

Spatial OS

AI原生空间运营操作系统

技术白皮书

Version 1.0



目录

- 一、引言：空间智能运营的时代背景
- 二、世界模型架构——统一数据底座
- 三、Agent体系——面向场景的智能体
- 四、控制安全体系——可信运营
- 五、能碳闭环——EnergyGpt与CarbonGpt
- 六、四大产品模块
- 七、产品套餐体系
- 八、应用场景与案例
- 九、部署与运维
- 十、总结与展望

一、引言：空间智能运营的时代背景

随着全球城市化进程加速，建筑作为城市的核心单元，其运营效率直接影响能源消耗、碳排放水平和人居质量。据国际能源署统计，建筑运营能耗占全球总能耗的30%以上，碳排放占比接近28%。在“双碳”目标和数字化转型的双重驱动下，建筑运营从传统的“被动响应”向“主动智能”转型已成为行业共识。

福建五维发展集团推出的 Spatial OS（空间智能操作系统），正是面向这一转型需求而构建的AI原生操作系统。Spatial OS 以“世界模型”为统一数据底座，以多Agent协同为智能引擎，以全链路控制安全为保障，实现建筑空间从感知、诊断、预测到控制的闭环运营。

本白皮书将从架构层面详细阐述 Spatial OS 的设计理念、核心技术实现以及产品体系，帮助技术决策者和行业从业者深入理解这套AI原生空间运营操作系统的能力边界与应用价值。

品牌定位上，Spatial OS 始终秉持「空间智能运营，效果才是第一。」的核心主张。Wuvee Spatial OS 实测节能 8%-25%，不达标退费。正如我们的传播语所说——「效果说话，不玩概念。」

二、世界模型架构——统一数据底座

世界模型（World Model）是 Spatial OS 的核心数据基础设施，它将建筑空间中的所有实体、关系、状态和事件抽象为一套统一的、可扩展的数据结构。这套数据结构覆盖了建筑运营的完整生命周期，从物理空间到数字孪生，从实时数据流到历史记录，形成了建筑运营的“全息底图”。

2.1 层级化空间建模

世界模型采用层级化建模策略，自上而下定义了九层空间实体：Organization（组织）→ Campus（园区）→ Building（建筑）→ Floor（楼层）→ Space（空间区域）→ Asset（设备资产）→ Point（测点）→ Telemetry（遥测数据）→ Alarm（告警）→ Fault（故障）→ WorkOrder（工单）→ ControlRequest（控制请求）→ Audit（审计日志）。每一层实体之间通过父级ID和空间编码建立精确的关联关系，支持从组织层级向下钻取到单个测点级别的数据追溯。

这种层级化建模的优势在于：第一，它天然适配建筑运营的管理层级，让不同角色的使用者（集团管理者、园区经理、运维工程师）都能在其权限范围内获取所需数据；第二，它支持对数百万个测点的实时数据时空关联分析，为Agent决策提供丰富的上下文；第三，它为跨建筑、跨园区的横向对比和优化提供了统一的数据标准。

2.2 时序数据引擎

Telemetry（遥测）是世界模型中最核心的动态数据层。Spatial OS 内置高性能时序数据引擎，支持每秒数十万条测点数据的写入和查询。数据引擎具备以下特性：

- 高压缩存储：采用列式压缩算法，存储效率提升8-12倍，显著降低海量数据的存储成本
- 自适应采样：根据测点变化率自动调整采样频率，平稳期降低采样率，波动期提升精度
- 流式聚合：预计算分钟级、小时级、天级聚合值，满足不同粒度的查询需求

时序引擎与告警 (Alarm) 和故障 (Fault) 数据层天然联动。当Telemetry数据触发预设或动态阈值时, Alarm自动生成并关联到对应的 Fault 诊断链路, WorkOrder 可以自动或手动创建, ControlRequest 则承载反馈控制指令, 形成完整的“感知-诊断-处置”闭环。

2.3 数字孪生集成

世界模型在数据层之上构建了数字孪生层, 将三维空间模型 (BIM/IoT点云) 与实时运行数据叠加。数字孪生层支持: 空间位置查询 (设备所在的楼层和空间区域)、热力图可视化 (温度、能耗、人流等指标的空间分布)、虚拟仿真 (在数字空间中预演控制策略的效果)。数字孪生为空间运营提供了直观的“所见即所得”交互体验, 让抽象的数据变得可感知、可操作。

三、Agent体系——面向场景的智能体

Spatial OS 的核心智能驱动力来自其多Agent体系。每个Agent都是面向特定运营场景的AI智能体, 具备感知、推理、决策和执行的能力。Agent体系基于世界模型提供的统一数据底座, 通过消息队列和事件总线实现Agent间的协同工作。

