

# 分布式光伏发电并网政策与技术

中国电力科学研究院 · 朱凌志

zhulingzhi@epri.sgcc.com.cn

2013-10-20 杭州

## 目 录



国家电网  
STATE GRID

### 一 . 背景

二 . 分布式光伏发电的并网管理

三 . 分布式光伏发电的电价政策

四 . 分布式光伏发电并网标准与关键技术

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 一、背景

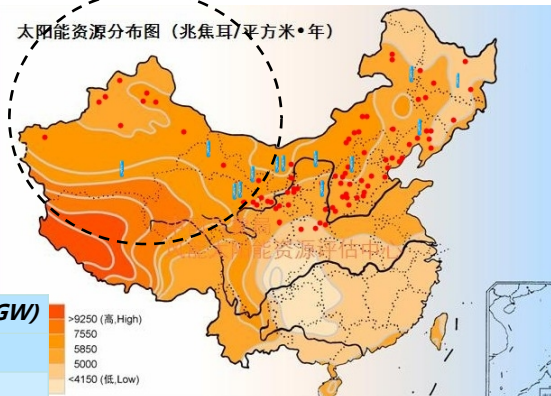


### ◆ 我国光伏发电发展模式

#### 资源

- 青藏高原、甘肃、宁夏、新疆、内蒙等西部和北部地区

太阳能资源分布图 (兆焦耳/平方米·年)



#### 开发规划：

类型	2015(GW)	2020(GW)
大型电站	11	23
光伏电站	10	20
光热电站	1	3
分布式系统	10	27
合计	21(35?)	50(?)

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 一、背景



### ◆ 我国促进分布式光伏发电发展相关政策

#### ■ 光电建筑示范项目

2009年，财政部和住建部联合发布《关于加快推进太阳能光电建筑应用的实施意见》（财建〔2009〕128号）：

- 累计规模达50万千瓦
- 最高按照50%的标准进行补贴
- 与建筑物高度紧密结合的光电一体化项目的补助标准为9元/瓦，与建筑一般结合的利用形式项目补助标准为7.5元/瓦



CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 一、背景



### ◆ 我国促进分布式光伏发电发展相关政策

#### ■ 金太阳示范工程

2009年，财政部、科技部和能源局联合发布了《关于实施金太阳示范工程的通知》（财建〔2009〕397号）：

- 累计规模331万千瓦
- 最高按照50%的标准进行补贴，2012年为5.5元/瓦



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 一、背景



### ◆ 国网分布式发电并网管理办法

2012年10月26日，国家电网公司召开《加强分布式光伏发电并网服务电视电话会议暨新闻发布会》。国家电网公司系统省、地市、县三级参加会议。



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 一、背景



### ◆ 国网分布式发电并网管理办法

- 《关于做好分布式光伏发电并网服务工作的意见（暂行）》
- 《关于促进分布式光伏发电并网管理工作的意见（暂行）》
- 《分布式光伏发电接入配电网相关技术规定（暂行）》
- 《分布式光伏发电接入系统典型设计》



## 目 录



### 一．背景

### 二．分布式光伏发电的并网管理

### 三．分布式光伏发电的电价政策

### 四．分布式光伏发电并网标准与关键技术

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 早期分布式光伏发电并网管理问题

#### ● 管理机制不适应

- **职责界面不清晰、不统一。**省级公司分布式光伏并网管理各环节的归口部门存在差异，如接入前期由发展部或营销部管理，验收由营销部或运检部管理。
- **流程不清晰，不透明。**常规电源并网管理的流程通常不涉及地市公司层面，而分布式光伏发电并网主要由地市公司办理，管理流程需要深化和细化。相关规定流程公开度不够，相当部分业主为小微企业，未涉及过电源建设和运行，不知道找谁办理、怎么办理。
- **并网管理环节多。**按照常规电源流程，无论装机大小，均需开展接入系统设计和评审、专题评估、购售电合同和并网调度协议签署、并网调试和检测等，需要逐部门协调，协调难度大、办理周期长。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 早期分布式光伏发电并网管理问题

#### ● 管理机制不适应

- **厂网建设不同步。**分布式光伏发电没有规划，项目建设仅需3至6个月，并网工程建设和公共电网改造需要1年时间，可能造成光伏电源无法及时并网。
- **运行管理缺乏针对性的实施细则：**分布式光伏发电接入对配电网电能质量控制、继电保护配置和倒闸操作提出更高要求，可能存在非计划孤岛和反送电等安全问题，增加了调度运行、运维检修的复杂性和安全风险，且安全责任界定难度加大，相应管理制度不健全。
- **并网管理和运行管理人员能力和素质有待提高。**大部分地市公司电源并网管理和运行管理工作经验少，对分布式光伏电源的管理流程和要求以及技术标准不够熟悉。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 早期分布式光伏发电并网管理问题

#### ● **政策要求不明确**

- 接网工程投资问题
- 运营模式问题
- 系统备用费问题
- 经营结算
- 并网收费

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 早期分布式光伏发电并网管理问题

#### ● **技术标准不完善**

分布式光伏发电接入系统设计缺乏规范，电源接入电压等级、专线或T接、第一落点等接入方案的确定随意性较大，部分地区要求专线接入，导致出线间隔资源紧张，接入困难；通信方式、传输通道和传输信息等二次设备的配置标准不统一，部分地区要求自发自用分布式光伏发电项目采用光纤通讯和光纤差动保护，二次部分投资偏高，用户意见大。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 分布式光伏界定标准

- 18个典型国家（组织）中13个界定为MW级、10kV及以下接入
- 6MW以下的电源未纳入国家统计范围
- 10kV线路经济输送能力为5~8MW
- 6MW光伏约6万平方米，能够覆盖所有建筑光伏项目



- 就近接入，就地利用
- 接入10kV及以下
- 单个并网点不超过6MW

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 并网流程

#### ● *常规（大型）新能源发电并网流程*

**国家电网公司风电场和光伏电站等电源接入系统管理意见  
(国家电网发展〔2010〕885号文)**

- 一、接入系统设计
- 二、接入系统评审计划申请和批复
- 三、接入系统设计评审
- 四、接入电网意见函申请和出具
- 五、接入电网工作（签署并网协议、并网检测、正式运行）

