SIEMENS

西门子中国
零碳智慧园区白皮书

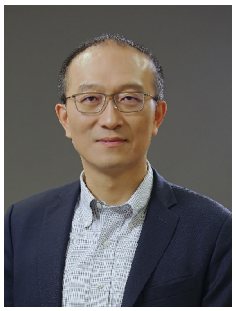
序言

肖松 博士

西门子全球执行副总裁
西门子大中华区总裁兼首席执行官
西门子中国董事长、总裁兼首席执行官

气候变化是人类社会面临的共同挑战，正日益威胁人类生存和发展。中国经济在过去几十年中一直保持着高速增长，而应对气候变化业已成为中国可持续发展的内在需求。中国政府在2020 年明确提出了力争于 2030 年碳达峰、2060 年碳中和的战略目标；同时，也面临着能源结构不尽合理，单位 GDP 能耗较高等一系列重大现实挑战，使得实现双碳目标的任务紧迫而艰巨。

西门子作为全球率先宣布碳中和目标的大型科技企业之一，凭借深厚的技术积累和创新，致力于科学的、系统的"双碳"顶层设计，通过提供先进的能源和数字化解决方案，助力各行各业深度和加速减碳。



林斌

西门子（中国）有限公司执行副总裁
西门子大中华区智能基础设施集团总经理

在中国，各类产业园区是中国经济的核心力量，也是各类能源的集中消费者，如何实现园区的低碳、零碳，将成为我国"双碳"战略的核心议题之一。

此白皮书陈述了西门子对智慧园区在碳中和、数字化方面的理解，总结分析了零碳智慧园区的定义和架构，各类园区的核心痛点和切入点，以及软硬结合的解决方案，同时也分享了西门子在该领域的实践，希望能给零碳绿色发展相关领域的读者提供有价值的参考。

Summary

Climate change is a common challenge faced by human society and is increasingly threatening human survival and development. China's economy has maintained rapid growth in the past few decades and addressing climate change has become an inherent need for China's sustainable development. In 2020, the Chinese government clearly put forward the strategic goal of reaching carbon peak in 2030 and carbon neutrality in 2060; at the same time, China also faces a series of major practical challenges such as unreasonable energy structure and high energy consumption per unit of GDP, making the realization of the “dual carbon” goal urgent and daunting.

As one of the world's first large-scale technology companies to announce the goal of carbon neutrality, Siemens is committed to the scientific and systematic "two-carbon" top-level design by virtue of its profound technological accumulation and innovation. By providing advanced energy and digital solutions, we could help all industries to deepen and accelerate carbon emissions reduction.

In China, various industrial campuses are the core strength of China's economy and the concentrated consumers of various energy sources. How to achieve low carbon and zero carbon in the campus will become one of the core issues of China's "dual carbon" strategy.

This white paper states Siemens' understanding of smart campus in terms of carbon neutrality and digitization, summarizes and analyzes the definition and architecture of zero-carbon smart campus, the core issues and pointcuts of various scenarios, and solutions that combine software and hardware. It shared Siemens' practices in this field, hoping to provide valuable references for readers in the fields of zero-carbon green development.

推荐序

当今世界，人类生存与社会发展，面临着能源制约、气候变化的挑战。转变发展模式，建设低碳经济已成为多数国家的共识。可以预见，以新能源、低碳技术及数字技术为主导的绿色浪潮将推动经济社会的变革与发展。产业园区作为高端制造业的重要平台必将融入这一变革之中，并积极推动低碳经济的发展。

苏州兰德集团始终致力于产业园区的投资与营运，已为四百余家德国企业提供了国际领先的产业平台。2021 年，兰德集团经西门子授权，基于西门子核心技术，在江苏苏州常熟高新区成立了西兰花数字科技（苏州）有限公司，建立了中国首个“先进制造+低碳园区”两位一体数字化赋能中心和智慧园区物联网营运中心。该公司已成功赋能苏州常熟高新区 MOBO 协同创新产业园，并正在积极投入常熟昆承湖零碳数字岛等项目的建设。

《西门子零碳智慧园区白皮书》对产业园区的零碳化进行了系统分析，提出了可实施的路径规划。本白皮书收录了苏州常熟 MOBO 协同创新产业园成功案例，将为产业园区的低碳建设与营运起到巨大的示范效应。

我们对西门子的技术储备与创新能力充满信心；对常熟政府的大力支持深表感谢。展望未来，我们在零碳智慧园区领域的合作必将引领人类社会的可持续高质量发展。以是为序。

叶锋 董事长

苏州兰德集团

2022 年 6 月

目录

序言 2
SUMMARY 3
推荐序 4
第一章：园区零碳化是促进社会可持续发展的重要手段 6
第一节：全球气候变化合作框架 6
第二节：中国"双碳"目标与承诺 6
第三节：园区的零碳化和智慧化是促进中国"双碳"目标实现的重要途径 7
- 园区是社会能耗的主要消耗场景 7
- 政策明确引导园区未来发展方向 8
第二章：能源系统与基础设施是实现零碳智慧园区的关键 9
第一节：能源系统与基础设施定义 9
能源供给： 10
能源分配： 10
能源使用： 10
第二节：园区能源系统架构图： 11
第三节：园区减碳的切入点与挑战 11
- 综述 11
能源供给：能源结构优化 11
能源分配：综合能源管理、智能微网管理系统 11
能源使用：节能设备与工艺和管理优化 12
- 园区典型场景的痛点和节能降碳的切入点总结 13
工业生产： 13
商务办公和文化旅游： 13
运输/物流园区： 14
第三章 解决之道 16
解决方案架构 16
上层软性能力：智能低碳/零碳的理念、规划与管理运营 16
- 理念： 16
- 规划与设计： 16
- 管理和运营： 16
下层硬件条件：基础设施和系统建设 17
综合能源 17
园区基础设施自动化和智能化能力 18
智能楼宇和零碳建筑 18
其他数字化工具和能力： 19
第四章 案例 20
上海浦东某民宿主题度假园区 20
江苏苏州常熟高新区 MOBO 协同创新产业园 22
第五章 结束语 24

