

研究所

证券分析师：李航 S0350521120006

lih11@ghzq.com.cn

证券分析师：邱迪 S0350522010002

qiud@ghzq.com.cn

## 储能报告系列之一：

# 从调峰、调频角度看我国电化学储能需求空间

## ——电气设备行业深入研究

最近一年走势



相对沪深300表现

表现	1M	3M	12M
电气设备	-8.8%	-9.3%	25.8%
沪深300	-1.2%	-1.8%	-11.9%

相关报告

### 投资要点：

- 电网用电侧、发电侧的变化与电网侧发展滞后性是导致新能源发电消纳受限的主要原因。

伴随新能源发电大规模并网和用电结构变化，发用两侧灵活调节需求增大及电网侧配套不足给电力系统带来安全隐患。用电侧变化主要体现在用电负荷峰谷差率逐步提高；发电侧问题主要是新能源发电出力固有随机性、波动性、间歇性导致系统转动惯量下降、调峰调频压力增大等；电网侧主要问题一是远距离输电能力仍有待提高，二是灵活调节资源发展滞后。用电侧、发电侧和电网侧的问题共同导致了新能源发电消纳能力受限，以此引出解决新能源消纳的两个重要方向：一是增加灵活电源，二是配置储能。

- 2025、2030年电化学储能容量需求区间分别为111GWh~141GWh和686GWh~731GWh。

应对未来新能源消纳带来的调频、调峰挑战，储能需求空间大。解决新能源消纳问题需要从调峰、调频两个方面入手。对我国调峰的功率缺口和容量缺口进行估算，2025年调峰电化学储能功率需求约为45.9GW，容量需求约为111GWh，2030年容量需求约为686GWh。2025年调频储能需求约为30GWh，2030年调频储能需求约为45GWh。考虑到调频、调峰共用性尚不明确，对电化学储能需求进行区间预测，区间最小值为调峰、调频储能完全共用情况，等于调峰电化学储能容量需求；区间最大值为调峰、调频储能完全不共用情况，即为调峰电化学储能容量需求加调频电化学储能容量需求。我们预测2025年电化学储能容量需求区间为111GWh~141GWh，2030年电化学储能容量需求区间为686GWh~731GWh。

- **投资建议** 随着风电、光伏装机量占比不断提高，电网调峰、调频需求日益凸显，电化学储能作为填补调峰、调频缺口的重要技术，将开启十年黄金赛道。基此我们给出行业“推荐”评级。具体标的上，重点推荐：（1）锂电环节：储能市场需求确定，受益于电化学储能增长预期的磷酸铁锂电池龙头企业【宁德时代】、【亿纬锂能】和磷酸铁锂正极材料企业【德方纳米】；（2）储能变流器：储能系统成本主要

构成之一的储能变流器相关企业【阳光电源】、【锦浪科技】、【德业股份】、【固德威】和【禾望电气】；（3）储能温控：大规模电化学储能温控需求旺盛，利好精密设备温控龙头企业【英维克】和【同飞股份】；（4）消防系统：电化学储能安全性要求较高，利好消防报警企业【青鸟消防】。

- **风险提示** 1) 储能相关政策变化；2) 新能源发电发展不及预期；3) 调峰技术革新；4) 电化学储能成本下降不及预期；5) 煤电灵活改造与气电新增装机量超预期；6) 重点关注公司业绩不及预期；7) 模型假设与实际情况可能存在差异。

**重点关注公司及盈利预测**

重点公司 代码	股票 名称	2022-01-20		EPS			PE			投资 评级
		股价	2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E		
300750.SZ	宁德时代	569.13	2.49	4.82	8.62	140.77	118.12	65.99	增持	
300014.SZ	亿纬锂能	95.70	0.89	1.71	2.53	91.57	55.99	37.89	增持	
300274.SZ	阳光电源	122.26	1.34	1.06	1.28	53.94	18.14	15.11	增持	
300763.SZ	锦浪科技	221.43	2.31	2.29	3.72	64.50	96.82	59.59	增持	
605117.SH	德业股份	236.76	2.99	3.20	5.04	79.18	74.05	47.00	增持	
002837.SZ	英维克	36.85	0.57	0.71	0.97	30.70	52.17	37.86	增持	
002960.SZ	青鸟消防	49.46	1.79	1.51	2.03	20.90	32.65	24.42	增持	
300990.SZ	同飞股份	100.89	3.20						增持	
300769.SZ	德方纳米	563.98	-0.36	6.76	11.45	-464.44	83.38	49.26	增持	
688390.SH	固德威	344.02	2.96	4.50	7.19	80.43	76.49	47.82	增持	
603063.SH	禾望电气	33.98	0.63	0.60	0.98	30.68	56.68	34.56	增持	

资料来源：Wind 资讯，国海证券研究所（注：盈利预测取自万得一致预期）

## 内容目录

1、 用电侧、发电侧的变化与电网侧发展滞后性.....	5
1.1、 用电侧：峰谷差不断增加.....	5
1.2、 发电侧：新能源发电对电网支撑能力弱.....	6
1.3、 电网侧：灵活电源不足，调峰、调频能力受限.....	8
2、 提高灵活电源占比和发展储能是解决新能源消纳问题的关键.....	9
2.1、 灵活火电发展受限.....	9
2.2、 政策支持利好储能发展.....	10
3、 2025、2030 年电化学储能容量需求区间分别为 111GWh-141GWh 和 686GWh-731GWh.....	11
3.1、 新能源装机量预测.....	12
3.2、 2025 年、2030 年调峰电化学储能容量需求分别为 111GWh 和 686GWh.....	13
3.2.1、 新能源发电无法消纳部分即为我国调峰缺口.....	13
3.2.2、 2025 年调峰电化学储能功率需求空间为 45.9GW.....	14
3.2.3、 2025 年、2030 年调峰电化学储能容量需求空间分别为 111GWh 和 686GWh.....	15
3.3、 2025 年、2030 年调频电化学储能需求分别为 30GWh 和 45GWh.....	17
3.4、 2025、2030 年电化学储能容量需求区间分别为 111GWh-141GWh 和 686GWh-731GWh.....	20
4、 投资建议.....	21
5、 风险提示.....	22

## 图表目录

图 1: 2020 年宁波电网负荷与电动汽车充电负荷 .....	5
图 2: 全国当月最高负荷 (GW) .....	5
图 3: 2020 年浙江全年日最高/最低负荷 (MW) .....	5
图 4: 2020 年浙江工作日典型负荷曲线 (GW) .....	6
图 5: 我国光伏、风电发电量占比 .....	6
图 6: 我国 2020 年发电结构 .....	6
图 7: 我国新能源发电与社会用电量 (亿千瓦时) .....	7
图 8: 湖北工作日典型负荷曲线 (GW) .....	7
图 9: 湖北部分光伏电站单日出力曲线 .....	8
图 10: 湖北部分风电场单日出力曲线 .....	8
图 11: 2025 新能源发电装机量预测路径 .....	12
图 12: 调峰原理 .....	14
图 13: 湖北 10 风电场与 6 光伏电站出力拟合 (MW) .....	16
图 14: 湖北 2019 年工作日典型负荷曲线 (GW) .....	16
图 15: 2025/2030 年全国典型日负荷/发电曲线 (万千瓦) .....	17
图 16: 调频过程及原理 .....	18
图 17: 储能调频示意图 .....	19
图 18: 火电调频示意图 .....	19
表 1: 部分国家 2018 年灵活电源占比及新能源发电占比 .....	8
表 2: 三种火电机组对比 .....	8
表 3: 主要省份弃风弃光原因 .....	9
表 4: 典型燃气机组与燃煤机组对比 .....	9
表 5: 储能相关国家政策 .....	10
表 6: 主要省份新能源发电储能配建政策 .....	11
表 7: 新能源发电装机量预测值 .....	13
表 8: 调峰储能空间预测 .....	14
表 9: 电化学储能容量敏感性分析 .....	15
表 10: 全国电力运行情况及预测 .....	16
表 11: 调峰缺口及调峰电化学储能容量预测 .....	17
表 12: 调频指标 .....	18
表 13: 调频设备对比 .....	18
表 14: 新能源发电调频方式 .....	19
表 15: 光伏、风电调频电化学储能需求空间预测 .....	20

