

制定《六氟磷酸钠》化工行业标准编制说明

(征求意见稿)

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工信厅科〔2024〕191号文《关于印发2024年第二批行业标准制修订和外文版项目计划的通知》”的要求，2026年5月完成《六氟磷酸钠》化工行业标准的制定工作，计划编号为：2024-0613T-HG。本标准由多氟多新材料股份有限公司、安徽新宸新材料有限公司、上海如鲲新材料有限公司、中海油天津化工研究设计院有限公司等共同起草。本标准由全国化学标准化技术委员会无机化工分技术委员会负责技术归口。

2、简要情况

1) 产品概况

产品名称：六氟磷酸钠

分子式： NaPF_6

相对分子质量：167.95（按2022年国际相对原子质量）

产品性质：六氟磷酸钠为白色结晶粉末，易溶于碳酸酯类（EC、DMC、DEC）、醚类（DME）、乙腈（AN）等极性溶剂。在EC/DMC（1:1体积比）中的溶解度可达1.0–1.5 mol/L，高于部分钠盐（如 NaClO_4 ）。在非极性溶剂（如甲苯、己烷）中溶解度较低。

高温下可能分解，释放 PF_5 （五氟化磷）气体，分解温度需实验测定（推测 $>300^\circ\text{C}$ ）。

在潮湿环境中易水解，生成HF和磷酸钠等产物，水解产生的HF具有强腐蚀性和毒性，操作时需防护措施。

产品用途：用于钠离子电池。

2) 生产方法

a) 液态反应法：将磷酸钾、氢氟酸和硫酸钠等原料按一定比例配制成溶液，并在特定温度和压力下进行反应，生成六氟磷酸钠。反应完成后，通过过滤、蒸馏、结晶、洗涤和干燥等步骤对产品进行后处理，得到六氟磷酸钠。这种工艺需要严格控制反应条件，如原料温度、反应时间、反应压力和收率等，以确保产品的质量和稳定性。

b) 气固法：氢氟酸（HF）与五氯化磷（ PCl_5 ）反应生成五氟化磷（ PF_5 ），再与氟化钠（NaF）的溶液进行反应生成六氟磷酸钠（ NaPF_6 ）。这一工艺与六氟磷酸锂（ LiPF_6 ）的生产工艺相似，都需要经过反应、结晶和提纯等步骤。该工艺在原料制备和提纯除杂方面具有较高的技术要求，以确保产品的纯度和性能。

3) 目的意义

伴随着锂离子电池应用范围的不断拓宽，新型钠离子电池在电动汽车等动力电池领域也得到了飞速进展，其对环境、温度及安全要素的不同需求对电解质体系提出了苛刻要求。并且对于亟待提

高能量密度及安全性能的动力电池来说，其关键材料钠离子电解液发挥着越来越重要的作用，而新型钠盐和添加剂又是电解液研究发展的关键所在。能够显著改善电池性能的新型钠盐和特殊添加剂存在良好的发展机会和市场空间。

六氟磷酸钠可用于钠离子电池电解液添加剂，多氟多是最早将六氟磷酸钠实现国内商业化量产的企业。与锂离子电池相比较，钠离子电池具备钠盐原材料储存丰富，价格低廉，能够降低电池成本；相同浓度的电解液，钠盐的导电率高于锂盐的 20%左右；钠离子电池无过充放电特性，允许钠离子电池放电到零伏等优势。目前，市场需求量也在不断攀升。成为近几年关注的热点。根据产品下游电池厂家用量情况，国内已有一些厂家开始量产。因此，为了促进产品的技术发展，提高产品品质，弥补行业空白，制定出适合生产厂家和客户需求的六氟磷酸钠行业标准迫在眉睫。加快新产品，新技术转化为标准的步伐，促进新型钠离子电池行业的良性发展具有重要意义。

