

制定《硼-10 酸》化工行业标准

编制说明（征求意见）

《硼-10 酸》化工行业标准起草小组

2026 年 6 月

制定硼-10 酸化工行业标准编制说明

一、工作简况

(一) 任务来源

1 基本信息

根据工业和信息化部办公厅关于《2025 年第五批行业标准制修订和外文版项目计划》工信厅科函〔2025〕528 号，于 2026 年完成《硼-10 酸》化工行业标准的制定工作，计划编号为 2025-1238T-HG。该项目技术归口单位为全国化学标准化技术委员会无机化工分会（SAC/TC 63/SC 1）。

本标准的负责起草单位为：。

2 简要情况

2.1 产品概况

2.1.1 产品性质

产品名称：硼-10 酸

分子式： $H_3^{10}BO_3$

物理性质：硼酸是三氧化二硼的三水合物（ $B_2O_3 \cdot 3H_2O$ ），为白色粉末状结晶或三斜轴面带光泽的鳞片状结晶，有滑腻手感，无臭味。密度为 $1.435g/cm^3$ ，能溶于水、甲醇、乙醇、甘油、乙醚及香精油中，硼酸在水中的溶解度随温度的升高而增大。水溶液呈弱酸性，为三级电离。在无机酸中的溶解度要比在水中的溶解度小，故此在常温下，用无机酸能将其从它的盐类中置换出来。

化学性质：硼酸是很弱的无机酸，有时也表现出微弱的碱性。在脱水剂如浓硫酸存在时，硼酸与低级醇反应生成酯类。当硼酸与酯类化合物在无色的本生灯火焰中燃烧时，会使火焰呈现绿色。

硼酸与多羟基化合物（甘露醇、蔗糖）反应，生成离解度较大的甘露醇硼酸酯、糖硼酸，根据此性质可对硼酸进行定量分析。

毒性与安全：硼酸自身的毒性较小，只有在误食 50g 以上，才有中毒现象反映，主要损害中枢神经。硼酸未列入《危险化学品目录 02 版》，但被列入《危险化学品目录 15 版》中。硼酸未列入 GB 12268-2012 危险货物品名表。

2.1.2 产品背景及用途

天然硼酸有两种稳定同位素，硼-10 和硼-11，相对丰度分别为 19.78%和 80.22%。硼-10 具有极大的中子吸收特性，而硼-11 几乎不吸收中子。天然硼酸通常是以硼砂为原料，以硫酸法、碳铵法、二步法、多硼酸钠法生产的天然丰度的硼酸。硼-10 酸是通过高难度的硼同位素分离技术得到 $10BF_3$ ，再经有机酯化法或无机水解法制得硼-10 酸。

硼-10 酸之前主要用于核军工，属于军用管控物资。美国在上世纪 40 年代因制造原子弹而开始研究硼-10 酸的生产技术，国内在上世纪 60 年代开始启动硼-10 酸生产技术研究，但长期以来，该产品只供应军方，无民用需求，仅少数几个国家有少量生产。随着我国核电行业的发展，硼-10 酸生产工艺稳定，产品质量明显提高，成本大幅度降低，我国已成为了全球最大的生产国和消费国。打破了该产品曾被日本一家企业垄断供应长达十余年的状况，彻底摆脱了进口产品卡脖子的问题。

硼-10 酸的核心应用价值是硼-10 对中子的高吸收截面（约 3840 barn），同时兼具硼酸的化学特性，其应用领域高度集中于核工业、医药医疗两大核心场景，还延伸至特种材料、科研等领域。具

有不可替代性。

在核医疗领域，硼-10 酸应用于硼中子俘获治疗技术（BNCT），以硼-10 酸为原料制成含硼的靶向高效药剂，用于肿瘤治疗，是国际前沿的治疗方向。在中子束照射下，中子主要与 BNCT 药物中的靶核素（硼-10 同位素）发生核反应，产生对肿瘤细胞杀伤作用的次级辐射 α 射线及反冲粒子 Li，该法比常规放疗的副作用小。目前国内靶向机已有二十余台，并将逐年大量增加。每台靶向机年消耗硼-10 酸约 400 公斤，硼-10 酸在医疗行业上的发展前景可观。产品对同位素丰度、纯度、杂质限量等要求严格。

