

# 印度电池储能市场分析与开拓

钟传平<sup>✉</sup>, 刘伸展, 吴文利, 李七军, 高超楼  
(平高集团有限公司, 河南 平顶山 467000)

**摘要:** [目的] 随着国内电池储能市场的快速发展, 越来越多的厂商加入到电池储能队伍中, 行业竞争日益激烈。中资企业亟需向外开拓新的电池储能市场。[方法] 通过收集、整理和分析印度风电和光伏发电行业数据, 计算其配套电池储能市场容量, 分析了其电池储能市场的发展现状和储能项目招标要求以及中国企业具备的优势。[结果] 测算结果表明印度风电和光伏行业电池储能市场潜力巨大, 中企得益于国内电池储能技术的快速发展, 在印度开展电池储能业务时具有较大优势, 但也面临巨大挑战。[结论] 研究结论可以为中企赴印开展电池储能业务提供参考。

**关键词:** 电池储能; 风电; 光伏; 市场开拓

中图分类号: TK02; F274

文献标志码: A

文章编号: 2095-8676(2022)04-0087-07

开放科学(资源服务)二维码:



## Analysis and Development of Battery Storage Market in India

ZHONG Chuanping<sup>✉</sup>, LIU Shenzhan, WU Wenli, LI Qijun, GAO Chaolou  
(PingGao Group Co., Ltd., Pingdingshan 467000, Henan, China)

**Abstract:** [Introduction] With the rapid development of domestic battery energy storage market, more and more manufacturers have joined in the battery energy storage field, making the industry competition increasingly fierce. Chinese enterprises urgently need to explore a new market overseas. [Method] By collecting, sorting and analyzing the data of India's wind power and photovoltaic power industry, the capacity of its supporting battery energy storage market was calculated, the development status of its battery energy storage market, the bidding requirements of energy storage projects, and the advantages of Chinese enterprises were analyzed. [Result] The results of calculation show that the battery energy storage market in India's wind power and photovoltaic industry has great potential, and Chinese enterprises benefit from the rapid development of domestic battery energy storage technology, and have great advantages in developing battery energy storage business in India, but also face great challenges. [Conclusion] The research results provide a reference for Chinese enterprises to develop battery storage business in India.

**Key words:** battery energy storage; wind power; photovoltaic; market development

2095-8676 © 2022 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

印度是全球第三大电力生产和消费国, 随着工业活动扩大、人口增加及电气化程度的提高, 其电力需求在急剧增长。在第 26 届联合国气候变化大会上, 印度总理莫迪承诺, 印度将在 2070 年实现“零排放”, 从现在到 2030 年, 计划将总共减少  $10^6$  t 碳排放, 把以风力发电和光伏发电为代表的非化石燃料发电

能力提高到 500 GW。

由于电力传输要求发、输、配、用环节同时完成, 而以风力发电(后文简称风电)和光伏发电(后文简称光伏)为主的新能源发电存在随机性、间歇性和波动性等特点。其发电最大出力时间段与用电高峰时段重合度低, 对电网的稳定运行形成较大冲击, 且导致大量的弃风、弃光现象, 降低了风电和光伏的经济性<sup>[1-3]</sup>。想要让整个电力系统安全稳定且经济地运行,

确保电网发电、用电环节平稳过渡,必须以储能技术作为支撑<sup>[4-5]</sup>。

文章通过对比分析,阐述了风电和光伏行业储能技术路线的选择;同时通过对印度风电和光伏行业发展情况进行调研,测算其配套的锂离子电池储能市场容量,分析了印度储能招标资质要求及中国储能企业的优势,给出了中企在印度开展电池储能

业务的建议。

## 1 风电和光伏配套储能技术选择及简介

### 1.1 储能技术路线选择

目前规模化使用的电力储能技术主要包括抽水蓄能、飞轮储能、压缩空气储能、超级电容储能、电化学储能五类,各储能技术特点如表1所示<sup>[2-3,5]</sup>。

