

关于 DNV

我们是独立的风险管理和质量保障专家。我们凭籍捍卫生命和财产、保护环境的企业宗旨,用事实和可靠的见解,让客户及其利益相关方在做出关键决策时充满信心。作为为许多世界上最成功、最具前瞻思维的公司提供可靠意见的合作伙伴,我们利用自身的知识来推动安全和发展、制订行业基准、启迪并发明解决方案来应对全球转型。

我们通过咨询、监测、验证和认证服务为整个能源价值链提供保障。作为世界领先的独立能源专家和技术顾问,我们帮助行业和政府应对在全球和地区的能源行业中发生的许多复杂、相互关联的转型。我们致力于实现《巴黎协定》的目标,并支持我们的客户更快地过渡到深度低碳化的能源系统。

区域能源系统办事处

东南亚
16 Science Park Drive
Singapore 118227
电话: +65 6508 3750
contact.energysystems@dnv.com

大中华区
1591 Hong Qiao Road
House no.9
Shanghai 200336
电话: +86 21 3279 9000

韩国
Jong-ro 1, Jongno-gu 18F
Kyobo Bldg.
03154 Seoul
电话: +82 2734 7326

免责声明

就我们所知,所有信息都是正确的。外部作者的投稿不一定反映编辑和 DNV 的观点。

本白皮书包含的信息仅供参考,依据我们与客户的互动和公共领域的可用信息起草。DNV 不会对收到本白皮书副本的任何人承担任何责任,任何人都无权以任何方式依赖本白皮书。这些信息不是也不构成 DNV 提供或认可的财务建议、投资建议、交易建议或任何其他建议或推荐。本白皮书的内容只是一种意见表达,不保证是最新信息或适用于任何特定案例的情况。

未经 DNV 事先书面同意,任何人不得使用、分发、引用或参考本白皮书。本白皮书提及的任何地点、区域、国家和地区均应仅视为市场区域,并不特指联合国成员国。DNV 明确声明不对任何人承担与本白皮书及其内容相关的任何性质的所有责任,无论本白皮书是否向此人提供 DNV 的内容。

DNV 和 Horizon Graphic 商标是 DNV AS 的财产。
版权所有。DNV 2021

高效 亚太地区的 储能系统

机遇、挑战和商业案例

目录

前言	05
1 简介:为什么使用 ESS?	06
电力系统的储能系统服务	08
2 储能技术和系统	09
电池储能	11
抽水储能	12
储能系统	12
3 储能:商业案例	13
提高融资可行性	15
4 克服技术和监管挑战	16
管理电池性能衰减	17
质保条款	18
监管风险	18
5 亚太地区的 ESS 政策和监管概述	19
澳大利亚	20
中国	21
日本	22
马来西亚	23
新加坡	24
韩国	25
中国台湾	26
泰国	26
越南	27
6 优化储能项目	28
与供需平衡相关的辅助服务	29
系统惯性和快速频率响应	29
通过能源时移实现拥塞管理和电网升级抵消	29
7 亚太地区的 DNV 和储能系统项目总结	30
	31

前言

亚太地区正处于革命性能源转型的早期阶段,需要逐步、广泛地从化石燃料转向波动性可再生能源 (VRES), 比如风能和太阳能。

装机容量和预计 VRES 发电量的增长为投资者提供了越来越有吸引力的机会和项目。但依然有一些令投资者担忧的风险, 比如电网连接以及因项目缩减造成的低效资产或搁浅资产。由于 VRES 发电具有波动性, 可通过储能系统 (ESS) 将风电场和太阳能电站连接至电网, 在不需要供电或供电不划算时储存过剩电力, 从而提高电站的财务收益。此外, 公用事业规模的 ESS 可供输电网的运营商用于管理负荷需求, 避免需要通过拥塞线路输电。

本白皮书分析了亚太地区的 ESS 风险和机遇, 概述了 DNV 为投资者和开发商管理风险所开发的的工具和模型。它旨在展示不同国家/地区的新政策和法规如何支持或阻碍公用事业规模、电网连接 ESS 的出现(在未来五年内)。例如, 澳大利亚通过全世界最大的电池储能系统 (BESS)——Hornsedale Power Reserve 项目为 ESS 提供了有力的政府支持。这与马来西亚形成了鲜明对比, 后者的储能政策和法规充满了不确定性, 是影响未来 BESS 的因素之一。

我们将通过亚太市场的例子调查 ESS 的商业模式。这些模式表明, ESS 越来越具有商业可行性, 此类储能可通过启用快速启动能力和调峰功能为 VRES 提供价值。ESS 与可再生能源共置还意味着, 投资者和开发商可部署 ESS, 以抵消间歇发电引起的任何潜在均衡成本。此外, 我们还描述了提供频率控制储备等辅助服务所带来的潜在收入。

我们利用通过 DNV 全球专家网络在世界各地的项目经验, 解释了如何确定可再生能源项目是否应该考虑部署 ESS。我们讨论了市场上的建模调度和批发价格如何帮助客户了解 ESS 的潜在收入。我们建议采用相关策略, 通过降低成本以及确定和改进收入提高此类系统的融资可行性。

欢迎大家对本白皮书发表评论, 以促进我们未来有关电力及公用事业技术的建模、分析和发文, 并推动塑造和加速能源转型以减缓全球变暖的政策。



Brice Le Gallo

亚太地区总监

DNV 能源系统部

01

简介:为什么使用 ESS?

未来的能源系统(图 1)由 VRES + ESS 和其他负荷管理工具组成。ESS 有助于在以下方面提高灵活性,从而创建稳健、可靠、高效的电力系统:

- 应对供需波动
- 确保安全供电,
- 助力利益相关方优化资产利用。

简介:为什么使用 ESS?

