



电力圆桌
POWER SECTOR ROUNDTABLE



专题报告

中国电力企业低碳转型实践研究 报告 2022 (报告摘要)

电力圆桌项目课题组

2023年8月

电力圆桌项目

电力圆桌（全称电力可持续发展高级圆桌会议）项目于 2015 年 9 月启动，旨在紧扣应对气候变化、调整能源结构的国家战略，邀请业内专家和各利益方参与，共同探讨中国电力部门低碳转型的路径和策略。通过建立一个广泛听取各方意见的平台机制，电力圆桌将各方关心的、有争议的、目前决策困难的关键问题提交到平台讨论，选出核心问题委托智库开展高质量研究，并将研究成果和政策建议提交到平台征求意见，从而支持相关政策的制定和落地，推动中国电力行业的改革和可持续发展，提高电力行业节能减排、应对气候变化的能力。



项目课题组



中电联电力发展研究院

Electric Power Development Research Institute, CEC

中电联电力发展研究院是中国电力企业联合会直属单位，于 2017 年 7 月在中国电力企业联合会电力建设技术经济咨询中心的基础上，并入电力工程造价与定额管理总站组建而成，是国家发展改革委认定的咨询单位之一，主要从事能源电力行业政策研究、规划研究、工程咨询、科技创新、标准制定、定额管理、司法鉴定等核心业务，持续发挥独立第三方咨询机构作用，为政府、社会、能源电力企业提供专业、精准、优质咨询服务。

NRDC



自然资源保护协会

NATURAL RESOURCES DEFENSE COUNCIL

自然资源保护协会（NRDC）是一家国际公益环保组织，成立于 1970 年。NRDC 拥有 700 多名员工，以科学、法律、政策方面的专家为主力。NRDC 自上个世纪九十年代起在中国开展环保工作，中国项目现有成员 40 多名。NRDC 主要通过开展政策研究，介绍和展示最佳实践，以及提供专业支持等方式，促进中国的绿色发展、循环发展和低碳发展。NRDC 在北京市公安局注册并设立北京代表处，业务主管部门为国家林业和草原局。更多信息，请访问：www.nrdc.cn。

中国电力企业低碳转型实践
研究报告 2022
(报告摘要)

Low-carbon Transition Practices of
China Power Enterprises 2022
(Executive Summary)

报告撰写单位：中电联电力发展研究院

2023 年 8 月

目录

前言	01
1. 研究说明	02
1.1 研究对象	02
1.2 研究维度	05
2. 2022 年度议题矩阵	06
3. 低碳发展议题概览	08
3.1 低碳发展框架议题	08
3.2 低碳发展细分议题	09
4. 低碳服务议题概览	21
4.1 低碳服务框架议题	21
4.2 低碳服务细分议题	22
5. 低碳管理议题概览	29
5.1 低碳管理框架议题	29
5.2 低碳管理细分议题	30
6. 形势与挑战	36
6.1 2023~2024 年电力行业低碳转型趋势	36
6.2 电力企业低碳转型面临的挑战	37

7. 展望与倡议	38
7.1 2023~2024 年电力企业低碳转型展望	38
7.2 电力企业低碳转型行动倡议	39
参考文献	40

前言

实现碳达峰碳中和，推动经济社会全面绿色转型，把促进新能源和清洁能源发展放在更加突出的位置，为中国电力企业低碳转型提供了方向指引。国务院《2030年前碳达峰行动方案》（国发〔2021〕23号）提出引导企业主动适应绿色低碳发展要求，提升绿色创新水平。新形势下，研究中国电力企业低碳转型实践情况，对发挥企业创新主体作用、彰显电力企业高质量发展的低碳成色、更好满足全社会日益增长的绿色电力消费需求具有现实意义。鉴于此，本报告选择了20余家代表性发电企业、电网企业、新兴主体（售电公司、增量配售公司、虚拟电厂运营商、综合能源服务商等），根据企业公开披露数据信息和相关调研资料，结合企业2021~2022年度低碳转型实施进展，设置了27项企业低碳转型年度议题，包含6项框架议题和21项细分议题。框架议题总结代表性企业在低碳发展、低碳服务、低碳管理维度的主要实践进展；细分议题选取企业低碳转型典型实践案例，展示项目实施成效、总结有益经验做法。在此基础上，研判电力行业低碳转型趋势，分析电力企业低碳转型面临的挑战，进行电力企业低碳转型发展展望，提出促进电力企业深化低碳转型的行动倡议。

2022年，中国电力企业统筹能源安全保障与绿色低碳转型，持续优化电力供应结构，创新低碳服务模式，推动管理绿色升级，企业低碳转型实践焕发蓬勃生机，带动电力碳排放强度持续下降，全国单位发电量二氧化碳排放约541克/千瓦时，可再生能源电量相当于减少国内二氧化碳排放约22.6亿吨。

研究说明

1.1 研究对象

综合考虑电力企业主营业务范围、产业布局特征、主要经营区域以及企业信息对外披露程度等影响因素，将研究对象划分为 3 类，即发电企业、电网企业和新兴主体。发电企业选取中国华能集团有限公司等 5 家国内发电（能源）企业，电网企业选取国家电网有限公司等 2 家国内电网企业，新兴市场主体选取了北京鑫泰能源股份有限公司等 14 家企业（主要包含国有资本或民营资本全资 / 控股的售电公司、增量配售电公司、虚拟电厂运营商以及综合能源服务公司），共计 21 家目标企业作为研究对象，进行低碳转型实践案例分析。

表 1 研究对象（发电企业、电网、新兴主体）

企业类型	企业名称		简称
发电企业		中国华能集团有限公司	中国华能
		中国大唐集团有限公司	中国大唐
		中国华电集团有限公司	中国华电
		国家能源投资集团有限责任公司	国家能源集团
		国家电力投资集团有限公司	国家电投
电网企业		国家电网有限公司	国家电网
		中国南方电网有限责任公司	南方电网

企业类型	企业名称		简称
新兴主体		北京鑫泰能源股份有限公司	鑫泰能源
		深圳市深电能售电有限公司	深电能
		阳光能源控股有限公司	阳光能源
		广东电网能源投资有限公司	广东能源投资
		宝武清洁能源有限公司	宝武清能
		重庆两江长兴电力有限公司	长兴电力
		东方电子股份有限公司	东方电子
		苏州中鑫新能源有限公司	中鑫新能源
		浙江可胜技术股份有限公司	可胜技术
		湘潭德盛能源配售电有限公司	湘潭德盛
		江苏东港能源投资有限公司	东港能源
		重庆两江供电有限公司	两江供电
		三峡电能有限公司	三峡电能
		南方电网储能股份有限公司	南网储能