核工业是国家重视的高科技战略产业，核能是保障能源安全、优化能源结构、实现绿色低碳发展的必然选择。由于硼-10 同位素具有吸收中子的特性，使其成为控制核反应屏蔽核辐射的重要材料，硼酸水溶液作用于压水堆核电站的一水回路中作为中子慢化剂、捕集剂和循环系统冷却剂，不仅保障核反应运行安全，还可省去大量控制棒，简化堆芯布置和反应堆压力容器顶部结构，其应用改善了冷却系统设备腐蚀、冷却剂水质恶化的问题，降低了硼酸废液的产生量 and 处理处置量，延长了核反应堆的使用寿命。随着我国核电行业的发展，我国已成为全球最大硼-10 酸的生产和消费国。硼-10 酸中杂质容易引起沉积物生成和设备腐蚀，影响设备性能和寿命，因此在核电应用中对其含量要求严格。

在国防工业，基于硼-10 同位素有良好的中子吸收特性，可用来做中子吸收剂和防辐射屏蔽材料，掺加了硼-10 同位素的军事防护的材料，可以用来制造防护中子弹的军用服装等用品。大量现代武器已经采用核动力驱动，其核反应过程都需要硼酸来控制，如果采用硼-10 酸，可以减小储存空间及储存重量；在金属材料中融入硼-10 同位素而制成的合金钢，硬度高且重量轻，能减轻舰船的负荷。

在特种材料与科研领域，硼-10 酸可掺杂于闪烁体材料或半导体探测器中，制成中子探测器，用于核安检、中子通量监测、宇宙射线探测等场景，通过捕获中子产生电信号或荧光信号，实现中子的定量检测。加入硼-10 酸制备的特种玻璃，具备中子屏蔽功能，可用于核辐射环境下的观察窗、光学仪器部件；在陶瓷材料中掺杂硼-10 酸，可提升材料的耐辐射性能，适用于核反应堆内部构件涂层。

2.1.3 生产工艺

通过三氟化硼-10 ($^{10}\text{BF}_3$) 气体或其络合物来合成硼-10 酸，在工业上主要分为“一步水解法”和“酯化-水解两步法”两种工艺路线。

① 一步水解法（直接水解）

将高丰度的三氟化硼-10 气体通入水中（或在特定保护气下进行）。三氟化硼-10 与水发生水解反应，生成硼酸和副产物氟化氢（HF）。直接水解的粗品中会残留氟离子和其他杂质，加入脱氟剂（如碳酸钙等）进行除氟，或者通过特定的化学处理降低杂质含量。将除杂后的硼酸溶液进行加热溶解，再通过控制降温速率进行冷却结晶。经过 1~2 次的重结晶、固液分离和烘干，即可得到纯度极高（可达 99.9% 以上）的硼-10 酸。该工艺路线相对短。

① 酯化-水解两步法（络合-酯化-水解）

将三氟化硼-10 气体与含氮有机碱（或乙醚等）在有机溶剂中进行络合，形成稳定的三氟化硼络合物。将络合物与烷基醇（如甲醇）进行酯化反应，生成硼酸酯（如硼酸三甲酯）中间体。将硼酸酯中间体水解，硼酸酯在酸性或特定条件下断裂，转化为硼-10 酸，并分离出相应的醇类副产物。

硼酸溶液再经过浓缩、冷却结晶、离心分离和干燥，最终得到高纯度的硼-10 酸产品。该工艺步骤较多，但中间产物纯度高，副反应少。

（二）主要工作过程

1 起草阶段（2025. 12~2025. 4）

① 起草工作组组建

全国化学标准化技术委员会无机化工分会接到制定《硼-10 酸》行业标准的任务后，首先向生产厂家和用户发函进行调查，征集对修订标准的建议和起草单位，在此基础上组建项目起草小组。

② 标准调研阶段

2025 年 12 月接到修标任务后，首先查阅了国内外标准及有关技术资料。并向生产、使用单位发了调研表，通过调研表向生产企业和用户了解该产品生产情况、对新标准的建议。并组建了硼-10 酸的起草小组，对收集到的制定意见建议进行汇总、分析，在此基础上提出了文献小结。

② 标准工作方案阶段

2025 年 4 月 8 日通过线下会议（天津）和线上会议（腾讯会议）相结合的方式，召开了制定《硼-10 酸》化工行业标准的方案会，与会代表就文献小结中拟定的制标设想进行了充分的讨论，提出标准制定的意见和建议并拟定了工作方案和工作进度。会后提出工作组讨论稿。

