

基于 RAG 技术的 C 语言课程教学改革研究

钱香国

河池学院人工智能与制造学院, 广西 河池 564300

DOI: 10.61369/VDE.2026110042

摘 要 : 针对 C 语言程序设计课程教学中概念抽象、答疑资源不足及通用大模型知识幻觉等问题, 本文引入检索增强生成 (RAG) 技术, 设计并实施了一种本地化部署的智能辅助教学模式。该模式通过构建以权威教材为核心的知识库, 采用“向量检索 + 稀疏检索 + 重排序”三层混合检索机制, 为学生提供个性化、可解释的实时问答与代码调试支持。教学实践表明, 该模式显著提升了学生对抽象概念的理解能力和错误代码的自主调试能力, 混合检索的语义相似度达 0.9268。本研究为程序设计类课程的教学模式改革提供了一条低成本、高可控、易推广的技术路径。

关 键 词 : RAG; C 语言教学; 教学模式改革; 混合检索; 个性化学习

Research on the Reform of C Language Course Teaching Based on Retrieval-Augmented Generation

Qian Xiangguo

School of Artificial Intelligence and Manufacturing, Hechi University, Hechi, Guangxi 546300

Abstract : To address the problems of abstract concepts, insufficient Q&A resources, and knowledge hallucination of general large language models in C language programming course teaching, this paper introduces Retrieval-Augmented Generation (RAG) technology and designs and implements a locally deployed intelligent assisted teaching model. This model constructs a knowledge base centered on authoritative textbooks and adopts a three-layer hybrid retrieval mechanism of "vector retrieval+sparse retrieval+reranking" to provide students with personalized, explainable real-time Q&A and code debugging support. Teaching practice shows that this model significantly improves students' ability to understand abstract concepts and independently debug erroneous code, achieving a semantic similarity of 0.9268 in hybrid retrieval. This study provides a low-cost, highly controllable, and easily generalizable technical pathway for the reform of teaching models in programming courses.

Keywords : retrieval-augmented generation; C language teaching; teaching model reform; hybrid retrieval; personalized learning

引言

2026年教育部等五部门印发《“人工智能+教育”行动计划》, 推动 AI 与课程融合^[1]。C 语言作为计算机等专业的核心基础课, 概念抽象 (指针、内存管理)、编译错误隐晦, 传统“教师讲授 + 统一练习”难以满足个性化需求。大语言模型 (如 ChatGLM、DeepSeek) 可用于教学辅助^[2], 但存在数据滞后和知识幻觉, 可能误导学生。孟昭睿等指出 LLM 能提供即时反馈, 但幻觉问题待解, 检索增强生成 (RAG) 通过动态结合外部知识库, 提升专业问答的准确性与可解释性^[3]。近年来, RAG 技术已初步应用于程序设计类课程的教学辅助^{[4][5]}, 取得了较好的效果, 但现有系统难以兼顾 C 语言教学中精确术语匹配与语义理解的深层需求, 且易诱发学生对检索结果的过度依赖。针对上述不足, 本文基于 RAG 设计面向 C 语言的智能化教学模式: 构建专属知识库、三层混合检索与流式生成, 实现个性化、泛在化学习支持, 并进行定量与定性评估, 为编程课程改革提供可复用方案。

一、传统教学模式的问题分析

C 语言程序设计是多数工科专业的必修基础课, 但在实际教学中存在三方面突出问题, 制约了教学质量的提升。

(一) 教学内容同质化, 与专业情境脱节

当前多数 C 语言课程采用“一套教材、统一案例”的方式, 教学内容以语法讲解和通用编程练习为主, 缺乏与不同专业 (如人工智能、嵌入式、网络工程) 实际应用场景的结合, 导致“学

项目信息: 河池学院校级教改项目“基于检索增强生成技术的《C 语言程序设计》教学方法改革研究与实践”(项目编号: 2025EB023)。

作者简介: 钱香国 (1988.08—), 男, 安徽铜陵, 硕士, 讲师。研究方向: 大模型算法与应用研究、具身智能、智能教育技术。

用脱节”。

（二）课堂时间有限，个性化答疑不足

C 语言涉及指针、内存分配、结构体等抽象概念，学生在编程实践中频繁遇到编译错误和运行时错误。由于课堂学时有限，教师难以针对每位学生的具体问题提供即时辅导；课后答疑也受限于时间和人力，同类问题反复出现，教学负担重。

