

**国家电网公司
光伏电站接入电网技术规定**

(试行)

二〇〇九年七月

目 次

1	范围.....	1
2	规范性引用文件	1
3	术语和定义	2
4	一般原则	3
5	电能质量	4
6	功率控制和电压调节	6
7	电网异常时的响应特性	7
8	安全与保护	9
9	通用技术条件	10
10	电能计量	11
11	通信与信号	11
12	系统测试	12

光伏电站接入电网技术规定

1 范围

本规定内所有光伏电站均指并网光伏电站，本规定不适用于离网光伏电站。

本规定规定了光伏电站接入电网运行应遵循的一般原则和技术要求。

本规定适用于通过逆变器接入电网的光伏电站，包括有变压器与无变压器连接。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本规定的引用而成为本规定的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于本规定，但鼓励根据本规定达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本规定。

GB/T 2297-1989	太阳光伏能源系统术语
GB/T 12325-2008	电能质量 供电电压偏差
GB/T 12326-2008	电能质量 电压波动和闪变
GB/T 14549-1993	电能质量 公用电网谐波
GB/T 15543-2008	电能质量 三相电压不平衡
GB/T 18479-2001	地面用光伏（PV）发电系统 概述和导则
GB/T 19939-2005	光伏系统并网技术要求
GB/T 20046-2006	光伏（PV）系统电网接口特性
GB 2894	安全标志（neq ISO 3864:1984）
GB 16179	安全标志使用导则
GB/T 17883	0.2S 和 0.5S 级静止式交流有功电度表
DL/T 448	电能计量装置技术管理规定
DL/T 614	多功能电能表
DL/T 645	多功能电能表通信协议
DL/T 5202	电能量计量系统设计技术规程
SJ/T 11127	光伏（PV）发电系统过电压保护-导则
IEC 61000-4-30	电磁兼容 第 4-30 部分 试验和测量技术-电能质量
IEC 60364-7-712	建筑物电气装置 第 7-712 部分：

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本规定：

3.1 光伏电站 photovoltaic(PV) power station

包含所有变压器、逆变器（单台或多台）、相关的 BOS（平衡系统部件）和太阳电池方阵在内的发电系统。

3.2 峰瓦 watts peak

指太阳电池组件方阵，在标准测试条件下的额定最大输出功率。

注：标准测试条件为： $25\pm 2^{\circ}\text{C}$ ，用标准太阳电池测量的光源辐照度为 $1000\text{W}/\text{m}^2$ 并具有 AM1.5 标准的太阳光谱辐照度分布。

3.3 并网光伏电站 grid-connected PV power station

接入公用电网（输电网或配电网）运行的光伏电站。

3.4 逆变器 inverter

光伏电站内将直流电变换成交流电的设备。用于将电能变换成适合于电网使用的一种或多种形式的电能的电气设备。最大功率跟踪控制器、逆变器和控制器均可属于逆变器的一部分。

注 1：具备控制、保护和滤波功能，用于电源和电网之间接口的任何静态功率变换器。有时被称作功率调节子系统、功率变换系统、静态变换器、或者功率调节单元。

注 2：由于其整体化的属性，在维修或维护时才要求逆变器与电网完全断开。在其他所有的时间里，无论逆变器是否在向电网输送光伏能源，控制电路保持与电网的连接，以监测电网状态。“停止向电网线路送电”的说法在本规定中普遍使用。应该认识到在发生跳闸时，例如过电压跳闸，逆变器不会与电网完全断开。逆变器维护时可以通过一个电网交流断路器来实现与电网完全断开。

3.5 公共连接点 point of common coupling (PCC)

电力系统中一个以上用户的连接处。

3.6 并网点 point of interconnection (POI)

对于通过升压变压器接入公共电网的光伏电站，指与电网直接连接的升压变高压侧母线。对于不通过变压器直接接入公共电网的光伏电站，指光伏电站的输出汇总点，并网点也称为接入点（point of integration）。

