# 基于知识图谱的编译原理课程体系架构构建

赵 丽 齐兴斌 杨建英
（山西大学自动化与软件学院，山西 太原 030006）

摘要：针对编译原理课程中知识点众多，且知识点抽象复杂、难以理解的课程特点及其教学现状，提出构建基于该课程知识点及其实现技术与方法的知识图谱体系架构。该体系架构清晰系统描述编译原理五大阶段的知识点及其结构关系，从而将复杂且抽象的编译理论知识以简洁明了的形式展现给学生。本文介绍了构建课程知识图谱的过程，并在此基础上还进行了课程实践，旨在对该课程建设与改革提供参考。

关键词：编译原理课程；知识图谱；课程体系；课程实践

众所周知，编译原理是一门介绍编译器原理和方法的课程，更是计算机核心系统软件之一。编译原理隶属于计算机核心知识领域，也是掌握计算机理论和软件技术的关键知识之一。编译原理是计算机专业课程中的一门重要理论课程，它的理论知识抽象、算法复杂、实践困难，因此要求学生不仅要理解编译原理、编译结构、编译算法等，更要具备设计、分析和完成一个小编译器的能力是困难的。在实际的教学过程中，若还采用传统的教学方法，将这些枯燥、众多，且独立的知识点建立起它们之间的联系，也是困难的。特别是在实践环节中，学生不了解其中的原理，更不知道如何应用，也不知道如何进行实践。因此，构建一个能清晰描述众多知识点及其结构关系，将这些抽象且难以理解的理论知识以可视化的形式展示给学生的体系架构，有助于激发学生学习编译原理的主动性和能动性，也有利于提高教师的教学效果和学生的学习质量。

## 一、传承编译原理课程教学过程中存在的问题

编译原理课程是一门理论性与实践性紧密结合、从系统角度分析程序与算法的课程。该课程讲述了编译器的构造原理、设计思路以及实现流程，特别是在这个过程中采用的相关算法更被广泛地学习与应用在深度学习、语言翻译等各种领域中。近年来，学院也在不断尝试使用新的教学模式和教学方法对课程进行改革，但目前的编译原理课程在教学过程中仍存在如下问题：

1. 教学内容过于理论抽象晦涩难懂，知识点多且分散，不适应省级一流本科建设的要求。编译原理内容上链接高级程序设语言、中间代码语言和低级语言，其实现的逻辑基础还包括离散数学、电子电路等课程知识，是各种相关课程知识的综合应用。目前，在教学设置的安排上，一般都是按照其经典的五个阶段来学习。在教学过程中，过度地强调编译过程中大量的理论内容。这些理论对于本科生来说过于抽象甚至是晦涩难懂，理解难度大，容易影响学习积极性。

2. 教学实践过于片面化，不适应省级一流课程建设的要求。编译原理是一门理论与实践相结合的课程，是对学生分析、设计与解决问题的综合素质与能力培养的过程。但在实际的实践过程中，由于实验平台的局限性，学生对理论知识理解上的难度等，使得在实践过程中面临众多问题，如实践项目脱离本课程的理论基础、覆盖面不全等，导致学生自由发挥空间不大。

3. 教学资源过于单调化，不适应省级一流课程建设的要求。当前，教学资源建设主要有教学大纲和教学设计这两个基础环节。针对本课程来说，由于该课程的难理解度，更应进行拓展其教学资源。构建基于知识图谱的编译原理课程体系架构，将课程中的众多抽象的概念且难懂的知识点建立一种新的思维模式，这也是教学面临的一个大挑战。

4. 教学模式过于单一化，不适应省级一流课程建设的要求。当前的编译原理课程大多数教学模式还是传统的教学，这种传统的教学模式的教学过程隶属于“填鸭式”教育，教师一味地向学生灌输课程内容，特别是对于抽象的概念、理论，难以单纯地靠口头讲解清楚，学生也难以理解与掌握其核心知识。

本文提出构建基于知识图谱编译原理课程的体系架构，将教师讲授为主的教学模式向网状的知识图谱为核心的教学模式转换，对各个章节的知识点整理归纳，为学生提供一个系统且全面的知识结构体系，这也是一种新式的教学资源，旨在使得学生更好地全面学习该课程，从而提高学习效率与学习质量。