表1 主流储能技术特点

Tab. 1 Features of mainstream energy storage technologies

| 技术类型   | 主要特点   |
|--------|--|
| 抽水蓄能   | 寿命为40~60年,效率为65%~85%,响应时间以秒和分计量,放电时间以小时和天计量,体积能量密度为0.5~1.5 Wh·L <sup>-1</sup> ,单站储存能量非常大,投资成本非常高,投资周期长,选址极其依赖地形                      |
| 飞轮储能   | 寿命为20年左右,效率最高可达90%左右,响应时间毫秒级,放电时间以分钟和小时计量,体积能量密度为20~80 Wh·L <sup>-1</sup> ,单站储存能量不大,投资成本较高,选址灵活                                      |
| 压缩空气储能 | 寿命为20~40年,效率为70%~89%,响应时间以分计量,与大规模风场联合设置可提高效率,放电时间以小时和天计量,体积能量密度为3~6 Wh·L <sup>-1</sup> ,单站储存能量大而且大容量电站通常以大型洞穴存储空气,选址与地理条件密切相关,投资成本高 |
| 超级电容储能 | 寿命为20年左右,效率可达77%~83%,响应时间毫秒级,放电时间以秒和分钟计量,体积能量密度为10~30 Wh·L <sup>-1</sup> ,单站储存能量不大,投资成本高,选址灵活  |
| 电化学储能  | 寿命为5~20年,效率为60%~90%,响应时间毫秒级,放电时间以分钟和小时计量,体积能量密度为16~500 Wh·L <sup>-1</sup> ,单站储存能量大,投资成本较高,选址灵活                                       |

风电和光伏发电场的设置受风力和光照资源分布的影响,通常以局部较为集中的发电设备为一个场站,大量场站弥散分布。要求配套建设的储能电站具备选址灵活,储能功率及容量适中,建设投资规模小,建设周期短,储存能量密度高,响应速度快等特点。表1中抽水蓄能和压缩空气储能电站选址依赖地形,飞轮储能和超级电容储能单站容量及能量

密度又较低。电化学储能不受地理环境制约,综合兼顾前述要求,较为适合推广到风电和光伏发电场配套储能系统技术路线的选择中。

### 1.2 电化学储能电池的选择

当前大规模应用的电化学储能电池主要包括铅炭电池、锂电池、钠硫电池、液流电池等四类,其主要技术特点如表2所示<sup>[2-3,5]</sup>。

表2 主流电化学储能电池对比

Tab. 2 Comparison of mainstream electrochemical energy storage batteries

| 性能指标                          | 铅炭电池      | 锂电池       | 钠硫电池      | 液流电池       |
|-------------------------------|-----------|-----------|-----------|------------|
| 循环寿命/次(单体)                    | 2500~4000 | 5000~8000 | 2500~4000 | 8000~15000 |
| 能量密度/[Wh·(kg) <sup>-1</sup> ] | 30~60     | <200      | <240      | <30        |
| 成本/[元·(kWh) <sup>-1</sup> ]   | 350~1500  | 1000~1500 | 2000~3000 | 2000~4000  |
| 安全性                           | 高         | 高         | 较差        | 较高         |

从表2中可以看出,铅炭电池和液流电池的能量密度相对最低,在储存相同能量前提下需占用较大场地。铅炭电池循环寿命较短,液流电池虽在循环寿命占据优势但其建设成本仍然偏高。而钠硫电池则因使用金属钠,且电池运行在高温环境下,容易

引发安全事故。锂离子电池综合兼顾循环寿命、能量密度及经济特性,其因过充导致的火灾风险亦可通过电池管理技术和安全监测及消防系统解决,是最为适合面向规模化分布式风电和光伏发电系统配套储能应用场景的电力储能产品,目前已经在国内

