2018
储能市场环境下的发展
REPORT

作者：高亚静 罗晶晶 穆启天
任佳峰 陈非凡 段杰

单位：华北电力大学电力工程系

START

ncepu电力市场

目录

PART 1
基本概念与分类

PART 2
作用与必要性

PART 3
国内外现状

PART 4
参与市场

PART 5
前景与展望

ncepu电力市场

1
NEXT
基本概念与分类
ncepu电力市场

1

何为储能？

储能主要指电能的储存，是通过装置或物理介质将能量储存起来以便以后需要时利用的技术。储能技术按照存储介质进行分类，可以分为机械类储能、电气类储能、热储能和化学类储能储能技术。

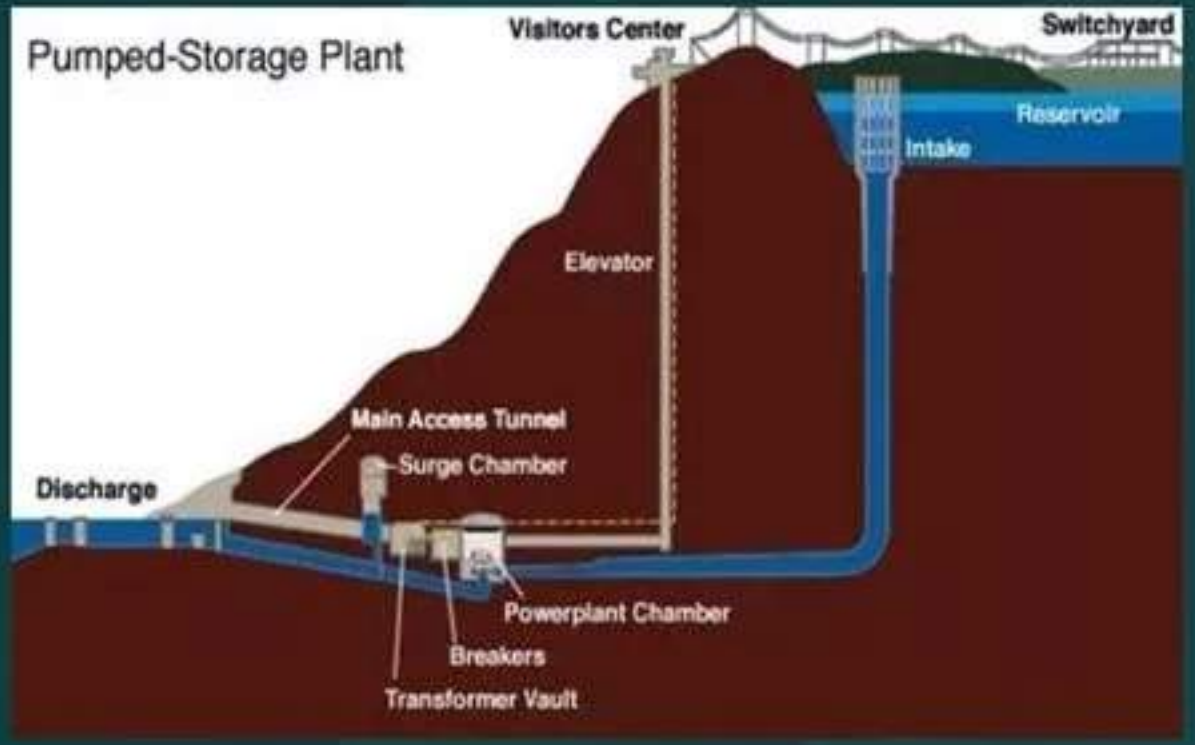
ncepu电力市场

机械储能

- 抽水蓄能
- 压缩空气储能
- 飞轮储能

ncepu电力市场

抽水蓄能



抽水储能是在电力负荷低谷期将水从下池水库抽到上池水库，将电能转化成重力势能储存起来，在电网负荷高峰期释放上池水库中的水发电。

主要特点：

① 属于大规模、集中式能量存储，技术较为成熟，多用于电网的能量管理和调峰；

② 负荷响应速度快（10%负荷变化需10秒钟），从全停到满载发电约5分钟，从全停到满载抽水约1分钟；

③ 效率较高，综合效率可达70%～85%

缺点

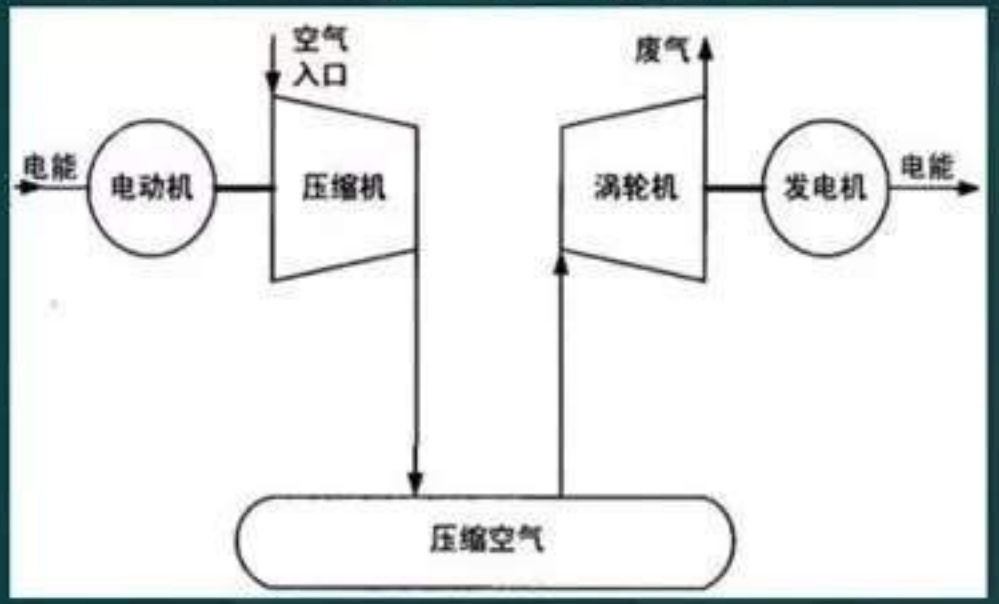
① 需要上池和下池，建设周期长；

② 厂址的选择依赖地理条件，有一定的难度和局限性；

③ 与负荷中心有一定距离，需长距离输电。

ncepu电力市场

压缩空气储能



压缩空气技术在电网负荷低谷期将电能用于压缩空气，将空气高压密封在报废矿井、沉降的海底储气罐、山洞、过期油气井或新建储气井中，在电网负荷高峰期释放压缩的空气推动汽轮机发电。

