

制定液流电池用铁铬电解液行业标准编制说明

（征求意见稿）

一、任务来源

根据工业和信息化部工信厅科〔2023〕42号《2023年第二批行业标准制修订和外文版项目计划》，在2025年完成《液流电池用铁铬电解液》化工行业标准的制定工作，计划编号为2023-0626T-HG。该行业标准由共同起草，由全国化学标准化技术委员会无机化工分会负责技术归口。

二、制定标准的意义

随着世界经济的发展，人们对能源的需求与日俱增，能源短缺日益严峻。传统化石能源的大量消费产生的二氧化碳引起温室效应使全球变暖、极端天气等问题日益严重，碳减排任务艰巨。“可再生能源+储能”被认为是实现这一目标的主要途径。由于风能、太阳能等可再生能源发电具有间歇性和随机性等特点，大规模并入电网将给电网的安全、稳定运行带来严重冲击。因此，亟需大规模储能技术，特别是长时储能技术，来实现电网的调峰平谷，进而提高电网对可再生能源发电的消纳能力，解决弃风弃光等问题，助力“碳达峰、碳中和”目标的实现。

在此背景下，液流电池用铁铬电解液应运而生，铁铬电解液通常由氯化亚铁、氯化铬和盐酸为基础原料，辅以一种或多种添加剂制备而成。该电解液与钒系等其他液流电池电解液相比，其原料采用国内供给丰富且价格低廉的铁离子和铬离子为活性物质，具有较大的低成本优势；且运行温度范围较宽为-20℃~70℃，环境适应性良好；铁离子和铬离子毒性较低，对环境危害较小；电解液能循环利用且避免了电池充放电过程中活性离子的交叉污染。由于成本较低、运行温度范围较大等优势，液流电池用铁铬电解液也被认为是具有商业化应用前景的大规模储能技术之一，可有效解决风能、太阳能等可再生能源并网等难题，助力碳达峰、碳中和的实现。目前我国该产品已实现量产，并实现了有效应用。

随着新能源和储能行业的快速发展，相应的液流电池电解液等储能材料的用量将持续攀升，制定《液流电池用铁铬电解液》行业标准，建立各项指标要求及试验方法，可指导铁铬液流电池电解液生产、测试、使用，可促进生产技术和应用技术不断发展，达到统一和规范市场的效果，对提高产品质量起到积极的推进作用，另外该标准的制定也有利于铬盐、铁盐行业优化产业结构，提升传统产品的品质和附加值，也可保障关键领域产业链原材料供给安全。

三、产品概况

能源是社会经济增长的主要动力源泉，是人类繁荣进步的根本物质保障。我国的能源消费结构主要体现为新能源比例低，常规能源“多煤、缺油、少气”的现状。随着化石能源的大量使用对环境的影响愈发严重，碳减排任务艰巨。为实现“双碳”目标，我国要从能源消费电气化和能源生产清洁化出发进行能源结构变革，构建新型清洁电力系统，大力发展以太阳能和风能为代表的清洁永续可再生能源。然而，光伏和风能具有间歇性、随机性和波动性特点，发电与用电需求匹配度差，非稳态电能直接并网会对电网的安全性造成冲击，需配套大容量长时储能技术提高光伏和风能的发电品质、输出稳定性和并网安全性，有效解决制约光伏和风能发电的应用瓶颈，对新能源大规模持续稳定利用、降低企业经济成本和构建新型电力系统至关重要。

国家出台多项针对储能的重要政策，包括《“十四五”新型储能发展实施方案》《“十四五”可再生能源发展规划》等，明确储能技术的多元化创新发展路线，实现新型储能技术从商业化初期向规模化发展转变。储能技术是推动主体能源由化石能源向可再生能源更替的关键技术，是推动电

力体制改革和能源新业态发展的核心基础。按基础原理主要分为物理储能和电化学储能。电化学储能伴随储能介质的化学反应或元素价态的变化，实现电能和化学能的转化，常见的铅酸电池、锂离子电池、液流电池和其他新型储能技术。

液流电池因其具有高安全性、循环寿命长、且功率单元和容量单元相对独立，设计灵活、储能规模大等突出优势，是业界公认最适于建造大规模储能系统的一种储能组件，并在商业化应用中取得了重大进展。目前，技术较成熟的有全钒液流电池、铁铬液流电池和锌溴液流电池，全钒液流电池由于钒价格较高，导致成本较高，限制了其发展及其产业化应用。

