

ICS 71.060.30

CCS G 11

HG

中华人民共和国化工行业标准

HG/T XXXXX—XXXX

硼-10 酸

Boron-10 acid

(征求意见稿)

2018 - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国工业和信息化部 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。

本文件由中国石油和化学工业联合会提出。

本文件由全国化学标准化技术委员会无机化工分技术委员会（SAC/TC 63/SC 1）归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

硼-10 酸

警告：根据危险化学品名录（2025版），硼酸为危险化学品，操作时应小心谨慎。本文件中所使用的部分试剂具有腐蚀性，如溅到皮肤或眼睛上应立即用水冲洗，严重者应立即就医。挥发性物质、有刺激性气味物质，操作时应在通风良好的通风橱中进行。使用本文件的人员应有正规实验室工作的实践经验。本文件并未指出所有可能的安全问题。使用者有责任采取适当的安全和健康措施，并保证符合国家有关法规规定的条件。

1 范围

本文件规定了硼-10酸的要求、试验方法、检验规则、标志、标签和随行文件、包装、运输和贮存。本文件适用于硼-10酸。

注：该产品主要用作医药行业的原料，用于核工业等。

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 191—2025 包装储运图示标志

GB/T 6003.1—2022 试验筛 技术要求和检验 第1部分：金属丝编织网试验筛

GB/T 6678 化工产品采样总则

GB/T 6682 分析实验室用水规格和试验方法

GB/T 8170 数值修约规则与极限数值的表示和判定

GB/T 12684—2018 工业硼化物 分析方法

HG/T 3696.1 无机化工产品化学分析用标准溶液、试剂及制品的制备 第1部分：标准滴定溶液的制备

HG/T 3696.2 无机化工产品化学分析用标准溶液、试剂及制品的制备 第2部分：杂质标准溶液的制备

HG/T 3696.3 无机化工产品化学分析用标准溶液、试剂及制品的制备 第3部分：试剂及制品的制备

3 术语

3.1

同位素丰度 isotope abundance

一种元素的同位素混合物中，某特定同位素的原子数占该元素的总原子数百分比，以atom % A表示，其中A为特定同位素的元素符号的代码。

[来源：GB/T 37750-2019，3.1.13]

4 分子式和相对分子质量

分子式： $H_3^{10}BO_3$

相对分子质量：根据硼的丰度进行计算（按2022年国际相对原子质量）（ ^{10}B 相对原子质量：10.013、 ^{11}B 相对原子质量：11.009）

5 分类

硼-10酸按照用途分为两类：

- I类产品主要用作医药行业的原料等；
- II类主要用于核工业等。

6 要求

6.1 外观：白色粉末状结晶。

6.2 硼-10酸按本文件规定的试验方法检测应符合表1或表2的规定。

表1 I类产品

项 目	指 标
硼-10 (^{10}B) 丰度 $a\%$	≥ 99.0
硼酸 (H_3BO_3) $w\%$	≥ 99.9
pH (1 g/30 mL 水溶液)	3.5~4.8
干燥失减量 $w\%$	≤ 0.5
氟化物 (以 F 计) / (mg/kg)	≤ 2
氯化物 (以 Cl 计) / (mg/kg)	≤ 1
硫酸盐 (以 SO_4 计) / (mg/kg)	≤ 2
锂 (Li) / (mg/kg)	≤ 2
钙 (Ca) / (mg/kg)	≤ 2
钒 (V) / (mg/kg)	≤ 1
铁 (Fe) / (mg/kg)	≤ 2
钴 (Co) / (mg/kg)	≤ 1
镍 (Ni) / (mg/kg)	≤ 1
铜 (Cu) / (mg/kg)	≤ 2

砷 (As) / (mg/kg)	≤	1
银 (Ag) / (mg/kg)	≤	1
镉 (Cd) / (mg/kg)	≤	1
铋 (Sb) / (mg/kg)	≤	1
汞 (Hg) / (mg/kg)	≤	1
铅 (Pb) / (mg/kg)	≤	1
总有机碳 TOC / (mg/kg)	≤	50

