



中华人民共和国消防救援行业标准

XF/T 506—2004

火灾烟气毒性危险评价方法—— 动物试验方法

Test method to assess the toxic hazard
of fire effluents using laboratory animals

2004-06-17 发布

2004-10-01 实施

中华人民共和国应急管理部 公 布

目 次

前言 II

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 试验技术条件 2

5 试验烟气 4

6 染毒试验程序 5

7 烟气毒害的定性 6

8 材料产烟毒性的定量评价 6

9 试验报告 8

附录 A（规范性附录） 清洁级实验小鼠应用条件 10

附录 B（资料性附录） 方法学原理 11

前 言

根据公安部、应急管理部联合公告(2020年5月28日)和应急管理部2020年第5号公告(2020年8月25日),本标准归口管理自2020年5月28日起由公安部调整为应急管理部,标准编号自2020年8月25日起由GA/T 506—2004调整为XF/T 506—2004,标准内容保持不变。

制定“火灾烟气毒性危险评价方法——动物试验方法”标准目的是为了满足火灾烟气毒性危险预测和材料产烟毒性评价的需要。

本标准根据我国在动物急剧吸入烟气染毒试验方法学研究取得的成果和应用实验小鼠进行材料产烟毒性评价取得的经验,参考国际标准化组织技术报告ISO TR 9122-2(1990-10-15)“火灾气流毒性试验 第二部分:确定火灾气流急剧吸入毒性的生物鉴定指南(基本原理、准则和方法学)”制定。

本标准规定的实验小鼠及其应用条件、实验小鼠吸入烟气染毒试验方法、烟气毒性的定性和定量评价方法均与ISO TR 9122-2提出的方法准则一致。

本标准的附录A是规范性附录,附录B是资料性附录。

本标准由公安部消防局提出。

本标准由全国消防标准化技术委员会第七分委员会归口。

本标准起草单位:公安部四川消防研究所。

本标准主要起草人:李邦昌、刘霖、张羽。

火灾烟气毒性危险评价方法—— 动物试验方法

1 范围

本标准规定了实验小鼠动态急性吸入烟气染毒试验方法和烟气毒性评价方法。

本标准适用于材料产烟毒性评价、火灾场景毒性评价、全规模火灾试验烟气毒性评价以及由成分分析结果推测烟气毒性危险的验证。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本标准的引用而成为本标准的条款。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标准，然而，鼓励根据本标准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标准。

GB 5749 生活饮用水卫生标准

GB 14922.1 实验动物 寄生虫学等级与监测

GB 14922.2 实验动物 微生物学等级与监测

GB 14923 实验动物 哺乳类动物的遗传质量控制

GB 14924.3 实验动物 大鼠小鼠配合饲料

GB 14925 实验动物 环境及设施

XF/T 505—2004 材料的火灾场景烟气制取方法

ISO TR 9122-2:1990 国际标准化组织 技术报告 9122(1990),火灾气流物毒性试验 第2部分 确定火灾气流物毒性的生物鉴定指南(基本原理、准则和方法学)

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本标准。

3.1

吸入染毒 inhalation exposure

指人或动物处于污染气氛环境，主要通过呼吸方式，也包括部分感官接触毒物引起的一类伤害过程。

3.2

急性吸入染毒 acute inhalation exposure

指染毒时间较短(一般为 30 min)的一种吸入染毒。

3.3

动态急性吸入染毒 dynamic acute inhalation exposure

指染毒的气氛是流动态形式的一种急性吸入染毒。

3.4

急性吸入毒性 acute inhalation toxicity

伴随急性吸入染毒产生的中毒效应，这种效应可以立即看到或在几小时或几天后看到。

3.5

毒性最大产烟率 the yield of smoke for the maximum toxicity

指在某一烟气浓度下,毒性最大的材料产烟率。

3.6

终点 end point

指实验动物出现丧失逃离能力或死亡等生理反应点。

4 试验技术条件

4.1 实验动物

4.1.1 实验动物应是符合 GB 14922.1 和 GB 14922.2 要求的清洁级实验小鼠。

4.1.2 应从取得实验动物管理机构合格认证的生产单位获得实验动物,其遗传分类应符合 GB 14923 的近交系或封闭群要求。

4.1.3 实验小鼠外观要求:毛顺、贴身,毛色光泽、清洁;精神,活动自如;头脸不肿;四肢、尾和皮肤无缺损;不喘;鼻无分泌物;肛门清洁。

4.1.4 从生产单位获得的实验小鼠应作环境适应性喂养,在试验前 5 天,实验小鼠体重应有增加,试验时周龄应为(5~8)周,质量应为(21±3) g。

4.1.5 每个试验组实验小鼠为 8 只或 10 只,雄雌各半,随机编组。

4.2 实验动物应用条件

实验动物应用条件见附录 A。

4.3 试验烟气来源

不同的烟气毒性评价要求不同的试验烟气来源:

