

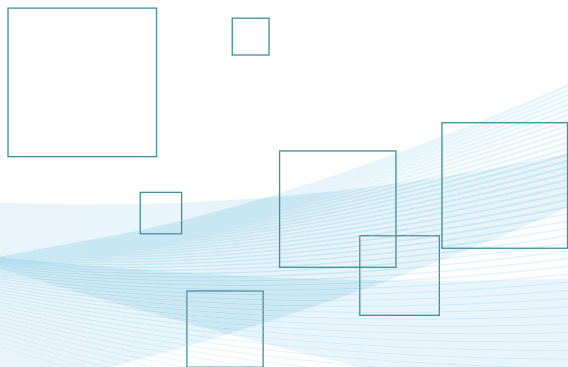


Network Innovation and
Development Alliance
全球固定网络创新联盟

Agentic 时代的企业运维

新型 ICT 基础设施 O & M 蓝图

—— 2025 年 07 月 ——



伙伴单位

CAICT 中国信通院



编制和撰稿人

NIDA 战略咨询委员会：

邓一鸥、郭晓岩、黄伟红

白皮书编制和案例贡献人：

马军锋、刘芷若、黄河、李生、林永明、施震宇、刘春、李业兴、王泽林、韩赛、马云龙、洪伟杰、鲍中帅、谢锐、戴凯明、刘鹏、汪燕、蒋宇奇、王辉、朱峰、李庆恩、张许宝、赵凤华、王晨敏、王时兴、鞠久青、陈国语、吴波、王东、罗兴、李锐、刘子建、蔡文佳、赵昊

目录

01

产业趋势

- 1.1 企业运维从数字化到数智化的跃升
- 1.2 企业新型 ICT 基础设施 Agentic AI 运维趋势

02

愿景及关键特征

- 2.1 AEI 定义
- 2.2 AEI 的愿景
- 2.3 AEI 的关键特征

03

价值场景

- 3.1 数据中心价值场景
 - 3.1.1 算网存故障处理
 - 3.1.2 算网存利用率提升
- 3.2 智慧园区价值场景
 - 3.2.1 用户体验保障
 - 3.2.2 网络通感一体

04

参考架构和使能技术

- 4.1 参考架构
 - 4.1.1 智能体的核心机制
 - 4.1.2 智能体的交互方式
- 4.2 使能技术
 - 4.2.1 AI Agents 技术
 - 4.2.2 Multi-Agent 技术
 - 4.2.3 数字孪生技术

05

AEI 演进节奏

- 5.1 Phase1：域内自智
- 5.2 Phase2：跨域自智
- 5.3 Phase3：群体智能

06

创新实践

- 6.1 高效运维：清华大学携手华为打造业内首个园区网络智能体，驱动校园网络运维迈向“自动驾驶”
- 6.2 高效运维：交通银行携手华为打造金融网络智能体，重构网络运维新范式
- 6.3 以网强算：科大讯飞联合华为开启双子星计划，开创 AI 大模型高性能网络新时代
- 6.4 数智融合：联通格力携手广东联通，打造家电制造数智融合“灯塔工厂”
- 6.5 以“智”加“数”：东风汽车联合华为为数据中心 ADN 多云多 DC 方案，迈入智联时代

07

缩略语

1 产业趋势

1.1 企业运维从数字化到数智化的跃升

过去数十年间，技术浪潮奔腾不息，企业管理从信息化、数字化逐渐迈入了智能时代。企业运维为企业高效运转、实现战略业务目标、从数字化到数智化的跃升发挥关键作用。



随着 Agentic AI（代理式人工智能）的到来，企业运维也从自动化、AIOps（智能运维）向自主运维进化：

• 信息时代：效率提升与自动化

在信息时代，运维的核心诉求聚焦于提升效率与简化操作。告别了晦涩难记的命令行交互（CLI），直观的图形用户界面（GUI）成为主流，大幅降低了操作门槛。与此同时，自动化技术迎来了曙光，通过精心编写的脚本逐步替代繁复的手工操作，将运维人员从重复性劳动中解放出来，显著提升了基础设施管理的一致性与执行速度。这是运维工作从“原始手工”迈向“系统化、可管理”的关键转折点。

• 数字时代：数据驱动与智能运维（AIOps）崛起

随着大数据技术的蓬勃发展与机器学习（ML）等技术的日益成熟，运维领域迎来了深刻的变革，步入数字驱动的时代。智能运维（AIOps）成为核心特征。运维系统开始大规模、实时地采集涵盖性能指标、日志、事件、拓扑关系等维度的海量基础设施数据。借助大数据分析、模式识别和预测算法，实现异常检测、根因分析、容量预测、性能优化等复杂任务。运维工作从被动响应转向了主动洞察与预测性管理。

• Agentic AI 时代：智能体协同与自主运维进化

在日新月异的 AI 技术革命中，具备 Agentic 特点的 AI 成为

了变革的焦点，Gartner 将 Agentic AI 列为 2025 顶级技术趋势的第一名，OpenAI 在 2025 年 5 月发布的《Practices for Governing Agentic AI》中定义，Agentic AI 是在没有事先规定行为的情况下，能够自主采取行动，在一段时间内持续达成目标的系统。Agentic AI 能够解决分析复杂的目标、能够适应跨领域多相关方的复杂环境、灵活应对异常 / 意外情况，并在有限的人为干预下可靠的实现目标。从 AI Agents 走向 Agentic AI 系统，其最重要的变化是，1、Agentic AI 的任务场景更复杂，过程中存在不确定性，需要持续地评估中间结果并动态规划；2、Agentic AI 具备自我学习的能力，能够基于经验决策，任务执行过程的持久化记录和反思总结。

Agentic AI 时代，这种具备高度自智、目标导向能力的智能体（Agents）正在成为企业基础设施运维生态的核心参与者。这些智能体不仅能独立感知环境、分析数据、做出决策并执行操作，更能通过高效的协同机制，在复杂的基础设施环境中完成跨域、跨系统的复杂运维任务。作为生产力提升的关键力量，智能体正在从根本上完成企业运维从“机器辅助人”到“人辅助机器”自主运维的进化。

2024 年，中国信通院发布的《企业数智化能力成熟度模型（EDMM）标准》，将企业数智化分成“数据智能基础设施”、“数据智能中台”和“数据智能应用”三层。本白皮书将重点围绕“新型 ICT 基础设施”，基于 Agentic AI 的企业自主运维进行阐述，并分析了面向 2035 年的三大趋势。

1.2 企业新型 ICT 基础设施 Agentic AI 运维趋势

趋势一：Agentic AI 带来运维系统生产力提升，企业运维走向智能体自智的时代，运维系统无人值守成为可能，企业基础设施的极简运营将成为现实。（自智运维）

Agentic AI 具备环境感知、主动决策、持续学习的能力。智能体自智作为企业运维生产力提升的关键力量，系统能够在无人干预的情况下，自动完成企业 ICT 基础设施日常运维任务，实现 7×24 小时不间断运行。

这种具备自智能力的 Agentic AI 运维系统有如下几个特点，一、具备对基础设施故障的自主诊断、自主修复能力，能够在无人条件下，由智能体可靠地应对突发情况和意外故障；二、能够通过监控设施状况，通过多种手段预测基础设施亚健康状态，通过预防性处置，降低故障产生的概率；三、运维智能体能够依据当前基础设施状态，结合业务需求，通过灵活调度资源，持续劣化调优，持续保障业务运营体验最佳。

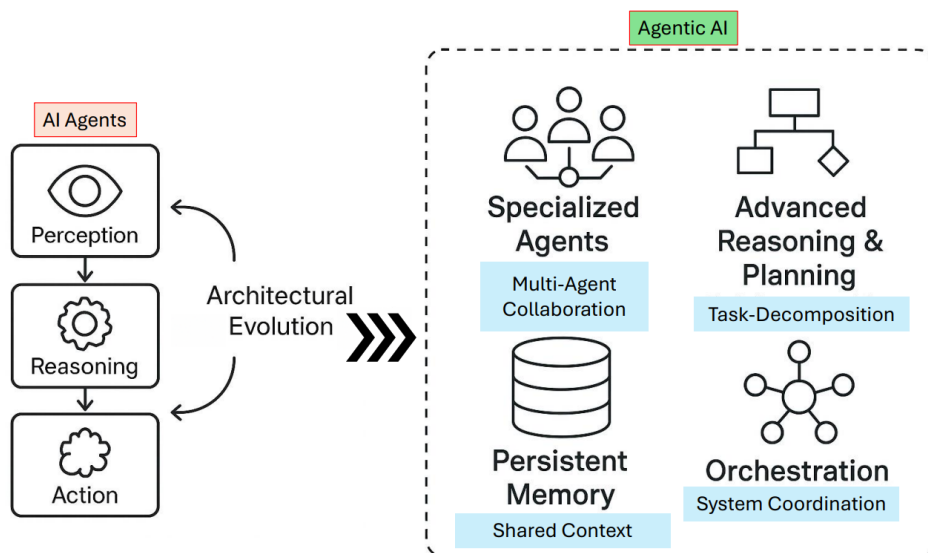
最终，Agentic AI 运维系统实现自配置、自修复、自优化，运维智能体自主实现分析问题，巡检机器人自主完成上站点巡检工作，执行操作，最终实现 Agentic AI 企业运维时代的极简运营。