表2 II类产品

项 目		指 标
硼-10 (¹⁰ B) 丰度 <i>a</i> %	≥	协商
硼酸 (H ₃ BO ₃) <i>w</i> %	≥	99.9
水不溶物 <i>w</i> %	≤	0.002
氟化物 (以 F 计) / (mg/kg)	≤	0.4
氯化物 (以 Cl 计) / (mg/kg)	≤	0.4
溴化物 (以 Br 计) / (mg/kg)	≤	0.4
硝酸盐 (以 NO ₃ 计) / (mg/kg)	≤	1
磷酸盐 (以 PO ₄ 计) / (mg/kg)	≤	1
硫酸盐 (以 SO ₄ 计) / (mg/kg)	≤	0.4
钠 (Na) / (mg/kg)	≤	2
镁 (Mg) / (mg/kg)	≤	1
铝 (Al) / (mg/kg)	≤	1
钙 (Ca) / (mg/kg)	≤	1
铁 (Fe) / (mg/kg)	≤	2
铜 (Cu) / (mg/kg)	≤	2
锡 (Sn) / (mg/kg)	≤	2
硅 (以 SiO ₂ 计) / (mg/kg)	≤	2
砷 (以 As 计) / (mg/kg)	≤	2
重金属 (mg/kg)	≤	0.5
总有机碳 TOC / (mg/kg)	≤	20
细度 (1.2 mm 试验筛通过率) %	≥	98.0

7 试验方法

7.1 一般规定

本文件所用的试剂和水，在没有注明其它要求时，均指分析纯试剂和 GB/T 6682—2008 中规定的三级水。试验中所用的标准滴定溶液、杂质标准溶液、制剂和制品，在没有注明其它规定时，均按 HG/T 3696.1、HG/T 3696.2 和 HG/T 3696.3 的规定制备。

7.2 外观检验

在自然光下，于白色衬底的表面皿或白瓷板上，用目视法判定外观。

7.3 硼-10 (^{10}B) 丰度的测定

7.3.1 原理

试样溶解后，采用电感耦合等离子体质谱仪测定，试验溶液自进样系统至等离子体中被电离后，进入质量分析器，根据传输离子质量数和空间电荷数大小的不同，质量数为10和11的硼同位素离子透过质量分析器到达检测器，由检测器输出信号响应值，经过修正计算后得到 ^{10}B 同位素丰度。

7.3.2 试剂或材料

7.3.2.1 硝酸溶液：(1+70)，使用优级纯试剂配制。

7.3.2.2 氨水溶液：0.1 mol/L。量取 7.5 mL 氨水，用水稀释至 1000 mL，摇匀。

7.3.2.3 硼酸标准物质：已知丰度。

7.3.2.4 水：电导率(25 °C)不大于 0.005 5 mS/m。

7.3.3 仪器设备

7.3.3.1 电感耦合等离子质谱仪 (ICP-MS)。

7.3.3.2 聚丙烯瓶。

7.3.4 试验步骤

7.3.4.1 标准溶液的制备

7.3.4.1.1 硼酸标准贮备液 I (II)：称取 0.5 g 硼酸标准物质 I 和硼酸标准物质 II，精确至 0.000 2 g，分别置于 2 个 125 mL 聚丙烯瓶中。再分别称取 100 mL 水，精确至 0.000 2 g，置于上述聚丙烯瓶中，密封，摇匀。

7.3.4.1.2 硼酸标准溶液 I (II)：分别移取 0.2 mL 硼酸标准储备液 I (II)，置于 2 个 125 mL 聚丙烯瓶中，分别用移液管加入 50 mL 水，密封，摇匀。该溶液现配现用。

7.3.4.2 试验溶液的制备

称取 0.5 g 试样、100 mL 水，精确至 0.000 2 g，置于 125 mL 聚丙烯瓶中，密封，摇匀。移取 0.2 mL 上述溶液和 50 mL 水，置于 125 mL 聚丙烯瓶中，密封，摇匀。

7.3.4.3 试验

在电感耦合等离子体质谱仪最佳仪器工作条件下，推荐的仪器进样和测试参数，见附录表A.1。依次测量水、硼酸标准溶液 I、试验溶液、硼酸标准溶液 II，连续进样8次，记录¹⁰B 与¹¹B同位素的信号响应值。每次测量后用硝酸溶液和氨水溶液交替清洗管路8次。

7.3.5 试验数据处理

¹⁰B丰度以¹⁰B的原子分数*a*计，按照公式（1）计算。

$$a = a_m \times k \dots\dots\dots(1)$$

$$a_m = \frac{{}^{10}B_m - {}^{10}B_b}{({}^{10}B_m - {}^{10}B_b) + ({}^{11}B_m - {}^{11}B_b)} \dots\dots\dots(2)$$

$$a_{ei} = \frac{{}^{10}B_{bim} - {}^{10}B_b}{({}^{10}B_{bim} - {}^{10}B_b) + ({}^{11}B_{bim} - {}^{11}B_b)} \dots\dots\dots(3)$$

