



■陈丽莎

一辆辆颜色泛黄、满载着矿石的重卡，裹在一片尘雾之中，缓慢行进——这是20多年前，浙江省安吉县余村靠着采矿发展集体经济的真实场景。20年后，蜕变尽在前眼。

●●告别粗放型发展

2000年前后，浙江高耗能行业伴随经济高速发展迅猛“生长”。彼时的余村靠着矿山、水泥厂发展村集体经济，一度让村子蒙上“满天灰”。“大炮一声震天响，黑烟灰尘雾茫茫。翠竹绿叶变颜色，白衣晒成黄衣裳。”曾是一名矿山爆破手的余村人汪茜青，还能想起以前村里流行的打油诗。随着工业化快速迈进，全国用电增长加速，能源紧缺问题随之而来。2003年前后，全国多地面临缺电困境。一边是环境污染，一边是能源紧缺，多重问题接踵而至。这也意味着，粗放型发展的老路迎来“黄灯”时间。

2005年8月15日，时任浙江省委书记习近平同志在余村考察，提出“绿水青山就是金山银山”的“两山”理念，引领之江大地发生绿色蝶变。在“两山”理念指引下，余村关停了矿山，村民纷纷投身生态旅游，汪茜青转型为余村护林员。浙江能源发展同样迎来变革，推进火电清洁化，积极发展核电，布局抽蓄，“风光”递增……一场指向绿色低碳的能源革命悄然兴起。

●●立体开发“补短板”

陆域面积仅占全国1.1%，一次能源自给率长期不足10%，这样的资源禀赋，“倒逼”浙江锚定“立体开发”能源资源。



齐鲁“风光”无限 绘就岱青海蓝

■王斌

2024年12月27日，随着滨州滨港华能集中式光伏项目建成投产，山东“风光”装机历史性突破1亿千瓦大关，达到1.002亿千瓦。山东成为全国首个光伏装机过亿的省级电网。

对比幅员辽阔、“风光”资源丰富的西北省份，山东“风光”资源禀赋并不突出，缘何能成为全球首个风光装机破亿资的省级电网？

●●“接得上”才能“送得出”

目前，山东已建成“五交四直一环路”全国最大省域交直流混联电网，国内首条“风光火储一体化”送电的陇东—山东特高压线路工程度重前竣工投产。这样坚强可靠的主网架，能够有效保障新能源“接得上”“送得出”。

在位于鲁北盐碱滩涂地的山东省千万千瓦级新能源建设基地，国网山东电力完善北部500千伏电网架构，加快建设潍坊、滨州、东营区域500千伏新能源汇集工程，构建起北部可再生能源基地“北电南送”输电通道。

坚强的主网架有力支撑了山东五大清洁能源基地送出，而可靠的配网则支撑了分布式新能源发展。山东是分布式光伏装机第一大省，为有力支撑分布式新能源接入，国网山东电力科学规划布局配电网，10千伏线路联络率率达到99.3%。同时，积极创新探索分布式光伏“集中汇流、升压并网”建设模式，试点开展“云储能”建设，助力分布式光伏可储可用。

除了坚强电网赋能，国网山东电力创新开展



陆地上，连片开发光伏的场景星星点点，但“星火”正在燎原。从空中俯瞰浙江，村庄、工厂、公共建筑等屋顶，都带着一抹深蓝，滩涂、盐碱地以及山坡上但凡平坦处，纷纷架起了光伏板。

渔光互补、农光互补成为新景观。采用“上层光伏发电、中层生物固碳、下层渔业养殖”三层立体减碳模式，浙江建成全国首个潮间带渔光互补光伏电站。

大型抽蓄进入规模化发展。截至2024年底，浙江在建抽水蓄能电站17座，总装机容量2090万千瓦；在运抽水蓄能电站7座，总装机容量768万千瓦，占水电总装机容量51.3%。

大海之上捕风聚能。随着中长期深远海风电场址研究的开展，华东深远海风电母港加快建设，未来千亿级海上风电产业的集群将推动浙江能源转型再上新台阶。

20年来，浙江能源结构越来越“绿”。截至今年6月，浙江电力装机总容量破1.65亿千瓦，可再生能源装机历史性超过火电。光伏、海上风电、储能从零起步，光伏成为第一大电源。