2 征求意见阶段（2026. 6~2026. 8）

2026 年 6 月提出了标准征求意见稿（草案）、编制说明。

二、标准编制原则和主要内容及其确定依据

（一）标准的编制原则和依据

本次修标工作严格按照 GB/T 1.1—2020 的规定进行编写和表述，并遵循以下基本原则：

- ①标准技术要求尽可能与国际市场接轨；
- ②符合国内生产现状；
- ③切合国内市场对产品质量的需求；
- ④所选用分析检测方法方便使用，有利于贸易。

（二）标准体系

《硼-10 酸》行业标准在无机化工标准体系表中位置：

体系类目名称：无机酸制造-固体酸类。

体系类目编号为：01-063-01-02-01-01-04

（三）标准内容的确定

1 本次标准制定的依据为：

- ①GB/T 538—2018、GB/T 12684—2018；
- ②根据目前国内的实际生产状况，及产品的实际应用情况；
- ③生产企业的质量月报（见附表 3）；
- ④生产企业验证数据。

2 国内外标准状况

目前收集到的国内外相关硼酸的标准有：俄罗斯标准 ГOCT 18704—78（1992 年第三次修改）《硼酸技术条件》，分四个类别，其中 B 类又规定了两级别。光学玻璃制造，光学玻璃制造和其它特殊用途；A，电解电容器；B 玻璃纤维生产、光学玻璃、医药和其他用途；B，玻璃制造、生产陶

瓷和瓷釉硼砂、肥料以及其它含硼产品的制造。设定了硼酸含量、水不溶物含量、硫酸盐含量、铁含量、重金属含量、钙含量（B 不规定）、砷含量（B 不规定）、磷酸盐含量（B 不规定）、筛余物（B 及 B2 级不规定）、在乙醇处理下不挥发残渣含量（A 规定）、染色杂质含量（钒、钴、锰、铜、镍、铬仅光学玻璃制造进行了规定）。

英国标准 BS 3476: 1980 (88)《工业硼酸和氧化硼规格》，规定了硼酸的外观、硼酸含量不小于 99.5%、气味和溶液酸度，四项指标。

美国国家标准 ANSI PH 4.103—1985《照相级结晶硼酸》，设定硼酸含量、重金属(以 Pb 计)含量不、铁(Fe)含量、对氨性硝酸银反应和溶液外观。

BS 5688: Part 0~Part 29《工业用硼酸、氧化硼、硼砂、过硼酸钠和粗硼酸钠》系列标准中相关本标准部分。

GB/T 628—2011 化学试剂 硼酸，设定了硼酸含量、澄清度试验、乙醇溶解试验、水不溶物、甲醇不挥发物、氯化物、硫酸盐、磷酸盐、砷、钙、铁、铅含量。

GB/T 538—2018《工业硼酸》及 GB/T 12684—2018《工业硼化物 分析方法》。

GB/T 538—2018《工业硼酸》分两类，I 类产品为一般工业用，分优等品、一等品、合格品三个等级，设硼酸、水不溶物、硫酸盐、氯化物、铁、氨和重金属七项指标。II 类产品为核工业用，设硼酸、水不溶物、硫酸盐、氟化物、氯化物、磷酸盐、钠、铁、钙、镁、铝、硅、砷、重金属。

HG/T 6443-2025《高纯硼酸》

以上标准均为天然丰度的硼酸标准，国内外标准指标对比见附表 1 和附表 2。

3 范围

硼-10 酸主要用作医药行业的原料，用于核工业等。

4 外观

白色粉末状结晶。

5 分类

本标准的制定，按用途分为 2 类：I 类产品主要用作医药行业的原料；II 类主要用于核工业。

6 指标确立依据及说明

在核医疗领域，硼-10 酸应用于硼中子俘获治疗(BNCT)技术,制备成含硼的靶向高效药剂，用于肿瘤治疗。作为药物的原料硼-10 酸对 ^{10}B 丰度、纯度、杂质限量等要求严格。

在核工业领域，硼-10 酸作为核燃料裂变链式中子吸收剂在压水堆一回路中用来控制过剩的中子流。产品中碱金属离子和碱土金属离子如 Na、Mg、Ca 含量应严格限制，Na 的存在会影响主系统的 pH 值，存在局部浓缩而导致苛性腐蚀的风险，且在主系统中易活化为长半衰期的核素。钙、镁离子的氢氧化物或氧化物溶解度较低，易沉淀或沉积在传热系统中，影响传热效率。金属离子含量也应严格控制。对于阴离子，如果压水堆核电站一回路冷却剂中阴离子含量高，会使回路燃料包壳的锆合金及其它设备和管道的不锈钢、镍基合金、低合金钢、碳钢等结构材料受到腐蚀损坏，一方面影响反应堆的正常运行，可能造成非计划停堆，导致巨大的经济损失；另一方面可能造成反应堆中放射性物质的泄漏，对人员和环境造成危害。因此应严格控制 F、Cl、Br、 NO_3 、 PO_4 、 SO_4 含量。

