行排放试验不一定符合使用基准燃料时规定的限值。		

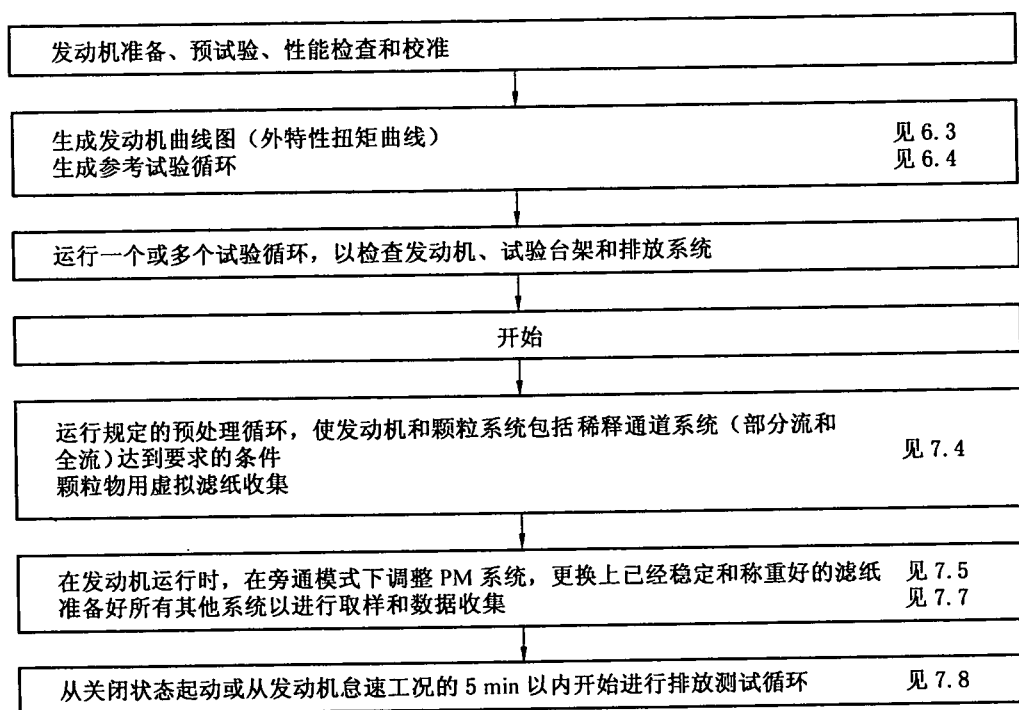
6 试验循环

6.1 一般要求

逐秒表示的非道路瞬态循环(NRTC)的转速规范值和扭矩规范值都列于附录 A 中,适用于 GB/T 8190 的本部分所覆盖的所有发动机。为了在试验台架上进行试验,这些规范值应转换为参考值,以满足发动机在功率曲线的基础上试验。这种转换通常为非规范化的转换,其试验循环可视为被测发动机的参考循环。发动机在试验台架上按照参考转速值和扭矩值进行试验,并记录下实测的转速值、扭矩值和功率值。试验完成后应对转速、扭矩和功率的参考值和实测值进行回归分析,以验证试验循环进行过程的有效性。为了计算有效比排放量,应对整个循环的实测发动机功率进行积分来计算实际的循环功。为了确保循环的有效性,实际的循环功必须在参考循环的循环功规定的范围内。

6.2 一般试验顺序

试验应按下列流程图规定的一般原则进行,每一步的详细要求在相关章节中都有所说明。对一般要求允许存在一定的偏差,但对于相关章节的特殊要求则必须强制执行。



在测试循环开始前，有必要进行一个或多个实际循环，以检查发动机、试验台和排放系统。

6.3 获取发动机性能曲线的步骤

6.3.1 一般要求

如在试验台架上运行非道路瞬态循环(NRTC)，应在进行试验循环前获取发动机性能曲线以确定转速-扭矩曲线。

6.3.2 发动机转速范围的确定

最小和最大转速按如下规定：

最小转速 = 怠速转速；

最大转速 = $n_{hi} \times 1.02$ ，或在全负荷扭矩降至零时的转速，取其中的较小者。

6.3.3 发动机功率曲线

应对发动机进行暖机，使发动机的参数保持稳定并符合制造厂的推荐和好的工程实践经验。当发动机稳定后，应按照下列两种程序之一来获得发动机性能曲线。

6.3.3.1 瞬态性能曲线

- 发动机运行在无负荷的怠速工况。
- 发动机在全负荷工况下运行，喷射泵工作在最低转速状态。
- 应使发动机的转速以 $(8 \pm 1)(r/min)/s$ 的速率从最低转速上升到最大转速。发动机的转速和扭矩点应以至少每秒一点的取样速率进行记录。

6.3.3.2 按步试验

- 发动机运行在无负荷的怠速工况。
- 发动机在全负荷工况下运行，喷射泵工作在最低转速状态。
- 维持全负荷工况运行时，应在最低转速处维持至少 15 s，记录下最后 5 s 的平均扭矩。应以不大于 $(100 \pm 20)r/min$ 的转速增幅方式从最低转速增加到最高转速，以确定最大扭矩曲线。每个测试点应保持至少 15 s，并记录下最后 5 s 的平均扭矩。

6.3.4 生成功率曲线

6.3.3 所记录的所有数据点应通过两点间线性差值法连接起来，所得的扭矩曲线就是外特性曲线，

并按照 6.4.3 的要求用这个曲线将附录 A 发动机测功表中扭矩规范值转换为用于试验循环的参考扭矩值。

6.3.5 可选择的外特性试验方法

如果制造厂认为上述试验对给定发动机而言不安全或者不具代表性,可以选用其他试验法。可选择的试验方法必须满足特定试验程序的要求,以确定在试验循环中所能得到的在所有发动机转速下的最大可用扭矩。基于安全性和代表性考虑而使用了本条规定的试验方法所带来的偏差,应当被所使用的有关各方认可。对于可调或增压发动机,扭矩曲线决不能以降低发动机转速的方式获得。

6.3.6 重复试验

发动机不必在每一试验循环前都进行外特性测量。如果出现下列情况,发动机应在试验循环前进行外特性测量:

- 从工程评价方面确定,距上一次外特性试验已有相当长的时间;
- 发动机发生了物理变化或进行了重新标定,有可能影响发动机的工作性能。

6.4 参考试验循环的生成

6.4.1 参考转速

参考转速(n_{ref})对应于附录 A 发动机测功表中列出的 100% 的参考转速值。对参考转速进行非规范化而得到的实际发动机循环取决于参考转速的选择。参考转速按下列公式定义:

$$n_{ref} = \text{低速} + 0.95 \times (\text{高速} - \text{低速})$$

式中:

- 高速——输出 70% 额定功率时的最高发动机转速;
- 低速——输出 50% 额定功率时的最低发动机转速。

如果测得的参考转速与制造厂规定的参考转速差值在 ±3% 以内,则使用制造厂规定的参考转速进行排放试验。如果超出了允许范围,则以测得的参考转速进行排放试验。

6.4.2 发动机转速的非规范化

按公式(3)进行转速的非规范化:

$$\text{实际转速} = \frac{\text{转速百分数} \times (\text{参考转速} - \text{怠速转速})}{100} + \text{怠速转速} \dots\dots\dots (3)$$

6.4.3 发动机扭矩的非规范化

附录 A 发动机测功表中的扭矩值都对相应转速下的最大扭矩进行规范化,参考循环的扭矩值应使用按照 6.3.3 的要求测定的功率曲线进行非规范化,按公式(4)进行:

$$\text{实际扭矩} = \frac{\text{转速百分数} \times \text{最大扭矩}}{100} \dots\dots\dots (4)$$

相应的参考转速按 6.4.2 进行确定。

6.4.4 非规范化步骤实例

如例所示,下列试验点应进行非规范化:

- %转速 = 43%
- %扭矩 = 82%

下列给定值:

- 参考转速 = 2 200 r/min
- 空转转速 = 600 r/min

则:

$$\text{实际转速} = \frac{43 \times (2\,200 - 600)}{100} + 600 = 1\,288 \text{ r/min}$$

从功率曲线上读到,在 1 288 r/min 时有最大扭矩值为 700 N·m。

因此:

$$\text{实际扭矩} = \frac{82 \times 700}{100} = 574 \text{ N} \cdot \text{m}$$

6.5 测功机

6.5.1 一般要求

如果使用拉压传感器,应将扭矩信号转换到发动机输出轴,并需要考虑测功机的惯量。实际的发动机扭矩是拉压传感器的扭矩读数加上测功机的转动惯量再乘以角速度。控制系统必须实时做这样的计算。

6.5.2 电涡流测功机

如果使用电涡流测功机进行发动机试验,则测功机惯量必须与发动机相匹配。因此,在 $T_{sp} - 2 \cdot \pi \cdot \dot{n}_{sp} \cdot \Theta_D$ 的差值小于发动机最大负扭矩的 5% 时,推荐测点数量不超过 30 个。

其中:

T_{sp} ——所要求的扭矩;

$\dot{n}_{sp}$ ——发动机转速的微分;

Θ_D ——电涡流测功机的转动惯量。

6.6 试验运行的确认

6.6.1 数据漂移

为了减少实际和参考循环值之间时间延迟所引起的偏差影响,在整个试验期间发动机转速和扭矩的反馈信号时间序列与参考转速和扭矩相比可能提前或延迟。如果实际信号发生了漂移,必须在转速和扭矩曲线相同方向上进行相同量的漂移修正。

6.6.2 循环功的计算

实际循环功 W_{act} (kW·h) 应对所记录的每对发动机反馈转速值和扭矩值进行计算。如果选择进行计算,则应在出现实际数据漂移后进行。实际循环功 W_{act} 用于与参考循环功 W_{ref} 进行比较,计算有效比排放(见 9.3.7、9.4.7、10.3.7、10.4.5)。对参考发动机功率和实际发动机功率的积分都应使用同样的方法。如果待测数据是相邻的参考值或者相邻的测量值,可以使用线性差值法。

在对实际循环功进行积分时,应包括所有负扭矩值,并将其设为零。如果积分是在低于 5 Hz 的频率下进行的,且在给定时间段内扭矩值由正变负或由负变正,负值的部分也应进行计算并且设为零,正的部分应包含在积分值内。

W_{act} 应在 W_{ref} 值的 -15% ~ +5% 之间。

6.6.3 试验循环的有效性统计

应进行转速、扭矩和功率的实测值对参考值的线性回归。如果选择了这项计算,则应在出现任一反馈数据漂移后进行。应按照附录 G 给出的公式,使用最小二乘法计算:

$$y = a_1 \times x + a_0 \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中:

y ——指转速(r/min)、扭矩(N·m)、功率(kW)的实测值;

a_1 ——指回归线的斜率;

x ——指转速(r/min)、扭矩(N·m)、功率(kW)的参考值;

a_0 ——回归线在 y 轴上的截距。

应计算每一条回归线中 y 对 x 标准偏差($S_{y,x}$)和相关系数(r^2)。

推荐在 1 Hz 时进行分析。对有效的试验,则应满足表 3 的要求。

表 3 回归线允差

	转 速	扭 矩	功 率
y 对 x 标准偏差的估计 ($S_{y,x}$)	最大:100 r/min	最大: 发动机最大扭矩的 13%	最大: 发动机最大功率的 8%
回归线的斜率 a_1	0.95~1.03	0.83~1.03	0.83~1.03
相关系数 r^2	最小:0.970 0	最小:0.880 0	最小:0.910 0
回归线在 y 轴上的截距 a_0	±50 r/min	±20 N·m 或最大扭矩的 ±2%,取大者	±4 kW 或最大功率的 ±2%,取大者

如果仅仅是为了回归分析的目的,则允许在回归计算前按表 4 进行点删除。然而,这些点在用于计算循环功和排放时不能删去。定义一个怠速点,以作为 0%的参考扭矩规范值和 0.1%的参考转速规范值。可以将点删除应用到整个循环或循环的任何部分。

表 4 回归分析允许的删除点

条 件	删 除 的 点
开始(24±1)s 和最后(25±1)s	转速、扭矩、功率
全负荷要求和扭矩反馈<95%扭矩参考	扭矩和/或功率
全负荷要求和转速反馈<95%转速参考	转速和/或功率
无负荷,转速反馈>怠速转速+50 r/min,扭矩反馈>105%扭矩参考	扭矩和/或功率
无负荷,转速反馈≤怠速转速+50 r/min,扭矩反馈=制造厂规定/测量的空转扭矩±2%最大扭矩	转速和/或功率
无负荷和转速反馈>105%转速参考	转速和/或功率

7 进行排放试验

7.1 一般要求

待测发动机排气的排放物包括气体组分(一氧化碳、所有的碳氢化合物或非甲烷碳氢化合物、氮氧化物)和颗粒物。另外,二氧化碳通常作为示踪气体用来测定部分流和全流稀释系统的稀释比。好的工程经验推荐使用二氧化碳作为普通测试中的良好工具,以检测试验过程中出现的问题。

上述污染物应在暖机运行条件下进行规定的非道路瞬态循环(NRTC)时检测。用测功机上的发动机扭矩和转速信号作为反馈信号,对功率按循环时间进行积分可得到发动机在整个循环的功。整个循环中气体组分的浓度,可以按照 9.3.4 对原始排气测量的分析仪信号进行积分得到,或者按照 10.3.4 在 CVS 全流稀释系统对稀释排气进行积分或用气袋取样进行测定。对于颗粒物,可以在部分流稀释(见 9.4.2)或全流稀释(见 10.4.3)条件下,从规定的稀释排气中将一定比例的样品收集到滤纸上。使用这种方法,应测定整个循环中稀释的或未稀释的排气流量,以计算污染物的质量排放值。质量排放值与发动机做功相关,以获得每千瓦小时内每种污染物的排放质量。

在测试循环前,有必要进行一个或多个实际循环,以检查发动机、试验台和排放系统。

7.2 取样滤纸的准备

应在试验前至少 1 h 将每对滤纸放在一个盖住但不密封的培替氏培养皿里,送入称量室进行稳定。在稳定过程结束时,称取每对滤纸的质量并记录。然后把该对滤纸存放在盖住的培替氏培养皿或过滤器座中,直至试验需用时。如将该对滤纸在从称量室取出,则应在 8 h 内使用。

7.3 测试设备的安装

仪器和取样探头应按要求安装。若采用全流稀释系统,应将排气管连接在系统上。

7.4 起动和预处理稀释系统和发动机

起动并预热稀释系统和发动机。使发动机在额定转速、100%扭矩条件下至少运行 20 min,且部分流稀释系统或带有二级稀释系统的全流稀释系统同时进行工作,然后对取样系统进行预处理。可能收集到虚假颗粒排放样品,这些样品滤纸不需要进行稳定或称重,可以扔掉。只要过滤器和取样系统的整个取样时间超过 20 min,就可以更换滤纸。流速应调到适于瞬态试验的流速。如果使用全流稀释系统,应在维持额定转速的条件下将扭矩从 100%扭矩降下来,以免超过规定的样品区域最高温度 464 K (191 °C)。

7.5 起动颗粒取样系统

起动颗粒取样系统,并按旁通方式运行。稀释空气的颗粒本底值可通过排气进入稀释通道入口前的稀释空气取样来测定。若使用已经过滤的稀释空气,则可在试验前或试验后测定一次。若稀释空气未经过滤,则可在循环开始和结束时测定,并取其平均值。如果使用不同的取样系统测量本底,则应在整个试验进行过程中测量。

7.6 稀释比的调整

应调整全流稀释系统中的全部稀释排气流量或通过部分流稀释系统的稀释排气流量,以消除水蒸气在系统中的凝结,并使滤纸的表面温度控制在 315 K(42 °C)~325 K(52 °C)之间。

7.7 分析仪的检查

排放分析仪应调整好零位和量距。如果使用取样袋,则应被排空。

7.8 发动机起动程序

按照制造厂的手册推荐的起动程序,在发动机完全暖机后 5 min 内,用起动马达或测功机起动发动机并使其稳定。另一种方法就是,不使发动机停机,在发动机进入怠速工况后 5 min 内,从发动机预处理阶段直接开始试验。

