

整县光伏配电网光伏项目管理 流程优化研究

文/石 佳 陈兆骅 张晓佳 薛 岩 孔顺飞
国网苏州供电公司经济技术研究所

随着我国经济水平的提升，电力的需求也在急速增长，供电压力日益增大。光伏作为有效利用太阳能资源的重要载体，具有环保清洁、易于被消纳等优点，且分布式光伏不需建立配电站，输送电成本和安装成本较低，经济效益较好，是未来国内光伏市场应用的重要领域。

随着我国经济水平的提升，电力的需求也在急速增长，供电压力日益增大。传统火力发电虽能解决电力供应问题，但同时带来了资源损耗、环境污染与气候变化等较为严重的问题。而太阳能分布广泛，每年的太阳能辐射量相当于130万亿t标准煤，若能较好利用太阳能，能极大程度上减轻能源紧张和改善环境污染问题。2020年12月12日，习近平总书记在气候雄心峰会上的讲话中提到，中国力争在2060年前实现碳中和目标，太阳能发电总装机量达到12亿kW以上。光伏作为有效利用太阳能资源的重要载体，具有环保清洁、易于被消纳等优点，且分布式光伏不需建立配电站，输送电成本和安装成本较低，经济效益较好，是未来国内光伏市场应用的重要领域。鉴于发展分布式光伏的必要性，国家层面也给予高度关注并出台了相关政策。2021年6月国家能源局综合司下发《国家能源局综合司关于报送整县（市、区）屋顶分布式光伏开发试点方案的通知》，整县光伏以集约化发展模式代替传统分散模式，进一步推动了分布式光伏的推广应用，促进“双碳”目标的达成。

整县光伏建设的大力推进，加快了能源领域对高碳排放能源的替代，同时大规模项目建成后，高比例可再生能源配电网的运行管理是新的挑战。

（1）光伏申请备案程序不完善带来光伏消纳风险

以往由于光伏接入体量较小，对于分布式光伏接入的审批及管理主要针对单点用户，并且在审批流程中没有单独的光伏消纳能力审核。随着整县光伏的推进，分布式光伏用户接入呈现爆发式增长趋势，已经无法保证大规模光伏接入后可以完全消纳。因此，有必要完善光伏项目申请备案和审批管理流程，加强对配电网光伏现状及消纳能力的评估，科学合理地推进整县光伏建设进度。

（2）低压分布式光伏接入用户管控力度不足

目前分布式光伏用户接入项目管理流程较为粗放，用户申请、批复缺少整体统筹，仅对单点用户做接入可行性分析。各部门之间联系不够紧密，管理缺乏统一性，接入后的运行管理过程中，对于低压并网用户缺少管控手段，其潮流反送管理主要依靠防孤岛装置。同时还出现过报备容量与监测容量不匹配、光伏项目建设接入状态有误等监管不到位问题，凸显管控力度的不足。一旦光伏用户数量和容量激增，缺乏整体管控，势必会对配电网的运行带来严重的影响。

本文针对整县光伏推进给配电网管理带来的问题，提出构建多维联动多部门协同的整县光伏配电

网精细化管理模式，基于网格化规划的理念对光伏项目申请备案、评估审核、方案编制和运维调控的流程进行优化，有助于提升分布式光伏消纳能力，提高配电网规划科学性、运行安全性和高效性。

多维联动光伏项目管理流程

现有光伏接入业务一般是单个用户申请报装，主要流程是用户出具可行性研究报告并提出申请，由发展改革委审批备案，批复后开展方案设计和审批，评审通过后即可施工。光伏项目的审批主要是针对单点项目，缺少对光伏接入配电网的网架结

构、功率平衡和运行安全的整体规划与评估，对光伏项目投运后的运行安全及消纳情况缺少必要的监管和调控，不利于光伏发电的消纳和配电网运行管理水平的提升。

针对上述问题，建议在现有流程基础上，以网格为单元增加光伏用户资料收集、网格现状分析、光伏装机容量预测、光伏消纳评估、光伏调度控制和光伏安全监管等环节，如图1所示。并在相关部门设置光伏专职，强化本部门对应光伏项目的专项管理，加强与联动业务部门的联系沟通，提高光伏项目管理的质量和效率。

