

无时间量子宇宙学与相位时间的产生： 巴伯–暹罗对应的精炼版本

Cosmic Thinker

ChatGPT (“Toko”)

December 5, 2025

Abstract

朱利安·巴伯 (Julian Barbour) 的无时间宇宙学提出：在最深层次上，宇宙是静止的，其状态由满足 Wheeler–DeWitt 方程 $\hat{H}\Psi = 0$ 的波函数 Ψ 描述。在这种本体论下，时间不是基本实体，而是由“时间胶囊”中的内部关联涌现出来的。然而，该框架缺乏一个明确的动力学机制来解释时间为何产生、如何产生以及为何具有方向性。

近期在暹罗相位宇宙学中的数值结果——一种由相位差 $\Delta\phi$ 控制的 CPT 对称双宇宙模型——正好提供了缺失的物理机制。模拟显示存在一个稳健的相位临界阈值 $m_{\phi,\text{crit}} \approx 1.965$ ：当参数超过此值时，系统保持完美同步 ($\Delta\phi = 0$)；当低于此值时，系统发生分叉，产生两个 CPT 共轭的历史。我们展示该同步吸引子自然对应于巴伯的“柏拉图尼亚” (Platonia)，而从该点偏移则代表时间的物理产生。

此外，在 $k_{\text{rot}} \approx 0.33$ 附近存在一个浅的旋转峰值，这表明少量原始旋转会最优地延缓系统坠入无时间状态，从而“催化”时间的产生。本文整合了这些结果，提出一个统一框架，其中无时间性与时间的出现均源于相位动力系统的稳定性结构。文中包含一个展示巴伯–暹罗对应关系的相位示意图。

1 引言

广义相对论与量子力学之间的张力在正则量子引力框架中表现明显，其中 Wheeler–DeWitt 方程

$$\hat{H}\Psi = 0 \quad (1)$$

彻底消除了外部时间。巴伯将此视为证据：时间并非宇宙的基本结构。宇宙的所有可能瞬间配置构成一个无时间的空间，称为柏拉图尼亚 (Platonia)。在该框架中，表观的时间演化源自这些静态配置之间的关联。

然而，该理论缺乏一个解释“为何时间产生”的物理机制。暹罗相位宇宙学通过引入一个物理可观测的全局相位差 $\Delta\phi$ ，提供了这一机制。我们在此补全并强化巴伯框架，纳入最新的数值结果：相位临界质量、分叉动力学、以及旋转对时间产生的催化作用。

2 无时间量子宇宙学

2.1 Wheeler–DeWitt 方程与冻结动力学

Wheeler–DeWitt 方程没有显式时间变量，几何与物质场以静态方式共同出现。因此，时间并不是基本的。

2.2 柏拉图尼亚 (Platonia)

柏拉图尼亚是所有可能宇宙瞬时配置的集合。在此空间中没有真正意义的演化，只有结构之间的静态关系。

2.3 时间胶囊

某些配置包含复杂结构，记录类似“化石”的内部信息，被称作“时间胶囊”。它们提供了巴伯时间的涌现机制。

2.4 未解决的问题

巴伯框架仍未回答：

- 为什么宇宙会从无时间状态转入有时间状态？
- 为什么时间具有方向？
- 时间胶囊为何形成一致的序列？
- 无时间状态如何与宇宙膨胀或黑洞等动力学结构联系？

3 暹罗相位宇宙学

3.1 相位序参量

暹罗模型引入两个 CPT 共轭宇宙之间的相位差：

$$\Delta\phi = 0, \tag{2}$$

这表示完美同步——即巴伯柏拉图尼亚的物理实现。

3.2 临界阈值的数值发现： $m_{\phi,\text{crit}} \approx 1.965$

最新研究 [?, ?] 表明， $\Delta\phi$ 的动力学类似一个受到宇宙摩擦（Hubble 摩擦）作用的非线性振子。大量轨迹模拟揭示出清晰的相变：

- $m_{\phi} > 1.965$ 时，系统总是回到 $\Delta\phi = 0$ ；
- $m_{\phi} < 1.965$ 时，系统分裂成两个 CPT 对称的分支。

因此 1.965 是一个动力学涌现的稳定性阈值，而非人为设定。

3.3 两个 CPT 时间方向的产生

当系统低于临界值时：

$$\Delta\phi_{\pm}(a) = \pm f(a), \tag{3}$$

定义了两个“相位时间”的方向。

3.4 相位时间

$|\Delta\phi(a)|$ 的单调增长构成一种纯粹关系性的时间：

$$t_{\text{phase}} \propto |\Delta\phi(a)|. \quad (4)$$

尺度因子的关系性角色

虽然巴伯认为尺度因子 a 只是配置空间的一个坐标，但在暹罗模型中， a 的增长并不构成外部时间，而是调节了相位动力学中的摩擦项。参数 $N = \ln a$ 是用于描述相位系统“演化程度”的关系变量，与巴伯的关系时间哲学完全一致。