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

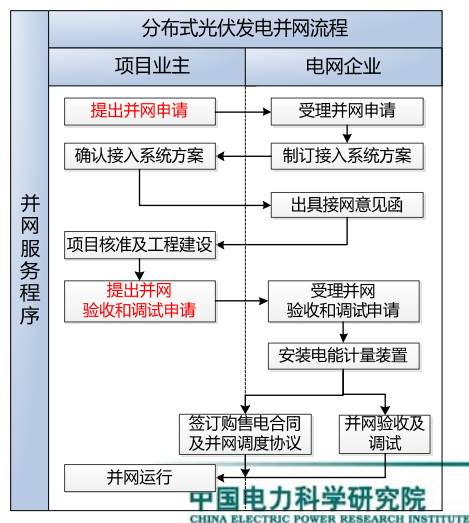
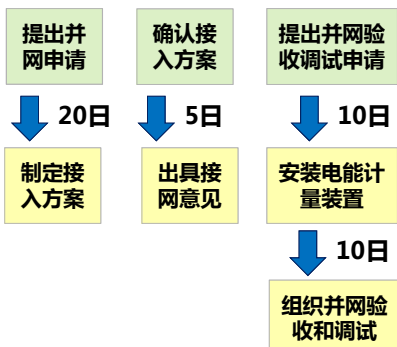
## 二、分布式光伏发电的并网管理



### ◆ 并网流程

#### ● 分布式光伏发电并网流程

地市公司负责具体工作，全部并网流程办理周期约45个工作日（不含建设期）。



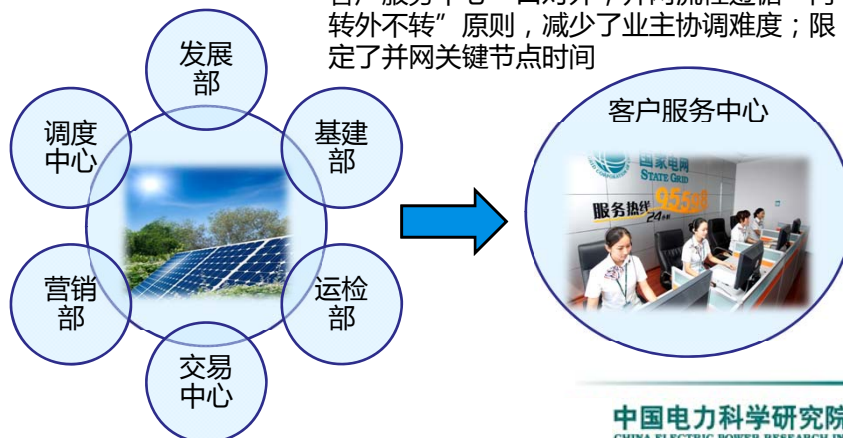
## 二、分布式光伏发电的并网管理



### ◆ 并网流程

#### ● 一个窗口、一站式服务

客户服务中心一口对外；并网流程遵循“内转外不转”原则，减少了业主协调难度；限定了并网关键节点时间



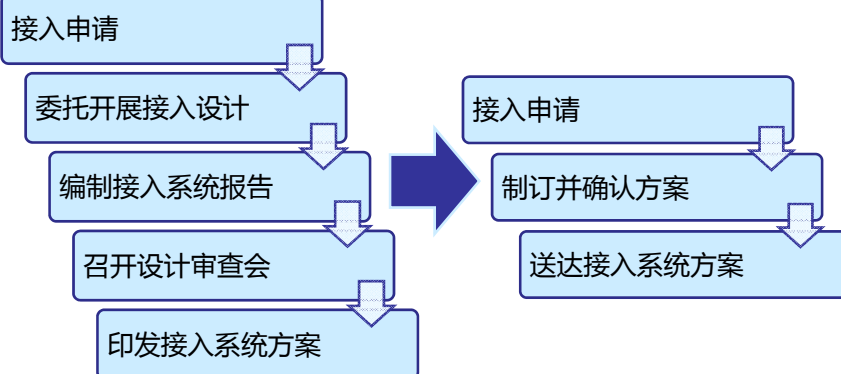


## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 接入系统设计



电网公司免费为业主提供接入系统方案制定服务

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

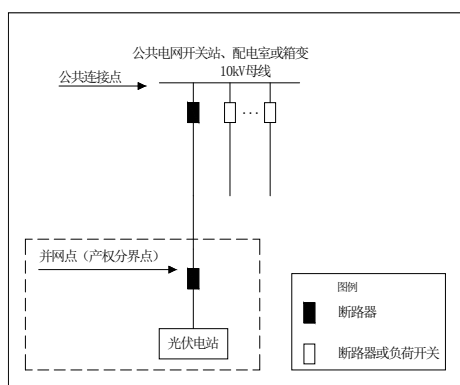
## 二、分布式光伏发电的并网管理



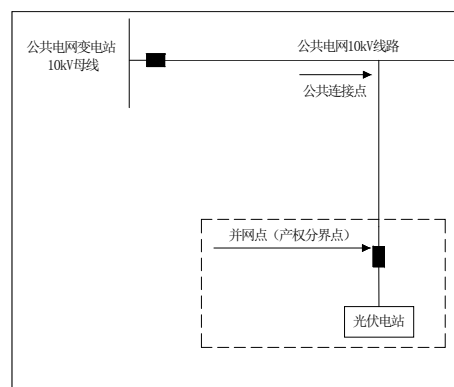
国家电网  
STATE GRID

### ◆ 接入系统设计

#### ● 13个典型设计方案



就地接入10kV



T接于10kV线路

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

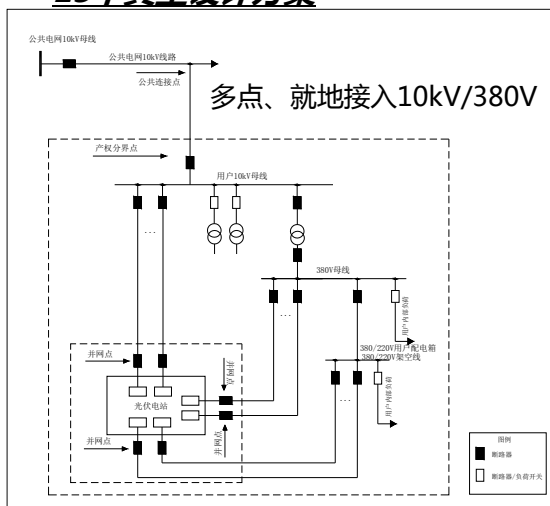
## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 接入系统设计

#### ● 13个典型设计方案



对多个屋顶的项目，  
不要求集中后接入配  
电网，可多点就地接入不  
同电压等级配电系统。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 验收和调试