I 类产品和 II 类产品根据各自应用，对需要设定的杂质项目不同，对指标值也有不同的要求，为便于应用，本标准分别设定了 I 类、II 类产品两个指标表。

I 类产品

项 目	指 标
硼酸 (H ₃ BO ₃) w/%	≥ 99.9
硼-10 (¹⁰ B) 丰度 a/%	≥ 99.0
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
硼酸 (H ₃ BO ₃) w/%	≥ 99.9
硼-10 (¹⁰ B) 丰度 a/%	≥ 协商
水不溶物 w/%	≤ 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 试验方法的确定

7.1 硼酸含量

硼酸含量的测定采用 GB/T 12684—2018 工业硼化物 分析方法中硼酸含量的测定，即用甘露醇（或转化糖）强化硼酸，以酚酞作指示剂，用氢氧化钠标准滴定溶液滴定。

7.2 丰度

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¹⁰B同位素丰度。

7.3 pH

将试样配制成 1g/30mL 的溶液后，用酸度计进行测定。

7.4 干燥减量

将试样于硅胶干燥器中放置 5h 后称量。该方法与中国药典《硼酸》中干燥减量方法一致。

7.5 水不溶物

本标准水不溶物含量的测定采用重量法，与 GB/T 12684—2018 工业硼化物 分析方法中水不溶物的测定方法相比，过滤装置由玻璃砂坩埚改为滤膜过滤。

7.6 氟化物、氯化物、溴化物、硝酸盐、磷酸盐和硫酸盐

本标准氟化物、氯化物、溴化物、硝酸盐、磷酸盐和硫酸盐的测定采用离子色谱法进行测定，试样溶解后，试验溶液中的待测阴离子经阴离子色谱柱交换分离，用抑制型电导检测器检测，根据保留时间定性，以峰高或峰面积定量。

瑞士万通同一样品6次平行测定（离子色谱法）

	称样量	F	Cl	PO ₄	SO ₄
1# -1	0.3982	0.108	0.116	0.000	0.091
1# -2	0.3982	0.102	0.120	0.000	0.097
1# -3	0.3982	0.096	0.121	0.000	0.081
1# -4	0.4285	0.099	0.123	0.000	0.092
1# -5	0.4285	0.099	0.119	0.000	0.090
1# -6	0.4285	0.091	0.123	0.000	0.091
平均值		0.099	0.120	0.000	0.090
RSD%		5.95%	2.14%	N/A	5.67%

瑞士万通加标回收试验（离子色谱法）

原始浓度（mg/kg）		F	Cl	PO ₄	SO ₄
		0.099	0.120	0.000	0.090
加标量（mg/kg）0.051	测量值	0.156	0.167	0.060	0.143
	回收率	112.3%	91.0%	118.0%	103.5%
加标量（mg/kg）0.132	测量值	0.220	0.235	0.108	0.197
	回收率	91.7%	87.0%	81.6%	81.0%
加标量（mg/kg）0.276	测量值	0.395	0.386	0.270	0.347
	回收率	107.2%	96.4%	98.0%	92.9%
加标量（mg/kg）0.506	测量值	0.584	0.613	0.379	0.554
	回收率	95.9%	97.3%	75.0	91.7%
加标量（mg/kg）1.324	测量值	1.379	1.508	1.140	1.425
	回收率	88.4%	96.1%	77.7%	92.0%

瑞士万通测量从1 -40 μg/L（1mL 进样量）各离子的线性（离子色谱法）

含量（μg/L）	峰面积（μS/cm）×min			
	F	Cl	PO ₄	SO ₄
40	1.291	0.707	0.063	0.345
20	0.641	0.335	0.032	0.168
10	0.302	0.156	0.014	0.082
4	0.118	0.058	0.004	0.031
2	0.055	0.03	0.002	0.018
1	0.02	0.013	0.001	0.009
线性相关系数	0.999951	0.999524	0.999346	0.999806

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

本标准的制定锂、钠、镁、铝、硅、钙、钒、铁、钴、镍、铜、砷、银、镉、锡、锑、汞、铅含量的测定的测定采用电感耦合等离子体质谱法（ICP-MS）和电感耦合等离子发射光谱（ICP-OES）（标准加入法）并列。

电感耦合等离子质谱法即试样溶液由载气（氩气）引入雾化系统进行雾化后，以气溶胶形式进入等离子体中心区，在高温和惰性气氛中被去溶剂化、汽化解离和电离，转化成带正电荷的正离子，经离子采集系统进入质谱仪，质谱仪根据质荷比进行分离，离子信号由电子倍增器接收，经放大后进行检测。根据元素质谱峰强度，采用工作曲线法对各元素进行定量分析。