主要特点：

① 规模仅次于抽水蓄能
② 建造成本和运行成本比较低
③ 安全性和可靠性高
④ 场地限制少。可以用地面储气罐取代溶洞

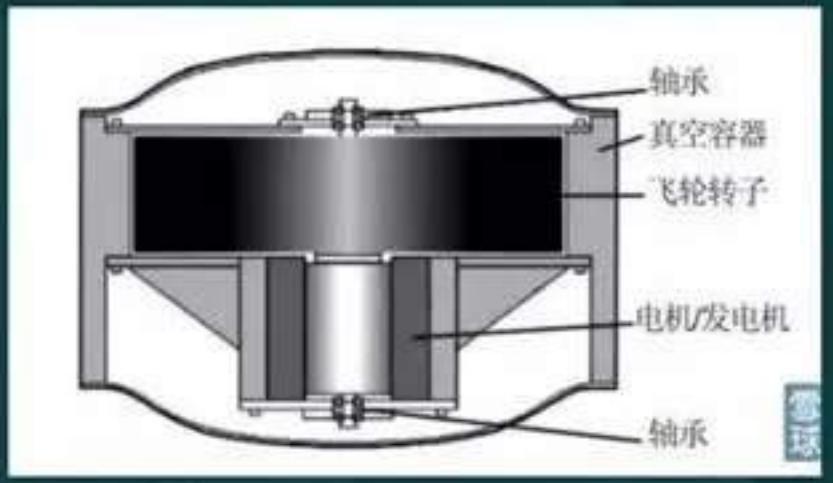
缺点

① 一大缺陷在于效率较低，原因在于空气受到压缩时温度会升高，空气释放膨胀的过程中温度会降低。在压缩空气过程中一部分能量以热能的形式散失。
② 需要大型储气装置、一定的地质条件和依赖燃烧化石燃料。

ncepu电力市场

飞轮储能

飞轮储能利用电动机带动飞轮高速旋转，将电能转化成机械能储存起来，在需要时飞轮带动发电机发电。



主要特点：

① 飞轮系统运行于真空度较高的环境中，没有摩擦损耗、风阻小、寿命长。
② 对环境没有影响，几乎不需要维护。
③ 效率高，可达到90%以上。

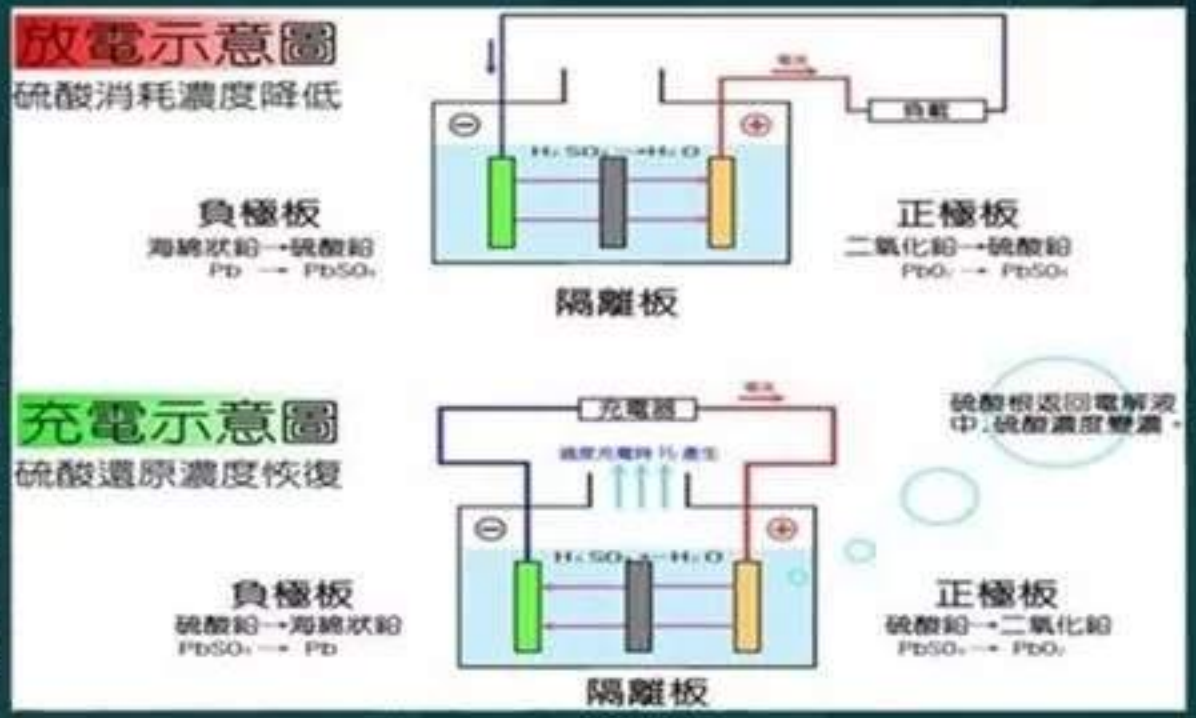
缺点

① 能量密度比较低，能量释放只能维持较短时间，一般只有几十秒钟。
② 自放电率高，如停止充电，能量在几到几十个小时内就会自行耗尽。

ncepu电力市场

电化学储能

电化学储能是通过化学反应将化学能和电能进行相互转换以存储能量的技术。电池是能量转换的主要载体。电池的类型很多，其内部材料体系和电化学反应机理各异，但是，它们内部的核心结构却基本相同，都是由正极、负极、隔膜和电解质组成。电池内部电势较高的一极称为正极电势较低的一极称为负极。在充电过程中，电池正极上的活性材料发生氧化反应，失去电子。同时，阳离子通过电解质在电场的作用下向负极移动。失去的电子沿着外电路流向负极，并在负极上与负极活性材料结合，发生还原反应。电池的放电过程与充电过程正好相反。



缺点

① 寿命短
② 对温度敏感
③ 存在安全问题
④ 电池的后处理问题

ncepu电力市场

电气储能

- 超导储能
- 超级电容器储能

ncepu电力市场

超导储能

将一个超导体圆环置于磁场中，降温至圆环材料的临界温度以下，撤去磁场，由于电磁感应，圆环中便有感应电流产生，只要温度保持在临界温度以下，电流便会持续下去。试验表明，这种电流的衰减时间不低于10万年。显然这是一种理想的储能装置，称为超导储能。

主要特点：

① 功率大、体积小、损耗小

② 可以达到很高的储能密度

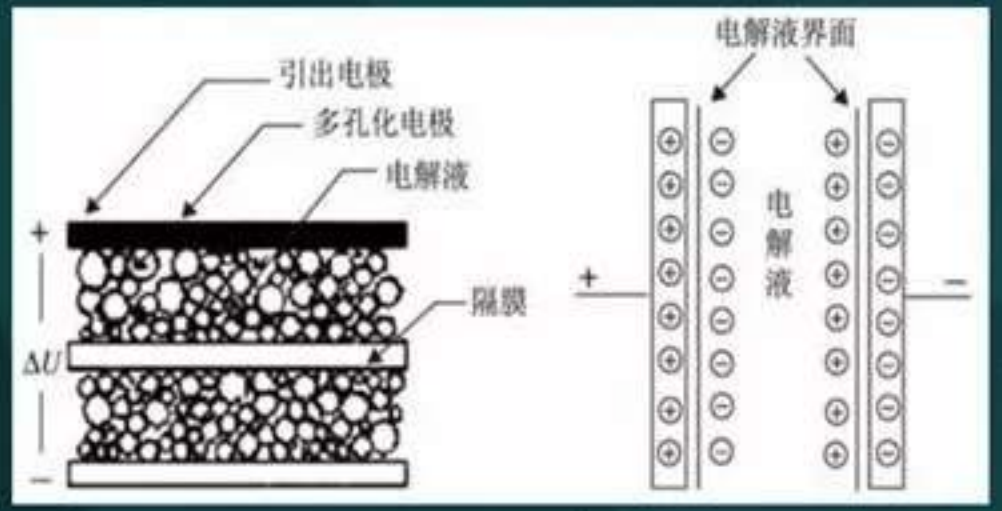
③ 反应时间快，毫秒级

缺点

成本高，应用受到限制

ncepu电力市场

超级电容器储能



超级电容器根据电化学双电层理论研制而成，可提供强大的脉冲功率，充电时处于理想极化状态的电极表面，电荷将吸引周围电解质溶液中的异性离子，使其附于电极表面，形成双电荷层，构成双电层电容。