## 1、用电侧、发电侧的变化与电网侧发展滞后性

### 1.1、用电侧：峰谷差不断增加

随着我国用电结构变化和电气化程度提升，负荷峰谷差拉大增大了电力系统调节需求。随着我国第三产业和居民生活用电占比不断提升，用电侧日内负荷的峰谷差率与峰谷差绝对值都在不断增大。以浙江为例，2020年最大峰谷差达33140MW，最大峰谷差率超50%。同时，我国终端用能部门电气化程度也在不断提升，其中电动车是当前交通部门电气化的重要缩影。电动车充电负荷与原有电网负荷的日内波动情况高度重合，进一步增大负荷峰谷差率。以宁波为例，电动车充电高峰期在9-11点和19-20点，与电网用电高峰期吻合。随着新能源汽车渗透率的不断提高，电动车的充电也将进一步加大电网负荷的峰谷差。

图 1：2020 年宁波电网负荷与电动汽车充电负荷

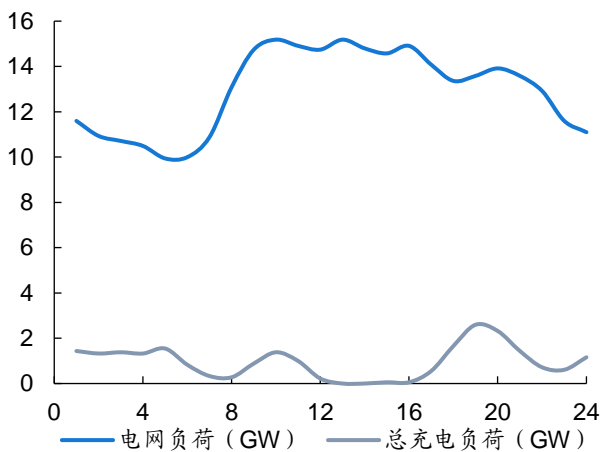
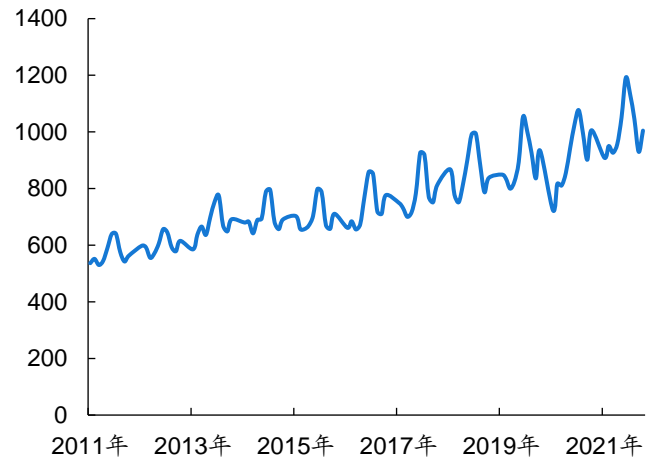


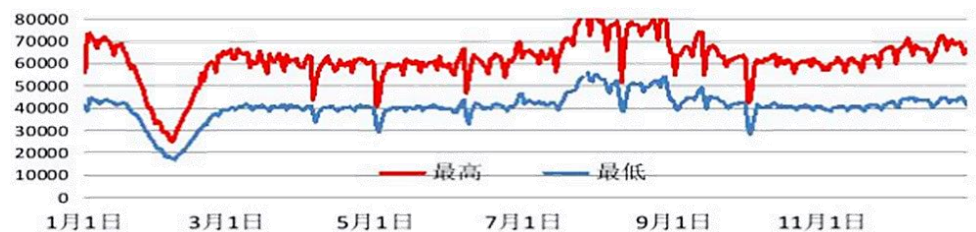
图 2：全国当月最高负荷（GW）



资料来源：《电动汽车充电对电网负荷和电气设备的影响》，国海证券研究所

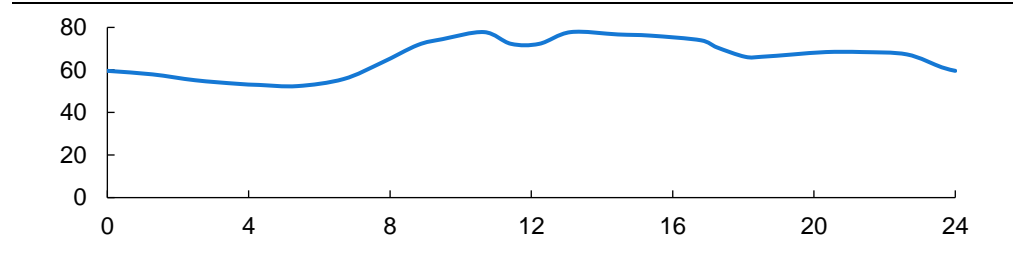
资料来源：Wind，国海证券研究所

图 3：2020 年浙江全年日最高/最低负荷（MW）



资料来源：国家发展改革委，国海证券研究所

图 4: 2020 年浙江工作日典型负荷曲线 (GW)



资料来源: 国家发改委, 国海证券研究所

## 1.2、发电侧: 新能源发电对电网支撑能力弱

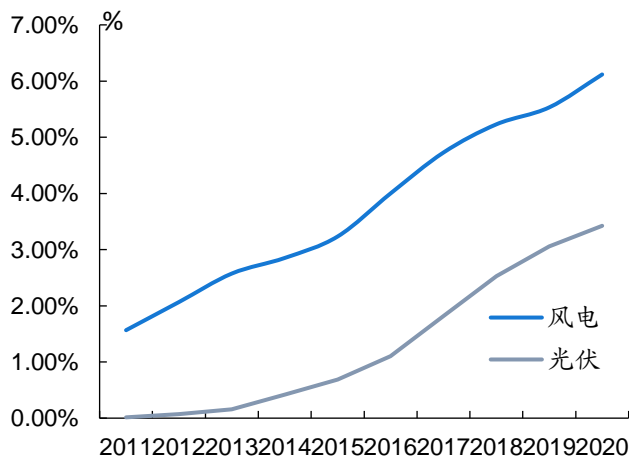
新能源发电在电力系统中占比将逐步提高, 未来将成为我国发电主体, 新能源大规模并网对电力系统调节能力提出更高要求。光伏与风电在我国的发电量占比在 2020 年已经超过 9%, 根据全球能源互联网发展合作组织预测, 在碳达峰、碳中和趋势下, 这一比例有望在 2030 年达到 27%, 2060 年达到 66%。由于新能源发电设备存在转动惯量低、动态无功支撑能力弱、电压耐受能力不足等问题, 导致系统抗扰动能力下降, 影响系统的稳定性:

(1) **系统转动惯量降低:** 由于光伏与风电几乎没有转动惯量, 随着常规机组占比和使用率降低, 电力系统一次调频能力下降, 导致系统抗干扰能力变弱, 波动率与波动幅度提高, 低频越限概率增大, 逐步需要储能提供转动惯量和调频服务;

(2) **动态无功支撑能力弱:** 新能源机组动态无功支撑能力较常规电源弱, 且新能源发电逐级升压接入电网, 与主网的电气距离是常规机组的 2~3 倍, 新能源占比提高将导致系统动态无功储备及支撑能力下降, 系统电压稳定问题突出;

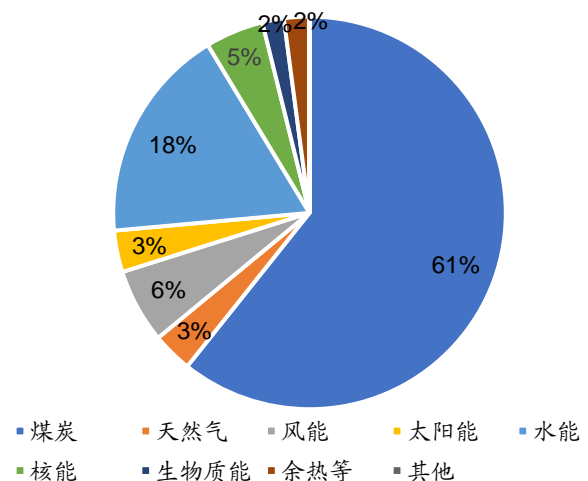
(3) **电压耐受能力不足:** 新能源大规模接入导致系统短路容量下降, 电压支撑能力降低, 使暂态过电压问题突出, 可能超过设备耐受水平, 造成新能源大规模脱网或设备损坏。

