

SUSTAINABLE

数字化与碳中和 园区篇

Schneider
Electric
施耐德电气

阿里云

CAICT 中国信通院

CIET
工信国际

序言	4
1 大势所趋——园区绿色发展的形势与机遇	6
1.1 新形势：园区绿色发展政策体系加速完善	7
1.2 新趋势：园区绿色发展呈现四大重点方向	7
1.3 新机遇：园区成为落实双碳的主力军	9
1.4 新引擎：数字化持续为园区绿色发展赋能	10
2 任重道远——园区双碳现状与挑战	11
2.1 百花齐放：园区的发展历程	12
2.2 如履薄冰：园区的控排现状	13
2.3 摩拳擦掌：园区低碳转型的挑战	16
3 管服并重——数字化碳中和服务平台解决方案	19
3.1 三端协同：数字化碳中和服务平台创新服务模式	20
3.2 运筹帷幄：园区双碳监管与服务	22
3.3 标本兼治：园区企业能源综合服务	24
3.4 乘风而起：园区企业双碳数字化服务	28
3.5 数字使能：园区双碳数字底座	31
4 场景聚焦——数字化碳中和服务平台行业解决方案	34
4.1 钢铁冶金园区：数字化生产节能	35
4.2 化工园区：综合能源管理	36
4.3 食品饮料园区：精益生产与能效提升	38
4.4 楼宇建筑类园区：绿色电力与绿色交通	40
4.5 产城融合型综合园区：双碳综合服务	42
5 聚力行远——数字化碳中和服务平台配套机制建议	43
5.1 数字化推动协同机制升级	44
5.2 外部资源对接	46
5.3 探索数字化的运营机制	47

序言

园区、数字化、碳中和，将三者耦合成一个有机联系的整体，需要管理者的智慧。开展园区数字化碳中和研究，对产业链延伸、延链强链、优化布局，实现企业集群、企业集聚、发展集约，提高园区产业竞争力，提高生态文明水平乃至实现城市经济社会可持续发展，具有重大的现实意义。

园区，是数字化、碳中和的落地空间和载体，是地方经济增长的源泉，也是调查研究、分析评价的对象；数字化，是园区管理智能化和绿色低碳发展的基础，是园区各项经济活动（包括碳中和）及其管理以数字形式来记录、计算和运用的过程；碳中和，则是园区发展方向和远景目标，也是需要主管部门积极推动的工作。

园区，是产业集聚场所。改革开放以来，经济开发区、高新技术开发区、免税区、环保产业园、循环经济园区、生态产业园、绿色低碳园区、自由贸易区等，如雨后春笋般地出现在各地，成为各地经济发展的“一把手”工程。尽管园区占地不等、龙头行业企业不一、产业链供应链不同，但均成为各地重要的经济增长极。研究发现，我国有各类园区超万家，其中国家级与省级园区达2543家，贡献了超过50%的全国工业经济产值，约31%的二氧化碳排放量。立足新时代，在碳中和导向下，园区由“捡到篮子就是菜”升级为产业链招商；产业开始由高能耗重污染低效率的粗放发展向低能耗高效率环境友好型转型升级；管理也由“拍脑袋”向智能化迈进，开创园区协同共生共赢的发展新局面已成必然之趋势。

数字化，是将信息转变为可度量的数字或数据集，建立模型进行统一处理和运用的过程。通过数据采集、集成、云计算等技术等进行数据分析、挖掘，监测企业经营管理状态并及时进行动态调整。党的十九届五中全会通过的“十四五”规划建议提出，推进数字产业化和产业数字化，推动数字经济和实体经济深度融合，加强数字社会、数字政府建设，提升公共服务、社会治理等数字化智能化水平。产业基础现代化的软件包，离不开数字化；推动产业链的有机衔接和供需平衡，离不开数字化。简言之，无论是产业链供应链安全，还是园区智能化管理、城市“大脑”等，都需要数字基础的支撑；提高园区碳生产力、实现治理能力现代化，亟待提升数字化水平。

碳达峰碳中和，是远景目标和政策导向；是党中央作出的重大战略决策，是解决资源环境约束问题、实现中华民族永续发展的必然选择，是构建人类命运共同体的庄严承诺。自2020年9月22日习近平主席提出以来，已成为全社会关注的热点。实现碳达峰碳中和，是一场广泛而深刻的经济社



会系统性变革，不是轻轻松松就能实现的。要坚持动态平衡、整体协调、节约优先、创新驱动等原则，处理好发展和减排、整体和局部、短期和中长期的关系。《2030年前碳达峰行动方案》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；相关部门和地方，也相应推出各类园区绿色低碳发展规划或行动方案，即实现碳中和的时间表、路线图已经绘就。

园区，无论数字化还是碳达峰，均需从实际出发，摸清家底，加强顶层设计，依据中央安排，从碳源或碳汇、产业结构、技术水平等方面，制定符合各自园区实际的施工图，运用大数据、云计算、人工智能、物联网、区块链等新一代信息技术，以减排降碳为导向，搭建数字化管理平台，实现园区能源生产、储运、销售、消费全产业链管理流程再造，以及相关产业链供应链重构，实现节能、节地、节水、减材、减污、降碳协同。

顶层设计，要能顶天立地；顶天，要顺应绿色低碳发展潮流，符合2030年联合国可持续发展目标，符合国家政策导向；立地，要能使工作有抓手，项目能落地，绩效能显现、有特色、有亮点。做好园区碳达峰碳中和规划，需要从能源流、碳排放流核查做起，包括物质流、能量流、信息流、废物流的盘查和核算，为制定减污降碳协同奠定基础；围绕产业链部署创新链，围绕创新链安排资金链；发现并利用好人才，坚持久久为功，“一张蓝图干到底”。

产业升级是减污降碳协同的重要途径，体现在价值链曲线上，要提升底部、延伸两端、替代先行。提升底部，要增加产品科技含量和附加值，创造品牌；向左延伸，要拥有更多专利、知识产权和企业标准，促进产业链和创新链的有机衔接；向右端延伸要紧盯市场、占有市场，围绕产品提供市场服务，提升产业竞争力。产品升级可从进口(境外输入均是)替代做起，通过生产智能化、分工网络化、产品定制化、过程绿色化，提高劳动生产率和资源利用率，加快现代化经济体系建设步伐，走出一条中国特色的碳中和之路。

由施耐德电气、阿里云、信通院、工信部国际合作中心等单位共同完成的《数字化与碳中和(园区篇)》，分析了园区绿色低碳发展面临的形势、机遇和挑战，提出了数字化碳中和是园区双碳目标落地的重要抓手，设计了碳中和服务平台解决方案及其配套机制。采取宏观评价与案例分析结合的方法，既有对发展趋势的定性描述也有实践案例的典型剖析，既有图表展示也有实施方案的铺陈，数据翔实，论证充分，方法正确，逻辑清晰，值得园区管理者及相关研究人员一读。

是为序。

周宏春

研究员 国务院发展研究中心



1 大势所趋

——园区绿色发展的形势与机遇



1.1 新形势：园区绿色发展政策体系加速完善

2020年9月，中国在第七十五届联合国大会上提出“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，努力争取2060年前实现碳中和”。2021年10月，中共中央、国务院印发《关于完整准确全面贯彻新发展理念做好碳达峰碳中和工作的意见》，国务院印发《2030年前碳达峰行动方案》（以下简称《方案》），全面部署推进做好碳达峰、碳中和工作，其中《方案》明确提出建设绿色低碳园区，并选择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，加快实现绿色低碳转型。此后，碳达峰、碳中和正式上升为国家战略，从中央到地方、从城市到园区，一场绿色变革拉开帷幕。

在园区发展方面，2022年3月，生态环境部发布《关于推进国家生态工业示范区碳达峰碳中和相关工作的通知》，提出以产业优化、技术创新、平台建设、宣传推广、项目示范为抓手，在“一园一特色，一园一主题”的基础上，形成碳达峰碳中和工作方案和实施路径的要求。各级地方政府积极响应中央部委号召，上海、广州、浙江、河南等省（市）制定和发布了园区绿色低碳发展工作方案，绿色园区、低碳园区、循环经济园区、生态园区等名称不断出现在政策和方案文件中，绿色低碳智慧园区建设和发展驶入快车道。新形势下，各地纷纷制定和出台全区配套机制，同时制定园区建设标准和运营规范，引导和激励有条件的园区绿色低碳转型，为园区绿色低碳发展营造良好环境。

1.2 新趋势：园区绿色发展呈现四大重点方向

由要素驱动向创新驱动方向发展

产业通常围绕区域内的优势要素资源集聚，形成具有独特竞争优势的产业园区。随着我国园区数量和规模的扩张，以及园区内企业主体数量的增加和资源的消耗，要素依赖无法满足政府对园区高质量发展要求，创新驱动成为园区发展新的动力引擎。经过十余年的探索和实践，园区不断推进新旧动能转换，优化创新创业生态。我国涌现出一批高水平的产业园区，其中以北京中关村、深圳高新区、苏州工业园区等为代表的高新区，在我国众多园区中独树一帜。他们长期坚持制度创新、科技创新和服务创新，不断完善人才、科技、资金等要素，引入绿色产业、低碳技术、绿色金融等新兴业务，赋能园区向更深层次、更广维度转型升级，引领我国产业园区朝着创新驱动方向发展。

由粗放高碳向绿色低碳方向发展

长期以来，产值规模是衡量园区发展的重要指标，园区对产业准入和主导产业的碳排放没有指向性要求，部分园区仍处在高污染、高排放的发展模式中。党的十八届五中全会提出实行能耗双控行动，兼顾双碳和经济的绿色低碳发展模式成为园区发展的新主题。2022年，园区绿色低碳发展被列入13个省（市）工作重点，内蒙古、青海提出要打造零碳园区，浙江、福建、海南等将低碳园区列入发展重点。浙江作为“两山”理念的发源地，发布了《关于加快推进绿色低碳工业园区建设工作的通知》。提出到2025年，通过实施六大任务，实现具备条件的省级以上园区全部开展绿色低碳循环改造，并建成省级绿色低碳工业园区50个，基本形成促进工业园区绿色低碳发展的长效机制。

由传统模式向数字化管理运营方向发展

传统园区侧重于建设和管理，科技投入、系统建设与应用不足，园区运营、用能、碳排等数据在线化和利用率不足，导致园区运营成本高、效率低，促使传统园区整体竞争力和吸引力呈下滑趋势。2019年我国智慧园区的数字化投资超1600亿元，2021年“十四五”规划又明确提出加快产业园区数字化改造，凸显国家对园区智慧化发展的支持和重视。数字技术与低碳技术在智慧园区融合应用，加速园区在节能、减排、固碳、碳汇等领域的落地实践。目前，智慧园区已在环渤海、长三角、珠三角、沿江城市群等建立与运营，并由东部沿海向内陆地区快速拓展。



由低效竞争向生态共赢方向发展

园区的高质量发展，有赖于政府、运营方、园区企业及第三方服务机构等的协同合作。但是部分园区各参与主体各自为政，产能过剩、低水平竞争、合作缺失等弊端长期存在。双碳目标下，共建绿色数字生态已经成为共识。企业作为园区绿色低碳发展的重要主体，共建生态将促进更多资源和服务以更加安全可靠、经济高效的方式流向企业，为企业发展注入新动能。政府可依托生态数据及时对园区产业发展、科技创新、低碳转型等问题进行精准诊断和精准施策，综合能源服务商、碳服务供应商、金融机构等第三方机构则可快速识别企业发展需求，评估业务前景和风险，为深入挖掘园区价值提供高效支撑。

1.3 新机遇：园区成为落实双碳的主力军

园区作为产业集聚发展的核心单元，是我国经济高质量发展最重要、最广泛的空间载体。公开数据显示，我国工业园区的耗能约占全社会总耗能的 69%，碳排放占全国总排放约 31%，园区已成为落实“双碳”战略的主力军。

双碳园区助力低碳循环经济发展

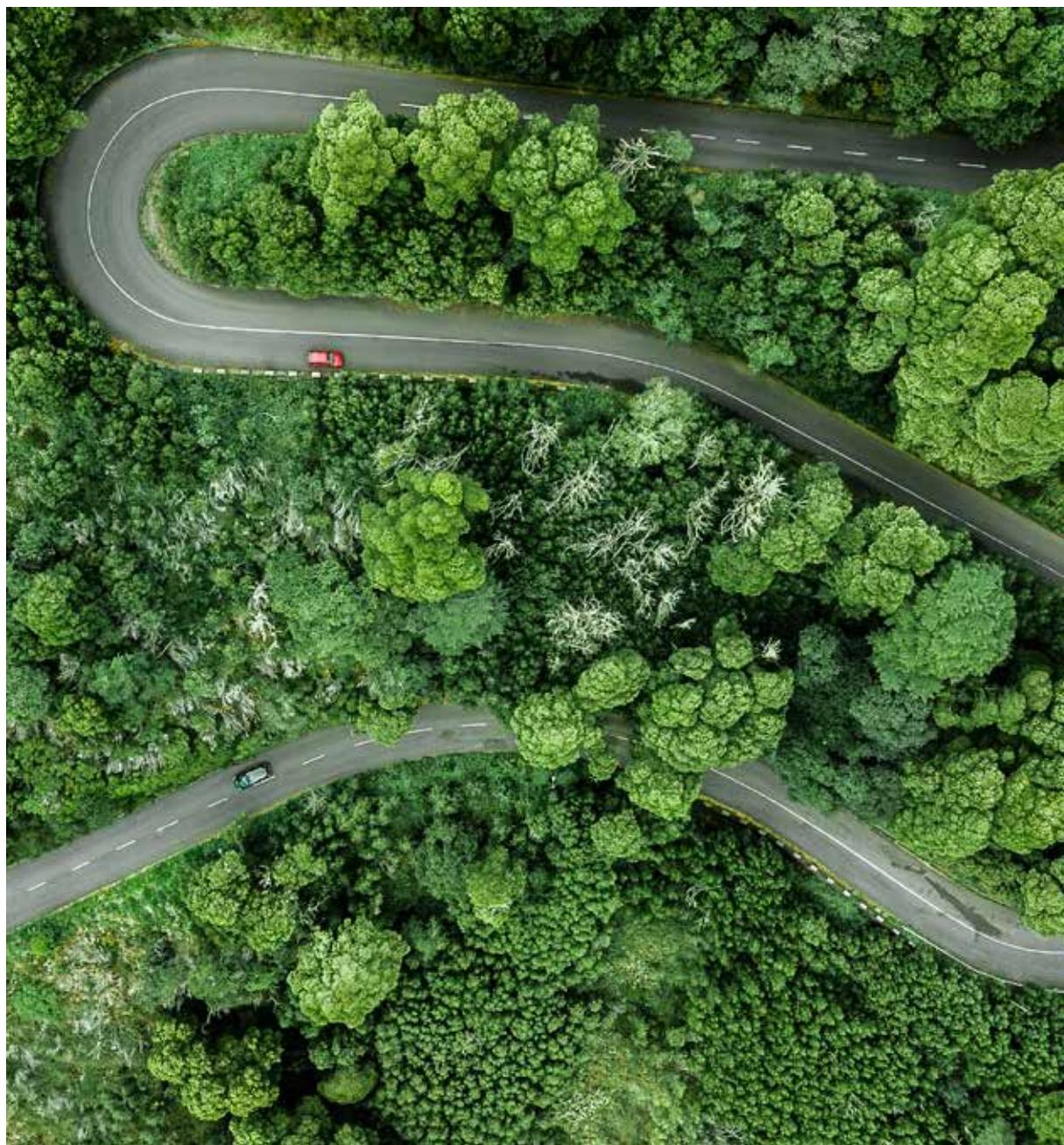
双碳园区的建设，是对园区产业优化、空间布局、基础设施、能源利用、资源循环利用等多个领域的改造和升级，是绿色发展理念、低碳科技和数字技术的深度融合与实践，将有效推动地方产业园区向绿色化、服务化、高端化方向发展，加速培育资源高效利用和循环利用的发展模式，对健全绿色低碳循环发展制度具有重要意义。当前，在探索经济与环境和谐发展的道路上，形成了一批标杆性的产业园区。其中，张江高科技园为满足资源节约型和环境友好型未来城市发展要求，聚焦低碳生产、低碳产品、低碳产业、低碳生活 4 个方面实施园区生态化建设，助力上海低碳经济和循环经济发展。

