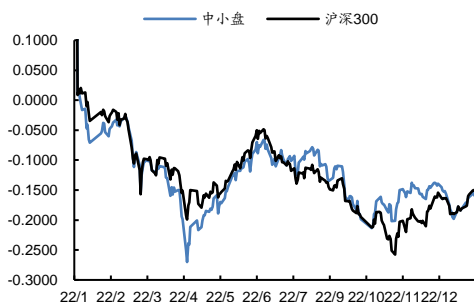


研究所
 证券分析师： 杨阳 S0350521120005
 yangy08@ghzq.com.cn
 证券分析师： 罗琨 S0350522110003
 luok@ghzq.com.cn

熔盐储能：长时储能黄金赛道（下篇-多应用场景、产业链分析）

——新型电力系统专题七

最近一年走势



行业相对表现

表现	1M	3M	12M
中小盘	-0.28%	4.29%	-15.45%
沪深 300	3.10%	8.57%	-14.51%

相关报告

《——新型电力系统专题七：熔盐储能：长时储能黄金赛道（上篇-光热发电赛道）（推荐）*中小盘*杨阳，罗琨》——2022-12-13

《——汽车传感器行业专题报告二：激光雷达：百家争鸣，量产在即（推荐）*中小盘*杨阳》——2022-07-22

《——中小盘新股研究周报：新股研究-2023 年第 1 周*杨阳，罗琨》——2023-01-08

《新型储能：能源转型重要途径，技术路线百花齐放——新型电力系统专题六（推荐）*公用事业*杨阳》——2023-01-05

《——中小盘新股研究周报：新股研究-2022 年第 51 周*杨阳》——2023-01-01

投资要点：

- **熔盐是一种优良的传热储能介质。**在本系列报告上篇所介绍的光热发电系统中，熔盐同时扮演了传热和储能介质。硝酸盐具有工作温度区间广、储能密度高、无需高压运行、黏度低流动性好、寿命长等优良特性，非常适合作为传热、储能介质。目前熔盐储能技术已经广泛应用于太阳能光热发电系统等新能源系统，利用了硝酸盐储能特性将太阳光热能转换为熔盐的内能来存储和发出能量，实现了能量在时空上的迁移，满足可再生能源的电网调峰需求。除了光热领域外，熔盐储能在熔盐储能供暖、供蒸汽、火电机组灵活改造领域有竞争优势。
- **熔盐储能在火电灵活改造、工业蒸汽生产中具备很大潜力。**熔盐储能作为单独的储能单元模块，可以很好匹配火电灵活改造、工业蒸汽生产需求。通过在火电机组中加入大容量熔盐储能模块，可以实现热电解耦，能耗效率接近抽水蓄能，帮助火电机组增加向下调峰范围到 20%，可以获取更多电力辅助收益、蒸汽产出收益。熔盐储能模块可以利用其消纳谷电储能的能力，将电能转换为热能，产出蒸汽、热水或者绿电，实现北方煤改电、工业园区绿色化改造。通过上下篇报告对光热发电、火电改造、蒸汽供给领域的梳理，我们认为以下几个环节值得重点关注：
- **随着光热发电项目招标、建设进度的推进，行业整体景气度需求将上行；火电灵活改造、工业蒸汽等熔盐储热其他领域的应用落地也将带动熔盐储热产业链的发展。维持行业“推荐”评级。**（1）**光热发电系统集成商：**光热发电单项目投资规模大、运营管理需要丰富经验。首航高科、可胜技术作为有技术和项目积累经验的全产业链布局者，具备项目建设、设备生产和电站运营经验，在行业中具备先发优势。（2）**定日镜驱动支架：**定日镜系统价值量占比最大的是驱动支架装置，驱动支架装置决定了光热发电系统发电的稳定性。驱动装置关注捷昌驱动（电驱动推杆）、长盛轴承（定日镜转向轴承）、振江股份（定日镜支架）。（3）**熔盐储热设备：**西子洁能作为余热锅炉龙头，提前布局了熔盐储能领域，积累了丰富的光热项目经验，覆盖的光热设备包括熔盐储热罐、熔盐吸热器、蒸汽发生器等。公司也具备火电灵活改造、工业绿色蒸汽项目经验。熔盐储热罐建议关注蓝科高新。电伴热

系统建议关注久盛电气，电加热器建议关注东方电热，保温材料建议关注鲁阳节能。(4) **反射镜超白玻璃**: 建议关注安彩高科, 具备 600t/d 超白玻璃产能。(5) **硝酸盐或面临实际产能不足**: 建议关注云图控股、华尔泰(浓硝酸)。不考虑其他熔盐储能需求, 4.5GW 光热发电项目带来的增量熔盐需求在 116 万吨左右, 国内工业级熔盐产能低于名义产能, 若需求集中释放或面临产能紧张。

- **风险提示**: 1) 政策变动风险, 配套储能政策不及预期。2) 光热发电降本不及预期, 上游原材料涨价幅度较大, 建设投产进度不及预期。3) 钒电池等新型储能降本速度、推广速度更快, 路径上取代光热发电。4) 光伏装机不及预期, 光热发电作为光伏的配套储能受到影响。5) 测算存在主观性, 仅供参考。6) 若贷款利率上行幅度过大, 将影响项目收益率, 进而影响业主投资积极性。7) 重点关注公司业绩或不及预期。

重点关注公司及盈利预测

重点公司	股票	2023/01/16		EPS			PE			投资
代码	名称	股价	2021	2022E	2023E	2021	2022E	2023E	评级	
002665.SZ	首航高科	3.63	-0.09			-			未评级	
002534.SZ	西子洁能	15.69	0.57	0.29	0.72	27.60	53.88	21.79	未评级	
600875.SH	东方电气	21.63	0.73	0.96	1.31	29.47	22.53	16.51	买入	
603583.SH	捷昌驱动	26.15	0.70	1.17	1.63	37.15	22.35	16.04	增持	
603507.SH	振江股份	32.96	1.26			26.23			未评级	
600207.SH	安彩高科	6.58	0.24	0.25	0.43	27.06	26.60	15.31	未评级	

资料来源: Wind 资讯, 国海证券研究所 (未评级公司盈利预测为 wind 一致预期)

内容目录

1、 火电灵活改造、工业蒸汽：熔盐储能更广阔的应用场景	6
1.1、 火电灵活性改造：熔盐储能相比常规路径具备优势	6
1.1.1、 常规火电机组改造路径：有一定局限性	6
1.1.2、 改造原理：在“锅炉-汽机”之间嵌入高温熔盐储热系统	7
1.1.3、 高温熔盐储热技术的经济性测算	8
1.2、 工业蒸汽：熔盐储热实现谷电存热，保障供热供汽	9
1.3、 重点项目投资及技术参数梳理	11
2、 整体产业链的分析	12
2.1、 产业链涉及公司	12
2.2、 光热建设集成商：项目经验构筑竞争优势	13
2.2.1、 首航高科：光热发电全产业链布局	13
2.2.2、 可胜技术：光热全产业链布局，自有电站发电爬坡速度快	17
2.2.3、 东方电气：旗下东方锅炉、东方汽轮机覆盖聚光、蒸汽发生器、汽轮机	19
2.3、 聚光集热系统：价值量占比最大的环节	20
2.3.1、 反射镜（超白玻璃）：行业光热超白玻璃产能充足	20
2.3.2、 驱动装置、支架：决定定日镜系统稳定性、耐久性	22
2.3.3、 吸热器：核心零部件是吸热管道	24
2.4、 熔盐：4.5GW 光热发电项目对熔盐需求测算为 116 万吨	26
2.4.1、 硝酸钾：国内工业级硝酸钾名义产能 114 万吨/年，4.5GW 光热发电项目对应的硝酸钾新增需求为 46 万吨，硝酸钾供需处于紧平衡状态	27
2.4.2、 硝酸钠：国内硝酸钠实际可用产能 120 万吨/年，4.5GW 光热发电项目对应的硝酸钠新增需求为 69 万吨，硝酸钠供需处于紧平衡状态	29
2.4.3、 公司梳理	29
2.5、 熔盐储换热：4.5GW 光热发电项目对应的储换热环节市场规模为 152~182 亿元	30
2.5.1、 熔盐储换热系统：100MW 光热系统中储热罐价值量 8000 万元、换热器价值量 6000 万元	30
2.5.2、 电伴热系统、电加热器：保障系统稳定运行的核心	32
2.5.3、 保温材料：降低储热系统热损耗	33
2.5.4、 公司梳理	34
3、 重点关注公司和投资评级	36
4、 风险提示	38
5、 附件	39

图表目录

图 1: 常规火电机组灵活改造方案	6
图 2: 嵌入高温熔盐储热系统的火电机组工艺图	7
图 3: 火电机组采取高温熔盐储热技术的应用前景展望	8
图 4: 新型熔盐蓄热供热技术原理示意图	9
图 5: 光热发电产业链所涉及公司	12
图 6: 首航敦煌光热项目定日镜现场图片	15
图 7: 首航高科自动化生产线	15
图 8: 吸热塔内部结构图	16
图 9: 吸热塔示意图	16
图 10: 浙江中控（现名可胜技术）所产定日镜	20
图 11: 哈密 50MW 项目定日镜支架结构	20
图 12: 日本艾杰旭特种玻璃在大连厂房	21
图 13: AGC 产品高温高湿耐久性对比	21
图 14: 定日镜驱动、支架结构	22
图 15: 光热塔式发电常用的外露管式吸热器	25
图 16: 国内硝酸钾主要生产企业状况	28
图 17: 硝酸钾价格 2022 年以来先大幅上升后回落	28
图 18: 光热熔盐系统原理	30
图 19: 熔盐储热罐案例	30
图 20: 蒸汽换热器，图为上海电气承建的迪拜光热项目光热汽包产品	31
图 21: 电伴热加热管道示意图	33
图 22: 应用于吸热器的伴热电缆	33
图 23: 含有电加热器的塔式熔盐光热电站原理图	33
图 24: 东方电热所产熔盐电加热器产品	33
图 25: 久盛电气加热电缆	36
图 26: 久盛电气应用在熔盐泵上的电伴热产品	36
表 1: 火电机组熔盐储能改造后参加调峰服务费用的收入模型测算	9
表 2: 不同蓄热技术的对比	10
表 3: 重点项目信息梳理	11
表 4: 各环节核心设备使用量	13
表 5: 首航敦煌 100MW 光热发电示范项目参数信息	14
表 6: 首航敦煌 100MW 塔式光热发电项目关键零部件环节供应商情况	14
表 7: 首航高科历史项目、业绩统计	16
表 8: 可胜技术行业项目历史	17
表 9: 青海中控德令哈 50MW 光热发电项目主要参数指标	18
表 10: 可胜技术储备项目	18
表 11: 东方电气旗下企业的历史项目及近期储备、中标项目	19
表 12: 国内光热玻璃产能梳理	21
表 13: 驱动装置路线对比	23
表 14: 驱动装置、支架环节主要上市公司梳理	24
表 15: 示范项目对熔盐需求量	26
表 16: 4.5GW 光热发电项目的硝酸钾、硝酸钠需求测算	27
表 17: 硝酸盐制备路径	28

表 18: 硝酸盐上市公司情况梳理	29
表 19: 光热电站蒸汽发生系统 SGS 对比常规电站的差异	31
表 20: 国内主要熔盐储换热系统公司	32
表 21: 熔盐储能常用到的三种保温材料	34
表 22: 西子洁能（原杭锅股份）在光热、熔盐领域布局	35
表 23: 2022 年光热发电规划、签约、招标、在建项目统计共计超过 4.5GW	39

1、火电灵活改造、工业蒸汽：熔盐储能更广阔的应用场景

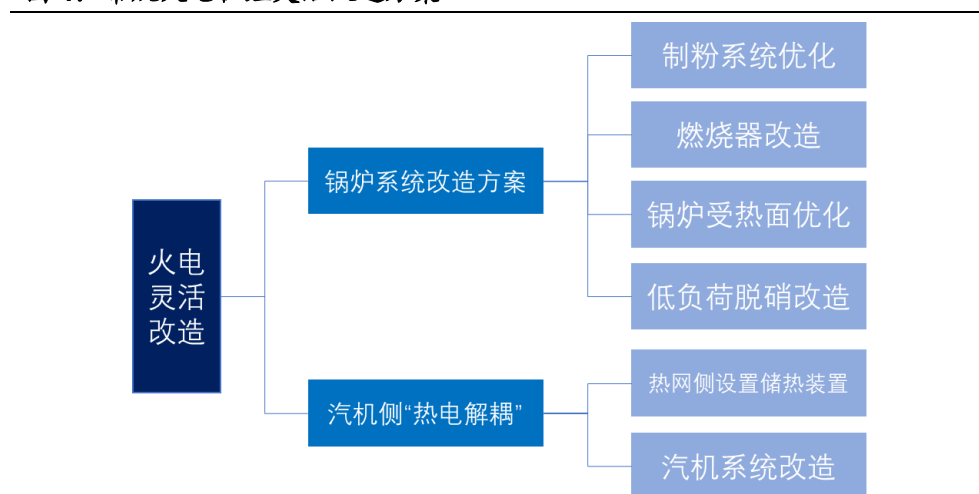
熔盐是一种优良的传热储能介质。本系列报告上篇所述的光热发电系统中，熔盐同时扮演了传热和储能介质。硝酸盐具有工作温度区间广、储能密度高、无需高压运行、黏度低流动性好、寿命长等优良特性，非常适合作为传热、储能介质。目前熔盐储能技术已经广泛应用于太阳能光热发电系统等新能源系统，利用了硝酸盐储能特性将太阳光热能转换为熔盐的内能来存储和发出能量，实现了能量在时空上的迁移，满足可再生能源的电网调峰需求。除了光热领域外，熔盐储能能在熔盐储能供暖、供蒸汽、火电机组灵活改造领域有竞争优势。本节将重点介绍熔盐储能在火电灵活改造、工业蒸汽领域的应用。

1.1、火电灵活性改造：熔盐储能相比常规路径具备优势

1.1.1、常规火电机组改造路径：有一定局限性

火电机组灵活性改造方案目标是增加调峰深度、实现快速启停、加快爬坡能力，其中重点是提高机组的深度调峰能力。常规火电机组的路径包括锅炉侧系统改造方案和汽机侧“热电解耦”方案。锅炉侧改造方案一般是围绕解决低负荷工况下，锅炉不能稳定燃烧以及脱硝不能正常运行的问题；汽机侧改造方案则是针对热电联产机组，在供热季采用解耦或者削弱“以热定电”的运行方式，满足机组供热要求的同时减少发电出力。但常规灵活性改造也存在一些问题，例如低负荷运转下主机效率降低、影响机组设备寿命、燃料系统控制的问题，而且热电联产机组改造方案只适用于采暖期，有一定局限性。