3.7 孤岛现象 **islanding**

电网失压时，光伏电站仍保持对失压电网中的某一部分线路继续供电的状态。孤岛现象可分为非计划性孤岛现象和计划性孤岛现象。

非计划性孤岛现象 **unintentional islanding**

非计划、不受控地发生孤岛现象。

计划性孤岛现象 **intentional islanding**

按预先配置的控制策略，有计划地发生孤岛现象。

3.8 防孤岛 **anti-islanding**

禁止非计划性孤岛现象的发生。

注：非计划性孤岛现象发生时，由于系统供电状态未知，将造成以下不利影响：

①可能危及电网线路维护人员和用户的生命安全；②干扰电网的正常合闸；③电网不能控制孤岛中的电压和频率，从而损坏配电设备和用户设备。

3.9 功率因数 **power factor**

由发电站输出总有功功率与总无功功率计算而得的功率因数。功率因数(PF)计算公式为：

$$PF = \frac{P_{out}}{\sqrt{P_{out}^2 + Q_{out}^2}}$$

式中：

P_{out} ——电站输出总有功功率；

Q_{out} ——电站输出总无功功率。

4 一般原则

综合考虑不同电压等级电网的输配电容量、电能质量等技术要求，根据光伏电站接入电网的电压等级，可分为小型、中型或大型光伏电站。

小型光伏电站 — 接入电压等级为 0.4kV 低压电网的光伏电站。

中型光伏电站 — 接入电压等级为 10~35kV 电网的光伏电站。

大型光伏电站 — 接入电压等级为 66kV 及以上电网的光伏电站。

小型光伏电站的装机容量一般不超过 200 千峰瓦。

根据是否允许通过公共连接点向公用电网送电，可分为可逆和不可逆的接入方式。

5 电能质量

5.1 一般性要求

光伏电站向当地交流负载提供电能和向电网发送电能的质量，在谐波、电压偏差、电压不平衡度、直流分量、电压波动和闪变等方面应满足国家相关标准。

光伏电站应该在并网点装设满足 IEC 61000-4-30《电磁兼容 第 4-30 部分 试验和测量技术-电能质量》标准要求的 A 类电能质量在线监测装置。对于大型或中型光伏电站，电能质量数据应能够远程传送到电网企业，保证电网企业对电能质量的监控。对于小型光伏电站，电能质量数据应具备一年及以上的存储能力，必要时供电网企业调用。

5.2 谐波和波形畸变

光伏电站接入电网后，公共连接点的谐波电压应满足 GB/T 14549-1993《电能质量 公用电网谐波》的规定，如表 1 所示：

表 1 公用电网谐波电压限值

电网标称电压 (kV)	电压总畸变率 (%)	各次谐波电压含有率 (%)	
		奇次	偶次
0.38	5.0	4.0	2.0
6	4	3.2	1.6
10			
35	3	2.1	1.2
66			
110	2	1.6	0.8

光伏电站接入电网后，公共连接点处的总谐波电流分量（方均根）应满足 GB/T 14549-1993《电能质量 公用电网谐波》的规定，应不超过表 2 中规定的允许值，其中光伏电站向电网注入的谐波电流允许值按此光伏电站安装容量与其公共连接点的供电设备容量之比进行分配。

表 2 注入公共连接点的谐波电流允许值

标称电 压(kV)	基准短路 容量 (MVA)	谐波次数及谐波电流允许值 (A)											
		2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0.38	10	78	62	39	62	26	44	19	21	16	28	13	24

6	100	43	34	21	34	14	21	11	11	8.5	16	7.1	13
10	100	26	20	13	20	8.5	15	6.4	6.8	5.1	9.3	4.3	7.9
35	250	15	12	7.7	12	5.1	8.8	3.8	4.1	3.1	5.6	2.6	4.7
66	300	16	13	8.1	13	5.1	9.3	4.1	4.3	3.3	5.9	2.7	5
110	750	12	9.6	6	9.6	4	6.8	3	3.2	2.4	4.3	2	3.7
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25
0.38	10	11	12	9.7	18	8.6	16	7.8	8.9	7.1	14	6.5	12
6	100	6.1	6.8	5.3	10	4.7	9	4.3	4.9	3.9	7.4	3.6	6.8
10	100	3.7	4.1	3.2	6	2.8	5.4	2.6	2.9	2.3	4.5	2.1	4.1
35	250	2.2	2.5	1.9	3.6	1.7	3.2	1.5	1.8	1.4	2.7	1.3	2.5
66	300	2.3	2.6	2	3.8	1.8	3.4	1.6	1.9	1.5	2.8	1.4	2.6
110	750	1.7	1.9	1.5	2.8	1.3	2.5	1.2	1.4	1.1	2.1	1	1.9

