

国际
标准

ISO/IEC

28360

第一版

2007-09-01

信息技术--办公室
设备--来自电子设备的化学品
排放率的测定

索引号:

ISO/IEC 28360:2007(E)



© ISO/IEC 2007

ISO/IEC 28360:2007(E)

PDF 免责声明

本 PDF 文档可能包括嵌入字体。根据 Adobe 的许可方针，本文件可以浏览或打印，但不能更改，除非是嵌入式字体授权和安装在电脑上进行编辑。下载该文件时，下载方有义务维护 Adobe 公司的政策不被侵犯。国际标准化组织（ISO）中心秘书处没有该方面责任。

Adobe 是 Adobe Systems Incorporated 公司的商标。

用于生成本文本的 PDF 信息，可以在有关本文件的通用信息部分找到。PDF 生成指令已作了优化打印处理，确保该文件适合 ISO 成员单位使用，如有相关问题，可通知中心秘书处，地址如下。



版权保护文件

© ISO/IEC 2007

版权所有。在未经下面地址中的 ISO 版权办公室或申请者所在国家 ISO 单位书面同意，本文件中任何部分都禁止以任何格式或方式（电子或机械）加以利用，包括影印和微缩拍摄

ISO 版权办公室是

邮箱 56 5 CH-1211 日内瓦 20

电话: + 41 22 749 01 11

传真: + 41 22 749 09 47

E-mail copyright@iso.org

网址: www.iso.org

于瑞士出版

目录	页数
前言	4
简介	5
1. 适用范围.....	6
2. 符合性.....	6
3. 标准化参考.....	7
4. 术语和定义.....	7
5. 简略词、缩写词和符号标识.....	9
5.1 简略词和缩写词.....	9
5.2 符号标识.....	9
6. 方法概述.....	11
7. ETC 要求	12
7.1 组成材料.....	12
7.2 气密性.....	12
7.3 空气混合效率.....	12
8. 测量方法.....	12
8.1 测试条件.....	12
8.2 EUT 和 ETC 处理.....	12
8.3 VOC 和羰基化合物.....	16
8.4 臭氧.....	18
8.5 颗粒物.....	20
9. 测试报告.....	21
附件 A (标准化) 打印模式.....	23
A.1 黑白打印模式 - 5%覆盖率	23
A.2 彩色打印模式 - 20%覆盖率	25
附件 B (资料性) 使用耗材的 EUT 排放率模型.....	26
B.1 目的	26
B.2 方法	26
B.3 质量守恒和浓度等式	26
B.4 背景 SER	27
B.5 预操作阶段的排放	27
B.6 操作阶段的排放	28
B.7 操作后阶段排放	30
B.8 特殊情况	31
B.9 RAL-UZ 122 Option 模式	32
附件 C	34
(资料性)	34
EUT 过滤器对 SER ₀₃ 的影响.....	34

前言

ISO(国际标准化组织)和 IEC (国际电工委员会) 构成世界范围内的标准化专门体系。国家机构作为 ISO 或 IEC 的成员, 通过有处理特定技术领域的相应组织所建立的技术委员会参与开发国际标准。ISO 和 IEC 的技术委员会在共同关心的领域合作。其他的国际行组织, 官方或非官方的, 也与 ISO 和 IEC 联系, 参与部分工作。在信息技术领域, ISO 和 IEC 建立了联合技术委员会, ISO/IEC JTC 1。

国际标准依据 ISO/IEC 指南第 2 部分起草。

联合技术委员会的主要任务是准备国际标准。联合技术委员会接受的国际标准起草将提交至国家机构进行投票。通过率至少在 75% 以上后, 才能成为国际标准公开发布。

需要注意的是, 本标准的某些内容可能涉及专利。ISO 和 IEC 不负责识别任何专利。

ISO/IEC 28360 由 Ecma 国际起草 (ECMA-328), 被 ISO/IEC JTC1 信息技术联合技术委员会按“快速通道程序”所接纳, 并得到了 ISO 和 IEC 的国家机构批准。

简介

全球政府机构、学术机构、环境组织和生产商研究了一些方法来测定电子设备化学品的排放率。然而，由这些方法产生的一系列测试结果无论在质量上还是数量上都无法进行比较。

在 ECMA-328 第一版和硬拷贝设备排放率测定方法 (RAL-UZ 122) 发布后，德国联邦材料研究和测试机构 (BAM) 和 Ecma 的专家们通力合作，从而在本国际标准

(ECMA-328 第二版) 中确定了来自信息技术&消费电子产品的化学品排放率的测定方法。

在本国际标准中，除了严格了测试步骤，更加入了通用的排放公式（推理过程请参考附件 B）用以计算释放舱里样品浓度的排放率。

信息技术--办公室设备--来自电子设备的化学品排放率的测定

1. 适用范围

此国际标准规定了对信息通信技术&消费电子产品样品在 ETC 中进行特定操作时化学品排放量的测量方法。

此方法包括制备、在 ETC 中采样（或监控）、储存和分析、计算并报告排放率等内容。

该标准对使用耗材的设备（如：打印机）和不使用耗材的设备（如监控器和个人电脑）均规定了具体的测量方法。附件 A 中对纸耗设备运行时黑白和彩色打印样式进行了详细规定。

不使用耗材的 EUT 包括：

- 监控器和电视（阴极射线管显示器、等离子显示器、背面投影仪、卡式头晕仪等）。
- 视频（VCR、DVD 播放器/录音机、摄像机）。
- 卫星接收器（机顶盒）。
- 音频设备（CD 播放器/录音机、家庭影院系统、家庭音响系统、微/迷你 Midi 系统、功放、接收器）。
- 便携音频（CD 播放器、MP3 播放器、收音机、闹钟收音机等）。
- 电脑（桌面、立式机箱、服务器），便携电脑（笔记本）。

消耗耗材的设备的排放率也可能按照“RAL-UZ 122 Option”标准中定义的其他要求进行测定。

使用建模和近似值的计算参见附件 B。

用此方法测定的排放率可用于比较同类设备间的比较。

被测化学品的真实室内浓度预测不属于本标准涵盖的范围。

2. 符合性

排放率测定仅在如下情况时才遵循此标准：

1. 按 ISO 16000-9 要求实施了质量保证的项目计划、质量保证和质量控制。
2. 按本标准中第 7 条和 8.1 条要求，在可调控的 ETC 内进行测试。

3. 按本标准中第八条进行采样/监控并计算。
4. 按第九条要求报告测量结果

当需要消耗耗材的设备按照“RAL-UZ 122 Option”中的附加条件进行测定是，需遵循“RAL-UZ 122 Option”要求。

3. 标准化参考

下列文件为使用本文件时必须参考的文件。其中，已标识时间的文件使用的是该时间对应的版本。未标明出版时间的文件，则使用其最新的版本（包括所有修订）。

CIE 15: 2004	国际照明委员会，色度学，第三版
ECMA-74	信息技术设备和电信设备发出的空气噪声的测量
ISO 554: 1976	空气调节和/或测试用标准大气环境—规范
ISO 13655: 1996	图解技术—形象艺术图象的光谱测量和色度计算
ISO 16000-3:2001	室内空气—第三部分：测定室内空气和试验箱空气中甲醛和其它羰基化合物—活性取样法
ISO 16000-6:2004	室内空气—第六部分：通过在泰纳克斯 TA 吸收剂上活性取样、热解吸和 MS/FID 气相色谱法测定室内和试验室空气中挥发性有机化合物的含量
ISO-16000-9:2006	室内空气. 第 9 部分:建筑产品和家具释放挥发性有机化合物的测定. 释放实验室法
ISO 16017-1:2000	室内环境和工作环境空气—吸附管/热解吸/毛细管气相色谱法采集和分析挥发性有机化合物—第 1 部分：泵采样
EN 55013:2001	声音和电视广播接收机及有关设备无线电骚扰特性限值和测量方法
RAL-UZ 122	符合 RAL-UZ 122 的硬拷贝设备排放率的测试方法（附件 2）

4. 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

4.1

空气交换率, n

每小时进入释放舱的空气体积 (m³/h) 与释放舱有效容积 (m³) 的比值

4.2

空气流速

释放舱中试样表面的空气流动速度 (m/s)

4.3

分析物

挥发性有机化合物, 羰基化合物, 臭氧及颗粒物

4.4

耗材

调色剂、墨水、纸张和色带

4.5

释放测试舱

ETC

操作参数可调的箱子。用于测试实时被测设备释放的分析物质量。

4.6

被测设备

EUT

可以采用本标准测定排放率的完整且实用的信息通信技术&消费电子产品（包括相应的耗材和配件。）

4.7

承载率

测试用样品的尺寸与释放舱容积的比值

4.8

硬拷贝设备

需消耗耗材的被测样品，包括打印机、照片复印机和多功能设备

4.9

运行阶段

EUT 运行特点功能的阶段

4.10

颗粒物

大气尘粒

4.11

预操作阶段

EUT 连接电源的阶段，包括升温阶段和节能模式，即 EUT 运行阶段之前的阶段

4.12

运行后阶段

运行阶段之后的阶段，也可包含节能模式

4.13

总挥发性有机化合物

TVOC

挥发性有机化合物浓度和通过甲苯相应因子转换的峰面积浓度的总和

4.14

特定排放率

SER

特定分析物每单位每小时的排放量（微克）

4.15

挥发性有机化合物（VOC）

在非极性气相色谱柱上位于正己烷到正十六烷之间的具有挥发性的有机化合物

5. 简略词、缩写词和符号标识

5.1 简略词和缩写词

CE	消费电子
DNPB	二硝基苯肼
ETC	释放测试舱
EUT	被测设备
FID	火焰电离检测器
GC/MS	气象色谱/质谱
ICT	信息通信技术
MFD	多功能设备
PTFE	聚四氟乙烯
PVC	聚氯乙烯
rH	相对湿度
SER	特定排放率
TVOC	总挥发性有机化合物
VOC	挥发性有机化合物

