

T/GSEA

广东省太阳能协会团体标准

T/GSEA 002—2023

电化学储能光伏系统电能质量检测方法

Testing method for power quality of electrochemical energy storage-photovoltaic
system

2023 - 06 - 21 发布

2023 - 06 - 22 实施

广东省太阳能协会 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 检验项目 3

 4.1 稳流精度与电流纹波 3

 4.2 稳压精度与电压纹波 3

 4.3 电压偏差 3

 4.4 电压间谐波 3

 4.5 电流谐波 3

 4.6 三相电压不平衡度 3

 4.7 频率偏差 3

 4.8 闪变 3

 4.9 直流分量 3

 4.10 功率因数 3

5 试验条件 3

6 检测设备 3

7 检测方法 4

 7.1 储能直流端电能质量 4

 7.2 并网端电能质量 5

 7.3 负载端电能质量 8

 7.4 逆变器电能质量 9

8 检验报告 10

附 录 A （规范性）并网点的图例说明 11

参考文献 12

前 言

本文件依据GB/T 1.1-2020给出的规则编写。

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这些专利的责任。

本文件由广东产品质量监督检验研究院提出，广东省太阳能协会标准化技术委员会归口管理。

本文件起草单位：广东产品质量监督检验研究院、南方电网综合能源股份有限公司、中国船级社质量认证有限公司、珠海华成电力设计院股份有限公司、广州发展新能源股份有限公司、佛山职业技术学院、国家电投集团科学技术研究院有限公司、广东金源光能股份有限公司、广东众曜能源服务有限公司、中科检测技术服务（广州）股份有限公司、佛山市广珠新材料有限公司、顺德职业技术学院、广东省太阳能协会、广西电网有限责任公司、广东永光新能源设计咨询有限公司、广东诚鉴和技术服务有限公司。

本文件主要起草人：刘书强、梁健锋、曾飞、胡振球、郑海兴、张剑锐、郭名锬、李晓、揭英西、韦灿炫、刘勇、韩璘、李姗、赵晓霞、余新杰、陈育、邓思维、张新宇、阎绍生、黄钊文、肖文平、沈贞文、朱薇桦、郭小璇、杨晓燕、李维娣、孙韵琳、符应典、桑慧莹、麦展熙。

电化学储能光伏系统电能质量检测方法

1 范围

本文件规定了电化学储能光伏系统电能质量的检验项目、试验条件、检测设备、检测方法、检验报告等。

本文件适用于电化学储能光伏系统电能质量检测，其他场站电能质量测试可参照执行。

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 1207 电磁式电压互感器

GB 1208 电流互感器

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 17626.7 电磁兼容 试验和测量技术 供电系统及所连设备谐波、间谐波的测量和测量仪器导则

GB/T 17626.15 电磁兼容 试验和测量技术 闪烁仪 功能和设计规范

GB/T 17626.30 电磁兼容 试验和测量技术 电能质量测量方法

GB/T 19862 电能质量监测设备通用要求

GB/T 24337 电能质量 公用电网间谐波

GB/T 32507 电能质量 术语

GB/T 34120 电化学储能系统储能变流器技术规范

T/GSEA 003-2023 电化学储能光伏系统现场检测方法

3 术语和定义

GB/T 32507界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1

电化学储能光伏系统 electrochemical energy storage-photovoltaic system

采用电化学电池作为储能元件，通过储能变流器或光储一体机进行电能存储、转换及释放的光伏系统。

3.2

并网点 point of interconnection

有升压站的光伏发电系统，并网点为升压站高压侧母线或节点。无升压站的光伏发电系统，并网点为光伏发电系统的输出汇总点。并网点定义可参照附录A。

[来源：GB/T 34120-2017]

3.3

储能变流器 power conversion system ; PCS

电化学储能系统中，连接于电池系统与电网（和/或负荷）之间，实现电能双向转换的变流器。

[来源：GB/T 34120]

