

中华人民共和国国家标准

GB/T 8190.10—2010/ISO 8178-10:2002

往复内燃机 排放测量 第 10 部分：压燃式发动机瞬态工况 排气烟度的现场测量用试验循环和 测试规程

Reciprocating internal combustion engines—
Exhaust emission measurement—
Part 10: Test cycles and test procedures for
field measurement of exhaust gas smoke emissions from
compression ignition engines operating under transient conditions

(ISO 8178-10:2002, IDT)

2010-11-10 发布

2011-03-01 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

前言	I
引言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 符号和单位	3
5 试验条件	4
6 试验燃料	5
7 测量仪器和精度	6
8 消光烟度计的标定	7
9 试验运行	7
10 数据评定和计算	13
11 烟度测定	16
附录 A (规范性附录) 非道路用变速运行发动机的试验循环	17
附录 B (规范性附录) 船舶推进用发动机的试验循环	21
附录 C (规范性附录) 变速运行 F 类发动机(机车牵引)的试验循环	25
附录 D (资料性附录) 关于试验循环的几点说明	28
参考文献	30

前 言

GB/T 8190《往复式内燃机 排放测量》分为 11 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：不同用途发动机的稳态试验循环；
- 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。

本部分是 GB/T 8190 的第 10 部分。

本部分等同采用 ISO 8178-10:2002《往复式内燃机 排放测量 第 10 部分：压燃式发动机瞬态工况排气烟度现场测量用试验循环和测试规程》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 8178-10:2002。为便于使用，本部分作了如下编辑性修改：

- “本国际标准”或“ISO 8178 的本部分”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 8178-10:2002 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 和附录 C 为规范性附录，附录 D 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：上海内燃机研究所、广西玉柴机器股份有限公司、上海柴油机股份有限公司。

本部分主要起草人：陈云清、陆寿域、计维斌、严永华、瞿俊鸣、邹强、林铁坚、宋国婵、谢亚平。

引 言

目前世界上存在许多不同的烟度测量规程。有些烟度测量规程是为试验台试验设计的,用以认证或型式认证;另一些是为现场试验而设计的,用于监测和维修检测。不同的烟度测量规程并存能满足各种管理机构和工业部门的要求。烟度测量采用的两种典型方法是滤纸式烟度计法和消光烟度计法。

GB/T 8190 的本部分尽最大可能融合了现存烟度测量规程的主要技术特点。GB/T 8190 的本部分旨在规定压燃式发动机现场条件下的烟度排放测试方法。GB/T 8190 的本部分适用于转速或负荷或两者都随时间变化的在瞬态工况下运行的发动机。应当指出的是保养完好的自然吸气式发动机瞬态工况下的排气烟度一般与稳态工况下的排气烟度相同。

只有消光型烟度计可以用于 GB/T 8190 本部分规定的烟度测量,允许使用全流式或部分流式消光烟度计。GB/T 8190 的本部分考虑了这两种类型消光烟度计响应时间的差异,但未考虑因取样区温度不同而引起的任何差异。

往复式内燃机 排放测量

第 10 部分：压燃式发动机瞬态工况 排气烟度的现场测量用试验循环和 测试规程

1 范围

GB/T 8190 的本部分规定了在现场状况下评定压燃式发动机排气烟度的试验循环和测试规程。本部分主要用于对已按 GB/T 8190.9 规定完成“认证”或“型式认证”的发动机进行在用机的烟度测试。GB/T 8190.9 则规定了不同用途发动机的试验台测量用试验循环和测试规程。

而 GB/T 8190.4 规定了不同的试验循环,用以确定非道路用发动机气体和颗粒物排放的特性。GB/T 8190.4 中的试验循环是针对不同类型发动机的不同工作特性而设计的。

在进行瞬态烟度试验时,应使用按消光原理工作的烟度计测量烟度。本部分规定了烟度试验循环及测量和分析烟度的方法。而采用消光原理测量烟度的详细规定见 ISO 11614。本部分旨在规定测量和分析烟度的试验循环和测量方法。本部分第 5 章~第 11 章规定的试验规程和测量方法适用于往复式内燃机。但一种用途的发动机只能使用本部分规定的相应试验循环的一种进行评定。本部分的附录 A、附录 B 及附录 C 各包含了一种试验循环,分别适用于其附录“范围”中所列用途的发动机。在某些情况下,附录中规定的烟度试验循环亦可用于 GB/T 8190 第 4 部分中所涵盖的发动机和机械。

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 8190.4—2010 往复式内燃机 排放测量 第 4 部分:不同用途发动机的稳态试验循环 (ISO 8178-4:2007, IDT)

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

GB/T 8190.7 往复式内燃机 排放测量 第 7 部分:发动机系族的确定 (GB/T 8190.7—2003, ISO 8178-7:1996, IDT)

GB/T 8190.8 往复式内燃机 排放测量 第 8 部分:发动机系组的确定 (GB/T 8190.8—2003, ISO 8178-8:1996, IDT)

GB/T 8190.9—2010 往复式内燃机 排放测量 第 9 部分:压燃式发动机瞬态工况排气烟度的试验台测量用试验循环和测试规程 (ISO 8178-9:2000, IDT)

ISO 11614:1999 往复压燃式发动机 不透光测量仪器和排气光吸收系数的确定

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

排烟 exhaust gas smoke

由燃烧或热解产生的悬浮在排气中的可见固体和/或液体颗粒。

注：黑烟(碳烟)主要由碳粒组成；蓝烟通常由燃料或润滑油不完全燃烧产生的液滴形成；白烟通常是由凝结水和/或液体燃油产生的；黄烟则由 NO₂ 形成。

3.2

透光度 transmittance

τ

光源射出的光线经过一段被烟气遮挡的通道后到达观察者或光检测器的那部分光线。

注：用百分数表示。

3.3

消光度 opacity

N

光源射出的光线经过一段被烟气遮挡的通道后未能到达观察者或光检测器的那部分光线 ($N = 100 - \tau$)。

注：用百分数表示。

3.4

光通道长度 optical path length

3.4.1

光通道有效长度 effective optical path length

L_A

消光烟度计光源和光检测器之间被烟气遮挡的那部分光通道长度，该长度需要对由密度梯度和边缘效应引起的不均匀性进行修正。

注1：用 m 表示。9.2 规定了确定 L_A 和在现场可能遇到的各种排气系统中安装测量仪器的方法。

注2：光源到光检测器的总光通道长度中未被烟气遮挡的那部分光通道长度不计入光通道有效长度。

3.4.2

标准光通道有效长度 standard effective optical path length

L_{AS}

用于确保与提供的消光度值进行有效比较的测量值。

注：见 10.1.4。

3.5

光吸收系数 light absorption coefficient

k

度量烟柱或含烟样气遮挡光线能力的基本单位。

注：通常，光吸收系数用米的倒数 (m^{-1}) 表示。光吸收系数是每单位体积气体含烟颗粒数、烟颗粒尺寸分布以及烟颗粒光吸收和光分散特性的函数。在没有蓝烟、白烟、黄烟或灰尘的情况下，所有内燃机排气气样的烟颗粒尺寸分布和光吸收/分散特性都是相同的，所以光吸收系数主要是烟颗粒密度的函数。

3.6

比尔-朗伯特定律 Beer-Lambert law

描述光吸收系数 (k)、烟度参数透光度 (τ) 和光通道有效长度 L_A 之间物理关系的数学公式。

注：由于不能直接测量光吸收系数 (k)，所以在已知消光度 (N) 或透光度 (τ) 和光通道有效长度 L_A 时，可以用比尔-朗伯特定律计算光吸收系数 (k)。

$$k = \frac{-1}{L_A} \ln\left(\frac{\tau}{100}\right) \dots\dots\dots(1)$$

$$k = \frac{-1}{L_A} \ln\left(1 - \frac{N}{100}\right) \dots\dots\dots(2)$$

3.7

消光烟度计 opacimeter

利用透光度法测量烟气特性的仪器。

3.7.1

全流式消光烟度计 full-flow opacimeter

所有排气都通过烟气测量室的仪器。

3.7.1.1

管端型全流式消光烟度计 full-flow end-of-line opacimeter

在排气管出口处测量全部排烟消光度的仪器。

注：这种消光烟度计的光源和光检测器位于靠近排气管开口端烟气的两侧。使用这种烟度计时，光通道有效长度由排气管结构确定。

3.7.1.2

管内型全流式消光烟度计 full-flow in-line opacimeter

在排气管内测量全部排烟消光度的仪器。

注：这种消光烟度计的光源和光检测器位于烟气两侧，并紧靠排气管外壁。使用这种烟度计时，光通道有效长度由测量仪器决定。

3.7.2

部分流式消光烟度计 partial flow opacimeter

从总排气流中采集一部分具有代表性的气样使之通过测量室的仪器。

注：这种消光烟度计的光通道有效长度是其设计结构的函数。

3.7.3 消光烟度计响应时间

3.7.3.1

消光烟度计物理响应时间 opacimeter physical response time

t_p

在小于 0.01 s 时间内改变被测烟气的光吸收系数时，原始 k 信号达到满量程 10% 和满量程 90% 间的时间差。

注：部分流式消光烟度计的物理响应时间取决于取样探头和输送管。关于物理响应时间的更多信息见 ISO 11614:1999 中 8.2.1 和 11.7.2 的规定。

3.7.3.2

消光烟度计电路响应时间 opacimeter electrical response time

t_e

在小于 0.01 s 时间内改变消光度和光吸收系数时，记录仪器输出信号或显示器达到满刻度 10% 和满刻度 90% 间的时间差。

注：关于电路响应时间的更多信息见 ISO 11614:1999 中 8.2.3 和 11.7.3 的规定。

4 符号和单位

GB/T 8190 的本部分适用的符号和单位列于表 1。

表 1 符号和单位

符 号	术 语	单 位
D	贝赛尔功能常数	1
E	贝赛尔常数	1
f_a	大气系数	1
f_c	贝赛尔滤波器截止频率	s^{-1}

表 1 (续)

符 号	术 语	单 位
k	光吸收系数	m^{-1}
k_{corr}	经环境修正的光吸收系数	m^{-1}
k_{obs}	实测光吸收系数	m^{-1}
K	贝赛尔常数	1
K_s	烟度的环境修正系数	1
L_A	光通道有效长度	m
L_{AS}	标准光通道有效长度	m
N	消光度	%
N_A	光通道有效长度的消光度	%
N_{AS}	标准光通道有效长度的消光度	%
p_{me}	平均有效压力	kPa
p_s	干大气压力	kPa
P	发动机功率	kW
S_i	瞬态烟度	m^{-1} 或%
Δt	相邻烟度数据之间的时间(=1/采样速率)	s
t_{Aver}	总响应时间	s
t_e	消光计电路响应时间	s
t_F	贝赛尔功能的滤波器响应时间	s
t_p	消光计物理响应时间	s
T_a	发动机进气温度	K
X	预定总响应时间	s
Y_i	贝赛尔平均烟度	m^{-1} 或%
ρ	干空气密度	kg/m ³
τ	烟气透光度	%
Ω	贝赛尔常数	1

5 试验条件

5.1 试验的环境条件

5.1.1 试验状态参数

应测量发动机以 K 计的进气绝对温度 T_a 和以 kPa 计的干空气压力 p_s , 由公式(3)到公式(5)确定大气系数 f_a 。

自然吸气和机械增压压燃式发动机及废气旁通阀作用的压燃式发动机:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right) \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.7} \dots\dots\dots(3)$$

注: 此公式也适用于废气旁通阀只在试验循环段起作用的情况。若废气旁通阀在试验循环的任何时间段都不起作用, 则应根据进气冷却方式选用公式(4)或公式(5)。

不带增压空气冷却器或带空/空增压空气冷却器的涡轮增压压燃式发动机:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_s}\right)^{1.2} \times \left(\frac{T_a}{298}\right) \dots\dots\dots(4)$$

带水/空增压空气冷却器的涡轮增压压燃式发动机:

$$f_a = \left(\frac{99}{p_a}\right)^{0.7} \times \left(\frac{T_a}{298}\right)^{0.7} \dots\dots\dots(5)$$

5.1.2 试验有效性判定——试验条件

对试验大气条件,参数 f_a 应在如下范围内方可认为试验有效:

$$0.93 \leq f_a \leq 1.07 \dots\dots\dots(6)$$

f_a 在该范围内测得的烟度值应按 10.3 规定进行修正。 f_a 不在该范围内测得的结果与 GB/T 8190.9 测得的结果没有可比性。

其他的有效性判定按 7.3.4(消光烟度计零点漂移)和附录 A~附录 C(试验循环有效性判定)的规定。

5.2 功率

试验时,应拆除那些仅为配套机械工作所需的附件。如果该附件无法拆除,试验时应尽可能使之在最小功率起作用。应拆除的附件如下:

- 空气压缩机;
- 动力转向泵;
- 空调压缩机;
- 液压驱动泵;
- 辅助电气设备(照明灯、风机等)。

5.3 发动机进气系统

应检查发动机进气系统是否渗漏以及夹紧装置或连接件是否松动或脱落。应注意进气系统的正常工作条件,包括是否需要使用空气滤清器。

5.4 发动机排气系统

应检查发动机排气系统是否渗漏以及夹紧装置或连接件是否松动或脱落。应注意排气系统的正常工作条件。

5.5 带增压空气冷却器的发动机

应检查增压空气冷却系统是否渗漏以及夹紧装置或连接件是否松动或脱落。应注意增压空气冷却系统的正常工作条件。

6 试验燃料

燃料特性会影响发动机的排放。按 GB/T 8190.9 规定进行的烟度试验通常是采用一种规定燃油进行的“认证”或“型式认证”试验。现场试验通常不使用基准燃料。因此,特别是对烟度测试不合格的车辆,应测定、记录试验所用燃料特性,并将燃料特性和车辆烟度测试结果一同提交。若试验使用 GB/T 8190.5 指定的燃料作为基准燃料,则应提供基准燃料的代号和分析结果。若使用其他燃料,则要记录 GB/T 8190.5 相应数据表中所列的特性。