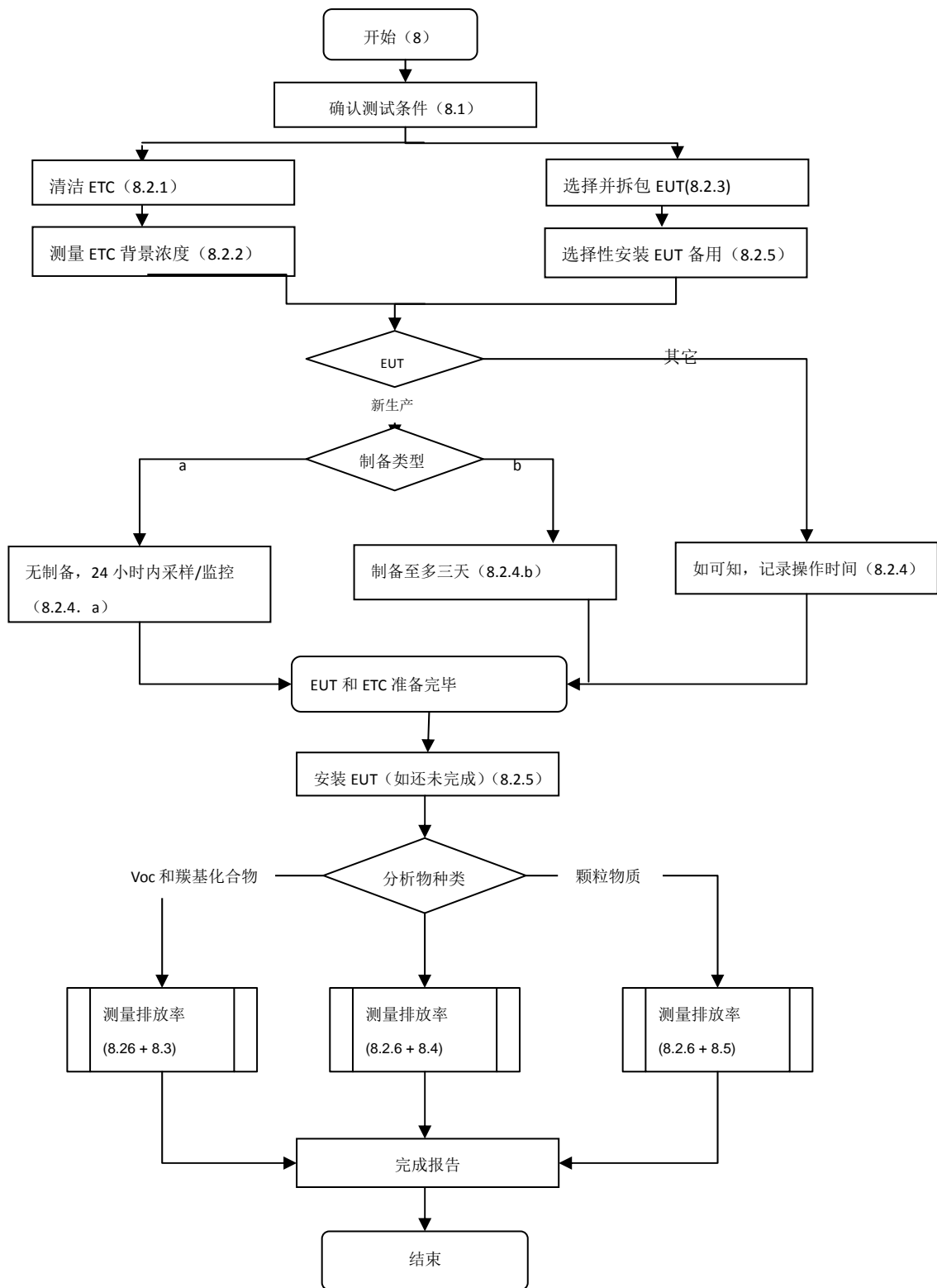
5.2 符号标识

C_s	平均浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C_{bg}	背景浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C_{max}	最大臭氧浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C_0	初始浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C_{pre}	预操作阶段平均浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
C_{ope}	运行阶段和可选择性运行后阶段的平均浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
H'	臭氧半衰期 (分): 臭氧浓度从 C_{max} 降到 $C_{max}/2$ 的时间
k	臭氧衰退恒量 (不通风) [min^{-1}]
k'	臭氧衰退恒量 (通风) ($k' = k + n/60$) [min^{-1}]
m_{after}	取样后样品过滤质量 [μg]

m_{before}	取样前样品过滤质量 [μg]
m_{bg}	释放舱背景浓度的样品质量 [μg]
m_{pm}	沉淀在过滤器上的颗粒物质的质量 [μg]
$m_{\text{ref-after}}$	采样后参考过滤器的质量 [μg]
$m_{\text{ref-before}}$	采样前参考过滤器的质量 [μg]
m_{s}	采样质量 [μg]
m_{pre}	预操作阶段样品质量 [μg]
m_{ope}	运行阶段及可选择性运行后阶段样品质量 [μg]
n	空气交换率 [h^{-1}]
P	大气压强 [Pa]
SER_{bg}	背景 SER [$\mu\text{g}/\text{h}$]
SER_{ope}	运行阶段及可选择性运行后阶段 SER [$\mu\text{g}/\text{h}$]
SER_{O_3}	臭氧 SER [$\mu\text{g}/\text{h}$]
SER_{pm}	颗粒物 SER [$\mu\text{g}/\text{h}$]
SER_{pre}	预操作 SER [$\mu\text{g}/\text{h}$]
T	环境温度 [K]
t_{ope}	运行阶段持续时间 [h]
t_{G}	运行阶段及可选择性运行后阶段采样时间 [h]
t_{pre}	预操作阶段持续时间 [h]
u	EUT 数量
V	ETC 容量 [m^3]
V_{s}	采样空气体积 [m^3]
V_{bg}	用于 C_{bg} 测量的采样空气体积 [m^3]
V_{pre}	预操作阶段采样空气体积 [m^3]
V_{ope}	运行阶段及可选择性运行后阶段采样空气体积 [m^3]

6. 方法概述

图一对流程进行了解析；对应的条例号见框图中。



图一 测量方法概述

7. ETC 要求

7.1 组成材料

ETC 组成材料需符合 ISO 16000-9 中要求。

7.2 气密性

气密性需符合 ISO 16000-9 中要求。

7.3 空气混合效率

ETC 中空气混合效率需满足 ISO 16000-9 中要求。

8. 测量方法

如采用 RAL-UZ 122 Option 模式，测试必须在发出 EUT 后十个工作日内进行。

8.1 测试条件

为满足本标准中规定的操作要求，ETC 参数（如温度、相对湿度和补给气流）需定期控制和测量。测量结果需要按 ISO 16000-9 中要求记录并按第九条的规定报告。

8.1.1 操作温度和相对湿度 (rH)

按 ISO554 要求，测试需在 $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ 和 $(50 \pm 5)\% \text{ rH}$ 条件下进行。对于在交替气候条件下使用的 EUT，其相对较高的测试温度和湿度需满足 ISO 554 规定。

对消耗耗材的 EUT 的特殊湿度要求，参见 8.2.6.2。

8.1.2 空气交换率 (n)

当 ETC 有效容量大于 5m^3 时，n 的范围需在 0.5 到 2.0 之间。当 ETC 有效容量小于或等于 5m^3 时，n 的范围要求在 0.5 到 5.0 之间。

8.1.3 空气流速

空气流速的范围需为 0.1-0.3m/s

8.1.4 采样气流

采样气流的总量需小于 ETC 进口容量的 80%。

8.2 EUT 和 ETC 处理

EUT 需从正常生产的批次中选取且必须是可用于代表此批次的样品。如采用 RAL-UZ 122 option 模式进行测量，则 EUT 需用原包装储存在空调房内 ($23 ^\circ\text{C}$, 50% rH)。

为了确保在适用时间内检测到最小排放量，ETC 需满足 7.2 中所示要求，确保其承载率位于 1:4-1:100 范围内。

8.2.1 ETC 清洗

采用的 ETC 必须无承载物，且其内壁需按 ISO 16000-9 中规定清理。

K' 需小于 $0,0693 \text{ [min}^{-1}\text{]}$ 。当 $n=1$ 时，这个值与大于十分钟的臭氧半衰期一致。

测量 K' 时，需先把 ETC 暴露于浓度为 $0,2 \text{ mg/m}^3$ - $0,4 \text{ mg/m}^3$ 的臭氧中直到其臭氧浓度达到稳定值为止。然后，ETC 应采用 4 倍 ETC 容积的纯净空气进行清洁。

8.2.2 背景浓度 (C_{bg})

清洁完后，测量并记录 ETC 中分析物的 C_{bg} 。

注意 C_{bg} 可能由 ETC 自身、采样管或过滤器排放。

当 $n=1$ 时， C_{bg} 的限制如表一所示。

表一 - 背景浓度

分析物	限制 [$\mu\text{g/m}^3$]
VOC 和羰基化合物	2 (所有被分析的物质)
TVOC	20
臭氧	4
颗粒物	10

8.2.3 EUT 拆包

包装的排放物会严重影响测量；此外，包装本身也可能释放 VOC 干扰测试。因此，用于测试的 EUT 必须从运输箱里取出来，并在制备前去除所有运输保护包装，如：间隔、包装膜和所有其它用于运输/包装的材料（如 8.2.4 所规定）。

注意 拆开包装后，安装（步骤 8.2.5）可能先于制备步骤（8.2.4）。

8.2.4 测试前 EUT 制备

对于耗纸的 EUT，需采用 60 g/m^2 - 80 g/m^2 、水含量为 3.8%-5.6% 的 A4 纸。当使用附件 A.1 和 A.2 里所规定的打印模式时，需酌情测定最长操作时间。然后，亮度 (L^*) 和色值 (L^* , a^* , b^*) 需按照 CIE 15:2004 和 ISO 13655 进行计算。

