

知识图谱赋能《基因工程》课程内容重构的探索与实践

蔡婷, 向文良*

西华大学食品与生物工程学院, 四川成都

DOI: 10.62836/jer.v4n8.1335

摘要:《基因工程》是生物工程专业的重要核心课程,具有知识内容复杂、技术链条较长、知识模块交叉度高及前沿技术更新迅速等特点。传统以教材章节为主线的教学组织方式存在知识点相对分散、知识模块之间逻辑联系呈现不足、理论教学与实践训练衔接不够紧密等问题,难以满足学生系统知识建构和综合实践能力培养的需要。基于《基因工程》课程已有建设基础,以知识图谱为数字化支撑,构建“课程目标—章节模块—知识点—技能模块—能力指标—素养导向”六层次课程知识体系,并通过课程全局图谱、章节图谱、问题图谱和目标图谱优化课程内容组织与学习路径。在此基础上,设计“基本问题—组合问题—复杂问题”三级递进任务,促进理论知识、实验技能和问题解决过程的有机衔接;依托知识图谱节点动态更新机制,将CRISPR基因编辑、合成生物学、转录组学和代谢工程等前沿技术融入课程知识体系。通过知识结构重构、任务链设计和前沿内容更新,推动《基因工程》课程由传统章节式知识传授向知识关联、能力递进和融合创新方向转变,为生物工程类复杂专业课程的数字化建设与教学改革提供参考。

关键词: 知识图谱; 基因工程; 课程重构; 任务驱动; 教学创新

Exploration and Practice of Knowledge Graph-Empowered Curriculum Content Reconstruction for the Genetic Engineering Course

Ting Cai, Wenliang Xiang*

School of Food and Bioengineering, Xihua University, Chengdu, Sichuan

Abstract: Genetic Engineering is a core course in the Bioengineering program. It is characterized by complex knowledge content, long technical chains, a high degree of interconnection among knowledge modules, and rapid advances in cutting-edge technologies. The traditional teaching approach, which is primarily organized around textbook chapters, often results in relatively fragmented knowledge points, insufficient presentation of the logical relationships among knowledge modules, and inadequate integration between theoretical instruction and practical training. Consequently, it may not fully meet the needs of students in developing systematic knowledge structures and comprehensive practical competencies. Building on the existing development of the Genetic Engineering

*基金项目: 本文受2025年度西华大学教育教学改革研究项目(项目编号: xjgg2025096)资助。

作者简介: 蔡婷, 1991.11生, 副教授, 硕士生导师。

course, a knowledge graph is employed as a digital support tool to construct a six-level course knowledge system consisting of “course objectives–chapter modules–knowledge points–skill modules–competency indicators–literacy orientation.” The organization of course content and learning pathways is further optimized through the use of an overall course knowledge graph, chapter knowledge graphs, problem graphs, and objective graphs. On this basis, a three-level progressive task system comprising “basic problems–integrated problems–complex problems” is designed to promote the effective integration of theoretical knowledge, experimental skills, and problem-solving processes. Meanwhile, a dynamic updating mechanism for knowledge graph nodes is established to incorporate cutting-edge technologies, including CRISPR, synthetic biology, transcriptomics, and metabolic engineering, into the course knowledge Syatem. Through knowledge structure reorganization, progressive task-chain design, and the updating of cutting-edge content, this reform promotes a shift from traditional chapter-based knowledge delivery toward knowledge interconnection, progressive competency development and integrated innovation, thereby providing a reference for the digital development and pedagogical reform of complex bioengineering courses.