应根据试验目的选择试验燃料。除非经有关各方同意,应按表 2 选择燃料。

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
检测/维修试验	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	应适合试验目的

^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会产生使用基准燃料试验时所得的结果。验收试验所用的燃料规格应在发动机制造厂技术文件的许用燃料范围以内。如果没有合适的基准燃料,可使用一种性能非常接近基准燃料的燃料,但应说明该燃料的特性。

7 测量仪器和精度

7.1 通则

发动机现场烟度试验应使用 7.3 规定的仪器。

7.2 试验条件

7.2.1 通则

GB/T 8190 的本部分未包括发动机转速、压力和温度测量仪器的详细信息,只在 7.4 中给出了这些仪器的精度要求。

7.2.2 发动机转速

为了确定试验是否正确运行,需要测定发动机转速。测量发动机转速可以确定发动机调速器是否正常工作,以避免发动机可能的损坏。不正确的低怠速或高怠速还可能导致发动机烟度与按 GB/T 8190.9 试验时测得的结果不同。

7.2.3 环境温度

为了根据试验的环境条件修正烟度和确定发动机是否符合 GB/T 8190.9 规定的认证标准,需要测量环境温度(干球温度)。

7.2.4 干空气压力

为了进行烟度修正和确定发动机是否符合 GB/T 8190.9 规定的认证标准,需要测量干空气压力。干空气压力由实测湿空气压力(大气压力)减去计算的水蒸气压力来求得。通过测量露点温度或干、湿温度可以计算出水蒸气压力。

7.3 烟度测定

7.3.1 通则

进行瞬态烟度试验应使用消光烟度计。允许使用的消光烟度计有三种类型:管内型全流式消光烟度计、管端型全流式消光烟度计和部分流式消光烟度计。这三种消光烟度计的技术规格见 GB/T 8190 本部分的第 11 章及 ISO 11614:1999 的第 6 章和第 7 章。温度修正对瞬态烟度试验的有效性尚未确认,因此 GB/T 8190 的本部分未包括烟度测量结果的温度修正。

7.3.2 消光烟度计的一般技术规格

烟度试验所用的测量和数据处理系统应包括三个功能单元。这三个单元既可以是组合为一体的组件,也可以是由各个单元相互连接而成的系统。这三个功能单元是:

- 满足本章要求的全流式或部分流式消光烟度计。详细技术规格见第 11 章和 ISO 11614;
- 能执行 10.2、10.3 和适用附录(A、B 或 C)规定功能的数据处理单元;
- 能记录和输出适用附录(A、B 或 C)规定烟度值的打印机和/或电子存储单元。

7.3.3 线性度

线性度是消光烟度计测量值与标定装置的基准值之差。线性度应不超过 $\pm 2\%$ 消光度。

7.3.4 零点漂移

1 h 内或整个试验期间(取两者的较小值)的零点漂移应不超过 $\pm 0.5\%$ 消光度或满刻度的 2%(取其中较小者)。

7.3.5 消光烟度计的显示及其范围

为同时显示消光度和光吸收系数,消光烟度计的测量范围应适宜于精确测量受试发动机的烟度,其分辨率至少应为满刻度的 0.1%。

为烟度计选择的光通道长度应适合于被测的烟度水平,以使标定、测量和计算的误差最小。

7.3.6 仪器响应时间

消光烟度计的物理响应时间应不超过 0.2 s,电路响应时间应不超过 0.05 s。

7.3.7 部分流式消光烟度计的取样要求

取样条件应符合 GB/T 8190.9—2010 中 11.3 的要求。

7.3.8 光源

光源应符合 GB/T 8190.9—2010 中 11.2 和 11.3 的要求。

7.3.9 中密度滤光片

标定和检验消光烟度计所用中密度滤光片应精确到±1%消光度,滤光片的标称值应至少每年标定一次,其标定应可追溯至国家标准或国际标准。

注:中密度滤光片是精密仪器,使用时容易损坏,应尽可能减少操作次数,需用时,应小心使用以避免擦伤或弄脏。

7.4 精度

所有测量仪器的标定应可追溯至国际标准(国家标准,无国际标准时),并应符合表 3 的要求。

表 3 测量发动机参数用仪器的允许偏差

项 目	允许偏差	标定间隔期/月
发动机转速	测量值的±5%	3
环境温度	±2℃	3
大气压力	±0.5%	3
环境空气相对湿度	±3%	3

注:GB/T 8190.1 规定测量进气温度,而 GB/T 8190 的本部分采用环境温度。对某些用途的发动机,两者可能有明显的差别,应予以注意。

8 消光烟度计的标定

8.1 通则

消光烟度计必须经常标定以满足 GB/T 8190 本部分的精度要求。标定方法应按 8.2 的规定。

8.2 标定程序

8.2.1 预热

消光烟度计应按制造厂的推荐进行预热,使之达到稳定的工作状态。若消光烟度计装有防止仪器光学器件免受碳烟污染的吹气系统,则应按制造厂的推荐对该系统进行激活和调整。

8.2.2 线性度响应的确定

在消光烟度计的消光度读出模式下,光束无阻挡时,将读数调整到 0.0%±0.5%消光度。

在消光烟度计的消光度读出模式下,阻挡所有光线使之不到达光检测器,将读数调整到 100.0%±0.5%消光度。

当使用消光度读出模式时,应按制造厂推荐定期校验消光烟度计的线性度。将满足 7.3.9 要求并且消光度在满刻度 30%~60%之间的中密度滤光片插入消光烟度计,记录读数。仪器读数与中密度滤光片标称值相差不得超过±2%消光度。应在试验前对超过上述规定值的任何线性度进行校正。

9 试验运行

9.1 测量仪器的安装

将消光烟度计和取样探头安装在消声器或者任何后处理装置的后面。安装程序应按照仪器制造厂的规定。某些排气系统可能使环境空气进入排气管与排气流混合,如果测量结果需要与 GB/T 8190.9 的结果进行比较,则应在产生混合前测量烟度。另外,还应符合 ISO 11614:1999 第 10 章的要求。如果使用管端型全流式消光烟度计, L_A 为车辆排气系统和烟度计在排气管上安装方式的函数。根据现场可能遇到的各种排气管确定 L_A 的方法见 9.2。在某些配套机械上,接近排气系统可能受到限制,因而不能按推荐方式安装仪器。在这种情况下,烟度测量结果不能与按 GB/T 8190.9 规定测得的结果作比较。

试验应避开过大风速的环境。如果排气取样部位或被测烟气部位的烟柱尺寸、形状或位置受到干扰,则应认为风速过大。将配套机械置于避风区域,或使用可防止风对测量区或取样区烟气产生影响的

仪器,可以消除或减小风的影响。

在排气取样区或被测烟气部位应无可见湿气(雨水、雾或雪)。应确保阳光不直接照射烟气或光检测器。某些仪器的结构能预防这些情况的影响。

9.2 光通道有效长度 L_A 的确定

9.2.1 通则

光源到光检测器通道长度中未被烟气遮挡的那部分光通道长度不计入光通道有效长度。如果消光烟度计的光束非常靠近排气出口(在 0.07 m 以内),通过消光烟度计的烟气横截面实质上与沿消光计光束轴线的排气管出口尺寸相同。通常,可以直接测量排气管出口尺寸来确定。为使烟度修正结果准确到±2%消光度, L_A 应准确到±6%内(消光度的最大误差通常出现在约 60%消光度时,在较小和较大的消光度时,允许 L_A 准确度稍低)。对于最小的标准光通道有效长度(0.038 m),要求准确度±6%时 L_A 即为 0.002 m。

在许多配套机械上,特别是现场试验时,通常很难接近和直接测量排气管出口。因此,如果发动机制造厂没有异议,可以用接管将排气管延长 3 倍至最大 30 倍管径的长度。接头处必需进行适当密封,以避免空气稀释排气。

对于许多常用的排气管结构,由较易测量的排气系统尺寸来确定 L_A ,可以达到足够的准确度。其他结构的排气管应按下面规定的原则和方法来确定 L_A 。

9.2.2 排气管的内外径尺寸

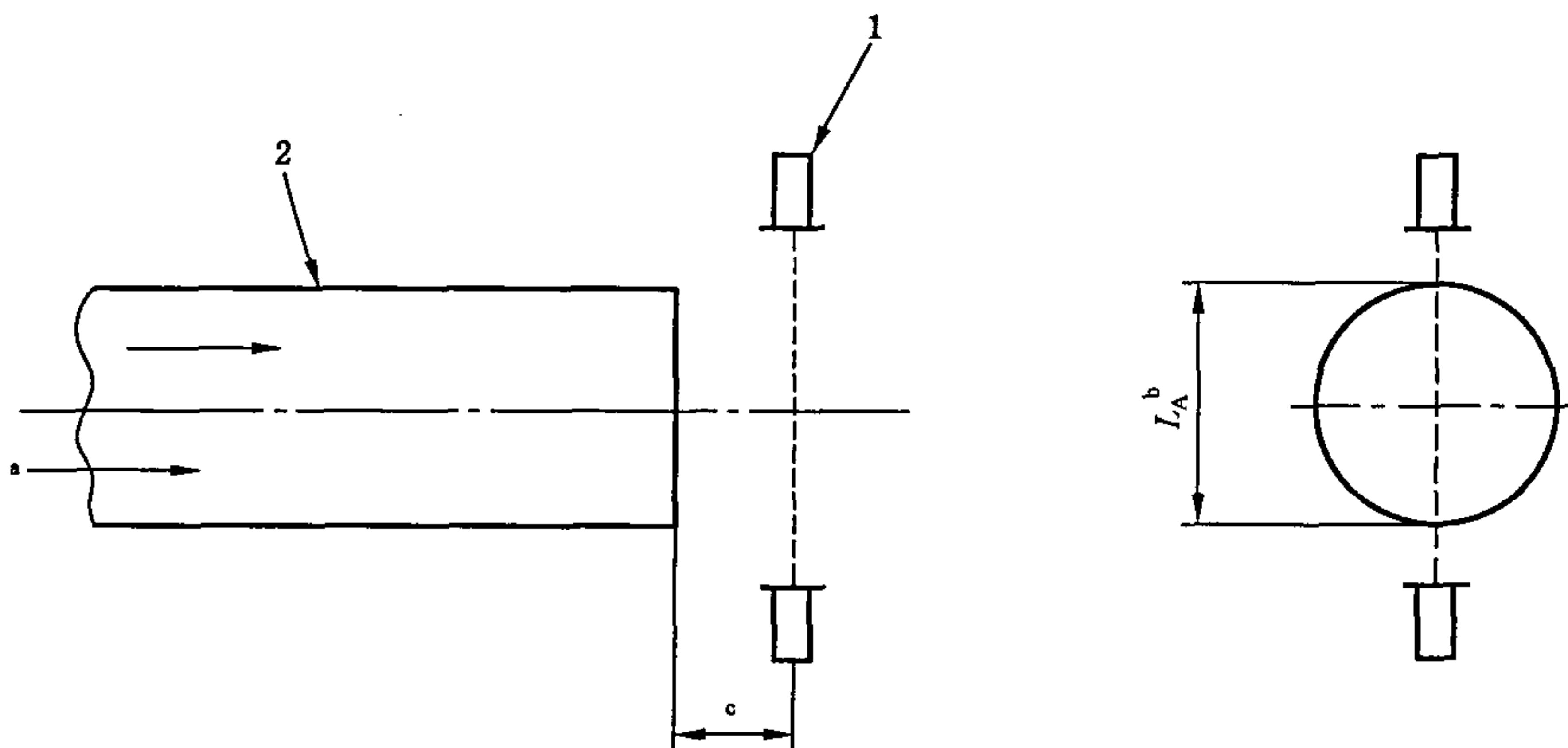
9.2.2.1 通则

配套机械上常见的大多数排气管都是各种标准公称尺寸的钢管。公称尺寸常用管子外径表示,而确定 L_A 的则是排气管的内径。排气管内径与外径之差为两倍管壁厚度,通常壁厚很小。

用排气管外径尺寸作为实测光通道长度会导致修正后的烟度值比实际的烟度修正值稍小(<1%消光度)。在大多数情况下,这样微小的误差是可以接受的。但是,在需要结果十分精确或排气管壁厚很大的情况下,确定 L_A 时应考虑排气管材料的厚度。

9.2.2.2 非斜切口圆形直排气管

这是一种结构最简单的排气管,如图 1 所示。遇到这种排气管时,应使消光计的光束与烟柱中心轴线垂直相交,光束离排气管出口应在 0.05 m 以内。如果满足上述规定,则 L_A 等于排气管内径,通常可以近似地由排气管外径来确定 L_A (见 9.2.2.1)。



1——全流式消光烟度计;

