



光热发电在电改中的战略意义

曾智勇

首席技术官 深圳市爱能森科技有限公司

首席科学家 北京启迪爱能清洁能源科技有限公司

电改的机遇与挑战

光热发电

光热发电在电改中的战略意义

爱能森光热发电+多能互补示范项目介绍

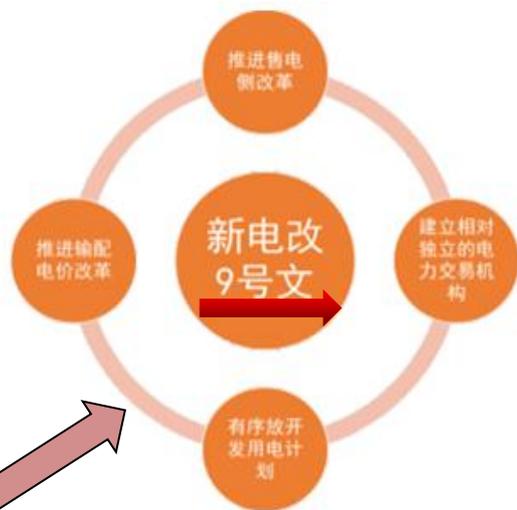
起始于1995年



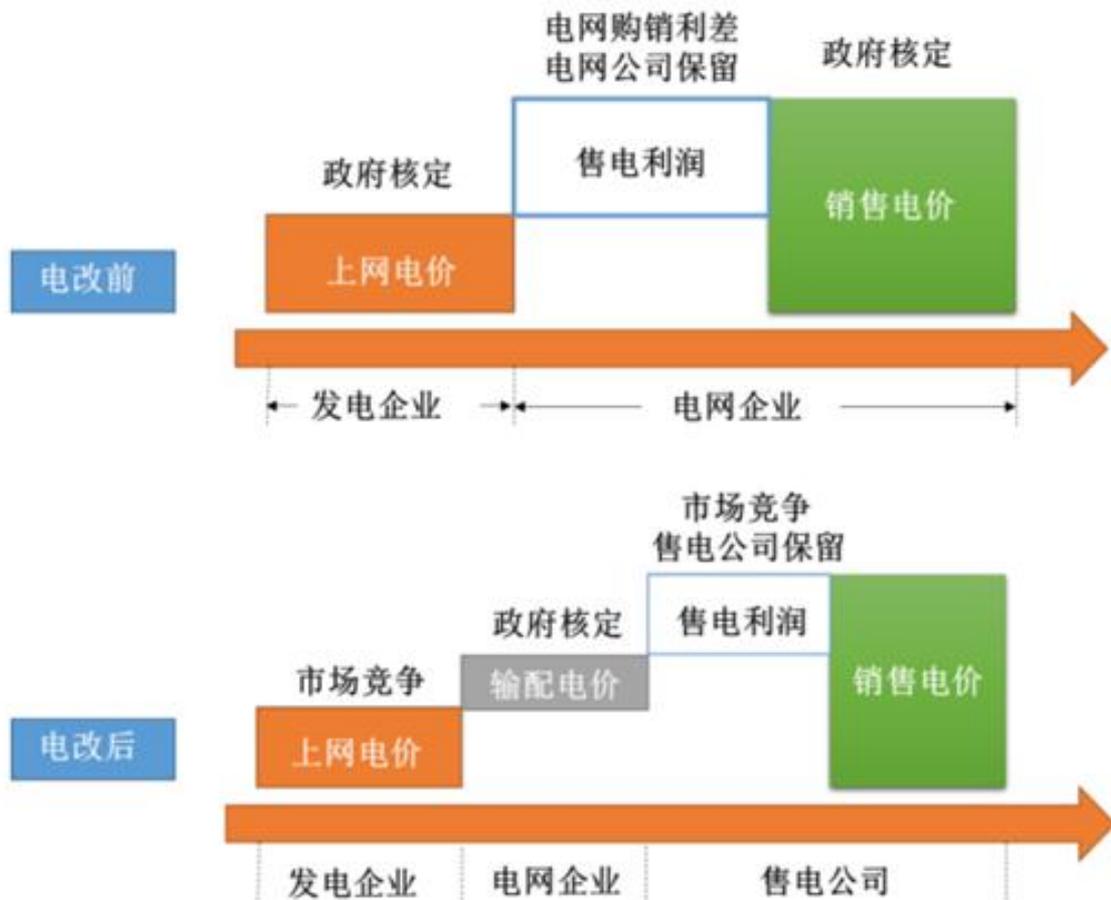
1996年

2002年

2015年



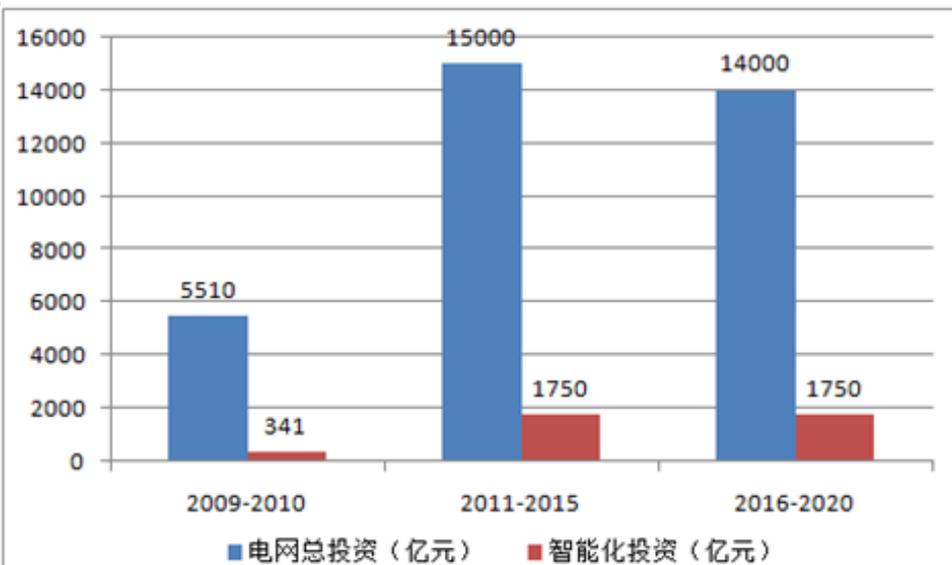
电改前后售电企业的盈利模式变化





- 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）
- 关于推进输配电价改革的实施意见
- 关于推进电力市场建设的实施意见
- 关于电力交易机构组建和规范运行的实施意见
- 关于有序放开发用电计划的实施意见
- 关于推进售电侧改革的实施意见
- 关于扩大输配电价改革试点范围有关的通知

输配放开、调度独立、售电侧放开、交易平台独立



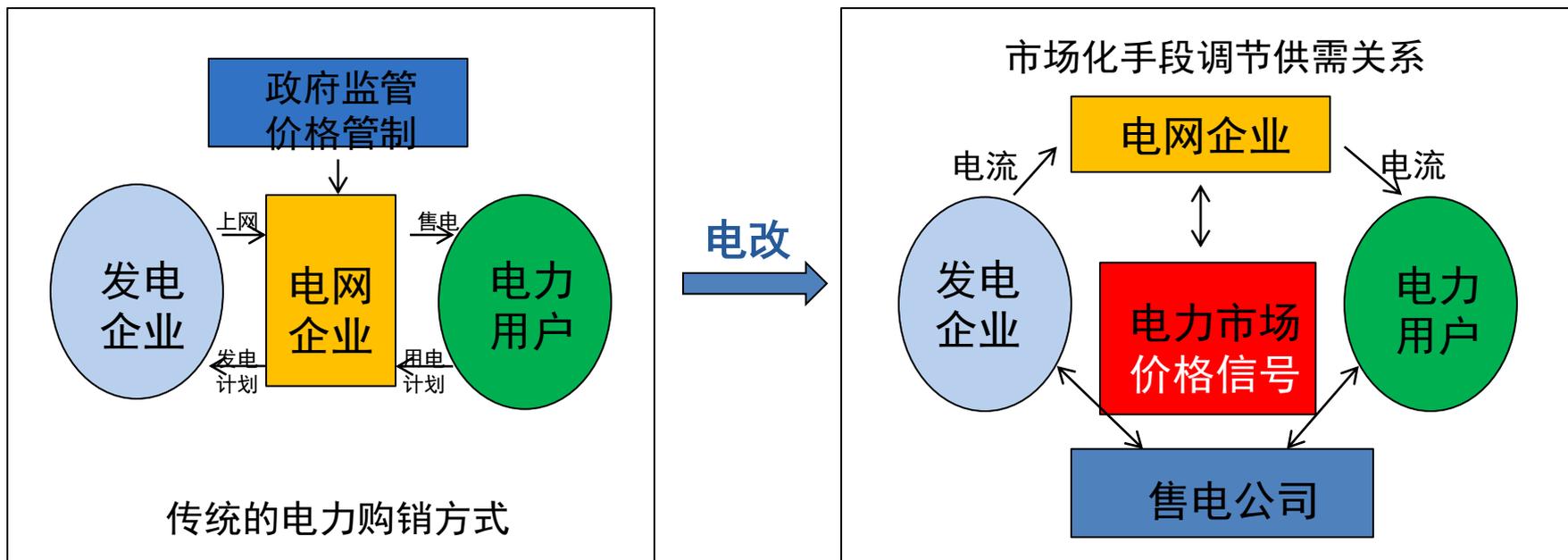
国家能源局文件

国能新能[2017]97号

国家能源局关于2016年度

全国可再生能源电力发展监测评价的通报

报告披露了2016年全国31省市可再生能源消纳情况和风光保障性收购小时数落实情况。其中非水可再生能源消纳比重最高的是宁夏，达到19.1%；**风电保障收购小时数达标的是辽宁、河北和山西，内蒙古、新疆、甘肃等6省市仍未达到国家能源局规定。**



