

T/CWDPA¹

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

油气田弱配网储能并网性能测试规范

Specification for grid connection performance testing of energy storage system in
weak distribution network of oil and gas fields

（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 2

1 范围 1

2 规范性引用文件 1

3 术语和定义 1

4 符号和缩略语 1

5 总则 1

6 测试条件 2

7 测试项目 2

 7.1 功率控制性能 2

 7.2 电网适应性 3

 7.3 电能质量 4

 7.4 保护功能 5

 7.5 通信与调度自动化 5

8 测试结果判定 5

9 试验报告 6

参考文献 7

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：

油气田弱配网储能并网性能测试规范

1 范围

本文件规定了油气田弱配网储能在并网状态下的性能测试条件、测试项目、测试方法及结果判定要求。

本文件适用于接入油气田弱配网的电化学储能系统的并网性能测试。

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 12325 电能质量 供电电压偏差
- GB/T 12326 电能质量 电压波动和闪变
- GB/T 14549 电能质量 公用电网谐波
- GB/T 15543 电能质量 三相电压不平衡
- GB/T 36548 电化学储能电站接入电网技术规定
- GB/T 36558 电力系统电化学储能系统通用技术条件
- DL/T 2528—2022 电力储能基本术语

3 术语和定义

DL/T 2528—2022界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

油气田弱配网 weak distribution network of oil and gas field

位于油气田区域、短路容量小、线路阻抗大、供电可靠性较低的配电网网络。

3.2

储能并网性能 energy storage grid connection performance

储能系统在并网运行状态下所表现出来的有功功率控制、无功电压调节、频率适应性、故障穿越、电能质量等方面的综合技术特性。

3.3

惯量响应 inertia response

储能系统在电网频率发生突变时，通过模拟同步发电机的惯性特性，快速输出或吸收功率以抑制频率变化率（RoCoF）的能力。

4 符号和缩略语

下列符号和缩略语适用于本文件。

- LVRT: 低电压穿越 (Low Voltage Ride-Through)
- HVRT: 高电压穿越 (High Voltage Ride-Through)
- PCS: 储能变流器 (Power Conversion System)
- RoCoF: 频率变化率 (Rate of Change of Frequency)
- SCR: 短路比 (Short-Circuit Ratio)
- SOC: 荷电状态 (State of Charge)
- VSG: 虚拟同步发电机 (Virtual Synchronous Generator)

5 总则

5.1 储能系统在接入油气田弱配网前，应完成并网性能测试。测试应涵盖功率控制、电网适应性、电能质量、保护功能及通信性能等方面。

5.2 测试应在储能系统额定功率下进行，测试环境应符合 GB/T 36558 规定的运行环境条件。若环境条件超出规定范围，应在测试报告中注明。

5.3 测试用仪器仪表应在计量检定或校准有效期内，其准确度等级应满足本文件各测试项目的精度要求。电压传感器和电流传感器的精度等级不低于 0.2 级，频率测量精度不大于 0.005 Hz，应符合 GB/T 36548 的相关要求。

5.4 测试点应选取在储能系统与电网的并网点。中大型储能电站宜在并网点及各储能单元出口同时布置测量点，以便分析功率损耗对控制精度的影响。

5.5 油气田弱配网具有短路容量小（SCR 低）、线路阻抗大、负荷波动剧烈等特点，储能并网性能测试应重点关注低频适应性、抗扰动能力和主动支撑能力。

注：部分油气田电网 SCR 值可低至 1.2，在 SCR=1.2 的极端弱网环境下，传统储能设备难以维持电压和频率稳定，易引发电网波动甚至连锁脱网风险。

6 测试条件

6.1 测试前储能系统应完成单机调试和系统联调，各设备运行状态正常。

6.2 测试前应收集并网点处油气田弱配网的基本参数，包括但不限于：

- a) 电网额定电压及允许偏差范围；
- b) 电网短路容量及短路比（SCR）；
- c) 电网频率额定值及正常运行范围；
- d) 变压器参数及线路阻抗参数；
- e) 并网点的背景谐波水平。