外大量部署和运行。

### 1.3 电化学储能系统结构简介

电化学储能系统主要由电化学电池系统、电池管理系统、功率变换系统和监控系统及其辅助设施组成。电化学电池系统主要由电池簇组成,负责储存和释放电能;电池管理系统主要负责对电池进行充放电管理和寿命监控;功率变换系统主要负责电化学储能系统与电网之间的能量变换;监控系统及其辅助设施则主要负责整个电化学储能系统各项参数及指标的实时监控。各组成部分之间的关系如图1所示。

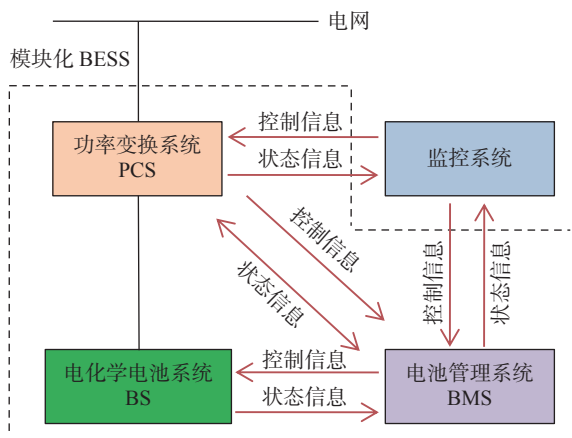


图1 电化学储能系统各组成部分之间的关系

Fig. 1 Relationships between different components of electrochemical energy storage system

## 2 印度风电和光伏装机情况及未来潜力

### 2.1 印度各邦风电和光伏装机概况

根据印度政府规划,到2022年风电累计装机60 GW,光伏累计装机100 GW<sup>[6]</sup>;预计2021—2030年间风电新增装机64 GW,光伏新增装机107 GW。连续三年装机量保持在全国前列的主要邦地区(如图2、图3所示),风电及光伏累计装机功率均不足40 GW,各主要邦风电及光伏累计装机功率与规划装机及资源潜力之间存在巨大差距(如图4、图5所示<sup>[7-9]</sup>)。

### 2.2 相较于中国新增装机量的爆发式增长,印度仍处在初级阶段,未来潜力可期

2018—2020年中国风电<sup>[10-12]</sup>和光伏<sup>[12-14]</sup>新增装机容量如表3所示。2018—2020年印度风电和光伏新增装机容量如表4所示。近年来中国经济高速发

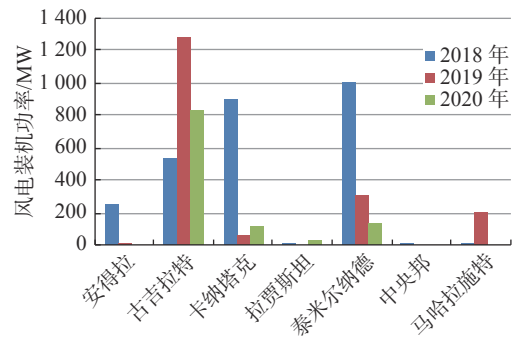


图2 2018—2020年印度各主要邦新增风电装机功率

Fig. 2 New installed wind power in major Indian states from 2018 to 2020

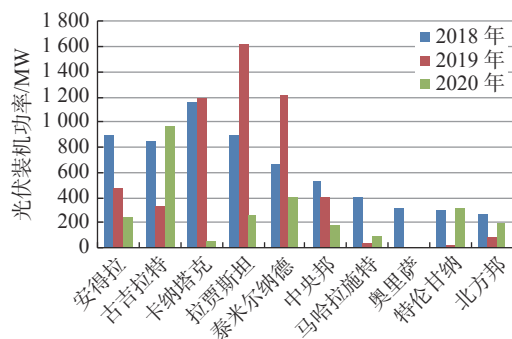


图3 2018—2020年印度各主要邦新增光伏装机功率

Fig. 3 New installed PV power in major Indian states from 2018 to 2020

展,社会用电量需求增高,风电和光伏新增装机容量均处于全球领先水平,而印度近几年经济发展迟缓,加之受新冠疫情影响,风电和光伏新增装机量均保持在较低水平。鉴于中、印均为人口大国及发展中国家,且同为《巴黎协定》缔约方,推测印度未来的电力供应结构必然与中国有诸多相似之处,其风电和光伏行业的发展终将迎来放量增长<sup>[7-9]</sup>。

