

# 知识图谱驱动的数字逻辑课程改革建设初探<sup>\*</sup>

王秀娟 方娟 张佳玥 郭黎敏 王茜 李硕朋

北京工业大学计算机学院, 北京 100124

**摘要** 随着教育数字化战略的深入实施, 知识图谱技术为高校教学改革提供了新的路径。本文深入探讨了知识图谱驱动的数字逻辑课程教学改革实践, 针对课程知识点分散、学生畏难情绪等现状, 以及传统教学模式难以支撑个性化学习的困境, 基于“基础层-方法层-应用层”三层架构设计了课程知识图谱建设方案, 通过构建包含373个知识点的课程图谱、配套微课资源和“课前-课中-课后”三阶段混合教学模式, 形成“建设-应用-评估”的完整闭环。经过一学期教学实证, 采用期末成绩对比和问卷调查进行量化评估, 实验组平均成绩达到77.5分, 优于对照组的75.6分, 83.7%的学生认为知识图谱显著提升了学习效率和对知识逻辑关系的理解, 为计算机硬件基础课程数字化改革提供了可复制的实践案例, 对推动新工科背景下的课程创新具有重要意义。

**关键字** 知识图谱, 数字化, 课程改革, 新工科

## Preliminary Exploration into the Reform and Construction of Digital Logic Curriculum Driven by Knowledge Graph

Wang Xiujuan Fang Juan Zhang Jiayue Guo Limin Wang Qian Li Shuopeng

College of Computer Science Beijing University of Technology,  
Beijing 100124, China

**Abstract** — With the deepening implementation of educational digitalization strategies, knowledge graph technology has provided new pathways for teaching reform in higher education. This paper thoroughly explores the practice of knowledge graph-driven teaching reform in digital logic courses. Addressing issues such as fragmented knowledge points and students' learning anxiety, as well as the inadequacy of traditional teaching models in supporting personalized learning, a course knowledge graph construction scheme was designed based on a three-tier architecture of "foundation layer-methodology layer-application layer." By building a course graph containing 373 knowledge points, supporting micro-lecture resources, and implementing a three-phase blended teaching model of "pre-class, in-class, and post-class," a complete closed loop of "construction-application-evaluation" was formed. After one semester of teaching practice, quantitative evaluation was conducted through final grade comparisons and questionnaire surveys. The experimental group achieved an average score of 77.5, outperforming the control group's 75.6. Additionally, 83.7% of students believed that the knowledge graph significantly enhanced their learning efficiency and understanding of logical relationships among knowledge points. This study provides a replicable practical case for the digital reform of computer hardware foundation courses and holds significant importance for promoting curriculum innovation in the context of emerging engineering education.

**Keywords**—knowledge graph, digitize, curriculum reform, new engineering education

## 1 引言

我国的高等教育飞速发展, 高科技成为继续发展的关键, 学生在校时间的有限性与知识的无限性、教育的基础性与探索和创造的未来性矛盾日益突出<sup>[1]</sup>; 同时, “新工科”建设内涵要求探索更加多样化和个性化的人才培养模式, 培养的工程科技人才应具有创新创业能力和跨界整合能力, 这些能力的培养需要在学习工程技术知识的基础上, 加强学科之间的交叉与渗

**\* 基金资助:** 本文得到北京工业大学教育教学研究课题(ER2024KCB10; ER2024ZYA02)、一流本科课程建设(数字逻辑)、北京市高等教育学会课题(MS2023191), 中国软件行业协会“国产软件进课堂”教学改革项目(JGLX-CSIA-HW-20251090)资助