$$a_{ea} = \frac{1}{2}(f_{e1} - f_{e2}) \dots\dots\dots(4)$$

$$k = \frac{a_t}{a_{ea}} \dots\dots\dots(5)$$

式中：

a_m——试验溶液的¹⁰B同位素丰度测量值；

B_m——测量试验溶液得到的¹¹B和¹⁰B同位素信号响应值；

B_b——测量水中的¹¹B和¹⁰B同位素信号响应值；

a_{ei}——*i*为1和2，硼酸标准溶液1和硼酸标准溶液2的¹⁰B同位素丰度测量值；

B_{bim}——*i*为1和2，硼酸标准溶液1和硼酸标准溶液2的¹¹B和¹⁰B同位素信号响应值；

a_{ea}——硼酸标准溶液的¹⁰B同位素丰度测量值；

k——校正因子；

a_t——硼酸标准溶液的¹⁰B同位素丰度参考值。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值不大于0.2 %。

7.4 硼酸含量的测定

7.4.1 原理

同GB/T 12684—2018中3.2.1。

7.4.2 试剂或材料

同GB/T 12684—2018中3.2.2。

7.4.3 试验步骤

按 GB/T 12684—2018 中 3.2.3 的规定进行测定。

7.4.4 试验数据处理

硼酸含量以硼酸 (H_3BO_3) 的质量分数 w_1 计, 按公式 (6) 计算:

$$w_1 = \frac{c(V - V_0)M \times 10^{-3}}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (6)$$

式中:

c ——氢氧化钠标准滴定溶液浓度的准确数值, 单位为摩尔每升 (mol/L);

V ——滴定试验溶液所消耗的氢氧化钠标准滴定溶液体积的数值, 单位为毫升 (mL);

V_0 ——滴定空白试验溶液所消耗的氢氧化钠标准滴定溶液体积的数值, 单位为毫升 (mL);

M ——硼酸的摩尔质量的数值, 单位为克每摩尔 (g/mol) (M 根据硼的丰度值进行计算);

m ——试料质量的数值, 单位为克 (g)。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果, 两次平行测定结果的绝对差值不大于0.2%。

7.5 pH 的测定

7.5.1 试剂或材料

无二氧化碳的水。

7.5.2 仪器设备

酸度计: 精度为 0.02 pH 单位。配有玻璃电极和饱和甘汞电极 (或复合电极)。

7.5.3 试验步骤

称取 $1.00 \text{ g} \pm 0.01 \text{ g}$ 试样, 置于 50 mL 烧杯中, 加 30 mL 无二氧化碳的水溶解, 搅拌均匀。用已校准的酸度计测量试验溶液的 pH。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果, 两次平行测定结果的绝对差值不大于 0.1。

7.6 干燥减量的测定

7.6.1 仪器设备

7.6.2 试验步骤

称取约 1 g 试样, 精确至 0.000 2 g, 置于称量瓶中, 于硅胶干燥器中放置 5 h 后称量。

7.6.3 试验数据处理

干燥减量以质量分数 w_2 计, 按公式 (7) 计算:

$$w_2 = \frac{m_1 - m_2}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (7)$$

式中:

m_1 ——干燥前试料和称量瓶的质量的数值，单位为克（g）；

m_2 ——干燥后试料和称量瓶的质量数值，单位为克（g）；

m ——试料质量的数值，单位为克（g）。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值与算术平均值之比不大于 20 %。

7.7 水不溶物含量的测定

7.7.1 仪器设备

7.7.1.1 滤膜：水性聚四氟乙烯膜，孔径为 5 μm 。

7.7.1.2 沸水浴。

7.7.1.3 电热恒温干燥箱：温度能控制在 $105\text{ }^\circ\text{C}\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 。

7.7.2 试验步骤

称取约 50 g 试样，精确至 0.01 g，置于烧杯中，加入 400 mL $90\text{ }^\circ\text{C}$ 水至试样溶解，保温 30 min，趁热用预先于 $105\text{ }^\circ\text{C}\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 干燥至质量恒定的滤膜抽滤，用 180 mL 热水，分 6 次，每次 30 mL 洗涤不溶物。将带滤膜及不溶物置于 $105\text{ }^\circ\text{C}\pm 2\text{ }^\circ\text{C}$ 的电热恒温干燥箱中干燥至质量恒定。

7.7.3 试验数据处理

水不溶物含量以质量分数 w_2 计，按公式（8）计算：

$$w_2 = \frac{m_2 - m_1}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (8)$$

式中：

m_2 ——滤膜和水不溶物质量的数值，单位为克（g）；

m_1 ——滤膜的质量的数值，单位为克（g）；

m ——试料质量的数值，单位为克（g）。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值与算术平均值之比不大于 20 %。

