

太阳能光热发电之路如何走？

——我国光热发电产业调查

本报记者 王轶辰



阅读提示

国家刚刚确定的光热发电示范电价和20个示范项目，极大激发了各界关注光热发电的热情，资本市场潮流涌动，能源企业跃跃欲试。今年9月举行的首届德令哈光热大会吸引了世界从业者前来赴会、观摩，这让青海省海西州首府德令哈市这座人口不足10万人的小城热闹非凡。

对于全国来说，德令哈市并不出名。连绵的雪山、广袤的荒漠、散乱的砂石和丛生的骆驼刺是这里的主要景致。因为中国第一座商业化运营的光热发电站——中控塔式太阳能发电项目和青海省光热产业技术创新基地的落地，让世界看到了这片土地的价值。近日记者到此调研发现，光热发电虽然才刚起步，但已孕育出无尽的能量。



左图 随着中广核德令哈50兆瓦光热发电项目开工，其前期小规模槽式试验电站已经停运。

下图 祁连山下，承载我国光热产业重任的青海省光热产业技术创新基地正在火热建设中。



易文



从德令哈首试到密集建设

从北京到青海西北部小城德令哈距离超过2000公里，坐飞机需要在西宁住宿一晚，再转乘第二天一早的航班。这几天，从西宁到德令哈每天仅有一趟飞机，航班非常紧张，记者不得不改坐5个小时的火车前往了。

从德令哈市西行10公里，远远就能看到青海省光热产业技术创新基地内，2座90多米的高塔反射出极其耀眼的光芒，在背后祁连山的映衬下蔚为壮观，吸引着路人的目光。

走进一探，2万多面定日镜整齐地排布在大地上。每个镜面自动调节方向，把阳光精确反射到位于镜阵中心的吸热塔上，将熔盐加热至565摄氏度，进入高温熔盐罐储存，再由高温熔盐与水换热，产出高压过热蒸汽，随后输送到不远处的发电机房推动汽轮转动，输出高品质的绿色电能。这就是我国首座成功并网商业光热电站——中控德令哈50兆瓦塔式光热电站一期工程现场。

2013年7月，中控太阳能德令哈10兆瓦水工质塔式光热电站正式并网发电。2016年8月，中控太阳能德令哈10兆瓦熔盐塔式光热电站一次性打通全流程并成功并网发电，实现熔盐塔式光热发电全流程技术全国国产化，彻底打破了国外技术壁垒，实现了中国光热发电技术的一次重大突破。

浙江中控太阳能技术有限公司副总裁徐能告诉《经济日报》记者，除了技术国产化，项目还实现了熔盐塔式光热电站装备的高国产化率，除了熔盐泵、熔盐流量计与熔盐液位计采用进口产品外，其它装备均实现了国产化，装备国产化率达到95%以上。“我们尽可能采用国产设备，一方面是为降低成本，另一方面也是为培育国内设备供应商。只有实现国产化，中国的光热产业才有未来。”徐能说。

徐能透露，正是拥有这些自主化的优势，在当前国家确定的每千瓦时1.15元的标杆上网电价下，电站的资本收益率可以超过10%。

除了塔式光热电站，我国首个开工的50兆瓦槽式光热发电项目也在火热建设中，该项目投资18亿元，预计2017年全部建成并网。“项目主要用于开发和验证自主、低成本的光热发电技术，同时填补国内空白，建设国际一流水准检测实验室和测试平台。”项目业主中广核太阳能工程管理中心项目经理刘大勇预计，整个项目可消耗60万平方米玻璃、3万方水泥。

与此同时，世界上首个熔盐菲涅尔商业化光热电站——兰州大成敦煌熔盐线性菲涅尔式50兆瓦光热发电示范项目一期工程也在邻省甘肃敦煌开工。

光热电站密集启动还引来产业上下游企业的积极参与。青海爱能森新材料科技有限公司将用于光热发电系统储热的高效复合熔盐基地建在了德令哈，该公司副总裁徐慧芬说：“全国仅海西州已经取得光热电站批文的电站装机就有970兆瓦，预计熔盐需求60万吨，我们对光热产业发展前景是有信心的。”

由于中国光热市场巨大，不少外企也希望挤进来分一杯羹。英国摩根先进材料公司经营隔热材料已经成功用于中控电站项目，这次该公司项目经理殷刚杰又从上海赶来德令哈，希望能获取更多客户。