数据显示，今年上半年，浙江的人均用电量、发电量及用电量增长速度、新能源消纳率等，均居华东区域第一。

●●理念指引焕新颜

20年来，“两山”理念在浙江落地生根，逐步成为社会的坚定共识和自觉行动。通过“腾笼换鸟”“亩均论英雄”等一系列改革举措，浙江推动实现经济结构调整和增长方式的根本性转变。

工业、交通、建筑等全领域掀起脱碳行动。浙江新能源汽车保有量、充电桩数量均居全国第二，新能源装备产业规模超过7000亿元，有望突破一万亿元，光伏出口规模全国第一。



“电”亮绿意之江

20年来，浙江以年均5.5%的能源消费增速支撑了年均8.2%的GDP增长，单位GDP能耗、碳排放分别累计下降38.4%、56.0%，是全国能耗、碳强度降低最快的省份之一。

《浙江省生态环境状况公报（2024年）》显示，浙江省地表水省控断面达到或优于Ⅲ类水质比例为98.6%，设区市日环境空气质量优良天数比例达90.1%，生态环境质量公众满意度连续13年上升。

河道清澈，船老大不再戏称“看‘黄河’不用去黄河”。从矿山员工的孩子到文创石头创业者，回余村创业的葛军，领悟了“绿水青山”与“金山银山”的辩证关系。

深刻理解这种辩证关系，浙江还构建起价值转化的生态支撑体系，建立“电—能—碳”协同评估机制，将碳排放监测、绿电交易、碳汇开发等融入电力系统整体运作机制，通过绿电、绿证和碳交易多市场衔接，实现绿色电力的环境价值量化。

从寻求“两山”转化通道到实施能源“绿保稳”工程，浙江努力破解能源“不可能三角”难题，推动源网荷储一体化升级，从安全、绿色、经济多维度保障全省百姓用能。

20年来，浙江能源技术不断迭代，城乡供电可靠性位居全国前列，白马湖钙铁矿“电池转换效率两破世界纪录，省级能源大数据中心规模居全国前列。绿氢、绿色甲醇等未来绿色能源相继登场。聚焦日常生活的碳普惠机制被激活，企业在碳管理中收获降本增效。

深刻理解这种辩证关系，浙江也在“快”与“慢”之间找到了发展节奏。曾一味追求粗放的“快”，却付出了沉重代价，而适时速度“慢下来”，守住青山绿水，却得到可持续的高质量发展。

“生态+电力”的经验亮相联合国气候变化大会，为全球气候治理提供中国智慧。从余村到浙江，再到全国、全世界，绿色已然成为时代的鲜明底色。



绿电涌动八闽大地



图①为位于浙江长兴县雁陶村的光伏项目。

图②为福州—厦门1000千伏特高压交流工程开展年度检修。

图③为国网山东电力员工走访服务“渔光一体”生态园。

图④为安北—黑河换流站500千伏线路工程开展年度检修。

图⑤为安北—黑河换流站500千伏线路工程开展年度检修。

图⑥为安北—黑河换流站500千伏线路工程开展年度检修。

■闵何

多山多水多绿的福建，是习近平生态文明思想的重要孕育地和实践地，也是全国首个国家生态文明试验区。在“绿水青山就是金山银山”理念指引下，国网福建电力积极服务清洁能源发展，助推福建清洁能源装机、发电量占比连续多年实现“双过半”并保持全额消纳，让福建的生态高颜值与发展高质量同频共振。

●●智慧电网赋能——从精准预测到全链条消纳

截至今年4月底，福建清洁能源装机比重达56.7%，发电量占比达53.6%。成绩背后，离不开国网福建电力为破解消纳难题构建的智慧能源互联网——通过建设“四方互联”电力枢纽和特高压环网，提升清洁能源接纳能力；深化跨区域调度互济，依托华东联网、闽粤联网等通道工程，开展省间电力余缺互补；优化智能调度与预测，构建清洁能源大数据平台，实现“风光”天精准预测并通过水电、燃气电站多能互补调节波动性；建设新一代调度技术支持系统，通过AI算法提升新能源功率预测精度至95.8%。