铁铬液流电池是最早出现的一种液流电池技术，适用于可再生能源发电储能装置、电网调峰调频、电网削峰填谷、不间断电源或应急电源等领域。铁铬液流电池具有安全性高、电解液低毒低腐蚀性、循环寿命长、额定功率和容量独立、原材料储量丰富和价格低廉等优势，可应用于太阳能、风能等发电侧以及智能微网、用户侧等多个领域，具有较好的产业化与市场推广应用前景。铁铬电池系统主要由功率单元（单电池、电堆或电堆模块）、储能单元（电解液及储罐）、电解液输送单元（管路、阀门、泵、换热器等）和电池管理系统等组成。电解液是液流电池储存能量的核心材料，铁铬液流电池的正、负极电解液采用价格低廉的铁和铬离子做为活性物质，成本相对较低，运行温度范围大，电化学性能较好，使其成为液流电池的主要技术之一。

铁铬液流电池分别采用 Fe^{3+}/Fe^{2+} 电对和 Cr^{3+}/Cr^{2+} 电对作为正极和负极活性物质，通常以盐酸作为支持电解液质。采用混合电解液（即氯化亚铁与氯化铬的盐酸水溶液）作为铁铬电池的正极和负极电解液，降低了对隔膜的选择性要求，有效的减少了电解液中活性物质的交叉污染。铁铬电池的电极反应方程式如下，在充电过程中， Fe^{2+} 失去电子被氧化成 Fe^{3+} ， Cr^{3+} 得到电子被还原成 Cr^{2+} ，放电过程则相反。

正极反应： $Fe^{2+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + e^-$ $E^0 = 0.77V$

负极反应： $Cr^{3+} + e^- \rightleftharpoons Cr^{2+}$ $E^0 = -0.41V$

总反应： $Fe^{2+} + Cr^{3+} \rightleftharpoons Fe^{3+} + Cr^{2+}$ $E^0 = 1.18V$

3 生产方法

水中依次加入盐酸、氯化亚铁、三氯化铬，加热搅拌，过滤得到电解液。

四、国内外标准状况

目前收集到可作参考的标准有：

NB/T 11067—2023 铁铬液流电池用电解液技术规范。该标准规定了铁、铬、钙、镁、锰、锌、硫的指标要求，规定了总铁含量、二价铁含量、铬含量、游离酸、电导率、密度、粘度的测定方法。

五、制定标准的原则

- 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。

六、制定标准的依据

- ①NB/T 11067—2023 铁铬液流电池用电解液技术规范

- ②国内生产厂家企业标准；
- ③国内生产厂家生产质量月报及客户要求；
- ④生产厂家的累积数据；
- ⑤制定标准过程中的试验数据。

七、简要编制过程

全国化学标准化技术委员会无机化工分会接到制定《液流电池用铁铬电解液》行业标准任务后，首先向生产厂家发函进行调查，广泛征求对制定该行业标准的意见，同时征集起草单位，组建起草工作小组。查阅了国内外有关标准及技术资料，起草小组在此基础上提出了文献小结。于2023年3月在成都召开了制定液流电池用铁铬电解液行业标准的工作方案会，会上工作小组进行了认真仔细的讨论，初步确定了指标项目和试验方法修订的内容，并制定了工作方案和工作进度。2024年6月由负责起草单位提出了标准征求意见稿（草案）、编制说明及其附件，发送给委员和生产厂征求意见，并在 www.trici.com.cn 网上公开征求意见。

八、标准内容的确立

外观：液流电池用铁铬电解液为绿色液体。

8.1 范围

该产品主要用于盐酸体系的铁铬液流电池。

8.2 指标项目的设定

本次标准的制定拟设定总铁、三价铁、铬、钙、镁、锰、锌、硫、硅、铜、镍、钴、铅、钼、锡、游离酸、总有机碳 TOC、密度等指标。

8.3 指标参数

2024年3月方案会上根据国内实际生产情况和用户要求初步确定了指标项目及要求，会后起草小组讨论后将指标参数设定如下：

项 目	指 标
总铁（g/L）	≥ 56.0
三价铁（g/L）	≤ 2.6
铬（g/L）	≥ 52.0
钙（mg/L）	≤ 120
镁（mg/L）	≤ 120
锰（mg/L）	≤ 200
锌（mg/L）	≤ 180
硫（mg/L）	≤ 100
硅（mg/L）	≤ 10
铜（mg/L）	≤ 2
镍（mg/L）	≤ 2
钴（mg/L）	≤ 10

