

中国太阳能热发电行业 蓝皮书

2024

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟
中国可再生能源学会太阳能热发电专业委员会
中关村新源太阳能热利用技术服务中心



版权声明

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟和中国可再生能源学会太阳能热发电专业委员会是本蓝皮书的编著和发布者，依法享有本蓝皮书版权并受法律保护。本蓝皮书提供的内容资料可供浏览和学习、科研目的参考使用，未经许可禁止部分或全部拷贝，转载文字、数据及图片引用务必注明出处。引用格式为：国家太阳能光热产业技术创新战略联盟《中国太阳能热发电行业蓝皮书 2024》。

任何人不得对本蓝皮书内容原意进行曲解、修改，本蓝皮书内容所持有的知识产权信息不得被删改。凡引用本蓝皮书内容而引起的民事纠纷、行政处理或其他损失，版权人均不承担责任。对不遵守本声明、用于商业用途或者其他恶意、违法使用的，版权人保留追究其法律责任的权利。



中国太阳能热发电行业蓝皮书 2024

批 准：何雅玲 中国科学院院士 | 西安交通大学教授

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 专家委员会主任委员

主 编：王志峰 中国科学院电工研究所研究员

国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 理事长

中国可再生能源学会太阳能热发电专委会 主任委员

中关村新源太阳能热利用技术服务中心 理事长

参 编（按姓氏拼音）：

陈 晨、杜凤丽、董清风、范玉磊、官建国、侯宏娟、洪 松、卢智恒、刘福国、
刘向雷、刘文闯、祁万年、盛 涛、孙晓峰、魏进家、吴玉庭、肖 斌、谢文韬、
邢国华、徐灿君、徐艺璇、臧春城、张 军、赵晓辉

校 核：董清风、洪松、杜凤丽

审 核：国家太阳能光热产业技术创新战略联盟 专家委员会

致 谢：太阳能热发电项目单位

2025 年 1 月



目 录

- 一、太阳能热发电技术概述..... 1
 - 1.1 太阳能热发电技术原理 1
 - 1.2 太阳能热发电的功能定位 5
 - 1.3 2024年发布的太阳能热发电支持相关政策 6
 - 1.4太阳能热发电技术的主要特点 14
 - 1.5 太阳能热发电发展历程 16
- 二、太阳能热发电市场发展情况..... 18
 - 2.1 我国太阳能热发电装机容量 18
 - 2.2 全球新增太阳能热发电装机容量 21
 - 2.3 太阳能热发电站不同聚光形式占比 23
 - 2.4 中国新投运太阳能热发电项目 24
 - 2.5 在建太阳能热发电项目 25
 - 2.6 规划的太阳能热发电项目 27
- 三、太阳能热发电示范项目运行情况..... 31
 - 3.1 中广核德令哈50MW槽式光热电站 31
 - 3.2 首航高科敦煌100MW塔式光热电站 32
 - 3.3 青海中控德令哈50MW塔式光热电站 33
 - 3.4 兰州大成敦煌50MW熔融盐线菲式光热电站 35
 - 3.5 中电建共和50MW塔式光热电站 35
 - 3.6 中电哈密50MW塔式光热电站 36
 - 3.7 中船新能乌拉特100MW槽式光热电站 37
 - 3.8 鲁能格尔木多能互补工程50MW塔式光热电站 38



四、我国太阳能热发电产业链发展情况	40
4.1 太阳能热发电产业链	40
4.2 中国技术产业发展历程	41
4.3 中国太阳能热发电产业链	48
五、我国太阳能热发电技术研发	53
5.1 国家科技计划项目	53
5.2 太阳能热发电标准	63
5.3 2024年相关获奖项目	81
六、太阳能热发电技术经济性	84
6.1 太阳能热发电项目的电价及投资	84
6.2 熔融盐储能光热发电与光伏+新型储能系统技术经济性对比	87
6.3 “十五五”期间光热发电成本下降预测及主要技术手段	89
6.4 “十六五”前期光热发电成本下降预测及主要技术手段	92
6.5 线聚焦太阳能热发电技术成本降低途径	92
七、太阳能热发电站全生命周期碳排放	94
7.1 国外研究结果	94
7.2 我国研究结果	94
八、我国光热发电行业面临的挑战及发展建议	96
8.1 光热发电行业面临的挑战	96
8.2 太阳能热发电产业发展目标	97
8.3 太阳能热发电发展政策建议	97
九、附录	101
9.1 2024年度热点新闻	101
9.2 国家太阳能光热联盟2023-2024年度理事单位简介	107
参考文献	131



一、太阳能热发电技术概述

1.1 太阳能热发电技术原理

太阳能热发电是将太阳辐射转化为热能，通过热功转换过程发电的系统^[1]。其名称的英文表达为 Concentrating Solar Power 或 Solar Thermal Electricity，英文简称为 CSP 或 STE。太阳能热发电站一般由集热系统、储热换热系统和热 - 功 - 电转换系统三部分组成。

根据聚光形式不同，太阳能热发电技术主要包括塔式、槽式、线性菲涅尔式和碟式等四种。其中塔式和碟式为点聚焦，槽式和线菲式为线聚焦。太阳能热发电系统可采用不同的传热流体作为吸热介质，商业化应用最多的主要有二元硝酸熔融盐（60% 硝酸钠和 40% 硝酸钾的熔融态混合物）和导热油（联苯 - 联苯醚混合物）。不同传热流体、不同聚光形式的太阳能热发电系统运行原理如下所述。其中，以熔融盐作为传热流体的塔式技术、以导热油作为传热流体的槽式技术都是当前主流的商业化应用较多的太阳能热发电技术形式。

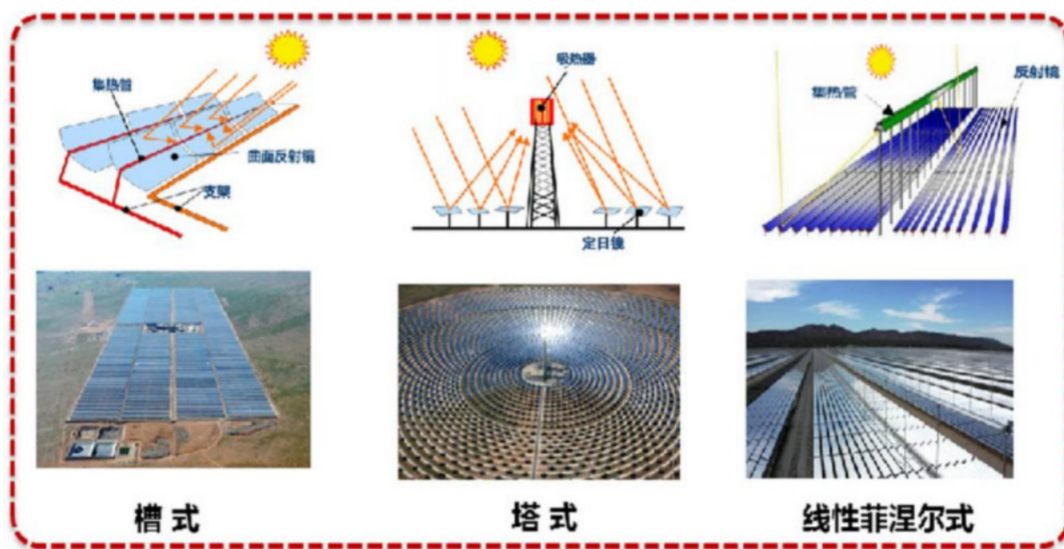


图 1.1-1 三种主流太阳能热发电聚光形式

熔融盐塔式太阳能热发电系统主要由定日镜、吸热塔、吸热器、高低温熔融盐储罐、蒸汽发生器和汽轮发电机组等组成。其基本运行流程是：以吸热塔为中心分布的定日镜，通过跟踪太阳，将太阳直射辐射反射汇聚到吸热塔顶部的吸热器上；液态的二元硝酸低温熔融盐通过冷盐泵驱动，流经吸热器吸收热量，被加热的熔融盐流入高温热盐罐中储存；需要发电时，存储的高温熔融盐与水在蒸汽发生器换热后产生高温高压蒸汽，驱动汽轮发电机组发电。蒸发器放热后的熔融盐送至低温盐罐存储，再循环至塔顶的吸热器吸收热量，循环往复。在熔融盐塔式技术中，储热单元将太阳能集热与发电部分解耦，熔融盐既是传热流体也是储热介质。

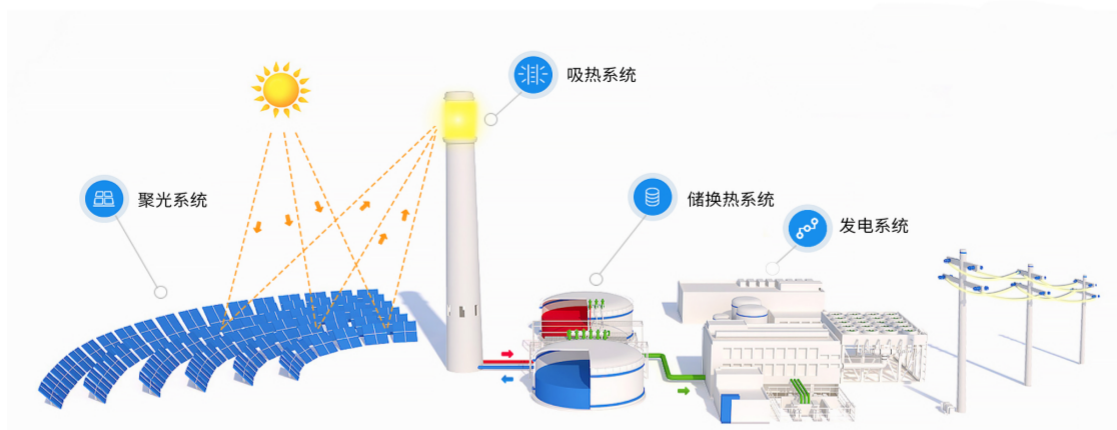


图 1.1-2 熔融盐塔式太阳能热发电系统示意图（图片来源：可胜技术）

导热油槽式太阳能热发电系统主要由抛物面槽式集热器（包括聚光器和吸热管）、熔融盐换热储热系统、导热油/蒸汽发生系统和汽轮发电机组等单元组成,集热器通过串联和并联方式相互连接,并通过模块化布局形成集热场。其基本运行流程是：聚光器通过跟踪太阳,将投射在镜面的阳光反射至位于焦线的吸热管上,加热管内导热油,并通过导热油/熔融盐换热器将热量存储到盐罐中,需要时用高温熔融盐加热导热油,导热油进入蒸汽发生器产生蒸汽发电；太阳能集热系统加热的导热油也可直接通入油/水蒸气发生器,蒸汽发生器产生蒸汽驱动汽轮机发电机组做功发电。汽轮机出口的低温低压蒸汽经过凝汽器冷凝后,返回导热油蒸汽发生器重新吸热蒸发,经过导热油蒸汽发生器放热后的导热油返回至吸热管进行加热,形成封闭的导热油循环回路。与熔融盐塔式一样,槽式的熔融盐储热单元将太阳能集热单元与动力单元解耦,消除太阳能辐照波动对汽机出力稳定性的影响,并可使电站在不依赖太阳辐照情况下参加电网调度。

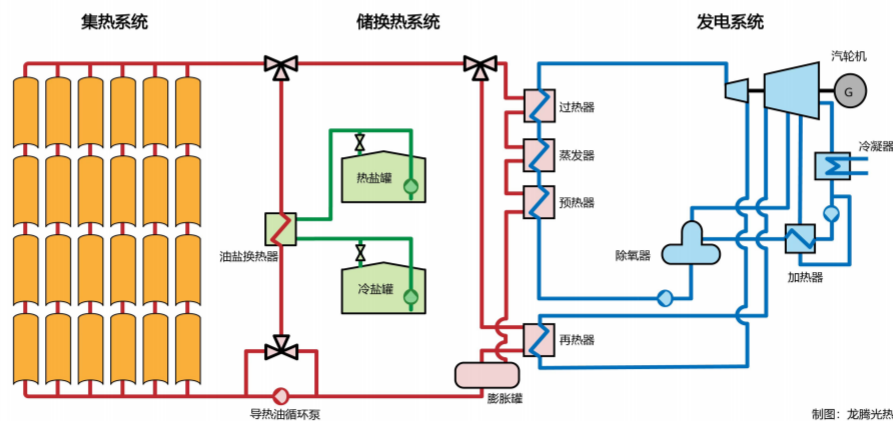


图 1.1-3 导热油槽式太阳能热发电系统（常规流程）示意图（图片来源：龙腾光热）

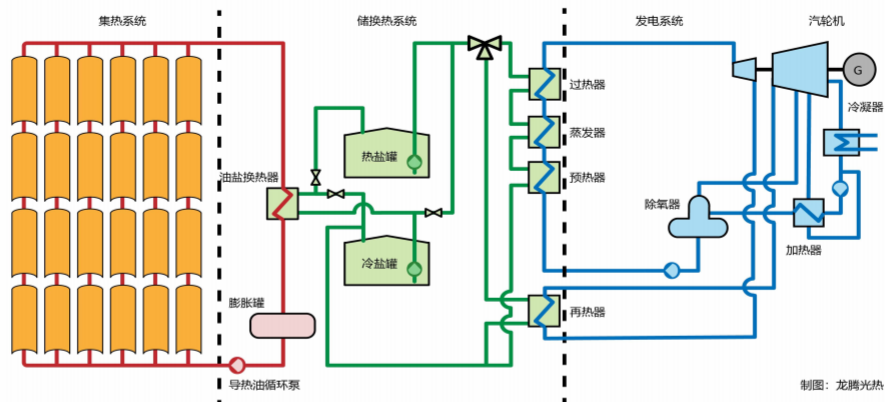


图 1.1-4 导热油槽式太阳能热发电系统（解耦流程）示意图（图片来源：龙腾光热）

槽式太阳能热发电系统也可以熔融盐为传热流体，其运行流程是：槽式聚光器跟踪太阳加热吸热管内流动的熔融盐，吸热后的熔融盐存放在热盐罐中。在需要发电时，热盐罐中的熔融盐进入蒸汽发生器释放热量，与水换热产生过热蒸汽推动汽轮机组发电，换热后的冷盐存入冷盐罐中。

熔融盐线菲式太阳能热发电系统由菲涅尔集热器、高低温熔融盐储罐、蒸汽发生器和汽轮发电机组等部分组成。菲涅尔集热场由一次聚光器、二次聚光器和吸热管组成。其基本运行模式是：布置紧凑的多列反射镜构成类弧面结构，通过自动跟踪的一次聚光器将太阳直射辐射汇聚至上方的二次聚光器，太阳辐射通过两次反射聚集在真空吸热管表面，加热管内的熔融盐存储于高温熔融盐储罐中。

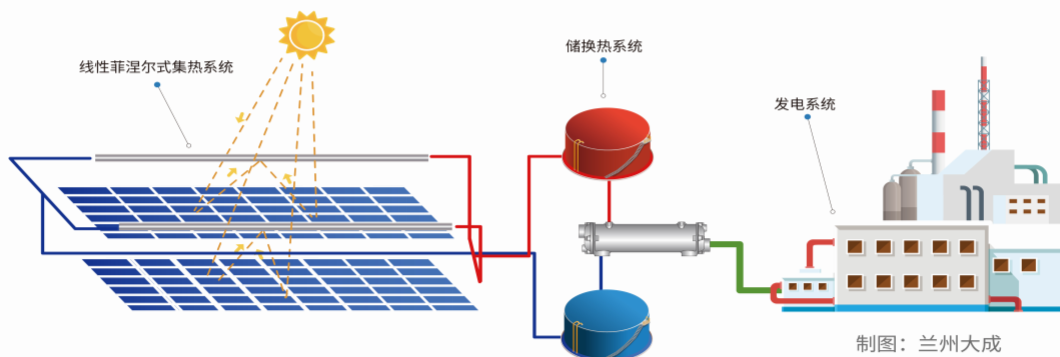


图 1.1-5 熔融盐线菲式太阳能热发电系统示意图（图片来源：兰州大成）



太阳能热发电通过太阳能转换为热能，通过热力循环进行热功转换发电。热力循环的驱动力来自太阳能集热介质的温度，太阳能集热温度既关系到光热转换效率，也关系到热功转换效率，是决定太阳能热发电能效和成本最重要的因素。图1.1-6依据该温度对太阳能热发电技术进行了分代，并与美国DOE公布的了代太阳能热发电技术基本对应。

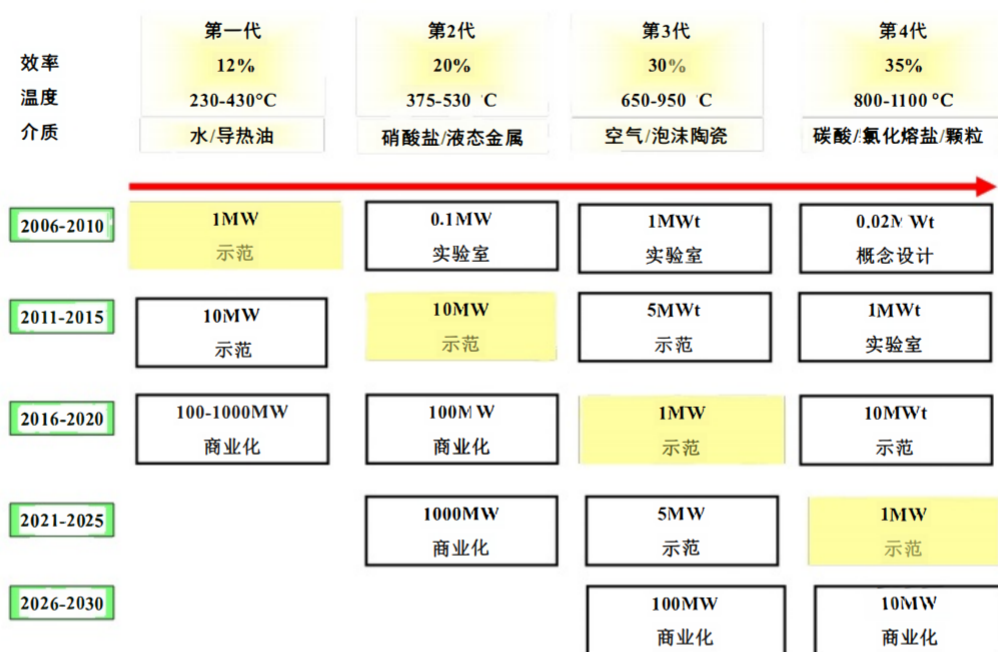


图1.1-6 太阳能热发电技术发展路线图

该路线图编制于2004年，目前仍有参考价值。图中黄色为示范级技术，黄色上部为实验室技术，黄色下部为商业化技术。图中温度为集热器温度，介质指吸热器吸热介质，图中效率为设计点光到电的全系统效率。2024年第一代和第二代技术可达1000MW级。实际在2024年下半年启动的项目单机不低于200MW，鼓励350MW技术。吸热介质800℃的第四代太阳能热发电，超临界二氧化碳太阳能热发电在2024年发电，功率为0.2kW^[2]。目前的发展基本与路线图吻合。这里需要说明的是，从热力学循环效率角度，太阳能集热场温度是热力循环效率的核心指标，目前565℃熔融盐菲涅尔，熔融盐槽式与熔融盐塔式技术均为第二代技术。

太阳能集热场的光学聚光比是影响集热温度和集热效率的最主要指标。光学聚光比是指聚集到吸热器采光口平面上的平均辐射功率密度（kW/m²）与进入聚光场采光口的太阳法向直射辐照度之比（kW/m²）。一般来讲，聚光场的聚光比越大，太阳能热发电系统可实现的集热效率就越高，整个系统的发电效率也就越高。碟式-斯特林太阳能热发电系统的聚光比最高，在600~3000之间，塔式太阳能热发电系统的聚光比在300~1000之间，线性菲涅尔式太阳能热发电系统的聚光比在150以下，而槽式太阳能热发电系统的聚光比在 80~100 之间。因太阳能热发电的系统效率是集热效率和



热电效率的乘积，在聚光比确定的情况下，如单纯提高集热温度，并不一定能够实现系统效率的提高，反而可能会降低太阳能—电转换效率。在某一聚光比下，随着吸热器工作温度的提高，热机效率会随之提高，但集热效率会出现下降，因而系统效率曲线会出现一个“马鞍点”。因此必须满足聚光比与集热温度的协同提高才能实现光电转化效率的提高，图 1.1-7 所示。

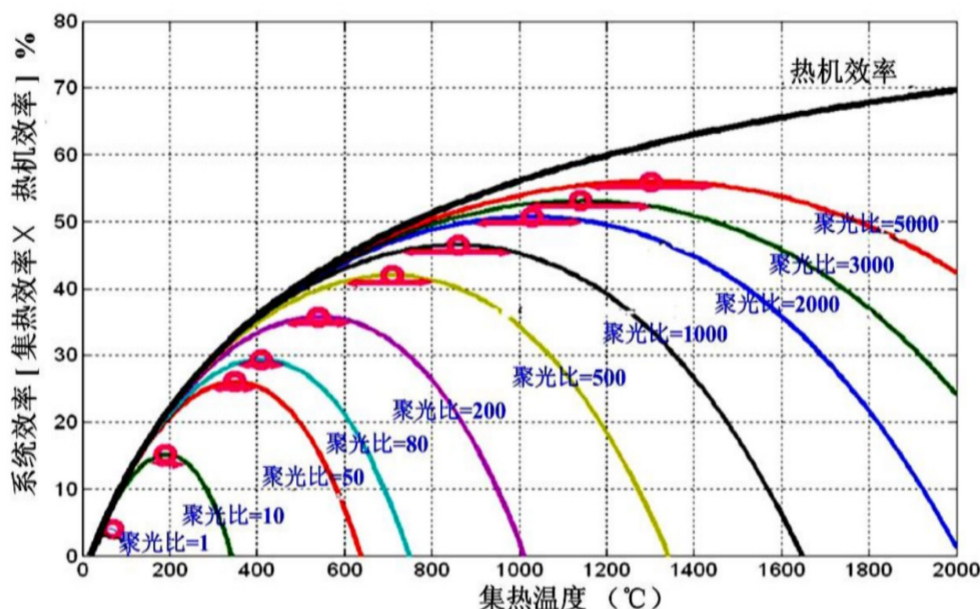


图 1.1-7 太阳能集热温度，聚光比和系统发电效率的关系

1.2 太阳能热发电的功能定位

“十一五”以来，我国太阳能热发电科学研究和装备产品等已得到快速发展。2022 年 6 月 1 日，国家发改委、国家能源局、财政部、自然资源部、生态环境部、住房城乡建设部、农业农村部、气象局、林草局等部门联合印发《“十四五”可再生能源发展规划》（发改能源〔2021〕1445 号）提出：有序推进长时储热型太阳能热发电发展。在青海、甘肃、新疆、内蒙古、吉林等资源优质区域，发挥太阳能热发电储能调节能力和系统支撑能力，建设长时储热型太阳能热发电项目，推动太阳能热发电与风电、光伏发电基地一体化建设运行，提升新能源发电的稳定性可靠性。发展光热发电能够保障可再生能源消纳、促进可再生能源更大规模接入电网^[3]。

2023 年 3 月，《国家能源局综合司关于推动光热发电规模化发展有关事项的通知》明确了太阳能热发电的功能定位。文件第一部分提出：“充分认识光热发电规模化发展的重要意义，光热发电兼具调峰电源和储能的双重功能，可以在电力系统中提供长周期的调峰能力和转动惯量，具备在部分区域作为调峰和基础性电源的潜力。此外，光热发电产业链长，能够带动多个传统和新兴产业的发展，成为我国新能源产业新的增长点”。文件第四章中提出：“鼓励有条件的省份和地区尽快研



究出台财政、价格、土地等支持光热发电规模化发展的配套政策，提前规划百万千瓦、千万千瓦级光热发电基地，率先打造光热产业集群”；“鼓励有条件的省份和地区尽快研究出台财政、价格、土地等支持光热发电规模化发展的配套政策，提前规划百万千瓦、千万千瓦级光热发电基地，率先打造光热产业集群”^[4]。

2024 年 7 月 31 日发布的《中共中央 国务院关于加强经济社会发展全面绿色转型的意见》第八条中提出：“科学布局抽水蓄能、新型储能、光热发电，提升电力系统安全运行和综合调节能力。”^[5]

2025 年 1 月 1 日实施的《中华人民共和国能源法》第二十五条“国家推进风能、太阳能开发利用，坚持集中式与分布式并举，加快风电和光伏发电基地建设，支持分布式风电和光伏发电就近开发利用，合理有序开发海上风电，积极发展光热发电”^[6]。这使得太阳能热发电发展有了根本支撑。

本蓝皮书从全球视角分析中国目前热发电所面临的挑战和壁垒，探索建立以法律为支撑、以技术为基础、以质量为保障、以政策为导向的太阳能热发电技术、市场及产业链发展模式。

1.3 2024 年发布的太阳能热发电支持相关政策

序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
1	国管局关于 2024 年公共机构能源资源节约和生态环境保护工作安排的的通知	国管局	国管节能〔2024〕12 号	1 月 29 日	因地制宜推广太阳能等可再生能源，扩大“绿电”利用规模，研究推进光热建设相关政策。
2	关于做好 2024 年内蒙古电力多边交易市场中长期交易有关事宜的通知	内蒙古自治区能源局	内能源电力字〔2024〕55 号	2 月 4 日	电网企业应按照相关文件要求明确市场化并网新能源项目（含用电、发电）和虚拟电厂、市场化运作的光热项目等新兴主体发电、购电模式。
3	工业和信息化部办公厅关于印发工业领域碳达峰碳中和标准体系建设指南的通知	工业和信息化部办公厅	工信厅科〔2024〕7 号	2 月 21 日	在可再生能源利用方面，重点制定光热等可再生能源开发、输送、储能、利用以及分布式应用等相关技术和装备标准。《基于项目的温室气体减排量评估技术规范太阳能热利用》（20220846-T-469）国家标准纳入“工业领域碳达峰碳中和现行和在研标准项目清单”。



序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
4	关于印发《国家重点低碳技术征集推广实施方案》的通知	生态环境部办公厅, 科学技术部办公厅, 工业和信息化部办公厅 住房和城乡建设部办公厅, 交通运输部办公厅, 农业农村部办公厅	环办气候 〔2024〕 2号	2月18日	"重点方向"主要包括高参数低成本太阳能热发电技术, 分布式太阳能热电联动系统技术等。先进储能技术主要包括储热(储冷)技术等新型储能技术。
5	关于加强电网调峰储能和智能化调度能力建设的指导意见	国家发展改革委, 国家能源局		2月27日	充分发挥光热发电的调峰作用。推动系统友好型新能源电站建设, 通过加强高精度、长时间功率预测技术和智慧集控技术的应用, 推动电站具备一定的电网调峰和容量支撑能力。
6	关于加快推动制造业绿色化发展的指导意见	工业和信息化部, 国家发展改革委, 财政部, 生态环境部, 中国人民银行, 国务院国资委, 市场监管总局	工信部联节 〔2024〕 26号	2月29日	加快建立健全覆盖主要工业行业的绿色产品标准、标识、认证体系, 研究加大绿色产品政府采购力度, 推广应用光热产品、新能源车船、绿色建筑等绿色产品。
7	国家能源局关于印发《2024年能源工作指导意见》的通知	国家能源局	国能发规划 〔2024〕 22号	3月18日	文件中明确提出要持续推动能源绿色低碳转型和高质量发展, 保障能源安全。特别提到要做好全国光热发电规划布局, 持续推动光热发电规模化发展。
8	甘肃省人民政府关于印发甘肃省国土空间规划(2021—2035年)的通知	甘肃省人民政府	甘政发 〔2024〕 18号	3月25日	积极探索光热发电建设模式, 在资源富集、建设条件优越的地区谋划实施长时储热型光热发电项目, 推动"光热+风光电"一体化项目, 发挥光热发电调峰作用, 提升新能源发电稳定性和可靠性。



序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
9	关于支持内蒙古绿色低碳高质量发展若干政策措施的通知	国家发展改革委，工业和信息化部，自然资源部，生态环境部，国家能源局，国家林草局	发改环资〔2024〕379号	4月3日	以更大力度发展新能源。以库布其、乌兰布和、腾格里、巴丹吉林沙漠为重点，规划建设大型风电光伏基地，同步开展规划环评，积极发展光热发电。 加快发展新能源产业。在保障消纳前提下，高质量发展光热、风机、光伏、氢能、储能等产业集群。
	关于印发《2024—2025年节能降碳行动方案》的通知	国务院	国发〔2024〕12号	5月23日	提出要重点控制化石能源消费，强化碳排放强度管理，分领域分行业实施节能降碳专项行动。这一政策有助于推动光热发电等可再生能源的发展，以实现碳达峰碳中和目标。
10	关于开展风电和光伏发电资源普查试点工作的通知	国家发展改革委，国家能源局，自然资源部，生态环境部，中国气象局，国家林草局	国能发新能〔2024〕43号	6月6日	各试点地区根据自身资源禀赋，具备条件的地区可拓展至光热及领海范围内海上风电、海上光伏、海洋能等其他新能源发电资源普查。
11	中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见	中共中央、国务院	国务院公报 2024年第24号	7月31日	加强清洁能源基地、调节性资源和输电通道在规模能力、空间布局、建设节奏等方面的衔接协同，科学布局光热发电，提升电力系统安全运行和综合调节能力。
12	关于印发《加快构建新型电力系统行动方案（2024—2027年）》的通知	国家发展改革委，国家能源局，国家数据局	发改能源〔2024〕1128号	8月6日	探索光热发电与风电、光伏发电联营的绿电稳定供应模式。



序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
13	内蒙古自治区光热发电与风电光伏发电一体化系统项目实施细则（征求意见稿）	内蒙古自治区能源局	内能源公告〔2024〕17号	8月12日	光热发电与风电光伏一体化系统采用“长时储能光热+风电+光伏+电加热（+补燃）”的结构，构建一体化系统，统一调度、协同运行。光热发电与风电光伏一体化系统作为一个整体接入公用电网，与公用电网形成清晰的物理分界面。 光热发电与风电光伏一体化系统中，光热发电装机规模原则上不低于20万千瓦，光热发电储热时长和镜场面积根据风电光伏调节需求确定（原则上储热时长不小于6小时，镜场面积不少于8平方米/千瓦）。 光热发电与风电光伏一体化系统作为一个整体联合出力，发电出力应最大限度跟随电网供电负荷曲线特性，跟随能力按照年度逐时出力归一化曲线与电网供电负荷归一化曲线两者的年累计量之比进行测算，原则上具备不低于75%的能力。 电网晚高峰期间（17点至22点），一体化系统出力具备不低于光热发电额定容量和风电置信容量之和的顶峰能力。 光热发电与风电光伏一体化系统中光热发电、风电、光伏发电装机规模按照1:2:0或1:1.5:1或1:1:2三种方案进行配比，项目业主可根据实际自行选择。 光热发电与风电光伏一体化系统可通过补燃方式提高光热发电出力能力，补燃发电量不高于一体化系统总发电量的10%，配置补燃的一体化系统，碳排放标准不高于100克二氧化碳当量/千瓦时。 光热发电与风电光伏一体化系统与公用电网的联络线路由电网企业建设，协商一致后也可由项目投资主体建设，建成后可适时由电网企业依法依规回购。
14	关于印发金融租赁公司业务发展鼓励清单、负面清单和项目公司业务正面清单的通知	国家金融监督管理总局		8月16日	鼓励清单以国家战略需求为导向，将新能源等27个产业中的光热发电、医药研发、船舶等重要设备和重大技术装备纳入鼓励清单范围。



序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
15	《东北区域电力并网运行管理实施细则》 《东北区域电力辅助服务管理实施细则》	东北能源监管局	东北监能市场〔2024〕41号	8月21日	发电侧并网主体为东北区域省级及以上电力调度机构调度管辖范围内的火电、水电、核电、风电、光伏发电、光热发电、自备电厂等。 火电、水电、核电、光热电站等发电侧并网主体一次调频月投运率应达到100%，达不到要求按月投运率缺额考核，每降低1个百分点，每月按其额定容量×0.3分/万千瓦考核。
16	数字化绿色化协同转型发展实施指南	中央网络安全和信息化委员会办公室秘书局， 国家发展和改革委员会办公厅， 工业和信息化部办公厅， 自然资源部办公厅， 生态环境部办公厅 住房和城乡建设部办公厅， 交通运输部办公厅， 农业农村部办公厅， 国家市场监督管理总局办公厅， 国家数据局综合司		8月24日	探索光热发电与风电、光伏发电联营的绿电稳定供应模式。 逐步推动光热发电等在小型或边缘数据中心的规模化应用。



序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
17	关于做好可再生能源绿色电力证书与自愿减排市场衔接工作的通知	国家能源局综合司 生态环境部办公厅	国能综通新能〔2024〕124号	9月11日	避免可再生能源发电项目从绿证和CCER重复获益。对于光热发电项目，拟选择参加绿证交易的，相应电量不得申请CCER；拟申请CCER的，在完成自愿减排项目审定和登记后，由国家能源局资质中心“冻结”计入期内未交易绿证；在完成减排量核查和登记后，由国家能源局资质中心注销减排量对应的未交易绿证，并向社会公开信息。
18	关于组织申报第二批绿色低碳先进技术示范项目的通知	国家发展改革委	发改办环资〔2024〕759号	9月20日	技术要求包括：大容量、低成本太阳能热发电示范项目：单机规模不低于20万千瓦，储热时长不低于6小时，镜场面积不低于8平方米/千瓦。重点支持单机规模30万千瓦及以上项目。
19	陕西省可再生能源发展三年行动方案（2024-2026）	陕西省发展和改革委员会	陕发改能新能源〔2024〕1603号		鼓励榆林等光照条件好的地区建设太阳能光热发电作为调峰电源。
20	国家发展改革委等部门关于加强煤炭清洁高效利用的意见	国家发展改革委，工业和信息化部，自然资源部，生态环境部，交通运输部，国家能源局	发改运行〔2024〕1345号	9月29日	在落实气源等前提下，因地制宜推进“煤改气”“煤改电”，鼓励采用工业余热、热电联产等方式及地热、光热等清洁能源替代散煤使用。
21	国家发展改革委等部门关于大力实施可再生能源替代行动的指导意见	国家发展改革委，工业和信息化部，住房城乡建设部，交通运输部，国家能源局，国家数据局	发改能源〔2024〕1537号	10月30日	推动光热发电规模化发展。加快提升可再生能源资源评估、功率预测、智慧调控能力。加强新型储能技术攻关和多场景应用。推进长时储热型发电、热电耦合、中高温热利用等光热应用。加快试点应用。推动光热与风电光伏深度联合运行。



序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
22	中华人民共和国能源法	2024年11月8日 第十四届全国人民代表大会常务委员 会第十二次会议通过。自2025年1 月1日起施行。	/	11月8日	第二十五条 国家推进风能、太阳能开发利用，坚持集中式与分布式并举，加快风电和光伏发电基地建设，支持分布式风电和光伏发电就近开发利用，合理有序开发海上风电，积极发展光热发电。
23	关于2025年新疆电网优先购电优先发电计划的通知	新疆维吾尔自治区 发展改革委	/	11月25日	国家示范光热项目优先小时数按照批复小时数保障收购，计划电量1.98亿千瓦时。
24	西部地区鼓励类产业目录（2025年本）	国家发展改革委	2024年第 28号令	11月29日	西部地区新增鼓励类产业包括多个光热项目。 云南省 光热利用、光伏发电应用建筑材料研发生产。 风力、太阳能发电场建设及运营，退役风电、光伏、光热、储能设备的回收利用。 甘肃省 光热发电机组、风电机组、光伏电池组件及逆变器、双向充电桩等新能源装备研发及制造，太阳能多热源干燥技术开发，太阳能发电系统建设、运营及维护，风力发电场建设、运营及维护，退役风电、光伏、光热、储能设备的回收利用。 新疆维吾尔自治区（含新疆生产建设兵团） 风力、光伏、光热等清洁能源发电场运行、维护，太阳能发电系统及零部件制造。



序号	政策名称	发文部门	文号	发布时间	相关内容
25	内蒙古自治区能源局关于光热与风电光伏一体化项目申报的预通知	内蒙古自治区能源局	内能源新能字〔2024〕788号	12月4日	光热发电装机规模原则上不低于20万千瓦，光热发电储热时长和镜场面积根据风电光伏调节需求确定（原则上储热时长不小于6小时，镜场面积不少于8平方米/千瓦）。可通过补燃方式提高光热发电出力能力，补燃发电量不高于一体化系统总发电量的10%，碳排放标准不高于100克二氧化碳当量/千瓦时。
26	关于青海省光热发电上网电价政策的通知	青海省发展和改革委员会	青发改价格〔2024〕778号	12月31日	2024年至2028年年底，经青海省级发展改革、能源主管部门评审认定，纳入全省年度光热发电示范（试点）开发计划，履行基本建设程序并单独建设的光热发电项目，自投入商业运营之日起，上网电价按每千瓦时0.55元（含税）执行。上述光热项目不参与电力市场化交易。请国网青海省电力公司按照绿电优先的原则开展科学调度，切实发挥光热发电顶峰、调峰、调频、备用等作用，助力全省能源电力供给平稳高效运行。
统计制表：国家太阳能光热联盟					



1.4 太阳能热发电技术的主要特点

1.4.1 连续发电调节能力强

根据我国投产的 8 座商业化太阳能热发电示范项目的运行情况，太阳能热发电机组调峰深度最大可达 80%；爬坡速度快，升降负荷速率可达每分钟 3% ~ 6% 额定功率，冷态启动时间 1 小时左右、热态启动时间约 25 分钟，可 100% 参与电力平衡，可部分替代燃煤常规发电机组，对保障高比例可再生能源电网的安全稳定运行具有重要价值。电规总院以目前新疆电网为例进行过模拟计算，假定建设太阳能热发电机组从 100 万千瓦至 500 万千瓦，可减少弃风弃光电量 10.2% ~ 37.6%^[7]。

太阳能热发电也具有承担基础负荷的能力，且已被验证。西班牙有 18 个太阳能热发电站不间断运行达 3 周，其中带 15 小时储能、装机容量 20 万千瓦的 Gemasolar 电站实现连续 36 天全天候运行^[8]。在我国，中广核德令哈 5 万千瓦槽式太阳能热发电站截至 2023 年 4 月 23 日创造了 230 天连续稳定运行的历史纪录；青海中控德令哈 5 万千瓦光热电站连续运行 13 天；首航高科敦煌 10 万千瓦光热电站 2023 年 9 月份最长不间断发电时长达 14 天；中船新能乌拉特中旗 10 万千瓦光热电站 2023 年 6 月 1 日至 2024 年 5 月 31 日，电站纯光热发电量达 34223 万 kWh，年等效满负荷利用小时数达 3422 小时，又一次刷新完整年纯光热发电量纪录。

清华大学能源互联网研究院研究表明，如安装 22GW 光伏和 7GW 风电，青海电网在丰水期可连续 3 日全清洁能源供电（包括省内负荷以及特高压外送河南）；如在此基础上配置 4GW 太阳能热发电，青海电网在丰水期可高达创世界纪录的连续 30 日全清洁能源供电^[9]。

1.4.2 安全性高，适合大容量储能使用

储能安全性是大容量储能的一个重要方面，带有二元硝酸盐的储热是一种安全水平较高的储热方式，自 1976 年法国 THERMIS 熔融盐电站，全球 790 万 kW 的装机 50 年来未发生爆炸等安全事故。目前，我国在运行的单机容量最大的塔式光热电站——首航高科 100MW 光热发电站储电已达 1.7GWh，全球熔融盐储热总量达到 1000GWh。

1.4.3 太阳能热发电储热系统可双向连接电网

太阳能热发电的熔融盐储能系统，既可通过太阳能集热系统给其充热、储热，也可通过电加热系统将网上的峰值电力转化为热能存储发电。这样的使用方式非常有利于电力系统的电力平衡，能很好地参与电力市场交易。2023 年起，我国吉林、新疆、青海，甘肃，内蒙古等省和自治区太阳能热发电与风电和光伏互补项目就鼓励采用这种联营方式的太阳能热发电，太阳能热发电加可再生能源电力项目正在起步。

我国在第二代熔融盐为传热介质的电站和导热油为介质的第一代太阳能热发电技术方面已经达到了商业化。2016 年，国家发展改革委、财政部和国家能源局联合下达的首批太阳能热发电示范项



目共计 20 个，总装机容量 1349MW^[10]。我国 2024 年启动的项目包含了单机不低于 200MW，鼓励 300MW 机型发展。在第四代太阳能热发电方面，2024 年 5 月 28 日 19:01，以颗粒为传热介质的超临界二氧化碳太阳能系统全球首次成功发电，吸热器温度和功率为 700℃ /1MW_{th}，透平发电机组温度、压力和功率为 550℃ /14MPa/0.2MW^[2]。在美国能源部（DOE）和欧盟科技计划支持下，美国的第四代太阳能热发电技术已经完成透平发电机组 500℃ /14MPa/10MW，但吸热器和换热器还未完成，系统集成还未见报道。在 2024 年 10 月举行的第 30 届国际太阳能热发电大会上，欧盟和美国展示了第三代太阳能热发电空气吸热器方面的研究成果，但在系统集成方面的成果较少。

太阳能光伏发电是太阳能利用的重要形式，太阳能热发电与太阳能光伏发电的主要差别如下，

发电原理：太阳能热发电利用集热装置将太阳辐射热能转化为热能，驱动汽轮机发电，是热发电的方式。太阳能光伏发电利用光伏电池板的光生伏打效应，将光能直接转换为电能，是光转电的方式。

