

T/CWDPA

团 体 标 准

T/CWDPA XXXX—2026

全钒液流电池用硫酸钒电解液技术规范

Technical specification for vanadium sulfate electrolyte in All-Vanadium flow
batteries

（征求意见稿）

XXXX – XX – XX 发布

XXXX – XX – XX 实施

中国西部开发促进会 发 布

目 次

前言 III

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 技术要求 1

 4.1 外观 1

 4.2 主成分含量及允许偏差 1

 4.3 杂质元素含量 2

 4.4 添加剂 2

 4.5 不溶性杂质 2

 4.6 物理性能 2

 4.7 稳定性 2

 4.8 电化学性能（型式检验项目） 3

 4.9 安全环保要求 3

5 试验方法 3

 5.1 一般规定 3

 5.2 外观检查 3

 5.3 主成分含量测定 3

 5.4 杂质元素含量测定 3

 5.5 不溶性杂质测定 3

 5.6 物理性能测定 3

 5.7 稳定性试验 3

6 检验规则 4

 6.1 组批 4

 6.2 取样 4

 6.3 检验分类 4

 6.4 判定规则 4

7 标志、包装、运输及贮存 4

 7.1 标志 4

 7.2 包装 4

 7.3 运输 4

 7.4 贮存 5

附录 A （资料性） 杂质元素 ICP-OES 分析谱线波长 6

附录 B （资料性） 高浓度电解液技术指标参考 7

参考文献 8

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。

本文件由中国西部开发促进会提出。

本文件由中国西部开发促进会归口。

本文件起草单位：。

本文件主要起草人：。

本文件首次发布。

全钒液流电池用硫酸钒电解液技术规范

1 范围

本文件规定了全钒液流电池用硫酸钒电解液（以下简称“电解液”）的技术要求、试验方法、检验规则、标志、包装、运输及贮存。

本文件适用于以硫酸为介质、含不同价态钒离子的全钒液流电池正负极电解液的生产、检验和应用。

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 6908—2008 锅炉用水和冷却水分析方法 电导率的测定
GB/T 10247—2008 粘度测量方法
GB/T 11901 水质 悬浮物的测定 重量法
GB/T 23942 化学试剂 电感耦合等离子体原子发射光谱法通则
GB/T 34866 全钒液流电池 安全要求
NB/T 42006—2025 全钒液流电池用电解液 测试方法

3 术语和定义

GB/T 29840—2013界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

硫酸钒电解液 vanadium sulfate electrolyte

以硫酸为支持电解质，含有 V^{2+} 、 V^{3+} 、 VO^{2+} 、 VO_2^+ 中一种或多种价态钒离子，用于全钒液流电池能量存储与转换的电解质溶液。

3.2

总钒浓度 total vanadium concentration

电解液中所有价态钒离子的总物质的量浓度，单位为摩尔每升（mol/L）。

3.3

价态钒比例 vanadium valence ratio

特定价态钒离子的物质的量与总钒物质的量的比值。

3.4

不溶性杂质 insoluble impurities

在规定试验条件下，不能溶解于电解液中的固体颗粒物。

4 技术要求

4.1 外观

电解液应为均匀透明液体，无可见沉淀、悬浮物及分层现象；颜色应符合对应价态特征（ V^{3+} 电解液呈绿色， VO^{2+} 电解液呈蓝色， V^{3+}/VO^{2+} 混合体系（3.5价）呈蓝绿色），供需双方有特殊颜色约定的，按合同执行。

4.2 主成分含量及允许偏差

不同价态硫酸钒电解液的主成分含量及允许偏差应符合表1的规定。

表 1 主成分含量及允许偏差

产品品种	项目	指标	允许偏差
3价电解液（负极液）	总钒浓度（V）	$\geq 1.50 \text{ mol/L}$	$\pm 0.05 \text{ mol/L}$
	硫酸根浓度（ SO_4^{2-} ）	$\geq 2.30 \text{ mol/L}$	$\pm 0.10 \text{ mol/L}$
	V^{3+} 占总钒比例	≥ 0.95	—
3.5价电解液（混合液）	总钒浓度（V）	$\geq 1.50 \text{ mol/L}$	$\pm 0.05 \text{ mol/L}$
	硫酸根浓度（ SO_4^{2-} ）	$\geq 2.30 \text{ mol/L}$	$\pm 0.10 \text{ mol/L}$
	V^{3+} 与 VO^{2+} 摩尔比	1.0:1.0	± 0.10
4价电解液（正极液）	总钒浓度（V）	$\geq 1.50 \text{ mol/L}$	$\pm 0.05 \text{ mol/L}$
	硫酸根浓度（ SO_4^{2-} ）	$\geq 2.30 \text{ mol/L}$	$\pm 0.10 \text{ mol/L}$
	VO^{2+} 占总钒比例	≥ 0.95	—

