

MH

中华人民共和国民用航空行业标准

MH/T 6142—2026

航空燃油中碳-14 生物基含量的测定 液体闪烁计数直接测量法

Determination of carbon-14 biobased content in aviation fuel—Liquid scintillation
direct measurement method

2026-07-06发布

2026-08-01实施

中国民用航空局 发布

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。

本文件由中国民用航空局航空器适航审定司提出。

本文件由中国民航科学技术研究院归口。

本文件起草单位：中国民用航空总局第二研究所、中国辐射防护研究院、连云港嘉澳新能源有限公司、河南省君恒实业集团生物科技有限公司。

本文件主要起草人：夏祖西、曾萍、严诚露、仇义霞、柳华、王强、张自舟、向海、马彦、张辉、王艳涛、李元博、胡瑞、姜艳茹、何子欣、陈秋霖、黄俊、冯信鑫。

MH

航空燃油中碳-14 生物基含量的测定 液体闪烁计数直接测量法

1 范围

本文件描述了基于碳-14 (^{14}C) 分析原理, 采用液体闪烁计数直接测量法测定航空燃油及馏分中生物基含量的方法。

本文件适用于生物基含量在1%~100% (质量分数) 的航空燃油及馏分生物基含量的测定。

2 规范性引用文件

下列文件中的内容通过文中的规范性引用而构成本文件必不可少的条款。其中, 注日期的引用文件, 仅该日期对应的版本适用于本文件; 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 4756 石油液体手工取样法

SH/T 0656 石油产品及润滑剂中碳、氢、氮测定 元素分析仪法

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

生物基 biobased

来源于可再生的生物质的有机物。

注: 如农作物、植物、动物、真菌或生活在与大气平衡的自然环境中的林业资源。

[来源: NB/SH/T 6044—2021, 3.8, 有修改]

3.2

放射性衰变 radioactive decay

放射性核素自发转变为另一种核素或同一核素的不同能量状态的过程。

注: 根据放射性核素的半衰期, 这个过程导致样品中原始放射性原子的数量随着时间的推移而减少。

3.3

闪烁液 liquid scintillation cocktail

一种由有机溶剂、发光溶质及表面活性剂组成的用于液体闪烁计数测量的混合试剂。

3.4

计数效率 counting efficiency

计数时间内测得的放射性衰变数量与发生的真实衰变数量的比值。

注: 以百分比表示。

[来源: GB/T 29649—2013, 3.5, 有修改]

3.5

三管符合计数 triple coincidence count

三管两管符合液闪仪中的三个光电倍增管同时检测到的符合信号数量。

3.6

双管符合计数 double coincidence count

三管两管符合液闪仪中的任意两个光电倍增管同时检测到的符合信号的逻辑相加计数。

3.7

三双符合计数比值 triple to double coincidence ratio; TDCR

三管符合计数与双管符合计数之比。

3.8

生物基含量 biobased mass content

航空燃油中源自生物基的馏分的质量百分含量。

4 方法概述

根据生物质燃油含有与同期大气一致的¹⁴C浓度特性，利用¹⁴C的放射性衰变原理，使用具备TDCR功能的液体闪烁计数器（Liquid Scintillation Counting, LSC）对航空燃油中的¹⁴C含量进行测定，计算获得航空燃油中的生物基含量。

5 仪器设备与试剂

5.1 LSC

具有厚重屏蔽的超低本底和TDCR功能。

5.2 天平

精确度应不小于0.1 mg。

5.3 液闪瓶

应使用20 mL低钾玻璃瓶或塑料液闪瓶，塑料液闪瓶应由不易与航空燃油及闪烁液发生反应的材质组成（如：高密度聚丙烯和聚四氟乙烯），液闪瓶不应重复使用。

5.4 闪烁液

应与航空燃油互溶，并形成均质透明溶液，在测量过程中不应分层。

5.5 无淬灭源

已知¹⁴C活度的无淬灭标准品（密封避光保存）。

5.6 淬灭系列源

¹⁴C液体闪烁淬灭系列源标准物质（密封避光保存），如¹⁴C-正十六烷液体闪烁淬灭系列源标准物质。

5.7 空白样品

不含有¹⁴C的样品（如纯石油基航空燃油），且与闪烁液互溶，用于测定过程空白计数。

6 取样

按GB/T 4756的规定对航空燃油进行现场取样，取样样品瓶不应重复使用，取样地点、样品存储、运输及测定均应避免¹⁴C污染。

7 实验步骤

7.1 样品制备

移取10 mL待测样品至液闪瓶中；称取待测样品质量（记录为 m ），精确至0.1 mg；向液闪瓶中添加10 mL闪烁液，密封液闪瓶，混匀后放置于暗室避光保存至少1 h，减少光致发光干扰。测定前用无纺布清洁液闪瓶外壁，避免杂质影响透光率。

