

# 做好“三个示范”，巧解能源“不可能三角”



国网青岛供电公司开展“清风暖阳”行动，主动服务新能源并网与消纳。盛金钊/摄

■ 陈楷

2026年2月，青岛市被确定为首批新型电力系统建设能力提升十个试点城市之一。国网青岛供电公司探索构建可评价、可复制、可推广的新型电力系统建设体系，为新型电力系统建设贡献青岛实践。

传统电力系统以安全可靠为核心，兼顾经济优质，而新型电力系统将绿色低碳放在首位，同时关注安全可靠与经济优质，三者构成能源“不可能三角”。绿色低碳的新能源在安全可靠上有先天不足，也不可避免对电网经济优质带来影响，这是能源“不可能三角”的基本事实。党的十八大以来，党中央创造性提出“四个革命、一个合作”能源安全新战略，为推动“不可能三角”向“可能三角”转变提供了根本遵循。

公司围绕新型电力系统试点城市建设，构建“3564”新型电力系统建设体系，即聚焦能源生产清洁化、能源配置智能化、能源消费电气化“三化”总要求，构建以“五

高”为特征的新型电力系统目标体系，探索“六要协同(源、网、荷、储、数、碳)四新赋能(新系统、新技术、新市场、新政策)”建设路径，努力做好“三个示范”，力争巧解能源“不可能三角”。

**坚持顶层设计，构建以“五高”为特征的新型电力系统目标体系，做好目标示范**

公司紧扣新型电力系统“清洁低碳、安全充裕、经济高效、供需协同、灵活智能”发展方向，把握高渗透率、高承载力、高可靠性、高智慧性、高经济性“五高”特征，构建新型电力系统目标评价体系。随着新能源逐步处于主导地位，光伏、风电等新能源成为装机和电量主体，新型电力系统呈现新能源高渗透率，该特征以新能源装机占比、出力占比等指标评价。为支撑分布式电源、充电桩等资源全接入，满足新型负荷增长及安全稳定运行，新型电力系统必须具备高承载力，该特征以分布式光伏、充电桩接入率等指标评价。为应对新能源波动、新型负荷等

挑战，确保电力供应稳定，新型电力系统必须具备高可靠性，该特征以供电可靠率、户均容量等指标评价。为增强源网荷储等全要素实时感知和处理能力，满足用户实时交易需求，新型电力系统必须具备高智慧性，该特征以新能源预测准确率、光伏“四可”能力等指标评价。为提升资源配置效率和度电经济价值，降低全社会综合用能成本，满足可持续发展要求，新型电力系统必须具备高经济性，该特征以度电GDP、投入产出比、线损率等指标评价。

**坚持系统观念，探索新型电力系统“六要协同 四新赋能”建设路径，做好路径示范**

公司探索新型电力系统“六要协同 四新赋能”建设路径，做好巧解能源“不可能三角”的路径示范。一是以“六要协同”解决安全可靠不足问题。公司以“双碳”为评价依据，以数字化转型为支撑，强化电力生产、传输、消纳、调节等核心环节硬件建设，推进“六要协同”，系统解决安全可靠问

题。服务新能源有序发展，建立新能源统一规划机制，提高新能源渗透率，2030年新能源装机占比由61%提升至72%，解决供给侧绿色低碳问题；强化常规机组兜底保障作用，解决新能源高渗透率下电网稳定性不足问题。加快坚强电网建设，坚持主配微网协同发展，主网落地跨胶州湾交柔性互联示范工程，加快500千伏变电站布点、220千伏标准化分区，推动主网架由“C”型向“O”型转变；配网加快实施供电可靠性、户均容量提升等“四大攻坚行动”，2030年供电可靠率提升至99.999%，解决供电可靠性不足问题；微网加快风光储充一体化微电网建设，培育推广200个智能微电网项目。激活负荷资源价值，建立“荷随源动”需求侧资源管理体系，通过市场化机制激活可调节负荷资源，2030年充电桩达到55万户，市场化可调节资源达到200万千瓦。推动储能协调发展，推动退役常规机组转为独立储能，加快台区储能、钠离子电池等新型储能应用，2030年储能达到300万千瓦、占新能源装机14%。加速数字化转型赋能，打造“空天地”一体通信网络，建成数字孪生电网示范，打造26项“人工智能+”示范场景，满足全要素实时处理和用户实时交易需求。推动绿色低碳转型，加快港口岸电、电动重卡等领域电能替代，打造零碳园区等示范，2030年终端电气化率达到35%。打造青岛市产品碳足迹公共服务平台，为用户提供一站式碳足迹认证等服务。二是以“四新赋能”解决经济优质不足问题。公司以“四新赋能”为关键支撑，发挥新系统、新技术、新市场、新政策优势，以高科技、低成本解决经济优质问题。加快新系统构建，建成主配微一体的新一代调控交易指挥系统，构建地市级现货市场技术支持平台，实现主配微深度协同、新能源高效消纳和电力市场实时交易，推动安全调度向安全经济调度转型。推动技术创新，强化AI深度学习与边缘计算技术，提升源网荷储等大数据融合分析与决策能力，优化“气象+新能源”预测大模型，2030年新能源功率预测