1.2 研究维度

综合考虑电力企业在推动低碳转型过程中的产业发展布局、用能用电服务、管理提质增效等主要影响因素，将中国电力企业低碳转型实践总体划分为低碳发展、低碳服务、低碳管理 3 个主要维度，分维度梳理分析各类电力企业推动低碳转型的典型案件和有益做法。

低碳发展：聚焦电力企业主营业务低碳发展布局和创新驱动主业转型升级，包括增量业务布局和存量业务优化，重点关注发电企业的发电业务、电网企业的输配电业务、新兴主体的售电 / 负荷聚合 / 综合能源服务业务。

低碳服务：聚焦电力企业面向各类用户的低碳服务体系建设和服务能力提升，重点关注发电企业服务用户清洁用能以及服务清洁能源产业链供应链建设、电网企业服务新能源消纳以及服务终端用能电气化、新兴主体满足用户新增绿色低碳用能用电需求的各类增值服务拓展。

低碳管理：聚焦电力企业在营造低碳、可持续发展环境过程中的企业管理技术变革、机制革新和品牌价值提升，重点关注发电企业的碳资产和新能源产业管理、电网企业的固定资产低碳化管理、新兴主体的运营管理技术和商业模式低碳转型。

2 2022 年度议题矩阵

基于发电企业、电网企业、新兴主体 3 类研究对象和低碳发展、低碳服务、低碳管理 3 个研究维度，构建 2022 年度中国电力企业低碳转型实践议题矩阵。结合电力企业低碳转型热点，研究设置本年度企业实践框架议题和细分议题。

框架议题：3 类研究对象在同一维度下的共性实践内容，合计包含 6 项议题，各项框架议题根据各类企业实践进展，作全局视角下的概览式阐述。

细分议题：发电企业、电网企业、新兴主体在各维度下的具体实践内容，合计包含 21 项议题，各项细分议题选取对应分类型企业 2021~2022 年期间的典型实践案例，作局部视角下的全景式阐述。

表 2 2022 年度中国电力企业低碳转型实践议题矩阵

维度	议题类型	议题序号	发电企业 (P)	议题序号	电网企业 (G)	议题序号	新兴主体 (E)		
低碳发展 (D)	框架	DF1	企业低碳发展策略						
		DF2	企业低碳科技创新						
	细分	DP1	非化石能源开发	DG1	清洁电力资源优化配置	DE1	电力需求侧响应		
		DP2	火电清洁高效灵活利用	DG2	电网节能降碳	DE2	源网荷储一体化发展		
		DP3	光热发电技术应用	DG3	柔性直流输电技术应用	DE3	车网互动技术应用		
	低碳服务 (S)	框架	SF1	企业低碳产品供应					
SF2			企业绿电资源配置						
细分		SP1	发电场站周边区域用能转型	SG1	新能源大规模供给消纳	SE1	综合能源服务		
		SP2	清洁能源产业链延伸	SG2	终端用能电气化	SE2	分布式发电市场化交易		
低碳管理 (M)		框架	MF1	企业 ESG 体系建设					
			MF2	企业低碳品牌传播					
	细分	MP1	碳资产管理	MG1	线损管理	ME1	低碳商业模式创新		
		MP2	新能源运维管理	MG2	电 - 碳协同管理	ME2	智慧用能管控平台		

注：D: 发展 (develop) ; S: 服务 (service) ; M: 管理 (manage) ; F: 框架 (framework) ; P: 发电企业 (power) ; G: 电网企业 (grid) ; E: 新兴主体 (Emerging)
 DF: 低碳发展框架议题；DP: 发电企业低碳发展细分议题；DG: 电网企业低碳发展细分议题；DE: 新兴主体低碳发展细分议题。
 SF: 低碳服务框架议题；SP: 发电企业低碳服务细分议题；SG: 电网企业低碳服务细分议题；SE: 新兴主体低碳服务细分议题。
 MF: 低碳管理框架议题；MP: 发电企业低碳管理细分议题；MG: 电网企业低碳管理细分议题；ME: 新兴主体低碳管理细分议题。

3 低碳发展议题概览

3.1 低碳发展框架议题

3.1.1 DF1-- 企业低碳发展策略

顺应能源电力绿色低碳发展形势，持续优化企业低碳发展策略。电力企业加强低碳转型顶层设计，结合企业产业结构、业务特点和经营情况，动态调整发展策略，做优做绿主业，拓展新兴低碳产业布局。**发电企业**将新能源作为低碳转型的重要抓手，积极推进大型风电光伏基地开发建设，稳步发展分布式清洁能源，拓展“新能源+”新模式、新业态，着力推进清洁能源产业链延伸，积极培育储能、氢能、新能源设备制造等产业发展新增长极。**电网企业**以数字化、智能化赋能电网发展，加大跨区清洁能源输送力度，加强配电网互联互通和智能调度运行，围绕电动汽车充电服务、新能源并网消纳、综合能源服务等领域，稳步推进新兴产业布局优化。**新兴主体**突出市场需求导向，推动业务形态向源网荷储一体化演变，积极布局售电+、新能源微电网、虚拟电厂等增值业务，持续完善企业主营业务体系。

3.1.2 DF2-- 企业低碳科技创新

发挥创新驱动效能，企业低碳科技创新迈上新台阶。电力企业围绕高效可再生能源发电、先进输配电、三代及四代核电、化石能源清洁高效利用、新一代数字信息技术融合等领域，大力推动企业低碳技术装备创新应用。全国主要电力企业¹合计研发投入总额从2019年的746.7亿元提高到2021年的1265.7亿元，呈现快速上升态势，2021年电力企业平均研发经费投入强度约2.27%，接近2019年经合组织（OECD）国家疫情前2.47%的平均水平。**发电企业**技术革新低碳化态势清晰显现，陆上和海上风电单机容量不断增大，先进高效晶硅电池发电效率持续提升，球床模块式高温气冷堆核电站并网发电，钠冷快堆、铅基快堆、钍核反应堆关键技术取得阶段性进展，多类低成本煤电灵活性改造技术推广应用，煤电15万吨/年碳捕集、储存与利用技术进入示范应用。**电网企业**大力推进新型电力系统技术攻关，成功研制1100千伏及±1100千伏直流输电穿墙套管、±800千伏高端换流变及阀侧出线装置，特高压多端常规直流和柔性直流控制保护技术实现工程应用，交直流混合配电网技术进入示范阶段。**新兴主体**积极推动低碳技术应用，售电公司探索数字化电力交易辅助决策技术，拓展“售电+”增值服务；负荷聚合商采用虚拟电厂技术引导负荷侧灵活性资源参与电力需求侧响应；综合能源服务企业创新应用热泵集成、分布式多能联供等技术，为客户提供用能增值服务。

