



工业互联网碳达峰碳中和园区指南 (2021)



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

工业互联网产业联盟

2021 年 12 月

声 明

本报告所载的材料和信息，包括但不限于文本、图片、数据、观点、建议，不构成法律建议，也不应替代律师意见。本报告所有材料或内容的知识产权归工业互联网产业联盟所有（注明是引自其他方的内容除外），并受法律保护。如需转载，需联系本联盟并获得授权许可。未经授权许可，任何人不得将报告的全部或部分内容以发布、转载、汇编、转让、出售等方式使用，不得将报告的全部或部分内容通过网络方式传播，不得在任何公开场合使用报告内相关描述及相关数据图表。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

工业互联网产业联盟

联系电话：010-62305887

邮箱：aia@caict.ac.cn

编写说明

碳达峰、碳中和目标是我国基于当前环境问题和能源危机提出的重大战略决策。“十四五”时期，我国进入以降碳为重点战略方向、促进经济社会发展全面绿色转型的关键时期，园区作为区域经济发展、产业调整升级的空间承载形式，又是地区社会经济发展水平的衡量标志，在提供了大量基础设施和公共服务的同时也成为了碳排放的主要源头，是我国实现“双碳”目标的重要切入点和着力点。

为有效指导工业互联网碳达峰碳中和园区（以下简称“工业互联网双碳园区”）的建设、运营与发展，工业互联网产业联盟组织编写了《工业互联网碳达峰碳中和园区指南（2021）》，旨在探索工业互联网双碳园区的重要意义、发展需求、建设路径及评价体系等。通过放大工业互联网双碳园区的规模效应、辐射效应和示范效应，以点带面有效推动全社会碳达峰碳中和工作。

指南主要分为八个部分。第一部分介绍了工业互联网双碳园区建设的重要意义、态势和价值。第二部分提出了工业互联网双碳园区的内涵，以及建设的发展需求。第三部分介绍了工业互联网双碳园区的关键相关方，明确了整体框架、指导原则和建设要素。第四部分介绍了工业互联网双碳园区的关键基础理论方法。第五部分提出了工业互联网双碳园区评价及指标体系。第六部分介绍了工业互联网双碳园区的建设路径。第七部分提出了工业互联网双碳园区的碳管理实施闭环方案。第八部分介绍了工业互联网双碳园区的发展与保障方案。

工业互联网双碳园区总体还处于起步阶段，当前我们对实施路径

的探索也还是初步和阶段性的，后续我们将根据实践情况和来自各界的反馈意见，在持续深入研究的基础上适时修订和发布新版报告指南。

组织单位：工业互联网产业联盟

编写组成员（排名不分先后）：

中国信息通信研究院：李海花、录天凤、张译霖、高信波、郝献举、高欣、刘东坡、王亦澎、景浩盟、齐曙光、李琦琦、赵瑞龙、高艳丽、李笑然、池程、马超、李尚、呼彦朴

中国计量科学研究院：王池、孟涛、王蕾、周昶

航天科工工业大数据应用技术国家工程实验室：邢镔

重庆大学：曹华军

重庆邮电大学：李洪丞

山东浪潮工业互联网产业股份有限公司：李程、贾广飞、李响

中金数据集团有限公司：赵伟程、蔡钟宇

北京航天云路有限公司：唐霞、郑治、王雨晨

华为技术有限公司：侯勇、黄清成、王文婷、钱浩

参数技术（上海）软件有限公司：郎燕、高谊

北京数极智能科技有限公司：苗韧、秦晋阳

罗克佳华科技集团股份有限公司：邢聪聪、李拓

广东埃文低碳科技股份有限公司：周永章、高国辉、陈梅

航天科工深圳(集团)有限公司双碳政策服务中心：张红庆、杨晔、葛振宇

上海世茂物联网科技有限公司：于茜、郝琳虎、陈新龙

新华三技术有限公司：吴蔚洲、温昊伟

普天信息工程设计服务有限公司：陈昕、郭惠军、李果

浙江蓝卓工业互联网信息技术有限公司：叶鑫、邵黎勋

格创东智科技有限公司：王辉、戚航



工业互联网产业联盟
Alliance of Industrial Internet

目 录

一、工业互联网双碳园区建设的重要意义、态势和价值.....	1
1.1 我国加紧部署实施双碳战略.....	1
1.2 园区是落实国家双碳战略的关键载体.....	2
1.3 工业互联网是双碳园区建设的重要加速器.....	4
二、工业互联网双碳园区的发展需求.....	6
2.1 工业互联网双碳园区的内涵.....	6
2.2 工业互联网双碳园区建设的四大发展需求.....	7
三、工业互联网双碳园区的总体视图.....	9
3.1 工业互联网双碳园区关键相关方.....	9
3.2 工业互联网双碳园区整体框架.....	10
四、工业互联网双碳园区基础理论方法.....	18
4.1 计量方法.....	18
4.2 基础核算方法.....	18
4.3 综合核算方法.....	20
4.4 能源需求预测方法.....	22
4.5 碳排放预测方法.....	23
4.6 综合能源调度技术.....	24
五、工业互联网双碳园区评价及指标体系.....	25
六、工业互联网双碳园区的建设路径.....	26
6.1 提出需求.....	27
6.2 制定规划.....	27
6.3 启动建设.....	28
6.4 监测跟踪.....	28
6.5 检测评估.....	28
6.6 示范推广.....	29
七、工业互联网双碳园区的碳管理实施闭环.....	29
7.1 碳盘查.....	30
7.2 碳核查.....	31
7.3 碳交易.....	32
7.4 碳改造.....	34
7.5 碳评价.....	35
八、工业互联网双碳园区的发展与保障.....	36
8.1 政府引领.....	36
8.2 保障措施.....	38
附录：工业互联网双碳园区评价指标.....	40

一、工业互联网双碳园区建设的重要意义、态势和价值

1.1 我国加紧部署实施双碳战略

近年来，以二氧化碳为主的温室气体排放造成了全球气候变暖以及附带的一系列极端天气、自然灾害等，严重影响了未来人类文明的存续，降低温室气体的排放量已成为各国的共同义务和责任。为应对气候变化、减少温室气体排放，多国相继确立碳中和目标，引导经济绿色低碳发展。截至目前，全球已有 127 个国家承诺“碳中和”，欧盟、英国、日本等地区纷纷提出“绿色新政”。习近平总书记高度重视绿色低碳发展和应对全球气候变化，在 2020 年第七十五届联合国大会上郑重宣布，中国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。这一重要宣示彰显了中国积极应对气候变化、走绿色低碳发展道路的坚定决心。

为进一步更新和强化，中国陆续发布重点领域和行业碳达峰实施方案和一系列支撑保障措施，构建起碳达峰、碳中和“1+N”政策体系，即出台一个实现碳达峰目标与碳中和愿景的指导性文件，并根据不同的领域，制定一系列指导性的政策和方案。2021 年 10 月 24 日，中共中央、国务院印发了《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》，就经济社会发展全面绿色转型、产业结构等 10 个方面提出了 31 条措施，标志着双碳工作最高顶层设计的正式出台。2021 年 10 月 26 日，国务院印发了《2030 年前碳达峰行动方案》，提出了重点实施能源绿色低碳转型、节能降碳增效等“碳达峰十大行动”，该方案是碳达峰阶段的总体部署。

国家、地方各层面接连出台多部“双碳”法律法规，应对气候变化和低碳转型发展已成为我国的重大战略。2021 年 11 月 5 日，工信部、人民银行等四部门联合发布《关于加强产融合作推动工业绿色发展的指导意见》，旨在引导金融资源通过绿色化的渠道向工业高质量发展汇聚，推动工业稳增长和有效投资。2021 年 11 月 15 日，工信部印发《“十四五”工业绿色发展规划》，为工业碳达峰碳中和行动思路给予了明确思路。2021 年 11 月 30 日，发改委、网信办、工信部等部门印发了《贯彻落实碳达峰碳中和目标要求 推动数据中心和 5G 等新型基础设施绿色高质量发展实施方案》。地方层面，目前已有 31 个省（直辖市、自治区）将“碳达峰、碳中和”列为未来的重点工作，并出台了相关扶持政策。

1.2 园区是落实国家双碳战略的关键载体

1.2.1 园区是我国产业升级与绿色发展的主战场

园区是我国制造业转型升级的重要抓手。我国从改革开放以来，工业的发展取得了举世瞩目的成就，园区作为推进我国改革开放和经济发展的主要抓手，一直被视为经济建设的主战场。目前全国各类产业园区超两万个，园区经济对全国经济贡献的增长率已经超过了 30%。

由此可见，园区对区域和城市经济发展的贡献度较高，已经成为中国经济增长的助推器。园区作为工业企业集聚区，在提供了大量基础设施和公共服务的同时也成为了碳排放的主要源头。公开数据显示，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%。因此，将工业园区定为精准减排的落脚点、攻坚区，确保节能、

减耗、提质、减碳工作的落实，是我国实现碳达峰碳中和目标的必然要求和重要途径。

1.2.2 园区双碳建设是国家重要任务部署

我国高度重视园区的绿色低碳发展，为解决传统工业园区的低碳转型发展难的问题，陆续采取了一系列的相关措施。自 2010 年以来，我国陆续开展 51 个低碳工业园区试点建设，并先后实施了 ISO14000 国家示范区、国家生态工业示范园区、可持续发展实验区、园区循环化改造、低碳工业园区、园区土地集约利用评价、绿色园区等一系列绿色发展试点项目，为全面推进工业园区做好碳达峰碳中和工作奠定了良好的基础。

