

北華航天工業學院

畢業設計報告(論文)

報告(論文)題目： 編譯原理教學演示系統的
設計與實現

作者所在系部： 計算機學院

作者所在專業： 軟件工程系

作者所在班級： B19532

作者姓名： 張旭

作者學號： 2019405A419

校內導師姓名： 孫紅艷

校內導師職稱： 副教授

校外導師姓名： 王璐晴

校外導師職務(稱)： Dewps 工程師

校外導師單位： 上海藍雲網絡科技有限公司

完成時間： 2023 年 5 月

北華航天工業學院教務處制

北华航天工业学院

本科生毕业设计（论文）原创性及知识产权声明

本人郑重声明：所呈交的毕业设计（论文）编译原理教学演示系统的设计与实现

是本人在指导教师的指导下，独立进行研究工作取得的成果。除文中已经注明引用的内容外，本设计（论文）不含任何其他个人或集体已经发表或撰写过的作品或成果。对本设计（论文）的研究做出重要贡献的个人和集体，均已在文中以明确方式标明。因本毕业设计（论文）引起的法律结果完全由本人承担。

本毕业设计（论文）成果归北华航天工业学院所有。本人遵循北华航天工业学院有关毕业设计（论文）的相关规定，提交毕业设计（论文）的印刷本和电子版本。本人同意北华航天工业学院有权保存毕业设计（论文）的印刷本和电子版，并提供目录检索与阅览服务；可以采用影印、缩印、数字化或其它复制手段保存论文；在不以营利为目的的前提下，可以公布非涉密毕业设计（论文）的部分或全部内容。

特此声明

毕业设计（论文）作者：

指导教师：

年 月 日

年 月 日

摘 要

编译原理作为计算机专业的核心课程之一，其理论知识理解起来比较抽象，编程实现起来比较困难，编译过程的每个阶段都会涉及许多算法。如何帮助学生理解算法的运行过程及其中的原理，这一问题亟待解决。

论文立足于帮助学生更好的学习编译原理知识，运用 Spring Boot+Vue 技术进行系统的开发。以算法可视化的方式对化简 DFA 和 LL（1）等分析过程进行演示。与此同时系统中还增设了学习资料管理模块和师生交流模块等功能。

该系统操作起来较为简单，功能设计比较全面。其中编译演示模块可以帮助用户更好的学习编译理论知识，了解编译算法的分析过程。使学生可以在做题和编程方面更加得心应手。教师上传的学习资料和题集可以进一步的帮助学生对于编译理论知识的学习。

关键词：编译原理 教学演示 学习系统

Abstract

As one of the core courses of computer science, the theoretical knowledge is more abstract to understand, programming is more difficult to implement, and many algorithms are involved in each stage of the compilation process. How to help students understand the operation process of the algorithm and the principles in it needs to be solved urgently.

The paper is based on helping students better learn the knowledge of compilation principles and use Spring Boot + Vue technology to develop the system. Algorithmic visualization of analysis processes such as simplify DFA and LL(1) is demonstrated. At the same time, the system also added learning material management module and teacher-student exchange module.

The system is relatively simple to operate and has a comprehensive functional design. Among them, the compilation demonstration module can help users better learn the theoretical knowledge of compilation and understand the analysis process of compilation algorithms. So that students can be more comfortable in doing problems and programming. The learning materials and question sets uploaded by teachers can further help students to learn the theoretical knowledge of compilation.

Key Words: compilation principle teaching demonstration learning system

目 录

摘 要	I
Abstract	II
第 1 章 绪论	1
1.1 课题背景及意义	1
1.1.1 课题背景	1
1.1.2 课题意义	1
1.2 国内外研究现状及对比分析	2
1.3 研究目标及研究内容	2
1.4 论文组织结构	3
1.5 本章小结	3
第 2 章 关键技术介绍	4
2.1 语言	4
2.2 数据库	5
2.3 框架	5
2.3.1 Spring Boot 框架	5
2.3.2 MyBatis-Plus 框架	6
2.3.3 Vue.js 框架	6
2.4 本章小结	6
第 3 章 系统需求分析	7
3.1 现状分析	7
3.2 业务流程分析	7
3.3 功能需求分析	7
3.3.1 用户信息管理	8
3.3.2 课程资料管理	9
3.3.3 编译过程演示	10
3.3.4 师生交流模块	10
3.4 非功能需求分析	10
3.5 本章小结	11
第 4 章 系统总体设计	12
4.1 设计原则	12
4.2 系统架构设计	12
4.3 系统功能结构设计	13

4.4 数据库的设计	13
4.5 本章小结	16
第 5 章 系统详细设计与实现	17
5.1 词法分析演示详细设计	17
5.1.1 NFA 转化为 DFA 详细设计	18
5.1.2 DFA 简化详细设计	19
5.1.3 词法分析详细设计	20
5.2 语法分析演示详细设计	20
5.2.1 LL (1) 分析详细设计	21
5.2.2 LR (0) 分析详细设计	22
5.3 其他功能详细设计	23
5.3.1 系统登录功能详细设计	23
5.3.2 个人信息管理详细设计	24
5.3.3 学习资料管理详细设计	25
5.3.4 习题管理详细设计	26
5.3.5 统计功能详细设计	27
5.4 关键技术解决方案	28
5.5 本章小结	28
第 6 章 系统测试与运行	29
6.1 测试概述	29
6.2 测试工具及测试环境	29
6.3 测试方法及流程	30
6.4 测试用例及结果	30
6.5 性能测试	31
6.6 测试结果分析	32
6.7 本章小结	34
总结与展望	35
致 谢	36
参考文献	37

第 1 章 绪论

1.1 课题背景及意义

1.1.1 课题背景

编译原理作为高级语言程序的翻译方式之一，已经成为现代计算机系统的基本组成部分^[1]，编译过程的每个阶段都会涉及许多算法，算法复杂且具有一定抽象性，实验项目难度较高，不易理解。因此，该课程一直以来在计算机专业课程中以难教难学著称^[2]。

第一编译原理这门课程内容具有很强的理论性以及逻辑性，内容抽象复杂，这就造成了学生不易理解，难以完全、彻底的掌握其中的概念以及理论知识，也就更加难以应用到工作以及科研中。除此之外，有的教师通常将书本上的理论知识通过在课上演示 ppt 的方式进行讲解，在安排课程内容上可能会缺乏逻辑性以及合理性。这样一来，在学生的脑中无法形成合理的知识体系结构，从而间接加大了学生学习的难度^[3]。

第二枯燥乏味的教学内容，无法有效的提起学生的学习兴趣，传统的教学模式以传授课本知识为主。编译原理这门课程与大多数计算机相关课程不同，由于课时有限，繁杂的教学内容为教师带来了巨大的教学压力，有时为了追赶教学进度，缺少与学生的互动^[4]，这无疑也加大了学生的学习难度。

第三在如今这个快节奏，信息碎片化的时代，当代大学生的生活被短视频、博客、微博等占据，人心慢慢变得浮躁。很少有人能够真正的抽出一段完整的时间来进行系统的学习。由于编译原理课程内容复杂，其中的有些理论以及概念更是晦涩难懂，两种情况的碰撞可能会导致有些同学即是有心学习，但是仍然对于理论知识不明就里。

1.1.2 课题意义

编译原理是以系统角度再认识程序、算法的一门课程^[5]，如何讲授好这门课程，如何学习好这门课程，对于教师和同学来说成为了一大难题。在这门课程中，首先就是词法分析的学习阶段。例如其中的 NFA 化为 DFA 所用的核心算法——子集法，无论是在编程还是解题方面，对于学生来说理解起来都具有一定的难度。

鉴于编译原理课程的重要性和挑战性，对其教学方法的探索 and 实验一直是研究的重点之一^[5]。基于这一点，编译原理教学演示系统在功能上给予了回答，该系统的功能设计对于学生来说操作简单，上手容易。输出的结果，对于理论知识基础薄弱的同学也是可以接受和理解的，LL(1) 分析模块以及 LR(0) 分析模块更是给出了分析过程，与此同时，系统中更是有与之匹配的学习资料以及有教师发布的练习习题并可以针对学习资料对教师进行问题的提问，进一步帮助了同学们的学习。而教师则可以通过该系统上传练习题，

学习资料，并回答同学提出的问题。因此编译原理教学演示系统一定会为编译原理课程的学习提供很好的帮助。

1.2 国内外研究现状及对比分析

国外的一些大学纷纷于 20 世纪 60 年代开始开设编译课程，在讲授编译原理这门课程时主要是针对在 Windows 平台下开发编译器的本科生教学。其课堂教学形式主要是教师通过将书本上的理论内容总结到 PPT 上，之后通过课堂上对于理论知识进行详细讲解，在晦涩难懂的地方进行必要的编程演示等等。另外有一些大学，除了讲授课程用的教材以及考试分数占比情况不同之外，其主要的教学模式，都是通过教师和助教们在课上以 PPT 和视频的方式讲解理论知识。值得一提的是 PPT 中会穿插一些动画效果，来对一些理论知识的算法演示过程进行展示。针对有些过于抽象的内容如 LR(0) 分析，教师会将这个分析法通过编程的方式是实现，以帮助同学们更好的进行学习。

国内一些教师会在课上通过 PPT 进行相关理论知识的讲解，在讲解的同时会穿插一些例题来辅助对一些理论内容的讲解，这一过程会促使学生在学习过程中主动思考，在一定程度上激发了学生的学习兴趣。另外通过布置试验任务来让学生更好地对编译知识进行融会贯通。通过设置不同的实验形式来锻炼学生们的动手编程能力。

由于我国互联网兴起时间较晚，国内编译原理的授课方式在一定程度上是借鉴了国外的模式。在此基础上又生成自己新的标准，主要体现在教材的使用，以及实验的内容上，主要的授课方式依然是在课堂上通过 PPT 或者黑板对理论知识进行讲解，通过实验来促进学生将理论与实践结合起来。

然而随着互联网的飞速发展，人们对于计算机底层知识的一些相关课程知识的掌握程度要求也越来越高。其讲授的方式也随着时间的流逝不断衍生，从最开始的教师通过黑板讲授，到课上通过 PPT 与视频进行讲解，再到结合 Flash 动画进行编译理论的讲解。授课方式的不断变化。其中将 Flash 动画与编译原理知识结合的确在一定程度上帮助了同学们的学习，但是这种学习方式与学生缺少互动。在意识到这一点后，国内的教师们将算法可视化运用到了编译原理理论知识的讲解过程中，其中由西南交通大学希望学院的任小强教师带领下开发的基于 Python 的编译原理教学演示模块^[6]的设计就在实际运用中取得了不错的成效，这种算法可视化的方式也拓宽了编译原理的学习方式。

1.3 研究目标及研究内容

本文通过对教师讲授以及学生学习编译原理情况的调查和研究，结合当前社会的课程讲解情况，完成编译原理教学演示系统的设计，具体的工作步骤如下。

(1) 通过询问以及问卷调查等方式对学生们的学习情况进行统计，并通过调查结果分析出学生们对于编译知识哪个模块的知识及其原理学习或理解起来有难度，随后明确系统的大致功能。

(2) 完成对编译原理教学演示系统的详细功能的设计, 并将初步设计的功能模块交给指导教师审核, 得到反馈的意见之后, 进行系统的详细功能设计, 下一步则是针对要实现系统, 搭建编程以及运行所需要的环境, 并对所需要运用到的编程技术进行熟悉与回顾, 达到熟练掌握相关编译原理的理论知识, 也包括相关理论的算法实现思路等。

(3) 完成对于数据库的搭建, 接下来逐步实现用户登录注册, 编译过程演示, 学习资料管理, 练习习题的发布与删除, 问题交流回答等功能, 根据用户的不同分为教师端和学生端, 来方便教师的课程讲授也方便学生的课程学习。

1.4 论文组织结构

本文共有 6 个章节, 每个章节所包含的内容如下。

第 1 章, 这一章结合编译原理教学模式的背景, 说明了开发编译原理教学演示系统的意义, 并通过研究国内外对于编译原理课程教学的研究现状明确了研究目标以及研究内容。

第 2 章, 这一章主要介绍了开发编译原理教学演示系统所需要的核心技术, 包括语言、数据库、框架等。同时对相应技术的特点进行了总结。

第 3 章, 这一章主要是通过各种方式分析并确定系统的主要功能, 以及相关的业务流程, 并交代整个系统的功能与非功能需求。

第 4 章, 这一章主要介绍了系统的设计原则以及目标, 并确定了每个模块的详细功能, 通过绘制系统 E-R 模型、系统用例图的形式以及界面的 UI 设计等来辅助系统的开发与实现。

第 5 章, 这一章是对整个系统的详细功能设计进行介绍, 包括接口设计、安全性设计等等。

第 6 章, 这一章主要介绍测试的目的, 简要对本系统的测试工具、环境以及测试的方法进行说明。给出测试用例, 对测试结果进行分析与总结, 并回归测试。

1.5 本章小结

鉴于编译原理在计算机专业课程体系中的地位, 促使学生要对它提起足够多的重视。但与此同时, 其内容的抽象以及复杂性由令许多同学望而却步, 提不起应有的学习兴趣, 在各大高校教师的不断探索下, 新的教学模式也在不断地进入学生们眼中, 将 Flash 等动画效果与编译教学的很好结合在一定程度上帮助了同学们的学习。但经过长时间的实践检验, 也发现了该种方式的局限性。于是将算法可视化与编译教学结合则成为了一种新的教学方式, 经过教师们初步的探索和调查发现, 这种方式激发了学生的学习兴趣, 极大地促进了同学们对于编译原理的学习^[6]。

第 2 章 关键技术介绍

2.1 语言

随着现代信息技术的不断发展, 计算机编程语言如雨后春笋一般不断出现, Python、C++、Java 等一大批好的编程语言, 在计算机各自的领域中占据着不可撼动的地位, 其中由加拿大的詹姆斯·高斯林开发的 Java 语言是一个强大的, 现代的, 更快的, 比其他语言更复杂的语言^[11]。作为目前用于计算机软件开发设计的主流设计语言, 其本质上属于一种面向对象的程序设计语言, 将 C 和 C++ 语言的优点集为一体^[8]。