3.2 低碳发展细分议题

3.2.1 DP1-- 非化石能源开发实践案例

——中国华能甘肃陇东多能互补综合能源基地开发

项目概况：该项目位于甘肃省庆阳市，建设开发新能源1000万千瓦，配套建设先进煤电机组200万千瓦，总投资规模超过1000亿元，于2021年7月开工，目前处于建设阶段。

1 主要电力企业包括：国家电网有限公司、中国南方电网有限责任公司、中国华能集团有限公司、中国大唐集团有限公司、中国华电集团有限公司、国家能源投资集团有限责任公司、国家电力投资集团有限公司、中国长江三峡集团有限公司、中国广核集团有限公司、中国电力建设集团有限公司、中国能源建设集团有限公司、广东省能源集团有限公司、浙江省能源集团有限公司、内蒙古电力（集团）有限责任公司、北京能源集团有限责任公司、河北省建设投资集团有限责任公司、华润电力控股有限公司、安徽能源集团有限公司。

项目依托基地开发建设，开展大型风光储一体化电站协同控制、百万吨级 CCUS、高效率光伏发电等关键技术攻关。基地全面建成后，年生产清洁电力将超过 200 亿千瓦时，二氧化碳减排量约 2000 万吨。

成果借鉴：预计将实现新能源集约高效开发和高比例清洁电力外送山东，为传统单一电源建设运营转向多能互补集成优化提供方案借鉴，助力周边地区减污降碳。



图 1 中国华能陇东能源基地开发示意图

图片来源：中国华能公开发布信息。

——国家电投山东诸城分布式光伏开发

项目概况：该项目开发屋顶分布式光伏总装机容量 65 万千瓦，包括诸城财政局低碳办公示范项目、诸城后王院村项目和奥扬科技低碳示范产业园项目等工程，于 2021 年陆续并网发电。其中，诸城市财政局低碳办公示范项目年发电量约 5.5 万千瓦时，自用率超过 60%；后王院村项目通过“整村开发、集中汇流、全额上网”模式，实现每年每户可收取租金 1600 元。奥扬科技低碳示范产业园项目年发电量 440 万千瓦时。

成果借鉴：点面结合培育分布式能源助力乡村振兴新模式，实现“绿色电力身边来”，助力农村用能清洁转型，为县域企业打造“绿色工厂”开辟新路径。



图 2 国家电投奥扬科技低碳示范产业园屋顶分布式光伏项目

图片来源：国家电投公开发布信息。

3.2.2 DP2-- 火电清洁高效灵活利用实践案例

——中国大唐山东东营超超临界二次再热机组项目

项目概况：该项目建设两台 1000 兆瓦超超临界、二次再热、六缸六排汽燃煤发电机组，于 2020 年底正式投产发电。汽轮机参数为 31 兆帕 /600°C /620°C /620°C，轴系总长度 59.627 米，设计额定工况供电煤耗 258.72 克 / 千瓦时，厂用电率 3.81%，全厂热效率 49.46%。“百万千瓦级超超临界超长轴系超低背压二次再热汽轮机”被列入国家首批能源领域首台（套）重大技术装备项目。

成果借鉴：填补了我国在百万千瓦级二次再热六缸六排汽汽轮发电机组研究与应用领域的空白，促进大容量、高参数清洁火电先进技术更新迭代。



图 3 中国大唐东营发电厂鸟瞰图

图片来源：中国大唐公开发布信息。

——中国华电五彩湾超临界机组灵活性提升

项目概况：该项目 2022 年对 350 兆瓦超临界燃煤发电机组的锅炉、汽轮机和控制系统实施一体化灵活性改造，实现机组 18% 额定负荷时不投助燃安全运行的深度调峰目标，较机组原稳燃负荷降低 32%，增加调节能力 11.2 万千瓦。

成果借鉴：工艺设备改造与控制策略优化相结合，为 35 万千瓦级超临界煤电机组参与系统深度调峰性能提升提供系统解决方案参考。



图 4 中国华电五彩湾发电厂鸟瞰图

图片来源：中国华电公开发布信息。

3.2.3 DP3-- 光热发电技术应用实践案例

——青海中控德令哈 50 兆瓦塔式光热电站

项目概况：该项目于 2018 年 12 月并网发电，作为国家首批光热发电示范项目之一，项目采用自主研发并完全拥有知识产权的塔式熔盐光热发电技术，配置 7 小时熔盐储能系统，镜场由 27135 台 20 平方米的定日镜组成，镜场采光面积 54.27 万平方米，装机容量 50 兆瓦，设计年发电量 1.46 亿千瓦时。项目每年可节约 4.6 万吨标准煤，减排二氧化碳气体约 12.1 万吨。

成果借鉴：采用自主研发并完全拥有知识产权的塔式熔盐光热发电技术，成为首座年发电量超过设计发电量的光热电站，促进光热发电产业科技创新。



图 5 青海中控德令哈 50 兆瓦塔式光热电站鸟瞰图

图片来源：可胜技术公开发布信息。

3.2.4 DG1-- 清洁电力资源优化配置实践案例

——国家电网雅中—江西、青海—河南、准东—皖南特高压直流工程支撑大规模清洁电力跨区输送

项目概况：雅中—江西特高压直流输电工程线路全长约 1696 千米，于 2021 年 8 月建成投运。青海—河南特高压直流输电工程线路全长约 1587 千米，于 2020 年 12 月建成投运。昌吉—古泉特高压直流输电工程线路全长约 3293 千米，额定电压 ±1100 千伏，输电容量 1200 万千瓦，于 2019 年 9 月建成投运。

成果借鉴：采用特高压直流输电技术有效应对我国能源资源与电力负荷逆向分布的挑战，为清洁电力资源大范围优化配置提供平台支撑。表 3 国家电网雅中—江西、青海—河南、准东—皖南特高压直流工程 2021 年清洁电力输送情况