2021 年政府多部门相继印发文件，密切出台相关政策措施支持园区绿色低碳发展。国务院印发的《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》中明确指出要开展碳达峰试点园区建设，推广园区能源梯级利用等节能低碳技术。《2030 年前碳达峰行动方案》中指出要实施园区节能降碳工程，推进产业园区循环化发展，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。2021 年 9 月 1 日，生态环境部印发的《关于推进国家生态工业示范园区碳达峰碳中和相关工作的通知》中，指出要分阶段、有步骤地推动示范园区先于全社会实现碳达峰碳中和。2021 年 10 月 28 日，生态环境部印发了《关于在产业园区规划环评中开展碳排放评价试点的通知》，旨在进一步发挥规划环评效能，促进产业园区绿色高质量发展。工信部、人民银行等四部门联合发布的《关于加强产融合作推动

工业绿色发展的指导意见》中提出要支持工业园区和先进制造业集群绿色发展，鼓励运用数字技术开展碳核算，率先对绿色工业园区等进行核算。工信部印发的《“十四五”工业绿色发展规划》中提出要基于流程型、离散型制造的不同特点，提出降碳和碳达峰实施路径；要建设 171 家绿色工业园区，并完善绿色工业园区评价标准体系。

进入“十四五”时期，零碳示范园区的建设也在国内快速推进。2021 年 11 月 8 日，深圳市印发了关于《深圳市近零碳排放区试点建设实施方案》的通知，提出要遴选若干个减排潜力较大或低碳基础较好的园区开展近零碳排放园区试点建设，并对符合规定的试点项目予以奖励或补贴。武汉、无锡等多地也在规划零碳示范园区。

1.3 工业互联网是双碳园区建设的重要加速器

1.3.1 双碳园区建设的发展需求与愿景

当前，我国园区在实现碳达峰碳中和过程中依旧面临诸多挑战。

一是产业产能结构优化方面。部分园区未进行科学的产业规划，存在工业共生形态发育不良，产业延伸不足且链接不充分、产业链低碳化发展水平较低、产能结构性过剩等问题，尚未形成绿色低碳持续发展动力。二是园区能源管理水平方面。部分园区缺少对能源结构、产品工艺、加工过程的精细化管理，园区内能源监测、数据分析、优化处理和统一调度等管理过程智慧化水平较低。三是园区资源利用效率方面。部分园区资源配置结构不完善，资源利用效率较低，园区微电网、园区清洁能源利用等方面缺少前瞻性布局，园区内部与外部的原料、再生、固废等资源的有效协同需进一步增强。四是园区智能化

绿色化融合方面。碳排放数据的精准实时监测、核算和预测实施难度和改造成本较大，新一代信息技术与碳排放管理缺乏深度融合。

针对以上问题，园区可以通过数字化手段打造信息化、专业化、智慧化的节能降碳方式，以更加精细、动态的方式实现工业园区的绿色高质量发展。园区碳达峰碳中和建设也势必涌现海量商机，为园区带来差异化定位的招商竞争优势，吸引碳改造、碳评价、碳交易等碳产业链服务商在园区内聚集，逐渐构建完善的双碳产业体系。

1.3.2 工业互联网对双碳园区建设的重要价值

工业互联网是新一代信息通信技术与工业经济深度融合的新型基础设施、应用模式和工业生态，是第四次工业革命的重要基石。工业互联网可助力园区加速实现“双碳”目标：

助力园区能源结构优化、绿色升级、精细管理。通过工业互联网一体化信息基础设施建设，提高能源、碳排放等数据的计量、核算精度和可信度，持续推进生产流程和工艺的绿色化、数字化节能升级，全面提升园区的能源系统优化与节能管理能力。助力园区实现绿色能源的调度优化，推进以可再生能源为主的园区增量配电网、微电网和分布式电源，助力园区构建清洁低碳安全高效的能源体系。

赋能园区资源高效利用、优化管理、智能协作。园区利用工业互联网实现再生资源高值化循环利用新模式，推动建立再生资源供应链，提高资源利用水平，助力园区以资源高效配置带动生产过程碳排放降低。园区通过工业互联网助力企业构建数据支撑、网络共享、智能协作的绿色产业管理体系。强化园区内部、园区与外部组织之间的循环

链接，促进资源有效、协同供给，提高资源利用水平。

推动园区绿色结构转型、集群构建、协同发展。园区通过工业互联网将优化绿色产业链协同布局，推动园区各产业之间相互协调、产业结构转换、产能过剩分析和预警等能力的提升，实现园区产业绿色集群化发展。助力园区产业循环链接，形成互为供需、互联互通的新型产业链。推动园区构建协同降碳新模式，为跨行业耦合、跨区域协同、跨领域配给等提供能力支撑。

二、工业互联网双碳园区的发展需求

2.1 工业互联网双碳园区的内涵

工业互联网双碳园区是以实现园区的碳达峰碳中和为目标，以绿色高质量发展为愿景，充分利用工业互联网规划、建设、运营、提升的新型绿色园区。园区应以供给侧结构性改革为主线，以产品碳足迹、园区综合能源调控、园区双碳智能化管理三大模式为导向，通过网络、平台、安全三大体系和绿色融合新技术、新模式、新业态的构建，来指导新型园区建设以及已有园区的绿色转型发展。

（1）产品碳足迹

园区应构建设备、车间、厂区、产品等所有组成要素的全生命周期的碳足迹跟踪，将绿色低碳理念贯穿于园区规划、建设、运营和维护全过程，降低全生命周期能耗和碳排放，助力园区内部企业实现绿色化物流、生产、经营、服务等。

（2）园区综合能源调控

园区应以工业互联网等手段推动园区能源绿色化综合应用，采用可再生能源替代化石能源，推动清洁能源的使用，推进多能高效互补利用，并加强化石能源的节约与高效利用。园区应在公共设施共建共享的基础上，加强能源梯级利用，开展园区循环化改造，不断提升园区内部协同性，并加强园区和外部的协同，促进园区产业的持续调优。

（3）园区双碳智能化管理

园区应基于工业互联网、云计算、区块链等信息化手段，构建设备、车间、厂区、园区多层次的系统能源、资源与碳排放的优化与精益管控技术体系，以节能调度、资源动态配置为手段，综合采用大数据智能算法，赋能园区构建双碳数据采集、监测、核算、管控、预测等全流程智慧化治理体系，实现对园区碳数据全方位、多层次的透明化监测与管控的目标。

2.2 工业互联网双碳园区建设的四大发展需求

工业互联网双碳园区以实现园区的碳达峰碳中和为目标，利用工业互联网新型基础设施和各种创新技术应用，满足园区绿色高质量发展的四大需求：

园区企业绿色化改造升级。（1）企业技术和设备数字化节能升级改造。通过对重点用能设备、工序等实施信息化数字化改造升级和上云用云，进而降低全生命周期能耗和碳排放。（2）企业绿色能源部署和优化。推动能源系统优化和梯级利用，加强能源资源节约，并开展能源管理体系建设，实现节能增效。（3）企业绿色供应链体系构建。建立绿色供应链管理体系，提升资源利用效率及供应链绿色化

水平。（4）落实双碳政策体系。完善节能减排约束性指标管理，加强碳排放权和用能权等交易的统筹衔接。

园区和产业集群绿色发展。（1）园区公共设施和环境的绿色建设。园区应注重生态设计，加强基础设施绿色改造，注重园区碳汇环境建设。（2）园区双碳综合治理。园区应以节能降碳为导向，优化调整产业结构和布局，推动园区各产业之间相互协调、产业结构转换等能力的提升，推动绿色产业链与绿色供应链协同发展。（3）开展园区循环化改造。优化园区空间布局，推动园区企业循环式生产、产业循环式组合，推荐产业园区循环化发展。（4）培育园区绿色服务体系。创新服务模式，面向园区企业提供咨询、检测、评估、认证、审计等双碳配套服务体系。

园区产品供给绿色化转型。（1）开展产品生命周期绿色设计。考虑产品生产消费等各个环节对资源环境造成的影响，力求最大限度降低资源消耗、减少污染物产生和排放。（2）生成 LCA 报告。提供产品生命周期能耗、二氧化碳排放等清单结果，为碳足迹等产品环境声明与环境标识的评价提供数据，为产品设计、工艺技术评价、生产管理等工作提供评价依据和改进建议。（3）实行绿色低碳产品激励约束机制。强化产品碳排放、能耗、环保等要素约束。

园区为核心的绿色生态体系。（1）加强绿色循环产业链构建。实现园区全生命周期的资源、能源、物料的循环利用，使园区绿色竞争优势不断增强，产业经济绿色低碳增长。（2）加强绿色市场化机制。注重碳排放权、用能权市场交易，借助市场力量对园区总体碳排

放量及减排成本进行控制，倒逼企业绿色低碳化转型。（3）建立园区与外部区域、城市平台的有效连接，构建区域绿色产业生态体系，并与所在城市形成协同零碳发展新模式，打造协同有机健康的园区生态。