在国网福建电力调度控制中心大屏幕上，福建省电力发电情况和输电线路、电力设备运行状态实时显示，调控人员以“毫秒级”响应守护电网安全。国网福建电力调控中心水电及新能源处处长王清源说：“调度控制中心是电力输送、统一调度的‘中枢大脑’，电网调度控制指令在这里精确发布。”

这一智能调度体系在灾害频发的福建历经多次实战检验。2024年迎峰度夏期间，面对高温、台风、暴雨三重冲击，国网福建电力成功应对全省最高用电负荷6次创历史新高，最高达5433万千瓦等挑战，迭代优化“137”防汛抗台保供电应急模式，有力应对闽西北地区极端暴雨和“格美”“康妮”台风。

在水口水电站，7台水轮机组实施扩容改造，装机容量增加21万千瓦，相当于用最经济的方式新增一座中型



护好森林黑土 打造绿色工程

■邢宇 凌澈清

黑土如油，林海似涛。在位于黑龙江黑河的安北—黑河换流站500千伏线路工程（以下简称“安北—黑河线路”）施工现场，黑龙江送变电工程有限公司施工员合力铺设进场管排道路。管排之下，那片湿润肥沃的黑土，是该工程穿越的最后一片环境敏感区。从线路规划时的毫米级测算，到施工过程中生态细节的悉心守护，再到技术创新里蕴含的绿色智慧，这项全长252.1千米的工程，正以“六精四化”的建设理念，书写着黑土地上电网建设的生态“答卷”。

●●规划中的绿色智慧——线路为生态让路

“多绕3000米，值得！”在工程指挥部，黑龙江电力建设公司工程技术人员王琦面前的地理信息（GIS）系统上，两条路径形成对比。原规划线路将直穿200亩黑土高产田，而调整后的线路则沿着农田边缘的防护林带蜿蜒前行，多出来的3000米路程，换来了这片优质耕地的安然无恙。

这样的精细调整，在整个工程规划阶段贯穿始终。作为横跨7个农场、12个林场的大型电力工程，安北—黑河线路从立项之初就面临着保供电与护生态的双重考验。黑龙江北部的黑土区是世界三大黑土带之一，每厘米黑土的形成需要数百年时间，而沿线的林区更是小兴安岭生物多样性保护的核心区域。

国网黑龙江电力坚持“六精四化”建设理念，让规划成为生态保护的第一道防线。在工程规划选址、可研设计、建设施工等各个环节贯彻绿色发展理念，推动电网高质量发展 and 生态环境高水平保护协同共进。工程开工前，该公司联合地方政府相关部门，应用GIS系统和无人机对工程规划的线路沿线开展全域扫描分析，使规划线路主动避开核心耕

水电站，有力保障福建电网新能源消纳和安全稳定运行。在各地的城镇、海岛、园区、乡村、校园，国网福建电力因地制宜布局了一批微电网示范项目，10个微电网（群）服务清洁能源高效利用。

●●创新集群崛起——从技术突破到产业领跑

福清江阴港畔，福建三峡海上风电国际产业园内，金风科技、东方电气、水电四局等头部企业云集，我国自主研发的各功率等级海上风电机组在这里相继下线。

距离产业园不远处的国家级海上风电研究与试验检测基地内，东方电气研制的海上风电机组正在传动链试验平台进行测试。“海上风电研究与试验检测基地将有助于加速风电装备新技术研发，突破大容量海上风电机组及大尺寸叶片制造技术瓶颈，进一步提升我国海上风电装备制造技术水平。”国网福建电科院新能源所风机室工作人员李彪介绍。

而在东山临港产业园，杏陈180兆瓦光伏项目的供应链网络中，漳州旗滨光伏新能源科技有限公司的光伏玻璃与太阳海缆（东山）有限公司的海缆“接”着绿电输送。

为筑牢清洁能源输送网络，国网福建电力首创“风雷冰污污”五防合一综合治理模式，差异化制定8类防灾减灾套餐，同时推行“百秒自愈”技术，实现城市核心区馈线自动化100%覆盖，故障秒级隔离。“产—研—用”深度融合的创新生态背后，技术攻坚始终在路上。

