



辽宁电机工程科普

辽宁省电机工程学会

主办

沈阳滨赫广告传媒有限公司

承办

LIAONING DIANJI GONGCHENG KEPU

2023年第6期(总第 期)

智慧巡检+网格布点

——国网河北石家庄供电确保考场供电线路安全稳定运行

□张蕴 董生成

“石家庄二中南校区考点的主供线路和备用线路今日均已完成无人机自主巡检，未发现隐患缺陷。”6月5日，国网河北石家庄供电公司工作人员利用智能巡检无人机完成了10千伏裕泰线和裕泰二线的自动化精益巡检，确保考场的重要供电线路安全、可靠运行。

有效提升配网 运维智能化水平

“今年全市共有80个考点，3200个考场，为历年最多。我们借助无人机自主飞巡、电缆巡检机器人等各类科技手段超前开展巡视，提高巡检质效，及时发现、消除隐患缺陷。”国网石家庄供电公司设备部主任白云飞说道。

在今年高考保电工作中，国网石家庄供电公司创新应用配网无人机管控平台进行无人机自主巡检，全方位精准采集高考保电线路设施红外热像、环境温湿度等数据，及早发现各类隐蔽缺陷，有效提升配网运维智能化水平。与此同时，该公司还

应用电缆隧道、变电站等智能运检机器人，输电通道可视化监拍系统以及各类感知装置，开展主网设备健康状态监控，强化数据挖掘分析，实现重要线路以及关键设备信息多角度、全覆盖、无盲区精益巡检。

目前，该公司依托智能运检和人工巡视模式，共计下发主动运维工单147张，出动552人、136辆车，开展红外测温162次，超声波局放检测98次，发现并消除各类缺陷隐患151项，有效保障了高考供电线路及设施健康运行。

“四值守四监控制度” 做好应急保障工作

该公司加强开展“网格化”服务，不断细化高考保电工作方案和故障应急预案，明确应急发电车行驶路线图、停靠方位图和接入部位图，绘制118条高考保电线路供电路径图，建立全口径保电设备台账和保电场所排查表，超前开展人员对接和全面排查工作；同步检查涉及保电线路

的1556个用户变压器，最大限度保障高考用电。

“我们实施‘四值守四监控’制度，将137个高考保障点纳入智能用电平台开展负荷监控，实现分钟级数据采集，同时在各保障点均配备了应急发电机，全力做好应急保障工作。”该公司营销服务中心工作人员说道。根据考试时间，该公司还细化了特级保电时段，派驻电网运检、营销服务人员与各保障点工作人员开展联合值守。

高考期间，国网石家庄供电公司派人值守65座变电站，147条10千伏配电线路、87条输电线路点对点制定针对性防控措施，强化考点周边线路及施工区域不间断巡视，确保电网安全运行。同时，518名抢修人员、108辆工具车24小时应急值守，备齐备全各类抢修物资，严格落实“先恢复、后抢修”的原则，开展网格化、一体化抢修，为高考用电保驾护航。

(本文摘自《中国电力报》
2023-06-09 第5版 电网)

北京电力 多举措应对持续高温天气

□郭菲 李艳娜

近日，据北京气象部门数据分析，自6月14日起，北京地区将出现连续高温天气，局部地区最高温度将达40摄氏度。国网北京市电力公司多措并举全力确保电网安全可靠运行和百姓安全用电，充分发挥市区镇三级应急抢修中心作用，部署261支配网抢修队伍、

109辆应急发电车随时待命；安排1068名“网格化”客户经理，全天候做好用电服务；开通24小时应急送电服务，方便百姓购电。

“二季度，北京全市经济逐步回升，叠加近期气温升高影响，北京电网负荷逐步增长，

较去年同期增长约30%。我们加强电网运行监控，按照度夏前制定的168项电网方式调整措施，实时优化电网运行方式。目前，北京电网运行平稳，电力供应有序。

《中国电力报》(2023-06-19 第1版 要闻)

“三大三先”示范电网 ——国网福建电力高标推进新型电力系统省级示范区建设

□操秀英

6月1日，在1000千伏福州—厦门特高压交流工程建设现场，国网福建省电力有限公司电网建设者们正在加紧架线施工，确保工程建设顺利推进。

新型电力系统是新型能源体系的重要组成和实现“双碳”目标的关键载体。福建是新型电力系统省级示范区之一，福建电力立足电源品种结构优、绿色转型基础好等独特优势，围绕“源网荷储协同、科技创新支撑、体制机制赋能”，以打造“三大三先”（打造东南清洁能源大枢纽、高能级配电网大平台、“数字闽电”大生态，实现清洁发展水平领先、安全稳定水平领先、效率效益水平领先）省级高质量发展示范电网为目标，高标准推进新型电力系统省级示范区建设。

