国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

山西储能发展情况及应用前景分析

2023年5月

汇报人：王腾鑫

国网山西省电力公司电力科学研究院

目录 CONTENTS

1 山西储能发展现状及政策环境

2 储能电站并网技术要求

3 电力市场下储能运行潜力分析

4 储能应用的思考

一、山西储能发展现状

波动性、间歇性、反调性
分布式电源接入无序
消纳统计分析
新能源发展的
挑战
调度运行
影响电网负荷特性变化
功率预测问题
并网主动支撑问题

一、山西储能发展现状

国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

山西省能源局文件

关于印发《“十四五”新型储能发展实施方案》的通知

国家能源局山西监管办公室文件

山西能源监管办关于印发《山西电力一次调频市场交易实施细则（试行）》的通知

国家能源局山西监管办公室文件

关于印发《山西独立储能电站并网运行管理实施细则（试行）》的通知

- ✓ 《“十四五”新型储能发展实施方案》：规划容量达到600万千瓦，新型储能在促进电力系统安全高效运行中发挥重要作用
- ✓ 全国首个电力一次调频市场交易实施细则，5~10元/MW
- ✓ 山西独立储能电站并网运行管理实施细则（试行）对一次调频、快速调压、计划曲线等提出要求

一、山西储能发展现状

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

截止2023年4月，山西电网电储能项目集中在火储联合调频领域，共有12个相关项目投入运行,另投运1个混合储能辅助风电一次调频项目

序号	项目名称	项目地点	装机容量	技术路线	应用场景	调频投产时间
1	河光电厂电储能联合调频项目	阳泉市	9MW/4.5MWH	磷酸铁锂电池	发电侧	2020年6月10日
2	广宇电厂电储能联合调频项目	忻州市	9MW/4.5MWH	磷酸铁锂电池	发电侧	2019年6月30日
3	兆光电厂一期电储能联合调频项目	临汾市	9MW/4.5MWH	三元锂电池	发电侧	2018年12月11日
	兆光电厂二期电储能联合调频项目		15MW/7.5MWH	磷酸铁锂电池		2021年4月15日
4	蒲光电厂二期电储能联合调频项目	蒲州市	6MW/3MWH	三元锂电池	发电侧	2019年11月29日
5	岚水电厂电储能联合调频项目	长治市	9MW/4.5MWH	磷酸铁锂电池	发电侧	2019年4月1日
6	平朔煤矸石电厂电储能联合调频项目	朔州平鲁区	9MW/4.478MWH	磷酸铁锂电池	发电侧	2019年1月17日
7	京玉电厂电储能联合调频项目	右玉县	9MW/4.5MWH	三元锂电池	发电侧	2015年11月3日
8	恒北电厂电储能联合调频项目	大同市	9MW/4.5MWH	磷酸铁锂电池	发电侧	2017年7月11日
9	阳光电厂电储能联合调频项目	阳泉市	9MW/4.5MWH	三元锂电池	发电侧	2017年5月23日
10	太二电厂电储能联合调频项目	太原市	9MW/4.5MWH	磷酸铁锂电池	发电侧	2021年3月15日
11	武乡电厂电储能联合调频项目	长治市	15MW/7.5MWH	磷酸铁锂电池	发电侧	2021年1月8日
12	华电朔州热电混合储能调频项目	朔州市	2MW/0.5MWh飞轮 6MW/6MWh锂电	磷酸铁锂电池	发电侧	2023年4月4日

老千山一次调频项目：6MW/6MWh锂电，深圳欣旺达；1MW/15MWs飞轮，沈阳微控

一、山西储能发展现状

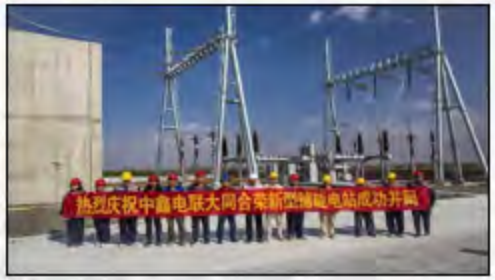
国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

