从灵境到量子城市：具空智能本体论与基本法则体系的学理建构

From Lingjing to the Quantum City: A Theoretical Construction of the Em-Spaced Intelligence Ontology and the Foundational Rules System

杨 滔 Yang Tao

摘 要 尝试厘清“具空智能—基本法则—量子城市”的层级关系及“量子”概念的适用边界。采用概念谱系分析、结构类比辨析与规范性框架建构，并将框架与复兴岛、云宇星空的公开实践材料进行对应分析。提出具空智能为本体论命题、量子城市为方法论载体、基本法则为规范性中介；将“量子”限定为离散、备选状态共存、决策锁定与网络耦合4类启发式类比，建立三律与八通则的可检验对应关系，并给出适用边界、失败条件和案例验证方案。该框架目前属于理论建构与实践探索，尚不能视为实证验证；其有效性须通过可观察变量、基准方案与预设指标的比较检验。

Abstract In order to clarify the hierarchy among Em-Spaced Intelligence (ESI), Foundational Rules, and the Quantum City, and delimit the use of quantum terminology, the study combines conceptual genealogy, boundary analysis of structural analogies, normative framework construction, and correspondence analysis using publicly available materials on Fuxing Island and the Cloud Cosmos Large Model. ESI is positioned as an ontological proposition, the Quantum City as a methodological vehicle, and the Foundational Rules as a normative intermediary. Quantum terminology is restricted to four heuristic analogies—discreteness, coexistence of alternatives, decision lock-in, and network coupling. Testable mappings between three principles and eight general rules, together with applicability boundaries, failure conditions, and a validation protocol, are proposed. The framework remains a theoretical construction and practice-oriented exploration rather than empirical validation. Its effectiveness must be tested against observable variables, baseline approaches, and pre-specified indicators.

关 键 词 灵境；具空智能；量子城市；空间句法；基本法则；动态语义生成；可证伪性

Key words Lingjing; Em-Spaced Intelligence (ESI); Quantum City; space syntax; Foundational Rules; dynamic semantic generation; falsifiability

文章编号 1673-8985（2026）04-0001-07 中图分类号 TU981 文献标志码 A DOI 10.11982/j.supr.20260401

作者简介

杨 滔

清华大学建筑学院 副教授

清华大学北京信息科学与技术国家研究中心类脑智能技术群体 副研究员

自然资源部智慧人居环境与空间规划治理技术创新中心 副主任

博士，yangtao128@tsinghua.edu.cn

0 引言

1990年钱学森将Virtual Reality译为“灵境”，提出“人机结合、以人为主”的“身、心、境”协同命题[1]。本文将其视为中国语境中较早讨论“数字技术如何重组人—机—环境关系”的命题，而非断言其已经完成一套城市空间本体论。其对“虚”之生成作用的重视，与《道德经》第十一章“有之以为利，无之以为用”在思想维度上互相呼应[2]；相关原始材料亦见《钱学森书信选编》[3]。在存量更新中，地方特征延续和治理机制转型进一步提出新的空间问题[4-5]。随着物联网、生成式人工智能

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

与数字孪生的发展，空间问题在工程领域得到较多探讨；但能否转化为城市治理能力，仍须接受相关实证检验。

基于此，本文将讨论3个核心概念：具空智能[6]89是关于空间能动性的本体论议题，量子城市[7]7-8是组织城市复杂性的方法论载体，基本法则是连接二者的规范性中介[8]51-55。三者并不相互定义：具空智能须由可观察的感知、反馈与适应能力判断所构成；量子城市包括分析或决策相对基准方案的增益判断；基本法则基于可审计性、公平性与资源约束的执行结果来建构。

本文采用4步研究方法：首先以概念谱系分析梳理灵境、空间生成与关系空间理论；其次辨析量子概念与城市复杂性之间类比的成立范围；再次以规范性框架建构三律、八通则及其对应关系；最后依据公开政策和系统说明，对复兴岛与云宇星空进行实践框架映射。本文不包含现场测量数据、完整输入—输出样本或对照实验，因此第5节定位为实践探索与验证方案，而非实证检验。

1 从灵境到具空智能

1.1 本体论早期思考

依据上述表述，本文关注的差异不在灵境译名本身，而在问题重心：通常的VR工程关注感官逼真度与交互性能，灵境命题则进一步追问人、机、环境如何经由技术中介形成协同认知场域。因而，本文把灵境视为一种可供当代城市空间理论继续展开的哲学命题，而不将其与西方的VR概念进行对照分析。

本文借《道德经》第十一章“当其无”的思想，理解灵境中的“虚”：虚拟环境并非单纯缺席，而可能成为意义生成与行动组织的中介。由此，技术不仅是效率工具，也可能参与空间关系的媒介；但这一解释属于理论假设，仍需通过可观察机制与治理效果加以验证。