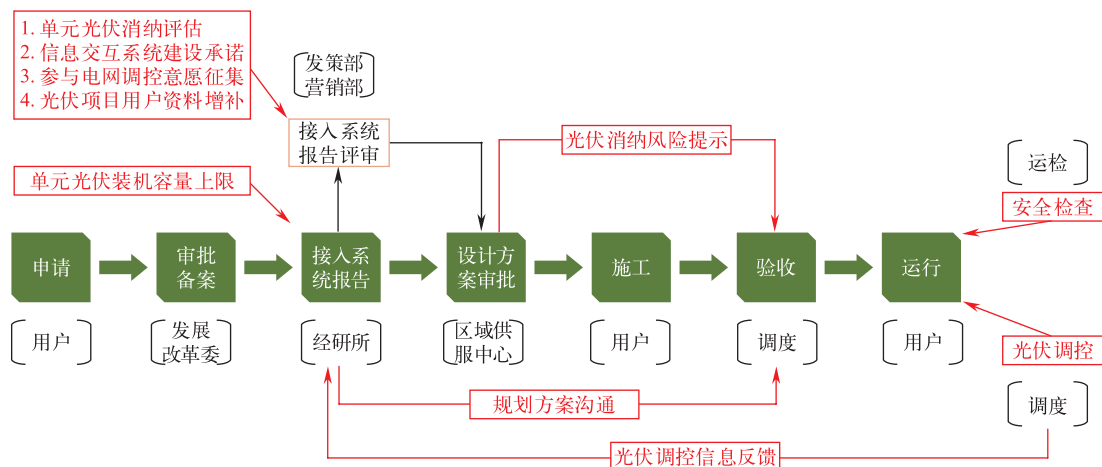


图1 多维联动光伏项目管理流程

营销光伏专职负责光伏用户资料收集，会同发策部审核接入系统报告、评估光伏消纳情况，并将用户资料与审核评估结果反馈给经研所，将用户接受电网调控意愿反馈给调度中心；经研所光伏专职负责网格现状分析、光伏装机容量预测与规划方案编制，并将网格内光伏装机建议上限反馈给营销部，以便控制光伏项目审批；调度中心监测光伏运行数据，进行电网安全稳定评估，将调控方案反馈给经研所，以便经研所调整规划；运检部门主要负责光伏施工运行的安全监管，并将发现的安全隐患反馈给经研所，以便规范用户接入方案的审核。优化调整后的流程，加强了多部门间的信息共享和协调联动，提高了光伏管理的高效性、科学性和安全性。

光伏资料完善

1. 现有光伏用户资料完善

目前县域配电网规划电力电量平衡一般只覆盖

到110 kV或35 kV电压等级，对于10 kV/20 kV及以下电压等级配电网的电力电量平衡考虑较少，明显不能适应大规模分布式光伏接入配电网规划需求。因此，需要补充收集10 kV/20 kV及380 V/220 V分布式光伏用户信息，重点包含现有光伏用户基本信息以及光伏用户报装需求两个方面。

（1）现有光伏用户基本信息

现有分布式光伏用户基本信息包括用户名称、并网电压等级、所属单元、屋顶可用面积、并网装接容量、年发电量、年发电小时数、年最大出力及投运年限等。

现有光伏用户基本信息中缺少分布式光伏用户的地理位置信息，缺乏“一张图”的展示。图样可以较为直观地体现地区整县光伏的推进情况，对于网架方案的全面性，具有较强的指导意义。因此，应完善光伏用户地理位置参数，对光伏布点落图，并纳入基础数据库。苏州虎丘区现有分布式光伏用

户分布如图2所示。

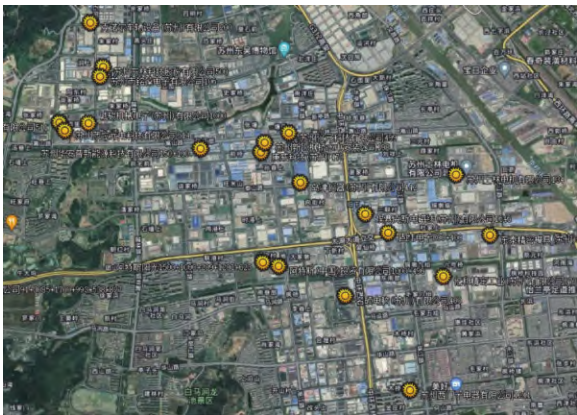


图2 苏州虎丘区现有分布式光伏用户分布

(2) 光伏用户报装需求

分布式光伏用户报装需求可通过政府部门或当地供电企业提供的整县光伏推进相关研究报告获取，近期可通过区域供电服务中心和县公司均已备案的信息中获取更为准确的资料。

2. 光伏申请备案资料完善

大量分布式光伏电站接入电网后，其输出功率的随机性、波动性和不确定性直接影响电网的功率平衡和电压分布，甚至威胁到电网的安全稳定运行。电网调度中心需要实时监控光伏运行数据，分析电网运行状态并制定相应的调控方案。因此，应在用户光伏申请备案表中明确要求用户安装光伏信息采集系统，并明确是否愿意参与电网调控，为调度中心分析调控提供数据依据，提高光伏资源与电网互动水平，促进光伏发电的消纳。

光伏装机预测与消纳评估

1. 光伏装机容量预测

网格内光伏装机容量直接影响网格电力电量平衡情况及相应网架规划方案。光伏项目管理流程中应增加光伏装机容量预测环节，近期可从区域供电服务中心或县公司收集立项或有意向用户的报装信息，远景可采用政府或当地供电企业提供的整县光伏开发策略研究成果。

在基础资料不足的情况下，可结合地区控规用地开发资料，基于用地性质的分类进行网格光伏装机容量预测。城区住宅、市政设施一般采用混凝土平屋顶结构，工商业一般采用彩钢瓦坡屋顶结构。不同屋顶光伏装机容量测试方式如下。