双碳园区助力产业结构转型升级

高质量发展阶段，限制和淘汰落后的高耗能、高污染产业，开展技术革新、管理创新，促进传统产业向战略性新兴产业升级，既是压力也是挑战。双碳园区坚持绿色发展理念，改造存量、构建增量，推动传统产业向产业绿色化、智慧化转型，加速培育战略性新兴产业和新的经济增长点，引入绿色低碳产业（信息技术、生物技术、新能源等）企业，以产业升级带动企业转型，降低园区企业运行成本，提升我国产业发展国际竞争力。此外，双碳园区变革粗放的能源利用方式，催生综合能源服务、能耗管理与监测、碳资产管理等新业态，在切实服务园区减排降碳的同时显著提高园区资源产出率。

双碳园区助力区域生态环境质量改善

当前，部分产业园区存在管理机构主体责任落实不到位、科技监管手段不完善、规划环评与生态环境分区管控体系衔接不到位等问题，园区成为各级生态主管部门的重点监管对象。双碳园区遵循可持续发展的经济模式，融合制度和科技创新，围绕政府、运营方、企业、金融机构、监管部门和第三方服务机构等聚合形成生态治理合作平台，在服务绿色产业落地、园区治理、执法监督、精细化管理等方面得到显著改善，对促进改善区域生态环境质量方面发挥积极作用。双碳园区在全国范围的落地和推广，将有助于形成产业升级、城市更新、生态保护相匹配，生产与生活相融合的和谐氛围。



1.4 新引擎：数字化持续为园区绿色发展赋能

数字化助力提升园区基础设施智能化水平。国内传统园区占比仍然较高，数字化升级需求迫切。部分园区在已有信息基础设施的基础上，一方面加快传统基础设施数字化改造，另一方面新建新型数字基础设施。在盘活园区存量基础设施的基础上，重点推进人工智能、物联网、5G等新技术的布局和应用，为园区工厂、楼宇、道路、能源网络、充电网络等提供更广泛的数字链接能力和感知能力，支撑园区“可视、可管、可用”等新型运作模式，增强园区对绿色低碳产业、高新技术产业等的承载能力和吸引力。

数字化助力提高园区低碳精益化管理能力。通过深化园区企业经营管理、生产制造过程的数字化应用，将人工智能、数字孪生、工业互联网等新技术与产品设计、生产制造、物流运输、销售使用以及回收利用等环节深度融合，有助于推动园区和企业实施全流程、全生命周期精细化管理，带动园区低碳工艺革新，促进园区产业转型升级。数字化同时也是提升园区治理能力的重要手段，数字化将显著提升园区透明度，地方政府能够更好的掌握园区内产业和企业的发展动态，实时跟踪园区企业产出和用能情况，精准掌握园区碳排放强度，满足政府对园区监管和治理的需求，并为政府科学决策提供支撑。

数字化助力提升园区能源清洁低碳化水平。面对园区水、电、煤、气、油等用能的多样性，通过搭建数字化能源管理平台，可高效实现对传统化石能源和以光伏、风能为主的清洁能源的接入、管理和综合利用，提升对多种能源的管理和调控能力，促进园区范围内多能互补和循环利用，提高清洁能源的使用比例。数字化将加速园区能源生产、传输、存储和消费方式的变革，助力形成清洁高效的用能商业模式，推动园区由能源消费者向能源生产者转变，促进园区产值增长与碳排放全面脱钩。

数字化助力园区提高绿色生态服务能力。行业边界被不断打破，园区的主体类型也不断增多。除地方政府、管委会、银行、传统企业外，综合能源服务企业、第三方金融机构、碳资产服务机构、绿色认证机构等也成了园区生产运营的重要参与方。通过建立数字化碳中和服务管理平台，汇聚多方主体数据，构建面向园区的多元应用服务场景，不仅能实现园区资源全局优化配置与调度，更能显著提升园区能源管理、能耗监测、碳足迹管理、碳资产管理等绿色生态服务能力。

2 任重道远

——园区双碳现状与挑战



2.1 百花齐放：园区的发展历程

从 1979 年蛇口工业区成立至今，我国各类园区已超万家，其中国家级与省级工业园区也达到 2543 家之多，贡献了全国超过 50% 的工业产出，但二氧化碳排放量也占据了全国的 31%^[1]，并有持续上升的趋势。在我国“双碳”战略目标的发展中，园区“任重而道远”。

在园区发展过程中，可持续发展理念逐步形成。从 2007 年的生态示范园计划，到 2013 年启动低碳工业园试点，以及循环经济产业园、绿色园区、近零碳排放示范区等多个理念和示范，我国已积累了一定的低碳发展经验与做法。在“双碳”目标指引下，形成了系统性融入“碳中和”理念的零碳园区。

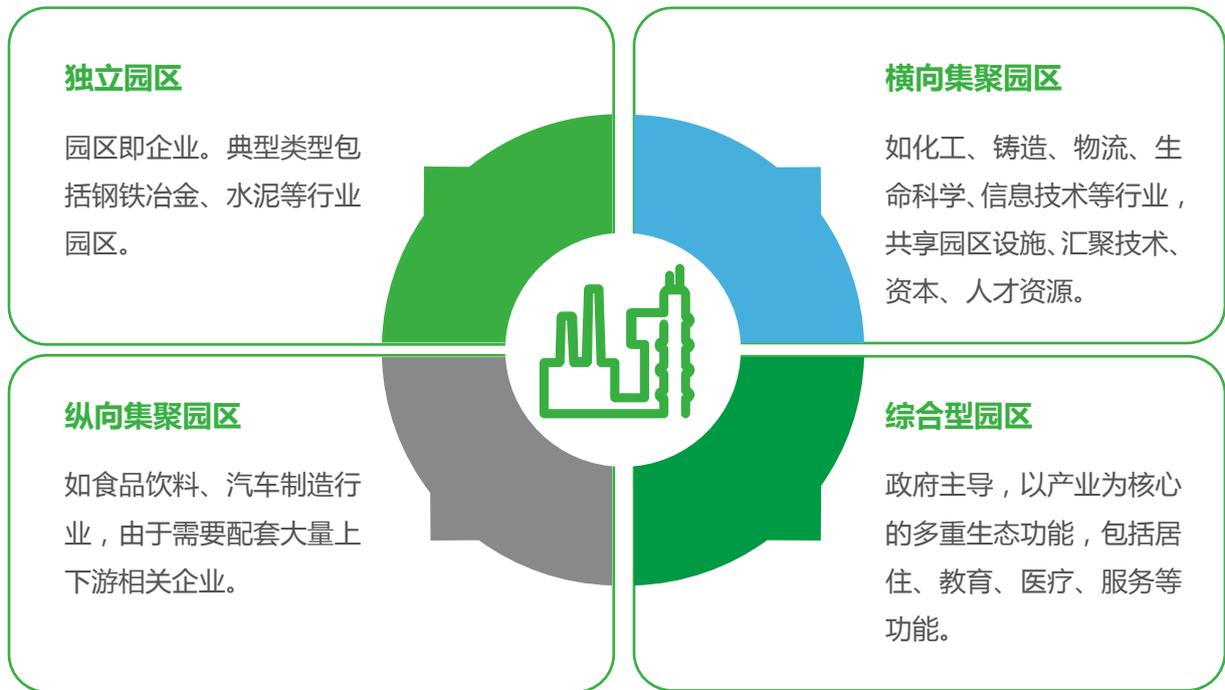


(图 1) 零碳园区愿景图

来源：施耐德电气、阿里云

园区的多样性还体现在其管理模式及管理体的复杂性。从园区的内部形态来分，可分为四类：

注 [1] 陈吕军：厚植绿色低碳循环底色 推进工业园区高质量发展 - 清华大学环境学院 (tsinghua.edu.cn)



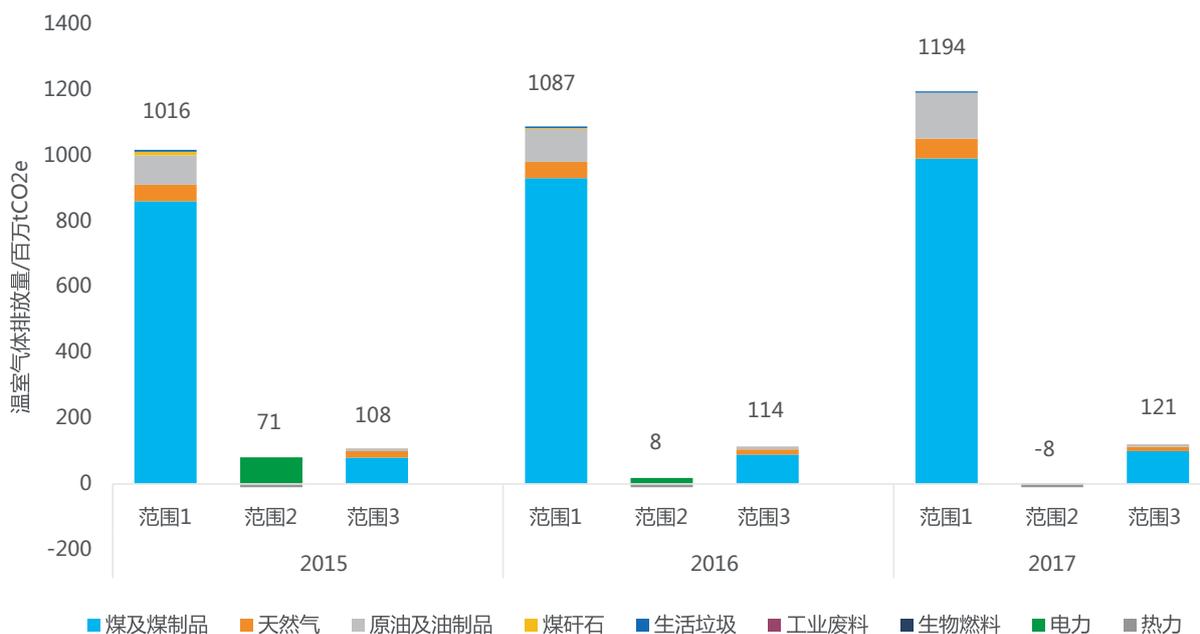
(图2) 园区类型划分
来源：施耐德电气、阿里云

2.2 如履薄冰：园区的控排现状

2021年，限电、有序用电等不太常见的名词突然进入大众视野，能耗双控伴随着电力供需紧张，让更多人关注到园区的严峻控排形势。2021年底，中央经济工作会议做出重要指示：“创造条件尽早实现能耗‘双控’向碳排放总量和强度‘双控’转变”。在“双碳”战略中，园区作为企业发展的重要载体，已成为我国控碳减碳的重要靶点。

2.2.1 倒悬之急：化石能源消耗居高不下

在园区碳排构成中，化石能源消耗是园区碳排放的最大来源。根据对工业园区进行温室气体的核算表明，园区的直接温室气体排放（园区边界内化石能源燃烧活动和工业生产过程等产生的排放）与间接温室气体排放（园区及企业外购能源产生的温室气体排放，包括电力、热力、蒸汽和冷气等）各占总排放的85%和15%。



(图3) 2015-2017年203家园区温室气体排放结构
数据来源：《工业园区温室气体核算方法研究》 作者：严坤，等。

一方面，工业生产生活中，煤炭、石油、天然气等化石能源作为生产原料、高品位热源、稳定动力源等多种形式存在，与现有工艺流程紧密相关。同时，化石能源拥有着成本低、工艺成熟、易储存、可获得等多种优势，在可再生能源替代工艺或方法完全成熟前，化石能源仍发挥着不可替代作用。

另一方面，我国钢铁冶金、化工、水泥、汽车、造纸等行业园区的供电对自备电站的依赖度较高，这些自备电厂绝大多数以燃煤电厂为主，进一步增加了园区的化石能源消耗和碳排放量。而外购电力方面，除少数清洁能源聚集地区外，其他地区的电力供给仍以煤电为主，清洁能源占比不足30%。

2.2.2 根柢未深：园区数字化基础参差不齐

碳排放核查与能源转型是实现零碳园区的必要手段，而园区基础设施与企业生产过程中的能源计量数字化是实现碳排放核查的数据基础。然而，受生产需求、经济发展程度影响，不同行业、不同地区之间，我国园区的数字化程度参差不齐，所面临的困难也不尽相同。