如今的公用事业规模 ESS(本白皮书的重点论述对象)一般涉及从几兆瓦时到几百兆瓦时 (MWh) 的储能容量。

由于各种技术的成本竞争力,以及多个国家/地区清理混合发电的政府行动,亚太地区的可再生能源项目开发大幅增加。2021 年到 2030 年,亚太地区的可再生能源发电量预计将增加 47%¹。这引起了监管机构和公用事业部门对间歇发电对于电网运行稳定性的影响的担忧,ESS 部署被评估为潜在的解决方案。亚太地区已经是全球电池供应链中的重要参与者。澳大利亚、中国、日本和韩国等国家/地区的装机容量几乎是全球储能容量的一半。在澳大利亚,

可再生能源配储能项目目前已经可取代燃气调峰电厂;同时,中国的国家能源局最近对可再生能源项目出台了储能要求。但依然要克服许多监管、技术和市场设计障碍才能进一步扩大部署。

从更细致的角度看,公用事业规模的 ESS 可为发电厂、输配电系统运营商(TSO 和 DSO)和其他利益相关方提供多种服务,以开发更清洁、更智能的未来能源系统。本白皮书多次提到了这些服务(见表 1)。第 2 章简要总结了储能技术。

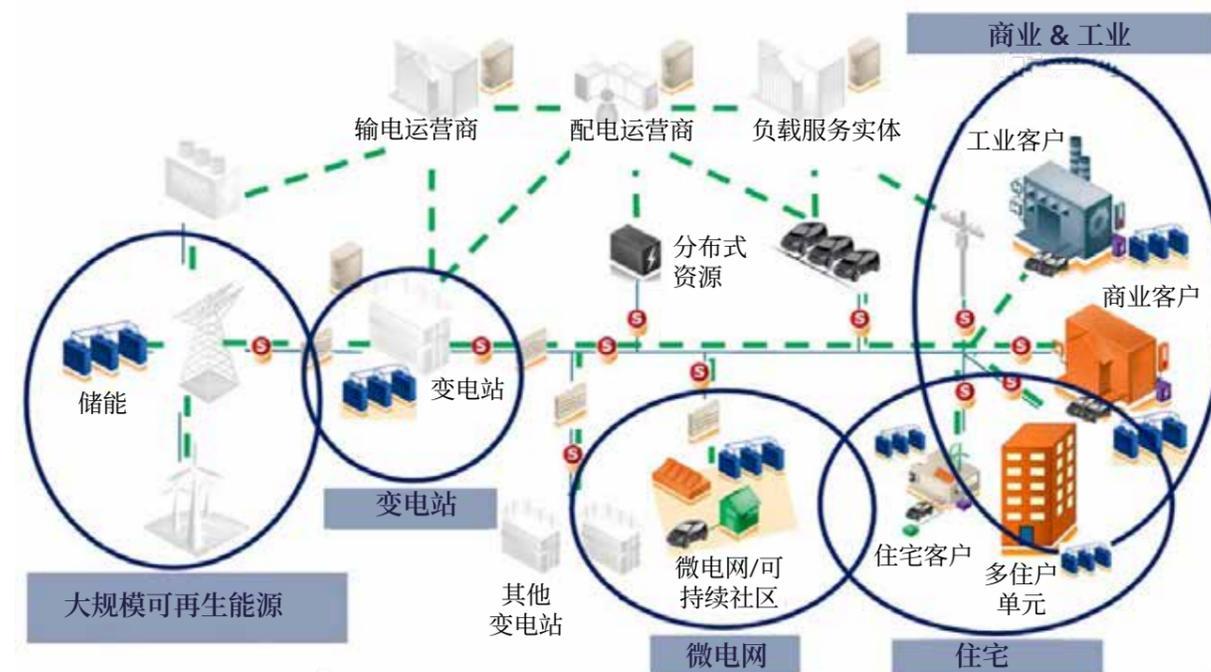


图 1:电力行业价值链中的储能系统

¹ DNV (2020). Energy Transition Outlook. 下载地址:<https://eto.dnv.com/2020>

电力系统 ESS 服务

ESS 服务	益处
备用电源	ESS 有助于确保不间断的供电,这对一些需求侧的电力用户来说是一个关键目标。
“黑启动”服务	电网发生故障时重新开始发电需要电力来进行“黑启动”,此电力通常来自共置柴油发电机。BESS 可取代这种化石燃料。
容量维稳	电池储能有助于可再生能源发电厂平滑输送电力进入电网,在发电量增加时避免电压激增和电力波动。这有助于发电厂履行其输电义务,从而免除罚金,在竞标中提供更稳定的电力和容量。
应急储备	又称为替代储备,这种储备电力一般来自启动时间较长的发电厂(例如,30 至 60 分钟)。
微电网脱碳	ESS 可减少偏远地区微电网中常见的柴油发电机的依赖,因为供应燃料的物流成本很高。
需求侧管理 (DSM)	改变消费需求,以优化能源利用——一般通过错峰用电或需求最高时减少能耗等激励措施。
能源套利	在电价低时储存电能,在市场价格较高时释放电能,以便 BESS 投资者利用电力市场的差价,提高经济回报。
灵活增减	能源来源(太阳能和风能)的自然波动导致可再生能源的电力输出存在波动,因此会使发电与用电需求不匹配。公用事业规模的电池平滑电力输出。
频率调整	公用事业规模的电池储能比热电厂更廉价、更快捷,可平衡供需,使电网频率保持在规定的限制范围内。
投资延迟	如果允许 TSO 和 DSO 拥有储能设备,则电池储能系统可缓解电网拥塞,延迟对新电力线路的需求(更多信息请参见 5.3)。
运行储备	电力系统储备容量可用于调节频率干扰(如发电厂跳闸或输电中断)。运行储备包括旋转储备和非旋转储备(又称为补充储备)。
调峰	利用储存电能有助于工商业消费者调平用电高峰。这样可减少他们对电网的需求,还有助于避免在较高的高峰电价下用电,进而减少电费。
缓解可再生能源弃电	电力需求过低或电网传输容量不够时,储存电能可减少弃电,储能让原本要舍弃的可再生能源得以利用。
调整储备	储备发电容量,以便立即增加或减少电网供电,平衡发电量和需求。

表 1:电力系统 ESS 服务

02

储能技术和系统

储能技术可分为电化学(电池)、机械(抽水、压缩空气、液态空气与飞轮)和电磁(超级电容、超导磁)三类。根据 DNV 的《能源转型前景展望》(ETO),从现在到 2050 年,电池储能和抽水储能将继续在公用事业规模领域占据主导。

