



零碳园区综合解决方案

从园区入手打造“碳中和”示范





关于落基山研究所 (RMI)

落基山研究所 (Rocky Mountain Institute, RMI) 是一家于1982年创立的专业、独立、以市场为导向的智库，与政府部门、企业、科研机构及创业者协作，推动全球能源变革，以创造清洁、安全、繁荣的低碳未来。落基山研究所着重借助经济可行的市场化手段，加速能效提升，推动可再生能源取代化石燃料的能源结构转变。落基山研究所在北京、美国科罗拉多州巴索尔特和博尔德、纽约市及华盛顿特区设有办事处。

作者与鸣谢

作者

李婷, 郝一涵, 王萌, 周吴雪涵

其他作者

刘琦宇, 王广煦

*如无特别注明, 作者均来自落基山研究所。

合作作者

邱建杭, 张晶, 禹盛林, 梁轲, 李旭, 李家兰

*以上作者均来自港华能源投资有限公司。

联系方式

郝一涵, yhao@rmi.org

王萌, mwang@rmi.org

建议引用格式

李婷, 郝一涵, 王萌, 周吴雪涵, 零碳园区综合解决方案: 从园区入手打造“碳中和”示范, 落基山研究所, 2022。

主要合作单位

港华能源投资有限公司

港华能源投资有限公司(简称“港华能源”)是港华智慧能源(01083.HK)的可再生能源业务板块, 定位区域智慧能源投资运营商, 以生态保护和环境改善为己任, 依托集团逾40万工商业燃气用户, 积极践行集团综合能源解决方案、数字化与去碳化三大核心战略, 基于“港华智慧能源生态平台”实现“源网荷储”一体化和能源管理的数智化升级, 全面打造零碳智慧园区, 开展区域性的综合能源管理和服务, 包括分布式光伏、储能、充换电、多能联供等能源基础设施的投资、建设和运营, 以及碳管理、能效管理等能源增值服务。



致谢

感谢下列单位对本报告的支持。

国家发改委能源研究所

国网综合能源服务公司

宁波梅山物流产业聚集区(国际海洋生态科技城、梅山保税港区)管委会

北京未来科学城管委会

江苏苏州工业园区管委会

特别鸣谢洛克菲勒兄弟基金会和能源基金会(中国)对本报告的支持。

目录

作者与鸣谢 3

前言 5

1. 碳中和背景下, 各类园区面向零碳发展是必然趋势. 6

2. 系统化的综合解决方案是打造零碳园区的重要手段. 7

3. 以规划作为抓手, 构建以零碳为目标的综合能源体系 8

4. 充分发挥政策机制的作用, 保障零碳规划落地 10

5. 创新综合能源服务模式, 搭建利益共享的开放性生态平台 13

6. 识别零碳创新技术的应用场景, 解决落地问题 15

7. 零碳园区为经济增长、技术创新、基建投资赋能 16

参考文献 17

前言

净零碳，或者说碳中和，已经成为全世界认同的未来发展趋势，而中国正在引领碳中和实践。2020年9月，我国明确提出“二氧化碳排放力争于2030年前达到峰值，努力争取2060年前实现碳中和”的“双碳”目标，成为指导和约束中国经济发展的重大目标之一。为落实和支撑这一国家战略目标，各行各业都在积极行动。在区域层面，自下而上积极探索和践行“双碳”目标的脚步也在加快，其中，园区的“双碳”实践可圈可点。在近十年来低碳社区、低碳工业园、近零碳排放区的有益尝试和积极进展基础之上，“零碳园区”和“碳中和示范区”正成为下一阶段的新蓝图，目标是从园区入手，为实现“双碳”目标探索行之有效的商业模式、实践路径和创新手段。

由于园区在我国经济发展中的重要地位和价值，基于园区的探索与创新将成为落实国家“双碳”目标的重要抓手之一。园区作为我国经济发展的核心引擎之一，具有人口产业聚集、能源资源消耗集中、创新要素聚集等特点。我国园区种类和功能多样，工业园、港口物流园、科技创新园、产城综合体、商务办公园、旅游度假区等是近年来常见的园区类型，其中仅工业园就贡献了全国碳排放总量的31%。在迈向“双碳”的转型过程中，园区肩负着引领创新、打造最佳实践的使命。国务院在2021年10月发布的《2030年前碳达峰行动方案》中提出，“选择100个具有典型代表性的城市和园区开展碳达峰试点建设，在政策、资金、技术等方面对试点城市和园区给予支持”，体现了对“双碳”目标相关的园区试点工作的高度重视。

落基山研究所聚焦国内园区低碳发展，深度参与多个园区的规划建设，先后发布了《近零碳排放示范区：政策路线图与案例分析研究报告》、《全口径零排放示范：面向全球的绿色城镇化创新》及《城市落实“2060碳中和”国家战略的创新路径：以零碳为目标的综合能源规划》等报告。基于我们的研究以及与合作伙伴的实践经验，本报告初步提出了打造“零碳园区”的综合解决方案，针对园区在能源领域零碳转型，从能源规划、政策机制、商业模式和技术应用四个维度搭建“零碳园区”综合解决方案，助力园区实现经济发展与碳排放脱钩，以技术可行、经济合理、互利共赢的模式实现园区零碳转型。本报告为“双碳”背景下的园区和区域绿色发展路径提供了可实操的方法论和创新思路。

“零碳园区”的建设与发展将为落实国家“双碳”战略目标作出重要贡献，并催生对人才、技术、投资的巨大需求。据初步估算，“零碳园区”将为国家“双碳”目标贡献至少15%的减排量，并带来约30万亿的投资需求。“零碳园区”的建设潜力巨大，同时任务艰巨。我们愿与各方合作伙伴一道，共同推动“零碳园区”综合解决方案的完善，从打造“零碳园区”入手，合力探索、努力实践，为自下而上落实国家“双碳”目标做出积极贡献。