数据缺失，难以形成完整的能效管理体系和碳排放监管体系

受数字化水平制约，部分园区（例如老旧化工园）缺乏系统性的数据采集能力，难以形成系统且完整的能效管理体系以及碳排放监管体系。如要构建园区级的数字化管控平台，需要该平台对园区企业的信息具备良好的接纳处理能力，同时提供丰富的数据接口。

园区内企业、设备管理分散，存在严重的数据孤岛

数据孤岛是目前园区所面临的普遍问题，尤其是聚集型园区。其企业众多，所使用设备、系统的类型、品牌众多，信息系统间的交互存在障碍。而零碳园区的实现，需获取各企业的能耗、碳排放等相关数据，需要一个双碳数字化系统平台来解决碳排放信息的标准化、统一性以及信息收集中的滞后性等问题。

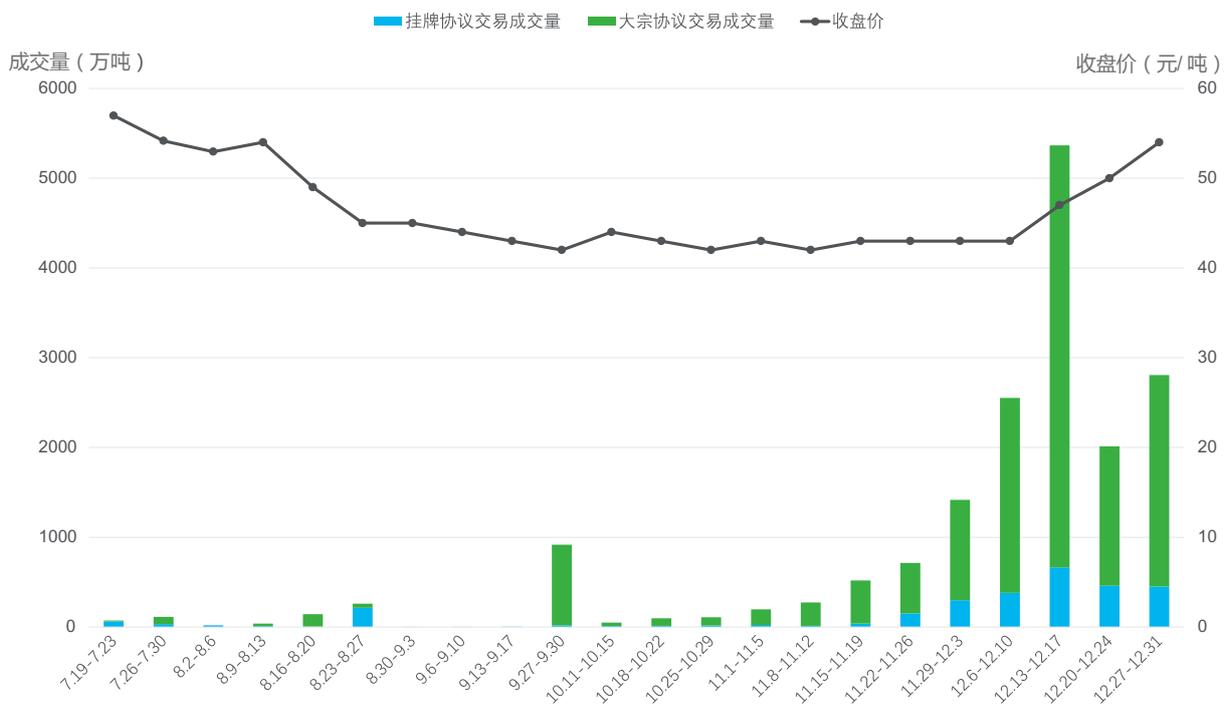
2.2.3 力有不逮：园区碳资产管理能力不足

碳排放核算标准从最初的舶来品，到 2015 年前后完成中国标准，再到建筑、钢铁等行业细化标准，我国的碳排放核算规则仍在逐步体系化。因而，多数园区或企业尚未形成碳资产的管理能力。

园区未形成系统的碳排放统计、计算及预测能力

目前园区的碳排放是根据园区统计得到的数据计算得出，具有一定的滞后性，无法实时反馈当前的碳排放量，更无法预测未来某个时间或新上项目的碳排放。因此，园区及园区企业在进行碳交易上处于被动的地位。

结合下图可以看出，2021 年碳排放交易市场建立初期与年末的成交量和价格差异较大。这体现了企业无法准确预测当年度该主体的碳排放量，因而无法适时提前做出交易。同时，年末集中交易带来的供需不平衡，也使得碳交易价格上升，增加了企业成本。



(图4) 碳市场首个履约周期成交量及成交价格走势
数据来源：中国证券网

园区未形成系统的碳足迹评价能力

目前，大多数园区的碳足迹跟踪能力仍处于缺失状态。工业园区的生产过程是从园区外输入资源进行生产活动，消耗资源并生产产品的过程。从减碳的全局来看，还需基于全生命周期的视角核算园区的温室气体，统筹考虑上下游情况，对碳足迹进行跟踪，从而有利于全局碳排放统计和优化。碳足迹是实现零碳的关键环节，能够帮助园区追踪辨识出在生产生活中所直接或间接排放的过程，以便制定针对性的碳减排方案。

园区碳排放共享服务能力不足

很多中小企业面对产品出口、产业链下游企业、碳合规披露等需求时，在碳排放监测、核算、认证等方面存在挑战。中小企业自身难以建立独立的碳核查能力，需要园区提供类似共享财务、报税、申报服务一样，为其补足碳核查相关能力。为入驻企业提供绿色服务，让企业无后顾之忧，将成为园区营商环境很重要的一部分。



2.3 摩拳擦掌：园区低碳转型的挑战

在全社会低碳转型的进程中，可持续发展的理念已经深入到生产生活的方方面面。作为国家经济发展的助推器，园区是“双碳”战略绕不开的坎。园区及企业也在不断探索、尝试进行低碳转型，但在过程中也面临着诸多困难与挑战，时刻撩拨着“零碳”的心弦。

2.3.1 平衡低碳转型与企业发展的关系

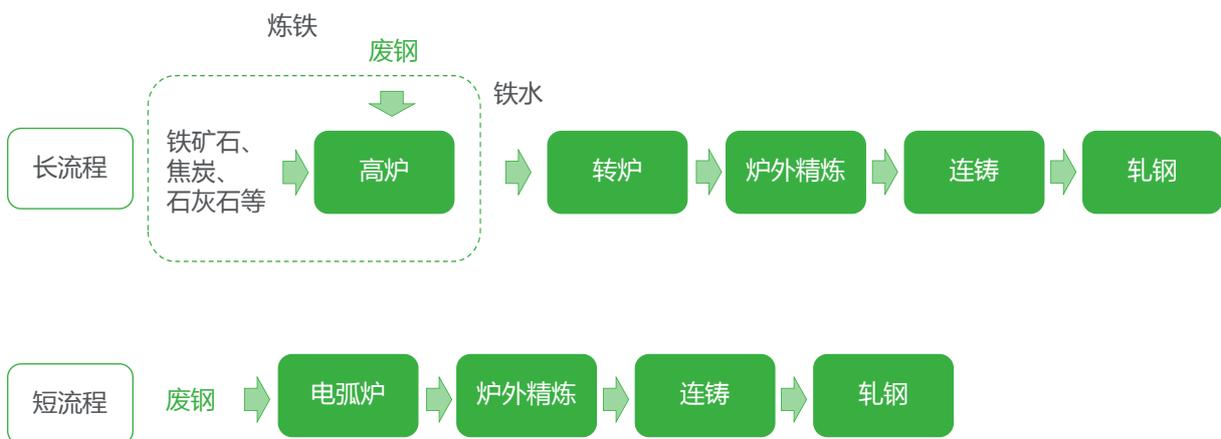
能耗双控带来的停产、限电，不利于园区内企业的生产经营，如何平衡控排与生产关系，是摆在未来园区碳排放管理面前的难题。

寻求控碳和企业长期发展的平衡

遏制双高产业产能盲目扩张，推动落后产能退出，促进产业结构调整是高耗能行业的整体趋势。与此同时，煤炭、原材料等成本上升，也对高耗能企业带来了更大的成本压力，使得相关行业园区及企业的发展遇到瓶颈。然而，困境中往往蕴藏机遇。如何在碳排放双控的背景下，利用产业结构调整窗口期，提前布局低碳转型的园区或企业可以充分发挥竞争优势，利用双控限制带来的产能缺口，实现产品的重新定价，使企业利润空间得到优化提升。

低碳改造成本与投资收益之间的平衡

目前，低碳改造成本较高。超低排放改造需要在原材料结构、生产工艺、技术装备、能源基础设施和上下游产业衔接上进行大量投资，给企业生产经营带来挑战。以钢铁行业为例，目前我国钢铁生产主要以长流程工艺为主，短流程生产工艺吨钢碳排放虽然比长流程减少 50% 以上，但短流程生产的吨钢成本比长流程高几百元。如何通过低碳改造实现成本收益平衡，这让生产企业面临着经济效益与双碳目标的衡量与选择。



(图 5) 长流程与短流程工艺对比图
来源：施耐德电气、阿里云根据公开信息整理

园区控排数据需求与企业数据保密之间的矛盾

园区管委会或园区运营企业，与园区内的企业间并没有严格的监管关系。同时，部分企业的用能成本是企业生产经营的核心数据，具有较高的保密性。园区运营方如何实时获取园区内的能源消耗数据，又能够符合各企业自身数据的保密性要求，是一个需要园区和企业相互协商，达成共识的过程，更需要先进数字化技术的支撑。

2.3.2 园区管理复杂性不断提升的挑战

园区的发展过程中，上下游的企业集聚、产城结合的发展趋势，使得园区参与主体逐渐复杂，园区内的公共基础设施、能源电力设施的数量逐步增多，承载的业务越来越复杂，管理幅度和难度越来越大。

园区能源设施设备激增，运维管理难度增加

园区参与企业的增加，低碳转型所相关的设备量也在增加。随着设备与器件数量的增长，园区的资产正变得日益庞大和复杂，对资产的管理难度陡然提高。资产的利用效率低、重复购置现象严重，对系统稳定运行及后期维护提出严峻挑战。如何进行规划建设，形成整体的建设布局，打破孤立的建设氛围，是亟待解决的问题。

园区能源供给多元化，能源与生产联调优化难

随着综合能源服务、微电网技术的推广和成熟，园区可通过分布式新能源建设、储能基础设施建设、能源运行提效和能源交易等多种方式，为企业提供清洁能源服务，降低企业用能成本。但企业有独立的动态生产用能计划，与园区内分布式新能源发电波动、储能效能、电力市场交易价格波动等多重因素交叉，需要既保障企业连续生产、提高效率，又要平衡园区内能源供需平衡和成本最优。如何在这个过程中实现最佳运行，将成为园区能源管理的挑战。

园区新能源和交互设备大量接入，能源系统风险管控难

电气化是低碳转型的主要方式之一。随着园区中分布式新能源的接入、电力电子元件应用比例提升，配网侧的电力潮流方向将发生改变，电压分布、谐波等影响配网电能质量。同时，园区企业自身伴随着更多工艺流程的电气化替代，电动汽车、智能用电等交互式设备大量接入，用电负荷日趋复杂化和多样化。新能源的波动性和终端用电的无序性，使得园区微电网的稳定性和可靠性风险陡增。

2.3.3 园区低碳转型中融资与管理挑战

园区作为碳排放高地领域，低碳化、零碳化成为必然趋势。结合国家政策不断升级，园区和企业如何有效应对，形成全盘、正确的路径规划，并执行落地，面临着诸多挑战。

低碳转型融资难，决策难

转型零碳园区，投资分布式电源、储能、能源管理系统等设备与系统，不仅仅是履行社会责任与碳中和目标，也是能否具备经济性的关键。在规划和决策过程中，园区及企业往往面临着投资是否算得清、算得准、算得优等多重考量。另外，在园区低碳转型方面，仍缺乏较好的融资渠道。如何借助绿色金融的方式进行融资，降低融资成本，更好的平衡现金流，也是园区改善企业营商环境的重要思考方向。

统筹协调多方资源，多头对接，建设/改造管理难

园区管委会或运营单位本身并不具备专业的碳中和改造和项目管理经验，然而园区的低碳转型涉及面广，从项目流程上涉及设计、建设/改造、运营、维护不同阶段。从设备服务角度看，涉及新能源设备、储能设备、电气设备、水处理、供冷、供热等多个不同的厂商，对接难度较高。园区管理者和运营方急需一套完整的低碳转型解决方案和整体服务商，承接一站式的低碳改造。



3 管服并重

——数字化碳中和服务平台解决方案



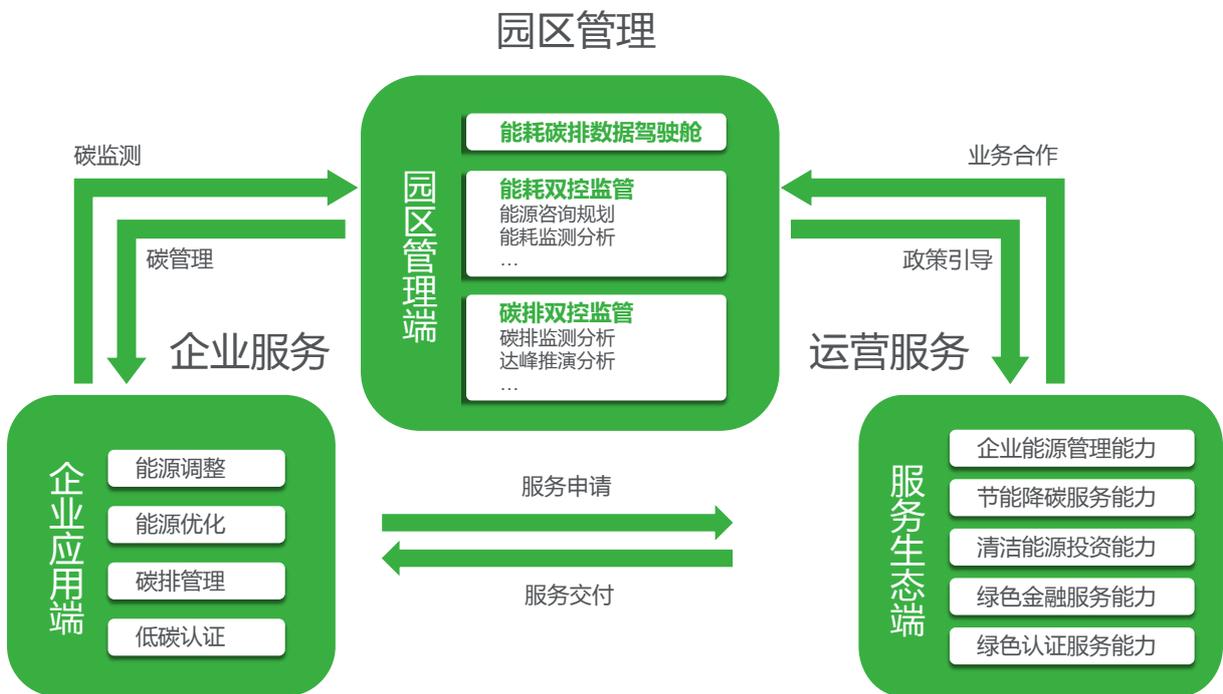
3.1 三端协同：数字化碳中和服务平台创新服务模式

3.1.1 数字化碳中和服务平台的必要性

国家双碳政策落地势在必行，园区管理既要实现园区产业提质增效，又要落实节能降碳责任与义务。然而，园区作为产业聚集地，有企业数量多、规模不一和需求多元等特点，且企业减排降碳的主动性、积极性不高，导致园区双碳之路困难重重。在双碳战略不断推进过程中，如何满足园区既要管理好、又要服务好需求，让园区管理者面临很大的压力和挑战。