(二) 主要工作过程

1、 起草阶段（2024. 6～2025. 3）

1) 起草工作组

由天津院、多氟多新材料股份有限公司、上海如鲲新材料有限公司、安徽新宸新材料等单位组成起草标准工作组。

2) 分工情况

天津院主要负责资料收集、编写文献小结、召开标准工作方案会、数据统计、编写标准各阶段草案、编制说明及相关附件等工作。其他单位主要负责试验方法验证及数据累积工作。

3) 调查研究过程

天津院接到上级部门下达的制定标准计划，于 2024 年 6 月～2025 年 3 月进行了调研及资料准备工作。首先查阅了国内外标准及有关技术资料，并向生产、使用单位发函进行调查，广泛征求对标准修订工作的意见，在此基础上提出了文献小结。2025 年 3 月 18 日在天津市召开了标准工作方案会，参加会议的单位就各自的产能、生产工艺、产品质量和用户使用情况进行了介绍。与会代表就此标准的指标项目和指标参数、分析方法及检验规则、包装、贮存、运输等内容进行了深入、细致的讨论，提出了工作方案，并对各项工作任务及工作进度做了详细的安排。

4) 验证过程

起草工作组成员针对天津院提出的试验验证方案，进行了试验验证。

对比验证数据分析及验证评价（或结论）。

2、 标准征求意见阶段（2025. 7～2025. 8）

1) 广泛征求意见

在起草阶段工作基础上，由负责起草单位对工作组讨论稿进行了进一步的讨论和修改，其后提出标准草案征求意见稿及编制说明。于 2025 年 6 月开始向无机化工分技术委员会的委员、生产、使用及检验机构等单位发送了电子文件征求意见稿及编制说明，并在天津院官网上（www.trici.com.cn）公开征求意见。

2) 意见汇总反馈与处理

二、制定标准的原则和依据

1 制标原则

- 1) 积极采用国际标准和国外先进标准的原则；
- 2) 有利于促进技术进步，提高产品质量的原则；
- 3) 有利于合理利用资源，提高经济效益的原则；
- 4) 符合用户要求，保护消费者利益、促进对外贸易的原则；
- 5) 遵循科学性、先进性、统一性的原则。

2 制标依据

- 1) 相关国行标、企业标准（见附表 1）；
- 2) 用户要求；
- 3) 生产厂家质量月报；
- 4) 生产厂家试验验证数据。

三、国内外标准概况

目前未收集到六氟磷酸钠相关的国外标准，国内标准收集到国内生产企业的企业标准。收集到的各标准对比如附表1，指标设置分别有主含量、碳酸二甲酯（DMC）不溶物、水分、游离酸、硫酸根、氯、氟以及杂质金属阳离子。指标设置基本参考了HG/T 4066—2015《六氟磷酸锂》，分析方法采用了GB/T 19282—2014《六氟磷酸锂产品分析方法》。

四、标准主要内容及确定依据

1 警告

根据 GB 12268—2025 第 6 章的规定，本品属第 8 类腐蚀性物质，本次制定在标准正文之前增加警示语如下：

按 GB 12268—2025 第 6 章的规定，本产品属第 8 类腐蚀性物质，操作时应小心谨慎。使用本文件的人员应有正规实验室的实践经验。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。

2 范围

本标准范围确定为：

本文件规定了六氟磷酸钠的要求、试验方法、检验规则、标志、标签、包装、运输和贮存。

本文件适用于六氟磷酸钠。

注：该产品主要用作钠离子电池电解液的电解质钠盐。

3 产品指标要求的确定

3.1 外观

根据产品形状，本标准产品外观确定为：白色结晶或粉末。

3.2 指标项目的确定

在指标项目设置时主要考虑了原料带入杂质、生产过程中引入的杂质，并且对电池行业产生不利影响的杂质。

此次制定标准设置的杂质指标有：氯化物、硫酸盐会影响电极寿命，金属杂质和不溶物会影响电池的充放电性能，这些指标项目在已有的电池原料中也是要求的重点项目，应该严格进行控制。

综合分析本标准确定的指标项目为主含量、水分、碳酸二甲酯（DMC）不溶物、游离酸、硫酸盐、氯化物、铁、钾、锂、钙、镉、铬、铜、镁、镍、铅和锌共 17 项指标。

3.3 指标要求的确定

本标准在指标要求方面主要依据标准参编单位提供产品应用数据以及网上公开的企业标准，各指标设置的理由和依据如下：

1) 主含量

网上公开的企业标准设置主含量，衢州鼎盛为不小于 99.98%，浙江中欣为不小于 99.9%（分析方法所致，后述），本标准立项申请时，多氟多提出的主含量为不小于 99.95%，方案会上，经参会单位共同研讨，确定本标准中主含量为不小于 99.95%。