#### 计量

- 计量方案设计
- 计量方案评审
- 计量表计安装

#### 合同

- 购售电合同签订
- 供用电合同签订

#### 协议

- 并网调度协议签订

#### 并网

- 并网验收
- 并网调试



#### 计量

- 计量表计安装

#### 合同/协议

- 发用电合同签订（含调度）

#### 并网

- 并网验收与调试

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 分布式光伏发电的运营和结算方式

- 建于用户内部场所的分布式光伏发电项目，由用户自行选择运营方式，用户不足电量由电网企业提供。
  - ◆ 全部上网
  - ◆ 全部自用
  - ◆ 自发自用余电上网
- 上、下网电量分开结算，电价执行国家相关政策。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 分布式光伏发电接入系统工程投资

接入方式	接入系统工程	引起的公共电网改造
接入公共电网	电网企业投资	电网企业投资
接入用户侧	用户投资	电网企业投资

#### ● 国外情况

- **浅收费机制：** 用户仅支付接入系统工程费用；
- **深收费机制：** 用户支付接入系统工程，以及配套电网改造费用；
- **混合收费机制：** 用户支付接入系统工程，以及部分配套电网改造费用。

统计欧盟15国关于接网费用的规定，15个国家均要求接入系统工程由用户支付，其中：8个国家采用深收费机制，4个国家采用浅收费机制，3个国家采用混合收费机制。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 同步建设问题

分布式光伏发电项目建设周期仅为3~6个月，与目前电网工程投资计划和招投标管理不相适应。为确保电网投资的接入公共电网的工程与分布式光伏发电项目同步建设，意见明确：为配套电网工程开辟“绿色通道”。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 收费问题

- 电网企业在并网申请受理、接入系统方案制订、合同和协议签署、并网验收和并网调试全过程服务中，不收取任何费用。
- 分布式光伏发电项目免收系统备用容量费。
  - 变压器容量大于315千伏安的大工业用户实行两部制电价，收取容量电费。
  - 居民、农业、商业等其他用户实行单一制电价，不收取容量电费，但电量电费较高，实际上考虑了容量电费因素。

### ● 国外情况

大多数国家都对分布式电源收取系统备用费。

- 美国：20kW以上的个人用户、100kW以上的企业用户分布式电源应向电网企业缴纳备用费。
- 德国：分布式电源需缴纳系统备用费，由可再生能源基金补贴电网企业。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

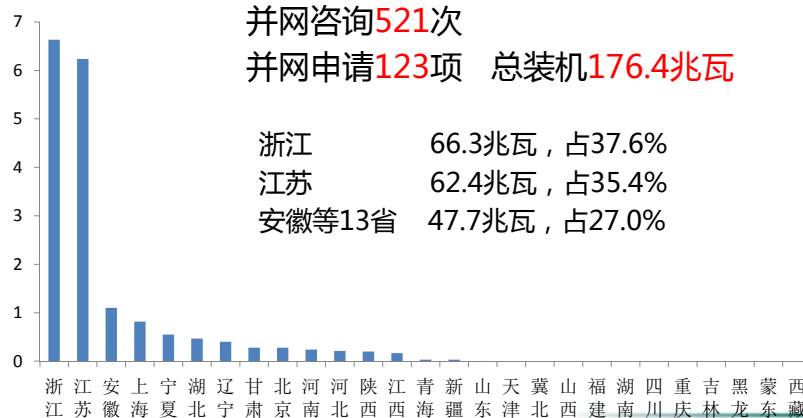
## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 实施效果

《意见》正式施行1个月内累计受理  
并网咨询**521**次  
并网申请**123**项 总装机**176.4兆瓦**



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 实施效果

#### 接入电压

10kV	35项, 69.9MW ( 39.7% )
380V	74项, 91.1MW ( 51.7% )
220V	7项, 30kW ( 0.02% )
待研究确定	7项, 15.3MW ( 8.7% )

#### 应用形式

屋顶光伏	110项, 162.7MW ( 92.3% )
建筑一体化光伏	6项, 4.2MW ( 2.4% )
地面光伏	4项, 2.5MW ( 1.4% )
待研究确定	3项, 7.1MW ( 4.0% )

#### 运营模式

自发自用	84项, 116.7MW ( 66.2% )
公用项目	19项, 21.6MW ( 12.3% )
待研究确定	20项, 38.0MW ( 21.5% )

#### 补贴类型

金太阳项目	67项
光电建筑一体化项目	19项
电价补贴项目	4项
不享受补贴项目	33项

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 实施效果

#### ● 浙江长兴中钢集团屋顶光伏发电项目

项目容量：4.2兆峰瓦

电压等级：10千伏

运营模式：全部上网

接入系统设计完成时间：2010年11月

项目建成时间：2011年10月



**争议：**以自备电厂并网，需缴纳系统备用费，业主要求作为公用电厂并网，未能与电网企业达成一致。

**解决：**按照《意见》用户自行选择发电量上网方式，11个工作日完成并网手续，2012年11月23日正式并网发电。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 实施效果

#### ● 浙江海宁皮革城屋顶光伏发电项目

项目容量：3.6兆峰瓦

电压等级：380伏

运营模式：自发自用

项目建成时间：2012年9月

并网申请时间：2012年10月26日

并网完成时间：2012年11月28日



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 实施效果

#### ● 上海电力学院赵教授屋顶光伏发电项目

项目容量：3千瓦

电压等级：220伏

运营模式：自发自用余电上网

接入系统设计完成时间：2008年12月



**争议：**原电能表无法双向计量，向电网反送电时，电表仍按用电计量。

**解决：**电网企业免费将单向电能计量表更换成双向电能计量表。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 二、分布式光伏发电的并网管理



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 存在问题

**自然人作为  
项目业主时  
存在的问题**



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

# 目录



国家电网  
STATE GRID

一. 背景

二. 分布式光伏发电的并网管理

**三. 分布式光伏发电的电价政策**

四. 分布式光伏发电并网标准与关键技术

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

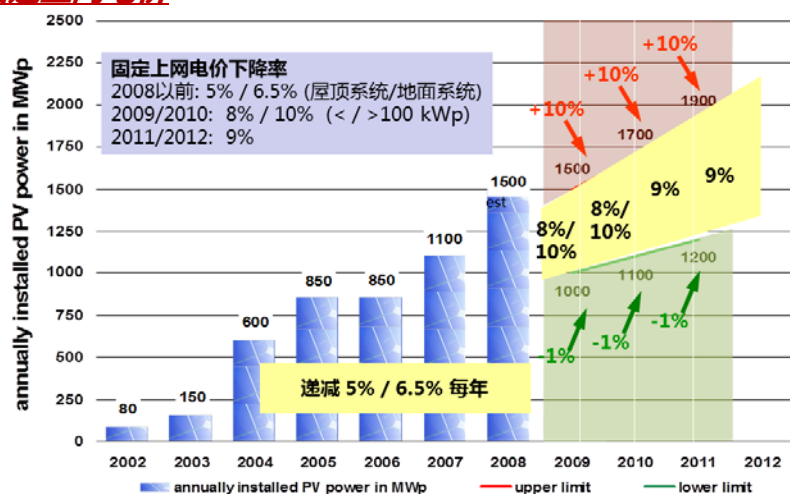
## 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 国外分布式光伏发电电价政策