图 5: 我国光伏、风电发电量占比



资料来源: 中电联, 国海证券研究所

图 6: 我国 2020 年发电结构

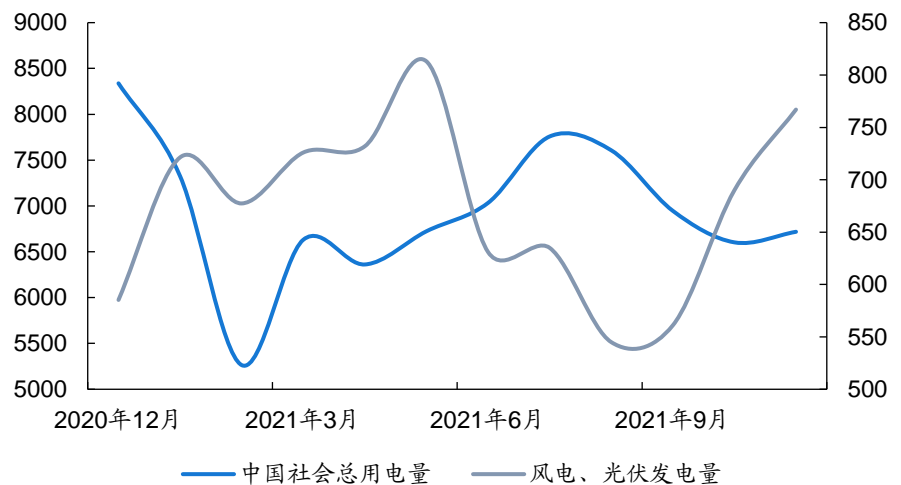


资料来源: 中电联, 国海证券研究所



由于风电与光伏合计发电量与全社会用电量存在季节性错配，系统需要火电机组和储能技术协同来保障电力供应。我国全年用电情况与新能源发电量均具有周期性，根据 2021 年统计，全社会用电量在 7~9 月以及 12 月处于高峰，在 2~4 月及 11 月处于低谷。然而风电与光伏合计发电量在 3~5 月及 11 月处于高峰，在 7~9 月及 12 月处于低谷，两者峰谷错位。在未来光伏和风电发电量占比提高的背景下，由于新能源发电与用电需求的季节性供需错配，在新能源发电低谷月份，需要大量火电机组保障电力供应；而在新能源发电高峰月份，由于火电机组的开机数量大幅降低且新能源调节能力弱，火电机组难以满足调峰、调频需求，需要更多储能设施来维持电网安全稳定。

图 7：我国新能源发电与社会用电量（亿千瓦时）

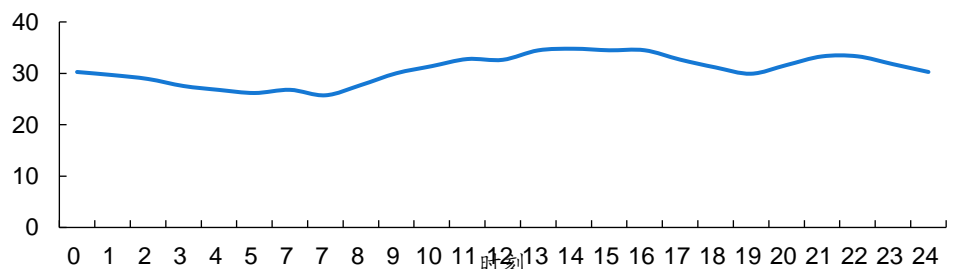


资料来源：Wind，国海证券研究所

注：左轴（中国社会总用电量），右轴（风电、光伏发电量）

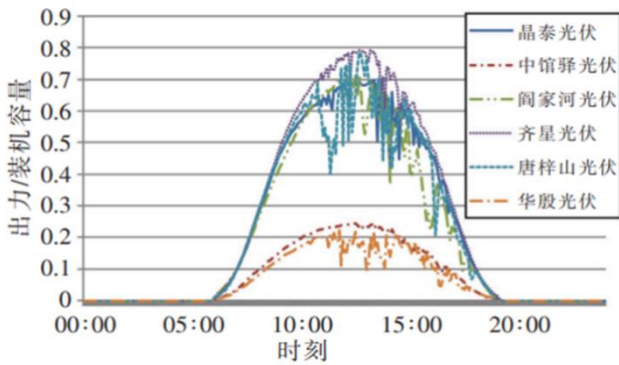
新能源发电的瞬时波动和日内波动特性增大了系统调频、调峰需求。新能源发电具有较强的随机性、波动性，系统需要增加灵活性资源来应对其产生的调频、调峰需求。且风电的随机性、波动性远超光伏，因此进一步增大了系统调频、调峰需求。此外，我国风电普遍存在逆调峰现象，即风电出力曲线的峰谷时间与负荷的峰谷时间相反。以湖北电网数据为例，风电在夜间 22 时至次日 5 时出力较大，白天 12 时至 17 时出力较小；而湖北电网在夜间 23 时至次日 7 时负荷较小，白天 12 时至 17 时处于负荷峰值。这种逆调峰现象会进一步增大系统调峰压力。

图 8：湖北工作日典型负荷曲线（GW）



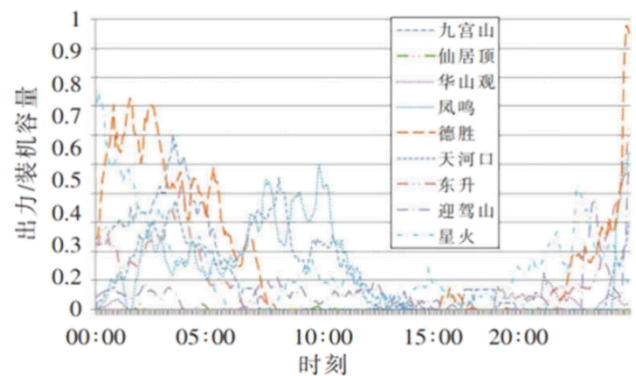
资料来源：国家发改委，国海证券研究所

图 9: 湖北部分光伏电站单日出力曲线



资料来源:《湖北电网典型大负荷日风电光伏出力特性分析》, 国海证券研究所

图 10: 湖北部分风电场单日出力曲线



资料来源:《湖北电网典型大负荷日风电光伏出力特性分析》, 国海证券研究所

### 1.3、电网侧：灵活电源不足，调峰、调频能力受限

电网侧系统灵活性电源发展滞后，调峰调频能力受限。我国电源结构以灵活性不高的燃煤机组为主，灵活性较好的燃气机组占比低，后者在2018年占比不足6%。作为对比，美国、西班牙、德国的灵活电源装机量占比达到了49%、34%、18%，远超我国水平。用各国灵活电源装机量占比与太阳能、风电发电量占比相除得到的比值可以作为衡量各国灵活电源对新能源发电调节能力的指标，我国此指标也远低于美国与西班牙。灵活性调节能力直接关系到电力系统安全稳定运行和新能源消纳利用水平，当前灵活性资源挖潜不足，体现在常规火电改造推进迟缓，抽蓄等灵活性调节电源建设缓慢，水电、核电等清洁能源提供灵活性资源的不确定性高，导致电力系统调峰调频压力不断增大。

表 1: 部分国家 2018 年灵活电源占比及新能源发电占比

国家	灵活电源装机量占比	太阳能、风电发电量占比	灵活电源装机量占比/ 太阳能、风电发电量占比
美国	49%	8.4%	5.82
西班牙	34%	24.5%	1.39
德国	18%	27.4%	0.66
中国	6%	8.0%	0.75

资料来源: 中电联, IEA, 国海证券研究所

表 2: 三种火电机组对比

发电方式	完全启停时间: 小时	运行功率区间	
传统煤电机组	4-12	50-100%	功率调节难
灵活性改造煤电	2-4	20-100%	功率调节较难
燃气轮机	0.5	0-100%	功率调节较灵活

资料来源:《中国煤电机组调峰运行现状分析》, 富燃科技官网, 国海证券研究所



**调峰能力不足是新能源发电消纳受限的主要因素。**我国能源资源与消费需求呈逆向分布，西部地区风、光、水等清洁能源需要大规模外送至中东部地区消纳。目前跨省跨区清洁能源消纳仍然面临着政策和价格机制不完善、电力外送通道建设滞后等问题，局部地区仍存在因外送传输能力受限造成的新能源弃用问题，但是随着高压输电网络的大力建设，外送受限对新能源发电消纳的影响正逐步减少。根据主要省份弃风弃光原因的统计，2020年相较于2015年因传输能力受限导致的弃风弃光占比均有降低，因调峰能力不足导致的弃风弃光占比均有上升并且在多省占比超过90%。因此调峰能力不足是新能源发电消纳受限的主要因素，并且问题正逐步加剧。