对应用 RAL-UZZ 122 Option 测量的 EUT，无需其它制备。

新生产的设备在第一天使用时会排放量更多，这不能代表设备生命周期中的正常排放。因此，对于新生产的设备，必须进行下列制备（选其一）：

- a) EUT 在测试前不能运行；测试需在拆开包装后 24 小时内进行。
- b) 在测试前，EUT 必须运行至多 3 天（或等量时间）。

其它已经运行超过三天的设备不需进行制备。因此，如果知道 EUT 运行的天数，需按实记录下来。否则，报告为“不详”。

处理条件需记录在测试报告中。

备注 用于 EUT 种类的一般处理条件为：

个人计算机、ICT&CE 设备：在理想模式下运行三天，8 小时/天。这就等同于连续运行 24 小时。

硬拷贝设备：运行三天。每天打印 1-2 小时，预操作 6-7 小时。等同于打印 3-6 小时，预操作 18-21 小时。

8.2.5 EUT 安装

8.2.5.1 不使用耗材的 EUT

按 ECMA-74 中规定，EUT 在运行特定功能前需先进行安装。使用 EN 55012: 2001 中 5.2 章或其它适当标准中规定的稳定测试信号。

为了避免干扰，EUT 需以最快的速度安装在 ETC 的中间。安装完成后，操作人员需立即远离 ETC。

8.2.5.2 使用耗材的 EUT

在安装前，请保证有足够的耗材供完成此次操作。如果所采用耗材为纸，需采用 $60 \text{ g/m}^2 - 80 \text{ g/m}^2$ 、水含量为 3.8%-5.6% 的 A4 纸。

为了避免干扰，关闭电源的 EUT 需以最快的速度安装在 ETC 的中间。安装完成后，操作人员需立即远离 ETC。

在排放测试（见 8.2.6）需要 EUT 开启电源前，EUT 电源需保持关闭状态。

如采用 RAL-UZ 122 Option 测试，EUT 需在排放测试的前一天安装好。

在所有采样和监控完成前，ETC 需保持闭合状态。

EUT 安装日期和时间需记录下来。

在安装完成后，必须进行至少三次空气交换以后方可开始排放测试（见 8.2.6）。

8.2.6 测试中 EUT 操作

记录 EUT 操作起始时间为 t_0 。

操作阶段的起始时间和持续时间需记录。

8.2.6.1 不使用耗材的 EUT

对于这类 EUT，其特定功能在安装阶段已开始（见 8.2.5.1）。如要继续运用其特定功能，VOC、羰基化合物（见 8.3）和臭氧（见 8.4）均需测量。

采用的测试标准或规格需报告，最好可以直接参考到该标准。

8.2.6.2 使用耗材的 EUT

在操作过程中，为避免纸张产生的水蒸气的干扰，可在运行阶段开始前注入相对湿度不大于 10% 的空气。另外，提高空气交换率 (n) 也可用来避免这类干扰。操作过程中湿度的增加也与 ETC 的容积有关。ETC 内壁上水蒸气 (即 rH 大于 85%) 的干扰将导致测试失效。

对于这类 EUT，当从 ETC 外部调控时，VOC、羰基化合物 (见 8.3)，臭氧 (见 8.4) 颗粒物 (见 8.5) 均需测量。

8.2.6.2.1 预操作阶段

进入预操作阶段时，EUT 电源需保持开启状态直到进行了 1-4 次空气交换。

8.2.6.2.2 操作阶段

硬拷贝设备类的 EUT 需以正常速度运行。运行内容可包括彩色打印和/或双面打印。对于耗纸的 EUT，需运行黑白和彩色打印模式 (分别见附件 A.1 和 A.2)。

开始复印或打印从而进入操作阶段。第一张打印页即象征操作阶段的开始。最后一张打印页象征操作阶段的结束。

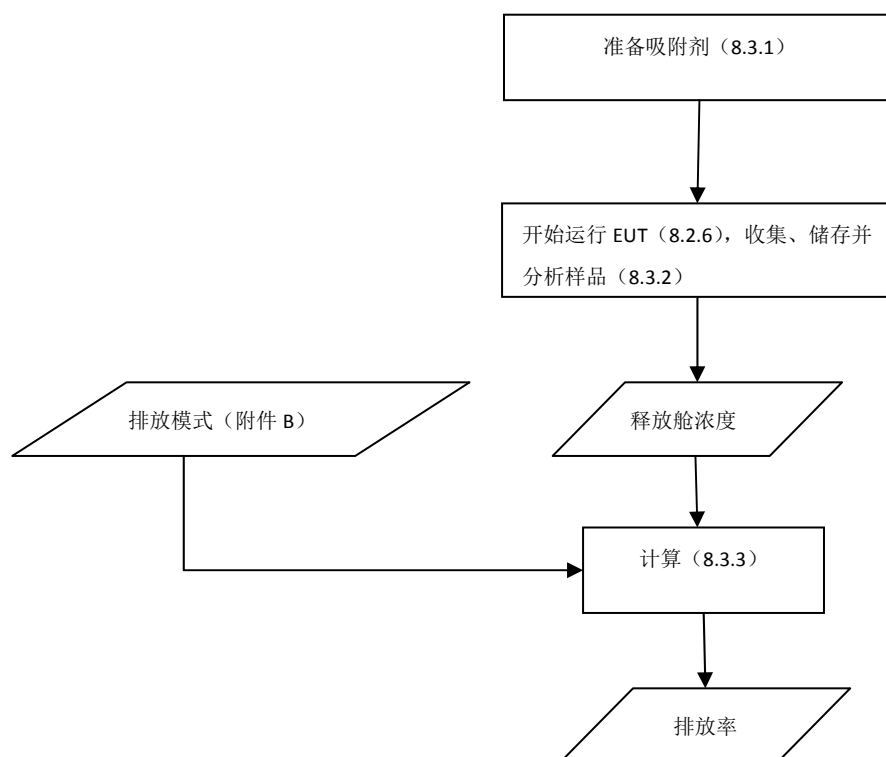
该阶段的持续时间最少为 10 分钟。持续时间应该足够长，以确保在结合其它测试参数 (如：n，ETC 数量和操作后阶段的采用) 以后，可以对其进行定量分析。

8.2.6.2.3 操作后阶段

操作阶段结束后即进入操作后阶段。此阶段可持续到 4 次空气交换结束。

8.3 VOC 和羰基化合物

图二所示流程图描述了 VOC 和羰基化合物的测定方法。



图二 - VOC 和羰基化合物的测量方法

8.3.1 吸附剂

VOC 采样和分析需使用吸附剂（见 ISO 16017-1）。由于 Chromosorbs 和 Porapacks 系列吸附剂的空白值过高，所以不可采用。Tenax TA™ 吸附剂必须先进行分析（见 ISO 16000-6），以最大限度减少干扰物质的产生，尤其是苯。

如采用 RAL-UZ 122 Option 标准，Tenax 吸附管需加入一种内部标准物质，如环癸烷或氘代甲苯。羰基化合物测试需采用 DNPH 柱作为吸附材料。

8.3.2 样品收集

测试 VOC 时采集样品数为两份。测试羰基化合物需采集样品数为一份。

根据 RAL-UZ 122 Option，浓度大于等于 $1,0 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的 VOC 或羰基化合物、浓度大于等于 $0,25 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的苯，均需检测。

8.3.2.1 不使用耗材的 EUT 样品收集

采样时间应在 t_0 后第三次空气交换时开始，并在第四次空气交换后结束。

羰基化合物采样需按照 ISO 16000 -3 规定实施。

8.3.2.2 使用耗材的 EUT 样品收集

采样应在如下阶段实施：

- 预操作阶段开始时。或根据 RAL - UZ-122 Option 标准，保持样品流量为 100-200 毫升/分钟，在阶段结束前 20 分钟时开始，直到持续一个小时的预操作阶段结束为止。
- 操作阶段开始时，并可持续到操作后阶段。或根据 RAL - UZ-122 Option 标准，在操作后阶段时，保持样品流量为 100-200 毫升/分钟，持续采样直至一次空气交换完成。

承载的样品需储存并分析（见 ISO 16000-3 和 ISO 16000-6）。

经鉴别的 VOC 需采用绝对响应因子来定量，通过定量来测定。未经鉴别的 VOC 需采用甲苯类作为相对响应因子来定量。

如果检测到苯，则需通过验证，并在交替的碳质吸附剂（如 Carbotrap/Carbopack™）上分析，并以此定量。

8.3.3 排放率计算

本节定义了可用于特殊情况下的计算公式（推理过程见附件 B）

浓度应按下面等式计算：

$$C = \frac{m_s}{V_s} \quad C_{ope} = \frac{m_{ope}}{V_{ope}} \quad C_{pre} = \frac{m_{pre}}{V_{pre}} \quad C_{bg} = \frac{m_{bg}}{V_{bg}} \quad (1)$$

8.3.3.1 不使用耗材的 EUT

不使用耗材的 EUT 的 SER 计算方法为：

$$SER = (C - C_{bg}) \cdot n \cdot V \quad (2)$$

8.3.3.2 使用耗材的 EUT

背景排放率为：

$$SER_{bg} = C_{bg} \cdot n \cdot V \quad (3)$$

a) 预操作阶段排放

假设排放率在预操作阶段稳定，则排放率的计算公式为：

1. 如果在该阶段开始时采样：

$$SER_{pre} = \frac{(C_{pre} - C_{bg}) \cdot n^2 \cdot V \cdot t_{pre}}{\exp(-n \cdot t_{pre}) - 1 + n \cdot t_{pre}} \quad (4)$$

2. 如果按 RAL-UZ 122 Option 标准采样：

$$SER_{pre} = C_{pre} \cdot n \cdot V - SER_{bg} \quad (5)$$

b) 操作阶段和操作后阶段排放

1. 一般情况

这些阶段的排放率应按如下总公式计算：

$$SER_{ope} = \frac{(C_{ope} - C_{bg}) \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} [\exp(-n \cdot (t_G - t_{ope})) + n \cdot (t_G - t_{ope}) - 1 + (1 - \exp(-n \cdot t_{pre})) \cdot (1 - \exp(-n \cdot t_G))]}{\exp(-n \cdot t_G) - \exp[-n \cdot (t_G - t_{ope})] + n \cdot t_{ope}} \quad (6)$$

