

规模化储能技术发展分析与思考

文/国家能源集团新疆能源有限责任公司 黎冲 王成辉 王高
新疆工业云大数据创新中心有限公司 鲁宗虎 马成智 文晓容

应对新能源发电快速发展给电网安全运行带来的挑战，可以通过大规模储能系统为电网提供灵活可靠的调度资源，改善新能源发电的间歇性和不确定性，提高电网调峰调频能力，实现电网安全、稳定和经济运行。针对储能的国内外发展现状、制约因素、规模化应用技术路线和商业模式进行了研究。

近年来，在可再生能源和储能技术成本降低的双重推动下，储能行业发展相当迅速。储能是促进能源系统实现气候中性转型的重要驱动因素，同时储能还可以与其他能够提升高比例可再生能源电力系统灵活性的技术相结合，例如电网扩容、需求响应和能源效率技术。近年来国内外开展了多种新型储能技术的研究探索，并建成了多项大规模储能示范工程。

然而，除了初始投资高或资本成本高以及技术难度大（生命周期、安全要求）以外，价格、市场以及针对储能利用的支持机制方面在未来发展中仍然面临挑战。通过配套储能技术，可以满足电力系统不同时间尺度的调节需求，提高系统灵活性，平衡日益剧烈的负荷波动，促进新能源发展。储能的服务功能主要体现在以下几个方面。

1) 参与电网系统级调峰。风、光装机规模预计到2035年分别达到7亿kW、6.5亿kW，届时全国风光日波动最大功率将达到5.4亿kW，使得电源侧调峰能力与新能源消纳的矛盾持续加深，迫切需要重新构建调峰体系。

2) 储能系统可以参与电网的快速调频，由于新能源的大量并网导致的电网频率波动严重影响了电网的正常运行，为了保证用电的安全性，新能

源发电配置储能系统可以将电网频率维持在允许的范围之内。2020年7月正式实施的强制性国家标准GB 38755—2019《电力系统安全稳定导则》（简称《导则》），要求新能源电源均应具备一次调频、快速调压调峰能力，新能源场站应提高调节能力，必要时配置燃气电站、储能电站等灵活调节资源。

3) 储能参与现货市场。从“两个细则”逐步过渡到与现货市场结合的电力辅助服务市场是未来的趋势，与“两个细则”采用的是相对固定的补偿方式不同的是，结合电力现货市场的辅助服务市场多采用竞价方式。

本文依托目前储能产业发展形势，国家储能支持政策方向以及储能技术发展面临的挑战，首先对储能技术方向国内外相关法律法规以及相关政策进行梳理并对相关政策下示范工程进行剖析，研究示范工程在电网中所起的作用；然后针对储能系统在含大规模化石能源基地电网中的应用需求进行分析解读，明确储能系统在电网发输配用各个环节所起作用；最后结合需求对目前储能系统推广亟待解决的问题进行解读整理，并以此为依据对储能技术的发展给出针对性意见。

国内外储能政策解析

1. 国内储能相关法规

“十三五”期间，国家先后出台了50余项政策，建立了电化学储能系统利用体系，为电池储能

系统的发展以及实现商业化提供了有力保障。主要表现为战略规划、体制机制保障、推动产业发展、技术创新和商业模式等五个维度，见表1。

表1 国内储能相关法规

编号	区域	发布主体	发布时间	文件名称	文件要点
1	全国	国家能源局	2020.01.09	《关于加强储能标准化工作的实施方案》	积极推进关键储能标准制定，鼓励新兴储能技术和应用的标准研究工作
2	全国	国家发改委	2020.01.19	《省级电网输配电价定价办法》	抽水蓄能电站、电储能设施、已单独核定上网电价电厂资产等不得纳入可计及收益的固定资产范围
3	全国	教育部	2020.02.21	《关于公布2019年度普通高等学校本科专业备案和审批结果的通知》	显示2019年新增“储能科学与工程”专业，专业代码080504T（T代表特设专业），该专业术语工学门类、修业年限为四年，目前仅有西安交通大学增设该专业
4	全国	工业和信息化部	2020.02.24	《关于有序推动工业通信业企业复工复产的指导意见》	将重点推动智能光伏、锂离子电池、5G通信和新能源汽车等战略性新兴产业复工复产
5	全国	国家能源局	2020.03.05	《关于2020年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》	严格落实监测预警要求，以明、后两年电网消纳能力为依据合理安排新增核准（备案）项目规模
6	全国	国家标准化管理委员会	2020.03.10	《2020年全国标准化工作要点》	推动新能源发电并网、电力储能、能源互联网、港口岸电和电力需求侧管理等重要标准研制