随着互联网技术的不断发展, Java 语言在数据结构、编程和算法中应用的越来越广泛。经过长时间的实践检验以及不断的完善, 该语言已经具备一系列基本优势, 例如操作简洁, 与其他的编程语言相比, Java 语言的结构较为简单, 能够在不同的软件中合理使用具备非常明显的实用性特征, 该语言体系中并没有涉及到复杂的运算符以及嵌套循环的语言模式, 这也就意味着 Java 编程语言的整体结构变得越发简洁, 操作较为方便^[9]。这一特点在一定程度上可以极大的降低编程者开发程序的难度。Java 语言结构如图 2-1 所示。

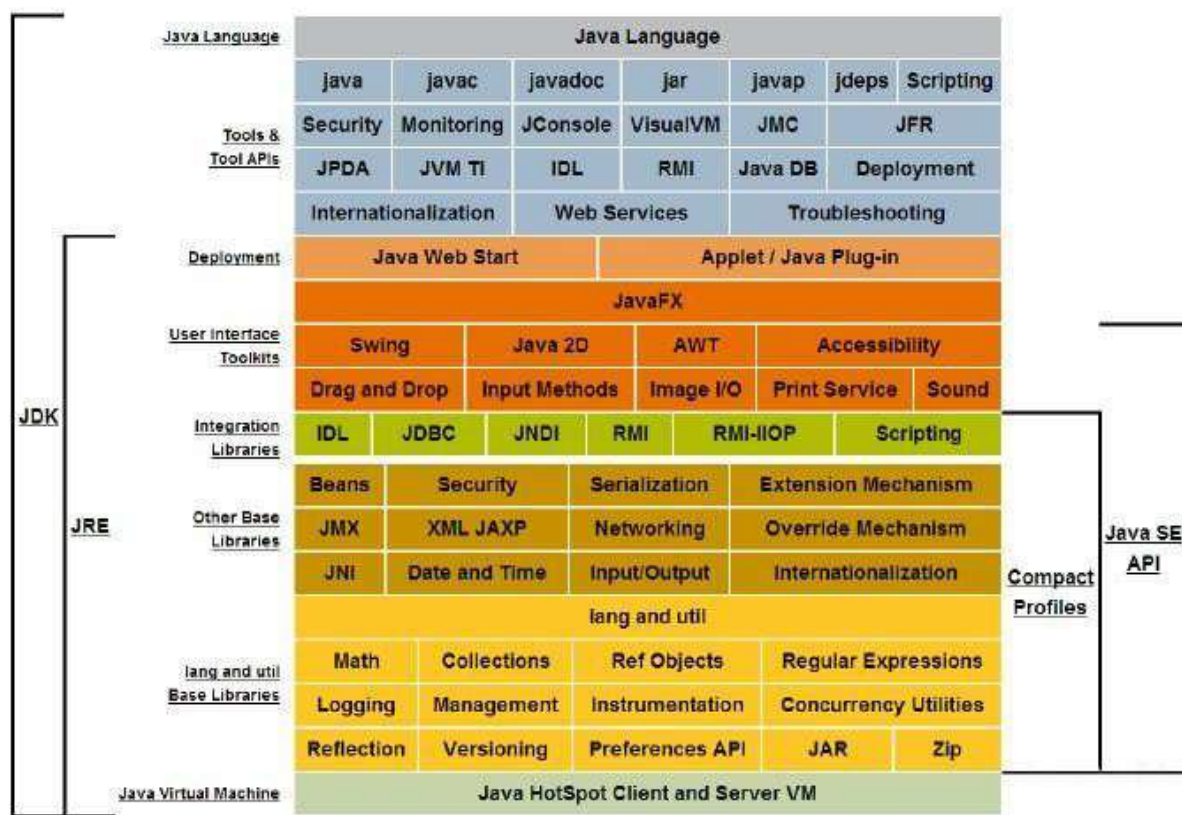


图 2-1 Java 语言结构图

2.2 数据库

MySQL 是世界上最流行的开源关系数据库。由于它的可靠性、性能和易用性，像 Facebook、Twitter 这样的网络巨头都选择了 MySQL^[12]。它支持大型的数据库，一个表中最多可以容纳 5 千多万行，如果操作系统支持的话，数据库每张表的文件大小足以支持大部分系统运行的需求，就是许多用户青睐 MySQL 重要因素。

MySQL 的架构设计总共分为 4 层，分别是连接层，这一层是基于 tcp/ip 安全连接的客户端，主要用于管理连接，权限验证；服务层，解析器负责选择索引等优化操作，查询缓存并用于缓存查询结果，执行器则用于操作索引，并返回结果；引擎层，他负责整个数据库中数据的存数以及取出；存储层，这一层主要是将数据存储于裸设备的文件系统之上，并完成存储引擎的交互。

2.3 框架

2.3.1 Spring Boot 框架

Spring Boot 集成了绝大部分目前流行的开发框架，就像 Maven 集成了几乎所有的框架，使得开发者能够快速搭建后端项目，其核心设计思想就是约定优于配置。基于这一设计原则，Spring Boot 极大地简化了项目和框架的配置，它采用了大量的默认配置来简化这些文件的一系列配置。

搭建 Spring Boot 不需要配置 Tomcat，它自身具有内嵌的 Tomcat 容器，不需要进行 XML 配置，只需要通过添加相应的依赖包，用注解代替繁琐的 XML 配置^[13]。Spring Boot 框架很好地继承了 Spring 框架面向切面编程（Aspect Oriented Programming, AOP）和控制反转（Inversion of Control, IOC）的优点^[14]。Spring Boot 的核心组件如图 2-2 所示



图 2-2 Spring Boot 核心组件

2.3.2 MyBatis-Plus 框架

MyBatis-Plus 可以看做是 MyBatis 的加强版，他除了继承前者的优点之外，增强之处就在于它提前封装好了一些增删改查的方法，直接调用这些方法即可，这在一定程度上降低了开发难度。其特点如下：首先是强大的 CRUD 操作，其内置通用 Mapper、通用 Service，仅仅通过少量配置即可实现大部分操作，除此之外还有强大的条件构造器，来满足各类使用需求；其次就是支持 Lambda 形式调用，通过 Lambda 形式，方便编写各类查询条件，无须担心字段写错；除此之外它还支持主键自动生成、支持自定义全局通用操作等。内置的代码生成器、分页插件等进一步丰富了 MyBatis-Plus 的功能。

2.3.3 Vue.js 框架

Vue 是一套用于构建用户界面的间接式框架，它采用自底向上逐层应用。Vue.js 给出的 MVVM 的前端体系结构模型和 Vue 家庭桶，为系统前端开发提供支持^[15]。随着它的不断发展，它已经成为当下最流行的前端框架和生态系统，并几乎涵盖了前端开发所需要的绝大多数特性。其特点如下：1.专注于 MVVM 中的 ViewModel，做到了数据的双向绑定，会自动响应数据的变化情况，并且根据用户在代码中事先写好的绑定关系，对所有绑定在一起的数据和视图内容进行修改；2.体积小，运行效率高，适合移动/PC 端开发；3.Vue 本身只关注 UI，其核心库只关注视图层，当然也可与第三方库或既有项目整合。

2.4 本章小结

本章主要是介绍了开发系统所需要用到的关键技术。主要对 Java 语言，Spring Boot 等框架作了简要的说明。数据管理采用 MySQL 数据库，能够充分的利用 CPU 资源，在一定程度上优化了系统的性能。Vue 框架作为当下最流行的渐进式框架，让原本开发负担沉重的前端任务变得简单了许多，在处理一些数据的过程中不也在需要复杂的步骤。

第 3 章 系统需求分析

3.1 现状分析

在没有该系统之前,大学课堂上普遍都是传统的课堂模式,教师在讲台上结合 PPT 和视频来讲解理论知识, PPT 中穿插一些动画效果,还有一些教师会结合 Flash 动画进行讲解。可是复杂、抽象的理论内容让有些基础不好的同学学习起来有些力不从心。例如: NFA 转化为 DFA 过程中所用到的子集法, 由于没有真正的理解其运行原理, 导致在做题的时候无法给出正确答案,当然在编程过程中也无法实现该程序。这只是编译原理课程中相对比较简单的内容,但却是后续内容的基础。学生很容易因为这开头没有学习明白而跟不上后面的课程甚至是放弃学习。

为了让学生更好的理解该课程中的一些抽象理论, 十分有必要通过算法可视化的方式来帮助同学们学习。首先通过对同学们在日常学习过程中遇到的困难进行统计, 然后针对抽象复杂的理论进行算法的实现。确保输出结果正确无误后, 将算法运行的关键步骤保存在字符数组中并将其传递给前台经过恰当的方式进行展示。这样一来不仅有助于帮助同学们学习这门课程, 同时还有助于培养同学们的编程思维。除此之外为了进一步的帮助同学们进行学习, 还应该分别设计教师端和学生端, 学生端除了可以进行编译演示之外, 还可以通过教师上传的学习资料进行学习, 并且有针对性的提出问题。而教师则可以上传学习资料, 解答同学们的疑问的方式来进一步方便同学们的学习。

3.2 业务流程分析

本系统在处理数据的过程中, 其内部的操作逻辑需要使用相应的工具进行展示, 在用户登陆到系统之后, 系统会根据用户的不同身份给予用户不同的功能。学生可以查看并下载学习资料、向教师提出问题、联系教师发布的习题集。教师则可以上传学习资料、回答学生提出的问题、发布习题集。两者都可以通过教学演示系统进行编译原理的算法演示, 包括词法演示板块以及语法演示板块。词法演示板块包括 NFA 转化 DFA, 简化 DFA, 词法分析; 语法演示模块包括 LL(1) 分析法以及 LR(0) 分析法, 只要用户输入相应的文法和表达式就能生成相应的结果, 和演示过程。图 3-1 就是对整个系统的功能进行大致的展示。

3.3 功能需求分析

针对编译原理教学模式的现状的不断研究, 计划设计一套编译原理教学演示系统, 来帮助同学们进行学习, 该系统应该具备以下功能: 登陆注册功能、编译教学演示功能、学习资料管理功能、习题管理功能、师生答疑功能。

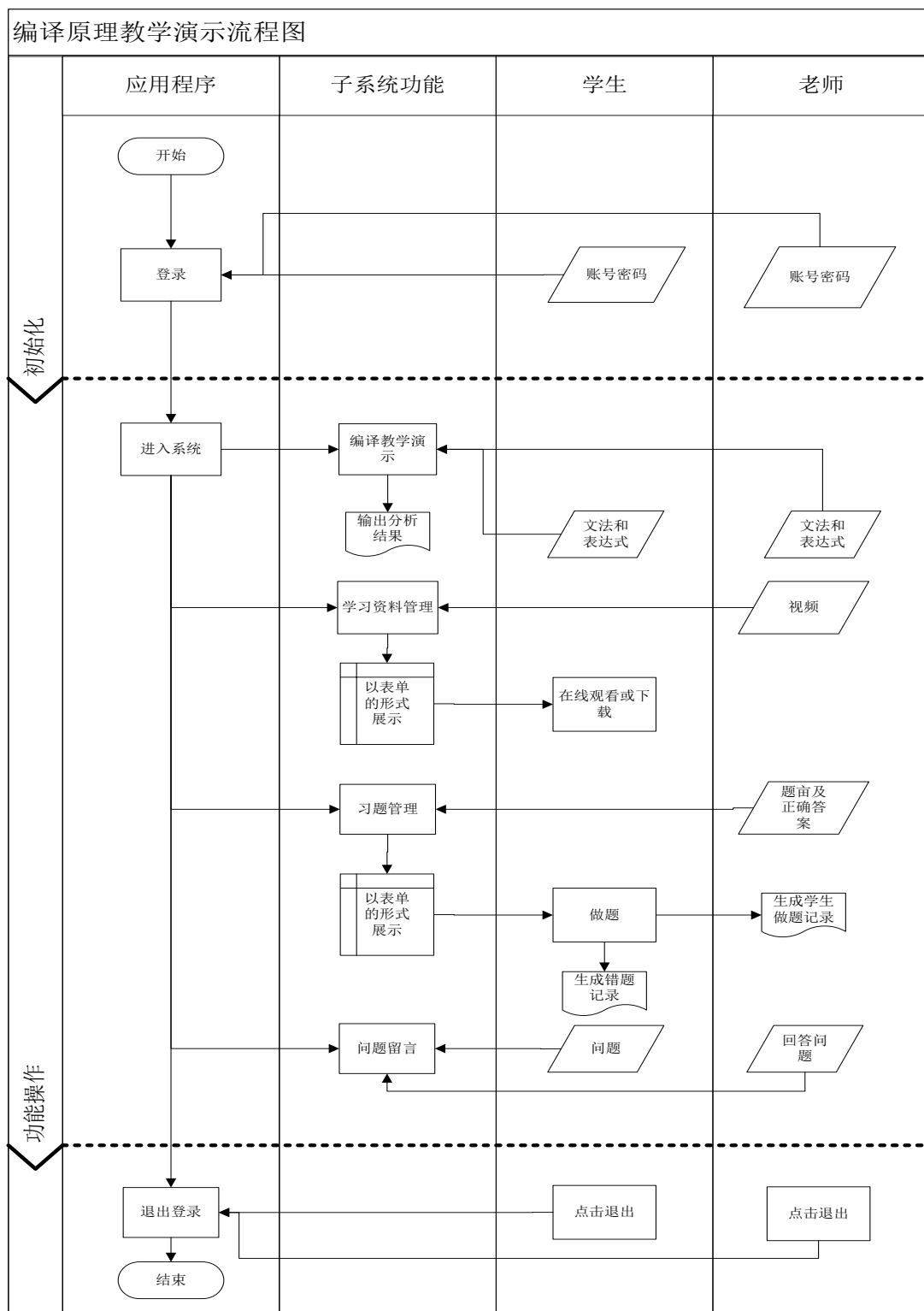


图 3-1 系统流程图

3.3.1 用户信息管理

在这个功能模块中，包括了用户权限的分配、修改等功能。用户分为两种，一种是教师，另一种是学生，两者在注册的时候可以选择自己的身份。登陆之后会享受不同的功能，另外学生和教师都有修改密码和个人信息的功能。用户信息管理用例图如图 3-2 所示。

