



Research and  
Development Center

# 储能系列报告之一：蓄势待发，能源革命

能源化工组

2017 年 5 月 18 日

郭荆璞 首席分析师  
刘 强 分析师  
马步芳 研究助理



## 证券研究报告

## 行业研究——专题报告

## 储能行业

郭荆璞 首席分析师

执业编号: S1500510120013

联系电话: +86 10 8332 6789

邮箱: guojingpu@cindasc.com

刘强 分析师

执业编号: S1500514070005

联系电话: +86 10 8332 6707

邮箱: liuqiang1@cindasc.com

马步芳 研究助理

联系电话: +86 10 8332 6702

邮箱: mabufang@cindasc.com

信达证券股份有限公司  
CINDA SECURITIES CO.,LTD  
北京市西城区闹市口大街9号院1号楼  
邮编: 100031

## 储能系列报告之一：蓄势待发，能源革命

## 能源化工组

2017年5月18日

## 本期内容提要:

- ◆ **储能有需求，政策需引导。**目前我国已经出台了多项文件大力支持储能行业发展，但是限于我国目前缺乏电力交易市场，在现有的电力体制下，大部分地区居民及工商业的峰谷价差较小，无法满足项目成本回收和内部收益率的要求，储能应用项目大多数仍然是示范项目，除了抽水蓄能以外，国家没有对其余储能政策进行直接补贴的政策。同时由于储能技术的多样化，制定不同技术的标准也迫在眉睫。因此，我国的储能产业还处于发展的初级阶段，行业的发展需要更多落实到操作层面的政策和相关技术标准。目前部分储能技术较为成熟，同时下游用户侧有储能的需求，整个产业具有内生性的动力，政策和标准的明确有助于内在需求的释放。
- ◆ **刚需推动，成本优先。**在现有的政策及技术条件下，我们认为低成本技术将会占据先发优势，而刚需应用场景为各储能技术大幅降低成本带来契机。在技术端，国内在抽水蓄能、铅炭电池及锂电池这三方面技术积累最多，应用时间最长，使用规模最大，因此是应用首选。而在应用场景端，由于政策标准及补贴的缺失，目前要大规模使用储能，一是技术本身比较成熟，成本较低，二是应用场景有刚需，同时本身有补贴可以覆盖这部分成本。
- ◆ **新能源发电、削峰填谷及新能源汽车拥抱储能。**从技术和场景结合的角度来看，我们认为新能源发电侧及新能源汽车是刚需应用，在行业发展中将最先爆发；其次，工商业用户的削峰填谷可以为用户节约电费，降低峰值容量，在用储能进行削峰填谷后用户可以节约电量电价和容量电价两部分，效果显著。此外，新能源汽车（主要是锂电池动力汽车）的发展则开辟了移动式储能的应用场景，由于我国大多数经济发达的城市对汽车采取摇号政策，而新能源由于有独立的摇号体系因此对急于用车的人来说解决了燃眉之急，同时目前新能源汽车的续航能力足以满足个人非长途旅行的驾驶需求，因此有较大的发展潜力。对于汽车拥有者来说，可以在不影响出行的情况下通过V2G将汽车作为移动式的储能单元与电网互动，从而达到坐不出户也能赚钱的目的。此外，由于我国对工商业用户采用两部制电价，其中基本电价只与当月的最大需用量有关，同时工业企业的电度电价在企业成本中占据了较高的比例，因此企业对于降低电价费用有着强烈的诉求。
- ◆ **技术适配应用场景是关键。**储能的技术即使大致分类也多达十数种，不同的技术特征不同。我们认为没有无用的技术，只有用错场景的技术。不同的储能技术适配不同的应用场景，如超导飞轮储能更适宜与制氢、储氢搭配，而储热更适合用于光热发电等。每种技术的价值只

有在最适配的应用场景中才能达到最大化。以南都电源的铅炭电池为例，由于铅炭的特性使得其更适合能量型应用，同时成熟的技术让铅炭电池价格具有很好的竞争力，目前我们保守估算铅炭储能项目税后 IRR 为 5.2%，已经具有一定的商业化价值。

- ◆ **建议关注的公司：**综上所述，我们建议重点关注以下公司：锂电池方面：比亚迪、猛狮科技、杉杉股份；系统集成及配套方面：科陆电子、阳光电源；铅炭方面：南都电源、圣阳股份。
- ◆ **相关行业风险：**政策推进力度不及预期；技术进步、成本下降不及预期导致发展缓慢。

## 目 录

政策支持，具体实施标准欠缺	1
储能技术百花齐放：已具推广基础	4
抽水蓄能—最成熟的储能技术	6
压缩空气—系统效率有待提升	8
飞轮储能—降低成本是关键	9
铅蓄电池—技术成熟，商业化应用有先发优势	11
锂离子电池—发展最快，成本优势渐显	11
液流电池—全钒主导，安全第一	13
燃料电池—高成本制约大规模商业化	14
储热	15
储能系统应用场景分析：刚需已出现	17
发电侧应用—需求类型最多	17
输配电侧应用—需求灵活，效益难算	21
储能技术经济性评价：效益逐体现	25
建议关注标的	27
比亚迪	27
猛狮科技	28
杉杉股份	28
科陆电子	29
阳光电源	29
南都电源	30
圣阳股份	30

## 表 目 录

表格 1 国内已经出台了不止储能相关政策	1
表格 2 不同储能技术特点	4
表格 3 不同储能技术发展状态	5
表格 4 抽水蓄能典型特征	7
表格 5 2015 年大型抽水蓄能电站发电情况	7
表格 6 压缩空气储能技术典型特征	9
表格 7 飞轮储能技术典型特征	10
表格 8 铅炭电池典型特征	11
表格 9 锂电池技术对锂消耗量比较	12
表格 10 锂离子电池典型特征	13
表格 11 全钒液流电池典型特征	14
表格 12 铁铬电池与全钒电池比较	14
表格 13 氢燃料电池典型特征	15
表格 14 储热技术各细分类型比较	15

## 图 目 录

图 1 不同先进储能技术商用化时间不同	2
图 2 2016 年 4 月全球储能累计装机比重	6
图 3 抽水蓄能原理图	6
图 4 压缩空气储能原理图	9
图 5 飞轮储能结构	10
图 6 截至 2016 年各类型储能项目数占比（除抽水蓄能之外）	11
图 7 液流电池反应原理图	13
图 8 显热储热系统造价分布	15
图 9 旋转备用容量需求巨大	19
图 10 储能对新能源出力平滑的效果	21
图 11 采用储能系统后输出电压保持稳定，提升了电能质量	24

表格 15 相变材料分类.....	16
表格 16 部分热化学储热系统参数.....	17
表格 17 能量时移典型特征.....	18
表格 18 容量机组典型特征.....	18
表格 19 负荷跟踪典型特征.....	18
表格 20 系统调频典型特征.....	19
表格 21 备用容量典型特征.....	19
表格 22 可再生能源出力平滑典型特征.....	20
表格 23 缓解输配电阻塞典型特征.....	21
表格 24 延缓输配电设备扩容典型特征.....	22
表格 25 无功支持典型特征.....	22
表格 26 用户分时电价管理典型特征.....	23
表格 27 容量费用管理典型特征.....	23
表格 28 提升电能质量典型特征.....	24
表格 29 提升供电可靠性典型特征.....	24
表格 30 不同的储能技术适用于不同应用场景.....	25
表格 31 各区域电网 AGC 补偿办法.....	25
表格 32 储能项目测算条件.....	26
表格 33 项目经济性测算结果.....	27
表格 34 储能相关部分上市公司.....	31

储能是指使能量转化为在自然条件下比较稳定的存在形态，再通过介质或者设备把能量存储起来以备在需要时释放的过程。根据能源形态不同，储能的形式也多种多样，如将机械能存储在动能或者势能中，热能储存在潜热或者显热中。目前大多数针对电力市场的储能实际上是电力储能（即储电）。

## 政策大力支持，具体实施标准欠缺

从国内的政策看，自 2009 年《中华人民共和国可再生能源法修正案》中首次提及“储能”以来，国家已出台多个文件对储能行业进行顶层规划，然而从整体上看，单独对储能行业进行指导的政策性文件数量仍然不多，除去 2014 年针对抽水蓄能出台了支持政策和补贴标准以外，直到 2016 年出于解决“三北”地区可再生能源消纳问题能源局出台了两个通知，其主要针对的是电化学储能技术，对于储能技术范围及应用场景限制颇多。因此在 2017 年 3 月的《关于促进储能技术与产业健康发展的指导意见》（征求意见稿）中，国家对储能技术和应用场景不再做过多的限制。

但是限于我国目前缺乏电力交易市场，在现有的电力体制下，居民及工商业的峰谷价差较小，无法满足项目成本回收和内部收益率的要求，储能应用项目大多数仍然是示范项目，除了抽水蓄能以外，国家没有对其余储能政策进行直接补贴的政策。同时由于储能技术的多样化，制定不同技术的标准也迫在眉睫。因此，我国的储能产业还处于发展的初级阶段，政策大多停留在“支持”层面，缺乏补贴、技术标准及构建商业模式层面等多样化的实质推进。

**表格 1 国内已经出台了不止储能相关政策**

发布时间	政策名称	储能相关内容
2009 年 12 月	《中华人民共和国可再生能源法修正案》	首次提及“储能”，储能政策被作为国家战略性发展方向。
2011 年 3 月	《产业结构调整指导目录》	提出大力鼓励与储能相关的产业，包括大容量电能储存技术开发与应用
2011 年 12 月	《国家能源科技“十二五”规划》	将开发储能和多能互补系统的关键技术，列为能源科技发展目标
2012 年 4 月	《太阳能发电科技发展“十二五”专项规划》	重点研究分布式太阳能储热技术，高参数熔融盐吸热--储热塔式发电关键技术及设备，建立 10MW 熔融盐塔式示范电站
2012 年 4 月	《风力发电科技发展“十二五”专项规划》	重点研究开发风电大规模储能技术 研究新型储能材料，研究大容量、高效率、高可靠性、规模化储能装置和储能装置系统集成技术
2012 年 7 月	《节能与新能源汽车产业发展规划（2012-2020 年）》	充分利用发电容量、削峰填谷的作用，在条件允许的情况下，使充换电企业参与调峰、调频，使电动汽车起到储能电站的作用
2012 年 8 月	《可再生能源发展“十二五”规划》	储能要起到调压、调频控制电力质量，提供后备电源保证供电可靠性等作用
2013 年 9 月	《电力系统电化学储能系统通用技术条件》	进一步完善了国内电力储能技术标准体系，对即将成立的“全国电力储能标准化技术委员会”提供了强有力的技术支持，将更好地服务、规范我国储能行业的快速发展
2014 年 11 月	《关于促进抽水蓄能电站健康有序发展有关问题的意见》	到 2025 年，全国抽水蓄能电站总装机容量达到约 1 亿千瓦，占全国电力总装机的比重达到 4% 左右。 针对目前我国电力市场尚不完善的情况，为发挥电站的系统效益和作用，现阶段按照发改价格[2014]1763 号文要求，实行两部制电价政策。
2014 年 11 月	《能源发展战略行动计划（2014-2020 年）》	首次将储能列入 9 个重点创新领域之一，要求科学安排储能配套能力以切实解决弃风、弃水、弃光问题