透, 促进学生的工程思维与工程实践能力的发展<sup>[2]</sup>, 因此, 如何在高校教育中借力高科技, 培养国家和社会需要的创新型高素质人才成为当前教育界亟需解决的问题。2025年, 中共中央、国务院印发了《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》, 提出建设学习型社会, 以教育数字化开辟发展新赛道、塑造发展新优势<sup>[3]</sup>, 这一政策的出台为教育改革指明了方向。数字化教育转型成为教育工作者的研究热点, 从课程建设<sup>[4-5]</sup>, 教师数字化素养提升<sup>[6]</sup>、实验室建设<sup>[7]</sup>, 到课程思政建设<sup>[8]</sup>、教育评价<sup>[9]</sup>、人才培养<sup>[10-11]</sup>等都涌现出了很多研究成果。然而, 目前大部分高校对教育教学数字化转型的实践尚处于探索阶段, 发展路径尚不清晰<sup>[12]</sup>, 理论研究成果还需要经过落地实践检验, 为教育的数字化转型方式的不断优化提供更多实践数据支持。

知识图谱是数字化教育转型的重要载体之一，其概念由谷歌于 2012 年正式提出，初衷是改善其搜索服务。在知识图谱中，知识通过关系相互联结，构成网状的知识结构，借助于图论、统计学、现代信息知识图谱技术等手段，通过数据挖掘、信息处理、知识计量和图形绘制，以可视化的图谱方式把复杂的知识领域展示出来，包括该领域的核心结构、发展历史、各个节点之间的联系以及整体框架。这种方式更加直观且便于理解，将浅层次、分离的信息通过一定的语义结构表现其潜在的联系和规律，揭示知识领域的研究热点以及发展趋势，为学科研究提供切实的、有价值的参考<sup>[13]</sup>。

知识图谱融入智慧教育模型中，能在实践应用中提升模型的认知能力和逻辑能力，具体地，教育知识图谱将碎片化、分散式的教育资源与相关实体关联成一张巨大的语义网络，表达和沉淀了传统教育教学过程中所涉及的课程知识、教学知识、学科知识、百科知识、语言知识等，侧重于实现教育相关的实体或资源的关联，包括知识点之间语义关联、知识点与学习资源之间的语义关联、知识点与术语、公式、图表等各种表达形式之间语义关联、知识点构成的概念层级关系、以及与师生相关的语义关联等等<sup>[14]</sup>，为教育的智能化应用提供知识支撑，在现代教育中具有很好的应用潜力。因此，知识图谱驱动的课程数字化建设改革成为切实可行的方案。

## 2 课程分析

### 2.1 课程定位

数字逻辑课程是北京工业大学计算机科学与技术、信息安全、物联网工程专业的学科基础必修课，也是计算机基础理论的一个重要组成部分，为计算机组成原理和微型计算机接口技术、计算机系统结构等后续课程提供必要的逻辑基础。为贯彻落实学校“立德树人，五育并举”、“学生中心，产出导向”、“夯基强实，突出创新”的育人原则，聚焦“高素质创新型人才”核心能力培养，构建高质量的“智能+”高素质创新型人才培养模式，数字逻辑课程紧密结合计算机类的人才培养定位，设置课程目标，通过本课程学习，学生能够初步掌握逻辑电路的分析和设计方法，基于硬件描述语言的电路建模方法，提升独立分析问题和解决问题的能力。

### 2.2 课程基础

(1) “软”“硬”兼施，突出课程实战性：本课程引入硬件描述语言及建模方法，将传统（“硬”）和现代逻辑电路分析设计方法（“软”）有机结合起来，逐渐更新课程体系和内容，对标学生实学、实用、实践能力，厚植学生硬件理论基础的同时，注重培养

学生扎实的工程应用能力。

(2) 创建“目标驱动”的设计型教学模式，增强课程系统性：本课程在授课过程中，通过设置“如何设计一台自己的计算机”这样一个课程学习总目标，从数据表示、数据运算，到组合电路，再到时序电路，将全课程的分散知识点组织并衔接起来，使教学内容逻辑清晰，系统性强，提升学生对知识的系统认知和贯通；

(3) 设置“7 指令-6 阶梯-1 平台”的电路设计综合素质拓展，提升课程高阶性：本课程综合素质拓展环节基于 Logisim 平台，面向 7 条 MIPS 指令，难度设计为 6 个阶梯型，每个子部分环环相扣，呼应“如何设计一台自己的计算机”的主线任务，提升课程内容的高阶性，有效锻炼学生解决复杂问题的系统综合能力和高级思维的培养，增强了学生课堂知识的实际应用能力和硬件电路设计能力，让学生真实体验到系统设计中的顶层大局观。