2. 国外储能相关政策

储能技术在各国的重点应用领域和市场规模与各国的电价机制、补贴政策和电力交易机制，以及电源结构、负荷特性等都有着密切的联系，与相关产业之间的相互推动作用也影响着储能技术发展路径。市场和政策环境的差异，使储能技术在各国的应用重点和商业模式呈现多样性。

施、政策和市场环境是当前储能市场化发展的核心驱动力。在美国、德国和日本等国家已出台了储能的相关补贴政策，通过税收优惠、研发经费支持和初装资金补助等推进储能市场的发展，见表2。支持政策和补贴对储能的应用起到明显的推动作用，当前，美国和日本的储能装机容量占全球规模（不包含抽蓄、压缩空气和储热）80%以上。

从国内外储能发展应用情况看，相关的激励措

表2 国外储能相关政策

国家	推出时间	相关政策
美国	2009—2010	通过《储能法案1091》和《储能法案3617》，在2010—2020年期间给储能提供15亿美元的税收优惠，大容量储能给予20%的投资税收优惠，分布式储能系统享受30%的投资税收减免，与智能电网连接的插电式混合动力汽车中可充电的储能设施同意享受30%的投资税收减免。此外，政府拨款24亿美元用户支持包括大规模储能在内的电池技术研发
	2011.02	《2011—2015储能技术》关注如何安装储能系统以实现最大效用
	2011	加州地区颁布AB2415号法令，评估各种储能系统优势及在电力系统应用模式，实现储能配额，2020年储能容量达最大负荷5%
	2014	加州AB2514法案通过了“储能采购框架和设计项目”，要求加州的三大公共事业公司（太平洋天然气和电力公司、南加州爱迪生电力公司和圣地亚哥天然气和电力公司）到2020年完成1.325 GW储能采购的目标
日本	20世纪90年代以来	投入大量资金支持大规模储能技术的前期研发、示范项目建设和后期商业化运作，增进了钠流电池等技术的发展，其中NGK在2003—2010年得到了NEDO至少236亿日元的支持
	2012.09	《革新的能源及环境战略》《电力事业主体进行可再生能源电力调节的特别措施法》中明确将大力发展分布式及可再生能源发电。支持蓄电池、燃料电池等储能技术研发，并给予安装家用储能系统的用户和企业一定资金支持，2万美元以上的锂电池储能系统只要通过SII认证，即可获得30%~50%不等的补助
德国	2013.05	德国复兴银行联合德国联邦环境、自然保护核反应堆安全部（BMU）支持分布式光伏储能的新政生效，针对小于20 kW的光伏设施，给予新增暗转光伏发电同步建设储能最高不超过600欧元的补贴，即有光伏发电加储能设施给予最高不超过600欧元/kW的补贴

3. 发输配用示范工程

为改善新能源发电特性及提高源网协调性能，我国各地都已经建设示范性工程，目前已经基本形成了完整的新能源接入解决方案。

(1) 国家风光储输示范工程

中国国家电网公司建设了集风力发电、太阳能发电、储能和智能输电“四位一体”的新能源综合利用工程——张北风光储输示范工程。示范工程地处风、光资源丰富的张家口市坝上地区，当地负荷量较小，必须通过高电压、远距离输电送至京津唐电网负荷中心，具备我国新能源大规模开发利用的基本特征，在破解电网接纳大规模新能源技术难题上具有典型性和代表性。依托国家风光储输示范工程，突破我国新能源规模化发展的技术瓶颈，攻克风光储联合发电系统在设计集成、容量配比、监测控制、源网协调、功率预测和规模化储能中的关键技术，开发关键装置和系统，完成工程示范应用，提高新能源发电质量和电网接纳能力，实现源网友好互动。国家风光储输示范工程如图1~图3所示。