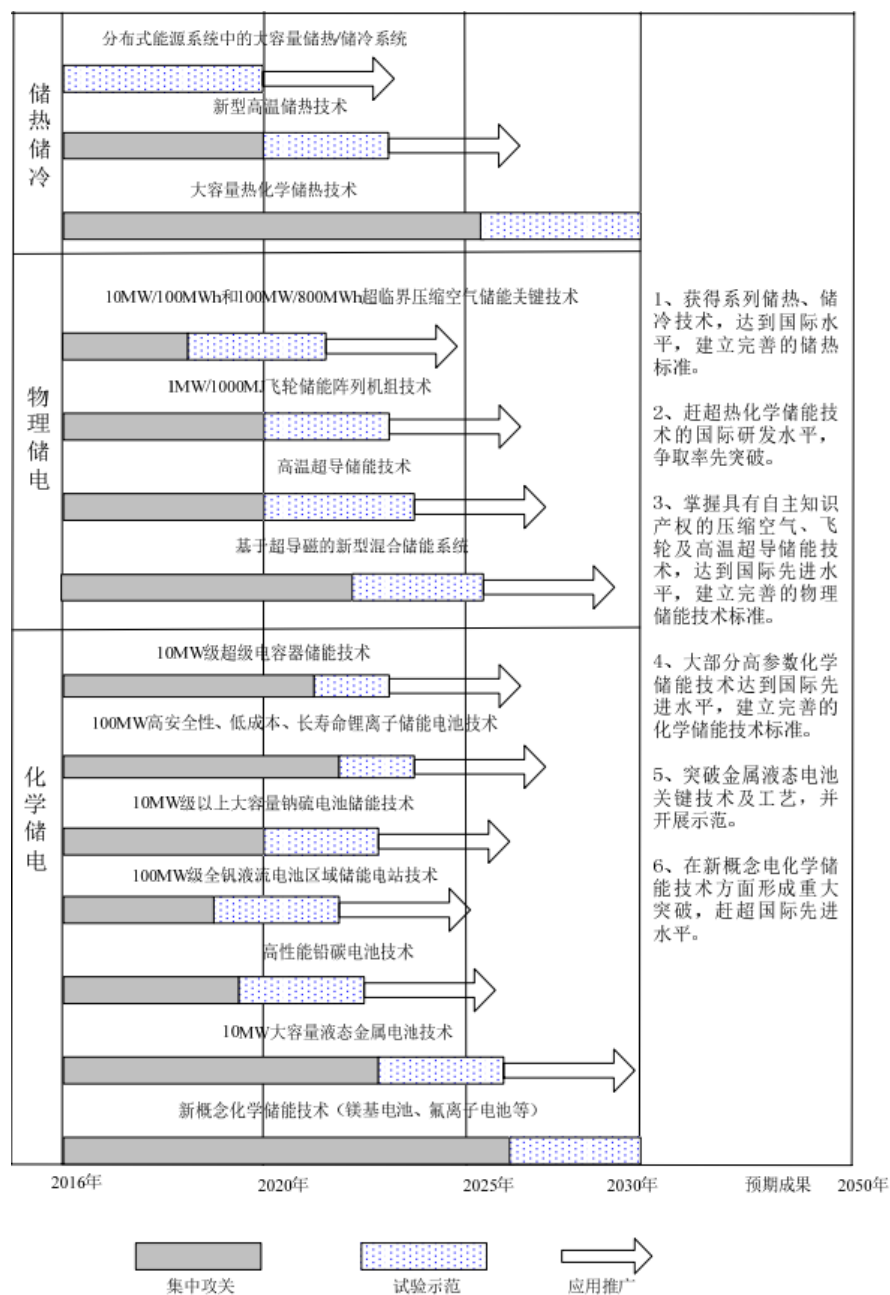
2014 年 11 月	《国家发展改革委关于促进抽水蓄能电站健康有序发展有关问题的意见》	坚持自主创新和引进消化吸收相结合，设备制造企业应超前攻关，依托具体抽水蓄能电站建设，实现 500 米水头及以上、单机容量 40 万千瓦级高水头、大容量机组设计制造的自主化，积极推进励磁、调速器、变频装置等辅机设备国产化，着力提高主辅设备的独立成套设计和制造能力；启动海水抽水蓄能机组设备研究，适时开展试验示范工作。 电力市场化前，抽水蓄能电站容量电费和抽发损耗纳入当地省级电网（或区域电网）运行费用统一核算，并作为销售电价调整因素统筹考虑。
2015 年 7 月	《关于推进新能源微电网示范项目建设的指导意见》	新能源微电网应重点建设具备足够容量和反应速度的储能系统，包括储电、蓄热（冷）等 微电网内可再生能源装机功率与峰值负荷功率的比值原则上要达到 50%以上，按照需要配置一定容量的储能装置 增强储能调峰的灵活性和经济性 要重点发展电力储能
2016 年 3 月	《能源技术革命创新行动计划（2016-2030 年）》	研究太阳能光热高效利用高温储热技术、分布式能源系统大容量储热（冷）技术，研究面向电网调峰提效、区域供能应用的物理储能技术，研究面向可再生能源并网、分布式及微电网、电动汽车应用的储能技术，掌握储能技术各环节的关键核心技术，完成示范验证，整体技术达到国际领先水平，引领国际储能技术与产业发展。积极探索研究高储能密度低温成本储能技术、新概念储能技术（液体电池、镁基电池等）、基于超导磁和电化学的多功能全新混合储能技术，争取实现重大突破。 要求进行先进储能技术创新
2016 年 3 月	《“十三五”规划纲要》	八大重点工程提及储能电站、能源储备设施，重点提出要加快推进大规模储能等技术研发应用
2016 年 3 月	《国家能源局关于推动电储能参与“三北”地区调峰辅助服务工作的通知（征求意见稿）》	积极鼓励储能设施建设，包括鼓励发电、售电企业等投资、规划新能源发电基地时配置适当规模的电储能设施、在用户侧建设分布式储能设施，并强调科学调度运行电储能设施
2016 年 6 月	《关于促进电储能参与“三北”地区电力辅助服务补偿（市场）机制试点工作的通知》	“三北”地区原则上可选取不超过 5 个电储能设施参与电力调峰调频辅助服务补偿（市场）机制试点，发挥电储能技术优势，建立促进可再生能源消纳的长效机制
2016 年 12 月	《能源发展“十三五”规划》	把提升系统调峰能力作为补齐电力发展短板的重大举措，加快优质调峰电源建设，积极发展储能，变革调度运行模式，加快突破电网平衡和自适应等运行控制技术，显著提高电力系统调峰和消纳可再生能源能力 积极开展储能示范工程建设，推动储能系统与新能源、电力系统协调优化运行
2016 年 12 月	《太阳能发展“十三五”规划》	拓展制冷、季节性储热等新兴市场 重点突破高效率大容量高温储热 建立储能技术系统研发、综合测试和工程化验证平台，推进重点储能技术试验示范 在太阳能光热利用、分布式能源系统大容量储能等领域，推动应用技术产业化推广 推动储能有关标准制（修）订工作 推动完善峰谷电价机制，鼓励用户在低谷期使用电力储能蓄热。 积极推进已开工项目建设
2017 年 2 月	《2017 年能源工作指导意见》	
2017 年 3 月	《关于促进储能技术与产业健康发展的指导意见（征求意见稿）》	储能能够为电网运行提供调峰、调频、备用、黑启动、需求响应支撑等多种服务，是提升传统电力系统灵活性、经济性和安全性的重要手段

资料来源：信达证券研发中心整理

从技术的角度看，《能源技术革命创新行动计划（2016-2030 年）》对不同的储能技术在近、中、远期分别制定了不同的目标，可以看做是对储能技术的战略指导方向，但是文件针对的是先进储能技术，从规划的时间看，即使是发展进度最快的分布式能源系统中的大容量储热/储冷系统也要在 2020 年商业化推广，而在此期间，对现有的储能技术如何进行支持则并没有提及。

图 1 不同先进储能技术商用化时间不同





- 1、获得系列储热、储冷技术，达到国际水平，建立完善的储热标准。
- 2、赶超热化学储能技术的国际研发水平，争取率先突破。
- 3、掌握具有自主知识产权的压缩空气、飞轮及高温超导储能技术，达到国际先进水平，建立完善的物理储能技术标准。
- 4、大部分高参数化学储能技术达到国际先进水平，建立完善的化学储能技术标准。
- 5、突破金属液态电池关键技术及工艺，并开展示范。
- 6、在新概念电化学储能技术方面形成重大突破，赶超国际先进水平。

资料来源：《能源技术革命创新行动计划（2016-2030年）》，信达证券研发中心

在现有的政策及技术条件下，我们认为低成本技术将会占据先发优势，而刚需应用场景为各储能技术大幅降低成本带来契机。在技术端，国内在抽水蓄能、铅炭电池及锂电池这三方面技术积累最多，应用时间最长，使用规模最大，因此是应用首选。而在应用场景端，由于政策标准及补贴的缺失，目前要大规模使用储能，一是技术本身比较成熟，成本较低，二是应用场景有刚需，同时本身有补贴可以覆盖这部分成本。从这个角度看，新能源发电侧将是储能爆发的起点，由于风光出力波动大的特性使得电网中新能源的比例不超过 15%，而以目前风光电站装机量增速以及“三北”地区弃风弃光的状况来看，风光配储能已经到了不得不装的地步了。一旦通过储能平滑风光出力曲线，则电网无需再为发电侧的波动担忧，新能源消纳问题也将得到缓解。此外锂电池随着新能源汽车数量的增加而快速发展，其成本也在快速下降，随着新能源汽车的规模进一步扩大，锂电池的成本将有望持平甚至低于铅炭电池，同时新能源汽车本身也可看作移动式储能，未来有着巨大的发展潜力。

## 储能技术百花齐放：已具推广基础

从分类上看，储能可以包括物理储能、电化学储能、储热、储氢等多种类型，不同类型下有各种细分的储能技术。从技术成熟的角度看，抽水蓄能发展了 100 多年，其技术最为成熟，应用规模最大，锂电池随着电动汽车的发展也已经大规模商业化，铅蓄电池则是经历了从铅酸到铅炭的技术进化，目前铅炭电池在电化学储能制造成本方面具有优势。不同的储能技术具有不同的特点，如抽水蓄能装机容量大、技术成熟可靠、适合调峰；而化学电池储能技术由于响应时间短，同时可以快速攀升到最大功率，因此很适合调频；高温超导技术需要极低的温度，对于设备要求高，同时因为要保持极低的温度，因此缺乏经济性，但是氢气的储存需要超低温，将制氢和高温超导技术结合就能发挥比较好的作用。因此，总体上看各种技术都有各自的应用场景。

表格 2 不同储能技术特点

分类	细分类别	特点
物理储能	抽水蓄能	
	压缩空气储能	采用水、空气、飞轮等作为储能介质，储能过程中介质不发生化学变化
	飞轮储能	
化学储电	铅酸电池	
	锂离子电池	
	液流电池	利用化学元素作为储能介质，储能过程表现为充放电，其伴随着介质的化学反应
	钠硫电池	
	燃料电池	

	超级电容	
储热	显热储热	
	相变储热	热能与其他形式的能源之间的转化
	热化学储热	
储氢	气态氢	
	液态氢	
	储氢合金	将制成的氢气储存在储氢装置中，再通过燃料电池等方式以电能的形式释放。
	非金属化学储氢	

资料来源：信达证券研发中心整理

**表格 3 不同储能技术发展状态**

分类	基本原理	概念研究	实验研究	原理样机	完整测试	模拟环境	真实环境	定型量产	商业应用
锂离子电池	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
锂硫电池	✓	✓	✓	✓					
固体锂电池	✓	✓	✓	✓					
锂空气电池	✓	✓	✓	✓					
水系锂离子电池	✓	✓	✓	✓					
全钒液流电池	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
其他液流电池	✓	✓	✓	✓	✓				
钠硫电池	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
钠离子电池	✓	✓	✓	✓	✓				
镍氢电池	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	
铅酸电池	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
双电层超级电容器	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
混合超级电容器	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
压缩空气	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
超临界压缩空气	✓	✓	✓	✓	✓	✓			
飞轮储能	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
超导电磁储能	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	

