



光热电站全链条关键技术突破与工程实践创新

汇报人：黎建锋

时间：2025年8月

地点：西安

中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司
NORTHWEST ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE CO., LTD. OF CHINA POWER ENGINEERING CONSULTING GROUP

目录



1. 光热发电现状

2. 光热核心技术优化突破

3. 未来创新实践思路

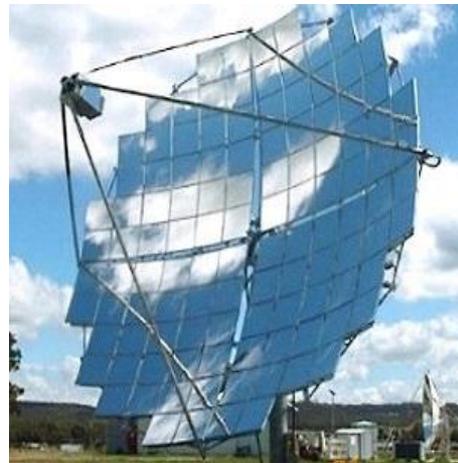
—

光热发电现状

1. 光热发电现状

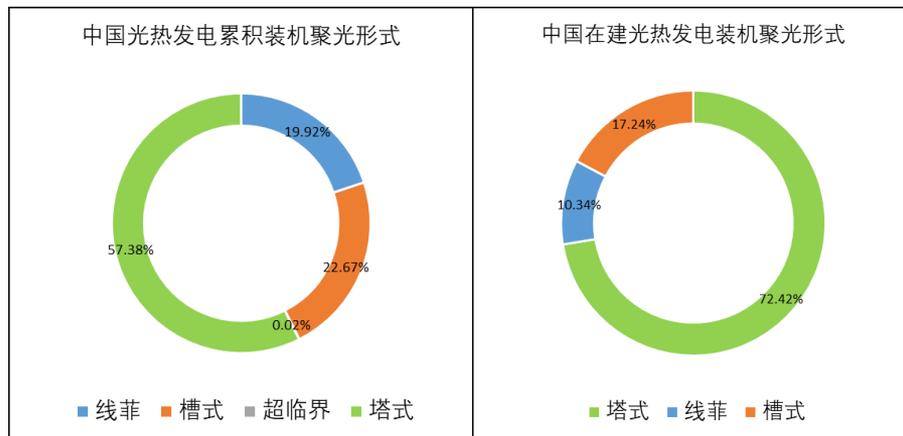
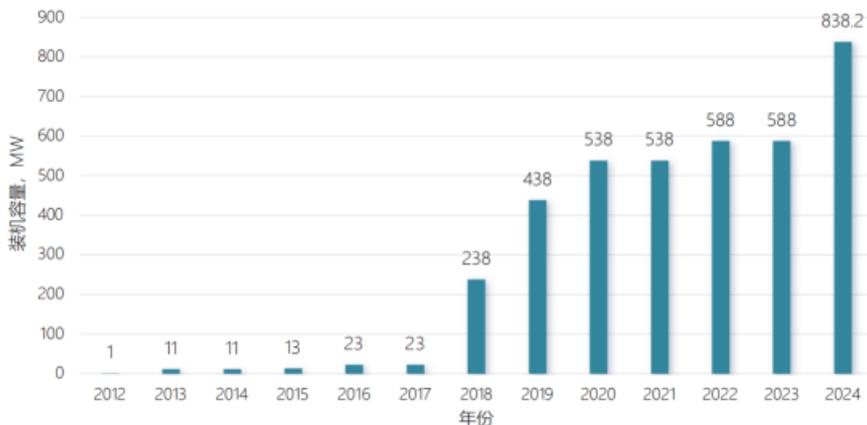
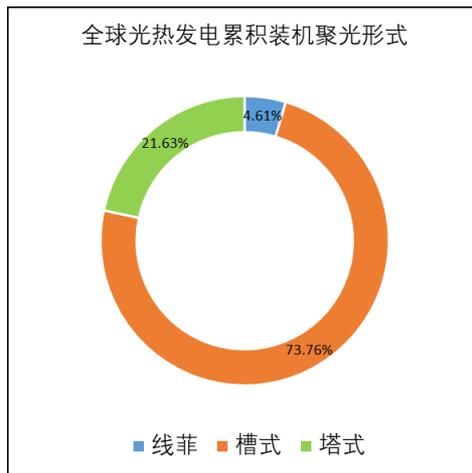
塔式、槽式、菲涅耳及碟式

目前全球范围在运行电站槽式的装机容量最



1. 光热发电现状

- 截至2024年底，全球光热发电累积装机容量达到7900.2MW。目前全球范围在运行电站，槽式装机容量最大，塔式次之，菲涅耳较少，碟式光热技术目前尚无商业运行电站。
- 截至2024年底，国内光热发电装机容量，建成发电装机838.2MW，在建装机3000MW，均为塔式装机容量最大，槽式次之，菲涅耳最少。



