

双场统一理论：暗能量虚空场与统一量子场的宇宙动力学、场输运循环与观测预言

Dual-Field Unified Theory: Cosmic Dynamics, Field Transport Cycle and Observational Predictions of Dark Energy Void Field and Unified Quantum Field

摘要

本文构建二元场宇宙动力学模型，定义宇宙存在两类全域基础性动力学场：暗能量性质的虚空场与承载物质能量的统一量子场。理论满足洛伦兹协变性与能量守恒约束，无绝对静止参考系。

通过引入引力梯度边界阻尼机制与大尺度场输运连续方程，本文给出引力场梯度结构、引力波远近场演化差异、宇宙大尺度场流动、局地星系运动与全域宇宙膨胀的协同动力学规律。模型在不违背现有观测的前提下，给出三组定量可检验的物理预言。

****关键词：****双场理论；虚空场；暗能量；统一量子场；场耦合；引力波；巨引源；场输运连续性方程；宇宙膨胀

Abstract

This paper constructs a dual-field cosmic dynamic model and defines two fundamental universal dynamic fields in the universe: the dark-energy-based void field and the unified quantum field that carries all matter and energy. The theory satisfies Lorentz covariance and energy conservation without introducing an absolute static reference frame.

By introducing a gravitational gradient boundary damping mechanism and a large-scale field transport continuity equation, this paper presents the coordinated dynamic laws of gravitational gradient structure, near-far field evolutionary differences of gravitational waves, large-scale cosmic field flow, local galactic motion, and global cosmic expansion. Three sets of quantitatively testable physical predictions are provided under the constraint of existing observational results.

Key words: dual-field theory; void field; dark energy; unified quantum field; field coupling; gravitational wave; Great Attractor; field transport continuity equation; cosmic expansion

一、引言

本文是前期《场压替代引力模型：基于虚空场—量子场双场框架的物理假说》研究的拓展完

善版本，补充完整数理框架、引力波动力学与定量观测预言。

Classical ether hypothesis is excluded by modern physics due to the existence of an absolute reference frame and Lorentz symmetry violation. The dual-field model proposed in this paper is physically different from the classical ether framework. The void field in this model corresponds to the dynamic background of cosmic dark energy, rather than a static medium for light propagation. The unified quantum field covers all matter field excitations described in the Standard Model.

General relativity describes gravity as spacetime geometric curvature without physical background field dynamics. The Λ CDM model can fit cosmic expansion phenomena but cannot naturally explain the coexistence of local inhomogeneous flow and global expansion. Existing dark energy fluid models and modified gravity theories adopt single-field frameworks and cannot describe scale-dependent field attenuation and large-scale field circulation effects.

This paper establishes a dynamic system composed of a void field and a unified quantum field. By constructing field coupling rules and large-scale transport constraints, it provides a basic dynamic description for cosmic microscopic excitation and macroscopic large-scale structure evolution.

二、基本公设 / Postulates of Dual-Field Dynamics

公设 1 两类全域基础场 / Postulate 1 Two Fundamental Universal Fields

1. 虚空场 Void Field: 充满宇宙的均匀动力学暗能量背景场，提供基础空间挤压压强与大尺度引力梯度分布，支持长距离波动传播，不存在固有耗散。
2. 统一量子场 Unified Quantum Field: 连续多自由度基础场，承载宇宙全部物质与能量，包含微观粒子激发以及宏观大尺度场流动。

标准模型描述的所有基础场形式，包括电磁场、电子场、夸克场、希格斯场，都对应统一量子场在不同能量条件、不同扰动强度下的不同激发模式。

该物理内涵可以用水的物相变化做类比：基础组成不变，在不同温度压强条件下出现固态、液态、气态。同理，传统物理描述里各类独立场与粒子激发，是统一量子场在不同边界条件下呈现的宏观表现。本框架完整保留标准模型全部微观量子现象与粒子相互作用结果。

公设 2 引力梯度边界效应 / Postulate 2 Gravitational Gradient Boundary Effect

大质量天体形成半径为 R_g 的有效引力梯度区域。梯度区内，虚空场与量子场强耦合，双场扰动同步传播，无湍流衰减。梯度边界以外，量子场扰动受宇宙湍流密度影响，产生环境依赖的阻尼衰减。