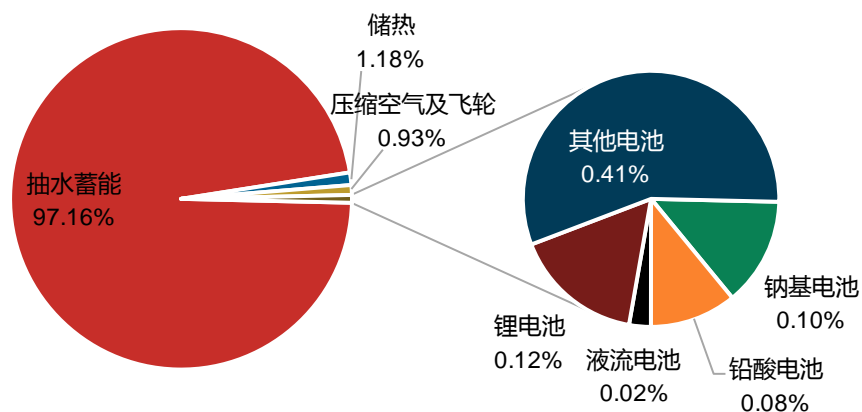
抽水蓄能	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
熔融盐储热	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		
相变储热	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		

资料来源:《电化学》, 信达证券研发中心整理

## 抽水蓄能—最成熟的储能技术

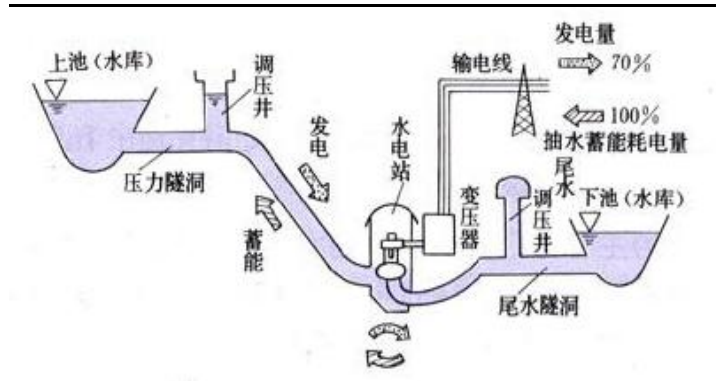
截至 2016 年 4 月, 全球储能总装机容量为 145.92 吉瓦, 其中抽水蓄能为 142 吉瓦, 占全部装机容量的 97.16%, 化学电池储能只占了总装机容量的不到 1%。

图 2 2016 年 4 月全球储能累计装机比重



资料来源: 中国电科院, 信达证券研发中心

图 3 抽水蓄能原理图



资料来源：四川水利发电，信达证券研发中心

抽水蓄能已经有 100 年的应用历史了，是目前最成熟、最经济、使用寿命最长的储能模式，目前主要应用于系统调峰、调频及备用电源领域。

截止 2016 年底，全国抽水蓄能装机容量达到 2669 万千瓦，占全部电源装机容量的 1.62%，而根据国务院《能源发展“十三五”规划》提出，加快大型抽水蓄能电站建设，新增开工规模 6000 万千瓦，2020 年在运规模达到 4000 万千瓦。国家发改委《关于促进抽水蓄能电站健康有序发展有关问题的意见》提出到 2025 年，全国抽水蓄能电站总装机容量达到约 1 亿千瓦，占全国电力总装机的比重达到 4% 左右。

抽水蓄能的特点主要表现为储能容量大（百兆瓦起步），响应时间相对燃气机组及火电机组要短，充放电时间长，循环寿命是所有储能技术中最长的，因此可以用于能量时移、调频、调相、黑启动等。

表格 4 抽水蓄能典型特征

最大调峰能力	响应时间	储能容量	充（放）电时间	效率	循环寿命	应用			
200%	1~2 分钟	>100MW	8~10h	70%~80%	40~50 年	削峰填谷	调频	调相	旋转备用 快速增荷 黑启动

资料来源：《抽水蓄能电站设计》，信达证券研发中心

相较于其他储能技术，抽水蓄能对地理位置要求高，初始投资资金大，但是由于水轮机组的使用寿命较长，同时抽水蓄能的技术成熟，设备的运营和维护简单，由于装机容量大，因此实际度电运维成本极低，因此抽水蓄能总的度电成本是现有技术中最低的。

表格 5 2015 年大型抽水蓄能电站发电情况

电厂名称	总装机容量 (万 kW)	机组台数 (台)	年发电量(亿 kW·h)	利用效率
十三陵蓄能电厂	80	4	6.44	74%
潘家口蓄能电厂	27	3	1.61	71%
张河湾蓄能电厂	100	4	3.84	81%
西龙池蓄能电厂	120	4	6.20	73%
蒲石河抽水蓄能电厂	120	4	16.03	82%
白山抽水蓄能电站	30	2	0.01	0%
宜兴抽水蓄能电厂	100	4	9.37	81%
天荒坪抽水蓄能电厂	180	6	16.38	80%
桐柏抽水蓄能电厂	120	4	10.60	84%
仙游抽水蓄能电厂	120	4	11.27	81%
琅琊山抽水蓄能电厂	60	4	5.09	81%
响水涧抽水蓄能电厂	100	4	8.50	82%
响洪甸蓄能电厂	8	2	1.47	86%
泰山抽水蓄能电厂	100	4	7.08	82%
宝泉蓄能电厂	120	4	9.17	80%
回龙抽水蓄能电厂	12	2	1.05	71%
白莲河蓄能电厂	120	4	4.28	80%
黑麋峰抽水蓄能电厂	120	4	6.25	83%
广州蓄能水电厂	240	8	24.95	78%
惠州蓄能水电厂	240	8	17.50	80%
清远抽水蓄能电站	32	1	0.34	100%
总计	2149	84	167.43	78%

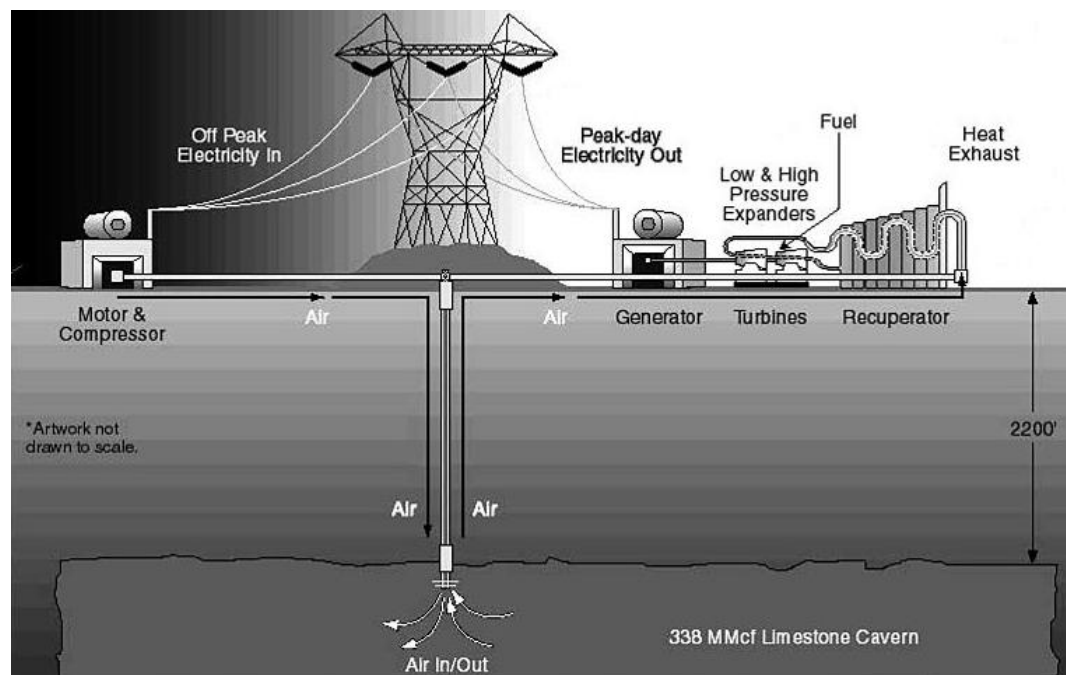
资料来源：《中国水力发电年鉴》，信达证券研发中心整理

## 压缩空气—系统效率有待提升

传统的压缩空气储能是用电动机驱动多级压缩机将空气压缩并存储于储气单元中，在能量释放时，将高压气体从储气单元释放。随后通入多级透平膨胀做功，完成空气压力能到电能的转换。其特点是容量大（可达 100MW 以上）、充放电时间长、单位建造成本和运行成本较低、系统寿命长等。但是由于空气储能需要和燃气轮机电站配套使用，效率只能达到 60%左右，因此大大限制了其应用范围，同时，启动时间较长（仅比火电启动时间要短）也限制了其应用场景。如德国在 1978 年就建成了 290MW 装机容量的压缩空气储能电站，其充气时间为 8h，放电时间为 2h，将补燃所消耗的能量算在内时系统效率只有 46%。美国在 1991 年建成的空气压缩储能电站装机容量为 110MW，充气时间为 41h，放电时间为 26h，将补燃所消耗的能量算在内时

系统效率为 54%。

图 4 压缩空气储能原理图



资料来源：同花顺，信达证券研发中心

表格 6 压缩空气储能技术典型特征

响应时间	储能容量	充（放）电时间	效率	循环寿命
5~10 分钟	>10MW	4~8h	60%	30~40 年

资料来源：信达证券研发中心

## 飞轮储能—降低成本是关键

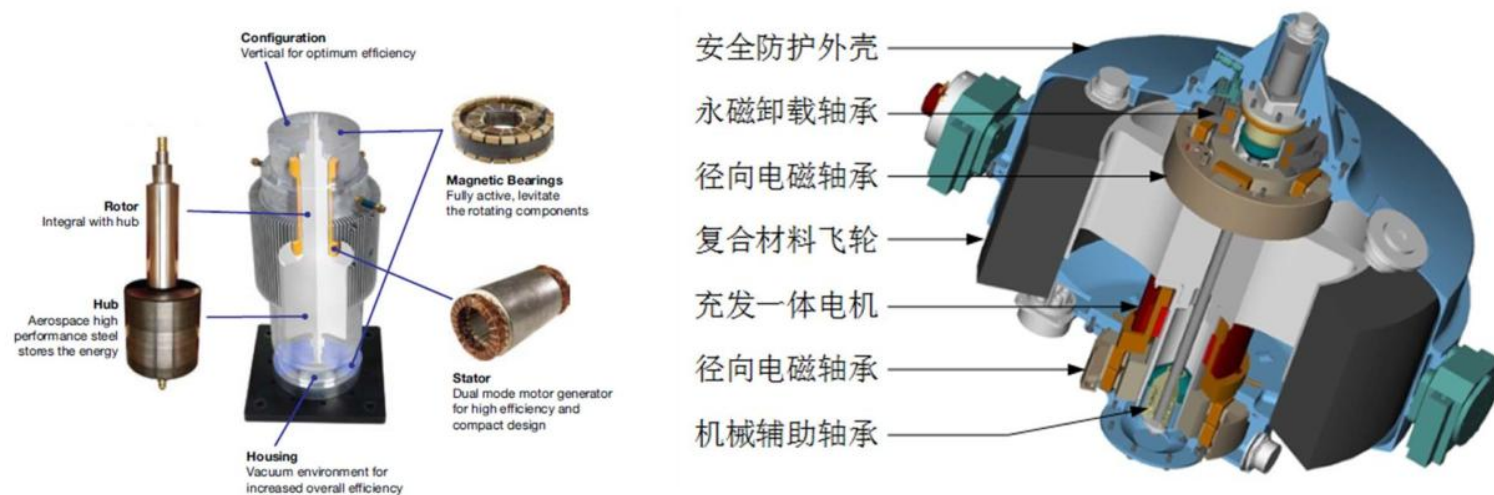
飞轮储能的特点在于充电时将电能转化成动能，放电时将动能再驱动电机产生电能。根据其动能方程  $E = J\omega^2/2$  可知，飞轮的



