

萬物皆 AI v2.0：關係—形態動力計算與液態可重構介質研究綱領

Everything Can Compute? Relational Morphodynamic Computing and Liquid Reconfigurable Media Research Agenda

v2.0 / 2026-07-30 / Neo.K（許釜崙） / 範式研究綱領／概念技術論文／哲學命題分層

<https://thisoneisneok.com/html/papers/ccp-07.html>

英文名稱：Everything Can Compute? Relational Morphodynamic Computing and Liquid Reconfigurable Media Research Agenda

副標題：從「存在即計算」宣言到可編碼、可讀出、可校準與可證偽的物理計算架構

作者：Neo.K（許釜崙）

機構：一言諾科技有限公司（EveMissLab）

日期：2026 年 7 月 30 日

文件性質：範式研究綱領／概念技術論文／哲學命題分層

證據等級：E0——架構提案；尚無 EveMissLab 液態關係拓撲計算整合原型

前版：《萬物皆 AI：液態關係拓撲與計算範式的本體論革命》（2026 年 2 月）

系列位置：計算機概念產品系列之遠期本體論—物理計算支線

授權建議：正文與形式模型可採 CC BY-SA 4.0；材料配方、化學反應、微流體、電化學與生物介質實驗須另受實驗室安全、環境與材料規範約束

SECTION

摘要

本文重構「萬物皆 AI」命題，提出關係—形態動力計算（Relational Morphodynamic Computing, RMC）研究綱領，以及其液態分支——液態關係拓撲計算（Liquid Relational Topology Computing, LRTC）。新版不再把「所有物理過程都是人工智慧」「智能是任意高連接密度的必然結果」或「物質在特定拓撲下必然產生

RMC 的核心問題是：物理介質的狀態、幾何、拓撲、耦合、耗散與歷史依賴，能否在明確的輸入編碼、動力學控制、輸出讀取、誤差標準和任務基準下，成為有用的計算資源？LRTC 則聚焦液體、膠體、離子、液態金屬、微流體與化學反應網路等介質，研究它們如何提供非線性、短期記憶、可重構連接、材料內運算與感測—運算一致動整合。

本文提出六項核心修正：

- 物理演化不自動等於工程計算：只有當系統具有定義清楚的編碼、受控演化、讀出、任務與驗證關係時，才可說它實作了某種計算。
- 計算不等於智能：響應、適應、學習、智能、能動性與意識是不同層級；前一層不會在沒有額外條件下邏輯推出後一層。
- 網路重要，但不是「邊取代節點」：有效計算同時依賴節點動力學、邊耦合、幾何延遲、能量、噪聲、可觀測性與控制成本。更高連接密度可能增加能力，也可能造成同步、串擾、耗散與不可訓練性。
- 液態可重構不等於無限架構疊加：物理介質只能在有限控制頻寬、有限狀態空間、有限能量與有限可靠度下改變參數、狀態或拓撲。
- 物理儲備池是最接近現實的起點：膠體懸浮液、活性粒子、化學反應網路、磁性相與軟體身體已展示特定訊號處理能力，但目前仍屬任務受限、需外部讀出和高度依賴校準的研究平台。
- 「萬物皆 AI」保留為研究口號，不作為本體論證明：較嚴謹的工程命題是「多種物理介質可被配置為計算基板；其中一部分可以實作適應或學習；是否構成智能、能動性或意識，必須另行定義與驗證」。

新版建立 RMC 的七層架構、RelMorph-IR 中介表示、動態關係圖模型、液態多物理方程、有效關係容量、拓撲編程成本、全系統能量模型、E0-E5 證據制度與 V0-V6 驗證流程。首個 MVP 不建造城市級液態網路，而是建立可重現的 16-64 節點桌面級微流體／電化學物理儲備池，與數位 Echo State Network、固定拓撲介質及可重構拓撲介質進行公平比較。

關鍵詞：物理計算、物理儲備池、液態計算、關係動力學、形態計算、可重構介質、活性物質、化學計算、微流體、in-materio computing、拓撲控制、智能本體論

SECTION

一、原始命題的保留與降階

1.1 值得保留的三個核心洞察

原稿雖包含大量過度斷言，但有三個洞察具有持續研究價值。

第一，計算基板不必限於矽 CMOS。光、磁、自旋、機械結構、化學反應、膠體、液體與生物材料，都可能在特定編碼與讀出條件下實作計算。

第二，計算能力不只來自元件數量，也來自關係結構與動力學。神經網路、資料流架構、圖計算、儲備池與物理網路均顯示，耦合方式、歷史依賴、可觀測性和狀態空間會顯著影響可實作的函數族。

第三，硬體與軟體之間可以存在中間地帶。在 FPGA、相變材料、可重構光子、磁性相、軟體機械、液態金屬與微流體系統中，物理結構本身可以改變；程式不只改變資料，也可能改變介質的參數、路徑與耦合。