➢ 山西省储能应用领域

新能源一次调频：老千山混合储能

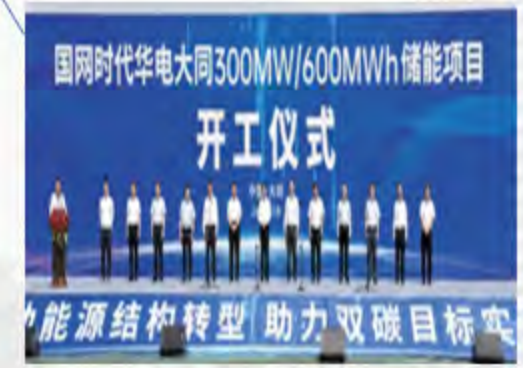
光储电站：跃隆光伏30MW/30MWh

共享储能：合荣储能200MW/400MWh



辅助调频：大同同达电厂9MW/4.78 MWh

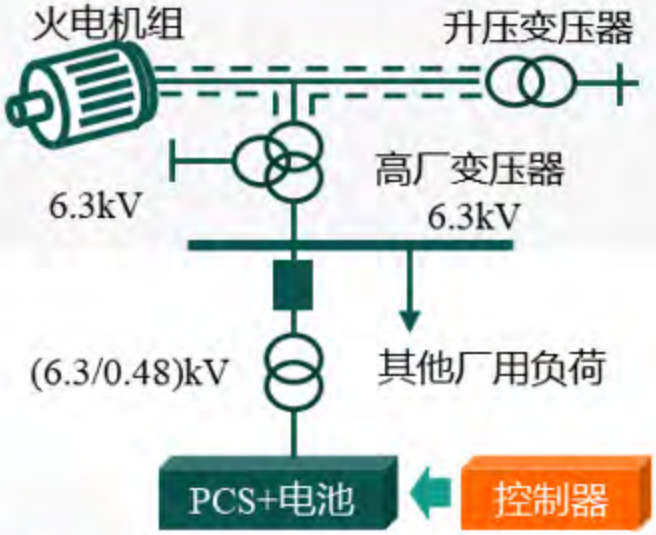
国网时代大同独立储能：300MW/600MWh



一、山西储能发展现状

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

×××有限责任公司储能联合调频项目



储能投入前后运行效果对比

日期	储能装置	Kp	调节深度/MW	调节性能补偿费用/万元
2017/5/23	晚21点投入	1.9573	302.67	0.9415
2017/5/24	投入	4.5588	601.272	4.1117
2017/5/25	投入	5.1189	1014.587	7.7982
2017/5/26	投入	5.1198	1075.191	8.3797
2017/5/27	投入	4.7837	872.632	6.2616
2017/5/28	投入	5.117	809.666	6.2876
2017/5/29	投入	5.978	1129.037	9.8134

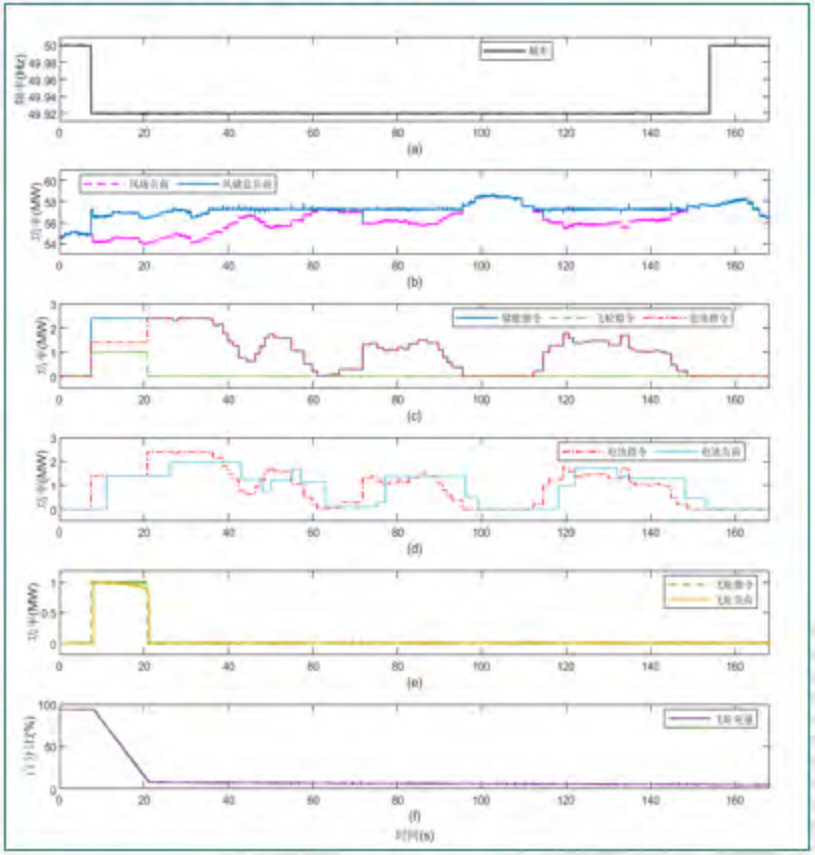
- 辅组机组容量: 320 MW
- 储能容量：9MW/4.5MW
- 火-储联合调频平均Kp达到5.0
- 机组AGC调节性能位列山西电网第一
- 投入储能装置后补偿日均额为71115 元，是投入前的7.5 倍