趋势二：Agentic AI 带来的运维模式变化，将促进基础设施感知、控制、韧性等能力提升，最终带来运营运维效率的提升，实现企业基础设施的极优体验。（智能原生）

有人环境下的运维系统，由于人类精力和大脑信息处理效率的限制，其注意力必须集中在处理最重要最紧急的信息上，如果还想进一步处理那些次重要，非重要的信息，那么海量的信息将会淹没数量有限的运维人员。有人运维系统的处理能力存在上限，这就限制了基础设施为运维系统提供更多信息和能力。

Agentic AI 使得运维系统能够在无人环境下运行，从此运维能力上限不再受限于运维人员素质和数量。而面向能够在无人环境下运行的 Agentic AI 运维系统，通过提供更多的监测数据，更敏捷的控制接口，更具韧性软件的基础设施，就能够充分发挥 Agentic AI 运维系统处理信息的能力强于有人运维系统的特点，实现处理海量精细的基础设施状态、性能数据，对基础设施各细分场景进行实时优化，面对突发问题自动即时地实现业务的隔离和恢复。

面对未来 Agentic AI 错综复杂，彼此关联的场景，将能够通过包括智能体健康状态实时监控，推理过程日志保留，基础设施原生智能体要求做到交互留痕做到可追溯可追责，变更业务跟踪监测，异常情况迅速回滚等多种手段，保障企业 Agentic AI 系统可靠运行。Agentic AI 能够打开运维能力上限的限制器，并促进基础设施感知、控制、韧性能力同步提升，最终为企业运营运维系统带来极优业务体验。



图片来源：AI Agents vs. Agentic AI by Sapkota et al. 2025

趋势三：Agentic AI 将加速企业复合型分布式模式转型，提升多智能体协同效率和质量，保障企业基础设施资源的极高可用。（群体智能）

当前 AI 技术蓬勃发展，各类人工智能模型种类繁多，不断迭代，这些模型都有自己独特之处，并正在快速发展。没有一个单一的模型可以同时满足所有功能性和非功能性要求。例如，通用模型用途广泛，但在小众领域可能表现不佳。相比之下，专业模型在特定领域表现出色，但在处理训练范围之外的任务时，其表现不尽如人意。因此，规模和目的各不相同的多个模型协同才能最大可能满足需求。由于企业对 AI 产品的需求呈现出多种类，专业性的特征，多模型策略将有助于企业机构在动荡的市场环境中充分利用人工智能的能力。Gartner 预测，到 2027 年，中国采用复合型 AI 的企业将比只依赖生成式人工智能模型的企业领先两年实现 AI 落地。Agentic AI 具备专业领域内自主分析决策的能力，传统分层式架构指令交互不适合用在多 Agentic AI 之间，要充分发挥各智能体的能力，智能体之间通过分布式的协议约定，机机互联，以极简、智能化的交互方式，形成多智能体系统决策能力。

Agentic AI 时代企业运维的重要课题之一就是提升这种分布式架构下多智能体协同效率和质量，其关键在于适配分布式多智能体环境的算力、存储、通信基础设施系统：高性能的算力基础设施，能够存算分离与弹性扩展；一体化算力调度平台，能够实现算力资源跨区域弹性供给和智能调度；高速高稳的通信网络，能够保障算力资源调度和多个 AI 之间的通信效率。

Agentic AI 从辅助性支撑逐步走向决策性执行，智能体的可信和可解释性成为关键，企业运维通过多种手段提高 Agentic AI 系统可信和安全韧性。Agentic AI 能够进行自主决策性的指令执行，当下发的指令出错时，可能会导致严重的后果，Agentic AI 在完成从辅助性支撑到自主决策执行的转身过程中，需要与之配套的企业运维系统从多个角度尽可能的提高系统的可信度和安全韧性。

企业运维系统需要构建并维护一套适配 Agentic AI 时代的算网存基础设施，保障企业复合型分布式智能体发挥能力，助力企业高效稳定地完成 Agentic AI 转型，实现资源的极高可用。

2 愿景及关键特征

2.1 AEI 定义

面向智能世界 2035 时代，企业正在加速迈进多智能体协同决策与自主任务执行的智能化升级。Agentic AI 被视为企业运营效率变革、业务极简运营的核心驱动力。在智能制造行业，Agentic AI 替代人力监控 ICT 系统运营并故障自动处置，实现 7*24 销售无人不间断运行的黑灯工厂模式。Agentic AI 将推动企业体验管理进入“感知 - 预测 - 执行”闭环时代，成为客户、员工、管理层极优体验保障的关键。以园区智慧通行例，Agentic AI 赋能园区智能门禁、智慧泊车、智慧电梯等基础设施智能化，助力客户、员工的“无感式服务”通行体验（需求未诉已满足），保障通行的安全性、便捷性、舒适性。据 Gartner 预测，至 2028 年全球 15% 日常决策将由 Agentic AI 自主完成，极高可用将成为企业智能化核心竞争力。在金融行业，Agentic AI 将推动金融业务从“被动灾备”转向“主动免疫”，即便硬件故障或网络攻击，智能体网络仍可保障服务无损，金融交易 Agent 通过协同协议实现节点故障时毫秒级任务迁移，保障核心交易零中断。

AEI（Agentic Enterprise ICT-Infrastructure（以下简称 AEI）），即 Agentic AI 时代的企业新型 ICT 基础设施。围绕企业业务以极高可用、极优体验、极简运营为目标导向，从智能原生和韧性、运维运营系统智能体自智能能力、群体智能的自适应性和自进化三个方面构建新型 ICT 基础设施。

2.2 AEI 的愿景

AEI（Agentic Enterprise ICT-Infra）愿景：打造具备 Agentic AI 特征的新型 ICT 基础设施，提升企业数智生产力，使能企业业务极高可用、极优体验、极简运营。

2.3 AEI 的关键特征

AEI（Agentic Enterprise ICT-Infra）具备“三个 A”的智能化特征，包括智能原生（AI Native Infrastructure）、自智运维（Autonomous Operation）、群体智能（Adaptive Multi-Agent）。

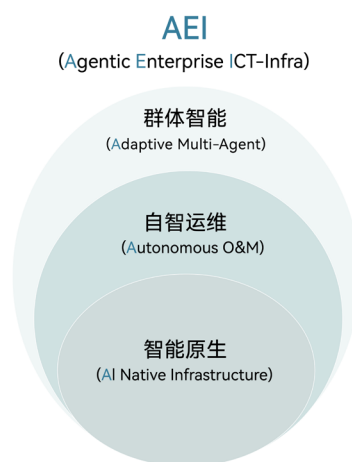


图 2-1 AEI “三个 A” 特征

群体智能 Adaptive Multi-Agent

- **意图交互：**智能识别客户意图，持续保障客户目标达成。
- **机机智联：**系统间极简、智能化互联互通（MasterLink）。
- **多智能体：**系统间通过 Agent 交互，多智能体交互，形成决策能力。

自智运维 Autonomous O&M

- **隐患预防：**基础设施亚健康提前预测和处置，降低故障产生概率。
- **自主智优：**主动对基础设施健康状态智能调优，持续保障业务体验最优。
- **智感自愈：**先于业务发现故障，无人干预业务自愈。

智能原生 AI Native Infrastructure

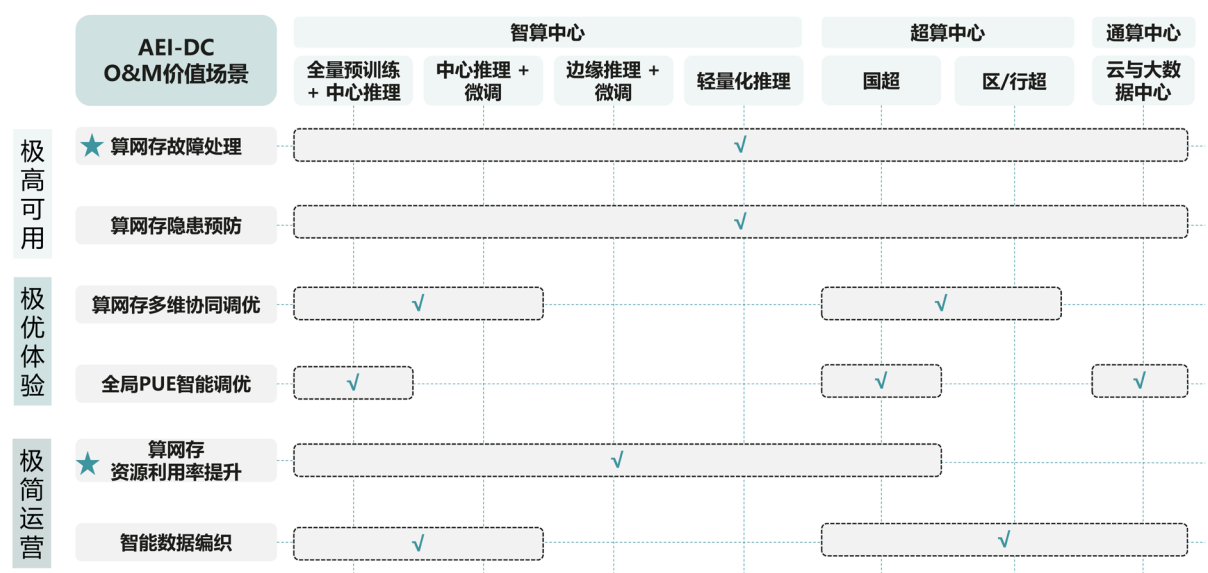
- **感知原生：**提供更精细的基础设施海量数据（状态、性能）。
- **控制原生：**基础设施能提供敏捷的优化能力，例如 Wifi 优化、路径优化、负载优化。
- **快恢原生：**类 IT 维持手段，优雅隔离、快速复位、整机重启即可恢复业务。

