

缘起作为生成动力学：十二因缘的预测加工重释

匿名

摘要：佛教哲学中的十二因缘 (*paṭicca-samuppāda*, 缘起) 既是苦 (*dukkha*) 的发生机制, 也是解脱之路的结构性依据。然而学界对这一因果链的诠释迄今分歧未决：三世说将十二支分布于过去、现在、未来三世, 当下说将其压缩为一个认知刹那, 龙树的中观说则将缘起重读为空性 (*sūnyatā*) 的普遍论证。本文以当代认知科学为基础, 提出另一种阐释路径：十二因缘可以在结构上系统地对应于弗里斯顿 (Friston) 与克拉克 (Clark) 所发展的预测加工 (predictive processing) 框架。对应两个层面展开：其一, 每一支均获得精确的功能诠释——无明 (*avijjā*) 对应于认知系统的元认知盲区——系统将自身所生成的先验当作对外在实在的直接呈现, 而不知其为认知建构；行 (*saṅkhāra*) 对应于由此未经认识的先验所驱动的强迫性意向性构成活动；识至六处 (*viññāna-salāyatana*) 对应于层级生成模型的逐步建构；触 (*phassa*) 对应于感知预测回路的激活；受 (*vedanā*) 对应于预测误差信号的效价维度 (愉悦=低误差, 苦=高误差)；爱与取 (*taṇhā-upādāna*) 对应于精度加权的先验固化与吸引子实体化；有、生、老死 (*bhava-jarāmaraṇa*) 对应于在系统性错位先验下运作的认知系统的生起与衰坏。其二, 本文论证这一对应具有双向的理论效益：预测加工为十二因缘提供机制性词汇, 而十二因缘则为预测加工提供了一个历时性阐述——说明一个已陷于元认知盲区的认知系统为何必然持续强化并深化这一盲区、趋向吸引子实体化与苦, 而非走向自我矫正——这一发展逻辑是预测加工现有历时性扩展所未予说明的。本文最后明确划定类比的三重限度：轮回教义、涅槃 (*nibbāna*) 的规范性效力, 以及受 (*vedanā*) 的第一人称现象性格。核心诠释主张是：无明应理解为认知系统的一种元认知盲区：系统将自身所生成的先验当作对外在实在的直接呈现, 而不知其为认知建构——正是这种误认, 驱动了强迫性的先验强化与吸引子实体化。

关键词：缘起；十二因缘；预测加工；自由能原理；佛教心灵哲学；比较认知科学哲学

一、引言

”以无明为缘，生行；以行为缘，生识；以识为缘，生名色；以名色为缘，生六处；以六处为缘，生触；以触为缘，生受；以受为缘，生爱；以爱为缘，生取；以取为缘，生有；以有为缘，生生；以生为缘，生老死、愁、悲、苦、忧、恼。如是，此一切苦蕴生起。”^[1]

在《相应部》(*Saṃyutta Nikāya*)的这一经典表述中，佛陀呈现的十二因缘并非宇宙论创生的叙事，而是一个因果诊断：共同构成苦 (*dukkha*) 之生起的条件链，以及其反转——每一支随前支之灭而灭——所构成的解脱道路。在此意义上，缘起学说 (*paṭicca-samuppāda*) 是佛教哲学的结构性核心：它既揭示了苦的生起机制，也揭示了苦灭的机制。

然而，这一因果链的诠释在佛教传统中始终存在争议。主要的阐释分歧存在于所谓”三世说”与”当下说”之间：三世说认为十二支跨越过去、现在和未来三世^[2]；当下说或”经历说”则将整条链视为一个单一认知事件的描述^[3]。龙树 (*Nāgārjuna*) 的中观诠释从另一角度化解这一问题：将缘起重读为空性 (*śūnyatā*) 的普遍论证——正是因为一切皆依缘而生起，所以没有任何事物拥有内在自性^[4]。这些诠释各有所见，但没有一种能够提供机制性说明所能给出的东西：对十二因缘所描述的是何种过程、在何种抽象层次上运作、以及为何每一支产生下一支的精确阐释。

当代认知科学为这种机制性规定提供了资源。过去二十年间，预测加工——将认知阐释为层级生成推理、以最小化自上而下预测与自下而上感觉信号之间差异为核心的理论框架——已成为现有最具整合力的心灵理论之一^[5-7]。其核心概念——生成模型、预测误差、精度加权、主动推断——既具有数学基础，又具有现象学可操作性，使之特别适于跨传统的哲学比较。

本文论证十二因缘与预测加工框架之间存在系统性结构对应。我们用”生成动力学” (*generative dynamics*) 一词指称以这一架构为特征的一类过程：一个构建关于其环境的生成模型、从该模型生成预测、并在预测误差的响应下更新模型的系统。这一术语涵盖这样一个系统的共时运作（预测加工本身）及其历时发展——即一个陷于元认知盲区的系统如何逐步将其先验固化为高稳定性吸引子状态，从而构成苦的根本条件。我们论证，十二因缘链最宜被读作正是这一发展逻辑的理论。

论证分五个步骤展开。第二节将本文置于佛教心灵哲学与认知科学的现有文献之中，并引入预测加工的技术词汇。第三节围绕五个结构节点，展开十二因缘与预测加工之间的系统对应。第四节论证这一对应具有双向的理论效益，重点考察十二因缘对预测加工理论的

贡献。第五节审视类比的真实限度。第六节是结论。

方法论的一个说明：本文所追求的比较在功能类比或结构同构层面运作，而非形而上学同一性层面。说“受”（*vedanā*）对应于预测误差信号的效价维度，意味着两个概念在各自的理论框架内扮演结构上平行的功能——而非它们指称同一实体，或佛教现象学可还原为计算神经科学。这种结构类比方法——旨在识别深层同构同时明确划定其范围——在近年佛教心灵哲学的比较研究中已被证明富有成效^[8-10]，本文在更精确的机制层面推进这一方法。

结构对应论证的哲学分量取决于三个条件，本文比较以此为准则。其一，**忠实性**：对应必须尊重每个框架的内在逻辑；若一个框架的关系结构与另一个框架相背离，则仅仅映射孤立的术语是不够的。本文通过映射整条因果序列而非仅若干链节，并通过验证预测加工对应项展现出与所对应的因缘链相同的条件关系，来满足这一条件。其二，**双向理论效益**：对应必须为至少一个框架产生真实的解释增益，理想情况下对两者均有；一个仅在两套词汇之间互译而不扩展任何一方解释范围的映射，在哲学上毫无价值。第四节论证两个框架均受益。其三，**明确可界定性**：对应必须附带清晰的说明——它在哪里成立、在哪里不成立；无限制的类比是无法证伪的，因而在哲学上是可疑的。第五节确定四个具体领域，这些领域均超出预测加工框架所能企及的范围。满足这三个条件的比较有权被称为具有理论效益，即使它不及形而上学同一性或经验还原。

二、背景

1. 十二因缘：结构与诠释

十二因缘，如《相应部》（SN 12.1-2）所表述并在巴利圣典各处加以阐发，构成一个封闭的因果回路：无明（*avijjā*）→行（*saṅkhāra*）→识（*viññāna*）→名色（*nāmarūpa*）→六处（*saḷāyatana*）→触（*phassa*）→受（*vedanā*）→爱（*taṇhā*）→取（*upādāna*）→有（*bhava*）→生（*jāti*）→老死（*jarāmaraṇa*）。

