

储能电池技术

摘要： 储能技术是构建智能电网的重要环节，可以有效地实现用户侧的管理、提高系统运行可靠性、提高供电质量和可再生能源功率稳定。介绍了储能电池的工作原理、特点及储能电池设备的构成。

Abstract: The Electric Energy Storage Technology is important part of the power network for energy saving, it can effectively achieve the user side management, increase system reliability and improve power quality and renewable energy power. So far, various forms of electrical energy storage methods have been explored and developed, In this paper, we focus on the introduction to the working principles, characteristics and composition of energy storage battery.

一、智能电网与储能

储能技术是构建智能电网的重要环节。我国当前电网运营面临着最高用电负荷持续增加、间歇式能源接入占比扩大、调峰手段有限等诸多挑战；而优质、自愈、安全、清洁、经济、互动是我国智能

电网的设定目标，储能技术尤其大规模储能技术具备的诸多特性得以在发电、输电、配电、用电四大环节得到广泛应用，可以说储能环节是构建智能电网及实现目标不可或缺的关键环节。储能技术在智能电网建设各环节的主要作用见图1。

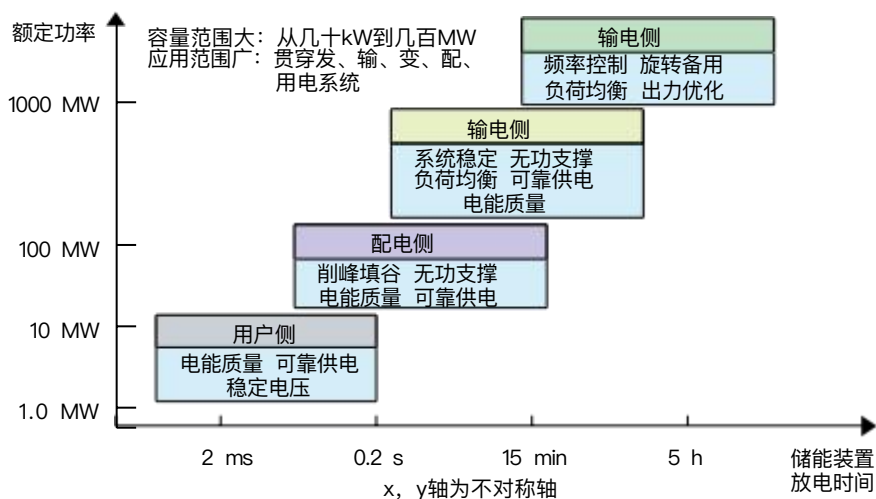


图1 储能技术的作用

储能系统作为智能电网重要的组成部分,可以有效地实现需求侧管理,消除昼夜间峰谷差,平滑负荷。不仅可以提高电力设备运行效率,降低供电成本,还是促进可再生能源的应用,提高系统运行稳定性、调整频率、补偿负荷波动的一种手段。智能电网的构建将带来储能技术升级,推动储能需求尤其是大规模储能需求的快速增长。储能系统在电网结构中的作用见图2。

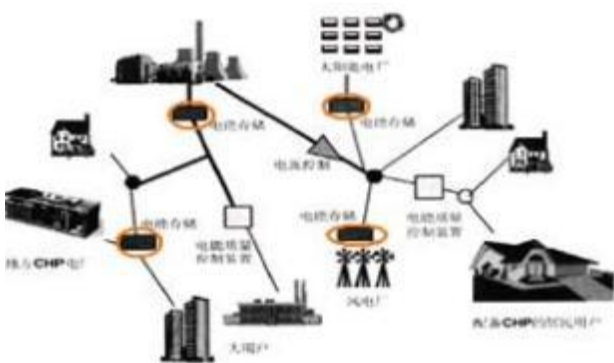


图2 电网中的储能系统

二、储能系统的作用

智能电网的核心技术之一就是储能技术,通过遍布电网的储能节点,智能电网可以对能源进行更有效的调度,使得整个电网的能源效率提高。大规模储能技术是对传统“即发即用”的电力模式的革命性突破,它可以减少用于发电设备的投资,提高电力设备的利用率,安装在用电设备附近可以降低线损,安装在大城市附近可以提高供电可靠性。

储能系统在今后智能电网建设中的主要作用如下:

1. 用于电力调峰,解决用电矛盾

当前我国用电量和最高负荷的不断攀升使电网峰谷差呈扩大趋势。以上海电网为例,2008年最高用电负荷达2 243.2万kW,最大峰谷差达878.8万kW,而2008年,上海最高用电负荷持续小时数只有104.5h,而为满足这短暂的高峰负荷,却需要