一、山西储能发展现状

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

老千山风电场6MW/6MWh电储能一次调频项目

- 风场无备用容量，电网频率超过/低于额定频率
- 风场有2MW备用容量，电网频率低于额定频率
- 风场有10MW备用容量，电网频率低于额定频率



- 3秒响应
- 12秒达到应变负荷的90%
- 15秒达到稳定

目录 CONTENTS

1 山西储能发展现状及政策环境

2 储能电站并网技术要求

3 电力市场下储能运行潜力分析

4 储能应用的思考

二、储能电站并网技术要求

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

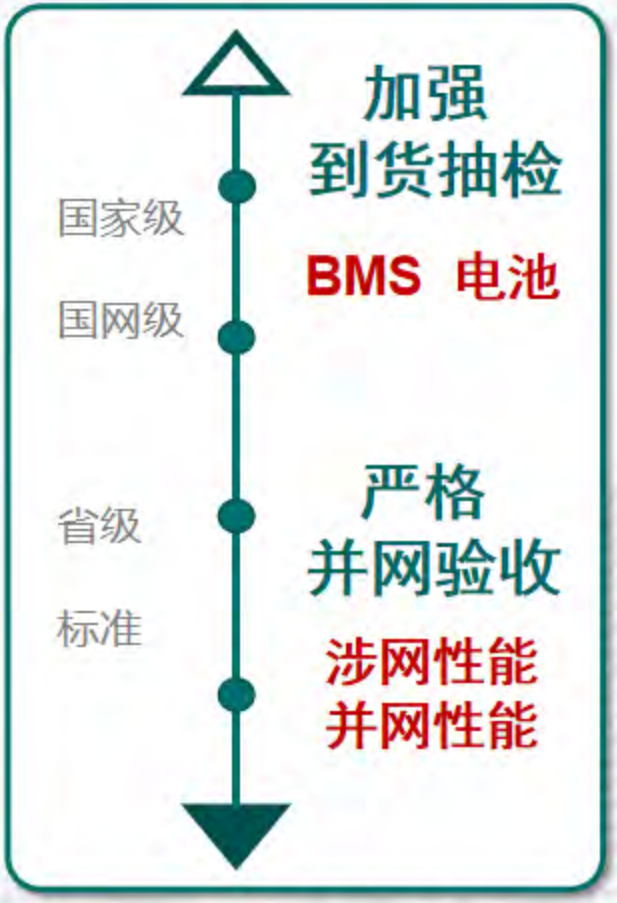
基本遵循

国能综通安全〔2022〕37号 国家能源局综合司关于加强电化学储能电站安全管理的通知

调水〔2022〕71号 新型储能电站调度运行管理规范（试行）

晋监能市场规〔 2023〕1号 山西独立储能电站并网运行管理实施细则（试行）

GB/T36547-2018电化学储能系统接入电网技术规定（在修订）
GB/T 36548-2018 电化学储能系统接入电网测试规范



二、储能电站并网技术要求

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

测试项目

序号	检测项目	新能源配储电站	独立储能电站
1	无功补偿装置性能试验	√	
2	整站电能质量试验	√	
3	功率调节试验	√	
4	AVC性能试验	√	√
5	AGC性能试验	√	√
6	一次调频试验	√	√
7	储能并网性能试验（7项）	√	√
8	储能电网适应性试验（3项）	一般以型式试验报告为准，必要时抽检	√
9	建模试验	√	√