1.2 从灵境到具空智能

1990年灵境命题提出之时，其哲学纵深远超工程实现能力。回溯学理脉络，对城市空间的生成式逻辑追问早有铺垫：剑桥Martin Centre在1972年提出“街道网格作为生成器”（grid as generator），把街道空间本身视为可生成多重建成形态与社会经济活动的几何规则集[9]；同期Hillier等[10]提出空间句法作为一种“形态语言”（morphic language），介于自然语言与数学语言之间，以小词汇生成大世界，使空间组构本身成为可读写、可计算的符号系统。在更微观的视觉尺度上，Benedikt[11]引入isovist（等视域）作为“从给定观察点可见的全部点集”，并提出isovist场及其沿路径的序列（sequence of isovists），把空间体验形式化为可度量的几何对象。这一脉络共同表明：自然语言、数学语言之外，还存在一种以空间本身为生成媒介的“形态与视域语言”，构成今日时空智能的早期起源。

30余年间，物联网与传感器网络使物理空间具备“被持续读取”的能力；深度学习与生成式AI使空间获得“自主回应”能力；数字孪生与世界模型使虚实双向实时映射成为可能。3项技术叠加，使灵境所预言的“身、心、境”协同从思辨假设转化为可工程化的认知架构[12]，并使前述形态与视域语言由静态描述转向能动生成。

具空智能（Em-Spaced Intelligence，ESI）指空间系统通过物理或逻辑配置、嵌入算法与情境信息的动态交互，表现出感知、反馈、适应和影响使用行为的能力[6]89-90。它与具身智能形成研究上的对照：后者以能动行动者为核心，前者考察空间环境如何参与行动[13]。本文把具空智能限定为一种解释性命题：在空间生产与空间组构研究[14-15]以及“关系—网络”研究的基础上，进一步检验嵌入式感知与算法反馈是否带来可区分、可测量的空间能动性。

2 量子城市

2.1 认识论类比的限定

具空智能作为本体论命题，需要方法论载体才能进入城市治理。“量子城市”在本文中首先是一个受限的启发式类比，而非量子力学模型。前4重含义仅用于提示城市状态的离散表达、备选状态共存、决策锁定和网络耦合；它们不具备希尔伯特空间、复概率幅、Born规则、幺正演化或量子测量等形式结构，因而不能被称为量子数学模型。如下论述是与前述类比相关的技术假设，不能由量子数字模型而直接推导。

一是离散表达。最小空间单元（空间米料）是治理与计算所需的操作颗粒，而非物理意义上不可再分的量子。建筑层面的“间”和基础设施层面的“段”可被赋予位置、权属、功能、时间与来源等字段，并按任务组成数据库、图结构或张量表示。采用张量只是一种常规数据组织方式，本身不构成“量子性”；其有效性取决于单元划分能否稳定对应现实对象并支持跨系统更新。

二是备选状态共存。一个空间单元可在不同时间、情境和目标下保留多种用途方案，并用条件概率分布P（land use | context，goals）表示[16-17]。例如临街空间在不同时段承担餐饮、办公、社区服务或零售功能。这属于经典概率模型与弹性混合使用方法，不等同于量子叠加，也不服从Born规则；“叠加”一词在此仅提示规划不应过早把多种可能锁定为单一用途。

三是决策锁定。规划许可、土地出让和产权登记会把多种备选方案转化为具有成本与权利后果的现实选择，随后产生拆改成本、利益再分配与文化记忆损失等路径依赖[6]94-95。本文以“坍缩”比喻从备选到选定的转换，但不把行政决策等同于量子测量，也不把路径依赖称为物理退相干。其规划含义是：在做出高成本、低可逆性的决定前，应通过情景模拟比较备选方案。

四是网络耦合。Barad借量子思想讨论物质与意义的内构关系[18]；城市研究中更可操作的表达则是网络关联与因果耦合，例如楼宇空置率与轨道客流、湿地水文与城区内涝、低空航线与地面可达性之间的跨域联系。此类联系应通过图模型、时序相关或因果分析检验，

《上海城市规划》 https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

不应直接称为物理量子纠缠。阈值触发后的系统更新须报告刷新周期、延迟、准确率、误报率和资源消耗。

五是工具论前瞻。量子机器学习、NISQ设备和可编程量子处理器显示了潜在研究方向[19-21]，IEEE QAI 2025也表明相关研究正在形成专门议题[22]。数字孪生辅助量子硬件建模与宏观电路量子效应等研究展示了相邻领域进展[23-24]；但变分量子算法仍面临挑战，样本复杂度、噪声、可解释性与可证明优势等问题尚未解决[25-26]。因此，量子算法是否适用于城市问题必须作为独立技术命题验证，不能由前4重类比而得以证明，本文也不主张其已具备城市级部署条件。

