

# 追光逐日德令哈

## ——探访中国首座太阳能光热示范电站

本报记者 张保淑

### 本报探访

清晨醒来拉开窗帘，灿烂的朝霞映入眼帘。远处，被积雪覆盖的群峰在霞光的辉映下显得更加雄壮、挺拔。近处，宽阔的巴音河沐浴在晨光中静静地流淌着。这里是青海海西蒙古族藏族自治州州府所在地德令哈市。晚秋时节，本报记者赶到这座位于柴达木盆地东北边缘、祁连山脚下的“光热之都”，探访中国首个大型太阳能光热示范电站。

### 勾勒金色之城天际线新高度

上午10时，我们乘车出发，赶往位于距离德令哈城区约7公里的太阳能光热产业园区。车沿着巴音河滨河路向南前行约1公里，右转进入宽阔的城市主干道，正行驶间，我不经意地抬头透过右侧的车窗望去，只见不远处3座高塔矗立在碧蓝的天宇下，每个塔顶端都发出耀眼的光芒，仿佛升起在德令哈西部上空的3个小太阳。虽然隔着车窗，但那光芒仍然灿烂夺目。我知道那就是此行将要探访的中国首个大型太阳能光热示范电站。

“这条是通往太阳能光热产业园区的主干道，被称为‘金光大道’。”同行的德令哈市发改委的一位同志介绍说，该路的名字寓意一方面来自城市的名字，另一方面来自当地太阳能产业的发展愿景。他

解释说，德令哈是蒙古语，意思是“金色的世界”，而太阳能产业被确定为德令哈市主导产业之一，将为本地经济社会发展实现高质量发展增添强大动力，开辟出通向繁荣富裕的“金光大道”。

这3座高塔已经成为德令哈太阳能产业、特别是太阳能光热产业的标志性符号，它们不仅拉高了城市的天际线，成为新的地标性建筑，与其背后巍峨挺拔的雪山群峰一起构建起新的城市景观，而且以太阳能光热领域的多项“中国第一”打造了德令哈太阳能光热产业的靓丽名片。这里早已不再是诗人海子在上世纪80年代《日记》里写下的那座“雨水中一座荒凉的城”，而是拥有包括太阳能光热产业、太阳能光伏产业、风电产业等在内的现代新能源产业基地的“中国太阳城”。

### 发挥得天独厚调峰优势

塔式太阳能光热发电的原理并不复杂，就是通过多台跟踪太阳运动的定日镜，将太阳辐射反射到置于高塔上的吸热器，加热传导介质，进而产生蒸汽利用汽轮机发电机组产生电力。与太阳能光伏发电相比，太阳能光热避免了硅晶光电转换工艺，节省了能源消耗，降低了发电成本，而且真正做到零排放。

塔式太阳能光热发电主要设备包括定日镜、吸热器和储热系统等。在此领域，美国、西班牙等国从上世纪50年代就开始探索，逐步开发了一整套成熟的技术，建设了多座电站并投入商业运行。进入本世纪以来，中国企业界对太阳能光热发电技术的关注度和研发力度空前提高，并积极在光照资源地区落地项目。位于柴达木盆地的青海德令哈光照资源异常丰富，年均日照时数达3500小时以上，年均太阳辐射量达7000兆焦/平方米，是全国第二高值区，这也是中国首座太阳能光热示范电站落户于此的主要原因之一。

光热发电作为现代清洁能源的生产方式之一，备受青睐，发展空间广阔，特别是可以与光伏、风电及传统电力能源相结合，发挥其在电网调峰方面得天独厚的优势。由于用电负荷不均匀，有高峰和低谷，而光热发电最大的优势在于可以把热能低成本储存起来且损耗很低。同时，光热发电机组的负荷调节范围宽、启动快，在需要的时候，其能量可以快速高效释放转化，非常灵活地调节电力供应，起到“削峰填谷”的作用。展望未来，光热发电有望作为一种新的更加灵活的调峰电源，在中国的能源供应体系中发挥应有的价值，而塔式太阳能光热发电在其中无疑将扮演重要角色。