注1：总钒浓度高于2.0 mol/L的高浓度电解液，其主要成分指标及允许偏差由供需双方协商确定，在合同中明确。

注2：硫酸根浓度可根据总钒浓度按化学计量比调整，确保电解液体系稳定性。

4.3 杂质元素含量

电解液中杂质元素含量应符合表2规定，需方有更高纯度要求的，可在订货单（或合同）中补充约定。

表 2 杂质元素含量

杂质元素	一级品（mg/L） $\leq$	二级品（mg/L） $\leq$	杂质元素	一级品（mg/L） $\leq$	二级品（mg/L） $\leq$
Al	50	80	Na	80	200
As	1	1	Ni	20	60
Ca	30	70	Cr	15	30
Cu	1	5	Mn	5	30
Fe	50	200	Mo	20	30
K	100	200	Si	10	10
Mg	30	50	Cl^-	100	100
Au、Pd、Pt（总量）	1	1	NH_4^+	20	50

注：剧毒杂质As的含量严格控制在1 mg/L以下，符合GB/T 34866安全要求。

4.4 添加剂

允许添加用于改善电解液稳定性、电化学活性、导电性的功能性添加剂，添加剂种类、纯度及加入量需在订货单（或合同）中明确。供方应在质量证明书中报出添加剂实测值，且添加剂不得引入新的有害杂质。

4.5 不溶性杂质

电解液目视应无可见不溶性杂质；目视判断存疑时，按GB/T 11901重量法测定，残渣量应 $\leq 5 \text{ mg/L}$ 。不溶性杂质含量超标会影响电池循环性能及密封性，供方应采取过滤等工艺控制。

4.6 物理性能

电解液在25℃条件下的物理性能应符合下列要求，供方需在质量证明书中提供实测值：

- a) 电导率： $\geq 20 \text{ mS/cm}$ ；
- b) 黏度： $\leq 10 \text{ mPa}\cdot\text{s}$ ；
- c) 密度： $1.20 \text{ g/cm}^3 \sim 1.35 \text{ g/cm}^3$ （实测值报出）。

4.7 稳定性

电解液应具备良好的热稳定性和化学稳定性，满足以下要求：

- a) 高低温稳定性：在 $-10^\circ\text{C} \sim 45^\circ\text{C}$ 温度范围内静置30 d，无沉淀、分层、变色等异常现象；
- b) 热衰减稳定性：在 45°C 恒温72 h后，总钒浓度衰减率 $\leq 2\%$ ；

- c) 储存稳定性：在规定贮存条件下（5℃~30℃、密封避光），保质期内总钒浓度衰减率≤3%，价态分布无明显异常。

4.8 电化学性能（型式检验项目）

作为型式检验项目，电解液电化学性能应符合下列要求，供需双方有约定的按合同执行：

- a) 循环伏安特性：采用三电极体系、以碳毡为工作电极，在电位扫描速率 50 mV/s 条件下，钒离子氧化还原峰电流稳定，峰电位差≤0.6 V；
- b) 充放电循环稳定性：组装单电池进行 50 次充放电循环后，容量保持率≥95%（充放电倍率 0.5 C）。

4.9 安全环保要求

- 4.9.1 安全要求：电解液为酸性腐蚀性物质，应符合 GB/T 34866 中关于电解液的安全警示、防护及应急处理要求。
- 4.9.2 环保要求：生产及使用过程中产生的废液、废渣处理，应符合 GB 8978、GB 18597 等相关要求。
- 4.9.3 重金属限值：电解液中重金属（Pb、Cd、Hg、Cr）总量应≤5 mg/L，符合环保无害化要求。

5 试验方法

5.1 一般规定

- 5.1.1 试验所用试剂应为分析纯及以上级别，除非另有规定。
- 5.1.2 试验用水应符合 GB/T 6682-2008 中三级水的要求。
- 5.1.3 试验环境：温度（18~30）℃，相对湿度≤70% RH，除非另有规定。
- 5.1.4 所有试验应做平行样，两次测定结果的相对偏差应≤2%，取算术平均值作为试验结果。

5.2 外观检查

取100 mL试样倒入透明玻璃烧杯中，在日光或40 W日光灯照射下，目视观察是否有沉淀、悬浮物、分层及颜色特征，记录结果。

5.3 主成分含量测定

- 5.3.1 总钒浓度及价态钒比例：按照 NB/T 42006-2025 附录 A 的规定进行，采用电位滴定法或分光光度法。
- 5.3.2 硫酸根浓度：按照 NB/T 42006-2025 附录 B 的规定进行，采用重量法。

5.4 杂质元素含量测定

- 5.4.1 Al、Ca、Cr、Fe、K、Mg、Mn、Mo、Na、Ni、Si 含量：按照 GB/T 23942 的规定，采用 ICP-OES 法测定，各元素分析谱线波长参照附录 A。
- 5.4.2 Au、Pd、Pt 含量：采用 ICP-MS 法测定，检出限≤0.1 mg/L。
- 5.4.3 Cl⁻含量：采用电位滴定法测定，按照 NB/T 42006-2025 的相关规定进行。
- 5.4.4 NH₄⁺含量：采用纳氏试剂分光光度法测定。