7.9 运行循环

7.9.1 试验程序

试验程序从发动机起动时开始,若直接从预处理阶段进行,则应在发动机达到怠速转速后 5 min 内开始。试验应按照 6.4 提出的参考循环进行。发动机转速和扭矩要求的设定应当以 5 Hz(推荐 10 Hz)或更高的频率发出。应在参考循环的每赫兹设定点之间用线性插值法计算设定点。在试验循环过程中,应至少每秒记录一次反馈的发动机转速和扭矩,对信号应进行电子过滤。

7.9.2 分析仪的响应

在发动机起动或测试程序开始(如果从预处理阶段直接进入循环)时,应同时起动测试仪器:

- 如使用全流稀释系统,则开始收集或分析稀释空气;
- 根据所使用的分析方法,开始收集或分析原始排气或稀释排气;
- 开始测量稀释排气总量及必需的温度和压力;
- 如果使用原始排气分析法,则开始记录排气质量流量;
- 开始记录测功机的转速和扭矩反馈数据。

如果使用原始排气测量法,应连续测量 HC、CO 和 NO_x 的排放浓度和排气质量流量,并以至少 2 Hz 的频率存储到计算机系统中。其他数据可以至少 1 Hz 的取样速率进行记录。为了进行模拟分析,应对响应进行记录,并在数据评估过程中在线或不在线进行数据校准。

如果使用全流稀释系统,应以至少 2 Hz 的速率对稀释通道里的 HC 和 NO_x 进行连续测量。应对整个试验循环的分析仪信号进行积分,以得到平均浓度。系统响应时间不应超过 20 s,必要时应与 CVS 的流量波动和取样时间/试验循环的偏移量相一致。CO、CO₂ 和 NMHC 的浓度可通过对整个循环过程中收集的取样袋中的气体浓度进行积分或分析得到。稀释空气中的气体污染物浓度应通过积分或通过收集到背景袋来测得。所有其他需测定的参数则应以至少每秒一次(1 Hz)的速率进行记录。

7.9.3 颗粒物取样

在发动机起动或测试程序开始(如果从预处理阶段直接进入循环)时,颗粒取样系统应从旁路状态切换到收集颗粒物状态。

如果使用部分流稀释系统,应调节取样泵,使通过颗粒取样探头或输送管的流量与排气质量流量成正比。

如果使用全流稀释系统,应调节取样泵,使通过颗粒取样探头或输送管的流量在设定流量的 $\pm 5\%$ 范围内。如果使用了流量补偿(也就是取样流量的比例控制),那么主管流量与颗粒取样流量的比值变化应不超过设定值的 $\pm 5\%$ (在取样的最初 10 s 除外)。应当记录在仪器进口或气流计的平均温度和压力。如果因滤纸的颗粒荷重高而不能使设定流量在整个循环中($\pm 5\%$ 范围内)得以维持,则试验无效。应使用较低的流量和较大直径的滤纸重新试验。

7.9.4 发动机停转

不管发动机在循环过程中何时停转,都应对发动机进行预处理和重新启动,并重新进行试验。如果在试验循环过程中必需的设备出现故障,则试验无效。

7.9.5 试验后的操作

试验完成后,对排气质量流量、稀释排气体积和进入收集袋气流的测量工作以及颗粒取样泵都应停止。对积分式分析仪系统,取样应延续到系统响应时间消失。

如果使用气袋,则应对收集袋中的污染物浓度尽快分析,分析应在试验循环结束后 20 min 内进行。

排放试验结束后,应使用零气和同一量距气来重验分析仪。若试验前与试验后的测量结果之差小于量距气值的 2%,则可认为试验合格。

试验完全结束后,应在 1 h 内将颗粒物过滤纸放回称重室内。将其放入能防止灰尘污染并不密封的培替氏培养皿中至少调温处理 1 h,然后称重,应记录滤纸总质量。

8 排放测量原理

8.1 一般要求

GB/T 8190 的本部分规定了两种等效的测量原理,但其排放结果会有细微差别。

——气体组分是对原始排气进行的实时测量,而颗粒物是使用部分流稀释系统进行测定;

——气体组分和颗粒组分用全流稀释系统(CVS 系统)进行测定。

允许将两种原理进行结合使用,如进行原始排气测量和全流颗粒物测量。

8.2 等效性

送检发动机排放的气体 and 颗粒物组分应按第 11 章和第 12 章所述方法测量。这两章叙述了推荐的气体排放分析系统(见第 11 章)和推荐的颗粒稀释及取样系统(见第 12 章)。

如能得到等效结果,也可采用其他系统或分析仪。系统的等效性应根据所考虑的系统于本部分已认可的系统用 7 组(或更多)气样对作对应关系研究后确定。“结果”是指特定循环的加权排放值。试验应在同一实验室的同一试验台架和同一台发动机上,并且最好在同一时间内进行。所用试验循环应与发动机将要运行的循环相适应。气样对平均值的等效性由 t -试验统计(见附录 B)确定,这些统计数据在如上所述的实验室、试验台架和发动机状况下测得。离域值要按照 ISO 5725-2 的规定进行确定并从数据中排除。对应关系试验所用的系统应在试验前说明,并经有关各方同意。

在本部分中引入新系统时,应按 ISO 5752-2 所述,根据再现性和重复性的计算结果确定等效性。

8.3 准确度

发动机排放试验应使用本部分规定的设备。本部分不包括对流量、压力和温度测量设备的详细要求,只是给出进行排放试验的设备的准确度要求。应按内部校准程序或仪器制造厂的要求对这些仪器进行校正。

所有测量仪器的校正应可溯源到国家标准或国际标准,相关要求见表 5。

表 5 仪器的校正精确度

编 号	测量仪器	准 确 度
1	发动机转速	读数的 $\pm 2\%$ 或发动机最高转速值的 $\pm 1\%$,取大者
2	发动机扭矩	读数的 $\pm 2\%$ 或发动机最大扭矩值的 $\pm 1\%$,取大者
3	燃料消耗量	发动机最大燃料消耗值的 $\pm 2\%$
4	空气消耗量	读数的 $\pm 2\%$ 或发动机最大空气消耗量的 $\pm 1\%$,取大者
5	排气流量	读数的 $\pm 2.5\%$ 或发动机最大排气流量的 $\pm 1.5\%$,取大者
6	温度 ≤ 600 K	± 2 K 绝对值
7	温度 > 600 K	读数的 $\pm 1\%$
8	排气压力	± 0.2 kPa 绝对值
9	进气空气负压	± 0.05 kPa 绝对值
10	大气压力	± 0.1 kPa 绝对值
11	其他压力	± 0.1 kPa 绝对值
12	绝对湿度	读数的 $\pm 5\%$
13	稀释空气流量	读数的 $\pm 2\%$
14	稀释排气流量	读数的 $\pm 2\%$

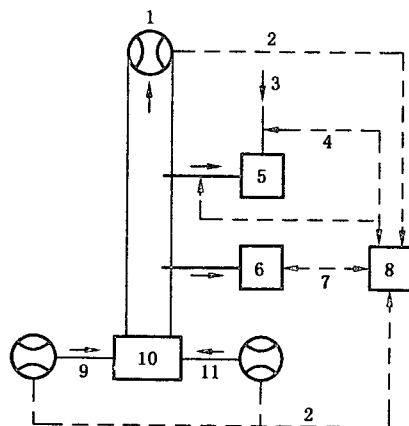
9 原始排气气体组分和部分流稀释系统颗粒物的测定

9.1 一般要求

通过排气组分瞬时浓度信号乘以瞬时排气质量流量可以计算得到排气质量流量。排气质量流量可以直接测量,也可按 9.2.4(空气和燃料测量法)、9.2.5(示踪测量法)、9.2.6(空气流量和空-燃比测量法)规定的方法进行计算。应特别注意不同仪器的响应时间,这些差别应按 9.3.3 规定按照信号的时间顺序进行累加。

对颗粒物,排气质量流量信号用于控制部分流稀释系统,以保证所抽取的气样与排气质量流量成正比。应按照 9.4.3 的规定对气样和排气流量进行回归分析,以检查取样是否成比例。

整个试验装置如图 2 所示。



_____ 排气取样;
 _____ 流速测定;
 - - - - - 系统控制和计算信号。

- 1——排气流;
- 2——流量阀;
- 3——稀释空气;
- 4——流量控制;
- 5——部分流稀释系统;
- 6——排气分析仪;
- 7——计算;
- 8——控制单元;
- 9——燃料流量;
- 10——发动机;
- 11——进气流。

图 2 原始排气/部分流测量系统示意图

9.2 排气质量流量的确定

9.2.1 一般要求

要计算原始排气中的排放和控制部分流稀释系统,需要知道排气质量流量。排气质量流量可按 9.2.3~9.2.6 所述方法中的一种进行测定。

9.2.2 响应时间

为了计算排放,按照 11.3.2 的规定,下述任一种方法的响应时间都应不大于对分析仪的响应时间要求。

需快速响应以控制部分流稀释系统。对于在线控制式部分流稀释系统,响应时间应不大于 0.3 s。对基于预先记录测试进程的先行控制部分流稀释系统,排气流量测量系统的响应时间应小于 5 s 且上升时间应小于 1 s。系统响应时间应由仪器制造厂规定。对于排气流量和部分流稀释系统的组合响应时间要求见 9.4.3。

9.2.3 直接测量法

瞬时排气流量可采用下列设备直接测量:

- 压差设备,如流量喷嘴(详见 ISO 5167-1);
- 超声波流量计;
- 涡旋流量计。

应避免产生对排放测量有影响的测量误差。这些注意事项包括:应根据仪器制造厂的建议和好的工程实践经验将仪器安装到发动机排气系统中。特别应注意的是,发动机性能和排放不应受到仪器安

装的影响。

流量计应满足 8.3 规定的精度要求。

9.2.4 空气和燃料测量法

这种方法涉及到对配有合适流量计的空气流量和燃料流量测量系统。瞬时排气流量计算可通过公式(6)进行:

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{maw},i} + q_{\text{mf},i} (\text{对湿基排气质量}) \quad \dots\dots\dots (6)$$

流量计应满足 8.3 规定的精度要求,但还应满足对排气流量的测量精度要求。

9.2.5 示踪测量法

这种方法涉及排气中示踪气浓度的测量。

将已知量的惰性气体(如:纯氮气)作为示踪气注入排气流中。该示踪气与排气混合并被排气所稀释,但不会在排气管中发生反应。气体浓度从排气样气中测得。

为了保证示踪气能完全混合,排气取样探头应位于示踪气注入处下游至少 1 m 或排气管直径的 30 倍处,以其中较大者为准。当示踪气在发动机上游注入时,如果通过比较示踪气浓度确认已完全混合,则取样探头可位于接近示踪气注入处的位置。

示踪气流量应设定为示踪气浓度在混合后发动机怠速时小于示踪气分析仪的满量程。

排气流量计算如公式(7):

$$q_{\text{mew},i} = \frac{q_{\text{vt}} \times \rho_{\text{e}}}{60 \times (c_{\text{mix},i} - c_{\text{a}})} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中:

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

q_{vt} ——示踪气流量,单位为立方厘米每分(cm^3/min);

$c_{\text{mix},i}$ ——混合后示踪气的瞬时浓度,ppm;

ρ_{e} ——排气密度,单位为千克每立方米(kg/m^3)(见表 1);

c_{a} ——示踪气在进气空气中的本底浓度,ppm。

示踪气本底浓度 c_{a} 可在试验运行开始前和结束后马上进行测量,所测得的本底浓度平均值作为示踪气本底浓度。

若本底浓度低于在最大排气流量时混合后($c_{\text{mix},i}$)示踪气浓度的 1%,该本底浓度可以忽略不计。

所有用于测量排气流量的系统都应满足精度规范要求,并按 11.3.4 进行校正。

9.2.6 空气流量和空-燃比测量法

这种方法是利用空气流量和空-燃比来计算排气质量。瞬时排气质量流量的计算如公式(8):

$$q_{\text{mew},i} = q_{\text{maw},i} \times \left(1 + \frac{1}{A/F_{\text{st}} \times \lambda_i}\right) \quad \dots\dots\dots (8)$$

其中:

$$A/F_{\text{st}} = \frac{138.0 \times \left(\beta + \frac{\alpha}{4} - \frac{\epsilon}{2} + \gamma\right)}{12.011 \times \beta + 1.007\,94 \times \alpha + 15.999 \times \epsilon + 14.006 \times \delta + 32.065 \times \gamma} \quad \dots\dots\dots (9)$$

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

式中：

A/F_{st} ——理论空-燃比，单位为千克每千克(kg/kg)；

λ ——过量空气系数；

c_{CO_2} ——干 CO_2 浓度，%；

c_{CO} ——干 CO 浓度，ppm；

c_{HC} ——HC 浓度，ppm。

注：对于含碳燃料， $\beta=1$ ；对于氢燃料， $\beta=0$ 。

空气流量计应满足 8.3 中规定的精度要求，所用 CO_2 分析仪应满足 11.1 中规定的技术要求，所有系统都应满足排气流量测量用精度要求。

可任选能满足 11.2.9 规定的空-燃比测量设备，如氧化锆型传感器，用于测量过量空气系数。

9.3 气体组分的测定

9.3.1 一般要求

送检发动机排放的气体组分应按第 11 章规定的方法进行测量。应确定所测排气为原始排气。数据评估和计算程序按 9.3.3 和 9.3.4 的规定。

9.3.2 气体排放物的取样

气体排放物取样探头应安装在距排气系统出口至少 0.5 m 或 3 倍排气管直径(取较长者)的上游处，并足够靠近发动机，以保证取样探头处的排气温度至少为 343 K(70 °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，以保证气样能代表所有气缸的平均排放。对于装有分组排气歧管的多缸机，诸如“V”型发动机布置的情况，建议在取样探头的歧管上游进行组合。如无经验可循，允许从 CO_2 排放最高的那组进行取样。也可使用业已证明与上述方法有对应关系的其他方法。在计算排放时应使用总排气质量流量。

如果发动机装有排放后处理系统，排气取样应在排放后处理系统的下游处。

9.3.3 数据评定

为了评定气体排放物，HC、CO 和 NO_x 的原始排放浓度以及排气质量流量应以至少 2 Hz 的速率在计算机系统中记录并存储，其他数据应以至少 1 Hz 的速率进行记录。对于类似的分析仪，其响应也应记录，且校正数据在数据评定过程中可以被在线或脱机使用。

为计算排气组分的质量排放，浓度记录和排气质量流量的记录应按第 3 章定义的转换时间进行排列。因此，每一气体排放分析仪的响应时间和排气质量流量系统都应按照 11.3.2 和 9.2.2 的规定分别进行测定并记录。

9.3.4 质量排放的确定

9.3.4.1 一般要求

最好根据污染物原始浓度、表 6 中的 u 值和排气质量流量，按照 9.3.3 确定的转换时间排列，并按照 9.3.4.2 对整个循环瞬时值进行的积分来计算瞬时质量排放，从而确定污染物的质量(g/试验)。所测得的浓度最好为湿基浓度。如果为干基浓度，应在下一步计算前按 9.3.5 对瞬时浓度值进行干/湿基修正。

经有关各方同意，也可使用 9.3.4.3 中的精确公式计算质量排放。若试验燃料不是表 6 所规定的燃料，在使用多种燃料或存在争议时必须采用精确公式。

计算过程实例见附录 E。

9.3.4.2 基于列表值的计算方法

应采用公式(11)进行计算：

$$m_{gas} = \sum_{i=1}^{i=n} u_{gas} \times c_{gas,i} \times q_{mew,i} \times \frac{1}{f} (g/ \text{试验}) \dots\dots\dots (11)$$