1. 碳中和背景下, 各类园区面向零碳发展是必然趋势

中国的园区建设起源于上世纪80年代, 是国家实施改革开放战略的关键手段。经过40年的探索和实践, 园区在中国转型升级的背景下与时俱进, 不断实现着突破和创新, 有效推动了中国经济贸易的增长, 并加速了工业化和城市化的进程。截至2019年10月, 中国共有各类国家级开发区628家, 省级开发区2053家, 各类产业园区15000多个, 对中国的经济贡献达到30%以上。¹“双碳”目标的提出为园区带来了更多的机遇与挑战, 成为园区在这个时代新的重要使命之一。

作为人口和产业的主要聚集地, 园区在提供经济生产力的同时往往伴随着大量的能源和资源消耗, 成为中国二氧化碳排放的一大主体, 工业类型园区占全国碳排放总量的贡献率达31%。²未来, 中国园区的整体布局仍将在规模和数量上继续扩大, 这意味着更多的人口和产业将向园区聚集, 在这一过程中必须避免高能耗和高碳排放, 力争以低排放、零排放为指引。在园区层面探索以零碳为目标的发展路径将是落实国家“双碳”目标的重要方面, 各类园区面向零碳才能发挥对社会经济发展的正向价值。

另一方面, 园区的物理尺度使其成为创新商业模式和机制试验和示范的最佳载体。园区的规模一般在10~300平方公里, 具有产业聚集和用能形式多样的特点, 为各类节能减排技术和措施提供了应用空间, 从而起到良好的示范作用。同时, 园区的管理职责明确, 园区管委会作为管理部门可以有效运用其行政手段, 将园区的减排任务分配到具体部门、落实到具体项目上, 通过指导和监管来保障示范项目有序而高效地落实。

在打造零碳园区时, 需要考虑的因素包括能源结构、能源利用效率、单位能耗强度、碳排放总量和碳排放强度等, 影响这些因素的主体主要来自园区内建筑、工业和交通领域的用能需求。由于园区种类和功能多样, 不同类型的园区用能特点各有不同, 其零碳发展路径也会有所区别。

表1总结了我国最常见的6种典型园区, 通过分析园区特点和用能排放特征, 提出了相应的零碳发展战略定位建议。

表 1 典型园区特点及零碳战略定位

园区类型	特点	用能/排放	零碳园区战略定位
工业园	包含多个产业, 主要业务为生产制造, 园区建筑类型多为厂房和车间。	建筑 ■■■□□□ 工业 ■■■■■■ 交通 ■■□□□□	以现代制造业与高端制造研发为主, 严格践行能耗双控指标, 大幅提高清洁能源、可再生能源供应比例, 满足循环经济理念的产业聚集区和生态工业示范园区
港口物流园	一般位于交通枢纽(空港/海港/陆港), 综合了物流、仓储、运输、保税、加工等多项服务, 建筑类型以仓库为主。	建筑 ■■■■■■ 工业 ■□□□□□ 交通 ■■■■■■	以低碳运输为目标、以绿色能源为保障, 以5G、AI等高科技为管理手段, 打造共享、高效、创新的综合贸易服务枢纽和绿色物理实践基地
科技创新园	为特定产业的企业、高校和研究机构搭建平台, 发挥技术研发的汇聚优势。	建筑 ■■■■■■ 工业 ■■□□□□ 交通 ■□□□□□	推动创新顶尖科技发展、示范应用零碳技术的自主创新平台和科技创新示范区
产城综合体	将产业发展和城市功能规划相结合, 配套基础设施和公共服务设施。	建筑 ■■■■■■ 工业 ■■■■■■ 交通 ■■■□□□	经济增长由新兴低碳产业驱动、能源消耗由零碳能源供给、建筑交通需求由智慧零碳技术满足的高质量发展和生态宜居区
商务办公园	由高层办公楼群组成, 用能需求统一, 容积率大, 人口密度高。	建筑 ■■■■■■ 工业 □□□□□□ 交通 ■■□□□□	以零碳交通建筑一体化设计为特色、有利于支持健康、提高生产力的现代化绿色办公园区
旅游度假区	人口流动量大, 碳汇储备充足, 对生态景观和园区内交通有较大需求。	建筑 ■■■■■■ 工业 □□□□□□ 交通 ■■■□□□	以建设零碳文化旅游设施、创新绿色零碳旅游模式、提供零碳旅游产品体验为基础, 融合可持续设计、环保教育展示功能为一体的休闲示范和生态旅游区

2. 系统化的综合解决方案是打造零碳园区的重要手段

零碳对于园区来说并不是一个简单的附加标签，而是会给园区带来全方位的颠覆性改变，使园区在取得经济效益和产业发展的同时，将减排降碳也作为重点发展理念之一并付诸具体措施和行动，从而实现经济增长与碳排放脱钩，并最终实现碳中和。

能源系统是贯穿于园区生产生活各项经济社会活动的核心要素，因此零碳目标的实现需要整个能源系统的配合。从供给侧到消费端，不论是能源结构优化还是用能模式升级，各个环节和主体都需要根据碳中和理念进行调整和创新。

零碳园区综合解决方案是针对园区在能源领域零碳转型的关键点提出的解决方案。该方案作为一个全面一体化

的综合操作指南，从能源规划、政策机制、商业模式和技术应用四个角度分别深入探讨了能够帮助园区实现零碳发展的有效措施，为零碳园区的建设提供支持。其中能源规划是园区落实零碳战略的基础，起到统筹指导具体实践措施的作用；政策机制以工具化的形式为节能减排手段的落实提供保障，从多角度推动园区零碳进程；商业模式能够解决零碳园区建设过程中面临的资金问题，实现利益最大化，并吸引更多合作方加入；技术应用是在需求、技术和落地之间搭建桥梁，为园区零碳发展提供内核驱动力。

这四个手段之间相互配合，从不同维度解决园区零碳发展中可能遇到的障碍，系统化地帮助园区在能源系统中实现零碳目标。

图 1 零碳园区综合解决方案框架及亮点



3. 以规划作为抓手，构建以零碳为目标的综合能源体系

制定规划是园区开发建设的第一步，为后续的各项工奠定了基调，对园区未来的发展至关重要。因此在零碳综合解决方案中，能源规划是园区实现零碳发展的先行条件，只有首先在规划中纳入“碳中和”理念并进行创新和突破，才能从根本上解决园区传统上高能耗、高排放的难题。