调水〔2022〕71号　新型储能电站调度运行管理规范（试行）

序号	检验项目	
1	功率控制测试	有功功率调节能力测试
		无功功率调节能力测试
		功率因数调节能力测试
2	电能质量测试	三相电压不平衡测试
		谐波测试
		直流分量测试
		非计划孤岛保护功能测试
3	充放电响应时间测试	充电响应时间测试
		放电响应时间测试
4	充放电调节时间测试	充电调节时间测试
		放电调节时间测试
5	充放电转换时间测试	充电到放电转换时间测试
		放电到充电转换时间测试
6	额定能量测试	
7	额定功率能量转换效率测试	
8	电网适应性测试	频率适应性测试
		电压适应性测试
		电能质量适应性测试
9	低电压穿越测试	空载测试
		负载测试
10	高电压穿越测试	空载测试
		负载测试

二、储能电站并网技术要求

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

关键部件检测

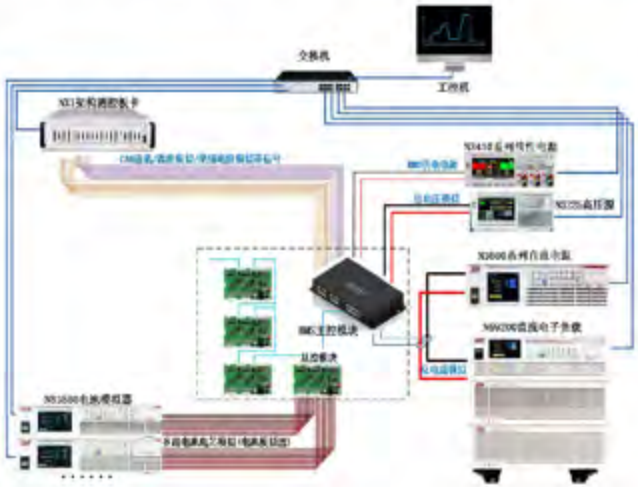
质量与安全要求

- 储能电池、电池管理系统、储能变流器....

- 到货抽检是本质安全重要一环

- 网省公司开展度较低

- 加强测试能力建设，服务储能电站和电网安全运行



GBT 36276电力储能用锂离子电池 修订

GB/T 34131-2023 电力储能用电池管理系统 新发布

二、储能电站并网技术要求

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

新型储能

	储能类型
飞轮储能	山西老千山风电场6MW/6MWh锂电和1MW/15MWs飞轮一次调频
	月华电朔州热电厂2MW/0.5MWh飞轮和6MW/6MWh锂电联合参与AGC调频辅助服务
	山西鼎轮能源科技（山西）有限公司30MW/7.5MWh飞轮独立储能项目
	坎德拉新能源山西公司100MW飞轮独立储能一次调频项目，额定功率充放电时间为36s/120s
	山西永济100MW/50.43MWh混合储能调频电站，其中飞轮储能50MW/0.43MWh，磷酸铁锂储能50MW/50MWh
	山西吕梁石楼“飞轮（50MW/0.43MWh）+锂电（50MW/50MWh）”混合储能调频项目
超级电容储能	华能罗源电厂5MW超级电容储能+15MW锂电调频项目