第一章：园区零碳化是促进社会可持续发展的重要手段

第一节：全球气候变化合作框架

随着人类活动的增加和相关化石能源的使用，大量温室气体排放可能造成的全球气温上升可能成为威胁人类生存环境和社会发展的关键因素之一。在过去约 30 年的时间内，国际社会不断探索，终于达成了包括《联合国气候变化框架公约》、《京都协定书》、《哥本哈根协议》和《巴黎协定》等一系列国际层面合作框架来指导全球控制温室气体的排放。全球超过半数的国家已经提出了明确的"碳中和"目标，以达成将全球平均气温较前工业化时期上升幅度控制在 2 摄氏度以内，并努力限制在 1.5 摄氏度以内的目标。

第二节：中国"双碳"目标与承诺

中国作为世界主要经济体，过往已经提出过 2020 碳减排，并在 2020 年提出了 2030 碳达峰和 2060 碳中和两大愿景。

根据 2021 年发布的《中共中央 国务院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》，"双碳"目标主要包括，到 2025 年，绿色低碳循环发展的经济体系初步形成，重点行业能源利用效率大幅提升。单位国内生产总值能耗比 2020 年下降 13.5%；单位国内生产总值二氧化碳排放比 2020 年下降 18%；非化石能源消费比重达到 20%左右；森林覆盖率达到 24.1%，森林蓄积量达到 180 亿立方米，为实现碳达峰、碳中和奠定坚实基础。

到 2030 年，经济社会发展全面绿色转型取得显著成效，重点耗能行业能源利用效率达到国际先进水平。单位国内生产总值能耗大幅下降；单位国内生产总值二氧化碳排放比 2005 年下降 65%以上；非化石能源消费比重达到 25%左右，风电、太阳能发电总装机容量达到 12 亿千瓦以上；森林覆盖率达到 25%左右，森林蓄积量达到 190 亿立方米，二氧化碳排放量达到峰值并实现稳中有降。

到 2060 年，绿色低碳循环发展的经济体系和清洁低碳安全高效的能源体系全面建立，能源利用效率达到国际先进水平，非化石能源消费比重达到 80%以上，碳中和目标顺利实现，生态文明建设取得丰硕成果，开创人与自然和谐共生新境界。[1]

上述整体目标将指导中国分阶段完成全社会的碳达峰和碳中和工作。

[1] 《中共中央 国务院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》

第三节：园区的零碳化和智慧化是促进中国“双碳”目标实现的重要途径

- 园区是社会能耗的主要消耗场景

在 2019 年，中国总体能耗中 48.8%发生在工业，它们的主要载体是各类产业园区。[2]例如在国家级产业园区中很有活力的热点区域是国家级经济技术开发区和国家级高新技术产业开发区。截止 2017 年底，两类国家级园区的数量共计达到 375 家，GDP 总量达到 18.62 万亿元，占全国 22.51%。2012-2017 年，两类园区的 GDP 平均增速为 13.43%，远高于同期我国 GDP7.23%的增速，已经成为带动我国经济转型升级和创新发展的主力。[3]2018 年，我国国家级经济技术开发区的生产总值为 10.2 万亿元，国家级高新技术产业开发区的生产总值为 11.1 万亿元，二者在同期国内生产总值占比超过 23%。[4]除开国家级的产业园区，还有更多数量庞大的省市级和企业自有园区有着高额的能源消耗和 GDP 产出。

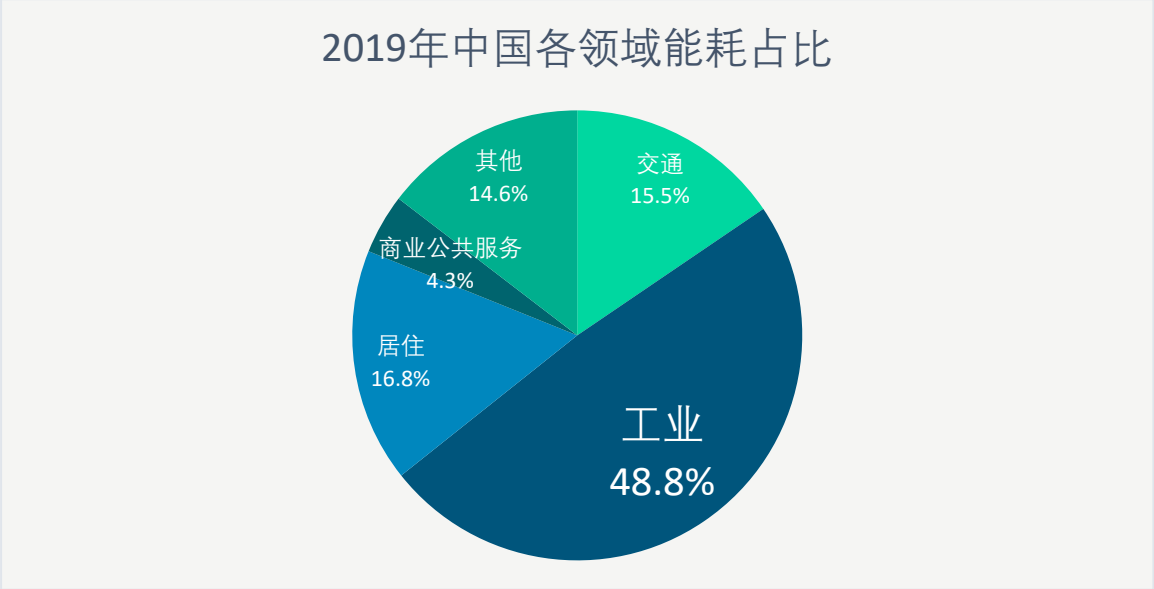


图 *1 2019* 年中国各领域能耗占比

[2] 国际能源署
[3] 赛迪——《中国国家级产业园区发展竞争力百强研究》
[4] 《工业园区综合能源服务的绿色金融支持分析》，梁楠楠

- 政策明确引导园区未来发展方向

除了能耗和 GDP 数据，国家各级行政单位也在过去 1-3 年为产业园区出具了明确政策来指导其发展方向。下表中是选取的一些国家级主要文件。

发布时间	发布单位	政策名称
2021.9	国务院	《中共中央 国务院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》
2021.10	国务院	《2030 年前碳达峰行动方案》
2021.12	发改委、工信部	《关于做好"十四五"园区循环化改造工作有关事项的通知》 《"十四五"工业绿色发展规划》 《"十四五"原材料工业发展规划》
2021.7	发改委	《"十四五"循环经济发展规划》
2021.4	科技部	《科技支撑碳达峰碳中和行动方案》
2021.10	生态环境部	《关于做好全国碳排放交易市场数据质量监督管理相关工作的通知》