现有研究已尝试用量子退火处理交通组合优化[27]。这类工作属于限定问题，尚不能证明一般城市治理存在量子优势；量子硬件与数字孪生研究同样不意味着城市应用已经成熟。只有在相同数据、精度、能耗与误差预算下，相对最佳经典基线获得可重复的显著增效，才可提出工具论层面的“量子实现”；在此之前，本文所提出的量子技术接口仅是为今后研究做预留。

综上，“量子城市”目前是组织非固定状态、路径依赖和网络耦合问题的概念性隐喻，其分析内容可用常规、可计算的变量和模型（包括AI大模型）来表述；未来若量子通信与量子计算成熟应用到城市领域，将作为量子城市的未来升级。

2.2 量子城市隐喻的必要性

经典计算框架在城市规划中长期占据主导地位，其底层逻辑建立在可分离性、局域性与确定性3大预设之上：它默认空间对象可独立定义，影响随距离衰减，且决策目标可预先固定。当城市被视作由静态要素、线性因果和固定目标构成的系统时，这一框架是有效的。然而，具空智能的本体论要求我们将城市理解为关系内构、非局域耦合与目标演化的动态过程。在关系内构下，空间单元的意义无法预先独立确定，而是取决于其在街道、社会和产权网络中的位置；在非局域耦合下，跨域影响（如楼宇空置率与轨道客流、湿地水文与城区内涝）不随距离衰减，无法被简化为邻近传递；在目标演化下，公共价值随情境而变化，决策是备选方案的锁定而非固定优化；在有无相生下，虚空间（公共空间等）具有生成性，参与行动条件的形成过程。面对这些特征，经典框架只能通过增加关联表、引入外部冲击、采用多目标逼近或空隙填充来近似，但无法从概念上容纳“不可分离性、非局域性、叠加共存与测量坍缩”等城市复杂性的本质属性。

当旧概念框架遭遇不可还原的新现象时，科学需要隐喻性的跳跃，量子力学的历史已证明了这一点。本文借用“叠加、纠缠、坍缩”作为启发式隐喻，并非声称城市是量子系统，而是为了突破经典还原论，为生成式治理提供概念基础。这一隐喻的必要性在于：它使规划思维从“预测—控制”的线性逻辑，转向“保留可能性—受控决策—持续进化”的生成式治理逻辑。在量子隐喻的视域中，规划不应过早将多种可能锁定为单一用途，而应在受控条件下保留叠加，直到决策时刻；它承认跨域关联的非局域性，并将虚空间视为活跃的、充满潜在可能性的场域。这不仅是技术工具的更新，更是认识论层面的自觉转换，而这正是量子城市框架的认识论内核。

2.3 空间本体结构

量子城市以“一城三界”承载具空智能的空间本体结构。“一城”承续文明根脉的时空延续；“三界”刻画城市存在的3个本体论侧面：实境（物理空间与数字镜像一体化基底）、数境（全要素感知的超距协同决策中枢）、悟境（超越当下因果律约束的意义生成场域）。三界对应列斐伏尔三重空间（perceived/conceived/lived）在数字文明时代的当代转译[28]：实境为感知空间，数境为概念空间，悟境为体验空间：三者非分层叠加，而是相互生成的动态闭环。这正是灵境“身、心、境”协同命题在量子城市架构中的工程实现，亦是Hillier形态语言与Benedikt视域序列在能动空间中的当代延展。

但同一本体结构可被多种方式落实，其中既有合乎“有无相生”继承者，也有背离者。要确保量子城市的具体演进始终守护具空智能的本体论自觉，必须建立一套法则化的中介，即“基本法则”。

3 量子城市基本法则

3.1 为何需要基本法则

“基本法则”不是宪法学意义上的基本法，而是本文对一组跨系统设计与治理规则的命名[8]55。它把具空智能的抽象命题转化为可执行要求，并为量子城市的方法提供数据、流程和伦理约束。其合法性不是来自概念层级，而是来自规则能否被明确编码、审计、比较和修正。

反证亦可说明：若无基本法则，数字孪生、感知网络、大模型、智能体等具体技术将在缺乏共同法则的约束下各自演化，最终陷入当前许多智慧城市建设所面临的“烟囱化”困境。

3.2 有无相生的法则化表达

基本法则体系以全息构建律、灵性进化律、虚实守恒律为3个上位原则。三律借“有无相生”表达空间结构与使用功能的互动关系，但其工程含义须分别落实为数据映射、规则更新和资源价值约束，避免以哲学术语替代可检验机制。