储能技术和系统

储能技术可分为电化学(电池)、机械(抽水、压缩空气²、液态空气³与飞轮)和电磁(超级电容、超导磁)三类。根据 DNV 的《能源转型前景展望⁴》(ETO), 从现在到 2050 年, 电池储能和抽水储能将继续在公用事业规模领域占据主导。ETO 预测, 电池储能容量将快速增加, 并在 2030 年代中期超越抽水储能容量(图 2)。模型显示, 随着技术进步以及电池产量增加造成平准化储能成本(LCOS)降低, 从 2030 年到 2050 年, 电池储能将增长近十二倍。我们预计, 到 2030 年, VRES 将在全球许多地区(包括亚太)达到足够高的普及率, 使电价波动超过现在。到那时, 这些市场将出现足够低的电池储能 LCOS, 成为利用电池储能实现电网灵活性的有力例证。

电网可用的蓄能容量

单位: TWh

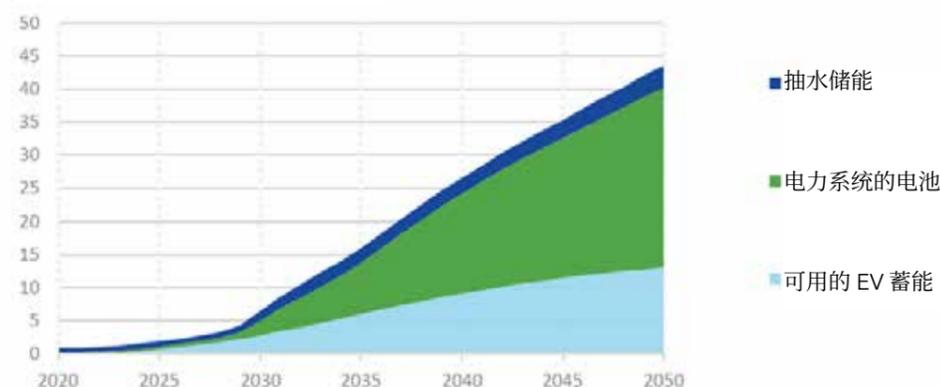


图 2: 全球并网储能容量预测, 包括地面电站电池储能、抽水储能和电动汽车 (EV) 电池(来源: DNV 2020 年《能源转型前景展望》)

2 'Hydrostor advancing long duration energy storage in California', Hydrostor news release, 29 April 2021. 网址: www.hydrostor.ca

3 'MAN Energy Solutions to partner on world's largest liquid-air energy-storage project', Highview Power news release, 20 April 2021. 网址: www.highviewpower.com

4 DNV (2020). Energy Transition Outlook. 下载地址: https://eto.dnv.com/2020

电池储能

电化学电池包括锂离子、镍镉、镍氢、铜锌和铅酸等常温电池。高温电池的化学成分包括氯化镍和钠硫。氧化还原液流电池的化学成分包括钒、多硫化钠-溴和锌溴。

锂离子

每种电池的化学成分都各有优缺点, 适于特定应用场景和储能周期。本白皮书的主要议题——锂离子目前是公用事业规模储能领域的主导电池化学成分, 并将继续发展。在 DNV 目前参与过可行性评估、开发和建设的储能项目中, 大约有 95% 使用了锂离子。容量每翻一番, 成本将降低 19%, 因此电池成本将继续下降。BloombergNEF⁵的数据显示, 从 2020 年到 2050 年, 四小时储能时长锂离子电池系统的成本预计将下降超过三分之二 (68%), 到 2027 年, 全球市场规模预计将增长到 1,290 亿美元。

美国国家可再生能源实验室的研究人员研究 19 份关于公用事业规模储能电池的刊物的文章后发现, 用于大幅降低锂离子 ESS 成本的大多数项目将在近期完成, 即 2030

年⁶。进一步改进锂离子电池的能量密度、重量和体积还能拓宽 BESS 的使用范围。

其他电池技术

我们已经发现, 公用事业规模 BESS 大型市场的储能持续时间正在变长, 例如澳大利亚、中国、日本和韩国。该趋势将在未来数十年一直持续下去, 并由此提高替代化学成分的价值, 如钒氧化还原液流电池⁷和锌基化学成分电池(以及压缩空气等机械技术)。新电池化学成分仍需与锂离子电池的能量密度、生产基础设施和成本竞争。但是, 如果替代电池采用的材料在世界各地都很丰富, 而且研发成果导致该电池的成本大幅下降, 它们将更广泛地用于发电储能。例如, 商业用途有限的钠硫电池。除电池之外, 利用可再生电力作为能源储备, 为电解制氢供电也是广泛研究、开发和试点项目的主题。

5 'Energy Storage to Steal \$277B From Power Grids by 2050', BloombergNEF, 31 March 2012.

网址: https://about.bnef.com/blog/energy-storage-to-steal-277b-from-power-grids-by-2050

6 Cole, W., and Frazier, A., (2020). Cost projections for utility-scale battery storage: 2020 Update. United States: N. p., 2020. 网址: doi:10.2172/1665769

7 'Australia's first grid scale flow battery to be built in SA', Yadlamalka Energy new release, 11 December 2020. 网址: https://yadlamalkaenergy.com/australias-first-grid-scale-battery



抽水储能

抽水储能是一种成熟的技术。我们的 ETO 预测, 该解决方案将在未来三十年增长 40%。使用灵活的水力发电和抽水储能已列入大规模储能的议程, 但其商业可行性对国家/地区的依赖性很强。

储能系统

BESS 由电池、电池管理系统、电源调节系统和能源管理系统组成。

案例文件: 全球矿业公司将储能视为运营脱碳的潜在方式。电力和公用事业公司以外的投资者也在探索 ESS 在实现运营净零碳排放方面的潜力。例如, 2020 年至 2021 年,

亚太地区、荷兰和英国的 DNV 专家将其全球专业知识与观点相结合, 基于储能技术提供市场和技术扫描, 以支持全球矿业公司实现短期和长期脱碳目标。客户也在评估 ESS 是否可为公司赚取收入, 并希望了解投资各种储能技术的相关风险。



03

储能： 商业案例

如果具有强大优势的技术解决方案经济划算, 则可快速获得吸引力, 实现商业扩展。但是, 如果没有合理的策略, 则不能保证赚钱。下文描述的三个商业案例以 BESS 为焦点, 由于技术进步、成本学习效应, 以及提供本白皮书简介部分总结的服务, BESS 的商业可行性将越来越高。