3.1 风险分级体系 (S0-S5)

Spatial OS 引入S0到S5六级风险分级体系, 用于量化建筑运营场景下的风险等级: S0 (正常)、S1 (关注)、S2 (预警)、S3 (告警)、S4 (严重)、S5 (紧急)。每个Agent在感知和推理过程中, 会为识别到的异常情况分配风险等级, 不同的风险等级触发不同的处置流程——S0-S1级别记录观察, S2-S3级别生成告警并通知运维人员, S4-S5级别自动触发紧急控制流程。

- Space Agent (空间运营Agent): 负责空间利用优化、人流动线分析、空间舒适度管理
- Energy Agent (能源优化Agent): 负责能耗监控、能效分析、设备级节能控制
- Fault Agent (故障诊断Agent): 负责设备故障检测、根因分析、维修建议生成
- Carbon Agent (碳管理Agent): 负责碳排放核算、碳足迹追踪、碳减排策略建议

3.2 Agent协同机制

四大Agent并非孤立运行, 而是通过事件总线实现协同。举例来说: 当 Energy Agent 检测到某区域的空调能耗异常升高时, 会通知 Fault Agent 排查设备故障可能性; 如果 Fault Agent 确认为制冷机组效率衰减, 则 Carbon Agent 自动更新碳排放预测模型, Space Agent 则调整该区域的空间使用建议。这种多Agent协同机制, 让建筑运营从“单点智能”升级为“全局智能”。

Agent 间通信采用发布-订阅模式, 通过事件总线解耦各Agent的依赖关系。每个Agent在启动时向事件总线注册其感兴趣的事件类型和自身能提供的服务能力。当某个Agent检测到异常并发布事件后, 事件总线根据注册信息将事件路由到相关的订阅Agent。这种架构确保了Agent间通信的异步性和松耦合, 单个Agent的升级或替换不会影响其他Agent的正常运行, 也便于未来扩展新的Agent类型。

Agent 的推理引擎支持两种模式: 在线推理模式 (毫秒级响应, 适用于实时控制场景) 和深度分析模式 (秒到分钟级, 适用于根因分析和策略优化)。两种模式的切换由事件的风险等级和上下文复杂度自动触发。例如, Telemetry数据的轻微波动仅触发在线推理模式的快速评估, 而一个S3级别的告警则会触发深度分析模式, 使Agent调用更多历史数据和关联分析模块进行综合判断。

四、控制安全体系——可信运营

建筑运营控制指令直接关系到设备安全和人员安全，因此 Spatial OS 设计了一套严格的控制安全体系，确保每一个控制指令从生成到执行的全链路可信。

4.1 控制安全六层保障

RBAC（基于角色的访问控制）：通过角色-权限-资源的映射关系，确保只有被授权的人员和Agent能够下发控制指令。策略引擎（Policy Engine）：预定义和运行时策略规则，支持基于时间、空间、设备类型等多维度的策略组合。仿真验证（Simulation）：控制指令在正式下发前可先在数字孪生环境中进行仿真验证，预估执行效果和潜在风险。

审批流程（Approval）：高风险级别（S4-S5）的控制指令需要经过多级审批方可执行。数字签名（Signature）：每一条控制指令都携带数字签名，确保指令的来源合法性和完整性。验证回滚（Verification & Rollback）：执行后系统自动验证执行效果与预期是否一致，必要时执行回滚操作。审计日志（Audit）：所有控制指令的生成、审批、执行、回滚过程都记录在不可篡改的审计日志中。

4.2 RBAC与策略管理

RBAC体系支持细粒度的权限控制：资源维度（按Organ/Campus/Building/Floor/Space层级）和操作维度（查看/修改/控制/管理）。策略引擎则支持“条件+动作”的策略规则定义，例如“在工作日18:00-08:00期间，空调系统温度设定不得低于26°C”。策略可以组合、继承、覆盖，满足不同组织的差异化运营需求。

五、能碳闭环——EnergyGpt与CarbonGpt

EnergyGpt（能源优化）和 CarbonGpt（碳管理）是 Spatial OS 在能效和碳排两个核心场景的深度应用。两者基于世界模型提供的统一数据底座，实现从能耗监测到碳排管理的全链闭环。

5.1 EnergyGpt——AI驱动的能量优化

EnergyGpt 聚焦建筑能耗的精细化管理，核心能力包括：

- 能耗基线建模：基于历史数据和外部因素（天气、季节、使用率等）建立多维度能耗基线模型
- 设备级能耗诊断：通过Telemetry数据对每台设备进行能耗效率评估，识别能耗热点
- 优化策略推荐：综合空间占用率、室外环境和能源价格等因素，推荐空调、照明、电梯等系统的优化控制策略
- 节能效果验证：对比优化前后的能耗数据，量化节能成效，与节能承诺挂钩