三、工业互联网双碳园区的总体视图

3.1 工业互联网双碳园区关键相关方

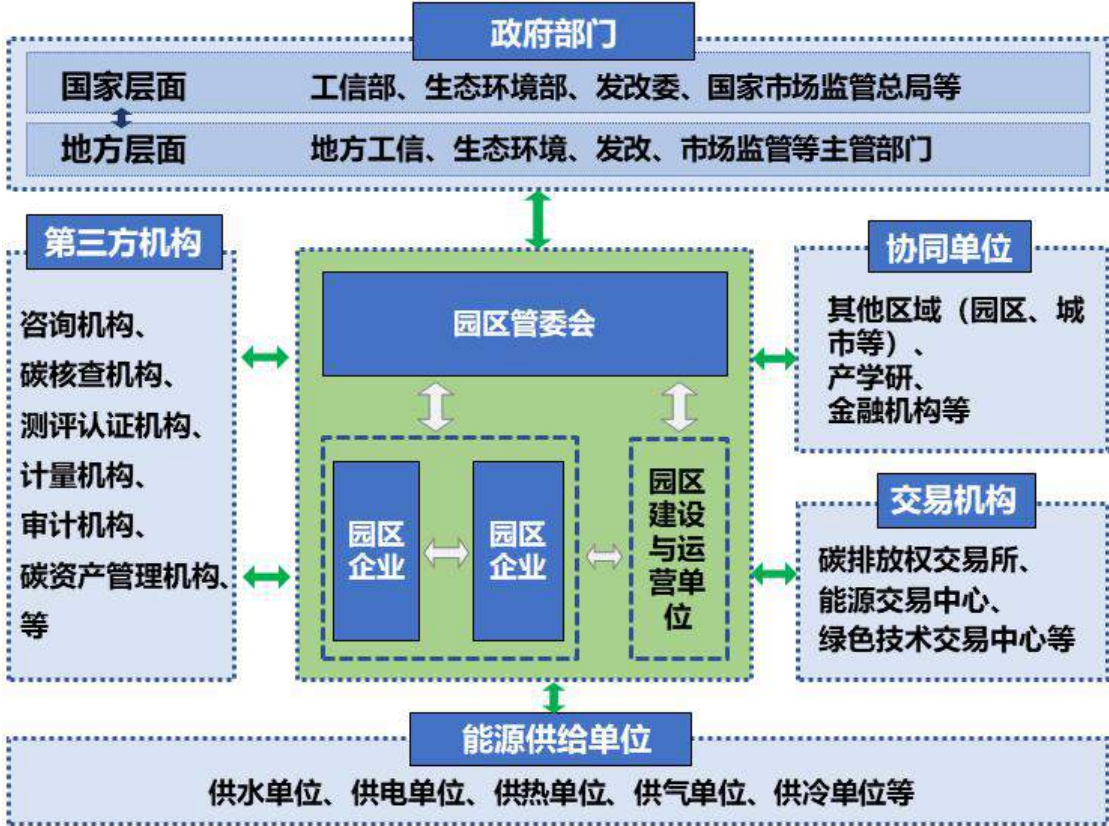


图 1 工业互联网双碳园区关键相关方

工业互联网双碳园区的关键相关方涉及政府部门、园区管委会、园区企业、园区建设与运营单位以及提供咨询、碳核查、测评认证、计量等服务的第三方机构，同时要与其他园区、城市、产学研等协同建设全方位、立体化的园区绿色合作生态体系。此外，园区还要与碳排放权交易所、能源交易中心、绿色技术交易中心等交易机构实施交

易，利用市场化机制促进园区温室气体减排，并将能源供给单位接入双碳园区建设管理体系，助力园区实现源头降碳，共同构建园区协同零碳发展新模式。

3.2 工业互联网双碳园区整体框架



图 2 工业互联网双碳园区整体框架

工业互联网双碳园区的建设与发展，应在政府相关政策措施的引领下，以碳达峰碳中和科学规划为规划指导，推动园区实现双碳创新变革。要充分发挥工业互联网双碳园区可信数字基础设施的作用，通过构建工业互联网园区网络，提升园区的双碳信息传输能力和信息感知能力；打造工业互联网园区平台，实现园区要素的全流程数字化管理；基于工业互联网安全框架建立园区可信碳资产交互与可信身份认证机制，提升园区日常运营的安全防护能力。同时，园区应基于低碳零碳负碳绿色基础研究，部署园区绿色公共设施与环境，助力企业绿

色化改造升级。进而通过持续优化升级，与外部政府、区域、能源供给单位、产学研共同构建园区协同零碳生态模式，促进资源的充分整合和共享。

工业互联网双碳园区的建设的两大核心要素，一是要打造双碳数据流动闭环，推动园区内设备、工艺、物料等数据联动，以及园区外产业链上下游的生产、物流、库存等数据互通，进而结合具体场景实现园区双碳数据洞察分析。二是推进双碳数据价值化，通过信息化的手段保证园区碳和能源数据采集的准确性、核算的真实性、交互的可信性，实现园区双碳数据的资源化、资产化、资本化。

3.2.1 工业互联网双碳园区建设主要指导性原则

目标导向。坚持把推动碳达峰碳中和目标如期实现作为园区全面绿色高质量发展的总体导向，助力园区数字化转型、节能降碳和能源资源高效利用。

绿色创新。坚持把园区绿色创新发展作为主要驱动力，利用工业互联网、区块链等新一代信息技术和高效光伏、新型储能等节能减排技术助力基础设施绿色转型升级，优化园区公共环境和服务能力，推荐园区循环化发展，培育壮大园区绿色发展新动能。

系统推进。明确园区绿色转型发展策略与步骤，利用标识、计量、认证、监测等手段构建园区绿色发展管理体系，协同推动设备、产线、企业、供应链、园区的绿色转型与发展。

协同发展。将园区作为区域组织协作与产业转型发展的关键载体，围绕监管协同、资源协同、能源协同、生态协同等方面构建绿色协同

发展体系。

3.2.2 工业互联网双碳园区关键要素的建设

(1) 园区总体规划

在园区建设、运营过程中要科学编制园区绿色低碳顶层设计规划。一是制定园区双碳目标和实施路径。包括建设园区单位碳排放和能源数据采集装置；推动园区产业集群循环化改造，对园区微电网、园区清洁能源利用等方面开展前瞻性布局，推动公共设施共建共享、能源梯级利用、资源循环利用；制定碳排放政策和碳交易规则，依法依规开展碳排放核算、碳效率评价及企业间碳交易活动等低碳目标。二是谋划重点项目。以项目化推动方案落地实施，重点谋划一批有利于推动园区经济、能源、产业等绿色低碳转型发展应用示范工程。

(2) 可信数字基础设施

1) 绿色工业互联网园区网络建设

通过构建“高速、安全、融合、泛在、绿色”的工业互联网双碳园区网络，提升园区的信息传输能力和信息感知能力，推动园区服务和产业绿色、协同的发展。

标识解析，是工业互联网双碳园区网络体系的重要组成部分，可应园区或园区内企业为主体建设工业互联网标识解析节点，推动“跨行业、跨专业、跨区域、跨企业”标识的互联互通，实现企业内外部软件系统、企业标识系统与工业互联网标识解析系统的对接。通过赋予园区内每一个实体物品（包括能源、物料、产品、设备等）和虚拟资产（包括碳排放数据、模型、算法、工艺等）唯一的“身份证”，探

索标识在碳足迹全生命周期管理、再生资源回收利用、高效能设备全链条管理、能源梯级利用等场景应用。通过标识解析节点的建设，打通碳排放异构数据、异主流程、集约化传输和管理，实现园区、政府、三方机构数据互通，共享共治，提升园区异构数据互联互通能力，降低企业运转成本。

区块链基础设施。园区应基于区块链基础设施构建园区网络，实现园内个体化组织的可信数据交互、碳交易等协作，推动边际成本趋零，拓展商业维度，推动园区与外部网络生态价值最大化。基于区块链技术打造园区碳和能耗数据的实时安全存证，并在可信数据基础上对园区企业进行碳信用评价与认证。通过区块链存证技术，构建双碳园区可信认证体系，防止数据被篡改，确保数据安全可信，建立“企业-政府-第三方服务机构-金融机构-交易机构”的多边可信数据链，实现数据共享共治，为碳排放交易及相关业务过程中的数据交互提供保障，实现数据资产至碳资产的转化。

园区骨干网络。园区骨干网络是园内各企业网络互联的关键基础设施，是园区进驻的各企业办公、科研、生产数据以及相关信息互通与交流的载体，也是开展园区绿色转型发展资源协同利用、构建园区绿色资源交互网络的关键支撑。园区骨干网络可以连接园区设施和环境计量、采集和监测设备，实现园内端到端的连接，形成园区信任网络，进而助力从生产端到企业平台，从企业平台到园区平台的信息互联互通。

2) 绿色工业互联网园区平台建设

1. 园区综合服务平台

园区综合管理平台是园区的基础信息化服务设施，是园区基础服务与产业服务应用的直接体现，是园区生态合作与协同交流的重要平台。园区综合管理平台包含的主要功能为应用型功能和服务型功能，应用型功能包括碳/能耗数据的监测与优化、能源结构调整与优化等内容，服务型功能包括园区设施与环境的精细化运营管理、企业配套服务等。

通过提供园区管理服务，助力工业园区实现碳排放在线监测与核算，实现碳排放的透明化管理，提高碳排放数据的溯源性、安全性及时效性。进而帮助园区管委会时刻了解企业碳排放数据，了解工业互联网双碳园区碳中和进度，并基于模拟核算为园区后期招商引资、项目准入等规划决策提供数据支撑。