式中：

u_{gas} ——排气组分密度与排气密度之比；

$c_{\text{gas},i}$ ——原始排气中各组分的瞬时浓度，ppm；

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

f ——数据取样频率，单位为赫兹(Hz)；

n ——测量次数。

为计算 NO_x ，如适用应使用按 9.3.6 确定的湿度修正系数 $k_{\text{h,D}}$ 。

如果所测浓度不是湿基浓度，则应按 9.3.5 将瞬时测量浓度转换为湿基浓度。

表 6 所示为所选组分在理想气体性质和燃料范围情况下的 u 值。

表 6 原始排气的 u 值和各气体组分的密度

气 体		NO_x	CO	HC	CO_2	O_2	CH_4	HCHO	CH_3OH
$\rho_{\text{gas}}/(\text{kg}/\text{m}^3)$		2.053	1.250	— ^a	1.963 6	1.427 7	0.716	1.340	1.430
燃料	ρ_e	相关系数 $u_{\text{gas}}^{\text{b}}$							
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
植物油甲脂	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 ^c	1.266 1	0.001 621	0.000 987	0.000 558 ^d	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
^a 与燃料有关。									
^b 当 $\lambda=2$ ，干空气，273 K，101.3 kPa。									
^c 对于质量成分：C=(66~76)%，H=(22~25)%，N=(0~12)%，其精确度 u 在 0.2% 以内。									
^d 基于 $\text{CH}_{2.93}$ 的 NMHC 值(对于总碳氢，应使用 CH_4 相关系数 u_{gas})。									

9.3.4.3 基于精确公式的计算方法

应使用公式(11)计算质量排放。使用下列公式代替列表值来计算 u_{gas} 。假定下列公式中，公式(11)的浓度 c_{gas} 测量单位为 ppm 或已转换为 ppm。

$$u_{\text{gas},i} = \text{GAS}/(M_{\text{r,e},i} \times 1\,000) \quad \dots\dots\dots(12)$$

或

$$u_{\text{gas},i} = \rho_{\text{gas}}/(\rho_{\text{e},i} \times 1\,000) \quad \dots\dots\dots(13)$$

式中：

$$\rho_{\text{gas}} = \text{GAS}/22.41(\text{该值也可从表 6 选取}) \quad \dots\dots\dots(14)$$

表 6 给出了许多排气组分的密度 ρ_{gas} 值。应在假定条件为完全燃烧的情况下按下式推导出常用燃料成分为 $\text{C}_\beta\text{H}_\alpha\text{O}_\epsilon\text{N}_\delta\text{S}_\gamma$ 所对应的排气分子质量。

$$M_{\text{r,e},i} = \frac{1 + \frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}}}{\frac{\frac{q_{\text{mf},i}}{q_{\text{maw},i}} \times \frac{\frac{\alpha}{4} + \frac{\epsilon}{2} + \frac{\delta}{2}}{12.011 \times \beta + 1.007\,94 \times \alpha + 15.999\,4 \times \epsilon + 14.006\,7 \times \gamma} + \frac{H_\alpha \times 10^{-3}}{2 \times 1.007\,94 + 15.999\,4} + \frac{1}{M_{\text{r,air}}}}{1 + H_\alpha \times 10^{-3}} \quad \dots\dots\dots(15)$$

排气密度 ρ_e 由下式推导出来：

$$\rho_{e,i} = \frac{1\,000 + H_a + 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{md,i})}{773.4 + 1.243\,4 \times H_a + k_f \times 1\,000 \times (q_{mf,i}/q_{md,i})} \dots\dots\dots (16)$$

式中:

$$k_f = 0.055\,584 \times w_{ALF} - 0.000\,108\,3 \times w_{BET} - 0.000\,156\,2 \times w_{GAM} + 0.007\,993\,6 \times w_{DEL} + 0.006\,997\,8 \times w_{EPS} \dots\dots\dots (17)$$

9.3.4.4 带非甲烷截断器的 NMHC 和 CH₄ 的计算

应按下式计算 NMHC 和 CH₄ 的浓度:

$$c_{NMHC} = \frac{c_{HC(w/o\text{截断器})} \times (1 - E_M) - c_{HC(w/\text{截断器})}}{E_E - E_M} \dots\dots\dots (18)$$

$$c_{CH_4} = \frac{c_{HC(w/\text{截断器})} - c_{HC(w/o\text{截断器})} \times (1 - E_E)}{E_E - E_M} \dots\dots\dots (19)$$

式中:

$c_{HC(w/o\text{截断器})}$ ——取样气体流过 NMC 时的 HC 浓度;

$c_{HC(w/\text{截断器})}$ ——取样气体从 NMC 旁通时的 HC 浓度;

E_M ——由 ISO 8178-1:2006 的 8.8.4.2 确定的甲烷效率;

E_E ——由 ISO 8178-1:2006 的 8.8.4.3 确定的乙烷效率。

注: 如果使用非甲烷截断器, 系统响应时间可超过 10 s。

9.3.5 干/湿基修正

若瞬时测量浓度是在干基条件下测得的, 则应按下列公式将干基条件转换为湿基条件。

$$c_{wet} = k_w \times c_{dry} \dots\dots\dots (20)$$

$$k_w = \left[1 - \frac{1.243\,4 \times H_a + 111.12 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{md,i}}}{773.4 + 1.243\,4 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{md,i}} \times k_f \times 1\,000} \right] \times 1.008 \dots\dots\dots (21)$$

或

$$k_w = \left[1 - \frac{1.243\,4 \times H_a + 111.12 \times w_{ALF} \times \frac{q_{mf,i}}{q_{md,i}}}{773.4 + 1.243\,4 \times H_a + \frac{q_{mf,i}}{q_{md,i}} \times k_f \times 1\,000} \right] / \left(1 - \frac{p_r}{p_b} \right) \dots\dots\dots (22)$$

或

$$k_w = \frac{1}{1 + \alpha \times 0.005 \times (c_{CO_2} + c_{CO})} - k_{w2} \dots\dots\dots (23)$$

$$k_{w2} = \frac{1.608 \times H_a}{1\,000 + (1.608 \times H_a)} \dots\dots\dots (24)$$

式中:

p_r ——冷却后水蒸气压力, 单位为千帕(kPa);

p_b ——总气压, 单位为千帕(kPa);

α ——燃料中氢的摩尔比;

c_{CO_2} ——干基 CO₂ 浓度, %;

c_{CO} ——干基 CO 浓度, %;

H_a ——进气空气湿度, 单位为克(水)每千克(干空气)(g/kg);

k_f —— $k_f = 0.055\,584 \times w_{ALF} - 0.000\,108\,3 \times w_{BET} - 0.000\,156\,2 \times w_{GAM} + 0.007\,993\,6 \times w_{DEL} + 0.006\,997\,8 \times w_{EPS}$ 。

注: 如果公式(21)中系数 1.008 与公式(22)中的分母非常近似, 则两式基本相同。

9.3.6 NO_x 的湿度和温度修正

因 NO_x 排放与环境空气状况有关,应采用下列公式中给出的系数对 NO_x 浓度进行湿度和环境空气温度的修正。

a) 对压燃式发动机:

$$k_{h,D} = \frac{1}{1 - 0.0182 \times (H_a - 10.71) + 0.0045 \times (T_a - 298)} \dots\dots\dots (25)$$

式中:

T_a ——进气温度,单位为开尔文(K);

H_a ——进气湿度,单位为克(水)每千克(干空气)(g/kg)。

H_a 可使用普遍接受的公式,通过相对湿度测量、露点测量、蒸气压测量或干/湿球测量得到。

b) 对带有中冷器的压燃式发动机,可使用下列替代公式:

$$k_{h,D} = \frac{1}{1 - 0.012 \times (H_a - 10.71) - 0.00275 \times (T_a - 298) + 0.00285 \times (T_{SC} - T_{SCRef})} \dots\dots\dots (26)$$

式中:

T_{SC} ——中冷后空气温度;

T_{SCRef} ——制造厂规定的中冷后空气参考温度。

注:其他参数的解释见 a)。

H_a 可使用普遍接受的公式,通过相对湿度测量、露点测量、蒸气压测量或干/湿球测量得到。

9.3.7 比排放计算

应按下列方法计算各种组分的排放[g/(kW·h)]:

$$M_{gas} = m_{gas}/W_{act} \dots\dots\dots (27)$$

式中:

W_{act} ——按 6.6.2 确定的实际循环功,单位为千瓦时(kW·h)。

9.4 颗粒物的测定

9.4.1 一般要求

测定颗粒物需要采用稀释系统。本节规定采用部分流稀释系统进行稀释。稀释系统的流量应足够大以便能完全消除水蒸气在稀释和取样系统中的凝结,并使在紧靠滤纸座上游处的稀释排气温度控制在 315 K(42℃)~325 K(52℃)范围内。稀释空气在进入稀释系统前允许除湿,这对稀释空气湿度较高时特别有用。稀释空气在稀释通道进口附近的温度应高于 288 K(15℃)。

部分流稀释系统应设计成从发动机排气中抽取一定比例的原始排气气样,从而对排气流量的偏移作出响应,然后将稀释空气引入气样中,使测试滤纸的温度在 315 K(42℃)~325 K(52℃)。这样做实质上是要确定稀释比 r_{dil} 或取样比 r_s ,以达到完成 9.4.2 规定所需的精度限值。可以采用不同的取样方法,所用取样类型要求采用一定的硬件和程序。

为了测定颗粒物质量,要求有颗粒物取样系统、颗粒物取样滤纸、微克级天平以及具有温度和湿度控制的称重室。第 12 章规定了该系统的详细要求。

9.4.2 颗粒物取样

通常,颗粒物取样探头应安装在紧靠气体排放取样探头处,但应留有足够距离以防止干扰。因此,9.3.2 规定的安装要求也适用于颗粒取样。取样管应符合 ISO 8178-1:2006 中 16.2 的要求。

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,以保证气样能代表所有气缸的平均排放量。对于装有分组排气歧管的多缸机,诸如“V”型发动机布置的情况,建议对取样探头的歧管上游进行组合。如无经验可循,允许从颗粒排放最高的那组进行取样。也可使用业已证明与上述方法有对应关系的其他方法。在计算排放时应使用总排气质量流量。

9.4.3 系统响应时间

需快速系统响应以控制部分流稀释系统。系统的转换时间应按照 12.3.3 规定的程序进行确定。如果排气流测量(见 9.2.2)和部分流系统的组合转换时间小于 0.3 s,应使用在线控制。如果转换时间超过 0.3 s,则应使用基于预先记录测试进程的预控制。在这种情况下,上升时间应小于等于 1 s 且组合延迟时间应小于等于 10 s。

整个系统响应的设计应确保有代表性的颗粒样品($q_{mp,i}$)与排气质量流量成正比。为确定这一比例,应在最低 5 Hz 的数据获取频率下进行 $q_{mp,i}$ 和 $q_{mew,i}$ 间的回归分析,并应符合下列标准:

- $q_{mp,i}$ 和 $q_{mew,i}$ 间的线性回归相关系数 r^2 应不小于 0.95;
- $q_{mp,i}$ 对 $q_{mew,i}$ 估计值的标准偏差应不超过 q_{mp} 最大值的 5%;
- q_{mp} 在回归线上的截距应不超过 q_{mp} 最大值的 $\pm 2\%$ 。

也可以进行预试验,先行试验的排气质量流量信号用于控制颗粒系统的取样流(“预控制”)。若颗粒物系统的转换时间($t_{50,P}$)或排气质量流速量信号的转换时间($t_{50,F}$)大于 0.3 s,则需要进行这样的过程。如果控制 q_{mp} 预试验的 $q_{mew,pre}$ 时间记录在($t_{50,P} + t_{50,F}$)先行时间条件下有所移动,则部分流稀释系统得到了正确控制。

为了建立 $q_{mp,i}$ 和 q_{mew} 之间的相关性,应使用实际试验中收集的数据,并用与 $q_{mp,i}$ 相关的 $t_{50,F}$ 进行 $q_{mew,i}$ 的时间排列($t_{50,P}$ 对时间排列没有作用)。也就是说, q_{mew} 和 q_{mp} 间的时间漂移与按照 12.3.3 确定的转换时间是不同的。

9.4.4 数据评定

应从滤纸总重(按 7.9.5 测得)中减去滤纸自重(按照 7.2 测得),以得到颗粒物样品质量 m_f 。为了评定颗粒物浓度,应记录在整个试验循环中通过滤纸的总样品质量。

经有关各方同意,可将颗粒物质量修正到稀释空气的颗粒水平(见 7.3 的规定),并符合所用的颗粒物测量系统、好的工程实践经验和特定的设计特征。

9.4.5 质量排放的计算

颗粒物质量应按下列任一方法进行计算,计算过程实例见附录 B。

a)

$$m_{PM} = \frac{m_f}{m_{sep}} \times \frac{m_{edf}}{1\,000} \dots\dots\dots (28)$$

式中:

- m_f ——整个循环中颗粒样品质量,单位为毫克(mg);
- m_{sep} ——通过颗粒收集滤纸的稀释排气质量,单位为千克(kg);
- m_{edf} ——整个循环的稀释排气当量,单位为千克(kg)。

应按下式确定整个循环的稀释排气总当量:

$$m_{edf} = \sum_{i=1}^{i=n} q_{medf,i} \times \frac{1}{f} \dots\dots\dots (29)$$

$$q_{medf,i} = q_{mew,i} \times r_{dil,i} \dots\dots\dots (30)$$

$$r_{dil,i} = \frac{q_{mdew,i}}{q_{mdew,i} - q_{mdw,i}} \dots\dots\dots (31)$$

式中:

- $q_{medf,i}$ ——瞬时当量稀释排气质量流量,单位为千克每秒(kg/s);
- $q_{mew,i}$ ——瞬时排气质量流量,单位为千克每秒(kg/s);
- $r_{dil,i}$ ——瞬时稀释比;
- $q_{mdew,i}$ ——通过稀释通道的瞬时稀释排气质量流量,单位为千克每秒(kg/s);
- $q_{mdw,i}$ ——瞬时稀释空气质量流量,单位为千克每秒(kg/s);

f ——数据取样频率,单位为赫兹(Hz);

n ——测量次数。

b)

$$m_{PM} = m_f / (r_s \times 1\,000) \quad \dots\dots\dots (32)$$

式中:

m_f ——整个循环中的颗粒样品质量,单位为毫克(mg);

r_s ——整个试验循环的平均取样比。

$$r_s = \frac{m_{se}}{m_{ew}} \times \frac{m_{sep}}{m_{sed}} \quad \dots\dots\dots (33)$$

式中:

m_{se} ——整个循环的样品质量,单位为千克(kg);

m_{ew} ——整个循环的总排气质量流量,单位为千克(kg);

m_{sep} ——通过颗粒收集滤纸的稀释排气质量,单位为千克(kg);

m_{sed} ——通过稀释通道的稀释排气质量,单位为千克(kg)。

注:如果是总量取样型系统,则 m_{sep} 和 m_{sed} 是相同的。

9.4.6 颗粒物湿度修正系数

由于柴油机的颗粒物排放与环境空气状况有关,因此颗粒物浓度应使用下式给出的系数 k_p 对环境湿度进行修正。

若经有关各方同意,也可用湿度基准值代替 10.71 g/kg,但应随计算结果一起写入报告。

若能证明其正确或有效,也可使用其他修正公式。

$$k_p = \frac{1}{1 + 0.013\,3 \times (H_a - 10.71)} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

H_a ——进气湿度,单位为克(水)每千克(干空气)(g/kg)。

9.4.7 比排放的计算

颗粒物的排放[g/(kW·h)]应按下列方法计算:

$$M_{PM} = m_{PM} \times k_p / W_{act} \quad \dots\dots\dots (35)$$

式中:

W_{act} ——按 6.6.2 测定的实际循环功,单位为千瓦时(kW·h)。

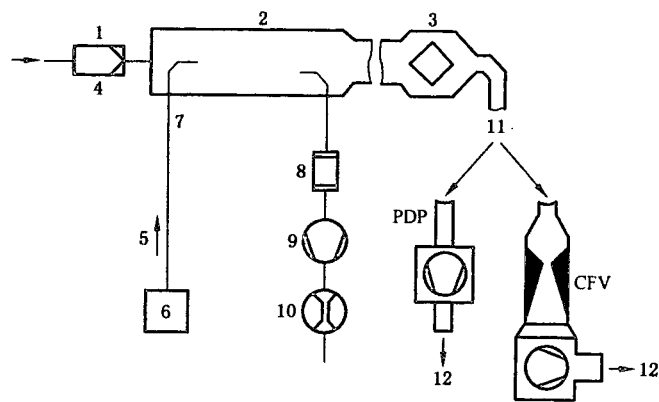
10 用全流稀释系统测定气体组分和颗粒物质量

10.1 一般要求

通过整个循环积分或通过取样袋取样所得到的气体组分浓度可在乘以稀释排气流量后计算得到质量排放。排气质量流量可通过定容取样测得,如使用容积泵(PDP)、临界流量文丘里管(CFV)或亚音速文丘里管(SSV)。