### 2.3 课程特点

(1) 本门课程中的教学内容，既有系统的数字逻辑基础理论，又有较强的应用技术；在介绍基本逻辑运算和基本逻辑电路的分析与设计的基础上，侧重基于集成电路芯片的逻辑电路功能分析以及基于硬件描述语言的电路功能建模；

(2) 实践性强，除了配套的实验课程外，本门课程设置了综合素质拓展环节，实现基于 Logisim 的 MIPS 指令综合电路设计及验证；

(3) 知识点多且分散，从数值码值、逻辑代数基础到组合电路和时序电路的分析与设计，不仅涉及传统电路设计方法，还包括基于 EDA 技术的硬件描述语言建模。

### 2.4 学情分析

在计算机类人才培养中，面对我们国家在计算机底层软硬件设计上受制于人的现状，而计算机类人才培养中普遍重软轻硬，导致学生怕硬件，畏惧硬件课程，必然影响中国实现摆脱计算机底层技术受制于人现状的大业，这也是专业人才培养中的一大痛点，正引起业内人士的关注；数字逻辑课程是计算机类专业培养方案中的硬件基础课程，学生的怕“硬”心理，导致学生对学习的兴趣不高，同时两门课程还存在知识抽象，较难理解，知识点分散，学习难度大等问题，适于基于知识图谱来进行课程改革和数字化资源建设。

## 3 知识图谱驱动的课程改革建设思路

结合以上分析，对标国家和社会对硬件人才培养

的需求,在长期的教学过程中不断适应新的教育教学环境,积累经验,积极开展教学改革;围绕课程目标,重塑教学内容体系,借助数字化建设,改革教学模式势在必行。通过对计算机类硬件基础课程的数字化教学改革调研发现,结合知识图谱进行本门课程进行数字化教育教学的研究还非常少,因此,课程组提出基于知识图谱的课程改革建设,以提升学生硬件设计分析能力为目标,探索在信息化条件下实现差异化教学、个性化学习。建设目标设计如下:

推动以高素质创新能力为核心素养导向的育人目标转型:从“知识传授”转向“能力与素质培养”,强调知识、能力、素质的一体化培养,注重批判性思维、自主学习能力和创新实践能力的提升;

实现人工智能与课程教育教学的深度融合:集成AI备课、AI助教、智能批阅、知识图谱等工具,优化教学全流程(如资源准备、课程实施、数据分析与迭代),提升教学效率与个性化支持。

### 3.1 课程知识图谱相关研究框架

面向数字逻辑课程知识图谱建立及教学实证研究,整体研究框架如图1所示,具体包括以下三方面:

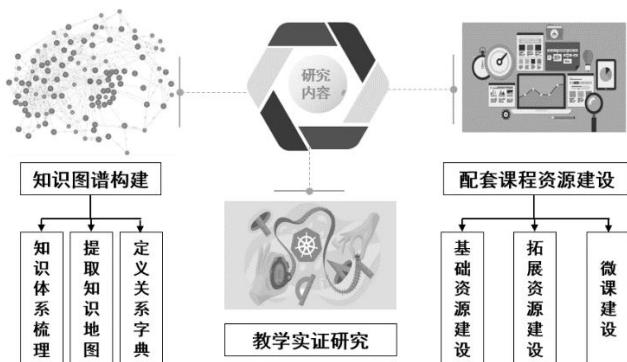


图1 数字逻辑知识图谱建设整体框架

#### (1) 课程知识图谱构建

梳理课程知识体系,以专业教师人工梳理与互联网课程资源辅助相结合的方式,提取课程地图,定义关系字典,生成知识图谱,建设课程知识图谱及配套的在线共享课程教学资源,包括课程基础资源和拓展资源两部分构成。基础资源提供了课程的基本元素和必须资源,例如包括课程简介、课程大纲、课时分配、教案、内容的重难点拆分、作业或练习和参考资料等。拓展资源则指用于扩展的课程资源,包括案例库、素材资源、仿真实验实训系统等。