5.5 不溶性杂质测定

按照GB/T 11901的规定，采用重量法测定，取1000 mL试样过滤，残渣经105℃烘干至恒重后称量，计算残渣量。

5.6 物理性能测定

- 5.6.1 电导率：按照 GB/T 6908-2008 中 7.3 及 7.5 的规定，采用电导率仪测定（25℃）。
- 5.6.2 黏度：按照 GB/T 10247-2008 第 2 章的规定，选用乌氏黏度计（尺寸号 0C、0B 或 1）测定（25℃）。

5.7 稳定性试验

取100 mL试样置于密封容器中，分别在-20℃、-10℃、25℃、45℃、55℃条件下静置30 d，观察外观变化；45℃恒温72 h后，按5.3.1条测定总钒浓度，计算衰减率。

6 检验规则

6.1 组批

产品应成批提交检验，每批由同一生产批次、同一品种、同一等级的电解液组成，每批不超过30 m³。

6.2 取样

从每批产品中随机抽取3~5个包装单元，每个单元取样量不少于500 mL，混合均匀后作为代表性试样，分两份保存（一份检验，一份留样），留样保存期不少于6个月。

6.3 检验分类

6.3.1 出厂检验：每批产品出厂前均应进行检验，检验项目包括外观、主成分含量、杂质元素含量（表2中关键杂质Fe、Cu、Cl⁻）、不溶性杂质、物理性能。

6.3.2 型式检验：型式检验项目包括本文件第4章全部技术要求，一般每半年进行一次；有下列情况之一时，应进行型式检验：

- a) 新产品投产或老产品转产时；
- b) 原料、生产工艺发生重大变化时；
- c) 产品停产3个月以上恢复生产时；
- d) 出厂检验结果与上次型式检验结果有较大差异时；
- e) 国家质量监督机构或需方提出型式检验要求时。

6.4 判定规则

6.4.1 所有检验项目均符合本文件要求时，判定该批产品合格。

6.4.2 若有一项指标不符合要求，应从该批产品中加倍取样复检，复检结果仍不合格，则判定该批产品不合格。

6.4.3 供需双方对检验结果有异议时，应在收到检验报告之日起30日内协商解决；如需仲裁，可委托双方认可的第三方检验机构进行，仲裁结果为最终依据。

7 标志、包装、运输及贮存

7.1 标志

每个包装单元应粘贴清晰、牢固的标志，内容包括：

- a) 产品名称、型号规格（价态、总钒浓度）；
- b) 生产企业名称、地址、联系方式；
- c) 生产日期、批号、保质期；
- d) 净含量、等级；
- e) 安全警示标志（腐蚀性物质）、环保标识；
- f) 密封保存”“避免暴晒”“轻拿轻放”等储运标识。

7.2 包装

电解液应采用耐硫酸腐蚀的专用包装容器（如高密度聚乙烯桶、玻璃钢桶），包装规格可由供需双方协商确定（常用规格25 L、200 L、1000 L）。包装应密封严密，无泄漏，包装前容器应经清洗、干燥处理。

7.3 运输

7.3.1 运输过程中应轻装轻卸，避免碰撞、倾倒、暴晒、雨淋，严禁与碱性物质、氧化剂混运。

7.3.2 运输车辆应配备相应的防护装备和应急处理物资，驾驶员应熟悉产品特性及应急处理方法。

7.3.3 铁路、公路、水路运输应符合国家相关运输法规的要求。

7.4 贮存

7.4.1 产品应贮存于阴凉、干燥、通风的库房中，远离火源、热源，库房温度控制在（5~30）℃，避免与碱性物质、氧化剂同库存放。

7.4.2 贮存期间应定期检查包装密封性，发现泄漏及时处理，严禁混入杂质。

7.4.3 在规定贮存条件下，产品保质期自生产日期起不少于6个月，超过保质期的产品应重新检验，合格后方可使用。

附 录 A

(资料性)

杂质元素 ICP-OES 分析谱线波长

杂质元素 ICP-OES 分析谱线波长见表 A. 1。

表 A. 1 杂质元素 ICP-OES 分析谱线波长

杂质元素	分析谱线波长 (nm)	杂质元素	分析谱线波长 (nm)
Al	396. 152	Mg	279. 553
Ca	393. 366	Mn	257. 610
Cr	267. 716	Mo	202. 030
Cu	324. 754	Na	589. 592
Fe	259. 940	Ni	231. 604
K	766. 490	Si	251. 611

附 录 B
(资料性)
高浓度电解液技术指标参考

高浓度硫酸钒电解液（总钒浓度2.0 mol/L～3.0 mol/L）技术指标可参考表B.1，供需双方可根据实际需求协商确定。

表 B.1 高浓度电解液技术指标参考

项目	指标	允许偏差
总钒浓度 (V)	2.0~3.0 mol/L	±0.08 mol/L
硫酸根浓度 (SO ₄ ²⁻)	3.0~5.0 mol/L	±0.15 mol/L
45℃恒温72 h总钒衰减率	≤3%	—
电导率 (25℃)	≥30 mS/cm	—

参 考 文 献

- [1] GB/T 43512—2023 全钒液流电池可靠性评价方法
- [2] NB/T 42133—2017 全钒液流电池用电解液 技术条件
- [3] IEC 62932-2-1:2020 固定式领域用液流电池 第2-1部分：性能通用要求及测试方法