电改的机遇与挑战

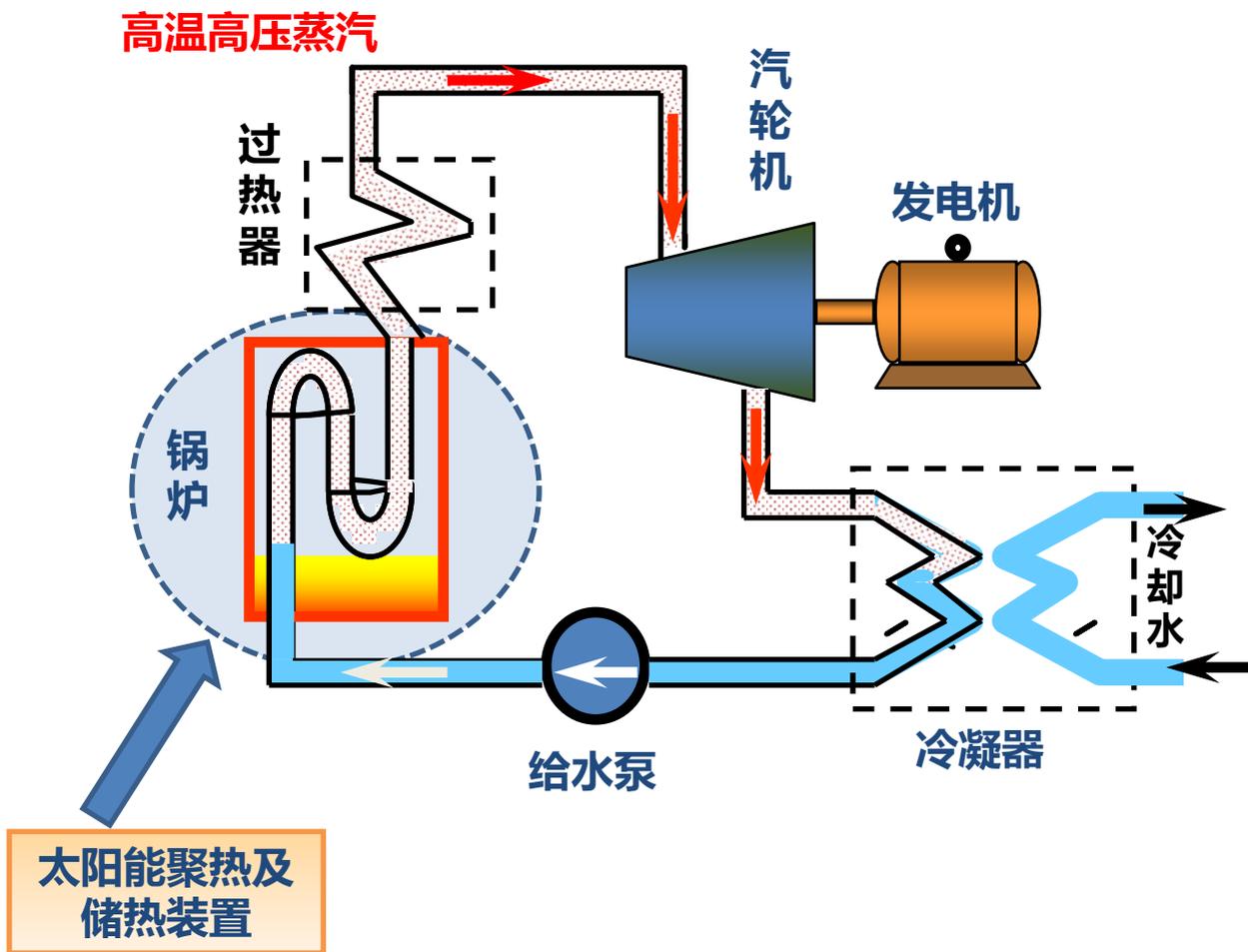
光热发电

光热发电在电改中的战略意义

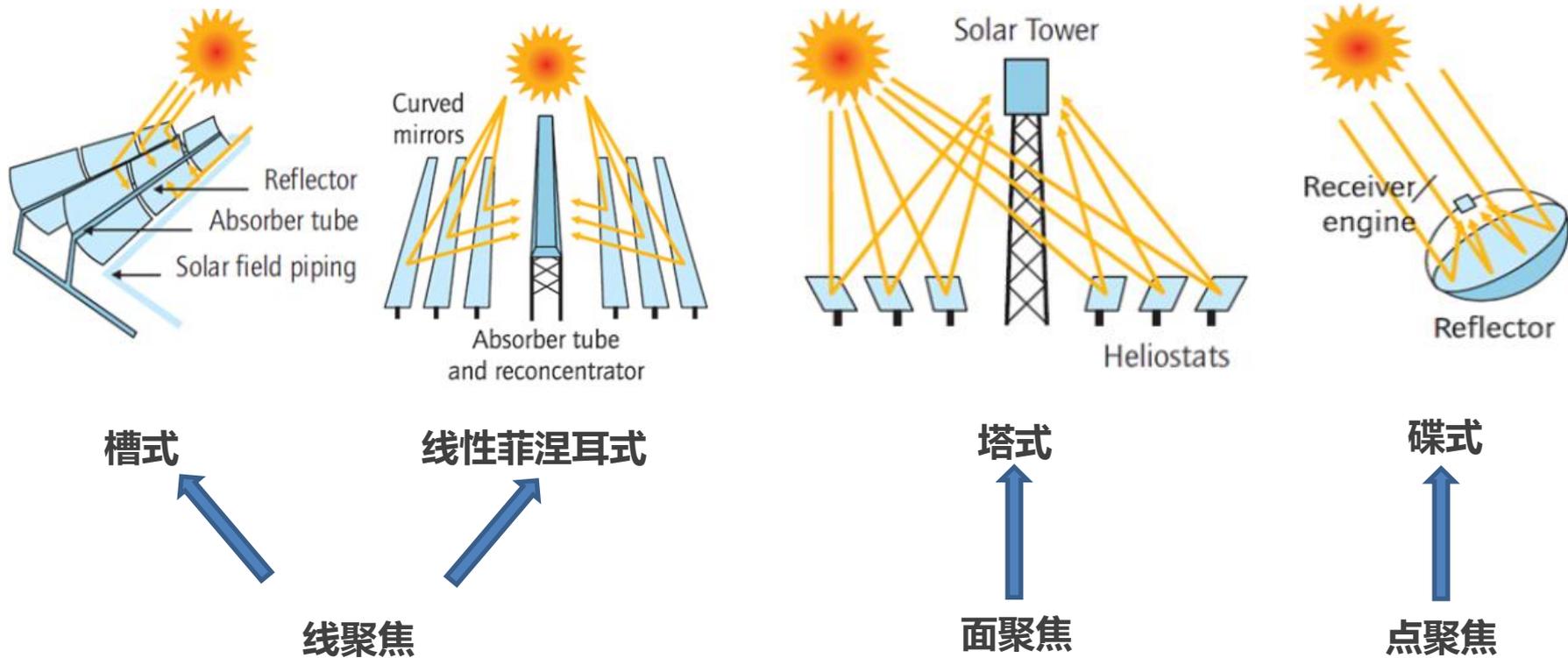
爱能森光热发电+多能互补示范项目介绍

太阳能光热发电原理 - 与火电相似

- 太阳能热发电即聚光太阳能发电 (Concentrating Solar Power) 技术，是依靠反光镜面，将太阳的直接辐射 (DNI) 聚集并加热导热介质，热交换后产生高温水蒸气，推动汽轮机发电。
- 后端技术与现有火电类似。