主要特点：

① 与利用化学反应的蓄电池不同，超级电容器的充放电过程始终是物理过程，更加稳定可靠。

② 充电时间短、使用寿命长、温度特性好、节约能源和绿色环保。

缺点

和电池相比，其能量密度导致同等重量下储能量相对较低，直接导致的就是续航能力差，依赖于新材料的诞生，比如石墨烯。

ncepu电力市场

储热·蓄冷

- 在电网低谷时段运行电加热设备对存放在蓄热罐中的蓄热介质进行加热，将电能转换成热能储存起来，在用电高峰时段将其释放。

- 在电网低谷时段采用电动制冷机组制冷，利用水的潜热（显热）以冰（低温水）的形式将冷量储存起来，在用电高峰时段将其释放。

ncepu电力市场

2
NEXT
储能的作用与必要性
ncepu电力市场

储能在发、输、配、用方面都有着很大的作用，这些作用不仅仅是理论推导，同时也通过相关的示范工程的部署证明了它的合理性和有效性。

储能在发输配用环节都有着自己的不可或缺的作用，这是无可厚非的。

发电端

辽宁卧牛石和青海的光储电站以及后期的山西电网储能参与火电调频，或者在吉林电网储能参与灵活性改造，都说明储能在发电端是有着明显的作用的。

输电端

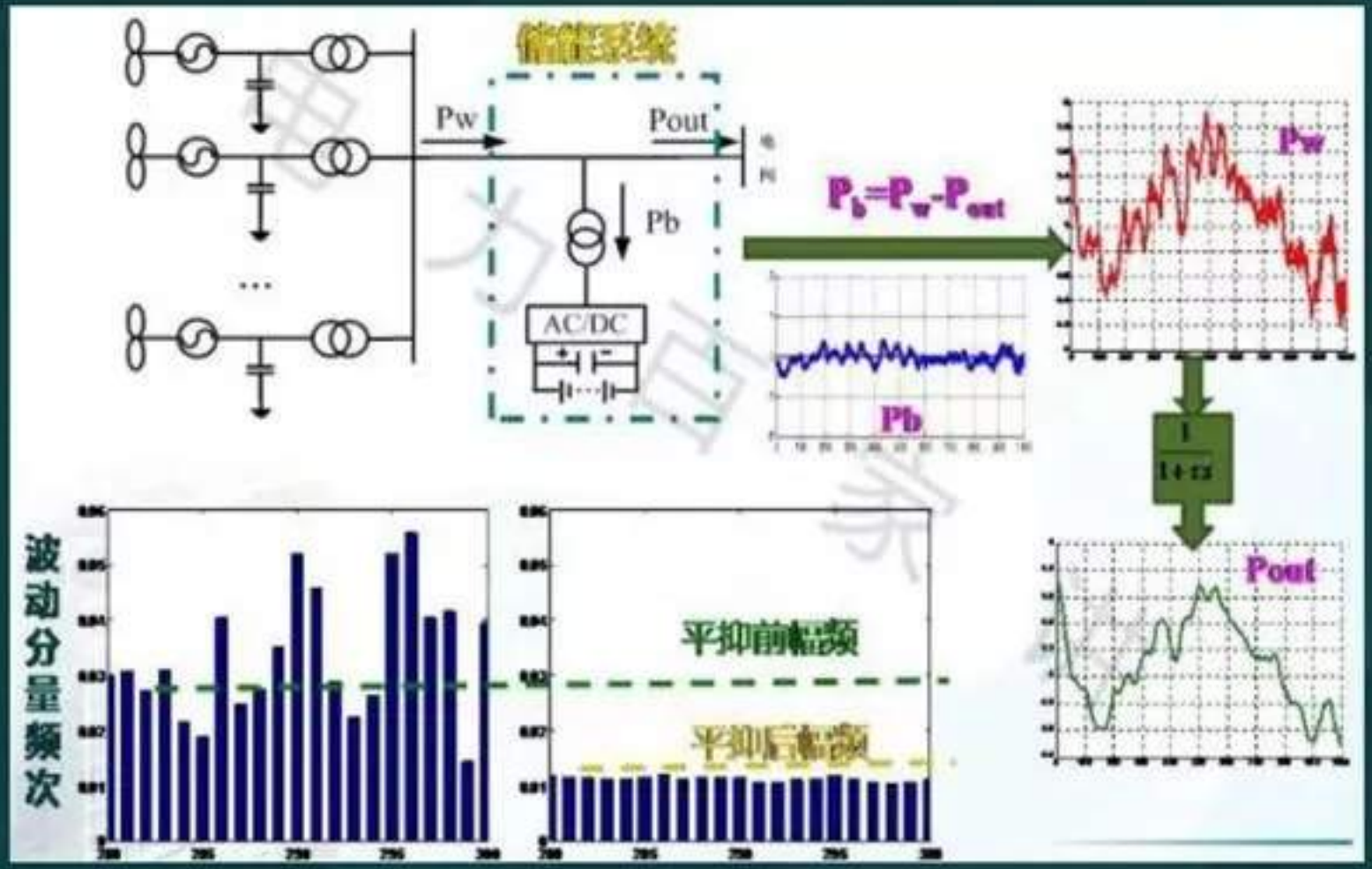
河南电网公司有一条哈郑的直流输电线路带的是2600MW的负荷，配置储能是为了怕特高压线路闭锁后，2600MW的负荷就甩负荷了。所以在输电领域，我们设计的部署10-20个百兆瓦的储能电站，解决特高压闭锁后甩负荷的情况。这种情况的对比方式是和建火电，比如说在这种场景还有一种解决方式是建2600MW的火电，可是火电的利润率是比较低的，每次用只有十几分钟，在未发生闭锁情况的时候是用不到的，所以建设这种大规模的火电是不靠谱的。