储能: 商业案例

亚太地区电网规模锂离子 BESS 商业案例的可用性取决于各个国家/地区当前及可预见的政策和规章制度(如第 5 章所述), 以及用于提高电网灵活性的其他技术和策略的竞争性权利主张。

商业案例: 降低电网扩容需求

研究⁸显示, 避免或减少电网扩容投资最大的体现了储能长期投资的价值。ESS 可补充替代电网中的其他固定资产投资, 有助于更好地规划和运行电网。增加 ESS 可减少输电容量需求, 因为它能在使用率低和可用容量较高时提供电能, 从而解决电网拥塞问题。如果没有这种解决方案, 公用事业部门一般需要通过电网增容和新建输电线路解决拥塞问题。因此, 这是 ESS 提供的一种重要服务, 但全世界和亚太地区面临的主要问题是, 需要适应市场规则, 以适当重视这些服务, 并充分激励 ESS 项目。

商业案例: 通过增加连接的 VRE 容量提高电网稳定性

公用事业部门可部署 ESS, 同时履行其增长义务, 以增加连接至电网的分布式能源 (DER) 的数量和容量, 并保持稳定性。ESS 的益处包括快速启动(频率控制储备, FCR)

和调峰。特别地, 后者是避免进一步碳排放的重要因素。在亚太地区的许多市场中, 用电高峰期间的高负荷由热电厂或化石燃料发电厂(一般是燃气发电)承担。因此, 如果使用可再生或低碳电力为系统充电, ESS 可提供低碳替代方案。亚太地区的公用事业部门和监管机构正在确定电网稳定性服务的适当补偿措施, 但主要障碍是当前的可再生能源普及率低。如果可再生能源普及率提高到一定程度, 电网稳定性成为现实, 而不仅是引起担忧的理论原因时, 可能会出现对 ESS 越来越有吸引力的商业场景。

商业案例: 与可再生能源搭配的益处

可再生能源投资者和开发商可部署 ESS, 以抵消因为间歇发电而产生的任何潜在均衡成本。提供 FCR 等辅助服务也能带来潜在收入, 前提是存在这种框架, 允许参与者对其产品/服务出价。亚太地区的很多地方并非如此, 这些市场以成本为基础且完全以 PPA 为导向, 导致此类服务不具备成本效益, 同时阻止新参与者进入市场。除辅助服务外, 如果 ESS 生产成本低廉, 能在市场价格带来利润时竞标供应, 还会出现套利机会。

提高融资可行性

通过服务分层实现收入最大化

上文所述的商业案例阐明了 ESS 同时提供多种服务的潜力。这将导致“分层”的可能性——向客户销售多种服务, 实现潜在收入最大化, 从而提高储能项目的融资可行性。利用此策略, 可抵消技术挑战(第 4 章)和监管风险(第 5 章), 他们在做决定时也会考虑这种筹资融资来源。

分层(又称为“价值层叠”)有助于加强储能项目的商业案例, 同时基于多样化收入来源提供风险管理工具。相反, 如果不能将分层服务的机会最大化, 则可能会打破 ESS 项目的商业案例。前文论述的商业案例展示了不同程度的分层潜力, 如下方表 2 所示。

ESS 商业案例	分层潜力
降低电网扩容需求	低
系统中的 VRES 数量越多, 电网稳定性越高	较高
ESS 与可再生能源共置的益处	最高

表 2: 三个 ESS 商业案例的分层潜力。

第 4 章总结了各种监管背景下, ESS 在亚太地区主要国家/地区的潜在服务/商业案例。例如, 澳大利亚是该地区的著名分层服务测试台。

降低成本

正如第 2 章所述, 随着技术在成本学习曲线上迅速向下移动, 以及技术进步改善其应用特点和效率(包括公用事业规模 ESS), 锂离子电池成本将继续下降, 性能将继续提高。这意味着, 与目前同等规模的设施相比, 未来的锂离子 BESS 的资本成本更低, 财务风险更小。从另一个角度看, 可按相同的成本获得更高的储能容量。

另外还能节约运行成本, 然后传递给电力价值链中的利益相关方和消费者。据估计, Hornsdale Power Reserve 项目 2019 年在南澳大利亚节约的能源成本超过了 1 亿澳元, 当时, 在澳大利亚这个地区, ESS 还有助于在电力系统出现内部连接设备故障后几分钟内将电网恢复正常⁹。

评估技术融资可行性

如果 BESS 等储能项目存在投资杠杆, 则需要评估关键技术。DNV 拥有完善的技术融资可行性评估框架, 已被投资和保险行业广泛接受。融资可行性报告可减少投资风险敞口, 有助于跨越国际边界, 平衡制造商和买家之间的信息失衡。例如, 在亚太地区, 我们提供了电池开发和生产公司的独立评估、BESS 项目的融资可行性和可保险性, 以及用于固定 BESS 设施的电池。第 4 章介绍了 DNV 如何审查广泛使用的锂离子电池和 ESS 项目的容量质保条款。

⁸ <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920309028>

⁹ 'HPR enabling significant cost savings', HPR news release, 29 June 2020. 网址: www.hornsdalepowerreserve.com.au

04

克服
技术和监管挑战

ESS 的利益相关方需要考虑技术问题和监管挑战应对策略,同时研发部门将继续创建更好的解决方案。他们还必须应对不断变化的监管环境。

管理电池性能衰减

电池性能衰减是 BESS 面临的最明显的技术挑战之一。电池自然静置过程也可永久性减少充放电容量。这种衰减是考虑 BESS 时的一项重要决策。同一系统在不同应用中的容量衰减可能不同,这使得情况更加复杂。事实上,相似的电芯在衰减和性能方面也可能有所不同。

已知衰减驱动因素包括

- 总电能吞吐量 (MWh)
- 平均荷电状态 (SOC)
- 平均荷电状态窗口 (例如, 20% 至 70% ≠ 50% 至 100%)
- 充电率/放电倍率 (恒电流)
- 电池在最佳温度范围以外的环境下运行
- 静置容量衰退 (随着电池老化出现容量损失)

用于管理电池储能衰减的行业方法包括限制每日/年度吞吐量、主动热管理、限制充放电倍率、配置额外容量或进行电池替换/扩容。通常,固定容量保证和保证衰减时间表可通过以下三种方法管理(见图 3):