单位：万千瓦、亿千瓦时

线路名称	电压等级	额定容量	投运时间	年输送电量	可再生能源电量	可再生能源占比
雅湖直流	±800 千伏	800	2021	150.5	146	97.0%
青豫直流	±800 千伏	800	2020	151.5	148.9	98.3%
吉泉直流	±1100 千伏	1200	2019	550.6	172.9	31.4%

图片来源：国家电网公开发布信息。

3.2.5 DG2-- 电网节能降碳实践案例

——南方电网广州猎桥变电站节能降碳示范项目

项目概况：该项目采用“变电站+科普中心+开放式公园”的建设模式，通过示范应用屋顶光伏发电技术、光导无电照明技术、智能化环境态势感知技术、海绵城市技术、施工一体化污水处理技术等节能降碳技术和智能管理技术，于2021年12月建成投运，实现每年减少碳排放约140吨，成为国内首个取得国标绿色工业建筑认证三星级和美国LEED绿色建筑认证金级的变电站。

成果借鉴：采用“变电站+科普中心+开放式公园”的建设模式，有效提升项目土地资源、水资源和能源利用效率，为变电站节能降碳提供建设样板。



图6 南方电网广州110千伏猎桥变电站景观图

图片来源：南方电网公开发布信息。

3.2.6 DG3-- 柔性直流输电技术应用实践案例

——南方电网±800千伏乌东德电站送电广东广西特高压多端直流示范工程

项目概况：该项目输送容量800万千瓦，采用常规直流加柔性直流的多端混合直流输电技术，工程起于云南昆北换流站落于广西柳北换流站（300万千瓦）和广东龙门换流站（500万千瓦），于2020年12月建成投运。项目攻克了特高压柔性直流、多端混合直流多项世界级技术难题，推动大容量柔性直流换流阀、柔性直流变压器、桥臂电抗器等主要设备实现100%国产化。

成果借鉴：建立并掌握了系统全面的特高压多端混合柔性直流技术自主知识产权体系，支撑西南清洁水电资源在多个受端地区同步配置。



图 7 南方电网昆柳龙特高压直流工程送电路径示意

图片来源：南方电网公开发布信息。

3.2.7 DE1-- 电力需求侧响应实践案例

——粤能投虚拟电厂管理平台参与市场化需求响应

项目概况：该项目开发建设了“粤能投”虚拟电厂管理平台项目，通过聚合公司自有以及市场上相关的需求侧响应资源，盘活各类资源常态化参与广东省交易中心市场化需求响应市场，以缓解广东省迎峰度夏期间电网负荷缺口。平台于 2022 年 7 月正式启动运营，截至 2022 年 10 月，平台接入储能、充换电站、空调等各类资源注册容量共计 7393 兆瓦，可调节容量 966 兆瓦。

成果借鉴：打造实用化负荷聚合和虚拟电厂商业性运转平台，打通用户侧可调控资源参与电力需求侧响应路径，助力实现用户侧可调控资源“可观、可测、可调、可控”。

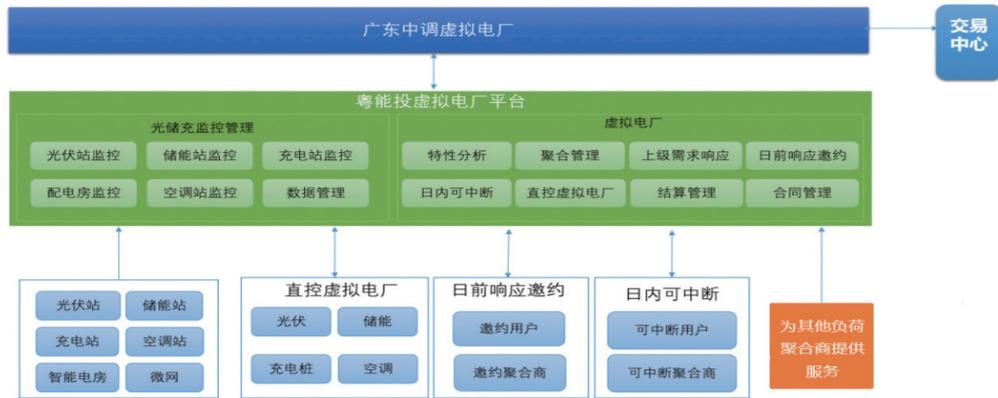


图8 “粤能投”虚拟电厂管理平台架构

图片来源：广东能源投资公开发布信息。

3.2.8 DE2-- 源网荷储一体化发展实践案例

——宝武清能源网荷储一体化绿色供电园区项目

项目概况：该项目规划建设发电装机容量 161.03 兆瓦，一期项目建设 11.03 兆瓦屋顶分布式光伏，扩建 110 千伏天鹅变电站，配套 150 兆瓦风电项目，于 2021 年 10 月正式开工建设，项目每年新能源发电量预计 3.5 亿千瓦时，助力提升企业绿色电力消费属性，提升工业产品出口竞争力，降低宝武铝业生产成本。

成果借鉴：预计将培育以新能源为主要供能形式的绿电工厂模式，建设智慧能源数字化集中管控平台，实现各要素间协调互济，促进新能源就近开发消纳，降低企业用能成本。



图9 宝武清能源网荷储一体化绿色供电园区项目开工仪式

图片来源：宝武清能公开发布信息。

3.2.9 DE3-- 车网互动技术应用实践案例

——粤港澳大湾区车网双向互动（V2G）示范项目

项目概况：该项目于 2022 年 1 月启动运营，截至 2023 年 3 月，通过粤港澳大湾区首个网地一体虚拟电厂运营管理平台调节的电动汽车充电站点超 120 座，调节能力超过 7.1 万千瓦，联合南网电动汽车参与车网互动 35 次，累计响应调节量达 31.2 万千瓦时。通过南网电动汽车公司“顺易充”APP 提供“V2G 充电”“有序充电”两款产品供车主自由选择参与车网互动。“有序充电”可节省充电费用 0.6 元 / 千瓦时；“V2G 充电”可获得 2 元 / 千瓦时补偿。

