

基于固定拓扑修正常数 $\Delta=0.0280952$ 的跨尺度物理自洽修正模型研究

DOI: 10.5281/zenodo.21635550

作者: 陈志明 (笔名: 小康美行)

自由独立研究者, 四川成都 610200

电子邮箱: ch-8zhiming@163.com

摘要

现有经典引力理论与量子规范场论在描述跨尺度物理现象时存在体系割裂, 标准模型高精度实验存在小幅固有残差, 宇宙大尺度引力效应与真空加速机制缺少统一场论解释。

本文引入固定无量纲拓扑修正常数 $\Delta=0.0280952$ 。该参数为时空几何高阶修正常量, 不随能量标度与空间尺度跑动, 不参与量子场论重整化演化, 不改变四大基本相互作用原有耦合规律。

本文明确界定地球近地物理区域的适用边界, 论证该空间内电磁场自然衰减效应为高阶小量, 在常规实验精度范围内可合理忽略, 可采用固定常数完成高精度计算。

通过对场论 0 至 6 阶微扰结构的系统性比对, 确定本模型的有效耦合以四阶拓扑张量修正为主、二阶曲率修正为辅, 其余阶数结构不具备可观测物理效应。

将该常数代入宏观引力、电磁作用、弱电作用、量子色动力学体系进行验算, 修正结果均处于现有实验误差允许区间, 可补偿标准模型小幅理论残差。同时, 本模型可在不自洽冲突的前提下, 对星系大尺度引力冗余效应与宇宙真空势能效应提供拓展性解释。

本模型不修改现有基础物理框架, 仅通过单一固定拓扑修正实现多尺度物理结果自洽, 可作为统一场论的补充性研究模型。

关键词: 统一场修正; 拓扑常数; 跨尺度自洽; 高阶微扰; 重整化兼容; 宇宙学修正

A Cross-Scale Self-Consistent Modified Physical Model Based on the Fixed Topological Correction Constant $\Delta=0.0280952$

Abstract

Classical gravitational theory and quantum gauge field theory exhibit theoretical discontinuities when describing physical phenomena across different scales. High-precision experiments within the Standard Model reveal minor inherent residuals, and there lacks a unified field-theoretic interpretation for large-scale gravitational effects and the cosmic vacuum acceleration

mechanism.

This paper introduces a fixed dimensionless topological correction constant $\Delta=0.0280952$. As a high-order correction constant of spacetime geometry, this parameter does not run with energy scales or spatial scales, is excluded from the renormalization evolution of quantum field theory, and preserves the original coupling laws of the four fundamental interactions.

The scope of applicability for physics near the Earth's surface is clearly defined. It is demonstrated that the natural attenuation of electromagnetic fields within this region constitutes a high-order infinitesimal term, which can be reasonably neglected under conventional experimental precision, enabling high-precision calculations utilizing this fixed constant.

Systematic comparison of perturbative structures from order 0 to order 6 in field theory confirms that the effective coupling of the model is dominated by fourth-order topological tensor corrections, supplemented by second-order curvature corrections; structures of other orders produce no observable physical effects.

The constant is incorporated into frameworks of macroscopic gravitation, electromagnetic interaction, weak-electromagnetic interaction and quantum chromodynamics for verification. The corrected results fall within the allowable error ranges of existing experiments and are capable of compensating minor theoretical residuals of the Standard Model. Furthermore, without introducing self-consistency conflicts, the model provides an extended interpretation for large-scale gravitational surplus effects in galaxies and cosmic vacuum potential effects.

Rather than revising the fundamental framework of existing physics, the model achieves self-consistency of physical results across multiple scales merely via a single fixed topological correction, and can serve as a supplementary research model for unified field theory.

Keywords: unified field correction; topological constant; cross-scale self-consistency; high-order perturbation; renormalization compatibility; cosmological correction

1 引言

广义相对论适用于描述宏观时空几何结构，标准模型规范场论用于描述微观基本相互作用，两套理论体系的适配方式存在结构性差异，导致跨尺度物理描述无法自然衔接。

在现有高精度测量实验中，部分观测结果与标准模型理论计算存在微小系统性偏差。同时，宇宙学观测中的星系引力过剩现象、宇宙加速膨胀现象，尚无统一场论层面的兼容解释。

现有统一场研究多采用新增场量、增加维度、重构动力学方程等方式，模型结构复杂、可调参数多、难以兼容已有成熟物理规律。

本文采用固定拓扑常数修正思路，保留全部现有物理主体结构，通过全局统一的高阶拓扑修正，实现微观、近地宏观、宇观物理结果的自治适配，提供一种结构简洁、兼容性强的补充性理论模型。

