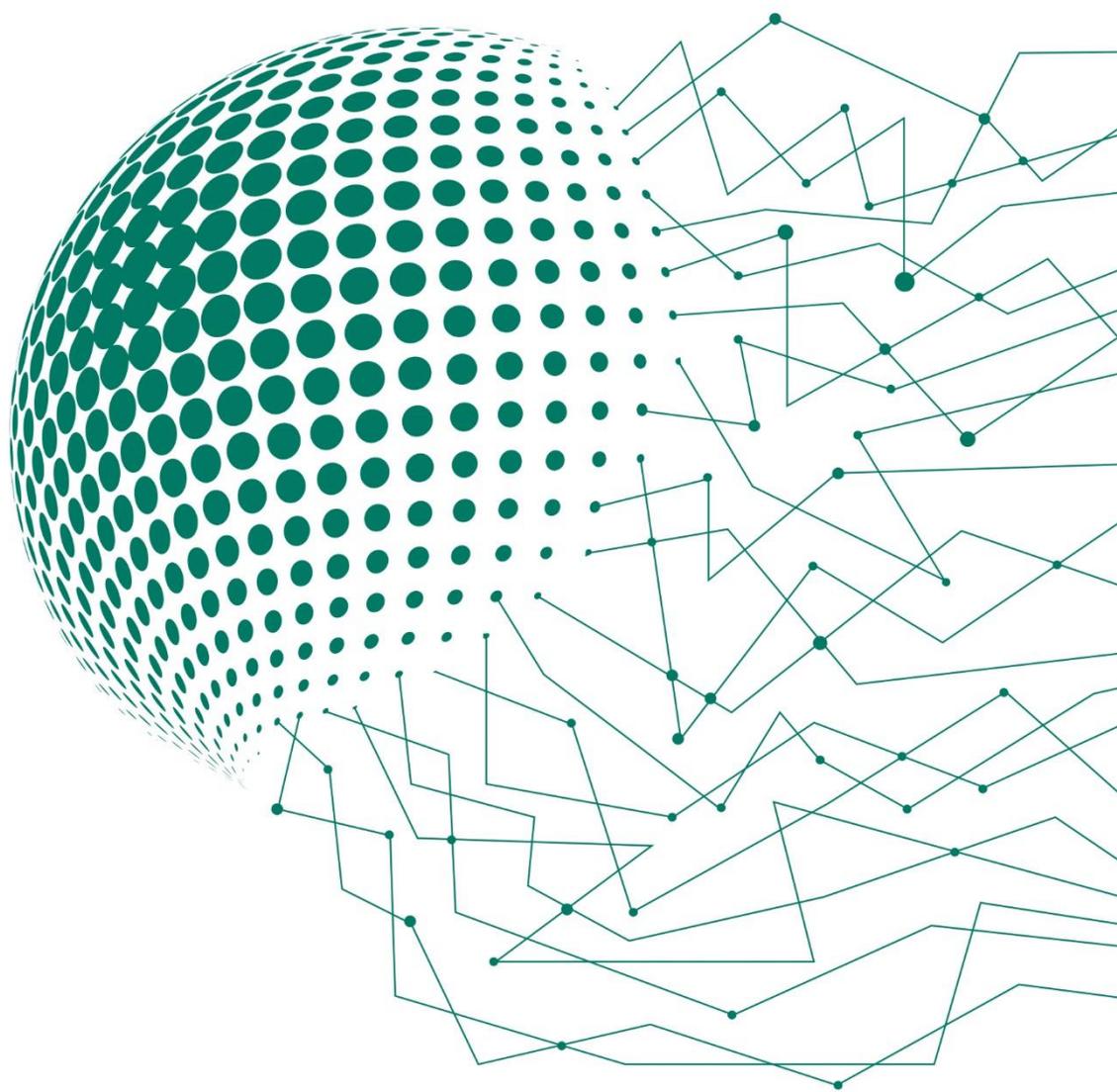


能源数字化转型白皮书

(2021)



国家电网
STATE GRID

国网能源研究院有限公司
STATE GRID ENERGY RESEARCH INSTITUTE CO., LTD.

版权声明

本报告版权属于国网能源研究院有限公司，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本报告文字或者观点的，应注明“来源：国网能源研究院有限公司”。违反上述声明者，本公司将追究其相关法律责任。

国网能源研究院有限公司

前言

PREFACE

当今世界处于百年未有之大变局，以数字化、网络化、智能化为特征的新一代信息技术日益创新突破，推动全社会进入数字化时代。2020 年我国数字经济规模近 5.4 万亿美元，居全球第二位，同比增长 9.6%，数字经济正在以迅雷不及掩耳之势渗透到包括能源领域在内的经济社会各个方面。

党的十九届五中全会提出，要推进能源革命，加快数字化发展，构建智慧能源系统。电力系统“双高”“双峰”特征凸显，面对加速推进能源清洁转型的强烈信号，以及新能源大规模高比例并网、分布式电源和微电网接入等多重挑战，亟待运用数字思维，破解安全、经济和绿色发展“不可能三角”难题，有效支撑水火风光互补互济、源网荷储协同互动，加快推动以新能源为主体的新型电力系统转型升级。

能源数字化转型坚持以新发展理念为引领，以能源技术和数字技术融合应用为核心推动力，以数据作为关键生产要素，以现代能源网络和信息网络为主要载体，不断提高能源行业全要素生产率，推动构建现代能源体系。能源数字化转型将为传统能源行业的产业升级、业态创新、服务拓展及生

态构建注入新动能，在推动质量变革、效率变革、动力变革中持续发力，提升能源高质量发展水平。

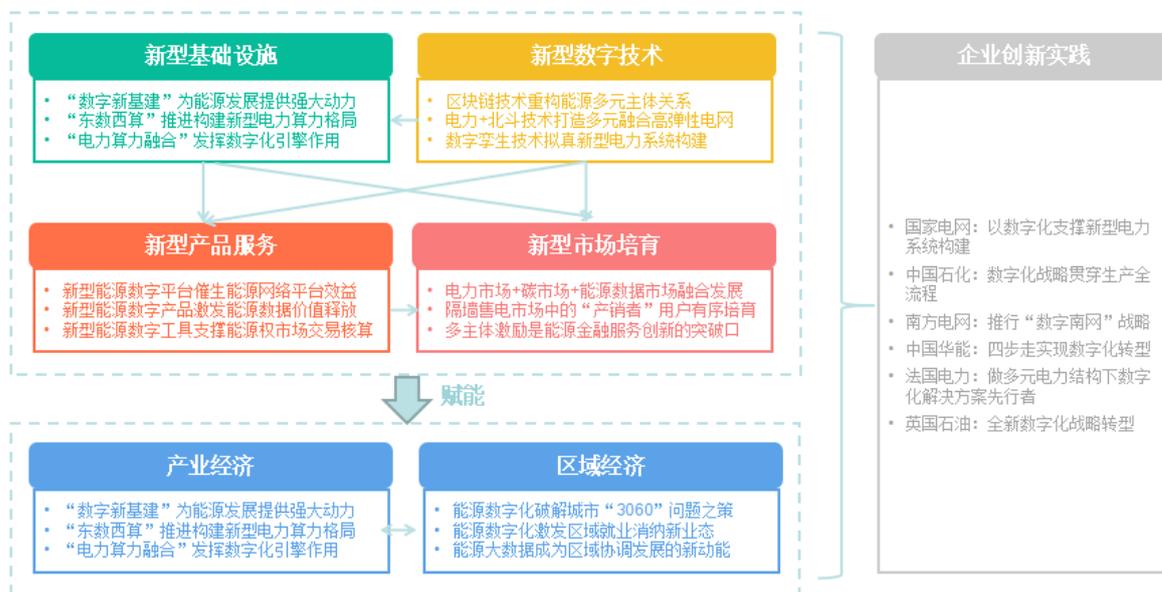


图1 能源数字化转型白皮书基本框架

能源数字化转型白皮书（简称“白皮书”）旨在以能源数字化为主脉络，从新型基础设施、新型数字技术、新型产品服务、新型市场培育的“四新”视角，探究数字化对能源行业的本质性影响，其中，“四新”之间存在紧密的内在逻辑，新型数字技术是基础源动力，不仅为新兴基础设施建设提供技术支撑，同时在转化之后也会形成产品服务、新型市场，新型基础设施是开展产品服务创新和市场培育的重要基础条件，产品服务创新也进一步丰富市场类型。能源基础保障的属性决定了能源数字化具有强外部性，在赋能产业经济和区域经济方面发挥得天独厚的作用，因此，本报告重点分析了能源数字化在这两方面的实践现状及未来趋势。能源数

字化的实践主体主要在能源企业，最后，我们将视角落在国内外企业的创新实践。能源数字化还处在创新发展初期，我们的研究探索也将持续推进，希望通过本报告及后续系列研究能够为业界开展能源数字化相关工作提供参考。

限于作者水平，虽然对书稿进行了反复研究推敲，但难免仍会存在疏漏与不足之处，恳请读者谅解并批评指正！

国网能源研究院有限公司

目 录

CONTENTS

一、新型基础设施	1
(一) “数字新基建”为能源数字化转型提供强大动力.....	2
(二) “东数西算”推进构建新型电力算力格局.....	4
(三) “电力算力融合”发挥数字化引擎作用.....	7
二、新型数字技术	12
(一) 区块链技术重构能源多元主体关系.....	13
(二) 电力+北斗技术打造多元融合高弹性电网.....	18
(三) 数字孪生技术仿真新型电力系统.....	22
三、新型产品服务	24
(一) 新型能源数字平台催生能源网络平台效益.....	25
(二) 新型能源数字产品激发能源数据价值释放.....	27
(三) 新型能源数字工具支撑能源权市场交易核算.....	31
四、新型市场培育	34
(一) 电力市场+碳市场+能源数据市场融合发展.....	35
(二) 隔墙售电市场中的“产销者”用户有序培育.....	38
(三) 多主体激励是能源金融服务创新的突破口.....	40
五、赋能产业经济	45
(一) 能源大数据赋能现代产业体系建设.....	46
(二) 能源企业做好三大布局.....	52
(三) 数字监测支撑分布式可再生能源产业发展.....	54
六、赋能区域经济	58
(一) 能源数字化破解城市“3060”问题之策.....	59
(二) 能源数字化激发区域就业消纳新业态.....	63
(三) 能源大数据成为区域协调发展的新动能.....	66
七、企业创新实践	70
(一) 国家电网：以数字化支撑新型电力系统构建.....	71
(二) 中国石化：数字化战略贯穿生产全流程.....	74
(三) 南方电网：推行“数字南网”战略.....	77
(四) 中国华能：四步走实现数字化转型.....	79
(五) 法国电力：数字化解决方案先行者.....	81
(六) 英国石油：全新数字化战略转型.....	84
致 谢	87

一、新型基础设施

智能时代的首要任务，就是要加强信息基础设施建设，弥合不同产业、地区间的数字鸿沟。

——张磊《价值》

元宇宙是未来人类的数字化生存，算力提升和能源可持续既是核心约束也是投资机遇。

——中信证券

对信息与能量的利用水平是衡量文明发展进程的价值尺度，未来的能源与数字化的深度融合成为推动经济社会高质量发展的重要基础。

本年度白皮书将关注重点聚焦在三个方面，数字新基建、东数西算战略、电力算力融合。特别是电力算力融合的趋势，将会持续为能源电力的物理形态、价值形态注入新内涵，在数字新基建与东数西算战略的指引下，传统电力与算力的布局与资源配置方式将逐步改变。

（一）“数字新基建”为能源数字化转型提供强大动力

“数字新基建”是随着数字经济的发展及应用而逐渐形成的新型基础设施建设需求，是以新发展理念为引领，以数据作为关键生产要素，以信息网络为主要载体的信息通信技术及数字技术发展应用新趋势。“数字新基建”将推动信息基础设施、融合基础设施和创新基础设施的建设，成为能源数字化转型的强大动力。

“数字新基建”将推动能源数字化转型三大变革：一是能源发展的质量变革，实现供应模式从规模速度型向质量效率型转变，智能化数字技术能有效推动能源生产和供应模式多元化，提高能源系统中清洁能源比例。二是能源发展的效益变革，实现发展模式从粗放式向集约式转变。能源基础设施和数字基础设施的深度融合，带来“能源”和“数据”两大要素的融合，通过数据要素的充分流通和使用，推动能源系统中其他各生产要素的高效流通，进而带动能源系统全要素生产率的提高。三是能源发展的动力变革，实现发展理念从投资拉动向创新驱动转变。工业互联网与能源系统的融合使传统能源系统运行与管理模式向高度智能化、精确化和标准化转变，促进能源系统各环节的互联互通，带动上下游产业链的共商共建。

具体而言，“数字新基建”为能源数字化转型提供强大动力，体现在如下三个方面：

一是“数字新基建”将促进传统能源基础设施智能融合、转型升级。传统能源基础设施通过提供可靠能源供给支撑中国工业化和城市化发展，是工业经济下的产物；能源数字化转型则在数字经济赋能下推动传统能源基础设施向信息化、数字化、网络化、智能化、绿色化发展。作为“数字新基建”的重要组成部分，5G、工业互联网、数据中心、人工智能等信息基础设施与能源基础设施深度融合，支撑传统能源基础设施转型升级，推进能源生产和消费方式更加智能化。同时，能源互联网在工业互联网新生态中的重要价值也将充分体现，推动能源向高质量发展。

二是“数字新基建”将为能源数字化转型提供新一代智能化信息基础设施。能源数字化转型价值创造的本质在于能源这种传统生产要素与数据这种新型生产要素实现融合，通过数据的自由流动推动能源系统整体的资源配置效率优化。5G技术、大数据、云计算等为能源数据信息传输、存储、计算、处理提供了一体化的载体，在能源数字化转型中发挥着“神经”和“大脑”的作用，数据成为能源发展的新型生产要素，能源和数据两个重要生产要素进行关联交汇带来能源生产力和生产关系的重塑，推动能源向高阶阶段发展。

三是“数字新基建”为能源数字化转型提供具有“乘数效应”的创新基础设施。“数字新基建”不仅体现在信息基础设施、融合基础设施上，也包括支撑科学研究、技术开发、

产品研制的具有公益属性的创新基础设施。创新基础设施的具体内容、产业生态、发展模式等尚未完全定型，但公益属性是其鲜明特点。能源行业作为保障经济社会和生产生活的基础保障型、公用事业型行业，是国民经济的命脉，肩负着引领科技创新的重任。

“数字新基建”助力能源数字化转型，一方面，应当通过搭建产学研用贯通的能源产业创新生态系统，促进从核心技术到应用场景的前瞻研究，以及从技术开发到商业模式创新的布局规划。另一方面，需要结合混合所有制改革，加大不同市场主体，尤其是前沿科技企业对于能源领域基础研究和应用基础研究的投入力度。

（二）“东数西算”推进构建新型电力算力格局

近年来，我国数据中心在机架规模、市场规模、用电规模等方面均保持高速增长。在机架规模方面，截至 2020 年底，我国在用数据中心机架总规模达到 400 万架，大型及超大型数据中心占比 75%以上。在市场规模方面，我国数据中心市场规模从 2014 年的 372 亿元快速增长至 2020 年的 1958 亿元，近 5 年年均增速超过 30%。在用电规模方面，过去十年间，我国数据中心整体用电量年均增速超过 10%。2020 年，我国数据中心的用电量约 1500 亿千瓦时，占全社会用电量的 2%。

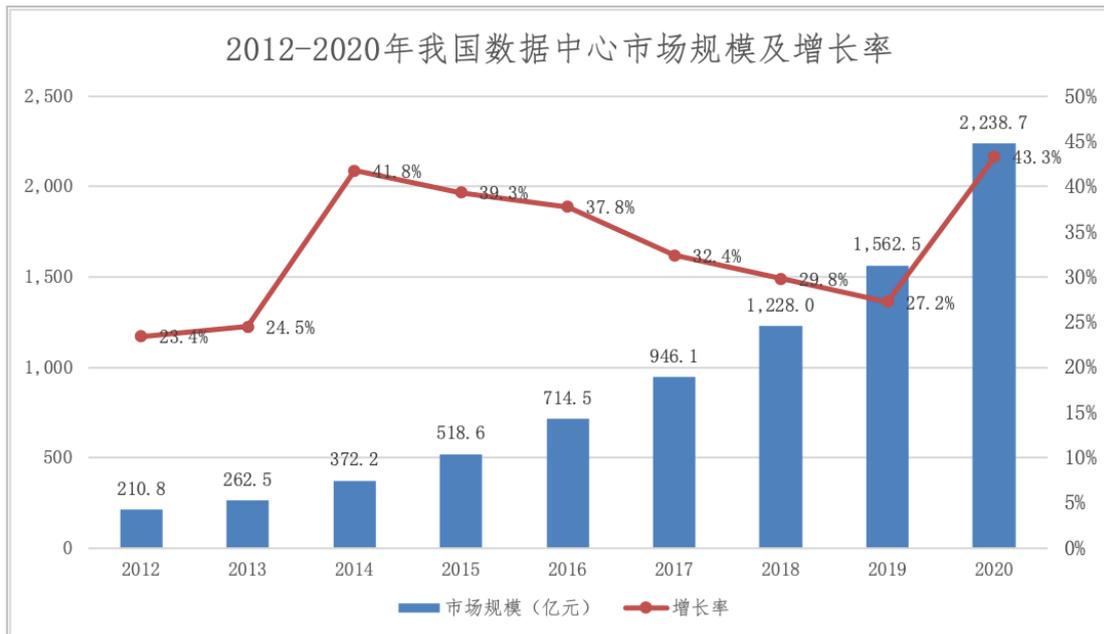


图 2 2012-2020 年我国数据中心市场规模及增长率

但数据中心分布“东热西冷”。目前，我国 31 个省（区、市）均有各类数据中心部署，但主要集中在北京、上海、广州等东部一线城市及其周边地区，中、西部地区分布较少。截至 2019 年底，北京、上海、广州及周边等东部数据中心机架数量占比分别为 26.5%、25.3%、13.5%，合计 65.3%，中部、西部及东北地区占比分别为 12.2%、18.7%和 3.8%。

在建设布局方面，数据中心将向中西部转移和东部功能提升并举。新建大型、超大型数据中心逐渐向中西部地区和东部一线城市周边转移；东部城市城区范围内主要建设规模适中、网络时延要求极高的边缘数据中心；东部地区单纯的数据存储中心、容灾备份中心将逐步关停或升级成为具备计算和应用功能的新型数据中心。在业务需求方面，通过一体化算力调度实现各类数据中心物尽其用。对于网络游戏、金

融结算等面向高频次业务调用、对网络时延要求极高的业务，积极导向城市级高性能、边缘数据中心。对于需后台加工、离线分析、存储备份等对网络时延要求不高的业务，积极导向贵州、内蒙古、甘肃、宁夏等中西部地区可再生能源丰富、气候适宜地区的数据中心。