“眼下光热产业正迎来发展的良好契机，继电价政策出台后，业界高度关注的光热示范项目名单也随后公布，这些都预示着光热发电已经开启了新的历史转折。”中电联专职副理事长魏昭峰说。



对于光热产业来说，今年9月非比寻常。继9月1日国家发展改革委发布通知，将光热发电标杆上网电价调整为每千瓦时1.15元后，9月14日国家能源局又公布了20个光热发电示范项目，总计装机容量134.9万千瓦。至此，行业热情高涨，项目密集推进。

国家此刻启动光热产业可谓正当其时。从国际形势来看，光热发电已经进入爆发期。从2010年到2015年，全球光热发电装机从200万千瓦跃升为500万千瓦。美国相继建成新月沙丘等典型项目，并逐渐趋于成熟化。同时，印度、摩洛哥等很多发展中国家也在建设一些光热发电项目，而且直接用以替代传统化石能源。

“十二五”期间，我国光热发电产业已经有了很好的积累。“目前，我国光热产业在基础研究、技术研发、关键设备、工程实践等领域都已



处于起步阶段的我国光热发电还面临一系列困难。“一是成本高，高性能核心设备部件需要进口，国产化制造水平较低。二是实际运营的成功经验较少，可借鉴的历史数据有限，需要进一步探索和积累。三是标准体系和标准缺乏，具备设计、施工、调试与运营的全流程标准体系尚未建立。”中国能源建设集团公司工程研究院党委书记许继刚说。

由于缺少实际运营经验和成熟产业配套，按时完工已成为示范电站当前最紧迫的事。按照国家发展改革委《关于太阳能热发电标杆上网电价政策的通知》，享受示范电价的电站要在2018年12月31日以前全部投运。

在国家太阳能光热产业技术创新战略联盟秘书长刘晓冰看来，这个时间有点紧张。“依据我国太阳能热发电技术能力、产品水平、实践经验、



“光热产业发展应避免扎堆过热。”清华大学公共管理学院副教授李应博警示说，企业和地方政府一定要做好全局分析，包括光热产业竞争的格局、产业发展的特性以及地方的资源禀赋优势，选好项目和技术路线，避免投资风险。在这方面，光伏产业之前已经有了前车之鉴，最后导致产能过剩，许多企业遭受重大损失。光热产业发展一定要避免这一点。

行业的理性发展离不开国家的整体规划。光热发电相对于风力发电、光伏发电等可再生能源，其国家层面的产业和市场规划研究还极其薄弱，亟需研究、制定光热发电的产业和市场规划，包括对光热发电的定位、产业体系、产业结构、产业链、空间布局、经济社会环境影响、实施方案等做出系统规划。

百吉瑞新能源有限公司董事长薛

示范电价合理可期

形成一定基础，也积累了一定经验，甚至在一些重要技术领域处于国际领先地位，工程应用正处于从量的积累到质的飞跃，点的突破向系统能力提升的重要时期。”魏昭峰说。

此番从109个申报项目中筛选出的20个示范项目也被寄予厚望。国家能源局新能源和可再生能源司副处长邢翼腾表示，首先，希望通过示范项目促进多种技术产业化水平的提高；其次，希望借此培养全产业链的生产能力、系统能力，真正把光热发电产业打造成我国战略性新兴产业；第三，要形成具有自主知识产权的先进技术；第四，希望在全国范围内形成市场和政策环境，打造政策支持框架和体系，推动产业规模化发展。

“近期，最重要的是推进示范项目，在首批光热发电项目建成运行后，对光热发电未来在具体时间点的

发展规模、路径能有更明确的预期。”国家发展改革委能源研究所研究员时璟丽说。

不过，当前也有声音认为1.15元的电价较低。对此，邢翼腾指出，可再生能源补贴累计今年底将达600亿元，如果电价过高，不仅对将来的补贴有压力，更重要的是，鱼龙混杂的企业可能都会进入这个行业。目前这个电价只有真正出类拔萃的企业才能接受，其他企业没有操作的空间。“我们认为这个电价是比较科学合理的，能达到优胜劣汰的效果。”

记者还了解到，光热发电因储热小时数不同、国产化程度不一，项目单位千瓦造价也不同，一般为2万至3万元/千瓦。在这种情况下，我国首批光热发电示范项目100多万千瓦启动后，会有200亿至300亿元的项目投资市场，并带动相关产业发展。

