

DOI:10.13296/j.1001-1609.hva.2019.10.039

法国可再生能源区域发展政策的研究

杨 翯¹, 张林强², 孙 可², 陈晓刚², 方 响¹, 刘 剑¹, 常 诚¹

(1. 国网杭州供电公司, 杭州 310009; 2. 国网浙江省电力有限公司, 杭州 310000)

摘要: 研究了法国如何通过可再生能源区域发展政策解决可再生能源发展不平衡,以及各参与方利益难协调的问题,为中国可再生能源的平稳有序发展提出建议。法国政府致力于促进可再生能源的发展,由政府立法制定其全国的可再生能源建设与发展的长期目标,统筹电网企业、可再生能源发电企业共同协调执行法国的绿色能源转型战略。文中充分借鉴法国各相关方集中参与、协调编制的区域可再生能源发展规划,计算各变电站可再生能源的接入容量,分摊电网改造的投资费用,并依据该规划实现地区可再生能源发展的有序管控。

关键词: 法国; 可再生能源; 消纳能力; 发展规划

Analysis on Regional Development Policy of Renewable Energy in France

YANG Xuan¹, ZHANG Linqiang², SUN Ke², CHEN Xiaogang², FANG Xiang¹, LIU Jian¹, CHANG Cheng¹

(1. State Grid Hangzhou Power Supply Company, Hangzhou 310009, China; 2. State Grid Zhejiang Power Co., Ltd., Hangzhou 310000, China)

Abstract: This paper introduces how French government utilizes the regional development policy of renewable energy to solve the problems of imbalanced regional development and inharmonious participants' interests, and offers suggestions for stable and orderly development of renewable energy in China. The French government is committed to promoting the development of renewable energy, legislates to establish the long-term goal of the national renewable energy construction and development, and make power grid enterprises and renewable energy generation enterprises implement the green energy transformation strategy in France, including coordinated planning of regional renewable energy development, calculation of the hosting capacity of each primary and secondary substations, sharing of the investments of power grid transformation, and so on, thus to achieve the target of orderly development.

Key words: France; renewable energy; hosting capacity; development planning

0 引言

法国政府注重可再生能源的发展,致力于推动可再生能源的快速发展,在欧盟的统一部署下,引导清晰合理的新能源发展方向,充分考虑电网、可再生能源发电商利益与诉求,制定科学合理的可再生能源发展目标推进法国可再生能源统筹协调发展^[1-3]。

截止2017年9月30日,法国可再生能源装机容量达到4 753万kW,其中水电占比为53.7%,装机容量

量达到2 552万kW;风电占比为27%,装机容量达到724万kW;生物质能占比为4.1%,装机容量达到195万kW^[4]。

2016年法国电力发电量达到5310亿千瓦时,其中核电发电量占72%,水电发电量占12%,新能源发电量占7%;其中风力发电量达到210亿千瓦时,占比为3.9%;光伏发电量达到80亿千瓦时,占比为1.7%;生物质能发电量达到90亿千瓦时,占比为1.6%^[5]。

但是,在法国可再生能源发展的历史过程中,

也跨越过可再生能源发展与电网建设不协调的阶段,主要存在以下两方面的问题^[6-11]。一方面,随着大量的可再生能源接入电网,电网规划和新能源规划难以协调,电网公司难以有效管控可再生能源的接入变电站,存在接入集中、开发无序的问题,导致低压电网电压升高,潮流倒送等对电网造成较大影响的问题,威胁电网的安全稳定运行。另一方面,可再生能源接入成本的出资界面不合理,影响可再生能源发电商的投资热情。之前,法国电网为满足可再生能源进行的扩建、改建工程投资由可再生能源发电商出资,甚至为此新增的变电站投资也由发电商承担,或可高达数百万欧元,而接入工程本体的投资仅需数千欧元即可,从而造成可再生能源接入大量集中于电网完善的区域,难以实现法国均衡发展可再生能源全国及各地区的2020年可再生能源的发展目标(以下简称SRCAE目标)。