2. 园区工业互联网平台

园区应搭建或引入工业互联网平台，与园区内部企业、园区设施和环境、园区外部政产学研用对接，汇聚各种在线资源，提供双碳模型算法、微组件库和开发工具、开发环境等能力，支持园区企业利用工业互联网平台开展资源和能源共享协同、节能环保服务提供和双碳应用创新。平台还应提供强大的可视化能力支持，支撑企业展示生产、经营、服务等进程与态势。

园区双碳数据和算力基础设施：汇聚园区物料碳排放、能源碳排放、制造工艺过程中所产生的直接碳排放等数据，以及产品数据、生产数据、原材料数据、能源供给和交易数据、产业链和供应链数据等，

为碳排放核算、分析等提供统一的基础支撑。

双碳模型算法：利用双碳模型算法对碳足迹、碳排放、能源调控等的分析和测算，助力园区进行相关预测和优化。

双碳微组件库：双碳微组件可以独立运行也可组合提供某种服务，如工艺节能优化、设备能源管理、碳排放测算等。

开发环境：为园区企业或第三方机构提供基础环境、组件和接口。

同时，园区平台应与外部的政府电子政务平台、国家级工业互联网平台、国家级节能技术推广服务平台、国家级公共资源交易平台、公共信息服务平台等互联，以便获得外部双碳技术、人才、资金等资源，打造绿色协同生态。

3. 绿色工业互联网园区安全建设

园区应在工业互联网安全框架规范的总体指导下，建立满足园区长远发展的安全体系，采用技术手段、管理手段和安全服务相结合的方式，提升园区网络信息安全防护能力。

边界安全。园区应构建边界安全防护能力，主要包括区域边界防护平台与边缘侧数据安全防护平台。园区应构建边界安全运营防护体系，制定合理的安全策略，通过在企业边界与园区边界部署隔离设备，利用数据加密、安全认证等安全手段，提供端到端全覆盖的应急防护措施，包括威胁监测、态势感知、安全管理编排、安全事件应急响应、柔性防护等，防止企业内部风险扩散及外部风险入侵。

园区安全。园区应具备完备可靠的工业互联网安全保障体系，推动园区内制度机制、手段建设、产业发展、人才培养等多方面的工作

合理有序开展，构建协调配套的行动举措。通过建立健全工业互联网监督检查、风险评估、应急处置等体制机制，层层压实责任，强化对园区内企业的指导和规范。推动园区内企业加快监测预警、应急防护等关键技术手段部署，构建企业自身安全防护以及核心技术能力，促进工业互联网安全监管、防护、治理等安全基线的全面提升。制定园区级别安全标准规范，支持园区内专业机构、企业积极参与相关国际标准制定，加快标准落地实施。

（3）园区企业

企业应打造绿色设施与环境，包含绿色设备、物料和能源等，园区应支撑有条件的企业开发利用光伏、风电等能源实施，推进多能高效互补利用，同时，企业应通过智慧能源管控，推动数字能源和综合能源服务的发展。

园内企业通过对供应链、加工生产、产品流通等过程的数据进行信息采集与控制，实现对企业制造全流程物料、能源以及工艺过程导致的碳排放的全面感知。基于企业信息与控制系统，提供实时碳数据存储、传输、校验等功能，实现对采集数据的有效处理和保存。园区可为企业建立提供自身管理和服务的平台，推动主要用能设备、工艺、工序等数字化改造和上云用云，实现对企业碳排放的全面监测、管控与评估，推动碳足迹全生命周期跟踪与管理、“工业互联网+再生资源回收利用”、能源梯级利用等创新绿色模式的落地。

（4）园区公共设施与环境

园区应打造绿色公共设施与环境，坚持节约优先方针，提高可再

生能源比例，推进绿色储能、耗能与供能设施的研发与应用，推进重点用能设备节能增效，包括加强微电网、分布式能源等供能和储能设备等设施的建设。

（5）园区协同生态

园区内部协同。园区管委会、园区建设与运营单位、园区企业间开展围绕工业互联网和双碳融合领域的全面交流和合作，联合开展低碳零碳负碳关键核心技术攻关，培育一批节能降碳和新能源技术产品研发国家重点研发实验室、测试中心、创新中心等，并基于工业互联网平台进行双碳模型、算法、软件等技术与成果的共享、开放、协同。

园区与外部协同。整合政产学研用金服等各方资源，实现园区与政府的监管协同、园区与区域的资源协同、园区与能源单位的能源协同、园区与产学研的生态协同，共同推动绿色低碳发展和成效评估，推动能源的综合利用、绿色低碳技术创新、资源配置联动、人才培养，加快先进零碳负碳技术的研发和推广应用。园区平台与各信息系统应加强与工业互联网平台、公共资源交易平台等第三方服务平台的对接互联，实现微服务组件、应用服务、双碳信息多维联动。园区应加强国际国内合作，深化参与各方在绿色技术、绿色工艺、绿色设备、绿色企业、绿色园区等方面交流合作。

（6）可信监测平台

园区应和外部区域及所在城市形成绿色低碳资源的供需对接模式。

四、工业互联网双碳园区基础理论方法

国务院《关于印发 2030 年前碳达峰行动方案的通知》提到，要“建立统一规范的碳排放统计核算体系”。工业互联网双碳园区要依据自身特点开展碳排放核算方法学研究，建立健全排放计量体系，深化碳排放监测与预测技术，构建综合能源调度方案，打造园区控碳、降碳、减碳、负碳技术体系。

4.1 计量方法

计量是利用技术和法制手段实现单位统一和量值准确可靠的测量。园区用到的能源种类有煤、天然气、油、热力、电力等，国家已出台相关计量规范，如《重点用能单位能源计量审查规范》（JJF 1356-2012）、《国家计量检定规程评价细则》、《中华人民共和国计量法（2021 年 10 月征求意见稿）》（JJF 1920-2021）等，不同类型的能源也有相应的行业规范及地方标准。园区内涉及到的各种能源，其计量方法应满足国家标准、行业标准以及地方标准。

对园区内主要能源计量器具采用可移动式计量标准进行远程在线校准，结合大数据分析等进行实时的量值核查，可以实现园区企业能源数据质量以及仪器设备可靠性的提升，深层次提高园区精细化管理水平。

4.2 基础核算方法

依据 GB/T32151-2015《温室气体排放核算与报告要求》、GB/T2589-2020《综合能耗计算通则》及生态环境部《企业温室气体排放报告核查指南（试行）》，通过测量园区设施消耗的电力、热力

总量及对应的碳排放系数，能够准确测算出园区用电设施和供热系统的间接碳排放量。通过测量园区燃气、柴油、煤等燃料直接消耗量，能够测算出园区设施的直接碳排放量。

碳核算主要方法分为基于计算（包括排放因子法、物料平衡法）和基于测量（即实测法）两种方式：

（1）排放因子法

温室气体排放量为活动数据与温室气体排放因子的乘积，见(1)：

$$E_{GHG} = AD \times EF \times GWP \quad (1)$$

式中 E_{GHG} 为温室气体排放量， AD 为温室气体活动数据， EF 为温室气体排放因子， GWP 为全球变暖趋势。

（2）物料平衡法

根据质量守恒定律，用输入物料中的含碳量减去输出物料中的含碳量进行平衡计算得到二氧化碳排放量，见式(2)：

$$E_{GHG} = [\Sigma(M_1 \times CC_1) - \Sigma(M_0 \times CC_0)] \times \omega \times GWP \quad (2)$$

式中 M_1 为输入物料的量， M_0 为输出物料的量， CC_1 为输入物料的含碳量， CC_0 为输出物料的含碳量， ω 为碳质量转化为温室气体质量的转换系数。

（3）实测法

实测法通过安装监测仪器、设备，基于排放源实测基础数据，汇总得到相关碳排放量，其中包括两种实测方法，即现场测量和非现场测量。二者相比，基于工业互联网等技术的现场测量准确性要明显高于非现场测量，同时，通过结合区块链技术可实现低成本检测对比和

核算量化。2020 年 12 月生态环境部发布的《全国碳排放权交易管理办法（试行）》中明确指出，重点排放单位应当优先开展含碳量实测法。

4.3 综合核算方法

《联合国气候变化框架公约》（UNFCCC）要求缔约方定期编制国家温室气体排放清单，联合国政府间气候变化专门委员会（IPCC）为 UNFCCC 提供支持。我国参考 IPCC 技术报告和方法指南，初步建立了国家信息通报编制和报告的国家体系，并先后颁布 24 个行业企业指南。

《联合国气候变化框架公约》第 13 次缔约方大会形成的《巴厘岛行动计划》中对于发达国家支持发展中国家减缓气候变化的国家行动要求，包括监测（Monitoring）、报告（Reporting）和核查（Verification）三个组成部分。2020 年《全国碳排放权交易管理办法（试行）》颁布，进一步规范了 MRV，其要求重点排放单位应当按照生态环境部公布的相关技术规范要求编制温室气体排放监测计划，每年编制其上一年度的温室气体排放报告，并通过环境信息管理平台或生态环境部规定的其他方式，在每年 3 月 31 日前报送生产经营场所所在地的省级生态环境主管部门。

工业互联网园区应按照所在行业已颁布相关指南，进行综合核算。根据总体物料平衡法则，本指南提出工业互联网园区的综合碳核算思路，即由总输入（包括外购化石燃料、溶剂、电极、含碳原料、电力、热力）减去总输出（固碳产品、碳汇以及二氧化碳捕集利用和封存）