6.3 弱配网条件下，建议 SCR 的判定阈值如下：

- a) $SCR \geq 5$ ：强电网；
- b) $1.1 \leq SCR < 3$ ：弱电网；
- c) $SCR < 1$ ：极弱电网。

注：SCR ≤ 3 时，储能系统应采用构网型（VSG）控制策略，以提供自主电压/频率支撑。

6.4 测试期间应记录环境温度、湿度和海拔高度等环境参数。

7 测试项目

7.1 功率控制性能

7.1.1 有功功率控制精度

7.1.1.1 测试目的：验证储能系统对调度指令的功率响应精度。

7.1.1.2 测试方法：

- a) 设置储能系统为并网运行模式，接收 AGC 系统或测试平台下发的有功功率指令；
- b) 在额定功率的 25%、50%、75%、100% 四个功率点分别进行测试，每个功率点稳态运行时间不少于 60 s；
- c) 记录并网点实测有功功率与控制目标值之间的偏差；

7.1.1.3 判定要求：储能系统并网点有功功率控制精度应不大于额定功率的 $\pm 1\%$ 。

7.1.2 无功功率/功率因数调节能力

7.1.2.1 测试目的：验证储能系统的无功调节范围和响应能力。

7.1.2.2 测试方法：

- a) 在储能系统额定有功功率运行条件下，下发无功功率指令，测试无功功率在额定无功容量范围内（ $-100\% \sim +100\% Q_n$ ）的调节能力；
- b) 测试功率因数在 0.9（超前） $\sim$ 0.9（滞后）范围内的连续调节能力；
- c) 记录各测试点的无功功率/功率因数实测值及响应时间。

- 7.1.2.3 判定要求：
- a) 无功功率调节范围应达到额定无功容量的 100%；
 - b) 功率因数应在 0.9（超前）～0.9（滞后）范围内连续可调。

7.1.3 充放电响应/调节时间

- 7.1.3.1 测试目的：验证储能系统对功率指令的动态响应速度。
- 7.1.3.2 测试方法：在储能系统额定功率的 50%运行状态下，施加从充电到放电（或反向）的阶跃指令，记录功率从 10%目标值上升至 90%目标值的时间（响应时间），以及从初始值达到并保持在目标值允许偏差范围内的时间（调节时间）。
- 7.1.3.3 判定要求：响应时间应不大于 100 ms，调节时间应不大于 500 ms。
- 注：100 ms 的响应时间阈值系基于对百毫秒级功率快速调节能力的实测验证。

7.2 电网适应性

7.2.1 电压适应性

- 7.2.1.1 测试目的：验证储能系统在电网电压波动条件下的运行能力。
- 7.2.1.2 测试方法：调节模拟电网电压至表 1 规定的范围，在每个电压点稳态运行不少于 60 s，记录储能系统的运行状态。
- 7.2.1.3 判定要求：在电压偏差不超过标称值的-15%～+10%范围内，储能系统应能保持并网连续运行

表 1 电压适应性测试电压范围

序号	测试电压（标称值百分比）	持续时间要求	运行要求
1	85%	≥60 s	正常运行
2	90%	≥60 s	正常运行
3	106%	≥60 s	正常运行
4	110%	≥60 s	正常运行

7.2.2 频率适应性

- 7.2.2.1 测试目的：验证储能系统在电网频率波动条件下的运行能力。
- 7.2.2.2 测试方法：调节模拟电网频率至表 2 规定的范围，每个频率点连续运行不少于 4 s，记录储能系统的运行状态及相应动作频率。
- 7.2.2.2 判定要求：
- a) 频率在 49 Hz～50 Hz 范围内，储能系统应能连续正常运行；
 - b) 频率在 48.0 Hz～49.5 Hz 和 49.5 Hz～50.5 Hz、50.5 Hz～51.0 Hz 范围内，储能系统允许执行保护动作但不允许脱网；
 - c) 对于 SCR<3 的极弱电网，储能系统的频率耐受范围应扩展至 46.45 Hz～53.05 Hz。

表 2 频率适应性测试频率范围

序号	测试频率（Hz）	持续时间要求	运行要求
1	48.0	≥4 s	允许动作，不脱网
2	49.5	≥4 s	正常运行
3	50.5	≥4 s	正常运行
4	51.0	≥4 s	允许动作，不脱网