Keywords: knowledge graph; genetic engineering; curriculum reconstruction; task-driven learning; teaching innovation

1 引言

随着教育数字化战略的推进，数字技术与高校课程教学深度融合已成为课程改革的重要方向。知识图谱作为一种能够表达知识实体及其关联关系的结构化技术，近年来逐渐应用于高校课程建设、智慧教学和学习支持等领域，为复杂课程知识体系组织和教学模式创新提供了新的思路[1,2]。

《基因工程》是生物工程专业的核心课程，也是连接生命科学基础理论与现代生物技术应用的重要桥梁。课程内容涵盖核酸结构与功能、工具酶应用、载体构建、基因克隆、重组表达、基因编辑和代谢调控等多个方面，不同知识模块之间具有较强的逻辑关联和技术递进关系。学生不仅需要掌握基本理论知识和实验技能，还需要理解不同技术环节之间的联系，并能够运用相关知识分析和解决实际问题。

近年来，知识图谱、人工智能和成果导向教育理念逐渐应用于《基因工程》智慧课程建设，为课程资源整合、教学模式创新和学习支持提供了新的路径[2,3]。课程团队长期开展《基因工程》课程建设与教学改革探索。自2013年以来，课程先后经

历了由专业选修课向专业必修课、专业核心课的调整，并逐步完成校级、省级一流课程建设。在此基础上，课程团队进一步开展数字化课程建设，探索利用知识图谱优化课程内容结构和教学过程。然而，在传统教学模式下，《基因工程》课程仍存在一定不足。一方面，课程内容通常按照教材章节顺序展开，不同章节知识之间的内在联系缺少直观呈现，学生容易形成碎片化知识认知；另一方面，课程实践教学主要围绕基本实验技能展开，理论知识与综合实践任务之间的联系仍需进一步加强。此外，随着CRISPR、合成生物学和组学技术等快速发展，如何将前沿技术有效融入课程体系，也是课程建设需要关注的问题。

因此，本研究以知识图谱为数字化支撑，围绕课程知识体系优化、实践能力培养和前沿内容融入三个方面，对《基因工程》课程教学内容进行重构与实践探索。

2 《基因工程》课程教学现状分析

2.1 课程建设基础

《基因工程》课程经过多年建设，已形成

较为完善的教学资源体系。目前，课程已建设教学课件、理论教学视频、实验操作视频、电子教材、教学文献及课程习题等多类型资源，为学生开展自主学习和课程拓展提供支持。近年来，课程团队进一步推进课程数字化建设，完成了课程知识图谱初步构建。《基因工程》课程教学改革研究表明，课程建设需要结合专业培养目标，不断优化教学内容和教学方式，以提升学生专业能力培养质量[4]。知识图谱以“课程目标—章节模块—知识点—技能模块—能力指标—素养导向”为基本框架，对课程知识内容进行系统梳理，形成课程全局图谱、章节图谱、目标图谱和问题图谱，并在问题图谱基础上构建递进式任务图谱。并建立知识节点之间的关联关系，为课程内容优化提供了基础(图1)。



图1.《基因工程》全局图谱

2.2 知识体系呈现方式有待优化

《基因工程》课程涉及多个技术模块，不同知识之间存在较强的关联性。例如，限制性核酸内切酶、DNA连接酶、载体构建、目的基因获取和重组表达等内容共同构成完整的基因操作流程。但在传统章节式教学中，这些知识通常分散于不同章节，学生更多关注单个知识点掌握，而对知识之间的整体关系认识不足。因此，需要借助知识图谱技术，将课程知识节点及其关系进行可视化呈现，帮助学生建立系统化知识结构。

2.3 理论教学与实践训练融合不足

基因工程课程具有明显的实践导向。学生不仅需要掌握实验操作方法，还需要具备实验方案设

计、技术路线分析和问题解决能力。目前课程实验教学能够满足基本技能训练需求，但部分实验仍以验证性操作为主，学生参与实验设计、技术选择和结果分析的机会有限。如何进一步加强理论知识与实践任务之间的联系，是课程改革的重要方向。已有研究表明，通过课程内容优化、综合实验设计和实践教学改革，可以有效促进学生工程实践能力和综合应用能力培养[5,6]。

