

## （一）上海临港桃浦园区 AI Park 数实融合能效智控

### 1. 案例概述

上海临港桃浦园区（中国-以色列创新园）是上海临港经济发展（集团）对上海桃浦地块大规模开发的重要试点之一。作为上海建设具有全球影响力的科技创新中心的重要承载区，同时也是上海全力打响“四大品牌”、打造工业区改造和产业转型升级新典范的重点建设区域，依托大数据与人工智能技术，基于先进的物联网平台，打造集约、高效的智慧园区管理体系，推进相关战略性新兴产业发展以及城市数字化建设。本项目依托科技研发、创新孵化、知识产权保护、科技成果转化于一体的创新服务平台建设，打造国家、市级重大战略任务“金字招牌”。

根据普陀区出台的《中以（上海）创新园建设方案》，园区给予基金、服务、载体等 18 项重点任务，政策扶持助力企业落地、创新技术转化；同时，园区通过建立以色列科技文化沙龙，举办中以创新项目路演、中以创新创业大赛、科技产业主题论坛等活动，促进形成文化、科技、资本、市场融合发展的优质营商环境，展现出打造国际创新合作示范平台、技术转移平台、创新孵化平台的优质潜力，助力园区企业在把握技术转移机会的同时，打造上海西部转型发展的示范标杆。

本项目桃浦智创城 604 地块是在具有标志性历史意义的英雄金笔厂原 U 型厂房建筑基础上进行商业化改造，为桃浦智创城园区的试点工程项目，为园区内建设智慧建筑群打造一个优良的示范性项目，

也为将来桃浦智创城的建设打下了坚实的基础。作为中以创新园区 AIPark 首发项目，同时也是 AI Park 规划布局的关键落子，一是基于颠覆性的 AIPark 平台，通过计算机视觉、深度学习、生物特征识别等技术，执行预定的业务逻辑，改善传统信息化平台各系统自成体系的情况，实现门禁、梯控、环境、能源等系统的互联互通，形成协同联动、高效智能的园区运营管理模式。二是在 AI 智慧园区建设模式、技术协同、建章立制等方面形成可复制、可推广的经验，为园区开发建设、运营管理提供更加高效和低成本的人工智能解决方案。三是创新人工智能在园区能源管理、安全管理、资产管理、一脸通、会议室等方面的应用场景，丰富人工智能在园区的落地应用及产业应用，为人工智能相关创新成果应用转化提供载体，尤以 AI 赋能节能双碳的应用场景最具表率意义。



来源：腾讯云计算（北京）有限责任公司

图 1 桃浦智创城园区

## 2. 应用场景

园区运营期间，建筑能源的管理水平以及室内环境的健康舒适是两项重要指标。本项目基于数字底座打造全域全要素互联的数实融合新基建体系，通过建设智慧能源管理中心，联动能耗计量系统、冷源群控系统、风机盘管系统、通风系统等，提供精细的能耗监测、多维度的统计分析、智能的设备控制、可靠的报警管理等服务，一方面利用物联网技术对建筑能源消耗实行精细化计量，在精细化计量的基础上，通过多维度分析，实时掌握能源使用动态，从而为能源决策提供有效的数据支撑；另一方面利用大数据智能分析技术，对建筑供冷供热系统进行优化控制，不仅可以有效提高系统运行效率，减少系统用能成本，还可以有效提升园区内部各建筑区域的环境空气质量。通过能源精细化管理、智能优化控制、智能设备设施管理，实现“三理”联动，助力“双碳”目标。

### 场景 1：数实融合能源精细化管理

智慧能源管理系统以管理为中心，采集汇总系统的能耗数据，上传到能源管理中心进行归纳、分析和整理，在整体功能上体现对建筑能源的来源、流向和使用各个环节的监测、统计及分析。

通过能源精细化管理，实现能源系统一体化运作和集中管理，实施有效的能源管理和能源数据分析，建立客观的以数据为依据的能源消耗评价体系，掌握建筑的整体能效水平，追踪减排策略效果，展示低碳成就。

通过敏捷 BI 的运用，用户无需编码，通过拖拽的配置形式，即

可完成数据仪表盘的定制化。系统具备丰富的交互功能，通过预定义的过滤、联动、下钻、数据预警等丰富的交互效果，以及针对数据的交互式分析，实现能源数据多维度、多指标分析，为能源精细化管理决策提供有效依据。