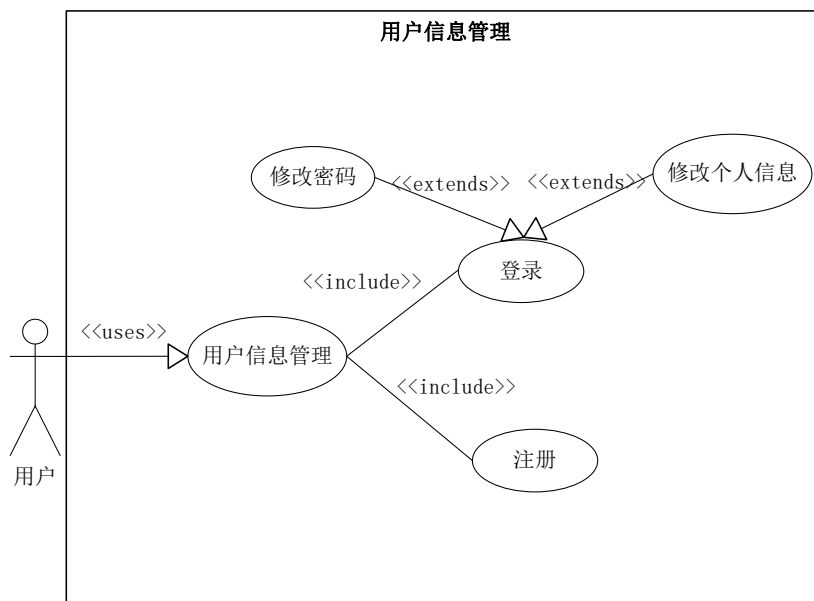


图 3-2 用户信息管理用例图

3.3.2 课程资料管理

在这个功能模块中，包括了学习资料以及习题的查看、修改、汇总统计等功能。教师可以对自己上传的学习资料进行管理；学生则可以根据教师上传的学习资料进行在线观看或是下载观看，在习题管理方面，教师可以发布习题集，删除习题集，而同学们可以根据教师发布的习题进行个人练习。练习完后，同学端可以形成错题集、教师端可以查看学生的做题记录。课程资料管理用例图如图 3-3 所示。

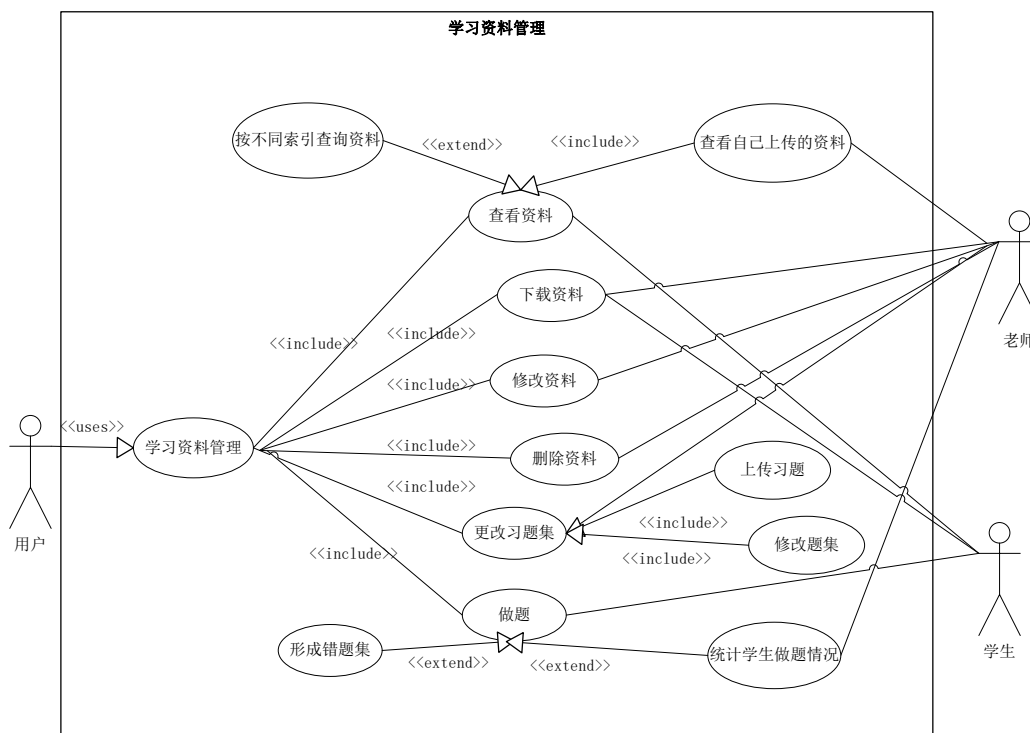


图 3-3 学习资料管理用例图

3.3.3 编译过程演示

在这一功能模块中，用户可以根据自己的需求，在不同的模块中按照规范输入内容，从而得出想要的演示过程，在词法演示的简化 DFA 界面中，用户需要按照规定输入状态集等数据，一键提交之后生成最终结果以及简化过程。在语法分析阶段，如 LL（1）分析演示，用户需要预先输入文法，数据提交后，后台会自动生成 FIRST 集等，并判断该文法是否属于 LL（1）文法。随后输入相应的表达式，后台会在分析文法的前提下，识别表达式，这一模块无论是在教师端还是学生端都可以使用。编译演示用例图如图 3-4 所示。

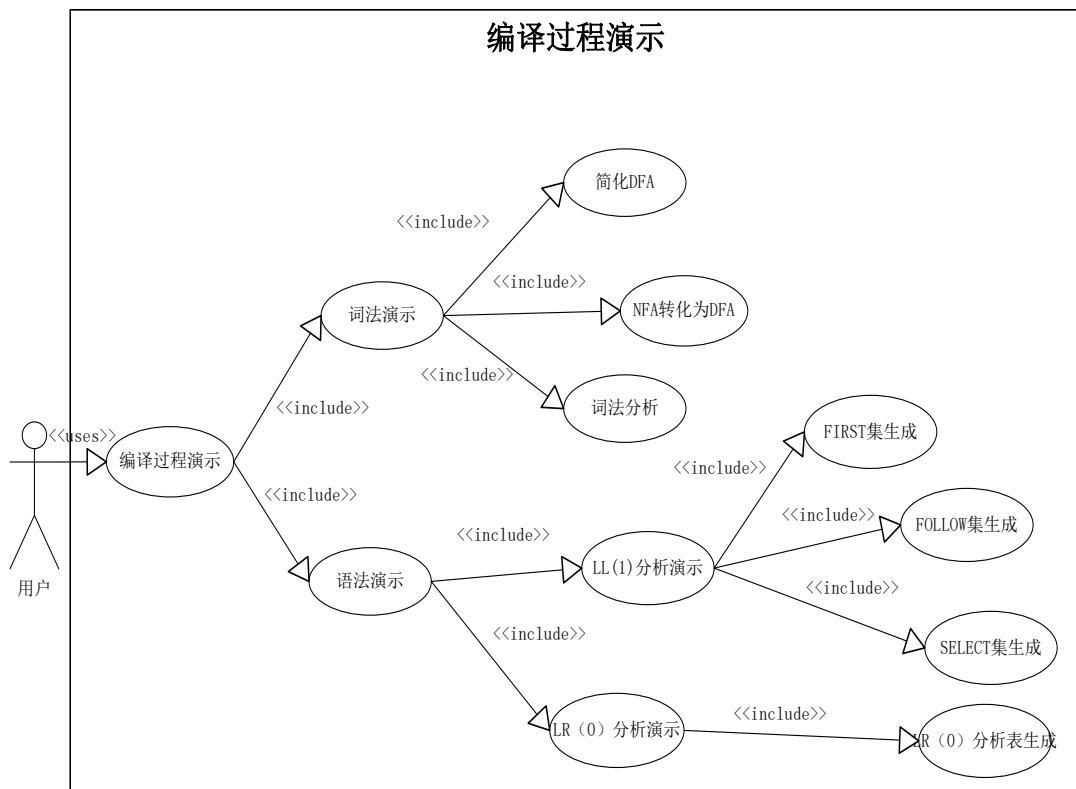


图 3-4 学习资料管理用例图

3.3.4 师生交流模块

在这一功能模块中，学生可以在学习资料管理一个选项卡中点击留言按键，之后输入自己的问题，点击提交，教师便可以收到该学生的留言内容。值得一提的是，由于该功能是在不同学习资料的选项后提交的，所以留言内容会有针对性的出现在提交改课程资料的教师的界面。师生交流用例图如图 3-5 所示

3.4 非功能需求分析

由于本系统的后端采用的是 Spring Boot 框架，前端采用的是 Vue 框架，这为以后的功能扩展提供了极大的便利。例如，当以后对语义分析算法熟悉了之后，可以先在本地进

行语义分析的算法编写，之后将写好的算法，按照 Service 层和 Controller 层进行分解，并按照前端的需求编写合适的实体类并将前端所需要的数据封装在这个类中，以此来形成一个完整的后端接口。前端只需要编写好适当的演示界面，配置好路由，做好数据的传输以及接收，这样新的功能模块即可添加完毕。

本系统在用户管理方面要求一定要先登录之后才能够使用本系统的功能，未登录的、没有注册的用户都无权使用本系统，即是有些人知晓了该系统的其中一个功能页面链接，点击进去之后，如果后台发现该用户没有登录亦或是该用户浏览器中没有相应的 Cookie，系统将会自动拦截该用户。

考虑到用户的使用体验，在编译演示模块，由于采用了大量的算法来进行前端数据的处理。在编写算法的过程中，尽量避免使用递归算法以及循环的使用，这在一定程度上降低了程序的时间复杂度以及空间复杂度，也在尽量的提高了用户的使用感觉。

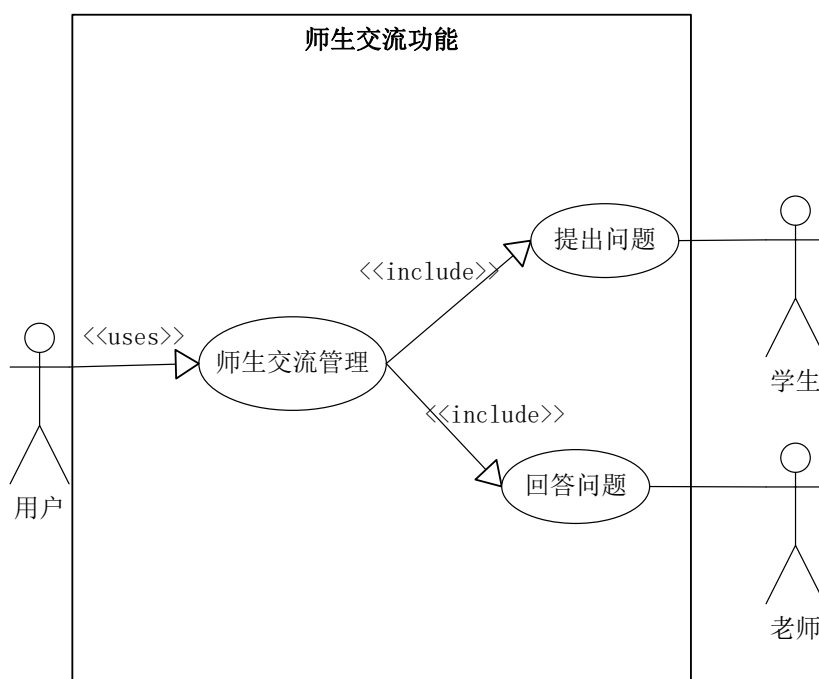


图 3-5 师生交流用例图

3.5 本章小结

本章首先进行了现状分析，即在无系统时，编译教学的情况以及学生的学习情况，并通过分析得出其中存在的问题，从而得出系统的建设目标，确定建设目标后，便进行业务流程分析，分析的结果以泳道图的形式进行展示。其次是进行功能需求分析以及非功能需求分析，各个功能需求分析采用用例图的形式进行展示，非功能需求分析则是从系统的可扩展性、安全性等方面进行陈述。

第4章 系统总体设计

4.1 设计原则

编译原理教学演示系统研发的主要目的是为了满足不同学生们对于编译原理的学习，帮助同学们理解编译相关的抽象概念与算法，提升同学们对于编译的学习兴趣。考虑到系统的功能，采用当下流行的康佳技术来进行网站前后端的开发，首先 Spring Boot 技术整合了很多优秀的框架。与其他项目开发对比，它极大地简化了后端项目的配置和编码。前端所使用的 Vue 框架能够使项目具有更高的运行效率，尤其是被称为是虚拟 DOM 的这种一特点使得整个项目在运行时能够有更高的运行效率，这是技术的先进性；这套技术经过长时间的实践检验，开发的模式已经愈加成熟，这是由 SSM+Vue 演化而来，其实两者的差别并不是很大，两者在整合的方式上存在一定的差异，只不过后者简化了配置，使得编写的方式更加简单了。在项目开发过程中，它有着自己的一套规范，前后端分离的项目开发模式，使得整个开发过程简单，项目维护也很方便。