成果借鉴：利用网地一体虚拟电厂实行精准削峰，实现电动汽车与电网互动的快速调节，为虚拟电厂纳入电动汽车提供可行方案，推动“车 - 桩 - 网”三方共赢。



图 10 南方电网在深圳市龙华区民兴苑小区实施车网互动功能验证

图片来源：南方电网公开发布信息。

4 低碳服务议题概览

4.1 低碳服务框架议题

4.1.1 SF1-- 企业低碳产品供应

加大企业低碳产品供应力度，持续完善绿色高效电力服务体系。电力企业立足产业发展基础，打造多元化低碳能源电力服务体系，面向各类用户提供绿色低碳电力产品。**发电企业**加快推进低碳发电基础设施建设，清洁电力生产规模持续扩大，2022 年全国非化石能源发电量 31473 亿千瓦时，同比增长 8.7%，占总发电量的 36.2%，新能源发电量 11900 亿千瓦时，同比增长 21.1%，占总发电量的 13.7%。**电网企业**推出的“电力看经济”“电力看环保”等增值产品助力政府精准施策；探索构建电碳体系化服务，辅助监管部门开展碳排放强度考核、公共建筑分类能耗及碳限额管理、工业园区能耗及碳排放监测，提供综合用能策略；打造线上“低碳生活”“绿电历”“低碳用电账单”等增值服务，为居民用户提供碳排放分析、降碳活动、低碳账单等服务。**新兴主体**多元绿色低碳服务蓬勃发展，售电公司打造“基础+增值”服务产品体系，提升用户用电效能；负荷聚合商和虚拟电厂定位用户可中断负荷，探索以市场化方式参与系统调节；综合能源服务商着力为用户提供冷、热、电、气等多能集成供应，开展节能诊断，提供能效提升服务，创新商业模式，满足用户日益个性化、定制化的用能需求。

4.1.2 SF2-- 企业绿电资源配置

满足用户日益增长的绿色用电需求，积极扩大绿色电力市场化交易服务范畴。电力企业积极融入绿色电力交易工作大局，2022 年全国省内电力直接交易（含绿电、电网代购）电量合计为 40141 亿千瓦时，其中绿电交易电量 227.8 亿千瓦时，同比增长超 35 倍，绿电交易电量占全国市场交易电量比重约 0.43%。**发电企业**积极拓展绿色电力供应来源，在冬奥会场馆 100% 绿电供应、与终端用户签订可再生能源长期合作协议等方面开展了有益实践，取得了良好的实施效果。**电网企业**发挥资源配置平台作用，为用户购买绿色电力提供便捷可行物理途径和可靠供电服务。**新兴主体**特别是售电公司发挥连接发电企业与绿电需求用户之间纽带作用，积极开拓绿电消费市场，不断优化服务体系，着力培育和挖掘增量绿电需求用户，在跨省区购入绿电等方面开展了有益探索。

4.2 低碳服务细分议题

4.2.1 SP1-- 发电场站周边区域用能转型实践案例

——国家能源集团“火电+”服务模式创新

项目概况：国家能源集团将综合能源产业发展的突破口定位在“发电+”的基本路径上，打造“园区电厂”、“城市电厂”的“发电+”综合能源发展路径。2021 年以来组织实施 30 余项重点项目，围绕多联供、废弃物处置城市 / 园区供能、煤矿与电厂 / 化工厂与电厂用能优化等领域积极探索，促进能源梯级利用，降低化石能源消耗。

成果借鉴：采用“发电+”模式服务发电场站周边用能转型，为火电厂提升经营效益打造新的业务增长极，为发电企业拓展综合能源服务拓展新路径。



图 11 国家能源集团浙江宁海电厂打造“能源产品七联供”

图片来源：国家能源集团公开发布信息。

4.2.2 SP2-- 清洁能源产业链延伸实践案例

——国家电投“光伏+”服务模式创新

项目概况：国家电投积极探索光伏利用，推广应用水风光互补、渔光农光互补、光伏治沙等技术。2020年在石林北大村电站应用“光伏+农业”模式，在光伏电站方阵区养殖高原鹅开展光伏电站生物除草，为白鹅孵化提供较好遮阴环境，实现养殖附加值最大化，每年新增收益20余万元。2022年，在浙江安吉建设50兆瓦“渔光互补”电站项目，集水产养殖、科研示范、生态休闲、旅游观光于一体；在内蒙古达拉特打造“光伏发电+沙漠治理+生态修复+农林种植+旅游观光”等多级支撑的“沙漠经济先导区”建设，推动光伏产业与沙漠有机农业、沙漠特色旅游和推动乡村振兴有机结合。

成果借鉴：采用“光伏+”模式促进经济效益与生态效益有机结合，为光伏产业与农林种植、工业生产、特色旅游、乡村振兴融合发展提供有益经验。



图 12 国家电投库布齐“光伏+治沙”

图片来源：国家电投公开发布信息。

4.2.3 SG1-- 新能源大规模供给消纳实践案例

——国家电网“新能源云”服务新能源高质量发展

项目概况：该项目建设“新能源云”平台，以服务用户为导向，设计“环境承载、资源分布、规划计划、厂商用户、电网服务”等 15 个子平台，建立新能源开放服务体系。截至 2021 年底，该平台累计接入新能源场站 267 万座，服务上下游企业超过 1 万家。

成果借鉴：形成“地铁图”可视化管理模式，将新能源业务线下办理转为全流程线上服务，推动新能源管理数字化转型，提高新能源项目服务效率。



图 13 国家电网“新能源”服务全流程

图片来源：国家电网公开发布信息。

4.2.4 SG2-- 终端用能电气化实践案例

——南方电网广州“光储充检”智能公共充电站项目

项目概况：该项目由光伏子系统、锂电储能子系统、充电桩 / 堆子系统构成，其中，利用车位雨棚部分安装光伏发电系统，配置储能系统助力间歇式新能源高效综合利用，部署电池检测系统监测电动汽车电池系统数据并形成电池健康诊断报告。2022 年为超过 2 万辆次新能源汽车实现绿色充电，累计完成超 10 万辆次新能源汽车电池健康评估。

成果借鉴：创新“光储充检”一体化运营新模式，提升电动汽车绿色充电比例的同时，解决充电安全问题，提升充电站运营收益水平。

表 4 南方电网广州“光储充检”智能公共充电站主要设备及参数表

序号	设备名称	参数特点
1	光伏系统	利用充电桩雨棚面积 2200 平方米，部署光伏组件共计 987 块，光伏装机容量 444.15 千瓦，其中接入储能系统 226.8 千瓦，自发自用，余电上网 217.35 千瓦
2	储能系统	储能系统规格为 250 千瓦 /500 千瓦时
3	充电系统	建设 19 个充电堆，共 128 个充电终端
4	电池检测系统	应用 SOH 状态估计、平均差异化模型和一致性分析等算法模型，综合评估电动汽车的电池健康状态