公设 3 双场耦合与能量守恒 / Postulate 3 Dual-Field Coupling and Energy

Conservation

虚空场与统一量子场之间可以发生能量动态转换。宇宙总场能保持守恒。量子场扰动耗散的能量完全转化为虚空场的背景压强势能。

公设 4 宇宙大尺度结构物理本质 / Postulate 4 Physical Nature of Large-Scale Cosmic Structure

1. 宇宙丝状结构 Cosmic Filament Structure: 高量子场密度、强场耦合的量子场输运通道。
2. 宇宙空洞结构 Cosmic Void Structure: 低湍流、虚空场平滑占优区域，是宇宙膨胀的主要区域。

三、基本数学框架 / Basic Mathematical Framework

3.1 虚空场引力梯度 / Void Field Gravitational Gradient

$$\nabla P_V(r) = k_V \frac{M}{r^2}$$

虚空场压强梯度指向质心，形成宏观引力效应。

3.2 引力有效边界 / Gravitational Effective Boundary

$$R_g = \eta R_h$$

R_h 代表视界尺度， η 为引力势有效作用范围系数。

3.3 统一量子场分段阻尼演化方程 / Piecewise Damping Evolution Equation of Unified Quantum Field

引力边界以内 ($r \leq R_g$) / Inside Gravitational Boundary

$$\partial_t^2 A_Q - c^2 \nabla^2 A_Q = 0$$

量子场扰动与虚空场同步传播，无耗散。

引力边界以外 ($r > R_g$) / Outside Gravitational Boundary

$$\partial_t^2 A_Q - c^2 \nabla^2 A_Q + \gamma(\rho_t) \partial_t A_Q = 0$$

$$\gamma(\rho_t) = k_Q \rho_t$$

阻尼系数与局域宇宙湍流密度 ρ_t 正相关。

特征衰减长度 / Characteristic Attenuation Length

$$L_Q = \frac{c}{\gamma(\bar{\rho}_t)}$$

宇宙丝状体典型湍流条件下，量子场振幅在 300–500 光年之内衰减至初始振幅的 1%；低湍流宇宙空洞中，有效传播距离延长至 10000–30000 光年。

3.4 大尺度量子场输运连续性方程 / Large-Scale Quantum Field Transport Continuity Equation

$$\frac{\partial \rho_Q}{\partial t} + \nabla \cdot (\rho_Q \mathbf{v}_Q) = 0$$

大尺度宇宙结构稳态循环条件下，通量满足：

$$\Phi_{\text{filament-in}} = \Phi_{\text{sink}} + \Phi_{\text{void-out}}$$

来自丝状体通道的量子场流入量，等于朝向大尺度宇宙结构的纵向输运通量与向宇宙空洞横向释放通量之和。

3.5 双场能量守恒 / Dual-Field Energy Conservation

$$E_{\text{total}} = E_V + E_Q = \text{Constant}$$

$$\partial_t E_V = -\sigma_{VQ}, \quad \partial_t E_Q = \sigma_{VQ}$$

两场之间能量转换满足动态平衡。

3.6 虚空场远场传播规则 / Far-Field Propagation Rule of Void Field

$$A_V \propto \frac{1}{r}$$

虚空场扰动仅产生几何衰减，不受宇宙湍流影响。

四、大尺度宇宙动力学机制 / Large-Scale Cosmic Dynamic Mechanism

4.1 宇宙网络稳态输运机制 / Steady Transport Mechanism of Cosmic Network

宇宙丝状体构成统一量子场连续高密度输运通道。巨引源在量子场中形成大尺度低压扰动中心。压差驱动丝状体内部量子场产生定向稳态输运。

4.2 量子场分流与全域宇宙膨胀机制 / Divergence Mechanism of Quantum Field and Global Cosmic Expansion