动能与其转速有关。相较于其他技术，飞轮储能的特点在于：几乎无摩擦损耗、风阻小；比功率可达 8kW/kg 以上，远远高于传统电化学储能技术；其寿命主要取决于飞轮材料的疲劳寿命及系统中电子元器件的寿命，目前飞轮储能的使用寿命可达 15 年以上；使用寿命不受充放电深度影响；运行过程中无有害物质产生；运行过程中几乎不需要维护；工况环境适应性好，-20℃~50℃下都能正常工作。

但是飞轮储能的主要缺点在于其空载下的能量损失大，每小时超过 2.5%。尽管飞轮储能理论能量密度高达 200-400Wh/kg，但是在实际应用过程中，限于材料的因素，安全稳定运行的飞轮的储能密度通常不高于 100Wh/kg，此外，价格昂贵也是影响飞轮储能推广的因素之一。从技术研发的角度看，一方面将飞轮国产化以降低成本是大势所趋，另一方面寻求新型飞轮材料以提升能量密度或者降低成本是飞轮储能应用推广的关键。总体上来说，由于飞轮储能属于功率型储能，其应用场景在于调频，平滑新能源输出波动上，同时由于其放电时间较短（属于分秒级应用），目前主要应用在 UPS 中。

图 5 飞轮储能结构



资料来源：清华大学工程物理系，信达证券研发中心

表格 7 飞轮储能技术典型特征

响应时间	储能容量	充（放）电时间	能量密度（Wh/kg）	理论上限（Wh/kg）	效率	循环寿命
20ms	25MW	1ms~30min	100	200-400	90%	15 年

资料来源：信达证券研发中心

## 铅蓄电池—技术成熟，商业化应用有先发优势

铅蓄电池是指电极由铅及其氧化物制成，电解液是硫酸溶液的一种蓄电池。目前市场上应用最广的是铅酸电池和铅炭电池。相较而言，铅炭电池具有传统铅酸电池的特点，同时大幅改善传统铅酸电池各方面的性能，铅炭电池的优点主要有充电倍率高、循环寿命长（是普通铅酸电池的 4~5 倍）、安全性好、可再生利用率高（可达 97%，远高于其他化学电池）、技术成熟、原材料资源丰富、成本较低（投资成本为 1200~1600 元/Wh，是普通铅酸电池的 1.5 倍左右）。

但是因为铅是有毒材料，对于废旧铅蓄电池需要进行回收利用，2015 年我国再生铅产量约 186 万吨，在铅总产量中的占比由 13.8% 提升至 47.9%，但是与国外发达国家超过 80% 的再生铅消费比例相比，我国的铅回收比例还有很大的提升空间。铅炭电池的特性决定当铅炭电池的放电倍率过高时，其 DOD 无法达到 100%，因此铅炭电池更适合于能量型应用，同时其最佳使用 DOD 在 60% 左右。此外铅蓄电池的能量密度低，循环次数少也是其主要缺点。

总体来看，铅蓄电池由于有着低成本、安全的优势；此外，由于铅蓄电池在通信领域早已用于备用电源，其技术成熟程度仅次于抽水蓄能，可以非常迅速地应用到储能场景中，因此在商业化应用上有着先发优势。

**表格 8 铅炭电池典型特征**

储能容量	放电倍率 (C)	充（放）电时间	能量密度 (Wh/kg)	理论上限 (Wh/kg)	效率	循环寿命
20MW	0.2~1.5	1s~4h	30	166	90%	3500 次 (70%DOD)

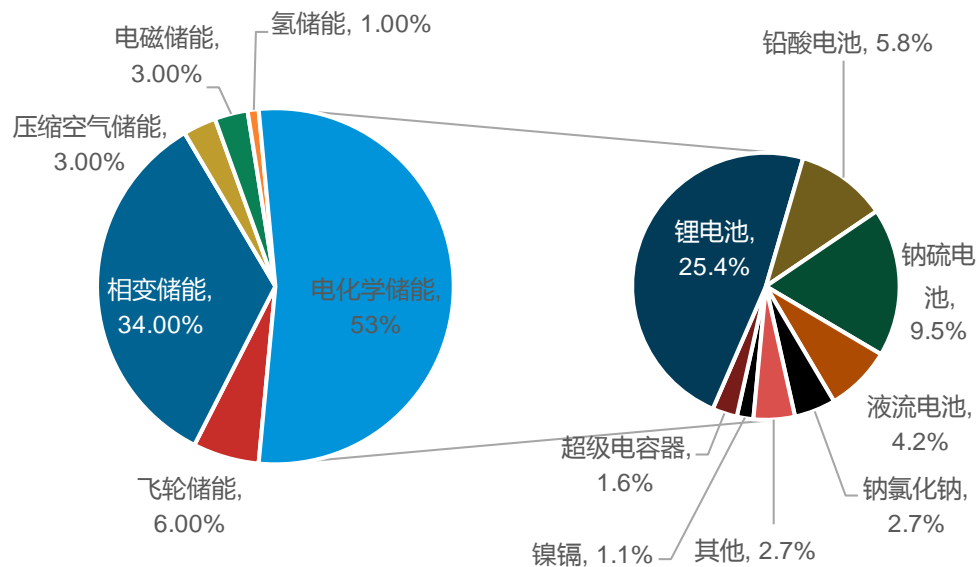
资料来源：信达证券研发中心

## 锂离子电池—发展最快，成本优势渐显

锂离子电池指以含锂的化合物制成的蓄电池，其充放电的过程中只有锂离子，而没有金属锂的存在。目前锂电池根据材料不同可以分为钴酸锂、锰酸锂、磷酸铁锂、三元锂、钛酸锂（负）等。相较于其他化学电池，锂电池的特点在于：能量密度高（如三元锂可达 200Wh/kg）；循环寿命较长（普遍能达到 2000 次以上）；低自放电率（月自放电 2%）；能量转化率高；无记忆效应，可以进行不同深度的充放电循环；充放电倍率较高，可以进行快速充放。

相比其他化学储能技术，锂电池目前在国内电动汽车和储能领域得到了广泛的应用，从全球范围来看，除去抽水蓄能后，锂离子电池的项目数占比和装机容量占比最大，是增长幅度最快的电化学储能技术。但是因为目前成本还相对较高（至少在 1500 元/kwh 以上，根据材料不同实际价格变化范围很大），实际应用中循环寿命还达不到经济性应用（DOD 在 90% 以上时会影响电池寿命，因此实际使用中 DOD 在 80%~90%），因此使用范围受到了一定的限制。

**图 6 截至 2016 年各类型储能项目数占比（除抽水蓄能之外）**



资料来源：中国电科院，信达证券研发中心

锂电池最早的规模化应用在 IT 领域（如手机、笔记本电池），尽管用量大，但是单体所含能量少（Wh 级别）因此技术相对简单。自电动汽车产业大力发展以来，由于锂电池作为电动汽车的主要动力源，其 kWh 级别的应用以及频繁大功率的充放电使得锂电池在技术和成本上有了显著的突破。随着储能时代的到来，锂电池的应用规模也将再上一个台阶，而 MWh 级别的应用将促进锂电池成本的进一步下降。

目前限制锂电池的主要因素之一是锂资源有限，目前全球大约有 1300 万吨的锂资源，中国有大约 350 万吨，根据锂电池技术不同，对锂资源的需求有一定的差异，但是即使采用消耗量最少的钴酸锂，每辆电动车安装 40kWh 的电池计算，全中国拥有的锂资源只能生产约 4 亿辆汽车，而全世界也仅能生产约 16 亿辆电动汽车，因此锂资源的限制要求产业进行锂回收。

表格 9 锂电池技术对锂消耗量比较

	每千瓦时消耗量 (g)
碳酸锂	377
磷酸铁锂	386
钴酸锂	215

资料来源：《储能技术应用潜力与经济性研究》，信达证券研发中心

此外，限制锂电池应用的另一个主要因素在于安全性，因此舍弃能量密度和功率密度，专注提升长寿命、低成本、高安全为突出特征的储能电池成为目前主要研究方向之一。具体到锂离子电池分类中，钛酸锂电池是较为典型的代表，其特点在于寿命长（普遍能达到 10000 次以上）、功率密度高（如美国 Altairnano 公司的钛酸锂电池功率密度达到 1760W/kg，对比铅炭电池只有 500~600Wh/kg）、充放电倍率高，因此很适合功率型应用场景。但是目前限制钛酸锂电池的最大因素在于其成本过高，普遍是磷酸铁锂电池的 3~5 倍。总体来看，由于锂电池早期应用于 IT 领域（如手机），此后随着新能源汽车行业的发展而迅速成熟，随着锂电池价格的快速下降，我们认为在 3~5 年内锂电池即可满足一些企业的内部投资收益率从而进行商业化推广。

**表格 10 锂离子电池典型特征**

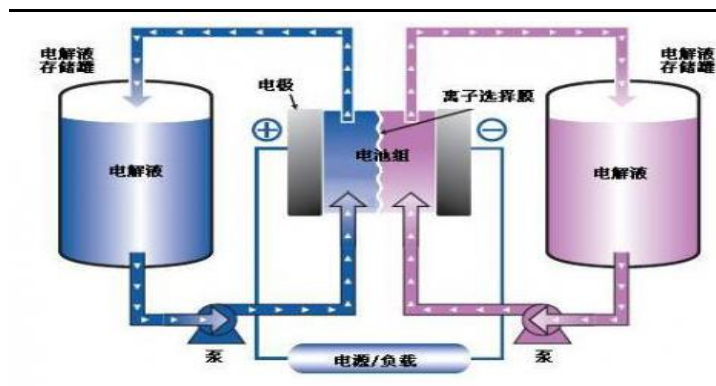
锂电池类型	放电倍率 (C)	储能容量	充（放）电时间	能量密度 (Wh/kg)	理论上限 (Wh/kg)	效率	循环寿命	理论上限
钴酸锂	2	10MW	1min~8h	220	260	90%	2000 (90%DOD)	3000 (90%DOD)
锰酸锂	3~5	10MW	1min~8h	130	160	90%	2000 (90%DOD)	3000 (90%DOD)
磷酸铁锂	3	10MW	1min~8h	120	160	90%	6000 (90%DOD)	10000 (90%DOD)
三元锂	1.5	10MW	1min~8h	200	280	90%	3000 (90%DOD)	5000 (90%DOD)
钛酸锂（负）	>10	10MW	1min~8h	60	120	90%	>20000 (90%DOD)	>30000 (90%DOD)

资料来源：信达证券研发中心

## 液流电池—全钒主导，安全第一

液流电池是以具有流动性的电解质溶液作为活性物质的电池，活性物质分装在两个储液罐中，各由一个泵使溶液流经液流电池电堆，在离子交换膜两侧的电极上分别发生氧化和还原反应。其最大的特点在于输出功率和储能容量相互独立，其功率的大小取决于电堆，而容量大小取决于电解液容量。液流电池研究体系包括：多硫化钠/溴体系、全钒体系、锌/溴体系和铁/铬体系等，目前全钒液流电池是液流电池中发展最快的，技术也是最成熟的，其特点是循环寿命长、安全性高、充放电效率可达 70%，系统响应时间在 20 毫秒左右，工作温度为 5℃~45℃。但是全钒液流电池的溶液有毒性、不环保、放电倍率低、能量密度低、电池制造成本相对较高（3000 元/kWh 以上），目前全钒液流电池还处于项目示范阶段，距离商业化还需一段时间。