### 2.3 印度未来10年风电和光伏行业大型锂离子电池储能项目市场容量测算

根据2021—2030年印度风电和光伏市场预估容量,测算得到该行业大型锂离子电池储能电站的市场规模,具体如下:

- (1) 光伏新增容量约107 GW<sup>[15]</sup>;
- (2) 风电新增容量约64 GW<sup>[15]</sup>;
- (3) 地面光伏电站占比:60%;
- (4) 电化学储能系统容量占比:5%~10%;
- (5) 储能电池平均连续放电时间:2 h;
- (6) 锂离子储能电站平均单价:1.5~2.0元/Wh;

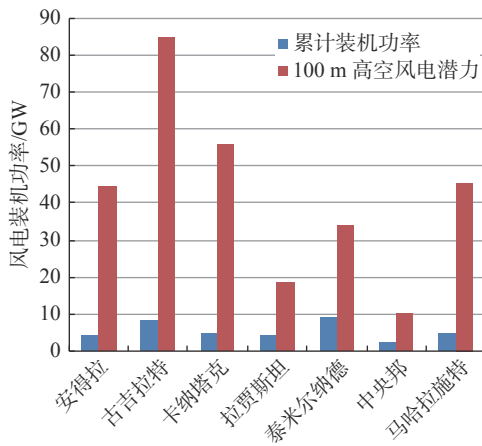


图4 各主要邦风电累计装机容量及100 m高空风电潜力

Fig. 4 Cumulative installed wind power and 100 m high altitude wind power potential of major Indian states

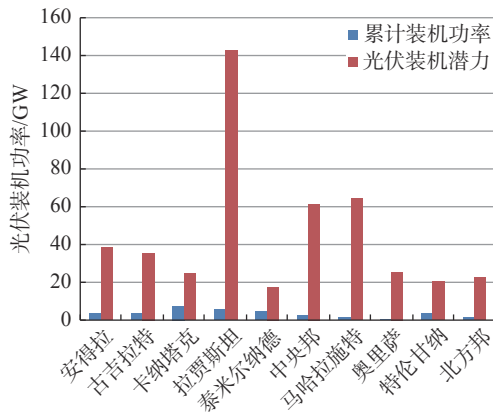


图5 各主要邦光伏累计装机容量及装机潜力

Fig. 5 Cumulative installed PV power and potential of major Indian states

表3 2018—2020年中国风电和光伏装机容量

Tab. 3 Installed wind power and PV capacity in China from 2018 to 2020

| 年份 (Year) | 风电/GW (Wind/GW) | 光伏/GW (PV/GW) |
|-----------|-----------------|---------------|
| 2018      | 20.59           | 44.26         |
| 2019      | 25.74           | 30.11         |
| 2020      | 71.67           | 48.2          |

表4 2018—2020年印度风电和光伏装机容量

Tab. 4 Installed wind power and PV capacity in India from 2018 to 2020

| 年份 (Year) | 风电/GW (Wind/GW) | 光伏/GW (PV/GW) |
|-----------|-----------------|---------------|
| 2018      | 2.78            | 11.11         |
| 2019      | 1.88            | 5.54          |
| 2020      | 1.12            | 2.84          |

(7)计算公式:  $[(1) \times (3) + (2)] \times (4) \times (5) \times (6) \div 10$ ;