图 1：常规火电机组灵活改造方案

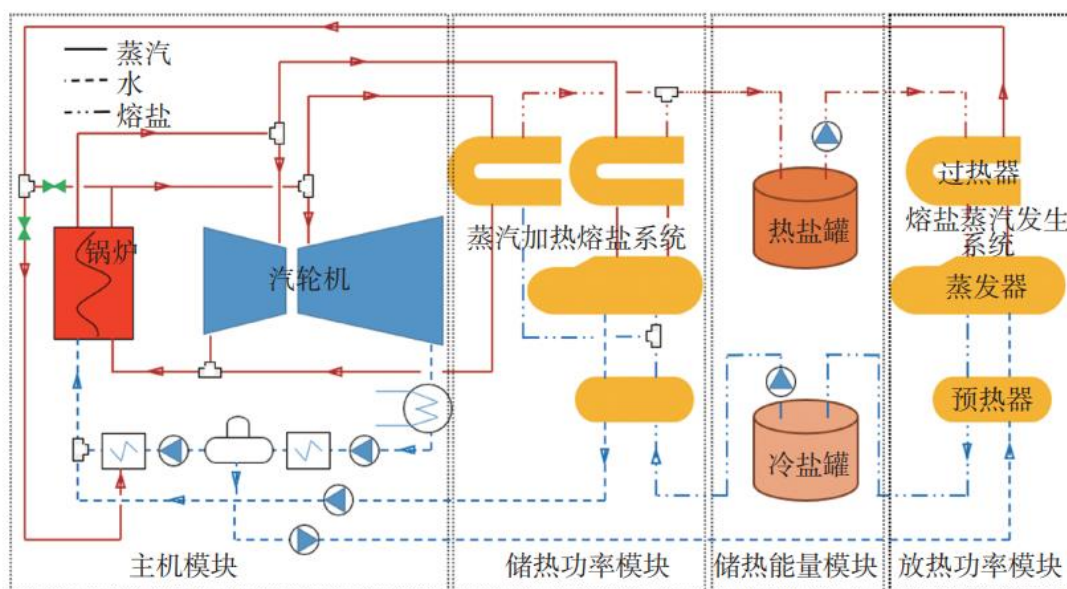


资料来源：《基于高温熔盐储热的火电机组灵活性改造技术及其应用前景分析》李峻等，国海证券研究所

1.1.2、改造原理：在“锅炉-汽机”之间嵌入高温熔盐储热系统

加入高温熔盐储能系统，是火电机组灵活性改造的一种新型技术路线。火电锅炉的低负荷运行是灵活运行的最大瓶颈，因此设置储热系统可以将锅炉产生的高温蒸汽存储起来，削弱原本刚性的“炉机耦合”。火电机组锅炉出口蒸汽温度在540~560℃，与高温熔盐储热技术很好的匹配了温度参数，非常适合火电机组储热。火电常规机组的灵活性改造原理是，在火电机组“锅炉-汽机”热力系统中嵌入一套外置的高温熔盐储热系统。当火电机组向下调节出力时，启动储热模块，锅炉产生的过热蒸汽和再热蒸汽通过储热功率模块对熔盐进行放热，低温罐中冷熔盐升温后存储在储热罐中。当火电机组需要出力时，高温熔盐罐中的高温熔盐通过放热功率模块进行放热，产生的蒸汽回到汽轮机做工发电，释放热量后的熔盐再次回到低温罐中存储。

图 2: 嵌入高温熔盐储热系统的火电机组工艺图



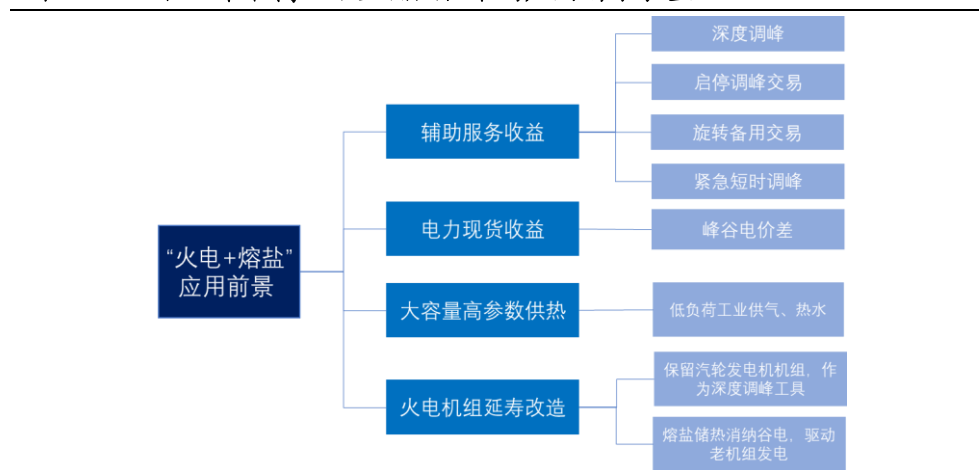
资料来源:《基于高温熔盐储热的火电机组灵活性改造技术及其应用前景分析》李峻等

火电灵活改造配置熔盐储热系统优势：1、**理论综合效率高**：根据李峻 2021 年《基于高温熔盐储热的火电机组灵活性改造技术及其应用前景分析》中的估算，火电熔盐储能系统理论综合效率为 76.2%，接近抽水蓄能机组，能源利用效率高 于热电联产机组、电锅炉调峰供热方案。2、**大幅度增加火电厂深度调峰能力**：汽机可以在 5%额定负荷下运行，如果加入电加热模块，可以实现机组零功率上网。3、**储热时间长**：灵活设置储热罐容量即可，可以实现单日 10h 以上储热能力，可以通过扩大熔盐储热罐容量扩充储能时长。4、**储热参数高**：熔盐储热温度可以达到 500℃以上，蒸汽温度可以达到亚临界参数。5、**使用寿命长、综合效率高**：使用寿命长达 30 年，平准化发电成本低。熔盐储热的火电灵活改造技术与现有的改造方案相比，具有能耗低、机组运行节能可靠等优点。通过熔盐放热，可以拓宽机组负荷的调峰范围，提高机组运行的灵活性。

1.1.3、高温熔盐储热技术的经济性测算

高温熔盐储热技术在火电机组有很强的适应性。第一，改造后的火电机组可以更好的适应电力市场改革，获取更多辅助服务收益。随着各地电力辅助服务市场政策加快出台，采用高温熔盐储热技术改造的火电机组灵活性高、调节速度快，可以适应深度调峰、启停调峰、旋转备用交易等辅助服务。第二，电力现货市场交易加快后，带有熔盐储能火电机组可以大规模储热，存储谷电，在电价高的时候释放热量获取高收益。第三，大容量熔盐储能可以实现供蒸汽、供热。未改造的热电联产火电机组仍然是热电耦合状态，具有季节使用局限性。高温熔盐储热技术可以拓展火电灵活机组的供热场景，创造额外供热、供蒸汽收益。第四，高温熔盐储热技术可以参加退役火电机组延寿改造。拆除机组煤炭、锅炉系统后，可以保留汽轮机组，利用熔盐储能吸收新机组热量或消纳谷电，通过放热驱动汽轮机发电，增加整体电站的尖峰发电出力能力。

图 3：火电机组采取高温熔盐储热技术的应用前景展望



资料来源：《基于高温熔盐储热的火电机组灵活性改造技术及其应用前景分析》李峻等、国海证券研究所整理

根据《基于高温熔盐储热的火电机组灵活性改造技术及其应用前景分析》（李峻等，2021 年）中的举例说明，经过高温熔盐改造后的火电机组在如下页表 1 的参数假设下，考虑调峰服务费收入情况下，350MW 的火电机组可以实现 4310 万元的年度收益。

表 1：火电机组熔盐储能改造后参加调峰服务费用的收入模型测算

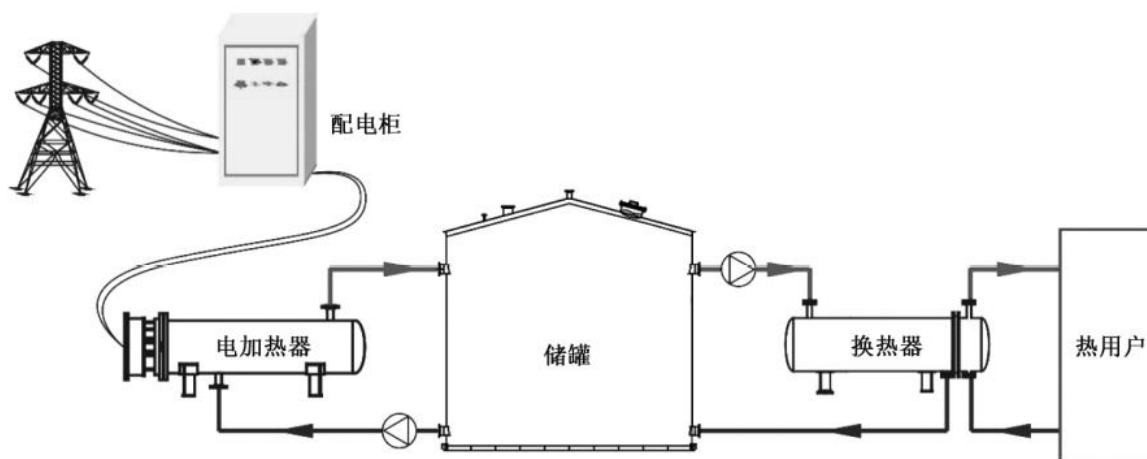
火电机组容量	350MW
调峰范围	50%向下调至 20%
年调峰小时数	800h
参与调峰时未发电量	84GWh
加权调峰服务费	0.433/kWh
调峰服务费-收入	3640 万
煤耗指标	300g/kWh
标煤价	750 元/t
燃煤调峰-成本	1890 万元
熔盐储能装机容量	105MW
储热时长	8h
熔盐储能转换效率	76.2%
熔盐系统可发电量	64GWh
上网电价	0.4/kWh
上网电价-收入	2560 万元
高温熔盐改造后年度-收益	4310 万元

资料来源：《基于高温熔盐储热的火电机组灵活性改造技术及其应用前景分析》李峻等（2021 年）、国海证券研究所

1.2、工业蒸汽：熔盐储热实现谷电存热，保障供热供汽

与火电灵活改造类似，利用熔盐优良的储能特性，熔盐储能还可以用于谷电加热（利用谷电将低温熔盐加热后存储至高温熔盐罐，在白天用热用汽时段，利用高温熔盐供暖供热）、余热回收（通过熔盐储热系统将钢铁生产的余热回收利用，用于供暖供热、发电等）。

图 4：新型熔盐蓄热供热技术原理示意图



资料来源：《熔盐蓄热供热技术研究与示范项目》周宇涵

熔盐储能可在低谷时段消纳富余电能，尖、高峰时段对外供热、供蒸汽。新型熔盐蓄热供热技术通过利用晚间谷电加热熔盐储能，加热后的高温熔盐储存到储罐

中，白天放热，通过循环泵将高温熔盐抽出与换热器给水换热，实现供热需求。利用该技术可以 24 小时为用户供热，有效转移了富余的低谷电力，提高了电网稳定性和电能的使用率，也增加了供热安全保障和品质。和其他技术比，熔盐储热的储能密度、占地面积、使用寿命来具有优势。既适合北方高密度城市地区对热水、蒸汽供应系统进行绿色改造，也适合工业地区工业蒸汽的生产应用。

表 2：不同蓄热技术的对比

蓄热方式	水蓄热	固体蓄热	相变蓄热	新型熔盐储热
占地面积	面积大	占地小	占地小	占地小
优点	物理、化学性质稳定，来源丰富；投资小；可作蓄热介质和传热介质；系统投资小	常压系统，温度上限高，储热能力强	常压系统，能够充分利用潜热和显热存储热量	常压系统，储能密度大，安全性能高，运行费用低，储热介质储热温差大，且可稳定运行 30 年以上
缺点	水蓄热温度低、温差小	换热难度大，对加热器要求高，取热不稳定，控制系统复杂；固体蓄热材料多次加热会导致裂开粉化，寿命短	初始投资高；长期使用后蓄热材料易泄露，导热性较差；系统复杂，需要多级换热	初始投资高

资料来源：《熔盐蓄热供热技术研究与示范项目》周宇涵

我们梳理了目前国内已经投入运行的熔盐储热改造项目的情况，以北京两个供热中心改造项目为例，在天然气价格上涨的背景下，利用谷电进行供热均能实现比较好的经济性。

1、北京热力集团花家地供热中心熔盐储热改造项目

根据《熔盐蓄热供热技术研究与示范项目》(2021 年)中引用案例——北京热力集团花家地供热服务中心，原本配置 9 台 14MW 燃气锅炉，非供暖季只启用一台燃气锅炉，每天启停也造成能耗大、经济性差的问题。因此公司投资 669 万元（设备投资、不含税）建设了一套加热功率 2.1MW 的新型熔盐储热装置，该示范项目满足了非冬季与燃气锅炉厂房联合，并在冬季可以进行应急供热的需求。根据 2019 年数据实测，系统能量转换的效率达到 96.3%，通过熔盐加热生产的热水电费成本 2.75 万元，折合热水共计 2512 吨，折算热水单吨电费成本 10.9 元，2019 年的热水供应价格为 35 元每吨，收益较好。

2、北京热力供应中心北京西站蒸汽供应熔盐储热改造项目

根据《熔盐储能供蒸汽技术的应用前景分析》(2022 年)中引用案例——北京一燃气热力供热中心为北京西站供应蒸汽负荷项目为例，该项目采取了利用熔盐储热代替燃气锅炉进行替代。该项目利用低谷电时间段，将低价格电能转换为热能存储，白天时使用熔盐储能系统对外供应蒸汽。该项目获得了张家口及赤峰绿电进京指标；采用低谷绿电作为热源，补贴后谷电价格为 0.15 元/kWh。根据该电价进行核算，折算后的蒸汽运行成本为 105 元/t，作为新能源储能消纳供蒸汽示范项目，该运行成本仅为燃气运行成本（北京燃气价格 2.6 元/m³，蒸汽成本为 208 元/t）的 50%左右，大大节省了运行费用。

3、西子洁能绍兴柯桥熔盐发电、储热供汽项目

根据西子洁能技术专家刘可亮在《利用绿电熔盐储能，助力零碳产业园的实践》（2022年）主题演讲中介绍的案例，西子洁能承接的绍兴绿电熔盐储能项目进展迅速，零碳园区的商业模式开始推广。西子洁能正在打造首个绿色零碳产业园项目。该绿电熔盐储能示范项目位于浙江绍兴滨海工业园区（柯桥），园区内以纺织印染行业为主。纺织印染行业是浙江的高能耗产业之一，低碳转型压力较大。根据浙江省发展改革委《关于促进浙江省新能源高质量发展的实施意见（征求意见稿）》提出：“不将绿色电力消费计入碳排放量核算，探索绿色电力消费抵扣一定比例能耗”。高能耗企业有动力在节能降碳找寻新的路径。绍兴绿电项目储能时长达10小时，利用熔盐储能满足园区的用热及用电需求。

项目的主要参数包括，熔盐的使用量约7500吨，使用的是光热领域应用最多的二元熔盐。蒸汽参数3MPa，257℃；负责把电转化成热的电加热功率比较大，约150MW。在背压的运行工况下，机组发电能力是8MW；如果是纯凝，后面低压发电能力是17MW，加起来机组的顶峰能力为25MW；年运行小时数是8400小时。采用背压发电供热系统+纯凝顶峰系统，当电网有顶峰需求响应时，背压机出口蒸汽停止对外供热，转而进入纯凝机进行全纯凝运行，实现对电网的需求响应服务。