降成本是一大压力

服务配套等诸方面情况看，在现阶段一个50兆瓦以上的电站，如果从建设准备到正式投运最少也要二半年时间。这对那些一边等电价一边已经开始建设的电站和以前多少做过聚光镜场示范的项目单位或许还行，其他项目是否能按期投运我真的有些担心。”

无论是和火电相比，还是和“近亲”光伏相比，目前一次投入较大的光热电站似乎都毫无优势。邢翼腾透露，示范项目1.15元的电价，平均补贴超过0.9元，现在的电价多数都是靠国家补贴在支撑。反观，三类地区光伏标杆电价已经达到了0.61元，风电则更低。“光热短期内是和光伏等清洁能源竞争，长期来看是跟火电等传统能源竞争，因此我们需要从科技创新方面来降低成本。”

根据美国国家能源局公布的数据，2010年美国光热发电成本为

0.21美元/千瓦时，通过技术进步和规模化应用，预计到2020年降为0.06美元/千瓦时，与火力发电持平。截至2015年，美国带储热的光热项目度电成本已被削减至0.13美元/千瓦时。

此外，缺少商业光热电站的实际投资运营，当前光热电站的系统集成能力、关键技术和设备难以验证。首航节能光热技术股份有限公司总经理姚志豪说，光热发电并不是一项新技术，中国最缺乏的是“经验”，国外的经验成本太高，而且会遇到“水土不服”问题。如何将光热采集和机组发电有效衔接，如何实现镜面精确“追日”以及储热罐大规模存储熔盐，国产设备能否经受住考验……这些经验是不可能实验室里做出来的，要通过商业电站的运营去验证、调试。

发展应避免投资过热

凌云对记者说，目前，我国商业运行光热发电项目才刚刚起步，设备制造、系统控制、运行安全等环节的相关参数在逐步积累完善，在光热标准体系的建立过程中，一定要统筹兼顾到多种类型、多个实际运行项目的实际数据。在动态建设的具体光热工程实践中，精准把握光热电站的实际运行参数，通过严密的科学比对，总结提炼出行业健康发展可以遵照执行的标准、细则。

比如，太阳能利用的长远规划，需要建立太阳能资源的数据搜集机制。记者调查发现，我国气象台站的分布为东部密集、西部稀少，且国家气象局观测系统的98个辐射观测站中，包含直射辐射的不到20个，这与我国的广大地域极不相称。太阳能直射资源数据严重不足，在未来一段时间内将对我国利用太阳能资源产生

不利影响。“不同地区需要不同的数据，如温度、光照等气候条件，数据库建立起来可以为企业提供更好的服务。”青海省科技厅厅长解源说。

中电联标准化管理中心发电标准处处长汪毅则表示，制定相关标准和规程、规范，形成技术体系后规模化发展，可以带动光热发电装备产业化、规模化，进一步降低设备造价和发电成本。还可以走出去，增强我国光热发电在国际上的话语权和竞争力。随着国内光热产业的发展，光热标准化工作也取得积极进展，多项标准已经领先世界。

“光热发电不仅仅是发电，它还带动了很长的产业链。不仅带动战略性新兴产业，也带动传统产业的去产能。其储热特性甚至可以作为基荷电源，直接替代传统能源，发挥更大的作用。”邢翼腾说。

当前，火电仍然是我国电力供应的主要形式。随着环境问题日益突出，如何调整能源结构、大力发展清洁能源已刻不容缓。光热发电的特点和优势，决定了形成具有我国自主知识产权的技术体系、国产化光热发电装备，以及商业化、规模化的产业应用，对推动能源革命、促进能源安全、调整能源结构、改善生态环境等具有十分重要的意义。

近年来，我国的风电和光伏产业得到了快速发展，先后成为世界第一装机大国。但风电和光伏存在明显的缺陷：出力具有随机性、波动性、间歇性等特征，难以存储，电力系统消纳较为困难。在没有先进、低成本储能设施相配套的情况下，难以成为主力能源，一些业内人士甚至称其为“垃圾电”。