图1 国家风光储输示范工程

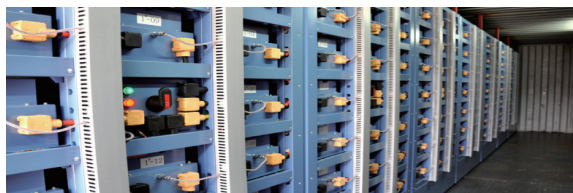


图2 国家风光储输示范工程锂离子电池储能系统



图3 国家风光储输示范工程液流电池储能系统

其中，一期工程建设风电98.5 MW、光伏发电40 MW和储能装置20 MW (包括14 MW/63 MW·h锂离子电池和2 MW/8 MW·h全钒液流电池)，并配套建设220 kV智能变电站一座。通过大规模储能电站监控系统实现了对多种储能设备的协调控制和能量管理，具备平抑可再生能源出力波动、辅助可再生能源按计划曲线出力及调峰填谷等各项功能。

(2) 浙江东福山岛微电网储能示范工程

2010年，东福山岛300 kW风光储微网供电系统破土动工，2011年5月初开始试运，截至目前，系统运行稳定，全岛负荷用电基本由新能源提供。由浙江省电力试验研究院设计的风光柴微电网项目，包含一套日处理能力50 t/d的海水淡化综合系统，是目前国内最大的离网型综合微电网系统。东福山岛300 kW风光储微电网系统由300 kW储能变流器(PCS，型号GES-300)、100 kW 光伏电池组、210 kW风力发电机组、两组阀控式密封管式胶体蓄电池及200 kW 柴油发电机组组成。其中光伏电池组分两路接入PCS直流侧，单组开口电压754 V，短路电流67.2 A；风力发电机单台额定容量30 kW，共7台，总容量210 kW；蓄电池单体额定容量1 000 A·h，额定电压2.0 V，每组由240支单体串联组成。

交直流混合型微电网，风、光、柴、储综合应用。研究目标是通过储能系统的优化配置尽量减少柴油发电运行时间、最大化可再生能源利用率和电池使用寿命。能量调度方面综合考虑最大化利用可再生能源减少柴油发电，同时兼顾蓄电池使用特性最大化电池使用寿命。

浙江东福山岛微电网储能示范工程采用300 kW的微电网系统，在实际运行过程中考虑新能源出力情况、储能电池的充放电状态以及负荷大小，以保证新能源消纳以及蓄电池运行寿命为前提，按照理论设定的PCS运行策略进行发电，根据系统内部不同的运行状态以及电池状态进行自动切换。该系统通过储能电池、BMS、PCS和监控联合运行实现新能源的消纳，保障重要负荷的正常运行。

储能系统在含大规模化石能源基地电网中的应用需求分析

1. 储能在发电领域的应用

新能源发电领域包括风电和光伏发电在内的可

再生能源发电，具有不确定性和波动性的特点。按照不同时间范围内的间歇性可再生能源输出波动，归纳出其对电网的影响，包括：增加了调频压力（几秒到十几分钟）；短时间波动（十几分钟到几小时），浮动的云可以让光伏发电输出在短时间内剧烈波动，湍流也可以让风电输出在短时间内发生较大的变化，增加了电网的实时调峰压力；较长时间波动（24 h范围内）。主要指风电的反调峰特性，直接造成夜间弃风的问题。

上述影响的共同作用将增加电力系统的备用容量。电网调度需要为风电、光伏并网准备更多的备用机组容量，增加了电网运行的成本。针对上述影响，储能系统可以实现两种应用：电量转移固化输出和控制爬坡率。在夜间负荷较低电网无法消纳风电的情况下，将原本会弃掉的风电储存起来。线路负荷超出线路容量时，通过储能储电，减少线路阻塞。在发电端有峰谷电价的情况下，将夜间电价较低的风电存储起来，在电价高时向电网发电，提高风电的电量收益。在电网负荷尖峰时，向电网提供功率支持。减少其他电源的调峰压力，在我国做调峰的电源主要是煤电机组，减少煤电机组的动态运行，会降低动态运行对煤电机组的磨损，提高机组的效率，延长机组的使用寿命。

