



accenture  
埃森哲



远景  
零碳技术伙伴

引领变革：迈向新型电力系统时代

# 中国发电企业碳中和 数字转型白皮书

# 执行摘要

在全球“碳中和”的趋势下，中国也在国家层面首次提出“双碳”目标。作为重要的碳排行业之一，发电行业正在面临着可再生能源占比迅速提升、分布式能源快速增长、能源利用效率显著提高、消费者需求更加多元等方面的变化。同时，随着科技水平的不断发展，越来越多数字化、智能化的解决方案如雨后春笋般出现在电力行业产业链的各个环节中。

未来的电力行业，将是一个由数以十亿计的可再生能源发电、储能、智能用电设备构成的“碎片化”系统，以智能物联网为代表的数字化技术将是实现万物数据化、智联化的重要手段。其中，发电企业作为重要的参与者，也将朝着低碳数字化转型的目标砥砺前行。

## 全球电力行业的五大转型趋势

目前，全球电力行业正在经历着多维度的转型，呈现出五大转型趋势：能源结构中可再生能源激增，能源供应方式分布式能源扩张，交通电气化成为能源消费新增长点，能源消费者积极行动，及能源系统整体效率提升。

在发电侧，随着分布式光伏、风电等能源形式的普及，可再生及分布式能源正在迅速增长。根据埃森哲分析，预计到2035年，可再生能源发电量占比将超过50%。

在用电侧，随着新能源汽车的普及，自动驾驶、V2G（车辆到电网）等技术也在不断进步，推动交通行业电气化水平的日益提升。预计在新销售的汽车中，电动汽车的占比将由2020年的3%增长至2040年的55%。同时，能源消费者的需求也朝着数字化、个性化、便捷化、开放化的方向转变。根据埃森哲研究，能源消费者希望能源供应商可以跟上转型的步伐，提供数字化和多元化的一站式能源服务。

最后，随着科技的进步，能源系统的整体效率不断提升。为了提高能源利用率，并降低能源排放强度，世界各国也在针对能效提升积极研发与投资。然而，从一众国家目标2050年实现“碳中和”的角度出发，能源效率仍有极大的提升空间。

## 中国电力行业的三“替代”两“市场”

与全球电力行业低碳转型趋势相比，中国的电力行业同样经历着**分布式发电逐步替代集中式发电、新能源发电逐渐替代传统能源发电**，以及**终端能源电能替代传统用能的趋势**。

在此基础上，中国的**电力市场**随着电力体制改革的深化和落地，市场化程度不断提升。未来，中国电力现货交易试点范围将继续扩大，参与电力交易的主体也会越发广泛，可再生能源发电参与电力现货交易的比例也将逐步增大。同时，随着“双碳”目标的提出，中国的**碳交易市场**也在迅速崛起。目前，在碳市场发展初期，发电行业重点排放单位是交易的唯一主体。未来，预计更多高耗能企业将被纳管，碳交易市场也将进一步扩大。

## 发电侧数字化解决方案

随着越来越多的新能源资产投运，中国的新能源行业将从跑马圈地的建设期转为存量资产的运营期，发电企业对新能源资产运营的重视程度也将随之提升。

发电侧的数字化解决方案侧重帮助发电企业提升智能运维能力，借助数字化工具，实现天气预测、发电量预测、智能巡检与预测性维护等功能，从而提高新能源资产发电量、优化出力曲线，并降低发电企业的运维成本。同时，数字化解决方案也可以帮助电力企业监测电力市场信息并协助交易，对电力供需及电价做出预判，帮助发电企业最大化收益。

## 用电侧数字化解决方案

在用电侧，“能源互联”将成为未来的主要转型趋势。用户侧能源形式丰富，既包括分布式光伏等发电设备，也包括各类用电设备和电力储能设备。

“能源互联”将更加注重零售侧的服务和用能管理，数字化解决方案极为丰富，应用场景也不拘一格。针对分布式光伏、储能、电动汽车充电、智慧家居及智慧楼宇等场景，对应的数字化解决方案应运而生。

## 输配电侧数字化解决方案

在未来，电力系统将会由原先的“源随荷动”向“源网荷储”协同互动的方向转型。其中，输配电侧的数字化解决方案将发挥重要作用。基于大数据，利用物联网、智能AI等技术，可以将电源侧、用电侧及输配电侧的各类可控资源的数据接入，实现数据的透明感知，有效促进“源-网-荷-储”的灵活互动，促进新能源电力的消纳，并合理削峰填谷。

## 数字技术赋能发电企业转型

随着国内外电力行业的转型，发电企业也将从“重资产、轻服务”的旧模式逐步向以客户服务为中心的新模式转型。根据埃森哲研究，参照发电侧、输配电侧和用电侧的转型方向，发电企业在不同的细分领域均有参与的机会，并提供多样化的数字化解决方案。这些数字化解决方案均需要技术的支撑，如人工智能、大数据、云计算、区块链等。其中，智能物联网（AIoT）技术的重要性尤为凸显，AIoT技术通过物联网产生、收集来自全部发电资产不同维度的、海量的

数据并存储于云端、边缘端，再通过大数据分析，以及更高形式的人工智能，实现万物数据化、万物智联化。

在数字化方案赋能电力行业转型的同时，数字化技术也将加速发电企业自身的低碳转型。例如，借助智能物联网技术，发电企业可以实现碳排放的监控和预测，帮助企业减排；同时，也可以监测碳市场数据，帮助企业优化碳交易并提升收益。

## “产业中台”将成为发电企业的核心管理工具

在以新能源为主体的新型电力系统时代，电力行业电源转换的一次能源从“可控”变为“随机”，电源和负荷的形态从“机电一体化”到“电力电子化”，配网形态从“无源”变为“有源”，系统的控制对象从“集中”变为“离散”。为了应对这些变化带来的挑战，一个可以同时协同电源侧、电网侧及用户侧的产业中台（集控中心）尤为重要。

从企业管理的角度出发，新一代信息技术为企业管理带来了巨大的贡献，企业资源计划（ERP）系统极大程度地提升了企业管理效率。从以新能源为主体的发电资产管理角度出发，产业中台对于发电企业将主要体现三个方面的价值：第一，利用AIoT技术实现对所有新能源资产的有效监控；第二，实现产业的整体协同，包括企业多种能源资产的协同、集团-分公司-场站的协同，以及多种能源结构的协同；第三，实现新能源发电资产生产管理与电力市场的协同。

因此，对于发电企业来讲，产业中台将成为其从传统能源向以新能源为主的低碳化转型的中流砥柱，成为和企业管理平台同等重要的第二大核心管理要素。

# 目录

<b>中国电力行业低碳转型背景</b>	<b>6</b>	<b>发电企业转型路径及数字化解决方案</b>	<b>17</b>
中国“3060双碳”目标背景	7	路径一：发电侧解决方案	19
全球电力行业低碳转型参考	8	持续构建传统业务护城河	
能源结构转型：可再生能源激增	8	新能源资产运营维护	19
能源供应形式变化：分布式能源扩张	9	新能源发电量预测	
能源消费增长点：交通电气化程度呈指数级上升		新能源发电量提升	20
能源消费方式变化：能源消费者积极行动	10	电力市场现货交易	21
能源系统整体效率提高：能效创新		生产营销一体化	
<b>中国电力行业低碳转型方向</b>	<b>11</b>	碳管理	22
三“替代”两“市场”		新能源项目设计和选址	
终端能源电能替代传统用能	12	新能源项目EPC	
新能源发电替代传统能源发电	13	<b>路径二：用电侧解决方案</b>	<b>23</b>
分布式发电替代集中式发电	14	寻找业务增长“第二赛道”	
电力交易市场化	16	光储充用一体化	23
碳排交易市场化		用户能效提升服务	
		用户侧储能服务	
		电动汽车用能服务	24
		虚拟电厂	

路径三：输配电侧解决方案 26  
补齐产业链版图

源网荷储协调与平衡 26  
增量配网/微电网

**技术与平台赋能发电企业数字化转型 27**

数字化转型能力模型 28

数字化转型的技术支撑 31

平台底座的重要性及相关收益 37

平台底座的重要性 37  
主要特点 40

远景数字化技术应用及案例 41

数字化技术应用 41  
成功案例分享 45

**结语 49**



# 中国电力行业 低碳转型背景

## 中国“3060双碳”目标背景

2020年9月，中国在第七十五届联合国大会上宣布，将采取更加有力的政策和措施，二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，于2060年前实现碳中和。在当年12月举行的气候雄心峰会上，习近平主席进一步宣布，到2030年，中国单位国内生产总值二氧化碳排放将比2005年下降65%以上，非化石能源占一次能源消费比重将达到25%左右，森林蓄积量将比2005年增加60亿立方米，风电、太阳能发电总装机容量将达到12亿千瓦以上。

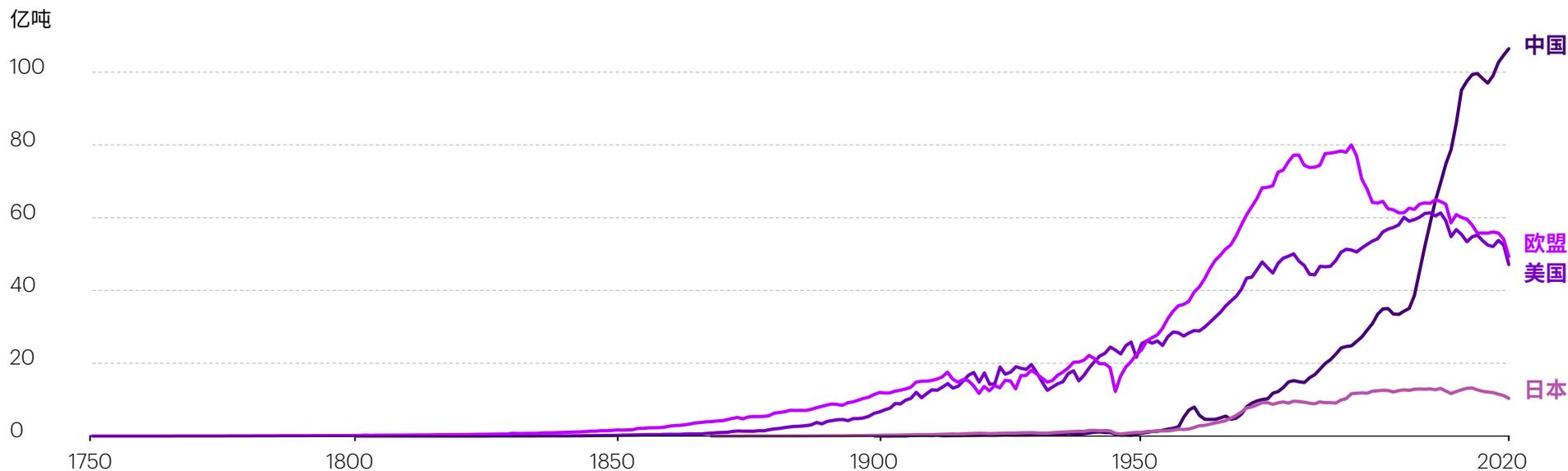
与美国、日本、欧盟等国家和地区相比，中国目前已成为全球二氧化碳年排放量最多的国家，减排之路面临着时间紧、任务重的挑战（见图1）。

首先，我国碳排放量基数大。随着经济社会的持续发展及新型工业化与新型城镇化建设的加快推进，未来一段时期内能源需求仍会增加，碳排放也将随之提高。相比于美国、日本、欧盟等发达国家和地区二氧化碳排放已经达峰并稳步下降，我国需要在碳减排道路上付出更大的努力。

其次，我国要在2030年前实现碳达峰，2060年实现碳中和，相比于发达国家50至70年的过渡期，只有不到30年的时间，意味着我国碳减排时间更加紧迫。中国实现“双碳”目标，任重而道远。

在“双碳”目标的驱动下，能源行业作为核心关键，亟需向低碳化乃至无碳化的方向转型，中国的公用事业与能源企业也定将加快低碳转型的步伐。

图1. 全球主要国家与地区年二氧化碳排放量对比



资料来源：OurWorldinData

## 全球电力行业低碳转型参考

目前，全球电力行业正在经历着多维度的转型。在发电侧，随着分布式光伏、风电等能源形式的普及，可再生及分布式能源正在迅速增长。在用电侧，消费者的消费方式也朝着数字化、个性化、便捷化、开放化的方向转变，对发电企业提供的产品及服务提出了更高的要求；同时，随着新能源汽车的普及，自动驾驶、V2G（车辆到电网）等技术也在不断进步，持续推动交通行业电气化水平的提升。此外，依托科技水平的不断发展，能源系统的整体利用效率也进一步提升（见图2）。

图2. 全球电力行业转型趋势



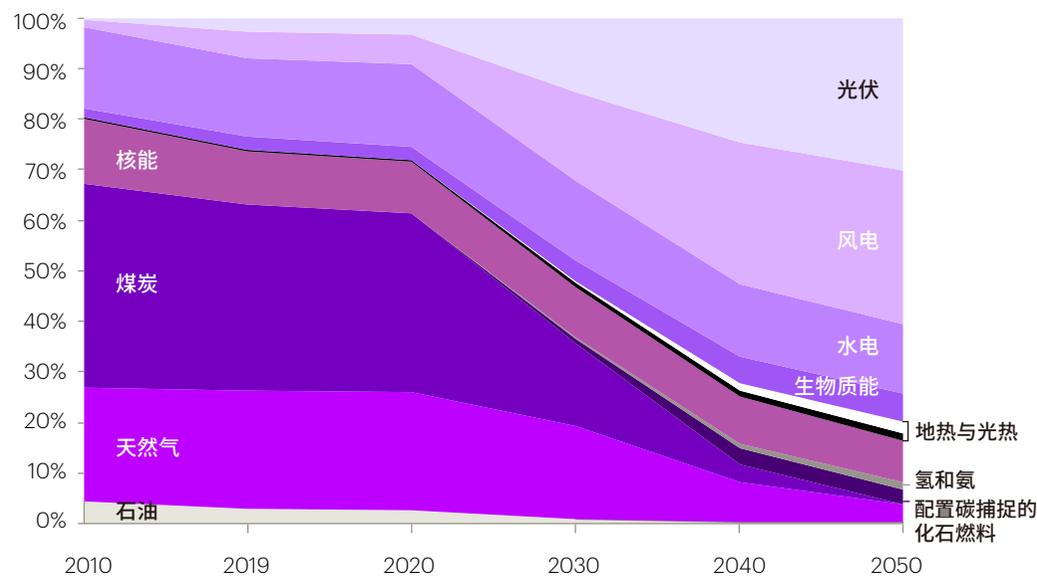
资料来源：埃森哲分析

## 能源结构转型：可再生能源激增

根据埃森哲分析，预计到2035年，全球煤电占比将下降到24%，可再生能源发电量将达到17,443TWh，占比超过1/2，年均增速达到6%。

根据国际能源署（IEA）模拟的“可持续发展情景”下的减排路径，可再生能源的增速会更高。预计到2030年，可再生能源占比将达到53%，到2050年则会高达84%。化石燃料的占比将会急剧下降。煤炭、石油和天然气在2020年占比超过50%，预计到2030年会降至36%，到2050年仅占比4%（见图3）。