2. 特殊情况

更多特殊情况描述请参考附件 B。如果不存在操作后阶段（即 $t_G = t_{ope}$ ），则：

$$SER_{ope} = \frac{(C_{ope} - C_{bg}) \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} [(1 - \exp(-n \cdot t_{pre})) \cdot (1 - \exp(-n \cdot t_G))]}{\exp(-n \cdot t_G) - 1 + n \cdot t_G} \quad (7)$$

如果操作后阶段相对较长（ $n \cdot t_G \geq 3$ ），则：

$$SER_{ope} = \frac{(C_{ope} - C_{bg}) \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} [n \cdot t_G - \exp(-n \cdot t_{pre})]}{n \cdot t_{ope}} \quad (8)$$

3. 如按 RAL-UZ 122 Option 标准采样：

按照 RAL-UZ 122 Option 标准，后操作阶段持续时间为一次空气交换时间。下面的近似公式可用于计算其 SER_{ope} （即附件 B.9 中的 B.28）：

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} \cdot n t_G}{\exp(-n t_G) - \exp[-n(t_G - t_{ope})] + n t_{ope}} \quad (9)$$

8.3.3.3 TVOC (RAL-UZ 122 Option 标准)

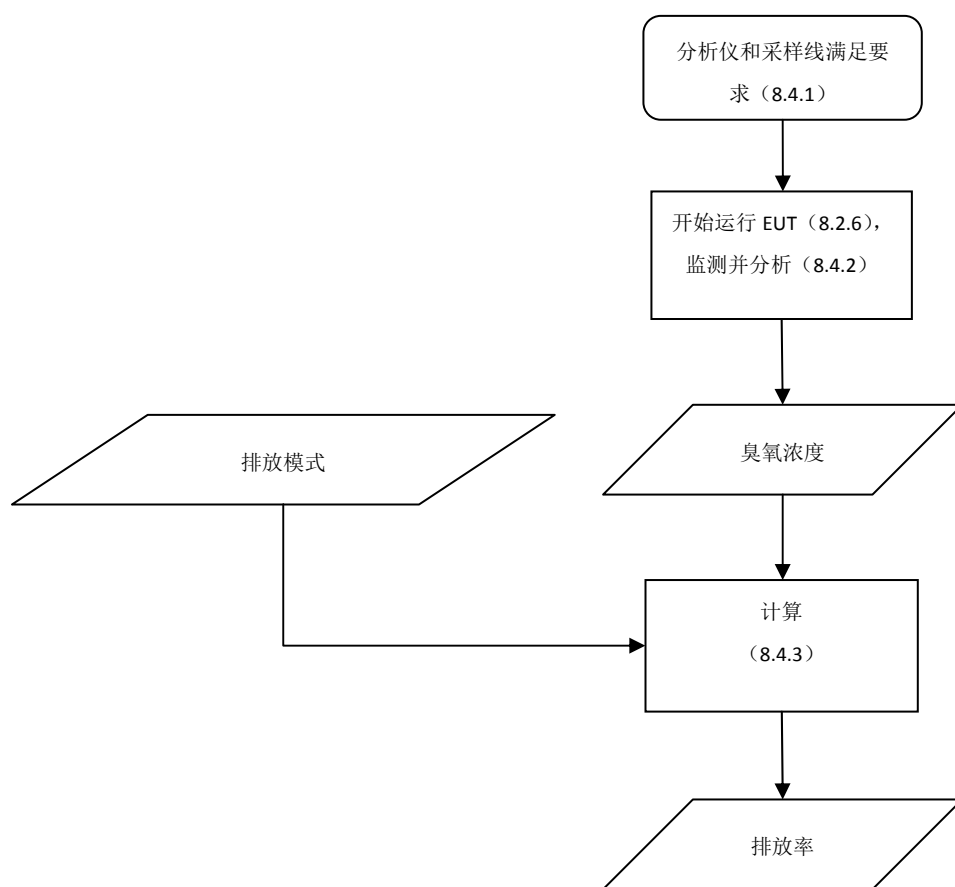
TVOC 值应为所有正己烷到正十六烷之间、包括已辨别的和未经辨别的物质的浓度总和。

其排放率应高于下列值：

- 当测试条件 $ETCs \leq 5 \text{ m}^3$ 时： $SER_{pre} \geq 0,005 \text{ mg/h}$ 且 $SER_{opr} \geq 0,05 \text{ mg/h}$ ；
- 当测试条件 $ETCs > 5 \text{ m}^3$ 时： $SER_{pre} \geq 0,02 \text{ mg/h}$ 且 $SER_{opr} \geq 0,2 \text{ mg/h}$

8.4 臭氧

图三所示流程图描述了臭氧的测定方法。



图三 臭氧的测量方法

8.4.1 分析仪和采样线要求

臭氧分析仪必须至少满足：

- 可以检测到 $4 \mu\text{g}/\text{m}^3 - 1 \text{mg}/\text{m}^3$ 的浓度；
- 精度达到 $2 \mu\text{g}/\text{m}^3$ ；
- 采样率 $\leq 2 \text{ l}/\text{min}$ （对小 ETC 可能比较重要）

为防止臭氧在采样线中泄露，须采用最短的采样线（不超过 4m），且采样线应由柔韧的惰性材料（如聚四氟乙烯）制成。

8.4.2 监测

臭氧为不稳定分子，因此，在被测样品持续运行至少 10 分钟时，或只要 ETC 中有稳定量的臭氧时，对臭氧的监测和分析必须瞬间完成，且至少每 30 秒一次。

在操作阶段结束后，臭氧的半衰期（ H' ）可以从臭氧衰退曲线得到。

8.4.3 排放率计算

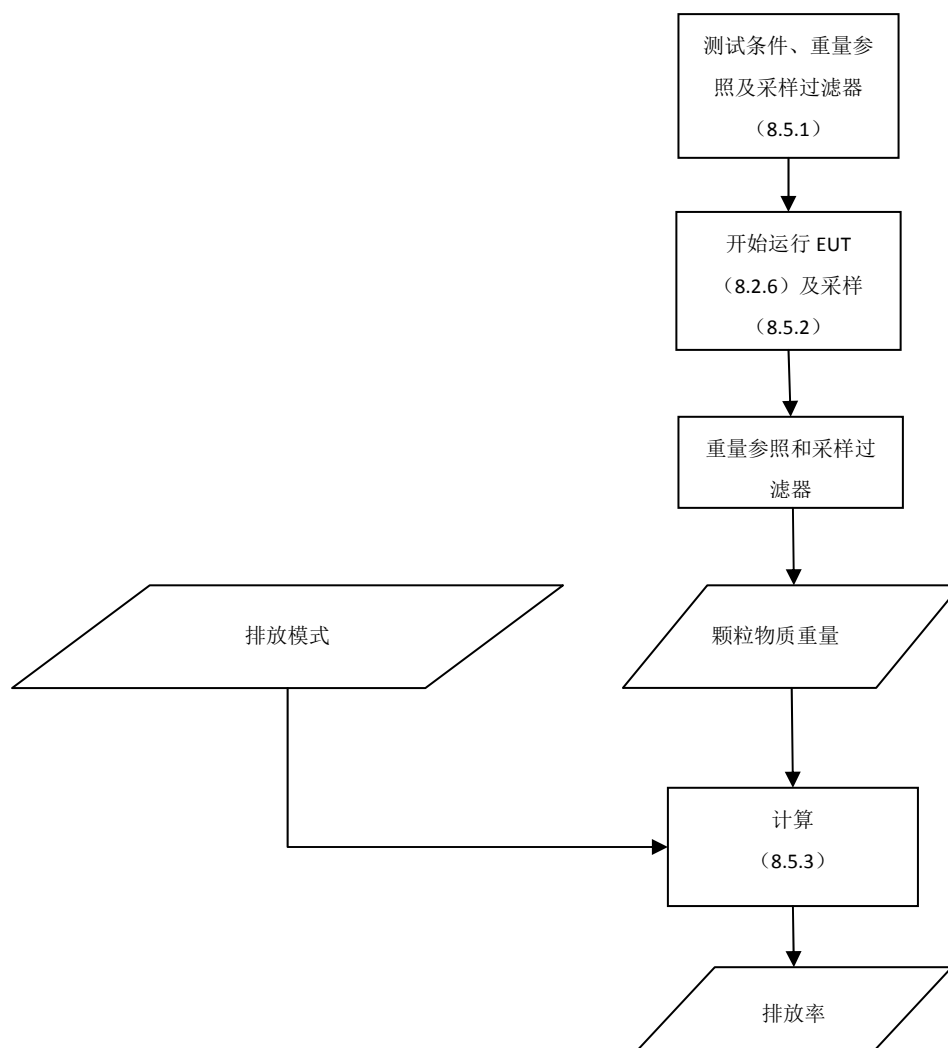
如果分析仪的结果按照标准环境温度和压强 (273 + 25 = 298) K 和 101 325 Pa (即 1 个气压) 进行了转换, $SE_{R_{O_3}}$ 应该使用实际 ETC 压强 (P, 单位为 Pa)、实际 ETC 温度 (T, 单位为 K)、气体换算常数 (R = 339,8 Pa/K) 进行计算。否则, 需采用公式 $P/TR = 1$ 计算:

$$SE_{R_{O_3}} = \frac{C_{max} k' VP}{TR} \quad \text{和} \quad k' = k + (n/60) = \frac{\ln 2}{H'} \quad (10)$$

注意 如果 ETC 的温度和压强等于标准环境温度和压强, 则 P/TR 为 1.