——进行全规模火灾烟气毒性试验,可根据试验意图将实验小鼠及转笼放在预定试验位置直接进行。

——进行材料产烟毒性评价应按本标准第 5 章规定和 XF/T 505—2004 材料的火灾场景烟气制取方法制取。

4.4 试验装置

进行材料产烟毒性评价,应采用动式吸入染毒箱与 XF/T 505—2004 材料的火灾场景烟气制取方法装置联用试验(见图 1)。

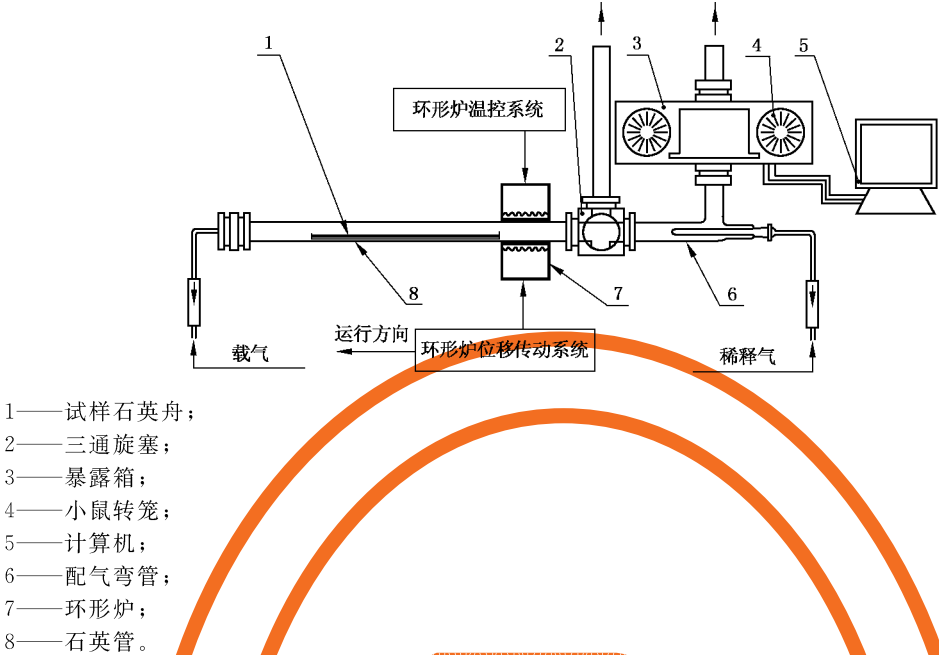


图 1 烟气制取与动物染毒联用装置

4.4.1 小鼠转笼

小鼠转笼由防锈铝制成(见图 2)；转笼外形尺寸为直径 $\phi 100$ mm，宽 30 mm；笼的质量为 (40 ± 2) g，附有磁铁的转笼应为 (60 ± 10) g；小鼠转笼在支架上应能灵活转动，无固定静止点。