**图 7 液流电池反应原理图**



资料来源：中国新能源发电网，信达证券研发中心

表格 11 全钒液流电池典型特征

响应时间	储能容量	充（放）电时间	能量密度（Wh/kg）	效率	循环寿命
20ms	10MW	1s~10h	15	70%	13000（80%DOD）

资料来源：信达证券研发中心

与全钒电池相比，铁铬电池有其独到的优势，其中阳离子交换膜成本低是其最突出的特点，相比全钒电池的膜成本占电堆成本的约 1/2，铁铬电池的膜成本只占电堆成本的 10%。同时工作温度广，电池更稳定。目前已有公司可以将铁铬电池系统成本降到 2000 元/kWh 以下，有一定成本优势，但是由于尚未规模化应用，技术有效性尚需进行实际验证。

表格 12 铁铬电池与全钒电池比较

	铁铬电池	全钒电池
膜成本	阳离子交换膜占电堆成本的 10%左右	全氟磺酸膜占电堆成本的一半左右
工作温度	-20~70℃	5~45℃
电池稳定性	稳定	五价钒可能腐蚀电极
毒性	无毒	五价钒有毒
系统效率	80%	70%
系统成本	2000 元/kWh	3000 元/kWh

资料来源：防化研究院，信达证券研发中心

## 燃料电池—高成本制约大规模商业化

燃料电池是指把燃料中的化学能通过电化学反应直接转换为电能的发电装置，在燃料电池中，氢燃料电池是目前进展最快的



技术，氢能的商业化主要集中在氢燃料电池汽车上。氢燃料电池的特点是通过化学能直接转换为电能，中间不需要进行燃烧，反应产生的产物是水，可以拿来继续制氢，保证了循环使用，除了有一些氮氧化物的排放以外不会产生气体如一氧化碳、二氧化碳等有害物质，保证了对环境的友好，能量密度高，理论上限在 10000~20000Wh/kg，应用于汽车上时加氢速度快（和燃油车类似，3 分钟左右即可加满）。但是目前氢燃料电池也存在着发电效率不高（65%左右），反应催化剂是铂，其成本昂贵的问题。总体上看，氢燃料电池燃烧时清洁，产物为水，可以循环使用，其发电机组结构简单、维修方便、启动迅速、即开即停，以应用于削峰填谷场景中为例，在电网低负荷的谷电时可以利用多余的电进行电解水，生产氢和氧，在高峰时反应进行发电，因此从长远的未来看，氢燃料电池是解决能源及环境问题的最佳解决方案，因此最为被市场所看好。

**表格 13 氢燃料电池典型特征**

储能容量	充（放）电时间	能量密度 (Wh/kg)	理论上限 (Wh/kg)	效率
50MW	1s~24h 以上	600	10000~20000	65%

资料来源：丰田，信达证券研发中心

## 储热

储热技术主要有三种方式，包括显热储热、相变储热和热化学储热，其特点是其性能受储热介质焓密度等状态量以及热交换过程和转化中性能的影响。

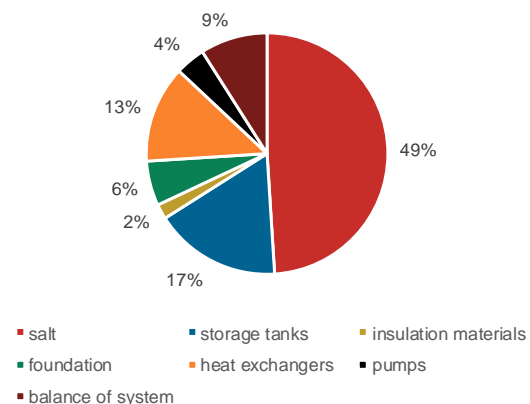
显热储热是利用材料所固有的热熔进行的热量储存形式，其特点是盐成本占总成本的近一半，而储热密度低（0.2GJ/m<sup>3</sup>），显热储热的研究时间最长，成本相对较低，在国外也有少量商业化应用，但是国内由于起步晚，还未进入大规模商业化运行阶段，实际上光热发电中使用的熔融盐以及太阳能热水器其本质就是显热储热。

**表格 14 储热技术各细分类型比较**

	显热储热	相变储热	热化学储热
体积储热密度	50kWhm <sup>-3</sup>	100kWhm <sup>-3</sup>	500kWhm <sup>-3</sup>
质量储热密度	0.02-0.03kWhkg <sup>-1</sup>	0.05-0.1kWhkg <sup>-1</sup>	0.02-0.03kWhkg <sup>-1</sup>
储存时间	受限	受限	长期
传输距离	短距离	短距离	理论上无限制
成熟度	工业应用	中试	实验室研究
技术难度	简单	一般	复杂

资料来源：信达证券研发中心

**图 8 显热储热系统造价分布**



资料来源：上海交通大学，信达证券研发中心

相变储热是利用相变材料在物态变化时，吸收或放出大量潜热而进行储能。根据相变形式不同可以分为固-固相变、固-液相变和气液相变，而依据相变材料不同可以分为有机相变材料和无机相变材料，每种类型下还可细分不同类型。理想的相变材料应该具有以下性质：高焓值、导热系数高、有合适的相变点、高比热容、体积膨胀率小、无相分离和过冷现象、循环稳定性高、腐蚀性小、不燃、无毒、低成本，目前还没有相变材料可以同时满足上述所有条件。

表格 15 相变材料分类

相变方式	材料组成	类别	优点	缺点
固-液相变	无机相变材料	结晶水合盐类：碱及碱土卤化物、硫酸盐、硝酸盐、磷酸盐、碳酸盐、醋酸盐等	使用范围广泛、价格便宜、导热系数较大、体积储能密度大、相变体积变化小	易存在过冷现象和相分离现象
		金属合金类：Al-Si、Al-Si-Mg、Al-Si-Cu 等		
		无机熔融盐类 有机相变材料		
	有机相变材料	烷烃类：石蜡等	在固体状态时成型性较好，没有过冷和相分离现象；材料的腐蚀性较小；性能稳定；毒性小	导热系数小、密度较小、价格较高，相变过程中体积变化大，并且有机物一般熔点较低，不适合在高温场合中应用，长期使用存在易挥发和易燃等问题
		糖醇类		
		高分子化合物：聚烯烃、聚烯醇、聚烯酸等 高级脂肪酸或醇、盐类		
固-液相变	无机盐	层状钙铁矿：Li <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> 、KHF <sub>2</sub>	相变的温度范围比较广阔；不存在液相分离现象，过冷度较小；寿命长且热	相变焓较小、导热性能差、多元醇类易挥发



固相变类 效率高；相变前后梯级变化小，无毒、无腐蚀，对容器的材质和技术条件要求不高

多元醇类 季戊四醇；新戊二醇；三羟甲基乙烷

交联高密度聚乙烯 HDPE；LLDPE；交联聚烯烃类；交联聚酯醛类和也写接枝共聚物

资料来源：《相变储能技术的发展与应用》，信达证券研发中心

热化学储热主要基于化学反应中化学键的生成和破坏需要吸收和释放能量，其特点在于储能密度高、可长距离运输、热损失小，但是由于系统复杂、技术难度大、可操作性不强，目前还处于研究阶段。

表格 16 部分热化学储热系统参数

类型	储热温度 (°C)	储热能力 (kJ/kg)	储热能力 (kJ/mol)	体积储热密度 (GJ/m³)
Mg/MgH <sub>2</sub>	340	74.34	2827	4.02
MgO/Mg(OH) <sub>2</sub>	350	81.02	1389	1.67
CaO/Ca(OH) <sub>2</sub>	510	109.3	1475	1.99
N <sub>2</sub> /H <sub>2</sub> /NH <sub>3</sub>	195	59	3470	0.13

资料来源：上海交通大学，信达证券研发中心

## 储能系统应用场景分析：刚需已出现

各种储能技术各有特点，适用的应用场景也有所差异，从电网的角度看可以分为能量型需求和功率型需求，能量型需求一般需要较长的放电时间（如能量时移），而对响应时间要求不高。与之相比，功率型需求一般要求有快速响应能力，但是一般放电时间不长（如系统调频）。如果从整个电力系统的角度看，储能的应用场景可以分为发电侧、输配电侧和用电侧三大场景，实际应用中，需要根据各种场景中的需求对储能技术进行分析，以找到最适合的储能技术。

### 发电侧应用—需求类型最多

从发电侧的角度看，对于储能的需求终端是发电厂，由于不同的电源结构对电网的影响不同，因此发电侧在对储能的需求场景类型上也是最多的。

#### 能量时移

能量时移指的是发电厂在用电负荷低谷时段对电池充电，在用电负荷高峰时段将存储的电量释放，从而实现用电负荷的削峰

填谷。此外，将可再生能源的弃风弃光电量存储后再移至其他时段进行并网也是能量时移。能量时移是属于典型的能量型应用，其对充放电的时间没有严格要求，对于充放电的功率要求也比较宽，但是因为用户的用电负荷及可再生能源的发电特征导致能力时移的应用频率相对较高，每年在 300 次以上。

**表格 17 能量时移典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
8h	300	小时级

资料来源：信达证券研发中心

### 容量机组

由于我国的资源禀赋在煤炭，因此我国的电源结构中煤电机组承担了超过一半的装机容量。由于用电负荷在不同时间段有差异，在电力系统中，一般由煤电机组来承担调峰能力，因此需要留出一定的发电容量作为相应尖峰负荷的能力，这使得火电机组无法达到满发状态，影响机组运行的经济性。采用储能可以在用电负荷低谷时充电，在用电尖峰时放电以降低负荷尖峰。利用储能系统的替代效应将煤电的容量机组释放出来，从而提高火电机组的利用率，增加其经济性。

容量机组是属于典型的能量型应用，其对充放电的时间没有严格要求，对于充放电的功率要求也比较宽，但是因为用户的用电负荷及可再生能源的发电特征导致能力时移的应用频率相对较高，每年在 200 次左右。

**表格 18 容量机组典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
4h	200	小时级

资料来源：信达证券研发中心

### 负荷跟踪

负荷跟踪是针对电力供需之间的实时平衡进行动态调整的一种辅助服务。其主要针对变化缓慢的持续变动负荷，如果将其细分，负荷跟踪主要应用于爬坡负荷，即通过调整出力大小，尽量减少传统能源机组的爬坡速率，让其尽可能平滑过渡到调度指令水平。负荷跟踪和容量机组相比，对放电响应时间要求更高，要求相应时间在分钟级。

**表格 19 负荷跟踪典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
2h	1000	分钟级

资料来源：信达证券研发中心

## 系统调频

电力系统频率是判断电能质量好坏的标准之一，用户侧负荷的改变、发电侧机组的脱网下线都会对电力系统频率造成影响，频率的变化会对发电及用电设备的安全高效运行及寿命产生影响，因此频率调节至关重要。和负荷跟踪相比，系统调频的负荷分量变化周期在分秒级，对响应速度要求更高（一般为秒级响应），对负荷分量的调整方式一般为 AGC。由于传统火电机组爬坡速率较慢，在响应电网调度指令时具有滞后性，有时会出现反向调节之类的错误动作，相较而言，电化学储能能在相应时间上可以做到毫秒级，同时只要控制好 SoC，电池可以灵活地在充放电状态之间转换，动作的正确率更高，效果更好。但是系统调频是典型的功率型应用，其要求在较短时间内进行快速的充放电，采用电化学储能时需要有较大的充放电倍率，因此会减少一些类型电池的寿命，从而影响其经济性。

