



2023 CCF CHINASOFT  
中国软件大会

# 编译虚拟教研室建设交流

蒋竞

编译课程虚拟教研室

“101计划”编译原理虚拟教研室

[jiangjing@buaa.edu.cn](mailto:jiangjing@buaa.edu.cn)



- 2009年：**第一届全国编译课程研讨会**（北京）
- 2011年：**第二届全国编译课程研讨会**，国防科技大学承办
- 2013年：**第三届全国编译课程研讨会**，河南大学承办（设国际分论坛，普渡大学参加）



- 2015年和操作系统、计算机组成原理联合，成立“全国高校计算机系统类课程教学研讨会”。
- 2017年全国高校计算机系统类课程教学研讨会（恩施）
- 2019年全国高校计算机系统类课程教学研讨会（西宁）
- 2021年全国编译在线师资培训（中科大、华为）



# 编译课程虚拟教研室建设点

2023 CCF CHINASOFT  
中国软件大会



## 教育部司局函件

教高司函〔2021〕10号

### 教育部高等教育司关于开展虚拟教研室 试点建设工作的通知

各省、自治区、直辖市教育厅（教委），新疆生产建设兵团教育局，有关部门（单位）教育司（局），部属各高等学校，部省合建各高等学校，2018—2022年教育部高等学校教学指导委员会：

加强基层教学组织建设，全面提高教师教书育人能力，是推动高等教育高质量发展的必然要求和重要支撑。虚拟教研室是信息化时代新型基层教学组织建设的重要探索。为贯彻落实《教育部关于加快建设高水平本科教育 全面提高人才培养能力的意见》（教高〔2018〕2号）和《教育部关于深化本科教育教学改革 全面提高人才培养质量的意见》（教高〔2019〕6号）等文件精神，探索推进新型基层教学组织建设，经研究，我司决定开展虚拟教研室试点建设工作。现将有关事项通知如下。

#### 一、指导思想

以习近平新时代中国特色社会主义思想为指导，深入贯彻全国教育大会精神和《中国教育现代化2035》，以立德树人根本任务，以提高人才培养能力为核心，以现代信息技

32	专业建设类	交通运输专业虚拟教研室	北京交通大学	张星臣
33	专业建设类	北京地区高校交通工程专业虚拟教研室	北京交通大学	姚恩建
34	教学研究改革 专题类	专创交叉融合研究虚拟教研室	北京工业大学	高国华
35	课程（群） 教学类	电子线路和电子技术课程群虚拟教研室	北京航空航天大学	张晓林
36	课程（群） 教学类	编译课程虚拟教研室	北京航空航天大学	张莉
37	课程（群） 教学类	计算机类专业系统能力课程群虚拟教研室	北京航空航天大学	高小鹏
38	课程（群） 教学类	生物力学课程虚拟教研室	北京航空航天大学	樊瑜波
39	专业建设类	电磁场与无线技术专业虚拟教研室	北京航空航天大学	苏东林
40	专业建设类	飞行器动力工程专业虚拟教研室	北京航空航天大学	陶智

获批时间：2022年2月21日

几乎同时，101计划启动-12门核心课程

创新  
教研形态

加强  
教学研究

共建  
优质资源

开展  
教师培训

# 编译虚拟教研室成员分布

26个省/直辖市  
105所高校/企业  
158人



附件

## 第二批虚拟教研室建设试点名单

序号	教研室名称	学校名称	带头人
1	新结构经济学虚拟教研室	北京大学	林毅夫
2	“101计划”计算机专业核心课程虚拟教研室	北京大学	郭 耀
3	“101计划”算法设计与分析课程虚拟教研室	北京大学	汪小林
4	“101计划”离散数学课程虚拟教研室	北京大学	王捍贫
5	“101计划”操作系统课程虚拟教研室	北京大学	陈向群
6	面向人文社科学生的大学数学课程群虚拟教研室	中国人民大学	龙永红
7	“101计划”数据库系统课程虚拟教研室	中国人民大学	杜小勇
8	大学体育课程虚拟教研室	清华大学	刘 波
9	面向沿边地区人居环境改善的城乡规划大数据理论与方法课程虚拟教研室	清华大学	龙 瀛
10	核辐射物理及探测学课程虚拟教研室	清华大学	杨祎罡
11	“101计划”计算机网络课程虚拟教研室	清华大学	吴建平
12	“101计划”计算机组成与系统结构课程虚拟教研室	清华大学	刘卫东
13	轨道交通信号与控制专业虚拟教研室	北京交通大学	戴胜华
14	车辆工程专业(轨道车辆智能运维方向)虚拟教研室	北京交通大学	刘志明
15	“101计划”编译原理课程虚拟教研室	北京航空航天大学	张 莉

获批时间：2022年5月19日

面向拔尖人才培养，小规模在线教研室

## 教育部办公厅

教高厅函〔2022〕13号

### 教育部办公厅关于公布第二批虚拟教研室建设试点名单的通知

各省、自治区、直辖市教育厅（教委），新疆生产建设兵团教育局，有关部门（单位）教育司（局），部属各高等学校、部省共建各高等学校，2018—2022年教育部高等学校教学指导委员会：

为贯彻落实“十四五”教育发展规划有关部署，加快虚拟教研室建设，经各地各高校和教育部高等学校教学指导委员会推荐、专家综合评议，我部按工作程序确定了第二批虚拟教研室建设试点名单，现予以公布（名单见附件），并就有关事宜通知如下。

创新  
教研形态

加强  
教学研究

共建  
优质资源

开展  
教师培训

# “101计划”编译原理课程组

2023 CCF CHINASOFT  
中国软件大会



课程名称	牵头单位	负责老师	推荐参与高校	负责老师	其他参与老师		
				姓名	姓名	姓名	姓名
编译原理	北京航空航天大学	张莉	北京大学	张路	刘先华		
			清华大学	王生原	陈渝	姚海龙	翟季冬
			北京理工大学	计卫星	王贵珍		
			哈尔滨工业大学	陈鄞	单丽莉	郭勇	
			南京大学	许畅	陈林	冯洋	谭添
			电子科技大学	田玲	张栗粽		
			国防科技大学	王挺			
			中国科学技术大学	张昱			
			武汉大学	何炎祥	袁梦霆		
			中南大学	陈志刚	姚鑫		
			大连理工大学	江贺	徐秀娟	姚卫红	
			华东师范大学	黄波	张敏		
			山东大学	郑艳伟			
			北京航空航天大学	蒋竞	史晓华	胡春明	杨海燕

- **开展的活动和建设成效**
  - **国内外课程的调研**
  - **课程设计**
  - **课程建设（教学资源 and 教材）**
  - **课堂提升和教学交流/培训**
  - **教改项目**
  - **以赛促建（大学生编译系统设计赛）**

- **国内主要大学**：重点是35所有基础拔尖人才培养基地的高校（北航负责）
- 中国香港、台湾：南京大学（香港）哈工大（台湾）
- **美国**：中南大学（姚老师）、国防科大（王挺等），清华（王生元等）
- 亚洲（日本、新加坡）：北理工
- 欧洲：电子科大（牵头）葛宁
- 加拿大：山东大学
- 澳大利亚：武大（袁老师）江贺
- **工业界**：黄波。人才需求。
- **ACM2020**：编译课程的知识点 北大

立足国内教学传统  
吸收国外先进经验  
参考国际规范标准  
面向真实工业需求

## • 国际编译课程：

- 几乎所有的研究型大学都开设了编译课程，或者涉及了核心的编译课程内容。

- 名字不一样。

国家和地区	高校	课程名
美国	Stanford University University of California, Berkeley Carnegie Mellon University MIT Harvard University Princeton Cornell University University of Michigan	Compilers Programming Languages and Compilers Compiler Design Computer Language Engineering Compilers Compiling Techniques Introduction to Compilers Compiler Construction
加拿大	University of Toronto University of British Columbia	Compilers and Interpreters Introduction to Compiler Construction
香港	香港科技大学	Principles of Programming Languages
欧洲	ETH Zurich University of Cambridge	Compiler Design Compiler Construction
新加坡	新加坡国立大学	Compiler Design

## • 国外整体编译课程现状：

- 内容覆盖了完整的编译过程：从词法分析到代码生成，一直到优化，编译过程完整，前后端并重。
  - 例如斯坦福、MIT、普林斯顿、密西根等的编译课，从词法到中间代码的生成约占2/3学时，程序分析和优化约占1/3，个别学校超过1/3课时
- 理论与实践并重：往往有多个实践项目作业，甚至允许学生自行设计要编译的编程语言。
- 重视程序设计语言：有的学校单独开设了程序语言基础的课程，有的学校和编译课放在了一起
  - 如Berkeley、伊利诺伊大学等开设了“编程语言与编译器”，会介绍更多程序语言的内容，关注更多的语言类型，如函数式编程语言等
- 引入新兴编译技术：较多课程在传统编译技术的基础上引入了目前流行的开源系统，如Flex、LLVM、Yacc等。