表 1 我国各地区建设数据中心的优劣势分析

地域	主要优势	相对劣势
北京、上海、广州等东部一线城市	<ol style="list-style-type: none"> 1、靠近互联网、金融等终端用户需求，日常管理、应急保障便捷 2、网络的可靠性和稳定性较强，网络延迟低 3、运维人员充足 	<ol style="list-style-type: none"> 1、土地、水、电等资源供应紧张，用地、用水、用电的批复难、扩容难 2、电价水平高 3、用地成本高 4、能效管控严格，能耗指标严重不足 5、政策监管严格，一般禁止新建或扩建数据中心
东部一线城市周边	<ol style="list-style-type: none"> 1、资源供应充足 2、用地成本相对低廉 3、网络的可靠性和稳定性较强，网络延迟低 4、靠近互联网、金融等终端用户需求，日常管理和应急保障便捷 	<ol style="list-style-type: none"> 1、电价水平比中西部地区高 2、用地成本比中西部地区高 3、网络的可靠性和稳定性比一线城市差，网络延迟比一线城市高
中西部地区	<ol style="list-style-type: none"> 1、能源供应充足（含可再生能源） 2、气候条件适宜 3、电价水平较低 4、用地成本低廉 5、能耗指标充足 	<ol style="list-style-type: none"> 1、远离宽带网络骨干节点，网络的可靠性和稳定性较差，网络延迟较高 2、远离互联网、金融等终端用户需求，日常的管理、应急保障困难 3、运维人员缺乏

契合双碳目标的落实，未来“东数西算”的战略价值将在中长期得到充分显现。通过“东数西算”，一方面，实现部分电力负荷的空间转移，有利于缓解西部、北部清洁能源消纳问题。未来，数据中心将通过配套建设可再生能源电站、直接与可再生能源发电企业开展电力交易、大用户直供、拉专线等方式不断加大对可再生能源电力的消费。另一方面，

数据中心在线负载具备空间转移灵活性，离线负载具备时间转移灵活性，两类负载都具备需求侧响应潜力。在线负载需满足用户实时的服务请求，但在数据中心计算资源分配不均或其他一些紧急情况时，可通过改变调度指令，在极短时间内实现在线负载异地处理，具备空间维度上转移能力。离线负载优先级较低，在任务截止时间前完成即可，负载处理推迟时间短则几秒、长则几个小时，具备时间维度上转移能力。

（三）“电力算力融合”发挥数字化引擎作用

电力在终端能源的占比已经超过 80%，未来能源的形态是电力与算力融合的形态，电网也将由输送电力向输出电力的同时，充分考虑算力发展需求。首先，电力服务算力，从目前来看数据中心的耗电量尚不超过全社会用电量 2%，未来即使需求量增长加倍，但总体上供电压力不大；其次，电力即算力，电力的分布式生产、消费与远距离大规模输送等功能形态均能够同步加载算力资源，实现资源复用与时空优化。电网的平台枢纽功能将在电力+算力时代得到进一步丰富，电力+北斗、电力+5G、电力数据中心对外服务等利用模式可充分响应用户对算力、电力的双重需求，彻底改造新型能源基础设施的功能形态与价值形态。

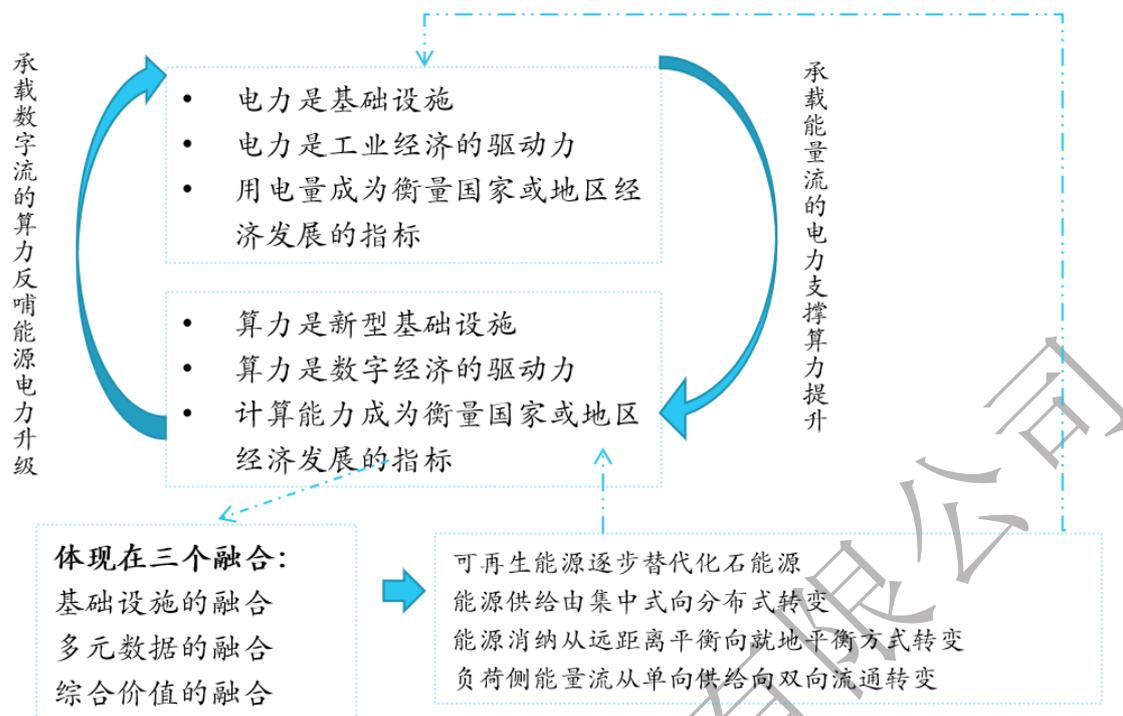


图 3 电力算力的基础设施融合

算力的高耗能属性决定了其与电力存在着紧密的相互支撑关系。从计算的本质来说，是把数据从无序变成有序，这个过程一定需要能量的输入，算力水平的提升会带来电力水平提升。仅从量的方面看，根据不完全统计，2020 年全球发电量中，有 5% 左右用于计算能力消耗，而这一数字到 2030 年将有可能提高到 15% 到 25% 左右，也就是说，计算产业的用电量占比将与工业等耗能大户相提并论。而对于计算产业来说，电力成本也是除了芯片成本外最核心的成本，所以，电力与算力天然具有相互影响关系。

充分发挥电力和算力双引擎作用，以电力支撑算力提升，算力提升反哺能源电力科技突破创新，为现代经济体系建设提供新型基础设施支撑。其中，从投资规模看，相比于制造

业、金融业而言，能源电力行业的算力应用水平还不高，发展空间大；从地域分布看，算力与电力都遵循了“逆向分布”特点，即供给中心在中西部，需求中心在东部发达地区，电力算力规划实施的同步性特征明显；从预期价值看，电力+算力的应用场景还主要在电力系统内部，以电力北斗、电力5G为例，选择成熟度较高的关键场景突破，如无人机智能巡检、小水电精准调控等。

算力在能源电力行业中的应用和投资分布情况还远低于行业平均水平，能源电力行业迫切需要对算力的超前布局。同时，算力供需缺口也较为突出，算力的供需格局与电力供需格局存在相似之处，在中西部地区资源充足，另一方面，虽然一线城市对算力资源的需求十分旺盛，但由于政策、土地、电力、网络等条件的制约，算力供给能力反而相对有限，造成供需缺口突出。

现代能源企业要以“电力+算力”为重点，支撑新型电力系统建设，驱动能源系统高质量发展。通过电力和算力共同发挥作用，促进大规模可再生能源协同发展，这是当前建设能源互联网企业面临的重要课题，也是建设新型电力系统的要求。以电力新基建为抓手，面向新型电力系统发展需要，应通过强大的算力支撑以及海量数据基础、平台支持，实现能源流、信息流与业务流的深度融合，增强电网资源大范围优化配置能力，提高电力的清洁绿色、安全稳定水平，再进

一步反向促进算力的可持续发展，以在电力和算力螺旋式上升的过程中，实现能源系统的高质量发展。

案例：数据中心+变电站打造共享型综合能源枢纽

变电站是电网中枢节点及核心资产，深入挖掘变电站站址资源价值，利用变电站资源建设运营数据中心站等设施，可有效促进资源集约化利用，将传统变电节点转变为具备源网荷储等特征的能量双向流动的能源信息枢纽，实现“能源流、业务流、数据流”三流合一，满足能源灵活互动、状态全面感知、信息高效处理、业务实时智能等关键需求，支撑拓宽能源服务渠道、创建能源共享互济新业态。

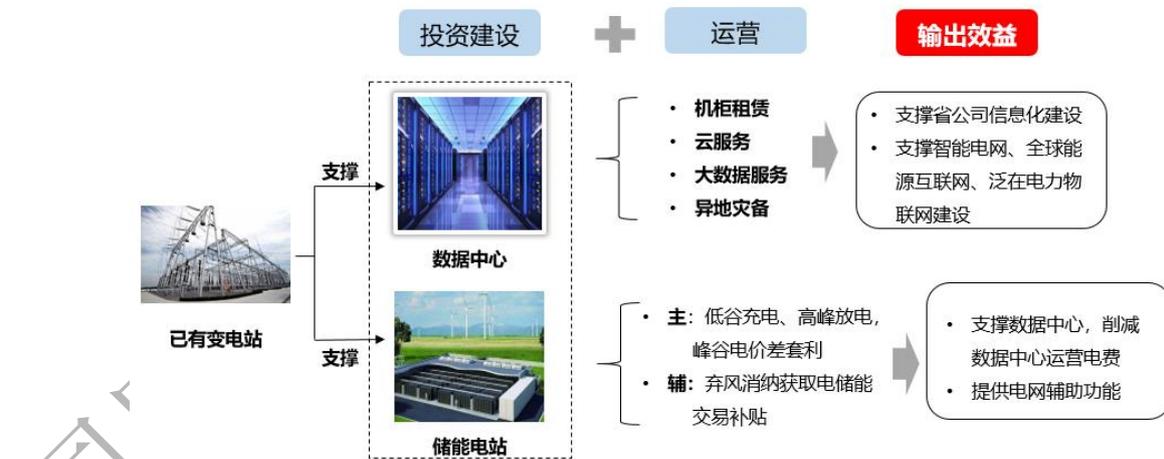


图 4 数据中心+变电站融合构建综合能源枢纽

构建多层多级的计算存储和位置服务网络体系，为能源物联网、智慧应用提供一体化的网络、计算、存储、平台和位置以及云边协同服务。采用“变电站+数据中心站”模式，可充分发挥变电站电力、通信、土地供应、布点等资源优势，提升数据中心供电可靠性，减少柴

发设备投入数量，有效降低数据中心建设和运营成本；可实现变电站通信系统和数据中心通信系统的高复用，实现数据中心站间的高效互联；可进一步促进生产数据的边缘处理能力、核心存储能力和云端计算能力，满足公司不同业务应用需求，实现 IT 基础资源、通信光纤网络、无线专网和电力杆塔等富余资源的产业转化和商业化运营。

国网能源研究院有限公司

二、新型数字技术

所谓“创新”，是指建立一种新的生产函数，即把一种从来没有过的关于生产要素和生产条件的“新组合”引入生产体系，而“企业家”的职能就是引进“新组合”，实现“创新”。

——约瑟夫·熊彼特

数字经济呈现近似物理世界的核“裂变”和“聚变”，信息技术加上通讯技术构成了整个数字经济裂变和聚变过程的最初起点。

——朱嘉明

大数据、人工智能、移动互联网、云计算、5G 等新一代信息技术的应用，标志着人类进入数字经济时代。能源行业数字化转型的重要驱动力在于将新技术与业务融合，将数据要素深度嵌入到生产运营流程与客户服务之中，充分发挥数据要素的放大、叠加与倍增效应。

大数据与人工智能仍然拥有非常广泛的前景与市场空间，物联感知技术也正在大规模部署之中。相对于“确定性”较强的技术应用，本年度白皮书将关注重点聚焦在三个方面，区块链技术、电力+北斗和数字孪生。其中，区块链技术与培育多元化市场主体的新形势高度契合，数字孪生技术的深度应用恰逢其时，电力+北斗技术则伴随我国北斗三号卫星的全面组网迎来新的发展机遇，不过这三大技术是否能够带来持续增长机会尚有待观察。

（一）区块链技术重构能源多元主体关系

随着传统能源领域业务数字化的不断深入，能源企业对数据存储、分析、处理的需求不断增强，能源数据体量、维度不断增加，参与交易的各方主体对数据共享、共用、可信的需求不断增强。区块链技术正是由于其具有分布式存储、可溯源、防止篡改、共享、共用等特点可为当前能源数字化业务难点提供解决方案。区块链技术将重构能源主体信任关系、分配关系和所有权关系。

一是区块链打通能源数据壁垒重构多主体信任关系。随着分布式能源、电动汽车等多主体参与，未来电网的复杂性、多元化日趋加深，解决多方互信、促进市场化交易将是能源区块链发挥优势的重要途径。正是由于区块链的这些特性，其可被应用到新能源消纳、电力交易、商业保险等业务领域，从而提高项目参与各方数据的互信、共享与共用，提升电网数字化、智能化、网络化水平。对于新能源消纳业务，参与各方均可以通过公开接口查询链上数据和开发相关应用，上链数据对新能源发电商、电网公司、政府等参与项目各方开放，建立更低成本、更快响应速度的信任机制，实现系统的透明化、高效化。对于电力交易业务，可应用加密算法对业务各节点上链信息进行加密，交易各方若想篡改某一节点信息就必须对全链信息进行修改，有效增加交易互信程度，同时各链间的数据通过固定已知的算法并基于正确的地址与

算法才可进行彼此识别和交换，增强了上链数据的安全性与防篡改性。对于能源商业保险业务，则可以与客户签订智能合约并将其写入分布式账本，保险公司与投保人通过分布式账本上的智能合约，即可自动完成投保、理赔相关业务，业务全流程无需人工线下操做，有效促进各方互信，提升用电服务满意度。

案例：基于区块链技术的能源企业电子合同

基于区块链技术的能源企业电子合同，通过对上链数据合同的自动化管理，使链上信息对合同签订者完全公开透明，将之前单向串行单点合同签订方式改变为并行多点的方式，加快了合同的处理速度，简化了处理流程。

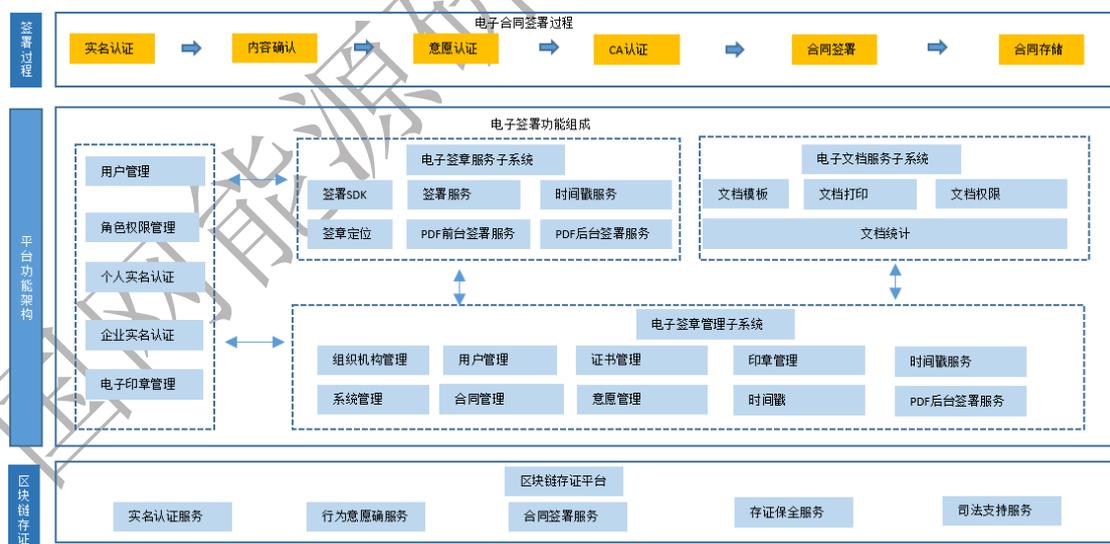


图 5 基于区块链的电子合同

运用区块链技术，人工智能、云存储等构建能源企业基于区块链电子合同，实现电子合同的固定、上链、存证、真

伪验证、取证、司法服务等全生命周期管理，项目建设内容包含实名认证服务、行为意愿确认服务、合同签署服务、合同真伪验证、司法支持服务五大内容。基于哈希函数、分布式账本、智能图像识别、云存储等数字化技术，对电子合同进行全生命周期管理，对用户注册、实名认证、数字证书发放、存证真伪辨识等关键业务提供服务，形成完整的区块链电子合同服务链条。融合人工智能、云存储等关键技术使区块链电子合同极大的增强企业间、企业与个人间互信关系、实现电子合同从实名认证到内容确认再到合同存储的自动化链接，增强了电子合同的智能化水平。

二是区块链全程回溯能源生产资料调配优化分配关系。区块链技术，使得能源产品分配不再过度依赖中心化的企业或平台，能源生产者可以直接把能源产品发布到网络或特定的交易池，能源分配过程不再过度依赖于单个节点、中心化的企业和平台。通过“智能合约”的方式，能源区块链技术能够实现对交易合约的自动化执行，从而实现对能源产品的自动化分配。区块链通过智能合约和信息追溯可以对设备物资进行智能分配，实现其全流程监控和追溯，提高物流链管理效率。在基于区块链技术的新型互信生产关系下，参与的区块链项目重要数据全部上链，形成内部各参与方之间的私有链，实现数据共享与共用，减少资源使用各环节流程，利用区块链技术的分布式特点，使每个节点数据也被其它节点

记录，保证数据可追可溯。同时将资源分配逻辑编入智能合约，通过智能合约自动执行预先定义好的分配规则与条款，从而实现人员、资金和生产资料的全流程自动化分配，最大程度降低人工干预，实现降本增效。

案例：基于区块链技术的计量数据智能平台

基于区块链的能源智能计量平台，通过区块链分布式物联代理装置，对能源数据如电能替代政府补贴价格、不同台区线路损耗、不同产业用电电量等数据按照智能合约要求与数据使用方如政府、电力企业、用电客户实现自动化供需精准匹配，增强了数据的可信、可靠，同时为数据共享、共用提供了保障。区块链能源计量以区块链技术为基础，实现多元终端设备的可信接入以及多主体之间的能源数据资源的优化配置，对内提升企业运行效率，对外增加其竞争力。

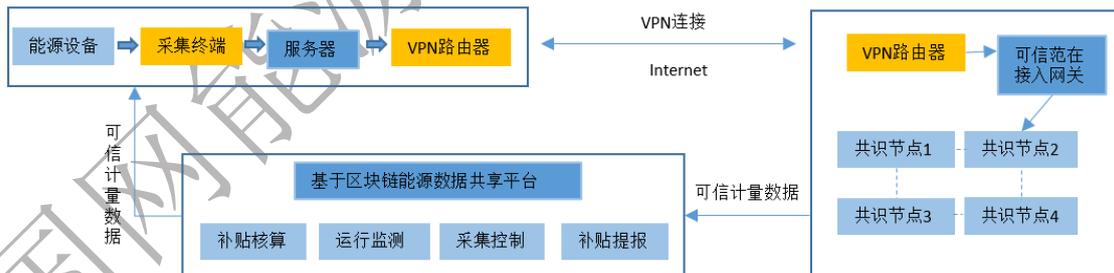


图6 基于区块链的能源计量数据智能平台

以“区块链+平台”为关键技术，在构建数据共享的全新技术方案基础上，通过自动化智能合约对数据资产进行资源优化配置。通过数据服务供应方与需求方的精准配对，增强数据分析、处理效率，为数据类业务创新发展应用提供数据共享、共用基础，盘活数据资源激