图3. IEA可持续发展情景下的电源结构预测



资料来源：IEA

## 能源供应形式变化：分布式能源扩张

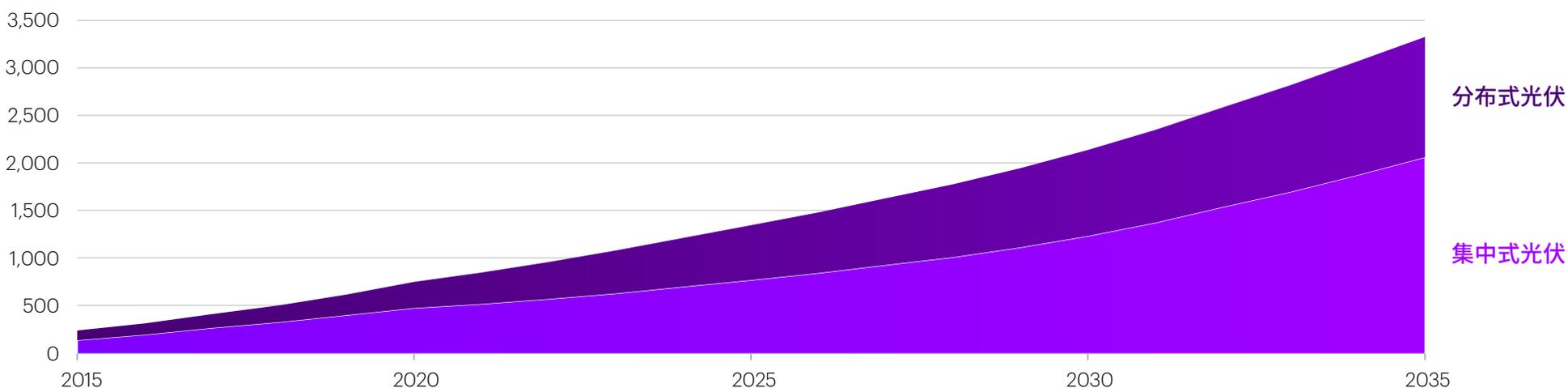
未来，能源供应的形式也将发生改变，其中分布式能源将成为主要的增长点之一（见图4）。

分布式能源主要包括分布式风能、分布式光伏和分布式天然气。预计到2030年，分布式风电将为美国提供至少30GW的能源，中国也正在逐步将中小型分布式风电推广至海岛、湖区等地区；分布式光伏方面，全球分布式光伏装机容量将从2017年的146GW提升到2035年的1,264GW，占比将达到38%；分布式天然气在各国能源系统中的占比也越来越高，欧盟国家已达到10%，日本达到13.4%，美国达到4.1%，各国将继续通过政策优惠鼓励分布式天然气发展。

到2026年，全球分布式能源装机容量预计将达到528.4GW，年复合增长率达到16.62%。

### 图4. 分布式光伏装机容量（GW）

光伏装机容量（单位：GW）



资料来源：IEA，埃森哲分析

## 能源消费增长点：交通电气化程度提升

交通运输作为主要碳排行业之一，约占到全球化石能源碳排放总量的25%。通过交通领域电气化转型来减少化石能源碳排放已成各国共识。

由于汽车行业对石油基燃料替代品的需求不断增长，汽车电气化市场规模将保持强劲增长。

从全球轻型汽车销量来看，纯电动汽车销量在整体销量中的占比越来越高。预计在新销售的汽车中，电动汽车的占比将由2020年的3%增长至2040年的55%。

## 能源消费方式变化：能源消费者积极行动

在不断变化的市场环境中，日益活跃的能源消费者的需求将朝着数字化、个性化、便捷化、开放化的方向转变。这一转变也推动着电力企业对产品、服务和业务模式进行升级转型，从而满足消费者新需求并创造新价值。

根据埃森哲研究，能源消费者希望能源供应商可以跟上转型的步伐，提供数字化和多元化的一站式能源服务。例如，为了降低能源成本，73%的用户选择纯数字服务，80%的用户重视供应商的新产品或服务是否实现了个性化，65%的用户愿意分享自己的数据以便获得更好的服务，94%的用户认为便捷化是优化体验的关键，并对可以提供便捷、价廉服务的供应商更加青睐。

随着消费者偏好的改变，能源供应商也推出了更多新型的产品和服务，例如智能化设备（如智能家居、智能电表等）、个性化定制服务（根据用户的用能偏好提供定制化的能源套餐）、能效与家庭自动化系统（如家庭能效管理系统监测效率情况、自动抄表扣费等）和分布式能源、储能等电力产消合一系统安装、运维支持等服务。

## 能源系统整体效率提高：能效创新

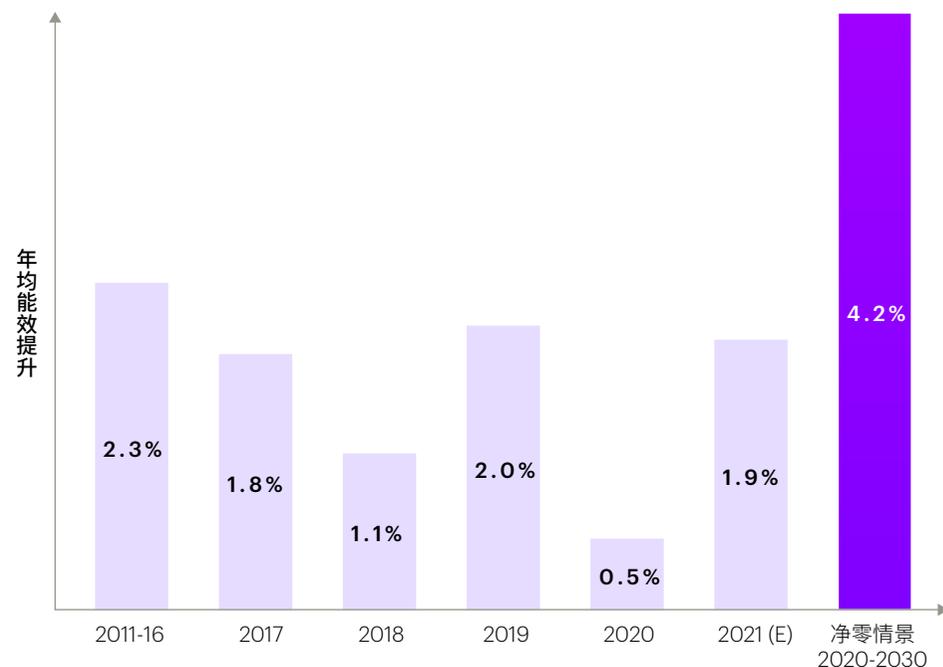
随着科技的进步，能源系统在供能端和用能端的利用效率均在逐步提升。在用能端，通过用能改造服务和用电负荷管理实现了用户侧的能效提升；在供能端，能效通过煤电清洁转化高效利用技术，提高燃煤发电效率降低煤耗，以及增加可再生能源发电利用小时数等方式得以提升。

从2011年至2016年，一次能源强度平均每年改善2.3%，从2017至2019年，分别改善1.8%、1.1%和2.0%。受到疫情和同时期低廉能源价格的影响，2020年，能效提升方面的进展速率降至10年以来最低水平，仅为2019年的1/4。尽管2021年能效提升水平有望恢复至疫情前水平，但当前的改善速度仍然有待大幅

提高。在国际能源署2050年净零排放情景<sup>2</sup>下，2020至2030年能效提升水平每年要达到4.2%，即到2030年累计提升50.9%才有可能实现2050年的净零（见图5）。

为了提升能源效率，世界各国也积极进行能源效率提升方面的研发与投入。从2000年至2020年，IEA成员国家的政府和国有企业显著增加了在能效研究、开发和示范（RD&D）方面的支出。其中，2000年能效提升方面的投资金额为18.34亿美元，到2020年已增长至60.99亿美元，年复合增长率为6.19%。如要完成2030年50.9%的累计能效提升，未来仍有巨大的投资空间。

图5. 一次能源强度年均改善比率

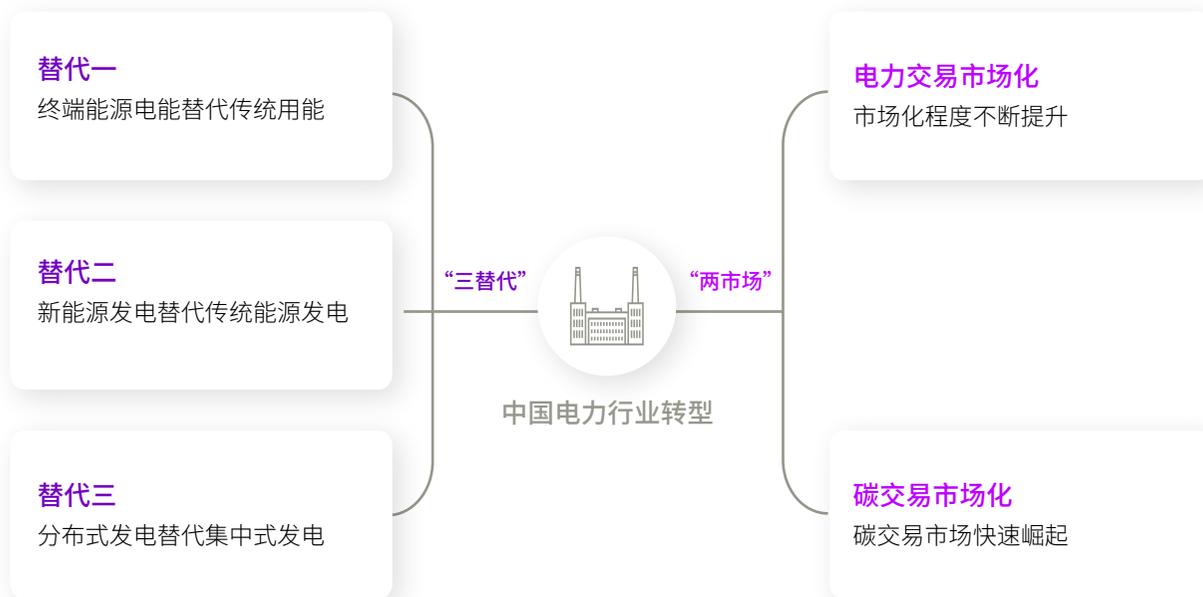


资料来源：IEA

## 中国电力行业低碳转型方向——三“替代”两“市场”

与全球电力行业低碳转型趋势相比，中国的电力行业同样经历着分布式发电逐步取代集中式发电、新能源发电逐渐取代传统能源发电，以及终端能源电能替代传统用能的趋势。在此基础上，中国的电力市场随着电力体制改革的深化和落地，市场化程度不断提升。同时，随着“双碳”目标的提出，中国的碳交易市场也在快速崛起，未来有望成为全球最大的碳交易市场（见图6）。

图6. 三“替代”两“市场”



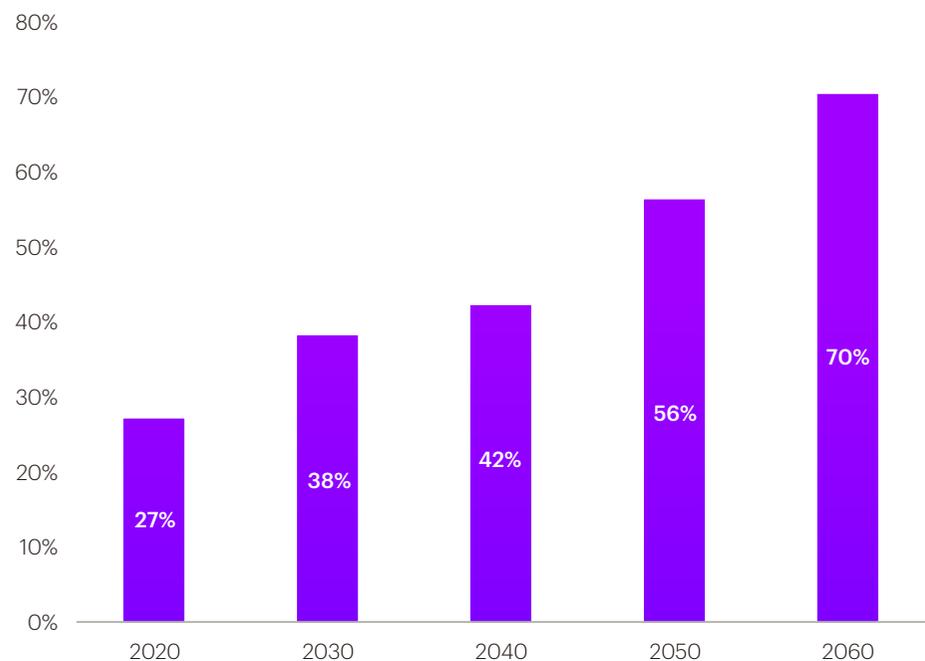
资料来源：埃森哲分析



## 终端能源电能替代传统用能

在全球电气化进程持续推进的同时，中国电气化的步伐已经位于全球前列。2020年，中国的终端能源消费比例中，电能占比约为27%，预计到2060年，该比例将达到70%（见图7）。

图7. 终端能源电气化占比预测

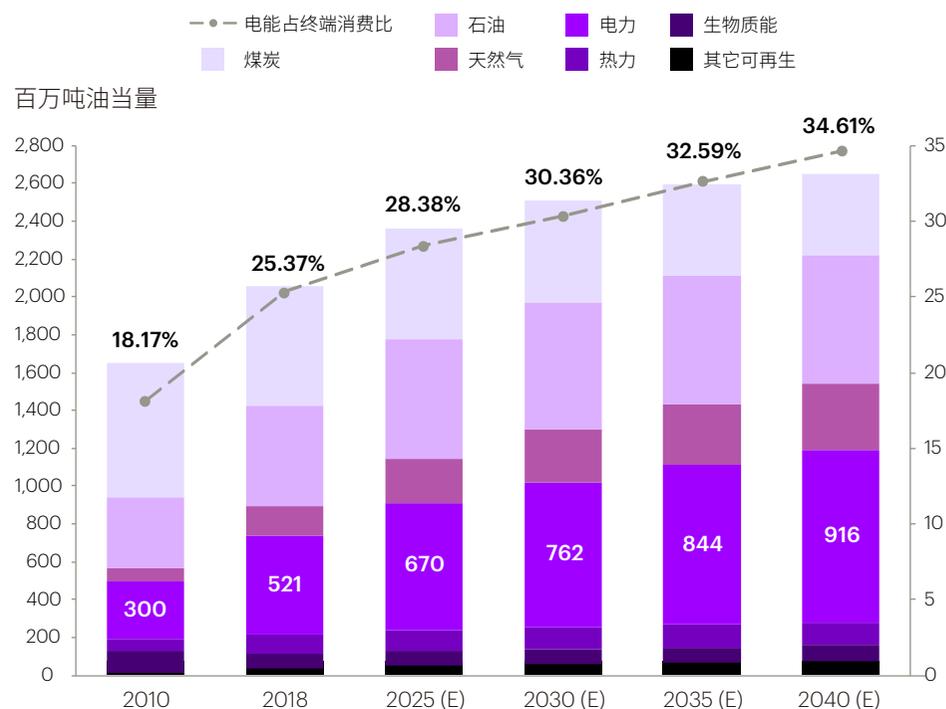


资料来源：IEA

电能的替代效应，体现在能源终端消费结构正从以一次能源为主，向以二次能源为主转变。未来，电能将逐渐替代以煤炭为主的一次能源，成为终端能源的消费主力（见图8）。

从图表8所示的中国能源终端消费结构可以看出，从2010年至2040年，煤炭的占比将呈现持续下降趋势，而电能终端消费的占比预计由2010年的18.17%增长至2040年的34.61%，电力替代效应明显。