3.4

并网运行模式 grid mode

储能变流器同步并入交流电网，以电流源特性运行，把电网电能存入电池组或将电池组能量回馈到电网的运行模式。

[来源：GB/T 34120]

3.5

离网运行模式 islanded mode

储能变流器以电压源特性运行，为储能系统交流侧所连接的电网提供电源的运行模式。

[来源：GB/T 34120]

3.6

稳流精度 stabilized current precision

电化学储能系统在恒流工作状态下，储能变流器直流侧输出电流在额定值内保持稳定时，输出电流的稳定程度。

[来源：GB/T 34120]

3.7

稳压精度 stabilized voltage precision

电化学储能系统在恒压工作状态下，储能变流器直流侧输出电流在额定值范围内变化，输出电压在可调节范围内保持稳定时，输出电压的稳定程度。

[来源：GB/T 34120]

4 检验项目

4.1 稳流精度与电流纹波

储能变流器在恒流工作状态下，输出电流的稳流精度不应超过 $\pm 5\%$ ，电流纹波不应超过5%。

4.2 稳压精度与电压纹波

储能变流器在恒压工作状态下，输出电压的稳压精度不应超过 $\pm 2\%$ ，电压纹波不应超过2%。

4.3 电压偏差

电化学储能光伏系统接入后，接入公共连接点的电压偏差应符合GB/T 12325的规定。

4.4 电压间谐波

电化学储能光伏系统接入后，接入公共连接点的电压间谐波应符合GB/T 24337的规定。

4.5 电流谐波

电化学储能光伏系统接入公共连接点的谐波注入电流谐波应符合GB/T 14549的规定，电化学储能光伏系统注入的谐波电流允许值应按电化学储能光伏系统安装容量与公共连接点上具有谐波源的发供电设备总容量之比分配。