对于颗粒物,通常是从 CVS 系统的稀释排气中提取一定比例的样品。

整个试验装置如图 3 所示。



- 1——过滤器；
- 2——稀释通道；
- 3——热交换器；
- 4——稀释空气；
- 5——排气；
- 6——发动机；
- 7——排气管；
- 8——颗粒滤纸；
- 9——取样泵；
- 10——流量计；
- 11——可选项；
- 12——排气口。

图 3 CVS 全流稀释系统示意图

10.2 稀释排气流量的测定

10.2.1 一般要求

要计算稀释排气的排放,需要知道稀释排气质量流量。可按照 10.2.2~10.2.4 规定的任一种方法,利用流量测量仪器的整个循环测量值和相应的校正数据(PDP 的 V_0 、CFV 的 K_v 、SSV 的 C_d 和 Y)来计算整个循环(kg/试验)的总稀释排气流量。若颗粒物总样品质量(m_{sp})和排气污染物超过总 CVS 流量(m_{cd})的 0.5%,应对 m_{sp} 的 CVS 流量进行修正,或将颗粒样品流量返回到流量测量设备前的 CVS 系统。

10.2.2 PDP-CSV 系统

若使用热交换器使稀释气体的温度在整个循环过程中维持在±6 K 范围内,则整个循环的质量流量计算如下:

$$m_{cd} = 1.293 \times V_0 \times N_P \times (p_B - p_1) \times 273 / (101.3 \times T) \dots\dots\dots (36)$$

式中:

- V_0 ——在试验条件下每转的泵流量,单位为立方米每转(m^3/r);
- N_P ——每个试验的泵的总转数;
- p_B ——试验间的大气压,单位为千帕(kPa);
- p_1 ——泵进口处的负压,单位为千帕(kPa);
- T ——整个循环中泵进口处稀释排气的平均温度,单位为开尔文(K)。

如果使用带流量补偿的系统(即不带热交换器),则应对瞬时质量流量在整个循环内积分。此时,稀释排气的瞬时质量可按如下计算:

$$m_{ed,i} = 1.293 \times V_0 \times N_{P,i} \times (p_B - p_1) \times 273 / (101.3 \times T) \dots\dots\dots (37)$$

式中:

- $N_{P,i}$ ——给定时间间隔泵的总转数。

10.2.3 CFV-CSV 系统

若使用热交换器使稀释气体的温度在整个循环过程中维持在±11 K 范围内,则整个循环的质量流量计算如下:

$$m_{cd} = 1.293 \times t \times K_v \times p_A / T^{0.5} \dots\dots\dots (38)$$

式中:

t ——循环时间,单位为秒(s);

K_v ——标准条件下临界流量文丘里管校正系数;

p_A ——文丘里管进口处绝对压力,单位为千帕(kPa);

T ——文丘里管进口处绝对温度,单位为开尔文(K)。

如果使用带流量补偿的系统(即不带热交换器),则应对瞬时质量流量在整个循环内积分。此时,稀释排气的瞬时质量可按如下计算:

$$m_{ed,i} = 1.293 \times \Delta t_i \times K_v \times p_A / T^{0.5} \quad \dots\dots\dots (39)$$

式中:

Δt_i ——时间间隔,单位为秒(s)。

10.2.4 SSV-CVS 系统

若使用热交换器使稀释气体的温度在整个循环过程中维持在 ± 11 K 范围内,则整个循环的质量流量计算如下:

$$m_{ed} = 1.293 \times Q_{SSV} \quad \dots\dots\dots (40)$$

式中:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r^{1.4286} - r^{1.7143}) \times \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]} \quad \dots\dots\dots (41)$$

A_0 ——常数和单位转换的集合, $A_0 = 0.006111$, SI 单位: $\left(\frac{\text{m}^3}{\text{min}} \right) \left(\frac{\text{K}^{\frac{1}{2}}}{\text{kPa}} \right) \frac{1}{\text{mm}^2}$;

d ——SSV 喉口的直径,单位为米(m);

C_d ——SSV 的流量系数;

P_A ——文丘里管进口处的绝对压力,单位为千帕(kPa);

T ——文丘里管进口处的绝对温度,单位为开尔文(K);

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

r_y ——SSV 喉口直径 d 与进口管内径之比, $r_y = d / D$ 。

如果使用带流量补偿的系统(即不带热交换器),则应对瞬时质量流量在整个循环内积分。此时,稀释排气的瞬时质量可按如下计算:

$$m_{ed} = 1.293 \times Q_{SSV} \times \Delta t_i \quad \dots\dots\dots (42)$$

式中:

$$Q_{SSV} = A_0 d^2 C_d P_A \times \sqrt{\left[\frac{1}{T} (r^{1.4286} - r^{1.7143}) \left(\frac{1}{1 - \beta^4 r^{1.4286}} \right) \right]} \quad \dots\dots\dots (43)$$

Δt_i ——时间间隔,单位为秒(s)。

实时计算时应采用一个合理的 C_d 值或一个合理的 Q_{SSV} 值进行初始化,如取 C_d 为 0.98。如果用 Q_{SSV} 进行初始化,则 Q_{SSV} 的值应用于评估雷诺数(Re)。

在排放试验中,SSV 喉口处的雷诺数必须在 GB/T 8190 的本部分规定的用于推导校正曲线的雷诺数范围内。

10.3 气体组分的测定

10.3.1 一般要求

送检发动机排放的气体组分应按照 10.3.2 规定的方法进行测量,且在稀释排气中进行测定。

10.3.3 和 10.3.4 规定了相应的数据评定和计算程序。

10.3.2 气体排放取样

发动机和全流稀释系统之间的排气管应符合 ISO 8178-1 的要求。排气取样探头应安装在稀释通道中稀释空气与排气混合较好的地方,且紧靠颗粒取样探头。

通常可按下列两种方法进行取样：

- 在整个循环中将排气样品送入取样袋，并在试验完成后进行测量。对于 HC，取样袋必须加热到 464 K±11 K(191 ℃±11 ℃)；对于 NO_x，取样袋温度必须高于露点温度。
- 对污染物在整个循环中进行连续取样并积分。在满足上述条件的情况下才能对 HC 和 NO_x 采用这种方法。

应通过从稀释通道上游到取样袋的气样来测定本底浓度，并按 10.3.4.2 规定将其从排气浓度中减去。

10.3.3 数据评定

为了评定气体排放物，HC、CO 和 NO_x 的排放浓度以及排气质量流量应以至少 1 Hz 的速率在计算机系统中记录并存储，其他数据应以至少 1 Hz 的速率进行记录。对于类似的分析仪，其响应也应记录，且校正数据在数据评定过程中可以被在线或脱机使用。

10.3.4 质量排放的计算

10.3.4.1 带恒定质量流量的系统

带热交换器的系统，污染物质量可按下式确定：

$$m_{gas} = u_{gas} \times c_{gas} \times m_{ed} \dots\dots\dots (44)$$

式中：

- u_{gas} ——排气组分密度与空气密度之比；
- c_{gas} ——各组分的平均本底修正浓度，ppm；
- m_{ed} ——整个循环的总稀释排气质量，单位为千克(kg)。

为了计算 NO_x，若适用则应使用按 10.3.6 确定的湿度修正系数 $k_{h,D}$ 或 $k_{h,G}$ 。
如果所测浓度不是湿基浓度，则应按 10.3.5 将所测浓度转换成湿基浓度。

表 7 所示为所选组分的 u 值。

表 7 稀释排气的 u 值

气 体	NO _x	CO	HC	CO ₂	O ₂	CH ₄	HCHO	CH ₃ OH
$\rho_{gas}/(kg/m^3)$	2.053	1.250	— ^a	1.963 6	1.427 7	0.716	1.340	1.430
燃料	$\rho_{air}=1.293\text{ kg/m}^3$ 相关系数 u_{gas}^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
植物油甲脂	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 ^c	0.001 588	0.000 967	0.000 584 ^d	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
^a 与燃料有关。 ^b 当 $\lambda=2$ ，干空气，273 K，101.3 kPa。 ^c 对于质量成分：C=(66~76)%，H=(22~25)%，N=(0~12)%，其精确度 u 在 0.2% 以内。 ^d 基于 CH _{2.93} 的 NMHC 值(对于总碳氢，应使用 CH ₄ 相关系数 u_{gas})。								

注：为了计算 u_{gas} 值，稀释排气的密度假定与空气密度相等。因此，除 HC 的 u_{gas} 不同外，其他单气体组分的 u_{gas} 值均相等。对于原始排气的测量，在循环过程中因稀释比变化会引起稀释排气密度的变化，不推荐采用这种计算方法。

10.3.4.2 本底修正浓度的确定

稀释空气中排气污染物平均本底浓度应从所测浓度中减去,以得到污染物的净浓度。本底浓度的平均值可用取样袋法或带积分的连续测量法进行测定。应使用下列公式:

$$c = c_e - c_d \times [1 - (1/DF)] \quad \dots\dots\dots (45)$$

式中:

c_e ——稀释排气中测得的各污染物浓度,ppm;

c_d ——稀释空气中测得的各污染物浓度,ppm;

DF——稀释系数。

稀释系数应按下式计算:

a) 对柴油机或 LPG 燃料气体发动机;

$$DF = \frac{F_s}{CO_{2,conc} + (HC_{conc} + CO_{conc}) \times 10^{-4}} \quad \dots\dots\dots (46)$$

b) 对 NG 燃料发动机:

$$DF = \frac{F_s}{CO_{2,conc} + (NMHC_{conc} + CO_{conc}) \times 10^{-4}} \quad \dots\dots\dots (47)$$

式中:

$CO_{2,conc}$ ——稀释排气中 CO_2 浓度,%体积;

HC_{conc} ——稀释排气中 HC 浓度,ppm C1;

$NMHC_{conc}$ ——稀释排气中 NMHC 浓度,ppm C1;

CO_{conc} ——稀释排气中 CO 浓度,ppm;

F_s ——理论系数。

测得的干基浓度应按 10.3.5 转换成湿基浓度。

理论系数应按下式计算:

$$F_s = 100 \times \frac{x}{x + \frac{y}{2} + 3.76 \times \left(x + \frac{y}{4}\right)} \quad \dots\dots\dots (48)$$

式中:

x, y 为燃料组分 $C_x H_y$ 。

若不知道燃料组分,可使用下列理论系数:

$F_s(\text{柴油机}) = 13.4$;

$F_s(\text{LPG 发动机}) = 11.6$;

$F_s(\text{NG 发动机}) = 9.5$ 。

10.3.4.3 带流量补偿的系统

对不带热交换器的系统,污染物质量(g/试验)应通过计算瞬时质量排放并对瞬时值在整个循环内积分来确定。瞬时浓度值应直接进行本底修正。可按下式计算:

$$m_{gas} = \sum_{i=1}^n [(m_{ed,i} \times c_e \times u_{gas})] - \{[m_{ed} \times c_d \times (1 - 1/DF) \times u_{gas}]\} \quad \dots\dots\dots (49)$$

式中:

c_e ——稀释排气中测得的各污染物浓度,ppm;

c_d ——稀释空气中测得的各污染物浓度,ppm;

$m_{ed,i}$ ——稀释排气的瞬时质量,单位为千克(kg);

m_{ed} ——整个循环中稀释排气的总质量,单位为千克(kg);

u_{gas} ——表 7 中的数值;

DF——稀释系数。

10.3.4.4 带非甲烷截断器的 NMHC 和 CH₄ 的计算

NMHC 和 CH₄ 的浓度应按下式计算:

$$c_{\text{NMHC}} = \frac{c_{\text{HC(w/o截断器)}} \times (1 - E_M) - c_{\text{HC(w/截断器)}}}{E_E - E_M} \dots\dots\dots (50)$$

$$c_{\text{CH}_4} = \frac{c_{\text{HC(w/截断器)}} - c_{\text{HC(w/o截断器)}} \times (1 - E_E)}{E_E - E_M} \dots\dots\dots (51)$$

式中:

- $c_{\text{HC(w/截断器)}}$ ——取样气体流过 NMC 时的 HC 浓度;
- $c_{\text{HC(w/o截断器)}}$ ——取样气体从 NMC 旁通时的 HC 浓度;
- E_M ——由 ISO 8178-1:2006 的 8.8.4.2 确定的甲烷效率;
- E_E ——由 ISO 8178-1:2006 的 8.8.4.3 确定的乙烷效率。

10.3.5 干/湿基修正

若所测浓度是在干基条件下测得的,则应按下列公式将其转换为湿基条件。

公式(20):

$$c_{\text{wet}} = k_w \times c_{\text{dry}}$$
$$k_w = \left[1 - \frac{\alpha \times \% \text{conc}_{\text{CO}_2} (\text{湿基})}{200} \right] - k_{w,1} \dots\dots\dots (52)$$

式中:

$$k_{w,1} = \frac{1.608 \times H_a}{1\,000 + (1.608 \times H_a)} \dots\dots\dots (53)$$

10.3.6 NO_x 的湿度和温度修正

因 NO_x 排放与环境空气状况有关,应采用下列公式中给出的系数对 NO_x 浓度进行湿度和环境气温度的修正。

a) 对压燃式发动机:

$$k_{h,D} = \frac{1}{1 - 0.018\,2 \times (H_a - 10.71) + 0.004\,5 \times (T_a - 298)} \dots\dots\dots (54)$$

式中:

- T_a ——进气温度,单位为开尔文(K);
- H_a ——进气湿度,单位为克(水)每千克(干空气)(g/kg)。
- H_a 可使用普遍接受的公式,通过相对湿度测量、露点测量、蒸气压测量或干/湿球测量得到。

b) 对带有增压中冷器的压燃式发动机,可使用下列替代公式:

$$k_{h,D} = \frac{1}{1 - 0.012 \times (H_a - 10.71) - 0.002\,75 \times (T_a - 298) + 0.002\,85 \times (T_{\text{SC}} - T_{\text{SCRef}})} \dots\dots\dots (55)$$

式中:

- T_{SC} ——中冷后空气温度;
- T_{SCRef} ——制造厂规定的中冷后空气参考温度。

注:其他参数的解释见 a)。

H_a 是进气湿度,单位为克(水)每千克(干空气)(g/kg)。 H_a 可使用普遍接受的公式,通过相对湿度测量、露点测量、蒸气压测量或干/湿球测量得到。

10.3.7 比排放的计算

应按下列方法计算各种组分(NO_x 除外)的排放[g/(kW·h)]:

$$M_{\text{gas}} = m_{\text{gas}} / W_{\text{act}} \dots\dots\dots (56)$$

对 NO_x:

$$M_{\text{gas}} = m_{\text{gas}} \times k_h / W_{\text{act}} \dots\dots\dots (57)$$

式中:

W_{act} ——按 6.6.2 确定的实际循环功,单位为千瓦时(kW·h)。

10.4 颗粒物的测定

10.4.1 一般要求

测定颗粒物需要采用稀释系统。本节规定采用全流稀释系统进行稀释。稀释系统的流量应足够大以便能完全消除水蒸气在稀释和取样系统中的凝结,并使紧靠滤纸座上游处的稀释排气温度控制在 315 K(42 °C)~325 K(52 °C)范围内。稀释空气在进入稀释系统前允许除湿,这对稀释空气湿度较高时特别有用。稀释空气在稀释通道进口附近的温度应高于 288 K(15 °C)。