鉴于此,法国政府颁布《区域可再生能源发展规划》政策^[12],要求各地区输配电商编制相应的可再生能源发展规划(以下简称S3REnR规划),在各地区构建可再生能源接入容量的管控体系,实现各地区法国可再生能源的有序开发和均衡接入。该发展规划的目的为:

1)增加可再生能源投资的效率,提高有限投资情况下接入的可再生能源装机容量。

2)提供可再生能源发展建设和电网规划建设的可视化信息查询。

3)借助电网的预先规划促进可再生能源发展。

4)可再生能源发电商均摊电网建设扩容成本。

中国国内可再生能源正处于高速发展期,可再生能源蕴藏量巨大,资源禀赋分布不均,风能资源主要集中在三北和东南沿海地区,光伏资源主要分布在西部和北部地区^[13]。此外,相对发展的可再生能源对全球能源互联网的构建意义重大,有助于全球能源互联网的全面建成^[14-16]。但是,中国目前加速发展的可再生资源开发和现行的管理政策之间存在部分失调,学习借鉴国外先进的可再生能源发展管理经验有助于中国可再生能源的平稳有序发展。

1 地区可再生能源发展规划(S3REnR规划)

按照可再生能源区域发展政策,各地区基于SRCAE目标,统筹整合各方意见,由输电网运营商和配电网运营商共同制定本地区未来十年的可再生能源发展规划(S3REnR规划),经各相关方讨论商议且获得政府许可后,由地区行政长官签署并向社

会公布,指导本地区的可再生能源开发与发展。

S3REnR规划的具体操作由各地区的政府主导,法国输电网公司负责编制初稿。为了更好的完成S3REnR规划的编制和协调,各地区成立规划工作小组,人员由输电公司、配电公司、发电商协会、地区国土局、地区环境保护局、地方专业组织共同派出,代表可再生能源接入及发展的各相关方的利益诉求,共同实现规划的完善修改,最终由地方政府负责审批、公示和签署,以达成广泛共识。

1.1 S3REnR规划的发展目标

为了推进国家可再生能源的统一协调发展,法国政府颁布了《绿色能源转型法案》,规定2030年法国可再生能源占发电比率达到40%^[17]。法国政府将该目标分解到各个地区,于2010年7月颁布《Grenelle II》法令,明确各个地区需根据国家统一发展目标和本地区具体情况,综合各相关方咨询意见,确定SRCAE目标,包括风电、光伏、水电、生物质能、潮汐等各种可再生能源类别的装机容量。各地区的SRCAE目标已全部制定,并于2015年完成第一次滚动修正^[18]。

截止2016年12月31日,法国各地区制定的SRCAE目标之和为48.2 GW,即到2020年全法国各类可再生能源装机容量总和达到4820万kW。法国各地区风电和光伏的SRCAE目标及截止2016年底的装机情况(包含已并网和在项目)见图1。

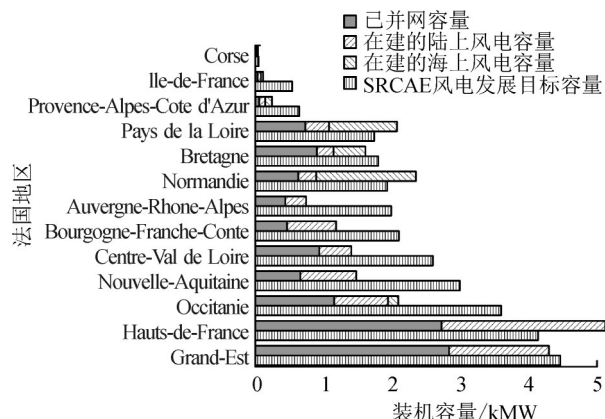


图1 法国各地区风电SRCAE目标及2016年底装机情况

Fig. 1 SRCAE targets & installed capacity by the end of 2016 of wind power in France