打造东南清洁能源大枢纽

在新型电力系统中，水、风、光等非化石能源发电将逐步成为装机主体和电量主体。为此，推动跨省跨区输电通道“联网”、省内主网架“补网”，提升电力资源配置能力就显得尤为重要。

福建电力立足福建省资源禀赋、区位优势，提出打造东南清洁能源大枢纽，完善省内主干网架结构，形成分层分区、适应性强的“四纵三横、沿海双廊”主干网架，打造电力安全保供的坚强堡垒；加快构建坚强送端电网，推动建设联结长三角、对接粤港澳、辐射华中腹地的跨省跨区联网工程，服务清洁能源高效送出，推动清洁能源在更大范围内优化配置。

近年来，福建风能、水能、核能等清洁能源发展迅速。截至2022年末，清洁能源发电装机容量达4541万千瓦，占全省发电装机容量的比重超过60%。能源种类多样、清洁能源占比超过60%的局面下，如何科学调度保障高效消纳？

福建电力建设水电与新能源时空互补运营平台，构建跨流域清洁供能“调节池”，全覆盖接入全省50884座分布式光伏电站、5273座小水电站的运行数据，实现小电源可观可测，提升清洁能源发电功率的预测精准度。

随着越来越多的风、光等新能源接入电网，如何解决新能源的间歇性、随机性和波动性，成为平衡电力系统的最大挑战。在这一过程中，微电网建设成为提高电网灵活性的有效手段。

福建电力围绕新能源友好并网、分层分群调控、大电网与微电网融合发展，结合地区发展特色和实际需求，因地制宜布局一批微电网示范项目，深化柔性直流、交直流混联、能量优化配置、配微协同运行控制、精准预测等技术应用，打造城镇、海岛、园区、乡村、校园等微电网（群）示范形态。

（本文摘自《中国电力报》（2023-06-16 第1版 要闻）

“数字化”为电网注入新力量

□黄蕾 陆爱晶

6月21日，从国网江苏省电力有限公司获悉，江苏省应对气候变化及节能减排工作领导小组节约能源办公室印发《关于开展迎峰度夏降温负荷节约用电助力电力保供专项行动的通知》（以下简称《通知》），全方位挖掘工业非生产、公共机构、商业建筑、居民等各领域降温负荷节约用电潜力，建立政府主导的节约用电督查机制，推动节电措施落实。该《通知》是全国首个省级政府部门印发的降温负荷节约用电专项文件。

对于工业企业，《通知》明确要加强非

生产空调负荷运行管理，在无电力负荷缺口时段，工厂非生产空调温度设置应不低于26摄氏度；在电力负荷紧张时段，厂区办公场所空调温度设置应不低于27摄氏度，员工就餐区空调缩短使用时长、错峰用电，厂区宿舍在人离开时段严格关闭空调设备。对于商业建筑，大型商超、酒店、写字楼等商业建筑要优化楼宇空调负荷控制策略，提升节约用电管理水平。

《通知》要求，公共机构在无电力负荷缺口时段，室内空调温度设置应不低于26摄氏度，并通过关停无人设备、“空调+电

扇”等方式主动节电；在电力负荷紧张时段，党政机关办公场所高峰时段9~11时关闭空调1小时，大厅、走廊等公共区域空调、照明以及开水炉等关闭；涉及对外服务区域空调温度设置不低于27摄氏度，食堂、功能性场馆等空调错峰用电。

为更好地推动节约用电，江苏电力启动了“节电度夏、保供有我”活动，组织全员参与网上国网“e起节电”。截至目前，江苏66万居民参加“e起节电”活动，节电成效居国家电网有限公司首位。

《中国电力报》（2023-06-26 第1版 要闻）

2030年我国需回收的光伏组件将达150万吨 光伏组件“退役”后，何去何从

□王迎霞

我国现已成为全球最大的光伏组件生产国和光伏发电应用国。光伏板使用年限在25年左右，从2025年开始将有大批量的光伏组件“退役”，如何不让“退役”组件回收成为阻碍光伏产业绿色发展的“拦路虎”，是摆在全行业面前的一道必答题。在江西、河北、河南、江苏、宁夏等地，已有企业、高校及科研院所行动起来，抢滩布局这一新兴市场。

