

“十五五”将加快构建主配微协同新型电网平台

■本报记者 苏南

“党的十八大以来，我国电网坚持统一规划建设，统一调度管理，规模持续扩大，输送效率稳步提升，保持了长期安全稳定运行，取得了历史性发展成就。”国家能源局电力司司长杜忠明近日在“2025年(第七届)全国电网技术交流会”上介绍，我国建成世界上规模最大、最复杂的输变电工程，形成区域电网为基础，区域间异步互联的全国联网格局，有效支撑了电力安全可靠供应，保障了我国每年8000万千瓦新增用电负荷的需求。

在业内专家看来，“十四五”时期，我国实现从“用上电”向“用好电、用绿电”的跨越。展望“十五五”时期，随着新能源渗透率、电力电子化程度、供需随机性持续提升，电网发展面临安全保供、技术创新、体制机制等多重挑战。

■“十四五”时期成绩斐然

刚刚发布的《中国电网工程技术发展报告2025》(以下简称《报告》)显示，截至2024年，全国220千伏及以上输电线路长度96.1万公里，同比增长3.5%，变电设备容量达到57.8亿千瓦，同比增长4.9%。2024年全国电网工程建设投资达到6083亿元，创历史新高，同比增长15.3%。

从输、配电网投资结构看，2014年以来配电网投资已连续11年超过输电网。2024年，220kV及以上电压等级输电网完成投资2666亿元，同比增长20.5%，110kV及以下配电网完成投资3216亿元，同比增长10.1%。

“今年1—8月，电网工程完成投资3796亿元，预计全年将超再创新高。”国电总院电网工程咨询院院长唐剑介绍，截至2024年底，我国建成投运特高压工程20项，输电容量合计约1.6亿kW，线路长度约3.5万公里，建成投运交流特高压工程22项，变电站40座，线路长度约2万公里；目前已形成特高压“20直22交”格局。“截至2024年底，国内在建重点输电工程11项，其中1000kV特高压交流输电工程3项，±800kV特高压直流输电工程6项，海上风电柔性直流送出工程2项。”

“电网安全稳定运行水平持续提升，城乡平均供电可靠率达99.9%以上，用电报装‘三零’服务实现全覆盖。”杜忠明强调。

■未来五年发展面临多重挑战

“十五五”时期是实现碳达峰目标的决胜期，也是新型能源体系和新型电力系统建设的攻坚期，电网发展面临多重挑战。

首先，高比例新能源接入对电网承载能力提出极致要求。“十四五”时期，我国新能源年并网装机容量持续高位增长，部分地区已出现“新能源等电网”现象。大规模新能源开发对输电通道、主干电网、配电网承载能力提出更高要求；一方面，新能源基地远离负荷中心，需建设更远距离、更大容量的输电通道；另一方面，分布式新能源爆发式增长，配电网需不断提升开放接入、协调互动能力，传统电网规划与运行模式难

以适应高比例新能源并网需求。

其次，电力系统转型期安全运行风险持续增大。“国外大型停电事故频发，凸显高比例新能源接入下电力系统安全运行的脆弱性。”杜忠明强调，新能源出力不确定性增强、源网匹配度下降，导致电网安全运行风险和压力持续增大。“从国际大停电事故看，大规模新能源并网与电力电子设备广泛应用密切相关，需贯通‘发—输—配—用’各层级、各环节安全治理机制，完善源网荷储协同控制体系，防范系统性风险。”

第三，人民群众生活改善和产业升级对供电服务水平提出更高期待。电动汽车充电桩、分布式新能源、精密加工、芯片制造等，均对供电可靠性、电能质量、绿色用能提出更高要求。“电网需提升灵活调节能力、智能化水平和绿色服务能力，满足多元化、高品质用电需求。”杜忠明表示。

另外，复杂环境与资源约束加剧电网建设难度。《报告》指出，“十五五”时期，西北“沙戈荒”、西南水电等大型能源基地外送需求迫切，但输电走廊资源日趋紧张，甘肃河西走廊、四川大熊猫保护区、长江跨点位等关键断面资源约束突出。“同时，高海拔、深远海、极寒等复杂环境下的电网建设面临绝缘、施工、防护等世界级难题，需突破地域空白区、施工无人区等超常规建设挑战。”