- 配置额外容量 - 初次建设期配置额外容量,为预计会出现的衰减提前配置多余容量。
- 替换 - 替换大多数衰减电芯/机架
- 扩容 - 在项目生命周期内定期增加新容量

当然, BESS 的设计和使用应遵循质保指南,为了收益最大化而进行通过运行未经审查的运行方式会对 ESS 系统造成损害。储能技术和安全性在不断提高。依然需要将事故(如爆炸、毒性气体意外泄露和火灾¹⁰)的风险降到最低,满足当前及不断变化的安全标准是设计 BESS 和在其生命周期内保持运行的重要部分。

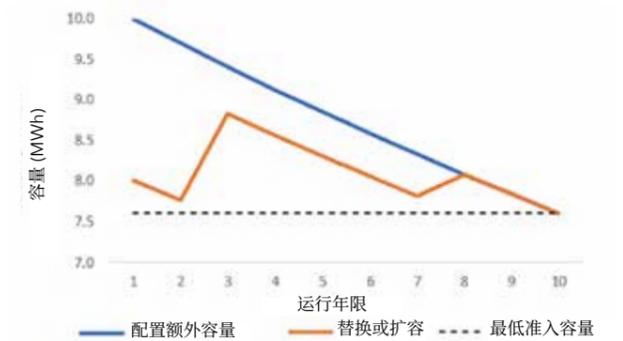


图 3: 管理固定容量保证和保证衰减时间表常用的三种方式 (来源: DNV 估计)

建立对电池市场的信心

衰减测试是 DNV 在美国电池和储能技术测试与商业化中心 (BEST T&CC) 执行的重要测试之一。这座经过 ISO 17025 认证的测试实验室由 DNV 和纽约电池与储能技术联盟 (NY-BEST) 合作建立, 该联盟由超过 180 家电池和储能技术公司、大学及政府实体构成。该实验室可为客户提供独立、公正的性能和安全性测试, 自 2014 年开放以来, 已记录超过五百万小时的电池测试。DNV 的年度电池性能记分卡由 BEST T&CC 的活动发展而来。该记分卡提高了大家对快速增长的电池市场的信心; 并为电池买家提供路线图, 以管理和运用特定电池技术, 估算替换成本和质保期 (见下节)。2020 年电池性能记分卡是第三个年度版记分卡¹¹。

¹⁰ DNV 拥有一座用于大型 ESS 耐火测试的独特实验室。大型耐火测试的数据库有助于我们构建锂离子火灾和爆炸模型。我们参加了锂离子和固定 BESS 消防规范制定的委员会: NFPA 855、《国际消防规范》和《国际建筑规范》。针对材料故障, 我们提供全面评估以及根本原因分析。例如, 我们在亚太地区调查了一个国家/地区最大规模 BESS 火灾的根本原因。

¹¹ 获取 2020 年电池性能记分卡, 请前往 <https://www.dnv.com/publications/2020-battery-performance-scorecard-192180>

质保条款

质保条款对储能产品和项目的融资可行性审查非常重要。对于储能项目,质保条款是建立所有其他供应、调试、运行、服务和财务文档的基础。随着电芯和系统技术明显改进,且成本降低,质保条款变得更加复杂。但是,运行要求是储能质保条款中的常见部分¹²。

ESS 制造商利用实验室测试结果(如 BEST T&CC 的测试结果)制定质保条款,因为他们知道循环、静止时间、荷电状态、温度及其他指标的差异均会影响电芯性能和衰减。目前还没有行业标准,不同锂离子电芯类型的衰减曲线差别很大。

审查容量质保条款时, DNV 会仔细查看提供的年度衰减曲线、测量方式、性能计算方式,以及项目保持质保有效所需遵循的任何其他运行限制。

电网连接 ESS 实施建议书

DNV 的 GRIDSTOR 电网连接 ESS 安全性、运行和性能实施建议书 (RP) DNVGL-RP-043 凝聚了 DNV 在 ESS 方面的全球经验。该 RP 中的经验均源自 DNV 与制造商、最终用户、学术界和其他利益相关方合作的产业联合项目。正如标题所示,该 RP 由衡量、评估及测试电网连接 ESS 的安全性、运行和性能的指南与方法组成。RP 尽可能参考 ISO、IEC 和 IEEE 标准,并在必要时超越这些标准。其中的方法不限定具体的技术,但在必要时也进行了指定,可在全球范围内应用。请前往此处下载 DNVGL-RP-043

www.dnv.com/rules-standards

监管风险

不同电网规模锂离子电池 ESS 商业案例的可用性取决于当前及可预见的政策和规章制度等因素。国际能源署的数据显示,必须有明确透明的规章制度,才能确定符合规定的输配电网运营商提供的服务,避免与发电厂竞争¹³。下一章简要介绍了亚太地区 ESS 的驱动因素,总结了在澳大利亚、中国、马来西亚、新加坡、韩国、中国台湾、泰国和越南部署 ESS 的政策和监管动力与障碍。

¹² Typical warranty operational restrictions are summarized in the article 'Energy Storage Capacity Warranties: Beyond the Fine Print', 网址: www.dnv.com

¹³ 'Energy storage tracking report - June 2020', IEA. 网址: www.iea.org/reports/energy-storage

05

亚太地区的 ESS 政策和监管概述

促进公用事业规模 ESS 装机容量增长的各种驱动因素已很明显,或者正在世界各地浮现。其中包括:

- VRES 增长
- 电网连接的可用性
- 允许 ESS 参与电力市场的法规
- 用于 ESS 项目与研发的公债、补助金和税收抵免
- 上网电价
- 可提升电源供应质量的 ESS 服务需求
- 使 ESS 更具竞争力的成本学习效应

对于考虑、设计并实施影响公用事业规模 ESS 的政策和法规,亚太地区市场展示了不同的方法和成熟阶段。下文的市场概要介绍了混合的实际、计划、建议或潜在政府措施,这些措施目前或将来会促进或阻碍公用事业规模 ESS 的部署。

这些快照涵盖了(适当时)监管支持(包括 ESS 是否可参与,市场是否被解除管制);ESS 可参与的细分市场,要考虑的商业动力/障碍;电价结构和可竞争性;以及与套利相关的批发市场利差。