发各单位、各部门业务数据共用共享的积极性，提供满足客户和各种不同类型的终端设备的快速可信接入，实现数据资产的优化配置。

三是区块链推动重构能源数据所有权关系。传统能源行业信息孤岛、数据壁垒情况较为严重，数据使用权与所有权高度集中，使数据的使用、共用、共享、共治难度增加，造成用“数”成本增加。区块链根据各主体上链数据业务逻辑与使用要求，实现数据的共享与所有权和使用权的分离，增强各参与方互动合作积极性，构建基于区块链的数据分析体系，打造新型能源生态系统。

案例：基于区块链的停电商业险

区块链停电险应用客户用电属性及终端停电信号精准计算保费与理赔款，运用区块链技术搭建互信高效的应用平台，创新实现了停电客户损失的有效避险，通过区块链停电险的设计，实现了电力数据价值变现，开拓了一种产业金融相结合的新型商业模式，为供电公司及保险公司双方打造盈利增长点，是合作共赢、利益共享电力生态圈的典范。



图 7 基于区块链的停电商业险

打造区块链电力险业务，将保险合同设置为代码形式，免去理赔申请与现场查勘环节，解决了保险理赔程序繁琐、运营成本大的问题，实现快速实时理赔。运用智能合约技术实现电力故障停电险的自动赔付，通过商业模式创新，推动其落地实施。计算节点的构成上，对于供电公司、保险公司、综合能源公司等配置服务器或者使用云节点即可；对于用电用户，平台为用户提供 Web 和手机平台的节点应用，链上数据本地存储，许可共享，同时参与共识计算。充分发掘电力数据潜力，实现能源电力数据应用场景的扩展。利用区块链电力险平台，设计新型保险业务，改变传统赔付模式，拓展电力金融新业务，促进电力客户、电网企业、金融机构、监管机构、地方政府等多方互利共赢，为公司带来新的市场业务盈利增长点。

（二）电力+北斗技术打造多元融合高弹性电网

当前，基于“北斗”系统的电力北斗精准服务网已经基本建成，“电力+北斗”已经可为电网业务应用提供实时厘米

级、后处理毫米级精准定位服务，以及纳米级高精度授时服务，满足电网规划、基建、运检、营销、调度等业务领域对高精度位置等服务的需求，一张高承载、高互动、高治愈、高效能的多元融合高弹性电网正在不断铺展。未来，要将“北斗+电力”深度融合发展，结合人工智能、云计算、大数据、5G等新技术开展综合应用，助力能源互联网建设，不断提升科技创新能力。

北斗在无人机飞行中发挥着不可替代作用，通过在输电、变电、配电等各个环节各个场景的应用，实现北斗智能时空服务与电网需求的深度结合，提升电网自动化、信息化程度。依托变电站等既有基础设施条件，建设 1200 座电力北斗参考站，构建电力北斗时空精准位置网与统一时频网，为各类电力业务提供高精度的导航定位服务、高精度的时频同步服务。此外，除了基准站的建设，应用了大量的终端作为电网状态的监测和感知，大幅提升电网的健壮性、安全性。

表 2 电力北斗在电网五大领域 20 个场景开展深化应用

序号	专业领域	典型场景	成熟度
1	基建	智慧工地	★★★★★
2		大型设备运输管理	★★★★★
3		现场作业风险管控	★★★
4	运检	地质灾害监测	★★★★★
5		杆塔倾斜监测	★★★★★
6		风偏舞动监测	★★★
7		变电站沉降监测	★★★★★
8		无人机智能巡检	★★★★★
9		线路故障定位	★★★

10		变电站人员安全管控	★★★
11		线路停电检修	★★★
12		无人机高精度	★★★★
13	营销	用电信息采集	★★★★★
14		营销作业终端	★★★
15		反窃电	★★★
16		营销作业高精度定位	★★★
17	调度	变电站授时	★★★★★
18		小水电盲调	★★★★★
19	后勤	应急通信	★★★★★
20		公车管理	★★★★★

案例：北斗无人机电网自主巡检

由带有北斗高精度定位功能的无人机、无人机充电机场以及配套的路径采集、任务规划执行、机场管理软件组成，具有精准路径采集规划，无人机一键巡检，支撑无人机每次重复到达相同的指定位置进行拍摄，无人机实时物联智能管控，协同呼叫、自动起飞巡检，图像智能识别判读，巡检成果管理等功能，实现无人机巡检的自动化与智能化，为巡检提供一只灵活的眼睛：基于三维、无线图传、高精度定位等技术，研发了无人机巡检智能管控平台，基于高精度定位的多旋翼无人机组成了自主飞行装置有效服务无人机巡检管理及智能化应用。

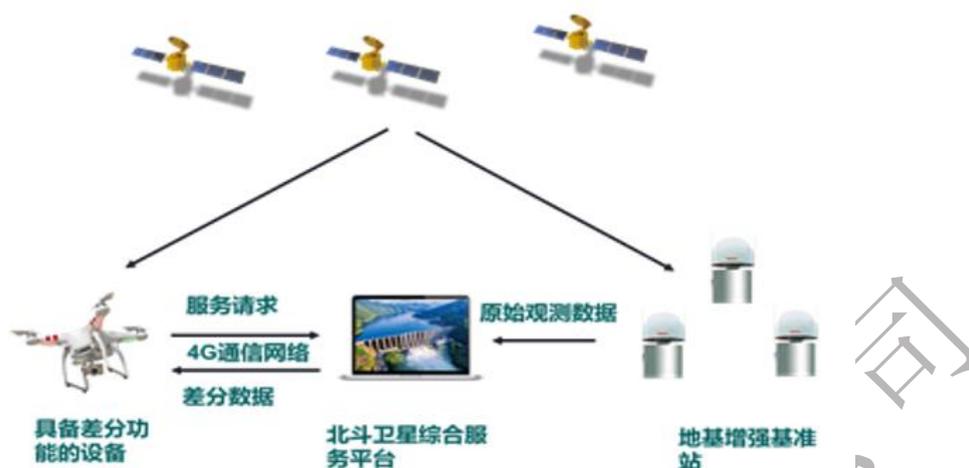


图 8 北斗无人机自主巡检

针对输电线路的本体、通道、基础等巡检目标，已有包括异物、绝缘子、导地线等 9 大类 22 小类缺陷识别算法成熟模型，满足巡检工作需要。由前期少数人集中检索缺陷方式，转变为机器人方式。使用无人机协同自主巡检后，巡检效率由 40-60 分钟 / 基杆塔提升到 5-8 分钟 / 基杆塔，人员配置由 2-4 人降低到 1-2 人；同时，无人机巡检的安全风险成本也可大幅降低，还可与输电线路在线监测形成互动，协同巡检。

案例：北斗地质灾害终端监测

以北斗为核心的卫星导航系统，结合“国网北斗精准服务网”，在地质不稳定区的杆塔附近建设监测站，将监测站的卫星观测数据通过 4G 网络通信方式实时发送至监测平台解算，实现对监测站位置实时厘米级、事后毫米级的解算结果，通过监测算法对输电线路地质灾

害、变电站地基沉降、后勤建筑楼宇不均匀沉降等异常情况进行预警。

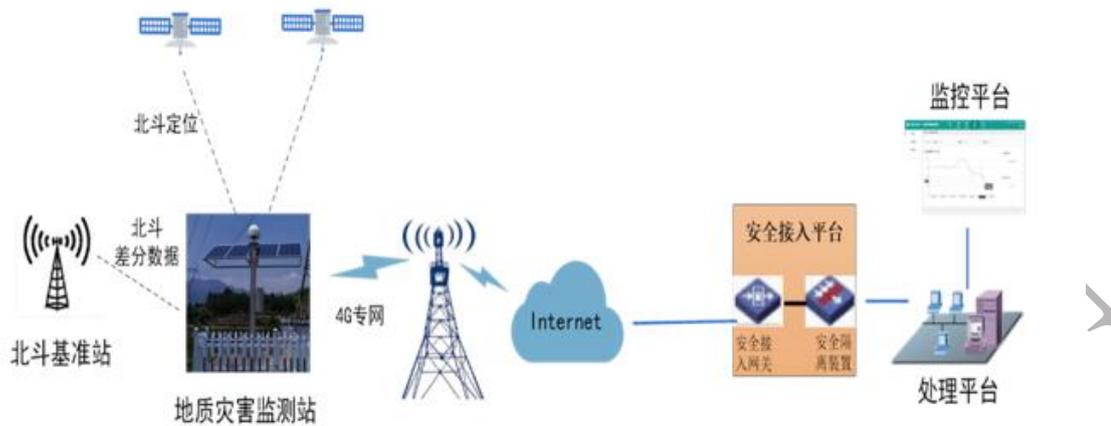


图 9 北斗导航变电站地灾监测

以国网四川雅安公司为例，在四川的±800KV、500kV、220KV 线路中选取地质灾害频发的 17 条线路 41 处地质灾害点加装北斗地灾监测终端。实现实时厘米级高精度解算，对微小沉降及不均匀沉降进行实时监测，一旦发生异常沉降，可以在第一时间采取处理措施，防止严重事故的发生。

（三）数字孪生技术仿真新型电力系统构建

随着“双碳”、“构建以新能源为主体的新型电力系统”等目标的提出，具有随机性、间歇性、波动性特征的分布式能源比例将快速增长，储能装置、V2G 等交互式能源设施以及其他多种能源基础设施接入，使得电力系统呈现出结构更加复杂、设备更加繁多、技术更加庞杂的趋势。传统机理模型和优化控制方法已经难以满足电力系统规划设计、监测分析和运行优化的要求。

电力数字孪生应运而生，旨在通过虚实交互激活电网/设备的多源数据，特别是其运行时空大数据，通过数据挖掘提供高维、量化、多层次的视角辅助运营调控相关决策。随着数字孪生技术的成熟和实践落地，数字孪生技术的发展呈现以下趋势：

一是增强物理实体与虚拟世界的虚实交互技术。在对物理实体呈现的基础上，提升不同模型的互操作能力，依托智能决策叠加反馈控制功能，实现基于数据自执行的全闭环优化。二是加速与并行控制理论相融合。人工智能应用技术的深入发展，在孪生体深化应用领域结合并行控制理论，形成伴随现实系统的并行建模、并行预测、并行执行数字四胞胎并行架构。三是构建敏捷的人机融合交互系统。数字孪生未来会更系统地引入人的概念，增强人对数字孪生体的感知控制能力，最终在真实物理空间和虚拟数字空间搭建“信息-物理-人”交互的系统。

从电力行业的特征来看，发、输、变、配、用全流程都有应用潜力，但出于投资主体的原因，目前行业时间主要以发电厂和变电站两大类应用为主。

三、新型产品服务

不要问消费者想要什么，一个企业的目标就是去创造那些需要但无法形容和表达的需求。

——史蒂夫·乔布斯

数字化消费创造重量级新消费，数字化生产提高效率和质量。

——江小娟

未来能源的使用与信息的传播将无处不在，这种无处不在的需求必然呼唤新的交易模式与服务模式。从消费互联网发展到产业互联网，市场主体的产品逻辑发生根本性变化，依靠低价格、大规模、高频率的消费互联网产品策略在产业互联网中无法适用。能源数字化转型需要充分考虑产业互联网的新特点，在个性化、定制化与实用性中探索新的产品与服务模式。

本年度白皮书将关注重点聚焦在三个方面，数字平台服务、能源数据产品与新型交易结算服务。其中平台服务解决的是多方交易之间的信息不对称与信用不易传递问题，能源数据产品特别是电力大数据产品正在展示出广泛的决策价值与商业价值，以用能权交易为代表的新型交易计算产品则是瞄准电力供需矛盾下的新解决思路。

（一）新型能源数字平台催生能源网络平台效益

新型能源数字平台本质上是能源互联网平台生态中形成的新型基础设施，利用大数据、区块链、人工智能等数字技术为能源供给、消费注入数字化新动能，显著提升能源生产、消费、交易的效率效益，重新塑造未来经济活动形态。不同于以往的单一要素推动，在能源互联网思维下，数据要素对现代能源产业体系的推动作用，更体现为依托能源网络平台发挥的规模经济效益和溢出效益。

新型能源数字平台的网络平台效应体现在可以为能源新产品、新服务、新技术、新业态、新模式提供可能性。依据其虚拟化、平台化、生态化的特征，使得能源能够进行跨越时间和空间的控制、管理和交易，最大化地保障价值向需要它的方向流动。平台的构建，将推动能源生产消费环节的多主体按照有效规则参与市场活动。能源系统将由单一能源发展模式向综合能源发展模式转变，集中式能源系统向集中式与分布式相协调转变。能源经济产业体系，将通过平台的运转，实现“能源+绿色产业链”发展模式，各类主体能够共同参与并实现能源资源的高效调配，依靠多产业融合实现价值增长，共享现代能源体系发展带来的综合效益。

新型能源数字平台将创造虚实互动的平行能源世界，传统的生产关系、生产角色会发生变化。传统的能源网络在融合了传感设备、感应装置的基础上，通过利用人工智能、云

计算、复杂程序、区块链等工具库开展移动应用、数据整合、预测算法、集成运算等功能，建设各能源用户端的学习、思维、交流能力及其之间相互连接的网络。平台以用户为主，实现人、机、网合一，能源消费不仅是用户主体与能源来源客体的互动，也是用户借助智能能源工具库实现新的智慧能源互动，解决各种能源生产、供应、消费、风险管理运行问题。

案例：基于 EAI 的电力系统监测控制数字平台

针对电力系统故障影响全局化、系统复杂度高、客观性弱等问题，建立基于 EAI（Energy Artificial Intelligence，能源人工智能）的智能调控模式，开展电网数据与多源数据关联分析，海量场景替代典型日场景分析，实现系统级特征事件识别溯源，增强预测预判与控制能力。

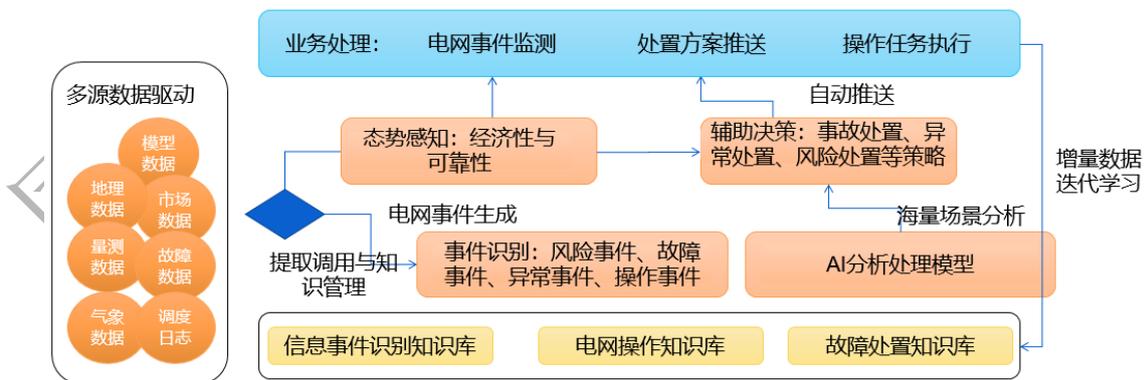


图 10 基于 EAI 的电力系统监测控制数字平台

提出基于能源人工智能的智能调控数字平台，帮助电网调控业

务实现数字化、智慧化升级。其核心要点如下：一是多源的数据驱动，特别是对分布式电源侧的数据采集以及其他非结构化的数据采集；二是建立调控业务的数字化闭环，使电网事件监测、方案推送到任务执行始终得到数字化的赋能与支撑，并将结果返回到知识库系统，保证了数据与业务的双向反馈；三是建立核心 AI 辅助决策引擎，用机器学习的方式，提高仿真场景的数量，替代传统模型依靠典型日、典型场景的非连续建模方式，用海量场景分析各种方案对电网可能带来的影响，以算力+算法+数据破解复杂不确定性问题。

（二）新型能源数字产品激发能源数据价值释放

新型能源数字产品，本质上是由算法、算力、数据、知识构成的一种新型能源数字产品品类，用数据“轻资产”破解能源电力“重资产”传输转换中的时空损耗，为能源产业分工体系涌现新的价值发现机制与产业组织形态提供可能性。算法革命的表现形式是人工智能，过去我们也有大量的数据，但无法创造价值，但现在我们有了新算法和新算力，就可以把以前呈现出来的数据变成新资产。

新型能源数字产品正是数据新资产的激发形态，能源电力大数据具有价值密度高、分秒级实时准确、全方位真实可靠和全生态独占性链接的特点，基于新型电力系统的能源电力大数据，将有利于创新性提出低碳数字产品。比如面向支撑政府洞悉能源、经济发展趋势和运行规律的“电力看经济”

的各类指数，包括乡村振兴发展情况、绿色循环发展情况以及共同富裕指数等等。还可以面向水力、油气、环保、金融各个领域，研发具有典型应用场景的数字产品，推动市场融合与协同发展。



图 11 基于电力大数据的新型数字典型产品

案例：调用社会调峰资源的用能权凭证式数字产品

随着人民美好用能需求的与日俱增，尖峰时期的用能形势日趋严峻，传统冗余建设模式难以为继。“双碳”目标提出以来，国家密集出台用能权交易相关政策意见¹，社会各界普遍关注碳排放权、用能权市场的建设。利用用能权交易机制、加强市场化手段可有效解决尖峰

¹ 2020年三月份，发改委发布《用能权有偿使用和交易制度试点方案》，提出在部分地区开展制度试点先行先试；去年11月份，《国民经济和社会发展第十四个五年规划和二〇三五年远景目标》指出全面实行用能权、用水权、碳排放权市场化交易；2021年三月份，《国务院关于落实〈政府工作报告〉重点工作分工的意见》指出加快建设全国用能权、碳排放权交易市场，完善能源消费双控制度。

时期用能供需矛盾。能源数字产品模式创新是利用数据轻资产破解能源系统重资产运营的基本方向，重点开发尖峰用能权凭证交易是解决问题的新模式、新路径。

由于电网尖峰负荷累计持续时间很短造成的低效率问题值得深思，以南方五省（区）为例，3%尖峰负荷持续时间一般不超过 30 小时，5%尖峰负荷持续时间一般不超过 100 小时²，在产生很大的设施建设成本同时，又浪费了很多冗余的供电能力。随着新型电力系统构建过程中新能源主体地位及占比的不断上升，新能源发电出力不均的特性逐渐凸显，“双高”“双峰”特征进一步强化了尖峰用能矛盾。

尖峰用能矛盾的解决之道，在于平衡供需：一方面推动需求侧响应，降低尖峰时期的用电负荷，从而缓解负荷压力；另一方面，推动供给侧改革，寻求市场化的手段调用社会资源辅助尖峰时期的电力应急调峰，从而增强供给能力。电动车、小型自备电源、私有储能设施等小微型社会调峰资源参与度不高，广大的分布式社会资源并未激活，社会主体参与调峰的积极性并未充分调动。通过市场化的手段调节用能矛盾，从供需两侧乃至供储需三侧进行统筹协调，是解决尖峰用能问题的有效手段。

