

**第 43 号国际植检措施标准**  
**使用熏蒸作为植物检疫措施的要求**

国际植物保护公约秘书处编制  
**2019 年通过；2019 年出台**

引用格式要求：

粮农组织。2019 年。《使用熏蒸处理作为植物检疫措施的要求》。第 43 号国际植物检疫措施标准。罗马。粮农组织代表《国际植物保护公约》秘书处出版。20 页。许可：CC BY-NC-SA 3.0 IGO。

本信息产品中使用的名称和介绍的材料，并不意味着联合国粮食及农业组织（粮农组织）对任何国家、领地、城市或地区或其当局的法律或发展状态、或对其国界或边界的划分表示任何意见。提及具体的公司或厂商产品，无论是否含有专利，并不意味着这些公司或产品得到粮农组织的认可或推荐，优于未提及的其他类似公司或产品。

本信息产品中表达的观点系作者的观点，不一定反映粮农组织的观点或政策。

© 粮农组织，2019



保留部分权利。本作品根据署名-非商业性使用-相同方式共享 3.0 政府间组织许可（CC BY-NC-SA 3.0 IGO； <https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/3.0/igo/legalcode>）公开。

根据该许可条款，本作品可被复制、再次传播和改编，以用于非商业目的，但必须恰当引用。使用本作品时不应暗示粮农组织认可任何具体的组织、产品或服务。不允许使用粮农组织标识。如对本作品进行改编，则必须获得相同或等效的知识共享许可。如翻译本作品，必须包含所要求的引用和下述免责声明：“该译文并非由联合国粮食及农业组织（粮农组织）生成。粮农组织不对本翻译的内容或准确性负责。原英文版本应为权威版本。”

除非另有规定，本许可下产生的争议，如通过调解无法友好解决，则按本许可第 8 条之规定，通过仲裁解决。适用的调解规则为世界知识产权组织调解规则（<http://www.wipo.int/amc/en/mediation/rules>），任何仲裁将遵循联合国国际贸易法委员会（贸法委）的仲裁规则进行仲裁。

**第三方材料。**欲再利用本作品中属于第三方的材料（如表格、图形或图片）的用户，需自行判断再利用是否需要许可，并自行向版权持有者申请许可。对任何第三方所有的材料侵权而导致的索赔风险完全由用户承担。

**销售、权利和授权。**粮农组织信息产品可在粮农组织网站（[www.fao.org/publications](http://www.fao.org/publications)）获得，也可通过 [publications-sales@fao.org](mailto:publications-sales@fao.org) 购买。商业性使用的申请应递交至 [www.fao.org/contact-us/licence-request](http://www.fao.org/contact-us/licence-request)。关于权利和授权的征询应递交至 [copyright@fao.org](mailto:copyright@fao.org)。

复制本国际植检措施标准时，应提及现已出台的各个国际植检措施标准可从以下网址获取：[www.ippc.int](http://www.ippc.int)。

出于官方参考、制定政策或避免及解决争端之目的，仅可参照在下列网址公布的国际植检措施标准：<https://www.ippc.int/en/core-activities/standards-setting/ispms/#614>。