隐含的碳量得出，即：

$$E_{CO_2} = E_{电和热1} + E_{企业} + E_{公共设施与环境} + E_{新基建} + E_{交通} - E_{固碳} - E_{碳汇} - E_{二氧化碳捕集利用和封存} \quad (3)$$

式中， E_{CO_2} ：为园区 CO_2 排放总量，单位为吨（ tCO_2 ）； $E_{电和热1}$ ：为园区（不含园区内企业）净购入电力和热力等能源产生的 CO_2 排放量； $E_{企业}$ ：为园区内企业产生的 CO_2 排放总量； $E_{公共设施与环境}$ ：为园区公共设施与环境运行中产生的 CO_2 排放量； $E_{新基建}$ ：为园区新基建工作过程中产生的 CO_2 ； $E_{交通}$ ：为园区内交通产生的 CO_2 ； $E_{固碳}$ ：为园区固碳产品隐含的 CO_2 排放量； $E_{碳汇}$ ：为园区内或购买的生态碳汇从空气中清除 CO_2 排放量； $E_{二氧化碳捕集、利用和封存}$ ：为二氧化碳捕集、利用和封存所清除的 CO_2 排放量。

$$E_{企业} = E_{燃料燃烧} + E_{电和热2} + E_{物料} + E_{生产过程} + E_{产品} \quad (4)$$

式中 $E_{燃料燃烧}$ 为企业所有净消耗化石燃料燃烧活动产生的 CO_2 排放量； $E_{电和热2}$ 为企业净购入电力和热力等产生的 CO_2 排放量； $E_{物料}$ 为园区内企业生产所需物料的制造过程产生的 CO_2 ； $E_{生产过程}$ 为产品生产过程中产生的 CO_2 ； $E_{产品}$ 为产品在消费者的使用过程中产生的 CO_2 的总和。

$$E_{公共设施与环境} = E_{耗能设备} + E_{废物处理} \quad (5)$$

式中 $E_{耗能设备}$ 为公共耗能设备使用过程中产生的 CO_2 ； $E_{废物处理}$ 为园区废物处理过程中产生的 CO_2 的排放量。

$$E_{新基建} = E_{基站} + E_{服务器} + E_{制冷系统} \quad (6)$$

式中 $E_{\text{基站}}$ 为基站工作过程中产生的 CO_2 ； $E_{\text{服务器}}$ 为数据中心服务器工作过程中产生的 CO_2 ， $E_{\text{制冷系统}}$ 为数据中心制冷系统工作过程中产生的 CO_2 的排放量。

$$E_{\text{交通}} = E_{\text{园内交通}} + E_{\text{物料运输}} + E_{\text{产品运输}} + E_{\text{通勤}} \quad (7)$$

式中 $E_{\text{园内交通}}$ 为园区内交通所产生的 CO_2 ； $E_{\text{物料运输}}$ 为企业生产所需物料的运输过程产生的 CO_2 ； $E_{\text{产品运输}}$ 为企业生产的产品的运输过程产生的 CO_2 ； $E_{\text{通勤}}$ 为园区内人员通勤产生的 CO_2 排放量。

4.4 能源需求预测方法

能源需求预测分为中长期预测和短期预测。中长期预测一般是指预测周期为月、年级别的预测，短期预测一般为小时、日、周级别的预测。

(1) 中长期能源需求预测方法

针对园区的中长期能源需求预测需对区域内的能源结构、未来能源的发展趋势进行精确的把握，首先应对各个能源品种的使用量进行拆分和分析，再针对不同能源品种建模预测。中长期能源预测常采用的方法包括回归分析预测、经典技术预测以及机器学习预测等。

回归分析预测。回归分析将能源需求与变量间建立系数关系，进而进行未来使用量的推演，方法包括一元回归、多元回归、非线性回归等。

经典技术预测。经典技术预测采用传统的能源预测方法，根据经济发展趋势推算或结合需求消费弹性系数进行需求量预测，考虑因素包括人口/收入增长、城镇化率、GDP 增长率、能源结构变化等宏观

因素。常用方法包括宏观计量经济模型、投入产出模型、CGE 模型等、工程经济计算模型、动态能源优化模型、能源系统模拟模型等，混合模型等。

机器学习预测：采用机器学习中时间序列分析预测方法，开展月度、年度的能源需求预测，该类模型可将能源使用量的时间序列分为长期趋势（trend）、季节变动（seasonal）、循环变动（cycling）和随机波动（irregular）四个部分，利用能源消费变动的惯性特征和时间上的延续性进行预测，常用的方法包括 AR 模型、MA 模型、ARMA 模型、ARIMA 模型等。

（2）短期能源需求预测方法

短期能源消费量受到天气变化、生产活动、节日类型、季节特性等多种因素的影响，主要采用人工智能的方法进行预测，可采用的方法包括神经网络、回归分析、支持向量机、决策树、随机森林等，可利用能源历史的能源使用量及外部影响因素，高频预测未来的能源使用量。

短期预测方法一般考虑影响因素包括：用户类型、气象信息、日历信息、市场信息等，针对一定区域内的能源数据进行建模，可实现自动化、智能化短期预测。

4.5 碳排放预测方法

获取能源需求预测结果后，可参考不同能源碳排放因子计算能源碳排放，计算公式为：

$$C = \sum_{j=1}^8 E_j \times W_j \times F_j / 10^9 \quad (8)$$

其中： C 为碳排放量； j 表示能源品种，分别表示煤炭、焦炭、原油、汽油、煤油、柴油、燃料油和天然气， E_j 为 j 能源的消耗量； W_j 为 j 能源的平均低位发热量； F_j 为 j 能源的二氧化碳排放因子。

4.6 综合能源调度技术

园区实现双碳目标，需要着力构建综合能源系统，改变传统能源系统建设路径和发展模式，大力推动能源生产和消费革命，综合能源服务是实现“碳中和”目标的重要技术支撑。

构建综合能源系统，重点在于以“横向多种能源互补、纵向源网荷储协调”为原则，兼顾能源系统安全性、经济性和清洁化，整合区域内太阳能、风能、天然气和电力等多种能源资源，提升能源子系统之间的协调规划、优化运行、协同管理、交互响应和互补互济水平，在满足园区多元化用能需求的同时，提高园区能源系统供能可靠性、综合能效，降低用能成本、碳排放量和其他污染物排放量，推动园区产业高质量发展。

构建综合能源系统，以多能供应、清洁能源利用、能效提升为切入点，构建综合能源供应、能源信息化管理、能源数字化运营三位一体的综合解决方案，以能源信息化服务为技术支撑手段，工程技术与信息技术相辅相成，通过能源数字化运营实现可持续发展，助力园区和助力园区企业实现“碳达峰、碳中和”目标。

五、工业互联网双碳园区评价及指标体系

工业互联网双碳园区评价指标体系通过科学的方法,分别从基础设施、管理保障、协同发展、绿色低碳、发展成效 5 个要素作为评价的一级指标,并对各项一级指标进行降维细化,形成工业互联网网络、工业互联网标识解析等 20 项二级指标, 69 项三级指标的综合评估体系。园区通过该体系对园区进行全方位评估,衡量园区各生产要素、各层级、各项业务环节的节能降碳增效和资源能源利用水平,并旨于通过此项工作帮助园区定位自身所处发展阶段、诊断园区绿色转型发展中存在问题、识别园区工作潜在风险,从而帮助园区明确绿色改造演进路径、确定阶段化升级目标、制定针对性的解决方案、实施科学化改进手段、提升行业监管力度、助力园区的稳定、创新、规范、绿色化发展。

工业互联网双碳园区各项评价指标的分值范围为 0-100, 特别注意的是,定性指标结论为“否”时评分为 0,结论为“是”时评分为 100,指标评分可采用公式 (10) 来计算,评价总得分可采用公式 (9) 来计算:

$$w = \sum_{i=1}^m \sum_{j=1}^n \sum_{k=1}^l \alpha_i \beta_j \gamma_k x_k \quad (9)$$

其中, w 为工业互联网双碳标杆园区评估的综合得分, α_i 为第 i 个一级指标的权重系数, β_j 为第 j 个二级指标的权重系数, γ_k 为第 k 个三级指标的权重系数, x_k 为第 k 个三级指标的得分, $i=(1, \dots, m)$, $j=(1, \dots, n)$, $k=(1, \dots, l)$ 。

为实现指标的评估准确性,计算评估得分时,需要先将定量指标

值转化为同一量级下,比如采用评估数据的最大理想阈值和最小可能阈值,或参考行业最优值,确定的阈值应在一定时期内保持相对稳定,具体指标值可采用公式(10)计算:

$$Y_i = \frac{(X_i - X_{min})}{(X_{max} - X_{min})} * (b - a) \quad (10)$$

其中, x_i 为指标评估数据实际值, x_{min} 为最小阈值, x_{max} 为最大阈值。最终分值限定在 $[a, b]$ 区间内, 在本评估体系中, 分值区间为 $[0, 100]$, 即 $a=0$, $b=100$ 。

其次, 公式(9)中的各级指标权重由层次分析法(AHP)计算得到, 目前评价体系对各级权重采取均值处理, 在今后的应用过程中, 权重将由评估主管单位结合专家法和层次分析法, 根据实际情况进行定期修正和调整。

六、工业互联网双碳园区的建设路径



图3 建设实施路径图

6.1 提出需求

围绕园区绿色发展定位、主导产业、业态布局规划，进行充分调研，明确工业互联网双碳园区的发展愿景、发展方向、园区服务和园区特色，提出工业互联网双碳园区的建设需求和建设思路。