2——圆形排气管。

a 排气流。

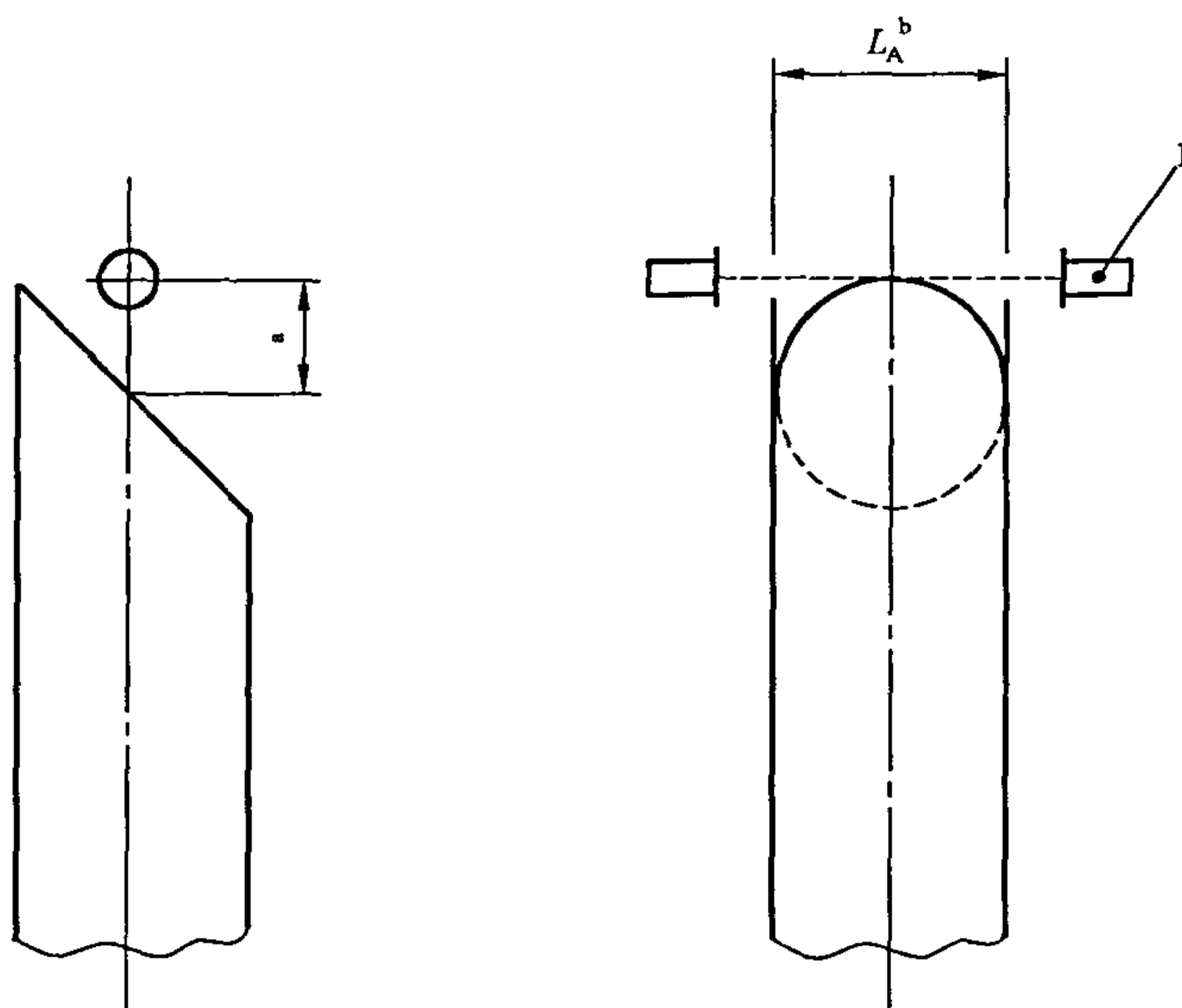
b L_A = 排气管内径; L_A = 排气管外径(壁厚小于 1.5 mm 时)。

c ≤ 5 cm。

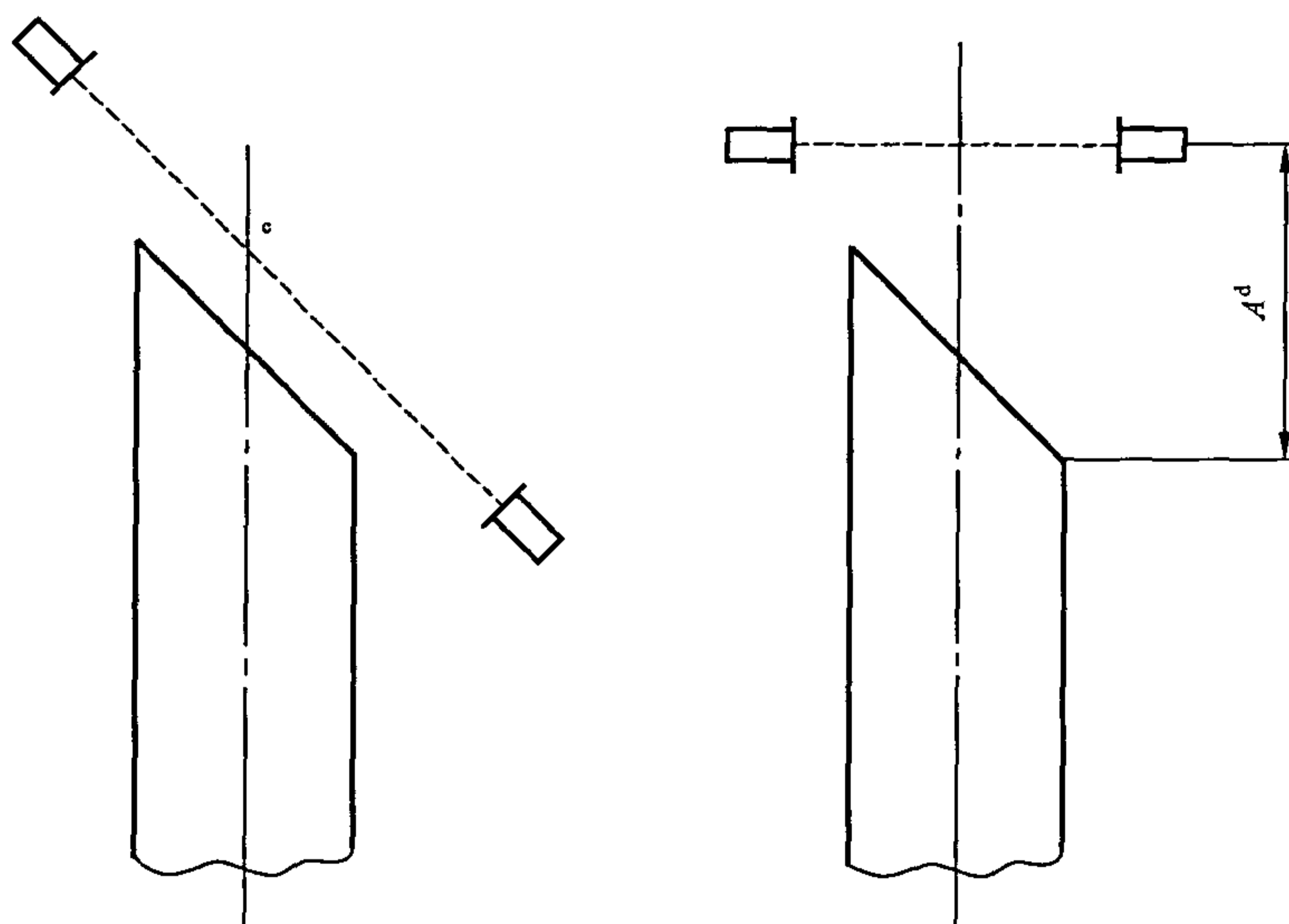
图 1 非斜切口圆形直排气管

9.2.2.3 斜切口圆形直排气管

这种排气管的出口端的切口与排气流轴线不垂直,而是形成斜切口形状。遇到这种类型排气管时,只推荐一种消光烟度计的安装定向方式(见图 2),即消光烟度计的光束轴线与烟柱中心轴线垂直相交,并与排气管出口椭圆截面的短轴平行。消光烟度计光束离排气管出口也应在 0.05 m 以内。如果满足上述要求,则 L_A 等于排气管内径,通常可以近似地由排气管外径来确定 L_A (见 9.2.2.1)。



a) 推荐的烟度计安装定向



b) 不推荐的烟度计安装定向

1——全流式消光烟度计。

a ≤ 5 cm。

b L_A = 排气管内径; L_A = 排气管外径(壁厚小于 1.5 mm 时)。

c 光束与排气流不垂直。

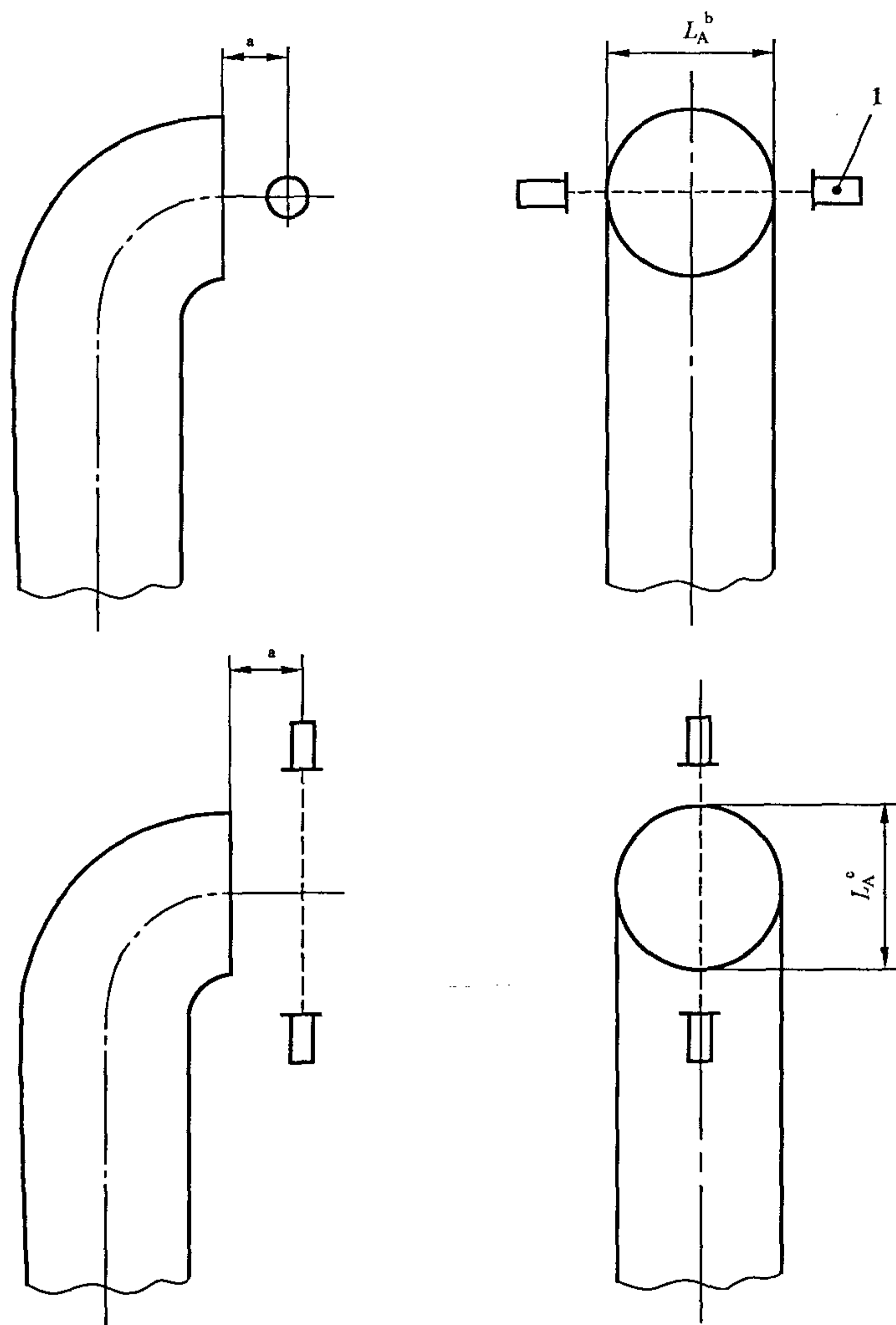
d $A > 50$ mm。

图 2 斜切口圆形直排气管

9.2.2.4 圆形弯曲排气管

当排气管中心线在其出口处呈弯曲状时,这种排气管称为弯曲排气管,且排气管出口横截面不是圆

形。当遇到这种类型排气管时,为避免出现错误的偏小读数,安装消光烟度计时应使其光束与烟柱中心轴线(非排气管中心线)垂直相交,并与排气管出口截面的短轴平行。消光烟度计光束离排气管出口也应在 0.05 m 以内(见图 3)。如果满足上述要求,则 L_A 等于排气管内径,通常可以近似地由排气管外径来确定 L_A (见 9.2.2.1)。消光烟度计安装时其光束也可以不与排气管出口截面短轴平行,但这时必需通过直接测量来确定 L_A 。



1——全流式消光烟度计。

$a \leq 5 \text{ cm}$ 。

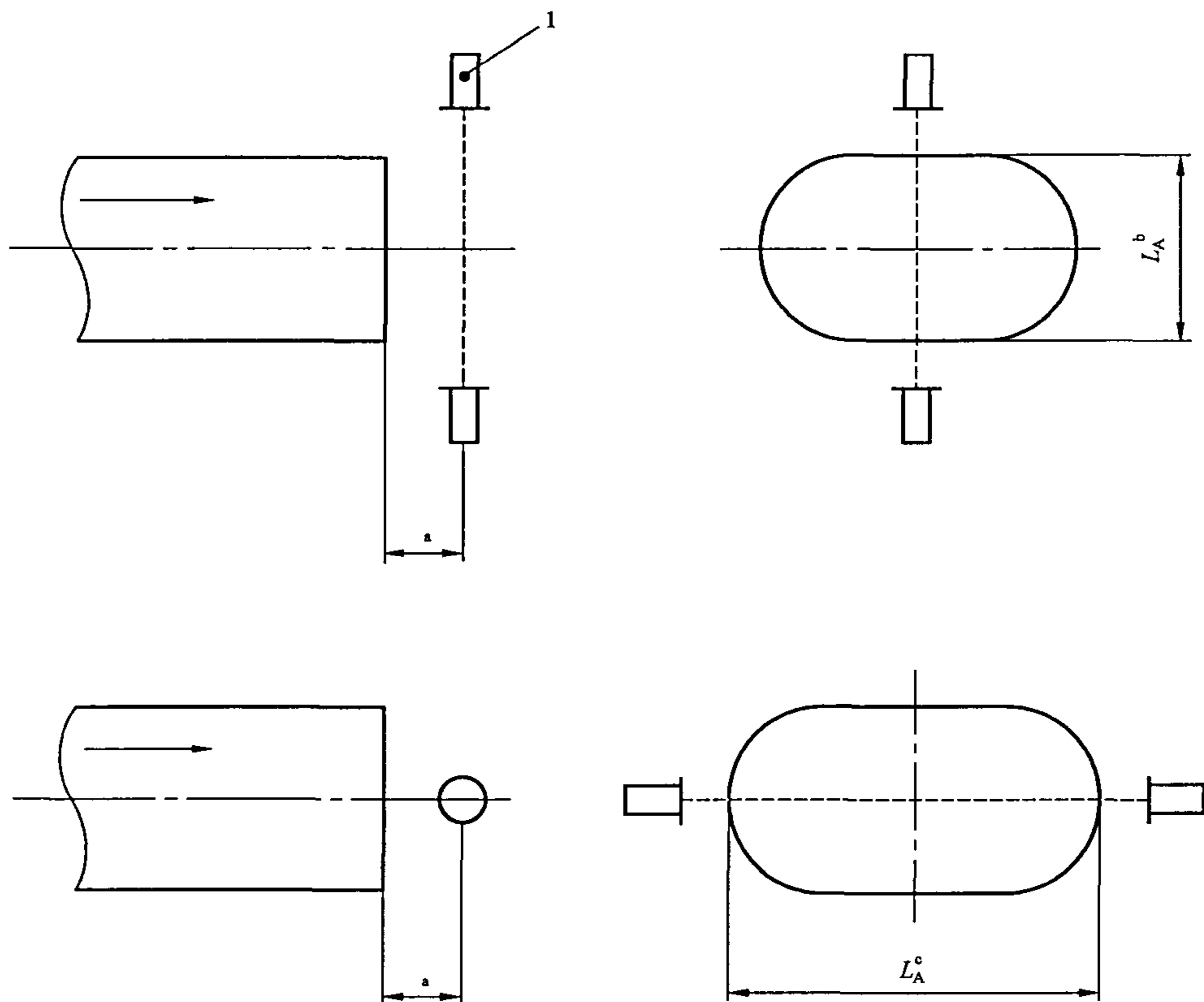
$b L_A =$ 出口截面的短轴; $L_A =$ 排气管内径; $L_A =$ 排气管外径(壁厚小于 1.5 mm 时)。