由上可得2021—2030年间印度风电和光伏发电行业电池储能市场规模折合人民币约19.2亿~51.3亿元/年,市场规模非常可观。

本节测算中,地面光伏电站占比、电化学储能系统容量占比及储能电池平均连续放电时间数据主要由印度及其他国内外公开文献、报告、参与的招投标项目所得的数据综合统计测算而来。

### 3 印度电池储能行业机遇与挑战并存

#### 3.1 中国电池储能企业赴印投资,莫迪新政助推行业发展

公开资料显示,比亚迪在印度设有电池组装工厂;宁德时代已完成办公楼建设,电池生产线建设因疫情暂停;欣旺达在新德里建设的电池生产工业园已投运并持续扩产中;拓邦股份正在马哈拉施特邦建设运营中心(不生产电池);星恒电源锂电池合资工厂于2020年1月16日全面投入使用。同时,2021年5月,印度联合内阁批准了扩大国家生产挂钩激励(PLI)计划,将储能电池包括在内。中资企业的加入以及新政的实施将加快印度储能电池的本地化制造,进一步降低储能电池价格,对印度电池储能行业的发展起到了积极推动作用。

#### 3.2 疫情和政策导致印度风电和光伏发电项目短期建设不及预期

受新冠疫情影响,印度遭遇了有史以来最大规模的经济萎缩,电力需求增长不及预期。印度国营太阳能公司撤回多个光伏项目的电力保障收购条款,加之印度政府自2020年8月起提高了光伏组件进口关税(约80%的光伏组件产自中国),增加了光伏项目建设成本,影响已中标项目执行及新项目投标热情。此外,根据表4中所列举的印度风电和光伏装机数据以及权威机构的判断,印度当前的风电和光伏发电项目建设进度严重滞后,预计很难在2022年3月实现风电装机60GW,光伏装机100GW的目标。

#### 3.3 印度电池储能市场强企争艳

在印度电池储能领域,既有如德国西门子、博世,瑞士ABB,美国伊顿电气,日本NEC,法国施耐德等PCS变流器老牌企业,也有日本东芝、松下,美国特斯拉,韩国三星、LG、SK等主流锂电池供应商,更有如美国AES,英国RES,印度L&T、Greenko、Bhel、

Adani 等极具综合实力的能源企业和项目总包方。作为中资企业,想要在印度电池储能行业生存,将要面临来自国外企业巨大的竞争压力。

#### 4 印度大型电池储能项目参投资质要求及特殊事项

根据目前掌握的大量电池储能项目招标信息来看,印度的大型电池储能项目均由政府出资建设,其资金来源为印度政府自筹或第三方银行贷款(亚行或世行),招标方分为中央政府和地方邦政府两类。储能项目的招标形式分为光(或风)、储捆绑招标和储能项目单独招标两类,后文详细介绍以印度国营太阳能公司 20 MW/50 MWh 光、储捆绑项目(含 10 年运维服务)为例的中央政府招标和以安德拉邦电业局 400 MW/1200 MWh 单独储能项目(含 10 年运维服务)为例的地方政府招标。需要注意的是,不同规模的储能电站对投标人的运行业绩、公司资金规模要求是有差异的。

##### 4.1 光、储捆绑项目投标资质要求

一般资质要求:投标人应是根据《2013 年公司法》成立的实体;外国公司可以以个体或联合体的形式参投;若外国公司以个体参投并中标,须在自下达中标通知 30 日内成立一家持股比例不低于 76% 的印度子公司。

技术资质要求:投标截止日前 7 个财年内,拥有 2 个容量不低于 2 MW 且累计 10 MW 以上地面光伏电站的 EPC 执行业绩(设计、供货、安装、运行),挂网运行均不低于 6 个月。或者投标截止日前 7 个财年内,作为项目开发方拥有 2 个容量不低于 2 MW 且累计 10 MW 以上地面光伏电站运行业绩,挂网运行均不低于 6 个月。

