

促进新疆新能源消纳中电化学储能容量需求分析

闫广新, 林雪峰

(中国能源建设集团新疆电力设计院有限公司, 新疆 乌鲁木齐 830001)

摘 要: 近几年, 新能源发电装机比重迅速增大, 承担主要调峰任务的火电机组比重逐年下降, 冬季新能源丰期与供热期叠加, 造成电网调峰异常困难。在分析新疆新能源消纳问题、风电、光电的出力特性以及主要的电化学储能技术特点的基础上, 为尽可能消纳新能源发电量, 测算出“十四五”期间新疆电网的调峰电源容量需求, 提出适用于新疆电网需要的电化学储能技术及储能规模。

关键词: 风功率波动; 电力调峰平衡; 储能系统; 消纳; 弃风; 弃光

中图分类号: TM711 **文献标志码:** B **文章编号:** 1003-6954(2020)01-0040-05

DOI: 10.16527/j.cnki.cn51-1315/tm.2020.01.009

Capacity Demand Analysis of Electrochemical Energy Storage for Accommodating New Energy in Xinjiang Power Grid

Yan Guangxin, Lin Xuefeng

(China Energy Engineering Group Xinjiang Electric Power
Design Institute Co., Ltd., Urumqi 830001, Xinjiang, China)

Abstract: In recent years, the proportion of photovoltaic power in Xinjiang has increased rapidly. The proportion of thermal power plants that undertake major peaking tasks has been declining. The new energy generation has been superimposed on the heating period, and the phenomenon of wind/PV curtailments has become more serious. Based on the analysis of new energy consumption problems in Xinjiang, the output characteristics of wind power and photovoltaics, and the characteristics of the main electrochemical energy storage technologies, the peak power supply capacity demand in the 14th five-year period is calculated in order to absorb the new energy generation as much as possible. The electrochemical energy storage technology and the energy storage scale applicable to Xinjiang power grid are proposed.

Key words: wind power fluctuations; power and peak load balance; energy storage system; accommodation; wind power curtailment; PV curtailment

0 引 言

能源是人类社会发展的物质基础, 能源安全是国家安全的重要组成部分。在人类共同应对全球气候变化大背景下, 世界各国纷纷制定能源转型战略, 提出更高的能效目标, 制定更加积极的低碳政策, 推动新能源发展, 加大温室气体减排力度。由于风能、太阳能等受自然因素影响, 具有不连续、不稳定、不可控的特点, 大规模接入电网会给电网的安全运行带来严重的影响。储能系统可以实现新能源发电与电网负荷之间的“弹性”连接, 是解决电网调峰困

难、新能源出力不稳定问题的有效技术措施, 可以减少新能源大规模接入电网后带来的冲击, 从而提高电网消纳新能源的能力。

新疆风能资源、太阳能资源丰富。近几年, 风电、光伏发电装机比重迅速增大, 承担主要调峰和调频任务的火电机组比重逐年下降; 同时新疆冬季供暖期长达 6 个月, 冬季新能源发电丰期与供热期叠加造成电网调峰、调频异常困难。随着近年来储能技术, 特别是电化学储能技术的日益成熟, 建设大型储能电站并参与调峰、调频运行, 成为解决调峰、调频问题的必然选择。同时, 建设大型储能电站也是降低弃风率、弃光率的有效手段^[1]。

1 新疆新能源发展概况

1.1 新能源装机概况

随着新疆新能源基地的建设,新能源规模逐年增大,装机占比已经超过 30%。2015—2018 年新疆新能源装机容量统计见表 1 所示。

表 1 新疆新能源装机统计

年份	装机容量/(10 ⁴ kW)			新能源装机占比/%
	风电	光伏	合计	
2015	1 690.62	528.6	2 219.22	33.7
2016	1 775.48	892.6	2 668.08	34.7
2017	1 835.00	908.0	2 743.00	33.4
2018	1 920.10	951.6	2 871.70	33.4

1.2 新能源消纳情况

1) 年度新能源消纳情况

近年来,随着大批新能源规模化接入,弃风、弃光现象较为严重。2016 年弃风比最高达到 38.4%,弃光比最高达到 31.8%。随着新能源消纳多措并举综合实施,如自备电厂替代交易、跨省跨区交易、火电灵活性改造、推进清洁供暖等,弃风、弃光现象得到一定程度的缓解,至 2018 年弃风比为 22.9%,弃光比为 15.5%,见图 1 所示。

