

## 深读

25594面定日镜反射阳光熔盐发电,浙企助力甘肃光热电站建设

## 戈壁滩上“种太阳”

■ 潮声 | 执笔 沈立 汪驰超 吉文磊

3月下旬,中午的戈壁滩,风里还带着寒意。

我们的车驶向金塔县的中光太阳能项目,车窗外的景色渐渐从稀疏的植被过渡到一望无际的荒漠。远远便望见那座247米高的巨塔,环绕着巨塔,方圆数公里内,一面面巨大的定日镜如同向日葵般整齐排列,在阳光下泛着银白色的光芒。

这里,是位于甘肃省酒泉市金塔县的“中光塔式光热电站”,该电站是国家第二批“沙戈荒”大型风光基地项目,浙江可胜技术股份有限公司(以下简称可胜技术)是该项目核心技术和设备供应商。电站共布设25594面定日镜,每块镜面面积30平方米,组成的“镜子海洋”总面积超过76万平方米。

该电站的发电原理是通过定日镜将阳光反射至吸热塔,加热熔盐后储存起来,在有需要的时候,再通过高温熔盐与水换热驱动汽轮机发电机组发电。这套储能系统,让戈壁滩上取之不尽的太阳能得以“种”进熔盐罐中,转化为昼夜连续稳定输出的清洁电力。电站配套建设330千伏送出线路,接入金塔750千伏变电站,所发清洁电力并入西北电网,主要输送至甘肃及周边地区。

## 定日镜随风调整角度

我们首先来到储热区。两个巨大的圆柱形储罐矗立在眼前。“这就是我们的熔盐储罐,直径约35米,高度约20米,从地面到罐顶足有六七层楼那么高。”现场负责人周发源介绍,一个罐子就能存上万吨熔盐。熔盐是硝酸钠和硝酸钾按6比4比例混合的,常温下是固态,加热到230℃以上就变成液态,像水一样透明。

“白天的任务就是用太阳光能把熔盐从270℃加热到565℃以上,储存在罐里。到了晚上,再把高温熔盐抽出来,通过换热系统产生高温高压的蒸汽,推动汽轮机发电。”

抬头仰望,247米高的吸热塔直插云霄。底部是厚实的钢筋混凝土结构,往上逐渐过渡到银白色的设备区,再往上是一个黑色的吸热器。

“这座塔,是我们当年一块块‘搭积木’建成的。”周发源目光望向塔尖,回忆起当年建设景象。项目建设高峰期,现场千余名工人同步作业。“最难的并非技术,而是高度。”他回忆,“195米以下为混凝土塔身,以上为钢结构设备。安装吸热器时,工人依托附壁吊,在直径18米的塔顶平台作业,风大、气温低、作业空间极为有限。但我们通过合理规划工期、统筹协调作业,最终按期保质保量完成了吸热器吊装。”

在镜场,记者注意到定日镜的角度并不统一,有的平躺,有的倾斜,有的近乎直立。

周发源看出了记者的疑惑,停下来解释:“现在这个角度,是我们设置的一种叫‘防沙尘模式’。它可以随着风向调整角度,目的是减少风沙在镜面的堆积。”

“风大的时候,定日镜是平躺的,这样风沙对镜面和机械部件的损伤较小。”他指着远处一排倾斜的镜子说,“你看那些立起来的定日镜,风沙吹过来顺着镜面就滑落了,不容易积在表面。如果下冰雹,我们就把镜子立起来,冰雹就难以砸到镜面了。”

记者走近一面镜子仔细观察,发现镜面比想象中厚实。“这不是普通的镜子吧?”