配电和用户侧

比如福建和江苏公司在用电端的储能实例就有很多，尤其是在江苏，在部署了海量的储能以后由电网进行统一调度，这会给电网带来意想不到的作用，我们给他起的名字叫

ncepu电力市场

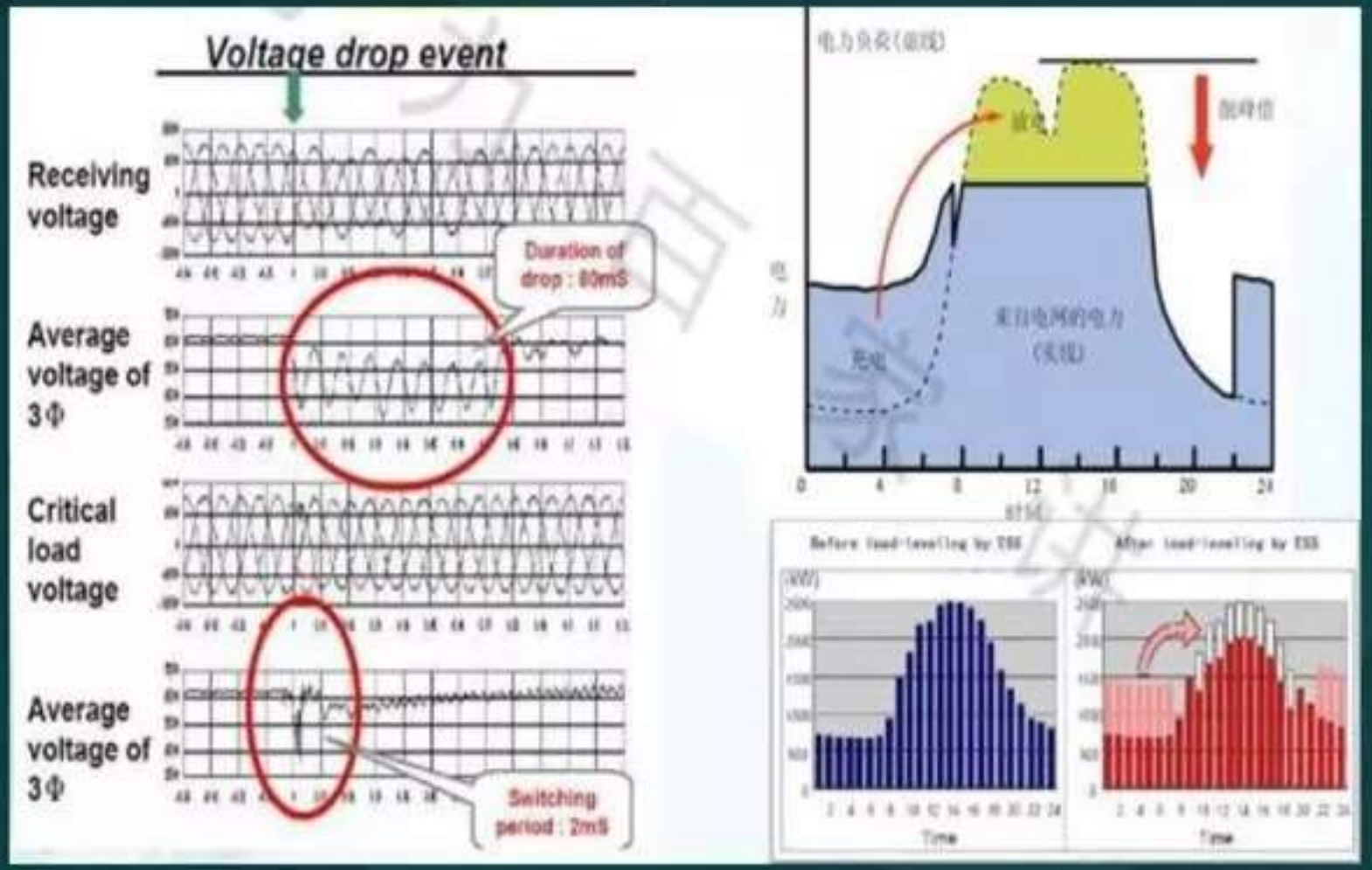
效应。



储能通过DC/AC集中接入风电的送出端，借助拓扑结构提升电网对风电的消纳能力。风电输出是间歇波动性的，通过储能接入电网就会平抑很多，更受电网欢迎。

储能作用于平抑风电功率波动的典型作用示意图

ncepu电力市场



储能在用户端的作用

体现了储能在用户端经典的作用，就是减小峰谷差，这也是储能现阶段唯一存在清晰商业模式的场景，高峰时刻放电，低谷时期充电，即所谓的套利。通过这种手段给用户带来商业价值，同时还存在着一个潜在的价值，削峰填谷，减少对电网的冲击。

ncepu电力市场

发电领域	辅助动态运行	1通过储能技术快速响应速度，进行辅助动态运行时提高火电机组的效率，减少碳排放 2 避免动态运行对机组寿命的损害，减少设备维护和更换设备的费用
	取代或延缓新建机组	储能可以降低或延缓对新建发电机组容量的需求
输电领域	调频	通过瞬时平衡负荷和发电的差异来调节频率的波动。
	电压支撑	电力系统一般通过对无功的控制进行调压，但当因有功确实导致电压下降时，用储能调节效果明显
	调峰	在用电低估时为抽水蓄能电站蓄水，在用电高峰时释放电能，实现削峰填谷
	备用容量	备用容量应用于常规发电资源的无法预期的事故，

ncepu电力市场

配电领域	缓解线路阻塞	安装在阻塞线路下游，在无阻塞是充电，在阻塞时放电
	变电站直流电源	可以用于开关元件，控制设备的备用电源，直接为直流负荷供电
用户端	用户风时电价管理	帮助用户实现分时电价管理，在电价较低时对储能系统充电，在高电价时放电
	容量费用管理	用户在自身用电负荷较低的时段对储能设备充电，在需要高负荷时，利用储能设备放电，从而降低自己的最高负荷
	电能质量	提高供电质量和可靠性

ncepu电力市场

提高电能质量

提高电能质量包括维持系统暂态稳定性和频率、电压调节等，该类功用需要储能设备快速反应(1s之内)，对储能设备放电持续时间(能量维度)的要求在分钟量级。

提供桥接电能

提供桥接电能是指在电能消失或者不同电能来源之间的转换过程中，提供过渡电能的能力，应用场合为电力应急储备、变负荷、电力系统故障等，该类功用需要储能设备的反应时间在秒到分钟范围内，对放电持续时间的要求可长达小时量级。

