



中华人民共和国国家标准

GB/T 25749.4—2010/ISO 29042-4:2009

机械安全 空气传播的 有害物质排放的评估 第4部分： 测量排气系统捕获效率的示踪法

Safety of machinery—Evaluation of the emission of airborne hazardous
substances—Part 4: Tracer method for the measurement of the
capture efficiency of an exhaust system

(ISO 29042-4:2009, IDT)

2010-12-23 发布

2011-10-01 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 原理	1
5 捕获效率的简化表达	2
6 试验方法	2
6.1 通用程序	2
6.2 浓度 C_3 的测量	4
6.3 特定机器组中的应用	5
7 控制参数与影响因素	5
7.1 总则	5
7.2 控制参数	5
7.3 影响捕获效率的因素	6
8 试验报告	6
附录 A (资料性附录) C_3 (95%) 不确定度随机分量的简化计算	8
参考文献	9

前 言

GB/T 25749《机械安全 空气传播的有害物质排放的评估》由以下 9 部分组成:

- 第 1 部分:试验方法的选择
- 第 2 部分:测量给定污染物排放率的示踪气体法
- 第 3 部分:测量给定污染物排放率的试验台法
- 第 4 部分:测量排气系统捕获效率的示踪法
- 第 5 部分:测量不带导管出口的空气净化系统质量分离效率的试验台法
- 第 6 部分:测量带导管出口的空气净化系统质量分离效率的试验台法
- 第 7 部分:测量污染物浓度的试验台法
- 第 8 部分:测量污染物浓度的室内法
- 第 9 部分:净化指数

本部分是 GB/T 25749 的第 4 部分。

本部分等同采用 ISO 29042-4:2009《机械安全 空气传播的有害物质排放的评估 第 4 部分:测量排气系统捕获效率的示踪法》(英文版)。

本部分等同翻译 ISO 29042-4:2009。为便于使用,本部分做了下列编辑性修改:

- 删除了 ISO 前言,重新编写了前言;
- 删除了引言中关于 ISO/TC 199 工作范围的内容;
- 第 1 章中的列项从 a) 开始编排;
- 将规范性引用文件的导语按 GB/T 1.1—2009 进行了修改,并将 ISO 29042-4:2009 引用的国际标准改为对应的国家标准。

本部分由全国机械安全标准化技术委员会(SAC/TC 208)提出并归口。

本部分起草单位:机械科学研究总院、上海华测品标检测技术有限公司、广西柳工机械股份有限公司、南京林业大学光机电仪工程研究所。

本部分主要起草人:张晓飞、李勤、宁燕、朱平、林建荣、居荣华、富锐、付大为、郭勇、汪希伟、宋小宁、黄中良、刘治永。

引 言

机械领域安全标准的结构如下：

——A类标准(基础安全标准)，给出适用于所有机械的基本概念、设计原则和一般特征。

——B类标准(通用安全标准)，涉及在机械的一种安全特征或使用范围较宽的一类安全装置：

- B1类，特定的安全特征(如安全距离、表面温度、噪声)标准；
- B2类，安全装置(如双手操纵装置、联锁装置、压敏装置、防护装置)标准。

——C类标准(机器安全标准)，对一种特定的机器或一组机器规定出详细的安全要求的标准。

根据 GB/T 15706.1，本部分属于 B 类标准。

C 类标准可补充或修改本部分中的条款。

对于按照 C 类标准设计和构造的机器，如果 C 类标准中的条款与 A 类或 B 类标准不一致时，优先采用 C 类标准。

机械安全 空气传播的 有害物质排放的评估 第4部分： 测量排气系统捕获效率的示踪法

1 范围

GB/T 25749 的本部分规定了测量安装在机器上的排气系统捕获效率的方法。该方法基于示踪技术,并且能在所有类型的试验环境(试验台、室内和室外,见 GB/T 25749.1)中操作。

本技术只有在示踪气体的空气动力学特性与真实污染物具有可比性的情况下才适用(见 7.1.1)。

测量排气系统捕获效率可用于:

- a) 机器排气系统性能的评估;
- b) 排气系统改进的评估;
- c) 比较类似的机器排气系统的设计;
- d) 按照捕获效率将排气系统分级;
- e) 确定排气系统实现给定捕获效率水平所要求的空气流量;
- f) 根据捕获效率确定机器排气系统的技术水平。

2 规范性引用文件

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

GB/T 15706.1—2007 机械安全 基本概念与设计通则 第1部分:基本术语和方法 (ISO 12100-1:2003, IDT)