铅（mg/L）	≤	20
钼（mg/L）	≤	1
锡（mg/L）	≤	1
游离酸（mol/L）	≤	1.0~2.0
总有机碳 TOC（mg/L）	≤	500
密度（g/mL）	≥	1.25

8.4 分析方法的设定

8.4.1 总铁含量

NB/T11067-2023总铁含量的测定采用氧化还原滴定。

本次标准制定总铁含量的测定采用此氧化还原滴定法。用盐酸羟胺将电解液中三价铁还原为二价铁，在酸性介质中，以二苯胺磺酸钠为指示剂，用重铬酸钾标准滴定溶液滴定。

8.4.2 二价铁含量

NB/T11067-2023二价铁含量的测定采用氧化还原滴定法，在酸性介质中，在溶液中加入过量的重铬酸钾，重铬酸钾与二价铁充分反应后，再根据恒电流库仑分析法，用恒电流滴定，使溶液中三价铁的电子转换为二价铁与重铬酸钾发生反应，进而计算出溶液中原有二价铁离子浓度。

本次标准制定二价铁含量的测定采用氧化还原滴定，在硫酸和磷酸介质中，以二苯胺磺酸钠为指示剂，用重铬酸钾标准滴定试验溶液中二价铁。

8.4.3 三价铁含量

本标准的制定，三价铁含量采用差减法，用总铁含量减去二价铁含量。

8.4.5 铬含量

NB/T11067-2023用硫磷混酸掩蔽三价铁离子，用分光光度法测定三价铬离子浓度。

本标准的制定，铬含量的测定采用氧化还原滴定法，在碱性条件下加入过氧化氢将三价铬氧化为六价铬，在酸性介质，以N-苯基邻氨基苯甲酸为指示剂，用硫酸亚铁铵标准滴定溶液滴定。

8.4.6 钙、镁、锰、锌、硫、硅、铜、镍、钴、铅、钼、锡、二氧化硅含量

NB/T11067-2023：有钙、镁、锰、锌、硫的指标要求但是没有检测方法。

本标准的制定阳离子含量的测定采用电感耦合等离子体发射光谱法，试样稀释后，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，采用工作曲线法对相应元素进行定量分析。

8.4.7 游离酸

NB/T11067-2023采用自动电位滴定仪。

本标准的制定，采用自动电位滴定仪，用氢氧化钠标准滴定溶液进行滴定以二级微商确定反应终点。

8.4.8 总有机碳

NB/T11067-2023无此项指标，本标准的制定总有机碳的测定采用GB/T 32116 循环冷却水中总有机碳（TOC）的测定方法。

8.4.9 密度

NB/T11067-2023采用重量法。

本标准的制定，密度的测定采用GB/T 4472—2011 化工产品密度、相对密度的测定中4.3.1密度瓶法。在同一温度下，用水标定密度瓶体积，然后测定同体积试样的质量，求出其密度。