全息构建律面向物理对象与数字对象的可追溯映射。其最低要求包括统一对象标识、坐标与时间基准、属性来源、版本记录和质量校验；运行机制是数据同步、异常检测与事件触发。可检验输出包括映射完整率、一致率、更新延迟、误报率与漏报率。该律不以“量子纠缠”作为工程机制，也不预设适用于所有场景的毫秒级响应。

灵性进化律面向规则和模型的受控更新。系统依据环境观测、情景评估与公众反馈提出调整，经人类复核后形成可版本化发布，并保留回滚机制。可检验输出包括规则版本

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

链、相对基线的性能变化、跨尺度一致性和人工否决记录。该律允许持续学习，但不预设每次迭代必须逼近帕累托最优。

虚实守恒律面向数字扩张的资源、权利与价值边界。其约束包括算力与能耗预算、数据生命周期、隐私与安全、分配公平、文化连续性和生态影响。可检验输出包括能耗清单、数据质量报告、分配影响评估、伦理审计与问责记录。“自由能最小化”仅作为理论启发，不作为未经验证的普遍工程定律。

三律分别回答“如何对应现实”“如何受控演进”“如何守住边界”，共同把哲学命题转化为可以记录、比较和问责的规则框架。

3.3 从理论内核到技术支撑的法则展开

三律通过8项基本通则展开：基本原则、时空基准、空间语言、空间编码、空间要素、空间基因、空间能力、空间伦理。八通则不是与三律平行的另一套清单，而是把上位原则转换为数据对象、操作流程和评价要求。

三律与八通则形成多对多的对应关系：基本原则同时承载三律；全息构建律主要由时空基准、空间语言、空间编码和空间要素落实；灵性进化律主要由空间要素、空间基因与空间能力落实；虚实守恒律主要由空间基因、空间能力与空间伦理落实。空间要素、空间基因和空间能力处于交叉位置，分别负责现实对象、地方连续性和动态更新；空间伦理则对全部通则具有兜底约束。

基本原则规定三律的共同目标和优先级，即量子城市遵循全息、共构、智慧、灵性的规则，其运行应符合物理世界的自然定律及社会经济规律，物理世界的公序良俗应在量子城市中得以保护和延续。时空基准提出“建筑—城镇—星球”多尺度坐标框架，其工程任务是明确坐标、时间、功能和特征字段的转换规则，而不是以文化表述替代定位精度；跨尺度映射能否保持对象一致、语义兼容和版本可追溯，是该通则的检验重点。

空间语言以实空间、虚空间和元空间区分对象类型，并以数字句法、专业语法、智慧语义和文化语用组织表达。空间编码采用位置编码与属性编码，为对象提供可追溯、可校验的数字身份。该体系有助于物联网、GIS、BIM等系统建立字段映射，但本文并不声称编码天然“不可伪造”或异构数据能够“自动无损融合”；互操作性仍须通过数据标准、冲突处理和更新日志检验。

空间要素以几何、功能、主体3类字段描述现实对象及其使用关系，其中使用关系影响或决定空间要素本身的定义。空间基因则把自然地理、历史层积与社会文化特征转化为可商议的地方性参数，例如水文适应、形态兼容、技术冗余与规则扩展性等。这里的“基因”是模型结构特征，并不指任何特定参数；参数选择、权重与阈值须公开来源，并接受跨群体评议，避免把特定文化偏好固化为算法规则。

空间能力包括建构、感知、学习和演进4类功能：生成备选空间方案、采集环境与行为数据、比较观测与仿真结果、在审查后更新规则、并生成新的空间方案与空间行为等。系统是否具备这些能力，应由任务完成率、数据覆盖率、预测或评估误差、规则更新记录与人工干预情况衡量，而不能仅凭模块名称判断。空间伦理以“以人为本、文化赓续、科技向善”为原则，对隐私、安全、公平、生态和问责设置底线。

3.4 法则中枢何以贯通本体与实证

八通则不是独立的政策清单，而是构成层层咬合的法则链：基本原则确立公理，时空基准奠定空间认知坐标，空间语言提供描述媒介，空间编码确立对象身份，空间要素界定构成单元，空间基因赋予文化身份，空间能力激活生命特征，空间伦理设定价值边界。前一通则为后一通则提供前提，后一通则反过来检验前一通则的可操作性。这种递进咬合结构，使基本法则成为一个内在自洽的法则体系而非松散的规则集合。

基本法则的体系性恰恰是其作为“法则中枢”的不可替代之处。在具空智能本体论一侧，基本法则把“空间是有能动性的动态过程”这一抽象论断法则化为八通则所规范的具体方面：能动性体现为空间能力（建构、感知、学习、演进），动态性体现为时空基准（四维交织）与空间语言（动态语义），过程性体现为灵性进化律的持续迭代。在量子城市方法论一侧，基本法则为“一城三界”的协同运行提供法则约束：实境受全息构建律规范，数境受灵性进化律驱动，悟境受空间伦理与文化基因守护；“五星生态”与“九章算术”的具体技术架构，均在基本法则的框架内运行。

