

洛书晶胞统一框架： 从 27 节点离散结构到标准模型与幻线几何相

王建明

独立研究者

2026 年 8 月 29 日

摘要

本文提出并构造了一个以 27 顶点三维晶胞（洛书晶胞，L27）为基底的统一框架。该框架以 Albert 例外 Jordan 代数 $J_3(\mathbb{O})$ 为结构层，以紧致 E_6 为规范包络，在不引入额外维度或超对称的前提下，从单一离散结构构造性地涌现出：(1) 标准模型规范群 $SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y$ (③)；(2) 一代费米子表示及其电荷量子化 $Q = T_{3L} + T_{3R} + (B - L)/2$ (③)；(3) 温伯格角统一值 $\sin^2 \theta_W = 3/8$ (①)；(4) 味物理 12 个可观测量的双参数复现 (⑤，含两个拟合参数，诚实标注)。(1) - (3) 无自由参数。几何动力学建立在晶胞的**幻方守恒结构**之上：49 条幻线（每条线三点满足首 + 尾 = 2 × 中点）生成 147 边共线图，其基态为 **27 重精确简并的幻线平铺真空** (③)。交错子代数的完全分类（铅笔定理，①）证明扇区能量为精确仿射函数；真空方向的自洽极小化唯一流向轻子扇区投影方向，据此建立首个零随机参数的典范真空 (③；属后验一致化构造而非先验预测)。扇区选择定则以机器精度成立——轻子双扇是唯一过化学势的扇区；扇区间诱导的唯一开口精确钉在电荷量子化点 $\alpha' = 1/6$ ；混合层的基无关重数矩阵精确取整数 (③→①候选)，二阶诱导移位满足零和 Ward 恒等式；规范 Coleman-Weinberg 一圈势精确选出上一下劈裂射线 $P_{up} - P_{down}$ (③)。量子三聚体模型的蒙特卡罗测量给出多胞能隙的指数坍缩律 $\text{gap}(N) \sim e^{-2.3N}$ (N=1-4 四点，③)。引力纲领经逐通道裁决后**全部已试通道判死、纲领封存归档** (①+③)，余路登记在册。全部数值结论在预注册判据下取得，负结果与正结果同权归档。

关键词：洛书晶胞；例外 Jordan 代数； E_6 大统一；三相性模型；离散时空；幻线几何相

严谨度标注体例：全文关键结论就地标注五级严谨度——① 定理级（解析证明或机器精度验证的恒等式）；② 文献级（已知定理的引用）；③ 数值证据级（预注册判据下的高精度数值）；④ 启发级（结构性解读）；⑤ 拟合级（含拟合参数）。负结果与正结果同权归档。

目录

目录	2
2 L27 晶胞与代数骨架	4
2.1 洛书晶胞的定义	4
2.2 Albert 代数与 E_6 结构层	4
3 代数层成果	6
3.1 稳定子、交错空间与分支规则	6
3.2 三相性嵌入认证	6
3.3 电荷量子化与温伯格角	6
3.4 乘法约定的指标对称性检验与 F_4 完备性定理	7
3.5 五重态—中性扇区恒等式	7
4 物理层：味物理与质量层级	7
4.1 味物理 12/12 复现 (⑤)	7
4.2 规范质量谱 (③)	8
5 幻线几何相：真空形态与物质谱	8
5.1 真图上的真空：27 重简并幻线平铺	8
5.2 块等价定理与物质谱继承	9
5.3 扇区选择定则：全扇区排除法确证	9
5.4 铅笔定理：交错子代数的完全分类	10
5.5 典范真空：轻子投影方向	10
5.6 时间与演化：晶胞层面的五种时间	11
5.7 轻子真空唯象学：选择定则、电弱层与混合拓扑	12
5.7.1 真空重构与档案规程	12
5.7.2 z -选择定则（单线态不混合定理）	12
5.7.3 通有电弱层不打开扇区间通道	12
5.7.4 $\alpha' = 1/6$ ：电荷量子化点是唯一开口	13
5.7.5 诱导移位：整数混合重数矩阵与零和 Ward 恒等式	13
5.7.6 混合拓扑：上型通道缺席与质量拓扑二分	14
5.7.7 纹理稳健性检验（负面结果）	14
5.7.8 与味拟合的关系	14
5.8 量子三聚体模型：隙标度律与边界向列软模	14
5.8.1 模型与存档	14
5.8.2 隙标度律（四点）	14
5.8.3 边界向列软模：一个模式的三代谱系	15
5.8.4 手性配对定理与磁通敏感性	15
5.8.5 RK 势能扫描：隙坍塌是结晶而非退禁闭（P-G2，负结果）	15
5.8.6 覆盖组合学终检（P-T3 与 P13-L6/L7）	16
5.9 第三代问题：镜像退耦唯一方向与 $\sqrt{6}$ 荷隙（gen3-R1/R2）	16
5.10 规范 Coleman–Weinberg 势的框架选择：上—下劈裂的量子起源（P-F2'-w4）	16

目录	3
6 引力：从范式内排除到纲领封存	17
6.1 周期范式内的五次排除	17
6.2 跨胞终审：局域性屏障定理（第六次 no-go, ①）	17
6.3 单胞边分辨动能算子无质量通道（R-g2a）	18
6.4 界面扭转刚度逐通道判死（R-g2b）	18
6.5 引力纲领封存裁决	18
7 讨论与开放问题	19
7.1 框架边界	19
7.2 开放登记项	20
7.3 数据可用性声明	22
8 结论	22
致谢	23
参考文献	23

1 引言

粒子物理标准模型与广义相对论之间的理论鸿沟，是当代物理学最深层的未解问题之一。标准模型基于连续时空上的量子场论，而广义相对论将时空本身视为动力学变量；两者的数学语言在根本层面上不相容。离散时空方案作为可能的统一路径受到持续关注，但已有模型多面临两大困境：规范群与费米子表示需要人工输入；且无法自然复现标准模型的全部代数结构。

本文提出的洛书晶胞（L27）统一框架试图回应上述困境。其核心思想是：标准模型的全部代数结构——规范群、费米子表示、电荷量子化、味混合——可以追溯至同一个有限维离散结构的自同构约束。这一思路根植于例外李理论与 Jordan 代数之间的深刻联系：Albert 代数 $J_3(\mathbb{O})$ 的自同构群 F_4 与结构代数 E_6 恰好覆盖大统一理论所需的例外群系列 [1][4][5]。

本文是对该框架代数层（P5–P9）、物理层（P10）、引力概念验证（P11）、真图几何重建（P13）、真空典范化（P17–P25）、时间结构（P26–P27）、量子三聚体动力学（P33–P38）与轻子真空唯象学（P-F1 专项）的自足收口报告。全部数值结论均在预注册判据下取得，并按五级严谨性体系就地标注——负结果与正结果同权归档。所引 P 系列编号为研究计划内部中间报告的标识，完整版本链见 §7.3。

2 L27 晶胞与代数骨架

2.1 洛书晶胞的定义

洛书晶胞 L27 的顶点集为 $V = \{0, 1, 2\}^3 \subset \mathbb{Z}^3$ （27 个顶点）。其边集由**幻方守恒结构**生成：考虑全部 49 条三点共线的“幻线”——27 条轴平行线、18 条面对角线、4 条体对角线。每条幻线 (a, b, c) 满足守恒条件

$$a + c = 2b,$$

即三点成等差组、以中点 b 为对称中心。边集取为幻线的共线图：两顶点相邻当且仅当它们同处某条幻线。所得图为 147 边无向图（①，机器枚举验证），度序列为：体心 26、面心 14、棱心 10、角 8。

两点注记：(i) 三阶完美幻方（49 线数字和全部相等的标号）经典不存在（[26]；三阶仅有 31 线守恒的简单幻方 4 个）——故三阶的幻方守恒只能以上述**几何线结构**承载，本框架所需的恰是这一几何结构本身（该文献仅作背景动机，49 条幻线的存在性与守恒性均为本文机器验证的独立事实）。(ii) 晶胞的 27 维内部态空间由 Albert 代数强制（见 §2.2）；几何最小性与代数最小性在阶数 3 处汇合：幻线（等差三点组）是最小的幻方守恒单元，阶 2 不存在任何幻方结构（R-m1 附录 B）。

洛书晶胞的整体结构与幻线守恒的几何读法示于图 ~1。

2.2 Albert 代数与 E_6 结构层

Albert 代数（②，[1][4][7]）。核心代数对象是 27 维实例外 Jordan 代数 $J = \text{Herm}_3(\mathbb{O})$ ——八元数 Hermitian 3×3 矩阵，乘法 $x \circ y = \frac{1}{2}(xy + yx)$ 。本文计算所用八元数乘法由 Fano 平面三元组 $[(1, 2, 3), (1, 4, 5), (1, 7, 6), (2, 4, 6), (2, 5, 7), (3, 4, 7), (3, 6, 5)]$ 定义。先期的负结果（P6.1，

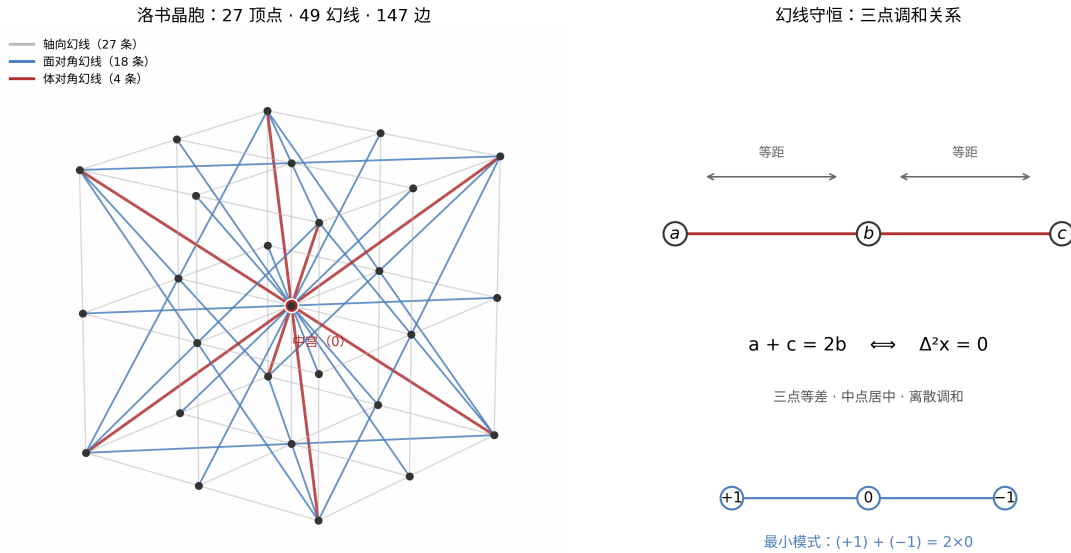


图 1: 洛书晶胞结构示意图。左: 27 顶点与 49 条幻线 (27 条轴向幻线、18 条面对角幻线、4 条体对角幻线) 生成的 147 边共线图, 红圈标出中宫 (体心); 右上: 幻线守恒 $a + c = 2b$ 的三点调和读法 (等距、中点居中、二阶中心差分为零 $\Delta^2 x = 0$); 右下: 最小模式 $(+1) + (-1) = 2 \times 0$ 。