² 数据来源：邵冲等，《电网尖峰负荷定义、持续时间、影响因素及控制措施》，中国能源网。

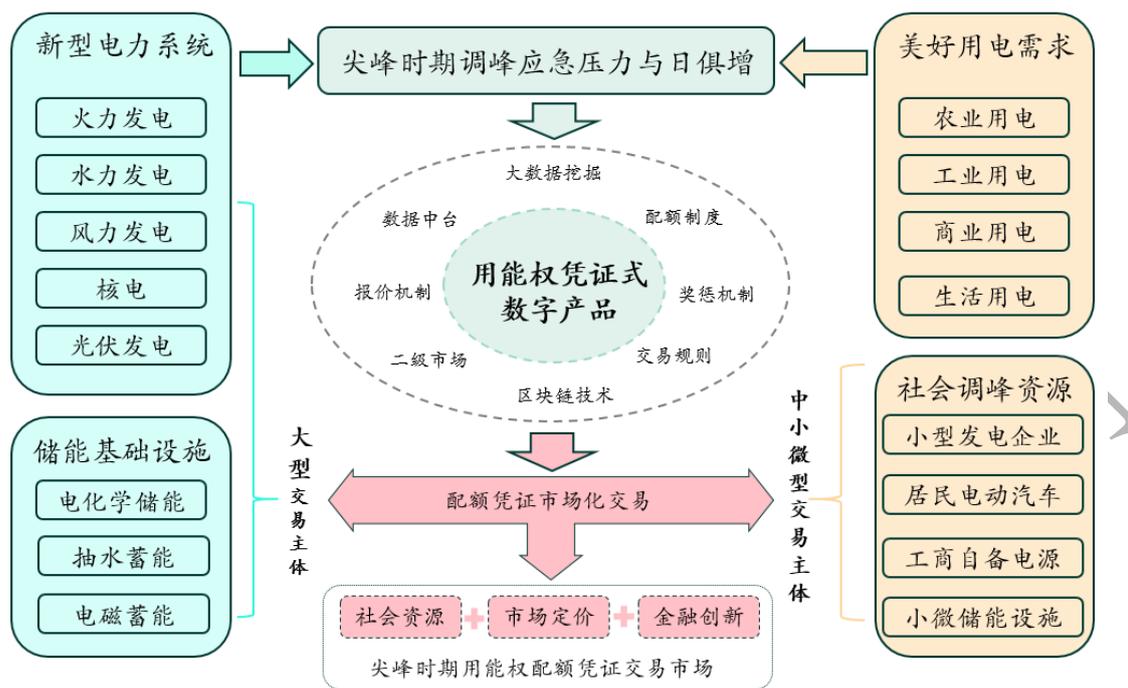


图 12 调用社会调峰资源的能源数字产品模式设计

用能权凭证式数字产品的设计，借鉴“滴滴”模式，在没有大规模调峰设施建设的基础上，实现对社会调峰资源的从分调度，并接入电厂、储能公司等大型主体，实现全社会广泛参与的尖峰时期电力调度。通过大数据挖掘和人工智能预测实现产品规模的判定，通过区块链等技术实现产品交易的安全与信任保障，借鉴碳交易市场的配额制度和报价机制设计尖峰时期供需双方的配额，基于建设冗余应急调峰电源的平均成本设计用能权履约水平的奖惩机制，可以设计得到尖峰时期用能权的凭证式数字产品；将小型发电企业、居民电动汽车、工商自备电源等中小型社会调峰资源，和火电、水电、核电、光伏等各类发电企业，以及电化学储能、抽水蓄能、电厂储能等各类储能基础设施，统一纳入用能权交易市场，使无法实现配额的调峰主体向有余力的调峰主体支付交易费用，从而以市场化的手段实现社会调峰资源的充分调用。

（三）新型能源数字工具支撑能源权市场交易核算

新型能源数字工具，本质上是由数字技术和数字基础设施激发的能源系统新型对外辅助支撑工具。推动以能源数字工具作为用能权交易的“统一媒介”，凡纳入用能权交易市场中的主体，用能源数字工具代表各类主体对能源直接、间接消费的量化关系，用能源数字工具作为衡量用能水平的评价尺度，从而建立虚拟市场与现实世界之间的映射关系。当前全国统一碳市场初步建立，应当关注长期引导作用，根据制定低碳用能产业优化路径，做好产品碳排放和转移量测算，推进全国统一碳排放行业标准制定。

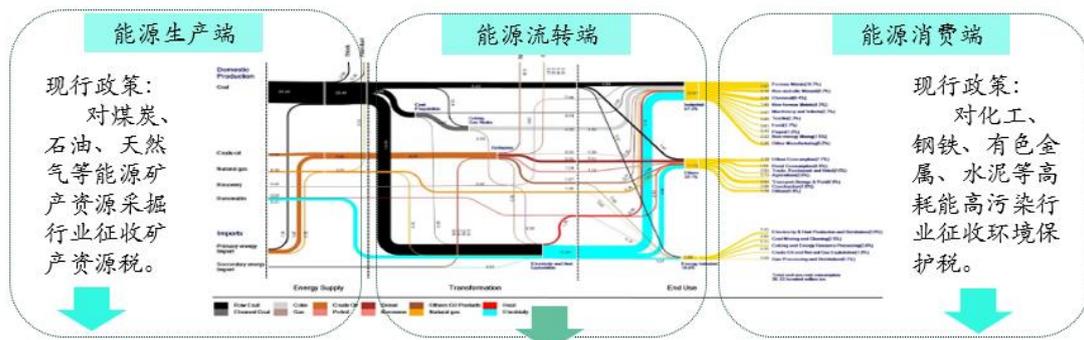
面向碳市场，我们提出针对碳交易对象精准定位的能源数字工具，利用数字的流转特性，凡纳入碳权交易市场中的主体，可以用该产品代表各类主体对能源直接、间接消费的量化关系，建立虚拟市场与现实世界之间的孪生映射关系。当前，能源行业对于环境的溢价受端定位还比较粗糙，主要是对煤炭、石油、天然气等能源矿产资源采掘行业征收矿产资源税；对化工、钢铁、有色金属、水泥等高耗能高污染行业征收环境保护税。还处在一个“管住两头，放开中间”的一种简单课税模式。

但是这种模式，属于一种“全覆盖打击”，无法面向碳交易市场精准计算碳排放的分配份额，也无法准确得知节能减排的实施效果，更是对交易主体如何减排缺乏明确指导，

即知道该减，也承担了碳交易溢价的压力导致必须减，但是承担主体不明白怎么去减。因此，以电为核心的“能源数字工具”作为衡量全口径用能的“统一尺度”，有利于明确能源的流转机理，把流转端的各个链路能源流，类似于数字孪生精确地刻画出来，从而可以将碳溢价的承担对象精确定位在高耗能的环节。从对高耗能产业的“全面覆盖”变为对高耗能环节的“精准打击”，既有利于计算碳减排成效，优化碳排放份额的分配方式；也有利于明确碳交易主体的减排责任，有针对性地设计各个环节的节能降碳方案。

案例：新型能源数字工具辅助碳交易配合核算

对于环境保护的课税，主要集中在能源产业链的生产端和消费端，包括在生产端对煤炭、石油、天然气等能源矿产资源征收矿产资源税，以及在消费端对化工、钢铁、有色金属、水泥等高耗能高污染行业征收环境保护税，并未对能源流和碳流的流转环节进行课税。当前全国统一碳市场初步建立，仅将发电行业首批纳入全国碳交易平台，也存在碳排放核算难的问题。



未来发展：以电为核心的“数字能源”作为衡量全口径用能“统一尺度”的数据基础，基于碳交易将环境保护的溢价逐步从前端“所得税”和终端“营业税”变为流转“增值税”，有利于碳排放精准核算。

图 13 新型“能源数字工具”推动碳交易过程的精准核算

凡纳入碳交易市场中的主体，可以用能源数字工具代表各类主体对能源直接、间接消费的量化关系，利用“数字工具”的“流转”特性，使用以电为核心的“能源数字工具”作为衡量全口径用能的“统一尺度”，衡量全口径的用能水平，基于区块链技术做好产品碳排放和转移量测算，从而建立虚拟市场与现实世界之间的孪生映射关系，推动碳市场进一步透明化、有序化、精确化。

四、新型市场培育

数字时代的企业不是比竞争对手更出色，而是创造让竞争失去作用的新市场，从而在蓝海中畅行无阻。

——《孔夫子与机器人》

不断加速的技术进步，看起来像在这个种族的历史上仅仅某个本质奇点，超过这个范围，我们所知道的人类事物就无法继续。

——冯·诺依曼

能源数字化转型需要新的市场舞台。在构建以新能源为主体的新型电力系统过程中，我们即将看到无处不在的电力交易模式在电源、电网、用户之间灵活切换，一个由多元化市场主体参与、多种能源互济、互补的全新市场正在形成。

本年度白皮书将关注重点聚焦在三个方面，多市场融合、产消者培育和多主体激励。这也是未来在能源电力市场化改革中的重要趋势，电-碳市场相互促进，金融与数据市场形成有效支撑，不同类型的市场主体都能够得到价格信号的有效激励，从而在有效市场与有为政府的共同作用下应对当前能源革命、产业结构转型带来的多重挑战。

（一）电力市场+碳市场+能源数据市场融合发展

电力市场能够为能源数据市场提供价值密度高、分秒级实时准确、全方位真实可靠和全生态独占性链接的电力数据。能源数据市场中的多参与主体可以通过基于新型电力系统的电力大数据，进行清洗、分析和价值挖掘服务，创新性提出低碳数字产品和减碳特色服务，推动碳市场高速发展。碳市场交易主体与电力市场高度重叠，一方面，碳交易规模的扩大将有利于电力市场主体竞争优势凸显；另一方面，碳交易数据也有利于政府及监管单位识别优秀发电企业，及时出清电力系统落后产能。基于数据要素的能源经济必将推动电力市场、碳市场和能源数据市场的多方融合发展。

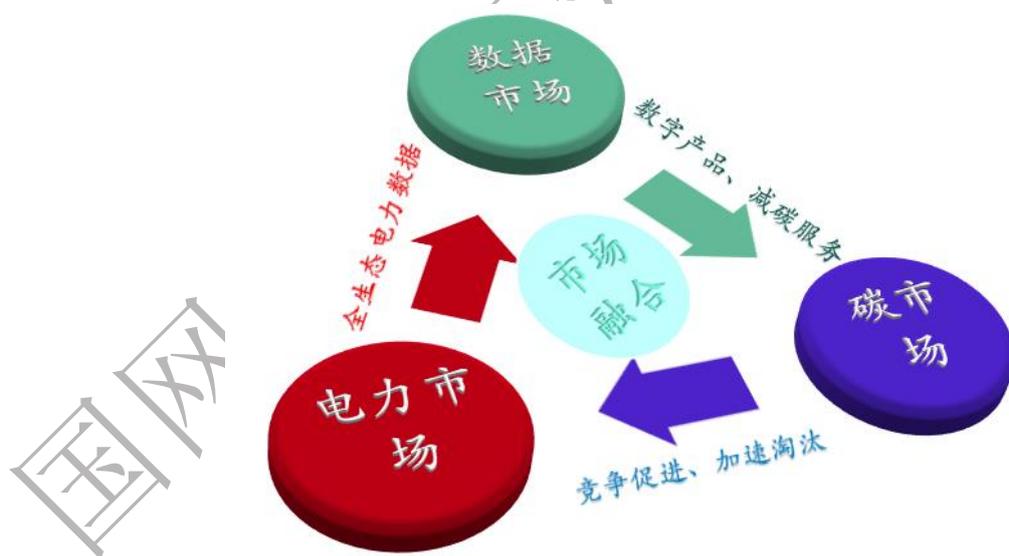


图 14 电力市场+碳市场+能源数据市场融合发展示意图

2021年7月16日，全国统一的碳排放权交易市场启动，碳交易进入蓬勃发展的全新阶段。需要注意的是，为确保全国统一的碳排放权交易市场平稳、有效运行，此次全国统一

碳市场启动明确仅发电行业作为首个纳入行业。发电行业率先纳入全国统一碳交易市场，除发电行业煤炭消费多、二氧化碳排放量巨大外，一个核心原因就是发电行业具备其他行业暂缺的数据优势。

首先，自厂网分离以来，用于电费结算的电站关口计量表、并网点上网计量表广泛使用，使得碳排在发电量数据采集方面有先天的真实性和实时性优势，并且发电企业数据和电网企业数据可以相互印证，大幅压缩了弄虚作假的空间；其次，电力数据的采集已经完成从手工抄表到自动报送的转型升级，通过数据平台和各级调度中心，可以很快得到标准化的电力生产数据，在数据的分析处理上具有自动化、智能化优势，利于碳排放量及配额的快速核算；最后，电力行业具有多年的数据积累，行业内部数据管理规范，全国统一碳市场确定采取基准法分配核发配额，历史数据的积累有利于确定不同发电机组当前的碳排放基准，准确控制基准提高的速度。

随着发电企业全国碳交易的顺利进行，未来石化、化工、建材、钢铁、有色、造纸、航空行业也将迅速纳入全国碳市场。电力大数据具有价值密度高、分秒级实时准确、全方位真实可靠和全生态独占性链接的特点，其不仅仅有利于发电行业的碳排放核算和配额发放，也有利于其他行业纳入全国统一市场。

一是电力网络具有广域互联的特性，与其他行业密切相关，钢铁、化工、建材、造纸等行业的用电数据，可以在一定程度上直接反应用能水平，电力行业为其他行业提供用电量报告，可以直接辅助其他行业的碳减排额度核算；二是电力大数据特性分析具有一定的监测作用，可以通过对用电企业的负荷波动特性识别，获取企业的开工运行情况，侧面验证其碳排放报告的真实性和准确性，目前国网征信有限公司已正式完成企业征信业务经营备案，具备依法合规对外开展企业征信服务资格，未来可在碳排放报告真实性核查方面积极发力；三是电力大数据可以反映经济的运行情况，通过“电力数据看经济”可以客观对比其他行业或地区纳入统一碳交易市场前后的区域经济、产业经济发展情况，为政府把控碳市场推进节奏、优化碳交易配额模式及方法提供决策参考。

案例：推动能源数据市场为碳排放核算提供第三方验证数据

目前，各级政府、发改委正在推动能源大数据中心建设，通过汇聚电、水、气、热、煤、油、清洁能源等能源大数据为政府治理现代化和企业提质增效服务。能源大数据汇集了当地能源电力生产、输配和消费数据，有着枢纽平台的作用。



图 15 能源数据市场支撑碳市场建设示意图

能源数据市场可以从统计学的角度为重点排放单位碳排放的核查工作提供数据支持。一方面，通过一手碳排放数据可以为该单位自行编制碳排放报告及采取碳减排措施提供数据支撑。例如，今年上线的浙江省电力系统碳排放监测平台，可以使发电集团随时掌握各发电厂的碳排放数据及历史趋势，进而筛选出高排放量的电厂和机组，还可以依托清洁能源项目减排数据争取相关优惠政策等。另一方面，基于该行业类似地区的能源生产消费和碳排放样本大数据，对比该重点碳排放单位的能源生产消费数据，合理估算该单位碳排放量可能的范围，也可以间接反应该单位的碳减排成效水平，为该单位碳减排技术提升提供数据对标。除此以外，还可以在此基础上链接下游重点用能企业，构建基于能源数据市场的碳排放监测生态体系，从根本上提升全国碳市场数据质量。

（二）隔墙售电市场中的“产销者”用户有序培育

隔墙售电是新型电力系统下优化电力资源调度，提升电网运行效率，促进电力市场发展的合作多赢模式。该模式下

分布式发电项目单位可以与配电网内就近电力用户进行电力交易，电网企业承担分布式发电的电力输送和组织电力交易的公共服务，按政府核定的标准收取输配电费用（过网费）。这一模式有利于让能源消费者成为“生产投资型消费者”，赋予他们参与可持续发展的权利，同时还可以促进电网企业向平台化服务的战略转型，相比自发自用项目，隔墙售电用户拥有市场灵活的特点，解决了自发自用电力不稳定问题；相比全额上网项目，隔墙售电可以获得一个相对较高的交易电价，有利于“整县光伏”等不适合再生能源的发展；而与常规电力交易相比，隔墙售电是买卖双方都可得利的模式，免交最高电压等级输配费用和交叉补贴减免带来的空间，使得买卖双方和电网侧都能从中获益。

隔墙售电市场的进一步发展有赖于对源端和消费端融合的用户主体培育孵化。补贴退坡后市场经济发挥作用是资本看好新能源赛道的重要原因，创新则成为新能源产业链不断升级的源动力。如隆基集团产能成本优势策略、通威集团“渔光一体”模式、清能股份重卡突破路线均是在市场竞争中涌现的新模式、新路径，未来围绕隔墙售电市场也将孕育出新商机。目前尚难以预测一个社区中愿意参与双向互动的“产消者”的规模，但可以判断的是，以“灵活性电源+光伏”为代表的多能互补模式将有更大的发展空间。当然，前提是坚持以“为用户创造更多价值”为基本点，从用能场景与便

利性方面加强设备可用性、易用性设计。

隔墙售电市场需要进一步完善分布式可再生综合能源站的构建与交易机制。一是在工业负荷大、新能源条件好的地区，对有产销培育潜力的客户加大宣传引导力度；二是结合增量配电网建设等工作，保证低压分布式电源的有效接入，确保电网安全运行的同时；三是创新平台交易模式，支撑分布式发电双边、挂牌、集中等多种交易方式；四是积极培育用户市场，保障分布式清洁能源资源生产的消费就近完成，提高能源利用率。

（三）多主体激励是能源金融服务创新的突破口

能源数字化的创新机制体现在企业内部的体制机制创新和对外产品的金融机制创新上。随着数字化技术重塑能源开发利用业务流程，能源数字产品进一步推动能源数据多市场融合，体制机制和市场机制将进一步发展并与之配套，从而加速能源大数据价值释放。

对于能源行业内部的体制机制创新而言，依据数字化转型发展需求，调整优化组织机构，更好地对能源企业数字化转型形成合力。加快建立覆盖数据全生命周期的完整管理制度体系，加快建设层次清晰、分工合理的数据管理组织体系，提升能源企业数据发展组织保障能力。优化业务管控模式，在综合计划预算、绩效考核等方面持续优化调整，满足数字

化转型持续迭代过程中的创新空间、资金保障、监查审计等需求。从数字化运营视角出发，推进业务流程优化和再造，衔接传统管理模式下的业务断点，促进源端业务协同和数据共享，形成支撑企业级高效运营的业务流程。增强企业组织管控模式的灵活性，以柔性联合工作组等形式集合各业务部门骨干力量，协同推进能源产业数字化转型、数据价值挖掘等重点工作。