图 2 基于数实融合全要素互联的能源精细化管理

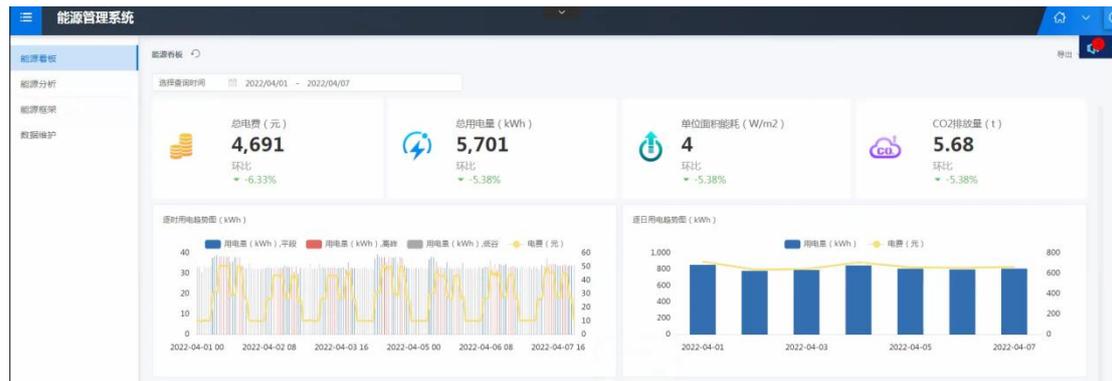


图 3 能源态势综合看板

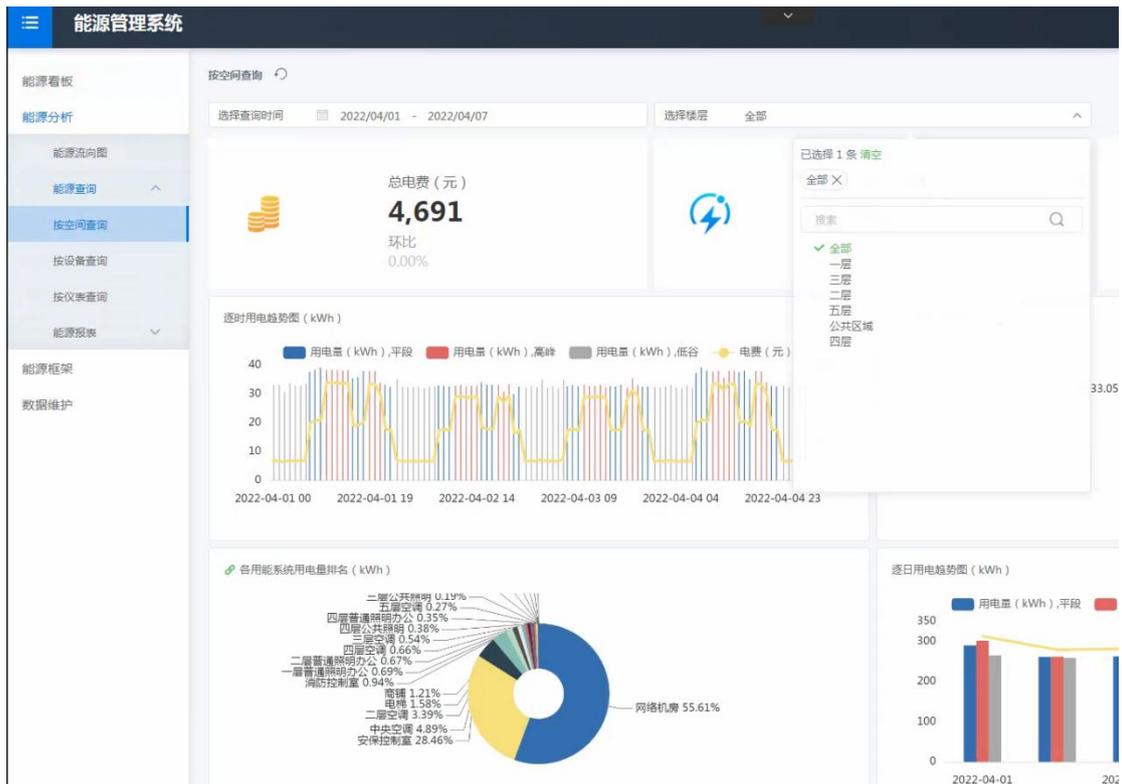


图 4 运营阶段动态实时能源分析

日期	用电量 (kWh)			电费 (元)
	平均	高峰	低谷	
2022-04-01	290.51	301.71	265.26	233.95
2022-04-02	261.77	261.94	259.11	210.80
2022-04-03	262.63	265.12	264.88	211.50
2022-04-04	291.35	297.34	260.53	234.62
2022-04-05	282.16	266.03	261.15	227.22
2022-04-06	268.39	270.65	260.65	216.13
2022-04-07	268.24	276.83	264.80	216.01
总计	1,925.05	1,939.62	1,836.38	1,550.24