技术成熟度：太阳能热发电技术尚处于商业化初期，成本较高。光伏发电技术成熟，已形成产业化。

使用范围：太阳能热发电适合大型化、规模化发展，尤其在光照条件好的地区。光伏发电装置简单，对光照要求较低，更适合小型化、分散式利用。

并网难易：太阳能热发电输出电力稳定，易于并网。光伏发电受日光照射强度影响较大，并网难度较大。

综上所述，光热发电与光伏发电的特点比较见表 1.4-1。

表 1.4-1 太阳能热发电与光伏发电特点比较

	太阳能光伏发电	太阳能热发电
太阳辐照资源	总辐射（GHI）	法向直射辐射（DNI）
应用场景	站址不受地域限制、布置灵活、建设周期短、运维简单	站址受地域限制、系统复杂、建设周期长、运维要求高
出力特性	间歇性、波动性出力	输出电力稳定，调节灵活，可实现 24h 连续发电
调峰能力	需要调峰电源或储能电站	可根据电网负荷需求调峰
系统电压支撑能力	无法向电网提供短路容量支撑	作为同步发电机电源，可为系统提供短路容量，具备电压支撑能力



	太阳能光伏发电	太阳能热发电
调频能力	频率支撑能力弱，其间歇性、波动性出力可能会引发系统频率波动	可参与一次调频和二次调频，并为系统提供转动惯量，增强系统稳定性。
谐波	并网逆变器产生谐波	基本不产生谐波
次同步振荡	易引发次同步振荡	作为同步发电机电源，可抑制次同步振荡
应对极端天气发电	不能	可用天然气发电，仅需备用天然气锅炉，备用成本低
发电成本	低（成熟商业化，置信容量 0）	较高（商业化起步期，发展快，置信容量 100%）
统计制表：国家太阳能光热联盟		

1.5 太阳能热发电发展历程

我国太阳能热发电发展步骤明晰，从“十一五”开始，按照以下五个阶段稳步发展。

第一步：科技引领，掌握核心技术。

“十一五”和“十二五”期间，科技部部署了第一代塔式、槽式和第二代塔式太阳能热发电项目，建立了 MW 级和 10MW 级塔式及槽式电站，实现了第一代和第二代太阳能热发电技术的突破。

第二步：示范先导，建立产业链。

“十三五”末期，国家发展改革委，财政部，国家能源局联合于 2016 年启动了 134.9 万千瓦的太阳能热发电示范项目，项目发电 55 万千瓦太阳能热发电项目，初步建立了产业链，10 小时熔融盐储热的 10 万千瓦塔式电站单位投资 3.2 万 /kW，电价 1.15 元 /kWh。

第三步：持续产业布局，优化产业链。

在掌握核心技术和工程实践经验的基础上，2023 年国家能源局综合司发布了《关于推动光热发电规模化发展有关事项的通知》（国能综通新能〔2023〕28 号），提出“充分认识光热发电规模化发展的重要意义。光热发电兼具调峰电源和储能的双重功能”“结合沙漠、戈壁、荒漠地区新能源基地建设，尽快落地一批光热发电项目，力争‘十四五’期间，全国光热发电每年新增开工规模达到 300 万千瓦左右”^[1]。利用光伏利润补贴光热，同时光热为光伏提供无太阳辐照时的上网支撑，完善产业链，2023 年在国家能源局的部署下，启动了一批互补项目，通过项目建设，完善和优化了



太阳能热发电产业链，使得成本进一步降低。10 小时熔融盐储热的 100MW 塔式电站单位投资 1.6 万 /kW，电价 0.76 元 /kWh。

第四步：发挥技术特点，降低成本，进入市场。

建立了太阳能热发电与光伏和风电一体化项目，发挥光热发电基础负荷和可调峰的特性，利用电力现货市场的交易进入电力市场，10 小时熔融盐储热的 300MW 塔式电站单位投资 1.4 万 /kW，电价 0.48 元 /kWh。

第五步：以热为主，风光热打捆，替代火电。

在“十五五”期间及“十六五”前期，建立单机为 GW 级的太阳能热发电站，形成可连续发电的稳定电源，同时配以光伏和风电，形成电价低于火电，可持续发电的零碳电源。1000MW 级，10 小时熔融盐储热的 1000MW 塔式电站单位投资 1.1 万 /kW，电价 0.35 元 /kWh。同时超临界二氧化碳形成 50MW 级示范，为进一步降低电价提供后续活力。



二、太阳能热发电市场发展情况

2.1 我国太阳能热发电装机容量

根据国家太阳能光热联盟统计，截至 2024 年 底：

1. 建成发电装机：838.2MW，其中熔融盐塔式 481MW，导热油槽式 191MW，熔盐线菲式166MW，超临界二氧化碳太阳能热发电 0.2MW（全球首座第四代太阳能热发电系统）；
2. 在建装机：3300MW，34 个项目；
3. 规划装机：4750MW~4800MW，37 个项目。

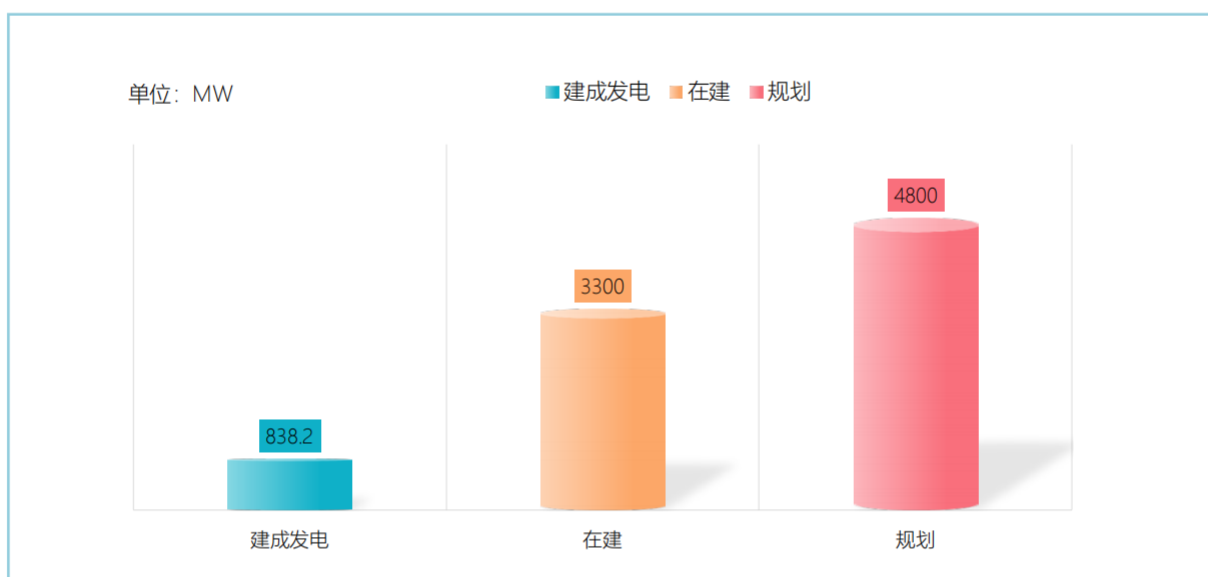


图 2.1-1 我国光热电站建设进度（统计制图：国家太阳能光热联盟）

表 2.1-1 我国已建成的太阳能光热发电项目汇总（截至 2024 年 12 月 31 日）

序号	项目名称	发电时间	聚光方式	装机容量，MW
1	中国科学院电工研究所延庆 1MW 塔式光热实验电站	2012 年 8 月 / 2017 年 5 月	塔式 / 槽式	1
2	中控太阳能德令哈 10MW 光热电站	2013 年 7 月 / 2016 年 8 月	水工质 / 熔融盐塔式	10
3	兰州大成 1MW 线菲式太阳能热电联供电站	2015 年 10 月	线菲式	1
4	兰州大成拉萨柳梧 1MWe 聚光太阳能分布式热电联供示范项目	2015 年 10 月	线菲式	1



5	首航高科敦煌 10MW 熔盐塔式光热电站	2016 年 12 月	塔式	10
6	张家口一号 15MW 类菲涅耳式光热电站	2018 年 5 月	类线菲式	15
7	中广核德令哈 50MW 导热油槽式光热电站	2018 年 10 月	槽式	50
8	首航高科敦煌 100MW 熔盐塔式光热电站	2018 年 12 月	塔式	100
9	中控太阳能德令哈 50MW 熔盐塔式光热电站	2018 年 12 月	塔式	50
10	中电建共和 50MW 熔盐塔式光热电站	2019 年 9 月	塔式	50
11	鲁能格尔木多能互补 50MW 熔盐塔式光热电站	2019 年 9 月	塔式	50
12	中国能建哈密 50MW 熔盐塔式光热电站	2019 年 12 月	塔式	50
13	兰州大成敦煌 50MW 熔盐线性菲涅耳式光热电站	2019 年 12 月	线菲式	50
14	中船新能乌拉特中旗 100MW 导热油槽式光热电站	2020 年 1 月	槽式	100
15	玉门鑫能 50MW 熔盐二次反射塔式光热电站	2022 年 3 月	塔式	50
16	中国科学院电工研究所延庆超临界二氧化碳光热实验电站	2024 年 5 月	第四代	0.2
17	中核集团玉门“10 万千瓦光热 +20 万千瓦风电 +40 万千瓦光伏”项目	2024 年 9 月	线菲式	100
18	甘肃阿克塞汇东新能源 75 万千瓦光热 + 光伏试点项目	2024 年 11 月	塔式	110
19	西藏扎布耶源网荷储一体化综合能源站	2024 年 12 月	槽式	40
合计				838.2
统计制表：国家太阳能光热联盟				



表 2.1-2 中国光热发电年累计装机容量

年份	累计装机容量, MW
2012	1
2013	11
2014	11
2015	13
2016	23
2017	23
2018	238
2019	438
2020	538
2021	538
2022	588
2023	588
2024	838.2

统计制表：国家太阳能光热联盟

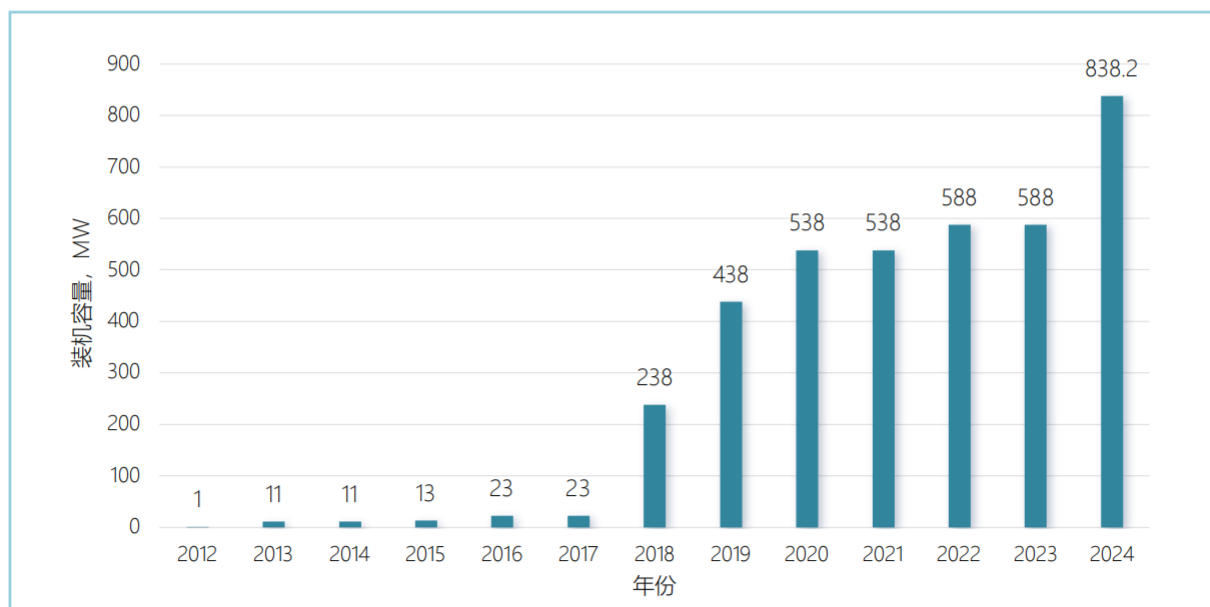


图 2.1-2 中国光热发电年累计装机容量 (统计制图：国家太阳能光热联盟)



2.2 全球新增太阳能热发电装机容量

2024 年，国外新增 1 座并网光热电站，总装机容量 100MW，配置 12 小时熔盐储热系统，为南非 Redstone 塔式太阳能热发电站。该电站位于南非北开普省 Kimberley 附近的波斯特马斯堡（Postmasburg），是南部非洲首个塔式熔盐光热发电电站，紧邻 SolarReserve 和其合作方已开发的 75MW 的 Lesedi 光伏电站和 96MW 的 Jasper 光伏电站。这三个电站组成了一个光伏和光热发电综合体，总装机达到 271MW。该项目是南非截至目前最大的可再生能源投资项目，其战略重要性得到了南非国家能源协会（SANEA）的认可。

该项目总投资约 116 亿兰特（53 亿元人民币），业主为沙特电力 ACWA Power，由沙特可再生能源开发商 ACWA Power 与 Central Energy Fund 和 Pele Green Energy 联合开发，太阳能光热联盟理事单位——山东电力建设第三工程有限公司 EPC 总承包建设。该电站在当地时间 2024 年 9 月 14 日 13 时 19 分成功实现首次并网，机组各项性能参数、指标优良，各系统运行稳定^[12]。

该项目投运后，将能够每年向电网输送 466GWh 的电力，可为南非 210000 户家庭提供清洁能源。项目在建设过程中为南非创造了 2500 多个就业岗位，包括 650 名来自当地社区的员工，并培养了 400 多名当地工程师和技术员^[13]。



图 2.2-1 RedStone 太阳能热发电站（图片来源：山东电建三公司）

根据国家太阳能光热联盟统计，2024 年底，全球光热发电累计装机容量达到 7900.2MW（含美国上个世纪 80 年代建设目前已退役的 8 座槽式电站，总装机容量 274MW，最长运行时间超过 30 年）。近几年全球光热发电累计装机容量情况如下表所示。



表 2.2-1 全球光热发电累计装机年代值

年份	全球累计装机，MW	备注
2014	4584	全球第一座熔融盐塔式实验电站，法国 THERMIS，1979 年开始建设，1983 年发电。
2015	5005	
2016	5082	全球第一座水介质塔式实验电站，CESA-I，1979 年发电。
2017	5199	全球第一座导热油槽式实验电站，美国 LS-1，80 年代。
2018	6109	全球第一座熔融盐塔式商业化电站，美国新月沙丘光热电站 110MW，于 2015 年发电。
2019	6590	全球第一座槽式商业化电站，美国 SEGS I，13.8MW，1984 年 12 月 20 日发电。
2020	6690	全球第一座水介质菲涅尔式电站，西班牙 Puerto Errado 2，2011 年 4 月
2021	6800	开工建设，2012 年 3 月并网发电，装机为 30MW，储热时长 0.5 小时。
2022	7050	全球第一座熔融盐菲涅尔电站，兰州大成敦煌 50MW 电站，2019 年 12 月 31 日发电。
2023	7550	全球第一座超临界二氧化碳实验电站，中国科学院电工研究所延庆太阳能热
2024	7900.2	发电基地 0.2MW，2024 年 5 月 28 日发电。
统计制表：国家太阳能光热联盟		

表 2.2-2 全球及中国光热发电累计装机对比统计

年份	全球累计装机, MW	中国累计装机, MW
2014	4584	11
2015	5005	13
2016	5082	23
2017	5199	23
2018	6109	238
2019	6590	438
2020	6690	538
2021	6800	538
2022	7050	588
2023	7550	588
2024	7900.2	838.2
统计制表: 国家太阳能光热联盟		

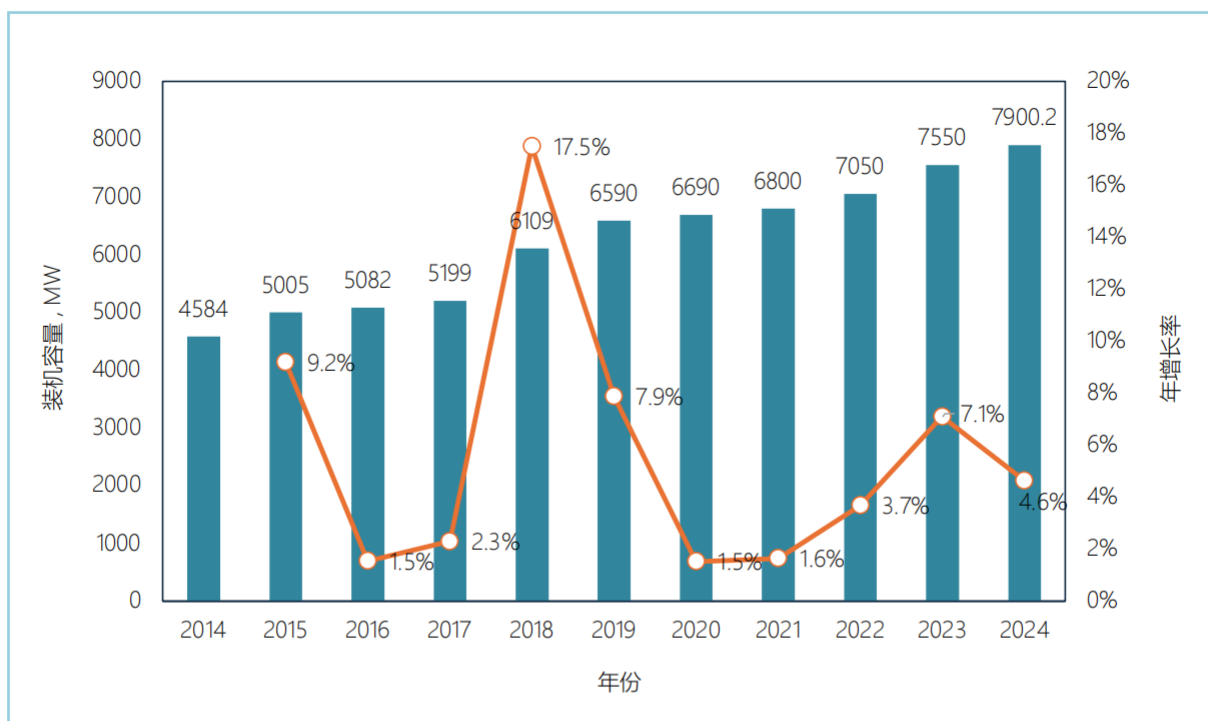


图 2.2-2 全球光热发电累计装机容量及年增长率（统计制图：国家太阳能光热联盟）

2.3 太阳能热发电站不同聚光形式占比

截至 2024 年底，在中国光热发电累计装机中，熔融盐塔式（简称塔式）约占 57.38%，导热油槽式（简称槽式）约占 22.67%，熔融盐线性菲涅尔式（简称线菲式）约占 19.92%，超临界二氧化碳约占 0.02%。

国家光热联盟统计，全球光热发电累计装机中，塔式约占 21.63%，槽式约 73.76%，线菲式约 4.61%。

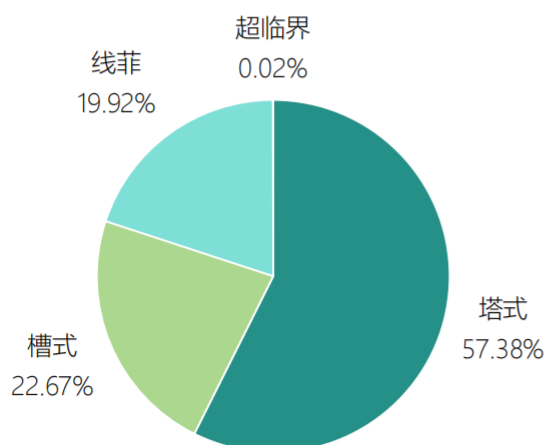


图 2.3-1 中国光热发电累计装机中的聚光形式
(统计制图：国家太阳能光热联盟)

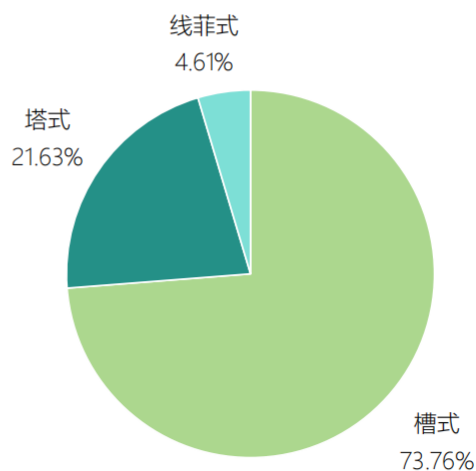


图 2.3-2 全球光热发电累计装机中的聚光形式
(统计制图：国家太阳能光热联盟)



通过对比发现，我国塔式光热发电占比较多，而全球范围内槽式较多，主要原因是国外最早的商业化光热电站采用了槽式技术。美国建于上个世纪 80 年代的 9 座 SEGS 电站均为槽式电站（未配置储热系统），总装机容量 354MW；此后，欧洲的首座商业化光热电站也采用了槽式（含有熔融盐储热系统）技术。2007 年，西班牙政府率先发布了促进太阳能热发电技术发展的上网电价法案（Royal Decree 661-2007）^[14]，然而，包括银行在内的融资机构要求建设项目应有案例参考，从而增加可授信度，因此西班牙建设的光热电站几乎都采用了槽式光热发电技术。

2.4 中国新投运太阳能热发电项目

2024 年，中国新增太阳能热发电项目容量 250.2MW，清单如下。

表 2.4 2024 年新增太阳能热发电项目清单

序号	项目名称 / 业主单位 / 地点	装机容量, MW
1	北京延庆超临界二氧化碳太阳能热发电实验电站 / 中国科学院电工研究所 / 北京市延庆区太阳塔路 8 号（第四代太阳能热发电技术）	0.2
2	中核集团玉门“10 万千瓦光热 + 20 万千瓦风电 + 40 万千瓦光伏”项目 / 中核集团玉门新奥新能源有限公司 / 甘肃省酒泉市玉门市红柳泉风光储综合能源示范基地（第二代太阳能热发电技术）	100
3	阿克塞县汇东新能源有限责任公司 75 万千瓦光热 + 光伏试点项目 / 阿克塞哈萨克族自治县汇东新能源有限责任公司 / 甘肃省酒项目位于酒泉市阿克塞四十里戈壁千万千瓦级光热发电基地（第二代太阳能热发电技术）	110
4	西藏扎布耶源网荷储一体化综合能源站 / 宝武清洁能源（西藏）有限公司 / 日喀则市仲巴县扎布耶盐湖东南侧（第二代太阳能热发电技术）	40
累计		250.2
统计制表：国家太阳能光热联盟		



2.5 在建太阳能热发电项目

据国家太阳能光热联盟梳理统计，截至 2024 年 12 月 31 日，我国各省和自治区在建（列入政府名单）光热发电项目约 34 个，总装机容量 3300MW，预计多数将于 2025 年完成建设。

表 2.5 我国在建太阳能热发电项目汇总

序号	项目名称	聚光方式	装机容量，MW
1	金塔中光太阳能“10 万千瓦光热 +60 万千瓦光伏”项目	塔式	100
2	恒基伟业（三峡集团）瓜州“10 万千瓦光热 +20 万千瓦光伏 +40 万千瓦风电”项目	塔式	100
3	龙源电力 10 万千瓦光热 +48 万千瓦风电 +12 万千瓦光伏项目	熔盐线菲	100
4	甘肃光热发电有限公司阿克塞 50MW 高温熔盐槽式光热发电项目	槽式	50
5	海南海西基地青豫直流二期 1 标段	塔式	100
6	海南海西基地青豫直流二期 3 标段	塔式	100
7	三峡能源海西基地格尔木 1100MW 光伏光热项目	塔式	100
8	中广核太阳能德令哈 100 万千瓦光伏光热项目（光热 20 万千瓦）	塔式	200
9	中电建共和 100 万千瓦光伏光热项目	塔式	100
10	吉西基地鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目 -1 单元	塔式	100
11	吉西基地鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目 -2 单元	塔式	100
12	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	熔盐线菲	100
13	大唐石城子 100 万千瓦“光热 + 光伏”一体化清洁能源示范项目	熔盐线菲	100
14	鲁能阜康市多能互补（暨新能源市场化并网）项目	塔式	100
15	中能建哈密“光（热）储”多能互补一体化绿电示范项目	塔式	150
16	吐鲁番市托克逊县乌斯通光热 + 光伏一体化项目	塔式	100
17	中国电建若羌县 10 万千瓦光热（储能）+90 万千瓦光伏示范项目	塔式	100



序号	项目名称	聚光方式	装机容量, MW
18	唐山海泰新能科技股份有限公司光热 + 光伏一体化项目	塔式	100
19	国家电投集团河南电力有限公司光热 + 光伏一体化项目	塔式	100
20	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	塔式	100
21	国投若羌县 10 万千瓦光热储能配套 90 万千瓦光伏市场化并网发电项目	塔式	100
22	新华水力发电有限公司博州 10 万千瓦储热型光热配建 90 万千瓦新能源项目	塔式	100
23	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	塔式	100
24	兵地融合 3GW 光伏基地项目（一期建设 100MW 压缩二氧化碳熔盐储能型光热发电 +900MW 光伏发电一体化项目）	/	100
25	中广核阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目	槽式	50
26	中能建拉萨当雄 250MW 光伏 +100MW 光热发电项目	槽式	100
27	中能建拉萨当雄 100MW 光热 +800MW 光伏一体化项目	槽式	100
28	中电工程中南院日喀则市岗巴县 50MW 并网光热 +448MW 光伏多能互补一体化电站项目（2024 年保供项目）	/	50
29	西藏开投安多县土若村 125MW 光伏 +50MW 光热一体化项目	/	50
30	西藏华电拉萨当雄 100MW 光热 +800MW 光伏一体化多能互补示范项目	槽式	100
31	华能青海公司格尔木 50 万千瓦超临界二氧化碳光热融合示范项目	/	50
32	海南海西基地青豫直流二期 2 标段	塔式	100
33	哈密北 90 万千瓦光伏发电 +10 万千瓦光热发电项目	塔式	100
34	西藏开投安多县土硕 100MW 光热 +800MW 光伏一体化项目	塔式	100
合计：3300			
统计制表：国家太阳能光热联盟			



2.6 规划的太阳能热发电项目

据国家太阳能光热联盟梳理统计，截至 2024 年底，我国各省和自治区拟建（列入政府名单）光热发电项目 37 个，总装机容量 4750~4800MW。

表 2.6 2024 年规划中的太阳能热发电项目清单

序号	项目名称	项目业主	项目来源
甘肃省			
1	中广核甘肃玉门 70 万千瓦光伏光热风电制氢示范项目【100MW 光热 +200MW 光伏 +400MW 风电】	中广核太阳能金昌有限公司	甘肃第三批风光大基地预备项目清单
2	中核汇能金塔县 160 万千瓦清洁能源保障项目【主要包括 90 万千瓦风电、70 万千瓦光伏、电蒸汽锅炉、10 万 m ² 槽式镜场等】	中核汇能（甘肃）能源有限公司	甘肃省第三批大基地预备项目
3	金塔县白水泉 70 万千瓦风光项目（光热 10 万千瓦、风电 40 万千瓦、光伏 20 万千瓦）	金塔县金鑫工投新能源开发有限公司	企业规划项目
青海省			
4	中能建江苏设计院 / 江苏美科共和 100 万千瓦源网荷储项目	中国能源建设集团江苏省电力设计院有限公司	青海省第二批大型风电光伏基地建设项目
5	格尔木乌图美仁 330 万千瓦多能互补项目（300 万千瓦光伏 ++30 万千瓦光热，储能规模 52 万千瓦 /100 万千瓦时、1 万千瓦调相机）	中国绿发青海新能源有限公司	青海省 2021 年市场化并网重点推进项目
6	大容量储热多能互补一体化项目（其他电源规模 115 万千瓦光伏 +20 万千瓦光热）	青海中控太阳能发电有限公司	原“青海省 2021 年市场化并网重点推进项目”
7	青海海西州冷湖风电光热光伏一体化项目	中广核青海冷湖风力发电有限公司	规划项目
8	浙江中光新能源科技有限公司德令哈 350MW 光热项目	浙江中光新能源科技有限公司	青海省 2024 年光热发电示范（试点）项目
9	浙江可胜技术股份有限公司格尔木 350MW 光热项目	浙江可胜技术股份有限公司	
10	中广核风电有限公司大柴旦 350MW 光热项目	中广核风电有限公司	



序号	项目名称	项目业主	项目来源
新疆维吾尔自治区			
11	新疆重能“疆电入渝”哈密 410 万千瓦新能源项目（风电 280 万千瓦、光伏 120 万千瓦、光热 10 万千瓦）	新疆重能电力开发有限公司	“疆电入渝”工程重要项目——哈密至重庆特高压直流工程配套煤电项目
	“疆电外送”第三通道配套新能源项目（风电 420 万千瓦、光伏 180 万千瓦、光热 10 万千瓦）	新疆华电天山发电有限公司	“疆电入渝”工程重要项目——哈密至重庆特高压直流工程配套煤电项目
12	吐哈油田鄯善东“风光热储”一体化综合能源项目（90 万千瓦光伏 +10 万千瓦光热）	中国石油天然气股份有限公司吐哈油田分公司	第三批风光基地项目
13	合盛电业（鄯善）25 万千瓦光热 +210 万千瓦光伏一体化项目	合盛电业（鄯善）有限公司	2023 年第二批新能源备案项目
14	大唐哈密十三师清洁能源开发有限公司第十三师新星市黄田农场大唐 20 万千瓦光热 180 万千瓦光伏发电一体化项目	中国大唐集团新能源股份有限公司	新疆兵团 2024 年第四次市场化并网新能源项目清单
西藏自治区			
15	中广核拉萨乌玛塘 125MW 光伏 +50MW 光热项目	中广核风电有限公司	2023 保障性并网项目
16	那曲市色尼区 250MW 光伏 + 100MW 光热一体化项目	国投电力控股股份有限公司	
17	那曲市聂荣 125MW 光伏 +50MW 光热一体化项目	国投电力控股股份有限公司	



序号	项目名称	项目业主	项目来源
18	广东建工日喀则市仲巴县或昂仁县 5 万千瓦光热项目	广东省建筑工程集团股份有限公司	2024 年保供项目
19	西藏开投那曲市安多县土硕 50MW 光热项目	西藏开发投资集团有限公司	
20	龙源电力那曲市聂荣县 50MW 光热项目	龙源电力集团股份有限公司	
21	中广核风电阿里 50MW 光热发电一标段	中广核风电有限公司	
22	中国葛洲坝阿里 50MW 光热发电二标段	中国葛洲坝集团机电建设有限公司	
23	华能雅江公司 2024 年西藏光热光伏项目【初拟规模区间：光热 5 万千瓦（含）~10 万千瓦（含），配置光伏 35 万千瓦（含）~90 万千瓦（含）】	华能西藏雅鲁藏布江水电开发投资有限公司	规划项目
24	西藏华电那曲色尼区光伏光热一体化项目一期（50MW 光热 +120MW 光伏 +96MWh 储能）	华电西藏能源有限公司	
25	那曲安多光热 + 风光电一体化项目规划及首期光热（100MW）发电项目	国家能源集团西藏电力有限公司	
26	国投那曲市色尼 250MW 光伏 +50MW 光热一体化项目	国投西藏新能源有限公司	
27	龙源西藏白朗县 125MW 光伏 +100MW 风电 +50MW 光热多能互补项目	国家能源集团龙源阿里新能源（阿里）有限公司	
内蒙古自治区			
28	华能乌拉特后旗风光热储一体化项目 30 万千瓦光热项目	华能新能源股份有限公司蒙西分公司	2022 年 9 月巴彦淖尔市第三季度招商引资重点项目
29	华能准格尔旗多能互补项目 10 万千瓦光热项目	华能新能源股份有限公司蒙西分公司	规划项目
30	华能阿拉善以光热为支撑的大型清洁能源外送基地	华能阿拉善盟新能源发电有限公司	
31	大唐（内蒙古）能源开发有限公司阿拉善新能源事业部光热发电与风电光伏一体化系统项目		



序号	项目名称	项目业主	项目来源
32	阿拉善左旗 20 万千瓦光热发电项目	/	《内蒙古自治区光热发电与风电光伏发电一体化系统项目实施细则（征求意见稿）》实施项目
33	内蒙古自治区鄂尔多斯中北部新能源基地项目 - 光热发电 200MW	三峡集团	新能源基地项目
34	内蒙古自治区乌兰布和沙漠东北部新能源基地 - 光热发电 200MW	蒙能集团	
35	内蒙古腾格里新能源基地 - 光热发电 200MW	华电集团	
36	甘肃巴丹吉林沙漠酒泉新能源基地 - 合理配置光热发电规模	国家能源集团	
四川省			
37	中广核新能源四川阿坝县 200MW 光热项目	中广核盐源太阳能有限公司	规划项目
统计制表：国家太阳能光热联盟			

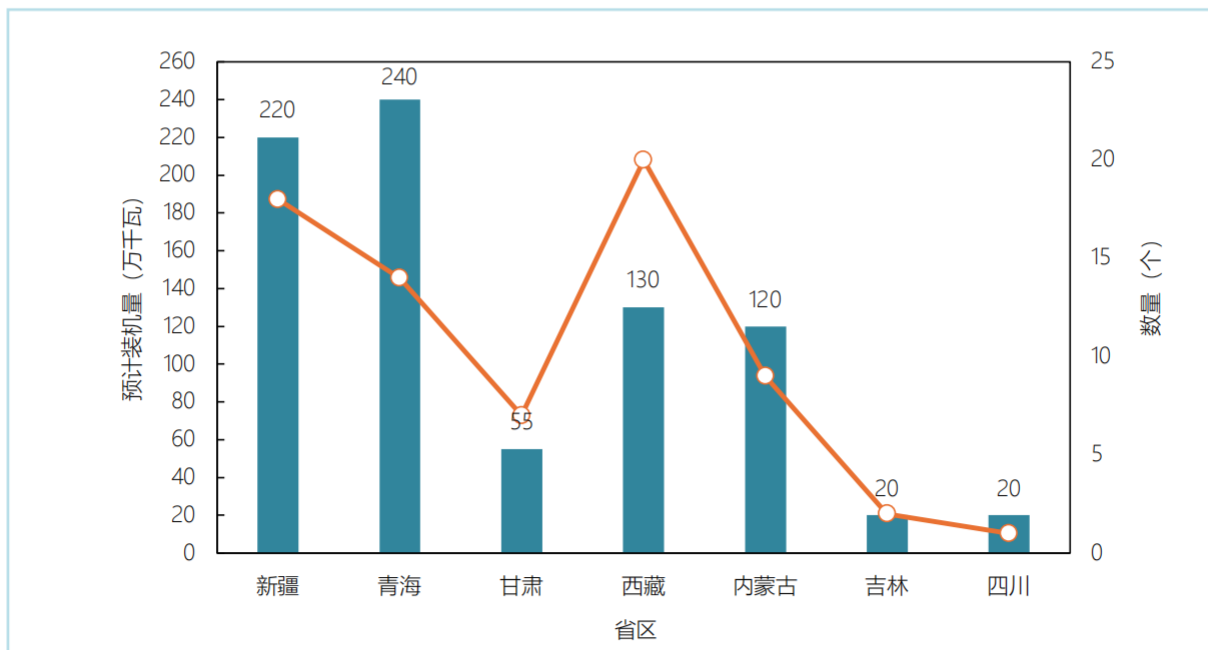


图 2.6 2024 年我国各省区在建和拟建光热发电装机容量及项目数量（统计制图：国家太阳能光热联盟）



三、太阳能热发电示范项目运行情况

本章节主要总结太阳能光热电站 2024 年全年运行情况,感谢各电站业主¹对于本章内容的贡献。

3.1 中广核德令哈 50MW 槽式光热电站

中广核德令哈槽式太阳能热发电站 2024 年基本情况	
容量	50MW
集热场面积	62 万平方米
占地面积	2.46 平方公里
聚光器单元尺寸	5.67x12m
吸热管型号	Φ 76x4060x3mm
集热场回路数量	190 个
集热场传热介质 / 工作温度	导热油 /393℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 / 约为 35000 吨
储热时长	9 小时
汽轮机容量 / 参数	中温、高压机组, 50MW/ (主汽温度 381℃ / 正常运行; 370℃ / 储热发电模式) 。
项目并网时间	2018 年 6 月
项目投资	17 亿元
2023 年发电量	11040 万 kWh
2024 年发电量	14120 万 kWh 2024 年,中广核德令哈 50MW 光热示范电站完成上网电量 1.41 亿千瓦时,再创新高。2024 年以来,中广核太阳能德令哈有限公司持续加大光热发电技术创新应用,围绕集热效能提升、设备可靠性提升开展技术攻关,并持续优化运行策略,努力提高发电效率。主要开展机力冷却塔填料优化改造提高机组真空 3%,进一步优化镜场清洗策略,提高清洗频次 30%,实现集热器洁净度保持在 90% 以上,开展镜场无人机智慧化巡检,大幅度提高集热器故障排查及治理效率,集热器设备可利用率 99% 以上。年内电站单日上网电量突破 114 万 KWh,单月上网电量达 1892 万 KWh,年度等效利用小时数达到 2824h。其中“槽式光热电站集热效率提升”项目荣获中国水利水电质量管理协会一等成果。

¹ 致谢 (按拼音排序): 敦煌首航节能新能源有限公司、兰州大成科技股份有限公司、浙江中光新能源科技有限公司、中电哈密太阳能热发电有限公司、中电建新能源集团股份有限公司、中广核太阳能德令哈有限公司、中国船舶重工集团新能源有限责任公司、中国绿发集团鲁能新能源(集团)有限公司青海分公司



3.2 首航高科敦煌 100MW 塔式光热电站

首航高科敦煌 100MW 塔式太阳能热发电站 2024 年基本情况	
容量	100MW
定日镜场总采光面积	138 万平方米
占地面积	7.8 平方公里
定日镜尺寸	采光面积 115.7 平方米，由 35 面凹面子镜组成，排列方式竖 5 排、横 7 排。
定日镜数量	1.2 万面
吸热塔高度	263m
吸热器尺寸	Φ 19.2x40mm
定日镜场尺寸	圆周布置，最远点距离吸热塔中心，1500m，78 圈。
集热场传热介质 / 工作温度	二元熔融盐 / 565℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 / 25000 吨
储热时长	10 小时
汽轮机容量 / 参数	机组设计压力 12.6Mpa、主汽温度 550℃、再热温度 550℃、排气压力 8Kpa。
项目并网时间	2018 年 12 月 28 日，2019 年 6 月电站实现满负荷运行
项目投资	28.12 亿元
2019 年发电量	8647.17 万 kWh
2020 年发电量	1.37 亿 kWh
2021 年发电量	2 亿 kWh
2022 年发电量	2 亿 kWh 因国外采购汽轮机缺陷，机组最大安全运行负荷不超过 63%，影响发电量。
2023 年发电量	2.35 亿 kWh（2023 年 1-11 月份） 2023 年由于机组最大安全运行负荷不超过 63%，造成大量弃光，直接减少发电量 6579 万 kWh。12 月开始对汽轮机高压缸进行更换。
2024 年发电量	2.3608 亿 kWh 2024 年完成发电量超 2023 年发电量 108 万 kWh。机组于 2024 年 1 月 25 日机组高压缸及系统更换完毕后进行启动，1 月 28 日实现满负荷发电，后续配合进行长达 4 个月的各项机组实验及涉网实验，5 月 28 日完成各项实验。机组于 2024 年 8 月 17 日实现日发电量 227.14 万 kWh，打破电站历史日最大发电量。



3.3 青海中控德令哈 50MW 塔式光热电站

青海中控德令哈 50MW 塔式太阳能热发电站 2024 年基本情况	
容量	50MW
定日镜场总采光面积	54.27 万平方米
占地面积	2.47 平方公里
定日镜尺寸	20 平方米
定日镜数量	27135 面
吸热塔高度	200m
吸热器尺寸	φ 12.14x15.03m
定日镜场尺寸	方形镜场，南北 1500m，东西 1721m，定日镜圆周布置。
集热场传热介质 / 工作温度	二元熔盐 /565℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 /10116 吨
储热时长	7 小时
汽轮机容量 / 参数	机组设计压力 13.7Mpa、主汽温度 540℃、再热温度 540℃、排气压力 8Kpa。
项目并网时间	2018 年 12 月 30 日并网发电
项目投资	10.88 亿元
2019 年发电量	0.597 亿 kWh，4 月份开始发电
2020 年发电量	1.066 亿 kWh
2021 年发电量	1.050 亿 kWh
2022 年发电量	1.496 亿 kWh
2023 年发电量	1.524 亿 kWh
2024 年发电量	1.402 亿 kWh

