

团 体 标 准

T/CFPA 049-2025

水基型灭火剂快速生物降解性能测试方法 ——呼吸计量法

Test method for ready biodegradability of water-based fire extinguishing agents

——Manometric respirometry test

2025-12 -01 发布

2026-02 -01 实施

中国消防协会 发布

目 次

前 言 II

引 言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 方法原理 2

5 试验准备 2

 5.1 设备 2

 5.2 接种物 2

 5.3 试验用水 3

 5.4 试验试剂 3

 5.5 样品制备 3

6 试验步骤 3

 6.1 化学需氧量（COD）测试 4

 6.2 生物需氧量（BOD）测试 4

7 质量保证与质量控制 4

8 数据处理 4

9 试验报告 5

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利，本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由天津盛达安全科技有限责任公司提出。

本文件由中国消防协会归口。

本文件起草单位：天津盛达安全科技有限责任公司、应急管理部天津消防研究所、南京理工大学、江苏锁龙消防科技股份有限公司、中国石油大学（华东）、国安达股份有限公司、国网安徽省电力有限公司电力科学研究院、上海汇友消防技术有限公司、宁波能林消防器材有限公司、江苏江亚消防科技股份有限公司、肇庆市虹泰消防材料有限公司、洛阳市浪潮消防科技股份有限公司、国网湖南省电力有限公司防灾减灾中心、上海六里消防科技有限公司、东营市环海消防设备有限责任公司、厦门一泰消防科技开发有限公司、北京南瑞怡和环保科技有限公司、湖南防灾科技有限公司、浙江环亚消防新材料股份有限公司、浙江永汇消防科技有限公司、江西中油森智科技有限公司、徐州兴顺消防科技有限公司、江苏洋龙消防装备有限公司、浙江睦田消防科技开发有限公司、海南飞浪消防科技有限公司。

本文件主要起草人：杨亮、赵婧、陈培瑶、张北辰、王帅、刘慧敏、李荣振、姜明理、周侠、潘煜、李宾飞、洪清泉、刘鸣莉、张琦、陈磊、梁小娴、韩彩凤、陈宝辉、孙国林、秦海霞、李江东、张建成、潘碧宸、朱传相、陈法中、魏戎、孙文喜、赵莹、姜红红、刘万里、王钧奇、鲍远才、费卫民、刘军峰、蒋灵芝、尤昌洪、曹爱请、郭乃玮、孙嘉林。

本文件为首次制定。

引 言

生物降解性能是指自然界中有机物能够在微生物的分解作用下转化为简单无机物的能力,而水基型灭火剂的生物降解性能则是水基型灭火剂产品在其生命周期内环境可接受程度的重要体现。经济合作与发展组织(OECD)发布的《化学品测试准则》规定,生物降解性能试验一般分为三个层次,即快速生物降解(RB)、固有生物降解(IB)和模拟降解试验(SDE),其中快速生物降解是指研究对象在限定时间内与接种物接触表现出来的生物降解能力,测试限定时间内水基型灭火剂生物降解率是实验室条件下评价产品使用后环境可接受程度的最为高效、简便、经济的方法。

本文件参照GB/T 21801-2008《化学品 快速生物降解性 呼吸计量法试验》的主要技术内容,结合水基型灭火剂产品特性及使用领域具体要求制定。

水基型灭火剂快速生物降解性能测试方法——呼吸计量法

1 范围

本文件给出了以限定时间内的生物降解率表征水基型灭火剂快速生物降解性能的试验方法概述、试验准备、试验步骤、质量保证与质量控制、数据与报告。

本文件适用于测试水基型灭火剂的快速生物降解性能。

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，仅所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 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 21801-2008 化学品 快速生物降解性 呼吸计量法试验

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

快速生物降解性能 Ready biodegradability

受试物在限定时间内与接种物接触表现出的生物降解能力。

[来源：GB/T 21801-2008，2.1]

3.2

水基型灭火剂 Water-based fire extinguishing agents

以水为基体的灭火剂，一般包括泡沫灭火剂、A类泡沫灭火剂、水系灭火剂和F类火灾水系灭火剂等。

3.3

硝化抑制剂 Nitrification inhibitor

对生物降解试验过程中可能发生的铵态氮氧化反应具有抑制作用的化学物质。

3.4

溶解性有机碳 Dissolved organic carbon, DOC

溶液中有机碳的含量，通常指经4000 r/min转速离心15 min后上清液中的有机碳含量。

[来源：GB/T 21801-2008，2.3]

3.5

生化需氧量 Biochemical oxygen demand, BOD

微生物分解有机物所消耗氧的量，可表示为每毫克受试物消耗的氧气毫克数（mg/mg）。

[来源：GB/T 21801-2008，2.4]

3.6

化学需氧量 Chemical oxygen demand, COD

在强酸并加热条件下，一定量的重铬酸盐氧化水样中还原性物质所消耗氧化剂的量，可表示为每毫

克受试物消耗的氧毫克数 (mg/mg)。

[来源: GB/T 21801-2008, 2.5]

3.7

十天观察期 10-day window

生物降解率达到 10%之后的十天试验时间。

[来源: GB/T 21801-2008, 2.8]

4 方法原理

将待测水基型灭火剂稀释至适宜倍数后作为受试物, 通过仪器测定其化学需氧量 (COD)。在测量瓶中加入一定体积并已接种的无机物培养基和适量受试物作为唯一的有机碳源, 测量瓶密闭后置于恒温条件下 (温度波动不大于 $\pm 1^{\circ}\text{C}$) 连续搅拌, 释放的二氧化碳用吸收剂吸收。试验周期通常为 28 d。通过定期测定瓶内气体压力变化得到耗氧量, 耗氧量经空白试验校正后即受试物的生化需氧量 (BOD)。受试物的生化需氧量 (BOD) 与化学需氧量 (COD) 之比即为其生物降解率。