■未来需构建新型电网格局

如何在“十五五”时期构建适应新型电力系统的电网？业内专家普遍认为，未来五年，电网发展需坚持统一规划设计、协调运行控制、贯通安全管理、创新技术管理的基本思路，加快构建主配微协同的新型电网平台。

杜忠明建议，未来需要加强各级电网统一规划，一体推进主干电网、配电网和智能微电网发展。“科学规划跨省区输电通道和电力数据工程，构建坚强主干电网网架，筑牢安全保护和清洁能源广域调配基础；增强配电网承载多元开放接入和协调互动能力，强化分布式新能源就地消纳；因地制宜建设智能微电网，融入终端绿色用能场景，提升电网末端供电可靠性。”

唐剑补充，还需优化区域电网主网架结构，探索潮流控制等技术提升输电能力，合理控制特高压电网与主网架联系强度，探索立体化组网方案。“针对输电走廊资源紧张问题，要强化国家层面顶层设计，提前预留走廊资源，建立跨行业跨部门协调机制，推广紧凑型、共享型走廊集约化技术。”

“十五五”时期，我国需聚焦大规模新能源输送、复杂环境电网工程、数字化智能化等领域，推进原创性、引领性技术攻关。《报告》认为，在新能源输送技术方面，要加快发展特高压柔性直流输电、新型智能输电、全直流组网等技术，研发更高电压等级、更大容量功率半导体器件；在复杂环境工程技术方面，攻关高海拔、高地震烈度地区输电工程设计，突破500千伏高压大容量电缆水下敷设技术；在数字化智能化技术方面，推进数字孪生、装备智能感知与决策融合，研发电力人工智能大模型”。

日前发布的《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划的建议》提出，前瞻布局未来产业，推动量子科技、生物制造、氢能和核聚变能、脑机接口、具身智能、第六代移动通信(6G)等成为新的经济增长点。

国务院发展研究中心原副主任、中国国际经济交流中心副理事长王一鸣认为，“十五五”时期，我国氢基能源与传统工业、传统交通、传统能源的融合发展将成为新能源制氢主要应用场景，也将成为绿氢产业链创新实践的重点领域。要强化应用场景导向的科技攻关，针对工业、交通、能源三大主战场，加强科技攻关，持续降低氢能应用成本，通过场景需求倒逼技术创新，形成“研发—示范—迭代”的良性循环。

国家发改委原副主任、中国国际经济交流中心特邀主任张晓强预测，到2030年，我国绿氢产量完全有可能达300万吨以上，形成万亿元以上大市场。

■顶层设计提振行业信心

我国氢能产业经过“十四五”时期的发展，正从试点探索进入有序破局和规模化应用的新阶段。王一鸣分享一组数据——截至2024年底，全国氢气产能超过5000万吨，生产消费规模超过3650万吨，位列世界第一。可再生能源电解水制氢产能超过每年12万吨，建成加氢站超过540座，推广燃料电池汽车约2.4万辆。

关于我国氢能产业发展的成效，张晓强指出，截至2024年，我国已形成绿氢产能12万吨，占全球比重近50%；《氢能产业发展中长期规划(2021—2035年)》提出的“2025年可再生能源制氢量达到10万—20万吨/年”，预计可以达成；2024年12月底全国氢气生产侧价格降至每公斤28元，消费侧价格降至每公斤48.6元，同比分别下降15.6%和13.7%。

多位业内人士表示，《中共中央关于制定国民经济和社会发展第十四个五年规划的建议》明确将氢能列为前瞻布局的未来产业，给了行业极大信心，意味着氢能产业将从示范探索迈向规模化商业化发展的黄金期。

■各地探索多元发展新路径

自2021年首批国家燃料电池汽车示范城市群启动以来，地方政府始终是氢能产业落地生根的“主力军”。

被称为“中国氢能产业之都”的佛山，当前正积极探索构建相关政策支持体系。

“我们逐步构建起涵盖制、储、加、运、用全产业链，具有八大关键零部件生产能力的氢能产业集群，一大批优质企业和项目汇聚在

此。”佛山市长白涛介绍。

目前，佛山南海区的应用场景也被充分激活。据南海区委书记顾耀辉介绍，南海已建成加氢站17座，投用氢能公交1350辆，两轮车超1万辆，氢能油船、无人机全面落地。氢农业全面落地，“氢能进万家”智慧能源示范社区建成投用，家用氢气机、氢咖啡机、氢水杯等产品加速走进百姓家庭。

