

能量信息汤双态演化宇宙模型： 一个基于熵增熵减博弈的宇宙学框架 ——暗能量-暗物质同源、物质跃迁机制与红移微 修正

吴炳祥（笔名：吴空）

讨论邮箱：326022220@qq.com

2026 年 9 月 30 日

摘要

当前主流宇宙学标准模型（ Λ CDM 模型）依托时空膨胀、宇宙学常数假说可拟合多数天文观测，但长期存在暗能量物理本体不明、暗物质微观机制缺失、正反物质不对称本源、宇宙热寂悖论等底层不自洽问题。本文基于原创全域基底假设，提出能量信息汤双态宇宙模型，兼容 Λ CDM 模型经典观测结论，同时构建全新的统一动力学框架。本模型以全域动态标量场（隐性能量信息汤）为宇宙唯一本源，通过标量场全局熵增弥散（暗能量）与局部熵减凝聚（暗物质、显性物质）的双态博弈机制，统一解释暗能量、暗物质、粒子虚实跃迁、星系大尺度结构、正反物质不对称等核心宇宙学现象。模型保留经典时空膨胀的观测有效性，仅引入基底介质微修正，实现微观粒子、宏观宇宙、自然相变规律的跨尺度统一，规避传统模型固有悖论，形成可对话、可证伪、可迭代的新型宇宙学概念框架。通过玩具模型数值模拟初步验证了机制可行性。

关键词：能量信息汤；双态演化；暗能量；暗物质；物质跃迁；熵增熵减；宇宙红移；正反物质不对称；双核驱动；文明诞生

目录

1 引言	4
2 模型核心基础公理	4

目录	2
3 三者同源异相与宇宙物质生成总链条	5
3.1 同源异相总链条	5
3.2 链条第一环：暗能量（全局熵增弥散）	5
3.3 链条第二环：暗物质（局部熵减凝聚）	5
3.4 链条第三环：显性物质（高度耦合跃迁结构）	5
3.5 链条循环闭合	5
4 暗能量物理机制：标量场慢滚熵增弥散（兼容广义相对论）	6
5 暗物质的真实物理本质	6
6 隐性物质向显性物质的完整跃迁机制	7
6.1 完整跃迁链条	7
6.2 跃迁三核心条件（对标自然现象）	7
6.3 宏观类比统一	7
6.4 显性物质的两种驱动模式	7
6.4.1 中心驱动（单核）——绝大多数非生命物质	7
6.4.2 双核驱动——生命体与类生命系统	8
6.4.3 两种模式的本质区别	8
7 正反物质与湮灭的底层机制	8
7.1 正反物质本质	8
7.2 湮灭真实机理	9
7.3 正反物质不对称终极解释	9
8 宇宙红移机制：经典膨胀主导 + 基底介质微修正	9
9 宇宙循环演化总图景（无起点、无爆炸、无热寂）	10
10 新旧模型对比优势	10
10.1 传统 Λ CDM 模型缺陷	10
10.2 本模型创新优势	10
11 玩具模型数值模拟初步验证（toy model）	11
11.1 模拟结果	11
11.2 玩具模型定位与物理映射	12
11.3 模型局限性	12
12 结论与展望	13

目录	3
13 讨论与哲学注记	13
13.1 双核驱动与文明诞生	13
13.2 模型局限性与未来方向	13
13.3 参考文献	14
A 数值模拟方法	15
A.1 复标量场方程	15
A.2 模拟参数	15
A.3 功率谱计算	15