宁夏大学材料与新能源学院研一学生马润第一次目睹“大龄”光伏板的现况，深感震撼。

“李进老师带我们考察了不少光伏电站，光伏板经过多年风吹日晒，表面不同程度地出现了热斑、蜗牛纹等现象。”6月23日，马润和科技日报记者聊起考察的情况时说，“如果热斑过多，能量向外散发时会把板子击穿。”

经过20多年发展，我国现已成为全球最大的光伏组件生产国和光伏发电应用国。然而，当我们尽情享受太阳能这一清洁能源时，是否想过光伏板的寿命只有25年左右？

随着光伏市场不断扩大，国际可再生能源机构预测，待到第一批光伏板“寿终正寝”时，中国从2025年开始光伏组件将大批量“退役”。

然而，现实是，废弃光伏组件的回收产业尚处于起步阶段，国内开展该业务的企业寥寥。

该何去何从，这是个问题。

“这项工作再不能耽搁了”

在无垠的沙漠，或在浩渺的湖面，或在连绵的山峦，从高空俯瞰，一块块光伏板横竖排布形成方阵，如同一片蓝色海洋，在阳光下熠熠生辉，蔚为壮观。

四月的西北，乍暖还寒。谷雨前夕，宁夏大学博士生导师、材料与新能源学院教授李进带着一支由十二三名学生组成的研究团队，对宁夏回族自治区内建成15年左右的光伏电站进行了考察。

作为宁夏光伏材料重点实验室首任主任，李进近年来一直从事太阳能电池晶硅材料研究，积极推动宁夏新能源、新能源材料及低碳能源技术等方面政策的实施。

研究团队带着太阳能光伏组件功率IV曲线测试仪、红外光谱仪、热成像仪、光泽度仪、分光光度计等设备，足迹由北到南，打算出一份高质量调研报告。

“这项工作再不能耽搁了。”李进神情严肃地说。

2030年，全球报废光伏组件预计约为800万吨，2050年将达8000万吨。其中，我国2030年需要回收的光伏组件达150万吨，2050年约为2000万吨。

李进告诉记者，光伏组件是光伏发电系统的核心，主要由玻璃、背板、电池、铝边框、铜焊带和接线盒等组成。各组成部分的多数材质如玻璃、铜、铝、硅、银、镡、钢等可以回收利用，像含氟背板等却存在回收难、污染环境的隐患。

废弃的光伏电站可能造成土地浪费，并对周围生态系统造成严重影响。而随着分布式光伏在国内扩展应用，可能导致部分光伏组件产品使用年限不到25年。即便是大型光伏电站，频繁更换未到25年寿命的光伏组件，也将产生大批废弃物。

据测算，我国光伏废弃物至2027年预计将达到35万—155万吨，至2050年达到3350万吨。它们将分布在7500万亩的土地上，成为名副其实的“城市矿山”。以往通过掩埋、焚烧等方式处理废弃组件，自然降解耗时长，对环境危害大。

宁夏作为我国第一批大规模实施光伏电站的省区，如何妥善处理退役后的光伏组件，已经迫在眉睫。

这个地处西北内陆的省份，拥有丰富的风光资源。大部分地区年太阳总辐射高于5800兆焦/平方米，年平均日照时数在2256.6—3073.7小时，日照百分率在52%—70%。

2022年12月31日，随着国能宁东第三十四光伏电站成功并网，宁夏电网新能源装机规模超过3000万千瓦，达到3040万千瓦，装机占比突破50%，新能源已超越煤电成为宁夏电网第一大电源。宁夏电网也成为继青海、河北、甘肃电网后，全国第四个新能源装机占比突破50%的省级电网。

起步于2002年的宁夏光伏产业，按照光伏组件的使用寿命25年来估算，光伏废弃物预计2027年达到第一波报废高峰。

考察时，马润和团队成员先用热成像系统对光伏板进行检测，看是否有斑点聚焦，随后测背板材料到底是聚氟乙烯还是聚氯乙烯，测其功率较出厂时是否衰减严重，还测了光伏板的颜色变化以及分散度。

团队发现，这些光伏板最突出的问题是蜗牛纹，在每个电站的四角位置和每块光伏板的中间位置，最为明显。

“蜗牛纹在电池和组件的生产及应用过程中产生的机理，现在不是特别清楚。”马润告诉记者，“但如果它布满整个屏幕，我们检测出光伏板的性能不是很好，那么这块板子必须要换。”

为何鲜有企业抢占这片“蓝海”