飞轮储能、超级电容储能技术不断进步，相关示范应用日益增多

尚无高级别并网技规定和测试规范发布，需加强并网性能研究，推进标准化工作

二、储能电站并网技术要求

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

山西探索

涵盖仿真分析、实验检测、真型实证**3大类软硬件平台，91台套**软硬件设备

二、储能电站并网技术要求

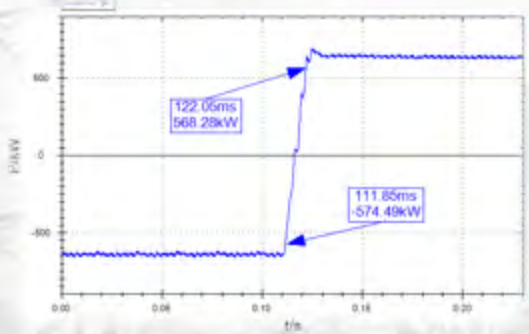
国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

➔山西探索

500kW/3h

100kW/30s

1MW/15s



- 不同类型储能并网性能测试
- 混合储能协调控制研究
- 试验系统面向社会共享，欢迎共同合作攻关

二、储能电站并网技术要求

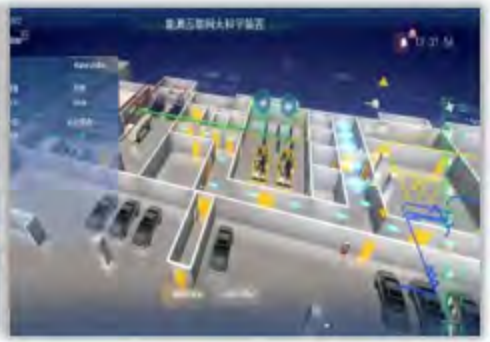
国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

山西探索

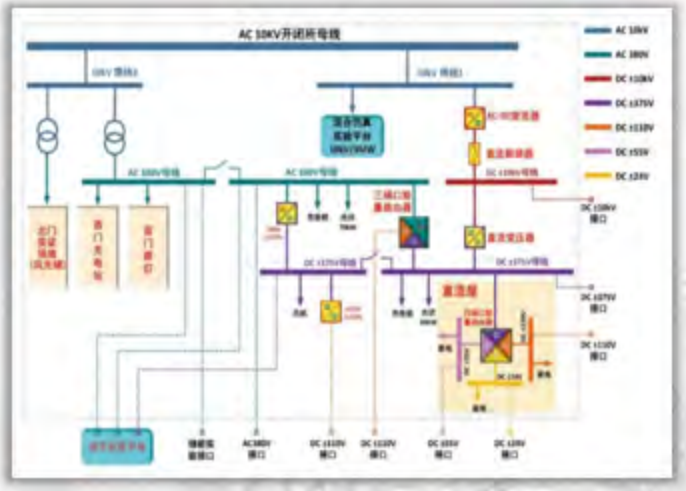
3大类储能实证检测系统

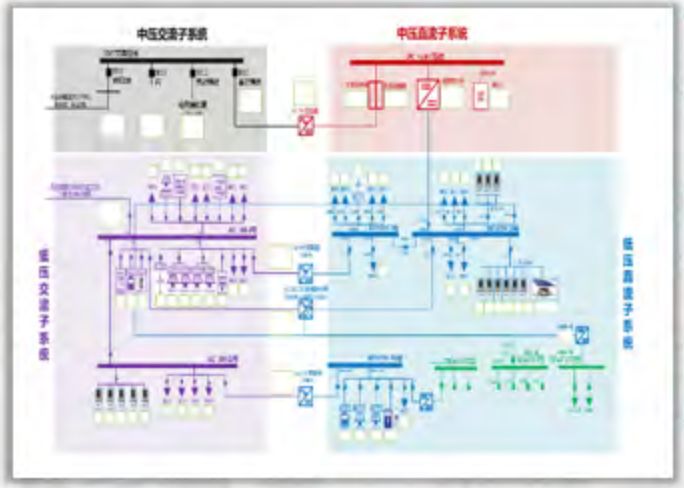
分布式光伏风电实证检测系统

6类充电桩实证检测系统



园区级冷热综合能源系统





7个电压等级

AC10kV / 380kV
DC10kV / 375kV……

34个接口

风光储充灵活测试接口

18种拓扑结构

单环网、多环网 、辐射状……

目录 CONTENTS

1 山西储能发展现状及政策环境

2 储能电站并网技术要求

3 电力市场下储能运行潜力分析

4 储能应用的思考

三、电力市场下储能运行潜力分析

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

1 火储AGC调频是山西目前唯一实际运用类型

时段名称	时间范围	报价范围
凌晨时段	00:00-06:00	5-15元/兆瓦
早高峰时段	06:00-12:00	5-15元/兆瓦
中午低谷时段	12:00-16:00	10-30元/兆瓦
晚高峰时段	16:00-21:00	10-30元/兆瓦
后夜降负荷时段	21:00-24:00	5-15元/兆瓦