## 出台背景说明

此部分不属于本标准的正式内容。

2014 年 4 月，植检委第九届会议将主题“使用熏蒸处理作为植物检疫措施的要求”（2014-004）列入工作计划。

2014 年 5 月，标准委员会（标准委）修改规范说明草案。

2015 年 5 月，标准委批准第 62 号规范说明。

2016 年 10 月，管理员和助理管理员起草，植物检疫处理技术小组修改（虚拟会议）。

2016 年 12 月，植物检疫处理技术小组修改（虚拟会议）。

2017 年 1 月，植物检疫处理技术小组修改（虚拟会议）。

2017 年 1 月，植物检疫处理技术小组电子论坛（2017 年 1 月 1 日电子植物检疫处理技术小组）。

2017 年 5 月，标准委修改。

2017 年 7 月，第一轮磋商。

2018 年 5 月，标准委七人工作组修改。

2018 年 7 月，第二轮磋商。

2018 年 11 月，标准委修改草案并提交植检委批准。

2019 年 4 月，植检委第十四届会议通过此标准。

**第 43 号国际植检措施标准。**2019 年。《使用熏蒸作为植物检疫措施的要求》。罗马，国际植保公约秘书处，粮农组织。

出台背景：最后更新于 2019 年 4 月。

## 目 录

|                       |    |
|-----------------------|----|
| 通 过 .....             | 6  |
| 引 言 .....             | 6  |
| 范 围 .....             | 6  |
| 参考资料 .....            | 6  |
| 定 义 .....             | 6  |
| 要求概要 .....            | 6  |
| 背 景 .....             | 6  |
| 对生物多样性和环境的影响 .....    | 7  |
| 要 求 .....             | 7  |
| 1. 熏蒸目的 .....         | 7  |
| 2. 熏蒸应用 .....         | 7  |
| 2.1 单一熏蒸剂处理 .....     | 8  |
| 2.2 组合处理 .....        | 8  |
| 2.3 特定条件下的熏蒸 .....    | 8  |
| 2.3.1 在气调下的熏蒸 .....   | 8  |
| 2.3.2 真空下的熏蒸 .....    | 9  |
| 3. 用于熏蒸的密闭罩和设备 .....  | 9  |
| 3.1 密闭罩 .....         | 9  |
| 3.2 熏蒸设备 .....        | 9  |
| 3.2.1 投药设备 .....      | 9  |
| 3.2.2 气体气化器 .....     | 9  |
| 3.2.3 加热设备 .....      | 10 |
| 3.2.4 气体循环设备 .....    | 10 |
| 3.2.5 测量含水率的工具 .....  | 10 |
| 3.2.6 测量压力减小的工具 ..... | 10 |
| 3.2.7 测量温度的工具 .....   | 10 |
| 3.2.8 测量气体浓度的工具 ..... | 10 |
| 4. 熏蒸程序 .....         | 11 |
| 4.1 商品装载 .....        | 11 |

|       |                               |    |
|-------|-------------------------------|----|
| 4.2   | 包装 .....                      | 11 |
| 4.3   | 吸附 .....                      | 11 |
| 4.4   | 熏蒸温度的确定 .....                 | 11 |
| 4.5   | 气密性测试 .....                   | 11 |
| 4.6   | 熏蒸剂的引入 .....                  | 12 |
| 4.7   | 测量和记录 .....                   | 12 |
| 4.7.1 | 熏蒸剂浓度的测量和记录 .....             | 12 |
| 4.7.2 | 浓度-时间组合效应计算 .....             | 12 |
| 4.8   | 熏蒸完成 .....                    | 13 |
| 5.    | 充足的处理设施系统 .....               | 13 |
| 5.1   | 处理提供者授权 .....                 | 13 |
| 5.2   | 监测和审核 .....                   | 13 |
| 5.3   | 防止熏蒸后侵染 .....                 | 13 |
| 5.4   | 加贴标签 .....                    | 14 |
| 6.    | 文档编制 .....                    | 14 |
| 6.1   | 程序文档编制 .....                  | 14 |
| 6.2   | 记录保存 .....                    | 14 |
| 6.3   | 国家植物保护机构的文档编制 .....           | 15 |
| 7.    | 检查 .....                      | 15 |
| 8.    | 责任 .....                      | 15 |
| 附录 1: | 常用熏蒸剂的化学特性 ( 25°C 时 ) .....   | 17 |
| 附录 2: | 计算所需熏蒸剂: 数量的公式示例 .....        | 18 |
| 附录 3: | 几何形状体积计算公式 .....              | 19 |
| 附录 4: | 浓度-时间组合效应 ( CT ) 计算公式示例 ..... | 20 |

## 通 过

本标准由植物检疫措施委员会第十四届会议于 2019 年 4 月通过。

## 引 言

## 范 围

本标准为国家植物保护机构（NPPOs）应用熏蒸作为一种植物检疫措施提供了技术指南，包含用气态化学药剂对商品进行的处理。本标准也为国家植物保护机构对熏蒸处理实施者的授权提供了指导。

本标准不提供应用特定熏蒸剂的具体处理细节。未与熏蒸结合的气调处理不属于本标准。

## 参考资料

本标准参考了其他国际植物检疫措施标准（ISPMs）。此类标准可从国际植物检疫门户网站（IPP）获取：<https://www.ippc.int/core-activities/standards-setting/ispm>.

**植检委建议第 3 号。** 2017。替代或减少使用溴甲烷作为植物检疫措施。植检委建议。罗马，国际植物保护公约，联合国粮食与农业组织。可从<https://www.ippc.int/en/publications/84230/> 获取（最后访问时间 2018 年 11 月 27 日）

## 定 义

本标准中使用的植物检疫术语定义见第 5 号国际植物检疫措施标准《植物检疫术语表》。

## 要求概要

国家植物保护机构应确保熏蒸被有效实施，以使商品各部分的关键参数均处于要求水平从而获得所述效能。

熏蒸实施、熏蒸设备使用以及熏蒸程序应符合要求。应采用系统措施以防熏蒸过的商品受到侵染或污染。应满足记录保存和文件编制要求，以便审核、验证或追溯。

描述了熏蒸各方的作用和责任。为国家植物保护机构关于授权、监督和审核处理提供者的责任提供了指南。

## 背 景

本标准旨在提供使用熏蒸作为一种植物检疫措施的常规要求，特别是对于第 28 号国际植物检疫措施标准《针对限定性有害生物的植物检疫处理》中采纳的熏蒸处理。

第 28 号国际植物检疫措施标准可在多种情况下协调有效的植物检疫处理，并促进各国植物保护机构对处理效能的互相认可，从而便利贸易。第 28 号国际植物检疫措施标准对提交和评价植物检疫处理效能数据和其他相关信息提出了要求，并附有经植物检疫措施委员会评估和通过的特定熏蒸处理的附件。

