

Wuvée Spatial OS

技术白皮书

AI原生空间智能操作系统

Version 1.0



一. 执行摘要

建筑与设施运营行业正经历从数字化到智能化的转型。传统楼宇管理系统（BMS）依赖规则引擎和人工巡检，存在响应滞后、能耗浪费、维护成本高等问题。随着建筑信息模型（BIM）、物联网（IoT）传感器、三维视觉技术的成熟，行业亟需一套能够整合多源数据、实现自动推理与闭环控制的智能操作系统。

Spatial OS（空间智能操作系统）是福建五维发展集团自主研发的AI原生操作系统，面向建筑、园区、基础设施等空间场景，提供碳管理、能源优化、故障诊断、运维托管四大核心能力。系统采用"世界模型+Agent+控制安全"三层架构，将空间数据转化为可推理、可执行的智能决策，实现建筑运营的自动化与持续优化。

核心事实：Wuvee Spatial OS 实测节能 8%-25%，不达标退费。

本白皮书系统阐述Spatial OS的技术架构、核心产品、安全体系、商业模型与行业实践，为建筑业主、设施管理团队、系统集成商及技术决策者提供全面参考。

二. 行业挑战与机遇

2.1 建筑运营的核心挑战

能耗居高不下：建筑运营能耗占全社会总能耗的30%以上，空调系统占比超过50%。传统节能方案依赖静态规则，无法响应动态负荷变化。

故障响应滞后：设备故障平均发现时间超过4小时，从告警到根因定位需跨多个系统排查，平均修复时间（MTTR）长达12小时。

数据孤岛严重：BIM模型、BA系统、能耗监测、运维工单等数据分散在多个平台，缺乏统一语义层，信息无法有效联动。

运营依赖经验：资深运维人员的经验无法系统化传承，新人培训周期长，人员流动导致运营质量波动。

碳管理压力：双碳目标下，建筑碳排放核算、碳配额管理、碳交易策略成为刚需，但核算标准复杂、数据采集困难。

2.2 技术驱动的转型机遇

- 三维视觉技术（BIM/IFC/GLB/3DGS/点云）使空间数字化精度达到厘米级，可构建真实的建筑数字孪生。
- 大语言模型与多模态AI的成熟，使自然语言驱动的设备控制、故障问答、报告生成成为可能。
- IoT传感器成本持续下降，楼宇数据采集密度可达每百平米30+传感节点。
- 边缘计算与5G覆盖增强，使实时控制和安全保障具备低延迟基础。
- 生成式AI在工单自动派发、策略建议、数据分析等场景已具备可落地效果。

Spatial OS正是基于以上技术趋势，将世界模型理论引入建筑运营领域，以认知驱动的智能替代规则驱动的自动化。

三. Spatial OS 架构设计

Spatial OS采用三层架构设计：World Model（认知内核）作为底层空间认知引擎，Agent（操作层）作为智能决策与执行中枢，Control Safety（硬边界）作为安全兜底。

3.1 三层架构总览

层级	名称	核心功能	关键技术
L1	World Model	空间认知·语义建模·时空推理	BIM解析/视觉几何/点云融合/知识图谱
L2	Agent	决策规划·工具编排·人机交互	LLM/规划算法/RAG/多Agent协同
L3	Control Safety	硬件控制·安全校验·S0-S5分级	实时控制/安全边界/SIL认证

3.2 World Model — 空间认知内核

World Model是Spatial OS的认知核心，负责将建筑的空间数据转化为结构化的语义表示。系统接收多种空间数据格式——包括BIM（IFC格式）、三维模型（GLB）、三维重建（3D高斯泼溅）、激光点云等，通过统一的视觉几何管道处理，输出带有语义标签的世界模型。

这一过程不仅包含几何信息的提取，还涉及功能语义的理解：识别房间类型、设备位置、管线走向、空间关联关系等。世界模型以知识图谱形式组织，支持时空推理——"如果3层空调主机停机，哪些区域的温控会受影响？"这类问题可以通过模型推理自动回答。

世界模型具备持续学习能力：每次故障处理、每次调优方案的实施结果都会反馈到模型中，使认知精度随运行时间持续提升。

3.3 Agent — 智能操作层

Agent层是Spatial OS的决策与执行中枢。基于World Model提供的空间认知，Agent可以理解用户意图（自然语言或结构化指令）、制定操作计划、调用工具链执行，并在执行过程中进行动态调整。