1 引言

现代宇宙学基于大爆炸理论与 Λ CDM 标准模型，构建了现代宇宙观测的解释框架，成功拟合部分天文观测数据，但存在多个根本性、长期无法解决的理论困境：

- 奇点疑难：**假设宇宙源于无限致密、无限高温的时空奇点，无法解释奇点之前的物理状态与物质来源，违背物质守恒逻辑；
- 暗能量本质空白：**标准模型定义暗能量为空间固有斥力能量，驱动宇宙膨胀，但无法解释其物理本体、作用机制与宇宙占比（68%）的成因；
- 暗物质物理机制不明：**仅观测到引力束缚效应，未发现暗物质粒子，无法解释暗物质只分布于星系周边、维系星系结构的规律；
- 正反物质不对称悖论：**大爆炸理论预测创世之初正反物质等量生成，但可观测宇宙几乎全部为正物质，反物质仅短暂微量存在，无合理解释；
- 热寂终极悖论：**传统熵增理论预言宇宙最终能量均匀弥散、一切运动终止，走向热寂终结，无法解释宇宙持续演化、结构生生不息的观测事实；
- 宇宙红移机理单一固化：**唯一解释为空间拉伸膨胀，无法排除光子传播耗散、介质扰动等底层替代机制。

为解决 Λ CDM 模型底层悖论与机制缺失问题，本文构建能量信息汤双态演化统一模型。模型完全兼容经典宇宙时空膨胀核心观测结论，摒弃传统奇点创世、暗能量斥力唯象假设，以熵增熵减双态博弈、势能差扰动、凝核催化跃迁为跨尺度底层规律，对标精质暗能量（Quintessence）、模糊暗物质（FDM）、共形循环宇宙学（CCC）等前沿学术体系，建立无起点、无热寂、动态循环的稳态宇宙概念模型，为宇宙学统一研究提供全新思辨与理论框架。

2 模型核心基础公理

本模型建立三条唯一底层公理，全程自洽、无悖论、可跨尺度通用：

公理 1：宇宙本体为永恒连续的隐性能量信息汤。宇宙不存在绝对真空，全域充斥隐性能量信息汤，为宇宙唯一本源、永恒基底，无诞生起点、无消亡终点，不生不灭、连续分布、全域覆盖。所有物质、能量、天体、粒子结构，均为该基底不同耦合状态、不同涨落形态的表象。

公理 2：宇宙演化核心为双态对立统一博弈。宇宙始终维持两大底层趋势的动态平衡、持续博弈：

- 全局熵增趋势（暗能量本体）：**隐性能量信息汤天然趋向弥散、均匀、摊平，消解结构、抹平势能差，为宇宙大尺度主导趋势；

- **局部熵减趋势（物质生成本体）**：基底自发潮汐涨落，形成局部势能差与势能汇聚，凝聚结构、提升耦合度，为星系、粒子、生命等一切有序结构的生成来源。

公理 3：所有物质生成遵循「势能差 + 扰动 + 凝核」三要素。隐性物质向显性物质跃迁、无序基底生成有序结构，必须同时满足三个条件：局部势能差、基底潮汐扰动、跃迁凝核催化，三者缺一不可，与地球水汽凝结、雷电生成等自然规律完全同源。

3 三者同源异相与宇宙物质生成总链条

本章为全文核心总纲，明确暗能量、暗物质、显性物质三者同源异相、构成完整宇宙物质生成链条。

3.1 同源异相总链条

隐性能量信息汤（全域基底） $\xrightarrow{\text{全局熵增弥散}}$ 暗能量 $\xrightarrow{\text{局部熵减凝聚}}$ 暗物质 $\xrightarrow{\text{势能差} + \text{扰动} + \text{凝核}}$ 显性物质
(1)

3.2 链条第一环：暗能量（全局熵增弥散）

暗能量是隐性能量信息汤在宇宙尺度上的全局熵增弥散状态，表现为空间加速膨胀的观测效应。其物理本质为标量场全域均匀慢滚演化，详见第 4 章。

3.3 链条第二环：暗物质（局部熵减凝聚）

暗物质是隐性能量信息汤局部熵减凝聚形成的高耦合度团块，是显性物质生成前的过渡凝聚态。其核心作用为引力束缚恒星与星系气体，对抗暗能量弥散，维系星系结构稳定，详见第 5 章。