表 *1* 我国"双碳"相关政策

总结：从全球到中国，碳中和将成为未来经济发展主要标准

为了实现可持续发展的长期目标，从全球合作到中国的"双碳"政策目标，所有的行业都可能被"碳中和"重塑。园区作为大量产业的承载空间，将在经济发展和低碳化发展的平衡中扮演重要的角色。将相关政策和市场需求与主营业务进行有机结合，将是大多数园区和企业未来必修的课程。

第二章：能源系统与基础设施是实现零碳智慧园区的关键

第一节：能源系统与基础设施定义

排放类型	描述	说明
范围一	直接排放	企业物理边界或控制的资产内直接向大气排放的温室气体，如燃煤锅炉，公司拥有的燃油车辆等
范围二	外购电力和热力间接排放	企业因使用外部电力和热力导致的间接排放
范围三	其它间接排放	因企业生产经营产生的所有其它排放，如员工通勤、上下游产品生产排放。

表 *2* 碳排放的相关定义

零碳智慧园区，是在园区规划建设管理等方面系统性地结合"碳中和"理念，综合利用节能、减排、碳汇，碳捕集利用、碳交易等技术或方法，通过产业、设施和资源的低碳化、循环化利用，在园区内部实现碳净排放量接近或达到零，生产、生态、生活深度融合的各类园区，[5] 我们将其大致分为工业生产园区，商务办公和文化旅游园区和运输物流园区，并在下文中提出了针对性的零碳发展思路。

在碳中和的相关定义中，一般将企业的碳排放分为范围一、范围二和范围三共三个排放类型。在一般制造业企业例如动力电池生产商中，范围一加二的大致占比为 30%，范围三为 70%。产业园区的范围一和范围二的内容大部分与其能源供给（如供电和供热）以及能源消耗产生的排放有关，可大致看作产业园区中能源系统相关的排放。另一方面，在产业园区的建设中重要的基础设施一般包括建筑（包括暖通空调、消防、门禁、楼控）、道路、供水、排水、供配电、通讯、网络、安防等，其中主要持续产生排放的暖通空调、供配电和供排水等和能源系统有较高的相关性。可见有效降低产业园区能源系统的碳排放是正面影响其整体范围一和范围二减碳目标的重要方式。

除此之外，由于现代产业园区大都包含一个或多个产业的上下游，通过能源系统降低产业园区的范围一和范围二排放将很大程度上完成各个企业之间范围三的排放降低，可谓事半功倍。

为更好理解产业园区的能源系统的减碳潜力，我们将其大致拆分为三个环节，包括能源供给、能源分配和能源使用。下面是一些基本的定义。

[5] 中国技术经济学会，标准化协会 - 低碳/零碳产业园区建设指南 – T/CSTE 0042-2022

能源供给：

能源供给指为满足各类园区场景能耗需求所使用的一次和二次能源。一般园区的直接使用一次能源供应的程度有限，大多集中在因地制宜的分布式能源系统中，如太阳能、风能、地热能，生物质能和天然气等形式；更多的能源供给来自内外部的二次能源供应，例如电网或园区电站的电力、煤炭制品、煤气、液化气和热力（蒸汽、热水）等。这些二次能源的生产供应，往往涉及到诸多园区内的设备和系统，常见的有各类发电设备，如柴发、光伏、风机等，以及热力相关的锅炉、燃机、暖通设备等。

能源供给的低碳程度很大程度上决定了整个园区碳管理的效果，是实现低碳化运营的重要一环。

能源分配：

能源分配系统在"双碳"场景中的重要性往往容易被人低估。作为连接能源供给端和能源使用端的基本环节，能源分配系统负责实现包括水电汽热等各类能源的传输和控制。

在电力方面，配电系统连接电网、分布式发电设备以及用电设备，主要包含的关键技术一般有一次配电系统、二次配电（继电保护）系统、交直流设备、储能和无功功率补偿系统、综合能源管控系统以及相关的信息系统。在园区电能占比逐渐提高的时代，配电系统的稳定性和韧性决定着园区用能安全的下限，是园区生产生活的基础保障。同时，由于光伏和风电等主要清洁能源供给方式的不稳定特点，加上越来越多的交直流混合设备和系统的出现，配电系统也担负着稳定供给和保证电能质量的任务。

除了电力外，热力和水也是园区能源分配的重要部分。其中热力部分主要包含常见的供暖、通风、空调和生活生产热水的分配管道和相关系统。对于工业园区，通常还配有动力能源中心，能源产生后向各个工艺生产场所、环节输配。

能源使用：

能源使用在产业园区中主要包含了以下几个方面，

- 主要基础设施：如厂房、办公楼、仓储、园区公共区域的能耗（电、冷、热、水）；
- 主要产业生产环节的能耗，如生产线的能耗（电、冷、热、水）；
- 园区使用人员交通和其他活动能耗，车辆等。（电、燃油）