国家能源局山西监管办公室文件

晋监能市场规〔2022〕2号

山西能源监管办关于修订电力调频辅助服务市场有关规则条款的通知

①调频价格由5-15元/兆瓦变为10-30元/兆瓦

③某站调节达到600次，电池不满足短时高频次调节

③年充电6950MWh，放电6010MWh，利用系数16.4%

三、电力市场下储能运行潜力分析

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

2 新能源+储能应用价值创造不足

山西唯一投运-某光储电站-并网试验阶段

暂定策略：光伏限功率时充电，AGC指令上调时优先光伏出力，功率缺额时储能放电

①价值创造模式不足，多省利用率不高

②基本为纯成本性项目

③考虑到同时率，容量有浪费

③不方便调度，场站运维困难

共享储能可能会是优先方式

三、电力市场下储能运行潜力分析

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

3 独立储能一次调频收益

2021年12月30日，山西能监办发布《山西独立储能电站参与电力一次调频市场交易实施细则（细则）》，报价5-10元/MW，费用来自两个细则及发电量

国家能源局山西监管办公室文件

晋监能市场规〔2022〕1号

山西能源监管办关于印发《山西电力一次调频市场交易实施细则（试行）》的通知

国网山西省电力公司，山西电力交易中心有限公司，各发电集团山西公司、晋能控股电力集团有限公司、山西国际能源集团有限公司，各电厂、新能源场站、储新企业：

为落实碳达峰、碳中和目标，构建新型电力系统，鼓励并促进各类型机组参与电力一次调频市场，保障电力系统的安全、优质、经济运行，依据《中共中央国务院关于进一步深化电力体制改革的若干意见》（中发〔2015〕9号）及其配套文件，《电力并网运行管理规定》（国能发监管〔2021〕60号），《电力辅助服务管理办法》（国能发监管〔2021〕61号），《电力系统网源协调技术规范》（DL/T 1870-2018），

■ 收益

- ✓ 测算经济性好，10MW储能年收益达到4000万元
- ✓ 市场初期回报率高， 考核费用中均 ×0.8，有利于运营

■ 问题

- ✓ 总空间有限：山西日调节800次-1000次，每次调节的里程需求大概120MW
- ✓ 成本分摊：新能源压力变大，市场会调整
- ✓ 储能安全：高频充放和安全运行还有制约

三、电力市场下储能运行潜力分析

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

4 共享储能收益

预计商业模式：容量租赁+现货市场+(一次调频+备用)

国家能源局山西监管办公室文件

关于印发《山西正备用辅助服务市场交易实施细则（试行）》的通知

01 容量租赁**300元/千瓦时.年***

02 山西现货峰谷价**0.6元/千瓦时***

100MW/2h 年收益约**5000万元***

➢ 2023年5月10日，正备用市场规则出台

时段名称	时间范围	报价范围
低谷	00:00-06:00	0-10元/兆瓦时
平峰	06:00-12:00	0-15元/兆瓦时
低谷	12:00-16:00	0-10元/兆瓦时
晚高峰	16:00-21:00	0-100元/兆瓦时
平峰	21:00-24:00	0-15元/兆瓦时