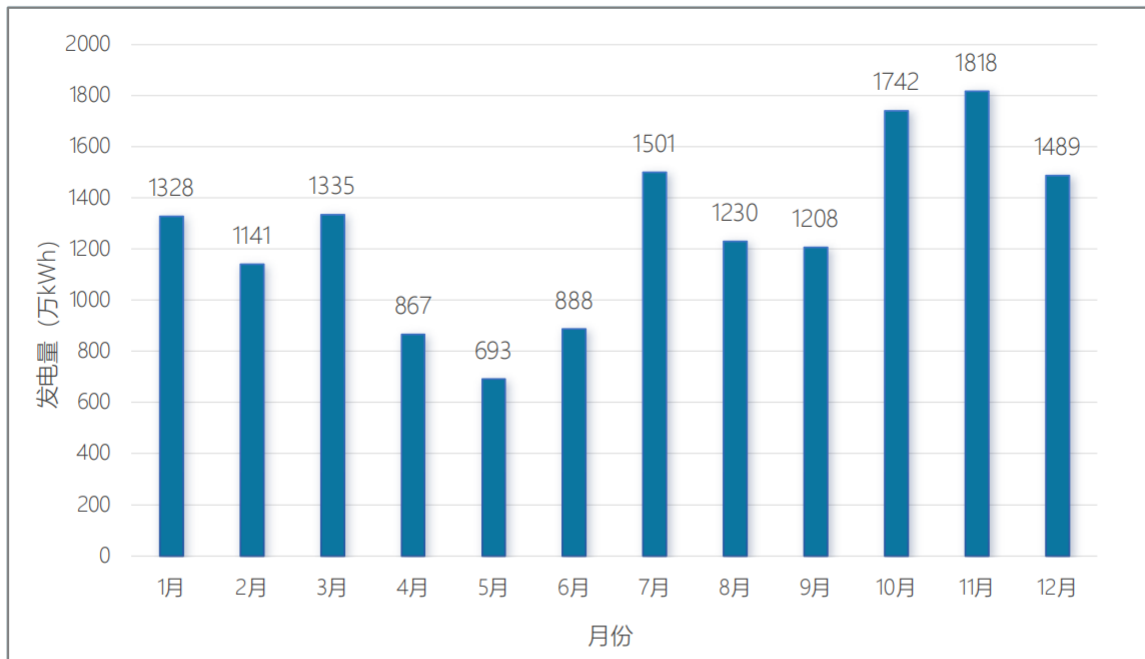


图 3.3-1 青海中控德令哈 50MW 光热电站 2023 年逐月发电量
(统计制图：可胜技术 / 国家太阳能光热联盟)

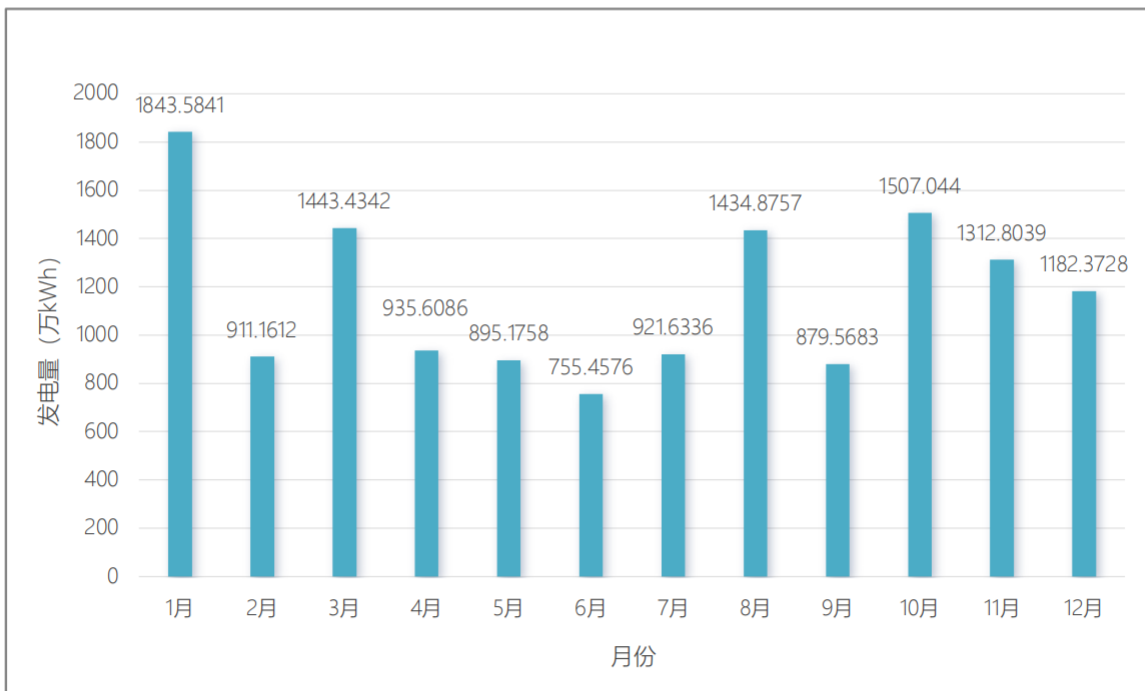


图 3.3-2 青海中控德令哈 50MW 光热电站 2024 年逐月发电量
(统计制图：浙江中光 / 国家太阳能光热联盟)



3.4 兰州大成敦煌 50MW 熔融盐线菲式光热电站

兰州大成敦煌 50MW 线菲式光热电站 2024 年基本情况	
容量	50MW
集热场面积	121 万平方米
占地面积	2.65 平方公里
聚光器单元尺寸	1320x760m
吸热管型号	Φ 76x4060x3mm
集热场回路长度	1100m
集热场回路数量	80 个
集热场传热介质 / 工作温度	熔盐 /290℃ -550℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 / 约 23000 吨
储热时长	15 小时
汽轮机容量 / 参数	50MW，主汽温度 538℃，压力 12.2Mpa，蒸汽流量 150t/h。
项目并网时间	2019 年 12 月
项目投资	16.88 亿元
2024 年发电量	2024 年度电站主要进行技术改造及部分设备升级，升级内容包括运维方案优化调整、集热场设备升级，清洗设备扩容等。截至 2024 年底，已完成项目一期改造内容，显著提升项目运行的连续性和可靠性。日最高发电量达到 89.524 万千瓦时。

3.5 中电建共和 50MW 塔式光热电站

中电建共和 50MW 塔式光热发电站是中国电建首个自行投资、设计、建设、运维的光热发电站。电站位于青海省海南州共和县生态太阳能发电园区，园区平均海拔 2880 米。发电机 - 变压器 - 线路单元接线方式接入自建的 110 kV 升压站送出，通过一回 110 kV 架空线路接入电网 330 kV 升压汇集站。电站于 2018 年 5 月 6 日开工，2019 年 9 月 19 日并网发电，是国内全国第四家实现并网发电的光热示范项目。2021 年 4 月 22 日项目通过了国家示范性验收。

中电建共和 50MW 塔式光热电站 2024 年基本情况	
容量	50MW
定日镜场总采光面积	60.03 万平方米
占地面积	2.13平方公里



定日镜尺寸	单面定日镜反射面积 20m ²
定日镜数量	30016 面
吸热塔高度	228m
吸热器尺寸	吸热器受光高度 14.2m，直径 12.9m
集热场传热介质 / 工作温度	二元熔融盐 /565℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 /10886t
储热时长	6 小时
汽轮机容量 / 参数	1×50MW 哈尔滨汽轮机厂有限公司设计、制造汽轮机型号为：N50-13.21/540/540
项目并网时间	2019 年 9 月 19 日
项目投资	120609.43 万元（含送出）
2020 年发电量（万 kW·h）	1043.17
2021 年发电量（万 kW·h）	3762.67
2022 年发电量（万 kW·h）	2194.65
2023 年发电量（万 kW·h）	6819.23
2024 年发电量（万 kW·h）	8571.25

3.6 中电哈密 50MW 塔式光热电站

中国能建哈密 50MW 塔式光热发电站是中国能建首个自行投资、设计、建设、运维的光热发电站。电站位于新疆哈密市伊吾县淖毛湖太阳能发电园区。汽轮机为东方电气首台高温、超高压、双缸、双轴、一次中间再热、轴向排汽、8 级凝气式直接空冷汽轮机，额定功率 50 兆瓦；以发电机 - 变压器 - 线路单元接线方式通过一回 110kV 架空线路接入新疆电网。电站于 2017 年 10 月 19 日开工。

中能建哈密 50MW 塔式太阳能热发电站 2024 年基本情况	
容量	50MW
定日镜场总采光面积	70 万平方米
占地面积	4.4 平方公里
定日镜尺寸	采光面积 48.5 平方米，由 11 面子镜组成，呈巨蜥式形状。
定日镜数量	14500 面
吸热塔高度	220m



吸热器尺寸	φ 14.15x15.69m
定日镜场尺寸	圆周布置，最远点距离吸热塔中心，1253.14m，88 圈。
集热场传热介质 / 工作温度	二元熔融盐 /565℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 /17000 吨
储热时长	13 小时
汽轮机容量 / 参数	机组设计压力 14Mpa、主汽温度 550℃、再热温度 550℃、排气压力 8.5Kpa。
项目并网时间	2019 年 12 月 30 日，2022 年 9 月电站实现满负荷运行
项目投资	16.5 亿元
2021 年发电量	934 万 kWh
2022 年发电量	3614 万 kWh，4 月 30 日移交生产运行。
2023 年发电量	5704 万 kWh，因蒸发器泄漏、热盐泵故障返厂维修，影响发电量。
2024 年发电量	1.3255 亿 kWh，完成新型蒸发器更换、国产冷、热熔盐泵的替代改造及 SGS 封闭改造后，机组运行趋于稳定，发电量显著提升。

3.7 中船新能乌拉特 100MW 槽式光热电站

中船新能内蒙古 100MW 槽式光热发电项目 2024 年基本情况	
容量	100MW
集热场面积	115 万平方米
占地面积	4.867 平方公里
聚光器单元尺寸	5.7712m
吸热管型号	7040602.2mm
集热场回路数量	352 个
集热场传热介质 / 工作温度	导热油 /393℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 / 约为 70234 吨
储热时长	10 小时
汽轮机容量 / 参数	中温、高压机组，100MW/（主汽温度 383℃ / 正常运行；371℃ / 储热发电模式）。



项目并网时间	2021 年 7 月全系统投运发电
项目投资	30 亿元
2023 年发电量	3.26 亿千瓦时（纯光热）
2024 年发电量	2024 年，乌拉特中旗地区受到阴雨天气影响，特别是在 6 月至 9 月期间，阴雨天数达到了 54 天，对当地的太阳直射辐射（DNI）产生了严重影响，导致 2024 年的 DNI 累积量仅为 18.96 亿千瓦时（DNI=1647 千瓦时 / 平方米），相较于设计典型年的 22.78 亿千瓦时（DNI=1979.2 千瓦时 / 平方米）下降了 16.77%；得益于中船新能乌拉特中旗光热电站的高质量建设水平和团队的运行维护能力，保证了电站设备利用率达到 99.99%，2024 年电站纯光热发电量 2.78 亿千瓦时，较设计典型年 3.21 亿千瓦时仅下降 13.39%；全年光电转换效率达到 14.67%，较设计值 14.09% 提高了 4.12%。充分验证了中船新能的槽式光热系统集成能力和国产槽式光热核心设备的先进性和可靠性。 由中船新能设计、建设、调试和运维的乌拉特中旗 100MW 槽式光热电站是国家首批太阳能热发电示范项目中单体规模最大、储热时间最长的槽式光热发电项目。电站位于内蒙古巴彦淖尔市，于 2018 年 6 月正式动工，2020 年 12 月满负荷发电，2021 年 7 月熔盐储能系统全面投运，实现 24 小时连续稳定高负荷运行。该电站光热转换效率、热电转换效率均超设计值，实现当年投产当年达标。 项目建设期间，中船新能成功申请专利 100 余项，创造了 5 项世界纪录，培养了光热发电研发、设计、工程管理和生产运营队伍，具备了工艺设计、系统集成、核心装备供货和调试运行能力。通过严格精细化的质量管控，保证了槽式集热器光学拦截率超过 98%（目前国际水平为 97%）；通过设计优化，电站按照 35 年寿命建造，率先达到国际先进水平。该项目的成功建设带动了中国船舶集团内外光热关键产品的研制和应用，推动了槽式光热发电技术国产化发展。 自投运以来，中船新能乌拉特中旗 100MW 槽式光热电站累计发电量已突破 11.495 亿千瓦时，纯光热年发电量约 3.4 亿千瓦时（等效满负荷运行 3400 小时），单月最高发电量 5230 万千瓦时，单日最高发电量 221.6 万千瓦时。

3.8 鲁能格尔木多能互补工程 50MW 塔式光热电站

鲁能格尔木多能互补工程 50MW 塔式光热电站是世界上首个集风光热储调荷于一体的多能互补科技创新项目重要组成部分。鲁能海西多能互补集成优化国家级示范工程的组成部分（另建有 200MW 光伏项目、400MW 风电项目及 50MW 储能项目）。电站位于青海格尔木市东光伏发电园区，海拔 2800 米。凝土塔高，吸热器额定功率为 280MW；储热时长 12 小时；汽轮机采用冲动式汽轮机组，发电机中置，一端连接高压缸，另一端连接低压缸，高压缸转速 10031rpm，通过减速箱与发电机相连接，低压缸转速 3000rpm，轴向排汽，发电机采用无刷励磁系统，直接空冷排汽系统。



电站于 2018 年 5 月 8 日开工建设，2019 年 9 月 19 日并网发电。

多能互补光热电站 50MW 塔式太阳能热发电站 2024 年基本情况	
容量	50MW
定日镜场总采光面积	61 万平方米
占地面积	5500 亩
定日镜尺寸	采光面积 138.672 平方米，由 64 面子镜组成，排列方式竖 8 排、横 8 排。
定日镜数量	4400 面
吸热塔高度	147.4m
吸热器尺寸	直径 50.8mm，厚 1.5mm，吸热器高度为 40.7m
定日镜场尺寸	圆周布置，最远点距离吸热塔中心，1500m，48 环。
集热场传热介质 / 工作温度	二元熔融盐 /565℃
储热介质 / 重量	二元硝酸盐 /15200 吨
储热时长	12 小时
汽轮机容量 / 参数	机组设计压力 14Mpa、主汽温度 540℃、再热温度 540℃、排气压力 8Kpa。
项目并网时间	2019 年 9 月 19 日，2021 年 8 月电站实现满负荷运行
项目投资	
2019 年发电量	37.33 万 kWh
2020 年发电量	711.58 万 kWh
2021 年发电量	6949.86 万 kWh
2022 年发电量	8608.95 万 kWh
2023 年发电量	9102.76 万 kWh
2024 年发电量	2024 年通过开展吸热器管屏清洗、管屏集箱保温 OVENBOX 封堵、定日镜校准及坐标优化、定日镜在线滤油、运行参数优化调整等工作，2024 年 10 月，月度发电量达 1345.208 万 kWh，打破了此前 2024 年 8 月创造的 1152.4275 万kWh 的最高月度发电量纪录。 2024 年度累计发电量达 9506.7 万 kWh，超越2023 年全年 9102 万 kWh 年度发电量，实现了产能的突破。

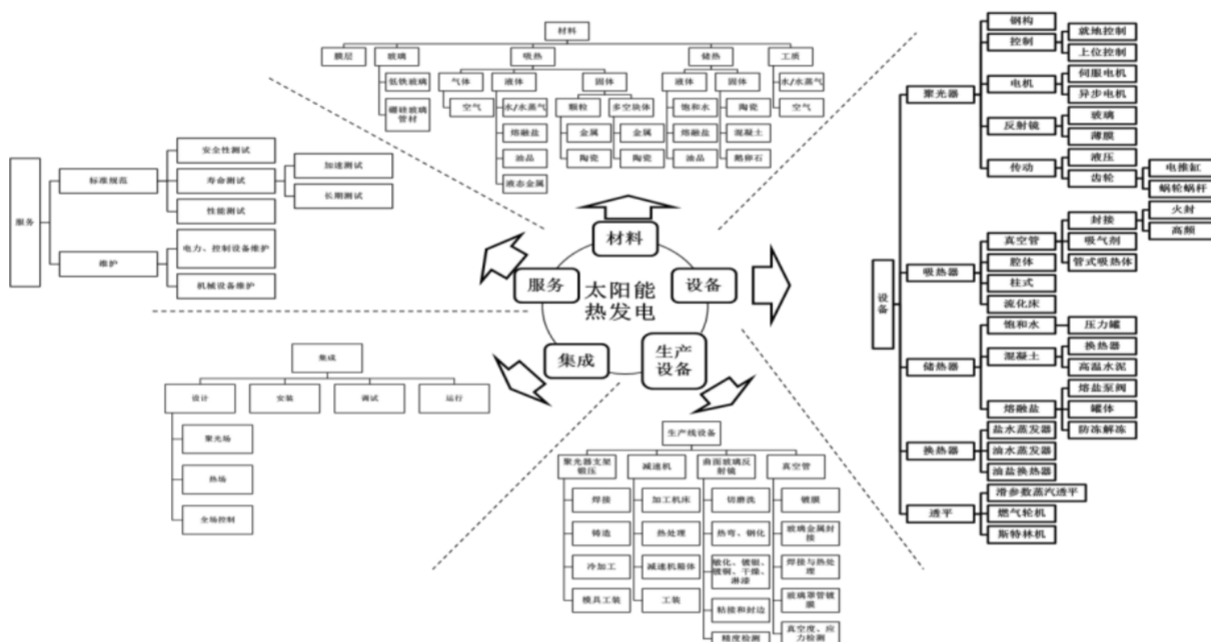


四、我国太阳能热发电产业链发展情况

本章描述太阳能热发电产业链包含的内容，2024 年我国太阳能热发电的发展情况，本章以数据为主。

4.1 太阳能热发电产业链

太阳能热发电产业可以分为材料、设备、生产设备、集成和检测等 5 大板块，见图 4.1-1。随着电站建成运行，运维技术也成为产业链的重要部分，而且显得愈来愈重要。这也是 2024 年与 2023 年有很大不同的部分。



制图：国家太阳能光热产业技术创新战略联盟

图 4.1-1 太阳能热发电产业链

材料板块主要包括：超白玻璃原片、反射镜背漆、反射镜耐候油漆、吸热器吸收涂层、镍基合金管、不锈钢管、熔融盐（硝酸钾和硝酸钠二元盐）、多元盐、800℃高温熔融盐、导热油（主要是联苯-联苯醚）、硅油、混凝土储热材料、各种普通钢材、各种温度保温材料等，近年来，陶瓷吸热颗粒材料、陶瓷储热材料、石英玻璃管、二氧化碳、硅酸铝纤维耐火保温材料等第四代太阳能热发电用的材料也进入产业链。

设备板块主要包括：

- 1) 太阳能聚光器，包括：聚光器本体、小功率控制电机、电动推杆、高精度减速机、电机、液压驱动设备，电动机推杆；
- 2) 太阳能吸热器，包括：塔式吸热器、槽式真空管、颗粒吸热器、空气吸热器、吸热器阀门（熔



融盐、导热油、蒸汽、固体颗粒)；

3) 储热容器：储罐本体、储罐阀门、储罐内电加热器及控制器、熔融盐或导热油液位计、储换热岛溢流槽容器罐；

4) 泵阀：熔融盐泵、熔融盐阀门、导热油泵、导热油阀门、蒸汽阀门、水阀门、高温颗粒阀门；

5) 换热设备：600℃颗粒提升机、导热油\熔融盐换热器、熔融盐\蒸汽发生器、熔融盐\颗粒换热器、陶瓷颗粒\超二氧化碳换热器、流量计；

6) 控制设备：电站控制设备、聚光器跟踪控制设备、定日镜场纠偏设备、管路传热流体流量控制设备、吸热器管屏自动化盐控制器、聚光吸热全自动控制设备、镜场与吸热器耦合控制技术（镜场能量调度、吸热器能流分布调整、全场分散式控制系统）；

7) 跟踪误差测量仪器：定日镜校准设备、目标点成像误差测量设备、机器视觉误差探测仪、水平倾角仪、激光校准设备、月光法校准设备、聚光器校准用人工光源；

8) 动力机械设备：光热发电专用蒸汽轮机、空气透平、斯特林机、ORC透平、超临界二氧化碳压缩机、超临界二氧化碳透平、发电机、高速电机、空冷系统；

9) 辅机：管道防凝伴热系统（电加热丝、氧化镁绝缘、金属铠装复合加热元件）、电加热器、电气设备、聚光器清洗车、制水设备、上网设备、太阳法向直射辐照度测量仪表、气象站、云预测系统（全天空成像仪、30分钟内DNI预测）、化盐设备等。

生产设备板块主要包括：超白玻璃生产线、反射镜镀膜生产线、玻璃弯曲钢化生产线、跟踪驱动装置生产线、槽式吸热管生产线、槽式聚光器生产线、金属背板冲压设备、子镜粘接固化及检验设备、定日镜结构组装及面型调整检测仪器、金属背板冲压自动生产线、子镜粘接固化及检验生产线、定日镜结构组装及面型调整检测生产线、定日镜总装生产线、熔融盐生产线、储热罐生产线、换热器生产线、定日镜控制器生产线等。

集成板块主要包括：设计院、设计咨询单位、业主工程师单位、设备和系统安装公司、系统调试、系统运维公司、主蒸汽管路设计规则、定日镜场布置设计软件、线性集热场布置设计软件、吸热器热工水力程序、吸热器热负荷计算程序、吸热器效率计算程序、事故安全计算程序等。

检测板块主要包括：液体和固体吸热材料性能和寿命检测、聚光场光学效率及寿命检测、吸热器热性能检测、吸热器寿命检测、吸热涂层吸收比和发射比检测、吸热涂层寿命检测、集热系统热性能检测、换热器热性能检测、吸热器力学性能检测、集热系统热效率检测、透平发电机组热功转换效率检测、太阳能热发电系统发电量检测、系统发电效率检测、管路焊缝无损探伤、吸热器受热面能流密度红外监测、各种标准制定等。

4.2 中国技术产业发展历程



自“十一五”期间，2007 年科技部国家高技术研究发展计划（863 计划）先进能源技术领域启动了“太阳能热发电技术及系统示范（项目编号 2006AA050100）”重点项目后，开启了我国太阳能热发电全系统集成技术的研究示范工作。该项目旨在研究太阳能塔式热发电关键技术，建立实验系统和平台，探索高效能、大规模、低成本商业化电站的技术途径。由科技部、北京市科委和中国科学院共同支持，建设地点位于北京延庆区八达岭镇，发电设施占地约 100 亩，装机容量 1.5MWe。2012 年 8 月，通过中国科学院电工研究所牵头的 11 家单位协同攻关，历时 6 年的不懈努力，我国自行研发、设计并建成的亚洲首座兆瓦级塔式太阳能热发电实验电站成功发电^[15]。项目实现了核心装备、协调控制、系统集成等多项技术突破，全面掌握了高精度聚光器、聚光场、直接过热型吸热器、储热和发电单元及系统设计技术，以及总体、光场、机务、仪控和电气设计技术，取得了以光热场耦合直接产生过热蒸汽工艺为代表的一批自主创新成果，建立起太阳能热发电技术研发体系和标准规范体系，编制了首部太阳能热发电国家标准^[16]，为我国太阳能热发电技术发展奠定了基础。经过项目培养的项目团队成员单位和设备供应商等对我国太阳能热发电起到了奠基作用，例如电力规划设计总院（电站设计），中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司（电站设计），东方电气集团东方锅炉股份有限公司（供应吸热器）等。项目培养的团队中国科学院电工研究所、中国科学院工程热物理研究所，西安交通大学和北京工业大学等都成为我国目前太阳能热发电研究的中坚力量，下图为电站全景。



图 4.2-1 八达岭太阳能热发电实验电站（中国科学院电工研究所供图，2024 年 7 月 30 日）

2012 年 10 月 30 日，华能集团清洁能源技术研究院和华能海南公司共同研发建设的 400℃ 1.5MWth 线性菲涅尔式光热联合循环混合电站在海南三亚投产，项目产生的过热蒸汽接入华能南山电厂发电机组的补汽口并供给汽轮机发电^[17]。该电站作为中国第一座 MW 级菲涅尔热发电项目，



具有重要的意义。该装置采用公司自主研发的线聚光直接蒸汽式太阳能热发电技术、自动高精度太阳跟踪系统和控制软件，所有设备均实现国产化。



图 4.2-2 华能南山电厂太阳能热发电集热场全景（中国华能集团清洁能源技术研究院供图）

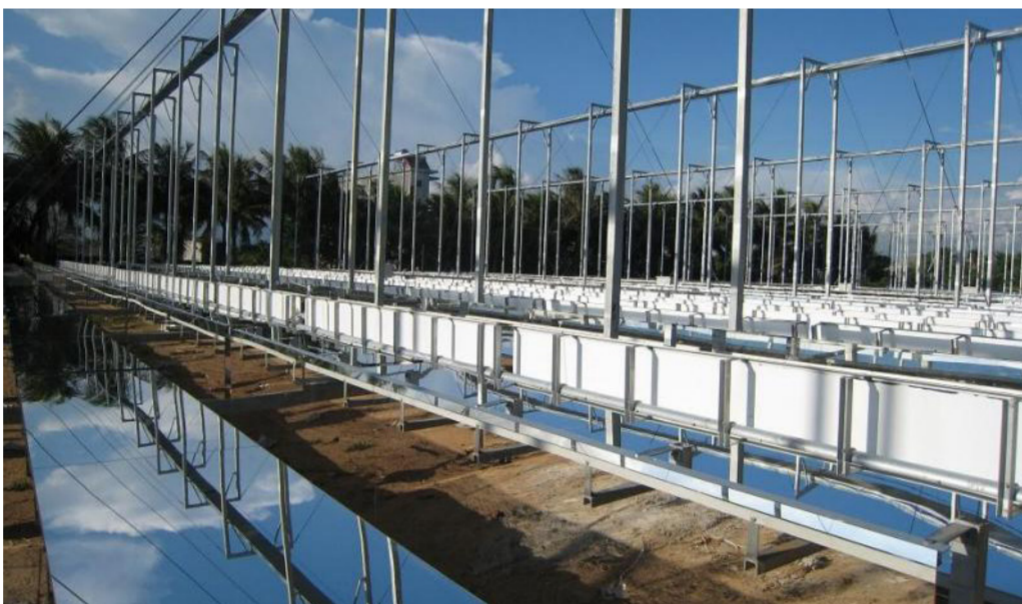


图 4.2-3 华能南山电厂太阳能热发电集热场局部（中国华能集团清洁能源技术研究院供图）

2012 年 1 月 23 日，海南省益科博 1MW “模块定日阵”聚焦光热发电系统（简称 MH-CSP）示范项目在三亚基本建成并联调试发电成功^[18]。该项目位于三亚南山创意产业园，由益科博能源科技（上海）有限公司投资建设，总投资 3500 万元，占地 95 亩。厂区内规划建设了 5 个集热方阵、2100 个聚焦集热模块。“模块定日阵”聚焦集热器是一种新型太阳能热能发生器，采用了二维分立式反射聚光镜结构，实现了准二维太阳跟踪，聚光集热器代替了常规锅炉，对导热油进行加热，输送到



换热器产生 350℃过热蒸汽，再通过凝气式汽轮机组进行发电。



图 4.2-4 海南 MH-CSP (图片来源: 网络)

2013 年 7 月，国家高技术研究发展计划支持的青海中控德令哈塔式太阳能热发电站一期 10MW 项目（东西两塔各 5MW）并入青海电网发电^[19]。该项目采用了直接蒸汽发生（DSG）技术，研制了单台反射面积为 2 平方米的智能定日镜，开发了定日镜高精度智能跟踪技术和大规模镜场控制系统；实现了规模化定日镜集群的整体聚光和集热；研究了不同地理、气候环境下，塔式太阳能热发电能量动态建模和优化设计；设计了基于水工质的高能流密度的吸热器、蒸汽缓冲、发电的能量回路和装备，实现了规模化光热技术路线的光电能量转换技术。



图 4.2-5 青海中控德令哈塔式光热电站一期 10MW 项目 (图片来源: 可胜技术)



在国家863计划先进能源技术领域主题项目“基于小面积定日镜的 10MW 塔式太阳能热发电技术研究及示范”（项目编号为2013AA050200）支持下，中控太阳能德令哈 10MW 光热电站将水 / 蒸汽传热介质改为熔盐。2016 年 8 月，该项目完成熔盐吸热、储热、换热系统投运，成为我国首座、全球第三座具备规模化储能系统的商业化塔式光热电站，年利用时间提升30%以上。2014 年 9 月初，国家发展改革委核定该电站上网电价（含税）为 1.2 元 / kWh^[20]，这也是太阳能热发电项目首次获得国家批复的上网电价，标志着中国自主研发的太阳能光热发电技术向商业化运行迈出了坚实步伐。项目于2016 年 8 月 21 日实现满负荷发电^[21]。项目充分展示了我国具有自主知识产权的塔式光热系统集成技术水平，以及适应高寒高海拔环境的核心装备研制能力。2018 年 1 月 15 日，科技部高新司组织了专家在杭州对该项目进行了验收；验收专家组认为该项目完成了立项通知规定的研究内容，达成考核指标，符合项目验收要求，一致同意该项目通过技术验收。^[22]

2017 年 6 月，科技部“十二五”主题项目“太阳能槽式集热发电技术与示范（项目编号 2012AA050600）”项目完成，我国开始对兆瓦级槽式光热发电技术进行研究示范^[23]。项目依托单位——中国科学院电工研究所协同国内 13 家技术优势单位，以大规模、低成本的太阳能热发电技术为目标，对槽式太阳能热发电关键装备、关键工艺和检测技术，以及槽式太阳能热发电系统设计、集成与运行技术进行了研究。项目团队通过对曲面玻璃热弯、钢化工艺的研究，针对国产玻璃原片的性能特性，提出了高速加热的加热工艺新参数以及相适应的高风压、远风栅的淬火工艺及控制参数，突破了国外槽式反射镜设备的出厂工艺参数，基于此工艺建立了年产 100 万 平 米 槽 式 曲 面 反 射 镜 生 产 线。通过深入研究，建立了高温真空集热管吸热涂层加速老化方法，提出了预测吸热涂层的服役寿命的公式。项目建立了基于材料放气、渗透、吸氢、泄漏等多因素的集热管真空寿命预测模型，预测数据与一年真空度变化数据误差为 3.9%，达到国际先进水平。基于传热学和工程热力学的基本理论，在研究太阳辐照随时间变化规律的基础上，结合太阳辐照的间歇性和波动性，提出了吸热、储热和蒸汽发生系统的动态容量匹配设计方法；基于该方法完成了国内首台 1MW 槽式光热电站热力系统设计、建设和调试运行，开发了国内首台槽式光热发电系统仿真机；建立了槽式聚光器集热性能的户外测试平台和动力学测试方法，该测试方法的公式已被国际电工委员会 (IEC) 太阳能槽式部件标准《Solar Thermal Electric Plants Part 3-2: Systems and components. General requirements and test methods for parabolic-trough collectors》所采用^[24]。项目实施为中国首批太阳能热发电示范项目起到了产业先导作用，使我国高效率低成本槽式太阳能电热发电研发和设备国产化迈上新台阶，对进一步增强我国光热发电产品的竞争力具有重要意义。

2013 年 10 月，兰州大成在西藏开工建设 1MW 线菲式热电联供项目^[25]。2015 年 10 月，兰州大成在生产车间屋顶建成 1MW 线菲式太阳能热电联供电站^[26]。



图 4.2-6 中国第一个 MW 级槽式光热系统（北京延庆，中国科学院电工研究所）

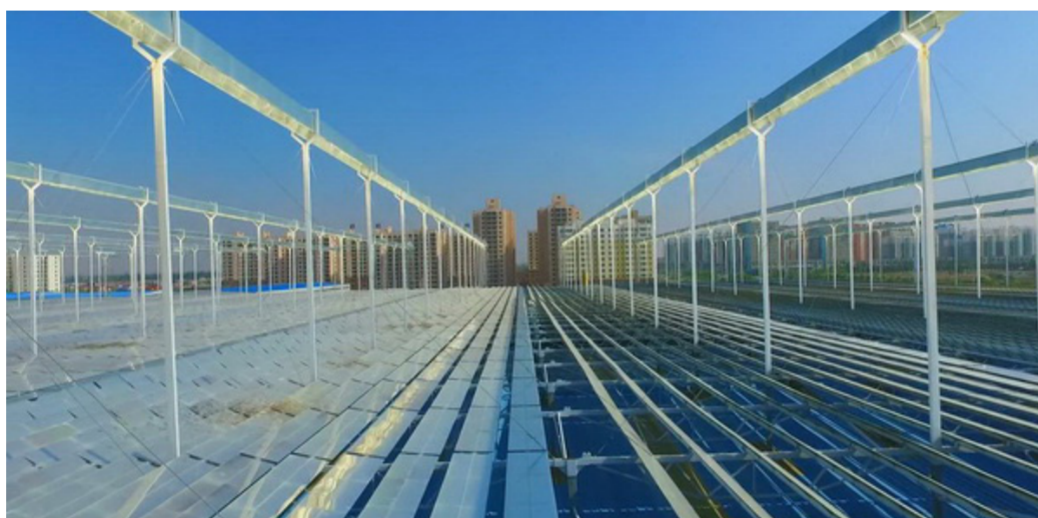


图 4.2-7 兰州大成在生产车间屋顶建成 1MW 线菲式集热系统

2014 年，中国科学院电工研究所联合国内多家高校完成了唯一一项太阳能热发电领域 973 计划项目“高效规模化太阳能热发电的基础研究”。该项目于 2010 年 1 月正式启动，历时四年零八个月，项目团队由中国科学院电工研究所、中国科学院工程热物理研究所、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、西安交通大学、河海大学、中山大学、北京工业大学和武汉理工大学等 8 家单位组成。项目团队围绕高效规模化太阳能热发电存在的若干关键科学问题，以提高转换效率为核心，在建立光热传输协同设计理论、极端条件下辐射—导热—对流耦合传热机理及高效强化的基础理论、高温传热和高温蓄热过程多尺度表征与传热强化方法、新型高温传热蓄热材料微结构设计 / 绿色制备原理及其环境效应、非稳态“光—热—功”能量系统一体化多层次建模及调控策略以及规模化太阳能热发电的环境适应性等六大方面展开研究并取得多项重要创新成果，解决了当前制约太阳能热发



电技术发展的主要难题。2014 年 9 月 28 日，项目结题验收会在中国科学院电工研究所举行。专家组通过质询和评议，认为六个课题均高水平地完成了课题任务书的预定目标，顺利通过验收^[27]。

在商业化项目方面，2016 年 9 月，国家能源局发布《关于建设太阳能热发电示范项目的通知》，经过专家评审确定第一批 20 个、总计装机容量 134.9 万千瓦的示范项目^[10]。

(1) 文件发布背景与目的

背景：为推动我国太阳能热发电技术产业化发展，解决从聚光吸热、储热到热功转换等一系列关键技术问题，国家能源局决定建设太阳能热发电示范项目。

目的：通过示范项目的建设，引领太阳能热发电产业的发展，提高技术水平和产业规模，促进清洁能源的利用。

(2) 文件主要内容

项目数量与规模：第一批太阳能热发电示范项目 20 个，总计装机容量 134.9 万千瓦；

项目分布：青海省、甘肃省、河北省、内蒙古自治区、新疆自治区；

电价政策：国家发展改革委发布太阳能热发电示范项目（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）。

(3) 文件实施效果

国家首批示范项目完成了 7 座电站，共计并网 450MW。其中 3 座于 2018 年完工，3 座于 2019 年完工，1 座于 2020 年 1 月完工。包括国家能源局多能互补示范项目在内的鲁能海西州 50MW 电站，到 2020 年 1 月，我国共计 8 座，500MW 太阳能热发电示范电站。

以上数据表明，2016 年太阳能热发电示范项目是中国推动太阳能热发电技术产业化发展的重要举措之一。通过示范项目的建设，不仅提高了太阳能热发电的技术水平和产业规模，为电力系统确定太阳能热发电的定位做出了积极贡献。

据国家能源局 2021 年 5 月发布的《关于 2021 年风电、光伏发电开发建设有关事项的通知》（国能发新能〔2021〕25 号），对于保障性并网范围以外仍有意愿并网的项目，可通过自建、合建共享或购买服务等市场化方式落实并网条件后，由电网企业予以并网。并网条件主要包括配套新增的抽水蓄能、储热型光热发电、火电调峰、新型储能、可调节负荷等灵活调节能力^[28]。作为落实并网条件的配套选择之一，储热型光热发电与光伏、风电等波动性电源共同互补，不仅能够发挥光热发电的储能和调峰能力，体现光热作为调峰电源支持新能源发展的作用，还能利用近年来风电光伏成本快速下降的成果，充分释放光伏、风电的低成本优势，填补用电高峰期的光伏发电的电力供应缺口，有效提升能源利用效率和经济效益。

2016 年，中国科学院电工研究所完成了北京市科委项目“熔融盐吸热 - 储热 MW 级塔式光热发电关键部件及系统研发”项目，建立了 1MW_{th} 熔盐吸热蒸发系统，2021 年 9 月，完成了北京市科



委项目“第四代光热发电高温固体颗粒吸热器研究”，建立了 MWth 级石英管式高温颗粒吸热器。

中国科学院电工研究所牵头联合国内 18 家单位，2019 年获批“十三五”国家重点研发计划“超临界 CO₂ 太阳能热发电关键基础问题研究”项目，2024 年 5 月 28 日国际上首个太阳能驱动的 200kW 超临界 CO₂ 太阳能热发电系统^[29]。

2021 年，国务院发布《2030 年前碳达峰行动方案》明确：积极发展太阳能光热发电，推动建立光热发电与光伏发电、风电互补调节的风光热综合可再生能源发电基地^[30]。

2022 年 5 月 30 日，国务院办公厅转发国家发展改革委、国家能源局《关于促进新时代新能源高质量发展的实施方案》（国办函〔2022〕39 号）提出，创新新能源开发利用模式，加快推进以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点的大型风电光伏基地建设^[31]。

2023 年，国家能源局发布《国家能源局综合司关于推动光热发电规模化发展有关事项的通知》（国能综通新能〔2023〕28 号），该通知由国家能源局综合司于 2023 年 4 月 7 日发布^[11]。通知的主要内容是应充分认识光热发电规模化发展的重要意义，并指出光热发电兼具调峰电源和储能的双重功能，可以实现用新能源调节、支撑新能源，为电力系统提供更好的长周期调峰能力和转动惯量，具备在部分区域作为调峰和基础性电源的潜力，是新能源安全可靠替代传统能源的有效手段，规划在“十四五”期间建成约 100 万 kW 的太阳能热发电站。此外，该通知还可能包含了一系列具体的政策措施和实施要求，旨在促进光热发电技术的进一步提升和商业化应用，加快规划建设新型能源体系。这一通知的发布，标志着我国对于光热发电技术的重视和支持，也预示着光热发电行业将迎来新的发展机遇。

4.3 中国太阳能热发电产业链

经过十几年的发展，尤其是国家能源局首批太阳能热发电示范项目建设，推动了我国光热发电产业配套能力显著增强。国家太阳能光热联盟根据企业名称、企业经营范围、企业简介、品牌产品，企业续存等 5 个要素查询，搜索结果仅展示境内有限责任公司和股份有限公司，排除个体户等其他组织机构类型，得到我国光热发电产业链单位约 441,102 家，有太阳能热发电相关专利信息单位有 16834 家，国有企业 14,155 家，民营企业 421,593 家，外商投资企业 3000 家，小微企业 235,237 家。

在企业注册时间方面，注册十年以上的企业达到 23,153 家，注册 3-5 年的 67,653 家，注册 1 年内的企业达到 129,401 家，最近 3 个月注册的与太阳能热发电业务的企业达到 39,510 家。

下图为不同省份的太阳能热发电产业链单位。

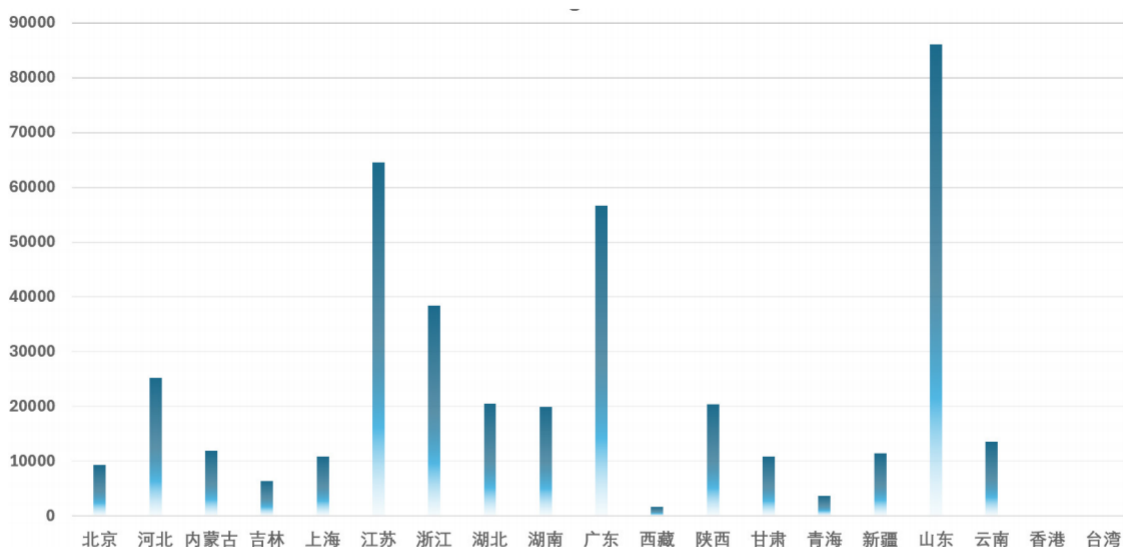


图 4.3-1 各主要省份太阳能热发电单位分布

(统计制图：国家太阳能光热联盟)

在产业链中有 A 股上市公司 69 家，新三板 117 家，港股上市 7 家。

高新技术企业 8,741 家，瞪羚企业 293 家，民营科技企业 4,419 家，企业技术中心 1,293 家，专精特新企业 1,084 家。

注册资本 1 亿元以上企业为 12,075 家，大型企业 33,568 家。

产业链中制造业单位 24,592 家，其中金属压力容器 650 家，太阳能用平板玻璃 731 家，玻璃制镜 731 家，黑色冶金企业 176 家，机械和电气设备维修企业 282 家，计算机通信和电子设备制造业 3,392 家。