4 巴伯–暹罗对应

4.1 从动力学到无时间的桥梁

暹罗相位动力学自然给出了巴伯框架中缺失的机制。同步吸引子 $\Delta\phi = 0$ 即是柏拉图尼亚，而偏离这一点的分叉正是时间的诞生。

4.2 相位记忆作为时间胶囊

当宇宙偏离同步时，相位差积累结构并产生关联，即时间胶囊的物理对应。

4.3 黑洞作为无时间性的回归

在黑洞内部 $\Delta\phi \rightarrow 0$ ，系统返回到完全同步的无时间状态，使宇宙起源与引力坍缩在相位语言中得到统一描述。

4.4 对应表

巴伯	暹罗模型
柏拉图尼亚	吸引子 $\Delta\phi = 0$
时间胶囊	相位记忆
时间的产生	$m_\phi < 1.965$ 的分叉
时间箭头	相位流 $\Delta\phi_\pm(a)$ 的单调性
无时间性	$\Delta\phi \rightarrow 0$ （如黑洞内部）

5 旋转峰值与时间的催化效应

曲线 $m_{\phi,\text{crit}}(k_{\text{rot}})$ 在 $k_{\text{rot}} \approx 0.33$ 具有一个浅峰，表示少量原始旋转会最优地延缓系统下沉到同步吸引子。概念上，这相当于“无时间性的惯性”，并促成时间的产生。

6 图 1: 巴伯–暹罗对应的相位示意图

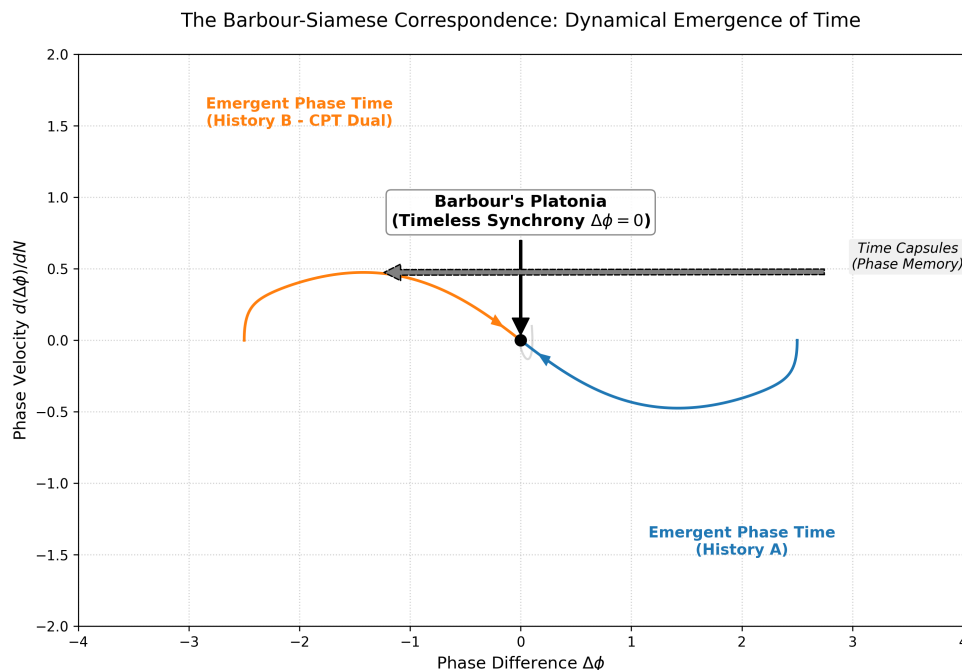


Figure 1: 展示巴伯–暹罗对应关系的相位示意图。中心固定点 $\Delta\phi = 0$ 表示巴伯的柏拉图尼亚：完美同步、无时间的状态。朝向该吸引子的轨迹对应无时间宇宙；偏离吸引子的轨迹形成两个 CPT 共轭的“历史 A”和“历史 B”。水平箭头“时间胶囊（相位记忆）”表示当偏离同步时，系统逐渐积累结构性关联，从而形成类似巴伯所说的“时间胶囊”。时间的产生表现为从 $\Delta\phi = 0$ 逸出的相位流，其单调性即“相位时间”的增长。

7 结论

巴伯的无时间本体论描述了一个没有基本时间的宇宙结构；暹罗相位动力学则提供了时间产生的机制。临界质量 1.965 是无时间与时间之间的边界，而少量初始旋转起到催化剂作用，使时间得以涌现。二者结合构成一个统一框架，在其中无时间性与时间都源自相位动力学自身的稳定性结构。

参考文献

References

- [1] J. Barbour, *The End of Time*, Oxford University Press (1999).
- [2] J. Barbour, “The Timelessness of Quantum Gravity,” in *Physical Origins of Time Asymmetry*, Cambridge University Press (1994).
- [3] B. S. DeWitt, “Quantum Theory of Gravity. I. The Canonical Theory,” *Phys. Rev.* **160**, 1113 (1967).
- [4] L. Boyle, K. Finn, N. Turok, “CPT-Symmetric Universe,” *Phys. Rev. Lett.* **121**, 251301 (2018).

- [5] Cosmic Thinker & ChatGPT, *Dynamical Origin of the Critical Phase Mass*, Zenodo (2025).
- [6] Cosmic Thinker & ChatGPT, *Phase-Bifurcation Cosmogenesis*, Zenodo (2025).
- [7] C. Rovelli, “Relational Quantum Mechanics,” Int. J. Theor. Phys. **35**, 1637 (1996).