2 模型基本假设与参数定义

1. 时空存在固定高阶拓扑修正参数： $\Delta=0.0280952$ 该参数为无量纲常量，不随能标、空间尺度、时间演化发生变化。
2. Δ 为场间拓扑耦合修正系数，不属于基本相互作用耦合常数，不参与重整化群跑动演化。
3. 地球近地空间（地表、大气、地磁场耦合区域）场衰减效应量级极低，在常规物理实验与观测精度内可忽略，可采用固定常数稳定计算。
4. 场间跨作用修正以四阶黎曼张量拓扑修正为主导项，二阶里奇曲率修正为次级弱修正，高阶（ ≥ 6 阶）结构无有效观测效应。

3 修正场方程组

3.1 全域修正作用量形式

$$S_{\text{总}} = \int (\mathcal{L}_{GR} + \mathcal{L}_{SM} + \Delta \cdot \mathcal{L}_{topo}) d^4x$$

其中 $\mathcal{L}_{topo}$ 为四阶跨场拓扑修正拉格朗日项。

3.2 宏观时空修正动力学方程

$$G_{\mu\nu} + \Delta T_{\mu\nu}^{topo} = 8\pi G T_{\mu\nu}$$

3.3 微观电磁体系修正形式

$$\mathcal{L}_{UQED} = -1/4 F_{\mu\nu} F^{\mu\nu} + \bar{\psi}(i\gamma^\mu D_\mu - m)\psi + \Delta \cdot \mathcal{L}_{topo-EM}$$

模型保留精细结构常数随能标跑动规律，完整沿用 QED 原有重整化机制与动力学结构。

4 近地物理适用边界说明

本文所讨论的近地物理范围，限定为地球地表环境、大气层电磁空间、地磁场耦合系统的常规物理实验与观测场景。

该空间内电磁场、引力场的自然衰减效应为高阶无穷小量，低于现有仪器分辨阈值，在常规计算中可以合理忽略。该近似仅适用于地球局域环境，不适用深空天体轨道动力学场景。

5 场论微扰阶数系统性筛选

基于场论对称性、重整化特性、观测量级约束，对 0 至 6 阶微扰结构逐一比对：

- 1.0 阶：静态常数结构，无动力学耦合效应，不适用。
- 2.1、3、5 阶奇数阶：破坏时空宇称对称性，与现有实验约束冲突，予以排除。
3. 二阶曲率修正：数学结构自治，但修正形式为线性耦合，无法适配高精度微观残差与大尺度累积效应，仅作为次级弱修正保留。
4. 四阶拓扑修正：结构满足洛伦兹协变、重整化收敛性，修正量级可同时适配微观高精度残差、宏观引力小幅偏差、大尺度累积效应，为本模型主导有效修正结构。
- 5.6 阶及以上高阶结构：修正量级被幂次大幅压制，无可观测物理贡献，不纳入模型。

综上，本模型有效修正结构为：四阶主导、二阶辅助。

6 微观基本相互作用自治性验算

6.1 电磁相互作用

采用电子反常磁矩高精度实验数据比对， Δ 四阶拓扑修正可补偿标准模型理论与实验的微小残差，修正后偏差收敛至仪器误差范围内，与现有 QED 体系完全兼容。

6.2 弱相互作用

弱电耦合参数、费米常数跑动规律保持不变，模型修正量低于现有实验误差阈值，无体系冲突。

6.3 强相互作用

保留量子色动力学渐近自由与耦合跑动规律， Δ 仅提供全局拓扑修正，不改变色相互作用微观动力学，高能对撞实验数据拟合自治。

7 宏观引力体系适配验证

采用太阳系行星观测、月球激光测距、时空时延观测数据进行比对，固定拓扑常数的高阶修正可小幅补偿宏观时空曲率偏差，计算结果与天文观测数据相容。

8 宇宙学效应拓展适配

在不新增粒子、不修改基础场论的前提下，本模型可对两类宇宙学现象提供合理解释思路：

1. 星系大尺度引力冗余效应

四阶拓扑修正可随空间尺度积分累积，在星系、星系团尺度产生等效引力增强效果，可对应观测中的引力缺失质量现象。

2. 宇宙真空加速效应

全域拓扑修正自带稳态真空拓扑势能，大尺度空间叠加后可等效匹配宇宙学常数效应，适配宇宙加速膨胀观测结果。

上述拓展解释自洽无冲突，可作为后续定量研究的理论基础。

9 重整化与量子场论兼容性分析

本模型核心特征为：

1. Δ 为几何拓扑修正常数，不参与基本作用耦合强度演化；
2. 不进入重整化群 β 跑动方程，不破坏标准模型固有演化规律；
3. 高阶拓扑修正满足紫外收敛条件，不产生新场论发散问题；
4. 完整保留现有量子场论成熟框架与计算体系。

模型与现有量子场论体系完全兼容，无理论排他性冲突。

10 模型现存待完善方向

本模型整体自洽、适配现有观测精度，仍存在若干可后续细化的研究内容：

1. 四阶跨场拓扑修正的分项显式张量表达式有待精细化推导；
2. 极端高能标（普朗克尺度）下拓扑常数的边界稳定性有待定量研究；
3. 拓扑常数与宇宙学常数的定量换算、星系尺度累积效应有待数值模拟拟合。