所以，需站在园区的整体视角上，构建对园区内企业能耗排放的“看碳”管理能力，同时要考虑企业需求多样化为园区企业提供物美价廉的“降碳”服务能力。

是否有一种模式可以达到：充分调动企业参与节能减排的积极性，在为企业提供多元、高效、优质且低成本的能碳服务的同时，通过能源数字化合规获取园区双碳管理所需的必要数据，服务园区双碳落地？因此，我们提出一个基于三端的园区数字化碳中和服务平台，把成熟能碳服务能力在服务模式上创新，通过三端构建三个相关方的良性协作闭环：



(图6) 园区数字化碳中和服务平台的三端协作关系
来源：施耐德电气、阿里云

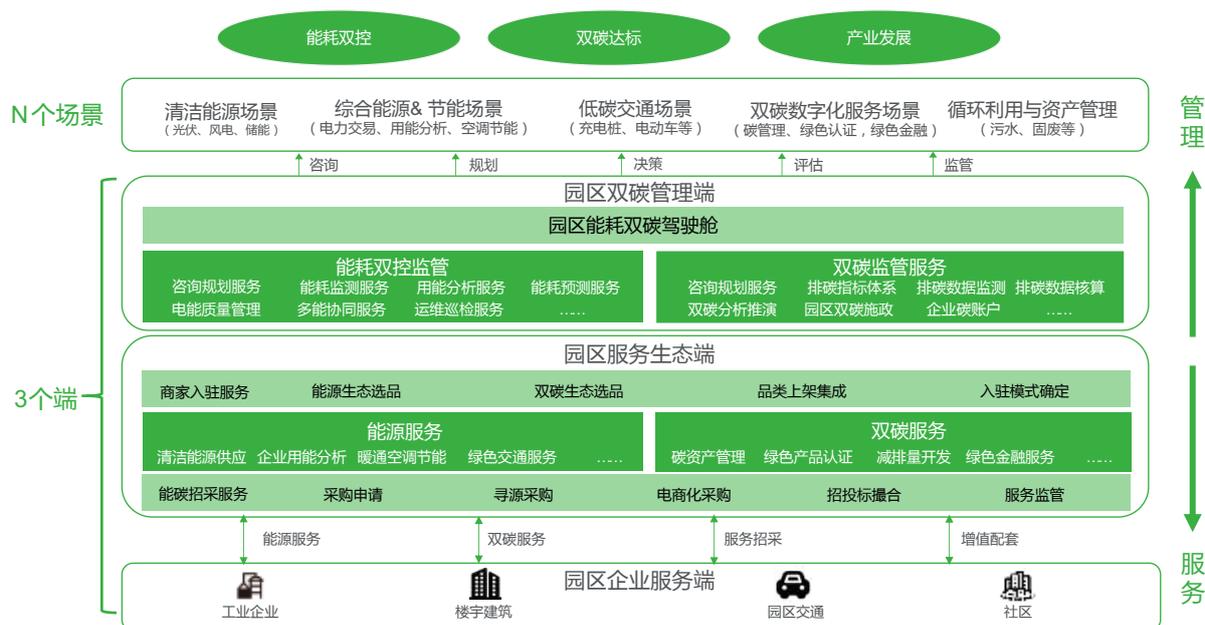
园区监管端：帮助园区精准掌握园区能耗与碳排情况，实现园区的能耗总量、能耗强度、碳排总量、碳排强度的在线监管。以数据为基础，为园区管理者提供全景数据和配套服务，让能耗“看得见”、“看得清”、“管得住”，管得“省心”；

服务生态端：提供能碳服务商家入驻服务和能碳招采服务，引入外部或内部扩展运营能力，汇聚优质的能 + 碳综合服务能力，打造多快好省“菜单”，支撑平台持续性运营。能碳服务上架入驻服务主要是针对园区产业特点，平台运营方精准选择能源与双碳的服务产品进行能力上架；最后，在企业选择服务的时候，提供“点菜”后的采购申请、竞价、服务管理等综合招采服务，让企业选得到，买得“放心”；

企业应用端：通过数字技术，为企业提供按需选购的“实惠”，服务生态端的能力上架后，形成能源服务 + 双碳服务的两个货架，让企业“点菜”，通过服务生态端的服务商完成线上线下的服务，为企业提供一站式能源 + 双碳的服务，让服务更“贴心”。

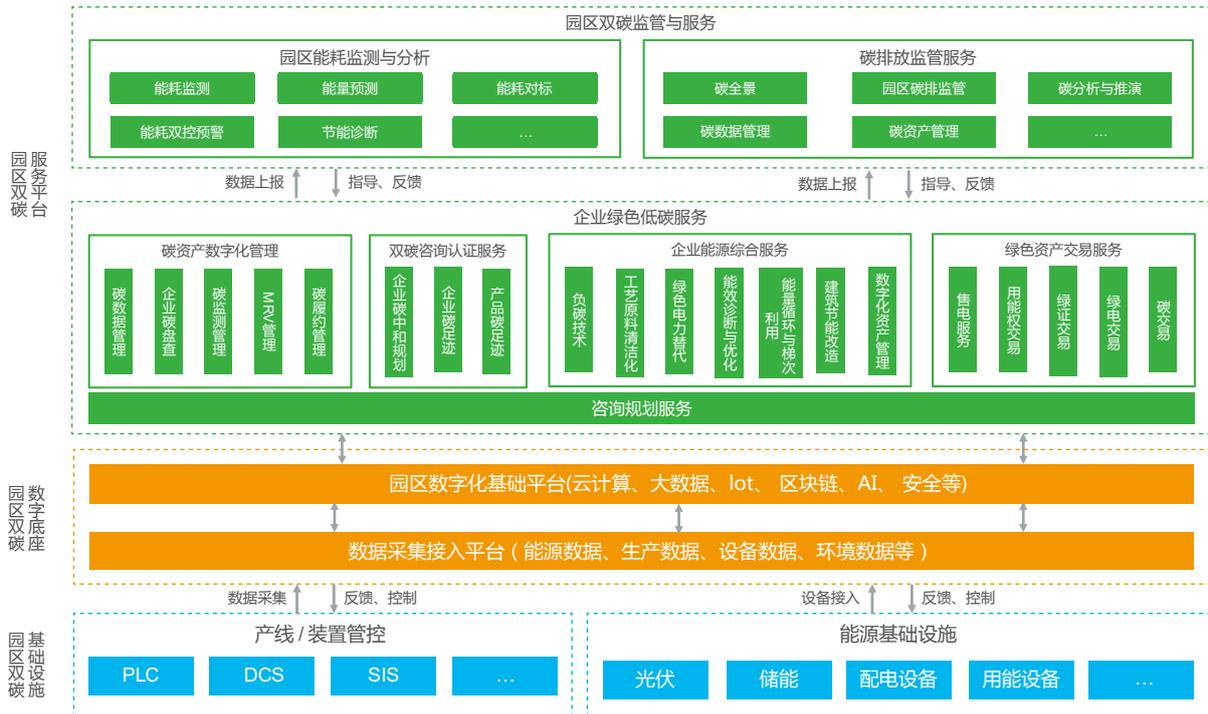
最终，立足园区双碳管理，以运营服务为抓手，为园区企业提供“多快好省”的能源 + 双碳的综合服务能力，提升企业的配合意愿，帮助企业降本增效。服务生态通过服务过程中获得服务收益，园区管理者在过程中为企业带来实惠的服务，最终达成园区管碳降碳目标，配合地方政府双碳政策执行落地。

3.1.2 数字化碳中和服务平台的服务蓝图和总体架构



(图 7) 园区数字化碳中和服务平台的服务蓝图
来源：施耐德电气、阿里云

通过搭建三端的园区数字化碳中和服务平台，向上帮助园区管理，向下为企业提供节能降碳等双碳综合服务，形成上下联动、管服一体的园区双碳创新模式。



(图8) 园区数字化碳中和服务平台总体架构
来源：施耐德电气、阿里云

园区数字化碳中和服务平台总体架构包括：双碳基础设施针对能源及产线等基础系统和硬件进行接入；双碳数字化底座进行数据接入和治理，基于大数据、区块链和人工智能等技术提供基础数字化能力；双碳服务平台面向园区和园区内企业提供双碳管理和绿色低碳服务。

3.2 运筹帷幄：园区双碳监管与服务

园区双碳监管与服务主要包括园区能耗双控管理、园区碳排双控管理两部分内容，基于能耗与双碳数据，提供园区视角的能碳监测、分析能力，构建园区能耗双碳驾驶舱，通过可视化形式实时展示园区能耗碳排情况，助力园区落实能耗双碳任务的执行落地。

3.2.1 园区能耗双控管理

提供园区视角的监测和分析能力，如能管监测、重点企业/区域监测、能耗对标、能耗双控预警、节能诊断等，实现园区能耗监管“看得见”、“看得清”、“管得住”。

能耗监测：对接能源管理系统或设备网关，展现园区整体的水电气等各类能源使用情况，支持分能源类型统计、趋势分析，并监测能耗强度等关键指标，实现园区能耗“看得见”。

节能诊断：基于能耗监测，可以为园区及企业提供节能诊断服务。在有集中供能和余热回收的条件下，采取智慧节能的技术手段，在不影响生产的情况下辅助中小企业做好负荷转移、节能提效，实现园区能耗“管得住”。

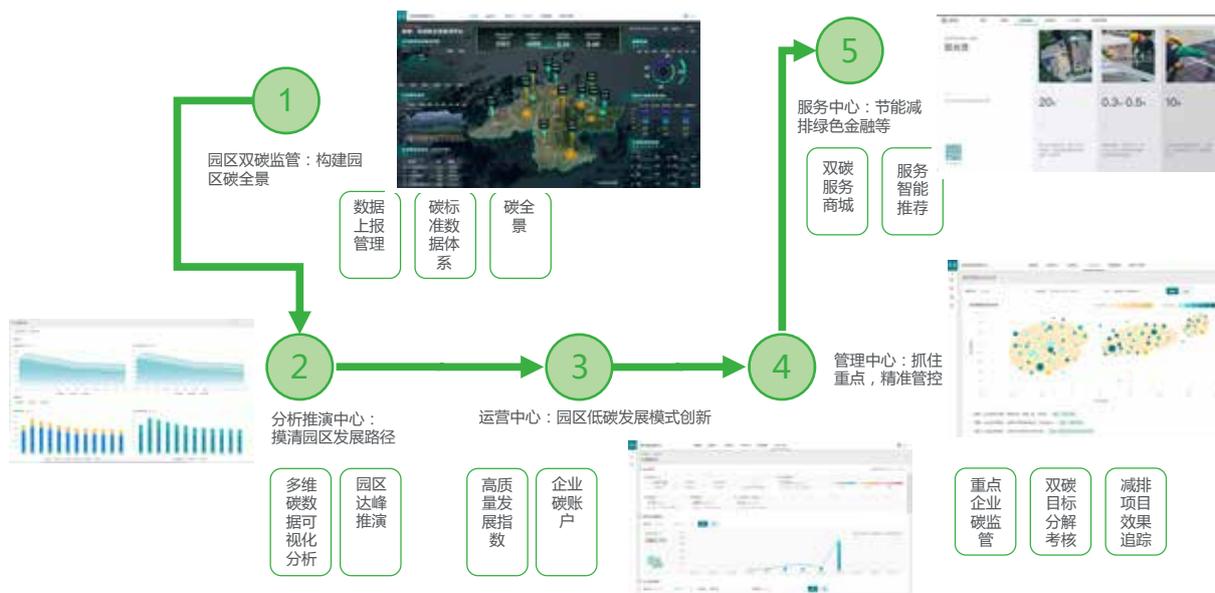
能耗对标：对于不同行业园区企业，提供行业能耗强度先进值、能耗对比等关键信息，从园区管理视角针对性了解企业能耗强度现状，做到“知己知彼”，实现园区能耗“看得清”。

能源预测：针对水、电、气等各类能源，结合历史能源消耗走势数据、气象实况和预报数据，预测未来一段时间能源消耗量，辅助后续碳排放预测、碳交易、电力交易等。

能耗双控预警：能耗双控是指对能源消耗总量和强度的控制。根据行业的能耗强度先进值、园区企业规模的能耗总量目标值，能耗监测到的趋势和预测，为园区提供能耗双控预警，提前发现问题。

3.2.2 园区碳排双控管理

提供园区碳排放监测、监管、分析与碳资产管理功能，为园区的管理者提供面向内部管理与政府监管的服务。



(图9) 园区碳排双控管理全景
来源：施耐德电气、阿里云

园区碳排放监测：利用智慧化和大数据技术，按照减污降碳协同控制理念，对园区能源结构所产生的减污降碳协同效应进行有效地跟踪和评估，提高园区管理的科学性和精准性，把园区打造成为政府双碳监管节点，政府可通过管理园区进而管理企业，创新双碳监管模式。