当在规定功效要求的最低温度下和最短持续时间内，熏蒸密闭罩中熏蒸剂的最低浓度区域达到特定浓度时，熏蒸可被认为有效。整个处理过程的有效性还涉及熏蒸后应用的防止侵染或污染的措施。

## 对生物多样性和环境的影响

从历史上看，熏蒸已经广泛应用于阻止特定有害生物的引入和扩散，并因此对生物多样性有益。然而，熏蒸气体如溴甲烷和硫酰氟可能对环境产生负面影响。例如，已知溴甲烷逸散进入大气能破坏臭氧层，而硫酰氟是一种公认的温室气体。关于替代或减少使用溴甲烷作为植物检疫措施的植检委建议（第 3 号植检委建议，2007 年）鼓励缔约方在可能的情况下使用替代品。通过使用降解（化学分解）或回收技术来减少气体逸散，可减轻熏蒸剂对环境的影响。

## 要求

### 1. 熏蒸目的

使用熏蒸作为一项植物检疫措施的目的是在规定效能下达到有害生物死亡率。

### 2. 熏蒸应用

熏蒸由处理提供者或者国家植物保护机构在处理设施或者其他适当场所（例如，货舱、航运集装箱、仓库和柏油帆布下）实施。

熏蒸可应用于供应链的任何节点，例如：

- 作为生产或包装操作不可或缺的一部分
- 包装后（例如：商品已完成发运包装时）
- 储存期间
- 在即将发运前（例如：在港口集中地）
- 运输过程中
- 抵达进口国时（卸载前后）

熏蒸过程应当确保整个商品的关键参数（例如浓度或剂量、温度、持续时长）都达到要求水平，以获得所述效能。

熏蒸效能可能会受到诸如商品水分含量、熏蒸用密闭罩内的湿度、压强、以及包装或者商品产生的空气组成变化等因素影响。熏蒸过程中还需考虑熏蒸剂的渗透、包装或者商品对熏蒸剂的吸附、熏蒸剂比重、熏蒸剂的循环以及从熏蒸密闭罩中的泄露等其他因素。对于熏蒸剂的循环，应考虑密闭罩的大小，以及间隔箱装商品与散装商品在装载形态上的差异。

在熏蒸前应考虑到一些熏蒸剂会与特定商品或材料发生反应（例如，磷化氢会与铜以及其他金属发生强烈反应，可能会影响到验证设备或风扇的电子元件）。

应清晰记录经国家植物保护机构批准的处理实施程序。应对这些程序进行设计，以确保能够达到处理方案所述的关键参数。程序中应包括达到要求剂量的预处理和后处理过程，这些过程对于在保持商品质量的同时，达到针对目标有害生物的处理要求效能至关重要。这些过程也应包括针对处理失败或关键处理参数问题的应急程序和纠正行动指南。

## 2.1 单一熏蒸剂处理

使用单一熏蒸剂的熏蒸方法为最常用。通用熏蒸剂采用一种对于所有或特定有害生物种群（例如节肢动物、真菌、线虫）的全部或者大多数生活阶段都普遍有效的作用方式。单一熏蒸剂的处理方案通常很简单，要求单个应用程序在规定的时间内达到所需的最低浓度，从而达到指定的效能。常用熏蒸剂及其化学特性列表见附录 1。

## 2.2 组合处理

若使用单一熏蒸剂达到规定效能可能导致商品无法销售，或出于经济、物流原因，可以在处理方案中纳入另一种熏蒸剂或处理。

为了提高组合处理的效能，可按顺序在熏蒸前后立即施行另一种处理。例如，对于单独使用熏蒸或温度处理之一时商品易因处理程度增加而受到损害的情况，或者目标有害生物对两种处理的最耐受生长阶段不同的情况，有序使用两种处理可能是必要的。

与仅使用单一熏蒸剂的处理相比，一种熏蒸剂和其他熏蒸剂或其他类型处理的组合，在有效性、商品耐受性、经济、环境影响以及物流方面也可能是有益的。

## 2.3 特定条件下的熏蒸

熏蒸也可以在下述特定条件下施行。

### 2.3.1 在气调下的熏蒸

增加熏蒸密闭罩内空气的二氧化碳浓度，单独或组合使用增加氮气与增减氧气浓度的方法，可用于提高熏蒸效能。这种调节空气气体浓度的方式可直接提高目标有害生物的死亡率或者增强目标有害生物的呼吸作用，从而提高如磷化氢等熏蒸剂的效力。当熏蒸剂可燃时，例如甲酸乙酯，降低密闭罩内的氧气浓度（如用非可燃气体如二氧化碳或氮气替代）或许是必要的。



