



北京金融科技产业联盟
BEIJING FINTECH INDUSTRY ALLIANCE

基于 AI 的金融数据中心绿色 节能技术研究报告

北京金融科技产业联盟
2024 年 7 月

版权声明

本报告版权属于北京金融科技产业联盟，并受法律保护。转载、编摘或利用其他方式使用本报告文字或观点的，应注明来源。违反上述声明者，将被追究相关法律责任。



编制委员会

编委会成员：

聂丽琴 张海燕 王旭东

编写组成员：

赵春华 葛金磊 冯 博 陆 曦 蔡学识 徐省委 李 培
汪 宏 邢雪松 王 韬 郑 峥 原 野 于 航 何世荣
范 鹏 侯 杰 周存浩 李西峰 孙 曦 李海平 李泓萱
费若雨 边鹏旭 程峰章

编审：

黄本涛 周豫齐



参编单位：

北京国家金融科技认证中心有限公司

新华三技术有限公司

网联清算有限公司

中金金融认证中心有限公司

北京银联金卡科技有限公司

中国工商银行股份有限公司

中国建设银行股份有限公司

安徽省农村信用社联合社

蚂蚁科技集团股份有限公司

上海兆芯集成电路股份有限公司

杭州谐云科技有限公司

锐捷网络股份有限公司



摘 要

中国人民银行印发的《金融科技发展规划(2022—2025 年)》(以下简称《规划》)将“绿色低碳”作为四项基本原则之一,以实现碳达峰碳中和为目标,加强金融科技与绿色金融的深度融合,助力实体经济绿色转型和低碳可持续发展。《规划》中明确要求建设绿色高可用数据中心,积极运用绿色节能技术,加快数据中心绿色化建设与改造,加强能耗数据监测与管理。要求新建大型、超大型数据中心电能利用效率不超过 1.3,到 2025 年,数据中心电能利用效率普遍不超过 1.5。服务器电能消耗占据数据中心总能耗的绝大部分,服务器中的系统级能耗优化和节能技术意义重大,能很大程度助力金融数据中心满足绿色低碳基本原则,成为构建金融数据中心绿色低碳能力的核心技术。

本报告从金融数据中心在绿色节能领域 AI 技术应用的体系架构、关键技术,全生命周期管理及应用探索等方面展开研究,通过对 AI 技术和绿色节能理念的综合运用,给出金融数据中心绿色节能 AI 技术应用水平的评估指标和评估方法,旨在推动金融科技产业实现绿色低碳发展,提高金融数据中心能源利用效率和降低能耗。由于经验学识所限,本文仍有诸多不足,恳请各界批评指正。

目 录

一、研究背景及目标	1
（一）研究背景	1
（二）研究目标	4
二、体系架构及关键技术	6
（一）体系架构	6
（二）关键技术	8
三、全生命周期管理	17
（一）规划设计	18
（二）建设改造	19
（三）运行维护	21
（四）智能优化	22
四、应用探索	24
（一）智慧机房设计	25
（二）暖通系统调控	27
（三）绿色算力调度	34
五、金融数据中心绿色节能 AI 技术应用评估	37
（一）总体原则	37
（二）分级定义	39
（三）分级维度	40
六、未来展望	46
参考文献	48

一、研究背景及目标

（一）研究背景

1. 数据中心绿色节能发展背景

党的十八大以来，党中央、国务院高度重视大数据发展和数据中心建设。习近平总书记指出“要以推行电子政务、建设新型智慧城市为抓手，以数据集中和共享为途径，建设全国一体化的国家大数据中心”。2020年9月，我国提出“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”的目标。据统计，我国数据中心年用电量已占全社会用电总量的2.5%左右，且仍在快速增长。随着“双碳”战略的提出，数据中心作为能耗大户，其推进绿色节能建设和脱碳转型具有重要意义。为此，国家多部门和地方政府出台了一系列政策和相关措施，要求新建区域内大型及以上数据中心PUE需低于1.3，集群内大型及以上数据中心PUE需低于1.25，到2025年，数据中心PUE普遍不超过1.5。而我国尤其中部地区，目前现有数据中心PUE普遍高于1.5，部分“小散老旧”数据中心PUE更高达2.0左右。这就需要数据中心建设和运营管理必须坚持走高效、低碳、集约、循环的绿色发展道路，切实履行节能减排和可持续发展的社会责任。

2020年12月和2021年5月，国家发展改革委、中央网信办、工业和信息化部、国家能源局4部门联合印发《关于加快构建全国一体化大数据中心协同创新体系的指导意见》（发改高技〔2020〕1922号）、《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》（发改高技〔2021〕709号），围绕“数网、数纽、

数链、数脑、数盾”五大体系构建全国一体化大数据中心系统创新体系，明确在京津冀、长三角、粤港澳大湾区、成渝等重点区域以及部分能源丰富、气候适宜的地区布局大数据中心国家枢纽节点，优化数据中心基础设施建设布局，推动数据中心绿色可持续发展。

中国人民银行发布《金融科技发展规划（2022—2025年）》（银发〔2021〕335号），要求打造新型数字基础设施，建设绿色高可用数据中心，明确提出“积极应用绿色节能技术和清洁能源，加快数据中心绿色化建设与改造，加强能耗数据监测与管理”。为实现金融数据中心能效提升和绿色发展，北京金融科技产业联盟组织会员单位共同编制并发布金融业绿色数据中心白皮书及金融数据中心能效管理标准，并开展金融数据中心绿色节能相关标准编制工作，为建设资源更均衡、供给更敏捷、运行更高效的金融信息基础设施提供参考。

2. 数据中心智能化应用背景

2021年出台的《全国一体化大数据中心协同创新体系算力枢纽实施方案》中，对数据中心提出了从“加强绿色集约建设”“加强能源供给保障”“提升算力服务水平”“深化数据智能应用”等9大核心任务，为数据中心的未来指明了发展方向。

2021年工业和信息化部印发了《新型数据中心发展三年行动计划（2021—2023年）》（工信部通信〔2021〕76号），指出新型数据中心是以支撑经济社会数字转型、智能升级、融合创新为导向，以5G、工业互联网、云计算、人工智能等应用需求为牵

引，汇聚多元数据资源、运用绿色低碳技术、具备安全可靠能力、提供高效算力服务、赋能千行百业应用，与网络、云计算融合发展的新型基础设施。

在高质量发展内驱力的推动下，数据中心的绿色低碳转型和智能化革新势在必行。在这一过程中，人工智能（AI）技术的应用不仅提高了业务流程的自动化和智能化水平，同时也为业务决策提供了强有力的支撑。对现代金融行业来说，智能化技术应用已成为其数据中心提升效率、优化运营和增强安全性的关键驱动力，主要应用在以下几个关键方面。

一是智能建设与规划。在数据中心规划和建设阶段，利用BIM创建三维模型，模拟和优化建筑设计以确保空间利用最大化，减少建设过程中的材料浪费，提升建设效率与质量。采用模块化设计，使金融数据中心可以灵活扩展，支持快速部署和高效运营，适应不断变化的金融业务需求。

二是智慧能源管理。通过管理系统实时监控电力使用情况，优化能源消耗，提高电力利用率，确保运营成本最低化和满足可持续发展目标。结合太阳能、电池储能等可再生能源技术，减少对市电的依赖，确保数据中心的绿色运营。

三是先进冷却技术。采用液冷、浸没式冷却等高效冷却技术，提高热量管理效率，适应高密度计算环境的要求。

四是智能监控与管理。进行全面的资源监控、管理和优化功能，追踪电力、制冷、空间和网络资源的使用情况，支持对金融

数据中心的精准管理。通过对大量运行数据的采集和分析，预测潜在问题并提供优化建议，确保数据中心的稳定运营。

五是安全运行保障。利用机器学习算法分析设备健康状态，提前预警可能的故障，安排预防性维护，减少停机时间，确保关键金融服务的连续性。部署基于 AI 的网络安全系统，对流量进行实时分析，发现并阻止潜在的威胁，如 DDoS 攻击、数据泄露等，确保金融数据的安全性。

六是智能化设备设施。智能配电单元（PDU）和不间断电源（UPS）系统，确保电力的高效分配和连续性，防止电力中断对金融交易的影响。使用机器人进行日常巡检和设备维护，减少人工干预，提高运维效率和准确性。

七是合规与风险管理。通过智能化管理平台实时监控和记录数据中心的运行状态，确保满足金融行业的严格合规性和审计要求。建立智能化的风险评估和应急响应机制，确保在出现故障或灾害时，能够迅速恢复业务，减少对金融服务的冲击。

智能化技术正在全方位改造金融数据中心的运营方式，从数据分析、风险管理到客户服务、流程自动化，都显现出显著的效益。智能化技术的不断发展，必将带动金融行业进入一个更高效、更智能的新阶段。

（二）研究目标

本报告从金融数据中心在绿色节能领域 AI 技术应用的体系架构、关键技术，全生命周期管理及应用探索等方面展开研究，通过对 AI 技术和绿色节能理念的综合运用，给出金融数据中心

绿色节能 AI 技术应用水平的评估指标和评估方法。

1. 体系架构及关键技术研究。构建云、边、端三级体系架构，并运用人工智能关键技术，在数据中心体系架构中实现多层次的策略部署，实现服务器、存储、网络等基础设施的部署优化。三级架构设计优化了数据中心的资源分配，降低了冷却与能源需求；在边缘侧开展本地数据处理，降低数据传输过程中的带宽消耗和网络设备能耗，从而优化整体能效；对服务器、存储和网络资源进行动态分配和灵活调度，减少闲置资源的能源消耗，提升资源利用率；同时分层架构有利于分阶段建设和灵活扩展，可根据实际需求动态调整资源。