由此，本文形成“灵境—具空智能—基本法则—量子城市—上海实践探索”的分析链：灵境提供问题来源，具空智能提出本体论假设，基本法则将其转化为规范性要求，量子城市提供方法组织，上海实践用于说明应用潜力。该链条是否成立，最终取决于外部评价，而非概念之间的相互支持。

3.5 适用边界与可证伪条件

本框架适用于3个条件同时存在的场景：空间对象可被稳定划分和编码；多源数据能够持续更新并追溯来源；治理问题存在多个可比较、具有一定可逆性的备选方案。对数据稀缺、对象边界无法稳定对应、目标单一且已有成熟方法足以处理，或权利约束使方案不可调整的场景，不宜使用“量子城市”框架。

框架的失败条件包括：其一，空间单元、状态和更新规则不能映射为可观察变量或不能被第三方复现；其二，在同一数据与约束下，相对于传统控规、GIS分析或现有模型，未在预测误差、方案质量、响应效率、资源消耗或公众评价等预先登记指标上形成增益；其三，可审计性、公平性、隐私或生态代价超过项目预设阈值。出现第一种情形时，应删除量子语汇；出现后两种情形时，应否定该框架在该场景中的有效性。

4 基本法则的治理学含义

4.1 最小空间单元

基本法则的治理学落地，首先体现在最小空间单元（空间米料）。建筑层面可按

《上海城市规划》 https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

“间”、基础设施层面可按“段”确定操作颗粒，并为其配置时空编码、几何—功能—主体字段、地方性参数、状态更新记录和伦理约束。单元并非天然存在，其尺度须依据治理任务设定，并通过跨数据源匹配率和更新稳定性检验。

治理层面的语义身份可由静态土地用途代码扩展为随时间和情境变化的条件分布。例如，同一空间单元在工作日白天可分别以0.7、0.2和0.1的权重表示商业、社区服务与文化展示方案，夜间再依据活动数据校准。该表达是经典概率或多准则配置模型；其价值在于显式保留备选用途并记录调整依据，而非证明量子叠加。

4.2 实践、反馈、调整闭环

本文将基本法则的运行机制概括为“实践—反馈—调整”（Practice-Feedback-Adjustment）闭环。其思想可与自创生系统通过持续过程维持组织身份的研究对话[29]：“实践”是在世界模型中开展因果情景推演[30-31]，“反馈”整合传感数据与居民价值判断，“调整”依据反馈更新单元语义并在审查后触发渐进改造。闭环是否有效，应通过版本记录、预测误差、公众反馈和实施结果交叉验证。

该闭环具有递归特征：系统决策改变空间，改变后的空间又成为下一轮输入。与目标函数预先固定的优化方法相比，生成式治理允许目标随公共价值和情境变化而修订；但目标修订必须经过公开程序和人工复核，不能由模型自行定义。灵性进化律的作用，正是要求记录这种修订、比较其结果并在偏离价值边界时回滚。

4.3 从“约束者”到“赋能者”

基本法则试图推动空间从单纯“约束条件”转向可支持多种活动的“赋能环境”。在传统刚性分区中，治理主要核查用途合规；在具空智能框架中，还需评估空间能否在安全、权利和环境底线内响应不同需求。可移动隔断、分时复合使用等技术只能作为候选手段，其是否改善15分钟生活圈等目标，仍须以可达性、冲突成本和使用者评价检验[32]。

这一转变可由两组对照澄清：在“数据展示—方案生成”维度，传统数字孪生主要承担状态镜像与可视化，具空智能则尝试在基本法则约束下生成并比较情景[33]；在“预测控制—演化适应”维度，前者倾向于固定目标并优化，后者允许在公共程序中修订目标。两种方法并非互斥，是否需要生成式机制应依据问题不确定性、实施成本和可审计要求来判断。

5 上海实践框架设计

5.1 复兴岛作为实践场景

复兴岛是上海主城区岛屿型地区，面积约1.1 km²，“规划留白”和“三岛融合”构想使其成为适合讨论数字化空间治理的应用场景[34]。但本文掌握的材料仅能说明选址条件与规划意图，尚无地块编码样本、系统输入—输出、实施前后数据或对照结果。因此，本节不把复兴岛称为实证基地，也不据此声称基本法则已经得到验证，而只是提出验证维度。