5.3 电压偏差

光伏电站接入电网后，公共连接点的电压偏差应满足 GB/T 12325-2008《电能质量 供电电压偏差》的规定，即：

35kV 及以上公共连接点电压正、负偏差的绝对值之和不超过标称电压的 10%。
20kV 及以下三相公共连接点电压偏差为标称电压的 $\pm 7\%$ 。

注：如公共连接点电压上下偏差同号（均为正或负）时，按较大的偏差绝对值作为衡量依据。

5.4 电压波动和闪变

光伏电站接入电网后，公共连接点处的电压波动和闪变应满足 GB/T 12326-2008《电能质量 电压波动和闪变》的规定。

光伏电站单独引起公共连接点处的电压变动限值与变动频度、电压等级有关，见表 3：

表 3 电压变动限值

r, h^{-1}	$d, \%$	
	LV, MV	HV
$r \leq 1$	4	3
$1 < r \leq 10$	3	2.5
$10 < r \leq 100$	2*	1.5*
$100 < r \leq 1000$	1.25	1

注：1 很少的变动频度 r （每日少于 1 次），电压变动限值 d 还可以放宽，但不在本标准中规定；

2 对于随机性不规则的电压波动，依 95% 概率大值衡量，表中标有“*”的值为其限值；

3 本标准中系统标称电压 U_N 等级按以下划分：

低压 (LV)	$U_N \leq 1 \text{ kV}$
中压 (MV)	$1 \text{ kV} < U_N \leq 35 \text{ kV}$
高压 (HV)	$35 \text{ kV} < U_N \leq 220 \text{ kV}$

光伏电站接入电网后，公共连接点短时间闪变 P_{st} 和长时间闪变 P_{lt} 应满足表 4 所列的限值。

表 4 各级电压下的闪变限值

系统电压等级	LV	MV	HV
P_{st}	1.0	0.9 (1.0)	0.8
P_{lt}	0.8	0.7 (0.8)	0.6

注：1 本标准中 P_{st} 和 P_{lt} 每次测量周期分别取为 10min 和 2h；
2 MV 括号中的值仅适用于 PCC 连接的所有用户为同电压级的场合。

光伏电站在公共连接点单独引起的电压闪变值应根据光伏电站安装容量占供电容量的比例、以及系统电压，按照 GB/T 12326-2008《电能质量 电压波动和闪变》的规定分别按三级作不同的处理。

5.5 电压不平衡度

光伏电站接入电网后，公共连接点的三相电压不平衡度应不超过 GB/T 15543-2008《电能质量 三相电压不平衡》规定的限值，公共连接点的负序电压不平衡度应不超过 2%，短时不得超过 4%；其中由光伏电站引起的负序电压不平衡度应不超过 1.3%，短时不超过 2.6%。

5.6 直流分量

光伏电站并网运行时，向电网馈送的直流电流分量不应超过其交流额定值的 0.5%，对于不经变压器直接接入电网的光伏电站，因逆变器效率等特殊因素可放宽至 1%。

6 功率控制和电压调节

6.1 有功功率控制

大型和中型光伏电站应具有有功功率调节能力，并能根据电网调度部门指令控制其有功功率输出。为了实现对光伏电站有功功率的控制，光伏电站需要安装有功功率控制系统，能够接收并自动执行电网调度部门远方发送的有功出力控制信号，根据电网频率值、电网调度部门指令等信号自动调节电站的有功功率输出，确保光

光伏电站最大输出功率及功率变化率不超过电网调度部门的给定值，以便在电网故障和特殊运行方式时保证电力系统稳定性。

大型和中型光伏电站应具有限制输出功率变化率的能力，但可以接受因太阳光辐照度快速减少引起的光伏电站输出功率下降速度超过最大变化率的情况。

6.2 电压/无功调节

大型和中型光伏电站参与电网电压调节的方式包括调节光伏电站的无功功率、调节无功补偿设备投入量以及调整光伏电站升压变压器的变比等。在进行接入系统方案设计时，应重点研究其无功补偿类型、容量以及控制策略等。

大型和中型光伏电站的功率因数应能够在 0.98（超前）~0.98（滞后）范围内连续可调，有特殊要求时，可以与电网企业协商确定。在其无功输出范围内，大型和中型光伏电站应具备根据并网点电压水平调节无功输出，参与电网电压调节的能力，其调节方式、参考电压、电压调差率等参数应可由电网调度机构远程设定。