图 5 自定义能源报表与双碳管理维度

## 场景 2：基于人工智能与机器学习的能效智控

能效策略优化通过知识驱动与数据驱动相结合，基于能源系统运行大数据将能源系统进行数字孪生，并根据建筑能源使用习惯以及能源系统的运行机理，利用机器学习及深度学习算法，创建建筑能源系

统 AI 智能优化算法模型，并利用算法模型对能源系统进行 AI 优化控制，实现多种能量协同调控，帮助运维人员自动调整系统运行模式，以获得比各能量子系统独立运行更高的效益，达到建筑节能减排，降低运维成本目的。

AI 优化算法通过能源中心获取空调系统运行数据、能耗数据以及建筑环境数据，通过对数据清洗、整理及存储，以数据驱动和系统机理搭建 AI 优化算法模型，包括温度预测模型和能耗预测模型，并对空调系统关键运行参数进行最优决策，包括主机台数、出水温度、水泵频率、新风机组的风机频率、风阀开度、水阀开度等，算法将控制指令下发给平台，实现设备参数的自动调节。

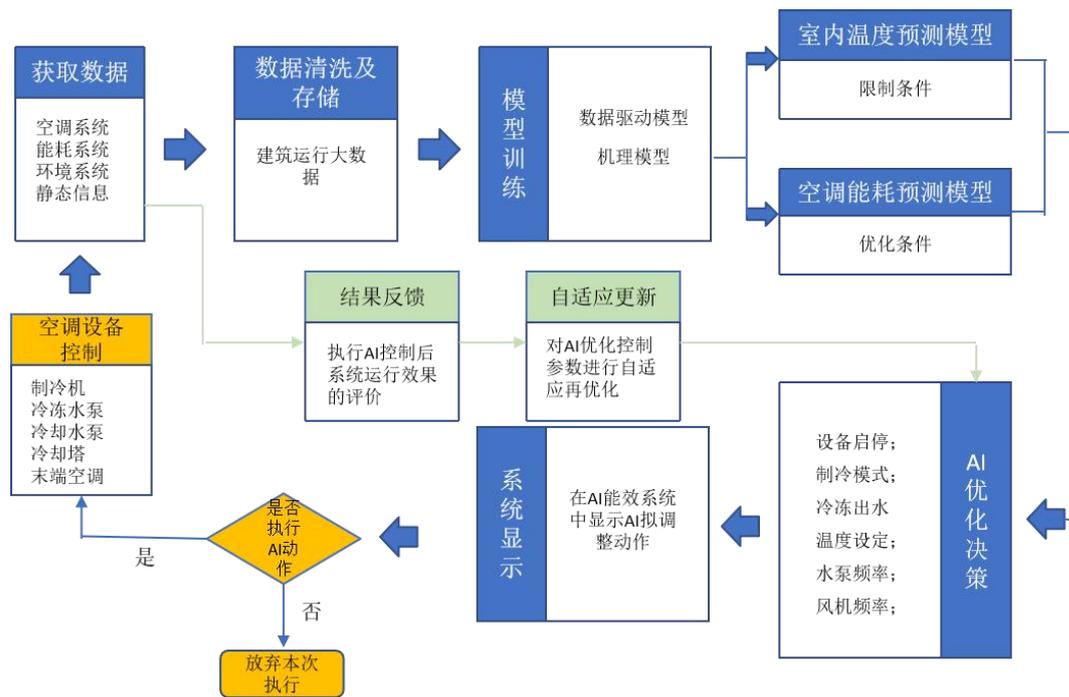


图 6 AI 调优技术路径

基于负荷预测进行前馈优化控制，自动调整空调主机冷冻水出水温度设定值、冷冻水系统最佳流量设定、冷却水最佳流量设定、空气处理机组最佳出风温度设定、新风量最优控制、送风量最优控制等。