投资200亿元,而为此形成的输配电能力的年平均利用率不到2%;若储能系统形成规模后,每kW 储能投资可以延缓13 200元的电力建设费用,可使每吨标准煤所发的电多利用100kWh,可带来经济效益480元。

2. 用于用户侧,提高供电可靠性

通过储能系统提高终端用电安全,可避免减少GDP产值约1亿元(上海电网2006年总停电电量约为400万kW·h,每kW·h电量约创造25元GDP)。

3. 用于可再生能源优化,推动其开发应用

推动储能,是新能源更好地接入电网的硬性需求。预计我国到2020年,以风电、光伏发电为代表的可再生能源装机容量在电源占比中有望提升至15%。而风电、光伏电站具有随机性和间歇式特点,昼夜间发电量差异极大,随着电网中间歇式能源占比的逐年上升,电网将面临考验。随着风电装机容量迅速增加,风电并网对电能质量和电力系统运行安全的影响已初步显现,目前部分地区并网的风电机组已经对电网系统电压、频率和稳定性等产生了影响。而利用储能装置可使间歇性、波动性的新能源变得可调、可控。

4. 用于电力系统控制,提高电网安全性

从商业和居民用户的角度来讲,采用储能技术可以降低终端用户电力服务的成本,同时提升服务质量。储能产品能够提供紧急备用电力,更全面地参与需求响应程序,以更可靠的方式整合基于家庭的可再生能源以及更高效地完成电动汽车的充电。

三、储能系统的分类与比较

目前储能方式主要分为四类:机械储能、化学储能、电磁储能和相变储能。

在各种储能技术中,抽水蓄能和压缩空气储

能比较适用于电网调峰; 电池储能和相变储能比较适用于中小规模储能和用户需求侧管理; 超导电磁储能和飞轮储能比较适用于电网调频和电能质量保障; 超级电容器储能比较适用于电动汽车储能和



图3 储能系统的分类

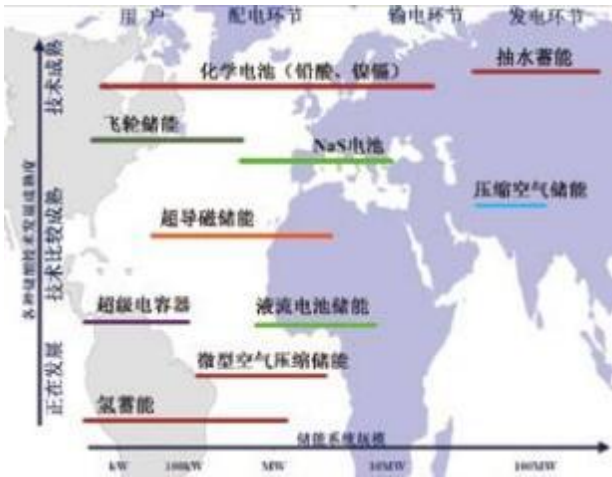


图4 各种储能技术成熟度与规模比较

四、储能电池技术的应用前景

表1 储能技术的综合比较

储能类型		典型功率	典型能量	效率	优势	劣势	应用方向
机械储能	抽水储能	100～2000MW	4～10h	60~70	大功率、大容量、低成本	场地要求特殊	日负荷调节、频率控制和系统备用
	压缩空气储能	100～300MW	6～20h	40~50	大功率、大容量、低成本	场地要求特殊，需要燃气	调峰发电厂、系统备用电源
	飞轮储能	5 kW～1.5MW	15s～15min	70~80	大容量	低能量密度	调峰、频率控制、UPS、电能质量调节、输电系统稳定性
电化学储能	铅酸电池	1kW～50MW	1min～3h	60~70	低投资	寿命短	电能质量、可靠性、频率控制、备用电源、黑启动、UPS
	先进电池技术,如NaS,VRLA,Li等	kW级~MW级	1min~若干h	70~80	大容量、高能量密度、高效率	高制造成本 安全顾虑	各种应用
	液流电池, 如VRB, ZnBr, NaBr等	100kW～100MW	1～20h	-	大容量、长寿命	低能量密度	电能质量、可靠性、备用电源、削峰、能量管理、再生能源集成
	超级电容器	1～100 kW	1s～1min	70~80	长寿命、高效率	低能量密度	电能质量调节、输电系统稳定性（与FACTS结合）
电磁储能	超导储能	10kW～1MW	5s～5min	80~95	大容量	高制造成本 低能量密度	UPS、电能质量调节、输电系统稳定性
相变储能	冰蓄冷	夜间采用电动制冷机制冷，使蓄冷介质结成冰储存冷量。在负荷较高的白天，使蓄冷介质融冰，把储存的冷量释放出来					
	中高温蓄热	主要用在太阳能高温蓄热和工业蓄热方面，如太阳能热发电的蓄热系统					

