

ICS 29.220.20
CCS K 84

NB

中华人民共和国能源行业标准

NB/T 11062—2023

全钒液流电池用电堆技术条件

Technical specification of vanadium flow battery stack

2023-02-06 发布

2023-08-06 实施

国家能源局 发布

目 次

前言	II
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 要求	1
5 试验方法	3
6 检验规则	6
7 标志、使用说明书	8
8 包装、运输、贮存	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。

本文件由中国电器工业协会提出。

本文件由能源行业液流电池标准化技术委员会（NEA/TC 23）归口。

本文件起草单位：大连融科储能技术发展有限公司、中国科学院大连化学物理研究所、机械工业北京电工技术经济研究所、清华大学、北京低碳清洁能源研究院、上海电气（安徽）储能科技有限公司、北京和瑞储能科技有限公司、上海电力设计院有限公司、乐山伟力得能源有限公司、四川星明能源环保科技有限公司、中国科学院金属研究所、北京普能世纪科技有限公司、大连理工大学、安徽理士电源技术有限公司、大连博融新材料有限公司、苏州科润新材料股份有限公司、湖南省银峰新能源有限公司、大力电工襄阳股份有限公司、国网电力科学研究院武汉南瑞有限责任公司、国网冀北电力有限公司电力科学研究院、江苏恒安储能科技有限公司。

本文件主要起草人：王晓丽、江杉、郑琼、果岩、张华民、王保国、李先锋、张亮、刘庆华、刘会超、杨霖霖、王含、陈文升、蒲年文、陈继军、董捷、宋明明、杨大伟、张杰、吴雪文、严川伟、李爱魁、范永生、刘亚楠、吴林林、刘迪、刘鑫、吴雄伟、张忠裕、江小松、孟琳、余龙海、李全龙、吴尚志、王宇卫。

本文件为首次发布。

全钒液流电池用电堆技术条件

1 范围

本文件规定了全钒液流电池用电堆的技术要求、试验方法、检验规则、标志、使用说明书、包装、运输和贮存。

本文件适用于全钒液流电池用电堆。

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，仅所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 9969—2008 工业产品使用说明书 总则
GB/T 29840—2013 全钒液流电池 术语
NB/T 42132—2017 全钒液流电池 电堆测试方法