6.2 制定规划

通过摸清园区碳排放现状，诊断碳减排潜力，编制工业互联网双碳园区规划和具体建设方案，明确园区可信数字基础设施、园区绿色企业与公共设施、园区发展体系等建设思路 and 具体建设内容，细化园区评估内容和标准。园区规划应具有一定的前瞻性。

为了做好工业互联网双碳园区建设，在制定规划阶段，还需加强对园区企业碳达峰碳中和发展的引导：

（1）推进绿色供应链体系建设。利用工业互联网、大数据、区块链等信息化技术，构建数据支撑、网络共享、智能协作的园区绿色供应链管理体系，推动双碳数据自由流动、便捷交互，提升园区资源利用效率及供应链绿色化水平

（2）推进低碳工艺革新。利用工业互联网技术持续推进生产流程和工艺的绿色化、数字化节能升级，推动低碳工艺革新，实施工艺降碳升级改造。通过流程降碳、工艺降碳、原料替代，实现生产过程降碳。发展绿色低碳材料，推动产品全生命周期减碳。

（3）推进绿色智能改造。积极发展新能源，进行绿色智能化改造，深化节能、降耗、提质、减碳、治污等碳减排重点方向。加强生

产线改造，提高自动化生产水平，推广用能设备节能，对重点用能设备、工序等实施信息化数字化改造升级和上云用云，进而赋能产能提升。特别要引导企业采用符合碳排放约束性指标要求的设备、设施和系统。

(4) 推进生产精细化管理。利用工业互联网对生产实时数据进行碳排放全流程管控，推动园区内重点用能企业实施节能监察全覆盖，实现生产资源的协同与调度，提高单位能源资源产出效率，促进节能降耗、提质增效。

6.3 启动建设

根据建设方案有序合规开展工业互联网双碳园区建设工作，加强建设方案任务落实和考核评价。

6.4 监测跟踪

借助信息化手段，对园区建设、运行与绿色发展情况开展实时的监测和跟踪，提升园区能耗、碳排数据的透明度，持续优化园区数字基础设施、监测与运营管理水平，不断完善服务内容和水平，协同政府对园区进行更加精准地实策。

6.5 检测评估

参照工业互联网双碳园区评价指标体系，定期开展对园区的检测评估工作，帮助园区定位自身所处发展阶段、诊断园区存在问题、识

别园区工作潜在风险，从而帮助园区明确改造演进路径、确定阶段化升级目标、制定针对性的解决方案、实施科学化改进手段。

6.6 示范推广

园区可通过市场渠道，推动园区围绕绿色转型与发展的技术成果及服务、园内优秀企业等能力与资源的对外推广，形成园区与社会互促互利的共赢局面。园区基于实践经验，总结提出可复制推广的实施措施和经验模式，形成一整套工业互联网双碳园区解决方案，推动园区建设全领域、全行业生态体系，向全国推广经验，发挥辐射带动效应。

七、工业互联网双碳园区的碳管理实施闭环

园区是碳排放的主体，也是落实碳中和目标的主体。为推动工业互联网园区的资源高效利用和绿色低碳发展，园区应通过碳盘查、碳核查、碳交易、碳改造、碳评价等管理流程推进全面深度减排，实现园区数字化低碳转型。



图 4 工业互联网双碳园区管理实施闭环

7.1 碳盘查

为实现绿色节能减排，园区需主动开展碳盘查活动，即计算园区以及园区内企业，在某一时间段内（通常是一年），自身在社会和生产活动中各环节直接或者间接排放的温室气体。通过摸清园区碳排放现状，诊断碳减排潜力，实现对园区生产、业务等全流程的碳排放的具体、可量化的统计，进而找到其中可以进行减排的空间，制定园区双碳目标和实施路径。

碳盘查的具体步骤为：

步骤	内容	服务流程
一	项目全面性与可行性评估	对拟实施碳盘查的园区进行评估，判断项目实施的可行性与发展情况。
二	盘查边界的设定	根据评估结果，视情况采用控制权法或股权比例法界定组织边界；实现对运营边界三个范畴的界定（包括直接排放与移除、能源间接排放、其他间接排放）；根据温室气体管理方案和企业自身的管理目标确定拟盘查的范畴
三	基准年的设定	选择并设定基准年，完成基准年的盘查清册；并且在特殊情况下，设定基准年的再计算程序
四	温室气体排放源的认定与鉴别	由熟悉设备设施、工艺反应和使用物料的专家对企业运营边界内产生以下六种温室气体的排放源进行调查和识别：二氧化碳（CO ₂ ）、甲烷（CH ₄ ）、氧化亚氮（N ₂ O）、氢氟碳化物（HFCs）和全氟碳化物（PFCS）
五	温室气体量化计算	在完成排放源的定性调查后，针对已识别的排放源逐一进行量化计算，量化的方法有排放因子法、物料平衡法等；不同计算方案的精度、所需成本与运作难度不同，可根据企业自身情况与实际需求选择。
六	GHG 清单的编制	对各种排放源类别以及总排放量等数据进行汇总，利用相关工具建立企业温室气体盘查清册，作为企业公开内部温室气体排放信息的依据；通过设定相应排放因子，计算出每种温室气体的直接温室气体排放量；温室气体移除量；能源间接温室气体排放量；其他间接温室气体排放量；源自生物质燃烧的直接 CO ₂ 排放量并形成温室气体盘查清单。
七	数据与信息品质管理	帮助园区建立并维持温室气体信息管理程序，进行不确定性评估，确保其与相关温室气体盘查原则与标准的吻合性；保留并维持温室气体盘查清册的设计、发展与维持的佐证文件，以便进行查证。

八	盘查报告书的制 作	完成盘查并形成盘查清册后，将企业整体盘查过程与步骤予以文件化进行管理，制作符合 ISO14064-1 标准的盘查报告书。
九	内部查证与高层 评审	确认温室气体排放源；确认排放量计算结果；协助企业高层评审，达到持续改善目标；由管理层根据整体盘查结果与内外形势变化，评估是否达成持续改进的承诺。
十	外部查证（必要 时）	在园区内企业达成持续改进承诺时，协助企业应对外部 DOE 查证，协助企业进行不符合项的整改，以期获得温室气体排放查证的证明。

7.2 碳核查

碳核查是企业碳排放配额清缴的重要手段，即第三方机构针对重点排放单位（温室气体排放量达到 2.6 万吨二氧化碳当量及以上）提交的温室气体排放报告进行核查，是参与碳交易的必要前置工作。通过碳排放核查，可以准确评估园区的温室气体排放量，有助于园区建立温室气体排放管理体系，对重点排放环节的碳排放进行有效管理。碳核查的主要步骤包括签订协议、核查准备、文件评审、现场核查、核查报告编制、内部技术评审、核查报告交付及记录保存等步骤。

然而，传统的碳核查方法存在一些弊端，一方面碳核查数据质量较差，即由于原始数据采集不规范、测量数据对应不一，导致碳核查过程中数据的真实性、准确性、完整性无法保证；另一方面，碳核查数据滞后严重，公开数据显示，碳核查数据平均滞后时长为 1 到 1.5 年，数据对减排治理的指导性十分有限，且治理的效果反馈不及时。因此，园区急需实时性强、有公信力的碳排放数据采集和实时监测能力建设。

碳核查准确度和效率需要进一步提升。虽然生态环境部《企业温室气体排放报告核查指南（试行）》对核查的原则、核查程序和要点作出了详细的指导，但是现有碳核查体系中的核查基础数据仍存在较

大不准确性。一是原始数据采集不规范，例如数据记录、统计、计算过程严重依赖人工，存在计算错误、篡改数据等风险。二是测量数据对应不一，核算中要求低位发热量的测量与燃料的称量针对同一批次燃料。实际核查仅能查阅企业的纸质测量记录，无法判定企业是否测量，测量结果是否对应。

针对以上问题，园区可通过数字化手段打造园区级动态碳核查体系，采用精准数据采集设备，并结合标识解析、区块链、大数据以及在线计量、在线审计等技术，实现碳数据采集、分析和计算的真实性、实时性和准确性。

7.3 碳交易

全国碳排放权交易市场是工业园区减少碳排放、实现绿色转型需求的重中之重。作为减少碳排放的方式中最有效的市场化手段，碳市场将促使园区内企业在碳价格信号的引导下，自主选择主动减排或购买排放权额度，进行碳减排融资。同时，碳交易也能够解决企业碳减排和发展低碳技术的融资问题。碳交易市场的建立，有助于从市场化的角度提升园区内绿色低碳项目和技术经济价值，促进企业绿色低碳生产方式转型，对于实现碳达峰、碳中和目标具有重大的推动作用。

碳排放权交易的实质就是以市场手段对企业的碳排放额度进行调配。经当地发改委核定，企业会取得一定时期内排放温室气体的配额。当企业实际排放量超出配额时，超出部分需花钱购买；当企业实际排放少于配额，结余部分可以结转使用或者对外出售。根据生态环境部《碳排放权交易管理办法（试行）》的规定，我国碳市场可以分为强

制性的配额交易市场和中国核证自愿减排量（CCER）市场，碳市场交易以配额交易为主，CCER 自愿交易是重要补充。

碳市场交易具体流程如下：

（1）配额数据基础

《碳排放权交易管理办法（试行）》规定，重点排放单位根据温室气体排放核算与报告技术规范，编制上一年度的温室气体排放报告，并于每年 3 月 31 日前报省级生态环境主管部门。省级生态环境主管部门组织开展对重点排放单位温室气体排放报告的核查，并将核查结果告知重点排放单位。