单位为毫米

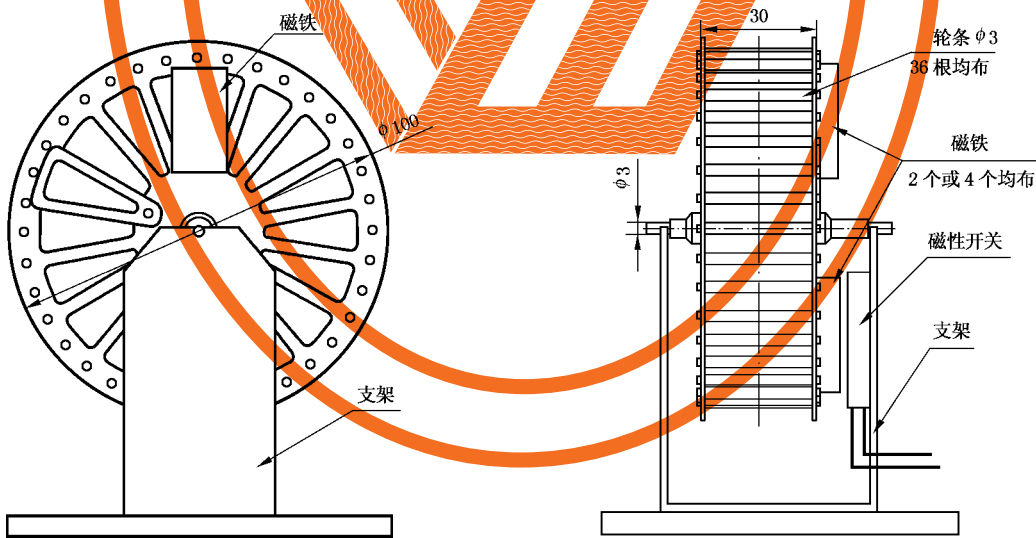


图 2 小鼠转笼

4.4.2 小鼠运动记录仪或计算机

4.4.2.1 小鼠运动记录仪应能通过附有磁铁的转笼同时记录 8 只或 10 只小鼠运动情况，获得小鼠运动——时间图谱，记录仪走纸速率应不小于 10 mm/min。

4.4.2.2 当采用计算机记录小鼠运动情况时,每只小鼠的时间——运动图谱应能定性反映每时刻转笼的角速度。

4.4.3 动态吸入染毒箱

动态吸入染毒箱由透明的有机玻璃材料制成(见图3),染毒箱有效体积应不大于9.2 L,并可容纳10只小鼠(包括转笼)进行染毒试验。

单位为毫米

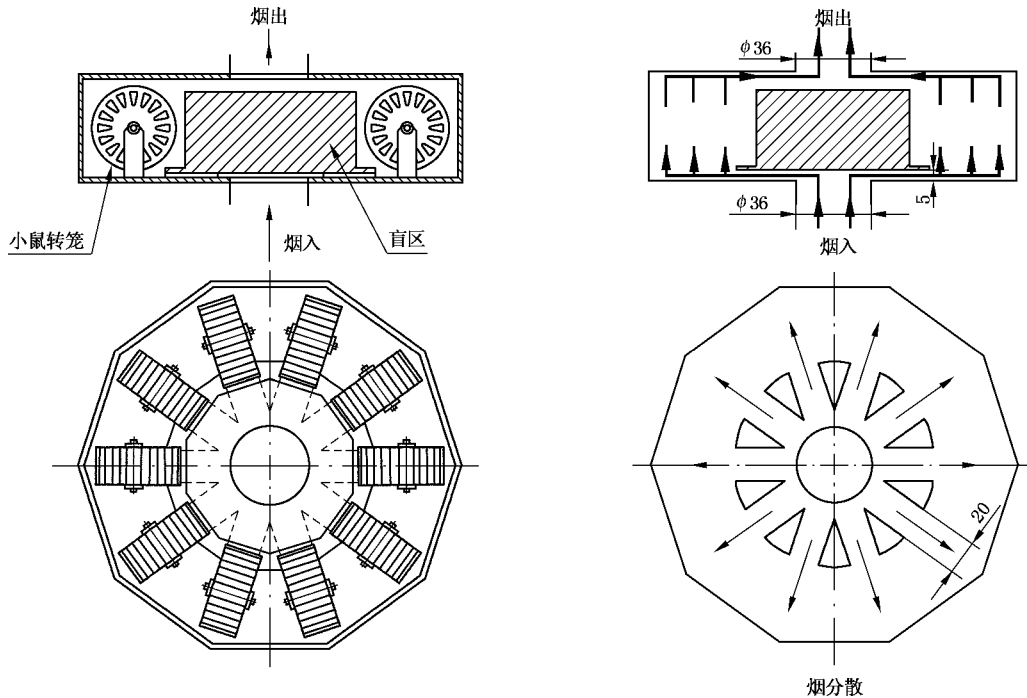


图3 动式吸入染毒箱

5 试验烟气

5.1 总体要求

进行材料产烟毒性简单评价或作材料产烟毒性相对比较,应取材料充分产烟率无火焰的不同浓度烟气;进行某种材料产烟毒性评价,应取相同产烟浓度的不同产烟率烟气和毒性最大产烟率的不同浓度烟气。