此外，根据电力系统的需求，将储能的作用时间划分为三类：分钟级以下、分钟至小时级和小时级以上。其中，分钟级以下的应用包括提高系统的功率稳定性、支持风电机组低电压穿越及补偿电压跌落等，在这些场合下需要短时间的能量支持，要求储能能够根据系统的变化做出自动、快速的响应，要求储能具有较大功率的充放电能力，适用的技术包括超级电容储能、飞轮储能和超导磁储能等。分钟至小时级的应用包括平滑可再生能源发电波动、跟踪计划出力及二次频率调节等。这些应用中，要求储能具有数分钟甚至小时级的持续充放电能力，并可较频繁地转换充放电状态，适用的储能技术主要为电化学储能。小时级以上的应用包括削峰填谷、负荷调整和减少弃风等。在这些应用中，储能以数小时、日或更长时间为动作周期，要求储能具有大规模的能量吞吐能力。应选择易形成可观规模、环境影响较小和经济性好的储能技术，包括抽水蓄能、压缩空气储能、熔融盐和储氢等。各时

间尺度下的应用场景归类及对储能的技术需求归纳见表3。

表3 各时间尺度下的应用场景归类及对储能的技术需求

时间尺度	应用场景	运行特点	对储能的技术要求	重点关注的储能类型
分钟级以下	辅助一次调频，提供系统阻尼，电能质量	动作周期随机，毫秒级响应速度，大功率充放电	高功率，高响应速度，高存储/循环寿命，高功率密度及紧凑型的设备形态	超级电容器、超导磁储能、飞轮储能
分钟至小时级	平滑可再生能源发电，跟踪计划出力，二次调频，提高输配电设施利用率	充放电转换频繁，秒级响应速度，可观的能量	高安全性、较快的响应速度、一定的规模（MW/MW·h以上）、高循环寿命（万次以上）、便于集成的设备形态	电化学储能
小时级以上	削峰填谷，负荷调节	大规模能量吞吐	高安全性、大规模（100 MW/100 MW·h以上）、深充深放（循环寿命5 000次以上）、资源和环境友好成本低	抽水蓄能、压缩空气、熔融盐和储氢

在上述三个时间尺度，电网对储能需求的迫切性和必要性不同：

对于分钟级以下的应用，储能多用于与现有FACTS设备结合，如DVR、STATCOM和UPFC等，利用有功和无功的双重控制，以实现更好的效果。在该类应用中，变频器的控制是研究的重点，储能单元作为辅助元件，应用面较窄。另外在一些应用中还面临着传统技术的竞争，如PSS仍是阻尼系统振荡的最经济和有效的方法。

在分钟至小时级以上的应用中，储能用于平衡系统中变化周期在数小时及以内的不平衡功率，这些变化由负荷或可再生能源发电较快速的波动引起。目前我国电网主要通过要求火电、水电等机组保持一定的备用容量（一级备用及二级备用）来应对该时间尺度下系统的不平衡功率。除一定的功率和能量调整能力外，还需要具有较快的响应速度，以维持系统频率的稳定。随着负荷的快速增长及可再生能源发电比例的不断提高，系统面临备用容量不足、经济性降低等问题。储能可灵活快速地对系统不平衡功率做出响应，这是其他技术手段难以代替的。

对于小时级以上的应用，储能用于平衡系统中日级乃至季节时间尺度的功率变化。目前，只有抽水蓄能技术实现了该领域的成熟应用，并已成为电网运行的重要组成部分。但受限于地理条件、环境影响、设备成本和技术成熟度等因素，大规模储能在小时级以上的应用具有较大的难度，受到较多的限制。目前开展需求侧响应技术、增强水电等已有电源的调节能力等是当前可行的一些替代方法。

因此，分钟至小时级的应用将是未来储能作用的主要领域。该尺度下的辅助服务通常具有较高的价值，如二次调频市场。在该类应用中，可充分体现储能的功能和价值，促进储能的规模化发展。从当前储能技术的示范应用来看，也多集中于该时间尺度。