2) 水分、游离酸

水和游离酸的含量是相互关联的，两者是影响电池电解液性能最重要的因素。两者存在会影响电极表面 SEI 膜和电解液自身稳定性两个方面。

网上公开的企业标准分别设置，水分不大于 0.0010%，游离酸不大于 0.0050%、0.0090%。方案会上经参会单位商讨，确定本标准中这两项指标都设定为不大于 0.0020%和 0.0100%。由于这两项指标对产品质量影响较大，标准制定过程中将作为重点关注项目指标，并结合后期对产品质量数据的进一步汇总，再考虑是否需要进行调整。

3) 碳酸二甲酯（DMC）不溶物含量

不溶物的存在会影响电池的充放电性能，该项指标是电池溶解质制备电池电解液的重要指标，本标准设定该指标为不大于 0.0200%。搜集到的企业标准中衢州鼎盛设置为不大于 0.0070%。待后期征询相关单位的意见，看是否可以通过调整试验方法细节（氮气保护）因素，再调整指标。

4) 硫酸盐和氯化物含量

硫酸盐和氯化物含量会腐蚀电极，所以标准中分别进行限定，分别不得大于 20 mg/kg 和 10 mg/kg。搜集到的企业标准这两项指标都较低，硫酸盐不大于 5 mg/kg、氯化物不大于 2 mg/kg。这两项指标集中质量数据后通过会议讨论确定。

5) 11 项金属杂质要求

金属杂质会影响电池的充放电性能，在电解质盐和电解液都要进行限定。标准中设置了铁、钾、锂等 11 项金属杂质含量指标要求。搜集到的企业标准中阳离子包括的种类略有不同，要求在 1 mg/kg 或 2 mg/kg，本标准设定为不大于 5 mg/kg。

综上所述，各项指标要求设置见表 1。

表 1 本次制定标准确定各项指标要求

项目	指标
六氟磷酸钠 w/% \geq	99.95
碳酸二甲酯（DMC）不溶物 w/% \leq	0.0200

水分 w/%	≤	0.0020
游离酸（以 HF 计）w/%	≤	0.0100
硫酸盐（以 SO ₄ 计）/（mg/kg）	≤	20
氯化物（以 Cl 计）/（mg/kg）	≤	10
铁（Fe）/（mg/kg）	≤	5
钾（K）/（mg/kg）	≤	10
锂（Li）/（mg/kg）	≤	5
钙（Ca）/（mg/kg）	≤	5
镉（Cd）/（mg/kg）	≤	5
铬（Cr）/（mg/kg）	≤	5
铜（Cu）/（mg/kg）	≤	5
镁（Mg）/（mg/kg）	≤	5
镍（Ni）/（mg/kg）	≤	5
铅（Pb）/（mg/kg）	≤	5
锌（Zn）/（mg/kg）	≤	5

4 试验方法的确定

本次制定标准各项目确定的试验方法可引用和参考的标准有 GB/T 19282—2014《六氟磷酸锂产品分析方法》。

4.1 主含量测定

主含量的确定采用差减法，就是用 100%减去所有杂质，确定六氟磷酸钠的含量。

搜集到的浙江中欣企业标准中使用了离子色谱法（面积归一化法）测定主含量，考虑到面积归一化法的影响因素较多，尤其主含量和杂质含量较为悬殊，响应峰面积作为结果偏差会比较大，作为高纯物质主含量的测定是不常用的。

4.2 水分的测定

同类产品标准中水分的测定方法大多采用GB/T 19282—2014，该方法是采用了卡尔费休水分测定仪（库伦电量法）对水分进行快速测定。

目前搜集到的企标采用了GB/T 19282—2014或直接采用的卡尔费休法。

此次本标准制定确定引用GB/T 19282—2014，采用全自动水分测定仪（库伦电量法）进行测定。

表2 水分平行测定数据

平行测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8
水分	6.6	6.5	6.7	6.5	6.3	6.6	6.4	6.5
平均值	6.51							
相对标准偏差 (RSD)	1.91%							