在传统的能源规划中，不同种类的能源（电力/燃气/热力）由对应的能源部门分别规划建设，一般不考虑不同种类能源的相互协同。如图2所示，传统能源规划的目的是解决能源供需矛盾，因此工作重点通常为建设能源设施和拓展能源供应渠道。而对于追求减排目标的园区来说，保障能源供应只是用能的基本需求，在此基础上还需要提高能源利用效率、增加清洁能源占比、整合能源系统、降低能源系统投资和运营成本等等，从而使能耗和碳排放的总量及强度尽可能降到最低。因此，园区需要创新的能源规划体系来替代已不能满足减排需求的传统能源规划。

综合能源规划是基于园区终端需求和减排目标优化提出的能源系统规划，集技术创新、量化指标为一体，强调“源网荷储”的相互协同，注重多种能源的互联互通，旨在构筑与区域协调的高效、清洁、安全的能源体系。相比于传统能源规划，综合能源规划的思路从能源供给侧向能源需求侧转变，重点关注建筑、交通、工业三大能源消费领域，注重不同能源消费领域之间的协调。综合能源规划囊括的能源形式包括电力、燃气、热力/制冷、分布式清洁能源、氢能等，并考虑不同种类能源的相互补充与替代，从而实现能源清洁、高效、可靠的阶梯利用，提高能源利用效率。

在此基础上，以零碳为目标的综合能源规划是对上述综合能源规划的进一步完善和升级，将国家“碳达峰”“碳中和”顶层战略纳入到了园区层面的能源系统建设中，用综合能源规划的方法论来助力园区的零碳发展，实现从低碳、近零碳到零碳的转变。³

图2 传统能源规划与综合能源规划对比



作为一种新型的规划手段，以零碳为目标的综合能源规划能够与园区总体规划相结合。通过对园区生产生活各部门进行全面分析，以零碳为目标的综合能源规划可以与园区其他专项规划充分互动，成为园区总体规划体系的有机组成部分，并作为核心规划全面指导园区建设所涉及的产业、基础设施、建筑、交通、能源等方面的工作。

以零碳为目标的综合能源规划的重点工作内容包括以下四个方面：

建立零碳目标体系

以零碳为目标的综合能源规划的首要任务是为园区量身设定一套科学的、合理的、全面的零碳目标体系，而不仅仅局限于一个或两个单独的总体目标数值。具体来说，应根据园区的用能特点和减排潜力，将园区整体的零碳目标分解为有时间节点和具体数值的分项目标；针对分项目标，再建立适用于各领域和主体的指标体系，以制定目标完成路径和评估减排成果。

全面量化情景分析

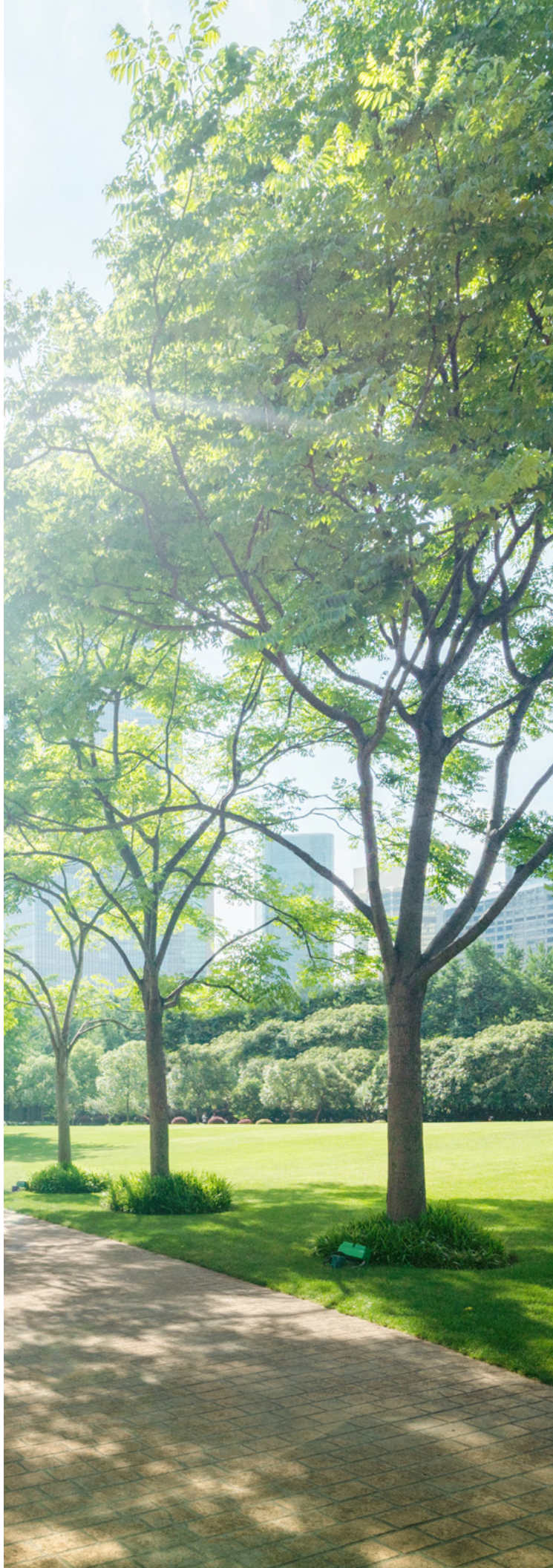
基于量化分析结合技术经济分析的情景分析法是制定零碳目标体系的重要工具。该工具通过假设、预测、模拟等手法生成未来情景，并分析情景对目标产生影响的方法，为制定高质量能源发展规划及政策提供了支持。首先要建立一个完整的园区能源模型，考察宏观经济条件、能源资源条件、能源供给和能源需求，在此基础上通过调整参数优化潜力，按照碳排放维度搭建基准情景和零碳情景两种情景，并开展相应的情景分析。

跨领域一体化优化

从各用能领域的能源转化形式、能源消费特点出发，以零碳为目标的综合能源规划通过分解各领域的功能和需求，将零碳目标进一步细化到具体能源解决方案中。一般来讲，园区有三大用能领域：建筑、工业和交通，能源规划可以通过一体化的协同设计提高能源体系的总体效率，在各领域间构建灵活互动的用能体系，从而实现各领域用能模式共同优化。