小型光伏电站输出有功功率大于其额定功率的 50%时，功率因数应不小于 0.98（超前或滞后），输出有功功率在 20%-50%之间时，功率因数应不小于 0.95（超前或滞后）。对于具体的工程项目，必要时应根据实际电网进行论证计算，确定光伏电站合理的功率因数控制范围。

6.3 启动

大型和中型光伏电站启动时需要考虑光伏电站的当前状态、来自电网调度机构的指令和本地测量的信号。

光伏电站启动时应确保输出的有功功率变化不超过所设定的最大功率变化率。

6.4 停机

除发生电气故障或接受到来自于电网调度机构的指令以外，光伏电站同时切除的功率应在电网允许的最大功率变化率范围内。

7 电网异常时的响应特性

7.1 电压异常时的响应特性

为了使当地交流负载正常工作，小型光伏电站输出电压应与电网相匹配。正常运行时，小型光伏电站在并网点处的电压允许偏差应符合 GB/T 12325—2008《电能质量 供电电压允许偏差》的规定。

对于小型光伏电站，当并网点处电压超出表 5 规定的电压范围时，应停止向电网线路送电。此要求适用于多相系统中的任何一相。

表 5 小型光伏电站在电网电压异常时的响应要求

并网点电压	最大分闸时间*
$U < 0.5 U_N$	0.1 秒
$50\% \times U_N \leq U < 85\% \times U_N$	2.0 秒
$85\% \times U_N \leq U \leq 110\% \times U_N$	连续运行
$110\% \times U_N < U < 135\% \times U_N$	2.0 秒
$135\% \times U_N \leq U$	0.05 秒

注：1 U_N 为光伏电站并网点的电网额定电压。
 2 最大分闸时间是指异常状态发生到逆变器停止向电网送电的时间。主控与监测电路应切实保持与电网的连接，从而继续监视电网的状态，使得“恢复并网”功能有效。主控与监测的定义参见 GB/T 18479-2001《地面用光伏（PV）发电系统概述和导则》。

大型和中型光伏电站应具备一定的耐受电压异常的能力，避免在电网电压异常时脱离，引起电网电源的损失。当并网点电压在图 1 中电压轮廓线及以上的区域时，光伏电站必须保证不间断并网运行；并网点电压在图中电压轮廓线以下时，允许光伏电站停止向电网线路送电。

图 1 中， U_{Lo} 为正常运行的最低电压限值，一般取 0.9 倍额定电压。 U_{Li} 为需要耐受的电压下限，T1 为电压跌落到 U_{Li} 时需要保持并网的时间，T2 为电压跌落到 U_{Lo} 时需要保持并网的时间。 U_{Li} 、T1、T2 数值的确定需考虑保护和重合闸动作时间等实际情况。推荐 U_{Li} 设定为 0.2 倍额定电压，T1 设定为 1 秒、T2 设定为 3 秒。

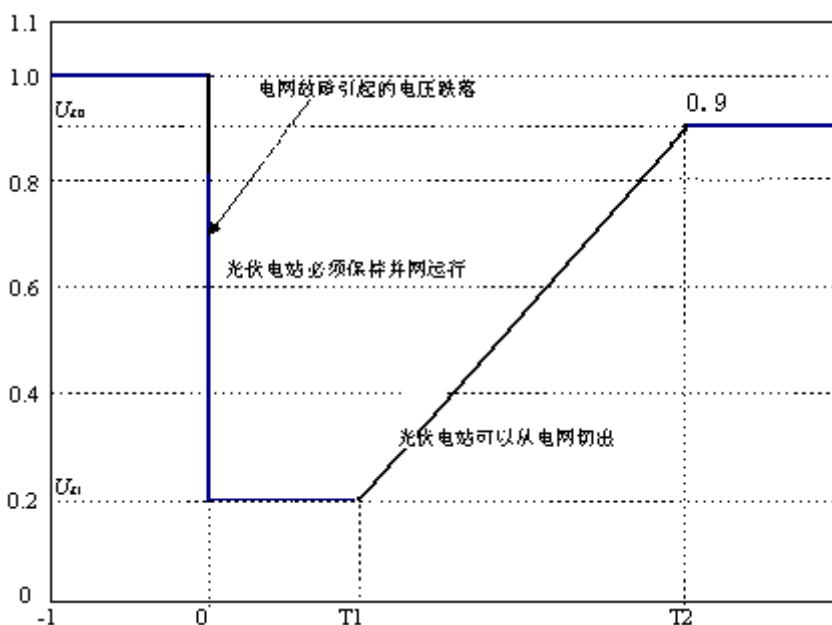


图 1 大型和中型光伏电站的低电压耐受能力要求

7.2 频率异常时的响应特性

光伏电站并网时应与电网同步运行。

对于小型光伏电站，当并网点频率超过 49.5~50.2 Hz 范围时，应在 0.2s 内停止向电网线路送电。如果在指定的时间内频率恢复到正常的电网持续运行状态，则无需停止送电。