“数字岛—艺术岛—人民岛”可分别对应产业创新、文化生产和公共价值3个观察维度。后续验证应把这一愿景转化为可测变量，例如空间复合使用率、公共服务可达性、文化空间连续性、能源与碳排、方案接受度和弱势群体受益情况。

5.2 云宇星空“1+N”体系的框架对应

公开材料显示，云宇星空以规划资源“一张图”和三维空间网格为基础，设置城市空间治理大模型及专业语料库、数据共享、监测、评估、设计生成和资产管理等垂类应用[7]8-9。其模块可与基本法则形成对应：网格与编码对应空间编码，语料库对应空间语言，监测对应空间感知，设计生成对应空间建构，评估对应空间学习。

上述对应只证明框架能够解释系统构成，并不去证明系统已经实现相应能力。要从“模块存在”推进到“能力成立”，至少应公开一个完整任务的输入数据、规则版本、生成结果、人工修订和评价指标，并与传统工作流程在相同约束下比较。因此，本文将云宇星空定位为工程框架与待验证对象。

5.3 验证方案与最低证据要求

可选择复兴岛一个边界明确的街坊或公共空间单元开展概念验证：在相同现状数据、法规与成本约束下，分别由传统控规流程和基本法则框架生成或筛选方案；记录空间单元编码、状态更新规则、备选方案及人工干预；比较功能适配度、公共服务可达性、环境绩效、实施成本、公众偏好、计算耗时与审计完整性。指标、阈值和分析方法须在实验前登记，数据与代码在合规范围内留存。只有取得可复现的相对增益，方可把“实践探索”进一步表述为“实证验证”。

6 讨论：伦理边界与后人类主义视野

6.1 三重伦理风险与基本法则的内在约束

该框架面临3类主要伦理风险。其一，算法黑箱可能使决策链脱离公共审议，因而空间能力与空间伦理通则应要求“建议—审查—执行—评估”全链可追溯，并保留人工否决和申诉接口。其二，历史偏见可能经训练数据进入治理决策[35]，因此应检验报告数据代表性、群体误差与分配影响，而不能以“平衡数据集”或“伦理声明”等模块名称代替检测结果。其三，量子语汇可能造成认知误用；凡不能落实为离散单元、备选状态、决策锁定或可测网络耦合的内容，均值得再思考。以上均为规范性要求，并非对现有系统能力的事实陈述。

6.2 从“人类工具”到“生态伙伴”

在后人类主义与行动者网络理论视野中，自然、技术和机器可被纳入共同的行动网络[36-37]。据此，具空智能可以提出“空间作为生态伙伴”的规范性设想：传感网络、算法和数字孪生不只是工具，也会参与行动条件的形成。需要强调，这是一种理论立场而非已被证实的事实；系统仍须接受人的最终责任、公共审议以及“人民城市”价值目标的约束[38]。

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

6.3 与关系空间、网络城市理论的边界

空间本体研究并非从容器论直接跃迁到具空智能，而是经历了生产空间、关系空间、流空间和网络城市等多条相互对话的线索。Massey[39]把空间理解为同时存在的关系过程；Castells[40]以“流空间”解释信息时代的网络组织；Batty[41]进一步把城市刻画为由流与网络构成的复杂系统。这些研究已覆盖动态、关系和网络等关键维度。

因此，具空智能的增量不在于再次宣称空间具有关系性，而在于提出一个更窄的可检验问题：当感知、模型与反馈机制嵌入空间环境后，是否产生了相对于既有“关系—网络”模型可区分的解释与治理增益。若不能证明这种增量，具空智能应被视为整合性概念，而非新的本体论转向。

7 结论与展望

本文围绕概念层级、类比边界、规则结构和实践证据4个问题，形成以下结论。

第一，灵境提供了重新讨论人—机—环境关系的问题来源，具空智能是关于嵌入式感知、算法和反馈如何使空间参与行动的本体论假设；量子城市是方法论探索，其基本法则是把该假设转化为可执行、可审计要求的规范性中介。三者的层级边界由此得以明确。第二，“量子”只能作为离散表达、备选状态共存、决策锁定和网络耦合的启发式类比；条件概率、张量和网络模型仍属于经典计算，不能根据名称推导量子性；量子计算是未来城市规划与治理的愿景展望与技术接口。第三，全息构建律、灵性进化律与虚实守恒律分别约束现实映射、受控更新和资源—价值边界，并通过八通则形成多对多的执行链。第四，框架的适用性必须由可观察变量、最佳现有基线和预设指标来检验，不依靠内部概念而循环自证。第五，复兴岛与云宇星空现阶段只能说明应用场景与模块对应，尚不构成实证验证。

本文的局限在于缺少微观空间单元样本、完整系统输入—输出、对照方案和实施结果。后续研究应优先完成一个可复现的概念验证，并在建成区与留白地区分别检验跨场景迁移；随后再讨论规则的法学化、具空智能与具身智能的协同，以及量子算法能否在特定城市子问题上形成相对经典基线的真实增益。