园区碳达峰推演：通过对园区内企业的碳资产管理服务，对整个园区的碳排情况进行预测分析，结合园区发展规划，推演整个园区碳达峰路径。结合智能化数据分析方法，探讨不同因素对未来能源需求、碳排放、污染物排放的影响，根据未来经济社会、能源发展、技术发展、消费方式与园区自身情况等密切相关的主要因素，在既定的发展目标下，实现多种发展情景。

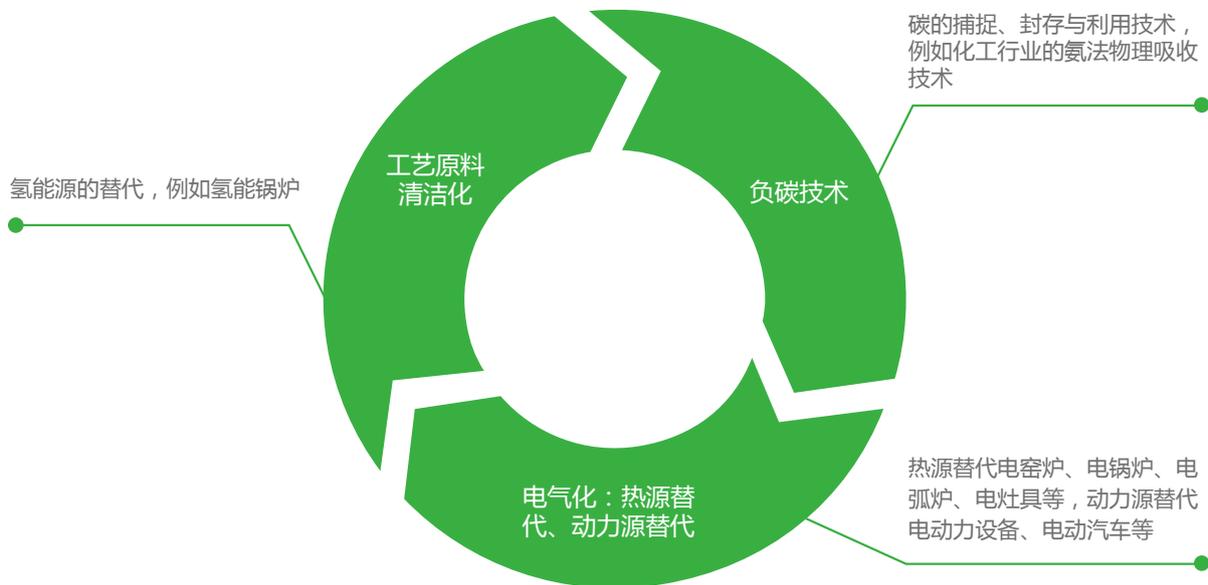
3.3 标本兼治：园区企业能源综合服务

从能源利用的角度看，园区包含能源生产、输配、使用等多重角色，是能源转型的综合应用体。在低碳转型的大趋势下，园区可以通过直接或间接的综合能源服务，例如电能替代、绿色电力应用和节能增效等，帮助用户实现能源转型，是园区零碳之路的重点路径。

3.3.1 控源头：减少直接碳排放

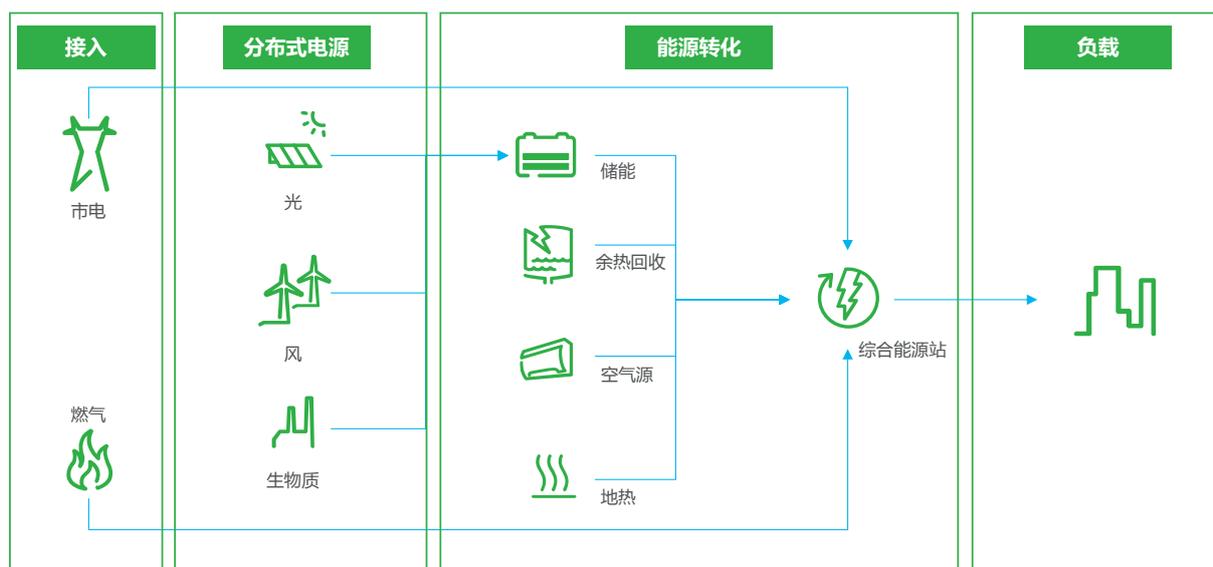
化石燃料消耗产生的二氧化碳排放是工业园区碳排放的最主要来源。化石能源为工业生产提供了稳定的高品位热源、动力源，还是重要的生产原料。有关数据显示，园区直接排放占比高居不下，其中重点耗能产业的钢铁、化工的部分园区更是高达到 80% 以上。可以说，控制了工业园区的直接排放，就是控制了园区碳排放的最大源头。

由于园区的化石能源消耗与工业生产所需的电、冷、热、水等多重能源交织，需要多重技术创新和改造才能实现可再生能源替代，大体包括终端电气化、工艺原料清洁化、负碳技术等控源方式。在这些减碳技术的基础上，通过数字化的手段将他们与氢能、氨能、地热能等多种能源形式有机的结合起来，可以实现能源综合利用。



(图 10) 园区减碳主要路径示意图
来源：施耐德电气、阿里云

园区作为众多企业的服务者和管理者，利用数字化技术，构建统一的综合能源服务平台，通过协同调配企业的生产流程，共享园区电力、冷、热、气、水等能源或资源，解决园区内多种能源的耦合利用不足、能源利用率不高问题，获取产业协同效应，实现园区整体能源和资源利用的最优化，提升清洁能源的应用比例，降低单位产值的能耗，实现用能成本和整个园区的碳排放降低。



(图 11) 园区综合能源管理示意图
来源：施耐德电气、阿里云

3.3.2 调结构：绿色电力替代

以制造业为代表的离散型工业和第三产业为主的园区，间接排放是碳排放的重要来源，绿电替代将是其减排的重要选择。园区的能源结构调整需要新能源电站、储能设施建设、配电系统改造和能源管理系统搭建。然而，园区中大型企业自建新能源电站的规模相比自身需求杯水车薪，无法满足自身需求，而中小企业却无力负担这些建设改造投资。

园区恰好可以作为综合能源提供方，统一规划利用园区内的土地、屋顶等资源，开发多能互补的综合能源平台，平衡园区内不同类型企业的用能需求，帮助园区内企业实现投资成本与收益的平衡、能量的合理分配，提高园区清洁能源的自给比例。

在充分利用本地绿色电力的基础上，对于一些仍无法满足自身需求的高电耗园区，可以通过投资新能源电站、购买绿电绿证、参与“隔墙售电”等方式，实现间接排放中的降碳或碳抵消。



(图 12) 园区绿色电力来源示意图

来源：施耐德电气、阿里云

3.3.3 提效率：提升能源利用效率

节能增效并非新兴话题。从产业经营的角度来看，节能增效可有效提升生产经营效率，节约成本。从降低碳排放的角度来看，在工业等多个领域，如水泥生产过程中，原料碳酸钙高温分解形成二氧化碳等，这类碳排放短期内暂无成熟的清洁化替代方案，提升效率就成为减碳的关键举措。结合园区场景来看，可从三大方面实现节能增效：



(图 13) 园区节能增效主要路径示意图

来源：施耐德电气、阿里云

硬件优化升级

源头上对基础设备进行能效升级，例如对工业窑炉、锅炉、电机、泵、风机、压缩机等重点用能设备进行节能改造。诸如使用高效变频器、高效变压器，增加精确的压力 / 水位传感器，余热回收装置等实现节能。

资源循环与能量梯次利用

循环和梯次利用也是实现园区节能减排的重要方式，提升能源利用效率，促进资源利用循环化转型，减少园区边界内或边界外的碳排放。

以余热回收为例。据公开信息显示，我国的余热余压资源丰富，余热资源约占其燃料消耗总量的 17%-67%，其中可回收率达到 60%，特别是在钢铁、有色、化工、水泥、建材、石油、石化、轻工、煤炭等行业。目前，我国的余热应用比例偏低，大型钢铁余热利用率约为 30%-50%，其他行业的利用率更低。利用热交换、热工转换、热泵（溴冷机）系统进行回收余热再利用，是实现零碳园区的必要手段。

数字化精益改善

在园区楼宇和基础设施方面。针对园区的用电系统，包括楼宇空调、照明、电梯、动力等系统，根据其建筑特点及点位分布特点提供灵活的、定制化的智能诊断，通过丰富的能源诊断规则，实现对能源使用的优化。

在工业生产中，从整体生产工艺的方向进行优化，通过提升工艺效率来实现碳减排。例如在水泥行业，通过先进的过程控制（APC）消除人为的操作差异，通过智能优化控制，从数据中挖掘知识，自动识别创建多变量预测控制模型，对质量预判断。可实现减少窑磨系统的能耗，单位质量产品能耗减少 1%-2%；减少回转窑系统煤耗，单位熟料燃煤消耗减少 0.5%-1.5%。

3.3.4 精管理：数字化资产管理

园区的数字化低碳转型中遇到的最大挑战是对于园区的资产管理能力提出了更高的要求，对传统的运维模式提出了挑战。

通过园区运营数字化转型，引入数字化管理工具，管理新能源发电、储能、配电、生产等各种新增设备，实现从设备的购置入库到设备的运营维护不同阶段的全方位数字化管理。

利用大数据模型算法进行评估，通过行业专家服务对故障跳闸分析、电能质量定性分析、容量分析等问题提出专项改善建议。通过收集到的数据进行拟合曲线统计，将实测状态值与预估值进行比较，并通过机器学习完善运行状态预测模型，提升资产设备健康管理、运维管理的数字化水平。

3.4 乘风而起：园区企业双碳数字化服务

主要包括企业碳资产管理、组织 / 产品碳足迹等绿色认证服务、绿电交易 / 碳资产等绿色交易服务和绿色金融服务等服务能力。

3.4.1 企业碳资产数字化管理



(图 14) 碳资产管理目标
来源：施耐德电气、阿里云

在强制排放权交易机制或自愿排放权交易机制下，控排企业通过政府许可的碳排放指标获得碳资产，其他企业也可通过经过认证程序的碳减排项目或交易获得碳资产。通过数字化手段帮助企业资产管理碳资产，为企业开展碳管理提供制度与组织保障。积极应对碳市场，做好碳资产的保值和增值，以获得最大减排收益。

碳数据管理：提供企业账号创建能力，一企一档，提供企业级别的数据分析服务及管理，保证数据的安全性、准确性及可追溯。

企业碳盘查：企业节能减碳第一步是看清自身的碳排放量。依据国家或地方的核算标准，为企业提供在线碳盘查工具，根据内置的不同排放源类型、不同地域的碳排放因子，自动生成碳排放报告，降低企业碳盘查门槛。

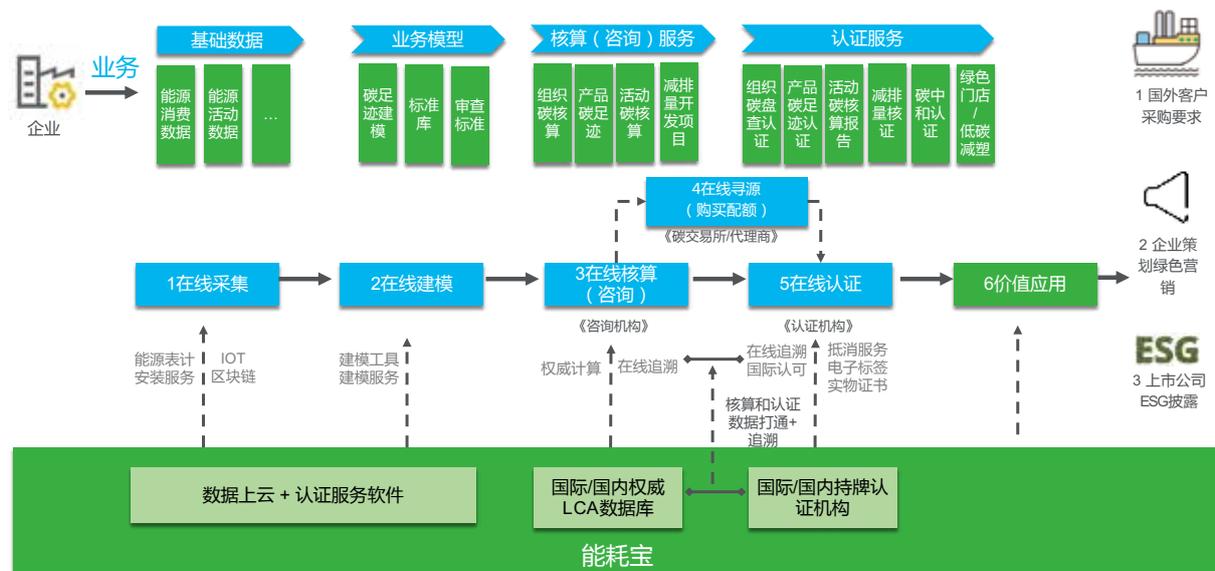
碳监测管理：提供碳监测功能，对接能耗数据，实时计算碳排放量，并与年度碳排放目标对比，累计碳排放量增速过快时预警。