从表 2 的试验数据分析，其结果的相对标准偏差（RSD）小于 10%，表明其方法的测定结果的一致性 or 重复性良好，该方法用于产品中水分的测定基本可行。

4.3 碳酸二甲酯（DMC）不溶物的测定

作为电池电极液的溶质应在特定的有机溶剂中具有良好的溶解性，这类溶剂在产品的制备和提纯中发挥着重要的作用。考虑到某些有机溶液的挥发性和气味儿对试验人员的影响较大，目前实际生产中和检验中大多以碳酸二甲酯（DMC）作为溶解测定产品的不溶物，此次制定标准采用 GB/T 19282—2014 中规定过滤膜装置进行抽滤，使得测定方法快速、准确。

目前搜集到企标均采用的碳酸二甲酯不溶物，方法一致。

表3 碳酸二甲酯（DMC）不溶物含量平行测定数据

平行测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8
DMC 不溶物含量	123	124	124	125	122	124	123	121
平均值	123.25							
相对标准偏差 (RSD)	1.04%							

从试验数据分析，该方法测定结果的相对标准偏差 RSD 小于 10%，表明其方法的测定结果的一致性 or 重复性良好，该方法用于产品中碳酸二甲酯（DMC）不溶物含量的测定基本可行。

4.4 游离酸的测定

通过控制测定溶液的温度，使得试样在测定过程中降低分解速度，通过快速酸碱滴定测定溶液中的游离酸。此次制定本标准直接引用 GB/T 19282—2014。

目前搜集到企标均采用了酸碱滴定法，其中浙江中欣在滴定中采用了氮气保护，因为实验过程影响结果和指标设置，后期值得关注此试验细节和指标调整。

表3 游离酸含量平行测定数据

平行测定次数	1	2	3	4	5	6	7	8
游离酸含量	29	28	30	30	29	30	28	31
平均值	29.38							
相对标准偏差 (RSD)	3.61							

从试验数据分析，该方法的 RSD 小于 5%，结果表明其方法的测定结果的一致性 or 重复性良好，该方法用于产品中游离酸的测定完全可行。

4.5 硫酸盐的测定

本次制定直接引用了GB/T 19282—2014中试验方法，采用的目视比浊法：在盐酸介质中，钡离子与硫酸根离子生成难溶的硫酸钡，当硫酸根离子含量较低时，在一定时间内硫酸钡呈悬浮体，使溶液呈现的混浊程度，可用于判定硫酸盐含量的范围。并列离子色谱法作为仲裁法。

表4 硫酸盐含量平行测定数据及对比数据

测定次数	检测方法
------	------

	方法一：目视	
	样品 1 (mg/kg)	样品 2 (mg/kg)
1	2.3	2.4
2	2.2	2.3
3	2.3	2.5
4	2.4	2.3
平均值	2.30	2.38
标准偏差 (SD)	0.082	0.096
相对标准偏差 (RSD)	3.55	4.03

从表 4 的试验数据分析，目视比浊法测定结果的相对标准偏差 (RSD) 在 4% 左右，作为标准中的检验方法是可行的。

4.6 氯化物的测定

本次制定直接引用了 GB/T 19282—2014 中试验方法，采用的目视比浊法：在硝酸介质中，氯离子与银离子生成难溶的氯化银。当氯离子含量较低时，在一定时间内氯化银呈悬浮体，使溶液混浊，可用于氯化物的目视比浊法测定。检测范围为 0.2 mg/L~4 mg/L(以 Cl 计)。并列离子色谱法作为仲裁法。

表5 氯化物含量平行测定数据及对比数据

测定次数	检测方法	
	方法一：目视	
	样品 1 (mg/kg)	样品 2 (mg/kg)
1	1.0	0.9
2	0.9	1.0
3	1.1	1.0
4	1.0	0.8
平均值	1.00	0.92
标准偏差 (SD)	0.082	0.096
相对标准偏差 (RSD)	8.16	10.35