#### ● 固定上网电价





### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 国外分布式光伏发电电价政策

##### ● 净电量结算

在电力用户和电网之间安装了双向电能计量表，分布式发电用户自发自用，电网调剂余缺，上网电量与下网电量相互抵扣。采用净电量结算是为了减少结算成本。

**美国主要采用上下网分开结算，部分采用净电量结算，但有严格限制：**

- 仅针对自发自用项目，不适用于第三方投资、建设和运营的项目；
- 主要适用于风电、光伏发电、生物质发电项目；
- 居民用户装机规模不超过25千瓦，非居民用户装机规模不超过2兆瓦，并网电压等级一般低于10千伏；
- 实行净电量结算的总装机规模不超过本网最大供电负荷的1%。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 我国分布式光伏发电电价政策演变

目前我国上网电量全部采用双向计量电量结算方式。国家按电源性质对各类电源制定价格政策，并对可再生能源发电价格超出燃煤机组脱硫标杆电价部分进行补贴。

##### **建筑光伏一体化以及金太阳示范工程项目：**

实施初始投资补贴方式，电量以自发自用为主，余电按脱硫燃煤标杆电价上网，不再享受标杆电价政策。

##### **2011年的上网电价政策：**

按投产时间实行标杆电价，2011年7月1日以前核准建设、2011年12月31日建成投产的太阳能光伏发电项目，上网电价统一核定为1.15元/kWh；2012年1月1日开始，光伏标杆上网电价为1元/kWh。

[国家发改委《关于完善太阳能光伏发电上网电价政策的通知》\(发改价格〔2011〕1594号\)](#)

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 我国分布式光伏发电电价政策演变

##### ● 最新政策

- [财政部《关于分布式光伏发电实行按照电量补贴政策等有关问题的通知》](#)
- [发改委《关于发挥价格杠杆作用促进光伏产业健康发展的通知》](#)
- 分布式光伏发电：按照电量补贴的政策
- 光伏电站：根据资源条件和建设成本，制定光伏电站分区域上网标杆电价，通过招标等竞争方式发现价格和补贴标准
- 根据成本变化等因素，合理调减电站上网电价和分布式光伏补贴标准
- 原则上20年的执行期限

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 我国分布式光伏发电电价政策演变

##### ● 针对大型光伏电站 - 三类资源区

- 三类资源（电价）区：0.90、0.95、1元/千瓦时
- 期满后执行燃煤脱硫标杆电价
- 逐步调整电价标准的原则
- 鼓励招标
- 基本条件：10元/瓦投资
- 至少10%投资回报率
- 各类电价区之间的价差较小



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

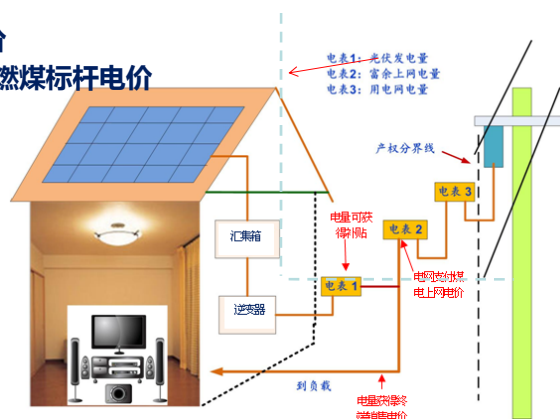
#### ◆ 我国分布式光伏发电电价政策演变

##### ● 针对分布式光伏发电 - 0.42元/度补贴

电量补贴是针对**所有**光伏系统发出的电力

分布式光伏补贴起点

- 自发自用部分：销售电价
- 余量上网部分：脱硫/硝燃煤标杆电价



### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 分布式光伏发电电价政策分析

##### ● 政策导向和原则

➢ 在同样的成本下更有效地支持更多的分布式光伏发电

➢ 对分布式光伏，鼓励有条件的用户先期发展

- 销售电价高的地区
- 自发自用比例高的用户

固定电价

- 完全依据资源
- 对所有用户激励
- 不能激励自发自用
- 需要界定分布式

固定补贴

- 太阳能资源好的地区，销售电价水平较高的地区
- 鼓励有条件用户（销售电价高的用户），不能激励所有用户
- 激励自发自用



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

引自时璟丽《分布式光伏发电经济性 & 电价政策》

### 三、分布式光伏发电的电价政策

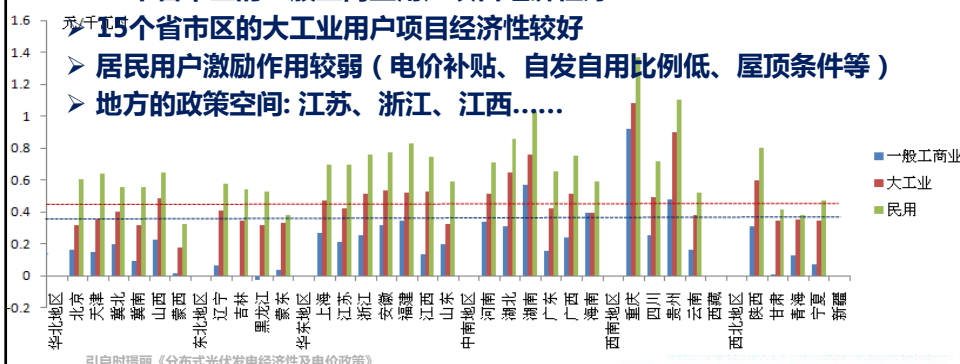


国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 分布式光伏发电电价政策分析

##### ● 效益分析

- 考虑风险因素，保障10%的合理收益
- 基本条件：10元/瓦投资；80%的自发自用比例；考虑屋顶使用费用
- 26个省市区的一般工商业用户项目经济性好
- 15个省市区的大工业用户项目经济性较好
- 居民用户激励作用较弱（电价补贴、自发自用比例低、屋顶条件等）
- 地方的政策空间：江苏、浙江、江西……



引自时璟丽《分布式光伏发电经济性电价政策》

### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 分布式光伏发电电价政策分析

##### ● 影响收益的因素

- **初始投资**：投资变化0.5元/瓦，影响电价/电价补贴需求4.2分/千瓦时
- **增值税**：无优惠政策和50%即征即退，差距在4-6分/千瓦时。
- **自发自用比例**：对电价/电价补贴需求影响大。
- **屋顶使用**：按照0.5元/瓦初始屋顶处理费用，年1元/平方米的租赁费，反映在电价需求中5.4分/千瓦时