2. 全生命周期管理研究。从规划、建设、运维、优化 4 个环节进行应用研究，通过运用 AI 技术对数据中心硬件和软件进行全生命周期管理，包括智能能耗管理、动态资源调度、冷却系统优化、环境数据集成、预测性维护等，实现数据中心的智能化运营，提升数据中心的能源利用效率。

3. 应用探索。针对数据中心绿色节能优化最为显著的 3 方面进行研究，包括设计和优化智慧机房管理系统，实现设备的实时监控、故障预警和能耗优化；利用人工智能算法调控暖通系统，动态调整温控参数，提高冷热管理的能效；通过 AI 驱动的绿色算力调度，优化计算资源的分配和使用，降低高峰期的能耗。

4. 技术评估方法研究。系统研究 AI 技术在数据中心绿色节能应用中的原则、评估分级和评估维度。通过对现有数据中心的绿色节能情况指标梳理，探索构建一套科学合理的评估指标体系，

为行业提供科学指导和实用方法，推动数据中心向更加高效和环保的方向发展。

二、 体系架构及关键技术

金融数据中心在传统的设计方式、施工建设、运行管理、优化提升等方面需要投入大量人力，反复试错，难以找到最优的解决方案。而 AI 技术和数据中心的融合，可构建起金融数据中心绿色节能体系架构，不仅为 AI 技术的应用提供了基础，还通过分布式计算、资源池化和本地数据处理等方式，促进能源效率的提升。

（一）体系架构

金融数据中心绿色节能 AI 技术应用体系架构宜采用“云+边+端”部署方式，如图 1 所示。“云”负责统计分析展现、信息化综合管理、节能策略管理等服务，“边”负责进行近端策略执行、数据初步处理、IDC 机房侧节能等操作，“端”负责数据信息采集，包括各类硬件、移动终端等。

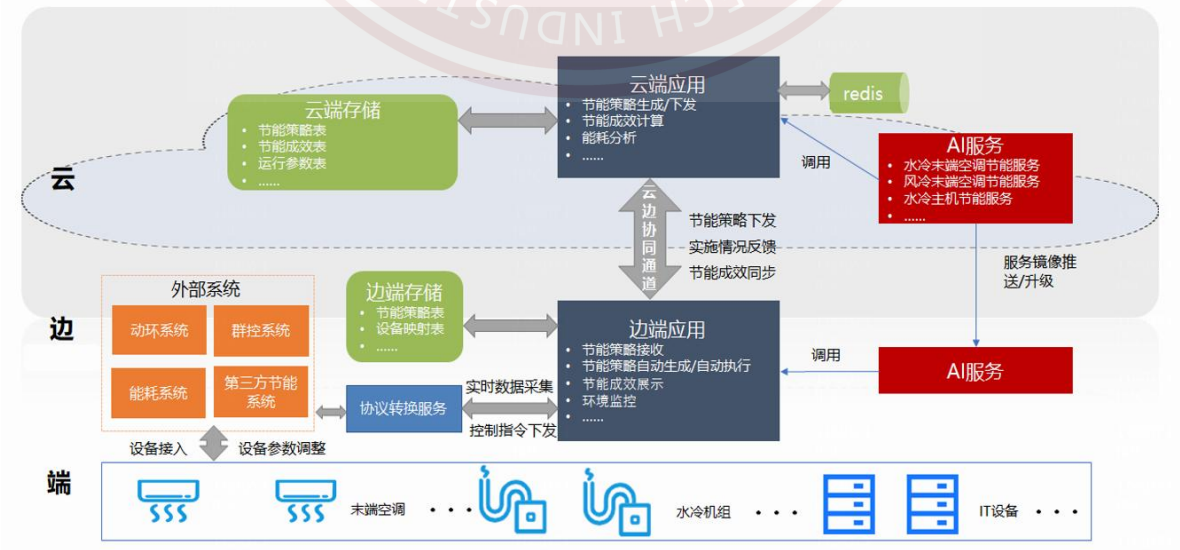


图 1 金融数据中心绿色节能 AI 技术应用体系架构

云平台负责 AI 模型训练、海量数据处理与分析、基于 AI 服务的数据推理、策略生成与下发、策略执行结果监控、节能成效评估及统计分析展现。AI 模型由云端训练后，封装为服务推送至边端，实现边缘数据实时推理。云边之间通过增强的协同通道进行数据交互。

边缘系统作为节能控制前置节点，主要负责节能策略的接收、审核、执行、反馈以及环境监控。对于数字化水平一般，不支持远程遥调遥控的情况，由云端系统下发节能策略到边缘系统，由现场运维人员根据策略内容进行手工实施，实施后通过边缘系统进行反馈。对于数字化水平较高，即支持远程遥调遥控的情况，由边缘侧对实时数据进行推理后生成节能策略，并自动化控制制冷设备参数，将环境调控到最优状态。策略执行完成后，将执行结果、节能策略反馈至云端。

通过基于 AI 的管理，金融数据中心能够不断优化设备调度和能源利用，提高数据中心的能效和节能水平，降低运营成本，实现可持续发展的目标。

管理流程主要包括以下 6 部分。

一是数据采集上传。按照数据采集规范从端侧实时采集数据上传至边缘侧。

二是算法模型生成。在边缘侧统一进行数据处理与分析，并基于历史数据训练 AI 模型，将模型封装成 AI 服务。

三是节能策略下发。云端系统调用 AI 服务处理实时数据，生成节能策略，下发至端边缘系统。

四是策略执行反馈。在端、边统一部署边缘系统，策略执行完成后，将执行结果、节能策略反馈至云端，由云端进行统一管理。

五是节能成效评估。云端系统统一管理所有节能策略，通过对机房实施前后能耗数据进行对比分析，实现节能成效的统一评估、分析、呈现。

六是节能成效纳管。对于通过自主和合同能源方式进行的节能实施，需要将用电量或节能成效数据采集上传，进行节能成效的统一纳管。边缘系统作为采集代理，可通过定期填报节能成效或根据数据中心实际情况对接能耗数据（动环或第三方节能系统），进行定制化计算后，将节能成效上传云端，用于统计展现。

（二）关键技术

基于 AI 的数据中心绿色节能应用综合运用了人工智能、生成式人工智能（AIGC）、边缘计算和大数据等技术。AI 算法优化服务器运行策略和电力分配，AIGC 生成针对基础设施和能效配置的优化策略，边缘计算分散计算任务减少核心负载，大数据实时监控能耗并提供优化方案。通过智能资源调度、预测分析、本地数据处理和能耗监控等手段，显著提高能源效率和可持续性，实现更加环保、高效的数据中心运营。

1. 人工智能

AI 是一种模拟人类智能的技术，通过机器学习、深度学习和自然语言处理等方法，使计算机能够学习、推理和自我纠正。AI 技术能够从大量数据中提取有价值的信息，与传统的数据分

析方法相比，具有更高的效率和精度。在数据中心的绿色节能应用中，AI 技术主要用于以下几个方面。

（1）智能资源调度。AI 算法可实时分析和预测设备的工作负载，根据需求调整资源分配，避免资源过度配置和不必要的能源消耗。并根据设备的利用率，智能迁移到能源效率更高的设备上运行，从而提高整体能效。

（2）能耗管理和优化。通过机器学习模型分析历史能耗数据和当前运行状态，预测未来的能耗趋势，为数据中心管理者提供决策支持。实时监控服务器和其他设备的能耗情况，动态调整电力分配以达到最佳的能源利用效率。

（3）冷却系统优化。通过实时监控数据中心的温度分布，动态调整空调系统的设置，优化冷却效率。识别数据中心中的热点区域，并采取相应措施，如调整风扇速度或重新分配工作负载，快速降低热点区域的温度。

（4）故障预测和预防维护。通过监控设备运行状态，分析可能的故障迹象，提前预警并安排预防性维护，避免因设备故障导致的能耗浪费。利用AI 优化策略，减少不必要的停机时间和资源占用，提高设备利用率和能效。

2. 生成式人工智能

生成式人工智能（Artificial Intelligence Generated Content AIGC）利用人工智能技术来自动生产内容，其发展可以追溯到 20 世纪 50 年代。随着机器学习和深度学习等技术的不断发展，AIGC 技术得到了快速的发展，将机器学习和自然语言处

理等技术相结合，通过对海量数据的学习和分析，让计算机模拟人类的创造力和判断力，自动生成符合人类需求的内容，包括各种文本、图像、音频和视频等，已成为新型的内容创作方式，并在各个领域得到了广泛应用。

AIGC 与传统的 AI 技术有所不同。AIGC 主要集中在通过生成模型创作内容或设计解决方案，例如文本、图像、音频或工程设计，而传统 AI 更多涉及预测分析、分类、自动化控制等应用。

在数据中心的绿色节能应用中，AIGC 技术通过创建设计方案和优化策略为运营者提供高效、创新的解决方案，主要用于以下几个方面。

(1) 智能基础设施节能设计与优化。AIGC 可以根据数据中心绿色节能的具体需求和环境条件生成一系列基础设施节能设计方案。考虑因素包括物理布局、冷却系统配置、电源分配等，从而进一步优化空间利用和能耗管理。还可以利用 AIGC 自动生成和评估不同的硬件设备布局方案，确保最佳的气流管理和热量分散。优化布局能够显著降低冷却系统的能耗。