**表格 20 系统调频典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
15min	4000	秒级

资料来源：信达证券研发中心

## 备用容量

备用容量是指在满足预计负荷需求以外，针对突发情况时为保障电能质量和系统安全稳定运行而预留的有功功率储备，一般备用容量需要在系统正常电力供应容量的 15~20%，且最小值应等于系统中单机装机容量最大的机组容量。在我国，备用容量服务分为旋转备用、非旋转备用和其他备用。备用容量一般应用在发电机组在下线到上线的这段时间内，放电时间相对较短，但是要求有较大的功率来将储存的能量在短时间内释放出去，因此是功率型应用。

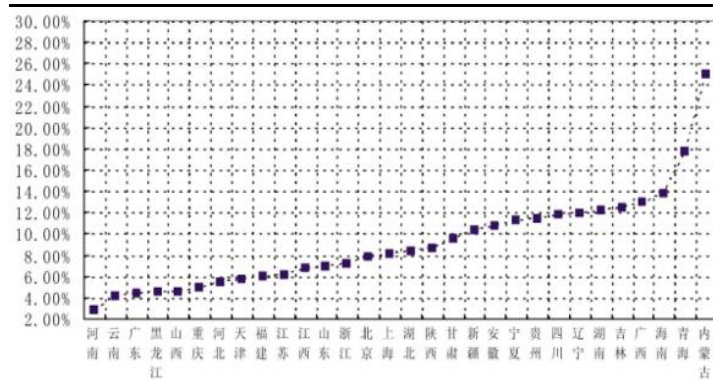
**表格 21 备用容量典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
15min	10	秒级

资料来源：信达证券研发中心

仅以旋转备用容量为例，2011 年全国旋转备用容量为 63GW，市场空间巨大。但是由于备用容量针对的是突发情况，一般年运行频率较低，如果是采用电池单独做备用容量服务，经济性无法得到保障。因此需要将其与现有备用容量的成本进行比较来确定实际的替代效应。

**图 9 旋转备用容量需求巨大**



资料来源：能源局，信达证券研发中心

## 可再生能源并网

由于风电、光伏的发电出力特性，导致其电能质量相比传统能源要差，由于可再生能源发电的波动（频率波动、出力波动等）从数秒到数小时之间，因此既有功率型应用也有能量型应用，一般可以将其分为可再生能源能量时移、可再生能源发电容量固化和可再生能源出力平滑三类应用。例如针对光伏发电弃光的问题，需要将白天发出的剩余电量进行储存以备晚上放电，属于可再生能源的能量时移。而针对风电，由于风力的不可预测性，导致风电的出力波动较大，需要将其平滑，此时以功率型应用为主。

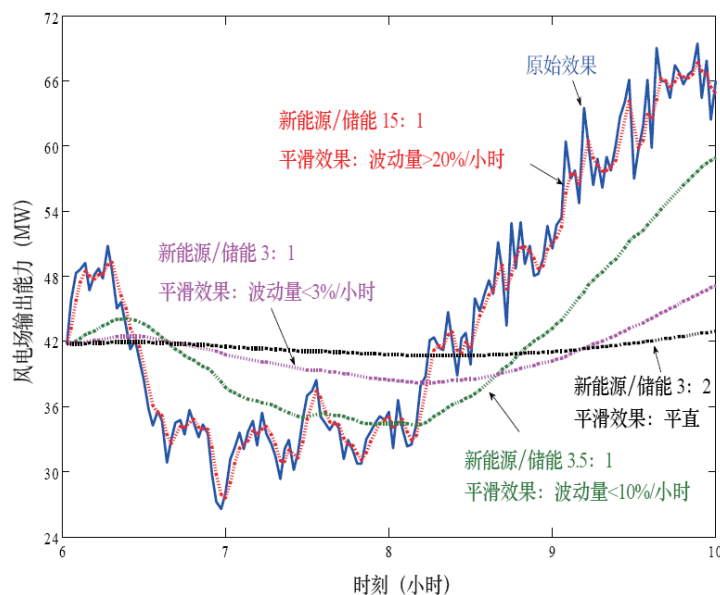
表格 22 可再生能源出力平滑典型特征

放电时长	年运行频率	响应时间
5min	4000	秒级

资料来源：信达证券研发中心

由于可再生能源的出力特性导致其对电网影响巨大，在目前的电源结构下，可再生能源的并网比例一旦超过 15%，电网运行的稳定性就会严重下降。如果加上储能对其出力进行平滑，则其波动就能控制在电网可容纳的范围内，从而提高了可再生能源的并网量，降低弃风弃光率。以风电为例，如果风电与储能的比例达到 3.5:1，则每小时的波动量小于 10%，可以达到较好的平滑效果。以 2016 年风光 2.26 亿千瓦计算，仅可再生能源出力平滑一项应用就有 6.5GW 左右的市场需求。

图 10 储能对新能源出力平滑的效果



资料来源：比亚迪，信达证券研发中心

## 输配侧应用--需求灵活，效益难算

储能在输配侧的应用主要是缓解输配电阻塞、延缓输配电设备扩容及无功支持三类，相对于发电侧的应用，输配电侧的应用类型少，同时从效果的角度看更多的是替代效应，因此需求并非完全刚性。

### 缓解输配电阻塞

线路阻塞是指线路负荷超过线路容量，将储能系统安装在线路上游，当发生线路阻塞时可以将无法输送的电能储存到储能设备中，等到线路负荷小于线路容量时，储能系统再向线路放电。一般对于储能系统要求放电时间在小时级，运行次数在 50~100 次左右，属于能量型应用，对响应时间有一定要求，需要在分钟级响应。

表格 23 缓解输配电阻塞典型特征

放电时长	年运行频率	响应时间
3h	50	分钟级

资料来源：信达证券研发中心

### 延缓输配电设备扩容

在负荷接近设备容量的输配电系统内，如果一年内大部分时间可以满足负荷供应，只在部分高峰特定时段会出现自身容量低于负荷的情况时，可以利用储能系统通过较小的装机容量有效提高电网的输配电能力，从而延缓新建输配电设施成本，延长原有设备的使用寿命。

相比较缓解输配电阻塞，延缓输配电设备扩容工作频次更低，考虑到电池老化，实际可变成成本较高，因此对电池的经济性提出了更高的要求，目前美国弗吉尼亚州 NGK 的钠硫电池储能电站主要用于通过削峰来延缓输配电设备扩容。

**表格 24 延缓输配电设备扩容典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
3h	10	分钟级

资料来源：信达证券研发中心

### 无功支持

无功支持是指在输配线路上通过注入或吸收无功功率来调节输电电压。无功功率的不足或过剩都会造成电网电压波动，影响电能质量，甚至损耗用电设备。电池可以在动态逆变器、通信和控制设备的辅助下，通过调整其输出的无功功率大小来对输配电线路的电压进行调节。无功支持属于典型的功率型应用，放电时间相对较短，但运行频次很高。

**表格 25 无功支持典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
<1min	1000	秒级

资料来源：信达证券研发中心

### 用电侧应用——以电价导向为主

用电侧是电力使用的终端，用户是电力的消费者和使用者，发电及输配电侧的成本及收益以电价的形式表现出来，转化成用户的成本，因此电价的高低会影响用户的需求。从应用场景来看，用户分时电价管理及容量费用管理都是在以降低电价为导向的基础上所衍生出来的用户需求，因此用户侧的需求相对来说更为刚性，也理应受到更多的关注。

#### 用户分时电价管理

在实施了分时电价的市场中，由于存在电价的高低，用户可以自主调整用电计划，将电价较高时段的电力需求转移到电价较低的时段实现，这种手段一般适用于对时间要求不高的需求，但是对于像工厂这样的企业来说，其用电高峰一般都在白天高



峰时段，用户行为相对固定且无法改变。此时可以利用储能系统在低电价时储能，高电价时放电，从而在不改变用户行为的情况下，帮助用户降低整体用电成本。用户分时电价管理和能量时移类似，区别仅在于用户分时电价管理是基于分时电价体系对电力负荷进行调节，而能量时移是根据电力负荷曲线对发电功率进行调节。

**表格 26 用户分时电价管理典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
1h	200	分钟级

资料来源：信达证券研发中心

从目前商业化应用的角度看，削峰填谷是储能系统最主要的应用场景，由于在现行的电力市场下，用户侧的峰谷价差在一定时间内确定，对政策依赖程度最低，同时能量型应用对放电倍率要求不高，对于电化学储能技术来说，可以延长其寿命，降低可变成本，因此限制其商业化的因素只有成本。

### 容量费用管理

在我国，供电部门对大工业企业实行两部制电价，将电价分成基本电价与电度电价两部，基本电价是按照工业企业的变压器容量或最大需用量作为计算电价的依据，由供电部门与用电部门签订合同，确定限额，每月固定收取，不以实际耗电数量为转移。容量费用管理是指在不影响正常生产的情况下，通过降低最高用电功率，从而降低容量费用。用户可以利用储能系统在用电低谷是储能，在高峰时负负荷放电，从而降低整体负荷，达到降低容量费用的目的。

**表格 27 容量费用管理典型特征**

放电时长	年运行频率	响应时间
1h	200	分钟级

资料来源：信达证券研发中心

### 提升电能质量

由于存在电力系统操作负荷性质多变，设备负载非线性等问题，使得用户获得的电能存在电压、电流变化或者频率偏差等问题，此时电能的质量较差。系统调频、无功支持就是在发电侧和输配电侧提升电能质量的形式。在用户侧，储能系统同样可以进行平滑电压、频率波动，例如利用储能解决分布式光伏系统内电压升高、骤降、闪变等问题。提升电能质量属于典型的功率型应用，具体放电市场及运行频率依据实际应用场景而有所不同，但一般要求响应时间在毫秒级。

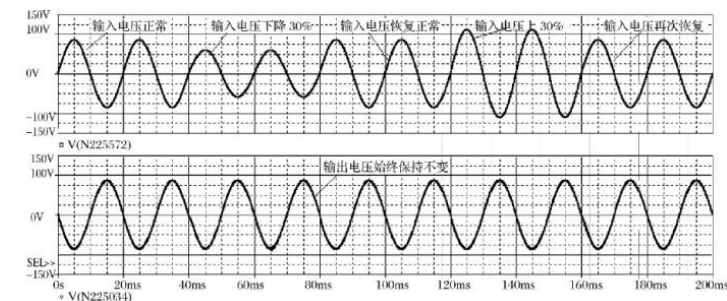


表格 28 提升电能质量典型特征

放电时长	年运行频率	响应时间
10min	100	毫秒级

资料来源：信达证券研发中心

图 11 采用储能系统后输出电压保持稳定，提升了电能质量



资料来源：比亚迪，信达证券研发中心

## 提升供电可靠性

利用储能系统作为电力用户的备用电源，当电网供电不足时可以为用户供电，储能系统的容量取决于用户的负荷及停电时间，因此由用户自主控制储能系统的大小。提升供电可靠性与发电侧的旋转备用应用类似，主要差异在于面向的应用对象不同以及提升供电可靠性的储能系统相对规模较小。

表格 29 提升供电可靠性典型特征

放电时长	年运行频率	响应时间
1h	100	秒级

资料来源：信达证券研发中心

我们将各种储能技术根据其不同的特性与应用场景的需求进行配对，得到不同储能技术最适用的应用场景，随着技术的进步，储能技术能适用的场景也会发生改变。如飞轮储能分为能量型和功率型，能量型飞轮储能目前放电时间还较短，实际应用价值不高，但是如果放电时间可以提升到时分级，则能量型飞轮储能也能在可再生能源出力平滑等应用场景中有一席之地。