自然科学研究和工程技术研究单位 12,400 家，检测计量认证单位 10,893 家，质检单位 348 家，气象服务 7 家。

技术推广服务 71,983 家，科技中介 50,002 家。

塔式、槽式、线性菲涅尔式产品和服务覆盖超白玻璃原片、反射镜、聚光器、控制系统、跟踪机构、液压驱动、减速机、吸热器及管材、旋转接头、支架、镜面漆、导热油、导热油阀、导热油泵、热镀锌、太阳辐照测量、反射镜生产线及检测等。储热系统相关产品及设备供应商约 135 家，产品和服务覆盖熔盐、熔盐储罐、保温材料、熔盐泵、熔盐阀、化盐服务、加热炉、电加热器、电伴热等。

我国光热发电关键材料部件的生产供应能力基本满足每年超过 4GW 的产能。2023 蓝皮书“我国关键产品部件的制造产能可支撑每年至少 3GW 光热发电项目建设”基础上，2024 年媒体公开的增加的产能为：福建瑞玻玻璃有限公司光热玻璃生产线投产，日产能可达 600 吨^[32]；山东海化骊潍新材料公司年产 10 万吨硝酸钾、2 万吨硝酸镁、20 万吨太阳能熔盐产品上市启动^[33]。更多的设备材料供应商建立了柔性生产线，一旦有了新订单，可很快组织生产，如期履约。如酒钢集团自主



研发的光热发电用耐高温熔盐 347H 不锈钢 2023 年 4 月总计实现供货 200 余吨；截至 2024 年底，陆续成功供货多个光热项目，累计销量突破 7000 吨。《国家能源局综合司关于推动光热发电规模化发展有关事项的通知》^[1]表示：光热发电可消化提升特种玻璃、钢铁、水泥、熔融盐等传统产业，还可带动新材料、精密设备、智能控制等新兴产业发展，光热发电规模化开发利用将成为我国新能源产业新的增长点。

国家太阳能光热联盟对我国部分光热发电关键材料部件的生产供应能力进行了不完全统计更新，详见下表。

表 4.4-2 我国部分光热发电关键材料部件生产能力

产品类型	企业名称（按拼音排序）	生产能力
太阳能热发电用超白玻璃	大连耀皮玻璃有限公司	700t/ 天，年产能 2GW，玻璃厚度为 2mm~4mm
	河南安彩光热科技有限责任公司	600t/ 天，年产能 2.5 GW，玻璃厚度为 3mm~15mm
	甘肃凯盛大明光能科技有限公司	600t/ 天
	福建瑞玻玻璃有限公司	600t/ 天
制镜	山东宇影光学仪器有限公司	按光学形式可提供透射式，反射式，正负焦距菲涅尔透镜；按材质可提供 PMMA、HDPE、PC、PVC、PS、钢化玻璃 + 硅胶菲涅尔透镜；按尺寸可提供直径 3~2200mm 菲涅尔透镜
	肇庆市德信真空设备有限公司	新增一条聚光平面镜生产线
反射镜	北京兆阳光热技术有限公司	菲涅尔式反射镜片为 500 万 m ² / 年，菲涅尔式聚光集热镜场为 300 万 m ² / 年
	成都禅德新型储能科技有限公司	槽式抛物面反射镜为 350 万 m ² / 年，塔式平面镜为 600 万 m ² / 年
	甘肃凯盛大明光能科技有限公司	槽式抛物面反射镜为 360 万 m ² / 年，平面镜为 1000 万 m ² / 年，反射镜粘接产能 500 万 m ² / 年
	兰州大成科技股份有限公司	整套菲涅尔式反射镜产能 300 万 m ² / 年，二次双抛物面反射镜产能 50 万片 / 年，熔盐线性菲涅尔式集热场设备供应建设能力达到 300 MW/ 年。
	内蒙古百川光热科技有限公司	槽式抛物面反射镜为 350 万 m ² / 年，平面镜为 650 万 m ² / 年
	首航高科能源技术股份有限公司	槽式抛物面反射镜为 200 万 m ² / 年，平面镜为 560 万 m ² / 年
	武汉圣普太阳能科技有限公司	800 MW/ 年（槽式、塔式、菲涅尔式、碟式反射镜，二次反射镜、聚光光伏反射镜）



产品类型	企业名称（按拼音排序）	生产能力
真空集热管	北京天瑞星光热技术有限公司	8 万支 / 年
	常州龙腾光热科技股份有限公司	32 万支 / 年（70 标准管）
	兰州大成科技股份有限公司	6 万支 / 年（熔盐真空集热管）
	山东汇银新能源科技有限公司	20 万支 / 年
	河北道荣新能源科技有限公司	20 万支中高温真空集热管
	内蒙古旭宸能源有限公司	20 万支
	山东斯美达新能源科技有限公司	10 万支
	陕西宝光真空电器股份有限公司	光热发电用 4 米真空集热管年产 3 万只， 光热利用工程用 2 米集热管年产 6 万只
高温镍基合金管	常州市神能金属制品有限公司	1500t/ 年
硝酸盐	湖北云图熔盐科技有限公司	硝酸钠和亚硝酸钠共 15 万 t/ 年
	江西金利达钾业有限责任公司	硝酸钾为 10 万 t/ 年（因硝酸管控问题，不能满负荷生产）
	金钾科技有限公司	硝酸钾为 15 万 t/ 年
	青海盐湖沃锦储热技术有限公司	熔盐级硝酸钾、硝酸钠共为 40 万 t/ 年。
	山西沃锦新材料股份有限公司	熔盐级硝酸钾、硝酸钠、硝酸钙及各种高中低温熔盐共为 14 万 t/ 年
	交城县并盛化工有限公司	熔盐级硝酸钾、硝酸钠及各种高中低温熔盐共为 4 万 t/ 年
	新疆硝石钾肥有限公司	硝酸钠为 7 万 t/ 年
	智矿斯凯姆（上海）化学有限公司（原司祈曼（上海）化工有限公司）	硝酸钾和硝酸钠总产能为 30 万吨 / 年
	山东华阳迪尔化工股份有限公司	27 万吨硝酸装置、10 万吨硝酸钾及水溶肥装置
	山东爱能森新材料科技有限公司	具有二元、三元及多元熔盐 30 万吨能力，30 吨 / 小时的熔盐化盐能力
	山东奥博储能科技有限公司	具备熔盐级硝酸钾、硝酸钠、亚硝酸钠等各类复配熔盐年供应能力 12 万吨
	山东海化骊潍新材料公司	年产 10 万吨硝酸钾、2 万吨硝酸镁、20 万吨太阳能熔盐产品
导热油	江苏中能化学科技股份有限公司	30000t/ 年
	河北津东科技集团有限公司	36800t/ 年（其中，联苯 - 联苯醚为 25000t/ 年）



产品类型	企业名称（按拼音排序）	生产能力
熔盐泵	江苏飞跃泵业股份有限公司	各类行业用熔盐泵年产量达上千台
	济南华威泵业有限公司	长轴熔盐泵为 100 台 / 年
	兰州兰泵有限公司	可生产 700℃熔盐泵
	中国电建集团上海能源装备有限公司、 中电建新能源集团股份有限公司	100MW 级塔式太阳能光热电站熔盐泵工程样机
熔盐阀	上海亚核阀业成套有限公司	7000 台 / 年
	北京佳洁能新节能技术有限公司	3000 台 / 年
	浙江高中压阀门有限公司	年生产阀门能力约 8000 吨
	成都华西流体控制科技有限公司	年产总量约 1000 吨，能满足 10 个光热 +10 个储能项目的整机供货
隔热防护保温材料	湖北烁砺新材料科技有限公司	塔式吸热器防护隔热保温材料、槽式回路进出口保温、储罐新型保温隔热系统等产品总产量已达 25000t
	山东鲁阳节能材料股份有限公司	50 万 t
不锈钢管道	常州市神能金属制品有限公司	10000t
	江苏鑫常特材有限公司	高温熔盐管道、导油管及电加热管年产能共 3.5 万 t
	中纲不锈钢管业科技山西有限公司	高温熔盐管道、高温导油管年产能分别为 1 万 t
	上海飞挺管业制造有限公司	各种材质管件 12000t、法兰 7200t
减速机	恒丰泰精密机械股份有限公司	20 万台 / 年
熔盐电加热器	杭州华源前线能源设备有限公司	2000 MW/ 年
	浙江绿储科技有限公司	2000MW
	西安慧金科技有限公司	1GW
熔盐流量计	塔浦（上海）自动化仪表有限公司	500 台 / 年
统计制表：国家太阳能光热联盟		



五、我国太阳能热发电技术研发

5.1 国家科技计划项目

2024 年，国家重点研发计划项目结题 1 项，处于执行期间的太阳能热发电相关国家重点研发计划项目共有 16 项，如表 5.1-1 所示（按照项目启动时间先后排序）。各项目主要研究内容及 2024 年度取得的相关成果见下，特此感谢各项目负责人对项目本年度进度情况的分享。

表 5.1-1 2024 年度太阳能热发电技术相关国家重点研发计划项目信息

序号	项目名称	专项名称	项目牵头单位	项目首席 / 负责人	参与单位	结题时间及效果
1	超临界 CO ₂ 太阳能热发电关键基础研究（基础研究类）	中国国家重点研发计划“可再生能源与氢能技术”重点专项	中国科学院电工研究所	王志峰	清华大学、北京大学、南京航空航天大学、西安交通大学、浙江大学、北京工业大学、武汉理工大学、天津大学、中山大学、中国科学院工程热物理研究所、中国科学院上海应用物理研究所、东方电气集团东方锅炉股份有限公司、首航高科能源技术股份有限公司、西安热工研究院有限公司、重庆江增船舶重工有限公司、山东电力建设第三工程有限公司	2024 年 8 月 13 日通过国家自然科学基金委组织的项目绩效评价。
2	高效能仿生型储热材料和过程设计	中国国家重点研发计划“变革性技术关键科学问题”重点专项	南京航空航天大学	刘向雷	北京科技大学、南京金合能源有限公司、吉林大学、哈尔滨工业大学、上海交通大学	正在执行
3	宽波段超表面太阳能聚光器及其集热系统	中国国家重点研发计划“变革性技术关键科学问题”重点专项	武汉理工大学	官建国	中国科学院电工研究所、复旦大学、厦门大学、中国科学技术大学、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所	正在执行
4	高通量聚光太阳能热化学转化储能理论与方法	中国国家重点研发计划“工程科学与交叉”重点专项	西安交通大学	魏进家	浙江大学、中国科学院电工研究所、中国科学院理化技术研究所、福州大学、北京石油化工学院	正在执行



序号	项目名称	专项名称	项目牵头单位	项目首席/负责人	参与单位	结题时间及效果
5	光热发电用耐高温熔融盐特种合金研制与应用	中国国家重点研发计划“先进结构与复合材料”重点专项	中国科学院金属研究所	孙晓峰	中国科学院上海应用物理研究所、中国科学院宁波材料技术与工程研究所、甘肃光热发电有限公司、松山湖材料实验室、常州龙腾光热科技股份有限公司、振石集团东方特钢有限公司、宝山钢铁股份有限公司、抚顺特殊钢股份有限公司、浙江久立特材科技股份有限公司	正在执行
6	宽液体温域高温熔融盐储热技术	中国国家重点研发计划“储能与智能电网”重点专项	北京工业大学	吴玉庭	中国科学院工程热物理研究所、西安交通大学、华南理工大学、浙江可胜技术股份有限公司、西安热工研究院、浙江高晟光热发电研究院、蓝星（北京）化工机械有限公司、华北电力大学、河北工业大学	正在执行
7	二次反射塔式光热-光伏联合电站稳定电力输出关键技术研究	中国国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”重点专项	鑫晨光热（上海）新能源有限公司 现更名为：众擎光热（上海）新能源有限公司	谢文韬	上海交通大学、Alia Energy Consulting SL	正在执行
8	太阳能热发电用高温熔融盐储罐力学研究及寿命预测	中国国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”重点专项	中国科学院电工研究所	臧春城/Mark Mehos	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、中广核太阳能开发有限公司、哈尔滨汽轮机厂有限责任公司、美国国家可再生能源实验室（NREL）	正在执行
9	塔式太阳能定日镜结构风荷载脉动特性及其风致振动特性研究	国家重点研发计划“政府间国际科技创新合作”重点专项	长安大学	邢国华	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、国际工程公司、西班牙易安国际公司	正在执行



序号	项目名称	专项名称	项目牵头单位	项目首席/负责人	参与单位	结题时间及效果
10	煤与光热耦合发电技术研究与工业验证	国家重点研发计划项目	华北电力大学	杨勇平	西安交通大学，清华大学，中国科学院电工研究所，国家太阳能光热产业技术创新战略联盟。	正在执行
11	Research on the Thermal Energy Storage Tank	IEA-SolarPACES 资助成员团合作项目	中国科学院电工研究所	臧春城	美国 NREL、西班牙 CIEMAT、德国 DLR，法国 CSP Energies、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、浙江可胜技术股份有限公司	正在执行
12	塔式高温熔盐吸热器高吸收率涂层研发与应用	内蒙古自治区科技创新重大示范工程“揭榜挂帅”项目	内蒙古电力勘测设计院有限责任公司	肖刚	浙江大学、中广核太阳能开发有限公司、内蒙古工业大学、西子清洁能源装备制造有限公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司	正在执行
13	光热发电吸热塔三脚架翻模及聚光集热系统关键技术研究项目	甘肃省住房和城乡建设厅 2024 年建设科技项目计划	甘肃省安装建设集团有限公司	石福国		正在执行
14	太阳能海水淡化与原位光催化蒸汽制氢耦合理论与方法	国家重点研发计划项目	南京大学			启动中
15	多能耦合稠油热采低碳能源系统设计理论与方法	国家重点研发计划项目	中国科学院工程热物理研究所			启动中
16	太阳能与生物质能耦合的可再生分布式能源系统设计理论和调控方法	国家重点研发计划青年科学家项目	重庆大学			启动中
17	面向稠油热采的多能耦合热化学转化及电/热/汽联产系统一体化设计理论与方法		中国科学院大学			启动中
统计制表：国家太阳能光热联盟						



5.1.1 超临界 CO₂ 太阳能热发电关键基础问题研究（基础研究类）

2024 年 8 月 13 日通过国家自然科学基金委组织的项目绩效评价。针对高温吸热器设计理论及方法、储热放热模式对系统性能的影响机理、CO₂与透平热功转换过程的相互作用机制等三个关键科学问题，有以下重要产出，

针对科学问题一，

- 1、建立了聚光太阳辐射在柔性不连续颗粒流内的时空协同吸收、转换和传热机理；
- 2、研制了 3 种聚光器和包括 700℃ /1MWth 颗粒吸热器在内的 4 种吸热器；
- 3、提出了 2 种高密度能量测量方法。

针对科学问题二，

- 1、探索了熔融盐对金属腐蚀抑制机理；
- 2、突破高温固体吸热颗粒与 sCO₂ 在变热流、变温度和强变物性条件下的换热特性匹配；
- 3、研制了包括 550℃ /1MWth 在内的 3 种储热换热装置。

针对科学问题三、

- 1、构建高太阳能流、高温、高膨胀比、高比功的高效太阳能热发电系统主要参数本构匹配关系；
- 2、建立以 sCO₂ 流动为核心的光 - 热 - 电能量转化全系统模型；
- 3、研制了 550℃ /200kW sCO₂ 透平发电机组；
- 4、建立了“光 - 热 - 电”实证系统，并实现运行。



图 5.1-2 位于北京延庆的超临界二氧化碳太阳能热发电系统



2024 年 11 月 29 日《人民日报》第一版刊出题为《构建支持全面创新体制机制》表示，深化科技体制改革，充分激发创新创造活力——今年，我国成功研制出首座超临界二氧化碳光热发电机组，走在世界前列。该发电机组涉及基础理论研究、技术装备开发、系统集成多个环节，凝聚了中国科学院电工研究所、清华大学、山东电建三公司等 18 家单位的智慧^[34]。

5.1.2 高效能仿生型储热材料和过程设计

储热技术可以有效解决由于时间、空间或强度上的可再生能源 / 热能供给与需求间不匹配所带来的问题，最大限度地提高整个系统的能源利用率、降低能源利用成本，对构建“清洁低碳、安全高效”的现代能源产业体系，推进我国能源行业供给侧改革、推动能源生产和利用方式变革具有重要战略意义。现有储热技术存在导热系数小（小于 $5 \text{ W/m}\cdot\text{K}$ ）、储热密度低（小于 200 kJ/kg ）、储热效率低下、系统可靠性差等一系列问题，已成为制约太阳能热发电、采暖及余热回收等技术发展的瓶颈。因此，亟需研发高效率、高可靠性储热技术。

项目拟突破传统思维，立足传热学、材料学、仿生学等多学科交叉，开展热量储存、传输、释放的全链条研究。通过提出容积式太阳能热转换与储存一体化方法，探索仿生等级孔多尺度光子波、声子波传递机理，建立仿生等级孔复合材料的可控制备及可靠性提升方法，开展材料 - 单元 - 系统多层次仿生优化设计，突破传统方法的掣肘，最终开发储热密度大、响应快、可靠性高的革命性储热材料，并建立长寿命、高可靠性、高效率储热系统的动态运行调控策略。

2024 年项目取得了一系列重要进展和原创性研究成果：（1）提出了容积式太阳能热转换与储存一体化方法，太阳能吸收效率达到 96.2%；（2）基于仿生等级孔多尺度光子波、声子波传递机理，设计的仿生等级孔及复合结构导热系数达到 $26.6 \text{ W/(m}\cdot\text{K)}$ ；（3）完成了 3 种复合储热材料设计，温差 200°C 下储热密度分别为 690 kJ/kg 、 918 kJ/kg 、 1167 kJ/kg ；（4）提出仿生等级孔复合材料的可控制备及可靠性提升方法，设计的复合储热材料循环寿命大于 5200 次，性能衰减仅 6.7%；（5）建立了长寿命、高可靠性、高效率储热系统的动态运行调控策略，设计的储热系统循环寿命 5300 次。相关成果获江苏省科学技术一等奖 1 项。

5.1.3 宽波段超表面太阳能聚光器及其集热系统

太阳能热发电具有储热成本低廉、易于调节电网基础电力负荷等优势，是一种理想的可再生能源发电技术。然而，现有太阳能聚光器需要高精度的抛物面和复杂的逐日装置，导致运行和维护成本高昂，制约了太阳能光热发电产业快速发展。该项目致力于发展平面超表面太阳能聚光器将原有抛物面聚光器空间调制聚光变革为相位调控聚光，有效聚焦广角宽波太阳辐射，实现太阳光的免跟踪并降低聚光器运行成本。

取得的重要进展有：

（1）通过对称材料引导反射完美聚焦变为透射完美聚焦，实现了聚焦性能优化，透射聚光效



率可达 90%；设计金圆柱和二氧化钛圆柱构成的双层结构以控制角度色散，实现了 800 nm 入射光在 $0^\circ - 30^\circ$ 消角度色差聚焦；构造二次相位分布公式，实现 1310 – 1550 nm 波长入射光 $0^\circ - 45^\circ$ 广角大视场聚焦成像聚焦；基于几何光学等效宏观参数模型，编写了针对大尺寸平面超表面反射镜的数值建模及性能分析计算软件。

(2) 发展超表面聚光器纳米转移压印技术与双层胶纳米压印剥离刻蚀技术，解决溶脱剥离工艺中纳米压印胶剥离困难的问题，硬掩模转移精度 $\leq 0.05 \mu\text{m}$ ；研制了集匀胶、压印、固化、脱模于一体的卷对卷纳米压印系统，压印幅面 $400 \text{ mm} \times 600 \text{ mm}$ ；更新刻蚀设备与工艺，实现小于 3% 的刻蚀深度分布均匀性。

(3) 对集热管热应力分布进行“光 - 热 - 力”综合性模拟，完成了双涂层真空集热管的方案设计；结合变换光学理论，设计并实现了电磁黑洞光学腔体，该腔体显著抑制光的辐射损失；基于“负能流区”理论，对集热回路不同位置采用最佳偏心双涂层集热管的新型渐进适配性偏心双涂层集热回路，可在辐射热损与防凝热损大的地区实现最高 12.74% 的发电量提升；研制了可提供 $290^\circ\text{C} \sim 400^\circ\text{C}$ 熔盐和接收 $290^\circ\text{C} \sim 570^\circ\text{C}$ 熔盐的双罐熔盐实验系统，可满足平面超表面太阳能集热系统的实验需求。

5.1.4 高通量聚光太阳能热化学转化储能理论与方法

项目针对常规太阳能储能系统储能密度低、放热温度低的瓶颈问题，开展了高储能密度、高放热温度、长寿命循环的高效聚光太阳能热化学储能技术研究。目前已在多场耦合储能机制、载能体构筑与制备、太阳能热化学反应单元与运行调控、储能系统集成与评价等方面，取得了一系列创新成果和关键技术，具体如下：

2024 年，项目针对常规太阳能储能系统储能密度低、放热温度低的瓶颈问题，开展了高储能密度、高放热温度、长寿命循环的高效聚光太阳能热化学储能技术研究。目前已在多场耦合储能机制、载能体构筑与制备、太阳能热化学反应单元与运行调控、储能系统集成与评价等方面，取得了一系列创新成果和关键技术，具体如下：

(1) 建立了非稳态高通量聚光条件下的光、热、力、流、化、声多场多尺度耦合协同强化热化学转化理论并构建了相关数理模型，模型与实验误差均小于 8.67%。

(2) 建成了基于 2.2kW 太阳能聚光模拟器的钙基载能体长效吸放热循环试验平台，并建立了高性能太阳能热化学载能体构筑与制备方法；已成功开发多种高性能太阳能热化学载能体材料，反应温度 800°C ，初始储能密度 1311 kJ/kg ，2000 次循环后性能衰减仅为 29.2%。

(3) 建成了直接吸热移动床反应单元与实验测试系统，反应转化率达到 85.7%；建成了鼓泡流化床放热反应单元与实验测试系统，放热反应床层平均温度可达 783°C ，峰值温度可达 848.9°C ，反应单元转化率达 90.12%，系统效率为 77.9%；分别建立了吸、放热反应单元实时控制方案及载



能体形貌结构调控方案。

(4) 建成了室外高通量聚光跟踪单元, 聚光热功率 27 kW, 峰值热流密度 1.9 MW/m^2 ; 完成了聚光集热与化学储能相结合的一体化太阳能高效热化学储能装置集成示范系统实施方案; 建成了太阳能高效热化学储能系统性能现场动态测试平台, 建成了太阳能热化学储能系统性能现场动态测试平台, 测量温度 1100°C , 测量能流密度 3MW/m^2 , 拍摄速度 10,000 帧 / 秒。

上述进展及成果为项目后续示范系统建设提供了有力支撑。

5.1.5 光热发电用耐高温熔融盐特种合金研制与应用

项目针对太阳能光热发电产业低成本高效发电可持续发展需求, 通过开展高温合金 / 不锈钢成分优化与组织调控、高温熔融盐环境下特种合金腐蚀性能调控、耐温涂层设计及多重光物理效应耦合机理等关键科学问题研究, 研发出下一代光热发电系统集成热、储热、换热部件所需特种合金、高温熔融盐和吸热涂层等关键材料, 突破材料批量制备技术, 实现关键材料在光热发电系统中的集成设计与示范应用。

目前项目取得的研究结果主要包括: 成功研制出耐 800°C 熔盐腐蚀 GH3539 合金和新型原位析出氧化物强化不锈钢的高均质铸锭冶炼—板 / 管加一焊接全流程工艺技术和低成本双金属复合技术; 基于热力学计算和实验验证, 通过熔盐配方调控结合缓蚀净化技术制备出 2 种高稳定低腐蚀熔盐; 提出通过将合金化金属纳米粒子、改性非晶母相网络、引入扩散阻挡层三种策略相联立, 打破了现有吸收涂层光学性能和热稳定性难以兼顾的瓶颈, 开发了一种成分结构调控—多效应耦合—界面强化的长管外壁涂层技术, 并集成上述成果成功在阿克塞槽式集热测试平台实现了 600°C 高温熔盐集热管的示范应用。

5.1.6 宽液体温度域高温熔融盐储热技术

项目针对电 / 热泵储热发电储能调峰电站、火电厂深度调峰、新一代太阳能热发电、多能互补综合能源系统等对大容量超长时间高温储热的要求, 突破宽液体温度域高温熔融盐储热系统优化设计、低熔点高分解温度低成本低腐蚀性的混合熔盐材料、大容量高温熔盐储罐及其地基、高温高压大温差熔盐换热器、高电压熔盐电加热器、系统集成与控制等关键技术, 完成 10MWh 高温熔盐储热系统工程验证和工程示范。

2024 年度, 项目研发出了熔点 142°C 、分解温度 711°C 的四元硝酸碳酸混合熔盐, 获得了纳米颗粒尺寸、浓度和种类对三元硝酸碳酸熔盐纳米流体热性能的影响规律, 并进行了三元硝酸碳酸熔盐纳米流体的热稳定性测试; 研制出了耐高温 (常温至 660°C) 高压 (6kV AC) 的新型电加热元件, 获得了弓形折流板管壳式熔盐电加热器和多壳程旋流式螺旋盘管熔盐—水 / 蒸汽换热器的优化设计方案, 筛选出了分别适用于 10MWh 和 100MWh 的 660°C 大容量高温熔盐储罐及其地基的结构方案及储罐设计方案; 创新提出了基于新型高温熔盐的布雷顿循环热泵储电系统 (两级绝热压



缩、绝热 + 等温压缩)、火储耦合深度调峰系统(分段储热、储热后蒸汽压缩)和太阳能热发电系统(分段储热),揭示了各系统能量耦合、传递和损失机理,验证了使用新型高温熔盐代替太阳盐能够显著提高熔盐储热耦合新型能源系统的效率和经济性;提出了利用熔盐系统辅助调频的技术方案和模块化功率调整方案,初步建成了华能海门电厂基于熔盐储热的调频调峰安全供热示范工程,10MWh 熔盐储热验证平台已经使用太阳盐完成了 565℃的运行调试。

5.1.7 二次反射塔式光热—光伏联合电站稳定电力输出关键技术研究

项目拟通过开发新型二次反射塔式聚光技术及吸—储—换热一体化关键器件,开发高参数、高灵活性超临界 CO₂ 发电技术,发展光热 - 光伏联合电站的配容与运行调度方法,实现太阳能发电的低成本、高稳定性运行和并网。

2024 年度,项目已完成新型定日镜组件,镜场闭环控制系统,吸 - 储 - 换热一体化部件等的自主设计、开发和实验测试等工作,开展了多种系统配置下超临界 CO₂ 动力循环的运行特性与储 - 放热特性最优匹配的理论分析工作,并共同研究了光热 - 光伏联合电站的光伏出力和光热出力耦合特性与并网调度特性。项目单位已完成中西双方的交流互访和中期考核,并共同申请专利 5 项、发表论文 6 篇,其中 SCI 论文 3 篇,后续工作将继续围绕定日镜场,固体颗粒吸热、储热和换热特性,超临界 CO₂ 动力循环效率提升以及联合电站容量配置优化方法和控制策略等层面进一步深化中西双方的技术合作和学术交流,实现太阳能电力的低成本稳定输出与清洁电力并网。

5.1.8 太阳能热发电用高温熔融盐储罐力学研究及寿命预测

项目针对高温熔融盐储罐在复杂工况条件下的腐蚀和热疲劳等所导致的泄漏故障和寿命损失问题,开展高温熔融盐储罐的力学研究和寿命预测,通过实验验证优化寿命预测模型,结合商业化太阳能光热电站工程实践,开发具备寿命预测功能的熔融盐储罐结构设计软件,突破大容量熔融盐储罐长寿命预测的技术难点,为太阳能光热电站熔融盐储罐的寿命评估、结构设计优化和安全运行提供技术指导。

2024 年项目通过实验验证优化寿命预测模型,结合商业化太阳能光热电站工程实践,开发具备寿命预测功能的熔盐储罐结构仿真设计软件,突破大容量熔盐储罐长寿命预测的技术难点,为太阳能光热电站熔盐储罐的寿命评估、结构设计优化和安全运行提供技术指导。目前项目已开展的工作包括:

(1) 基于塔式和槽式 CSP 商业化电站用高温熔盐储罐的温度测试数据,研究了罐体及熔盐温度场分布特征和规律,为储罐力学性能研究提供了边界载荷分析的数据支撑。

(2) 建立了熔盐储罐的结构和温度场数值计算模型,分析了熔盐静态和充放热动态变化工况条件下储罐关键部位的应力分布响应,为储罐的应变测试研究提供了理论参考,完成了 50MW 槽式光热电站运行过程中的熔盐储罐应力测试。



(3) 基于熔盐储罐的结构特征和运行工况条件,开展了储罐寿命预测的理论基础研究,研究了名义应力法和结构应变法的疲劳强度理论。

(4) 开展了熔盐储罐材料和焊缝的力学性能试验。

(5) 完成了熔盐储罐样机的加工,正开展熔盐储罐加速疲劳寿命实验平台的建设,确定了储罐疲劳实验方案。

(6) 基于 50MW 塔式光热电站熔盐储罐结构和运行条件,与美国 NREL 合作完成了熔盐储罐热-力学特性的数值仿真。

在此研究基础上,中美双方再度合作,联合德国 DLR、西班牙 CIEMAT 和法国 CSP Energies 成功申请了由 IEA SolarPACES 资助的熔盐储罐研究项目。

5.1.9 国家重点研发计划“可再生能源技术”重点专项“太阳能高倍柔性聚光制备水泥熟料与陶瓷关键基础问题研究”项目第一年度进展情况

针对建材工业中水泥熟料和陶瓷高温制备过程化石燃料高碳排问题,提出将太阳辐射多次聚集形成高密度能流直接烧制水泥/陶瓷物料,通过能流精准调控满足水泥熟料和陶瓷烧成工艺过程所需的能量与温度参数,实现太阳能高倍聚光直接制备水泥熟料和陶瓷技术。取得了阶段性成果包括:

(1) 在聚光系统方面,本项目建立了二次反射聚光器设计模型,提出了旋转椭球面和双曲面型镜场配置方案,分析了聚光系统的组成、几何结构参数及曲面面型对反应器焦平面能流密度分布的影响规律,初步完成了太阳能聚光系统设计方案。

(2) 在聚光驱动硅酸盐物理化学反应方面,搭建了太阳模拟器聚光驱动硅酸盐物理化学反应实验平台,研究了水泥和陶瓷物料及其不同温度阶段对太阳光谱的吸收性能,研究了高载能高密度光子对陶瓷岩板以及硅酸盐水泥的性能和微观结构影响规律。

(3) 在反应器设计方面,分析了聚光能流密度与物料温度、物料停留时间关系,揭示了不连续烧成对硅酸盐水泥熟料的质量和性能影响规律;分析了太阳能聚光变工况下水泥熟料、陶瓷反应器的运行方式,初步完成了水泥熟料反应器和陶瓷反应器的设计。

(4) 在太阳能水泥熟料/陶瓷窑炉方面,研究了太阳能水泥/陶瓷窑炉系统的工艺参数,初步完成了水泥熟料/陶瓷制备过程涵盖预热、分解、烧成、冷却全过程的质量-热量平衡计算,初步确定了太阳能制备水泥熟料和陶瓷的窑炉总体集成设计方案。

项目研究成果有助于对高能耗高碳排产业的升级改造,助力于建材行业绿色低碳循环发展的产业体系发展,有望为国内外建材行业绿色低碳发展技术方向提供一条新的技术路径。

5.10 塔式太阳能定日镜结构风荷载脉动特性及其风致振动特性研究

随着世界各国能源转型不断深化,塔式太阳能光热电站正在中国、西班牙等国家大力投资兴建,定日镜场是塔式太阳能光热电站的重要组成部分,投资约占整个电站二分之一。然而,塔式太阳能



光热电站常建于空旷平坦的场地，遮挡效应弱，且定日镜结构流体钝体效应显著，使其在风荷载作用下镜面和支撑结构易发生局部破坏和变形，导致吸热器热流不均和光线溢出，严重降低电站发电效率。因此，为确保电站平稳高效运行，定日镜应满足镜面反射率高、面型误差控制在一定范围内、整体机械强度较高，且在 6 级以下风力作用下可正常工作，能抵抗 10 级风力，是当前塔式光热电站持久运营的关键。

项目目标是系统研究多工况下塔式定日镜结构风荷载分布规律及其成因，明确关键影响因素，揭示定日镜群干扰效应，阐明镜面风压脉动特性，结合风压时程信息分析定日镜结构动态响应，提出等效风荷载计算方法，实现塔式太阳能光热电站定日镜群优化布置及抗风设计智能化分析，形成定日镜群体持久高效服役的国内外应用示范案例，为塔式太阳能光热电站的抗风设计和长期稳定运行提供科学依据和技术支撑。

2024 年度，项目重点研究了定日镜表面风压分布特性和成因、定日镜径向布置干扰效应以及风致振动对定日镜聚光效率影响等科学问题。通过风洞试验和 User Defined Function (UDF) 二次开发构建数值风洞，分析仰角和风向角对定日镜表面风压分布影响规律，揭示各因素对风荷载的作用机制，研究定日镜结构气动力特性及其对立柱底部影响，明确最不利设计工况，建立抗风设计风荷载体型系数取值。在此基础上，探讨定日镜径向布置干扰效应，结合流场绕流特性明确径向布置下镜群干扰规律。基于随机抽样光线追踪建立定日镜风致振动聚光效率模型，分析风致振动对聚光效率、风荷载及镜面位移的脉动特性影响。

5.11 煤与光热耦合发电技术与工业验证

2024 年，项目针对煤与光热耦合发电系统耦合集成技术，新型熔盐储热换热器、高温熔盐储罐设计、定日镜场能量调控与熔盐吸热器关键参数监测、互补发电系统瞬态过程节能及灵活高效协同调控等关键技术等开展深入研究，取得了一系列创新成果和关键技术，具体如下：

(1) 基于 660MW 超超临界燃煤机组，提出一种兼顾高效和调峰灵活性的集成储热的光煤互补发电系统及其运行策略，通过较小的储热系统提高燃煤机组的灵活性，拓宽机组运行区间，提高可再生能源消纳量。结果表明，耦合 30MW 光热的光煤互补系统在低负荷下标准煤耗率降低 12 g/kWh。新系统在 30% 锅炉最大连续出力 (BMCR) 工况抽主汽降负荷运行时，调峰容量为 18.22 MW，调峰深度为 2.8%。

(2) 项目组研发出一种低熔点三元混合熔盐，熔点为 98.11℃，初晶点为 110.20℃，分解温度为 582.1℃，按照相关国家标准规定，推荐优选混合熔盐的液态使用温度范围为 150-550℃，实验获得了混合熔盐热物性，通过高低温热冲击试验、高温恒温试验及高温恒温失重试验证实了优选混合熔盐可以同时满足太阳能聚光集热发电及火电厂抽汽全热回收的预期目标。

(3) 提出了典型光煤互补发电系统工程设计方案。一种为基于 660MW 燃煤机组耦合 30MW



光热的机炉能流解耦深度调峰方案，经测算，度电标准煤耗降低量 $> 3\text{g/kWh}$ ，其能量（发电）复用率为 77.38%；另一种为基于 660MW 燃煤机组耦合 30MW 光热的光煤互补系统工程设计方案，度电标准煤耗降低量 $> 3\text{g/kWh}$ ，资本金内部收益率达到 5.98%。

(4) 提出一种考虑蓄热变化率的能量 - 工质比调控瞬态过程节能技术，变负荷速率为 15MW/min ，瞬态节能潜力为 0.61g/kWh 。提出了一种耦合锅炉 - 太阳能集热等系统蓄热特性的控制策略，提升了机组变负荷速率，极限变负荷速率可达 $4\% P_e/\text{min}$ 。

(5) 发展了太阳能辅助燃煤系统理论调峰极限计算方法，提出了宽负荷灵活汽轮机方案，包括主辅机的灵活性运行设计方案，揭示了塔式太阳能辅助燃煤发电系统在不同运行模式和不同耦合方式下的系统性能变化规律。

上述进展及成果为项目后续示范系统建设提供了有力支撑。

5.2 太阳能热发电标准

5.2.1 国家标准

根据国家太阳能光热联盟粗略统计，2024 年，我国发布太阳能热发电相关国家标准 7 项，处于批准阶段 5 项；处于制修订中的国家标准 4 项。截至 2024 年底，我国已经发布太阳能热发电（含热利用）相关标准 41 项。

表 5.2-1 2024 年度我国已发布及报批中的太阳能热发电相关国家标准

序号	标准名称	主要起草单位	归口单位	发布日期
1	《太阳能光热发电站储热 / 传热用工作介质技术要求 熔融盐》 (GB/T 44800-2024)	浙江高晟光热发电技术有限公司、北京工业大学、浙江可胜技术股份有限公司、中广核风电有限公司、华北电力大学	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	2024 年 10 月 26 日
2	《塔式太阳能光热发电站定日镜技术要求》 (GB/T 44140-2024)	浙江可胜技术股份有限公司、中广核风电有限公司、浙江高晟光热发电技术研究院有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、华北电力大学、中国能源建设集团陕西省电力设计院有限公司	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	2024 年 6 月 29 日



序号	标准名称	主要起草单位	归口单位	发布日期
3	《塔式太阳能光热发电站集热系统技术要求》 (GB/T 44422-2024)	浙江可胜技术股份有限公司、浙江高晟光热发电技术研究院有限公司、西安热工研究院有限公司、中广核风电有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、华北电力大学、中国能源建设集团陕西省电力设计院有限公司	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	2024 年 7 月 24 日
4	《塔式太阳能光热发电站运行规程》 (GB/T 44079-2024)	中国能源建设集团科技发展有限公司、北京能脉科技有限公司、青岛华丰伟业电力科技有限公司、中国能源建设集团有限公司工程研究院、浙江大学、首航节能光热技术股份有限公司、中国华电科工集团有限公司、北京京能国际控股有限公司、北京洛斯塔科技发展有限公司	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	2024 年 5 月 28 日
5	《太阳能光热发电站储热 / 传热用工作介质技术要求 熔融盐》	浙江高晟光热发电技术有限公司、北京工业大学、浙江可胜技术股份有限公司、中广核风电有限公司、华北电力大学	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	2024 年 10 月 20 日
6	《太阳能光热发电站并网调度运行技术要求》 (GB/T 44788-2024)	中国电力科学研究院有限公司、国家电网有限公司、国网青海省电力公司、国网甘肃省电力公司、国网新疆电力有限公司	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	2024 年 10 月 26 日
7	《菲涅耳式太阳能光热发电站技术标准》 (GB/T 51467-2024)	中国电力企业联合会、北京兆阳光热技术有限公司，参编单位有中国能源建设集团西北电力试验研究院有限公司、中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司、内蒙古电力勘测设计院有限责任公司、河北省电力勘测设计研究院、中国葛洲坝集团电力有限责任公司、山东汇银新能源科技有限公司、常州龙腾光热科技股份有限公司、山东电力建设第三工程有限公司	住房和城乡建设部	2024 年 12 月 26 日
统计制表：国家太阳能光热联盟				



表 5.2-2 2024 年度制修订中的太阳能热发电相关国家标准

序号	标准名称	主要起草单位	归口单位	项目进度
1	《太阳能光热发电站熔融盐储热系统技术要求》 (20230049-T-524)	浙江可胜技术股份有限公司、浙江绿储科技有限公司、中广核风电有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、北京工业大学、山东电力工程咨询院有限公司	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	正在批准
2	《塔式太阳能光热发电站主控制系统技术条件》 (20221275-T-524)	中国能源建设集团科技发展有限公司、中国能源建设集团有限公司工程研究院、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、浙江大学、中国电力建设工程咨询有限公司	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	正在批准
3	《光热电站太阳能资源评估规范》 (20204028-T-416)	中国气象局公共气象服务中心、北京金风慧能技术有限公司、中国华电科工集团有限公司、特变电工新疆新能源股份有限公司、安徽省公共气象服务中心、华电中光新能源技术有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司	全国气候与气候变化标准化技术委员会	正在批准
4	《太阳能光热发电站 直接与间接式主动显热储热系统特性》 (20214675-Z-524)	浙江可胜技术股份有限公司、中广核风电有限公司、中国大唐集团科技创新有限公司、浙江高晟光热发电技术研究院有限公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、中国船舶重工集团海装风电股份有限公司、常州龙腾光热科技股份有限公司、华北电力大学	全国太阳能光热发电标准化技术委员会	正在批准



序号	标准名称	主要起草单位	归口单位	项目进度
5	《太阳能热发电站 第 3-2 部分： 系统与部件 大尺寸抛物面槽式集 热器通用要求与测试方法》 (20230050-T-524)	常州龙腾光热科技股份有限公司、中国大 唐集团科学技术研究总院有限公司、中国 大唐集团科技创新有限公司、中广核风电 有限公司	全国太阳能光 热发电标准化 技术委员会	正在批准
6	《槽式太阳能集热管热损系数测 试方法》 (计划号 20231000-T-469)	中国科学院电工研究所、常州龙腾光热科 技股份有限公司、有研工程技术研究院有 限公司、北京天瑞星光热技术有限公司、 山东汇银新能源科技有限公司、兰州大成 科技股份有限公司、北京桑达太阳能技术 有限公司、皇明太阳能股份有限公司、中 广核新能源控股有限公司、中国船舶重工 集团新能源有限责任公司等	全国太阳能标 准化技术委员 会	正在征求 意见
7	《塔式太阳能光热发电站镜场控 制系统技术规范》 (计划号 20241801-T-524)	浙江可胜技术股份有限公司、浙江高晟光 热发电技术研究院有限公司	全国太阳能光 热发电标准化 技术委员会	正在起草
8	《成套装置基于风险的检验细则 第 4 部分：槽式光热装置》 (计划号：20240112-T-469)	中国特种设备检测研究院	全国锅炉压力 容器标准化技 术委员会	正在起草
9	《太阳能发电工程项目规范》	/	中华人民共和 国住房和城乡 建设部	完成征求 意见
统计制表：国家太阳能光热联盟				