8.5 颗粒物

图四所示流程图描述了使用耗材的 EUT 所排放的颗粒物测定方法。



图四 - 颗粒物测定方法

8.5.1 称重及过滤器配置

在温度和湿度均可调节的测试室 (见 8.1.1) 放置一个分析天平。天平测重精度需为 1 μg 或更高。

采用过滤孔直径为 0.7 μm 的玻璃纤维过滤器或等效过滤器, 如: 过滤孔直径为 0.8 μm 的 PVC 过滤器。

过滤器需在可控测试室放置 48 小时。在采样记录 $m_{\text{ref-before}}$ 和 m_{before} 之前, 参考过滤器和采样过滤器均需称重。

8.5.2 采样

颗粒物质的采样应在 EUT 操作阶段和操作后阶段进行。采样时间以确保可以检测到至少 $5 \mu\text{g}/\text{m}^3$ 的颗粒物质为准。

采用 RAL-UZ 122 Option 标准时, 采样应从操作阶段一开始就进行, 并持续到整个操作后阶段 (4 次空气交换) 结束。

8.5.3 排放率计算

在采样记录 $m_{\text{ref-after}}$ 和 m_{after} 之后, 参考过滤器和采样过滤器均需称重。

颗粒质量需按照参考过滤器质量来修改:

$$m_{\text{pm}} = (m_{\text{after}} - m_{\text{before}}) - (m_{\text{ref-after}} - m_{\text{ref-before}}).$$

因为 $C_{\text{ope}} = m_{\text{pm}} / V_{\text{ope}}$, 所以 SER_{pm} 计算公式如下:

$$SER_{\text{pm}} = \frac{C_{\text{ope}} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{\text{ope}})] + nt_{\text{ope}}} \quad (11)$$

如采用 RAL-UZ 122 Option 标准, 则计算公式如下:

$$SER_{\text{pm}} = \frac{C_{\text{ope}} \cdot n \cdot V \cdot t_G}{t_{\text{ope}}} \quad (12)$$

9. 测试报告

测试报告需包含如下内容 (如果适用且可提供的话)

测试实验室

- 参考 ISO/IEC 28360。
- 实验室名字和地址。
- 负责人姓名。
- 测试报告识别编号。

EUT 描述

- 生产商
- EUT 的型号、品牌名称和序列号。如为使用耗材的 EUT, 标明台式/落地式。
- 厂家提供的打印或复印时间。
- 采用耗材的识别号 (型号) 和批次号。
- EUT 和耗材的记录 (生产日期、抵达测试实验室的日期、拆包日期和时间、储存时间、测试前储存环境)。

- 包装类型。
- 外部尺寸。
- 生产和测试过程中设备的使用时间

测试条件和方法

- 测试日期
- 测试设备和方法描述（ETC、空气净化系统、环境控制系统、样品收集、分析仪器、标准版本和校验）
- ETC 测试条件（T、rH、n）
- 背景浓度（Cb_g）
- 设备承载率
- 新生产设备制备的类型、开始时间和持续时间；其余设备，需提供测试前运行天数。如不知道，填写“不详”。
- 采样方法（吸附剂、采样体积、采样开始时间和持续时间）。
- 预操作、操作和操作后阶段的开始和持续时间。
- 特定功能的测试规格。
- 测试过程中的打印速度和打印张数。
- 打印输出的亮度和/或色值（L*, a*, b*）。
- ETC 本身的臭氧半衰期。
- VOC、羰基化合物和颗粒物质的检测门限。
- 测试方法造成的干扰和偏差。

排放率测定

- 计算 ETC 浓度中特定排放率的公式的选择。

结果

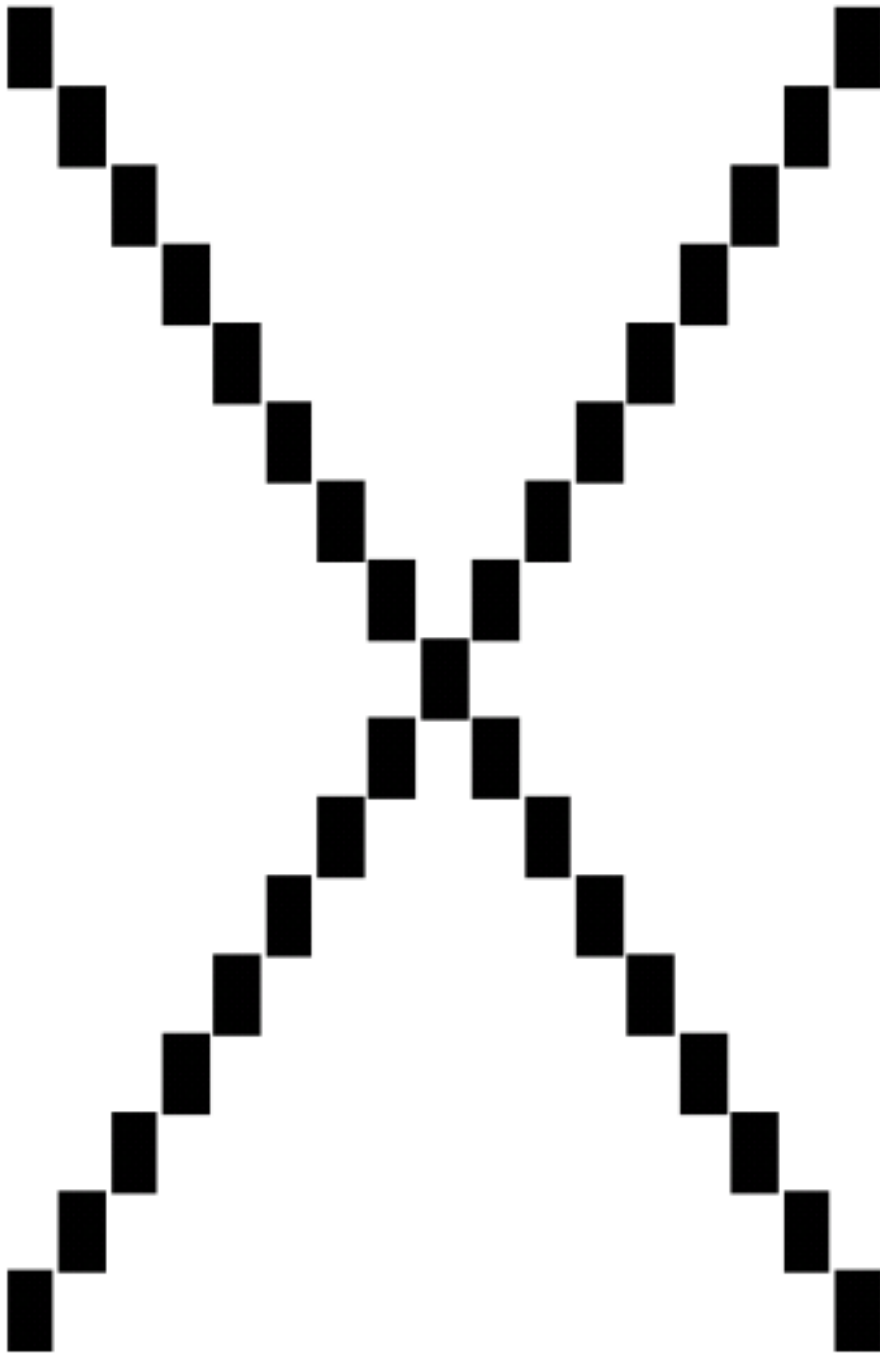
- 预操作阶段和操作阶段中被测 VOC、甲醛和其它羰基化合物的名称、CAS 号和浓度，以及计算的排放率。
- 预操作阶段和操作阶段中未经鉴别的 VOC 的浓度及其计算出的排放率。
- 如使用 RAL - UZ 122 Option 标准，需提供甲苯响应因子（见 ISO 16000-6）计算出的 TVOC。
- 最大臭氧浓度和计算的臭氧排放率。
- 操作阶段后的臭氧半衰期。
- 颗粒物质的质量和计算的排放率。