$c L_A =$ 出口截面的长轴; $L_A >$ 排气管内径(直接测量确定 L_A)。

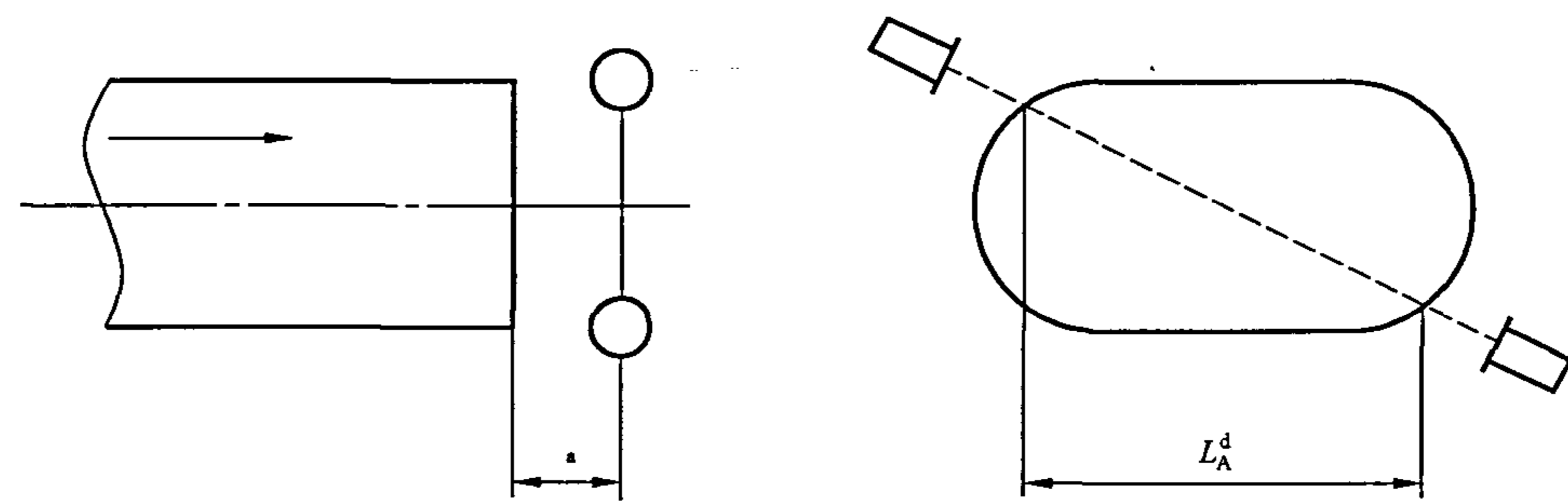
图 3 圆形弯曲排气管

9.2.2.5 非圆形排气管

若排气管横截面不是圆形,消光烟度计安装时应使光束与烟柱中心轴线垂直相交,并使消光烟度计光束离排气管出口在 0.05 m 以内。在这种情况下,应通过直接测量来确定 L_A 。若排气管横截面为卵形或椭圆形,建议使消光烟度计的光束与排气管横截面的长轴或短轴对齐,以方便测量 L_A (见图 4)。



a) 推荐的烟度计安装定向



b) 不推荐的烟度计安装定向

1——全流式消光烟度计。

$a \leq 5 \text{ cm}$ 。

b L_A = 出口截面的短轴(直接测量得出)。

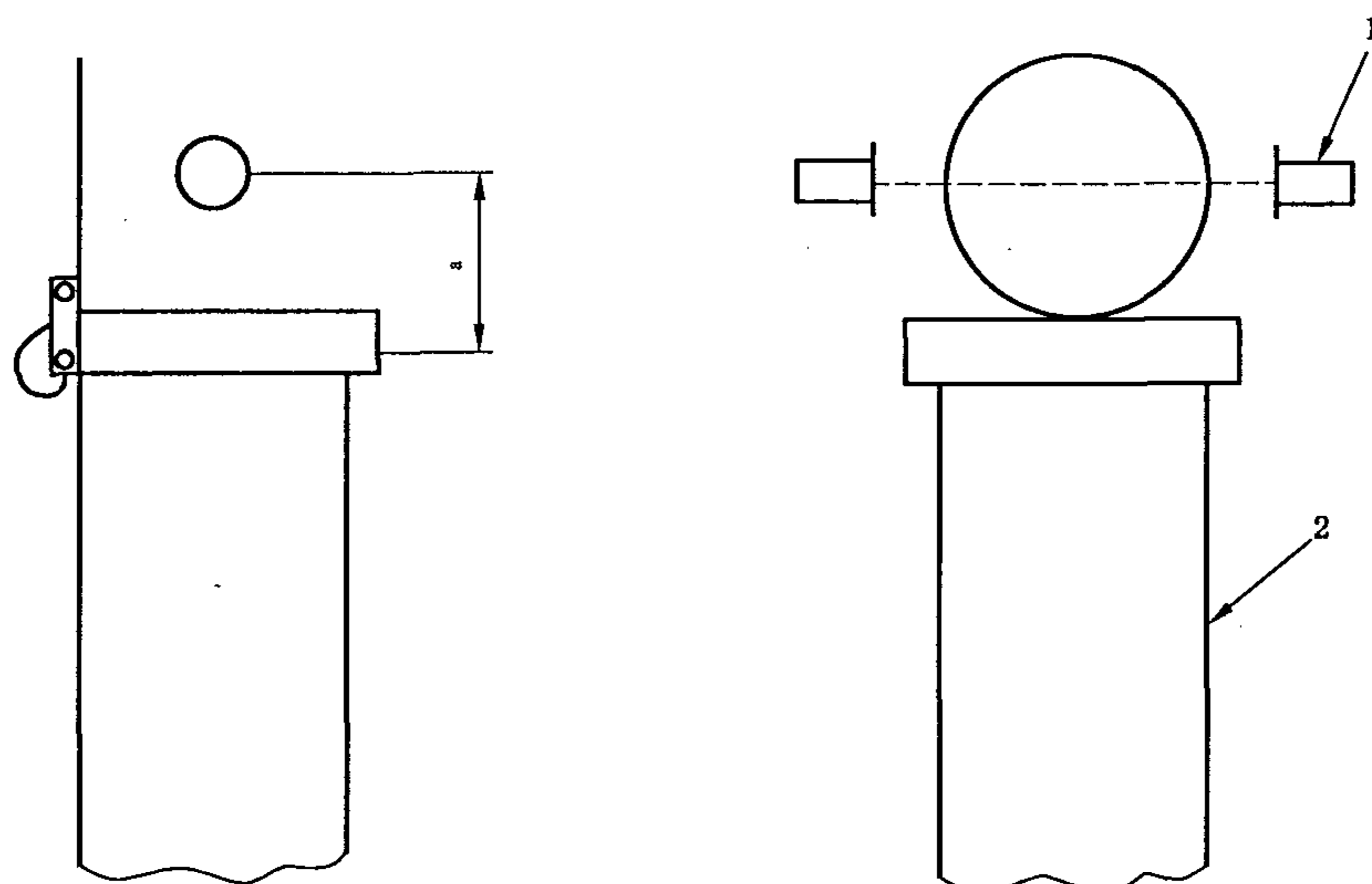
c L_A = 出口截面的长轴(直接测量得出)。

d L_A = 出口截面的长轴或者短轴(很难测量)。

图 4 非圆形排气管

9.2.2.6 防雨罩

当排气管装有防雨罩时,不能用管端型全流式消光烟度计进行烟度测量。如果出现这种情况,试验前应将防雨罩拆除或使之置于全开位置。若在不拆除防雨罩的情况下安装消光烟度计,则烟度计安装定向时应使防雨罩不干涉烟气并不遮挡消光烟度计的光束(见图 5)。



1——全流式消光烟度计；

2——防雨罩应固定在全开位置，烟度计安装定向时应使打开的防雨罩不干扰光束。

$a \leq 5 \text{ cm}$ 。

图5 防雨罩

9.2.2.7 直接向下排气

有些配套机械采用下排气系统，附装在底盘下侧。这类排气系统一般由一根弯曲排气管直接将排气排向地面。

在装有这种排气系统的机械上使用管端型全流式消光烟度计时应备加小心。在某些情形下，排气可能会“从地面”弹回并重新通过消光烟度计，从而导致有较高的烟度测量值。当尘埃混入回流的排气时，这种情况会进一步恶化。

大多数情况下，很难采取措施防止这种情形的发生，但是，建议试验人员对装有下排气系统的配套机械进行试验时要留心观察是否有排气回流情况发生。如果出现影响烟度测量的排气回流，试验结果应视为不可信（偏高），该结果应谨慎引用。

9.3 消光烟度计的校验

校验零点和满刻度前，应按制造厂的推荐预热使消光烟度计达到稳定状态。若消光烟度计装有防止光学器件免受碳烟污染的吹气系统，应按制造厂推荐对该系统进行激活和调整。

应在消光度读出模式下校验零点和满刻度。当仪器返回到光吸收系数 k 读出模式时，光吸收系数可由实测消光度和消光计制造厂提供的 L_A 计算求得。

在消光计光束无阻挡时，将读数调整到 $0.0\% \pm 0.5\%$ 消光度。在光束全部被阻挡使之不到达光检测器时，将读数调整到 $100.0\% \pm 0.5\%$ 消光度。

9.4 试验循环

发动机应按其适用的附录 A、附录 B 和附录 C 规定的相应试验循环进行运行，并应考虑到附录 D 中的说明。

注：非道路用恒速发动机的试验循环见 GB/T 8190.9。

试验前，应完成下列各项准备工作：

- a) 若配套机械装有手动变速器，应将变速器置于空档，并使离合器脱开。若配套机械装有自动变速器，应将变速器置于停车位置或空档位置。
- b) 试验期间，应禁止配套机械移动。
- c) 应关闭配套机械的空调装置。

- d) 如果发动机装有制动器,试验期间应使之不作用。
- e) 试验前,应使装在发动机或配套机械上的所有会改变发动机正常加速特性的装置(如照明灯和其他附件)不起作用。
- f) 配套机械上的所有仪器和附属装置应处于安全位置,必需时,应禁止挪动。

10 数据评定和计算

10.1 数据评定

10.1.1 消光烟度计的一般要求

烟度取样频率最小应为 20 Hz。必要时,应根据消光烟度计光通道长度、烟度单位(见 10.1.2、10.1.3 和 10.1.4)和试验的环境条件(见 10.3)对烟度值进行修正。然后按 10.2 和适用附录规定的贝赛尔算法对烟度数据进行处理。

取样管长度应不影响烟度曲线的产生(见 10.3)。但是即使取样管长度不影响烟度曲线的形状,也可能在产生烟度和测量烟度时引起一定的延迟。分析烟度曲线时应考虑与排气系统中烟气输送相关的延迟。

应按适用的相应附录的规定计算烟度值。

10.1.2 比尔-朗伯特关系式

比尔-朗伯特定律规定了透光度、光吸收系数和光通道有效长度 L_A 之间的关系,见公式(7)。

$$\frac{\tau}{100} = e^{-kL_A} \quad \dots\dots\dots(7)$$

根据透光度和消光度的定义,两者的关系可用公式(8)表示。

$$N = 100 - \tau \quad \dots\dots\dots(8)$$

由公式(7)和(8)可以得出下列关系式:

$$N_{AS} = 100 \times \left[1 - \left(1 - \frac{N_A}{100} \right)^{\frac{L_{AS}}{L_A}} \right] \quad \dots\dots\dots(9)$$

$$k = -\frac{1}{L_A} \times \ln \left(1 - \frac{N_A}{100} \right) \quad \dots\dots\dots(10)$$

10.1.3 数据换算

由实测烟度值换算成相应的报告单位可分两步进行。由于所有消光烟度计的基本测量单位都是透光度,所以第一步是用公式(8)将透光度 τ 转换成测量用光通道有效长度的消光度 N_A 。对于大多数消光烟度计,这一步都在其内部自动进行的。

第二步是按如下方式将 N_A 换算成报告所需的单位:

若以消光度报告试验结果,应用公式(9)将测量光通道有效长度的消光度 N_A 换算成标准光通道有效长度的消光度 N_{AS} 。

注:当测量用光通道有效长度与标准光通道有效长度完全相同时, N_{AS} 等于 N_A ,不需要进行第二步换算。

若以光吸收系数报告试验结果,应用公式(10)进行换算。

10.1.4 光通道有效长度输入值

运用公式(10)时需要输入测量用光通道有效长度 L_A 。运用公式(9)时需要输入 L_A 和标准光通道有效长度 L_{AS} 。

对管端型全流式消光烟度, L_A 为发动机排气管结构的函数(见 9.2)。

对部分流式(取样)消光烟度计和管内型全流式消光烟度计, L_A 是仪器测量室和吹气系统结构的函数。使用此类烟度计时,应按仪器制造厂提供的技术参数确定相应的 L_A 值。

通常 L_A 需要精确至 0.002 m 以内,以保证烟度修正结果的准确度在士 2% 消光度以内(见 9.2)。

消光度读数取决于仪器的光通道有效长度。由于限值都是以消光度百分数为单位,因而必须以限

值适用的标准光通道有效长度(管径)为基准。为了进行烟度数据比较,应按表 4 规定的标准光通道有效长度 L_{AS} 报告排烟消光度结果。但测量时可以不采用标准光通道有效长度。运用表 4 时不必测量发动机功率。发动机功率可从发动机铭牌、用户手册或申请型式认证的资料中获得。发动机功率不确定时,不能评定发动机是否符合以百分数表示的消光度限值。

表 4 标准光通道有效长度

发动机功率 P/kW	标准光通道有效长度 L_{AS}/m
$P < 37$	0.038
$37 \leq P < 75$	0.05
$75 \leq P < 130$	0.075
$130 \leq P < 225$	0.1
$225 \leq P < 450$	0.125
$P \geq 450$	0.15

10.2 贝赛尔算法

10.2.1 通则

应采用贝赛尔算法计算瞬态烟度读数的平均值。该算法适用于以光吸收系数表示的烟度值。但是,如果烟度值低于 40%消光度,该算法也能以很小的误差适用于以消光度表示的烟度值。该算法模拟了一种低通过二级滤波器,它需要用迭代计算确定各项系数。这些系数是消光计系统响应时间和取样频率的函数。因此,系统响应时间和/或取样频率发生变化时应重复 10.2.2 的计算。

10.2.2 滤波器响应时间和贝赛尔常数的计算

要求的贝赛尔滤波器响应时间(t_F)是 3.7.3 所述消光计系统物理响应时间和电路响应时间的函数。预定总响应时间 X 用公式(11)计算:

$$t_F = \sqrt{X^2 - (t_p^2 - t_c^2)} \dots\dots\dots (11)$$

式中:

t_p ——物理响应时间,单位为秒(s);

t_c ——电路响应时间,单位为秒(s);

只要 t_p 和 t_c 都远小于 X (见 7.3.6),且 t_p 和 t_c 都远小于瞬态试验的持续时间,可以用公式(11)将不同消光烟度计调整到某一个通用的响应时间。

估算滤波器截止频率 f_c 是基于在小于 0.01 s 时间内从 0 到 1 的阶跃输入(见附录 A)。响应时间的定义是从贝赛尔输出达到 10%阶跃输入(t_{10})到达到 90%阶跃输入(t_{90})的时间。它可以通过对 f_c 的迭代计算直到 $t_{90} - t_{10} \approx t_F$ 来求得。 f_c 的第一次迭代用公式(12)计算:

$$f_c = \frac{\pi}{(10 \times t_F)} \dots\dots\dots (12)$$

贝赛尔常数 E 和 K 用公式(13)和公式(14)计算。

$$E = \frac{1}{1 + \Omega \times \sqrt{3 \times D} + D \times \Omega^2} \dots\dots\dots (13)$$

$$K = 2 \times E \times (D \times \Omega^2 - 1) - 1 \dots\dots\dots (14)$$

式中:

$D=0.618\ 034$;

$\Delta t=1/\text{取样速率}$;

$\Omega=1/[\tan(\pi \times \Delta t \times f_c)]$

利用 E 和 K 值,按下式计算相对于一次阶跃输入 S_i 的贝赛尔平均响应时间:

$$Y_i = Y_{i-1} + E \times (S_i + 2 \times S_{i-1} + S_{i-2} - 4 \times Y_{i-2}) + K \times (Y_{i-1} - Y_{i-2}) \dots\dots\dots(15)$$

式中:

$$S_{i-2} = S_{i-1} = 0;$$

$$S_i = 1;$$

$$Y_{i-2} = Y_{i-1} = 0。$$

t_{10} 和 t_{90} 的时间应采用内插法确定。 t_{90} 与 t_{10} 的时间差就是该 f_c 值的响应时间 t_F 。若此响应时间与要求的响应时间不十分接近,应继续进行迭代计算直到实际响应时间与要求响应时间之差在 1% 以内,即:

$$| (t_{90} - t_{10}) - t_F | = 0.01t_F \dots\dots\dots(16)$$

注: 由于贝赛尔算法应用于滤波器是一种确定烟度的新方法,GB/T 8190.9 的附录 D 对贝赛尔算法作了说明,并给出了贝赛尔算法的设计示例和最终烟度值的计算示例。贝赛尔算法的几个常数只与消光烟度计的结构和数据采集系统的采样速率有关。建议消光烟度计制造厂提供不同采样速率的最终贝赛尔滤波器常数,并建议用户采用这些常数设计贝赛尔算法和计算最终烟度值。

10.2.3 贝赛尔平均烟度的计算

按 10.2.2 计算出贝赛尔常数 E 和 K 后,用公式(15)计算瞬态烟度值。

由于贝赛尔算法实质上是递归过程,因而开始计算时需要有初始输入值 S_{i-1} 和 S_{i-2} 及初始输出值 Y_{i-1} 和 Y_{i-2} 。这些值都可以假设为 0。

用算出的贝赛尔平均烟度值计算适用附录规定的相应烟度值。

10.3 环境修正

10.3.1 通则

如果在用烟度值要与规定限值进行比较,应对所测发动机的烟度进行环境修正。如果大气系数 f_a 在 0.93~1.07 范围内,用公式(19)进行修正。由于该烟度修正公式对 f_a 在 0.93~1.07 范围以外的烟度修正的有效性尚未确认,所以在该范围以外的测得烟度值尽管可以用公式(19)进行修正,但其修正结果不能与 GB/T 8190.9 所得的结果进行比较。

注: 本章提供的空气密度修正公式反映了被试发动机/车辆对空气密度的常规敏感性。有些发动机对该修正公式预测的空气密度变化的敏感性较大,而有些发动机的敏感性则较小。因此,将该修正公式应用于某些对空气密度敏感性不明确的发动机/车辆时,该修正公式只能认为是近似的。建议管理机构在强制项目中采用本规程时要考虑到个别被试发动机/车辆对空气密度的敏感性不确定,并可能会与常规修正公式指出的敏感性不同。

10.3.2 基准条件

10.3.3 的修正系数考虑了发动机进气干空气密度。在基准温度为 298 K 和基准压力为 99 kPa 时基准干空气密度为 1.157 5 kg/m³(见 5.1.1)。

10.3.3 烟度的空气密度修正

此修正适用于以光吸收系数(k)表示的烟度值,适用于贝赛尔平均峰值烟度,而不适用于原始烟度值。修正时,必须用公式(10)将消光度值转换成 k ,修正后可以用公式(17)再转换为消光度值。

$$K_s = \frac{1}{19.952\rho^2 - 48.259\rho + 30.126} \dots\dots\dots(17)$$

式中:

$$\rho = \frac{p_s \times 10^3}{287 \times T_s} \dots\dots\dots(18)$$

利用公式(17),将相应附录中的烟度值用公式(19)由以光吸收系数表示的实测值换算为修正值。

$$k_{corr} = K_s \times k_{obs} \dots\dots\dots(19)$$

10.4 试验报告

试验报告应包含 GB/T 8190.6 规定的的数据。

11 烟度测定

GB/T 8190.9—2010 的 11.2 和 11.3 详细描述了推荐的消光烟度计系统。由于不同的结构能产生相当的结果,因而不要求完全符合图示的结构。可以采用诸如仪表、阀门、电磁阀、泵和开关等附加部件来提供附加信息和协调部件的系统功能。系统中无精度要求的其他部件可以根据合理的工程判断不予安装。

测量原理是:使光线通过某一规定长度的被测烟气,用到达光检测器的人射光线比例来评定烟气介质的遮光特性。视装置的结构而定,可以在排气管中(管内型全流式消光计)、排气管端(管端型全流式消光计)或从排气管中采集部分样气(部分流式消光计)进行烟度测量。为了由消光度确定光吸收系数,制造商应提供仪器的光通道长度。

附录 A

(规范性附录)

非道路用变速运行发动机的试验循环

A.1 范围

本附录规定的烟度试验循环包括从低怠速到高怠速的加速。此烟度循环适用于 GB/T 8190.4 所述的 C1 类变速运行的发动机。瞬态烟度循环是一种容易实施的在用机排放试验,它可以方便地对装于配套机械上的柴油机进行。

GB/T 8190.4 中所述的 C1 类主要用于非道路车辆和柴油机驱动的非道路用工业装备。本附录“范围”一章所指 C1 类发动机的典型用途如下,但不限于此:

- 工业钻探装置,压缩机等;
- 工程机械,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、非公路卡车、液压挖掘机等;
- 农业机械、旋耕机;
- 林业机械;
- 自行式农用车辆(包括拖拉机);
- 材料装卸机械;
- 叉车;
- 修路机械(汽车平路机、压路机、沥青平整机);
- 扫雪机;
- 机场辅助设备;
- 架空升降机;
- 移动式起重机。

本附录规定的瞬态烟度循环可能并非所有配套机械上的发动机都能实施。某些发动机和/或配套机械可能会采取防止从低怠速加速到高怠速的控制措施。单缸或双缸发动机可能会出现妨碍烟度可靠测量的排气脉冲,除非采用一个缓冲容积(消声器)。如经有关各方协商同意,特定用途可以采用特殊的试验规程。

A.2 术语和定义

A.2.1

加速试验 acceleration test

使发动机克服其自身惯量以及飞轮和非承载的机械惯量从低怠速加速到高怠速的运转试验。

A.2.1.1

自由加速时间 free acceleration time**FAT**

自由加速试验时,发动机从高于 5% 低怠速加速到 95% 标定转速所需的时间,以 s 表示。

注:对于本现场试验规程来说,FAT 可能与发动机从低怠速加速到高怠速所需的时间接近。在现场烟度试验时应确定一个 FAT 的近似值。发动机的旋转惯量或发动机的惯性负荷太大会导致在用机烟度试验的 FAT 大于按 GB/T 8190.9 附录 A 试验时的 $9 \times \text{FAT}$ 。这样,在用烟度值就不能与它的限值进行比较,因为这时在用机烟度试验的运行界限已超出了发动机认证或型式认证时的运行界限。

A.2.1.2

峰值烟度 peak smoke value

PSV_s

按 A.3.5.1e)规定进行在用试验时加速过程中所得的 1 s 最大贝赛尔平均烟度值。

注：报告的 PSV_s 值为按 A.3.5.1e)进行的三次单独加速的平均值。

A.3 试验循环

A.3.1 通则

试验包括从低怠速到高怠速的发动机加速。为了减小可变性要进行多次加速。

A.3.2 发动机检查

发动机应停机,停车制动器合闸,所有的仪器和附属装置应按 9.4 所述处于安全位置。检查发动机是否有零件松动和脱落,特别要注意进、排气系统是否符合 5.3、5.4 和 5.5 的要求。检查燃油系统是否有阻塞迹象。进气系统、排气系统或燃油系统维护不良或有阻塞会导致发动机烟度试验失败。检查时还应确认发动机的功率、发动机型号(型式)、发动机系列号和系族。

A.3.3 怠速检查

进行烟度试验前应检查和记录怠速。

建议在进行烟度试验前检查高怠速转速,以避免试验过程中发动机损坏。检查时一边慢慢地将转速控制手柄移动到全速位置,一边监测发动机转速。如果发动机转速超过制造厂推荐的高怠速转速,应立即将转速控制手柄回到低怠速位置。烟度试验不能继续进行。