通过机器学习模型，输出最优参数组合，达到节能减排效果。

在稳定运行的基础上，通过 AI 能效系统使设备高效运行。根据实时采集的环境及设备数据对系统进行实时调优，利用数学模型，优化控制中央空调系统的运行模式，提高系统运行效率，延长设备寿命，降低系统维修成本。

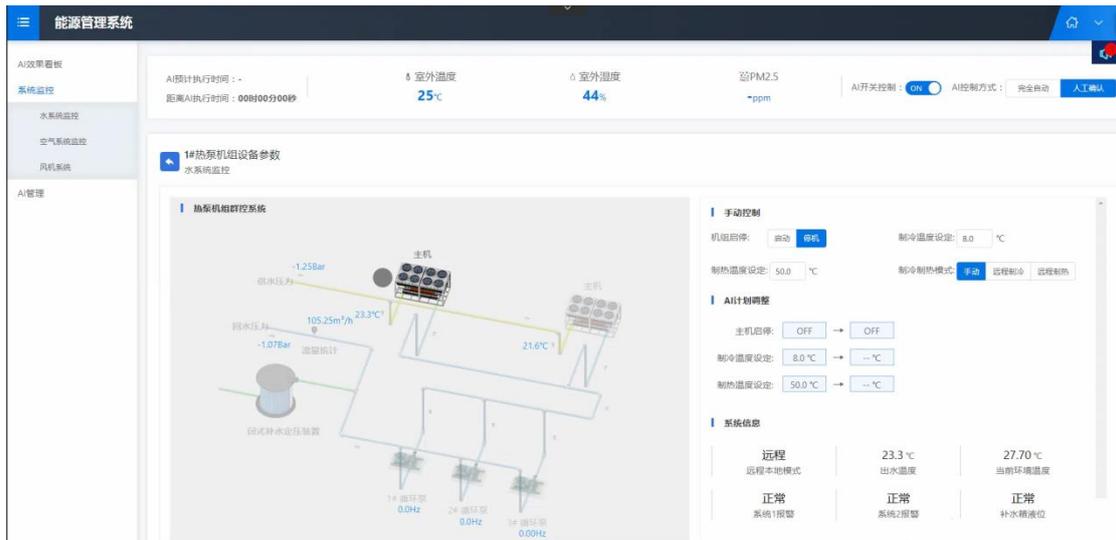


图 7 AI 自动运行界面

根据历史数据，采用回归模型及时序预测模型，提取与能耗相关的特征，采用标准化的特征预处理，以能耗值作为目标列，进行模型拟合，进而实时获取数据并预处理，其目标是为了在已知负载、环境变量（室外温湿度等）的前提下，预知各设备处于不同开关状态组合和不同的控制量设定值时，系统将产生多少能耗，通过能耗预测值对接优化算法；以降低能耗值为目标，在满足约束条件的基础上，通过调整各可控变量，使得目标量降低，从而实现节能的目的。