制定规划落实措施

以零碳为目标的综合能源规划应该明确发展原则与应用远景，制定园区能源管理机制与引导策略，进而在园区建设过程中逐级落实。对于处在不同规划阶段（待建项目/在建项目/改造项目）和不同规模的园区，零碳综合能源规划应因地制宜，分别以不同方式对减排任务进行拆解和落实。未来争取将零碳园区规划纳入城乡建设规划体系。



4. 充分发挥政策机制的作用，保障零碳规划落地

打造零碳园区，不仅涉及到目标设定和任务分解，也关乎公共政策和机制设计。为实现规划阶段通过量化分析制定的碳排放目标，需要根据各个部门行业的具体指标设计激励和约束机制。比如，针对商务办公园区采用什么政策机制能够提高建筑能效水平，针对港口物流园区如何建立绿色港口物流政策，针对工业园区如何通过绿色电力直购机制实现高比例可再生能源。

针对零碳园区的政策机制制定主要来源于两个层面，一方面是落实国家、省级层面的政策，另一方面是探索适合园区自身的机制。前者如可再生能源消纳责任制、碳排放权交易机制，重点在于对政策的宣贯执行；后者如工业入驻园区的能耗门槛机制，需要结合园区的碳排放目标进行设计。表2列举了国家层面在不同“碳中和”相关领域的部分最新政策。

表 2 国家层面“碳中和”相关公共政策汇总（截至2022年1月）

领域	政策名称	发文字号	发布时间
节能监察	高耗能行业重点领域能效标杆水平和基准水平（2021年版）	发改产业〔2021〕1609号	2021.11
	关于严格能效约束推动重点领域节能降碳的若干意见	发改产业〔2021〕1464号	2021.10
	关于进一步加强节能监察工作的通知	发改办环资〔2021〕422号	2021.06
清洁电力	关于开展全国煤电机组改造升级的通知	发改运行〔2021〕1519号	2021.11
	关于加快推动新型储能发展的指导意见	发改能源规〔2021〕1051号	2021.07
	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	发改能源规〔2021〕280号	2021.03
投资金融	关于进一步推进投资项目审批制度改革的若干意见	发改投资〔2021〕1813号	2021.12
	关于开展气候投融资试点工作的通知	环办气候〔2021〕27号	2021.12
	关于鼓励和支持社会资本参与生态保护修复的意见	国办发〔2021〕40号	2021.11
绿色技术	关于印发《高等学校碳中和科技创新行动计划》的通知	教科信函〔2021〕30号	2021.07
	关于印发《国家高新区绿色发展专项行动实施方案》的通知	国科发火〔2021〕28号	2021.02
	关于印发《绿色技术推广目录（2020年）》的通知	发改办环资〔2020〕990号	2021.01
碳市场	关于加快建设全国统一电力市场体系的指导意见	发改体〔2022〕118号	2022.01
	关于做好全国碳排放权交易市场数据质量监督管理相关工作的通知	环办气候函〔2021〕491号	2021.10
	关于发布《碳排放权登记管理规则（试行）》《碳排放权交易管理规则（试行）》和《碳排放权结算管理规则（试行）》的公告	公告 2021年 第21号	2021.05

由于园区的经济及能耗的特点各有不同，需要根据园区特定的碳减排需求而制定对应的减排机制，以下两个案例分别介绍如何在园区层面进行机制创新，案例一介绍建筑全生命周期碳减排机制，案例二介绍绿色电力直购机制。

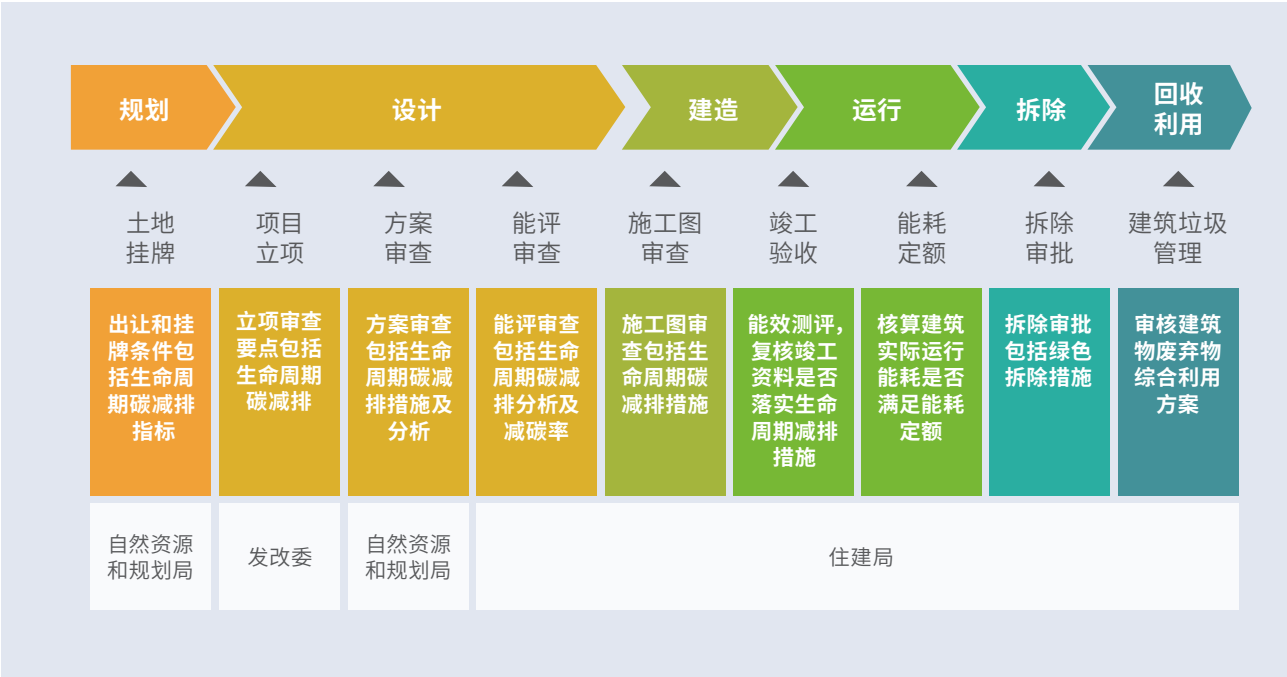
案例一: 宁波梅山建筑全生命周期碳减排机制

梅山制定了包含建筑生命周期碳减排率的绿色低碳建筑专项规划，将新建建筑的全生命周期碳排放相对于参考建筑的减排率作为约束指标，将远期发展目标落地到近期的实施，将碳减排率与绿色建筑专项规划相结合，从规划、设计、建造扩展到运行管理、拆除的全生命周期，