量子城市基本法则的价值，不在于技术修辞是否新颖，而在于能否把未来城市治理中的多种可能、动态反馈与价值边界转化为可比较、可问责、可修正的公共决策过程。而“量子”隐喻的不可替代性，恰在于其迫使规划思维从经典还原论的“预测—控制”逻辑，转向承认不确定性、保留叠加态，并在价值边界内受控坍缩的生成式治理逻辑。

参考文献 References

[1] 钱学森. 致汪成为同志的信（1990年11月27日）[M]//涂元季，顾吉环，李明，编. 钱学森书信选（上卷）. 北京：国防工业出版社，2008：299.
Qian Xuesen. Letter to Wang Chengwei (November 27, 1990)[M]//Tu Yuanji, Gu Jihuan, Li Ming, Eds. Selected letters of Qian Xuesen (Vol. 1). Beijing: National Defense Industry Press, 2008: 299.

[2] 陈鼓应. 老子今注今译[M]. 北京：商务印书馆，2003.
Chen Guying. Modern annotations and translations of Laozi[M]. Beijing: The Commercial Press, 2003.

[3] 涂元季，顾吉环，李明，编. 钱学森书信选[M]. 北京：国防工业出版社，2008.
Tu Yuanji, Gu Jihuan, Li Ming, Eds. Selected letters of Qian Xuesen[M]. Beijing: National Defense Industry Press, 2008.

[4] 段进，姜莹，李伊格，等. 空间基因的内涵与作用机制[J]. 城市规划，2022，46（3）：7-14.
Duan Jin, Jiang Ying, Li Yige, et al. Space gene: connotation and functional mechanism[J]. City Planning Review, 2022, 46(3): 7-14.

[5] 王建国，周俭，田莉，等.“城市更新的创新实践与关键突破”学术笔谈[J]. 城市规划学刊，2025（2）：1.
Wang Jianguo, Zhou Jian, Tian Li, et al. Academic discussion on innovative practices and key breakthroughs in urban regeneration[J]. Urban Planning Forum, 2025(2): 1.

[6] 杨滔，顾明. 具空智能：智能时代城市空间的本体论探讨[J]. 城市规划，2026，50（4）：89-96.
Yang Tao, Gu Ming. Em-spaced intelligence: an ontological exploration of urban space in the intelligent age[J]. City Planning Review, 2026, 50(4): 89-96.

[7] 张玉鑫. 打造量子城市构建数字化赋能超大城市治理新模式[J]. 中国测绘，2025（5）：7-10.
Zhang Yuxin. Building the quantum city: constructing a new model of digitally empowered mega-city governance[J]. China Surveying and Mapping, 2025(5): 7-10.

[8] Yang Tao, Lai Yuan. The genesis of artificially evolved spatial organisms: from static syntax to dynamic semantic generation in the “deep water” of urban regeneration[J]. China City Planning Review, 2026, 35(2): 49-56.

[9] Martin L. The grid as generator[M]//Martin L, March L. Urban space and structures. Cambridge: Cambridge University Press, 1972: 6-27.

[10] Hillier B, Leaman A, Stansall P, et al. Space syntax[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1976, 3(2): 147-185.

[11] Benedikt M L. To take hold of space: isovists and isovist fields[J]. Environment and Planning B: Planning and Design, 1979, 6(1): 47-65.

[12] Husserl E. The crisis of European sciences and transcendental phenomenology[M]. Carr D, translate. Evanston: Northwestern University Press, 1970.

[13] 沈甜雨，陶子锐，王亚东，等. 具身智能研究的关键问题：自主感知、行动与进化[J]. 自动化学报，2025，51（1）：43-71.
Shen Tianyu, Tao Zirui, Wang Yadong, et al. Key problems of embodied intelligence research: autonomous perception, action, and evolution[J]. Acta Automatica Sinica, 2025, 51(1): 43-71.

[14] Lefebvre H. The production of space[M]. Nicholson-Smith D, translate. Oxford: Blackwell, 1991.

[15] Hillier B. Space is the machine: a configurational theory of architecture[M]. Cambridge: Cambridge University Press, 1996.

[16] 王建国. 基于人机互动的数字化城市设计：城市设计第四代范型刍议[J]. 国际城市规划，2018，33（1）：1-6.
Wang Jianguo. Digital urban design based on human-machine interaction: a tentative discussion on the fourth-generation paradigm of urban design[J]. Urban Planning International, 2018, 33(1): 1-6.

[17] Lin X, Yang T, Law S. From points to patterns: an explorative POI network study on urban functional distribution[J]. Computers, Environment and Urban Systems, 2025, 117: 102246.