从表 5 的试验数据分析，目视比浊法测定结果的相对标准偏差 (RSD) 在 10% 左右，作为标准中的检验方法是可行的。

4.7 铁等 11 项金属杂质含量的测定

搜集到的企标都是直接引用了 GB/T 19282—2014，选用了电感耦合等离子体原子发射光谱法。该方法 (ICP) 已广泛用于电池 (锂电、钠电) 材料中金属离子含量的测定，通过同类产品标准的试验验证，该方法对于电池材料中金属离子含量的测定完全可行。

按照 GB/T 19282—2014 中 3.3 方法中工作曲线法，曲线浓度为：0 μg/L、20 μg/L、100 μg/L、500 μg/L、1000 μg/L，请各单位按照实际操作填写下表。

表 6 金属杂质含量 ICP-OES 法工作曲线溶液的浓度

杂质元素	工作曲线溶液的浓度 (μg/L)					
	1	2	3	4	5	6
钙	0	250	500	750	1000	/

铅	0	250	500	750	1000	/
铁	0	250	500	750	1000	/
钾	0	250	500	750	1000	/
锂	0	250	500	750	1000	/
镉	0	250	500	750	1000	/
铬	0	250	500	750	1000	/
铜	0	250	500	750	1000	/
镁	0	250	500	750	1000	/
镍	0	250	500	750	1000	/
锌	0	250	500	750	1000	/

表 7 金属杂质含量 ICP-OES 法工作曲线线性数据

杂质元素	波长	光谱强度						标准曲线方程	线性相关系数
		1	2	3	4	5	6		
钙	317.933	/	/	/	/	/	/	/	/
	393.366	12527.9	16252496.0	33334798.7	50395353.5	66460043.6	/	$y = 1E-05x + 1.8063$	0.9999
	422.673	/	/	/	/	/	/	/	/
铅	220.353	371.7	5591.9	11236.0	16235.8	21493.8	/	$y = 0.0473x - 19.145$	0.9997
	283.305	/	/	/	/	/	/	/	/
铁	259.939	1240.3	110332.2	223381.2	333093.3	442644.8	/	$y = 0.0023x - 2.3012$	1.0000
钾	766.490	9230.5	194700.2	415330.9	634656.8	850472.2	/	$y = 0.0012x + 4.7119$	0.9991
锂	670.784	85840.1	14206409.3	29111144.2	43559828.4	58863525.1	/	$y = 2E-05x + 3.7641$	0.9998
镉	228.802	-1672.9	71029.3	142803.5	213398.6	283340.2	/	$y = 0.0035x + 2.4858$	0.9999
铬	283.563	5708.3	152925.4	307742.1	452254.4	610810.2	/	$y = 0.0017x - 6.5037$	0.9998
铜	324.752	28528.1	193718.7	392671.7	583069.0	777526.3	/	$y = 0.0013x - 22.903$	0.9991
镁	279.077	387.5	8999.5	18480.7	27582.4	35782.7	/	$y = 0.028x - 10.132$	0.9995
镍	221.648	-506.5	17256.1	34348.3	51027.4	67734.2	/	$y = 0.0147x + 1.2416$	0.9998
锌	213.857	1562.5	62809.4	126238.9	185507.4	252331.4	/	$y = 0.004x - 3.2326$	0.9997

表 8 金属杂质含量 ICP-OES 工作曲线法 8 平行数据

杂质元素	样品编号 测定结果 (mg/kg)								平均值	标准偏差	相对标准偏差
	1	2	3	4	5	6	7	8			
钙	0.10	0.09	0.11	0.10	0.12	0.09	0.10	0.09	0.10	0.011	10.69
铅	0.02	0.01	0.03	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	0.02	0.0076	37.80
铁	1.23	1.19	1.25	1.24	1.22	1.23	1.20	1.22	1.22	0.020	1.62
钾	1.52	1.48	1.55	1.50	1.54	1.49	1.50	1.53	1.51	0.025	1.65
锂	1.34	1.28	1.30	1.33	1.29	1.31	1.30	1.28	1.30	0.022	1.69
镉	0.01	0.01	0	0.02	0.01	0	0.01	0.02	0.01	0.0076	75.59
铬	0.23	0.25	0.24	0.20	0.24	0.22	0.25	0.21	0.23	0.019	8.05
铜	0.08	0.06	0.09	0.07	0.08	0.07	0.09	0.06	0.075	0.012	15.94