### 打造戈壁滩绿色能源中心

沿着“金光大道”行驶约10分钟，我们抵达光热示范电站。接待我们采访的是青海中控太阳能发电发展有限公司总工程师樊玉华。他是80后，中等身材，显得匀称、干练。作为示范电站运营管理的负责人之一，他常年工作在这里，由于长期处于当地海拔近4000米的环境中，他脸颊上透着些许高原红。

在樊玉华引导下，我们来到示范电站项目现场。3座塔一字排开，高高耸立。或许由于距离更近，更觉高大壮观，塔顶也更显得灿烂夺目。身旁则是镜子“丛林”，一面面长方形的反射镜被整整齐齐安放在长方体的水泥基座上。我走近一面反射镜，只见宽大的镜面映照着碧蓝的天空和飘过的几朵白云。仔细端详触摸，我发现这里的反射镜比常见的要更厚一些，但手感并没有什么特别之处。

“这是吸热塔。两座相对矮的塔是示范站一期工程建设的，对应的装机容量为各10兆瓦，其主体是钢结构，高度约90米；另一座是示范站二期工程建设的，对应的装机容量为50兆瓦，其主体是混凝土结构，高度超过200米。这些镜子学名叫定日镜，用于把太阳光反射聚焦到塔顶吸热器上，加热其中的介质。它们围绕吸热塔安放。其中，围绕两座矮塔呈长方形分别安放定日镜约1.4万面和7300面，围绕高塔呈圆形安放约2.7万面。”樊玉华一一介绍道。

8年前，这里还是一片戈壁滩，经过两年建设，一期工程建成并实现并网发电，各项技术指标参数均达到设计要求，标志着中国拥有了第一座大规模商业化应用的太阳能光热发电站。2016年8月20日，该电站熔盐储能系统成功并网发电，建成了国内第一座投运的塔式熔盐储能光热电站。同年10月25日，二期工程开工。2018年底，工程完工，实现并网发电，年发电量可达1.46亿度。

### 推动进入光热能源时代

“国内第一座”既意味着是国内此行业开创者，也意味着没有现成的国内经验可以借鉴，而真正的核心技术也不可能从国外买来，必须立足国情，克服项目中遇到的各种困难，逐步摸索，积累经验。樊玉华告诉记者，经过这些年的努力，特别是通过两期项目磨砺，德令哈光热示范站实现了关键装备的国产化设计和制造。据统计，该示范站装备国产化率超过九成，形成了一大批技术专利，核心数据指标如聚光精度和光热转化效率等达到国际一流水平。

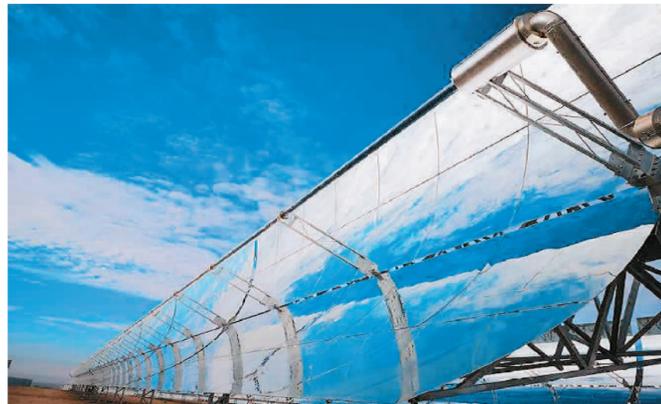
高聚光精度得益于定日镜反射、聚焦阳光的控制技术。如何让数万亩定日镜时刻自动追踪太阳照射角的变化，把阳光均匀地反射到塔顶吸热器上无疑是行业公认的难题，也是建设塔式太阳能光热电站的核心技术之一。樊玉华说，中控太阳能公司研发了一套聚光系统，由高精度智能定日镜与大规模镜场集群控制系统组成。“它们每隔三五秒会微微动一次，肉眼根本看不出来，不过能听到。”樊玉华指着近旁的定日镜说：“听，这就是它们转动的声音，此起彼伏，好像低吟。”记者这时恍然大悟，原来这就是定日镜转动发出的声音，一直以为是镜