[18] Barad K. Meeting the universe halfway: quantum physics and the entanglement of matter and meaning[M]. Durham: Duke University Press, 2007.

[19] Biamonte J, Wittek P, Pancotti N, et al. Quantum

《上海城市规划》 https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.

machine learning[J]. Nature, 2017, 549(7671): 195-202.

[20] Preskill J. Quantum computing in the NISQ era and beyond[J]. Quantum, 2018, 2: 79.

[21] Arute F, Arya K, Babbush R, et al. Quantum supremacy using a programmable superconducting processor[J]. Nature, 2019, 574(7779): 505-510.

[22] IEEE Computational Intelligence Society. 2025 IEEE International Conference on Quantum Artificial Intelligence (IEEE QAI 2025)[EB/OL]. [2026-05-25]. https://qai2025.unina.it/.

[23] Jaschke D, Pagano A, Weber S, et al. Ab-initio tree-tensor-network digital twin for quantum computer benchmarking in 2D[J]. Quantum Science and Technology, 2024, 9(3): 035055.

[24] The Royal Swedish Academy of Sciences. The Nobel Prize in Physics 2025: for the discovery of macroscopic quantum mechanical tunnelling and energy quantisation in an electric circuit[EB/OL]. (2025-10-07) [2026-05-25]. https://www.nobelprize.org/prizes/physics/2025/.

[25] Larocca M, Thanasilp S, Wang S, et al. Barren plateaus in variational quantum computing[J]. Nature Reviews Physics, 2025, 7: 174-189.

[26] Li W, Ma Y, Deng D L. Pitfalls and prospects of quantum machine learning[J]. Nature Computational Science, 2025, 5: 1095-1097.

[27] Marchesin A, Montrucchio B, Giaccone P, et al. Improving urban traffic mobility via a versatile quantum annealing model[J]. IEEE Transactions on Quantum Engineering, 2023, 4: 1-19.

[28] Lefebvre H. Rhythmanalysis: space, time and everyday life[M]. Elden S, Moore G, translate. London: Continuum, 2004.

[29] Varela F G, Maturana H R, Uribe R. Autopoiesis: the organization of living systems, its characterization and a model[J]. Biosystems, 1974, 5(4): 187-196.

[30] Ha D, Schmidhuber J. Recurrent world models facilitate policy evolution[C]//Advances in Neural Information Processing Systems 31 (NIPS 2018). 2018.

[31] Batty M. The computable city: histories, technologies, stories, predictions[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2024.

[32] Moreno C, Allam Z, Chabaud D, et al. Introducing the “15-minute city”: sustainability, resilience and place identity in future post-pandemic cities[J]. Smart Cities, 2021, 4(1): 93-111.

[33] Batty M. Generative AI[J]. Environment and Planning B: Urban Analytics and City Science, 2025, 52(5): 1031-1034.

[34] 上海市规划和自然资源局. 关于印发《上海城市空间治理领域人工智能应用暨量子城市空间智能建设工作实施方案（2026—2027年）》的通知（沪规划资源数〔2025〕254号）[Z]. 2025.
Shanghai Municipal Bureau of Planning and Natural Resources. Notice on issuing the *Implementation Plan for the Application of Artificial Intelligence in Shanghai’s Urban Spatial Governance and the Construction of Quantum City Spatial Intelligence (2026-2027)*[Z]. 2025.

[35] Anguelovski I, Connolly J J T, Garcia-Lamarca M, et al. New scholarly pathways on green gentrification: what does the urban “green turn” mean and where is it going?[J]. Progress in Human Geography, 2019, 43(6): 1064-1086.

[36] 吴志强. AI4City:人工智能赋能城市的理论框架[J]. 国际大都市发展研究（中英文），2025，2（2）：5-19.
Wu Zhiqiang. AI4City: theoretical framework of AI empowerment for cities[J]. International Metropolitan Development Studies, 2025, 2(2): 5-19.

[37] Latour B. Reassembling the social: an introduction to actor-network-theory[M]. Oxford: Oxford University Press, 2005.

[38] 苏显龙，赵晓曦. 人民城市人民建，人民城市为人民[N]. 人民日报，2024-11-22.
Su Xianlong, Zhao Xiaoxi. People’s city is built by the people, people’s city serves the people[N]. People’s Daily, 2024-11-22.

[39] Massey D. For space[M]. London: SAGE Publications, 2005.

[40] Castells M. The rise of the network society[M]. 2nd ed. Oxford: Wiley-Blackwell, 2010: 407-459.

[41] Batty M. The new science of cities[M]. Cambridge, MA: MIT Press, 2013.

《上海城市规划》https://www.shplanning.com.cn/. All rights reserved.