(C) Patty Jensen

澳大利亚

ESS 装机容量:2020 年底达到 2.7 千兆瓦时 (GWh)

ESS 目标:到 2030 年大约达到 6 GWh

ESS 激励措施:安装住宅和小型商业 ESS 的折扣与补贴

ESS 的潜在服务/商业模式:频率储备、应急储备、备用电源、需求侧管理, 以及能源套利, 尤其是在纯能量的国家电力市场 (NEM)。

概述:在亚太地区, 澳大利亚的 ESS 市场相对比较成熟, 但依然有发展空间。关于 ESS 的法规将定期制定和完善。ESS 所有者可加入电力批发和辅助服务市场。该国也是太阳能光伏发展的领先市场, 因此可实现光伏一体化的好处。已开发出一些 ESS 项目(从公用事业规模到住宅规模)。住宅部分目前正在引领商业储能市场。另一方面, 澳大利亚可再生能源署 (ARENA) 从 2013 年开始拓展的资金补助计划已成为推动公用事业规模 ESS 开发的关键。迄今为止安装的大部分大规模 ESS 是独立系统, 在很大程度上是为 FCAS(频率响应)市场服务。第 6 章讨论了基于惯性和快速频率响应提供服务的澳大利亚 ESS 潜在市场。新南威尔士州政府已为未来四年拨款 3.8 亿澳元, 用于升级其电网基础设施, 鼓励投资大规模可再生能源发电和储能。

案例文件:澳大利亚的 ESS 项目

DNV 在 2018 年进行了一次独立尽职调查, 用于支持澳大利亚不同地点的太阳能 + 储能项目的融资。该项目组合包括 545 MW 的太阳能项目和 200 MW/800 MWh 的电池储能项目。

中国

ESS 装机容量:ESS 33.1 GW; 电化学 ESS 1.83 GW

ESS 目标:到 2030 年, ESS 大约达到 120 GW, BESS 大约达到 47 GW

ESS 激励措施:政府和省级补贴与补助

ESS 的潜在服务/商业模式:能源套利; 频率储备; 应急储备。

概述:中国计划在 2030 年前实现碳达峰, 在 2060 年前实现碳中和¹⁴。虽然可再生能源目标不明确, 但中国政府非常积极, 要求电力公司购买的电力中 40% 来由非化石能源提供。近年来, 中国的 ESS 部署增长迅速¹⁵, 目前已拥有大约 33 GW 的装机容量, 包括抽水储能。需要优先考虑的是可再生能源 + 储能项目, 同时, 可再生能源开发的势头也很强劲。ESS 开发在五年计划推动下进行, 此类计划已列出多个示范和试点项目。这些项目也专注于研发, 利用各项技术实现成本节约。但是, 相关政策依然不够完善, ESS 的参与方式存在明显的省级差异。因此, 独立 ESS 将努力参与并和传统发电厂竞争辅助服务。

¹⁴ Statement by H.E. Xi Jinping, President of the People's Republic of China at the General Debate of the 75th Session of The United Nations General Assembly, 22 September 2020. 网址: https://www.fmprc.gov.cn/mfa_eng/zxxx_662805/t1817098.shtml

¹⁵ 'Energy Storage Industry White Paper 2021', China Energy Storage Alliance, April 2021.



(C) Wei Zhu



日本

ESS 装机容量:不可用

ESS 目标:无

ESS 激励措施:无

ESS 的潜在服务/商业模式:稳定可再生能源项目的容量, 避免调峰成本。

概述:日本是最大的 ESS 制造国之一, 拥有强大的本地制造能力。该国也正在成为企业开发可再生能源的重点目标, 因此未来可能会吸引 ESS 开发项目。ESS 可能有助于避免这些新能源发电项目在未来发生弃电。但是, 目前开发的独立 ESS 项目的成本也过于高昂。此外, 与可再生能源不同, ESS 的电能输出不在强制购买要求范围内。Hokkaido Electric Power Co 要求按其特许权建立的所有可再生能源发电厂通过电网侧 ESS 连接至电网¹⁶。该公司严格要求这些发电厂调稳输电。这些要求将加速 ESS 在日本的发展, 可能还会影响亚太地区电网运营商未来管理可再生能源供应商的方式。

案例文件:日本的 ESS 项目

DNV 对日本在 2019 年至 2020 年的风电场电网连接 180 MWh BESS 执行了技术审查。我们准备了 ESS 竞标和询价 (RFQ) 文件, 并专注于电池容量确定、电网规范合规评估、电池循环和扩容成本。2019 年, 我们在另一个项目中执行了内部建模和模拟, 以评估组合型太阳能 + ESS 的弃光和能量转换损失, 同时满足电网的功率变化速率和调峰要求。此举增强了客户对系统运行和制定投资决策所需的整体项目估值的了解。

¹⁶ 'About presentation of uniform contribution unit price of wind power generation recruitment process (Phase I) by grid side storage battery', Hokkaido Electric Power Co., notice from company, August 2018. 网址: www.hepco.co.jp/info/info2018/1227420_1762.html

马来西亚

ESS 装机容量:可忽略

ESS 目标:500 MW(从 2030 年至 2034 年, 计划每年装机 100 MW)

ESS 激励措施:ESS 的投资激励措施包括绿色投资税减免 (GITA) 和绿色所得税减免 (GITE)

ESS 的潜在服务/商业模式:购电协议和/或服务水平协议)中的主要和次要运行储备, 用于保持系统稳定性。

概述:虽然未安装 ESS, 但马来西亚的可再生能源目标是到 2025 年达到 20%, 同时在提高新能源装机容量时确保不会出现电网稳定性或弃风弃光的问题。现行政策和规章制度对 ESS 还不是太有利。截至 2021 年 6 月, 还没有试点项目, 也没有针对 ESS 更新法规。目前的可再生能源普及率很低; 由于不存在弃电现象, 新能源配置储能并不是头等大事。市场依然是垂直一体化结构; 因此, 有助于提高 ESS 可行性的任何因素都源于自上而下的方法, 并由不同部门和监管机构推动。但是, 私营部门的需求和成本下降可能会增加政府进一步引入 ESS 激励措施的压力。2030 年后, 马来西亚将继续致力于可持续能源发展道路, 建立更多可再生能源和 CCGT 发电厂。为了借助 2030 年后预计将高度普及的 VRES 解决系统稳定性问题, 电网系统运营商计划在 2030 年 VRES 完全引入电网之前针对电网连接 BESS 执行试点项目。