7.8 氟化物、氯化物、溴化物、硝酸盐、磷酸盐和硫酸盐含量的测定

7.8.1 原理

试样溶解后，采用色谱柱分离技术将待测组分保留在浓缩柱中与硼酸分离，然后浓缩柱中的氟化物、氯化物、溴化物、硝酸盐、磷酸盐、硫酸盐进入色谱柱，经分离，用检测器进行检测，采用标准曲线法测定试样中各阴离子的含量。

7.8.2 试剂或材料

7.8.2.1 氟、氯、溴、硝酸盐、磷酸盐、硫酸盐混合标准溶液：1 mL 溶液含氟（F）、氯（Cl）、溴（Br）、硝酸盐（ NO_3 ）、磷酸盐（ PO_4 ）、硫酸盐（ SO_4 ）0.010 mg。

用移液管（枪）分别移取 1 mL 按 HG/T 3696.2 配制或市售的氟、氯、溴、硝酸盐、磷酸盐、硫酸盐标准贮备溶液（质量浓度分别为 1 mg/mL），置于 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.8.2.2 水：电导率（25 °C）不大于 0.005 5 mS/m。

7.8.3 仪器设备

7.8.3.1 离子色谱仪，配备如下：

- a) 色谱柱：阴离子分离柱和阴离子保护柱。待测阴离子的分离度不低于 1.5。
- b) 基体消除装置。
- c) 淋洗液泵。
- d) 阴离子抑制器。
- e) 电导检测器。
- f) 数据处理系统。

7.8.3.2 水性微孔滤膜：聚四氟乙烯，孔径不大于 0.45 μm。

7.8.3.3 移液枪及枪头：20 μL~200 μL、100 μL~1000 μL 和 0.5 mL~2 mL。

7.8.4 试验步骤

7.8.4.1 工作曲线的绘制

用移液枪分别移取 0.02 mL、0.05 mL、0.10 mL、0.20 mL、0.40 mL、0.60 mL 氟、氯、溴、硝酸盐、磷酸盐、硫酸盐混合标准溶液，置于 6 个 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。标准系列溶液中阴离子的质量浓度分别为：2 μg/L、5 μg/L、10 μg/L、20 μg/L、40 μg/L、60 μg/L。

将离子色谱仪调整至最佳工作状态（推荐的操作条件参见附录 A），将标准系列溶液按质量浓度由低至高的顺序注入离子色谱仪，记录峰高或峰面积。以待测阴离子的质量浓度（μg/L）为横坐标、对应的峰高或峰面积为纵坐标，绘制工作曲线。

7.8.4.2 试样溶液的制备

称取约 2 g 试样（精确至 0.01 g），置于 100 mL 烧杯中，加入适量水溶解，完全转移至 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.8.4.3 测定

将试验溶液经过水性微孔滤膜，弃去初始滤液，注入离子色谱仪，记录峰高或峰面积。根据峰高或峰面积，从工作曲线上得到试验溶液中待测阴离子的质量浓度。

同时做空白试验，除不加试样外，其他加入的试剂种类和量与试验溶液完全相同，并与试样同样处理。

7.8.5 试验数据处理

各阴离子的质量分数以 w_{2i} 计，数值以 mg/kg 表示，按公式（9）计算：

$$w_{2i} = \frac{\rho_i \times 0.10}{m} \dots\dots\dots (9)$$

式中：

ρ_i ——从工作曲线上查得的试验溶液中各阴离子浓度的数值，单位为微克每升（ $\mu\text{g/L}$ ）；

m ——试料质量的数值，单位为克（g）。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值与算术平均值之比不大于 20%。

7.9 锂、钠、镁、铝、钙、硅、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、铋、汞、铅含量的测定

7.9.1 电感耦合等离子体发射光谱法（ICP-OES）

7.9.1.1 原理

试样溶解后，使用电感耦合等离子体发射光谱仪（ICP-OES），采用标准加入法测定试样中各阳离子含量。

7.9.1.2 试剂或材料

7.9.1.2.1 硝酸溶液：1+1。

使用优级纯试剂配制。

7.9.1.2.2 锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、铋、铅混合标准溶液 I：1 mL 溶液含各元素分别为 0.050 mg。

用移液管分别移取 5 mL 按 HG/T 3696.2 配制或市售的锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、铋、铅标准贮备溶液（质量浓度分别为 1 mg/mL），置于同一 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.1.2.3 二氧化硅标准溶液 I：1 mL 溶液含二氧化硅（ SiO_2 ）0.050 mg。