注：由委托方提供系统最小短路容量，方可判定。

4.6 三相电压不平衡度

电化学储能光伏系统接入后，接入公共连接点的三相电压不平衡度应符合GB/T 15543的规定。

4.7 频率偏差

电化学储能光伏系统接入后，所接入公共连接点的频率偏差应符合GB/T 15945的规定。

4.8 闪变

电化学储能光伏系统接入后，产生的闪变应符合GB/T 12326的规定。

4.9 直流分量

电化学储能光伏系统接入后，交流侧电流中的直流电流分量不应超过输出电流额定值的0.5%。

4.10 功率因数

不参与系统无功调节时，电化学储能光伏系统输出功率大于额定输出的50%时，0.4kV及以下时，平均功率因数不应小于0.95；10kV及以上时，不应小于0.98。

5 试验条件

交流端电能质量测试期间，电化学储能光伏系统实际运行功率应大于额定功率的50%，且功率变化不应超过10%。

交流端电能质量测试期间，电化学储能光伏系统并网状况不应变化。

6 检测设备

电能质量测试装置应符合 GB/T 17626.30 附录 C 的规定，闪变算法应符合 GB/T 17626.15 的规定。

7 检测方法

7.1 储能直流端电能质量

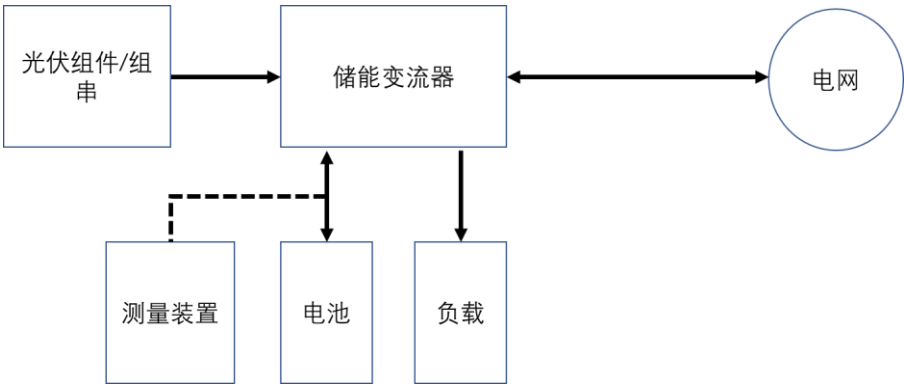


图1 储能直流端性能检测回路

7.1.1 恒流充电稳流精度

恒流充电稳流精度检测应按下列步骤执行：

- a) 按图1连接检测回路，调节被测储能变流器工作在恒流充电状态；
- b) 设定储能变流器直流侧电流为直流额定电流的100%，50%和10%；
- c) 测量储能变流器直流侧实际电流值，记录充电过程中直流电流最大波动值，测试时间不应小于1 min，利用式（1）计算稳流精度；

$$\delta_I = \frac{I_M - I_Z}{I_Z} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中： δ_I ——输出电流误差；
 I_M ——输出电流最大波动值，单位为安培（A）；
 I_Z ——设定的输出电流整定值，单位为安培（A）。
d) 取3个电流设定值下稳流精度最大值作为测量结果。

7.1.2 恒流充电电流纹波系数

恒流充电电流纹波系数检测应按下列步骤执行：

- a) 按图1连接检测回路，调节被测储能变流器工作在恒流充电状态；
- b) 设定储能变流器直流侧电流为直流额定电流的100%，50%和10%；
- c) 利用数据采集装置测量储能变流器直流侧电流的纹波值；
- d) 分别按式（2）和式（3）计算直流电流的纹波有效值系数和峰值系数。

$$X_{I_{rms}} = \frac{I_{rms}}{I_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (2)$$

$$X_{I_{PP}} = \frac{I_{PP}}{I_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (3)$$

式中： $X_{I_{rms}}$ ——电流纹波有效值系数；

$X_{I_{PP}}$ ——电流纹波峰值系数；

I_{rms} ——输出电流交流分量有效值，单位为安培（A）；

I_{PP} ——输出电流交流分量峰-峰值，单位为安培（A）；

I_{DC} ——直流输出电流平均值，单位为安培（A）。

7.1.3 恒流充电稳压精度

恒流充电稳压精度检测应按下列步骤执行：

- a) 按图1连接检测回路，调节被测储能变流器工作在恒压充电状态；
- b) 设定储能变流器直流侧电压为直流电压范围的最大值，中间值和最小值；
- c) 测量储能变流器直流侧实际电压值，记录充电过程中直流电压最大波动值，测试时间不应小于1 min，利用式（4）计算稳压精度；

$$\delta_U = \frac{U_M - U_Z}{U_Z} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (4)$$

式中： δ_U ——输出电压误差；

U_M ——输出电压最大波动值，单位为伏特（V）；

U_Z ——设定的输出电压整定值，单位为伏特（V）。

7.1.4 恒压充电电压纹波系数

恒压充电电压纹波系数检测应按下列步骤执行：

- a) 按图1连接检测回路，调节被测储能变流器工作在恒压充电状态；
- b) 设定储能变流器直流侧电压为直流额定电压的最大值，中间值和最小值；
- c) 利用数据采集装置测量储能变流器直流侧电压的纹波值；
- d) 分别按式（5）和式（6）计算直流电压的纹波有效值系数和峰值系数。

$$X_{U_{rms}} = \frac{U_{rms}}{U_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (5)$$

$$X_{U_{PP}} = \frac{U_{PP}}{U_{DC}} \times 100\% \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中： $X_{U_{rms}}$ ——电压纹波有效值系数；