4.2 系统架构设计

系统架构是基于分层原则和模块化原则设计，为了降低的设计复杂度、编译原理教学演示系统的系统架构如图 4-1 所示，自顶向下依次是视觉层、业务层和数据层。

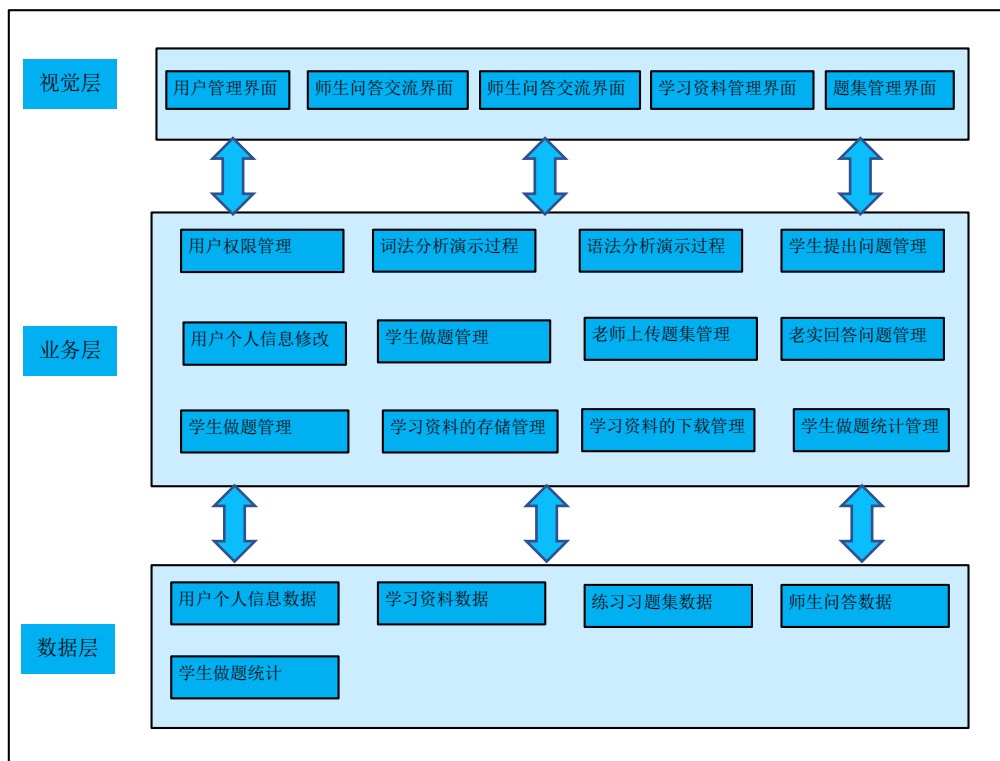


图 4-1 系统架构图

4.3 系统功能结构设计

通过对编译原理教学模式的调研，并于教师以及同学进行交流，根据自己对于编译原理知识的掌握程度大致明确系统所需要具备的功能模块。明确用户的种类以及他们各自所应该拥有的功能，该系统可以细分为五个功能模块，分别是用户信息管理、学习资料管理、编译演示管理、题集信息管理、问题答疑管理。

在用户信息管理模块，用户可以实现登录注册功能，对个人账号的具体信息进行管理；学习资料管理模块中教师和学生享有的功能不同，学生可以查看并下载不同教师上传的学习资料，并按照不同索引查询学习资料，教师可以对自己上传的学习资料进行更改；在编译演示管理模块中教师和同学都可以进行词法分析演示以及语法分析演示，两者又分别包括简化 DFA、NFA 转化为 DFA 和词法分析器以及 LL(1) 分析法和 LR(0) 分析法；题集信息管理模块中教师可以发布或修改题集，学生则可以根据教师发布的题集进行做题练习，系统会统计学生的错题情况并加入错题集，所有学生们的练习状况也可以在教师那边形成做题记录；学生提出问题，教师回答问题则是基于问题答疑管理功能模块。系统功能结构如图 4-2 所示。

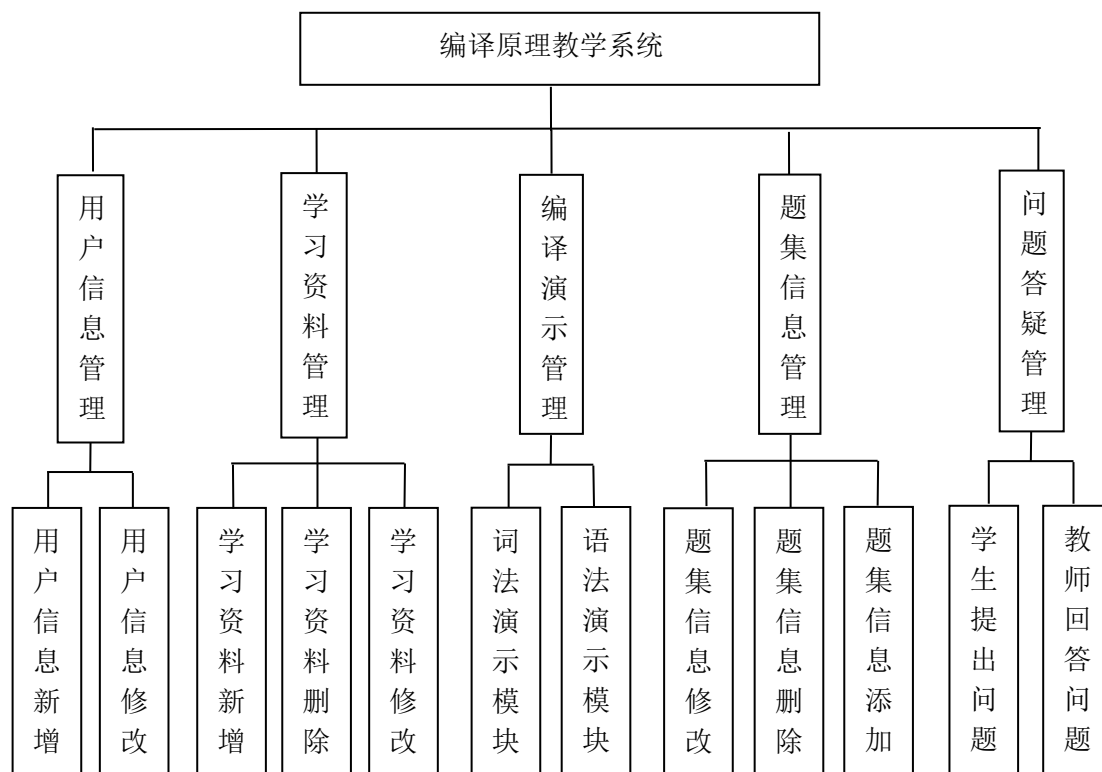


图 4-2 系统功能结构图

4.4 数据库的设计

作为程序数据操作的重要支柱，数据库需要根据系统的需求设计数据存储的结构。而数据存储结构的设计就包括了数据表结构的设计和创建。数据表结构包括了字段，数据类

型,还有字段的取值范围等信息。每当设计完成一张数据表,就需要及时保存在数据库里面,并对设计的数据表准确命名,要求设置的数据表的名称不能是中文,而且要方便记忆。因为在程序编码阶段,通过调用 MyBatis-Plus 中已经封装好的方法对数据表中的内容进行增删改查。关键数据列表如表 4-3 到表 4-14 所示。

表 4-3 字典表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	dic_code	String	字段	是
3	dic_name	String	字段名	是
4	code_index	Integer	编码	是
5	index_name	String	编码名字	是
6	super_id	Integer	父字段 id	是
7	beizhu	String	备注	是
8	create_time	Date	创建时间	是

(1) 关于习题的数据库表如表 4-4 和表 4-5 所示。

表 4-4 习题表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	exampaper_name	String	题集名称	是
3	exampaper_date	Integer	做题时长(分钟)	是
4	exampaper_myscore	Integer	做题总分数	是
5	exampaper_types	Integer	题集状态	是
6	exampaper_delete	Integer	逻辑删除(0 代表未删除, 1 代表已删除)	是
7	create_time	Date	创建时间	是

表 4-5 习题集表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	exampaper_id	Integer	所属题集 id (外键)	是
3	examquestion_name	String	习题名称	是
4	examquestion_options	String	选项, json 字符串	是
5	examquestion_score	Integer	分值	是
6	examquestion_answer	String	正确答案	是
7	examquestion_analysis	String	答案解析	是
8	examquestion_types	Integer	习题类型	是
9	examquestion_sequence	Integer	习题排序, 值越大排越前面	是
10	create_time	Date	创建时间	是

(2) 学生端关于储存学生答题记录的数据表如 4-6, 教师端负责储存学生答题详情数据的数据表如表 4-7 所示, 学生的错题本的错题记录的数据表如表 4-8 所示。

表 4-6 答题记录表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	examrecord_uuid_number	String	做题编号	是
3	yonghu_id	Integer	做题用户	是
4	exampaper_id	Integer	所属题集 id (外键)	是
5	total_score	Integer	所得总分	是
6	insert_time	Date	做题时间	是
7	create_time	Date	创建时间	是

表 4-7 答题详情表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	examredetails_uuid_number	String	题集编号	是
3	yonghu_id	Integer	用户 id	是
4	examquestion_id	Integer	习题 id (外键)	是
5	examredetails_myanswer	String	考生答案	是
6	examredetails_myscore	Integer	试题得分	是
7	create_time	Date	创建时间	是

表 4-8 错题表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	yonghu_id	Integer	用户 id	是
3	exampaper_id	Integer	题集 (外键)	是
4	examquestion_id	Integer	习题 id (外键)	是
5	examredetails_myanswer	String	考生作答	是
6	insert_time	Date	记录时间	是
7	create_time	Date	创建时间	是

(3) 负责储存学习资料的数据表如表 4-9 所示, 有的学习资料都会储存在其中, 在学生端会将该表的所有数据显示, 在老师端会根据上传教师这一的字段将学习资料显示给相应的教师, 由于新增了这一字段使的老师只能管理自己上传的学习资料。负责储存老师和学生交流内容的数据表如表 4-10 所示。

表 4-9 学习资料表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	kecheng_name	String	资料标题	是
3	kecheng_types	Integer	资料类型	是
4	kecheng_photo	String	资料图片	是
5	kecheng_video	String	资料视频	是
6	kecheng_file	String	文档下载	是
7	jiaoshi_id	Integer	上传教师	是
8	kecheng_content	String	资料详情	是

9	insert_time	Date	发布时间	是
10	create_time	Date	创建时间	是

表 4.10 问题提问表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	kecheng_id	Integer	资料信息	是
3	yonghu_id	Integer	用户	是
4	kecheng_liuyan_text	String	提问内容	是
5	reply_text	String	回复内容	是
6	insert_time	Date	提问时间	是
7	update_time	Date	回复时间	是
8	create_time	Date	创建时间	是

(4) 储存教师端账户信息所需要用到的数据表如图 4-11 所示, 储存学生端账户信息所需要用到的数据表如表 4-12 所示。

表 4-11 教师表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	jiaoshi_name	String	教师姓名	是
3	jiaoshi_photo	String	图片	是
4	jiaoshi_phone	String	联系方式	是
5	jiaoshi_email	String	邮箱	是
6	jiaoshi_delete	Integer	假删	是
7	create_time	Date	创建时间	是

表 4-12 学生表

序号	列名	数据类型	说明	允许空
1	Id	Int	id	否
2	yonghu_name	String	学生姓名	是
3	yonghu_photo	String	头像	是
4	yonghu_phone	String	联系方式	是
5	yonghu_id_number	String	学生身份证号	是
6	yonghu_email	String	邮箱	是
7	yonghu_delete	Integer	假删	是
8	create_time	Date	创建时间	是

4.5 本章小结

本章介绍了系统的总体设计。首先提出系统设计原则, 根据系统所要设计的功能从技术的先进性、成熟性、规范化以及标准化等方向出发总结出相应的设计原则。紧接着就是设计系统架构, 在确定 B/S 架构之后将其细化为视觉层、业务层以及数据层三层结构、采用 MVC 模式实现项目代码的高内聚低耦合, 其次就是设计系统的功能结构, 最后对开发本系统所建立的数据库表进行了展示以及说明。

第 5 章 系统详细设计与实现

5.1 词法分析演示详细设计

编译演示功能是本系统最重要的功能模块，在该模块中可以细分为简化 DFA、NFA 转化为 DFA、以及词法分析三个小的模块。这个功能模块对教师和同学没有功能限制。在设计时本着简单输入、明了的输出原则进行编程，下面将对各个模块的详细设计进行展示。

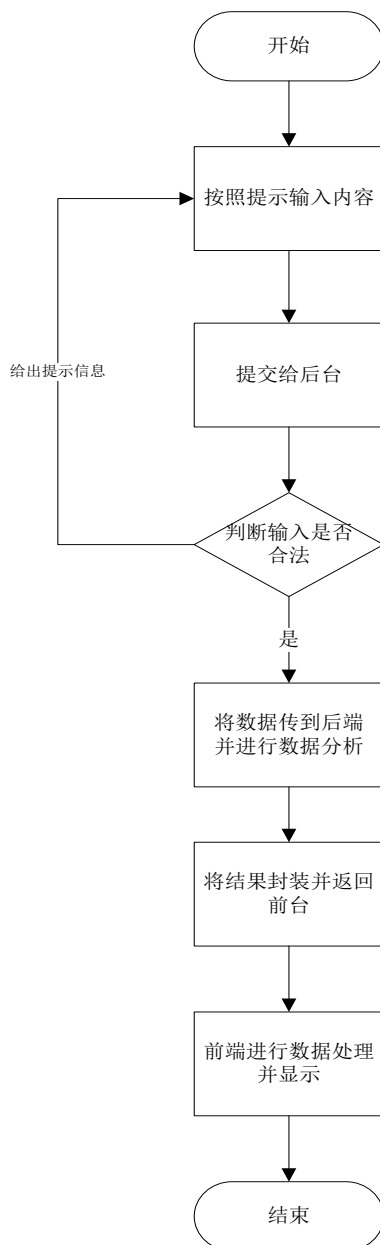


图 5-1 词法分析演示流程图

5.1.1 NFA 转化为 DFA 详细设计

化简 DFA 的程序运行流程如图 5-1 所示，实现此功能主要是在与后端的数据处理，即算法实现——即子集构造法，临时队列 queue；NFA 的初态集 S（K0）的闭包入队；关键代码如下。界面效果图如图 5-2 所示。

```
while(!queue.isEmpty()){
    List<Integer> I = queue.poll();
    for(char letter : letters){
        List<Integer> nextI = closure(move(I, letter, f), f);
        if(nextI.isEmpty()) continue;
        if(!containsI(set, nextI)){
            nextI.sort(Comparator.comparing(Integer::intValue));
            map.put(nextI, k);
            K.add(k);
            if(!Collections.disjoint(nextI, Z)){
                listZ.add(k);
            }
            set.add(nextI);
            queue.add(nextI);
            k++;}
        listF.add(new String[]{String.valueOf(map.get(I)), String.valueOf(letter),
            String.valueOf(map.get(nextI))});
        sb.append(map.get(I)).append(letter).append(map.get(nextI)).append('\n');
    }
}
```