太阳能光热发电主要类型



- 槽式商业化程度最高，是市场主流，占据市场近70%。
- 塔式将会是未来发展的一个方向，其更加适合寒冷地区，保温管道短，应用前景最广阔。

塔式光热电站



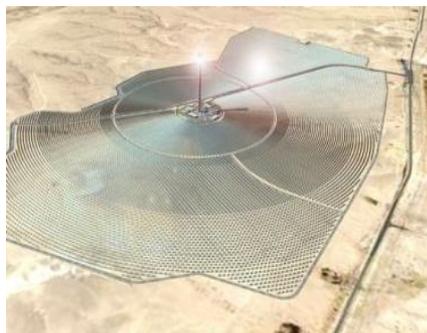
美国Solar Two光热电站
3h熔盐储能



美国新月沙丘光热电站
10h熔盐储能



西班牙Gemasolar光热电站
15h熔盐储能



以色列Ashalim1光热电站
17.5h熔盐储能



浙江中控光热电站
2.5h熔盐储能



首航节能光热电站
15h熔盐储能

槽式光热电站



美国Solana光热电站
6h熔盐储能



美国Nevada Solar One光热电站
0.5h熔盐储能



西班牙Andasol 1~3光热电站
7.5h熔盐储能



南非Kaxu solar one光热电站
2.5h熔盐储能



摩洛哥Noor 1光热电站
3h熔盐储能



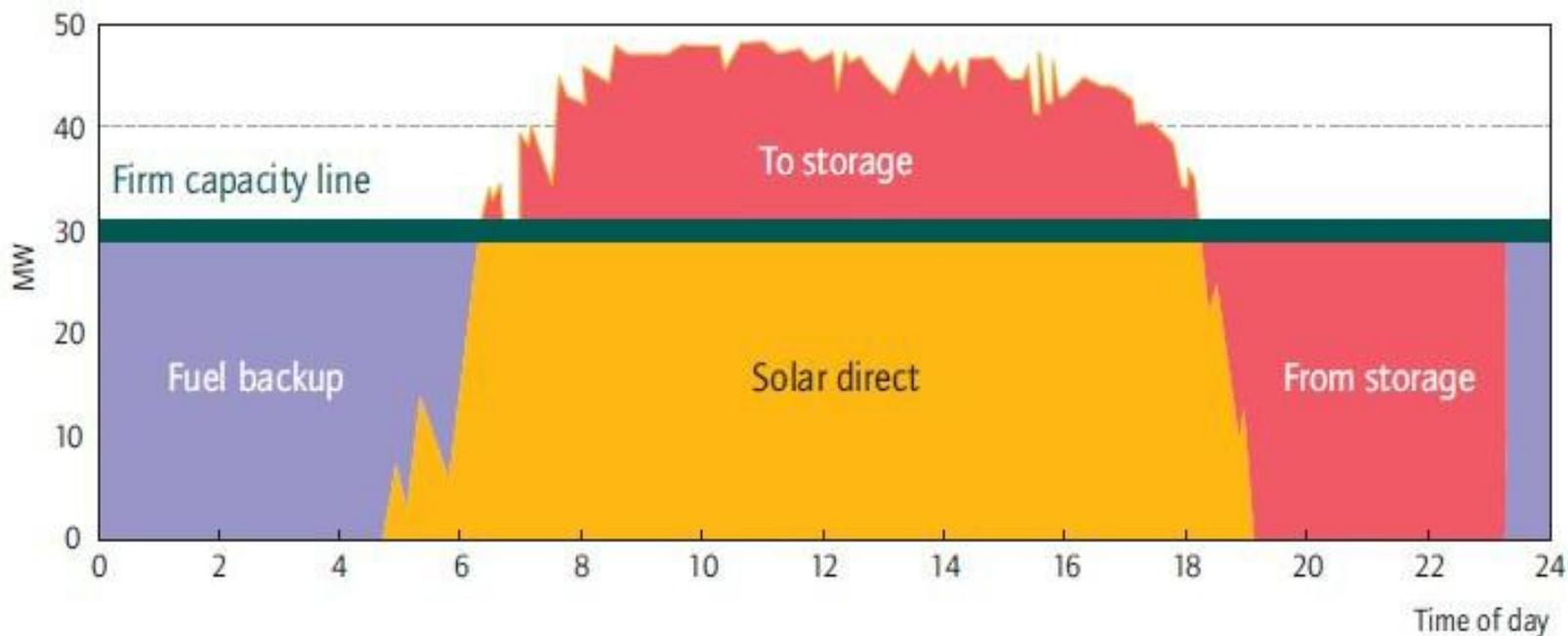
西班牙La Africana光热电站
7.5h熔盐储能

光热发电的核心——储能

- 显著提高热发电系统的效率、可靠性和经济性，使热发电具备与光伏、风电抗衡优势
- 解决夜间、阴雨天不能发电的麻烦，实现持续发电、调峰发电，使CSP 电站24 小时持续供电和输出功率高度可调节
- 使其有能力与传统煤电、燃气发电、核电的电力生产方式相媲美
- 具备作为基础支撑电源与传统火电厂竞争的潜力。

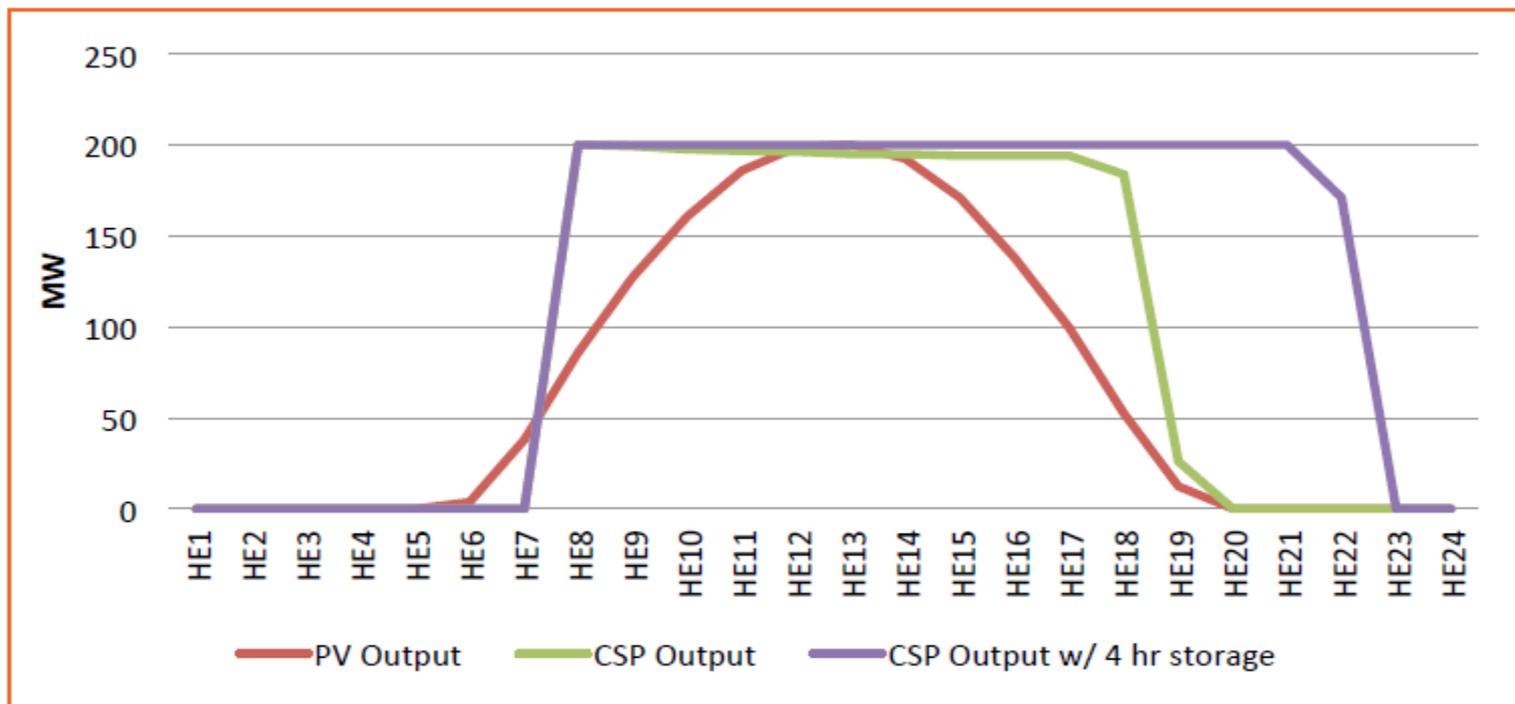


光热发电（CSP）：可储能，可调峰，可与火电联合，实现连续发电



可再生能源最有意义的工作，就是要在不可控的能量输入条件下，得到**可控**的能量输出

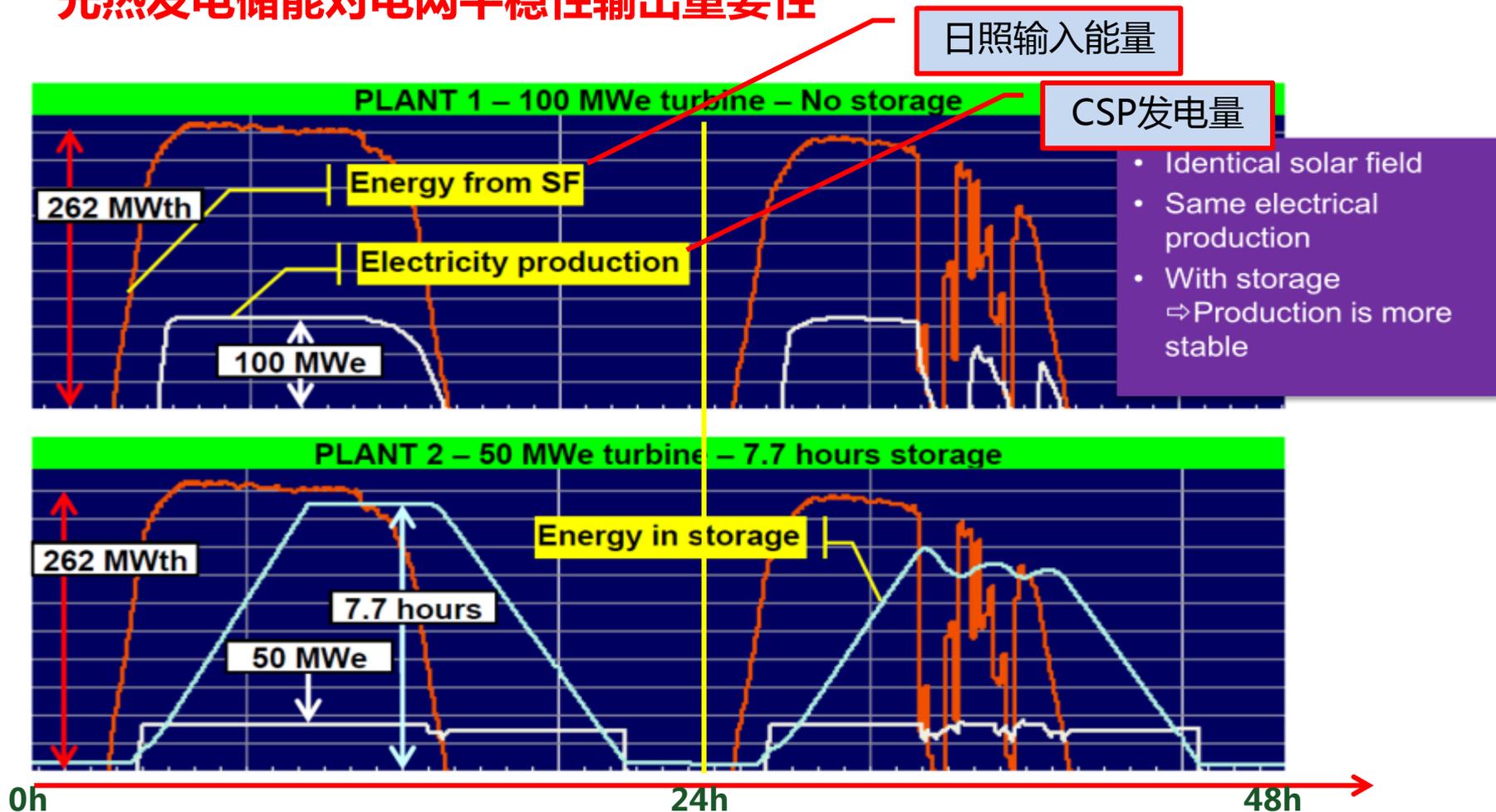
三座 200 兆瓦太阳能发电厂的发电曲线图



倾斜率已固定的 PV 发电厂、无储热系统的 CSP 发电厂和含 4 小时储热的 CSP 发电厂：

PV 发电厂曲线图与无储热系统 CSP 发电厂的形状类似，储热系统被描述为在额外 4 个小时内运行（此时的输出值是最大值，并且是在日落后进行），但原则上，可以将其调整为任何时间，光热输出的曲线较光伏更加的平滑。