$X_{U_{PP}}$ ——电压纹波峰值系数；

U_{rms} ——输出电压交流分量有效值，单位为伏特（V）；

U_{PP} ——输出电压交流分量峰-峰值，单位为伏特（V）；

U_{DC} ——直流输出电压平均值，单位为伏特（V）。

7.2 并网端电能质量

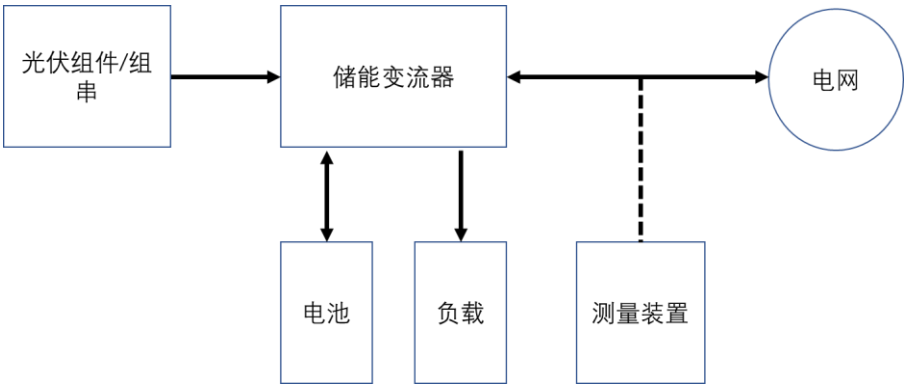


图2 并网端检测回路框图

7.2.1 电压偏差

在电化学储能光伏系统充电和放电条件下，获得电压有效值的基本测量时间窗口应为10周波，并且每个测量时间窗口应该与紧邻的测量时间窗口接近而不重叠，连续测量10 min并计算电压有效值的平均值，按下式计算供电电压偏差值：

电压偏差(%) = $\frac{\text{电压测量值}-\text{系统标称电压}}{\text{系统标称电压}} \times 100\%$ (7)

7.2.2 电压间谐波

电压间谐波检测应按下列步骤执行：

- a) 设定电化学储能光伏系统放电运行状态下；
- b) 设定电化学储能光伏系统放电输出有功功率为 50%P 以上，连续测量并记录 10 min；
- c) 按公式（8）取时间窗 T_w 测量并计算电压间谐波中心子群的有效值，取3 s内的15个电压间谐波中心子群有效值计算方均根值；
- d) 计算10 min内所包含的各3 s电压间谐波中心子群的方均根值；
- e) 电压间谐波测量最高频率应达到2 kHz；
- f) 在电化学储能光伏系统充电运行状态下，重复b) ~ e)。

注： h 次电压间谐波中心子群的有效值：

$U_h = \sqrt{\sum_{i=2}^8 C_{10h+i}^2}$ (8)

式中： C_{10h+i} ----DFT输出对应的第 $10h + i$ 根频谱分量的有效值。

7.2.3 电流谐波

电流谐波检测应按下列步骤执行：

- a) 设定电化学储能光伏系统放电运行状态下；
- b) 设定电化学储能光伏系统放电输出有功功率为 50%P 以上，连续测量并记录 10 min；
- c) 按公式（9）取时间窗 T_w 测量电流谐波子群的有效值，取3 s内的15个电流谐波子群有效值计算方均根值；
- d) 计算10 min内所包含的各3 s电流谐波子群的方均根值；
- e) 电流谐波子群应记录到第50次，利用公式（10）计算电流谐波子群总畸变率并记录；
- f) 在电化学储能光伏系统充电运行状态下，重复b) ~ e)。

注1： h 次电流谐波子群的有效值：

$$I_h = \sqrt{\sum_{i=-1}^1 C_{10h+i}^2} \dots\dots\dots (9)$$

式中： C_{10h+i} ----DFT输出对应的第 $10h+i$ 根频谱分量的有效值。

注2：电流谐波子群总畸变率：

$$THDS_i = \sqrt{\sum_{h=2}^{50} \left(\frac{I_h}{I_1}\right)^2} \times 100\% \dots\dots\dots (10)$$