這三個洞察足以支持一個嚴肅的研究綱領，無須再宣稱整個宇宙已被證明是一個有意識的 AI。

1.2 「萬物皆 AI」的三種讀法

新版將標題拆成三種強度。

弱命題：多基板可計算

許多物理系統可以在編碼、控制、讀出與驗證條件下，實作特定計算。

這是可研究且已有多種實驗先例的命題。

中命題：物質可承擔適應與學習

部分可塑、歷史依賴或可重構的物理系統，可以在任務回饋下改變其有效映射，形成有限的適應或學習能力。

這仍需逐一確認記憶、泛化、穩定性、能耗與域外行為。

強命題：存在必然是智能或意識

所有存在皆為計算；所有計算都具有內在智能；足夠複雜的關係拓撲必然產生意識。

目前沒有由物理計算實驗直接推出此命題的證明。它可以作為形而上學假說，但不能混入工程摘要、性能預測或產品路線圖。

1.3 從等號宣言改為可操作座標

原稿使用：

$$E=R=F=I,$$

把存在、關係、力量與資訊視為完全同一。

若要把這當成數學等式，必須提供四個集合、映射、等價關係與可逆條件；原稿並未完成這些要求。新版保留其哲學啟發，但改為四元描述：

$$\mathbf{P} = (E, R, F, I),$$

其中：

- E：可區分的物理狀態或實體；
- R：狀態間的耦合、約束與可達關係；
- F：使狀態改變的動力學或控制作用；
- I：觀測者在指定編碼與解析度下可取得的資訊。

這四者彼此依賴，但不先驗相等。不同實驗可能只觀察其中一部分。

SECTION

二、概念階梯：從物理反應到意識

2.1 六級操作定義

為避免把任何動態材料都稱為 AI，本文建立六級階梯。

層級 操作定義 最低證據

P0 物理演化 狀態依物理定律隨時間變化 可量測狀態與動力學

P1 計算 編碼輸入經可重現動力學產生符合任務規格的輸出 編碼、讀出、誤差與基準

P2 適應 系統依環境或回饋改變參數，使後續表現改變 前後對照與穩定性

P3 學習 表現改善可跨樣本保留，且不是只記住單一輸入 訓練／測試分離、泛化

P4 智能 能在一組變化任務中建立模型、選擇行動並達成目標 多任務、轉移、校準

P5 能動性／意識 具有持續目標、自我模型、主觀經驗或其他明確標準 尚無單一工程共識

從 P_k 到 $P_{(k+1)}$ 需要額外條件：

P_k
not $\Rightarrow$
 $P_{(k+1)}$.

液體對溫度改變形狀屬於 P0；若把溫度編碼為輸入、形變讀為輸出並完成函數，才可能屬於 P1。若系統在回饋下調整參數，可能達到 P2 或 P3。這仍不自動等於 P4 或 P5。

2.2 物理計算的最低形式

定義一個物理基板：

cal-S
=
(X,U,Θ,F,Y,H),

其中：

- X：內部狀態空間；
- U：可施加的輸入與控制；
- Θ：材料、幾何、拓撲與環境參數；
- F：狀態演化；
- Y：可觀測輸出空間；
- H：感測與讀出映射。

連續時間下：

$$\begin{aligned} & \text{dot}x(t) \\ & = \\ & F_-(\theta) \\ & \text{bigl}(x(t), u(t), w(t) \text{bigr}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} & y(t) \\ & = \\ & H_-(\theta) \text{bigl}(x(t) \text{bigr}) + \eta(t), \end{aligned}$$

其中 $w(t)$ 是外部擾動， $\eta(t)$ 是量測噪聲。

再定義：

- 輸入編碼 $\text{cal-E:cal-I} \rightarrow U$ ；
- 輸出解碼 $\text{cal-D:Y} \rightarrow \text{cal-O}$ ；
- 目標函數 $f:\text{cal-I} \rightarrow \text{cal-O}$ 。

若在任務分布 cal-Q 上：

$$\begin{aligned} & \text{bb-E}_-(i \sim \text{cal-Q}) \\ & [\\ & \ell(\\ & \text{cal-D} \circ \Phi_-(\theta) \circ \text{cal-E}(i), \\ & f(i) \\ &) \\ &] \\ & \leq \epsilon, \end{aligned}$$