第二节：园区能源系统架构图：

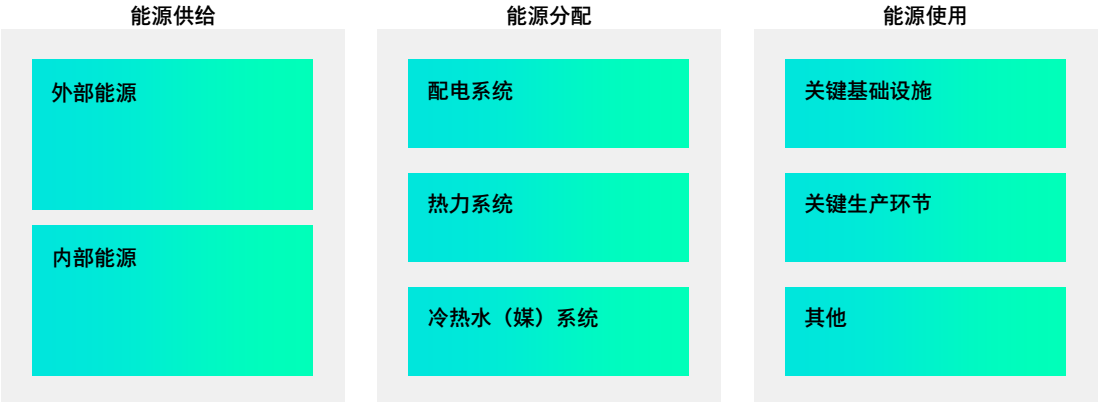


图 2 园区能源系统架构图

按照园区能源供给、分配、使用各自的特点，我们设计了如上图所示的园区能源架构图，在能源供给角度，通过内/外部区分囊括各类可用能源；在能源分配上，通过各种能源载体/媒介分成配电、热力、冷热水系统；在能源使用上，根据不同使用场景/使用者，分为主要技术设施、主要生产环节及其他。在下一节，将根据此架构分析园区减碳的挑战和切入点。

第三节：园区减碳的切入点与挑战

- 综述

能源供给：能源结构优化

- 切入点：能源供给的减碳切入点主要在增加内外部能源中低碳能源的比例，如增加购入清洁能源的比例和建设园区内分布式清洁能源系统，包括分布式光伏，生物质能，地源热泵，冷热电三联供等。
- 挑战：主要来自于清洁能源的采购决策和供应链建设以及低碳与经济性的平衡。
  - 清洁能源采购决策和供应链建设：熟悉相关法规政策以及市场操作手段，可灵活合理地完成采购决策，并建立与之匹配的供应链系统，如实时交易体系和相关交易平台的接入等。
  - 园区电能质量保障：大量新能源的接入（主要考虑本地建设的系统）可能导致电能质量出现问题，需要通过建立无功补偿系统和各类储能/储热/蓄冷系统来增加系统韧性和灵活性。
  - 低碳与经济性的平衡：低碳建设中采购低碳电力和设备以及搭建和运营相关系统的成本需要体现可以接受的经济性。

能源分配：综合能源管理、智能微网管理系统

- 切入点：从设计到运营，充分考虑园区用能特点、相关政策法规、大宗商品市场动态以及当地自然禀赋，打造强韧、灵活的综合能源管理体系，提高整体能源供给系统的运营效率，降低碳排放。
- 挑战：园区电能质量保障和综合能源相关设备、系统以及运营体系的建设能力
  - 园区电能质量保障：大量新能源的接入（主要考虑本地建设的系统）可能导致电能质量出现问题，需要通过建立无功补偿系统和各类储能/储热系统来增加系统韧性和灵活性，为了保障能源安全，对源-储-荷调控实时性和可靠性也有着高要求。与此同时，由于多源供电模式导致源荷调配，故障处理等复杂性呈指数级增长，园区

能源微网需要在供电安全性、故障处理时效性等方面找到快速响应，精准调控的解决方案，这意味着要在园区微网上实现多策略多场景柔性调控能力。

- 综合能源体系的建设：从设计理念出发利用物联网，云数据中台等先进技术，满足各类内外部能源供给的接入要求的前提下，具备各类系统、设备监视、调控、分析能力，同时具备能耗统计、碳足迹、碳核查、碳资产管理等能力，有机结合各项能源"电-热-汽-水"的综合能效，和园区整体零、低碳目标。

能源使用：节能设备与工艺和管理优化

- 切入点：根据当地资源禀赋和技术经济条件，增加高能效设备的使用比例；通过优化工艺和管理流程减少能源消耗，通过能源梯级利用和余热余压回收利用，通过使用循环工艺实现各类能源和材料回收再利用，从而提高能源利用管理水平，在提效的同时实现降碳。
- 挑战：节能设备性价比，工艺和管理优化的周期长、难度高，以及循环利用系统建设。
  - 节能设备性价比：节能设备的选用上，需要在满足相关法律法规的同时，从整个生命周期考虑建设和运营成本。
  - 工艺和管理优化周期长、难度高：对于生产制造型园区，相关工艺流程的更新需要考虑实际技术发展和经济性，通常受到技术，成本和时间的制约。管理体系的优化需要长期细致的运营，在积极借鉴外部经验的同时充分发挥内部主动能动性才能有效果。
  - 能源循环利用系统建设：从理念设计开始，就需要考虑整体系统循环利用的可能性和实操性，提升低品位能源的利用率；在运营阶段也必须有方法论的指导和日常运维的落实。

- 园区典型场景的痛点和节能降碳的切入点总结

场景化是数字化和低碳化技术应用的核心，根据主要用能场景和业务形态的不同，我们将园区分为三类：工业生产、商务办公和文化旅游，以及运输/物流。在综述的基础上，我们为三类不同的园区列举了一些主要的节能痛点以及切入点。

工业生产：

- 挑战：
  - 能耗高，新能源接入杯水车薪或成本过高
  - 能耗需求种类多系统复杂、低碳需求高、解决方案不成熟
  - 技术成熟、流程复杂，改造优化难度高
  - 供应链长，碳排放计算和管理复杂
- 切入点：

  能源供给：
  - 外购绿电（保证大部分电能质量的稳定）
  - 因地制宜建设分布式能源系统（屋顶光伏等相对成熟的技术）
  - 建设能根据政策/天气/市场/大宗商品价格等因素灵活调节阶段性的能源供给和采购策略

  能源分配：
  - 配电设备低碳化（使用绿色气体等方式）
  - 建设兼具柔性和韧性的数字化配电系统，满足分布式设备接入和源荷碳足迹监控的灵活需求
  - 冷热及空调风管网及设备保温性能满足相关标准

  能源使用：
  - 长期的生产工艺与流程优化，逐步实现精益管理，降低单位产能能耗
  - 主要用能设备的自动化和数字化升级，通过物联网和大数据技术辅助进一步提升整体生产效率
  - 主要工业中间环节的去碳化，如煤改电、氢能替代技术