图片来源：南方电网公开发布信息。

4.2.5 SE1-- 综合能源服务实践案例

——紫光零碳智慧园区综合智慧能源项目

项目概况：该项目由东方电子公司开发，于 2022 年 4 月建成投运，建设规模包括 1 兆瓦屋顶光伏、250 千瓦 /589 千瓦时电化学储能、智慧能源管理平台和碳资产管理平台，充分利用分布式光伏，结合电池储能多模式运行控制、充电桩有序充电、精细化能耗管理、碳资产管理、多能协同控制等多种数字化技术应用，助力园区节能降碳，可削减园区尖峰用电负荷超过 10%。

成果借鉴：通过多能协同调控，满足工业园区用户不同品位的能源需求，实现能源梯级利用；利用多元用户用能特性差异，提升电力负荷弹性，降低用能成本。



图 14 紫光零碳智慧园区智慧能源管理平台

图片来源：东方电子公开发布信息。

4.2.6 SE2-- 分布式发电市场化交易实践案例

——苏州工业园区分布式光伏市场化交易试点项目

项目概况：该项目位于苏州工业园区高端制造与国际贸易区，安装屋顶光伏 12 兆瓦，铺设面积约 20 万平方米，设计年发电量 1223 万千瓦时。项目于 2023 年 4 月投运，作为全国首个“一对多”分布式光伏发电市场化交易试点项目，所生产的清洁电力可直接出售给同在一个 110 千伏变电站供电区域内的用电企业，实现分布式能源就近消纳。

成果借鉴：在电力负荷中心地区实现分布式光伏电量与第三方电力用户开展市场化交易，为实现“隔墙售电”规模化应用探索可行路径。



图 15 苏州工业园区分布式光伏发电市场化交易试点项目

图片来源：中鑫新能源公开发布信息。

5 低碳管理议题概览

5.1 低碳管理框架议题

5.1.1 MF1-- 企业 ESG 体系建设

推动可持续发展与企业治理深度融合，谋划构建企业 ESG 体系的可行路径。电力企业积极贯彻落实新发展理念，通过上下联动的可持续管理工作体系，持续强化可持续管理理念融入企业生产运营，开展一系列可持续管理的创新与探索，推动可持续管理向 ESG 体系延伸，部分企业所属上市公司率先发布年度 ESG 报告。**发电企业**以电源结构调整、温室气体排放、能源消耗为可持续管理重点，加快提升可持续发展能力。**电网企业**以保障电网安全稳定运行、建设数字电网、构建现代供电服务体系为可持续管理重点，夯实可持续发展水平。**新兴主体**以面向终端用户的各类基础和增值服务为基础，突出产业链供应链低碳转型导向，创新开展 ESG 实践，促进主营业务扩围践行 ESG 投资理念。

5.1.2 MF2-- 企业低碳品牌传播

打造绿色低碳发展的企业品牌形象，更加注重低碳品牌价值传播。电力企业普遍将提升品牌价值作为塑造企业市场核心竞争力的关键一环，树立低碳环保、绿色发展的理

念，注重社会效益的实现，不断创新品牌传播方式，开展企业低碳电力品牌营销。**发电企业**在品牌塑造过程中更加强调为社会提供清洁低碳、安全可靠、周到贴心的能源服务，满足用户清洁用能和绿色用电需求。**电网企业**持续加大对企业低碳战略实施、产业转型升级、管理提质增效、体制改革创新等突出成效以及为履行社会责任所作积极贡献的宣传力度，开展可持续性管理实践案例输出推广。**新兴主体**推动在绿色转型中实现与用户共同成长，提供智慧用能解决方案，与产业链上下游伙伴深化低碳合作，形成可持续发展社会责任共同体。

5.2 低碳管理细分议题

5.2.1 MP1-- 碳资产管理实践案例

——中国华电碳资产管理

项目概况：中国华电 2021 年 6 月成立直属单位碳资产公司——中国华电集团碳资产运营有限公司，作为中国华电“低碳减排平台”载体，持续推进火电板块碳盘查全覆盖，统一管理集团公司重点排放单位碳排放权注册登记及交易账户，积极探索交易流程标准化，实现全国首笔 CCER 抵销配额清缴，完成碳配额质押融资 1.4 亿元，节约履约成本 1400 余万元。

成果借鉴：通过专业化、市场化管理运作，完成碳市场首个履约期碳配额清缴工作，节约履约成本超千万元，为发电企业碳资产管理运营提供经验借鉴。



图 16 中国华电碳资产运营成效

图片来源：中国华电公开发布信息。

5.2.2 MP2-- 新能源运维管理实践案例

——中国华能新能源智慧运维系统

项目概况：中国华能新能源智慧运维系统围绕资源分析与规划设计、基建管理、安全管理、生产管理、风电故障预测及诊断、光伏故障预测及诊断、储能故障预测及诊断、健康及效能分析 8 个方向进行功能开发。自 2021 年 8 月 31 日投运以来，该系统共接入风电、光伏场站 506 个，装机容量 4788 万千瓦，实现现场生产运行人员数量减少 67%，巡检时间减少 50%，生产人员人工成本本年节约 2.6 亿元。

成果借鉴：实现新能源发电场站的集中监管、设备的智能预警、备品备件的统筹管理，大幅压缩运维时间和人工成本，基于大数据分析的新能源生产运维管理具有借鉴意义。



图 17 中国华能新能源智慧运维系统平台主界面

图片来源：中国华能公开发布信息。

5.2.3 MG1-- 线损管理实践案例

——广西电网“线损数字画像”绿色降碳转型与应用

项目概况：南网广西电网公司建成计量自动化系统、数字供电所运营监控平台等系统，将原有的线损管理手工报表式、指标包办式、绩效不挂钩转变为“大数据+人工智能+可视化”管理。通过构建“11823+N 线损数字画像”评价指数和考核机制，将线损数字化管理流程固化到管理制度和方案。系统运行以来，合并口径线损率从 2020 年的 4.94% 降低至 2022 年 4.75%，减少损耗电量约 3.7 亿千瓦时，相当于减少碳排放约 13.4 万吨。

成果借鉴：实施“线损数字画像”改革，帮助高碳密度地区“降损摘帽”，为解决线损率关键指标管理强度层层衰减、数字化程度低、多系统应用割裂等问题提供可行方案。



图 18 南网广西电网公司“线损数字画像”框架

图片来源：南方电网公开发布信息。

5.2.4 MG2-- 电 - 碳协同管理实践案例

——江苏省电力系统全景碳排放流分析平台

项目概况：国网江苏省电力公司依托国家电网新能源云、江苏省能源大数据中心，开发了电力系统全景碳排放流分析平台，于 2022 年 4 月启动运行。平台打造实时碳追踪和综合碳分析两大主要功能模块，将电厂的直接碳排放以虚拟等效网络流的形式随电力系统潮流分布到电力网络中，实现对江苏电网源、网、荷全环节碳排放的实时、精准“画像”。