(2) 能效策略生成。AIGC 能够基于实时数据和历史记录生成动态调整策略。如生成不同环境条件下的能源使用方案，在高需求时自动增效，在低需求时启用节能模式。AIGC 能模拟不同的能效策略并自动评估其效果，选择最佳策略以最大化效率并减少能耗。在模拟过程中，考虑多个变量和不确定性因素，从而生成最优的综合策略。

(3) 智能冷却系统管理。AIGC 通过实时数据生成动态冷却

模型，准确预测数据中心内部的温度变化，并自动调节冷却系统的运行参数，确保在最小能耗下达到最佳冷却效果。可结合数据中心的实时负载情况，AIGC 生成自适应冷却计划，避免过度冷却和能源浪费。

(4) 节能模式生成。AIGC 可以根据数据中心的不同时间段和使用情况，生成不同的节能模式，如低流量时段的节能模式，确保在低需求情况下的最低能耗。可生成细粒度的电力管理方案，进一步细化电力调度，通过生成的方案实现对供电路径和电压水平的精细控制，优化电力分配。

(5) 故障预防与系统优化。AIGC 能够创建复杂的预测模型，识别出潜在的设备故障，通过生成相应的预防措施，减少故障引发的能耗浪费。可生成综合的设备维护和优化计划，结合长期能效数据提供最佳的维护时机和策略，减少不必要的停机时间，提升设备的总能效。

3. 边缘计算

边缘计算技术是一种新兴的计算模式，旨在将计算和存储资源从传统的数据中心转移到距离终端设备更近的边缘节点上。边缘计算技术将计算能力推向网络边缘，通过将边缘节点智能化，采用云上智能模型训练、边缘模型推理、预测执行的模式，实现精细化节能策略的下发，基于边缘采集数据生成计算任务，将处理任务从核心数据中心节点转移到更接近数据源的边缘数据中心节点，并根据任务推理计算用量，合并拆解任务同步节点计算结果，从而减少网络传输、多级转发异常耗能带来的带宽、时延

及能源损耗，提供更快的响应时间和更多的本地处理能力，实现低延迟、高带宽、高安全性的服务，为不同行业的应用提供了全新的解决方案。

(1) 技术架构

边缘计算技术架构主要由以下几部分构成。

(a) 边缘节点。边缘节点是边缘计算的基础，包括边缘服务器、边缘路由器、边缘网关和 IoT 设备等。边缘节点负责存储和处理终端设备产生的数据，提供服务和应用，具备一定的计算和存储能力。

(b) 边缘网络。边缘网络是连接边缘节点的通信网络，主要包括有线和无线网络。边缘网络需要提供高带宽、低延迟和高可靠性的通信服务，以满足边缘计算的需求。

(c) 核心数据节点。核心数据节点是边缘计算的支撑，负责实现对边缘节点的管理、控制和协调。核心数据节点通过分发任务、调度资源和管理数据，给边缘节点提供支持，保证边缘计算的正常运行。

(d) 终端设备。终端设备是边缘计算的数据源，包括智能手机、传感器、无人机等。终端设备通过采集数据、处理数据和发送数据，与边缘节点进行交互，实现对数据的处理和分析。

(2) 技术特点

边缘计算技术具有以下几个主要特点，使其在不同领域的应用具有优势。

(a) 低延迟。边缘计算将计算和存储资源靠近数据源和终

端设备，减少了数据传输的时间延迟，实现了近实时的响应和处理。这对于要求低延迟的应用场景，如智能交通、工业自动化和虚拟现实等，具有重要意义。

(b) 数据本地化。边缘计算技术将数据处理和存储移到边缘节点上，使数据在本地进行处理和分析，减少对中心数据节点的依赖。这不仅可以降低数据传输的成本和风险，还可以提高数据隐私和安全性。

(c) 高可靠性。边缘计算采用分布式的架构模式，将计算任务和数据存储多个边缘节点上。这样即使某个节点发生故障，仍然可以通过其他节点提供服务和支持，实现高可靠性和容错性。

(d) 资源优化。边缘计算通过在终端设备附近部署边缘节点，可以更加灵活地利用计算资源。边缘节点可以根据应用需求进行任务分发和资源调度，减少对中心数据节点的计算负载，提高计算资源的利用率。

(3) 应用领域

边缘计算技术在各个领域都有着广泛的应用前景。

(a) 物联网应用。边缘计算技术与物联网应用的结合可以实现大规模传感器数据的实时处理和分析。通过将计算能力下沉到边缘节点，可以提高物联网应用的效率和可靠性，实现智能家居、智慧城市和智能工厂等场景的快速发展。

(b) 智能交通。边缘计算可以实现交通数据的实时处理和决策。通过在道路边缘部署边缘节点，可以实时监控交通状况，优化交通信号和路况预测，提高交通效率和交通安全。

(c) 工业自动化。边缘计算技术可以应用于工业自动化领域，实现对工业设备的实时监测和分析。通过在生产线上布置边缘节点，可以实时监测设备状态、预测设备故障，提高生产效率和设备可靠性。

(d) 增强现实。边缘计算可以提供增强现实应用所需的计算和存储资源。通过在终端设备附近部署边缘节点，可以实时处理大量的图像和视频数据，实现增强现实场景的交互和体验。

综上所述，边缘计算技术通过将计算和存储资源部署在距离终端设备更近的边缘节点上，实现了低延迟、高可靠性和高效能的服务。边缘计算技术在物联网、智能交通、工业自动化和增强现实等领域具有广泛应用的潜力。随着边缘计算技术的不断发展，将为各行各业带来更多的机遇和挑战，推动数字化转型和智能化应用的快速发展。

4. 大数据

大数据技术是指为了处理和分析海量、多样化、高速生成的数据而研发和应用的一系列技术和工具。随着互联网、物联网和移动互联网的快速发展，数据量急剧增加，传统的数据处理方法已经无法胜任大数据时代的需求。大数据技术的出现和应用，为人们从庞大的数据中提取有价值信息、进行精确决策和开展创新研究提供了有效的手段。

(1) 技术环节

大数据技术是一项综合性的技术，涉及数据的采集、存储、处理和分析等多个环节。

(a) 数据采集。大数据技术通过各种方式采集数据，包括传感器采集、网页爬取、企业数据库提取等。数据采集是大数据处理的第一步，需要保证数据的准确性和完整性。

(b) 数据存储。大数据技术提供灵活、可扩展的数据存储方式，包括分布式文件系统、NoSQL 数据库和云存储等。数据存储主要解决大数据量和高速生成的问题，保证数据的安全性和可靠性。

(c) 数据处理。大数据技术提供高效的数据处理方法，包括分布式计算、流处理和批处理等。数据处理主要解决大数据处理速度和效率的问题，保证数据的实时性和可操作性。

(d) 数据分析。大数据技术提供多样化的数据分析方法，包括机器学习、数据挖掘和预测建模等。数据分析主要解决大数据中隐藏的模式和趋势，帮助企业和科研机构做出准确的决策和预测。

(2) 技术特点

大数据技术具有以下几个重要特点，使其在各个领域的应用具有优势。

(a) 大量性。大数据技术可处理海量的数据，包括结构化数据、半结构化数据和非结构化数据。不同于传统数据处理方法，大数据技术能够在更短的时间内处理大规模的数据集。

(b) 多样性。大数据技术可处理不同类型的数据，包括文本、图片、音频和视频等多媒体数据。大数据技术可以从多个维度对数据进行分析，为用户提供全面和多样化的信息。

(c) 实时性。大数据技术可处理高速生成的数据，实现实时数据处理和实时决策。对于需要快速响应的应用场景，如金融交易和风险预警，大数据技术具有重要作用。

(d) 价值性。大数据技术通过深入挖掘数据，发现数据的内在价值和潜力。通过数据分析，可以发现市场趋势、用户需求和业务机会，为企业创造新的价值。

(3) 应用领域

大数据技术在各个领域都有着广泛的应用，包括经济金融、医疗保健、电子商务和智能制造等。

(a) 金融行业。大数据技术可以从市场数据、用户交易记录 and 社交媒体等多个维度分析金融市场走势、用户偏好和投资风险，为金融机构提供更精确的决策支持。

(b) 医疗保健。大数据技术可以从病例数据、医学影像和基因组数据等方面分析疾病的发病原因、治疗方法和预防策略，为医疗机构和病患提供个性化的医疗解决方案。

(c) 电子商务。大数据技术可以从用户行为数据、产品评价和市场竞争数据等方面分析用户需求、产品特征和市场趋势，为电子商务平台提供个性化的商品推荐和精准营销。

(d) 智能制造。大数据技术可以从传感器数据、设备运行记录和生产流程数据等方面分析设备故障、生产效率和产品质量，为工厂提供实时的监控和优化方案。

尽管大数据技术在各个领域的应用广泛，但仍然面临一些挑战。主要包括数据隐私与安全、数据质量和人才短缺等问题。为

了充分发挥大数据技术的优势，需要加强数据隐私保护、提高数据质量和培养相关人才。未来，随着云计算和人工智能技术的不断发展，大数据技术将进一步得到应用和完善。预计大数据技术将在智慧金融、智慧交通、智慧城市、智慧农业和智能制造等领域发挥重要作用，推动经济社会的发展和进步。