能量管理

能量管理则对应着长时间内的能量转移，应用场合包括电网削峰填谷、终端用户电力管理等等，该类功用对放电持续时间的要求长达几个小时。

ncepu电力市场

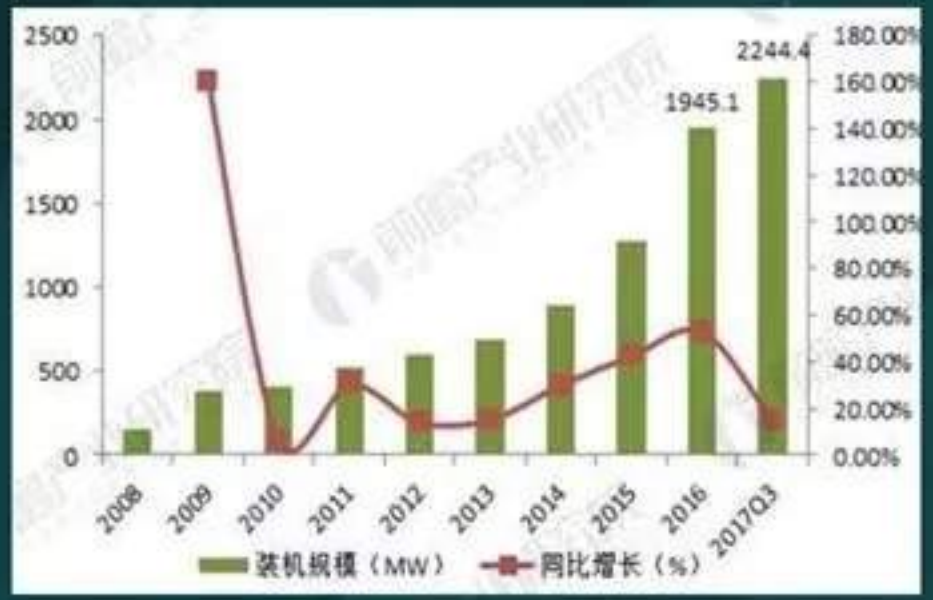
3
NEXT
储能的国内外现状
ncepu电力市场

全球储能行业发展现状

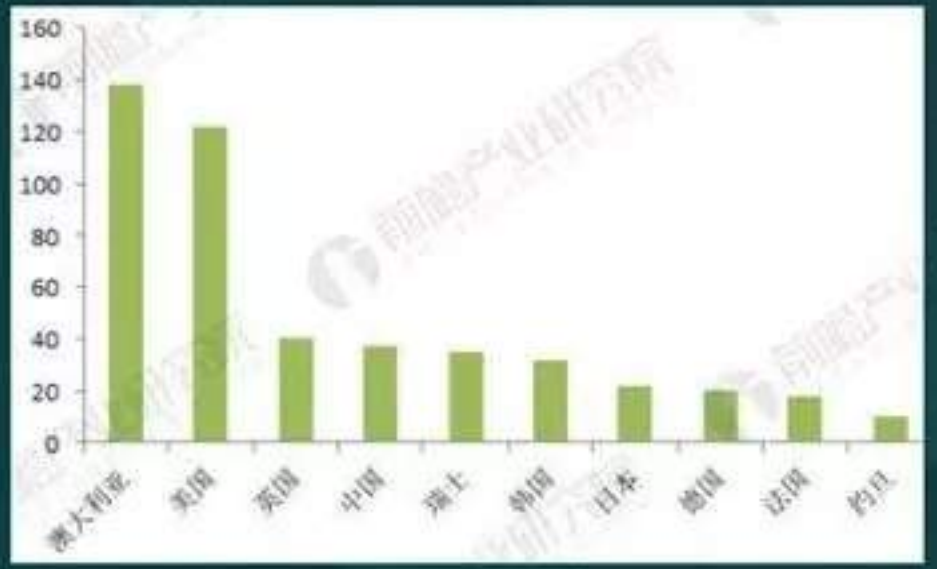
储能产业作为能源结构调整的支撑产业和关键推手，在传统发电、输配电、电力需求侧、辅助服务、新能源接入等不同领域有着广阔的应用前景。作为新兴产业，储能在2007 年之后一直保持较快增长，据不完全统计，全球储能项目在电力系统的装机总量已经从2007 年的不足100MW 发展到2016 年的1945.1MW(不包含抽水蓄能、压缩空气储能及储热)，年复合增长率(CAGR)达到193%。

据中关村储能产业技术联盟(CNESA)项目库的不完全统计，截至2017年第三季度，全球已投运储能项目累计装机规模为169.2GW。其中，抽水蓄能的累计装机占比最大，为97%，电化学储能项目的累计装机规模位列第三，为2244.4MW，占比为1.3%，相比去年增长15%。2017年第三季度，全球新增投运电化学储能项目的装机规模为94.4MW，同比增长551%，环比增长50%。

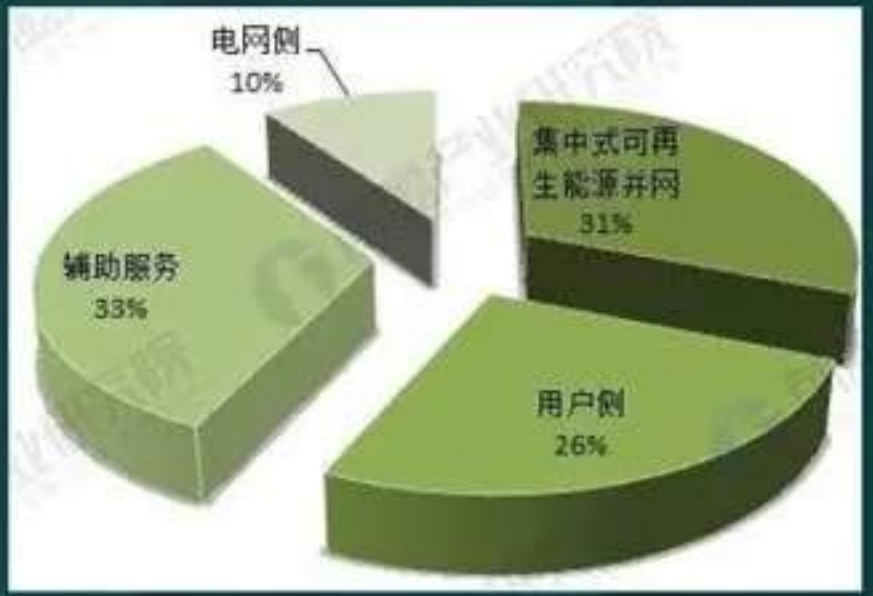
ncepu电力市场



2008-2017年全球电化学储能项目累计装机规模(单位：MW，%)



2017年三季度全球新增在建/规划电化学储能项目装机规模排名前十的国家(单位：MW)



2017年三季度全球新增投运电化学储能项目的应用装机分布(单位：%)

ncepu电力市场

中国储能市场概况

目前来看，我国储能产业还处于发展的初期阶段，以应用示范为主。据美国能源部全球储能数据库2016年8月16日更新数据显示，中国累计储能总装机32.10GW（94个在运行项目），其中抽水蓄能32GW（34个在运项目）、电化学储能0.05GW（58个在运项目）、储热0.05GW（2个）。

