

T/CWDPA¹

团 体 标 准

T/CWDPA XXX—XXXX

油气田构网型储能系统并网检测规程

Code for grid-connection testing of grid-forming energy storage system in 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 总体要求 1

5 测试条件 2

 5.1 环境条件 2

 5.2 电网条件 2

6 测试设备 2

7 测试项目及方法 2

 7.1 测试项目 2

 7.2 惯量响应与一次调频测试 2

 7.3 有功功率控制能力测试 3

 7.4 故障穿越能力测试 3

 7.5 电压/频率适应性测试 3

 7.6 并网/离网切换测试 3

 7.7 电能质量测试 4

 7.8 充放电响应时间及转换时间测试 4

 7.9 电网强度适应性测试 4

 7.10 相角突变耐受测试 4

 7.11 过载能力测试 5

8 测试报告 5

附录 A（规范性） 测试数据记录表 6

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：

油气田构网型储能系统并网检测规程

1 范围

本文件规定了油气田构网型储能系统接入电网的测试条件、测试设备、测试项目及方法、测试报告。本文件适用于油气田区域接入电网的新建、改建和扩建的构网型储能系统的调试并网检测和验收。

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 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 24337 电能质量 公用电网间谐波
GB/T 36548 电化学储能电站接入电网测试规程
SY/T 6353 油气田变电站（所）安全管理规程

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

构网型储能系统 grid-forming energy storage system

通过引入虚拟同步，以受控电压源方式运行，能够自主构建交流电压的幅值与频率，为电网提供主动支撑的储能系统。

3.2

惯量时间常数 inertia time constant

在虚拟同步控制中反映系统惯量大小的时间常数，用于表征系统对频率变化率的响应特性，单位为秒（s）。

3.3

短路比 short circuit ratio

衡量电网强度的重要指标，定义为并网点短路容量与储能系统额定容量之比。

3.4

油气田电网 oil and gas field power grid

服务于油气田勘探、开发、生产的电力供应网络，通常具有网架结构薄弱、供电半径大、负荷波动显著、短路容量低等特点。

4 总体要求

4.1 油气田构网型储能系统应在并网前完成全部检测项目，并出具符合本文件要求的检测报告。新能源场站在首次并网后 6 个月内完成全部涉网试验，向电力调度机构提交具备相应资质机构提供的合格并网性能检测报告。

4.2 检测工作应由具备相应资质的检测机构承担，检测人员应经过专业技术培训。运行于油气田爆炸危险区域的储能系统，其电气系统的防爆设计应符合陆上油气田钻井装备防爆电气系统相关要求。

4.3 检测过程中应遵守油气田现场的安全管理规定，应符合 SY/T 6353—2022 的相关要求。

4.4 油气田构网型储能系统并网点的多场站短路比不应小于 1.5，宜大于 2.0。含构网型储能接入后的系统临界短路比可参照 1.52 进行评估。

4.5 构网型储能系统应满足在弱电网（ $SCR < 3$ ）工况下的稳定运行要求，在 $SCR < 1.1$ 的极弱电网中仍应保持自身稳定工作。

5 测试条件

5.1 环境条件

5.1.1 环境温度宜为 $-20\text{ }^{\circ}\text{C} \sim 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 。

5.1.2 相对湿度宜不大于 95%，无凝露。

5.1.3 测试应在油气田现场正常工作条件下进行。地处高原、高寒或沙漠等特殊环境的油气田，宜参照 GB/T 36548—2024 的相关要求制定专项测试方案。

5.1.4 测试前应对油气田现场的电网背景谐波进行测量，背景谐波电压总畸变率不应大于 2.5%。

5.2 电网条件

5.2.1 被测构网型储能系统应安装完毕并完成单机调试。

5.2.2 油气田电网运行应处于稳定状态，系统频率为 $49.5\text{ Hz} \sim 50.5\text{ Hz}$ ，电压偏差不超过额定电压的 $\pm 7\%$ 。

5.2.3 应排除测试期间可能发生的电网重大扰动事件（如雷击、事故跳闸等）的影响。

6 测试设备

6.1 测试设备应经过计量检定或校准，并在有效期内。

6.2 功率分析仪应符合以下要求：

- a) 电压测量准确度： $\pm 0.2\%$ ；
- b) 电流测量准确度： $\pm 0.2\%$ ；
- c) 功率测量准确度： $\pm 0.5\%$ ；
- d) 采样频率不低于 10 kHz 。