三、全生命周期管理

基于 AI 的金融数据中心绿色节能全生命周期管理是一种全新的管理方式，通过 AI 技术和数据中心的深度融合，实现金融数据中心绿色节能建设的全方位数字化解决方案。这种管理方式覆盖了传统设计、施工建设、运行管理、优化提升等各个方面，旨在解决金融数据中心绿色节能建设过程中面临的各种挑战。AI 技术的引入，使得金融数据中心的设计和建设更加智能化、高效化。通过 AI 算法和模型，可以对数据中心的能耗、负载、环境等进行实时监测和预测，优化数据中心的能源使用效率，减少能源浪费。同时，AI 技术还可以对数据中心的设备进行智能调度和优化能源分配，进一步提高数据中心的运行效率。在数据中心的运行管理方面，AI 技术同样具有广泛的应用。通过 AI 算法和模型，可以对数据中心的设备进行远程监控和管理，及时发现和解决设备故障，保证数据中心的稳定运行。同时，AI 技术还可以对数据中心的运行数据进行实时分析和预测，为数据中心的优化提升提供有力的支持。

基于 AI 的金融数据中心绿色节能全生命周期管理不仅是一种技术革新，更是一种管理理念的转变，可更好地实现金融数据

中心绿色节能的建设目标，提高数据中心的运行效率，降低能源消耗和环境污染，推动金融行业的可持续发展。

（一）规划设计

基于《金融科技发展规划（2022—2025 年）》对金融数据中心绿色低碳的建设要求，在规划阶段，就应提出具备完整功能的数据中心基础设施智能化系统，包含各类监测监控、底层数据采集、记录报警、演示趋势以及能耗分析等功能。同时提供满足 AI 技术的各项接口，利用 AI 技术实现整个数据中心全生命周期的绿色节能。

AI 技术可以在数据中心的规划和设计阶段发挥重要作用，通过数据分析和预测模型优化数据中心的布局、容量规划和能源消耗等，以实现最佳的运行效率和资源利用。AI 技术可以通过分析历史数据和预测模型，为数据中心提供准确的容量规划和需求预测。通过对数据中心负载数据、设备使用率和用户增长趋势等进行分析，预测未来需求，并合理规划数据中心的资源分配，提前满足业务增长的需求。

基于 AI 的绿色节能规划应用可以在以下几方面发挥作用。

1. 能源消耗预测和优化。分析数据中心的历史能源消耗数据，并利用机器学习技术预测未来的能源需求。通过对能源消耗的预测，可以制定相应的能源调整策略，以优化能源使用效率和降低能源成本。

2. 资源管理和负载均衡。分析数据中心的负载情况，包括服务器利用率、网络流量等，实现智能资源管理和负载均衡。通过

自动调整资源配置和负载分配，使得数据中心的资源利用更加高效，可以节约能源消耗。

3. 温度和空调控制。基于数据中心的实时温度和湿度数据，以及外部环境因素，进行智能的温度和空调控制。通过精确的温度调节和定制化的空调策略，可以减少能源的浪费并提高能源利用效率。

4. 机器学习算法应用。利用机器学习算法对数据中心的能耗模式进行分析和学习，在此基础上提供能源规划建议。通过对历史能耗数据的学习，可以帮助数据中心管理者做出合理的能源调整决策。

5. 节能意识与教育。通过数据分析和人工智能交互途径，提供节能意识培养和教育，向数据中心运维人员和终端用户展示节能的重要性以及如何采取相应的节能措施。

因此，将 AI 技术和数据中心规划设计相融合，可以帮助金融数据中心制定更合理的节能规划，并在能源消耗预测、资源管理、温度控制等方面提供优化策略，从而实现节能减排和提高数据中心的能源效率，满足快速发展的数字化需求。

（二）建设改造

通过将AI与原有管理系统整合，可改造形成新的数据中心能源管理平台。管理平台可以采集各个系统的能效参数，便于后续对能耗较高的系统进行优化，同时生成直观的能耗分布地图。

1. 实施内容

（1）设备安装。安装数据中心智能控制设备，传感器、控

制器等，构建完整的硬件架构，实现底层的硬件支持。

(2) 联网调试。将各类数据中心制冷设备、用电设备、智能控制设备以及传感器、控制器接入智能化系统，连接网关进行测试。

(3) 数据采集。实现各类数据采集、记录功能。

(4) 分析建模。根据采集的数据，建立相关的各类能耗模型。

(5) 节能控制。通过AI技术对该数据中心历史数据、能耗模型分析求解，并输出调整策略。

2. 实现功能

通过上述实施内容，结合AI技术实现下述功能，满足金融数据中心绿色节能应用要求。

(1) AI智能预测。基于海量历史数据，使用AI及基础数学模型，实现机房发热量预测。

(2) 数据可视化。图形化操作界面，数据采集、节能分析及空调调控完全可视化。

(3) 全流程自动化。机房发热采集及空调调控策略，全程自动化实现，无须人工干预。

(4) 精准实时调控。7×24全天自动调节，根据负载发热量，动态调整空调以及制冷设备负荷，实现任意时刻能量精准匹配。

(5) 节能效果自动调优。算法输出策略，模型学习反馈效果，进行自动学习调优，实现闭环控制的持续改进。

3. 实现目标

（1）系统更节能。通过AI大数据分析，基于神经网络的深度学习，对暖通系统参数进行提取和训练，自动学习最优运行策略。

（2）信息更安全。AI系统部署在客户现场，数据保存在客户本地系统，信息更安全。

（3）控制更可靠。精准预测数据中心能效情况，控制策略经AI系统、运维专家、群控系统的三重过滤，可靠性更强，保障数据中心稳定运行。

（三）运行维护

AI技术通过替代人工重复劳动，提高工作效率，节省人力成本，减少数据中心的碳排放量。另一方面，通过精细化控制，寻找最优运行点，实现绿色节能，减少电能使用方面的碳排放。AI技术可以实现数据中心运维的自动化，包括自动巡检、设备监控、故障诊断和维护等。AI算法可以分析海量的监控数据，发现异常并实时生成报警，配合自动化系统，实现设备的自动诊断和维护，提高运维效率和降低人工维护成本，并提高数据中心的可靠性和稳定性。应用包括以下几方面。

1. 智能机器人。智能机器人是一种具备人工智能和自主决策能力的机器人，能够通过感知和理解环境，学习和处理信息，并基于此做出智能化的决策和行动。对智能机器人设计制作之后，机器人无需人的干预，能够在各种环境下自动完成各项拟人任务。机器人的本体上具有感知、处理、决策、执行等模块，可以像一个自主的人一样独立地活动和处理问题。智能机器人的应用成为

建设“无人机房”的重要方法。

2. 设备资产管理。主要包括基于物联网的接触式U位级定位技术、RFID技术、图像处理技术等实物设备资产定位方法、配件管理方法等。在架设备U位级位置信息、塔式设备区域级信息、设备配件在库房的位置信息等是数据中心智能化运维的基础之一。

3. AI能效调优。由于IT负载的能耗与制冷系统的能耗相互关联，需要统一进行跨层优化。在IT负载层与基础设施层的跨层统一能效优化方面，常用的方法是利用当前/历史信息（包括负载、空调参数、外界环境参数等）借助人工神经网络深度学习算法对IT系统与制冷系统温度或者能耗进行预测。通过建立包括IT负载在内的多个因素与数据中心总能耗或者数据中心PUE之间的人工神经网络模型，对数据中心的总能耗或者PUE进行预测，从而对输入的控制因素进行优化。

4. 负载智能调度。包括时间和空间的负载智能调度。在时间上，通过重新定义非实时计算任务的运行时间，使得数据中心的负载充分匹配可再生能源的发电量，从而加大对可再生能源的使用，减少碳排放；在空间上，通过调度一个机房模块内不同服务器上运行的负载，调整IT负载在机房模块的空间分布，消除局部热点，实现节能的目的。

（四）智能优化

通过数据分析和机器学习等先进技术不断优化金融数据中心的能源消耗、服务质量和资源利用，以指导决策者进行金融数

据中心的优化和升级，提高性能和效益。

1. 系统调优

（1）功耗优化。通过分析金融数据中心各个设备的能耗情况，并基于实时需求和负载情况，以调整设备的功耗模式和能耗策略，从而实现最佳的能耗效率。

（2）资源利用优化。通过对金融数据中心资源利用和需求的分析，管理系统可以智能调整服务器、存储和网络设备的资源分配和利用方式，以提高整体能源利用效率。

（3）热力管理。通过实时监测数据中心的温度、湿度等参数，智能调整空调系统、风扇等设备的运行模式，以实现金融数据中心的热力管理优化，降低能耗。

（4）负载预测与调度。通过对金融数据中心负载情况的预测和分析，管理系统可以优化负载调度策略，避免资源过剩或闲置，以降低不必要的能源消耗。

（5）效能指标监测。设计和监测数据中心的能效指标，比如 PUE 等，以对金融数据中心的能效进行实时监控和评估，及时发现问题并进行调整优化。

2. 管理应用

（1）设备采购与能效评估。在采购设备时，考虑能效评估作为一个重要的指标。选择能够提供最佳性能和能源效益的设备，以减少能源消耗和运行成本。同时，还可以考虑设备的可升级性和可持续发展的特性，以更好地适应未来需求。