为了测定颗粒物质量,要求有颗粒物取样系统、颗粒物取样滤纸、微克级天平以及具有温度和湿度控制的称重室。第 12 章规定了该系统的详细要求。

10.4.2 颗粒物取样

颗粒物取样探头应安装在紧靠气体排放取样探头处,但应留有足够距离以防止在稀释通道中产生干扰。因此,9.3.2 规定的安装要求也适用于颗粒取样。取样管应符合 ISO 8178-1 的要求。

10.4.3 质量排放的计算

颗粒物质量(g/试验)应按下式计算:

$$m_{\text{PM}} = \frac{m_{\text{f}}}{m_{\text{sep}}} \times \frac{m_{\text{cd}}}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (58)$$

式中:

m_{f} ——整个循环中颗粒样品质量,单位为毫克(mg);

m_{sep} ——通过颗粒收集滤纸的稀释排气质量,单位为千克(kg);

m_{cd} ——整个循环的稀释排气质量,单位为千克(kg)。

如果采用二级稀释系统,则第二级稀释空气质量应从通过颗粒滤纸的总的二级稀释排气样品质量中减去:

$$m_{\text{sep}} = m_{\text{let}} - m_{\text{ssd}} \quad \dots\dots\dots (59)$$

式中:

m_{let} ——通过颗粒滤纸的二级稀释排气质量,单位为千克(kg);

m_{ssd} ——第二级稀释空气质量,单位为千克(kg)。

如果是按照 7.5 的要求确定的颗粒本底值,则颗粒质量可进行本底修正。此时,颗粒质量(g/试验)应按下式计算:

$$m_{\text{PM}} = \left\{ \frac{m_{\text{f}}}{m_{\text{sep}}} - \left[\frac{m_{\text{b}}}{m_{\text{sd}}} \times \left(1 - \frac{1}{DF} \right) \right] \right\} \times \frac{m_{\text{cd}}}{1\,000} \quad \dots\dots\dots (60)$$

式中:

$m_{\text{PM}}, m_{\text{sep}}, m_{\text{cd}}$ ——见上面;

m_{sd} ——本底颗粒样品的第一级稀释空气取样质量,单位为千克(kg);

m_{b} ——第一级稀释空气中收集的本底颗粒质量,单位为毫克(mg);

DF ——按 10.3.4.2 确定的流量系数。

10.4.4 颗粒物湿度修正系数

由于柴油机的颗粒物排放与环境空气状况有关,因此颗粒物浓度应使用下式给出的系数 k_p 对环境湿度进行修正。

若经有关各方同意,也可用湿度基准值代替 10.71 g/kg,但应随计算结果一起写入报告。

若能证明其正确或有效,也可使用其他修正公式。

$$k_p = \frac{1}{1 + 0.013\,3 \times (H_a - 10.71)} \quad \dots\dots\dots (61)$$

式中:

H_a ——进气湿度,单位为克(水)每千克(干空气)(g/kg)。

10.4.5 比排放的计算

颗粒物的排放[g/(kW·h)]应按下列方法计算:

$$M_{PM} = m_{PM} \times k_p / W_{act} \dots\dots\dots (62)$$

式中:

W_{act} ——按 6.6.2 测定的实际循环功,单位为千瓦时(kW·h)。

11 气体组分的测量设备

11.1 通用分析仪技术要求

11.1.1 一般要求

分析仪的量程和响应时间应适合在瞬态条件下测量各种排气组分浓度时所要求的精度。分析仪在使用时测量的浓度应在满量程的 15%~100%,但分析仪精度不超过平均浓度读数的±2%者除外。

如果读数装置(计算机、数据记录仪)在低于满量程 15%的情况下具有足够的精度和分辨率,则低于满量程 15%的测量值也可以认可。在这种情况下,应按照 ISO 8178-1:2006 中 8.5.5 的规定进行至少 4 个非零名义校正点的附加校正,以确保校正曲线的精度。

设备的电磁兼容性应保证使附加误差最小化。

11.1.2 精确度

分析仪在名义校正点的偏差不应大于读数的±2%或满量程的±0.3%,以其中较大者为准。精确度根据 ISO 8178-1:2006 中 8.5 所列校正要求确定。

注: GB/T 8190 的本部分中,精确度被定义为分析仪读数与用校正气(真值)校正所得名义校正值的偏差。

11.1.3 精度

精度被定义为对于给定的校正气或量距气、2.5 倍于 10 个重复响应标准偏差的精度,用于 155 ppm(或 ppmC)以上时,应小于每个量程满量程浓度的 1%,或用于小于 155 ppm(或 ppmC)时,应小于每个量程的 2%。

11.1.4 噪声

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

11.1.5 零点漂移

零点漂移被定义为,在 30 s 时间间隔内对零气包括噪声在内的平均响应。1 h 内的零点响应漂移在使用的最低量程上应小于满刻度的 2%。

11.1.6 量距漂移

量距相应被定义为,在 30 s 时间间隔内对量距气包括噪声在内的平均响应。1 h 内的量距响应漂移在使用的最低量程上应小于满刻度的 2%。

11.1.7 上升时间

安装在测量系统上的分析仪上升时间不应超过 2.5 s。

注: 对瞬态试验而言,仅单独评定分析仪的响应时间对整个系统的适用性还没有明确规定。整个系统的容积(特别是死容积),不仅影响从探头到分析仪的转换时间,而且还影响上升时间。另外,分析仪内部的传递时间也应被定义为分析仪的响应时间,就象 NO_x 分析仪中的转换器或水阀。确定整个系统的响应时间在 11.3.2 中有所规定。

11.1.8 气体干燥

排气组分可能在湿的或干的状态下测量。如果使用气体干燥装置,则该装置对所测气体成分的影响应为最小。不能采用化学干燥剂除去气样中的水分。

11.2 分析仪

11.2.1 一般要求

11.2.2~11.2.9 规定了所使用的测量原理。测量系统的详细规定见 ISO 8178-1:2006 的第 15 章。

应使用下列仪器来分析待测气体。对于非线性分析仪允许使用线性化电路。

11.2.2 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。

11.2.3 二氧化碳(CO₂)分析

二氧化碳分析仪应是不分光红外线(NDIR)吸收型。

11.2.4 碳氢化合物(HC)分析

碳氢化合物分析仪应是加热式火焰离子化检测器(HFID)型,检测器、阀、管路系统等都需要加热,以保持气体温度在 $463\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($190\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$)。

11.2.5 非甲烷碳氢化合物(NMHC)分析

非甲烷碳氢化合物组分的测定,应按 ISO 8178-1:2006 中 16.4.2 的要求用一个连接火焰离子化检测器(FID)的加热式非甲烷截断器(NMC)进行,并从碳氢化合物中减去甲烷含量。

11.2.6 氮氧化物(NO_x)分析

如果是干基测量,氮氧化物分析仪应是带 NO₂/NO 转换器的化学发光检测器(CLD)或加热式化学发光检测器(HCLD)型。如果是湿基测量,若能满足水熄光检查(见 ISO 8178-1:2006 的 8.9.3.2),则应使用带有转换器的 HCLD,且该转换器能使温度保持在 328 K ($55\text{ }^{\circ}\text{C}$) 以上。对于 CLD 和 HCLD,取样通道应能使壁温度保持在 $328\text{ K} \sim 473\text{ K}$ ($55\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 200\text{ }^{\circ}\text{C}$),且能在干基测量时至转换器,在湿基测量时至分析仪。

11.2.7 甲醛(HCHO)分析

对于原始排气的连续测量,应按照仪器供应商的说明,使用 FTIR(傅立叶变换式红外线)或 SIMS(软离子化质量度谱)分析仪。

FTIR 分析仪应装有一套能从红外光谱中产生无干扰浓度值的法则。FTIR 分析仪还装有每一种仪器的详细频谱数据库,以避免仪器间不同频谱的相互干扰。

SIMS 分析仪应装有能产生甲醛浓度干扰退耦值的控制库。电离离子的内能应在 11.6 eV 以上(如: Xe^+ 具有 12.2 eV 内能)。如果对质量 30 进行测量,则应能利用质量 46 与质量 30 的 NO₂ 已知离子化效率比对 NO₂ 进行干扰退耦。干扰的退耦应在最多 300 ms 的循环时间进行。如果由于高价醛引起的附加信号是希望得到的、可接受的或可得到补偿的,则质量 29 的甲醛测量是可以认可的(质量 29 的测量是对甲醛浓度测量的上限)。

如果是在部分流稀释系统的稀释排气中测量,则应将恒流的稀释排气气样通过一装有乙腈(ACN)溶液和二硝基苯肼试剂(DNPH)的冲击器或通过涂有 2,4-DNPH 的二氧化硅过滤小柱来测定。采集的样品应使用高压液相色谱(HPLC)法用紫外线在 365 nm 波段检测分析(详见 ISO 8178-1:2006 的 16.6)。如果稀释排气是从总取样型部分流稀释系统抽取的,则 12.1.4.3 规定的程序必须满足 12.1.4 规定的流量测量精度要求。

11.2.8 甲醇(CH₃OH)分析

对于原始排气的连续测量,应按照仪器供应商的说明,使用 FTIR(傅立叶变换式红外线)或 SIMS(软离子化质量度谱)分析仪。

FTIR 分析仪应装有一套能从红外光谱中产生无干扰浓度值的法则。FTIR 分析仪还装有每一种仪器的详细频谱数据库,以避免仪器间不同频谱的相互干扰。

SIMS 分析仪应装有能产生甲醇浓度干扰退耦值的控制库。电离离子的内能应在 11.2 eV 以上(如: Xe^+ 具有 12.2 eV 内能)。这就能对质量 31 的甲醇进行测量。对这一质量有干扰的物质尽可能是乙醇或甲醇,但这两种物质通常在排气中不会出现。对于甲醇的精确测量,仍应利用已知的这些物质在未分开前的质量和质量 31 的离子化效率比来进行干扰退耦。

也可用 HFID 测定甲醇。此时, HFID 应在 $385\text{ K} \pm 10\text{ K}$ ($112\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 10\text{ }^{\circ}\text{C}$) 时用丙烷进行校正。甲醇响应系数应按 ISO 8178-1:2006 中 8.8.5 的规定在气样浓度范围内按几种浓度确定。

如果是在部分流稀释系统的稀释排气中测量,则应将恒流的稀释排气气样通过一装有去离子水的冲击器来测定。气样应采用气相色谱(GC)法用火焰离子化检测器(FID)进行分析(详见 ISO 8178-1:2006 的 16.5)。如果稀释排气是从总取样型部分流稀释系统抽取的,则 12.1.4.3 规定的程序必须满足 12.1.4 规定的流量测量精度要求。

11.2.9 空-燃比测量

用于确定 9.2.6 规定的排气流量的空-燃比测量设备应是宽量程的空-燃比传感器或氧化锆型 λ 传感器。

传感器应直接安装在排气温度高到足以消除水蒸气凝结的排气管位置上。

带有内装电子元器件的传感器精确度应符合下列要求:

读数的 $\pm 3\%$	$\lambda < 2$
读数的 $\pm 5\%$	$2 \leq \lambda < 5$
读数的 $\pm 10\%$	$5 \leq \lambda$

为了达到上述规定的精确度,应按仪器制造厂的规定对传感器进行校正。

11.3 校正

11.3.1 一般要求

每种分析仪应根据需要经常校正,以满足 GB/T 8190 的本部分的精确度要求。使用的校正方法在 ISO 8178-1:2006 中第 8 章有详细的规定。本部分仅对瞬态试验的校正程序要求作一规定。

11.3.2 分析系统的响应时间检查

响应时间评定的系统设置应在试验测量过程中保持完全一致(如:压力、流量、分析仪的过滤器设置和其他的响应时间影响)。响应时间应通过在取样探头直接进行气体切换来测定。气体切换应在 0.1 s 内完成。试验用气体应能使浓度改变至少为满刻度的 60%。

应记录每一单气体组分的浓度。响应时间被定义为气体切换与所记录浓度的相应变化在时间上的差别。系统响应时间(t_{90})由测量探测器的延迟时间和上升时间构成。延迟时间被定义为从开始变化(t_0)到最终读数的 10% 响应的的时间。上升时间被定义为从最终读数的 10%~90% 响应的的时间($t_{90}-t_{10}$)。

对于原始测量条件下分析仪和排气流量信号的时间排列,转换时间被定义为从开始变化(t_0)到最终读数的 50% 响应(t_{50})的时间。

对于限制的排气组分(CO, NO_x, HC 或 NMHC)和所用的量程范围,按照 11.1.7 的规定,系统响应时间应不大于 10 s,且上升时间不大于 2.5 s。

11.3.3 校正曲线的确认

在每台发动机试验前,都应按照下列程序对每个常用的工作范围进行检验。

应使用零气或标称值大于 80% 满刻度测量范围的量距气来检验校正。

如所考虑两点的实测值与标定基准值之差大于满刻度的 $\pm 4\%$,可修改调整参数。如若不然,量距气将被确认或按照 ISO 8178-1:2006 中 8.5 的要求确定新的校正曲线。

11.3.4 排气流量测量用示踪气分析仪的校正

示踪气浓度测量用分析仪应用标准气进行校正。

校正曲线至少应由 10 个校正点(零除外)来确定,且应有一半的校正点分布在分析仪满刻度的 4%~20%,其余的点分布在满刻度的 20%~100%。校正曲线用最小二乘法计算得到。

校正曲线与范围在满刻度 4%~20% 的每一校正点标称值之差应不大于满刻度的 $\pm 1\%$,与满刻度 4%~20% 的标称值之差应不超过读数的 $\pm 2\%$ 。

试运行前,应用零气和标称值大于分析仪 80% 满刻度值的量距气对分析仪进行调零和量距。

11.3.5 校正间隔期

分析仪应按 ISO 8178-1:2006 中 8.5 的规定至少每 3 个月,或当系统经检修或更换后可能影响到

校正时就必须进行校正。

11.4 分析系统

在 ISO 8178-1:2006 的第 16 章中有分析系统的详细描述。

12 颗粒物测量设备

12.1 通用技术要求

12.1.1 一般要求

为了测定颗粒物质量,要求有颗粒物取样系统、颗粒物取样滤纸、微克级天平以及具有温度和湿度控制的称重室。颗粒取样系统的设计应确保有代表性的颗粒样品与原始排气或稀释排气流量成正比。颗粒取样系统应按照 9.4.2 的规定,设计成在发动机瞬态运行条件下能保证进行与原始或稀释的废气流成比例。

12.1.2 颗粒物取样滤纸

在试验过程中,稀释排气应使用能满足 12.1.2.1 和 12.1.2.2 要求的滤纸进行取样。

12.1.2.1 滤纸技术要求

应使用碳氟化合物涂层的玻璃纤维滤纸或者碳氟化合物薄膜滤纸。所有各类滤纸在气体迎面速度为 35 cm/s 和 100 cm/s 时,对 0.3 μm 的 DOP(邻二甲酸二辛酯)的采集效率至少为 99%。

12.1.2.2 滤纸尺寸

推荐使用直径为 47 mm 的颗粒物滤纸。可使用较大直径的滤纸(见 12.1.2.4),但不允许使用较小直径的滤纸。

12.1.2.3 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。

12.1.2.4 滤纸荷重

对于大多数一般滤纸尺寸的最小滤纸荷重要求见表 8。对于较大滤纸尺寸,其最小滤纸荷重应为 0.065 mg/1 000 mm² 滤纸面积。

表 8 滤纸最小荷重

滤纸直径/mm	最小荷重/mg
47	0.11
70	0.25
90	0.41
110	0.62

如果基于以前的试验,在对流量和稀释比进行优化之后仍达不到试验循环所要求的最小滤纸荷重,则经有关各方同意,可以选用能满足 12.1.3.2 精度要求(如 0.1 μg 级天平)的较低滤纸荷重。

12.1.3 称重室和分析天平的技术要求

12.1.3.1 称重室条件

颗粒物滤纸进行调温和称重的称重室(房)的温度应保持在 295 K±3 K(22 °C±3 °C),湿度应保持在露点 282.5 K±3 K(9.5 °C±3 °C)和相对湿度为 45%±8%。