把绿色低碳发展理念延伸至建筑全领域、全过程及全产业链。

如图3所示，梅山建筑全生命周期碳减排指标的落实将会贯穿10多个建设流程，涉及地方政府自然资源和规划局、发改委、住建局等多个部门，并结合已有的节能审查流程，减少了管理流程的复杂性。通过跨部门协作，梅山建立起绿色建筑设计、施工、监理、验收、运营、拆除、回收等各个环节全生命周期的管理模式，提高了建筑绿色低碳化管理标准和水平，使得建筑生命周期碳减排指标落地。建筑绿色低碳开发将助力梅山打造国际绿色宜居现代化滨海新城，吸引高端人才落户和高新科技公司入驻。

图 3 建筑全生命周期减排机制关键节点

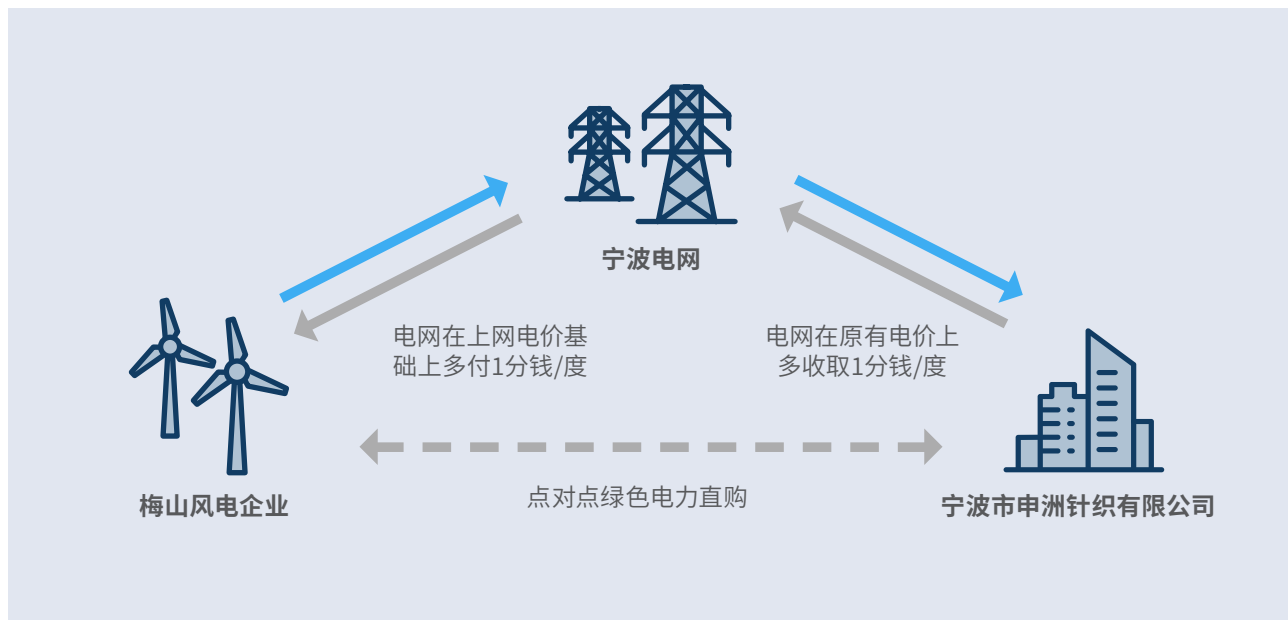


案例二: 宁波梅山可再生电力中长期交易机制

在宁波市电网公司等多方协调下, 宁波市申洲针织有限公司于2020年12月份通过绿色购电协议的方式向宁波梅山近零碳排放区内的当地风电企业购买了2000万千瓦时的绿色电力, 协议时长为一个月。最终风电企业交付1400万千瓦时, 在交易完成后, 申洲获得了相应的绿色电力凭证。出于简化交易流程、降低交易难度的考虑, 在这次交易中企业购电价格由当地电网公司确定, 最终电价在上网电价和输配电价的基础上每度电增加1分钱。

本次绿电直购交易采用了点对点的交易模式(如图4所示), 与实现市场化的、长期的绿色电力采购模式还有差距, 但企业对绿色电力的采购需求以及绿色购电协议这一模式的技术可行性已得到充分的验证。在本次试点成功的基础上, 浙江省于2021年6月16日启动了全省范围内的绿色电力市场化交易试点, 允许企业以月度、多月、年度为周期开展绿电直购。2021年9月7, 全国范围的绿色电力交易试点正式开市, 以市场化方式引导绿色电力消费。可再生电力中长期交易拓宽了企业绿电采购的渠道, 将进一步在零碳园区的规划实现过程中起到关键作用。

图4 宁波梅山可再生电力中长期交易机制原理



5. 创新综合能源服务模式，搭建利益共享的开放性生态平台

完善的规划体系和机制措施为零碳园区的建设提供了良好的基础和保障,然而这些并不足以使微观层面的企业和个体产生足够的减排动力。由于涉及的利益相关方众多,各主体间存在分工、合作和利益分配等问题,在很大程度上会影响项目推进效率。在资金方面,零碳园区需要

在前期投入比普通园区更高的成本，而部分资金投入只能以节能收益或正外部性的形式产生回报，造成投资和效益的分离，从而增加融资难度。由此可见，园区需要开发出创新的商业模式来将各方的资源和需求有效整合起来，以推动零碳发展的实际落地。