（2）设备部署和调整。在设备的部署过程中，要考虑最佳

位置、机柜布局等因素，以实现有效的空气流动和热管理。定期进行设备调整和容量规划，以适应不同的工作负载需求，并避免资源浪费和设备过早退役。

（3）节能模式和智能控制。利用设备的节能模式和智能控制功能，根据实际使用情况进行能源调整和优化。例如，通过智能电源管理、设备睡眠模式和自动化配电等方式，提高能源利用率和减少闲置能耗。

（4）定期维护和更新。进行定期的设备维护，包括清洁、散热系统检查、电缆管理等，以确保设备的正常运行和最佳效果。同时，定期更新设备的固件和驱动程序，以获取最新的能效改进和性能优化。

（5）数据删除与回收。在设备退役之前，进行安全的数据删除以保护数据隐私。

（6）资产管理和退役规划。建立完备的资产管理体系，及时跟踪设备的使用寿命和维护记录，制定可持续发展的设备退役规划，以确保设备的合理利用和处置，避免不必要的资源浪费和环境影响。

四、应用探索

金融数据中心基于 AI 技术的绿色节能应用在智慧机房设计、暖通系统调控和绿色算力调度 3 个方面展现了显著的价值和意义。智慧机房通过优化设计方案，提升设备利用率和系统稳定性，减少故障率。暖通系统调控利用智能温控和能效优化，节约能源成本，减少碳排放，提高系统灵活性。绿色算力调度通过动态资

源调度、负载平衡技术，实现资源优化利用，应对波动需求，支持可持续发展。AI 技术在绿色节能领域的应用大幅提升了数据中心的能效，降低运营成本，助力实现环保和可持续发展的目标，为金融行业的绿色转型提供了强有力的技术支撑。

（一）智慧机房设计

基于 AI 的金融数据中心机房设计是对机房空间、电力及制冷设计方案，根据设计需求、大数据分析和 AI 算法自动生成数据机房空间布局方案的智能化设计方法。

通过引入数字孪生模型为载体，以运行能效和经济性指标为目标函数，在设计层面提出一种整体—局部迭代的优化设计和改造模式，以改变现有粗放式设计。本模式以设计条件和设计标准为基础，结合不同功率机柜的实际需求，对数据机房进行自动模块化分析设计，发现空间、电力、制冷等多维度的最优设计方案。在优化层面，融入新型再生能源和节能新技术，包括储冷储热、光伏发电、太阳能光电光热和新型储电储热技术，优化算法根据目标函数寻找出最优的可再生能源及新技术组合和容量，同时利用基于 3D CFD 气流组织仿真工具的智能 AI 技术气流组织参数优化算法，实现基于仿真结果的优化参数的采集，为自动寻优模型提供数据支撑。整体上，数据机房智能化方案设计模型可上传到基于 BIM 的数据中心全生命周期数字孪生平台，与平台其他模块实现数据互通，同时实现 3D 可视化，输入修改意见可迭代优化，与传统设计相比预计节约 80% 时间，显著提升生产效率。

基于 AI 的数据中心机房建设是指采用 BIM 技术和 AI 技术实

现管道预安装模拟、大型设备吊装模拟，根据人工智能算法和深度学习成果，模拟整体工序、计算整体工程量和工期。基于 BIM 和数字孪生技术，通过 BIM 技术深化管道路由，精确定位各个阀门及支吊架位置。综合考虑阀门、支架位置、整体就位条件、观感等条件因素，借助专业软件对管线进行分段，将其拆分成单件加工图。根据图纸预制加工，再进场整体安装。通过 BIM 技术模拟受限空间的大型设备吊装。在模拟吊装时根据设备重量、尺寸、吊装高度、周边道路环境，按照实际尺寸建立 BIM 模型。通过 BIM 模拟，确定起重设备参数，重点关注吊装路线与现场建筑物有无交叉，优化吊装方案，从而保证设备安全、高效。通过构建 BIM 模型进行算量，可有效提高算量效率和准确度。通过模拟动画，可更直观了解交叉作业中的不合理的工序，进而不断优化施工计划。利用 BIM 进行工程量计算，对于以数量为单位的材料设备（如灯具等），可直接通过模型导出材料设备明细表；对于以长度和体积计算的材料设备（如桥架、电缆），可导入第三方软件，借助 BIM 算量软件进行工程量计算，借助 AI 技术、过往施工条件、项目经验，模拟出整体工序、计算出整体工程量和工期。并且根据实时调整的各个参数，同步给出施工工期的预估结果。

基于 AI 的数据中心机房运维是采用数据中心数字孪生模型和大数据技术实现对供电系统、蓄电池、制冷系统典型故障的实时检测诊断并预警，并提出供电、制冷系统的健康管理建议。对数据中心供电系统、制冷系统、环境的精细化数据采集，结合数字孪生技术构建供电系统数字化逻辑树、空间热场、气流组织仿

真，重建数据中心的动力、制冷、机架模拟物理及数字空间；通过建立诊断专家模型和自动寻优算法模型，实现供电系统、制冷系统的早期预警，故障告警可视化，快速处理的流程化。其次，通过三维空间重建，实现数据中心的功率场、热力场实时展现，动态分析机房热点，自动调整气流组织实现高效低碳运行，提供迅捷的上架规划方案；进一步，通过蓄电池参数采集及人工智能算法，准确预测每套电池系统的剩余容量及放电时长，提出电池健康管理建议。

针对不同数据中心，可以设置不同的输入变量和输出变量，输入变量通常包括表征系统实时负载的变量、表征冷却系统运行的控制变量以及表征环境的变量，如 IT 设备发热功耗、冷机供回水温度、流量、空调送回风温度、风量、大气温湿度等值。输出变量可设定为 PUE 值最低，约束为 IT 设备进风温度不超过某设定温度。通过大量的运行样本数据，深度强化学习可以在输入量和输出量之间建立相应的数学模型，然后可以根据输出变量目标值和约束条件，获得最佳的控制。通过数字孪生技术与 AI 技术的充分结合优化数据中心能耗，从而实现基于 AI 的数据中心机房优化。

（二）暖通系统调控

建设金融数据中心 AI 节能调优管理系统，适配现场暖通调控系统架构，通过 V-BOX 接入暖通系统监测点位，并基于运行实时参数，结合 AI 算法模型、暖通原理和专家经验，实现暖通制冷系统的精确制冷、集中管理、寻优控制及半自动/自动调整，

有效降低暖通制冷系统能耗，进而降低整体能效指标。

1. 设计原则

基于 AI 的暖通调控系统设计原则如下。

（1）智能性与精确性。系统具备暖通制冷系统 AI 算法库，预置丰富的暖通设备机理模型，经过短期实时运行数据训练即可适配现场暖通制冷系统拓扑结构及运行特征，实现节能调优的最优解策略，可支持自动化控制执行。高精度传感设备实现运行数据的精准监测，专业化点位设计保障信息的完整全面，精细化计算分析提供能耗的精确洞察，模型精度自检机制确保策略的准确无误，最终达成端到端的准确节能调优服务。

（2）实用性与经济性。坚持实用、经济原则是系统的重要因素之一，从系统目标和业主实际需求出发，选择具有先进性、成熟的、最经济的优质产品，并在合理配置和兼容性方面进行充分论证，删除不必要的冗余，以节省投资费用。

（3）先进性与成熟性。采用目前主流的、先进的、成熟的技术，保证所选产品今后扩展时在技术先进性方面具有可延续性。在应用架构方面，呈现出敏捷、解耦合灵活的特点，构建方式将从“安全&精确”向“速度&灵活”逐步演进。

（4）开放性与标准性。系统将是一个完全开放性的软件系统，通过编制子系统的接口软件将解决不同系统和产品间接口协议的“标准化”，以使他们之间具备“互操作性”。

（5）可靠性与稳定性。系统具备极高的可靠性和容错性，使系统能不间断正常运行和有足够的延时来处理系统故障，以确

保在发生意外故障和突发事件时，系统都应保持正常运行状态。

(6) 安全性与保密性。网络系统是信息系统的基础，必须在完善的网络管理和信息安全管理體系下，制定切实可行的管理措施，保证平台高效、可靠、安全地运行。

(7) 扩展性与维护性。系统需严格遵循模块化的结构方式进行开发，系统软件功能模块完全根据用户的实际需要和控制逻辑来编制。应采用开放式接口（OpenAPI）方式，方便和第三方系统的集成，并采用低代码（App studio）方式，帮助用户低成本、快速实现维保智能化场景的创新的扩展。

2. 架构设计

系统架构设计从采集层和智能控制中心两方面来考虑。

(1) 采集层

负责从电力系统和暖通系统中收集原始数据。这些数据源可以包括传感器、设备、日志文件、数据库等。采集层的主要任务是确保数据的可靠采集和传输，并将原始数据进行初步的清洗，以保证后续层级能够使用高质量的数据。

在基础设施智能管理平台中，涉及冷源系统关键设备及指标参数（冷却塔、冷水机组、蓄冷罐、电动阀、水泵、流量、水温、水压、压差等）、电能参数（总能耗、IT 能耗、制冷能耗）、末端精密空调运行参数及室内外环境参数（温度、湿度）。

