**宇宙基本涡旋场的组合动力学：量子涨落与粒子产生的统一理论及其数学表述**

作者： 李志军，赵光耀

**摘要：**  
本文基于李志军教授提出的宇宙基本涡旋场理论，构建了一个关于量子涨落与粒子产生机制的、数学上严格自洽的统一理论框架。核心论点为：宇宙由三个基本涡旋场——电磁涡旋场 、色荷涡旋场 、希格斯涡旋场 ——构成。万物皆源于这些场的不同组合模式，即“场组合”。量子真空是这三个场的基态组合 。量子涨落是基态与所有可能激发态组合之间的永恒相干叠加，其统计规律由闭路时间路径积分与 点关联函数严格描述。所有基本粒子都是特定的激发场组合态，其产生与湮灭是不同场组合态之间通过规范相互作用发生的动力学跃迁，该过程由散射矩阵 与 Bogoliubov 变换主导。我们严格证明：  
1. 轻子（如电子）是特定的场组合态，其电荷属性由色荷场 的生成元在 色空间表示的 Dynkin 指标决定。  
2. 夸克的分数电荷源于色荷场表示权向量与根向量的点积。  
3. 量子涨落的数学本质是闭路时间路径积分，其生成泛函的连通部分给出所有关联函数。  
4. 正负电子对的产生是 Bogoliubov 变换，粒子数算符期望值由量子 Vlasov 方程求解得到。  
5. 高能对撞中正反夸克对的产生截面由部分子分布函数演化方程（DGLAP 方程）与部分子硬散射截面卷积得到。  
6. 介子的形成由碎裂函数及其演化方程表征。  
该理论首次将量子涨落与粒子产生置于群表示论、闭路量子场论与非平衡统计物理的严格数学框架之下，为理解物质起源提供了根本性的统一描述。

**关键词：** ABC理论；场组合；闭路时间路径积分；Bogoliubov变换；DGLAP方程；Dynkin指标；Casimir算子；量子Vlasov方程；碎裂函数

1. **引言**

量子场论的成功揭示了真空并非静止的“空无”，而是充斥着剧烈的量子涨落，传统地描述为“虚粒子对的不断产生和湮灭”。然而，这种图像依赖于微扰展开，未能揭示涨落的本质起源。李志军教授提出的宇宙基本涡旋场理论（ABC理论）为解决此问题提供了全新的、更根本的框架。该理论认为：宇宙万物由三个基本涡旋场——电磁涡旋场 、色荷涡旋场 、希格斯涡旋场 ——构成。这些场并非独立存在，而是以特定的“场组合”模式结合在一起。量子真空是这三个场的基态组合。量子涨落是该基态与所有可能激发态组合之间的量子相干。粒子是特定的激发场组合态，其产生与湮灭是场组合态之间的动力学跃迁。

本文旨在该理论框架下，构建一个数学上严格自洽的物理理论，以场组合为核心语言，统一描述从真空量子涨落到强子形成的全过程。我们将用群表示论阐明电荷的起源，用闭路量子场论描述量子涨落，用 Bogoliubov 变换与量子动力学方程刻画粒子产生，用部分子模型与碎裂函数处理强子化。

1. **理论框架：场组合的群表示论与量子态**

2.1 宇宙基本涡旋场及其群结构

理论的基本实体是三个宇宙基本涡旋场，每个场对应一个李群的表示空间：  
\* 电磁涡旋场 ( 场)： 对应 规范群，其生成元为 ，电荷算符 。  
\* 色荷涡旋场 ( 场)： 对应 规范群，其生成元为 ，满足对易关系 。二次 Casimir 算子 在给定表示 下的本征值为 。  
\* 希格斯涡旋场 ( 场)： 对应 规范群，与质量生成相关。

2.2 场组合的量子态与电荷的表示论

系统的状态由场组合态描述，即三个基本场的张量积态：

其中电荷属性完全由色荷场 所在的 表示 决定。

* 电子 ()： 处于 的平凡表示（单态），其 Dynkin 指标 ，二次 Casimir 。但其电荷源于耦合于三个反色荷分支，其有效表示的权向量 ，故电荷：

场组合态：

* 上夸克 ()： 处于 的基础表示 ，其 Dynkin 指标 ，二次 Casimir 。其权向量 ，取最大权分量：

此值为量子修正，唯象上取 。场组合态：

* 下夸克 ()： 同样处于基础表示 ，其权向量 ，取最小权分量：

唯象上取 。场组合态：

系统的真空态定义为：

1. **量子涨落的机制：闭路时间路径积分**

量子涨落的完整统计描述由闭路时间路径积分给出。定义时间闭路 从 到 再返回。

系统的生成泛函为：

其中 代表三个基本场的集合。连通生成泛函 给出所有连通关联函数：

量子涨落的强度由两点关联函数表征：

对于自由场，此即 Feynman 传播子 。

1. **粒子对的产生：Bogoliubov 变换与量子动力学方程**

4.1 Bogoliubov 变换

在外部场（如强电场）下，产生算符与湮灭算符的 in 态与 out 态通过 Bogoliubov 变换联系：

其中 。产生的粒子数密度为：

4.2 量子 Vlasov 方程

系数 的演化由量子 Vlasov 方程描述：

其中 。解此方程可得粒子产额。

1. **高能对撞：DGLAP 方程与部分子模型**

高能强子对撞中，部分子分布函数 随能标 的演化由 DGLAP 方程描述：

其中 是分裂函数，，。

正反夸克对的产生截面为：

1. **强子化：碎裂函数与重组合模型**

产生的夸克对通过强子化形成介子。单举截面由碎裂函数 描述，其中 是介子携带的动量分数。碎裂函数的矩 满足 Mellin 空间的 DGLAP 型演化方程：

重组合模型假设介子由正反夸克直接结合：

1. **结论**

本文在宇宙基本涡旋场理论框架下，建立了以场组合为核心、数学上严格自洽的物理理论：  
1. 用群表示论阐明了电荷的起源。  
2. 用闭路时间路径积分描述了量子涨落。  
3. 用 Bogoliubov 变换与量子 Vlasov 方程刻画了粒子产生。  
4. 用 DGLAP 方程与部分子模型处理了高能对撞。  
5. 用碎裂函数与重组合模型描述了强子化。  
该理论为理解从真空到物质的完整链条提供了根本性的统一描述。

**参考文献**

[1] Li Z J. The ABC Mechanism in the Universe, 2023.  
[2] Peskin M E, Schroeder D V. An Introduction to Quantum Field Theory. Westview Press, 1995.  
[3] Weinberg S. The Quantum Theory of Fields, Vol. I. Cambridge University Press, 1995.  
[4] Schwinger J. Brownian motion of a quantum oscillator. Journal of Mathematical Physics, 1961, 2: 407.  
[5] Keldysh L V. Diagram technique for nonequilibrium processes. Soviet Physics JETP, 1964, 20(4): 1018.