图 5 综合能源服务生态圈



综合能源服务是我国新一轮能源改革中提出的商业模式，可以应用于园区层面来有效解决上述问题。如图5所示，由地方政府、大型能源供给企业、综合能源服务企业共同组成的综合能源服务商主导园区能源基础设施投资建设，并通过建立综合能源服务生态圈，与多种公司合作，统筹协调各种新能源、新基建项目。综合能源服务商的常见模式有合同能源管理（EMC）、建设经营转让（BOT）和政府与社会资本合作（PPP）。前两种模式已逐渐发展成熟，有较多实践案例，但存在项目推进慢、风险集中和融资难等问题。PPP模式对综合能源服务商来说是一个创新，通过融资渠道的拓宽来分散投资风险，并提高各相关方的沟通合作效率。

● 园区管委会——政府引导

负责制定顶层战略，明确目标和需求，并统筹领导各阶段工作的开展，时刻把握项目进度；帮助协调各级政府资源，提供政策上的支持。

● 大型能源供给企业——企业主导

提供稳定高效的能源供应，利用全面的能源专业知识，发挥能源调度能力，为零碳园区提供技术、数据等方面的支撑。

● 综合能源服务企业——服务整合

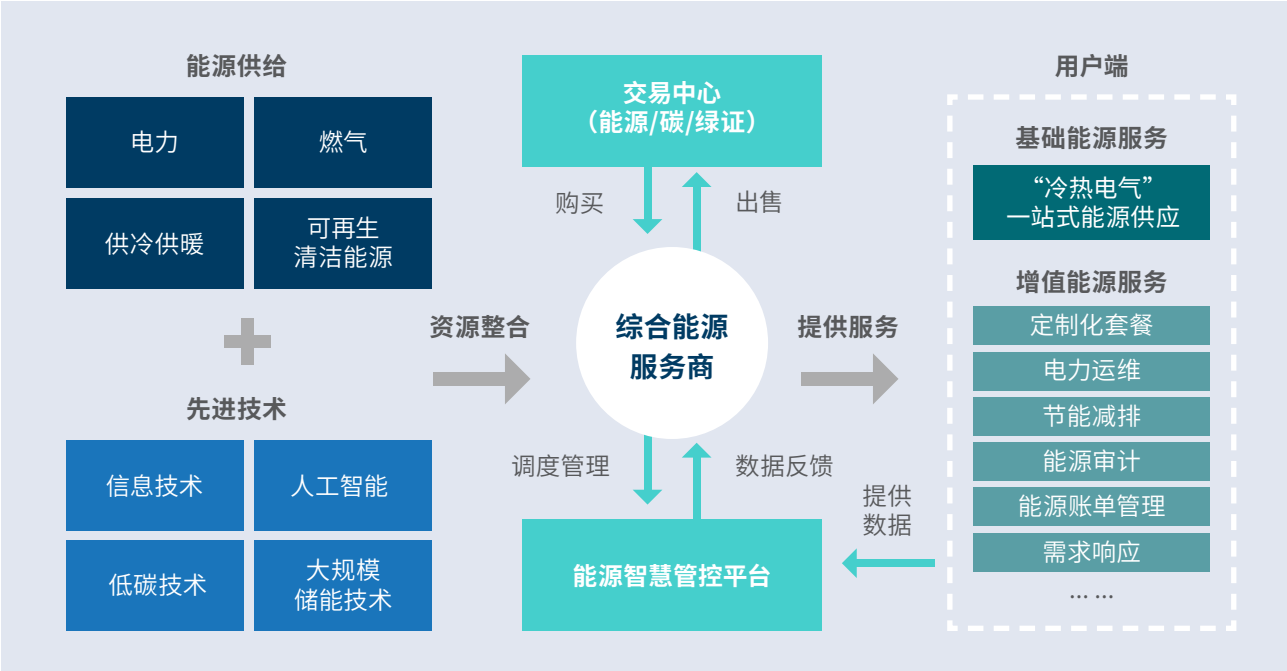
利用丰富的项目经验和平台优势来整合客户资源，提供金融投资、工程建设、运维管理等全方位的服务。

除了上述三个核心主体,综合能源服务商还提供了开放的生态平台,在具体项目上与具备专业能力的企业合作。如图5所示,合作方包括其他能源企业、能源服务企业、研究机构、设计院、互联网/科技企业、设备制造企业等。

从运行机制上来看,综合能源服务商模式改变了以能源供给侧为核心的传统惯性思维,转变为以消费侧用户为中心的一站式能源解决方案。如图6所示,综合能源服务

商以能源消费端的业务需求为抓手，在供给侧将不同种类能源与高新技术相整合，辅以交易手段和数据管理，旨在为用户提供综合成本更低、质量更高的能源服务。综合能源服务商将直接面向能源消费者，在提供一站式基础能源供应的同时，还帮助其管理多样化的能源消费、分布式能源资源、节能解决方案和所有与能源相关的服务，使用户端的用能安全、清洁、可持续。