光热发电储能对电网平稳性输出重要性



带7.7小时储能的50MW电站和不带储能的100MW电站发电量相同，发电更稳定

2016年8月，确定第一批光热电站电价为1.15元/度 (必须含4小时以上储热功能)

公开事项名称：	关于太阳能热发电标杆上网电价政策的通知(发改价格[2016]1881号)	
索引号：	000013039-2016-00262	主办单位： 国家发展改革委
制发日期：	2016-8-29	

国家发展改革委关于太阳能热发电 标杆上网电价政策的通知

发改价格[2016]1881号

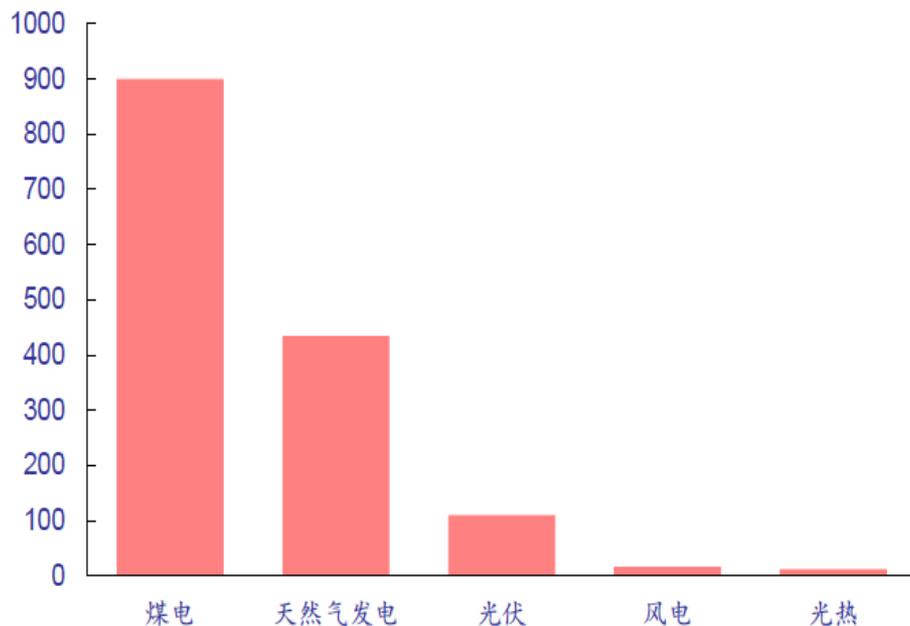
各省、自治区、直辖市发展改革委，物价局：

为促进太阳能热发电产业健康有序发展，根据《可再生能源法》有关规定，现就制定太阳能热发电标杆上网电价政策有关事项通知如下：

- 一、核定全国统一的太阳能热发电（含4小时以上储热功能）标杆上网电价为每千瓦时1.15元（含税）。上述电价仅适用于纳入国家能源局2016年组织实施的太阳能热发电示范范围的项目。
 - 二、2018年12月31日以前全部投运的太阳能热发电项目执行上述标杆上网电价。
 - 三、鼓励地方相关部门对太阳能热发电企业采取税费减免、财政补贴、绿色信贷、土地优惠等措施，多措并举促进太阳能热发电产业发展。
 - 四、2019年以后国家将根据太阳能热发电产业发展状况、发电成本降低情况，适时完善太阳能热发电价格政策，逐步降低新建太阳能热发电价格水平。
- 以上规定自本通知发布之日起执行。

光热发电在全生命周期内产生的污染和排放少

光热电站全生命周期二氧化碳排放仅为12g/kWh，远远低于其他发电方式



生命周期中(从生产开始)：

火力发电碳排放900g/kWh

天然气发电为435g/kWh

光伏发电为110g/kWh

风力发电为 17g/kWh

光热发电为 12g/kWh

不同发电方式生命周期内CO2 排放的比较 (g/kWh)

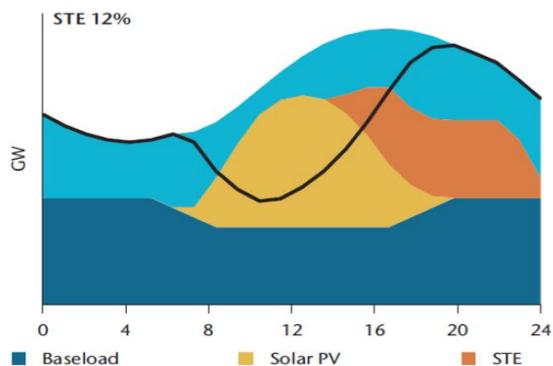
光热发电与光伏、风电的区别

- 光热发电**可作为基础电力**
- 光伏发电和风力发电发电不连续、不稳定、不可控，只能在电网中占较小的比例对电网进行补充，而不能作为基础电力。
- 太阳能光热发电**可储能、可调峰，实现连续发电，电能质量与火电完全一样，与现有电网完全兼容。更适合建大型电站项目，可通过规模效应实现成本迅速下降，因而可以作为基础电力实现对火电的替代。**

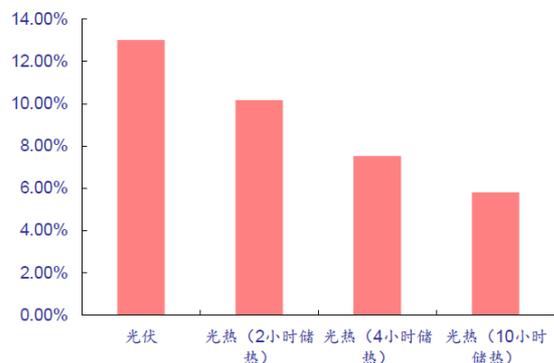


风、光、热、储多能互补及调峰功能

- 带储能的光热发电能够与光伏、风电配套建设，替代火电储能调峰功能，解决弃风、弃光等严重问题
- 为了弥补光伏、风电上网的波动性，目前多采用火电调峰；1GW 的光伏需要配套5-6GW 的火电调峰，与当前节能减排的初衷相悖
- 即使采用火电调峰，光伏弃光率仍高达10%，在西北地区甚至达30%，随着光伏装机容量的持续增加，以及中国经济放缓，弃光率会继续增加
- 借助光热储热功能改善电网的稳定性，提高电网的光伏发电消纳能力；这种模式下的度电成本也将比单纯建设一个光热项目更低