光伏组件退役潮终将来临，已成为行业共识。但在当前，国内企业对退役光伏组件拆解、回收利用的热情并不高。

5月中旬，某光伏头部企业在社交平台表示，公司在美国合资建设5GW组件工厂，预计今年年底或明年年初投产。而对于光伏组件回收业务，该公司一位业务主管向记者透露，“公司提了很久，但到现在都没有开展此业务”。据他了解，国内其他几家知名光伏企业，也都未开展这项业务。

在李进看来，这背后其实是有利可图的。

以200万千瓦规模的基站为例，约有500万块、10万吨重的光伏组件，目前收购一块报废组件成本约30元。若将光伏组件有效拆解，分离得到玻璃、铝、高分子背板、硅以及银、铜、镡等稀有金属原材料，仅按原材料价格出售就能卖200元以上。

“由此可知，回收这批光伏组件的市场价值约有10亿元，而且这些原材料经过二次加工，还能形成更有价值的产品。”李进指出。

为什么鲜有企业抢占这片“蓝海”？

“在技术上，他们还没有非常好的储备。”上海交通大学材料科学与工程学院研究员、中国材料研究学会凝固科学与技术分会理事、宁夏大学材料与新能源学院院长夏明许一语中的。

早在五六年前，夏明许就开始关注首批光伏组件即将“退役”这一问题。

他认为，国内虽然有部分企业在从事光伏组件回收工作，但延续的多为家电领域处理方式，仅仅集中运回、简单破解拆分，把废料作为建筑材料和填充材料来用。而且由于破解装置较大，工作时噪声也大、粉尘污染比较严重。

在夏明许看来，这是回收领域的低值利用，“作为初级材料使用，方法比较原始落后”。

光伏组件拆解难度大，正是企业驻足观望的原因。

“大家之所以不做，是因为国内还没有成熟的拆解工艺。”宁夏亿能固体废弃物资源化开发有限公司财务总监袁志武直言不讳。

目前，国内组件回收技术尚不够成熟——热解化学方法会引起环境污染，常规破碎、深冷物理法得到的混合颗粒需经过筛分过程，导致回收材料纯度不高，尤其对最有价值的硅材料，很难提纯并高值利用。

“由于生产加工时用了很多胶和膜，把单晶硅、多晶硅粘在一起，分解的时候就很难。”袁志武说，因此需要研究新的组件完整拆解工艺，避免难分离、难提纯等技术问题。

难的是，光伏组件没有明确的判废标准。

尽管2022年1月工信部等八部门联合发布了《关于加快推动工业资源综合利用的实施方案》，但目前并无专门针对废弃光伏组件回收处理的专项管理政策。没有合规的处理流程，就很难交由第三方处理。

更难的是，组件回收在源头没有强制性政策。

“政府还没有出台一部有关生产者或运营者责任的政策，这个环节完全是缺失的。”夏明许指出，由此导致的后果是，大部分废弃光伏板要么堆积在电站，要么作为简单废料作一般处理。

高运输成本也是光伏组件回收的一个门槛。有业内人士鼓励这项工作在本地域进行，既有地理先决条件，又能避免产生大量运输费用，然而国内鲜有应者。究其原因，很大一部分是因为光伏组件建在西北地区或者屋顶，废弃组件处理虽然从经济上可行，但如果考虑回收和运输，不具备可操作性。

这成了一个死循环。

“道路千万条，技术第一条”

如何不让组件回收成为阻碍光伏产业绿色发展的“拦路虎”，是摆在全行业面前的一道必答题。

当前，我国废弃光伏组件回收产业尚处于起步阶段，面临政策法规不完善、回收成本高昂、企业鱼龙混杂等问题，国内没有形成与之相匹配的回收及处置产业规模。

针对多重难题，专家呼吁尽快完善废弃光伏组件回收“1+N”政策体系，成立专门的回收机构，构建回收体系。

2022年9月20日，工业和信息化部在“新时代工业和信息化发展”系列主题第九场新闻发布会上表示，要加快修订完善光伏标准体系，推进光伏组件回收利用、碳足迹核查等公共服务平台建设。下一步，工信部将加强行业统筹规划，加快推动光伏产业高质量发展。

实际上，这并非相关部门首次提及光伏组件的回收利用。

为贯彻落实国务院印发的《关于加快建立健全绿色低碳循环发展经济体系的指导意见》，工信部等部门发布了《智能光伏产业创新发展行动计划（2021—2025）》，发改委发布《“十四五”循环经济发展规划》《关于“十四五”大宗固体废弃物综合利用的指导意见》《关于构建市场导向的绿色技术创新体系的指导意见》等政策。