MRV 管理：MRV 是指碳排放量化与数据质量保证的过程，包括监测 (Monitoring)、报告 (Reporting)、核查 (Verification) 三个步骤。为企业提供 MRV 的过程管理，根据所在碳市场的时间要求提醒企业完成相应工作。

碳履约管理：在每年的履约期前，结合 MRV 核查结果 (企业应履约的数量)、企业的碳账户、碳交易行情，为企业推荐最优的履约策略，帮助企业以最低成本履约。

3.4.2 企业双碳咨询认证服务

企业双碳咨询，是指企业根据其行业特点及发展阶段制定对应的碳中和规划，更好地平衡企业碳减排和发展之间的关系。从碳盘查及认证的维度来看，可分为组织碳足迹及产品碳足迹。目前就国际贸易、ESG披露及绿色金融等市场来看，企业对碳足迹认证的需求也越来越强烈，对碳足迹数字化平台的需求也越来越迫切。



(图 15) 企业碳中和规划及认证
来源：施耐德电气、阿里云

企业碳中和规划：企业通过数字化平台提交相关资料，平台模拟分析，摸清企业碳排放家底、分析企业碳排放现状问题和减排潜力。把握政府和市场、长期和短期、整体和局部、发展和减排的关系，预测企业未来发展及碳排放情况；结合当前社会低碳发展的趋势和政策，分析碳中和的目标；依据规划碳中和的目标，综合考虑机制体制、能源结构、能源效率、工艺设备和低碳技术等方面的情景，模拟计算不同情形的碳排放，根据情况制订碳中和的路径；规划实施碳中和的重大项目，方便企业实施碳中和项目，实现碳中和目标。

企业碳足迹：为企业提供碳足迹的在线数字化认证。通过企业在线提供碳排信息，对企业温室气体排放进行核算分析，寻找节约能源、减少碳排放与技术改造的机会，提高能源利用效率，减少温室气体排放，应对政策壁垒，规避法律风险。通过向利益相关方的公开报告，展示组织的低碳产品及服务，提高利益相关方的认可程度，提升企业社会形象。

产品碳足迹：帮助企业进行产品碳足迹在线认证，降低企业整个低碳核算和认证的成本，同时利用区块链和 IOT 技术，对原材料开采、产品生产（或服务提供）、运输、使用到最终再生利用和处置等多个阶段进行系统化、定量化评价产品生命周期过程中资源环境效率，实现整个数据和结果的可信可追溯。企业基于产品碳足迹的全面评价，为后续实现减排目标和持续减排方案提供了基础；在外贸场景下，能够为企业避免碳关税带来的出口困难；碳足迹结果可用于下游产品设计与供应链低碳管理，促进全产业链的低碳发展；碳足迹结果可用于市场宣传，展示产品或生产工艺在碳排放方面的优势，为下游厂商或终端消费者的低碳选择提供依据。

3.4.3 企业绿色资产交易服务

企业对能源及碳资产的采购策略，直接影响了企业绿色资产的保值增值及降低生产成本。目前形成“能（电）”和“碳”两大类市场，企业可根据自身需求参与市场交易，获取最适合自身发展需求的策略方案。



（图 16）企业用能行为资产化模式
来源：施耐德电气、阿里云

售电服务：为企业提供在线化、数字化、智能化的用电管理服务，在新型电力市场规则下，为客户提供用电管理、售电辅助功能，同时提供市场内有竞争力的售电代理价格。

用能权交易：用能权是指企业年度经确认的可使用的各类能源的权力。用能权交易充分发挥市场配置资源的决定性作用，为企业实现能源控制目标的途径；有效推动能源要素向优质项目、企业、产业流动和集聚，引导社会资本向节能领域投资并促进节能技术进步；服务于企业的用能权，为企业长足发展、绿色发展、高质量发展提供服务。

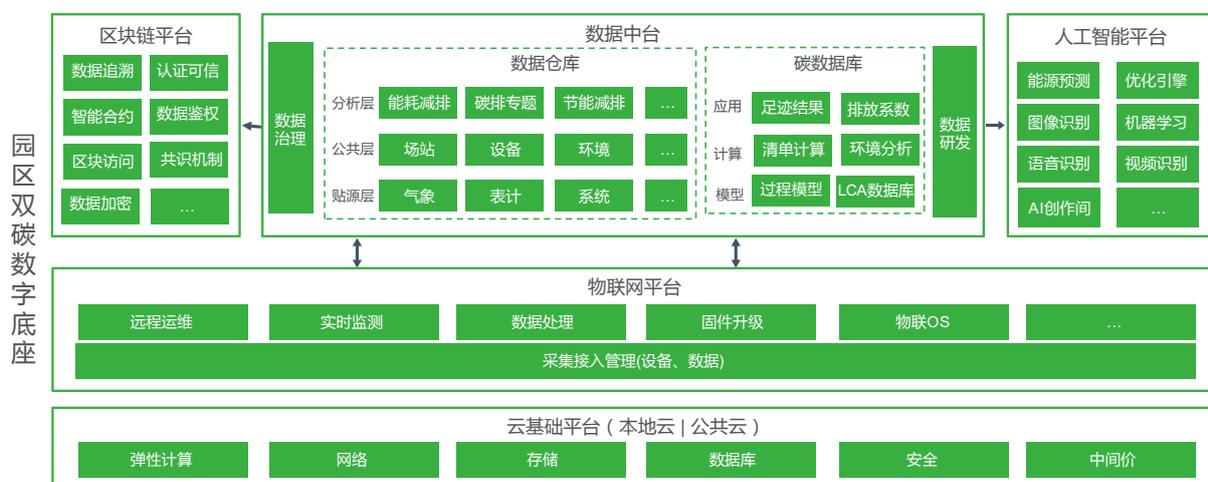
绿证交易：绿色证书交易是指政府对发电企业的可再生能源发电核发的绿色交易证书，绿色交易证书在能源企业间买卖，价格由市场供需决定。通过可再生能源发电量和绿色证书的互相转化，部分弥补了可再生能源发电企业资金短缺问题，鼓励可再生能源优势企业的积极性；绿证交易使未完成可再生能源发电配额任务的企业获得一条低成本的实现途径，优化了电力生产资源的配置；可再生能源由于稳定性差，弃光弃风现象时有发生，绿证交易促进了可再生能源消纳。

绿电交易：电力用户通过双边交易方式从新能源企业购买绿电，既满足了生产用能需求又能获得可追溯的绿色环境价值权益。新能源企业通过绿电交易获得收益，对新能源行业发展产生积极作用；绿电交易既帮助用能企业拓宽减排路径，又起到优化能源消费结构的作用，同时凸显出新能源发电的绿色环境价值属性。绿电与碳交易市场逐步衔接，助力降碳目标达成；园区绿电交易实现“肥水不留外人田”，保证园区优先使用。

碳交易：碳交易是履约和实现碳中和不可或缺的手段，是实现双碳目标的核心工具；通过碳交易，充分发挥市场的作用，实现碳资源的自由流动，使碳资源得到合理的配置，企业实现低成本碳减排；有利于将资金和技术导向低碳领域，加快推动园区产业结构的转型升级；促进园区的技术进步和产业的升级，科学实现园区碳达峰碳中和。园区碳交易推动碳在园区的流动，有利于园区双碳目标的实现。

绿色金融：基于平台沉淀的企业碳排数据、企业及产品碳足迹信息，园区可支持企业在开展技术改造和能源升级等减排项目时，申请绿色金融服务，引入低成本直接和间接融资，帮助企业在不大幅提高成本的情况下实现能源转型，实现相关资源投入的正向激励。

3.5 数字使能：园区双碳数字底座



(图 17) 园区双碳数字底座
来源：施耐德电气、阿里云

园区双碳数字底座以云平台为基础，以园区能碳数据为核心生产要素，融合物联网、大数据、人工智能、区块链等新一代数字技术，构建全面的园区双碳数字支撑体系，实现能流、碳流、信息流和价值流的柔性融合，统筹优化园区控排与生产关系，为园区能源转型、能耗优化、能效提升提供数字化支持，是园区绿色低碳发展和数字化转型的重要支撑。

弹性扩展、绿色动力——云基础平台

园区绿色低碳发展是一个长期复杂的过程，园区内企业在绿色低碳转型过程中对数字化的需求也各不相同。云基础平台以云计算为核心，构建稳定、可靠、弹性的云基础架构，可满足园区双碳服务平台长期发展演进的需求，为园区绿色低碳转型提供了经济、易用的绿色算力来源。



实时在线、智慧运维——物联网平台

园区整合了众多企业，每个企业及园区基础设施使用的设备、系统的数据接口及协议也不径相同。物联网平台提供了从园区各式各样的能源基础设施和产线/装置生产管控系统采集数据的能力，全面采集园区生产生活活动产生的能源、生产、设备、环境等数据，让数据应采尽采，为能碳数据的统计、核算、核查、分析等打下坚实的数据基石。

数字化的设备是园区数字化和节能降耗的基础，无论是数据采集、分析，还是后期的运营维护，高效、安全、稳定、智能的终端设备是一切数字化发展的基础。物联网平台采用云边协同架构，以智能设备为前提、以终端服务为入口、以物联安全为保障，实现园区内人、机、物的泛在连接，提供信息感知、信息传输、信息处理等物联能力，满足园区对异构终端在异构网络下的感、传、知、用的需求，实现对园区内能源、生产等设备的智能化管理，提升对设备的在线监测、远程维护、在线升级等能力，提高园区设备资产管理效率。

全域融合、数据赋能——数据中台

园区内汇聚了不同企业、不同设备大量结构化和非结构化的能源、生产、碳排放等数据，管委会、运营方、企业等不同角色，对数据的分析需求也各不相同，零散的数据，难以发挥数据的潜力和价值。数据中台基于园区能碳数据标准规范体系，消除数据孤岛，实现园区能源、能耗、碳排、生产等数据的融合贯通，形成园区能碳数据资产，构建面向主题的数据分析体系，满足园区管委会和运营方针对企业、能耗、碳排放等不同角度的数据分析需求，为园区能碳监管和企业绿色低碳服务应用，提供全方位高效的数据支持。基于园区数据中台建设专业碳数据库，服务于园区、组织的碳盘查计算以及各类产品的全生命周期评价等。

安全可信、开放共享——区块链平台

随着国家双碳目标的提出，围绕企业绿色低碳发展方面相关的政策激励、绿色金融服务也在快速发展，如何杜绝数据“洗绿”、“漂绿”、“泄露”等问题，确保有限的资金流向真正的绿色项目，是绿色产业健康发展的关键。区块链平台基于区块链和隐私计算等技术构建安全可信的数据开放和交换体系，在数据安全性上提供身份认证、许可授权、加密传输、网关控制等能力，保障数据传输和使用的安全、可信、合规，帮助园区、企业、政府、机构获取真实、可信的数据。

工业智能、节能降耗——人工智能平台

园区内汇聚了各种不同类型、不同行业的生产企业，在企业绿色低碳发展过程中，会面临生产工艺优化、用能优化等诸多方面节能降碳改造需求，而有限的数字化水平、高昂的信息化投入成为生产企业绿色低碳转型的最大绊脚石。人工智能平台以数据为基础，以行业成熟算法模型为核心，以机器学习、视觉识别等 AI 技术为支撑，可快速、高效地开发面向各类节能降碳场景的智慧应用，把人工智能与大数据技术接入到园区企业的生产线，帮助园区生产企业实现数据流、生产流与控制流的协同，提升企业生产工艺和智能化水平，降低企业生产能耗，提升企业生产能效。



4 场景聚焦

——数字化碳中和服务平台行业解决方案



4.1 钢铁冶金园区：数字化生产节能

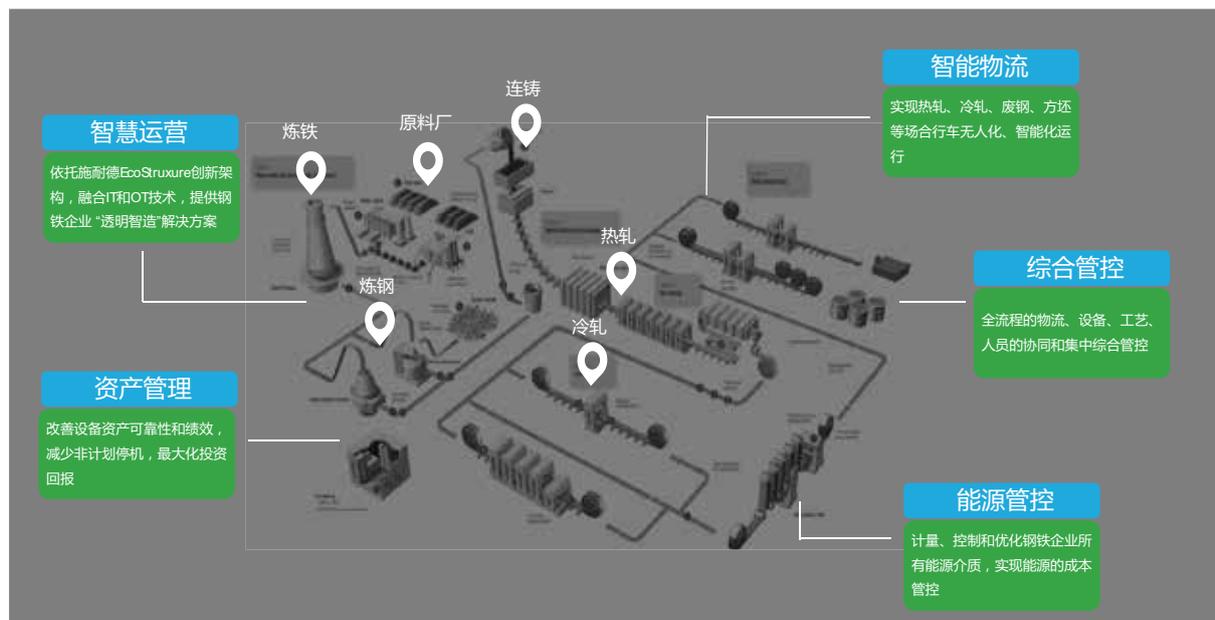
钢铁工业是国民经济的基础产业。当前，我国已建成全球产业链最完整的钢铁工业体系，中国钢铁冶金行业体量巨大，粗钢产量 10.65 亿吨，占世界钢铁产量的 57% 左右（2020 年数据）。由于国内企业数量众多，建设时间不一，且工艺布局复杂多变，所以钢铁园区形态多样，近些年新建钢铁企业基本以独立园区为主。