对于能源行业对外的数字产品金融创新而言，能源数字化转型不仅仅是基于数字产品的设计和创造，还有赖于数字产品的市场机制配套，包括数字产品的准入机制、推广机制、信用机制、价格机制、交易机制、监管机制、激励机制、退出机制等一系列市场机制的创新支撑。对市场交易主体资质需求进行分析，设计安全的准入和退出机制；利用类似于区块链技术的多方协同、数据可溯源、不可篡改等特征，构建多方数据上链机制；对产品交易的价格形成机制、连续性、中介机制和规则模式进行设计，确保包含中小微型交易主体的全链多主体收益路径；对交易模式及制度进行设计，实现基本的能源数字产品自动发证、智能交易、核销以及追溯功能。

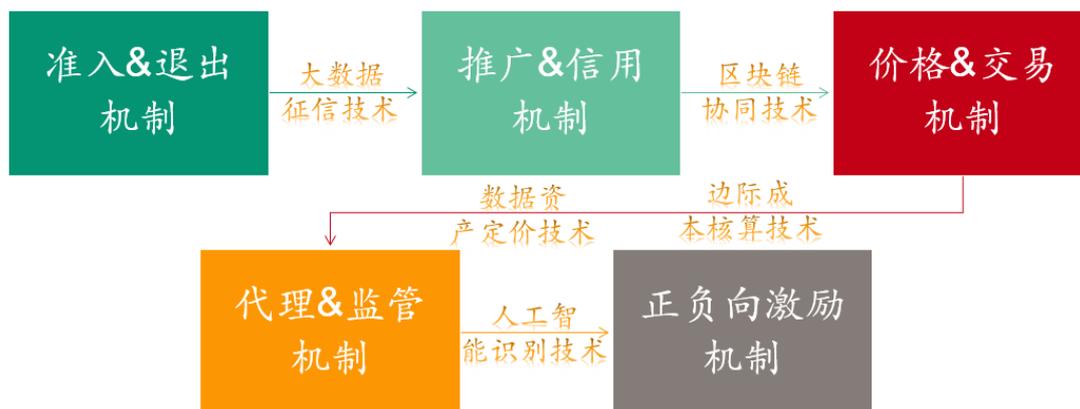


图 16 能源数字金融产品市场机制体系

认为未来随着交易规模的不断扩大，交易主体的不断增加，能源数字产品交易的价值释放将呈现“三个阶段”的发展趋势，能源金融市场交易制度也要随之迭代升级。第一阶段是市场建设期，价值直接体现在能源数字产品直接交易价值，包括成本节约价值和收益新增价值，这一阶段主要是市场交易机制要完善并与其配套；第二阶段是市场成长期，基于能源数字产品的融合新市场，其交易数据天然具有高品位性，随着数据量积累，可以精准判断当前能源电力供需形势，精确识别最亟需能源供给建设的地区，反向支撑能源企业发展战略精准调整，这一阶段主要是激励和监管机制要与其配套，防止市场野蛮生长调节失灵；第三阶段是市场成熟期，系列能源数字产品的不断推出，随着市场交易规模的增长扩大，将进一步带动二级市场的资产证券化，相关债券、股票、基金等金融产品将应运而生，进而通过金融手段反向对数字能源交易的发展倍增赋能，因此这一阶段需要监管机制、引

导机制、信用机制等能源金融创新机制的全方位融合发力，共同推动能源行业蓬勃发展。

案例：基于边际效应的尖峰用能权产品激励机制创新

尖峰时期的用能权交易设计，其本质是针对尖峰时段的电力供需紧平衡态势，以市场化手段匹配电力电源资源与刚性用能需求，建立交易平台通过撮合提前达成供用能协议，完成尖峰时期的保电保供，将尖峰电力输送到最紧缺紧急的用能主体。然而，类似于期权交易的到期交割，用能权交易的供用能合约也因各种不可抗力或各主体自身原因，有违约的不确定性与风险。如何设计履约奖励和违约风险，是保证尖峰用能权交易的市场机制中重要的一环。

用能权产品构建的核心目的是调动包含中小微型社会调峰资源在内的多供能主体积极性，缓解尖峰时期的保电保供压力。因此，对于用能权产品的激励机制也应该基于核心目的，即保电保供：对于履约情况较好的单位，以减少保电保供的应急电源和备用电源建设的投资节省为锚定标，设计正向激励机制；对于履约情况较差的单位，以无法履约情况下，紧急调用应急电源和备用电源的建设成本和运营成本为锚定标，设计负向激励机制。不考虑农业用电和居民生活用电，用能权产品激励机制机理图如下所示。

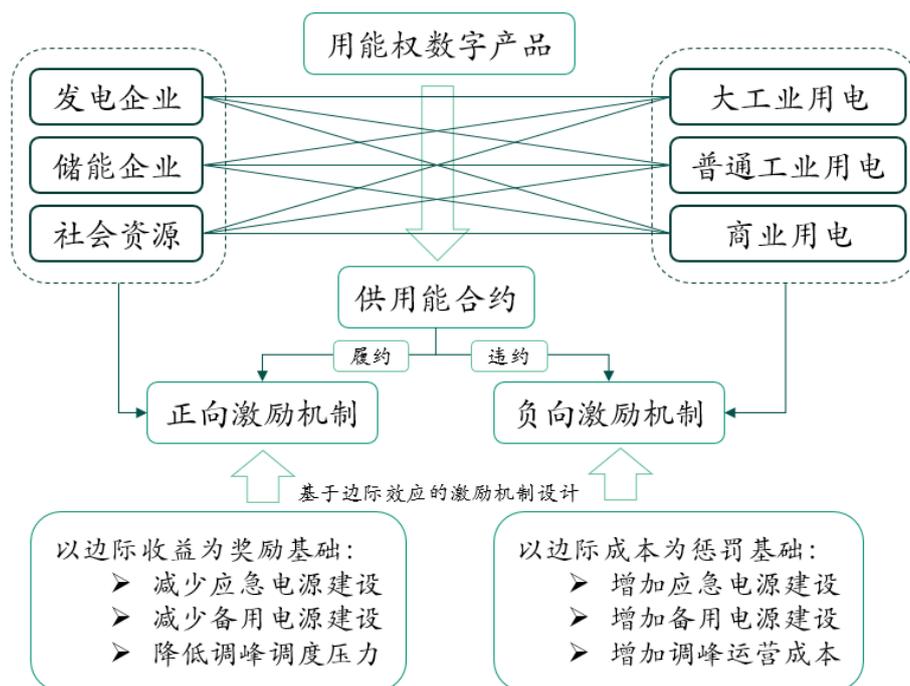


图 17 尖峰用能权激励机制机理图

以应急和备用电源的建设及电网调度运营成本为锚定标，计算每增加或减少一单位尖峰时段电力供给的边际成本和边际收益，以此为正负向激励的方案设计基础，应由获益或者受损的主体，来承担或获取这部分奖惩收益。当供用能合约履约程度高于平均水平或指定水平时，应由应急备用电源建设方和调度方向用能权交易主体发放奖励金；当供用能合约履约程度低于平均水平或指定水平时，应用能权交易主体向应急备用电源建设方和调度方缴纳违约金。

五、赋能产业经济

着力加快建设实体经济、科技创新、现代金融、人力资源协同发展的产业体系。

——习近平《贯彻新发展理念，建设现代化经济体系》

在产业互联网时代，数字化不仅仅是“生产工具”，同时也是“度量工具”。生产流程的数字化，也将把企业的组织、规划、生产、销售纳入长期、动态、可对比的观测系统。

——汤道生，朱恒源《产业互联网的中国路径》

赋能的本质是企业内部能力的外部化。能源数字化转型有很强的平台属性与产业属性，有助于准确评估宏观经济形势特别是产业发展态势，全面加速各行业代际式的技术进步、产业升级，助力实体产业、新兴产业高质量发展。

本年度白皮书将关注重点聚焦在三个方面，现代产业体系、区域空间布局、分布式可再生能源产业。在方式与手段上，主要是通过汇集多渠道能源数据、电力数据，从全链条、全环节、全产业链实现对产业经济的刻画以及及时精准分析。

（一）能源大数据赋能现代产业体系建设

能源数字化的新价值在于数据驱动的价值，不仅体现在对能源产业链供应链的服务，还能够提高产业协同互动能力，对国家双碳目标实现与治理现代化都具有重要促进作用。以交通运输电力指数（TEI）为例，综合铁路、公路、航空、水运、邮政、仓储等活动的用电量，可超前反映实体经济活跃度。挖掘疫情前后产业链用电情况的变化，有效发现产业链短板，此外，用电量数据分析制造业产业链各环节，可从产业视角综合判断产业链健康度与韧性。

能源电力数据的汇聚、共享以及基础平台建设已经得到初步解决，为促进参与各方的价值挖掘与共创，下一步更重要的是构建能源数据的交易市场，并将其服务于电力交易市场和碳交易市场，三个市场相互促进，用市场力量驱动商业应用。在市场逐渐成熟后，大量能源数据产品与服务将相继涌现，电力需求分析预测的数据分析模型、信息都可以封装为可交易的数据产品（数字能源），将以降本、增效、提质等多种方式，促进新型电力系统生产、消费各环节的资源优化配置。

能源大数据中心推动数据价值释放。以能源大数据中心建设提高产业协同互动能力，应用大数据创新技术，给各类市场主体引流赋能，提高各类市场主体在新型能源电力系统建设中的参与感和参与度，形成各类主体深度参与、高效

协同、共建共治共享的能源互联网生态圈，推动能源电力大数据价值释放。因此，需应用先进的物联网技术和移动通信技术，加强省级大数据中心的数据汇聚能力，接入各领域外部数据，将能源大数据中心打造成为“数据汇聚中心、价值创造中心、开放共享中心”，带动能源行业上下游创新发展。

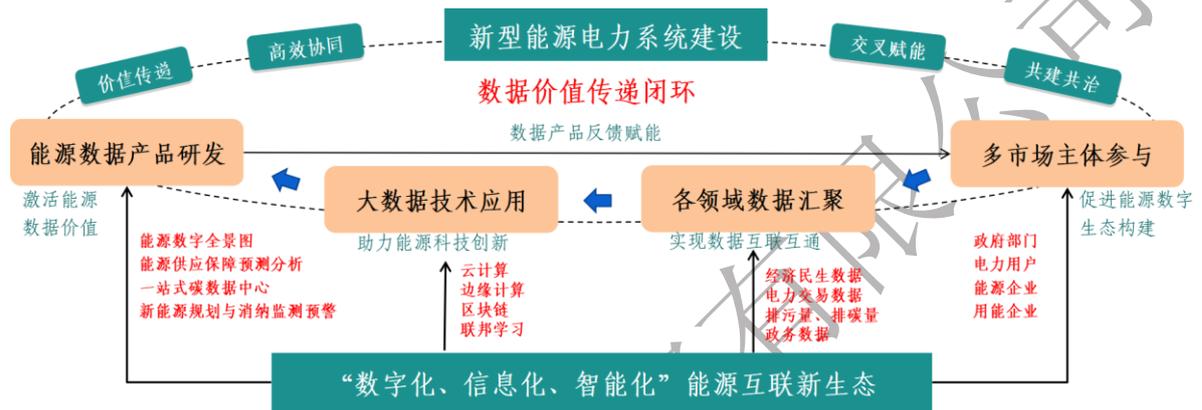


图 18 全产业协同释放能源大数据价值示意图

以能源大数据中心建设提升能源监测分析能力，服务政府治理和科学决策。依托能源大数据中心为开展能源统计分析、运行监测、预测预警、能源规划和生态环保等工作提供支撑，进一步发挥能源电力专业优势、数据中心属地优势和能源数据优势，充分体现能源大数据价值作用。数据价值的释放主要可以分为三个阶段：一是洞悉能源、经济发展趋势和运行规律，二是借助规律分析结果为战略目标的实现提供支撑，三是通过能源大数据分析产品、数据增值服务，辅助政策制定，支撑国家科学治理。以“双碳”目标落地为例，能源大数据有助于改变碳指标机械分配的方式，通过将能源数据与智慧城市建设相结合，从地方规划、产业定位、经济

价值、社会效益等多方面综合评估，制定更加柔性灵活的碳分配机制，为政府能源规划和“双碳”目标落地提供决策支撑。

当前，受到我国尚未制定全国统一的能源大数据的管理标准、能源大数据的开发利用仍然缺少健全、规范的法律制度以及能源企业主动开放共享自身数据的动力不足和机制不完善等因素的影响，我国能源大数据的汇聚、融通仍然处于初级阶段。下一步，有必要在国家法律法规层面明确数据资产地位，将数据的确权、交易、流通、估值等纳入一般资产管理体系，能源行业企业相应地通过规定将数据规定为核心资产。二是发挥行业协会商会牵头作用，联合能源电力行业龙头企业，建立能源行业数据管理制度，重点解决数据标准、数据质量、数据开放共享、数据隐私保护等问题。

案例：电力大数据看农业产业链发展分析

电量数据能够实时真实反映农业产业链中各行业的发展情况，为推动乡村振兴战略具有一定的决策支撑价值。依托 2018 年投入产出表计算产业关联度，以农业、畜牧业和渔业等涉及粮食安全的三个行业为中心，选择产业关联度最高的上下游共 10 个行业构建农业产业

链。以产业链平衡性³和产业链韧性⁴两个指标来衡量产业链健康度。

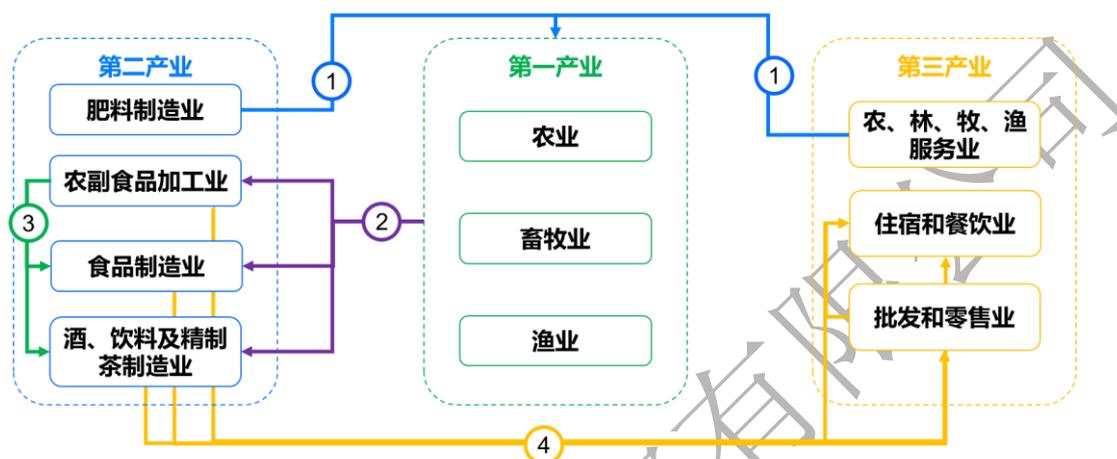


图 19 农业产业链构建

在平衡性方面，农业产业链在 2020 年 3 月份受到冲击最大，在 5 月之后基本回到疫情前水平。但疫情后农业产业链的平衡性削弱，低于国民经济整体水平，产业链的抗风险能力较弱。

³ 产业链平衡性用于评价疫情冲击下产业链中各产业结构的变动情况，由行业电力偏离度综合计算得到。行业电量偏离度=本年度某月某行业的用电比重/上年度同期某行业的用电比重（行业用电偏离度=1 表示没有偏离，>1 表示高于历史同期水平，<1 表明低于历史同期水平）。产业链平衡性=Σ产业链上下游行业用电量偏离度/行业数（产业链平衡性=1 表示没有偏离，>1 表示产业链各环节用电量占比差异缩小，<1 表明产业链各环节电量占比差异增大）。

⁴ 产业链韧性用于衡量疫情冲击下产业链中各行业的恢复时间，由各行业电量恢复弹性综合计算得到。行业电量恢复弹性=1-疫情后稳定恢复至去年同期水平所需要的时间/研究总时长（恢复弹性为 0 说明该行业疫情后未恢复，恢复弹性为 1 说明该行业几乎不受到疫情的影响）。产业链韧性=Σ产业链上下游行业电量恢复弹性/行业数（韧性为 0 说明产业链抗风险能力弱，韧性为 1 说明产业链抗风险能力强）。

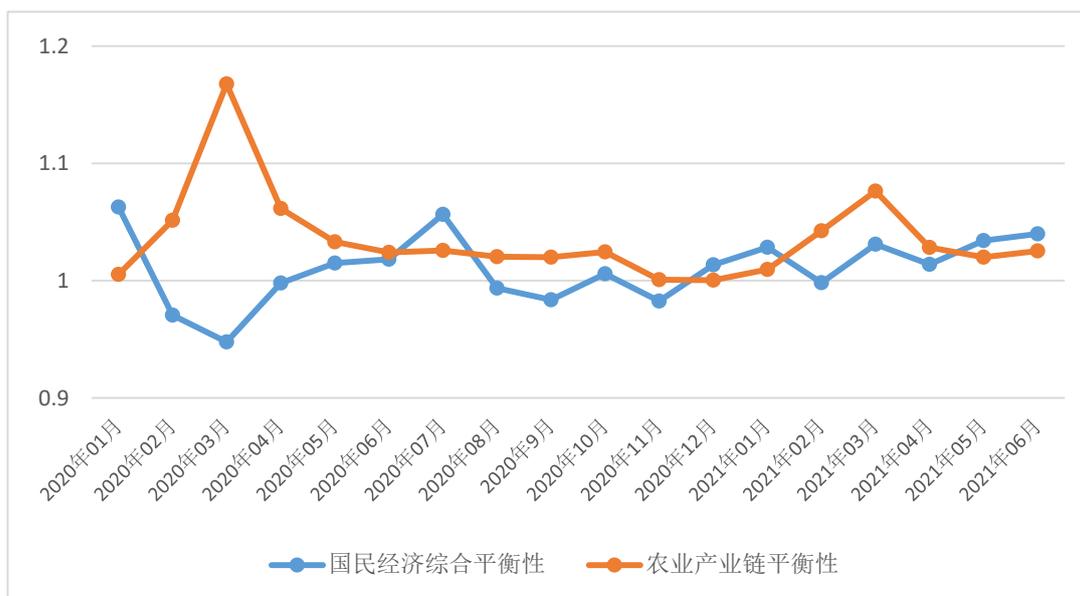


图 20 农业产业链平衡性

在韧性方面，农业产业链的韧性显著高于国民经济整体情况，主要短板行业是肥料制造业和农、林、牧、渔服务业，畜牧业和渔业几乎没有受到疫情的影响。

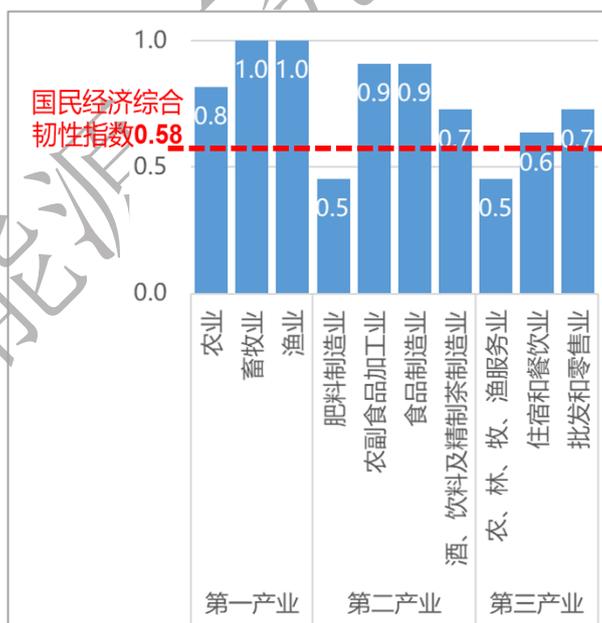


图 21 农业产业链韧性

总体而言，2020 年上半年短期内受疫情冲击较大，但农业产业链的平衡性和韧性较强，较好发挥了基础保障作用。从农业产业链内部

具体行业来看，农、林、牧、渔服务业用电量占比不高，自疫情起其用电量增速始终低于产业链整体水平，是整个农业产业链的短板，农业产业链现代化水平有待提升。后疫情时期，农业产业链的平衡性下降，产业链的脆弱性依然存在，农业的补短板工作直接影响到脱贫攻坚到乡村振兴的有效衔接。