附件 A（标准化）打印模式

A.1 黑白打印模式 - 5%覆盖率

附件A.1绘制了黑色覆盖率为5%时的黑白打印模式；使用本标准中定义的纸质耗材的EUT测试时需采用以下链接的模式：

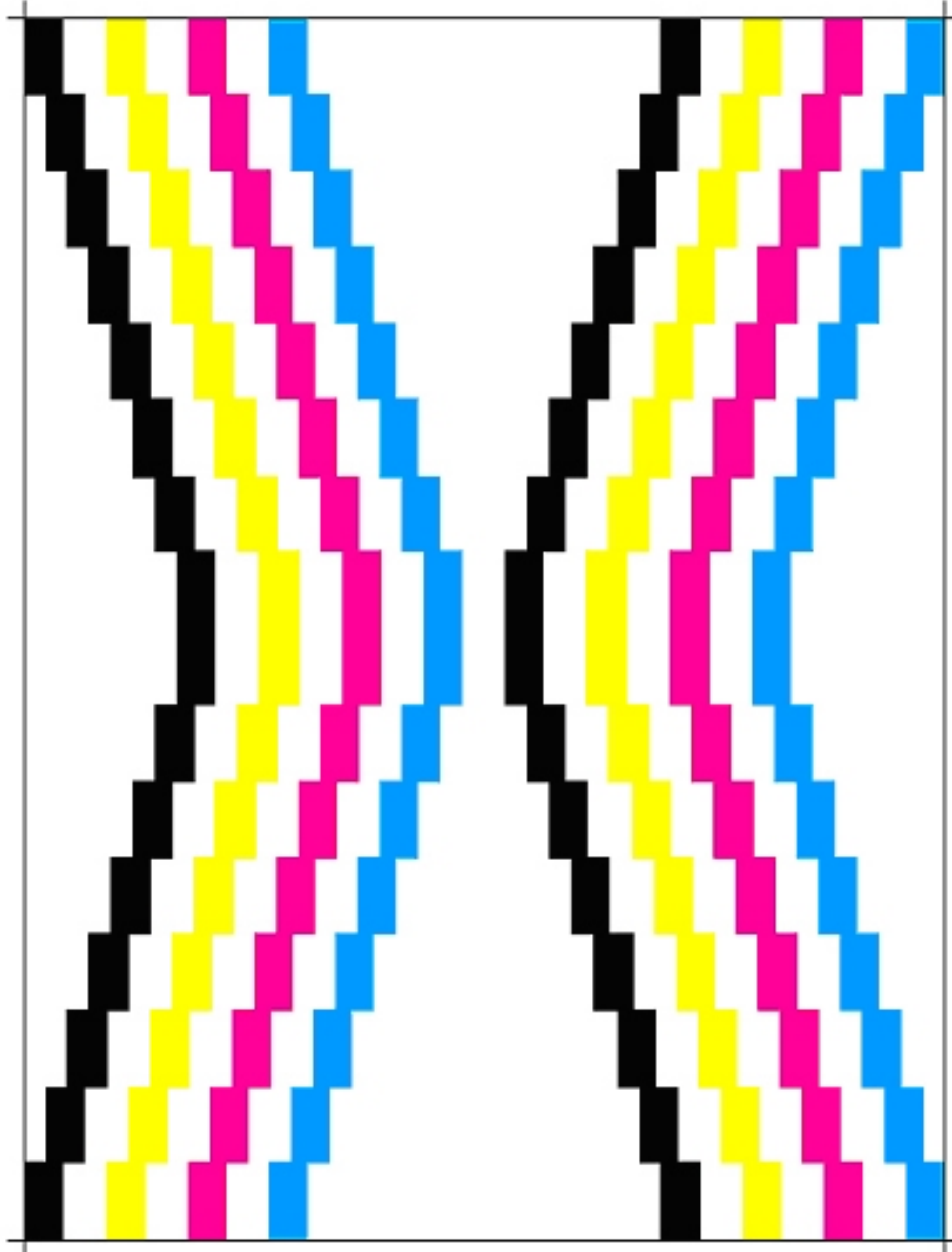
<http://www.ecmainternational.org/publications/standards/Ecma-328.htm>.



A.2 彩色打印模式 - 20%覆盖率

附件A.2绘制了彩色覆盖率为20%时的彩色打印模式（每种颜色需5% [黑色、紫红色、青色、蓝绿色]）。使用本标准中定义的纸质耗材的EUT测试时需采用以下链接的模式：

<http://www.ecma-international.org/publications/standards/Ecma-328.htm>.



附件 B（资料性）使用耗材的 EUT 排放率模型

B.1 目的

本附件推算了用于计算在 ETC 中采样的 VOC、羰基化合物和颗粒物浓度的排放率的公式。注意 本附件的推算的是硬拷贝设备的排放率。因此，“打印阶段”即为操作阶段。

B.2 方法

采样一段时间后得到平均浓度。

排放率需通过平均浓度计算得出。打印过程中的平均浓度可分为四个区域（见图 B.1）。打印期间可分为两个区域：m1-打印；m2-预操作阶段初始浓度衰退(Co)以及背景浓度积累；m3-操作后阶段浓度从 Cmax 开始衰退；m4-操作后阶段过程中的浓度积累（来自预操作阶段和背景排放）。

下面为前提条件：

- 排放率稳定。
- 操作后阶段和操作阶段的排放率同等。
- 预操作和操作后阶段未使用节能模式。

如果不满足以上条件，则不属于本标准的适用范围。

B.3 质量守恒和浓度等式

当 ETC 带有特定 SER 释放源时，可采用下列质量守恒公式：

$$\frac{dC}{dt} = \frac{SER}{V} - nC \quad (B.1)$$

整理公式 (B.1)，得出 C：

$$C = \frac{SER}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t)] + Co \exp(-n \cdot t) \quad (B.2)$$

B.4 背景 SER

因为在公式 (B.2) 中, $SER = SER_{bg}$ 且 $C_0 = 0$, 则背景浓度为:

$$C_{bg} = \frac{SER_{bg}}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t)] \quad (B.3)$$

当 $n \cdot t \geq 3$ 时, 可简化为(平衡): $SER_{bg} = C_{bg} \cdot n \cdot V$ (B.4)

为简化公式, 在下列衍生的公式中, SER_{bg} 可以用 $C_{bg} \cdot n \cdot V$ 替换 (见 B.4 式), 第 8 条中运用的公式即为简化后的式子。

B.5 预操作阶段的排放

假设排放模式如图 B.1 中所示。在预操作阶段时, 共存在两个稳定的排放源: 一个源自 ETC 的背景, 另一个源自预操作阶段的 EUT。

在 B.1 式中, $SER = SER_{bg} + SER_{pre}$, 则:

$$\frac{dC}{dt} = \frac{SER_{bg} + SER_{pre}}{V} - nC \quad (B.5)$$

$$C_{pre} = \frac{SER_{bg} + SER_{pre}}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t)] + C_0 \exp(-n \cdot t) \quad (B.6)$$

由于预操作阶段开始时的浓度 (C_0) 等于背景浓度 C_{bg} , 所以 (B.6) 可转化为:

$$C_{pre} = \frac{SER_{pre}}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t)] + \frac{SER_{bg}}{n \cdot V} \quad (B.7)$$

当 (B.7) 中的 $t=0$ 用 $t=t_{pre}$ 替代后, 可以计算出总的 VOC 质量。而采样的总 VOC 质量等于平均浓度和采样时间的乘积 ($C_{pre} \cdot t_{pre}$), 则有:

$$C_{pre} \cdot t_{pre} = \int_0^{t_{pre}} \left\{ \frac{SER_{pre}}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t_{pre})] + \frac{SER_{bg}}{n \cdot V} \right\} dt = \frac{SER_{pre}}{n^2 \cdot V} [n \cdot t_{pre} + \exp(-n \cdot t_{pre}) - 1] + \frac{SER_{bg}}{n \cdot V} t_{pre} \quad (B.8)$$

根据 (B.8) 得出 SER_{pre} :

$$SER_{pre} = \frac{C_{pre} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_{pre} - SER_{bg} \cdot n \cdot t_{pre}}{n \cdot t_{pre} + \exp(-n \cdot t_{pre}) - 1} = \frac{(C_{pre} - C_{bg}) \cdot n^2 \cdot V \cdot t_{pre}}{n \cdot t_{pre} + \exp(-n \cdot t_{pre}) - 1} \quad (B.9)$$

B.6 操作阶段的排放

操作阶段的浓度 C_{ope} 仅来自背景浓度和运行 EUT 时的浓度积累。将 (B.1) 和 $SER = SER_{bg} + SER_{ope}$ 整合, 得出:

$$C_{ope} = \frac{SER_{ope} + SER_{bg}}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t)] + C_o \exp(-n \cdot t) \quad (B.10)$$

注意 在 (B.10) 中, C_o 等于 (B.7) 中求出的预操作阶段结束时的浓度 (C_{pre})。

在图 B.1 中, $m1$ - $m4$ 均表示来自同一释放源的平均浓度和被计算阶段的时间周期的乘积。将等式 (B.10) 的时间从 0 取到打印结束的时间 (t_{ope}), 得到 $m1$ 和 $m2$ 。

$$m1 = \int_0^{t_{ope}} \frac{SER_{ope} + SER_{bg}}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t)] dt = \frac{(SER_{ope} + SER_{bg}) \cdot [n \cdot t_{ope} + \exp(-n \cdot t_{ope}) - 1]}{n^2 \cdot V} \quad (B.11)$$

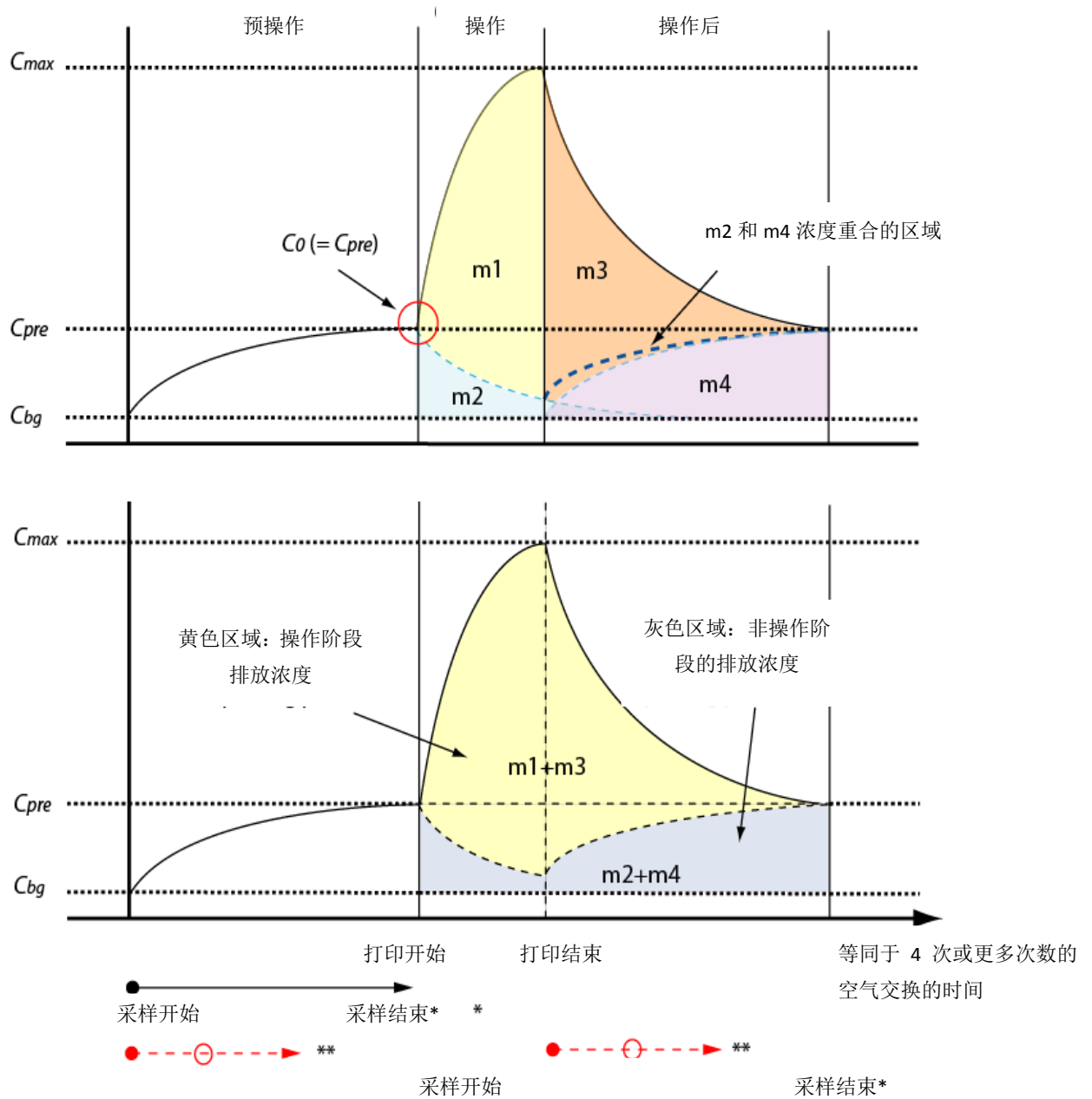
$$m2 = \int_0^{t_{ope}} [C_o \cdot \exp(-n \cdot t)] dt = \frac{C_o \cdot n \cdot V [1 - \exp(-n \cdot t_{ope})]}{n^2 \cdot V} \quad (B.12)$$