图 5-2 NFA 转化为 DFA 演示界面

5.1.2 DFA 简化详细设计

DFA 的化简程序的大致运行流程与 NFA 转化为 DFA 基本一致，返回的数据形式也与其基本一致，但是在后端算法上确有很大的差别。编写该算法的核心思路是 1. 定义一个 Group 类，作为分组，Group 有两个属性，一个是 groupId 作为唯一标识；StateSet 为该分组所包含的状态集；2. separate() 方法是实现 DFA 化简的关键一步，它的具体作用是根据某个字母(letter)对分组集合(groupSet)进行分裂；3. 对于字母表中的每个字母，进行 separate 分裂。其中所用的部分关键代码实现逻辑如下。效果图如图 5-3 所示。

```
while (!queue.isEmpty()) {
    Group oldGroup = queue.poll();
    Map<Group, List<Integer>> map = new HashMap<>();
    for (Integer state : oldGroup.stateSet) {
        Group stateNextBelong = beLong(state, letter, f, curGroupSet);
        if (!map.containsKey(stateNextBelong))
            map.put(stateNextBelong, new ArrayList<>());
        map.get(stateNextBelong).add(state);
    }
    if (map.size() == 1)
        加入最终分组
    else
        删除原先分组，创建多个新分组，并将新分组入队
}
```



图 5-3 化简 DFA 演示界面

5.1.3 词法分析详细设计

词法分析的后端算法在编写时需要考虑的情况比较复杂，它是通过接收输入的文本对其进行处理，以根据指定的正则表达式或语法将单个单词识为标记^[10]。其具体包含的三方面内容：正则表达式的应用，从正则表达式到不确定的有限自动机（NFA）的实现（MYT 算法），从不确定的有限自动机（NFA）到确定的有限自动机（DFA）的实现（子集构造法）^[16]。在实现的过程中我采用 if-else 的程序结构来进行算法的编写，每一个分支都是识别一类字符的判别过程，该词法编辑器是针对 C 语言编写的。功能较为复杂，由于是将前端传输过来的数据以字符数组的形式进行存储，并声明全局变量，来控制遍历的字符串索引，这在一定程度上减少了回溯，同时也提高了算法的运行效率。词法分析效果图如图 5-4 所示。

文中符号	类型	对应DFA	错误	处理

图 5-4 词法分析演示界面

5.2 语法分析演示详细设计

语法分析是对高级语言的句子结构进行分析，包括自上而下分析和自下而上分析两种方式^[17]。在本系统中的语法分析演示详细设计功能模块的设计过程中，在该模块中可以细分为 LL（1）分析法、LR（0）分析法两个小的模块。这个功能模块对教师和同学同样没有功能限制。与词法分析模块不同的是，这个模块在设计的过程需要用户进行两次输入，第一次按照规定输入相应的文法，将数据提交后台，后台向前台反馈对于文法的分析结果；第二次输入表达式，依据第一次的分析结果。对表达式进行分析，并将分析结果输出给用户。

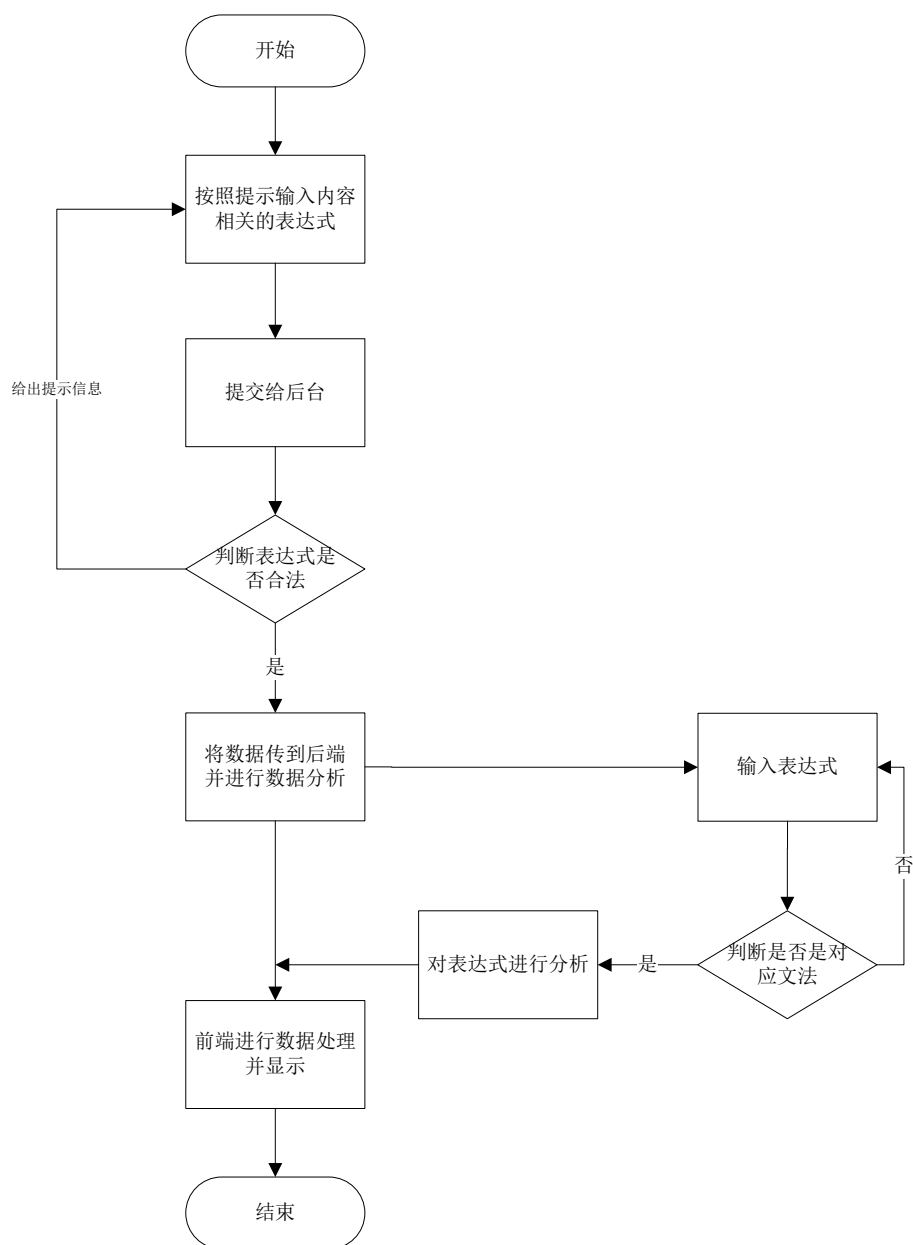


图 5-5 语法分析演示流程图

5.2.1 LL（1）分析详细设计

文法 LL（1）属于自上而下分析法，它的定义包括：文法不含左递归；对于文法中的每一个终结符的各个产生式的候选首符集两两不相交。对于文法中的每一个非终结符的各个产生式的候选首符集包含 ϵ ，则该非终结符的 FIRST 与 FOLLOW 集相交为空^[18]。本系统实现的 LL（1）分析程序的运行流程如图 5-5 所示，第一次输入表达式之后会输出相应的 FIRST 集等，并判断用户输入的文法是否属于 LL（1）文法，用户在确定该文法是 LL（1）文法之后可以输入需要判别的表达式，该表达式的推导过程将会以表格的形式展示，让学生明白 LL（1）文法的推导过程。在编程实现的过程中将求解每一个集都封装成一个方法，这样可以增强代码的可读性。以下代码就是判断是否是 LL（1）文法的方法，

该方法是根据已经求解出来的 First 集、Follow 集以及 Select 集来进行判别的。以下就是判断是否是 LL(1) 文法的关键代码。界面演示效果如图 5-6 所示。

```
public boolean isLL1(Set<Producter> gs){
    Map<Producter, Set<Character>> select = select(gs);
    Set<Character> VN = GSBuilder.getVN(gs);
    for(Character vn : VN){
        Set<Producter> producterSet = producterWithVN(vn, gs);
        Set<Character> tmp = new HashSet<>();
        int cnt = 0;
        for(Producter producter : producterSet){
            cnt += select.get(producter).size();
            tmp.addAll(select.get(producter));
        }
        if(cnt != tmp.size()){
            return false;
        }
    }
    return true;
}
```



图 5-6 LL(1) 分析演示界面

5.2.2 LR(0) 分析详细设计

LR(0)是一种“移进一规约”自底向上的分析文法，当栈顶符号串形成句柄时就采取

规约，因此这种分析方法的关键是如何确定句柄^[19]。本系统所编写的 LR(0) 功能的程序分析流程如图 5-5 所示，第一次输入表达式之后会输出 LR(0) 分析表、拓广文法等。在编程实现的过程中，将求构造 LR(0) 分析表等功能分别构造成一个独立的方法，以方便对于结果的收集。以下是 LR(0) 分析过程的关键代码，界面演示效果图如图 5-7 所示。



图 5-7 LR(0) 分析演示界面

5.3 其他功能详细设计

5.3.1 系统登录功能详细设计

当用户进入登录界面的时候，输入用户名、密码并选择注册账号是选择的身份便可以访问编译原理教学演示系统，登录界面效果如图 5-8 所示，注册界面效果如图 5-9 所示。



图 5-8 登录界面



图 5-9 注册界面

5.3.2 个人信息管理详细设计

个人信息管理功能包括对于个人信息的修改，其中个人信息，包括本人账号所用的照片、账号的姓名等等。与此同时还可以完成对于密码的修改。修改个人信息的效果如图 5-10 所示，修改密码的效果如图 5-11 所示

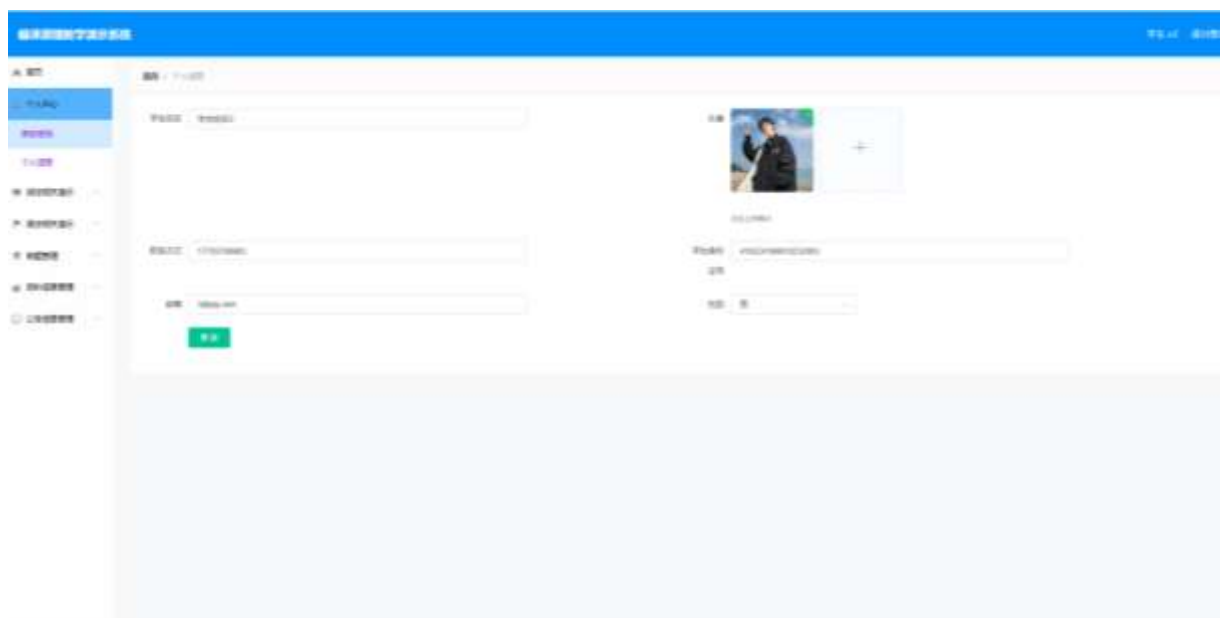


图 5-10 修改个人信息

图 5-11 修改密码

5.3.3 学习资料管理详细设计

学习资料信息管理这一模块,是本系统仅次于编译演示模块的第二大功能。教师端可以查看已发布的资料信息数据,修改资料信息,对自己上传的学习资料进行备注(这也可以看做是对学习资料的简介)。学生端可以查看所有教师发布的学习资料信息,可以在线查看视频以及下载等,与此同时还可以根据不同的索引查询学习资料。教师界面效果如图 5-12,学生界面效果如图 5-13。