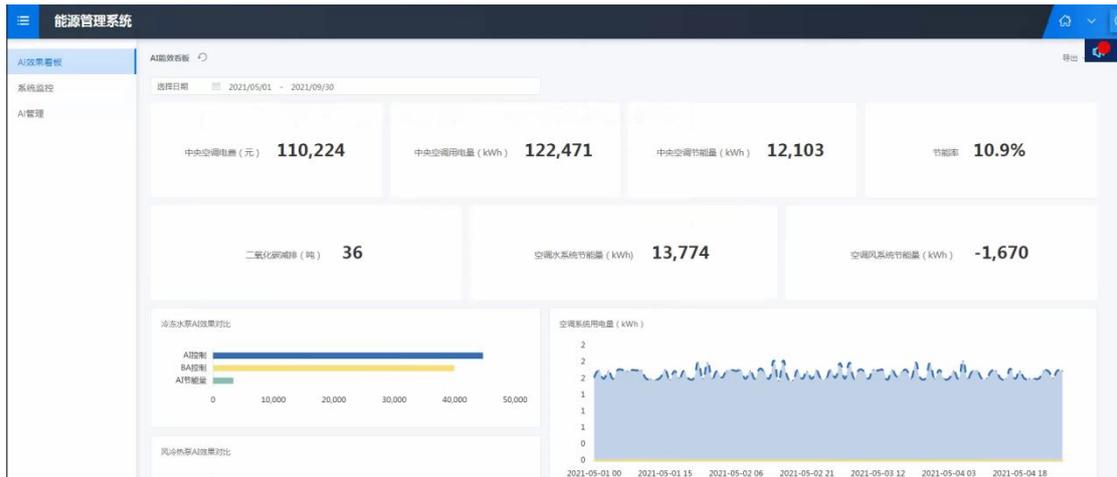


图 8 节能量分析

### 场景 3：数字孪生空间技术驱动的节能智控全局优化

传统的 BA 自控系统因存在数据孤岛、局部控制等瓶颈，无法利用 BA 自控系统使得空调系统长期稳定运行在最优水平。本项目构建 AI 能效智控解决方案，基于园区供水、供电、供气、供热等管网系统数据，大数据技术帮助实现三维管线数据、三维地表数据、建筑以及景观数据、能源设备数据的透视，实现数据驱动的决策支持，并通过能源设备和关键节点进行位置、属性、运行状态等数据对接，动态采集空间环境实时数据，积累空调系统历史运行大数据，利用机器学习技术，采用机理能耗预测模型与数据驱动能耗模型相融合的方法，针对各设备分别建立机理预测模型和数据驱动预测模型，选择预测效果相对更好地预测模型，共同实现能源系统总功率的预测。

进一步融合数字孪生空间，突破单维数据局域解限制，从空间维度全局角度建立优化算法模型，并通过强化学习，生成系统 AI 优化算法。当建筑处于不同的环境状态时，系统会自动感知建筑环境、同

时自动判断并决策系统优化控制参数。实现园区能源系统的自动感知，自动运行。在保证满足室内环境需求及安全的前提下，更大程度地节能降耗，帮助管理者对园区综合能源进行高效管理。

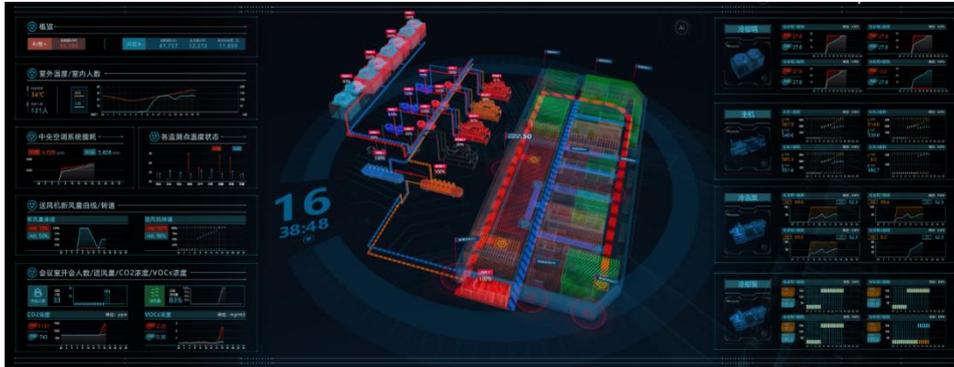


图 9 园区能源数字孪生管理及 AI 中控界面

#### 场景 4：大数据驱动的能源设备运维管理与知识工程

针对暖通空调系统的制冷主机、热泵主机、空调水泵的中大型设备，通过 AI 建模，结合设备的实时运行数据、电力数据等信息，对设备预期发生的故障时间、故障类型、故障危险程度等进行预测和诊断，辅助设备运维人员进行处理和维护。

利用 AI 技术，以设备安全运行及节能为目标，自动监测的相关信息，并识别设备运行状态是否正常。若有异常，确定故障出现的部位及性质，并预报故障趋势，预防恶性事故发生，对故障趋势进行预判，变被动维修为主动服务，减少安全隐患。