**表格 30 不同的储能技术适用于不同应用场景**

类型	能量时移	容量机组	负荷跟踪	系统调频	备用容量	可再生能源能量时移	可再生能源发电容量固化	可再生能源出力平滑	缓解输电阻塞	延缓输电设备扩容	无功支持	提升电能质量	提升供电可靠性	用户分时电价管理	容量费用管理
抽水蓄能	✓	✓	✓	✓	✓										
压缩空气储能	✓	✓		✓	✓										
飞轮储能				✓				✓			✓				
铅酸电池	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓
锂离子电池	✓			✓		✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓	✓
钒液流电池		✓		✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
钠硫电池		✓		✓	✓		✓	✓	✓			✓	✓	✓	✓
燃料电池（汽车）													✓	✓	
显热储热	✓													✓	

资料来源：《储能技术应用潜力与经济性研究》，信达证券研发中心整理

## 储能技术经济性评价：效益逐体现

储能技术的经济性评价方法有多种，由于储能带来的社会效益无法被企业所量化获得，因此我们只按现有机制计算储能的投资回报。实际上，由于不同的应用场景、不同的区域以及不同的储能技术需要考虑的变量因素不同，在现行电力体制下，可能存在区域性的盈利机会。以辅助服务为例，由于有不同的标准和政策，实际计算中需要做相应调整。如各区域的《发电厂并网运行管理细则》和《并网发电厂辅助服务管理细则》中规定了电力辅助服务交易的承付、辅助服务种类、考核补偿方式等。各区域调频补偿办法不同，其中华北电网的补偿在考虑了容量补偿和可用时间补偿以外还考虑了调节性能，一定程度上使得性能更优的储能电站可以获得更多的补偿。

**表格 31 各区域电网 AGC 补偿办法**

区域电网	补偿办法	备注
东北电网	600 元/万千瓦时	调节电量为按调度指令增发或减少的发电量绝对值之和
西北电网	1.可调用容量补偿：火电机组每月 1000 元/万千瓦，水电机组每月 400 元/万千瓦 2.服务贡献量补偿：火电机组 800 元/万千瓦时，水电机组每月 200 元/万千瓦时	调节电量为按调度指令增发或减少的发电量绝对值之和
华北电网	1.可用时间补偿：10 元/小时 2.服务贡献补偿：日补偿费用	P(AGC)为机组 AGC 调节可用容量，是指机组 5min 内可用被调用的 AGC 调节总容量，单位为 MW；t(AGC)为机组全天 AGC 补偿计算时间，单位为 h；K(pd)为机组当天的调节性能指标，与调节速度、精度、响应时间有关；Y(AGC)为 AGC 补偿标准，为 30 元/MWh

$$=P(AGC)*t(AGC)*k(pd)*Y(AGC)$$

华中电网	50 元/MWh	调节电量为按调度指令增发或减少的发电量绝对值之和
华东电网	1.基本补偿: 240 元/MW (华东网调管辖机组), 480 元/MW (省调管辖机组) 2.调用补偿: a.节能发电调度地区补偿: 增发电量 50 元/MWh, 少发电量 100 元/MWh b.年度发电计划调度地区: 1 元/MWh (华东网调管辖机组), 50 元/MWh(省市调度管辖地区)	机组基本补偿部分按 AGC 投运率和可调节容量的乘积进行补偿, 机组 AGC 可调节容量为机组可投入 AGC 运行的调节容量上、下限之差。
南方电网	AGC 容量补偿费用=AGC 容量服务供应量*R1 AGC 电量补偿费用=AGC 实际调节电量*R2	根据 AGC 投运率、调节容量、调节电量对并网发电机组提供的 AGC 服务实施补偿, 投运率为统计时段内的 AGC 投运时间除以机组运行时间。 R1 为容量补偿标准 (元/MWh), 各省市的补偿标准为: 广东 1.78, 广西 1.28, 云南 0.31, 贵州 1.00, 海南 1.41 AGC 容量服务供应量=AGC 当月投运率*每个调度时段的容量服务供应量之和, 每个调度时段的容量服务供应量=每个时段征用的机组 AGC 调节容量*调节时段的长度 AGC 调节容量为机组当前出力点在 3min 内向上可调容量和向下可调容量之和。 在 96 点系统中, 一个调度时段长度为 15min AGC 实际调节电量为机组根据 AGC 调度指令要求比计划发电曲线增发, 减发电量绝对值之和。 R2 为电量补偿标准 (元/MWh), 各省市的补偿标准为: 广东 14.6, 广西 10.49, 云南 7.66, 贵州 8.22, 海南 11.58。

资料来源: 信达证券研发中心整理

由于目前实际应用中储能大多用于削峰填谷, 我们以 10MWh 的铅炭电池用于削峰填谷来进行投资回报的测算。目前初始的系统成本在 1200 元/kWh 左右, 项目运行假设如下:

1. 折旧年限以 8 年计, 总体系统寿命短板在于电池, 因此我们假设电池以 30%的残值率, 系统以 20%的残值率, 以直线法折旧;
2. 电池容量以年 3%的速度衰减, 到第 8 年时衰减到 79%, 低于最佳使用阈值;
3. 以江苏省 110KV 大工业用电计算, 因为受限于电池特性, 实际运行中峰 8h, 谷 6.4h, 平 1.6h, 系统效率 90%, 平均峰谷价差 0.6762 元/kWh 计, 日循环次数 1 次, 实际年利用时间为 330 天;

表格 32 储能项目测算条件

条件	单价 (元/kWh)	数量 (MWh)	总计 (万元)
初始系统投资成本	1200	10	1200
日峰谷差收入	0.5712	10	0.57
年收入	0.57	330	188.48
年运行维护成本			1.5
电池成本			840

系统成本	360
残值	324
系统年折旧额	109.5
所得税率	25%

资料来源：信达证券研发中心

根据上述假设我们用折现现金流保守测算得到项目的税后 IRR 为 5.2%，已经具有一定的经济可行性，而如果公司在此基础上加一定比例的杠杠，实际投资回报率可以超过 10%。

**表格 33 项目经济性测算结果**

运行年数	0	1	2	3	4	5	6	7	8
电池容量(MWh)		10	9.7	9.4	9.1	8.8	8.5	8.2	7.9
年收入(万元)		188.48	182.83	177.17	171.52	165.86	160.21	154.56	148.90
系统运维成本		-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5	-1.5
设备折旧		-109.5	-109.5	-109.5	-109.5	-109.5	-109.5	-109.5	-109.5
毛利润		77.48	71.83	66.17	60.52	54.86	49.21	43.56	37.90
税后经营性现金流		167.61	163.37	159.13	154.89	150.65	146.41	142.17	137.93
NPV	(127.09)								
IRR	5.2%								

资料来源：信达证券研发中心

## 建议关注标的

在现有的储能技术和应用场景下，我们认为储能已经具备了一定的商业化运行能力，行业内生需求与经济性已到一定的临界点，实际制约产业发展的瓶颈在于国家政策和标准，我们认为相关政策落地之日即储能产业爆发之时。

结合前文分析，我们看好工商业削峰填谷、新能源发电用电等应用端，看好锂电池、铅炭电池等产品在储能上的应用，我们建议重点关注以下公司：锂电池方面：比亚迪、猛狮科技、杉杉股份；系统集成及配套方面：科陆电子、阳光电源；铅炭方面：南都电源、圣阳股份。

## 比亚迪

公司是国内电动汽车行业龙头，2016 年新能源汽车销量 9.6 万辆，销量蝉连全球第一，其中新能源乘用车销量近 8.6 万辆，纯电动大巴销量超 1 万辆。电池方面，公司规划 2017/2018/2019 年底产能分别为 20/26/34GWh，同时计划到 2020 年电池成本降到 1 元/wh 以下，届时成本优势将凸显，进一步巩固公司龙头地位。从产业链的角度看，公司与青海盐湖工业股份有限

公司合作共同设立新公司（公司占比 48%），专门从事盐湖锂资源综合利用产品的开发、加工和销售。公司将以青海盐湖佛照蓝科锂业股份有限公司为平台，启动 3 万吨碳酸锂项目建设。由于锂资源的稀缺性，公司在锂电池上游布局从长远来看将有助于降低公司采购成本，提升竞争优势。

公司目前在磷酸铁锂电池方面具有较好的研发水平，实验室条件下电池循环寿命可达 7000~8000 次。公司目前储能产品畅销欧美，目前在美国 PJM 调频市场公司产品份额占据 50%以上，总供应容量达 132MW。此外公司在坪山有 20MW，40MWh 的电站，主要应用场景是削峰填谷。

### 猛狮科技

公司深耕电池行业三十年，具有 PACK 和 BMS 的独立开发能力，目前公司已有多款 PACK 产品已经成功配套整车厂并列入国家新能源汽车产品目录。高端锂电池是公司发展新能源汽车的核心和基础，公司目标是成为世界主要的车用动力锂电池供应商及主要的电池储能系统提供商之一，公司在福建诏安、湖北宜城分别规划建设总产能 6GWH 的锂电池项目，其中诏安第一期 1GWh 已于 2017 年 3 月 9 日实现量产，宜城锂电池项目也于 2017 年 3 月 12 日开工建设；公司高端锂电池产能有望在 2017 年底达到 5GWh。公司已经建立了一个涵盖清洁能源发电、储能、智能输配电、智慧能源管理、售电服务，从电力供应侧到需求侧的完整产业链，具备微电网建设和运营能力。公司具有优质产品和清洁能源资源储备，在储能技术和产品、可再生能源发电业务等方面有望成为国内具备一流技术研发和盈利能力的知名企业，也有望率先在发达国家市场开拓储能和家用能源管理业务，从而拉动电池核心业务。

公司在布局新产业的过程中，始终重视技术创新，福建猛狮新能源的锂电池技术、上海松岳的 BMS 技术、江苏峰谷源的储能技术以及深圳华力特的能源管理技术等都在国内乃至国际上具备较强的技术优势。以峰谷源为例，目前公司的集装箱式储能电站采用磷酸铁锂电池，DOD80%的状况下循环寿命可达 3500 次以上，此外电池也支持 2C 的大功率充放电，电池的技术指标处于行业领先。

### 杉杉股份

公司是锂电池材料行业龙头，正极材料方面开发了包括高电压钴酸锂 LC95A、xEV 用三元 T31R 和高镍三元材料 T61R 等在内的高端正极材料，同时宁夏项目已建成投产，公司总产能达 3.3 万吨，居行业前列；负极材料方面，年产 1 万吨生料项目陆续投产，年产 3.5 万吨锂离子动力电池材料项目中一期项目已处于设备安装阶段，计划于 2017 年年内投试产，宁德 1 万吨项目目前处于建设阶段；电解液方面，2016 年完成对浙江巨化凯蓝新材料有限公司增资入股，在建的 2000 吨六氟磷酸锂和 20000 吨电解液项目我们预计年内均可投试产。同时公司布局新能源汽车，2016 年宁波利维能自动化 18650 电池 PACK 生



产线初步建设完毕，上海展象二期厂房建设完成并投入使用；杉杉汽车取得专用车生产资质；青杉汽车期内完成 10 款整车设计研发工作；子公司云山智慧完成 19 个城市的充电桩布局，并对新能源汽车租赁分别在上海、广州、深圳进行试点，公司通过打通上下游产业链从而获得广阔的成长空间。

公司于 2016 年合资成立江苏杉杉能源管理有限公司，在江苏、北京等地陆续开展园区的大型削峰填谷储能项目以及售电业务，截至 2016 年末总签约量达 50MWH。此外公司于 2016 年 12 月投资启动杉杉能源管理服务产业化项目，其中储能节能项目拟建设规模约 2GWH，对应投资规模约 38 亿元，主要用于投资削峰平谷的储能项目。同时公司充分发挥在动力电池领域的优势，探索电池在工业储能的梯次利用。目前公司已合资成立北京杉杉凯励新能源科技有限公司，通过产业合作的模式，开展应用于铁塔通信基站的动力电池梯级利用。