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

引自时璟丽《分布式光伏发电经济性电价政策》

### 三、分布式光伏发电的电价政策

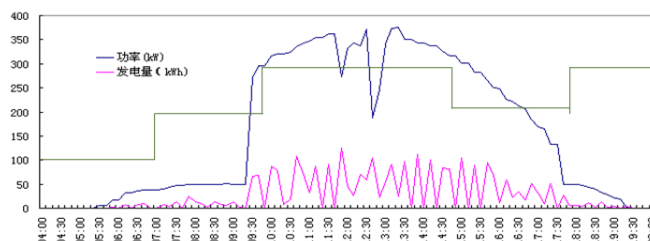


国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 分布式光伏发电电价政策分析

##### ● 北京案例

测算北京市分布式光伏电价需求为(含税)为每千瓦时1.10元



考虑尖峰、高峰、平段、低谷时段的10kV一般工商业用电价格和光伏系统出力

- 100%自发自用, 综合电价为1.12元/千瓦时, 不需要补贴
- 80%自发自用, 综合电价为0.93元/千瓦时, 度电补贴需求0.17元/千瓦时
- 50%自发自用, 综合电价为0.73元/千瓦时, 度电补贴需求0.37元/千瓦时

中国电力科学研究院

CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

引自时璟丽《分布式光伏发电经济性 & 电价政策》

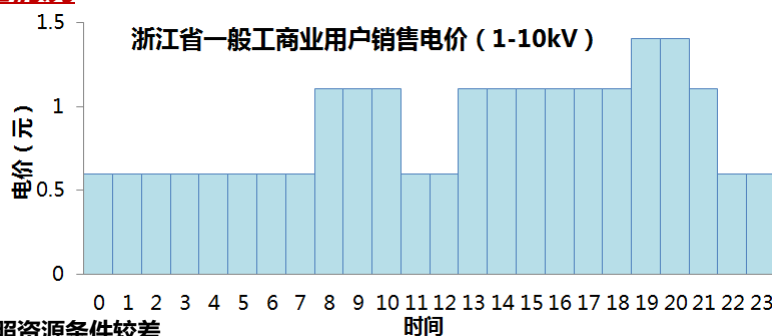
### 三、分布式光伏发电的电价政策



国家电网  
STATE GRID

#### ◆ 分布式光伏发电电价政策分析

##### ● 浙江情况



太阳光照资源条件较差

六段制电价

- 尖峰电价1.4元, 但仅在19-21时时段, 非光伏发电时间;
- 低谷电价0.6元, 包含了光伏出力最大的11时-13时

中国电力科学研究院

CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

# 目录



- 一. 背景
- 二. 分布式光伏发电的并网管理
- 三. 分布式光伏发电的电价政策

## 四. 分布式光伏发电并网标准与关键技术

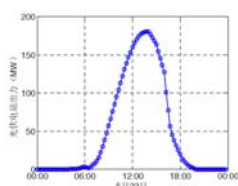
中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 4.1 分布式光伏发电的并网影响

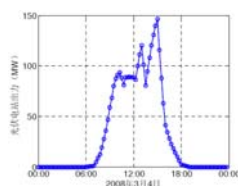


#### ◆ 光伏发电技术特点

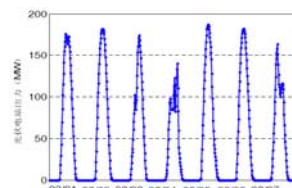
##### ■ 光照资源周期性、随机性、波动性



晴天

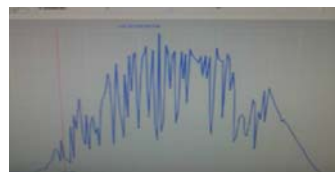


多云天气



光伏电站一周的功率输出

- 只在白天发电，对电网调峰压力影响没有风电大；
- 受云层快速移动影响，光伏发电功率的短时变化特别剧烈：



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.1 分布式光伏发电的并网影响

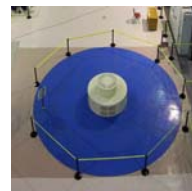


国家电网  
STATE GRID

### ◆ 光伏发电技术特点

#### ■ 采用电力电子逆变器并网

- ◆ 没有惯性和阻尼
- ◆ 易产生谐波、三相电流不平衡等电能质量问题
- ◆ 短路电流特性与常规旋转电机差别很大
- ◆ 耐受过流、过压的能力较差，易脱网
- ◆ 无旋转部件，调节速度快



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.1 分布式光伏发电的并网影响



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 电能质量问题

- 光伏发电通过电力电子逆变器并网，易产生谐波、三相电流不平衡；输出功率随机性易造成电网电压波动、闪变
- 建筑光伏直接在用户侧接入电网，电能质量问题直接影响用户的电器设备安全。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.1 分布式光伏发电的并网影响



国家电网  
STATE GRID

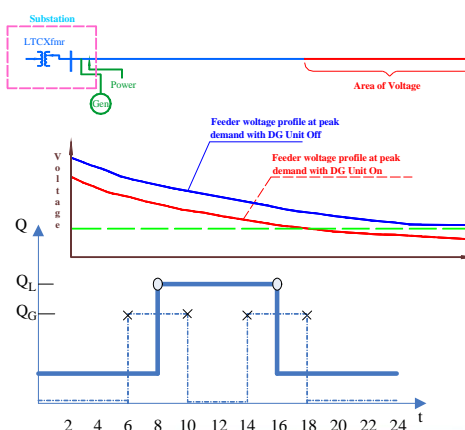
### ◆ 配电网电压调节问题

对有载调压分接头动作影响

- 高电压：DG接入馈线，变压器一次电压接近上限时
- 低电压：DG安装在LTC或者电压调节器侧

对VQC影响

- DG启停，无功变化造成VQC动作次数越界



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.1 分布式光伏发电的并网影响

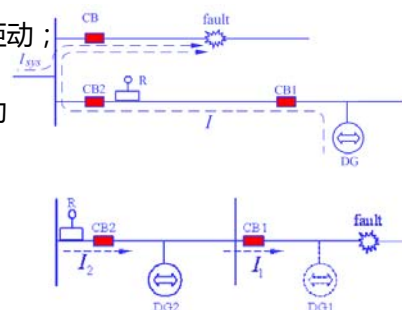


国家电网  
STATE GRID

### ◆ 配电网继电保护

- 在线路发生故障后，继电保护以及重合闸的动作行为都会受到光伏发电系统的影响。对基于断路器的三段式电流保护的影响最为显著。

- ◆ 导致本线路保护的灵敏度降低及拒动；
- ◆ 导致本线路保护误动
- ◆ 导致相邻线路的瞬时速断保护误动并失去选择性
- ◆ 导致重合闸不成功
- ◆ .....