财务资质要求:近 3 年平均年营业额不少于 13.08 亿卢比;上一财年净值为正;根据最近审计的财务报表,最低运营资金不少于 5.45 亿卢比。如投标人运营资金不足,可开具银行保函(银行净值不少于 50 亿卢比),确认可获得不少于最低运营资金要求的信贷额度,以满足项目运营需求。

对投标联合体(或合资公司)的要求:联合体(或合资公司)的第一成员或其他成员必须全部满足技术资质要求;联合体(或合资公司)不超过 3 个成员;联合体(或合资公司)的第一成员满足平均年营业额

50% 的要求,其他成员满足平均年营业额 25% 的要求,所有成员的营业额总和必须满足平均年营业额 100% 要求;联合体(或合资公司)成员对合同的执行负连带责任;作为投标人(或团体)不得同时参加 1 次以上的投标。

##### 4.2 单独储能项目对投标体的资质要求

一般资质要求:投标人应是根据《2013 年公司法》成立的实体;不超过 3 家公司组成的以其中一家为首的联合投标体也可参与投标;联合体中标后需在签订协议前成立一家项目公司,股权结构与投标协议中声明的比例一致;在资格预审阶段,外国公司可以独立参与,也可以作为联合体成员参与;如外国公司独立参与并被选为中标人,签订协议之前,须成立一家印度全资子公司,且必须遵守外国直接投资法律 and 规定;如果联合体中标,且其成员有外国公司,在签订协议前,应成立一家项目公司,股权结构与投标意向书中的比例一致,股权结构自投标截止日到项目商业运行后一年内不得变动,项目商业运行以后,在征得 Aptransco 同意的前提下,可以在联合体内部成员之间转让股权,以确保管理层仍在联合体成员内。

技术资质要求:使用被成功证实的储能技术(可以不局限于电池储能);拥有一个正在运行或建设的储能电站以确保其在投标阶段能提供储能技术服务;如果是正在建设的电站,应是在投标时已处于建设末期的阶段,并且能在 2021—2022 年财年第 3 季度开始运营。

财务资质要求:近 3 个财年,资产净值不低于投标项目容量 $\times 10$  卢比/Wh。

##### 4.3 与国内储能项目招标的区别之处

根据现有资料,印度政府招标储能项目均要求中标人提供 10 年的储能电站运维服务,部分邦甚至要求中标人成立专门的管理公司进行项目投运后的日常运维管理,与国内储能项目招标要求不同,应标人需特别留意。

#### 5 中企在锂电池领域的优势及在印市场开拓策略

##### 5.1 中企在储能领域优势突出

中国在电池储能产业链上拥有许多技术实力雄厚、装备能力强的技术型企业,具备领先的技术优势

和强大的配套能力。

在锂电池领域,宁德时代、比亚迪、欣旺达、亿纬锂能等是行业领军的企业,具有雄厚的锂电研发技术基础和强大的生产制造能力。根据资料显示,2020年全球锂电池出货量达到294.5 GWh,其中中国区贡献约148 GWh<sup>[16]</sup>。

在PCS储能变流器领域则有阳光电源、中天科技、索英电气、固德威、古瑞瓦特、中国长城、科士达、科华恒盛、三晶电气、正泰电源、上海仪电等国内国际知名的电源设备研发制造企业。

## 5.2 在印市场开拓策略

### 5.2.1 招标要求应对措施

目前印度国有电池储能招标项目均要求10年的电站运维管理,有的甚至要求成立专业的电站运维公司,与国内储能项目招标模式不同。建议刚进入印度市场的中资企业先配合其他大型能源或总包企业开展联合投标。这样既可避免与大型能源或总包企业的正面竞争,也可减轻公司资产负担,中标后仅负责设备供货及售后服务。