式中：

I_h ----在10 min内 h 次电流谐波子群的方均根值；

I_1 ----在10 min内电流基波子群的方均根值。

7.2.4 三相电压不平衡度

三相电压不平衡度检测应按下列步骤执行：

- 设定电化学储能光伏系统放电运行状态下；
- 设定电化学储能光伏系统放电输出有功功率为 50%P 以上，连续测量并记录 10 min；
- 按公式（11）按每3 s时段计算方均根值，共计算200个3 s时段方均根值；
- 应分别记录负序电压不平衡度测量值的95%概率大值以及所有测量值中的最大值；
- 在电化学储能光伏系统充电运行状态下，重复测b)~d)。

$$\varepsilon = \sqrt{\frac{1}{m} \sum_{k=1}^m \varepsilon_k^2} \dots\dots\dots (11)$$

式中： ε_k ----在3 s内第 k 次测得的电压不平衡度；

m ----在3 s内均匀间隔取值次数（ $m \geq 6$ ）。

7.2.5 频率偏差

频率偏差检测应按下列步骤执行：

- 设定电化学储能光伏系统放电运行状态下；
- 设定电化学储能光伏系统放电输出有功功率为 50%P 以上，连续测量并记录 10 min 交流输出频率值；
- 计算10 min平均频率偏差。
- 在电化学储能光伏系统充电运行状态下，重复测b)~c)。

$$f = f_{re} - f_N \dots\dots\dots (12)$$

f_{re} ----实际输出频率值，单位为赫兹（Hz）；

f_N ----额定输出频率值，单位为赫兹（Hz）。

7.2.6 闪变

闪变检测应按下列步骤执行：

- 在电化学储能光伏系统公共连接点处接入电能质量测试装置，测量电压和电流的截止频率不应小于400Hz；
- 电化学储能光伏系统放电运行状态下，输出有功功率为50%P以上，连续测量并记录10 min短时闪变值 P_{st} ；
- 长时闪变值 P_{lt} 应通过短时闪变值 P_{st} 计算；
- 在电化学储能光伏系统充电运行状态下，重复测试。检测方法应满足GB/T 12326的要求。

7.2.7 直流分量

直流分量检测应按下列步骤执行：

- a) 设定电化学储能光伏系统放电运行状态下；
- b) 设定电化学储能光伏系统放电输出有功功率为 50%P 以上，连续测量并记录 10 min 交流侧电流数据；
- c) 计算10 min平均直流分量。
- d) 在电化学储能光伏系统充电运行状态下，重复测b) ~ c)。

7.2.8 功率因数

功率因数检测应按下列步骤执行：

- a) 设定电化学储能光伏系统放电运行状态下；
- b) 设定电化学储能光伏系统放电输出有功功率为 50%P 以上，连续测量并记录 10 min 交流侧有功功率、无功功率；
- c) 计算10 min平均功率因数数值。
- d) 在电化学储能光伏系统充电运行状态下，重复测b) ~ c)。