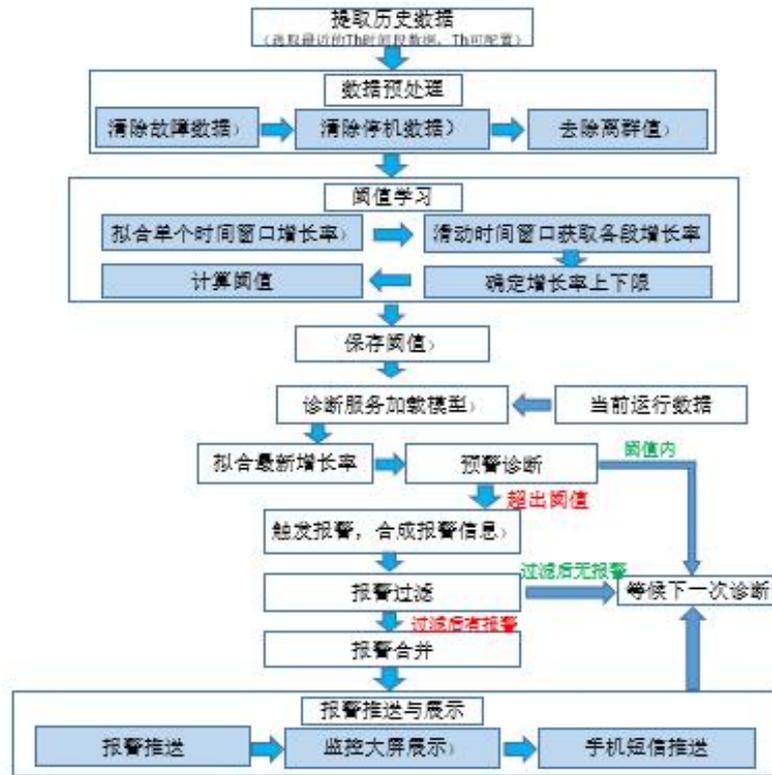


图 10 故障诊断技术路径

对资产管理领域提供结构化、专业的设施设备分类标准、保养标准、巡检标准以及设备标准的操作手册和故障手册，构成领域专业化的知识体系，指导资产管理活动，降低对人的要求，实现标准化。使设备的操作方式，故障处理经验等传统需要靠长时间积累的经验，知识转换为可复制，可学习，可传播的知识库，降低运维人员需求和对经验丰富工程师的依赖，提高整体运维团队的运维水平。

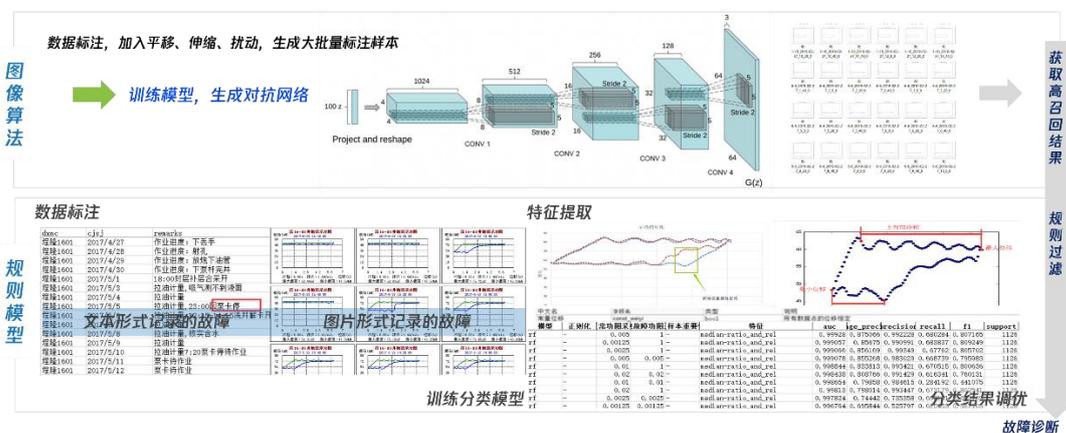


图 11 人机协同运维经验迭代与知识工程迁移学习

## 场景 5：AI 融合多要素跨系统的运营综合节能

运营分析能源管理。园区在能源管理方面具有很大的需求，能源管理能力的不足，会导致大量能源的浪费，园区应对公共区域内的用能进行监测，包括用水管理、用电管理、用气管理。因此，本项目中通过建设全方位的能源管理系统对园区的能耗进行实时采集以及能耗分析，基于人工智能在能耗分析方面的应用，横向对比同类型园区用能情况、纵向对比每日、月的用能情况，加强园区能耗精细化管理，发现园区潜在能耗大户。

多跨系统节能管理。在园区掌握能耗数据的基础上，加强园区节能手段。在本项目采用基于人工智能技术的智能配电箱实现能耗降低，如通过 AI 分析，优化中央空调系统的运行模式，减少能耗。对门禁-人行闸机-梯控-自动派梯联动智能控制，使人员平均候梯时间明显减少，电梯综合效率显著提升。



图 12 门禁-人行闸机-梯控-自动派梯智能联动实现节能提效

## 场景 6：面向未来的综合能源管理平台

智慧能源中心已具备完善的平台体系，为今后的园区扩建预留了接口。未来随着园区的扩建，可以有更多的能源数据接入能源中心，如新建园区用电数据、综合能源系统、分布式发电系统等。智慧能源