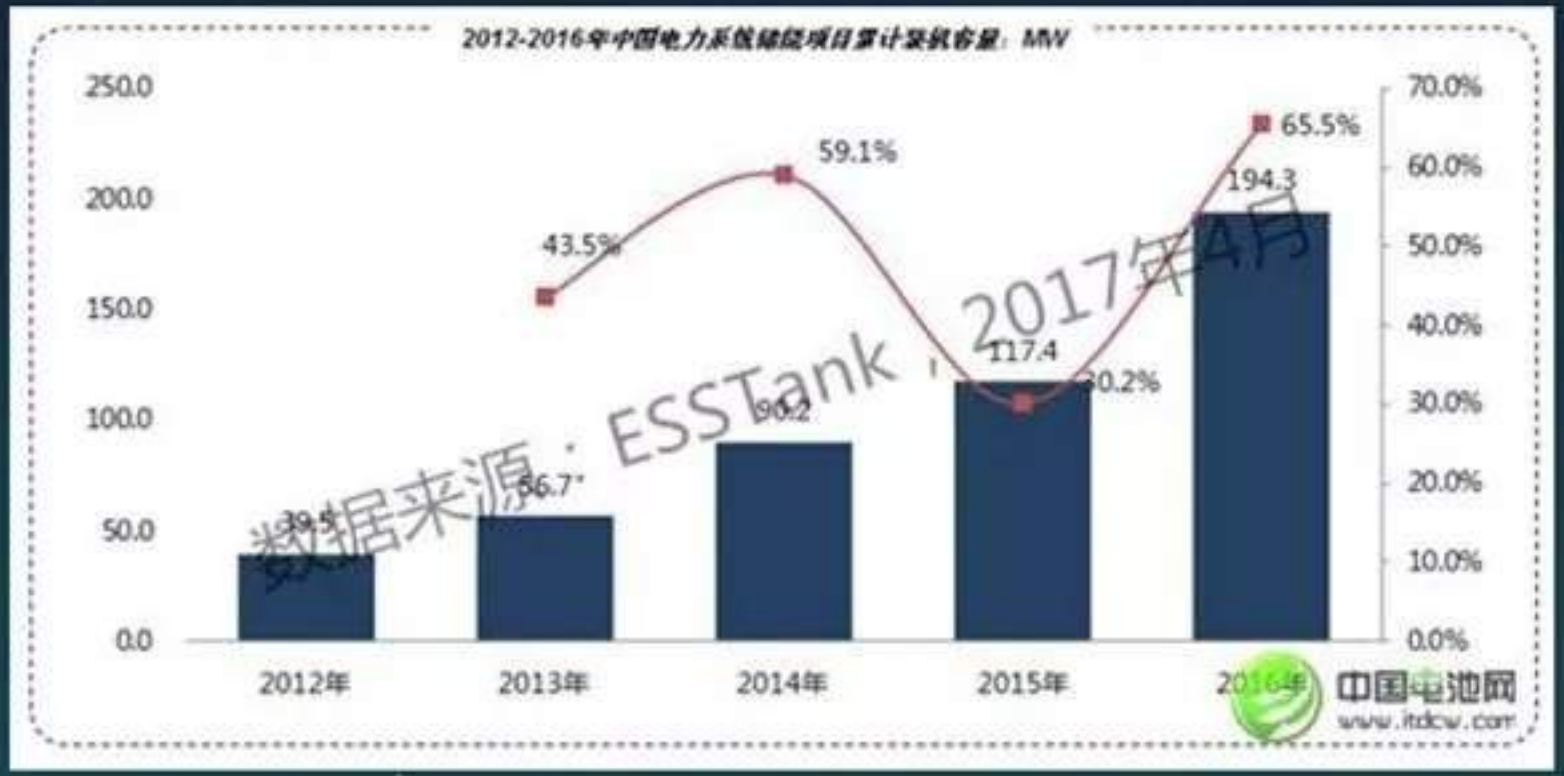
ncepu电力市场

抽水蓄能32GW（34个在运项目）、电化学储能TITLE HERE
主要集中在我国东部沿海城市

储能分布

中国累计储能总装机32.10GW（94个在运行项目），其中抽水蓄能32GW（34个在运项目）、电化学储能0.05GW（58个在运项目）、储热0.05GW（2个）。抽水蓄能电站和电化学储能项目都主要集中在我国东部沿海城市。

neepu电力市场



从化学储能装机容量来看，截止到2016年年底，国内电力系统化学储能累计装机容量达到194.3MW，同比增长65.5%。其中锂离子电池占比达到75.5%。

ncepu电力市场

从应用领域来看，用于用户侧的分布式发电和微电网占比达到60%，其次为发电侧的可再生能源并网30%，电力辅助服务市场（调峰调频、电能质量控制）占比约为10%。关于储能对电池的需求，根据不同领域储能系统的响应时间统计出2016年全年用于储能系统的电池容量为568.4Mwh，同比增长84.5%。在储能产业不出台针对性补贴政策的情况下，预计到2020年储能电池的容量将达到1665.7Mwh，仍将以锂电池为主，占比为59.34%。

ncepu电力市场

存在的问题

PART 1

储能技术路线不成熟

PART 2

缺乏相应的数据支撑

PART 3

储能政策体系和价格机制不完善

PART 4

成本高且不具备盈利性

PART 5

储能项目融资困难

PART 6

储能技术有待进一步突破

ncepu电力市场

现状总结

目前，国内已经有了一些地区性规定，提供了一些发展机会和市场模式，但离整体产业的健康发展还有很大距离。我国储能商业化应用面临储能成本偏高、电力交易市场化程度不健全、储能技术路线不成熟、缺乏储能价格激励政策等几大挑战，还需要国家进一步出台扶持政策。

ncepu电力市场

4

NEXT

储能参与市场

ncepu电力市场

储能与电网

智能电网是电力系统发展的终极目标，而储能技术在智能电网的建设过程中起到非常重要的作用。通过总结现有的储能技术，可以得知储能技术在电网侧、用户侧和新能源发电这三个方面起着重要的参与作用。

ncepu电力市场

电网侧

延缓电网升级、减少输电阻塞、提供辅助服务、提高供电可靠性，可以参与削峰填谷，减少网络损耗

用户侧

调节负荷以节省电费、提供不间断供电
避免重要的地方断电

新能源发电

优化整个系统的电源结构
稳定新能源的出力曲线，增加考核收益

ncepu电力市场

储能技术	参与市场方式
抽水蓄能	调峰填谷、调频、调相、紧急事故备用、黑启动和提供系统的备用容量 非常适合于电力系统调峰和用作备用电源的长时间场合
超级电容器储能	多用于短时间、大功率的负载平滑和电能质量高峰值功率场合，如大功率直流电机的启动支撑、动态电压恢复器等
超导磁储能系统	可以充分满足输配电网电压支撑、功率补偿、频率调节、提高系统稳定性和功率输送能力的要求
电池储能	适用于新能源发电
飞轮储能	主要用于不间断电源/应急电源、电网调峰和频率控制
压缩空气储能电站	峰谷电能回收调节、平衡负荷、频率调制、分布式储能和发电系统备用

ncepu电力市场

部分省市的储能参与市场方式

地区	对储能参与市场表达	交易品种
广东	允许第三方辅助服务提供者与发电企业联合参与调频市场	调频
福建	允许储能参与调峰	机组深度调峰、机组启停调峰、可中断负荷调峰、电储能交易
新疆	经市场准入的电储能可为电网提供调峰服务	实时深度调峰、调停备用、可中断负荷交易、电储能交易
山东	未将储能纳入市场主体	有偿调峰、自动发电控制
山西	发电企业、电力用户、售电企业、储能运营企业等均可参与辅助服务。电网企业直接或间接参与投资建设的电储能设施暂不得参与	调峰和调频
东北	允许储能参与调峰	实时深度调峰、火力调停备用、可中断负荷调峰、电储能调峰、火电应急启停调峰、跨省调峰、抽蓄超额[illegible]用、黑启动

deep电力市场

储能套利

以珠三角为例，高峰电价是低谷电价3倍多。企业高峰时段，用电量为1000千瓦时，倘若低谷时段储存电量用于高谷时段发电，最高每日将节省近千元的电费。

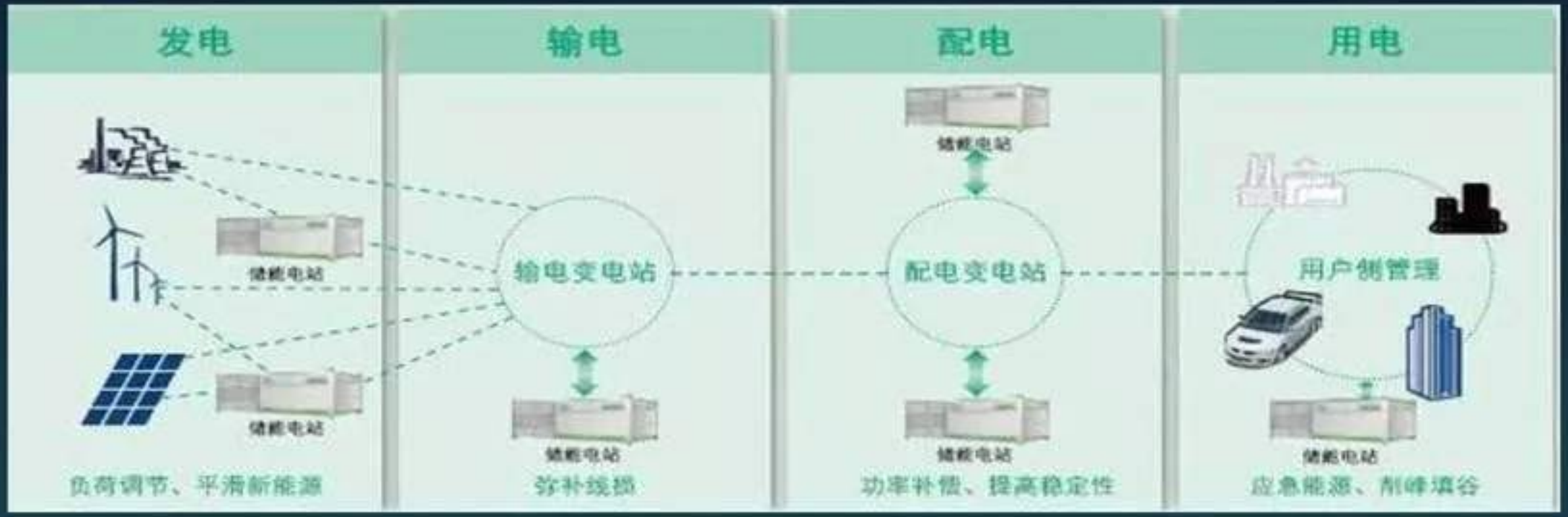
而且，售电公司通过储能手段，可规避偏差考核。售电公司在月底通过储能的手段把一部分用电量用电池做一个对冲，使他免除偏差考核的处罚。另外，售电公司在预测电量准确性，不仅体现在月度偏差考核上，而且在一定程度上缓解电力市场对电网运行的冲击。