### 5.2.2 市场切入点

对刚进入印度市场的中资企业而言,这是一个全新的市场,不能照搬国内模式。对央企赴印开展电池储能业务给出以下建议:首先,印度风电和光伏发电市场潜力大,配套的电池储能建设也在提速,可作为重点开拓方向;其次,移动电源车主要应用在应急保电、工程抢险、应急救援等方面,可作为辅助产品以售卖或租赁的方式推广到当地电业局、应急管理部门、医院等;再者,印度大区域电网容量和系统的稳定性均无法满足当前印度社会对电力的要求,停电事故高发,系统容量及稳定性亟待提高,储能电站作为电网侧的典型应用具有广阔的推广空间,且印度政府自2021年开始计划为4个区域负荷调度中心的电网侧分别部署1 GWh规模的储能电站,未来电网侧储能应用场景也将越来越多。

## 6 结论

从印度风电和光伏行业发展前景来看,其配套的电池储能市场发展空间巨大。莫迪在联合国气候变化大会上的承诺及2021年关于推动印度储能电池本土化制造的政策,将大力促进电池储能行业的发展。借助国内完善的锂电池产业链基础和强大的

设备成套能力以及丰富的电池储能建设经验,将有助于中资企业在印度开展电池储能电站建设。

然而,由于近几年印度经济增速放缓,且深受新冠疫情影响,电力需求不及预期,风电和光伏装机在短期内出现大幅下滑,对配套电池储能市场的快速发展带来不利影响。但发展放缓也为中企进入印度电池储能行业提供了极佳的缓冲期,相信经过数年的市场培育,稳扎印度电池储能市场,将有机会搭上其电池储能业务的快车。

另外,自2020年中印边境冲突以来,两国关系遇冷,印度政府要求来自与其接壤的国家的投标者,需在政府相关部门注册认证后,才可参与投标,中企在印投标活动受到极大限制,市场开发存在不确定性。

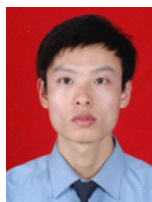
### 参考文献:

- [1] 才秀敏. 储能将成为新型电力系统中的要素 [J]. *电器工业*, 2021(6): 58-59. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5578.2021.06.012.  
CAI X M. Energy storage will become an essential element in the new power system [J]. *China Electrical Equipment Industry*, 2021(6): 58-59. DOI: 10.3969/j.issn.1009-5578.2021.06.012.
- [2] 孟祥飞, 庞秀岚, 崇锋, 等. 电化学储能在电网中的应用分析及展望 [J]. *储能科学与技术*, 2019, 8(增刊1): 38-42. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2019.0196.  
MENG X F, PANG X L, CHONG F, et al. Application analysis and prospect of electrochemical energy storage in power grid [J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2019, 8(Supp. 1): 38-42. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2019.0196.
- [3] 陈海生, 刘畅, 徐玉杰, 等. 储能在碳达峰碳中和目标下的战略地位和作用 [J]. *储能科学与技术*, 2021, 10(5): 1477-1485. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2021.0389.  
CHEN H S, LIU C, XU Y J, et al. The strategic position and role of energy storage under the goal of carbon peak and carbon neutrality [J]. *Energy Storage Science and Technology*, 2021, 10(5): 1477-1485. DOI: 10.19799/j.cnki.2095-4239.2021.0389.
- [4] 张东辉, 徐文辉, 门锟, 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.
- [5] 吴皓文, 王军, 龚迎莉, 等. 储能技术发展现状及应用前景分析 [J]. *电力学报*, 2021, 36(5): 434-443. DOI: 10.13357/j.dlxb.2021.052.  
WU H W, WANG J, GONG Y L, et al. Development status and application prospect analysis of energy storage technology [J]. *Journal of Electric Power*, 2021, 36(5): 434-443. DOI: 10.13357/