1.3、重点项目投资及技术参数梳理

表3：重点项目信息梳理

项目	类型	相关项目承包方及金额	项目指标	单位投资
绍兴柯桥 50t/h 绿电熔盐试点项目	熔盐储能+工业蒸汽/供热+发电	西子洁能（1.92亿元）	2022.3.8 招标，2022.10.20 实现供气。该项目是绍兴绿电能源有限公司绿电熔盐储能项目的第一期。蒸汽供应 50t/h，预计发电 3200 万 KWh，年蒸汽供应量 42 万吨 两期全部达产后，年供应 84 万吨，年发电量 6370 万 KWh，直接经济效益 15 亿元	蒸汽：百万吨/年 投资规模 4.6 亿元
江苏国信靖江电厂 2×660MW 机组熔盐储能调峰供热	熔盐储能+火电灵活性改造	EPC：西安热工研究院（4188 万元） 高低温熔盐储热罐：蓝星（北京）化工和机械有限公司（186 万） 无机盐：河北井矿新能源科技（604 万元） 熔盐电加热器：东方电热（460 万元） 熔盐阀：哈电集团（145 万元） 熔盐泵：江苏飞跃（149 万元） 换热器、疏盐罐：西子洁能（93 万元）	项目设计配套储热量 75MWh，采购储热用无机盐 1260 吨，使用温度 180℃～450℃。该项目于 2022 年 12 月投运。	2021 年 7 月西安热工研究院以 4188 万元中标 EPC。按照储热量计算，每 100MWh 投资规模约 5584 万元

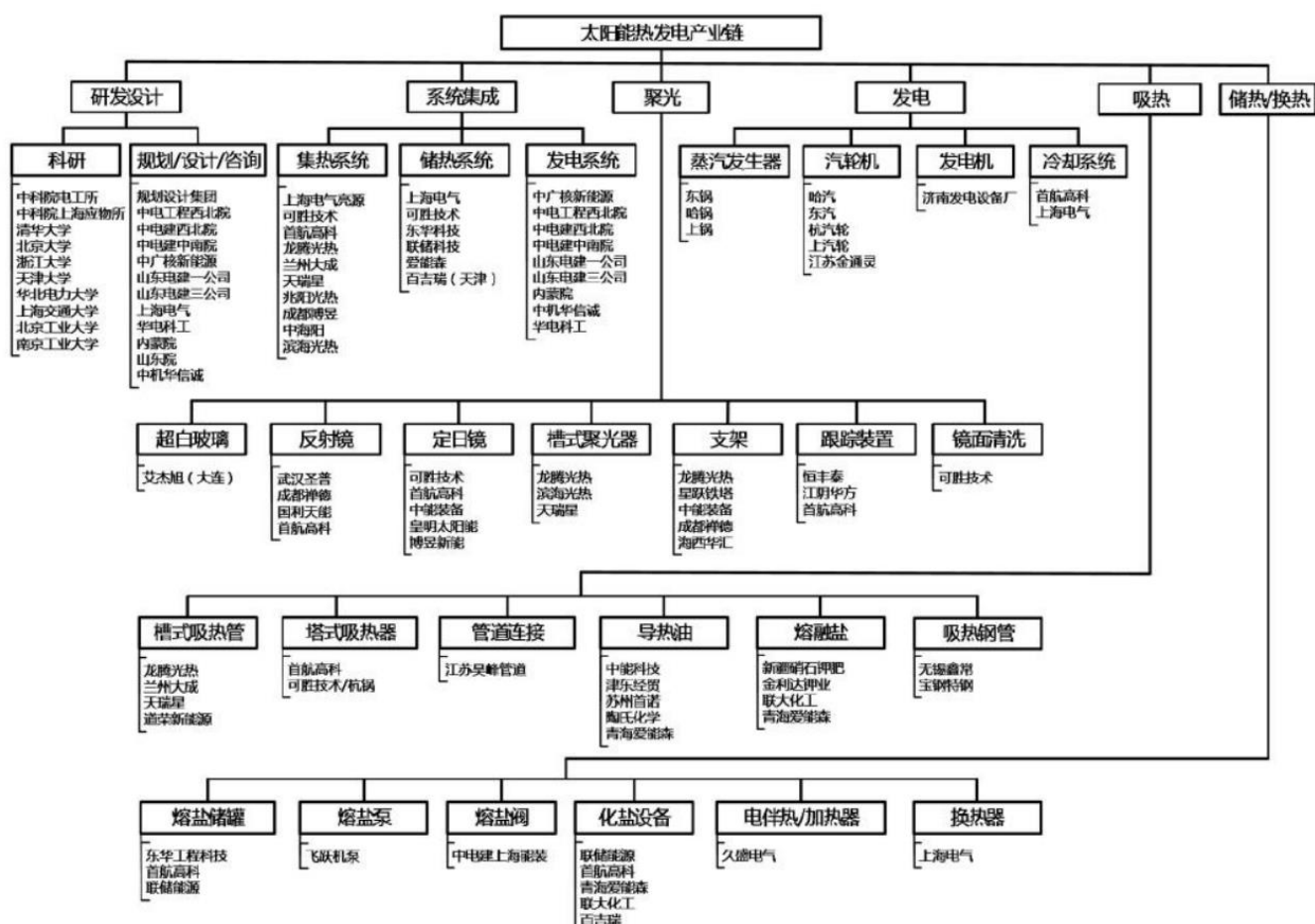
资料来源：CSPFOCUS、浙江天圣控股集团有限公司官网、西子洁能官网、西子洁能公告、商业新知、国海证券研究所

2、整体产业链的分析

2.1、产业链涉及公司

光热发电各个环节的核心部件包括：聚光系统包含反射镜、定日镜支架、跟踪驱动装置；集热系统包含吸热器；储热系统包含熔融盐、熔盐储罐、熔盐泵、熔盐阀、电伴热/加热器、保温材料等；发电系统包括换热器、蒸汽发生器、汽轮机。随着光热储能的规模增大及储能时间延长，定日镜（聚光）/熔融盐（储热）的用量会相应增加。

图 5：光热发电产业链所涉及公司



资料来源：《2021 中国太阳能热发电行业蓝皮书》杜凤丽等

表 4: 各环节核心设备使用量

项目	储能时长 (小时)/容量	反射镜面积 (万平方米)	熔盐用量 (吨)	吸热管用量 (支)	导热油用量 (吨)
大成敦煌 50MW 线菲项目	15h/50MW	127	24000	22000	/
中能建哈密 50MW 塔式项目	13h/50MW	72	16000	/	/
鲁能格尔木 50MW 塔式项目	12h/50MW	61	16000	/	/
首航敦煌 100MW 塔式项目	11h/100MW	140	30000	/	/
乌拉特 100MW 槽式项目	10h/100MW	115	73130	52800	7500
中广核德令哈 50MW 槽式项目	9h/50MW	62	36000	27500	2000
中控德令哈 50MW 塔式项目	7h/50MW	54.3	10093	/	/
中电建共和 50MW 塔式项目	6h/50MW	60	9300	/	/

资料来源: CNSTE、《2021 中国太阳能热发电行业蓝皮书》杜凤丽等、国海证券研究所

2.2、光热建设集成商: 项目经验构筑竞争优势

2.2.1、首航高科: 光热发电全产业链布局

首航高科是目前国内领先的、布局完整产业链的光热发电集成、设计、制造商。首航高科具备完整的光热系统设计、生产、工程经验, 包括了塔式、槽式、碟式技术。业务覆盖了光热发电核心环节: 聚光系统、吸热器系统、换热系统、聚光场跟踪系统、空冷系统等。

首航高科敦煌 100MW 熔盐塔式电站是国家首批光热发电示范项目之一。公司在 2016 年进行了定增募集资金共计 46 亿元, 其中 30.4 亿元投入首航敦煌 100MW 光热项目, 其中设备投资 20.5 亿元。首航敦煌 100MW 光热电站电量产能有一个爬坡过程。2019-2021 年, 公司所运营的光热电站年发合计电量为 8633 万度、1.29 亿度、1.94 亿度。2022 年 6 月份的发电总量 3379 万度, 创历史新高, 比去年同期增长 91.2%, 单次连续不间断的发电时间 262 小时。二季度的总发电量 8550 万度, 随着系统越来越成熟, 发电量还有继续提升空间。

表 5：首航敦煌 100MW 光热发电示范项目参数信息

设备	参数
施工周期	2016 年 11 月奠基开工，2018 年 12 月并网投运
定日镜	定日镜按 5×7，35 块子镜组成，115.7 平的大镜子，精度是 2 毫弧度，设计风载是 10m/s。使用寿命是按 30 年设计。
定日镜面积	115.7m ²
镜场面积	140 万平方米
定日镜数量	1.2 万台
等效利用小时数	3516h
吸热系统	平均能流密度可以达到 750 千瓦（每平方米），局部最高能流密度达到 1.2 兆瓦（每平米）；涂层吸收率大概是 95% 左右，吸热器一共是 14 片，组装更方便
吸热管材料	宝钢联合开发，牌号为 SHBG-2 的系列材料，具有非常好的抗熔盐腐蚀，耐受高温热疲劳的特性
储热罐	高度 15 米，冷罐直径 37 米，直径 39 米，设计温度冷罐 400 度，热罐 593 度，保温指标每天温降是 1 度左右
熔盐使用量	30000 多吨
储热时长	11 小时
设计发电量	3.9 亿千瓦时
2021 年年发电量	1.94 亿千瓦时
2022 年发电量	敦煌电站经检修后 2022 年 4 月 13 日并网，不到三个月时间里发电量超 8248 万 kwh，再创佳绩。
上网电价	1150 元/MWh

资料来源：《首航节能敦煌 100MW 熔盐塔式光热电站建设与运行》首航高科、CSPPLAZA、国海证券研究所

第一，该项目由首航高科公司完全自主设计、投资和建设，拥有自主知识产权，设备国产化率高。依托于投资建设的 10MW、100MW 的塔式熔盐光热发电项目，公司积累了开发和建设经验，验证了自身光热产品的可靠性、性能，为之后的核心零部件环节的技术迭代打下基础。

表 6：首航敦煌 100MW 塔式光热发电项目关键零部件环节供应商情况

项目	技术来源	设备供应	申报方案供应商	实施方案供应商
定日镜	自主研发	国产	首航高科	首航高科
跟踪驱动装置	自主研发	国产	首航高科	首航高科
吸热器	自主研发	国产	首航高科	首航高科
熔盐泵	国外引进	进口	磨锐、福斯、费亚泰克	福斯
熔盐蒸汽发生器	自主研发	国产	首航高科设计	山东北辰生产
聚光场跟踪系统设备	自主研发	国产	首航高科	首航高科
汽轮机	国外引进	进口	GE\西门子\MAN	-
空冷系统	自主研发	国产	首航高科	首航高科

资料来源：《首航节能敦煌 100MW 熔盐塔式光热电站建设与运行》首航高科、首航高科公司公告、国海证券研究所

第二，定日镜系统技术和生产线较为领先。首航高科敦煌 100MW 项目采用的是大型定日镜，采取的 5*7 面、总面积 115.7 平米。敦煌 100MW 项目作为二期项目，公司对一期 10MW 的定日镜系统进行了技术迭代，对定日镜的背板形式、减速机的大小做了优化设计，二期项目定日镜减速机体积减小很多。同时，针对吸热器、子镜、跟踪系统等关键装备或部件的加工制造，首航高科也进行了大量的研发和优化工作。

图 6：首航敦煌光热项目定日镜现场图片



资料来源：《首航节能敦煌 100MW 熔盐塔式光热电站建设与运行》首航高科

首航整个定日镜生产环节，采取的先进的流水线，高精度、全自动化定日镜组装、检验一体化生产线。对于核心部件-传动装置，为确保其交货期和控制精度，首航已经购置了大量的高精度加工中心进行自主生产。

图 7：首航高科自动化生产线



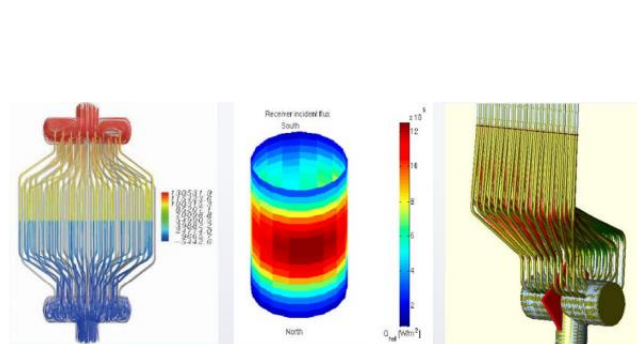
资料来源：《首航节能敦煌 100MW 熔盐塔式光热电站建设与运行》首航高科

第三，吸热系统的钢管材料是跟宝钢进行联合开发。吸热塔的核心材料是吸热管道，宝钢特钢与首航节能合作开发的 SHBG-2 和 UNSN06230 镍基合金板管将应用于首航节能 100 兆瓦塔式熔盐项目中。敦煌二期的吸热器设计的平均能流密度是 750kW/m^2 ，局部能流密度 1.2MW/m^2 ，采用耐高温、抗腐蚀的材料，管子表面覆盖特殊吸热涂层，涂层吸收率大概是 95% 左右。首航高科的“100MW 熔盐塔式光热电站吸热器”进入国家能源局的《2021 年度能源领域首台（套）重大技术装备项目名单（公示稿）》。

图 8：吸热塔内部结构图



图 9：吸热塔示意图



资料来源：《首航节能敦煌 100MW 熔盐塔式光热电站建设与运行》首航高科

资料来源：《首航节能敦煌 100MW 熔盐塔式光热电站建设与运行》首航高科

表 7：首航高科历史项目、业绩统计

项目	时间	项目/合作情况
青海德令哈太阳能热发电项目太阳岛 EPC 合同	2016/4/11	该项目为首航高科与山东电力建设第二工程公司联合中标，累计中标金额 6.44 亿元
首航高科等签署玉门龙腾 50MW 槽式硅油项目 EPC 合同	2018/6/15	玉门龙腾新能光热开发有限公司玉门东镇导热油槽式 5 万千瓦光热发电示范项目 EPC 总承包工程，合同共计 15.9 亿元。但该示范项目未在 2021 年底前如期上网。
玉门首航高科新能源 100MW 光热发电示范项目	2018/9/18	神华国华玉门熔盐塔式 10 万千瓦光热发电项目是 2016 年国家首批光热示范项目之一，原定由北京国华电力有限责任公司投资建设，于 2018 年 2 月决定退出。项目由首航高科接续开发，规划投资 24.6 亿元，首航高科拟使用非公开募集资金投入。但该项目未在 2021 年底前并网发电，根据 2021 年年报，该项目募集资金使用进度 81%，在建工程进度为 0.48%。
青豫直流二期三标段	2021/10/1	联合三峡新能源中标，项目包括海南州共和塔拉滩光伏 90 万千瓦、海西州格尔木乌图美仁光热 10 万千瓦。
白碱滩区(克拉玛依高新技术产业开发区)企业投资项目备案	2021/11/3	控股孙公司克拉玛依市首航光电有限公司(以下简称“首航光电”)获得新疆维吾尔自治区克拉玛依市白碱滩区克拉玛依高新区发展和改革委员会出具的《白碱滩区(克拉玛依高新技术产业开发区)企业投资项目备案证》。项目总投资 58000 万元，拟在克拉玛依高新技术产业开发区内使用 270 万 m ² 土地建设源网荷储一体化项目光伏发电及储能装置建设。项目按 150MW 光伏按照装机容量的 10%配置储能，储能时长 2h(15MW/30MWh)。包括储能电池模块和电池管理系统。
与酒泉市肃州区人民政府经友好协商双方签订《合作协议》	2021/12/26	待首航高科完成迁址相关手续后，酒泉市肃州区政府根据公司迁址程序节点，分批次向公司提供一定金额的迁址补贴；首航高科将在酒泉市辖城内投资建设一批“光热+光伏+风电”“光伏+储能”新能源发电基地，总装机 500 万千瓦，年均不低于 100 万千瓦，具体配比符合国家主管部门相关规定，酒泉市肃州区人民政府予以协调酒泉市政府和甘肃省有关部门使相关指标及时得到批复。
与国家能源集团国源电力、神华神东电力签署合作协议	2021/12/28	联合加大新能源开发、火电灵活性改造等的开发力度，在新能源项目开发建设、火电灵活性改造(火电机组深度调峰调频)、设备供应、运行维护技术服务及其他可能的领域等展开全面合作。
与酒泉市肃州区人民政府	2022/8/4	该投资协议包含的主要内容为：200MW 熔盐塔式光热储能发电项目，同时

