

# 新型电力系统下不同场景储能的应用研究

陈竹<sup>1,✉</sup>, 谢胤喆<sup>1</sup>, 李娜<sup>1</sup>, 杨欣<sup>2</sup>, 施天成<sup>2</sup>, 丛昊<sup>2</sup>

(1. 中国电力工程顾问集团华东电力设计院有限公司, 上海 200001;  
2. 国网安徽省电力有限公司经济技术研究院, 安徽 合肥 230022)

**摘要:** [目的] 碳达峰、碳中和目标下, 构建新型电力系统成为了电力发展的现实路径。储能作为灵活调节性资源, 对于提高电网运行效率、提升新能源消纳水平等具有重要作用。为了提升电力系统的灵活性, 促进源网荷储协同高效发展, 需要结合储能技术特性, 根据电力系统各环节的实际需求, 找准储能在不同场景的作用定位。[方法] 基于储能行业发展现状, 分析不同储能技术的应用场景与发展潜力, 提出了电网侧、电源侧与用户侧储能配置的策略, 并从变电站设计、网架规划、电力平衡、新能源消纳等多角度展开了储能影响研究。[结果] 从电网侧看, 储能可提高电网供电能力、延缓或替代电网投资; 从电源侧看, 储能接入对电力平衡产生影响, 可通过优化配置储能提升新能源消纳水平。[结论] 储能作为新型电力系统发展的支撑技术将发挥更大作用, 文章所提的储能配置策略可在实际应用时提供指导。

**关键词:** 新型电力系统; 储能; 电网侧; 电源侧; 配电网规划

中图分类号: TM7; F42

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2023)S1-0027-07

开放科学(资源服务)二维码:



## Research on Application of Stored Energy in Different Scenarios Under the New Power System

CHEN Zhu<sup>1,✉</sup>, XIE Yinzhe<sup>1</sup>, LI Na<sup>1</sup>, YANG Xin<sup>2</sup>, SHI Tiancheng<sup>2</sup>, CONG Hao<sup>2</sup>

(1. East China Electric Power Design Institute Co., Ltd., China Power Engineering Consulting Group, Shanghai 200001, China;  
2. Economic and Technological Research Institute of State Grid Anhui Electric Power Co., Ltd., Hefei 230022, Anhui, China)

**Abstract:** [Introduction] Under the goal of carbon peaking and carbon neutralization, building a new power system has become a realistic path of electric power development. As a flexible regulatory resource, stored energy plays an important role in improving the efficiency of power grid operation and the new energy consumption. In order to improve the flexibility of the power system and promote the coordinated and efficient development of power source, power grid, load and energy storage, it is necessary to identify the role of stored energy in different scenarios in accordance with the characteristics of stored energy technology and the actual needs in all aspects of the power system. [Method] Based on the development status of the stored energy industry, the application scenarios and development potential of different stored energy technologies were analyzed, and the strategies of stored energy configuration on the grid side, power supply side and user side were proposed. The impact of stored energy was studied from the perspectives of substation design, grid planning, power balance and new energy consumption. [Result] From the perspective of the power grid side, stored energy can improve the power supply capacity of power grid and delay or replace the power grid investment; from the perspective of the power supply side, the access of stored energy has an impact on the power balance, and the consumption level of new energy can be improved by optimizing the configuration of stored energy. [Conclusion] As a supporting technology for the development of new power systems, stored energy will play a greater role. The stored energy configuration strategy proposed in this paper can provide guidance for practical application.

**Key words:** new power system; stored energy; power grid side; power supply side; distribution network planning

2095-8676 © 2023 Energy China GEDI. Publishing services by Energy Observer Magazine Co., Ltd. on behalf of Energy China GEDI. This is an open access article under the CC BY-NC license (<https://creativecommons.org/licenses/by-nc/4.0/>).