A.3.4 发动机预热

发动机应在带负荷条件下至少进行 15 min 预热运转。或者,可以由机油和冷却液温度表来确认发动机已达到正常的工作温度。

注：预热阶段还应防止实际测量不受前次试验排气系统中沉积物的影响。

A.3.5 加速试验

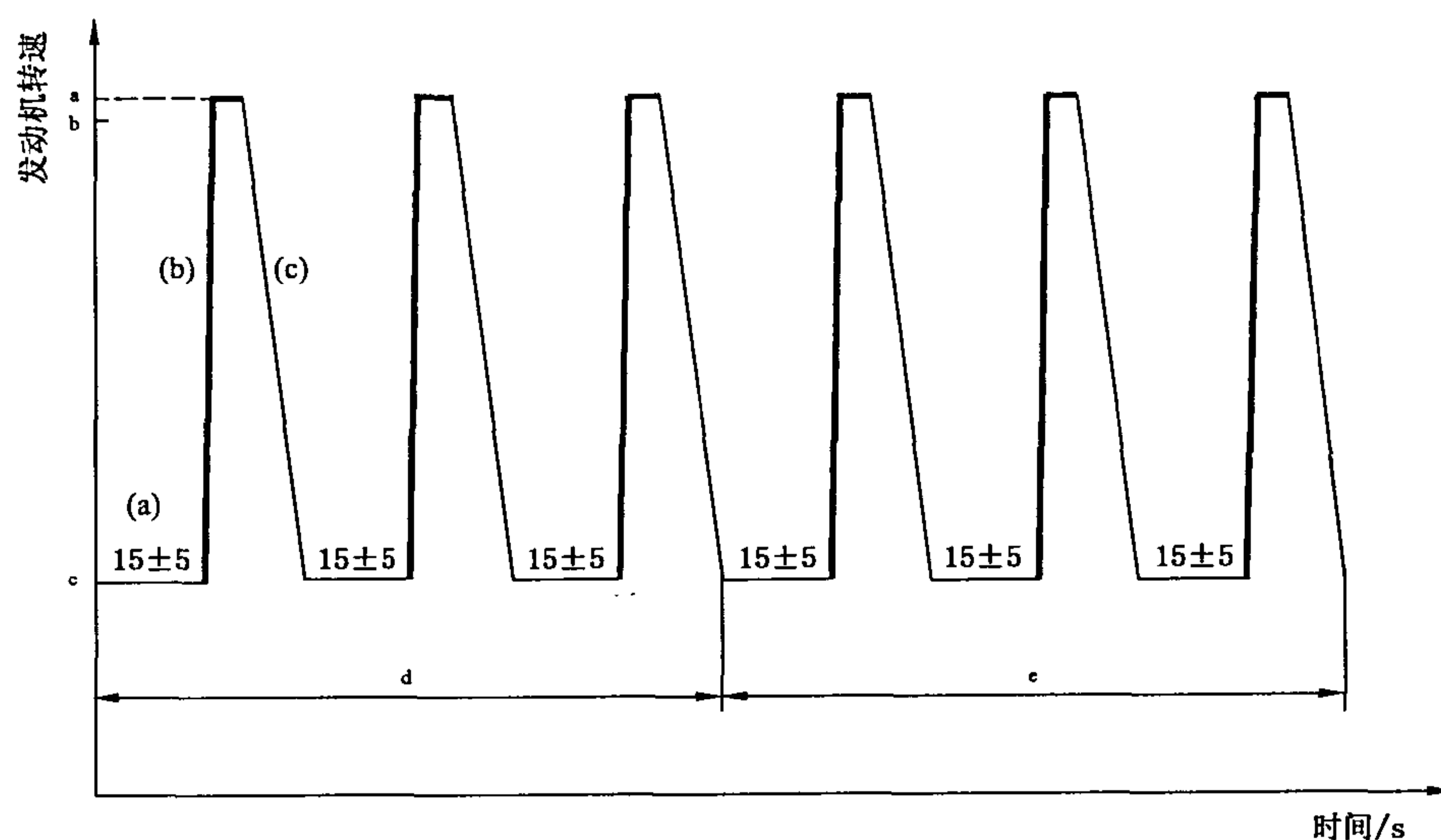
A.3.5.1 通则

停车制动器应合闸,所有仪表和附属装置应处于安全位置。所有附件应停止工作。那些不能关闭的附件和由发动机驱动的其他装置吸收的发动机功率应尽可能减至最少。手动变速器置于空档,自动变速器置于停车档。按 7.3 和第 8 章的规定安装和标定烟度测量仪器。

加速试验是使发动机从低怠速到高怠速的运转过程。

加速试验的基本步骤如下,如图 A.1 所示。

- a) 发动机以低怠速稳定运转 15 s±5 s。
- b) 将转速控制手柄快速移动到全开位置,并保持在该位置直到发动机达到调速器控制的高怠速(无负荷)。
- c) 将转速控制手柄移回到关闭位置,使发动机回到低怠速。
- d) 重复上述步骤两次作为预运转,以清扫排气系统。
- e) 3 次预运转后,重复上述步骤直到 3 次连续运转满足 A.3.5.2 规定的稳定性要求为止。



—— 油门关闭
 —— 油门全开

a 高怠速。

b 标定转速。

c 怠速。

d 预运转。

e 实际运行。

(a), (b)和(c)参阅 A. 3. 5. 1 条段的说明。

图 A. 1 加速试验

A. 3. 5. 2 加速试验有效性判定

只有在满足以下试验循环要求时,加速试验的结果方可认为有效。

三次连续加速试验的 1 s 最大贝赛尔平均烟度值的最高值与最低值的算术差不超过 5% 消光度。

其他试验有效性判定按 5. 1. 2 和 7. 3. 4 的规定。

A. 3. 5. 3 自由加速时间(FAT)的确定

A. 3. 5. 1 步骤 e)中每次加速的自由加速时间是指发动转速从低怠速达到高怠速的时间。为了与按 GB/T 8190. 9 规定进行发动机认证或型式认证时用的加速时间进行比较,应确定 FAT。如果现场试验的加速时间大于 GB/T 8190. 9 中自由加速时间的 9 倍,则不必要要求发动机满足规定的限值。

A. 4 结果分析

A. 4. 1 通则

本章规定了加速试验结果的分析方法。本试验所用许多消光计的烟度输出信号为根据 10. 2 所述算法确定的 $X=0.5$ s 的贝赛尔平均烟度值。对于这些烟度计,需要对信号作进一步处理以产生 $x=1.0$ s 的烟度值,这时 10. 2. 2 中公式(11)所用的 $(t_p^2+t_e^2)$ 值为 0.25^2 。对于那些未按 0.5 s 贝赛尔算法处理的原始烟度结果,分析时应采用代表该消光计系统的 $(t_p^2+t_e^2)$ 值。

报告的烟度值还应按 10. 3 规定进行环境修正。

A. 4. 2 峰值烟度(PSV₉)

应计算 A. 3. 5. 1 步骤 e)中每次加速的 PSV 值。这些值是加速过程中出现的 $X=1.0$ s 贝赛尔平均烟度的最大值。应注意确保所分析的烟度数据与加速过程中出现的时间相对应(见 10. 1. 1)。加速过程见 A. 3. 5. 1 的 b)。计算贝赛尔平均值的方法见 10. 2 的规定。对于峰值烟度,公式(11)中 X 值为

1.0 s。PSV_s 是三次加速所得烟度的平均值。

A.5 结果报告

应报告下列数据：发动机功率、发动机型号、发动机系族（由排放标签得到）、发动机系列号、FAT、PSV_s。

A.6 试验结果的统计评定

本试验的结果可作为强制项目的一部分。如果试验结果（平均 PSV）接近法规限值 LL，建议在进行任何强制试验前先进行若干次附加的试验。本章推荐了一种强制试验前采用的统计方法。

- a) 如果三个 PSV 中每个值都 < LL：接受结果；结束试验。
- b) 如果三个 PSV 中每个值都 > 1.5LL：不接受结果；结束试验。
- c) 如果 a) 或 b) 都不满足，推荐进行附加的试验。至少应按 A.3.3、A.3.4 和 A.3.5 的要求再运行两次，以产生 6 个附加的 PSV 值。结果合格/不合格应根据至少 9 个 PSV 值的平均值来加以判定。

附录 B

(规范性附录)

船舶推进用发动机的试验循环

B.1 总则

与道路用发动机和非道路移动机械用发动机相比,船用发动机工作时转速和扭矩组合的局限性要大得多,部分原因是由于船用发动机通常不配装变速箱,另外部分原因是由螺旋桨传送到水的动力传递物理特性决定的。

船用发动机扭矩与转速的关系有两种规律:由 $\text{扭矩} = f(n^2)$ 确定的螺旋桨规律和恒定转速规律(类似于发电机用途),前者为固定节距螺旋桨或固定水流的情况,后者为可变节距螺旋桨的情况。这两种情况相当于 GB/T 8190.4—2010 中的 E1、E2、E3 和 E5 试验循环。在这两种情况下,发动机负荷增加(转速增加或不增加)时烟度排放比较稳定,且烟度主要受负荷增加速率的影响。负荷增加速率则受各种自动限制措施的控制。

以功率增加速率为例。船用发动机的功率增加速率要比道路或非道路移动机械用发动机的慢。这部分原因是由螺旋桨传送到水的动力传递物理特性决定的。在所有情况下,发动机将视船舶的种类而定由它的管理或控制系统进行控制。这种“标准情况”也是最差的工作情况,它非常适合作为动态烟度测量的基准。带各种不同管理或控制装置的发动机可以组合成为不同的发动机系族或发动机系组,并可以按一种最差的工作情况对整个系族或系组的发动机进行试验。

在船舶上,安全是最重要的。因此,尽管自动控制是通常的惯例,但是对于那些因系统过载而需要降低其紧急危险性的紧急情况仍然是一种例外。在这种紧急情况下,可能会因发动机较快加速而导致烟度增加。本附录没有考虑这种烟度增加的情况。

B.2 本烟度试验循环的适用对象

本附录规定的试验循环适用于 GB/T 8190.4—2010 中规定的 E1、E2、E3 和 E5 循环所涉及的那些发动机。决定是否使用本附录所述试验循环的因素是加载加速时间。考虑到发动机的管理或控制系统,该加载加速时间应为 $20 \text{ s} \pm 5 \text{ s}$ 或制造厂的规定。对于那些可以用作非道路移动机械发动机的船舶推进发动机可以有选择性地按附录 A 的规程进行试验。

以下是典型的适用对象:

E1:长度小于 24 m 的小船用柴油机(由试验循环 B 派生而来);

E2:长度不限的船舶推进用恒速重型发动机;

E3:长度不限的按螺旋桨规律运行的船舶推进用重型发动机;

E5:长度小于 24 m 的小型船用柴油机(按螺旋桨规律运行)。

本附录适用于标定功率最大至 1 500 kW 的发动机。

B.3 术语和定义

B.3.1 瞬态加载试验

B.3.1.1

变速运行发动机用 for variable-speed engines

使发动机按照加载加速工况和 80% 标定转速加载工况组成的规定循环的运转过程。

B.3.1.2

恒速运行发动机用 for constant-speed engines

使发动机在标定转速下按照由增加负荷工况和 50% 标定负荷工况组成的规定循环的运转过程。

B. 3. 2

负荷增加时间 load-increase time

B. 3. 2. 1

变速运行发动机用 for variable-speed engine

发动机从低怠速加速到 80% 标定转速所需的时间,在该加速时间内,发动机的负荷控制应使发动机扭矩与瞬态加载曲线相一致。

B. 3. 2. 2

恒速运行发动机用 for constant-speed engine

发动机在标定转速下从零负荷增加到 50% 标定功率所需的时间。

B. 3. 3

瞬态加载曲线 transient-load curve

B. 3. 3. 1

变速运行发动机用 for variable-speed engine

由 $\text{扭矩} = f(n^2)$ 确定的螺旋桨曲线,该曲线的终点为标定转速标定功率点。

B. 3. 3. 2

恒速运行发动机用 for constant-speed engine

标定转速下的恒定转速曲线,该曲线的终点为标定功率点。

B. 3. 4

峰值烟度 PSV peak smoke value

瞬态加载试验期间所得的三个 1.0 s 最大贝赛尔平均烟度值的平均值。

B. 4 试验循环

B. 4. 1 通则

在进行瞬态加载试验的烟度测量(详见 B. 4. 2 和 B. 4. 3)时,无论是沿螺旋桨曲线还是在恒定转速下,发动机加载都应尽可能地快。负荷增加速率即负荷增加时间由发动机管理或控制系统控制。

本试验循环适用于试验台测量和/或发动机安装在船舶上时的测量。

当在试验台上测量发动机烟度时,可以在覆盖发动机系族或发动机系组实际使用条件的范围内改变负荷增加时间,发动机系族和系组应加符合 GB/T 8190. 7 和 GB/T 8190. 8 的规定。

B. 4. 2 发动机预热

发动机应在制造厂推荐的标定功率下进行预热,使发动机参数达到稳定状态。

注:该预热阶段还应确保当前的测量不受前次试验的影响,并确保该预热阶段能形成试验的基准条件。

B. 4. 3 瞬态加载试验运行

B. 4. 3. 1 通则

瞬态加载试验应在完成 B. 4. 2 预热运转后,立即进行。

B. 4. 3. 2 变速运行发动机

变速运行发动机瞬态加载试验是发动机克服 $\text{扭矩} = f(n^2)$ 的负荷从低怠速加速到 80% 标定转速。试验顺序如图 B. 1 所示。

B. 4. 3. 3 恒速运行发动机

恒速运行发动机瞬态加载试验是使发动机从标定转速零负荷加载到标定转速 50% 标定功率。试验顺序如图 B. 2 所示。

瞬态加载试验应从预运转循环开始,以提高试验结果的重复性。完成预运转循环后应立即进行

三次增加负荷的试验循环。瞬态加载试验的顺序见 B. 4. 3. 4 和 B. 4. 3. 5。

B. 4. 3. 4 变速运行发动机的试验步骤

B. 4. 3. 4. 1 预运转循环

- a) 将负荷/转速控制手柄置于最小开度位置,使发动机在低怠速下以最低稳定负荷运转 $40\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。
- b) 将负荷/转速控制手柄从低怠速位置:
 - 1) 移动到某一开度位置,使发动机在 $20\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 内达到 80% 标定转速;或
 - 2) 快速移动到全开位置,并保持在该位置,使发动机在其管理系统或控制系统允许的时间内克服瞬态加载曲线的负荷加速到 80% 标定转速。
- c) 使发动机在 80% 标定转速和瞬态加载曲线规定的负荷下保持运转 $60\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。
- d) 降低发动机负荷,使负荷/转速控制手柄回复到低怠速位置。

B. 4. 3. 4. 2 测量运转循环

重复 B. 4. 3. 4. 1 中步骤 a) 到 d), 直到完成三次连续的试验和获得一致的结果。

B. 4. 3. 5 恒速运行发动机的试验步骤

B. 4. 3. 5. 1 预运转循环

- a) 使发动机在标定转速以最低稳定负荷运转 $40\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。
- b) 在标定转速下,将负荷/转速控制手柄:
 - 1) 移动到某一开度位置,使发动机在 $20\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 内达到 50% 标定负荷;或
 - 2) 快速移动到 50% 开度位置,并保持在该位置,使发动机恒定转速下的负荷在其管理或控制系统允许的时间内增加到 50% 标定负荷。
- c) 使发动机在标定转速下以 50% 标定功率运转 $60\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。
- d) 降低发动机负荷,使负荷/转速控制手柄回复到标定转速空载位置。