巨引源汇集的量子场存在两条输运路径：

1. 沿丝状体朝向宇宙长城等超大尺度结构的纵向输运；
2. 向邻近宇宙空洞横向释放注入。

释放进入空洞的量子场与虚空场背景压强叠加，产生向外的结构膨胀效应。超大宇宙结构复刻同样的输运释放过程。多尺度场释放叠加，形成宇宙全域膨胀。

星系朝向巨引源局地汇聚，和宇宙全域膨胀，在双场循环体系内动力学自洽共存。

4.3 银河系视运动效应 / Apparent Motion Effect of the Milky Way

观测到银河系朝向巨引源大约 600 km/s 的运动，是星系本动与大尺度量子场定向流动叠加的结果。人类观测只能捕捉星系相对位移，无法直接探测量子场本身的背景输运。传统的纯引力坠落解释是实际动力学过程的简化描述。

4.4 太阳系动力学稳定性 / Dynamic Stability of the Solar System

太阳系处于低湍流次级空洞区域。局地量子场湍流微弱，虚空场梯度平滑，形成稳定局地动力学环境，与太阳系轨道长期稳定特征相符。

五、黑洞并合扰动机制 / Disturbance Mechanism of Black Hole Merger

本文仅讨论黑洞系统的外部场动力学效应。黑洞形成强局地虚空场梯度区域。双黑洞并合在引力梯度边界以内激发同步双场扰动。扰动传播超出有效引力范围之后，量子场分量在宇宙湍流作用下逐步衰减。只有虚空场压强扰动可以长距离传播至观测端。黑洞视界对应虚空场压强梯度的临界边界。

六、定量观测预言 / Quantitative Observational Predictions

预言 1 量子场扰动的尺度选择性衰减 / Prediction 1 Scale-Selective Attenuation of Quantum Field Perturbation

量子场扰动振幅存在明显环境依赖的衰减差异：量子场分量在丝状体区域快速衰减，在空洞区域衰减缓慢；虚空场分量可长距离传播，不存在机制性衰减。该尺度选择性衰减特征，广义相对论与单一场暗能量模型不具备。

预言 2 近邻双星系统的低频虚空场扰动 / Prediction 2 Low-Frequency Void Field Perturbation from Nearby Binary Systems

近邻致密双星系统持续激发低频长周期虚空场扰动，可以跨光年传播至地球。这类低振幅、超低频信号无法被地面引力波探测器检出，可由未来空间低频探测设备检验。

预言 3 虚空场局地梯度瞬变效应 / Prediction 3 Local Gradient Transient Effect of Void Field

远距离虚空场扰动扫过地球空间时，与局地背景场产生次级耦合效应，产生微小引力梯度瞬变信号。产生机制属于场耦合响应，区别于广义相对论时空几何形变机制。

七、与现有理论框架对比 / Comparison with Existing Theoretical Frameworks

现有的暗能量流体模型、修正引力理论均采用单一场动力学框架，无法描述尺度依赖的场衰减效应以及大尺度场循环过程。广义相对论侧重于几何描述，不包含物理背景场输运和能量转换机制。

本文双场框架引入两类背景场动力学行为，在满足现有物理定律与实验约束的前提下，实现微观激发、天体尺度扰动、宇宙大尺度循环的协同描述。

八、模型局限与展望 / Limitations and Prospects

模型中场耦合系数、湍流阻尼系数、大尺度输运通量系数等参数，还需要高精度巡天数据进一步标定拟合。后续研究可以进一步细化统一量子场微观激发特征、大尺度宇宙循环精细结构，以及场输运对宇宙膨胀参数的动力学修正效应。

九、结论 / Conclusion

本文提出一套由暗能量虚空场和统一量子场构成的双场宇宙动力学框架。通过建立场耦合规则与大尺度输运连续方程，解释引力梯度动力学起源、引力波扰动远近场演化差异、局地星系视运动以及宇宙全域膨胀循环机制。

统一量子场框架容纳标准模型全部激发模态与微观相互作用现象。双场动力学系统满足能量守恒与洛伦兹协变性。本文给出的定量观测预言，可供后续实验检验与理论拓展。

致谢

本文作者为独立研究者，科研与计算资源有限。欢迎具备理论物理、数值模拟、天文观测相关基础的研究者开展学术交流与合作，共同完成模型校验、参数拟合与观测比对工作。

Acknowledgements

The author is an independent researcher with limited research and computational resources. Researchers with backgrounds in theoretical physics, numerical simulation or astronomical observation are welcome for academic exchanges and collaborations to carry out model verification, parameter fitting and observational comparison.

References