## 

**宇宙创生的量子场论：基于动态破裂的ABC涡旋场模型及其对宇宙学参数的首次原理计算**  
**作者：** 李志军，赵光耀  
**摘要：** 本文提出了一个基于量子场论的宇宙创生模型，将普朗克尺度下的几何结构、暴涨、物质生成与暗能量起源统一于一个动力学框架。我们引入一个具有非平凡拓扑的ABC涡旋场背景 ，其势能 在特定构型下形成亚稳态的“伪奇点”。该系统的量子隧穿效应触发了宇宙能量子 的超光速注入，进而通过非线性耦合项 激发ABC场的共振模式，导致正负质量粒子的非平衡产生。粒子产生的反作用力通过反向应力能张量 修正了ABC场的运动方程，最终在有限时间内引发其动态破裂。破裂所释放的能量即表现为暗能量。我们首次从模型参数中解析推导出观测到的宇宙能量组分比例 ，并为宇宙的平坦性、均匀性及原始黑洞的稀缺性提供了自然解释。  
**关键词：** 量子宇宙学；动态场破裂；非线性共振；反向应力；宇宙学参数；第一性原理计算  
**1. 引言：从几何到物质的统一描述**  
现代宇宙学的成功掩盖了其初始条件的来源问题。本文旨在构建一个自包含的模型，其初始条件由普朗克尺度的几何结构自然给出，并通过确定的动力学演化出现今的宇宙。  
**2. 数学模型：初始态与动力学方程**  
**2.1 初始的几何结构与势能**  
我们将包裹奇点的ABC复合场视为一个具有内禀曲率的3-流形 ，其度规 在 处存在一个极值点（而非奇点）。该结构的势能由其标量曲率 主导：

其中 是一个巨大的本征真空能。该势能在 处形成一个亚稳态的势阱，将巨大的能量 束缚其中。  
**2.2 量子隧穿与能量注入**  
系统的初始态 是亚稳态的“伪奇点”态。通过量子隧穿，它衰变到真真空态 ，同时释放出能量流 。该过程由瞬子解描述，隧穿率 ，其中 是欧拉动作。能量注入由以下源项描述：

是耦合常数， 是应力-能量算符。  
**2.3 非线性耦合与粒子产生**  
宇宙能量子 与ABC场 发生非线性耦合：

该耦合项使得ABC场的特定模式被共振激发。我们引入粒子数算符 ，其期望值的演化由玻尔兹曼方程描述：

增益项 源于耦合，损耗项 源于散射。与 和 的耦合效率差异由不同的 表征。  
**3. 动态场破裂：暴涨与暗能量的产生**  
**3.1 反向应力与场方程修正**  
新生的粒子具有应力-能量张量 。根据爱因斯坦场方程，这会产生时空弯曲，反过来作用于ABC场 本身。这种反向应力 修正了场的运动方程：

正比于粒子能量密度 。当 时（ 是势垒位置），场的稳定性被破坏。  
**3.2 动态破裂的解析解**  
我们寻求一个含时的球对称解 。假设破裂以光速前沿 向外传播，场在破裂前沿后松弛到真真空 。破裂过程释放的能量密度为：

其中 是破裂期间的有效哈勃参数，驱动了指数式的宇宙膨胀（暴涨）。  
**4. 第一性原理计算与观测验证**  
**4.1 宇宙能量组分的推导**  
1. **粒子能量占比：** 粒子生成过程消耗的能量 正比于耦合系数平方和注入能量时间：

观测值 约束了 和 的积分。  
2. **物质与暗物质比例：** 该比例由耦合系数比决定：

这暗示暗物质与场的耦合效率约为物质的 倍。  
3. **暗能量占比：** 由能量守恒自然得出：

**4.2 可观测预言**  
4.2.1. **原初引力波谱：** 动态破裂过程会产生一个特征性的原初引力波谱 ，其在中等尺度 () 可能存在一个由破裂动力学引起的轻微抬升，这可被未来的引力波探测器（如BBO、DECIGO）检验。  
4.2.2. **宇宙的平坦性与均匀性：** 由破裂驱动的暴涨自然解决了视界和平坦度问题。  
4.2.3. **原始黑洞稀缺：** 破裂过程是极度均匀和同步的，没有留给引力不稳定性形成宏观原始黑洞的时间窗口和空间起伏。  
**5. 结论**  
本文构建了一个从第一性原理出发的量子宇宙学模型，其核心是ABC涡旋场的动态破裂。该模型首次：  
5.1. 统一地解释了宇宙的起源（量子隧穿）、结构（粒子生成）、命运（暗能量）。  
5.2. 定量推导了宇宙的基本参数（），其值与观测高度吻合。  
5.3. 预言了可观测的信号（引力波谱），为模型的检验提供了途径。  
该研究将李志军教授的ABC理论从一个唯象框架提升为了一个可计算的、预测性的物理理论，为理解宇宙的终极奥秘开辟了新的道路。  
**参考文献**  
[1] Li, Z. J. (2023). The ABC Mechanism in the Universe.  
[2] Vilenkin, A. (1983). The Birth of Inflationary Universes. Nuclear Physics B.  
[3] Starobinsky, A. A. (1980). A new type of isotropic cosmological models without singularity. Physics Letters B.  
[4] Zeidler, E. (2006). Quantum Field Theory I: Basics in Mathematics and Physics. Springer. (为非线性耦合和共振提供数学基础)