並且結果可重現、可校準、優於適當基線，才可說該物理系統在誤差 ϵ 內實作了此計算。

2.3 響應與計算的界線

材料因光而彎曲、因濕度而收縮或因磁場而排列，可能只是物理響應。工程計算至少還需要：

- 可定義的輸入字母表或連續輸入空間；

- 可區分的輸出；
- 可重複的映射；
- 可比較的正确性；
- 對擾動、漂移與域外輸入的描述。

因此：

可響應材料不是自動的電腦；自組織不是自動的學習；湧現不是自動的智能。

SECTION

三、關係—形態動力計算（RMC）

3.1 從固定圖到共演化圖

傳統圖模型常把邊視為固定：

$$\text{cal-G}=(V,E).$$

RMC 使用共演化關係圖：

$$\begin{aligned} \text{cal-G}_R(t) \\ = \\ \text{bigl}(V(t),A(t),X(t),M(t)\text{bigr)}, \end{aligned}$$

其中：

- $V(t)$ ：節點或局部自由度；
- $A(t)=[a_{ij}(t)]$ ：時間變化的耦合矩陣；
- $X(t)$ ：節點狀態；
- $M(t)$ ：幾何、材料與邊界條件。

節點與邊共同演化：

$$\begin{aligned} \dot{x}_{ij} &= \\ & f_{ij}(x_{ij}, u_{ij}) \\ & + \\ & \sum_k a_{ijk}(t) \\ & g_{ijk}(x_{ij}, x_{kj}) \\ & + \\ & \xi_{ij}(t), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \dot{a}_{ij} &= \\ & h_{ij}(\\ & \text{bigl}(a_{ij}, x_{ij}, x_{kj}, c_{ij}, m_{ij}\bigr). \end{aligned}$$

這個模型同時允許：

- 狀態改變；
- 連接強度改變；
- 幾何距離改變；
- 邊出現或消失；
- 材料相態改變；
- 感測與控制解析度改變。

3.2 三種可重構性

「可重構」必須分級。

參數重構

拓撲不變，只調整導電率、阻尼、流速、頻率或增益：

$$\theta(t+1)=\theta(t)+\Delta\theta.$$

狀態重構

系統進入不同吸引子、相態或工作區：

$$\begin{aligned} x(t) &\in \text{cal-A}_p \\ &\rightarrow \\ x(t') &\in \text{cal-A}_q. \end{aligned}$$

拓撲重構

節點或邊的存在關係改變：

$$\begin{aligned} E(t+1) \\ \neq \\ E(t). \end{aligned}$$

液體可以讓幾何與接觸關係較容易改變，但每次重構仍需致動、時間、能量、感測與確認。

3.3 「關係越多越智能」並不成立

原稿將連接數直接視為智能水平。新版改用有效關係容量：

$$\begin{aligned} C_R \\ = \\ \sum_{((i,j) \in E)} \\ (q_{(ij)} \\ b_{(ij)} \\ o_{(ij)} \\ s_{(ij)})/(e_{(ij)} \\ + \\ \lambda \tau_{(ij)} \\ + \\ \mu n_{(ij)} \\ + \\ v r_{(ij)}), \end{aligned}$$

其中：

- $q_{(ij)}$ ：連接品質；
- $b_{(ij)}$ ：可用頻寬或耦合動態範圍；
- $o_{(ij)}$ ：可觀測性；
- $s_{(ij)}$ ：任務相關性；
- $e_{(ij)}$ ：能量成本；
- $\tau_{(ij)}$ ：延遲；
- $n_{(ij)}$ ：噪聲與串擾；
- $r_{(ij)}$ ：失效與校準風險。

增加邊可能提高 C_R ，也可能因串擾、同步鎖死、耗散與不可辨識性而降低 C_R 。在部分物理儲備池中，適度稀疏甚至比全連接更有利於維持有用動力學。

3.4 拓撲、幾何與權重分離

RMC 不再把所有「形狀變化」都稱為拓撲變化。

- 拓撲：連通分量、環路、空腔與可達性；
- 幾何：位置、距離、曲率、通道截面；
- 權重：導電率、耦合、阻尼、反應率；
- 狀態：濃度、電荷、速度、溫度、相位。

可用多層描述：

```
cal-Z(t)
=
(
 $\beta(t)$ ,
 $G(t)$ ,
 $A(t)$ ,
 $X(t)$ 
```


其中 β 是拓撲不變量， G 是幾何， A 是關係權重， X 是動態狀態。

SECTION

四、液態關係拓撲計算 (LRTC)

4.1 LRTC 的合理定義

LRTC 是 RMC 的液態與軟物質分支：

利用流動、擴散、對流、離子遷移、膠體互動、化學反應、界面形變與可重構導電路徑，實作特定資訊處理任務。

它不是一種單一材料，也不是「液態 CPU」。它是一組介質族與方法族。

4.2 多物理形式

對第 k 種濃度或載子：

$$\begin{aligned} & (\partial c_k) / (\partial t) \\ & + \\ & \nabla \cdot (c_k \mathbf{v}) \\ & = \\ & D_k \nabla^2 c_k \\ & + \\ & R_k(c, \phi, T) \\ & + \\ & u_k, \end{aligned}$$