储能电池具有悠久的历史，目前已经发展出包括铅酸电池、镍系电池、锂系电池以及液流电池、钠硫电池等类型。成熟的电化学储能技术如铅酸、镍系、锂系已经大量应用。

铅酸电池在高温下寿命缩短，与镍镉电池类似，具有较低的比能量和比功率；但价格便宜，构造成本低，可靠性好，技术成熟，已广泛应用于电力系统，如变电站备用电源等，目前储能容量已达20MW。铅酸电池在电力系统正常运行时为断路器提供合闸电源，在发电厂、变电所供电中断时发挥独立电源的作用，为继保装置、拖动电机、通信、事故照明提供动力。然而，其循环寿命较短，且在制造过程中存在一定得环境污染。镍镉等电池效率高、循环寿命长，但随着充放电次数的增加容量将会减少，电荷保持能力仍有待提高，且因存在重金属污染已被欧盟限用。

锂离子电池比能量/比功率高、自放电小、环境友好，但由于工艺和环境温度差异等因素的影响，系统指标往往达不到单体水平，使用寿命较单体缩短数倍甚至十几倍。大容量集成的技术难度和生产维护成本使得这些电池在相当长的时间内很难在电力系统中规模化应用。

钠硫和液流电池则被视为新兴的、高效的且具广阔发展前景的大容量电力储能电池。MW级钠硫和100kW级液流电池储能系统已步入试验示范阶段。钠硫电池系统在电力系统和负荷侧成功应用100余套，总容量超过100MW。2001年，250 kW/520 kWh全钒液流电池在日本投入商业运营。近十多年来，美欧及日本相继将与风能/光伏发电相配套的全钒液流电池储能系统用于电站调峰。随着容量和规模的扩大、集成技术的日益成熟，储能系统成本将进一步降低，经过安全性和可靠性的长期测试，有望在提高风能/太阳能可再生能源系统的稳定性、平滑用户侧负荷及紧急供电等方面发挥重要作用。

五、储能电池设备的构成

1. 单体电池的构成

(1) 电池的种类和特征见表2所示。

表2 电池种类及特征

电池的种类	钠-硫电池	氧化还原流 电池	锌-溴电池	铅蓄 电池
正极活性物质	硫	钒 (5价)	溴	二氧化铅
负极活性物质	钠	钒 (2价)	锌	铅
电解质	β氧化铝陶瓷	钒的硫酸溶液	溴化锌水溶液	硫酸水溶液
理论能量密度 (Wh/kg)	786	100	428	167
开路电压(V)/原电池(cell)	2.1	1.4	1.8	2.1
工作温度(°C)	约300	室温	室温	室温
主要的辅机	电加热器	液循环泵冷却器	液循环泵冷却器	无
特征	高能量密度、自己无放电辅机少	大容量化容易	构造简单成批生产	成熟制品