5.2.2 行业标准

6月28日，国家能源局发布《关于公开征求2024年能源领域拟立项行业标准制修订计划及外文版翻译计划项目意见的通知》，其中《2024年能源领域拟立项行业标准制定计划项目》中包含24项太阳能光热发电相关标准^[35]。据国家太阳能光热联盟粗略统计，2024年，我国已发布或制修订中的太阳能热发电相关行业标准约30项。

表 5.2-3 2024 年能源领域太阳能热发电相关行业标准

序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
1	《太阳能热发电工程概算定额》	水电水利规划设计总院（可再生能源定额站）、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、电力规划总院有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、浙江可胜技术股份有限公司	该文件适用于槽式、塔式、线性菲涅尔式太阳能热发电厂新建、改建、扩建工程概（估）算编制，采用其他太阳能热发电方式的工程概（估）算编制可参照使用。
2	《热电厂储热系统设计》	中国电力工程顾问集团东北电力设计院有限公司	该文件适用于新建、扩建及改建热电厂热水储热系统及固体储热系统设计。
3	《槽式太阳能光热发电站柔性连接组件技术条件与测试方法》	中广核新能源投资（深圳）有限公司、国家能源太阳能热发电技术研发中心、中广核新能源德令哈有限公司、江苏昊峰管道设备有限公司、有研工程技术研究院有限公司	该文件主要适用于槽式太阳能热发电站柔性连接组件，主要技术内容包括旋转接头的型式、技术参数和测试方法、标识、包装、运输和储存等。
4	《槽式太阳能光热发电站集热器安装调试技术规程》	中广核新能源投资（深圳）有限公司、国家能源太阳能热发电技术研发中心、中广核新能源德令哈有限公司、中国大唐集团新能源科学技术研究院有限公司、常州龙腾光热科技股份有限公司、北京首航艾启威节能技术股份有限公司	该文件主要针对槽式太阳能热发电站集热器，制定其安装调试技术规程，适用于槽式太阳能热发电站集热器，包括对集热器基础的基本要求、集热器立柱的吊装、定位、固定等安装技术要求、集热器模块的吊装、定位、固定等安装技术要求、集热管安装技术要求、以及集热器安装后的测试和试运转技术要求等。本标准不适用于槽式集热器零部件制造、槽式集热器组装技术规程。



序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
5	《光热发电厂安全生产标准化实施规范》	中国能源建设集团投资有限公司	该文件规定了太阳能热发电厂安全生产标准化管理体系建立、保持与评定的原则和一般要求, 以及目标职责、制度化管理、教育培训、现场管理、安全风险分级管控及隐患排查治理、应急管理、事件(事故)管理和持续改进八个体系要素的核心技术要求。适用于太阳能热发电厂开展安全生产标准化达标建设工作。
6	《线性菲涅尔式太阳能光热发电站集热系统验收规范》	龙源电力集团股份有限公司	该文件规范了菲涅尔式太阳能光热发电站集热系统建设质量检查、验收及工程建设质量管理与控制。
7	《塔式太阳能光热发电跟踪回转传动装置》 JB/T 14689-2024	杭州中德传动设备有限公司、江苏中工高端装备研究院有限公司、郑州机械研究所有限公司、重庆大学、江苏省减速机产品质量监督检验中心、国家齿轮产品质量监督检验中心、郑机所(郑州)传动科技有限公司、浙江台玖精密机械有限公司、上海合纵重工机械有限公司、浙江可胜技术股份有限公司	该文件规定了塔式太阳能光热发电跟踪回转传动装置的型号、基本参数、外形尺寸和技术要求, 描述了相应的试验方法, 规定了检验规则、标志、包装、运输和贮存条件。
8	熔盐管道设计规范	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、电力规划总院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司	适用范围: 本标准适用于采用二元熔盐($60\%NaNO_3 + 40\%KNO_3$)作为传热或储热介质的太阳能光热发电站、储热调峰机组、压缩空气储能电站等的熔盐管道设计。其他硝基型熔盐介质的管道设计可参照执行。 主要技术内容: 基本规定、管道组件的选择和计算、管道布置、水力计算、管道应力分析计算、支吊架设计等。



序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
9	太阳能光热发电厂热工开关量和模拟量控制系统设计规程	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司	该文件适用于新建、扩建和改建的太阳能光热发电厂热工开关量和模拟量控制系统的设计。该文件规定了太阳能光热发电厂热工开关量和模拟量控制系统设计规程。
10	线性菲涅耳式太阳能光热发电站集热系统验收规范	龙源（北京）新能源工程设计研究院有限公司，中国大唐集团科技创新有限公司，中国大唐集团科学技术研究院总院有限公司，上海勘测设计研究院有限公司，中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，甘肃龙源新能源有限公司，龙源电力集团股份有限公司	该文件适用于新建、扩建和改建的菲涅耳式太阳能光热发电站。该文件规定了线性菲涅耳式太阳能光热发电站建设工程验收的主要技术要求。
11	太阳能光热发电项目后评价导则	上海勘测设计研究院有限公司	该文件适用于新建、改建和扩建的并网太阳能热发电站。该文件规定了太阳能热发电项目后评价的评价原则、评价范围以及评价内容。
12	太阳能光热发电工程施工组织设计导则	上海勘测设计研究院有限公司	该文件适用于新建的太阳能光热发电工程。该文件规定了包括：总则、施工组织机构与人员配置、施工综合进度、施工总平面布置、施工临时设施及场地、施工力能供应、主要施工方案及特殊施工措施、质量管理、职业健康安全管理和环境管理、文明施工、计算机网络的应用等内容。
13	槽式太阳能光热发电站集热系统验收规范	中广核太阳能开发有限公司，山东电力建设第三工程有限公司，中国大唐集团科技创新有限公司	该文件适用于新建、扩建和改建槽式集热系统施工质量验收。该文件规定了槽式太阳能光热发电站集热系统施工进度管理、施工质量总体综合评价、施工过程完整度、现场抽查及质量分级等情况进行了规定。根据评定和检查结果，进行聚光集热器单元、集热管、反射镜及其支撑结构等关键部件的质量控制。



序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
14	槽式太阳能光热发电站集热器单元监造规范	中广核太阳能开发有限公司	该文件适用于太阳能光热发电站集热器的监造工作，涉及聚光集热器单元、集热管、反射镜及其支撑结构等关键部件的生产和装配质量控制。该文件规定了包括监造各方职责的界定、监造流程的规范、关键部件的质量控制点以及成品监造要求。
15	太阳能光热发电站工程质量评定标准	中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司，中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司，中国大唐集团科技创新有限公司	该文件适用于新建、扩建、改建的光热项目中的施工质量评定。该文件规定了施工质量检验，施工质量评定。
16	太阳能光热发电工程监理规范	广东创成建设监理咨询有限公司，浙江电力建设工程咨询有限公司，福建闽能咨询有限公司，中国大唐集团科技创新有限公司，中国大唐集团科学技术研究总院有限公司，湖南电力工程咨询有限公司，中达安股份有限公司，中南电力项目管理咨询（湖北）有限公司，新疆电力工程监理有限责任公司，内蒙古电力勘测设计院有限责任公司，中国能源建设集团新疆电力设计院有限公司，中国能建捷硕海阳电力有限公司	该文件适用于塔式、槽式、线性菲涅尔式和碟式太阳能光热发电工程的监理工作。该文件规定了项目监理机构人员及监理资源配置、施工准备阶段施工阶段调试阶段工程试运启动验收工程移交与保修阶段质量控制、安全生产管理的监理工作、工程进度工程造价控制与合同管理、环境保护水土保持的监理工作、数字化监理工作等。
17	储能熔盐中氯化物的测定 X 射线荧光光谱法	西安热工研究院有限公司，华北电力科学研究院有限责任公司，中国大唐集团科学技术研究总院有限公司华北电力试验研究院，国能南京电力试验研究院有限公司，国网山东省电力公司电力科学研究院	该文件规定了采用 X 射线荧光光谱法测定储能熔盐中氯化物含量的一般要求，包括方法概要、分析步骤等。



序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
18	太阳能发电工程可开发量评估方法	水电水利规划设计总院、中国电建集团成都勘测设计研究院有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团北京勘测设计研究院有限公司、中国电建集团华东勘测设计研究院有限公司等	适用范围：适用于陆上、海上集中式光伏发电工程和陆上太阳能热发电工程的可开发量计算和评估。 主要技术内容：理论可开发量、资源可开发量、技术可开发量等不同可开发量的数据要求、计算边界、计算方法、以及主要参数选取。
19	太阳能热发电工程设计工程量计算规定	水电水利规划设计总院、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司等	适用范围：适用于太阳能热发电项目可研和初步设计阶段设计工程量计算及工程量清单编制。 主要技术内容：规定了太阳能热发电工程可研和初步设计阶段各分工程量计算要求，以及工程量清单编制要求。具体包括聚光集热系统、储热系统、蒸汽发生系统等分部分项工程量计算规定、工程量清单编制规定和相关附录。
20	太阳能热发电工程工程量清单计价规范	水电水利规划设计总院、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司等	适用范围：适用于太阳能热发电工程发承包建设阶段工程量清单编制和计价及造价管理工作。 主要技术内容：规定了太阳能热发电工程工程量清单及计价文件的编制要求和造价管理工作原则。具体包括，太阳能热发电工程工程量清单编制、工程量清单计价、工程量清单组成及格式、工程量清单计价组成及格式和附录等内容。
21	太阳能热发电工程电气设计规范	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司等	适用范围：适用于采用蒸汽轮发电机组的塔式、槽式、线性菲涅尔式及碟式太阳能热发电工程的电气设计。 主要技术内容：电力系统、发电机组与主变压器、电气主接线、交流厂用电系统、直流电源系统及交流不间断电源、高压配电装置、电气监测与控制、元件继电保护和自动装置、照明系统、过电压保护与接地、站内通信、电缆选择及敷设、电气设备布置、其他设施等。



序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
22	太阳能热发电工程熔融盐储罐设计规范	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、华陆工程科技有限责任公司、首航高科能源技术股份有限公司等	适用范围：适用于太阳能热发电工程常压和接近常压立式圆筒形钢制焊接熔融盐储罐的设计。 主要技术内容：基本规定，材料，罐底设计，罐壁设计，固定顶，罐体附件，地震作用和抗震验算，抗风稳定性及锚固设计，预制、组装、焊接及检验，罐体基础，罐体保温等。
23	太阳能热发电工程电熔盐加热器系统设计规范	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、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、中电建新能源股份有限公司等	适用范围：适用于新建、扩建和改建的太阳能热发电工程电熔盐加热器系统的设计。 主要技术内容：工艺系统，主要设备选型及配置，管道及附件，设备及管道布置，辅助系统，电气、仪表与控制等技术要求。
24	太阳能热发电工程施工图设计文件内容深度规定 第1部分 总的部分	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、中电建新能源股份有限公司等	适用范围：适用于新建、扩建和改建的太阳能热发电工程施工图设计。 主要技术内容：太阳能热发电工程各部分施工图设计文件主要内容，具体包括，总则、施工图设计文件、各部分主要内容等。
25	太阳能热发电工程施工图设计文件内容深度规定 第2部分 总图运输	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、中电建新能源股份有限公司等	适用范围：适用于新建、改建和扩建的太阳能热发电工程总图运输施工图设计。 主要技术内容：施工图设计文件，施工图总说明及卷册目录，标识系统设计说明，全厂总体规划，厂区总平面布置，厂区竖向布置，厂区管线综合，厂区道路布置及详图，厂区沟道布置及详图，厂区围墙、围栅及大门详图，厂区绿化规划等



序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
26	太阳能热发电工程施工图设计文件内容深度规定 第 3 部分 聚光集热	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、中电建新能源股份有限公司等	适用范围：适用于新建、扩建和改建的太阳能热发电工程聚光集热施工图设计。 主要技术内容：施工图设计文件、施工图总说明及卷册目录、标识系统设计说明、设备及材料清册、聚光集热系统总布置、系统图、系统设计说明、设备安装图、管道安装图、保温油漆等。
27	太阳能热发电工程施工图设计文件内容深度规定 第 4 部分 储换热	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、中电建新能源股份有限公司等	适用范围：适用于新建、扩建和改建的太阳能热发电工程储换热施工图设计。 主要技术内容：施工图设计文件、施工图总说明及卷册目录、标识系统设计说明、设备及材料清册、SGS 总布置、系统图、系统设计说明、设备安装图、管道安装图、保温油漆等。
28	太阳能热发电工程竣工图文件编制规定	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、水电水利规划设计总院有限公司、中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司、中电建新能源集团股份有限公司等	适用范围：适用于新建、扩建和改建的太阳能热发电工程竣工图的编制。 主要技术内容：竣工图编制要求，竣工图范围及内容深度，竣工图审核，竣工图的出版、交付与归档等。
29	太阳能发电工程水土保持技术规范	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司等	适用范围：适用于太阳能发电工程水土保持设计。 主要技术内容：基本规定、水土保持工程级别与设计标准、水土保持评价、水土流失防治责任范围和防治分区、水土流失预测、水土保持防治目标及措施布设、水土保持监测、水土保持设计要求等。



序号	标准项目名称	主要起草单位	适用范围和主要技术内容
30	太阳能热发电工程劳动安全与职业卫生设计规范	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司等	适用范围：适用于新建、改建、扩建的塔式、槽式、碟式和菲涅尔式等并网型光热发电工程的劳动安全与职业卫生设计。 主要技术内容：工程选址及总布置，生产过程中的安全设计，作业场所所有害因素控制，特种设备安全，工程施工期安全卫生，安全信息、安全色及安全标志，安全卫生管理机构、辅助用室及应急设备设施，劳动安全与职业卫生投资概算等。
统计制表：国家太阳能光热联盟			

5.2.3 联盟标准

截至 2024 年底，国家太阳能光热联盟已发布联盟标准 21 项。其中，《抛物面槽式太阳能集热管热损系数测试方法》升级到国家标准，已完成征求意见^[36]。

表 5.2-4 已发布国家太阳能光热联盟标准

序号	标准名称	主要起草单位	适用范围	发布日期
1	《定日镜质量试验方法》	中国科学院电工研究所、皇明太阳能股份有限公司、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国标准化研究院	该标准适用于对定日镜整机及其核心部件的质量检测。	2014-08-21
2	《太阳定日镜跟踪准确度测量方法》	中国科学院电工研究所、皇明太阳能股份有限公司、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国标准化研究院	该标准适用于将太阳法向直射辐射反射聚集到固定位置的不同尺寸和传动方式的定日镜。	2014-08-21



序号	标准名称	主要起草单位	适用范围	发布日期
3	《非跟踪型太阳能中温集热器性能测试方法》	山东力诺新材料有限公司、上海交通大学、北京清华阳光能源开发有限责任公司、山东力诺瑞特新能源有限公司、中国科学院电工研究所、中国标准化研究院、东莞市康达机电工程有限公司、太阳雨集团有限公司、广东五星太阳能股份有限公司、湖北贵族真空科技股份有限公司、皇明太阳能集团有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、南京工业大学、云南师范大学	该标准适用于利用太阳辐射加热的非跟踪型太阳能中温集热器，包含以下几种形式：传热工质为液体的非聚光型全玻璃真空管型太阳能集热器、玻璃-金属结构真空管型太阳能集热器和热管式真空管型太阳能集热器。	2015-01-12
4	《太阳能聚光器面形性能测量方法》	中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、中国标准化研究院、中国科学院电工研究所、北京清华阳光能源开发有限责任公司、东莞市康达机电工程有限公司、广东五星太阳能股份有限公司、湖北贵族真空科技股份有限公司、皇明太阳能集团有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、太阳雨集团有限公司、南京工业大学、山东力诺新材料有限公司、上海交通大学、西安交通大学、云南师范大学	该标准适用于太阳能聚光器面形性能的测量。	2015-01-12
5	《太阳能空调性能与质量测试和评价方法》	上海交通大学、山东禄禧新能源科技有限公司	该标准适用于以太阳能集热器产生的热水、蒸汽或导热油为驱动热源的太阳能吸收式空调机组，以热水、蒸汽或导热油为驱动热源的太阳能吸附式空调机组可参照执行。	2015-01-12



序号	标准名称	主要起草单位	适用范围	发布日期
6	《中温太阳能热利用术语》	中国科学院电工研究所、中国标准化研究院、上海交通大学、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、北京清华阳光能源开发有限责任公司、东莞市康达机电工程有限公司、广东五星太阳能股份有限公司、湖北贵族真空科技股份有限公司、皇明太阳能集团有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、北京四季沐歌太阳能技术集团有限公司、南京工业大学、山东力诺新材料有限公司、云南师范大学	该标准适用于中温太阳能热利用中聚光、光热转换、储热、工业应用及运行等过程。	2015-01-12
7	《太阳能中温热利用蓄热材料性能测试方法》	南京工业大学、武汉理工大学、中国科学院电工研究所、中国标准化研究院、上海交通大学、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、北京清华阳光能源开发有限责任公司、东莞市康达机电工程有限公司、广东五星太阳能股份有限公司、湖北贵族真空科技股份有限公司、皇明太阳能集团有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、北京四季沐歌太阳能技术集团有限公司、山东力诺新材料有限公司、云南师范大学	该标准适用于太阳能中温热利用(100℃ ~ 400℃)的蓄热材料。	2015-11-15
8	《太阳能中温空气集热器热性能测试方法》	云南师范大学太阳能研究所、云南省太阳能光热工程技术中心、中国科学院电工研究所、中国标准化研究院、广东五星太阳能股份有限公司、上海交通大学、中国科学院长春光学精密机械与物理研究所、北京清华阳光能源开发有限责任公司、东莞市康达机电工程有限公司、湖北贵族真空科技股份有限公司、皇明太阳能集团有限公司、江苏省产品质量监督检验研究院、北京四季沐歌太阳能技术集团有限公司、南京工业大学、山东力诺新材料有限公司	该标准适用于利用太阳辐射加热、有透明盖板、传热流体为空气的只有单一入口和单一出口的平板型太阳能中温空气集热器。	2015-12-29



序号	标准名称	主要起草单位	适用范围	发布日期
9	《抛物面槽式太阳能集热器热性能动态测试方法》	中国科学院电工研究所、首航节能光热技术股份有限公司、中国电力工程顾问集团公司、北京有色金属研究总院、北京市太阳能研究所有限公司、中海阳能源集团股份有限公司、江苏太阳宝新能源有限公司、武汉圣普太阳能科技有限公司、常州龙腾太阳能热电设备有限公司、康达新能源设备股份有限公司、成都禅德太阳能电力有限公司、山西利虎玻璃（集团）有限公司、旭硝子特种玻璃（大连）有限公司、北京天瑞星光热技术有限公司、国家电投中央研究院、北京清华阳光能源开发有限责任公司、北京市太阳能热发电工程技术研究中心、中国科学院太阳能利用与光伏系统重点实验室	该标准适用于利用单轴跟踪的抛物面槽式聚光器，传热介质为导热油、水和熔融盐等在吸热过程中无相变液体介质的太阳能集热器，并且几何聚光比大于 7，包括由多台抛物面槽式聚光器组成的集热器阵列。	2016-03-25
10	《抛物面槽式太阳能集热管热损系数测试方法》	中国科学院电工研究所、北京市太阳能研究所有限公司、常州龙腾光热科技股份有限公司、有研工程技术研究院有限公司、北京天瑞星光热技术有限公司、兰州大成科技股份有限公司、山东汇银新能源科技有限公司、皇明太阳能股份有限公司、中海阳能源集团股份有限公司、康达新能源设备股份有限公司、中国电力工程顾问集团有限公司	该标准适用于太阳能热发电系统中用的抛物面槽式太阳能集热管，其他玻璃-金属内管结构的太阳能集热管可参照执行。	2016-06-23
11	《太阳能热发电有机热载体联苯-联苯醚混合物》	江苏中能化学科技股份有限公司、中国锅炉水处理协会、中国科学院电工研究所、中广核太阳能开发有限公司、山东天一化学股份有限公司、北京天瑞星光热技术有限公司、苏州首诺导热油有限公司、中海阳能源集团股份有限公司、中国华能集团清洁能源技术研究院有限公司、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、深圳市爱能森科技有限公司、华电新能源技术开发公司、成都博昱新能源有限公司	该标准适用于以联苯和联苯醚制备的用于太阳能热发电有机热载体产品。本产品适用于闭式传热系统。	2017-04-25



序号	标准名称	主要起草单位	适用范围	发布日期
12	《储热型水蒸汽太阳能蒸锅热性能测试方法》	广东五星太阳能股份有限公司、中国科学院电工研究所、上海交通大学	该标准适用于三个热性能测试内容，包括集热性能测试、储热器闪蒸测试及储热器热损系数测试。	2018-05-11
13	《定日镜支架质量和性能检验方法》	中国科学院电工研究所、浙江中控太阳能技术有限公司、青岛星跃铁塔有限公司、成都博昱新能源有限公司	该标准适用于定日镜金属结构支架的质量与性能检验。	2019-10-14
14	《中温太阳能真空集热管用玻璃管》	山东力诺瑞特新能源有限公司、中国科学院电工研究所、北京天瑞星光热技术有限公司、北京工业大学、山东东方伟民新热力科技有限公司、常州龙腾光热科技股份有限公司、中国葛洲坝集团装备工业有限公司	该标准适用于以导热油等为传热工质的中温太阳能真空集热管用玻璃管，不适用于以熔盐为传热工质的高温太阳能真空集热管用玻璃管。	2019-10-14
15	《塔式太阳能液体介质吸热器单元热性能测试方法》	浙江大学、中国能源建设集团有限公司工程研究院、中国科学院电工研究所、西安交通大学、北京工业大学、天津大学、中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司、内蒙古电力勘测设计院有限责任公司、中国科学院上海应用物理研究所、浙江中光新能源科技有限公司、浙江中控太阳能技术有限公司、杭州锅炉集团股份有限公司、北京首航艾启威节能技术股份有限公司、中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司、衢州市特种设备检验中心、中国特种设备检测研究院材料研究所、山东电力工程咨询院有限公司	该标准适用于采用液体传热介质的塔式太阳能吸热器单元，规定了吸热器单元热性能测试方法，适合塔式太阳能液体介质吸热器单元的测试和评价。	2020-01-06



序号	标准名称	主要起草单位	适用范围	发布日期
16	《抛物面槽式吸热管光学效率检测方法》	有研工程技术研究院有限公司、中国科学院电工研究所、山东力诺瑞特新能源有限公司、常州龙腾光热科技股份有限公司	该标准适用于太阳能发电系统中应用的吸热管，其他玻璃-金属封接结构的吸热管可参照执行。 该标准不适用于全玻璃真空太阳集热管。	2020-08-21
17	《太阳能热发电硝酸熔盐技术规范》	中国科学院上海应用物理研究所、中山大学、北京工业大学、中国科学院电工研究所、浙江大学、中国特种设备检测研究院、中国科学院青海盐湖研究所、交城县并盛化工有限公司、北京建筑大学	该标准适用于太阳能热发电硝酸熔盐的技术规范、质量检测与评价。	2021-03-11
18	《固体金属氧化物热化学储能温度和储能密度测量方法》	浙江大学、中国能源建设集团有限公司工程研究院、西安交通大学、中国科学院电工研究所、中国科学院上海应用物理研究所	该标准适用于在100-1500℃的温度范围内的测量固体金属氧化物的热化学储能温度和储能密度。	2021-04-21
19	《太阳能热发电熔盐腐蚀性测试与评估方法》	中国科学院上海应用物理研究所、中山大学、北京工业大学、中盐金坛盐化有限责任公司、山西沃锦新能源股份有限公司、中国科学院电工研究所、浙江大学、中国特种设备检测研究院、中国科学院青海盐湖研究所	该标准适用于太阳能热发电熔盐对金属材料的腐蚀性测试和腐蚀性评价。	2021-05-25



序号	标准名称	主要起草单位	适用范围	发布日期
20	《长周期显热储热系统设计规范》	清华大学、中国科学院电工研究所、日出东方太阳能股份有限公司、内蒙古富龙供热工程技术有限公司、北京中环合创环保能源科技有限公司、首航高科能源技术股份有限公司、有研工程技术研究院有限公司	该标准规定了长周期显热储热系统的术语和定义、总则、长周期水箱储热系统、长周期埋管储热系统、长周期水池储热系统的设计要求。	2023-01-11
21	《定日镜场聚光能流密度测试方法》	中国科学院电工研究所、兰州理工大学	该标准规定了定日镜场在吸热器采光口平面上聚光能流密度的测试方法。该文件适用于定日镜场在吸热器采光口平面上聚光能流密度的测试。	2024-05-28
22	《塔式光热电站硝酸熔盐吸热器用 GH3625 镍基合金焊管》	常州市神能金属制品有限公司、大冶特殊钢有限公司、中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司、东方锅炉股份有限公司、蓝星（北京）化工机械有限公司、首航高科能源技术股份有限公司、浙江西子新能源工程技术有限公司、中南大学、宝钛集团有限公司、中航上大高温合金材料股份有限公司	该文件规定了塔式光热电站硝酸熔盐吸热器用 GH3625 镍基合金焊管的尺寸、外形、技术要求、试验方法、检验规则、包装、标志和质量证明书。该文件适用于塔式光热电站硝酸熔盐吸热器用 GH3625 镍基合金焊管。	(即将发布)
统计制表：国家太阳能光热联盟				



5.3 2024 年相关获奖项目

2024 年，部分太阳能热发电相关技术成果也参与了相关评奖，名单如表 5.3所示（如有统计遗漏，敬请谅解）。

表 5.3 太阳能热发电相关技术获奖项目名单（排名不分先后）

序号	获奖项目名称	完成单位	奖项
1	塔式太阳能安全高效光热转化与存储关键技术及应用	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 西安交通大学 首航节能光热技术股份有限公司	陕西省科学技术进步一等奖
2	高性能热媒材料绿色制备技术研发与产业化	河北津东科技集团有限公司	2023 年度河北省科技进步奖二等奖
3	哈密熔盐塔式 50MW 光热电站	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司	中国电力规划设计协会“四优”奖优秀工程勘测三等奖
4	南疆沙戈荒新能源外送基地开发消纳方案研究	电力规划总院有限公司	中国电力规划设计协会电力行业优秀工程咨询成果一等奖
5	新疆华电天山北麓基地 6100 兆瓦新能源项目可行性研究报告	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司	
6	中广核拉果措“零碳提锂”源网荷储示范项目工程可行性研究报告	电力规划总院有限公司	
7	内蒙古库布齐沙漠鄂尔多斯中北部新能源基地项目可行性研究	电力规划总院有限公司 上海勘测设计研究院有限公司	



序号	获奖项目名称	完成单位	奖项
8	青海省海南州戈壁基地光热系统优化及联合运行方案研究	电力规划总院有限公司	中国电力规划设计协会电力行业优秀工程咨询成果二等奖
9	青豫直流二期二标段海西基地 10 万千瓦光热工程可行性研究报告	中国电建西北勘测设计研究院有限公司	
10	新型电力系统背景下青海电网源荷互动电源结构优化及机制建设研究	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司 国网青海省电力公司经济技术研究院	
11	中能建哈密“光（热）储”多能互补一体化绿电示范项目可行性研究报告	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司	中国电力规划设计协会电力行业优秀工程咨询成果三等奖
12	内蒙古库布其沙漠鄂尔多斯中北部 1200 万千瓦新能源基地项目输电规划报告	内蒙古电力勘测设计院有限责任公司 内蒙古超高压供电公司	
13	风光热储多能互补系统协同规划与智能调控关键技术及应用	河海大学 中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司 青海格尔木鲁能新能源有限公司 中国电力科学研究院有限公司南京分院 香港理工大学	2024 年度中国可再生能源学会科学技术奖技术创新一等奖
14	西部水风光多源协同规划运行关键技术及应用	中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司 河海大学 南京南瑞水利水电科技有限公司 华电集团黔源电力股份有限公司 华能澜沧江水电股份有限公司	2024 年度中国可再生能源学会科学技术奖技术创新二等奖
15	高效槽式太阳能光热耦合谷电储能的户用分布式供暖系统	内蒙古百川光热科技有限公司	伊金霍洛旗第九届创新创业大赛一等奖



序号	获奖项目名称	完成单位	奖项
16	提高储罐液压顶升施工过程中罐体稳定性	甘肃省安装建设集团有限公司	2024 年度电力建设质量管理小组活动竞赛三等奖
17	提高吸热塔三脚架翻模工艺筒壁外观质量		2024 年度电力建设质量管理小组活动竞赛三等奖
18	提高吸热塔三脚架翻模筒壁外观质量		甘肃省工程建设质量管理小组 QC 小组竞赛三类成果奖
19	瓜州 70 万千瓦“光热储能+”项目	中国能建葛洲坝集团电力有限责任公司 甘肃省安装建设集团有限公司 恒基能脉新能源科技有限公司	中国能建项目管理“十化”优秀示范项目
20	光热定日镜组装生产线国产化自主研发及应用研究	东方电气集团东方锅炉股份有限公司	2024 全国机械冶金建材行业职工技术创新成果特等奖
21	双相钢及超级双相钢焊管焊接合格率提升	中纲不锈钢管业科技山西有限公司	晋中市 2024 年度质量攻关活动二等奖



六、太阳能热发电技术经济性

6.1 太阳能热发电项目的电价及投资

发电项目的投资经济性与电价密切相关。根据《国家发展改革委关于 2021 年新能源上网电价政策有关事项的通知》（发改价格〔2021〕833 号），2021 年起，新核准（备案）光热发电项目上网电价由当地省级价格主管部门制定，具备条件的可通过竞争性配置方式形成，上网电价高于当地燃煤发电基准价的，基准价以内的部分由电网企业结算^[37]。如表 6.1-1 所示，目前我国西北地区不同省区的电价存在较大差异。

表 6.1-1 我国西北省区光热发电项目电价政策

地区	电价	其他说明
新疆自治区	统一基准电价 0.262 元 /kWh。	燃煤标杆电价为 0.25 元 /kWh。
内蒙古自治区	"基准价 + 上下浮动"的市场化价格机制。	基准价按现行燃煤发电标杆上网电价确定，蒙西电网基准价 0.2829 元 /kWh，蒙东电网基准价 0.3035 元 /kWh；浮动范围：上浮不超过 10%、下浮原则上不超过 15%。
甘肃省	燃煤标杆基准电价 0.3078 元 /kWh。	光伏采用分时上网电价。
青海省	青能新能[2023]57号：纳入 2021 年、2022 年全省新能源开发建设方案且按期建成的本地消纳项目，光热上网电价按照煤电基准电价执行。2023至2025年，通过竞争性配置取得的光热一体化项目均参与市场化交易，光热上网电价参照发改价格〔2021〕1439号执行。 青发改价格〔2024〕778号：2024年至 2028年年底，经青海省级发展改革、能源主管部门评审认定，纳入全省年度光热发电示范（试点）开发计划，履行基本建设程序并单独建设的光热发电项目，自投入商业运营之日起，上网电价按每千瓦时0.55元（含税）执行。上述光热项目不参与电力市场化交易。	《关于推动“十四五”光热发电项目规模化发展的通知》（青能新能[2023]57号）：光热一体化项目可不配套其他调节能力设施。光热项目应单独结算、单独计量，鼓励按照青海省、西北区域电力辅助服务市场运营规则或西北区域“两个细则”参与电力辅助服务获得相应收益。 光热参与市场化交易时，在光热发挥顶峰、调峰等调节作用的基础上，按照绿电优先的原则进行科学调度。鼓励配置天然气熔融盐加热炉、大功率电制热设备。通过大功率电制热设备使用自发电量加热熔融盐时，不收取过网费和容量费。
统计制表：国家太阳能光热产业技术创新战略联盟		

在去补贴以及国家以沙漠、戈壁、荒漠地区为重点，加快推进大型风电、光伏发电基地建设的



新形势下，光热发电以风光一体化项目形式建设。光热电站的系统配置，考虑在满足装机规模、储能时长、系统设备安全性等要求前提下降低初投资。与国家第一批光热发电示范项目相比，目前大多数光热+新能源电站项目均配备了大容量的电加热器，用于吸纳光伏和风电的弃电；光热电站在电力系统中的功能发生了变化，由此前的“能发尽发”的独立电源调整为“储能调峰”，储能时间也按照项目需求优化为8小时左右；聚光系统规模比第一批示范项目减少，等效年利用小时数较低。国家太阳能光热联盟副理事长单位——中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司^[38]通过对比国家首批太阳能热发电示范项目中玉门某100MW塔式电站和当前吐鲁番光热+新能源工程中100MW光热部分的工程造价（可研）发现：镜场面积从140万平方米减少为约65.6万平方米；镜场、三大主机、熔融盐罐等主要设备价格均有较大幅度降低；熔融盐介质的单价相较于首批示范工程增幅约1倍。100MW塔式光热电站单位造价由29770元/kW下降至16209元/kW，下降幅度约45.6%。

需要注意的是，熔融盐储能光热电站的投资与所在地区的光资源及气象条件，以及所在省份的相关政策，包括光热发电项目的储能时长、光热与新能源的配比要求、上网电价等密切相关。由于光热电站的功能定位发生了变化，光热电站的年发电小时数和设备利用率降低，导致设备投资的分摊成本提高，电站的度电成本下降幅度较小。

根据各招标网站公布的中标信息，国家太阳能光热联盟统计了部分在建光热发电项目总承包中标情况，如表6.1-2所示；总承包服务中标价格最高约16.98亿元，最低11.99亿元。但需要特别说明的是，虽然这些光热发电项目装机容量相同，但由于场址（太阳光资源及气象条件）、总承包招标范围、服务内容不尽相同，此外技术路线、镜场面积（最大130万平方米，最小44万平方米）、储热时长（8~12小时不等）、财务模式等均存在差异，因此总承包价格不具有横向对比性。

表 6.1-2 部分在建光热发电项目总承包中标情况（排名不分先后）

序号	项目名称	聚光技术	光热发电项目总包方
1	国家能源集团龙源电力 10 万千瓦光热 +48 万千瓦风电 +12 万千瓦光伏项目	线菲式	PC 总包： 甘肃省安装建设集团有限公司
2	中核汇能金塔县 160 万千瓦清洁能源保障项目	槽式	供汽站和镜场工程项目 EPC 总承包： 核工业工程研究设计有限公司联合体
3	国家能源集团青豫直流外送项目 1 标段 100MW 光热发电项目	塔式	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 中国电建集团湖北工程有限公司
4	三峡青豫直流二期外送项目 3 标段 100MW 光热发电项目	塔式	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 中国能源建设集团浙江火电建设有限公司



序号	项目名称	聚光技术	光热发电项目总包方
5	三峡能源海西基地格尔 1100MW 光伏光热项目	塔式	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司（牵头） 首航高科能源技术股份有限公司 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
6	中广核新能源青海德令哈光储热一体化 200 万千瓦（光热 20 万千瓦）项目	塔式	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 中国电建湖北电力建设有限公司 西北水利水电工程有限责任公司
7	中电建共和 100 万千瓦光伏光热项目	塔式	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司 中电建湖北电力建设有限公司 西北水利水电工程有限责任公司
8	中广核吉西基地鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目 1-1（100MW 光热）工程	塔式	中国电建集团吉林省电力勘测设计院有限公司 （联合体：山东电力工程咨询院有限公司）
9	中广核吉西基地鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目 2-1（100MW 光热）工程	塔式	中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
10	鲁能阜康市多能互补（暨新能源市场化并网）项目	塔式	中绿可胜工程技术有限公司与内蒙古电力勘测设计院有限责任公司联合体
11	中能建哈密“光（热）储”多能互补一体化绿电示范项目 150MW 光热发电项目	塔式	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司
12	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	线菲式	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司
13	哈密北 90 万千瓦光伏发电 +10 万千瓦光热发电项目	塔式	首航高科能源技术股份有限公司 中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司 中能建西北城市建设有限公司
14	大唐石城子 100 万千瓦“光热 + 光伏”一体化清洁能源示范项目	线菲式	中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司 & 西北电力建设第三工程有限公司联合体
15	吐鲁番市托克逊县乌斯通光热 + 光伏一体化项目	塔式	中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司（牵头） 中国水利水电第一工程局有限公司 中国电建集团核电工程有限公司 中国电建集团河北省电力勘测设计研究院有限公司
16	国家电投集团河南电力有限公司光热 + 光伏一体化项目	塔式	山东电力工程咨询院有限公司
17	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	塔式	浙江可胜技术股份有限公司 中国能源建设集团浙江省电力设计院有限公司 浙江华业电力工程股份有限公司



序号	项目名称	聚光技术	光热发电项目总包方
18	国投若羌县 10 万千瓦光热储能配套 90 万千瓦光伏市场化并网发电项目	塔式	中国电力工程顾问集团华北电力设计院有限公司 首航高科能源技术股份有限公司
19	中国电建若羌县 10 万千瓦光热（储能）+90 万千瓦光伏示范项目	塔式	中国水利水电第一工程局有限公司 中国电建集团江西省电力设计院有限公司 山东电力建设第三工程有限公司
20	新华水力发电有限公司博州 10 万千瓦储热型光热配建 90 万千瓦新能源项目	塔式	PC 总包： 甘肃省安装建设集团有限公司 恒基能脉新能源科技有限公司
21	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	塔式	PC 总包： 中国电建集团四川工程有限公司 首航高科能源技术股份有限公司
22	中广核阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目（50MW 太阳能热发电与供暖工程常规岛、储热岛及供暖部分 EPC 总承包工程）	槽式	中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司
23	西藏开投安多县土硕 100MW 光热 +800MW 光伏一体化项目	塔式	中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司与山东电力建设第一工程有限公司联合体
一体化项目总承包			
24	恒基伟业（三峡集团）瓜州“10 万千瓦光热 +20 万千瓦光伏 +40 万千瓦风电”项目		三峡恒基能脉（酒泉）新能源发电有限公司开发建设 中国葛洲坝集团电力有限责任公司（牵头）、甘肃省安装建设集团有限公司和恒基能脉新能源科技有限公司联合体
25	唐山海秦新能科技股份有限公司光热 + 光伏一体化项目		中国能源建设集团西北电力建设工程有限公司
统计制表：国家太阳能光热联盟			

6.2 熔融盐储能光热发电与光伏 + 新型储能系统技术经济性对比

国家太阳能光热联盟于 2022 年进行了《熔融盐储能光热发电与光伏 + 其他新型储能系统技术经济性对比》共性技术课题研究工作（浙江可胜技术股份有限公司承担，课题于 2023 年结题）。本节内容为课题主要研究结果。

熔融盐储能、纯电制热熔融盐储能、抽水蓄能、压缩空气储能、电化学储能等技术都适用于电力系统大规模、长时间、长寿命的储能调峰应用场景。其中，与熔融盐储能光热电站相比，纯电制热熔融盐储能不带聚光集热系统，而通过吸收弃风弃光电力的电加热器加热熔融盐储能系统进行储能，其余部分完全相同。在青海省德令哈市的太阳能资源条件下，不考虑项目地地理条件限制，在保持项目整体上网电力曲线相同时，分析了光热发电与光伏 + 其他储能路线项目的经济性。

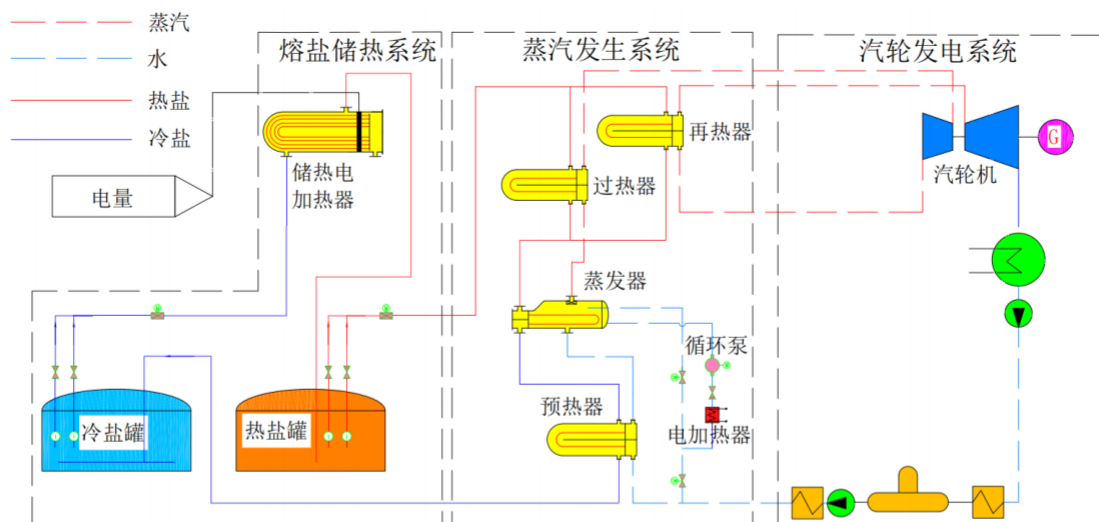


图 6.2-1 纯电制热熔盐储能系统示意图

在课题边界条件下，随着储能时长由 2h 增加至 12h，熔盐储能光热发电的度电成本从 1.6523 元 /kWh 下降至 0.6926 元 /kWh；光伏 + 纯电制热熔盐储能的度电成本从 1.6631 元 /kWh 下降至 0.7825 元 /kWh；光伏 + 电化学储能的度电成本从 0.9512 元 /kWh 下降至 0.8052 元 /kWh。