#### (2) 微课资源建设

以课程的重难点知识点、知识衔接关系为抓手,建设与知识图谱相配套的微课资源;精心设计,做到

结构合理、条理清晰、讲解生动形象、互动性强,从深度和广度上拓展开教学内容,突破教学环境和场景的限制,支持碎片化学习,实现“零存整取”的学习策略,给学生以知识意义的螺旋式上升。

#### (3) 基于知识图谱的新形态课程教学实证研究

研究新形态课程教学资源建设与应用,最大的价值和最终目标在于辅助教师和学生实现基于资源的新质教与学,学生真正成为教学的主体,教师的核心工作更多体现到资源整合中。结合线下课堂教学与线上知识图谱指导下的半监督式硬件基础课程教学模式,在教学实践中收集第一手资料,并结合调查问卷研究法,以数字形式呈现相关数据的研究,分析课题建设效果。

### 3.2 知识图谱构建实现

#### (1) 架构设计

经过课程组授课教师多次学习研讨,完成知识体系解构,实现从基础层、方法层到应用层的三级知识脉络梳理:

基础层:包括基本概念定义(如逻辑门、真值表),基本定律(如摩根定律)、基本规则(如反演规则、代入规则等)、基本语法(Verilog相关的基本语法);

方法层:包括电路功能抽象方法,基于小规模集成电路/中规模集成电路/Verilog硬件描述语言的电路分析方法,基于小规模集成电路/中规模集成电路电路设计方法,基于Verilog硬件描述语言的电路建模方法,EDA工具使用方法等;

应用层:典型电路实现(加法器、计数器)、工程问题建模;

#### (2) 图谱构建

实体建模:在系统调研国内外其他高校相同/类似课程的知识体系,课程教材,课程大纲,慕课资源等基础上,以教材为基础,合理拓展网络资源,人工完成课程知识地图构建,提取实体;

属性设置:为实体设置实体属性,包括固定标签,认知维度,知识点类别三类,固定标签是从实体在课程体系的作用或地位角度进行描述,认知维度表达课程对该实体的学生认知要求方面进行描述,而知识点类别则从实体本身的特性来表述,具体如表1所示:

表1 实体属性

序号	属性	内容
1	固定标签	重点、难点、考点、思政知识点
2	认知维度	记忆、理解、应用、分析、评价、创造
3	知识点类别	事实性、概念性、程序性、元认知

关系抽取：对实体间的关系进行定义，包括前置关系、后置关系、关联知识点等，从而将实体以网络形式进行关联；

资源关联：设置课程资源与实体的对应关系，包括作业、试题库、课件、视频、拓展网络资源链接等。

## 4 初步实践效果分析

#### 4.1 知识图谱建设情况

“数字逻辑”课程基于超星泛雅平台进行知识图谱建设，初期共建设知识点 373 个，其中已关联资源知识点 129 个，数字资源库内容丰富，可提供微课视频、教学课件、拓展资源等内容，还可全过程记录学习情况，充分支持学生自主学习。初步建设完成后于 2024 学年秋季学期上线本校的学习通平台，作为该学期课程授课过程的线上资源提供给学生进行学习。图 2-图 3 展示了课程知识图谱的可视化情况。