九、标准属性

本标准为您推荐性标准。

四川省银河化学股份有限公司 2022 年液流电池用铁铬电解液质量月报

项 目	1 月	4 月	5 月	6 月	8 月	9 月	10 月	11 月	12 月
总铁（g/L）	57g/L	56g/L	67.2	68	56.5g/L	56g/L	56.1g/L	56.9g/L	57.2g/L
三价铁（g/L）	-	-	-	-	-	-	-	-	-
二价铁（g/L）	56.68g/L	55.93g/L	68.7g/L	67.5g/L	55.62g/L	55.83g/L	56g/L	56.2g/L	56.94g/L
铬（g/L）	52.92g/L	52.7g/L	72.8g/L	72.65g/L	52.4g/L	52.1g/L	52.45g/L	52.4g/L	52.5g/L
钙（mg/L）	2.34mg/L	1.9mg/L	1.2mg/L	3.54mg/L	4.01mg/L	2.55mg/L	3.49mg/L	1.34mg/L	3.11mg/L
镁（mg/L）	2.23mg/L	1.99mg/L	0.34mg/L	1.5mg/L	1.84mg/L	3.62mg/L	1.3mg/L	3.87mg/L	1.1mg/L
锰（mg/L）	25.2mg/L	24.2mg/L	13.9mg/L	23.38mg/L	50.86mg/L	19.77mg/L	29.36mg/L	17.32mg/L	12.5mg/L
锌（mg/L）	6.59mg/L	2.8mg/L	-	5.3mg/L	4.92mg/L	4.57mg/L	5.33mg/L	8.58mg/L	11.02mg/L
硫（mg/L）	26.85mg/L	55.32mg/L	32.21mg/L	73.25mg/L	35.85mg/L	41.91mg/L	52.42mg/L	37.73mg/L	39.36mg/L
硅（mg/L）	1mg/L	11.3mg/L	1.6mg/L	3.5mg/L	2.33mg/L	2.2mg/L	6.56mg/L	2.33mg/L	1.94mg/L
铜（mg/L）	10.56mg/L	3.21mg/L	5.58mg/L	-	2.66mg/L	3.78mg/L	7.62mg/L	8.34mg/L	1.36mg/L
镍（mg/L）	5.04mg/L	4.62mg/L	5.75mg/L	-	2.93mg/L	1.1mg/L	-	4.55mg/L	2.2mg/L
钴（mg/L）	1.3mg/L	2.2mg/L	3.3mg/L	-	1.28mg/L	1.5mg/L	5.68mg/L	4.3mg/L	0.96mg/L
初始充电能量密度	10.47wh/L	10.56wh/L	11.03wh/L	10.01wh/L	11.2wh/L	9.83wh/L	11.35wh/L	13.43wh/L	11.02wh/L
库伦效率	62%	77%	74%	81%	79%	82%	83%	83%	82%

四川省银河化学股份有限公司 2023 年铬铁液流电池电解液质量月报

项 目	1 月	2 月	3 月	5 月	6 月	9 月	10 月	11 月	12 月
总铁（g/L）	57g/L	67.8	68.6	67.1	67.9	56.8g/L	57g/L	56.95g/L	56.63g/L
二价铁（g/L）	56.68g/L	67.2g/L	67.86g/L	67.68g/L	67.77g/L	56.1g/L	56.53g/L	56.47g/L	56.56g/L
铬（g/L）	52.92g/L	72.8g/L	72.7g/L	72.14g/L	72.52g/L	52.8g/L	51.55g/L	52.8g/L	51.19g/L
钙（mg/L）	2.34mg/L	2.62mg/L	5.51mg/L	3.36mg/L	1.94mg/L	2.46mg/L	0.90mg/L	3.51mg/L	1.6mg/L
镁（mg/L）	2.23mg/L	0.48mg/L	1.59mg/L	1.34mg/L	1.22mg/L	1.62mg/L	0.68mg/L	2.66mg/L	2.1mg/L
锰（mg/L）	32.2mg/L	15.44mg/L	12.02mg/L	26.5mg/L	36.43mg/L	28.2mg/L	11.63mg/L	13.75mg/L	11.8mg/L
锌（mg/L）	6.59mg/L	1.03mg/L	6.91mg/L	14.53mg/L	0.6mg/L	1.2mg/L	1.47mg/L	1.7mg/L	1.65mg/L
硫（mg/L）	26.85mg/L	32.32mg/L	19.08mg/L	16.76mg/L	33.25mg/L	24.32mg/L	60.08mg/L	25.46mg/L	33.75mg/L
硅（mg/L）	1mg/L	4.3mg/L	6.1mg/L	6.2mg/L	2.8mg/L	5.6mg/L	6.9mg/L	2.2mg/L	1.6mg/L
铜（mg/L）	10.56mg/L	2.23mg/L	5.74mg/L	5.60mg/L	4.23mg/L	3.18mg/L	7.22mg/L	6.6mg/L	5.4mg/L
镍（mg/L）	5.04mg/L	0.11mg/L	0.08mg/L	-	0.23mg/L	0.1mg/L	1.3mg/L	1.22mg/L	0.96mg/L
钴（mg/L）	1.3mg/L	1.5mg/L	0.98mg/L	0.32mg/L	0.44mg/L	1.28mg/L	4.34mg/L	0.88mg/L	0.1mg/L
铅（mg/L）	-	-	0.01mg/L	-	-	-	-	-	-
初始充电能量密度	11.32wh/L	11.56wh/L	10.2wh/L	9.43wh/L	12.07wh/L	8.8wh/L	10.65wh/L	11.07wh/L	11.3wh/L
库伦效率	80%	77%	83%	71%	82%	79%	83%	76%	82%