（2）配额核定发放

生态环境部根据国家温室气体排放控制要求，综合考虑经济增长、产业结构调整、能源结构优化、大气污染物排放协同控制等因素，制定碳排放配额总量确定与分配方案。

（3）配额权属确定

全国碳排放权注册登记系统记录的信息是判断碳排放配额归属的最终依据。

（4）配额清缴履约

《碳排放权交易管理办法（试行）》规定，重点排放单位应在生态环境部规定的时限内，向分配配额的省级生态环境主管部门清缴上年度的碳排放配额。重点排放单位每年可以使用国家核证自愿减排量抵销碳排放配额的清缴，抵销比例不得超过应清缴碳排放配额的 5%。

园区管委会应首先经过碳达峰碳中和相关内容培训，应结合自身

能源资源禀赋，发挥集群产业链优势，在政府相关部门和企业之间搭建桥梁，使市场化手段和政策性指导在低碳领域深度结合，为企业碳交易服务。园区要扶持企业充分运用市场化手段，构建企业内部及企业之间的循环经济产业链，实现生产过程耦合和多联产，最大限度地降低园区的物耗、水耗和能耗，提高园区的资源产出率。

7.4 碳改造

聚焦提升能效利用水平，园区可通过下列措施实施节能降碳改造：

（一）强化园区绿色发展顶层设计

制定园区双碳目标和实施路径，谋划重点项目，以项目化推动方案落地实施，重点谋划一批有利于推动园区经济、能源、产业等绿色低碳转型发展应用示范工程。

（二）制定园区“碳达峰碳中和”创新与实践路径

工业互联网双碳园区是一个整体性的概念，要想实现园区“碳达峰碳中和”的建设目标，必须要对园区规划、空间布局、基础设施、生态环境、运行管理等进行系统性考虑，围绕产业链设计、能源利用和资源利用，系统性统筹考虑企业生产、楼宇建筑、园区交通等各个方面的直接或间接碳排放，并嵌入“碳中和”技术和相关配套设施。

主要路径包含：构建低碳绿色产业体系，推进园区企业循环式生产、产业循环式组合，构建园区的双循环发展格局；构建清洁能源利用体系，搭建配套基础设施；推动园区绿色建筑升级，落实零碳建筑项目示范建设；打造固废资源循环体系；建设工业互联网双碳园区管理体系，包括能源动态管理、能源申报管理平台、碳排放监测交易平台

台、新型基础设施等；推动园区低碳技术创新，推进绿色技术成果转化应用；创新园区绿色金融服务，创新绿色金融产品；树立低碳运营服务理念等具体措施实现全方位节能。

（三）园区“碳达峰碳中和”重点项目实施

制定园区重点实施项目清单，通过碳评估、碳减排、碳监测、碳科普、碳普惠等项目，定量评估园区碳收支，助力园区实现碳中和目标。

7.5 碳评价

园区可综合通过政策分析、碳核查结果、资料收集、工程分析等流程，对园区实施低碳转型前后碳排放情况进行纵向对比，与所在区域、行业（产品）进行横向对比，评价园区低碳改造项目实施前后的二氧化碳排放水平，分析碳减排潜力；分析园区碳排放强度考核目标可达性；提出建设工业互联网双碳园区项目碳排放环境影响评价结论。

园区碳评价分为以下几个步骤：

（1）评估园区建设项目碳排放方案与国家、地方和行业碳达峰碳中和相关法律、法规、政策、规划、评价模型等的相符性。

（2）开展园区碳排放现状调查，识别园区二氧化碳排放源和温室气体种类，收集各个发、排放活动水平数据；确定碳排放评价基准。

（3）明确园区二氧化碳核算边界和产生节点；开展园区碳减排措施可行性论证，从环境、经济、技术可行性等方面开展碳减排措施可行性评估，并进行污染治理措施方案比选；核算项目实施前后的二氧化碳产生、排放量和排放绩效。

(4) 开展碳排放评价：分析园区内实施项目对碳排放强度考核目标可达性的影响程度；核算园区内拟建设项目碳排放量占市区年度碳排放总量占比，分析对地区达峰峰值的影响程度。

(5) 提出园区碳排放控制措施和管理要求，明确园区各个流程要落实节能、减排、节本、增效；制定园区碳排放监测、报告和核查工作计划。

根据以上步骤的分析结果进行概括总结，并结合园区所在区域的双碳行动方案、地区碳排放强度下降目标等，给出园区建设项目碳排放水平是否可接受的结论。

八、工业互联网双碳园区的发展与保障

8.1 政府引领

政府在推进工业互联网双碳园区健康可持续发展中发挥着不可或缺的作用，主要表现在五大方面。

一是提供双碳园区政策支撑。强化顶层设计，推动制定工业互联网双碳园区的相关政策，如园区监管政策、投融资政策、资源综合利用税收优惠等政策，加快建立统一规范的园区碳排放统计核算体系，建立健全碳排放计量体系，发挥制度优势，压实各方责任。地方政府根据实际发展情况因地制宜，依托顶层规划，明确目标任务，制定出台工业互联网双碳园区落实政策，完善工作机制和政策保障体系，打好政策“组合拳”。

二是建立健全法律法规。构建有利于园区绿色双碳发展的法律法

规，推动相关法律法规与园区相关内容的制定修订，增强相关法律法规的针对性和有效性。制定园区能源监测、资源综合利用、能源梯级利用等管理办法。推动制定工业互联网双碳园区碳排放约束性指标管理，强化碳排放、能耗、环保等要素约束，产品质量、安全、性能以及节能降耗和综合利用水平，均应达到国家标准、行业标准和相关碳排放要求。

三是引导产业稳步发展。制定工业互联网双碳园区投资优惠政策引导产业聚集发展，如加强与绿色产业发展配套的节能基础设施建设、搭建平台实现园区内绿色产业链上下游间的柔性关联。组织开展工业互联网双碳园区试点建设，着力孵化、培育和发展有前途、产业集聚效应明显的园区，大力推进园区成果转化和产业化发展。

四是强化监督考核机制。建立系统完善的工业互联网双碳园区综合评价考核制度，加强对园区网络覆盖率、能源产出率、区域资源集完备度等相关指标的协同管理和考核力度，加强指标约束。强化工业互联网双碳园区目标任务落实情况考核，对工作突出的园区、企业和个人按规定给予表彰奖励，对未完成目标任务的园区、部门依规依法处理。

五是提高统计监测能力。加强工业互联网双碳园区碳排放统计核算能力建设，深化核算方法研究，加快建立统一规范的园区碳排放统计核算方法和数据库体系。建立健全工业互联网双碳园区碳排放计量体系。推进园区中碳排放实测技术发展，加快遥感测量、工业互联网、区块链等新兴技术在园区碳排放实测技术领域的应用，鼓励运用数字

技术率先对双碳园区进行碳核算，提高统计核算水平。

8.2 保障措施

8.2.1 技术标准

加强工业领域绿色低碳基础研究和前沿技术布局，为园区提供低碳技术支撑。加快关键共性技术研究，集中优势资源开展工业互联网、区块链等新一代信息技术，和园区高效储能、碳捕集利用与封存技术、零碳工业流程再造技术等关键零碳负碳核心技术攻关，推进园区碳排放实测技术发展，加快推进工业互联网与低碳技术在园区中的融合发展。

推动工业互联网双碳园区相关标准、指南、评价体系的制定。建立健全工业互联网双碳园区绿色发展标准和评价体系，加快建立统一规范的园区级碳核算方法、算法和数据库体系，推进运用数字技术开展碳核算，健全碳排放计量体系。积极参与国际规则 and 标准制定，推进碳足迹、绿色制造等重点领域标准国际化工作。引导园区企业积极参与在低碳、节能、资源综合利用等重点领域相关技术标准、管理标准、环保标准等研制。

8.2.2 测试认证

对工业互联网双碳园区进行定期的评估与评价，定位现有工业互联网双碳园区运行存在的问题及潜在风险，帮助园区明确改造演进路径，以推动园区的绿色高质量发展。对工业互联网双碳园区涉及的技术、产品、系统、应用、安全防护能力等开展测试认证，保证相关测试认证对象符合国家相关法律法规和技术标准要求，在推动双碳数据

共享流动的基础上保证数据安全可信。

8.2.3 人才体系

充分发挥企业、科研机构、高校、培训机构等各方作用，扶持园区储备双碳专业队伍，为企业提供人才支撑保障。园区应建设多层次碳达峰、碳中和人才合作培育模式，建立多元化人才评价和激励机制。通过打造双碳人才实训基地，设置碳管理员、园区双碳规划师等身份，组织碳交易、碳管理、园区能源资源优化等相关知识培训，培养一批能够指导和落实工业互联网双碳园区建设的战略型人才。

8.2.4 创新推广

龙头企业、科研院所等实施重大节能降碳技术示范工程，支持已取得突破的绿色低碳关键技术开展产业化示范应用。建设工业互联网双碳园区展示体验中心，组织园区绿色发展政策法规、典型案例、先进技术的宣传推广活动。加强国际成熟经验的国内运用和国内有益经验的国际推广。