### 2.3.2 真空下的熏蒸

在低气压下应用一种熏蒸剂可显著增加熏蒸剂渗透进商品的比例，进而提高效能，或可减少熏蒸剂的用量或处理的持续时间。这类处理必须在特制真空室内施行，同时使用一个可在要求时间范围内达到所需压强的真空泵。这种特制真空室能够承受压力变化并能确保熏蒸过程中的真空损耗最小。

## 3. 用于熏蒸的密闭罩和设备

用于熏蒸的设备和密闭罩有多种类型和设计。这些多样化取决于所用熏蒸剂的类型、商品的特性和周围环境条件。为确保熏蒸达到要求的效能，可能需要下列密闭罩和设备。

### 3.1 密闭罩

密闭罩应为一个能够确保整个熏蒸过程保持在适当熏蒸条件下的封闭空间。密闭罩的例子包括专用熏蒸室、贮仓、货运集装箱、仓库、船货舱或者油布帐篷。密闭罩应当使用可在熏蒸期间保持足够的熏蒸浓度并防止熏蒸物逸出的材料建造（例如，对熏蒸剂没有渗透性或吸收性的材料）。开口应有效密封。沙子、基岩、木材和铺路材料（石头或石块）等多孔表面不适合作为帐篷密闭罩的地面。

所有密闭罩均应为验证设备提供足够的通道，以验证熏蒸是否恰当实施。

### 3.2 熏蒸设备

所有用于测量熏蒸参数的设备都应当按照制造商说明和适用的国家植物保护机构规定进行校准。

#### 3.2.1 投药设备

投药设备应能使熏蒸气体定量地引入密闭罩。投药设备包括一个足够安全可靠的熏蒸剂存储罐和允许熏蒸剂传送到密闭罩内的管线，还应包括一个能测量进入密闭罩气体比例或体积的装置（如气体质量流量计）或者一个能测量为密闭罩提供气体的容器中气体体积或重量损失的装置（如秤或天平）。在某些情况下，熏蒸气体可以由固体形态引入密闭罩（如磷化镁片），或从规定容积的容器中释放已知体积的熏蒸剂以达到所需的剂量。

#### 3.2.2 气体气化器

一些熏蒸剂以压缩液体的形式储存在金属圆柱体中。熏蒸所需大量液体的释放和汽化会吸收很多能量。在液体汽化成气体的过程中，可使用汽化器提供能量（以热量形式）以确保向密闭罩提供所需的气体量。根据熏蒸剂的不同，应使用适度抗压的气化器。

### 3.2.3 加热设备

当需要提高商品温度和密闭罩内的空气温度时，对于易燃熏蒸剂或可在高温下分解的熏蒸剂（熏蒸剂的化学特性见附录 1）不应使用暴露热源。

### 3.2.4 气体循环设备

对于大批量商品的成功熏蒸，特别是扩散相对缓慢的气体，熏蒸气体均匀、快速的分布于密闭罩内可能是非常重要的。熏蒸易腐商品或者可因长时间暴露于熏蒸剂受到损害的商品，需要气体的快速循环。对于这类商品，应使用一个或多个适合与某种熏蒸剂一起使用并能够提供足够气体流通的风扇。然而，对于散装商品（如谷物），并不总是可以使用风扇。

### 3.2.5 测量含水率的工具

对于处理效能可能受到含水率影响的商品，应测量含水率。一个湿度计能给出商品的大概含水率读数。由于商品内部或同一批次内不同商品间的含水率通常是不同的，湿度计的误差范围可为实际含水率的 5%。可用于测量含水率的工具有很多。应按照制造商的说明进行使用。

为确保熏蒸达到要求效能，也可能需要使用测量环境湿度的仪器。

### 3.2.6 测量压力减小的工具

当熏蒸在真空下执行时，在暴露或测试期间，应使用一个具有适当精度和敏感度的真空计测量和记录抽出并保持的气压或真空。合适的真空计可包括一个普通 U 型管压力计或布尔登气压计，也有专业的电子测量工具可供使用，且测量误差应为实际压力的 1kpa 范围内。