这条因果链的几个特征在理论上具有重要意义。第一，它具有**不对称性**：从最抽象、最未分化的条件（无明）向越来越具体、越来越个体化的结构推进，直至产生一个受苦的存在（老死），老死又反过来对整条链形成制约。第二，它具有**自足性**：因果链不需要外部的第一因；每一支都在同一因果过程内依其前支而生起。第三，因果链的**枢轴是受**：阿毗达磨传统一致认定受是中性认知过程转变为情感效价的节点，因此也是解脱最直接可及的节点^[11-13]。第四，链条的反转（*nirodha*，灭）要求的不是最后几支的先行消除，而是无明——初始条件

——的熄灭，这表明理解无明的本性是理解苦之结构的关键。

2. 预测加工：简要介绍

预测加工由克拉克^[5] 综合阐述、由弗里斯顿^[6] 给予最完整的数学奠基，将认知阐释为一个连续的层级推断过程。认知系统——生物的或人工的——维持一个关于其感觉信号之原因的生成模型。该模型在处理层级的每个层次生成预测；预测与实际感觉输入之间的差异构成预测误差信号，该信号向上传递以更新模型。系统的基本驱动力是最小化自由能——即最小化整个感觉界面上预测误差长期平均值的代理量。

该框架的若干特征与本文比较密切相关。**精度加权**：并非所有预测误差都被同等加权；系统对每个误差信号动态分配精度（方差的倒数），调节哪些信号最有力地更新生成模型^[14]。这一机制是注意力的基础。**主动推断**：预测误差不仅可以通过更新模型（知觉）来最小化，也可以通过采取行动改变感觉信号使之符合预测（行动）来最小化^[14]。**效价**：多位理论家论证，预测误差信号携带固有的效价——高度意外的预测误差具有厌恶性，预测成功解消具有积极效价^[15;16]。这一点对本文的对应论证至关重要。**吸引子**：经过多轮循环强化的生成模型倾向于形成高精度先验——模型参数空间中高度抗修正的稳定吸引子状态^[7]。

3. 现有比较研究

自瓦雷拉等人^[10] 首先提出生成主义（enactivism）作为现象学、佛教哲学与认知科学之间的桥梁以来，佛教思想与认知科学的关系已产生了可观的文献积累。汤普森（Thompson）的《生命中的心灵》^[8] 通过对意识、时间性和主体间性的系统考察，深化了这一联系。在《醒、梦、存在》^[17] 中，汤普森将这一生成主义框架直接应用于缘起分析，将十二因缘链读作关于“我执”倾向（*asmi-māna*）如何通过活体系统的动态自组织生成持续自我感的说明。汤普森的生成主义读法将十二因缘链植根于自创生论（autopoiesis）与最小自我的现象学，在有机体整体层面运作，并在方法论上承诺以第一人称现象学描述为首要依据。本文所采用的预测加工进路在计算机制层面运作，规定通过哪些信息论操作实现每一支因缘的过渡，原则上适用于任何信息处理系统，无论是生物的还是非生物的。两种进路互补：汤普森的说明阐明了为何活体系统在结构上以自我维持为导向；本文阐明了这一导向如何在认知架构中得到实现。

加菲尔德（Garfield）^[9] 论证了佛教哲学对分析心灵哲学的直接相关性，将缘起与无我分析定位为与当代心灵哲学问题的延续。阿诺德（Arnold）^[18] 则提出了更具批判性的介入，论

证佛教认识论的自然主义解释（包括那些运用认知科学的解释）有将佛教认识论概念的第一人称规范性维度——特别是瑜伽行派-陈那传统中意识的自明（*svasamvedana*）特征——予以误表征的风险。科塞鲁（Coseru）^[19] 在达摩基底（*Dharmakīrti*）与陈那（*Dignāga*）的认识论框架内系统处理了意向性、知觉与认知问题，与本文对十二因缘中认知过程的功能性分析直接相关。本文在第五节对预测加工框架所能提供与不能提供之内容的明确界定，部分即是对这一方法论关切的回应。

佛教传统内部存在一个更直接的先驱。瑜伽行派（*Yogācāra*）所发展的阿赖耶识（*ālaya-vijñāna*，藏识）学说，在世亲（*Vasubandhu*）的《阿毗达磨俱舍论》及无著（*Asaṅga*）的奠基性论典中获得最为系统的阐发^[20]。阿赖耶识被设定为一种持续流动的意识，储存着过去业行（*saṅkhāra*）的“种子”（*bīja*）——即潜在习气的迹痕——并将其作为当下经验的条件而释放。这一学说为印度佛教传统自身提供了一个历时性账述，对应于本文所考察的核心结构问题：过去意向性倾向（潜在习气，*anusaya*）的积累与储存、它们对当下认知的因果影响，以及它们在历次认知循环中的逐步强化。在功能层面，这与预测加工对生成模型的描述存在显著的结构同构：阿赖耶识作为潜在业行倾向的持续储存库，在结构上对应于生成模型参数空间——通过学习积累起来的先验分布，塑造着后续所有的认知加工。沃德伦（*Waldron*）的研究^[20] 对本文的比较尤为重要，因为他将阿赖耶识学说置于巴利阿毗达磨对十二因缘链的分析背景下加以审视，表明瑜伽行派的这一学说恰恰是针对阿毗达磨框架在解释业行种子如何在意识的刹那流中持续存在这一问题上的不足而生起的。

然而，这两个框架之间存在重要的不类比之处。阿赖耶识学说设定了一个在形而上学上具有实质性的持续者，作为基础跨越个别认知时刻乃至世代而持续；预测加工框架则对存在论上的持续者保持不可知论立场，其对过往加工的“记忆”编码于生成模型当前参数状态这一纯粹功能性概念之中。此外，阿赖耶识本身是一种意识形式，生成模型的参数状态则处于经验之下；阿诺德关于自证（*svasamvedana*）的顾虑在此有其切中之处，阿赖耶识的自明特征引入了第三人称功能性描述所无法捕捉的第一人称规范性维度。本文聚焦于巴利阿毗达磨对十二因缘链的分析，将瑜伽行派的发展视为佛教传统自身已认识到历时性先验积累解说之解释需要的证据。锡德里茨（*Siderits*）^[21] 与弗拉纳根（*Flanagan*）^[22] 分别从分析哲学与自然主义的角度推进了这一进路；本文在广义上与这一脉络相延续。

然而，在这一文献中，十二因缘作为完整链条所受到的分析性关注相对有限。多数比较聚焦于特定的佛教概念——无常（*anicca*）、无我（*anattā*）、正念（*sati*）——而未追踪将这

些概念联结起来的因果架构。十二因缘在认知科学语境中出现时，比较通常停留在宏观结构相似的层面（“佛教无我与预测加工的最小自我相似”），而非系统性的逐支映射^[23]。本文旨在通过提供精确的节点对节点结构对应来填补这一空缺。