功率因数（λ）计算公式为：

$$\lambda = \frac{P_{out}}{\sqrt{P_{out}^2 + Q_{out}^2}} \dots\dots\dots (14)$$

式中：

- P_{out} -----逆变器输出总有功功率；
- Q_{out} -----逆变器输出总无功功率。

7.3 负载端电能质量

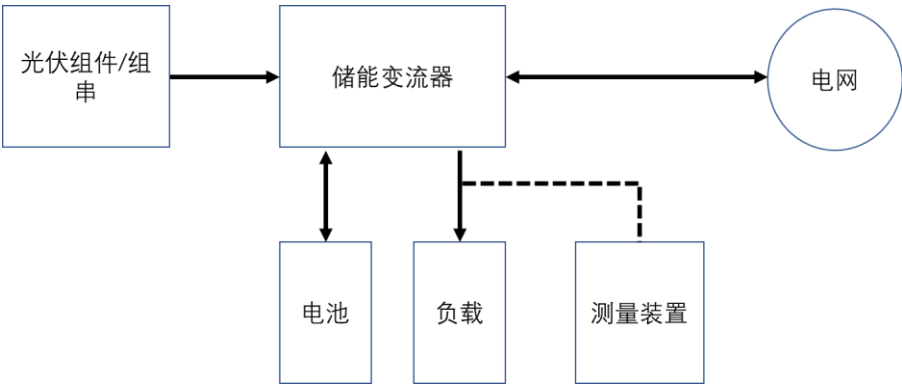


图3 负载端检测回路框图

7.3.1 电压偏差

测试方法与7.2.1（电化学储能光伏系统放电运行状态）相同。

7.3.2 电压间谐波

测试方法与7.2.2（电化学储能光伏系统放电运行状态）相同。

7.3.3 电流谐波

测试方法与7.2.3（电化学储能光伏系统放电运行状态）相同。

7.3.4 三相电压不平衡度

测试方法与7.2.4（电化学储能光伏系统放电运行状态）相同。

7.3.5 频率偏差

测试方法与7.2.5（电化学储能光伏系统放电运行状态）相同。

7.3.6 直流分量

测试方法与7.2.7（电化学储能光伏系统放电运行状态）相同。

7.3.7 功率因数

测试方法与7.2.8（电化学储能光伏系统放电运行状态）相同。

7.4 逆变器电能质量

7.4.1 一般规定

现场测试逆变器输出的电能质量，应包括谐波和波形畸变、功率因数、三相电流不平衡度和直流分量。测试期间逆变器平均负载率不应低于30%。

7.4.2 谐波和波形畸变

谐波和波形畸变测试时，应用电能质量测量仪器测试逆变器输出的电流谐波，记录时间间隔为3s，连续采样时间为10 min，记录2-40次谐波电流含量，分次电流谐波取10 min方均根值（有效值），各次谐波电流含量限值应符合表1的规定。

表1 各次谐波电流含量限值

奇次谐波次数	含量限值（A）	偶次谐波次数	含量限值（A）
3 th -9 th	4.0% I _N	2 th -10 th	1.0% I _N
11 th -15 th	2.0% I _N	12 th -16 th	0.5% I _N
17 th -21 th	1.2% I _N	18 th -22 th	0.375% I _N
23 th -33 th	0.6% I _N	24 th -34 th	0.15% I _N
36 th -39 th	0.3% I _N	36 th -40 th	0.075% I _N

注：I_N为逆变器交流侧额定电流。

电流谐波总畸变率（THD）限值为5%，其计算公式如下：

$$THD = \sqrt{\sum_{h=2}^{40} (\frac{I_h}{I_N})^2} \dots\dots\dots (15)$$

式中：

- I_h——第h次电流谐波含量，单位：A；
- I_N——逆变器交流侧额定电流，单位：A。

7.4.3 功率因数

功率因数测试时，应用电能质量测量仪器测试逆变器输出端的功率因数，记录时间间隔为3s，连续采样时间为10 min，结果应取平均值。当负载率大于50%时，功率因数不应小于0.98；负载率在30%-50%之间时，功率因数不应小于0.95。

7.4.4 三相电流不平衡度

逆变器正常运行时，负序三相电流不平衡度不应超过2%，短时不应超过4%。电能质量测量仪器记录时间间隔为3 s，连续采样时间为10 min，结果应取95%概率大值，短时取最大值。

7.4.5 直流分量

逆变器正常运行时，仪器记录时间间隔应为3 s，连续采样时间应为10 min，结果应取10 min平均值。直流分量不应超过输出额定电流的0.5%。

8 检验报告

检验报告应包括下列信息：

- a) 被测电化学储能光伏系统基本信息；
- b) 被测电化学储能光伏系统照片；
- c) 客户名称和地址；
- d) 检验机构名称、地址和测试地点；
- e) 现场检测环境参数及测试日期；
- f) 测试设备及其计量日期；
- g) 报告每页的独特标识；
- h) 检验报告负责人签名；
- i) 未经许可不能对报告复制的申明。