3.4 链条第三环：显性物质（高度耦合跃迁结构）

显性物质是暗物质在「势能差 + 扰动 + 凝核」三要素催化下发生虚实跃迁的产物。显性物质包括中心驱动型（单核）与双核驱动型两种模式，详见第 6 章。

3.5 链条循环闭合

显性物质通过湮灭、黑洞拆解等过程回归隐性能量信息汤基底，完成物质生成链条的循环闭合，实现宇宙无起点、无终点、永恒循环的动态平衡，详见第 7 章。

4 暗能量物理机制：标量场慢滚熵增弥散（兼容广义相对论）

传统 Λ CDM 模型以唯象宇宙学常数 Λ 描述暗能量效应，可拟合宇宙加速膨胀观测，但无真实物理载体与动力学演化机制。本模型将原创的“熵增弥散趋势”物理化、场论化：定义宇宙全域隐性能量信息汤为单一动态标量场 $\phi(x, t)$ ，暗能量并非抽象趋势、也非斥力作用力，而是标量场全域均匀慢滚演化的熵增弥散动力学效应，可通过标准引力-标量场作用量量化，直接嵌入爱因斯坦场方程，具备完整的应力-能量张量表述。

本模型核心创新为暗能量、暗物质同源异相，统一归源于全域标量场 ϕ 的不同动力学状态，对标 Quintessence 精质暗能量、FDM 模糊暗物质前沿理论，且实现二者的本源统一，优于传统二分模型。

模型最小规范作用量（可直接用于数值拟合与动力学推导）：

$$S = \int \sqrt{-g} \left[\frac{R}{16\pi G} + \frac{1}{2}(\partial_\mu \phi)(\partial^\mu \phi) - V(\phi) \right] d^4x \quad (2)$$

式中 R 为里奇标量， G 为牛顿引力常数， $\frac{1}{2}(\partial\phi)^2$ 为标量场动能项， $V(\phi)$ 为慢滚势能项。尺度区分规律：

- 星系、星系团内部：局部熵减引力汇聚效应强于暗能量弥散，物质结构稳定，不会被弥散拆解；
- 星系团之间超大虚空：暗能量弥散趋势绝对主导，表现为遥远星系相互远离的观测现象。

5 暗物质的真实物理本质

本模型统一暗物质与暗能量同源，二者为同一基底的两种形态：

1. 暗物质 = 局部汇聚、高耦合度的隐性能量信息汤团块；
2. 基底潮汐涨落造成局部势能抬升、物质汇聚，形成局部引力阱，具备稳定引力耦合效应、不参与电磁作用、不可直接观测，完全匹配暗物质所有观测特征；
3. 暗物质分布于星系周边，核心作用是引力束缚恒星与星系气体，对抗暗能量弥散，维系星系结构稳定；
4. 暗物质是局部熵减的产物，与全局熵增的暗能量形成精准对立：一聚一散、一收一放，构成宇宙动态平衡。

核心结论：暗能量（全局弥散熵增）、暗物质（局部汇聚熵减）、显性物质（高度耦合跃迁结构）三者同源，唯状态不同。

6 隐性物质向显性物质的完整跃迁机制

本文首创「虚实粒子凝结跃迁 + 凝核催化」微观生成机制，完美对标量子场涨落、粒子对撞实验现象，且贴合宏观自然相变规律。

6.1 完整跃迁链条

隐性能量信息汤（低耦合、不可观测）→ 潮汐涨落产生局部势能差、能量密度抬升 → 生成虚夸克、虚胶子过渡态（瞬时涌现、无凝核则快速消散）→ 跃迁凝核催化锚定（局部稳定耦合结构）→ 虚粒子凝结固化为实夸克、实胶子（稳定显性基本粒子）→ 逐级耦合形成质子、中子、原子、分子、宏观天体、生命结构。

6.2 跃迁三核心条件（对标自然现象）

1. **势能差**：基底局部能量不均，为跃迁基础门槛，类比云层温差电势差；
2. **潮汐扰动**：基底涨落搅动，打破均匀稳态，触发虚实转化；
3. **跃迁凝核**：已有稳定结构作为锚点，降低跃迁门槛，催化虚粒子固化，类比云层尘埃凝结核。