## • 国内（大陆地区）编译课程现状：

- 课程基本上都覆盖了编译全过程，能做到前后端并重，但是在程序分析与优化方面，学时数差异较大
- 对编译新技术的引入参差不齐
- 非拔尖人才计划学校差距更大一些，编译前端成熟技术讲得多，新技术讲得少
- 坚持了理论与实践并重，但实验学时差异较大，不均衡
- 语言范式单一，主要是结合过程式语言
- 国内普遍缺乏程序语言学课程，编译课程对程序语言学的讨论相对较少

## • 部分国外重点高校教材调研清单:

国家	高校	课程名
美国	Stanford University University of California, Berkeley Carnegie Mellon University MIT Harvard University Princeton Cornell University University of Michigan	Compilers Programming Languages and Compilers Compiler Design Computer Language Engineering Compilers Compiling Techniques Introduction to Compilers Compiler Construction
加拿大	University of Toronto University of British Columbia	Compilers and Interpreters Introduction to Compiler Construction
香港	香港科技大学	Principles of Programming Languages
欧洲	ETH Zurich University of Cambridge	Compiler Design Compiler Construction
新加坡	新加坡国立大学	Compiler Design

## • 国际计算机课程规范标准调：

- 国际ACM/IEEE计算课程体系规范（CC）是ACM和IEEE-CS联合组织全球计算机教育专家共同制定的计算机类专业课程体系规范，可用于指导建设计算机专业课程体系。
- 该标准覆盖了编译器前端和后端的基础核心知识点，同时还涵盖无副作用编程、类型系统、运行时系统、元编程等进阶内容。
- 目前国内编译课程体系大多不涉及这些知识点，只有个别高校会讲到其中部分内容，比如类型系统等。这些内容是否讲，在哪门课，哪些专业讲，还须进行深入的研讨。

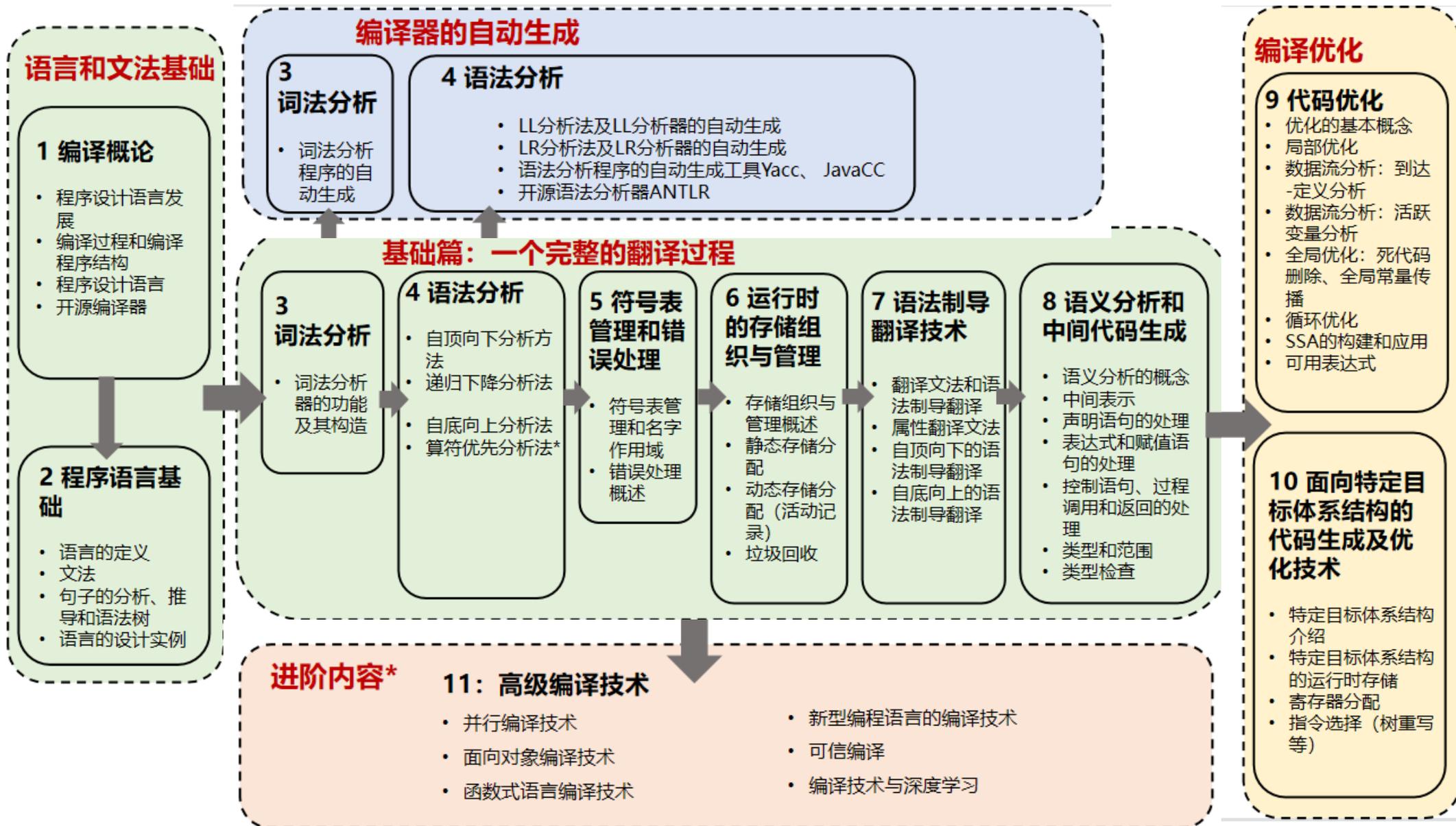
## • 工业界人才需求调研：

- 由于编译器前端技术相对成熟，工业届的需求更集中于**编译优化技术和后端技术**。
- 后端主要体现在**面向特定硬件体系架构**的代码生成与优化，还有**深度学习**等编译新技术，以及针对**新型语言特征**的编译技术。
- 为了构建自主软硬件生态：
  - **华为**为安卓系统编写方舟编译器，有效解决安卓程序“边解释边执行”的低效率问题；
  - **毕昇** (BiSheng) 编译器是针对鲲鹏硬件平台开发的高性能编译器，提供深度优化的编译技术，增强多核并行化、自动矢量化等，大幅提升指令和数据吞吐量；
  - **苹果**利用编译器优化GPU性能表现，使得许多机器学习模型能够在移动设备处理器上运行；
  - **英伟达**针对深度学习训练速度问题开发专用编译器，大幅优化计算任务性能。