案例：电力大数据助力普惠金融服务

国网线上产业链金融平台“电 e 金服”充分应用金融科技赋能，发挥电力大数据资源优势，在提升服务效率、精准度和严控风险上进行了一系列积极探索，实现了供需精准对接和价值高效转换。

核心企业确权、账户变更和数据真实性是产业链金融普遍面临的三大难点。“电 e 金服”凭借丰富的电力大数据资源以及多元化业务场景，在消除这些难点方面具有独特优势。电 e 贷作为“电 e 金服”平台拳头产品之一，基于用电数据及信用情况，精准核定授信额度，专门为中小微企业提供信用融资，企业凭借良好用电信用和其他信用资质，无需抵押或担保，而且融资成本低。

“电 e 金服”平台建立起具有电力特色的大数据实时风控系统，填补了国内企业在金融实时风控解决方案方面的空白。依托电力大数据，经数据分析、深度数据挖掘及科学数学算法、建模，适用于金融业需要的企业评价、监测和管理，为金融业客户提供贷前、贷中、贷后全面高效的风险管理服务。金融机构通过用电失信信息如窃电、违

约、欠费等，贷前筛除劣质客户避免欺诈行为，通过用电量分析，贷中评估企业行业水平及偿还能力，通过用电趋势，贷后监控企业经营运行情况。

（二）能源企业做好三大布局

在能源数字化领域，新基建可发挥的作用非常广泛，能源企业既要适度超前、兼顾效益，始终关注对新型生产力的牵引带动作用，又要坚持边建设边评估，在实践中不断修订完善。从产业发展视角，能源企业在新基建中要做好三大布局，推动现代能源服务体系、能源数字产业集群加快升级。

区域空间布局：在新发展格局下加强对都市圈、城市群的智慧能源系统的转型升级。以长三角、京津冀、粤港澳、成渝等为代表的城市群正在构建中国经济“新版图”，城市工业园区是发挥能源数字化的主战场，打造智慧能源系统，使电力与算力、智力充分融合，发挥规模经济、范围经济、人口红利等特性，能够为经济社会释放新动能。一是在能源供给消费两端加强数字化、智能化基础升级，可侧重对能源生产流程的智能改造、能源企业生产管理系统进行智能升级，并将智能化、公开化、透明化的数字化基础设施与能源智能调节控制设备融合应用。二是以点带面发展城市能源产业链，可带动智能电网、热网、分布式能源、储能、热泵、充电、5G、物联网等先进制造业发展；带动现代垃圾、污水处理；

带动智慧交通、智能城市建设。三是重点布局工业园区与商业楼宇，居民业态未来潜力待挖掘。城市的工业园区与商业圈是目前也已成规模的万亿级市场⁵，居民区的能源数字化主要体现在电力供需双向互动中创造的新价值，电动汽车V2G、户用光伏等模式的发展价值还未充分释放。

产业协同布局：抢占能源互联网感知设备产业的核心位置。新基建中大量传感设备需要接入物联网，其产业总体规模超过1.5万亿台（套），但由于该领域目前细分设备类型复杂，尚缺乏集成整合协同能力的工业互联网集成运营商。一是以能源智慧物联设备推动产业协同，能源物联网覆盖了供能、用能设备，采集和挖掘能源数据，要加强对各类传感器、量测装置、定位系统、红外感应器、射频识别装置的数据协同、标准统一，如电表、水表、气表、流量计、光感、烟感、核心芯片等。二是以融入与赋能为重点助力国家现代产业体系建设。对接国家基础设施建设，推动能源大数据中心、工业云网等电网数字基础设施与国家同类新型基础设施精准匹配，促进电力与算力资源协同布局，赋能产业链数字化生产力提升。将能源企业新基建规划纳入智慧城市、智慧交通体系全局规划，激发出数字新基建与能源系统、社会民生、城市建设等共享红利。

⁵ 据初步估算，考虑全国省级及以上园区超过2600个，需要投资5.3到7.9万亿元，可拉动直接投资5万亿元以上。商业区特别是城市圈内的人流密集的综合体在能源消费侧有较大发展空间，仅在数字化控制系统可以提升楼宇空调综合能效约25%以上，延伸的产业链投资规模同样在万亿级别。

新兴市场布局：围绕能源数据服务拓宽业务领域。随着能源大数据服务经济、社会、民生的综合价值与社会关注度不断增强，其连接社会网络、城市大脑的衍生价值也在不断增长，可以预见以数据处理、分析与价值挖掘为代表的能源数据价值链将成为下一步能源数字化转型的制高点，也成为新基建的核心领域。一是加强数据平台的分析服务能力建设，由“数据规模优势”向“软件定义、服务定义”转变，为能源大数据平台、数据中心开发更多“面向终端用户”的数据产品，实现对数据高度自动化、透明化、可解释化、可扩展化的二次加工，激活能源数据的生产要素价值。二是抓住北斗+5G 的新型通信定位资源的商业化利用市场机会。据机构预测，未来三年，我国卫星导航市场将保持 20% 以上的快速增长，到 2021 年市场整体规模将达到 6323 亿元，主要市场份额将向产业链下游的运营服务端延伸。能源电力领域已投入运营的北斗定位导航基础设施将不仅服务于电力安全生产与应急保障，还将对外提供基建现场管理、应急监测抢修、防灾减灾、应急管理等领域支撑服务。

（三）数字监测支撑分布式可再生能源产业发展

分布式可再生能源产业发展亟需数字基础设施和数字技术支撑运营监测赋能。近年来分布式可再生能源产业发展迅速，但由于历史顶层统筹管理缺失，规划布局、发展质量、

成果成效等方面缺乏数字监测，发展出现散、乱、差等现象，难以满足新型电力系统下分布式可再生能源的高质量发展。

一方面，由于存在分散布局、单体容量小、市场主体众多等特点，加之缺乏统筹管理标准，分布式可再生能源运营监测出现空白；另一方面，分布式可再生能源发电存在不确定性、间歇性等特点，当前相关研究多关注系统层面指标，基于数字技术的客观情况缺失，使得政府、发电参与主体对于整体运行情况把握存在偏差，不能及时优化调整政策和运营模式，对决策和优化策略的支撑作用不足。因此，有必要基于电网调度中台、新能源云平台等数字新型基础设施开展运营监测。

分布式可再生能源产业发展迅猛，运行和并网标准已经初步具备体系规模，但缺乏从宏观视角对可再生能源发展规划、运营效率、建设成效的监测标准，难以指导政府监管部门和运营商制定相关政策。一般项目后评估侧重于对项目建设完成后的成效进行评价，分布式可再生能源产业发展能够提升电网末端电能质量，有效缓解电网改造压力，提高用户供电可靠性。分布式可再生能源有效提升能源生产清洁化水平，是促进节能减排、提高能源利用效率，解决偏远地区电力供应问题的重要途径。分布式可再生能源并网点多、电源种类多、参与主体庞大，给分析运行控制和整体效益评价带来一定难度。

由此从建设规模、运营效率、经济社会效益等多维度建立运营监测体系是分布式可再生能源产业发展困局的破解之道。基于数字基础设施和数字技术的分布式可再生能源发电运营监测与评估面向可再生能源发展，整合可再生能源建设运营过程多个环节标准，构建运行分析指标，量化评估运行效率和运行质量，从监测视角指导优化可再生能源运行方式。解决建设规模监测问题、生产运行监测问题和建设成效评价问题，更好支撑可再生能源高质量发展。瞄准分布式可再生能源发展的运营监测体系如下所示。

表 3 支撑分布式可再生能源产业发展的数字监测体系⁶

监测维度	监测方向	选取指标
建设规模监测	资源规模监测	资源量、可开发电量、可开发容量、装机规模、出力年均变动幅度等
	微电网监测	微电网数量、微电网装机容量、微电网电量自给率等
	综合能源站监测	综合能源站数量、容量、电量自给率等
	电网承载力监测	并网线路容量、上级变压器容量、最大/小负荷、平均/最大峰谷差、规划一致性等
生产运行监测	并网运行监测	发电利用率、发电量、等效利用小时数、网购电量、并网电能质量等
	系统调控监测	设备和容量的可观、可测、可控率，储能配置率、储能容量配比等
	设备运行监测	设备运行停机时长、项目损耗电量等
	设备故障监测	设备检修次数、检修时长、故障率、修复时间等

⁶ 该体系各项指标计算公式、数据来源、计量单位、采集频度等具体信息详见由国网能源院牵头、中国可再生能源学会归口及发布的《分布式可再生能源并网发展与运营监测指标》。

	经济性能监测	平均上网电价、单位补贴额度及平准化发电成本等
运营成效监测	报装申请时长监测	并网接入的申请受理平均时长、方案审核平均时长和验收调试平均时长等
	上网情况监测	限发电量和发电预测功率准确性等
	支付情况监测	电费支付时长、政府补贴发放平均时长、电网企业补贴发放平均时长等
	综合效益监测	社会效益、经济效益和环境效益等

国网能源研究院有限公司

六、赋能区域经济

新形势下促进区域协调发展，按照客观经济规律调整完善区域政策体系，促进各类要素合理流动和高效集聚，增强创新发展动力，形成优势互补、高质量发展的区域经济布局。

——习近平《推动形成优势互补高质量发展的区域经济布局》

经济系统是动态的实体，区域或“空间”经济学涉及到空间模式的邻近、集中、分散和相似或不一致的问题，但缺乏任何真正的技术来解释人类行为和制度。

——美国区域经济学家埃德加《区域经济学导论》

城市是一个高度耦合、互相关联、多尺度的复杂自适应系统，城市群的发展需要产业、科技、资本、人口、能源、贸易、物流等不同资源的拉动，并形成区域协同效应。在区域经济发展从数量增长到质量增长的过程中，需要“完整、准确、全面贯彻新发展理念”，也需要能源电力数据发挥“晴雨表”“信号灯”“温度计”等功能。

本年度白皮书将关注重点聚焦在三个方面，双碳目标落地、保就业和协调发展。在战略层面，关键是坚持系统观念，从决策源头做好对整体与局部、当前与长远的系统谋划，利用能源数字化转型的成果建立适应区域经济发展的长效机制；在战术层面，以能源电力大数据为突破口，加快与宏观经济数据、民生数据的融合及交叉验证，在实践中不断提升决策分析质量。

（一）能源数字化破解城市“3060”问题之策

立足能源转型和数字革命融合发展的背景，统筹兼顾政府、企业、社会等多方面需求，探索把握“3060”目标下城市经济发展和减碳约束下的主要矛盾，形成具有地区特色的转型模式。

以嘉兴为样本，从能源数字化视角，提出双碳实施路径：碳达峰阶段的重点任务是深入推进重点耗能行业的节能改造，加强数字技术应用和数字经济高端人才引进，以能源结构调整为辅，并通过产业优化形成长期良性发展的基础。

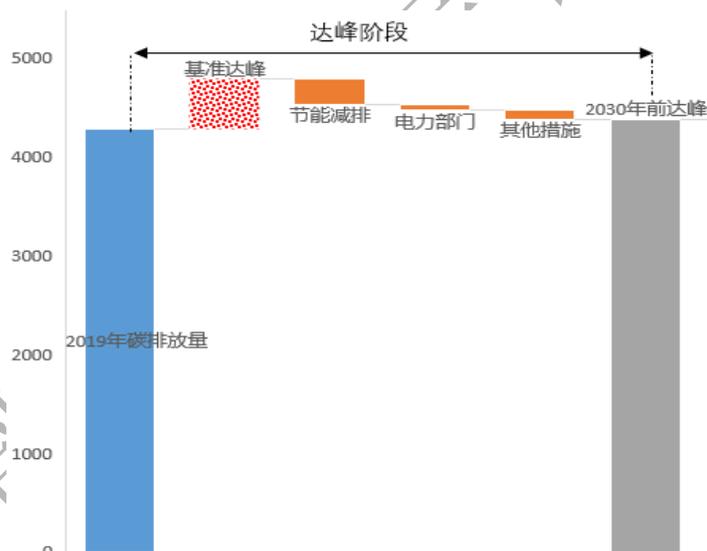


图 22 碳达峰阶段重点任务

碳中和阶段的重点任务是快速降低碳排放，实现电力部门、交通部门、工业部门等主要排放部门快速脱碳与低碳发展。

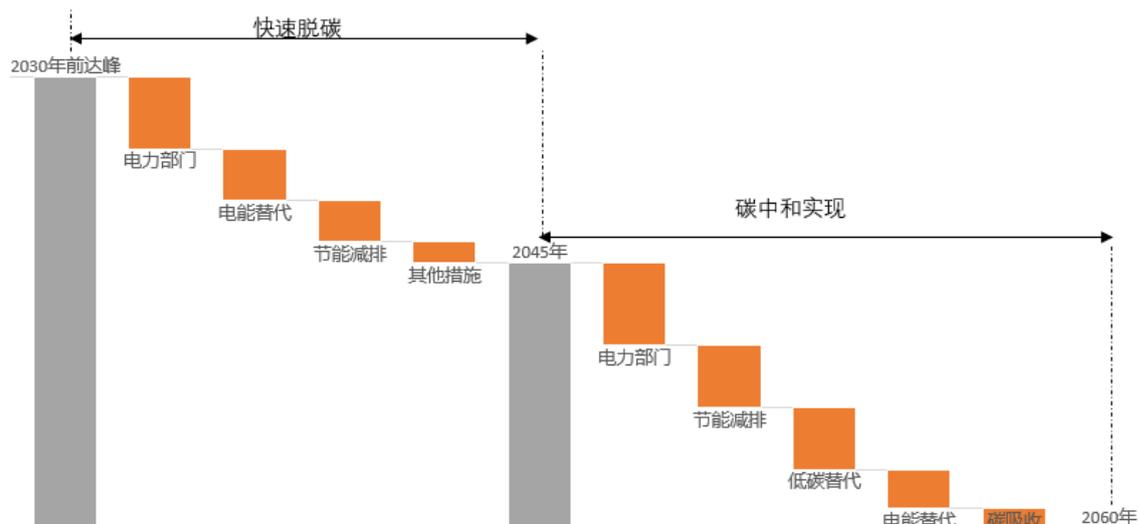


图 23 碳中和阶段重点任务

对于传统优势产业，在设定减排目标时应不唯能耗论，虽然对减排造成现实压力，但更应该看到其长远价值，以及经过多年发展，其对相关产业的辐射与带动效应刚刚显现。因此建议对此类产业，不仅要守住，还要守好。在高耗能行业已逐步通过产业升级实现减碳要求下竞争力提升的基础上，需要进一步加强数字技术在业务创新和流程优化中的应用。“双碳”目标实施不能单一通过指标分派的形式实现，要充分考虑地市支撑产业的行业定位、经济价值、社会影响、带动作用等综合价值。在具体方法上，可利用用能监测系统，构建能源数字化监测平台，在开展用能监测的同时，对主要耗能企业的碳排放情况进行监测，将能源流和碳排放流进行统筹分析。

警惕制造业转移城市的“碳犀牛”风险

7月30日召开的中共中央政治局会议中指出，要统筹有

序做好碳达峰、碳中和工作，纠正运动式“减碳”。在当前政府、社会、企业各界层层落实“双碳”目标的工作中，我们看到积极性高涨的同时，也注意到大干快上等简单化思维可能造成的问题。

我国经济体量大，东中西部经济发展阶段、产业结构、减排潜力等具有较大差异。对于东部制造业为主的能源转型，其中双碳的转型机遇与风险并存。要充分发挥市场的引导作用，健全全国统一碳市场交易机制和运行规则，推动不同区域、不同行业、不同水平的企业能够得到公平的发展空间。我们提出“碳犀牛”问题，旨在认识到各种风险的叠加与防控问题：

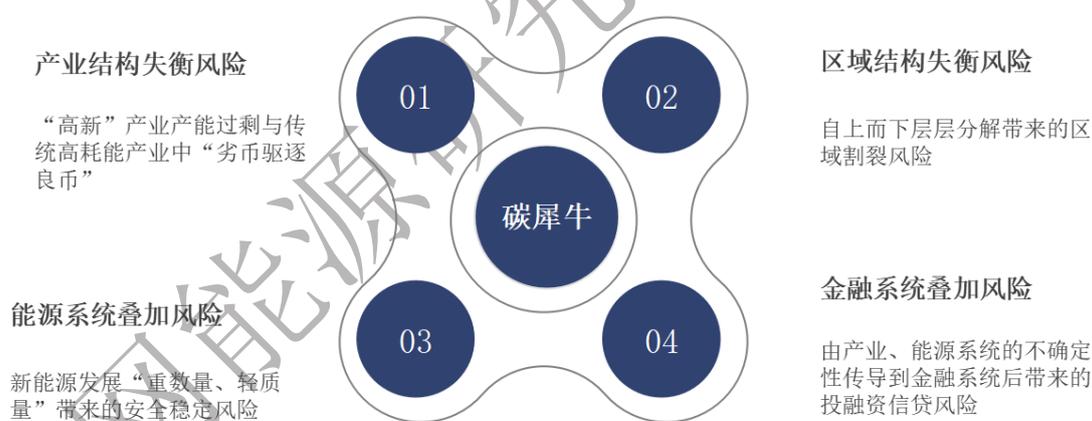


图 24 多重风险叠加下的“碳犀牛”

一是产业结构失衡风险：警惕“高新”产业产能过剩与传统高耗能产业中“劣币驱逐良币”。产业结构升级要符合经济发展实际，也要因地制宜，应减少“一刀切”式的关停限产手段，否则带来的风险将更大。

二是区域结构失衡风险：警惕自上而下层层分解带来的

区域割裂风险。城市能源发展从来不是单独一个城市的问题，而是需要用区域协同的视角从城市群、都市圈角度，寻求整体解决方案。

三是能源系统叠加风险：警惕新能源发展“重数量、轻质量”带来的安全稳定风险。要充分考虑能源系统调控能力现实，忽略地区实际、成本压力、系统风险的短期非理性盲目投资会伤害能源上下游产业链，并带来系统性成本高启与安全问题情况。

四是金融系统叠加风险：警惕由产业、能源系统的不确定性传导到金融系统后带来的投融资信贷风险。在更加严格的排放标准约束下，高碳企业的利润水平在一定时期内会有所下降，造成企业偿债能力下降。同时，由于气候融资更偏向于行业内的先进企业，导致行业内中小企业及运营水平较差的企业无法应对减碳带来的资金压力，也缺乏充裕的资金实力来加大企业转型升级，并形成行业内企业关停、产品价格上涨、投资效益减少、员工失业等一系列经济、社会、民生的连锁反应，相关风险溢价传导至金融市场后，将会带来更大的系统性风险。