商务办公和文化旅游：

- 挑战：
  - 此类园区大部分能耗来自于建筑，建筑节能需要平衡舒适度和低碳化
  - 建成建筑改造成本高，难度大
- 切入点：

  能源供给：
  - 此类园区能源的需求相对稳定，特征典型，可根据当地自然和政策条件，合理选择购入清洁能源
  - 条件允许可自建分布式能源系统，如屋顶光伏（含 BIPV）和储能等
  - 考虑热电联供或冷热电三联供等具备热电耦合能力的高能效设备

  能源分配：
  - 配电系统应当充分考虑与智能楼宇的体系化融合，拥有与暖通（空调、热泵等）、冷热水（电热水）、电梯（安全）和照明系统等主动交互能力，
  - 加强能源分配的数字化建设（监控基本参数，能量数据，流量数据等），

- 普及智能阀门的运用，重视冷热水和空调供暖管道负荷相关建设标准，提高整体效率，解决水力系统不平衡造成的能源损失
- 建设远程运维能力（参数设定，数据查询，问题排查），设备可视化等

能源使用：

- 被动优先，主动优化：
  1. 提高楼宇被动节能的能力，采用先进的设计理念，更好地利用自然环境中的冷/热以及光照甚至雨水，尽可能地减少楼宇本身的能耗需求
  2. 通过控制手段主动节能降耗，将楼宇中越来越多的设备和系统，如照明、空调、暖通等，纳入精细化管理运营的范围，将工位、会议室、商场等具体空间的使用需求，作为能源供给和输配的基础，精细化的管理让需求更加准确
- 更换节能设备和设施，例如更换 LED 灯，密封性更好的窗户，加强外墙保温，更新遮阳设施等
- 使用效率更高的能源设备，使用数字化控制技术优化系统运行逻辑，如变风量系统、优化系统连接的空调风机、用地源/水源/气源热泵代替传统空调

运输/物流园区：

- 挑战：
  - 平衡运输物流中对效率和成本的要求与园区整体低碳化的需求（数据）
- 切入点：

能源供给：

- 根据具体园区的需求特点和建设成本，外购绿电
- 考虑建设冷热电三联供等综合能效更高的设备
- 充分利用屋顶等场地条件，建设屋顶光伏等分布式能源设备
- 为电驱或氢能运输车辆/设备建立相关储能设备，提高阶梯能源利用率

能源分配：

- 配电方面，对于有大量充电桩存在的园区，建立相应的充电管理系统稳定园区整体能耗，还可尝试 V2G 等新兴应用
- 对于仓储大空间大跨度场所，优化暖通空调等管道系统传输效率
- 对仓储系统进行智能化协作改造升级，借助例如立体式仓储和无人仓储等手段，减少照明等能耗需求，增加空间利用率，以降低整体园区的碳排放。

能源使用：

- 增加电驱/氢能车辆和新型能源设备替代化石燃料运输工具
- 提高整体园区的自动化和智能化能力，比如立体仓储系统，可以将土地和仓库的空间利用率大幅提高，配合相应的智能分拣系统和机器人，可以达到少人甚至无人的仓储管理体系。
- 自动化程度越高的环境，对环境舒适度的要求越低，可减少用于照明和暖通空调的能耗
- 多个园区和上下游园区间形成物流体系，通过数据的系统打通，优化提高整个物流流程的效率，增加单位能耗产出

总结：从供应链到精细化管理，园区减碳需要长期且全面的建设计划

园区类型	工业生产	办公文旅	运输物流
挑战	能耗高 需求多 复杂度高	建筑能耗为主，改造难	平衡低碳与效率成本的影响
切入点	采购绿电 光伏能源交易 综合能源数据治理平台 数字化配电	采购绿电 光伏 BIPV 冷热电三联供 智能楼宇技术 主被动节能建筑改造	采购绿电 光伏新能源交通 综合能源数据治理平台 智能仓储

表 *3* 各类园区零碳目标的主要挑战和切入点

园区的低碳化建设挑战主要集中在满足相关能耗需求的前提下，使用具备可行性和性价比的手段达成目标。除了分布式新能源的建设、配电和冷热暖通设备的自动化、智能化以及相互之间的协同体系建设、高能效的设备更换外，建立长期的精细化管理和运营能力也是实现能耗管控的主要难点。

解决方案架构

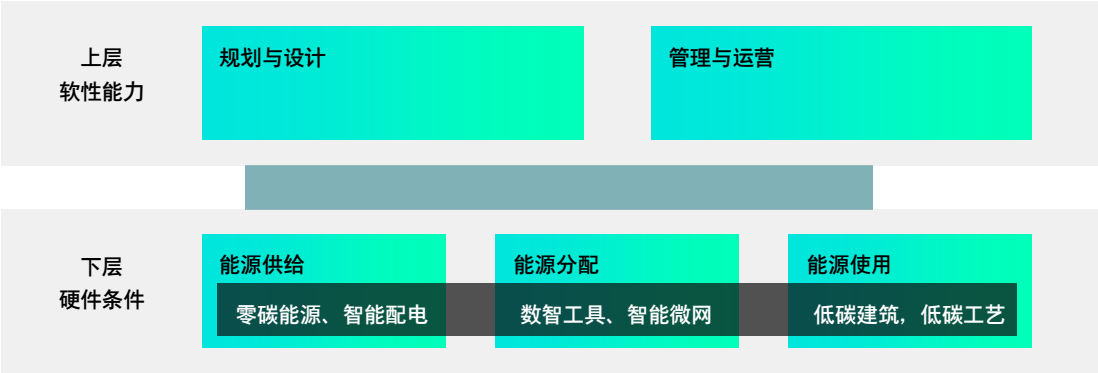


图 3 西门子零碳园区解决方案架构图

上层软性能力：智能低碳/零碳的理念、规划与管理运营

- 理念：

要实现园区智能化和"双碳"的目标，先进的管理和运营理念是一切的基础。当地政府和相关管理企业，应当积极和领域内各类组织、企业和专家进行合作，打造科学、客观和进取的管理理念。

- 规划与设计：

在园区的智能零碳建设过程中，根据"双碳"政策和市场相关因素，负责园区建设和管理的相关政府和企业需要其具体业务形态和当前的基本情况来确定目标，并分阶段做出符合园区需求的建设计划，避免"运动式"减碳。短期来看，园区应当首先了解自身当前的排放和建设情况，明确排放的基准线，理清园区排放的来源和类型。其次应当根据基准线，制定合理的目标与路径，基于自身禀赋和市场环境，梳理中长期可落地且对业务和经济发展影响较小的方案。