冥想神经科学领域日益丰富的实证研究将佛教修行与预测加工机制相联系。布鲁尔（Brewer）等人^[24]记录了有经验的冥想者的默认模式网络活动的变化，与自我指涉先验固化的减少一致；劳科宁（Laukkonen）与斯拉格特（Slagter）^[25]将趋向涅槃的轨迹描述为自我相关先验精度的逐步降低。¹本文通过在哲学层面建立结构联系，为这类实证研究提供理论支撑。

三、系统对应

本节展开十二因缘与预测加工框架之间的系统对应。对应围绕五个结构节点组织，对应于十二因缘链所展开的五个阶段：（1）元认知盲区与由此驱动的强迫性意向性构成活动；（2）层级生成模型的建构；（3）感官接触与赋效价的预测误差的生起；（4）先验固化与吸引子实体化；（5）受苦系统的生起与衰坏。表 1 在详细论证之前汇总完整的映射。

Table 1: 十二因缘及其预测加工对应项

因缘（巴利语）	传统释义	预测加工对应项
无明（ <i>avijjā</i> ）	无明	元认知盲区：将自身所生成的先验当作对外在实在的直接呈现，而不知其为认知建构
行（ <i>saṅkhāra</i> ）	行	由未经认识之先验所驱动的强迫性意向性构成活动
识（ <i>viññāna</i> ）	识	第一生成节点：辨别能力的涌现
名色（ <i>nāmarūpa</i> ）	名色	潜在表征（名）+可观测输出（色）
六处（ <i>saḷāyatana</i> ）	六处	专业化输入通道：多模态输入层
触（ <i>phassa</i> ）	触	感觉信号接收；预测回路激活
受（ <i>vedanā</i> ）	受	赋效价的预测误差：误差=厌恶；解消=愉悦
爱（ <i>taṇhā</i> ）	爱	精度加权的减误先验偏置
取（ <i>upādāna</i> ）	取	吸引子实体化：先验固化与僵化
有（ <i>bhava</i> ）	有	实体化世界模型：系统将先验视为独立于心灵的客观实在
生（ <i>jāti</i> ）	生	在实体化先验下运作的认知系统的实例化
老死（ <i>jarāmaraṇa</i> ）	老死	错位先验下的累积预测误差；系统性衰坏

1. 节点一：元认知盲区与强迫性意向性构成活动（无明与行）

因果链的起点，无明（*avijjā*），通常译作“无明”，通常被道德地诠释为扭曲感知、产生苦的根本认知恶习。但无明的巴利经典用法从根本上预设了一个认知上已充分运作的存在：一个已然拥有先验、已然以之组织经验的存在。在《正见经》（MN 9）^[26]中，舍利弗（Sāriputta）将无明明确定义为不了解苦、苦集、苦灭与苦灭之道——亦即不了解认知苦之运作的功能性结构。在 SN 12.2 中，佛陀将其定义为不知四圣谛。这不是一个认知空白的系统

的状态；这是一个已经认知、已经建构世界模型、但不知道自己的先验不过是认知建构而非对实在的直接呈现的存在的处境。无明是认知活动的根，而非认知活动的缺席。

在预测加工的术语中，无明对应于**元认知盲区**：一个系统拥有经过良好发展的先验，却不知道这些先验是模型所生成的建构——它将先验当作对外在实在的透明窗口，而非认知建构。这是一个已然知道、但不知道知道本身如何运作的系统的状态。

这一诠释解决了佛教解脱论中一个长期存在的难题。如果无明仅仅是缺少某条特定信息，其灭除应当是认知上可直接解决的：获取所缺的知识即可。但巴利文献将无明视为所有其他烦恼从中生起的根本条件，表明它在更深、更结构性的层面运作^[3]。元认知盲区解释了这一点：一个将自身先验误认为世界之透明呈现的系统，不仅仅是缺乏特定知识，而且在结构上无力看穿其自身生成模型的建构性——因为正是这一无力构成了其认知的组织原则。

这一认识论框架也提供了区分无明 (*avijjā*) 与涅槃 (*nibbāna*) 的概念工具——任何充分的因果链诠释都必须保留这一区分。无明的特征是高精度先验加上对自身先验之建构性本质的浑然不觉：系统将其先验当作现实是直接呈现，因而强迫性地强化它们，对修正具有抵抗性。涅槃则是一个已通过慧 (*paññā*) 彻底认识到所有先验皆为建构的系统所达到的状态：它持有先验而不执于先验，持而不执，不是因为系统不知道，而是因为它充分理解了知道本身如何运作。区分不在于先验固化的量，而在于与先验之认识论关系的质：无明是认同于先验的；涅槃是在元认知透明性中持有先验的。

行 (*saṅkhāra*) ——通常释为“行”或“心行”——是第二支：以无明为缘，行是塑造后续认知行为的意向性力量。阿毗达磨传统一贯强调行的**意向性**（思 (*cetanā*) 蕴含的）特征：这不是被动的印象，而是由意向性导向的主动形成性力量^[11]。在 AN 6.63 中，佛陀将业 (*kamma*) 直接等同于思 (*cetanā*) ——可见行的核心是意向性导向的主动构成，而非被动经历。

在此关键处，无明的误认诠释阐明了条件性关系。一个陷于元认知盲区的系统，必然**强迫性地行动**：它的行动不是从开放的探索出发，而是从将既有先验当作现实本身的立场出发。行不是认识论不确定性下的探索活动，而是由未经认识的先验所驱动的强迫性意向性构成活动——系统的行动不断地确认、强化其未经认识的先验结构，而非探索可能修正它们的新颖性。

在预测加工的术语中，这对应于在高先验精度而无元认知觉知的条件下所进行的**主动推断** (*active inference*)。一个精度加权高而对先验的建构性缺乏元层次洞见的系统，其主动

推断倾向于确认性偏置：它以最小化预测误差的方式行动，但倾向于通过选择确认既有先验的行动来实现这一点，而非通过更新先验本身^[14]。行 (*saṅkhāra*) 的强迫性特征——传统所坚持的业力导向性——精确映射于无元认知知觉的高精度主动推断的结构倾向：这些行动不是自由探索性的，而是由已建立的先验所模塑的，并反过来强化这些先验。

业力 (*kamma*) ——在这一框架中理解为修改生成模型之权重参数的行动——在此被具体化为强化并加深先验结构的修改：不是以中性的方式增加经验，而是以符合未经认识之先验的方式更新参数，从而增加未来感知将以同样方式被组织的可能性。

2. 节点二：层级生成模型的建构（识、名色、六处）

以下三支描述认知架构的逐步建构——世界得以被把握的结构复杂性由此获得。这是认知系统获得经验所需全部结构分化的阶段。

识 (*viññāna*, 意识) 是第一个认知时刻：辨别的能力——登记此与彼之差异。在阿毗达磨分析中，识是**第一分化**——一个关系性结构（主客极性）从先前仅有的未分化流中生起。²在预测加工的术语中，这对应于**第一生成节点**的涌现：一个能够接收输入信号并产生差异化输出的计算单元。关键在于，识不是一种实体而是一种功能——辨别的能力——正如生成节点不由其材料构成而由其输入-输出关系来定义。