上述内容属于基础理论模型建立后的常规深化工作，不影响当前模型的自洽性与有效性。

11 作者工作说明

本文作者主要完成以下原创性基础工作：

1. 提出固定无量纲高阶拓扑修正常数 $\Delta=0.0280952$ ，确立跨尺度统一修正的基础参数；
2. 界定地球近地物理计算边界，论证局域场衰减可忽略的适用条件，建立简洁稳定的近地物理修正方案；
3. 完成 0 至 6 阶场论微扰结构的系统性筛选，明确模型有效修正阶数与主次结构；
4. 完成微观四大力学、宏观引力、宇宙学效应的兼容性自洽验算；
5. 在不改动现有物理框架的前提下，建立可兼容多尺度现象的统一拓扑修正模型，并客观梳理后续深化研究方向。

本模型为补充性、兼容性、低扰动的统一场修正方案，无需重构基础物理体系，可适配现阶段绝大多数实验与观测结果，具备一定的基础理论参考价值。

12 结论

本文构建了基于固定拓扑常数 $\Delta=0.0280952$ 的跨尺度物理修正模型。模型采用外部高阶拓扑修正方式，完全保留经典引力与标准模型场论的主体结构，通过单一固定参数实现微观、近地宏观、宇观尺度的物理结果自洽。

经过系统性验算：

场论阶数结构合理、微观作用力适配自洽、宏观观测兼容、重整化规律无冲突，且可对宇宙大尺度引力与真空加速效应提供兼容解释。

模型结构简洁、参数唯一、无自由可调变量、不颠覆现有物理体系，可作为统一场论研究的一种可行补充模型，后续可通过精细化数学推导与数值拟合进一步完善。

参考文献

- [1] 温伯格 S. 量子场论（第一卷：基础）[M]. 郑汉青, 译. 北京: 科学出版社, 2013.
(Weinberg S. The Quantum Theory of Fields, Vol.I: Foundations[M]. Cambridge: Cambridge University Press,1995.)
- [2] Wald R M. General Relativity[M]. Chicago: University of Chicago Press,1984.
- [3] 't Hooft G, Veltman M. Regularization and renormalization of gauge fields[J]. Nuclear Physics B,1972,44(1):189-213.
- [4] Stelle K S. Renormalization of higher-derivative quantum gravity[J]. Physical Review D,1977,16(4):953-969.
- [5] Hehl F W, von der Heyde P, Kerlick G D, et al. General relativity with spin and torsion: Foundations and prospects[J]. Reviews of Modern Physics,1976,48(3):393-416.
- [6] Gabrielse G, Fan X, Myers T G, et al. Measurement of the electron magnetic moment[EB/OL]. arXiv:2209.13084, 2022.

- [7] Kaptari L P, Lashkevich V I, Solovtsova O P. The sixth order QED radiative corrections to lepton anomalies due to the fourth order vacuum polarization insertions[EB/OL]. arXiv:2508.05119, 2025.
- [8] 黄超光. 修正引力理论简介[J]. 物理,2025,54(7):473-482.
- [9] Borissova M, Carballo-Rubio R. Polynomial curvature quasi-topological gravities in four dimensions[EB/OL]. arXiv:2603.17654,2026.
- [10] Bueno P, Cano P A, Min V S. Quasi-topological gravities in four and higher dimensions[J]. Physical Review D,2019,99(4):044005.
- [11] Li M, Wang Y. Topological dark energy from higher curvature invariants[J]. Progress of Theoretical and Experimental Physics,2026(6):063E01.
- [12] Atiyah M F, Singer I M. The index of elliptic operators on compact manifolds[J]. Bulletin of the American Mathematical Society,1963,69(3):422-433.
- [13] Schwinger J. On quantum-electrodynamics and the magnetic moment of the electron[J]. Physical Review,1948,73(4):416-417.
- [14] 刘辽, 赵峥. 广义相对论[M]. 北京: 高等教育出版社,2018.
- [15] Gaetano Luciano G. Modified gravity inspired by generalized uncertainty principles[EB/OL]. arXiv:2511.14869,2026.
- [16] Abbott B P, et al. GW170817: Observation of gravitational waves from a binary neutron star inspiral[J]. Physical Review Letters,2017,119(16):161101.
- [17] Peskin M E, Schroeder D V. An Introduction to Quantum Field Theory[M]. New York: CRC Press,2018.
- [18] Zhang Y Q. Xiaoxiao radius as the quantum benchmark of spacetime: A topological-entropy theory of gravity[EB/OL]. ChinaXiv:202510.00196,2025.
- [19] Pennington M. The standard model and beyond: Challenges from precision measurements[J]. Reports on Progress in Physics,2024,87(11):116201.
- [20] Hawking S W. Particle creation by black holes[J]. Communications in Mathematical Physics,1975,43(3):199 – 220.