而今后售电公司参与及提供储能服务，很可能成为售电公司服务于电力市场的标配。

随着电改不断加深，以后的售电公司不再单纯只做购售电业务，售电公司业务扩展慢慢延伸包括储能等其他辅助电力业务，将给电改市场注入新鲜血液。

除了在电力市场中套利之外，还有一个重要的价值方面就是为电网运行提供辅助服务，在自由竞争的电力市场中，对于额定功率和额定容量已经确定的储能系统，相关的评估研究均针对运营商的主要收益方面，如低储高发套利、调频收益、备用收益等，根据电价预测，计及运维成本，建立优化调度模型，在日前市场中合理安排储能系统的调频容量、备用容量和充/放电策略，使运营商获取最大的效益，从而对储能系统应用的效益进行评估。

ncepu电力市场



储能参与市场小结

虽然储能参与市场的方式多种多样，但是目前其主要收益仍是低储高发套利，即在负荷低谷期以低价购入储能，在负荷高峰期以高价售出，从中赚取差价。一方面储能自身能够从中获取利益，另一方面也适当的调节了电网负荷情况，使其更加平稳，减少了网损，也有利于设备的运行。

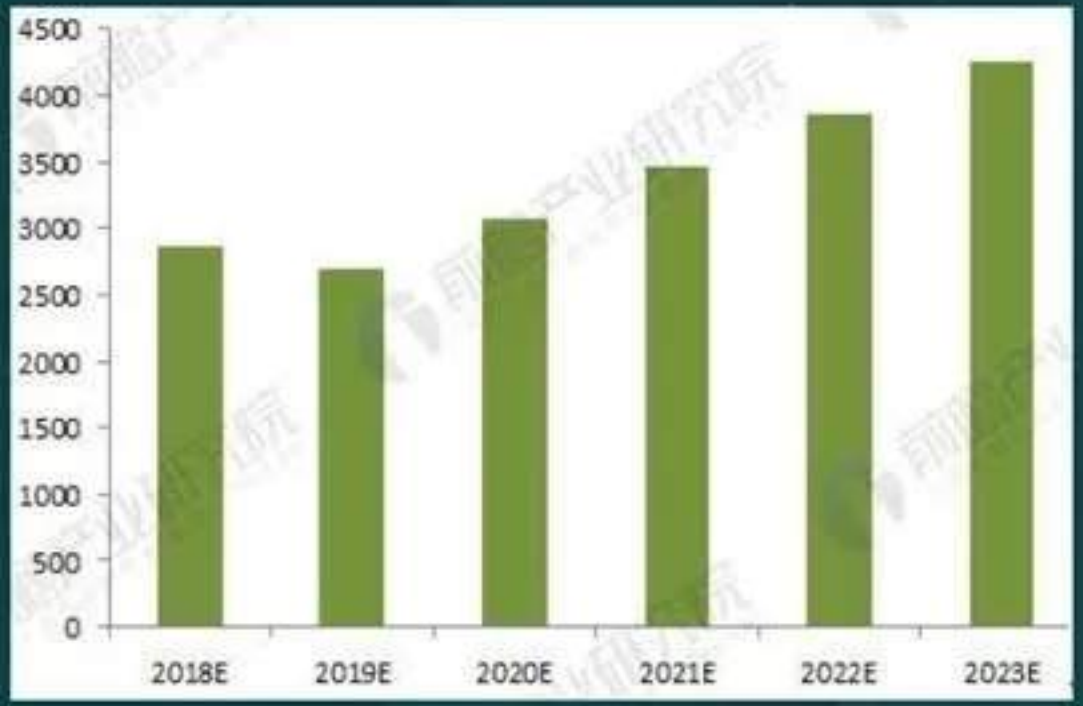
ncepu电力市场

5
NEXT
储能的前景与展望
ncepu电力市场

全球储能展望

储能技术的研究和发展一直以来备受各国重视，因为从某种意义上说，储能技术应用的程度决定着新能源的发展水平，储能产业重要性可见一斑。随着光伏FIT下降、户用光储补贴、税收投资抵免、能源智能网络化管控等因素驱动，全球主要储能市场蓬勃发展，前景一片大好。随着储能技术成本不断下降以及补偿机制的实施，预计到2025年，全球电化学储能项目累计装机规模将突破4000MW。从预测的数据可知，全球各界对未来储能市场高速发展具有信心。