成果借鉴：基于碳排放流追踪理论的电力系统全景碳排放流分析方法，通过分析、计算不同时间、不同地区的排放因子，解决了电力系统碳排放的实时、精准分析问题。

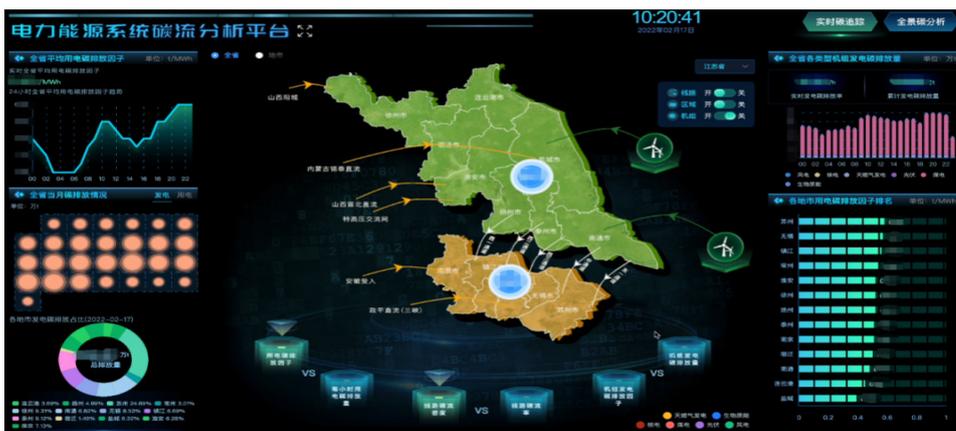


图 19 国家电网江苏电力系统全景碳排放流分析平台

图片来源：国家电网公开发布信息。

5.2.5 ME1-- 低碳商业模式创新实践案例

——湘潭经开区、江苏连云港徐圩新区、重庆两江新区工业开发区增量配电网项目多元商业模式创新

项目概况：湘潭经开区项目（2018 年）延伸业务链条，创新商谈区域内大客户售电代理，提出合理分成方案吸引客户；江苏连云港徐圩新区项目（2019 年）探索创新电力市场化交易，为试点内用户争取更多的改革红利，建设综合能源管控平台，助力提升企业能效水平；重庆两江新区工业开发区项目（2019 年）发展增量配电、市场售电和综合能源服务等 3 类主营业务板块，形成市场售电有效规模。

成果借鉴：从常规配售电经营的单一模式，向能源项目投资与资本运作、综合能源利用与服务、售电准入与市场交易等三个方面拓展，为推进园区型增量配电网实施源网荷储一体化和多能互补发展提供模式参考。

5.2.6 ME2-- 智慧用能管控平台实践案例

——三峡电能岳阳城市绿色综合能源管家平台

项目概况：三峡电能及其子公司长峡数字能源科技公司开发建设岳阳城市绿色综合能源管家平台，于2020年上线运行，从城市、园区、楼宇三个梯度提供多层级可视化管理手段，向岳阳市提供能源咨询、能源规划、能源基础设施建设及“能管云”等服务，建设“三个一”能效管理项目。政府部门通过平台实现对监控区内企业能耗、能效、用能结构、碳排放等能源经济指标的实时监控，提升能源管理水平。

成果借鉴：应用物联网、数字孪生、人工智能等先进技术打破多类能源子系统信息孤岛，助力城市能源结构优化和产业升级，依托政府平台向工业企业和产业园区推广智慧用能服务方案，为提升能源管控平台运营效益提供新模式。



图 20 三峡电能岳阳城市绿色综合能源管理平台（城市侧）

图片来源：三峡电能公开发布信息。

6 形势与挑战

6.1 2023~2024 年电力行业低碳转型趋势

绿色电力消费需求刚性增长。经济形势回升向好，有望带动电力消费实现较大幅度增长，预计 2024 年全社会用电量达到 9.65 万亿千瓦时，2023~2024 两年平均增长 5.7%，绿色电力消费需求提升，绿电交易规模实现倍数级增长。

低碳电力供应规模不断扩大。引导企业扩大低碳电力产业投资的政策趋向更加明晰，预计 2024 年底全国非化石能源发电装机容量约 16.4 亿千瓦，非化石能源发电装机容量 2023~2024 两年平均增长 12.3%。新能源发电保持高速增长态势，预计 2023~2024 年风电和太阳能发电合计装机容量年均增长近 1.6 亿千瓦，持续占据电力新增装机的主体。

跨省跨区清洁电力资源配置能力稳步提升。西部北部大型清洁能源基地开发持续实施，配套特高压输电通道建设加快推进，预计 2024 年底“西电东送”输电能力达到 3.3 亿千瓦左右，特高压输送可再生能源电量占比提高到约 62.4%。

电力系统灵活性提升技术加速布局。电源侧煤电灵活性改造深入推进，抽水蓄能加快发展；电网侧柔性直流输电、优化调度技术稳步应用；负荷侧虚拟电厂等新兴技术快速发展；多元新型储能技术在源网荷全环节部署应用。

绿色电力供给消纳政策机制日臻完善。新能源保障性收购与市场化消纳的衔接进一步加强，新能源参与电力市场交易机制向精细化、短周期、高频率方向加快健全，体现新能源环境价值的绿电、绿证及电碳协同政策环境逐步完善。

6.2 电力企业低碳转型面临的挑战

发电企业深化低碳转型任重道远。传统火电业务在高煤价、低利用小时数的多重压力下，经营压力持续加大；新能源业务受保障性收购量价齐降、全面参与电力市场影响，叠加新能源环境价值尚未充分体现，增量项目收益不确定性持续增加。**直面终端用户的能源服务市场化环境有待完善。**综合能源产业作为高度市场化的新业务，仍存在资源分散、同业竞争、管控模式不规范等问题，需创新市场化运作机制，加快形成符合企业发展实际的终端能源服务业务模式。**碳资产管理机制仍需进一步完善。**企业碳资产数据管理体系尚不健全，对碳资产的优化配置和价值挖掘能力仍显不足，通过盘活碳资产创造更多收益的业务组织形式有待捋顺，企业规划部署自主碳减排项目缺乏有效的政策引导。