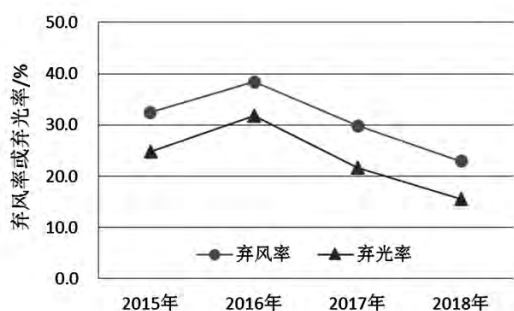


图 1 2015—2018 年新能源年弃电比统计

2) 月度新能源消纳情况

由于新疆电网主要是依靠火电进行调峰,在进入冬季后大量供热机组需承担供热任务,调峰能力大幅下降,使得冬季新能源消纳形势要弱于夏季。2017 年供热期 2 月弃风比最大为 40.7%,弃光比最大为 46.5%,2018 年弃风比最大为 37.9%,弃光比最大 24.2%。2017—2018 年风电及光伏弃电比例详见图 2 和图 3。

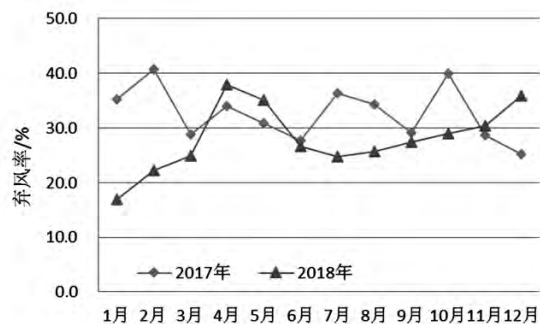


图 2 2017—2018 年风电逐月弃电比统计

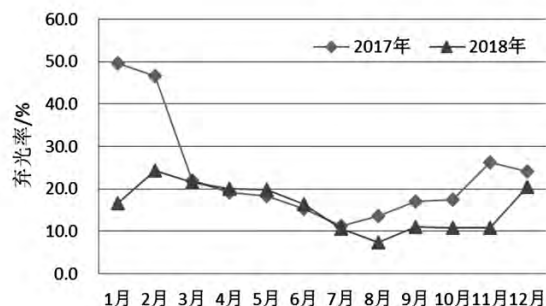


图 3 2017—2018 年光伏逐月弃光比统计

2 新疆新能源出力特性分析

2.1 风电出力特性分析^[3]

1) 年出力特性

根据新疆已投运风电场的样板机出力实测数据,风电发电量呈现一定的季节特性,冬季 12 月、1 月以及春季 3—4 月风电平均出力最大,夏季 7—8 月风电平均出力最小。全年风电可发电量比例见图 4 所示。

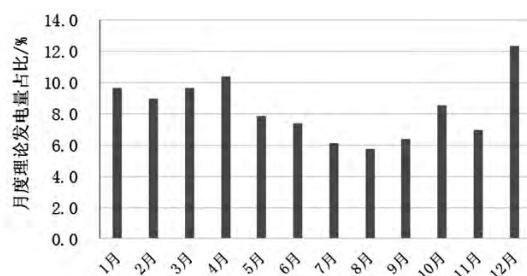


图 4 新疆风电可发电量月度分布

2) 总体出力概率分布

根据样板机 8760 h 数据分析,新疆风电整体出力特性向风电的平均出力区间(35% 左右)集中,极大和极小出力的概率都有所下降。新疆风电超过 72% 出力的概率全年不超过 5%,可认为风电的有效容量系数为 72% 左右。

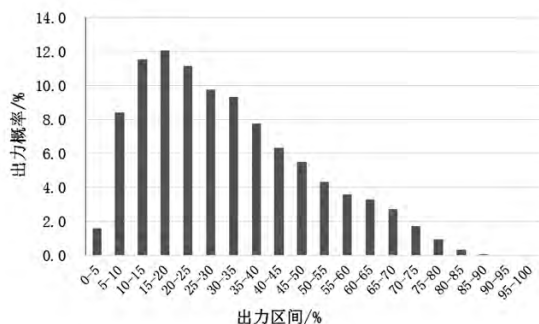


图 5 新疆风电全年出力概率分布

3) 日出力特性

根据日出力概率统计,新疆各时段风电可发出力的分布较为平均。相对而言,每日 1:00—6:00、12:00—15:00 风电发电量较高,7:00—9:00,21:00—23:00 风电发电量较低。