电感耦合等离子发射光谱即试样经稀释后，注入电感耦合等离子体发射光谱仪，由载气带入雾化系统进行雾化后，以气溶胶形式进入等离子体，在高温和惰性气体中被充分蒸发、原子化、电离

和激发，发射出所含元素的特征谱线，根据元素浓度与元素特征谱线强度的正比关系，采用标准加入法对相应元素进行定量分析。

7.8 重金属含量

重金属为II类产品指标项目，包括铅、钛、钒、铬、锰、钴、镍、银、镉、铟、铋 11 中元素，采用电感耦合等离子体质谱法测定。即试样溶液由载气（氩气）引入雾化系统进行雾化后，以气溶胶形式进入等离子体中心区，在高温和惰性气氛中被去溶剂化、汽化解离和电离，转化成带正电荷的正离子，经离子采集系统进入质谱仪，质谱仪根据质荷比进行分离，离子信号由电子倍增器接收，经放大后进行检测。根据元素质谱峰强度，采用工作曲线法对各元素进行定量分析。

7.9 总有机碳

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。然后将试样注入紫外反应器并添加过硫酸盐氧化剂，样品中的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，一定质量浓度范围内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样品中的总有机碳。

苏州热工院硼-10 酸样品总有机碳重复性试验

重复测量编码	TOC (μg/L)
1	438
2	441
3	447
4	444
5	446
6	438
7	443
8	441
9	446
10	446
空白测试值	84.6
减空白后平均值	358.4
标准偏差 (SD)	3.37
相对标准偏差 (RSD,%)	0.94

苏州热工院硼-10 酸样品总有机碳加标回收试验

重复测量编码	TOC (μg/L)
样品加标前测量平均值	358.4
加标理论值	600
样品加标-1	1090
样品加标-2	1080
样品加标-3	1080

样品加标-4	1080
样品加标-5	1090
样品加标-6	1080
样品加标-7	1100
样品加标-8	1090
样品加标-9	1080
样品加标-10	1080
空白测试值	84.6
减空白后平均值	995
加标回收率 (%)	107

7.10 细度

采用手工干筛分法测定样品的通过率。

三、主要试验（或验证）的分析、综述报告，技术经济论证，预期的经济效果

硼-10 酸主要用于核工业、高端电子设备、核医疗、核防护以及大型科研装置中对中子进行吸收，具有不可替代性。

在核医疗方面，硼-10 酸应用于硼中子俘获治疗技术（BNCT），以硼-10 酸为原料制成含硼的靶向高效药剂，用于肿瘤治疗，是国际前沿的治疗方向。在中子束照射下，中子主要与 BNCT 药物中的靶核素（硼-10 同位素）发生核反应，产生对肿瘤细胞杀伤作用的次级辐射 α 射线及反冲粒子 Li，该法比常规放疗的副作用小。目前国内靶向机已有二十余台，并将逐年大量增加。每台靶向机年消耗硼-10 酸约 400 公斤，硼-10 酸在医疗行业上的发展前景可观。

硼-10 酸另一种重要用途是作为核燃料裂变链式中子吸收剂，在压水堆一回路中用来控制过剩的中子流。硼的两种稳定同位素硼-10 和硼-11，硼-10 具有极大的中子吸收截面，能控制核反应中的中子通量密度，而硼-11 几乎不吸收中子。硼-10 酸与天然丰度硼酸相比，具有优越的中子吸收性能，其应用改善了冷却系统设备腐蚀、冷却剂水质恶化的问题，降低了硼酸废液的产生量和处理处置量，延长了核反应堆的使用寿命，降低了职业照射剂量。之前国内采购依靠进口，全球只有美、日两国具备工业化生产能力，因其属于军民两用物项，进口受到了极大的限制。

随着我国核电行业的发展，批量化建设华龙一号第三代先进压水堆核电机组，我国成为全球最大硼-10 酸的消费国。经国内生产企业与核电企业的共同研发，国内产能（含已完成建设尚在调试中）已成为全球最大，达到百余吨。生产企业通过先进生产工艺、自动化生产装置、规模化建设、加强质量控制等措施，提升了产品质量，降低了生产成本。从只能依靠进口到自主可控，解决了进口产品卡脖子难题。行业虽然处于起步阶段，但生产企业起点较高，因该产品的特殊性，亟需制定标准来规范产品质量控制，满足用户需求。

我国目前没有硼-10 酸产品标准，给生产和应用带来不便，本标准将合理设置指标项目及要求，建立准确度高、可操作性强的试验方法以支撑我国核医疗、核工业的发展。本标准的制定填补了空白，对国内企业的生产管理和销售市场具有指导性意义，对推广先进生产技术和应用技术、开拓国际市场起到积极的推进作用，有利于行业优化产业结构，提高产品附加值，保障关键领域产业链原