7.2.3 频率变化率耐受能力

- 7.2.3.1 测试目的：验证储能系统对电网频率突变时的响应和耐受能力。
- 7.2.3.2 测试方法：模拟电网频率以变化率 0.2 Hz/s～0.5 Hz/s 发生变化，测试储能系统在频率变化过程中的运行稳定性和惯量响应能力。
- 7.2.3.3 判定要求：储能系统在 RoCoF 不超过 0.5 Hz/s 的情况下应能稳定运行，并在构网型模式下具备惯量支撑能力。
- 注：0.2 Hz/s 阈值系基于分布式电源解列风险评估的常用检测参数；RoCoF≤0.5 Hz/s 的要求系基于频率变化率的常规耐受限值。

7.2.4 低电压穿越能力

- 7.2.4.1 测试目的：验证储能系统在电网电压跌落时的穿越能力和无功支撑能力。
- 7.2.4.2 测试方法：模拟表 3 规定的电压跌落故障，记录储能系统是否脱网及无功电流响应情况。
- 7.2.4.3 判定要求：
- a) 储能系统在电压跌落至 20%标称值时，应不脱网连续运行不少于 625 ms，并在此期间向电网注入动态无功电流以支撑电压恢复；
 - b) 电压恢复后，储能系统应能快速恢复至故障前的有功功率输出状态。

表 3 低电压穿越测试点及要求

序号	跌落深度（标称值百分比）	持续时间要求	运行要求
1	20%	625 ms	不脱网
2	40%	1200 ms	不脱网
3	60%	1800 ms	不脱网
4	85%	2400 ms	不脱网

7.2.5 高电压穿越能力

- 7.2.5.1 测试目的：验证储能系统在电网电压升高时的穿越能力。
- 7.2.5.2 测试方法：模拟表 4 规定的电压抬升故障，记录储能系统是否脱网及运行状态。
- 7.2.5.3 判定要求：储能系统在电压抬升至 130%标称值时应能保持不脱网运行不少于 500 ms。

7.2.6 惯量响应能力（构网型储能适用）

- 7.2.6.1 测试目的：验证构网型储能在电网频率扰动时的惯量支撑能力。
- 7.2.6.2 测试方法：模拟电网频率阶跃变化（如频率下降 0.1 Hz~0.5 Hz），测量储能系统的有功功率瞬时响应量及时间特性。
- 7.2.6.3 判定要求：构网型储能的惯量响应时间常数应在 4 s~14 s 范围内，且一次调频滞后时间应不大于 1 s，调节时间应不大于 4 s。

7.3 电能质量

7.3.1 谐波测试

- 7.3.1.1 测试目的：测量储能系统并网运行时注入电网的谐波电流和谐波电压。
- 7.3.1.2 测试方法：在储能系统额定功率及不同功率工况下，测量并网点的谐波含量。电压谐波总畸变率（THDu）和各次谐波电压含有率（HRU）的测量应覆盖 2 次~50 次谐波。
- 7.3.1.3 判定要求：储能系统注入电网的谐波应符合 GB/T 14549 的规定。

7.3.2 电压偏差

- 7.3.2.1 测试目的：测量储能系统并网运行时引起的并网点电压偏差。
- 7.3.2.2 测试方法：在储能系统空载和满载工况下，测量并网点的电压有效值，计算与标称电压的偏差百分比。
- 7.3.2.3 判定要求：储能系统引起的并网点电压偏差应符合 GB/T 12325 的规定（35 kV 及以上供电电压正、负偏差绝对值之和不超过标称电压的 10%；20 kV 及以下三相供电电压偏差为标称电压的±7%）。

7.3.3 三相电压不平衡度

- 7.3.3.1 测试目的：测量储能系统并网运行时引起的三相电压不平衡度。
- 7.3.3.2 测试方法：在储能系统不同功率工况下，测量并网点的三相电压，计算负序电压不平衡度。
- 7.3.3.3 判定要求：三相电压不平衡度应符合 GB/T 15543 的规定（电网正常运行时，负序电压不平衡度不超过 2%，短时不超过 4%）。