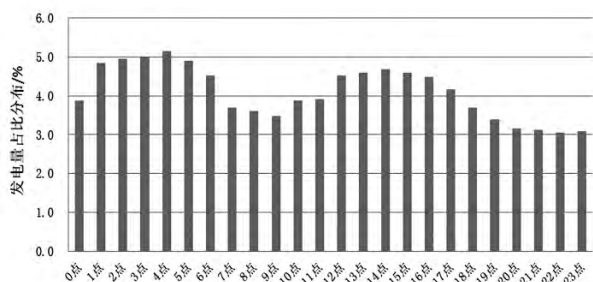


图 6 新疆风电各时段出力概率分布

2.2 光伏出力特性分析

根据新疆已投运光伏电站的样板数据,光伏发电量呈现显著的季节特性,5 月—10 月的太阳能可发电量较大,其中最大月 7 月、8 月份的可发电量是最小月 1 月份的约 2.5 倍左右。

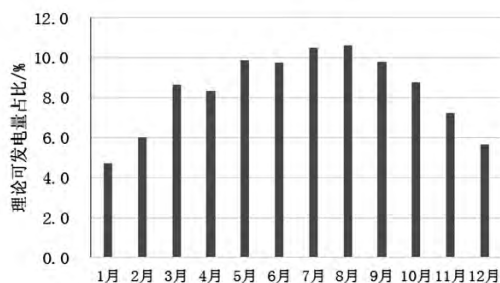


图 7 新疆光伏可发电量月度分布

夏季,光伏发电的有效时间一般为 7:00—21:00,光伏发电的最大出力率能达到 65% 以上;冬季,光伏发电的有效时间一般为 9:00—19:00,光伏的最大出力率一般小于 40%。但在全年各月内,光伏发电的出力受到气象的影响,仍然具有较强的波动性和不确定。

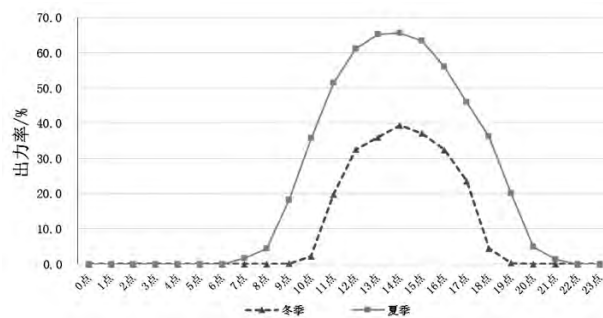


图 8 新疆光伏夏季、冬季典型日出力曲线

3 新疆电化学储能容量需求分析

3.1 主要的电化学储能技术

电化学储能主要包括铅蓄电池、钠硫电池、锂离子电池和液流电池等,具备系统简单、安装便捷、运行方式灵活等优点^[4-5]。

1) 铅蓄(铅酸、铅碳)电池

铅蓄电池包括铅酸电池、铅碳电池。铅酸电池具有技术成熟、性价比高、可靠性高、大电流性能好等优点,能量密度 40 ~ 60 Wh/kg,循环次数 500 ~ 1000 次,充放电效率 85% ~ 90%,已成为交通运输、国防、通信、电力等领域应用最为广泛的电源技术之一。铅酸电池的缺点是能量密度低、循环寿命短。铅碳电池兼具传统铅酸电池的优点,在性能方面进行了提升,改善了铅酸电池的寿命短的劣势(是普通铅酸电池的 4 ~ 5 倍),具有充电速率快、可回收利用、安全性能好、成本较低等优点,而其缺点是能力密度低。

2) 钠硫电池

钠硫电池是以金属钠和液态硫为活性物质,工作在 300 ~ 350 °C 的高温型储能电池,原材料储量丰富,成本较低,储能密度高达 760 Wh/kg、没有自放电现象,充放电效率高达 100%,适用于电力系统调峰、调频。但是钠硫电池最大的缺点是高温运行,高温、腐蚀问题是阻碍其进一步发展的主要障碍之一;另外,钠硫电池放电深度较小,不能在线测量电池的荷电状态(state of charge, SOC),在电网智能化的趋势下,其应用场景受限,研究热度在逐渐下降。