6.3 宏观类比统一

- 水汽（不可见弥散态）→ 凝结核 → 水滴/冰雹（可见显性结构）
- 隐性汤（不可见弥散态）→ 凝核 → 粒子/天体（显性宇宙结构）

微观粒子生成与宏观雨雪凝结，遵循完全同一套底层物理规律。

6.4 显性物质的两种驱动模式

显性物质在结构组织上呈现两种截然不同的驱动模式：中心驱动（单核）与双核驱动。这一区分对理解从非生命到生命的跃迁具有根本意义。

6.4.1 中心驱动（单核）——绝大多数非生命物质

能量与信息的汇聚、交换、存储**集中在中心**，外围只是被动的受体或附属结构。

特点：能量信息从中心向外辐射/传导，外围不参与能量信息的主动交换，只接收。

表 1: 中心驱动（单核）典型层级

层级	例子	中心驱动体现
微观	原子	原子核为中心，电子围绕运行
微观	分子	化学键能量集中于核心骨架
宏观	恒星	核心核聚变驱动，外围受引力束缚
宏观	行星	核心热源驱动地质活动
极端	黑洞	所有能量信息汇聚于奇点/核心

6.4.2 双核驱动——生命体与类生命系统

能量信息的汇聚、交换、存储在两个核心之间循环流转，形成持续的信息反馈闭环。

- **细胞**：细胞核（信息中心）+ 线粒体（能量中心）
- **植物**：根系（吸收能量）+ 叶片（光合信息交换）
- **动物**：大脑（信息中心）+ 心脏（能量泵送）
- **人类文明**：知识传承（信息核）+ 资源生产（能量核）

6.4.3 两种模式的本质区别

表 2: 中心驱动与双核驱动对比

特征	中心驱动（单核）	双核驱动
能量信息流向	中心 → 外围单向	双核双向循环
反馈闭环	无	有，持续反馈
自我演化能力	弱（稳定但僵化）	强（可自维持、自复制）
典型代表	原子、恒星、黑洞	细胞、植物、动物、文明

核心结论：中心驱动是显性物质的基础形态——能量信息从中心向外单向辐射，结构稳定但缺乏自我演化能力。双核驱动是显性物质的高级形态——能量核与信息核形成闭环反馈，系统具备自我维持、自我复制、自我演化的能力，这就是生命的本质。

7 正反物质与湮灭的底层机制

7.1 正反物质本质

正物质、反物质均为显性物质，是隐性能量汤跃迁生成的两套镜像耦合结构：

- **正物质**：稳态主流耦合组态，稳定性强、易长期聚集；
- **反物质**：镜像反向耦合组态，稳定性弱、极易消解。

7.2 湮灭真实机理

正反物质相遇并非物质消失、质量归零，而是两套镜像耦合结构相互抵消、解构解绑，显性结构解除锁定，重新回归底层隐性能量信息汤。湮灭释放的光子为跃迁解绑过程的能量载体，最终光子熵增耗散，彻底回归基底。

7.3 正反物质不对称终极解释

1. 基底自然潮汐涨落天然偏向生成稳态正物质；
2. 反物质镜像组态稳定性极差，即便局部跃迁生成，瞬间与正物质湮灭回归隐性汤；
3. 二者无法在同一空间共存，因此宇宙无大范围反物质星系、无独立反物质宇宙。

微观机制完备性（满足 Sakharov 三条件）：本模型严格满足重子生成萨哈罗夫 (Sakharov) 三条件：重子数破缺、C/CP 对称性破缺、非平衡热力学过程。通过引入规范 CP 破缺相互作用拉氏量，实现正反物质不对称的微观场论解释：

$$\mathcal{L}_{CP} = \frac{1}{M} \phi F_{\mu\nu} \tilde{F}^{\mu\nu} \quad (3)$$

式中 M 为高能标截断尺度， $F_{\mu\nu}$ 为电磁场规范场强， $\tilde{F}^{\mu\nu}$ 为对偶场强。标量场 ϕ 与规范场的耦合作用可精准引发 CP 对称性破缺，结合能量信息汤基底的非平衡涨落热力学过程，完整满足 Sakharov 重子生成核心条件。