## 科陆电子

公司是由国家科技部认定的国家火炬计划重点高新技术企业，专业从事用电管理系统、电子式电能表、标准仪器仪表及软件产品的研发、制造及销售。公司是国内高端电能表产业的开拓者，也是中国领先的电力设备与软件制造商。公司 2016 年集成电路、智慧城市业务收入增加，电能表产品贡献业绩显著。配电网方面，在国家电网公司 2016 年三次招标活动中，公司智能电表和用电信息采集产品均有中标，金额总计 5.98 亿元；新能源业务方面，公司中标锡林郭勒盟新能源通设备升级改造工程项目、榆中县和英山县光伏扶贫项目及西藏自治区“金太阳”二期太阳能户用系统项目，公司预计中标金额共计 2.29 亿元；在海外市场，公司以联合体单位中标尼泊尔国家电力局新金堤-巴哈必色 220/400kV 输电线路总包项目，中标金额约 1.35 亿元人民币，展现了良好的发展态势。

相较而言，公司在储能领域发展更值得期待。公司目前研发的磷酸铁锂电池在 DOD90%，0.3C 的环境下循环寿命达到 7000 次（电池剩余容量为 60%），度电成本在 0.4 元/kWh 左右，技术优势达到行业领先水平。公司于 2016 年 10 月 29 日公告增资入股江西科能储能电池系统有限公司，占比 49%，子公司一期计划投建 4 亿 AH(安时)全自动高性能锂离子储能电池生产线，配套 10,000 吨磷酸铁锂项目及相应的隔膜、极片制造工厂，预计今年投产，公司的电池成本有望进一步下降。此外，2016 年 6 月，国内第一个商业化运行的风光储电网融合示范项目——玉门市三十里井子风光储电网完成了系统调试，成功并入电网投入运行，下一步将结合储能进行深入试验示范与研究应用。而上能佛山项目是大规模锂电储能系统在需求侧的第一次使用，公司在储能应用领域广泛布局，前景广阔。

## 阳光电源

公司是一家专注于太阳能、风能、储能等新能源电源设备的研发、生产、销售和服务的国家重点高新技术企业，主要产品有

光伏逆变器、风能变流器、储能系统、电动车电机控制器。公司依托自行研发的新能源电源变换技术和 SDI 的锂电池技术，可提供单机功率 5~1000kW 的储能逆变器、三星锂离子电池、能量管理系统等储能核心设备，同时推出能量搬移、微电网和电力调频等一系列先进的系统解决方案。公司子公司阳光三星储能电源有限公司于 2016 年 7 月投产，目前年产能 2000MWh 电力储能设备，为西藏双湖微网系统、甘肃金昌 100MW 光伏电站等多个项目提供锂电池、储能逆变器、能量管理系统等核心设备。公司目前研发的电站级储能系统解决方案项目特点在于无需新增变压器和储能逆变器，同时电池寿命周期长，100%DOD 循环次数超过 6000 次。公司产品具有较强的竞争力，一旦投入商业化运行，将对公司业绩产生积极影响。

## 南都电源

公司专业从事通信电源、绿色环保储能应用产品研究、开发、制造和销售，并为后备电源、动力电源及特殊电源领域提供完整的解决方案和服务，主导产品为阀控式密封铅酸蓄电池。公司在铅蓄电池领域深耕多年，目前公司的铅炭电池以 30%SoC~80%SoC 范围充放电（DOD50%）循环次数可达 6000 次，达到行业领先水平。公司“投资+运营”的储能系统商用化模式迅速发展和落地。累计完成签约容量近 1000MWh，其中在建项目容量 150MWh，待建项目容量 150MWh，投运项目容量近 30MWh，2016 年实现储能业务收入 1.70 亿元，目前公司储能盈利模式以削峰填谷为主，度电峰谷差利润预计可以达到 0.25~0.3 元，大规模的项目落地对公司业绩将产生积极影响。

同时，公司控股华铂科技，布局铅回收，从而形成完整铅炭产业链循环。近期公司完成对华铂科技剩余 49%股权的收购，从而达到 100%控股。随着铅回收比例的提升，公司可以以更低的成本获得铅原材料，从而在成本上占有优势。2016 年 12 月国家出台了《再生铅行业规范条件》，要求废铅蓄电池预处理项目规模应在 10 万吨/年以上。随着国家对环保标准的趋严及对行业准入门槛的提高，再生铅行业未来集中度有望提升，公司有望因此受益。

## 圣阳股份

公司借力日本古河技术合作生产的大容量、深循环、超长寿命铅炭电池产品大幅降低了铅炭电池的度电成本，具有较强的竞争力。公司在 2016 年成功实施了西藏尼玛可再生能源局域网项目、广东电网电力科学研究院主导的基于电网多端融合应用的储能技术与经济研究项目、中国铁塔内蒙古自治区分公司“2016 年风光互补改造项目”、浙江大学与浙江电网“高密度分布式能源接入交直流混合微电网”上虞 863 示范项目，进一步确立了公司的储能市场的行业地位。同时，公司成功研发出 100kVAPCS，目前已完成基本功能测试，正在微电网平台试运行。由于铅炭电池的特性使得在低压条件下无需使用 BMS，因此公司在储能方面已经掌握了最核心的电池及 PCS 技术，未来具有较好的成长空间。



**表格 34 储能相关部分上市公司**

储能相关产业链	上市公司	
锂电池材料	杉杉股份	
锂电池	比亚迪	猛狮科技
铅炭电池	南都电源	圣阳股份
液流电池	中电鑫龙	
储能逆变器	阳光电源	
电池管理系统	比亚迪	
储能系统集成	科陆电子	

资料来源：信达证券研发中心

## 研究团队简介

信达证券能源化工研究团队（郭荆璞）为第十二届新财富石油化工行业最佳分析师第三名。研究领域覆盖能源政策、油气、煤炭、化工、电力、新能源和能源互联网等。

**郭荆璞**，能源化工行业首席分析师。毕业于北京大学物理学院、罗格斯大学物理和天文学系，学习理论物理，回国后就职于中国信达旗下信达证券，现任研究开发中心总经理，首席分析师，覆盖能源化工方向，兼顾一级市场、量化策略。以经济周期模型研究油价和能源价格波动，根据产业周期波动寻找投资机会，熟悉石油、煤炭、天然气产业链，对化肥、农用化学品、纺织化学品、精细化工中间体，以及新能源、汽车轻量化、甲醇经济、碳排放有特别的研究。

**刘强**，工程师，武汉大学理学学士，浙江大学金融学硕士，6年新能源实业工作经验；实业时的团队在国内最早从事动力电池、光伏电站等新能源产业的开拓工作，对产业链、行业发展理解透彻，资源丰富；擅长从市场和产业发展中挖掘投资机会，兼顾周期与成长。

**马步芳**，研究助理，清华大学硕士，2016年7月加盟信达证券研发中心，目前从事能源化工研究。

## 机构销售联系人

区域	姓名	办公电话	手机	邮箱
华北	袁泉	010-63081270	13671072405	yuanq@cindasc.com
华北	张华	010-63081254	13691304086	zhanghuac@cindasc.com
华北	饶婷婷	010-63081479	18211184073	raotingting@cindasc.com
华北	巩婷婷	010-63081128	13811821399	gongtingting@cindasc.com
华东	王莉本	021-61678592	18121125183	wangliben@cindasc.com
华东	文襄琳	021-63570071	13681810356	wenxianglin@cindasc.com
华东	洪辰	021-61678568	13818525553	hongchen@cindasc.com
华南	刘晟	0755-82465035	13825207216	liusheng@cindasc.com
华南	易耀华	0755-82497333	18680307697	yiyaohua@cindasc.com
国际	唐蕾	010-63080945	18610350427	tanglei@cindasc.com
国际	王小乐	010-63081122	18301418636	wangxiaole@cindasc.com

## 分析师声明

负责本报告全部或部分内容的每一位分析师在此申明，本人具有证券投资咨询执业资格，并在中国证券业协会注册登记为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观地出具本报告；本报告所表述的所有观点准确反映了分析师本人的研究观点；本人薪酬的任何组成部分不曾与，不与，也将不会与本报告中的具体分析意见或观点直接或间接相关。

## 免责声明

信达证券股份有限公司(以下简称“信达证券”)具有中国证监会批复的证券投资咨询业务资格。本报告由信达证券制作并发布。

本报告是针对与信达证券签署服务协议的签约客户的专属研究产品，为该类客户进行投资决策时提供辅助和参考，双方对权利与义务均有严格约定。本报告仅提供给上述特定客户，并不面向公众发布。信达证券不会因接收人收到本报告而视其为本公司的当然客户。客户应当认识到有关本报告的电话、短信、邮件提示仅为研究观点的简要沟通，对本报告的参考使用须以本报告的完整版本为准。

本报告是基于信达证券认为可靠的已公开信息编制，但信达证券不保证所载信息的准确性和完整性。本报告所载的意见、评估及预测仅为本报告最初出具日的观点和判断，本报告所指的证券或投资标的的价格、价值及投资收入可能会出现不同程度的波动，涉及证券或投资标的的历史表现不应作为日后表现的保证。在不同时期，或因使用不同假设和标准，采用不同观点和分析方法，致使信达证券发出与本报告所载意见、评估及预测不一致的研究报告，对此信达证券可不发出特别通知。

在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见并不构成对任何人的投资建议，也没有考虑到客户特殊的投资目标、财务状况或需求。客户应考虑本报告中的任何意见或建议是否符合其特定状况，若有必要应寻求专家意见。本报告所载的资料、工具、意见及推测仅供参考，并非作为或被视为出售或购买证券或其他投资标的的邀请或向人做出邀请。

在法律允许的情况下，信达证券或其关联机构可能会持有报告中涉及的公司所发行的证券并进行交易，并可能会为这些公司正在提供或争取提供投资银行业务服务。

本报告版权仅为信达证券所有。未经信达证券书面同意，任何机构和个人不得以任何形式翻版、复制、发布、转发或引用本报告的任何部分。若信达证券以外的机构向其客户发放本报告，则由该机构独自为此发送行为负责，信达证券对此等行为不承担任何责任。本报告同时不构成信达证券向发送本报告的机构之客户提供的投资建议。

如未经信达证券授权，私自转载或者转发本报告，所引起的一切后果及法律责任由私自转载或转发者承担。信达证券将保留随时追究其法律责任的权利。

## 评级说明

投资建议的比较标准	股票投资评级	行业投资评级
本报告采用的基准指数：沪深 300 指数（以下简称基准）； 时间段：报告发布之日起 6 个月内。	<b>买入：</b> 股价相对强于基准 20% 以上；	<b>看好：</b> 行业指数超越基准；
	<b>增持：</b> 股价相对强于基准 5% ~ 20%；	<b>中性：</b> 行业指数与基准基本持平；
	<b>持有：</b> 股价相对基准波动在±5% 之间；	<b>看淡：</b> 行业指数弱于基准。
	<b>卖出：</b> 股价相对弱于基准 5% 以下。	

## 风险提示

证券市场是一个风险无时不在的市场。投资者在进行证券交易时存在赢利的可能，也存在亏损的风险。建议投资者应当充分深入地理解证券市场蕴含的各项风险并谨慎行事。

本报告中所述证券不一定能在所有的国家和地区向所有类型的投资者销售，投资者应当对本报告中的信息和意见进行独立评估，并应同时考量各自的投资目的、财务状况和特定需求，必要时就法律、商业、财务、税收等方面咨询专业顾问的意见。在任何情况下，信达证券不对任何人因使用本报告中的任何内容所引致的任何损失负任何责任，投资者需自行承担风险。