图8. 中国能源终端消费结构



资料来源：国际可再生能源署IRENA

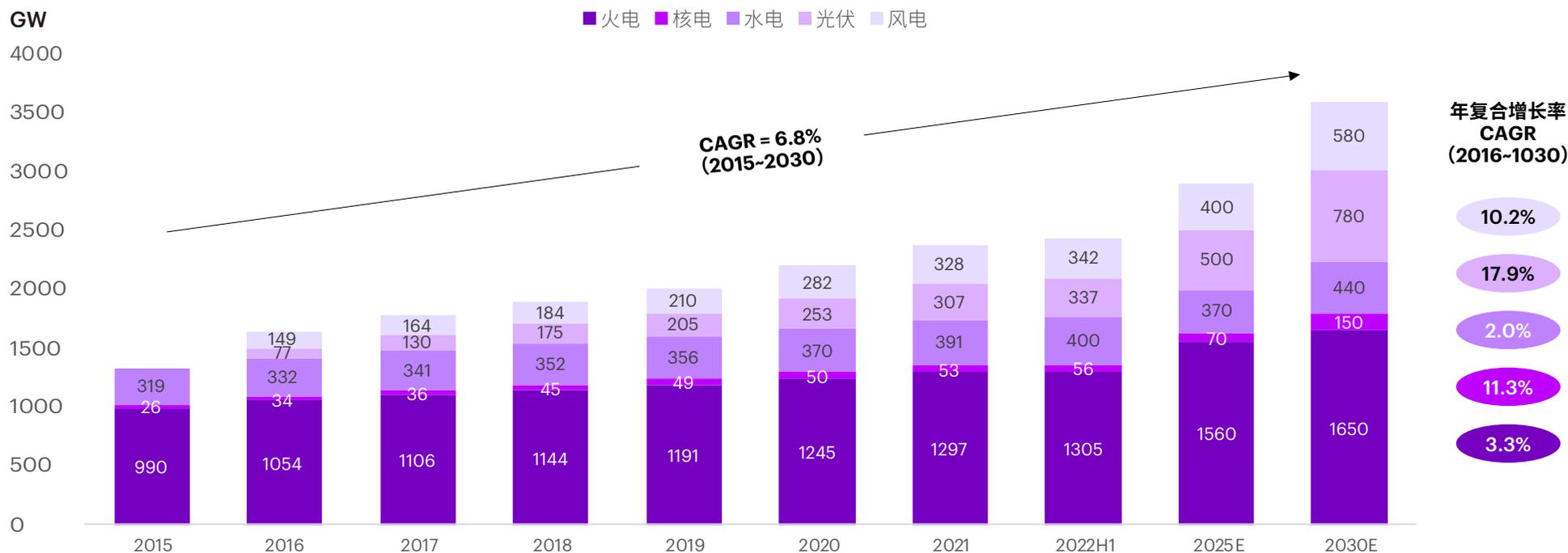
## 新能源发电替代传统能源发电

目前，全球能源行业存量结构调整成为主要课题，电源结构清洁化日益显著，可再生能源发电将逐渐成为总发电量贡献主力军。

从装机容量角度来看，我国电源结构持续优化，虽然目前火电仍然占据主导地位，但可再生能源装机量逐年上升，装机占比逐年提高。根据图表9所示的中国分电源装机容量发展趋势，从2015年至2040年，中国装机容量整体呈上升趋势，CAGR（复合年均增长率）为3.1%；其中可再生能源发展迅猛，光伏发电装机CAGR最高，为12.1%（见图9）。

此外，随着国家调控与资源开发的规范化，近几年我国风电与光伏发电利用小时数稳步增长，弃风弃光现象得到明显改善。2016年以来，在光伏发电和风电装机大幅攀升的背景下，弃风弃光率实现显著双降。风电和光伏发电消纳情况持续向好发展。2019年，我国弃风率为4%，较上年相比降低了3个百分点；弃光率仅为2%，较上年相比降低了1个百分点。

图9. 中国分电源装机容量发展趋势



\*备注：2030年火电装机量计算方式，保守假设到2030年水电、光伏和风电装机容量占比50%，从而推算火电装机规模

资料来源：国家能源局、中国电力企业联合会、埃森哲分析

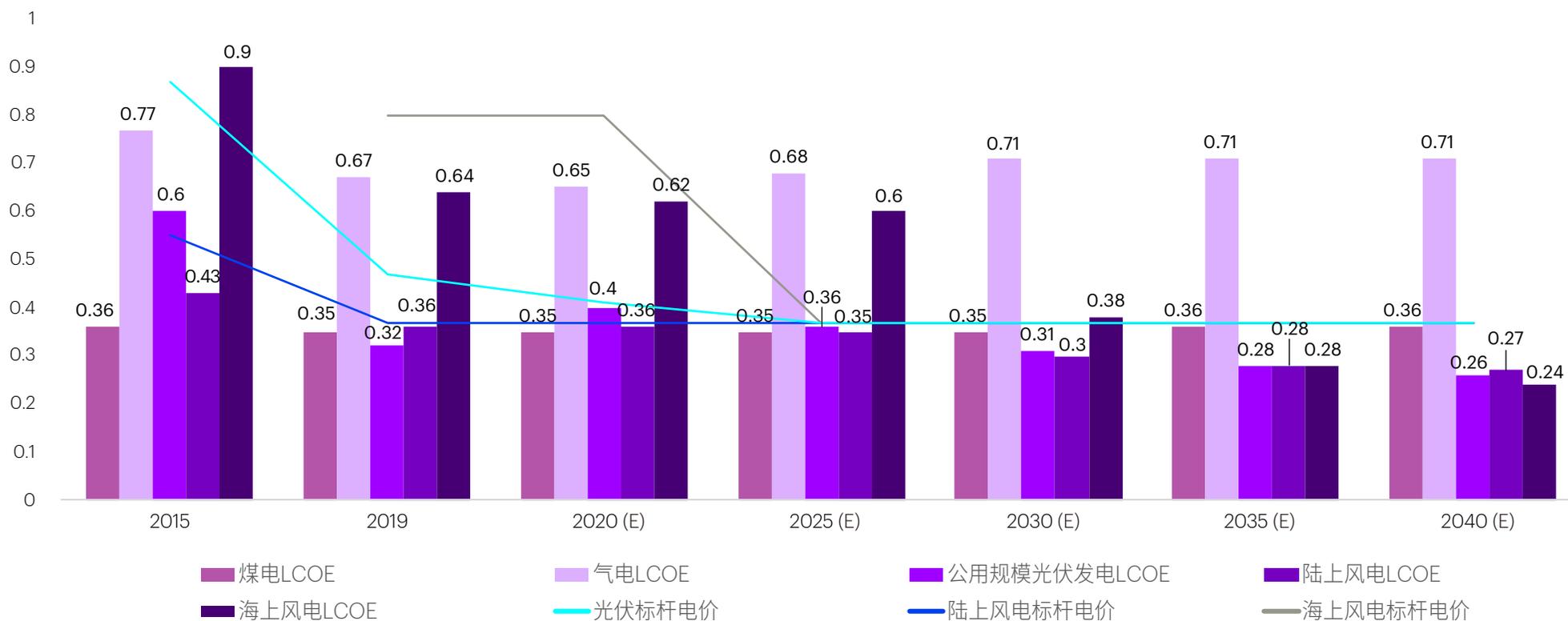
最后，成本的下降也将进一步推动新能源电力的发展。目前在中国，陆上风电、光伏LCOE（平准化度电成本）均值现已低于燃气，2026年竞争优势有望超越煤电。光伏和海上风电的LCOE下降速度将高于传统燃料。当前，光伏度电成本为0.4元/kWh，预计到2040年，光伏度电成本将下降至0.26元/kWh；海上风电LCOE为0.62元/kWh，2040年预计将下降至0.24元/kWh（见图10）。

## 分布式发电替代集中式发电

能源去中心化是实现2060年碳中和目标的必要手段之一。根据埃森哲分析，2020年我国在分布式能源领域的投资金额约为185亿美元，预计到2040年，分布式能源投资额年复合增长率将达到27.9%。

图10. 中国分电源结构度电成本LCOE趋势及预测

元/kWh



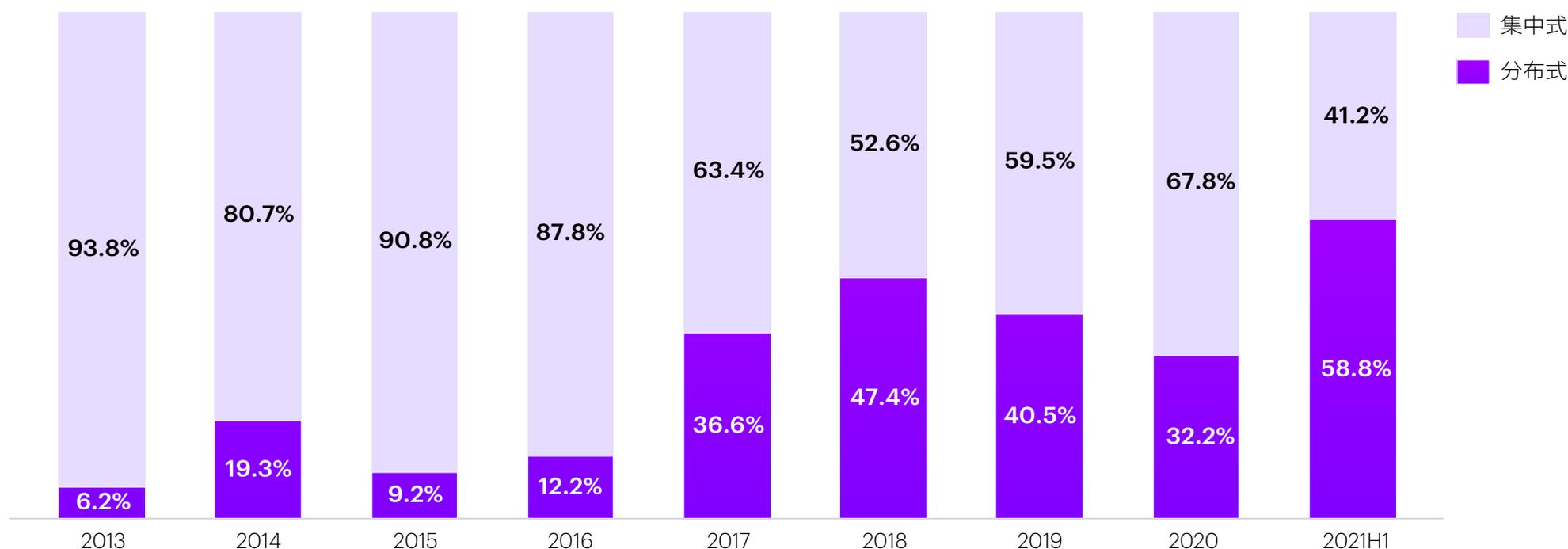
资料来源：Bloomberg

相比于传统供能方式，分布式供能系统中包含更多的清洁能源与智能化的集中电厂，电力流向由单向变为双向，需求侧的角色也被强化，电能用户不再仅仅作为能源的使用方，而是可以成为一个个小型的发电主体向电网输送额外的电力。此外，分布式能源供应网络中，也包含了更多的硬件和软件元素。硬件方面包括智能配电网和储能设备等；在软件方面，数据服务、能源管理系统和各类信息化解决方案也起到了至关重要的角色。

在中国历年光伏新增装机中，分布式光伏的占比整体呈现上升趋势。2021年上半年，光伏装机共计14.1GW，同比增长22.6%。其中，分布式新增装机同比增长97.5%，而集中式新增装机同比下降了24.2%，分布式光伏首超集中式，占比高达58.8%，成为新增装机的主要来源（见图11）。

未来数年，我国将实现分布式新能源直供与无障碍入网。根据埃森哲分析，预计到2025年时，我国分布式能源市场规模将达4,861.4TWh，年复合增长率高达29.9%。

图11. 中国历年新增光伏装机占比



资料来源：国家能源局

## 电力交易市场化

随着电力体制改革的深化和落地，“十四五”期间市场化交易电量将迅猛发展。自2015年以来，全国电力市场化交易量始终保持两位数增速。根据国家能源局数据，2021年全年市场化交易电量约3,500TWh，同比增长15.7%，占全社会用电量的40%以上。同时，深化辅助服务市场建设，挖掘调峰能力约90GW，增加清洁能源发电量约80TWh。

2021年以来，发改委、能源局陆续颁布新政策，积极推动电力市场化改革。在新政策的推动下，我国电力现货交易试点范围将继续扩大<sup>3</sup>，参与电力交易的主体也会更加广泛<sup>4</sup>，可再生能源发电参与电力现货交易的比例也将逐步增大。



## 碳排交易市场化

当前，全球碳交易市场规模日趋增大，欧美国家是碳交易市场的先行者，中国新兴的碳市场也在快速崛起，未来有望成为世界最大的碳交易市场。

碳市场是一种全新的环境经济政策工具，其创新之处在于通过“市场化”的手段解决环境问题。中国碳市场的发展由地方性试点交易开始，2021年7月16日，全国碳交易市场正式上线。截至2021年12月31日，全国碳市场共运行114个交易日，碳排放配额（CEA）累计成交量1.79亿吨，累计成交额76.61亿元。

在碳市场发展初期，发电行业重点排放单位是交易的唯一主体。2020年，全国碳市场纳入发电行业的重点排放单位共计2,225家。随着碳市场的发展，更多高耗能的行业有望陆续被纳入到全国碳市场中。

碳市场的发展将从两方面影响电力企业。首先，发电企业作为碳市场发展最初期被纳入到碳配额管理的行业，会同时参与碳市场交易与电力市场交易，碳价将对其发电决策和投资行为产生影响。发电企业将结合碳排放配额与碳价制定发电计划，其收益将取决于售电市场的电量交易和碳配额的交易。其次，碳交易催生碳资产管理新模式。随着中国的碳交易市场日趋成熟，发电企业需要进行有效的碳资产管理，并建立专业的碳资产管理团队。目前，很多企业仅停留在满足碳减排目标的阶段，未来发电企业可将碳资产管理模式由满足碳减排要求的被动模式转变为碳资产主动管理、增值扩张的模式。

# 发电企业转型路径及数字化解决方案



在前一章节中，我们总结了中国的“双碳”目标及实现这一目标所面临的挑战，并梳理了全球以及中国电力行业的转型趋势。在本章中，我们将从发电侧、用电侧及输配电侧三个方面探讨发电企业的转型方向及各类数字化解决方案（见图12）。