## 0 引言

在碳达峰、碳中和深入推进的背景下, 构建以新

型电力系统为基础的能源互联网成为能源领域实现双碳目标的主要思路。能源格局的深刻调整给电力

系统发展模式带来巨大变化<sup>[1]</sup>:大量新能源分布式电源接入配电网,终端负荷由传统刚性向柔性转变,电力系统的建设重心逐步由大电网向配电网转变。储能由于拥有电源、负荷的双重特性,是支撑新型电力系统稳定运行的关键节点。

随着新型电力系统的建设加快,储能作为重要的调节资源,在近些年保持高速发展态势。由于储能可有效提升配电网的可靠性与经济性,已广泛应用于配电网。目前在配电网规划方面,考虑柔性负荷<sup>[2-3]</sup>与分布式电源<sup>[4-5]</sup>对配电网产生影响方面的研究成果较多,而对储能如何应用于配电网规划发展缺乏成熟全面的研究。因此,需要分析储能在不同场景下的作用及定位,并结合现有配电网规划流程优化相关规划策略,旨在为未来配电网的规划建设提供指导性的建议,从而助力新型电力系统建设。

## 1 储能发展概况

“十四五”是加快构建以新能源为主体的新型电力系统、推动实现碳达峰目标的关键时期,储能正在成为当今包括中国在内的许多国家用于推进碳中和目标进程的关键技术之一。截止 2021 年,中国累计储能装机 43.44 GW,其中,抽水蓄能与电化学储能装机分别占比 86.5%、11.8%。

### 1.1 储能技术形式

储能技术的形式多种多样,按储能原理可将储能技术分为 5 类<sup>[6]</sup>,分别为:机械类储能、热储能、电磁储能、电化学储能和化学类储能。详见图 1。

综合对比目前各种典型储能技术的技术成熟度与场景适用性:抽水蓄能技术已比较成熟<sup>[7]</sup>,启动迅速,运行灵活、可靠,除削峰填谷外,还适合承担调频、调相、事故备用等任务,在储能应用中将持续保持高占比;电化学储能进行选择时<sup>[8-10]</sup>,考虑到高能量密度和长循环寿命等因素以磷酸铁锂为主,低倍率以铅蓄(铅酸、铅炭)电池和液流电池为主,而锂离子电池占比近九成,因其热稳定强、寿命长、成本相对较低,在发电侧、电网侧与用户侧均大规模商业化发展中;压缩空气储能技术安全性和可靠性高,寿命接近抽水蓄能,但需要燃气发电作为配合;氢储能技术可实现长周期调节,全周期效率较低,且存在运行成本高、运输难等问题。

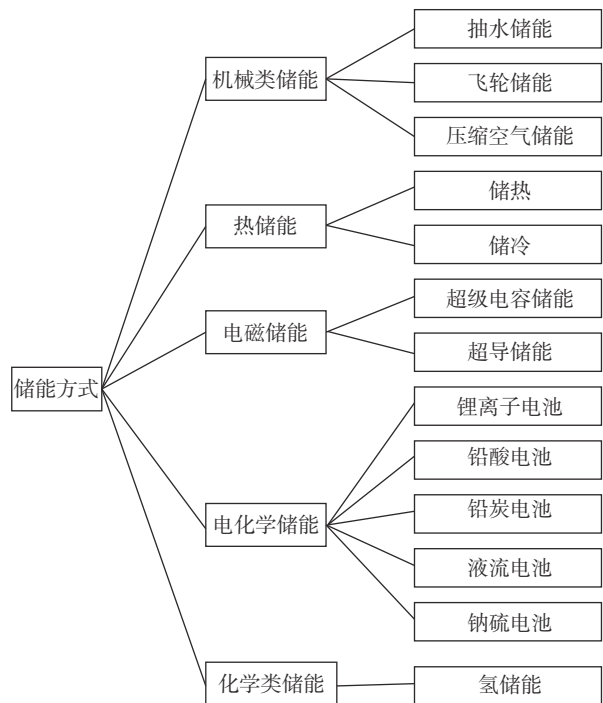


图 1 储能技术分类

Fig. 1 Classification of energy storage technology

目前,由于电化学储能与抽水蓄能相比,在响应速度、选址条件、环境影响、建设成本、安全运行、电能损耗、调节效率、建设周期等方面具备较大优势,已经进入商业化、规模化应用,未来仍具有较大的发展空间。