3 术语和定义

GB/T 29840—2013 界定的术语和定义适用于本文件。

4 要求

4.1 一般要求

4.1.1 电堆对工作环境、运输、存储环境应有耐受性，包括震动、冲击、多变的温度、湿度、高盐、结露环境。

4.1.2 电堆寿命应满足电池系统使用要求。

4.1.3 电堆寿命周期内，额定能量效率衰减率应不大于 10%。

4.2 技术要求

4.2.1 工作环境

除非另有规定，电堆应能在下列环境条件下运行：

- 温度：0℃~40℃；
- 海拔：≤2000 m；
- 空气湿度：5%~95%。

4.2.2 外观

电堆外观应保持清洁，完整、无变形，无电解液析出和泄漏现象，且标志清晰完好，尺寸应符合技术文件要求。

4.2.3 内漏

电堆按本文件 5.4 进行内漏试验，压力降应小于测试压力的 10%。

4.2.4 外漏

电堆按 5.5 进行试验，应无漏点。

4.2.5 绝缘电阻

电堆按 5.6 进行试验，应不小于 1 MΩ。

4.2.6 额定功率

电堆按 5.7 进行试验，功率应不小于制造商宣称的额定值。

4.2.7 额定库仑效率

电堆按 5.8 进行试验，额定库仑效率应不小于 94%。

4.2.8 额定能量效率

电堆按 5.9 进行试验，额定能量效率应不小于 80%。

4.2.9 电压均匀性

电堆在额定功率下按 5.10 进行试验，充电末期的电压极差应不大于 70 mV，放电末期的电压极差不大于 80 mV。

注：服役期的电堆，充电末期的电压极差应不大于 80 mV，放电末期的电压极差应不大于 100 mV。

4.2.10 充电特性曲线

电堆按 5.11 进行试验，应提供以下参考充电特性曲线：

- a) 充电瓦时容量-时间曲线；
- b) 充电瓦时容量-SOC 曲线；
- c) 电压-时间曲线。

4.2.11 放电特性曲线

电堆按 5.12 进行试验，应提供以下参考放电特性曲线：

- a) 放电瓦时容量-时间曲线；
- b) 放电瓦时容量-SOC 曲线；
- c) 电压-时间曲线。

4.2.12 低温储存性能

电堆按 5.13 进行试验，应无漏点，额定能量效率满足 4.2.8 要求，电压均匀性满足 4.2.9 要求。

4.2.13 高温储存性能

电堆按 5.14 进行试验，应无漏点，额定能量效率满足 4.2.8 要求，电压均匀性满足 4.2.9 要求。

4.2.14 温度冲击性能

电堆按 5.15 进行试验，应无漏点。

4.2.15 振动

电堆按 5.16 进行试验，应无漏点。

4.2.16 撞击

电堆按 5.17 进行试验，应无漏点。

4.2.17 短路

电堆按 5.18 进行试验，应不引起火灾，爆炸，无漏点。

4.2.18 警示标志

全钒液流电池电堆的警示标志应满足以下规定：

- a) 当电堆的最高电压大于 36 V 时，应有防触电标志；
- b) 电堆在系统或项目中使用时，应有极性标志，正极使用红色，负极使用黑色；
- c) 其他方面的内容标志和说明，应符合第 7 章的规定。

5 试验方法

5.1 试验条件

除非另有规定，否则试验应在本标准规定的环境下进行。试验环境条件如下：

- 电解液温度：25℃～35℃；
- 空气湿度：5%～95%。

5.2 测试仪器

测试仪器的精度要求如下：

- 充放电测试仪：用于测量电堆的电压和电流，电压精度至少为 0.1 级，电流精度至少为 0.2 级；
- 电压表：准确度 0.5 级，其内阻至少为 1 kΩ/V；
- 电流表：准确度 0.5 级；
- 温度计：具有适当的量程，其分度值不大于 1℃，标定准确度不低于 0.5℃；
- 绝缘电阻测试仪：量程满足测试要求；
- 通过国家机构计量的，可实现功率、电流、电压调节的电测量设备。

5.3 外观

按 NB/T 42132—2017 中 7.1 的要求进行外观测试。

5.4 电堆内漏试验

按 NB/T 42132—2017 中 7.2.2 的要求进行试验，检漏气体初始压力应为电堆设计上限压力，测试保持时间为 15 min，记录压力下降值。

注：电堆内漏试验应在电堆外漏检测合格基础上进行。

5.5 电堆外漏试验

按 NB/T 42132—2017 中 7.2.1 的要求进行试验，检漏气体初始压力应为电池系统管路设计上限压力或电堆设计上限压力（取较大者）的 1.2 倍，测试保持时间为 10 min，检查电堆四周气体泄漏情况。

5.6 绝缘电阻试验

按 NB/T 42132—2017 中 7.10 的要求进行试验。

5.7 额定功率试验

按照如下步骤，进行电堆额定功率试验：

- a) 电堆放电至 0%SOC。
- b) 电堆以不同的恒功率进行充电直至充电截止条件；电堆以不同的恒功率进行放电直至放电截止条件。
- c) 不同的恒功率条件重复步骤 b) ~d) 三次。
- d) 记录电堆充放电过程中能量效率不低于 80%时的最大连续功率。

5.8 额定库仑效率试验

按照如下步骤，进行电堆库仑效率试验：

- a) 电堆充电至 100%SOC；
- b) 电堆以额定功率进行放电直至放电截止条件；
- c) 电堆以额定功率进行充电直至充电截止条件；
- d) 重复步骤 b) ~c) 三次；
- e) 记录最后一次循环的充放电安时容量数据；
- f) 结果按公式 (1) 计算电堆库仑效率。

$$\eta = \frac{C_d}{C_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中：

- η ——电堆库仑效率，单位为百分比 (%)；
- C_d ——电堆最后一次循环的放电安时容量，单位为安时 (Ah)；
- C_c ——电堆最后一次循环的充电安时容量，单位为安时 (Ah)。

5.9 额定能量效率试验

按照如下步骤，进行电堆能量效率试验：

- a) 电堆充电至 100%SOC；
- b) 电堆以额定功率进行放电直至放电截止条件；
- c) 电堆以额定功率进行充电直至充电截止条件；
- d) 重复步骤 b) ~c) 三次；
- e) 记录最后一次循环的充放电瓦时容量数据；
- f) 结果按公式 (2) 计算电堆能量效率。

$$\eta = \frac{E_d}{E_c} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

式中：

- η ——电堆能量效率，单位为百分比 (%)；
- E_d ——电堆最后一次循环的放电瓦时容量，单位为千瓦时 (kW·h)；
- E_c ——电堆最后一次循环的充电瓦时容量，单位为千瓦时 (kW·h)。