## 4.2 基于知识图谱的教学设计

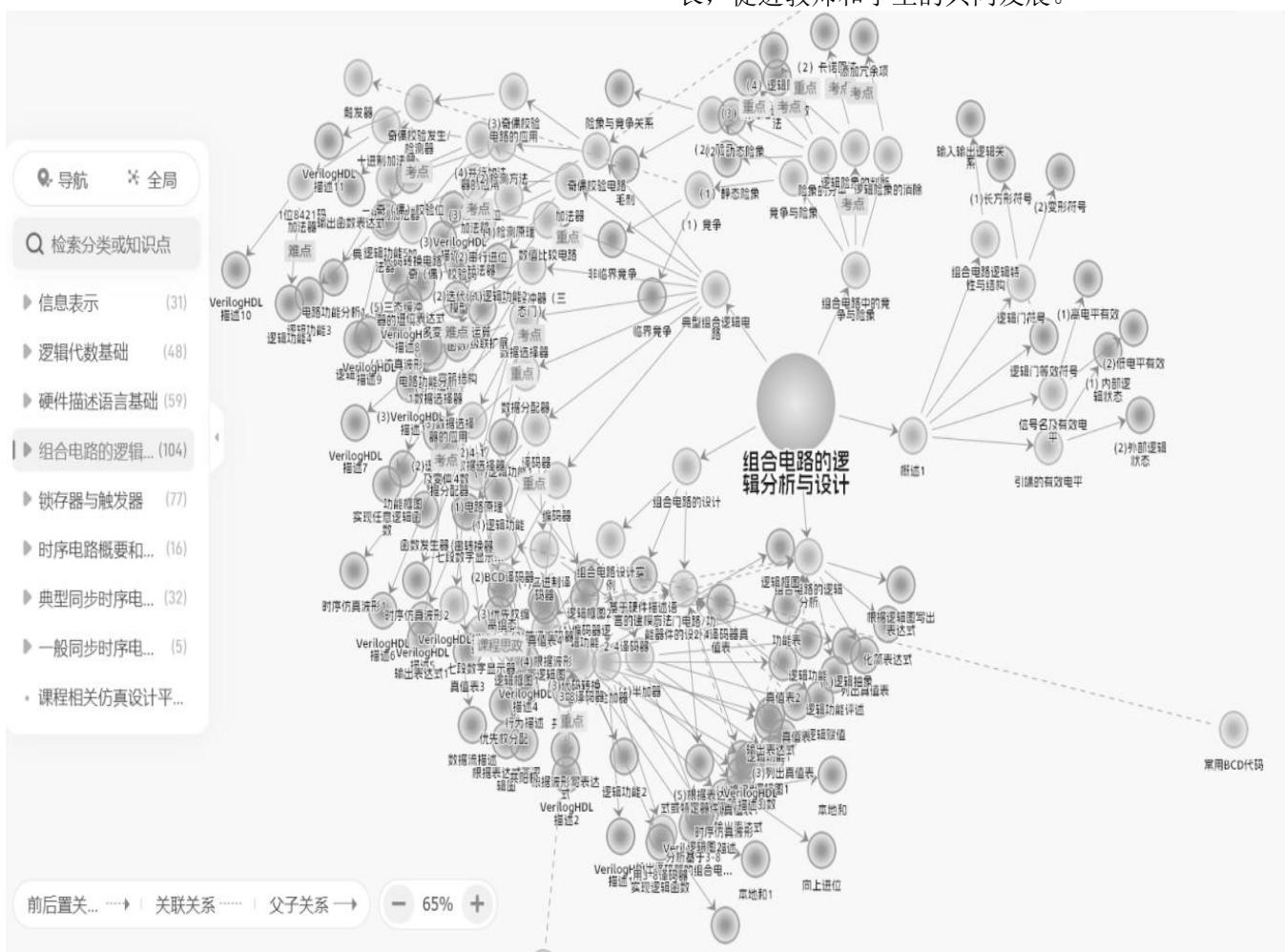


图 2 组合电路分析与设计知识图谱可视化结果

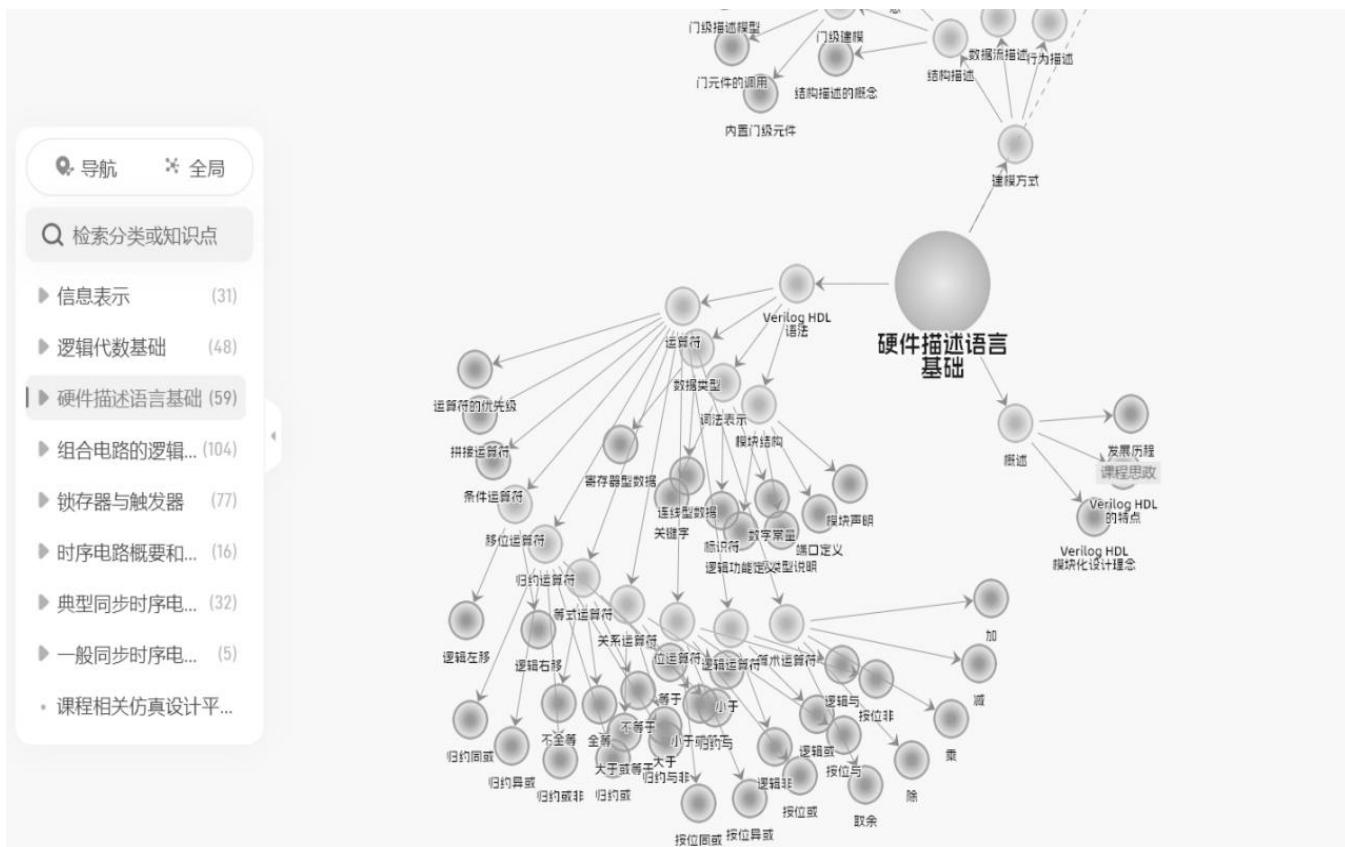


图 3 硬件描述语言基础知识图谱可视化结果

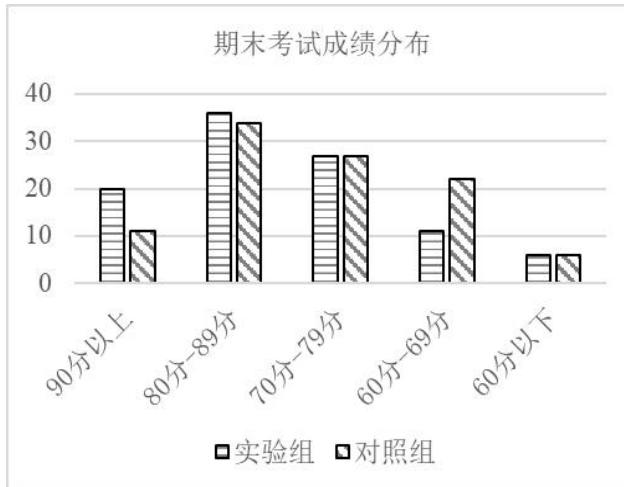


图 4 期末考核成绩分布对比

#### 4.3 效果评价

##### (1) 数据分析

2024 学年秋季学期，计算机学院 2023 级计算机科学与技术、物联网工程、信息安全三个专业本科生，共计 