## 二、编译原理课程知识图谱体系架构的构建

### （一）知识图谱

知识图谱（knowledge graph，KG）这个概念是 Google 在 2012 年提出，之后被广泛应用在各个研究领域，也包括教育领域。它的本质是一种揭示实体、概念及其之间关系的语义网络，也是大数据时代知识表示的一种重要方式。在教育领域中，普遍采用“实体 – 关系 – 实体”三元式形式将课程知识构建成一个网状的知识结构，其中“实体”代表知识，“关系”代表知识间的联系。利用知识图谱，将课程知识转变成一个脉络清晰，并具有引导性的网状知识结构。

因此，以学生为中心，提高学生能力为导向，同时结合课程教学目标，构建编译原理课程的知识图谱，描述其知识点及其结构关系，同时拓展与知识相关的实践案例，为学生提供一种新的学习资源与学习路径，也对现有的教学模式做了有效填充。总之，该课程知识图谱的建立对课程的教与学都起到了十分重要的意义。

### （二）构建编译原理课程知识图谱

本文将构建一个基于 KRA 模型的知识图谱，即使用知识点（K）、关系（R）、规则（A）三元式表示该模型。

1. 编译原理课程体系架构的设计。编译原理课程知识点主要包括编译过程的五大阶段，以及在各个阶段所涉及到的理论知识与基本技术方法等的集合体。所以，基于知识图谱的编译原理课程体系架构可以以这五大阶段的理论知识为主体，以基本要求、实现的专业技术以及实践为关系，以具体知识以及技术方法等为属性进行构建。

在本文中，将编译原理课程确定为该知识图谱的本体；然后根据该本体所在数据领域资源进行知识抽取，即进行实体识别、关系和属性抽取，以及规则的使用；最后再形成知识图谱。当然，该知识图谱还可以在后期进行不断的更新和完善。

2. 本体的确定。编译原理课程包括词法分析、语法分析、语义分析与中间代码生成、代码优化和目标代码生成五大阶段模块。该课程中概念繁多且抽象、难以理解和掌握，涉及的知识点也孤立片面、难以建立之间结构关系，更不利于理解及应用。构建本体的目标就是结合该课程的知识特点和学生认知水平，制定出系统且可视化的知识图谱，将知识概念以及知识之间关系等展示出来，用于帮助学生从整体上掌握编译的整个过程，从而能够进行关联性的学习，进而激发学生的学习兴趣，提高学习质量。本文以软件工程专业大三年级学生开设的编译原理课的词法分析阶段

为本体领域。

3. 知识点的提取。根据制定的培养方案、教学大纲、教材以及知识作为构建该知识图谱的重要数据依据，教材选取了吕映芝教授主编，清华大学出版社出版的《编译原理》。

根据培养方案、教学大纲以及教材内容，梳理词法分析阶段的重要知识点，用这些知识点作为该阶段的主要内容，包括了该阶段的基本概念，也是学生需要掌握的知识点，并作为词法分析的实体。本文采用人工标注的方法，对词法分析阶段的知识点进行梳理，并由教学经验丰富的老师对标注出的知识点进行审核，进行修改与补充，最终确定能代表该词法分析主要内容的知识点。

以词法分析器的实现为主线，围绕词法分析器的设计、实现、理论基础、方法和技术等展开，并注意知识点之间的逻辑关系，采用自上而下逐步分解的方式进一步确定知识点实体之间的层次结构以及属性信息。

根据实体之间的层次结构，将这个编译过程中的知识点进行层次结构的划分，划分为知识体系结构、知识模块、具体知识点三个层次关系。编译过程的知识体系由 5 个知识图组成，分别是词法分析知识图、语法分析知识图、语义分析与中间代码生成知识图、代码优化知识图和目标代码知识图。知识图由多个知识模块组成，例如词法分析阶段的知识模块有词法分析器的设计基础、实现的方法和技术等知识模块。每个知识模块由多个知识点组成，如词法分析器的输入源、输出形式、实现模式等。

知识点之间的关系的确立，主要是根据知识点之间的逻辑结构来设立，例如有包含关系，实现关系、理论基础等多种类型。通过这些关系，将知识点链接起来，形成了整个知识图谱体系结构。还可以将资源库的相关资料，例如课件、习题等与知识图谱中的知识点建立关系，形成与相关学习资源间的关联结构。

4. 规则的运用。在知识图谱中，规则是对图谱中的知识点以及知识点之间关系的规范以及进行推理的前提。基于规则来构建知识图谱，主要目的是保证图谱内部组织结构的规范性，并能为后续的推理提供可使用的依据。例如自动机理论是词法分析中识别语言的理论基础，那么根据规则进行推理，有限自动机 DFA 和 NFA 都可以实现语言的识别，虽然 DFA 和 NFA 识别语言的效率不同。