签订《投资合作协议》		在酒泉市辖域内再配置 800MW 风电+520MW 光伏。最终落实备案项目为“200MW 光热+800MW 风电+520MW 光伏”的光热（储）新能源多能互补一体化大基地项目。该项目预计投资金额约 100 亿元至 110 亿元左右。根据协议约定，针对项目投资具体规模首航高科有权自主引入合适的央企、国企共同开发本项目。
三峡能源青海格尔木 100MW 光热项目 EPC 总承包合同	2022/11/16	首航高科能源技术股份有限公司和中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、中国电建集团四川工程有限公司、上海勘测设计研究院有限公司组成的联合体（以下简称“公司”或“承包人”）与三峡能源青海格尔木发电有限公司（以下简称“发包人”）签订《三峡能源青海格尔木 100MW 光热项目 EPC 总承包合同》。合同金额 16.5 亿元。

资料来源：CSPPLAZA、CNSTE、首航高科公司公告、国海证券研究所

2.2.2、可胜技术：光热全产业链布局，自有电站发电爬坡速度快

浙江可胜技术股份有限公司（后文简称“可胜技术”）同样布局了光热熔盐储能核心业务。浙江可胜技术股份有限公司原名浙江中控太阳能技术有限公司，成立于 2010 年，是全球领先的熔盐储能光热发电解决方案提供商，专注于塔式光热发电与熔盐储能的技术研究、装备研制与工程化应用，深度聚焦光热发电及多能互补发电业务，并积极布局以熔盐储能为核心的综合能源应用领域。公司目前覆盖的业务包括聚光、集热、储热到发电全流程塔式光热发电核心技术，建立起全产业链，实现了装备的产业化、国产化。可胜技术开发了一套高温熔盐储能解决方案，并已经实现熔盐储能产品的规模化生产。可胜技术创始人、实控人为金建祥，为现任浙江大学控制科学与工程学系正高级工程师，浙江大学信息学院先进控制研究所副所长、中控技术副董事长。上市公司西子洁能目前是可胜技术第二大股东，占比 11.06%；2022 年 12 月 5 日公司公告拟转让可胜技术 3% 股权，转让后公司将持有可胜技术 8.06% 的股权。

表 8：可胜技术行业项目历史

年份	建设案例
2013 年	青海中控德令哈 10MW 塔式光热电站并网发电，成为我国首座实现商业化运营的光热电站，全球第六座投运的塔式光热电站。
2014 年	青海中控德令哈 10MW 塔式光热电站获国家发改委批复 1.2 元/kWh 的上网电价，成为我国首座取得上网电价的光热电站。
2016 年	青海中控德令哈 10MW 塔式光热电站熔盐吸热、储热、换热系统成功投运，成为我国首座、全球第三座投运的具备规模化储能系统的塔式光热电站。
2018 年	承建的我国首批光热发电示范项目之一——青海中控德令哈 50MW 塔式熔盐储能光热电站并网发电。
2019 年	作为主要技术提供方与聚光集热系统供货方参与建设的中电建青海共和 50MW 塔式熔盐储能光热电站并网发电。同年，与中国能建葛洲坝国际集团组成的联合体签订希腊 MINOS 50MW 光热发电项目 EPC 合同，中国光热发电首次以“技术+装备+工程+资金+运营”的完整全生命周期模式走出国门。

资料来源：可胜技术官网

青海中控德令哈 50MW 光热发电项目是我国首批光热发电示范项目之一，投产后发电能力爬坡较好。青海中控德令哈 50MW 光热发电站于 2018 年 12 月 30 日并网发电。随后逐步解决了冷盐泵震动、电伴热故障率高、吸热屏堵管、汽轮机组热应力故障而返厂整修等问题。2021 年 9 月-2022 年 2 月，半年实际发电量达到 9245.6 万千瓦时，平均发电量达成率达 101.12%，产能爬坡较好。电站

采用可胜技术自主研发并完全拥有知识产权的光热发电核心技术, 95%以上的设备实现了国产化。

表 9: 青海中控德令哈 50MW 光热发电项目主要参数指标

设备	参数
建设周期	2017 年 3 月开工建设, 2018 年 12 月建成投产
定日镜	27135 台
定日镜面积	20m ²
镜场面积	542700m ²
利用小时数	2920h
驱动系统	回转减速机、电动推杆
吸热器	外表式吸热器, 吸热器额定输出功率为 230MW, 最大能流密度 1000kW/m ² 。吸热器受光面直径 12m, 高度 15m, 设计吸热效率 90%。
储热罐	热盐罐直径 25.2m, 高度 12m, 温度 565 度; 冷盐罐 24m, 高度 12m, 温度 290 度。
熔盐使用量	10093 吨
设计发电量	1.46 亿度
上网电价	1.15 元/kWh (含税价)

资料来源:《塔式太阳能光热发电站设计关键技术》许继刚等、可胜技术官网、国海证券研究所

可胜技术的核心技术包括太阳岛优化设计、高精度智能定日镜设计与批量制造、大规模镜场集群控制与智能化校准技术、吸热器抗热冲击与热疲劳设计与制造技术、大型熔盐罐设计技术等。公司自主研发的智能定日镜、大规模镜场集群控制技术和高温熔盐储换热技术等已达到国际先进水平, 参与国际 IEC 首个塔式太阳能热发电相关标准“General requirements for the design of solar tower plants”以及国家标准《塔式太阳能光热电站设计规范》的编制。

表 10: 可胜技术储备项目

项目	时间	项目/合作情况
青豫直流二期第二标段	2021/9/28	国家电投集团黄河上游水电开发有限责任公司(牵头)、浙江可胜技术股份有限公司、中海油融风能源有限公司中标第二标段; 项目包括海南州共和塔拉滩光伏 90 万千瓦、海西州格尔木乌图美仁光热 10 万千瓦。
金塔中光太阳能 70 万千瓦光热光伏一体化项目	2022/4/22	光热部分采用浙江可胜技术股份有限公司自主研发的塔式熔盐光热发电技术, 配置 9 小时熔盐储能系统。
三峡能源青豫直流二期三标段	2022/7/29	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、浙江可胜技术股份有限公司与中国能源建设集团浙江火电建设有限公司组成的联合体中标。其中, 可胜技术参与项目的总体设计及工程管理, 并负责聚光集热系统的技术方案、设备集成供货、以及与之相关的调试与运行指导服务。
中广核新能源大安 100MW 光热项目	2022/10/17	可胜技术预中标中广核新能源大安 100MW 光热项目聚光集热系统设备, 中标金额 4.86 亿元

资料来源: CNSTE、CSPPLAZA、中广核电子商务平台、国海证券研究所(截止 2022 年 11 月)

2.2.3、东方电气：旗下东方锅炉、东方汽轮机覆盖聚光、蒸汽发生器、汽轮机

东方锅炉是东方电气控股子公司，持股比例为 96.8%（2022 年中报披露）。东方锅炉作为一家大型电力装备研发制造服务型企业，可年产 2500 万千瓦动力装备，可研发制造燃油、燃气、燃生物质、燃垃圾、余热利用的各种容量、各种参数的产品，可以为化工、造纸、钢铁等行业提供先进的装备和一流的服务。东方锅炉在光热领域布局了聚光系统、吸热器系统、熔盐储热系统、蒸汽发生器系统。东方锅炉参与了国内多个科研性、国家首批示范项目的技术研发和设备供货，为中电哈密 50MW 熔盐塔式、兰州大成 50MW 熔盐线性菲涅耳式、玉门鑫能 50MW 熔盐二次反射塔式等光热发电项目提供过镜场、吸热器、储换热系统设备等高质量的关键核心设备，积累了丰富的技术研发经验、设备制造经验和项目执行经验。

东方汽轮机技术先进、积累深厚。东方汽轮机 2014 年开始光热汽轮机研发，通过将企业在工业汽轮机领域扎实的实践经验和近期尖端科研成果相结合，研制出了具有高经济性、高可靠性、高灵活性的光热汽轮机。经过不断的技术创新和积累，以先进的技术优势先后获得青海德令哈 50MW 槽式光热项目、新疆哈密 50MW 塔式光热项目等光热汽轮机订单，在国内光热发电汽轮机市场中位居前列。

表 11：东方电气旗下企业的历史项目及近期储备、中标项目

项目	时间	项目介绍
东方锅炉项目		
哈密 50MW 光热发电项目	2017/8	东方锅炉为哈密熔盐塔式 5 万千瓦光热发电项目提供聚光集热系统和蒸汽发生器
兰州大成 50MW 熔盐线性菲涅耳式	2018/1	东方锅炉 2018 年中标兰州大成 50MW 熔盐线性菲涅耳式的蒸汽发生器
玉门鑫能等光热发电项目提供过蒸汽发生系统设备	/	东方锅炉为玉门鑫能等光热发电项目提供了过热器、再热器。该项目位于甘肃省玉门市郑家沙窝光热示范区，占地面积 2.47 平方公里，采用二次反射技术，拟建设 15 个二次反射塔模块，共同组成 5 万千瓦装机。
阿克塞 110MW 光热发电项目	2022/8	东方锅炉中标甘肃阿克塞汇东新能源有限责任公司 750MW 光热示范项目中的 110MW 光热发电项目 聚光集热系统设备 。
东方汽轮机项目		
青海中广核德令哈 50 兆瓦槽式	2015/2	青海德令哈 50 兆瓦槽式汽轮机供应，于 2018 年 10 月并网发电。
新疆哈密 50MW 塔式光热项目	2017	2018 年 11 月 2 日，哈密光热项目机组在东方汽轮机顺利完成高压模块复装盖缸，2018 年年底，机组顺利发运至项目现场。东汽开标价格为 4100 万。
玉门龙腾 50MW 槽式示范项目	2017/3	参与本项目汽轮机投标的供应商包括：杭州汽轮机股份有限公司，西门子中国有限公司，哈尔滨汽轮机厂有限责任公司，东方电气集团东方汽轮机有限公司，上海电气集团股份有限公司和南京汽轮电机集团有限责任公司。
中广核新能源大安吉西鲁固直流 100MW 光热项目	2022/10	东方汽轮机中标中广核吉林大安吉西鲁固直流 490MW 综合能源项目（光热 100MW），汽轮机中标金额为 4712 万元。
西藏扎布耶源网荷储一体化综能供应项目	2022/10	西藏矿业（该公司与欧冶工业品股份有限公司同属中国宝武钢铁集团有限公司控股公司）此前发布公告称将启动万吨电池级碳酸锂项目，同时该项目拟采用 BOO 模式配套建设“光伏+光热”项目供能，项目配置 4.2 万千瓦光热、7 万千瓦光伏和 105MWh/52.5MW 储能，光热镜场面积 58 万 m ² ，储热时长 24 小时。

资料来源：中广核电子商务平台、CSPPLAZZA、CNSTE、CSPFOCUS、国海证券研究所

2.3、聚光集热系统：价值量占比最大的环节

定日镜是塔式太阳能光热发电站最基本的光学单元体。定日镜由反射镜、支架、跟踪装置组成。定日镜是一种可以双轴自动跟踪太阳的聚焦型反射镜，由控制系统根据太阳的方位进行方位和角度的控制，以接受太阳辐射并以机械驱动方式使太阳辐射恒定地朝一个方向反射，进入位于吸热塔顶部的吸热器表面，并能自动翻转或者收拢。

光热发电系统中聚光集热系统由定日镜场和吸热器构成，约占整个塔式电站投资成本的 40-45%。根据可胜技术公司的数据，12 小时储热 100MW 的塔式熔盐电站投资规模在 25-30 亿元之间，塔式熔盐电站的投资主要集中在聚光集热系统（51.4%）。从我们统计来看（见附件表 23），目前光热项目主要以 8 小时储热时长为主；且根据最新招标数据 100MW 投资成本约为 16.5~18.9 亿元，较之前可胜技术项目成本下降幅度较大。聚光系统作为投资成本占比最高的系统，单项目定日镜用量在数万台以上，具备较强的规模性，成本下降空间较大，我们假设聚光系统投资占比降低到 40~45%。

2.3.1、反射镜（超白玻璃）：行业光热超白玻璃产能充足

塔式光热电站中，由于定日镜离吸热塔顶部距离较远，为了使得定日镜经过反射后不至于过大散焦、造成能量损失，目前国内外采用的定日镜大多数是镜面具有微小弧度（16'）的凹面镜。目前国内外已经建成的塔式电站均采用表面镀银的玻璃反射镜，玻璃反射镜具有抗变形能力强，质量轻，易清洁，以及反射率高等优点。采用镀银的反射镜方法是因为银的太阳吸收能力低，定日镜反射率可以高达 97%。根据表 9，以德令哈 50MW 塔式光热电站为例，该电站使用了 2.7 万台 20m²（4 面 5m²）定日镜组成。

图 10：浙江中控（现名可胜技术）所产定日镜



资料来源：CSFPLAZA

图 11：哈密 50MW 项目定日镜支架结构



资料来源：环球网

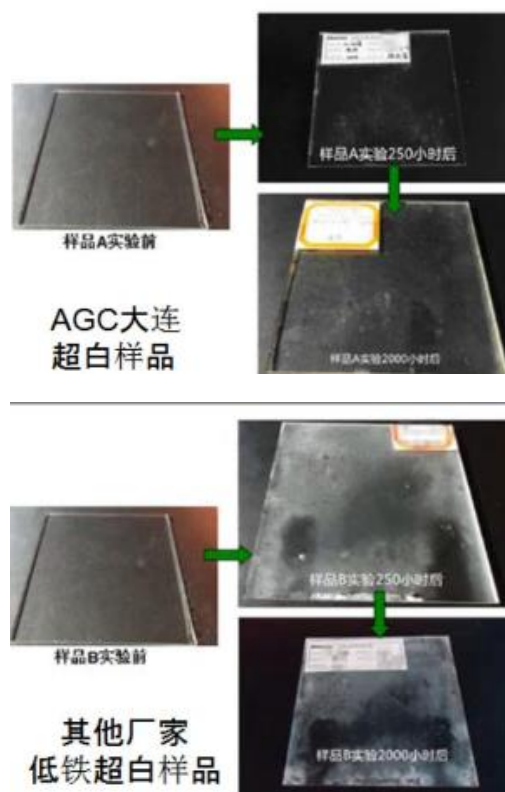
光热玻璃需要较高强度保持结构精度、需要较强抗风沙能力保持耐久度，细分行业壁垒较高。根据日本 AGC 艾杰旭（原称“旭硝子”）产品说明，其生产的太阳能低铁超白玻璃具有以下优点：第一，极高的太阳光透过率。更高的太阳光全谱透过率可以显著提高镜面反射率，以国内 50MW 槽式光热电站为例，反射率提高 1-1.5% 在 25 年生命周期中可以增加 7200 万元额外收益、可以减少镜场采光面积 10550 平方米，

