

以电为笔，绘就星海光影

——记十五运会闭幕式背后的供电支持

■杨晶晶 石广玉

星辰大海中，湾区共明月。11月21日晚，十五运会闭幕式在深圳前海欢乐剧场举行。南方电网深圳供电局(以下简称“深圳供电局”)以最高标准、最严要求、最实举措圆满完成闭幕式特级保电任务，用“科技电”“绿色电”“可靠电”，成就城市全景与星海同辉。

■全链路数字化技术 点亮“城市舞台”

海天为幕，城市为景。傍晚6时，前海湾灯光渐次亮起，全运会史上首次在海滨实景舞台举行的闭幕式进入倒计时两小时。

849个保电点同步进入核心时段。作为深圳供电局十五运会闭幕式保电馆长，乔洪新在前线保电指挥部紧盯屏幕上的线路情况，不敢有丝毫松懈。

在这场主题为“星辰大海”的盛会上，天空、大海、跨海大桥、港湾码头、周边建筑，都成为表演空间。保电范围也相应地从单个场馆延伸到方圆约5公里的“城市舞台”，覆盖欢乐剧场、前海湾70余栋楼宇和跨海大桥等场景。面对巨大挑战，辅助乔洪新和同事们的，正是眼前的智慧保电系统。

“在关键点位，我们都加装了电鸿小微传感器。它们像‘哨兵’一样，实时将设备的电流、电压、温度等关键参数送至智慧保电系统。”深圳宝安供电局保电值班长吴显是中央舞台的电力守护者。这座近3790平米的全国最大户外水上舞台，通过升降幻化造型，是闭幕式用电负荷最高的设施。运用智慧保电系统，吴显和同事从中央舞台“一路”监测到相关联500千伏电网

设备的运行情况，全面而高效。

欢乐剧场外，保电“黑科技”同样融于关键环节：从前线保电指挥部到深圳供电局电力调度中枢，全球电力行业首张“通量一体”量子加密专网犹如具备超能力的信使，为数据传输和电网全链路监测打造坚固的“保护盾”。在欢乐剧场直供电源变电站，深圳供电局系统与变电二所创新应用的“光差+联跳”技术，可在毫秒内完成故障判别与切除，杜绝因主网设备异常导致的电压波动。沿线架空线下，输电无人机腾空而起，“海陆空”巡检机器人筑起智慧防线……

当焰火与激光划破夜空，光与电的交融成为“体育+科技”最生动的注脚。

■“三角梅”支撑 100%绿电“使命必达”

楼宇灯光秀变幻璀璨星河，与水舞台的光影交织共舞——闭幕式上，1.8万盏灯、31组音响、20组舞台机械呈现视听盛宴。

流光溢彩背后，不竭的绿电是强大引擎。“我们创新采用‘高可靠市电+构网储能+车网互动’具有极高可靠性，绿色保电新模式，完全取消柴油发电机，较传统模式更安全、绿色经济。”深圳供电局十五运会保电办负责人邓世聪话语间流露着自豪。这套“零闪动”的保电技术在国际大型赛事活动中尚属首创，其所形成的“四主供六备用”、形似三角梅的网架接线方式，更寓意着像深圳市花三角梅一样刚毅坚韧。

“像闭幕式这样的大型活动，对供电稳定性的要求远超常规标准，哪怕眨眼间的电压波动都有可能影响现场灯光、屏幕和直播信号等。”邓世聪进一步介绍，深圳的“市电”，即公用电网的电，凭借高可靠管理



南方电网深圳宝安供电局保电人员在十五运会闭幕式场馆演练期每日开展16轮定时巡检。 杨晶晶/摄



南方电网深圳供电局保电人员利用智慧保电系统，全链路监测电网状态。 黄志伟/摄

体系已具备直面重大保电任务的能力。通过本地清洁能源消纳和购买绿证等方式，电网为十五运会全程输送100%绿电。

欢乐剧场外500米的构网储能站、车网互动场站，也发挥了“绿色充电宝”的作用。构网储能站即使在电网故障的孤岛模式下，也能毫秒间化身“电力火种”独立供电。而车网互动场站建成后，已累计向欢乐剧场及周边用户放电6万多千瓦时，单车单桩放电功率高达180千瓦，放电量和单车放电功率均为国内最高。

“与同等规模传统保电方式相比，整套技术可节省柴油消耗约55吨，减少二氧化碳排放约170吨，节省30%以上的成本。我们还在重要点位运用新一代移动储能车，全面实现绿色化保电。”在邓世聪这位入行21年、历经多次特级保电的“老兵”看来，绿色技术的运用，既诠释全运会的绿色底色，