用移液管移取 5 mL 按 HG/T 3696.2 配制或市售的二氧化硅标准贮备溶液（质量浓度为 1 mg/mL），置于 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.1.2.4 汞标准溶液 I：1 mL 溶液含汞（Hg）0.050 mg。

用移液管移取 5 mL 按 HG/T 3696.2 配制或市售的汞标准贮备溶液（质量浓度为 1 mg/mL），置于 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.1.2.5 锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、铋、铅混合标准溶液 II：1 mL 溶液中含各元素 0.005 mg。

用移液管移取 5 mL 锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、铋、铅混合标准溶液 I，置于 50 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。该溶液 现用现配。

7.9.1.2.6 二氧化硅标准溶液 II：1 mL 溶液含二氧化硅（ SiO_2 ）0.005 mg。

用移液管移取 5 mL 二氧化硅标准溶液 I，置于 50 mL 塑料容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.1.2.7 汞标准溶液 II：1 mL 溶液含汞（Hg）0.005 mg。

用移液管移取 5 mL 汞标准溶液 I，置于 50 mL 塑料容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.1.2.8 水：电导率（25℃）不大于 0.005 5 mS/m。

7.9.1.3 仪器设备

电感耦合等离子发射光谱仪（ICP-OES）。

7.9.1.4 试验步骤

7.9.1.4.1 试验溶液的制备

称取约12.50 g试样（精确至0.000 2 g），置于150 mL烧杯中，加入约100 mL水，于电热板上低温加热至试样完全溶解，自然冷却后转移至250 mL容量瓶，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.1.4.2 锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、锑、铅混合标准系列溶液的制备

于4个50 mL容量瓶中分别移取25.00 mL试验溶液，分别用移液管准确加入0 mL、0.50 mL、1.00 mL、2.50 mL锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、锑、铅混合标准溶液II，分别加入2 mL硝酸溶液，用水稀释至刻度、摇匀。标准系列中加入的各元素的质量浓度分别为：0 mg/L、0.05 mg/L、0.10 mg/L、0.25 mg/L。

7.9.1.4.3 二氧化硅标准系列溶液的制备

于4个50 mL容量瓶中分别移取25.00 mL试验溶液，分别用移液管准确加入0 mL、1.00 mL、2.00 mL、4.00 mL二氧化硅标准溶液II，用水稀释至刻度、摇匀。标准系列中加入的各元素的质量浓度为：0 mg/L、0.10 mg/L、0.20 mg/L、0.40 mg/L。

7.9.1.4.4 汞标准系列溶液的制备

于4个50 mL容量瓶中分别移取25.00 mL试验溶液，分别用移液管准确加入0 mL、1.00 mL、2.00 mL、4.00 mL汞标准溶液II，用水稀释至刻度、摇匀。标准系列中加入的各元素的质量浓度为：0 mg/L、0.10 mg/L、0.20 mg/L、0.40 mg/L。

7.9.1.4.5 试验

在仪器最佳的测定条件下，推荐的分析谱线见附录B，以水为空白，按浓度由低至高的顺序对混合元素标准系列溶液进行测定，分别以加入的被测各阳离子的质量浓度（mg/L）为横坐标，对应的光谱强度为纵坐标绘制工作曲线。曲线反向延长线与横坐标相交处即为待测阳离子的质量浓度（mg/L）。

7.9.1.5 试验数据处理

各阳离子含量以质量分数 w_{3i} 计，数值以mg/kg表示，按公式（10）计算：

$$w_{3i} = \frac{\rho_i \times 0.05}{m/1000} \dots\dots\dots (10)$$

式中：

ρ_i ——由工作曲线上查得试验溶液中各被测阳离子浓度的数值，单位为微克每升（mg/L）。

m ——试料质量的数值，单位为克（g）。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值与算术平均值之比不大于20%。

7.9.2 电感耦合等离子体质谱法

7.9.2.1 原理

试样溶解后，使用电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS），采用标准曲线法测定试样中各阳离子含量。

7.9.2.2 试剂或材料

7.9.2.2.1 硝酸溶液：1+1。使用优级纯试剂配制。

7.9.2.2.2 锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、锑、铅混合标准溶液：1 mL 溶液含锂（Li）、钠（Na）、镁（Mg）、铝（Al）、钙（Ca）、钒（V）、铁（Fe）、钴（Co）、镍（Ni）、铜（Cu）、砷（As）、镉（Cd）、锡（Sn）、锑（Sb）、铅（Pb）1 μg。