5 试验准备

5.1 设备

5.1.1 化学需氧量测试仪

测量范围应为 (0-15000) mg/L, 示值最大允许误差为 $\pm 5\%$ 。

注: 也可采用化学分析方法获得 COD。

5.1.2 生化需氧量测试仪

测量范围应为 (0-400) mg/L, 可自动记录数据。

5.1.3 电子天平

精度为 0.1 mg。

5.1.4 生化培养箱

控温范围应为 (5~50) $^{\circ}\text{C}$, 温度波动不大于 $\pm 0.5^{\circ}\text{C}$, 箱内深度不小于 500 mm、宽度不小于 350 mm、高度不小于 700 mm。

5.1.5 电动离心机

离心加速度应为 (4000 \pm 400) m/s^2 。

5.1.6 pH 计

精度不低于 0.1。

5.2 接种物

5.2.1 接种物的选择

接种物应为取自主要处理生活污水的污水处理厂或中试规模的污水处理装置曝气池中的新鲜活性污泥。

5.2.2 接种物的预处理

污泥采集后保持有氧状态运输至实验室，用粗纱布过滤去除污泥中的大颗粒和悬浮物后，离心去除浮在表面的杂质。接种物在试验条件下预处理，包括在试验培养基中曝气培养（5~7）d。测定污泥浓度并用无机培养基稀释至满足试验要求的浓度后待用。

5.3 试验用水

符合GB/T 6682要求的三级水。

5.4 试验试剂

5.4.1 参比物

苯甲酸钠（分析纯）。

5.4.2 无机培养基

采用分析纯的磷酸二氢钾、磷酸氢二钾、二水合磷酸氢二钠、氯化铵、氯化钙、硫酸镁和氯化铁等试剂，按照GB/T 21801-2008中5.4的方法配制无机培养基。

5.4.3 硝化抑制剂

烯丙基硫脲类硝化抑制剂。

5.5 样品制备

5.5.1 受试物制备

用电子天平称取水基型灭火剂样品1000 mg，精确到0.1 mg，用试验用水配置浓度为1000 mg/L的灭火剂溶液作为待测样品，即受试物。实际使用时，根据水基型灭火剂样品特性，可进一步稀释至化学需氧量测试仪的适用浓度。确定pH值，必要时调整到 7.4 ± 0.2 ，pH调整试剂应不包含可能对试验结果产生影响的成分。

5.5.2 参比物制备

称取苯甲酸钠500 mg，精确到0.1 mg，用无机培养基配置为1000 mg/L的参比物储备液，进一步稀释至100 mg/L。

6 试验步骤

6.1 化学需氧量测试

将按5.5.1制备的受试物稀释至适宜倍数后用化学需氧量测试仪测定受试物的COD值。

6.2 生化需氧量测试

向生化需氧量测试仪的测量瓶中分别加入受试物、无机培养基、活性污泥以及适量硝化抑制剂作为试验组，向测量瓶中加入清洁的磁力搅拌子，并在瓶口部位加入适量二氧化碳吸收剂后安装压差计，开启搅拌，检查气密性。将生化需氧量测试仪置于生化培养箱中，恒温（22±2）℃条件下培养。根据试验需要设定生化需氧量测试仪数据采集频次，自动记录数据。每日检查试验系统，保证温度稳定和搅拌充分，直至试验结束。

设定仅添加无机培养基和活性污泥的接种物空白对照组，以及添加苯甲酸钠、无机培养基和活性污泥的参比物程序对照组，试验步骤同试验组。

7 质量保证与质量控制

7.1 试验结束时平行试验间的降解率最大差别应低于20%。

7.2 试验进行到第14天时，参比物程序对照组的降解率应不低于70%。

7.3 试验期间接种物空白对照组的氧消耗量应不大于60 mg/L，若氧消耗量大于60 mg/L，应重新试验。

7.4 试验结束时若试验组溶液pH值≤6或≥8.5，且受试物耗氧量小于60%，应降低受试物浓度并重新试验。

8 数据处理

用受试物经接种物空白对照校正后的氧消耗量除以受试物质量，计算各时段每毫克受试物的氧消耗量（BOD）（mg/mg），见公式（1）：

$$\text{BOD} = \frac{a - b_m}{C_0 V} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

a ——受试物氧消耗量，单位为毫克（mg）；

b_m ——接种物空白对照试验氧消耗量，单位为毫克（mg）；

C_0 ——水基型灭火剂受试物溶液浓度，单位为毫克每升（mg/L）；

V ——水基型灭火剂受试物溶液体积，单位为升（L）。

水基型灭火剂样品的生物降解率按照公式（2）计算：

$$D_n = \frac{\text{BOD}_n}{\text{COD}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

D_n ——水基型灭火剂第n天的生物降解率；

BOD_n ——水基型灭火剂样品第n天的BOD值；

COD ——水基型灭火剂样品的COD值。

9 试验报告

试验报告应包含下列内容：

- a) 试验标准；
 - b) 实验室的名称和地址；
 - c) 报告编号；
 - d) 送检单位的名称和地址；
 - e) 生产单位的名称和地址；
 - f) 到样日期；
 - g) 样品信息；
 - h) 试验周期与温度；
 - i) 试验条件，包括活性污泥状态和取样地点，浓度和预处理方式，受试物溶液制备方法；
 - j) 结果：水基型灭火剂生物降解率。
-