8 宇宙红移机制：经典膨胀主导 + 基底介质微修正

传统宇宙学红移理论完全基于时空度规膨胀假说，可完美匹配 Ia 超新星时间膨胀、CMB 完美黑体谱、Tolman 面亮度 $(1+z)^{-4}$ 衰减三大核心观测铁证，是目前最可靠的宇宙学观测结论。本模型完全兼容经典膨胀核心结论，同时提出可检验的创新修正机制。

本模型核心定义：宇宙学红移主体由时空度规膨胀主导，隐性能量信息汤（标量场）作为全域动态介质，仅引入可量化、可观测的微修正项 $\Delta z(d, E)$ 。该修正项随光子传播距离 d 、光子能量 E 动态变化，不会破坏 CMB 黑体谱、超新星时间膨胀等经典观测结果，同时赋予模型独有的、区别于 Λ CDM 的可检验物理效应。

1. **经典观测兼容性**：时空度规膨胀为红移核心来源，完全适配超新星光变时间膨胀、CMB 绝热冷却黑体谱、Tolman 面亮度衰减等铁证，无任何观测冲突；

2. **模型创新修正：**全域标量场基底存在微观熵涨落与微弱能量耦合，光子长距离传播过程中产生微量、线性的能量修正，对应红移修正项 $\Delta z(d, E)$ ，修正幅度远小于膨胀主导项；
3. **可证伪定量特征：**修正效应仅显著存在于低红移大尺度宇宙、极高能伽马光子传播场景，高红移、低能光子修正可近似忽略，给出明确观测阈值，满足科学可证伪性；
4. **模型核心定位：**不颠覆主流观测范式，而是补充宇宙基底介质的微观物理效应，完善红移物理本质的底层解释，实现“经典观测 + 创新修正”的双向兼容。

9 宇宙循环演化总图景（无起点、无爆炸、无热寂）

基于双态博弈机制，构建终极稳态循环宇宙模型：

1. **无创世奇点：**基底永恒存在，无诞生时刻，所有结构为持续涨落的局部产物；
2. **无宇宙爆炸：**无整体爆炸膨胀，仅局部区域涨落、跃迁、解构；
3. **无热寂终结：**全局熵增永远无法彻底抹平所有势能差，基底持续自发潮汐涨落，不断产生新的局部熵减区域，新粒子、新星系持续诞生；
4. **永恒循环博弈：**全局暗能量弥散（解构） $\leftrightarrow$ 局部暗物质汇聚（凝聚） $\leftrightarrow$ 显性物质跃迁生成 $\leftrightarrow$ 湮灭/黑洞拆解回归基底 $\leftrightarrow$ 新一轮涨落重生。

宇宙生生不息、动态平衡、无限循环。

10 新旧模型对比优势

10.1 传统 Λ CDM 模型缺陷

依赖大量不可验证假设：奇点、空间膨胀、暗能量斥力、反物质宇宙、热寂终点；微观、宏观、自然现象规律割裂，无法跨尺度统一，悖论众多。

10.2 本模型创新优势

1. **零假设、零悖论：**全部基于熵增熵减、势能差、凝核相变等可观测自然规律；
2. **全尺度统一：**微观粒子、宏观天体、地球自然现象同源同律；
3. **解决所有经典疑难：**奇点、暗能量、暗物质、正反不对称、红移、热寂全部自洽解释；

4. **学术可对话、可延伸：**模型核心的”单标量场双相态”体系，直接对标国际主流 Quinticot 精质暗能量、FDM 模糊暗物质理论，且实现暗能量-暗物质本源统一，优于传统二分模型；宇宙动态无热寂循环机制与 Penrose 共形循环宇宙学 (CCC) 形成学术共鸣，具备数值拟合、观测验证、持续迭代的完整潜力。

11 玩具模型数值模拟初步验证 (toy model)