国内在建光热项目

“光热+新能源”一体化

序号	序号	省份	工程名称	技术路线	装机容量 (MW)
1	1	甘肃	中核集团新华发电玉门10万千瓦光热储能工程	熔盐线性菲涅尔	100
2	2	甘肃	阿克塞汇东新能源110MW塔式光热发电项目	熔盐塔式	110
3	3	甘肃	三峡瓜州70万千瓦“光热储能+”项目10万千瓦光热发电项目	熔盐塔式	100
4	4	甘肃	绿发金塔多能互补电站10万千瓦光热项目	熔盐塔式	100
5	5	甘肃	国家能源集团敦煌“光热+”一体化项目100MW光热项目	熔盐线性菲涅尔	100
6	1	青海	三峡能源格尔木100MW光热工程	熔盐塔式	100
7	2	青海	三峡能源青豫直流二期100兆瓦光热工程	熔盐塔式	100
8	3	青海	国家能源集团青豫直流二期10万千瓦光热项目	熔盐塔式	100
9	4	青海	中电建共和100万千瓦光伏光热项目100MW光热项目	熔盐塔式	100
10	5	青海	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)	熔盐塔式	200
11	6	青海	龙源电力青海格尔木5万千瓦熔盐储能工程	熔盐电加热器	50
12	1	吉林	西基地鲁固直流白城140万千瓦外送项目-1单元	熔盐塔式	100
13	2	吉林	西基地鲁固直流白城140万千瓦外送项目-2单元(中广核)	熔盐塔式	100
14	1	西藏	西藏扎布耶源网荷储一体化综合能源项目	槽式导热油	40
15	2	西藏	中广核阿里雪域高原“零碳”光储热电示范项目	熔盐电加热器	50
16	3	西藏	西藏开投安多县土硕100MW光热+800MW光伏一体化项目	熔盐塔式	100

甘肃：510MW

青海：650MW

吉林：200MW

西藏：190MW

国内在建光热项目

“光热+新能源”一体化

序号	序号	省份	工程名称	技术路线	装机容量 (MW)
17	1	新疆	浙火吐鲁番1GW“光热+光伏”一体化项目(光热部分)	熔盐塔式	100
18	2	新疆	国家电投吐鲁番“光热+光伏”一体化项目10万千瓦光热项目	熔盐塔式	100
19	3	新疆	唐山海泰“光热+光伏”一体化项目10万千瓦光热发电项目	熔盐塔式	100
20	4	新疆	三峡哈密光热+光伏项目100MW光热电站项目	熔盐线性菲涅尔	100
21	5	新疆	大唐石城子光热+光伏项目100MW光热电站项目	熔盐线性菲涅尔	100
22	6	新疆	中能建哈密“光热储”一体化示范项目150MW光热电站项目	熔盐塔式	150
23	7	新疆	中电建吐鲁番市托克逊县乌斯通光热+光伏一体化项目	熔盐塔式	100
24	8	新疆	中电建若羌县10万千瓦光热(储能)+90万千瓦光伏示范项目	熔盐塔式	100
25	9	新疆	国投若羌10万千瓦光热储能配套90万千瓦光伏发电项目	熔盐塔式	100
26	10	新疆	鲁能阜康市多能互补(暨新能源市场化并网)项目	熔盐塔式	100
27	11	新疆	新华发电博州10万千瓦储热型光热配建90万千瓦新能源项目	熔盐塔式	100
28	12	新疆	新华发电精河“光热储能新能源”一体化基地项目	熔盐塔式	100
29	13	新疆	重能新疆天山北麓新能源基地项目100MW光热发电项目	熔盐塔式	100
30	14	新疆	新疆华电天山北麓基地新能源项目100MW光热发电工程	熔盐塔式	100
总计					3000

新疆：1450MW

450亿投资

国内拟建光热项目

序号	省份	工程名称	技术路线	装机容量 (MW)
1	西藏	中广核西藏当雄乌玛塘光热+光伏一体化项目50MW光热项目	槽式导热油	50
2	西藏	中能建当雄县800MW光伏+100MW光热一体化项目	槽式导热油	100
3	西藏	粤水电日喀则100MW光热+800MW风电+100MW光伏项目	-	100
4	西藏	粤水电那曲150MW光热+1000MW风电+200MW光伏项目	-	150
5	西藏	西藏华电拉萨当雄龙仁100MW光热+800MW光伏一体化项目	-	100
6	西藏	中广核新能源西藏阿里50MW光热+林芝450MW风光一体化项目	-	50
7	西藏	葛洲坝阿里50MW光热+昌都450MW风电光伏一体化项目	-	50
8	西藏	龙源聂荣县50MW光热+400MW光伏一体化项目	-	50
9	西藏	东方电气昌都50MW光热+400MW风电光伏一体化项	-	50
10	甘肃	中广核甘肃玉门70万千瓦光伏光热风电制氢示范项目	-	100
11	甘肃	国能甘肃巴丹吉林沙漠新能源基地配套光热项目	-	200
12	内蒙	三峡库布齐沙漠鄂尔多斯中北部新能源基地项目光热项目	-	200
13	内蒙	华电内蒙古腾格里新能源基地光热发电200MW项目	-	200
14	四川	四川阿坝县2GW“光伏+光热”项目	-	200
15	新疆	大唐哈密十三师20万千瓦光热项目	-	200
16	青海	中能建江苏设计院共和100万千瓦源网荷储项目	-	100
17	青海	中广核德令哈30万千瓦熔盐槽式光热发电示范项目	熔盐槽式	300
18	青海	青海亿储格尔木350MW塔式光热发电项目	熔盐塔式	350
19	青海	青海众控德令哈35万千瓦光热发电示范（试点）项目	熔盐塔式	350
20	青海	中广核新能源青海格尔木350MW光热发电示范项目	熔盐塔槽结合	350
合计				3250

西藏:

700MW

大容量

高参数

低成本

500亿投资

敢为人先
全面覆盖

- 中电建哈密“光(热)储”1500MW基地项目1500MW光热电站项目
- 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
- 中电建哈密“光(热)储”多能互补一体化绿电示范项目
- 大唐石城子100万千瓦“光热+光伏”一体化清洁能源示范项目
- 第十三师新星市大唐光热+光伏发电一体化项目
- 重能新疆天山北麓新能源基地项目100MW光热发电项目
- 新疆华电天山北麓基地610万千瓦新能源项目100MW光热发电项目