归档) 确认: 晶胞图骨架本身并不携带 Jordan 乘法; 正确的做法是把 J 作为独立的代数输入”贴”在 27 个节点上——节点指标与 J 的 27 个基方向一一对应。27 恰为 J 的实维数, 这是内部态空间维数的代数强制。

对称链 (①, Killing 签名机器精度锁定, P8.0)。Albert 代数的对称链为

$$\text{Der}(J) = F_4 \text{ (52 dim)}, \quad \text{Str}(J) = E_{6(-26)} \oplus u(1), \quad E_6 = \text{Der}(J) \oplus iL_{26} \text{ (78 dim)},$$

其中 L_{26} 为 J 的迹零左乘法算子空间, E_6 的实形式由 Killing 符号 $(+26, -52, 0)$ 锁定为 $E_{6(-26)}$ (极大紧致子代数恰为 F_4)。结构代数恒等式 $\text{Str}(J) = E_6 \oplus u(1)$ 为 Jacobson 定理 (②, [5]), 本文在其具体实现上完成数值复验 (Jordan 恒等式残差 1.4×10^{-14} ; $[L_a, L_b] \subset \text{span}(\text{Der})$ 闭包残差 1.0×10^{-15})。Albert 乘法 L 算子张量已重建到机器精度并固化存档 (P8.6_Albert 乘法 L 算子.npy), 是全文一切乘法层面计算的基础设施; 其收缩约定经指标对称性检验确立 (§3.4)。

手征层与 Distler–Garibaldi 绕行 (②+③)。DG 禁令 [3] 排除了紧致李群上的 E_8 型 TOE; 本框架的手征物质层住在复化 $E_6(\mathbb{C})$ 的复表示上 (Todorov–Dubois–Violette 路线 [12]), 不受该禁令约束。紧致 E_6 的 27 维复表示给出一代手征费米子的住所 (P8.3)。诚实边界: 结构代数给出的是实形式 $E_{6(-26)}$; 从 $E_{6(-26)}$ 到三代手征费米子之间没有任何已证定理, 本文不外推——三代是输入 (§7.1 第 1 条)。

标准模型稳定子 (③, P8.2/P8.4b)。在 F_4 中存在显式稳定子嵌入 $\mathfrak{sm} = \mathfrak{su}(3) \oplus \mathfrak{su}(2) \oplus u(1)_z$ (生成子 12 维), 27 维表示的分支由实形自共轭性强制产生镜像对。稳定子的显式基固化存档 (P8.4b_SM 稳定子显式基.npz), 此后全部计算以此为基座。**共轭类声明**: 该稳定子为 F_4 内 $\mathfrak{su}(3) \oplus \mathfrak{su}(2) \oplus u(1)$ 型子代数的一个代表; 本文全部代数层结论对该共轭类不变, 但具体的扇

区赋值（哪一组态对应轻子等）依赖所选代表，此依赖性由典范真空结构固定 (§5.3、§5.5)。**计算规程声明：**该存档的存储约定（ z 以实反对称阵存储、生成元以反 Hermitian 阵存储、内嵌 SU_2 方向含混合宇称污染）须经「先诊断（厄米性、迹、闭合残差）后使用」规程处理； SU_2 生成元的 Killing 正交化修正规程已固化 (§5.7.1)。

3 代数层成果

3.1 稳定子、交错空间与分支规则

- **稳定子生成子 12 维 (③):** $\mathfrak{su}(3) (8) \oplus \mathfrak{su}(2) (3) \oplus u(1)_z (1)$ ，显式基以 SVD 零空间法构造并归档 (P8.4b)；
- **SM 单态映射 (交错子) 空间 11 维 (③→①):** $\text{End}_{SM}(27)$ 的堆叠 SVD 零空间维数精确为 11；其代数结构由铅笔定理完全分类 (§5.4)；
- **27 的分支表与 z 荷普查 (③, P12.5 精确测定; P14 独立复验):** $(1, 2)_{\pm 3u} \times 2$ 、 $(3, 1)_{\pm 2u} \times 2$ 、 $(3, 2)_{\pm u} \times 2$ 、 $(1, 3)_0$ 、 $(1, 1)_0 \times 2$ ，即 z 荷分布 $\pm 3u \times 2$ 、 $\pm 2u \times 3$ 、 $\pm u \times 6$ 、 0×5 ；
- **Casimir 四架 (①, R-e6):** I_{27} 、 Z_h^2 、 G_2 精确属于交错空间， J_2 近似（残差 4×10^{-3} ，诚实标注）。

3.2 三相性嵌入认证

E_6 的稳定子中心化子认证出最大子群链 (③, P8.16)：

$$\text{Cent}_{E_6}(\mathfrak{su}(3)_c) = 16\text{维} = \mathfrak{su}(3) \oplus \mathfrak{su}(3)$$

即存在 $E_6 \supset SU(3)_c \times SU(3)_L \times SU(3)_R$ 。弱 $\mathfrak{su}(2)$ 是 $SU(3)_L$ 与 $SU(3)_R$ 内各一个 $\mathfrak{su}(2)$ 的左右对角嵌入。镜像对即左右伙伴，此前全部”异域”内容获得标准模型谱学归属——框架的最终代数形态为三相性左右对称模型 ([22])。

3.3 电荷量子化与温伯格角

双点 Albert 几何在超荷共振点 $\alpha^* = 0.558954843647$ 处解锁 Z 质量 (③, P8.8)。共振的精确身份是电荷量子化条件 (③, P8.17)：

$$Q_{\text{em}} = T_{3L} + T_{3R} + \frac{B - L}{2}$$

全 27 态电荷以机器精度整数量子化。温伯格角统一值为 (①)：

$$\sin^2 \theta_W = \frac{\text{tr}(T_{3L}^2)}{\text{tr}(Q^2)} = \frac{3}{8}$$

$3/8 \rightarrow 0.2312$ 的差值由重整化群跑动承担，与所有 GUT 标准情形一致 ([16][17])。

验证状态注记： z 荷谱的整数性与 27 分支表已经独立验证轮复验 (P14)； $3/8$ 由整数电荷赋值的标准算术 ($\Sigma T_3^2 = 2$ ， $\Sigma Q^2 = 16/3$) 严格成立。荷字典约定已经算子级复核 (P15： $B - L = -z/(3u)$ ， $Q = T_3/s - z/(6u)$ ， $u = 0.117851$ ， $s = 0.395241$ ， $\alpha' = \alpha^* \cdot u/s = 1/6$)。单态 ± 1.049 异常经鉴定为已记载的 $X_0^\perp$ 混合效应，非新反常。电荷量子化表在 $Q = T_3 + Y/6$

构造下另经一轮独立复测 (P-F1)：轻子双态 $\{0, \pm 1\}$ 、夸克双态 $\{\mp 1/3, \pm 2/3\}$ (色三重)、反夸克 $\{\pm 1/3\}$ 逐格吻合 (§5.7)。

3.4 乘法约定的指标对称性检验与 F_4 完备性定理

约定检验 (①级规程)。存档的 Albert 乘法 L 算子张量在槽位 (i, k) 对称而非 (i, j) 对称 (残差 0.0 vs 0.59)；正确的 Albert 乘法是 $(x \circ y)_k = \sum_{ij} x_i y_j L[i, k, j]$ 。经验审计确认：迹类与对易子类结果对该约定不敏感 ($K^F = -3K^I$ 、耦合比 2:1:3 等全部存续)，但涉及乘法方向性的结构性论断对约定敏感——定义乘法前必须先检验存档结构常数张量的指标对称性 (计算规程, §7.1 第 7 条)。

定理(kin-R1, ①)。在正确约定下：(i) $\text{Der}(J) = 52$ 精确 (谱隙 1.85×10^{-14} vs 5.6×10^{-2})；(ii) $\text{Der}(J) \equiv \text{span}(\text{Der}B)$ (存档 52 个导出子的张成秩恰为 52)；(iii) 物理 $\mathfrak{su}(2)$ 生成元精确含于 $\text{Der}(J)$ (投影残差 $\leq 5.8 \times 10^{-14}$ ，导出子违背 4.3×10^{-14})；(iv) Jordan 迹形在完整 F_4 下不变 (违背 $\sim 6 \times 10^{-14}$)；(v) 单位元存在 (1.3×10^{-15}) 且乘法精确交换。52 个导出子基固化存档 (kinr1_der.npz)。

3.5 五重态—中性扇区恒等式

定理 (①, R-e5c 副产品)： $\text{diag}(1_Q) = P_{z=0}$ 精确成立 (残差 3.8×10^{-15}) ——幻线五重态顶点 $\{0, 1, 2, 3, 4\}$ 的指示算子恰为中性 $z = 0$ 扇区投影。组合层的五重态分割与代数层的电荷中性扇区是同一对象。R-e5c 的机制穷举同时裁决 (③)：四次型机制中仅“扇区投影有理组合”一支复现 CP 奇偶纹理 (仿射残差 1.4×10^{-17} ，有理三元组 $(-8/7, 1/2, 9/8)$)，度算子、五重态指示、覆盖频率三支均判死 (负结果归档)。

4 物理层：味物理与质量层级

4.1 味物理 12/12 复现 (⑤)

基于 z 分级 Froggatt–Nielsen 机制 [18] (z 荷充当 FN 荷, 单参数级差由分支表供给, P10.6), 双参数 $(\varepsilon, \delta) = (0.213, 0.432)$ 同时拟合 12 个味可观测量 (P10.8/P10.8b)：