**表 3：主要省份弃风弃光原因**

省市	弃风原因				弃光原因			
	调峰能力不足		传输能力受限		调峰能力不足		传输能力受限	
	2015	2020	2015	2020	2015	2020	2015	2020
甘肃	52.1%	74.2%	47.9%	25.8%	39.6%	69.9%	60.4%	30.1%
宁夏	85.8%	94.2%	14.2%	4.8%	89.5%	96.6%	10.5%	3.4%
青海	/	96.5%	/	3.5%	69.8%	93.2%	30.1%	6.7%
新疆	74.1%	92.3%	25.8%	7.7%	73.0%	90.1%	27.0%	9.8%

资料来源：西北能监局，国海证券研究所

## 2、提高灵活电源占比和发展储能是解决新能源消纳问题的关键

**提高灵活电源占比和发展储能是解决新能源消纳问题的两大主要手段。**提升电力系统灵活性是解决新能源消纳的关键，主要手段包括提升灵活电源占比、发展储能、加强电网互联、挖掘需求响应资源等。其中，灵活电源和储能是较为主要的灵活性资源，为研究重点。

### 2.1、灵活火电发展受限

**提高燃气机组占比不符合我国国情，难以实现。**我国具有“富煤贫油少气”的能源资源禀赋，天然气对外依存度较高，燃气发电成本远高于燃煤发电。

**表 4：典型燃气机组与燃煤机组对比**

机型	燃料价格	燃料成本 (元/kWh)	固定成本 (元/kWh)	总成本 (元/kWh)	标杆电价
9F 燃气机组	2.6 元/m <sup>3</sup>	0.539	0.12	0.659	0.665
600MW 燃煤机组	500 元/吨	0.245	0.14	0.385	0.453

资料来源：《电力体制改革下天然气发电产业的挑战与机遇》，国海证券研究所

**燃煤机组灵活改造是我国提高灵活电源占比的主要途径。**煤电原则上具备秒级以上全时间尺度调节能力，通过煤电灵活性改造，可以使其具备日内调峰能力，从而应对新能源发电的日内波动问题。因补偿标准低等问题，“十三五”期间煤

电灵活性改造积极性不强，改造远低于预期，“十三五”规划改造 219.5GW，截止 19 年底仅完成 57.75GW。

**煤电机组灵活性改造支持政策利好不断，改造进度预计加快。**在国家政策方面，“十四五”期间计划完成煤电灵活性改造 200GW，增加系统调节能力 30~40GW。地方政府也在积极出台相关政策刺激煤电灵活改造，如内蒙以新建新能源消纳指标激励发电央企对存量煤电机组进行灵活性改造。此外，我国调峰在内辅助服务费用占全社会电费占比有望逐步看齐国际经验值，由当前 1.5%升至 3%及以上，将利好调峰等辅助服务市场建设。

## 2.2、政策支持利好储能发展

**发展储能可以很好地解决新能源大规模并网引起的发电高峰和用电高峰错配及电网不稳定问题。**储能可以解决风光出力高峰与负荷高峰错配的难题，通过削峰填谷促进新能源消纳，缓解电网的调峰压力。此外，储能可以提供调频服务，解决风光出力随机性和波动性带来的频率稳定难题，提升系统安全稳定水平。

**国家储能政策频出，储能收益难题有望得到破解。**2014 年国家出台政策，国内新建抽水蓄能电站电价主要采用两部制，即上网电价=容量电价+电量电价，容量电价和电量电价分别用以弥补固定成本和运营产生的变动成本。2019 年 5 月下发的《输配电定价成本监审办法》规定，抽水蓄能电站及电储能设施费用不得计入输配电定价成本，导致电网投资储能难以疏导成本。但是 2021 年 5 月新政《关于进一步完善抽水蓄能价格形成机制的意见》明确抽水蓄能容量电价纳入输配电成本，储能成本可以向下游用户传导，从而保障了抽水蓄能电站的投资收益，为抽水蓄能电站规模化发展打下基础。2021 年 12 月印发的《电力辅助服务管理办法》提出将辅助服务费用分摊范围由当前发电侧扩大至电力用户，为储能打开盈利空间奠定了基础。

表 5：储能相关国家政策

时间	文件	政策
2014 年	《关于完善抽水蓄能电站价格形成机制有关问题的通知》	电力市场形成前，抽水蓄能电站实行两部制电价：容量电价以弥补电站固定成本及准许收益的原则核定，抽蓄电站放电电价为当地燃煤标杆电价，充电电价为放电电价 75%
2019 年 5 月	《输配电定价成本监审办法》	抽水蓄能、电储能成本费用不纳入输配电成本
2021 年 5 月	《关于进一步完善抽水蓄能价格形成机制的意见》	抽水蓄能容量电价纳入输配电成本
2021 年 7 月	《关于加快推动新型储能发展的指导意见》	建立电网侧独立储能电站容量电价机制，探索将电网替代性储能设施成本纳入输配电成本，完善峰谷电价政策，推动新型储能到 2025 年装机规模达 30GW
2021 年 12 月	《电力并网运行管理规定》与《电力辅助服务管理办法》	按照“谁受益、谁承担”的原则，进一步完善辅助服务考核补偿方式和分摊机制，补偿费用分摊范围扩大到电力用户

资料来源：官方文件整理，国海证券研究所

**储能产业迎来政策性利好，地方政府纷纷响应国家政策推出配储政策。**2021 年 8 月，发改委发布《关于鼓励可再生能源发电企业自建或购买调峰能力增加并网

规模的通知》，通知鼓励发电企业自建储能或调峰能力增加并网规模，对按规定比例要求配建储能或调峰能力的可再生能源发电企业，经电网企业按程序认定后，可安排相应装机并网。该政策显示了国家层面对储能产业明确的支持态度，国家政策出台后，各地储能产业扶持政策密集出台，多地强制要求保障性并网按照一定比例配储。在国家政策大力推进储能产业发展的背景下，储能产业有望健康快速发展。

表 6: 主要省份新能源发电储能配建政策

省市	文件	政策
青海	《关于印发支持储能产业发展若干措施（试行）的通知》	新建新能源项目，储能容量原则上不低于新能源项目 10% × 2 小时以上 自发自储设施所发售的省内电网电量，给予每千瓦时 0.10 元运营补贴
河南	《关于 2021 年风电、光伏发电项目建设有关事项的通知》	I 类区域配置项目 10% × 2 小时储能 II 类区域配置项目 15% × 2 小时储能 III 类区域配置项目 20% × 2 小时储能
山东	《关于开展储能示范应用的实施意见》	新增集中式风电、光伏发电项目，原则上按照不低于 10% × 2 小时比例配建或租赁储能设施
内蒙古	《关于加快推动新型储能发展的实施意见》	新建保障性并网新能源项目，配建储能规模原则上不低于新能源项目 15% × 2 小时储能 新建市场化并网新能源项目，配建储能规模原则上不低于新能源项目 15% × 4 小时储能
贵州	《关于上报 2021 年光伏发电项目计划的通知》	送出消纳受限区域，计划项目需配备 10% 的储能设施
甘肃	《关于加快推进全省新能源存量项目建设工作的通知》	鼓励在建存量 600 万千瓦风电项目按河西 5 市（酒泉、嘉峪关、张掖、金昌、武威）配置 10%-20% × 2 小时、其他地区按照 5%-10% × 2 小时配置配套储能设施。
陕西	《关于征求新型储能建设方案（征求意见稿）意见的函》	新增风电项目，陕北地区 10% × 2 小时；新增集中式光伏，关中地区、延安市 10% × 2 小时，榆林市 20% × 2 小时
山西	《关于做好 2021 年风电、光伏发电开发建设有关事项的通知》	大同等 5 市建议配置 10% × 2 小时以上储能设施
河北	《2021 年风电、光伏发电保障性并网项目计划的通知》	南网、北网保障性并网项目分别由开发企业按照不低于项目容量 10% × 2 小时、15% × 2 小时配置储能装置
江西	《江西省能源局关于做好 2021 年新增光伏发电项目竞争优选有关工作的通知》	对储能配置不低于装机规模 10% × 1 小时以上光伏电站给予政策支持
宁夏	《关于加快促进自治区储能健康有序发展的指导意见》	“十四五”期间，储能设施按照容量不低于新能源装机的 10% × 2 小时以上的原则逐年配置