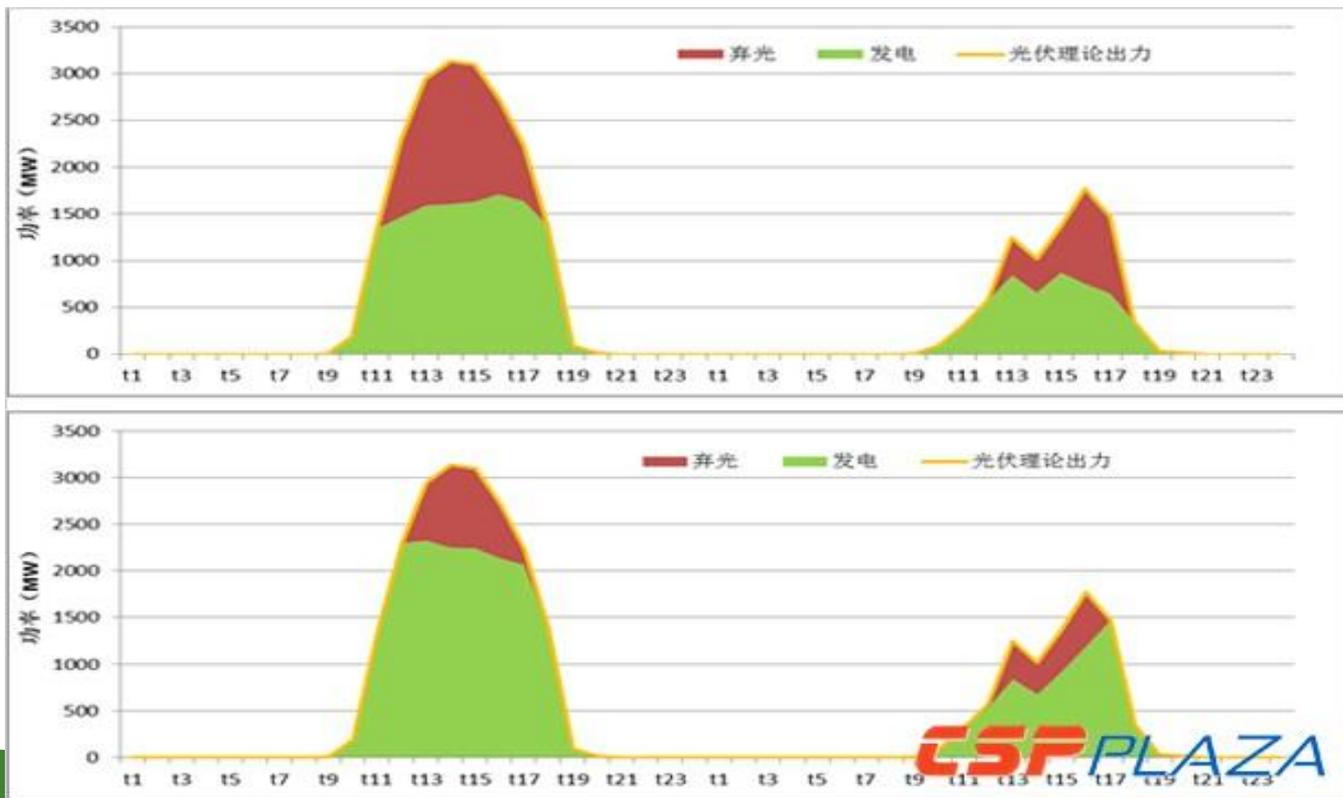
光伏光热互补发电系统的24小时发电出力示意图



光热发电可提高电网对光伏发电的接纳能力

减少弃光率

在400万千瓦光伏+200万千瓦光热装机下，配置不同储热时间，2h（上图）和10h（下图）光热电站时，400万千瓦光伏电站的输出功率图。由此图可见，配10小时储热光热电站时，光伏弃光率明显降低。



电改的机遇与挑战

光热发电

光热发电在电改中的战略意义

爱能森光热发电+多能互补示范项目介绍

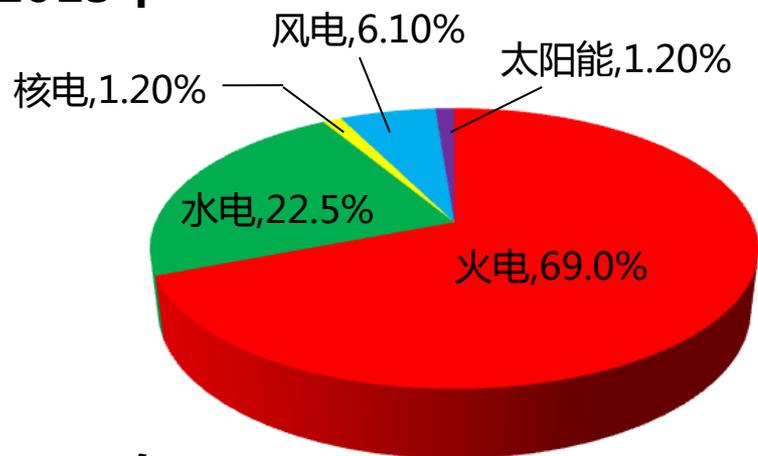
电力生产结构趋于多样性

水电、火电、核电、生物质发电、风力发电、光伏发电、光热发电.....