7.3.4 电压波动与闪变

- 7.3.4.1 测试目的：测量储能系统并网运行时引起的电压波动和闪变水平。

7.3.4.2 测试方法：在储能系统功率突变等扰动工况下，测量并网点的电压波动值（ $d_{\max}$ ）和短时闪变值（ P_{st} ）。

7.3.4.3 判定要求：电压波动和闪变应符合 GB/T 12326 的规定。

7.3.5 直流分量

7.3.5.1 测试目的：测量储能系统（特别是经 PCS 并网的储能系统）向电网注入的直流电流分量。

7.3.5.2 测试方法：在储能系统额定功率运行时，测量并网点电流中的直流分量。

7.3.5.3 判定要求：储能变流器注入电网的直流电流分量应不大于其交流额定输出电流的 0.5%。

7.4 保护功能

7.4.1 防孤岛保护

7.4.1.1 测试目的：验证储能系统在电网断开后能够快速检测到孤岛状态并停止向电网送电。

7.4.1.2 测试方法：模拟电网停电条件，断开并网点开关，测量储能系统从孤岛形成到停止输出的时间。

7.4.1.3 判定要求：防孤岛保护动作时间应不大于 2 s。

7.4.2 过/欠压保护

7.4.2.1 测试目的：验证储能系统在电网电压超出允许范围时的保护动作正确性。

7.4.2.2 测试方法：逐步升高或降低模拟电网电压至保护定值，记录保护动作电压和动作时间。

7.4.2.3 判定要求：过/欠压保护定值及动作时间应符合设备技术规格书和电网接入要求。

7.4.3 过/欠频保护

7.4.3.1 测试目的：验证储能系统在电网频率超出允许范围时的保护动作正确性。

7.4.3.2 测试方法：逐步升高或降低模拟电网频率至保护定值，记录保护动作频率和动作时间。

7.4.3.3 判定要求：过/欠频保护定值及动作时间应符合设备技术规格书和电网接入要求。

7.5 通信与调度自动化

7.5.1 通信规约一致性

7.5.1.1 测试目的：验证储能系统与调度主站之间的通信规约一致性和数据传输可靠性。

7.5.1.2 测试方法：通过调度主站下发遥调、遥控指令，在储能系统侧校核指令接收与执行的正确性，并检查遥测、遥信数据上送的准确性与实时性。

7.5.1.3 判定要求：通信规约应满足电网调度要求，数据传输正确率应不低于 99.9%，数据刷新周期应不大于 5 s。

7.5.2 AGC/AVC 功能

7.5.2.1 测试目的：验证储能系统接收并执行调度 AGC/AVC 指令的能力。

7.5.2.2 测试方法：由调度主站或测试平台下发功率/电压指令序列，记录储能系统执行情况及时响应时间。

7.5.2.3 判定要求：AGC/AVC 功能应正常执行，有功功率控制精度应符合 7.1.1 的规定，无功功率/电压控制应符合本文件 7.1.2 的规定。

8 测试结果判定

8.1 储能并网性能测试的全部项目完成后，应对各项测试结果进行综合评价。所有测试项目均达到本文件第 7 章规定的判定要求时，判定储能系统并网性能测试合格。

8.2 任一测试项目未达到判定要求时，判定测试不合格。不合格项应在整改后重新测试。

8.3 测试过程中储能系统出现保护动作停机、设备损坏或导致电网扰动超出允许范围等异常情况时，该测试项直接判定为不合格。

8.4 弱配网条件下，若储能系统在 $SCR < 3$ 的极弱电网下依然能够完成全部测试项目（包括频率适应性扩展范围测试和惯量响应测试），可在测试报告中特别注明“构网型储能弱电网适应性合格”。

9 试验报告

9.1 测试完成后应出具试验报告，报告内容包括但不限于：

- a) 测试对象的基本信息（储能系统额定功率、额定容量、储能类型、PCS 型号及数量、控制策略类型等）；
- b) 测试依据的标准文件；
- c) 测试仪器仪表的名称、型号、准确度等级及检定/校准有效期；
- d) 测试条件（环境温度、湿度、海拔高度、并网点 SCR 等）；
- e) 各测试项目的测试方法、测试数据和波形记录；
- f) 测试结果判定及综合分析；
- g) 测试人员、审核人员及报告日期。

9.2 试验报告应内容完整、数据真实、结论明确。测试数据应附原始记录或波形截图的副本。

9.3 试验报告应经测试单位和委托单位双方确认。

参 考 文 献

- [1] GB/T 15945 电能质量 电力系统频率偏差
 - [2] GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波
 - [3] GB/T 33589—2026 微电网接入电力系统技术规定
 - [4] GB/T 34120—2023 电化学储能系统储能变流器技术要求
 - [5] GB/T 36547—2018 电化学储能系统接入电网技术规定
 - [6] NB/T 31016—2019 电池储能功率控制系统 变流器 技术规范
-