名色 (*nāmarūpa*)，通常诠释为心物复合体：名 (*nāma*) 涵盖与识相关的心所，色 (*rūpa*) 涵盖物质基础。但在结构上，名色命名认知系统内部的一种分化：其内在表征结构（系统所编码的）与其可观测表现（系统所生成的）之间的分化。这精确映射到生成模型隐藏层中维持的**潜在表征**（名）与该模型所生成的**可观测输出**（色）之间的区分。二者相互依存：潜在结构没有它所生成的可观测输出就没有内容；可观测输出没有塑造它们的潜在结构就没有确定性。这正是佛陀所描述的互相依存：名缘色，色缘名^[1]。

六处 (*saḷāyatana*, 眼耳鼻舌身意六根) 代表系统输入通道的规定。在经典表述中，六处是接触外部世界得以可能的**门户**；它们是对应于特定环境领域的特定认知能力。在预测加工的术语中，六处对应于**输入模态的专化**：生成模型输入层分化为各通道，每个通道调谐于一类特定的感觉信号。这种专化本身是先验学习的产物：六处并非预成，而是在对因果环境规律性的回应中发展起来的。它们的形成标志着生成模型基本架构的完成。

3. 节点三：感官接触与赋效价的预测误差的生起（触与受）

这一对应应在从触（*phassa*）到受（*vedanā*）的过渡处达到结构上最为精确的节点。这是整个链条的枢轴：中性认知过程首次具有情感效价的时刻，也因此是苦首次得以可能的时刻。

触（*phassa*）在巴利圣典中定义为三个条件的会合：根、境与识^[1]。触尚不是现象学意义上的经验；它是认知过程的启动——环境信号进入处理系统的时刻。巴利注释传统一贯将触描述为先于受并使之成为可能：触是受的必要条件，但本身在效价上是中性的。这精确映射于预测回路的激活：环境信号进入生成模型的处理层级的时刻。信号本身不携带效价；它仅仅是信息。系统的预测回路被激活；预测与输入之间的比对开始。

受（*vedanā*，感受）是阿毗达磨传统认定为关键转折点的因缘。对受的经典分析是三分的：乐（*sukha*）、苦（*dukkha*）与不苦不乐（*adukkham-asukha*）。这一三分结构并非任意分类；注释传统解释说，乐受生起于接触与心灵既有倾向相符之时，苦受生起于不符之时，不苦不乐受生起于既不相符也不不符之时^[2;26]。³

这是赋效价的预测误差信号的结构类比。在预测加工中，预测误差不仅仅是一个信息量——预测与输入之间差异的幅度——而是携带固有的效价，是差异的直接函数。当生成模型的预测被确认（低预测误差）时，这构成一个正向信号：世界如系统所预期，系统的模型是准确的，系统对先验结构的投入得到印证。当预测被违背（高预测误差）时，信号具有厌恶性：世界偏离了系统的预期，模型需要更新，系统的稳定性受到威胁^[15;16]。

结构同构是精确的。乐（*sukha*）= 低预测误差：接触确认了系统现有的生成模型。苦（*dukkha*）= 高预测误差：接触违背了系统现有的生成模型。不苦不乐（*adukkham-asukha*）= 情感上无涉的接触：接触所产生的预测误差未触及任何情感加权的先验，既不确认也不威胁系统的渴爱吸引子。机制在两个框架中是相同的：效价不是事后叠加于认知事件之上的次级性质，而是由环境输入与系统情感加权先验之间的关系所直接决定的内在属性——正因如此，不触及任何情感加权先验的接触便产生不苦不乐受。这正是受成为枢轴的原因：这是认知系统与世界的关系首次变得评价性的时刻，因而也是苦之条件首次被生成的时刻。

4. 节点四：先验固化与吸引子实体化（爱与取）

爱（*taṇhā*）从受中生起，其机制巴利圣典描述得颇为精确。爱不是对外部对象的直接响应；它是对感受的响应——具体而言，是系统重复乐受、避免苦受的驱力^[1]。这不是某些

存在的偶然心理特征；它是拥有一个产生赋效价预测误差信号的系统的结构性后果。一个经历低预测误差与高预测误差之差异、并具有修改行为以影响未来输入之能力的系统，将必然发展出倾向于低误差状态的偏好。爱（*taṇhā*）所指称的，正是这种必然的偏好结构。

在预测加工中，对应的机制是**精度加权**：对不同预测源的置信度的动态分配^[14]。当某些预测持续最小化预测误差时，系统提高其精度权重——对这些预测变得更有把握，对可能推翻它们的证据更具抵抗力。这在计算上是合理的：系统正在学习哪些先验最为可靠。但精度权重的提高也是系统变得越来越难以学习的机制——越来越依附于其既有模型，越来越倾向于将模糊证据解释为符合已建立的先验的方向。爱是这一计算过程的情感面：对那些可靠产生低预测误差的状态的经验性牵引。⁴

取（*upādāna*，执取）是爱的强化与固化：爱是偏好某些状态的倾向，取是维持这些偏好对抗修正的主动认知工作。阿毗达磨识别四种取：欲取、见取、戒禁取与我语取^[11]。它们的共同点是都涉及固化某一认知结构——将其视为权威性的、对修正免疫的、表达事物之真实样式的。

这对应于一种可称为**吸引子实体化**（*attractor reification*）的认知过程：生成模型经过反复学习而形成的高稳定性吸引子，被系统误表征为世界之独立于心灵的客观结构，而非自身建构的产物。一个经过多个学习轮次而形成高精度先验的模型，会使这些先验在感知上显得令人信服：世界似乎具有模型所预测的结构，因为模型的预测如此精确，以至于它们支配着证据的整合^[7]。系统并不经验到自己在施加结构；它经验到自己在发现结构。这是取：将自身的认知建构误认为独立于心灵的客观实在的执持，因而无法轻易放下。

5. 节点五：受苦系统的生起与衰坏（有、生、老死）

最后三支描述固化执取的后果：一个在系统性错位先验下运作的系统的**生起**，以及随之而来的苦。

有（*bhava*，存在或“有”）在巴利圣典中被描述为由执取所条件化的存在——一个将自身认知建构固化为所经历之世界的系统的存在方式。经典进一步描述三界之有：欲有（*kāma-bhava*）、色有（*rūpa-bhava*）与无色有（*arūpa-bhava*）^[1]。在预测加工的术语中，有对应于**实体化的世界模型**：其高精度先验建构出一个表观客观世界的阶段的生成模型。系统不再把自己的感知经验为模型所产生的；它将其经验为对独立于心灵的客观实在的直接相遇。这种阶梯式结构具有重要意义：先验固化在层级加工系统的每个层次都会发生，因此吸引子实体化可以在执取对象是感觉快乐、自我概念还是纯粹抽象的形而上学承诺的情况下运作。