“对,不是普通镜子。它的反射率更高——比家用的镜子更‘明亮’。而且它的衰减度很低,经过长时间的风沙侵蚀,反射率还可以保持得很好。”周发源说。

他让记者从侧面看镜面——肉眼几乎看不出弧度,但他用手比画了一下:“这不是平面,是凹面体。我们把8面镜子组装成一个凹面。这样的凹面体,太阳光能够更聚焦。如果是一面平镜子,光线反射到一公里外的吸热塔顶上很容易发散。”



上图:专用清洗车正在清洗定日镜。左下:工程师检查维护熔盐储罐。右下:工程师检修设备。

## 精度靠强大算力支撑

姿态各异的定日镜不仅要应对风沙等恶劣环境,更面临一项核心挑战:如何将光照精准地反射到吸热器上。而这背后,依靠的正是可胜技术的大规模镜场集群控制技术。研发过程中,有众多难题需要攻克。

公司董事长金建祥介绍:“塔式光热发电核心在于超大规模控制技术。石化、炼油系统监测点仅数万,而光热电站控制点达数十万级,规模提升了10倍,且需保证每面定日镜光束精准聚焦,是一个不小的挑战。即使是每天的同一时间,太阳的角度亦存在细微变化,需要强大算力支撑。每一面镜子依据自身海拔、经纬度,每隔一两秒完成一次太阳角度计算。以5万面镜场规模为例,单日需完成9亿次的计算

任务。无反馈条件下实现高精度跟踪极具挑战,少量镜场可通过温度与光斑位置辅助校正,上方面镜场协同控制难度呈指数级提升。”金建祥解释说。

可胜技术团队最终选择了一种“间接控制”的思路——通过红外相机对吸热器光斑进行网格化监测,基于图像算法分析光斑亮度分布、形态与均匀性,反向推演镜子的偏差方向及程度,系统自动完成校正,有效解决了强光环境下无法直接观测的技术瓶颈。

目前,可胜技术的光热发电项目每一两周就会自动校正一次,不需要人工干预。金建祥告诉记者,未来,他们的目标是实现全自动无人电厂。

“塔式光热电站的控制系统除了规模庞大之外,还有一个‘另类’之处——无法实现闭环控制”金建祥说,光热电站要求聚光倍数约900到1000倍,上万面定日镜聚焦同一靶点,光斑亮度极高,常规仪器无法检测单镜偏差。传统“偏差测量—反馈调节”模式在此场景下不具备应用条件。

“定日镜距离目标点很远,且要求精度高达千分之1.5,等于站在2公里外,用手电筒瞄准一个硬币大小的靶心。微小的跟踪偏差即可导致光斑大幅偏移。没有反馈控制又要求高精度,这几乎是个无法完成的

任务。无反馈条件下实现高精度跟踪极具挑战,少量镜场可通过温度与光斑位置辅助校正,上方面镜场协同控制难度呈指数级提升。”金建祥解释说。

可胜技术团队最终选择了一种“间接控制”的思路——通过红外相机对吸热器光斑进行网格化监测,基于图像算法分析光斑亮度分布、形态与均匀性,反向推演镜子的偏差方向及程度,系统自动完成校正,有效解决了强光环境下无法直接观测的技术瓶颈。

目前,可胜技术的光热发电项目每一两周就会自动校正一次,不需要人工干预。金建祥告诉记者,未来,他们的目标是实现全自动无人电厂。

“塔式光热电站的控制系统除了规模庞大之外,还有一个‘另类’之处——无法实现闭环控制”金建祥说,光热电站要求聚光倍数约900到1000倍,上万面定日镜聚焦同一靶点,光斑亮度极高,常规仪器无法检测单镜偏差。传统“偏差测量—反馈调节”模式在此场景下不具备应用条件。

“定日镜距离目标点很远,且要求精度高达千分之1.5,等于站在2公里外,用手电筒瞄准一个硬币大小的靶心。微小的跟踪偏差即可导致光斑大幅偏移。没有反馈控制又要求高精度,这几乎是个无法完成的

任务。无反馈条件下实现高精度跟踪极具挑战,少量镜场可通过温度与光斑位置辅助校正,上方面镜场协同控制难度呈指数级提升。”金建祥解释说。

可胜技术团队最终选择了一种“间接控制”的思路——通过红外相机对吸热器光斑进行网格化监测,基于图像算法分析光斑亮度分布、形态与均匀性,反向推演镜子的偏差方向及程度,系统自动完成校正,有效解决了强光环境下无法直接观测的技术瓶颈。