山东凭借化工大省的优势，已形成氢能产业链。山东省工信厅总工程师孙京军介绍，目前山东正推进“氢进万家”科技示范工程，在港口、物流、工业园区等领域拓展应用场景。

“我们期待与南海在绿氢资源对接、技术研发等方面深化合作。”包头市委常委、常务副市长林立表示，包头依托千万千瓦级风光资源，正打造全国首座全场景绿氢自循环创新之城。通过华电绿氢等项目，包头绿氢成本仅为全国平均水平的60%，未来有望降至每公斤个位数。

中国国际经济交流中心秘书长张永军表示，各地实践全方位展现我国氢能产业因地制宜、协同共进的蓬勃活力。“既有各地政策的精准托举、技术的硬核突破，也有场景的创新拓展。”

■跨区域协同合力共赢

“看到成绩的同时，也应看到我国氢能产业，特别是绿氢发展仍存在一些需要关注的问题。”张晓强说，一是关键核心技术攻关仍需攻克，质子交换膜、运输和加氢以及固态、液态氢等方面的难题，抬高了绿氢成本。二是我国“风光”装备制造快速增长，但主要在西北地区，距离负荷中心远，本地消纳难，制约绿氢发展。三是我国绿氢发展首先推动在交通领域突破，以商用车、重卡等为重点的方向恰当，但电动汽车快充技术迅猛发展，一定程度削弱了燃料电池车的竞争优势。

对此，张晓强建议，下一步我国氢能产业发展要继续做好关键核心技术体系化攻关，而且要高度重视人工智能及大数据等新兴科技发展对氢能的重要影响。

在中国科学院院士邹才能看来，我国氢能工业发展一定要建绿氢大基地，通过全国一张网的跨区域协同，形成绿氢工业体系。

“氢能产业绝非单打独斗的竞技场，而是协同共赢的舞台。”顾耀辉指出，未来唯有融入全国大局，链接全球资源，氢能才能行得更稳，走得更远。“我们要将以更开放的姿态、更务实的行动主动借鉴学习兄弟城市的先进经验，围绕技术攻关、标准共建、场景联动、产业协同等方面开展务实合作。”

时代潮流。

■向海借能，竞逐能源未来

在全球能源格局深刻调整、地缘政治日趋复杂的今天，“推动海洋科技实现高水平自立自强”“提高能源自给率，保障国家能源安全”，不仅是时代抛出的考题，也是浙江必须肩负的使命。

今夏，浙江全社会最高用电负荷一度攀升至1.31亿千瓦，四次刷新历史极值。作为能源输入大省，浙江对能源安全的渴求无比迫切。三条“西电东送”的特高压动脉为浙江注入了远方的清洁能源和无限“风光”，但浙江深知，安身立命的本领必须源于自身。

向海借能成为必然选择。在浙江沿海，百米风机巍然屹立，将“风的故乡”变为“电的海洋”；光伏矩阵将阳光转化为源源不竭的绿色动力；全球首个核电领域的“灯塔工厂”三门核电平稳运行，年发电量超200亿千瓦时；世界首座3.4兆瓦LHD模块化大型海洋潮流能发电机组“拨动”潮流，奏响科技创新与绿色发展的协奏曲……

如今，将这些“绿色珍珠”串珠成链的“金钥匙”，正紧握在国网浙江电力“国蛟一号”团队手中。他们自主研发出国内最高电压等级640千伏超高压直流电缆综合性能试验平台，不仅支撑海上清洁能源开发，更打破国外材料技术的封锁。他们在海底敷设的不仅是输电通道，更是保障国家能源安全的“生命线”。

浙江的雄心不止于发电，更在于造装备与定标准——一条涵盖风机、光伏、储能的完整新能源产业链在温州蔚然成型；国内首艘万吨级载货量新型海缆施工船“启帆19号”为远海清洁能源开发蹚出“海上高速公路”；“国蛟一号”团队主导构建起海上输电技术领域的立体化标准体系，开辟“海上能源丝路”……

此刻，我们终于能回答开篇之问：浙江离海洋到底有多远？

浙江从未像今天这样，与海洋如此亲近。当浙江的脉搏与潮汐同频，当万千人的奋斗与海洋的深邃相融，这片土地便真正跨越了地理束缚，将海洋优势转化为发展胜势，拥有了向海寻路、凭洋问途的无限可能。