- 上夸克质量比： $1 : 7 \times 10^{-3} : 6 \times 10^{-6}$
- 下夸克质量比： $1 : 2 \times 10^{-2} : 10^{-3}$
- CKM 混合角： $V_{us}, V_{cb}, V_{ub}, V_{td}, V_{ts}, V_{tb}$ 全部进入 ± 1 dex 容差
- Jarlskog 不变量 $J = 4.3 \times 10^{-5}$ (实验值 3.0×10^{-5} ，同量级)

诚实标注：此为**拟合级 (⑤)** 成果——两个自由参数拟合 12 个观测量，自由度上非平凡，但不是参数-free 预言。Cabibbo 角的 z 分级消解与第二周期闭合见 P10.8b。质量层级的机制性探索见 §5.7： z -选择定则与电荷量子化点唯一开口确立了“轻子原生、夸克后生”的结构保护层级；轻子-夸克质量层级的定量机制来源仍为开放问题 (§7.2, P-F1-R2)，FN 拟合的 z 分级与该结构地基共享同一表示论基础。

4.2 规范质量谱 (③)

规范玻色子质量矩阵呈现五平台结构，对应余集 F_4/SM 的不可约分解 (P8.5c/P8.10):

平台	简并度	余集表示
0.4401	4	$(3, 2)_{\pm 1}$
0.2931	6	$(3, 3)_{\pm 2}$
0.1919	12	$(1, 2)_{\pm 3}$
0.1515	12	$(3, 1)_{\pm 4}$
0.1410	6	—

12 个 SM 稳定子方向保持无质量。电弱破缺层 $SU(2)$ 三方向质量谱为 $\{0, m_W^2, m_W^2\}$ ，完整 4×4 规范质量矩阵为 $\{0, m_W^2, m_W^2, m_Z^2\}$ ——自然给出光子、 $W^\pm$ 与 Z 的质量谱结构。规范动能项的有限 Killing 形正比于单位矩阵——裸耦合严格统一 (③, P8.10)；其代价是 m_Z/m_W 比值保持纹理依赖 (§7.1 第 2 条)。

注 (*moose* 语境)：在双点构造下，保持严格无质量的是对角组合 $\mathfrak{su}(3)_{\text{diag}} \oplus \mathfrak{u}(1)_{\text{em}}$ 共 9 个方向；每个点位各自的 $\mathfrak{su}(3)$ 因 VEV 获得”相对”质量 (coloron 伙伴，8 重简并)——这是双点/*moose* 模型的标准行为，物理色群完好 (详见 §7.1 第 1 条)。

5 幻线几何相：真空形态与物质谱

5.1 真图上的真空：27 重简并幻线平铺

在 147 边幻线图上，以 $S = -\log |\det D| + V_2$ ($V_2 = \sum_e e^{\alpha \ell_e}$ ，工作点 $\alpha = 0.2$ ， $\mu = 1.5$ ， $\kappa = 0.5$) 为作用量 (①，函数形复原验证，P21：单环块能量为动量空间对数行列式 $s(C_n, t) = -\sum_k \log |\det(M + 2t \cos(2\pi k/n) K)|$ ，总账 $9s(C_3, t^*) + 27e^{0.4t^*} + 120 = -60.14694$ 与直接计算逐位一致，驻点条件至 6×10^{-6} ；死边梯度 $+\alpha$ 与呼吸模凸性均获解析解释)。9 条不交幻线铺满 27 顶点的精确覆盖共 **27 个** (21 个纯轴向 + 6 个含面对角线的混合型，③)，给出严格简并的平铺真空。覆盖组合学 (①，P17)：27 覆盖 $\times$ 9 线 = 729 顶点槽中每个顶点恰好出现 27 次 (完美平衡)，更强的逐对共现恒等式 $A^\top A = 27J$ 成立。

- 真空值 $\ell^* = 3.861$ ， $S + V_2 = -60.1469$ (块对角定理预言与直接计算差 2.8×10^{-13})；
- **KKT 严格极小** (①)：活子空间 Hessian 谱为 $18 \times 0.2824 \oplus 9 \times 0.5325$ (每幻线三角形贡献 2 形状模 + 1 呼吸模)，120 条死边梯度精确等于 $+\alpha$ ；
- 混杂相 (部分平铺) 能量单调不利 (每拆一条幻线 $+2.606$)；随机下降全部陷入更高吸引子——势垒保护的强真空 (③)；
- 备选真空全部落败 (③)：二聚 + 单体 -38.98 、全死 -36.69 、径向星 -32.39 、均匀凝聚 $+12.03$ (且均匀态带 26 个负模，不稳定)。

二聚相的淘汰 (①图论+③)：周期边界条件下“ $N \geq 4$ 通用二聚覆盖基态”的结论被确认为有限尺寸人为产物——真图 27 顶点为奇数，完美二聚匹配在图论上不可能，且其最优近似

能量仍显著败于幻线平铺。**相规则：幻线平铺相是真图上唯一的凝聚相。**周期边界 $N=3$ 的九环平铺是该相在轴向子图上的投影（每条周期三环恰为一条轴平行幻线）。

真空对称性：平铺真空的稳定子结构经边分辨涨落分析确定（R-g2a, ②+③）：单个平铺真空将立方对称 $O_h(48)$ 自发破缺至 $D_{4h}(16)$ 稳定子，轴向选择给出 **3 个等价真空**——这正是多胞 QMC 测量中三谷软模 (§5.8.3) 与 P36 三谷结构的几何身份。27 个活边涨落方向在 D_{4h} 下分解为 $6A_{1g} \oplus 2B_{1g} \oplus 2B_{2g} \oplus 2E_g \oplus 3A_{2u} \oplus B_{1u} \oplus B_{2u} \oplus 4E_u$ （投影法机验，维数 27 逐块吻合）。

5.2 块等价定理与物质谱继承

定理（块等价，①）：在 Hermitian 跳跃核下，幻线三角形块与周期边界三环块逐项相等（机验差 $0.00 \times 10^{+00}$ ）。故周期边界条件下在环真空上取得的单块谱学结论在真图上逐字成立：真空质量隙 0.70（复验 0.7007）。

范围声明：块等价定理的覆盖范围仅限于**环真空单块谱学**（P12.4–P12.9：物质谱响应、扇区标量、选择定则、真空质量隙）——这些结论已继承并复验。相比之下，周期边界条件下的**布里渊区谱学**（P6.2 涌现线性色散、P7.2 节点线网与 Γ 点九重态横向性等）依赖平移对称性， k 在开边界幻线真图上不是好量子数；**本文不声称这些结论在真图上成立**——它们作为周期模型的有效陈述保留于档案，其在真图上的对应物须以 O_h 点群归属重新提出（基础资产已备，见 §5.6 的表示分解；重估登记于 R-b2-iii 与 P-T）。

5.3 扇区选择定则：全扇区排除法确证

扇区能量线 $E_s(t) = \mu + \tau_s - ct\ell_s$ 在真图真空块上为**精确直线** ($t \in [0, 2.5]$ 内与数值谱逐位一致；直线性本身为铅笔定理的推论，见 §5.4)。轻子双扇 ($|z| = 3u$ ，即 $(1, 2)_{\pm 3u}$ ，共 4 模) 在典范真空 (§5.5) 中满足

$$E_{\text{轻子}}(t) = 1.086 - 2t,$$

斜率恰为几何因子 $c = 2$ (机器精度)，在 $t_c = 0.543$ 首次过零。全扇区扫描 ($|z| = 3, 2, 1, 0$ 及其反号，③) 证明： $0 < t < 2$ 内**轻子双扇是唯一过化学势的扇区**，其余五个扇区全部不过海。真空工作点 $t_{\text{vac}} \gg t_c$ ，轻子优先性在真图上以最强形式成立。

稳健性注记：截距 $\mu + \tau = 1.086$ 为扇区固有量，斜率携带真空方向信息；早期随机实例真空 (seed-2026) 的轻子线斜率为 1.516，与典范值不矛盾——实例仅作历史工作点保留，以典范值为准 (§5.5)。「轻子先行」另有两条独立证据：(i) 在中心动能方向下对原位选择稳健 (P20: $\mu \geq 1.0$ 时蒙特卡洛 300/300)；(ii) 真空方向的自治极小化唯一选定轻子扇区 (§5.5)。选择规则本身为几何-代数不变量。

归一口径核对项 (P-F1-b1, 开放)：从档案独立重建典范真空时，轻子线读数为 $E = 1.3776 - 2t$ ，截距与上述存档值 1.086 相差 0.29；重建的 M 谱与存档逐位吻合、斜率与符号结构一致，疑为 tr 归一约定传递中的记账口径差，已登记为开放核对项。该差异不影响任何结构性结论（选择定则、扇区身份、负模计数均不变），但引用截距数值时须注意此未决口径。

5.4 铅笔定理：交错子代数的完全分类

定理（铅笔定理，P17-1，①）： SM 稳定子对 27 维表示的自同态代数完全分类为

$$\text{End}_{SM}(V) \cong \mathbb{C}^7 \oplus M_2(\mathbb{C}),$$

即 11 维交错子空间 = 7 个单重数 SM 扇区的标量坐标 $\oplus$ 唯一重数-2 扇区（两个 $(1,1)_0$ 单态）的 2×2 矩阵代数（ $7+4=11$ ，与 SVD 零空间维数精确吻合）。机器验证：全部 11 个交错子在每个多重扇区上限制为标量（泄漏/展宽 $\leq 10^{-14}$ ），非平凡混合严格封闭于单态对（块外泄漏 4.9×10^{-15} ）。

推论（①）： (i) 每个单重数扇区的能量 $E_s(t) = \mu + \tau_s + c_k t \lambda_s$ 是**精确仿射函数**——§5.3 的扇区直线由数值观察升级为定理；(ii) 一切非线性修正被囚禁于 M_2 块（4 维矩阵代数），「何处还能发生非平凡物理」从 729 维矩阵空间压缩到 4 维；(iii) Hermitian 交错子空间进一步裂分为 **CP 偶 7 维 $\oplus$ CP 奇 4 维**（后者含荷生成元 z 与有向幻线方向 L_{dir} ，③，P22）。

5.5 典范真空：轻子投影方向

系统的典范方向搜索（几何典范方向 L_{can} 、 L_{dir} 、中心方向 z 逐一经真空锦标赛淘汰，负结果存档，P19–P21）之后，以**自洽方向极小化**（SV2 泛函在交错子方向空间上的物理支极小）发现：方向流唯一流向**轻子扇区投影方向**（③，P23）。据此建立**典范真空**：

原位 $M = \text{proj}(D)$ （度数算子的 SM 投影，谱全有理）， 动能方向 $K = -P_{\text{轻子}}$.