夏明许认为，当务之急是国家出台相关政策，明确生产者或运营者责任。“就是说，不管你生产还是运营，必须强制性要求对报废的光伏板进行回收，而不是随意搁置在田野里。”他说。

关于这点，其他国家生产者责任延伸制度可提供很好的借鉴。

这是一种将循环经济落实于微观主体的制度设计，更是一种环境保护战略，主要通过将生产者的责任延伸至产品生命周期各个环节，特别是产品消费后阶段的回收、再循环和最终处理处置，以促进环境保护。

“在国内，家电领域早已推行这一制度，但光伏领域还没有走到这一步。”2018年，夏明许从上海来到宁夏工作，看着漫山遍野的光伏板，紧迫感顿时涌上心头，他与李进下决心进行探索性研究。

认识有了，行动还要跟上。

袁志武等来自企业的代表坚信，“道路千万条，技术第一条”，在光伏组件回收的“最后一公里”，亟待打通的堵点是技术应用。而当前几种主流回收处置方式均有利弊，技术提升刻不容缓。

然而，技术革新谈何容易。不但离不开政策的引导，更离不开相关部门的支持。

彼时，宁夏科技厅正在围绕自治区重点行业发展情况深入调研，也注意到了光伏产业升级产生的退役组件资源化利用问题，决定开展有组织的科研活动，找到破题“命门”。

作为中央财政用于支持和引导地方政府落实国家创新驱动发展战略和科技改革发展政策的共同财政事权转移支付资金，中央引导地方科技发展资金项目的使命，便在于此。

“技术不明朗的情况下，企业一般不会投入过多财力和人力搞研发，我们从支持高校开始破冰。”宁夏科技厅资源配置与监督处副处长成蕾坦言。

2021年，李进团队成功获批中央引导地方科技发展资金项目。“希望通过这笔资金的引导带动作用，依托东西部科技合作机制，组织区内外优秀科研团队展开合作，有所收获。”成蕾说。

在这一背景下，由李进领衔的退役光伏组件拆解项目应时而生。

向拆解和再利用难题发起进攻
面向创新的星辰大海，总有人带头搏击风浪。

6月20日下午，安徽滁州，中国光伏行业协会光伏组件回收工作组正式成立。来自行业主管部门、行业组织、光伏企业、光伏组件回收企业代表200余人参加了会议，共同探讨光伏组件回收行业发展新思路。

在江西、河北、河南、江苏、宁夏等地，已有企业、高校及科研院所行动起来，抢滩布局光伏组件回收和拆解这一新兴市场。

晶科能源控股有限公司是国内最早一批进行光伏组件回收技术开发的企业。其在2021年年报中表示，公司2019年开始搭建和试运行光伏组件回收示范线，并承接“十三五”国家重点研发计划“晶硅光伏组件回收处理成套技术和装备”项目，2022年示范线验收成功。

2021年12月底，国家电投集团黄河上游水电开发有限责任公司自主开展的“晶硅光伏组件回收产业化及设备国产化研究”科技项目顺利通过专家组验收，由此宣告我国首条组件回收中试线建成，闭环形成垂直一体化光伏全产业链。

依托“十三五”国家重点研发计划项目，英利能源发展有限公司成功研制我国首条基于物理法的晶硅光伏组件回收处理成套装备生产示范线，打破了关键技术长期被国外“卡脖子”的局面，并在河北保定蠡县智慧光伏产业园调试使用。

2022年，江苏常州瑞赛环保科技有限公司与常州大学、常州工学院等高校合作，针对退役光伏组件拆解利用诸多问题，成功研发出成套拆解智能装备与提取工艺技术。目前，首条装备与全自动物料分选示范线已投用。

既然勇立潮头，就要有弄潮儿的胆识和身手。

在宁夏大学国家大学科技园中试基地，李进正和学生们进行光伏组件拆解研究。

“拆下来是很容易的，但就像汽车和电视一样，拆出来一堆一堆的东西，怎么对它进行高附加值利用，这是我们想做的工作。”李进今年已经59岁了，却还跟着年轻人一起跑前跑后。

偌大的实验室里摆着多台设备，李进指着其中的两台，言语中流露出自豪：“这就是我们自己设计的拆解装置，去年申请了4项专利。”

这两台设备，一种用类似铲的方法，把光伏组件一层一层剥离；一种用类似热刀的方法，拆解后发现组件局部存在问题，随即进行优化。

《科技日报》（2023-06-29 第5版 深瞳）