- 唐山海泰新能源科技股份有限公司光热+光伏一体化项目
- 鲁能海西州50MW光热发电项目
- 三峡能源海西基地格尔木光伏光热项目
- 鲁能青海公司格尔木50万千瓦超超临界二氧化碳光热联合示范项目
- 青海亿隆格尔木350MW塔式光热发电项目

- 葛洲坝阿里50MW光热项目
- 中能建拉萨当雄800MW光伏+100MW光热发电项目
- 粤水电昂仁50MW光热项目

兰州大成敦煌50MW线性菲涅尔光热项目

华电腾格里沙漠大基地200MW光热项目

鲁能乌拉特后旗风光热储一体化项目300MW光热发电项目

国电投古西基地鲁固直流140万千瓦外送项目1光热100MW项目

中科院八达岭1兆瓦塔式光热科研项目

三峡和基能瓜州70万千瓦“光热+”项目
玉门新奥70万千瓦光热储能+光伏+风电示范项目

- 海西州德令哈2000兆瓦光储热一体化暨海西州调峰中心基地项目(一期)
- 中广核青海德令哈50兆瓦槽式光热发电项目
- 青海中控德令哈50兆瓦塔式光热电站项目
- 中控德令哈一期10兆瓦塔式光热项目
- 青海众控德令哈350MW光热发电示范项目

【光热业绩占比】

我国首批已建成的11个光热项目中，西北院以设计或EPC总承包形式参与的有8个，同时覆盖了塔式、槽式、线性三种技术路线，项目参与占有率73%，技术路线覆盖率100%。



我国第二批在建的光热项目中，西北院以EPC总承包、设计、设计监理或业主工程师身份参与的有12个。

同时承担了大量项目的前期工作。总占有率超50%，技术路线覆盖率100%。其中，线性菲涅尔项目EPC西北院占比100%，同时，取得了国内现有最高海拔地区(超4500m)最大容量的槽式光热光伏一体化项目EPC。

二

光热核心技术优化突破

2.1 熔盐线性菲涅尔技术突破

总平面布置全面优化



熔盐线性菲涅尔电站总平面布置优化原则：**工艺系统要求优先！**

确保聚光集热系统顺利进盐、退盐，疏盐系统大幅简化。

2.1 熔盐线性菲涅尔技术突破

电站系统设计全面优化

项目在设计、建造过程中，采用了一系列优化措施，采纳了多项世界或国内首次应用方案：

- 1、**全国首次创新性采用了SGS建筑与主厂房一体化设计**，极大缩短了四大管道长度，提高了汽轮发电机组效率。同时，最大化的改善了西北地区光热电站运维自然环境差的现状。
- 2、**首次采用进口和国产熔盐泵混合应用方案**，充分发挥了进口熔盐泵安全、可靠的性能优势，也为熔盐泵国产化提供实际应用平台，较大幅度节省了项目建设成本。
- 3、通过**优化长距离熔盐母管及储热罐位置布置**，较常规方案热盐管道长度减少约1.2公里，且最大化减少了高温熔盐在集热管的散热损失。
- 4、**精细化计算多回路熔盐流量分配**，确保实际运行流量分配和各集热回路出口温度分布均匀。



2.1 熔盐线性菲涅尔技术突破

熔盐泵支架结构动力设计优化



某光热项目熔盐泵支架与SGS连接图

竖向的高度较高，且其与SGS的连接较弱



该项目热泵侧在初始运行时出现了振动问题，后经过加固改造，增加了桁架和两端立柱（见图中的圈出部分），提高了平台的竖向刚度，现阶段泵平台运行稳定。

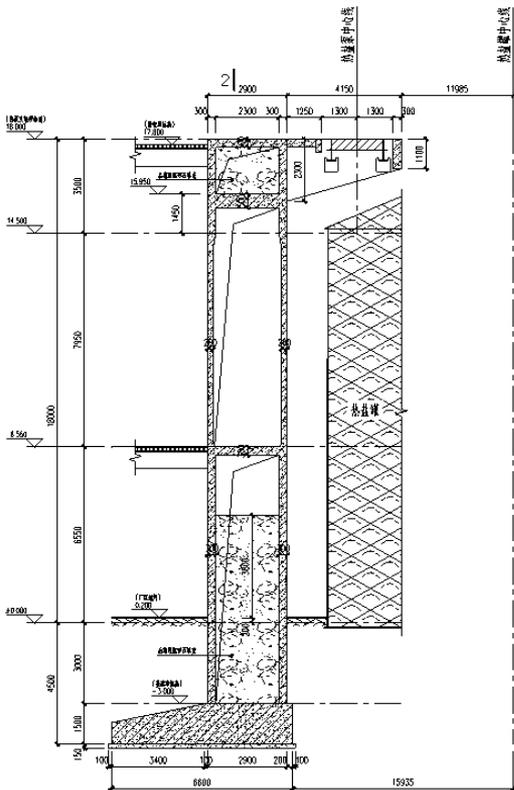
从结构承载的角度，熔盐泵支架高度高，且需悬挑较长的长度到熔盐罐顶部，大高度和长悬臂都会降低结构抵抗振动的刚度，尤其是若将SGS结构移开，熔盐泵支架成为独立结构，更减小了其结构刚度。



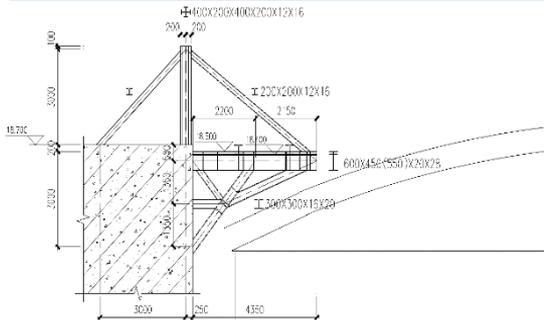
熔盐泵支架加固改造

2.1 熔盐线性菲涅尔技术突破

熔盐泵支架结构动力设计优化



熔盐泵支架设计图 (混凝土悬挑)