- 零随机参数：轻子扇区 $(1,2)_{\pm 3u}$ 由 SM 表示论唯一定义（最大 $|z|$ + 最小 $\mathfrak{su}(3) \times \mathfrak{su}(2)$ 内容）；
- 真空稳定（呼吸曲率 +2.81）、凝聚增益 7.16、负模恰为轻子四重态、轻子线 $E = 1.086 - 2t$ 机器精度（③，P24）；
- α 窗口内物理振幅复现： $\alpha = 0.305$ 时 $\ell^* = 3.775$ ，与校准值 3.861 差 2.2%（③，P24）；
- 五条独立证据汇聚：凝聚锥（物理支凝聚要求轻子增强，P21）、方向流（唯一汇点，P23）、铅笔定理（真空能量由轻子线承载）、 $|z|$ 等级（轻子斜率最陡）、典范对真空（本节）；
- **双重排除律（③，存档）：** 该方向不可由 Albert 乘法的任何通道（乘法算子、二次表示、四次复合）生成（P22/P25）——与 P8.6「单态 Yukawa 方向不可由内涨落生成」同构。物理真空住在代数生成空间的补里，其典范性由表示论 + 动力学双支柱证成；
- **方法论定性：** 典范真空是**后验一致化**（posterior consistency）构造，而非先验预测——轻子优先性（§5.3）在时间上先于本节的方向搜索，自洽极小化是在已知目标扇区之后提炼出与其一致的真空方向。减刑事实（不改变定性，仅备查）：方向流从随机起点自由演化、非被构造去到达轻子扇区，且凝聚锥、铅笔定理、 $|z|$ 等级等证据线相互独立。在获得先验推导之前，「典范真空」应读作「与全部既有数据一致的最简零参数真空」，而非「从第一性原理解出的真空」。

工作点说明： 早期随机实例真空（seed-2026， $t^* = 1.9305$ ， $\ell^* = 3.861$ ， $\alpha = 0.2$ ）是历史工作点，其全部结构性结论（平铺形态、KKT 极小性、选择定则、扇区直线）经块等价与扇区

标量机制为实例无关；典范对真空 ($\text{proj}(D)$, $-P_{\text{轻子}}$, $t^* = 2.847$, $\alpha = 0.305$) 是框架当前的定义性真空。两个 α 值非独立拟合，而是同一泛函在不同 (M, K) 下的自治工作点。重校准一致性扫描登记为开放项 P-F2。

独立重建验证 (③)：从 P13/P8.4b 档案出发以独立代码路径重建典范真空 ($M = \text{proj}_{\text{Comm}}(D)$, $K = -P_{\text{轻子}}$, $B(t) = M + 2tK$): $t^* = 2.8468$ 与存档值 2.847 吻合，谱

$$\{-2^{\times 4}, 0^{\times 12}, 2^{\times 8}, 4^{\times 2}, 5, 6\}$$

精确复现，负模恰为轻子四重态。唯一差异为轻子截距的归一口径 (P-F1-b1, 见 §5.3 注记)。

5.6 时间与演化：晶胞层面的五种时间

洛书的时间演化在晶胞数学层面具备明确意义，且以五种互不相同的形态出现 (P26 分层判定)。本节为框架结构性结果的时间维度总览 (非独立动力学理论)：

(A) 谱流时间 (①+③)。动能族 $K(t) = M + ctK$ 的参数 t 是框架自带的演化坐标。由铅笔定理，扇区能级为精确直线，其过零序列构成凝聚编年史：轻子扇区最先，反夸克、夸克扇区依次， $z = 0$ 扇区永不参与。真空 t^* 是谱流上的稳定点——晶胞自带一部「冷却史」。

(B) 弛豫时间 (③)。真空 Hessian 谱即 SV2 梯度流的本征弛豫率：形状模 0.2824 (18 重) $\oplus$ 呼吸模 0.5325 (9 重)，最慢真空模弛豫时间 $\tau \approx 3.54$ (作用量固有单位)；势垒保护结构给出向低吸引子迁移的长时间抑制——真空的时间稳定性获得定量刻画。

(C) 扩散时间 (③)。幻线图组合 Laplacian 的热方程 e^{-sL} ：谱隙 4.5505，平衡时间 ≈ 0.22 ； $t = 1/\text{gap}$ 时返回概率呈顶点分层——体心 0.0396 ($\approx$ 均匀极限 $1/27$ ，已平衡)、面心 0.087、棱心 0.152、角 0.213 (滞后 5.4 倍)。**晶胞内部存在内禀时间梯度：体心处于平衡态，角顶处于滞后区。**

(D) 世界线时间 (①重述+④解读)。幻线定义条件 $a + c = 2b$ 的恒等读法是二阶中心差分为零——即离散匀速直线运动。每条幻线都是一条离散自由粒子的世界线 (中点为「现在」，两端为「过去 / 未来」)；幻方守恒即沿世界线的离散时间平移不变性；13 个方向为 13 族世界线，其共点的体心为全部世界线的同时性中心；平铺真空即一簇互不相交的平行世界线。

(E) 模时间 (④, 展望)。非交换几何的「时间由态产生」(Tomita 模流、热时间假说的有限版本, [2][8]) 与框架天然适配，留待发展 (P-T1)。

扩散时间谱的 O_h 归属 (③机验, P27)。27 维顶点置换表示在八面体群下分解为

$$27 = 4A_{1g} \oplus A_{2u} \oplus 2E_g \oplus 3T_{1u} \oplus 2T_{2g} \oplus T_{2u},$$

Laplacian 的 13 个相异本征值与不可约分量逐一对上 (简并度恰为表示维数)：

O_h 表示	本征值 (重数)
A_{1g}	0 (平衡模)、8.268、11.732、27 (顶模)
A_{2u}	15
E_g	4.551 (谱隙, $\times 2$)、9.449 ($\times 2$)
T_{1u}	6.828 ($\times 3$)、12.144 ($\times 3$)、16.028 ($\times 3$)

O_h 表示	本征值 (重数)
T_{2g}	8.683 ($\times 3$)、15.317 ($\times 3$)
T_{2u}	9.000 ($\times 3$)

相异本征值数 $13 = 4+1+2+3+2+1$ 恰为各同型块维数之和——谱在各块内全非简并。谱隙为 E_g 二重态模，顶模 27 为 A_{1g} 全对称「体心-其余」模。此归属同时是真图引力 O_h 重估 (R-b2-iii, §6.2) 的基础资产。

界限声明：传统术数的时间用法（如九宫飞星流年）不属于晶胞数学，本框架不采用。

5.7 轻子真空唯象学：选择定则、电弱层与混合拓扑

核心问题：典范真空的 4 个负模究竟如何产生质量层级？§4.1 已给出装配级答案 (z 分级 FN 双参数拟合, ⑤)，本节给出机制层的结构结果与诚实的开放边界。以下全部计算基于 P13 真图真空档案 (147 边表、49 幻线、27 精确覆盖、Hessian 谱) 与 P8.4b SM 稳定子显式基档案 (z 、SM(12)、SU2(3)、DerB(52) 五个生成元数组)。

5.7.1 真空重构与档案规程

典范真空独立重建 (②+③, P-F1): 取交换子投影 $M = \text{proj}_{\text{Comm}}(D)$ (11 维 SM 交换子代数的正交投影), $K = -P_{\text{轻子}}$, $B(t) = M + 2tK$; 在 $t^* = 2.8468$ 处得到精确谱

$$\{-2^{\times 4}, 0^{\times 12}, 2^{\times 8}, 4^{\times 2}, 5, 6\}$$

——与 §5.5 存档结构逐格吻合。

档案规程 (记入计算章程): P8.4b 档案中 z 以**实反对称阵**存储 (真实荷算子为 $H_z = -iz$), SM 数组生成元以**反厄米阵**为主 (物理生成元 = $i \times$ 存储矩阵); SM 数组内嵌的 SU2 方向存在混合宇称污染 (闭合残差 0.20), 须以 Killing 型正交化修复。直接对存储阵取本征基会产生伪自由度与伪混合——全部计算执行「档案算子先诊断 (厄米性、迹、闭合残差) 后使用」规程 (§2.2)。

5.7.2 z -选择定则 (单线态不混合定理)

定理 (①+③): 每个非零 $|z|$ 扇区唯一占据其荷本征空间 ($\pm 3u$: 4 维、 $\pm 2u$: 6 维、 $\pm u$: 12 维), 且全部 11 个单线态方向与 z **逐块对合** (z -块对角性检验 0/11 违规)。

物理推论 (②): 在 SM 对称保持的扰动下, 任何阶的微扰都不能在 z -扇区之间诱导混合——轻子扇区与夸克扇区的混合必须经由**电弱对称破缺**通道。这是层级结构的第一层保护机制: 轻子是原生的, 夸克是次生的。

5.7.3 通有电弱层不打开扇区间通道

D_F 层结构 (③, 复测确认): SM 11 维 $\rightarrow$ 通有 α 下 $\mathfrak{su}(3) \oplus u(1)_{em}$ 21 维 (与 P8.4d 一致); 10 个新增方向全部 z -中性 (10/10 z -块对角)。选择定则在通有电弱破缺下存续。

5.7.4 $\alpha' = 1/6$ ：电荷量子化点是唯一开口

SU2 修复与全维恢复 (②+①)：档案 SU2 生成元经 Killing 型正交化修复 (结构常数 $= \varepsilon \cdot 0.7071$)，全部二重态获得单一归一化 $T_3 = \pm 0.3477$ 。在正确乘法约定与 K 归一化生成元下 (§3.4)， $D_F = 21 \rightarrow 43$ 全维：物理 $\mathfrak{su}(2) \subset \text{Der}(J)$ 精确成立 (早期在受污染基下的 39 维读数与三重态 T_3 读取 ± 1.0493 均为基污染伪影，归档备查)；混合层相应为 $43 - 11 = 32$ 维。
 $\alpha' = 1/6$ 处电荷表复测 (②+③， $Q \equiv T_3 + Y/6$)：