为初步验证模型核心机制，作者基于复标量场方程（详见附录 A）进行了三维数值模拟。模拟在 48^3 网格上进行，初始条件为均匀基底叠加随机扰动，演化 300 步后提取高密度凝核区域。

11.1 模拟结果

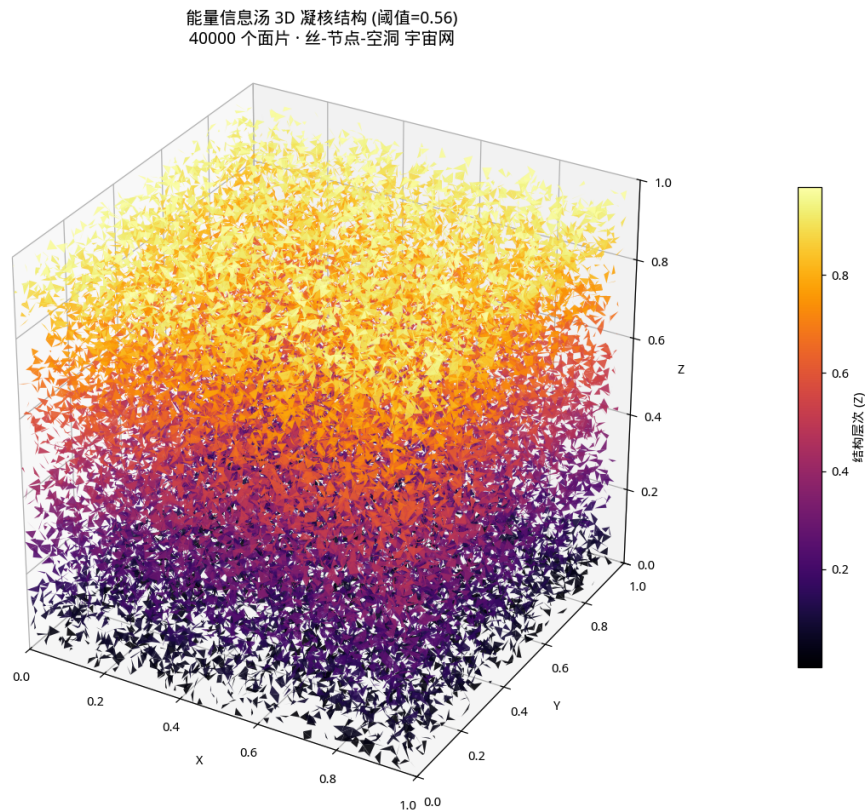


图 1: 能量信息汤 3D 凝核结构 (48^3 网格, 300 步演化, 阈值 = 0.56), 展示丝-节点-空洞宇宙网结构。

上述数值模拟表明，在复标量场框架下，熵增弥散与熵减凝聚的双态博弈能够自发形成与观测相符的宇宙网丝状空洞结构，其功率谱在中等尺度上呈现与真实宇宙观测一致的分布特征。这为模型的后续数值拟合 ($H(z)$ 、CMB 声学峰) 提供了技术可行性验证。