- j.dlxb.2021.052.
- [6] Ministry of New and Renewable Energy. Annual report 2017-18 [EB/OL]. [2021-12-23]. <https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/d6982ee8cce147288e7bf9434eebfff5.pdf>.
- [7] Ministry of New and Renewable Energy. Annual report 2018-19 [EB/OL]. [2021-12-23]. [https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file\\_f-1608040317211.pdf](https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_f-1608040317211.pdf).
- [8] Ministry of New and Renewable Energy. Annual report 2019-20 [EB/OL]. [2021-12-23]. [https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file\\_f-1597797108502.pdf](https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_f-1597797108502.pdf).
- [9] Ministry of New and Renewable Energy. Annual report 2020-21 [EB/OL]. [2021-12-23]. [https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file\\_f-1618564141288.pdf](https://mnre.gov.in/img/documents/uploads/file_f-1618564141288.pdf).
- [10] 国家能源局. 2018年风电并网运行情况 [EB/OL]. (2019-01-28) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2019-01/28/c\\_137780779.htm](http://www.nea.gov.cn/2019-01/28/c_137780779.htm).  
National Energy Administration. The grid-connected operation of wind power in 2018 [EB/OL]. (2019-01-28) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2019-01/28/c\\_137780779.htm](http://www.nea.gov.cn/2019-01/28/c_137780779.htm).
- [11] 国家能源局. 2019年风电并网运行情况 [EB/OL]. (2020-02-28) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c\\_138827910.htm](http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c_138827910.htm).  
National Energy Administration. The grid-connected operation of wind power in 2019 [EB/OL]. (2020-02-28) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c\\_138827910.htm](http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c_138827910.htm).
- [12] 国家能源局. 国家能源局发布2020年全国电力工业统计数据 [EB/OL]. (2021-01-20) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2021-01/20/c\\_139683739.htm](http://www.nea.gov.cn/2021-01/20/c_139683739.htm).  
National Energy Administration. The national energy administration released the statistical data of the national power industry in 2020 [EB/OL]. (2021-01-20) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2021-01/20/c\\_139683739.htm](http://www.nea.gov.cn/2021-01/20/c_139683739.htm).
- [13] 国家能源局. 2018年光伏发电并网运行情况 [EB/OL]. (2019-03-19) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2019-03/19/c\\_137907428.htm](http://www.nea.gov.cn/2019-03/19/c_137907428.htm).  
National Energy Administration. The grid-connected operation of photovoltaic power generation in 2018 [EB/OL]. (2019-03-19) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2019-03/19/c\\_137907428.htm](http://www.nea.gov.cn/2019-03/19/c_137907428.htm).
- [14] 国家能源局. 2019年光伏发电并网运行情况 [EB/OL]. (2020-02-28) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c\\_138827923.htm](http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c_138827923.htm).  
National Energy Administration. The grid-connected operation of photovoltaic power generation in 2019 [EB/OL]. (2020-02-28) [2021-12-23]. [http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c\\_138827923.htm](http://www.nea.gov.cn/2020-02/28/c_138827923.htm).
- [15] PV Magazine. Solar surpasses wind in India [EB/OL]. (2021-03-05) [2021-12-23]. <https://www.pv-magazine-india.com/2021/03/05/indias-installed-solar-capacity-surpasses-wind/>.
- [16] 中国电子信息产业发展研究院. 锂离子电池产业发展白皮书(2021版) [EB/OL]. (2021-11-03) [2021-12-23]. [https://www.sohu.com/a/498866312\\_121015326](https://www.sohu.com/a/498866312_121015326).  
China Electronic Information Industry Development Research Institute. Lithium ion battery white paper on industrial development (2021 edition) [EB/OL]. (2021-11-03) [2021-12-23]. [https://www.sohu.com/a/498866312\\_121015326](https://www.sohu.com/a/498866312_121015326).

---

作者简介:



钟传平

钟传平(第一作者, 通信作者)

1988-, 男, 四川泸州人, 工程师, 学士, 主要从事高压开关和大型输变电工程的设计、仿真、工程应用及电力储能技术和设备的研究、推广应用工作(e-mail)sczhongchp@126.com。

(编辑 叶筠英)