### 1.2 不同场景储能发展定位

在考虑电网侧配置储能时,主要考虑以下因素:(1)用于延缓或替代电网投资。对于局部点负荷增加地区<sup>[11]</sup>、土地资源紧张的负荷中心等安装适当容量的储能设备,可以延缓或替代输变电设施升级改造,降低电网基础设施综合建设成本;(2)提高电网安全运行水平。对于大规模新能源汇集区、供电能力不足的偏远地区等合理布局储能,可提升电网抵御突发事件能力,增强电网供电保障能力。

在考虑电源侧配置储能时<sup>[12]</sup>,主要考虑以下因素:(1)提高新能源消纳能力。对于弃风弃光率较高的地区,通过新能源和储能协同优化运行可以提升新能源机组在电力市场中的竞争力;(2)提升新能源机组参与高峰电力平衡能力。新能源机组出力受气象条件影响较大,通常参与高峰平衡程度有限,储能电站可提升新能源机组参与高峰平衡的能力;(3)提升火电机组调频性能。火电机组加装储能后,可缩

短响应时间,有效改善机组调节速率及调节精度,更好应对新能源高比例并网后的调频需求。

用户侧配置储能的商业模式目前已较为成熟,主要取决于地区峰谷电价差。对于峰谷电价差较高的地区,企业用户负荷曲线较好,可通过负荷搭配储能较好完成日内电量平衡,通过峰谷价差套利模式回收储能成本。同时,储能通过充放电调节用户用电曲线,降低每月最大需量从而节约电费。

在新型电力系统的背景下,储能的应用场景多元。储能设施凭借其平抑波动、削峰填谷、延缓电网升级改造等优势,已广泛应用于配电网的关键节点。由于目前用户侧配置储能更多视为满足个性化需求的商业行为,因而本文主要将电网侧与电源侧储能对配电网规划策略产生的影响作为讨论重点,主要考虑电化学储能。

## 2 电网侧储能应用

### 2.1 变电站储能配置分析

在进行配电网规划设计时,当已有变电站具有以下情形时,可以考虑配置合适容量的储能:

1)变电站主变压器负载率高,难以满足新增负荷发展需求。随着区域负荷增长,变电站难以承载更多的负载。

2)变电站不具备增容或扩建条件。变电站原有设备选型的技术标准不高,若对变电站增容,设备需要更换,经济性不高;如果进行扩建,则可利用场地不足。

3)出线间隔和廊道受阻。变电站没有预留足够的出线通道,即使将变电站增容或扩建,在新增出线方面面临没有通道可走的局面。

4)配电网络可靠性差。如配电网络多为单辐射结构,很少互联,且部分线路状况老旧迂回,而供电范围内存在敏感性负荷多,供电可靠性差。

5)负荷峰谷差大,设备利用率低。如变电站负荷峰值和峰谷差都很大,设备利用率较低,假如通过变压器增容来解决调峰问题,由于峰值时间较短,会导致设备利用率降低,经济性很低。

### 2.2 储能与网架协同规划

对于整个配电网系统,电网侧储能的主要作用包括延缓或替代输变电投资、提高电网安全稳定运行水平等,考虑以下 3 种典型场景。

1)场景 1:局部地区点负荷的增加带来电网改造的问题。随着生活方式的提升改变,在原负荷密度较低的地区由于负荷增加需要新建配套电网设施,甚至上一级线路也要随之扩容,因而考虑储能配置见图 2。定义线路供电能力为  $A$ ,未来预测最大负荷为  $B$ ,平均负荷为  $C$ 。

2)场景 2:地区整体负荷的突增带来的电网安全运行问题。由于季节及特殊天气下,地区最大负荷增加造成变电站主变过载等情形,若通过下级线路转供效果有限,或者通过变电站联络线转供但可能会带来电网运行风险。因为最大负荷出现的时段比较少,持续时间短,若进行电网基础设施建设可能会形成浪费,因而考虑储能配置见图 3。定义地区配电网容载比为  $K$ ,地区主变重载占比  $P$ ,连续越限时间  $X$ 。