(2)各种储能电池充放电反应原理如图5所示。

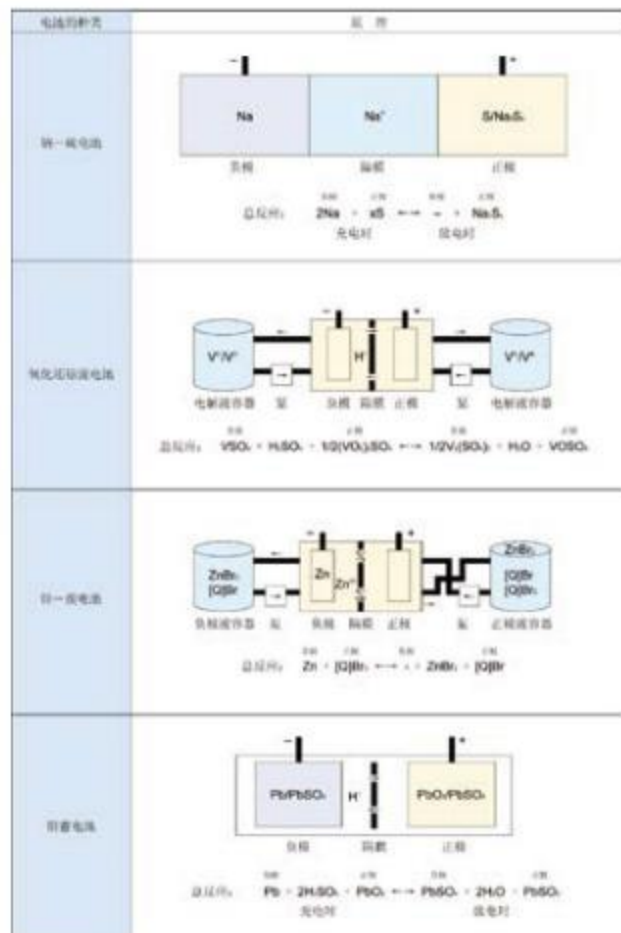


图5 充放电反应原理

(3) 各种储能电池的基本构造如图6~图9所示。

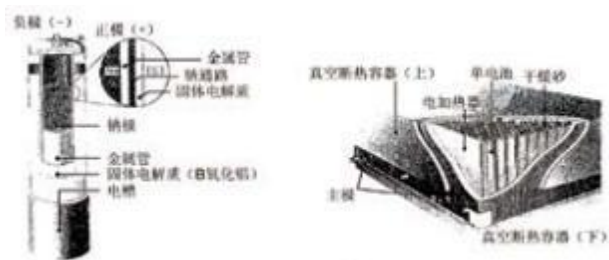


图6 钠-硫电池的结构

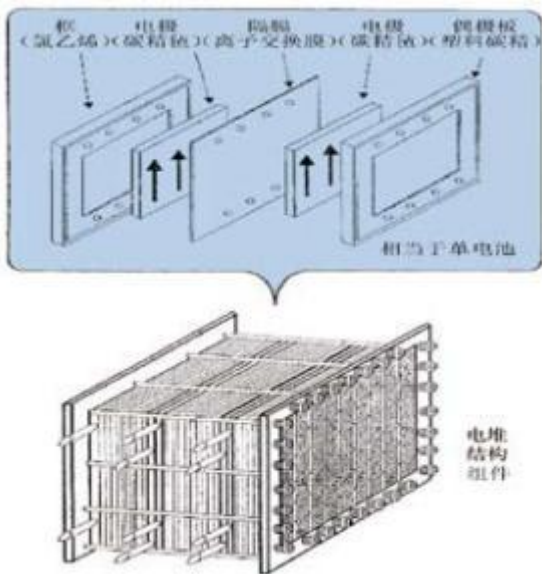


图7 氧化还原流电池的结构

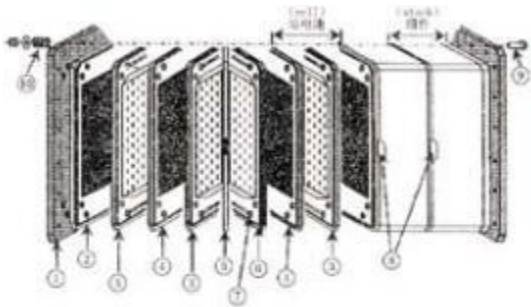


图8 锌-溴电池的结构

- | | | |
|------------|----------|--------|
| ③ 鼠标 | ② 电话电缆 | ③ 光纤电缆 |
| ④ 音频中间电缆 | ⑤ 十对集电电缆 | ⑥ 和细数据 |
| ⑦ 电视频道复合信道 | ⑧ 集电端子 | ⑨ 数据接口 |
| ⑩ 网络设置 | | |

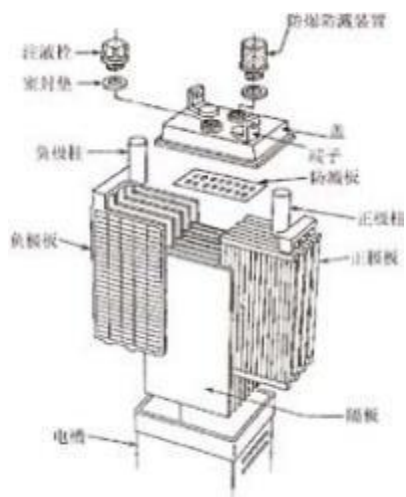


图9 铅蓄电池的结构

2. 交直流变换装置的构成

交直流变换装置是把电池和交流系统连接，在电池充电时把交流电力变为直流电力，在电池放电时把蓄在电池的直流电力变为交流电力的功能。

交直流变换装置主要由交直流变换器、交直流变换控制装置、变压器、交流断路器、直流断路器或负荷开关、保护装置、及附属装置构成。

交直流变换装置的主要构成器件如图10所示。



图10 交直流变换装置的构成

(1) 交直流变换器用的半导体元件

在交直流变换器的主回路中使用的半导体元件,主要有如下几种:

- ① 闸流管
- ② GTO (闸门电路断开)
- ③ GBT (绝缘栅门极晶体管)
- ④ MOSFET

这些半导体元件的应用范围、出力容量和工作频率如图11所示。

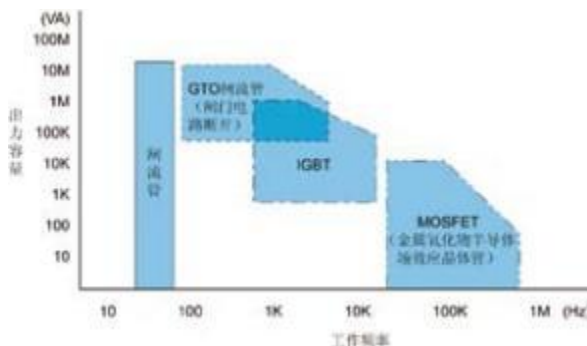


图11 部分半导体元件的应用范围及出力容量

(2) 交直流变换装置的控制方式

作为交直流变换装置的控制方式，为了一面连接系统一面实现向电池充电及从电池放电的功能，基本上是自励式电压型电流控制方式。

(3) 运行方式的种类

运行方式有手动运行、自动运行（模式运行、负荷跟踪运行）两种。

①模式运行

设定充放电功率及其开始时刻，并照此自动运行，图12为一应用实例。

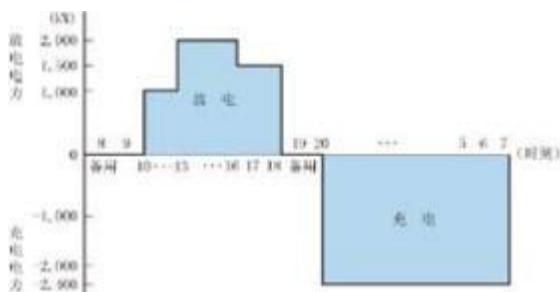


图12 一日模式的运行实例

②负荷跟踪运行方式

以削减受电电力的峰值为目的，随着负荷的变动自动改变放电功率的运行方式。如图13所示为2000kW电池的放电实例。

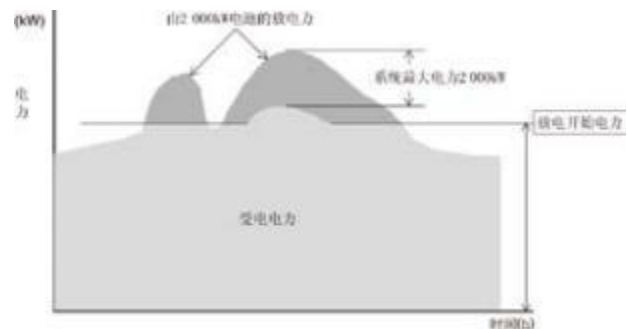


图13 2000 kW电池的放电实例

(a) 在超过事先设定的受电电力值（放电开始电力值）时，在电池的出力范围内放电那超过部分的电力。

(b) 放电开始功率值能任意设定。

3. 系统控制装置的功能

电力储能电池设备运行控制功能的内容如表3。

表3 运行控制的内容

项 目	内 容
电力控制功能（控制、调整储能电池设备电力的功能）	手动运行、自动运行的指令
	充电、放电、备用和停止指令
	时刻、日、周、月、季节等时间的指令
运行监视功能（监视、计测储能电池设备运行状态的功能）	充电及放电时的功率的指令
	手动运行、自动运行等运行方式的监视、显示
	充电、放电、备用、停止等状态的监视、显示
	时刻、日、周、月、季节等时间的监视、显示
	充电及放电时的功率及电量的监视、显示
	各部计测点的计测值的监视、显示
运行操作功能（为了储能电池设备的运行及保护操作必要的电器的功能）	各电器状态的监视、显示
	操作场所的选择
	充电及放电时的功率的设定
	模式运行、负荷跟踪运行的设定操作
	手动运行时的各电器操作
	运行及停止操作、紧急停止操作
	手动运行时的充电、放电、备用操作