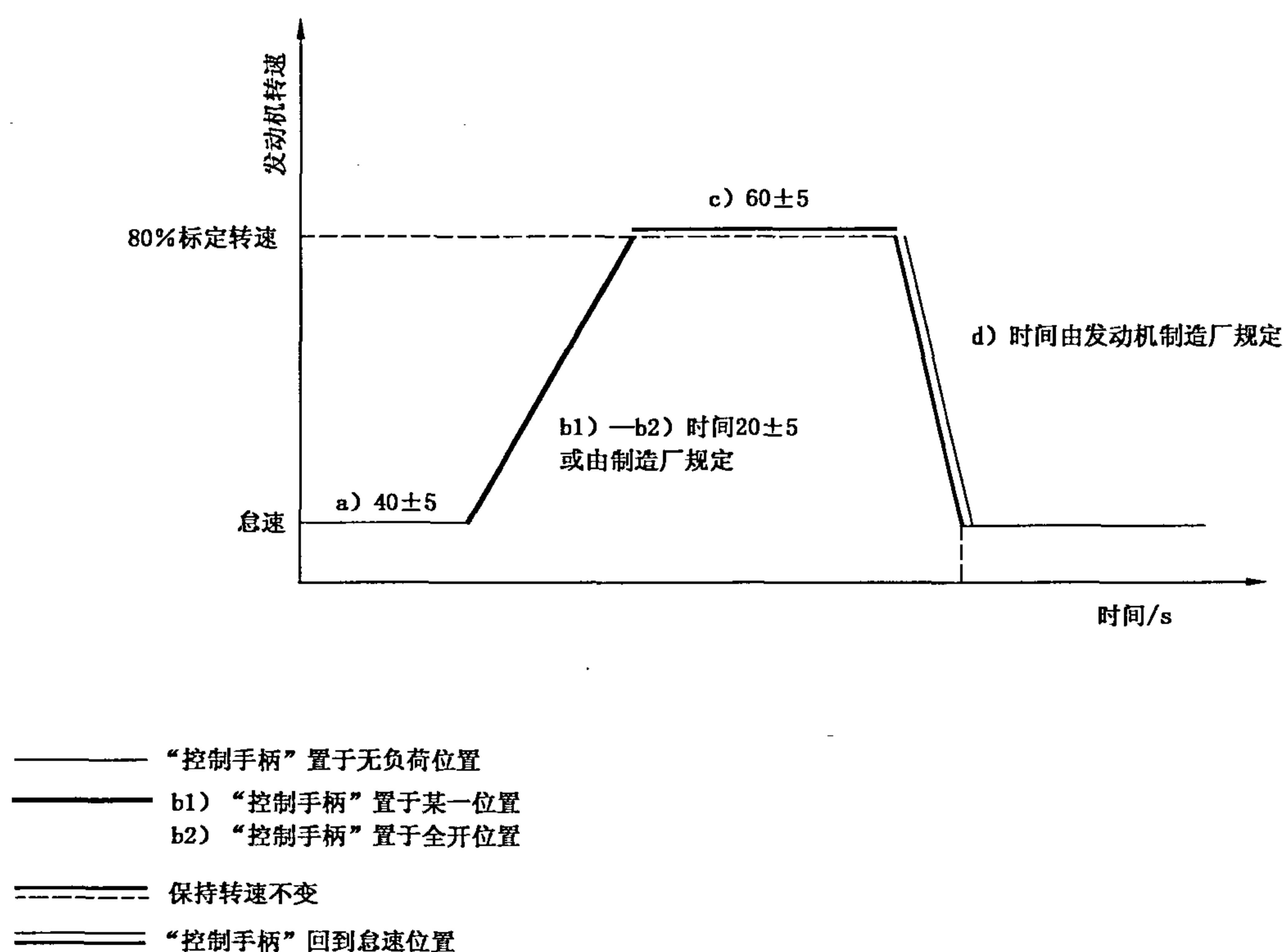


图 B. 1 瞬态加载试验——变速运行发动机

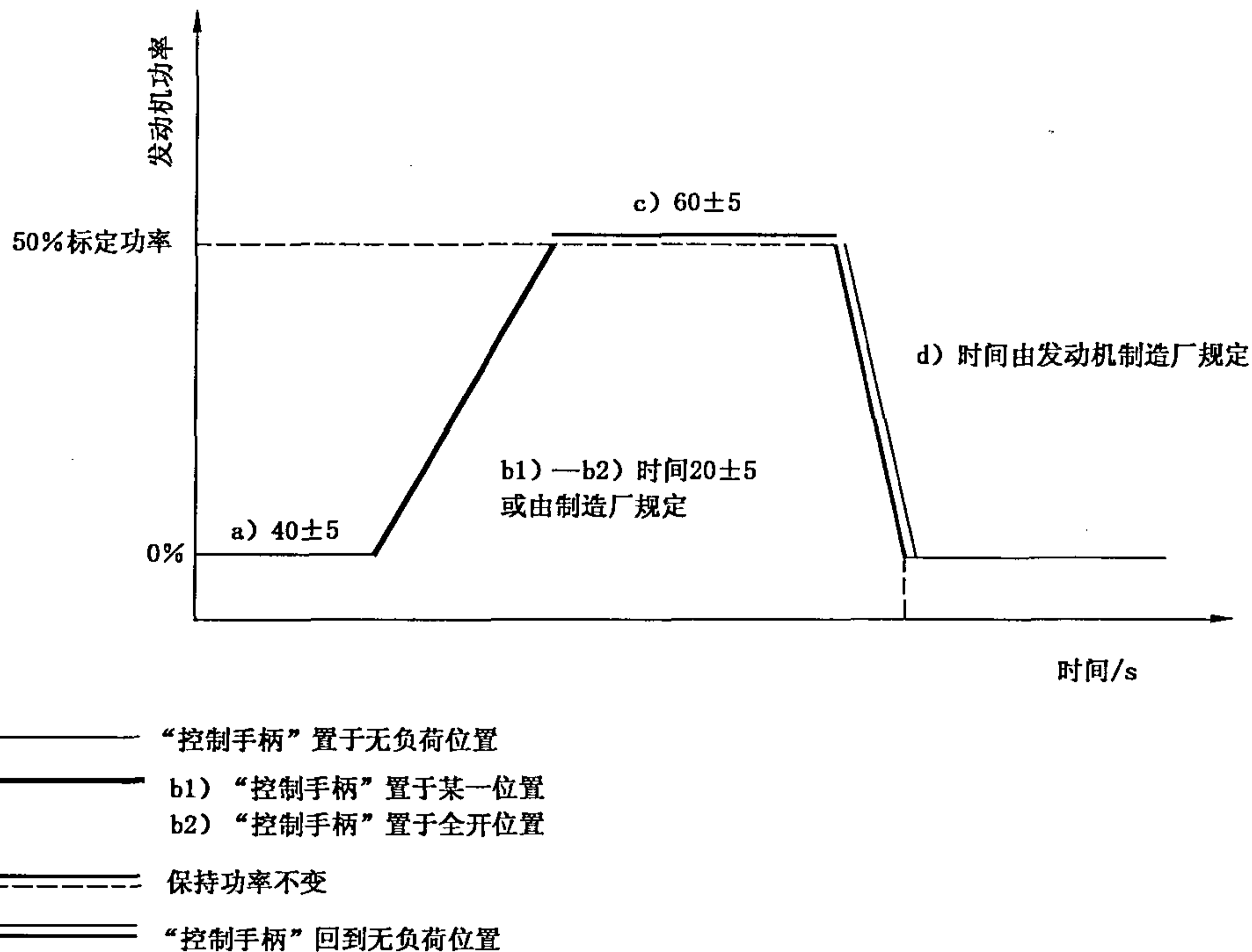


图 B.2 瞬态加载试验——恒速运行发动机

B.4.3.5.2 测量运转循环

重复 B.4.3.5.1a) 到 d), 直到完成三次连续的试验和获得一致的结果。

B.4.3.6 瞬态加载试验有效性判定

只有在满足以下试验循环的要求时才能判定瞬态加速试验的结果有效。

三次连续的瞬态加载加速试验的最高与最低的 1.0 s 最大贝赛尔平均烟度值的算术差不超过 5% 消光度。

附加的试验有效性判定按 5.1.2 和 7.3.4 的规定。

B.5 结果分析

B.5.1 通则

本章规定了瞬态加载烟度试验的结果分析方法。本试验方法所用的许多烟度计的输出信号为相当于 10.2 所述算法的 $X=0.5$ s 贝赛尔平均烟度值。对于这些消光烟度计, 需要对输出信号作进一步处理以产生相当于 $X=1.0$ s 的结果, 这时, 10.2.2 中公式(11)所用的 $(t_p^2 + t_e^2)$ 的值为 0.5^2 。对于那些未按 0.5 s 贝赛尔算法处理的原始烟度值, 分析时应采用能代表所用消光烟度计的 $(t_p^2 + t_e^2)$ 值。

B.5.2 峰值烟度 (PSV)

确定 B.4.3 所述三次重复试验中最大的 1.0 s 贝赛尔平均烟度值。注意应确保被分析的烟度数据与负荷增加时的时间相对应(见 10.1.1)。峰值烟度 PSV 是指每次增加负荷时测得的 1.0 s 最大贝赛尔平均烟度值的平均值。

计算贝赛尔平均烟度值的方法见 10.2 的规定。对于峰值烟度, 公式(11)中的 X 值为 1.0 s。

B.6 结果报告

应报告以下各项烟度值: PSV_1 、 PSV_2 、 PSV_3 和 PSV_a (即前三个烟度值的平均值)。还应报告三次试验(负荷增加时)的持续时间。图 B.1 和图 B.2 的时间间隔 a) 到 d) 分别参阅 B.4.3.4.1 和 B.4.3.5.1 的各项说明。

附录 C

(规范性附录)

变速运行 F 类发动机(机车牵引)的试验循环

C.1 总则

克服发动机惯性矩(无负荷)的加速试验不适用于机车牵引用发动机,因为要避免机车车轮打滑,铁路牵引用发动机的油门响应不能像非道路用(C1)发动机那样快。当发动机加速时,铁路牵引用发动机不是快速打开油门,而是按照基于时间的负荷增加速率打开油门。带不同管理或控制系统的发动机可以组合成为不同的系族或系组,对于这些发动机,可以对整个系族或系组中最差工作情况的发动机进行试验。

在通常情况下,应将发动机安装在配备所有固定设备和测量仪器的试验台上进行试验。在某些情况下,可以不从机车上拆下发动机而用一种固定的试验台装置(例如负荷储存系统)吸收发动机产生的功率。

C.2 本试验循环的适用对象

本附录适用于标定功率最大至 1 500 kW 的发动机。

C.3 术语和定义

C.3.1

瞬态加载试验 test under transient load

使发动机按照由加载加速工况和标定转速全负荷工况组成的规定循环进行运转的过程。

C.3.2

加载加速时间 acceleration time under load

发动机从低怠速加速到标定转速所需的时间,在加速过程中发动机的负荷控制应使发动机的功率符合加载加速曲线。

注:加载加速时间由发动机管理或控制系统控制。

C.3.3

加载加速曲线 acceleration load curve

水力测功器固有的负荷曲线,近似遵循扭矩 $=f(n^2)$ 的规律,并代表了实际使用时的负荷曲线。

注:当采用发电机进行试验时,应按扭矩 $=f(n^2)$ 的关系式施加负荷。

C.3.4

峰值烟度 peak smoke value

PSV

瞬态加载试验中加速工况下测得的三个最大的 1.0 s 贝赛尔平均烟度值的平均值。

C.4 试验循环

C.4.1 通则

试验时发动机应安装实际使用时配备的管理或控制系统。

C.4.2 发动机预热

发动机应按照制造厂的推荐在标定功率下进行预热,使发动机运转参数达到稳定状态。

注:该预热阶段还应确保当前的测量不受前次试验的影响,并确保该预热阶段能形成试验的基准条件。

C.4.3 瞬态加载试验

C.4.3.1 通则

瞬态加载试验应在完成 C.4.2 所述发动机预热后立即进行。瞬态加载试验是发动机克服负载从低怠速开始加速的运转过程。标定转速下该加载曲线的终点应为发动机的标定功率。

C.4.3.2 瞬态加载的加速时间

本试验的加速时间由发动机管理或控制系统控制,加速时间应与铁路牵引实际使用时的发动机运转情况相符。由于发动机瞬态加载时的烟度排放会随加速时间的缩短而增加,因而对某一发动机系族或系组中加速时间不同的发动机进行验收试验时,可以将加速时间最短的那种发动机作为基准进行试验。

C.4.3.3 进行瞬态加载试验

C.4.3.3.1 通则

瞬态加载试验应从预运转循环开始,以提高试验结果的重复性。在完成预运转循环后应随即进行三次加载加速试验循环。加载加速循环后随即在标定转速全负荷稳定工况下进行运转。试验顺序见 C.4.3.3.2 和 C.4.3.3.3(如图 C.1 所示)。

C.4.3.3.2 预运转循环

- a) 将转速控制手柄置于最小开度(低怠速)位置,使发动机以最小稳定负荷运转 $40\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。
- b) 将负荷/转速控制手柄快速移动到全负荷/全速位置,使发动机克服某一负荷在发动机管理或控制系统允许的短时间内加速到 95% 标定转速。
- c) 在达到 95% 标定转速后 20 s 内,施加所需的测功器负荷使发动机在标定转速全负荷下稳定运转。

注:在该稳定运转时间内,可能会出现超调情况。

- d) 保持标定转速全负荷运转 $60\text{ s} \pm 5\text{ s}$ 。
- e) 降低负荷,将负荷/转速控制手柄回复到低怠速位置。

C.4.3.3.3 测量运转循环

重复 C.4.3.3.2a) 到 e),直到完成三次连续的试验和获得一致的结果为止。

C.4.3.4 瞬态加载试验有效性判定

只有在满足以下试验循环时,方可判定瞬态加载试验的结果有效。

三次连续的瞬态加载加速试验的最高与最低的 1.0 s 最大贝赛尔平均烟度值的算术差不超过 5% 消光度。

附加的试验有效性判定按 5.1.2 和 7.3.4 的规定。

C.5 结果分析

C.5.1 总则

本章规定了瞬态加载试验的结果分析方法。本试验方法所用的许多消光烟度计的输出信号为相当于 10.2 所述算法的 $X=0.5\text{ s}$ 的贝赛尔平均烟度。对于这些烟度计,需要对输出信号作进一步处理以产生相当于 $X=1.0\text{ s}$ 的结果,这时,10.2.2 中公式(11)所用的 $(t_p^2 + t_e^2)$ 的值为 0.5^2 。对于那些未按 0.5 s 贝赛尔算法处理的原始烟度值,分析时应采用能代表所用消光烟度计的 $(t_p^2 + t_e^2)$ 值。