$m1$: 打印期间, 随时间推移的浓度区域

$m2$: 由于空气交换, 浓度随时间推移从 C_o 开始衰退的区域

$m3$: 随时间推移, 浓度从 C_{max} 衰退到预操作阶段的平衡浓度和背景浓度的区域

$m4$: 预操作阶段中, 随时间推移的浓度区域



*: 在各阶段中, 采样可以随时停止。
 **: 如果预操作阶段和操作后阶段的采样时间相等, 可以最大限度的减小误差。

图 B.1 - 打印阶段和打印后阶段浓度变化示意图

B.7 操作后阶段排放

操作阶段积累的浓度 (C_{\max}) 随着空气交换会在操作后阶段慢慢降低。但是，从背景浓度到预操作阶段结束期间的浓度释放增加。因此，当 $t = t_{\text{ope}}$ 时，可从 (B.10) 可得图 B.1 中的 C_{\max} ：

$$C_{\max} = \frac{(SER_{\text{ope}} + SER_{\text{bg}})}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t_{\text{ope}})] + C_0 \exp(-n \cdot t_{\text{ope}}) \quad (\text{B.13})$$

同理 (B.2)，操作后阶段的浓度可写为：

$$C_{\text{post}} = \underbrace{\frac{(SER_{\text{pre}} + SER_{\text{bg}})}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot (t - t_{\text{ope}}))]}_{\text{后操作阶段排放部分}} + \underbrace{C_{\max} \exp[-n \cdot (t - t_{\text{ope}})]}_{\text{浓度达到 } C_{\max} \text{ 由于空气交换而降低部分}} \quad (\text{B.14})$$

后操作阶段排放部分

浓度达到 C_{\max} 由于空气交换而降低部分

将时间从 t_{ope} 推移到 t_G ，则图 B.1 中的 m3 可以通过整合 (B.14) 中第二部分得到：

$$\begin{aligned} m3 &= \int_{t_{\text{ope}}}^{t_G} \left\{ \frac{(SER_{\text{ope}} + SER_{\text{bg}})}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t_{\text{ope}})] + C_0 \exp(-n \cdot t_{\text{ope}}) \right\} \cdot [\exp(-n \cdot (t - t_{\text{ope}}))] dt \\ &= [\exp(-n(t_G - t_{\text{ope}})) - 1] \cdot \left\{ \frac{SER_{\text{ope}} + SER_{\text{bg}}}{n^2 \cdot V} [\exp(-n \cdot t_{\text{ope}}) - 1] - \frac{C_0}{n} \exp(-n \cdot t_{\text{ope}}) \right\} \end{aligned} \quad (\text{B.15})$$

同理，m4 可以通过整合 (B.14) 中第一部分得到：

$$\begin{aligned} m4 &= \int_{t_{\text{ope}}}^{t_G} \frac{(SER_{\text{pre}} + SER_{\text{bg}})}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot (t - t_{\text{ope}}))] dt \\ &= \frac{(SER_{\text{pre}} + SER_{\text{bg}})}{n^2 \cdot V} [n(t_G - t_{\text{ope}}) + \exp(-n(t_G - t_{\text{ope}})) - 1] \end{aligned} \quad (\text{B.16})$$

操作阶段和操作后阶段采样的平均浓度 (C_{ope}) 为：

$$C_{\text{ope}} = \frac{m1 + m2 + m3 + m4}{t_G} = \frac{m_{\text{ope}}}{V_{\text{ope}}} \quad (\text{B.17})$$

代入 m1, m2, m3 and m4 in (B.11), (B.12), (B.15) 和 (B.16) 得到 C_{ope} 。变化等式可得到 SER_{ope} ：

$$\begin{aligned} SER_{\text{ope}} &= \frac{C_{\text{ope}} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{\text{pre}} [\exp(-n(t_G - t_{\text{ope}})) + n(t_G - t_{\text{ope}}) - 1]}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{\text{ope}})] + nt_{\text{ope}}} \\ &\quad - \frac{SER_{\text{bg}} [\exp(-nt_G) + nt_G - 1] + C_0 \cdot n \cdot V [1 - \exp(-n \cdot t_G)]}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{\text{ope}})] + nt_{\text{ope}}} \end{aligned} \quad (\text{B.18})$$

初始浓度 C_0 可以根据预操作阶段的排放结果算得:

$$C_0 = \frac{SER_{pre}}{n \cdot V} [1 - \exp(-n \cdot t_{pre})] + \frac{SER_{bg}}{n \cdot V} \quad (B.19)$$

如果空气交换率在预操作阶段和操作阶段时不同, 则 n 可用 n_{pre} 替代:

$$C_0 = \frac{SER_{pre}}{n_{pre} \cdot V} [1 - \exp(-n_{pre} \cdot t_{pre})] + \frac{SER_{bg}}{n_{pre} \cdot V} \quad (B.20)$$

当 n 在预操作阶段、操作阶段和操作后阶段都相等时, 将 (B.19) 代入 (B.18), 则 (B.18) 可化简为:

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} [\exp(-n(t_G - t_{ope})) + n(t_G - t_{ope}) - 1 + (1 - \exp(-n \cdot t_{pre})) \cdot (1 - \exp(-n \cdot t_G))] - SER_{bg} \cdot n \cdot t_G}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{ope})] + nt_{ope}} \quad (B.21)$$

(B.21) 即为正文中使用的通用公式:

注意 如果 EUT 排放不确定 (除节能模式外的一个或多个能源模式), 建议将预操作阶段的采样时间 (t_{pre}) 和操作后阶段采样时间 ($t_G - t_{ope}$) 保持一致。这样, (B.21) 可化简为:

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} [n(t_G - t_{ope}) - \exp(-nt_G) + \exp(-n \cdot (2t_G - t_{ope}))] - SER_{bg} \cdot n \cdot t_G}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{ope})] + nt_{ope}} \quad (B.22)$$

B.8 特殊情况

例 1 如果预操作阶段相对较长 ($nt_{pre} \geq 3$), 且操作后阶段相对较长 ($nt_G \geq 3$), 则 (B.21) 可化简为:

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} \cdot [n(t_G - t_{ope}) - \exp(-n \cdot t_{pre})] - SER_{bg} \cdot n \cdot t_G}{nt_{ope}} \quad (B.23)$$

当 $nt_{pre} \geq 3$ 时, (B.23) 可化简为:

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} \cdot [n(t_G - t_{ope})] - SER_{bg} \cdot n \cdot t_G}{nt_{ope}} \quad (B.24)$$

如果背景浓度忽略不计, 则 (B.24) 可化简为:

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} \cdot [n \cdot (t_G - t_{ope})]}{nt_{ope}} \quad (B.25)$$

例 2 如果预操作阶段相对较长 ($nt_{pre} \geq 3$), 且预操作阶段的空气交换率和操作阶段的空气交换率相等 ($n_{pre} = n$), 则 (B.21) 可化简为:

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} [\exp(-n(t_G - t_{ope})) + n(t_G - t_{ope}) - \exp(-n \cdot t_G)] - SER_{bg} \cdot n \cdot t_G}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{ope})] + nt_{ope}} \quad (B.26)$$

B.9 RAL-UZ 122 Option 模式

前文中推算出的计算模式和 RAL-UZ 122 Option 模式的唯一区别在于：对操作阶段排放率的定义不同。

操作阶段的排放率可以被理解由 SER_{ope} 和 SER_{pre} 组成，如下面模式所述。

图 B. 2a 表示了当预操作阶段已达到浓度平衡状态。图 B. 2b 表示的是在预操作阶段未达到平衡，但可以假设 EUT 在预操作阶段运行节能模式，以至于在预操作阶段结束时达到了准平衡状态。