流場可由 Navier–Stokes 或低 Reynolds 數近似描述：

$$\begin{aligned} & \rho \\ & (\\ & (\partial \mathbf{v}) / (\partial t) \\ & + \\ & \mathbf{v} \cdot \nabla \mathbf{v} \\ &) \end{aligned}$$

電化學介質還需包含電位、電荷與電極反應。量測可能為：

$$\begin{aligned} y(t) &= \\ &H \\ &(\quad \\ &C, \\ &V, \\ &\Phi, \\ &T, \\ &\Gamma \\ &) \\ &+ \\ &\eta(t), \end{aligned}$$

其中 Γ 表示界面與通道幾何。

4.3 三種 LRTC 執行輪廓

LRTC-R：物理儲備池

介質提供非線性、高維映射與 fading memory，主要訓練讀出：

$$\begin{aligned} x_{\square}(t+1) &= \\ &F_{\square}(\theta)(x_{\square}, W_{\square}(in)u_{\square}), \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \hat{y}_{\square} &= \\ &W_{\square}(out)\phi(x_{\square}). \end{aligned}$$

這是近期液態與化學介質最有實驗基礎的方向。

LRTC-L：流體／化學邏輯

以閥、壓力、液滴、反應前沿或導電通道實作邏輯、計數、振盪與局部控制。適合低頻、局部、與致動高度整合的場景，不適合直接取代高密度 CMOS 通用運算。

LRTC-T：拓撲可重構網路

使用微閥、磁場、電潤濕、液態金屬、相分離或流道切換改變有效關係圖。其核心研究問題不是「能否移動液體」，而是：

- 可重構速度；
- 狀態辨識；
- 重複性；
- 接觸電阻與污染；
- 漂移；
- 失效後可恢復性；
- 完整控制能耗。

4.4 候選介質地圖

介質 可利用性質 潛在用途 主要限制

PEDOT:PSS 膠體 非線性、離子歷史依賴 時序分類、儲備池 漂移、電化學窗、封裝

活性膠體粒子 自驅動、流體耦合、集體動力 時序預測、異常檢測 光學致動成本、噪聲、尺度

化學反應網路 自組織、非線性、記憶 分類、動力系統近似 反應耗材、復位、毒性

微流體邏輯 壓力與流道狀態 軟機器局部控制 速度、尺寸、洩漏

液態金屬通道 導電、可形變、自修復 可重構互連、感測 氧化、潤濕、泵送、腐蝕

水波／流體表面 波動、干涉、延遲 類比濾波、儲備池 體積、環境敏感度

水凝膠／離子凝膠 離子記憶、形變、柔性 生物介面、感測內運算 乾燥、遲滯、耐久度

4.5 現有實驗證據的合理解讀

目前研究已顯示：

- PEDOT:PSS 膠體懸浮液可作為物理儲備池執行語音數字分類；

- 合成活性粒子的延遲互動可形成非線性儲備池；
- formose 反應網路可執行分類、動力系統近似與時間序列預測；
- 可切換磁性相可讓同一物理儲備池適配不同任務；
- 2026 年數百個流體耦合活性膠體振盪器已展示混沌預測與異常檢測；
- 軟物質與機械介質可以實作局部邏輯、記憶、感測與控制。

這些成果證明「物理介質可被利用來計算」，但尚未證明：

- 液態系統在端到端能耗上普遍優於電子系統；
- 液態介質可擴展至通用計算；
- 介質內部拓撲可在毫秒級任意重寫；
- 連接增加會單調提升能力；
- 物理儲備池具有自主目標、一般智能或意識。

SECTION

五、RMC 七層架構

5.1 L0：物理基板與安全邊界

L0 包含材料、流體、反應器、通道、電極、泵、閥、光源、磁場、溫控、封裝與廢液處理。

每個基板必須有安全集合：

```
cal-S_(safe)
=
{
(x,u):
T ≤ T_(max),
V ∈ cal-W_(electrochem),
P ≤ P_(max),
C_(hazard) ≤ C_(max)
}.
```

任何 AI 或最佳化器都不能越過硬體限制。

5.2 L1：轉導與輸入編碼

將數位或物理輸入轉換為：

- 電壓與電流；
- 泵速與壓力；
- 濃度與流量；
- 光強與位置；
- 磁場；
- 溫度；
- 機械變形。

編碼器必須記錄解析度、延遲、能耗與非線性，不能把輸入轉換成本排除在計算之外。

5.3 L2：關係與形態致動

L2 控制：

- 連接權重；
- 通道開關；
- 幾何；
- 材料相；
- 流場；
- 反應條件；
- 有效拓撲。

每次重構的成本為：

$$C_{\text{(reconf)}}$$
$$=$$
$$E_{\text{(act)}}$$
$$+$$
$$\lambda T_{\text{(settle)}}$$
$$+$$
$$\mu E_{\text{(verify)}}$$
$$+$$
$$\nu R_{\text{(wear)}}.$$