也是面向未来可持续发展的铿锵宣言。

■超大城市新型电力系统 夯实保电基础

深圳宝安供电局保电值班长吕谢超、韩佩玲化身“精算师”，精细计算负荷，布局每条线路的最佳路径。深圳南山供电局保电值班长鲍鹏飞像是“医生”，每天对23公里的外围线路组织“地毯式”排查。前海供电公司保电值班长徐国虎是与闭幕式演出组同步的“同行者”，演出组“白加黑”排练时，他在对岸前海湾日巡13公里，守护海天之间的灯火……前海湾的日与月，见证了供电人的足迹。

“通过反复演练和定时巡检，我们对供电设备早已摸熟摸透。即使在闭幕式这样的‘决赛时刻’，我们也很有信心。”深圳宝安

供电局保电值班长陈晶晶和刘木疆坚定地说。

基层员工的底气源于反复操练，也来自深圳电网成熟的网架体系。近年，深圳供电局加快建设“清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能”的超大城市新型电力系统标杆，建成全国首个超大城市数字电网，用户年平均停电时间降至7.5分钟/户。

十五运会保电开展以来，南方电网坚持“全网一盘棋”，从桂琼黔滇四省调配304名技术骨干支援深圳。深圳供电局建立“五长联保”机制，累计投入保电人员32200人次、保障车辆5631台次，圆满完成22项正式比赛以及倒计时100天活动、火炬传递、闭幕式等任务。

十五运会虽然落幕，光的故事仍在继续。深圳供电人的身影，早已融入灯火，与这座城市一起续写下一页的新篇。

国家重点研发计划项目取得重大突破——

贵州：首个直流“建筑充电宝”成功运行

■陈举 王扬

11月24日，南方电网贵州电网公司电力科创园近零碳示范区光储直柔示范工程成功并网投运，标志着国家重点研发计划项目——“基于‘光储直柔’的低碳园区多能协同与碳管控技术研究与应用”取得重大突破。“这个项目的建成投运，就像是一个大型‘建筑充电宝’，也是目前贵州首个‘建筑充电宝’。”南方电网贵州电网公司专委会专职委员张竹奎说。

什么是“光储直柔”？张竹奎介绍，光储直柔是一种面向新型电力系统的新型建筑能源技术体系，它集成了光伏发电、储能系统、直流配电和柔性用电四大技术模块，旨在构建高效、低碳、智能的能源利用模式，实现建筑能源的高效利用和低碳转型。

光伏发自用，余电自动储存

“作为这一项目的核心技术之一，‘光储直柔’是在建筑能效提升基础上进一步实现电能替代与电网友好互动的新型建筑配用电技术，核心是将建筑从‘能源消费者’转变为‘产储调碳汇者’。”张竹奎说。直流与交流相比具有形式简单、易于控制、传输效率高等特点，通过直流方式整合光伏发电、储能电池、柔性负载，形成自洽的闭环电力网络，实现建筑电力的自给自足和高效利用，有效地助力电力科创园整体零碳示范项目建设。

贵州电网公司建设“光储直柔”新型配电网系统，通过屋顶光伏、停车棚光伏、光伏围栏等分布式能源的开发，实现绿色用能和直流供电。光伏发自自用，余电自动储存，夜间通过储能系统再对大楼进行供电。光伏与充电桩、直流空调、直流照明等连接起来，提升光伏发电利用率，直接降低建筑运行碳排放16%。

“光伏发出的是直流电，大部分用电设备实际用的也是直流电，相对于传统交流用电，系统需经过‘直流—交流—直流’多次转换，‘光储直柔’采用直流直供模式，减少2次交流转换环节，整体效率从85%提升至95%以上。”张竹奎说。在电力科创园，光伏发电后直接为大楼核心办公区提供直流电，用电能效可以提高10%以上。

目前，电力科创园设有750伏、375伏和48伏三种电压等级的直流电，750伏为直流母线电压，375伏适用于充电桩、空调等大功率用电，48伏则用于照明、办公等小功率用电。

“直流48伏电压对人体而言非常安全，如果不小心碰到也不会有生命危险。”张竹奎说。改用直流电，电源侧与用电侧的打法变成了简单的从A到B，B到A，不仅可以取消直流设备与电网之间的交直流变换的复杂环

