

# 主纤维丛结构下量子机制的策略控制系统的统一建模框架

- 作者：GaoZheng
- 日期：2025-05-19

基于：

- 主纤维丛版广义非交换李代数（用于表达微分动力与非交换路径演化）
- B-A交替演化模型（将塌缩与纠缠整合为偏序路径现象）
- 交易系统的泛属性状态编号机制与参数反馈优化闭环结构（策略控制核心）

## 一、系统建模目的

本框架旨在将量子演化机制（包括塌缩、纠缠、路径干涉）映射为一组**策略可控、路径压强驱动、参数自适应反馈更新**的演化过程。实现**结构控制论**与**动态演化机制**的统一。

## 二、结构主变量与映射定义

概念层	对应结构	解释
$\mathcal{S}$	泛属性状态编号集	表征策略系统所有可能状态切面
$P(\sigma) \in \mathbb{R}^d$	状态属性向量	如能量、自旋、动量、位置信息、策略压强等
$\mu(\sigma_i, \sigma_j; w)$	微分动力量子	描述两状态之间的策略跃迁压强
$L(\gamma; w)$	路径积分逻辑值	整个路径的策略自然性或演化紧张度
$D_{\text{策略}}$	策略微分子结构	可嵌套的子控制器，对应D结构的决策内核
$T \subset \mathcal{S} \times \mathcal{S}$	允许跃迁拓扑	动态生成的主纤维丛连接网络

## 三、主控制流程与模块化结构

### 1. 状态初始化与编号

- 所有策略状态切面  $\sigma_i \in \mathcal{S}$  编号为  $S_i$ , 每个具备属性嵌入:

$$P(\sigma_i) = (p_1, p_2, \dots, p_d)$$

- 初始化微分权重向量  $w = (w_1, \dots, w_d)$ , 代表当前压强方向倾向。

### 2. 演化路径生成与压强反馈

- 计算所有路径  $\gamma = \{\sigma_0, \sigma_1, \dots, \sigma_n\}$  的路径积分:

$$L(\gamma; w) = \sum_{k=1}^n \tanh(\mu(\sigma_{k-1}, \sigma_k; w))$$

- 路径积分作为策略可执行性判断基础:
  - $L(\gamma) > \theta$ : 路径被执行;
  - $L(\gamma) < \delta$ : 视为策略塌缩。

### 3. 策略反馈与D结构更新

- 每次路径完成后, 反馈路径积分结果更新策略微分子结构  $D_{\text{策略}}$ , 实现策略调控:

$$w^{(t+1)} = w^{(t)} + \eta \cdot \nabla_w L(\gamma)$$

- 若局部演化表现为高压强但低积累, 则触发 D 结构“模式切换”机制, 进行控制策略迁移。

### 4. B-A交替策略与演化调度

- B 模式: 非交换扩展路径 (高压强  $\rightarrow$  多路径)
- A 模式: 逻辑塌缩决策 (路径压强收敛  $\rightarrow$  明确指令)

## 策略切换控制公式

$$\text{Mode}_{t+1} = \begin{cases} B, & \text{if } \max_{\gamma} L(\gamma; w) - \min_{\gamma} L(\gamma; w) > \varepsilon \\ A, & \text{if } \forall \gamma, L(\gamma; w) < \delta \end{cases}$$

## 四、主纤维丛结构建模下的策略动态映射

### 1. 局部主纤维联络

每一策略状态  $\sigma_i$  附带主纤维  $F_i$ , 其中包含:

- 决策惯性方向 (历史路径压强惯性)
- 局部自由度调整空间 (压强扰动对下一跳策略选择的影响)

$$\mathcal{F}(\sigma_i) = \{\text{方向, 容错, 预期跃迁集}\}$$

### 2. 纤维滑移与策略扰动适应

在非交换演化下, 若出现策略扰动  $\Delta\mu$ , 则纤维结构发生滑移:

- 局部连接变换;
- 可达策略集合变动;
- 局部D结构切换或双D结构交替控制。

## 五、全局闭环调控公式总结

### 总结构

$$(\mathcal{S}, P, w, T) \xrightarrow{\text{演化与积分}} L(\gamma) \xrightarrow{\text{反馈优化}} w' \xrightarrow{\text{联络调节}} T'$$

其中:

- $\gamma$ : 策略路径;
- $w$ : 压强结构;
- $T$ : 策略拓扑网络;
- $L(\gamma)$ : 演化路径的“可执行性”量化;

- $D$ 策略：提供动态D结构以应对演化中策略异常与切换；
- $\mathcal{F}$ ：局部纤维联络调节局部路径结构；
- 控制目标：**最小逻辑压强跳跃** → **最大路径连贯度**。

## 六、策略系统在量子机制中的映射意义

量子现象	策略系统映射
态叠加	并行路径压强叠加（多策略路径）
干涉	非交换路径逻辑积分不同导致路径竞争
纠缠	主纤维丛联络共享+压强耦合路径
塌缩	局部路径压强低于阈值，触发策略终止决策
演化	局部压强最大路径推进，带有路径记忆与结构惯性

## 七、应用场景

- 量子系统控制器优化**：如可调超导量子比特的参数闭环压强控制；
- AI推演引擎设计**：将策略逻辑路径演化替代统计优化；
- 金融博弈仿真器**：模拟交易路径逻辑性与策略分叉；
- 宏观复杂系统决策器**：如货币演化、地缘系统、军事策略演化等。

### 许可声明 (License)

Copyright (C) 2025 GaoZheng

本文档采用[知识共享-署名-非商业性使用-禁止演绎 4.0 国际许可协议 \(CC BY-NC-ND 4.0\)](#)进行许可。