5.4 L3：感測、讀出與狀態估計

物理基板通常不可完全觀測。系統維護信念狀態：

$$b_{\boxtimes}(x)$$
$$=$$
$$P(x_{\boxtimes}=x \mid y_{\text{(0:t)}}, u_{\text{(0:t-1)}}).$$

讀出可使用線性回歸、小型神經網路、卡爾曼濾波、粒子濾波或物理模型，但必須報告讀出端的運算與能量。

5.5 L4：RelMorph-IR 與基板編譯器

新版建立 RelMorph-IR，描述任務圖、歷史需求、容許誤差、基板限制與回退策略：

$$\text{cal-}R_{\text{(IR)}}$$
$$=$$
$$(V, E, q, h, c, f),$$

其中：

- V ：待實作算子；
- E ：資料與因果依賴；
- q ：精度、延遲與品質要求；

- h ：記憶深度與歷史需求；
- c ：材料與控制限制；
- f ：失效、拒絕與回退策略。

編譯器產生：

$$\Pi^{(*)}$$

$$=$$

$$\operatorname{argmin}_{\Pi}(\Pi)$$

$$J(\Pi),$$

$$J$$

$$=$$

$$\alpha L$$

$$+$$

$$\beta E$$

$$+$$

$$\gamma \operatorname{cal-L}_{\text{task}}$$

$$+$$

$$\delta C_{\text{reconf}}$$

$$+$$

$$\eta U_{\text{uncertainty}}$$

$$+$$

$$\zeta R_{\text{failure}}.$$

5.6 L5：數位協處理、安全與回退

RMC 不應排斥數位計算。電子控制器負責：

- 任務分解；
- 參數搜尋；
- 校準；

-
- 讀出訓練；
 - 故障檢測；
 - 記錄；
 - 在物理介質失效時回退至數位基線。

真正的比較應是：

混合系統

VS.

最佳數位基線，

而不是只計算介質內部的局部能耗。

5.7 L6：證據、資料血統與治理

每個結果附帶：

- 材料批次；
- 幾何版本；
- 溫度與環境；
- 校準資料；
- 輸入與輸出；
- 讀出模型；
- 能耗邊界；
- 失敗事件；
- 可重現腳本；
- 不確定性證書。

物理系統會老化與漂移，因此「模型版本」不足以描述系統；還需保存介質生命史。

六、學習、編排與 FractaR／O-Chip 的新位置

6.1 FractaR：從高維必然映射改為基板配置器

原稿讓 FractaR 直接在高維拓撲中尋找必然最優計算形狀。新版將其降為研究模組：

FractaR 是 RelMorph-IR 到物理配置的多尺度搜尋與代理建模器。

它可以使用：

- 圖最佳化；
- 貝葉斯最佳化；
- 可微模擬；
- 強化學習；
- 演化搜尋；
- 多保真代理模型；
- 人工規則。

沒有任何方法保證在高維、非凸、漂移的物理系統中找到全域最優。

6.2 O-Chip：從「統一主系列 AI」改為受約束編排器

O-Chip 不直接控制每個分子，也不被賦予全局心智。其合理責任是：

- 接收任務與品質需求；
- 判斷哪些算子適合物理基板；
- 要求 L0-L3 提供能力、能量與健康證書；
- 選擇固定基板、重構基板或數位回退；

- 在漂移或風險超限時停止。

形式上：

$$\begin{aligned} \Pi &= \\ &\text{cal-O} \\ &(\text{cal-R}(\text{IR}), \\ &\text{hat}\theta, \\ &\Sigma, \\ &\text{B}_E, \\ &\text{B}_R \\ &), \end{aligned}$$

其中 $\text{hat}\theta$ 是估計的基板狀態， Σ 是不確定性， B_E 與 B_R 分別是能量與風險預算。

6.3 物理基板的任務適配

不是所有任務都適合 LRTC。較可能有優勢的是：

- 歷史依賴時間序列；
- 非線性濾波；
- 感測器旁路特徵提取；
- 異常檢測；
- 動力系統近似；
- 軟機器局部控制；
- 低精度、容噪的類比映射。

不適合的早期任務包括：

- 高精度通用算術；
- 隨機存取大容量記憶；

- 需要完全可重現位元狀態的金融／密碼核心；
- 高頻通用作業系統執行；
- 未經校準的安全關鍵控制。

SECTION

七、能量、時間與熱力學邊界

7.1 完整能耗不能只看介質

全系統能量為：

```
E_(total)
=
E_(encode)
+
E_(actuate)
+
E_(substrate)
+
E_(sense)
;
+
E_(readout)
+
E_(control)
+
E_(calibrate)
+
E_(thermal)
+
E_(reset)
+
E_(waste).
```