大型和中型光伏电站应具备一定的耐受系统频率异常的能力，应能够在表 6 所示电网频率偏离下运行：

表 6 大型和中型光伏电站在电网频率异常时的运行时间要求

频率范围	运行要求
低于 48Hz	根据光伏电站逆变器允许运行的最低频率或电网要求而定
48Hz-49.5Hz	每次低于 49.5Hz 时要求至少能运行 10 分钟
49.5Hz-50.2Hz	连续运行
50.2Hz-50.5Hz	每次频率高于 50.2Hz 时，光伏电站应具备能够连续运行 2 分钟的能力，但同时具备 0.2 秒内停止向电网线路送电的能力，实际运行时间由电网调度机构决定；此时不允许处于停运状态的光伏电站并网。
高于 50.5Hz	在 0.2 秒内停止向电网线路送电，且不允许处于停运状态的光伏电站并网。

8 安全与保护

光伏电站或电网异常、故障时，为保证设备和人身安全，应具有相应继电保护功能，保证电网和光伏设备的安全运行，确保维修人员和公众人身安全。

光伏电站的保护应符合可靠性、选择性、灵敏性和速动性的要求。

光伏电站必须在逆变器输出汇总点设置易于操作、可闭锁、且具有明显断开点的并网总断路器，以确保电力设施检修维护人员的人身安全。

8.1 过流与短路保护

光伏电站需具备一定的过电流能力，在 120% 倍额定电流以下，光伏电站连续可靠工作时间应不小于 1 分钟；在 120%~150% 额定电流内，光伏电站连续可靠工作时间应不小于 10 秒。

当检测到电网侧发生短路时，光伏电站向电网输出的短路电流应不大于额定电流的 150%。

8.2 防孤岛

光伏电站必须具备快速监测孤岛且立即断开与电网连接的能力，其防孤岛保护应与电网侧线路保护相配合。

光伏电站的防孤岛保护必须同时具备主动式和被动式两种，应设置至少各一种主动和被动防孤岛保护。主动防孤岛保护方式主要有频率偏离、有功功率变动、无功功率变动、电流脉冲注入引起阻抗变动等；被动防孤岛保护方式主要有电压相位跳动、3次电压谐波变动、频率变化率等。

注：光伏电站与电网断开不包括用于监测电网状态的主控和监测电路。

8.3 逆功率保护

当光伏电站设计为不可逆并网方式时，应配置逆向功率保护设备。当检测到逆向电流超过额定输出的5%时，光伏电站应在0.5~2秒内停止向电网线路送电。

8.4 恢复并网

系统发生扰动后，在电网电压和频率恢复正常范围之前光伏电站不允许并网，且在系统电压频率恢复正常后，光伏电站需要经过一个可调的延时时间后才能重新并网，这个延时一般为20秒到5分钟，取决于当地条件。

9 通用技术条件

9.1 防雷和接地

光伏电站和并网点设备的防雷和接地，应符合SJ/T11127《光伏（PV）发电系统过电压保护-导则》中的规定，不得与市电配电网共用接地装置。

光伏电站并网点设备应按照IEC 60364-7-712《建筑物电气装置 第7-712部分：特殊装置或场所的要求 太阳光伏（PV）发电系统》的要求接地/接保护线。

9.2 电磁兼容

光伏电站应具有适当的抗电磁干扰的能力，应保证信号传输不受电磁干扰，执行部件不发生误动作。同时，设备本身产生的电磁干扰不应超过相关设备标准。

9.3 耐压要求

光伏电站的设备必须满足相应电压等级的电气设备耐压标准。

9.4 抗干扰要求

当并网点的闪变值满足GB 12326-2008《电能质量 电压波动和闪变》、谐波值满足GB/T 14549-1993《电能质量 公用电网谐波》、三相电压不平衡度满足GB/T 15543-2008《电能质量 三相电压不平衡》的规定时，光伏电站应能正常运行。