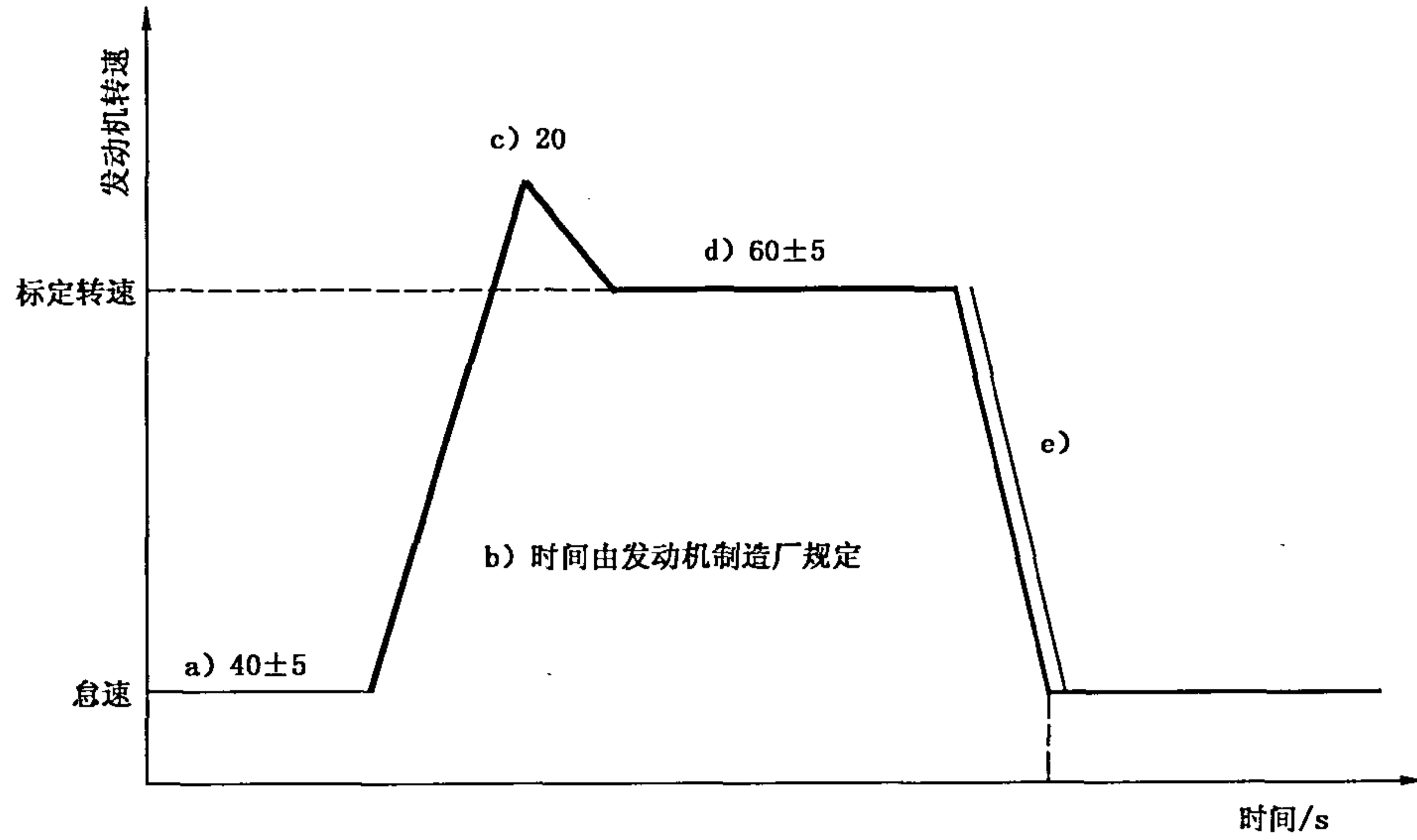
C.5.2 峰值烟度(PSV)

确定 C.4.3.3.2b) 所述三次重复试验中最大的 1 s 贝赛尔平均烟度值。注意应确保被分析的烟度数据与负荷增加时的时间相对应(见 10.1.1)。峰值烟度-PSV 是指本次增加负荷时测得的 1 s 最大贝赛尔平均烟度值的平均值。

计算贝赛尔平均烟度值的方法见 10.2 的规定。对于峰值烟度,公式(11)中的 X 值为 1.0 s。

C.6 结果报告

应报告以下各项烟度值： PSV_1 、 PSV_2 、 PSV_3 和 PSV_a (即前三个烟度值的平均值)。还应报告三次试验(负荷增加时)的持续时间。



- “控制手柄” 置于怠速位置
- “控制手柄” 置于全开位置
- “控制手柄” 回到怠速位置

图 C.1 加载加速试验

图 C.1 中 a)~e)的时间间隔参阅 C.4.3.3.2 的各项说明。

附录 D

(资料性附录)

关于试验循环的几点说明

GB/T 8190.9 规定的试验规程特别适用于发动机试验台测试,包括针对某一规定限值的发动机认证或型式认证。GB/T 8190.9 的试验一般在发动机系族中的“基本型发动机”上进行,其试验结果将与规定限值作比较。GB/T 8190 本部分最直接的应用是对“严重排放源”——那些在用烟度排放水平明显超过新机规定限值的发动机进行检查。

立法机构可能需要有一种更具洞察力的在用机烟度试验方法,以便能检测某一在用发动机与认证或型式认证所测烟度值相比是否出现异常。从概念上讲,这可以通过对在用机加速时间下的在用烟度值与认证或型式认证时相同加速时间下的烟度值(实际值或插入值)比较来实现,例如,如果认证/型式认证的 FAT 为 1.0 s,那么可以在 FAT、3FAT、6FAT 及 9FAT 或 1 s、3 s、6 s 及 9 s 下确定在用机的烟度值。如果在用机的加速时间为 4 s,则可以在 3FAT 与 6FAT 之间用线性内插法确定相当于 4 s 加速时间的认证/型式认证的烟度值。但是以此种方式利用认证/型式认证的烟度值时,应对不同来源的烟度数据的可变性作出评估。

有两种发动机可变性值得考虑:标定值之间的可变性和标定值相同的发动机之间的可变性。在发动机系族中一般有好几种发动机标定值,因而一种标定值发动机与另一种标定值发动机的烟度特性会有一些不同。由此,在某一标定值发动机上所测得的在用机烟度试验结果不会精确地与另种标定值发动机的试验结果相同。另外,生产的容差会导致一台发动机与另一台发动机的烟度水平有所差异,即使是标定值相同的发动机也是如此。为了在在用机检测规程中利用 GB/T 8190.9 的试验结果,应获得统计学上有效的 GB/T 8190.9 试验结果样本,它应确定某一发动机系族中不同标定值发动机之间的可变性以及标定值相同的不同发动机之间的可变性,以便判断某一在用发动机是“好”还是“不好”。不确定上述可变性会影响在用发动机检测的可靠性。设计的检测规程应不致使一台烟度水平高于认证试验结果但仍在正常生产允差范围以内的发动机被判为不合格。

另外,测量的可变性也应予以考虑。应当指出,按 GB/T 8190 本部分进行的在用机烟度测量的准确性会比按 GB/T 8190.9 进行的试验台烟度测量的准确性低。

因此,认证/型式认证的限值用于在用机检测规程可能会显得偏低。需要有附加的试验数据来确定试验台测量烟度限值与在用机烟度限值之间的差值。

对于气缸数少(一缸、两缸或三缸)且共用一个排气管的发动机,烟度测量将会比较困难。这是由于排气压力和流量的明显变化,会降低测量准确度和增加结果的可变性。

应遵守附录 A、附录 B 和附录 C 的限定范围。附录限定范围以外的发动机烟度试验可能需要不同的试验循环或测量规程。验证非常规尺寸测量仪器精度的研究工作正在进行。这一问题将会在 GB/T 8190 本部分将来的版本中予以考虑。

附录 A、附录 B 和附录 C 规定的烟度循环是在现场运行的(即在安装在配套机械上的发动机上运行)。这些试验循环与 GB/T 8190.9 附录中的相应试验循环密切相关。

附录 A 中规定的试验循环代表了 GB/T 8190.4 中 C1 类用途的发动机。附录 A 适用范围的发动机最大标定功率可达 1 500 kW。可以预见,通过增加附录,GB/T 8190 的本部分可扩展用于其他用途的发动机。扩展至其他功率范围(如电站)和其他用途(恒速运行的发动机、大型船舶或机车)需要慎重研究。需要进一步确定加速速率的界限(由于发动机尺寸不同)和引入其他运转工况(诸如发动机起动)。另外,有些发动机可能装有转速和/或负荷控制系统而使发动机无法按附录 A、附录 B 和附录 C 规定的循环进行运行。必须注意到这些控制系统或其一部分可能具有控制烟度的功能,因而可能需要特殊的试验规程来涉及这些情况。

应当指出,在某些配套机械上可能不能满意地进行在用烟度试验,特别是那些配套机械上的发动机按 GB/T 8190.9 试验的自由加速时间大于 $9 \times \text{FAT}$ 时更是如此。

有许多情况会使在用发动机烟度试验失败。发动机可能,因其进气、排气或冷却系统不符合发动机制造厂的技术规格而与配套机械不匹配。另外,疏于保养或不正确的保养也会导致发动机烟度试验失败。还有,实际使用的燃油也会导致发动机产生高烟度。

参 考 文 献

- [1] GB/T 6072.1—2008 往复式内燃机 性能 第1部分:功率、燃料消耗和机油消耗的标定及试验方法 通用发动机的附加要求(ISO 3046-1:2002, IDT).
- [2] GB/T 6072.3—2008 往复式内燃机 性能 第3部分:试验测量(ISO 3046-3:2006, IDT).
- [3] 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).
- [4] ISO 8528-5:2005 往复式内燃机驱动的交流发电机组 第5部分:发电机组.
- [5] SAE J1667 重型柴油机车急加速烟度试验规程.
- [6] ECE No. 24 关于鉴定压燃式发动机可见污染物排放的指令.
- [7] 72/306/EEC 关于采取措施控制在用车柴油机污染物排放的指令.
- [8] 77/537/EEC 关于采取措施控制轮式拖拉机或林业拖拉机用柴油机污染物排放的指令.
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
往复式内燃机 排放测量
第 10 部分：压燃式发动机瞬态工况
排气烟度的现场测量用试验循环和
测试规程

GB/T 8190.10—2010/ISO 8178-10:2002

*

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

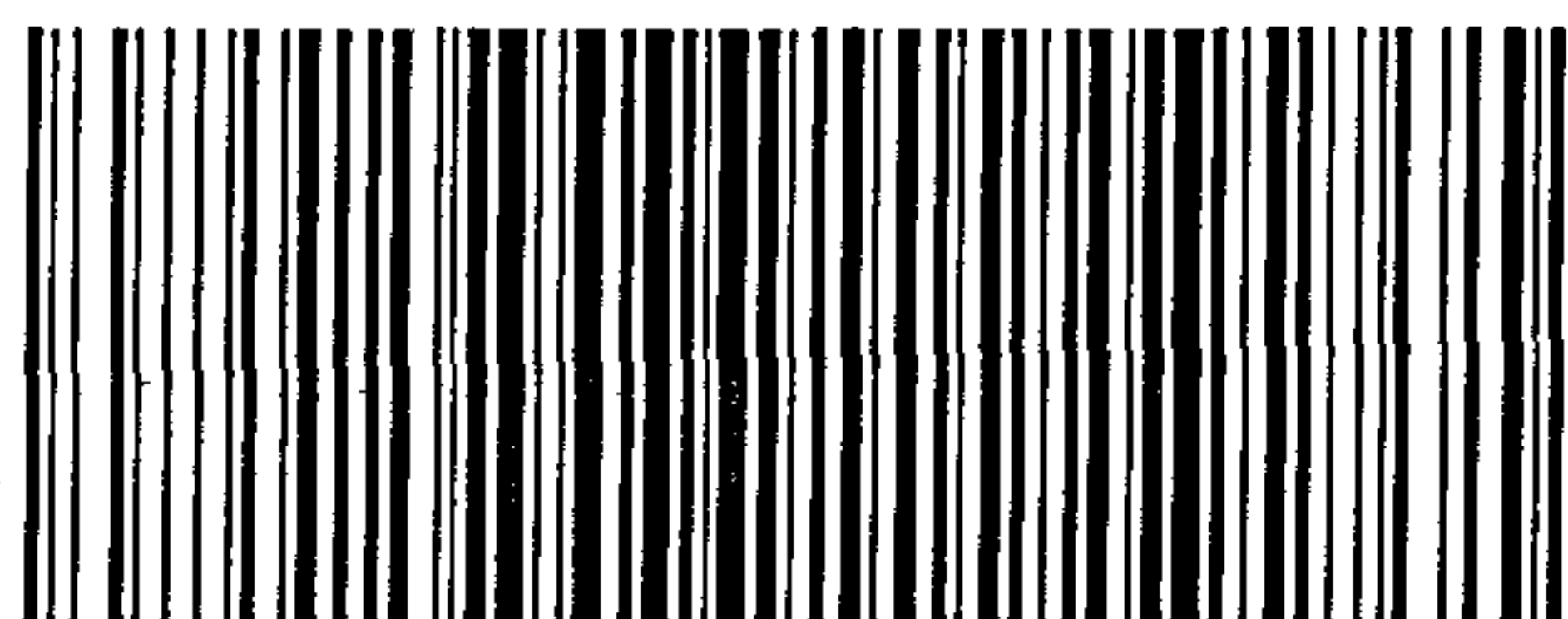
*

开本 880×1230 1/16 印张 2.25 字数 58 千字
2011 年 2 月第一版 2011 年 2 月第一次印刷

*

书号：155066·1-41349

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 8190.10-2010