降低初始投资成本；第二，易加工以获得平滑的光学表面。易弯曲、强化的玻璃产品可以保持制镜后平滑的光学表面，为高反射精度提供保障，达到优异的聚焦偏差性能指标；第三，极好的耐久性、抗风化能力强。AGC 产品所配套的光热电站大多在大温差、多风沙、多雨雪等恶劣的气候环境，经过验证透过率衰减极小；第四，极低的自爆率，通过原料控制降低硫化镍等其他杂质，使得自爆率显著降低。

图 12: 日本艾杰旭特种玻璃在大连厂房



图 13: AGC 产品高温高湿耐久性对比



资料来源：百度地图、国海证券研究所

资料来源：CNSTE

表 12: 国内光热玻璃产能梳理

公司	光热玻璃产能	技术
AGC 集团艾杰旭特种玻璃(大连)有限公司	700t/d	AGC 集团艾杰旭特种玻璃(大连)有限公司的超白玻璃产能最大，设计产能为 700t/d，年产光热发电超白玻璃可以达到 2GW。目前 AGC 已经为国内供应了超过 500MW 太阳能超白玻璃。
安彩光热(安彩高科子公司)	600t/d	2017 年安彩光热自主成功开发出了用于光热发电的 3mm、4mm 光热超白浮法玻璃基板，填补了国内企业空白，成为全球仅有的两家能够批量生产供应光热发电超白玻璃的高新技术企业之一。拥有 600 吨/天的超白光热玻璃及配套深加工生产线。既能够生产厚度为 2 毫米至 4 毫米太阳能光热玻璃，同时还能够生产 18 米的超长板和 15 毫米的超厚板等高附加值的超白浮法玻璃产品，满足客户差异化需求。公司自主研发的光热玻璃产品已用在青海、迪拜、印度光热电站等项目中得到应用。2021 年 9 月，安彩高科收购控股股东河南投资集团持有的河南安彩光热科技有限责任公司(光热科技)100%股权，对价 2.12 亿元。截止 2021 年 9 月安彩高科拥有一台 600t/d 的超白浮法玻璃窑炉以及配套深加工生产线，对比 AGC 产能情况，预计安彩高科同样能满足接近 2GW 光热反射镜产能需求。
洛阳玻璃	400t/d	截止 2022 年 11 月，公司由浮法基地转型为新能源材料平台，目前拥有 7 个生产基地，拟转让子公司濮阳光材(光热业务)的光热玻璃产能 400t/d。2022 年 11 月，洛阳玻璃将濮阳光材(光热业务)拟转让给耀华集团，对价 3.27 亿元。

根据公司公告（2022 年 4 月），公司全资子公司中建材（濮阳）光电材料有限公司经过技术攻关，光热玻璃产品研发获得突破性进展，2mm 光热玻璃产品经第三方权威机构检测，各项指标均达到光热玻璃行业标准，现产品已准备发往客户进行试用。与光伏发电相比，光热发电具备调峰能力，对电网冲击小，稳定性高，光热发电与光伏发电能够更好地协助互补。

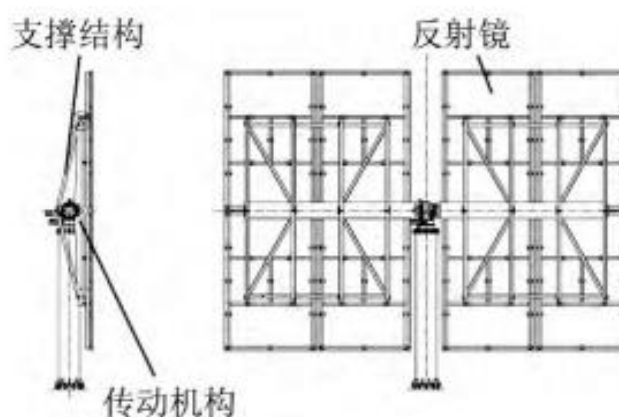
资料来源：安彩高科官网、《2021 中国太阳能热发电行业蓝皮书》杜凤丽等、CNSTE、洛阳玻璃公司公告、安彩高科公司公告、国海证券研究所

2.3.2、驱动装置、支架：决定定日镜系统稳定性、耐久性

定日镜系统的核心机械部件是驱动装置、支架。定日镜是塔式光热发电的核心装备，需求数量庞大。根据项目所在地光热资源、反射镜总面积、单定日镜面积不同，同输出功率的光热项目的驱动装置需求量变化范围较大，例如 2.2 节中介绍的案例：中控德令哈 50MW 项目定日镜 2.7 万台（20m² 定日镜面积）、首航敦煌 100MW 项目定日镜 1.2 万台（115.7m² 定日镜面积），两者数量的差异源于单定日镜的面积大小。

此外，定日镜支架、驱动装置必须能适应厂址所在地的环境气象条件，表面需要做防腐处理满足 25 年工作需求；支架结构设计需要满足支撑定日镜稳定运行风载荷和最大风载荷的取值。定日镜在工作时，当遇到较大的环境风速时，风的力作用在定日镜上时可能阻碍定日镜的正常转动，从而影响定日镜的跟踪精度、工作效率。

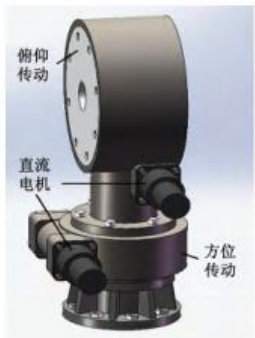
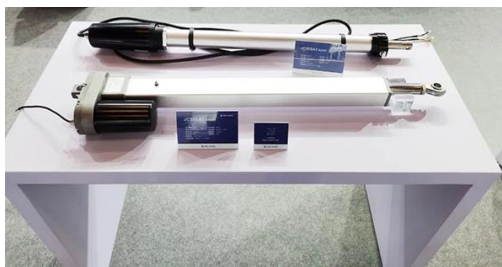
图 14：定日镜驱动、支架结构



资料来源：《塔式太阳能热发电站用定日镜研究》郭庆等

传动结构是定日镜的核心部件，目前主流的选择有两种技术路径：双轴行星减速器和，具体对比介绍如下表格所示：

表 13: 驱动装置路线对比

技术路径	功能	图片
双轴回转驱动减速器	<p>传动结构是定日镜的核心部件，安装在立柱的顶部，主要由直流电机、行星减速机、定日镜传动箱构成。</p> <p>传动结构具备水平和俯仰旋转，实现双轴跟踪。在 4~11m/s 风速下跟踪精度达到 3.5mrad 的概率高于 97%。适用于中小型定日镜。</p>	 <p>双轴回转驱动减速器</p>
液压驱动	<p>大尺寸定日镜被更多的应用于塔式光热电站，采用液压技术替代小定日镜所采用的“双回转减速机”、“回转减速机+电动推杆”成为一种新的选择。</p> <p>采取 3 水平缸的布置方式在追日模式下可以保持定日镜跟踪精度达到 0.3mrad 级别。使用密封轴承元件，可以长时间稳定运行，但无法现场维修。</p> <p>青海海西格尔木 50MW 光热电站使用的 4400 面 144m² 大尺寸定日镜，是目前国内单体定日镜面积最大的项目。</p> <p>海西电站定日镜在水平方向布置 2 个水平缸，竖直方向布置 1 个俯仰缸。</p>	 <p>海西电站液压定日镜</p>
电驱动杆	<p>应用于光热定日镜单双轴跟踪系统的电动推杆 JC35SA1、JC35SA2，具有坚固耐用寿命长、防护等级高、高定位精度和重复定位精度保证等特点，可在严苛环境下长时间作业，解决方案清洁且免维护。</p> <p>捷昌驱动生产的太阳能电动推杆已应用于中国青海光热塔式发电示范项目、美国凤凰城项目、印度金奈项目和德国斯图加特项目等全球多个太阳能发电项目。</p>	 <p>捷昌驱动电驱动杆</p>

资料来源：《液压系统在塔式光热电站定日镜中的应用》金常鑫、《塔式太阳能热发电站用定日镜研究》郭庆等、国海证券研究所

我们对上市公司进行了业务的梳理：

表 14：驱动装置、支架环节主要上市公司梳理

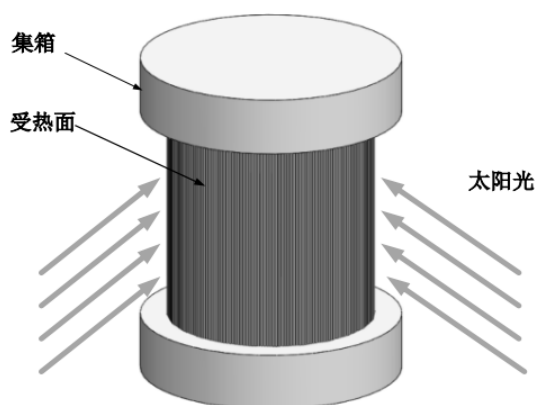
公司	业务	产品介绍
川 润 股份	驱动装置 — 传动液压	2017 年川润液压成功研制了适用于塔式光热电站的第三代具有高精度跟踪驱动的液压动力设备。 川润液压研发的光热液压跟踪系统具有优势：第一，跟踪精度高，第三代液压跟踪系统采取了泵控式方案，对定日镜跟踪精度可以达到 $\pm 0.3\text{mrad}$ ；第二，安全可靠性好，当遭遇大风天气，驱动系统可以快速将定日镜放平保护；第三，环境适应能力强，川润的设备满足 $-40\sim 40^\circ\text{C}$ 工况下平稳运行；第四，运维成本低，选用低功率电磁阀，系统运行成本低于 80W。国内竞争对手包括旭孚光热。
振 江 股份	支架系统	1、2018 年参与龙腾光热承建的内蒙古乌拉特中旗 100MW 槽式光热发电项目。 2、迪拜 950MW 光热+光伏发电项目是迪拜水电局 DEWA 与沙特国际电力和水务公司 ACWA 联合开发的马克图姆太阳能园区第一阶段第四期太阳能发电项目，包括 1*100MW 熔盐塔式+3*200MW 槽式共计 700MW 光热发电装机，以及 250MW 光伏发电装机。其中，光热发电采用了“塔式+槽式”技术，配置 1x100MW，储热 15 小时的塔式熔盐储热发电机组；3x200MW 槽式熔盐储热发电机组，每个机组配置 13.5 小时熔盐储热系统。2019 年振江股份与上海电气签署供货协议，公司负责该塔式项目 70,000 根立柱（Pylon）的生产加工工作。
长 盛 轴承	驱动装置 — 轴承	公司曾参与青海德令哈 50MW 槽式发电项、中控德令哈 50MW 塔式光热发电项目、中电建青海共和 50MW 塔式光热发电、金钼阿克塞 50MW 熔盐槽式光热发电、内蒙古乌拉特 100MW 槽式光热发电项目共 5 个项目的目的国产轴承供应。 针对光热发电行业的实际需要，长盛轴承专门推出了槽式光热电站专用的集热器支撑轴瓦与杆端关节轴承、塔式光热电站推杆自润滑轴承以及光热跟踪设备自润滑轴承等等产品。公司产品下游应用广泛，受益于风电行业高精气度。 轴承是机械的心脏，它的主要功能是支撑机械旋转体，降低其运动过程中的摩擦系数，并保证其回转精度。目前该公司已应用于光热电站的均为自润滑轴承和轴瓦产品，而对于光热电站这种长期暴露在户外且无法及时维护、一般滚动类轴承使用受到限制的应用场景，自润滑轴承产品可以完美适应，而且在户外、高空、水下等无法加油或者难以加油的场合更能体现其优越特性。
捷 昌 驱动	电驱动推杆	捷昌驱动已成功开发出 JC35A11、JC35A19A—A、JC35A17、JC35A19、JC35SA13—A、JC35SA1、JC35SA22、JC35SA5 等系列电动推杆产品，可应用在配有追踪器的光伏/光热发电设备上并有效提高能源利用率，增加发电效率，同时有效控制基础建设的成本。 捷昌驱动生产的太阳能电动推杆已应用于中国青海光热塔式发电示范项目、美国凤凰城项目、印度金奈项目和德国斯图加特项目等全球多个太阳能发电项目。
首 航 高科	双轴驱动	主要应用在首航敦煌光热 100MW 项目

资料来源：CSPPLAZA、CNSTE、SOHU、捷昌驱动官网、国海证券研究所

2.3.3、吸热器：核心零部件是吸热管道

吸热器的上游管道材料壁垒较高。吸热器是塔式光热发电实现太阳能转换为熔盐热能的核心设备，而且塔式吸热管是受光面单侧辐射换热，换热面积不及管周的一半，受光侧和背光侧壁温差可高达数百度。同时，吸热系统为日启运行模式，对吸热管承受温差应力、热膨胀应力和低周疲劳等方面能力提出更高要求。吸热器安装在数百米高塔上，因此在设计中要尽量减小吸热器重量和尺寸，以节约项目材料和安装成本。故吸热管的设计热流密度远比常规锅炉大，管壁也更薄。再考虑到熔盐的腐蚀特性，所以吸热管普遍采用的是进口镍基合金材料。进口镍基合金材料定货周期较长，是影响项目进度的关键因素之一。

图 15: 光热塔式发电常用的外露管式吸热器



资料来源:《塔式太阳能光热发电熔盐吸热器运行特性与策略研究》徐有杰

久立特材布局光热项目经验丰富。其生产的 321 (06Cr18Ni11Ti) 和 347 (06Cr18Ni11Nb) 两种集热管常用不锈钢管材, 配合光热涂层既能最大程度的吸收太阳热能, 又能防止热能散失, 还可以在高温下长期持续工作, 可以安全地应用于含 Cl⁻ 等卤素离子环境。其推荐使用温度 650 度, 完全满足光热项目中熔盐介质使用的环境要求。久立特材也研发推出了 625 合金, 具备优异的抗疲劳、抗氧化、抗腐蚀性、耐高温等综合性能。管道供应商一般是作为吸热器生产商、集热系统集成商的上游, 目前已被常州龙腾、汇银集团、北京天瑞星、兰州大成、有色院等知名集热管厂商采用, 成功应用于国内多个光热项目, 包括迪拜、敦煌、南通、浙工大等多个光热项目。