2. 储能在电力输配领域的应用

储能在输配电领域的应用主要有三方面：延缓输配电设备的寿命和扩容；直流电源、无功支持缓解输电线路的阻塞。按照目前的成本，储能做无功支持和变电站直流电源，相对原有选择（电容器组、铅酸电池）价格较为昂贵。由于输电网的稳定决定着整个电网的可靠性和安全性，所以要求对储能的可靠性进行论证，需要经过必要的示范项目进行检验。

决定线路是感性的还是容性的跟线路的电压等级和负荷大小有关。通过传感器测量线路的实际电压，按照规范要求的电压范围调整输出的无功功率大小，进而调节整条线路的电压，使其在规范要求的范围内，储能设备能够做到动态补偿。输电线路的容量是固定的，而负荷是随时间有规律变化的，存在尖峰负荷。当负荷增长到一定程度时，输电线路的容量会低于尖峰负荷，这样就需要投入资金对线路进行扩容，提高了电力运行的边际成本。储能能够用于避免线路阻塞引起的相关成本和费用，尤其是在需要扩容的幅度不高的情况下。

3. 储能在用户端的应用

用户侧储能主要应用于用户电价管理、容量费用以及改善用户电能质量三方面。其中电价管理和容量费用主要依赖于电力市场以及政策内的电价体系。用户侧储能的最主要应用模式是分布式储能和微电网。分布式储能指利用闲散资源，例如风能、光能和水能等可再生能源和化石燃料结合给电网供电。微电网是指由分布式电源、储能、电能转换装

置、负荷、消防和监控等组成的可以自发自用的小型配电系统，可以实现自我控制、自我发电和自我保护，可以独立于电网运行。

相对于传统的集中式发电、远距离输电构建的大电网，分布式能源与储能系统构建的微电网能够接入配电网就地平衡，从根本上改变传统的应对负荷增长的方式，同时在节能减排、提高电力系统可靠性和灵活性等方面具有优势，是解决电力供应不足和提高供电安全性的有效途径。储能应用于分布式发电及微电网，主要实现了：稳定太阳能、风能等可再生能源的平滑输出；还可以作为调峰电源，削峰填谷，并缓解新的发电机组和输配电设备的建设投资；作为备用电源，提高了供电的质量和安全性，在大电网发生故障时，可以持续供电。

储能规模化推广亟需解决的关键技术

当前，能源互联网变革已经开始，储能技术的发展已经到了新的高度，其中尤以新能源发电技术以及新能源电动车技术为主的可再生能源技术，逐步改变着人类的用能方式和认知，储能作为其中重要的一环，发展前景广阔，但也面临着诸如成本高、政策补贴少等不利于储能技术发展的因素。

1. 规模化储能系统的核心装备制造技术

储能是智能电网的最重要使能技术之一，要解决的关键问题在于增强和提高储能器件的能量密度、功率密度、响应时间、储能效率、循环性能、经济性和可靠性等。电化学储能因其适用范围广、储能密度高及容量大，是储能领域的主要研究方向，美国能源部将在未来5年投资约1.2亿美元建设电池与储能创新中心，关注于交通和电网规模电化学储能的新材料、设备、系统以及新方法研发；日本也提出将储能电池扶持为战略性新兴产业，发展电力行业大规模储能电池和车用电池。目前的研究热点和趋势在于：①高容量锂离子电池电极材料设计开发。如美国Envia Systems公司使用固溶体类富锰阴极材料和Si-C基阳极材料，实现400 W·h/kg能量密度纪录，并研发成功45 A·h层压型电池单元；伦敦理工大学利用有瑕疵的石墨烯纸作为锂离子电池阳极，相比传统石墨电极充放电速度快10倍。②利用传感等实时监测和先进电源管理技术解决锂电池安全性问题。美国将投入3 000万美元开发先进

的传感和控制技术,大幅提高电池的安全性、性能和寿命;德国也计划投入3 600万欧元研发提高锂离子电池的安全性,研究将关注优化电池化学、新的半导体传感器材料、测试方法和安全性模型等。③深入认识锂电池充放电化学反应过程,开发性质稳定的电解质,优化设计电极结构,实现实用化。IBM公司联合日本旭化成和中央玻璃公司实施一次充电能行驶约500 mile (800 km) 的锂电池项目,关注创新膜技术、新型电解液和高性能添加剂研发;英国圣安德鲁斯大学采用二甲基亚砷电解质和多孔金薄膜电极,成功实现了较好循环,且基本可逆。④超级电容器复合电极材料开发。如法英美联合研究团队通过计算模拟,首次研究了多孔碳电极吸附离子液体的分子级储能机制;加州大学洛杉矶分校利用光刻DVD激光,处理开发出高性能石墨烯基超级电容器。