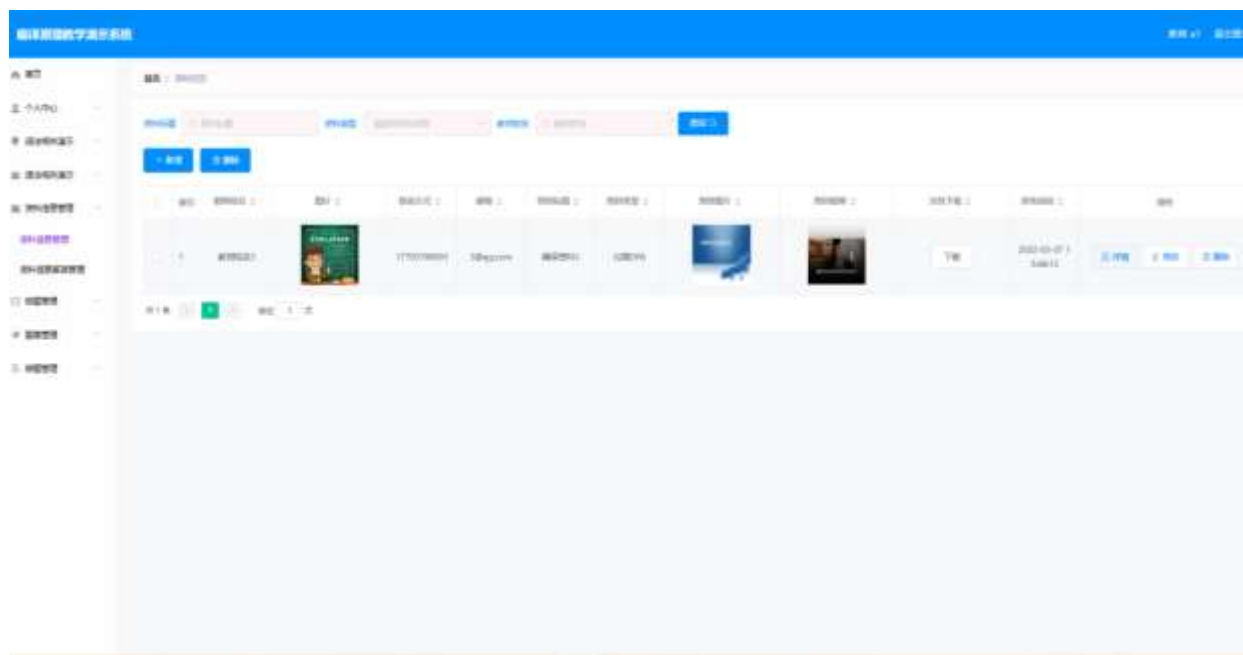


图 5-12 教师学习资料管理界面

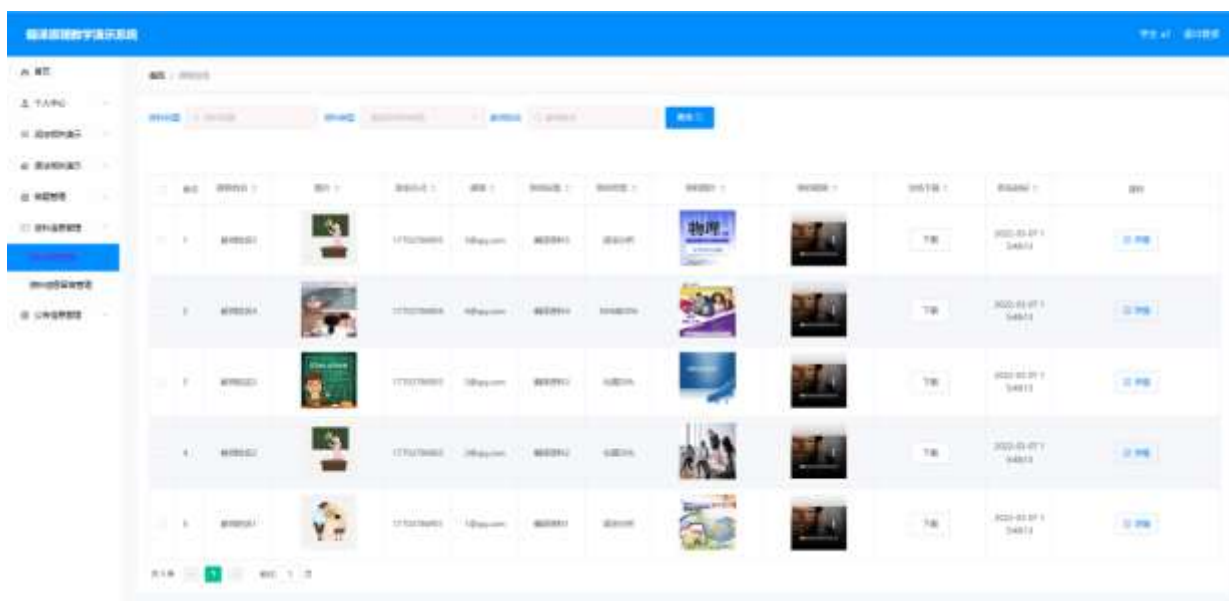


图 5-13 学生学习资料管理界面

5.3.4 习题管理详细设计

在这个功能模块中教师可以上传题集，包括填空题以及选择题，并设置正确答案，以及答案解析，在上传题的时候需要设置种类，学生与教师都可以根据习题名称以及题集名称进行搜寻；学生可以根据教师上传的题集进行在线刷题，每一套题集都规定了相应的做题时间，题集答完之后系统会根据答题情况进行评分。教师端效果如图 5-14 所示，学生端效果如图 5-15 所示。

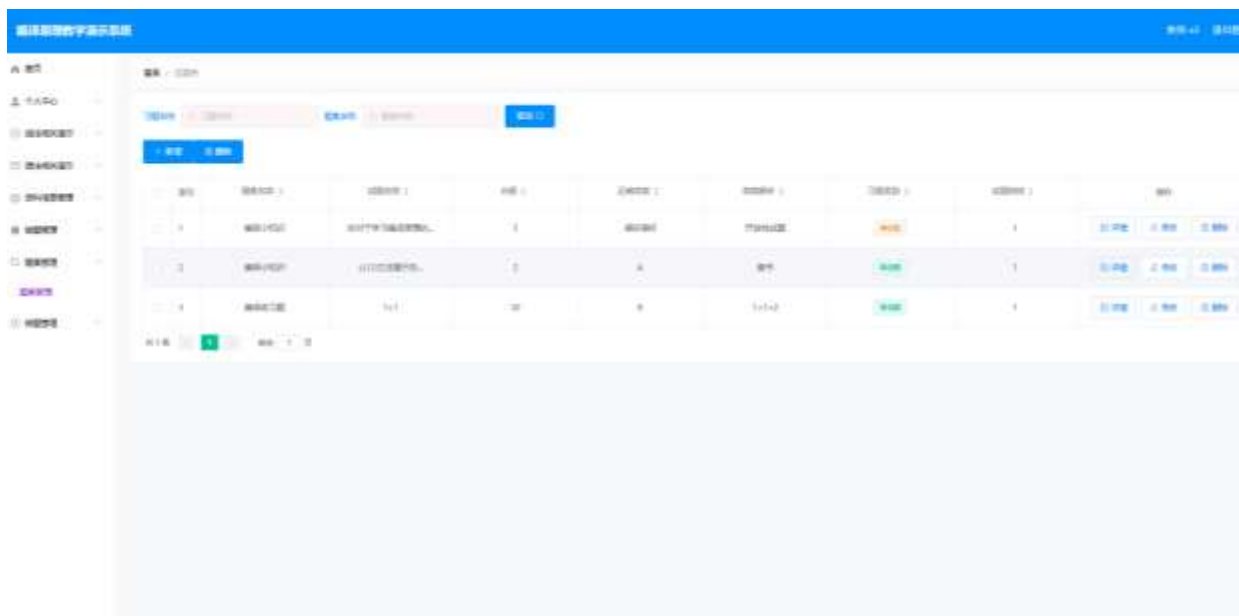


图 5-14 教师习题管理界面

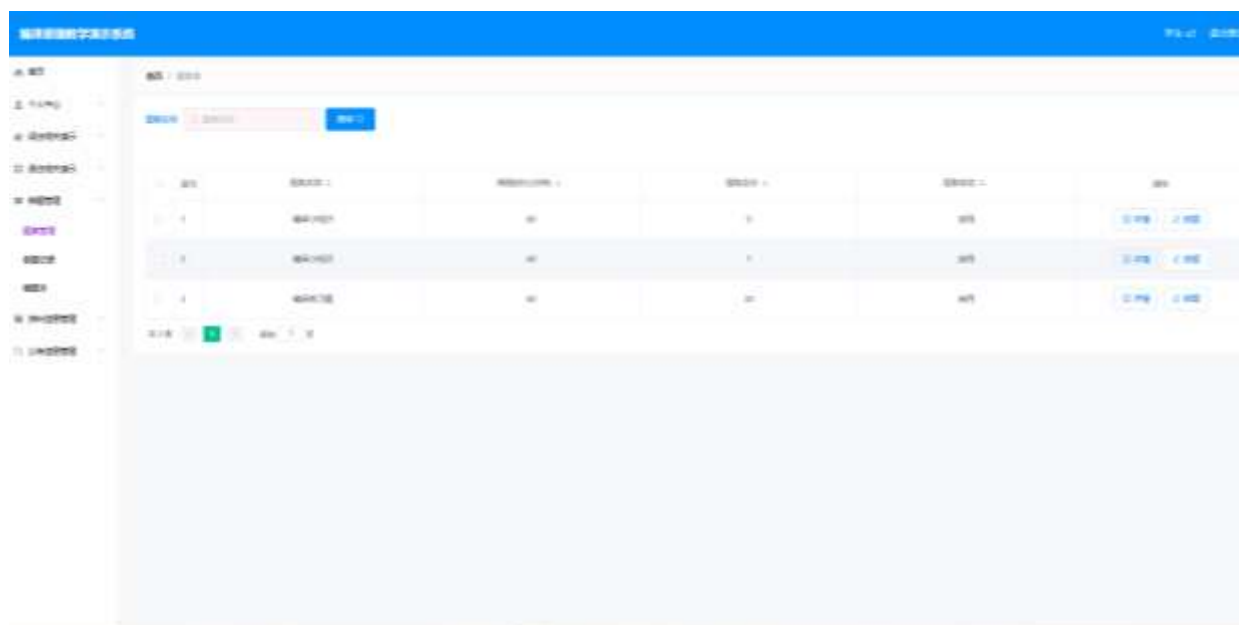


图 5-15 学生习题管理界面

5.3.5 统计功能详细设计

系统会根据学生每次做题情况不仅会自动将每次做题记录下来，并且可以将错题统计起来，学生可以随时查看自己的错题本，当个别题目通过学习弄懂之后，可以自己将该题目从错题本中删除；教师端则可以收到所有学生对于自己习题集的练习情况。教师端效果如图 5-16，学生端效果如图 5-17 所示。

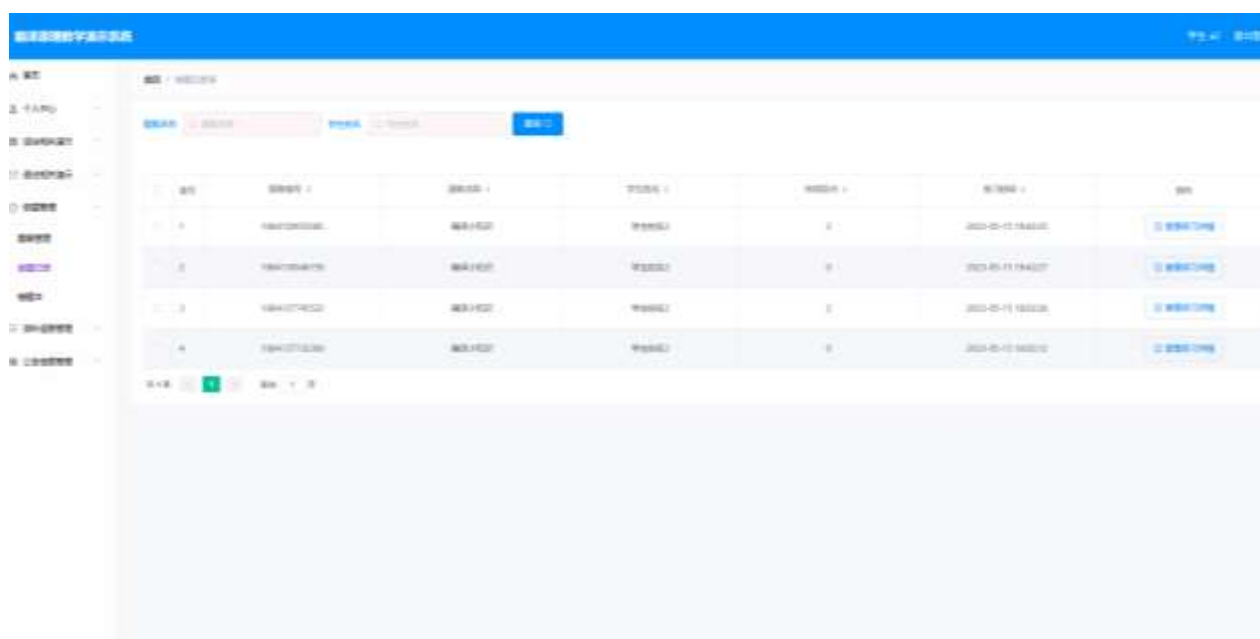


图 5-16 学生习题管理界面

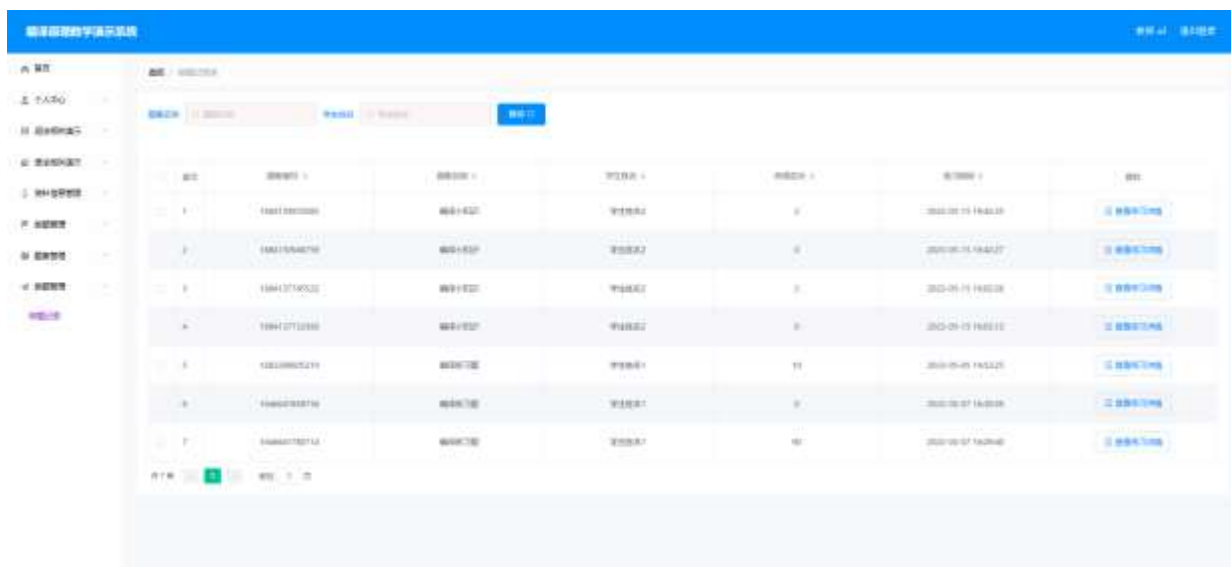


图 5-17 教师习题管理界面

5.4 关键技术解决方案

本系统的所有编译原理算法都是用 Java 语言写的，在开发程序时是按照现在本机上将算法测试无误之后再将代码移植到 Spring Boot 搭建的后端项目中。其中就遇到许多