3 术语和定义

GB/T 15706.1—2007 界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

捕获效率 capture efficiency

η_c

〈排气系统〉排气系统直接收集的给定污染物的质量流量与机器排放的这种污染物的非受控质量流量之间的比率。

3.2

示踪技术 tracer technique

使用空气动力学特性与所考虑的有害物质相似且其浓度能可靠测量的气态物质的技术。

4 原理

测量方法的原理包括:

- a) 发射模拟真实污染物空气动力学性能的示踪物,示踪物流量为 q_E ;
- b) 测量排气系统收集到的示踪物的流量 q_C 。

5 捕获效率的简化表达

捕获效率可由等式(1)表示:

$$\eta_C = \frac{q_C}{q_E} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

将示踪物以恒定流量直接发射至排气管,然后在排气管横截面处测量示踪物平均浓度来确定示踪物的流量 q_E :

$$q_E = Q(C_2 - C_1) \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

Q ——测量 q_E 期间排气管中的平均空气流量;

C_1 ——测量之前示踪物的平均环境浓度(本底浓度);

C_2 ——排气管中示踪物的平均浓度(发射到排气管中的示踪物)。

在真实污染物排放的特征点或特征区(例如:排放区内距离排气系统最远的位置),以恒定流量 q_E 发射示踪物,并在排气管相同位置测量示踪物平均浓度来确定示踪物流量 q_C :

$$q_C = Q'(C_3 - C'_1) \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

Q' ——测量 q_C 期间排气管中的平均空气流量;

C'_1 ——本底浓度稳定后示踪物的平均环境浓度;

C_3 ——排气管中示踪物的平均浓度(在所选位置的排放)。

捕获效率可由等式(4)表示:

$$\eta_C = \frac{q_C}{q_E} \times 100\% = \frac{Q'(C_3 - C'_1)}{Q(C_2 - C_1)} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

如果可认为排放流量是恒定的,即 $Q=Q'$,则上述等式可简化为:

$$\eta_C = \frac{C_3 - C'_1}{C_2 - C_1} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