材料供给安全，为行业健康发展提供重要的技术支撑和科学依据。

四、采用国际标准和国外先进标准的程度，以及与国际、国外同类标准水平的对比情况，或与测试的国外样品、样机的有关数据对比情况

未查阅到硼-10 酸的国际标准和国外先进标准。

五、与现行相关法律、法规、规章及相关标准，特别是强制性标准的协调性

与现行法律、法规、规章及相关标准协调一致，无冲突。

六、重大分歧意见的处理经过和依据

无重大分歧意见。

七、国家标准作为强制性国家标准或推荐性国家标准的建议

本标准作为推荐性行业标准。

八、贯彻国家标准的要求和措施建议

本标准反映了目前国内实际生产技术水平，可积极向国内生产单位、用户、质检机构等相关单位推荐使用本标准。建议尽快发布实施本标准。

九、废止现行有关标准的建议

无。

十、公平竞争审查说明

标准制定过程没有限制或者变相限制市场准入和退出、没有限制或者变相限制商品要素自由流动，没有影响经营者生产经营成本、没有影响经营者生产经营行为。本标准经审查，不存在违反《公平竞争审查条例》规定的内容。

十一、其他应予说明的事项

无。

附表 1:

国内外标准指标对比表

	GB/T 538-2018				ГОСТ 18704-78(92)					BS 3476: 1980(88)	ANSI PH4.103-1985	
	I类			II类	光学玻璃 制造	A	B	B				
	优等品	一等品	合格品					1级	2级			
外观	白色粉末状结晶或三斜轴面鳞片状带光泽结晶				松散的白色小颗粒结晶粉末					白色结晶	白色结晶粉末或颗粒	
硼酸(H ₃ BO ₃)含量, %	≥	99.6 ~ 100.8	99.4 ~ 100.8	≥99.0	99.9	99.9	99.9	99.9	99.6	99.6	99.5	99.5
水不溶物含量, %	≤	0.010	0.040	0.060	0.0050	0.005	合格	0.005	0.01	0.04		合格(溶液外观)
硫酸盐(以 SO ₄ 计)含量, %	≤	0.10	0.20	0.60	3 (ppm)	0.008	0.0005	0.008	0.2	0.5		
氯化物(以 Cl 计), %	≤	0.010	0.050	0.10	1 (ppm)	0.001	0.0001	0.001	不规定			合格
铁(Fe)含量, %	≤	0.0010	0.0015	0.0020	2 (ppm)	0.0003	0.0002	0.0005	0.002	0.003		0.002
氨(NH ₃)含量 ^注 , %	≤											合格
重金属(以 Pb 计)含量, %	≤	0.0010	—	—	2 (ppm)	0.001	0.0005	0.001	0.001	不规定		0.005
钠(Na) / (mg/kg)	≤				10							
钙(Ca) / (mg/kg)	≤				10	0.005%	0.001%	0.005%		不规定		
镁(Mg) / (mg/kg)	≤				10							
铝(Al) / (mg/kg)	≤				5							
硅(以 SiO ₂ 计) / (mg/kg)	≤				10							
砷(As) / (mg/kg)	≤				2	0.0002%	0.0001%	0.0002%		不规定		
磷酸盐(以 PO ₄ 计) / (mg/kg)	≤				10	0.001%	0.001%	0.001%		不规定		
氟化物(以 F 计) / (mg/kg)	≤				2							
硼(¹⁰ B/ ¹¹ B)丰度比	≥				0.244							
在乙醇处理下不挥发残渣含量, %	≤					不规定	0.05	不规定	不规定	不规定		
试验筛筛余物, %	04K 号	≤				10	不规定	10	15	不规定		
	0063 号	≥				70	不规定	70	75	不规定		
染色杂质含量, % ≤	钒					0.0005	不规定					
	钴					0.000003						
	锰					0.0003						
	铜					0.00005						
	镍					0.00001						
	铬					0.00002						
气味											无味	
酸性(20g/L)											甲基红显色	