中心将成为桃浦创智城板块的专属“能源管家”，展现能源变革新理念。

能源中心将利用 AI、大数据、物联网、数字 BIM 技术，打造安全、便捷、节能的能源综合利用园区，实现园区整体能源的“可视、可控、可管”。通过整合园区内多种能源系统，如冷热源、光伏、风机、充电桩、储能以及其他终端负荷，打造多能互补能源网络。实现就地生产、就地消纳的供应形式，集中式和分布式相协调互补，在微网内实现能源自发自用，甚至余电上网，实现综合能源转换效率的提升，清洁能源占比的提升，大幅减少园区碳排放。



图 13 能源综合管理中心

### 3. 案例总结

**数字技术综合应用，助推智慧零碳园区建设。**一是能源结构优化及精细化分析实现供需双向降碳。基于园区能耗历史数据，搭建园区能耗预测模型，对能源供给进行统筹规划，输出优化调度建议，实现能源精细化管理。二是能源大数据机器学习/AI 节能智控实现增效减

碳。集成大数据分析、专家经验数模、机器学习等技术，搭建针对园区公共动力系统/设备的 AI 能效优化控制算法，让能源管理更高效、更智能、更敏捷。三是数字孪生技术助力 AI 节能全局优化。全面采集园区能源消耗及碳排放数据，并结合数字孪生空间体系，总体分析全域全要素孪生空间，实现 AI 节能全局最优解。四是构建双碳大脑，助力实现碳中和城市。基于数字孪生物联数据与 AI 中台知识图谱构建并丰富“双碳”大脑知识内涵，构筑零碳园区，快速赋能临港新城片区其他产业园区。

**突破传统 AI 算法模型局限，实现能源管理技术创新。**一是采用机理/经验模型替换机器学习，解决了纯数据驱动的机器学习模型带来的预期能耗不精准问题。本项目通过历史数据来拟合待定参数，从而建立机理模型，对于拟合精度较低的机理模型，引入数据驱动残差模型进行互补调优。二是优化创新 AI 算法及约束条件，能效优化性能表现更稳定。本次技术创新专注于 `scipy.minimize` 和遗传算法，两种优化算法所实现的节能应用服务，相较其他常见算法，具备柔性切换、节能效率相较其他算法进一步提升 2%（平均值）以上。三是基于 AI 能效系统丰富项目经验，实现模型快速迁移复用。针对不同规模的建筑或园区，不同种类的空调系统，积累 HVAC 系统机理模型或黑箱模型，能够直接根据项目特征，调取相应的 HVAC 机理模型进行复用，大幅提升了项目的交付效率及运营效益。