用移液枪（管）各移取 2 mL 按 7.9.1.2.2 配制的锂、钠、镁、铝、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、锑、铅（质量浓度分别为 0.050 mg/mL），置于同一 100 mL 容量瓶中，加 2 mL 硝酸溶液，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.2.2.3 硅标准溶液：1 mL 溶液含硅（以 SiO₂ 计）1 μg。

用移液枪（管）移取 2 mL 按 7.9.1.2.3 配制的硅（质量浓度分别为 0.050 mg/mL），置于 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.2.2.4 汞标准溶液：1 mL 溶液含汞（Hg）1 μg。

用移液枪（管）移取 2 mL 按 7.9.1.2.4 配制的汞（质量浓度分别为 0.050 mg/mL），置于 100 mL 容量瓶中，加 2 mL 硝酸溶液，用水稀释至刻度，摇匀。

7.9.2.2.5 水：电导率（25℃）不大于 0.005 5 mS/m。

7.9.2.3 仪器设备

7.9.2.3.1 电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）。

7.9.2.3.2 移液枪及枪头：10 μL~100 μL、100 μL~1 000 μL 和 0.5 mL~2 mL。

7.9.2.4 试验步骤

7.9.2.4.1 工作曲线的绘制

用移液枪（管）按照表3的规定移取一定体积的混合标准溶液，分别置于6个100 mL容量瓶中，加2 mL硝酸溶液，用水稀释至刻度，摇匀。

按电感耦合等离子体质谱仪（ICP-MS）操作规程打开仪器，推荐的仪器条件见附录C，在仪器最佳的测定条件下，引入在线内标，符合要求后，按浓度由低至高的顺序对标准系列溶液进行测定，以各被测阳离子质量浓度（μg/L）为横坐标，对应的待测元素响应值为纵坐标绘制标准曲线。推荐的杂质元素的质荷比（m/z）及内标元素见附录D。

表 3

混合标准溶液	1	2	3	4	5	6
移取混合标准溶液（或硅、汞标准溶液）体积（mL）	0 mL	0.2 mL	0.5 mL	1 mL	1.5 mL	2 mL
混合标准溶液（或硅、汞标准溶液）质量浓（μg/mL）	0	2	5	10	15	20

7.9.2.4.2 测定

称取约0.2 g试样，精确至0.000 2 g，置于100 mL 容量瓶中，加2 mL硝酸溶液，用水稀释至刻度，摇匀。

在仪器最佳的测定条件下，引入在线内标，对试验溶液进行测定，根据所测试验溶液的响应值，从标准曲线上查得各待测元素的质量浓度（ $\mu\text{g/L}$ ）。

7.9.2.5 试验数据处理

阳离子含量以质量分数 w_{3i} 计，数值以毫克每千克（ mg/kg ）表示，按公式（11）计算：

$$w_{3i} = \frac{\rho_x \times 0.1}{m} \dots\dots\dots (11)$$

式中：

ρ_x ——从工作曲线上查得试验溶液中被测阳离子的质量浓度的数值，单位为微克每升（ $\mu\text{g/L}$ ）；

m ——试料质量的数值，单位为克（ g ）。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值与算术平均值之比不大于20%。

7.10 重金属含量的测定

7.10.1 试剂或材料

7.10.1.1 铅、钛、钒、铬、锰、钴、镍、银、镉、铟、铋混合标准溶液 1 mL 溶液含铅（Pb）、钛（Ti）、钒（V）、铬（Cr）、锰（Mn）、钴（Co）、镍（Ni）、银（Ag）、镉（Cd）、铟（In）、铋（Bi） $1\mu\text{g}$ 。

用移液枪（管）各移取按 HG/T 3696.2 配制或市售的铅、钛、钒、铬、锰、钴、镍、银、镉、铟、铋（质量浓度分别为 1mg/mL ），置于同一 100 mL 容量瓶中，加 2 mL 硝酸溶液，用水稀释至刻度，摇匀。

7.10.1.2 其他试剂同 7.9.2.2。

7.10.2 试验步骤

按 7.9.2 中规定的方法测定铅、钛、钒、铬、锰、钴、镍、银、镉、铟、铋含量。

7.10.3 试验数据处理

重金属含量以各阳离子质量分数之和 w_4 计，数值以毫克每千克（ mg/kg ）表示，按公式（12）计算：

$$w_4 = \sum w_{4i} \dots\dots\dots (12)$$

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值与算术平均值之比不大于20%。

7.11 总有机碳的测定

7.11.1 原理

试样溶解后经曝气处理，试验溶液中的无机碳转化为二氧化碳被去除，然后注入紫外反应器，有机物被氧化为二氧化碳，利用载气将产生的二氧化碳进行除湿、净化处理后，引入到非分散红外检测器（NDIR）。在特定波长下，一定质量浓度范围的二氧化碳的红外吸收强度与其质量浓度成正比，采用工作曲线法测定总有机碳。