湖北振华化学股份有限公司 2023 年液流电池用铁铬电解液质量月报

项 目	7 月	9 月
总铁（g/L）	65.13	65.35
三价铁（g/L）	—	—
二价铁（g/L）	65.13	65.35
铬（g/L）	72.4	71.24
钙（mg/L）	33.6	26.8
镁（mg/L）	33.2	26.4
锰（mg/L）	185.6	158.1
锌（mg/L）	36.2	18.5
硫（mg/L）	32	25
硅（mg/L）	16	10
铜（mg/L）	0.8	0.6
镍（mg/L）	1.6	0.9
钴（mg/L）	0.3	0.1
铅（mg/L）	16	10
钼（mg/L）	未检出	未检出
锡（mg/L）	未检出	未检出
游离酸（mol/L）	78.65	73.73
总有机碳 TOC（mg/L）	620	740
密度（g/mL）	1.31	1.31
初始充电能量密度	120	120
库伦效率	96.8	96.2

斯瑞尔环境科技股份有限公司液流电池用铁铬电解液质量月报

项目	2022.03	2022.09	2022.09	2022.09	2022.09	2022.09	2022.11	2022.11	2023.02	2023.02	2023.02	2023.02	2023.03	2023.07	202401	202401
Fe ²⁺ ,g/L	67.6	67.4	68.2	67.8	67.9	65.44	67.26	67.74	66.96	67.52	67.28	67.36	67.6	69.9	68.1	65.85
Fe,g/L	69.3	69.2	69.5	68.5	68.3	68.24	68.32	68.6	68.6	69	68.56	68.56	68.4	71.3	70.2	68.9
Cr ³⁺ ,g/L	74.4	73.2	74	73.3	73.8	72.43	70.72	72.09	72.08	70.87	71.48	72.24	73	70.7	72.1	71.3
Ca, mg/L	272.95	28	47	40	38	25	58.5	54.1	31.62	34.2	28.74	27.6	35	44	37.9	33.7
Mg/mg/L	—	12	13	11	10	16	28	26.2	13.8	15.7	12.73	12.37	17.2	14	13.6	20
Mn/mg/L	121.01	55	53	49	47	58	96.8	96	53	59.3	49.77	52.02	57	64	52.3	50
Zn/mg/L	—	3	3	2	3	—	7.1	2.1	5.2	3.8	2.5	2.1	2	4	6.1	3.2
Cu/mg/L	28.67	0.7	1	1	1	<1	<1	0.114	0.11	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Mo/mg/L	—	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Sn/mg/L	—	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1
Ni/mg/L	—	<1	<1	<1	<1	1.06	<1	1.2	0.22	0.44	0.04	<1	<1	<1	<1	<1
Co/mg/L	6.06	1.6	1	1	1	<5	5.7	0.92	1.8	1.6	1.5	1.8	3.6	2	2	3
S/mg/L	880 SO ₄ ²⁻	25	43	42	38	37	40.5	40	27	31	19	25	28.5	46	29	37.5
K/mg/L	<10	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—

浙江威尔森新材料有限公司公司 2024 年铬铁液流电池电解液质量月报

项 目	1 月	2 月	3 月	4 月	5 月	6 月
总铁 (g/L)	67.02	66.93	67.16	66.85	67.52	67.11
三价铁 (g/L)	0.01	/	/	/	/	/
二价铁 (g/L)	67.01	66.93	67.16	66.82	67.52	67.11
铬 (g/L)	72.8	72.51	72.93	72.86	72.66	73.1
钙 (mg/L)	90.95	110.3	211.25	200.22	198.55	158.25
镁 (mg/L)	110.69	125.25	83.03	130.18	150.22	79.33
锰 (mg/L)	135.25	235.25	335.58	117.5	80.25	177.25
锌 (mg/L)	3.25	5.25	8.25	1.25	0.12	2.22
硫 (mg/L)	/	/	/	/	/	/
硅 (mg/L)	/	/	/	/	/	/
铜 (mg/L)	0.1	/	0.55	0.36	1.01	/
镍 (mg/L)	0.01	0.03	0.25	0.14	0.25	/
钴 (mg/L)	1.1	2.56	3.68	0.24	3.58	1.01
铅 (mg/L)	1.75	3.65	0.25	2.14	0.14	0.25
钼 (mg/L)	/	/	/	/	/	/
锡 (mg/L)	/	/	/	/	/	/
游离酸 (mol/L)	2.51	2.49	2.5	2.48	2.49	2.52
总有机碳 TOC (mg/L)	110.25	25.65	28.35	152.36	171.25	46.85