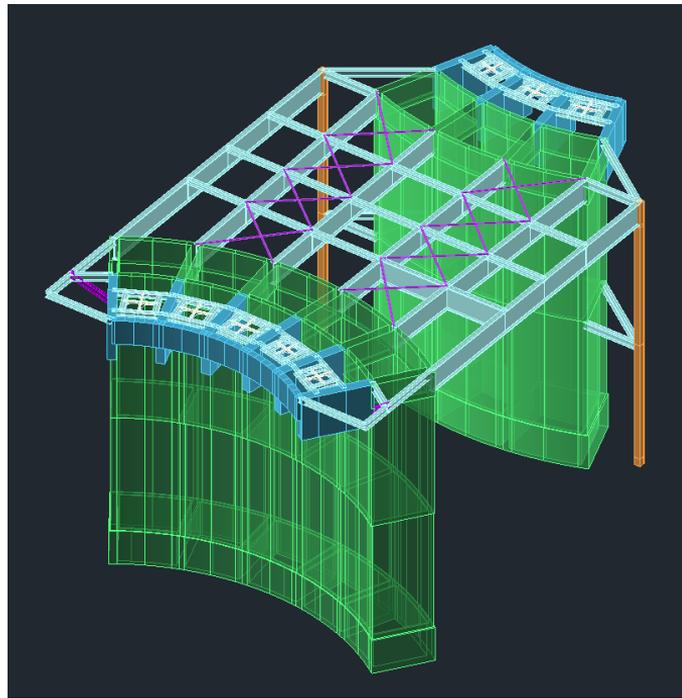


熔盐泵支架设计图 (钢结构悬挑)

对于将熔盐泵支架与SGS平台相连的结构形式，熔盐泵平台的振动问题往往并不显著。

对于SGS与主厂房联合布置的机构形式，熔盐泵平台为独立结构，为了增加刚度，采用**环形剪力墙结构+混凝土（或钢结构）悬挑**新方案。

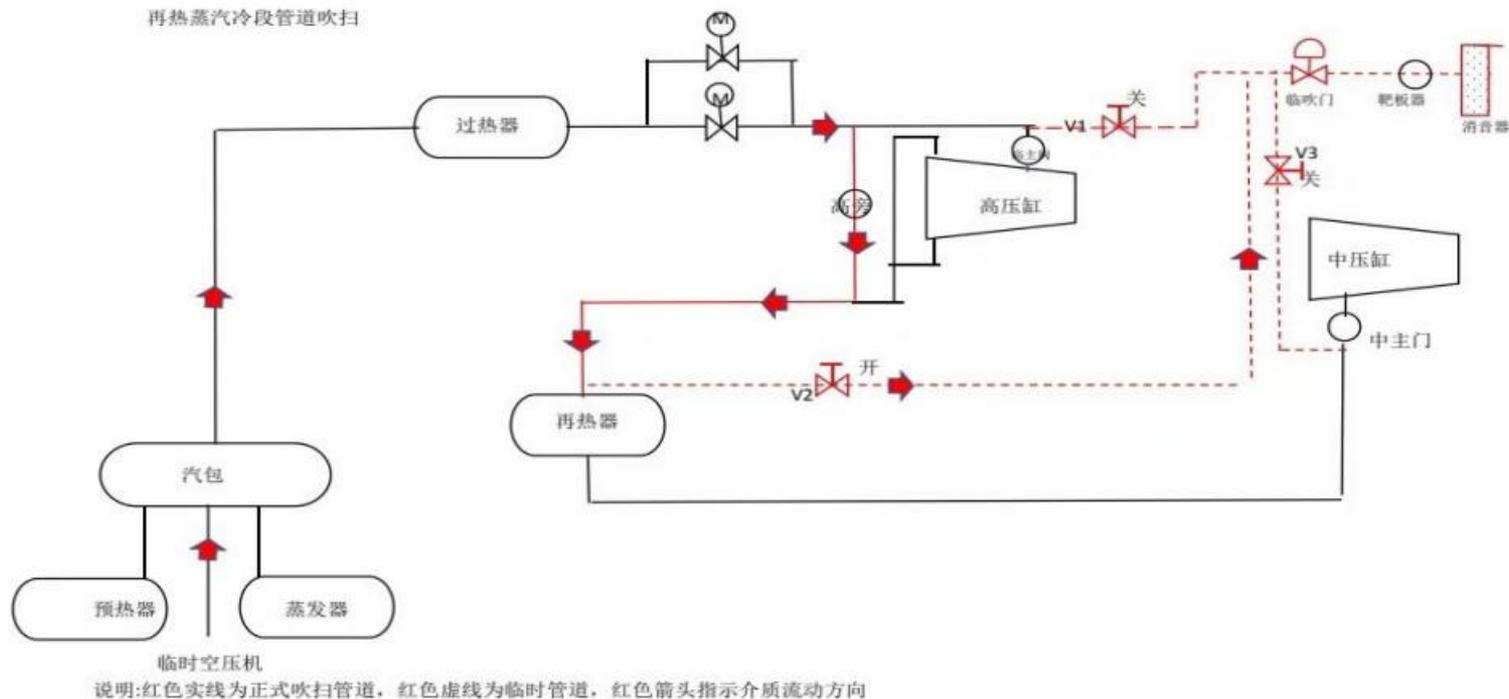
新型的环形熔盐泵支架结构，有效减小了最大悬挑长度，采用**环形中空墙+砂料结构**，既通过**混凝土悬挑结构**增加结构刚度，又通过**松散砂料**起到阻尼的作用，达到控制结构整体振动的目的。



新型熔盐泵支架与平台设计方案

2.1 熔盐线性菲涅尔技术突破

高压压缩空气吹管方案应用



与聚光集热系统并行调试,极大的节省调试周期。吹管(动能)系数能高于蒸汽吹管!