### 3.2.7 测量温度的工具

在熏蒸前和熏蒸过程中，应使用校准过的温度计在适当的时间间隔测量密闭罩内的温度，并视情况测量商品的外部表面和内部温度。所需温度传感器的数量取决于密闭罩的大小。

### 3.2.8 测量气体浓度的工具

测量密闭罩内熏蒸剂浓度的工具取决于所用气体的类型。使用的设备应具有足够的精度（例如在整个熏蒸过程中熏蒸剂浓度误差不超过 $\pm 5\%$ ）。暴露于熏蒸剂的测量设备（如取样管线）应采用不吸收熏蒸剂的材料建造。熏蒸取样管线应尽可能远离熏蒸剂供应管线或发散器安置，并安置于密闭罩中可能出现最低熏蒸剂浓度的一个或多个区域。

## 4. 熏蒸程序

可能影响熏蒸效能的因素有很多。这些因素包括熏蒸剂浓度、暴露时间、与熏蒸剂渗透性或吸附性有关的商品特性、商品温度和空气温度。密闭罩的气密性、负载配置和负载比（已用空间占总空间的比例）直接影响熏蒸过程中气体的分布和气体的浓度。熏蒸剂供应和循环设备（必要时）在密闭罩内的布置，应可确保熏蒸过程中密闭罩内达到并保持处理方案要求的熏蒸剂浓度。

### 4.1 商品装载

熏蒸前，商品在密闭罩内的装载方式应确保足够空间供熏蒸剂充分循环。在一些情况下，应使用隔板以确保熏蒸剂渗透进商品。对于散装装载，应确保适当的循环，例如使用再循环系统。

### 4.2 包装

使用包装时，包装的成分和结构应不妨碍熏蒸剂气体对商品的渗透，并且不影响熏蒸剂浓度达到要求的水平。否则，应去除或刺穿不渗透性包装材料或涂层，以确保熏蒸剂的足量渗透。对于穿孔包装不应重叠放置，以免堵塞孔洞。

### 4.3 吸附

吸附是将游离的熏蒸剂以化学或物理的方式粘附在已熏蒸过的商品、包装或密闭罩上或其内部的过程。包装或密闭罩对熏蒸剂的吸附可能导致无法杀死有害生物，但商品的吸附对于杀死诸如实蝇等内部寄生有害生物可能是必要的。熏蒸开始时吸附率通常较高，之后随着熏蒸的进行逐渐降低。吸附增加了熏蒸后曝气所需的时间。

油、脂肪或多孔细碎的材料可能具有高度吸附性。除非浓度读数可确保达到所需的最低浓度，否则不应对具有高吸附性的商品或包装进行熏蒸。

### 4.4 熏蒸温度的确定

温度是获得所需熏蒸效能的一个影响因素，关键原因是它可以影响目标有害生物的呼吸速率。一般来说，温度越低，有害生物的呼吸速率越低，达到所要求效能所需的熏蒸剂的剂量越大或需要的暴露时间越长。

应测量并记录密闭罩内商品和空气的温度。记录到的密闭罩内或商品最低温度应作为熏蒸时的温度。

### 4.5 气密性测试

密闭罩所需气密性应根据所使用的熏蒸剂而定。如有必要，在熏蒸前（最好是即将熏蒸前），应当执行气密性测试。然而，如果密闭罩为耐久性构造并经常使用，则可能只需要每 6 或 12 个月进行测试，或在国家植物保护机构规定的一系列处理之后进行测试。

如密闭罩气密性不足以确保整个熏蒸期间保持足够的气体浓度，应测量半程压强确定气密性。

#### 4.6 熏蒸剂的引入

在确定剂量时，应使用密闭罩或商品（以较低者为准）在整个处理过程中预期经历的最低温度。

所施用的熏蒸剂总量为所需剂量（剂量率）与密闭罩体积的组合效应。因此密闭罩体积的正确测量非常重要。应考虑到熏蒸密闭罩的过度吸附或泄漏。

应在密闭罩中加入足量熏蒸剂，以确保达到处理方案中阐述的最低浓度要求。所需的熏蒸剂用量应按适当的公式计算：示例见附录 2。

密闭罩的体积为内部体积，且对于不同形状的密闭罩应分别计算（见附录 3 中形状和计算公式示例）。密闭罩内密封且对熏蒸剂无吸收性的容器（如桶或盒子）的体积可从密闭罩体积中减去。

如要求熏蒸剂以气态形式引入密闭罩，可以通过汽化器来施用液体熏蒸剂（见 3.2.2 节）。然而，一些熏蒸剂可以通过固体形态引入，之后再转化成气态（见 3.2.1 节）。

#### 4.7 测量和记录

在测量和记录熏蒸剂浓度时，应通过测量来验证密闭罩内熏蒸剂浓度是否正确，以及熏蒸剂是否存在过度泄漏或吸附。应对熏蒸剂浓度进行足够频率的测量和记录，以确保达到并保持要求的剂量，并对浓度-时间组合效应（CT）进行充分计算（如需要）。浓度读取也应按照处理方案进行，以确保熏蒸剂在整个处理过程中均匀地分布在密闭罩内。