采集层需要具备以下功能。

采集数据。应能够实时采集系统的状态信息，这些数据可以是性能指标、健康状态、运行日志、实时数据等。

监测和告警。应能够监测设备状态，及时发现异常情况，并生成告警信息。

远程控制。应支持远程控制设备，例如远程开关设备、调节设备参数等。

日志数据采集。采集层还负责收集系统运行的日志数据。这些日志数据对故障排除、性能分析和安全审计等方面非常重要。

数据解析和标准化。采集层需要对采集到的原始数据进行解析和标准化，将其转换为可理解和可处理的格式。这可以包括数据格式转换、数据清洗、数据标准化等操作，以确保上层系统能够准确地理解和使用这些数据。

实时监控和告警。采集层需要对基础设施的配电设备进行实时监控，及时发现异常情况并生成告警。这可以包括设备故障、性能异常、能耗异常等方面的监测和告警功能。

数据存储。采集层需要将采集到的数据进行存储，以备后续的查询、分析和报告生成等需求。这可以通过数据库、分布式存储系统等进行，确保数据的安全性和可扩展性。

数据安全和权限控制。采集层需要确保采集到的数据的安全性，包括数据传输的加密、访问权限的控制等。只有授权的人员才能够访问和使用这些数据，确保数据的机密性和完整性。

数据存储和传输。采集层将采集到的数据传输到后续的数据处理和存储系统。这可能涉及使用合适的数据传输协议和数据存储格式，以及确保数据的可靠性和一致性。

(2) 智能控制中心

智能控制中心是系统的核心层，通过采集层的感知，智能运维能力中心的决策和运维执行框架构成“感知、决策、执行”闭环智能化管理，由数据层、算法层、决策层和应用层 4 部分构成。

(a) 数据层

数据层包括大数据平台和知识图谱。其主要任务是提供数据的归一、补齐、脱敏、降噪、去重、抽取、归并、二次计算等治理服务，输出不同专业系统、空间层级的能耗数据及能效指标分析，以助力能源使用效率的识别及节能空间的洞察。

(b) 算法层

算法层是基础设施智能平台中的关键组成部分，涉及数据分析和智能化算法的应用。基于数据层中的数据进行分析和处理，利用机器学习、人工智能和统计分析等技术，对数据进行挖掘、模式识别、异常检测和预测分析。提供智能化的功能和决策支持。算法层的目标是从治理后的参数映射至预置的机理模型，AI 算法及专家经验根据实时数据分析并输出暖通制冷系统运行诊断指导运维人员发现问题。

算法层需要具备数据预处理、故障诊断、性能优化的能力。
数据预处理：算法层应对数据进行预处理，包括数据清洗、异常值处理等，以提高数据质量；故障诊断：算法层应能够根据设备和设施的状态数据，进行故障诊断，及时发现和定位故障；性能优化：算法层应能够对暖通系统的性能进行分析和优化，如通过调整设备参数、负载均衡等方式提高性能。

(c) 决策层

决策层是基础设施管理系统的顶层，负责根据算法层的分析结果进行决策和优化。基于算法层提供的信息和洞察，决策层可以制定寻优策略、调整资源分配、提出故障处理建议等。

决策层生成节能调优策略通过人工修改确认后下发执行或自主下发实现自动化控制。从而实现自动化的最优决策和响应。

决策层需要具备告警和预警、决策、自动化操作的能力。决策层应能够接收并处理来自采集层和算法层的告警信息，及时通知相关人员。决策层应基于数据分析结果和系统知识，提供决策支持，并支持自动化操作，如自动调整设备参数、自动执行维护任务等。

(d) 应用层

应用层是智能化管理平台的关键，为用户提供系统监控、能效管理、节能调优等智能化场景功能。监控实现对人、机、物、事的全面感知，智能化场景通过“感知－决策－执行”的智能体，提升整体效率，保障系统运行质量，合理控制运营成本。

3. 建设内容

基于 AI 的暖通调控系统依托强大的 AIoT 数字平台、AI 算法技术和暖通领域经验，打通 BA 系统、动环监控系统、电力监控系统等多个子系统，实现制冷系统精确按需制冷、集中管理、寻优控制、自动调整，有效降低制冷系统能耗，从而降低数据中心整体 PUE 指标。

(1) AI 节能调优业务

AI 节能调优业务包含集成调优服务、策略推理服务及 AI 节

能模型库，如图 2 所示。

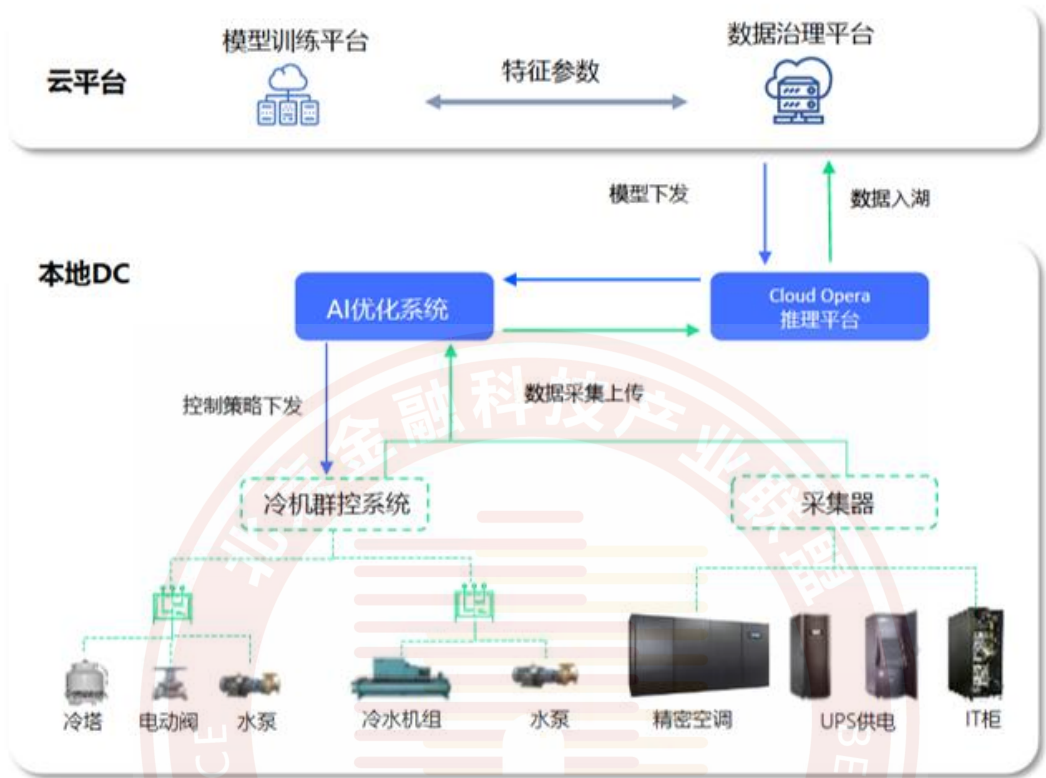


图 2 暖通业务 AI 节能调优系统示意图

(a) 集成与调优服务。一是数据汇聚，通过集成专业子系统（如 BA 系统、动环监控系统、电力监控系统等）及部署采集网关补充监控点位的方式，实现数据中心运行数据的实时采集，采集周期为 5 分钟/次。二是策略下发，接收策略推理服务输出的最佳制冷策略，并下发至专业子系统执行。

(b) 策略推理服务。根据 AI 节能模型库下发的机理算法模型，结合实时的运行参数（如制冷设备运行参数、冷却水/冷冻水温度、压力、流量、IT 负载率、室内外环境参数等），分析并输出最佳执行策略。

(c) AI 节能模型库。识别并抽取海量采集数据中影响 PUE 指标的特征参数，实现数据的自动化治理分析。利用治理后的高质量数据，开展动态模型训练，优化算法机理模型，实现模型预测精度 $\geq 96.5\%$ 。

(2) 控制模式

系统提供自动和手动两种工作模式。

(a) 自动控制模式。BA 系统接收 AI 节能调优管理系统下发指令完成指定动作，指令包含设备数量、转速/功率/温度/压差等控制环路目标值、制冷模式切换、充放冷控制等，未下发控制指令的仍遵循 BA 系统自行控制。

(b) 手动控制模式。输出 AI 节能调优策略，运维人员根据策略信息手动调节 BA 系统，实现设备加减、转速调节、制冷模式切换、旁通、充放冷等操作。监测调节过程中的状态变化。

(3) AI 节能调优过程

AI 节能调优过程如下。

(a) 方案设计及实施。评估数据中心现有系统设计、输出 PUE 节能设计方案、评估系统 PUE 优化空间。

(b) 节能优化。BA 对接及现场部署、关键数据采集、节能指令优化。

(c) 赋能服务。数据中心节能原理培训、PUE 优化服务培训、PUE 优化系统软硬件维护培训。

(d) 持续优化。专家定期巡检、系统持续优化。

(三) 绿色算力调度

伴随金融行业海量用户需求及业务增长，服务器数量也在不断快速增长。但早期服务器利用水平较低，大量的能耗浪费在维护服务器的“空转”上，没能转化为有效的算力去支撑上层业务的开展。因此需要通过技术架构的升级，合理分配计算资源，提升金融数据中心的整体运行效率，从而实现绿色、稳定的发展。

1. 关键技术路径

面向应用环节的绿色计算解决方案关键技术路径如下。

(a) 通过绿色观测和优化体系，持续探测工作负载的资源消耗并进行资源优化。

(b) 通过池化等技术手段把异构服务器算力归一，以标准化方式提供统一算力服务，隔离异构算力的复杂性，提升稳定性。

(c) 通过弹性算力统一调度、性能优化等，提升系统性能，并通过容器化减少设备依赖，虚拟化平台将上层的应用软件和下方的基础设备隔离开，上层应用无需关心物理设备的具体细节，只需要对标准化环境部署应用。