玉门“光热储能+光伏+风电”示范项目10万千瓦光热储能工程 2024年9月20日，并网发电！



建成目前**全球装机容量最大**的熔盐线性菲涅尔光热电站！

成为国家“沙戈荒”大型风光基地中**首个并网发电**的“光热+新能源”示范项目！

并网时间较同时期开工、同规模光热项目**提前3-6月**以上。

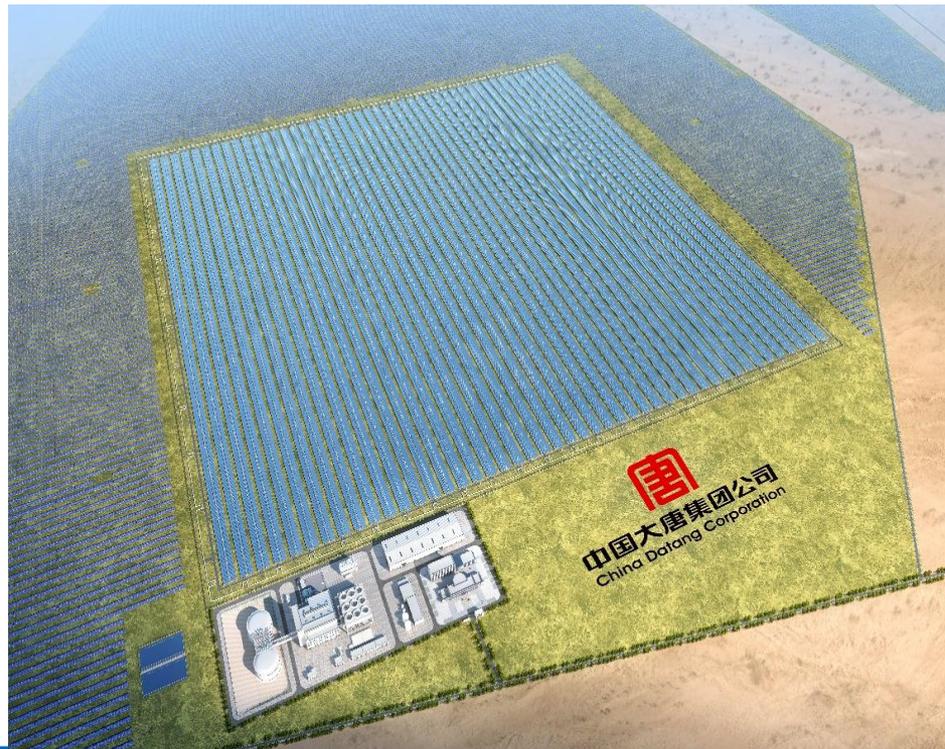
2.1 熔盐线性菲涅尔技术突破

创新技术方案应用

三峡哈密光热+光伏项目100MW光热电站项目



大唐石城子光热+光伏项目100MW光热电站项目

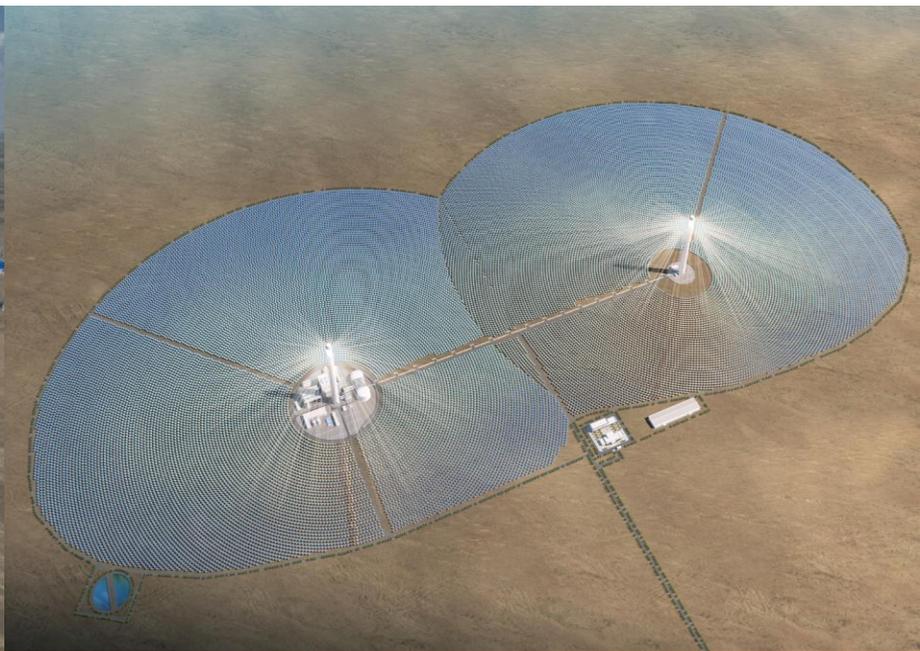


2.2 熔盐塔式技术突破

双塔一机方案实践

该项目聚光集热系统面积达80万平方米，采用二元熔盐作为吸热、储热介质，配置6小时熔盐储热系统，创新地采用了“双塔双镜场”的设计模式，两座吸热塔相距约1公里。

中国能建西北院承揽整体勘察设计工作。2025年3月30日成功并网。



2.2 熔盐塔式技术突破

三塔一机创新方案

青海亿储格尔木350MW塔式光热发电项目

青海众控德令哈35万千瓦光热发电示范（试点）项目



2.2 熔盐塔式技术突破

镜场无线通讯+分布式供电

无线优势	项目	有线	无线
通讯速率更高、网络冗余可靠性更高、硬接线点少，可靠性更高	网络架构	工业以太网+485总线	工业以太网+无线
	网络冗余	核心交换机冗余	核心交换机冗余，通讯网络冗余
	通讯速率	50-100kbps	200-500kbps
线缆辐射量少、供电可靠性高、材料及施工成本低、施工工期短	通信模式	半双工	全双工
	供电方式	集中供电	就地分布式光伏供电
	电 缆	500-1000公里	20-30公里
	电缆施工量	300-500公里缆沟	少量AP供电和网络电缆
拓展灵活	供电可靠性	集中供电可靠性低	分散供电可靠性高
	拓展性	拓展性较差，需预留接口	拓展灵活
调试方便，调试周期短	调 试	施工安装与调试串行	施工安装与调试并行
可实现局部高颗粒度多云监测	多云监测	难以进行局部高颗粒度监测	可实现每台定日镜高颗粒度监测