据了解，国网福建电力正加快构建新型电力系统规划体系，针对未来深远海风电规模化开发，加强电磁仿真等研究手段应用，防范宽频振荡、短路电流超标等安全风险；结合海上风电及沿海核电等大规模清洁能源开发，滚动推进饱和负荷目标网架调整优化与逐步实施，加强福建省内特高压网架结构，增强系统安全稳定性和新能源接纳能力。



绿电涌动八闽大地

绿电涌动八闽大地，清洁能源装机比重达56.7%，发电量占比达53.6%。成绩背后，离不开国网福建电力为破解消纳难题构建的智慧能源互联网——通过建设“四方互联”电力枢纽和特高压环网，提升清洁能源接纳能力；深化跨区域调度互济，依托华东联网、闽粤联网等通道工程，开展省间电力余缺互补；优化智能调度与预测，构建清洁能源大数据平台，实现“风光”天精准预测并通过水电、燃气电站多能互补调节波动性；建设新一代调度技术支持系统，通过AI算法提升新能源功率预测精度至95.8%。

在位于黑龙江黑河的安北—黑河换流站500千伏线路工程（以下简称“安北—黑河线路”）施工现场，黑龙江送变电工程有限公司施工员合力铺设进场管排道路。管排之下，那片湿润肥沃的黑土，是该工程穿越的最后一片环境敏感区。从线路规划时的毫米级测算，到施工过程中生态细节的悉心守护，再到技术创新里蕴含的绿色智慧，这项全长252.1千米的工程，正以“六精四化”的建设理念，书写着黑土地上电网建设的生态“答卷”。

●●施工中的生态创新——铁塔与自然共生

“注意角度，慢点儿放！”在小兴安岭生物多样性与水源涵养功能生态红线区，一台起重机将铁塔构件缓缓吊入预定位置。操作手刘晓宇紧盯着仪表盘，额头上渗出细密的汗珠。在这片被列为“极敏感区”的林地，任何不慎都可能对生态造成不可逆的影响。作为安北—黑河线路中环保要求最严苛的标段，这里的4基铁塔，每一寸建设都像是在“刀尖上跳舞”。

“我们为每基塔量身定制了‘环保身份证’。”施工项目部负责人马殿玉拿出的方案册，详细记录着每基塔的施工范围、表土剥离厚度、植被恢复种类，甚至精确到施工人员的活动轨迹。在这片敏感区，他们划定“生态保护圈”，所有施工机械和人员都必须在圈内活动，圈内的表土被小心翼翼剥离，装入特制的植生袋中，等待工程结束后“复位”。

工程2标段有4基塔位于小兴安岭生物多样性与水源涵养功能生态红线环境敏感区，施工人员将剥离的表土及开挖土石用植生袋装土拦挡、苫布苫盖，在临时堆土、表土层及砂石料堆放区域铺设彩条布。另外，对塔基永久占地区域剥离20厘米厚表土，施工结束后及时回覆并整治土地。每组立1基塔，完成表土剥离与回覆54立方米，铺设彩条布625平方米，苫盖密目网260平方米，整地及恢复



●●绿电价值裂变——从生态资产到经济动能

漳州六鳌半岛海域，漳浦海峽发电有限公司联合漳州市海洋与渔业局、福建省水产研究所，正在三峡福建漳浦六鳌海上风电场二期项目开启“海上风电+海洋牧场”新尝试。

云霄县列屿镇人家村村民委员会屋顶上，由72块光伏板吸收太阳能产生直流电，再经逆变器转化交流电，可直接全额上网，每年发电超6.5万千瓦时，收益2.5万元。

这种生态价值向经济价值的转化，得益于福建构建的绿电体系——一方面积极扩大参与绿电交易的项目范围，扩大省内绿电供给；另一方面积极引导企业绿电消费，扩大绿电绿证交易规模。2024年福建全年累计成交绿电19.49亿千瓦时，绿证135万张，同比分别实现增长154%和495%。