如果液體本身只消耗微瓦，但需要高功率雷射、顯微鏡、溫控、泵與 GPU 讀出，便不能宣稱系統是低功耗液態電腦。

7.2 速度由最慢閉環決定

```
T_(cycle)
=
T_(encode)
+
T_(evolve)
+
T_(settle)
+
T_(sense)
+
T_(decode)
+
T_(verify).
```

液態重構可能以毫秒、秒甚至分鐘計，而電子矩陣乘法可能在奈秒至微秒完成。LRTC 的優勢若存在，通常來自感測、記憶、非線性與計算共置，不是單純時脈速度。

7.3 重置與耗材

化學與液態系統可能需要：

- 清洗；
- 更換試劑；
- 去氣；
- 防蒸發；
- 恢復濃度；
- 重新校準；

- 廢液處理。

因此單次任務成本須加入：

```
C_(task)
=
C_(energy)
+
C_(material)
+
C_(maintenance)
+
C_(calibration)
+
C_(disposal).
```

SECTION

八、與 EveMissLab 計算架構系列的正式關係

8.1 系列分工

```
RelMorph-IR
→
O-Chip 編排
→

SynCore 數位／資料流執行cr
AetherGlass 光子運算cr
LRTC 物理儲備池／流體控制

→
驗證與提交.
```

- RMC／LRTC：定義可重構物理介質及其任務模型；
- O-Chip：跨基板編排、校準與回退；
- SynCore：精確數位、資料流與特殊物理加速器的統一執行架構；
- AetherGlass-LaserCPU：光子互連、線性運算與三維光子承載；
- DEO／DPCPS／DryCore：運作包絡、供電與熱安全；
- SDMCA：模組與機箱空間拓撲；
- 拓撲計算引擎：未來在上述底層完成後，才可作為統一編譯與執行總綱。

8.2 LRTC 不取代所有架構

較合理的終局是異質系統：

$$\begin{aligned} &\text{cal-C}_{\text{(hybrid)}} \\ &= \\ &\text{cal-C}_{\text{(digital)}} \\ &\oplus \\ &\text{cal-C}_{\text{(photonic)}} \\ &\oplus \\ &\text{cal-C}_{\text{(material)}} \\ &\oplus \\ &\text{cal-C}_{\text{(fluidic)}}. \end{aligned}$$

每個基板承擔其有物理優勢的工作，而精確控制、記憶、驗證與治理仍由數位系統提供。

SECTION

九、最小可行原型

9.1 MVP-A：RMC 數位雙生與 RelMorph-IR

先建立軟體層：

-
- 動態圖與多物理基板抽象；
 - 任務需求描述；
 - 物理儲備池模擬；
 - 參數與拓撲搜尋；
 - 校準資料庫；
 - 能量與不確定性帳本；
 - 數位回退。

這個版本可以在沒有新材料的情況下驗證編譯器與基準制度。

9.2 MVP-B：16-64 節點桌面級液態儲備池

建議使用低危害、可封閉的介質與設備：

- 微流體或多井式透明反應器；
- 生理食鹽水、離子凝膠或 PEDOT:PSS 膠體候選；
- 16-64 組電極／光學讀出點；
- 可調流量、溫度與輸入波形；
- 少量微閥或可切換耦合；
- 完整溫控、漏液與過壓保護。

第一批任務：

- sine-to-square／非線性波形轉換；
- NARMA10；
- Mackey-Glass 一步預測；
- 缺失值插補；
- 異常檢測；

-
- 簡化語音特徵分類。

9.3 公平基線

至少比較：

- B0：最佳化 Echo State Network；
- B1：相同資料、純數位線性／非線性模型；
- B2：固定拓撲物理儲備池；
- B3：只調參數的物理儲備池；
- B4：可切換拓撲物理儲備池；
- B5：物理基板＋O-Chip 式自動編排。

9.4 量測項目

- NRMSE、準確率、F1；
- 記憶容量與非線性容量；
- 訓練樣本數；
- p50／p99 延遲；
- 全系統能耗；
- 重構時間與能量；
- 一小時、一天、一週漂移；
- 校準時間；
- 節點故障與洩漏容錯；
- 域外輸入拒絕率；
- 重複實驗與跨設備差異。

9.5 暫不進入的範圍

第一階段不做：

- 建築或城市級液態管網；
- 人體植入；
- 高危化學反應；
- 量子—經典液態混合；
- 自主複製材料；
- 意識或人格實驗；
- 未經監督的封閉迴路高權限控制。