1.2 S3REnR规划的边际条件

S3REnR规划的初始条件主要包括电网提供的网架现状、发展规划,及发电商协会、咨询机构等相关方提供的可再生能源资源禀赋。

S3REnR规划的基本原则是电网规划引领新能源发展,因此除了各地区的SRCAE目标,各地区的规划工作小组还需充分考虑各地区各级输电网和

配电网的网架现状。各地区的电网公司负责梳理目前本地区输电网和配电网的现状情况,包括网架结构、变电站数量、装机容量及线路长度等资产数据。

此外,各级电网公司编制的长、中、短期电网规划,特别是正在建设和已立项的电网新建、改建、扩建工程的详细信息,包括项目内容、实施周期、投资预算等,需要向规划工作小组全面公开,确保S3REnR规划在编制的过程中充分考虑可预见的电网网架结构,以及规划的边际条件向可再生能源接入的相关方公开透明。

最后,规划工作小组根据地区议会、地区国土资源管理部门、发电商协会等相关方提供的数据,按照最大概率和最优选址的原则,对比每种类型可再生能源的资源禀赋和电网现状,结合地区电网网络架构的现状,对全地区按照 $20\text{ km}\times 20\text{ km}$ 的网格分析潜在接入地点和接入容量,见图 2^[19]。网格分析成果将作为 S3REnR 规划的边际条件之一。

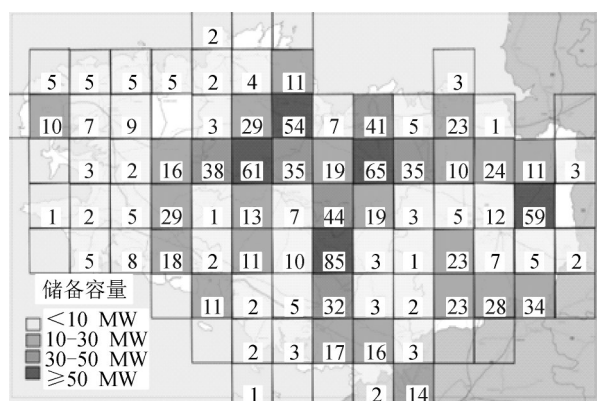


图2 法国某省区可再生能源网格分析图

Fig. 2 Grid map of renewable energy in a province of France

1.3 S3REnR 规划的新增项目

若地区电网目前的网架结构和可预见的电网扩建改造工程难以满足地区可再生能源接入的SRCAE目标,则规划工作小组将以最经济、最合理的投资成本为原则,严格按照法国电网建设标准,规划该地区仍需开展的输电网和配电网新建、扩建、改建工程项目。

针对这些新增项目,规划工作小组需详细论证项目的必要性和增加的可再生能源具体接入容量,并将项目内容、施工周期、投资预算等具体内容列入 S3REnR 规划,为可再生能源发展提供充分的电网网架支撑。

法国某地区 S3REnR 规划的电网新增项目示意图见图 3。其中突出显示的序号 9、17、21 处为电网新建项目。以序号 9 为例,按照法国规划标准,规划工作小组设计两种方案,增加 1 台 36 MVA 的主变(投资 164 万欧元,增加 28 MW 的接入容量)或者新

建1座变电站(投资1 460万欧元,增加64 MW的接入容量)。

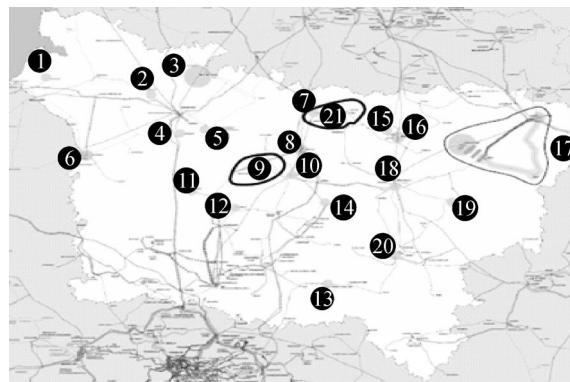


图3 法国某省区S3REnR规划电网改造项目

Fig. 3 Power grid renovation projects in the S3REnR planning for a province of France