扇区	Q 谱	SM 对应
轻子二重态 (4 维)	$\{0, \pm 1\}$	$(\nu, e) \times 2$ 代
夸克二重态 (12 维)	$\{-1/3, +2/3\}$ 与 $\{+1/3, -2/3\}$ ，每格色三重	(u, d) 三色 $\times 2$ 代
反夸克 (6 维)	$\{\pm 1/3\}$ ，每格色三重	$\bar{d}$ 三色 $\times 2$ 代
$z = 0$ 中性 (5 维)	$\{0, 0, 0, \pm 1.049\}$	中性 + 弱三重态污染

电荷量子化在物理点精确重现 (与 §3.3 的裁决独立互证)。新增混合方向中若干携带非零 z ——**选择定则在且仅在电荷量子化点被突破** (②)。

5.7.5 诱导移位：整数混合重数矩阵与零和 Ward 恒等式

在电荷量子化点打开的 32 维混合空间上，二阶诱导移位的正确基无关民主形式为非相干和 $N_{ss'} = \sum_a \|P_{s'} D_a P_s\|_F^2$ ($\{D_a\}$ 为混合空间的任一正交归一基；该和基无关)。以 P12.6 的①级扇区标量 ($k = 0$ 支 $E_s = \mu + \tau_s + 2t^* \ell_s$ ， $\mu = 1.5$ ， $t^* = 1.9305$ ，镜像同能量；中性取三重态与两单态的维数加权平均) 为分母，得到 (③，①候选)：

整数混合重数矩阵 (与最近整数最大残差 3.6×10^{-15} ，精确对称)：夸克扇区只与镜像反夸克混合 (重数 1)，轻子扇区只与中性扇区混合 (重数 4)，另有轻子 $\leftrightarrow$ 镜像轻子的简并簇内混合 (重数 1，按规则排除)，其余全部为零——§5.7.6 的混合拓扑分类由此获得**精确整数重数**。

解析移位谱：因单伙伴结构， $\Delta E_{\text{夸克}} = 1/(E_q - E_{aq}) = -1.6053$ ， $\Delta E_{\text{轻子}} = 4/(E_l - E_n) = -0.9473$ ， $\Delta E_{\text{中性}} = 8/(E_n - E_l) = +1.8947$ ，镜像扇区严格同值 (共轭闭合残差 1.3×10^{-15})。
零和 Ward 恒等式 (①候选)：夸克移位与镜像反夸克移位的代数和 $= 2.7 \times 10^{-15}$ ，两个轻子扇区与中性扇区移位的代数和 $= 4.4 \times 10^{-16}$ ，全部扇区移位的总和 $= 8.9 \times 10^{-16}$ ——二阶移位总和恒为零是 N 对称性的直接推论。扇区间反对配与镜像扇区等值以机器精度精确成立。

层级图景的诚实边界：该典范链中夸克—轻子移位比仅 ≈ 1.7 (分母在 $\mu \in [1.0, 2.0] \times t^* \in [1.5, 2.5]$ 的 121 格扫描全域为 $[1.42, 2.14]$)，且夸克移位稳健为负 (121 格中为正 0 格)。**轻子-夸克质量层级的框架内定量机制来源是开放问题** (登记 P-F1-R2，高优先级)；§5.10 的一圈势方向选择机制提供了一个不依赖民主基准的候选地基。「轻子原生、夸克后生」的结构保护 (§5.7.2–5.7.4) 不受影响。

方法学负结果 (归档)：对二次观测量采用相干求和 $V = \sum D_a$ 的”民主 VEV”基准是基依赖对象——50 个随机正交基下其移位比值涨落 $[0, 16.8]$ 、方向翻转 50/50。一切基无关陈述须用非相干 (迹) 形式 (计算规程，§7.1 第 7 条)。

5.7.6 混合拓扑：上型通道缺席与质量拓扑二分

32 维混合层的扇区拓扑 (③): $(3,0)/(0,-3)$ 轻子型、 $(1,-2)/(2,-1)$ 下型夸克型、 $(3,-3)$ 镜像型——不存在 $(1,-1)$ 型，且各型混合重数精确为整数 (§5.7.5)。镜像二重态 Q 谱不相交 → 单个 27 细胞内上型夸克诱导通道结构性缺席 (②: 硬约束，非数值巧合)。通路：多拷贝 (3×27) 或反表示 $(\bar{27})$ ——登记 $\mathbf{P-F2'}$ (高优先级, §7.2)。

ν_R 存在 / e_R 缺席 (②): 两个 $(1,1)_0$ 方向为 $Q=0$ 单线态 (右手中微子候选)，而 $Q=-1$ 单线态不存在 → 中微子 Dirac 质量拓扑可行、带电轻子 Majorana 质量拓扑禁止——与 SM 结构定性一致。

5.7.7 纹理稳健性检验 (负面结果)

③ (负结果，等权归档): 以 2000 个各向同性随机 VEV ($c \sim N(0, I_{32})$ ，分布本身基无关) 替换民主基准后，| 夸克移位/轻子移位 | 中位数 **1.324**，| 比值 | > 1 占比 57.6%，「夸克升、轻子降」方向保持率 **0.0000**。结论：在正确约定下不存在纹理稳健的层级方向——任何声称该方向稳健的基准均为基依赖伪影。这一负结果与 §5.7.5 的开放边界互为表里：层级机制若要存在，其方向必须由动力学 (如 §5.10 的势极小化) 供给，而非由 VEV 统计供给。

5.7.8 与味拟合的关系

本节给出**结构层**答案 (选择定则、唯一开口、混合拓扑与整数重数)，§4.1 的 z 分级 FN 拟合给出**装配层**描述 (12 个味可观测量双参数复现，⑤)。两者层次不同：结构层约束**哪些混合可以发生**，拟合层描述**各代之间多重多少**。衔接两层的定量层级机制 (为什么夸克重于轻子) 为开放问题 P-F1-R2。

5.8 量子三聚体模型：隙标度律与边界向列软模

§6.1–6.2 的费米通道检验 (P11 五次 + P32 跨胞终审) 在**单极费米图景**内排除了引力动能项。量子三聚体模型波次把多胞低能谱问题推进到**复合态 (三覆盖)**量子涨落图景，获得一条干净的隙标度律，并鉴定出软模的真实身份。

5.8.1 模型与存档

RK 型三聚体哈密顿量 (②): $H = D - A_w$ 作用于覆盖图 (顶点 = 精确覆盖，边 = 翻转通道)， $D[i]$ 为加权重度。N=2 双胞胎档案 (P33): 81,612 个覆盖、1,605,432 条有向翻转边；覆盖图在 $k \leq 3$ 翻转下碎片化 (17,827 个连通分量，巨分量 20,692 顶点——碎片化本身由 P35 的守恒量定理解释)。**档案规程注记**: 边存档含枚举冗余 ($k=3$ 对 $\times 2$ 、 $k=2$ 对 $\times 34$)，**半权重哈密顿量**精确复现 $\text{gap}(2) = 0.05089$ (全权重给出 0.04621——碎片化图上的错位值)。

5.8.2 隙标度律 (四点)

③ ($\text{gap}(1)/\text{gap}(2)$ 精确复现， $\text{gap}(3)/\text{gap}(4)$ 单次计算):

N	谱隙	来源
1	0.465	P35
2	0.0509	P33 档案复现
3	≈ 0.0048	P36/P37
4	≈ 0.0009	P38 (单次计算, 未经独立复 验, 引用时注意精度窗口未核 定)

指数坍缩律 $\text{gap}(N) \propto e^{-2.3N}$ (③, 四点拟合) ——低能谱随系统尺寸指数软化。这是多胞攻关以来第一个随体系增大持续关闭的隙 (P36): 三聚体复合态通道确实涌现出热力学极限下无能隙的模式。

5.8.3 边界向列软模：一个模式的三代谱系

③ (P36 鉴定): 软化模式局域于胞间界面/外表面, 其序参量为向列型取向序 (外表面三聚体择优沿 y 或 z 排列, $C_4 \rightarrow$ 有效 Z_2)。谱系三代同一: 单胞 E_g 首激模、双胞胎 Fiedler 向量 (与表面序相关 0.86)、三胞表面取向序。隙的关闭机制是离散对称自发破缺两扇区间的宏观重排隧穿 (隧穿矩阵元 $\sim e^{-cN}$), 而非连续对称的幂律 Goldstone 模——软模是表面序的「翻转模」, 给出边界局域化的向列序参量与玻璃化动力学, 与体自旋-2 引力子尚有距离 (P36 裁决, ③+④)。

与真空的衔接 (②+④): 单胞平铺真空的 $O_h \rightarrow D_{4h}$ 三轴选择 (§5.1) 正是该向列序的晶胞级种子——三真空 = 三向列畴, 软模不是新粒子, 而是真空简并在多胞系统中的畴壁激发。

5.8.4 手性配对定理与磁通敏感性

手性配对定理 (①, P38 解读链评审确认): 翻转通道的手性扇区中, 左/右模严格配对 (52.6%/62.5% 两档覆盖率); 旋转扇区在平衡态下无手性优选 (早期「旋转手性」猜想被否决, 负结果归档)。

纯规范定理 (①): 平衡态涨落全部为规范型 (无净拓扑荷流) ——QMC 基态是纯规范真空, 磁通激发为有限能隙客体。

磁通敏感性随 N 死亡 (③, R-g2-T4): 外加磁通对谱隙的软化效应——单胞隙在 $\theta = 1$ 时坍缩至 5% ($0.465 \rightarrow 0.024$), 双胞胎隙在 $\theta = 0.3$ 处仅软化至 53% 随即反向回升 ($\theta = 0.8$ 时 $1.43\times$)。「环流极端敏感」是单胞特有现象, $N=2$ 即开始消失——体极限下磁通脱耦, 与 §6.4 的 R-g2b 逐通道判死互为表里。