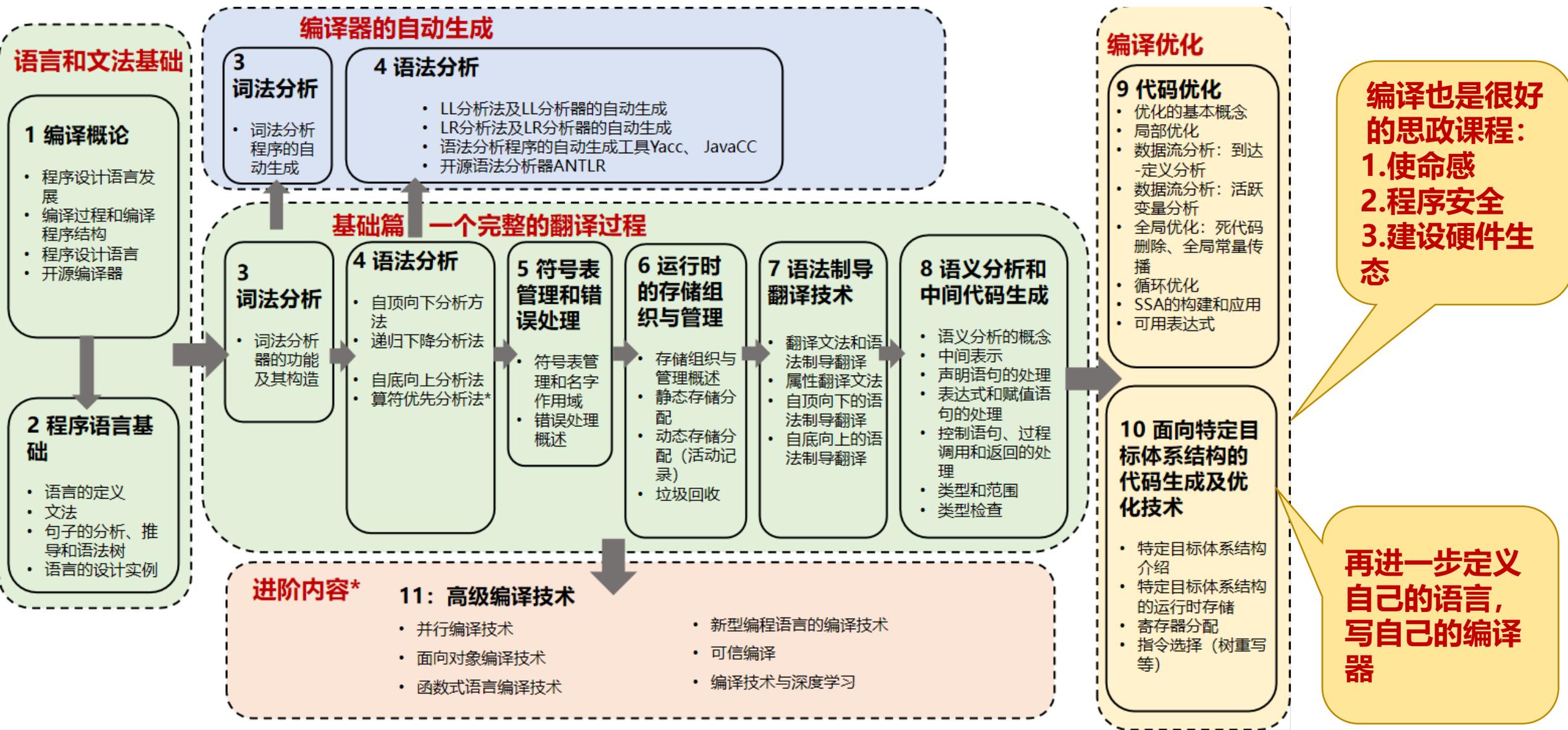
- **开展的活动和建设成效**
  - 国内外课程的调研
  - **课程设计**
  - 课程建设（教学资源 and 教材）
  - 课堂提升和教学交流/培训
  - 教改项目
  - 以赛促建（大学生编译系统设计赛）

- 了解现代编程语言的特点和主流编译技术，知晓开源编译有关系统。
- 掌握编译系统的功能、原理和构造方法（不局限于特定的程序设计语言和目标机），理解高级程序设计的运行机理。
- 具备完整小型编译系统的设计、实现和测试的能力；从而理解将一种程序设计语言程序到另一种程序等价转化的理论和方法。
- 掌握目前主流编译优化技术，具备针对特定硬件平台进行编译优化能力；理解程序的安全问题。
- 掌握形式语言以及自动机理论在编译器前端自动生成中的应用；理解不同方法和工具的作用和局限性。学会一种程序自动生成技术。
- 培养学生综合利用已有知识解决复杂问题的能力。（综合了程序设计、数据结构、组成原理、软件工程等课程知识）

- 基础篇
- 编译优化
- 自动生成
- 进阶部分



# 课程知识体系设计：52个核心知识点



拔尖计划高校

基础篇

编译优化

自动生成

进阶部分

特色：加强程序语言基础

特色部分

## 语言和文法基础

### 1 编译概论

- 程序设计语言发展
- 编译过程和编译程序结构
- 程序设计语言
- 开源编译器

### 2 程序语言基础

- 语言的定义
- 文法
- 句子的分析、推导和语法树
- 语言的设计实例

## 编译器的自动生成

### 3 词法分析

- 词法分析程序的自动生成

### 4 语法分析

- LL分析法及LL分析器的自动生成
- LR分析法及LR分析器的自动生成
- 语法分析程序的自动生成工具Yacc、JavaCC
- 开源语法分析器ANTLR

## 基础篇 一个完整的翻译过程

### 3 词法分析

- 词法分析器的功能及其构造

### 4 语法分析

- 自顶向下分析方法
- 递归下降分析法
- 自底向上分析法
- 算符优先分析法\*

### 5 符号表管理和错误处理

- 符号表管理和名字作用域
- 错误处理概述

### 6 运行时的存储组织与管理

- 存储组织与管理概述
- 静态存储分配
- 动态存储分配(活动记录)
- 垃圾回收

### 7 语法制导翻译技术

- 翻译文法和语法制导翻译
- 属性翻译文法
- 自顶向下的语法制导翻译
- 自底向上的语法制导翻译

### 8 语义分析和中间代码生成

- 语义分析的概念
- 中间表示
- 声明语句的处理
- 表达式和赋值语句的处理
- 控制语句、过程调用和返回的处理
- 类型和范围
- 类型检查

## 进阶内容\*

### 11: 高级编译技术

- 并行编译技术
- 面向对象编译技术
- 函数式语言编译技术
- 新型编程语言的编译技术
- 可信编译
- 编译技术与深度学习

## 编译优化

### 9 代码优化

- 优化的基本概念
- 局部优化
- 数据流分析：到达-定义分析
- 数据流分析：活跃变量分析
- 全局优化：死代码删除、全局常量传播
- 循环优化
- SSA的构建和应用
- 可用表达式

### 10 面向特定目标体系结构的代码生成及优化技术

- 特定目标体系结构介绍
- 特定目标体系结构的运行时存储
- 寄存器分配
- 指令选择(树重写等)

## 高等学校计算机类专业人才培养 战略研究报告暨核心课程体系



### • 三个部分

1. 高等学校计算机类专业人才培养战略研究报告
2. 高等学校计算机科学与技术专业核心课程体系
  - “101计划”重点建设的12门核心课程的知识体系
3. 高等学校计算机科学与技术专业人才培养方案

- **开展的活动和建设成效**
  - 国内外课程的调研
  - 课程设计
  - **课程建设（教学资源 and 教材）**
  - 课堂提升和教学交流/培训
  - 教改项目
  - 以赛促建（大学生编译系统设计赛）

- 教案：教学方案，体现教学设计
- 教案的内容包括
  - 参考学时：课程体系中的参考学时
  - 教学目标（能力要求）：参考课程体系中的能力要求
  - 教学内容及方法：主要强调知识点内容的讲授方法，形式不限
  - 教学重点和难点
  - 知识点测评：针对重要的教学内容
  - 拓展阅读：其它相关材料

※ 是否需要写教案？PPT能否代替教案？

※ PPT更多关注内容，不能迷失方向

※ PPT是教师上课使用，给学生看的

※ 教案：教学方案的简称，是教学设计，给老师看的。

## 模块 1: 编译概论

知识点	主要内容	能力目标	参考学时	备注
1. 程序设计语言发展	程序设计语言的发展历史及其与编译程序的关系; 编译器、解释器等基础概念。	了解程序设计语言的发展历史与特点、理解编译器的作用 (A)	2	山东大学
2. 编译过程和编译程序结构	编译过程及每阶段的功能; 编译程序逻辑结构、前、后端和后端, 编译程序的前后处理器	了解编译器的典型结构和工作流程, 了解编译器各阶段的功能、输入与输出 (A)		山东大学
3. 程序设计语言	程序设计语言的定义方法、程序设计语言发展与新一代编程语言、程序设计语言的处理系统、编译程序和解释程序	了解程序设计语言 (B)	2	电子科大
4. 开源编译器	开源编译器类别、LLVM Clang、GCC 和 OPEN64	知晓开源编译有关系统 (B)	2	电子科大

## 模块 2: 程序语言基础

知识点	主要内容	能力目标	参考学时	备注
1. 语言的定义	语法和语义, 简要阐述语法规则、识别图, 语义的作用概念	掌握语言的定义方法, 语法和语义的概念及定义方法。(A)	1	电子科大
2. 文法	概念、形式化定义、分类	掌握文法的概念和形式化定义方法, 以及文法的常用表示方法; 了解文法的分类 (A)	1	电子科大
3. 句子的分析、推导和语法树等内容	文法产生的语言, 推导、规约及语法树等内容	理解文法产生的语言概念, 掌握句型、句子、语言的关系; 掌握推导、规约的概念以及具备利用语法树表示推导规约过程的能力。(A)	2	电子科大
4. 语言的设计实例	表达式、语句、程序单元等的设计原则和语言设计实例	了解设计语言的过程和方法; 理解字母表和词法规则定义; 了解表达式、语句、程序单元、程序单元的设计过程; 了解语言设计实例, 以及设计准则 (C)	2	电子科大