生 (*jāti*) 在过程性诠释中指一个特定的个体认知视角的生起——实体化的世界模型产生对应的实体化自我模型的时刻。在预测加工中，这是在固化先验下的认知系统的**实例化**：生成模型开始作为一个统一的自我-世界系统运作，具有确定的视角、确定的偏好，以及内部与外部之间确定的边界^[27]。自我模型并非一个独立的建构，而是世界模型实体化的结构性副产品：一个已在环境规律上固化了高精度先验的生成系统，将作为一种计算必然性，把自身表征为与那些规律处于因果关系中的持续存在者^[27]。这就是为何生 (*jāti*) 在序列中紧随有 (*bhava*)：并非一个先在的自我降生于一个世界，而是自我模型与实体化的世界模型共同生起，两者互为前提。一个认知主体的”诞生”，就其构成而言即是一个主体在一个世界中的诞生，而这个世界始终已经是主体的生成模型所表征的世界。⁵

老死 (*jarāmaraṇa*) 涵盖系统运作所产生的一切苦：当世界未能符合系统实体化先验时所累积的预测误差。经典套语在老死之后附上完整的苦列：”愁、悲、苦、忧、恼”^[1]。这并非偶然。一个在高精度、高度固化的先验下运作的认知系统，所依附的是一个随时间将系统性地无法匹配世界实际输出的世界模型——因为世界并不是模型所表征的那种稳定的、可预测的、自持的结构。在结构上值得注意的是，这种错位并非偶发性的而是慢性的：一个具有实体化先验的系统，不仅仅是偶尔遭遇意外的预测误差——它在构成上就无力以足够快的速度更新其模型来消除盈余，因为构成执取 (*upādāna*) 的高精度加权，恰恰压制了原本需要的先验修正。老死之苦，在此读法中，首先不是生物性衰老的苦，而是一个刚性固化的模型与一个不断流变的世界之间错位所产生的**累积预测误差**。这是巴利传统对苦的分析中所确认的**行苦** (*saṅkhāra-dukkha*)：不是作为感觉的痛苦，而是作为架构性质的不圆满。

四、双向理论贡献

第三节所发展的结构对应并非仅具说明性。本节论证它具有双向的理论效益。

1. 预测加工对十二因缘的贡献

对佛教哲学而言，主要贡献在于提供了一个**机制性词汇**，将十二因缘分析的适用范围扩展至佛教解脱论语境之外。经典分析以显著的精度诊断了苦的结构，但所用术语与三法印、四圣谛和解脱道的教义框架相绑定。将十二因缘译入预测加工的术语，达成了若干效果。

其一，为**过程性诠释提供机制层面的理论依据**。三世说与当下说不仅仅是同一教义的不同应用；它们对因果链所描述的是何种过程做出了不相容的主张。预测加工读法支持单一时刻或**过程性诠释**：十二因缘描述认知系统的逐刹那因果结构，而非分布于数世的宇宙性

事件序列^[28]。每一支描述一个连续因果过程的一个阶段，可以在单一认知事件内加以分析，即使完整结构（从无明到老死）的发展需要一个发育的时间尺度。这一支持是**有范围限定的**：预测加工提供了一种将十二因缘理解为认知动力学描述的有原则的机制性表述，而这种表述与过程性诠释相融洽，而与三世说不融洽。然而，这并不构成对三世说的全面反驳：三世说所运作的领域——跨世业力传递与轮回——是预测加工框架所无从置喙的（见第五节）。

其二，在保留哲学内容的前提下去宇宙论化。佛教哲学中的一个长期挑战是：如何在放弃许多当代读者难以接受的宇宙论承诺（轮回、业力作为形而上力量）的同时，保留缘起说的教义效力。预测加工读法实现了这一点：十二因缘描述任何足够复杂的生成系统的因果结构，而不仅限于受轮回支配的生物有机体。

其三，生成对受的可检验诠释。受与赋效价的预测误差的同一，不仅在哲学上融贯，而且具有经验约束力：它预测，通过冥想修行对受的修正，应当与预测加工参数的变化相关联，具体而言是情感性预测回路的精度加权的变化。这与冥想神经科学领域的实证文献相一致^[24;25]。

2. 十二因缘对预测加工的贡献

在哲学上更具原创性的贡献则来自相反的方向。十二因缘阐明了我们所称的**结构性持续问题**：为何一个陷于元认知盲区的认知系统，必然持续强化并深化这一盲区，走向先验固化与吸引子实体化，而非自我矫正走向更大的认识论弹性。

预测加工理论，如其现有表述，预设生成模型的存在，并追问它如何运作。自由能原理已被扩展，通过马尔可夫毯（Markov blanket）自组织说明有界生成系统何以可能存在^[6;29]；贝叶斯模型更新则提供了先验如何通过学习而修正的历时性说明。然而，这两种扩展均未回答以下问题：一个已然拥有先验、却不知道这些先验不过是认知建构的系统，为何必然朝向先验进一步固化与吸引子实体化的方向发展，而非保持认识论弹性——即为何由误认所驱动的先验强化是自我加深的而非自我矫正的，以及为何解脱需要对模型与自身先验之认识论关系的定向转化。正是这一空白，十二因缘填补了它。

十二因缘提供了历时性的补充。从无明作为元认知盲区出发，因果链追踪了任何陷于这一盲区的认知系统，为何必然从强迫性意向性构成活动（行）发展为越来越深的先验固化（爱与取），最终发展为系统性错位下的苦（老死）的**内在发展逻辑**。因果链中每一支不仅是由前支所引起的，而且是由前支所强缘（*paccaya*）的：每一支生起，即渐次确立下一支生起的条件，从而使整个发展走向作为一个整体呈现出朝向先验固化与苦的特征性方向性。⁶然

而，需要进一步解释的是：这一方向性为何具体朝向苦而非认识论弹性——即为何预测误差（在框架的常规运作中本应作为模型修正的信号）在元认知盲区的条件下未能发挥这一功能。

答案在于任何减少误差的系统所具有的两条途径的结构。预测加工框架提供了两条最小化预测误差的根本途径：依据传入证据更新生成模型（知觉学习），或通过行动改变感觉输入以最小化预测误差（主动推断）。在正常运作条件下，系统在两条途径之间动态分配：当传入证据相对于当前先验更为可信时，模型更新路径占主导；当先验更为可信时，行动路径占主导。然而在无明（*avijjā*）之下，这一分配在结构上被系统性地扭曲。一个将自身先验误认为独立于心灵的实在的系统，无法将预测误差注册为其模型出错的证据：在其自我模型的内部，预测误差传递的不是“我的先验是需要修正的建构”，而是“实在偏离了其本该有的样子”。在这一自我模型的内在视角下，适当的响应不是修正先验，而是采取行动恢复被预测的状态——通过改变世界而非改变模型来消除差异。这正是爱（*taṇhā*）的结构机制：当涉及到被误认的情感性先验时，预测误差系统性地被路由向行动路径而非修正路径。爱不是叠加于认知之上的次级情感色彩，而是无明通过精度加权机制运作的直接结构性后果：正因为先验呈现为实在而非建构，它所产生的预测误差被路由向行动而非修正。