(1) 在编写编译原理的相关算法时，像词法分析，LL(1) 分析法中所需要储存的过程数据较多，许多数组的长度无法提前预知，因此需要将储存数据的数组长度设定的应量大一些。但是这样做也为之后的效果演示带来了麻烦，数组中没有存储数据的区域会以 null 值的形式存储，这样一来就会出现页面在演示的时候给用户不好的体验感。为了解决这个问题，需要将收集好的数据进行二次赋值。如此以来，便可以解决数组中 null 值的情况，其他存储数据的方式尽量使用 HashSet 或者是 HashMap 来进行存储。

(2) 例如将编译演示的过程结果如何收集起来传递到前端，由于演示是需要将算法运行的不同阶段过程展示给用户，为了将数据更好的、完整的传递给前端，可以将所有的过程储存在字符数组中，之后再将字符数组封装到一个实体类中，统一的传递给前端。这时 Vue 的响应式原理的优势也就显现出来了，只要将数据提交给后端并处理好数据将结果返回给前端，页面就能立即呈现出效果，这也叫数据的双向绑定，给用户良好的体验感。

5.5 本章小结

本章为系统的各个功能模块设计做出了详细介绍，更是给出了编译演示模块中的 LL(1) 分析等模块功能的关键代码，并将一些算法实现的具体思路进行了说明。并其他的模块的功能也进行了一定的说明，包括教师端和学生端的功能区别，以及区别功能的意义。在编译演示方面将功能实现的大致流程以流程图的形式进行了说明。最后在每个详细功能的说明之后附上效果图。

第 6 章 系统测试与运行

6.1 测试概述

全面、合理的系统测试能够保证系统的开发质量。使用的测试用例应该具有代表性，既要有合法的测试数据，同时也要非法的测试数据。软件测试的过程中可以发现软件中存在的缺陷与不足，提前解决这些问题就可以避免因为软件错误而给用户带来不好的体验感，同时也会减少损失。软件测试应该秉承着不能执行穷尽测试；测试证明软件存在缺陷等原则。为了保证编译原理教学演示系统能够很好的满足用户的需求，除了保证功能的正常运行之外，还考虑了其他的特殊情况。尽管如此，系统依然可能存在一些潜在的错误，所以要进行软件测试来进一步完善软件的性能。

6.2 测试工具及测试环境

系统测试工具如表 6-1 所示

表 6-1 测试工具表

用途	工具	版本
前端测试工具	Lighthouse	1.4.1
	Google Chrome	113.0.5672.64
后端测试工具	Postman	9.16.0

测试环境有两个，分别是服务器端和客户端。服务器端需要对后端写的接口进行数据处理，结果返回进行测试，服务器端测试环境如表 6-2 所示。客户端则是测试权限、用户体验等情况是否符合需求，以 Web 端测试环境如表 6-3 所示。

表 6-2 服务器端测试环境

环境类型	名称	类型
硬件环境	LNVNB161216	2304MHz 默认频率, 8cpu, 8G 内存
支持软件	操作系统	Windows 10 家庭中文版 (64 位)

表 6-3 客户端测试环境

环境类型	名称	类型
硬件环境	CPU	Intel(R) Core(TM) i5
	内存	8G
	硬盘	510G
	显卡	Intel(R) UHD Graphics 630
软件环境	操作系统	Windows 10

6.3 测试方法及流程

测试伴随着整个系统的开发过程,没有严谨的测试过程,整个系统就会在使用过程中存在巨大的隐患。测试的整个过程都需要切切实实地从用户的角度出发,检查系统功能是否满足用户需求,是否可以正产使用,交互逻辑是否符合用户的行为习惯^[20]。因此选择合适的测试方法以及恰当的测试用例可以有效地找出系统中所隐藏的问题,软件测试的方法有很多,但是本系统主要采用的是接口测试。

接口测试主要是为了检查数据的交换、传递和控制管理过程,经过向接口传递数据后,看返回的数据是否正确。本系统的测试时首先确定了需要测试的接口,并根据黑盒测试或是白盒测试原则写出相应的测试用例之后借用 Postman 进行接口测试,找出 bug 后完善功能,并回归测试。

6.4 测试用例及结果

编译原理教学演示系统经过了大量的测试之后,已经完善了系统的主要功能,本文将选择一些典型的功能进行测试展示。关于编译演示选择化简 DFA、LL(1)分析法进行测试。其他功能模块选择学习资料管理以及练习习题管理功能进行测试。本系统具体测试情况如表 6-4 所示。

表 6-4 测试用例信息表

序号	模块	功能简述。
1	化简 DFA	输入未化简的 DFA, 最终化简后的 DFA。
2	LL (1) 分析法	输入文法以及表达式, 输出各种集合并输出分析过程。
3	学习资料管理	实现对学习资料的上传、修改、删除、查询。
4	练习习题管理	实现对练习习题的上传、删除、查询。

(1) 化简 DFA 功能测试

化简 DFA 测试用例如表 6-5 所示。

表 6-5 化简 DFA 测试用例

测试数据	测试用例说明	期望结果
状态集: 012345 字母: ab 初态: 0 转换函数: 0a1 0b2 1a1 1b4 2a1 2b3 3a3 3b2 4b5 4a0 5a5 5b4 终态集: 01	输入的状态集终 态集与初始态有 交集	返回计算得出的状态转换函数、终态集、 新的状态集。
状态集: 0123456 字母: ab 初态: 0 转换函数: 0a1 0b2 1a3 1b2 2b5 3a3	输入的状态集终 态集与初始态无 交集	返回计算得出的状态转换函数、终态集、 新的状态集。

3b4 4a6 4b5 5a6 5b5 6a3 6b4

终态集: 3456

(2) LL (1) 分析功能测试

LL (1) 分析测试用例如表 6-6 所示。

表 6-6 LL (1) 分析测试用例

测试数据	测试用例说明	期望结果
文法: $S \rightarrow S+T \mid S \rightarrow T \mid T \rightarrow T^*F \mid T \rightarrow F \mid F \rightarrow i \mid F \rightarrow (S)$ 表达式: $i+i*i$	返回新生成的各种集, 并给出推导、匹配过程并判断是否是 LL (1) 文法	返回新生成的各种集, 并给出推导、匹配过程、判断是否是 LL (1) 文法: false
文法: $S \rightarrow a \mid S \rightarrow v \mid S \rightarrow (T) \mid T \rightarrow T_i S \mid T \rightarrow S$ 表达式: (aiv)	返回新生成的各种集, 并给出推导、匹配过程并判断是否是 LL (1) 文法	返回新生成的各种集, 并给出推导、匹配过程、判断是否是 LL (1) 文法: true

(3) 学习资料管理测试

学习资料管理测试用例如表 6-7 所示。

表 6-7 学习资料管理测试用例

测试模块	测试数据	测试用例说明	期望结果
学习资料管理	上传数据	必填项不能为空	提示信息
	删除数据	删除成功后有提示符合要求	提示信息
	修改数据	必填项不能为空	提示信息
	下载数据	下载成功文件	导出正常

(4) 练习习题管理测试

习题管理测试用例如表 6-8 所示。

表 6-8 习题管理测试用例

测试模块	测试数据	测试用例说明	期望结果
练习习题管理	上传数据	必填项不能为空	提示信息
	删除数据	删除成功后有提示符合要求	提示信息
	修改数据	必填项不能为空	提示信息

6.5 性能测试

通过 Google Chrome 浏览器中的 Lighthouse 网站性能测试工具对编译原理教学演示系统整个网站的性能进行了测试, 所得的性能得分由 FCP、LCP、SI、CLS、TTI、TBT 六个指标组成, 测试结果如图 6-9 所示。

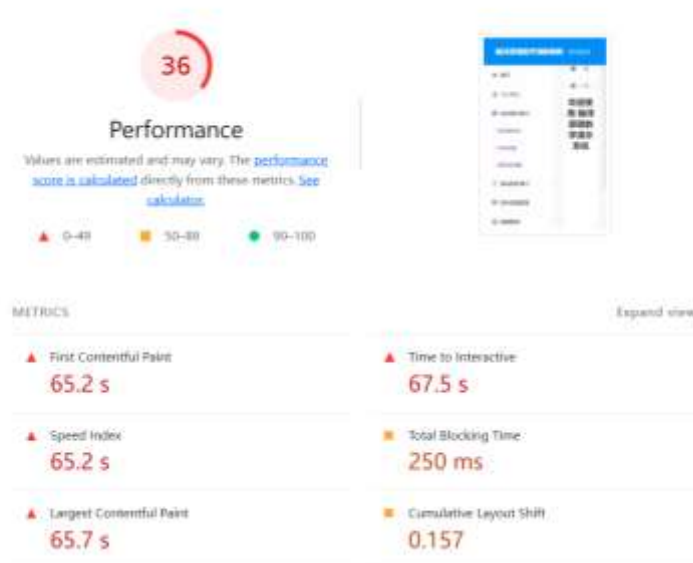


图 6-9 网站性能测试

6.6 测试结果分析

对编译原理教学演示系统的编译演示功能、学习资料管理功能、练习习题管理功能进行测试。系统后端的简化 DFA 接口以及 LL（1）分析接口在 Postman 的测试下均能够正常的处理数据并返回计算结果，用户对于学习资料，练习习题的增加、删除、修改均能准确无误完成，使用体验良好，系统的响应速度很快，可以充分满足用户的需求。经系统测试，编译原理教学演示系统的功能以及性能都能满足用户的需求，达到预期效果。DFA 化简以及 LL（1）分析的测试详情如下所示。