2. 储能系统集成与工程化技术

储能系统规模化集成技术主要指根据储能系统的应用需求,通过规模化集成设计,合理配置电池系统、变流器系统以及监控系统等储能单元的集成技术,使各部分协调工作,整体性能最优,与电网协调稳定运行。为实现储能单元的规模化集成,完成百兆瓦级储能电站集成技术储备,并达到储能电站高效、可靠的运行控制目标,需要解决储能规模化集成设计(设计方法和设计软件开发)、储能系统综合控制、储能系统冗余及扩容等关键技术。

(1) 大容量电池成组技术

标准储能电池组是组成大规模电池储能系统的基本单元,标准电池组的使用寿命直接决定了储能系统的使用寿命,大容量电池成组技术是大容量储能系统的核心技术之一,如图4所示。

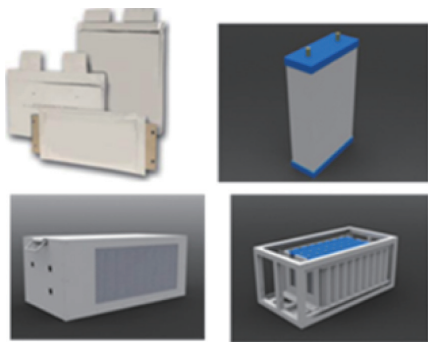


图4 电池成组技术

目前,电池的大容量成组技术还存在以下一些

问题有待解决:

- 1) 电池成组复杂程度高,系统可靠性低。
- 2) 电池单体的一致性差异比较大,大规模电池成组寿命比较低。
- 3) 电池模块没有标准化,大容量储能系统构建方法缺乏理论指导。

针对这些问题,一些厂商已经开始了大规模的科研和设备试制的工作。目前,在大容量锂离子储能系统技术的领域,持续进行投入研发并进行产业化的公司主要有A123、EnerDel和Altairnano等。在最近的报道中,A123已经完成了20 A·h大容量单体(软包)的研发,在电动车辆的应用中开始使用这种大容量单体。目前中国电科院正在研制5 kW/20 kWh磷酸铁锂(LiFePO_4)电池标准模块。电池成组技术是制约大容量储能技术发展的瓶颈,目前重点需解决电池动态一致性问题,还需要从电池及电池组一致性影响因素的机理、电池动态均衡的判据方法、电池组的管理及保护技术、储能电池模块的设计、模块的集成技术以及电池模块的特性检测技术等方面进行研究,改善电池组性能,延长电池系统使用寿命。

(2) 储能系统用变流技术

在储能产业的产业链上,PCS处于连接储能装备和电网的环节。PCS可以很好地满足储能型变流系统的需求,其具体作用如下:

1) PCS连接各种储能部件与电网。储能系统主要包括能量存储部件、储能变流器(PCS)和监控系统等。无论何种储能部件,本身都只是能量存储的载体,孤立的部件本身并不能与电网连接,解决平滑新能源发电波动等问题。只有通过连接于储能部件与电网之间的能量控制装置(PCS)与其配套,才能把电网电能存入储能体或将储能体能量回馈到电网的系统,实现设定功能。

2) PCS是实现储能系统功能的关键。在电池储能系统中,PCS的成本占到整个系统成本的10%以上。目前,传统功率单向流动的并网逆变器型PCS装置在包括太阳能、风能在内的可再生能源发电中已有广泛的应用。目前国内从事电力电子变流器行业的企业也主要集中于光伏和风力发电等新能源应用领域,市场上专门针对储能电站应用的双向变流器的成熟产品还比较少,该技术产业链如图5所示。