3) 锂电池

锂电池根据材料不同可以分为磷酸铁锂、钛酸锂、三元锂等,其中:三元锂电池能量密度 300 ~ 380 Wh/kg,循环次数 2000 ~ 5000 次,充放电效率

85% ~ 98%。锂电池具有循环寿命长、能量密度高、充放电倍率较高、成本持续下降、能快速充放等优点,特别适用于电动汽车等移动式储能方式。近年来,锂电池储能已被广泛应用于调峰调频领域,并逐步占据主要市场。

4) 液流电池

液流电池是通过可溶性电对在惰性电极上发生电化学反应而完成能量存储与释放的一类电池,目前技术比较成熟的液流电池包括全钒液流电池、锌溴液流电池、铁铬液流电池和多硫化物/溴液流电池。液流电池具有响应速度快、循环寿命长、安全稳定性强等优点,其中:全钒液流电池储能密度 15 ~ 50 Wh/kg,循环次数 5000 ~ 10 000 次,充放电效率 65% ~ 75%,是最成熟的储能技术之一,在国内已经有很多大型示范工程。

3.2 新疆新能源发展规划

1) 风电发展规划

新疆是中国的多风区省份之一,其独特的地理环境,造成风向风速分布的多样性。新疆的九大风区多处于戈壁上,地形平坦,可开发面积大,建场条件优越;年平均风功率密度均在 150 W/m² 以上,有效风速小时数在 5500 h 以上,具备建设大型风电场的条件。根据新疆电力中长期规划,至“十四五”末,新疆风电总装机规模达到 42.33 GW,其中直流外送配套 19.03 GW^[6]。

2) 光伏发展规划

新疆太阳能资源优势明显,特别是东部和南部属于资源丰富区,夏季具有 12 h 可发电时长,具有很大的资源开发潜力。根据新疆电力中长期规划,至“十四五”末,新疆光伏发电总装机规模达到 20.55 GW,其中直流外送配套 5.75 GW。

3.3 新疆调峰容量需求分析

根据新疆电网冬季典型日负荷特性,考虑火电、水电、抽水蓄能等电源的调峰能力,从而最终确定电网需要新增的调峰容量需求。

计算分析采用的边界条件: 1) 选择水平年为 2025 年,冬季枯水期、供热期,即调峰需求最大的季节进行计算分析; 2) 系统旋转备用容量按全社会最大负荷 8% 考虑; 3) 枯水期带库容的水电机组主要参与调峰; 4) 抽水蓄能机组考虑调峰填谷后,调峰能力按装机容量的两倍考虑; 5) 风电反调峰深度根据出力特性分析,最大按 72% 考虑; 6) 根据新疆电网火电机组情况,自备、供热机组占比较大,自备电厂基本不参与调峰,仅通过替代交易消纳新能源部分电量,供热机组仅个别完成了灵活性改造,具备一定的调峰深度,这里火电机组的综合调峰系数按 30% 和 35% 两种情况分别进行考虑^[7-9]。

根据上述边界条件得到的计算结果如表 2 所示,考虑到未来小容量火电机组关停、供热机组灵活性改造等因素,火电机组按 35% 的综合调峰深度计算,新疆电网 2025 年仍需要新增调峰电源容量达到 6.12 GW,调峰压力依然严峻。

表 2 2025 年冬季调峰容量需求

单位: 10⁴ kW

项目	负荷/装机容量	调峰系数/%	调峰容量	调峰系数/%	调峰容量
全社会最大负荷	7850				
最大峰谷差	1178	—	—	—	—
系统旋转备用	628	—	—	—	—
需要调峰容量	1806	—	—	—	—
系统需开机容量	8478	—	—	—	—
系统开机容量		—	—	—	—
火电(供热、常规、自备综合)	6877	30	2063	35	2407
水电	1601	14	224	14	224
内用风电	2330	-72	-1678	-72	-1678
抽水蓄能	120	200	240	200	240
可供调峰容量	—	—	2527	—	2871
调峰容量需求	—	—	-722	—	-1066
考虑风电发调峰后调峰容量需求	—	—	956	—	612