1.4 S3REnR 规划的接入容量

综合考虑电网初始条件和新增的电网扩建项目, S3REnR 规划计算地区可接入的可再生能源容量总和, 并分别计算所有高压、中压变电站允许接入的可再生能源装机容量的数值, 以保障地区可再生能源发展目标的有效达成和地区可再生能源的均衡发展。

法国某地区 S3REnR 规划的输电网变电站允许接入容量计算结果见图 4^[20]。图 4 中每个圆点都是一座变电站,不同的大小标识不同的电压等级,圆点中的数字为规划中各个变电站允许接入的可再生能源装机容量。该数据将作为地区可再生能源接入申请的管控指标,以政府名义向全社会公布,超出规划目标或剩余容量不再办理接入。



图4 法国某省区S3REnR规划接入容量

Fig. 4 Access capacity in the S3REnR planning for a province of France

2 电网改造投资均摊政策

为了解决可再生能源接入成本的出资界面不合理的问题,有效疏导可再生能源发电商的投资热情,缓解可再生能源接入对电网企业造成的成本冲

击,法国政府在 S3REnR 规划中落实电网改造投资均摊政策,规定规划中的新增输电网和配电网新建、扩建、改建项目(见 1.3)的投资由电网企业和可再生能源发电商共同承担,且由可再生能源发电商承担大部分。具体算法见式(1)~(3):

$$q=\frac{\sum I_g}{C_{\text{SRCAE}}-C_o}=\frac{\sum I-\sum I_e}{C_{\text{SRCAE}}-C_o}\tag{1}$$

$$\sum I=\sum_{i=1}^n(\rho_i\cdot I_i)\tag{2}$$

$$\sum I_e=\sum I_e^o+\sum I_e^t=\sum_{i=1}^{n_o}I_{e,i}^o+\sum_{i=1}^{n_t}\alpha^i\cdot\rho_e^i\cdot I_t^i\tag{3}$$

式(1)~(3)中: q 为 S3REnR 规划中发电项目的均摊费用(quote); $\sum I$ 为 S3REnR 规划中电网新建、扩建、改建项目总投资; $\sum I_g$ 为 S3REnR 规划中由发电企业承担的电网新建、扩建、改建项目投资; $\sum I_e$ 为 S3REnR 规划中由电网公司承担的电网新建、扩建、改建项目投资; $\sum I_e^o$ 为正在开展的电网新建、扩建、改建项目投资; $\sum I_e^t$ 为 S3REnR 规划开展的电网新建、扩建、改建项目投资; C_{SRCAE} 为 SRCAE 目标中新能源接入容量; C_o 为当前电网中新能源接入容量; I 为单个电网新建、扩建、改建项目的具体投资; i 为第 i 个电网新建、扩建、改建项目; α 为电网新建、扩建、改建项目中电网公司的出资界面占比; ρ 为 S3REnR 规划中电网新建、扩建、改建项目享受的政策优惠系数; n 为电网新建、扩建、改建项目总数。

某地区的 S3REnR 规划的电网扩建均摊费用明细见表 1。表 1 中,投资单位均为百万欧元,均摊费用单位为千欧元/MW。

表 1 法国某省区 S3REnR 规划电网投资明细

Table 1 Investment details in the S3REnR planning for a province of France

名称	总投资 ($\sum I$)	已开展 ($\sum I_e^o$)	计划 ($\sum I_e^t$)	发电 ($\sum I_g$)	均摊 费用
输电网	150.50	137.00	3.00	10.50	8.83
配电网	8.30	6.80	0.00	1.52	1.28
总计	158.80	143.80	3.00	12.00	10.11