（三）通用大模型辅助学习存在知识幻觉

部分学生尝试使用 ChatGPT 等通用模型辅助学习，但模型生成的内容可能包含错误语法、不安全的指针操作或不符合教材规范的解释。学生缺乏辨别能力，反而可能形成错误认知，甚至养成“盲目复制代码”的不良习惯。

上述问题表明，C 语言课程亟需一种能够以权威教材为依据、提供即时个性化反馈、且可大推广的智能辅助教学模式。

二、基于 RAG 的教学模式改革设计

本研究以 RAG 技术为核心，从知识库建设、检索机制、交互方式三个维度开展教学模式改革，构建“课前一课中一课后”全流程智能支持体系。

（一）以教材知识库为基础，重构教学内容供给

传统教学的内容供给依赖教师讲授和静态教材。而我们将 7 份经典权威的 C 语言教材、课程讲义、实验指导书和典型算法案例进行清洗、分块与向量化编码，存入 Chroma 向量数据库，形成与课程完全对齐的专属知识库。学生在提问时，系统优先从知识库中检索与教材一致的描述、代码示例和错误解释，确保回答与课堂教学同源。从“教师单向输出”转为“学生按需自主检索—系统基于教材引导”的双向互动模式，有效解决了教学内容同质化问题。

（二）三层混合检索机制，实现精准个性化问答

针对传统向量检索对函数名、关键字等精确术语匹配能力不足的问题，改革采用“向量检索（BGE-M3）+ 稀疏检索（BM25）+ 交叉编码重排序（BGE-Reranker）”三层混合机制。用户问题首先并行执行向量检索与 BM25 稀疏检索，经 RRF 融合后，由交叉编码器进行深度语义重排序，输出最相关的 Top-5 文档片段作为生成上下文。该机制兼顾了语义理解与精确匹配，能够更准确的回答学生问题。结合多轮对话历史，系统可为不同基础的学生提供差异化的解答粒度，实现个性化学习支持。

（三）流式生成与泛在交互，构建沉浸式学习场景

改革采用 FastAPI 和 SSE 实现答案的流式推送，前端响应式设计支持桌面端和手机端访问。学生可以 24 小时随时随地使用，学习过程中，可以得到实时错误诊断、代码改进建议和知识点扩展，教师减少重复性答疑，可将精力聚焦于高阶思维引导。这种泛在化、沉浸式的交互模式突破了传统课堂的时间与空间限制。

三、系统架构实现与评价方法

（一）系统架构实现

基于上述设计，我们基于 LangChain 框架与 DeepSeek-

Coder-6.7B-Instruct 模型实现了完全本地化部署的辅助教学系统。系统架构包含四层：

知识库构建层：收集 7 份教材与案例，文本分块后经 BGE-M3 编码、余弦去重，存入 Chroma。

检索层：并行执行向量检索与 BM25 检索，RRF 融合后由 BGE-Reranker 重排序，输出 Top-5。

生成层：结构化提示词模板注入检索上下文与对话历史，调用 DeepSeek-Coder 流式生成答案，输出格式统一为“知识点解析 + 代码示例 + 易错点提示 + 参考来源”。

评估层：系统生成 C 语言问答答案后进入自动化指标评估加人工专家评估双维度评估链路。

系统对超出知识库范围的问题设置拒答机制，并在极少数情况下降级调用模型原生能力时附加“非教材内容，仅供参考”提示，确保教学可靠性。具体流程如下图 1 所示：

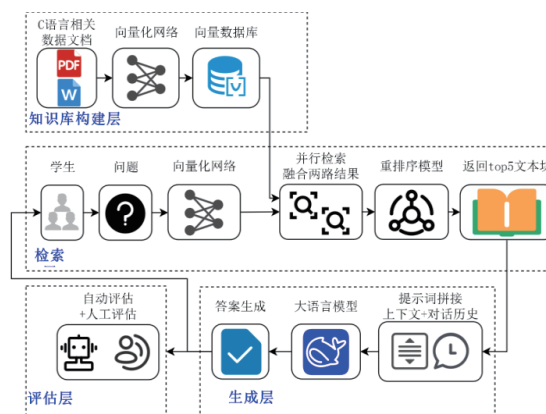


图 1 基于 RAG 的系统架构实现图

（二）教学效果评价方法

为验证该教学模式的有效性，我们在一个学期的 C 语言课程中开展教学实践（40 名学生参与），采用自动化指标评估与人工反馈相结合的方式：

自动化评估：从 C 语言习题集随机抽取 30 道试题（覆盖语法、指针、数组、结构体等），对比“未检索”“纯向量检索”“混合检索”三种模式下的生成质量，计算 SBERT 语义相似度、BLEU、ROUGE-1、ROUGE-L。