为满足企业绿色消费需求，福建自2022年省内绿电交易市场开市起，就将补贴到期的陆上风电项目纳入省内绿电交易准入范围。绿证全覆盖政策出台后，2024年又将平价海上风电和集中式光伏项目纳入绿电交易范围。目前，福建省绿电交易实施细则已正式印发，进一步将补贴尚未到期的新能源项目引入绿电市场，提升绿电供给能力。

不仅如此，福建还积极组织省内企业参与省间绿电交易，全力拓展省内用电企业从省外购买绿电的渠道。2024年首次通过省间绿电交易先后从山西、新疆购入绿电6060万千瓦时；今年4月组织省内充电桩用电企业从黑龙江购入夜间低谷时段绿电299.3万千瓦时。

在金融端，福建电力交易中心联合中国建设银行福建省分行创新绿色金融产品，省内首笔“绿电贷”“绿证贷”先后落地。

从深海养殖到屋顶经济，从政策破冰到金融创新，福建正以绿电为纽带，编织出一张覆盖山海生态价值网络。



绿电涌动八闽大地

绿电涌动八闽大地，清洁能源装机比重达56.7%，发电量占比达53.6%。成绩背后，离不开国网福建电力为破解消纳难题构建的智慧能源互联网——通过建设“四方互联”电力枢纽和特高压环网，提升清洁能源接纳能力；深化跨区域调度互济，依托华东联网、闽粤联网等通道工程，开展省间电力余缺互补；优化智能调度与预测，构建清洁能源大数据平台，实现“风光”天精准预测并通过水电、燃气电站多能互补调节波动性；建设新一代调度技术支持系统，通过AI算法提升新能源功率预测精度至95.8%。

在位于黑龙江黑河的安北—黑河换流站500千伏线路工程（以下简称“安北—黑河线路”）施工现场，黑龙江送变电工程有限公司施工员合力铺设进场管排道路。管排之下，那片湿润肥沃的黑土，是该工程穿越的最后一片环境敏感区。从线路规划时的毫米级测算，到施工过程中生态细节的悉心守护，再到技术创新里蕴含的绿色智慧，这项全长252.1千米的工程，正以“六精四化”的建设理念，书写着黑土地上电网建设的生态“答卷”。

●●管理中的生态坚守——全周期皆绿色

为最大限度保护沿线路森林黑土的原始风貌，项目部早在施工筹备阶段就组建了专项勘察组，对每基塔位的地形地貌、植被类型、土壤结构进行细致摸排，在此基础上精准规划物资运输道路，避免碾压原生植被。同时，优化施工平面布置，将临时用地压缩至最低限度，哪怕堆放材料的场地，也严格遵循“随用随清、动态恢复”的原则。

进入组塔阶段，一系列“微创新”让绿色施工落地更精准。物资材料按型号、用途分区堆放，并用环保隔板与地面隔离，既减少占地又防止土壤污染；摒弃传统人力开挖地锚坑的方式，改用起重机械立塔，降低地锚坑对土地的扰动。塔基浇筑时，施工人员提前在周边铺设防渗膜，防止水泥浆渗入土壤；每道工序完成后，立即组织专人清理现场，同步开展表土回填和植被恢复，确保“完工一片、复耕一片”。

针对施工过程中可能产生的污染，项目部筑起多道“防护网”。施工现场按区域设置三级沉淀池，混凝土搅拌废水、灌注桩施工泥浆经沉淀过滤后循环再利用，实现废水“零排放”；弃渣和建筑垃圾统一分类存放，由专业团队定期清运至合规处理点，严禁任何废弃物进入周边水域或林地。

目前，这条穿行于林海黑土间的输电线路仍在紧张建设中，计划今年年底投运。它不仅将为区域电网注入强劲动力，更以全周期的绿色实践，构建起电网建设与生态保护协同发展的范本，为同类工程提供可复制、可推广的环保建设经验，让“绿色电网”理念在黑土地生根结果。