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



## 4.1 分布式光伏发电的并网影响



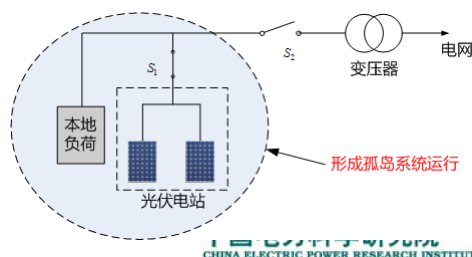
国家电网  
STATE GRID

### ◆ 孤岛引起的安全问题

- 线路维护人员人身安全受到威胁
- 与孤岛地区相连的用户供电质量受影响（频率和电压偏出正常范围）
- 孤岛内部的保护装置无法协调
- 电网供电恢复后会造相位不同步
- 孤岛电网与主网非同步重合闸造成操作过电压
- 单相分布式发电系统会造成系统三相负载欠相供电

#### 西班牙3MW光伏电站项目：

采用3个逆变器厂家的多种型号小型光伏逆变器并联运行，在真实电网故障的情况下电站继续运行，后带负荷人为重现此现象。（各型号逆变器已通过认证，此事件已提交IEC组织）



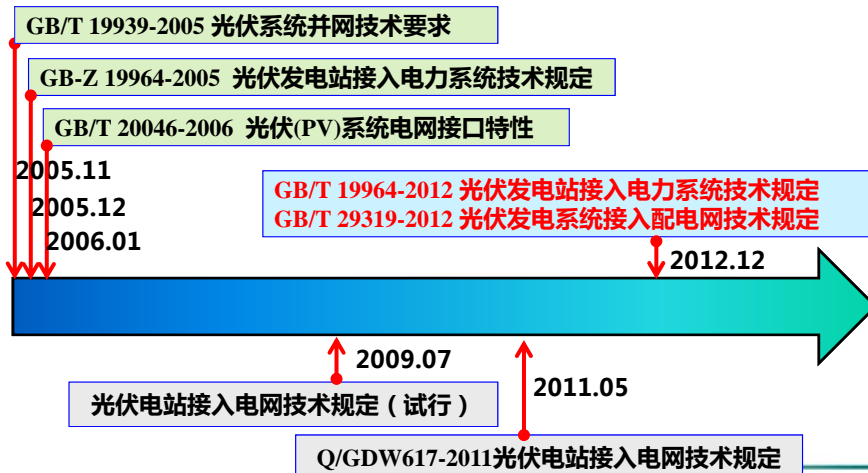
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.2 我国光伏发电并网标准



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 我国光伏发电并网标准发展历程



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.2 我国光伏发电并网标准



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 我国光伏发电并网标准主要内容

#### ● GB/T 29319-2012

- 无功容量和电压调节
- 运行适应性
- 电能质量
- 安全与保护
- 通用技术条件
- 电能计量
- 通信与信号
- 并网检测

#### ● GB/T 19964-2012

- 有功功率
- 功率预测
- 无功容量和电压控制
- 低电压穿越
- 运行适应性
- 电能质量
- 仿真模型和参数
- 二次系统
- 并网检测

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比



国家电网  
STATE GRID

### ◆ 国内外分布式光伏发电典型标准

#### 美国

**IEEE 1547** - IEEE Standard for Interconnecting Distributed Resources with Electric Power Systems

#### 德国

**VDE-AR-N 4105(低压并网标准)**: Power generation systems connected to the low-voltage distribution network(Technical minimum requirements for the connection to and parallel operation with low-voltage distribution networks)

**BDEW(中压并网标准)**: Generating plants connected to medium-voltage network (Guideline for generating plants' connection to and parallel operation with the medium voltage network)

#### 中国

GB/T 19964-2012 光伏电站接入电力系统技术规定  
GB/T 29319-2012 光伏发电系统接入配电网技术规定

### 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比 国家电网 STATE GRID

#### ◆ 国内外分布式光伏发电典型标准

- 大多数分布式电源并网标准都包括总体要求、电能质量、功率控制、电压频率响应、并网与同步、安全与保护、计量、监控与通信、检测等方面的要求。
- 重点针对功率控制、电网支撑等要求差异较大的方面对已有国内外标准进行对比。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比 国家电网 STATE GRID

#### ◆ 有功控制和频率响应

##### IEEE 1547

无关于支撑电网频率的有功功率控制方面的要求，认为系统频率由大电网调节，当系统频率超过正常范围时，分布式电源系统需要在规定的时间内切除，停止向电网供电。

##### 德国中低压并网标准

对分布式电源的有功功率控制进行了详细规定，明确提出分布式电源需根据电网频率值、电网调度指令等信号调节电源的有功功率输出。

##### GB/T 29319光伏发电系统接入配电网技术规定

不要求其参与频率调节，在频率超出允许范围(47.5 – 50.2)时，应停止向电网线路送电

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

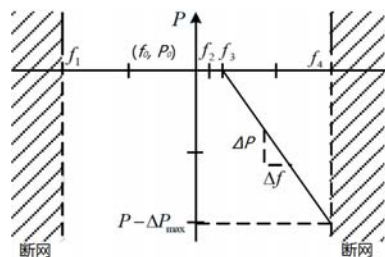
## 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 有功控制和频率响应

#### ● 德国分布式电源并网标准中关于有功/频率控制的规定

- 分布式电源须具备根据调度指令限制其有功功率输出的能力，能够以额定功率10%步长降低其功率输出；
- 当 $f_{net} < f_1$ 或者 $f_{net} > f_4$ 时，分布式电源需要从电网断开；
- 当 $f_1 < f_{net} < f_3$ 时，分布式电源保持联网运行，对其输出功率未作要求；
- 当 $f_3 < f_{net} < f_4$ 时，功率可调的分布式电源应以40%最大有功功率/Hz的速率减小或增加其有功输出，功率不可调的分布式电源允许从电网断开；
- 仅当系统频率降低到50.05Hz以下时才允许分布式电源的有功继续增长。



参数	数值	参数	数值
$f_0$	50.0Hz	$f_3$	50.2Hz
$f_1$	47.5Hz	$f_4$	51.5Hz
$f_2$	50.05Hz	$\Delta P / \Delta f$	40%Pm/Hz