在中长期来看，应当保持基本目标和路径的一致，但根据实际情况不断微调迭代，在政策、战略、运营、技术和组织层面层层推进。

规划过程中，可以积极与市场中专业的组织、机构互动和配合，汲取国内外先进经验，取长补短，力图在可行性、先进性以及经济性层面都能找到较优的方案。

  - 能源系统规划：由于能源系统是园区中实现碳减排的主要环节，专门针对能源系统的建设规划可以避免投入的低效和时间的浪费。在规划中采用例如"数字孪生"和数字模拟等技术手段，可以更准确地为园区完成电网规划、分布式设备以及相关设备的选型以及建设规模和投资回报的模拟等。

- 管理和运营：

节能降碳是一个系统性工程，日常的管理和运营的每个细节都是影响综合效果的关键。在管理和运营流程的优化上，是一个日积月累精耕细作的工程，在对业务理解足够透彻的基础上，结合先进理念逐步优化整体管理流程，减少不必要的动作从而降低碳排放。

下层硬件条件：基础设施和系统建设

图 4 数字化综合能源管控平台

综合能源

- 能源管理：结合科学的能源系统建设规划，高效的能源管理也是保障园区健康运营的保障。通过采用先进的管理理念，结合有效的管理工具，优化迭代管理流程，园区的运营方才可能逐步完成既定的减碳目标，早日实现智能低碳的园区建设任务。
- 新能源/分布式能源：新能源和分布式能源的选用和建设也是综合能源管理中的重要组成部分。从成熟的风光等设备和系统，到正在高速发展的储能、电驱动汽车，以及氢能源等各类新型能，选用适当的设备和技术路线，可以帮助园区进一步实现减碳目标。
- 微电网管理平台：融合了分布式能源和储能的微电网管理方案，使得主网供电和自供电的方案得到有效优化，而且降低能源的使用成本。同时，微电网的孤岛运行模式也保证了用电单位的独立性。在用能需求多变且新能源占比逐步扩大的当下，能够提高局部电网灵活性、可靠性和新能源穿透率的微电网技术也是节能降碳的关键技术。从被动接受能耗指令到主动根据大电网和负荷的情况进行区域调控，它可以帮助运营方更好地统筹和管理区域内的能源系统，也能更好地对接面向未来的双向电网理念和售电/碳交易等金融系统。

园区基础设施自动化和智能化能力

- 配电、热力与楼宇设备的低碳与自动化+智能化：
  - 采用低碳化的设备，如使用环保气体的开关、高效能的风机和利用低品位能源的热泵系统等。
  - 提高智慧化能力以提高整体效率，一般有四个级别，第一个是控制能力/基础自动化能力，第二个是数据采集和通信能力，第三是边缘计算能力，第四是开放程度和配合上层系统的能力以及数字化智能响应能力
- 园区综合数字化能力：综合数字化能力体现在多类系统间相互交互和耦合的能力，例如电力和热力的耦合，安防和消防等子系统之间的联动，楼宇内系统根据人流和空间具体使用情况的自动调节等

  同时，碳中和必须建立在依据相关标准规范精确核算企业/园区碳排放的基础之上，对各类碳排放数据须满足可测量、可报告、可核查的原则。因此，搭建具备完善的数据透明度和颗粒度的能源（碳）管理系统，以及在此之上的园区综合数字化 平台，将为园区实现智能化和低碳化提供基础性支撑。

智能楼宇和零碳建筑

- 智能楼宇：

  智能楼宇管理系统能促进建筑内部的互联互通，提升楼宇能源和设施的使用效率。管理系统作为上层平台，应当拥有较高的灵活性和对于不同底层控制设备的兼容性，从而集成其他减碳技术（被动房、分布式能源、电网边缘侧配电设备等），打造一体化的绿色建筑数字化解决方案。通过楼宇能源管理平台对能耗进行监控及能源分项管理，进一步挖掘数据价值，提升能效优化潜力。结合 BIM、AI 等技术，实现数据驱动的智慧运维。
- 设计架构、理念：

  智能楼宇能够适应并学习环境和用户需求的变化，作为园区的重要组成，通过一站式楼宇自控 IoT 平台，以控制和管理为核心，智能调节楼宇内配电，暖通，电梯，照明，遮阳，安保，消费等系统，使能源系统高效运行，并通过 IoT 技术优化办公和商业空间，实现舒适性与安全，资产与能源效率，空间和用户效率三大需求和谐共赢
  - 能源的使用与冷热源设备：

    优化楼宇机组运行效率，按需制冷供热，有效提升楼宇能效。同时，通过控制供暖、通风、空调、照明等系统之间的功能联动和相互作用，对房间的微观环境进行精准调控，确保舒适的同时，主动降耗，减少碳排。例如：
    - 遮阳：通过楼控平台，控制遮阳系统随环境光照变化灵活调节，有效降低楼宇负荷，为供能系统减低能耗创造前提条件
    - 照明：优化照明系统设计，普及 LED 节能照明和智能灯控系统，在人流，物流及密度变化时动态调整照明数量和功率
    - 暖通：普及热泵系统，变频水泵，智能调节阀的使用，配合植入机器学习优化算法的智能楼控平台，使楼宇能根据历史数据做出负荷预测和根据实时负荷变化快速调整参数，让系统能效始终保持在高水平状态，尽可能地减少耗能，减少碳排放

- 人员/空间管理：
  无论是智能化还是“双碳”，都要“以人为本”，园区和楼宇作为人进行生产生活的空间，服务于人。通过智能综合楼控平台，在满足能效的前提下，综合安防、监控、出入门禁、消防、空间优化等各项需求，根据室内人流密度或者基于历史数据的负荷预测提前或实时调整暖通通风遮阳系统，为人员创造安全舒适的环境。通过数字化的资产和空间管理，帮助商业客户实时跟踪分析楼宇使用情况，优化租赁空间、能源资源配置，提高资产和空间利用率，进一步压缩能耗浪费，减少碳排放