附表 2：国内外标准试验方法对比表

	GB/T 538—2018	rocr18704—78(92)	本标准制定
外观	白色粉末状结晶或三斜轴面鳞片状带光泽结晶	松散的白色小颗粒结晶粉末	白色粉末状结晶
硼酸(H ₃ BO ₃)含量, %	甘露醇酸碱滴定	甘露醇酸碱滴定	甘露醇酸碱滴定
¹⁰ B 丰度	ICP-MS 硼 (¹⁰ B/ ¹¹ B) 丰度比	—	ICP-MS
pH	—	—	酸度计法
干燥失重	—	—	重量法 (硅胶干燥器)
水不溶物含量, %	重量法	重量法	重量法 (滤膜)
硫酸盐(以 SO ₄ 计)含量, %	目视比浊、离子色谱法	光电比色法	离子色谱法
氯化物(以 Cl 计), %	汞量法、离子色谱法	目视比浊、光电比浊法	离子色谱法
氟化物 (以 F 计) / (mg/kg)	离子色谱法	—	离子色谱法
溴化物 (以 Br 计)	—	—	离子色谱法
磷酸盐 (以 PO ₄ 计) / (mg/kg)	离子色谱法	分光光度法	离子色谱法
硝酸盐	—	—	离子色谱法
铁(Fe)含量, %	分光光度法、ICP-OES	分光光度法	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
氨(NH ₃)含量 ^注 , %	—	—	—
重金属(以 Pb 计)含量, %	目视比色法	目视比浊法	ICP-MS
锂 (Li)	—	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
钠 (Na) / (mg/kg)	ICP-OES 标准加入法	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
钙(Ca) / (mg/kg)	ICP-OES 标准加入法	光电比色法	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
镁 (Mg) / (mg/kg)	ICP-OES 标准加入法	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
铝 (Al) / (mg/kg)	ICP-OES 标准加入法	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
硅 (以 SiO ₂ 计) / (mg/kg)	ICP-OES 标准加入法	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
砷 (As) / (mg/kg)	原子荧光法	砷斑法	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
银(Ag) / (mg/kg)	—	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
镉 (Cd) / (mg/kg)	—	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
锡 (Sn) / (mg/kg)	—	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
锑 (Sb) / (mg/kg)	—	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
汞 (Hg) / (mg/kg)	—	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
铅 (Pb) / (mg/kg)	—	—	ICP-MS、ICP-OES 标准加入法
在乙醇处理下不挥发残渣含量, %	—	重量法	—
试验筛筛余物, %	04K 号	—	机械振动筛
	0063 号		
染色杂质含量, % ≤	钒	—	摄谱法
	钴	—	摄谱法
	锰	—	摄谱法
	铜	—	摄谱法
	镍	—	摄谱法
	铬	—	摄谱法
总有机碳 TOC/ (mg/kg)	—	—	湿氧化法

2024年多氟多硼基公司硼-10酸质量月报

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
外观形状	白色粉末圆球状（非自然斜轴面）结晶											
丰度/%	96.54	96.47	96.36	96.74	96.55	96.59	96.26	96.57	96.34	96.67	96.85	96.69
纯度/%	100.35	100.35	100.27	100.12	100.47	100.36	100.15	100.4	100.45	100.25	100.67	100.21
粒度（≤0.6μm）/%	99.24	99.16	98.71	99.46	98.53	99.01	98.24	99.32	99.22	99.54	99.42	99.21
水不溶物/ppm	17.06	17.41	16.1	17.85	14.71	10.76	15.62	14.78	13.45	14.33	14.52	13.54
有机碳/ppm	6.16	3.25	4.89	5.72	6.05	6.38	7.11	8.03	8.96	9.12	2.98	7.98
氟/ppm	0.34	0.24	0.26	0.32	0.28	0.35	0.22	0.38	0.3	0.29	0.33	0.25
氯/ppm	<0.05	<0.05	<0.05	0.18	<0.05	0.13	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
溴/ppm	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
硫酸盐/ppm	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	0.1	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
磷酸盐/ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
硝酸盐/ppm	0.48	0.73	0.26	0.32	0.28	0.35	0.22	0.38	0.3	0.29	0.33	0.25
铁/ppm	0.93	0.27	0.7	0.21	<0.1	0.11	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
钙/ppm	0.22	0.12	0.15	0.32	0.101	<0.1	0.185	<0.1	<0.1	<0.1	0.122	0.218
镁/ppm	0.15	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
铝/ppm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
硅(以 SiO2 计) /ppm	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
钠/ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
锡/ppm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
铜/ppm	0.726	<0.2	0.83	0.99	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2

砷/ppm	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
重金属（铅、钛、钒、铬、锰、钴、镍、银、镉、铜、铋总计）/ppm	0.1	0.4	0.3	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