9.5 安全标识

对于小型光伏电站，连接光伏电站和电网的专用低压开关柜应有醒目标识。标识应标明“警告”、“双电源”等提示性文字和符号。标识的形状、颜色、尺寸和高度参照 GB 2894 《安全标志（neq ISO 3864:1984）》和 GB 16179 《安全标志使用导则》执行。

10 电能计量

光伏电站接入电网前，应明确上网电量和用网电量计量点。计量点原则上设置在产权分界的光伏电站并网点。

每个计量点均应装设电能计量装置，其设备配置和技术要求符合 DL/T448 《电能计量装置技术管理规程》，以及相关标准、规程要求。

电能表采用静止式多功能电能表，技术性能符合 GB/T 17883 《0.2S 和 0.5S 级静止式交流有功电度表》和 DL/T 614 《多功能电能表》的要求。电能表至少应具备双向有功和四象限无功计量功能、事件记录功能，配有标准通信接口，具备本地通信和通过电能信息采集终端远程通信的功能，电能表通信协议符合 DL/T 645 《多功能电能表通信协议》。采集信息应接入电网调度机构的电能信息采集系统。

大型和中型光伏电站的同一计量点应安装同型号、同规格、准确度相同的主、副电能表各一套。主、副表应有明确标志。

电能计量装置由光伏电站产权归属方负责在并网前，按要求安装完毕，并结合电能信息采集终端与主站系统进行信道、协议和系统调试；由经双方认可，具有相应资质的电能计量检测机构对电能计量装置完成相关检测，出具完整检测报告，施加封条、封印或其他封固措施；电能计量装置投运前，应由电网企业和光伏电站产权归属方共同完成竣工验收。

11 通信与信号

11.1 基本要求

大型和中型光伏电站必须具备与电网调度机构之间进行数据通信的能力。并网双方的通信系统应以满足电网安全经济运行对电力通信业务的要求为前提，满足继电保护、安全自动装置、调度自动化及调度电话等业务对电力通信的要求。

光伏电站与电网调度机构之间通信方式和信息传输由双方协商一致后作出规定、包括互相提供的模拟和开断信号种类提供信号的方式和实时性要求等。一般采用基于 IEC-60870-5-101 和 IEC-60870-5-104 通信协议

11.2 正常运行信号

在正常运行情况下，光伏电站向电网调度机构提供的信号至少应当包括：

- 1) 光伏电站并网状态、辐照度；
- 2) 光伏电站有功和无功输出、发电量、功率因数；
- 3) 并网点的电压和频率、注入电力系统的电流；
- 4) 变压器分接头档位、主断路器开关状态等。

11.3 故障信息

为了分析光伏电站事故和安全自动装置在事故过程中的动作情况，使电网调度机构能全面、准确、实时地了解系统事故过程中继电保护装置的動作行为，在大型光伏电站中应装设专用故障录波装置。故障录波装置应记录故障前 10 秒到故障后 60 秒的情况。故障录波装置应该包括必要数量的通道。

光伏电站故障动态过程记录系统大扰动如短路故障、系统振荡、频率崩溃、电压崩溃等发生后的有关系统电参量的变化过程及继电保护与安全自动装置的动作行为。

光伏电站并网点交流电压、电流信号需要接入光伏电站的故障录波装置。保护动作信号、电能质量监测装置触发输出信号可接入故障录波装置的外部触发节点。

12 系统测试

12.1 测试要求

光伏电站接入电网的测试点为光伏电站并网点，必须由具备相应资质的单位或部门进行，并在测试前将测试方案报所接入电网企业备案。

光伏电站应当在并网运行后 6 个月内向电网企业提供有关光伏电站运行特征的测试报告，以表明并网光伏电站满足接入电网的相关规定。

当并网光伏电站更换逆变器或变压器等主要设备时，需要重新提交测试报告。

12.2 测试内容

测试应按照国家或有关行业对光伏电站并网运行制定的相关标准或规定进行，必须包括但不仅限于以下内容：

- 1) 电能质量，包括电压不平衡度、谐波、直流分量、电压波动和闪变等；
- 2) 通用技术条件测试，包括接地、电磁兼容、耐压、抗电网扰动等；
- 3) 有功输出特性（有功输出与辐照度、温度的关系特性）；
- 4) 有功和无功控制特性；

- 5) 电压与频率异常时的响应特性
- 6) 安全与保护功能;
- 7) 光伏电站启停时对电网的影响。