## 模块 4: 语法分析

知识点	主要内容	能力目标
1. 自顶向下分析法	自顶向下分析法的一般过程和问题; 消除左递归和回溯的方法; 回溯分析法	理解自顶向下: 一般过程和面临自: 备消除左递归: 能力。(A)
2. 递归下降分析法	递归下降分析法及其必要条件	能够设计递归程序。(A)
3. LL 分析法	LL (1) 分析法的原理和分析过程; LL(1)分析表的构造(FIRST 和 FOLLOW 集); LL (1) 文法的充分必要条件。	能够判断一个: 是 LL(1)文法; LL (1) 分析法分析; 能够构造分析器。(A)
4. 自底向上分析法	自底向上分析法的一般过程和问题; 句柄的概念。	理解自底向上: 一般过程和面临 (A)
5. 算符优先分析法	算符文法、算符优先文法 算符优先分析法的原理和分析过程; 算符优先分析表的构造 (firstvt 集、lastvt 集以及素短语等)	能够判断算符: 符优先文法; 能符优先文法分: 语法分析; 能符优先关系表。
6. LR 分析法	LR 分析法的原理和分析过程; LR (0) 项目集规范族的构造、LR (0) 分析表的构造; SLR (k) 分析表构造方法; LALR、LR (k) 分析表构造方法、识别程序的自动构造。	能够采用 LR 分: 语法分析; 能每分析表。(A) 能够构造 LALR 分析表 (B)
7. 语法分析程序的自动生成工具 Yacc	LALR (k) 分析表构造方法; 识别程序的自动构造; 语法分析器的自动产生工具 YACC。	了解语法分析: 生器 YACC 的工 (B)

## 模块 10: 面向特定目标体系结构的代码生成及优化技术

知识点	主要内容	能力目标	参考学时	备注
1. 特定目标体系结构介绍	微处理器体系结构简介 (复习和铺垫)	能够解释目标机器模型的结构和指令系统; 理解现代体系结构的特点; (A)	0.5	华师大
2. 特定目标体系结构的运行时存储	目标代码地址空间的实际划分 (复习和铺垫)	能够列举并解释常见的存储层次优化方法。(A)	0.5	华师大
3. 寄存器分配	全局寄存器分配及其图着色算法; 临时寄存器的使用和分配方法;	理解寄存器分配的原则; 设计和实现寄存器分配算法; 能处理在过程调用规范下有调用者保存和被调用者保存寄存器的情况。(A)	2	武大
4. 指令选择 (树重写等)	指令系统、指令调度、指令代价、指令选择、计算次序的选择、调用惯例等	能够针对特定优化需求进行指令选择。(C)	1	武大

## 模块 11: 高级编译技术

知识点	主要内容	能力目标	参考学时	备注
1. 并行编译技术	串行程序并行化技术; 并行语言处理技术; 并行程序处理技术。向量语言编译器。共享存储器并行机并行编译器;	掌握串行程序并行化的常用技术; 了解并行编程语言及并行程序处理技术。(C)	2-8	翟季冬 (清华) 任志磊 (大工)
2. 面向对象编译技术	面向对象程序设计语言的编译技术: 如何处理面向对象语言中的继承、封装、多态等要素。异常处理机制采用面向对象方法实现编译器	能力理解分析面向过程语言和面向对象语言的不同带来的编译系统实现的差别; 掌握单继承和多继承的实现机制、对象数据布局与方法调用机	4	江贺 (大工)

## 4.6“编译原理”知识点：LR 分析法

撰写人：邵兵，北京航空航天大学

### 1. 参考学时

3 学时。

### 2. 教学目标 (能力要求)

理解自底向上的自动化分析方法的原理和方法；理解利用 follow 集解决规约过程中出现的冲突，进而理解 SLR(1)分析表的构造；理解利用向前搜索符来解决规约过程中出现的冲突，进而理解 LR(1)分析表的构造；了解几种分析表的优缺点和适用范围，理解 LALR 分析法。

### 3. 教学内容及方法

(1) LR 分析法的原理和可能遇到的问题

**问题的引入：**和 LL 分析法类似，LR 分析法也是针对 II 型文法的自动化分析方法，是自动化语法分析工具 (YACC、Bison) 的理论基础，所使用的工具也是下推自动机。但和 LL 分析法不同的是，LR 分析法是自底向上地不断规约句柄，从而一步步地将源程序规约到最大语法单位。

规约过程中最大的问题，就是寻找句柄，并在此过程中处理遇到的各种冲突。下推自动机的栈顶构成了不止一个产生式的右端，该怎么规约？例如有文法  $A \rightarrow \alpha$  和  $B \rightarrow \alpha$ ，而下推自动机的栈顶发现了句柄  $\alpha$ ，应该规约成 A 还是 B？或者是  $A \rightarrow b$  和  $B \rightarrow Ab$ ，栈顶同时能够满足这两个产生式进行规约，该用哪个？

**解决方案：**根据下推自动机的工作原理，栈内字符串和尚未识别的栈外字符串一定要构成规范句型，因此栈内所保存的也一定是规范句型的前缀或者是活前缀（规范句型前缀的一部分）。由此，问题转化为如何识别规范句型活前缀。

**方法一：**可以采用有穷自动机理论构建能够识别规范句型活前缀的 DFA。

具体方法是，针对每一个产生式（正则表达式），构建一个 NFA。然后通过  $\epsilon$  弧将所有 NFA 的头和所有 NFA 的尾进行合并，构成一个总的 NFA，之后采用有穷自动机理论中的 NFA 确定化和最小化技术，对其进行处理，得到一个 DFA。

可以最常见的表达式文法为例：

$G[E]: E \rightarrow E + T | T$

$T \rightarrow T * F | F$   
 $F \rightarrow (E) | i$

第一步需要对文法进行拓广，变为

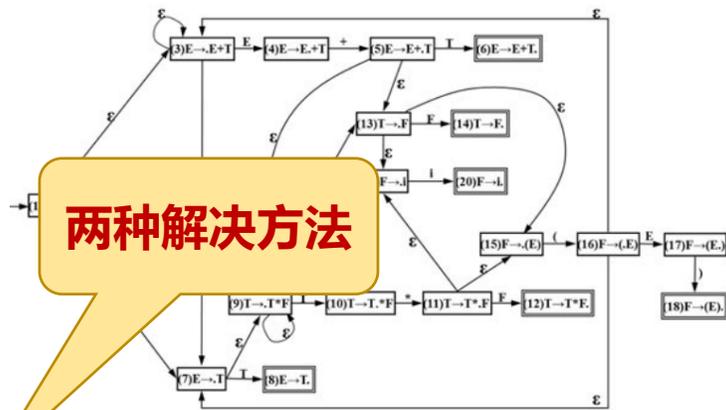
- ①  $E' \rightarrow E$                       ⑤  $T \rightarrow F$
- ②  $E \rightarrow E + T$                 ⑥  $F \rightarrow (E)$
- ③  $E \rightarrow T$                         ⑦  $F \rightarrow i$
- ④  $T \rightarrow T * F$

（此处可以提出问题：为什么需要对文法进行拓广，拓广的意义是什么？）

第二步列出文法的所有项目（这里解释“项目”的概念及物理意义）。

- (1)  $E' \rightarrow \cdot E$     (6)  $E \rightarrow E \cdot + T$     (11)  $T \rightarrow T \cdot * F$     (16)  $F \rightarrow ( \cdot E$
- (2)  $E' \rightarrow E \cdot$     (7)  $E \rightarrow \cdot T$         (12)  $T \rightarrow T \cdot * F$     (17)  $F \rightarrow (E \cdot)$
- (3)  $E \rightarrow \cdot E + T$     (8)  $E \rightarrow T \cdot$         (13)  $T \rightarrow \cdot F$         (18)  $F \rightarrow (E) \cdot$
- (4)  $E \rightarrow E \cdot + T$     (9)  $T \rightarrow \cdot T * F$     (14)  $T \rightarrow F \cdot$         (19)  $F \rightarrow i$
- (5)  $E \rightarrow E + \cdot T$     (10)  $T \rightarrow T \cdot * F$     (15)  $F \rightarrow (E) \cdot$     (20)  $F \rightarrow i \cdot$