（二）能源数字化激发区域就业消纳新业态

当前电力行业就业消纳能力明显下降，受到规模增速趋缓、产业结构调整、行业技术进步等因素影响，近年来电力行业企业用工规模和年度毕业生招聘规模持续负增长。一方面电力人才供需总体宽松，电力行业规模化扩张时期已经过去。新技术的应用带来电力工业领域的效率提升，对用工需求形成一定程度的“挤出效应”，但新产品、新模式、新业态等“新经济”所形成的“拉动效应”还未形成规模。另一方面，电力行业人才需求总量进入平台期，电力行业所有制结构也处在加快调整的过程当中，混合所有制、民营电力企业也还不具备较强的就业消纳能力。

数据显示，主要电力企业在过去五年间的用工总量逐年下降，正式员工从2016年的221.8万下降至2019年的214.9万人。年度应届毕业生招聘规模也在下降，2017-2019年三年间主要电力企业招聘规模平均下降11.58%，此前一年该数据为20.46%。其中，发电企业的人才需求总量降幅最大，其次为电网企业，电建类企业人才需求总量有所上升。与此同时，我国大学毕业生规模仍旧快速增长，20年间高校毕业生人数翻了10倍，2021年毕业生总数达到909万人，2022年及今后“十四五”期间，预计都将超过1000万。一方面是过量的高等教育人才供应，另一方面受制于产业结构、行业发

展的阶段性限制，无法提供对等的就业容量，导致电力行业就业矛盾问题较为严峻。

发展能源数字化转型是破解就业及队伍问题的有效途径：一是能源数字化转型对就业消纳将同时带来的“挤出效应”和“拉动效应”。随着能源技术和数字技术融合推动新型能源电力系统转型升级，能源行业的人力资源需求将发生转变，一部分一线生产岗位将被挤出甚至消失，另一部分新兴产业的岗位需求将被拉动。二是挤出效应和拉动效应的时空错位将对能源央企队伍带来结构性失衡风险。在时间上，能源数字技术的利用对能源系统内现有人力挤出迅速，而能源数字产业的发展对人力需求拉动传导较慢，存在时间性错位；在空间上，被挤出的岗位可能广泛存在于生产一线，而被拉动的岗位可能集中出现在产业园区，存在空间性错位；因此，时空错位下能源央企队伍可能人力冗余和短缺并存，存在结构性失衡风险。三是能源数字技术和平台是促进人员“挤出转型”和“拉动成型”的有效工具。基于数字化的手段与硬软件工具，可以通过线上线下结合为被挤出人员的技能升级提高学习效率，降低转型“天花板”；基于数字化的平台和系统，可以通过整县光伏推进等分布式可再生能源发展，来扩大用能维护员、综合能源站管理员、分布式集成服务商、微网服务者等新型岗位成型。

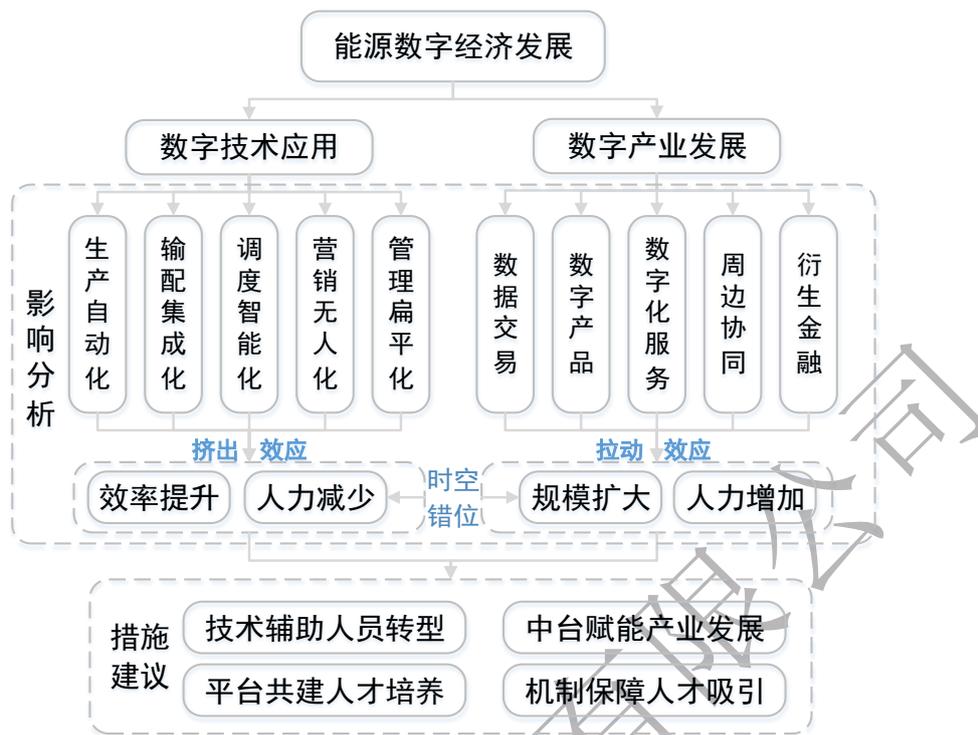


图 25 能源数字化转型推动能源就业量质并进

能源央企应当扛起能源保障和就业保障等涉及基本民生的责任义务，能源数字化转型是解决就业、队伍问题重要手段之一。一方面，能源央企要积极为国家就业保障提供数据支撑服务。能源央企不仅仅要为就业动态跟踪提供数据源采集汇总支撑，还要提供数据分析服务支撑，需要可发挥能源大数据的决策优势和能源数字新业态的资源优化，积极预判就业走势、消除就业障碍、安排就业举措，促进国家就业政策精准施行，同时建议国家主管部门将就业指标作为衡量能源央企贡献的重要参考。另一方面，能源央企要积极建设具有适当超前性的人力资源平台。建立与未来能源数字产业相匹配的人力资源吸引平台，有预见性、前瞻性和适当超前性地发展建设稳定性好、忠诚度高、归属感强的数字化队伍；

针对就业形势严峻地区建立与国家乡村振兴战略相匹配的人力资源吸纳平台，以订单化、契约化、共享化等方式增强对偏远地区就业的服务力度，同时也切实缓解了艰苦边远地区县级公司招人难、留人难问题。

除此之外，能源央企充分履行数字服务均等化责任，无歧视发挥数字化对全体职工的赋能，为管理类、专业类、技能类员工开发匹配的组织模式、业务模式与作业模式，在硬件上全面保证对企业生产运营的整体赋能；进一步从上到下贯穿数字化思维，通过线上线下以讲座、讨论等多种方式打造数字化文化，鼓励、引导、激发员工数字化创新动力，从“要我转”到“我要转”，在软件观念思想上要与系统设施硬件匹配。除此之外，在保障用上和保障用好的同时，积极成为数字时代大型企业激活组织、激活个体的样板，并将成功经验服务于数字化程度相对欠缺的中、小、微企业，保障国企经验的复刻推广，积极展示国企担当。

（三）能源大数据成为区域协调发展的新动能

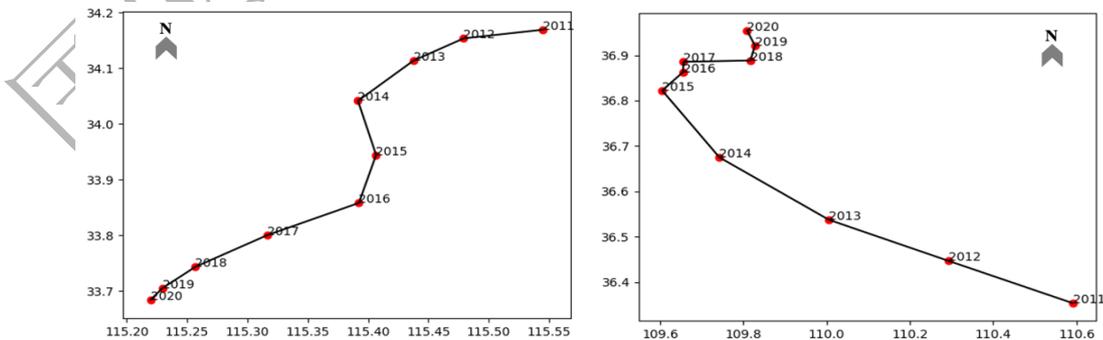
党的十八大以来，中央从战略和全局的高度，在继续深入实施区域发展总体战略，提出了京津冀、长三角、粤港澳三大区域发展顶层设计，并着力推动形成优势互补高质量发展的区域经济布局，中心城市和城市群的发展成为了承载经济发展的重要形式，依托电力大数据分析区域经济、城市群

发展情况、城乡融合发展等，能够对国家制定有效的区域发展政策提供崭新视角。

随着能源大数据中心在全国范围内建设，能源数据对区域高质量协同发展的赋能效应将更加显著。能源大数据中心不仅涵盖电、煤、油、气、水、热等各类能源的生产、输送、转化、存储、消费等数据，中长期也将集成环境、GDP、投资、消费、进出口、地理、交通等多元经济社会数据。由于能源对地区的社会、经济、生态、环境等方面都有重要作用，准确发现、深入挖掘能源与地区发展中不同维度之间的关系，可以成为助力区域高质量协同发展的关键。

案例：电力数据显示南北地区发展模式和产业结构差异扩大

结合第六、七次人口普查数据，通过分析国家电网经营区 2011-2020 年南北地区用电量数据，发现：能源利用效率“南高北低”特征进一步强化，产业链用电“南下北上”布局特征明显，新旧动能转化呈现明显“南快北慢”分化趋势。



(a) GDP 重心转移趋势

(b) 单位 GDP 用电量重心转移趋势

图 26 国家电网经营区 GDP 及单位 GDP 用电量重心转移趋势

从上图可以看出，2011-2020 年，GDP 重心逐年向南方迁移，而单位 GDP 用电量重心则表现出向西北方向移动态势。这表明，尽管南北地区用电总量差距较为稳定，但发展模式和发展水平存在较大差异，北方地区的能源利用效率仍有较大提升空间。

案例：从电力大数据洞悉长三角区域协调发展

选取长三角区域进行分析，我们发现：传统高技术行业聚集区对周边的带动作用明显。上海、杭州、苏州等传统高技术行业聚集区分别增长速度明显放缓，而处于中心区边缘的江苏北部、安徽东部等地区增长较快。中心区重点城市高耗能行业转移成效显著。上海、杭州、合肥等重点城市显著减少，铜陵、马鞍山等传统高耗能行业聚集地区增长低于平均水平，仅安徽西南部分地区增长超过 30.0%。

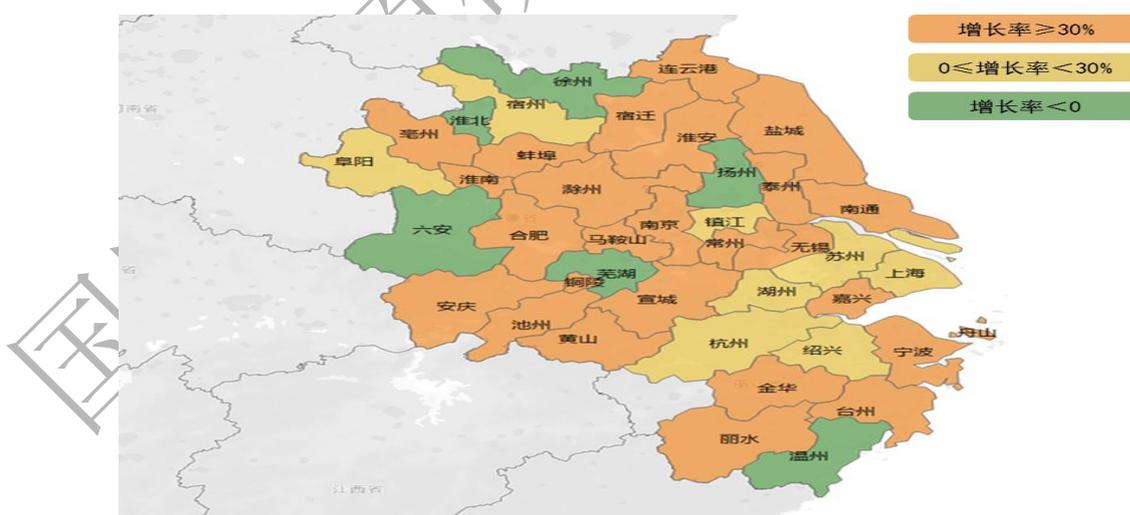


图 27 传统高技术行业聚集区对周边的带动作用

案例：从用电数据看脱贫县脱贫成果的巩固

基于家庭用电和生产用电数据，分析近两年摘帽的一百个脱贫县用电变化情况。从分析结果来看，脱贫县产业基础和自主发展能力仍较为薄弱，产业造血能力整体虽呈缓慢上升态势，但超半数样本县的产业造血指数出现下降。

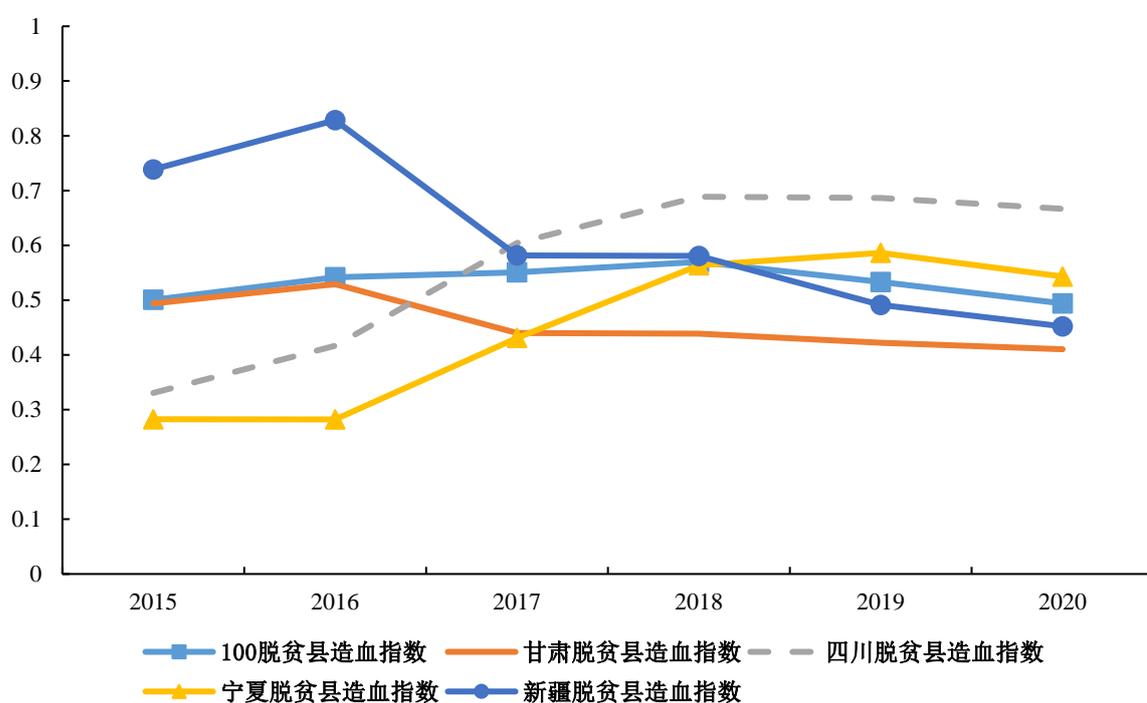


图 28 2015~2020 四省 100 个脱贫县产业造血指数变化

七、企业创新实践

要充分发挥国有企业在维护国家安全和社
会稳定方面的中坚力量作用。要充分发挥
国有企业在实施更高水平开放中的领军
力量作用。

——余澳（光明网）

促进国有企业数字化、网络化、智能化
发展，增强竞争力、创新力、控制力、
影响力、抗风险能力，提升产业基础能
力和产业链现代化水平。

——国务院国资委《关于加快推进国有
企业数字化转型工作的通知》

大型能源企业数字化转型成为世界潮流，既有着能源燃料成本上涨带来的市场压力，也有着新一轮能源革命、产业革命带来的技术驱动。对于国有企业、能源央企而言，数字化转型往往是一场全面深刻的战略转型，是对其使命责任价值观的一场全面重塑，也是在新发展格局心怀国之大者，勇于在世界舞台竞争中取得先机的主动作为。

本年度白皮书重点聚焦在国内电力央企与国际能源同行两个维度，在年度观察要点中，主要把握“为什么转”“在什么层次上转”这个根本性问题，以及“如何转型”，我们看到这些企业将转型的问题意识、忧患意识转化为企业的数字化战略，并用行动举措加以落实。

（一）国家电网：以数字化支撑新型电力系统构建

企业背景：国家电网公司始终高度重视数字化工作，将数字化作为电网转型升级和企业创新发展的重要抓手，自“十一五”以来，通过三个五年发展，从无到有建成了央企领先的企业级信息系统，核心业务基本实现线上化，能源与数字融合的新业务、新业态、新模式蓬勃发展。面向“十四五”，确立了“建设具有中国特色国际领先的能源互联网企业”战略目标和“一体四翼”发展布局，重点是通过数字化推动电网智能化升级和企业数字化转型，运用数字技术，坚持“全要素发力”，推进全业务、全环节数字化转型，实现电网高效率运行、公司高质量发展、服务高品质供应。

数字化转型战略分析：

（1）战略简介：“三融三化、三条主线”推进数字化转型。三融即融入电网业务、融入生产一线、融入产业生态；三化即架构中台化、数据价值化、业务智能化，其中架构中台化是构建企业级共享平台，重塑业务、数据和技术供给方式，数据价值化是构建数据驱动的创新发展模式，用数据驱动企业运营，业务智能化是构建电网和公司智慧运营体系，提升作业、管理和服务智能化水平。

（2）战略重点：实施六大核心任务。打造适应公司数字化转型发展需要的新型数字基础设施，提升能源互联网全面感知和泛在互联能力；推动先进信息通信技术、控制技术和

能源技术深度融合应用，促进电网基础设施与数字基础设施深度融合；推动业务协同、流程贯通和数据共享，构建智慧、绿色、安全、友好的电网智慧运营体系；建设数据驱动的企业运营能力，提升业务洞察、资源配置水平，构建高标准、高质量、高效率的数字化治理模式；以广泛连接和数据驱动为手段，提升用户体验，丰富服务内容，满足客户多元化、互动化、个性化用能需求；聚焦能源数字新业务、新产品、新服务，加快发展战略性新兴产业，培育基业长青新动能，推动公司产业结构升级。

（3）战略特色：运用基础设施转型、核心业务转型、分层分类转型三类转型方式。坚持“矩阵式”转型推进，纵向发挥总部牵头作用，围绕核心业务，按基础设施和专业条线推进数字化转型；横向发挥各层级单位主体责任，围绕企业整体转型，统筹业务、技术、管理、组织和体制机制等方面推进数字化转型。

