宇宙力的统一与分离：基于ABC场组合的规范对称性破缺序列

作者： 李志军，赵光耀

摘要：  
基于李志军ABC理论，本文提出了一个关于四种基本相互作用（强力、弱力、电磁力、引力）统一起源与逐级分离的完整动力学模型。核心论点为：所有基本力源于一个统一的母规范群 在超高能标下的作用，该群作用于ABC场组合 。随着宇宙膨胀与冷却， 通过一系列自发对称性破缺（SSB）链，依次破缺到其子群，分别对应各相互作用的分化。我们构建了统一的规范场作用量，并推导了其对称性破缺的能标序列：。该模型首次将引力与其他三种力纳入同一场组合框架，并给出了其分离的精确能标与宇宙学时间。最终，我们得到了一个力分离的宇宙学时间表，将力的演化与粒子生成、结构形成的历史彻底统一。

关键词： ABC理论；规范统一；对称性破缺；力分离；场组合；宇宙学时间表

1. **引言：力的统一性问题**

标准模型成功统一了电磁力、弱力和强力，但引力始终被排除在外。李志军ABC理论提供了一个新的视角：所有力都是ABC场组合的不同组分之间相互作用的体现，其统一与分离由作用于这些场组合的规范群的对称性破缺所决定。

1. **理论框架：统一的母规范群与场组合**

2.1 场组合与规范变换

在李志军理论中，一个基本粒子的态由其在ABC场中的激发模式决定：

我们假设存在一个统一的规范群 ，其群元 同时对ABC场进行联合规范变换：

2.2 统一作用量

最紧凑的统一作用量形式为：

其中 包含规范场动能项， 是Yukawa耦合项， 是破缺标量场，其真空期望值 决定了对称性破缺的能标。

1. **对称性破缺的链条与力的分离**

我们提出以下对称性破缺链条，并给出其对应的能标和宇宙学时间：

表1：规范对称性破缺与力分离的时间表

| **演化阶段** | **规范群** | **剩余对称性** | **破缺能标 (GeV)** | **宇宙时间** | **分离出的相互作用** | **对应的场组合部分** |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 统一时期 |  |  |  |  | 未分离的统一力 |  |
| 引力分离 |  |  |  |  | 引力 |  |
| 强力分离 |  |  |  |  | 强力 |  |
| 电弱对称性破缺 |  |  |  |  | 弱力、电磁力 |  |
| 电磁分离 |  |  | 0 |  | 电磁力 |  |

3.1 引力分离 ()

机制： 在普朗克能标 下，度规场 从统一的场背景中退耦，其动力学由爱因斯坦-希尔伯特作用量描述：

剩余对称性： 广义坐标不变性。 破缺为 ，其中 描述非引力相互作用。

3.2 强力分离 ()

机制： 在大统一能标 下，色荷场B对应的规范群 从 中分离出来。其作用量为：

其中 ，是 的生成元。

3.3 电弱分离与电磁力生成 ()

机制： 在电弱能标 下，希格斯场C获得真空期望值，破缺 到 。

破缺后，电磁场 作为质量本征态出现：

其对应的规范群 作用于电磁场A的分支，决定了电荷 Q。

1. **力的统一方程**

在统一能标以上 ()，相互作用由统一规范场 描述，其场强为：

统一作用量中的动能项为：

该项包含了所有相互作用的统一描述。

随着对称性破缺， 分解为：

其中 是引力子场， 是相应的生成元。由此，我们得到了四种基本力的统一起源方程。

1. **与粒子生成和宇宙演化的整合**

力的分离与粒子的生成是同一过程的两面：

1. 引力分离 -> 时空背景 的生成。
2. 强力分离 -> 色荷场B作为独立自由度出现，为夸克的生成奠定了基础。
3. 电弱破缺 -> 希格斯场C获得VEV，赋予 W, Z 质量，并使得轻子和夸克获得质量，为原子核和原子的生成奠定了基础。

修订后的宇宙演化全景图：

* : 统一的力作用于统一的场背景。
* : 引力分离，时空形成。
* : 强力分离，夸克、胶子作为主要自由度。
* : 电弱破缺，弱力与电磁力分离，W, Z 玻色子、轻子、夸克获得质量。
* : QCD相变，强力禁闭，质子、中子生成。
* : 原初核合成，原子核生成。
* : 复合时期，原子生成。
* : 引力主导结构形成，恒星、星系生成。

1. **结论与展望**

本文基于ABC理论，提出了一个将四种基本力统一并描述其分离历史的完整框架：

1. 统一性： 所有力源于一个单一的母规范群 ，它作用于ABC场组合。
2. 分离机制： 通过一系列自发对称性破缺， 逐级破缺，力依次分离。
3. 与宇宙演化史整合： 力的分离与粒子生成、结构形成共享同一时间线，构成了一个连贯的宇宙演化史。

未来工作：

1. 确定母群 的具体形式（如 , 等）。
2. 研究引力子如何具体地嵌入到统一规范场 中。
3. 探索该模型对超高能物理（如宇宙线、黑洞物理）的预言。

此模型为最终实现力的统一理论提供了一个富有前景的新范式。

参考文献  
[1] Li, Z. J. (2023). The ABC Mechanism in the Universe.  
[2] Georgi, H., & Glashow, S. L. (1974). Unity of All Elementary-Particle Forces. Physical Review Letters, 32(8), 438–441.  
[3] Weinberg, S. (1967). A Model of Leptons. Physical Review Letters, 19(21), 1264–1266.  
[4] Gross, D. J., & Wilczek, F. (1973). Ultraviolet Behavior of Non-Abelian Gauge Theories. Physical Review Letters, 30(26), 1343–1346.  
[5] Kibble, T. W. B. (1967). Symmetry Breaking in Non-Abelian Gauge Theories. Physical Review, 155(5), 1554–1561.