12.1.3.2 参考滤纸称重

在颗粒物滤纸稳定化过程中,室(房)内环境应无任何环境污染物(如灰尘)沉积在滤纸上。但允许称重室偏离 12.1.3.1 所列技术要求,只要偏离持续时间不超过 30 min 即可。称重室在达到所需技术要求后,才能让工作人员进入称重室。在取样滤纸称重的 4 h 内(最好同时),至少对两个未经使用的参考滤纸进行称重。参考滤纸的尺寸和材料应与取样滤纸相同。

如果参考滤纸的平均质量在取样滤纸两次称重之间的变化超过 10 μg,则所有取样滤纸应作废,并重做排放试验。

如果称重室不符合 12.1.3.1 提出的稳定性准则,但参考滤纸称重符合上述要求,则发动机制造厂可选择认可取样滤纸的质量,或否定该试验,调整称重室控制系统后并重做试验。

12.1.3.3 分析天平

用来测定滤纸质量的分析天平应具有至少 2 μg 的精度(标准偏差)和至少 1 μg(1 指=1 μg)的分辨率。这些要求由天平制造厂规定。

12.1.3.4 静电作用的消除

若观察到因静电作用而引起滤纸称重不稳定或不可再现,则应在称重前对滤纸进行中和处理,如使用钋中和器或类似作用的装置。

12.1.4 流量测量的技术要求

12.1.4.1 一般要求

流量计或流量测量仪器的绝对精确度要求应符合 8.3 的要求。

12.1.4.2 部分流稀释系统的特殊规定

对部分流稀释系统,如果不是直接测量而是用差压流量测量法测定,则样品流量 q_{mp} 的精确度要求应特殊规定如下:

$$q_{mp} = q_{mdew} - q_{mdw} \dots\dots\dots (63)$$

在这种情况下,使 q_{mdew} 和 q_{mdw} 达到±2%的精确度要求仍不能有效保证 q_{mp} 达到认可精确度。若气体流量采用压差流量测量法测定,在稀释比低于 15 时,最大差值误差应使 q_{mp} 的精确度在±5%以内。该值可用各仪器误差的均方根进行计算。

- a) q_{mdew} 和 q_{mdw} 的精确度为±2%时保证在稀释比为 15 时 q_{mp} 的精确度不大于 5%,但较高的稀释比会产生较大的误差;
- b) q_{mdew} 相对于 q_{mdw} 的校准可通过 a) 中得到的 q_{mp} 相同精确度来执行;
- c) q_{mp} 的精确度可通过由示踪气测定的稀释比的精确度直接确定,如 CO₂,且精确度与 a) 方法中 q_{mp} 的精确度等效;
- d) q_{mdew} 和 q_{mdw} 的绝对精确度为满刻度±2%以内, q_{mdew} 和 q_{mdw} 差值的最大误差为 0.2%以内,线性误差为试验时观察到的最大 q_{mdew} 的±0.2%。

12.1.4.3 气样流量修正(仅对部分流稀释系统)

如果使用总取样型部分流稀释系统对甲醇或甲醛进行测试,有必要从稀释通道(也就是 q_{mdew} 流量测量装置前)提取气样流量 q_{mex} 。 q_{mex} 应使用流量测量装置进行测量且通常稍小于 q_{mdew} ,但不可忽视($q_{mex} > 0.01 \times q_{mdew}$)。

为保证如 12.1.4.2 和 12.3.2.1 规定的 q_{mp} 精确度要求,本条规定的任一种均可使用。但 q_{mdew} 可用($q_{mdew} + q_{mex}$)来替换。

为计算 PM 的质量排放(见 9.4.5),从稀释通道中抽取的 q_{mex} 的质量应通过修正颗粒质量 m_i 按下式进行计算:

$$m_{i,corrected} = m_i \times \frac{q_{mdew}}{q_{mdew} - q_{mex}} \dots\dots\dots (64)$$

12.1.5 附加要求

在稀释系统和从排气管到滤纸座之间的取样系统中,所有与原始排气或稀释排气接触的部件应设计成使颗粒物沉积和变异最少。所有零件应使用与排气成分不起反应的导电材料制成并接地,以防止静电作用。

12.2 稀释和取样系统

稀释和取样系统在 ISO 8178-1:2006 的第 17 章中有详细规定。

12.3 校正

12.3.1 一般要求

对颗粒物测量的校正仅限于测量气样流量和稀释比的流量计。对颗粒物测试的标定只限于用于测定样品流速和稀释比的流量计。每一流量计都应根据需要经常校正,以满足 GB/T 8190 的本部分的精确度要求。12.3.2 规定了应使用的校正方法。

12.3.2 流量测量

12.3.2.1 周期性校正

为了达到 8.3 规定的流量测量绝对准确度要求,所使用的精确流量计对流量计或流量测量仪进行的校正应可溯源到国家标准和/或国际标准。

如果气样流量用差压流量测量法测定,流量计或流量测量仪应用下列程序之一进行校正,以使稀释通道中的探头流量 q_{mp} 能满足 12.1.4 所要求的精确度。

- 用于测定 q_{mdw} 的流量计与测定 q_{mdew} 的流量计依次连接,两流量计之差至少用 5 个设定点进行校正,且这 5 个点的流量值在试验中所用的最小 q_{mdw} 值和试验中所用的最大 q_{mdew} 值之间均匀分布。稀释通道可以是旁通连接。
- 校正后的质量流量装置与测量 q_{mdew} 的流量计依次连接,且精确度按试验所用值进行检查。然后,校正后的质量流量装置与测量 q_{mdw} 的流量计依次连接,精确度按与试验所用的 q_{mdew} 相关且与稀释比在 3~50 所对应的至少 5 个设定点进行检查。
- 将输送管 TT 从排气系统拆下,将具有合适量程测量 q_{mp} 且校正后的流量测量装置与输送管连接。然后,将 q_{mdew} 设定在试验所用值,继而将 q_{mdw} 设定在与稀释比 q 在 3~50 所对应的至少 5 个值。作为选择,可提供一个特殊的校正流量通道,且管路为旁通连接,但通过相应流量计的总空气流量和稀释空气流量与实际试验一致。
- 将示踪气输入输送管 TT。示踪气可以是一种排气组分,与 CO_2 和 NO_x 一样。在经过稀释通道稀释后对示踪气组分进行测量,并应对 3~50 的 5 个稀释比进行计算。气样流量的精确度由 r_{dil} 测定:

$$q_{mp} = q_{mdew} / r_{dil} \quad \dots\dots\dots (65)$$

应考虑气体分析仪的精确度以保证 q_{mp} 的精确度。

12.3.2.2 碳流量检验

为了探测测量和控制问题并核实部分流稀释系统是否处于正常的工作状态,极力推荐用实际排气进行碳流量检验。至少在每次安装新的发动机或试验台架结构发生重大变化时都应进行碳流量检验。

发动机应在最大扭矩和转速工况或任何能产生 5% 或更多 CO_2 的稳态工况下运行。部分流取样系统应在稀释系数大约为 15:1 的状况下进行。

若要进行碳流量检验,则应按附录 D 中规定的程序进行。碳流量应根据公式(D.1)、公式(D.2)和公式(D.3)进行计算。所有的碳流量应在误差为 6% 范围内保持一致。

12.3.2.3 试验前检验

试验前检验应在试验前 2 h 内按下列方法进行:

使用与校正相同的方法(见 12.3.2.1)检验流量计的精确度,至少检查 2 个点,包括在试验中用到的 q_{mdew} 值在稀释比为 5~15 时对应的流量值 q_{mdw} 。

如果 12.3.2.1 的校正程序记录证明流量计在更长一段时间内是稳定的,则可不进行试验前检验。

12.3.3 转换时间的测定(仅对部分流稀释系统)

转换时间评定的系统设定应与试验中的测量完全一致。转换时间应使用下列方法确定。

独立的参考流量计应与探头依次并紧密连接,该流量计应具有合适的测量范围且用于探头流量测定。流量计对响应时间测量的流量阶跃信号的转换时间应小于 100 ms,其流量限制足够低以不致于影

响部分流稀释系统的动力性能,且具有好的工程实践经验。

部分流稀释系统的排气流量(或计算排气流量时的空气流量)输入应能引起从低流量到至少满刻度90%的阶跃变化。该阶跃变化应能引起对实际试验中起动预控制所使用的相同的阶跃变化。应以至少10 Hz的取样速率记录下排气流阶跃信号和流量计响应。

从这些数据中,应测定出部分流稀释系统的转换时间,该转换时间是指从阶跃信号初始到流量计响应50%的时间。同样,也应测定部分流稀释系统的 q_{mp} 信号转换时间和排气流量计的 $q_{mew,i}$ 信号转换时间。这些信号在每次试验后进行回归检验时使用。

应对至少5个上升和下降信号进行重复计算,并将结果进行平均。参考流量计的间隔转换时间(<100 ms)应从这些值中减去。这是部分流稀释系统中的预设值,如果转换时间大于0.3 s,则可按照9.4.3的规定得以应用。

12.3.4 CVS系统的校正(仅对全流稀释系统)

12.3.4.1 概述

CVS系统应用一精确的流量计和一阻力装置来进行校正。在不同的阻力设定状况下测量流过系统的流量,测量该系统的控制参数并使这些控制参数与流量相关。

可使用各种类型的流量计,例如校正过的文丘里管、校正过的薄片式流量计、校正过的涡轮式流量计。

CVS的校正在ISO 8178-1:2006的第9章有详细规定。

12.3.4.2 总系统的检验

12.3.4.2.1 一般要求

CVS取样系统和分析系统的总精确度通过向系统中通入已知质量的污染气体来测定。此时,系统须处于正常工作状态。对污染物进行分析,按10.3.4.1计算质量,但丙烷的系数要用0.000 472来代替HC的0.000 479。应使用下列两种技术中的任何一种。

12.3.4.2.2 用临界流量孔板流量计进行测量

将已知量的纯气(一氧化碳或丙烷)通过已校正过的临界流量孔板流量计输入CVS系统。如果进口压力足够大,则可通过临界流量孔板流量计进行调节的流量与孔板流量计出口压力(临界流量)无关。CVS系统应在正常的排气排放试验状况下运行约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。实测质量应为注入气体已知质量的 $\pm 3\%$ 以内。

12.3.4.2.3 用质量测量技术进行测量

对装有一氧化碳或丙烷的小型气瓶的质量进行测量,精度在 ± 0.01 g以内。使CVS系统在正常的排气排放试验状况下运行约5 min~10 min,同时将一氧化碳或丙烷注入系统。用微分称重法测定放出的纯气量。用常用设备(取样袋或积分法)分析样气,并计算气体质量。实测质量应为注入气体已知质量的 $\pm 3\%$ 以内。

12.3.5 校正间隔

应按照内部审核程序或仪器制造厂的要求对仪器进行校正。

附 录 A
(规范性附录)
NRTC 发动机测功机程序

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
1	0	0	34	7	18	67	1	4
2	0	0	35	9	21	68	9	21
3	0	0	36	17	20	69	25	56
4	0	0	37	33	42	70	64	26
5	0	0	38	57	46	71	60	31
6	0	0	39	44	33	72	63	20
7	0	0	40	31	0	73	62	24
8	0	0	41	22	27	74	64	8
9	0	0	42	33	43	75	58	44
10	0	0	43	80	49	76	65	10
11	0	0	44	105	47	77	65	12
12	0	0	45	98	70	78	68	23
13	0	0	46	104	36	79	69	30
14	0	0	47	104	65	80	71	30
15	0	0	48	96	71	81	74	15
16	0	0	49	101	62	82	71	23
17	0	0	50	102	51	83	73	20
18	0	0	51	102	50	84	73	21
19	0	0	52	102	46	85	73	19
20	0	0	53	102	41	86	70	33
21	0	0	54	102	31	87	70	34
22	0	0	55	89	2	88	65	47
23	0	0	56	82	0	89	66	47
24	1	3	57	47	1	90	64	53
25	1	3	58	23	1	91	65	45
26	1	3	59	1	3	92	66	38
27	1	3	60	1	8	93	67	49
28	1	3	61	1	3	94	69	39
29	1	3	62	1	5	95	69	39
30	1	6	63	1	6	96	66	42
31	1	6	64	1	4	97	71	29
32	2	1	65	1	4	98	75	29
33	4	13	66	0	6	99	72	23

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
100	74	22	140	104	44	180	1	3
101	75	24	141	103	44	181	1	4
102	73	30	142	104	33	182	1	5
103	74	24	143	102	27	183	1	6
104	77	6	144	103	26	184	1	5
105	76	12	145	79	53	185	1	3
106	74	39	146	51	37	186	1	4
107	72	30	147	24	23	187	1	4
108	75	22	148	13	33	188	1	6
109	78	64	149	19	55	189	8	18
110	102	34	150	45	30	190	20	51
111	103	28	151	34	7	191	49	19
112	103	28	152	14	4	192	41	13
113	103	19	153	8	16	193	31	16
114	103	32	154	15	6	194	28	21
115	104	25	155	39	47	195	21	17
116	103	38	156	39	4	196	31	21
117	103	39	157	35	26	197	21	8
118	103	34	158	27	38	198	0	14
119	102	44	159	43	40	199	0	12
120	103	38	160	14	23	200	3	8
121	102	43	161	10	10	201	3	22
122	103	34	162	15	33	202	12	20
123	102	41	163	35	72	203	14	20
124	103	44	164	60	39	204	16	17
125	103	37	165	55	31	205	20	18
126	103	27	166	47	30	206	27	34
127	104	13	167	16	7	207	32	33
128	104	30	168	0	6	208	41	31
129	104	19	169	0	8	209	43	31
130	103	28	170	0	8	210	37	33
131	104	40	171	0	2	211	26	18
132	104	32	172	2	17	212	18	29
133	101	63	173	10	28	213	14	51
134	102	54	174	28	31	214	13	11
135	102	52	175	33	30	215	12	9
136	102	51	176	36	0	216	15	33
137	103	40	177	19	10	217	20	25
138	104	34	178	1	18	218	25	17
139	102	36	179	0	16	219	31	29

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
220	36	66	260	51	67	300	48	40
221	66	40	261	52	96	301	39	0
222	50	13	262	63	62	302	35	18
223	16	24	263	71	6	303	36	16
224	26	50	264	33	16	304	29	17
225	64	23	265	47	45	305	28	21
226	81	20	266	43	56	306	31	15
227	83	11	267	42	27	307	31	10
228	79	23	268	42	64	308	43	19
229	76	31	269	75	74	309	49	63
230	68	24	270	68	96	310	78	61
231	59	33	271	86	61	311	78	46
232	59	3	272	66	0	312	66	65
233	25	7	273	37	0	313	78	97
234	21	10	274	45	37	314	84	63
235	20	19	275	68	96	315	57	26
236	4	10	276	80	97	316	36	22
237	5	7	277	92	96	317	20	34
238	4	5	278	90	97	318	19	8
239	4	6	279	82	96	319	9	10
240	4	6	280	94	81	320	5	5
241	4	5	281	90	85	321	7	11
242	7	5	282	96	65	322	15	15
243	16	28	283	70	96	323	12	9
244	28	25	284	55	95	324	13	27
245	52	53	285	70	96	325	15	28
246	50	8	286	79	96	326	16	28
247	26	40	287	81	71	327	16	31
248	48	29	288	71	60	328	15	20
249	54	39	289	92	65	329	17	0
250	60	42	290	82	63	330	20	34
251	48	18	291	61	47	331	21	25
252	54	51	292	52	37	332	20	0
253	88	90	293	24	0	333	23	25
254	103	84	294	20	7	334	30	58
255	103	85	295	39	48	335	63	96
256	102	84	296	39	54	336	83	60
257	58	66	297	63	58	337	61	0
258	64	97	298	53	31	338	26	0
259	56	80	299	51	24	339	29	44