人工反馈：通过问卷调查和小组访谈，收集学生对系统实用性、理解促进效果、使用便利性等方面的主观评价。

四、教学模式改革成效分析

（一）自动化评估结果

对比不检索、本地检索（纯向量）、混合检索三种模式，以标准答案为参考，计算 SBERT 相似度（不检索无此指标）、BLEU、ROUGE-1、ROUGE-L，结果如表 1 所示，混合检索的 SBERT 达 0.9268，显著优于本地检索的 0.8432，表明混合检索能返回与问题语义更相关的文档。在生成质量上，本地检索的 BLEU（0.2166）、ROUGE-1（0.2647）、ROUGE-L（0.2434）均明显高于不检索（0.0963/0.1578/0.1768），说明引入检索能有

效提升答案准确性。混合检索进一步将各项指标提升至0.3327、0.3603、0.3923，相比本地检索分别提高53.6%、36.1%、61.2%。这一结果验证了：纯向量检索虽优于无检索，但仍可能引入部分低质量内容；混合检索通过重排序有效抑制了噪声，更充分地发挥了检索增强的优势。

表1 不同检索模式效果对比

检索模式	SBERT	BLEU	ROUGE-1	ROUGE-L
不检索	—	0.0963	0.1578	0.1768
本地检索	0.8432	0.2166	0.2647	0.2434
混合检索	0.9268	0.3327	0.3603	0.3923

（二）教学实践中人工反馈

（1）学生对教学改革的认可度

问卷调查结果显示：82% 的学生认为系统能快速定位代码错误原因并给出有效修改建议；85% 表示指针、内存分配等抽象概念的理解更容易；76% 认可课内外随时使用的便利性。有学生

反馈：“以前遇到段错误只能乱改，现在系统会提示可能是数组越界或野指针，还会给出用 gdb 调试的思路。

（2）教师观察与改进建议

教师观察到，学生在编程练习中遇到错误时的焦虑感明显降低，更愿意尝试自主调试；课堂重复性答疑显著减少。同时，部分学生出现过度依赖现象，需教师在教学中强调“先独立思考，再使用系统”的原则。另有学生反映高峰时段响应稍慢，后续需优化推理效率。

（三）改革成效总结

综上，基于 RAG 的 C 语言课程教学模式改革在以下方面取得显著成效。

知识掌握：学生抽象概念理解难度降低，错误代码定位能力提升。

学习自主性：泛在化交互支持使学生在课前、课后能自主解决问题，减少对教师的即时依赖。

教学负担：教师重复性答疑工作量下降，可投入更多时间进行个性化指导与教学设计。

内容适配：以教材为唯一事实来源，避免了通用大模型的知识幻觉，保证了教学一致性。

五、结论

针对 C 语言课程概念抽象、答疑不足及大模型幻觉问题，引入完全本地化的 RAG 技术，构建专属教材知识库与“向量 + 稀疏 + 重排序”混合检索机制，实现教学内容重构、个性化支持及泛在化学习。实践表明，该模式提升了学生理解与调试能力，减轻了教师答疑负担。当前局限包括知识库规模小、不支持多模态内容、缺乏长期效果跟踪。后续将聚焦知识库动态更新、检索优化、多模态支持以提升普适性。本工作为程序设计课程改革提供了低成本、高可控、易推广的技术路径。

参考文献

- [1] 刘影. 人工智能背景下 C 语言课程教学改革研究——融合党的二十大精神 [J]. 科技资讯, 2025, 23(4): 19–22.
- [2] 孟昭睿, 杜晓凤, 谢小竹, 等. 大语言模型在面向对象分析与设计课程教学中的应用探讨 [J]. 信息与电脑, 2025, 37(19): 203–205.
- [3] 陈冬雷, 秦薇. 基于检索增强生成的智能问答系统关键技术研究 [J]. 办公自动化, 2024, 29(19): 82–86.
- [4] 寒凤岐, 胡珊, 李佳隆, 等. 基于 LangChain 的 RAG 问答系统设计与实现——以 C 语言课程问答系统为例 [J]. 信息与电脑 (理论版), 2024, 36(6): 101–103.
- [5] 胡继礼, 周青青, 谷宗运, 等. 基于 RAG 的 Java 程序设计课程助手设计 [J]. 淮北师范大学学报 (自然科学版), 2025, 46(2): 92–96.