资料来源：各省市政府官方网站，国海证券研究所

### 3、2025、2030 年电化学储能容量需求区间分别为 111GWh-141GWh 和 686GWh-731GWh

抽水蓄能发展规模确定性相对较高，储能需求预测的难点在于电化学储能空间

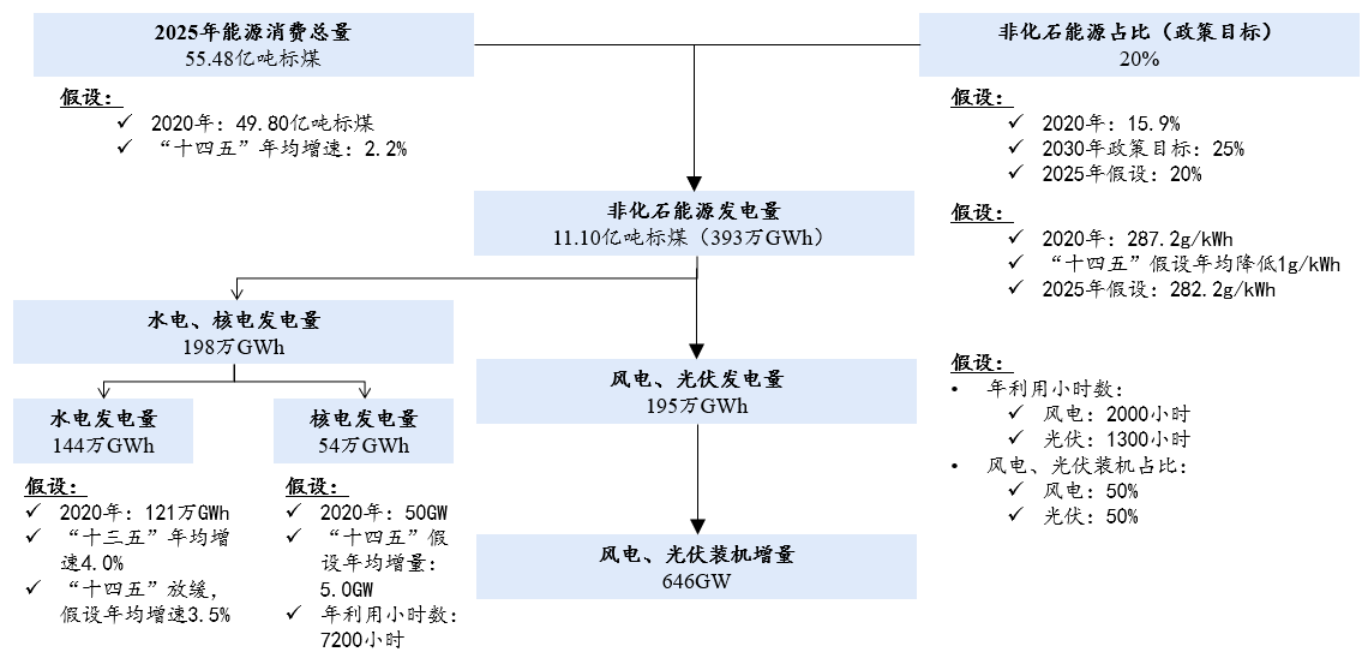
测算。抽水蓄能和电化学储能是当前储能发展的主流选择，两者发展模式存在显著差别。我国抽水蓄能规划建设主要围绕两大电网公司展开，在当前抽水蓄能价格机制逐步理顺的趋势下，抽水蓄能发展规划落地确定性显著增强。电化学储能的投资主体呈现显著的多元化特征，国家规划目标的执行落地面临更大的不确定性，相应的测算分析更为困难。

结合当前应用场景看，电化学储能主要起到调峰、调频作用，从调峰调频功能视角测算电化学储能空间更为行之有效。按照安装位置和投资主体划分，电化学储能应用场景可分为电源侧储能、电网侧储能、用户侧储能。由于电化学储能在这些场景所起作用大部分重叠，且各场景电化学储能规模受政策要求、经济性等多方面复杂多变因素影响，采用自下而上分场景测算方法预测电化学储能较为困难。但从在电力系统中所发挥的作用看，储能主要起到调峰、调频功能，从功能视角相较更容易测算出未来电力系统中电化学储能需求。

### 3.1、 新能源装机量预测

基于 2021 年 10 月国务院印发的《2030 年前碳达峰行动方案》中，2025 年非化石能源消费比重达到 20%、2030 年非化石能源消费比重达到 25% 的目标，对新能源装机量进行预测，预计“十四五”期间风电和光伏新增装机量为 646GW，累积装机量约为 1181GW。

图 11：2025 新能源发电装机量预测路径



资料来源：wind，国务院，能源局，国海证券研究所

表 7: 新能源发电装机量预测值

	单位	2020	2025E	2030E
一次能源消费总量	亿吨标煤	49.80	55.48	59.43
年均增速		2.8%	2.2%	1.4%
非化石发电量总量	万 GWh	231	393	531
非化石能源占比		15.9%	20.0%	25.0%
发电煤耗	g/kWh	287.2	282.2	279.7
非化石发电量结构				
水电发电量	万 GWh	121.4	144.5	167.8
年均增速		4.0%	3.5%	3.0%
核电发电量	万 GWh	36.6	53.9	71.9
装机量	GW	49.9	74.9	99.9
装机年均增量	GW	4.5	5.0	5.0
年利用小时数	h	7341.2	7200.0	7200.0
风电+光伏发电量	万 GWh	72.7	194.8	291.5
装机量总和	GW	535.0	1180.8	1804.8
风电占比		52.6%	50.0%	45.0%
光伏占比		47.4%	50.0%	55.0%
风电发电量	万 GWh	46.7	118.1	162.4
装机量	GW	281.5	590.4	812.2
年利用小时数	h	1657.0	2000.0	2000.0
光伏发电量	万 GWh	26.1	76.7	129.0
装机量	GW	253.4	590.4	992.6
年利用小时数	h	1027.9	1300.0	1300.0

资料来源: wind, 国务院, 能源局, 《中国 2030 年能源电力发展规划研究及 2060 年展望》, 国海证券研究所

## 3.2、2025 年、2030 年调峰电化学储能容量需求分别为 111GWh 和 686GWh

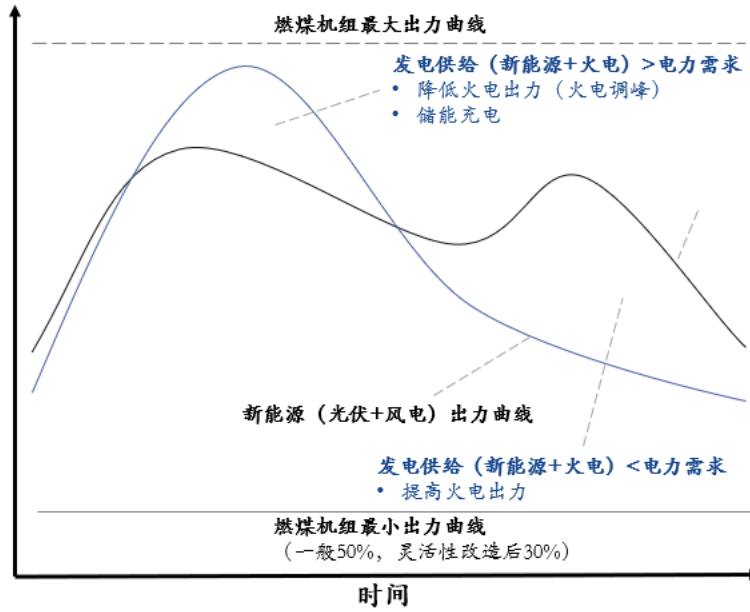
### 3.2.1、新能源发电无法消纳部分即为我国调峰缺口

电网负荷日内一般呈规律性波动, 负荷峰谷差率在部分较极端情况下会超过 50%。电网调峰就是在电网负荷高峰时提高发电功率, 电网负荷低谷时降低发电功率。传统电网会通过预测对负荷波动的预测, 按照日前发电计划调整全网火电机组输出功率实现系统调峰。新能源发电大规模并网后, 风电和光伏发电的日内波动进一步增大了系统调峰需求。由于传统煤电机组最小技术出力一般为 50%, 继续降低出力会有停机风险, 并且煤电机组启动时间较长, 频繁启停还会加速机组磨损, 因此传统煤电机组调峰能力有限。当所有煤电机组出力降至最小出力时, 若总发电供给仍高于电力需求, 则只能弃光、弃风, 此部分供给需求差额可视为调峰缺口。该调峰缺口可通过储能设备在发电高峰期进行电能储存, 在用电高峰



期进行电能释放来补足。调峰储能设备主要以电化学储能和抽蓄储能为主，抽蓄储能的建设对地势环境有要求，并且建设周期一般为 8-10 年，所以未来 10 年抽蓄储能容量可以根据目前已有、在建、规划的抽蓄项目进行较为准确地预测。