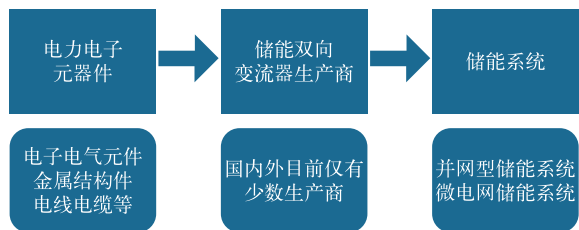


图5 储能变流器技术

(3) 储能系统规模化集成技术

储能系统集成服务即根据电力系统中相关主体，包括发电公司、电网和电力用户等的具体应用的需求以及目前存在的问题，通过集成储能系统为客户提供整体解决方案并为用户增值的一系列服务。

大规模电池储能电站配合大容量风电、光伏等新能源发电并网运行时，储能电站需要满足新能源发电从秒级至小时级不同时间尺度的实时功率响应以及电池能量供给的应用需求。不仅要求电池储能电站具有高速功率响应能力，而且也要保证大规模电池储能电站中并联运行的几个甚至数十个储能变流器单元的荷电状态一直控制在较好的工作区间。因此，管理好各储能单元的电池荷电状态和健康状态，在储能电站内部合理分配好实时总功率、调度管理好充放电能量，并将电池的荷电状态控制在一定范围内是非常必要的，也是大规模电池储能电站集成中的关键技术难题。

(4) 储能站群的动态功率与能量管理技术

电池能量管理系统参与电池箱内电池模块的监控工作，使储能系统的运行、充电等功能与电池的相关参数（电流、电压、内阻和容量）紧密相连。起到保护电池性能、防止个别电池的早期损坏及有利于电池运行的作用，并具有各种警告功能等。各种电池模块虽然有结构和性能上的差异，但都具备一些相同或相似的功能。

中央控制系统负责监控整个系统的运行，内部集成算法控制部分、通信控制部分以及驱动控制部分，通过友好的人机界面，实时检测各种物理量并通过GPRS、WiFi和以太网等多种方式实现数据上传，输入命令控制电池管理系统和双向换流系统的运行。

储能电站运行寿命与电站维护有着密不可分的关系。以锂离子电池储能为例，锂离子电池储能系统是一种以锂盐、有机化学品加上外围的机械电子

物料组成的化学储能综合系统。在日常的运行过程中，对其进行定期的维护和保养，有利于保持其各项性能和提高其使用寿命。

储能电站运行维护主要包括运行过程中的注意事项、巡检和定期维护保养项目及运行过程中发生常见故障的排除方法等内容。储能电站运行维护主要分为储能电池本体维护、功率转换系统（PCS）维护和监控系统维护等，同时大容量储能电站运行和维护的总体发展趋势是自动化、在线维护（不断电、热拔插）。

结束语

大规模电池储能技术在发电侧，可作为独立电站参与电网调频调压、提供备用和削峰填谷，同时也可与可再生能源发电配合提高可再生能源上网电量；在输电侧可作为输电网投资升级替代方案，延缓电网升级，并为电网提供二次调频服务；在配电侧可延缓配电网的升级改造，提高配电网运行的安全性与经济性，并提升接纳分布式电源的能力；在用户侧可通过峰谷价差进行价格套利、参与需求侧响应获取收益。

本文首先总结了国内外储能的相关政策、示范应用并对国内外储能市场和政策环境进行了研究；其次分析储能技术在发输配用各个环节以及分布式、微电网中所起的作用，对现有储能技术的需求进行分析，然后结合储能系统的需求对储能技术推广所需要解决的问题进行梳理分析，基于上述研究内容，得出以下结论：

1) 储能技术的发展过程中，以磷酸铁锂、铅碳电池为首的电化学储能技术发展较为快速、相对成熟并已经具备商业化的特点。

2) 长寿命、低成本、高转换效率和高安全性是电池规模化应用的必要条件，电化学储能技术已经具备初步推广的能力。

3) 在电力储能应用领域，用户侧储能削峰填谷及分布式光伏+储能，电网侧储能调频调峰电站，发电侧规模化储能电站成为未来储能发展的主要应用模式。

4) 目前，已经掌握了兆瓦级、十兆瓦级电池储能电站的集成、运行和控制技术，其各项技术指标均满足电力系统应用需求，而百兆瓦级电池储能电站相关技术有待进一步提升。EA