第三步画出这些项目之间的状态转移图 (NFA)：



第四步将 NFA 确定化和最小化，画出状态转移图 DFA（见下页）：

此 DFA 的意义是能够识别文法  $G[E]$  所有的规范句型活前缀。

**方法 2：**采用项目集闭包来构建能够识别规范句型活前缀的 DFA

很显然，前述的方法 1 虽然好理解，但方法比较复杂，很容易出错。与之等价的项目集闭包的方法简单易行。

这里使用同样的文法  $G[E]$ ，从初始项目（项目集）开始通过计算其  $\epsilon$  闭包（该闭包即

### 通过问题引导

则面临栈外读到的字符时，不可能发生冲突。符合这种情形的文法即为 LR(0)文法。即不需要向前看栈外字符，就可以确定该做移进还是规约动作。

因此，根据有穷自动机，就能确定动作函数 action 和转移函数 goto。

LR(0)文法只有理论价值没有实用价值，但 LR(0)文法对理解其它文法很有帮助。

冲突是难免的，怎么解决（引导学生思考）？

(3) SLR(1)分析表

如果某一个项目集中，同时有冲突怎么办？——看尚未进栈的字符串。通过将要进栈的一个或多个字符，来确定下一步要做什么动作，也就是看栈顶符号的后继（follow 集）。

通过这一思路，用实例引导学生填写 action 表！

如果能够通过 follow 集就能唯一解决问题的文法——SLR(1)文法。如果看一个 follow 集符号还不行，那就继续看两个、三个，对应的就是 SLR(k)文法。

（抛出问题：是不是所有问题都可以通过 follow 集来解决？——举一个反例说明一些文法不是 SLR 文法。那么又该怎么解决？）

(4) LR(1)分析表

分析 SLR 文法的弊病——follow 集合太大，过于宽泛（follow 集是多场景下后继符号的总和）。

解决方法：引入向前搜索符的概念。向前搜索符是 follow 集的子集，是特定场景下的后继符号集合，因此比 follow 集更精确，由此引出 LR 文法。基本思想是，项目  $(A \rightarrow \alpha \cdot \beta, x)$  指出：序列  $\alpha$  在栈顶，且输入中开头的是可以从  $\beta x$  导出的符号串。

用实例介绍如何确定向前搜索符，并指导学生理解 LR(1)分析表的构建。

LR(1)分析表的状态会非常大，因此实用性差。怎么解决？

解决方案：忽略向前搜索符，合并主体部分完全相同的状态偶对。这样可以减少项目集数量，从而达到实用的目的。——LALR(1)分析。

YACC 其实就是使用 LALR(1)的自动化语法分析工具。

(5) 几种文法的关系

$LR(0) \subset SLR(1) \subset LR(1) \subset$  无二义文法

### 4. 教学重点和难点

教学重点：LR(0)分析法和 LR(1)分析法。

教学难点：规范句型活前缀和几种分析表的构造方法。

### 问题引入

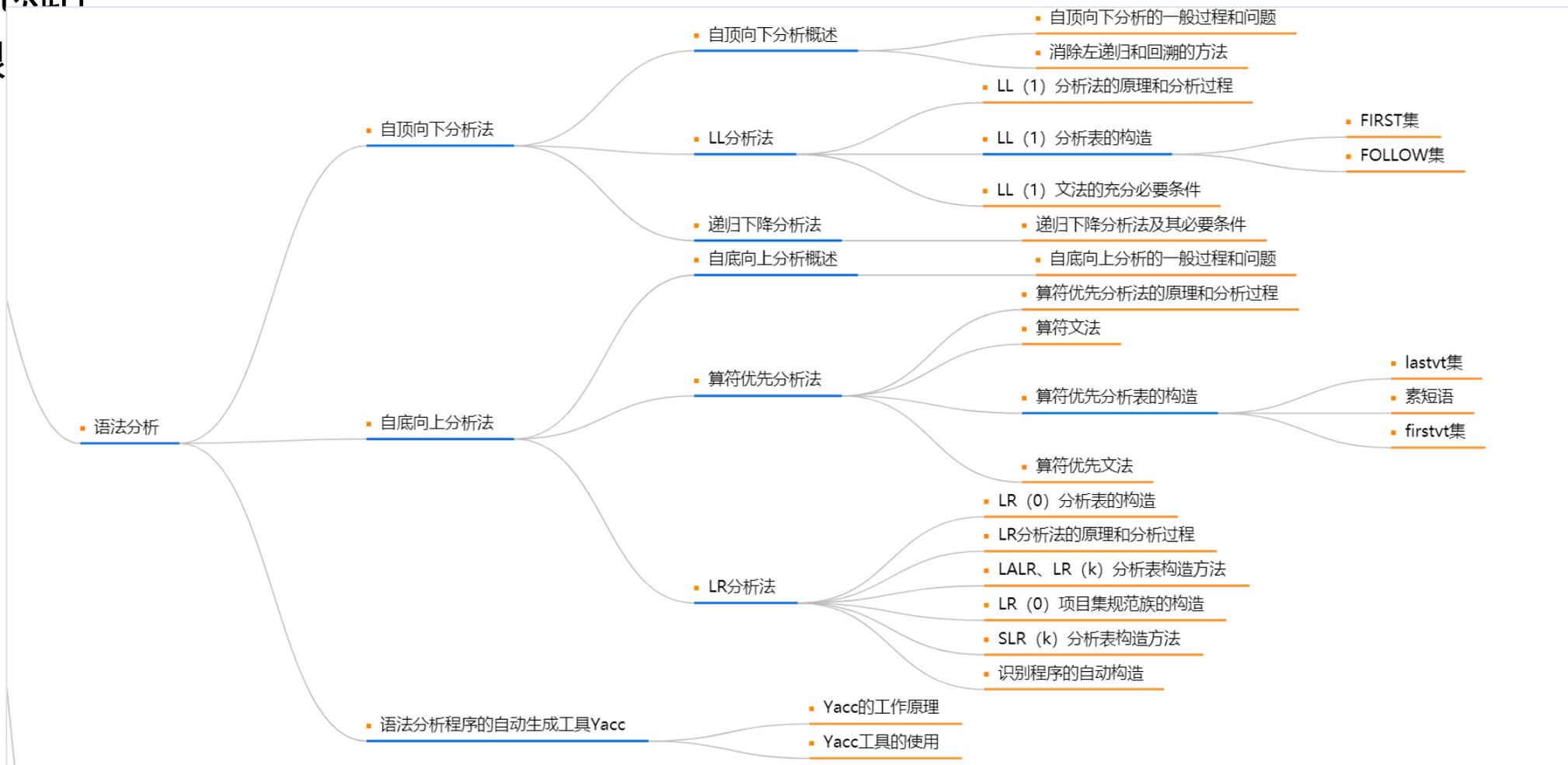
### 两种解决方法

## • 建设目标

- 建立结构化、可视化的课程知识网络，为人才培养和教学活动提供精准服务支持

## • 建设思路

### • 根



# 课程案例 (教学案例)

## 教学案例: Cases. 为了借鉴和学习

### 课程案例

了解各校课程特色

形成案例模板

收集各校案例

形成多类型课程案例库



大连理工大学 华东师范大学 电子科技大学 国防科技大学

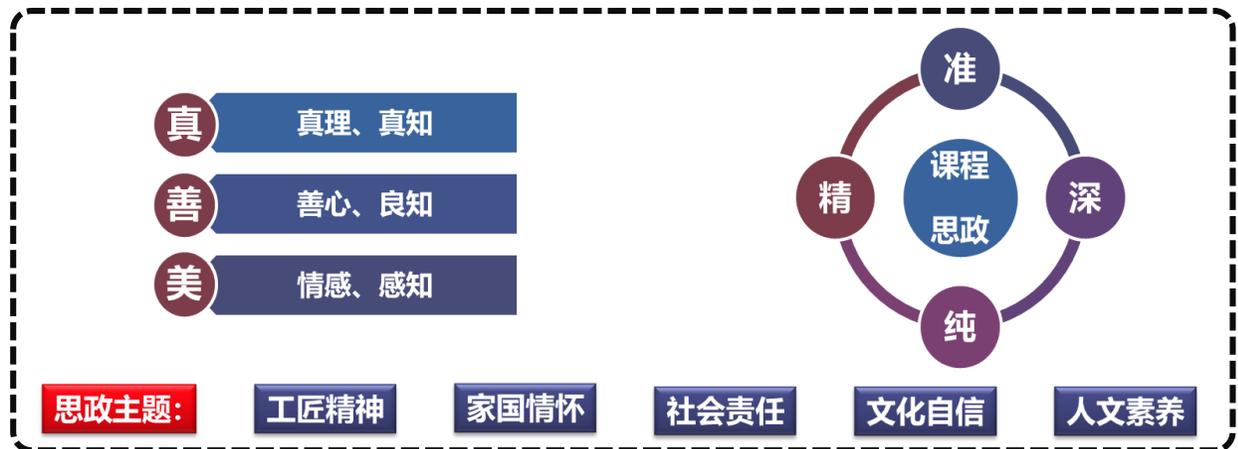


山东大学 中国科学技术大学 南京大学

## 课程案例库(22个案例)

C语言编译可视化系统  
借助有限自动机设计正规式  
消除直接左递归时语义规约  
交叉编译和跨平台应用仿真  
GCC 与 Clang/LLVM 优化  
Vectorization  
二义文法的语法分析表构造  
能被 3 整除的十进制数正  
词法分析  
C++的智能指针  
C++运行时类型信息 (RTTI)  
多线程编程基础  
用Bison和Flex为表达式语  
生C源码的解析器  
使用 ANTLR 为 C1 语言构造  
使用Flex和Bison构建SysYF词  
语法分析器  
用Bison和Flex为C1语言构造语  
查器