套用式(1)~(3)整合 S3REnR 规划的所有输配电网新建、扩建、改建项目,在该地区中电网企业在 S3REnR 规划编制之前已开展的电网改造项目投资约 1.43 亿欧元全部由电网企业承担。S3REnR 规划的电网新建、扩建、改建项目共计投资 1 500 余万欧元,其中 300 万欧元由电网企业承担,1 200 余万欧

元由可再生能源发电商承担。该地区 S3REnR 规划接入的可再生能源装机容量 ($C_{\text{SRCAE}}-C_o$) 为 1 187 MW,故该地区的电网改造投资均摊费用为 1 200/1 187=10.11(千欧元/MW)。如果一家可再生能源接入项目的装机容量为 100 MW。则开发商在承担工程接入费用之外,还需向电网公司缴纳 10.11×100=1 011 千欧元的电网改造投资均摊费用。

因各地区输电网和配电网网架建设情况和可再生能源发展目标不同,法国各个地区电网改造的均摊费用均可按照式(1)~(3)计算,而且每个地区结果均有差异。见图 5。全国最贵的地区是南比利牛斯大区(69.2 千欧元/MW),最便宜的地区是阿尔萨斯大区(0 千欧元/MW)。全国平均电网改造投资的均摊费用(由全国各地区 S3REnR 规划中由发电企业承担的电网新建、扩建、改建项目投资总和以及全国为实现 SRCAE 目标规划接入的可再生能源容量总和计算)为 25.1 千欧元/MW。

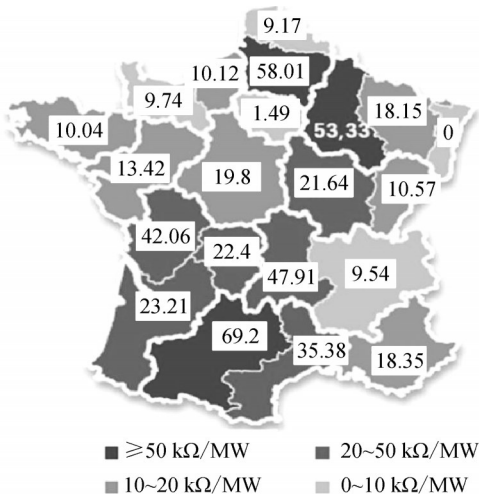


图 5 法国各省区 S3REnR 规划的电网扩建均摊费用
Fig. 5 Average cost of the quote in the S3REnR planning for different provinces in French

可再生能源发电商承担的电网改造投资费用按照并网装机容量占地区总容量的比例进行分摊,有效应对可再生能源接入投资不均衡的情况,避免少数可再生能源发电商承担接入工程引起的巨额电网改造费用,促进可再生能源发展的平稳有序。

3 可再生能源接入的管控体系

法国各地区的 S3REnR 规划明确了地区每座高压和中压变电站允许接入的可再生能源容量,对外发布后将以此为准指导未来十年的可再生能源开发和接入项目建设。各地区的 S3REnR 规划制定后,由各大区的行政长官签署并向社会公布,引导可再生能源的接入申请。

可再生能源发电商在申请项目前可以在公开网站查询目标变电站的允许接入容量,如果剩余的容量足够,可以进一步申请;如果剩余的容量不足,则无法申请接入,仅能另寻合适变电站申请接入。

为了保障规划方案的宣贯力度,法国输电公司(RTE)和法国配电公司(Enedis)共同建立信息查询系统“Capareseau”(http://capareseau.fr/),向全社会公开高压和中压变电站允许接入的可再生能源容量。该系统内全国变电站界面见图6。



图6 Capareseau系统内法国高压和中压变电站

Fig. 6 HV and MV substations of France in the Capareseau system

任何单位或个人可以通过Capareseau系统查询目标变电站的可再生能源允许接入容量信息,查询结果包括3个部分:变电站接入概况、输电网接入情况以及配电网接入情况。