##### 4.7.1 熏蒸剂浓度的测量和记录

在可能的情况下，取样管线应安置在熏蒸剂最难到达的地方。充分测量整个密闭罩的熏蒸剂浓度所需的取样管线数量取决于密闭罩的体积和性质。特制熏蒸室需要的取样管线数量可能比油布帐篷密闭罩少。

根据商品和处理方案的不同，可能需要在密闭罩内的商品中进一步设置取样管线。例如，对于 300 立方米的商品可使用至少 3 条取样管线，而对包装严密或难以渗透的商品可增加取样管线。

##### 4.7.2 浓度-时间组合效应计算

CT 可用不同的方法计算（附录 4）。考虑到读数之间的间隔，从连续的一系列读数中获得的 CT 值可以用于计算该位置整个暴露期的累积 CT。获得适当的 CT 估值所需的连续测量次数取决于处理期间剂量曲线的形状。

如果取样管线提供了不同的熏蒸剂浓度读数，则累积 CT 应采用最低读数计算。

## 4.8 熏蒸完成

一旦处理时间结束并达到了要求的 CT、温度和最低浓度，应认为熏蒸完成。在初始未能达到最低 CT 的情况下，如果处理方案允许，对于某些类型的熏蒸剂和熏蒸条件可获准延长熏蒸期或使用额外的熏蒸剂。

可通过曝气后检验或测试目标有害生物死亡率来验证熏蒸是否成功。对于多种熏蒸，可能需要延长熏蒸后阶段的时长以达到规定效能的有害生物死亡率。

## 5. 充足的处理设施系统

对熏蒸足以作为一种植物检疫措施的信心，主要基于确信在特定条件下处理对关注的有害生物有效且处理得到了适当应用。应设计、使用和监测处理交付系统，以确保处理正确进行，并防止处理后商品受到侵染和再次污染。

处理实施或发起国家的国家植物保护机构负责确保符合系统要求。

### 5.1 处理提供者授权

植物检疫处理提供者的授权由处理实施或发起国（当熏蒸在运输过程中进行时为后者）的国家植物保护机构负责。这项授权通常包括对处理设施和处理提供者的审批。国家植物保护机构应制定有关处理提供者的授权规定，包括人员培训、熏蒸程序、足够的设备和储存条件。适用于各个设施、提供者和商品处理的具体程序也应得到国家植物保护机构的批准。

各国家植物保护机构应保有一份能够实施熏蒸的授权处理提供者名单，适当时包含经批准的设施。

### 5.2 监测和审核

熏蒸实施或发起国的国家植物保护机构负责对处理设施和提供者进行监测和审核。国家植物保护机构应保有一份审核方案，并确保此类审核由经过适当培训的人员执行。如处理程序设计妥当，并经验证可确保有关设施、工序及存疑商品的高度系统完整性，则无须对熏蒸进行持续性的监督。监测和审核应足以及时发现和纠正存在缺陷。

处理提供者应满足国际植物保护机构的监测和审核要求。这些要求可能包括：

- 允许国家植物保护机构进行审核，包括暗访
- 一个维持和存档处理记录的系统，并为国家植物保护机构提供访问通道
- 发生不合格情况时应采取的纠正措施。

### 5.3 防止熏蒸后侵染

货物所有者负责防止熏蒸后的侵染和污染，并可就如何达到这一目标与处理提供者开展合作。应当采取措施以防熏蒸后可能发生的商品侵染或污染。可采用的措施如下：

- 将商品保存在无有害生物的密闭罩内
- 立即使用防有害生物包装材料包装商品
- 隔离并标识已处理的商品
- 尽快发运商品。

#### 5.4 加贴标签

商品可加贴带有熏蒸批号或其他身份识别特征（如包装地点和处理设施、包装和熏蒸日期）的标签以供对不合格商品进行追溯。使用时，标签应易于识别并放置在醒目位置。

### 6. 文档编制

熏蒸实施或发起国的国家植物保护机构负责确保处理提供者使用经批准的熏蒸剂、程序文件并保存适当的记录，例如处理过程中记录的熏蒸剂浓度和温度的原始数据。准确的记录保存对追溯能力至关重要。

#### 6.1 程序文档编制

应对处理程序进行记录，以确保商品能够按照处理方案得到一致地熏蒸。应当制定过程控制和操作参数，以为处理提供者的授权提供所需的操作细节。校准和质量控制程序应由处理提供者记录。关于处理程序的书面文件应包括以下内容：