教学案例库	
案例名称	二义文法的语法分析表构造
作者信息	陈伟伟, 山东大学计算机科学与技术学院
案例类型	选择一种类型之二义文法
案例来源	山东大学计算机科学与技术学院
案例形式	博文+课程+书籍+视频教程
适用学生	计算机科学与技术相关专业本科生
推荐课程	编译原理
覆盖知识点	词法分析, 语法分析, 编译原理, 二义文法
案例描述	本案例由山东大学计算机科学与技术学院建设。二义文法是词法分析和语法分析中一类必然产生冲突的文法。但是在编译设计中有着重要应用。如 if then else 是各种编程语言必须解决的基本问题。本案例通过产生式图可以直观地展示二义文法语法分析中的问题。本案例是语法分析和词法分析相结合的一个综合应用。有利于学生综合应用词法分析和语法分析知识解决编译中遇到的问题。
案例清单	1. 案例描述 2. 案例来源 3. 案例形式 4. 案例适用 5. 案例推荐



## 思政案例库(11个案例)

案例一：先辈光辉 崭新篇章

夏培肃

- 中国计算机事业的奠基人之一，被誉为“中国计算机之父”

案例二：见贤思齐 自力更生 中文编程语言

案例三：精简结构 高效管理 控制结构与社会治理

案例四：编译发展 人生亦然

案例五：善于自省 精进不休 词法与自省

案例六：个人奋斗 祖国复兴

格雷丝·赫柏

- 1930年，她获得耶鲁大学数学硕士学位；1934年成为耶鲁大学历史上第一位女数学博士
- 刚佩上海海军中尉副官，她被任命为著名计算机专家霍德·艾博博士的助手，参与Mark I 计算机的研制
- 1959年5月，在五角大楼支持下，她带着一个工作委员会，成功地研制出第一个商用编程语言Cobol

案例七：拒绝小观 敢为人先

案例八：刻苦攻关 全面开花

案例九：因地制宜 乘机应变 “翻译”的思考

案例十：力争国产化 拒绝“卡脖子”

案例十一：冲出壁垒 科学突破

### 崛起中国

习近平总书记提出：“要加快建设制造强国、质量强国、航天强国、交通强国、网络强国、数字中国。”

中国已在超级计算机、民用无人机、5G技术、轨道交通、光纤技术等诸多领域实现了国际领先

## 实验资源收集和归纳

- 制定了实验项目描述规范
- 在虚拟教研室范围内征集实验项目
- 收集到4所学校的14项实验项目描述
- 在虚拟教研室资源平台上分类与共享



知识模块	项目数目
词法分析	2
语法分析	3
语义分析	1
中间代码生成	1
优化	1
目标代码生成	1
错误处理	1
综合实验	4
合计	14

### 编译课程实验项目资源

课程名称: 编译技术  
学校: 北京航空航天大学  
课程团队: 杨海燕, 史晓

实验项目名称: SysY

1. 实验任务与目的  
根据 SysY 语言的文档培养学生编写符合词法规

2. 实验相关知识  
本实验训练学生运用的功  
识包括: 词法分析器的功  
(以下共五个实验, 分别说明)

课程名称: 编译原理  
学校: 南京大学  
课程团队: 许畅, 陈林, 冯洋, 谭添

实验一名称: 词法分析与语法分析

1. 实验任务与目的

本实验项目任务是使用词法分析工具 GNU Flex 和语法分析工具 GNU Bison 进一步学习词法分析工具 GNU Flex 和语法分析工具 GNU Bison 进一步学习词法分析工具 GNU Flex 和语法分析工具 GNU Bison 进一步学习词法分析工具 GNU Flex 和语法分析工具 GNU Bison

2. 实验相关知识

### 编译课程实验项目资源

课程名称: 编译原理  
学校: 清华大学  
课程团队: 王生原, 陈渝, 姚海龙, 翟季冬

实验项目

### 编译课程实验项目资源

1. 实验任务与目的  
给定的小型编译框架实现通过工具, 掌握并有助于

课程名称: 编译原理  
学校: 国防科技大学  
课程团队: 王挺, 黄春, 方建滨

实验项目名称: 用 LEX(Flex)生成 PL 语言的词法分析器

1. 实验任务与目的

本实验项目任务是使用 LEX(Flex)产生一个词法分析器。学生在学习词法分析程序自动生成原理的基础上进一步学习词法分析器产生工具 LEX(Flex), 理解 LEX(Flex)源程序的结构规范, 并编程实践, 掌握 LEX(Flex)程序的设计方法。

2. 实验相关知识

本实验训练学生运用所学的词法分析器自动生成知识来实现词法分析。涉及的源程序的结构规范, 并编程实践, 掌握词法分析器与语法分析器的设计方法。



在线开课入口 >



词法分析



语法分析



错误处理



代码生成



代码优化

编译过程各阶段的自动化评测

当前课程评测: 5338, 2019竞赛编程优化编译赛题文

【作业描述】

请在之前作业的基础上, 为编译器实现现代优化功能, 输入输出及处理要求如下:

1) 将源文件(统一命名为test1.c)编译生成OUP2二进制并输出到文件中(统一命名为out2.tst), 具体要求包括:  
a) 自行设计跨元式中间代码, 再从中间代码生成OUP2二进制, 中间代码输出的格式要求见文件“中间代码格式要求2019.docx”, 请实现输出中间代码有无失败, 失败化后的中间代码输出命名为“中间\_到\_优化前\_到中间代码.tst”的文件中;  
b) 从选择生成OUP2代码的中间, 均完成交叉编译作业;

2) 自行测试时, 可使用OUP2的仿真器(使用方法是见“OUP2的仿真器使用说明书.docx”), 提交到平台的编译器只需要能按统一的要求生成OUP2二进制文件即可。

(2) 优化的要求如下:  
a) 代码生成时合理利用寄存器, 包括全局寄存器临时寄存器, 建议使用规范的全局寄存器分配方法(例如: 用计数器着色法); 全局寄存器, 使用临时寄存器管理分配临时寄存器, 遵循红区的寄存器使用规范和调用规范, 并能生成较高质量的中间代码;

b) 建议实现基本块内部的公共子表达式消除(CSE)优化方法;  
c) 建议实现数据流分析(局部变量分析或到达定义分析)等较复杂的分析优化, 例如: 循环不变量提取, 构建变量冲突图等;

4) 建议实现理论上可行的其他类型优化, 例如: 代码内联, 常量传播, 复制传播, 死孔优化等;

5) 优化后得分按照以上表格排名结果为准, 完成优化的数量和质量, 生成代码的质量等因素, 仅作为辅助评价因素。

(3) 需要提交的中间代码交叉编译作业对本次作业的另一项要求如下, 以指导如何完成课程设计为主题内容, 若课程组在课程设计中遇到个别难点及所采用的解决方案, 要求内容具体, 阐述清楚, 题目和内容出自定, 注意, 提交中文优秀答卷为优秀, 提交的中文答卷将发布给下一届同学。

【输入形式】test1.c, tst为符合文法要求的测试程序, 另外可能存在来自于标准输入的数据。

【输出形式】按如上要求将目标代码生成结果输出到out2.tst中, 再输出优化后的中间代码, 中文字符的编码格式要求UTF-8。

【评分要求】只有运行结果完全正确才进入排行榜, 按照FinalCycle = ALU + 1 \* Jump + 2 \* Branch + 2 \* Memory + 2 \* Other + 1的得分FinalCyc+4倍中间代码质量。