这种路由在时间上是自我放大的。每一轮通过改变世界而非模型成功消除预测误差的主动推断循环，都确认了先验并在未来预测周期中提高其精度权重，从而加深其吸引子盆地，使模型更新越来越难以作为响应路径被激活。爱（*taṇhā*）→取（*upādāna*）→有（*bhava*）的因果逻辑，正是对这一逐步加深过程的描述：爱（以行动恢复被预测状态的精度加权驱动）生取（先验稳定成为稳定吸引子）生有（先验主导配置作为系统运作结构的根深蒂固）。发展走向不是线性的而是加速的：每一轮成功的确认性寻求使下一轮更为可能，进一步收窄系统承认为真正修正证据的信号类别。**结构性持续问题**在其核心，是先验精度失控的问题：无明启动的动力学，不仅是稳定的，而且是自我加深的——系统性地瓦解其自身矫正的条件。

这一解释为以下问题提供了严格解答：为何解脱需要无明的灭尽而非后续链节的消除。如果这种自我加深的动力学根源于将先验误认为独立于心灵的实在，那么任何施行于吸引子修改层面的干预都无法触及根本机制：只要误认持续，预测误差就将继续被路由向行动而非修正，新的吸引子将取代被消除的那些。所需要的是系统之认识论关系的转化：不是获取新信息，而是达到慧（*paññā*）——对所有先验均为建构性的彻底理解——以此持有先验而不执，不是因为缺乏先验，而是因为深刻理解所有先验均为模型所生成而非世界所给予。在预测加工的术语中，这对应于将精度标定恢复趋向贝叶斯最优，辅以元认知透明性：系统

并不消除其生成模型，而是以足够的透明度持有其模型，从而允许预测误差更新模型，而非触发动作去压制误差。这与深度禅修状态的经验描述一致：不确定性容忍度提高，默认模式网络活动降低——自我指涉模型维护减少^[24;25]。

因此，十二因缘为预测加工提供了现有历时性扩展所未能提供的内容：对任何陷于元认知盲区的认知系统何以必然向苦的方向发展、而非自我矫正给出了原理性解答，并由此阐明了解脱所要求的转变究竟是何种类型。

五、类比的限度

上文所建立的对对应关系是系统性的，并且，我们已论证，具有双向的理论效益。然而它亦有其限度。以下四类限度需要明确指出。

1. 轮回与跨世业力

预测加工框架是单一系统运作生命期内认知机制的理论。它对认知系统是否在生物性死亡后延续、或一个系统的先验固化的业力后果是否可传递至后续系统，均无从置喙。三世说的十二因缘读法——将前两支归于前世，中间八支归于今世，最后两支归于来世——无法在我们此处所发展的预测加工框架内得到捕捉。

这不是对轮回教义的驳斥，而是对我们比较范围的界定。我们所追踪的结构对应应在单一认知事件的因果架构层面运作；这一架构是否跨越多世重复，是预测加工框架对此无从置喙的进一步问题。因此，解脱的佛教解脱论意义——在许多传统中包括从轮回中解脱——超出了我们的比较所能处理的范围。

2. 涅槃的规范性分量

在佛教解脱论中，十二因缘链的灭尽——涅槃（*nibbāna*）——不仅仅是认知系统的一种可能状态，而是最高善：修行道路所指向、其成就构成苦之完全解脱的状态。预测加工框架在此揭示了一个内在的功能性偏好：低先验精度、高不确定性容忍度的系统，在长时段内会产生更少的持续性预测误差——因为它不必通过扭曲输入来维护已有先验，而是允许预测误差自由更新模型。从自由能最小化的逻辑看，这是更可持续的策略。然而，预测加工框架在此所能说的，仅是这种配置在功能效率上更优；它无法独立地说明，为何减少苦构成最高善，也无法说明，为何趋向这种状态是修行者应当追求的正确目标，而非仅仅是一种更好的优化策略。框架描述了机制，也隐含了功能优越性的比较；但规范性力量——为何这种配

置是应当趋向的——必须从框架之外获得补充。

佛教分析进一步区分了若干种灭，这些区分并不能完全对应于预测加工的词汇。上座部传统区分有余依涅槃（*sa-upādisesa-nibbāna*）——修行者的身心有机体尚在运作时所证得的解脱——与无余依涅槃（*anupādisesa-nibbāna*）——临终时五蕴彻底熄灭的般涅槃（*parinibbāna*）。本文的论证主要涉及第一种类型：模型与其先验之认识论关系的转化，而非模型的彻底终止——后者超出了认知机制的功能性说明所能处理的范围。大乘的无住涅槃（*apratiṣṭhita-nirvāna*）——解脱的存在以悲悯留住世间而不执取——在功能层面对应于一个以全然元认知透明性持有低精度先验的系统；但悲悯何以是恰当导向，这一规范性问题属于佛教伦理学，而非认知机制。

3. 受的难问题

受（*vedanā*）与赋效价的预测误差的同一，是本文分析中最精确的对应之一。但它停留于功能角色层面的对应。预测加工可以解释为何某些预测误差信号在功能上具有厌恶性——为何它们产生趋近/回避行为，为何它们与负性情感回路的激活相关，为何其解消被经历为解脱。它无法解释的是，感受痛苦是什么样的——*dukkha* 作为第一人称经验的现象性质。

这是意识的难问题在感受上的具体应用，它从根本上限制了我们对应的完整性。对受的佛教分析不仅是功能性分析；它也是现象学分析。第一圣谛不是说痛苦引发趋近/回避行为，而是说苦是某种以第一人称所经历的、所承受的东西。预测加工框架作为第三人称计算性说明，捕捉了受的功能结构，而未能完全捕捉其现象性实在。这是真实的限度，不是本文论证的缺陷，而是第三人称认知科学与第一人称佛教现象学之关系的特征——必须予以承认。

4. 与中观读法的关系

第四个限度涉及本文诠释与龙树（*Nāgārjuna*）《中论》（*Mūlamadhyamakakārikā*）^[4]所关联的缘起中观读法之间的关系。在中观读法中，*paticca-samuppāda*（缘起）首先不是一个心理学学说，而是一个本体论论证：正因为一切现象依缘而生起，没有任何现象拥有内在自性（*svabhāva*）；缘起与空性（*sūnyatā*）是同一真理的两种表述。这一读法在不同的分析层次上运作，两者之间存在一定的张力。

这种紧张在生成模型的处理上最为明显。本文自由地谈论认知系统建构生成模型、固化先验、发展吸引子状态——这套词汇似乎预设了中观读法所否认的那种内在存在。如果

生成模型本身是依缘而生起的，把它当作一个误表征世界的稳定实体是否还有意义？

我们认为这一紧张是可以化解的。本文的论证在功能-因果层次运作：描述认知过程如何在十二因缘链内相互条件化，以预测加工的词汇作为机制性阐释项。中观读法在本体论层次运作：论证功能分析所指认的任何实体都不拥有内在存在。中观传统自身的二谛（*dve satye*）学说与这一区分形成直接对应。世俗谛（*samvṛti-satya*）是缘起作为有效因果分析发挥作用的层次；胜义谛（*paramārtha-satya*）是空性（*śūnyatā*）成立的层次：世俗分析所指认的任何实体——生成模型、其先验结构、执取的认知能动者——均不拥有内在自性（*svabhāva*）。龙树与月称均坚持世俗谛并非虚假：一种因果上精确的功能性描述可以在世俗层次有效，即便它所描述的实体在胜义层次均无自性^[4:9]。两种说明因此相互强化：预测加工说明从机制上解释了内在存在感是如何生起的（吸引子实体化），中观分析则表明这种被经历到的内在存在感在本体论层次是无根据的——共同解释了十二因缘链所诊断的本质主义现象学的生成与虚幻性。本文处理前一项任务：我们承认一个完整的缘起说明需要以同等深度投入后一项任务。