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 无功控制和电压响应

#### IEEE 1547

不鼓励分布式电源参与电压调节，对分布式电源运行的功率因数未作规定。对于异常电压响应，要求分布式电源在规定的时间内断开。

#### 德国中压并网标准(VDE-AR-N 4105)

如果网络运营商要求或者为了满足网络要求，发电厂应参与中压网络的稳态电压控制。但是在低压并网标准中的要求较为弱化，未作强制规定。如果由于网络运行工况需要，网络运营商可以要求在低压配电网中分布式电源参与静态电压调节。

#### GB/T 29319光伏发电系统接入配电网技术规定

具备功率因数调节或利用无功功率控制参与并网点电压调节能力

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比 国家电网 STATE GRID

### ◆ 无功控制和电压响应

#### ■ 德国中低压标准中的分布式电源参与电网电压调节方案

- ◆ 按恒定有功功率因数运行
- ◆ 按指定的有功功率因数运行
- ◆ 按指定的无功功率运行
- ◆ 按指定的无功电压特性Q-U运行。

电网调度运行机构可以根据电网的具体情况，要求分布式电源按上述某一方案运行，提供某一运行曲线或者目标设定值，但要保证功率因数在规定的范围内。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比 国家电网 STATE GRID

### ◆ 无功控制和电压响应

#### ■ 德国中低压标准中的分布式电源参与电网电压调节方案

- ◆ 对于光伏、风电等功率波动的电源，电网公司可以提供一条功率因数(有功)曲线，当分布式电源发出的有功功率较高时，会使并网点电压升高，可以利用分布式电源吸收部分无功功率来降低电网电压；当分布式电源发出的有功功率较低时，可以要求分布式电源发出部分无功功率以支撑电网电压；
- ◆ 对于输出有功功率恒定的电源，可以要求其以固定功率因数运行，某些情况下需采取补偿措施；
- ◆ 当电网的电压稳定性较差时，电网公司可以提供一条无功-电压特性曲线。

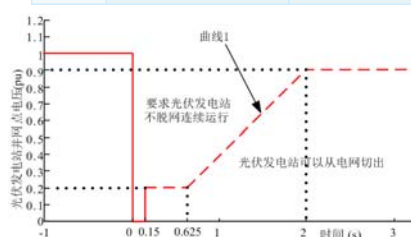
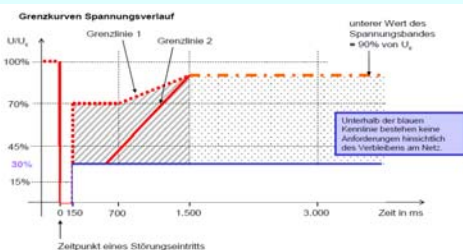
中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 低电压穿越

国家	标准	要求情况
美国	IEEE-1547	不要求
德国	低压并网标准	不要求
	中压中压标准	强制要求
中国	GB/T 29319	不要求
	GB/T 19964	强制要求



- 德国中压并网标准的低电压穿越要求：
- 在电网发生故障时不从网络断开；
  - 在电网故障情况下，通过注入无功电流支撑网络电压；
  - 在故障清除后不从电网吸收比故障发生前更多的感性无功电流。

CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 对比分析主要结论

IEEE-1547是最早制定的分布式电源并网标准，当时分布式电源在配电网中的装机比例较低，IEEE 1547标准是基于尽量减小分布式电源对电网影响的控制思想制定的，认为电网的频率和电压由大规模传统电源调节，不鼓励分布式电源参与电网的频率和电压调节，不允许分布式电源向电网提供任何辅助服务。当分布式电源并网时，要求其在单位功率因数附近运行，当电网发生扰动时，要求其迅速从电网断开，不允许分布式电源具备故障穿越能力。

随着美国分布式电源的日益增加，IEEE-1547的修订已提上议事日程，将会要求更为严格。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比 国家电网 STATE GRID

#### ◆ 对比分析主要结论

在欧洲部分国家，随着分布式电源装机容量的增长，分布式电源已经逐渐发展成电网中不可忽略的一部分，如果继续采取传统的控制思想对分布式电源进行控制，将对电网的稳定性和可靠运行带来挑战。

德国的分布式电源并网标准充分考虑了在分布式电源穿透率较高的情况下，分布式电源支撑电网安全可靠运行的要求，要求分布式电源必须具有一定的有功控制能力参与电网的频率调节，允许分布式电源通过无功功率控制参与电网电压调节，及必须具备一定的故障穿越能力支撑电网的稳定运行等。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

### 4.3 分布式光伏发电国内外标准对比 国家电网 STATE GRID

#### ◆ 对比分析主要结论

总体看来，分布式电源在电网中的比例越来越高，在配电网中继续保持被动的角色已经不合适，应逐步使分布式电源在配电网中发挥更主动的作用。

国内分布式光伏正在迅速发展，在制定并网标准时，也充分考虑了未来分布式光伏的发展趋势，参考欧洲部分国家的标准，结合国内的国情，总体技术要求介于美国和欧洲标准之间。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定 国家电网 STATE GRID

### ◆ 相关并网规定

#### 分布式光伏发电接入配电网相关技术规定（暂行）

- **制定目的**：提高配电网消纳分布式光伏电源电量能力，有效控制配电网运行安全风险。
- **面向对象**：分布式光伏发电项目业主、设计施工人员、电网运维人员

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定 国家电网 STATE GRID

### ◆ 主要原则

- **分布式光伏发电调度管理原则**
- 分布式光伏发电项目纳入地市或县公司调控中心调度管理。
- 380伏接入项目基本位于用户侧，规模小，对系统影响不大，为简化二次系统设计，参考国外经验，只要求上传发电量信息。
- 10千伏接入项目，上传信息包括并网设备状态、并网点电压、电流、有功功率、无功功率和发电量，调控中心实时监视运行情况。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



#### 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定 国家电网 STATE GRID

##### ◆ 主要原则

##### ● 分布式光伏发电接入系统设计原则

- 380伏基本接入用户侧且不需要实时调度，10千伏接入用户侧项目调度管理可以简化。
- **通信系统设计**：接入用户侧的分布式光伏发电项目，可采用无线公网通信方式；
- **安全保护设计**：送出线路的继电保护不要求双重配置，可不配置光纤纵差保护；不要求具备低电压穿越能力。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

#### 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定 国家电网 STATE GRID

##### ◆ 主要原则

##### ● 确保配电网安全稳定运行的原则

- 明确了在10千伏馈线开关、10千伏用户进线开关、光伏发电并网点三级保护及自动装置配置原则
- 提出了装设检无压分闸和检有压合闸装置的技术要求，防止分布式光伏向系统倒送电，确保系统电压波动时，光伏不会立即脱网，对电网造成冲击。