变电站接入概况是该变电站允许接入的可再生能源容量的信息,包括变电站在S3REnR规划中分配的接入容量、已接入和已申请容量、剩余的接入容量以及相应的电网扩建均摊费用,见图7。



图7 Capareseau系统内变电站接入容量概况

Fig. 7 Access capacity of renewable energy for a substation in the Capareseau system

此外, Capareseau系统还可以显示各个变电站的输电网和配电网的接入情况,包括变电站主变变电容、电压等级等公开信息,便于可再生能源开发商综合评估接入环境。

4 结语

法国政府和电网企业关注可再生能源各利益相关方的平衡发展,全面推进可再生能源开发的健康有序,编制电网各电压级变电站允许接入的可再生能源容量限制,并以此引导可再生能源接入申请的严格管控。法国在电网规划的边际条件中充分考虑可再生能源接入的相关因素,为可再生能源规划和电网规划的统筹协调做好基础工作,并且建立更合理的接入项目引起的电网改造项目投资分配制度,促进可再生能源的持续健康发展。法国电网公司注重与国家政府相关部门的沟通协调,构建政府、电网企业、可再生能源发电企业的联系机制,以协商的方式达成可再生能源发展规划的有效落实。

在下阶段的研究工作中,电网公司应继续加强与政府相关部门沟通协调,探索新能源规划刚性执行机制,研究公用电网可接入新能源容量的计算模型和向社会公布的潜在方式,创新适合中国国情的新能源规划和接入的新方法,在条件允许的区域先试先行,最终构建充分适应电力体制改革和综合能源发展背景的新能源管理体系,确保网源协调发展。

参考文献:

- [1] European Commission. 2020 Climate & energy package [EB/OL]. [2015-10-15]. <http://ec.europa.eu/clima/policies/strategies/2020>.
- [2] European Commission. 2050 Energy strategy[EB/OL]. [2015-10-15]. <https://ec.europa.eu/energy/en/topics/energy-strategy/2050-energy-strategy>.
- [3] European Commission. Energy union package[EB/OL]. [2015-10-15]. http://ec.europa.eu/priorities/energy-union/docs/energyunion_en.pdf.
- [4] RTE E. Panorama de l'électricité renouvelable au 30 septembre 2017[EB/OL]. [2017-9-30]. http://www.rte-france.com/sites/default/files/panorama_09-17-web.pdf.
- [5] RTE E. Panorama de l'électricité renouvelable en 2016 [EB/OL]. [2016-12-31]. http://www.rte-france.com/sites/default/files/panorama_enr20161231.pdf.
- [6] ZONTA Y, MERLEY J. The French scheme for RES connection coordination between stakeholders at regional level [C]//23rd International Conference on Electricity Distribution. Lyon, France:[s.n.][2015:1-4].
- [7] 张婧竹. 法国新能源政策及影响(1990—2015)[D]. 北京: 北京外国语大学, 2016.
ZHANG Jingzhu. The renewable energy policy and influence of France (1990—2015)[D]. Beijing: Beijing Foreign Studies University, 2016.