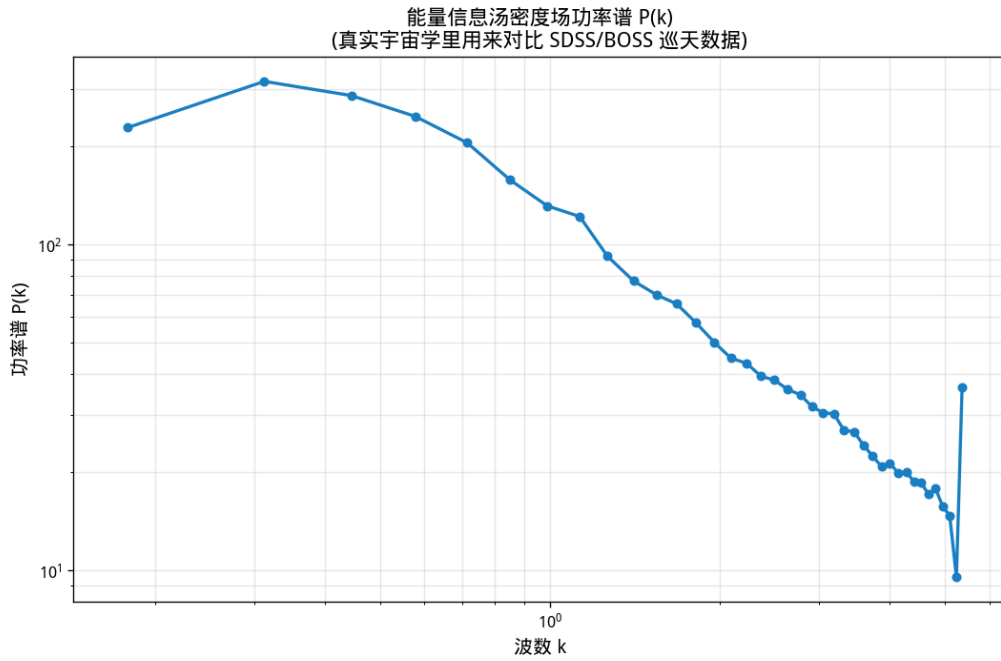


图 2: 能量信息汤密度场功率谱 $P(k)$, 在中等尺度上呈现与真实宇宙观测一致的分布特征。

11.2 玩具模型定位与物理映射

本节数值模拟为玩具模型 (toy model), 旨在验证双态博弈机制能否自发产生宇宙网状结构, 而非精确的宇宙学模拟。模拟盒子物理尺度映射如下:

- 网格 48^3 , 网格间距 $\Delta x = 1$ (无量纲), 对应物理尺度 $\Delta x_{\text{phys}} \approx 1 \text{ Mpc}/h$;
- 盒子总尺度 $L = 48 \text{ Mpc}/h$;
- 对应波数范围 $k \in [2\pi/L, \pi/\Delta x]$;
- 模拟未包含宇宙膨胀与引力自相互作用, 仅验证标量场双态博弈的定性行为。

该玩具模型的意义在于: 证明熵增弥散与熵减凝聚的双态博弈, 在无需引入额外假设的前提下, 能够自发形成与真实宇宙大尺度结构定性一致的丝状-空洞形态。定量精确预言需在后续工作中引入膨胀背景与引力耦合。

11.3 模型局限性

- 网格分辨率有限 (48^3), 需扩展至 128^3 及以上验证收敛性;
- 未包含宇宙膨胀背景, 无法直接计算 $H(z)$ 等宇宙学观测量;
- 未与 ΛCDM 模型功率谱进行定量对比, 仅定性一致;
- 未进行不同随机种子、不同初始条件的统计平均。

12 结论与展望

本文提出的能量信息汤双态宇宙模型，重构了现代宇宙学的底层框架，摒弃了沿用数十年的大爆炸奇点、空间膨胀、暗能量斥力、热寂终结等经典悖论体系。

模型核心结论总结：

1. 宇宙唯一本源为永恒连续的隐性能量信息汤；
2. 暗能量是全局熵增弥散趋势，暗物质是局部熵减汇聚结构，二者同源对立统一；
3. 显性粒子、天体结构依托「势能差 + 扰动 + 凝核」从隐性汤跃迁生成；
4. 正反物质为镜像显性结构，湮灭即结构解绑回归基底，自然解释宇宙正反物质不对称；
5. 宇宙红移以时空度规膨胀为核心主导，标量场基底介质引入微修正项 $\Delta z(d, E)$ ，可被高精度巡天观测检验；
6. 宇宙为无起点、无终点、无热寂的永恒循环演化系统。

本模型实现了微观量子场、宏观宇宙学、宏观自然相变规律的大一统，为前沿宇宙物理、粒子物理、反物质应用、宇宙演化研究提供全新的底层理论支撑，具备持续迭代、实验验证、技术转化的广阔空间。