数字化转型实践：

（1）业务：提升传统电网业务，促进生产提质、经营提效、服务提升。推进电网生产数字化。强化电网规划、建设、调度、运行、检修等全环节数字化管控。例如，推广应用图数一体、在线交互的“网上电网”，有力支撑各电压等级电网在线可视化诊断评价、智能规划和精准投资，基本实现“电网一张图、数据一个源、业务一条线”。推进客户服务数字

化。通过打造融合线上线下服务的“网上国网”平台，全面推行线上办电、交费、查询等125项业务功能，实现服务一个入口、客户一次注册、业务一网通办。平台累计注册用户数突破1.26亿，线上缴费9.8亿笔，金额1400亿元。特别是疫情期间，大力推行线上办电，让人民群众足不出户享受便捷服务，以及“欠费不停电”“不计滞纳金”等贴心服务。

（2）管理：利用数字技术提升精益管理水平。在财务管理方面，构建多维精益管理体系，促进业务与财务深度融合，精准核算每个业务单元的投入产出效率。在物资管理方面，初步建成现代智慧供应链，实现物资业务全流程在线办理，推动智能采购电子化、数字物流网络化、全景质控可视化，每年投标成本降低70%，累计降低库存储备约80亿元，被商务部作为创新案例在全国推广。

（3）技术：夯实数字化转型基础。狠抓数据管理，建立跨部门、跨专业、跨领域的一体化数据资源体系，按照“盘点-规范-治理-应用”的思路，强化数据分级分类管理。构建智慧物联体系，构建分布广泛、快速反应的电力物联网，有力支撑了电网、设备、客户状态的动态采集、实时感知和在线监测。建设数据中心，强化“两级部署、多级应用”，建成北京、上海、陕西三地集中式数据中心，加快27家省公司数据中心升级改造。抓好数据、业务、技术中台建设，实现跨业务数据互联互通、共享应用，通过核心业务共性内容的

沉淀整合，提供企业级共享服务 900 余项，促进了各类业务运营和创新应用。

（二）中国石化：数字化战略贯穿生产全流程

企业背景：对于中国石油化工集团有限公司而言，数字化改革既是企业内部油气提质增效的必然升级发展要求，也是应对行业外部危机降本增效的重要路径手段。中石化提出了全产业链的数字化改革策略，从油田数字化改造、管道数字化管理、炼厂数字化建设、加油站数字化服务这四个改革方向全面推动数字化转型。

数字化转型战略分析：

（1）战略简介：以四个数字化推动实现绿色高效能源化工发展。中石化公司正致力于全产业链数字化转型，针对油田数字化改造、管道数字化管理、炼厂数字化建设、加油站数字化服务全面布局数字化改革策略。使公司在已领先的中下游领域和未来的经营环境中努力保持持续的盈利增长和能力提升，不断开发和高效利用页岩气、地热、生物质能等新兴产业，努力成为绿色高效的能源化工企业。

（2）战略重点：采用“数据+平台+应用”架构，提高科研创新效率。中石化提出部署勘探开发数据库、ProMACE 平台和业务服务组件，上线运行油气藏动态管理、单井管理、管网管理等 7 类应用。建成科研知识管理系统并上线应用，

构建起千万级节点的勘探开发知识图谱，提高科研与创新效率。致力于推进绿色化工技术创新，提供以数字技术为代表的先进技术、以数字产品为代表的优质产品和以数字服务为代表的周到服务，加快构建有利于节约资源和保护环境的产业结构和生产方式，致力于成为利益相关方满意能源化工企业。

(3) 战略特色：油气产销上中下游全方位布局数字化改革。中石化对油气生产、集输、炼化、销售上中下游全方位进行了具有特色的数字化转型实践布局。面临行业竞争加剧、供需矛盾突出、成本压力凸显、环境约束强化、能源结构调整等多重挑战，中石化加快产销全产业链智能升级，实现上游油田智能化改造、中游油气集输管道数字化管理、下游油气炼化炼厂数字化建设监控、终端油气销售加油站数字化服务。

数字化转型实践：

(1) 业务：一体化优化赋能智能炼厂加油站建设。中石化推进石油和石化工业互联网平台（ProMACE）研发、智能工厂试点升级与智能加油站推广实施。实现一体化优化、操作报警、设备健康管理、加油综合服务等重点应用上线运行。建立了一体化生产调度指挥中心，实现了生产管理扁平化，提高了现场处置效率，操作合格率从 90.7% 提升至 99% 以上。利用大数据、云计算、移动支付、物联网等互联网技术手段，

将加油站打造成集人、车、生活为一体的综合型服务驿站。

(2) 管理：智能化系统实现油气集输“三化”管理。中石化研发了中国首个公司级管线管理系统——中国石化智能化管线管理系统，实现油气集输数字化、可视化、智能化管理。通过三维建模、全景影像、视频监控等技术手段，使地下管线可视、地面站库多维度展示，已覆盖近4万公里油气管线，显著提升管道隐患治理、应急响应能力。实现3.4万公里管线数据的全覆盖，推动系统应用，实现巡线任务下达、事件上报、巡线人员监控、隐患事件分析等功能。

(3) 技术：多平台融合推广提升自动化生产效率。采用“数据+平台+应用”架构多平台系统融合推广，提升油田无人化水平、精细化管理水平及生产效率。部署勘探开发数据库、ProMACE平台和业务服务组件，上线运行油气藏动态管理、单井管理、管网管理等应用。建成科研知识管理系统并上线应用，构建起千万级节点的勘探开发知识图谱，提高了科研与创新效率。在油田企业开展生产信息化、勘探开发业务协同平台（EPBP）推广建设，提高了业务协同、数据共享水平。油井、站库生产现场实现无人值守，油气生产运行管理实现实时监测、自动预警、远程调控。在炼化企业开展操作管理、工艺管理、大机组管理等系统推广建设，提高协同生产、精细化管理水平。

（三）南方电网：推行“数字南网”战略

企业背景：南方电网公司作为关系国计民生的国有重要骨干企业，积极响应“数字中国”战略，紧紧把握历史机遇，以数字化转型为抓手，持续推进传统电网数字化、网络化、智能化，建设数字电网，以“电力+算力”带动能源产业能级跃升，促进经济社会高质量发展。

数字化转型战略分析：

（1）战略简介：“数字南网”。发布《数字电网白皮书》，明确提出“数字南网”建设要求：将数字化作为南网发展战略路径之一，加快部署数字化建设和转型工作，提出数字化转型是实现数字南网的必由之路。

（2）战略重点：聚焦电网数字化、企业数字化、服务数字化、能源生态数字化。电网数字化是物理电网在数字世界的完整映射，建立数字孪生模型，通过数字世界的操作作用于物理世界，实现数字世界和物理世界的双向互动，实现电网量值传递、状态感知、在线监测、行为跟踪、趋势分析、知识挖掘和科学决策，电网数字化为电网向更高层次的智能化赋能。**企业数字化**是将数字技术植入电网企业生产、管理和经营全过程，推动数字化运营与决策，实现管理化繁为简，提升管控力、决策力、组织力和协同力。**客户服务数字化**是客户服务过程中的数字化交互、自动化服务和智能化体验。**能源生态数字化**是基于数字业务技术平台构建智慧能源产

业生态，利用数字技术，引导能量、数据、服务有序流动，构筑更高效、更绿色、更经济的现代能源生态体系。

(3) 战略特色：四大平台支撑数字电网建设。运用电网管理平台 and 调度运行平台支持智能电网建设、运行和控制；运用电网管理平台、客户服务平台、调度运行平台支持能源价值链整合和能源生态服务；运用电网管理平台和企业级运营管控平台支持公司管理和决策。

数字化转型实践：

(1) 业务：以价值创造为目的，打造全方位数字化新业态。利用数字化新技术对传统业务赋能，应用新一代数字技术对传统电网进行数字化改造，以数据流引领和优化能量流、业务流，增强电网的灵活性、开放性、交互性、经济性、共享性，赋予电网更多的新特征和新应用场景。

(2) 管理：以客户需求为基点推动管理运营模式变革。建设互联网统一客户服务平台，深化互联网服务应用，建设线上智慧营业厅，打造数字化用户旅程，实现智能电表和低压集抄“两覆盖”，为用户提供精细化用电分析、停电主动告警和实时监测等多层次、高质量、个性化用能用电服务。以能效数字服务满足用户不断提升的用能体验需要。打造前中后台现代组织架构，依托数字平台，建设以“服务用户、获取市场”为关键的敏捷前台、以“资源共享、能力复用”为关键的高效中台和以“系统支持、全面保障”为关键的坚

强后台，建立灵活高效的用户需求响应机制。

(3) 技术：以能源关键核心技术攻关固链强链补链。研发电力专用芯片、智能传感器、特高压直流套管等核心装备，构建高效能源产业供应链，利用电力大数据专业属性强、实时准确性高的特点，对接供应链相关方和工业互联网，实现与供应商、物流商、服务商的业务贯通和数据共享，促进上下游企业业务协同和产业链全局优化。

(四) 中国华能：四步走实现数字化转型

企业背景：中国华能作为国有重要骨干企业，以数字化转型为契机，探索公司发展新模式和新业态，推动公司由能源生产企业向综合能源服务企业转型，充分利用数字技术为电力生产和能源服务赋能，持续推进工业化和数字化深度融合，加快推进业务创新和模式变革，努力推动能源发展质量变革、效率变革、动力变革，加快构建清洁低碳、安全高效的能源体系，推动公司高质量发展。

数字化转型战略分析：

(1) 战略简介：始终围绕“综合实力”和“国际一流”。坚持“统一规划、多方实施、分层分类、重点突破、创造价值、注重实效”的工作原则和推进模式，制定公司数字化转型战略规划，统一数字化转型战略共识，相关任务纳入产业发展“十四五”规划。

(2) 战略重点：四步走实现华能数字化转型。一是生产数字化转型。融入区块链、物联网、人工智能等新兴成熟技术，推进智能生产和产业转型升级，实现电力、煤炭、交通运输、金融等数字化。二是管理数字化转型。推进 ERP、人力资源、财务、营销、风控等业务全面数字化、智能化建设，加快数据治理体系建设，深化各管理系统融合，降低管理成本。三是决策数字化转型。利用业务运营分析洞察和机器学习模型，自动对业务过程提出建议或作出行动，提升公司决策的数字化、智能化能力。四是构建数字化生态。吸纳市场、技术、知识、关系、资金、服务等方面资源，开展广泛的跨界联系，实现资源动态重组，打造生态运营平台，不断推进数字化生态建设。

(3) 战略特色：数字技术与实体经济深度融合，赋能智慧华能。建设新能源智慧运维平台，通过数据赋能提高发展质量和效益，降低建设运行成本。建设智慧电厂、智慧矿山等数字化转型示范项目，以新能源智慧运维平台为基础，逐步接入水电、火电、燃机、核电等生产数据，形成中国华能统一的智慧能源数据平台。挖掘数据资源，打通数据壁垒，将数据资源作为重要的资产进行管理和运营，探索新业态新商业模式。

数字化转型实践：

(1) 业务：积极开展产业智慧化探索。开展智慧电厂的

技术研发和示范，研究开发智能电站的标准化体系结构和接口标准，构建安全、可靠、可扩展的一体化智能优化控制平台和管理平台，攻克平台信息安全与功能安全防护技术，并通过与工业互联网的深度融合，实现“云边协同”的智慧电厂技术体系。

(2) 管理：信息系统上云促数字化管理能力建设。建成投运华能企业云数据中心，加快管理信息系统上云。在 ERP 等企业综合治理应用的基础上，推进数字化财务建设，在北京地区启动财务共享中心试点，加快财务业务转型。在北京和青岛构建了“两地三中心”“容灾体系”。

(3) 技术：依托新技术打造数字时代新型基础设施。依托能源交通产业，建设形成“能购”“能运”“能融”及“能云”的创新型智慧供应链集成服务体系“华能智链”平台，实现大数据支撑、网络化共享、智能化协作，整合商流、物流、信息流、资金流各方供应链资源，提升产业集成和协作水平。

(五) 法国电力：数字化解决方案先行者

企业背景：法国电力公司（EDF）成立于 1946 年，是法国最大的国有电力企业，也是全球最大的核电运营企业，主营业务覆盖电力行业全环节和天然气领域。伴随着数字经济、技术的不断发展，法国电力在转型过程中将信息化、智能化、

数字化的思想逐步融入到战略转变中，结合基于核电、水电、新能源的多元化电力结构，法国电力致力于为客户提供包括电力投资、工程设计以及电力管理与配送在内的一体化解决方案，逐步转向更加以市场为导向、以技术为驱动的大型综合能源生态型企业。

数字化转型战略分析：

(1) 战略简介：多元电力结构下数字化解决方案先行者。法国电力公司在 2018 年 3 月召开了集团数字化转型路线会议，确定了四条转型方针，即法电客户关系数字化转型、法电产业发展、法电内部运营管理、基本的 IT 系统和技能。

(2) 战略重点：以提供解决方案为利润增长点，做精衍生服务。除了能源运营本身，法国电力的业务还涵盖电力销售、能效管理和能源大宗贸易等各个环节，甚至包括电力投资、电力工程设计以及电力项目管理与电网配送在内的一体化解决方案，旨在为居民、专业客户、公司企业、城市或区域提供集成解决方案。

(3) 战略特色：依靠数字化服务实现 CAP2030 战略。法国电力发布 CAP2030 战略，借助技术和模式创新，以能源服务、低碳发电和国际业务为重点方向，积极布局太阳能、储能和电动出行三大领域，发展成支持低碳增长的高效和负责任的电力公司。

数字化转型实践：

(1) 业务：积极拓展新业务，注重业务孵化。加大可再生能源等新业务的投资力度，平衡核电与可再生能源发电比例。2017年在集团创新战略规划部下增设“newbusiness”创新业务管理机构，作为初创公司孵化器，重点关注能效管理、智能家居、能源云、城市可持续发展等方向。对成功孵化的初创企业，EDF将考虑与之成立合资公司或并购为下属子公司，纳入公司生态。初期在全球业务内应用，提供应用场景及初期市场，后期协助推广至公司客户或合作伙伴。2012年至今已孵化2000余家初创企业。

(2) 管理：运营管理协同提升效率和服务水平。通过更新客户服务设备，如电话接听服务、网络服务、信息服务平台等，提升服务质量和效率，同时雇佣和培训新的销售人员。启动第一个服务平台 IZT，为企业用户和家庭用户提供安心的服务。

(3) 技术：综合能源服务系统赋能价值创造。制定中长期技术研发战略(2030年)，聚焦智能电网、智慧用能及可再生能源三大战略领域，以智慧城市、储能技术、电能替代等六项技术为重点研究与开发方向。制定清晰的研发策略，约2/3研发费用用于支撑集团各业务板块及下属机构发展，约1/3研发费用用于前瞻性和基础性技术的研究与开发。建立多元研发体系，成立10个跨国内部研发中心、15个联合研究

室，联合众多外部学术机构、行业合作者等打造“大创新中心”，促进协作创新的同时，打造可靠的合作伙伴关系。

（六）英国石油：全新数字化战略转型

企业背景：英国石油公司（BP）是世界上最大的石油和石油化工集团公司之一，也是世界上最古老的石油公司之一，有着敏锐的机遇察觉能力和丰富的风险应对能力。受国际经济形势、疫情、全球原油价格波动等因素综合影响，自身盈利能力下降迫使这家古老的油气公司随着世界能源格局的变化而不断调整自己，提出了全新的低碳数字化转型战略。

数字化转型战略分析：

（1）战略简介：在2020年8月4日，BP公司极具魄力地提出了全新的数字化创新转型发展战略。从一家专注于生产资源的国际石油公司转变为一家专注于为客户提供解决方案的综合能源公司，其最新发展战略主要集中在数字化加速低碳业务发展方向。

（2）战略重点：明确数字化创新应用路径，重点提升新业务效率。BP公司应对新冠疫情及油价波动的双重影响，极具魄力地提出了利用数字化建设，实行全面收缩油气业务及全面扩张低碳业务的策略。主动放弃绝大多数勘探业务以提升效益，加大数字技术应用催生低碳业务新业态扩张，降低传统资本密集度，并持续以数字化提升油气开发效率，支撑

低碳业务新业态扩张，其中包括可再生能源和生物能源，以及氢能和碳捕捉、利用与封存的早期市场地位。数字化创新的主要领域被认定为低碳电力和能源、便利零售和移动出行、更具有韧性和针对性的油气开发。BP计划在10年内每年在低碳领域投资约50亿美元，10倍于现今的年度低碳投资数额，通过系统、平台和沟通三大路径，提升BP公司油气业务运营效率和低碳业务的推进效率。

(3) 战略特色：依靠数字化转型创新实现“净零”排放。

BP公司着重强调了全新的数字化创新发展战略将为实现到“2050年或之前，成为净零公司”以及相应目标带来实质性进展。到2030年，BP计划在五大目标上取得如下重大进展：运营排放比2019年减少30-35%；BP上游油气生产过程中所产生的碳排放，比2019年减少35-40%；销售产品的总体碳强度，比2019年降低15%或更多；甲烷测量装置到2023年部署完成，将其强度减半的目标取得阶段性进展。

数字化转型实践：

(1) 业务：利用投资组合提升成本韧性和碳韧性。数字化技术的服务化、智能化、网络化将赋能BP未来油气业务组合，使其更具成本韧性和碳韧性。到2030年传统油气产量下降40%，炼厂产能下降至120万桶/天左右，开发约50吉瓦的净可再生能源发电装机容量，生物能源日产量从2.2万

桶增加到至少 10 万桶；氢能业务在核心市场的份额增长到 10%。

（2）管理：管理简约现代化落实三大重点领域。BP 公司管理简约数字化落实在以下三个领域：低碳电力和能源，便利零售和移动出行，更具有韧性和针对性的油气。BP 将简洁化和现代化写入了战略报告，试图在数字化转型中抓住新机遇，使组织结构和流程更加简洁化，并引入数字化的解决方案来提升运营效率和客户服务水平，与其利益相关者共同迎接新时代的到来。将客户置于 BP 的核心地位，重新定义便利店零售管理，并扩大 BP 在成长型市场的份额和油品销售，并利用数据平台积极保持高水平的投资组合管理和成本管理，从而使勘探和炼油产量显著降低，且更具竞争力。

（3）技术：综合能源服务系统赋能价值创造。BP 公司计划建设数字化支撑下的综合能源服务系统，赋能企业价值链效益创造。BP 公司的数字化变革贯穿整个价值链，基于数字化的技术发展和战略转变，整合了前中后台数字能力，激活上下游业务资源，优化能源数字化服务系统，为客户提供全面的服务品类。同时与各个国家、城市和行业合作建设数字化平台，通过整合油气业务和低碳业务的相关数据资源，探索不同的“净零”路径。

致 谢

本年度白皮书得到了国务院国有资产监督管理委员会、国家电网有限公司的研究项目支持，编写组有幸参与到国有企业数字化转型模式和路线图的研究设计中，与其他兄弟单位共同为国有企业数字化转型研究与实践出谋划策；来自中国企业联合会、中关村信息技术和实体经济融合发展联盟、中汽研汽车工业工程（天津）有限公司、中船重工信息科技有限公司、国网山东省电力公司经济技术研究院、国网河南省电力公司经济技术研究院、国网福建省电力有限公司经济技术研究院等机构的专家学者对本书给予了关心与帮助，在此一并表示感谢。

——编者

