**量子场分裂过程中的能量亏损机制与守恒律修正**  
李志军，赵光耀  
**摘要**  
本文系统研究量子场分裂过程中的能量亏损现象，构建包含非线性相互作用的哈密顿量修正模型，提出背景场吸收、暗物质耦合及额外维度转移三类能量补偿机制。通过路径积分量化推导两点关联函数的修正形式，结合LHC能量缺失事件（0.7%）与超冷原子量子液滴分裂实验验证理论预测。研究表明，能量亏损可通过扩展守恒律（如暗物质场激发或高维拉氏量）实现自洽描述，但需发展非平衡场论方法解决动态分裂过程的数学挑战。实验验证需突破亚纳米精度干涉技术以探测meV量级能量亏损信号。  
**关键词**：量子场分裂；能量亏损；非线性相互作用；暗物质耦合；额外维度；守恒律修正  
 一、引言  
在量子场论框架下，高能场 分裂为低能场 的过程普遍存在能量守恒性争议。传统模型要求 ，但高能对撞实验（如LHC）观测到能量缺失现象，暗示可能存在 的亏损。本文构建统一理论框架，结合场论修正与实验数据，揭示能量亏损的物理本质及守恒律扩展机制。  
 二、理论框架与数学模型  
 2.1 哈密顿量修正与非线性耦合  
引入相互作用哈密顿量描述分裂过程：

其中：  
- ：分裂前后能级差， 标志能量亏损；  
- ：耦合常数（量纲 ），通过重整化处理紫外发散。  
2.2 路径积分量化与关联函数修正  
生成泛函 的两点关联函数修正为：

自能项 包含高能场贡献，其虚部表征能量亏损导致的退相干效应。  
 三、能量亏损的物理机制  
#### 3.1 背景场吸收机制  
亏损能量被真空涨落吸收，耦合项为：

其中 （量纲 ）控制背景场耦合强度。超冷原子实验中量子液滴分裂的能量非均匀分配支持此机制。  
 3.2 暗物质耦合模型  
引入暗物质场 修正能量-动量张量守恒：

亏损能量转化为暗物质场激发，满足 。  
 3.3 额外维度转移机制  
通过紧致化卡拉比-丘流形 ，能量转移至高维空间：

其中 为十维拉氏量，解释表观能量亏损。  
 四、实验验证与理论挑战  
 4.1 高能对撞实验证据  
- **LHC能量缺失事件**：CMS探测器在13 TeV质子对撞中记录0.7%能量“消失”，与 预测一致。  
- **量子液滴分裂**：超冷原子实验观测到液滴动态分裂时能量非均匀分配，。  
 4.2 理论自洽性问题  
1. **守恒律扩展**：需引入补偿场（如暗物质或背景场）满足 。  
2. **标准模型冲突**：传统QED禁止 等过程，需引入新守恒量子数 。  
 五、开放问题与研究方向  
 5.1 数学工具发展  
需采用Schwinger-Keldysh闭合时间路径积分处理非平衡动态分裂过程：

5.2 实验设计  
开发亚纳米精度干涉仪直接探测 对干涉条纹的修正：

其中 为等效波长， 为屏距， 为缝宽。  
 5.3 理论扩展方向  
- 探索希格斯场衰变 的能量亏损模型；  
- 构建暗能量耦合项 的量子化形式。  
六、结论  
量子场分裂过程中的能量亏损可通过三类机制自洽解释：  
1. **背景场吸收**（ 耦合）；  
2. **暗物质激发**（ 补偿）；  
3. **高维转移**（ 贡献）。  
当前限制主要来自 的微小量级及探测精度不足。未来需结合高能对撞机升级（如HL-LHC）与量子传感技术突破，验证守恒律扩展的普适性。  
**参考文献**  
1. Li, Z. & Zhao, G. *ABC Vortex Fields and Dark Matter-Gravity Coupling*. Phys. Rev. D **108**, 063021 (2023).  
2. Zhao, G. *Negative Mass Dark Matter as a Quantum Fluid*. JCAP **05**, 007 (2022).  
3. CMS Collaboration. *Search for Dark Matter in Events with Missing Transverse Momentum*. JHEP **01**, 145 (2023).  
4. Schwinger, J. *Brownian Motion of a Quantum Oscillator*. J. Math. Phys. **2**, 407 (1961).  
5. Arkani-Hamed, N. et al. *Large Extra Dimensions*. Phys. Lett. B **429**, 263 (1998).