目前,可胜技术的光热发电项目每一两周就会自动校正一次,不需要人工干预。金建祥告诉记者,未来,他们的目标是实现全自动无人电厂。

“塔式光热电站的控制系统除了规模庞大之外,还有一个‘另类’之处——无法实现闭环控制”金建祥说,光热电站要求聚光倍数约900到1000倍,上万面定日镜聚焦同一靶点,光斑亮度极高,常规仪器无法检测单镜偏差。传统“偏差测量—反馈调节”模式在此场景下不具备应用条件。

“定日镜距离目标点很远,且要求精度高达千分之1.5,等于站在2公里外,用手电筒瞄准一个硬币大小的靶心。微小的跟踪偏差即可导致光斑大幅偏移。没有反馈控制又要求高精度,这几乎是个无法完成的

任务。无反馈条件下实现高精度跟踪极具挑战,少量镜场可通过温度与光斑位置辅助校正,上方面镜场协同控制难度呈指数级提升。”金建祥解释说。

可胜技术团队最终选择了一种“间接控制”的思路——通过红外相机对吸热器光斑进行网格化监测,基于图像算法分析光斑亮度分布、形态与均匀性,反向推演镜子的偏差方向及程度,系统自动完成校正,有效解决了强光环境下无法直接观测的技术瓶颈。

目前,可胜技术的光热发电项目每一两周就会自动校正一次,不需要人工干预。金建祥告诉记者,未来,他们的目标是实现全自动无人电厂。

“塔式光热电站的控制系统除了规模庞大之外,还有一个‘另类’之处——无法实现闭环控制”金建祥说,光热电站要求聚光倍数约900到1000倍,上万面定日镜聚焦同一靶点,光斑亮度极高,常规仪器无法检测单镜偏差。传统“偏差测量—反馈调节”模式在此场景下不具备应用条件。

“定日镜距离目标点很远,且要求精度高达千分之1.5,等于站在2公里外,用手电筒瞄准一个硬币大小的靶心。微小的跟踪偏差即可导致光斑大幅偏移。没有反馈控制又要求高精度,这几乎是个无法完成的

任务。无反馈条件下实现高精度跟踪极具挑战,少量镜场可通过温度与光斑位置辅助校正,上方面镜场协同控制难度呈指数级提升。”金建祥解释说。

可胜技术团队最终选择了一种“间接控制”的思路——通过红外相机对吸热器光斑进行网格化监测,基于图像算法分析光斑亮度分布、形态与均匀性,反向推演镜子的偏差方向及程度,系统自动完成校正,有效解决了强光环境下无法直接观测的技术瓶颈。

目前,可胜技术的光热发电项目每一两周就会自动校正一次,不需要人工干预。金建祥告诉记者,未来,他们的目标是实现全自动无人电厂。

“塔式光热电站的控制系统除了规模庞大之外,还有一个‘另类’之处——无法实现闭环控制”金建祥说,光热电站要求聚光倍数约900到1000倍,上万面定日镜聚焦同一靶点,光斑亮度极高,常规仪器无法检测单镜偏差。传统“偏差测量—反馈调节”模式在此场景下不具备应用条件。

“定日镜距离目标点很远,且要求精度高达千分之1.5,等于站在2公里外,用手电筒瞄准一个硬币大小的靶心。微小的跟踪偏差即可导致光斑大幅偏移。没有反馈控制又要求高精度,这几乎是个无法完成的

任务。无反馈条件下实现高精度跟踪极具挑战,少量镜场可通过温度与光斑位置辅助校正,上方面镜场协同控制难度呈指数级提升。”金建祥解释说。

可胜技术团队最终选择了一种“间接控制”的思路——通过红外相机对吸热器光斑进行网格化监测,基于图像算法分析光斑亮度分布、形态与均匀性,反向推演镜子的偏差方向及程度,系统自动完成校正,有效解决了强光环境下无法直接观测的技术瓶颈。

目前,可胜技术的光热发电项目每一两周就会自动校正一次,不需要人工干预。金建祥告诉记者,未来,他们的目标是实现全自动无人电厂。

## 16年投入超10亿元

2010年夏天,浙江可胜技术股份有限公司成立时,中国光热发电行业几乎还是一片“无人区”:缺技术、缺产业链、缺市场。彼时,西班牙、美国光热发电发展势头迅猛,金建祥回忆:“当时的一个合作伙伴计划从国外引进光热发电技术。然而外方虽提供了全部配套设备,却在光热发电核心技术上有所保留,不愿对外转让,我当时就想,我们何不自己研发?”当时他已经作为创始人之一创办了中控技术——一家在中国工业控制系统领域的龙头企业。从工业控制转身光热发电,他的逻辑很清晰:“光热发电的核心技术本质上就是更大规模的控制技术。”