此时,只需测量排气管中的浓度来确定捕获效率。

6 试验方法

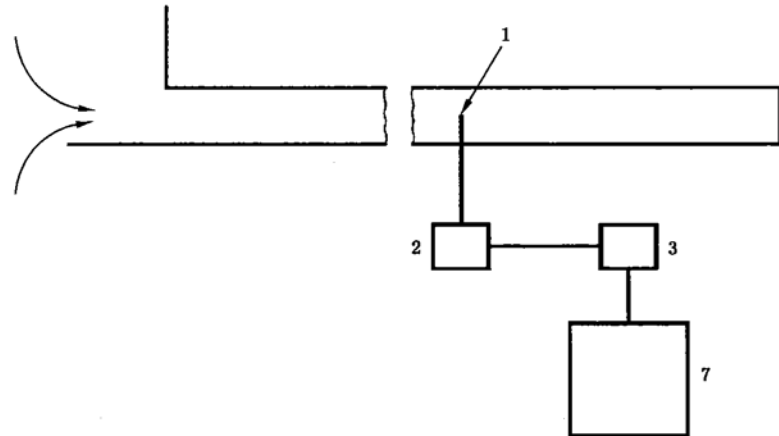
6.1 通用程序

图 1 给出了测量程序,图 2 则给出了一种典型的试验方法。

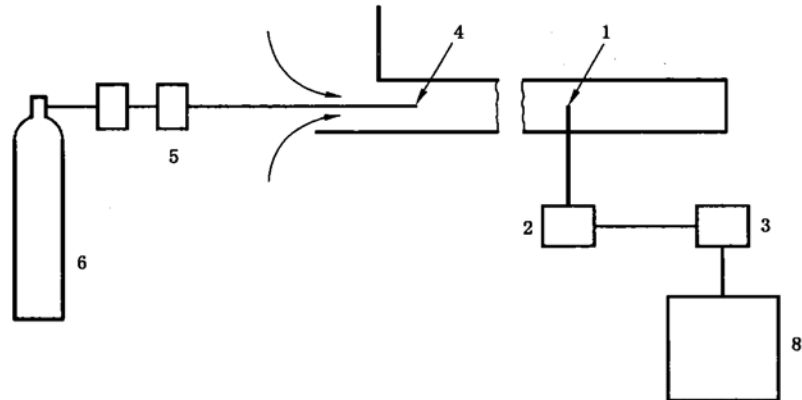
为了能够通过采样排气管中的空气来测量浓度,可假定示踪物已与空气很好的混合。

注:为了减小混合长度,可给排气管增加其他装置。

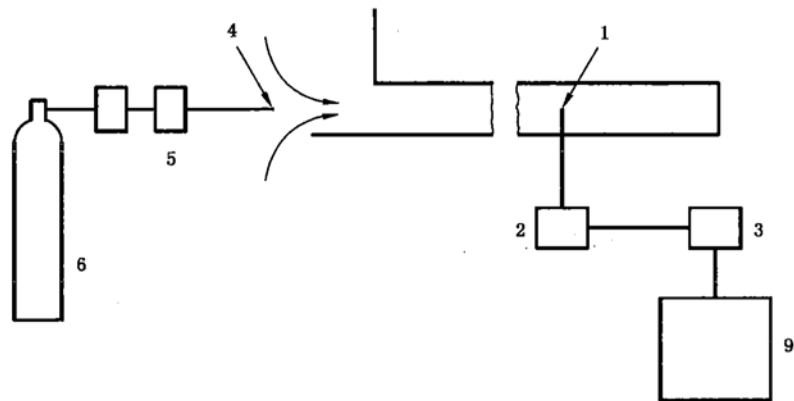
至少应完成三次试验。



第1阶段和第4阶段:无示踪物发射时的测量



第2阶段:排气管中有示踪物发射时的测量

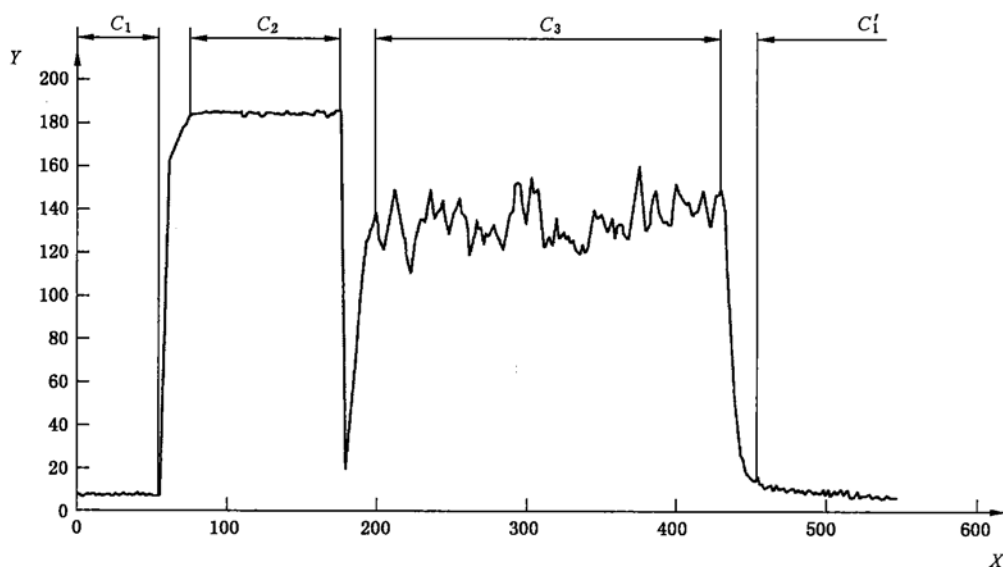


第3阶段:有模拟真实污染物的示踪物发射时的测量

说明:

- 1——采样;
- 2——泵;
- 3——分析器;
- 4——注入;
- 5——示踪气体流量计;
- 6——示踪气体气瓶(纯净或稀释的示踪气体);
- 7——环境浓度 C_1 或 C'_1 ;
- 8——浓度 C_2 ;
- 9——浓度 C_3 。

图1 使用示踪气体对简单排气系统的测量程序



说明:

X——时间, s;

Y——示踪物浓度。

图2 典型试验记录

6.2 浓度 C_3 的测量

考虑流量突然从 0 增加到 q_E 的发射器, 浓度 C_3 随时间逐步上升。 C_3 的变化曲线大致给出两个时间常数:

- 第一个常数, 相对较小, 对应于直接受排气系统影响的室内示踪物积累。
- 第二个常数, 较大, 对应于室内其他空间示踪物的积累。从排气系统能直接影响到的区域漏出的那部分示踪物是在较长时间内二次间接收集的。