3 价值场景

企业 ICT 基础设施运维主要应用于广域网络、数据中心、分支站点、园区等场景。随着大数据、人工智能、元宇宙等新兴技术的兴起，未来数据中心和企业园区的数智化变革将面临诸多挑战。因此，本白皮书选取数据中心和智慧园区作为 AEI 的 O&M 价值场景分析。在本章将重点描述，Agentic 时代基础设施运维在支撑企业达成极高可用、极优体验、极简运营业务目标中发挥的价值作用。

3.1 数据中心价值场景

人工智能的快速发展加速了 Agentic AI 时代的到来。迈入 Agentic AI 时代，最大的需求是算力，最关键的基础设施是数据中心。对比 2020 年，到 2030 年通用算力增长 10 倍、人工智能算力增长 500 倍。为了满足算力供给，作为“数字经济发动机”的数据中心将发生巨大变化：新型智能原生基础设施、多种异构算力协同、更精细的算力供给、更安全的数据可信流通、以数据为中心的计算架构等等。而作为 Agentic AI 时代数据中心的运维，也将从传统的被动响应式运维转向主动协同的“多智能体运维”，其目标是构建极高可用、极优体验和极简运营的运维能力，使能数据中心进入无人化时代。为此，我们从三大算力场景、六大运维能力两个维度来描绘 Agentic AI 时代的数据中心运维。



数据中心算力集群（按算力类型）主要分为 3 类，即人工智能计算算力集群（AI 计算中心或智算中心）、高性能计算算力集群（HPC/ 超算计算中心）以及通用计算算力集群（云与大数据 数据中心）。

面向企业业务的极高可用，运维核心是提升 MTBF（Mean Time Between Failures）和 降低 MTTR（Mean Time To

Repair），主要体现是通过算网存隐患预防提升 MTBF，通过故障自愈降低 MTTR：隐患预防智能体能够先于故障发现隐患，并主动进行调优，避免隐患进一步劣化为故障，有效提升 MTBF；而故障智能体能够进行算网存跨域故障的智能感知、协同诊断以及决策闭环，无人干预业务自愈，大大提升故障处理效率，降低 MTTR。

面向企业业务的极优体验，算、网、存等多智能体将在任务协同、网络协同、数据协同等方面进行紧密的群体协作，合理匹配任务与资源，实时优化网络时延和性能，智能数据接入和处理，群体智能优势互补，多维协作解决传统数据中心业务体验不佳、算力分布不均、信息孤岛等一系列问题，保障客户的极优体验。同时在绿色节能方面，通过基础设施智能体与动环智能体、业务智能体的全栈联动，实时感知业务负载并调节基础设施的运行状态与环境参数，从而实现全局最优的 PUE（Power Usage Effectiveness）和碳排放。

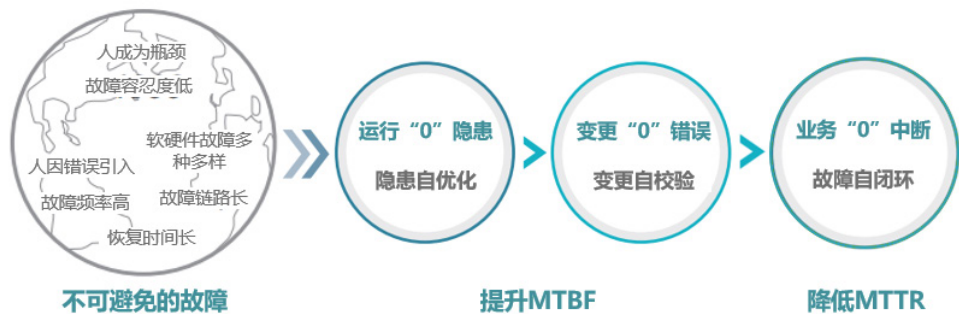
面向企业业务的极简运营，智能体技术可以让企业实现更精细化的资源使用，更快捷的资源调度，从而大大减少资源的浪费，有效提升算网存资源利用率。此外，面向 Agentic 时代数据规模的大爆发（YB 数据时代），对数据进行有效的管理必不可少。智能数据编织场景下，通过数据管理智能体对数据进行智能分类分级，匹配合适的存储介质，有效控制数据存储成本；同时驱动数据跨域、跨 DC、跨平台智能可信流动，形成可共享的超级数据源，促进数据交易，最大化发挥数据价值。



3.1.1 算网存故障处理

Agentic AI 时代的数据中心将会是无人化的黑灯数据中心，而影响数据中心业务正常运行的“故障”却是不可避免的。首先，传统的以人为为主的运维模式，不仅排障时间长，效率低，而且极易引入新的错误。根据 Uptime Institute 调查，有 39% 的 DC 因人为错误经历过严重故障，其中 50% 是由于未能遵循准确程序。且随着 Agentic AI 的到来，数据中心业务不断增长，规模越来越大，人的能力将成为数据中心运维的瓶颈。其次，以模型训练和推理为主的智算中心，由于

训练作业的同步性质使其对故障的容忍度很低，任何单点故障都可能导致训练任务中断，造成巨大经济损失。据统计，业界超万卡集群持续稳定运行仅数天，故障几乎是常态。最后，未来的数据中心将会是高度复杂的系统，多样算力、异构组网、分级存储、多通信平面等等，导致故障模式复杂多样，故障链路长，定位定界难。故障恢复常常需要数小时乃至数天，严重影响业务正常运行。因此如何借助运维手段来应对不可避免的故障是 Agentic AI 时代企业运维要重点考虑的一个场景。



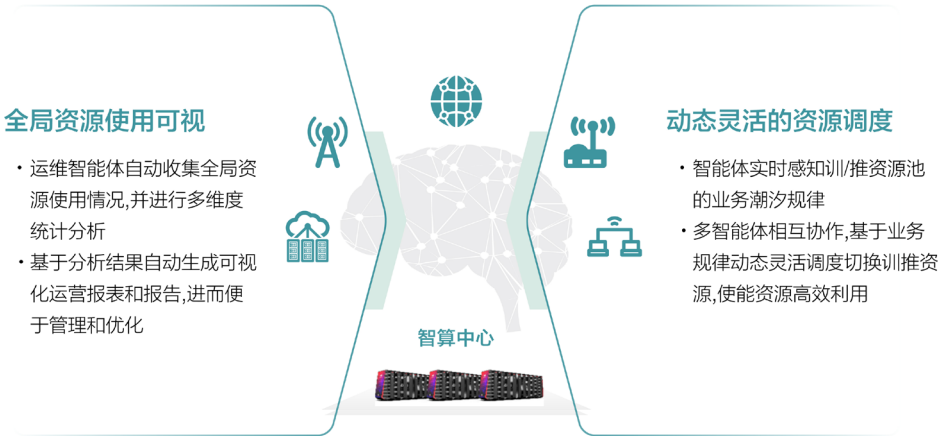
构建 Agentic AI 数据中心运维系统，面向算网存故障处理场景，要从两个方向、三个目标上来考虑实现。首先，基于隐患自优化智能体能够对数据中心关键器件、服务器、存储、网络、作业等的亚健康状态进行实时感知，准确判断，然后结合自身学习到的运维知识生成优化方案并实施，主动完成对隐患的消减，避免隐患进一步劣化。比如智能体对光模块异常进行预测、对 SSD 风险盘进行预测，将风险器件主动隔离并发布风险告警，通知运维人员及时更换。然后在配置变更场景下，系统能够基于用户业务意图自动生成配置方案，并通过仿真智能体进行配置校验仿真，最终自动实施变更，

3.1.2 算网存利用率提升

大型智算数据中心通常由行业头部企业规划建设，既要承担多种模型的训练及微调任务，又要承担较大规模的中心推理及 AI 应用。建设大型智算中心，企业往往需要巨额的资金投入。然而如果建好了，用不起来，那企业投入的资金将会白白浪费掉。从当前业界的数据来看，千卡智算集群其算力利用率不超过 60%，万卡集群不超过 55%，而十万卡集群更低，不超过 40%。甚至一些行业 AI，由于企业自身对

可以有效避免人因错误的引入。最后，针对数据中心已经发生的故障，算、网、存等多个运维智能体可以自主协作，自动感知故障并分析根因和实施修复方案，完成故障自闭环。比如在模型训练场景，智能体可以在诊断出故障后对故障点进行分钟级隔离并重新调度作业。基于多个运维智能体的群体协作，面向数据中心故障处理场景，一方面努力提升集群稳定运行时间（MTBF），一方面努力降低集群故障恢复时间（MTTR），从而实现数据中心运行过程中运行“0”隐患、变更“0”错误、业务“0”中断的目标，实现数据中心无人化。

智算集群的运维运营经验本就缺乏，导致集群的算力利用率只有 20%~30%。如此低的资源利用率意味着企业购买的“宝贵”AI 资源正在大量浪费。而在一些以推理为主的小型 DC，集群的算力利用率则直接影响企业最终的成本控制。为了减少成本，企业希望在有限的算力资源上尽可能部署更多的业务应用。因此，对于数据中心的运营者而言，如何高效运营和调度这些 AI 资源成为企业面临的另一个重要且紧迫的问题。