5. 词法分析知识图谱的可视化。如图 1 所示的词法分析知识图谱，在该图谱中，显示了词法分析中的知识模块以及各个知识点之间的关联关系。使用知识图谱，将知识点转换为结点，更好地将结点之间的语义关系形成一个知识逻辑结构网络图。学生沿着“图”规划自己的学习路径，更清晰明确自己要学习的知识点，该知识点的前沿知识、后续知识及其联系等。

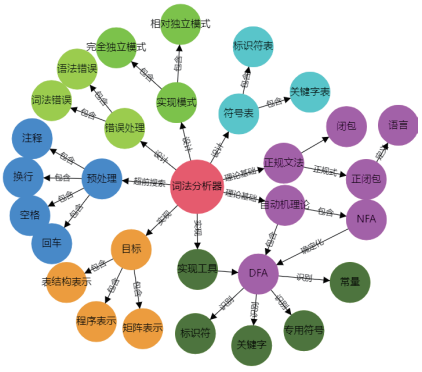


图 1 词法分析知识图谱

## 三、基于知识图谱的教学实践

为了提升课堂教学实践效果以及效率，采用了基于知识图谱的“项目 – 模块”的结构和“个人 + 合作、基础 + 实践”的形式进行教学实践。首先，根据培养方案、教学大纲等设置实验项目，然后将项目进行分解成多个模块，再让每个模块对应不同的子任务。本文以词法分析进行教学实践为例。

（一）实践课的设置

在进行实践设置与探索时，先通过知识图谱导入本次实践课程的相关知识以及其关联性，引导学生在已有的基础知识认知上构建新的知识，为后续的实践打下基础。然后采用自顶而下的方式进行项目的构建，通过教师与学生进行交流，对项目进行分析与探讨，鼓励学生搜集资料等，来完成对项目的分割，把项目分解成多个模块，以及每个模块要完成的功能等的确定。最后，通过小组同学完成不同模块，对模块进行整合，从而完成整个项目的构建。

（二）词法分析器的教学实践

如图 2 所示的词法分析器的教学实践过程。在该图示中，显示了在词法分析器项目实践过程中，采用自低而上的方式完成实践，通过知识点来搭建项目的构思基础，子模块完成项目的设计基础，最后完成项目，达到由浅入深、循序渐进的实践教学过程，也将各个单元模块串联起来，达到我们的教学实践目标。

这种项目实践教学法是一种综合性的教学方法，强调了学生的主体地位，教师的引导作用，在编译的每个阶段完成后进行展开。通过项目实践，学生不仅掌握该阶段的主要课程内容，而且对该阶段所采用的技术方法进行了行之有效的实践，进一步锻炼了学生的工程实践能力。

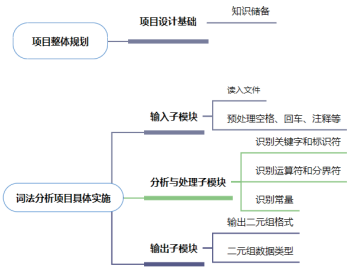


图 2 词法分析教学实践

## 四、结束语

本文描述了在编译原理课程教学实践过程中，构建基于知识图谱的课程体系架构，将复杂且抽象的编译理论知识以简洁明了的形式展现给学生，能够帮助学生明确学习路径。学生根据知识图谱进行有效的学习，完成对知识点的查缺补漏，从而完成该课程的学习任务和实践任务，也有利的提高了教师的教学效果和学生的学习质量。

**参考文献：**

[1] 高雪瑶，张春祥 . 新工科背景下编译原理教学改革研究 [J]. 高教学刊，2024（1）：35 — 38.

[2] 沈金伟，张萍 . 面向工程能力培养的编译原理课程教学改革 [J]. 电脑与电信，2023（1）：1–4

[3] 万伟韬 . 基于 CDIO 工程教育模式的“编译原理”课程教学探索与实践 [J]. 科教导刊，2023（20）：106–08

[4] 白茹意，郭小英，贾春花 . 基于 OBE–CDIO 模式的 C++ 程序设计课程教学改革探究 [J]. 中国轻工教育，2022（4）：90–96.

**基金项目：教育部教学信息化研究虚拟教研室 2023 年教学改革立项项目“基于知识图谱的编译原理课程知识体系构建”；山西省教育厅高等学校一般性教学改革创新项目“工程认证背景下基于 OBE–CDIO 模式的编译原理课程教学改革探索”（J20230139）**

作者简介：赵丽（1980–），女，山西长治人，副教授，主要研究方向：信息处理 知识图谱