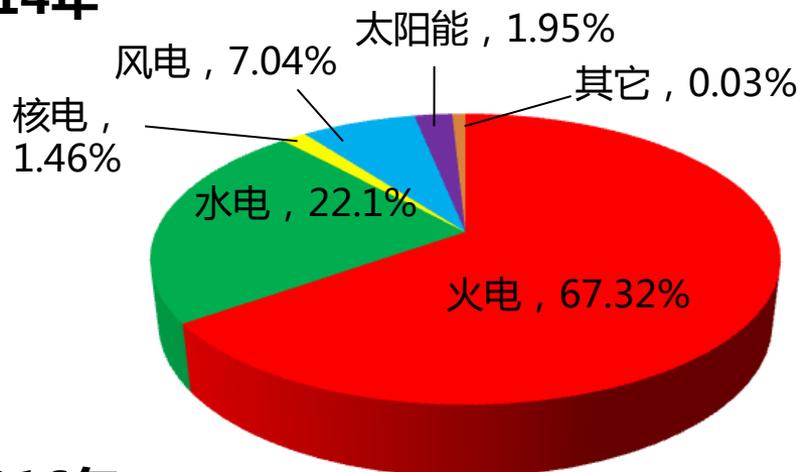


新能源发电比重在电力生产结构中逐渐增加

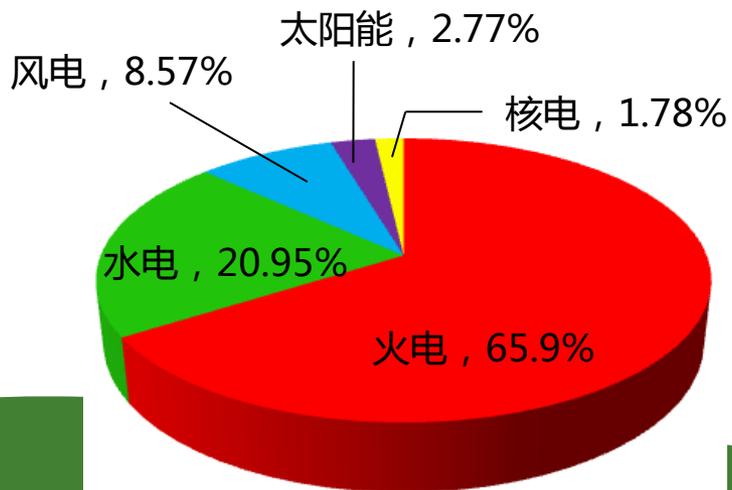
2013年



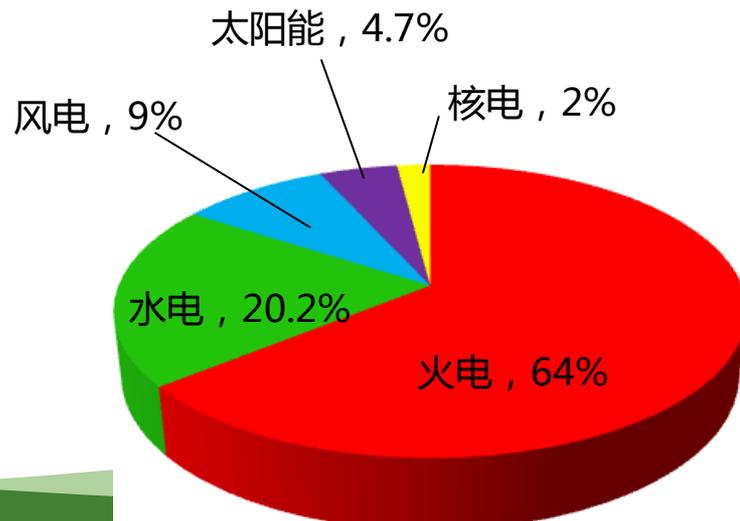
2014年



2015年

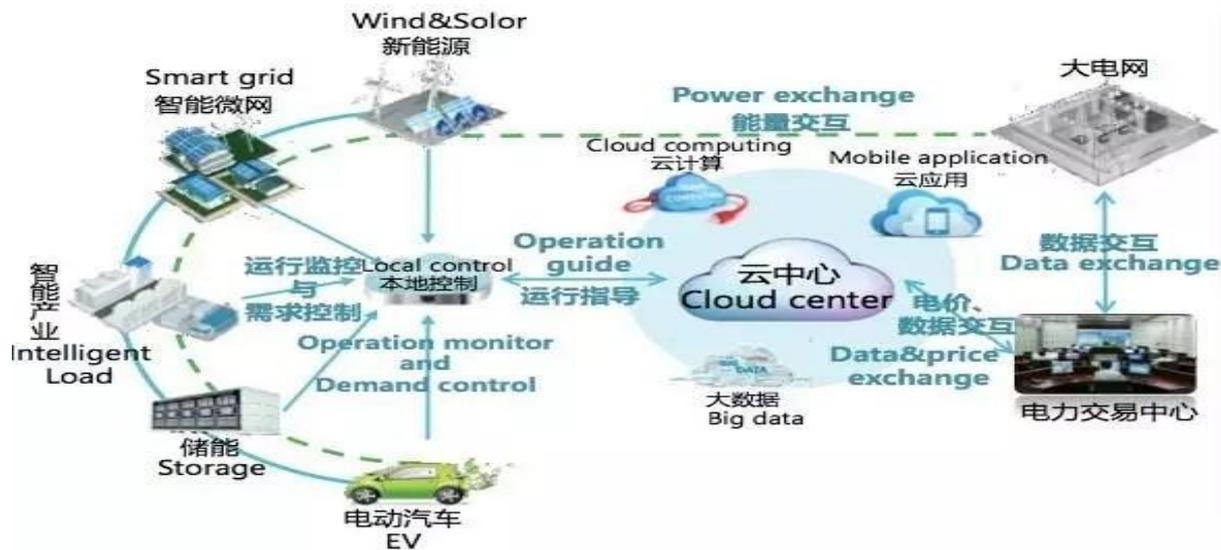


2016年



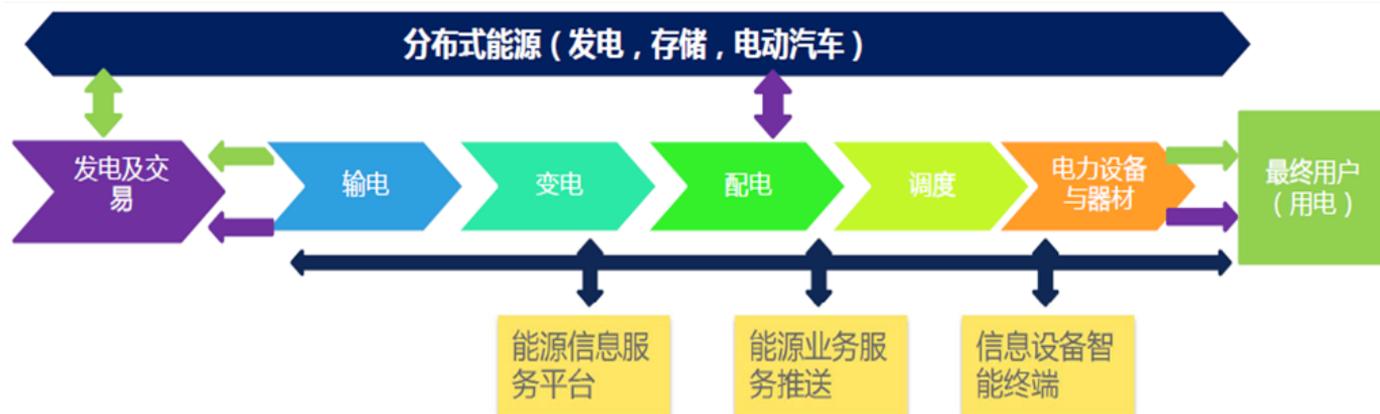
电网系统调节能力及方式的有限性，造成电力生产与消费的不匹配

电力生产和消费的不匹配，造成电力资源的普遍浪费。充分利用不同能量来源，合理分配需求，提高能源利用率成为摆在电力改革面前的一个难点之一。



绿色低碳、节能减排、安全
可靠、综合资源优化配置

集中式 → 分布式
层级式 → 对等式
单向网 → 网状网



- 电力需求无法精准预测
- 太阳能、风能等可再生能源电力的不稳定性，造成弃电、窝电
- 可再生能源电力发展规划无法与能源资源、发电和装备与输电网的协调发展
- 配电业务非理性扩张，部分区域由地方政府行政指定，不符合市场化原则和9号文精神
- 存在配网业务重复投资建设问题，而且发电企业在试点区域同时投资电源、配电和售电业务，形成发输配售一体化新型垄断



光热发电与风力发电、光伏发电联用

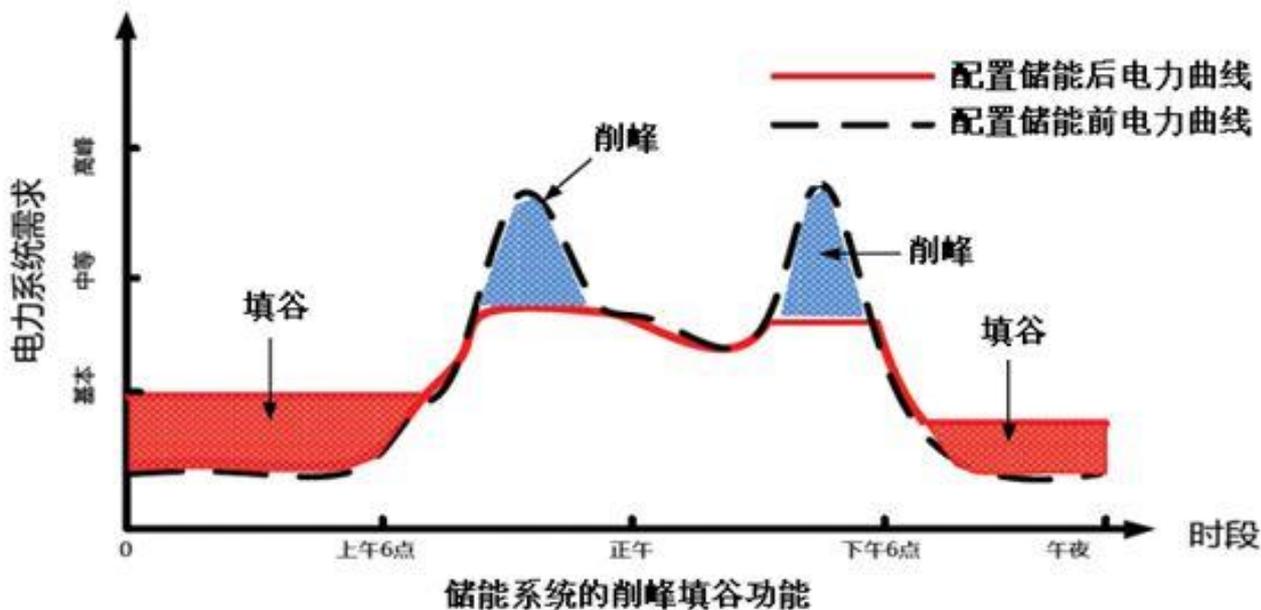
——实现100%清洁能源24小时连续、稳定、可调峰供电，完全达到传统火电的供电能力；提高可再生能源的入网比例，实现能源供给方式的多元化，促进能源结构优化；可大规模集中应用，也可分布式应用。

以**具备大规模储能的太阳能热发电**作为**调节手段**，补偿风力发电、光伏发电的间歇性和不稳定性，并利用智慧能源技术将光热、风力、光伏联合电力平稳上网，以推动光热、光伏、风电产业协同健康发展，实现电力能源产业结构转型升级。



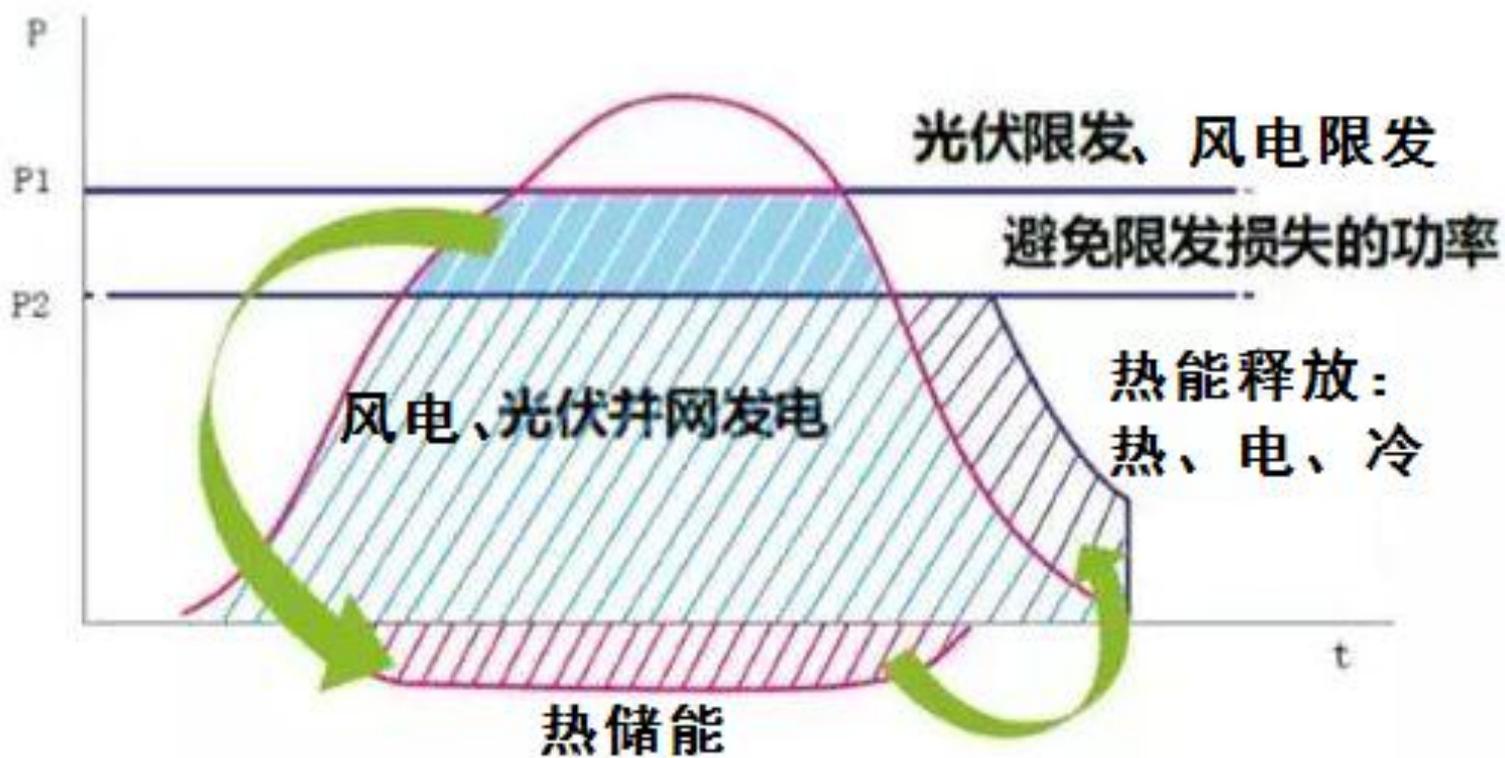
光热发电储能——削峰填谷

光热发电配套传统电网和新能源发电，实现传统电网的调频、调峰、削峰填谷等功能优化



光热发电储能——

解决新能源电力发展过程中的弃风、弃光、弃水及限电问题

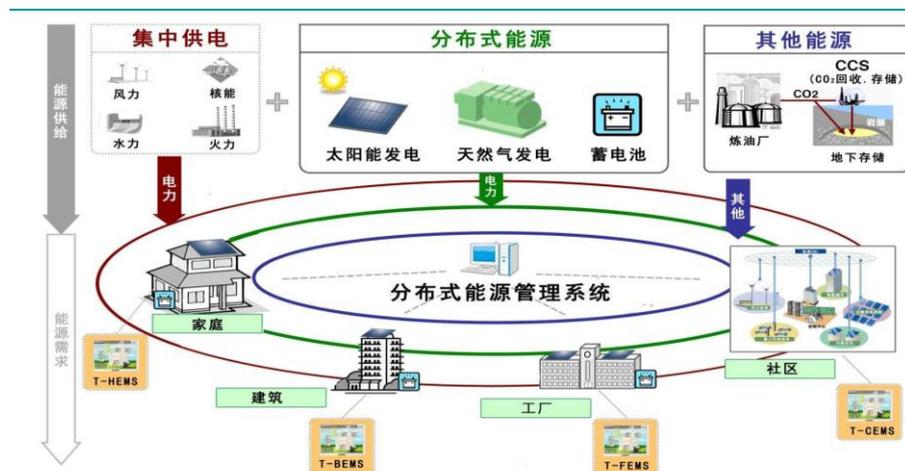


光热发电在一些特定区域用于微电网、局域网和增量网应用



微电网运行方式灵活、能量梯级利用、提供可定制电源等特性，能够协调控制分布式电源、储能与需求侧资源，从而保证分布式可再生能源的并网需求。

- 最大限度消纳利用可再生能源
- 实现整个能源网络的“清洁替代”与“电能替代”