基于 Agentic AI 的运维可以有效帮助企业解决资源利用率提升的问题。首先，运维智能体可以帮助管理员实现资源可视。当前管理员面临的首要问题是无法有效掌握全局资源使用情况，对于算力使用了多少，网络带宽使用了多少，存储使用了多少，不同业务分别用了多少，分配了多少实际用了多少等等运营数据缺少有效的收集和统计手段，人工统计费时费力。而运维智能体则可以帮助管理员主动从不同系统收集这些数据，并自动完成多维度分析，给出可视化的运营分析报表和报告，使得管理员对资源状况一目了然，进而便于管理和优化。其次，智算中心通常包含多个 AI 算力资源池，比如训练资源池、推理资源池等。为了避免资源闲置，运维智

能体可以和调度智能体联动，实现动态灵活的资源调度。比如在行业 AI 场景中，模型的二次训练往往几个月进行一次，这就导致大部分时间训练算力处于闲置状态；而推理服务对算力的需求又与业务的访问量密切相关，波动较大，例如白天需求多，晚上需求少，周内需求多，周末需求少。通过智能体间相互协作，能够实时感知这种业务潮汐特征，进而灵活调度切换训练/推理资源，将白天用于推理的资源在晚上切换到微调训练，将闲置的训练算力切换到推理服务，以满足更多的业务调用等。这种高效的管理策略不仅能够实现资源的高效利用，而且也有助于降低运营成本，提升企业整体竞争力。

3.2 智慧园区价值场景

智慧园区作为人们日常办公、生产、生活的主要场所，随着数字技术的快速发展，传统的园区正沿着“数智化、融合化、人本化、韧性化和绿色化”的不断发展。未来的智慧园区必然具备着全面智能、以人为本、安全韧性、绿色低碳等特征。在园区服务方面，以人为本，实现更懂用户，为用户提供更主动、更人性化、更丰富的园区服务。在园区运营管理方面，运用智能化技术，“以数治代替人治”，实现智能化运营。在可持续发展方面，通过精细化、智能化的能效管理，逐步

走向低碳、零碳园区。

带着对未来智慧园区的思考，从未来智慧园区的十大典型场景出发，我们提出了 Agentic AI 时代应当以打造极优体验、极高可用、极简运营的智慧园区为目标，并综合技术可行性、场景价值等综合考量，选取了 6 个价值场景，作为 Agentic AI 时代智慧园区运维的重点发力方向。

AEI-Campus O&M价值场景		全息 AIOC	智慧办公	智能通行	资产运营	联动物流	可靠生产	数字健康	沉浸互动	元宇宙生活	智慧能源	...
极优体验	★ 用户体验保障	✓	✓	✓			✓		✓	✓		
	云网边端立体安全防护							✓				
极高可用	网业端智能自愈	✓	✓	✓		✓	✓	✓	✓	✓		
	智慧资产运营管理	✓			✓			✓				
极简运营	智能绿色节能							✓				
	★ 网络通感一体		✓	✓	✓		✓	✓				

面向企业园区的极优体验，基础设施运维的核心任务主要是保障园区内用户的网络、应用的体验。例如：可通过网络智能体，实时感知园区内用户有线网络、无线网络的体验，并有针对性地对网络进行调优。同时，应用智能体感知用户应用体验，对应用体验下降进行分析，并与网络智能体、IT 智能体协同，完成应用体验 E2E 的保障。

面向企业园区的极高可用，基础设施运维的核心任务主要包括两个方面。1）云网边端的立体安全：包括了物理安全、数据安全、网络安全三个方面，基础设施运维除了保障网络安全、数据安全外，还能够通过基础设施所提供的数据，支撑物理安全的防护，例如：通过无线网络感知危险区域内的人员数量，当超过规定数量后能够预警，保障园区内的场所安全。2）网业端智能自愈：网络智能体、应用智能体、IoT 智能体将紧密合作，实现端到端的故障感知、故障诊断、故障修复。

面向企业园区的极简运营，基础设施的核心价值包括三个方面。1）智慧资产运营管理：通过网络能够实时感知网络终端的使用情况，获取相关资产的利用率。同时，通过网络感知技术（例如：Wi-Fi 感知技术）能够实现场所内人员感知，实现共享场所的精细化管理。例如：及时释放会议室资源。2）智能绿色节能：大部分园区网络使用有潮汐性，例如：办公园区上班时用量大，下班时几乎无人。网络智能体可根据网络使用的潮汐，来动态实现网络基础设施的节能。同时，相关数据还可以支撑园区整体的节能应用，例如：空调、照明的节能等。3）网络通感一体：网络不仅仅具有通信功能，还能够具有感知能力。Wi-Fi 感知技术，能够实现人体存在检测、活动识别、目标定位及跟踪、体征检测等能力，实现智能会议室管理、医院看护、养老看护多个价值应用场景，为企业的精细化运营提供强力支撑。

3.2.1 用户体验保障

作为办公、生产、生活与创新深度融合的复合空间，建设更主动、更智慧、更个性化的园区服务为用户带来新的体验，是未来智慧园区的建设的重要目标。未来园区将以人为本，以数字化技术主动感知用户需求，针对办公人群、管理决策者、运营者等用户提供个性化服务，通过对用户的行为进行预测，将不同的场景进行串联，为不同的角色提供良好的用户体验。对园区用户体验的保障，也将上升到更加重要的高度。同时，也将面临更大的挑战。

随着无线技术的快速发展，园区内终端设备的无线化已成为未来演进的重要趋势。越来越多的新型终端设备将通过无线方式接入网络，各类业务也将依托无线网络开展，这使得无线网络的重要性与日俱增。在这一背景下，构建信号更好、时延更低、带宽更大、漫游无感的无线网络成为行业发展的关键方向。

网络运维智能体，可实时感知 Wi-Fi 网络中海量用户的体验，包括：用户的上下行信号、无线信号的干扰、漫游的质量、用户的速率和时延等。根据感知到的用户体验情况，实时动

态调整网络中无线设备的相关配置，例如：发射功率、信道、频宽等，以实现更合理的无线信号覆盖，来达成更优的用户体验。

同时，园区办公业务上云，使得网络架构的复杂性增加，让运维从关注园区内部，扩展到关注云边端的互联互通，用户体验受到影响的因素增加，资源争抢变得更加激烈，业务体验保障也变得更加复杂。网络智能体、IT 智能体、应用智能体将紧密配合，应用智能体感知用户的应用体验，并协同 IT 智能体、网络智能体联合定位质差的原因，并协同进行优化。例如：网络智能体定位为出口带宽占用导致应用体验下降后，和应用智能体协商，将部分低优先级的应用流量限流或者做 QoS 调度，来保障核心应用的体验。

3.2.2 网络通感一体

在未来智慧园区中，网络不仅仅承担着为园区用户提供数据连接的作用，还能够实现通感一体，为园区的运营提供了全域实时感知的能力，组成智慧园区智能决策的“神经中枢”，为园区的智慧化运营带来了革命性的升级。

边缘智能



通感一体



多维感知



以 Wi-Fi 感知为例，IEEE 在 802.11bf 标准中明确定义了基于 WLAN 通感一体的产业演进方向。

Wi-Fi 感知技术，能够实现人体存在检测、活动识别、目标定位及跟踪、体征检测等能力，能够弥补传统的视觉感知等

感知技术在广泛存在性、获得成本、隐私保护等方面的不足，能够为园区的智慧化运营带来的更多的可能。下面是一些典型应用场景：

• 智能会议管理

以及会议白板、拾音放音等会议音视频设备，提升会议体验；人走自动关闭会议设备，绿色节能。

基于 WLAN 感知功能实现会议室人员感知，实现如下功能：

- 环境联动：人来自动开启会议室灯光、窗帘等环境设备
- 会议室利用率提升：会议感知与会议管理平台协同，实现无人自动释放会议室，提升会议室利用率。



• 医疗康养管理

风险的前提下，能够实现全天候的用户行为模式监控，在医院看护、养老看护、婴幼儿看护等方面发挥巨大价值。

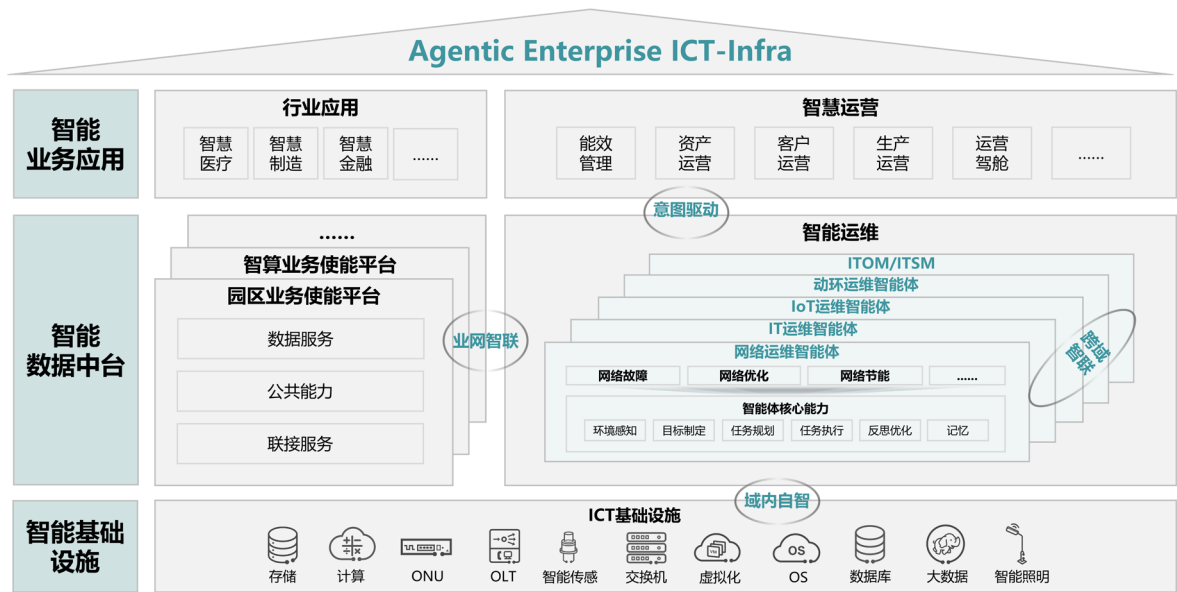
要基于 WLAN 通感一体特性在规避监控目标隐私泄露



4 参考架构和使能技术

4.1 参考架构

Agentic AI 时代的企业基础设施运营运维参考架构如下图所示：



在 Agentic AI 时代企业运营运维的整体架构中，企业运维的核心，将从传统的运维管理系统，演进为一系列面向特定领域的专业运维智能体，例如：网络运维智能体、IT 系统运维智能体、IoT 设备运维智能体、动力与环境（动环）运维智能体等。通过智能体与底层基础设施协同实现单领域内的域内自智；智能体之间能够协作来完成更高层级的跨领域的运维任务；智能运维能力开放给企业中台及应用，形成业网智联；上层智慧运营系统意图驱动智能运维系统自主闭环，最终使能千行百业的智能行业应用。