7.2 淬灭曲线建立

7.2.1 利用LSC对已知活度的淬灭系列源进行测定，根据公式（1）计算淬灭系列源的TDCR值（ $TDCR_Q$ ）；根据公式（2）计算设备对淬灭系列源测定的计数效率（ E_Q ）。淬灭系列源样品与淬灭系列源空白样的测定时长应保持一致。

$$TDCR_Q = \frac{T-T_0}{D-D_0} \dots\dots\dots (1)$$

式中：

$TDCR_Q$ ——测定时间内，淬灭系列源三管符合计数与双管符合计数之比；

- T ——测定时间内，淬灭系列源样品的三管符合计数；
 T_0 ——测定时间内，淬灭系列源空白样的三管符合计数；
 D ——测定时间内，淬灭系列源样品的双管符合计数；
 D_0 ——测定时间内，淬灭系列源空白样的双管符合计数。

$$E_Q = \frac{D-D_0}{A \times t_Q} \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- E_Q ——淬灭系列源样品的计数效率；
 D ——测定时间内，淬灭系列源样品的双管符合计数；
 D_0 ——测定时间内，淬灭系列源空白样的双管符合计数；
 A ——淬灭系列源样品的活度，单位为贝可（Bq）；
 t_Q ——淬灭系列源样品测定时长，单位为秒（s）。

7.2.2 使用淬灭系列源测得的 $TDCR_Q$ 对 E_Q 作图，拟合得到淬灭曲线，淬灭曲线应覆盖计数效率 60%~100%。

7.3 样品测定

用LSC测定待测样品，记录测定时间（记录为 t_s ）、三管符合总计数（ T_s ）、双管符合总计数（ D_s ）。样品碳含量应按照SH/T 0656进行测定，记录为 ω 。样品测定的计数效率应不小于60%。

7.4 空白计数

取10 mL空白样品放入液闪瓶中，称取空白样品质量，精确至0.1 mg，记录为 m 。计算 m 与 m 的偏差，质量偏差不应超过1%。向液闪瓶中添加10 mL闪烁液，密封液闪瓶，混匀后放置于暗室避光保存至少1 h，减少光致发光干扰。试验前用无纺布清洁液闪瓶外壁，避免杂质影响透光率。

记录空白样品测定时间（记录为 t_b ）、三管符合总计数（ T_b ）、双管符合总计数（ D_b ）。

注：因单个样品测定时间长，根据待测样品的数量，在样品序列的前、中、后适当增加空白样品的测定数量，以准确扣除测量过程空白计数影响。

7.5 结果计算

7.5.1 样品 $TDCR$ 值（ $TDCR_s$ ）按公式（3）计算：

$$TDCR_s = \frac{\frac{T_s}{t_s} - \frac{T_b}{t_b}}{\frac{D_s}{t_s} - \frac{D_b}{t_b}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

- $TDCR_s$ ——测定时间内，三管符合计数与双管符合计数之比；
 T_s ——测定时间内，待测样品的三管符合总计数；
 T_b ——测定时间内，空白样品的三管符合总计数；
 t_s ——样品测定时间，单位为秒（s）；
 t_b ——空白测定时间，单位为秒（s）；
 D_s ——测定时间内，待测样品的双管符合总计数；
 D_b ——测定时间内，空白样品的双管符合总计数。

7.5.2 样品中生物基含量按公式（4）计算：

根据拟合的 E_Q 与 $TDCR_Q$ 的淬灭曲线，得出样品的计数效率（ E_s ）， E_s 应不低于60%。根据公式（4）计算样品中生物基含量。

$$N = \frac{\frac{D_s}{t_s} - \frac{D_b}{t_b}}{E_s \times m_1 \times \omega \times k} \times 100\% \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- N ——待测样品中生物基含量，%；
 D_s ——测定时间内，待测样品的双管符合总计数；

D_b ——测定时间内，空白样品的双管符合总计数；

E_s ——待测样品的计数效率；

t_s ——样品测定时间，单位为秒（s）；

t_b ——空白测定时间，单位为秒（s）；

m_1 ——加入待测样品的质量，单位为克（g）；

ω ——待测样品的碳含量；

k ——现代碳中每克碳中 ^{14}C 的活度，单位为贝可/克碳（Bq/gC）。

注：现代碳中每克碳中 ^{14}C 的活度当前值为0.226 Bq/gC，该数值将根据国际或国内公布的大气 ^{14}C 本底值进行实时修订。

8 报告

最终测定报告应至少包括以下内容：

——样品的基本信息；

——样品测定时间；

——样品的碳含量；

——现代碳中每克碳中 ^{14}C 的活度；

——样品中生物基含量，精确至0.1%。

参 考 文 献

- [1] GB/T 6379.2 测量方法与结果的准确度（正确度与精密度） 第2部分：确定标准测量方法重复性与再现性的基本方法
- [2] GB 6537 3号喷气燃料
- [3] GB/T 29649 生物基材料中生物基含量测定 液闪计数器法
- [4] CTS0-2C701 含合成烃的民用航空喷气燃料
- [5] NB/SH/T 6044 液体石油产品中含放射性碳的生物基含量测定 加速器质谱法
-

MH