在技术实现层面，EnergyGpt 的核心是一个基于强化学习的优化引擎。该引擎以世界模型中的 Telemetry 数据流为输入，以设备控制参数（温度设定值、风阀开度、启停状态等）为输出动作空间，以能耗表现和舒适度指标为奖励函数。通过持续在线学习和策略迭代，EnergyGpt 能够适应建筑使用模式的变化——例如节假日模式的能耗特征与工作日显著不同，EnergyGpt 会自动识别并在无需人工干预的情况下切换优化策略。

EnergyGpt 的节能效果已在多个园区项目中获得验证：Wuvey Spatial OS 实测节能 8%-25%，不达标退费。这一承诺的背后，是 EnergyGpt 的算法精度、世界模型的感知广度、以及控制安全体系的执行可靠性的共同支撑。

5.2 CarbonGpt——全生命周期碳管理

CarbonGpt 负责碳排放的全流程管理，覆盖三个关键环节：

- 碳核算（Carbon Accounting）：基于能耗数据和排放因子，自动计算建筑/园区/组织层级的碳排放量
- 碳排预测（Carbon Forecasting）：结合历史数据、运营计划和减排策略，预测未来周期的碳排放趋势
- 碳减排建议（Carbon Reduction）：基于碳排结构分析和行业对标，生成分阶段的减碳路径建议

CarbonGpt 的碳排放核算兼容多种国际标准和行业规范，包括 ISO 14064-1 组织层级碳核算指南、GHG Protocol 企业核算标准以及中国建筑碳排放计算标准 GB/T 51366。用户可根据自身需求选择适用的核算方法学，系统自动匹配对应的排放因子和数据采集模板。

碳排预测功能采用混合模型架构：一方面使用时序预测模型对能耗趋势进行短期预测（未来7-30天），另一方面结合建筑运营计划（如设备更换、产能调整、季节转换）进行中长期场景模拟。预测结果以概率分布的形式呈现，帮助管理者了解不同置信水平下的碳排区间，从而制定更具弹性的减碳目标。

CarbonGpt 与 EnergyGpt 天然协同：EnergyGpt 的节能策略直接影响能源消耗对应的碳排放量，CarbonGpt 则从碳管理视角对节能策略进行碳效益评估。两者共同构成能碳闭环的核心。

六、四大产品模块

Spatial OS 以四大Agent为底座，面向不同客户场景提供四个产品模块。客户可根据自身需求选择单个或多个模块组合使用。

6.1 CarbonGpt——碳管理

CarbonGpt 产品专注于碳管理场景，帮助企业和园区实现碳排放的可视、可管、可控。核心功能包括：碳排数据自动采集与核算、排放因子库管理、碳排报告自动生成、绿电/碳抵消追踪、以及区域性碳排对标分析。适用于需要应对碳排放监管要求或制定了碳中和目标的企业和组织。

6.2 EnergyGpt——能源优化

EnergyGpt 产品聚焦能源运营优化，覆盖电、水、气、热等多种能源品类。核心功能包括：能耗监测与告警、能效评估报告、设备级优化控制、需求侧响应管理。实测数据显示，EnergyGpt 可为建筑节能8%至25%的能源消耗。适用于希望降低能源运营成本、提升能效水平的商业建筑、产业园区和数据中心。

6.3 DiagnosticsGpt——故障诊断

DiagnosticsGpt 产品专注设备故障预测与诊断，减少非计划停机时间，延长设备使用寿命。核心功能包括：设备运行状态监控、异常检测与告警、根因分析（RCA）、健康度评分与剩余寿命预测、维修建议生成。适用于拥有大量建筑机电设备的物业管理公司和设施管理团队。

6.4 OMGpt——运营管理

OMGpt（运营管理）产品聚焦空间运营的综合管理，提供一站式运营看板和工单管理。核心功能包括：空间占用分析与优化、工单管理和派发、巡检路线规划、运营KPI仪表盘、租户服务门户。适用于商业写字楼、购物中心、园区等需要精细化运营管理的场所。

七、产品套餐体系

Spatial OS 提供灵活的套餐体系，覆盖从小型建筑到大型园区集群的不同需求。每个套餐提供差异化的功能覆盖、数据容量和服务等级。

套餐名称	定位场景
Starter	小型商业建筑、独栋楼宇的基础运营管理
Pro	中型建筑、标准园区的进阶运营需求
Enterprise	大型建筑群、综合园区的深度运营
Private Cloud	对数据安全有特殊要求的企业级私有化部署
Zero Carbon	有碳中和目标的建筑/园区的碳管理体系
Agentic Ops	全Agent部署、全场景智能运营一体化方案