（1）编译演示

DFA 化简如图 6-10、图 6-11 所示。

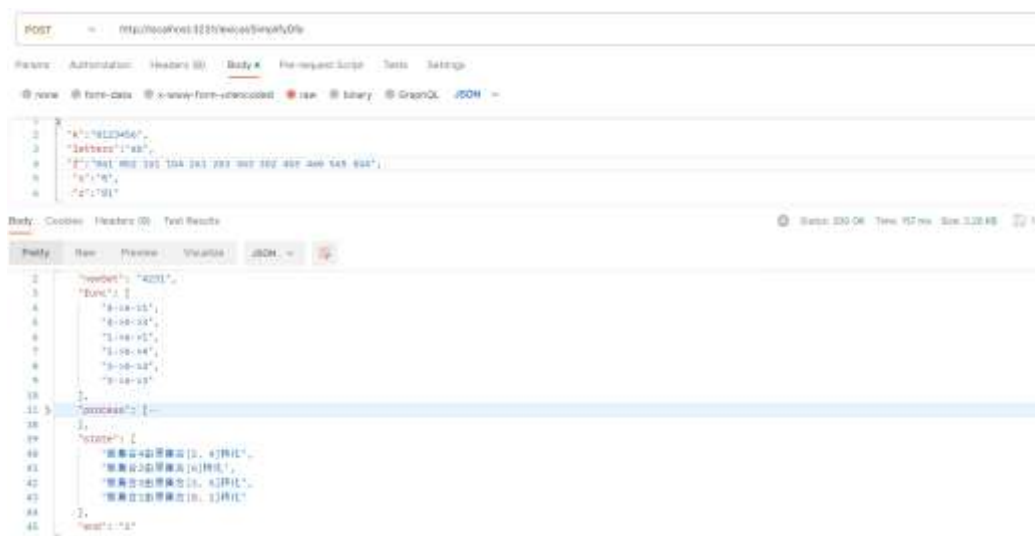


图 6-10 化简 DFA 测试用例 1

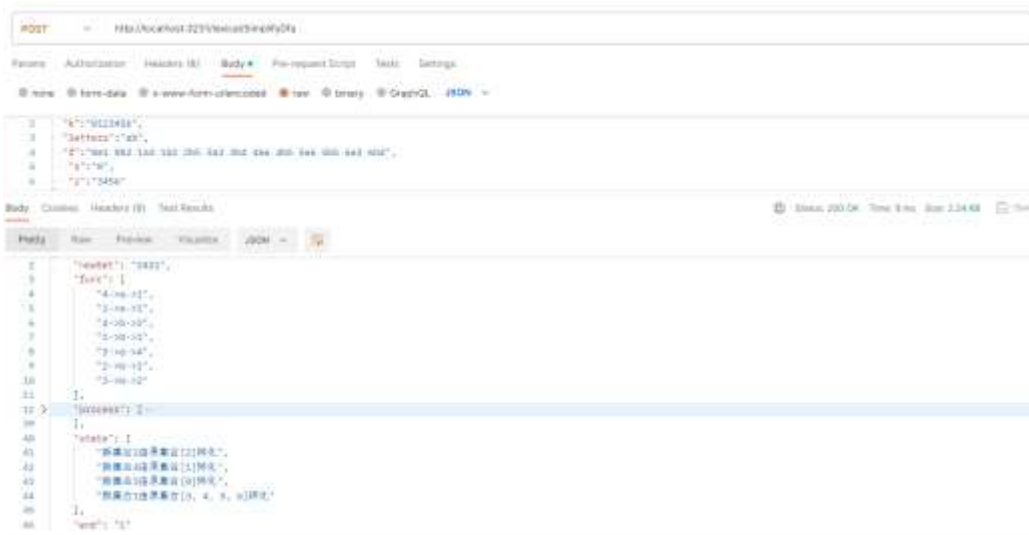


图 6-11 化简 DFA 测试用例 1

LL (1) 分析测试用例的测试结果如图 6-12、图 6-13、图 6-14、图 6-15 所示。

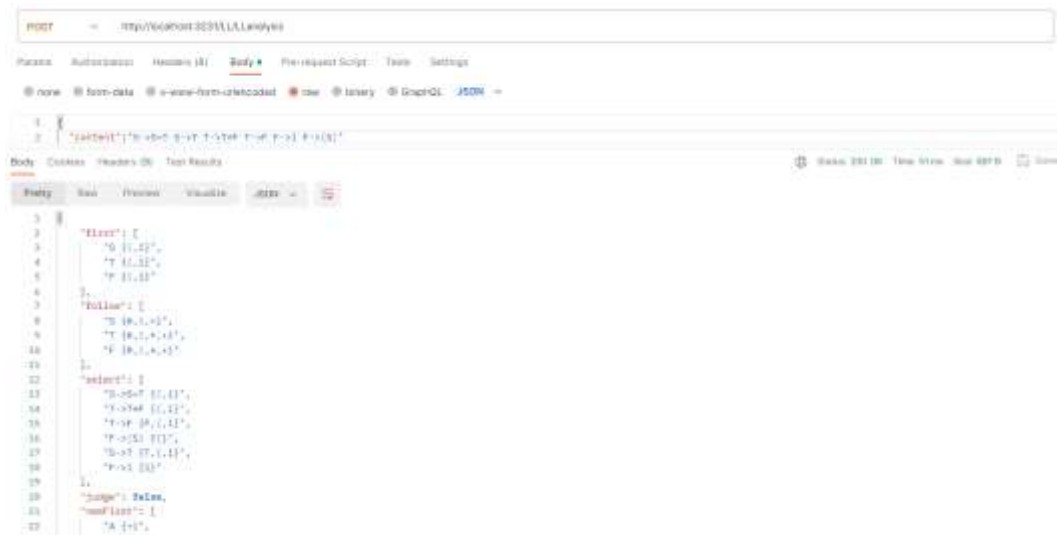
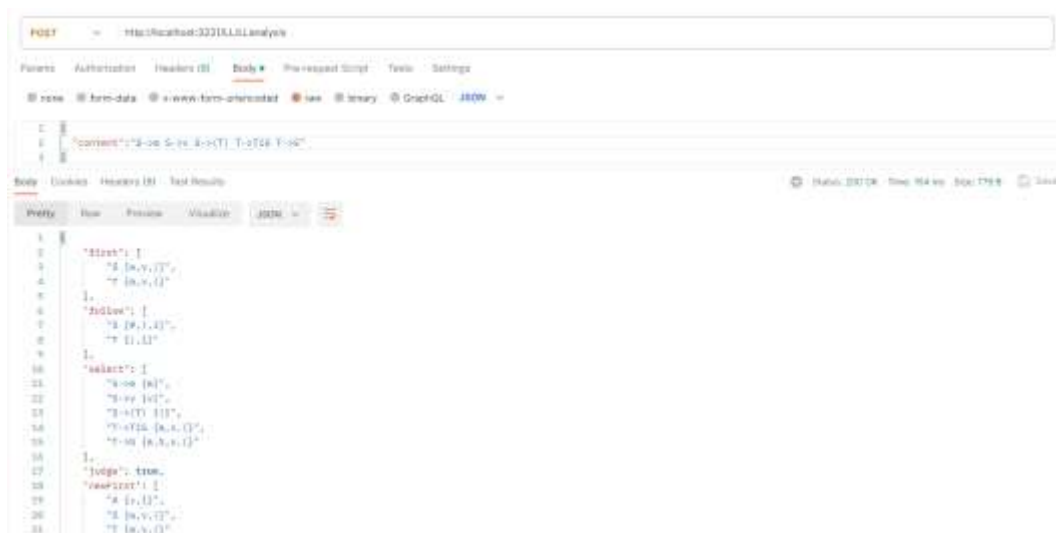


图 6-12 LL (1) 测试用例 1



图 6-13 LL (1) 测试用例 1



总结与展望

本文首先通过研究编译原理的国内外教学现状,以及同学们对于编译原理学习的反响和当下社会的大环境对编译原理教学模式进行深思。在此基础上明确编译原理教学演示系统的大致实现方向。考虑到自己学习的专业知识后端的框架采用 Spring Boot、Vue2.js 等框架来开发系统。其中编译演示模块需要大量复杂的算法来支持,所以决定在后端用 Java 语言来实现相关的算法。除此之外还要认真仔细的学习编译演示模块所需要的理论知识,要做到对这些理论知识熟能生巧,以此来保证在实现算法过程中更不会出现错误。

明确了系统的大致方向以及要使用的技术后,通过询问教师、同学以及上网查询资料等多种途径,明确系统的需求,并进行系统的详细功能设计,这其中要考虑接口的设计、安全性的设计、满足系统性能指标设计等等。本系统主要包括用户信息管理、课程资料管理、编译过程演示、师生问答等四个主要模块。每个模块下还包含若干子功能。最后要对开发好的系统进行功能测试,对于功能不完善的模块进行二次开发,保证系统质量。

经过一段时间的学习以及对编译原理教学演示系统的开发,我遇到了许多的问题。首先由于自己在系统开发的前期,由于对于编译理论知识的不熟悉,导致在算法编写的过程中出现了极大的困难。导致在将演示过程数据传递给前端的时候,前端的演示效果并不是很尽如人意,好在在系统开发的过程中考虑到了这一点,在设计系统的时候,系统具有很好的可扩展性。在后续系统的改进与完善过程中,应该注意将演示过程设计的更加详细、更加易于理解。

致 谢

大学四年过去的真的很快，每当我漫步在校园的图书馆、教学楼、操场，这四年来点点滴滴就不停的在我的眼前浮现。在这四年前，这座美丽的校园真的给我留下了许多美好的回忆，让我遇到了许多值得珍视的人，也让我成长了许多。有了这些，我的大学校园生活才能画上一个完整的句号。“进德修业，精益求精”，这两个词语伴随了我的整个大学，我也用四年的时光来理解它，并用我的实际行动去践行它。也正是这两个词语让我在面对困难与挫折时总是能够勇往直前。

本次毕业设计的题目对我来说是一个学习上检验也是对我个人的一个挑战。在孙红艳教师的耐心指导下，我理解了许多编译原理理论上比较抽象的知识，为我更好地实现系统功能提供了很大的帮助。孙教师以科学、严谨的态度抱住我从选题到系统功能的实现，再到最终毕业论文的撰写都给了我很大的帮助。再者就是各个高校的教师，我通过阅读他们的论文以及研究成果，给了我许多的启发以及灵感。编译原理教学演示系统的设计以及毕业论文的书写离不开他们的助力。直到现在我才越发的感觉，我只不过是站在前人的肩膀上获取我的成果。

这四年来我需要感谢的人有很多，有热情阳光、有求必应的学长，诙谐幽默、乐于助人的同学，无私奉献、精益求精的教师以及永远选择站在我身后支持我的家人们。每当我遇到困难感觉很孤独很无力的是时候，总是你们的一举一动温暖着我、感动着我。也正是因为你们才让我这四年来我变了很多，从大一的稚嫩、大二的冲动、大三的冷静再到大四的成熟。虽然现在的我还不够优秀，但是我正在向着优秀努力前进。多少次碰壁后的无奈与伤心都试图将我击倒，但是我一次又一次的站起来，为的就是攀上那座遥不可及的高峰。人们总是说年轻真好，可是谁又能知道年轻的真正含义呢。大四即将结束，毕业设计仿佛就是我们这些大学生奔向人生起点所必须要打开的那扇门。门的后面通向哪里或许知道现在我也看不清，但是我始终相信，不断坚持，不断超越，我们总会拨开云雾看见太阳。

最后真的由衷的感谢对我毕业设计提供帮助的各位教师、同学以及朋友。感谢开题答辩以及中期答辩过程中李杰教师、斯庆巴拉教师以及王健教师对我的毕业设计多提出的宝贵意见，同时也感谢所有评审委员以及答辩委员在百忙之中抽出时间来阅读本文。

参考文献

- [1] 史涯晴. 突出编程能力培养的编译原理课程教学改革[J]. 计算机教育, 2022(9):105-108. DOI:10.3969/j.issn.1672-5913.2022.09.029.
- [2] 胡玲. 基于认知学习理论的编译原理课程 SPOC 混合学习实践[J]. 内江师范学院学报, 2023, 38(2):106-112. DOI:10.13603/j.cnki.51-1621/z.2023.02.017.
- [3] 李军辉, 黄红妹. 《编译原理》课程教学分析和策略安排[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(28):132-133.
- [4] 孙艺珍, 李远成. 混合式教学模式下的编译原理翻转课堂教学实践[J]. 新教育时代电子杂志(教师版), 2020(48): 132-133.
- [5] Zhang Y, Dou Y, Meng X, et al. Gamification of lr algorithm: Engaging students by playing in compiler principle course[C]//2020 15th International Conference on Computer Science & Education (ICCSE). IEEE, 2020: 396-400.
- [6] 任小强, 王雪梅, 唐晓华, 等. 基于 Python 的编译原理教学演示模块设计与实践[J]. 工业控制计算机, 2021, 34(9):72-73. DOI:10.3969/j.issn.1001-182X.2021.09.028.
- [7] Bing L. Research and implementation of database connection pool technology based on JDBC[J]. Computer and modernization, 2015, 7: 32-34.
- [8] 张志云. 探究计算机软件开发中 Java 编程语言的应用[J]. 信息记录材料, 2023, 24(4):110-112.
- [9] 张清新. 基于计算机软件开发中的 Java 编程语言分析[J]. 中国设备工程, 2022(14):118-120. DOI:10.3969/j.issn.1671-0711.2022.14.051.
- [10] Sridhar S, Sanagavarapu S. A Compiler-based approach for natural language to code conversion[C]//2020 3rd International Conference on Computer and Informatics Engineering (IC2IE). IEEE, 2020: 1-6.
- [11] Abdulkareem S A, Abboud A J. Evaluating python, c++, javascript and java programming languages based on software complexity calculator (halstead metrics)[C]//IOP Conference Series: Materials Science and Engineering. IOP Publishing, 2021, 1076(1): 012046.
- [12] Matallah H, Belalem G, Bouamrane K. Comparative study between the MySQL relational database and the MongoDB NoSQL database[J]. International Journal of Software Science and Computational Intelligence (IJSSCI), 2021, 13(3): 38-63.
- [13] 詹泽玲, 黄毅斌, 邱树伟. 基于 Spring Boot 和 MyBatis-Plus 的智能社区医疗服务系统的设计与实现[J]. 计算机与网络, 2022, 48(3):66-69.
- [14] 刘敏. 基于 Spring Boot 框架社交网络平台的设计与实现[D]. 湖南大学, 2018.
- [15] 陈灵. Vue.js 在前端开发应用中的性能影响研究[J]. 《中文科技期刊数据库(引文版)工程技术》, 2023(3):0010-0013.

- [16] 王中卿, 朱培培. 层次化精准编译原理实践教学[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(20):158-159.
- [17] 朱冲, 陈雪飞, 张聪品. 编译原理中语法分析探讨及其应用[J]. 福建电脑, 2015(6):148-149. DOI:10.3969/j.issn.1673-2782.2015.06.077.
- [18] 党文婕, 黄宁. 编译器语法分析器(自上而下)模块的实现—LL(1)预测分析程序[J]. 数字化用户, 2018, 24(28):170. DOI:10.3969/j.issn.1009-0843.2018.28.155.
- [19] 石凤贵. 《编译原理》中 LR(0) 语法分析动态演示系统分析与设计[J]. 电脑知识与技术, 2020, 16(3):83-84.
- [20] 卜晔. 软件测试策略和测试方法的应用分析[J]. 科技风, 2020(36): 105. 106.

北华航天工业学院

本科毕业设计（论文）成绩单

姓名	张旭	班级	B19532	学号	2019405A419	入学时间	2019 年 09 月
学院	计算机学院			专业	软件工程		
指导教师	孙红艳	职称	副教授	设计（论文）起止时间		2022 年 11 月-2023 年 5 月	
设计（论文）题目	编译原理教学演示系统的设计与实现						
开题 答辩 评语							
	成绩 1		开题答辩组长签名			年 月 日	
中期 检查 评语							
	成绩 2		中期检查组长签名			年 月 日	
评阅 小组 评语							
	成绩 3		评阅人签名			年 月 日	
验收 答辩 评语							
	成绩 4		答辩小组组长签名			年 月 日	
综合 评定 成绩	答辩委员会主任签字： <div>单位（公章） 年 月 日</div>						

注：综合评定成绩=成绩 1*0.1+成绩 2*0.2+成绩 3*0.2+成绩 4*0.5

（各学院成绩构成分项根据学校要求可适当微调，成绩比例由学院根据学校要求自行设定，打印时这句话删掉。）