- 商品熏蒸前、熏蒸中、熏蒸后的操作程序
- 关键过程参数及其测量方法
- 温度和气体传感器的校准和记录，以及湿度传感器或湿度计的校准和记录
- 当熏蒸失败或关键处理过程出现问题时，将采取的应急计划和纠正措施
- 拒收批次的操作程序
- 加贴标签（如需要）、记录保存和文档编制要求
- 人员培训

#### 6.2 记录保存

处理提供者应为实施的每个处理保存适当的记录。这些记录应提供给熏蒸实施或发起国家的国家植物保护机构，以供审核、验证或追溯。

熏蒸作为植物检疫措施的适当记录应由处理提供者保存至少一年，以供处理批次追溯。单项熏蒸记录所需信息可能包括下列数据：

- 熏蒸剂名称
- 密闭罩识别码和处理提供者

- 密闭罩泄露测试记录
- 设备校准记录
- 熏蒸商品及其主要特性（例如水分含量、树皮的存在、包装类型等）
- 目标限定性有害生物
- 商品包装人员、种植者和生产地点
- 熏蒸批次号和其他标识标记或特性
- 批次尺寸和体积，包括物品或包装数量
- 熏蒸日期、持续时间以及熏蒸实施人姓名
- 密闭罩内取样管线的位置和数量
- 任何可观察到的与处理方案间的偏差
- 最低空气和商品温度
- 湿度水平
- 熏蒸剂剂量和浓度记录，包括读数时间
- 熏蒸全程计算和添加的熏蒸剂体积（剂量比例）。

### 6.3 国家植物保护机构的文档编制

所有国家植物保护机构工作程序都应编制适当的文档或记录，包括所做的监测检查和发放的植物检疫证书等在内的记录应至少保存一年。在违规或新的、意外的植物检疫情况下，应按照第 13 号国际植物检疫措施标准《违规和紧急行动通知准则》中描述的要求提供相关文档。

## 7. 检查

检查应由出口国的国家植物保护机构实施，也可由进口国的国家植物保护机构实施，以确定是否符合植物检疫进口要求。如在熏蒸后发现活的非目标有害生物，国家植物保护机构应考虑其存活是否意味着熏蒸失败，以及是否有必要采取额外的植物检疫措施。

进口国的国家植物保护机构也可检查运输过程中所实施处理的文档和记录，以确定是否符合植物检疫进口要求。

## 8. 责任

熏蒸实施或发起国家的国家植物保护机构负责评估、批准和审核熏蒸作为植物检疫措施的应用，包括由国家植物保护机构自己和其他经授权的处理提供者所执行的熏蒸。然而，当熏蒸在运输过程中进行或完成时，出口国的国家植物保护机构通常负责授权处理提供者在运输过程中应用熏蒸，进口国的国家植物保护机构则

负责验证是否符合熏蒸方案。

在必要的情况下，国家植物保护机构应与其他熏蒸制定、批准和安全相关国家监管机构合作，包括对熏蒸执行人员的培训和认证、对处理提供者的授权以及对处理设施的批准。应明确国家植物保护机构和其他监管机构的职责，以避免产生重复、矛盾、不一致或不合理的要求。



本附录仅供参考，并非标准的规定性部分。

### 附录 1：常用熏蒸剂的化学特性（25℃时）

| 熏蒸剂有效物质 | 化学式                                    | 分子量<br>(g/mol) | 沸点<br>(°C)<br>(1 个大气<br>压下) | 比重 (气体)<br>(空气= 1.0) | 空气中的可燃<br>限度(v/v %) | 水中溶解度              | 转换系数<br>(毫克/升-百万分数,<br>1 个大气压下<br>体积比) |
|---------|----------------------------------------|----------------|-----------------------------|----------------------|---------------------|--------------------|----------------------------------------|
| 碳酰硫     | COS                                    | 60             | -50.2                       | 2.07                 | 12-29               | 0.125 g/<br>100 ml | 408                                    |
| 乙二腈     | C <sub>2</sub> N <sub>2</sub>          | 52             | -21.2                       | 1.82                 | 6-32                | 高度溶解               | 470                                    |
| 甲酸乙酯    | CH <sub>3</sub> .CH <sub>2</sub> .COOH | 74.08          | 54.5                        | 2.55                 | 2.7-13.5            | 11.8 g/100 ml      | 330                                    |
| 氰化氢     | HCN                                    | 27             | 26                          | 0.9                  | 5.6-40              | 混相溶解               | 906                                    |
| 溴甲烷     | CH <sub>3</sub> Br                     | 95             | 3.6                         | 3.3                  | 10-15               | 3.4 v/v %          | 257                                    |
| 碘甲烷     | CH <sub>3</sub> I                      | 141.94         | 42.6                        | 4.89                 | 无                   | 1.4 g/100 ml       | 172                                    |
| 异硫氰酸甲酯  | C <sub>2</sub> H <sub>3</sub> NS       | 73.12          | 119                         | 2.53                 | 无                   | 0.82 g/100 ml      | 334                                    |
| 磷化氢     | PH <sub>3</sub>                        | 34             | -87.7                       | 1.2                  | >1.7                | 0.26 v/v %         | 719                                    |
| 二氧化硫    | SO <sub>2</sub>                        | 64.066         | -10                         | 2.26                 | non                 | 9.4 g/100 ml       | 382                                    |
| 硫酰氟     | SO <sub>2</sub> F <sub>2</sub>         | 102            | -55.2                       | 3.72                 | non                 | 少量溶解               | 240                                    |