4.1.1 智能体的核心机制

对于单个智能体来说，主要任务与被管基础设施紧密协同，实现单领域内的域内自智。为了达到这个目标，每个智能体均具备以下核心能力，以实现自主感知、决策、执行与进化：

1. 环境感知：运用遥测、数字孪生等技术，高效采集基础设施及其运行环境的关键数据（如性能指标、状态数据、告警

事件、配置信息等），并进行精准建模。构建实时、全面、高保真的环境感知能力，是智能体实现自主决策、自主规划、反思与优化的基石；

2. 目标制定：基于感知到的环境状态、预设的业务目标（例如：业务 SLA 要求、性能优化目标、故障恢复时间目标等）以及上层策略，自主地进行目标分解和子目标制定，将一个上层目标，分解为更细粒度的具体任务（例如：Wi-Fi 信号调优、重大会议保障、周期性健康巡检、基础设施节能等）；

3. 任务规划：针对既定目标，智能生成或选择最优的执行方案。这包括：分解复杂目标为可执行步骤、评估不同方案的风险与成本、编排任务执行顺序、预测执行结果、必要时协调其他智能体资源；

4. 任务执行：通过调用预集成的自动化工具、API 接口或直接下发指令，驱动基础设施完成规划好的操作步骤（如配置变更、资源调度、故障隔离、系统重启等），并监控执行过程；

5. 反思优化：在执行后，对任务结果、过程效率和所采用策略进行自动评估与分析。总结成功经验，反思失败教训，动态调整策略、优化模型参数、更新知识库，实现能力的持续迭代提升；

6. 记忆：具备持久化的知识存储与经验积累能力。存储内容包括：历史运行数据、事件处理记录、学习到的有效策略、领域知识图谱、配置基线、最佳实践等。这为智能体的感知、规划、决策和优化提供历史依据和知识支撑。

4.1.2 智能体的交互方式

• 域内自智（智能体与智能基础设施的交互）

在 Agentic AI 时代，基础设施也进行了智能化的升级，能够与领域智能体之间形成协作关系，完成数据交互和智能控制，达成域内自智。

例如：网络智能体能够与无线 AP 实时交换信息，感知网络中海量用户的无线体验，同时基于全景数据制定优化策略，并与 AP 协作完成网络优化。

• 跨域智联（智能体间的协作交互）

整个基础设施运维是一个有机的整体，ICT 基础设施运维挑战往往是复杂且跨领域的：

- 一次业务服务中断：可能涉及网络连接问题（网络运维智能体）、后端应用服务器故障（IT 系统运维智能体）、甚至是机房空调异常导致服务器过热（动环运维智能体）。
- 一次重大活动保障：需要网络带宽优化（网络运维智能体）、应用资源弹性扩容（IT 系统运维智能体）、现场 IoT 设备状态监控（IoT 设备运维智能体）以及供电和制冷保障（动环运维智能体）的协同。
- 一次全局性能优化或节能策略实施：需要在网络流量调度、服务器负载均衡、设备能耗策略等多个层面联动调整。

复杂的跨域运维任务，需要多个领域的智能体之间有机地结

合在一起，共同协作完成。

例如：以大模型训练场景为例，IT 运维智能体监测到训练任务劣化后，通知计算、存储、网络运维智能体分别进行故障根源分析，计算智能体主张 GPU 显存碎片化问题，存储智能体坚持磁盘 IO 瓶颈，网络智能体则认为光模块误码率异常；三方基于群体智能接口进行联邦仲裁数据交叉验证：计算智能体展示显存分配日志，存储智能体提供 IOPS 时序图，网络智能体提交光功率衰减图谱，仲裁模块采用加权投票机制判定主因是光纤接口脏污导致 -8dB 信号衰减，最终执行网络智能体的光模块更换方案，并同步触发计算智能体的显存优化策略，实现多维度协同修复。

• 意图驱动（智慧运营与运维智能体的交互）

运维智能体能够接受来自上层运营系统的更高层级的全局业务目标（如 SLA、能效指标、安全策略），作为整个智能体集群的整体目标，并由所有智能体协作共同达成。

例如：以企业园区能效管理场景为例，能效运营系统基于实时能耗数据确定基础设施整体节能目标，并向各智能体下发包含 SLA 约束的节能意图。以网络智能体为例，系统明确要求“在确保业务 SLA（包括时延 $\leq 10\text{ms}$ 等）不变的前提下，实现整体能耗降低 10%”的节能目标。网络智能体接收到指令后，启动多维度评估流程，若评估发现无法达成节能目标则向运营管理系统反馈评估结果；若评估可行则会生成具体方案执行，并持续追踪节能效果。

• 业网智联（运维智能体与业务的交互）

在未来，基础设施的运维将与业务应用密切结合，业务系统与基础设施除了数据交互外，还存在意图交互，以保障业务的平稳运行。

例如：以企业 VIP 会议保障场景为例，会议管理系统基于意图接口向网络智能体下发保障任务后，智能体立即启动多维度保障机制：会前对网络带宽、QoS 策略、备用线路进行自检和优化配置；会中实时监测 VIP 用户关键质量指标如网络时延 $\leq 10\text{ms}$ 、丢包率 $\leq 0.01\%$ ，动态调整资源分配，预测用户会议可能质量劣化时能自动切换备用链路、WiFi 调优等；如果网络智能体无法达成保障要求则实时通知到会议管理系统，管理人员及时介入处理。

4.2 使能技术

4.2.1 AI Agents 技术

AI Agents 典型架构由四大核心模块构成：大模型引擎、规划执行系统、工具服务矩阵、知识记忆增强单元。以故障 Agent 为例，输入是故障现象描述，规划执行负责识别输入的意图，并对任务进行分解和规划，每一个单步任务则需要调用工具进行执行，遇到错误或者中断的情况需反思优化，关键技术包括：

- 规划与反思：规划是 Agent 全流程动态决策的核心机制，当前业界主流有 SOP 规划和自由规划两类方案，针对一些已知问题可以基于 SOP 方式提前预置处理流程，针对一些未知场景未来需采用自由规划的方式。反思机制构建核心在于通过自我评估与环境反馈迭代优化策略，如 Reflexion 框架利用动态记忆存储关键决策节点，在触发执行异常时启动反思流程，生成修正策略。
- 知识与记忆：通过融合外部知识库与上下文信息生成增强 Prompt，构建双记忆体系。短期记忆基于模型上下文窗口实时存储交互信息（如用户历史指令），支撑对话连贯性与任务状态追踪；长期记忆依托向量数据库沉淀用户画像、行为模式及领域知识，实现跨会话的知识复用（如运维问答 Copilot 调用历史问题记录提供个性化服务）。
- 大模型：架构上需同时有快思考和慢思考模型，何时调用慢思考模型回答，何时调用快思考模型回答则可通过智能路由解决，智能路由可以考虑结合 query 的难度、任务类型，训练专用的 embedding 小模型来完成。

4.2.2 Multi-Agent 技术

Multi-Agent 重点需要突破跨智能体的目标分解与任务编排，冲突解决，多智能体的交互协议相关技术，主要包含如下：

- 目标分解与任务编排：基于 LLM+ 流程知识，将跨域任务拆解为单域可理解的子目标。主要解决的技术挑战包括：理解能力差异化，对目标理解可能不一致；多个 Agent 的子目标之间存在依赖关系；Agent 自主性强、自智，自有优先级高的目标 / 任务，强制下发 / 执行目标存在困难。

- 冲突解决：主要场景包括执行目标偏差、跨域诊断冲突、信息不一致引发的协同障碍。解决技术包括 CBR 案例推法，检索历史案例并适配新场景，如调整旧方案解决相似故障；多智能体辩论法，各 Agent 基于领域视角提出主张，由裁判 Agent 综合评估裁决，如网络故障中协议层与设备层 Agent 辩论后达成根因共识。

- 多智能体通信协议：多智能体交互核心挑战包括语义鸿沟（语言 / 理解偏差）、长上下文导致 LLM 处理异常、Token 处理能力差异，需构建任务导向协议体系，定义注册 - 组队 - 协商 - 执行 - 反馈端到端交互流程标准，规范传输协议、接口及信息模型，实现跨智能体高效通信（如协议层解决设备 Agent 与策略 Agent 的语义冲突），保障多智能体系统自主协同的高可靠性与安全性。