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
340	68	97	380	26	28	420	98	39
341	80	97	381	13	9	421	64	61
342	88	97	382	16	21	422	90	34
343	99	88	383	24	4	423	88	38
344	102	86	384	36	43	424	97	62
345	100	82	385	65	85	425	100	53
346	74	79	386	78	66	426	81	58
347	57	79	387	63	39	427	74	51
348	76	97	388	32	34	428	76	57
349	84	97	389	46	55	429	76	72
350	86	97	390	47	42	430	85	72
351	81	98	391	42	39	431	84	60
352	83	83	392	27	0	432	83	72
353	65	96	393	14	5	433	83	72
354	93	72	394	14	14	434	86	72
355	63	60	395	24	54	435	89	72
356	72	49	396	60	90	436	86	72
357	56	27	397	53	66	437	87	72
358	29	0	398	70	48	438	88	72
359	18	13	399	77	93	439	88	71
360	25	11	400	79	67	440	87	72
361	28	24	401	46	65	441	85	71
362	34	53	402	69	98	442	88	72
363	65	83	403	80	97	443	88	72
364	80	44	404	74	97	444	84	72
365	77	46	405	75	98	445	83	73
366	76	50	406	56	61	446	77	73
367	45	52	407	42	0	447	74	73
368	61	98	408	36	32	448	76	72
369	61	69	409	34	43	449	46	77
370	63	49	410	68	83	450	78	62
371	32	0	411	102	48	451	79	35
372	10	8	412	62	0	452	82	38
373	17	7	413	41	39	453	81	41
374	16	13	414	71	86	454	79	37
375	11	6	415	91	52	455	78	35
376	9	5	416	89	55	456	78	38
377	9	12	417	89	56	457	78	46
378	12	46	418	88	58	458	75	49
379	15	30	419	78	69	459	73	50

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
460	79	58	500	90	71	540	71	18
461	79	71	501	100	61	541	71	14
462	83	44	502	94	73	542	71	11
463	53	48	503	84	73	543	65	2
464	40	48	504	79	73	544	31	26
465	51	75	505	75	72	545	24	72
466	75	72	506	78	73	546	64	70
467	89	67	507	80	73	547	77	62
468	93	60	508	81	73	548	80	68
469	89	73	509	81	73	549	83	53
470	86	73	510	83	73	550	83	50
471	81	73	511	85	73	551	83	50
472	78	73	512	84	73	552	85	43
473	78	73	513	85	73	553	86	45
474	76	73	514	86	73	554	89	35
475	79	73	515	85	73	555	82	61
476	82	73	516	85	73	556	87	50
477	86	73	517	85	72	557	85	55
478	88	72	518	85	73	558	89	49
479	92	71	519	83	73	559	87	70
480	97	54	520	79	73	560	91	39
481	73	43	521	78	73	561	72	3
482	36	64	522	81	73	562	43	25
483	63	31	523	82	72	563	30	60
484	78	1	524	94	56	564	40	45
485	69	27	525	66	48	565	37	32
486	67	28	526	35	71	566	37	32
487	72	9	527	51	44	567	43	70
488	71	9	528	60	23	568	70	54
489	78	36	529	64	10	569	77	47
490	81	56	530	63	14	570	79	66
491	75	53	531	70	37	571	85	53
492	60	45	532	76	45	572	83	57
493	50	37	533	78	18	573	86	52
494	66	41	534	76	51	574	85	51
495	51	61	535	75	33	575	70	39
496	68	47	536	81	17	576	50	5
497	29	42	537	76	45	577	38	36
498	24	73	538	76	30	578	30	71
499	64	71	539	80	14	579	75	53

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
580	84	40	620	67	73	660	83	72
581	85	42	621	65	73	661	84	71
582	86	49	622	68	73	662	86	71
583	86	57	623	65	49	663	87	71
584	89	68	624	81	0	664	92	72
585	99	61	625	37	25	665	91	72
586	77	29	626	24	69	666	90	71
587	81	72	627	68	71	667	90	71
588	89	69	628	70	71	668	91	71
589	49	56	629	76	70	669	90	70
590	79	70	630	71	72	670	90	72
591	104	59	631	73	69	671	91	71
592	103	54	632	76	70	672	90	71
593	102	56	633	77	72	673	90	71
594	102	56	634	77	72	674	92	72
595	103	61	635	77	72	675	93	69
596	102	64	636	77	70	676	90	70
597	103	60	637	76	71	677	93	72
598	93	72	638	76	71	678	91	70
599	86	73	639	77	71	679	89	71
600	76	73	640	77	71	680	91	71
601	59	49	641	78	70	681	90	71
602	46	22	642	77	70	682	90	71
603	40	65	643	77	71	683	92	71
604	72	31	644	79	72	684	91	71
605	72	27	645	78	70	685	93	71
606	67	44	646	80	70	686	93	68
607	68	37	647	82	71	687	98	68
608	67	42	648	84	71	688	98	67
609	68	50	649	83	71	689	100	69
610	77	43	650	83	73	690	99	68
611	58	4	651	81	70	691	100	71
612	22	37	652	80	71	692	99	68
613	57	69	653	78	71	693	100	69
614	68	38	654	76	70	694	102	72
615	73	2	655	76	70	695	101	69
616	40	14	656	76	71	696	100	69
617	42	38	657	79	71	697	102	71
618	64	69	658	78	71	698	102	71
619	64	74	659	81	70	699	102	69

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
700	102	71	740	103	41	780	48	6
701	102	68	741	102	38	781	48	7
702	100	69	742	103	39	782	48	6
703	102	70	743	102	46	783	48	7
704	102	68	744	104	46	784	67	21
705	102	70	745	103	49	785	105	59
706	102	72	746	102	45	786	105	96
707	102	68	747	103	42	787	105	74
708	102	69	748	103	46	788	105	66
709	100	68	749	103	38	789	105	62
710	102	71	750	102	48	790	105	66
711	101	64	751	103	35	791	89	41
712	102	69	752	102	48	792	52	5
713	102	69	753	103	49	793	48	5
714	101	69	754	102	48	794	48	7
715	102	64	755	102	46	795	48	5
716	102	69	756	103	47	796	48	6
717	102	68	757	102	49	797	48	4
718	102	70	758	102	42	798	52	6
719	102	69	759	102	52	799	51	5
720	102	70	760	102	57	800	51	6
721	102	70	761	102	55	801	51	6
722	102	62	762	102	61	802	52	5
723	104	38	763	102	61	803	52	5
724	104	15	764	102	58	804	57	44
725	102	24	765	103	58	805	98	90
726	102	45	766	102	59	806	105	94
727	102	47	767	102	54	807	105	100
728	104	40	768	102	63	808	105	98
729	101	52	769	102	61	809	105	95
730	103	32	770	103	55	810	105	96
731	102	50	771	102	60	811	105	92
732	103	30	772	102	72	812	104	97
733	103	44	773	103	56	813	100	85
734	102	40	774	102	55	814	94	74
735	103	43	775	102	67	815	87	62
736	103	41	776	103	56	816	81	50
737	102	46	777	84	42	817	81	46
738	103	39	778	48	7	818	80	39
739	102	41	779	48	6	819	80	32

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
820	81	28	860	49	8	900	81	22
821	80	26	861	51	7	901	81	19
822	80	23	862	51	20	902	81	17
823	80	23	863	78	52	903	81	17
824	80	20	864	80	38	904	81	17
825	81	19	865	81	33	905	81	15
826	80	18	866	83	29	906	80	15
827	81	17	867	83	22	907	80	28
828	80	20	868	83	16	908	81	22
829	81	24	869	83	12	909	81	24
830	81	21	870	83	9	910	81	19
831	80	26	871	83	8	911	81	21
832	80	24	872	83	7	912	81	20
833	80	23	873	83	6	913	83	26
834	80	22	874	83	6	914	80	63
835	81	21	875	83	6	915	80	59
836	81	24	876	83	6	916	83	100
837	81	24	877	83	6	917	81	73
838	81	22	878	59	4	918	83	53
839	81	22	879	50	5	919	80	76
840	81	21	880	51	5	920	81	61
841	81	31	881	51	5	921	80	50
842	81	27	882	51	5	922	81	37
843	80	26	883	50	5	923	82	49
844	80	26	884	50	5	924	83	37
845	81	25	885	50	5	925	83	25
846	80	21	886	50	5	926	83	17
847	81	20	887	50	5	927	83	13
848	83	21	888	51	5	928	83	10
849	83	15	889	51	5	929	83	8
850	83	12	890	51	5	930	83	7
851	83	9	891	63	50	931	83	7
852	83	8	892	81	34	932	83	6
853	83	7	893	81	25	933	83	6
854	83	6	894	81	29	934	83	6
855	83	6	895	81	23	935	71	5
856	83	6	896	80	24	936	49	24
857	83	6	897	81	24	937	69	64
858	83	6	898	81	28	938	81	50
859	76	5	899	81	27	939	81	43

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
940	81	42	980	81	75	1 020	86	18
941	81	31	981	80	60	1 021	82	35
942	81	30	982	81	48	1 022	79	53
943	81	35	983	81	41	1 023	82	30
944	81	28	984	81	30	1 024	83	29
945	81	27	985	80	24	1 025	83	32
946	80	27	986	81	20	1 026	83	28
947	81	31	987	81	21	1 027	76	60
948	81	41	988	81	29	1 028	79	51
949	81	41	989	81	29	1 029	86	26
950	81	37	990	81	27	1 030	82	34
951	81	43	991	81	23	1 031	84	25
952	81	34	992	81	25	1 032	86	23
953	81	31	993	81	26	1 033	85	22
954	81	26	994	81	22	1 034	83	26
955	81	23	995	81	20	1 035	83	25
956	81	27	996	81	17	1 036	83	37
957	81	38	997	81	23	1 037	84	14
958	81	40	998	83	65	1 038	83	39
959	81	39	999	81	54	1 039	76	70
960	81	27	1 000	81	50	1 040	78	81
961	81	33	1 001	81	41	1 041	75	71
962	80	28	1 002	81	35	1 042	86	47
963	81	34	1 003	81	37	1 043	83	35
964	83	72	1 004	81	29	1 044	81	43
965	81	49	1 005	81	28	1 045	81	41
966	81	51	1 006	81	24	1 046	79	46
967	80	55	1 007	81	19	1 047	80	44
968	81	48	1 008	81	16	1 048	84	20
969	81	36	1 009	80	16	1 049	79	31
970	81	39	1 010	83	23	1 050	87	29
971	81	38	1 011	83	17	1 051	82	49
972	80	41	1 012	83	13	1 052	84	21
973	81	30	1 013	83	27	1 053	82	56
974	81	23	1 014	81	58	1 054	81	30
975	81	19	1 015	81	60	1 055	85	21
976	81	25	1 016	81	46	1 056	86	16
977	81	29	1 017	80	41	1 057	79	52
978	83	47	1 018	80	36	1 058	78	60
979	81	90	1 019	81	26	1 059	74	55

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
1 060	78	84	1 100	94	59	1 140	70	67
1 061	80	54	1 101	97	37	1 141	53	70
1 062	80	35	1 102	97	60	1 142	72	65
1 063	82	24	1 103	93	98	1 143	60	57
1 064	83	43	1 104	98	53	1 144	74	29
1 065	79	49	1 105	103	13	1 145	69	31
1 066	83	50	1 106	103	11	1 146	76	1
1 067	86	12	1 107	103	11	1 147	74	22
1 068	64	14	1 108	103	13	1 148	72	52
1 069	24	14	1 109	103	10	1 149	62	96
1 070	49	21	1 110	103	10	1 150	54	72
1 071	73	48	1 111	103	11	1 151	72	28
1 072	103	11	1 112	103	10	1 152	72	35
1 073	98	48	1 113	103	10	1 153	64	68
1 074	101	34	1 114	102	18	1 154	74	27
1 075	99	39	1 115	102	31	1 155	76	14
1 076	103	11	1 116	101	24	1 156	69	38
1 077	103	19	1 117	102	19	1 157	66	59
1 078	103	7	1 118	103	10	1 158	64	99
1 079	103	13	1 119	102	12	1 159	51	86
1 080	103	10	1 120	99	56	1 160	70	53
1 081	102	13	1 121	96	59	1 161	72	36
1 082	101	29	1 122	74	28	1 162	71	47
1 083	102	25	1 123	66	62	1 163	70	42
1 084	102	20	1 124	74	29	1 164	67	34
1 085	96	60	1 125	64	74	1 165	74	2
1 086	99	38	1 126	69	40	1 166	75	21
1 087	102	24	1 127	76	2	1 167	74	15
1 088	100	31	1 128	72	29	1 168	75	13
1 089	100	28	1 129	66	65	1 169	76	10
1 090	98	3	1 130	54	69	1 170	75	13
1 091	102	26	1 131	69	56	1 171	75	10
1 092	95	64	1 132	69	40	1 172	75	7
1 093	102	23	1 133	73	54	1 173	75	13
1 094	102	25	1 134	63	92	1 174	76	8
1 095	98	42	1 135	61	67	1 175	76	7
1 096	93	68	1 136	72	42	1 176	67	45
1 097	101	25	1 137	78	2	1 177	75	13
1 098	95	64	1 138	76	34	1 178	75	12
1 099	101	35	1 139	67	80	1 179	73	21

时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %	时间/ s	转速规范值/ %	扭矩规范值/ %
1 180	68	46	1 200	66	47	1 220	0	0
1 181	74	8	1 201	76	14	1 221	0	0
1 182	76	11	1 202	74	18	1 222	0	0
1 183	76	14	1 203	69	46	1 223	0	0
1 184	74	11	1 204	68	62	1 224	0	0
1 185	74	18	1 205	68	62	1 225	0	0
1 186	73	22	1 206	68	62	1 226	0	0
1 187	74	20	1 207	68	62	1 227	0	0
1 188	74	19	1 208	68	62	1 228	0	0
1 189	70	22	1 209	68	62	1 229	0	0
1 190	71	23	1 210	54	50	1 230	0	0
1 191	73	19	1 211	41	37	1 231	0	0
1 192	73	19	1 212	27	25	1 232	0	0
1 193	72	20	1 213	14	12	1 233	0	0
1 194	64	60	1 214	0	0	1 234	0	0
1 195	70	39	1 215	0	0	1 235	0	0
1 196	66	56	1 216	0	0	1 236	0	0
1 197	68	64	1 217	0	0	1 237	0	0
1 198	30	68	1 218	0	0	1 238	0	0
1 199	70	38	1 219	0	0			

附 录 B
(规范性附录)
系统等效性的确定

根据 8.2,其他系统或分析仪(候选系统)如果能产生相同的结果则也能作为认可的测试设备。系统等效性的确定应基于候选系统与 GB/T 8190 的本部分认可的参考系统之间用合适的试验循环对 7 对气样(或更多)进行的关联性研究。应用的等效性标准应是 F -试验和双边学生 t -试验。

这一统计方法对如下假设进行检验,即用参考系统测得的排放总体平均值与用候选系统测得的排放总体平均值没有差别。应以 F 值和 t 值的 5%显著水平为基础对假设进行试验。表 B.1 给出了 7~10 个气样对的临界 F 值和 t 值。如果根据下面的公式计算出的 F 值和 t 值大于临界 F 值和 t 值,则候选系统是不等效的。

接着要进行下列过程。下标 R 和 C 分别指参考系统和候选系统。

- a) 至少要进行 7 次试验,且最好候选系统与参考系统同时进行试验。试验数用 n_R 和 n_C 表示。
- b) 计算平均值 $\bar{x}_R$ 和 $\bar{x}_C$ 以及标准偏差 s_R 和 s_C 。
- c) 按如下公式计算 F 值:

$$F = \frac{s_{\text{主要}}^2}{s_{\text{次要}}^2} \dots\dots\dots (B.1)$$

(两标准偏差 s_R 和 s_C 中的较大者作为分子)

- d) 按如下公式计算 t 值:

$$t = \frac{|\bar{x}_C - \bar{x}_R|}{\sqrt{(n_C - 1) \times s_C^2 + (n_R - 1) \times s_R^2}} \times \sqrt{\frac{n_C \times n_R \times (n_C + n_R - 2)}{n_C + n_R}} \dots\dots\dots (B.2)$$