项目	初投资 (万元)	厂用电量 (万kwh/年)	度电成本 (元)	全投收益率 (税后)
基准方案（有线）	基准	基准	基准	基准
镜场无线通讯+分布式电源	-3844.59	-1606.30	-0.009	+0.17百分点

三

未来创新实践思路

3.1 大开口槽式光热项目

大开口槽式集热器研发及示范工程



- 2018年，西北院申请并获得了世界银行中国可再生能源规模化发展项目资助基金，启动了新型大开口槽式集热器开发项目。
- 该项目集科研、生产、科普于一体。槽式集热器本体结构设计、集热器机械及光学设计、全厂系统设计等均由西北院技术团队独立主导完成。
- 集热器开口尺寸达**8.6米**。2021年1月，项目完成第三方外部验收，各项技术指标优异。
- **2022年5月13日，西北院申请的《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。**

3.1 大开口槽式光热项目

世界开口尺寸最大的槽式光热电站

国内现有的商业化槽式电站中，集热器均为引进国外的技术，开口弦长为5.77m，产品、安装及调试对外依赖度较高。

为打破商业化槽式太阳能电站的集热器被国外技术垄断的局面，中能建当雄项目采用了开口尺寸8.6m、具有自主知识产权的槽式集热器，是目前世界上开口尺寸最大的槽式光热电站，引领大开口槽式集热器的技术发展，对槽式电站的高质量发展起到积极的示范作用。

项目同时设置了槽式熔盐集热器试验回路，为降低槽式光热电站投资，后续光热机组大型化发展提供技术支撑。



3.1 大开口槽式光热项目

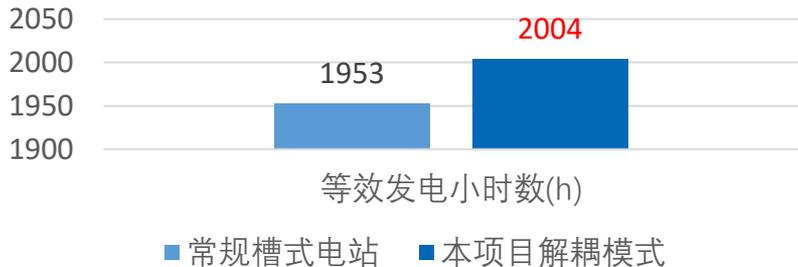
首台解耦运行的槽式电站

国内目前商业槽式电站采用了传统的集热储热和放热发电耦合的系统模式，需同时兼顾多个因素，电站运行模式较多，整体运行操作复杂度较高，对槽式光热电站运行人员的技术要求也较高。

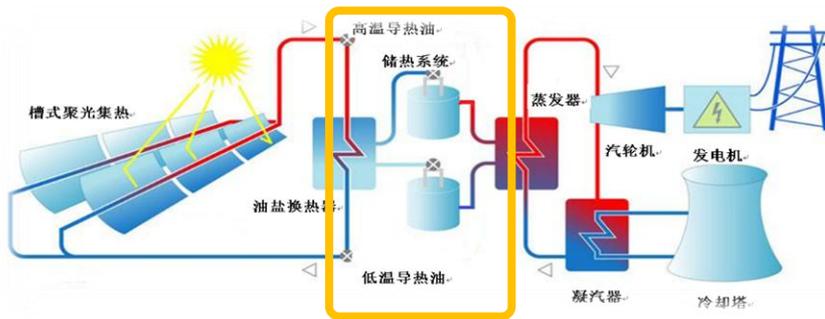
中能建当雄项目为首次采用集热储热和放热发电解耦系统模式的槽式电站，晚上高负荷发电时可减少一次换热过程，提高系统效率；同时减少系统运行模式，降低系统运行复杂度，降低对运行人员的技术要求。