4.2.3 数字孪生技术

企业运维数字孪生技术分四类：多维感知、预测分析、仿真推演、互联协议。AI Agents 结合高精度模型实现决策验证闭环，如预测 - 仿真 - 调优全流程。

• 多维孪生感知

打造从网络到应用的多重运维视图，包括网络视图、应用视图、作业视图、仿真视图等，其中网络视图重点实现网络资源、网络新能、配置转发、网络异常等信息的多维感知可视，应用视图重点实现应用流性能、应用流负载、应用流异常的多维感知可视。

• 孪生预测技术

Agentic AI 时代下，AI 应用激增推动智算中心光模块及硬盘失效预测需求。智算中心万卡集群接入侧光模块数量达 1.5 万，光模块故障导致训练中断频发，需提前预测风险；硬盘方面，HDD/SDD 故障将引发数据丢失，需预判风险规划换盘窗口。技术实现上，基于 Transformer 架构融合多源器件失效数据，构建专业预测算法模型，可精准预测光模块及硬盘失效风险，实现业务连续性保障与备件管理优化。

• 孪生仿真技术

孪生仿真的价值在于展现难以直接获取的关键指标以及回答 what-if 问题，典型场景如构建 WiFi 3D 覆盖仿真技术用于高密 / 仓储等园区场景的定向天线覆盖规划、以及常规故障运维场景的盲区发现和射频调优配置验证下发；以及 WiFi FTM 定位仿真、CSI 存在性 / 人数感知仿真技术，用于园区感知网络规划的感知 AP 合理布放，使得整网感知性能最优。

• 孪生互联协议

面向企业园区运维，多厂商、多域运维管理系统并存，缺乏统一的数据视图、跨系统无缝操作能力，一方面造成各运维智能体对整网的认识存在信息偏差，不利于各智能体间协同决策；另一方面造成人工介入时需访问不同系统找相应页面执行操作影响运维运营效率。建议可以构建一套孪生互联的协议，做到数据轻便互联、操作无缝连接，支撑智能体统一组网认知、人工轻松介入；技术上看应该具备全极简组网、能力协商与治理能力，以及定义统一的泛 ICT 基础设施模型。

5 AEI演进节奏

Agentic AI 时代的新型 ICT 基础设施运维，根据 AI 技术的迭代演进和企业数智化升级牵引 ICT 基础设施运维价值的不断提升，可以将 AEI 的演进阶段划分为三个关键阶段，分别为：域内自智、跨域自智和群体智能。



5.1 Phase1：域内自智

本阶段的核心是单领域运维智能体的逐渐发展与成熟阶段。单领域智能体与领域内的基础设施有机协同，实时感知基础设施的状态。智能体提供 Copilot 辅助运维人员完成领域内的运维任务，同时提供 Agent 代替人来完成领域内能够实现自动化的工作。

• **Copilot 辅助运维**：人定操作指令，智能体辅助执行。单领域智能体具备根据用户具体指令自动执行操作的能力，常见操作包括查询数据、潜在隐患分析、故障原因分析、业务优化建议、设备命令执行等，Copilot 辅助运维人员完成相关任务，例如：

业务操作简化：交互方式从 GUI 演进到 LUI，用户自然语言输入意图，系统根据用户意图自动查询数据、执行操作，生成图形化结果反馈用户，大幅降低用户使用门槛，提升运维效率。

辅助故障治理：故障定位方式从人工日志分析演进到系统自分析，系统具备根据故障信息自动分析出潜在原因、

问题根源，并提供修复建议的能力。

智能信息处理：人工编排 -> 意图化查询，意图理解、SQL 自生成，提升查询效率。

辅助写运维报告：制作方式从人收集信息、组织编写，演进到用户定义报告提纲要求、系统结合数字孪生数据自生成报告，用户审核修改报告即可，大幅释放专家效能。

• **单领域运维 Agent 自闭环**：人定运维目标，智能体自决策闭环。智能体具备承接复杂运维目标能力，系统能自动根据目标感知环境分析达成度，不达标时可自动分析原因、决策生成可行性方案，并在通过在线仿真验证后自动执行到环境，如果执行失败或不达标系统还具备继续优化方案能力，事后具备自学习提升能力。例如：

网络自优：网络调优方式从人工调优演进到系统自调优，如 WiFi 网络调优，智能体可实时感知用户对网络的使用情况（接入人数、流量大小、接入时间、漫游情况等），自动检测分析用户的 WiFi 体验质量和网络负载规律，从全局考虑最优的调优策略，并将调优后的参数下发网络



设备，同时不断评估参数的调优效果，持续调整修正。

故障自愈: 故障从人工决策处理演进到隐患 / 故障自发现、自闭环，如智算集群故障场景，一方面系统能提前检测如光模块失效等可能引发作业中断的问题，并提前指引物理整改；另一方面对于软故障，系统具备自动分析出故障原因，并自动进行故障隔离的能力。

- **技术演进:** 系统向以 AI Agents 为核心的架构演变，具备较强的规划与反思能力，同时数字孪生系统引进到具备全场景仿真能力，支撑智能体“感知 - 分析 - 决策 - 验证 - 执行”的全流程闭环。

5.2 Phase2: 跨域自智

在单领域智能体能够很好地解决领域内的运维问题后，本阶段主要通过智能体之间进行协作，完成跨领域的运维任务。

- **多领域运维 Agent 协同:** 各运维智能体间具备自协商能力，共同协作完成运维目标。以智算业务故障修复为例，典型变化如下：

故障定位协商: IT 运维智能体在分析训练中断或效率降低等故障时，当分析 IT 系统无问题但疑似网络问题时，IT 运维智能体与网络运维智能体协商定位，网络智能体根据 IT 智能体提供的业务信息分析具体网络问题。

故障闭环协商: IT 运维智能体与网络运维智能体协商修复方案，以网络硬件如光模块故障为例，网络智能体反馈给 IT 智能体无法自动进行故障修复的结论，IT 智能体根据网络智能体反馈结论则执行故障隔离、业务迁移等操作，以保证不影响业务。

- **技术演进:** 系统协作从结构化信息接口升级为自然语言交互机制，核心突破在于构建冲突解决能力与多智能体协议，支持多 Agent 自主协商与决策闭环，较传统模式显著提升协作智能性。

5.3 Phase3: 群体智能

在智能体之间能够通过协同的方式很好地完成跨领域的运维任务之后，基础设施运维则进入第三个阶段，群体智能阶段。

- **业务运营与运维 Agent 协同:** 在本阶段，运维智能体不仅仅接受来自运维人员的运维目标，还能够理解更高层级的业务和运营意图，并且能够将业务和运营意图进行分解，形成运维需要完成的具体任务，并且自动协同闭环，共同支撑业务和运营目标的达成。典型变化如下：

运营意图驱动: 以节能为例，在进入本阶段之前，需要人工分析定义各类设施需节能目标和策略，并下发给各领域智能体自动执行。在本阶段将演变为，由上层运营系统下发基础设施整体节能目标，各基础设施智能体协同分析后，确定各自的节能目标和实施策略，实现人工分析的替代，同时还能够根据基础设施的状态实时调整，让整体策略更加科学合理。

业网智联: 以重大会议保障为例，在进入本阶段之前，需要运维人员人工分析会议所需的网络、计算、存储等基础设施资源的保障目标，并将目标分解为运维指标，下发给各运维智能体。例如：网络需要保障某条链路的带宽、时延、丢包等。进入本阶段后，会议系统将会自动把保障的意图和会议信息下发给基础设施各运维智能体，为了保障会议的召开，网络智能体、IT 智能体等各基础设施智能体将紧密配合，网络智能体分析并预测网络链路带宽负载情况，并进行动态调优，确保网络质量。IT 智能体将实时监控会议相关系统的服务器、存储等设备状态，当故障发生时联动上层业务系统，及时进行现场业务恢复，保障会议顺利进行。

- **技术演进:** 模型知识升级，系统协作从运维协作演进到业务运营协作，运维系统需要具备各场景下丰富的业务和运营经验和知识，能够充分理解业务和运营目标。

6 创新实践

6.1 高效运维：清华大学携手华为打造业内首个园区网络智能体，驱动校园网络运维迈向“自动驾驶”

清华大学响应国家教育新基建战略，正在加速推进网络管理平台升级：为满足在线教育、协同创新及智慧校园的发展需求，为清华大学跻身世界一流大学创造基础条件，清华大学携手华为打造业内首个园区网络智能体——与清华本地部署的DeepSeek深度协同，智能体自主处置网络故障，推动网络运维从“被动应对”跃入“自动驾驶”新时代。

校园网运维中一个不可忽视的挑战是用户在遇到网络故障或卡顿等事件进行反馈后，运维人员往往难以提供详尽的网络质量报告或确定故障的根本原因。这种情况不仅影响了用户体验，也让清华大学的网络运维团队面临巨大压力，亟待通

过智能化手段实现运维模式创新突破。

为满足清华大学面向未来的智能运维诉求，学校携手华为开展联合创新，通过华为 iMaster NCE-CampusInsight，对网络状态和用户体验进行数字孪生与建模，并将网络、用户、终端等多维信息展示在一张“网络数字地图”上，为智能运维打开“全景视角”。清华大学创新引入 DeepSeek 大模型，从传统复杂繁琐的菜单交互演进到自然语言交互，通过智能体自主处置复杂环境下的网络故障，极大提升了网络运维效率和师生网络满意度。



• 网络数字地图开启“全景视角”