图12. 电力行业各领域能源转型



**在发电侧**，未来主要转型的方向是可再生能源的普及，其中包括公用规模光伏、水电、陆上风电、多能互补等。新能源资产的普及将带来新的机遇与挑战。同时，随着政策的放开，新能源产生的“绿电”也将会逐步参与到电力市场交易中，为发电企业带来了提供绿电交易、碳管理等辅助服务的机会。

**在用电侧**，“能源互联”将成为未来的主要转型趋势。用户侧能源形式丰富，既包括分布式光伏等发电设备，也包括各类用电设备和电力储能设备。“能源互联”将更加注重零售侧的服务和用能管理，发电企业有机会针对分布式光伏、储能、电动汽车充电等提供更多种类的服务。同时，随着电气化和智能化的普及，终端用电设备将更加多样化，发电企业可以提供电车用能服务、能效提升、需求侧响应等服务。

**在输配电侧**，由于可再生能源发电的波动性，同时，电网又接入了电动汽车、储能等设备，维持电网稳定性的要求日益提高。发电企业可以通过输配电的智能交互、智能微电网等数字化技术实现源网荷储的协调与平衡。

## 路径一：发电侧解决方案——持续构建传统业务护城河

### 新能源资产运营维护

随着越来越多的新能源资产投运，中国的新能源行业将从跑马圈地的建设期转为存量资产的运营期，发电企业对新能源资产运营的重视程度也将随之提升。

新能源资产运营维护的主要目的是对新能源发电机组的健康状况进行全面诊断和预警，以维护新能源资产的稳定运行。发电机组在运营时，可以利用数字化技术对风力和光伏等分布式发电机组进行出力监控和优化，实时了解机组的发电情况，对机组运行状况进行实时诊断。新能源资产运营维护主要包括无人监控与巡检、设备健康预警、数字孪生三个方面的数字化解决方案。



**无人监控与巡检：**新能源资产，尤其是风电资产具备数量大、分布广、体型高、可转动等特点，为传统人工运维带来较大的挑战。因此，企业可以通过结合机器人定位系统、监控系统和预警系统等，实时监控新能源资产的设备状态，及巡检机器人的状态和路径。另外，还可以通过调取机器人的视频监控摄像头来查看巡检的真实情况，方便运维人员更加直观高效地管理整个巡检过程。基于埃森哲研究，无人监控与巡检，可为企业节降巡检成本25%-30%，降低维护成本20%-30%，减少安全事故发生率70%-90%，因避免生产效率下降而造成损失所带来的收入增加约为5%-10%。



**设备健康预警：**利用SCADA、CMS、智能传感器等对设备的状态进行实时追踪，全面了解所有关键部件的健康状况，并对存在风险的设备进行预警，以便维修人员提前准备检修方案。



**数字孪生：**为了实现精细化运营和提高运维效率，发电企业可以基于数字孪生理念，通过三维可视化的手段将整个新能源发电站的整体结构、设备分布情况在系统上进行立体化呈现，满足多样化展示需求。同时，利用数字孪生系统真实反映实时环境与设备情况，方便运维人员了解设备信息，从而集中控制设备并实现远程维护。

对于可再生能源企业来说，采用新能源资产运营维护解决方案可以帮助企业降本增效。企业可利用数字化技术分析停机时间、收入和生产损失、解决问题、确定工作优先级、计划主要部件维修和安排维护等。此外，数字化技术也可以帮助企业简化线下流程，为运营团队配备数字化工具，从而提升员工的工作效率。

### 新能源发电量预测

随着国家发改委和国家能源局《关于进一步做好电力现货市场建设试点工作的通知》的发布，国家层面首次确认可再生能源能够参与现货市场交易。新能源项目投资规划将不再像过去一样，完全按照固定电价、固定小时数收益的因素核算，而是要结合市场化因素对项目的接入电价进行预测。不仅是电价预测，在新能源进入市场化交易后，项目的发电优先排序、出力曲线都将成为收益测算的重要指标，只有出力曲线尽可能贴合需求曲线，项目才能达到最优收益。因此，对于发电企业而言，准确预测新能源发电量将有较高的经济性意义。此外，若预测发电量与实际发电量的偏差过大，对电网安全也会产生一定影响和威胁。以光伏为例，由于光伏发电具有较强的间歇性、随机性和波动性，当大规模的集中式和分布式光伏发电并网后，必定会给电网的安全稳定运行带来巨大的挑战。

因此，对新能源发电的出力预测愈发重要。若能准确进行发电量预测，不仅可以提高电站运营效率，也能帮助调度部门调整运行方式，确保高比例接入新能源发电后，电力系统的安全稳定与经济运行。发电量预测解决方案一般会综合考虑季节、时间、天气变化、温度及相似日出力和发电历史的出力，通过算法根据历史出力数据，并结合多方面因素进行建模，利用人工智能技术进行出力预测，从而提高发电效率。光伏、风电等发电资产受天气影响较大，可依托大数据平台、人工智能等大量模型算法，以雷达产品数据为基础，进行信息数据分析、优化检测模型等，为风电、光伏电厂提供准确的气象预测。

对发电企业来讲，短期与中长期的功率预测服务可以帮助企业制定生产计划，合理安排运行方式，从而提升收益水平。同时，精准的发电量预测可以帮助发电企业避免新能源电站在日前和日内现货市场中由于预测偏差带来的经营风险。

## 新能源发电量提升

数字化技术也可以应用在新能源机组的发电量提升上。以海上风电为例，其主要挑战是根据风力情况识别风机何时无法达到最佳功率。应用数字化手段，如功率曲线预测算法，可以根据实际产生的功率与最佳功率的偏移来分析涡轮机的潜在损失，并分析导致偏移的主要因素，包括偏航和俯仰偏差、空气密度变化、湍流和冰雪导致的损失等，帮助运营商预测出力不佳的时段并进行矫正，从而提升新能源机组的发电量。

太阳能电池板光伏系统的发电量大小除了与电池板功率和运行状况有关外，还与能量的转换效率有关。因此，太阳能光伏组件阵列的安装方式对太阳能发电系统的效率影响极大。传统的太阳能光伏组件大都采用固定式安装，即电池板固定在某个角度，不随太阳位置的变化而变化，导致严重影响转换效率。据测算，如光伏系统与太阳光角度存在 $25^\circ$ 的偏差，就会因垂直射入的辐射能减少而使光伏阵列的输出功率下降10%左右。因此，可采用双轴跟踪系统以主动式跟踪控制策略，通过计算得出太阳在天空中的方位，控制光伏阵列朝向。



## 电力市场现货交易

随着电力市场的改革与进步，新能源电力的市场化交易也进入了新的发展时期。2021年5月，国家发改委、国家能源局发布的《关于进一步做好电力现货市场建设试点工作的通知》提出，要引导新能源项目10%的预计当期电量通过市场化交易竞争上网，市场化交易部分可不计入全生命周期保障收购小时数。此次改革是国家层面首次确认可再生能源参加现货市场交易。

在首批电力现货市场试点中，部分省份对可再生能源项目参与市场交易进行了大规模开放。以甘肃省为例，根据甘肃省工信厅2021年发电量安排专题会议的要求，2021年甘肃省风电、光伏保障性消纳电量总计13.7TWh，同年甘肃省新能源最大发电能力目标在41.5TWh。其中，新能源保障性收购电量占比约为1/3，预计有2/3的新能源电量需要进入市场进行交易。

在未来，新能源电量通过市场化交易竞争上网的比例有望进一步扩大。新能源项目在投资规划中，将不再与以往一样，完全按照固定电价、固定小时数收益的因素去核算，而是要结合市场化因素对项目的接入电价进行预测。在新能源进入市场化交易后，项目的发电优先排序、出力曲线等都将成为收益测算的重要指标。因此，数字化技术在连接企业与电力交易市场中的应用也将越来越重要。

数字化解决方案可以帮助电力企业监测电力市场信息并协助交易。利用交易解决方案对市场行情进行分析、对未来一段时间的电力供需进行预测从而预判电价走势，并结合新能源场站设备的出力预测协助发电企业进行智能报价，并通过平台对各类交易数据进行可视化。

## 生产营销一体化

针对以上提到的新能源建设、运营和交易，可以利用一整套集控解决方案对整体流程进行管理。

在新能源资产全生命周期管理层面，数字技术便可以应用在前期投资开发、中期项目建设与后期运营维护三个阶段。基于物联网、大数据等技术，覆盖从项目开发、勘察选址、资源评估、工程设计、建设到后期运营全生命周期的数据评估与分析。在后期的运营维护阶段，又可以提供更加精细化的运维服务，如无人监控、无人巡检和预测性维护等服务。在交易层面，可以利用人工智能技术监测价格信号并传至工作窗口，实现互联互通；并结合新能源场站的出力预测辅助发电企业报价报量。

生产营销一体化平台能够智能判断新能源资产何时需要进行运营维护。过去，发电企业一般会选择风力小或光照强度弱的时候进行机组维护，以减少出力损失；而通过一体化平台，发电企业可实时监测天气和交易价格，并在风机出力小且电价低的时间段进行维护；此外，由于煤电价格对煤电出力会产生一定影响，进而影响新能源资产的出力调配，平台还会对煤电价格进行监测。因此，一体化平台能够综合考量各项因素，智能化分析选取对新能源资产经济性影响最小的时刻进行维护。

## 碳管理

发电企业作为碳排大户，也是第一批碳交易纳管企业，对碳排的管理愈发重要。因此，对企业的碳排进行单独管理将是大势所趋。

碳管理解决方案包括碳减排路径的制定、低碳转型方案、碳减排管理措施和碳核查等咨询方案，也包括部署系统实现对碳排放监测、碳排报告自动化出具和碳交易等技术方案。该系统可提供类似于监控平台的展示界面，对碳排放进行监测与展示；同时，企业可通过系统平台衡量与评估碳减排绩效完成情况；最后，平台也可接入交易系统，动态分析碳价格的波动并对未来的碳价做出预测，制定相应的交易策略等。

在系统方面，云平台的部署可提供更好的数据控制，降低数据丢失的风险，并保障合规性。同时，云部署提高了可扩展性和运行速度，并可以提供全天候服务以增强IT安全性。鉴于云平台带来的好处，一些企业正在选择基于云的解决方案来确保安全性。



## 新能源项目设计和选址

新能源具有“靠天吃饭”的特性，新能源资产建设的设计和选址至关重要。以海上风电为例，海上风电场的选址要比陆地选址复杂得多，风能资源、建设条件、施工条件及运营环境与陆上项目均有不同，必须要符合海洋功能区划和岸线利用规划。在选址时，首先要考虑必要的建设条件，包括并网、交通和施工条件等；其次，要考虑自然条件因素，如风力、光照、气象及地质资源等；最后，其它考量因素包括水动力及泥沙冲淤影响、生态环境影响和鸟类影响等<sup>5</sup>。

数字化解决方案可以赋能新能源资产选址与设计，基于物联网、大数据等技术，利用无人机进行建设现场勘察，根据现场条件智能评估和筛选，并根据所选地址的实际情况进行场址优化与自动出具设计方案。

## 新能源项目EPC

EPC工程项目总承包一般包括设计、采购和施工三个阶段。就海上风电EPC项目而言，数字化统筹管理尤为重要。由于距离陆地较远，加之海上天气多变，海上建设作业需要缜密的工作计划，考虑建设时间、工序、以及材料与备品备件的准备等。

运用数字化解决方案能够有所助益。首先，线上BIM（建筑信息模型）系统可以简化整套流程，内部设计、施工签约、监理及技术方案的审批，均可在系统中线上操作，实现跨地域、跨施工单位之间的协调。其次，可以将三维数字化协同设计施工一体化技术应用在工程全生命周期管理上，同时利用数字化技术协助质量考察和工程电力文档的在线归档。最后，配套的数字化管理考核体系也可协助进行施工管理。

## 路径二：用电侧解决方案——寻找业务增长“第二赛道”

### 光储充一体化

随着电动汽车充电桩的迅速增加与分布式能源的发展，二者的结合催生出一类新的模式，即“光储充一体化”的解决方案。这一解决方案主要应用于电动汽车充电，是在新能源汽车充电站建设基础上的一次创新尝试和拓展。目前的“光储充一体化”充电站主要在充电站顶棚搭建光伏板，但并不能完全满足充电站的用电需求。从全国范围内看，这类充电站的数量仍然较少，以示范应用场站居多，还未进行大面积推广。

### 用户能效提升服务

随着企业生产规模扩大，能耗设备逐渐增多，很多企业面临着能源管理人员不足、能耗监测水平不高、能耗数据无法准确计量、设备用能难以优化等问题。对此，能源管理系统成为解决以上问题的一项重要手段。通过能源管理系统，企业可以利用信息化平台实现能耗的精细化与数字化管理，达到“节能减排”的作用，并实现企业生产和运营的信息化，支撑生产技术创新。

能源管理系统通过企业各种用能设备对水、电、天然气等能源的使用进行实时采集、存储、分析和管理的，对重点能耗设备进行用能分析、用能监测、实时调整、预防性维护和能效管理，从而帮助企业节能减排。

能源管理系统还可以对企业的能耗计划、能耗需求及供应渠道进行优化，最终实现企业能源利用效率的持续提高。例如，系统可以对暖通空调进行热负荷预测，在保证舒适度的基础上，进行算法优化，实时调整功率，降低能耗和碳排，帮助企业降低综合能耗并提高劳动生产力。

### 用户侧储能服务

2021年7月29日，国家发改委发布了《关于进一步完善分时电价机制的通知》，文件要求各地政府合理确定峰谷电价价差，并鼓励工商业用户通过配置储能等方式实现削峰填谷，降低用电成本。因此，随着我国分时电价机制得到进一步完善，峰谷电价价差拉大，或将提升储能削峰填谷经济性，从而激发用户侧储能需求高速发展。参照海外的发展经验，峰谷套利是用户侧储能项目的重要收益来源。随着峰谷价差的扩大，未来用户侧储能的经济性将持续提升。



储能技术在用户端主要有三大功能。第一，用户分时电价管理，用户侧储能可以帮助电力用户实现分时电价管理，在电价较低时给储能系统充电，在电价高峰时为用户提供电力；第二，实现容量费用的管理，用户在自身用电负荷低的时段对储能设备充电，在需要高负荷时，利用储能设备放电，从而降低自身的最高负荷，达到降低容量费用的目的；最后，用户侧储能也能提高供电质量和可靠性，在电网发生故障停电时，为用户提供备用电源。其中，实现分时电价管理和容量费用管理的前提是要依赖于电力市场中存在分时电价和容量电价体系，同时峰谷价差在足够大的时候，储能系统可以通过在低谷电价时充电，电价高峰时放电为用户实现收益。

用户侧储能可以针对不同阶段提供相应的解决方案。在储能系统的配置和规划阶段，企业可以提供储能系统规划服务，为用户规划、配置储能容量，针对不同客户量体裁衣，生成定制化方案；针对储能系统的监控，企业可提供储能监测的解决方案，利用储能感知技术监控储能系统运行状态，确保设备的安全稳定运行；针对储能系统的运维，企业可提供智能运维服务，基于机器学习，实现储能系统自我故障诊断和恢复。针对这三个阶段，企业也可以提供用户侧储能一站式服务，全方位解决规划与配置、系统监控和智能运维的需求。