图 12: 调峰原理



资料来源：国海证券研究所

### 3.2.2、2025 年调峰电化学储能功率需求空间为 45.9GW

通过供需差计算出 2025 年调峰缺口为 127GW。第一步确定全年调峰需求在冬季供暖期晚高峰期间最大。第二步计算 2025 年该时期调峰缺口（即供需差），**调峰缺口=调峰需求-调峰能力**，其中调峰需求包括峰谷差、备用容量和风电逆调峰容量，调峰能力包括煤电（50%调峰深度）、气电（70%调峰深度）和抽蓄。两者相减可计算出 2025 年调峰缺口为 127GW。

表 8: 调峰储能空间预测

			2020	2025E	假设
需求端	系统最大负荷	GW	1076	1373	年均增速 5%
	备用容量	GW	129	165	备用率 12%
	系统峰谷差率	%	30	35	峰谷差率扩大 5%
	系统峰谷差	GW	323	481	
	<b>系统调峰需求</b>	<b>GW</b>	<b>452</b>	<b>645</b>	
	<b>系统开机容量需求</b>	<b>GW</b>	<b>1205</b>	<b>1538</b>	
供给端	系统开机容量	GW	1205	1538	
	水电、核电、光伏	GW	199	246	晚高峰光伏出力为 0
	抽蓄	GW	31	62	按规划新增 31GW



煤电	GW	745	799	开机容量平衡项
气电	GW	61	78	装机年均增速 5%，开机率 60%
风电	GW	169	354	出力 60%
<b>系统调峰容量</b>	<b>GW</b>	<b>450</b>	<b>518</b>	
水电、核电、光伏	GW	0	0	
抽蓄	GW	62	124	2 倍容量
煤电	GW	372	399	调峰深度 50%
气电	GW	43	54	调峰深度 70%
风电	GW	-28	-59	反调峰率 10%
<b>系统调峰缺口</b>	<b>GW</b>	<b>2</b>	<b>127</b>	

资料来源：能源局，十三五规划，十四五规划，国海证券研究所

**2025 年在完成煤电改造目标 200GW 情况下对应调峰电化学储能需求为 45.9GW。**调峰缺口由新增灵活性改造煤电和电化学储能弥补，煤电改造后最小出力为 30%（原为 50%），电化学储能充放电深度为 90%。对电化学储能需求相对于煤电灵活改造容量进行敏感性分析。在中性假设下，“十四五”完成煤电改造目标 200GW，则对应电化学储能**累计装机需 45.9GW**，考虑目前发电侧累计装机约 3.3GW，对应 2021-2025 年电化学储能**新增装机为 42.6GW**。

**表 9：电化学储能容量敏感性分析**

新增煤电灵活性改造 (GW)	50	100	150	<b>200</b>	250	300
电化学储能需求 (GW)	61.7	56.4	51.2	<b>45.9</b>	40.7	35.4

资料来源：国海证券研究所

### 3.2.3、2025 年、2030 年调峰电化学储能容量需求空间分别为 111GWh 和 686GWh

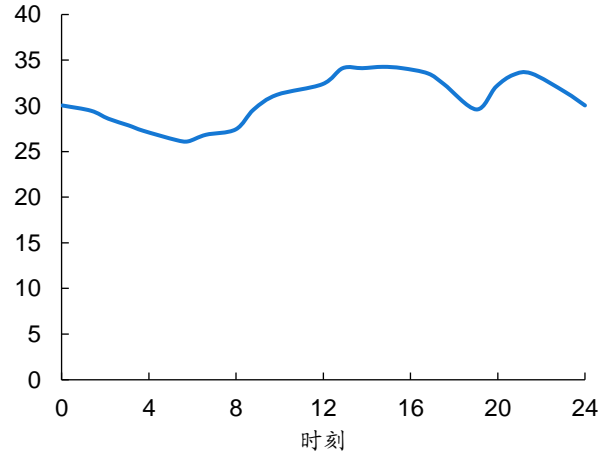
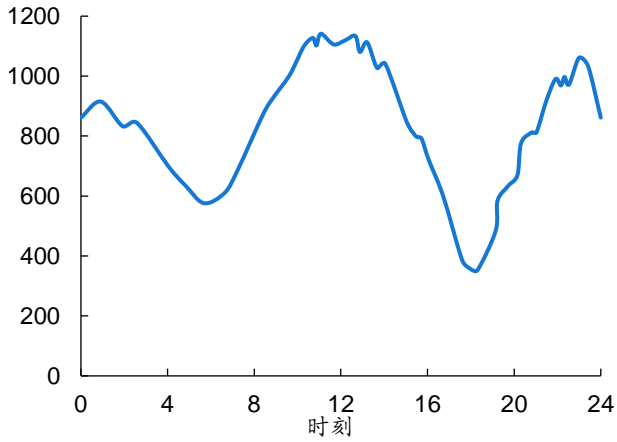
调峰储能容量需求空间是最低发电曲线超过负荷曲线部分的积分。调峰电化学储能功率空间按照瞬时最大调峰功率缺口 (GW) 来计算，但是电化学储能空间普遍以容量 (GWh) 来衡量。调峰既要满足瞬时的功率需求，也要满足一段时间内容量需求。在负荷曲线上的区别体现在功率缺口是一个时刻发电功率与负荷的最大差值，调峰容量缺口则是发电功率曲线在负荷曲线之上的部分与负荷曲线围成的封闭图形面积，即两条曲线积分之差。

**全国电力系统负荷与发电功率模拟方法：**由于湖北地处中国中部，并且作为工业与人口大省，其气候条件与用电负荷曲线较为典型。所以进行测算时用湖北的新能源发电出力特征代替全国新能源发电出力特征，用湖北典型日负荷特征代替全国典型日负荷特征。根据湖北 10 个风电场和 6 个光伏电厂的平均日内出力曲线绘制总出力曲线。按照预测的 2025 年和 2030 年全国光伏、风电装机量进行等比放大，代表全国光伏、风电发电出力曲线。叠加煤电、水电、燃气、核电、生物质能机组的最小技术出力得到全国系统最小出力曲线。将湖北典型日负荷曲线按照最大负荷与全国预计最大负荷的比值进行等比放大，模拟全国典型日负荷曲线，与全国系统最小出力曲线合并，系统最小出力曲线超出日负荷曲线的部分即为新能源发电无法消纳部分，也可视为调峰最大需求量。负荷曲线纵轴为功率，横轴为时间，对两个曲线求积分相减，即可估算全国 2025 年、2030 年调峰最

大需求量。

图 13: 湖北 10 风电场与 6 光伏电站出力拟合 (MW)

图 14: 湖北 2019 年工作日典型负荷曲线 (GW)



资料来源:《湖北电网典型大负荷日风电光伏出力特性分析》  
国海证券研究所

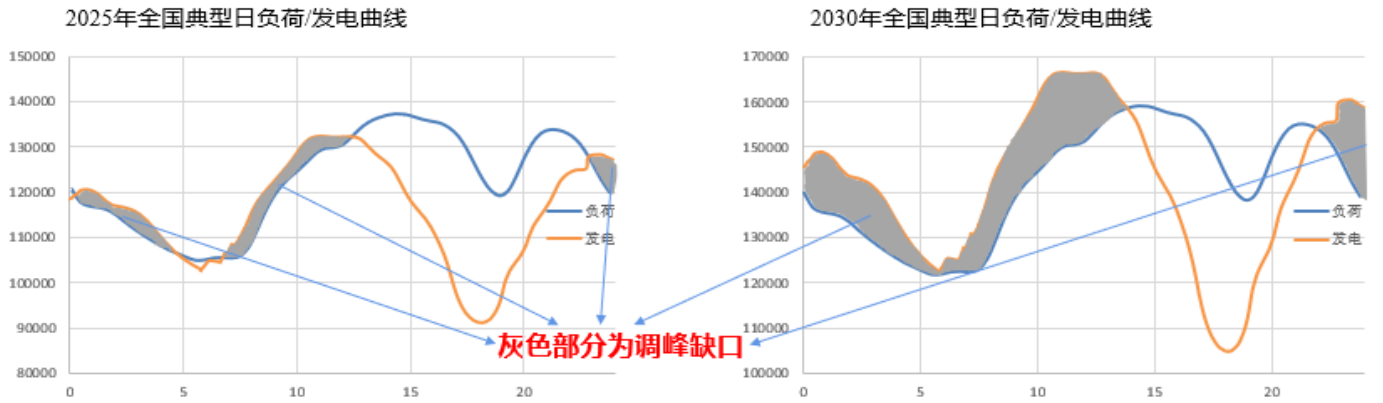
资料来源:发改委, 国海证券研究所

表 10: 全国电力运行情况及预测

全国电力运行情况预测	2025E	2030E
煤电装机量/ GW	1100	1050
开机率	80%	73%
最低功率	50%	50%
水电机组装机量/ GW	392	441
开机率	50%	60%
最低功率	100%	100%
燃气机组装机量/ GW	152	185
开机率	60%	60%
最低功率	30%	30%
核电机组装机量/ GW	72	108
开机率	60%	60%
最低功率	100%	100%
生物质能装机量/ GW	65	82
开机率	60%	60%
最低功率	60%	60%
光伏装机量/ GW	550	1000
开机率	55%	50%
风电装机量/ GW	536	800
开机率	55%	50%
系统最高负荷/ GW	1373	1592
开机容量需求/ GW	1538	1783
抽蓄储能容量/ GW	62	113
抽蓄储能时间/ 小时	6	6