当 3 万设备、7 万师生用户、17 万终端的网络体验数据在数字地图上跃然呈现，网络运维仿佛开启了“全景视角”。iMaster NCE-CampusInsight 通过数字孪生与建模，构建体验评估体系，实时感知用户网络体验，从时间和空间维度将用户网络体验进行全方位图形化展示，包括接入位置、接入时间、接入历程（包括关联、认证、DHCP 阶段）、体验质量、漫游情况以及遇到的问题等，帮助网络工程师快速解决用户体验欠佳的问题，真正践行了“以用户体验为中心”的运维理念，提升了网络服务质量与用户满意度。

• 网络智能体驱动“自动驾驶”

网络智能体 NetMaster 驱动校园网络运维迈向“自动驾驶”新时代，其核心是与清华本地部署的 DeepSeek 深度协同，构建两大能力：网络运维 Copilot 和 Wi-Fi 优化 Agent。

“网络运维 Copilot”彻底颠覆了系统交互模式，让“自然语言交互”在清华成为现实。用户仅需输入“xx 用户下载慢，

请定位原因”，系统即可理解用户意图，联动 iMaster NCE-CampusInsight 获取用户旅程、网络体验质量、设备状态信息等数据，在网络数字地图上快速锁定 AP 信道冲突，推送“调整频段 + 优化功率”的解决方案，这种“脑图联动”的呈现方式不仅提升了大模型回答的可信度，更重要的是大幅降低了运维门槛。

“Wi-Fi 优化 Agent”则是业界首个能处理网络问题的 Agent，它 7x24 小时守护着清华宿舍区各个房间的 Wi-Fi 网络，精准感知 AP 部署位置、环境干扰、终端网络体验等，一旦察觉弱覆盖、高干扰等典型 Wi-Fi 网络问题，就像解 N 元 N 次方程一样（传统调优像解一元一次方程）在覆盖、干扰、频宽、负载等多个维度中推理出最优处置方案并自动执行，标志着校园网络运维正在迈入“自动驾驶”。

面向未来，清华大学将积极探索适用于高校园区的自动驾驶网络方案，“网络智能体”就像给校园网络安装了智能驾舱，让网络运维也能像开自动驾驶汽车一样简单、高效。

6.2 高效运维：交通银行携手华为打造金融网络智能体，重构网络运维新范式

2025 年政府工作报告指出，要激发数字经济创新活力，持续推进“人工智能+”行动，将数字技术与制造优势、市场优势更好结合起来，支持大模型广泛应用。人工智能已成为驱动新质生产力的重要引擎，为经济的高质量发展注入新的动力。交通银行积极践行大行责任，落实国家战略部署，应用人工智能技术，持续加大 AI 大模型在金融业务的创新应用，助力金融高质量发展。

随着银行数智化转型的加速，网络面临规模快速增长、业务灵活扩展、安全稳定可靠等多重挑战。如何借助大模型技术突破海量数据分析、专家经验沉淀、智能决策闭环等共性运维瓶颈，成为业界关注的热点问题。站在转型的十字路口，交通银行利用业界优秀大模型底座，全力革新网络运维体系，定义了全新的“网络运维大模型”架构，并携手华为积极探索全场景、全流程、全协同的智能运维实践。

在人工智能 & 大模型技术成熟之前，交通银行数据中心融合多平台能力，构建了基于规则引擎的网络可视化系统，实现了基于预制策略的网络设备评估、应用健康度自检、故障事件辅助定位等功能。但受技术限制，值班、变更等场景的

分析工作仍然高度依赖运维专家经验判断，运维处置场景泛化水平亟待提升。

自 ChatGPT 引发全球大模型技术浪潮以来，交通银行便启动了大模型在运维领域的分析和探索，持续跟踪技术演进趋势，深度挖掘大模型在网络运维领域的应用价值。当前，交通银行基于 DeepSeek、盘古、千问等大模型，结合小模型协同与多工具联动，联合华为星河 AI 自动驾驶网络方案打造了针对值班处置、生产变更等场景的智能化运维新范式，实现关键场景运维流程闭环，有效提升网络运维效率，保障网络基础设施稳定运行，护航全行业务创新发展。

• 值班处置 - 全天候自动化诊断与决策

值班处置是保障网络稳定运行的关键防线，但往往面临着工具协同不足、健康评估滞后、处置效率参差的痛点。交通银行网络运维大模型创新性构建了一套完整的值班处置流程，以华为 NetMaster 网络智能体和业界优秀大模型为底座，融合小模型、工作流及特色提示词工程能力，使大模型发挥最佳效果。在流程设计环节，通过学习行内告警预案流程，自

动生成告警处置 workflow，支持自然语言灵活更新，降低了开发和维护成本。在告警处置过程中，值班智能体实时接收来自全行网络监控系统的告警信息，并对其进行根因分析和等级排序，由告警智能体匹配处置 workflow。同时，基于大小模

型协同，准确调用行内工具 API，自动执行告警排查步骤，形成了值班告警分析到处置的全流程自动化闭环，有效提升告警分析和处置效率，减轻了值班人员的工作压力。



• 生产变更 - 风险预判与变更智控引擎

生产变更是业务升级迭代的必经之路，也是引发故障和错误的高危环节。通过技术手段实现变更配置自动生成、配置正确性审核、变更影响仿真等来降低变更风险迫在眉睫。

交通银行通过大模型能力整合网络运维领域知识库，含技术方案、配置最佳实践、历史配置等核心语料，提供智能化配置生成与优化服务。同时，创新性构建了语法合规性、配置冲突检测、业务逻辑验证等多层校验机制，保证配置校验维

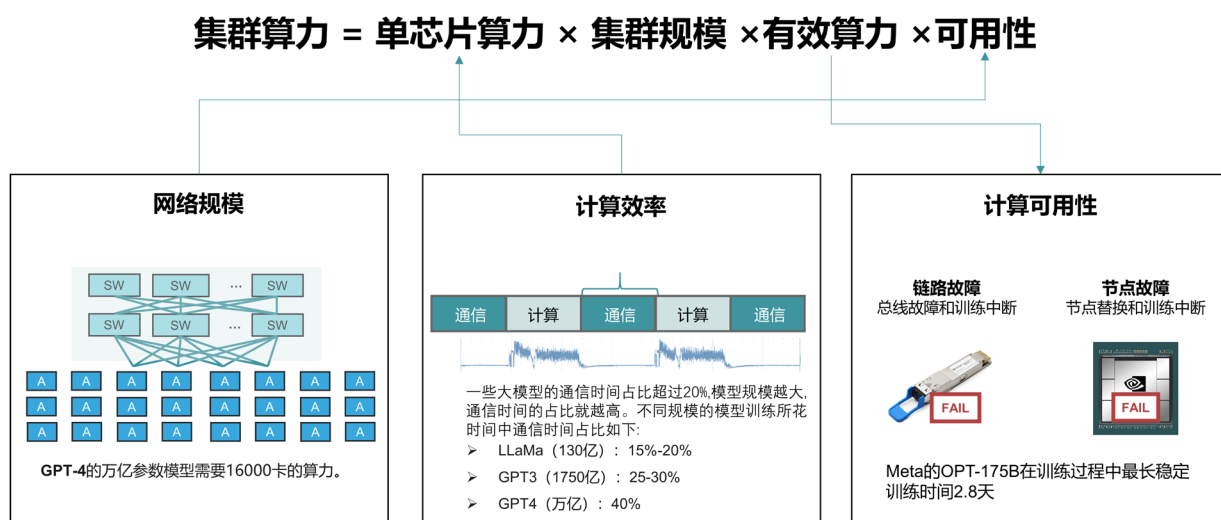
度的完整性。从而既帮助运维人员从繁琐的配置检查中解放出来，又提高了脚本编排效率及配置正确率，降低变更风险。此外，通过引入华为 iMaster NCE 网络数字地图的数字孪生技术，实现生产网络信息实时同步，构建了涵盖地理位置、物理拓扑、逻辑拓扑、应用拓扑的四维网络模型。基于该模型，实现配置变更基于现网信息的仿真预演，如通过模拟路由表和转发表，检查变更前后应用访问路径，提前发现并规避 IP 地址冲突、黑洞路由、路由环路等潜在问题，全方位多维度评估变更影响，确保变更操作安全可靠。



6.3 以网强算：科大讯飞联合华为开启双子星计划，开创 AI 大模型高性能网络新时代

2023 年初，chatGPT 火爆出圈，带来了生成式 AI 大模型的快速发展，科大讯飞集团决定投入重兵资源，发展讯飞星火大模型，主攻多风格多任务长文本生成、多层次跨语种语言理解、泛领域开放式知识问答，结合讯飞在语音合成和识别领域的优势，推出面向社会大众的讯飞星火大模型。面对业界百模大战，谁可以快速部署计算集群，完成大模型训练并快速上线，谁就能先一步抢占市场有利位置。

然而 AI 大模型训练是个复杂的系统工程，网络基础设施是长稳训练的关键之一。为提升 AI 大模型的组网规模及其部署效率、AI 训练效率、AI 训练网络可靠性，亟需一个大规模、高吞吐、高可靠、高安全的 AI 高性能数据中心网络，来保障 AI 大模型的高效、稳定、可靠的训练。



根据有效算力的分解,网络成为影响集群算力的关键因素。

讯飞星火认知大模型采用华为数据中心交换机构建超大规模组网，并采用华为独创 AI 加速器，提高网络吞吐的同时，训练效率提升 20%（内部测试数据效果）；同时依托华为