解耦运行模式使槽式光热电站更符合一体化项目对光热电站储能调峰的需求，综合发电量也高于常规槽式系统。

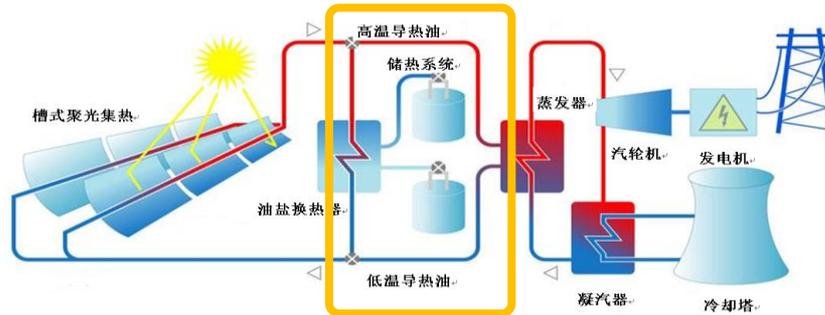
等效利用小时数对比



中能建项目解耦系统示意图



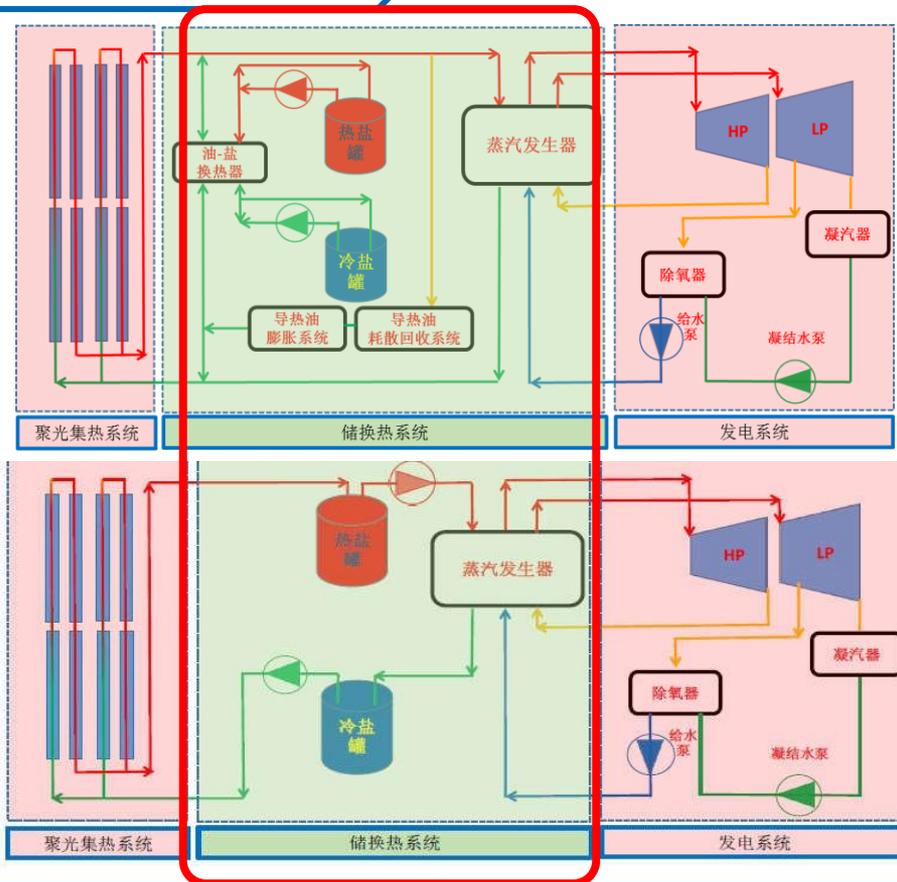
常规槽式电站系统示意图



3.1 大开口槽式光热项目

槽式熔盐与槽式导热油区别

- 槽式导热油技术集热后的导热油优先进入蒸汽发生系统与水换热产生 383°C 的过热蒸汽，当集热场没有热量输出时，导热油与熔盐换热吸收热量，再进入蒸汽发生系统产生蒸汽。
- 槽式熔盐技术此系统同塔式熔盐系统一样，均是利用熔盐直接进入蒸汽发生系统与水换热产生 538°C 的高品质过热蒸汽，且由于传热和储热介质一样，完全实现了集热与发电解耦运行，电网适应性更强。



3.1 大开口槽式光热项目

熔盐槽式电站设计经验

- 甘肃阿克塞**高温熔盐槽式光热测试平台**项目，2016.10建成投运。
- 金钒能源阿克塞**50MW槽式熔盐**光热电站，2018.05完成80%施工图设计，项目停止。



3.1 大开口槽式光热项目

柔性连接突破

- 柔性连接是槽式集热器回路中的关键部件，直接影响槽式集热器回路运行的可靠性和稳定性。
- 国内已研发出“平面旋转接头+软管”作为熔盐槽柔性连接的创新方案。经过多次试验，已选择出合适的密封材料和密封结构形式，平面旋转头的样机试验也得到了令人满意的初步结果：**超13000次旋转无泄漏，满足30年电站使用寿命。**



平面旋转头

- 平面旋转接头配置注射阀设计，可用于在线加注密封填料，便于日后电站无需停机即可进行加注填料的密封维护。
- 后续拟将“平面旋转接头+软管”方案将在熔盐槽回路上实装运行，以验证在实际工作环境中的可靠性。