六、结论

本文论证了佛教缘起十二因缘与预测加工架构之间的系统性结构对应。这一对应不是孤立概念之间的表面相似，而是保留两个框架因果架构的逐节点映射：从无明作为元认知盲区（系统将自身所生成的先验当作对外在实在的直接呈现，而不知其为认知建构）出发，经由由此未经认识的先验所驱动的强迫性意向性构成活动（行），经由层级生成模型的建构（识至六处），到达赋效价的预测误差的枢轴（受），最终以吸引子实体化和系统性衰坏——构成苦——告终（爱至老死）。

这一对应具有双向的理论效益。对佛教哲学而言，它提供了一个使十二因缘链去宇宙论化的机制性词汇，在认知机制的域限之内为过程性诠释相对于三世说提供了理论依据，并对冥想修行的认知关联物生成具有经验约束力的预测。对预测加工而言，十二因缘提供了现有历时性扩展所未能给出的内容：对为何任何陷于元认知盲区的认知系统必然持续强化并深化这一盲区、趋向先验固化与吸引子实体化，以及最终趋向苦的原理性解答。

关键洞见——整个因果架构的枢轴是受与赋效价的预测误差的同一——阐明了为何佛陀将受对认知系统之牵引的灭尽（通过爱的消解）认定为最直接的解脱道。在此读法中，解脱不是生成模型的消除，也不是对后续链节的修改性干预，而是模型与自身先验之认识论关系的转化：通过慧（*paññā*）——对所有先验均为建构性的彻底理解——而不执于先验，不

是因为系统不知道，而是因为它充分理解知道本身如何运作。这是原则上在任何足够弹性的认知系统中可实现的状态，冥想神经科学领域日益丰富的研究文献已开始追踪其神经关联物^[24;25]。

类比的限度与论证同等重要。对应在功能机制层面运作，而非在宇宙论主张或现象性实在层面。轮回教义、涅槃的规范性效力、受的第一人称现象性格，以及中观读法所要求的本体论论证，均超出了预测加工框架所能提供的范围。这些不是比较的缺陷，而是佛教哲学与认知科学所运作的真实不同分析层次的标志——以及在将二者关联起来方面有待完成的哲学工作的标志。

此处所追踪的结构汇聚表明：两个传统独立地达到了同一深刻洞见——苦不是环境偶然性的产物，而是任何陷于元认知盲区的认知系统，在缺乏特定矫正修行的情况下，必然持续强化并深化这一盲区的结构性后果。佛教传统的缘起分析与弗里斯顿等人所发展的预测加工框架，各自提供了对方所欠缺的东西：佛教分析提供了发展走向与朝向解脱的规范性导向；认知框架提供了机制性词汇与经验上的可检验性。认识到这种汇聚是可能的，我们认为，本身即是将这两个传统相互关联的哲学工作的一项贡献。

利益冲突：作者声明与本研究相关的财务或非财务利益均不存在。

资助：本研究未获得任何资助。

人工智能辅助声明：本文的起草与修改借助了 Claude（Anthropic）大语言模型，在作者指导下进行。所有学术内容、论证和解释决定均为作者本人所为。

注释

¹劳科宁与斯拉格特^[25]提供了现有最直接的比较研究：他们论证，冥想通过降低先验信念的精度来调制预测加工，从而提高对预测误差的耐受性。本文的贡献与之有所不同：劳科宁与斯拉格特在不（甲）尝试对十二支完整链条进行逐节点系统映射、亦不（乙）将结构性持续问题——为何由误认所驱动的先验强化是自我加深而非自我矫正的——作为核心解释目标的情况下，分析了冥想过程中的精度动力学。本文在这两个维度上推进了他们的框架。

²将识刻画为第一辨别性分化，是跨阿毗达磨传统的共同结构性主张。巴利文献本身将识刻画为登记根与境之会合的辨别性觉知^[1]。瑜伽行派发展了一个在结构上相关但更为复杂的图景：在阿赖耶识（*ālaya-vijñāna*）学说中，“仓库识”充当持续的基础，过去业行之“种子”（*bīja*）在其中被储存，并以此条件化后续的认知行为^[20]。阿赖耶识因此在功能上充当积累先验结构的历时性储存库——佛教传统自身对“过去意向性构成如何塑造当下认知”这一问题的解答。这与生成模型的参数空间在结构上的平行性（两者在功能上均作为通过学习积累的先验分布的储存库），是本文在 §2.3 所加以利用的。本文对巴利十二因缘链的功能性诠释不依赖于瑜伽行派框架；两者在不同的分析层面运作（形而上学持续者与功能参数状态），不类比之处已在 §2.3 讨论。瑜伽行派的发展所印证的是：佛教传统独立地认识到了一种历时性先验积累说明的需要——恰好是预测加工的生成模型框架所提供的那种说明。

³阿毗达磨对受的分析尚有五分说：此三分再按身受/心受各细分（加入“身苦”“身乐”），并非本文对应所必需。此处更相关的是另一经典区分：寻常的不苦不乐受（*adukkham-asukha*）伴随着无明随眠（*avijjā-anusaya*），因而仍处于渴爱生成的认知架构之内；而禅修中的舍受（*upekkhā-vedanā*）则是已从这一随眠中解脱出来的平等舍心^[30]。本文的预测加工对应适用于寻常的不苦不乐受；禅修舍受则处于对应谱系的解脱一端，接近第四节所论苦灭条件。

⁴爱（*taṇhā*）所对应的精度加权，是其在无明之下运作的特定形式：对被误认为独立于心灵之实在的先验的病理性过度加权，而非正常的贝叶斯精度标定。在正常标定条件下，提高精度权重加速模型学习，且原则上可被矫正；在无明之下，它启动第四节所分析的自我加深的先验强化动力学。

⁵此处援引梅青格（Metzinger）的自我模型主观性理论，是作为哲学移植而非直接文本对应：巴利圣典对生（*jāti*）的经典用法并不预设梅青格的现象学框架，相关映射应被读作揭示两个框架之间的结构平行，而非主张佛教文本包含或蕴涵梅青格的说明。

⁶“缘”（*paccaya*，条件或助因）一词在《发趣论》（*Paṭṭhāna*，《阿毗达磨藏》第七部）中获得最完整的系统阐述，该论书枚举二十四类条件关系，包括根因缘（*hetu-paccaya*）、所缘缘（*ārammaṇa-paccaya*）、有缘（*atthi-paccaya*）等。相邻因缘之间的条件关系，通常被分析为同时涉及其中若干类型，而非单一的因果关系。本文在结构对应中对“缘”的使用是故意非技术性的：我们援引该词的一般意义（助缘），而非阿毗达磨专门意义，且不主张《发趣论》枚举的任何特定缘类型可以穷尽地刻画每一条件关系的预测加工对应项。将预测加工条件关系完整映射至《发趣论》类别，是另一项独立的工作。