**坚持先行先试，落地可评价、可复制、可推广的实践成果，做好成果示范**

公司坚持市县一体、因地制宜，做好新型电力系统成果示范。一是青岛打造可评价、可复制、可推广的“清洁能源半岛 新能源示范城”。通过构建“五高”目标体系，将新型电力系统五大特征指标化，打造面向地层面的评价体系示范，形成可评价的衡量标准。通过构建“六要协同 四新赋能”路径体系，打造新型电力系统全要素协同互动的路径示范，为其他地市提供可复制的参考借鉴。依托典型场景应用，打造一批新型电力系统示范工程，形成可推广的“青岛样板”。二是黄岛、即墨打造“零碳”示范县。黄岛重点推进海上风电建设，推广港口岸电和制氢应用，打造“风光储氢”一体化零碳示范。即墨依托汽车产业集聚优势，加快车网互动电站及充电桩建设，打造零碳交通示范。三是平度、莱西打造分布式和微电网示范。发挥平度、莱西整县分布式光伏规模化开发优势，采用集中汇流并网、构网型储能等技术，推动台区储能、一体化储能等技术应用，打造具备新能源消纳和灵活调节能力的乡村自平衡微电网等示范。

“十五五”末，青岛供电公司将通过做好“三个示范”，系统破解能源“不可能三角”难题。青岛新能源装机容量达到2150万千瓦，装机占比达到72%，发电量占比达到48%，实现绿色低碳。户均容量提升至6千伏安，户均停电时间压降至5.3分钟，实现安全可靠。度电GDP提升至24.2元/千瓦时，综合线损率压降至1.9%，实现经济优质。

(作者系国网青岛供电公司总经理)

## 生态环保结构性挑战 倒逼治理现代化加速升级

■ 本报记者 王林

日前，生态环境部召开“十五五”生态环境领域规划咨询座谈会。生态环境部部长黄润秋在会上指出，“十四五”我国生态环境质量持续改善，美丽中国建设迈出重大步伐。但同时也要看到，我国生态环境保护结构性、根源性、趋势性压力尚未根本缓解，生态环境质量改善从量变到质变的拐点尚未到来。

“十五五”时期是美丽中国建设承上启下、实现生态环境根本好转的关键时期。黄润秋强调，要充分衔接国家规划纲要，高质量编制实施“十五五”生态环境领域规划，科学制定实施“十五五”目标任务，加快推进固体废物和新污染物治理，加强生态保护修复监管，积极应对气候变化，有效应对各类生态环境风险，不断强化科技赋能和监测执法支撑，持续提升生态环境治理现代化水平。

■ 生态环境治理挑战犹存

当前，我国生态环境治理问题点多面广，矛盾新旧交织，压力累积叠加。一方面，发展方式绿色转型压力依然较大。当前绿色发展水平整体还不够高、基础还比较薄弱，资源环境约束总体偏紧。能源结构仍以化石能源为主，煤炭消费占比在50%以上，预计2035年前能源资源需求仍将保持刚性增长。产业结构仍以重化工为主，高耗能、高排放特征依然突出，“公转铁”“公转水”进程有待加快。