- 零碳建筑：
  在以上领域做到极致后，应当满足零碳建筑的标准，在新建和改造建筑过程中贯彻低碳设计理念，普及低碳建材的使用，加强建筑垃圾的循环回收再利用，再加上低碳冷热水系统的设计，分布式能源的引入，之后再通过补充采购绿电等方式，实现零碳建筑的目标。

其他数字化工具和能力：

除了先进的理念，实用趁手的工具也是实现流程优化的关键。例如在碳排放排查中，必须要有足够的原始数据采集和计算能力将整个园区的碳排放以可视化的手段呈现出来作为优化的决策依据以及各类改进效果的验证。在数据呈现外，碳排放的降低还需要各类成熟或在发展中的设备和系统支持，例如前文中提到的各类智能配电、楼宇和仓储设施等。使用这些工具可以让决策和实施实现闭环操作，从而形成优化改进的基本迭代形态。

总结：理念指导规划设计，规划设计指导设施和系统建设，综合治理能力和基础设施条件决定了园区零碳建设的效果。

在顶层规划和设计阶段就对园区的智能化和零碳化建设有明确的建设目标和实施路径，是实现“双碳”目标的必要条件。与此同时，园区持续的管理运营能力和园区的基础设施低碳化和智能化能力，则是“双碳”目标的充分条件。

第四章 案例

上海浦东某民宿主题度假园区

- **项目背景：**

该项目地处上海浦东，西门子提供从规划咨询到核心能源管控平台的一体化解决方案。西门子能源管控平台融合人工智能等技术，对光伏、风电、地热、储能以及综合能源供应进行智能管理，协调供需、优化运行，实现高效益，是"能源流、信息流与价值流"三流合一"的乡镇能源互联网典型应用示范。

- **园区改造主要痛点：**

随着园区从传统农村向现代化民宿园区改造，对综合能源供给和使用的需求也大大增加。传统市电扩容方式费时费力：主网容量有限，出线间隔少，随着城区负荷的不断增长，现有的出线间隔远不能达到要求，由于新的出线无法接出，只能通过不尽合理的电源点供电，严重影响着居民生活和工业生产用电。故需要开发一套具有低碳示范性，兼顾自主性和智能化的园区综合能源解决方案。

- **方案设计思路和架构：**
  - 开源：
    - 在能源供给侧，使用分布式可再生资源，降碳减排；
    - 在能源消费测：增加能源使用效率
  - 节流：少用能，硬件-建筑设计；软件-控制和调节
  - 增效：提供能源使用的效率，硬件-热电联产+节能锅炉+节能电机；软件-参数运行优化
  - 多能互补综合能源概念图

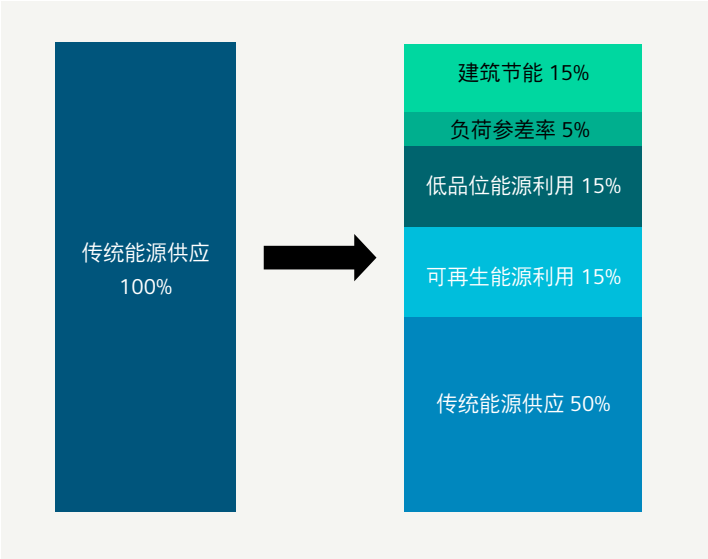


图 5 多能互补综合能源概念图

- **方案实施过程：**

项目的整个生命周期分为 3 个阶段：

- 能源规划设计阶段：

  通过计算机仿真设计的手段为用户量身打造适合用户的低碳能源设计方案。

- 能源实施阶段：

  快速灵活搭建多能互补的供能系统，通过提供模块化的能源供应产品，采用模块化的设计，将定制化的系统进行标准化的设计，为用户打造灵活可拓展的供能产品。

- 能源投入运行阶段：

  在投入运行阶段实现源网荷储的互动与协同，实现多能互补能源网络优化控制，并动态挖掘历史运行数据的价值，通过提供的数字化的能源管控平台，采用人工学习技术为用户打造优化运行的管控平台，可以降低后期运营管理的复杂性，实现无人值守，预测性运维管理。