新加坡

ESS 装机容量:大约 200 MW

ESS 目标:2025 年后达到 1 GW

ESS 激励措施:有限

ESS 的潜在服务/商业模式:通过分时 (ToU) 电价进行能源套利;一次和应急调整储备;需求侧管理。

概述:新加坡允许 ESS 参与批发市场,根据需要提供可靠的容量和能源,以管理 VRES 间歇供电问题。随着辅助服务得到协同优化,所有者一般需要为能源 + 调整与储备部分一起报价。为加入市场,所有者必须成为市场参与者 (MP),并拥有批发商许可证(如果系统铭牌上的额定值为 1 至 10 MW)或发电许可证(如果额定值超过 10 MW)。间歇供电定价机制 (IPM) 会因供需失衡对可再生能源项目进行处罚,这是 ESS 得以采用的潜在驱动因素。能源市场局越来越重视 ESS,并通过政策文件和试点项目了解部署的可行性。

韩国

ESS 装机容量:截至 2020 年达到 8.6 GWh

ESS 目标:不可用,但政府已宣布计划增加 ESS 装机容量,以保持电网稳定性和需求响应速度。

ESS 激励措施:(1) 为 ESS 项目提供比较权威的可再生能源证书 (REC);

(2) 对电表后端安装的 ESS 执行调峰“特殊电价计划”

ESS 的潜在服务/商业模式:稳定可再生能源项目的容量,避免调峰成本。电力公用事业公司 Korea Electric Power Corporation (KEPCO) 最近宣布了一些大型 ESS 项目,旨在提供公用事业规模服务,例如辅助服务、电力线路延迟服务和输电线拥塞控制。随着电池价格下降,预计也将引入基于 BESS 进行调峰。

概述:韩国目前是电网连接 ESS 领域的领导者。其目标是,到 2034 年,可再生能源将在发电量中占 42%,这表明巨大的 ESS 装机容量将用于管理间歇供电、维持电网稳定性,同时参与需求响应市场。该国也在讨论通过从市场采购的辅助服务转向实时市场。这将给 ESS 带来新的参与途径。韩国是重要的 ESS 制造国。下面的报告介绍了近年来的电池着火问题,当地制造商和政府正在投资耐火研究和研发,以免未来出现问题。

案例文件:韩国的 ESS 项目

DNV 对韩国一座 18 MW/103 MWh 的 BESS 设施在 2018 年至 2019 年的运行和维护 (O&M) 流程执行了尽职调查,并审查了 O&M 提供商,旨在确保遵循适当的流程管理 ESS,并发布了一份技术报告来确认资产的可保险性。2019 年,我们还在另一个项目中对保险公司的 ESS 执行了电力故障调查 (PFI) 以及对火灾和电池按照安全清单进行审查。2018 年,我们为 20 MW/100 MWh 并网储能项目的业主提供了业主工程师服务。DNV 对该项目技术细节进行“重大缺陷”审查,对项目执行了全面的技术评估,包括现场数据评估、技术设计和项目执行计划的审查。自 2020 年 7 月以来,我们一直作为 ESS 电池提供循环衰减性能测试以及见证测试服务。





中国台湾

ESS 装机容量:主要是抽水储能和大约 10 MW 的电化学 ESS

ESS 目标:到 2025 年,与辅助服务相关的需求约为 600 MW

ESS 激励措施:无

ESS 的潜在服务/商业模式:快速响应;调整储备;旋转储备;补充储备。

概述:中国台湾的市场为垂直一体化结构,但已开始推行市场自由化。未来几年的实施计划已到位,重点是提高可再生能源发电量。因此需要通过 ESS 维持系统稳定性。目前的规章制度尚未针对 ESS 等新技术进行更新。但是,“行政院”(政府行政部门)已经为各种辅助服务设定目标,这可能会促进 ESS 开发。所有辅助服务均由台湾电力公司 (TPC) 通过双边合同采购。

案例文件:中国台湾的储能商机

DNV 发布的《台湾能源市场研究》报告中储能部分是报告中三个主题中的一个。该报告可为关注潜在储能商机的客户提供参考。报告的另外两个主题是中国台湾输配电市场研究和法律法规概述。

泰国

ESS 装机容量:装机容量小,一些新开发项目正在进行

ESS 目标:泰国电力发展计划未指定 ESS 目标

ESS 激励措施:通过面向小型和微型电场的计划签订间接合同,由省级 DNO 针对受限地区的 ESS 服务签订直接合同

ESS 的潜在服务/商业模式:市场情报显示,目前为混合电力+储能项目设定的高可靠容量要求对投资者极具挑战性。尽管如此,混合项目现已进入开发阶段。

概述:目前,储能项目正处于极早期阶段,国有单位泰国电力局 (EGAT) 已推出试点计划。私营部门在该领域的活跃度很低。该国的第一份私营部门方案旨在整合公用事业规模风力发电 (10 MW) 与 BESS (1.88 MWh),由 BCPG 附属机构 Lom Ligor 主导,由亚洲发展银行 (ADB) 提供支持。第二份储能方案由专注于太阳能的泰国可再生能源公司 Blue Solar 发起,该公司已经部署了 42 MW DC 太阳能+12 MW/54 MWh ESS 混合系统。按照与省级电力公用事业部门 PEA 的合同,第三方开发商正在安装一些独立 BESS 系统,用来支持电网受限的地区。



越南

ESS 装机容量:无

ESS 目标:无

ESS 激励措施:无

ESS 的潜在服务/商业模式:预计会通过管理间歇供电问题避免弃电,构建商业案例,从而支持可再生能源项目。

概述:越南的目标是,到 2030 年,将有超过 32% 的发电量来自太阳能 (19-20 GW)、风能 (18-19 GW) 和生物质能,相比之下,2019 年的份额大约为 10%。太阳能和风能供电的上网电价已于 2020 年修改,但 ESS 依然缺少激励措施。越南的可再生能源项目正面临弃电问题,同时该国未来预计又会出现电力短缺,因此,政策/监管环境可能会改变,以便在未来几年支持 ESS。目前需要注意的一个项目是授权 GE 执行 ESS 可行性研究¹⁷。