排放的定义为：低于浓度曲线的区域（如图 B. 2 中 m1' +m3' 所示），从浓度随着打印功能的运行而增加的过程可以看出。

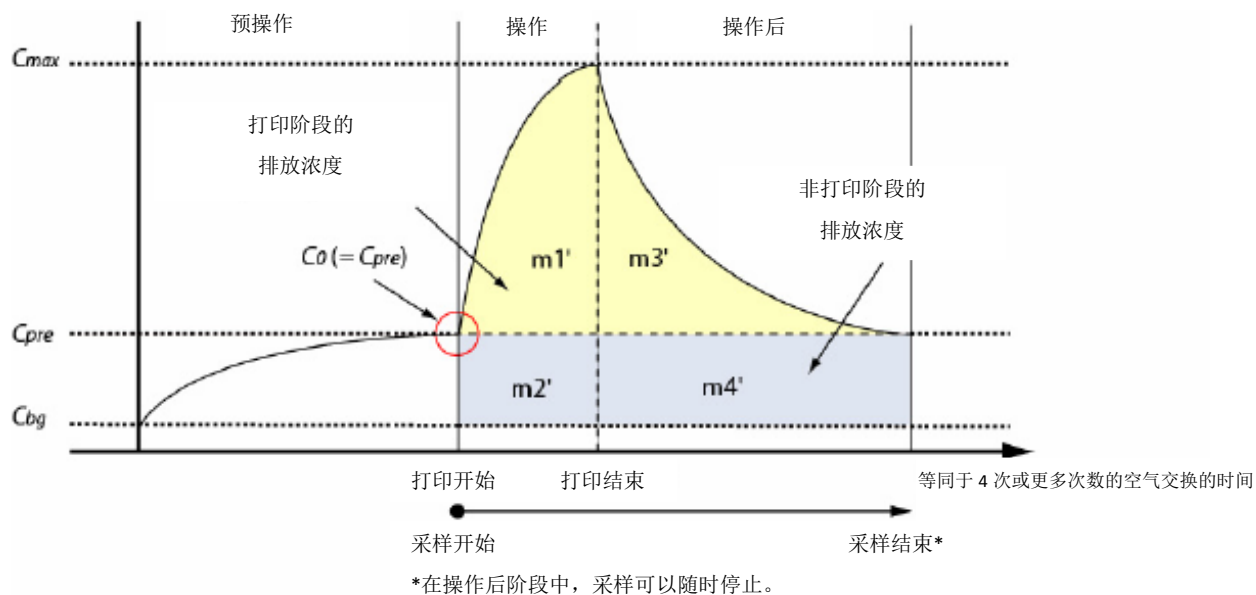
SER_{ope} 为：

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - (SER_{pre} + SER_{bg}) \cdot [\exp(-nt_G) + nt_G - 1] - Co \cdot n \cdot V [1 - \exp(-n \cdot t_G)]}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{ope})] + nt_{ope}} \quad (B.27)$$

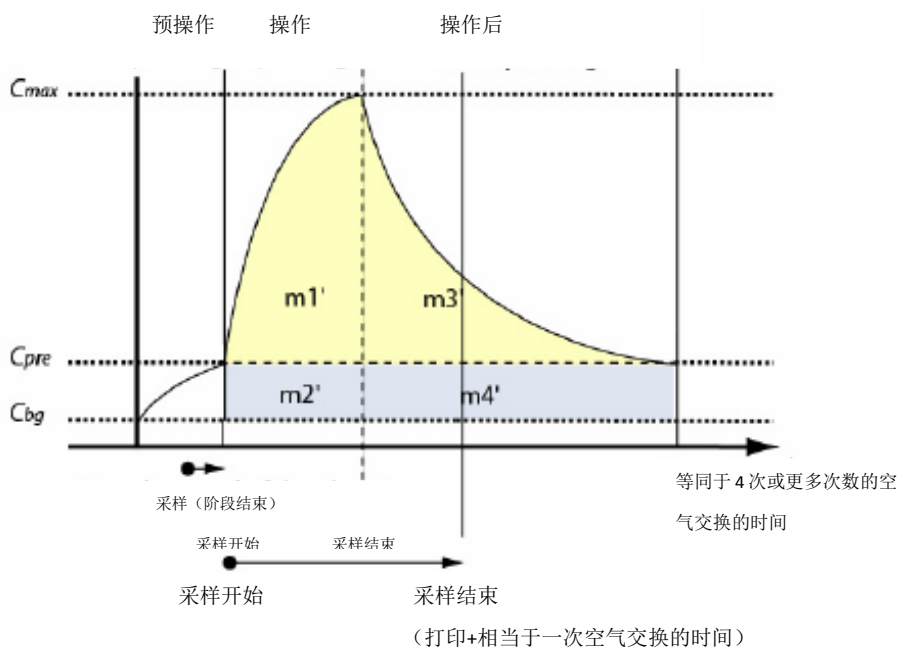
初始浓度 (Co) 与等式 (B. 19) 或 (B. 20) 相等。

如果初始浓度等于预操作阶段的平衡浓度 (Co=SER_{pre}/(n*V)) 且预操作、操作和操作后阶段的 n 值相等（即 (B. 19) 成立），则 (B. 27) 可以化简为：

$$SER_{ope} = \frac{C_{ope} \cdot n^2 \cdot V \cdot t_G - SER_{pre} \cdot nt_G - SER_{bg} \cdot n \cdot t_G}{\exp(-nt_G) - \exp[-n(t_G - t_{ope})] + nt_{ope}} \quad (B.28)$$



(a)



(b)

图 B.2 RAL-UZ 122 Option 测试时浓度平衡且稳定模式 C_0 (a) 和 (b)

附件 C

(资料性)

EUT 过滤器对 SER_{O3} 的影响

本附件介绍了 EUT 臭氧排放率的测定(如果要求考虑操作阶段时 EUT 的臭氧过滤器能力对测试的影响)。

第 8.4 节中, 臭氧排放率 SER_{O3} 可以通过计算 C_{\max} , k , 和 V 得到:

$$SER_{O_3} = \frac{C_{\max} k' VP}{TR} \quad \text{with } k' = k + (n/60) = \frac{\ln 2}{H} \quad (C.1)$$

当 ETC 内达到臭氧浓度平衡 C_{\max} 时, 需额外输入臭氧直到其浓度 C_{peak} 大于 $C_{\max} + 0,2 \text{ mg/m}^3$ 或 $3C_{\max}$

为止。随后的臭氧衰退需在 EUT 操作阶段进行测定, 直到 ETC 中的臭氧浓度降到 C_{\max} 为止。此时, 臭氧排放率 SER_{O3} 为:

$$SER_{O_3} = \frac{C_{\max} k^* VP}{TR} \quad \text{with } k^* = k + (n/60) + B \quad \text{and } B = F \frac{Q}{V} \quad (C.2)$$

上式中:

- B EUT 的臭氧过滤器能力;
- F EUT 的臭氧过滤因子 (不过滤: $F=0$; 完全过滤: $F=1$);
- Q 从 EUT 排出的空气容积流量 [m^3/min];

如果 EUT 中有臭氧过滤器, 则臭氧过滤因子 (F) 必须通过测量 EUT (带/不带臭氧过滤器) 排气装置处的臭氧浓度和容积流量, 并代入下面公式计算得到:

$$F = \frac{(Q_a C_a - Q_p C_p)}{Q_a C_a}$$

上式中:

- Q_a 不带臭氧过滤器时的流量 [m^3/min]
- C_a 不带臭氧过滤器时的臭氧浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]
- Q_p 带臭氧过滤器时的流量 [m^3/min]
- C_p 带臭氧过滤器时的臭氧浓度 [$\mu\text{g}/\text{m}^3$]

注意 臭氧过滤因子是指从过滤的流量中减少的臭氧量与进入过滤器前空气流量中臭氧总量的比。
不过滤: $F=0$; 完全过滤: $F=1$

如果 EUT 有多个排气口均可进行臭氧过滤, 则需将臭氧过滤能力 (B_i) 相加, 再代入 (C.2)

又因为:

$$k' = \frac{\ln 2}{H''}$$

其中:

- H'' 臭氧半衰期 (分钟), 臭氧浓度将为 $(C_{\text{peak}} - C_{\text{max}})/2$ 的时间;
- C_{peak} 最高臭氧浓度值 (当额外注入臭氧结束时达到)。

臭氧排放/生产率可以将 k'/k'' 、 C_{max} 、 V 、 p 和 T 代入 (C.1) 式或 (C.2) 式中计算得到。

等式 (C.1) 和 (C.2) 的适用情况参见图示 C.1。

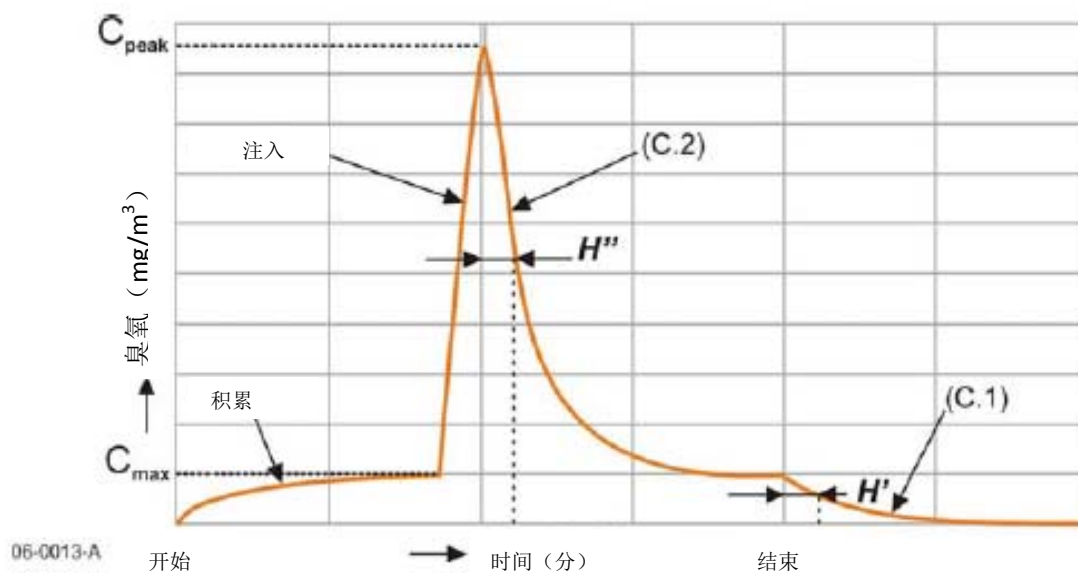


图 C.1 等式 (C.1) 和 (C.2) 的适用性

“开始”和“结束”分别指操作阶段的开始和结束时间。