(d) 通过实践平台工程和配置代码化高效快速地进行资源弹性伸缩，提高运维效率和业务峰值活动支撑能力。

(e) 通过 Serverless 化，让工作负载本身更加容易被弹性伸缩和被调度。

2. 具体实施路径

(1) 异构服务器管理

通过算力归一化来统一不同硬件架构的 CPU (如图 3 所示)，对上可屏蔽不同 CPU 架构差异，体现出统一的计算能力，在控制

业务应用算力使用复杂度的前提下，充分享受硬件升级带来的高计算能效红利。此外，运行在不同 CPU 上的业务会被分配不同的 CPU 核数，让运行在不同 CPU 上的业务性能保持一致，充分使用每款 CPU 的资源，有效提升混合集群资源的效率。

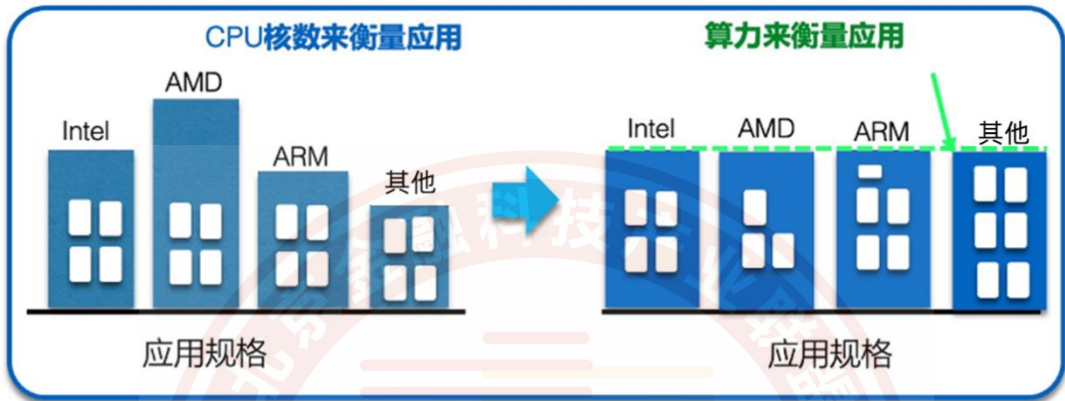


图 3 不同硬件芯片的算力归一化示意图

（2）统一调度

打造容器调度平台，利用其弹性调度架构将数据中心的服务器标准化成统一云化资源池，并通过统一容器 API 为金融业务应用提供智能弹性容量、分时智能调度以及在离线混部等云原生容器编排能力，帮助上层各类业务实现资源统一管理、应用容量高可用保障、异构硬件无感知屏蔽、基础资源最大化分时复用等能力，达成机器资源使用率大幅提升的目标。

（3）工作负载性能优化

结合业务需求，可以对占比较高的业务负载进行有针对性的优化，以进一步提升算力利用效率。例如可以针对存储工作负载、AI 智能计算工作负载以及在线工作负载等进行优化。存储工作负载优化方面，通过数据高级压缩技术、高效分布式事务处理引擎等绿色计算能力实现存储增效。AI 智能计算工作负载优化方

面，通过绿色 AI 实现算法提效和工程提效，助力算力智能调度，节约机器资源消耗，减少二氧化碳排放。在线工作负载优化方面，通过 AI 弹性容量、分时调度技术，有效应对流量峰值场景，极大提升资源利用率。

（4）绿色数据中心洞察与度量

通过持续性能分析（Continuous Profiling）技术，可以实时地、低开销、可持续地观测和分析工作负载的资源消耗，识别性能瓶颈，优化系统的性能表现，提升工作负载的处理速度和降低处理成本。在数据中心层面上，通过将 CPU 的利用率指标转换成碳排放的指标，对数据中心的碳排放情况进行有效度量。

五、金融数据中心绿色节能AI技术应用评估

（一）总体原则

金融数据中心绿色节能 AI 技术应用评估应遵循以下总体原则。

- 1. 绿色低碳。**以实现金融数据中心绿色节能为目标，注重资源节约、环境友好和生态保护。
- 2. 全面考量。**在评估过程中，应考虑金融数据中心的全生命周期，包括规划、设计、建设、运行、维护和废弃等阶段。
- 3. 量化评估。**采用可量化的评估指标，对金融数据中心的能源消耗、资源利用、环境影响等方面进行全面评估。
- 4. 客观公正。**评估过程应客观公正，避免主观因素和人为干扰。
- 5. 持续改进。**评估结果应作为改进金融数据中心绿色节能工

作的依据，不断提高绿色节能水平。

针对数据中心绿色节能建设，我国已经陆续出台了相关政策，并发布了相关标准，对数据中心建设提出了具体的规范性要求，相关标准如表 1 所示。

表 1 金融数据中心绿色节能 AI 技术应用参考标准

标准分类	标准名称	发布组织	主要内容
国家标准	GB/T 32910.3—2016 数据中心 资源利用 第 3 部分：电能能效要求和测量方法	国家质量监督检验检疫总局、国家标准化管理委员会	给出数据中心的电能能效等级及影响电能能效的因素，规定了电能能效的测量方法与计算方法。
	GB 40879—2021 数据中心能效限定值及能效等级	国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会	规定了数据中心的能效等级与技术要求、统计范围、测试与计算方法。
	GB 50378—2014 绿色建筑评价标准	住房和城乡建设部	规定了对建筑绿色性能评价的方法。
	绿色数据中心建筑评价技术细则	住房和城乡建设部	作为国家标准《绿色建筑评价标准》（GB/T 50378—2014）的补充，为数据中心建筑的绿色化设计、建造以及评价提供明确的技术指导。
	GB/T 51366 — 2019 建筑碳排放计算标准	住房和城乡建设部	规定了建筑物碳排放计算方法。
团体标准	T/CCUA 011 — 2021 数据中心绿色等级评价	中国计算机用户协会	针对数据中心的能耗、IT 设备、制冷设备、绿色管理等方面评价绿色

标准分类	标准名称	发布组织	主要内容
			指标。
	YD/T 2441—2013 互联网数据中心技术及分级分类标准	中国通信标准化协会	规定了互联网数据中心在可靠性、绿色节能和安全性三个方面的分级分类的技术要求
	YD/T 2442—2013 互联网数据中心资源占用、能效及排放技术要求和评测方法	中国通信标准化协会	规定了数据中心在资源占用、能效及排放方面的技术要求，包括建筑和布局、设备节能（IT设备、制冷设备、供电设备及其他设备）和管理等方面。本标准适用于数据中心的规划、设计、建设、运维和评估。
	T/DZJN 17-2020 绿色微型数据中心技术规范	中国电子节能技术协会	规定了绿色微型数据中心的分类、要求和测试方法。

（二）分级定义

从金融数据中心的智慧化管控程度、绿色能源利用率等多个维度来定义金融数据中心绿色节能的智慧化等级，为数据中心的节能智慧化提供技术、产品规划决策辅助。

基于AI的金融数据中心绿色节能等级可划分level 1级规划级、level 2级规范级、level 3级集成级、level 4级优化级、level 5级引领级，如图4所示。绿色节能等级水平由level 1级到level 5级，每增加一级，监控的精细度及机房设备调控能力均随之增加，人工参与程度逐级减少，系统在不同阶段将逐步分

担更多的工作。但在任何阶段，人对数据中心的管理运维都具备最高的紧急干预权限。

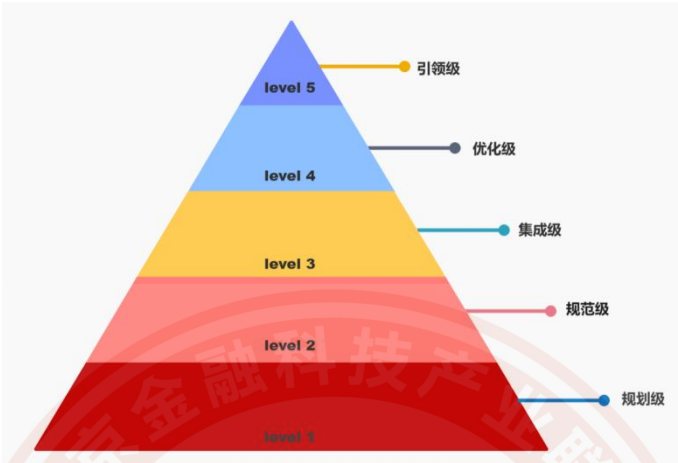


图 4 金融数据中心绿色节能分级示意图

（三）分级维度

金融数据中心绿色节能 AI 技术应用分级维度包括能源利用智慧管控水平、智能运维程度、智能技术应用、机房智慧化程度，如表 2 所示。

表 2 金融数据中心绿色节能 AI 技术应用等级指标及描述

序号		指标	
一、能源利用智慧管控水平			
1	能源高效利用	电能使用效率	测得的连续一年内数据中心总耗电与数据中心 IT 设备耗电的比值。
2		设计指标达标情况	连续一年内数据中心实际使用能源资源利用水平与设计水平比较。
3		IT 设备负荷使用率	连续一年内实际使用功率与机柜标称使用功率的比值。
4		可再生能源使用比率	连续一年内使用可再生能源电量与数据中心总耗电的比值。
5		水资源利用效	连续一年内水资源消耗量与数据中心