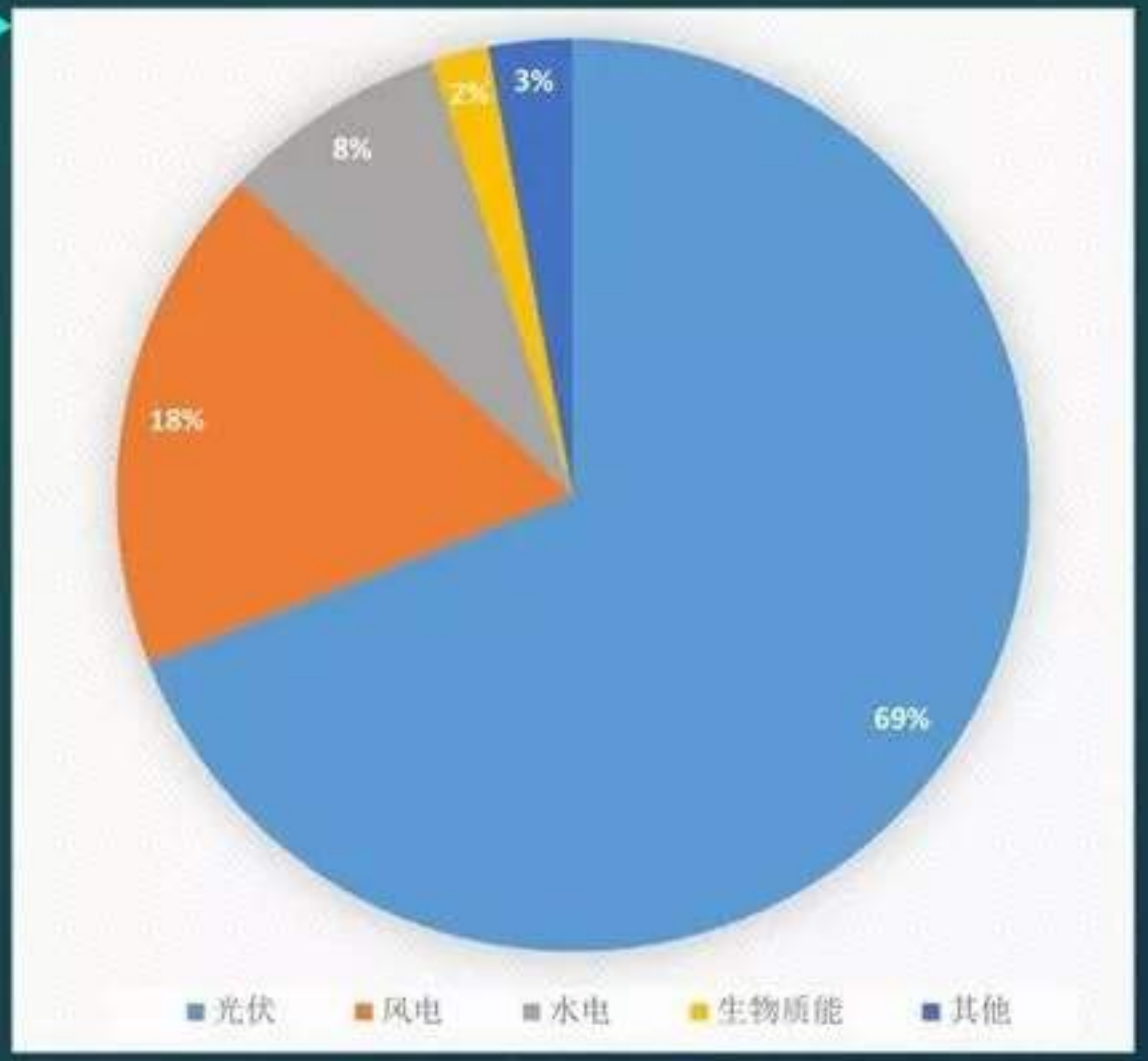
ncepu电力市场



2018-2023年全球电化学储能项目累计装机规模预测（单位：MW）

- 芬兰和德国学者发表最新研究成果，认为以现有技术加储能就可以在2050年在全球范围内实现100%可再生能源供电，实现零碳排放，而且成本将低于2015年的平均成本。
- 2015年全球发电的平均平准成本（levelized cost of electricity，简称LCOE）为8.2美分/千瓦时，而2050年100%可再生能源加储能的LCOE将降低至6.1美分/千瓦时（包含了可再生能源电源所增加的电网系统成本）。
- 预计世界人口将从2015年的73亿增至97亿，相应的电力需求将从24，310TWh增至48，800TWh。
- 2050年全球实现100%可再生能源供电，就业岗位将达到3600万，大大高于现有全球电力部门的就业人数（1900万人）

ncepu电力市场



全球发电结构

2050年的全球发电结构是:太阳能光伏(69%)、风电(18%)、水电(8%)、生物质能(2%),其中储能电池将覆盖31%的电力需求。从能源效率来看,2050年全球实现100%可再生能源供电的系统损失约为26%,大大低于2015年全球电力工业的系统损失(58%)。

ncepu电力市场

国内储能展望

2017年10月，我国正式下发关于促进储能技术与产业发展的指导意见，明确将通过储能应用示范，形成产业规模，加快突破储能成本高等瓶颈问题，促进储能的规模化应用。2018年1月，南方电网监管局发布《南方区域电化学储能电站并网运行管理及辅助服务管理实施细则(试行)》，将电化学储能电站纳入管理，储能电站根据电力调度机构指令进入充电状态的，按其提供充电调峰服务统计，对充电电量进行补偿，具体补偿标准为0.05万元/兆瓦时。

储能发展指导意见的下达，以及部分价格机制的形成，说明在我国，储能的市场主体地位及其在能源结构转型中的重要性更加凸显，政策的导向性及可操作性也更加明确，将加快促进储能的市场化发展。

ncepu电力市场

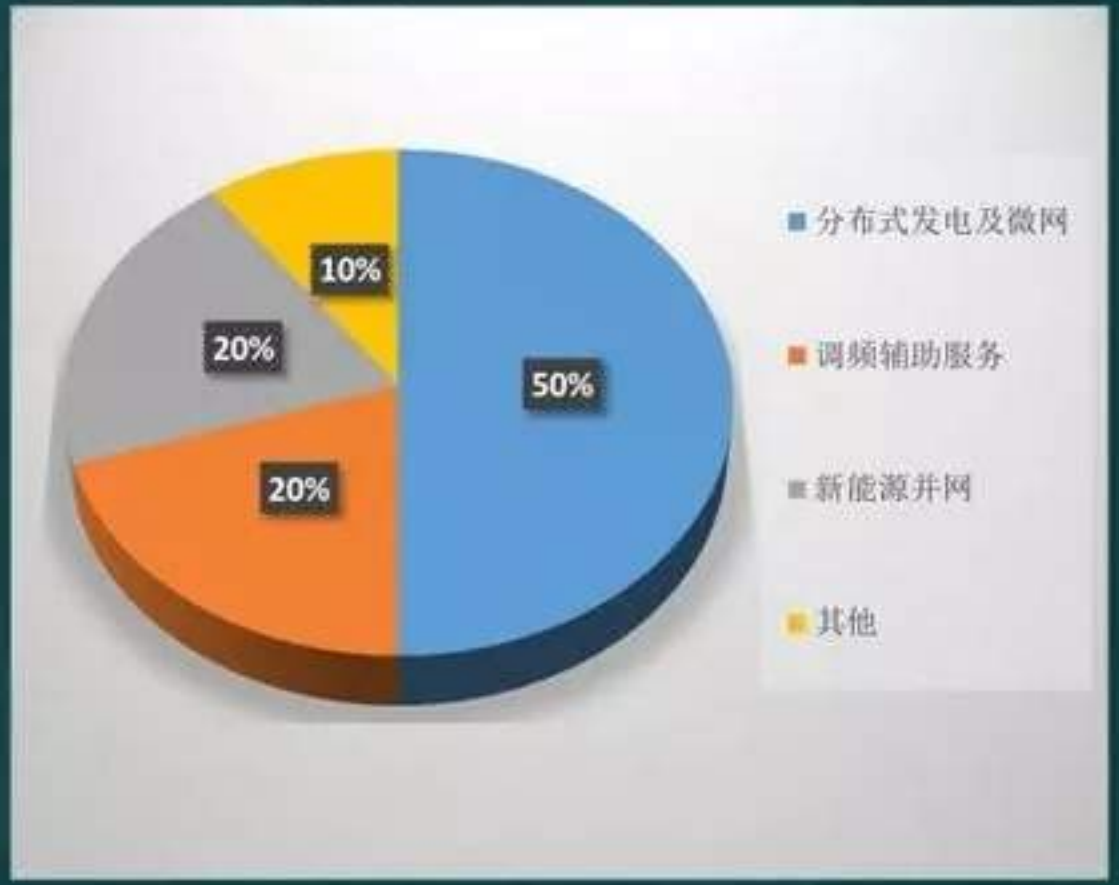
根据我国现阶段储能领域发展和未来需求情况来看，未来我国储能领域需求将主要集中在可再生能源并网和分布式发电及微网两大领域。到2020年我国储能装机规模(不包括抽水蓄能)有望达到14.5-24.2GW。

随着储能技术的发展，储能技术经济特性的进一步改善，储能在未来高比例新能源接入的现代电网中应用潜力巨大。储能在电力系统应用前景简单用“三步走”来概括。

ncepu电力市场

第一步：2018-2020年

应用重点领域依次为分布式发电及微网、调频辅助服务、新能源并网，应用场景主要集中在配网和电源侧。预计2020年我国储能市场规模有望达到15吉瓦。



ncepu电力市场

第二步：2021-2030年

进一步向延缓输配电设备投资、需求侧响应市场扩展。预计2030年我国储能市场规模有望达到40吉瓦。

ncepu电力市场

第三步：2030年之后

储能技术在电网的应用领域进一步扩大，有望参与电网移峰填谷，对电网的运营管理模式产生根本改变。预计2050年我国储能市场规模有望超过100吉瓦。

ncepu电力市场

更多专家PPT

加雯雯微信领取
17316013317