- e) 将计算出的 F 值和 t 值与表 B.1 中相应试验数所对应的临界 F 值和 t 值进行比较。如果选择了较大的样气号,则参考 5%显著水平(95%置信度)的统计表。
- f) 按如下公式确定自由度(df):
对于 F -试验: $df = n_R - 1 / n_C - 1$;
对于 t -试验: $df = n_C + n_R - 2$ 。
- g) 等效性按如下规则确定:
如果 $F < F_{\text{crit}}$ 且 $t < t_{\text{crit}}$,则候选系统与本部分所述参考系统等效;
如果 $F \geq F_{\text{crit}}$ 且 $t \geq t_{\text{crit}}$,则候选系统与本部分所述参考系统不等效。

表 B.1 所选样气号的 F 和 t 值

样气号	F-试验		t-试验	
	df	F_{crit}	df	t_{crit}
7	6/6	4.284	12	2.179
8	7/7	3.787	14	2.145
9	8/8	3.438	16	2.120
10	9/9	3.179	18	2.101

附 录 C
(规范性附录)
系统取样误差的测定

Belyaev 和 Levin(1974)提出了一个用于评定颗粒物取样误差的经验公式,并由 W. Hinds 发表在《气溶胶力学(Aerosol Mechanics)》杂志上。

在采用同轴取样探头从较大气流中取样时,颗粒 P 的渗透可用下列公式计算:

$$P = 1 + \left(\frac{v_e}{v_p} - 1 \right) \left[1 - \frac{1}{1 + \left(2 + 0.62 \frac{v_e}{v_p} \right) \cdot Stk} \right] \dots\dots\dots (C.1)$$

式中:

v_e ——排气管中的气体流速,单位为米每秒(m/s);

v_p ——取样探头中的气体流速,单位为米每秒(m/s);

Stk ——目标颗粒的斯托克司数。

公式 C.1 中的参数应按如下公式计算:

$$v_e = \frac{q_{mew} \times 4}{\rho_e \times \pi \times d_e^2} \text{(排气管气流速度)} \dots\dots\dots (C.2)$$

$$v_p = \frac{q_{mp} \times 4}{\rho_e \times \pi \times d_p^2} \text{(取样探头气流速度)} \dots\dots\dots (C.3)$$

$$Stk = \frac{\tau \cdot v_e}{d_p} \text{(斯托克司数)} \dots\dots\dots (C.4)$$

$$\tau = \frac{\rho_{PM} \cdot d_{PM}^2 \cdot C_c}{18 \cdot \eta} \text{(颗粒松弛时间)} \dots\dots\dots (C.5)$$

式中:

q_{mew} ——排气质量流量,单位为千克每秒(kg/s);

ρ_e ——排气密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

d_e ——排气管直径,单位为米(m);

q_{mp} ——样品质量流量,单位为千克每秒(kg/s);

d_p ——取探头直径,单位为米(m);

ρ_{PM} ——颗粒物密度,单位为千克每立方米(kg/m³);

d_{PM} ——颗粒直径,单位为米(m);

C_c ——滑动系数;

η ——排气的动力黏度,单位为帕秒(Pa·s)。

GB/T 8190 的本部分给出以下常数:

$\rho_{PM} = 1\,000 \text{ kg/m}^3$;

$d_{PM} = 1.7 \times 10^{-7} \text{ m}$;

$C_c = 4.35$ 。

这些参数的更多信息将在下列参考文献中找到:

Belyaev, S. P. 和 Levin, L. M., 《典型的气溶胶样品收集技术》, J. Aerosol Sci. ;
5325-338(1974) W. C. Hinds, 《气溶胶技术》, John Wiley。

附 录 D
(规范性附录)
碳流量检查

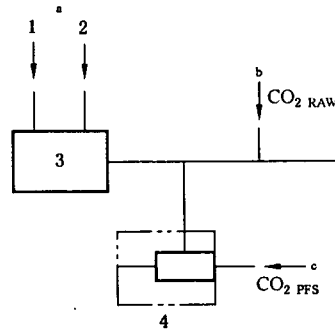
D.1 一般要求

排气中几乎所有细小部分的碳都来自燃料,而且几乎极少部分在排气中以 CO₂ 形式出现。基于 CO₂ 测量的方法可作为系统确认检查的基础。

从燃料流量可确定进入排气测量系统中的碳流量。排放和颗粒取样系统中各取样点处的碳流量根据那些点处 CO₂ 浓度和气体流量确定。

就这一意义上来说,发动机提供了一个已知的碳流量源,观测排气管中和部分流 PM 颗粒取样系统出口处的同一碳流量,可以查验安全性及流量测量精确度。这种检查具有使部件在发动机实际试验温度和流量条件下运行的优点。

图 D.1 所示为应进行碳流量检查的取样点。下面还给出了各个取样点碳流量的特殊公式。



- 1——空气;
- 2——燃料;
- 3——发动机;
- 4——部分流系统。

- a 位置 1。
- b 位置 2。
- c 位置 3。

图 D.1 碳流量检查测量点

D.2 进入发动机的碳流量(位置 1)

对于分子式为 C_pH_aO_e 形式的燃料,进入发动机的碳质量流量由如下公式确定:

$$q_{mCf} = \frac{12\beta}{12\beta + \alpha + 16\epsilon} \times q_{mf} \dots\dots\dots (D.1)$$

式中:

q_{mf}——燃料质量流量,单位为千克每秒(kg/s)。

D.3 原始排气中的碳流量(位置 2)

发动机排气管中碳质量流量应由原始排气中 CO₂ 浓度和排气质量流量确定:

$$q_{mCe} = \left(\frac{c_{CO_2,r} - c_{CO_2,a}}{100} \right) \times q_{mew} \times \frac{12}{M_{r,e}} \dots\dots\dots (D.2)$$

式中:

$c_{\text{CO}_2, r}$ ——原始排气中湿 CO_2 浓度, %;

$c_{\text{CO}_2, a}$ ——环境空气中湿 CO_2 浓度, % (约为 0.04%);

q_{mew} ——湿基排气质量流量, 单位为千克每秒(kg/s);

$M_{r, e}$ ——排气摩尔质量。

D.4 部分流稀释系统中的碳流量(位置 3)

对于部分流稀释系统, 必须考虑分流比。碳流量由稀释 CO_2 浓度、排气质量流量和样气流量确定:

$$q_{\text{mCp}} = \left(\frac{c_{\text{CO}_2, d} - c_{\text{CO}_2, a}}{100} \right) \times q_{\text{mdew}} \times \frac{12}{M_{r, e}} \times \frac{q_{\text{mew}}}{q_{\text{mp}}} \dots\dots\dots (\text{D.3})$$

式中:

$c_{\text{CO}_2, d}$ ——稀释通道出口处稀释排气中湿 CO_2 浓度, %;

$c_{\text{CO}_2, a}$ ——环境空气中湿 CO_2 浓度, % (约为 0.04%);

q_{mew} ——湿基排气质量流量, 单位为千克每秒(kg/s);

q_{mp} ——进入部分流稀释系统的排气样气流量, 单位为千克每秒(kg/s);

$M_{r, e}$ ——排气摩尔质量。

如果测得的 CO_2 浓度为干基浓度, 则应按 9.3.5 将其转化为湿基浓度。

附录 E (资料性附录)

气样的计算程序(原始排气/部分流)示例

E.1 理论计算的基础数据

氢原子质量	1.007 94 g/atom
碳原子质量	12.011
硫原子质量	32.065
氮原子质量	14.006 7
氧原子质量	15.999 4
水的摩尔质量	18.015 34 g/mol
二氧化碳的摩尔质量	44.01 g/mol
一氧化碳的摩尔质量	28.011 g/mol
氧的摩尔质量	31.998 8 g/mol
氮的摩尔质量	28.011 g/mol
氮氧化物的摩尔质量	30.008 g/mol
二氧化氮的摩尔质量	46.01 g/mol
二氧化硫的摩尔质量	64.066 g/mol
水的摩尔体积	22.414 L/mol
二氧化碳的摩尔体积	22.414 L/mol
氧的摩尔体积	22.414 L/mol
氮的摩尔体积	22.414 L/mol
氮氧化物的摩尔体积	22.414 L/mol
二氧化氮的摩尔体积	22.414 L/mol
二氧化硫的摩尔体积	22.414 L/mol

注：如果上面的基础组分值用于 9.3.4.3 的排放计算，则最终结果与 9.3.4.2 中以列表值 u 为基础的计算结果有点差别。

E.2 气体排放(柴油燃料)

下面是循环中用于瞬时质量排放计算的单点测量数据(以 1 Hz 的数据采集速率)。在此例中,CO 和 NO_x 以干基测量,HC 以湿基测量。HC 浓度用丙烷等价值(C3)给出,且需乘以 3 以得到与 C1 等价的结果。循环中其他点的计算程序一样。

$T_{a,i}/$ K	$H_{a,i}/$ (g/kg)	$W_{act}/$ (kW · h)	$q_{mew,i}/$ (kg/s)	$q_{maw,i}/$ (kg/s)	$q_{ml,i}/$ (kg/s)	$c_{HC,i}/$ ppm	$c_{CO,i}/$ ppm	$c_{NO_x,i}/$ ppm
295	8.0	40	0.155	0.150	0.005	30	100	500

应考虑下列燃料组分:

组 分	摩 尔 比	质 量 百 分 数
H	$\alpha=1.852\ 9$	$w_{\text{ALF}}=13.45$
C	$\beta=1.000\ 0$	$w_{\text{BET}}=86.5$
S	$\gamma=0.000\ 2$	$w_{\text{GAM}}=0.050$
N	$\delta=0.000\ 0$	$w_{\text{DEL}}=0.000$
O	$\epsilon=0.000\ 0$	$w_{\text{EPS}}=0.000$

步骤 1:干/湿基修正(见 9.3.5)

公式(17): $k_f=0.055\ 584\times 13.45-0.000\ 108\ 3\times 86.5-0.000\ 156\ 2\times 0.05=0.738\ 2$

公式(21): $k_w=\left[1-\frac{1.243\ 4\times 8+111.12\times 13.45\times \frac{0.005}{0.148}}{773.4+1.243\ 4\times 8+\frac{0.005}{0.148}\times 0.738\ 2\times 1\ 000}\right]\times 1.008\ 5=0.933\ 1$

公式(20): $c_{\text{CO},i}(\text{湿基})=100\times 0.933\ 1=93.3\ \text{ppm}$

$c_{\text{NO}_x,i}(\text{湿基})=500\times 0.933\ 1=466.6\ \text{ppm}$

步骤 2: NO_x 的温度和湿度修正(见 9.3.6)

公式(25): $k_{\text{h,d}}=\frac{1}{1-0.018\ 2\times (8.00-1\ 071)+0.004\ 5\times (295-298)}=0.965\ 4$

步骤 3:用表 6 中的 u 值计算瞬时质量排放(见 9.3.4.2)

公式(11): $m_{\text{HC},i}=0.000\ 478\times 30\times 3\times 0.155=0.006\ 67\ \text{g/s};$

$m_{\text{CO},i}=0.000\ 966\times 93.3\times 0.155=0.013\ 97\ \text{g/s};$

$m_{\text{NO}_x,i}=0.001\ 587\times 466.6\times 0.965\ 4\times 0.155=0.110\ 8\ \text{g/s}.$

步骤 4:整个循环瞬时质量排放积分(见 9.3.4.2)

假定循环中各点排放相同,则 NRTC(1 238 s)的计算如下:

公式(11): $m_{\text{HC}}=\sum_{i=1}^{1\ 238}0.006\ 67=8.26\ \text{g/test}$

$m_{\text{CO}}=\sum_{i=1}^{1\ 238}0.013\ 97=17.29\ \text{g/test}$

$m_{\text{NO}_x}=\sum_{i=1}^{1\ 238}0.110\ 8=137.17\ \text{g/test}$

步骤 5:比排放的计算(见 9.3.7)

公式(27): $\text{HC}=8.26/40=0.207\ \text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h});$

$\text{CO}=17.29/40=0.432\ \text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h});$

$\text{NO}_x=137.17/40=3.43\ \text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h}).$

E.3 颗粒排放(柴油燃料)

颗粒测量是基于整个循环中颗粒取样的方法,但也基于循环中单点气样和流量($q_{\text{mew},i}$ 和 $q_{\text{medf},i}$)的测定。 $q_{\text{medf},i}$ 的计算依赖于所使用的系统。在下例中,使用的是 9.4.5 方法 a)规定的带流量测量的系统。

下面是在本例中假定的测量数据:

$W_{\text{cct}}/$ (kW·h)	$q_{\text{mew},i}/$ (kg/s)	$q_{\text{mf},i}/$ (kg/s)	$q_{\text{mdw},i}/$ (kg/s)	$q_{\text{mdew},i}/$ (kg/s)	$m_t/$ mg	$m_{\text{sep}}/$ kg
40	0.155	0.005	0.001 5	0.002 0	2.500	1.515

步骤 1: m_{edf} 的计算 (见 9.4.5)

$$\text{公式(30): } r_{\text{dil},i} = \frac{0.002}{(0.002 - 0.0015)} = 4$$

$$\text{公式(29): } q_{\text{medf},i} = 0.155 \times 4 = 0.62 \text{ kg/s}$$

$$\text{公式(28): } m_{\text{edf}} = \sum_{i=1}^{1238} 0.62 = 767.6 \text{ kg/test}$$

步骤 2: 颗粒质量排放的计算 (见 9.4.5)

$$\text{公式(27): } m_{\text{PM}} = \frac{2.5}{1.515} \times \frac{767.6}{1000} = 1.267 \text{ g/test}$$

步骤 3: 比排放的计算 (见 9.4.7)

$$\text{公式(34): } PM = 1.267/40 = 0.032 \text{ g/(kW} \cdot \text{h)}$$

附 录 F
(资料性附录)
阶跃工况循环(RMC)

表 F.1 阶跃工况循环

工 况	转 速	扭矩/%	30 min 循环 时间/s
1	怠速	无负荷	126
2	中间转速	100	159
3	中间转速	50	160
4	中间转速	75	162
5	额定转速	100	246
6	额定转速	10	164
7	额定转速	75	248
8	额定转速	50	247
9	怠速	无负荷	128

附 录 G
(规范性附录)
统 计 公 式

本附录包含了在 GB/T 8190 的本部分所用到的统计公式。

a) 算术平均值。算术平均值 $\bar{x}$ 按下式计算：

$$\bar{x} = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad \dots\dots\dots (G.1)$$

b) 标准偏差。标准偏差 s 按下式计算：

$$s = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad \dots\dots\dots (G.2)$$

c) 斜率。最小二乘法回归斜率 a_1 按下式计算：

$$a_1 = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y}) \times (x_i - \bar{x})}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad \dots\dots\dots (G.3)$$

d) 截距。最小二乘法回归截距 a_0 按下式计算：

$$a_0 = \bar{y} - (a_1 \times \bar{x}) \quad \dots\dots\dots (G.4)$$

e) 标准估算误差。标准估算误差 $S_{y,x}$ 按下式计算：

$$S_{y,x} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 - x_i)]^2}{n-2}} \quad \dots\dots\dots (G.5)$$

f) 决定系数。决定系数 r^2 按下式计算：

$$r^2 = \frac{\sum_{i=1}^n [y_i - a_0 - (a_1 - x_i)]^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2} \quad \dots\dots\dots (G.6)$$

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
往复式内燃机 排放测量
第 11 部分:非道路移动机械用
发动机瞬态工况下气体和
颗粒排放物的试验台测量

GB/T 8190.11—2009/ISO 8178-11:2006

*

中国标准出版社出版发行
北京复兴门外三里河北街16号
邮政编码:100045

网址 www.spc.net.cn

电话:68523946 68517548

中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

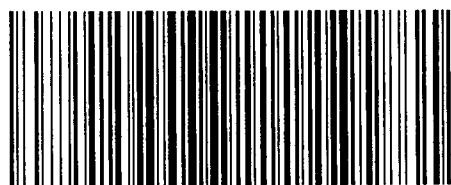
*

开本 880×1230 1/16 印张 4 字数 110 千字
2009年8月第一版 2009年8月第一次印刷

*

书号:155066·1-38109 定价 54.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68533533



GB/T 8190.11-2009