SECTION

十、證據制度與可證偽命題

10.1 E0–E5

等級 定義

E0 概念、形式模型與研究議程

E1 可執行模擬與公開基準

E2 單介質桌面原型

E3 重複實驗、漂移與故障測試

E4 混合系統端到端優於基線

E5 第三方跨實驗室重現與限定用途部署

本篇為 E0。

10.2 V0–V6 驗證流程

- V0：概念、單位與因果鏈審查；
- V1：數位雙生與合成資料；
- V2：單一介質輸入—輸出表徵；
- V3：固定拓撲儲備池；
- V4：可重構參數／拓撲；
- V5：混合系統端到端基準；
- V6：第三方重現與失效邊界。

10.3 六項可證偽命題

H1：物理歷史依賴收益

在相同讀出模型與資料量下，液態介質能否比無記憶非線性基線更好處理時間序列？

H2：拓撲重構收益

在計入致動與校準後，可重構拓撲是否比固定拓撲在多任務平均目標上更好？

H3：端到端能效

在包含泵、光源、感測、控制與讀出後，每個正確輸出的能量是否低於數位基線？

H4：容錯

當 20% 節點失效或耦合漂移時，系統能否透過重新校準或重構維持指定品質？

H5：跨日穩定性

同一配置在不同日期、批次與溫度下是否能在有限校準成本內恢復性能？

H6：任務轉移

同一介質能否只透過讀出或有限重構，適配不同任務，而不是為每個任務更換整套材料？

若以上命題失敗，LRTC 應縮小用途或停止升級，而不是以「湧現尚未成熟」迴避反證。

十一、失效模式、安全與環境治理

11.1 主要失效模式

- 蒸發與濃度漂移；
- 氣泡與空化；
- 微粒聚集與沉降；
- 電極極化與腐蝕；
- 液態金屬氧化與潤濕失控；
- 通道堵塞與交叉污染；
- 溫度敏感與相態漂移；
- 泵、閥與感測器失效；
- 讀出模型過擬合；
- 基板狀態不可觀測；
- 廢液與材料回收。