以光热发电储能系统为核心纽带，构建多类型能源互联网络，实现横向多源互补，纵向“源—网—荷—储”协调。

加快我国电力市场的改革

用户参与跟电力生产者议价，激发用户潜在需求，电、热、冷、气、水等各能源品种之间可以协同、优化、匹配，生产、转换、输送、消费过程也可以协同，统一输送过程中，管廊输送方式也可以得到优化，到了用户，不同的能源品种可以协同，同一种能源不同用户也可以协同，协同的过程就产生了成本的降低。



● 电改的机遇与挑战

● 光热发电

● 光热发电在电改中的战略意义

● **爱能森光热发电与多能互补示范项目介绍**

爱能森是**储能全产业链核心技术的专业服务商**。是清洁能源储能、产能、供能及能源解决方案的系统集成商。是研发、设计、生产、销售储热新材料、储热新设备及储热系统的国家级高新技术企业。

为客户提供各种储能、产能、供能项目的设计、系统集成、成套设备、工程建设、投资及运营管理等整体解决方案。

- ☆ 储能解决方案、储能咨询设计、储能系统集成及能源解决方案的专业服务商
- ☆ 储能新材料、储能成套设备、储能系统的生产供应商
- ☆ 储能项目的投资运营商



爱能森是**储能全产业链**专业服务商

储能解决方案及能源解决方案

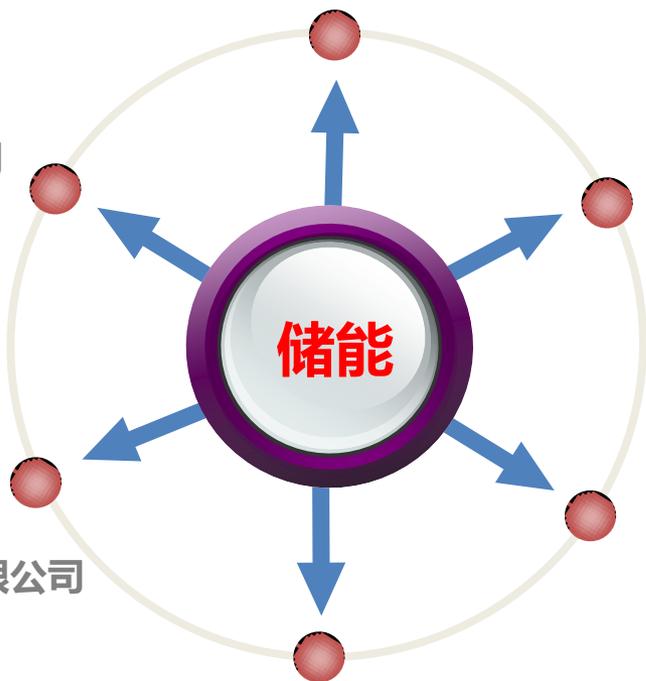
深圳市爱能森科技有限公司
四川协成电力工程设计有限公司

储能项目投资

深圳市爱能森科技有限公司

储能项目运维

江苏爱能森科技有限公司
山东爱能森三元朱热力有限公司



储能项目EPC

深圳市爱能森工程技术有限公司
北京启迪爱能清洁能源科技有限公司
深圳永清爱能森新能源工程技术有限公司

储能新材料、成套设备

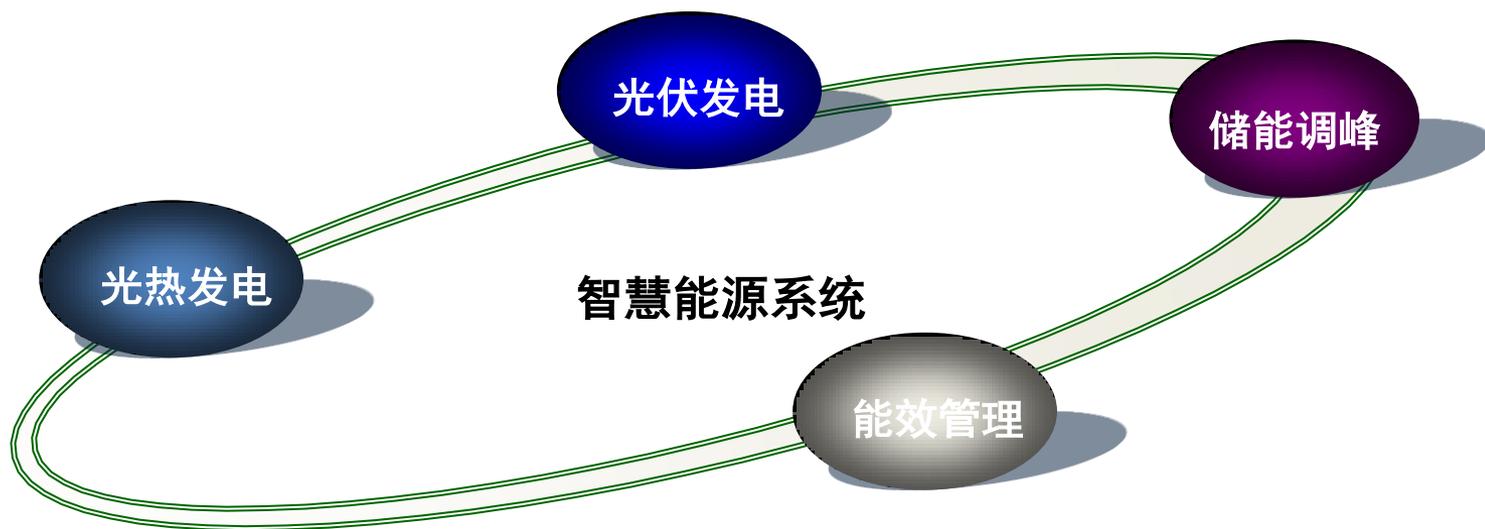
青海爱能森新材料科技有限公司
深圳市爱能森设备技术有限公司

智慧能源互联网

深圳市爱能森新能源互联网科技有限公司

爱能森宿迁 “塔式光热发电储能+多能互补+智慧能源管理” 项目





- 首个四元低熔点熔盐传热储热的光热发电项目
- 首个光热发电与城市建筑相结合项目
- 首个光热发电、光伏发电、储能调峰、热电冷联供、智慧能源管理一体化项目

总体构成：包括光热发电、光伏发电、储能调峰、能效管理四大系统

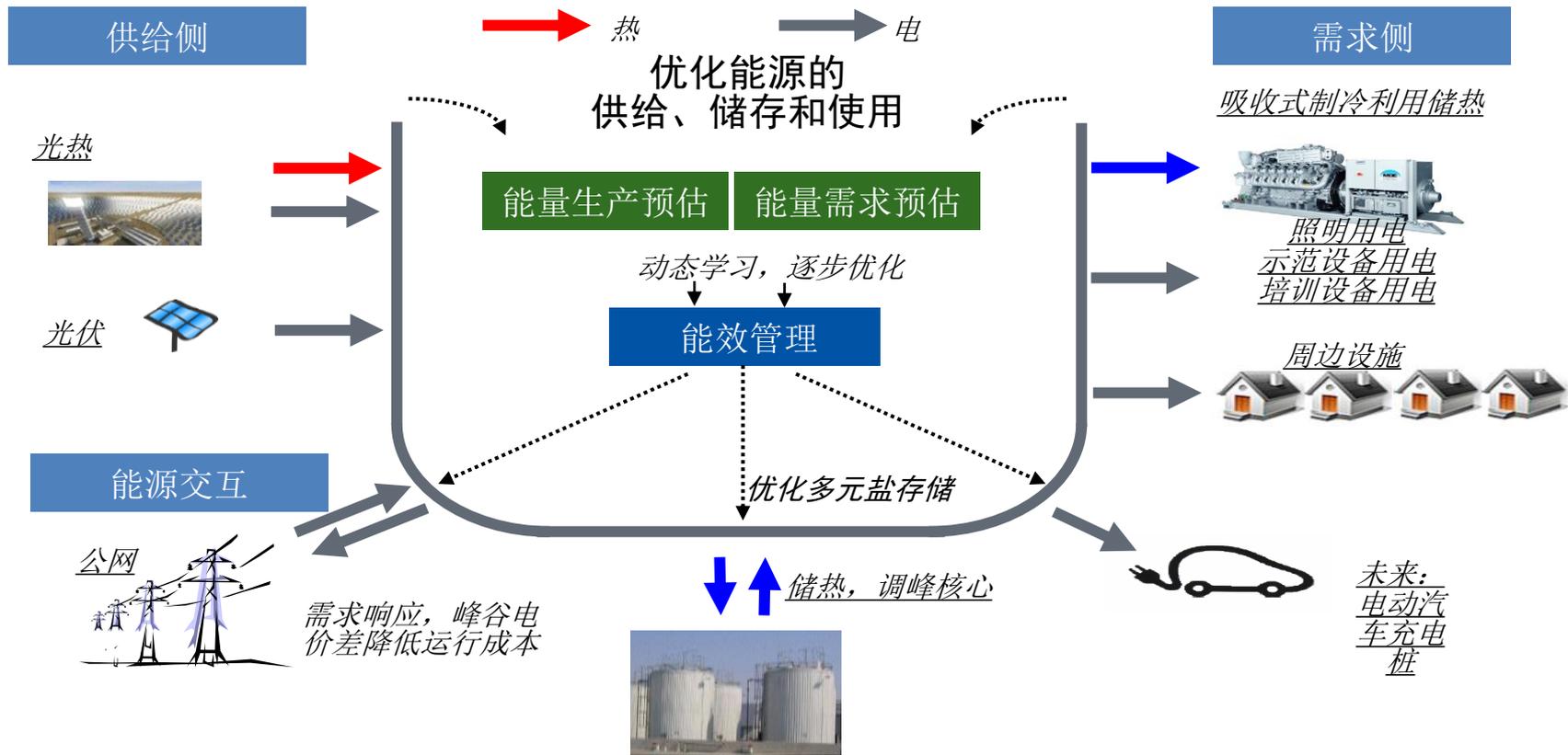
光热发电指标：塔式光热发电，塔高131m，北镜场，集热面积4000m²，集热能力7.5MWh。