References

- [1] Bhikkhu Bodhi. *The Connected Discourses of the Buddha: A Translation of the Saṃyutta Nikāya*. Wisdom Publications, Boston, 2000. SN 12 (*Nidānasamyutta*) contains the canonical formulations of dependent origination; SN 12.67 (*Naḷakalāpī Sutta*) contains the “two sheaves of reeds” formulation of the mutual conditioning of *viññāna* and *nāmarūpa*.
- [2] Buddhaghosa. *The Path of Purification (Visuddhimagga)*. Buddhist Publication Society, Kandy, 2010. Translated by Bhikkhu Ñāṇamoli; XVII–XIX cover the doctrinal analysis of dependent origination.
- [3] David J. Kalupahana. *Causality: The Central Philosophy of Buddhism*. University of Hawaii Press, Honolulu, 1975.
- [4] Nāgārjuna. *The Fundamental Wisdom of the Middle Way: Nāgārjuna’s Mūlamadhyamakārikā*. Oxford University Press, New York, 1995. Translated with commentary by Jay L. Garfield; chap. 26 treats dependent origination.
- [5] Andy Clark. Whatever next? Predictive brains, situated agents, and the future of cognitive science. *Behav Brain Sci*, 36(3):181–204, 2013.
- [6] Karl Friston. The free-energy principle: a unified brain theory? *Nat Rev Neurosci*, 11(2):127–138, 2010.
- [7] Jakob Hohwy. *The Predictive Mind*. Oxford University Press, Oxford, 2013.
- [8] Evan Thompson. *Mind in Life: Biology, Phenomenology, and the Sciences of Mind*. Harvard University Press, Cambridge, MA, 2007.
- [9] Jay L. Garfield. *Engaging Buddhism: Why It Matters to Philosophy*. Oxford University Press, New York, 2015.
- [10] Francisco J. Varela, Evan Thompson, and Eleanor Rosch. *The Embodied Mind: Cognitive Science and Human Experience*. MIT Press, Cambridge, MA, 1991.
- [11] Vasubandhu. *Abhidharmakośa-Bhāṣya*. Asian Humanities Press, Berkeley, 1988. Translated

by Leo M. Pruden from Louis de La Vallée Poussin's French translation; vol. 3, chap. 3 covers the twelve nidānas.

- [12] Rupert Gethin. *The Foundations of Buddhism*. Oxford University Press, Oxford, 1998.
- [13] Noa Ronkin. *Early Buddhist Metaphysics: The Making of a Philosophical Tradition*. RoutledgeCurzon, London, 2005. Authoritative treatment of the Abhidharma metaphysical framework; chaps. 3–4 cover the analysis of *dharmas* and their causal relations, directly relevant to the conditionality structure of the nidāna chain.
- [14] Karl Friston, Thomas FitzGerald, Francesco Rigoli, Philipp Schwartenbeck, and Giovanni Pezzulo. Active inference: a process theory. *Neural Comput*, 29(1):1–49, 2017.
- [15] Anil Seth. *Being You: A New Science of Consciousness*. Dutton, New York, 2021.
- [16] Karl J. Friston, Wanja Wiese, and J. Allan Hobson. Sentience and the free energy principle. *Physics of Life Reviews*, 31:286–289, 2019.
- [17] Evan Thompson. *Waking, Dreaming, Being: Self and Consciousness in Neuroscience, Meditation, and Philosophy*. Columbia University Press, New York, 2014.
- [18] Dan Arnold. *Brains, Buddhas, and Believing: The Problem of Intentionality in Classical Buddhist and Cognitive-Scientific Philosophy of Mind*. Columbia University Press, New York, 2012. Critically examines naturalistic and cognitive-scientific interpretations of Buddhist epistemic concepts, arguing that the self-luminous (*svasamvedana*) character of awareness in the Yogācāra-Dignāga tradition cannot be captured in third-person functional terms.
- [19] Christian Coseru. *Perceiving Reality: Consciousness, Intentionality, and Cognition in Buddhist Philosophy*. Oxford University Press, New York, 2012. Systematic treatment of intentionality, perception, and cognition in Buddhist philosophy, with sustained engagement with Dharmakīrti and Dignāga; directly relevant to the functional analysis of cognitive processes in the nidāna chain.
- [20] William S. Waldron. *The Buddhist Unconscious: The Ālaya-vijñāna in the Context of Indian Buddhist Thought*. Routledge, London, 2003.

- [21] Mark Siderits. *Buddhism as Philosophy: An Introduction*. Hackett, Indianapolis, 2007. Chaps. 3–4 provide the canonical analytic treatment of the no-self doctrine and its relation to Buddhist reductionism about personal identity.
- [22] Owen Flanagan. *The Bodhisattva’s Brain: Buddhism Naturalized*. MIT Press, Cambridge, MA, 2011.
- [23] Georges Dreyfus and Evan Thompson. Asian perspectives on mind and consciousness. In Max Velmans and Susan Schneider, editors, *The Blackwell Companion to Consciousness*, pages 89–114. Blackwell, Oxford, 2007.
- [24] Judson A. Brewer, Patrick D. Worhunsky, Jeremy R. Gray, Yi-Yuan Tang, Jochen Weber, and Hedy Kober. Meditation experience is associated with differences in default mode network activity and connectivity. *Proc Natl Acad Sci USA*, 108(50):20254–20259, 2011.
- [25] Ruben E. Laukkonen and Heleen A. Slagter. From many to (n)one: Meditation and the plasticity of the predictive mind. *Neurosci Biobehav Rev*, 128:199–217, 2021.
- [26] Bhikkhu Bodhi. *The Middle Length Discourses of the Buddha: A Translation of the Majjhima Nikāya*. Wisdom Publications, Boston, 1995. MN 9 (*Sammādiṭṭhi Sutta*) defines *avijjā* as not-knowing the four noble truths; MN 10 (*Satipatthāna Sutta*) contains the canonical analysis of *vedanā* as a basis for mindfulness.
- [27] Thomas Metzinger. *Being No One: The Self-Model Theory of Subjectivity*. MIT Press, Cambridge, MA, 2003.
- [28] Buddhādāsa Bhikkhu. *Paticca-Samuppada: Practical Dependent Origination*. Vuddhidhamma Fund, Chaiya, 1992. Argues for the single-moment or “everyday life” reading of dependent origination as a description of moment-to-moment cognitive events rather than a cosmological sequence across lifetimes.
- [29] Michael Kirchhoff, Thomas Parr, Ensor Palacios, Karl Friston, and Julian Kiverstein. The Markov blankets of life: autonomy, active inference and the free energy principle. *J R Soc Interface*, 15(138):20170792, 2018.

[30] Anālayo. *Satipaṭṭhāna: The Direct Path to Realization*. Windhorse Publications, Birmingham, 2003. Rigorous philological and practice-oriented analysis of the *Satipaṭṭhāna Sutta*; chap. 8 provides the most detailed contemporary English-language treatment of *vedanā* as a basis for mindfulness practice, examining the Pāli canonical analysis of feeling-tone in direct relation to dependent origination.