图 6 综合能源服务商运行机制

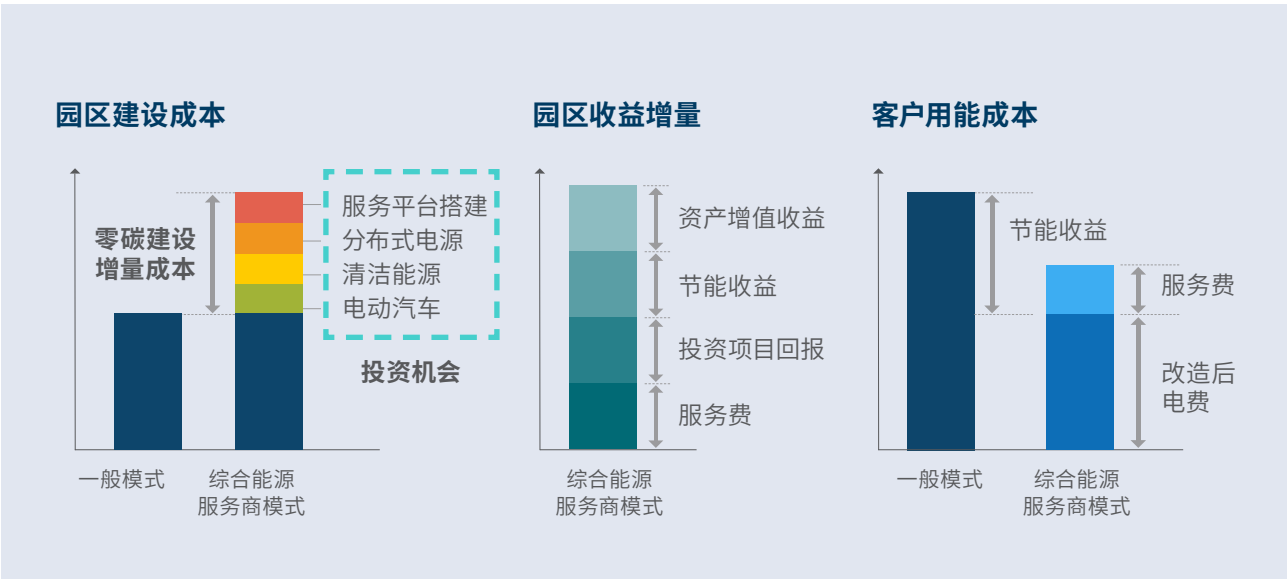


综合能源服务商的另一大优势是为参与主体的利益分配提供了合理的解决方案，借助创新的融资和盈利模式实现了多方共赢。图7通过对比应用综合能源服务商模式前后的成本和收益，展示了综合能源服务商的盈利模式。

从用户角度来看，业主/租户享受了更好的能源服务、建筑设计和性能，而所支付的服务费和提高能效的增量成本也可以从节能收益中得到回收。对于园区来说，零碳建设增量成本由其他投资主体分担，项目完工后还可以从

零碳建筑的正外部性中获得更高的资产增值收益。作为业务主导的综合能源服务企业可以收取增值能源服务费用，从能源供应和产品销售中获得直接收益；同时创新的综合能源服务商模式能够拓宽其业务范围，有助于能源企业的可持续转型。投资方能够从以节能减排为目标的投资项目中获得运营盈利，且由于项目规模大且用能需求稳定，相较于其他投资项目风险更低，投资收益回报更稳定。

图 7 综合能源服务商盈利模式

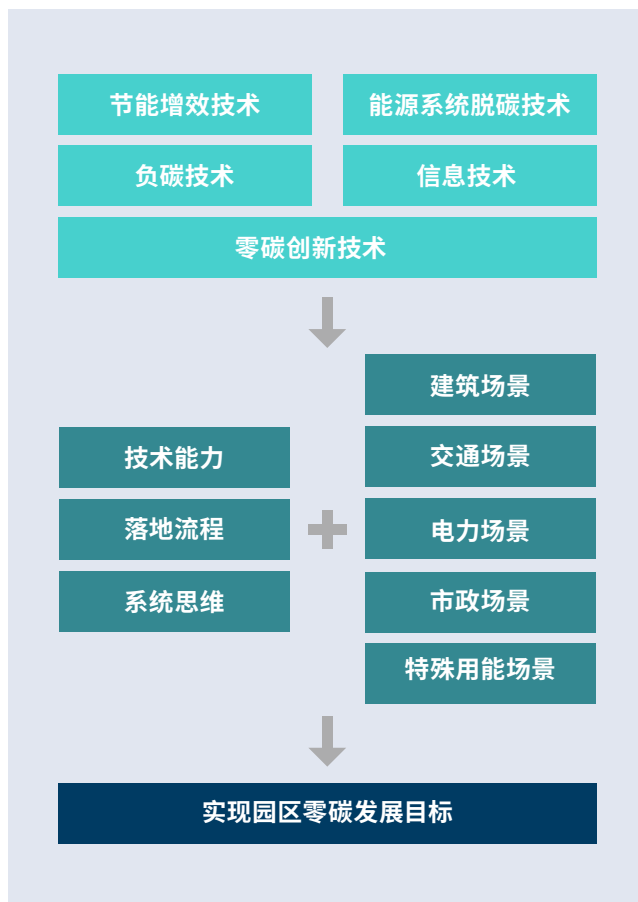


6. 识别零碳创新技术的应用场景，解决落地问题

创新技术是实现园区碳中和目标与经济高质量发展协同的关键手段。目前，市场上的零碳创新技术蓬勃发展。零碳创新技术既包括节能增效类的技术，如工艺替代、能效提升、资源回收、燃料替代技术等；也包括能源系统脱碳类的技术，如风力发电、光伏发电、氢能、电化学储能、生物柴油燃料等；还包括负碳技术，如土壤改良、海洋利用、碳捕集/利用/封存等；除此之外，还包括5G、AI、大数据等最新数字技术。⁴从发展阶段来看，零碳创新技术的应用仍处于发展的初期阶段。

零碳园区是零碳创新技术的重要应用对象。然而由于缺少应用场景定义和实践案例支撑，零碳创新技术在园区推广应用方面面临着几方面的挑战。首先是技术供需不匹配，导致预期达到的效果产生折扣；其次是落地流程不成熟，导致耗费过多的时间、人力成本、资金成本；再次是多种技术间缺乏协调，导致方案无法顺利落地。因此，需要采用如图8所示的应用路线，深入挖掘应用场景，解决技术与需求对接、技术落地流程、不同技术互相配合的问题，才能使得零碳创新技术真正得到应用并推广。

图8 零碳创新技术应用路线



技术能力：与需求对接

为了深入挖掘零碳技术应用场景，需要在微观层面上探究园区的组成要素（管委会、入驻企业、常住居民等）对零碳园区的建筑、交通、工业、能源设施、基础设施、特殊用能有哪些针对性的需求，以提供相应的技术解决方案。基于对部分园区的实地调研，总结出园区的一些基本需求。对园区管委会而言，关注的重点在于提供一流的能源设施、基础设施，吸引符合园区发展战略目标的企业入驻，并吸引人才的流入。对于园区入驻企业来说，降低能源成本是主要的需求，一些企业还有大幅度提高绿色电力比例的需求。而园区常住居民的需求主要集中在工作机会、居住环境、出行便利、生活幸福感方面。