8 个教学班，设置了 4 个教学课堂开展数字逻辑课程教学，以其中两个课堂作为知识图谱教学改革的实验组 ( $n=132$ )，另两个课堂作为对照组 ( $n=116$ )，以期末考试成绩的情况进行对比分析，实验组的平均

成绩为 77.5 分，对照组的平均成绩为 75.6 分，两个组的期末考试成绩分布如图 4 所示，综合以上数据可以发现，实验组的成绩明显优于对照组。

##### (2) 质性反馈

学期课程结束后，课程组通过问卷星发放了调查问卷，邀请实验组同学对知识图谱驱动的教学实践进行匿名评价。调查问卷共设计了 8 个问题，分别从知识图谱对课程内容的结构化呈现、课程知识点逻辑关系理解、自主学习能力提升、知识图谱相比传统 PPT/教材的优势、学生学习效率提升包括快速定位重点、查漏补缺等方面进行调研；本次调查问卷共计回收答卷 43 份，统计结果如图 5 所示。

## 5 结束语

本文设计了知识图谱驱动的数字逻辑课程教学改革方式，完成的知识图谱的初步建设，结合泛雅日新平台上线，进行了第一轮教学实证，实验组和对照组的期末考核成绩分布验证了知识图谱在数字逻辑课程建设中的有效性，同时通过调查问卷得到学生的正面质性反馈，为下一步的工作奠定基础。未来我们的课程改革将在进一步完善、优化知识图谱，升级 AI 智慧课程，实现跨课程知识迁移、自动问答系统等方面展开。