可胜技术的诞生,从一开始就肩负起破局的使命。2011年,团队在杭州搭建起一个塔式光热发电的小试基地,主体为200多面定日镜、一个小型吸热器装置。系统规模虽小,但目标明确。杭州小试最终成功解决了高精度开环跟踪技术和复杂的天文算法问题,实现了定日镜的精准控制。随后,金建祥带领团队在青海德令哈开建10MW级塔式光热电站。2013年7月,电站成功并网发电,站内95%以上是国产设备。

这个项目带来了关键的政策突破。2014年,国家发改委正式批复青海德令哈10MW电站每千瓦时1.2元的上网电价,这是首座获电价批复的光热电站。它像一把钥匙,开启了中国光热发电的商业化发展大门。据介绍,16年来,可胜技术累计投入超10亿元,完全掌握了国产化塔式熔盐光热发电全流程核心技术。

车子驶出厂区,我们回头看了一眼那片银色的“镜子海洋”。25594面定日镜安静地躺在戈壁滩上,等待着明天的第一缕阳光。在这片戈壁上,一群年轻人用近3年时间建起了一座能“储存阳光”的电站。每当夜幕降临,这里的熔盐开始在565℃的高温中流动,将白天的能量转化为黑夜的电流,点亮千里之外的万家灯火。

这是一座电站的日常,也是中国清洁能源版图上一块被擦亮的镜子。

🔗 链接

## 金塔中光太阳能“光热+光伏”试点项目简介

这是国家第二批以沙漠、戈壁、荒漠为重点的大型风光基地项目,位于酒泉市金塔县白水泉光电产业区内。

总装机规模700兆瓦,项目采用“光热+”的配置模式,包括光伏600兆瓦,光热100兆瓦,配置8小时熔盐储能系统,镜场面积76.78万平方米。项目预计年均可为电网输送14.5亿千瓦时清洁电力,每年可节约标准煤约48万吨,减少二氧化碳排放约136万吨,对促进当地经济社会协调发展和节能减排具有重要意义。其中光热部分由浙江可胜技术股份有限公司组织建设,并采用可胜技术自主研发的塔式熔盐光热发电技术。电站于2025年5月28日并网发电,并于2025年7月10日实现全流程贯通,是已并网“光热+”一体化项目中,全流程贯通后最长时间达到满负荷运行,且单日发电量突破100万千瓦时的光热电站。

项目采用光伏与光热耦合互补运行模式。光伏大发时段,光热机组以汽轮机最低15兆瓦负荷运行,承担调峰任务,为电网提供无功支撑与转动惯量,平抑电网峰值出力;早晚用电高峰,光伏出力不足时,光热机组满负荷100兆瓦发电,依托储能覆盖高峰时段,精准满足电网调峰需求,大幅提升新能源消纳与供电可靠性。

为提升储换热系统运行可靠性和经济性,本项目熔盐储换热系统创新应用可胜技术独创的低位熔盐储罐+短轴熔盐泵技术方案。该方案通过缩短熔盐泵轴长,降低了熔盐泵的设计和制造难度,且从根本上解决了长轴熔盐泵基础平台要求高、易振动的痛点,同时采用国产化高扬程熔盐泵,进一步提升电站国产化率,提高了熔盐泵运行的可靠性和检修便利性;有效解决了常规方案中的“死盐液位”问题,储罐最低液位由1米左右降低至0.5米以下,在实现同等规模储能容量的前提下大幅减少了熔盐使用量与熔盐罐用钢量;采用该方案后,储热系统综合成本最多可较常规方案下降约12%。该项技术已获得国内及多个国家专利授权。(本报记者 沈立 整理)



主控室的值班人员专注地盯着屏幕各项数据。本版照片均由受访者提供



247米高的吸热塔矗立镜场中央,定日镜将阳光精准汇聚,实现光热转换与储能发电。