6.3 电能质量分析仪应符合 GB/T 14549、GB/T 12326 和 GB/T 24337 的规定，谐波测量准确度不低于 A 级。

6.4 高精度录波装置采样频率应不低于 10 kHz 。

6.5 移动式并网检测装置应根据检测需求配置，应具备全天候运行能力和高原及雨雪等恶劣环境的适应能力。

6.6 数据采集系统应具备不少于 8 路模拟量输入通道。

7 测试项目及方法

7.1 测试项目

油气田构网型储能系统并网检测至少应包括以下项目：

- a) 惯量响应与一次调频测试；
- b) 有功功率控制能力测试；
- c) 无功功率/电压控制能力测试；
- d) 故障穿越能力（低电压穿越/高电压穿越）测试；
- e) 电压/频率适应性测试；
- f) 并网/离网切换测试；
- g) 电能质量测试；
- h) 充放电响应时间及转换时间测试；
- i) 电网强度适应性测试；
- j) 相角突变耐受测试；
- k) 过载能力测试。

7.2 惯量响应与一次调频测试

7.2.1 测试目的

验证构网型储能系统在油气田电网频率波动时提供惯量支撑和一次调频响应的能力。

7.2.2 测试方法

通过电网模拟装置或实际油气田电网运行工况产生频率阶跃变化，记录储能系统并网点的有功功率响应。惯量时间常数的测试范围宜覆盖3 s~20 s。构网型储能的惯量时间常数推荐值为4 s~14 s；惯量时间常数 T_J 的3 s~20 s范围涵盖了标准要求（3 s~12 s）的技术指标。

7.2.3 结果判定

系统的有功功率响应应符合虚拟同步控制特性，能够主动抑制电网频率快速变化。

7.3 有功功率控制能力测试

7.3.1 测试目的

验证储能系统对有功功率指令的响应速度和调节精度。

7.3.2 测试方法

设定有功功率阶跃指令（如0%→100%额定功率），测量系统的响应时间、调节时间和稳态偏差。

7.3.3 结果判定

响应时间应不大于500 ms，调节时间应不大于3 s，稳态偏差应不大于额定有功功率的±2%。

7.4 故障穿越能力测试

7.4.1 测试目的

验证储能系统在油气田电网电压跌落或升高时的连续运行和故障支撑能力。

7.4.2 测试方法

采用电网模拟装置模拟各类型故障电压跌落和升高工况，分别对应不同油气田短路容量条件，测试系统在故障期间和故障清除后的有功、无功响应。构网型储能应具备3倍过流持续10 s的故障穿越能力；在1.3倍额定电压下应具备持续运行能力。

7.4.3 结果判定

系统在故障期间不应脱网，故障清除后有功功率应在设定时间（一般不超过1 s）内恢复至故障前水平的90%以上。

7.5 电压/频率适应性测试

7.5.1 测试目的

验证储能系统在油气田电网电压和频率偏离额定值时的运行适应性。

7.5.2 测试方法

逐步改变并网点电压和频率，记录系统保持并网运行的能力。测试电压范围为0.85~1.10倍额定电压，测试频率范围为47.5 Hz~52.0 Hz。

7.5.3 结果判定

系统应能在测试范围内保持正常运行，不因电压或频率偏差而误脱网。

7.6 并网/离网切换测试

7.6.1 测试目的

验证储能系统在并网运行与离网运行模式间的切换能力。

7.6.2 测试方法

在油气田微电网或配电网实际运行条件下，触发主动或被动模式切换（孤岛检测或调度指令），记录切换时间、频率及电压冲击等指标。

7.6.3 结果判定

切换过程应平稳，切换时间宜不大于100 ms，电压波动宜不超过额定值的 $\pm 5\%$ ，频率波动宜不超过0.5 Hz。

7.7 电能质量测试

7.7.1 测试目的

评估储能系统并网运行对油气田电网电能质量的影响。

7.7.2 测试方法

在储能系统满功率运行条件下，应按照GB/T 14549、GB/T 12326和GB/T 15543的相关规定，测量并网点的谐波、电压偏差、电压波动、三相电压不平衡度等电能质量指标。

7.7.3 结果判定

各项电能质量指标应符合GB/T 14549和GB/T 12326的限值要求。

7.8 充放电响应时间及转换时间测试

7.8.1 测试目的

验证储能系统响应充放电指令的动态性能。

7.8.2 测试方法

发出充放电转换指令，记录储能系统从放电模式切换至充电模式所需时间。

7.8.3 结果判定

充放电响应时间应不大于200 ms，充放电转换时间应不大于500 ms。

7.9 电网强度适应性测试

7.9.1 测试目的

验证储能系统在不同短路比条件下的运行稳定性。

7.9.2 测试方法

在电磁暂态仿真平台（如RT-LAB、ADPSS等）上建立含构网型储能的油气田电网模型，改变并网点短路比，分析系统的振荡模式及稳定裕度。针对实际现场，可采用短路试验（若条件允许）或电网模拟装置模拟等效SCR变化条件。