由于系统的效率基于污染物的直接收集, 因此该效率是在确定了 C_3 (对应于第一时间常数) 的基础上来规定的。

实际应用中, 除非在很小的室内, 否则室内的时间常数比收集系统的时间常数大的多。因此, 对首次达到准平衡状态后的一段时间间隔内的效率取平均值将有利于测量。室内空间较小时, 环境浓度的增加会削弱测量的质量。鉴于此, 只有比率 $\frac{C_1 - C'_1}{C_2 - C_1}$ 低于 0.05 时, 才宜接受该测量值。宜在停止定量发射示踪物 1 分钟后测量浓度 C'_1 。由图 2 可看出, 由于响应的波动, 浓度 C_3 宜根据合理时间段内的平均值来确定。对于给定的测量, 有效的平均时间段可通过测量系统的时间常数乘以采样数目计算得出。为了允许对信号进行统计分析, 得出最小捕获效率或相对标准差等结果, 测量系统的时间常数宜调整至规定值。这种调整可通过使用采样管路上的缓冲容积或使用数字滤波器来实现。时间常数宜调整至 10 s。连续采样之间的时间间隔宜大于或等于所用测量系统的时间常数。

对信号 C_3 的统计分析可确定 $C_3(95\%)$ 浓度。 $C_3(95\%)$ 是指规定测量时间 95% 以上 C_3 的平均值。由该值可计算出最小捕获效率, 计算公式为:

$$\eta_c(95\%) = \frac{C_3(95\%) - C'_1}{C_2 - C_1} \quad \text{..... (6)}$$

如果 C_3 为高斯分布, 则 $C_3(95\%)$ 可由 C_3 的平均值和标准差通过等式(7)计算得出:

$$C_3(95\%) = C_3 - 1.64 \times \sigma(C_3) \quad \text{..... (7)}$$

给出测量结果的同时, 应给出测量结果的不确定度。不确定度可根据附录 A 计算得出。

也可能通过相对标准差来描述排气系统的性能,相对标准差可由 C_3 的标准差估计值与 C_3 的平均值之间的比率计算得出。

6.3 特定机器组中的应用

根据 GB/T 25749 的本部分起草且涉及给定机器组的每项新的 C 类标准,应提供更详细的试验条件附加信息,尤其是关于示踪产生和采样的条件、试验持续时间、机器的操作条件的附加信息。

7 控制参数与影响因素

7.1 总则

本章涉及到可调整用于准确模拟实际污染物排放的控制参数,以及测量期间影响测量和表征状态的参数。

7.2 控制参数

7.2.1 示踪物的类型

a) 气体污染物

由于在试验场所测得的气体湍流扩散系数远大于分子扩散系数,因此,从总质量转移角度来看,可认为所有气体的总体特性几乎是相同的。在这种条件下,应按照以下准则选择示踪气体:

- 1) 无毒或毒性非常低;
- 2) 在预定处理温度中具有化学稳定性;
- 3) 与室内的污染物不产生干涉;
- 4) 本底浓度较低。

由于捕获效率可能取决于示踪物的密度,因此宜检查排放条件是否与真实条件接近。

注:某些情况下,在排放之前要稀释示踪气体。示踪气体以及相关的分析器的选择主要取决于期望的准确度、测量范围和成本。通常使用的示踪气体是氮、六氟化硫、一氧化二氮。

——气溶胶污染物

基于扩散系数的相同考虑,可考虑由示踪气体模拟细小气溶胶,特别是对工业卫生具有重要影响的细小气溶胶。颗粒直径超过 $3\ \mu\text{m}\sim 4\ \mu\text{m}$ 时,传输过程中观测到的差异可能随颗粒尺寸逐渐增加;然而,如果颗粒直径在 $10\ \mu\text{m}$ 以下,则这种差异始终低于由于测量的不确定度引起的差异。

b) 气溶胶污染物

同样基于扩散系数的考虑,可考虑由示踪气体模拟细微气溶胶,特别是对工业卫生具有重要影响的细微气溶胶。颗粒直径超过 $3\ \mu\text{m}\sim 4\ \mu\text{m}$ 时,传输过程中观测到的差异可能随颗粒尺寸逐渐增加。然而,如果颗粒直径达到 $10\ \mu\text{m}$,这种差异仍然低于由其他测量的不确定度引起的差异,则可采用气溶胶示踪技术。

7.2.2 发射器的形状和位置

发射器的形状应尽可能与真实污染源的形状类似。通常划分为:

- 点污染源;
- 面污染源;
- 体污染源。

点污染源可由能产生可变空气动力特性射流的开口管来模拟,或者由能以较低初始速度扩散示踪物的烧结材料来模拟。

注:典型的发射器可由最大尺寸为 $20\ \text{mm}\times 20\ \text{mm}\times 20\ \text{mm}$ 的烧结青铜构成。

面污染源和体污染源可由网状点污染源或适当分布的穿孔管模拟。如果此方法不可行,则由对应于污染物排放特征点的发射器位置确定几种效率,尤其是距离捕获系统最远的位置。

如果存在很多污染源和捕获装置,则应折衷考虑受检机器的主要排放点。

7.2.3 示踪物发射的空气动力学特性

示踪物发射的空气动力特性(速度、流量)应能模拟污染源的这些特性。

应监测示踪物的发射强度(初始速度、流量)和方向。定向污染源和热污染源可由规定排放速度的射流来模拟。

捕获效率不受以下相关因素的影响:

- 示踪物发射方向的微小改变;
- 示踪物发射流量的微小改变。

应限制排放的时间,以避免环境中示踪物浓度显著增长,因为这既不利于测量质量,也不符合职业暴露限值的规定。

7.3 影响捕获效率的因素

排气系统的性能受到周围环境的影响。在测量过程中,应尽可能测量或评估以下因素:

- 交叉气流的方向和速度;
- 进气口和整个排气系统的特性(例如:流量、射流速度、各系统的位置和各加热系统的特性)。

另外,在现场试验过程中,其他机器及其相关的排气系统的一些因素可能对受检排气系统的空气流量产生重大影响。因此,这些参数宜尽可能保持恒定并做记录。

8 试验报告

- a) 引用 GB/T 25749 的本部分(即 GB/T 25749.4—2010)以及相应的 C 类标准;
- b) 受检机器或排气系统的描述(机器本身以及每个附加设备的制造商、样式、类型、改型、设计、尺寸、制造年份、序列号等)——机器本身以及每件附加设备;
- c) 试验期间的运行数据,包括机器所使用的工具和机器所加工的物料;
- d) 受检排气系统的描述(制造商、样式、类型、改型、设计、尺寸、制造年份、序列号、操作数据)以及普通通风系统的描述;
- e) 测量程序的描述,尤其是:
 - 示踪物的类型、流量、方向和发射速度,以及选择该示踪物的理由;
 - 发射器的几何特征;
 - 发射和采样点的位置;
 - 测量持续时间;
- f) 所使用的测量仪器以及最近一次的校准时间;
- g) 三种决定因素:平均值、最低效率和变化系数的试验结果;
- h) 实验室;
- i) 试验的次数;
- j) 环境数据(温度、湿度、大气压力);
- k) 浓度和流量测量所用的程序(例如:标准列表)的描述;
- l) 试验负责人的姓名;

- m) 试验的日期；
- n) 偏离任何有关标准的说明；
- o) 其他必要的说明。

附录 A

(资料性附录)

 C_3 (95%) 不确定度随机分量的简化计算

最小捕获效率 η_c (95%) 的不确定度取决于很多参数, 包括 C_3 (95%) 不确定度的随机分量。

该随机分量依次取决于测量 C_3 过程中得到的无关联结果的数量。再次假设浓度 C_3 为高斯分布, 则可对随机分量进行估算。

总体 (C_3, σ) 分位点呈渐进正态分布:

$$\left[C_3 - t, \frac{\sqrt{2\pi q(1-q)}}{e^{-\frac{t^2}{2}}} \times \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right]$$

式中:

q —— 所考虑的分位点;

t —— 标准正态分布表中查得的值, 例如: $\{x < t\}$ 的概率等于 q 。

示例: $q=0.95$, 则 $t=1.64$, 分位点为 95%, 正分布为 $\left(C_3 - 1.64\sigma, 2.11 \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$

参 考 文 献

- [1] ISO 4053-1 Measurement of gas flow in conduits—Tracer methods—Part 1:General
 - [2] ISO 29042-1 Safety of machinery—Evaluation of the emission of airborne hazardous substances—Part 1:Selection of test methods
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
机械安全 空气传播的
有害物质排放的评估 第4部分：
测量排气系统捕获效率的示踪法
GB/T 25749.4—2010/ISO 29042-4:2009

*

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 1 字数 22 千字
2011年2月第一版 2011年2月第一次印刷

*

书号: 155066·1-41634 定价 18.00 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 25749.4-2010

打印日期: 2011年4月14日 F008A00