8.2.5 公共服务

培育一批工业互联网双碳园区绿色服务供应商，提供产品绿色设计与制造一体化、运营管理、工厂数字化绿色提升等系统解决方案。打造双碳园区公共服务平台，面向企业、园区提供低碳规划咨询、低碳方案设计、低碳技术评估、碳排放核算等服务，积极推进工业互联网双碳园区“一站式”综合服务模式，加速产学研用协同创新成果与实际产品收益之间的转化。

附录：工业互联网双碳园区评价指标

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重	特征
一、基础设施	0.15	(一) 工业互联网网络	0.3	1.园区新型网络覆盖率	0.2	园区所采用网络技术覆盖率，网络技术包括但不限于：5G 网络、时间敏感型网络（TSN）、软件定义网络（SDN）、低功耗工业无线网络（WIFI6）
				2.园区内设备联网率	0.2	园区内设备如生产设备、工业机器人、传感设备联网率（%）、园内 IPv6 地址占比、无线网络普及率
				3.园区云设施	0.1	云平台纳管的服务器数量、储存容量
				4.园内企业专线数量	0.2	园内企业拥有的专线数量。
				5.标准化数据协议普及率	0.2	使用标准化数据协议（如：OPC、OPC-UA、DDS、MQTT、LwM2M 等）的企业数量除以园区内企业数量得到的比值。 数据协议：一种用于数据交换的互操作性技术标准，确保不同厂家、不同设备之间的数据传输与信息互通。
				6.边缘计算	0.1	边缘计算节点的部署数量
		(二) 工业互联网平台	0.3	7.上云上平台	0.4	园区内上云上平台企业覆盖率
				8.工业 APP 数量	0.3	工业 APP 的数量
				9.访问次数	0.3	工业 SaaS/APP 调用次数
		(三) 工业互联网安全	0.2	10.成功抵御攻击次数占比	0.3	园区内企业成功抵御次数与攻击总次数的比值

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重	特征
				11.工业互联网安全监测平台对接率	0.2	企业及园区工业互联网安全监测平台与国家平台对接数量占比
				12.数据安全制度完善度	0.3	园区企业数据分类分级及安全管理体系是否完善，数据安全责任制是否落实
				13.应急预案建设率	0.1	园区企业对重大突发安全事件响应速度，应急系统建设水平
				14.安全机构及人员数量	0.1	园区内企业是否具有网络安全管理责任部门，网络安全机构人员数量
		(四) 工业互联网标识解析	0.2	15.节点覆盖率	0.3	园区内企业建设工业互联网标识解析企业节点的覆盖率
				16.标识注册量	0.2	园区年标识注册总量
				17.活跃用户数	0.3	园区年标识活跃用户数量
				18.标识解析量	0.2	园区年标识解析量
二、管理保障	0.25	(五) 知识产权	0.2	19.标准制定	0.5	参与编制的并发布地方、行业、国家、国际标准数量
				20.知识产权转化率	0.5	知识产权转化收益增长率
		(六) 创新应用	0.2	21.服务模式创新	0.2	园区内企业基于工业互联网开展互联工厂集成、智能化生产、网络化协同、服务化延伸、个性化定制等模式创新应用的企业数量占比(%)
				22.技术服务创新	0.2	园区提供的绿色低碳创新服务功能：面向节能、降碳新领域的研发创新、测试验证、资源汇聚、运行监测、预测维护、风险评估、安全预警等公共服务等

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重	特征
				23.企业孵化服务	0.15	园区是否提供企业孵化服务,并且服务的中小企业用户数量同总企业数量的占比(%)
				24.“5G+工业互联网”融合应用普及率	0.3	“5G+工业互联网”融合应用普及率=应用“5G+工业互联网”新模式的企业数量/园区内企业总数
				25.运营模式创新	0.15	园区内企业基于工业互联网开展数字金融、云招商、云直播等新型运行模式的企业数量占比
		(七) 保障措施	0.25	26.领导机制	0.1	地方政府牵头制定工业互联网、碳达峰碳中和统筹协调机制
				27.园区政策	0.1	地方政府和/或园区是否有配套的绿色低碳循环发展政策体系
				28.园区规划	0.1	是否具有较为完善的利用工业互联网促进园区实现双碳目标的工作方案和发展规划
				29.评测评估	0.1	园区年开展评测评估次数
				30.人才保障	0.1	园区是否与所在政府人才引进、激励机制和政策保障完善、劳动关系和谐度
				31.知识产权保障	0.1	园区是否为企事业单位提供知识产权保护
				32.工业互联网双碳总投入	0.2	园区在工业互联网双碳园区建设改造的总投入
				33.工业互联网双碳投融资规模	0.2	园区在工业互联网及双碳领域的投融资总数
		(八) 园区服务	0.15	34.园区管理服务	0.2	具备的园区管理服务数量:物业管理、企业档案、运营分析、环境监测、生态服务、业务分析、安防服务(累加式加分,总分不超过固定值)、碳数据管理

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重	特征
				35.企业管理服务	0.2	园区提供的技术服务、引导服务、支撑服务数量（累加式加分，总分不超过固定值）
				36.社区管理服务	0.2	具备的社区管理服务数量：园区信息服务、园区生活服务、园区电商服务、园区活动服务、园区人文服务（累加式加分，总分不超过固定值）
				37.行政审批	0.2	可实现全程或部分环节网上办理的区域内行政审批事项占总数的比例
				38.政府非涉密公文网上流转率	0.2	政府非涉密公文通过网络进行流转和办理的比例
		(九) 配套服务	0.2	39.研发中心	0.3	面向碳管理、节能、新能源技术、工业互联网技术研发基地数量：如研发中心、试验验证与应用转化的联合实验室、创新中心的数量
				40.示范基地	0.3	园区建有应用示范类基地数量：工业互联网产业示范基地、创新实践基地、工赋学院实训基地数量
				41.体验中心	0.2	园区是否建有工业互联网创新应用展示体验中心
				42.培训中心	0.2	园区是否建有工业互联网碳达峰碳中和人才培训中心
三、协同发展	0.15	(十) 资源协同能力	0.4	43.企业协作	0.2	参与在线协作的企业数量
				44.人才协作	0.2	参与在线协作的人才数量
				45.园区内部协同	0.3	是否基于区块链等技术实现供应链和供需对接的云化管理，物流协同、供应链、设备共享、基础设施共享等

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重	特征
		(十一) 领域集成能力	0.3	46.能源资源协同	0.3	是否建立园区内部不同企业之间的物质和能量交换协同
				47.区域或外部平台集成	0.3	是否与区域平台、外部对接,具备跨领域联动能力
				48.政务平台集成	0.3	是否与区域政务平台对接,支持政府对企业的治理
				49.区域资源集完备度	0.4	园区与所在区域的政、产、学、研、用、金、服、园、城等资源(订单、融资、研发等)的集成程度
		(十二) 产学研用协同能力	0.3	50.技术合作	0.5	与园外各组织进行工业互联网与双碳的协同研发、协同设计、协同制造等技术合作次数
				51.国际交流	0.5	园区内企业/研究机构与国际工业互联网行业、国际双碳行业开展交流合作次数
四、绿色低碳	0.2	(十三) 绿色园区建设	0.5	52.能源利用绿色化	0.2	园区清洁能源使用率
				53.资源利用绿色化	0.2	园区废气、废水、废渣的回收利用率
				54.产业绿色化	0.3	园区内绿色产业增加值占园区工业增加值比例
				55.生态环境绿色化	0.3	园区空气质量优良率
		(十四) 运行管理绿色化	0.5	56.园区完成温室气体盘查企业比例	0.5	园区内完成温室气体盘查企业数量和园区内总企业数量的比例
				57.园区碳数据管理平台	0.5	是否建设园区内碳数据管理平台,并提供碳计量、碳盘查、碳核查、碳排放、碳交易、碳金融等服务。
五、发展成效	0.25	(十五) 发展速度	0.2	58.企业数量增长率	0.2	入驻企业数量增长率
				59.产值增长率	0.2	园区近三年产值增长率

一级指标	权重	二级指标	权重	三级指标	权重	特征
				60.新兴企业增长率	0.2	战略性新兴产业数量增长率
				61.就业人数	0.2	就业人数增长率
				62.头部企业数量	0.2	行业龙头企业数量
		(十六) 质量效益	0.2	63.单位面积效益	0.5	以亩为单位获得的效益（万元/年）
				64.劳动生产率	0.5	园区内注册企业的全员劳动生产率：园区企业年产值/从业人员总数（万元/人）
		(十七) 低碳效益	0.2	65.单位 GDP 综合能耗 EDP	0.5	指报告期内园区综合能耗总量与园区 GDP 之比。 园区综合能耗总量：指企业用于生产和生活的煤、电、油等能源的消耗（包括生产取暖、降温等用能）。各种能源均按国家统计局规定的折合系数折成标准煤计算。
				66.万元 GDP 碳排放下降率	0.5	园区本年度相对于上年度的单位 GDP 的碳排放量下降情况，是园区减排温室气体、发展低碳经济的最直观表现。
		(十八) 协同效益	0.2	67.园区协同效益	1	产学研用协同创新成果向实际产品转化收益，含公共服务平台、工业互联网及双碳相关项目对接、产业合作等产生的收益。
		(十九) 满意度	0.1	68.服务满意度	1	企业对园区的服务满意度
		(二十) 品牌建设	0.1	69.品牌建设效果	1	园区是否获评国家新型工业化产业示范基地（工业互联网、全国知名品牌示范区、区域品牌园区、试点园区等）