本附录仅供参考，并非标准的规定性部分。

## 附录2：计算所需熏蒸剂数量的公式示例

按重量和体积计算所需熏蒸剂数量的公式示例如下：

**按重量：**

$$\text{熏蒸剂数量 (g)} = \frac{\text{密闭罩体积 (m}^3\text{)} \times \text{目标剂量 (g/m}^3\text{)} \times 100}{\% \text{熏蒸剂纯度}}$$

熏蒸剂纯度为标签上所示化学品中活性物质的百分比。

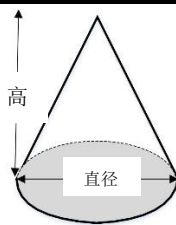
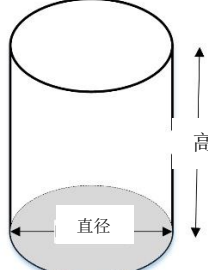
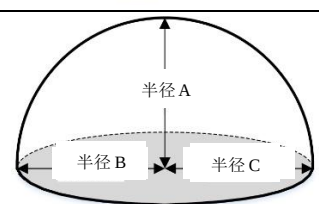
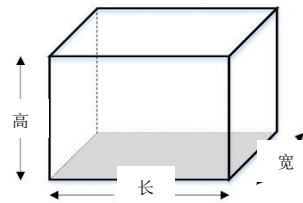
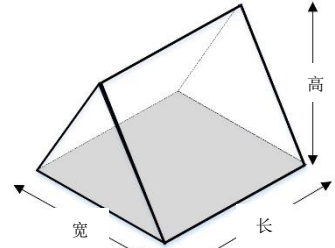
**按体积：**

$$\text{熏蒸剂数量 (ml)} = \left( 273 \text{ (K)} + \text{温度 (}^{\circ}\text{C)} \right) \times \left( \frac{\text{密闭罩体积 (L)} \times \text{目标剂量 (mg/L)} \times 100}{\text{理想气体常数 (62.363 L.mmHg.K}^{-1}\text{.mol}^{-1}) \times \text{分子量 (g/mol)} \times \% \text{熏蒸剂纯度}} \right)$$

熏蒸剂纯度为标签上所示化学品中活性物质的百分比。

本附录仅供参考，并非标准的规定性部分。

### 附录 3：几何形状体积计算公式

| 几何形状类型 | 几何结构                                                                                | 体积计算公式                                                                                           |
|--------|-------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 圆锥体    |    | $\text{体积} = \frac{\pi \times \text{半径}^2 \times \text{高}}{3}$                                   |
| 圆柱体    |   | $\text{体积} = \pi \times \text{半径}^2 \times \text{高}$                                             |
| 穹顶体†   |  | $\text{体积} = \frac{2 \times \pi \times \text{半径 } A \times \text{半径 } B \times \text{半径 } C}{3}$ |
| 长方体    |  | $\text{体积} = \text{长} \times \text{宽} \times \text{高}$                                           |
| 三棱柱    |  | $\text{体积} = \frac{\text{长} \times \text{宽} \times \text{高}}{2}$                                 |

† 所使用的公式仅计算近似体积。

本附录仅供参考，并非标准的规定性部分。

#### 附录4：浓度-时间组合效应 (CT) 计算公式示例

浓度-时间组合效应 (CT) 的计算公式示例如下。

$$\text{例 1: } CT_{n,n+1} = (T_{n+1} - T_n) \times \sqrt{C_n \times C_{n+1}}$$

$$\text{例 2: } CT_{n,n+1} = (T_{n+1} - T_n) \times (C_n + C_{n+1})/2$$

其中：

$T_n$  指第一次读数的时间，单位为小时

$T_{n+1}$  指第二次读数的时间，单位为小时

$C_n$  是  $T_n$  时的浓度读数，单位为  $\text{g/m}^3$

$C_{n+1}$  是  $T_{n+1}$  时的浓度读数，单位为  $\text{g/m}^3$

$CT_{n,n+1}$  为 CT 在  $T_n$  和  $T_{n+1}$  间的累积值，单位为  $\text{g}\cdot\text{h/m}^3$