另一方面，环境污染和生态破坏的压力依然较大。生态环境质量稳中向好基础还不牢固，由量变到质变的拐点尚未到来。大气环境治理进入深水区，传统领域末端减排潜力收窄，重点区域秋冬季重污染天气时有发生。工业固体废物综合利用率仅60%左右，退役动力电池、光伏组件、风电机组叶片等“新三样”固体废物资源化利用压力加大。

同时，生态环境治理能力提升压力、生态环境风险防控压力依然较大。生态环境部指出，有的地方对正确处理发展和保护的关系认识还不够深刻，生态环境保护责任扛得不牢、落实不力。一些地方生态环境差异化管控不够精准，存在生态环保形式主义、“一刀切”、粗放管

理的情况。有的地方生态环境监管能力不足，监管缺失缺位。一些企业法律意识淡薄，环境违法行为多发，第三方机构造假、监测数据造假等问题仍较突出。生态环境法治建设、制度建设仍有待加强，基层生态环境队伍力量依然薄弱。

■ 固体废物治理脚步加快

伴随工业化、城市化进程，工业废物、建筑垃圾、农林业废物等固体废物快速增加，加强固体废物综合治理是推进美丽中国建设、加快经济社会发展全面绿色转型的重要举措。

根据生态环境部数据，“十四五”以来，我国固体废物治理能力显著增强，但固体废物产生总量仍处高位，每年各类固体废物的产生量超过110亿吨。其中，每年产生工业固体废物总量超过40亿吨，环境污染隐患不断上升，新型固废不断涌现。

生态环境部副部长李高表示，固体废物污染跟大气污染、水污染的特征不太一样，大气污染、水污染的特征是区域性、流域性的特征，固体废物污染的特点是点多面广，尤其是非法倾倒处置建筑垃圾、生活垃圾、工业固体废物等问题还没有得到根本遏制，造成环境风险隐患，滋生黑色利益链。

去年底，国务院印发《固体废物综合治理行动计划》，坚持减量化、资源化、无害化原则，强调源头减量与全过程管控、末端利用和全链条无害化管理，旨在加强固体废物综合治理。

生态环境部持续加强制度建设、标准制定和专项整治，推动固体废物从“末端处置”向“全链条资源化”转型。去年6月，启动非法倾倒处置固体废物专项整治行动，截至2025年底，全国共排查发现问题2.7万个，其中建筑垃圾、生活垃圾、工业固体废物问题分别占到45%、33%和10%，整改1.77万个问题，清理固体废物3460万吨。

今年以来，生态环境部已发布多项固体废物、废弃污染物等技术规范。3月1日起，《建筑垃圾污染控制技术规范》《光伏设备回收处理污染控制技术规

范》《废弃电器电子产品处理污染控制技术规范》《矿区历史遗留固体废物污染隐患排查评估技术规范(试行)》实施；7月1日起，《石油天然气开采业固体废物污染控制技术规范(试行)》正式实施。

■ 科技赋能现代化治理提升

加快构建现代化生态环境治理能力，推动科技创新与监测执法深度融合势在必行。4月17日，生态环境部为牵头用户的高精度温室气体综合探测卫星成功发射，这是国际上首颗主被动协同温室气体探测卫星，将进一步提升我国温室气体和大气污染物遥感监测能力。在应对气候变化方面，可支撑开展全球、全国及重点区域二氧化碳和甲烷柱浓度遥感监测。在大气污染防治方面，可支撑开展全球氮氧化物、臭氧、一氧化碳、氨气等气态污染物柱浓度遥感监测，以及我国和蒙古国沙尘气溶胶遥感监测。

生态环境部表示，通过强化科技支撑，将进一步筑牢监测根基。今年将加快推动生态环境领域科技创新，组织实施京津冀环境综合治理国家科技重大专项，优化涉企执法监管模式，完善分级分类差异化监管制度，构建智慧执法体系。推动大气监督帮扶数字化转型，健全智能化线索识别与全流程闭环管理机制。继续开展重点区域“清废行动”。着力推进执法机构规范化建设，提升碳排放等新领域执法能力，持续开展执法实战大练兵和稽查抽查，以科技赋能推动生态环境执法提质增效。