宝钢特钢在光热领域占有一席之地, 与首航高科联合研制了 SHBG、N06230 等产品已经得到项目应用验证。宝钢特钢在光热发电领域主要产品有两类: 1、熔盐塔式光热发电聚热系统用镍基合金 SHBG-2 (与首航高科共同开发)、UNSN06230 和 UNSN06625 板管材料; 2、熔盐塔式光热发电储热系统用耐热不锈钢 TP347H 板、管材料。已经供应的光热项目包括: 首航高科 10 兆瓦塔式熔盐项目 (宝钢特钢与首航高科合作开发的 SHBG-2 镍基合金板管和 TP347H 板材应用于首航高科 10 兆瓦塔式熔盐项目)、深圳爱能森宿迁 200kW 熔盐塔式项目、首航高科 100 兆瓦塔式熔盐项目、中广核德令哈 50MW 光热发电项目、西北院中电工程哈密 50MW 塔式光热项目。

西子洁能过去 10 年积累了丰富的光热项目建设、供货经验, 业务覆盖熔盐吸热器系统设计制造、熔盐储热罐设计制造、蒸汽发生器系统等。公司参股了可胜技术, 2021 年签署“塔式储能光热发电项目熔盐吸热器、熔盐换热器战略合作框架协议”, 旨在以光热+储能为基础的储能技术, 并向其他形式的储能技术延伸。公司布局了熔盐储能核心设备环节业务。公司于 2021 年底发行了可转债, 投入 10.3 亿元募集资金建设年产 580 台光热太阳能吸热器、换热器及导热油换热器、锅炉项目。

2.4、熔盐：4.5GW 光热发电项目对熔盐需求测算为 116 万吨

“4.5GW 光热发电项目”指：截止 2022 年 12 月 31 日，国内存量的规划、签约、招标、在建光热发电项目，项目详情见附件表 23。摘要、前后文中“4.5GW 光热发电项目”均为此含义。

1、熔盐的使用量与技术路径、储热时长、发电装机容量相关。

与储热时长、发电装机量相关：

根据热容量公式，比热容和温度变化的情况下，熔盐质量与其存储的热量成正比（ $\text{存储热量} = \text{比热容} \times \Delta\text{温度} \times \text{质量}$ ）；

转换效率、额定功率一定的情况下，存储热量与发电量成正比，与储热时长成正比（ $\text{额定功率} \times \text{储热发电时长} = \text{发电量} = \text{存储热量} \times \text{转换效率系数}$ ）；

根据以上物理关系，在其他参数一定的前提下，熔盐使用质量与光热发电站的发电功率和储热时长的乘积（即以储热时长按额定功率做功释放的电能，单位 MWh）成正比：

$$\text{质量} = \frac{\text{功率} \times \text{储热时长}}{\text{转换效率系数} \times \text{比热容} \times \Delta\text{温度}} = \text{测算系数} \times \text{功率} \times \text{储热时长}$$

同技术路径的光热项目测算系数理论上应该是接近的，差异是主要是来自于转换效率系数，与系统效率、光热资源 DNI 等参数有关。

与技术路径有关：槽式光热发电因管路结构更加复杂、传热工质工作温度区间较塔式熔盐更窄，故通热量下储热所需熔盐质量更多。根据表 15 的系数，可以通过不同路径的系数平均值，根据储能时长、发电容量来估算项目熔盐用量需要吨数。

表 15：示范项目对熔盐需求量

项目	储能时长（小时）/容量	以储热时长满功率做功释放电能（MWh）	熔盐用量（吨）	测算系数（t/MWh）	同类型路径测算系数平均值
大成敦煌 50MW 线菲项目	15h/50MW	750	24000	32.0	76.6
乌拉特 100MW 槽式项目	10h/100MW	1000	73130	73.1	
中广核德令哈 50MW 槽式项目	9h/50MW	450	36000	80.0	
中控德令哈 50MW 塔式项目	7h/50MW	350	10093	28.8	27.7
中电建共和 50MW 塔式项目	6h/50MW	300	9300	31.0	
中能建哈密 50MW 塔式项目	13h/50MW	650	16000	24.6	
鲁能格尔木 50MW 塔式项目	12h/50MW	600	16000	26.7	
首航敦煌 100MW 塔式项目	11h/100MW	1100	30000	27.3	

资料来源：CNSTE、《2021 中国太阳能热发电行业蓝皮书》杜凤丽等、国海证券研究所

2、根据附件表 23 梳理，42 个项目（经统计的 2022 年国内签约、招标、建设的光热发电项目）中已经公布技术路线的项目有 25 个，其中塔式、线菲、槽式总容量分别占比 90.8%/7.4%/1.8%。根据已有历史数据，线性假设剩余未公布技术路线的光热电站技术路径约的容量中 90%为塔式、7.5%线菲、2.5%为槽式。

3、根据附件表 23 梳理，储热时长为 8h 的占比 60%。已经公布储热时长的 22 个项目中，低于 8h 储热时长的项目只有 1 个，平均储热时长为 9.4h。因此假设剩余未公布储热时长的项目平均储热时长为 9h。已公布技术路径、装机容量，未公布储热时长的项目，保守假设为 8h 储热时长（塔式熔盐）、10h 储热时长（线性菲涅尔式熔盐）。

不考虑其他熔盐储热项目、火电高温熔盐改造、工业蒸汽需求的情况下，仅考虑光热发电带来的熔盐增量需求为 116 万吨，市场规模 56 亿元左右。根据我们测算，2022 年现有国内规划/在建配套光热储能的“光伏+光热”项目带来的熔盐需求增量在 116 万吨左右，其中硝酸钠 69 万吨、硝酸钾 46 万吨，分别按照 5000 元/t、6000 元/t 计算，对应的市场增量规模为 34.7 亿元、27.6 亿元。若考虑其他熔盐储热项目，熔盐增量需求将进一步增加。

表 16: 4.5GW 光热发电项目的硝酸钾、硝酸钠需求测算

	路线	占比	总容量 (MW)	总需求 (万吨)
已公布项目路线	塔式	90.81%	2470	55.84
	线菲	7.35%	200	6.40
	槽式	1.84%	50	6.13
未公布项目路线	塔式	90%	1612.8	40.21
	线菲	7.50%	134.4	3.87
	槽式	2.50%	44.8	3.09
合计	总计		4512	115.54
	硝酸钾 (40%)			46.22
	硝酸钠 (60%)			69.32

资料来源：CSPPLAZA、CNSTE、中广核、大唐集团、中核集团、中国能建、中国三峡、中国电建、国电投、国家电投、中国华能、中国华电集团的招投标、电子商务平台、青海项目信息网、国海证券研究所

2.4.1、硝酸钾：国内工业级硝酸钾名义产能 114 万吨/年，4.5GW 光热发电项目对应的硝酸钾新增需求为 46 万吨，硝酸钾供需处于紧平衡状态

硝酸钾供给端：截止 2021 年，全球硝酸钾产能为 400 多万吨，国内硝酸钾的名义年产能达到 200 万吨，占比接近 50%。国内有硝酸钾生产企业 50 多家，其中青海盐湖硝酸盐业有限公司、浙江联大化工股份有限公司是我国主要的大型硝酸钾生产企业。

硝酸钾需求端：根据青海湖工业销售部门调研情况（《我国硝酸钾产业发展现状与展望》熊增华），截止 2021 年国内及外贸出口硝酸钾总需求约 65~70 万吨/年，从总体产能看，硝酸钾开工率不足。下游 20%应用于烟草种植、26%应用于农业市场、35%应用于传统工业及黑火药领域。

图 16: 国内硝酸钾主要生产企业的状况

企业名称	年生产能力/万吨	基本情况
青海盐湖硝酸盐业有限公司	40.0	离子交换法, 工业级、农业级
四川米高化肥有限公司	10.0	复分解法, 农业级
云南欧罗姆钾肥科技有限公司	8.0	农业级
山西省交城明星化工有限公司	3.0	工业级
邢台盛悦化工有限公司	4.0	工业级、农业级
潍坊昌盛硝盐有限公司	12.0	工业级
四川裕光科技有限公司	15.0	工业级、光电级
浙江联大化工股份有限公司	20.0	工业级、农业级
四川什邡市硝酸钾厂	6.0	工业级、农业级
云南沃特威化工股份有限公司	7.5	农业级
山西文水县振兴化肥有限公司	6.0	工业级
江西宜春市腾达化工有限责任公司	8.0	工业级、农业级

资料来源:《我国硝酸钾产业发展现状与展望(2021)》熊增华

图 17: 硝酸钾价格 2022 年以来先大幅上升后回落



资料来源: 野天鹅

价格: 2021 年上半年以前, 国内由于长期的硝酸钾供大于求, 硝酸钾价格疲软; 2021 年 6 月后由于国内需求受到农业景气周期影响, 硝酸钾货源紧张价格从 4000 上涨到 6000 元/t, 2022 年初以来由于俄乌冲突, 氯化钾成本攀升, 硝酸钾价格进一步上行。

表 17: 硝酸盐制备路径

路径	化学反应式	评价
硝酸钠 - 氯化钾转化法	$KCl + NaNO_3 = KNO_3 + NaCl$	<p>优点: 操作简便, 副产物利用价值不大</p> <p>缺点: 硝酸钠资源匮乏、价格高, 限制大规模生产</p> <p>厂商: 智利 SQM 公司、新疆硝石钾肥有限公司</p>
硝酸铵 - 氯化钾离子交换法	$RNH_4 + KCl = RK + NH_4Cl$ $RK + NH_4NO_3 = RNH_4 + KNO_3$	<p>优点: 交换媒介选择阳离子交换树脂, 生产得到硝酸钾、氯化铵, 交换液中硝酸钾浓度高; 实现了钾盐的分离, 工艺设备简单</p> <p>缺点: 蒸发成本高, 反应设备腐蚀严重, 需要使用耐腐蚀的钛材等材料</p> <p>厂商: 国内青海盐湖硝酸盐有限公司采用, 副产物氯化铵利用太阳能自然蒸发</p>
硝酸铵 - 氯化钾复分解法	$NH_4NO_3 + KCl = KNO_3 + NH_4Cl$	<p>优点: 操作简便, 原料利用率高, 氯化铵得到了回收, 基本无污染, 蒸发能耗低, 工艺设备简单</p> <p>缺点: 产品纯度和外观稍差, 需重结晶以提高产品质量</p> <p>厂商: 国内大部分厂商采用该技术</p>

资料来源:《我国硝酸钾产业发展现状与展望(2021)》熊增华、国海证券研究所

硝酸钾主要有三条生产路径, 均需要氯化钾作为原材料。其中硝酸铵-氯化钾复分解法具备操作简单、基本无污染、工艺设备简单、副产物可回收的优势, 是国内大部分厂商采取的技术, 但该技术产出品纯度和外观稍差。硝酸钠-氯化钾转化法缺点是原材料需要硝酸钠, 成本较高, 国内新疆硝石钾肥有限公司使用的这条路径, 其产品已经在光热项目投运成功。硝酸铵-氯化钾离子交换法利用阳离子交换树脂, 实现钾盐分离, 缺点是工艺成本较高, 国内青海盐湖硝酸盐有限公司采取这条路径。

熔盐储热对硝酸盐纯度要求达到工业级纯度。在熔盐所选用的单晶盐中，若杂质离子（如氯离子、硫酸根离子、铵根离子、碳酸根离子等）含量不能严格把关，将会导致最终的产品性能大打折扣，从而影响储换热效率，严重时可能腐蚀设备管道造成熔盐泄露事故，或者堵塞管道导致电站瘫痪。

目前看，虽然硝酸钾名义产能超过 200 万吨，但根据图 16 符合工业级需求的硝酸钾名义产能为 114 万吨。而我们测算的光热电站产生硝酸钾新增需求接近 46 万吨，如果考虑火电灵活改造、工业蒸汽、海外需求增加等对熔盐的需求冲击，未来 1-2 年高纯度工业级硝酸钾的需求可能仍然处于紧平衡状态。

2.4.2、硝酸钠：国内硝酸钠实际可用产能 120 万吨/年，4.5GW 光热发电项目对应的硝酸钠新增需求为 69 万吨，硝酸钠供需处于紧平衡状态

硝酸钠供给端：是一种无机化合物，化学式为 NaNO_3 ，为吸湿性无色透明三角系晶体。加热至 380°C 时分解。用于制硝酸、亚硝酸钠，作玻璃、火柴、搪瓷或陶瓷工业中的配料，肥料，制硫酸工业中的催化剂等。

根据百川盈孚，硝酸钠目前国内产能合计 140 万吨。目前在建/拟建光热项目对应的硝酸钠需求约 69 万吨。考虑到青海盐湖的产能处于破产清算、停滞状态，国内硝酸钠实际可用产能约为 120 万吨。2023-2025 年光热熔盐需求的释放，将使得国内硝酸钠供需处于紧平衡状态。

光热用硝酸钠的行业龙头是新疆硝石钾肥有限公司（新疆硝石）。新疆硝石已成功为国内总装机超 400MW 的多个光热项目提供了近 11 万吨“库姆塔格”牌优质熔盐级硝酸钠产品（镁、钙离子含量均小于 0.001%），供应量约占国内已建成项目总熔盐硝酸钠使用量的 87%。

2.4.3、公司梳理

表 18：硝酸盐上市公司情况梳理

公司	产能	介绍
云图控股	硝酸钠、亚硝酸钠 10 万吨/年，扩建“两钠”产能 30 万吨/年	公司主业是复合肥、联碱、磷化工及食用盐。目前暂未涉及光热熔盐领域。自有硝酸钠、纯碱及产业链协同使得公司的硝酸钠成本可控。将受益于硝酸钠供需紧平衡后的价格上涨。
华尔泰	硝酸 25 万吨/年	公司现在有硝酸 25 万吨年产能，副产品包括硝酸钠。公司的商品浓硝酸（出售目的）产能为全国第一位，市占率第一位。国内大型化肥生产企业均有大产能硝酸钠生产装置，一般直接用于生产无机肥料，不对外销售硝酸。2020 年度，国内 25 家商品浓硝酸生产企业累计产量 195 万吨。
盐湖股份	硝酸钾、硝酸钠各 20 万吨/年（暂时停工状态）	青海盐湖已成功参与供货中广核德令哈 50MW 光热发电项目和敦煌首航 10MW 熔盐塔式光热电站项目，并于 2017 年 6 月份再次和敦煌首航高科新能源有限公司签订了 500 吨二元混合熔盐产品采购合同。青海盐湖成功于 2017 年 3 月 5 日和西班牙 Sener 集团签订了 18106 吨熔盐级硝酸钾及 1000 吨熔盐级硝酸钠采购合同。 盐湖股份(000792)在互动平台表示（2022 年 9 月 15 日），目前青海盐湖硝酸盐业股份有限公司处于破产清算阶段，该公司原设计产能为 20 万吨/年硝酸钾，

		20 万吨/年硝酸钠。下一步公司将根据市场需求加强合作，开发有市场竞争力的产品，推动资产盘活。
山东海化集团（山东海化母公司）	集团下公司山东海化华龙华龙硝铵有限公司有产能硝酸钠 6.5 万吨/年	产能目前不属于上市公司。

资料来源：云图控股投资者互动、华尔泰招股书、澎湃、CSPPLAZA、国海证券研究所

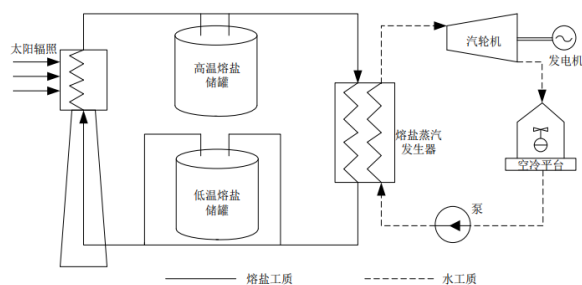
2.5、熔盐储换热：4.5GW 光热发电项目对应的储换热环节市场规模为 152~182 亿元