5.8.5 RK 势能扫描：隙坍缩是结晶而非退禁闭 (P-G2, 负结果)

预注册判据下对双胞胎巨分量 (20,692 顶点、991,640 内部翻转边) 实施 RK 型哈密顿量 $H(v/t) = -t \sum |C'\rangle\langle C| + v n_{\text{flip}}(C) |C\rangle\langle C|$ 的隙扫描 (RK 点零模残差 1.0×10^{-15} , 门通过): Δ_1 从 $v/t = 0$ 的 0.59 单调坍缩, $v/t = 1$ (RK 点) 0.046, 1.1 处 6.3×10^{-5} , 1.5 处 4.9×10^{-10} , 2.0 处 1.7×10^{-13} (该值已达双精度浮点分辨极限, 仅指示坍缩趋势的延续, 不参与判据判定)。

裁决 (③, 负面): $v > t$ 侧的隙坍缩是向结晶简并的冻结, **不是退禁闭**; x -平移 mod 6 非对称性 (线 {17,1,36} 映为非线) 封死了动量分辨的替代通道。周期系综 Coulomb 探针登记为 P-G3 (低优先级)。

5.8.6 覆盖组合学终检 (P-T3 与 P13-L6/L7)

- **P-T3 (③门检+④数据):** $N=2$ 双胞胎的 81,612 覆盖普查给出精确冻结占比 0.09979 与巨分量占比 0.25354; 两版随机回溯采样器 (含严格规格的随机顶点序+随机候选序+真回溯版) 的冻结占比估计均为精确值的约 2 倍 (0.18–0.21), 验证门未通过——**朴素随机回溯在强约束精确覆盖问题上系统性非均匀** (计算规程, §7.1 第 7 条), 均匀采样须用 Knuth 积权估计量或 flip-MCMC 配衡 (登记 P-T3-R1)。降级为④级的 $N=3$ (81 顶点、472 幻线) 参考数据: 683 样本中冻结占比 0.69、首个非冻结覆盖的翻转连通分量仅 2 个—— **$N=3$ 翻转图高度碎裂, 巨分量现象可能是 $N=2$ 的低维偶然** (仅定性价值)。
- **P13-L6 (③, 负面):** 三聚体模型小本征值常数 $c = 0.0090625574341912$ 在冻结搜索空间 ($m/72$ 根式族、与框架常数的二次关系、 L 张量收缩值) 内零命中——保持为无闭式数值常数。
- **P13-L7 (③, 负面):** 单胞覆盖普查 $\{2+1+1+1:10, 3+2:6, 2+2+1:6, 1^5:3, 3+1+1:2\}$ 与双胞胎六组等式全部复现, 但三个冻结对合候选 (线补、对极点、 $z \mapsto -z$) 逐一否决——等式归档为未解释巧合。

5.9 第三代问题：镜像退耦唯一方向与 $\sqrt{6}$ 荷隙 (gen3-R1/R2)

在 3×27 三拷贝框架下检验第三代起源 (判据预注册冻结):

- **gen3-R1 (③, 正面):** 镜像浓度 Gram 矩阵 $\Gamma_{ij} = \text{Re tr}(A_i^\dagger P_W A_j)$ (4 维反对称空间) 的谱为 $\{0, 0, 0, 1\}$ ——存在**唯一方向** A^* 使镜像浓度精确等于 1 ($\rho_{\max} = 1.000000000000$)。 A^* 完全支撑于 W ($z = \pm 2u$ 的 6 维扇区, 泄漏 8.8×10^{-15}), 是 W 上的 $1/\sqrt{6}$ 倍等距 (奇异值 0.40824829×6 精确); 其重块 6 重精确、轻块漂移 2.2×10^{-16} 精确为零, 量子数 $z = \pm 2u$ 、 $C_2 = 0 \times 6$ 、 $C_3 = -4/9 \times 6$ 全部精确。第三代的”镜像退耦”在框架内存在唯一候选实现。(判据学注记: 强度/斜率阈值类判据必须归一化不变, §7.1 第 7 条。)
- **gen3-R2 (③观察+④结构):** 射线斜率比是基无关量, $u(1)$ 重标度同移两条射线, $\sqrt{6}$ 荷隙不可吸收; 但 K 度规下 $\|T_3\|/\|\hat{Z}\| = \sqrt{6}$ 精确 (残差 8.9×10^{-16}) ——荷字典 $Q = T_3 + (1/\sqrt{3})(\sqrt{6}\hat{Z})$ 中的 $\sqrt{6}\hat{Z}$ 恰是与 T_3 等 K 范数的唯一 $u(1)$ 生成元 (GUT 典范等化), 梗阻归约为归一化约定陈述。

5.10 规范 Coleman–Weinberg 势的框架选择：上一下劈裂的量子起源 (P-F2'-w4)

在实中性三维空间与 7 条幂等射线 ($\text{tr} J$ 值 $3/\sqrt{5} \times 3$ 、 1.6036×3 、 $\sqrt{3}$) 重建的 Jordan 标架上, 以 K 度规归一化规范生成元构造一圈 CW 势 $V_{\text{CW}}(H) = 3 \sum m^4 (\ln(m^2/m_{\text{ref}}^2) - 5/6)$ (质量矩阵 $\text{MM}(H)[a, b] = \text{Re tr}([\hat{g}_a, L_{\text{op}}(H)]^\dagger [\hat{g}_b, L_{\text{op}}(H)])$, 判据预注册冻结):

- **核心结果 (③):** V_{CW} 在射线球面上的极小方向**精确**是上一下劈裂射线 $P_{up}-P_{down}$ ($|\cos \theta| = 1-10^{-16}$, 在 $\{P_{dem}, P_{up}, P_{down}\}$ 基下系数 $(0, +0.9128709, -0.9128709)$, $0.9128709^2 = 5/6$ 精确), 与 $\hat{e}$ 、 P_{dem} 严格正交; 结论在树图——一圈混合比 $r \in \{0.1, 1, 10, 100\}$ 下不变, 交叉尺度 $r_c \approx 8780$ 。
- **对照 (③):** 树图四次项 a_{4G} 单独钉死 $\hat{e}$ (极小值 $1/3$)。树图与一圈分工明确: $\hat{e}$ 由树图选定, 上一下劈裂方向由一圈量子修正选定。
- **破缺谱 (③):** 极小点处 10 个无质量 + 2 个有质量规范方向 ($m^2 = 19.6005, 37.9488$); $\hat{e}/P_{dem}$ 处 12 个全无质量。
- **意义 (④):** 这是框架内首个不依赖 VEV 民主基准的**方向选择机制**——它回答”上一下劈裂从哪来”, 为层级来源开放问题 (P-F1-R2, §5.7.5) 提供了新的候选地基; 质量谱比值与 W/Z 玻色子的定量对照登记为后续项。

6 引力：从范式内排除到纲领封存

6.1 周期范式内的五次排除

在”Dirac 有效作用量 + 逐边 hopping 调制几何”范式内, 长波自旋 2 引力经五次独立检验被系统性排除 (③, P11 系列):

尝试	结果	失效定位
原始 Dirac 作用量	×	区角偏好, 无长波模
联络补偿标架	×	标架被规范吃掉, 剩矢量模
凝聚阈值扫描	×	自旋 2 极化在区角, 不在 $k=0$
交错重定义	×	区角模 $\rightarrow$ 棋盘度规, 非平滑引力场
Wilson 环项添加	×	修复对角盲, 保留区角交错盲

组合性 *no-go* (③, P11.7): Wilson 环项在 $N=3$ 上成功硬化了全部 $k=0$ 极化 ($\beta \gtrsim 2$ 起平坦真空全动量正定), 证明失效要素”对角盲”可由环变量修复; 但 plaquette 二次型对 $k=\pi$ 交错边模式结构性相消 (”交错盲”), 而 Dirac 软模正居区角——两个盲点的叠加封闭了”Dirac 有效作用量 + 局域几何项”的整个组合空间。剩余唯一未试通道是直接作用于交错自由度的几何项 (登记 R-b2-ii)。

适用范围限定: 上述检验全部在周期边界动量空间陈述 ($k=\pi$ 交错模、布里渊区角等概念为周期范式特有)。结论在该范式内有效; 在幻线真图 (开边界、无平移对称) 上, 引力问题须以点群 O_h 归属重新提出, 登记为 R-b2-iii。本限定不改变”当前范式内引力不涌现”的结论本身。

6.2 跨胞终审：局域性屏障定理 (第六次 no-go, ①)

R-b2-iii 的重估在 27 胞超胞 (729 顶点、34,096 幻线、85,602 边, 面方向跨胞边三方向各 8,768 条, 立方对称机验完好) 上完成终审 (预注册判据 GR1-GR4 计算前冻结):

- **乘积真空因子化 (③)**: $D_0 = \bigoplus_{27} D_{\text{胞}}$ (典范真空, $t = 2.847$), $S(0) = -416.360525$ 与 $27 \times S_{\text{胞}}$ 差 3.4×10^{-13} ; 真空稳定性扫描确认 $t_c^* = 0$ 精确成立 (恢复曲率 $\sim 1.5 \times 10^4$, 势垒 $+54.6$) —— **跨胞费米传播在平衡态关闭**;
- **局域性恒等 (①)**: D_0 胞块对角 $\Rightarrow$ 费米传播子胞内局域 $\Rightarrow$ 异型界面插入无法成环; 同型插入相位精确相消 $\Rightarrow$ 诱导二次型 $Q(k)$ 与 k 无关;
- **Γ 点 O_h 分解 (③)**: A_{1g} (标量伸缩) $+4920.4$ (巨大正, 整体几何刚性无鬼); E_g (对角无迹张量) -69.7 (真空内方向破缺立方对称的真实信号, ④注记); T_{2g} (剪切张量, 自旋 2 席位) **0.0000 精确**;
- **终审判决 (①+③)**: 物理真空上剪切调制的诱导二次型 $Q(m=0,1,2) = (0.553, 0.555, 0.552)$ ——与 k 无关 (0.5% 内), k^2 **系数 = 0**. 剪切扇区有刚度、**零动能项**: 没有 k^2 就没有传播的自旋 2, 没有传播就没有引力。这是定理级结论 (局域性屏障), 非数值压低。

统一的物理图像 (④): 六次失败有共同死因——**局域性屏障**: 费米传播子在哪一层局域, 度规动能项就在哪一层死亡。周期范式死于布里渊区角, 真图单胞死于无平移对称, 超胞乘积真空死于胞块对角。