落地流程：各个环节畅通

目前零碳创新技术应用的时间较短，还未形成标准开发流程，因此需要针对特定的零碳技术详细梳理技术项目的实施步骤，划分具体阶段，明确每个阶段的任务和工作内容，列举可能出现的情形，形成一套通用的落地流程，并根据实践经验和政策调整的反馈不断进行优化，最终形成完整的落地流程。例如，目前比较成熟的分布式光伏项目开发流程涉及到十几个关键环节，包括寻找项目资源、业主初步沟通、前期资料收集、现场实地踏勘、技术方案测算、确立开发意向、签订相关协议、发改委项目备案、电网公司接入批复、采购招标、施工图设计、现场实施建设、并网验收，每个环节中又包含着具体的操作步骤和不同情形下的对应处理方案。

系统思维：不同技术互相配合

零碳园区的技术应用不只是单一的技术，而是多种技术的系统化集成应用，因此需要考虑不同技术如何互相配合，采用系统化的思维，设计针对特定应用场景的技术方案。技术之间的配合既包括系统中不同技术模块间的配合，也包括新科技与传统技术方案的融合，解决这些问题能够实现效果的增强。例如用于集成屋顶光伏、储能、直流供电、电动车充电技术的系统在建筑中的应用进行系统设计，选定合适的设备型号，经过运行调试才能实现零碳建筑的目标。再如，新型高反射涂料技术需要解决和建筑外立面的保温防水技术的结合，才能在实际中得到应用。

目前一些应用场景已经初具雏形，随着技术不断进步，未来还会拓展出更多的应用场景，并演化出更多的新业态、新模式。下面一个案例介绍了利用数字化基础设施与能源基础设施共同促进区域智慧能源服务的创新实践，该案例由港华能源投资有限公司提供。

泰州市海陵区政府提出打造“太阳城”的目标，以新能源产业园为起点，建设屋顶分布式光伏，结合储能、节能、充换电等综合能源项目。项目采用了港华智慧能源生态平台作为数字化基础设施，支撑区域智慧能源服务，从而打造海陵零碳智慧园区。数字化平台的采用提高了数据采集、传输、储存、应用等各个环节的流转效率，高效协同“源、网、荷、储”等能源资产及系统，采集资产运营数

据，实现对能源资产及能源供需的数字化和智能化监控、分析、预测和优化，提升能源的供应和使用效率，进而最大化能源投资、能碳源管理、能源运营、能碳源交易等各环节的经济效益。图9描绘了由技术应用驱动的零碳智慧园区场景，展示了各类高新技术在园区的实际应用场景以及智慧能源生态平台对不同技术的整合作用。

图9 零碳智慧园区场景及生态平台



7. 零碳园区为经济增长、技术创新、基建投资赋能

综上所述，在碳中和成为国家重要战略的背景下，园区迈向零碳发展是园区提升竞争力、适应社会经济发展的必然趋势。在零碳目标的指引下，涵盖规划、机制、商业模式、技术应用的综合解决方案是打造零碳园区的重要手段。这种全新的综合解决方案从方法论层面提供了创新解决思路，以系统化的方式解决园区的零碳需求。基于综合解决方案打造零碳园区，将会催生行业产生对技术、投资、人才的大量需求，未来发展空间巨大。这一领域将激发新的发展机遇，开启零碳园区新赛道。

目前，能源企业、互联网企业、投资机构、研究机构、咨询机构等已经开始积极布局零碳园区，应用创新规划方法，尝试综合能源服务模式，先行先试零碳创新技术。这些利益相关方期待通过零碳园区的示范效应，验证零碳创新技术在应用中的成熟度，加速技术商业化。技术商业化的过程同时将推动相关产业从原材料到最终产品的全产业链的快速发展，形成新的经济增长点，助力能源革命。

零碳园区的投资具有巨大潜力。根据估算，零碳园区将带来约30万亿的投资需求。零碳园区不仅为机构投资者带来投资机会，也为中小投资者提供投资机遇。2021年6月国内首批基础设施公募REITs正式上市，涉及产业园、垃圾处理、生物质发电、仓储物流等。中国公募REITs如何结合我国经济社会发展需要和基础设施投融资领域的实际情况，探索出一条适应中国国情的基础设施公募REITs发展道路，一直以来受到各方诸多关注。零碳园区建设相关的项目将为REITs提供了更多底层资产标的。

目前零碳园区的建设仍处于探索起步阶段，有待更多实践经验的积累。随着时间推进，零碳园区综合解决方案将得到进一步完善，以发挥更全面的作用。落基山研究所期待和港华能源等各方伙伴一起共同推动综合解决方案的完善，助力零碳园区的发展，自下而上落实国家“双碳”战略。

参考文献

1. 中商产业研究院, 2020年中国园区经济行业市场前景及投资研究报告, 2021.
2. 郭扬, 吕一铮, 严坤, 田金平, 陈吕军. 中国工业园区低碳发展路径研究. 中国环境管理, 2021.
3. 落基山研究所, 城市落实“2060年碳中和”国家战略的创新路径: 以零碳为目标的综合能源规划, 2020.
4. 亿欧智库, 碳中和技术发展全局观, 2021.
5. 冯奎等, 中国新城新区发展报告: 2018, 企业管理出版社, 2019.
6. 戚艳, 刘敦楠等, 面向园区能源互联网的综合能源服务关键问题及展望, 电力建设, 2019.
7. RMI, An Integrative Business Model for Net Zero Energy Districts, 2016.
8. 环球网, 首批公募REITs上市 万亿级市场稳起步, 2021. <https://finance.huanqiu.com/article/43de5S38oZO>
9. 北极星太阳能光伏网, 大型地面光伏电站及分布式光伏项目开发流程, 2020. <https://guangfu.bjx.com.cn/news/20200825/1099444.shtml>

李婷, 郝一涵, 王萌, 周吴雪涵, 零碳园区综合解决方案: 从园区入手打造“碳中和”示范, RMI, 2022。

RMI 重视合作, 旨在通过分享知识和见解来加速能源转型。因此, 我们允许感兴趣的各方通过知识共享 CC BY-SA 4.0 许可参考、分享和引用我们的工作。 <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>



除特别说明, 本报告中所有图片均来自iStock。



RMI Innovation Center

22830 Two Rivers Road
Basalt, CO 81621

www.rmi.org

© 2022年3月, 落基山研究所版权所有。Rocky Mountain Institute和RMI是落基山研究所的注册商标。