Agent支持多智能体协同工作模式：

- CarbonGpt — 碳管理Agent，负责碳排放核算、碳配额跟踪、碳交易策略建议。
- EnergyGpt — 能源优化Agent，负责能耗监测、用能策略生成、节能效果验证。
- DiagnosticsGpt — 故障诊断Agent，负责设备状态监测、异常检测、根因分析。
- OMGpt — 运维托管Agent，负责工单管理、巡检调度、知识库维护。

每个Agent均具备独立推理能力，同时通过Agent通信协议共享上下文信息，实现跨领域协作。例如，当DiagnosticsGpt检测到冷水主机效率下降，可自动通知EnergyGpt调整用能策略，同时触发OMGpt生成维修工单。

3.4 Control Safety — 控制安全层

Control Safety是Spatial OS的安全兜底层，确保所有Agent发出的控制指令在硬件可接受范围内。系统对控制指令执行多级校验：语法校验（格式正确性）、语义校验（操作合理性）、物理校验（是否超出设备物理极限）、安全校验（是否违反S0-S5安全策略）。

Control Safety层独立于Agent层运行，即使Agent出现异常推理，Control Safety也能阻止危险指令下发到物理设备。该层设计遵循功能安全相关标准，确保从推理到执行的完整链路可控。

四. 四大核心产品

基于Spatial OS三层架构，我们构建了四大核心产品，分别覆盖碳管理、能源优化、故障诊断和运维托管四个关键场景。

4.1 CarbonGpt — 碳管理

CarbonGpt是面向建筑和园区的碳管理Agent，实现碳排放数据的自动采集、核算、分析与优化建议。系统实时接入电表、气表、冷热量表等计量数据，自动按国家标准（GB/T 51366）进行碳排放核算，生成覆盖范围一、范围二的碳排放报告。

核心功能包括：

- 多源数据接入：自动对接电表、燃气表、蒸汽表、冷热量表等计费计量设备。
- 自动碳核算：按行业标准自动核算碳排放量，支持按区域、按时间维度下钻分析。
- 碳配额管理：跟踪碳配额使用进度，预判配额不足风险。
- 减排策略生成：基于用能结构与碳价走势，生成购买碳配额或实施节能改造的策略建议。
- 报告自动化：自动生成碳盘查报告、ESG碳排放章节等标准化文档。

4.2 EnergyGpt — 能源优化

EnergyGpt是面向暖通空调、照明、电梯等主要用能系统的能源优化Agent。系统基于World Model对建筑热环境的空间建模，结合室外气象数据、室内人员密度、设备运行状态，实时生成最优用能策略。

核心功能包括：

- 全局能耗监测：覆盖电、水、气、冷、热等全品类能耗数据，实时展示与历史对比。
- 动态用能策略：根据天气预测、电价时段、空间使用率，自动调整空调设定温度、新风量、照明照度等参数。
- 节能效果验证：通过对比优化前后的能耗数据，精确量化节能效果，支持"不达标退费"承诺的验证。
- 异常用能检测：识别非工作时段用能、设备空转、管网泄漏等异常情况并推送告警。

4.3 DiagnosticsGpt — 故障诊断

DiagnosticsGpt是面向建筑设备系统的故障诊断Agent。系统持续监测设备运行参数（温度、压力、电流、振动等），通过机器学习模型识别异常模式，并在检测到异常时进行自动根因分析。

核心功能包括：

- 实时状态监测：对接BA系统、设备控制器、IoT传感器，每30秒获取设备运行数据。
- 异常检测与预警：基于设备历史运行基线，识别参数偏移并分级预警。
- 自动根因分析：关联多维度数据（空间位置、设备参数、环境条件），自动定位故障根因。
- 运维建议生成：基于故障类型和历史维修记录，生成推荐修复方案和备件清单。

4.4 OMGpt — 运维托管

OMGpt是面向设施运维团队的运维托管Agent。系统实现从告警触发到工单闭环的全流程自动化，覆盖巡检调度、维修管理、知识库维护等场景。

核心功能包括：

- 智能工单管理：自动将诊断结果转化为工单，按优先级、技能匹配度自动分派至合适人员。
- 闭环运营：告警→根因→工单→执行→验证→审计，全链路可追溯。
- 知识库积累：每次故障处理的过程和结果自动沉淀为经验知识，支持相似问题快速检索。
- 巡检自动化：根据设备运行状态和历史故障率，动态调整巡检频次和巡检路线。

五. 控制安全体系（S0-S5）

在建筑设备控制场景中，安全是系统可靠运行的前提。Spatial OS设计了S0-S5六级控制安全分级体系，从完全手动操作到完全自主决策，每个级别对应不同的安全校验策略和人机职责分配。