与光伏、风电等新能源不同，光热发电则解决了新能源领域的“最大难题”——能量储存。光热发电依靠成本相对较低廉的储热装置，可以实现电力输出“连续、稳定、可控”，是电力系统友好型电源，既可以承担基荷，也具备较为灵活的调峰能力，可作为未来电网的主力电源。光热发电与光伏、风电配套建设，能够显著缓解光伏和风电的出力波动，大幅提高电力系统的消纳能力，减少弃风、弃光矛盾。

据国际能源署预测，2050年光热发电可满足全球11.3%的电力需求。大规模发展光热发电产业，与光伏发电、风电共同组成清洁能源发电系统，可大大推进风电光伏发电的发展。加快提高可再生能源在能源结构中的比重，确立其主力能源的地位，是推动能源供给侧改革、实现高比例可再生能源的重要途径。

同时，光热发电对环境的影响极低，整个生命周期非常低碳，可直接替代化石燃料，对减少温室气体排放、治理空气污染起到重要作用。光热电站建成后，可减少地表土壤所接收到的辐射量，减缓地表风速，降低地表水分蒸发量，有利于植被生长，改善生态环境。数据显示，在整个生命周期内，每发一吨度的二氧化碳排放量，光热为12千克，光伏为110千克，煤电为900千克。此外，尽管同为太阳能发电，光伏产业硅板生产环节的高能耗、报废之后对环境带来的影响，目前还没有得到正视。

大力发展光热发电，还有助于拉动国内经济和相关产业发展，促进供给侧结构性改革。光热电站使用的材料和设备，大都属于国内过剩的传统原材料及其制造业领域。例如钢材、玻璃、混凝土等，可缓解国内相关产业过剩问题，特别是可以增加雇用大量的普通生产制造、建设施工人员，还可以推动汽轮机、发电机等我国传统优势产业能力提升，同时造就光热发电系统集成、运行控制等新兴产业，创造大量就业岗位。因此，光热发电的优势显而易见。



网碟技术：

降低光热发电成本的新路径

本报记者 王轶辰

面对成本困境，只有通过技术创新大幅降低度电成本，才可能在短期内让光热发电技术快速发展。“益科博通过集热、吸热、输热、储热等环节的4项核心自主技术创新，已经将光热发电的成本大幅降低。”益科博能源科技有限公司董事长项晓东告诉记者，益科博技术已经遥遥领先世界先进水平，破解了光热发电的成本瓶颈，比光伏更具竞争力。

项晓东表示，益科博超高温保温性能热管输热技术保温性能比传统工业保温材料好，从而使太阳能分布式热输管网损失从集热系统总能量的40%降到0.4%。目前，该技术已经通过了中国计量院的第三方测试验证。

同时，超高光热效率的“网碟式”跟踪聚焦高温集热技术，热辐射损失小于1%，额定光热效率高达84%，抗风性能大幅提高（塔式光热电站遇大风天气无法工作），使其发电成本低于国际流行的碟式、槽式和塔式技术。

“由于成功解决了传输热损耗难题，采用高效抗风的‘网碟式’技术，再结合超低熔点熔盐输热储热技术，益科博研发的高温集热/储热供热、发电系统的年均光热循环效率，比槽式高2至3倍，比塔式高2倍；装机成本比槽式、塔式低，性价比比槽式、塔式高4倍以上，并且可以实现小规模分布式应用。”项晓东说，系统还可替代燃油提供300至330摄氏度的热蒸汽用于油田稠油开采，可大幅降低稠油开采成本。

值得注意的是，该系统还可提供300至500摄氏度热蒸汽用于与传统燃煤发电兼容的太阳能热发电。采用光热供蒸汽方案，度电煤耗可实现逐步持续降低，直至最终替代燃煤。

实际上，2010年益科博“网碟式”跟踪聚焦技术便作为最具有商业化前景的新能源技术，参展上海世博会中国馆。以中国科学院院士严东生、杨福家为组长的专家组，曾先后两次对益科博光热发电技术做出肯定评估，指出该技术较之国际同类技术，具有光学效率高，换热效率高，系统损耗低，生产安装容错率高，抗风及能源成本低等一系列优势。

“光热要真正发展，必须大幅降成本、提技术。益科博技术经推广并商业化运作后，光热发电完全可以在短期内实现平价上网，不必再走高补贴的老路。”项晓东强调，益科博技术是新能源领域的一次重大技术创新，可以让中国在新一轮能源变革中获得更强的竞争力。

本版摄影 王轶辰
本版编辑 许跃芝 张虎
电子邮箱 jirbyxdc@163.com