提供独家网络数字地图使能计算网络一体化运维，通信异常一键诊断，实现了训中排障效率提升 90%。

6.4 数智融合：珠海格力携手广东联通，打造家电制造数智融合“灯塔工厂”

作为 2025 年智能制造试点示范项目企业、空调行业的智能制造标准制定企业，格力紧跟数字化浪潮，遵循价值导向原则，承接了两大国家级示范工程。其中 19 年工信部工业互联网创新发展工程已成功验收并打造诸多建设亮点；22 年发改委 5G 融合应用示范工程顺利落地，实现全面国产化和产业规模化灯塔示范，打造具里程碑意义黑灯工厂。

演变成高性能高可靠专网模型。其中 5G LAN 便捷组网，实现生产设备 100% 免配入网；多终端多切片特性，实现全流程全场景按需组网；园区网络的数智化运维带来了网络运维效率、安全、健壮性的全面提升。

• 5G LAN 技术使能工业场景设备 100% 免配入网

项目融合多种创新技术不断迭代演进，从传统 5G 专网模型

5G LAN 打通了工业 IT-OT 融合“任督二脉”。传统的 5G

- 5G 切片技术赋能关键核心业务高可靠传输

应用中已实现 1 终端 3 切片，格力 3200+ 网络切片实例仅需 2000+5G 终端承载，全流程全场景按需网，项目整体有效提升切片覆盖率，同时多切片特性使能 5G 终端部署成本下降 35%，利用率提升 65%。

• 园区网络的数智化运维

园区网络数智化运维平台 @珠海格力

工业网络驾驶舱

网络孪生、定制化数字工厂

网络运营好管家

流程注入、全生命周期跟踪

融合网络管理

5G+工业以太+固网专线

IT/OT融合穿透

生产/安防/办公一网统管

智能化运维

AI赋能日常网络运维

体验感知

业务仿真，体验驱动网络升级

The diagram illustrates a multi-branch industrial network architecture. On the left, three main network types are grouped: 5G专网 (5G Private Network) including AGV, 工业相机 (Industrial Camera), PDA, CPE, 5G基站 (5G Base Station), and 5G核心网 (5G Core Network); 工业以太 (Industrial Ethernet) including 生产系统 (Production System), 摄像头 (Camera), 机器人 (Robot), PLC, 交换机 (Switch), and 服务器 (Server); and 工业PON (Industrial PON) including PC, 手机 (Mobile Phone), 摄像头 (Camera), AP/AC, 工业ONU (Industrial ONU), and 工业OLT (Industrial OLT). These networks connect to a central core consisting of a 5G网络 (5G Network) and a 固网专线 (Fixed Network Dedicated Line). From this core, the network is distributed to multiple branches (分厂1, 分厂2, ..., 分厂n), each containing 5G终端 (5G Terminal) and 工业设备 (Industrial Equipment).

先进创新性

- ✓ 行业首个**固移一体化**管理平台，纳管包括5G、专线组网、互联网专线，面向企业提供全面领先的租赁运营商网络的自服务能力
- ✓ 提供固移网络设备的一体化管理平台，屏蔽设备厂家差异，**构建统一运维标准**
- ✓ 为企业提供**云租赁、私有化部署**多种商务服务模式

典型客户案例

珠海格力通过园区网络数智化运维平台，**集约化管理**5G数字化产线，**统一监控**包括**5G CPE终端、切片、组网专线**等各项指标数据。

549个
5G CPE终端

3个
5G端到端切片

千余台
网络设备+终端

5条
组网专线

经济创新奖”及“最佳专用网络解决方案奖”双奖。

本项目从需求侧持续对家电产业链推广，在集团内推广对 77 家生产基地推广，建立的公共服务平台推广网站已形成案例向全国超 2000 家产业链推广，真正打造业内标杆示范。

6.5 以“智”加“数”：东风汽车联合华为数据中心 ADN 多云多 DC 方案，迈入智联时代

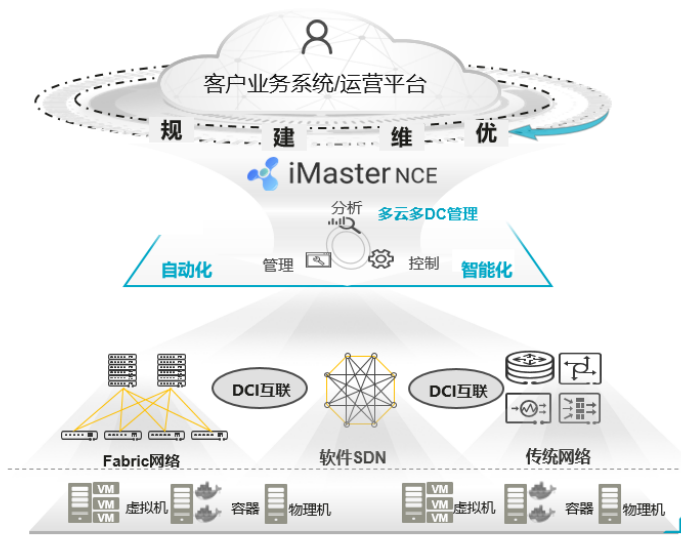
东风汽车曾表示，“十四五”期间，将实现新能源汽车销量 100 万辆，投放的全新车型 100% 实现电动化。为实现规模化的产量升级，东风汽车亟需完成数字技术的进一步升级。

目前，由于不同时期建设的数据中心方案不同，东风汽车面临着已有传统数据中心、硬件 SDN 数据中心、软件 SDN 数据中心等组成异构网络协同管理的多个潜在问题亟需解决。

一方面，东风汽车数据中心现网承载了 1000 多个业务系统，且横跨多个地理区域数据中心，当有业务变更时，需要花费长达一个月的时间，通过工单分解方式的变更跨多个数据中心互通业务，业务上线周期长且易出错。

另一方面，云内流量及云内云外互通流量时，缺乏统一调度平台，导致东西南北向访问控制和 L4-7 层防护安全策略无法统一制定。

为了满足数字化转型步伐，加速了数据中心的优化整合，建设东风汽车集团总部云化数据中心，通过数据汇聚和技术架构整合，支撑企业精准施策、精准管理，加快新兴技术平台运用和信息安全水平。东风汽车集团联合华为启动了云数据中心建设项目，采用华为数据中心自动驾驶网络 Autonomous Driving Network(ADN) 解决方案，实现了跨数据中心的全生命周期网络的自动化开通、安全调度和统一运维。



全生命周期多云多DC自动化开通

图形化拖拽，业务自动编排



全生命周期多云多DC安全调度

云内云外东西南北统一访问控制和L4-L7层防护



全生命周期多云多DC统一运维

跨DC互联互通可视化运维

建设成效

东风汽车数字化转型初见成效。2024 年全年销售汽车 248 万辆，同比增长 2.5%，敏捷高效的数字化平台实现了创新引领，以“智”加“数”。

以安全调度为例，平台通过多云多 DC 管理能力完成了统一流量调度，将云内流量及云内云外互通流量引流到硬件防火墙，实现云内东西南北及云内云外访问控制和 L4-7 层防护。

以“智”加“数”：东风汽车联合华为数据中心 ADN 多云多 DC 方案，迈入智联时代。

7 缩略语

- AI: Artificial Intelligence (人工智能)
- AIOPS: Artificial Intelligence for IT Operations (用于 IT 运维的人工智能)
- CLI: Command-Line Interface (命令行界面)
- GUI: Graphical User Interface (图形用户界面)
- ML: Machine Learning (机器学习)
- EDMM: Enterprise Data Management Module (企业数智化能力成熟度模型)
- ICT: Information and Communications Technology (信息与通信技术)
- AEI: Agentic Enterprise ICT-Infrastructure (Agentic AI 时代的 ICT 基础设施)
- HPC: High - Performance Computing (高性能计算)
- MTBF: Mean Time Between Failures (平均无故障时间)
- MTTR: Mean Time To Repair (平均修复时间)
- PUE: Power Usage Effectiveness (能源使用效率)
- YB: Yottabyte (尧字节)
- DC: Data Center (数据中心)
- SSD: Solid State Drive (固态硬盘)
- IoT: Internet of Things (物联网)
- QoS: Quality of Service (服务质量)
- WLAN: Wireless Local Area Network (无线局域网)
- API: Application Programming Interface (应用程序编程接口)
- AP: Access Point (接入点)
- GPU: Graphics Processing Unit (图形处理器)
- SLA: Service Level Agreement (服务等级协议)
- VIP: Very Important Person (非常重要的人)
- SOP: Standard Operating Procedure (标准作业程序)
- LLM: Large Language Model (大型语言模型)
- CBR: Case - Based Reasoning (基于案例的推理)
- HDD: Hard Disk Drive (硬盘驱动器)
- FTM: Fine Time Measurement (精细时间测量)
- CSI: Channel State Information (信道状态信息)
- SQL: Structured Query Language (结构化查询语言)
- NCE: Network Cloud Engine (网络云引擎)
- DHCP: Dynamic Host Configuration Protocol (动态主机配置协议)
- OT: Operational Technology (运营技术)
- 5G LAN: 5G Local Area Network (5G 局域网)
- PLC: Programmable Logic Controller (可编程逻辑控制器)
- CPE: Customer Premises Equipment (客户终端设备)
- GSMA: Global System for Mobile Communications Association (全球移动通信系统协会)
- SDN: Software - Defined Networking (软件定义网络)
- ADN: Autonomous Driving Network (自动驾驶网络)
- O&M: Operations and Maintenance (运维管理)