根据可胜技术公司的数据，25-30 亿元投资规模的 100MW/12h 光热发电项目中熔盐储热模块价值量占比 15.75%，蒸汽换热器价值量占比 2.1%，合计占比 18% 左右。即熔盐储热系统投资（包括设备、熔盐、建安费用）规模在 4.5~5.4 亿元之间。考虑到 2022 年以来项目大部分储热时长为 8-9h，熔盐用量少于 12h 项目，故假设 100MW/9h 项目的熔盐储热系统（设备、熔盐、建安）投资规模与储热时长存在线性变化关系，即 100MW/9h 的熔盐储热、换热系统投资规模是 100MW/12h 的 75%，即 3.4~4.1 亿元，4.5GW 光热发电项目的熔盐储热系统市场预计为 152~182 亿元。

2.5.1、熔盐储换热系统：100MW 光热系统中储热罐价值量 8000 万元、换热器价值量 6000 万元

熔盐储热系统的关键设备包括高低温熔盐储热罐、熔融盐泵组、蒸汽发生器。低温熔盐储热罐（冷罐）、高温熔盐储热罐（热罐）、吸热器熔盐循环泵（冷泵）、蒸汽发生器熔盐循环泵（热泵）。其中冷泵位于冷罐中，将低温熔盐泵入吸热器，吸收太阳能后，反回热罐。热泵位于热罐中，将高温熔盐泵入蒸汽发生系统产生过热蒸汽。

图 18：光热熔盐系统原理



资料来源：《熔盐储热罐的设计研究》王钰森

图 19：熔盐储热罐案例



资料来源：西子洁能官网

熔盐储罐是光热电站高效、稳定运行最重要的设备之一。定日镜将太阳能反射到集热器，低温熔盐罐内约 290℃ 的冷盐通过熔盐泵输送到集热器内进行能量转换，吸收热量到额定温度后存储于高温熔盐罐内。从历史项目来看，热泵是最容易发

生故障的设备，其工作温度 560℃，运行过程中有较大的热膨胀效应。如果出现故障，整个光热电站均需要停机维修。位于美国的 119MW 塔式熔盐光热电站，发生热罐熔盐泄露后停工 8 月才恢复发电运行。储热罐系统包括冷、热两个熔盐储热罐以及疏盐罐。国内东方锅炉、西子洁能、蓝科高新、蓝星（北京）化工机械有限公司具有熔盐储换热系统的产品研发生产能力和历史项目经验。根据最新招标信息，2022 年 5 月蓝科高新的子公司蓝滨石化中标中国能建阿克塞 110MW 项目的储热罐 EPC 成套设备，中标金额为 7896 万元。

图 20：蒸汽换热器，图为上海电气承建的迪拜光热项目光热汽包产品



资料来源：CSPPLAZA

熔盐储能蒸汽发生器是能量转换的中间环节，相比常规机组换热器有一定差异，100MW 价值量在 6000 万元左右。换热器即蒸汽发生器，光热电站后端需要通过蒸汽发生器将热源（高温熔盐）与水换热生成蒸汽以推动汽轮机发电。常规电站的蒸汽发生设备相比，光热电站的蒸汽发生器主要设备为管壳式换热器，由于热介质不同、大温差特性、内外压差高、频繁且快速启停等因素，因此其对蒸汽发生系统的设计提出了特殊要求。

表 19：光热电站蒸汽发生系统 SGS 对比常规电站的差异

系统差异	光热 SGS 对比常规火电站的差异
热介质不同	光热电站 SGS 系统的热介质为熔盐（或导热油），常规电站加热器的热介质为汽轮机抽汽。由于熔盐介质的凝固点高，并有一定腐蚀性，因此对 SGS 系统的设计提出了特殊要求。
大温差特性	光热电站 SGS 系统中的预热器、过热器、再热器等设备的进出口参数通常存在较大温差，因此对 SGS 系统的换热设备提出了特殊要求。
内外压差高	光热电站 SGS 系统熔盐侧的压力较低，而水和蒸汽侧的压力很高，内外压差高的特性对 SGS 系统换热器的设计提出了特殊要求。
频繁、快速启停	为适应电网调度需求，光热电站 SGS 系统通常要满足频繁启停的要求；同时为了延长发电时间、更充分利用光热资源，对 SGS 系统的启停速度也有很高要求。

资料来源：CSPPLAZA、国海证券研究所

国内业务涉及熔盐储换热的企业包括以下:

表 20: 国内主要熔盐储换热系统公司

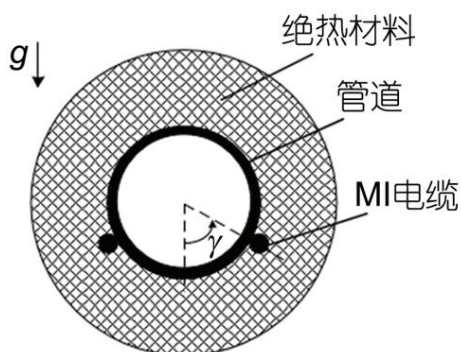
公司	项目
西子洁能	青海中控德令哈 50MW 塔式电站的熔盐吸热器、蒸汽发生器设计供货; 中电建青海共和 50MW 光热发电项目的熔盐吸热器; 鲁能海西格尔木 50MW 光热发电项目熔盐蒸汽发生器的设计供货; 希腊 Minos 前置试验项目吸热系统供货; 绍兴绿电能源签订绿电熔盐储能示范项目承包合同, 合同金额 1.91 亿元; 中广核吉西鲁固直流 100MW 光热发电项目蒸汽发生系统设备中标, 中标金额 2345 万元。
东方锅炉	哈密熔盐塔式 50MW 光热发电项目聚光集热系统和蒸汽发生器; 先后为兰州大成、玉门鑫能等光热发电项目提供过蒸汽发生系统设备; 成功中标甘肃阿克塞汇东新能源有限责任公司 750MW 光热光伏示范项目中的 110MW 光热发电项目聚光集热系统设备
蓝科高新	和首航高科合作的首航敦煌 100MW 塔式熔盐项目, 完成了我国首个百兆瓦熔盐塔式光热电站熔盐储罐制造、安装; 2019 年承揽迪拜 950MW 光热光伏混合发电项目; 2022 年 5 月中标阿克塞 110MW 光热发电系统中熔盐储罐的 EPC 工程, 中标金额 7896 万元。
蓝星(北京)化工机械有限公司	金塔县 100MW 光热发电项目的熔盐储罐 EPC 合同; 江苏国信靖江发电高温熔盐改造(中标 186 万元)、哈密 50MW 塔式项目熔盐罐(3607 万元), 中标过众控德令哈项目、中控金塔项目
山东北辰机电设备股份有限公司	首航敦煌 100MW 塔式光热项目蒸汽发生器 青芸阳光河北定州 3KW 碟式实验项目 内蒙古乌兰察布 1MW 碟式光热示范项目蒸汽发生器
上海锅炉厂	中电建青海共和 50MW 塔式光热发电项目蒸汽发生器

资料来源: CSPPLAZA、CNSTE、国海证券研究所

2.5.2、电伴热系统、电加热器: 保障系统稳定运行的核心

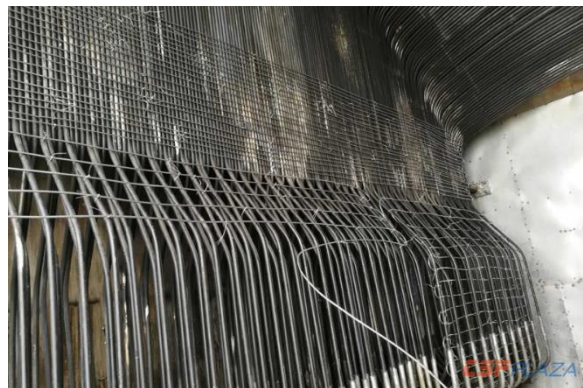
电伴热系统是熔盐系统必须配置环节。熔盐的凝固点一般在 120~240℃, 当可见在阳光不足或系统故障停机等情况下因散热损失过大, 可能导致熔盐流经管路发生局部甚至完全冻堵事故。一旦管内熔盐发生凝固, 在解冻过程中因熔盐体积膨胀或者操作不当可能导致管道发生永久塑性变形和弯曲。为了保证光热电站的安全稳定运行, 储罐、管道、阀门、换热器等熔盐介质流通的设备都需加装电伴热装置。一般全场熔盐管道、设备阀门均会铺设 MI 电伴热带, 当吸热器、储换热系统中熔盐温度低于 260℃时, 管道电伴热系统打开对其进行加热。**电伴热系统对于整个电站的重要性却不容忽视。有光热项目经验的电伴热公司包括: 久盛电气、沈阳中色、宁波奥崎、川仪股份、英国 MICC、美国科模热思。**

图 21: 电伴热加热管道示意图



资料来源:《太阳能热发电站中熔融盐冻堵管道的融化过程》
廖志荣等

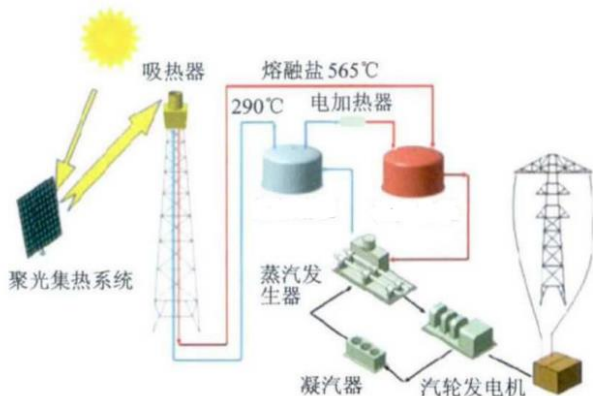
图 22: 应用于吸热器的伴热电缆



资料来源: CSPPLAZA

电加热器可以实现电到热的转换存储，可以应用在熔盐储能、储热方向。普通的塔式光热系统包括集热、吸热、储热、换热、发电装置，熔盐在循环过程中从熔盐热罐送入蒸汽发生器后进入冷盐罐。电加热装置可以安装在冷盐罐和热盐罐之间，经过电加热后将冷盐罐中熔盐加热进行转换和存储。根据《含有电加热装置的光热机组运行策略研究》测算，通过在光热电站中加装电加热装置，可以有效减少弃电量、增加发电量。电加热器极大的扩大了熔盐储热系统的适用范畴，通过电加热器，熔盐储热系统可以作为电能向热能的转换存储介质。

图 23: 含有电加热器的塔式熔盐光热电站原理图



资料来源:《含有电加热装置的光热机组运行策略研究》孙沛等

图 24: 东方电热所产熔盐电加热器产品



资料来源: CSPPLAZA

2.5.3、保温材料: 降低储热系统热损耗

熔盐储能系统中设备大部分均需要做保温，包括熔盐罐、管路、换热器、电加热器等。如果保温效率较低，会影响管路运行的安全温度，管路的堵塞将威胁电站的熔盐储能系统的稳定运行；另一方面，保温做不好的话将导致热量损失，降低系统的运行效率，提高了生产成本。光热发电系统的地理位置一般在三北地区，温差大、气候恶劣，因此对保温材料要求更高。熔盐储能的保温材料主要有三种：

表 21：熔盐储能常用到的三种保温材料

材料	特点	用途
岩棉	耐酸碱、耐腐蚀、不开裂、不脱落、稳定性高、不存在老化问题、施工简便、造价低等	常用于熔盐罐等大型设备外表保温，也可用于熔盐管道的保温
泡沫玻璃	密度小、强度高、不吸水、热阻大、冻融性能好、隔声、不燃、不腐蚀等	常用作隔热材料，从烟道、烟囱内衬到乙烯生产装置，液化燃气储罐、从高温到超低温
硅酸铝保温棉	绿色无害、耐高温、耐水、耐冻性能、收缩率低、质量稳定可靠、抗裂、抗震性能好、抗负风压能力强等	多应用于航天、钢铁、石化、电力的高温绝热保温，在熔盐储能系统中，常用于熔盐管道、换热设备(如蒸汽发生器等)、弯头和阀门等

资料来源：《浅谈熔盐防冻堵技术的研究》河南井矿新能源科技有限公司、国海证券研究所

上节所述的熔盐储罐保温功能由保温材料设计实现。一般而言，保温材料的设计目标是熔盐罐的热量损失每天不超过 1℃，需要配置加热器、伴热系统防止熔盐凝固。对于储热罐的保温设置，一般采取硅酸铝纤维、陶瓷纤维毡、镀锌薄板等材料进行保温。

2.5.4、公司梳理

1、西子洁能

西子洁能是国内熔盐储热系统的龙头，具备丰富的项目经验、充足的熔盐光热设备供给产能。在光热产业链做了核心设备的全产业链布局，覆盖的光热发电业务设备包括熔盐吸热器、熔盐储罐、蒸汽发生器等，除此外公司主业还包括余热锅炉，广泛应用于炼化、冶金、垃圾处理环节。西子洁能在光热领域的研究、研究已超过了 10 年。根据西子洁能 2021 年 11 月 1 日在同花顺金融研究平台答投资者提问中表示，公司能参与部分占到整个光热电站投资的 15%~20%左右。公司于 2021 年底发行了可转债，投入 10.3 亿元募集资金投建年产 580 台光热太阳能吸热器、换热器及导热油换热器、锅炉项目。公司通过示范项目建设，进一步积累了熔盐储能在光热和火电灵活改造、高温熔盐改造等应用场景应用的经验，具备一定的先发优势。

公司通过太阳能光热发电项目的建设和稳定运营积累了熔盐储能的相关技术，熔盐储热技术作为底层技术，其应用场景可以从太阳能光热发电向其他应用领域延伸。除了光热熔盐的应用外，火电改造、高温蒸汽供给改造也将逐步打开熔盐储能需求。公司 2021 年 11 月公告启动收购赫普能源，进军火电机组灵活性改造行业。赫普能源主要从事新能源消纳、火电机组调峰调频等电力辅助服务，是一家以新能源为主体的新型电力系统专业技术方案及产品的综合服务提供商。

公司目前已经成功运行多个其他领域案例，包括：绍兴绿电熔盐储能项目为西子洁能与绍兴绿电能源有限公司签订的 EPC 承包订单，该示范项目金额共计 1.9 亿元，为首期项目，预计发电 3200 万 KWh，蒸汽供应 50t/h，年蒸汽供应量 42 万吨；江苏国信靖江发电熔盐储能调峰项目历经一年建设后，在 2022 年 10 月投入试运行，该项目为全国首个火电机组高温熔盐灵活性改造示范项目，公司提供了蒸汽发生器。