5.2 试验烟浓度

试验烟浓度按以下情况确定:

- 以判定试验规定的产烟浓度;
- 按成分分析结果推测的烟浓度;
- 在 1.15^n mg/L ($n=0,1,2,3\cdots$) 范围中选取推测可能产生效应的产烟浓度,例如:
 6.15 mg/L ($n=13$); 12.4 mg/L ($n=18$); 24.9 mg/L ($n=23$);
 50.0 mg/L ($n=28$); 76.1 mg/L ($n=31$); 101.7 mg/L ($n=33$);
- 根据已选浓度试验结果,改变 1.15^n 中的 n 值来调整产烟浓度;
- 进行 LC_0 和 LC_{100} 评价时,应选取 n 值为连续整数的 1.15^n 等比级数浓度组;例如:

取 $\cdots n-1, n, n+1, n+2 \cdots$

5.3 烟气流量 F , 载气流量 F_1 和稀释气流量 F_2 的确定

5.3.1 F 应不小于 1.5 L/min, 优先选择 $F > 5$ L/min, $F_1 = 5$ L/min。

5.3.2 F_1 和 F_2 的选择应符合 XF/T 505—2004 中 6.3 规定。

5.4 烟气流供给时间 t

a) 急性吸入烟气染毒试验时间一般为 30 min, 烟气供给时间可选 $t \geq 30$ min。

b) 进行确定浓度下实验小鼠终点时间判定试验(见 8.2 和 8.3), 烟气供给时间(或染毒时间)最长可选 50 min。

5.5 材料产烟率

确定材料产烟率应按 XF/T 505—2004 材料的火灾场景烟气制取方法进行。

6 染毒试验程序

6.1 试验烟气

6.1.1 按第 5 章规定准备试件和选择操作参数。

6.1.2 在试验前(5~10) min 将实验小鼠按编号称量、装笼, 安放到染毒箱的支架上, 试验前 2 min 盖合染毒箱盖。

6.2 试验的开始和结束

动物染毒试验的开始和结束应按 XF/T 505—2004 材料的火灾场景烟气制取方法中 10 和染毒试验时间确定。

6.2.1 以三通旋塞切换烟气流向染毒箱时作为试验计时开始, 此刻应同时开启记录仪走纸开关或计算机开始记录小鼠运动。

6.2.2 以切换三通旋塞停止向染毒箱供给烟气时作为试验计时结束, 此刻应同时停止记录仪走纸或计算机记录, 迅速打开染毒箱盖, 取出实验小鼠。

6.3 试验观察

6.3.1 在 30 min 染毒期内, 应记录小鼠运动情况: 呼吸速度变化, 昏睡、昏迷、痉挛、惊跳、失去平衡、挣扎、不能翻身、欲跑不能等症状, 死亡时间等。

6.3.2 染毒刚结束后, 应记录小鼠行动能力, 眼区变化(流泪、角膜变化、肿胀、视力丧失), 呼吸速度变化, 口鼻粘液膜变化, 咳嗽等情况及 1 h 内的变化情况。

6.3.3 染毒后 14 天内, 应每天记录各症状的变化、体重变化及死亡等情况。

6.4 检查

6.4.1 染毒刚结束, 对行动虚弱的小鼠进行轻微的人为刺激, 检查行动能力, 仰放检查翻正能力, 以对记录仪反映出 25 min 后未运动的存活小鼠进行丧失逃离能力和时间的确认。