7.11.2 试剂或材料

7.11.2.1 有机碳标准贮备溶液：1mL 溶液含碳 1 mg。称取预先于 120℃干燥 2h 的邻苯二甲酸氢钾 2.1254 g，加水溶解，全部转移至 1000 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。此溶液在 4℃条件下可保存两个月。

7.11.2.2 有机碳标准溶液：1mL 溶液含碳 0.02 mg。使用有机碳标准贮备溶液逐级稀释配制。

7.11.2.3 无二氧化碳的水。

7.11.3 仪器设备

7.11.4 湿法 TOC 测定仪。

7.11.5 试验步骤

7.11.5.1 标准曲线的绘制

移取 0 mL、1 mL、2 mL、4 mL、6 mL、8 mL 有机碳标准溶液，分别置于 6 只 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀。标准系列中有机碳的质量浓度分别为：0 mg/L、0.2 mg/L、0.4 mg/L、0.8 mg/L、1.2 mg/L、1.6 mg/L。将标准系列溶液分别转移至样品瓶，在仪器最佳测定条件下，测定峰高或峰面积，以有机碳的质量浓度（mg/mL）为横坐标，对应的峰高或峰面积为纵坐标，绘制标准曲线。

7.11.5.2 试验

称取 2.5 g 试样，精确至 0.000 2 g，置于 100 mL 容量瓶中，用水稀释至刻度，摇匀（或者按照仪器要求进行试验溶液的配制），转移至样品瓶，在仪器最佳测定条件下，测定峰高或峰面积，从标准曲线上查得有机碳的质量浓度（mg/L）。

7.11.6 试验数据处理

总有机碳（TOC）含量以 w_5 计，数值以毫克每千克（mg/kg）表示，按公式（13）计算

$$w_5 = \frac{(\rho_1 - \rho_0) \times 0.1}{m \times 10^{-3}} \dots \dots \dots (13)$$

式中：

ρ_1 ——试验溶液中总有机碳的数值，单位为毫克每升（mg/L）；

ρ_0 ——空白试验溶液中总有机碳的数值，单位为毫克每升（mg/L）；

m ——试料的质量的数值，单位为克（g）。

7.12 细度的测定

7.12.1 仪器设备

7.12.1.1 试验筛：R40/3 系列， $\phi 200 \text{ mm} \times 50 \text{ mm} - 1.2 \text{ mm}/0.05 \text{ mm}$ GB/T 6003.1—2022。

7.12.1.2 中楷羊毛笔。

7.12.1.3 电热恒温干燥箱：温度可控制在 $105 \text{ }^\circ\text{C} \pm 2 \text{ }^\circ\text{C}$ 。

7.12.2 试验步骤

称取约 100 g 试样，精确至 0.1 g，移入试验筛内，用毛刷在筛网上轻轻刷之，直到无试样通过，将

试验筛连同筛余物移至已知质量的表面皿或称量纸上，称量，精确至 0.000 2 g。

7.12.3 试验数据处理

细度的通过率 w_6 ，按公式（14）计算：

$$w_6 = \frac{m - (m_1 - m_2)}{m} \times 100\% \dots\dots\dots (14)$$

式中：

m_1 ——干燥后试验筛和筛余物的质量的数值，单位为（g）；

m_2 ——试验筛的质量的数值，单位为克（g）；

m ——试料的质量的数值，单位为克（g）。

取平行测定结果的算术平均值为测定结果，两次平行测定结果的绝对差值不大于 0.2%。

8 检验规则

8.1 本标准要求中的所有指标项目均为出厂检验项目，应逐批检验。

8.2 生产厂用相同材料，基本相同的生产条件，连续生产或同一班组生产的硼-10 酸为一批。每批产品不超过 500 kg。

8.3 按照 GB/T 6678 的规定确定采样单元数。采样时，将采样器自包装袋的上方斜插入至料层深度的四分之三处采样。将所采的样品混匀，用四分法缩分至约 500 g，分装入两个干燥、清洁的聚乙烯瓶或聚乙烯袋中，密封。粘贴标签，注明：生产厂名、产品名称、类别、批号、采样日期，采样者姓名。一瓶（或袋）用于检验，另一瓶（或袋）保存备查，保存时间由生产厂根据实际情况确定。