2025年多氟多硼基公司硼-10酸质量月报

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
外观形状	白色粉末圆球状（非自然斜轴面）结晶											
丰度/%	96.58	96.23	96.71	96.36	96.42	96.65	96.29	96.77	96.31	96.51	96.48	96.62
纯度/%	100.08	100.19	100.32	100.45	100.33	100.61	100.49	100.77	100.82	100.78	100.94	100.39
粒度（≤0.6μm）/%	98.75	98.82	98.9	99.05	99.13	99.21	99.28	99.35	99.42	99.48	99.53	99.58
水不溶物/ppm	15.91	8.88	10.15	14.55	12.47	16.29	11.89	8.36	9.72	10.63	13.78	13.02
有机碳/ppm	0.58	1.26	2.91	3.74	4.09	5.35	6.82	7.17	8.44	9.03	0.15	5.98
氟/ppm	0.05	0.09	0.13	0.17	0.2	0.23	0.26	0.28	0.3	0.31	0.32	0.34
氯/ppm	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
溴/ppm	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
硫酸盐/ppm	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
磷酸盐/ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
硝酸盐/ppm	0.12	0.25	0.37	0.41	0.53	0.68	0.74	0.82	0.09	0.19	0.49	0.95
铁/ppm	0.06	0.12	0.17	0.21	0.25	0.28	0.31	0.33	0.35	0.37	0.39	0.09
钙/ppm	0.08	0.15	0.21	0.27	0.32	0.36	0.41	0.44	0.05	0.19	0.24	0.48
镁/ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
铝/ppm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3

硅(以 SiO ₂ 计) /ppm	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
钠/ppm	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1
锡/ppm	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3	<0.3
铜/ppm	0.15	0.28	0.32	0.46	0.51	0.63	0.7	0.77	0.82	0.86	0.09	0.58
砷/ppm	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4	<0.4
重金属(铅、钛、钒、铬、锰、钴、镍、银、镉、铟、铋总计) /ppm	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1	0.1

山东合益气体股份有限公司硼-10 酸质量月报

	1月	2月	3月	4月	5月	6月	7月	8月	9月	10月	11月	12月
硼酸 (H ₃ BO ₃) w/%	102.12	103.25	101.22	102.35	101.32	103.52	101.62	102.11	101.55	101.14	102.51	101.32
硼 10 丰度, %	96.51	96.54	96.71	96.58	96.94	96.81	96.82	96.61	96.57	96.58	96.71	96.62
外观形状	白色粉末圆球状(非自然斜轴面)结晶											
颗粒形状	99.89%,	99.74%	99.83%,	99.29%	99.88%	99.52%	99.42%	99.96%	99.97%	99.98%	99.99%	99.63%
	球状, 非自然晶型											
水不溶物	7	6	9	10	15	10	15	14	10	8	13	13
	膜上无色											
有机碳, mg/Kg	5.55	6.51	10.21	15.11	11.51	10.21	11.55	14.65	8.66	14.55	12.31	16.55
氟, mg/Kg	0.18	0.15	0.11	0.12	0.16	0.11	0.18	0.15	0.15	0.14	0.12	0.12
氯, mg/Kg	0.15	0.09	0.14	0.11	0.12	0.08	0.12	0.13	0.09	0.08	0.09	0.11
溴, mg/Kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01

硝酸盐, mg/Kg	0.61	0.82	0.75	0.66	0.81	0.73	0.85	0.75	0.77	0.91	0.82	0.68
磷酸盐, mg/Kg	0.54	0.61	0.55	0.71	0.52	0.49	0.61	<0.01	0.71	0.74	0.85	0.76
硫酸盐, mg/Kg	0.15	0.12	0.08	0.04	0.05	0.1	0.06	0.06	0.12	0.08	0.08	0.1
钠, mg/Kg	0.33	0.51	0.77	0.82	0.91	0.92	0.82	0.91	0.84	0.92	0.94	0.98
铁, mg/Kg	<1.41	<1.52	<1.21	<1.62	<1.32	<1.21	<1.32	<1.46	<1.52	<1.36	<1.61	<1.22
钙, mg/Kg	<0.62	<0.63	<0.52	<0.81	<0.76	<0.51	<0.63	<0.49	<0.63	<0.52	<0.61	<0.48
镁, mg/Kg	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
铝, mg/Kg	<0.04	<0.05	<0.05	<0.04	<0.06	<0.04	<0.05	<0.06	<0.04	<0.05	<0.04	<0.05
硅 (以 SiO ₂ 计), mg/Kg	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
锡, mg/Kg	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04	<0.04
铜, mg/Kg	0.44	0.56	0.66	0.78	0.55	0.71	0.8	0.77	0.75	0.67	0.68	0.74
砷, mg/Kg	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2	<0.2
重金属 (总量) *, mg/Kg	0.4	0.3	0.2	0.2	0.4	0.3	0.3	0.4	0.4	0.1	0.3	0.3