2.4 前沿技术融入需要进一步加强

生命科学领域发展迅速，基因编辑、合成生物学、组学技术和代谢工程等新技术不断推动生物工程领域发展。作为专业核心课程，《基因工程》需要及时反映学科发展趋势，使学生了解现代生物技术的重要方向。然而，由于教材内容具有相对稳定性，前沿技术通常以补充内容形式进入课堂，与课程基础知识之间缺少系统联系。学生能够了解部分新技术概念，但可能难以理解这些技术与传统基因工程知识之间的关系。因此，需要建立课程内容动态更新机制，将前沿技术与已有知识节点建立关联，使课程内容既保持基础理论体系的完整性，又体现学科发展的前沿性。

3 知识图谱赋能《基因工程》课程内容重构的实施路径

针对《基因工程》课程知识体系复杂、知识关联性强、实践能力培养不足以及前沿内容更新需求等问题，课程教学团队以知识图谱为数字化支撑，对课程知识体系、教学组织方式和实践培养路径进行优化，形成“知识重构—任务递进—前沿融入”的教学改革模式(图2)。



图2.知识图谱赋能《基因工程》课程教学改革框架

3.1 基于知识图谱优化课程知识体系

《基因工程》课程内容涉及多个技术模块，各知识点之间具有较强的逻辑关联。传统章节式教学容易造成知识点分散，学生难以形成完整的知识体系。为解决这一问题，课程团队依托已有知识图谱建设成果，构建“课程目标—章节模块—知识点—技能模块—能力指标—素养导向”六层次知识体系，对课程内容进行系统梳理。通过课程全局图谱、章节图谱、目标图谱和问题图谱的应用，将分散知识节点建立关联关系。例如，将目的基因获取、载体构建、酶切连接、转化筛选等知识内容按照基因工程技术流程进行关联，帮助学生理解不同知识模块之间的内在联系，促进课程知识由线性组织向结构化、关联化转变。已有研究指出，知识图谱能够支持课程知识体系重构，实现知识内容、教学资源和学习过程之间的有效关联[7]。

3.2 基于任务图谱强化能力递进培养

针对传统实践教学中学生综合应用能力训练不足的问题，课程依托知识图谱设计“基本问题—组合问题—复杂问题”三级递进任务体系。其中，问题图谱用于组织课程中的问题节点及其关联关系，任务图谱则是在问题图谱基础上形成的递进式教学任务网络。基本问题主要围绕课程核心概念和基本技术方法设计，帮助学生掌握基础知识；组合问题强调多个知识模块的综合应用，引导学生分析技术选择和方案设计；复杂问题结合科研和产业应用场景，培养学生利用基因工程知识解决实际问题的能力。通过递进式任务设计，将理论学习、实验训练和问题解决过程相结合，促进学生由知识理解向技术应用和综合创新能力发展。相关教学实践表明，以学生为主体、围绕具体技术问题开展教学设计，有助于提高学生主动学习能力和实践创新能力[8]。

3.3 基于知识图谱推动前沿内容动态融入

针对基因工程领域技术快速发展的特点，课程建立基于知识图谱节点的动态更新机制，将

CRISPR基因编辑、合成生物学、转录组学和代谢工程等前沿技术融入课程知识体系。在教学过程中，不简单增加新的知识内容，而是将前沿技术与已有知识节点建立关联。例如，将CRISPR技术与基因编辑、核酸识别等基础知识联系，将合成生物学与基因调控、代谢工程等内容融合，使学生能够在已有知识体系基础上理解现代生物技术的发展方向。同时，课程结合生物医药、食品发酵和分子检测等应用场景，建设案例资源和任务资源，增强课程内容与实际应用之间的联系。人工智能与成果导向教育理念融合的智慧课程建设实践表明，数字技术能够促进课程内容更新和教学模式创新，为专业课程改革提供新的思路[9]。

