**强子形成的色动力自洽原理：胶子场组合无色态与夸克场组合的相干融合机制**

**作者：** 李志军，赵光耀

**摘要：**  
本文基于李志军ABC场组合理论，揭示了强子（质子、中子）形成的完整色动力自洽机制。核心论点为：强子的色中性源于其内部胶子场组合自身首先形成无色态，该无色胶子场组合再与夸克场组合发生相干融合，最终导致整体色中和。 本文证明了质子（uud）与中子（udd）的稳定构型必须满足”胶子场组合无色态先行”原则，即三个胶子的色荷部分必须满足 。通过引入胶子无色态投影算符 与整体色单态融合算符 ，构建了强子波函数 的严格数学形式。该模型表明，强子形成是一个分层的、自洽的波动力学过程：无色胶子场的形成是夸克场实现色中和的前提。

**关键词：** ABC场组合理论；色单态；胶子无色态；波函数相干融合；分层投影；自洽原理

1. **引言：色中和的自洽性问题**

强子（如质子、中子）的色中性如何实现？传统理论将其视为夸克颜色代数和为零。李志军理论提出了一个更深刻、更自洽的观点：强子的整体色中性，是其内部胶子场组合自身首先形成无色态，该无色态再与夸克场组合发生相干融合的必然结果。 这是一个分两步走的、自洽的波动力学过程。

1. **理论框架：分层色中和原理**

**2.1 胶子场组合的无色态先行原则**

强子形成的首要条件是其所包含的胶子场组合自身必须形成一个色单态（无色态）。对于包含三个胶子的强子，该条件为：

其中 是胶子无色态投影算符，其数学形式为：

该算符要求三个胶子的色荷指标必须构成一个色荷-反色荷的闭合链，例如 ，从而使得胶子部分的净色荷期望值严格为零：

**2.2 整体色单态融合算符**

在胶子场组合自身形成无色态后，其与夸克场组合的融合由整体色单态融合算符 实现：

该算符确保了夸克场组合的色荷与无色胶子场组合相干融合后，整体的色荷期望值仍然为零。

1. **应用：质子与中子的自洽构成**

**3.1 质子（uud）的自洽构成**

质子的波函数是其组分满足”胶子无色态先行”原则下的特定相干叠加：

自洽融合过程：  
1. 胶子场组合自成无色态：

三个胶子的色荷构成闭合链：，其净色荷为零。  
2. 夸克场组合与无色胶子场相干融合：  
\* 夸克提供色荷：。  
\* 无色胶子场 作为整体，其色荷期望值为零，与夸克场组合发生相干叠加。  
\* 在融合算符 作用下，夸克的色荷 与无色胶子场发生相干相消，最终整体色荷为零。

**3.2 中子（udd）的自洽构成**

中子的波函数同样遵循此原则：

自洽融合过程：  
1. 胶子场组合自成无色态：

三个胶子的色荷均为色单态形式（色荷-反色荷对），其净色荷为零。  
2. 夸克场组合与无色胶子场相干融合：  
\* 夸克提供色荷：。  
\* 无色胶子场 作为整体，与夸克场组合发生相干叠加。  
\* 在融合算符 作用下，夸克的色荷 与无色胶子场发生相干相消，最终整体色荷为零。

1. **数学表达：分层投影与融合方程**

强子波函数的形成由以下分层投影方程描述：

其动力学满足含投影的非线性薛定谔方程：

其中，非线性项 体现了无色胶子场对夸克场波的调制作用，是维持整体相干融合稳定的关键。

1. **结论**

本文建立了强子形成的色动力自洽原理，得出以下结论：  
1. 核心机制：强子的色中性遵循 “胶子场组合无色态先行” 原则，这是实现整体色中和的先决条件和自洽性基础。  
2. 分层融合：强子形成是一个分层级的波动力学过程：先有胶子场组合自身形成无色态波包，再该无色波包与夸克场组合进行相干融合。  
3. 数学本质：该过程由分层投影算符 和融合算符 共同描述，其动力学由含投影的非线性薛定谔方程支配。  
4. 物理图像革新：胶子在强子内并非简单的”力传递者”，而是主动参与色中和、自身先形成无色态的相干场组分。这一图像为理解色禁闭提供了更深刻、更自洽的波动力学框架。

**参考文献**  
[1] Li, Z.J. “On the Self-Consistent Chromo-Dynamic Principle of Hadron Formation”. Preprint (2023).  
[2] Gell-Mann, M. “A Schematic Model of Baryons and Mesons”. Physics Letters (1964).  
[3] Fritzsch, H., Gell-Mann, M. “Current Algebra: Quarks and What Else?”. Proc. XVI Int. Conf. on High-Energy Physics (1972).  
[4] ’t Hooft, G. “Gauge fields with conformal invariance”. Nuclear Physics B (1981).