6.4.2 在染毒后 1、2、3、5、7、10、14 天对存活小鼠称量, 检查体重恢复或下降情况。

6.4.3 对染毒中和染毒后死亡的小鼠进行剖检, 着重观察肺血颜色, 肺、肝、胃、肠的异常, 必要时和未染毒的小鼠剖检进行比较。

6.4.4 根据试验研究的不同目的,结合其可能的试验手段,对中毒伤害小鼠作深层次病理学检查。

7 烟气毒害的定性

7.1 实验小鼠出现下列症状和特征时烟气毒性判定为麻醉

- 在染毒期中,小鼠有昏睡、昏迷、惊跳、痉挛、失去平衡、仰卧、欲跑不能等症状出现。
- 小鼠运动图谱显示:在染毒期中小鼠有较长段时间停止运动或在某一时刻后不再运动的丧失逃离能力特征图谱;试验烟气浓度越高,出现丧失逃离能力时间越早。
- 在足够高的烟气浓度试验中,小鼠将会在 30 min 染毒期或其后 1 h 内死亡(停止呼吸);试验烟气浓度越高,出现死亡时间越早。
- 急剧死亡的小鼠剖检发现:肺血呈樱红色,在死后 20 min 内心脏可能有微弱搏动。
- 染毒未死亡小鼠能在半天内恢复行动和进食,体重无明显下降,1 至 3 天内可见体重增加。

7.2 实验小鼠出现下列症状和特征时的烟气毒性判定为刺激

- 染毒期中小鼠感烟跑动,寻求躲避,有明显的眼部和呼吸行为异常,口鼻粘液膜增多。轻度刺激表现为闭目、流泪、呼吸加快;中度和重度刺激表现为眼角膜变白、肿胀,甚至视力丧失,气急促和咳嗽。
- 小鼠运动图谱显示小鼠几乎一直跑动。
- 小鼠染毒后行动迟缓,虚弱厌食,体重下降严重。轻度刺激伤害的小鼠体重在 3 天内恢复到试验前体重;中度刺激伤害的小鼠在 3 天后 14 天内恢复到试验前体重;重度刺激伤害的小鼠将在染毒后 1 至 3 天或后期死亡,未死亡小鼠 14 天内体重不能恢复。
- 小鼠死亡一般不发生在 30 min 染毒期内,多发生在试验后 1 至 3 天。死亡小鼠剖检显示肺有瘀血、炎症或肺水肿,有的还伴有胃肠空,严重胀气。

7.3 综合毒性评价

烟气毒性综合评价应根据 7.1 和 7.2 视其严重程度分别评述,并以小鼠死亡特征判定烟气伤害以何种类型(麻醉型或刺激型)为主,或在何种产烟情况下烟气毒性以何种类型为主。

8 材料产烟毒性的定量评价

8.1 总则

材料产烟毒性的定量评价应按第 5 章和第 6 章进行染毒试验,以一个或多个试验组小鼠达到终点的时间或比率与其烟气的特性参数(材料产烟率和材料产烟浓度)的关系进行描述,其评价方法和表达形式规定如下:

8.1.1 不同产烟率烟气毒性评价

依据评价层次要求不同,定量评价可以:

- 按毒性最大的产烟率烟气进行评价(供全面评价用);
- 按充分产烟率烟气进行评价(供初步评价用)。

8.1.2 定量表达形式

8.1.2.1 终点时间表示法

按确定烟气浓度下试验组小鼠达到终点的时间 ET 表示(见 8.3),包括:

- 平均丧失逃离能力时间 IT;
- 平均死亡时间 LT。

8.1.2.2 浓度值表示法

在规定的染毒时间内,使一定比率的小鼠达到终点的产烟浓度 EC 表示(见 8.4),包括:

- 小鼠全不死亡烟气浓度上限 LC_0 ;
- 小鼠全死亡烟气浓度下限 LC_{100} ;
- 小鼠半数致死烟气浓度 LC_{50} 及 95% 置信度范围。

8.1.2.3 浓度时间积 ECT 表示法

用实验动物达到终点的烟气浓度和达到终点的时间乘积 ECT 表示(见 8.5),例如:

- 丧失逃离能力的浓度时间积 ICT;
- 死亡浓度时间积 LCT;
- 半数致死浓度时间积 LCT_{50} 。

8.2 单个小鼠终点的确定

8.2.1 死亡终点时间

小鼠死亡终点时间,应以观察到小鼠停止呼吸的最早时间确定。染毒期中死亡时间应尽可能准确到 0.5 min,染毒后死亡时间应准确到天。

8.2.2 丧失逃离能力终点时间

小鼠丧失逃离能力时间,应依照小鼠运动——时间图谱分析确定,以最后不能再使转笼转动一圈的时间,定为丧失逃离能力终点时间。对于 25 min 以后不再出现跑动的小鼠丧失逃离能力时间判定,应在 30 min 染毒结束后,按 6.4.1 进行检查,将能翻身和连续爬行 200 mm 的小鼠排除在外。