资料来源:《中国 2030 年能源电力发展规划研究及 2060 年展望》, 国海证券研究所

图 15: 2025/2030 年全国典型日负荷/发电曲线 (万千瓦)



资料来源: 国海证券研究所

假设电化学储能调峰需求=调峰缺口量-抽蓄容量, 根据《中国 2030 年能源电力发展规划研究及 2060 年展望》中的预测, 我国 2025 年抽蓄装机量 62GW, 2030 年抽蓄装机量 113GW, 电化学储能充放电深度为 90%, 则可计算电化学储能调峰容量需求。

表 11: 调峰缺口及调峰电化学储能容量预测

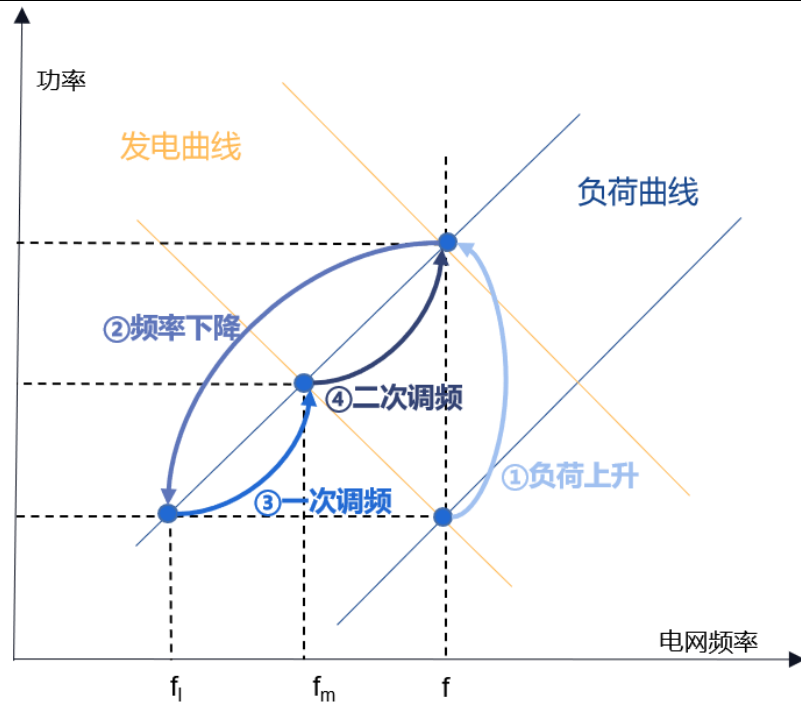
	2025E	2030E
调峰缺口	472 GWh	1296 GWh
电化学储能调峰容量	111 GWh	686 GWh

资料来源: 国海证券研究所

### 3.3、2025 年、2030 年调频电化学储能需求分别为 30GWh 和 45GWh

调频是对电网小幅波动的快速调节。电网负荷与发电频率时时处于动态平衡, 电网发电功率与负荷功率不匹配时, 电网频率会发生波动。调频可以在较短时间内抑制电网频率波动。下图是调频原理及过程, 以电网负荷上升为例, 全过程为四个阶段。第一阶段电网负荷上升; 第二阶段由于发电功率小于负荷功率, 电网频率沿负荷曲线下降; 第三阶段发电机组一次调频启动, 通过调速器控制增加出力, 功率沿负荷曲线上升, 但电网频率仍小于额定频率; 第四阶段二次调频介入, 目前主要以自动发电控制 (AGC) 为主, 发电机组功率继续上升直至电网频率恢复至额定频率。目前, 一次调频为基本义务, 调频市场通常指二次调频。

图 16: 调频过程及原理



资料来源：北极星储能网，国海证券研究所

表 12: 调频指标

调频指标	含义	计算方法
K1	调节速率	=发电单元实测速率/调频资源分布区内 AGC 发电单元
K2	响应速率	1-(发电单元响应延迟时间/5min)
K3	调节精度	1-发电单元调节误差/发电单元调节允许误差
K	综合调频能力	$k=0.25 \times (2 \times K1+K2+K3)$

资料来源：北极星电力网，国海证券研究所

**调节速率是机组调频能力最重要指标。**各省在评估发电二次调频能力时，一般规定  $K1 \leq 5$ ， $K2 \leq 1$ ， $K3 \leq 1$ ，所以满分一般为 3 分。由于 K1 的分值上限高，并且在综合调频能力公式中的系数为 2，所以调节速率是最重要的指标。另外，多数省份的调频补贴金额与 K 值挂钩，所以调节速率很大程度上决定了各种调频方式的经济性。

表 13: 调频设备对比

调频设施	爬坡能力	局限性
火电		
燃煤机组	1.5%/min	速率低、精度低、影响设备寿命、燃料消耗增加
燃气机组	3%/min	
水电	20%/min	地理分布限制、枯水期调频容量有限
电化学储能	瞬时	成本、安全性

资料来源：富燃科技官网，国海证券研究所

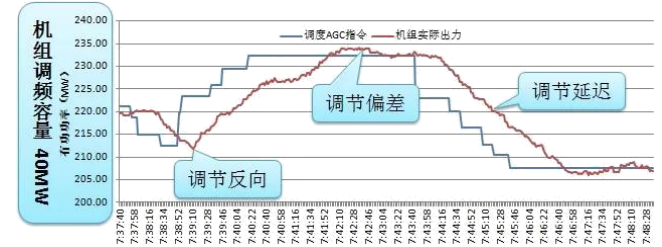
目前调频是以火电机组调频为主，但由于其响应时间长，调频速率低，只适合幅度较大，方向较单一的调频情形。在可再生能源发电大规模接入电网后和用电负荷加大、波动更剧烈的情况下，火电调频难以准确满足这种小幅度、高频率的调频需求。水电和抽蓄由于其地理因素限制和枯水期的容量保护，发展上限确定。所以未来新增调频储能将会以电化学储能为主。

图 17: 储能调频示意图



资料来源：北极星电力网，国海证券研究所

图 18: 火电调频示意图



资料来源：北极星电力网，国海证券研究所

为满足新能源发电平滑上网的调频所需的功率限制会导致大量“弃风弃光”。与新能源发电的日内波动和调峰能力不足导致的“弃风弃光”不同，为应对新能源发电短时波动而对新能源发电进行功率限制也会导致“弃风弃光”，因此新能源需要配备一部分储能容量用作调频。

表 14: 新能源发电调频方式

新能源	调频方式	简介
光伏	限制并网功率	频率超上限时限制功率；正常运行时限制在 80%额定功率以满足频率超下限时调频需要。
	变桨系统调节	使机组捕风能力降低，偏离最佳功率点。
风电	变流器调节	降低变流器功率，转子转速提高，偏离最佳功率点。
	限制并网功率	频率超上限时限制功率；正常运行时限制在 80%额定功率以满足频率超下限时调频需要。

资料来源：《电池储能系统集成技术与应用》，国海证券研究所

**调峰与调频储能设施通用性有限。**调峰配备的储能设备为容量型，而调频配备的储能设备为功率型。以电化学储能为例，调峰所用电池系统多为 1C 充放电倍率，调频所用电池系统多为 2C 充放电倍率。如果调峰储能容量同时用作调频，会大幅降低设备的使用寿命，同时有安全隐患。并且在调峰储能容量为 100%和 0%的情况下无法参与调频，因此在计算储能容量空间时可把调频与调峰空间分开计算。