4 教学改革特色分析

4.1 知识图谱赋能课程内容重构，实现知识体系系统化

针对《基因工程》课程知识模块多、技术链条长、知识关联复杂等特点，本课程改革引入知识图谱技术，对课程知识体系进行系统梳理，构建“课程目标—章节模块—知识点—技能模块—能力指标—素养导向”的六层次知识结构。通过课程全局图谱、章节图谱、问题图谱和目标图谱的应用，将原本分散于不同章节的知识内容进行关联整合，促进课程内容由传统线性组织向结构化、关联化转变。知识图谱不仅实现了课程知识的可视化呈现，也为教师优化教学设计和学生构建系统认知框架提供了支持。

4.2 任务驱动促进理论实践融合，实现能力培养递进化

针对传统教学中理论知识与实践训练衔接不足的问题，本课程改革依托知识图谱设计“基本问题—组合问题—复杂问题”三级递进任务体系，将知识学习、实验训练和问题解决有机结合。基本问题强化学生对核心概念和基础技术的理解，组合问题促进多知识模块融合应用，复杂问题则结合科研和产业应用场景，培养学生综合分析和技术整合能力。通过任务链设计，实现学生能力由知识理解、

技能应用向复杂问题解决逐步提升，强化生物工程专业人才培养的实践导向。

4.3 动态更新推动前沿内容融入，实现课程建设持续发展

针对基因工程领域技术快速发展的特点，本课程改革依托知识图谱节点动态更新机制，将CRISPR基因编辑、合成生物学、转录组学和代谢工程等前沿技术融入课程知识体系。通过建立前沿技术与基础知识节点之间的关联，将学科发展新成果与课程教学内容有机结合，避免课程内容更新碎片化。同时，结合生物医药、食品发酵和分子检测等应用场景建设案例资源，增强课程内容与产业需求之间的联系，提升课程的开放性、前沿性和适应性。

5 结语

针对《基因工程》课程知识体系复杂、实践性强和前沿内容更新快等特点，本课程改革以知识图谱为支撑，从课程知识结构优化、任务递进设计和前沿内容融入三个方面开展教学探索。通过构建六层次知识体系，优化课程内容组织；通过三级任务体系，促进理论学习与实践能力培养融合；通过知识图谱动态更新机制，推动课程内容与学科前沿有效衔接。知识图谱的应用为《基因工程》课程内容重构和教学创新提供了新的路径，有助于提升课程

知识组织的系统性和教学资源利用效率。后续将进一步完善知识图谱与任务图谱的教学应用，持续优化课程建设，为生物工程类专业课程数字化改革提供参考。

参考文献

- [1] 徐增林, 盛泳潘, 贺丽荣, 等. 知识图谱技术综述[J]. 电子科技大学学报, 2016, 45(4): 589-606.
- [2] 袁爱洲, 邓云, 范雄伟, 等. 基因工程线上线下融合课程知识图谱混合式教学的实施[J]. 生命科学研究, 2025, 29(2): 175-181.
- [3] 萧允艺, 徐波, 刘金丰. 数字赋能基因工程智慧课程建设与实践[J]. 大学教育, 2025(23): 95-99.
- [4] 李立家, 何世斌, 张璐. 基因工程学教学改进的探索和实践[J]. 遗传, 2012, 34(12): 1624-1627.
- [5] 许崇波, 彭凌, 刘博婷, 等. 基于应用型人才培养的基因工程课程建设与教学改革[J]. 生物学杂志, 2019, 36(6): 115-118.
- [6] 郜刚, 李卉, 智艳平, 等. 基因工程实验课程改革探析与实践[J]. 实验科学与技术, 2015, 13(1): 56-59.
- [7] 谢幼如, 陆怡, 彭志扬, 等. 知识图谱赋能高校课程“教—学—评”一体化的探究[J]. 中国电化教育, 2024(12): 1-7.
- [8] 冯星星, 董玉玮. 学生主导式的“基因工程”教学研究探讨——以重组载体构建为例[J]. 科技风, 2026(16): 16-18.
- [9] 邹沁, 马晓焉, 孙丽超, 等. 融合人工智能与成果导向教育理念的“基因工程”智慧课程构建与教学实践[J]. 生物工程学报, 2026, 42(3): 1413-1423.