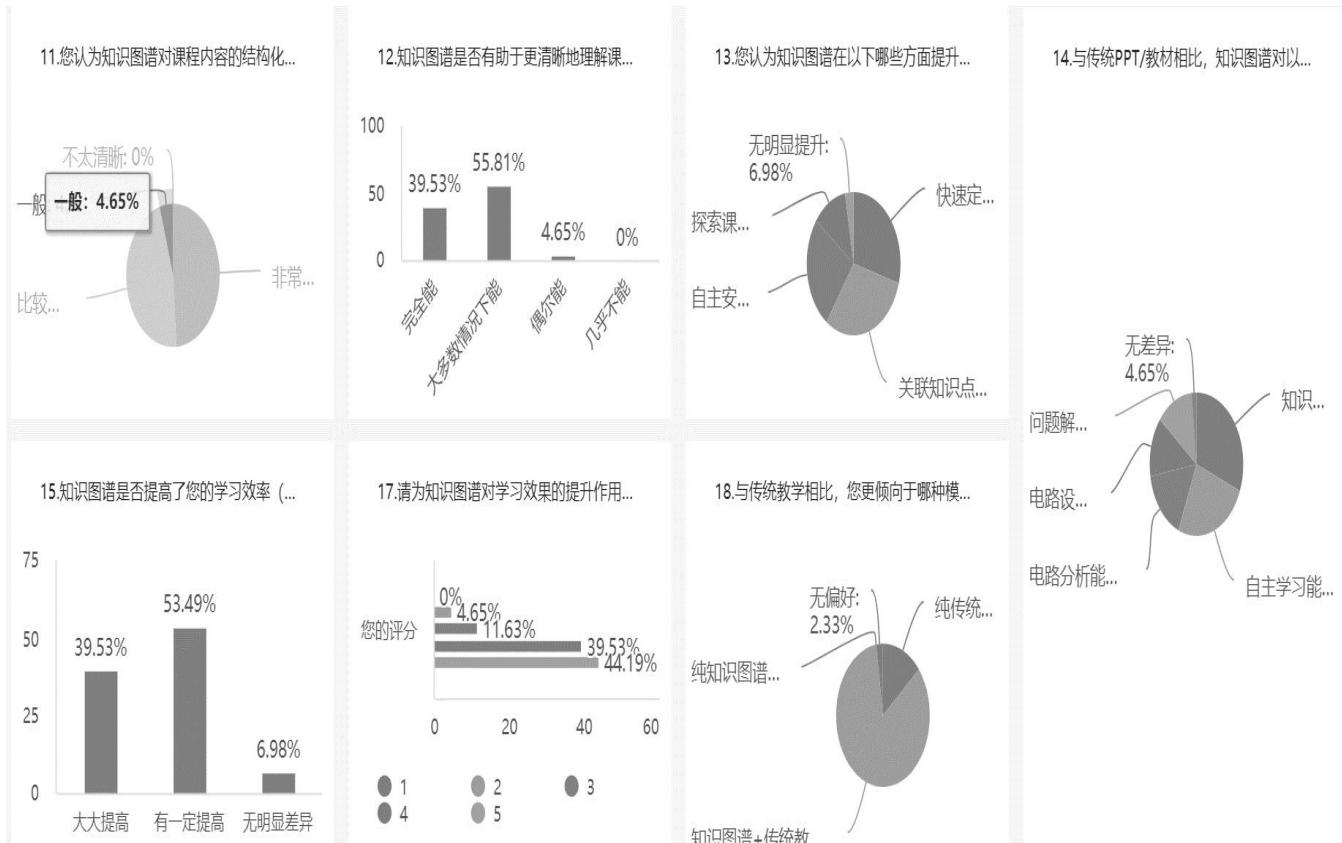


图 5 知识图谱教学实践效果调查问卷统计分布

## 参 考 文 献

- [1] 蒋宗礼.积极迎接高等教育教学改革,科学高效培养人才[J].中国大学教学,2022,第6期:4-13
- [2] 章献民,史治国,回晓楠等.基于知识图谱的专业认知体系构建和课程建设——以“信息与电子工程导论”课程为例[J].工业和信息化教育,2023, No.127(07):28-32+39.
- [3] 《教育强国建设规划纲要(2024—2035年)》。
- [4] 张正鹏,卜丽静,李鹏,谭貌.基于实践教学云平台的《数字图像处理》课程教学改革探索[J].计算机技术与教育学报,2023年12月,第11卷,第5期, P27-32.
- [5] 小晶,刘书勇,张立国,李思照.教育数字化转型背景下计算机硬件实验课程改革[J].计算机技术与教育学报,2024年09月,第12卷,第03期, P51-57.
- [6] 赵美英等.教育数字化转型背景下高校教师数字素养现状及提升策略[J].中国地质教育,2025年第1期: 110-115.
- [7] 孙月发等.教育数字化转型赋能高校实验室高质量发展[J].沧州师范学院学报,2025年第41卷第1期, 2025年3月

:119-123.

- [8] 许名健等.“大思政课”数字化转型的价值、挑战与实践理路[J].产业与科技论坛,2024年第23卷第24期:100-102.
- [9] 刘邦奇等.数字化转型背景下教育评价服务生态发展理念与路径[J].中国教育信息化,2023年第5期:pp41-52.
- [10] 李俊志,吴海涛,刘栓.人工智能技术及数字化发展对人才培养的影响探讨[J].计算机技术与教育学报,2024年09月,第12卷,第03期, P119-123.
- [11] 李向军,刘伯成,张坚林,揭敏.数字化转型背景下实战型网络安全人才培养探索与实践[J].计算机技术与教育学报,2024年08月,第12卷,第02期, P77-82.
- [12] 焦怡博等.关于新时代高校教育教学数字化转型的思考[J].北京电子科技学院学报,第32卷第1期:113-119.
- [13] 秦长江,侯汉清.知识图谱——信息管理与知识管理的新领域[J].大学图书馆学报,2009,27(1):9.
- [14] 肖仰华.教育知识图谱:机遇与挑战.  
<http://jnpub.com/article/detail/2022-8-5.html>