美丽之江 向海图强



图为舟山市北部海域的岱山4号海上风电场，为浙江绿色石化基地用电需求提供支持。姚峰/摄

40吨金枪鱼，每天“吃”掉4万度电，相当于一台家用电器连轴运转833天。

如此庞大的用电量，如何为“新鲜”减负？当地供电公司给出“向天借光”的绿色答案。27616块光伏板在厂区屋顶铺开一片“蓝海”，年均发电量高达982万千瓦时，为企业年省360多万元电费。

当技术为“鲜”赋能，一场由“新农人”引领的生态变革也在东海边悄然展开。

2021年，刘永虎告别三尺讲堂，投身海岛鱼塘。今年春天，40万尾深海大黄鱼游进舟山六横海洋牧场综合体，在仿野生环境中悠然生长。更令人惊喜的是，当智恒温控系统入驻后，电费直降10%。看到电费账单的刘永虎啧啧称奇，笑称自己成了“数字渔民”。

同一年，老吴决定加入刘永虎的海洋牧场，将跟了自己半辈子的渔船电气化改造成观光艇。昔日的渔船摇身一变，成为游客争相体验的“海上会客厅”。越来越多的渔民在家门口端起“生态饭”，开起渔家乐、当起护海员，日子越过越红火。

探海寻鲜成功，保鲜更是关键。为此，专注金枪鱼深加工的大洋世家构建了一条从捕捞、运输到仓储的“-60℃超低温冷链”，锁住深海至鲜。智能车间内同样上演着“速度与激情”：全自动生产线日均流转

个更可持续、更富潜力的蓝色未来。

再看今日东海，渔业资源蕴藏量显著回升，一尾难觅的深海大黄鱼成群溯回。新型渔业形成“蓝色碳汇”，年固碳总量达7.48万吨，生态效益堪比5万亩广袤森林，曾经“耕海牧渔”的田园诗画实现返璞归真。

■凭洋问途，丈量世界深度

10月14日，自宁波舟山港启航的“伊斯坦布尔桥”号货轮抵达英国弗利克斯托港。这条穿越北极圈的“冰上丝绸之路”单程仅需20天，比传统航线缩短一半，成本降低三成。

航路，决定出路。随着“中欧北极快航”的开通，全球地缘政治的棋盘上落下一枚意味深长的棋子——全球贸易正从“运河时代”迈向“极地时代”，“中国制造”赢得更安全、自主、高效的战略空间。与此同时，海洋经济也不再是简单的资源开发，要“更加注重创新驱动、高效协同、产业更新、人文和谐、合作共赢”。

“父辈那个年代，港口装卸靠的是肩扛手抬，比的是力气。现在我们比拼的是效率、是智慧、是连通世界的网络。”在宁波舟山港远控桥吊司机钱斌眼中，这座全球年货物吞吐量第一的超级大港，早已超越一

个港口的范畴，正向着国内大循环的战略支点、国内国际双循环的战略枢纽演进。

如今，宁波舟山港不仅是“中国制造”的出海直通车，更是迎接全球优质资源的门户。一辆产自重庆的新能源汽车，通过江海联运“一箱到底”，在TOS智慧系统调度下，从“出山”到“出海”仅需48小时。当外贸“新三样”漂洋过海之时，制造它们的矿石原料正源源不断地经由港口进入内陆。一出一进之间，一条连接内陆与海洋的万亿级产业走廊因此而脉动不息。

“中国速度”背后，国网浙江电力布局的“港口智慧用能生态圈”正在释放巨大效益。在终端，港口岸电与设备“油改电”，船舶告别黑烟、靠港即“静音”；在源头，梅山港区“风光储一体化”示范项目实现源头“绿电”直供，年减碳排放约2.26万吨；在调控端，数字化能储管控平台与岸电“奖补+电价”模式实现“能碳”智慧管理，让岸电接电效率提升三倍。十五年“绿色长跑”，宁波舟山港已成长为集“风光储岸”于一体的绿色低碳港口，为全球港口转型升级提供了生动的“中国样本”。

曾经“宁波数箱子、香港数单子、伦敦数票子”的历史，正随着柴油烟味一同消弭。浙江，这片自古便以“东南孔道”连接世界的土地，再次被推向经略海洋的