

## # 神经网络等价解耦与“三层分治”（MDQ 网络 × 索引泛函 × OOV 内存库）落地方案

- 作者：GaoZheng
- 日期：2025-09-26
- 版本：v1.0.0

## 摘要

提出 MDQ 机制稳定离散 LLM/策略管道：支持小单元交互与统一版本控制，缓解长序列采样的非平稳与暴露偏差。结合指令设计与记忆扩展策略，给出训练/推理一体化的实现路线与评估指标。

- 目标**：把“产能”与“治理”彻底解耦。上层神经网络只做**微分控制**（MDQ），不直接产文；中层**索引泛函**算分与路由；底层**非神经网络内存库**解决 OOV 与显式知识。
- 等价解耦**两类：
  - i. **非NN实现** ↔ **NN实现的行为等价**（接口不变、KPI 边界一致、可回放）；
  - ii. **NN 基于 MDQ 的控制面**与**索引/内存库的数据面**的**架构解耦**（可热插拔、可版本共存）。
- 收益**：训练预算只投在“微分与索引”，推理端**成本可控、可审计、可回滚**，对 OOV 免疫。

## 1. 设计原则（四条红线）

- 接口等价**：对外统一 Operator API（Lex-KAT 算子族）；实现可换，但输入输出契约不变。
- 行为可证**：KAT-tests 必过，JSONL 事件可 100% 回放；漂移受 KPI 约束。
- 热插拔/可回滚**：一切更新以 **MDQ-pkg** 原子落地；双缓冲 + 金丝雀 + 自动回滚。
- 资源闭环**： $L_h, L_p$  作为一等公民（Flex-Attn），与吞吐/成本进入同一 ROI 账本。

## 2. 架构总览（控制面/数据面/知识面三层）

- 控制面（NN 可选）**：**MDQ 网络**（Micro-Differential-Quantum Network）输出最小增量  $\Delta$ ：阈值、长度、权重、门控。
- 数据面（无 NN 也可）**：**索引泛函网络**  $\mathcal{I}(\text{seg}) = \sum_k w_k \varphi_k$ ，特征含 IDF、别名、正则、字符 n-gram、SimHash/MinHash 等。

- 知识面 (非 NN) : OOV 等价内存数据库 (EKB) : Trie/AC、加权 FST、别名/译名、规则词表; 文件→内存→热缓存三级。

统一编排由 **Lex-KAT 作用幺半群**实现: 左/右乘、投影、tests、闭包 (命中即停) 等算子序列。

## 3. 等价解耦 #1: 非NN实现 ↔ NN实现 (功能等价)

目标: 同一 API, 不同实现; 可并行灰度、可替换、可回滚。

### 3.1 接口契约 (Operator API)

- $Apply(operators : [G_i], state) \rightarrow state'; G_i \in L, R, \Pi, Head, Test, Cl, D...$
- 约束: 幂等 (投影、tests)、闭包 (CI) 扩张/单调、长度边界、合规硬闸。

### 3.2 等价定义 (三级)

- 强等价: 逐步事件日志一致 (hit 词、长度、tests 结果完全一致)。
- 弱等价: KPI 等价 (BERTScore/ROUGE、word\_noncompliance、P95/QPS 在阈内)。
- 统计等价: 分布距离 (KL/KS) 与漂移监控在阈内。

### 3.3 验收与灰度

- 影子流量对打 (Shadow-Diff Harness) → 金丝雀 10-20% → 全量;
- 失败即按 `MDQ-pkg.rollback` 自动回滚;
- 合同化阈值: `word_noncompliance`  $\downarrow \geq 30\%$ 、术语召回 `+8-15pp`、P95/QPS 达标。

## 4. 等价解耦 #2: MDQ 网络 × 索引泛函 × OOV 内存库 (架构分治)

### 4.1 MDQ 网络 (NN)

- 职责: 只输出微分增量  $\Delta$  ( $\tau, \lambda_{lex}, L_h, L_p$ , 权重等), 不产文。
- 训练: 策略梯度/占用测度 + 非交换惩罚 ( $[G_i, G_j]$  抑制同时上调), 小型可蒸馏。
- 输出协议: 序列化为 **MDQ-pkg**, 走治理链路 (审计/回放/回滚)。

## 4.2 索引泛函网络（可纯规则）

- **形式**:  $\mathcal{I}(\text{seg}) = \sum_k w_k \varphi_k$ 。
- **特征**: IDF、别名/译名、n-gram、正则、SimHash/MinHash、域词概率、位置特征。
- **更新**: 线性积累（MDQ 累加权重），幂等合并；无 NN 亦可运行。

## 4.3 OOV 等价内存库（非 NN）

- **结构**: 反向 Trie/AC、加权 FST、别名图、音译/形近表、拉丁/数字正则。
- **策略**: OOV 命中优先走“等价替换/近似命中”→ 通过 tests → 进入闭包。
- **特性**: 文件热更→内存→缓存，秒级生效；可 TTL 与热度淘汰。

三层之间只通过 MDQ-pkg 与 事件日志通讯，彼此可独立版本演进。

## 5. 数据与版本治理（统一标准）

- **包结构（MDQ-pkg）**: name/semver/scope/atoms/tests/rollback/kpi。
- **兼容矩阵**: [Lex-KAT 算子版本 × 索引 schema × Gate 策略] → OK/警告/拒绝。
- **流程**: 双缓冲挂载 → 影子评估 (Eval-w/o-Top-p) → 金丝雀 → 全量 → ledger 记账。
- **回放**: JSONL 事件流 + 变更 ledger，支持“时间旅行”对账。

## 6. 关键指标（SLA/KPI）

- **质量**: 术语/要点召回↑; word\_noncompliance ↓≥30%; Eval-w/o-Top-p 不劣化。
- **成本**: P95 延迟/QPS/显存在阈内; 平均  $L_p$  与  $L_h$  受控。
- **治理**: 回放成功率 100%; 回滚成功率 100%; MDQ-pkg 失败率 < 阈。
- **稳态**: 训练收敛步数 ↓≥15%, 方差 ↓≥20%。

## 7. 风险与补丁

- **长词偏置**:  $L_p$  上限 + 长度成本 + 语义门控 + IDF/二字降权。
- **索引污染/OOV 中毒**: 白/黑名单 tests 前置; MDQ-pkg 可逆; EKB 读写隔离。
- **非交换冲突**: MDQ 量化加入 commutator 惩罚; 分步上调。

- **API 碎片**：以适配层固化 Operator API；供应商差异收敛到包层。
- 

## 8. 两周落地清单 (Minimal Plan)

- **Week 1**：固化 Operator API；上线非 NN 版（索引泛函 + OOV 内存库）；接 KAT-tests 与 JSONL 回放；打通 MDQ-pkg 流程。
  - **Week 2**：接入小型 MDQ 网络（只调  $\tau, \lambda_{\text{lex}}, L_h, L_p$ ）；影子流量对打 → 金丝雀；完成回滚演练与仪表盘。
- 

## 9. 一句话总结

把“神经网络”从“产文黑箱”里解耦出来，只负责**微分控制**；把“知识/OOV/路由”下沉到**索引泛函 + 非NN内存库**；统一用 **Lex-KAT 算子**粘合全链路、用 **MDQ-pkg**治理变更。这样既能**等价替换实现**，又能**架构分治演进**：成本更低、风险更小、上线更快、审计更强。

---

### 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。