表 22: 西子洁能（原杭锅股份）在光热、熔盐领域布局

年份	光热领域布局
2011 年	成立中控太阳能公司，做水工质相关实验
2013 年	10MW 水工质试验项目一期在德令哈投运成功
2014 年	熔盐工质开发，在杭州开发验证实验
2016 年	熔盐工质技术路线在德令哈 10MW 进行改造尝试
2018/12	德令哈 50MW 项目顺利投产，公司提供吸热器、蒸汽发生器
2019/9-10	青海共和 50MW 塔式熔盐项目提供吸热系统投运 鲁能西海 50MW 光热发电项目提供蒸汽发生器投运 为希腊 Minos 项目提供吸热器，但项目滞后
2021 年	100MW 以及更大容量光热发电系统技术的研发 西子航空零碳智慧能源中心 EPC 项目，蒸汽 36t/d、光伏 6MWp
2022 年	中标甘肃金塔 100MW 光热项目吸热器、熔盐蒸汽发生系统； 江苏国信靖江发电熔盐储能调峰调频项目，蒸汽 50t/d，公司提供蒸汽发生器 绍兴绿电熔盐储能项目，蒸汽 100t/d、发电功率 8+17MW，公司负责 EPC，2022 年 10 月投入试运行 预中标中广核吉西鲁固直流 100MW 光热发电项目蒸汽发生系统，中标金额 2345 万元

资料来源：CSPPLAZA、中广核电子商务平台、国海证券研究所

2、东方锅炉

东方锅炉在光热领域布局了聚光系统、吸热器系统、熔盐储热系统、蒸汽发生器系统。如前文 2.2.3 节介绍，东方锅炉参与了国内多个科研性、国家首批示范项目的技术研发和设备供货，为中电哈密 50MW 熔盐塔式、兰州大成 50MW 熔盐线性菲涅耳式、玉门鑫能 50MW 熔盐二次反射塔式等光热发电项目提供过镜场、吸热器、储换热系统设备等高质量的关键核心设备，积累了丰富的技术研发经验、设备制造经验和项目执行经验。

3、蓝科高新

和首航高科合作的首航敦煌 100MW 塔式熔盐项目，完成了我国首个百兆瓦熔盐塔式光热电站熔盐储罐制造、安装；2019 年承揽迪拜 950MW 光热光伏混合发电项目；2022 年 5 月中标阿克塞 110MW 光热发电系统中熔盐储罐的 EPC 工程，中标金额 7896 万元。

4、久盛电气

久盛电气的矿物绝缘加热电缆（MI 加热电缆）用于熔盐伴热系统。公司创始团队深耕细分领域，专注防火类特种电缆，是国内市场上最早研发矿物绝缘电缆等防火类特种电缆的主要力量，现已经成为防火类特种电缆行业的领军企业之一。久盛电气已经为中电建青海共和 50MW 塔式光热发电项目供货。

图 25: 久盛电气加热电缆



资料来源: 久盛电气官网

图 26: 久盛电气应用在熔盐泵上的电伴热产品



资料来源: CSPPLAZA

5、东方电热

公司是国内电加热行业的领军者。公司以电加热技术为核心,积极向新能源领域拓展,核心新能源装备业务包括了新能源汽车电加热器、光伏硅料多晶硅还原炉、冷氢化用电加热器、锂电池钢壳材料。公司 2022 年 5 月发布定增公告,拟由子公司东方瑞吉投资 1.44 亿元建立高还原式气体电阻加热装置、熔盐加热器。公司在熔盐储能领域的研发获得突破,加热器已经受到下游客户厂商的确认,目前准备提升生产能力和技术水平以满足更大的市场需求。2021 年公司中标参与供应了全国首个采取熔盐储热技术的大规模火电调峰/调频/供热项目——江苏国信 2×660MW 电厂机组熔盐储能调峰供热项目的熔盐电加热器和控制系统。

6、鲁阳节能

鲁阳节能是国内防火、保温材料龙头。公司被全球领先的奇耐股份控股,引进先进技术,下游领域不断拓宽。公司目前主要的产品是陶瓷纤维耐火材料,主要应用在下流化工、钢铁企业,在节能减碳需求下业绩具备成长性。公司同样早期布局了使用在熔盐储热系统的储热罐、吸热器、管道等环节的保温材料,实现了为中广核德令哈 50MW 项目供应储罐、管线保温材料,为玉门鑫能 50MW 塔式光热电站供应储罐、吸热器、管线保温材料,还参与了首航高科敦煌 10MW 塔式光热电站项目保温系统的设计与材料供应。

3、重点关注公司和投资评级

随着光热发电项目招标、建设进度的推进,行业整体景气度需求将上行;火电灵活改造、工业蒸汽等熔盐储热其他领域的应用落地也将带动熔盐储热产业链的发展。维持行业“推荐”评级。

(1) 光热发电系统集成商: 光热发电单项目投资规模大、运营管理需要丰富经验。首航高科、可胜技术作为有技术和项目积累经验的全产业链布局者,具备项

目建设、设备生产和电站运营经验，在行业中具备先发优势。

(2) 定日镜驱动支架：定日镜系统价值量占比最大的是驱动支架装置，驱动支架装置决定了光热发电系统发电的稳定性。驱动装置关注捷昌驱动(电驱动推杆)、长盛轴承(定日镜转向轴承)、振江股份(定日镜支架)、川润股份(液压驱动器)。

(3) 熔盐储热设备：西子洁能作为余热锅炉龙头，提前布局了熔盐储能领域，积累了丰富的光热项目经验，覆盖的光热设备包括熔盐储热罐、熔盐吸热器、蒸汽发生器等。公司也具备火电灵活改造、工业绿色蒸汽项目经验。熔盐储热罐建议关注蓝科高新。电伴热系统建议关注久盛电气，电加热器建议关注东方电热，保温材料建议关注鲁阳节能。

(4) 反射镜超白玻璃：建议关注安彩高科，具备 600t/d 超白玻璃产能。

(5) 硝酸盐或面临实际产能不足：建议关注云图控股、华尔泰(浓硝酸)。不考虑其他熔盐储能需求，4.5GW 光热发电项目带来的增量熔盐需求在 116 万吨左右，国内工业级熔盐产能低于名义产能，若需求集中释放或面临产能紧张。

重点关注个股及盈利预测

重点公司	股票	2023/01/16		EPS			PE			投资
代码	名称	股价	2021	2022E	2023E	2021	2022E	2023E	评级	
002665.SZ	首航高科	3.63	-0.09			-			未评级	
002534.SZ	西子洁能	15.69	0.57	0.29	0.72	27.60	53.88	21.79	未评级	
600875.SH	东方电气	21.63	0.73	0.96	1.31	29.47	22.53	16.51	买入	
603583.SH	捷昌驱动	26.15	0.70	1.17	1.63	37.15	22.35	16.04	增持	
603507.SH	振江股份	32.96	1.26			26.23			未评级	
600207.SH	安彩高科	6.58	0.24	0.25	0.43	27.06	26.60	15.31	未评级	

资料来源：Wind 资讯，国海证券研究所（未评级公司盈利预测为 wind 一致预期）

4、风险提示

- 1) 政策变动风险，配套储能政策不及预期。
- 2) 光热发电降本不及预期，上游原材料涨价幅度较大，建设投产进度不及预期。
- 3) 钒电池等新型储能降本速度、推广速度更快，路径上取代光热发电。
- 4) 光伏装机不及预期，光热发电作为光伏的配套储能受到影响。
- 5) 测算存在主观性，仅供参考。
- 6) 若贷款利率上行幅度过大，将影响项目收益率，进而影响业主投资积极性。
- 7) 重点关注公司业绩或不及预期。

5、附件

表 23：2022 年光热发电规划、签约、招标、在建项目统计共计超过 4.5GW

项目名称	省份	类型	路线	总装机容量 (MW)	光伏	风电	光热	时长 (h)	光热投资 规模
鲁能阜康 90 万千瓦光伏+10 万千瓦光热多能互补项目	新疆	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	8	
中能建哈密“光（热）储”多能互补一体化绿电示范项目	新疆	光伏+光热		1500	1350		150	8	
三峡新能源哈密 100 万千瓦光热+光伏一体化综合能源示范项目	新疆	光伏+光热		1000	900		100	8	
新疆丝路坤元公司哈密北 90 万千瓦光伏+10 万千瓦光热发电项目	新疆	光伏+光热		1000	900		100	8	
大唐石城子 100 万千瓦光热+光伏”一体化清洁能源示范项目	新疆	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	8	
吐鲁番市托克逊县乌斯通光热+光伏一体化项目	新疆	光伏+光热		1000	900		100	8	
唐山海泰新能科技股份有限公司光热+光伏一体化项目	新疆	光伏+光热		1000	900		100	12	
国家电投河南公司新疆鄯善 1GW “光伏+光热”一体化项目	新疆	光伏+光热		1000	900		100	12	
中国能源建设集团浙江火电建设有限公司光热+光伏一体化项目	新疆	光伏+光热		1000	900		100	12	
国投若羌 10 万千瓦光热发电项目	新疆	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	8	
新疆电建睿达新能源若羌县 1GW 光热储能+光伏一体化示范项目	新疆	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	8	
博州 10 万千瓦储热型光热+90 万千瓦新能源项目	新疆	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	8	
精河新华新能源有限公司“光热储能新能源”一体化基地项目	新疆	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	8	16.34
新疆木垒县 300 万千瓦光热发电项目	新疆	光伏+光热					300		
中广核西藏阿里地区“50MW 光热+100MW 光伏”源网荷储一体化热电示范项目	西藏	光伏+光热	槽式熔盐	150	100		50	16	
国能集团西藏电力那曲安多光热+一体化项目	西藏	光伏+风电+光热		100			100		
西藏扎布耶源网荷储一体化综合能源供应项目	西藏	光伏+光热			70		42	24	
西藏华电那曲色尼区 170MW 光伏光热一体化项目	西藏	光伏+光热			120		50		
国能集团青豫直流二期 1 标段海南州共和塔拉滩光伏 1GW 光伏光热项目	青海	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	12	18.89
国家电投青豫直流二期 2 标段	青海	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100		
三峡能源青豫直流二期 3 标段	青海	光伏+光热	塔式熔盐	-	-		100		16.8
三峡能源海西基地项目格尔木 110 万千瓦光伏光热项目	青海	光伏+光热	塔式熔盐	1100	1000		100		16.5
中能建江苏设计院共和 100 万千瓦源网荷储项	青海	光伏+光热		1000	900		100		

目									
中电建共和 100 万千瓦光伏光热项目	青海	光伏+光热	塔式熔盐	1000	900		100	8	
中广核新能源青海德令哈光储热一体化项目	青海	光伏+光热	塔式熔盐	2000	1800		200	6	
华能格尔木多能互补一体化基地	青海	光伏+储能 +光热	塔式熔盐		3000		50		
华能乌拉特后旗 300MW 光热发电项目	内蒙古	光热					300		
华能准格尔旗多能互补项目	内蒙古	光热+光伏 +风电		2000			100		
鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目 1 单元(通榆县)	吉林	光伏+风电 +光热	塔式熔盐	700	200	400	100	8	
鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目 2 单元(大安市)	吉林	光伏+风电 +光热	塔式熔盐	700	200	400	100	8	
国投阿克塞 750MW 光热+光伏试点项目	甘肃	光伏+光热	塔式熔盐	750	640		110		
国家能源集团龙源电力甘肃公司敦煌 700 兆瓦“光热储能+”	甘肃	光伏+光热	熔盐线性菲涅尔	700	600		100		
中核玉门新奥“光热储能+光伏+风电”示范项目 10 万千瓦光热储能工程	甘肃	光伏+风电 +光热	熔盐线性菲涅尔	700	400	200	100	10	16.99
三峡恒基能脉瓜州 70 万千瓦“光热储能+” 1X100MW 光热发电项目	甘肃	风电光伏+ 光热	塔式熔盐	700	200	400	100		
金塔中光太阳能 10 万千瓦光热项目	甘肃	光伏+光热	塔式熔盐	700	600		100	12	
首航玉门 100MW 项目	甘肃	光热	塔式熔盐				100		
玉门鑫能光热第一电离有限公司熔盐塔式 5 万千瓦光热发电项目	甘肃	光热	塔式二次反射				50		
古浪光热发电示范项目	甘肃	光热+光伏 +风电	塔式熔盐		640		100	8	
民勤红沙岗光伏+光热互补示范园区项目一	甘肃	光伏+光热	塔式熔盐		700		110	8	
华能高台县 70 万千瓦光热光伏示范项目	甘肃	光伏+光热			600		100		
玉门油田光热+风光发电示范项目	甘肃	光伏+光热					100		
华能阿克塞 70 万千瓦光热+示范项目	甘肃	光热+光伏 +风电		700	200	400	100		
合计							4512		

资料来源：CSPPLAZA、CNSTE、中广核、大唐集团、中核集团、中国能建、中国三峡、中国电建、国电投、国家电投、中国华能、中国华电集团的招投标、电子商务平台、青海项目信息网、国海证券研究所

根据已经完成 EPC 招标的四个项目中标金额来看(表 24), 目前 100MW 光热、8~12h 配套储热时长项目投资金额在 16.5~18.9 亿元之间。因此我们假设 100MW 光热投资规模为 16.5~18.9 亿元, 根据表 23 数据, 光热发电装机容量规模为 4.5GW, 则共对应 742~850 亿元的光热总投资规模(设备、建安)。不考虑 2022 年四季度、明年新增备案、招投标的情况下, 假设项目两年完工, 那么 2023-2024 年光热产业链年均市场规模约 371~425 亿元。由于 2020-2021 年光热新增招投标停滞, 我们有理由相信 2023、2024 年光热行业景气度较 2022 年将有较大幅度的跃升。

表 24: 目前已公布 EPC 中标情况项目情况 (2022 年 12 月 31 日)

项目	项目概况	中标金额 (亿元)
国能集团青豫直流二期 1 标段海南州共和塔拉滩光伏 1GW 光伏光热项目	光热 100MW, 12h 时长	18.89
三峡能源青豫直流二期 3 标段	光热 100MW	16.8
三峡能源海西基地项目格尔木 110 万千瓦光伏光热项目	光热 100MW	16.5
中核玉门“光热储能+光伏+风电”示范项目 10 万千瓦光热储能工程	光热 100MW, 10h 时长	16.99

资料来源: 青海项目信息网、中国三峡集团电子采购平台、中核集团电子商务平台、国海证券研究所

【公共事业小组介绍】

杨阳，中央财经大学会计硕士，湖南大学电气工程本科，5年证券从业经验，现任国海证券公用事业和中小盘团队首席，曾任职于天风证券、方正证券和中泰证券。获得2021年新财富分析师公用事业第4名，21世纪金牌分析师和Wind金牌分析师公用事业行业第2名，21年水晶球公用事业入围，2020年wind金牌分析师公用事业第2，2018年新财富公用事业第4、水晶球公用事业第2核心成员。

罗琨，香港浸会大学经济学硕士、湖南大学会计学本科，5年证券从业经验，曾任财信证券资管投资部投资经理、研究发展中心机械研究员、宏观策略总监。

郑奇，北京理工大学工学硕士，现任国海证券中小盘研究员。具备七年航天单位军工电子产品研发与研发管理经验和一年买方经验。

钟琪，山东大学金融硕士，现任国海证券公用事业&中小盘研究员，曾任职于方正证券、上海证券。

许紫荆，对外经济贸易大学金融学硕士，现任国海证券公用事业&中小盘研究员。

【分析师承诺】

杨阳，罗琨，本报告中的分析师均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分析师本人的研究观点。分析师本人不曾因，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。