同时，深化智慧执法，提升督察效能。生态环境部将持续完善生态环境保护督察制度，深入推进第三轮中央生态环境保护督察。全面加强智慧执法监管，优化涉企执法监管模式，完善分级分类差异化监管制度，构建智慧执法体系。推动大气监督帮扶数字化转型，健全智能化线索识别与全流程闭环管理机制。继续开展重点区域“清废行动”。着力推进执法机构规范化建设，提升碳排放等新领域执法能力，持续开展执法实战大练兵和稽查抽查，以科技赋能推动生态环境执法提质增效。

“‘十四五’时期，北京市重点领域绿色低碳转型取得显著成效，碳排放总量稳中有降，圆满完成‘十四五’碳排放强度下降目标，万元地区生产总值二氧化碳排放保持全国领先水平。”北京市生态环境局应对气候变化处处长徐向超在近日举行的北京市应对气候变化工作新闻发布会上介绍，截至目前，北京优质能源消费占比超过99%；全市绿电消费大幅增长，占全社会用电量比例超三成，“也就是说，每用3度电就有约1度是绿电。”

通过地源热泵在冬季时从150米埋深的土壤中取热为建筑供热，在夏季时将室内空气中的热循环到地下土壤储存以供冬季使用，同时通过高效制冷机房将土壤中相对低温的水取出用于中央空调制冷，如此一来，不仅在建筑在供暖季可以完全脱离市政热力，并结合温湿度独立控制技术在一个供暖季还可实现约11.3万千瓦时的电能节约。这是记者近日在首都功能核心区看到的中海大吉巷项目先进低碳实践一角，尽显绿色建筑与城市更新深度融合的时代风貌。

作为北京首个大型商业办公零碳建筑，该零碳示范楼总建筑面积约3万平方米，全面引入地源热泵、光伏幕墙(BIPV)、装配式建造、光储直柔、V2G充电桩、直流照明、智慧运维等19项零碳建筑技术与举措，打造新型电力系统示范样板，实现建筑100%电气化，可再生能源利用率达到68%、综合节能率超过80%、减碳率达到75%，获得国家首批零碳建筑认证，以及北京市生态环境局“2025年度先进低碳技术优秀项目”等多项荣誉称号。

《中国能源报》记者在会上了解到，“十四五”时期，北京聚焦先进能源、低碳交通、智慧化管理、循环经济等领域，评选出华能北京热电厂燃气机组烟气余热利用项目、中国民航信息网络公司数据中心改造等60个低碳技术项目，累计实现年减排二氧化碳当量130万吨，并在全市乃至全国推广应用，成功破解了成本高、规模化落地难等难点问题，并聚焦先进制造、电力生产、数据中心等行业，共评选出14个“低碳领跑者”，有力带动了重点行业、重点领域低碳转型，取得良好的环境、经济和社会效益。

与此同时，“十四五”时期，北京深入贯彻国家应对气候变化战略部署，创新开展气候友好型区域建设。截至目前，全市已累计评选出20个气候友好型区域典型案例，涵盖社区、村、园区和生态文化空间。“这些案例通过各具特色的发展路径，在有效降低温室气体排放的同时，增强了区域气候韧性，为气候友好建设和转型提供可复制、可推广的样板。”北京市应对气候变化管理事务中心主任王玮说。

“应对气候变化是一项系统工程，需要全社会共同努力。”“十四五”时期，全市各部门协同发力，推动能源、产业、建筑、交通等重点领域加快绿色低碳转型，为全市应对气候工作打下坚实基础。”徐向超进一步强调。

徐向超介绍，在能源方面，北京优质能源消费占比现已达到99.7%；全市绿电消费占全社会用电量比例超过35%。在产业方面，北京落实首都功能定位，疏解退出高耗能、高排放、低效益的产业，大力发展高精尖产业和绿色低碳产业，第三产业占比达到86%。在建筑方面，通过推进建筑用能全面清洁化，大力发展绿色建筑，全市可再生能源供热面积达到1.4亿平方米。而在交通方面，北京一方面大力发展公共交通，2025年城市轨道交通运营里程达909公里；另一方面大力推进机动车新能源化，实施油改电，大力推进公交、出租新能源化，截至目前，全社会新能源车保有量超过130万辆，新能源车渗透率超过60%。

北京「十四五」重点领域绿色低碳转型成效显著

优质能源消费占比达99.7%，绿电消费占比超35%

■ 本报记者 全晓波