3)场景 3:大规模可再生能源上送带来的电网安全运行问题。随着整个电网系统内可再生能源的渗透率不断提升,限制其并网容量与可再生能源发电利用率的因素主要考虑线路的输送能力限制和变电站变电容量,因而考虑储能配置见图 4。定义上级线路供电能力为  $S$ ,最大可再生能源出力为  $R_{\max}$ ,可再生能源平均出力为  $R_{\text{avg}}$ 。

## 3 电源侧储能应用

### 3.1 考虑储能接入的电力平衡方法

由于储能可作为电源或负荷的双向特性,对于接入电源侧储能,在电力平衡过程中考虑:当分布式电源最大出力时,储能可作为负出力的电源;分布式电源最小出力时,储能可作为正出力的电源。分布式电源分为可控电源与不可控电源两类。在电力平衡分析中,将分布式电源出力拆分为可控电源出力与不可控电源出力,其中不可控电源出力需考虑一定的出力置信度。

可控分布式电源主要包含分布式燃机、生物质发电等。对于仅考虑可控分布式电源叠加储能后的电力平衡分析表,详见表 1。

大方式下,电力盈亏:

$$D_{\max} = L_{\max} - P_{K_{\min}} - P_B \quad (1)$$

电源  $N-1$  工况下,电力盈亏:

$$D_{n-1} = L_{\max} - P_B - P_{K(n-1)} \quad (2)$$

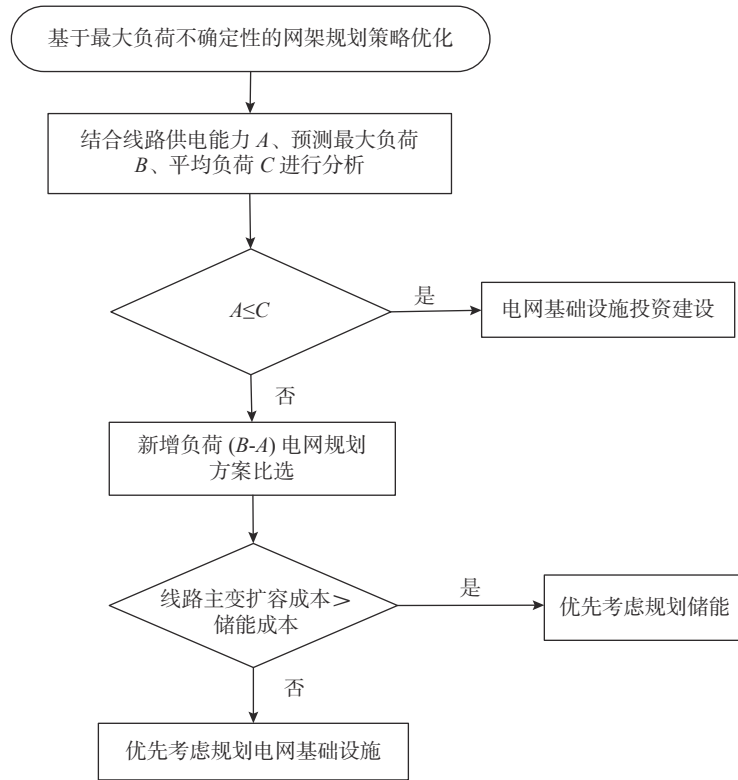


图 2 基于最大负荷不确定性的网架规划优化策略

Fig. 2 Optimization strategy of grid planning based on maximum load uncertainty

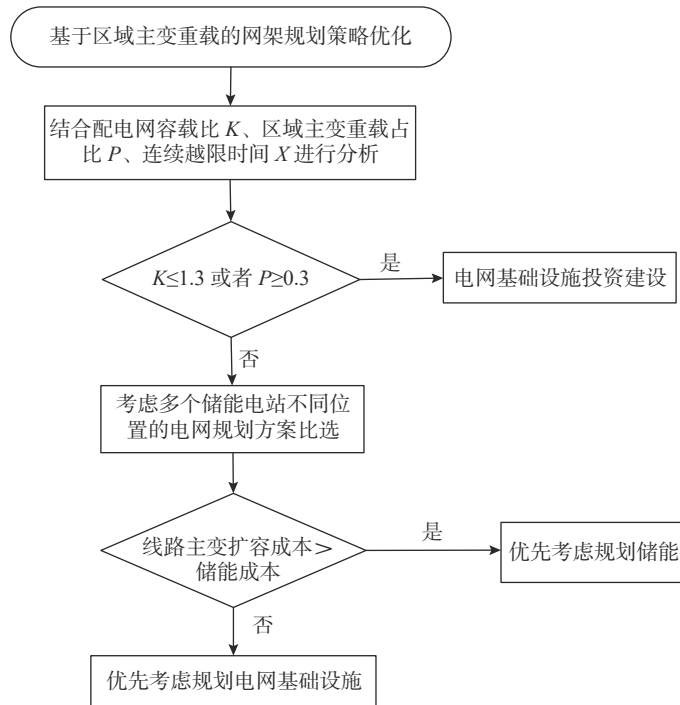


图 3 基于区域主变重载的网架规划优化策略

Fig. 3 Optimization strategy of grid planning based on regional main transformer overload

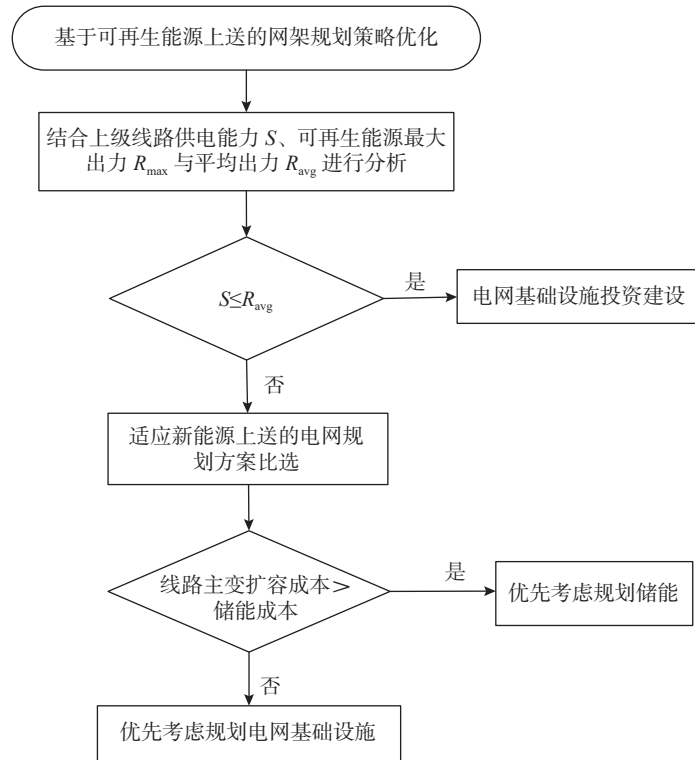


图 4 基于可再生能源上送的网架规划优化策略

Fig. 4 Optimization strategy of grid planning based on renewable energy supply

表 1 可控分布式电源与储能接入后电力平衡分析表

Tab. 1 Power balance analysis table after access of controllable distributed power supply and energy storage

项目名称	函数
全社会最大负荷	$L_{max}$
全社会最小负荷	$L_{min}$
可控分布式电源最大出力	$P_{Kmax}$
可控分布式电源最小出力	$P_{Kmin}$
储能	$P_B$
N-1工况电源出力	$P_{K(n-1)}$
电力盈亏(大方式)	$D_{max}$
电力盈亏(小方式)	$D_{min}$
电力盈亏(N-1工况)	$D_{n-1}$

小方式下, 电力盈亏:

$$D_{min} = L_{min} - P_{Kmax} + P_B \quad (3)$$

不可控分布式电源主要包含光伏发电、风力发电等, 考虑到风光满发概率很小, 应合理考虑置信区间内的风光出力大小。分布式电源置信度出力可选取地区该类分布式电源的历史出力数据, 样本数据按整点时刻分组, 形成一定置信区间下的分布式电