研究测算发现：当储能时长在 2~7h 时，光伏 + 电化学储能的度电成本最低；当储能时长大于 7h 时，熔融盐储能光热发电的度电成本最低。熔融盐储能光热发电、光伏 + 纯电制热熔盐储能、光伏 + 抽水蓄能三种技术的度电成本较为接近。储能时长从 2h 增加至 12h 时，熔融盐储能光热发电的度电成本始终最低；而光伏 + 压缩空气储能（采用人工硐室）的度电成本高于这三种系统技术。熔融盐储能光热发电项目经济性优于其他光伏 + 新型储能方式。

表 6.2-2 光热发电与光伏 + 不同储能技术的度电成本（单位：元 /kWh）

储能 时长 (h)	年发电量 (亿 kWh)	熔融盐储能 光热发电	光伏 + 纯电制热 熔融盐储能	光伏 + 电化 学储能	光伏 + 抽蓄	光伏 + 压缩 空气储能 (效 率 70%)	光伏 + 压缩 空气储能 (效 率 60%)
2	1.04	1.6523	1.6631	0.9512	1.6481	2.1735	2.2081
4	2.21	1.0238	1.1071	0.8323	1.0513	1.2730	1.3077
6	3.21	0.8764	0.9721	0.8296	0.9053	1.0402	1.0748
8	4.19	0.8052	0.8894	0.8296	0.8298	0.9191	0.9538
10	5.31	0.7388	0.8259	0.8134	0.7671	0.8283	0.8630
12	6.41	0.6926	0.7825	0.8052	0.7291	0.7711	0.8057
统计制表：国家太阳能光热联盟							

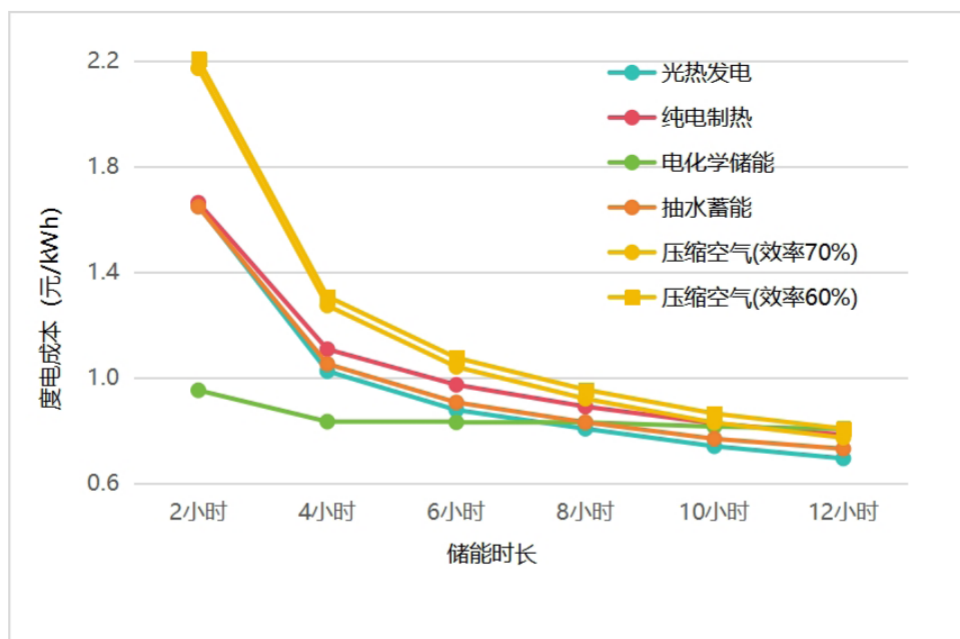


图 6.2-3：光热发电与光伏 + 不同储能技术的度电成本

研究认为：光热发电正处于规模化发展和技术快速进步阶段，随着规模化成本降低和发电效率提高，熔融盐储能光热发电的度电成本将进一步下降：预计到 2026 年，塔式光热电站的度电成本可进一步降低至 0.5287~0.5312 元 /kWh（含运维优化）。光热发电相比其他电源相比，全生命周期更为低碳，涉网性能更为优越，随着电力市场改革，绿电交易、碳排放交易等市场的建立与成熟，其调节支撑、绿色低碳等价值都将在收益中得以体现，投资经济性将大幅提高。

6.3 “十五五”期间光热发电成本下降预测及主要技术手段

光热电站的成本受很多因素影响，不仅有电站的初始投资，也包括电站整个生命周期内的支持成本，主要与电站建造成本、运营维护成本、年发电量、财务成本、税金等因素有关。光热电站度电成本的影响因素如下表所示（按其影响的显著性划分）。

表 6.3-1 光热电站度电成本影响因素

直接影响因素	间接影响因素
造价	贷款比率
运维费用	贷款利息
发电量	厂用电率
资本金内部收益率 *	增值税、所得税



直接影响因素	间接影响因素
运营期年数	装机规模
土地成本	储能时长
送出线路分摊给发电企业的成本	建设期长短
太阳法向直射辐射（DNI）	逐年投资比
	还款方式（等金、等息）
	贷款年限
	折旧方式及年限
	风速
	环境温度
* 说明：项目全寿命周期内净现值为 0 时的资本金的贴现率。	
统计制表：国家太阳能光热联盟	

（1）总体目标

到 2030 年，在光热发电技术革新的加持下，光热电站单机规模的不断增大，电站单位造价的不断降低。以德令哈站址（年 DNI 总量 2009kWh/m²）为例，当单机规模达 60 万千瓦级，单位千瓦装机造价不大于 1.1 万元时，光热电站度电成本可降低至约 0.39 元 /kWh，当采用太阳能超临界朗肯循环发电技术后，电价达到 0.38 元 /kWh。

（2）阶段性目标及技术路线

考虑到技术发展较快，本报告将“十五五”分为两个发展阶段。

第 1 阶段目标：2025 年至 2027 年，开展大容量、低成本、智能化的新型塔式光热发电关键技术研究。当单机规模由 10 万千瓦增大到 50 万千瓦级，对应储能时长不低于 8h，单位千瓦装机造价达到 1.25 万元，电站运行实现自动化，运维费用明显降低，光热电站度电成本可降低至约 0.51 元 /kWh。成本下降主要路径如下：

（a）光热电站单机规模由 10 万千瓦增大到 30 万千瓦级，对应储能时长不低于 8h，汽轮机效率显著提升，发电量显著提升，单位千瓦装机投资下降，光热电站度电成本由 0.82 元 /kWh 降低至约 0.64 元 /kWh；

（b）电站运维成本主要包括修理费、人员工作及福利、保险费、材料费和其他费用。由于设备可靠性和电站自动化水平提升，以及电站运维水平的持续提高，光热电站修理费和电站人员数量



等降低，运维费用显著减少。第一批光热电站示范项目运行至今已形成较成熟的运维经验以及成本体系，与按《太阳能热发电工程经济评价导则》中方法计算所得的运维成本相比，实际运维成本较低，运维优化后度电成本可降低约 0.07 元 /kWh，降低至约 0.57 元 /kWh；

(c) 通过优化镜场控制策略，减少电站弃光，提升聚光集热系统效率，以及优化光热电站调峰运行策略，提升电站收益，度电成本可降低至 0.55 元 /kWh；

(d) 采用新的传动结构，优化定日镜设计，降低用钢量；优化熔盐储罐结构设计，减少熔盐用量、储罐材料用量，使用短轴泵替代长轴泵，实现熔盐泵国产化；采用国产化吸热器材料等，实现相关设备成本下降；采用系统集成、模块化数智化施工措施等，降低管道及建安成本，电站整体造价降低约 7%，度电成本可降低至约 0.51 元 /kWh。

以 2024 年青海省组织竞配的 350MW 光热项目为例，年 DNI 总量 2009kWh/m²，镜场面积 360 万平方米，年利用小时 2700h 时，度电成本约 0.508 元 /kWh。

第 2 阶段目标：2027 年至 2030 年，随着光热产业规模的持续扩大、电站单机规模进一步增大，光热标准化体系趋于完善，电站单位千瓦造价进一步降低，同时开展高温熔盐，超临界发电等关键技术升级。当光热电站年装机规模达 5 ~ 10 GW，单机规模达 60 万千瓦级，单位千瓦装机造价不大于 1.1 万元，电站运行实现高度智能化，高温新型熔盐等技术较成熟应用时，光热电站度电成本可降低至约 0.43 元 /kWh。成本主要下降路径如下：

(a) 光热电站单机规模进一步扩大，由 30 万千瓦级增大到 60 万千瓦级，对应储能时长不低于 8h，汽轮机效率更高，单位千瓦装机投资下降，光热电站度电成本由 0.51 元 /kWh 降低至约 0.49 元 /kWh；

(b) 光热产业规模持续扩大，光热电站年装机规模达 5 ~ 10 GW，光热标准化体系趋于完善，规模化竞争效益，标准化复制与加工，集中采购等，电站造价整体降低幅度约 10%，度电成本降低至约 0.45 元 /kWh；

(c) 电站智能化水平的进一步提升，使电站运行实现高度智能化，仅需少量人员值守，进一步减少电站运维成本，度电成本降低至约 0.44 元 /kWh；

(d) 高温新型熔盐等关键技术的突破，使高温熔盐温度由 565℃提升至 620℃，高低温熔盐温差由 275℃提高到 355℃。系统热电效率将随着参数的提升而提高，发电量不变的情况下，所需吸热量减少，聚光集热系统、储换热系统成本降低；高低温熔盐温差的扩大，单位质量的熔盐储热量增加，熔盐用量减少，储换热系统成本进一步降低。高温新型熔盐的成熟应用使电站造价整体降低幅度约 2%，度电成本降低至约 0.43 元 /kWh。

(e) 采用高温熔融盐或固体颗粒吸热储热对应的蒸汽为 610℃超临界朗肯循环发电技术，透平发电机组效率从 45% 提高到 48%，度电成本降低至约 0.39 元 /kWh。



6.4 “十六五”前期光热发电成本下降预测及主要技术手段

随着光热产业技术进步，预计至 2033 年，随着 100 万千瓦级太阳能热发电技术超临界朗肯循环发电技术和超临界二氧化碳布雷顿循环太阳能热发电技术的重大突破，以德令哈站址（年 DNI 总量 $2009\text{kWh}/\text{m}^2$ ）为例，光热电站度电成本可降低至约 0.35~0.4 元 /kWh。

成本下降主要路径如下：

(a) 光热电站单机规模进一步扩大，由 60 万千瓦级增大到 100 万千瓦级，对应储能时长不低于 8h，大容量高温高压电站汽轮机效率更高，单位千瓦装机投资下降，光热电站度电成本由 0.43 元 /kWh 降低至约 0.41 元 /kWh；

(b) 光热规模进一步扩大，全国年装机规模 10GW 以上，规模化效益显著，集中采购成本进一步降低，光热电站度电成本降低至 0.40 元 /kWh；

(c) 高温度的高温熔盐、颗粒吸热器、超临界二氧化碳布雷顿循环发电等前沿技术研究成果显著，相关技术逐步趋于成熟，使发电效率得到大幅度提升，光热造价水平大幅降低，可建立 10 万 kW 级超临界二氧化碳电站，度电成本可降低至 0.35 元 /kWh。

6.5 线聚焦太阳能热发电技术成本降低途径

槽式太阳能集热器和菲涅尔太阳能集热器成本线聚焦太阳能集热器。由于具有标准化设计和模块化生产，且镜场为线性集热器串联、回路并联组成，因此，线性聚光太阳能热发电技术较为适合于大容量规模电站部署，在市场规模目标确定、配套生产链日益成熟的情况下，槽式光热发电技术降本潜力巨大。目前根据国内外槽式光热发电技术发展现状，总结有三个降低成本的路径：

(1) 通过提高槽式集热器开口宽度

目前槽式集热器聚光比一般在 80-90 之间，在聚光比一定的情况下，随着集热温度的提高会导致集热器光热效率下降，但在相同集热温度下，提高聚光比会提高集热器光热效率。提高效率是降低系统成本的最直接手段，因此若需进一步提高槽式光热发电效率与降低成本，需要聚光比与集热温度的协同提高。

槽式集热器开口宽度发展历程从最早的 2.55m 的 LS-1 集热器、5m 的 LS-2 集热器、5.7m 的 LS-3 集热器、6.7m 的 Sener-2 集热器、7.5m 的 Ultimate Trough 集热器、8.2m 的 Spacetube 等进一步发展到国内相关厂家最近开发的 8.6m 的集热器，甚至有些厂家宣布将进一步开发超过 10m 以上开口的槽式集热器。通过开口宽度不断提高，一方面在保证一定的聚光效率前提下，可以实现槽式集热器聚光比的进一步提高，从而解决采用更高运行温度的熔盐替代导热油时集热效率下降的问题。另一方面，随着槽式集热器开口宽度的增加，在相同采光面积下可显著减少集热系统回路数量，比如槽式集热器由 5.7 米增加到 8.6 米，在相同采光面积下可减少集热系统回路数量约 40%，



同时集热器地基、LOC 本地控制器、液压驱动系统、柔性连接、输送管道及其进出口阀门等数量显著减少，保温数量也相应减少，从而显著降低镜场成本。

（2）提高槽式光热电站单机容量

槽式电站单机装机规模从早期投运的美国的 SEGS (Solar Electric Generating Station) I 电站装机约 13.8MW 开始，呈现不断增大的趋势，逐步增大到 30MW、50MW、80MW、100MW、160MW 以及到 2023 年刚投运的 Noor Energy 1/ DEWA IV 3×200MW trough segment 等项目中的 200MW 规模。随着单机规模的扩大，借助规模化效应，已证明其可有效降低槽式电站项目的度电成本，推动槽式热发电技术的发展。

超过 200MW 以上的槽式电站单机装机规模将进一步提高各种设备部件的采购量，有利于供应链的连续、稳定、批量化生产，降低设备部件的单位造价；能够摊薄设计费、管理费等间接费用，降低项目初投资；同时通过规模化项目的集中管理、运行和维保效应，能够有利于降低电站在运行阶段的单位运维费用。同时，单机装机规模在 300MW 以上的槽式电站可与国内现有最先进、成熟的大容量火电汽轮机组相匹配，实现更高发电效率，同时装机规模的增大使得项目的调峰能力增强，运维成本降低，进一步促进电站度电成本的进一步降低。

（3）通过采用熔盐作为传热流体提高集热系统温度，降低成本

已投运槽式电站主要采用联苯联苯醚导热油作为传热流体，受限于导热油的耐温性质，最高运行温度一般控制在 393℃，难以提升更高的温度，不仅导致汽轮机组发电效率（一般 ≤40%）难以进一步提高。相比于熔盐塔式电站，导热油槽式电站在配置导热油与水换热系统外额外需增加导热油与熔盐换热系统，降低换热效率，且熔盐储热温度低导致熔盐量巨大，难以实现集热与发电的解耦运行，限制了其在风光新能源基地中的应用。

采用熔盐作为传热与储热流体，相比于导热油，一方面可以提升系统集热出口温度，减少导热与熔盐换热系统，提高发电机组的热电转换效率；另一方面熔盐价格是导热油价格的 1/4 左右，采用熔盐可以直接去除导热油系统，减少储热系统熔盐量，可实现集热与发电的解耦运行，配合高聚光比、大开口槽式集热器，将显著降低系统的度电成本。

但同时需要注意的是，采用熔盐作为传热流体，虽然提高了集热系统温度，但其腐蚀性和高凝固点也将造成槽式吸热管金属内管和系统管道材质要求提高、电伴热系统投资提高及其夜间运行自耗电等的提高，导致系统的成本有一定增加。因此，低凝固点、宽温域的新型熔盐和高可靠性、低热损熔盐槽式吸热管将是当前槽式光热电站急需解决的关键技术，通过上述技术的解决，将实现槽式电站成本的进一步降低。



七、太阳能热发电站全生命周期碳排放

7.1 国外研究结果

太阳能热发电是重要的可再生能源发电技术，国内外学者已针对其开展了全生命周期评价的研究工作，评估其整个生命周期中，即从原材料的获取、产品的生产直至产品使用后的处置，对环境的影响。从目前研究结果发现，太阳能热发电站具有极大的碳减排能力及环保效益，其全生命周期碳排放平均值约为 $18 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}^{[38]}$ 。

德国 Viebahn 等 2008 年研究结果为：西班牙 20MW Solar Tres 塔式电站的碳排放量约为 $22 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}$ ；2011 年研究表示：在年均太阳法向直接辐射 (DNI) 为 2000 kWh/m^2 时，西班牙 Andasol-I 50MW 槽式太阳能热发电站的碳排放量为 $33.4 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}$ ，而在 DNI 为 2500 kWh/m^2 条件下，其碳排放量为 $30.9 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}$ 。Corona 等研究得出位于西班牙 Ciudad Real 的槽式太阳能热发电站的碳排放量为 $26.6 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}^{[39]}$ 。

美国国家能源实验室 Burkhardt 等 (2011) 对位于加州的 103MW 槽式电站 (湿冷) 的全生命周期评价研究结果为：生命周期碳排放为 $26 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}$ ，耗水 4.7 L/kWh ，需要 0.4 MJeq/kWh 能量，能量回收期 (EPBT) 大约为 1 年。采用空冷机组的话，将减少水耗约 77%，但提高温室气体排放以及累计能量需求约 8%。此外，采用合成硝酸盐比采用矿采硝酸盐的温室气体排放更多，约 52%^[40]。

西班牙 Gemma Gasa 等 (2022) 通过对带有 17.5 小时储热以及不带储热的 110MW 塔式电站进行 LCA 分析发现：带储能的塔式电站的环境影响为 $9.8 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}$ ，而没有储能的塔式电站碳排放为 $31 \text{ gCO}_2\text{eq/kWh}^{[38]}$ 。

7.2 我国研究结果^[39]

浙江高晟光热发电技术研究院有限公司朱晓林等以我国西北地区 135MWe 塔式光热电站为研究对象，计算得出了该塔式光热电站全生命周期的碳排放量。研究设定的参数条件为：电站全生命周期为 25 年，年均太阳直射辐照量为 2015 kWh/m^2 ，镜场面积为 145 万 m^2 ，年均光电效率为 14.9%；采用冷、热双罐熔融盐储热，储热时长为 11.2 h；冷却方式为直接空冷。考虑调峰后，该电站的年设计发电量为 4.35 亿 kWh；考虑厂用电情况后，该电站的年上网电量为 3.95 亿 kWh。按时间划分为设备、材料制造阶段，建设安装阶段，运营维护阶段，废弃处置 4 个阶段。

该研究发现：该塔式光热发电站全生命周期的度电碳排放量为 $22.7 \text{ CO}_2\text{eq/kWh}$ ，处于国内外同类电站全生命周期度电碳排放量的低位水平。此外，研究发现，太阳能热发电站全生命周期的度电碳排放量，随年均太阳直接辐射量和储热时长的增加呈降低趋势，且降幅逐步减小。



在全生命周期 4 个时间阶段的度电碳排放量中，设备、材料制造阶段的度电碳排放量最高，占总度电碳排放量的比例为 87.40%；运营维护阶段的度电碳排放量次之，占总度电碳排放量的 7.16%；废弃处置阶段的度电碳排放量为 0.75gCO₂e/kWh，约占 4 个阶段总度电碳排放量的 3.33%。建设安装阶段的度电碳排放量最低。4 个阶段的度电碳排放量情况如下表所示。

表 7.2-1 我国西北地区 135MWe 塔式太阳能热发电站生命周期度电碳排放情况

LCA 阶段	度电碳排放量 (gCO ₂ e/kWh)	占比	说明
设备、材料 制造	19.8	87.4%	镜场度电碳排放量最高 (7.87 gCO ₂ e/kWh)，约占电站全生命周期总度电碳排放量的 40.8%，这是由于塔式定日镜钢材、玻璃的用量占比大。储热系统的度电碳排放量次之，为 4.04 gCO ₂ e/kWh，约占电站全生命周期总度电碳排放量的 20.9%，其中热盐罐、冷盐罐的度电碳排放量分别占储热系统度电碳排放量的 49.7%、12.9%，其原因是盐储罐材料用量大，热盐罐和冷盐罐重量分别达到 2248、2120 t。吸热系统的度电碳排放量位列第三，约占电站全生命周期碳排放量的 9.8%，主要是由于吸热塔的塔身和地基采用了大量高标号钢筋混凝土。
建设安装	0.48	2.11%	建设工程度电碳排放量为 0.41 gCO ₂ e/kWh，安装工程度电碳排放量占比较小。
运营维护	1.62	7.16%	包括电站调试一次性用能、采暖用电量，以及食堂、员工交通耗能产生的度电碳排放量。不同类型太阳能热发电站的运营维护的用能方式对电站的度电碳排放量有巨大影响。
废弃处置	0.75	3.33%	建筑、设备拆除过程的度电碳排放量占该阶段的比例为 57.33%。
统计制表：国家太阳能光热联盟			

该研究计算发现：如果新增 135 座塔式太阳能热发电站 (135MWe/ 座)，可替代 1% 的全国火力发电发电量，年碳减排量达到 0.49 亿 t，全生命周期可实现碳减排 12.25 亿 t。



八、我国光热发电行业面临的挑战及发展建议

8.1 光热发电行业面临的挑战

太阳能热发电产业发展面临的挑战主要包括：

8.1.1 产业快速发展，成本快速下降，但与光伏风电比依然较高

为推动我国太阳能热发电技术产业化发展，形成国内光热设备制造产业链，培育系统集成商，2016年9月，国家能源局组织实施了一批光热发电示范项目建设，发改委核定标杆电价为1.15元/kWh^[10]（和2011年的光伏电价相同，当时国内光伏装机已达到3GW）。通过示范项目的建设，我国完全掌握了光热发电系统的聚光、吸热、储换热等核心技术，以及适应我国高海拔、高寒地区环境的光热电站设计集成、建设与运营技术，并拥有完整的知识产权，从业企事业单位数量和产品供应能力实现较大增长，为后续光热发电进一步发展奠定了坚实基础。

国家发展改革委在《关于太阳能热发电标杆上网电价政策的通知》中提出：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。然而，财政部2020年1月发布《关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见》提出：新增光热项目不再纳入中央财政补贴范围^[41]。国家发展改革委《关于2021年新能源上网电价政策有关事项的通知》（发改价格〔2021〕833号）规定：2021年起，新核准（备案）光热发电项目上网电价由当地省级价格主管部门制定，具备条件的可通过竞争性配置方式形成，上网电价高于当地燃煤发电基准价的，基准价以内的部分由电网企业结算^[37]。

截至2024年底，我国并网运行的光热发电机组容量约90万千瓦，总装机少；光热发电处于发展初期，度电成本仍较高，并不具备同经历了数十年补贴发展的风电、光伏平价的条件。此外，光热发电的电力品质尚未受到重视，对于促进新能源消纳的价值没有被科学评估及在价格中体现。

8.1.2 产业链配套齐全，但电站项目少，拉动强度不足

我国光热发电技术起步晚于国外，最早的商业化光热电站始建于上世纪80年代（美国），欧洲于2007年投运了第一座商业化储热型光热电站^[42]。我国首座50MW及以上光热示范电站于2018年投运^[43]。光热发电涉及热力学、传热学、光学、材料学、自动化控制等多个学科，系统较为复杂。通过示范项目的建设，我国光热发电整体技术能力基本与国外第二代商业化电站技术齐平，部分电站的设计、建设和运维水平已处于国际领先水平。然而，由于光热发电项目初投资高，在没有国家电价政策和补贴的情况下，光热电站投资积极性不足，市场技术迭代机会欠缺，相关设计、施工、设备等未能有机会实现标准化、集约化，产业规模效应尚未释放，导致度电成本仍较高，阻碍了快速迈向大规模发展。同时，新能源+储能过网型技术逐步成熟、由电动车发展带动起来的庞



大的电池储能技术成本不断下降，如何快速实现降本增效是行业发展面临的巨大挑战。

8.1.3 光热调峰启动，但机组容量小，不足以体现光热的价值

光热发电是具有灵活调节和系统支撑能力的可再生能源发电技术，是唯一具有替代煤电潜力的新能源技术。然而，首批示范项目是为了验证光热发电技术路线的可行性；当前风光大基地项目中，光热发电的装机容量及系统配置受制于平价上网的投资经济性，功能定位为“调峰电源”，整体装机容量比重较低（与风光配比为 1:6 或 1:9），不足以发挥对电网系统的支撑作用。此外，光热发电对构建以新能源为主体的新型电力系统的价值，包括提高电网的稳定性、提高风电和光伏的安装量等，尚未有定量的数据和价格体现。

8.2 太阳能热发电产业发展目标

《中华人民共和国能源法》中写明“积极发展光热发电”^[6]，太阳能热发电产业发展目标为作为基础负荷和调峰电源，作为电力核心与风光结合替代火电。

总目标，2030 年形成替代火电的能力。

- 1) 利用目前的太阳能集热技术，通过模块化聚光场，可形成单机或多机 GW 级太阳能热发电站；
- 2) 利用目前的太阳能集热技术，与风光结合建立一体化电站，可在 2030 年实现具备替代火电的能力，加 10% 容量的补后可实现完全替代火电；
- 3) 在“十五五”末期，太阳能热发电电价 0.39 元 /kWh，通过降低聚光器成本和提高热力循环参数等技术进步，
- 4) 到“十六五”前期，太阳能热发电电价达到 0.35 元 /kWh，实现 5 万 kW 级超临界二氧化碳太阳能布雷顿循环热发电技术以及 100 万 kW 级容量太阳能超临界朗肯循环。

8.3 太阳能热发电发展政策建议

8.3.1 研究制定“去补贴 - 市场化发展”过渡期间的光热发电两部制电价和容量电价

光热发电初投资较大，目前在风光大基地中，光热发电的角色被定为“调节性电源”，与风电、光伏一体化发展，运行策略为中午太阳能资源较好时，为光伏让路，只在早晚高峰顶峰发电，年运行小时数从 4000 小时左右下降至 2000 小时甚至更低。建议在新能源基地中，率先开展上网电价形成机制的市场化改革，研究出台光热发电机组的两部制电价，结合全国典型光热发电机组的投资成本，明确了光热机组容量电价的适用范围和国家补偿标准，为光热发电投资提供一定程度稳定的预期和收入来源，充分体现光热发电对电力系统的支撑调节价值，从而提高新能源基地新能源电力比重。

发电机组容量电价的基础上，耦合电能量价值（电力中长期或现货市场）或调节价值（辅助服务）以及环境价值（CCER、绿电、绿证）的货币化实现，提高光热发电项目投资的积极性，确保



光热发电行业持续健康运行，在逐步去煤炭化的“双碳”战略背景下，促进更大规模的新能源消纳。未来随着电力市场建设和顶层设计的不断完善，光热发电将最终通过市场化确定价格而非政府定价，不断提升自己在电能量市场中的竞争优势，适应光热发电在现阶段的系统调节性以及未来基础保障性电源转型需要，从而确保电力系统发电容量的长期充裕性。

8.3.2 开展太阳能热发电对电网区域支撑能力的研究

光热发电技术是集太阳能热转换发电、大规模储热和电网同步机特性于一身的可再生能源发电方式。光热发电具有同步机特性，可为电力系统提供转动惯量、一次调频等支撑，且相较于常规火电机组拥有更好的调节特性，具有爬坡速率快、启停时间短等优势；光热电站通常配备大容量储热系统，可实现功率平稳输出和灵活调节。

受制于平价上网条件下的投资经济性，新能源大基地项目中光热发电与光伏的容量配置比例极低，这些项目建成后对提升电网稳定性和可靠性的作用尚不明确。如此低的配置和容量恐将“杯水车薪”，无法保证新能源大基地的电力品质和外送要求。建议尽快开展光热发电机组对电网支撑能力的研究。

依据大基地千万千瓦级规模的直流送出特点以及西部地区的电网特征，结合用户侧需求，立足于对外输送 100% 的新能源电力建设新能源基地，从参与电力系统调峰、调频，进行电网运行控制策略的优化研究，结合不同储能（光热发电、电化学储能、抽水蓄能等）技术特点、响应特性、技术经济性等研究，分析研究提升大基地外送消纳能力的合理配置与优化控制，以项目数据验证光热发电的实际调节作用和系统支撑能力。此外，在规划阶段，在光热资源条件允许的地方，建议充分考虑光热发电的灵活调节能力和支撑能力，合理规划、充分协调风电、光伏发电与光热发电等灵活性资源，根据新能源的资源特性与运行特性，优化光热电站发电容量和储热容量，促进新能源消纳，支撑新型电力系统安全稳定运行。

8.3.3 开展光热发电前沿技术示范，持续深化基础研究

技术创新是促进行业持续发展的源泉，建议加紧部署前沿颠覆性技术研究，支持光热发电新技术研发和新技术示范工程。建议开展低成本聚光方式的基础研究，从太阳形状、太阳辐射的能量性质，光学曲面的自适应调控方法，高密度聚集光能对物质表面微观结构的影响，太阳能到化学能转化存储及反应器研究，太阳能超临界水蒸气发电等基础研究内容。在“十三五”太阳能超临界二氧化碳发电基础研究项目基础上，进行 20-50MWe 级高温超临界二氧化碳太阳能热发电示范研究；采用绿色传热储热介质的太阳能热发电站以及 50MW 级太阳能热化学燃气电站等前沿技术研发和示范。同时开展基于热力学第二定律效率的能量转换方式研究、太阳能聚光与高温氢燃料电池系统耦合发电技术等前沿理论研究。

8.3.4 不断总结现有商业化光热电站的经验，进行技术创新，降低成本



截至 2024 年 12 月 31 日，我国已经在不同地点建成了约 550MW 不同类型的独立太阳能热发电站，2021 年又启动了吉林白城和格尔木共计 500MW 与光伏风电互补型的太阳能热发电站，2023 和 2024 年国家又组织了相应的项目。有关部委应组织科研和产业化力量，打破企业界限，对这些电站的技术进行跟踪总结，结合实际运行挖掘其中的科学技术问题，在此基础上集中力量攻克关键技术，形成完整产业链和系统集成能力，优化产品结构，这对太阳能热发电的技术进步将起到重要作用，这也是国家设立示范项目的初衷。建议组织专门第三方技术力量，总结示范项目经验，测试评价在运国家光热发电示范电站。建议对光热示范电站核心设备、子系统和全系统以及辅机设备的性能参数进行测试，形成详细的测试科研报告；并基于数据梳理经验教训，得出设备设计方法、运行操作规范、系统设计规范和事故处理大纲。

由于在今后与光伏及风电打捆的太阳能光热电站需频繁启停及大幅度变负荷运行，吸热器、储热、换热以及汽轮机热应力问题突出，频繁启停造成的疲劳问题和安全问题不容忽视。需要研究并进一步提高材料和设备的安全性和可靠性，建议对太阳能专用蒸汽透平、千兆瓦级吸热器、熔融盐罐体、大容量蒸汽发生器等进行研究。开展大开口、轻量化、高拦截率的槽式集热器支架及其配套反射镜、集热管产品的研发与工程实证。

低成本光伏电力加热熔盐的技术对太阳能热发电的集热场造成巨大冲击。太阳能热发电系统中，太阳能聚光成本占比最高。一方面要与现有商业化光热电站结合，开发全天候聚光器和镜场误差检测校准及控制系统，提高聚光器动态准确度，减少集热系统溢出损失。另一方面，需要采用新的聚光方式，降低余弦损失和截断损失，提高太阳能聚光场的年均光学效率，用更小的光场提供能量输出，从而从根本上降低聚光场成本。

开发宽温域高温、高稳定性光 / 热转化材料、高温合金、高温长寿命、高能量密度、低成本“充 / 储 / 放热”材料，柔性反光材料，高温 600℃ 以上的集热管用透明气凝胶材料等，促进光热发电高参数化，进一步提高效率。

8.3.5 尽快实施 100 万 kW 级大容量光热发电示范项目

推动 GW 级大容量、低成本光热发电项目的应用，电站的发电量是影响电站经济性的一个重要因素。光热发电商业化电站均采用汽轮发电机组发电，其他条件不变的情况下，汽轮机热电效率的高低直接影响发电量的多少，而汽轮机的装机规模和设计参数则对其效率具有重要影响，较大的装机规模可以降低单位能量输出的热损失，进而提高整体效率，因此大型汽轮机通常能实现更高的热效率；此外，随着机组规模的扩大，发电系统的单位千瓦的投资以及运维成本会降低，电站经济性进一步提升。建议尽快实施光热单机规模大、容量比例高的“光热 +”一体化大基地示范项目，总结高比例“光热 +”大基地项目的发电以及调峰特性，将太阳能热发电站规模推广到 100 万 kW 级，助力以可再生能源为主体的新型电力系统发展。



8.3.6 质量保证 - 建立质量检测标准体系

我国相关检测测量设备主要为进口设备。建议重点开展高能流率度测量系统、生产线和现场的聚光器误差测量仪器、槽式集热器聚光误差测试仪器、高温熔盐以及颗粒流量计等仪器仪表的研制和工程应用。加强光热发电检测技术体系化和标准化建设，支撑和匹配产业的发展需求，特别是在光热电站设计、验收标准的规范化、合理化等方面统筹开展标准工作。提高高精度检测测量设备研制和工程应用，建议开展高能流密度测量系统、生产线和现场的聚光器误差测量仪器、槽式集热器聚光误差测试仪器、高温熔盐粘度仪、高温熔盐导热系数分析仪、高温熔盐同步热分析仪、高温熔盐以及颗粒流量计等仪器仪表的研制和工程应用，并制定相关质量检测标准和性能测试标准，形成相关质量检测和性能测试能力。

8.3.7 推进以太阳能为主的多能互补的低碳发电技术示范

太阳能高温集热与火电及核电的互补发电技术，与高温燃料电池制氢技术的结合，与生物质能的互补系统。特别是考虑在大基地中考虑以光热为主，与火电结合的1000MW级混合电力系统技术，将电站调峰速率提高4倍，将度电煤耗降低70%。



九、附录

9.1 2024 年度热点新闻

回首充满机遇与丰收的 2024 年，太阳能热发电行业写下了精彩而富有成效的篇章。国家太阳能光热联盟致力于推动光热行业发展，与业界同仁勇毅前行，与产业链同频共振，追光逐日，谋划新篇。“太阳能光热产业技术创新战略联盟”微信公众号积极宣传光热行业相关技术成果，2024 年共发布（含转载）行业资讯 1375 篇，比 2023 年增加 21%。其中，阅读量排名前 100 的热点新闻如下，从中也可略见我国太阳能热发电行业 2024 年重大事件。

表 9.1-1 2024 年度关注度较高的新闻回顾（太阳能光热联盟微信号发布）

序号	题目	阅读量	发布时间
1	电规总院、内蒙院、中国电建西北院 & 中南院、中国能建西北院等 2024 年电力行业优秀工程咨询成果获佳绩 附项目简介	17,125	10 月 29 日
2	山东院接连中标两个光热发电 EPC 总承包项目	15,547	3 月 28 日
3	人民日报：我国成功研制出首座超临界二氧化碳光热发电机组，走在世界前列	14,111	11 月 29 日
4	国家发展改革委等六部门：推动光热发电规模化发展、光热与风电光伏深度联合运行等	11,160	10 月 30 日
5	国家能源局局长章建华：新型储能、光热发电等价格机制尚未健全，能源转型政策合力亟待加强	11,145	2 月 19 日
6	内蒙古、青海、新疆三省市拟定配比：探索光热发电与风电、光伏发电联营	9,916	8 月 16 日
7	喜报！中国电建西北院、西安交大和首航光热《塔式太阳能安全高效光热转化与存储关键技术及应用》获陕西省科学技术进步一等奖	9,901	4 月 11 日
8	国家电投、中广核、中国船舶、东方电气、中国化学...上榜 2023 年度中央企业负责人经营业绩考核 A 级企业名单	9,519	7 月 25 日
9	中国能建西北院赵晓辉主持，8 位专家论在电力市场情形下光热发电重点发展技术”	9,133	9 月 20 日
10	总投资 23.95 亿元，30 万千瓦熔盐储热 + 电化学储能项目落地新疆昌吉高新区	9,251	11 月 2 日
11	国家电投吉电股份吉西 100MW 光热工程 EPC 总承包中标候选人公示	9,023	2 月 28 日
12	山东院与山东电建三公司签署战略合作协议	8,527	4 月 13 日
13	王如竹教授团队：热泵 - 相变储热耦合技术助力全球能源转型	7,517	12 月 11 日



序号	题目	阅读量	发布时间
14	中国能建西北院中标大唐 200MW 光热 + 1800MW 光伏一体化项目可研报告技术服务	7,262	12 月 3 日
15	时评：储能下一个风口——长时储能	7,213	10 月 17 日
16	山东电建三公司中标中广核新能源德令哈 200MW 塔式光热发电项目业主工程师服务	6,651	4 月 4 日
17	2025 年全国能源工作会议：推动光热发电规模化发展，积极推进第二批、第三批沙戈荒“大型风电光伏基地项目建设	6,403	12 月 15 日
18	中电建若羌 100MW 光热项目吸热塔顺利封顶	6,377	8 月 26 日
19	总投资 24.86 亿元，内蒙古三峡蒙能库布齐沙漠 2×300MW 高温熔盐抽汽蓄能示范工程获备案	6,362	7 月 29 日
21	1.9 亿元！国家能源集团投建世界最大单体零碳太阳能跨季储热项目	6,291	6 月 13 日
22	中能建西北院总包的新疆首个线性菲涅尔光热发电项目顺利通过首次及地基处理监督检查	6,225	4 月 28 日
23	吐鲁番市委书记马学良调研中国电建托克逊光热 + 光伏一体化项目	6,205	2 月 21 日
24	超 12 亿元，甘肃安装集团中标敦煌 100MW 熔盐线菲式光热项目及储热系统科技项目两个标段 PC 总承包	6,113	10 月 8 日
25	中电工程西北院中标全球首台（套）人工硐室压缩空气储能项目总承包	5,929	1 月 13 日
26	喜报！王如竹教授团队获国家科技进步奖二等奖！	5,648	6 月 24 日
28	全球在建单机最大的塔式光热发电项目正式开工	5,769	3 月 15 日
29	青海、甘肃、新疆、西藏等光热项目稳步推进；中船新能乌拉特槽式光热电站运行稳定；70 余家单位光热和储能相关产品及服务参考...	5,678	3 月 31 日
30	中能建西北院承建的吐鲁番唐山海泰光热项目吸热塔高度过 50 米	5,589	4 月 30 日
31	压缩空气储能核心装备重大突破！东方锅炉中标全球首台（套）人工硐室压缩空气储能项目换热系统 I 成套设备	5,383	3 月 23 日
32	甘肃、青海、新疆等地光热发电项目最新进展；西藏将新增 400MW 光热发电项目；恒基能脉将联合主办 2024 中国太阳能热发电大会.....	5,443	5 月 12 日
33	中广核德令哈 20 万千瓦塔式光热项目建设进度刷新，吸热塔浇筑高度破百米	5,331	9 月 5 日



序号	题目	阅读量	发布时间
34	喜报！全球最大熔盐线性菲涅尔光热储能项目并网发电，国内首个“光热储能 + 光伏 + 风电”项目实现全容量投产	5,844	9 月 20 日
35	焦树强、杜小泽：塔式太阳能光热发电技术与产业化——以兰州理工大学为例	5,452	10 月 11 日
36	中国电建西北院总承包，三峡能源青豫直流 10 万千瓦光热工程首片吸热器管屏吊装顺利完成	5,240	9 月 27 日
37	光热发电 / 熔盐储能项目最新进度汇总；甘肃腾格里沙漠 1100 万千瓦新能源项目可研启动；爱能森与湘西州加强储能和新能源产业合作.....	5,065	6 月 23 日
38	东华科技总承包，西藏扎布耶盐湖绿色综合开发利用万吨电池级碳酸锂项目逐步投运	5,025	11 月 21 日
39	山东电建三公司总承包，中电建若羌 100MW 光热项目举行吸热塔筒壁浇筑开工仪式	4,863	5 月 15 日
40	建成国际首个超临界 CO ₂ 太阳能热发电站，国家重点研发计划“超临界 CO ₂ 太阳能热发电关键基础问题研究”顺利通过验收	4,843	8 月 20 日
41	中国能建西北院总承包的海泰新能 100MW 光热项目定日镜全面施工	4,797	5 月 29 日
42	16 个光热一体化项目进度汇总；两会建议：推动光热发电、熔盐储热发展；中标多个熔盐系统管道工程的飞艇管业加入太阳能光热联盟.....	4,347	3 月 10 日
43	东方锅炉再次中标！	4,533	1 月 17 日
44	点赞！美国卫星拍下首航高科敦煌光热电站壮观一幕	4,273	8 月 21 日
45	山东：鼓励煤电机组通过配建电锅炉储热、熔盐储热等设施增加深度调峰能力	4,199	12 月 19 日
46	中国能建西北院总承包，三峡能源新疆哈密 100MW 光热项目主机设备顺利吊装就位	4,235	11 月 26 日
47	CCTV1：新华发电玉门 10 万千瓦“光热 +”项目再获央视展示	4,159	7 月 13 日
48	华电电科院与中国电建西北院签署战略合作框架协议	4,148	10 月 31 日
49	西藏华电拉萨当雄龙仁 100MW 光热 +800MW 光伏一体化项目可研报告评审会顺利召开	4,140	9 月 23 日
50	王浩省长率浙江代表团考察中控德令哈 50MW 光热电站，青海省省长吴晓军陪同！	4,328	7 月 8 日