节，还可以拥有能效提升、可靠性提高、变器成本降低、设备并离网和电力平衡控制更加简单等诸多优势。

如今，科创园已建成“光储直柔”直流供电系统，同时还促进了国内外首个园区多层次闭环交流混合配电网建设，推进了“光储直柔”技术的产业化进程。

建筑用电和电网“互动”起来

“我们运用碳排放多元化管控技术，将这些用电设备的情况体现在后台建筑智慧碳管控平台上，能耗量、碳排放量等数据一目了然。”贵州电网公司电力科学研究院配网技术研究中心总经理徐玉韬说。通过分楼栋、分楼层、分区监测楼宇用能情况，可为制定节能管控措施提供依据。

在电力科创园每一栋大楼楼道、办公室、天花板等角落内，贵州电网公司制定了差异化节能降碳减排方案，部署了上百个传感器，照明亮度、高效变频多联式空调+新风系统的温度等皆可根据人流量、气温、光照而自动调节。在光伏项目建设、规划设计、运维、并网等方面提供支持，助力示范区达到降碳45%以上的目标。

“相较传统建筑，这里的建筑智慧碳管控平台可以将建筑负荷当成‘充电宝’，在白天新能源发电充足时这些建筑负荷就会多用电。”徐玉韬说，在晚间，新能源不发电时，建筑负荷就会少用电，就像热水器等负荷已经储存了热水，热水中储存的热能等能量就会释放出来。这种负荷与新能源的互动促进了新能源消纳，进一步提升建筑的节能降碳成效。

在“电动贵州”的背景下，电力科创园还建设双向充电桩，开展车网互动技术应用示范，可实现新能源汽车有序、柔性充放电，降低峰时负荷60千瓦。

通过集建筑“光储直柔”、用电感知与负荷柔性调节于一体，以及车网互动、超充、碳排放监测管理等技术应用，成功打造了城市中心区新型电力系统技术的综合示范，每年可节约16.15万千瓦时电，减少二氧化碳排放约80.57吨，相当于植树约8000棵。

徐玉韬说，通过应用一系列技术，大楼能耗强度远低于近零能耗建筑标准，同时积极参与绿电绿证交易进一步补足能源绿色属性，最终实现全绿色用电与全零碳运行。

智慧碳管控平台是南方电网省区范围内第一个园区级碳监测、追踪和管控系统。研究过程中还提出了可推广的低碳园区建设路径及建设模式，相关成果写入中电联《电力服务零碳园区建设研究报告》，为我国低碳园区建设提供了可借鉴推广的方法和范例。

探索「红色资源+绿色能源」协同发展潜力 绿电让百姓日子越过越红火

■本报记者 张胜杰

沂蒙山区作为中国革命老区的代表，拥有深厚的红色文化底蕴和丰富的绿色能源资源。近日，由中国电机工程学会农村电气化专业委员会和山东省乡村振兴研究会联合主办的“红心永续 绿电兴农”2025年电力赋能革命老区高质量发展会议在此召开。来自老区建设、乡村振兴、农村电气化方面的专家学者和老区供电单位的专业人员齐聚一堂，共商创新发展模式，旨在打造可复制的革命老区高质量发展样板。

■智慧绿色农网 让农村用电更可靠

“盼稳电、盼省电、盼安全电”，是沂蒙老区乡亲们对美好生活的热切期盼。

为此，国网山东电力立足老区资源特点，积极探索电力帮扶长效机制，选派多批第一书记扎根老区乡村，打造柏林片区、范家台村等示范样板，大力支持老区风电、光伏等新能源项目并网消纳，推动电力服务与特色产业深度融合，让“满格电”成为老区发展的“硬支撑”。

“公司将电网升级改造作为乡村振兴的头等工程，让绿色可靠电能成为照亮老区美好生活的第一束光。”山东临沂供电公司营销部主任周忠堂说。

电网焕新容量倍增，也让农业生产更高效。周忠堂介绍，“十四五”以来，公司大力推进农村电网巩固提升，科学编制农网规划，实施“一村一案”精准改造，累计新增及改造配变4600余台、改造低压线路2450千米，户均容量提升至3.01千伏安，有效保障了15万多山区农户的用电需求。

“电稳了，心也定了。村里办起加工厂、冷库，咱们在家门口就能挣钱，日子越过越有奔头！”平邑县范家台村村民王大姐感慨道。

今年金秋时节，沂蒙山深处的临沂平邑县范家台村1300余亩果园里，黄桃、山楂、苹果挂满枝头，格外喜人。

“以前山上的果树，得用柴油机抽水，浇透1亩地得花费近20块。自从有了取电亭，到这儿扫码插上插头就行了，浇一亩地才不到6块钱，方便又省钱。”谈到新上的“共享灌溉”，村民李成伦高兴地说。