目前火电机组调频容量配比一般为额定功率的 2.5%~8%。新能源发电主流的调频储能配比为额定功率的 5%，选用 2C 型储能系统，充放电时间为 0.5h。假设新能源发电配备调频储能要满足自身调频需求，按照渗透 100%，估算现在和未来我国新能源发电调频用储能空间，2025 年与 2030 年调频电化学储能需求空间分别为 30GWh 和 45GWh。

**表 15: 光伏、风电调频电化学储能需求空间预测**

	2021	2025E	2030E
风电光伏装机量 (GW)	590	1181	1805
调频储能空间 (GWh)	15	30	45

资料来源:《中国 2030 年能源电力发展规划研究及 2060 年展望》,《电池储能系统集成技术与应用》,国海证券研究所

当前时点看,该假设仍面临较大的政策不确定性,但随着我国新能源占比不断提升,新能源引起的储能调频需求将会愈加迫切,相关政策确定性将会提升。

### 3.4、 2025、2030 年电化学储能容量需求区间分别为 111GWh-141GWh 和 686GWh-731GWh

根据我们对电化学储能需求测算,2025 年调峰功率需求为 45.9GW,2025、2030 年调峰容量需求分别为 111GWh 和 686GWh,2025、2030 年调频容量需求分别为 30GWh 和 45GWh。考虑到调频、调峰共用性尚不明确,对电化学储能需求进行区间预测,区间最小值为调峰、调频储能完全共用情况,等于调峰电化学储能容量需求;区间最大值为调峰、调频储能完全不共用情况,即为调峰电化学储能容量需求加调频电化学储能容量需求。我们预测 2025 年电化学储能容量需求区间为 111GWh~141GWh,2030 年电化学储能容量需求区间为 686GWh~731GWh。



## 4、投资建议

随着风电、光伏装机量占比不断提高，电网调峰、调频需求日益凸显，电化学储能作为填补调峰、调频缺口的重要技术，将开启十年黄金赛道。基此我们给出行业“推荐”评级。具体标的上，重点推荐：（1）锂电环节：储能市场需求确定，受益于电化学储能增长预期的磷酸铁锂电池龙头企业【宁德时代】、【亿纬锂能】和磷酸铁锂正极材料企业【德方纳米】；（2）储能变流器：储能系统成本主要构成之一的储能变流器相关企业【阳光电源】、【锦浪科技】、【德业股份】、【固德威】和【禾望电气】；（3）储能温控：大规模电化学储能温控需求旺盛，利好精密设备温控龙头企业【英维克】和【同飞股份】；（4）消防系统：电化学储能安全性要求较高，利好消防报警企业【青鸟消防】。

### 重点关注公司及盈利预测

重点公司 代码	股票 名称	2022-01-20		EPS			PE			投资 评级
		股价	2020	2021E	2022E	2020	2021E	2022E		
300750.SZ	宁德时代	569.13	2.49	4.82	8.62	140.77	118.12	65.99	增持	
300014.SZ	亿纬锂能	95.70	0.89	1.71	2.53	91.57	55.99	37.89	增持	
300274.SZ	阳光电源	122.26	1.34	1.06	1.28	53.94	18.14	15.11	增持	
300763.SZ	锦浪科技	221.43	2.31	2.29	3.72	64.50	96.82	59.59	增持	
605117.SH	德业股份	236.76	2.99	3.20	5.04	79.18	74.05	47.00	增持	
002837.SZ	英维克	36.85	0.57	0.71	0.97	30.70	52.17	37.86	增持	
002960.SZ	青鸟消防	49.46	1.79	1.51	2.03	20.90	32.65	24.42	增持	
300990.SZ	同飞股份	100.89	3.20						增持	
300769.SZ	德方纳米	563.98	-0.36	6.76	11.45	-464.44	83.38	49.26	增持	
688390.SH	固德威	344.02	2.96	4.50	7.19	80.43	76.49	47.82	增持	
603063.SH	禾望电气	33.98	0.63	0.60	0.98	30.68	56.68	34.56	增持	

资料来源：Wind 资讯，国海证券研究所（注：盈利预测取自万得一致预期）

## 5、风险提示

- 1) 储能相关政策变化;
- 2) 新能源发电发展不及预期;
- 3) 调峰技术革新;
- 4) 电化学储能成本下降不及预期;
- 5) 煤电灵活改造与气电新增装机量超预期;
- 6) 重点关注公司业绩不及预期;
- 7) 模型假设与实际情况可能存在差异。

## 【电新小组介绍】

李航，首席分析师，曾先后就职于广发证券、西部证券等，新财富最佳分析师新能源和电力设备领域团队第五，卖方分析师水晶球新能源行业前五，新浪财经金麒麟电力设备及新能源最佳分析师团队第四，上证报最佳新能源电力设备分析师第三等团队核心成员。

邱迪，中国矿业大学（北京）硕士，电力电子与电气传动专业，4年证券从业经验，曾任职于明阳智能资本市场部、华创证券等，主要覆盖风电、电力电子设备、电气设备及储能等方向。

## 【分析师承诺】

李航，邱迪，本人具有中国证券业协会授予的证券投资咨询执业资格并注册为证券分析师，以勤勉的职业态度，独立、客观的出具本报告。本报告清晰准确的反映了本人的研究观点。本人不曾因，不因，也将不会因本报告中的具体推荐意见或观点而直接或间接收取到任何形式的补偿。

## 【国海证券投资评级标准】

### 行业投资评级

推荐：行业基本面向好，行业指数领先沪深 300 指数；  
 中性：行业基本面稳定，行业指数跟随沪深 300 指数；  
 回避：行业基本面向淡，行业指数落后沪深 300 指数。

### 股票投资评级

买入：相对沪深 300 指数涨幅 20%以上；  
 增持：相对沪深 300 指数涨幅介于 10%~20%之间；  
 中性：相对沪深 300 指数涨幅介于-10%~10%之间；  
 卖出：相对沪深 300 指数跌幅 10%以上。

## 【免责声明】

本报告的风险等级定级为R3，仅供符合国海证券股份有限公司（简称“本公司”）投资者适当性管理要求的客户（简称“客户”）使用。本公司不会因接收人收到本报告而视其为客户。客户及/或投资者应当认识到有关本报告的短信提示、电话推荐等只是研究观点的简要沟通，需以本公司的完整报告为准，本公司接受客户的后续问询。

本公司具有中国证监会许可的证券投资咨询业务资格。本报告中的信息均来源于公开资料及合法获得的相关内部外部报告资料，本公司对这些信息的准确性及完整性不作任何保证，不保证其中的信息已做最新变更，也不保证相关的建议不会发生任何变更。本报告所载的资料、意见及推测仅反映本公司于发布本报告当日的判断，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波动。在不同时期，本公司可发出与本报告所载资料、意见及推测不一致的报告。报告中的内容和意见仅供参考，在任何情况下，本报告中所表达的意见并不构成对所述证券买卖的出价和征价。本公司及其本公司员工对使用本报告及其内容所引发的任何直接或间接损失概不负责。本公司或关联机构可能会持有报告中所提到的公司所发行的证券头寸并进行交易，还可能为这些公司提供或争取提供投资银行、财务顾问或者金融产品等服务。本公司在知晓范围内依法合规地履行披露义务。

## 【风险提示】

市场有风险，投资需谨慎。投资者不应将本报告为作出投资决策的唯一参考因素，亦不应认为本报告可以取代自

己的判断。在决定投资前，如有需要，投资者务必向本公司或其他专业人士咨询并谨慎决策。在任何情况下，本报告中的信息或所表述的意见均不构成对任何人的投资建议。投资者务必注意，其据此做出的任何投资决策与本公司、本公司员工或者关联机构无关。

若本公司以外的其他机构（以下简称“该机构”）发送本报告，则由该机构独自为此发送行为负责。通过此途径获得本报告的投资者应自行联系该机构以要求获悉更详细信息。本报告不构成本公司向该机构之客户提供的投资建议。

任何形式的分享证券投资收益或者分担证券投资损失的书面或口头承诺均为无效。本公司、本公司员工或者关联机构亦不为该机构之客户因使用本报告或报告所载内容引起的任何损失承担任何责任。

### 【郑重声明】

本报告版权归国海证券所有。未经本公司的明确书面特别授权或协议约定，除法律规定的情况外，任何人不得对本报告的任何内容进行发布、复制、编辑、改编、转载、播放、展示或以其他方式非法使用本报告的部分或者全部内容，否则均构成对本公司版权的侵害，本公司有权依法追究其法律责任。