序号	题目	阅读量	发布时间
51	山东电建三公司总承包，全球最高海拔—西藏扎布耶 40MW 槽式光热电站注油顺利完成	4,069	11 月 8 日
52	多个熔盐储能项目签约；中国电建吉林院和山东院预中标 100MW 光热工程总承包；两部门：充分发挥光热发电的调峰作用等.....	4,073	3 月 3 日
53	上海电气斯必克中标中广核德令哈光储热一体化 200 万千瓦（光热 20 万千瓦）项目直接空冷系统	4,052	4 月 11 日
54	东方汽轮机、东方电机和上锅预中标大唐石城子 10 万千瓦熔盐线菲光热项目三大主机设备采购	3,971	6 月 15 日
55	北工大吴玉庭教授：宽液体温域高温熔盐储热技术	3,930	10 月 28 日
56	中国能建西北院总承包，三峡能源哈密 100MW 光热项目完成重大节点确保冬季施工平稳推进	3,912	11 月 28 日
57	含 20 万千瓦光热，内蒙院预中标乌兰布和沙漠东北部新能源基地项目前期可研和相关专题编制服务采购	3,898	12 月 4 日
58	青海、甘肃、新疆光热项目进展；中国首个牵头 SolarPACES 项目获批；中央明确：加快沙戈荒新能源基地建设，整治“内卷式”竞争...	3,889	12 月 15 日
59	中广核新能源与山东电建三公司签署合作协议	3,803	3 月 1 日
60	中国能建哈密 50MW 光热电站火爆出圈！全世界都知道了！哈密不止有瓜，还有光！	3,788	6 月 28 日
61	中国能建西北院联合总承包，大唐石城子 100MW 熔盐线菲式光热发电工程熔盐储罐顺利开工	3,787	11 月 4 日
62	中电工程西北电力设计院参加第十八届太阳能热发电大会	3,775	9 月 12 日
63	矗立于甘肃瓜州的“沙海”之中“定海神针”—三峡恒基能脉瓜州 70 万千瓦“光热储能+”电站吸热塔	3,721	8 月 23 日
64	中国能建西北院总承包，三峡能源格尔木 100MW 光热 EPC 总承包工程发电机穿转子工作圆满完成	3,713	7 月 29 日
65	2024 中国太阳能热发电大会在敦煌召开	3,666	9 月 11 日
66	青海、甘肃、新疆、西藏等地光热项目最新进展；央视等媒体聚焦光热发电项目建设；太阳能光热联盟理事代表闭门会议在敦煌召开.....	3,652	9 月 29 日



序号	题目	阅读量	发布时间
67	国能宁夏灵武电厂灵活性调峰项目 600MW 电极锅炉满负荷运行	3,639	1 月 17 日
68	我国光热发电行业面临的挑战及发展建议	3,636	2 月 1 日
69	山东电建一公司揽获国内首批“沙戈荒”大型风光基地双标	3,635	3 月 30 日
70	规划压缩二氧化碳熔盐储能型光热发电与光伏为 1:9！首航高科参与建设的兵地融合 3GW 光伏基地项目正式启动	3,628	5 月 16 日
71	总投资约 20 亿元！西藏开投安多县土若 125MW 光伏 +50MW 光热一体化项目完成签约	3,589	4 月 27 日
72	中国电建西北院总承包！国能青豫直流二期 10 万千瓦光热项目建设全面展开	3,567	6 月 17 日
73	2024 政府工作报告：加强大型风电光伏基地和外送通道建设，发展新型储能	3,546	3 月 5 日
74	全开放！浙江大学太阳能塔式热发电系统虚拟仿真教学平台一站式“上好课”！	3,519	5 月 28 日
75	中国电建西北院中标共和 100 万千瓦光伏光热项目 330kV 输变电送出 EPC 总承包	3,490	12 月 16 日
76	视频 国家能源局局长王宏志：积极推动光热发电规模化发展	3,459	12 月 16 日
77	可胜技术：熔盐储能的探索与实践	3,435	12 月 3 日
78	东方锅炉中标熔盐储热耦合燃煤发电灵活性改造项目	3,414	2 月 29 日
79	中电建共和 50MW 光热电站发电量创新高	3,259	4 月 9 日
80	中国能建西北院黎建锋：光热和“光热+”项目设计分享	3,240	10 月 23 日
81	创新、合作、发展，2024 中国太阳能热发电大会闭幕，明年西安见	3,375	9 月 12 日
82	中电建新能源若羌 10 万千瓦光热（储能）+90 万千瓦光伏示范项目开足马力保进度	3,545	10 月 5 日
83	中核 / 三峡 / 国能 / 中电建 / 中广核 / 中能建 / 唐山海泰等光热发电项目最新进展；探索光热发电与风电、光伏发电联营的绿电稳定供应模式……	3,389	8 月 11 日
84	夏储冬用，“零碳”供热！河北馆陶投资 1.1 亿元实施跨季节储热集中供热项目运行纪实	3,345	11 月 14 日
85	中电建 2×300MW、中能建 350MW 盐穴压缩空气储能电站项目开工，储能装备制造项目签约	3,341	1 月 5 日



序号	题目	阅读量	发布时间
86	首个！内蒙院中标城镇供热 EPC 总承包项目	3,337	7 月 20 日
87	甘肃建投领导考察调研三峡恒基能脉瓜州 70 万千瓦“光热储能+”项目	3,321	10 月 26 日
88	玉门、瓜州、阿克塞三个光热项目并网前“冲刺”；国投 / 中广核 / 中船 / 东方电气 / 中国化学上榜 A 级企业名单；三北应加快推进光热电站……	3,316	7 月 28 日
89	中国电建中南院、湖南大学：多场耦合作用下某槽式光热电站熔盐储罐基础温度分布与沉降变形	3,313	3 月 15 日
90	“碳路先锋”中国能建西北院将协办 2024 中国太阳能热发电大会	3,313	9 月 2 日
91	两个 5 万千瓦光热项目，中南院和广东建工控股分别中标日喀则市 2024 年电力保供新能源竞争性配置项目	2,362	5 月 6 日
92	中电工程西北院联合体预中标大唐石城子 100MW 光热发电工程 EPC 总承包	3,253	4 月 3 日
93	习近平：应对我国能源发展挑战，出路就是大力发展新能源	3,249	3 月 1 日
94	国内首个！玉门 10 万千瓦光热储能工程机组系统调试完成	3,235	8 月 13 日
95	我国首座超临界二氧化碳光热发电机组研制成功	3,234	8 月 23 日
96	总投资 20 亿元！首航高科二氧化碳熔盐储能示范项目开工	3,223	2 月 29 日
97	刘路平副理事长带队走访中国电建贵阳院	3,222	11 月 11 日
98	甘肃省委书记胡昌升、省长任振鹤领衔！恒基能脉“多塔一机”光热技术 buff 叠满兰洽会	3,219	7 月 7 日
99	大型新能源外送基地光热替代火电方案研究启动；中国电建西北院提名的塔式光热项目获科技进步一等奖；中国电建中南院再获光热总包订单……	3,204	4 月 14 日
100	连中三标！东方锅炉新年中标光热发电、熔盐储能调峰项目	3,187	1 月 4 日
统计制表：国家太阳能光热联盟			



9.2 国家太阳能光热联盟 2023-2024 年度理事单位简介

单位名称 (按拼音排序)	业务简介
北京市	
北京工业大学	北京工业大学传热强化与过程节能教育部重点实验室及传热与能源利用北京市重点实验室，主要致力于熔盐传热蓄热、相变储热储冷、热泵制冷、压缩机及膨胀机、低品位热源高效热功转换、压力能发电、强化传热、燃料电池等方面的研究，在低熔点高工作温度宽液体温域混合熔盐配制与改性、熔盐热物性测定与推算理论、熔盐对流传热、熔盐储热和高温熔盐传热应用系统开发、单螺杆压缩机膨胀机、微尺度流动与传热等方面取得了世界领先的研究成果。
北京航天石化技术装备工程有限公司	北京航天是中国燃烧工程及流体控制和输送领域技术实力最强的公司之一，下设热能工程加热炉、特种阀、安全阀、流体与旋转机械、节能环保等五个事业部，主要提供加热炉、特种阀、特种泵产品、燃烧热能设备和单元工程总包服务。为内蒙古乌拉特中旗 100MW 光热发电示范项目、西藏扎布耶光热发电项目提供导热油炉、安全阀和呼吸阀等产品。
北京天瑞星光热技术有限公司	隶属于中国航天科技集团有限公司，专业从事太阳能线聚焦式光热技术领域研发、核心产品制造和技术服务，是国家高新技术企业，拥有 110 多项核心知识产权，建有占地 140 亩的航天新能源产业园。公司生产的高温太阳能集热管产品已经远销世界各地，并通过了德国中心 DLR、欧洲太阳能试验中心 PSA 以及西班牙国家可再生能源中心 CENER 的测试。通过一系列工程示范和商业应用，已掌握高温集热管生产和系统集成的核心技术，具备在全球大规模部署线聚焦式聚光集热系统的能力。
北京前沿动力科技有限公司	专注于先进前沿能源动力技术，技术团队由博士、高级工程师、资深工程师组成，具有多年涡轮机械大型国企及知名外企从业经验，从事过多项重大动力机械工程的设计和调试运行，有着丰富实际产品设计制造经验。主营产品超临界二氧化碳发电技术及氢燃料电池无油空压机均属于能源行业内革命性产品。目前，可为太阳能光热电站提供精密的回转减速器和透平发电设备，同时提供光热电站热力和控制系统优化工艺包。
北京兆阳光热技术有限公司	提供菲涅尔太阳能光热技术咨询、装备集成、工程服务，以及开发、投资、建设运营菲涅尔太阳能光热工程。研究开发的具有完整自主知识产权的类菲涅尔技术和耐高温混凝土储热技术，可单独或结合应用于工业蒸汽、工业热水、火电站灵活性改造、城镇供热、海水淡化、油田供热、农业畜牧业供热及光热电站等领域。开发建设了张北华强兆阳 15MW 光热发电项目，采用首创东西轴倾斜布置的线性聚光集热系统和固态混凝土储热系统，储热时长 14 小时。承建了青海盐湖蓝科锂业 2 万吨碳酸钾项目太阳能供热工程，已成功实现光热供能成本低于传统能源用能成本的这一关键性目标。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
电力规划设计总院	国家级高端咨询机构，主要面向政府部门、金融机构、能源及电力企业，提供产业政策、发展战略、发展规划、新技术研究以及工程项目的评审、咨询和技术服务，组织开展科研标准化、信息化、国际交流与合作等工作。
恒基能脉新能源科技有限公司	立足于光热发电核心技术产品，专注于“光热储能+”多能互补项目，提供项目开发、投资、建设和运维等一站式核心技术产品解决方案。目前拥有发明专利及实用新型专利 80 多项；掌握了定日镜场系统总成，镜场控制系统，定日镜面形设计、镜场设计，吸热、储热、换热系统设计，组装工艺等核心技术。正在主导开发、建设甘肃瓜州 70 万千瓦“光热储能+”国家示范项目（含 10 万千瓦光热+20 万千瓦光伏+40 万千瓦风电），承接了新疆博州 10 万千瓦光热项目。
水电水利规划设计总院	国务院批准的事业单位，主要职责是参与编制水电水利及风电长远发展规划，制订和部署前期工作计划；代部组织预审河流规划和风电规划报告，负责审查部管大中型水电水利和风电工作预可行性和可行性研究（原初步设计）；组织编制和审查水电水利、风电勘测设计技术标准和定额；归口领导部属勘测设计院，并对全国水电水利和风电勘测设计单位实行行业管理等。
中国船舶重工集团新能源有限责任公司	中船新能隶属于中国船舶集团有限公司，是整合集团公司在动力领域（燃气动力、蒸汽动力、化学动力、全电力、核动力、柴油机动力、热气动力）、舰艇综合能源微网系统（冷、热、电联供）内外部核心技术及产业链上下游资源优势，打造的以光热及热储能为核心的军民融合清洁能源产业集群平台公司。 由中船新能设计、建设、调试和运维的内蒙古乌拉特中旗 10 小时储能 100MW 槽式光热发电项目是国家首批光热发电示范项目中单体规模最大、储热时间最长的槽式光热发电项目。电站于 2018 年 6 月正式动工，2020 年 12 月实现满负荷发电，2021 年 7 月储能系统全面投运，实现 24 小时连续稳定高负荷运行。电站光热转换效率、热电转换效率均超过设计值；单日纯光热最高发电量超 221 万千瓦时、单月纯光热最高发电量超 5200 万千瓦时、完整年纯光热发电量超 3.3 亿千瓦时，均超过设计值，实现当年投产当年达标。 中船新能以核心技术和装备提供商身份参建西藏扎布耶源网荷储一体化综合能源供应项目，克服该项目高海拔（4500 米）和孤网运行的困难和技术难点，为项目业主提供可靠、稳定、安全的工艺设计方案及经济、适用、可靠的装备供货和全流程技术服务。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
中国电力工程顾问集团有限公司	中国能源建设股份有限公司全资子公司，面向国内外市场，为政府部门、金融机构、投资方、发展商和项目法人提供工程建设一体化解决方案的服务商，主要从事能源与基础设施领域规划研究、咨询、评估、工程勘察、设计、服务、工程总承包、投资与经营、相关专有技术产品开发等业务。2020 年，收购西班牙具有多个光热发电项目实战经验的工程咨询公司易安（EA）与盖飒工程（Ghesa）100% 股权，增强了技术和投融资能力。
中国广核新能源控股有限公司	中广核新能源是一家电源种类和地理分布多元化的独立发电商，专注于收购清洁及可再生能源发电项目，资产组合包括位于中国及韩国的风力、太阳能、燃气、燃煤、燃油、水力、热电联产及燃料电池发电项目。是国家能源光热研发中心依托单位，具备大型光热电站系统集成的核心能力。投资、建设并运维我国首个 50MW 商业化槽式光热示范电站，电站实现不停机运行 230 天。该项目是我国首个大型商业化槽式光热电站，成功填补了我国大规模槽式光热发电技术的空白，使我国正式成为世界上第 8 个拥有大规模光热电站的国家。 入选第二批大型风电光伏基地建设项目的中广核太阳能德令哈 200 万千瓦光伏光热项目（国内储能配比率最高的光热储多能互补项目）一期项目、吉西基地鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目 -2 单元 20 万千瓦风电 +10 万千瓦光伏 +10 万千瓦光热（共建），阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目，中广核新能源西藏当雄乌玛塘光热 + 光伏一体化项目等项目正在有序推进建设中。 下一步，中广核还将在沙戈荒大基地、源网荷储一体化、光热示范、海上风电、风光制氢等方面持续发力。在四川、甘肃重点布局“光热 +”项目，平抑新能源出力波动，为电力系统稳定运行提供支撑，持续推动新能源高质量发展。
中国科学院电工研究所	太阳能热利用技术研究部自 20 世纪 70 年代开始从事太阳能热发电、中低温利用等方面的研究，已取得诸多研究成果：先后建成了亚洲首座 MW 级塔式和槽式太阳能热发电实验示范系统，我国首个大型太阳能水体跨季节储热项目，全球首个太阳能热电联供系统，全球首座超临界二氧化碳光热发电机组等。在北京延庆建成国际一流的全方位学科实验平台和科普教育基地，具备 CNAS 检测资质。拥有风洞装备气动力学测试平台、光学测试平台、储热 / 传热材料与系统性能测试平台、材料抗老化性测试平台、槽式集热器及真空管系统稳态热性能测试平台、中低温集热器热性能测试平台、反射面精度测试台、定日镜跟踪准确度测试仪、槽式反射镜精度在线测量仪等检测实验平台设施。2007 年发起举办“太阳能热发电技术三亚国际论坛”（2015 年更名为中国太阳能热发电大会），2009 发起创立太阳能光热产业技术创新战略联盟（26 家科技部 A 类联盟之一）。是 973 项目“高效规模化太阳能热发电的基础研究”以及国家重点研发计划“超临界二氧化碳太阳能热发电基础问题研究”项目的牵头单位。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
天津市	
天津大学机械工程学院	下设机械工程、力学和能源与动力工程 3 个系，及机械工程实践教学中心。建有机械设计制造及其自动化、工程力学、能源与动力工程、工业设计、智能制造工程等 5 个本科专业。拥有内燃机燃烧学国家重点实验室、机构理论与装备设计教育部重点实验室、中低温热能高效利用教育部重点实验室、先进陶瓷与加工技术教育部重点实验室（与材料科学与工程学院共建）、3 个天津市重点实验室以及若干高水平科研基地和合作平台。赵力教授课题组在热泵系统优化、新型制冷剂循环特性研究分析、太阳能高效利用等方面开展了很多卓有成效的研究工作。
河北省	
河北津东科技集团有限公司	是以热媒制造与精细化工为主体的综合性生产企业，主导产品联苯。近年来，相继研发优化技改了以联苯为主导的氢化三联苯、联苯-联苯醚等环保型新能源高温导热油系列产品。总投资 6.69 亿元的高温热媒新材料项目在河北涉县投产。为乌拉特 100MW 光热发电示范项目提供 5000 吨的联苯-联苯醚产品，与沙特签订 20000 吨的供货协议。
河北煜剑节能技术有限公司	是一家集技术研发、核心设备制造、工程建设集成、项目运营及总承包业务于一体的高新技术企业、国家级“专精特新小巨人”示范企业。目前，已形成了系列自主知识产权的技术体系，高效光热管蒸汽发生系统在保证性价比的基础上能稳定产生高品质蒸汽。可广泛应用于电力、冶金、化工、食品、医药医疗、纺织、服务、军工等工业领域和城市供暖、学校、医院、乡村等公共设施的蒸汽供应、生活热水、集中空调制冷、冬季采暖、电力供应等。
山西省	
山西沃锦新材料股份有限公司	沃锦新材料是山西常晟新能源科技集团下辖的又一专业硝酸熔盐储能新材料制造商，是在集团下辖交城县并盛化工有限公司的基础上，通过创新优化升级、扩大生产规模，增加独创先进陶瓷膜制造工艺提高产品品质打造的又一硝酸熔盐制造基地。是集研发、设计、制造、销售、回收于一体的熔盐核心原材料制造服务商；旗下有“并盛”“沃锦金甲”“沃丰裕”等品牌工业级硝酸钾、硝酸钠、硝酸盐等产品。下辖“山西沃锦新材料股份有限公司”“交城县并盛化工有限公司”“青海盐湖沃锦储热技术有限公司”，合计形成目前国内最大熔盐级硝酸钾年产 32 万吨，高纯熔盐级硝酸钠年产 26 万吨。是国内唯一硝酸钾、硝酸钠熔盐制造商，提供二元共晶硝酸盐；研发创新低熔点、低成本、低氯离子下一代熔盐材料产品；开发硝酸钾、硝酸钠一次性生产创新工艺。可适用于光学玻璃化学钢化、太阳能光热发电项目、火电厂燃煤机组深度调峰熔盐储能项目、熔盐新型储能供热、燃气（电）熔盐锅炉等领域，并取得大量应用。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
中钢不锈钢管业科技山西有限公司	致力于研发生产和销售：有关核电、火电、石油、煤炭、化工、天然气等能源工程用管材及配件；有关城市饮用水、食品卫生、制药、电子工业、环境工程、生物工程、海洋工程、超低温工程等气体及液体管道输送设施用高性能、高耐腐蚀管材及配件；有关机械结构、锅炉、热交换器和冷凝器用等耐高温、耐高压管材及配件。产品广泛应用于石油化工、新能源等重要领域，可生产外径为 $\phi 8\text{mm} \sim \phi 3600\text{mm}$ ，壁厚为 $0.2\text{mm} \sim 120\text{mm}$ 的各类不同钢号的奥氏体及超级奥氏体不锈钢管、铁素体不锈钢管、双相钢及超级双相钢管、镍基合金管、钛合金管、铜合金管、复合管等，是国内不锈钢焊管品种齐全、规格组距涵盖范围广泛的制造企业，年生产能力达 15 万吨。
内蒙古自治区	
内蒙古百川光热科技有限公司	百川光热由熔拓光热基金 100% 投资设立，工厂位于内蒙古鄂尔多斯光热智能装备制造产业园，通过引进西班牙 Rioglass、美国 Glasstech、瑞士 ABB、德国 Kloepper、瑞士 Bystronic 等全球顶尖工艺设备厂商，构建了完整的光热发电聚光反射镜产业链体系，具备 $1000\text{万 m}^2/\text{年}$ 高精度太阳能聚光镜装备（曲面镜 $350\text{万 m}^2/\text{年}$ ，平面镜 $650\text{万 m}^2/\text{年}$ ）的生产能力，可为全球光热客户提供一流品质的光热发电聚光反射镜产品。公司自建反射镜检测实验室，对标国外 OPAC 实验室，可对反射镜面型精度、反射率、耐候性等进行全面测试。公司立足于光热发电行业反射镜装备制造及系统集成领域，深入推进零碳能源动力岛、零碳工业蒸汽利用、太阳能分布式供暖、“光热+”光伏风电储能综合能源项目开发建设与建设，实现全产业链纵深布局。
内蒙古电力勘测设计院有限责任公司	始建于 1958 年，隶属于内蒙古能源集团有限公司，是国家甲级电力勘测设计企业、总承包企业。具有电力工程设计、勘察、咨询、测绘、总承包、环境影响评价、水土保持方案编制、电子通讯、热力工程等数十项国家甲级资质，拥有对外承包工程资格和国家特种设备设计许可证，可承担各种等级的发电、输变电、新能源工程的咨询、勘测、设计、监理、总承包业务及新能源项目投资运营。 自 2007 年开始进行太阳能热发电设计技术的规划研究。2011 年，中标我国第一个槽式太阳能热发电特许权项目。近年来先后承接了几十项太阳能热发电领域的设计咨询任务，涵盖（导热油）槽式、（熔盐）槽式、塔式、线性菲涅耳、碟式多种技术路线以及太阳能热发电、联合供热、风光热储等。先后中标新疆阜康 100MW 光热+900MW 光伏项目、中广核西藏拉果措“零碳提锂”源网荷储项目、中广核西藏阿里改则县“铁格隆南金铜矿”源网荷储示范项目设计任务；西藏阿里源网荷储一体化热电项目、吉林大安吉西鲁固直流综合能源项目设计监理；三峡恒基能脉瓜州光热项目业主工程师等市场项目。内蒙院是国内为数不多的同时拥有多项光热设计、设计咨询、设计监理、业主工程师业务业绩的设计院。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
内蒙古绿能新能源有限责任公司	主营业务为前期工作申请报告、备案申请报告、能源审计、合同能源管理、可行性研究报告、项目建议书、项目申请报告、资金申请报告、规划报告、节能评估报告、社会稳定风险评估报告等编制工作；以及工程项目包括无人机航拍等国内最尖端技术地形图测绘和岩土勘测。
内蒙古新源光热股份有限公司	业务领域覆盖工业余热回收利用、太阳能工业蒸汽供给、冰雪水世界、农业大棚养殖等领域的智能管网供热，实现太阳集热、燃气补热、电厂辅热、工业余热收集利用等多能互补。在内蒙古包头市青山区建成国内首例大型槽式太阳能集热供热项目，槽式太阳能集热场面积高达 7.1 万平方米，可实现供热面积 35.5 万平方米。此外，在工厂屋顶上还铺设 2.2 万平方米太阳能集热器，太阳能集热场总面积达到 9.3 万平方米。
内蒙古旭宸能源有限公司	成立于 2016 年 4 月 13 日，注册资金三亿元人民币，坐落于内蒙古包头市青山区装备制造产业园新规划区，主要经营太阳能光热系统的研发、制造与销售。是首家规模从事太阳能中高温技术城市供热研发、生产与推广的企业，在产能与技术领域国际领先。公司以“技术创新、精益求精”为核心理念坚持专注于太阳能中高温集热项目研究，目前已拥有五十九项核心专利、百余项自主知识产权技术。
辽宁省	
大连耀皮玻璃有限公司	主要生产和销售太阳能用途的高品质超白浮法玻璃、太阳能光伏用途的 TCO 镀膜玻璃、工业及建筑用在线低辐射镀膜玻璃，以及建筑用、汽车用、各种工业用途的透明浮法玻璃。光热发电用太阳能超白玻璃生产能力 700 吨/天，年供应能力 2GW。大连耀皮已建、在建和已接的国内外光热项目订单总量近 1.7GW、供货量超 15.1 万吨。
沈阳微控新能源技术有限公司	掌握全球领先的全磁悬浮轴承及控制技术、飞轮材料及工艺技术、高速电机技术、大功率电力电子变换、安全防护等核心技术，拥有国内 / 国际发明专利四十余项。是辽宁省主动磁悬浮技术应用工程研究中心依托单位，承担了辽宁省、深圳市重大科技专项研发项目，我国飞轮储能标准制定企业。现已建成全国唯一的量产磁悬浮飞轮储能设备生产及测试线，飞轮储能系统全球部署规模约 3000 台，稳定运行时间超过 10 万小时。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
上海市	
上海飞挺管业制造有限公司	专业从事碳钢、合金钢、不锈钢、双相不锈钢、特种合金钢及双金属复合等材料的管道管件法兰制造、管道优化设计、工厂化管道预制及管道工程成套服务。具备业内领先的预制技术、高温管道工程经验和设计能力。飞挺管业较早进入光热发电领域，2018年11月中标中电哈密50MW熔盐塔式光热发电项目，随后配合项目总承包方进行管道二次设计，并参与管道预制生产。完成中核玉门“光热储能+光伏+风电”示范项目10万千瓦光热储能工程熔盐系统管道供货，正在履约三峡能源海西基地10万千瓦光热工程熔盐系统管道供货，中电建吐鲁番市托克逊县光热项目347H不锈钢管件、管材物资采购，国家电投河南公司新疆吐鲁番鄯善七克台100MW光热项目和三峡能源新疆哈密综合能源示范项目100MW光热项目的熔盐管道管材、管件、工厂化采购等。
上海交通大学机械与动力工程学院	太阳能发电及制冷教育部工程研究中心是教育部首批批准成立的部级工程研究中心。工程中心主要研究方向包括：太阳能高效供热与制冷；太阳能光伏技术及系统应用；分布式能源及储能；热泵与空调新技术；能源-水-空气前沿交叉创新。牵头组织完成了“太阳能中温技术与工业应用”“低品位余热回收技术及热泵装备研发与示范”国家科技项目，是中挪低碳社区国际合作、变革性技术科学问题、金砖国际合作储热项目的牵头单位。中心与华为、美的、格力、力诺、双良、浙能集团、上海航天等建立了规模化研发创新科技合作。中心成果“采用小温差末端的空气源热泵采暖系统”“空气源热泵锅炉”等成果实现产业化。
上海亚核阀业成套有限公司	专业设计、制造、销售各类阀门及各类流体自动化仪表成套设备的高新技术企业。产品涵盖火电、化工、石油、水电、核电、军工、海上油田钻井平台、造船、冶金、食品、制药等有关行业的阀门及相关自动化仪表成套设备，并可根据客户要求设计与制造各种非标阀门、特殊阀门，承包压力管线检修工程，进口阀门及特种特殊阀门的维修与服务工作等。截至目前，光热发电/熔盐储能项目业绩达40多项。
智矿斯凯姆（上海）化学有限公司 原司祈曼（上海）化工有限公司	世界领先的天然硝酸盐生产商和销售商——智利化学矿业有限公司（SQM）在中国的全资子公司，负责特色植物营养、碘、锂、工业化学品和钾五大产品线在中国的市场拓展与销售工作。SQM已经为全球众多太阳能热发电项目提供硝酸盐产品。
塔浦（上海）自动化仪表有限公司	专门从事工业现场仪表的研发、生产与销售一体的原创型科技公司。专注于超声波流量计产品及配套解决方案的开发与制造，拥有10多年超声波流量产品的开发、应用经验。针对光热电站熔盐流体在运行中大的温度波动，以及熔盐本身的高温、低温凝结、腐蚀、盐雾等物质特性，推出了全新一代流量仪表，专用于高温熔盐流量测量，采用双通道设计，测量精度±0.5%；最高适用温度可达600℃。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
中国科学院上海应用物理研究所	以钍基熔盐堆核能系统、高效能源存储与转换等先进能源科学技术为主要研究方向，致力于熔盐堆、钍铀燃料循环、核能综合利用等领域的关键技术研发。熔盐传蓄热团队拥有熔盐物性、分析、制备净化、传蓄热试验、腐蚀评价等 5 大平台，新熔盐体系设计、熔盐分析和测试、熔盐质量评价及寿命评估、腐蚀控制与防护、熔盐净化与回收、关键设备研制与寿命评估、回路设计研发、熔盐传蓄热技术开发与验证等 8 项技术能力。具备 CNAS 及 CMA 资质。围绕光热、储能等洁净能源开展研究，以工程应用为导向，提供工质设计、测试分析评价、设备研发、系统设计、储换热的运维调试服务。与兰州兰泵等研制出 700℃超高温熔盐泵。
众擎光热（上海）新能源有限公司	主要从事光热电厂项目开发、工程总包、电厂设计、系统研发、产品开发制造、系统集成、运营维护等在内的全价值产业链业务，涉及土木工程、机械设计、电信、管道、软件、电子、电控、电气、热控、光学、机器视觉、数学等十多个专业技术学科的交叉与集成。是国内最早从事太阳能光热发电领域技术研发与商业化的单位之一，拥有二次反射镜场聚光集热系统和分布式熔盐储能系统等两大核心系统，是国际领先的二次反射塔式光热发电系统集成商。
江苏省	
常州龙腾光热科技股份有限公司	专业致力于太阳能光热发电技术与装备的研发应用，是最早进入光热领域的行业开拓者之一，是光热发电及绿色综合能源解决方案提供商。通过多年的技术攻关及工程实践，龙腾光热已成功掌握槽式等太阳能光热发电全流程技术，并具备系统的自研自产能力，目前已拥有包括高温真空集热管、聚光集热器等槽式光热发电核心技术，并实现了核心装备的产业化、国产化。自主研发的高温真空熔盐集热管首次进入了欧洲最先进的科研示范项目；历时 4 年研发的新一代高效低成本的龙腾 RT86 大槽集热器，采用国际最先进的空间框架结构，拥有完全自主的专利技术，实现了国产化槽式集热装备的继续迭代，在巴彦淖尔市龙腾光热储能科技创新园全面启动施工建设。 通过乌拉特 100MW 光热发电示范项目的建设运行，龙腾光热成功掌握了百万平方米级线聚焦集热场集成运行技术与百兆瓦级储热型光热电站整体解决方案，建立了国内最为完整的槽式集热场系统集成和装备制造产业链，涵盖了从集热器制造到系统集成的全过程，实现了进口替代并走向国际市场。 在系统集成方面，龙腾光热提供一站式的系统集成解决方案，包括设计、安装、调试及维护服务。 在装备制造方面，龙腾光热拥有先进的生产线，能够大规模生产高质量的集热器及相关设备，并在 2020 年，首条年产 12 万支高温真空集热管生产线完成验收。 在技术支持方面，龙腾光热提供全方位的技术支持，确保项目的顺利实施和高效运行。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
常州市神能金属制品有限公司	创立于 2008 年，拥有国内最先进的不锈钢管生产设备和检测设备。长期致力于工业用不锈钢、耐蚀合金、高温合金等特种材料管道系统研发和生产，针对光热发电用 GH3625 镍基合金管材，从化学成分优化设计、冶炼工艺和纯净度控制、焊接工艺、成型工艺、热处理及组织均匀性控制技术 5 等方面进行了系统研究，成功研制出光热发电用 GH3625 合金管材。
江苏飞跃泵业股份有限公司	飞跃泵业始创于 1957 年，与江苏大学、中国科学院金属研究所等高等院校保持长期产学研合作，并共建有“江苏省高温高压泵工程技术研究中心”“金研新材料研发中心”，是国家高新技术企业、江苏省专精特新企业、江苏省级企业技术中心。曾多次承担国家和省部级行业重大装备攻关和重大科研成果转化项目；泵产品参与了我国运载火箭的发射，并受到中共中央、国务院、中央军委贺电及嘉奖。 在光热发电领域，飞跃泵业先后为中控德令哈、首航敦煌、中电哈密、鲁能海西州等国内光热发电项目提供冷盐泵、热盐泵、调温泵、化盐泵、补盐泵、疏盐泵、排盐泵产品，已投入运行的熔盐泵产品均在稳定运行。 飞跃泵业现已中标风光新能源大基地中金塔中光太阳能 100MW 光热发电项目，中广核吉西鲁固直流大安市 100MW 光热发电项目，中核玉门 100MW 光热项目，西藏扎布耶 40MW 光热发电项目，阿克塞汇东新能源 110MW 光热发电项目，三峡恒基能脉瓜州 100MW 光热储能 + 项目，新疆吐鲁番光热 + 光伏一体化项目工程，吐鲁番市托克逊县乌斯通光热 + 光伏一体化项目 100MW 光热，青豫直流二期三标段海西基地 100MW 光热工程，中广核新能源德令哈 200MW 光热发电项目，唐山海泰新能科技股份有限公司光热 + 光伏一体化项目 100MW 光热项目，新华发电博州 100MW 储热型光热、三峡能源新疆哈密综合能源示范项目 100MW 光热发电项目等多个项目各类型熔盐泵；以及江苏国信靖江电厂 2*660MW 机组熔盐储能调峰供热项目热 / 冷盐泵，西安热工研究院储能调峰项目热 / 冷熔盐泵，辽河油田熔盐储热注汽试验站工程高 / 低温熔盐泵、化盐槽熔盐泵等以及熔盐储能调峰等项目。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
南京工业大学机械与动力工程学院	机械与动力工程学院源于南京工学院 1956 年成立的化工机械专业。现有动力工程及工程热物理一级学科博士点，动力工程及工程热物理一级学科博士后科研流动站，机械工程一级学科硕士点以及过程装备与控制工程、机械工程、车辆工程、新能源科学与工程、焊接技术与工程、应急装备技术与工程等 6 个本科专业，分设化工机械研究所、化工设备设计所等 2 所 5 系 1 中心 1 教研室。形成了极端承压设备先进设计与制造、过程强化与高效节能技术、重大装备安全理论与风险评价技术、先进装备数字化制造技术等特色学科方向，成立了过程强化与高效过程装备、先进装备制造等 12 个科研创新团队。学院拥有国家热管技术推广中心以及江苏省过程强化与新能源装备技术重点实验室、江苏省工业装备数字制造及控制技术重点实验室、江苏省流程工业节能环保技术与装备工程实验室、江苏省极端承压装备设计与制造重点实验室、中石化南京设备失效分析与预防研究中心、中石化工程风险分析技术研究中心等省部级研究基地 7 个。承压设备结构完整性及寿命评价技术的研究在国际上已具有较高的知名度，在与时间相关的设计与再设计理论、高温设备损伤与破坏方面取得显著成绩，先后获得国家科技进步二等奖 3 项。近年来高效紧凑式换热器的研发与工程化形成特色，开发的热管换热器、紧凑式换热器已在全国 200 多家大型石化、冶金企业中得到应用，先后获国家技术发明二等奖、国家科技进步二等奖、全国创新争先奖、何梁何利基金科学与技术创新奖等国家级科技奖励 6 项；成功研制国内第一台垫片综合性能试验机，奠定了我国静密封检测标准的基础，改变了高参数密封元件长期依赖进口的局面。
无锡鑫常钢管有限责任公司	是以开发、生产、销售不锈钢无缝钢管、不锈钢焊管、钛无缝管、钛合金焊管、高性能铜合金管、高效传热管、高温合金、镍基合金和多元复杂黄铜的企业，年产量达到 3 万吨。生产规格范围：外径 6mm—526mm，壁厚 0.8mm—35mm。产品广泛应用于煤化工、炼油、石油化工装备、核工业、发电机组、船舶制造、海水淡化、化纤、医药、食品、纺织、印染、机械等行业。2023 年参与了中电工程西北院玉门光热高温熔盐管道项目。
浙江省	
奥展实业有限公司	主要产品为各类高品质精密不锈钢、特殊不锈钢、镍基合金、铬不锈钢、高温合金、钛合金、铝合金、铜合金及优质碳素钢紧固零部件及高端不锈钢线材棒材。正在执行金塔中光太阳能 10 万千瓦光热 +60 万千瓦光伏项目标准件等多个光热发电项目。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
杭州华源前线能源设备有限公司	创建于一九七八年，原为解放军总后勤部第九零八四工厂，现隶属于中国能源建设集团。是国家专精特新“小巨人”企业、国家高新技术企业、浙江省制造业单项冠军企业、浙江省经信厅“节能降碳节水工程解决方案服务商”、杭州市专利试点企业。建有浙江省热能设备省级企业研究院、浙江大学能源工程学院 - 华源前线规模化储热技术联合实验室。持有 A 级锅炉制造许可证、A3 级 /D 级压力容器制造许可证、CCC 电气产品强制认证、美国 ASME 锅炉压力容器制造许可证。华源前线核心自主专利技术涵盖热源设备、储（蓄）热系统、系统集成技术三大板块，是热储能行业的领军企业。其核心产品和技术包括各类电锅炉（含高压电极锅炉、熔盐电极加热炉）、各类高效环保燃油燃气锅炉、各类生物质锅炉（含生物质气化炉）、温度分层水储热系统、饱和水相变储蒸汽系统、熔盐 / 导热油储热系统、大规模压缩空气储能电站储热技术、微压电蓄热技术、生物质气化与熔盐电极锅炉耦合储能调峰技术、电冷热双蓄及热泵系统耦合技术等。 核心技术主要荣誉： 1、电极锅炉成为入选国资委《中央企业科技创新成果推荐目录（2022 年版）》、工信部《国家工业和信息化领域节能技术装备推荐目录（2022 年版）》、浙江省首台套攻关项目。 2、MW 级熔盐电极加热器入选 2023 年电力科技成果“金苹果奖”、中国能建首台套重大装备技术目录、浙江省首台套重大装备目录。 3、电极式锅炉蓄热系统（介质：水、熔盐）入选《全球环境基金 GEF 先进技术目录》《中国好技术 A 类项目库》、工信部《全国工业领域电力需求侧管理第四批参考产品（技术）目录》《浙江制造精品》《浙江省节能新技术新产品新装备推荐目录》。 4、电蓄热技术、快装锅炉国家火炬计划承担单位，作为压缩空气储能电站储热系统装备供应方入选国家能源局第三批首台套重大技术装备目录。 华源前线目前已在电站辅助锅炉、清洁供热、工业蒸汽、火电灵活调峰、熔盐储能、压缩空气储能等领域有数千项实践应用案例。
恒丰泰精密机械股份有限公司	致力于光热、光伏跟踪系统回转减速器的研发与制造，自主研发了 HVE、HDR、HSE 等系列在内的精密回转传动装置，适用于塔式、槽式、碟式和菲涅尔式太阳能发电装置以及光伏发电的平单轴跟踪系统等。2008 年以来，公司先后为国内外 40 余家业内企业提供了最全面的光热、光伏跟踪系统整体解决方案和定制化产品服务。正在履约甘肃某光热项目近 4 万台回转减速机订单。
华电电力科学研究院有限公司	是中国华电集团有限公司直属的唯一科研机构，拥有国家能源分布式能源、火电能效检测等 7 个国家级研发中心，浙江省蓄能与建筑节能省级重点实验室，中国华电水电、新能源、智能能源、环保监督、电力市场等 11 个集团级技术中心以及中国华电大坝管理中心；设有院士工作站、博士后工作站；具有 CMA、特检、计量、工程咨询甲级、调试特级、工程设计乙级等 20 余项资质；是中国科技核心期刊《发电技术》的主办单位。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
西子清洁能源装备制造股份有限公司	前身为杭州锅炉集团股份有限公司，主营业务涉及新能源、新装备、新服务等多个领域的产品和解决方案。新能源业务包括光热发电、熔盐储能、零碳工厂（园区）、多能联储、电极锅炉、光伏、核电和氢能等清洁能源产品和服务。已成功打造以新能源技术为核心的中国首个航空零碳工厂和首个熔盐储能零碳园区；投资参建中国首座规模化运行光热储能电站，所应用的储能技术入围国家 2021 年度能源领域首台（套）重大技术装备项目。新装备业务包括余热锅炉、循环流化床锅炉、燃气锅炉、压力容器换热器和盾构机等节能减排产品，旗下电极锅炉技术荣获欧盟及中国核电标准认可。新服务业务包括工程安装、运维服务、系统改造、备品备件、智慧锅炉、智慧工厂等服务，提供能源领域全生命周期服务，并将业务链延伸至新能源投资运营。
浙江大学可持续能源研究院	浙江大学可持续能源研究院致力于太阳能热发电与高效利用领域的研究工作，涵盖高温集热（空气、颗粒、超临界 CO ₂ 、熔盐等）、热化学与显热储热、高温工质换热（如颗粒与超临界 CO ₂ 等）、布雷顿循环（空气、超临界 CO ₂ 等）、斯特林循环，以及多能互补与余热梯级利用等。倪明江和肖刚教授的光热研发团队在青山湖地区建有占地约 1 万平方米的太阳能热发电试验平台，可用于太阳能高温集热（吸热温度可达 900℃ 以上）、热化学储热、高温布雷顿循环系统、熔融盐吸热器热性能测试及高温防护研究、斯特林发动机、PETE 等先进技术的研究和示范。
浙江可胜技术股份有限公司	成立于 2010 年，是专业从事太阳能光热发电和熔盐储能技术研究及产业化推广的国家高新技术企业。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。自主开发、建设、运行青海中控德令哈 10MW 塔式光热项目、青海中控德令哈 50MW 塔式光热项目；作为主要技术提供方与聚光集热系统供货方参与建设中电建青海共和 50MW 塔式光热项目；开发建设金塔中光太阳能“光热 + 光伏”试点项目。青海中控德令哈 50MW 光热项目投运以来，运行表现屡次打破行业纪录，是全球首个达产的塔式熔盐储能光热电站，2022 年、2023 年连续两年发电量超过年度设计发电量。截至目前，可胜技术光热业绩装机规模已达 1360MW，分布在青海、甘肃、新疆、吉林等多个省份，成为全球唯一一家业绩超过 1GW 的塔式光热发电技术提供商。
浙江中光新能源科技有限公司	致力于打造成为拥有“光热 +”“运维 +”“熔盐储能 +”、多能互补、智慧能源管理等技术的新能源科技企业，目前正加快实现投资、建设、运营全产业链布局。全资控股青海中控太阳能发电有限公司，拥有我国首座、全球第三座规模化储能塔式光热电站——青海中控德令哈 10MW 塔式光热电站以及国家首批光热发电示范项目之一——青海中控德令哈 50MW 塔式光热电站，并已成功参与申报三项浙江省储能示范项目——西子航空零碳智慧能源中心源网荷储一体化示范项目（已完成建设）、黄岩热电储热型储能电站示范项目以及杭州医药港零碳电厂熔盐储能示范项目。累计承接及参与运维的光热发电项目装机规模超 900MW。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
中绿可胜工程技术有限 公司	是由中国绿发集团有限公司和浙江可胜技术股份有限公司联合成立的一家工程技术合资公司，结合中国绿发央企强大实力和业内龙头浙江可胜的技术积累，专注专业于熔盐储能储热开发、应用和推广。主要业务范围是基于先进的熔盐储能储热系统集成成为光热电站、火电灵活性改造、园区清洁供暖提供技术研发、技术咨询及服务，以及机电设备的生产、安装，机电成套设备的销售、安装及服务，机电工程安装、施工，电站成套设备的销售、安装及服务，实业投资，经营进出口业务，电力工程施工与管理。
安徽省	
东华工程科技股份有限 公司	隶属于中国化学工程集团有限公司，是工程勘察设计行业较早进行股份制改造并上市的现代科技型企业。拥有国家工程设计综合甲级资质，专业从事化工、石油化工、医药、市政、建筑、环保等多领域工程建设的工艺研发、咨询、设计、采购、施工管理、开车指导、工程监理、工程总承包、PMC 管理、运营等全过程服务。承揽了乌拉特中旗槽式 100MW 光热发电项目热传储热岛设计等项目，拥有光热、光伏、风电、电解水制氢等相关领域的工程业绩。
江西省	
中国电建集团江西省电 力建设有限公司	江西电建公司是一家国家高新技术企业，拥有电力工程施工总承包、建筑工程施工总承包、市政公用工程施工总承包、建筑机电工程专业承包壹级，承装、承试电力设施许可证壹级，环保工程专业承包叁级，建筑行业（建筑工程）设计甲级，发电厂热力设备化学清洗 A 级，电源 / 电网类电力工程调试甲级，电力行业（变电工程）专业甲级设计资质，电力行业（送电工程、新能源发电、风力发电）专业乙级设计，建筑幕墙工程设计乙级，城乡规划编制丙级，高新技术企业证书等 40 余项重要资质。拥有区域分布式数字化解决方案、水环境综合治理技术、数字文旅装备产品等技术，专注于可再生能源领域，致力于生态环境保护，服务于新型城镇化发展，投身于国家碳中和绿色转型，成为新时代低碳经济领域投建营一体化的提供商和服务商。在光热发电领域，高质量完成了迪拜 700MW 光热发电项目 100MW 塔式机组的调试及运维、3*200MW 槽式机组的调试工作，服务范围涵盖了塔式 / 槽式机组分系统及整套调试（不含镜场）、塔式机组运维、塔式机组镜场技术服务等。公司参与的江西省“双千计划”《“风光热储”复合能源系统关键技术研究》课题已完成了 3 个发明专利的申报，获得了 5 项工法和 2 项省级 QC 成果。依托迪拜光热项目的成功履约，能够为业主提供安装 / 检修、机组调试及运维、定值计算、自动化优化、机组协调优化、性能试验等综合技术服务业务。正在执行多个新建光热项目建设。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
山东省	
山东爱能森新材料科技有限公司	专注于向清洁热力（工业蒸汽）、清洁电力（光热发电、电网调峰、电站调峰）、工业行业（工业储热导热、电子材料）、建筑行业（隔热防火材料）、航天航空储热、核电储热散热等领域提供储能材料和整体技术解决方案。 爱能森新材料生产基地位于柴达木经济循环试验区德令哈工业园，拥有全球第一条自主知识产权的储能新材料智能化生产线，具有二元、三元及多元熔盐年产 30 万吨能力，30 吨 / 小时的熔盐化盐能力。适应商业化太阳能光热发电、工业蒸汽和精细化工等高、中品位的储传热需求，是专业的高品质储能新材料供应商及储能系统服务商，是全球唯一拥有二元、三元、多元熔点新材料研发和生产能力的企业。
山东奥博储能科技有限公司	专注于熔盐储能材料的研发、推广及销售，主营产品涵盖太阳能熔盐、熔盐级硝酸钾、熔盐级硝酸钠及亚硝酸钠等。作为一家现代化企业，其核心产品广泛应用于太阳能光热发电、风光热储多能互补、火电灵活性改造以及电网调峰调频储能等领域。具备熔盐级硝酸钾、硝酸钠、亚硝酸钠等各类复配熔盐年供应能力 12 万吨。拥有专业的团队，可提供供盐、预热、化盐服务，是高品质储能材料供应商及专业服务商。
山东电力建设第三工程有限公司	拥有研发、设计、采购、制造与施工、调试、运维全光热全产业链公司。在全球范围内总承包建设在运世界单机容量最大槽式、塔式光热电站——摩洛哥努奥二三期 350MW 光热电站（获 2019 年 & 2020 年国家优质工程金奖），鲁能格尔木 50MW 熔盐塔式多能互补示范项目，参建国内最大的乌拉特中旗 100MW 槽式光热发电项目，总承包建设南非红石 100MW 熔盐塔式光热电站、西藏扎布耶源网荷储一体化综合能源供应项目 40MW 槽式光热电站项目并网发电，正在履约中国电建若羌县 10 万千瓦光热（储能）示范项目总承包工程。参与 30 余项国内外光热项目的技术咨询以及方案设计等。可提供聚光集热系统、EPC/ 设计 / 工程 / 施工、调试运维，以及塔式太阳能热发电技术、装备与服务。核心技术产品涵盖定日镜、镜场控制系统、校准系统、清洗系统以及太阳岛附属技术产品等。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
山东电力建设第一工程有限公司	集成火电、核电、新能源发电、电站设计、电站调试、检修运维、输电变电、基础设施和起重机械设计制造、商贸物流、投资融资于一体的综合性、集团化、多元化国有大型电力工程公司。先后承揽了敦煌大成 50MW 熔盐线性菲涅尔式光热项目常规岛、储热岛建安及调试工程，中电建青海共和 50MW 塔式光热发电项目储换热系统安装、调试工程，中电哈密 50MW 熔盐塔式光热发电项目设备材料代保管，玉门鑫能 50MW 二次反射塔式光热发电示范项目初期调试运维等工作。作为联合体成员中标西藏开投安多县土硕 100MW 光热 +800MW 光伏一体化项目 EPC 项目，将主要负责常规岛一环路外边缘以内的所有建筑施工、安装施工、验收及调试、整套系统启动（含镜场），负责部分设备材料采购、一体化集控展示中心建安及装饰装修工作，负责责任范围内设备的单体调试、分系统调试、整套启动调试工作等内容。
山东盛拓科能源有限公司	是一家专注于平板太阳能系统研发、生产的科技型集团企业，总部位于山东德州，旗下拥有金亨、邦特、飞天、盛拓科、西藏盛拓科、康德、金奈尔七家子公司和六大生产基地。年产平板清洁热能装备 3.7GWth，位居全球第二。拥有太阳能光谱选择性吸收涂层的核心技术和产线。集团拥有 58 项核心专利技术和行业解决方案。为民用建筑、军用设施、工业加热、种植、养殖、烘干等各领域提供高品质热能、采暖、制冷、供热等清洁能源综合利用服务。
山东兆维铁塔有限公司	是集设计、生产、销售为一体的钢结构支架等大型现代化企业，总资产 5.79 亿元，年生产能力 6 万吨。拥有 3 条激光切割机、12 条先进的数控角钢生产线、11 台焊接机器人焊接、数台等离子切割机和数控锯床等焊割设备。较高的加工效率和较低的物料损耗带来了综合加工成本行业较低水平。产品出口至五十余个国家。目前已与相关业主签订光热电站支架供应合同。
山东宇影光学仪器有限公司	深耕菲涅尔透镜研发与生产 30 余年，目前生产用于光热领域的菲涅尔透镜主要有大尺寸（直径 1 米以上）圆形菲涅尔透镜和线性菲涅尔透镜、阵列式菲涅尔透镜。生产工艺有模压和注塑成型工艺以及钢化玻璃 + 硅胶复合的 SOG 工艺，生产透镜目前应用在聚光集热、太阳能制氢、太阳能发电等领域。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
河南省	
河南安彩光热科技有限责任公司	安彩高科是国家重点高新技术企业，拥有博士后科研工作站及国家级企业技术中心。全资子公司光热科技产品涵盖了超白玻璃、光热玻璃、低辐射节能 LOW-E 玻璃等。经过四十多年的自主创新、跨越式发展，形成了完整的研发体系，拥有了先进的工艺装备和检测平台，积淀了深厚的技术底蕴，自主研发生产光热玻璃原片以来，安彩已成为了光热玻璃原片的供应基地，目前已累计供货国内外光热电站项目 1.4GW。
湖北省	
湖北烁砺新材料科技有限公司	可提供各类耐火纤维产品，包括整体模块、工程纤维、棉、毯、板、纸等。产品在钢铁冶金、有色金属、石油化工、电力、陶瓷、玻璃、防火、航空航天，家电、环保、新能源汽车、太阳能等诸多工业领域都有广泛的应用。目前，已成功研发出可应用于塔式吸热器的防护隔热保温材料，槽式回路进出口保温、储罐新型保温隔热系统等产品。正在执行三峡能源青海青豫 10 万千瓦光热项目高温隔热防护材料采购。
湖北云图熔盐科技有限公司	拥有业内最长、协同效率最高的盐化工、磷化工、煤化工产业链的云图控股（上市公司）旗下、专业的熔盐产品研发、营销及服务平台。为充分发挥公司硝酸、纯碱以及钾盐产业链的配套优势，云图控股通过技改、新建等方式形成熔盐级硝酸钠和熔盐级硝酸钾的配套生产线。目前拥有硝酸钠和亚硝酸钠产能 15 万吨，规划新建 20 万吨“两钠”的产能，硝酸钠、亚硝酸钠产品质量已达到熔盐级产品的要求。参与（新都化工）编写了工信部《农业用硝酸铵钾》等多项行业标准。截至目前，斩获了包括中广核德令哈 200 万千瓦光热储一体化项目、中广核新能源吉西鲁固直流 490MW 综合能源项目、三峡能源格尔森 100MW 光热发电项目、中国电建托克逊县 100MW 光热发电项目、中电建共和 100MW 光热发电项目、鲁能阜康市多能互补（暨新能源市场化并网）项目 10 万千瓦光热发电项目在内的多项业绩。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
武汉圣普太阳能科技有限公司	全球产品线最丰富的太阳能光热发电用反射镜的专业供应商，具有全系列槽式、塔式、菲涅尔式反射镜、二次反射镜（CPC）、碟式和聚光光伏反射镜等产品的研发和批量生产能力，年产能 300MW 槽式电站和 400MW 塔式 / 菲涅尔式电站配套反射镜。成功开发了开口 7512mm UT 终极槽用钢化玻璃反射镜，具有批量制造 RP1~RP5 槽式反射镜的能力。已批量供货中电工程西北院哈密塔式 50MW 光热发电示范项目 719902 平方米的巨蜥定日镜，玉门鑫能光热熔盐塔式 50MW 光热发电项目的一次反射镜和二次反射镜，兰州大成敦煌熔盐线性菲涅尔式 50MW 光热发电示范项目一次反射镜，华强兆阳 15MW 菲涅尔光热电站项目菲涅尔用一次反射镜和二次反射镜，西藏扎布耶网荷储一体化综合能源供应项目 70 万 m ² 槽式反射镜的生产交付。在太阳能中低温热利用领域，圣普太阳能供货业绩包括：国内目前最大的槽式热利用邯郸鲟乐湾项目，西藏日喀则岗巴县光伏电站太阳能供暖、新疆轮台基地中石化咸水淡化、新疆伊宁抗病毒中心太阳能供暖、西藏拉萨第十五幼儿园太阳能供暖、江苏常州科利达公司光热蒸汽、山东滨州鑫瑞新能源科技有限公司光热蒸汽等项目。
湖南省	
中国电建集团中南勘测设计研究院有限公司	拥有全国勘察、设计、咨询、监理“四综甲”级资质，中国工程设计企业 60 强，中国承包商企业 80 强。业务领域包括：能源电力、水资源与环境、基础设施三大板块。作为“熟水懂电、擅规划设计、长工程承包、能投资运营”的国际型一流工程公司，全国勘察、设计、咨询、监理四项综合甲级资质单位，中国电建中南院自 2013 年开始进入光热发电领域，通过 10 年的研发与实践，现已掌握了光热型多能互补耦合发电技术、线性聚焦多回路流量平衡设计技术、线性聚焦太阳能热发电站全厂性能分析、大型储热罐罐体抗倾覆技术、大规模熔盐槽式关键设计技术研究及应用、不同技术路线下熔盐泵选型方法等核心技术。并先后在甘肃、新疆、西藏等地区承担实施了一批重点项目，共申请光热相关专利 10 余项、软件著作权 3 项，在 EI 期刊和核心期刊发表论文 10 篇，是全国光热发电技术领域第一梯队单位。 承担了兰州大成敦煌熔盐线性菲涅尔 50MW 光热发电示范项目总承包工程；在风光新能源基地建设中，正在执行新疆吐鲁番市托克逊县乌斯通光热 + 光伏一体化项目 100MW 光热 EPC 总承包工程，吉西基地鲁固直流白城 140 万千瓦外送项目（2 单元）10 万千瓦光热发电项目 EPC 总承包、初步设计，中广核新能源西藏阿里地区“50MW 光热 +100MW 光伏”源网荷储一体化热电站示范项目、精河新华“光热储能新能源”一体化基地项目全阶段勘察设计，中广核太阳能德令哈 80 万千瓦光伏 +20 万千瓦光热项目可研，中广核阿里光储热电站示范项目新增 20MW 光储保供项目总承包工程，西藏开投安多县土硕 100MW 光热 +800MW 光伏一体化项目可行性研究及专题技术服务等。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
中国能源建设集团华中电力试验研究院有限公司	主营电力工程调试、电力设备检测试验、发电运行、电力技术服务和电力技术咨询等业务，是具有电源类和电网类电力工程双二级调试资质的单位。拥有大型火电机组、燃气机组、垃圾焚烧发电、生物质能源发电、光热发电等各种类型机组的调试经验，业务拓展至印度、越南、蒙古、土耳其、菲律宾等“一带一路”国家。出色完成了中广核德令哈 50MW 光热发电项目常规岛系统（BOP）EPC 总承包光热机组启动调试项目、迪拜 950MW 光热光伏复合电站项目全厂单体调试项目。在新建的光热发电项目中，华中电力试研院执行的调试、技术服务项目达 510MW。其中，玉门“光热储能 + 光伏 + 风电”示范项目 100MW 熔盐线性菲涅尔式光热发电项目和阿克塞 110MW 光热项目已并网发电。截至目前，华中电力试研院针对槽式、线性菲涅尔式、塔式不同类型的光热项目调试积累了大量的经验；成立光热调试科研组、光热自动化科研组，立志优化光热调试工艺、实现光热机组 APS 一键启动、协调自动控制，促进光热机组高效经济稳定运行。
四川省	
成都禅德新型储能科技有限公司	注册资本 1.6 亿元，专注于太阳能光热发电与新型储能的技术研究、市场开发、系统集成，深度聚焦太阳能光热发电、中低温热利用以及稠油开采等应用场景规划布局；纵深延拓“光热 +”光伏风电基地的储能联合循环、煤电和燃气发电机组的灵活性改造，积极开发以熔盐新型热储能为核心的清洁能源综合应用。 公司自有核心专利技术，并已形成完整的光热发电和热利用系统解决方案，广泛服务于西藏、内蒙古、新疆等地区的光热发电和热利用项目；与此同时，公司联合拥有聚光镜装备制造能力，其中聚光曲面镜年产能 350 万平方米、平面镜年产能 600 万平方米，聚光镜产品已远销美国、德国等十余个国家，产品性能与技术参数均位居全球领先水平。
东方电气集团东方锅炉股份有限公司	是火力发电设备、太阳能光热、核电站设备、电站辅机、化工容器、煤气化等设备的设计供货商和节能环保新能源工程、电站改造、氢能制储运等工程服务提供商。 作为国内最早从事光热发电技术开发单位之一，东方锅炉始终将太阳能光热发电产业作为转型发展的重要方向，目前已拥有近百项技术专利，是塔式太阳能热发电站设计规范国家标准主要编制单位之一。历经 10 余年的自主研发与探索，已形成光热镜场、吸热器、储换热系统等全产业链内关键的技术设计与设备制造的核心竞争力，具备塔式聚光集热系统成套技术和定日镜、吸热器、蒸汽发生器设备设计制造和供货能力。 在新能源产业的光热板块，已参与哈密熔盐塔式 5 万千瓦光热发电工程、大成敦煌 50 兆瓦熔盐线性菲涅尔式光热发电工程、玉门鑫能 50 兆瓦熔盐塔式光热发电工程等国内首批光热发电示范项目建设。以卓越的系统方案和高效可靠的产品质量，深度参与了国投阿克塞汇东 110 兆瓦光热项目、中电建共和二期 100 兆瓦光热项目等国内标志性商业化光热工程项目建设，为项目提供了核心聚光集热系统与设备。 2023 年至今，东方锅炉成功签订批量蒸发器合同，市场占有率超 50%，并成功实现蒸发器本体设备到系统集成的业绩突破。在以熔盐储热为核心的综合能源业务板块，打通了熔盐储热技术应用于火电电解耦领域的储换热全套设备供货链条。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
贵州省	
中国电建集团贵阳勘测设计研究院有限公司	成立于1958年，注册资本金21亿元，隶属于中国电力建设集团（股份）有限公司，持有工程勘察、设计、咨询3项综合甲级资质以及工程监理等20余项行业甲级资质，拥有水利水电、市政、建筑、电力等行业工程施工总承包壹级资质，多年保持“中国工程设计企业60强”。 中国电建贵阳院是国家知识产权示范企业、国家高新技术企业，拥有国家企业技术中心、国家水能风能研究中心贵阳分中心、贵州可再生能源院士工作站、博士后科研工作站、贵州省可再生能源人才基地、贵州省水利水电工程人才基地等科技创新和人才培养平台。先后荣获贵州省首届省长质量奖、科技和工程类奖励700余项，其中省部级以上500余项；持有有效专利2300余件，连续多年位居电建集团和贵州省前列。致力于服务全球清洁能源、水资源与环境、基础设施建设，主要承担大中型水电水利、新能源、交通、市政、建筑、环境及岩土工程等业务领域的规划、勘测、设计、科研、监理、咨询、工程总承包工作，业务范围遍布国内30个省区市以及东南亚、非洲、南美洲、中东等地区，具备工程建设全产业链一体化服务能力。
云南省	
云南师范大学能源与环境科学学院（太阳能研究所）	是集教学、科研及工程应用为一体的教学科研单位，是国内最早开展太阳能利用研究的单位之一。以太阳能、生物能源等可再生能源利用研究和高层次人才培养为主要优势特色，具有本科、硕士、博士和博士后完整的人才培养体系。太阳能研究所和云南省高校太阳能供热与制冷重点实验室研究团队在太阳能干燥系统、热泵干燥系统、太阳能与热泵联合干燥系统方面拥有多年实践成果。
陕西省	
陕西能源电力运营有限公司	陕西投资集团有限公司旗下的专业化能源科技服务企业，下设1个子公司、2个事业部，11个常维项目部，拥有一支技术精湛、作风优良的专业化技术队伍，承担火力、水力及新能源等发电机组的日常运维、等级检修及能源科技服务等工作。目前承接火电机组运维容量15320MW、新能源运维容量300MW，为陕投集团内外众多客户提供了高效、专业的服务。2024年5月，中标三峡能源青豫直流二期3标段光热发电运维项目。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
中国电建集团西北勘测设计研究院有限公司	是从事清洁能源开发、水生态环境治理、基础设施建设工程的规划、勘测设计、工程总承包、投资运营于一体的现代科技型工程公司。作为我国首批成立的大型勘察设计公司，持有工程勘察、工程设计、工程监理、工程咨询资信评价等“四综甲”资质资信，拥有水利水电工程、电力工程、市政公用工程施工总承包一级资质及支持多业务发展的一系列行政许可及信用评价。从 2010 年开始，依托总承包及参与建设的国家首批太阳能热发电示范项目，牵头组建中国电建太阳能热发电工程研究中心、陕西省风光发电与多元储能工程技术研究中心、陕西省秦创原“科学家 + 工程师”团队，全面梳理塔式和线聚焦太阳能热发电站设计建设中需要解决的急难问题，开展了深入系统的研究，先后承担了 10 余项太阳能热发电领域相关的国家、集团及省级科研项目，先后主编了《太阳能热发电站工程预可行性研究报告编制办法》《太阳能热发电站工程可行性研究报告编制办法》《太阳能发电工程光资源评估办法》等多项太阳能光热领域有关国家行业规范规程。在太阳能评估技术研究、储换热系统设计及关键施工技术研究、常规岛热力系统优化研究、200m 级吸热塔结构及基础设计研究、太阳岛系统防凝保温技术研究、兆瓦级线性菲涅尔太阳能热发电镜场布置及集热关键技术等方面已取得了丰硕成果，全面掌握了太阳能热发电系统集成领域的核心技术，并成功促成依托项目之一的中电建青海共和 50MW 塔式太阳能热发电工程顺利并网发电。 积极探索风能、太阳能、生物质能、地热能等新的能源利用方式。开展了青海、甘肃、新疆、西藏等多个省、自治区的太阳能热发电规划、勘察设计和 EPC 总承包工作，在光热电站系统设计、工程建设、性能评估、运行优化等方面形成了鲜明的技术特色，具备建设一流智能型光热电站的全过程系统集成服务能力。 近年来，中国电建西北院共完成光热发电可研设计总装机容量超过 4000MW，勘察设计 750MW。目前正在承担中电建共和二期、三峡能源青豫直流、国能青海共和、中广核德令哈、西藏开投安多土硕等多个百兆瓦级光热发电项目 EPC 总承包建设工作。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
中国电力工程顾问集团 西北电力设计院有限公司	中国能建西北院凭借多年的多元化经营模式和工程建设相融合的经验，能以规划、勘察设计、总承包、投资、租赁融资等多种商业合作模式共同推进项目，是国内最早开展风电、光伏勘察设计的企业之一，具有各类地形、地质条件陆上风电场、光伏电站的规划、咨询、勘察设计、EPC能力。西北院至今共承建、设计20余个国内外光热项目。国内已投入商业运行的光热电站共8座，其中能建哈密、敦煌大成、德令哈广核、德令哈可胜、海西鲁能5座光热电站均由西北院参与总包或设计，是国内唯一一家拥有塔式、槽式、线性菲涅尔式等全部型式光热电站投运业绩的企业。西北院还设计了全球最大的已投入商业运行的光热电站-摩洛哥努奥三期，2022年5月西北院申报的《大开口槽式集热器》被国家能源局列为2021年度能源领域首台（套）重大技术装备项目，西北院主编了多项国内外光热电站设计标准、规范。
甘肃省	
甘肃凯盛大明光能科技有限公司	凯盛大明于 2018 年成立，是中玻控股（股票代码：03300.HK）的重要成员。凯盛大明建成了包括日产 600 吨光热超白浮法玻璃生产线和日产 800 吨超白光伏玻璃生产线在内的完整产业链，掌握了光热玻璃用低铁石英砂提纯技术，成为全球唯一具备光热发电反射镜全产业链制造能力的企业，凭借全球首创的全氧燃烧工艺生产光热超白浮法玻璃，国内市场占有率超过 80%。 2024 年，凯盛大明成功向 15 个光热项目交付了 500 多万平方米光热超白浮法玻璃原片及 400 多万平方米反射镜产品，安全、准时、高效地完成了交付任务，确保了各光热项目的顺利推进。全球供货业绩高达 2.018GW 光热反射镜供货业绩（含 1.5GW 光热玻璃原片供货业绩）。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
甘肃省安装建设集团有限公司	以建安专业化施工、房地产开发、基础设施投资建设运营为主业，主要从事电力、机电安装、市政、钢结构、环保、石油化工、矿冶、水利水电、建筑等行业领域的工程项目施工以及房屋建筑、电力工程监理。在光热发电领域，以联合体形式中标三峡恒基能脉瓜州 70 万千瓦“光热储能+”项目总承包，新华水力发电有限公司博州 10 万千瓦储热型光热配建 90 万千瓦新能源项目 PC 总承包，中标龙源电力龙源（敦煌）新能源发展有限公司敦煌光热+（100MW）光热发电项目及储热系统科技项目 PC 总承包。
甘肃省建材科研设计院有限责任公司	国有控股科技型企业，主要从事新型建材、绿色建筑、新能源利用、节能环保等行业的新材料研究开发、检验检测鉴定、科研成果产业化、工程设计咨询监理等工作，拥有建筑工程设计、建材工程设计、建设工程检测等 10 项甲级资质和国家技术转移示范机构、工信部工业节能与绿色发展评价中心、甘肃省绿色建筑技术重点实验室等国家级、省级技术创新服务平台与机构。建院 40 余年，在检验检测鉴定、先进无机非金属材料、绿色建筑、新型节能环保材料、绿色功能建筑材料、资源综合利用、太阳能热利用、中深层地岩热利用等领域取得了一批科研成果。其中，在建和投入使用的中深层地岩热供暖项目 12 个，供热面积达到 100 万 m ² 。
兰州大成科技股份有限公司	兰州大成从事聚光太阳能研究已 16 年，申请专利超过 100 项，拥有包括真空集热管、反射镜、换热器、熔盐储换热设备等关键部件，具备自主知识产权的熔盐线性菲式太阳能供热、发电全套技术及生产制造基地。掌握聚光集热场、储热系统、换热系统、发电系统等关键系统技术，建成了多个聚光太阳能供热和发电项目。在聚光太阳能供热、发电领域的开发、设计、生产，建造安装、调试和运行维护中积累了丰富的经验。 近年来，兰州大成承担了国家 863 计划、973 计划、国家节能减排专项、国家新增中央投资、国家自然科学基金、国家能源局重大专项等 23 项国家级项目和 44 项省部级科技项目，已经有 42 项完成结题验收；取得了一批重大标志性创新成果，获得了 2 项国家科技进步二等奖和 5 项省科技进步一等奖。其中，“熔盐线性菲涅尔式聚光集热系统关键技术及产业化”项目获得了 2022 年度甘肃省科技进步奖一等奖、“熔盐线性菲涅尔式聚光集热系统成套装备”入列国家能源局第三批能源领域首台（套）重大技术装备（项目）。 兰州大成敦煌熔盐线性菲式 50MW 光热发电项目是由兰州大成策划申报、投资建设、提供关键技术并运行维护的首批光热发电示范项目，也是目前国际首个在运行的熔盐线性菲式光热发电商业电站，实现了熔盐线聚焦技术从 0 到 1 的突破。 目前具备年产高温熔盐真空集热管 5 万支，一次反射镜 200 万 m²、二次反射镜 50 万 m²的生产能力，年产能可满足 200MW 熔盐线性菲涅尔式光热电站建设要求。 风光基地中，兰州大成凭借其技术实力，斩获了多个“光热+”项目，包括：中核集团玉门 10 万千瓦光热+20 万千瓦风电+40 万千瓦光伏项目、三峡能源哈密 100 万千瓦光热+光伏一体化综合能源示范项目、大唐石城子 100 万千瓦“光热+光伏”一体化清洁能源示范项目和龙源电力 10 万千瓦光热+48 万千瓦风电+12 万千瓦光伏项目。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
兰州兰石换热设备有限责任公司	从事板式换热器研发、设计、生产和服务,产品主要应用于节能环保、核电军工、石油化工、暖通空调、船舶、冶金、生物能源、钢铁、电力、制药、纺织、造纸、食品等众多领域。 研制的新型(微通道)高效紧凑型焊接式热交换器(PCHE)主要可应用于超临界CO₂发电、太阳能热发电、核电、LNG船、燃气轮机、加氢站、热泵等清洁能源领域。 母公司兰石重装承建了国家能源集团敦煌“光热+”项目100MW熔盐线性菲涅尔光热项目储热岛系统科技项目高温熔盐罐基础土建及罐体设计安装工程。
首航高科能源技术股份有限公司	创建于2001年,总部位于甘肃省,生产基地位于天津。以“清洁能源和节能环保”为业务发展战略,是从事光热发电、光热储能+多能互补、氢能利用、电站空冷、余热发电、水务技术、清洁供暖等领域的研发、设计、制造、销售、安装、管理、调试、培训及电站总承包等服务的高新技术型企业。投资并建设运维了敦煌100MW+10MW两个熔盐塔式光热电站项目;是中广核德令哈50MW导热油槽式光热电站太阳岛系统集成分包商。 相继中标风光新能源大基地中多个光热发电项目总包工程,正在稳步推进玉门风光热储多能互补一体化项目、青豫直流1000MW光热+多能互补项目、三峡青海格尔木1100MW光伏光热项目、国投若羌100MW光热发电项目EPC总承包项目、精河新华新能源100MW光热项目PC总承包项目,唐山海泰光热+光伏一体化项目塔式聚光集热系统项目、南疆兵团第二师轮台产业园项目之压缩二氧化碳熔盐储能型光热发电100MW+900MW光伏发电一体化项目等。 在超临界二氧化碳循环光热发电技术研发领域,首航高科投建的山东肥城100MW/400MWh新型压缩二氧化碳熔盐储能项目已进入实施阶段;多个光热发电熔盐储能技术应用于火电深度调峰也正在积极推进中。 在国际业务开拓方面,2024年7月,首航高科收到博茨瓦纳共和国能源与矿产部(REPUBLIC OF BOTSWANA MINISTRY OF MINERALS AND ENERGY)出具的“关于博茨瓦纳马翁200兆瓦光热项目直接首航高科作为独立发电商之指定函”,指定首航高科作为“博茨瓦纳马翁200MW光热项目”的独立发电商,展现“世界光热,中国风采”。
宁夏回族自治区	
宁夏中昊银晨能源技术服务股份有限公司	是一家主要从事太空能恒热站、空气源热泵、空气源热泵辅助太阳能集成采暖供热制冷系统、清洁能源采暖大数据平台、平板太阳能热水器、太阳能集热器、PVT、BIPV、EIT智能恒热站等清洁能源取暖、集自主研发、制造、销售和技术咨询服务于一体的国家高新技术企业,是宁夏回族自治区“专精特新企业”“瞪羚企业”“科技小巨人企业”“科技型中小企业”。近年来,在宁夏五大市22个县市区等2万多户农宅、学校、乡镇政府、卫生院、卫生所、村委会、敬老院提供舒适性采暖,采暖面积共达200多万m²。