源日出力曲线。

其中分布式电源置信度出力指<sup>[13]</sup>: 分布式电源出力在一定的置信区间下的预测值, 可参考历史整点时刻出力数据, 形成概率分布模型。

在开展电力平衡分析时, 根据地区资源禀赋特点, 主要考虑 2 种典型场景:

1) 不可控分布式电源以光伏发电为主, 负荷高峰常出现于夏季与春秋季节, 储能考虑作为正出力电源, 详见表 2。

$$P_{Dmax} = P_{Kmax} + P_{NPV} \quad (4)$$

$$\text{日间大方式下, } D_{Dmax} = L_{Dmax} - P_{Kmin} - P_B \quad (5)$$

$$\text{日间小方式下, } D_{Dmin} = L_{Dmin} - P_{Dmax} - P_B \quad (6)$$

2) 不可控分布式电源以风电为主, 负荷高峰常出现于冬季夜间, 储能考虑作为负出力电源, 详见表 3。

$$P_{Nmax} = P_{Kmax} + P_{NW} \quad (7)$$

$$\text{夜间大方式下, } D_{Nmax} = L_{Nmax} - P_{Kmin} + P_B \quad (8)$$

$$\text{夜间小方式下, } D_{Nmin} = L_{Nmin} - P_{Nmax} + P_B \quad (9)$$

### 3.2 基于新能源消纳的储能优化配置

当配电网有一定规模新能源接入时, 由于装机

表 2 不可控分布式电源+储能的电力平衡分析表(日间)

Tab. 2 Power balance analysis table of uncontrollable distributed power supply + energy storage (daytime)

项目名称	函数
日间最大负荷	$L_{Dmax}$
日间最小负荷	$L_{Dmin}$
可控分布式电源最大出力	$P_{Kmax}$
可控分布式电源最小出力	$P_{Kmin}$
不可控分布式电源置信度出力	光伏 $P_{NPV}$
分布式电源最大出力	$P_{Dmax}$
储能功率	$P_B$
电力盈亏(日间大方式)	$D_{Dmax}$
电力盈亏(日间小方式)	$D_{Dmin}$

表 3 不可控分布式电源接入后电力平衡分析表(夜间)

Tab. 3 Power balance analysis table after uncontrollable distributed power supply access (night)

项目名称	函数
夜间最大负荷	$L_{Nmax}$
夜间最小负荷	$L_{Nmin}$
可控分布式电源最大出力	$P_{Kmax}$
可控分布式电源最小出力	$P_{Kmin}$
不可控分布式电源置信度出力	风电 $P_{NW}$
分布式电源最大出力	$P_{Nmax}$
电力盈亏(夜间大方式)	$D_{Nmax}$
电力盈亏(夜间小方式)	$D_{Nmin}$
储能功率	$P_B$

容量、所处地理位置不同,各电站同一时刻叠加后有效出力与总装机相比较小。同时,在确定某分区电网可消纳新能源出力时,应依据该电力分区上级主变的配置容量及对应主变允许上送潮流确定原则限额。随着新能源规模持续增长,新能源大发时段下若配电网系统净负荷低于常规机组最小出力,则需要采取弃风弃光等调峰措施,通过储能配置可提高新能源的消纳能力<sup>[14-15]</sup>。考虑配电网新能源消纳的储能优化配置策略如下:

1)收集地区历史数据,根据最近 5—10 年的新能源出力特性得到新能源最大有效出力,以及常规机组出力、原始负荷数据等。

2)结合配电网可靠性分析及网损影响等条件确定新能源的接入方式。

3)根据国家省级能源主管部门制定的新能源电力消纳责任权重指标,确定新能源弃电率上限。

4)结合上级电网变电容量以确定新能源可接入的容量上限。

5)以配电网新能源全年发电量最大为优化目标,考虑基准负荷约束、新能源发电功率限制、新能源弃电率限制、新能源上送边界、储能运行限制等约束条件,开展储能与新能源的容量配比测算,得到储能的优化配置容量。