\*设置的分数为其在竞赛得分比例, 汇总成绩时按统一的标准进行计算。

2019年竞赛编程作业 - 2019竞赛编程优化编译赛题文【满分: 10.0】

排行榜

#	学号	姓名	Branch	Memory	ALU	Other	Jump
1	0	0	352	163	1		
2	12709	329	61743	162	18		
3	30257	505	63874	162	14		
4							
5	24468	549	57721	163	15		
6	25516	505	57619	162	272		
7	25516	505	57754	162	208		
8	25516	4215	59682	163	12		
9	25516	505	60871	162	279		
10							
11	25516	570	81561	162	275		
12	25516	700	81938	162	11		
13							
14	25513	562	82316	163	12		

代码行: 3456 | 正确率: 0.95  
102分钟

提交源文件, 只能提交以 test1.c 为后缀的文件:

选择文件 / test1.zip

下载源文件

Armed



educoder

## 编译原理和技术实践

收藏

章节 7 单元 22 选择题关卡 7 实践关卡 53 视频 14 经验值 17320 学习人数 3605 评分 ★★★★★

### 课程介绍

编译原理介绍的是编译器构造的一般原理、基本设计方法和主要实现的技术。在实际教学或学习中, 大家普遍认为编译原理和技术非常抽象且难学, 剖析其重要原因就是实践环节的缺乏或薄弱。

虽然只有少数人从事构造或维护程序语言的编译器的工作, 但正如 Alfred V.Aho 等在其编著的“Compilers: Principles, Techniques, and Tools”(俗称“龙书”)中指出的, “编译器相关的模型、理论和算法具有十分普遍的意义, 可以被应用到软件设计和开发中出现的各种各样的问题上”。

因此, 提高编译原理和技术的教学质量对提升学生的软件以至计算机系统的设计和开发能力非常重要。而要想提高学习质量, 就需要重视和加强实践。

中国科学技术大学《编译原理和技术》教学团队长期以来坚持对该课程, 特别是其实践内容进行持续改革, 已建设出多套循序渐进、规模适度、“综观全局、实现局部”且强调工程质量规范的课程实践项目。本实践课程就荟萃了该教学团队研制的贴近工业界需求、配合编译原理线上或线下课程教学、以循序渐进开发编译器为目标的系列线上实训。

化功能(MIPS)。

### 课程须知

本实践课程适用于作为大学三年级《编译原理和技术》或同类课程的线上配套实验, 也适合于计算机软件 and 系统从业者自学使用。

### 参考教材:

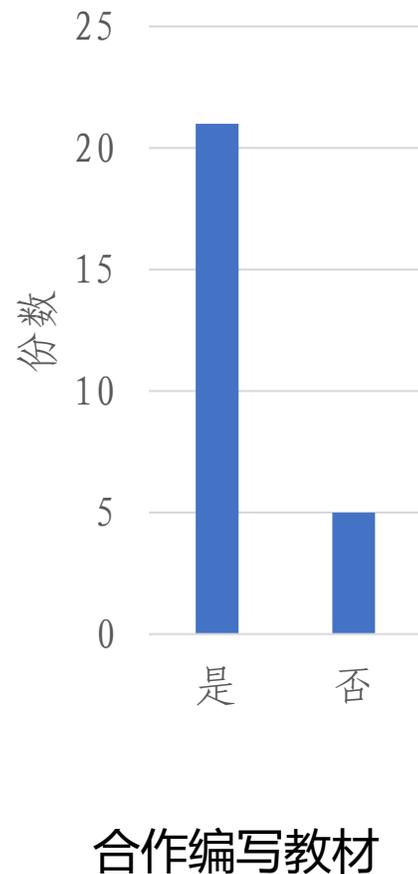
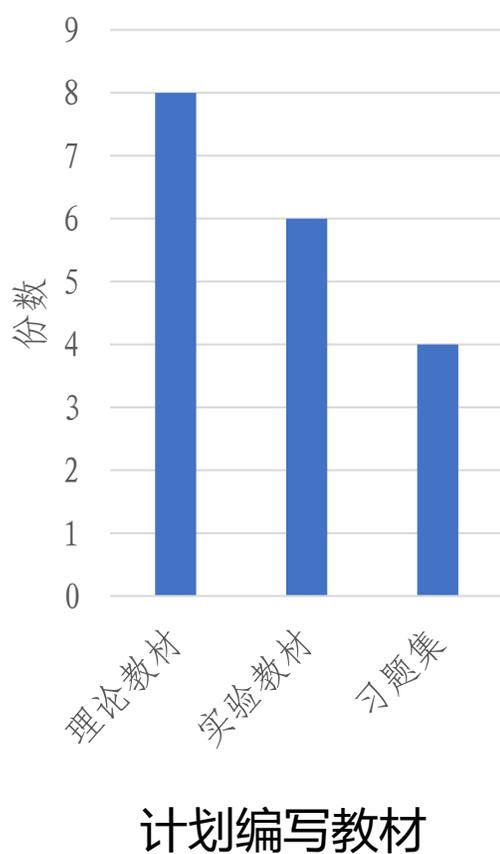
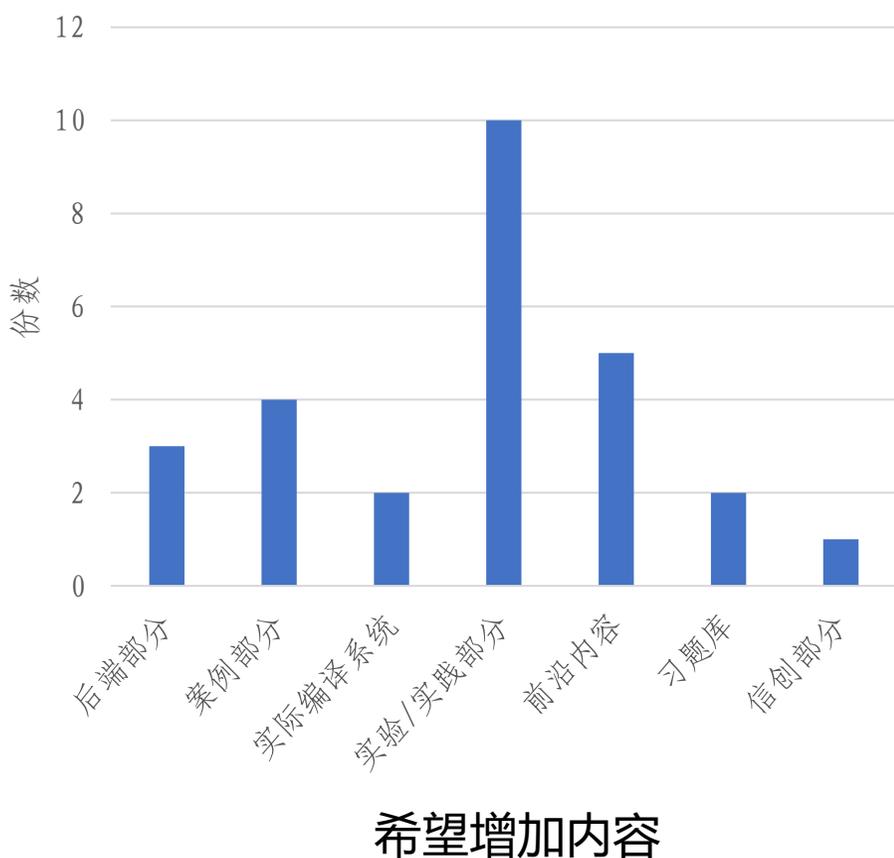
- 陈意云、张昱著《编译原理(第3版)》, “十二五”普通高等教育本科国家级规划教材, 高等教育出版社, ISBN: 9787040404913, 2014-09-01;
- 张昱、陈意云著《编译原理与技术》, 普通高等院校计算机专业特色教材, 高等教育出版社, ISBN: 978-7-040-29839-0, 2010-08-01;
- 张昱、陈意云著《编译原理实验教程》, 高等教育出版社, ISBN: 978-7-040-26150-