镁	0.02	0	0.01	0.02	0	0.01	0.01	0	0.0088	0.0083	95.37
镍	0.16	0.15	0.17	0.15	0.18	0.14	0.15	0.17	0.16	0.014	8.54
锌	0	0.01	0.01	0	0.02	0.01	0	0.01	0.0075	0.0071	94.28

5 检验规则

本标准采用型式检验和出厂检验，六氟磷酸钠、碳酸二甲酯（DMC）不溶物、水分、游离酸、钙、铁和钾含量为出厂检验项目

每批产品不超过 5 t。

6 标志、标签及随行文件

根据产品性质，包装上应标识 GB 190 中规定的“腐蚀性物质”标签。

7 包装、运输、贮存

根据六氟磷酸钠的特殊化学性质，产品应在密闭、干燥条件进行包装。净含量不小于 25 kg 的产品采用符合 GB 150.1～150.4—2011 要求的不锈钢桶包装，不锈钢桶应耐压能力大于 0.6 MPa，内充惰性气体（气压不小于 30 kPa），快接接头处应无腐蚀痕迹，并加盖防护盖。净含量不大于 10 kg 的产品采用耐腐瓶包装，外用铝塑膜袋抽真空包装。也可根据用户要求进行包装。

五、水平分析

本标准参考国内相关产品标准，结合下游用户的要求设置了指标项目、指标要求和分析方法。指标项目设置齐全，指标要求满足下游客户的使用要求。试验方法均采用常规、经典方法，经验证测定结果准确可靠，适合工厂分析要求。

综上所述，本标准达到国内先进水平。

附表 1:

国内标准指标对比表

项 目	《六氟磷酸钠》 化工行业标准	衢州市鼎盛化工科技有限公司 Q/B 1266-2021 电池级六氟磷酸钠	浙江中欣氟材股份有限公司 Q/ZZX 71—2024 六氟磷酸钠
六氟磷酸钠 w/% ≥	99.95 (差减法)	99.98 (差减法)	99.9 (离子色谱法)
碳酸二甲酯 (DMC) 不溶物 w/% ≤	0.0200	0.0070 (重量法)	0.0200 (GB/T 19282)
水分 w/% ≤	0.0020	0.0010 (GB/T6283 卡尔费休)	0.0010 (卡尔费休)
游离酸 (以 HF 计) w/% ≤	0.0100	0.0050 (酸碱滴定)	0.0090 (酸碱滴定)
硫酸盐 (以 SO ₄ 计) / (mg/kg) ≤	20	5 (GB/T 31197 离子色谱法)	5 (目视比浊法)
氯化物 (以 Cl 计) / (mg/kg) ≤	10	2 (GB/T 31197 离子色谱法)	2 (目视比浊法)
铁 (Fe) / (mg/kg) ≤	5	1 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
钾 (K) / (mg/kg) ≤	10	—	2 (ICP)
锂 (Li) / (mg/kg) ≤	5	—	2 (ICP)
钙 (Ca) / (mg/kg) ≤	5	2 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
镉 (Cd) / (mg/kg) ≤	5	1 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
铬 (Cr) / (mg/kg) ≤	5	12 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
铜 (Cu) / (mg/kg) ≤	5	1 (GB/T 30902ICP)	—
镁 (Mg) / (mg/kg) ≤	5	1 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
镍 (Ni) / (mg/kg) ≤	5	1 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
铅 (Pb) / (mg/kg) ≤	5	1 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
锌 (Zn) / (mg/kg) ≤	5	1 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
钡 (Ba) / (mg/kg) ≤	—	—	2 (ICP)
锰 (Mn) / (mg/kg) ≤	—	1 (GB/T 30902ICP)	2 (ICP)
铝 (Al) / (mg/kg) ≤	—	1 (GB/T 30902ICP)	—
砷 (As) / (mg/kg)	—	1 (GB/T 30902ICP)	—