8.4 检验结果中如有指标不符合本标准要求时，应重新自两倍量的包装中采样进行复验，复验结果即使只有一项指标不符合本标准要求，则整批产品为不合格。

8.5 采用 GB/T 8170 规定的修约值比较法判断检验结果是否符合标准。

9 标志及随行文件

9.1 硼-10 酸包装袋上要有牢固清晰的标志，内容包括：生产厂名、厂址、产品名称、丰度值、类别、净含量、批号（或生产日期）、保质期、本标准编号及 GB/T 191—2025 中规定的“避免雨淋”“避免日晒”标志。

9.2 每批出厂的硼-10 酸都应附有质量证明书，内容包括：生产厂名、厂址、产品名称、丰度值、类别、净含量、批号（或生产日期）、保质期、产品质量符合本标准的证明和本标准编号。

10 包装、运输和贮存

10.1 硼-10 酸采用双层包装，内袋为聚乙烯塑料薄膜袋，热塑封口，或用与其相当的其它方式封口。外包装为纸板桶或塑料桶，盖口应严密不漏。每袋净含量 20kg、25 kg 或 50 kg。或根据包装据用户要求确定包装方式和净含量。

10.2 硼-10 酸在运输过程中应有遮盖物，包装不应受损，防止日晒、雨淋、受潮。

10.3 硼-10 酸应贮存于阴凉、干燥的库房中、不应与氧化剂、强碱及碱金属同贮。应符合 GB 15603 的规定。

10.4 硼-10 酸在符合本文件规定的包装、运输、贮存条件下，自生产之日起保质期不少于 60 个月。

附录 A
(资料性附录)

推荐的离子色谱仪操作条件

推荐的离子色谱仪操作条件见表A.1。

表 A.1 推荐的离子色谱仪操作条件

项 目	控制条件
色谱柱	填料为季铵基聚苯乙烯/二乙烯基苯共聚物
淋洗液	8.0 mmol/L Na ₂ CO ₃ +1.0 mmol/L NaHCO ₃ 溶液
淋洗液流速	0.8 mL/min
柱温	30 °C
进样体积	1000 μL

附 录 B
(资料性附录)

推荐的 ICP-OES 待测元素分析谱线波长

推荐的 ICP-OES 待测元素分析谱线波长见表 B.1。

表 B.1 推荐的待测元素分析谱线波长

序号	元素	分析谱线波长/nm	序号	元素	分析谱线波长/nm
1	锂	670.784	10	铜	327.396
2	钠	589.592	11	砷	193.696, 228.812
3	铁	259.940	12	银	328.068,338.289
4	镁	280.270, 279.553	13	镉	214.438, 226.502
5	钙	396.840, 317.933	14	锡	235.848
6	铝	396.152	15	铈	217.582, 259.805
7	钒	290.882	16	汞	194.162
8	钴	228.616	17	铅	220.353
9	镍	231.064	18	硅	251.611

附 录 C

(资料性)

推荐的ICP-MS仪器工作条件

丰度的测定推荐的ICP-MS仪器工作条件见表B.1。

表A.1 ICP-MS 仪器工作条件见表 A. 1

参数名称	设定值	参数名称	设定值
等离子体功率/W	1550	样品深度/mm	5.00
载气流/ (L/min)	1.07	B灵敏度/cps	10.39×10^6
辅助气流/ (L/min)	0.80	扫描模式	STD
冷却气流/ (L/min)	14.00	扫描次数	20
雾化室温度/°C	2.70	驻留时间/s	0.02

附录 D

(资料性)

待测元素质荷比 (m/z) 对应内标元素待测元素的质荷比 (m/z) 对应内标元素见表 D.1。

表 D.1

序号	元素	m/z	内标元素	序号	元素	m/z	内标元素
1	锂 (Li)	7	锂 (Li)	10	铜 (Cu)	63/65	钪 (Sc)
2	钠 (Na)	23	钪 (Sc)	11	砷 (As)	75	锗 (Ge)
3	铁 (Fe)	56	钪 (Sc)	12	银 (Ag)	107	铑 (Rh)
4	镁 (Mg)	24	钪 (Sc)	13	镉 (Cd)	111/114	铟 (In)
5	钙 (Ca)	40	钪 (Sc)	14	锡 (Sn)	118/120	铟 (In)
6	铝 (Al)	27	钪 (Sc)	15	锑 (Sb)	121	铟 (In)
7	钒 (V)	51	钪 (Sc)	16	汞 (Hg)	200/202	铼 (Re)
8	钴 (Co)	59	钪 (Sc)	17	铅 (Pb)	206/207/208	铋 (Bi)
9	镍 (Ni)	60	钪 (Sc)	18	硅 (Si)	29	钪 (Sc)