(1) 平屋顶光伏装机容量和发电量

平屋顶光伏可安装面积计算公式为

$$A_{r,pv} = f_{r,pv} A_{roof}$$
 (1)

式中， A_{roof} 为屋顶总面积， m^2 ； $A_{r,pv}$ 为屋顶光伏可安装面积， m^2 ； $f_{r,pv}$ 为屋顶光伏可利用系数，即屋顶光伏可安装面积与屋顶总面积之比，取决于城市、街区和单体建筑层级等影响因素，取值范围见表1。

光伏组件表面积与屋顶光伏可安装面积的关系式为

$$A_{pv} = GCR \times SA \times A_{r,pv}$$
 (2)

式中， A_{pv} 为光伏组件表面面积， m^2 ；GCR为光伏组件的地面占用率；SA为安全通道所占地面积折减系数，见表2。

表1 屋顶光伏可利用系数

用地类别	居住用地			多层公共建筑	高层公共建筑	单、低层工业建筑
	低层住宅	多层住宅	高层住宅			
屋顶光伏可利用系数	0.30~0.50	0.44~0.69	0.25~0.57	0.70~0.85	0.22~0.56	0.55~0.70或0.8~0.9

表2 屋顶光伏GCR和SA系数

安装倾角 (°)	0	5	10	15	20	25	30	35	40	45
GCR	1.00	0.80	0.67	0.58	0.51	0.46	0.42	0.39	0.37	0.35
SA	0.80	0.83	0.87	0.90	0.93	0.97	1.00	1.00	1.00	1.00

(2) 坡屋顶光伏装机容量和发电量

坡屋顶可利用水平面积 S_{rg} 经验公式为

$$S_{rg} = S_g B_l B_c B_q$$
 (3)

式中， S_g 为所测算的坡屋顶水平投影总面积， m^2 ；

B_l 为屋顶类型系数，一般取0.5； B_c 为屋顶修正系数，一般取0.7； B_q 为设备修正系数，通常取0.9。

光伏组件表面积与坡面屋顶可利用水平面积的关系为

$$S_a = \frac{S_{rg}}{\cos \theta} \quad (4)$$

式中， θ 为屋顶的坡度。

2. 光伏消纳评估

供电单元分布式光伏消纳能力评估对光伏并网、配电网规划及安全稳定经济运行具有重要意义。由于光伏受气象等诸多因素影响，其发电功率并不等于装机容量且随机变化，需要建立复杂的预测模型，并采用大量数据进行训练，不能满足光伏项目实际管理流程简单快捷的要求。

光伏消纳能力评估主要是分析光伏最大出力情况下的功率平衡情况。为简化起见，通过构造一个系数来描述该地区单位容量光伏装机的最大输出功率，称之为光伏发电最大功率系数 η ，计算式为

$$\eta = \frac{P_{av30}}{S_{pv}} \quad (5)$$

式中， P_{av30} 为同地区夏季典型日某光伏出力曲线上峰值附近半小时平均功率，kW； S_{pv} 为该光伏装机容量，kW。

用光伏发电最大功率系数乘以供电单元内光伏实际（规划）装机容量，即可得到供电单元光伏输出最大功率 P_{max} 。若 P_{max} 大于最大负荷预测值，则认为光伏不能完全消纳，应以最大负荷预测值作为光伏装机容量上限。

结束语

随着整县光伏的大力推进，配电网从无源变成有源，光伏渗透率不断提高，配电网的规划运行管

理方式应随之调整。本文针对整县光伏配电网光伏项目管理流程提出以下改进建议。

1) 提出构建多维联动多部门协同的整县光伏配电网精细化管理模式，以网格为单元增加光伏用户资料收集、网格现状分析、光伏装机容量预测、光伏消纳评估、光伏调度控制和光伏安全监管等环节，并在营销、发策、经研所、调度和运检等部门设置光伏专职，加强部门之间的数据共享与沟通协调，提高光伏项目管理的质量和效率。

2) 明确了现有光伏用户基本信息、光伏用户报装需求和光伏申请备案资料完善要求。资料的补充完善有利于分析配电网光伏现状，预判未来光伏增长趋势；同时明确信息采集系统的安装要求及用户参与电网调控意愿，有利于调度中心准确监控光伏运行状态，提高配电网运行水平。

3) 提出了供电单元光伏装机容量预测及消纳能力评估的简化方法，以便快速科学地判断供电单元光伏消纳能力，合理审批光伏报装申请，并根据装机容量预测结果，合理调整光伏项目推进的速度，促进可再生能源的可持续发展。EA

参考文献

- [1] 姚强，申怡然，付加顺，等．考虑扶贫光伏双重不确定性的农村配电网区间潮流方法[J]．电气应用，2021，40(6)：32-41．
- [2] 王佳莉，韩肖清，姜文杰，等．复合储能系统在分布式光伏并网系统中优化方法研究[J]．电气应用，2020，39(6)：51-55．