序号	指标		
		率	总耗电的比值。
6	节能技术应用	制冷系统	风冷 选用能效限定值及国家标准评定能效指标在节能评价值以上。
7			水冷 国家标准评定能效指标在节能评价值以上。
8		供配电系统	选用能效限定值及能效等级国家标准评定达到能效等级达到能效 1 级。
9		信息化管理系统	可实时监视各系统设备的运行状态及工作参数，可实时显示各系统及主要设备对能源、资源的使用情况，并提供智能化分析功能。
10		其他设备	除上述系统以外设备采用了节能技术，并取得了较好的节能效果。
11	能源绿色管理	能源使用管控	具有能耗统计分析制度，结合气候环境、自身负载变化和运营成本等因素对关键系统的运行方式进行优化调整。
12			基础设施定期进行检查和维护。
13			对降低能耗设置有明确的、不断提高的发展目标。
14		水资源使用管控	结合气候环境和自身负载变化、运营成本等因素不断调整用水策略，减少水资源消耗。
15			损坏管件应及时更换，防止破管、渗水、漏水现象的发生。
16		节能诊断	自愿接受节能诊断服务，并依据诊断

序号	指标		
			结果开展有实效的节能、节水等绿色技术改造。
17		第三方测评	由具有 CNAS、CMA 资质的第三方机构进行评测并出具符合 CNAS、CMA 要求的相应检测报告。
18	附加分项	电器电子产品有害物质限制使用管理	物理界限内的电器电子产品符合《电器电子产品有害物质限制使用管理办法》相关规定。
19		废旧电器电子产品处理	对废旧电器电子产品进行识别，并有具体再利用措施。
20		废弃物管理	充分识别并依照国家及地方相关管理规定建立有相关处理制度，废弃物产生及处理过程有完整记录。
21		综合能源利用	可再生能源电力消纳、绿色电力证书消费、余热回收、电池梯级利用等综合能源所发电力总和与数据中心总耗电的比值。
二、智能运维程度			
22	数据管理	数据建模	对运维数据的层次化架构、数据对象及数据关系进行标准化定义及线上化持续管理的能力。
23		元数据管理	对数据及信息资源描述性信息的管理，形成管理目录的能力。
24		数据采集	通过技术手段获取原始运维数据的能力。
25		数据加工	对运维数据清洗、转换、聚合、脱敏的能力。
26		数据存储	存储海量离线与实时运维数据的能

序号	指标		
			力。
27		质量管理	对运维数据在计划、获取、存储、共享、维护、应用、消亡等阶段存在的数据质量问题，进行识别、度量、监控、预警、处置的能力。
28		数据服务	运维数据消费接口及自服务的能力。
29		数据安全	利用技术管理手段，对运维数据安全风险的防范和处置的能力。
30	分析决策	数据探索	对海量、多源和异构的运维数据，通过查询、筛选、整合、分析等手段，有效认识和处理运维数据的能力。
31		特征提炼	对运维数据进行特征提取、生成、评估、选择和提炼的能力。
32		分析决策	规则应用、模型建立、模型训练、模型推理的能力。
33		可视化	将信息转化成数字化图形，通过多媒体技术和交互接口，有效展示运维信息，实现人机交互的能力。
34		安全可信	对可能影响运维场景目标实现的风险进行识别、评估、规避，保障分析决策过程和结果有效的能力。
35	自动控制	接入管控	构建连接运维对象或运维服务的通道，实现控制运维对象或管理服务调用的自动化能力，包括：对应用系统、服务器、网络、存储、云资源和基础环境等 IT 资源进行管控,保障自动化的操控能力：对运维工具的自动化服务能力进行整合及管控，对外提供统

序号	指标		
			一服务的能力。
36		安全管控	通过技术手段对用户身份、用户权限、自动化任务进行合法性认证、合规性检查，并生成满足管理、审计要求的相关记录的能力。
37		过程管控	通过操作、服务的编排实现各项运维活动的串接与管控，提升运维活动效率的能力。
38		执行管控	利用自动化技术或手段，安全高效地以自动化方式执行运维操作并验证结果，以及在异常情况下运维人员可对执行活动进行干预的能力。
三、智能技术应用			
39	能耗优化	数据收集	收集历史能耗数据、机房温湿度和气象数据等数据。
40		构建模型	能构建一个机器学习模型。
41		模型预测	模型能根据输入的信息，预测数据中心能耗。
42		调整优化	实现有效的能耗管理，从而降低能耗并提高整体效率。
43	故障诊断	可用性	可以分析设备运行数据，通过机器学习和深度学习算法对数据进行分析处理，提前预测硬件故障，进而可以提前进行预测性维护。
44		可靠性	通过预测性维护避免数据中心的服务中断和数据丢失。
45	算力调度	节能性	通过分析数据中心中的负载、资源使用情况等数据，对数据中心的资源进

序号	指标		
			行智能调度，实现资源的最优利用和分配，提高资源利用率和效率。
46		适应性	是否满足不同场景下的资源调度需求。
47	安全监测	流量分析	能对数据中心的网络流量进行深度学习分析，以及对数据中心的安全事件数据的结合
48		威胁防范	利用机器学习算法和深度学习算法对数据进行处理，自动检测安全事件，实现对数据中心的安全监测和威胁防范。
49	辅助运维	自然语言处理	能通过自然语言与数据中心交互，实现自动化理解用户需求并执行相应操作。
50		智能语音	能通过语音处理、语音识别实现自动化理解用户需求并执行相应操作。
51		计算机视觉	能通过数据及模型、图像识别实现自动化图片或视频采集、处理、识别、理解和反馈等操作。
52		生物特征识别	能通过生理特征或行为特征自动化进行个人身份鉴定。
53		人机交互	通过智能感知、动态识别等技术实现人机的融合协调、高效应用。
四、机房智慧化程度			
54	建设水平	基础信息资源建设情况。	
55	服务便捷度	服务的方便、便捷、及时、高效的情况。	

序号	指标	
56	利用成效	利用带来的产出效益。
57	新技术利用	是否采用 AI 技术，例如：机器学习、知识图谱、类脑智能计算、量子智能计算、模式识别等。

六、未来展望

当前，国家的新基建战略为数据中心的发展注入了新的动力。在这一战略指导下，对数据中心的信息设施安全性、绿色环保以及智能化水平提出了更为严格的标准。为满足金融行业政策要求和数据中心使用需求，在数据中心全生命周期管理中积极采用新技术应用，提升数据中心精细化、智能化水平，针对数据中心规划、设计、建设、运营的全流程，建立全新的运营模式。另外，数据中心为降低对从业人员稀缺专业技能的依赖，需构建数字化、信息化、智能化的能耗监控、管理与优化平台，以全面提升数据中心管理、运营的智能化水平，实现能耗节约、安全生产、减员增效，促进金融数据中心的智能化和可持续发展。

后续，数据中心的绿色节能应用将在以下方面持续优化。

（一）能源效率方面。未来的数据中心将采用智能化能源监测系统，通过实时监测数据中心设备的能耗情况和负荷需求，以优化能源使用效率。通过智能调度和优化能源分配，数据中心可以最大程度地减少能源浪费，并提高能源利用效率。

（二）冷却系统方面。数据中心的冷却系统通常是能耗较高的部分。未来的数据中心将会采用智能温度监测系统和机器学习算法，根据实时需求和环境变化，智能控制冷却系统的运行，以

减少能源的浪费和过度冷却现象。

（三）可再生能源方面。金融数据中心将会越来越倾向于使用可再生能源，如太阳能、风能等来供给电力需求。未来的数据中心将会加大对可再生能源的应用和整合，以降低对传统能源的依赖，减少碳排放，并实现更可持续的能源供应。

（四）地理位置方面。未来的数据中心将更加注重地理位置的选择。金融机构会考虑将数据中心建设在能源稳定且可利用可再生能源的地区，例如，靠近水力发电站或风力发电场的地区。这样可以降低能源运输损耗，并优化能源利用效率。

（五）硬件设备管理方面。未来的数据中心将会更加关注使用能源效率更高、材料更加环保的服务器、网络设备等。此外，数据中心还将通过优化硬件的使用寿命和增加设备的循环再利用，减少资源浪费和环境影响。

参考文献

- [1] 中国人民银行. 中国人民银行印发《金融科技发展规划(2022—2025年)》 [J]. 中国金融家, 2022(Z1).
- [2] 中国信息通信研究院云大所. 低碳数据中心发展白皮书(2021年)[C]. 数据中心高质量发展大会, 2021.
- [3] 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会. 数据中心能效限定值及能效等级:GB 40879—2021[S]. 2021.
- [4] 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会. 建筑节能与可再生能源利用通用规范: GB 55015—2021[S]. 2021.
- [5] 数据中心能耗在线监测技术规范: DB31/T 1302—2021[S]. 2021.
- [6] 数据中心节能评价方法: DB31/T 1216—2020[S]. 2020.
- [7] 工业和信息化部印发《新型数据中心发展三年行动计划(2021—2023年)》[J]. 中国信息化, 2021(9): 16-20.
- [8] 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会. 数据中心设计规范: GB 50174—2017[S]. 2017.
- [9] 国家市场监督管理总局、国家标准化管理委员会. 公共建筑节能设计标准: GB 50189—2015[S]. 2015.