8.3 试验组小鼠终点的确定

8.3.1 达到终点的时间

确定试验组小鼠终点的时间 ET(如 IT 或 LT)应根据试验组每个小鼠达到终点时间(见 8.2)确定,若都达到终点,则可取其平均值;若仅部分达到终点,则终点的时间不能确定。

8.3.2 达到终点的比率

8.3.2.1 丧失逃离能力比率应以达到丧失逃离能力的小鼠数占试验组小鼠总数百分率确定。

8.3.2.2 30 min 染毒期内小鼠死亡率应以 30 min 染毒期及染毒后 1 h 内,死亡小鼠数占试验组小鼠总数百分率确定。

8.3.2.3 染毒期后死亡率应以染毒后 1 h 至 14 天内小鼠死亡数占试验组小鼠总数的百分率确定。

8.3.2.4 试验组小鼠总死亡率应以 30 min 染毒期和其后 14 天死亡小鼠总数占试验组小鼠百分率确定。

8.4 浓度值确定方法

8.4.1 LC_0 的确定

取 1.15^{n-1} mg/L, 1.15^n mg/L 和 1.15^{n+1} mg/L 烟气浓度进行试验组小鼠染毒试验,若 1.15^{n+1} mg/L

和 1.15^n mg/L 无小鼠死亡, 1.15^{n+1} mg/L 出现小鼠死亡, 则判定 1.15^n mg/L 为全不死亡烟气浓度上限。

8.4.2 LC_{100} 的确定

取 1.15^{n-1} mg/L, 1.15^n mg/L 和 1.15^{n+1} mg/L 烟气浓度进行试验组小鼠染毒试验, 若试验组 1.15^{n+1} mg/L、 1.15^n mg/L 小鼠完全死亡, 1.15^{n-1} mg/L 小鼠有存活, 则判定 1.15^n mg/L 为全死亡烟气浓度下限。

8.4.3 LC_{50} 和 95% 置信度范围的确定

8.4.3.1 LC_{50} 的确定

取 LC_0 和 LC_{100} 之间, 包含 LC_0 和 LC_{100} 在内不少于 6 个, 并成等比级数的烟气浓度进行试验组小鼠染毒试验, 根据各试验组小鼠死亡率(见 8.3.2)按下式计算 LC_{50} (见附录 B 中 B.3):

$$\log LC_{50} = \log LC_{100} - i \left(\sum P - 0.5 \right) \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

LC_{50} ——小鼠半数致死浓度, 单位为毫克每升(mg/L);

LC_{100} ——小鼠全死亡烟气浓度下限, 单位为毫克每升(mg/L), 见 8.4.2;

i ——相邻浓度比值的对数, 例如按 1.15^n 等比数列试验时, 式中 i 即为 $\log 1.15$ 或 0.0607;

$\sum P$ ——各试验组小鼠死亡率的总和(以小数点表示)。

8.4.3.2 LC_{50} 的 95% 置信度范围确定

LC_{50} 的 95% 置信度范围按式(2)和式(3)确定:

$$\log LC_{50} \text{ 的置信度范围} = \log LC_{50} \pm 1.96 S_{\log LC_{50}} \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中:

$$\text{标准差} \quad S_{\log LC_{50}} = i \sqrt{\sum pq/n} \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中:

p ——一个组的死亡率;

q ——一个组的存活率($q = 1 - p$);

i ——相邻浓度比值的对数(同 8.4.3.1);

n ——各组实验小鼠数。

8.5 浓度时间积 ECT 的确定

8.5.1 在确定浓度烟气的染毒试验中, 若全部小鼠都达到终点, 毒性定量值可采用浓度时间积表达形式。浓度时间积 ECT(如 ICT、LCT)等于浓度 C 乘以终点时间 ET(见 8.3.2)。除非浓度时间积 ECT 对不同浓度试验的结果为恒定值, 在用 ECT 表现定量毒性时, 应同时注明试验组小鼠达到终点的时间, 或者注明烟气浓度, 或注明浓度时间积随浓度变化的关系。

8.5.2 半数致死浓度时间积 LCT_{50} 等于 LC_{50} 乘以定时染毒时间(如 30 min)。

9 试验报告

进行全规模火灾烟气或材料的火灾场景烟气动物染毒试验的试验报告应包括如下内容:

- 实验小鼠资料(品种、品系、来源、等级、性别、周龄、质量)；
- 烟气的来源；
- 材料产烟率(充分产烟率或毒性最大产烟率)；
- 试验观察结果；
- 死后剖检结果；
- 烟气毒害性质结论；
- 烟气毒性定量评价结果；
- 根据试验要求所作的判断性结论。

附 录 A
(规范性附录)
清洁级实验小鼠应用条件

A.1 清洁级实验小鼠应用条件应符合下述文件要求,并取得实验动物管理机构的合格认证

- a) GB 5749 生活饮用水卫生标准;
- b) GB 14924.3 实验动物 大鼠小鼠配合饲料;
- c) GB 14925 实验动物 环境及设施。

A.2 实验动物房

A.2.1 实验动物房应设在远离污染源的地方,周围应作绿化。

A.2.2 实验动物房应相对独立,专用,与外环境连接有缓冲区。饲育室设有隔离区。

A.2.3 饲育室应配置专用饲养笼具、笼架、饮水瓶;有纱窗、纱门及卫生设施,通风换气设施。

A.2.4 饲育室内环境要求应符合:

温度:(18~29)℃;相对湿度:(40~70)%;氨浓度小于 14 mg/m³;照明:(150~300) lux;噪音不超过 60 dB;昼夜明暗交替时间:12/12 或者 10/14。

A.3 实验小鼠饮用水

实验小鼠饮用水应符合 GB 5749 要求。

A.4 实验小鼠饲料

实验小鼠饲料营养成分应符合 GB 14924.3 要求。

A.5 实验动物房制度

实验动物房设专人负责日常工作,有严格的饲养管理制度,卫生消毒制度。

附录 B

(资料性附录)

方法学原理

B.1 评价火灾烟气毒性动物试验方法基本原理

评价火灾烟气毒性动物试验方法基本原理与经典吸入毒理学试验方法(如杀虫剂、化学品、药物吸入毒性评价)原理一致;不同之处在于烟气毒性伤害有自身特点,在试验方法和试验内容上遵循一定准则。

烟气毒害性质主要表现为麻醉和刺激,它将对火场人员逃生和火灾扑救造成严峻后果,所以试验方法更突出了急剧性,内容上着重于麻醉和刺激。

B.2 实验小鼠的可行性

实验小鼠和人在生理上存在一定的相关性和差异,这是用实验小鼠进行试验的可行性和局限性的方法学依据。

活动状态的人的呼吸量($\text{mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$)与鼠(按大白鼠测试结果)呼吸量之比约为 1 : 2(即 $500 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 与 $900 \text{ mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}$ 之比)由此可知,实验小鼠比人更敏感,可作为“活动人呼吸道”的合理模型。

鼠呼吸方式为完全的鼻呼吸,人可以选择鼻呼吸和嘴呼吸,二者存在差异。尽管如此,低于 $5 \mu\text{m}$ 颗粒和高浓度的可溶性气体在实验鼠及人肺上仍有显著效果。

总之,采用实验小鼠进行烟气毒性试验确定麻醉效应和确定肺刺激效应是有效的;确定感官(或神经)刺激有效,但动物身上发现的神经刺激效应与人身上发现的效应相关性不能肯定。

B.3 定量评价方法原理

麻醉和肺刺激效果随染毒剂量(烟气浓度和染毒时间)呈正相关变化。

本标准中 LC_{50} 的计算方法根据《工业毒理学实验方法》1)毒理实验及常用统计方法中的平均致死浓度计算方法制定。

中华人民共和国消防救援
行 业 标 准
火灾烟气毒性危险评价方法——
动物试验方法
XF/T 506—2004

*
应急管理出版社 出版
(北京市朝阳区芍药居 35 号 100029)
网址:www.cciph.com.cn
北京建宏印刷有限公司 印刷
全国新华书店 经销

XF/T 506—2004

*
开本 880mm×1230mm 1/16 印张 1
字数 21 千字
2021 年 1 月第 1 版 2021 年 1 月第 1 次印刷
15 5020 · 1127

社内编号 20200668 定价 18.00 元
版权所有 违者必究
本书如有缺页、倒页、脱页等质量问题,本社负责调换