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

4 共享储能与新能源交互关系

1.目前设想是共享储能在电力市场下与新能源解耦

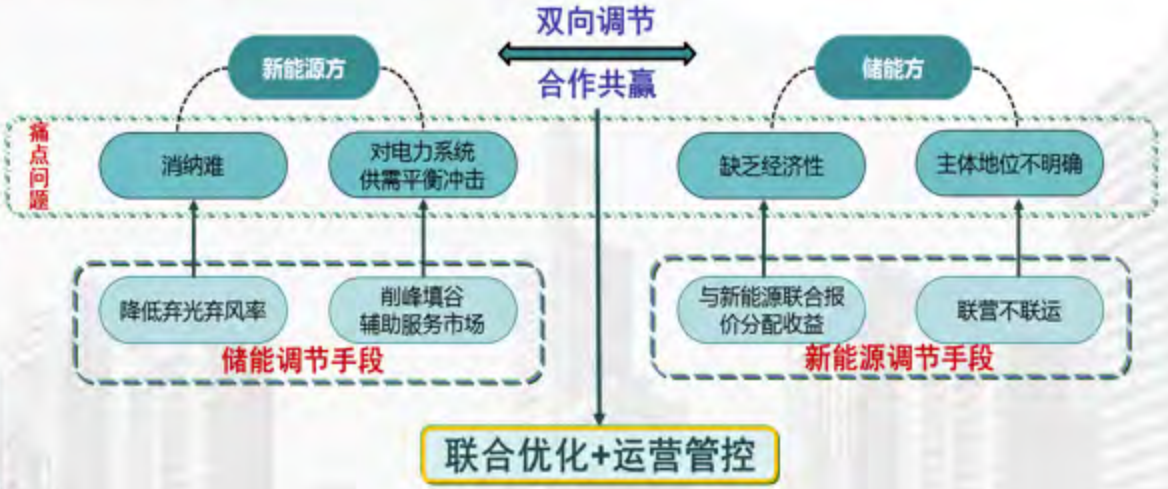
2.若将储能为新能源场站提升并网性能、减免考核纳入评价时，储能与新能源交互调控面临技术需求

利益分配

容量分配

协调控制

效果评价



5 参与虚拟电厂获取收益

根据“负荷类”虚拟电厂各交易时段的技术指标，分级分类放宽中长期交易成交量约束、金融套利约束，具体交易规则在山西电力市场规则体系中明确。

- **中长期交易缺额回收费用。**根据各交易时段核定调节容量与最大用电负荷的比例，相应放宽该交易时段虚拟电厂中长期分时段交易缺额回收约束。
- **中长期交易超额申报回收费用。**虚拟电厂每个时段的月（旬）分时交易集中竞价申报超额回收电量，以按照当月（旬）该时段日前申报运行上限平均值计算的积分电量代替实际用电量进行考核计算。
- **用户侧超额获利回收费用。**鉴于虚拟电厂以“报量报价”模式参与现货市场，取消“负荷类”虚拟电厂的用户侧超额获利回收费用约束。
- **用户侧中长期曲线偏差回收费用。**按照“负荷类”虚拟电厂在现货运行日每个时段中长期净合约电量与日前申报运行上、下限的偏差进行考核。

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

6 电动汽车集群互动

太原——首个纯电动出租车城市

针对山西省现役电动汽车飞速发展态势：

- ✓ 打造“煤—电—车”产业链。
- ✓ 有序充电、虚拟电厂等应用。
- ✓ 电动汽车分时租赁商业模式。
- ✓ 车辆网技术实现智能电网智能交通网相协调。

太原成为全国首个实现纯电动出租车城市

本文来源：山西晚报　本文作者：赵德伟　全文朗读　大　中　小　打印本页

摘要

太原市8000多辆出租车更换为纯电动汽车后，充电桩总体数量将达到3000个以上，每天可增加近60万度用电需求，对解决山西省煤电困境和带动经济发展具有积极作用。

目录 CONTENTS

1 山西储能发展现状及政策环境

2 储能电站并网技术要求

3 电力市场下储能运行潜力分析

4 储能应用的思考

四、储能应用的思考

国家电网公司 STATE GRID CORPORATION OF CHINA

建议与展望

1. 加强储能的管理，包括相关并网的测试、规范化的运维，避免事故
2. 借助新平台开展储能新技术的实证性检验和应用
3. 储能贡献的经济性分析和量化
4. 新能源与储能的配合模式
5. 储能运行的在线监测与分析
6. 考虑电动汽车作为灵活储能的负荷侧调节技术

国家电网公司
STATE GRID
CORPORATION OF CHINA

谢谢各位专家！