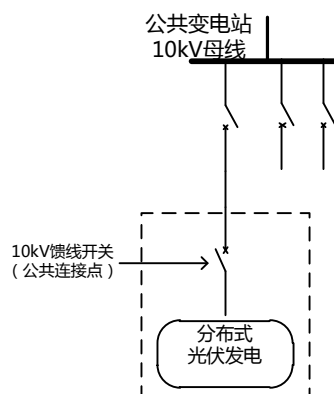
中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE



## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定 国家电网 STATE GRID

### ◆ 专线接入10千伏公共电网技术要求

- 公共连接点应安装易操作、具有明显开断点的开断设备，并具备开断故障电流的能力
- 公共连接点应具备失压跳闸及检有压合闸功能，失压跳闸定值宜整定为 $30\%U_N$ 、10秒，检有压定值宜整定为 $85\%U_N$ 。

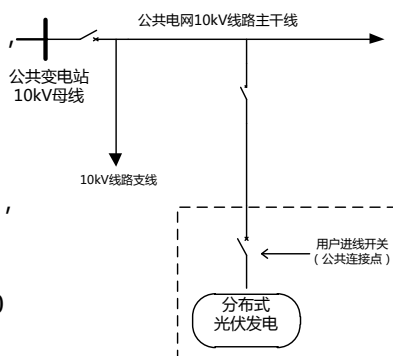


中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定 国家电网 STATE GRID

### ◆ T接入10千伏公共电网

- 10千伏公网线路投入自动重合闸时，应调整重合闸时间或增加检无压重合功能。
- 公共连接点（用户进线开关）应安装易操作、可闭锁、具有明显开断点、带接地功能、可开断故障电流，具备失压跳闸及检有压合闸功能的开断设备
- 失压跳闸定值宜整定为 $30\%U_N$ 、10秒，检有压定值宜整定为 $85\%U_N$ 。
- 配电自动化系统自动故障隔离功能，应适应分布式光伏接入，确保定位准确，隔离策略正确。



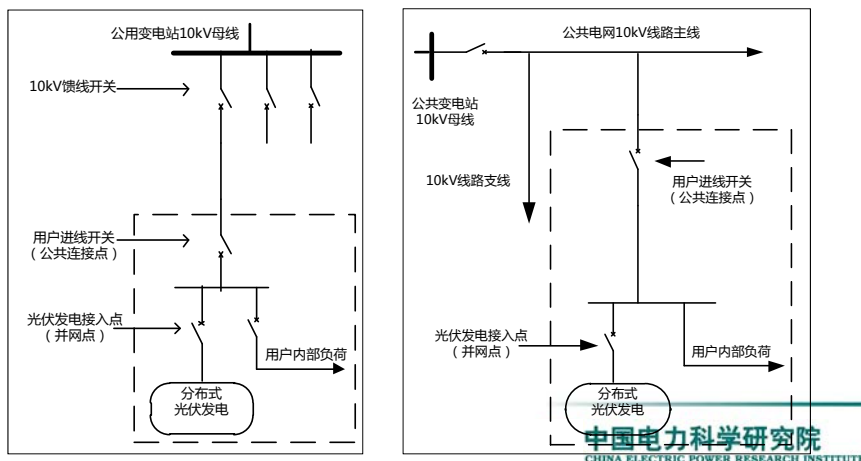
中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 接入用户内部电网后经专线/T接接入10千伏公网

#### ● 典型接线方式



## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 接入用户内部电网后经专线/T接接入10千伏公网

#### ● 主要技术要求

- 10千伏公共电网线路投入自动重合闸时，应调整重合闸时间或增加检无压重合功能。
- 公共连接点（用户进线开关）应安装易操作、可闭锁、具有明显开断点、带接地功能、可开断故障电流，具备失压跳闸及检有压合闸功能的开断设备
- 失压跳闸定值宜整定为 $30\%U_N$ 、10秒，检有压定值宜整定为 $85\%U_N$ 。
- 并网点（光伏发电接入点）应安装易操作、具有明显开断点的开断设备。
- 配电自动化系统自动故障隔离功能，应适应分布式光伏接入，确保定位准确，隔离策略正确。

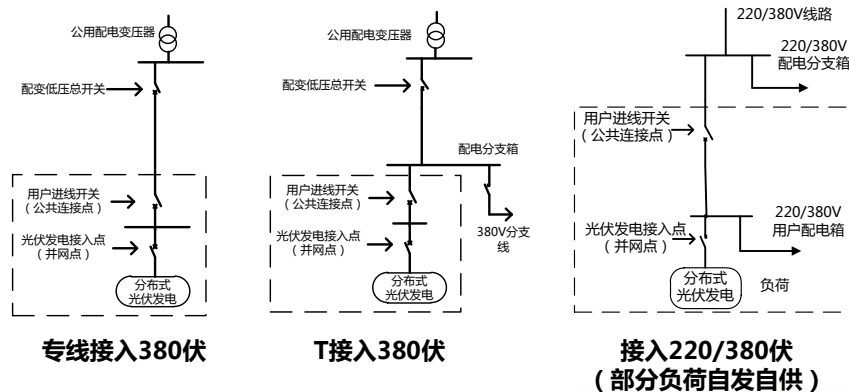
中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 分布式光伏发电接入380伏配电网

#### ● 典型接线方式



中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定

国家电网  
STATE GRID

### ◆ 分布式光伏发电接入380伏配电网

#### ● 主要技术要求

- 公共连接点 (用户进线开关) 应安装易操作、具有开关位置状态明显指示、带接地、可开断故障电流的开关设备, 并具备失压跳闸及检有压合闸功能, 失压跳闸动作定值宜整定为 $30\%U_N$ 、10秒动作;
- 公共电网恢复供电后, 分布式光伏需经有压检定方可合闸, 检有压定值宜整定为 $85\%U_N$ 。
- 并网点应装设易于操作、有明显断开指示、具备过流保护功能的开关设备。
- 分布式光伏的电能计量装置应具备电流、电压、功率、电量等信息采集和三相电流不平衡监测功能, 并能够实现数据存储和上传。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

## 4.4 国网分布式光伏发电相关技术规定



### ◆ 分布式光伏发电接入380伏配电网

#### ● 主要技术要求

- 接入380伏电网的分布式光伏，应采用三相逆变器，在同一位置三相同时接入电网。
- 审核220伏分布式光伏接入方案时，应校核同一台区每相接入的光伏发电总容量，防止出现三相功率不平衡问题。
- 接入220/380伏分布式光伏并网验收时，应对公共连接点的谐波情况进行校核。

中国电力科学研究院  
CHINA ELECTRIC POWER RESEARCH INSTITUTE

# 报告结束

# Thanks!