变化要从国网山东电力派驻该村第一书记郭源说起。2024年驻村后，郭源发挥专业优势，对电力线路进行升级改造，新建10千伏线路2.5公里，延伸改造线路5.5公里，累计消除过载、低电压台区30个，建成稳定可靠的联络供电模式，为沿途8个行政村、15个自然村的1万多乡亲，送上更加稳定可靠的电力。

■电力主题文旅 让红色旅游更低碳、更火热

“在红色旅游发展较快的地区，将分布式新能源开发利用与景观设计理念相融合，不但美观时尚，而且还为景区用电设施提供绿色能源，优化了景区能源供应结构。”国网能源研究院高级工程师闫润说，比如太阳伞、光伏亭、光伏长椅、微风发电树等。

临沂有孟良崮战役遗址等217处红色资源，但传统景区能耗高、体验弱。“我们以绿电为画笔，在红色热土上描绘‘零碳文旅’新画卷，让革命老区在绿色发展焕发新生。”周忠堂说。

如今，在朱村、孟良崮等10个核心红色景区，新能源汽车在沂蒙老区的高速公路上川流不息，在乡村山野间肆意驰骋，成为了一道流动的绿色风景线。与此同时，还建成了屋顶光伏3675千瓦、雨棚光伏588千瓦，安装风光一体化路灯90台，配置800千瓦时储能，实现了景区绿电供应，同时配套建设全电零碳民宿，显著提升了游客体验，年接待游客突破10万人次，旅游收入增长30%。

不仅在山东，绿电如今还在持续赋能我国大部分的景区。初秋时节，在河北省石家庄市平山县西柏坡村，闫二鹏经营的招待所生意兴隆，游客络绎不绝。西柏坡作为红色旅游胜地，吸引了大量游客前来感受历史的厚重。

据平山供电公司负责人介绍，西柏坡柏里水乡全电景区及北庄村“一村一品”等电气化项目成功运营，不仅展现了红色旅游的绿色低碳，更创造了大量的就业岗位，每月用工量超过2000人，带动村民人均收入从1.2万元增至2万元，村集体年收入从几十万元猛增至120万元，实现了经济效益和社会效益的双丰收。

■电力赋能革命老区 高质量发展

电力是推动革命老区经济发展的重要支柱，也为当地的现代化提供了有力支持。然而，新能源高比例接入过程中产生的矛盾，成为农村配电网的主要挑战。

据中国电力科学研究院教授级高级工程师侯明介绍，我国县域配电网还存在着供电压力大、网架薄弱、供电能力低、自动化水平低等难题。

“比如，仍有部分偏远地区未通电或依靠柴油发电机供电，这些地区主要在新疆、西藏等边疆地区。同时，部分县域配电网与主网联系薄弱，存在大面积停电风险。”侯明举例说，另外，有些地市配电网自动化覆盖率低，部分配电网还是盲控盲调。一些县域配电网还没有实现馈线自动化，不能快速切除故障，停电时间长。

为全面赋能革命老区高质量发展，中国电机工程学会、山东省乡村振兴研究会，携手山东、河北、浙江、福建、湖北、江西、陕西、广西等八省电力公司在本次大会上发布了《电力赋能革命老区高质量发展倡议书》。其中包括，坚守央企政治责任，保障乡村电力供应，传承红色基因，以绿色电力赋能老区全面振兴；服务“双碳”战略大局，构建清洁低碳、安全高效的乡村新型能源体系，助力实现“双碳”目标；推广绿色能源应用，发展分布式光伏与储能，建设生态宜居、环境优美的和美乡村等。

谈及未来农村发展的新场景，中国能源建设投资集团有限公司总工程师徐进表示，今后应构建柔性微电网，打造“零碳村庄”，朝着具有“两自四化”，即“自安全、自平衡、小量化、绿色化、数智化、共享化”特征的农村自治型智能微电网方向发展。

中国电机工程学会农村电气化专业委员会主任委员李明表示，未来将围绕红色革命老区电力发展的关键技术和瓶颈问题，组织力量开展联合攻关和前瞻性研究，搭建更多高水平交流平台，促进产、学、研、用深度融合，深入一线调研，了解实际需求，推动电力企业与地方政府、相关产业的精准对接，让老百姓的日子越过越红火。