## 电动汽车用能服务

随着电动汽车的销量和渗透率不断提升，电动汽车也将成为电力消耗的一支主力军。企业主要可以为其提供两大类解决方案，包括基础设施服务（充换电设施的建设与运营）和动力电池全生命周期解决方案。

首先，基础设施服务主要包括充电桩与换电站的建设与运营。在充电服务上，市场上逐渐出现了多样的数字化解决方案。在智能运营方面，可在移动互联网、物联网技术开发的基础上，为充电桩运营商提供用户管理、充电桩监控、故障预警报错、充电停车、交易结算等服务。在智能充电方面，一些超级充电桩也可以根据车辆的实际情况，匹配充电枪与充电功率。结合软件的应用，可以让车辆找到适合自己的充电桩，提升充电桩的使用效率与运营效率。对于充电桩运营商来讲，数字化解决方案也可以为其提供在线的运营管理、交易结算、远程充电管理、实时数据监控等服务，通过对用户的充电习惯与时长做出分析，从而调整优化运营策略。

其次，在电池管理方面，我国也提出了相关政策，要求加强对新能源汽车动力电池进行回收利用和管理<sup>6</sup>。由于汽车的动力蓄电池可作为储能系统的重要组成部分，未来，企业在动力电池的回收与梯级利用方面也有诸多参与的机会。

## 虚拟电厂

虚拟电厂是对分布式电源、柔性负荷、储能等多种分布式能源的有效聚合。在具体展现形式上，虚拟电厂具有多种组合方式。目前，常见的虚拟电厂类型包括分布式风电+储能、分布式风电+电动汽车、楼宇+储能等。通过对具有不同负荷特征的用户主体进行组合，利用各自负荷在日负荷率、日峰谷差率、日最大利用时间等特征值上的错峰互补效应，引入人工智能技术对负荷曲线进行聚类，可以在一定程度上平抑虚拟电厂内部分布式能源主体的自身波动。

虚拟电厂可通过对柔性负荷进行聚合和控制，实现需求侧响应。在需求侧响应中，参与响应的对象较为多元化，可以包括电动汽车、个人用户、工业用户、楼宇等，针对不同类型的响应对象，行业中存在不同类型的解决方案。以电动汽车和充电基础设施为例，用电高峰较为集中，特别是电动私家车出行多为早晚高峰，其充电时段的选择具有较大的调节潜力。随着电动汽车的数量不断上涨，电动汽车充电对电网的压力也日益加大。首先，电动汽车充电导致负荷增长，特别是大量的电动汽车集中在负荷高峰期充电，将加剧电网负荷峰谷差，加重电力系统的运行负担；其次，由于电动汽车用户用车行为和充电时间与空间的不同，电动汽车充电的负荷具有较大的随机性；同时，电动汽车充电负荷属于非线性负荷，充电设备中的电力电子装置将产生谐波，可能引起电能质量问题。因此，电动汽车可以视为可参与需求响应的主要参与主体。其解决方案是利用V2G技术，将单向充电设施升级为双向充电设施，利用电动汽车具有双向调节和响应速度快的特点，通过虚拟电厂，使电动汽车提供调频和旋转备用服务，同时完成电网和电动汽车之间的电能供给与需求的平衡和优化。从各地的实践情况来看，公共充电桩、小区直供充电桩已有参与的实例。据彭博数据，2020年全球乘用车和商用电动汽车数量超过1000万辆，到2040年至少达到5.5亿辆，即便只有一小部分配备双向充电，能够向电网输出电力，就能为V2G技术创造巨大机遇。

另外，对于家庭和楼宇也可以提供不同的解决方案。例如智慧家居需求侧响应可通过智慧家居管理服务平台，实现用户与电网间能源和信息的双向交互，采集家用电器用电信息和远程控制，促进移峰填谷和节能减排；对于楼宇可提供智慧楼宇需求侧响应，通过智慧楼宇管理平台，采集楼宇照明、开关等用电信息和远程控制，并将楼宇的可控负荷进行聚合并参与需求响应。



## 路径三：输配电侧解决方案——补齐产业链版图

### 源网荷储协调与平衡

党的十九届五中全会会议提出，实现“能源资源配置更加合理、利用效率大幅提高”是“十四五”时期主要经济社会发展目标之一。国家发改委、国家能源局联合发布的《关于推进电力源网荷储一体化和多能互补发展的指导意见》中指出了“源网荷储一体化实施路径”：通过优化整合本地电源侧、电网侧、负荷侧资源，以先进技术突破和体制机制创新为支撑，探索构建源网荷储深度融合的新型电力系统。

在未来，电力系统将会由原先的“源随荷动”向“源网荷储”协同互动的方向转型。要实现源网荷储的统一协调发展，数字化技术至关重要，将主要应用于用能监控、负荷预测、多能互补、智能调度、智能运检和快速负控等方面。对此，智慧能源管理系统将利用数字化能源管理平台，集能源监测、负荷预测与分析、智能调控、智能运维等功能于一体，实现综合能源的智慧化管理，提供能源的“一站式”解决方案。系统会利用物联网、大数据、智能AI等技术，实现电源侧、负荷侧和储能侧的各类可控资源的数据接入和数据处理，实现数据资源的透明感知、性能评估和建模应用，为电力系统提供资源信息管理、资源调控及电力的智能调度。平台可以有效促进源网荷储资源灵活互动，促进新能源电力的消纳，并合理削峰填谷。

### 增量配网/微电网

增量配网主要解决的是“最后一公里”的用电问题，而微电网主要解决的是电力短缺地区或偏远岛屿的用电问题。微电网是指由分布式发电、储能装置、能量

转换装置、相关负荷和监控、保护装置汇集而成的小型发配电系统，是一个能够实现自我控制、保护和管理的资质系统<sup>7</sup>，其主要特点是既能够与主电网并网运行，也能够独立运行，使其能够在主电网无法到达的偏远地区独立运行。

针对微电网和增量配网，企业可以提供智能配网解决方案，包括故障判断、故障自动定位、快速隔离、网络重组和恢复供电等一系列智能化过程，帮助用户提高效率，减少停电区域和时间，实现配网高安全性和高可靠性，及配网的智能化管理。针对微电网的应用，主要的解决方案注重依据用能需求和新能源禀赋，科学规划、合理配置、集成各类分布式能源（风、光、储、燃等）实现多元化能源优化配置、智能调度。

当前，一种应用于微电网的主要商业模式是能源即服务（EaaS）模式。在此模式下，解决方案服务商根据客户所在区域和客户的具体需求，搭建规模和功能不同的微电网，并提供投资开发、建设和运维等一体化的全流程服务。微电网客户无需在前期进行资本投入，而唯一的支出是针对于EaaS整体解决方案的服务费用。

在微电网的解决方案中，能源控制和管理中心起到了极为重要的角色。该系统经过预接线、组装和工厂测试，可以对多类电源进行管理。同时，微电网系统中也会包含相应的保护装置，例如智能断路器等互联产品可在几毫秒内自主运行，以提供必要的保护功能；边缘控制器则可以为区域内的建筑提供弹性的控制，例如当公用电网出现故障时，边缘控制器会检测到能量的损失，并通过能源控制中心的主断路器断开与公用电网的连接，待主电网恢复时再重新连接。

# 技术与平台赋能发电企业数字化转型



## 数字化转型能力模型

在发电企业数字化低碳转型的过程中，业务能力与数字化能力的构建至关重要，而一套可以帮助企业识别数字化能力差距和数字化技术发展机会的模型将会给企业带来巨大的价值。

埃森哲凭借在能源、公共事业等行业的深厚积累，开发了领先的HPUM (High Performance Utilities Model) 模型。HPUM模型汇集了埃森哲与400多

家公用事业客户数十年合作中积累的创新和领先实践，并通过此模型作为战略、咨询、互动体验、技术和运营业务的推动者和加速器，为客户带来价值。

针对可再生能源发电行业，HPUM模型共有包括业务开发、运营与维护、商业优化、资产出售/退出等七大模块，可以帮助新能源发电企业实现业务能力及流程的识别、梳理和优化。在业务领域，HPUM模型旨在帮助发电企业构建标准化业务模式与能力蓝图；在职能领域可以为发电企业设计各阶段的通用角色，并明确各职能的定位；在流程方面，模型可梳理跨工作环节与级别的流程清单，最后基于全流程业务及财务管控需求设计核心指标库（见图13）。

图13. 埃森哲HPUM模型7大模块

<b>业务开发</b>				
1.1 投资组合战略与规划	1.2 市场和机会分析	1.3 风资源研判与微观选址	1.4. 开发节点管理	1.5. 项目融资管理
<b>工程与建设</b>		<b>运营与维护</b>		<b>商业优化</b>
2.1 电站工程	2.2 采购	2.3 施工与调试	2.4 项目管理	3.1 资产管理
				3.2 运营
				3.3 维护
				3.4 运营表现管理
				3.5 供应链管理
				3.6 技术支持
				3.7 设施管理
				4.1 能源组合规划与管理
				4.2 商业活动与运营
				4.3 天气与发电量预测
				4.4 电力交易
				4.5 表计与账单
<b>资产出售/退出</b>				
				5.1 投资效益管理
				5.2 客户服务
				5.3 退役报废
				5.4 LCC成本计算
<b>健康、安全、环境和质量</b>				
6.1 环境与可持续战略	6.2 健康与安全	6.3 环境管理	6.4 应急管理	6.5 质量与流程转型
<b>企业服务</b>				
7.1 增长与战略	7.2 供应链	7.3 IT服务	7.4 健康、安全、环境与质量	7.5 设施
7.6 财务与会计	7.7 人力资源	7.8 安全	7.9 数字化与创新	7.10 企业与政府事务

### HPUM价值主张



**业务：**  
构建标准化业务模式与能力蓝图



**职能：**  
设计各阶段通用角色、职能定位



**流程：**  
梳理跨工作环节与级别的流程清单



**KPI：**  
设计基于全流程业务及财务管控需求的核心指标库

资料来源：埃森哲

对于新能源发电企业来说，数字化能力起到了越来越关键的作用。例如，运用数字化手段可以帮助光伏发电企业优化选址与开发、优化设计与执行等。因此，了解数字化技术和应用环境的能力差异对于提高发电资产性能至关重要。HPUM模型可以从软件和硬件两个方面针对发电企业的数字化能力进行评估。其中包括社交、移动性、云、分析、机器人流程自动化、IT/OT、区块链、人工智能。

根据8个维度的评估结果，埃森哲可以帮助企业制定数字化能力的提升战略，并帮助企业识别各项数字化技术发展的优先顺序与投资重点。

在此过程中，HPUM使用数字影响力矩阵（Digital Impact Matrix）评估各种数字化技术对于发电企业业务流程的影响（见图14）。借助此模型，埃森哲可以帮助企业识别需要优先提高数字化能力的业务流程。

图14. 数字化影响力矩阵（示意图）

流程	子流程	社交	移动性	云	分析	机器人流程自动化	IT/OT	区块链	人工智能
3.2 运营	3.2.2 发电与存储	L	L	M	H	M	H	L	H
3.2 运营	3.2.4 电网交互	I	L	M	H	I	H	M	H
3.3 维护	3.3.4 故障管理	M	M	I	H	I	I	I	I
3.3 维护	3.3.1 定期维护	H	H	I	M	L	M	M	H
3.6 技术支持	3.6.2 机械服务	L	M	I	H	H	M	I	I
3.6 技术支持	3.6.3 供电服务	L	M	I	H	H	M	I	I

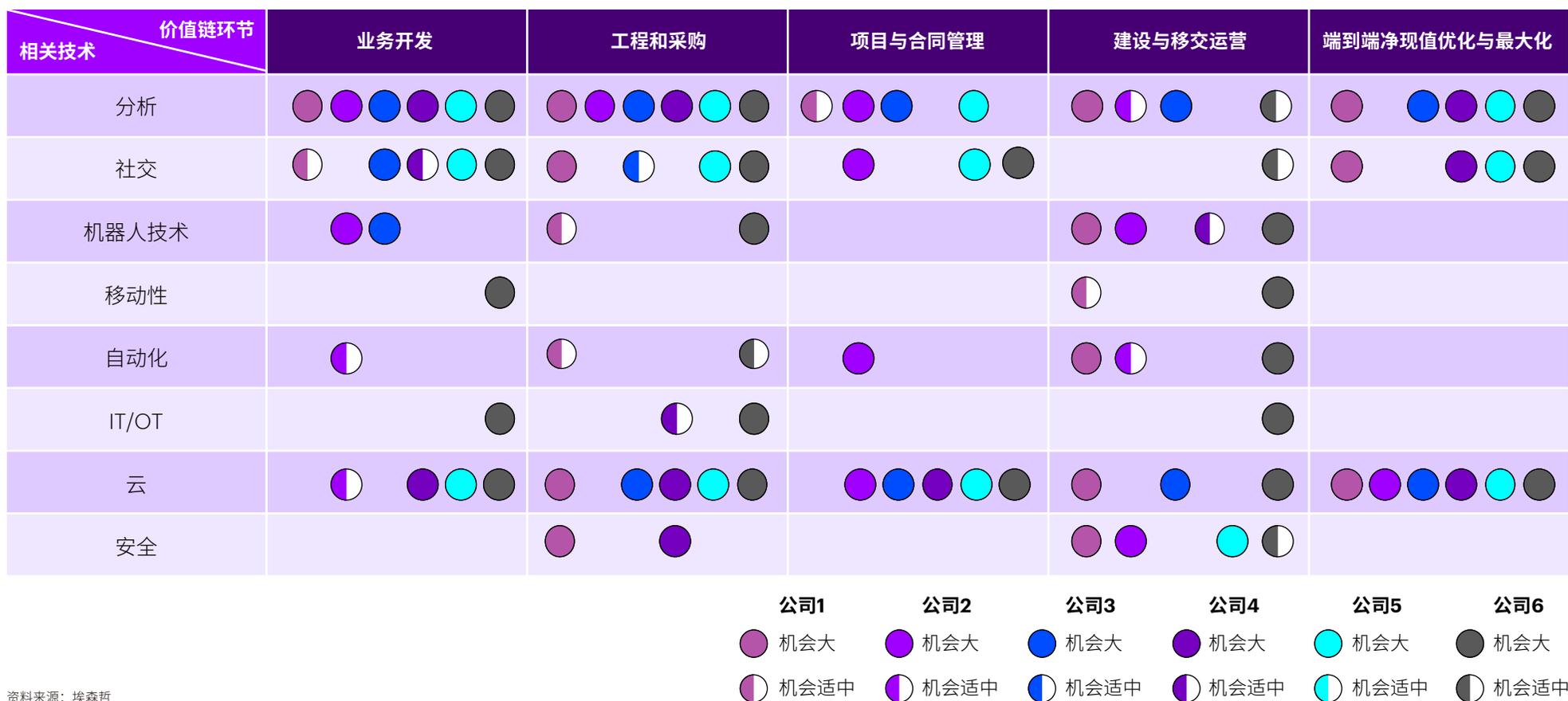
L 影响力低
M 影响力适中
H 影响力高
I 不适用

资料来源：埃森哲

此外，HPUM模型也可以帮助企业识别价值链中哪些环节可以从各类数字化技术中获益最多。例如，在端到端净现值优化与最大化环节中，云的使用将会带来最大的效益，其次是分析技术和社交平台。基于评估结果，埃森哲即可帮助企业调整投资重心，并为客户提出数字化技术的具体发展策略（见图15）。