级别	名称	控制模式	安全策略	适用场景
S0	手动控制	人工直接操作	无自动校验	应急手动操作
S1	监控辅助	人工控制+AI监测告警	AI仅监测不干预	日常巡检监控
S2	建议模式	AI建议+人工确认执行	AI提供建议，人做决定	策略优化建议
S3	条件自动	AI在条件范围内自动控制	参数边界硬约束	空调调优/照明调节
S4	区域自治	AI自主管理指定区域	区域级安全边界	楼层/分区自治
S5	全时自治	AI全权管理建筑运营	全局多级安全校验	全托管运营

在实际部署中，系统默认运行在S2或S3级别，随着客户对系统信任度的提升，可逐步过渡到更高自治级别。无论在哪个级别，Control Safety层始终独立运行，对所有下发的控制指令执行物理边界检查——例如空调供水温度不得低于7°C、风阀开度不得突变超过10%等。

安全策略支持自定义配置，客户可根据设备类型、季节、建筑用途等因素灵活调整安全边界参数。

六. 套餐与商业模式

Spatial OS提供多种部署方式与服务套餐，适应不同规模、不同需求的建筑与园区项目。所有套餐均支持实测节能效果验证和不达标退费承诺。

6.1 产品套餐一览

套餐名称	适用规模	核心能力
Starter启航版	单体建筑<1万m²	基础能耗监测+碳核算+告警
Pro专业版	单体建筑1-5万m²	全量监测+AI优化+根因分析
Enterprise企业版	园区/建筑群5-30万m²	全功能+多Agent协同+定制策略
Zero Carbon零碳版	零碳建筑/碳中和目标	碳管理全链路+减排路径规划
Private Cloud私有化	大型企业/政府项目	全栈私有部署+定制开发
Agentic Ops运维托管	委托运维/全托管运营	AI全托管+S5自治运营

6.2 商业模式特点

Spatial OS采用SaaS订阅制为主、私有化为辅的商业模式。核心特点包括：

- 效果承诺：实测节能8%-25%，不达标按比例退还服务费用。
- 按需扩展：从Starter到Enterprise支持平滑升级，新增功能模块即开即用。
- 增值服务：碳交易策略咨询、设备健康度评估、运维人员培训等增值服务按需计费。
- 数据主权：客户拥有全部运营数据的所有权，私有化部署客户可选本地数据存储方案。

七. 行业应用场景

7.1 商业建筑（重点场景）

商业建筑是Spatial OS的核心应用场景，涵盖写字楼、商场、酒店、医院等。这类建筑能耗密度高、运行时间长、舒适度要求严格，智能化改造投入产出比显著。

典型应用价值：

- 节能增效：通过EnergyGpt动态优化暖通空调策略，在保证舒适度的前提下实现15%-25%的节能率。
- 运维提效：OMGpt将工单处理效率提升40%以上，MTTR从12小时缩短至3小时以内。
- 碳合规：CarbonGpt满足ESG报告和碳配额管理的合规要求，降低碳交易成本。
- 空间管理：World Model为空间利用率分析、租户能耗分摊等提供精准数据支撑。

7.2 工业园区

对于工业园区场景，Spatial OS关注厂区级能源管理、生产环境控制和设备预测性维护。系统可对接厂务监控系统（FMCS）和MES系统，在保障生产环境参数的前提下优化用能效率。

7.3 基础设施

在交通枢纽、数据中心、医院等关键基础设施场景中，Spatial OS以稳定性和安全性为优先，通常部署在S2-S3级别，由AI提供优化建议并经人工确认后执行。

八. 未来展望

Spatial OS的长期愿景是成为建筑与空间运营领域的基础设施级操作系统。未来发展与演进的几个方向包括：

- 多模态交互增强：支持语音控制、AR辅助巡检、自然语言报表问答，进一步降低使用门槛。
- 跨建筑联邦学习：在保护数据隐私的前提下，实现跨建筑的知识共享和模型协同优化。
- 碳市场直连：与碳排放权交易平台对接，实现碳配额自动交易和碳资产管理的一体化。
- 城市级扩展：从单体建筑到园区再到城市片区，逐步构建城市空间智能运营网络。
- 开放生态建设：提供标准化插件接口和二次开发工具包，引入第三方应用和服务。

福建四维发展集团将持续投入Spatial OS的研发与迭代，坚持以效果为导向，为建筑运营领域提供切实可用的智能操作系统，让城市更具价值。



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