节能降耗需求

钢铁冶金园区是工业耗能大户，行业碳排放占全国总量的 15% 以上，是碳排放量最高的制造行业。钢铁冶金大多数工艺都是以传统石化能源为主，另外对电力、水资源的消耗也很多。钢铁冶金园区的低碳转型路径较为直接，其中废钢再利用、氢气直接还原炼钢（ H_2 -DRI-EAF）、可再生能源替代、能效提升、以及碳捕集利用与封存（CCUS）等技术是中国钢铁行业碳中和的重要抓手。但综合考量成本、技术成熟度和可用性，紧密结合行业需求，通过全套工业自动化、中压配电及低压电气设备在内的完整数字化解决方案，推动能效提升，无疑是短期内最有效的方式。

数字化助力生产优化，实现节能降碳

钢铁冶金行业生产环境非常严苛和恶劣，存在含有导电性粉尘，甚至腐蚀性气体的场合，不利于人员现场作业。因而，实现生产过程的自动化，保障生产可靠高效，是能效提升的关键。



(图 18) 施耐德电气钢铁冶金行业节能降碳方案

基于带有防腐蚀涂层和防尘性能的大型控制器，配合先进的系统控制方案，优化加热炉、热风炉、点火炉、回转窑、球团焙烧等系统，可以大大提升系统正常运行的稳定性，实现生产工艺过程的自动化和数字化，减少各冶金工艺的碳排放。

此外，通过先进控制器还可以实现各区域能源数据的采集和传输，将底层的数据实时的采集并传输到管理系统，实现精确的能源消耗计量和统计。园区企业能够实时掌握能源消耗数据、碳排放数据，让整个园区的管理更加透明、及时，决策更科学，保证整个园区低碳转型目标实现。

上海宝钢：实现钢铁生产走向数字化

宝钢股份作为国内最大的现代化钢铁企业，其热轧 1580 智能车间升级改造成为钢铁业首个正式入围工信部“中国制造 2025”的试点示范项目。

施耐德电气为宝钢股份提供一整套完整的无人起重机行业解决方案和能源管理系统，通过优化的起重和物流系统算法，可确保无人值守操作期间的最佳运行状态。实时监控所有设备的运行状况，赋予制造设备数字化运营权，智能化实施供应链控制和决策过程。

在热轧车间实施板坯库无人化作业，被广泛认为是最困难的环节。凭借施耐德电气借助 EcoStruxure 工厂解决方案，宝钢在其 1580 智能热轧车间实现了无人值守和自动运行的目标。其中生产率提高 30%，使 98% 的起重机操作完全自主，平均日产量达 10,500 吨，板坯库倒垛率由原来的 30% 提升至现在的 70% ~ 80% 左右，显著提高了工作效率，有效保证了操作人员的安全。在工程控制、高效、智能运营、安全和可靠性方面获得显著改善。

4.2 化工园区：综合能源管理

根据国家统计局能源统计数据和环境统计数据测算，2020 年石化和化工行业碳排放总量为 13.78 亿吨 CO₂，占全国碳排放总量的 13% 左右，在工业领域碳排放量中仅次于冶金行业。截至 2020 年，诸多城市的化工企业入园率已达到 80%，行业规模以上企业 51% 在化工园区，化工园区已成为我国石油化工有限公司规模化发展的主战场。

高排放，高能耗，高水耗

以化工园区为代表的高耗能控排行业，是资源消耗大户，其特点可以概括为“三高”，即高排放，高能耗，高水耗。在生产过程中大多数工艺的原料、热源均以传统石化能源为主，尤其是各种煤炭资源。另外，园区对电力的消耗也高，大部分园区均有自备燃煤电厂，进一步提升了园区的化石能源消耗。最后，化工行业生产过程中的热量及冷量的消耗量巨大，冷却、蒸汽等重要工艺环节对水资源的消耗也很多。

能源与环境基础设施共享、梯级利用与耦合优化

化工园区由于化工企业聚集，在产业链、供应链结构，以及基础设施共享方面具有得天独厚的优势。园区的集中式冷热电联产、热力电厂、集中污水处理，实现园区能源基础设施和环境基础设施的共享，是提升园区能源利用效率的第一步。

煤化工园区和石油化工园区的龙头企业一般规模较大、能耗较高，在满足自己的大型能耗设施能源消耗的同时，和化工园区公用的能源基础设施打通，利用余热获取不同等级的蒸汽，构建起自己的公用工程系统。通过共用工程优化和能源管理系统，为园区供给电能、多级别热能与冷却用能，实现能量的梯级利用并提高能量效率。

最后，通过数字化应用，例如使用流程模拟工具、数据平台和监控平台可以协助完成梯次管理等，对园区进行数字化能力升级，对能源系统及水系统进行全面数据获取和可视化，提升园区的能-水系统管理能力和监控能力，实现化工园区的“感知一张网、管理一张图”。

对用能网络及水网络进行离线或在线优化研究，并经过分析得到能源系统的能源平衡图及水系统的水平衡图，进行图形化的监控、分析、追溯及报警。基于数理模型，在保证安全要求、碳排放要求、生产弹性要求和综合调度需求的情况下，对用能/水网络进行经济最优化实时计算，并将最优化目标下放到园区的能源系统及水系统中执行，从而实现能源网络和水网络的分别优化乃至耦合优化，取得经济效益和碳排放的平衡。

因此，化工园区可使用用于能源网络优化、水网络优化及两者耦合优化的解决方案，实现两者的梯级利用和优化，实现减少能源消耗、减少水消耗、降低碳排放的目标。

扬子石化巴斯夫有限公司：能源管理与优化，实现可持续发展

扬巴公司已在中国南京建立一个世界一流规模的石化公司。整个工厂成功和经济地运行的关键之一是要有一套成本低且运行可靠的能源系统。

施耐德电气为扬巴电厂建立能量管理与优化系统，在尊重操作约束的基础上最小化装置操作总成本。采用 AVEVA ROMeO 实时优化平台，以严格机理建模的方式，建立全厂能量管理与优化模型。与电厂 PI 实时数据库无缝集成，实时获取当前操作数据，保证系统可根据当前工况自动生成最优化方案。

最终帮助客户实现自备电厂主要设备运行状况的在线实时优化操作，如燃气轮机、蒸汽轮机、锅炉等。利用能源管理与优化系统，实现离线工况研究，计划分配优化功能。实现电厂操作总成本下降了 1.4%。

4.3 食品饮料园区：精益生产与能效提升

食品饮料行业的园区化从 20 世纪末开始逐渐成规模出现，最初从成本角度、土地经营角度出发，一些拥有多种类产品的企业开始试点集中型工厂群。随着企业管理者对园区认识的逐步发展，又逐步出现产业链集中型生产园区（如制瓶、包装和物流企业的加入）。这些年随着新建园区规模的逐步扩大，精益管理的理念日渐深入人心，更多的信息化技术用在了园区建设上。希望通过各种新技术提高园区的效率和盈利能力，打造舒适、安全、高效和绿色的食品饮料工业园区。

柔性生产与低碳节能的需求

在双碳目标日渐明确的社会环境下，食品饮料各子行业减碳的主动性大为提高。不少企业为承担更多的社会责任，塑造更为“绿色”的企业形象，从而增加其在消费者心目中的友好度。另一方面，消费者的口味不断变化，小批量多样化的产品需求成为趋势，这带来了设备、工艺及企业管理上的挑战。因而，食品饮料企业在节能和降碳方面的转型需求逐年增加。

食品饮料行业子行业众多（包括粮油、乳业、饮料、酿酒、糖果、烘焙食品、烟草、冷饮、休闲食品、宠物食品等等），碳排放与用能情况各不相同，例如奶粉、冷饮行业总体能源成本占比较高。食品饮料园区的能源消耗主要为水、电、气及纯净蒸汽，多种能源使用高复杂性，能源数据缺乏可视化集中的统计，缺乏完整、客观的能源消耗数据报表，管理者无法做到能源的精细化管理。能源系统作为生产辅助系统，与生产工艺缺乏有机联动，疏忽对工艺用能数据的分析，需供不匹配，造成用能水平偏高。

生产管理与能源管理优化

虽然能源消耗在食品饮料行业生产成本中占比不尽相同，但其能源品种多，工艺多样化，依然为实现双碳目标带来了难度。数字化，是解决这一问题的基础。

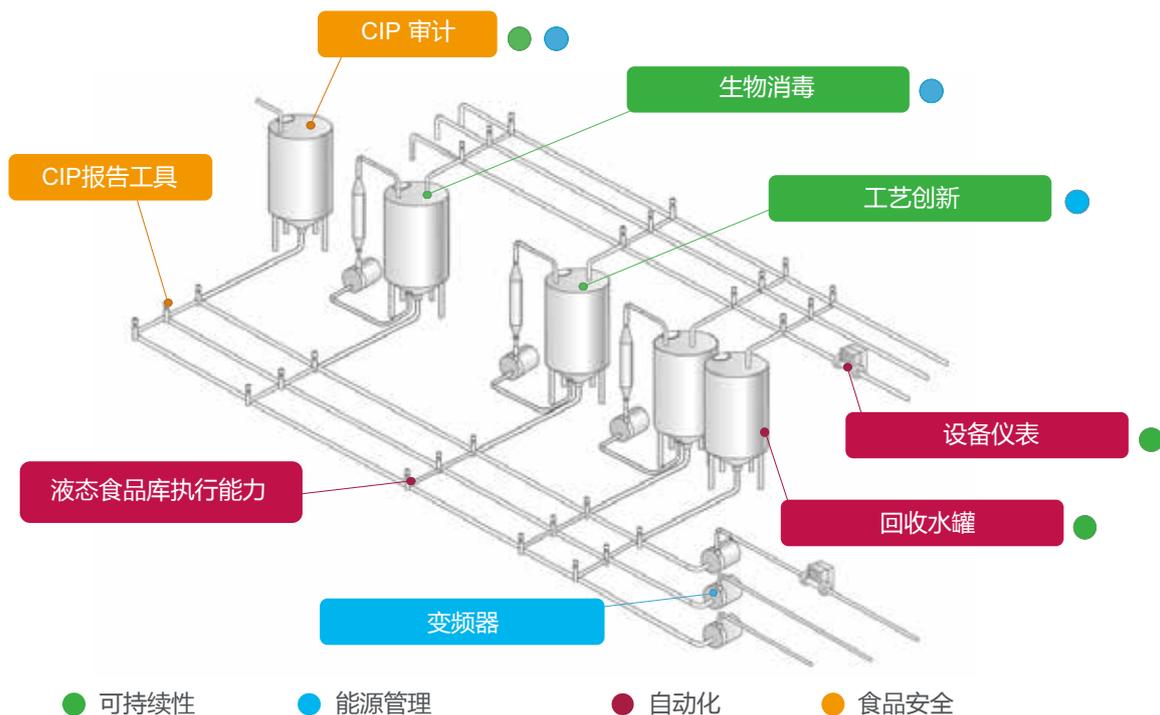
生产管理系统优化。优化生产管理，提高能效。对全厂关键区域和设备的环境数据进行采集并展示，依据趋势对报警进行预判，最大程度减少偏差产生。近年来，食品加工产线的能源使用效率不断提升，5 年前的产线和当前新技术下的产线能耗差别最多可能达到 25%。

以饮料生产为例，CIP^[2]装置是整个罐装线中必不可少的一环。通过有效的数据采集和数据分析，并使用软件计算 5T^[3]参数的最佳组合 Golden CIP，在确保质量的基础上优化运营、提升能效，节能降碳的同时，大幅降低成本。

能源管理系统优化。优先通过变频改造、余热利用、智能化园区照明等方式，降低能源使用，减少热能耗散。在此基础上，针对食品饮料园区公用工程系统，如空压机群控系统、灯光控制系统、冷/热源控制系统、循环水系统、空调控制系统，将能源管理与生产管理联通，通过信息化、智能化方式改善管理能力，寻找节能机会点。

注 [2] CIP 系统是 Clean In Place 的缩写，原位清洗（在线清洗、就地清洗）

注 [3] 即，Time 清洗时间，Turbulence 湍流度，Temperature 清洗温度，Titer 清洗剂浓度，Turbidity 浊度



(图 19) 食品饮料行业典型产线示意图
来源：施耐德电气、阿里云

例如，通过联动园区内各厂的生产用能需求和园区动力车间的供能能力的节奏匹配，匹配前端与后端生产需求，提高用能利用率；通过对工业空调机组的控制，保证对整个工厂存储环境和生产环境的检测和控制，实现整厂的公用动力系统群控，节能减排，使 COP 最优化。

建立全方位的能源管理和生产管理体系，可以实现联动优化控制，提高能源使用效率，降低碳排放。

伊利现代智慧健康谷

施耐德电气与伊利集团就“伊利现代智慧健康谷”项目展开数字化交付、能源管理系统、厂务管理系统等相关合作。

数字化交付将以施耐德电气 AVEVA AIM 交付平台构建方案和落地，凭借 AIM 平台标准驱动工程设计数据的合规，以及其强大的数据处理能力，从兼容性、开放性和可扩展性上助力“伊利现代智慧健康谷”实现真正意义上的数字化交付。

施耐德电气还对工厂离散分布的暖通空调控制单元及各能源子系统通过 FMCS 和 EMS 平台进行整合，实现暖通空调、送排风系统的集中自动化控制和管理。同时对各能源子系统的数在中控室的能源管理系统进行整合，实现对各能源子系统的集中监视和控制，从而提高系统的运营效率和管理水平，并优化和降低成本，达成双碳目标。

4.4 楼宇建筑类园区：绿色电力与绿色交通

楼宇建筑类园区一般包括城区的创意、科技产业园区或郊区的物流园区。相对于工业型园区来比，楼宇建筑类园区的碳排放主要集中在电能消耗和少部分燃气、冷热水消耗，因此楼宇建筑类园区的碳排放结构相对简单，更易于进行双碳的推动。