在本小节中，我们阐述了数字化能力搭建对于新能源发电企业的重要性以及埃森哲的HPUM模型如何帮助企业进行全方位能力提升。下一章节中，我们将对数字化解决方案与相关技术支撑进行总结。

图15. 数字化机会比较（示意图）



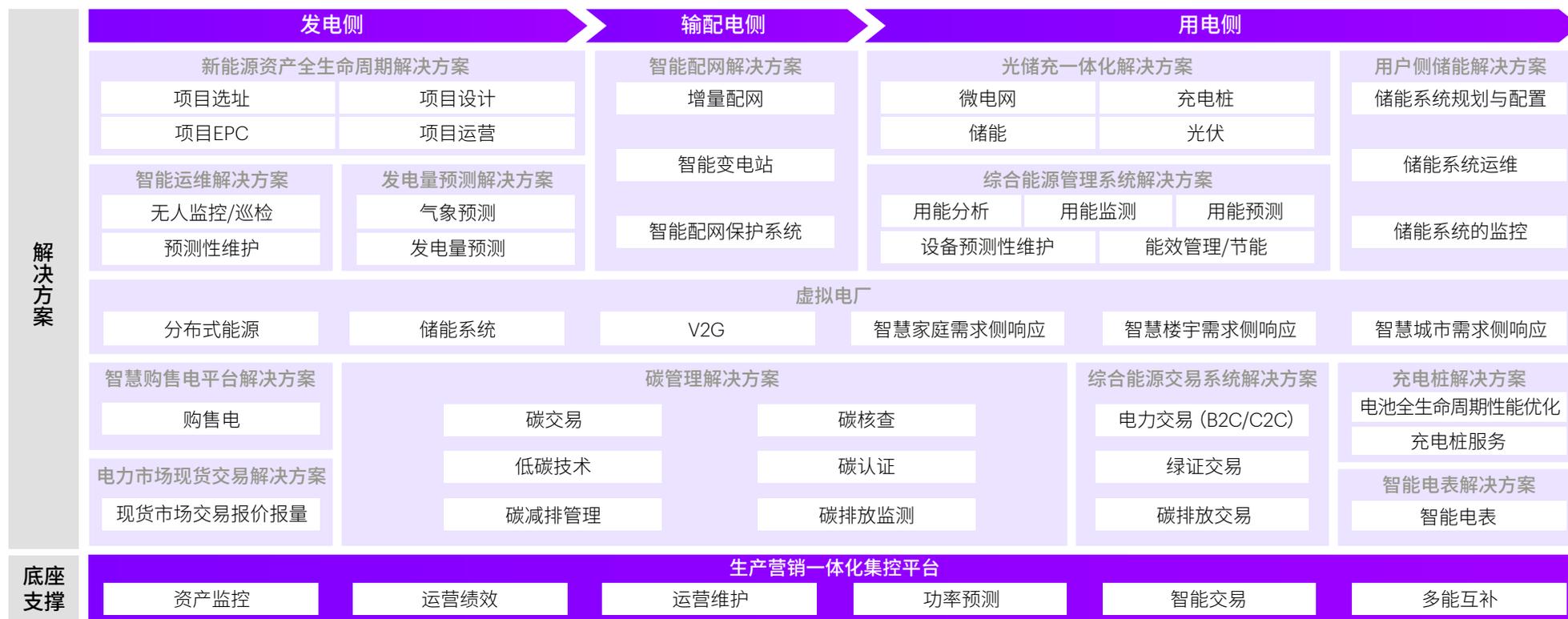
资料来源：埃森哲

## 数字化转型的技术支撑

随着国内外电力行业的转型，发电企业也将从“重资产、轻服务”的旧模式逐步向以客户服务为中心的新模式转型。未来，根据发电侧、输配电侧和用电侧的转型方向，发电企业在不同的细分领域均有参与的机会，并提供多样化的数字化解决方案。同时，数字化技术也将加速发电企业的低碳转型之路。

发电企业在发电侧可以提供新能源资产全生命周期管理、智慧运营、出力预测、碳管理以及能源交易等方面的解决方案；在输配电侧可以提供智能配电网的解决方案；在用电侧，由于用电场景的多样化与复杂性，对企业来讲有更多提供服务的机会，例如光储充一体化、综合智慧能源管理、用户侧储能和智能充电桩解决方案等（见图16）。

图16. 数字化解决方案汇总图



资料来源：埃森哲分析

## 这些数字化解决方案无一不需要技术作为重要支撑。 以下是几类科学技术在电力行业的潜在应用：



**人工智能：**可应用于电网的智能视频安全监查、智能电网优化能源配置等领域。



**机器人：**可应用于电网检修、能源设备清洁、智能巡检等，每个机器人可以完成相当于一个自然人约6倍的工作量。



**可穿戴设备：**可为电网管理、用能管理、电力设备检修等提供更高效率的设备和工具，预计可穿戴技术使生产率提升34%。



**量子计算：**运行速度比传统计算机快“一亿倍”，通过量子计算可构建安全、可靠的电力信息网络，节省数据处理能耗。



**大数据：**可应用于智能配电，因果分析用户特征，对电力需求进行预测和配送。



**无人机：**可用于电力设备的智能巡检，风力涡轮机的监控等。预计到2022年，市场总值将是2016年的近12倍，出货量将达6倍。



**VR（虚拟现实）和AR（增强现实）：**可以帮助电厂进行规划和设备的安全管理等。预计到2022年，AR设备数量将接近35亿部，VR设备数量会达到5000-6000万部。



**物联网：**可应用于智能充电、能效管理、设备管理等方面，预计到2030年前，物联网将为世界经济产出贡献14万亿美元。



**云计算和移动服务：**可用于构建电力云、智能电网，推动电力行业信息化。



**区块链：**可以实现无需通过中间人购买和售出电力，电力用户将有能力控制电力成本。



**智能物联网（AIoT）：**在多样化的科学技术中，AIoT技术的重要性尤为凸显。AIoT是人工智能技术（AI）和物联网（IoT）在实际应用中的有效结合。AIoT通过物联网产生并收集来自全部发电资产不同维度的、海量的数据并存储于云端、边缘端，再通过大数据分析，以及更高形式的人工智能，实现万物数据化、智能化。未来的能源世界，将是一个由数以十亿计的可再生能源发电、储能、智能用电设备构成的“碎片化”能源系统，需要在数字世界重构与融合，智能物联网是实现这一切的关键。除了将“碎片化”的能源资产智能互联，智能物联网也为发电企业的低碳转型赋能。以太阳能领域为例，一方面，AIoT技术凭借丰富的传感设备可实现智能感知和控制全部分布式光伏发电资产，同时物联网使光伏系统的相关人员能够可靠、实时地访问数据，使得发电效率呈指数级提升。另一方面，AIoT技术可以帮助发电企业监测和预测碳排放，帮助企业降低碳排放，助力发电企业的低碳化转型，同时也可以监测碳市场数据，帮助企业优化碳交易并提升收益。

## 案例

# 智能巡检

在智能巡检领域，埃森哲为某企业提出了无人机巡检解决方案。在风电场，无人机可用于检查风电场中涡轮机的健康状况，分析损坏、腐蚀和结构问题，并利用照片、激光雷达、热学、声学检查结构的完整性。在光伏电站，无人机可用于确定太阳能电池板的健康状况，对面板、电池、模块、跟踪器等进行分析，并提供照片、热成像和正射镶嵌呈像。通过无人机巡检，该企业实现了传统人工巡检向智能化全方位巡检的转变，优点在于更加安全的资产巡检、缩短的巡检时间、自动生成的巡检结论、优化的资产生产力（见图17）。

图17. 机器人在智能巡检领域的应用



资料来源：埃森哲分析

## 案例

# 电力交易

Eneco公司的My Eneco Business平台，可以实现实时关注能源市场信息与价格波动，并模拟电力与燃气的采购，通过My Eneco Business参与场外交易（OTC）、欧洲现货交易所（EPEX）、英国现货交易所（APX）能源交易市场。

该平台针对不同电力消费群体的用能习惯，制定个性化用电套餐服务。例如，在浮动电价套餐下，平台可以帮助用户把购电量平摊到每月、每季度和每年，或可以选择平均购电策略。若在截止日期前用户采购完所有用电需求，则按照加权平均购电价进行结算；若未满足用电需求，则按照月均EPEX的现货价格结算未满足部分。在自由交易型套餐下，My Eneco Business可以针对用能需求有周期性波动的工商业大用户，根据历史最大用电量为用户设定一个预计购电量。用户可以根据实际用电需求通过EPEX、OTC、APX的方式购电或售电。



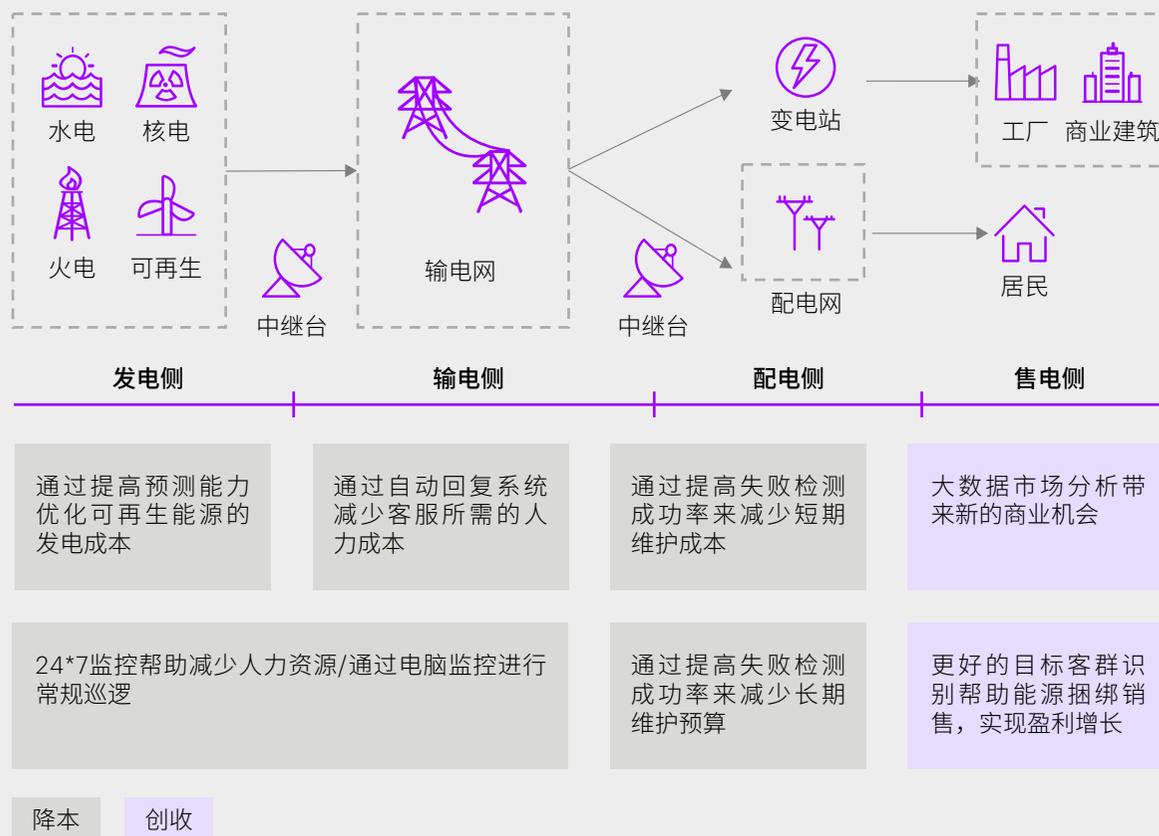
案例

# 生产营销一体化

关西电力是日本领先的公用事业公司之一。2018年8月，埃森哲与关西电力成立合资公司K4 Digital，旨在帮助关西电力加强对数字化技术的应用。K4 Digital成为了日本第一家数字化公共事业企业，并充分利用两家企业各自的优势，关西电力拥有世界一流的电力行业专家和电力数字化应用程序，而埃森哲可以利用其全球领先的数字能源生态圈和先进的数字技术实施和管理能力为其赋能。

埃森哲把数字化技术融入到关西电力的核心业务流程中，利用K4 Digital建立了新的分析和解决方案平台，使电站和电网设备的维护更加高效、准确。在发电侧，通过提高预测能力，优化可再生能源发电的成本；通过检测河道的流量、水纹以及水力发电的价格，来智能化分析与安排水轮发电机的生产与检修。在输电端，通过自动回复系统减少客服所需的人力成本。在配电端，通过提高失败检测成功率来减少短期维护成本和长期维护预算。在售电端，利用大数据分析个人能耗等数据为其客户提供更加个性化的体验，从而进行能源产品个性化销售，实现盈利增长（见图18）。

图18. 价值链效益增长



资料来源：埃森哲分析

## 案例

## 碳服务平台

全球领先的能源企业Engie打造了一套零碳管理平台Ellipse，可帮助企业解决以下问题：

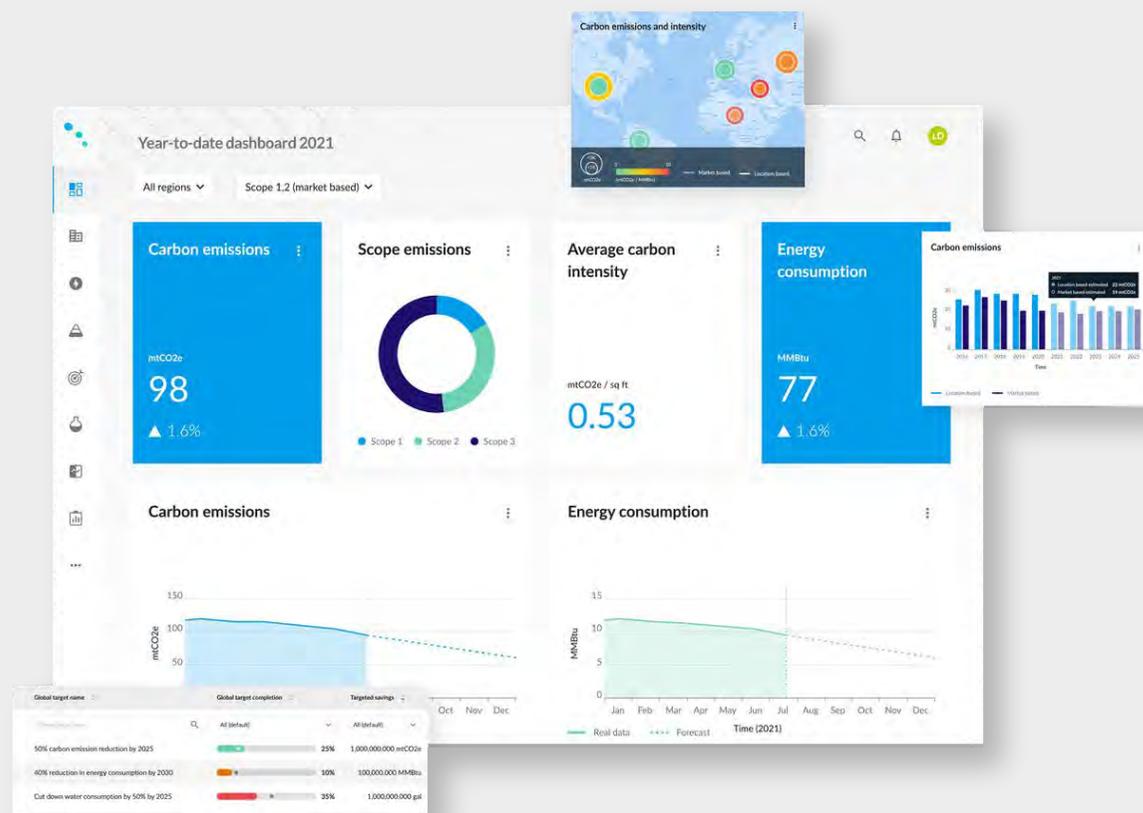
第一，准确梳理排放足迹，利用人工智能和自定义的应用程序编程接口，帮助企业精准衡量范围一（Scope 1）、范围二（Scope 2）和范围三（Scope 3）的碳排；