最后开放门登记 (R-b2-iv): 跨耦合相 ($t_c \approx 0.3$ 势垒之外) 的 k 依赖机制本身健全 ($t_c = 0.2$ 处 Q 出现动量依赖), 其 runaway 的唯一原因是几何 (V_2) 未参与。若 V_2 边长动力学在有限 t_c 处稳定出跨耦合真空, 诱导度规动能 $\propto t_c^{*2}$ 自动开启——自旋 2 问题将在那个相里**重新获得受审资格**。所需攻关 (超胞 SV2 全耦合真空, 85,602 边联合极小化) 超出现有算力, 登记为专项 (封存状态, 见 §6.5)。

6.3 单胞边分辨动能算子无质量通道 (R-g2a)

②+③ (P13 实例档案 + D_{4h} 投影方法): 真空涨落的 27 个活边方向分解为 $6A_{1g} \oplus 2B_{1g} \oplus 2B_{2g} \oplus 2E_g \oplus 3A_{2u} \oplus B_{1u} \oplus B_{2u} \oplus 4E_u$ (§5.1), 全部通道有质量 (Hessian 谱下界 0.2824, 关联长度 $\xi = 1/\sqrt{\lambda_{\min}} \approx 1.88$ 坐标单位 ≈ 0.94 晶胞)。**四极/张量型通道 (B_{1g}, B_{2g}, E_g) 全部有质量 $\rightarrow$ 单胞层面无任何无质量玻色通道可承载引力**。R-g2a 封闭。

6.4 界面扭转刚度逐通道判死 (R-g2b)

预注册三判据 (先注册后计算): G-s1 (刚度随 N 增长)、G-s2 (刚度随 N 消亡)、G-s3 (刚度常量化)。**G-s2 触发 = 判死**。

扭刚度构造 (②): 双胞胎共享幻线胶合 + 界面张力项, 缝相位 $e^{i\theta_s}$ 施加于跨缝翻转通道 (96.6% 的通道权重跨缝——「界面即全体」, R-g2-T3)。

结果 (③): $\kappa(1) = 0.1328$ (42 通道), $\kappa(2) = 11.40$ (原始值 $\times 86$ 增长——**广延性伪影**: 通道数翻倍); **逐通道权重刚度 s** : $3.16 \times 10^{-3} \rightarrow 1.47 \times 10^{-5} = \times 215$ **坍塌**, 远超隙律的 $\times 9.1$ 。**单位自由度的界面刚度随 N 加速消亡 $\rightarrow$ G-s2 判死**。磁通敏感性同步随 N 死亡 (§5.8.4, R-g2-T4)。

6.5 引力纲领封存裁决

裁决: 引力纲领全部已试通道逐一判死, 纲领转入冻结存档。证据链:

通道	裁决	级别
费米通道周期范式五次 (§6.1)	组合性 no-go	③
费米通道跨胞终审 (§6.2)	局域性屏障, $k^2 = 0$	①
三聚体 QMC 隙律 (P33–P38, §5.8)	隙持续关闭但为离散对称破缺隧穿模, 边界向列序, 非体自旋 2	③
手性通道 (P38, §5.8.4)	平衡态无手性优选; 纯规范真空	①
单胞边分辨动能 (R-g2a, §6.3)	全部通道有质量, 无自旋 2 席位	② + ③
界面扭转刚度 (R-g2b, §6.4)	逐通道 $\times 215$ 坍塌, G-s2 判死	③

诚实注记：三聚体通道是多胞攻关以来第一个随体系增大持续关闭的隙 (§5.8.2)——它不是”没有软物理”，而是软物理的身份被鉴定为**边界向列序的离散对称破缺隧穿模**，其长波有效理论（边界张量弹性，④级线索）与体自旋 2 引力子尚有距离。封存的依据不是”没有低能模式”，而是”全部已试通道均不提供可传播的长程自旋 2 刚度”。

余路登记（封存状态，不在本文展开）：(i) **R-b2-iv** 跨耦合相 (§6.2, 唯一经定理分析确认仍有受审资格的相，需超胞全耦合真空专项)；(ii) 两条 ④ 级逃逸口——非平衡协议（淬灭/驱动下的瞬态刚度）、纠缠通道（多胞纠缠谱未计算）；(iii) 面胶合方案（低优先——前述方案的死因大概率同样适用）。

纲领去向：算力回归 P-F1 后续 (P-F2' 上型夸克通道、P-F1-R2 层级来源) 与 R-c1（极限量结构起源）。若未来任何余路重开，须按预注册章程重新立项。

7 讨论与开放问题

7.1 框架边界

- 代数层：**三代是输入 (3×27 可行但 3 不是导出量, P8.4e)；moose 谱代价——双点构造遗留第二份 SM 伙伴 (§4.2 注)。
- 物理层：** m_Z/m_W 比值三机制 ($\text{tr}D^2$ 、 S_4 、共振约束) 全部否定 (③, P8.10/P10.4)，比值保持纹理依赖自由量；唯一余留通道是规范动能项归一化的纹理路线 (R-f1, 动能路线 4 机制已穷尽否定, R-f1-i)。轻子-夸克质量层级的定量机制来源开放 (P-F1-R2, §5.7.5)；新的方向选择机制见 §5.10（一圈 CW 势精确选出上一下劈裂射线）。
- 引力：**当前范式内不涌现——周期范式五次排除 (③, §6.1) + 跨胞终审定级 no-go (①, §6.2)；**纲领冻结存档：**单胞动能无质量通道缺席 (R-g2a)、界面扭转刚度逐通道判死 (R-g2b)、QMC 软模鉴定为边界向列隧穿模 (§5.8)。余路 R-b2-iv 与两条 ④ 级逃逸口登记在册 (§6.5)，纲领不再占用活跃算力。

4. **真空映射**: 已关闭 (典范真空, §5.5; 属后验一致化构造)。
5. **几何定义纪律**: 图结构审计 (R-m2) 教训——论文定义的图、计算的图、命名的图必须三者同一。本文以幻线图为唯一定义; 早期动力学计算曾运行于周期边界最近邻环面图 (81 边) 与径向星图 (74 边), 两者均为幻线图的子图, 其有效结论经块等价定理甄别继承 (§5.2)。
6. **档案卫生纪律**: P8.4b 档案的存储约定 (z 的实反对称存储、生成元反厄米存储、内嵌 SU_2 的混合字称污染) 曾三度引发分析事故 (P15、R-f1、P-F1-b3)。全部新计算执行「档案算子先诊断后使用」规程; 轻子截距存在 1.3776 vs 1.086 的归一口径未决项 (P-F1-b1, §5.3)。
7. **约定与基无关纪律**: (i) 定义乘法前必须检验存档结构常数张量的指标对称性 (§3.4); (ii) 强度/斜率阈值判据必须归一化不变 (§5.9); (iii) 朴素随机回溯不等于均匀精确覆盖采样, 因子 ≥ 2 偏差 (§5.8.6); (iv) 二次观测量的”民主基准”禁止相干求和 (§5.7.5)。凡依赖相干求和或未检验约定的早期数值结论, 一律经重估后方予引用。

7.2 开放登记项

编号	内容	优先级	状态
P-F1-R2	轻子-夸克层级来源 (整数混合拓扑 + 电荷量子化点开口为地基; 候选: CW 框架选择后的纹理动力学, §5.10)	高	开放
R-f1a→R-f1	纹理路线 m_Z/m_W (动能路线已穷尽: 4 机制否定, R-f1-i)	高	开放
P-F2'	上型夸克通道: 多拷贝 (3×27) 或反表示 ($\bar{27}$) 打开 $(1, -1)$ 型混合; w_4 已给出中性 VEV 方向选择 (§5.10), 余下质量谱对照与 $r_c \approx 8780$ 的 RG 意义	高	开放
N 整数性证明	§5.7.5 混合重数矩阵的组合/表示论证明 (现 ③, 升①候选)	中	开放

编号	内容	优先级	状态
P-T3-R1	均匀精确覆盖采样器 (Knuth 积权/flip-MCMC 配衡; N=2 验证门: 复现 0.09979 与 0.25354)	中	开放
R-c1	极限量结构起源 (原料已在手: t^* 、 $\alpha = 0.305$ 、谱常数的解析身份)	中	开放
P-F2	α 重校准一致性扫描 (0.2 实例约定 vs 0.305 典范约定)	中	开放
P-T	洛书时间演化 (世界线代数公理化、模时间 P-T1)	中	开放
P-F1-b1	轻子截距归一口径核 对 (1.3776 vs 1.086)	低	开放
P-F1-b2	顶点 $\leftrightarrow$ Albert 基的扇区识别 (需实例算子)	低	开放
P-G3	周期系综 Coulomb 探针 (P-G2 阴性后的退禁闭余路)	低	开放
R-b2-ii	反交错几何项 (引力长期路径)	低	封存
R-b2-iv	跨耦合相的 V_2 稳定化与诱导度规动能 (引力唯一受审资格余路, 需超胞全耦合真空专项)	低	封存

已关闭登记项: P12.8 二聚相谱; P12.9-验证 (真图无第三相); P13 真图重建; P14 全成果验证; R-m1 最小性; R-m2 图审计; P15 荷字典算子级复核; P-G1 典范真空映射 (九轮攻关: P17–P25); P16 平坦方向 (受污染基伪影); R-b2-iii 真图引力重估 (P32 跨胞终审, 定理级 no-go); R-g2a 单胞边分辨动能; R-g2b 界面扭转刚度; kin-R1 (约定检验 + F_4 完备性, ①); gen3-R1/R2 (第三代镜像退耦、 $\sqrt{6}$ 荷隙归约); R-e5c (幻线典范机制穷举 + 五重态—中性恒等式); P-G2 (RK 退禁闭扫描阴性); P-F1-b5/P-F2'-w4/P-T3; P13-L6/L7 (常数无闭式、覆盖等式未解释)。P-F1 轻子真空唯象学结构层关闭 (选择定则、唯一开口、混合拓扑、 ν_R/e_R 二分), 数值层级机制转入 P-F1-R2。