附 录 A
(规范性)
并网点的图例说明

电化学储能光伏系统的并网点是指电化学储能光伏系统与电网的连接点，而该电网可能是公共电网，也可能是用户电网。

并网点的图例说明如图 A.1 所示：虚线框为用户电网，该用户电网通过公共连接点 C 与公共电网相连。在用户电网内部，有两个系统，分别通过 A 点和 B 点与用户电网相连，A 点和 B 点均为并网点，但不是公共连接点。在 D 点，有电化学储能光伏系统直接与公共电网相连，D 点是并网点，也是公共连接点。

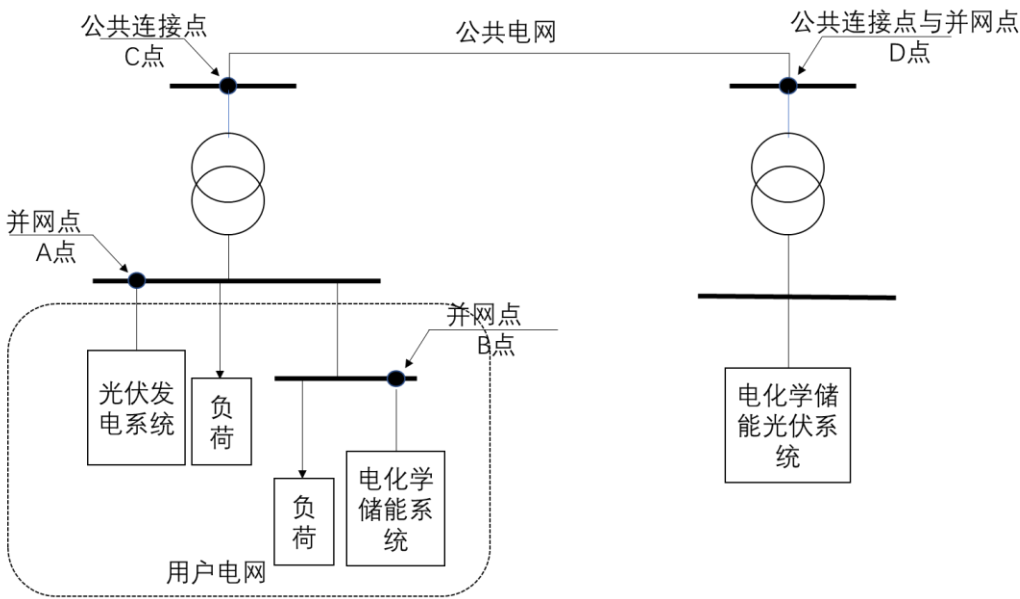


图 A.1 并网点图例

参 考 文 献

- [1] GB/T 19939-2005 光伏系统并网技术要求
 - [2] GB/T 19964-2012 光伏电站接入电力系统技术规定
 - [3] GB/T 20046-2006 光伏(PV)系统 电网接口特性
 - [4] GB/T 29319-2012 光伏发电系统接入配电网技术规定
 - [5] GB/T 30152-2013 光伏发电系统接入配电网检测规程
 - [6] GB/T 31365-2015 光伏电站接入电网检测规程
 - [7] GB/T 34133-2017 储能变流器检测技术规程
 - [8] GB/T 36547-2018 电化学储能系统接入电网技术规定
 - [9] GB/T 36548-2018 电化学储能系统接入电网测试规范
 - [10] NB/T 31005-2011 风电场电能质量测试方法
 - [11] NB/T 32004-2018 光伏并网逆变器技术规范
 - [12] NB/T 32006-2013 光伏电站电能质量检测技术规程
 - [13] NB/T 32008-2013 光伏电站逆变器电能质量检测技术规程
 - [14] CNCA/CTS 0016-2015 并网光伏电站性能检测与质量评估技术规范
 - [15] CNCA/CTS 0004-2010 并网光伏发电系统工程验收基本要求
-