电网企业统筹电力供应保障和电能替代的压力持续增加。电气化进程下的电能替代潜力持续释放，需要电网企业结合各地区中长期电力供需形势，科学匹配新增用电需求与电力供应能力，合理引导各类电能替代项目建设运营时序。**确保大电网安全面临新挑战。**新型电力系统建设尚在启动阶段，未来新能源大规模并网导致常规火电机组开机空间减少，系统转动惯量降低，调频、调压能力下降，叠加储能氢能等新兴技术创新存在不确定性，致使电网稳定风险加剧。**推动多元数据融通互联任重道远。**电网平台型、公益性数据同政府部门、外部企业等数据联通水平有待提升，政企联合、数字联通等业务模式有待推广。

新兴主体推进业务低碳转型的政策环境有待完善。虚拟电厂、独立储能、负荷聚合商、分布式电源等新兴主体市场化发展与当前电力市场机制不匹配，特别是负荷侧资源市场激励机制欠缺，部分地区在实践过程中面临项目合理经济激励水平确定困难、需求响应交易与其他市场割裂、补偿费用分摊疏导困难、主体间权责界面不清晰等问题；售电公司尚不具备结算权，平衡业务风险与收益面临现金流掣肘，导致其拓展低碳增值业务意愿降低。**参与绿电交易和分布式交易的配套机制仍不健全。**终端用户绿色用电意识不足，新兴主体参与绿电交易的活跃度偏低；分布式电源参与市场交易的机制亟待完善，分布式交易试点工作效果不及预期，需要加快推进配套技术标准和管理机制革新。

7 展望与倡议

7.1 2023~2024 年电力企业低碳转型展望

发电企业低碳产业布局持续加速。发电企业在持续加大低碳发电产业、特别是新能源产业投资力度方面将呈现趋同性。同时，在大力发展成熟绿色电力产业基础上，积极谋划布局煤电+CCUS、绿色氢能、可再生能源非电利用等新兴低碳能源产业，助力企业低碳产业多元发展、均衡布局。

电网企业低碳电力资源配置平台作用进一步发挥。电网企业持续加强区域电网主网架建设，积极推进跨省跨区清洁能源输电通道建设，进一步加大配电网投资力度，推进城市电网升级，服务城市群和中心城市建设，深入实施农村电网巩固提升，支撑源网荷储一体化和多能互补发展。

新兴主体服务群体和业务范围显著扩围。售电公司、增量配售电企业、虚拟电厂运营商等新兴主体完善企业运营管理机制，优化营销策略，在助力用户实现柔性负荷、综合能源服务等方面创新商业模式，提供针对性增值服务，更好满足用户日益增长的多元化、定制化低碳用能需求。

数字化智能化技术为电力企业低碳转型提供有力支撑。电力企业持续增加在大数据、

云平台 and 物联网等领域的投资力度，推动数字技术与低碳产业深度融合，支撑提升新能源智慧运维、新能源并网消纳、综合能源服务、绿色绿证交易等企业低碳发展和服务水平。

低碳品牌助力电力企业打造转型发展新名片。结合企业战略考量和发展实际，通过可持续性管理案例输出推广，ESG 报告发布等举措，有力支撑企业提升品牌价值、树立良好的低碳发展社会形象，协同提升企业发展的经济效益、社会效益、环境效益，支持实现企业可持续发展。

7.2 电力企业低碳转型行动倡议

促进绿色低碳理念与企业发展战略深度融合。推动绿色低碳理念与企业战略目标、战略定位、战略取向、战略路径深度融合，有力支撑在全国一盘棋中发挥好电力低碳转型带动经济社会全面绿色转型的关键作用。

联合开展电力低碳转型关键核心技术攻关。打造企业间创新主体高效协作、创新资源有序流动、创新活力竞相迸发的新生态，协同开展新型储能、绿色氢能、CCUS、电力数字化智能化等低碳转型关键共性技术攻关和标准制修订。

加强企业低碳转型实践案例和管理经验共享。建立各类电力企业低碳转型常态化交流合作机制，剖析企业低碳转型实践典型案例，总结提炼项目技术路径、商业模式、运营机制等具有可复制可借鉴价值的工作经验和有益做法。

携手讲好电力企业低碳转型发展的中国故事。整合行业内外媒体资源，统筹多元传播方式，全视角、多维度展示电力企业低碳转型优秀实践，增进电力企业与用能行业间相互了解，共同营造全社会绿色高效用电的良好氛围。

参考文献

- [1] 中国电力企业联合会. 中国电力行业年度发展报告 2022 [M]. 北京: 中国建材工业出版社.
- [2] 中国华能集团有限公司 2021 年度可持续发展报告 [R].
- [3] 中国大唐集团有限公司 2021 年度社会责任报告 [R].
- [4] 中国华电集团有限公司 2021 年度报告 [R].
- [5] 国家能源投资集团有限责任公司 2021 年度社会责任报告 [R].
- [6] 国家电力投资集团有限公司 2021 年度企业社会责任报告 [R].
- [7] 国家电网有限公司 2021 年度社会责任报告 [R].
- [8] 中国南方电网有限责任公司 2021 年度企业社会责任报告 [R].
- [9] 能源需求侧管理. 粤能投虚拟电厂管理平台市场化需求响应正式启动. [OL].2022.
- [10] 国际金融报. 宝武清能源网荷储一体化绿电园区项目在三门峡正式开工 [OL].2021.
- [11] 凤观三门峡. 三门峡市集中签约开工投产一批重大项目 [OL].2021.
- [12] 深圳特区报. 粤港澳大湾区首次利用虚拟电厂精准削峰 [OL].2022.
- [13] 深圳商报. 让“无形的手”来“调节”充电负荷! 全国首份车网互动规模化应用与发展白皮书在深发布 [OL].2023.
- [14] 中工网. 南方电网为新能源汽车产业高质量发展提供有力支撑 [OL].2022.
- [15] 东方电子. 发展智慧综合能源服务 助力双碳国家战略实现——东方电子综合能源服务典型实践案例 [OL].2022.
- [16] 人民融媒体. 徐圩新区全国首批增量配电网改革试点项目并网送电 [OL].2022.
- [17] 综合能源服务网. 三峡电能发力城市绿色综合能源管家业务模式 [OL].2021.



自然资源保护协会 (NRDC)
中国北京市朝阳区东三环北路 38 号泰康金融大厦 1706
邮编: 100026
电话: 010-59270688
www.nrdc.cn