注: 表中短横线“—”表示不需要计算。

3.4 适合于新疆需要的储能技术分析

“十四五”期间,新疆新能源发电装机容量占比较大,造成电网调峰能力严重不足,需要建设一定规模的储能电站,发挥其削峰填谷、负荷跟踪、调频调压、热备用、电能质量提升等功能,提高电网对新能源的消纳能力。但是,抽水蓄能电站对场址自然条件要求较高,一般来说,只能借助合适的地形建设,且建设周期较长。目前新疆规划建设两座抽水蓄能电站,其中,在建的准东抽水蓄能电站计划于 2024 年建成投运,哈密抽水蓄能电站计划于 2025 年以后投运,还远不能解决新疆电网调峰电源容量缺额严重的现状问题。而电化学储能技术具有能量密度高、响应时间快、维护成本低、灵活方便等优点,建设规模可以达到百千瓦至百兆瓦,可建设分散式储能,也适合于构建大规模电化学储能电站,参与电力系统调峰调频,是目前国内外电力系统储能行业发展的焦点,而且随着储能示范项目运行经验的不断积累,技术创新不断提升,将为储能成本下降创造有利条件。电化学储能将在新能源发电、微电网、电力辅助服务、电网侧、用户侧需求响应等领域出现市场机会和商业化模式,显示出重要价值和广阔前景^[10]。

根据“十四五”期间新疆电网调峰容量需求测算结果,2025 年冬季需要新增调峰电源 6.12 GW;考虑到电化学储能的削峰填谷的作用,为尽可能多地接纳新能源发电量,电网需要配置的电化学储能规模为 3.05 GW。

新疆新能源弃风弃光现象严重,“十四五”期间储能技术应用范围主要考虑电源侧储能,即风电场侧配置储能、光伏电站侧配置储能和共享式储能电站,主要作用是提高电网调峰能力,平滑风电、光伏出力特性、提升风电光伏接入能力、减少弃风弃光率。在确保安全的前提下,结合项目具体情况,储能电池选择以锂电池、锂电池+铅酸(炭)电池组合等技术方案。

4 结 语

在分析新疆新能源消纳现状、出力特性的基础

上,对新疆电网“十四五”调峰容量需求进行了计算分析,由于新疆主要由火电承担调峰任务,调峰问题将随着新能源装机容量的增长愈发严峻。除新疆计划投资的抽水蓄能电站之外,经测算,仍需要建设 3.05 GW 的集中式电化学储能,提升新疆电网的调峰能力和电网安全稳定运行水平,为风电、光伏等新能源开发消纳提供坚强支撑,扩大新能源消纳范围,提高新能源利用效率,促进新能源的健康、可持续发展。

参考文献

- [1] 杨军峰,郑晓雨,惠东,等. 储能技术在送端电网中促进新能源消纳的容量需求分析 [J]. 储能科学与技术, 2018,7(4): 698-704.
- [2] 张锋,王衡,樊国伟,等. 新疆电网二〇一九年度运行方式 [R]. 乌鲁木齐: 新疆电力调度控制中心, 2019: 9-11.
- [3] 黄林宏,宋丽莉,周荣卫,等. 大型风电基地风电波动特征分析 [J]. 中国电机工程学报, 2017,37(6): 1599-1609.
- [4] 蒋凯,李浩秒,李威,等. 几类面向电网的储能电池介绍 [J]. 电力系统自动化, 2013,37(1): 47-53.
- [5] 于庆男,张磊,杜毅,等. 全钒液流电池在电力系统中的应用前景分析 [J]. 吉林电力, 2016,5(44): 24-26.
- [6] 苗长越,常喜强,姚秀萍,等. 新疆风电消纳相关问题研究 [J]. 新疆电力技术, 2015(4): 39-43.
- [7] 张顺,葛智平,郭涛,等. 大规模新能源接入后系统调峰能力与常规电源开机方式关系研究 [J]. 电力系统保护与控制, 2016,44(1): 106-110.
- [8] 饶宇飞,王恺文,李晓萌,等. 大规模外网受电及新能源接入下河南电网调峰形势评估 [J]. 电网与清洁能源, 2017,33(4): 105-112.
- [9] 侯婷婷. 含大规模风电的电力系统储能电源优化配置研究 [D]. 武汉: 华中科技大学, 2014: 56-65.
- [10] 苏荻,邹黎,韩冬冬,等. 风光电站储能电池研究综述 [J]. 电测与仪表, 2017,1(54): 83-88.

作者简介:

闫广新(1981), 硕士, 高级工程师, 从事电力系统规划与设计工作。

(收稿日期: 2019-11-12)