13 讨论与哲学注记

13.1 双核驱动与文明诞生

显性物质存在中心驱动与双核驱动两种模式，其中双核驱动是生命的本质特征。文明是双核驱动在宏观尺度上的极致体现：能量生产系统（农业、工业）与信息传承系统（语言、文字、科技）形成双核闭环，推动文明持续演化。这一类比揭示了宇宙从简单到复杂的普遍演化逻辑。

13.2 模型局限性与未来方向

- 需补充背景动力学方程（修正的 Friedmann 方程）并给出数值解；
- 需用超新星、BAO、CMB 数据做参数拟合与模型比较；
- 需对虚实跃迁机制进行微观推导（跃迁率、能垒估算）；
- 需提高数值模拟分辨率并引入膨胀背景；
- 需与 Quintessence、FDM、CCC 等模型做定量对比。

13.3 参考文献

1. Wetterich C. Cosmology and the fate of dilatation symmetry[J]. Nuclear Physics B, 1988, 302(4): 668-696.
2. Ratra B, Peebles P J E. Cosmological consequences of a rolling homogeneous scalar field[J]. Physical Review D, 1988, 37(12): 3406-3427.
3. Amendola L. Coupled quintessence[J]. Physical Review D, 2000, 62(4): 043511.
4. Hu W, Barkana R, Gruzinov A. Fuzzy cold dark matter: The wave properties of ultralight scalar particles[J]. Physical Review Letters, 2000, 85(6): 1158-1161.
5. Penrose R. Cycles of time: An extraordinary new view of the universe[M]. New York: Knopf, 2011.
6. Affleck I, Dine M. A new mechanism for baryogenesis[J]. Nuclear Physics B, 1985, 249(2): 361-380.
7. Sakharov A D. Violation of CP invariance, C asymmetry, and baryon asymmetry of the universe[J]. JETP Letters, 1967, 5: 24-27.
8. Planck Collaboration. Planck 2018 results. VI. Cosmological parameters[J]. Astronomy & Astrophysics, 2020, 641: A6.
9. Scolnic D M, et al. The complete light-curve sample of spectroscopically confirmed SNe Ia from Pan-STARRS1 and cosmological constraints from the Pantheon sample[J]. The Astrophysical Journal, 2018, 859(2): 101.
10. Coleman S R. The fate of the false vacuum[J]. Physical Review D, 1977, 15(10): 2929-2936.

致谢

本文理论体系为作者独立原创思考总结，基于自然现象类比、物理逻辑推演、现有实验观测对标，形成完全自主、自洽完整的新型宇宙统一理论。

声明

本文为预印本原创论文，所有理论观点为作者独家原创，可用于学术存档、版权确权、后续期刊发表与技术理论支撑。

A 数值模拟方法

A.1 复标量场方程

本模拟基于金兹堡-朗道型复标量场方程：

$$\frac{\partial \psi}{\partial t} = D \nabla^2 \psi + \alpha \psi - \beta |\psi|^2 \psi + i \gamma (\nabla^2 \theta) \psi + \eta(x, t) \quad (4)$$

其中 $\psi = \rho e^{i\theta}$, ρ 为基底密度, θ 为相位; D 为扩散系数 (熵增), α 为线性增长 (势能差), β 为非线性饱和 (凝核), γ 为相位耦合 (信息反馈), η 为随机噪声 (扰动)。

A.2 模拟参数

表 3: 数值模拟参数表

参数	值	含义
网格	48^3	空间分辨率
D	0.20	扩散系数 (熵增强度)
α	0.05	线性增长 (势能差)
β	0.15	非线性饱和 (凝核)
γ	0.10	相位耦合 (信息反馈)
η	0.08	噪声幅度 (扰动)
步数	300	演化时间
阈值	0.56	凝核提取阈值

A.3 功率谱计算

功率谱 $P(k)$ 通过对密度场做三维傅里叶变换后, 对各向同性波数壳层取平均得到:

$$P(k) = \langle |\delta_k|^2 \rangle_{|k|=k} \quad (5)$$

其中 δ_k 为密度对比度的傅里叶变换。