ASEAN 电网连接计划标志着更多 ESS 发展机遇

在 ASEAN 能源合作行动计划 (APAEC) (阶段 II: 2021-2025) 的支持下,亚洲地区的 ESS 发展机遇也会迎来中长期的提升。2021-2025 该计划旨在协助东南亚国家联盟 (ASEAN) 的 10 个成员国实现不同的能源安全和能源脱碳目标:文莱、柬埔寨、印度尼西亚、老挝、马来西亚、缅甸、菲律宾、新加坡、泰国和越南。最近有一项有助于实施该计划的研究,表明实现 ASEAN 的 2025 年可再生能源目标需要将近 20 GW 的国家间连接容量¹⁸。太阳能和风力发电的间歇供电意味着储能项目受益于可再生能源发展前景,以及不断提高的电网连接可用性,如果按照 APAEC 关键计划设想的那样进一步发展,则有助于 ESS 加入全国和全球市场。

¹⁷ 'Vietnam Electricity awards GE battery energy storage feasibility study funded by U.S. Trade and Development Agency', GE news release, 12 April 2019. 网址: www.ge.com

¹⁸ 'Updating the Asian power grid for increased renewables' SEAsiaEDGEhub seminar, 21 April 2021. 网址: <https://www.youtube.com/watch?v=YEjMAQpYTe&t=7493s>



06

优化储能项目

运行 ESS 与运行化石燃料或可再生能源发电厂明显不同, 需要为每种应用制定不同的策略。DNV 将借鉴我们在世界各地应对监管和技术挑战与机遇的经验执行分析, 以评估电力供应系统中储能项目的潜在作用和价值, 包括确定潜在 ESS 的优化配置、规模和位置。我们的美国实验室已记录超过五百万小时的储能测试, 可直接转化为经验, 帮助我们成功开发全世界和亚太地区的项目(见第 4 章)。这有助于弥补全世界电力和公用事业行业对储能场地运行数据的普遍欠缺, 对于考虑是否及如何使用 ESS 技术的部门来说, 数据欠缺是一种“成长之痛”。

与供需平衡相关的辅助服务

需求预测不可能完全准确, 一定期间的实际能源供需之间存在不平衡问题。这需要系统运营商进行有限的上下调整(调整发电量, 维持供需平衡)。

电力系统中的太阳能普及率提高后, 将需要更多的调整, 以适应间歇供电问题, 维持发电量和用电需求之间的平衡。在能源和各种调峰与储备均定价销售的市场中, 通过提高调整幅度来管理间歇供电问题和低系统惯性的影响会导致储备成本增加。ESS 以低于传统发电厂的成本提供

储备电力, 并促进调峰储备成本下降。

DNV 可利用我们对市场的了解, 以及关于市场增长预测及混合发电和燃料技术(连接至输电网)的全球数据在亚太地区进行市场模拟。我们也可执行敏感性分析, 以估计调整储备量及定价。边际储备成本可提供合理的最小规制定价估算和 ESS 所有者预测的收入。

系统惯性和快速频率响应

VRE 普及率高的电力系统可能会面临系统惯性降低导致的频率稳定性问题。ESS 的一个主要优势是储能项目带来的快速响应能力和潜在结果, 包括快速频率响应(FFR, 或“快速一级控制”)或主动惯量支撑。

DNV 利用 PowerFactory 分析软件或内部工具 KERMIT 执行频率分析, 研究将 ESS 作为运行储备装置的技术影响和可行性。执行任何敏感性分析时, 都需要考虑 VRE 的潜在主动惯量支撑贡献, 这是 ESS 能提供的额外价值。

澳大利亚的转动惯量服务机遇

澳大利亚是亚太地区最具前景的惯量服务市场。系统运营商 Australian Energy Market Operator (AEMO) 认识到, ESS 可助力运行和战略储备, 但存在持续时间限制; ESS 还可助力一次频率控制, 尤其是实现 FFR 能力。为了以最低成本满足惯量和快速响应要求, 澳大利亚监管机构最近宣布 FFR 可能会在未来几年形成一个新市场, 取代现有的双边合同。FFR 的 2 秒响应速度特别适合 ESS。

通过能源时移实现拥塞管理和电网升级抵消

ESS 提供两种主要方法来避免, 至少是可以延缓电网扩容需求。首先, 通过储转移电能从而减少潮流在电网之间的流动——无论电能转移是否用于拥塞管理, 而不是交易。与菲律宾或印度尼西亚一样, 该服务对岛屿电网或其他微

电网特别有效。继负荷审查和安全性分析之后, DNV 会审查 ESS 是否可用于替代其他计划投资(例如, 电网升级)或发电运行限制。在适用情况下, 可能需要再次对市场模型执行更多敏感性分析。

DNV 和亚太地区的 ESS 项目

正如本白皮书(尤其是第 5 章和下方地图)所总结的, DNV 已经针对亚太地区的一些 ESS 项目对电力和公用事业客户做了大量工作。显示了客户在该地区发现的一系列机遇。它们阐明了 DNV 如何利用我们在全球办公室、实验室和测试中心等积累的经验, 在世界各地分享知识和最佳实践。



结论

对于 VRES 来源, 如风能和太阳能, 亚太地区的市场代表了不同发展目标和水平的复杂组合。这体现在他们不同的需求和倾向中, 可鼓励他们将在储能应用于电力系统, 无论是大型并网型储能还是农村以及偏远地区的离网型或者微网型储能。

应对相关的监管和政府政策风险需要深度的当地经验、见解和人际关系网, 以免制定成本高昂的 ESS 投资决策, 最终却证明是在错误的时间、错误的地点开发了错误的项目。与电池储能技术相关的技术风险也需要深刻的理解和去风险化, 才能确保实现制定最终投资决策所依据的及向投资者“介绍”的回报率。

也就是说, 随着该地区的能源转型加速, 储能项目肯定会迎来更多、更大的机遇, 在克服间歇供电问题和可再生能源弃风弃光障碍的过程中发挥重要作用。正如本白皮书所论述的, 这些机遇包括, 通过可出售给电网和发电厂的辅助服务分层扩大系统范围, 从而助力 ESS 商业案例。

如需了解更多关于亚太地区 ESS 发展机遇、挑战和商业案例的信息, 请联系 contact.energysystems@dnv.com.