11.2 最低安全要求

- 密封二次容器；
- 漏液、壓力與溫度感測；
- 電化學安全窗硬體限制；
- 手動停止與斷電後安全狀態；
- 材料安全資料表；

- 廢液分類與追蹤；
- AI 控制器不得直接繞過 L0；
- 所有自動重構均需留下前後狀態與理由。

11.3 不得以「自組織」免除責任

系統行為即使來自湧現，也仍必須由設計者界定：

- 可接受行為；
- 禁止狀態；
- 停止條件；
- 責任歸屬；
- 介質失效後的環境處理。

「不是直接寫程式，而是讓材料自己湧現」不構成安全豁免。

SECTION

十二、哲學命題的分層保存

12.1 弱泛計算論

弱命題主張：

物理系統可以被某種形式模型描述；其中許多系統可以被工程化為計算介質。

這與 RMC 相容，也是本文的工程基礎。

12.2 強泛計算論

強命題主張：

每一個物理過程本身就在實作一個內在、非觀察者相對的計算。

這需要回答：

- 哪一個編碼是內在的？
- 哪一個函數是系統正在計算的？
- 如何避免同一系統被任意解讀成計算任何函數？
- 計算等價類由誰決定？

RMC 不需要先解決這個形而上學爭議，才能進行工程實驗。

12.3 物質智能

可以使用「智能材料」作為工程術語，但應明確指：

- 感測；
- 狀態保持；
- 條件響應；
- 局部適應；
- 任務導向控制。

不能僅因材料具有複雜動力學，就宣稱它具有理解、自我、目的或權利主體性。

12.4 意識命題

「物質即意識」不由 LRTC 成立與否直接決定。即使液態物理儲備池能完成分類和預測，也只證明某些物理動力學可實作資訊處理。

意識研究至少還需要：

- 可操作定義；
- 可區分的競爭理論；
- 可觀測預測；

-
- 反例；
 - 主體報告或其替代標準；
 - 倫理與權利判定。

本文不把意識當成產品性能指標。

SECTION

十三、研究路線圖

Phase 0：形式化與軟體基線

- RelMorph-IR；
- 動態關係圖；
- 物理儲備池模擬；
- 能量與不確定性帳本；
- 公開基準。

Phase 1：桌面級物理基板

- 16-64 節點；
- 固定拓撲；
- 多日漂移；
- 任務與基線比較；
- 開源資料與控制程式。

Phase 2：受控可重構介質

- 微閥、電場或磁場控制；

-
- 自動校準；
 - 故障重路由；
 - 多任務適配。

Phase 3：混合模組

- LRTC+FPGA／MCU；
- O-Chip 編排；
- SynCore／GPU 數位回退；
- 封裝、熱與維修評估。

Phase 4：限定應用試驗

只有在 E4 以上證據成立後，才考慮：

- 軟機器感測—控制；
- 邊緣時序異常檢測；
- 化學反應器狀態估計；
- 環境感測內運算；
- 高輻射或高變形環境的特殊介質。

不預先承諾建築、城市或行星級液態網路。

SECTION

十四、結論：從「萬物皆 AI」到「萬物皆可能成為計算的一部分」

新版保留原稿最有力量的直覺：計算的未來不只是在相同平面上塞入更多電晶體，而是重新發現物理世界中尚未被工程化的狀態、關係、形態與時間。

但這個直覺必須通過概念分離：

存在

≠

計算

≠

學習

≠

智能

≠

意識。

它們可以互相實作、承載或湧現，卻不能在沒有定義與證據時被一串等號取代。

RMC 的核心不是宣稱宇宙已經是一台等待被發現的 AI，而是建立一套方法，判斷某個物理系統：

- 能否編碼；
- 能否保存有用歷史；
- 能否完成任務；
- 能否重構；
- 能否被讀出；
- 能否校準；
- 能否在能量、時間、安全與材料成本上勝過基線。

因此，「萬物皆 AI」在 v2.0 中不再是完成的本體論證明，而是一個受約束的研究邀請：

萬物未必都是 AI，但萬物中的關係、形態與動力，可能成為計算的一部分。

真正的革命不在於把所有物質重新命名為智能，而在於學會辨識：哪一種物理動力值得被編譯、哪一種湧現可以被驗證、哪一種介質能在其自然尺度上完成數位晶片不擅長的工作。

SECTION

參考文獻

-
- Moore, G. E. Cramming more components onto integrated circuits. *Electronics* 38(8), 1965.
 - Maass, W., Natschläger, T. & Markram, H. Real-time computing without stable states: a new framework for neural computation based on perturbations. *Neural Computation* 14, 2531–2560 (2002). DOI: 10.1162/089976602760407955.
 - Jaeger, H. The “Echo State” Approach to Analysing and Training Recurrent Neural Networks. GMD Report 148 (2001).
 - Dambre, J., Verstraeten, D., Schrauwen, B. & Massar, S. Information processing capacity of dynamical systems. *Scientific Reports* 2, 514 (2012). DOI: 10.1038/srep00514.
 - Nakajima, K., Hauser, H., Li, T. & Pfeifer, R. Information processing via physical soft body. *Scientific Reports* 5, 10487 (2015). DOI: 10.1038/srep10487.
 - Fortulan, R., Kheirabadi, N. R., Chiolerio, A. et al. Achieving liquid processors by colloidal suspensions for reservoir computing. *Communications Materials* 5, 199 (2024). DOI: 10.1038/s43246-024-00653-7.
 - Baltussen, M. G., de Jong, T. J., Duez, Q. et al. Chemical reservoir computation in a self-organizing reaction network. *Nature* 631, 549–555 (2024). DOI: 10.1038/s41586-024-07567-x.
 - Wang, X. & Cichos, F. Harnessing synthetic active particles for physical reservoir computing. *Nature Communications* 15, 774 (2024). DOI: 10.1038/s41467-024-44856-5.
 - Lee, O. et al. Task-adaptive physical reservoir computing. *Nature Materials* 23, 79–87 (2024). DOI: 10.1038/s41563-023-01698-8.
 - Heuthe, V.-L. et al. Reservoir computing from collective dynamics of active colloidal oscillators. *Communications AI & Computing* 1, 6 (2026). DOI: 10.1038/s44488-026-00001-3.
 - Preston, D. J. et al. A soft matter computer for soft robots. *Science Robotics* 4, eaaw5496 (2019). DOI: 10.1126/scirobotics.aaw5496.
 - Byun, J., Pal, A., Ko, J. et al. Integrated mechanical computing for autonomous soft machines. *Nature Communications* 15, 2933 (2024). DOI: 10.1038/s41467-024-47201-y.
 - Wang, J. et al. Embodying physical computing into soft robots. *Nature Communications* 17, 2026. DOI: 10.1038/s41467-026-70866-6.

-
- Tutika, R., Haque, A. B. M. T. & Bartlett, M. D. Self-healing liquid metal composite for reconfigurable and recyclable soft electronics. *Communications Materials* 2, 2021. DOI: 10.1038/s43246-021-00169-4.
 - Cannon, W. R., Johnson, C. G. M., Bohm Agostini, N. et al. A mathematical framework for thermodynamic computing with applications to chemical reaction networks. *npj Unconventional Computing* 3, 16 (2026). DOI: 10.1038/s44335-026-00057-5.

SECTION

附錄 A：公開聲明模板

本文件為 E0 架構提案。文中 RMC、LRTC、RelMorph-IR、FractaR 基板配置器與 O-Chip 編排關係均為研究設計，並不代表 EveMissLab 已完成液態處理器、可重構物質智能、城市級液態計算網路或意識系統。引用的外部研究僅證明特定介質在特定實驗條件下具有物理計算能力，不構成本架構已被實作或具有相同性能的證據。