各套餐均包含基础的世界模型服务、RBAC控制安全和审计日志功能。Enterprise及以上套餐支持 Agent 全模块部署、定制化策略引擎和专属SLA保障。Zero Carbon 套餐专为碳中和场景设计，集成 CarbonGpt 全功能。Agentic Ops 则是面向完全智能运营的顶配方案，包含Space Agent、Energy Agent、Fault Agent、Carbon Agent全部四大Agent。

八、应用场景与案例

Spatial OS 已应用于多个类型的建筑和园区场景，以下为主要应用场景。

8.1 商业写字楼

在某5A级写字楼项目中，通过部署 Spatial OS 的 EnergyGpt 和 OMGpt，实现了空调系统、照明系统和电梯系统的协同优化。EnergyGpt 根据空间占用率、室外温度和室内CO₂浓度实时调整空调出风温度和风量，在不降低租户舒适度的前提下，实现了年化节能约15%的效果。

8.2 产业园区

在某个20万平方米的产业园区，部署了完整的 Spatial OS 平台，包括四个Agent模块。Fault Agent 覆盖了园区内1200+台关键设备的故障预测和诊断，非计划停机减少了40%。CarbonGpt 为园区建立了完整的碳排核算体系，支撑园区制定了2028年碳中和路线图。

8.3 数据中心

在某大型数据中心项目中，EnergyGpt 针对制冷系统进行了专项优化，通过AI预测负载变化并预调节冷水机组和冷却塔的运行参数，在保证PUE指标的前提下，制冷系统能耗降低了约12%。

九、部署与运维

9.1 部署架构

Spatial OS 采用微服务架构，核心服务包括：世界模型数据服务（World Model Service）、Agent推理服务（Agent Inference Service）、控制引擎（Control Engine）、消息总线（Message Bus）、API网关（API Gateway）。各服务可独立扩容，支持容器化部署。

部署模式支持公有云SaaS、私有云部署和混合部署三种方式。Private Cloud 套餐提供完整的私有化部署方案，包括管理平台、数据存储和Agent服务，完全部署在客户的网络环境中，满足数据不出园区的安全要求。

9.2 运维保障

Spatial OS 提供了完整的运维工具链：健康监控看板实时展示各服务的运行状态和性能指标；日志中心集中收集和分析平台运行日志，支持基于AI的异常辅助定位；性能测试工具支持模拟不同规模的建筑接入负载。Enterprise及以上套餐还提供7×24小时的技术支持和专属运维响应通道。

Spatial OS 运维体系还包含自动化的升级管理模块。系统支持灰度发布，可在不影响在线服务的前提下，逐步将Agent模型更新或世界模型数据变更推广到生产环境。升级过程中，系统自动保存快照，如监控指标出现异常可回滚到前一稳定版本。所有升级操作记录在审计日志中，满足合规审计需求。

数据安全方面，平台采用传输层加密（TLS 1.3）、存储加密（AES-256）和密钥轮转机制。Private Cloud 部署模式下，数据完全存在于客户私有网络环境内，不经过任何外部网络传输。平台定期进行第三方渗透测试和安全审计，确保安全性符合行业标准要求。

十、总结与展望

Spatial OS 作为AI原生空间运营操作系统，通过世界模型架构统一了建筑空间的数据底座，通过多Agent体系实现了从感知到控制的智能闭环，通过控制安全体系保障了运营指令的合规与可信。从 EnergyGpt 的能源优化到 CarbonGpt 的碳管理，从 DiagnosticsGpt 的故障诊断到 OMGpt 的运营管理，Spatial OS 正在重新定义建筑空间运营的效率边界。

在未来的版本中，Spatial OS 将持续进化：世界模型将引入更多维度的数据参量，Agent的推理能力将向更接近人类决策者的方向升级，控制安全体系将支持跨园区、跨组织的联邦控制策略。Spatial OS 的目标，是成为城市空间中每一栋建筑的“智慧大脑”。



扫码获取更多方案



以空间智能运营 | 让城市更具价值

福建五维发展集团有限公司

Tel: 400-0039-395 Mob: 183 5018 3333 E-mail: Bs@wuvee.com Web: www.wuvee.com



官方公众号
@五维发展集团



视频号
@五维发展集团



抖音号
@五维发展集团



知乎
@五维发展集团



微博
@五维发展集团



小红书
@五维发展集团



头条
@五维发展集团