5.10 电压均匀性试验

按 NB/T 42132—2017 中 7.6 的要求进行试验，计算电压极差。

注：如果充放电末期截止条件为截止电压，推荐充电末期截止电压为 1.5 V 乘以电堆内单电池节数，放电末期截止电

压为 1.2 V 乘以电堆内单电池节数。

5.11 充电特性曲线试验

按照如下步骤，进行电堆充电特性曲线试验：

- 电堆放电至 0%SOC；
- 电堆以恒功率进行充电直至充电截止条件；
- 记录电堆充电过程的 SOC；
- 以 5 个不同功率值（如 50%，75%，100%，125%，150%额定功率）重复步骤 a)～c)，并形成充电曲线，包括充电瓦时容量-时间曲线、充电瓦时容量-SOC 曲线、电压-时间曲线。

5.12 放电特性曲线试验

按照如下步骤，进行电堆放电特性曲线试验：

- 电堆充电至 100%SOC；
- 电堆以恒功率进行放电直至放电截止条件；
- 记录电堆放电过程的 SOC；
- 以 5 个不同功率值（如 50%，75%，100%，125%，150%额定功率）重复步骤 a)～c)，并形成放电曲线，包括放电瓦时容量-时间曲线、放电瓦时容量-SOC 曲线、电压-时间曲线。

5.13 低温储存性能试验

按照如下步骤，进行电堆低温储存性能试验：

- 将电堆放置在温度为 $T_{\min, \text{电解液}}$ 或 $T_{\min, \text{环境}}$ （取较小者）的恒温箱中，保持 12 h；
- 将电堆移出恒温箱，恢复至室温；
- 按 5.5 进行外漏试验；
- 按 5.9 进行额定能量效率试验；
- 按 5.10 进行电压均匀性试验。

注： $T_{\min, \text{环境}}$ 为电堆设计运行下限温度减 5℃， $T_{\min, \text{电解液}}$ 为电池系统中电解液运行下限温度减 5℃。

5.14 高温储存性能试验

按照如下步骤，进行电堆高温储存性能的试验：

- 将电堆放置在温度为 $T_{\max, \text{电解液}}$ 或 $T_{\max, \text{环境}}$ （取较大者）的恒温箱中，保持 12 h；
- 将电堆移出恒温箱，恢复至室温；
- 按 5.5 进行外漏试验；
- 按 5.9 进行额定能量效率试验；
- 按 5.10 进行电压均匀性试验。

注： $T_{\max, \text{环境}}$ 为电堆设计运行上限温度加 5℃， $T_{\max, \text{电解液}}$ 为电池系统中电解液运行上限温度加 5℃，两者均应不小于 45℃。

5.15 温度冲击试验

按如下步骤，进行温度冲击试验：

- 将电堆或相同结构的子堆置于 $T_{\max, \text{电解液}}$ 或 $T_{\max, \text{环境}}$ （取较大者）下；
- 用温度为 $T_{\min, \text{电解液}}$ 或 $T_{\min, \text{环境}}$ （取较小者）的电解液，以电堆设计运行最大压力，在电堆正、负极内循环 1 h；
- 将电堆或相同结构的子堆置于 $T_{\min, \text{电解液}}$ 或 $T_{\min, \text{环境}}$ （取较小者）下；
- 用温度为 $T_{\max, \text{电解液}}$ 或 $T_{\max, \text{环境}}$ （取较大者）的电解液，以电堆设计运行最大压力，在电堆正、负

极内循环 1 h;

- e) 重复步骤 a) ~d) 9 次;
- f) 将电堆冷却至室温, 按 5.5 进行电堆外漏试验。

注: $T_{\max, \text{电解液}}$ 为电池系统中电解液运行上限温度加 5 °C; $T_{\max, \text{环境}}$ 为电堆设计运行上限温度加 5 °C; $T_{\min, \text{电解液}}$ 为电池系统中电解液运行下限温度减 5 °C; $T_{\min, \text{环境}}$ 为电堆设计运行下限温度减 5 °C。

5.16 振动试验

将电堆安装在振动测试夹具上, 沿三个相互垂直的方向施加振幅为 0.76 mm、总最大偏移为 1.52 mm 的简单谐波运动。以 1 Hz/min 的速率振动频率在 10 Hz 和 55 Hz 之间变化。对于每个振动方向, 振动频率应从 10 Hz 变至 55 Hz, 再从 55 Hz 变至 10 Hz, 振动测试 90 min ± 5 min。振动试验完成后, 按 5.5 检查电堆外漏。

5.17 撞击试验

使用刚性安装件将电堆固定到试验机上, 在三个相互垂直的方向上对电堆施加三个相同大小的冲击。对于每一次冲击, 在初始的 3 ms 内最小加速度应为 75g (其中, g 是由于重力引起的局部加速度), 测试过程中最大加速度应在 125g~175g 之间。撞击试验完成后, 按 5.5 检查电堆外漏。

5.18 短路试验

按如下步骤, 进行短路试验:

- a) 保持环境温度在 20 °C~25 °C 的范围内;
- b) 将电堆连接到测试系统中;
- c) 将电堆充满电并保持电解液循环系统处于工作状态;
- d) 将电堆的正、负极连接到电阻负载, 电阻负载不超过 20 mΩ, 直到①电池完全放电, ②保护装置起作用, 或③电池结构发生故障, 以先发生者为准;
- e) 将电解液排空, 按 5.5 检查电堆外漏。

注: 该测试可能具有破坏性, 应在具有资质人员的监督下在适当的测试设备中进行。

6 检验规则

6.1 检验分类

本文件规定的检验分为: 出厂检验和型式试验。

6.2 出厂检验

产品出厂前应进行出厂检验, 检验方式为必检, 检验项目见表 1。

在出厂检验中, 若有一项或一项以上不合格时, 应将该产品退回相关部门返工, 再次提交验收。若再次检验仍有一项或一项以上不合格, 则判定该产品为不合格。

表 1 全钒液流电堆出厂检验规则

序号	检验分类	检验项目	要求章节号	检验数量
1	出厂检验	外观	4.2.2	一套
2		电堆内漏	4.2.3	
3		电堆外漏	4.2.4	

表 1 (续)

序号	检验分类	检验项目	要求章节号	检验数量
4	出厂检验	绝缘电阻	4.2.5	一套
5		额定库仑效率	4.2.7	
6		额定能量效率	4.2.8	
7		电压均匀性	4.2.9	

6.3 型式试验

6.3.1 型式试验要求

发生下列情况之一时，应进行型式试验：

- 新产品试制或小批试生产；
- 定期抽试，连续批量生产的产品每年不得少于一次；
- 设计或工艺的变化足以引起产品的性能改变时；
- 产品转厂生产或长期停止（超过定期抽试期限）生产后又恢复生产；
- 客户有特殊要求时；
- 上级质量监督部门有要求时。

6.3.2 判定规则

当所有试验项目均满足规定时，则判为型式试验合格。如果任何一个项目不符合规定的要求时，则加倍抽样，若仍不合格，则判定型式试验不合格。

6.3.3 抽样方法

型式试验的样品应采用与正常生产相同的材料、设备和工艺并随机抽取的电堆。在无法对整个电堆进行试验时，可以减少单体电池节数，但仍应具有代表性。检验项目见表 2。

表 2 全钒液流电池用电堆型式试验规则

序号	检验分类	检验项目	要求章节号	样品数量
1	型式试验	外观	4.2.2	一套
2		电堆内漏	4.2.3	
3		电堆外漏	4.2.4	
4		绝缘电阻	4.2.5	
5		额定功率	4.2.6	
6		额定库仑效率	4.2.7	
7		额定能量效率	4.2.8	
8		电压均匀性	4.2.9	
9		充电特性曲线	4.2.10	
10		放电特性曲线	4.2.11	

表 2 (续)

序号	检验分类	检验项目	要求章节号	样品数量
11	型式试验	低温储存性能	4.2.12	一套
12		高温储存性能	4.2.13	
13		温度冲击性能	4.2.14	
14		振动	4.2.15	
15		撞击	4.2.16	
16		短路	4.2.17	
17		警示标志	4.2.18	

7 标志、使用说明书

7.1 标志

7.1.1 产品上应有下列标志

- a) 制造商名称或其注册商标;
- b) 电堆标称规格;
- c) 电堆生产日期或序列号。

7.1.2 包装箱外壁应有下列标志

- a) 产品名称、型号、规格、数量、制造厂名、厂址、邮编;
- b) 产品标准编号;
- c) 每箱的净重和毛重;
- d) 标明防潮、防冻、严禁倒置、轻放、腐蚀、危险等标志。

7.2 使用说明书

使用说明书应符合 GB/T 9969—2008 要求。

8 包装、运输、贮存

8.1 包装

8.1.1 电堆的包装应符合防潮、防振、防腐蚀的要求。

8.1.2 包装箱内应装入随同产品提供的文件:

- 装箱单;
- 产品合格证;
- 产品使用说明书。

8.2 运输

8.2.1 在运输中,电堆不得受剧烈机械冲撞、暴晒、雨淋、倒置。必要时,考虑特别加固及减震处理。

8.2.2 在装卸过程中,应轻搬轻放,严禁摔掷、翻滚、重压。

8.3 贮存

- 8.3.1 电堆宜贮存在温度 0℃~40℃、干燥、清洁及通风良好的仓库内。
- 8.3.2 电解液进出口应进行封堵，避免灰尘、杂质等进入。
- 8.3.3 电堆宜不受阳光直射，距离热源不得少于 2 m。
- 8.3.4 避免倒置、卧放、机械冲击和重压。