- **解决方案：**

如下图所示，项目方案可以用：多能互补——五能合一——三网互联——数字化几个特征来概括。在能源供给上多能互补、五能合一，在能源分配和使用上实现三网互联以及数字化。

- **项目价值：**

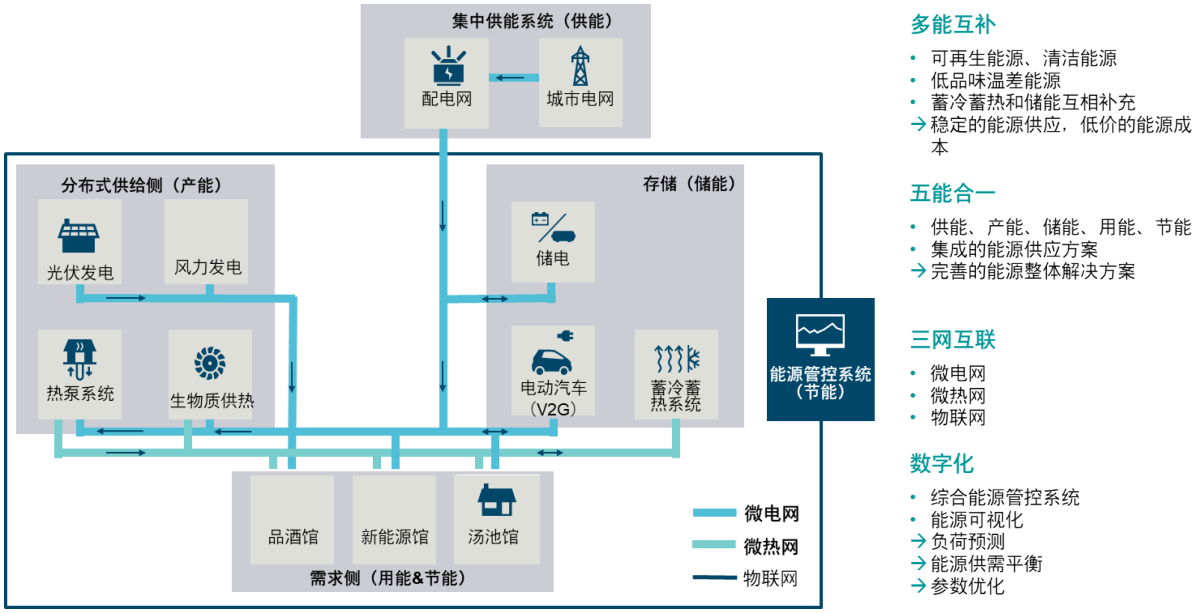


图 *6* 项目综合能源解决方案架构图

- 技术革新：采用多能互补的技术，将用户侧供能系统进行模块化设计，耦合微热网、微电网和互联网，形成以产能、供能、储能、用能、节能 5 能合一的综合能源解决方案
- 经济效益：

  冷热电耦合使总耗能量预估下降 10%，配电容量节约 31%
- 社会效益：

  总碳排放强度预估降低 50~55%，引领该项目走向清洁、绿色、低碳、生态且可持续发展的能源结构

江苏苏州常熟高新区 *MOBO* 协同创新产业园

图 *7* 江苏苏州常熟高新区 *MOBO* 协同创新产业园资料图

- **项目背景：**

江苏苏州常熟高新区 MOBO 协同创新产业园项目是集高端先进装备制造与电子信息商务于一体的现代化产业园，西门子与西兰花数字科技（苏州）有限公司共同合作，致力于打造新一轮智能制造与信息商务产业集聚的投资高地。该园区为苏州常熟高新区第一个老旧工业区改造试点园区和示范基地，体现"高起点谋划、高标准规划、高质量建设、高水平管理"。园区建筑面积 18 万平方， 包括高等级综合办公楼、高品质一体化厂房、高规格人才公寓及生活配套等设施。

- **客户需求：**

图 *8* 园区系统应用一览

客户期望通过引入西门子基于园区客户打造的全系列垂直解决方案及数字化平台，实现园区物联场景、绿色低碳、资产提升、远程运维等智慧化功能，助力该工业园成为苏州常熟在智慧物联领域的新名片；通过协同配合西门子工业 4.0 赋能中心的落地，给当地政府和企业提供高等级智能制造技术展示和服务平台。

- **项目建设内容：**

采用西门子楼宇自控、智能照明、办公楼样板楼层的房间自动化、能源管理、宿舍管控、安防门禁、智慧物联 Enlighted 空间管理示范系统及低碳智慧园区数字化平台

- **解决方案:**

图 9 园区低碳智慧数字化平台架构

如上图所示，西门子低碳智慧园区，通过数据中台，将与园区智能管控相关的所有子系统整合到一起，进行统一的信息展示，数据分析，集中管理和整体优化；包括：

- 园区整体态势的三维透视
- 集成西门子楼宇自控系统对灯光、空调、新风等环境因素的整体协调控制和高效运行
- 集成西门子 EMS 能源管理系统对园区能耗不同颗粒度的在线实时计量，统计和分析，以及电能质量监测，管网监测等高阶应用
- 对安防和消防系统的无缝对接和高效联控
- 电梯和停车管理系统的集中优化运行
- 集成视频监控，门禁一卡通，物业管理和园区运维等子系统

- **实施效果：**

江苏苏州常熟高新区 MOBO 协同创新产业园智慧园区项目，从优化资源配置角度实现对园区人流物流车流的监控管理，再到利用数字化的能源供配基础设施实现大数据分析记录园区能源消耗，乃至于整合了碳核查，碳足迹，碳交易等各类接口，全能型数据中台作为园区的中枢大脑，有效应对数字化基础架构带来的海量数据，并通过其实现数据价值，实现低碳智慧园区的大目标，并赋能园区企业产业升级，实现智能制造和跨越式发展。

第五章 结束语

此白皮书陈述了西门子对智慧园区在碳中和、数字化、智慧化等方面的理解，总结分析了零碳智慧园区的定义和架构，各类园区的核心痛点和切入点，以及自上而下、软硬结合的解决方案，同时也分享了西门子在该领域的实践。

园区作为中国实现双碳战略的重要战场，需要在清洁能源供应，园区综合能源管理平台，智能配电网络，流程工艺节能优化等方面下足功夫，西门子在能源、电力、数字化等领域深耕多年，携手合作伙伴，能够为零碳园区的实现提供全方位，全流程的咨询和解决方案服务。

2021 年 9 月，西门子在中国正式启动"零碳先锋计划"，宣布了在零碳发展领域的清晰目标和行动计划，这标志着公司在可持续发展的道路上翻开了新的篇章。通过"零碳先锋计划"的落地实施，西门子将以数字化创新和跨领域行业洞见，在中国携手各方伙伴共创绿色生态，赋能打造端到端的零碳产业链，助力中国实现"双碳"目标。

关于作者

周金

是西门子 RMA - 智慧园区业务负责人，负责零碳智慧园区、分布式能源等相关话题。欲了解详情，请致信 zhou.jin@siemens.com。

于跃

是西门子 DEC 数字化赋能中心负责人，负责数字化、"双碳"等相关话题。欲了解详情，请致信 yueyu@siemens.com。

蔡乐潇

是西门子 DEC 数字化赋能中心 - 碳咨询项目经理，负责"双碳"、数字化等相关话题。欲了解详情，请致信 lexiao.cai@siemens.com。

亦感谢其他西门子同事为撰写本文所做的贡献（排名不分先后）：

肖松 林斌 海玲 崔宇 王峰 廖少华 查鹏展 杨协宁 Markus Grabmeier 徐绚明 何东明 王培元 金志刚 郎川锋

2022 年 6 月

版权所有 © 西门子（中国）有限公司