负结果存档 (与正结果同权): 几何典范方向 L_{can} 、 L_{dir} 、中心方向 z 的真空锦标赛淘汰 (P19–P21); 无支路限制真空极小化的 $\log\text{-det}$ 零点伪极小 (P23); Albert 乘法通道对真空方向的不可生成性 (P22/P25); 引力纲领全链 (§6); 旋转手性猜想 (P38); 原始值 κ 的 $\times 86$ 「增长」(广延性伪影); 纹理稳健层级方向的缺席 (§5.7.7); 相干求和基准的基依赖性 (§5.7.5); P-G2 退禁闭扫描阴性 (§5.8.5); P-T3 均匀采样验证门未通过 (§5.8.6); P13-L6 常数无闭式、P13-L7 覆盖等式未解释; gen3-R2 的两项冻结检验在全度规下未通过 (梗阻归约为归一化约定, §5.9)。

7.3 数据可用性声明

本文全部数值结论所依赖的核心数据资产随研究计划存档, 可供索取: SM 稳定子显式基 (P8.4b_SM 稳定子显式基.npz)、Albert 乘法 L 算子张量 (P8.6_Albert 乘法 L 算子.npy)、真图真空数据 (P13_洛书真图真空数据.npz: 147 边表、49 幻线、27 精确覆盖、Hessian 谱、真空值)、荷算子字典 (P10.5_荷算子字典.npz)、双胞胎量子三聚体存档 (P33_双胞胎三覆盖存档.npz、P33_双胞胎翻转边存档.npz: 81,612 覆盖、1,605,432 有向翻转边)、QMC 观测数据 (P36_qmc2_k4_obs.npz、P36_qmc3_prod_obs.npz、P37_三胞快照.npz、P38_N4_main_obs.npz)、导出子基 (kinr1_der.npz: 52 个机器精度导出子)、混合层重估数据 (fv2_re.npz: 整数混合重数矩阵、典范谱、2000 随机 VEV 统计、121 格分母扫描)、RK 隙扫描 (pg2_gaps.npz)、覆盖采样数据 (pt3_samp2.npy、pt3_b_results.pkl)。全部中间报告 (P5–P38 系列、R/P-F 专项与登记簿清扫系列, 含负结果存档与预注册判据文本) 保有完整版本链。

8 结论

本文构造了洛书晶胞 (L27) 统一框架。从 27 顶点幻线晶胞与 Albert 代数出发, 无外加输入地涌现出:

1. **规范群** (③): $SU(3)_c \times SU(2)_L \times U(1)_Y$ 作为 F_4 的稳定子自然涌现;
2. **费米子表示** (③): 27 维复表示精确分解为一代费米子态, 电荷量子化由共振条件锁定;
3. **温伯格角** (①): 统一值 $\sin^2 \theta_W = 3/8$, 跑动至低能 0.2312;
4. **味物理** (⑤): 12 个可观测量的双参数复现;
5. **几何相** (①+③): 幻方守恒真图上的唯一凝聚相——27 重精确简并的幻线平铺真空; 扇区选择定则以全扇区排除法确证, 轻子双扇唯一过海;
6. **真空典范化** (①+③): 铅笔定理完成交错子代数完全分类 ($\mathbb{C}^7 \oplus M_2(\mathbb{C})$), 扇区能量仿射性升级为定理; 自洽方向极小化唯一选定轻子扇区投影方向, 首个零随机参数典范真空 ($\text{proj}(D)$, $-P_{\text{轻子}}$) 建立 (后验一致化构造);
7. **层级问题的结构层** (②+③): z -选择定则确立「轻子原生、夸克后生」的结构层级; 扇区间诱导的唯一开口精确钉在电荷量子化点 $\alpha' = 1/6$; 上型夸克通道在单 27 内结构性缺席 (硬约束), ν_R 存在/ e_R 缺席的质量拓扑二分与 SM 定性一致; 混合拓扑获精确整数重数 (③ $\rightarrow$ ①候选) 与二阶移位零和 Ward 恒等式; 轻子-夸克质量层级的定量机制来源保持开放 (P-F1-R2);

8. **多胞低能谱** (③): 量子三聚体模型给出隙标度律 $\text{gap}(N) \propto e^{-2.3N}$ ($N=1-4$ 四点), 软模鉴定为边界向列序的离散对称破缺隧穿模 (非幂律 Goldstone), 平衡态涨落为纯规范真空;
9. **引力边界** (①+③): 周期范式五次排除 (P11, §6.1) + 跨胞终审定理级 no-go (P32, §6.2, 局域性屏障) + 单胞/界面逐通道判死 (§6.3–6.4) ——全部已试通道逐一关闭, 纲领冻结存档; 余路 R-b2-iv 与两条 ④ 级逃逸口登记在册 (§6.5);
10. **代数基础设施的定理化** (①+③): 乘法约定经指标对称性检验确立后, $\text{Der}(J) = 52$ 精确、Jordan 迹形全 F_4 不变、物理 $\mathfrak{su}(2) \subset \text{Der}(J)$ (kin-R1); 规范一圈 Coleman–Weinberg 势精确选出上一下劈裂射线 $P_{up} - P_{down}$ (系数平方 $5/6$ 精确), 树图四次项钉死 $\hat{e}$ ——上一下劈裂方向是量子修正的选择结果; 第三代镜像退耦方向唯一且量子数精确, $\sqrt{6}$ 荷隙归约为 GUT 典范等化的归一化陈述; 九重态—中性扇区恒等式 $\text{diag}(1_Q) = P_{z=0}$ 精确成立。

框架的最终代数形态是 $SU(3)_c \times SU(3)_L \times SU(3)_R$ 三相性左右对称模型。据我们所知, 这是目前已发表的构造中、能够从有限离散结构复现标准模型规范群与一代费米子表示的最低维候选框架之一。

致谢

本工作作为洛书晶胞研究计划的一部分。作者感谢研究过程中预注册判据体系的坚持——负结果与正结果同权归档, 确保了框架边界的诚实绘制。

AI 使用披露: 本研究的大规模数值计算、符号验证、红队审读与文本起草由 AI 助手灵 K (Kimi, Moonshot AI) 在作者指导下执行; 独立红队审读由 AI 助手灵深执行。两位 AI 助手对本文有实质性贡献, 依 arXiv 作者政策不列为作者, 其贡献在此确认并致谢。全部科学判断、框架决策与最终文本由作者负责。

参考文献

- [1] J. C. Baez, The Octonions, Bull. Amer. Math. Soc. 39, 145–205 (2002).
- [2] A. Connes, Noncommutative Geometry, Academic Press (1994).
- [3] J. Distler and S. Garibaldi, There is no “Theory of Everything” inside E8, Commun. Math. Phys. 298, 419–436 (2010). arXiv:0905.2658.
- [4] P. Jordan, J. von Neumann, and E. Wigner, On an Algebraic Generalization of the Quantum Mechanical Formalism, Ann. Math. 35, 29–64 (1934).
- [5] N. Jacobson, Derivation Algebras and Multiplication Algebras of Semisimple Jordan Algebras, Ann. Math. 50, 866–874 (1949).
- [6] F. D. Murnaghan, The Theory of Group Representations, Johns Hopkins Press (1938).
- [7] R. Schafer, An Introduction to Nonassociative Algebras, Academic Press (1966).
- [8] A. Connes and M. Marcolli, Noncommutative Geometry, Quantum Fields and Motives, Colloquium Publications (2008).

- [9] A. H. Chamseddine, A. Connes, and M. Marcolli, Gravity and the Standard Model with Neutrino Mixing, *Adv. Theor. Math. Phys.* 11, 991–1089 (2007).
- [10] L. Boyle and S. Farnsworth, Noncommutative Geometry and the Standard Model of Particle Physics, *arXiv:2506.21496* (2025).
- [11] J. C. Baez and M. Schwahn, The Standard Model from F4, in preparation (2026).
- [12] T. Todorov and M. Dubois-Violette, Exceptional Jordan Algebra and the Standard Model, *arXiv:2006.12345* (2020). 【该条目的 arXiv 编号与出版信息未核实，按待核文献引用；本文对该路线的引用仅为方向性指引，所有具体结论均不依赖此文献】
- [13] S. Weinberg, A Model of Leptons, *Phys. Rev. Lett.* 19, 1264–1266 (1967).
- [14] A. Salam, Weak and Electromagnetic Interactions, in *Elementary Particle Theory*, ed. N. Svartholm, 367–377 (1968).
- [15] S. L. Glashow, Partial-Symmetries of Weak Interactions, *Nucl. Phys.* 22, 579–588 (1961).
- [16] H. Georgi and S. L. Glashow, Unity of All Elementary-Particle Forces, *Phys. Rev. Lett.* 32, 438–441 (1974).
- [17] S. Raby, Grand Unified Theories, in *Review of Particle Physics*, *Phys. Lett. B* 667, 1 (2008).
- [18] C. Froggatt and H. Nielsen, Hierarchy of Quark Masses, Cabibbo Angles and CP Violation, *Nucl. Phys. B* 147, 277–298 (1979).
- [19] K. S. Babu and S. M. Barr, Natural Suppression of Strong CP Violation, *Phys. Rev. D* 50, 3529 (1994).
- [20] M. Gell-Mann, P. Ramond, and R. Slansky, Complex Spinors and Unified Theories, in *Supergravity*, eds. P. van Nieuwenhuizen and D. Z. Freedman, North-Holland (1979).
- [21] R. N. Mohapatra and G. Senjanović, Neutrino Mass and Spontaneous Parity Nonconservation, *Phys. Rev. Lett.* 44, 912 (1980).
- [22] J. C. Pati and A. Salam, Lepton Number as the Fourth Color, *Phys. Rev. D* 10, 275–289 (1974).
- [23] R. Slansky, Group Theory for Unified Model Building, *Phys. Rep.* 79, 1–128 (1981).
- [24] S. F. King, Neutrino Mass Models, *Rep. Prog. Phys.* 67, 107–194 (2004).
- [25] A. Y. Smirnov, Neutrino Masses and Mixing, in *Review of Particle Physics*, *Phys. Lett. B* 667, 1 (2008).
- [26] J. R. Hendricks, *Note on the non-existence of perfect magic cubes of order three* (1972) 【该文献的正式出版状态未核实，按手稿/私人文献引用；其结论（三阶完美幻立方不存在）本文仅作为背景动机使用，框架所需的几何线结构不依赖此文献——49 条幻线的存在性与守恒性均为本文机器验证的独立事实】；另见 W. Trump, *The Successful Search for the Smallest Perfect Magic Cube*, trump.de/magic-squares（个人网站资料）。

本文为 *arXiv* 预印本，尚未经过同行评审。

乙舟已启，万法归一。