7.9.3 结果判定

在SCR不低于1.5的条件下，系统应能稳定运行。经构网型储能接入后，系统临界短路比不宜低于1.52。

7.10 相角突变耐受测试

7.10.1 测试目的

验证储能系统在电网相位角突变（如系统故障、线路解列等暂态事件）时的保持能力。

7.10.2 测试方法

在电网模拟装置上，设定期望的电压幅值和频率，产生 $\pm 15^\circ \sim \pm 30^\circ$ 的相角跳变，并关合系统模拟断路器。观察系统是否出现功率超调或振荡现象。

7.10.3 结果判定

系统在相角突变后应能快速恢复到稳定运行状态，不出现持续振荡或脱网。

7.11 过载能力测试

7.11.1 测试目的

验证储能系统的短时过载能力。

7.11.2 测试方法

施加110%额定功率的负载，记录系统的持续运行时间和温升情况。

7.11.3 结果判定

系统应能在120%~150%额定功率下连续运行不少于10 min。对于油气田恶劣环境（如沙漠高温地区），宜根据实际工况调整过载能力考核标准。

8 测试报告

8.1 测试报告应包括但不限于以下内容：

- a) 测试项目的基本信息（测试项目名称、编号、地点、日期等）；
- b) 测试对象信息（储能系统的型号规格、额定参数、控制方式、投运日期等）；
- c) 测试环境参数（温度、湿度、电网背景条件等）；
- d) 测试设备清单及校准有效期；
- e) 各测试项目的测试方法、测试过程描述；
- f) 数据记录和测试结果，应包括每次测试的时间序列曲线、关键特征量提取及合格性判定；
- g) 测试结论；
- h) 异常情况说明（如有）；
- i) 检测人员签名及日期；
- j) 检测机构盖章。

8.2 测试数据记录表的格式参见附录 A。

附 录 A
(规范性)
测试数据记录表

A.1 油气田构网型储能系统并网检测数据记录表的格式参考表 A.1。

表 A.1 油气田构网型储能系统并网检测数据记录表

序号	测试项目	测试条件	测试结果	标准限值	合格判定
1	惯量响应与一次调频测试	频率阶跃 $\Delta f = \pm 0.1 \text{ Hz} \sim \pm 0.5 \text{ Hz}$	$T_j = __\text{ s}$	$3 \text{ s} \sim 20 \text{ s}$	合格 不合格
2	有功功率控制能力测试	阶跃指令 $0\% \rightarrow 100\%$	$t_{\text{resp}} = __\text{ ms}$	$\leq 500 \text{ ms}$	合格 不合格
3	无功功率/电压控制能力测试	阶跃指令 $0\% \rightarrow 100\%$	$t_{\text{resp}} = __\text{ ms}$	$\leq 500 \text{ ms}$	合格 不合格
4	故障穿越能力测试	低电压穿越: $U = 0.2 \text{ p. u.} \sim 0.9 \text{ p. u.}$	持续运行	不脱网	合格 不合格
5	电压/频率适应性测试	电压范围 $0.85 \text{ p. u.} \sim 1.10 \text{ p. u.}$	正常运行	不脱网	合格 不合格
6	并网/离网切换测试	主动切换	切换时间 $__\text{ ms}$	$\leq 100 \text{ ms}$	合格 不合格
7	电能质量测试	额定功率运行	$\text{THDu} = __\%$	$\leq 5\%$	合格 不合格
8	充放电响应时间测试	充电 $\leftrightarrow$ 放电转换	$t_{\text{trans}} = __\text{ ms}$	$\leq 500 \text{ ms}$	合格 不合格
9	电网强度适应性测试	$\text{SCR} \geq 1.5$	稳定运行	稳定不振荡	合格 不合格
10	相角突变耐受测试	$\Delta\theta = \pm 15^\circ \sim \pm 30^\circ$	快速恢复	不持续振荡	合格 不合格
11	过载能力测试	110%额定功率	运行时间 $__\text{ min}$	$\geq 10 \text{ min}$	合格 不合格
测试单位: _____ 测试人: _____ 审核人: _____ 测试日期: _____					