第二，整合项目与初始目标并进行跟踪，平台将项目绩效与预期结果结合起来进行可视化，同时衡量投资回报和碳排影响等；

第三，开发工程级场景建模，通过机器学习算法，对超过100万台的设备进行研究，从而做出以碳为优先条件的决策；

最后，创建范围三排放的360度视图，通过收集大量数据，拟定供应商减排方案（见图19）。

图19. Engie Ellipse界面展示



资料来源：Engie公司官网

## 平台底座的重要性及相关收益

### 平台底座的重要性

对电力行业来讲，在以新能源为主体的新型电力系统时代，电源转换的一次能源从“可控”变为“随机”，电源和负荷的形态从“机电一体化”到“电力电子化”，配网形态从“无源”变为“有源”，系统的控制对象从“集中”变为“离散”。这些新的变化带来了新的挑战。为了应对新能源随机性的挑战，避免既缺电又限电的情况发生，新系统将不断从“计划电”转向“市场电”，电力市场将通过价格信号拉动电力供求关系的平衡；技术上，新型电力系统将不断增加灵活性，从“源随荷动”变为“源荷互动”；为了应对新能源波动性的挑战，避免长期风光短缺导致电量不足，新系统将从单纯电力电量平衡转变为电能氢能等综合能源的平衡；为了应对高电力电子化导致的稳定性不足的挑战，新能源将从具备“并网”能力转变为具备“组网”能力，不断提升耐压耐频、调压调频的能力等。鉴于数以万计“离散”的能源终端，以上这些能力的形成，无论是电源侧、电网侧、还是用户侧，无一不需要一个强大的产业中台（集控中心）作为工作的载体。

对于发电企业来讲，产业中台将成为其从传统能源向以新能源为主的低碳化转型的中流砥柱，成为和企业管理平台同等重要的第二大核心管理要素。从企业管理的角度出发，新一代信息技术为企业管理带来了巨大的贡献。企业资源计划（ERP）系统极大程度地提升了企业管理效率，除了帮助企业从生产资源计划、资产管理、财务、人力资源、物资采购等方面提高效率、实现协同，也涵盖了业务流程管理、主数据管理、业务绩效管理等。

从以新能源为主体的发电资产管理角度出发，产业中台对于发电企业的价值将主要体现三个方面：第一，利用AIoT技术实现对所有新能源资产的有效监控；第二，实现产业的整体协同，包括企业多种能源资产的协同、集团-分公司-场站的协同，以及多种能源结构的协同；第三，实现新能源发电资产生产管理 with 电力市场的协同。



为了加速以上各类能力的形成并打造适用于整个发电行业的产业中台，以远景智能为代表的能源科技企业打造了基于AIoT的智能物联网操作系统EnOS™。EnOS™智能物联操作系统基于开放、标准、成熟的技术架构，融合大数据、云计算、人工智能、物联网、区块链等先进的数字化技术，以及远景集团在可再

生能源、智慧城市、智慧楼宇、智慧电网、碳管理等垂直领域的最佳实践和专业  
知识，致力于将行业知识转化为高效便捷的工具和可复用的模型，赋能发电企业加速低碳数字化转型（见图20）。

图20. 远景智能平台架构

远景智能基于EnOS™平台提供低碳化数字化解决方案



资料来源：远景智能

EnOS™智能物联操作系统具备三大功能：第一，EnOS™ Edge和EnOS™ Cloud可作为数字底座，适配工业领域复杂异构的连接，通过丰富的内置模型加速设备孪生建模，对海量IoT设备实现便捷的生命周期管理，对来自设备、云端和应用的物联网数据进行数据的治理，以提高数据可靠性和安全性。这一系统可以提供强大的数据处理、高效的数据存储和隔离，以及灵活开放的数据分享工具，进而实现快速的数据传输和访问。第二，EnOS™ EnCom通用组件，通过可配置的图形化界面提供类似于SaaS的数字化应用的标准模块，如工业资产接入、资产性能监控、资产运维、工单管理等，使得企业人员或解决方案供应商可以通过配置与组合完成应用的构建，从而加速工业应用的实施交付。第三，

EnOS™创新套件，面向用户个性化的需求，提供助力实现快速应用开发和敏捷业务创新的端到端工具；面向海量生产数据的AI服务，帮助模型的动态管理和持续优化，应对高阶的分析应用场景，助力客户挖掘与释放资产数据的业务价值。

远景EnOS™智能物联操作系统拥有面向未来、开放和可配置的技术架构，为客户提供三层定制化体验来满足多样化的需求。第一层是面向“平民开发者”（如不懂软件代码的业务人员）的可配置应用程序，充分调动和释放业务人员的创新力；第二层是为专业开发者或数据科学家提供的企业级开发工具，引入专业人员的创新力；最后一层是将第三方开发者纳入进来，通过将其应用程序嵌入EnOS™的容器中，激活生态的创新力（见图21）。

图21. 远景EnOS™智能物联操作系统架构



资料来源：远景智能

作为远景智能各类数字化解决方案的平台底座，EnOS™起到了极为重要的角色。平台可以统一将各类资源协同并创建开放的全球生态系统，同时为企业提供端到端服务，并保证平台快捷、高性价比、灵活、安全和稳健的优越性能。从风能到太阳能，从能源生产到能源储备，从硬件到软件，EnOS™都可以提供完整的解决方案，进行高效智能协同，将能源与家庭、工业园区、智慧城市等各种应用场景全部连接到一个统一的物联网平台，为风能、太阳能、储能、电动车、充电桩、智慧园区和智慧城市提供多样化的产品解决方案，帮助发电企业、智慧楼宇、智慧城市的管理者实现对能源资产、设备和人的数字化管理与高效协同。

EnOS™迄今已连接超过2亿台智能设备，在30,000个站点管理超过400GW的可再生能源资产，每日处理消息量超过700亿条。通过开放的智能物联操作系统，将数据、系统与应用连接到统一的IoT平台上，快速、有效地将企业洞察带进未来的智能世界。

## 主要特点



**灵活的云边部署：**EnOS™智能物联操作系统提供边缘与云端全栈的软件解决方案，系统可以被灵活的部署在公有云、私有云、企业私有数据中心、场站服务器等，为政府和企业用户提供完全自主、可控的技术底座能力。



**快速的海量连接：**基于丰富的协议库和领域模型库，提供高效便捷的设备接入，其大规模的高效接入能力在全球得到广泛验证。



**丰富的行业积累：**将行业知识和最佳实践抽象为领域模型、算法和应用模板，赋能企业加速数字化和数据变现。



**开放的通用服务：**以API，低代码/无代码工具等方式开放平台能力，激活企业创新活力及赋能生态发展。



## 远景数字化技术应用及案例

### 数字化技术应用

在新能源电力领域，远景智能打造了EnOS™套件，可为发电企业提供新一代生产营销一体化的解决方案。该套件可实现全面资产监控、运营绩效透明、基于大数据和人工智能算法的设备健康分析、基于高精度数值气象预报的风光功率预测、面向电力市场的智能交易终端以及源网荷储、多能互补协同优化（见图22）。

该数字化解决方案纵向覆盖集团、区域、场站三级管控体系，横向打通电力生产和电力交易，通过数字化赋能，将传统以生产运行管控为核心的集控中心，转型为兼顾生产与市场风险管控的生产营销一体化运营中心，满足新型电力系统与电力市场背景下大型发电集团的数字化转型需求。

图22. 基于AIoT智能物联操作系统的EnOS™新能源应用套件



资料来源：远景智能



**全面资产监控：**该解决方案基于“远程集中控制、现场少人值守”的目标，通过打造统一的能源资产模型、分层分级的实时监控、声光图告警推送以及数据质量管理等功能，可为不同体量的新能源企业提供量身定制的全面资产实时监控解决方案，并能为上层数据分析等高等应用提供完整、高质量的数据支撑。具体共包括以下8个功能：

- **全资产监视：**风光水储领域的主辅一体集中监视，分层分级监视区域中心、电站以及设备的实时发电水平的运行状态
- **实时控制：**风光水储领域的远程批量控制
- **告警推送：**风光水储领域以声、光、图等形式查询与导出设备的实时告警和历史告警
- **移动端监测：**提供能源资产集中监控、告警统计、绩效分析和统计报表于一体的移动解决方案
- **状态记录：**支持设备状态记录自动生成并对每个设备自定义属性，如原因、责任等
- **数据存储：**支持秒级、分钟级、小时级颗粒度的历史采样存储及毫秒级的故障录波存储
- **平台API：**提供丰富的数据源和数据接口，支持灵活的第三方开发
- **数据分析：**支持对设备遥测与遥信数据进行趋势分析、散点分析、实时数据对比等形式的数据分析



**运营绩效透明：**围绕能量可利用率，电量去哪了，应该怎么办的问题，远景运营绩效透明解决方案通过对实际发电量、理论发电量和损失电量的多维度自动计算分析，有效支持客户建立以损失电量为中心的绩效考核体系。对于参与现货交易的场站，引入RBA: (Revenue-based availability收入可利用率) 收入可利用率指标，有效评价生产营销一体化场景下场站运营水平，拉动交易与生产运营协同改进。具体包括以下4个功能：

- **绩效指标：**支持客户自定义绩效指标，如电量类指标、可靠性指标、损失电量指标、能耗类指标、理论应收等交易协同指标
- **报表查询：**支持按任意时间范围、设备范围查询客户自定义配置下的各类停运原因的次数、时间及其损失电量
- **自定义报告：**通过自定义报告工具与绩效数据API接口，支持客户自定义配置任何格式的日/周/月/年报
- **改进建议：**针对低于目标的绩效指标自动生成告警，部分携带改进建议，对于光伏电站交直流侧的15类损失提供运维建议及经济性评估



**设备健康分析：**远景智能设备健康分析应用基于2PB海量数据与2000+失效库，实现基于AIoT的风机设备全面亚健康健康管理，帮助传统风场逐步实现从被动响应到逐步主动预防的故障运维模式转变。对于任何厂家机型风机，基于所有风机公有的SCADA数据，50%风机具备的CMS振动数据，以及额外装配的智能传感器采集的数据，通过机器学习算法，有效识别设备亚健康状态，实现从控制系统到传动链等关键部件健康度预警全覆盖。具体包括4项功能：

- **发电性能：**排除风资源影响分析风机发电性能不佳的原因，帮助用户及时挽回发电损失
- **大部件预警：**提前预警核心大部件亚健康状态，降低检修更换成本，减少非计划停机造成的损失
- **管理闭环：**支持生产管理系统对接适配，可直接打通现场 workflow，实现风险闭环
- **用户自研预警集成：**支持第三方算法模型全生命周期管理



**风光功率预测：**远景智能风光功率预测集成ECMWF（欧洲中期天气预报中心）、Met Office（英国气象局）、NCAR（美国国家大气研究中心）、CMC（加拿大气象中）、DWD（德国气象局）等全球多家权威气象机构的成果，整合全球海量气象数据，借助无锡“太湖之光”及天河二号超算中心实现全国高精度的场站级别1km×1km气象预报模型，根据场站特性进行定制化气象模型优化。基于强大的机器学习能力，针对每台风机和逆变器的气象特征与发电特征，提供更精准的区域性新能源气象预报和短中长期发电功率预报，可提升场站功率预测精度5%，降低两个细则考核30%，为中长期及现货电能量交易提供支撑，经济收益效果明显。风光功率预测主要有三大功能：

- **支持对标，**通过场站侧功率预测系统集中监测管理、预测效果评估、运行状态监控、横向对标，透明化场站功率预测，提升集中管控能力。
- **支持交易，**提供覆盖中长期交易和现货交易相关的全时域（0~1年）和区域气象预测和新能源发电预测，基于气象不确定性的态势感知和区域新能源发电态势感知，辅助电力现货交易量价决策，基于历史再分析和气候预测的月度、年度发电量预测支持中长期电量交易策略。
- **支持运维，**提供基于极端天气预警及设备处理预测的工作窗口期预测，辅助运维安全及预测性维护计划。



**智能交易终端：**远景智能交易终端是一款数字化、标准化、智能化的辅助交易软件，将新能源市场的实时信息、交易执行和深度分析有机结合，给市场交易人员带来全新的操作体验和更加透明的市场洞察与决策，全面覆盖电力交易、绿证交易和碳交易等交易类别，提供能源交易一站式解决方案。

该交易软件包括6大功能：

- 提供用于市场行情分析的全范围信息查询和预测，包括未来多日的市场供需预测、日前和实时现货电价预测、场站功率预测等。
- 提供交易申报功能，旨在为日前申报和中长期交易申报提供便捷的辅助工具和参考信息，包括在部分有条件的场站实现全自动日前申报。
- 提供复盘分析，为每日及月度的交易出清和账单数据提供多维度的分析手段，便于交易员及时掌握交易表现，快速清理交易得失。
- 提供数据报表，为企业提供轻量级的BI数据查询工具和可定制的word、excel和pdf格式的报表。
- 对整个交易过程进行全面监控，对于出现的问题第一时间告警，并通过短信和邮件方式通知相关人员。
- 提供交易审计功能，通过对所有交易行为的跟踪和记录，用户可以随时查看历史的所有操作记录，同时通过系统的自动分析，识别有风险的操作和结果，并给出告警和风险提示。



**源网荷储、多能互补：**基于远景EnOS™智能物联操作系统，结合负荷预测、交易终端等，通过储能、智能电网、虚拟电厂、园区微网等软件产品和解决方案实现源网荷储协同优化。

首先，在协同优化方面，可实现源网荷储各环节协同的多目标优化模型，协调优化生产运营和消费双向互动，集中与分布式电源、储能相结合。通过功率、电价、负荷预测，优化电站运行和负荷侧管理响应，通过交易和竞价策略捕捉电力市场机会。

其次，在多能互补方面实现“源-源互补”，通过新能源发电侧储能、新能源制氢，增加电网新能源消纳，减少新能源限电，最大化发电资产投资运营收益。同时，动态调整系统供需平衡，为电网提供柔性调节和辅助服务，维护电网稳定。最后，在需求侧管理方面，通过将电力消费从高峰时段转移到相对低价时段，显著降低电费。