单位名称 (按拼音排序)	业务简介
国外	
ARI Solar 公司	在太阳能光热发电领域有超过 15 年的经验，其核心团队成员均在国际知名光热企业以及电站积累了丰富的设计及项目现场经验，技术能力涵盖了槽式、水蒸汽塔式、熔盐塔式、线性菲涅尔等技术路线，业绩超过 2GW。能够为国内光热发电项目提供咨询和调试等服务。
西班牙 Exera Energia 公司	深耕光热发电行业 15 年，是一家提供光热电站专业技术咨询和运维服务的公司，尤其是能够为中国客户提供定制化的调试运维培训服务。截至目前，Exera 公司在全球范围内有超过 225 个可再生能源发电项目业绩，服务 260 家客户。其中，光热发电领域，拥有 9 个光热发电 EPC 工程服务业绩，提供了西班牙 95% 光热发电项目的咨询服务，为全世界第一家熔盐储热塔式光热电站 20MW Gemasolar 提供全范围运维服务，承担了全球范围内 11 个光热电站专业人员培训；已提供包括美国在内的 59 个光热电站的技术审查服务，为 15 个光热电站提供了全面的运维服务 / 运维支持服务相关工作。此外，在风能、光伏发电领域有超过 35 个电站的 EPC/ 监理服务业绩，2 个生物质项目 EPC/ 监理项目。可提供的服务主要包括： 1. 电站技术管理服务； 2. 电站全面运营和维护服务； 3. 电站技术审查服务； 4. 运维人员培训服务； 5. 并网调试监理和技术支持服务，运营和维护监督和技术支持服务； 6. 运营和维护设计服务； 7. 通过 ExeControl 电站运维管理系统，预测性电站设备维护工具。
统计制表：国家太阳能光热联盟	



参考文献

- [1] 《聚光型太阳能热发电术语》(GBT 26972--2011)
- [2] 首座超临界二氧化碳光热发电机组研制成功 [EB/OL]. 新华网, (2024-08-23)
<http://www.xinhuanet.com/energy/20240823/3a738763bf254127a620a1f393d483aa/c.html>
- [3] 关于印发“十四五”可再生能源发展规划的通知 [EB/OL]. 国家发展和改革委员会, (2022-06-01)
https://www.ndrc.gov.cn/xxgk/zcfb/ghwb/202206/t20220601_1326719.html
- [4] 光热发电迎来规模化良机 [EB/OL]. 国家能源局, (2023-04-28)
http://www.nea.gov.cn/2023-04/28/c_1310715051.htm
- [5] 中共中央 国务院关于加快经济社会发展全面绿色转型的意见 [EB/OL].
中国政府网, (2024-08-11)
https://www.gov.cn/gongbao/2024/issue_11546/202408/content_6970974.html
- [6] 中华人民共和国能源法 [EB/OL]. 中国人大网, (2024-11-08)
http://www.npc.gov.cn/c2/c30834/202411/t20241108_440884.html
- [7] 光热储能经济性提升, “十四五”装机加速 [[Z]]. 光热行业专题报告, (2022-10-22)
https://mp.weixin.qq.com/s/wfRBo8So_y0w1PAw2--0yg
- [8] 国家太阳能光热产业技术创新战略联盟《中国太阳能热发电行业蓝皮书 2021》。
- [9] 熔盐储能: 光热发电乘势起, 硝酸熔盐面春风 [DB/CD]. 长江证券, (2022-09-25)
- [10] 国家能源局关于建设太阳能热发电示范项目的通知 [EB/OL]. (2016-09-14)
http://zfxgk.nea.gov.cn/auto87/201609/t20160914_2298.htm
- [11] 推动光热发电规模化发展 [EB/OL]. 国家能源局, (2023-04-18)
<https://newenergy.in-en.com/html/newenergy-2422285.shtml>
- [12] 中企承建南非红石光热电站项目并网发电 [EB/OL]. 新华网, (2024-09-15)
<http://www.xinhuanet.com/photo/20240915/9d386ea8f5e54844b9c7d68ece0f932e/c.html?page=1>



- [13] 向阳花开 逐光而行 (海外纪闻) [EB/OL]. 人民网 ,(2024-09-07)
<http://world.people.com.cn/n1/2024/0907/c1002-40315025.html>
- [14] 西班牙再生能源立法历程
<https://www.docin.com/p-940936199.html>
- [15] 亚洲首座太阳能热发电实验电站成功发电 [EB/OL]. 国家能源局 ,(2013-01-05)
https://www.nea.gov.cn/2013-01/05/c_132080982.htm
- [16] 太阳能热发电首部国家标准即将颁布 [EB/OL]. 湖南省科学技术厅 ,(2011-10-13)
https://kjt.hunan.gov.cn/xxgk/gzdt/kjzx/201101/t20110113_2245369.html
- [17] 中国首个 1.5 兆瓦太阳能热发电项目三亚竣工投产 [EB/OL]. 东方财富网 ,(2012-10-30)
<https://finance.eastmoney.com/news/1355,20121030256944881.html>
- [18] 中国研发“模块定日阵”太阳能热发电技术产 [EB/OL]. 中国能源网 ,(2010-06-08)
<https://www.china5e.com/news/news-103844-1.html>
- [19] 《我国首座太阳能光热发电站在青海并网发电》[J]. 农村电气化》2013 年第 8 期 (62-62)
- [20] 发改委核准中控德令哈 10MW 项目上网电价 [EB/OL]. 北极星太阳能光伏网 ,(2014-09-05)
<https://guangfu.bjx.com.cn/news/20140905/544282.shtml>
- [21] 中国首座规模化熔盐储能光热电站投运成功 [EB/OL]. 青海省科学技术厅 . (2016-08-26)
<https://kjt.qinghai.gov.cn/content/show/id/4845>
- [22] 国家 863 计划先进能源技术领域“基于小面积定日镜的 10MW 塔式太阳能热发电技术研究及示范”项目通过技术验收 [EB/OL]. (2018-01-18)
<https://mp.weixin.qq.com/s/fePNQOaPygPxPtkeW315tA>
- [23] 我国实现 MW 级导热油槽式太阳能热发电技术突破 [EB/OL]. 科学网 ,(2017-06-21)
<https://news.sciencenet.cn/htmlnews/2017/6/380098.shtm>
- [24] 《Solar Thermal Electric Plants Part3-2: Systems and components. General requirements and test methods for parabolic-trough collectors》 (IECPT 62862-3-4)
- [25] 西藏首个太阳能电站可为 6 万平方米住宅供暖 [EB/OL]. 西藏商报 , (2015-10-20)
<https://mp.weixin.qq.com/s/sG2j3kpWzykFybfXPjLTlIQ>



- [26] 兰州大成线性菲涅尔式太阳能聚光集热技术取得多项关键技术突破 [EB/OL]. 能源界, (2019-02-21)
<https://www.nengyuanjie.net/article/23895.html>
- [27] “高效规模化太阳能热发电的基础研究”项目通过验收 [EB/OL]. 中国科学院, (2014-09-29)
https://www.cas.cn/ky/kjz/201409/t20140929_4217222.shtml
- [28] 国家能源局关于 2021 年风电、光伏发电开发建设有关事项的通知 [EB/OL]. (2021-05-11)
https://zfxxgk.nea.gov.cn/2021-05/11/c_139958210.htm
- [29] 国家重点研发计划“超临界 CO₂太阳能热发电关键基础问题研究”项目启动暨实施方案论证会在北京召开 [EB/OL]. 陕西省科学技术厅, (2019-08-06)
<https://kjt.shaanxi.gov.cn/kjzx/kjyw/87143.html>
- [30] 国务院关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知 [EB/OL]. (2021-10-24)
https://www.gov.cn/gongbao/content/2021/content_5649731.htm
- [31] 国务院办公厅转发国家发展改革委国家能源局关于促进新时代新能源高质量发展实施方案的通知 [EB/OL]. (2022-05-30)
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2022-05/30/content_5693013.htm
- [32] 福州市人民政府：全球第三条光热玻璃生产线产品在榕发布 [EB/OL]. (2024-12-30)
https://www.fuzhou.gov.cn/zwgk/gzdt/rcyw/202412/t20241230_4953097.htm
- [33] 山东海化骊滩新材料公司硝酸钾、硝酸镁、熔盐产品正式投产上市 [EB/OL]. (2024-12-04)
https://m.thepaper.cn/baijiahao_29552774
- [34] 喻思南 刘诗瑶 谷业凯 . 构建支持全面创新体制机制 [N]. 人民日报, (2024 年 11 月 29 日 01 版)
- [35] 国家能源局综合司关于公开征求 2024 年能源领域拟立项行业标准制修订计划及外文版翻译计划项目意见的通知 [EB/OL]. 国家能源局, (2024-06-28)
https://zfxxgk.nea.gov.cn/2024-06/28/c_1212376104.htm
- [36] 国家标准计划 (20231000-T-469) : 槽式太阳能集热管热损系数测试方法
<https://std.samr.gov.cn/gb/search/gbDetailed?id=0BBF0FB8BE4CE46FE06397BE0A0AD1FD>
- [37] 关于 2021 年新能源上网电价政策有关事项的通知 [EB/OL]. 国家发展改革委,



(2021-06-07)

<https://zfxgk.ndrc.gov.cn/wap/iteminfo.jsp?id=18168>

- [38] 苑晔 . 光热 + 新能源一体化项目开发投资典型方案 [R. 中电工程太阳能热发电技术中心技术培训与研讨会, 2023 年 12 月 (西安)
- [39] Gasa, G.; Lopez-Roman, A.; Prieto, C.; Cabeza, L.F. Life Cycle Assessment (LCA) of a Concentrating Solar Power (CSP) Plant in Tower Configuration with and without Thermal Energy Storage (TES). Sustainability 2021, 13, 3672.
- [40] 朱晓林 宓霄凌 章颢缤 金建祥 王伊娜 .135 MWe 塔式太阳能热发电站全生命周期碳排放研究 [J] 太阳能 ,2023 年第 02 期 :20-31
- [41] 关于促进非水可再生能源发电健康发展的若干意见 [EB/OL]. 中国政府网 . (2020-02-03)
https://www.gov.cn/zhengce/zhengceku/2020-02/03/content_5474144.htm
- [42] 光热发电能否迎来黄金期 [EB/OL]. 经济日报 , (2012-02-06)
http://www.nea.gov.cn/2012-02/06/c_131393413.htm
- [43] 中国最大太阳能光热电站正式投运 [EB/OL]. (2018-10-12)
<https://www.las.ac.cn/front/product/detail?id=2344c90a249fc0d21b620a28894085c3>



关注国家光热联盟微信公众号



入盟咨询

**国家太阳能光热产业技术创新战略联盟
中国可再生能源学会太阳能热发电专业委员会
中关村新源太阳能热利用技术服务中心**

地址：北京市丰台区南四环西路188号12区8号楼403

邮编：100190

电话：010-82547214

网址：<http://www.cnste.org>

邮箱：cnste@vip.126.com

微信号：nafste