## 4 结论

为适应新型电力系统的发展趋势,挖掘储能在配电网规划建设中的应用价值,本文基于储能各项技术的发展现状及功能定位,主要从电网侧储能、电源侧储能入手,研究储能在配电网规划流程中对电力平衡、变电站设计、网架规划、新能源消纳等策略的影响,以促进新形势下储能与电力系统各环节融合发展。

另外,本次从定性层面提出了考虑新能源上送边界的储能容量配置策略,建议下一步可以新能源消纳量为目标、减小弃风弃光率为约束,开展规划仿真工具的开发研究。

## 参考文献:

- [1] 韩肖清,李廷钧,张东霞,等.双碳目标下的新型电力系统规划新问题及关键技术[J].高电压技术,2021,47(9):3036-3046. DOI: 10.13336/j.1003-6520.hve.20210809.  
HAN X Q, LI T J, ZHANG D X, et al. New problems and key new issues and key technologies of new power system planning under double carbon goals [J]. High voltage engineering, 2021, 47(9): 3036-3046. DOI: 10.13336/j.1003-6520.hve.20210809.
- [2] 齐宁,程林,田立亭,等.考虑柔性负荷接入的配电网规划研究综述与展望[J].电力系统自动化,2020,44(10):193-207. DOI: 10.7500/AEPS20191030003.  
QI N, CHENG L, TIAN L T, et al. Review and prospect of distribution network planning research considering access of flexible load [J]. Automation of electric power systems, 2020, 44(10): 193-207. DOI: 10.7500/AEPS20191030003.
- [3] 李颖,张跃,吴琳,等.自下而上的主动配电网负荷曲线化预测方法[J].电力系统及其自动化学报,2019,31(2):106-111. DOI: 10.19635/j.cnki.csu-epsa.000124.  
LI Y, ZHANG Y, WU L, et al. Bottom-to-top load curve forecasting method for active distribution network [J]. Proceedings of the CSU-EPSA, 2019, 31(2): 106-111. DOI: 10.19635/j.cnki.csu-epsa.000124.
- [4] 袁越,吴涵,陆丹,等.含高渗透率分布式电源的主动配电网系统规划综述[J].分布式能源,2016,1(1):6-13. DOI: 10.16513/j.cnki.10-1427/tk.2016.01.003.