同时，结合分布式能源和储能，为电网提供需求弹性，减少最大负荷，节省电网发电和输配电设施投资成本。

## 案例

## 全面资产监控

某发电集团搭建了全球最大的新能源数据化平台，覆盖集团、区域、场站三层组织和业务架构。其中，最具全面资产监控和管理典型意义的是其旗下某省公司的新能源资产运营管理数字化转型项目，覆盖陆上风电场、海上风电场、分布式光伏、集中式光伏、储能等多类型能源形态。依托远景 EnOS™ 智能物联操作系统，该平台提供包括监控告警、运维管理、运营分析、预防性维护、高精尺度气象预报、发电预测、电力交易等一系列以数据为驱动、算法为支撑的资产管理解决方案。

该省公司端到端的数字化资产管理能力得到全面赋能：通过对风、光、储多种能源场站的集中化实时监控、标准化数据采集和规范化管理，彻底打通跨领域数据的壁垒，提高了整体投资收益；通过场站与场站、风机与风机的对标，识别出低效设备，并及时进行整改，提高了生产运行绩效；通过人工智能技术对设备潜在故障进行预警，精准进行消缺，提升了设备可靠性；通过使用集中功率预测系统，为电力交易、海上电站运维安全管理、灾害性预报进行探索与研究；通过使用海上风电业务系统，能综合管控海上气象、船只、人员的作业安全；使用生产管理系统规范了设备运行维护和安全专业化管控，为场站侧无人值班、少人值守打下坚实基础。

未来，平台将凭借其前瞻性和可扩展性，持续支持其风光水火储、源网荷储一体化的资产接入，不断提升数据应用价值，扩大数字化转型所带来的收益，提高整体的运营水平，实现发电企业的盈利和可持续发展，助力新能源产业的跨越式发展。



## 案例

### 设备健康分析

某发电企业省公司集控，风电资产容量1GW+，采用基于SCADA数据、振动CMS数据与智能传感器的全面设备预警方案。2020年至今，已预警610多起设备性能与亚健康问题。通过挖掘现场发电性能不佳根因，帮助挽回发电性能问题1,795.5MWh/年，发电风场不合理限电损失901.2MWh；此外，通过提前预警核心大部件的失效风险，化更换为检修，帮助挽回损失约3,200万元；通过加装声音传感器，提前预警叶片失效，仅该项预警即帮助挽回损失近130万元。

### 风光功率预测

某发电企业拥有超过20GW的风光电站资产容量和300+风光新能源电站。远景为其集团公司总部打造功率预测主站，建立集团-区域-场站功率预测系统三层架构，通过集团功率预测主站，实现全国各个区域各新能源电站功率预测系统的集中管控、考核分析，帮助降低各个区域两个细则考核的内容近1,000万/年。另外，通过功率预测与集团电力营销平台对接，高效实现集团侧电力交易策略自动下发电站并上报电网，提高整个交易过程的自动化水平。

### 智能交易

远景智能交易终端在山西得到应用，为某50MW风电场2021年现货交易提供交易决策与申报。交易终端可自动获取市场信息，对日前与实时电价进行精准预测，并对日前交易进行报量推荐，出清仿真。在风险管控上，对交易申报进行监控与告警，对功率预测和电价预测做出具有针对性的风控策略，并对策略与收益进行实时复盘与偏差分析。

交易终端帮助客户将月总收益提升了23.4万元，度电收益（元MWh）提升8.5%，有效的风控手段也将最大回撤降低了40%。

## 案例

### 源网荷储、多能互补

某港务集团位于马六甲海峡，全球最大的集装箱中转港，同时也是全球效率最高的港口。远景与该港务集团合作，帮助其成为全球“零碳超级港”。该园区综合能源管理项目，涵盖了总部大楼和临近港口，包含源（分布式光伏）、储（分布式储能）、荷（负荷能源管理）。基于智能物联网操作系统EnOS™，远景为该港务集团定制了五大智慧能源应用：微网控制、能效管理、虚拟电厂、电力交易和绿证交易。

通过“微网控制”应用，协同优化港口分布式光伏、储能与大量负荷侧设备；通过削峰管理和需求侧响应降低用电成本，而“能效管理”应用从能耗和容量角度，将单位集装箱用能成本降低20%，未来还可以轻松对接港口智能电网管理系统。通过“虚拟电厂”应用，把分布式能源和柔性负荷聚合起来，让港口的光伏、储能、无人货运卡车电池等发电与储能设备，成为虚拟电厂交易单元，共同参与该港务集团目前正在打造的“跨港区虚拟交易系统”，总共可为电力市场提供超过100MW柔性调节能力。同时，该项目还实现了储能的调频辅助服务，参与电力市场交易。其光伏自发自用比例达到100%，再结合绿证交易，减少碳排放，实现零碳目标。

### 智能充电

通过EnOS™连接与管理的全球超400GW新能源资产，用户充电所使用的均为可再生能源电力，真正实现100%绿色出行。据估计，当地每辆使用远景智能充电解决方案的电动汽车，每年可实现2400公斤的碳减排量。

作为全球电动汽车的主要市场，德国的电动汽车在2021年正式迈入了大众市场，凭借近70万辆的新增数量，占全国新增车辆总数的四分之一以上。这是继2020年高达270%的爆发式增长后，电动车新增市场的又一次翻倍扩张。因此，为越来越多的电动汽车提供充电装置成为了当下德国人的急迫需求。

在德国，商用车的市场份额高达70%。因此，面向B2B领域的智能绿色解决方案对当地的充电基础设施建设完善起着决定性的作用。同时，当地90%左右的充电都发生在住宅区或办公大楼。

根据对当地市场的研究，远景与欧洲最大的电信运营商德国电信（Deutsche Telekom）合作，提供基于Charging by EnOS™平台开发的充电解决方案，覆盖了包括充电器硬件、安装服务、可再生能源、计费系统和碳减排报告在内的多个领域和一站式服务，并将重点为办公大楼和员工私人住宅提供一体化充电解决方案，把道路上的公共充电设施视为圆心。

这样的绿色行动伴随着高速发展的德国电动车市场，才刚刚开始。市场预测，到2030年，德国市场上将有约1400万辆电动汽车，这将为合理的充电解决方案提供广阔的空间。

## 案例

# 零碳产业园

鄂尔多斯是中国煤都，人均GDP虽位列全国首位，但工业高度依赖煤炭资源，处于“双碳”战略下转型的关键窗口期。鄂尔多斯同时拥有丰富的新能源资源，如何将丰富的绿色资源转化为高质量发展动力，成为鄂尔多斯当下发展的关键。2022年4月8日，全球首个零碳产业园——远景鄂尔多斯零碳产业园一期项目建成投产。

该产业园基于“新型电力系统”、“零碳数字操作系统”和“绿色新工业集群”三大创新支柱打造，预计到2025年将助力当地实现3000亿元绿色新工业产值，创造10万个绿色高科技岗位，实现1亿吨二氧化碳年减排的目标。

### 新型电力系统

通过智能物联网源荷互动控制系统和基于绿氢的零碳能源岛，园区80%能源由本地的风电、光伏直供，20%与电网交易，实现100%绿色零碳能源供给。入园企业电价低于自治区工商业标准电价。

### 基于国际标准的零碳数字操作系统

远景联合国内外领先的认证机构发布零碳产业园国际标准；同时，基于远景EnOS™智能物联操作系统和远景方舟能碳管理平台打造的零碳数字认证体系，赋予园区内产品可追踪溯源、符合各类国际标准、经过权威机构认证的“零碳绿码”。

### 绿色新工业集群

鄂尔多斯零碳产业园布局新能源电池、新能源汽车、新能源装备三大绿色产业集群，打造千亿级零碳新工业体系。



# 结语

在全球迈向“碳中和”与科技进步的驱动下，国内外的能源结构与消费方式正在发生本质的变化。作为高碳排行业之一的发电行业，在分布式能源扩张与电气化水平提升等趋势的引领下，发生着日新月异的变革。与此同时，中国的电力市场与碳市场也在不断改革与创新中迅猛发展。

在此背景下，电力产业链中发、输、配、售、用的各个环节中，数字化的浪潮催生出一系列更加先进、更加智能的解决方案。在发电侧，分布式能源的迅速发展与电力交易的市场化改革既为发电企业带来了机遇，也在“新集控”、智能运维等方面带来了新的挑战。在用电侧，由于电力消费者需求的改变和能源应用场景更加多元，发电企业也需要对如何升级和转型产品、服务及业务模式以满足消费者新需求并创造新价值方面进行深入思考。在输配电侧，随着电力系统由原先的“源随荷动”向“源网荷储”协同互动的方向转型，发电企业也有更多参与的机会。与此同时，在整个电力行业数字化转型的过程中，技术支撑与平台赋能的作用尤为凸显。

未来，为了应对更加“碎片化”的能源系统，并满足消费者日益迭代的需求，数字化与智能化的解决方案将成为发电企业参与市场竞争的重要利器。同时，一个作为工作载体的集控中心也愈发重要，通过集控中心将数据集中，互联互通后实现各类场景的应用。从电源侧看，集控中心的建设已经进行了十余年。随着业务的不断成熟，“十四五”期间，发电企业对集控中心的需求正在从生产风险的管控逐渐扩展到市场风险的管控，集控中心的功能也将从传统满足远程集中控制、资产绩效透明、关键部件故障风险预控等领域过渡到支持电力中长期与现货交易、绿电交易与碳交易等生产营销一体化的场景。

在数字化转型的过程中，发电企业可在发电侧持续构建传统业务护城河，在用电侧寻找业务增长“第二赛道”，在输配电侧补齐产业链版图，并在此过程中持续打造数字化能力，为企业数字化转型的乘风破浪引路续航，引领净零未来。

# 参考资料

- 1 IEA可持续发展情景假设到2030年可普遍获得负担得起的、可靠的、可持续的现代能源服务（SDG 7）；大幅减少空气污染（SDG 3.9）；并采取有效措施应对气候变化（SDG 13）。
- 2 IEA净零情景假设到2050年，全球能源行业的二氧化碳实现净零排放。
- 3 2021年5月8日，国家发展改革委、国家能源局发布《关于进一步做好电力现货市场建设试点工作的通知》（发改办体改〔2021〕339号），明确了电力现货试点范围扩大，拟选择上海、江苏、安徽、辽宁、河南、湖北等6省市为第二批电力现货试点；该通知指出要稳妥有序地推动新能源参与电力市场。
- 4 2021年10月11日，国家发改委发布了《关于进一步深化燃煤发电上网电价市场化改革的通知》（发改价格〔2021〕1439号），要求所有工商业电力用户2022年全部进入市场交易。
- 5 资料来源：北极星风力发电网。
- 6 2018年，工信部发布《新能源汽车动力蓄电池回收利用管理暂行办法》（以下简称“《办法》”）的通知，该《办法》由工信部、科技部、环境保护部、交通运输部、商务部、质检总局、能源局联合制定，旨在加强新能源汽车动力蓄电池回收利用管理，规范行业发展，推进资源综合利用，保护环境和人体健康，保障安全，促进新能源汽车行业持续健康发展。
- 7 资料来源：《走进虚拟电厂》。



# 作者

## 埃森哲

### 郑子霆

埃森哲大中华区资源事业部总裁  
kenneth.c.cheng@accenture.com

### 黄民杰

埃森哲大中华区战略与咨询总监  
minjie.huang@accenture.com

### 邓怡然

埃森哲大中华区战略与咨询顾问  
yiran.a.deng@accenture.com

## 远景科技集团

### 赵楚泓

远景智能副总裁  
chuhong.zhao@envision-digital.com

### 王晓云

远景智能战略客户部总监  
xiaoyun.wang@envision-digital.com



# 关于埃森哲

埃森哲公司注册于爱尔兰，是一家全球领先的专业服务公司，在数字化、云计算与网络安全领域拥有全球领先的能力。凭借独特的业内经验与专业技能，以及翘楚全球的卓越技术中心和智能运营中心，我们为客户提供战略&咨询、互动体验、技术服务和智能运营等全方位服务，业务涵盖40多个行业，以及企业日常运营部门的各个职能。埃森哲是《财富》全球500强企业之一，目前拥有约69.9万名员工，服务于120多个国家的客户。我们秉承“科技融灵智，匠心承未来”的企业使命，致力于通过引领变革创造价值，为我们的客户、员工、股东、合作伙伴与整个社会创造美好未来。

埃森哲在中国市场开展业务35年，拥有一支约2万人的员工队伍，分布于多个城市，包括北京、上海、大连、成都、广州、深圳、杭州、香港和台北等。作为可信赖的数字化转型卓越伙伴，我们正在更创新地参与商业和技术生态圈的建设，帮助中国企业和政府把握数字化力量，通过制定战略、优化流程、集成系统、部署云计算等实现转型，提升全球竞争力，从而立足中国、赢在全球。

详细信息，敬请访问埃森哲公司主页[accenture.com](https://www.accenture.com)以及埃森哲大中华区主页[accenture.cn](https://www.accenture.cn)。

## 免责声明：

本研究报告由埃森哲与远景联合撰写和制作。报告仅作为研究内容介绍之用。未得到埃森哲与远景的书面许可，文中内容不得采取任何形式进行复制。尽管我们对所依据的信息和资料保持高度谨慎，但无法对其中的准确性和完整性做出绝对保证，请勿绝对化地加以利用。本报告并非埃森哲和远景受托所作。文中所述观点有可能在未经知会的情况下进行调整。报告内容亦非根据任何公司所处独特环境而提供的具体咨询建议。

本研究报告对可能归他人所有的商标进行了引用。对这些商标的使用不表示这些商标为埃森哲和远景所有，也不代表或暗示埃森哲和远景与这些商标的法定所有人之间存在关联。

# 关于远景科技集团

远景科技集团（Envision Group）是一家全球领先的绿色科技企业。以“为人类的可持续未来解决挑战”为使命，集团旗下拥有智能风电和智慧储能系统技术公司远景能源、智能电池企业远景动力、开发全球领先智能物联操作系统的远景智能，管理远景-红杉百亿碳中和基金的远景创投，以及远景电动方程式车队。远景持续推动风电和储能成为“新煤炭”，电池和氢燃料成为“新石油”，智能物联网成为“新电网”，零碳产业园成为“新基建”，同时培育绿色“新工业”体系，开创美好零碳世界。

2021年，远景荣登《财富》杂志“改变世界的公司”全球榜单第二位。2019年，远景荣登全球权威机构《麻省理工科技评论》“2019年全球50家最聪明公司”榜单前十；设立于中国、美国、德国、丹麦、新加坡、日本等国家的研发中心，引领全球绿色科技创新与最佳实践。2021年，远景加入科学碳目标倡议（SBTi）并承诺实现“1.5°C的企业雄心（Business Ambition for 1.5°C）”。2021年4月22日，远景科技集团宣布将于2022年底实现运营碳中和，2028年底实现供应链碳中和。

详细信息，敬请访问远景科技集团公司主页[www.envision-group.com/cn](https://www.envision-group.com/cn)。