光伏发电指标：分布式光伏发电，覆盖屋顶面积5,000m²，发电功率488KW，用户侧并网，并网电压400V，中控式屋顶光伏管理系统。

储能调峰指标：四元熔融盐储热，储热容量30MWh_t，蒸汽溴化锂吸收式双效机组，供冷1044KW，供热835KW。

能效管理指标：发电、用电、用冷、供热系统的“一键启动，无人值守”管理。能源使用状况的大数据采集及自动优化，可视化管理。

在光热、光伏、储能和建筑间建立能源平衡环

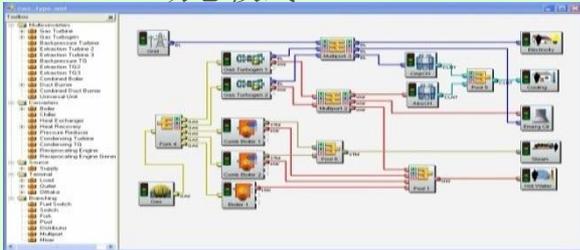


提高管理者效率：实时能效报告、自动分析学习系统

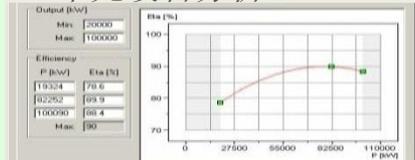
管理界面



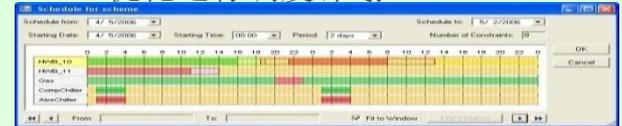
动态模式



单元设备分析



优化运行调度计划



- 设备能效曲线，最佳运行状态，起停成本等等
- 动态能源价格策略，按照最新政策调整
- 负荷分析、调整及预测



2014-5



2014-8



2015-7



2016-11



全景航拍图





2016-11 集热系统



2016-11 储热换热系统



2016-11 发电系统



2016-11 热冷联供系统



2016-11-22 成功产汽/主蒸汽管道吹扫



2016-12-16 14:20 发电成功

具有很强的推广性和复制性：

- ◆ 为未来大型新能源电站联合发电，平稳上网提供建设经验，利用智慧能源管理系统和储能系统，解决新能源电力智慧生产和消费，缓解弃风弃电现象，逐步替传统能源。
- ◆ 该项目可移植到城镇、小区等地方，通过智能控制系统，预测、监控地区用能情况，规划新能源和传统能源装机分配，最大限度的利用新能源，减少传统能源。
- ◆ 分布式能源利用方面：智慧能源控制系统可形成局部地区的新能源微电网，通过控制系统调配某一地区内的用能和供能情况，避免分布式能源的浪费。

项目名称：包头600MW风光热储智能互补综合示范项目

项目投资：92.5亿

建设地点：内蒙古包头市达茂旗

占地面积：54km²

**建设规模：规划建设100MW光伏发电、300MW风力发电、
200MW塔式光热发电**

爱能森承接中科蓝天内蒙古包头600MW风光热储智能互补 综合示范项目技术解决方案

技术方案：

以200MW带熔融盐储能的太阳能热发电作为调节手段，与100MW光伏发电及300MW风力发电配套建设，补偿风力发电、光伏发电的间歇性和不稳定性，通过智能互补系统实现光热、风力、光伏等新能源联合发电、平稳上网。



包头达茂旗 600MW 风光热储智能互补综合示范项目可行性分析评审意见

2015年3月20日上午,包头市发改委在呼和浩特市组织召开了包头达茂旗 600MW 风光热储智能互补综合示范项目可行性分析评审会,参加会议的有内蒙古自治区能源局、包头市发改委、包头达茂旗的相关领导。会议邀请了中国科学院生态环境研究中心、中国科学院城市环境研究所、中国科技开发院、中国华电工程(集团)有限公司、内蒙古电力(集团)有限责任公司包头供电局、中科恒源科技股份有限公司的专家(名单附后)进行评审。会议听取了山东电力工程咨询院关于包头达茂旗 600MW 风光热储智能互补综合示范项目情况的汇报,专家组对项目的可行性进行了认真研究和讨论,形成如下意见:

1、该项目提出了一种新型风电、光伏、光热及储能的联合发电技术,通过不同可再生能源的智能互补,实现平滑上网的目标。

2、该项目能够为风电、光伏产业健康发展,能为新能源替代基础电力,为探索新能源发展的方向提供良好的示范。

3、在项目场地上及周边区域开发高效农业及畜牧业,可以提高土地综合利用效率和项目的经济效益。

4、项目建设有充足的土地、环保、电网结构等良好建设条件,能够保证该项目的顺利实施,电网能够满足该项目的接入和上网消纳,为风电和光伏的上网补偿提供示范作用。项目建成后,示范效果显著,具备良好的推广意义。

5、建议:1)进一步明确智能互补的功能作用,真正实现风光热储的输出优良特性,形成一个完整稳定的系统;2)建议一次规划,分期实施;3)补充当地的电源、电网、负荷、水资源等背景条件及相关依据;4)根据上述条件,进一步核算不同负荷条件下的经济效益。

专家组组长签字: 

2015.3.20

附:参会人员

专家组成员

刘建平	中国科学院城市环境研究所	研究员
黄湘	中国华电工程(集团)有限公司	总工程师
吴钢	中国科学院生态环境研究中心	研究员、博士生导师
岳建华	内蒙古电力(集团)有限责任公司	原副总工程师
杨彬	内蒙古电力(集团)有限责任公司包头供电局计划处	副处长、高级工程师
谢丹平	中科恒源科技股份有限公司	副总工程师、农光互补专家
孙海翔	中国科技开发院	光热发电专家

参会领导

刘东升	内蒙古自治区能源局新能源处	处长
王鹏瑞	内蒙古自治区能源局新能源处	科长
王秀莲	包头市发改委	主任
郭健	包头市发改委	副主任
丛宏伟	包头市发改委能源局	局长
刘晓琪	包头市发改委能源局	副局长
郝云涛	包头市达茂联合旗	副旗长
李海军	包头市达茂联合旗风电办	副主任



内蒙古自治区发展和改革委员会

内发改能源函[2015]280号

内蒙古自治区发展和改革委员会关于组织实施好 包头市达茂旗风光热储综合发电项目的函

包头市发展改革委：

近期，国家能源局综合司以国能综新能〔2015〕285号对你市拟实施的达茂旗风光热储综合发电项目予以复函，现转发给你们，请遵照执行。

此函

附：国家能源局综合司关于包头市达茂旗风光热储技术示范有关事项的复函（国能综新能〔2015〕285号）

内蒙古自治区发展和改革委员会

2015年7月28日



国家能源局综合司文件

国能综新能[2015]285号

国家能源局综合司关于包头市 达茂旗风光热储技术示范有关事项的复函

内蒙古自治区发展改革委、能源局：

报来《关于申请包头市达茂旗风光热储综合发电项目列为国家级示范项目的请示》(内发改能源字[2015]353号)收悉。经研究,现就有关事项函复如下:

一、内蒙古包头地区风能和太阳能资源较为丰富,开展风光热储技术示范,有利于增加本地区清洁能源供应、促进能源结构调整、探索新能源互补协调运行经验和增强电网消纳新能源的能力,我局支持开展风光热储技术示范工作。

二、鉴于目前风电、光伏发电技术较为成熟,开发建设管理相

对完善,建议按常规项目开展建设。光热发电目前尚处于技术示范阶段,请你单位督促项目单位深入研究光热发电技术方案,明确示范的重点内容,确保示范项目的技术先进性,并在此基础上制定风光储协调运行的技术方案。

三、鉴于目前相关核准权限已下放到地方,请你单位待各项条件具备后,按照各类项目建设管理的有关规定,开展项目建设和示范工作。



抄送:国家发展改革委办公厅



600MW风光热储智能互补综合示范项目







愛能改變世界