场的风声呢。

在电站运行维护中镜场清洗系统和云监测系统功不可没。樊玉华介绍说，由于风沙等原因，及时清洗定日镜至关重要，为此他们开发了一套自动化清洗系统，可执行人工驾驶/无人驾驶、水洗/干洗等不同清洗方案。德令哈虽然光照资源十分丰富，但是多云天气比例高，天气变化快，很容易造成对吸热器冷冲击，影响其寿命，必须提前进行干预，而现有天气预报精度难以满足要求。针对这种情况，中控太阳能公司研发了云监测系统，可通过跟踪云的运动轨迹，对其运动方向及其对系统运行的影响做出精确预测，制定相应的运行策略，保证系统的安全稳定运行，提高光资源的利用率。

随着产业的发展，塔式太阳能光热电站装备的国产化率将进一步提升。樊玉华告诉记者，示范电站的某些关键装备比如吸热器和熔盐泵还是进口的，但是已经有国内厂家可以生产制造了，并且产品性能非常稳定可靠，完全可以实现进口替代。这将推动中国加速迈向大规模利用光热能源的时代。

▼槽式太阳能光热发电



▼碟式太阳能光热发电



▼菲涅尔式太阳能光热发电



## 太阳能光热发电

太阳能光热发电是指利用大规模阵列抛物镜面或碟形镜面收集太阳热能，通过换热装置提供蒸汽，结合传统汽轮发电机的工艺，从而达到发电的目的。

采用太阳能光热发电技术，避免了昂贵的硅晶光电转换工艺，可以大大降低太阳能发电的成本。而且，这种形式的太阳能利用还有一个其他形式的太阳能转换所无法比拟的优势，即太阳能所烧热的水可以储存在巨大的容器中，在太阳落山后几个小时仍然能够带动汽轮机发电。

依照聚焦方式及结构的不同，太阳能光热技术可以分为塔式、槽式、碟式、菲涅尔式四种。

### 塔式发电系统

塔式发电系统为点式聚焦系统，其利用大规模的定日镜形成的定日镜场阵列，将太阳辐射反射到置于高塔顶部的吸热器上，加热传热介质，使其直接产生蒸汽或者换热后再产生蒸汽，以此驱动汽轮机发电。塔式系统具有热传递路程短、热损耗小、聚光比和温度较高等优点，但塔式系统必须规模化利用，占地要求高，单次投资较大，采用双轴跟踪系统，镜场的控制系统较为复杂。

### 槽式发电系统

槽式太阳能热发电系统全称为槽式抛物面反射镜太阳能热发电系统，是将多个槽型抛物面聚光集热器经过串并联的排列，加热工质，产生过热蒸汽，驱动汽轮机发电机组发电。

### 碟式发电系统

碟式系统也是点式聚焦系统，它是世界上最早出现的太阳能光热发电系统。碟式系统也称为抛物面反射镜斯特林系统，是由许多抛物面反射镜组成，接收在抛物面的焦点上，接收器内的传热介质被加热后，驱动斯特林发动机进行发电。碟式系统的聚光比非常高，从几百至上千都可达到，聚焦温度甚至可以达到1000℃以上，效率较高，对于地面坡度要求也更为灵活。但成本上还缺少优势，技术上也有待于完善。碟式系统较适用于边远地区独立电站。可以单台使用或多台并联使用，适宜小规模发电。

### 菲涅尔式发电系统

菲涅尔式发电系统的工作原理类似槽式光热发电，只是采用菲涅尔结构的聚光镜来替代抛物镜。这使得它的成本相对来说低廉，但效率也相应降低。

此类系统由于聚光倍数只有数十倍，因此加热的水蒸气质量不高，使整个系统的年发电效率仅能达到10%左右；但由于系统结构简单、直接使用导热介质产生蒸汽等特点，其建设和维护成本也相对较低。

青海德令哈50兆瓦塔式太阳能光热发电示范项目无人机航拍图