3.2 超临界二氧化碳发电

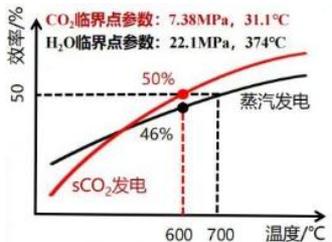
光热耦合超临界二氧化碳发电技术

超临界二氧化碳(S-CO₂)循环技术优势

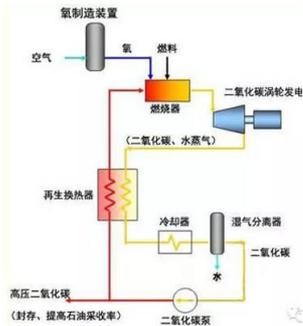
高效：发电效率比传统蒸汽机组高3-5个百分点；

灵活：调节速率是传统蒸汽机组的3-4倍；

紧凑：透平是传统蒸汽透平的1/10



sCO₂: 调节速率6~8%/min; 发电效率50%
H₂O: 调节速率1~2%/min; 发电效率46%



太阳能光热发电技术优势

- 作为新能源发电+提高可再生能源消纳比例；
- 储能规模更大、使用寿命更长、经济效益更优、安全环保等诸多优势。

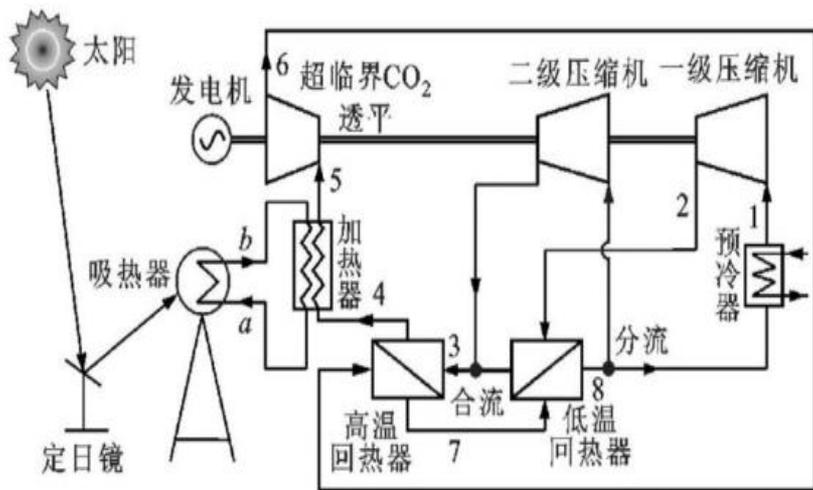


将超临界 S-CO₂布雷顿循环应用于聚光型太阳能光热发电系统，技术集成难度较小，可提高太阳能光热发电效率、降低成本。光热超临界二氧化碳发电技术被评为“能源动力领域十项重大工程技术难题”，超临界二氧化碳循环发电装备已列入“中国制造2025-能源装备实施方案”。

3.2 超临界二氧化碳发电

工程可行性研究工作

中国能建西北院已完成格尔木 50 MW超临界二氧化碳光热融合示范项目可行性研究论证工作。



光热+S-CO₂发电系统示意图

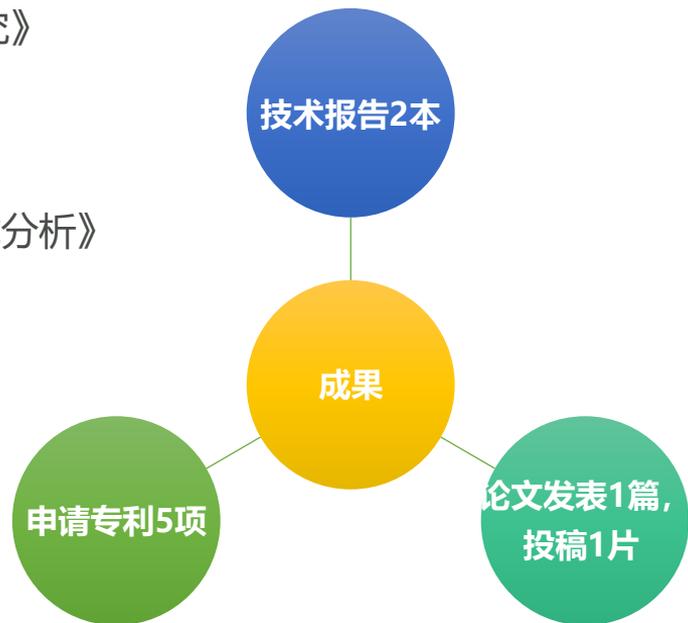
光热+超临界CO₂循环发电系统运行原理如下：

定日镜将太阳辐射反射到太阳能集热塔，加热流经接收器内部管道的熔融盐。高温的熔融盐一部分进入热熔融盐罐（热罐）储存热量，另一部分通过换热器将热能传递给S-CO₂后进入冷熔融盐罐（冷罐）。高压的S-CO₂在换热器被熔融盐加热后进入透平膨胀做功，之后依次通过高温回热器、低温回热器与低温高压的S-CO₂换热，并在低温回热器出口分流：一部分S-CO₂被直接送入再压缩机进行压缩，另一部分进入冷却器冷却后，被送入主压缩机。主压缩机出口的S-CO₂进入低温回热器进行预热，并在低温回热器出口与再压缩机出口的S-CO₂混合，之后进入高温回热器继续预热，并进入换热器与熔融盐换热形成循环。

3.2 超临界二氧化碳发电

关键技术研究及成果

- 技术报告：
 - ◆ 《基于太阳能塔式熔盐集热的超临界二氧化碳发电热力系统研究》
 - ◆ 《超临界二氧化碳发电系统的应用现状》
- 已发表论文1篇
《燃机烟气余热驱动的部分加热S-CO₂循环多联供系统设计与性能分析》
- 申请专利5项：
 - 《一种超临界二氧化碳发电耦合火电机组系统》
 - 《基于固体颗粒储能及二氧化碳发电的虚拟电厂系统及方法》
 - 《基于固体颗粒储能及二氧化碳发电的虚拟电厂系统》
 - 《一种火力发电、光热和超临界二氧化碳耦合发电系统》
 - 《一种基于火电机组供能的超临界二氧化碳发电系统》



提供能源最优解决方案 助力国家能源结构转型

微信号: nwepdi1956



中国电力工程顾问集团西北电力设计院有限公司

NORTHWEST ELECTRIC POWER DESIGN INSTITUTE CO., LTD. OF CHINA POWER ENGINEERING CONSULTING GROUP

地址: 西安市高新技术产业开发区团结南路22号 邮编: 710075

电话: 029-88358888 传真: 029-88388899

Add: 22 South Tuanjie Road, Hi-Tech Industrial Development Zone, XI'AN 710075, P.R.China

Tel: +86 29 88358888 Fax: +86 29 88358899

www.nwepdi.com