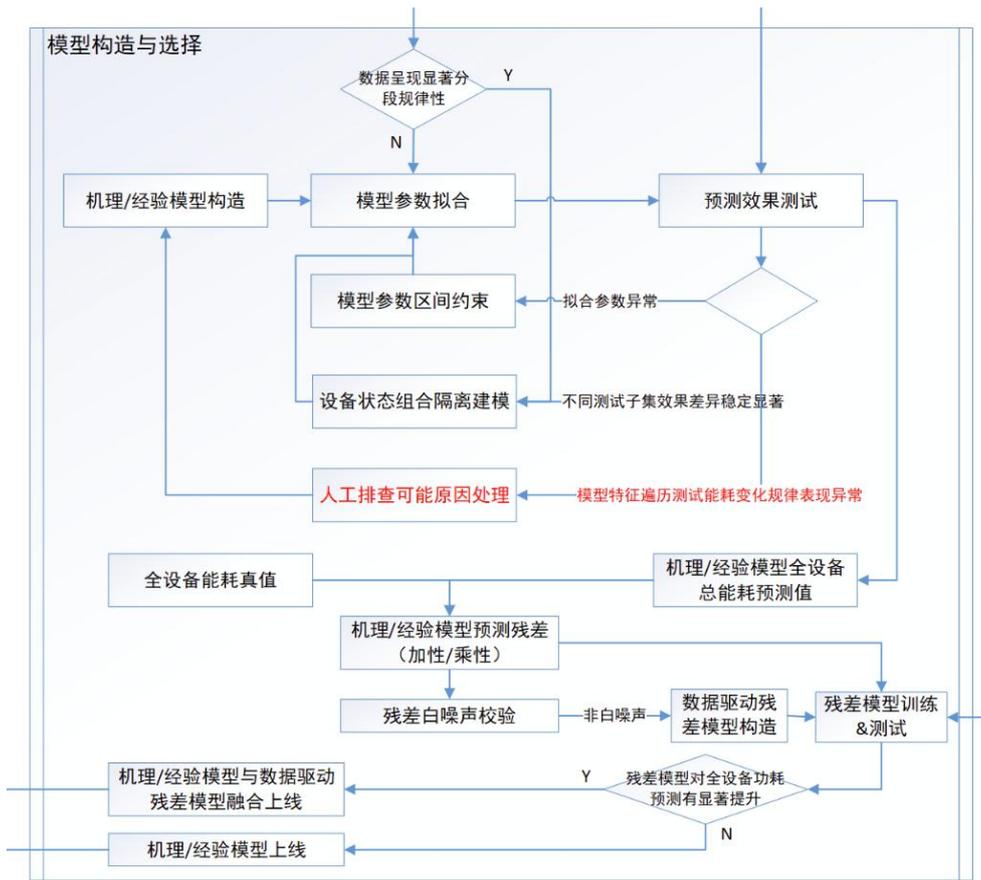


图 14 数据处理与建模流程

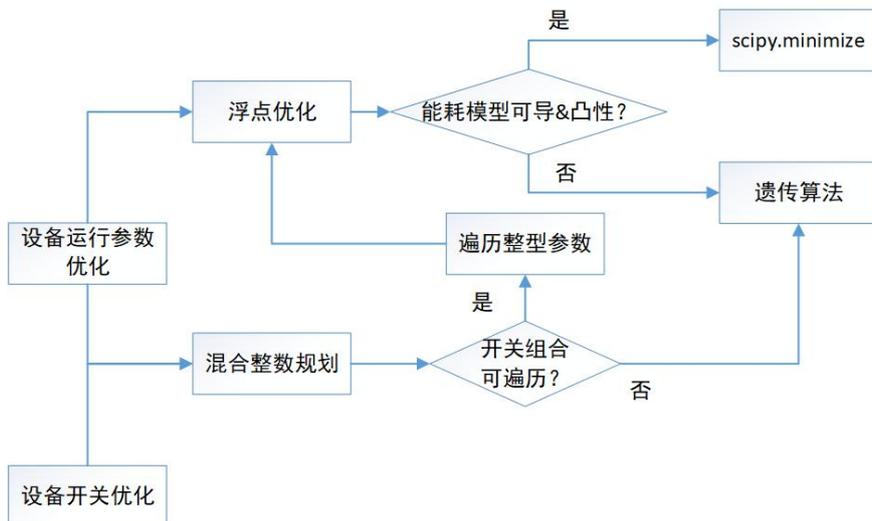


图 15 优化算法路径图

**能源管理更加精细化，降本增效成效显著。**本项目园区案场可节省能耗约 10%-20%，每平方米节省约 20 元/年；门禁-人行闸机-梯控-自动派梯联动智能控制，综合降低电梯能耗 30%。通过视频浓缩算

法、禁区入侵告警算法以及人员轨迹徘徊告警算法设置，减少保安巡逻岗位约 50%的工作量，降低人力成本及减少人员活动碳足迹。通过高效的能源管理系统，优化提升暖通空调的舒适度与工作效率，暖通空调的综合能效将整体节约 10-15%。通过智慧能源管理，桃浦智创城 604 地块 2021 年单位面积能耗约 70kWh/m<sup>2</sup>，显著低于上海综合建筑平均能耗 88.5kWh/m<sup>2</sup>，综合节能率达 20%。通过数据自动采集、报表自动生成等全面自动化，降低人工成本 30%。通过智能化运维手段，实现人工运维效率提升 40%，平均故障响应时间。

**项目实施成本低，行业应用前景广阔。**一是低边际成本高综合效能的 AI 节能普惠应用，并可通过云边协同的架构与机器学习迭代，对比常规的硬件节能改造，实施成本低，项目周期短，改造影响小。二是敏捷工具与数据智能驱动节能优化迭代，实现快速复制、敏捷适配及普惠服务。基于园区数字新基建底座全要素数据融通的基础，通过数据汇聚与敏捷 BI 工具，每个用户都能够根据自身需求，快速完成可视化数据报表的制定，为管理节能及减少碳排放提供数据支持。