电力清洁化程度与数字化管理能力不足

楼宇园区的碳排放结构一般包含电力、汽柴油、天然气。由于大部分园区电力的来源为电网供电，其清洁化程度依赖于电力系统整体情况。因而电力往往是楼宇建筑类园区的最主要碳排放源。同时，与园区相关的交通碳排放也值得关注，物流车辆、员工通勤的汽柴油燃烧导致的碳排放也是重要来源。

楼宇建筑类园区的数字化基础相较于工业园区不够理想，且能源利用效率较低。许多老旧园区分项计量缺失、表计损坏、断路器触头损耗严重，设备控制还停留在本地控制，无法提供可靠的数据，急需能源数字化改造升级。只有提升行业数字化进程，提升能源利用效率，才能进一步推动双碳目标。



绿电应用与能源管理能力提升

电力作为物流园区的最主要碳排放来源，电力清洁化是楼宇园区实现碳中和的关键。园区应充分利用本地可再生能源，实现低碳减碳目标。近些年风电、光伏发电技术已经趋于成熟。园区相比与普通高层建筑，应全面利用起屋顶、停车场、幕墙外立面等区域，利用因地制宜的储能模式，结合沼气发电、地热能等多种可再生能源热电联产工厂形式，建立起园区微电网。在充分考虑到运营可行性以及供给侧安全的前提下，结合新技术的产学研一体化，实现更多种多样的节能与可再生能源的模式。利用多种可再生能源发电，多管齐下，才可以实现高效减碳以及打造标杆项目的目标。

微电网能量管理不仅可以实现园区节能降碳，还可以实现园区的运营成本降低。最典型的例子便是通过利用峰谷电价差实现用电成本下降。对分布式新能源和储能进行优化整合，根据分时电价，实现分布式电源、用电设备、储能经济调度，以获得更低的平均度电电价，优化电量电费利，改善能源结构并优化成本。此外，还可以利用园区分布式新能源、储能系统，通过虚拟电厂技术参与需求响应，通过获得额外辅助服务收益。

“光储充放智能微网”可以帮助园区实现绿色出行，采用“绿电消纳、削峰填谷、有序充电”等的运行策略模式，不仅能够实现光伏发电自发自用、余电存储，满足电动汽车的充电需求，还同时利用 V2G 双向电桩的使用，还可动态实现与电网间能源互动，满足未来台区柔性、互动化的高质量配电需求。“光储充放一体化”以其清洁、绿色、可持续的方式，改善了能源利用结构，实现了新能源的高效利用和可靠供电。

德国柏林欧瑞府园区智慧城市园区

德国柏林欧瑞府园区智慧城市园区是由位于柏林市内舍内贝格区的煤气站原址改造而建成，从 2008 年起致力于打造零碳园区，与 2014 年达到碳中和，完成了可持续发展和经济型的同步实现。利用光伏、风电、甲烷热电联产装置、电转热和电转冷设备，为所有楼宇和电动汽车提供电力、供暖和制冷。在施耐德数字化微电网控制下，每年节省 100 万度电，相当于柏林 20 分钟的能源消耗。在施耐德基于物联网的 EcoStruxure 能效管理支持下，电力、热能和用水成本降低达 25%。因此，利用多种可持续能源、以因地制宜的储能，以数字化能效管理为基础，零碳数字园区不仅是可持续的，也可以实现经济性的大幅提升。

阿里巴巴西溪园区

阿里巴巴西溪园区是阿里巴巴集团总部，位于浙江省杭州市余杭区，总建筑面积42.38万平方米。园区是典型的IT产业楼宇园区，空调系统的能耗占比最大，是节能改造的重要方向。通过阿里云能耗宝空调智能控制，西溪园区实现了中央空调系统根据气象变化、室内环境温度、人流变化等因素全自动、智能化运行。自动计算开关机时间，通过变冷冻水出水温度，冷冻水泵变压差控制，自动加减机等多重控制手段，保证楼内环境温度在工作时间达到设定温度。从而达到中央空调整体节能，最终实现园区中央空调系统夏季综合节能率17.43%，冬季综合节能率22.7%。阿里巴巴集团借助阿里云能耗宝产品在全国自有园区持续开展各项节能减排技术和低碳运营方案落地，致力于实现2030年自身运营碳中和。



(图20) 阿里巴巴西溪园区

4.5 产城融合型综合园区：双碳综合服务

园区发展的重要趋势之一就是产城融合，涉及到产业园区化、园区城市化、城市现代化、产城一体化。产城融合的综合园区建设业态、需求多样化，园区双碳建设特色鲜明。

园区地域和碳排规模大，需要建设数字化碳控平台

产城融合园区建设面积往往较大，涉及产业多，是政府重要的碳排放管理对象，需要为园区管理者提供全景的排放数据获取、计算和分析等综合控碳服务。

设施先进、数字化基础好，要求高效率

产城融合园区作为近来年的新建园区，设计理念和设施硬件先进，效率高，需要在服务时，引入最先进的技术能力，才能够进一步帮助到园区节能和降碳。

科技创新产业多，需要双碳为入驻产业提供绿色基础设施服务

随着双碳实施的深入，园区高科技企业会考虑 ESG、产品碳足迹、绿电交易碳减排等节能降碳服务，企业单独购置这些服务成本高，而由园区管理者平台化为企业提供这些基础服务，可以解决入驻企业的后顾之忧。

沈抚新区阿里云（辽宁）双碳赋能中心

辽宁省沈抚改革创新示范区位于沈阳、抚顺两市之间，地处东北亚中心及东北老工业基地的核心区域。沈抚改革创新示范区聚焦“实现高质量发展”和“发挥示范引领作用”，全力打造三区一引擎发展目标，确立以新一代信息技术为支撑的数字经济、信息技术应用及装备、人工智能和智能制造、生命健康、新材料和氢能、现代服务业六大主导产业。

阿里云（辽宁）双碳赋能中心及生态园区通过“数字+降碳”模式，运用数字化技术，将多方数据打通，全面整合电力、水务、燃气、政府、社会等多方系统平台数据，建设六大平台：双碳能源互联网平台、双碳节能减排服务平台、双碳清洁发展服务平台、双碳运营中心、双碳赋能中心、双碳金融电商服务平台，为政府部门、能源企业、用能客户提供能源碳监测、能源碳评估及能源碳预测等功能。

5 聚力行远

——数字化碳中和服务平台配套机制建议



5.1 数字化推动协同机制升级

5.1.1 园区管委会：数字化提升统筹协调能力

园区管委会承担着承上启下的重要作用，承接国家和省市的工作要求，引导园区企业共同支撑国家和地方经济发展要求，在双碳战略下，园区管委会及相关运营机构面临更多新情况，包括制定科学合理的减排目标和切实可行的实施路径，建立碳排监测和评价机制，围绕园区企业能源转型和技术改造共性需求，提供公共和基础性服务，依托数字技术，园区可以更好的履职和服务。

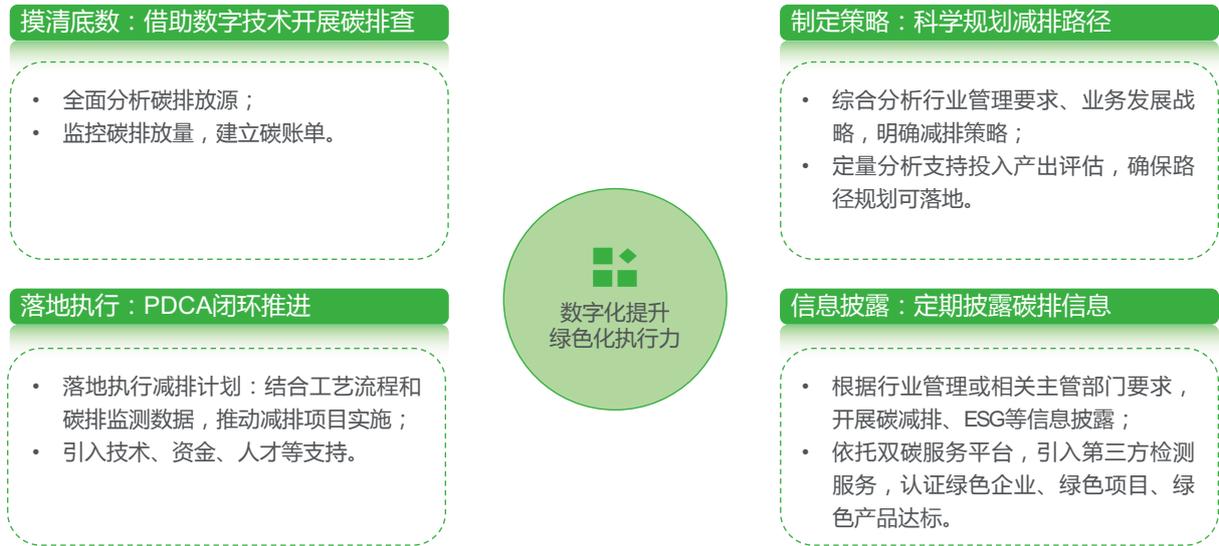


(图 21) 园区数字化服务能力
来源：施耐德电气、阿里云



5.1.2 园区企业：数字化提升执行能力

企业是绿色减排的主体，根据行业不同，肩负着节能环保技术研发，工艺改造、能源置换、循环利用等多种职责。主要包括四个方面：



(图 22) 数字化提升园区企业绿色执行力
来源：施耐德电气、阿里云

5.1.3 双碳服务机构：数字化提升服务能力

双碳涉及领域广泛，参与方众多，专业性强，依托数字化，可以帮助服务机构更便利的获取到各领域碳排数据，进而高效的提供各类专业服务。



(图 23) 专业机构数字化服务能力
来源：施耐德电气、阿里云

5.2 外部资源对接

5.2.1 积极申请政策性资金支持

对国家、省、市对节能减排项目的扶持政策进行分解和标准化，动态维护常见问题库，提供在线的政策查询和咨询服务模块，在园区及企业申报补助时提供基础参考。

对于节能减排、新能源相关企业，联动发改、环保、工信等主管部门，积极推动绿色项目进入省、市、区的绿色项目扶持计划，引入专家评审、专业机构认定等，支持企业获取双碳相关补助，支持购买环责险企业申请相关基金支持。

5.2.2 引入市场化的绿色金融服务

市场化绿色金融是绿色减碳发展的重要资金来源。为降低绿色转型的资金成本，园区可结合减碳路径适时引入金融机构，提供绿色信贷、债券、保险等各类融资支持；为帮助金融机构了解企业绿色行为，园区可依托数字化平台，在企业授权下，为其绿色减碳行为和供应链产品情况提供认证服务，帮助金融机构与企业建立信任。



(图 24) 对接多元化的绿色金融服务
来源：施耐德电气、阿里云

5.2.3 对接碳市场促进碳交易

支持控排企业参与碳交易，基于碳排监测平台积累的数据，帮助主管部门评定碳配额；

支持节能技术、减排技术创新类项目在交易所挂牌，促进技术推广、技术合作和融资支持；

支持非控排企业参与资源减排项目，通过交易获取技术红利；

引入专业机构，对参与碳交易的企业给与辅导，实现双碳服务平台与交易信息的对接，帮助企业便捷了解碳市场交易规则和规律，提升碳资产、碳账户管理能力，降低减排成本。

5.3 探索数字化的运营机制

数字化和绿色化都需要长期投入和运营，可联合专业机构形成多方共创的生态运营机制，在生态合作和技术内容运营等方面统筹推进。



(图 25) 依托生态合作创新服务、优化运营

来源：施耐德电气、阿里云



作者

施耐德电气（中国）有限公司

- 冯 靖** 建材和有色行业解决方案架构师
- 龚逸琦** 工业自动化业务战略经理
- 李东辉** 食品饮料行业能力中心经理
- 沈 一** 生命科学行业过程自动化架构师
- 王泉智** 商业价值研究院知识管理专家
- 谢小军** 工业自动化业务战略经理
- 杨 勇** 材料加工行业经理
- 朱 峰** 冶金行业解决方案架构师
- 朱懋斌** 工业自动化业务数字化顾问
- 赵姝琦** 楼宇行业碳中和高级应用工程师

阿里云计算有限公司

- 陈 冲** 阿里云能耗云解决方案架构师
- 崔维平** 阿里云研究院行业研究中心高级战略总监
- 古世相** 阿里云能耗云解决方案总监
- 黄 夏** 阿里云能耗云产品专家
- 卢 笛** 阿里云能耗云解决方案架构师
- 邱 剑** 阿里云能耗云研发总监
- 秦 扬** 阿里云研究院政策研究中心主任
- 任 妍** 阿里云研究院政策研究中心高级战略总监
- 王 斌** 阿里云能耗云解决方案架构师
- 肖 剑** 阿里云研究院行业研究中心主任
- 谢予丛** 阿里云能耗云产品专家
- 袁 灿** 阿里云能耗云算法专家
- 郑昌貌** 阿里云行业解决方案销售部生态解决方案专家
- 周凡珂** 阿里云能耗云产品专家

编委会

- 周宏春** 国务院发展研究中心原副巡视员、研究员
- 卢春阳** 中国信通院泰尔终端绿色发展与低碳研究中心
- 毛 涛** 工业和信息化部国际经济技术合作中心
- 宋晓明** 工业和信息化部国际经济技术合作中心
- 刘鹤楠** 施耐德电气 战略总监
- 申红锋** 施耐德电气 工业自动化中国区战略和业务发展总监
- 蔡婷婷** 施耐德电气 工业自动化创新生态中国区负责人
- 周文闻** 阿里云 能耗云总经理
- 孙 峤** 阿里云 行业解决方案生态总经理



致谢

我们由衷感谢参与此次调研的行业专家和企业专家，感谢他们抽出宝贵时间与我们分享真知灼见。感谢以下单位 / 专家 / 个人在报告筹划、调研、编写过程中给予的大力帮助：

双碳赋能（辽宁）信息技术有限公司

陈菊芳 广州赛宝认证中心服务有限公司

高艳丽 中国信息通信研究院规划所

李俊峰 国家应对气候变化战略研究和国际合作中心

刘 强 中国社科院数量经济与技术经济研究所

李 尧 广州赛宝认证中心服务有限公司

张 威 万帮星星充电科技有限公司

常州市武进绿色建筑产业集聚示范区 徐宁、李涛、姚汉杰

阿里云 白明、陈彦博、方膺、贺勇、刘凯、吕自荟、宋逸群、肖镭等

施耐德电气 傅轶敏、吕志勇、邱睿、谭坦、王犇等