- YUAN Y, WU H, LU D, et al. A review of active distribution system planning with high penetration distributed generation [J]. *Distributed energy*, 2016, 1(1): 6-13. DOI: 10.16513/j.cnki.10-1427/tk.2016.01.003.
- [5] 潘晴宇. 考虑分布式电源接入的变电站规划关键技术研究 [J]. *电力系统保护与控制*, 2021, 49(6): 98-104. DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.200623.
- PAN Q Y. Research on key technologies of substation planning considering distributed power access [J]. *Power system protection and control*, 2021, 49(6): 98-104. DOI: 10.19783/j.cnki.pspc.200623.
- [6] 蔡绍宽. 新型电力系统下的储能解决方案探讨 [J]. *南方能源建设*, 2022, 9(增刊1): 17-23. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2022.S1.003.
- CAI S K. Discussion on energy storage solutions under the new power system [J]. *Southern energy construction*, 2022, 9(Suppl. 1): 17-23. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2022.S1.003.
- [7] 张东辉, 徐文辉, 门锐, 等. 储能技术应用场景和发展关键问题 [J]. *南方能源建设*, 2019, 6(3): 1-5. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.001.
- ZHANG D H, XU W H, MEN K, et al. Application scenarios of energy storage and its key issues in development [J]. *Southern energy construction*, 2019, 6(3): 1-5. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.001.
- [8] 高啸天, 匡俊, 楚攀, 等. 化学电源及其在储能领域的应用 [J]. *南方能源建设*, 2020, 7(4): 1-10. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.04.001.
- GAO X T, KUANG J, CHU P, et al. Chemical power sources and their applications in energy storage fields [J]. *Southern energy construction*, 2020, 7(4): 1-10. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2020.04.001.
- [9] 蒋中明, 唐栋, 李鹏, 等. 压气储能地下储气库选型选址研究 [J]. *南方能源建设*, 2019, 6(3): 6-16. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.002.
- JIANG Z M, TANG D, LI P, et al. Research on selection method for the types and sites of underground repository for compressed air storage [J]. *Southern energy construction*, 2019, 6(3): 6-16. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2019.03.002.
- [10] 高啸天, 郑可昕, 蔡春荣, 等. 氢储能用于核电调峰经济性研究 [J]. *南方能源建设*, 2021, 8(4): 1-8. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2021.04.001.
- GAO X T, ZHENG K X, CAI C R, et al. Research on economy of hydrogen energy storage for nuclear power peak shaving [J]. *Southern energy construction*, 2021, 8(4): 1-8. DOI: 10.16516/j.gedi.issn2095-8676.2021.04.001.
- [11] 胡海琴, 徐中一. 储能在黄山地区电网侧的应用场景研究 [J]. *供用电*, 2020, 37(11): 70-74. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2020.11.011.
- HU H Q, XU Z Y. Research on application scenarios of energy storage on the grid side in Huangshan Area [J]. *Distribution & utilization*, 2020, 37(11): 70-74. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2020.11.011.
- [12] 白桦, 王正用, 李晨, 等. 面向电网侧、新能源侧及用户侧的储能容量配置方法研究 [J]. *电气技术*, 2021, 22(1): 8-13. DOI: 10.3969/j.issn.1673-3800.2021.01.002.
- BAI H, WANG Z Y, LI C, et al. Research on capacity allocation method of energy storage for grid side, new energy side and user side [J]. *Electrical engineering*, 2021, 22(1): 8-13. DOI: 10.3969/j.issn.1673-3800.2021.01.002.
- [13] 钟清, 孙闻, 余南华, 等. 主动配电网规划中的负荷预测与发电预测 [J]. *中国电机工程学报*, 2014, 34(19): 3050-3056. DOI: 10.13334/j.0258-8013.pcsee.2014.19.002.
- ZHONG Q, SUN W, YU N H, et al. Load and power forecasting in active distribution network planning [J]. *Proceedings of the CSEE*, 2014, 34(19): 3050-3056. DOI: 10.13334/j.0258-8013.pcsee.2014.19.002.
- [14] 马实一, 衣传宝, 周泊宇, 等. 考虑储能对减小网架约束新能源弃电的影响研究 [J]. *供用电*, 2021, 38(12): 74-80. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2021.12.011.
- MA S Y, YI C B, ZHOU B Y, et al. Research on energy storage configuration scheme for promoting renewable energy accommodation [J]. *Distribution & utilization*, 2021, 38(12): 74-80. DOI: 10.19421/j.cnki.1006-6357.2021.12.011.
- [15] 李湃, 方保民, 祁太元, 等. 基于源-荷匹配的区域电网/光/储容量配比优化方法 [J]. *中国电力*, 2022, 55(1): 46-54. DOI: 10.11930/j.issn.1004-9649.202012091.
- LI P, FANG B M, QI T Y, et al. Capacity proportion optimization of wind, solar power and battery energy storage system for regional power grid based on source-load matching [J]. *Electric power*, 2022, 55(1): 46-54. DOI: 10.11930/j.issn.1004-9649.202012091.

---

 作者简介:


陈竹

陈竹 (第一作者, 通信作者)

1990-, 女, 高级工程师, 美国南加州大学电气工程专业, 主要从事电网规划与新型电力系统研究工作(e-mail)2899@ecepdi.com。

## 谢胤喆

1988-, 男, 高级工程师, 浙江大学电力系统与自动化专业, 主要从事电网规划与新型电力系统研究工作(e-mail)2770@ecepdi.com。

## 李娜

1987-, 女, 高级工程师, 浙江大学电力系统与自动化专业, 主要从事电网规划与新型电力系统研究工作(e-mail)2802@ecepdi.com。

## 杨欣

1985-, 男, 高级工程师, 上海交通大学电气工程与自动化专业, 主要从事电网规划研究与新能源接入管理工作(e-mail)yangxin@163.com。

(编辑 赵琪)