- [8] 田小惠,张婧竹. 冷战后法国的新能源政策:调整、特点及影响[J]. 法国研究, 2017(3):13-21.
TIAN Xiaohui, ZHANG Jingzhu. France's new energy policy after the cold war: Readjustment, characteristics and impact[J]. Etudes Francaises, 2017(3):13-21.
- [9] 张玥,王秀丽,曾平良. 欧洲低碳电力路线分析[J]. 电网技术, 2016, 40(6):1675-1682.
ZHANG Yue, WANG Xiuli, ZENG Pingliang. Analysis of european low carbon electricity roadmap[J]. Power System Technology, 2016, 40(6):1675-1682.
- [10] ROGGENKAMP M. Energy law in Europe - National, EU and international regulation[M]. Oxford: Oxford University Press, 2007.
- [11] CAPROS P, TASIOS N, MARINAKIS A. Very high penetration of renewable energy sources to the European electricity system in the context of model-based analysis of an energy roadmap to-wards a low carbon EU economy by 2050[C]// 9th International Conference on the European Energy Market. Florence, Italy: IEEE, 2012: 1-8.
- [12] France Government. Décret 2012-533 relatif aux schémas régionaux de raccordement au réseau des énergies renouvelables, prévus par l'article L. 321-7 du code de l'énergie[Z]. Paris: France Government, 2012.
- [13] 刘振亚. 中国电力与能源[M]. 北京: 中国电力出版社, 2012.
LIU Zhenya. Electric power and energy in China[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2012.
- [14] 刘振亚. 全球能源互联网[M]. 北京: 中国电力出版社, 2015.
LIU Zhenya. Global energy Interconnection[M]. Beijing: China Electric Power Press, 2015.
- [15] 刘振亚. 全球能源互联网跨国跨洲互联研究及展望[J]. 中国电机工程学报, 2016, 36(19):5103-5110.
LIU Zhenya. Research of global clean energy resource and power grid interconnection[J]. Proceedings of the CSEE, 2016, 36(19): 5103-5110.
- [16] 王益民. 全球能源互联网理念及前景展望[J]. 中国电力, 2016, 49(3):1-5.
WANG Yimin. Concept and prospect of global energy interconnection[J]. Electric Power, 2016, 49(3): 1-5.
- [17] France Government. Arrêté du 15/12/2009 relatif à la programmation pluriannuelle des investissements de production d'électricité[Z]. Paris: France Government, 2009.
- [18] France Government. Code de l'environnement livre II titre II chapitre II[Z]. Paris: France Government, 2010.
- [19] RTE. Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables de la région Bretagne[EB/OL]. [2015-08-07]. http://www.rte-france.com/sites/default/files/s3renr-bretagne-09-06-2015-v_maj-avant-approbation_1.pdf.
- [20] RTE. Schéma régional de raccordement au réseau des énergies renouvelables de la région MIDI-PYRENEES [EB/OL]. [2013-02-08]. http://www.rte-france.com/sites/default/files/2013-02-20_s3renr-midi-pyrennees.pdf.

杨 翔(1987—),男,博士,高级工程师,主要从事电力系统调控工作,研究领域包括电力系统状态估计、新能源接入及消纳管理等。

孙 可(1980—),男,博士,高级工程师,主要从事电力系统规划工作,研究领域包括电网规划、新能源规划、接入及消纳管理等。

陈晓刚(1980—),男,博士,高级工程师,主要从事电力系统运维检修工作,研究领域包括电网运维检修、电网规划、新能源规划、接入及消纳管理等。

(上接第240页)

- APG制造工艺[J]. 电工电气, 2015(1):47-50.
WU Jianhong, GE Leyi, WANG Runfu, et al. Medium-voltage solid insulation epoxy APG manufacturing new technology[J]. Electrotechnics Electric, 2015(1):47-50.
- [9] 王晓梅,程晓宇,樊百虎. 高压电器环氧树脂浇注成型工艺及模具设计[J]. 模具技术, 2012(5):31-34.
WANG Xiaomei, CHENG Xiaoyu, FAN Baihu. Process and mould design of high voltage electrical apparatus casting with epoxy resin[J]. Die and Mould Technology, 2012(5):31-34.
- [10] 局部放电测量:GB/T 7354—2018[S]. 2018.
High-voltage test techniques—Partial discharge measurements:GB/T 7354—2018[S]. 2018.
- [11] 李建军,应兵荣. 40.5 kV 开关柜绝缘缺陷分析及解决措施[J]. 电气开关, 2016, 54(2): 106-108.
LI Jianjun, YING Bingrong. Insulation defect analysis and solution approach of 40.5 kV switchgear[J]. Electric Switchgear, 2016, 54(2): 106-108.

韩天旗(1965—),男,本科,高工,主要从事中压开关的研究工作。