## 希冀平台与头歌共支持70所高校开展编译实践课程

希冀: 北京航空航天大学、北京大学、南开大学、重庆大学、华中科技大学等  
头歌: 国防科技大学、中南大学、中国科学技术大学、桂林电子科技大学等

## ➤ 调研: 国内外教材建设情况

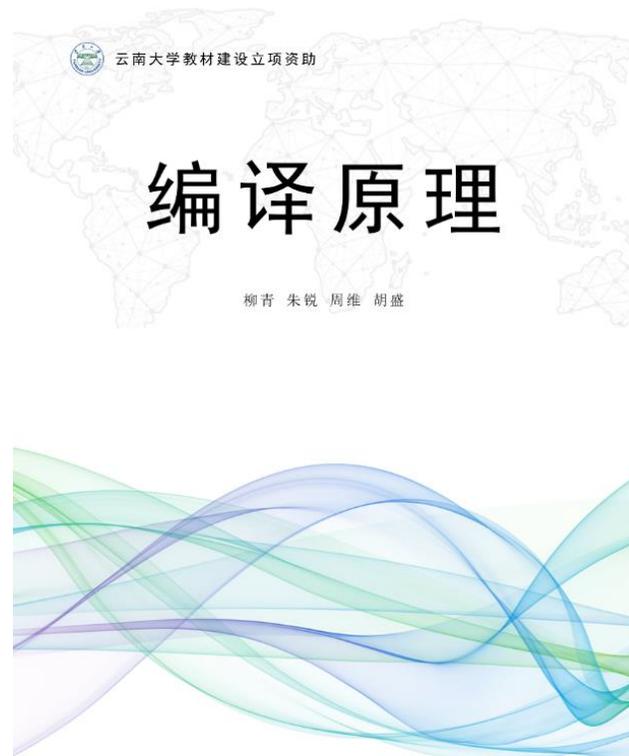
### • 在虚拟教研室范围内开展调研分析



- 编译原理 第四版 (可购买)
  - 武汉大学 何炎祥老师主编



- 编译原理
  - 云南大学 柳青、朱锐、周维、胡盛



科学出版社

## 一、三本理论教材：

1. 《**编译原理与技术**》：侧重编译基础，融入编译前沿技术，突出面向特定硬件平台的代码生成，培养学生的使命感和责任感。适合全国各类高校选用。（**已提交**）

北京航空航天大学的张莉牵头、国防科技大学的黄春、电子科技大学的田玲、清华大学的王生原和北京航空航天大学的蒋竞参与。何炎祥老师审校。

2. 《**高级编译原理与技术**》：建议研究型大学根据教学要求和培养目标选用，或者作为研究生教材。

中国科技大学的张昱牵头，大连理工大学的江贺、北京大学的刘先华、北京理工大学的计卫星、中国科学技术大学的华保健参与。

3. 《**编译方法、技术与实践**》：以一门类C语言为例，从理论方法和技术实践两方面介绍编译器设计与实现的全过程和关键步骤，并提供配套实验的技术指导。（**已提交**）

南京大学的许畅牵头，南京大学的冯洋、山东大学的郑艳伟、哈尔滨工业大学的陈鄞、南京大学的谭添、陈林参与

## 二、两本实验教材

分别采用了不同的实验平台不同，包括头歌、希冀平台。

- 1、《**编译原理课程实践**》，国防科技大学王挺牵头，中南大学等参与撰写，采用头歌平台。
- 2、《**编译原理实践与指导教程**》，北京大学刘先华牵头，北京航空航天大学等参与撰写，采用希冀平台。（希冀平台是目前大学生编译大赛的支撑平台）

<https://ebook.hep.com.cn/index.html#/detail?id=1146692873895280640&bookType=>



高教书苑  
ebook.hep.com.cn

书名/作者/图书简介/作者简介

首页 分类 电子书 有声书 课程

电子书 > 编译原理与技术 (作者稿本)

**编译原理与技术 (作者稿本)**

作者: 张莉 黄春 田玲 王生原 蒋克 五星

ISBN: 出版时间: 定价: 限时免费

+ 加入书架 立即阅读

详情 目录

作者简介

张莉, 北京航空航天大学教授、计算机学院软件研究所所长, 教育部高等学校软件工程专业教学指导委员会委员, 全国高等学校计算机教育研究会副理事长。中国工程教育专业认证专家, 计算机学会教育专委会主任。曾获国家级教学成果一等奖、二等奖, 北京市教学成果二等奖, 北京市“三八”红旗奖章, 宝钢优秀教师奖, 被评为北京市教育工会教育创新标兵、北京市教学名师。

### 基础篇：从源代码到中间代码一个完整的翻译过程

- 1 编译概述**
  - 什么是程序设计语言
  - 编译程序相关处理系统
  - 开源编译器
  - 自展和移植
  - 编译技术应用
- 2 语言和文法基础**
  - 文法的非形式讨论
  - 符号和符号串
  - 文法和语言
  - 扩充的BNF表示和语法图
- 3 词法分析程序的设计**
  - 词法分析程序的功能及实现方案
  - 单词的种类及词法分析程序的输出形式
  - 正则文法及其状态图
  - 词法分析程序的设计与实现
- 4 语法分析：递归下降分析法**
  - 语法分析概述
  - 自顶向下分析方法及其问题
  - 递归下降分析法
  - 基于递归下降分析法的语法分析程序构造
  - 错误处理技术
- 5 符号表管理技术**
  - 符号表的内容和组织
  - 标识符的作用域及基本处理方法
  - 定位和重定位操作
  - 面向对象的符号表处理
- 6 运行时的存储组织及管理**
  - 静态存储分配
  - 动态存储分配
  - 内存垃圾回收器
  - 面向对象和函数式语言的存储组织
- 7 语法制导翻译技术**
  - 翻译文法
  - 语法制导翻译
  - 属性翻译文法
  - 自顶向的语法制导翻译
  - 自底向的语法制导翻译
- 8 语义分析和代码生成**
  - 语义分析的概述
  - 源程序的中间形式
  - 声明的处理
  - 表达式和赋值语句
  - 控制语句
  - 过程调用和返回的
  - 输入和输出语句

### 编译优化与代码生成

- 9 控制流和数据流分析**
  - 控制流分析
  - 数据流分析
- 10 代码优化技术**
  - 代码优化概述
  - 基本块内优化
  - 全局优化
  - 跨函数优化
  - 循环优化
- 11 目标代码生成及优化**
  - 代码生成涉及的问题
  - 微处理器体系结构简介
  - 地址空间
  - 指令选择
  - 寄存器的分配和指派

### 编译器的自动生成技术

- 12 词法分析程序的自动生成技术**
  - 正则文法与正则表达式
  - 有穷自动机
  - 词法分析程序的自动生成器
- 13 语法分析器的自动生成技术**
  - LL(1)分析法
  - 自底向上分析法及问题分析
  - 算符优先分析法
  - LR语法分析方法
  - 语法分析器的生成器YACC

### 编译器的实例分析与高级编译技术\*

- 14 语法制导翻译技术**
  - LL(1)文法的语法制导翻译
  - 自底向上语法制导翻译
- 15 LLVM编译架构**
  - LLVM架构
  - MLIR
- 16 高级编译技术**
  - 概述
  - 面向对象编译
  - 函数式语言编译技术
  - 可信编译
  - AI编译 (基于AI的Compiler)
  - 无处不在的并行 (ILP优化、向量化和并行化)
  - “存储墙” (局部性优化)

- **开展的活动和建设成效**
  - 国内外课程的调研
  - 课程设计
  - 课程建设（教学资源 and 教材）
  - **课堂提升和教学交流/培训**
  - 教改项目
  - 以赛促建（大学生编译系统设计赛）



## • 每月一次科研或教学讲座

<p>编译课程虚拟教研室</p> <h3>一流课程的建设</h3> <p>时间 2022.6.1</p> <p><b>张莉</b> 北京航空航天大学 教育部软件工程专业委员会，全国高等学校计算机教育研究会副理事长。教育部组织工程负责人，教育部组织工程负责人。北京市教育工会教育创新标兵“八”红旗奖章获得者</p> <p>内容简介： 借鉴工程教育认证“以学生为中心，持续改进”的教育理念，对标国家一流课程考核、评价方式，体现“两性一度”一流课程申请的体会和建议。</p> <p>主办单位： 编译课程虚拟教研室</p>	<p>编译课程虚拟教研室</p> <h3>编译教学</h3> <p>——结合工业界</p> <p>时间 2022.7.6</p> <p><b>黄波</b> 华东师范大学 华东师范大学教授，主要研究方向为系统优化。曾任首席工程师、驭势（上海）信息技术有限公司总经理和华为架构师。获国内外学术会议和期刊论文30余篇。</p> <p>内容简介： 从编译器的传统定义及广义定义、编译工具的角度阐述编译技术相关知识，并结合工业界对编译相关技术的编译教学的目标以及实现这些教学目的。</p> <p>主办单位： 编译课程虚拟教研室</p>	<p>编译课程虚拟教研室</p> <h3>LLVM开源编译基及其在教学与研究</h3> <p>时间 2022.8.3</p> <p><b>张昱</b> 中国科学院 中国科学院教授，入选全国高校计算机专业教学指导委员会。近年研究方向为计算等新兴领域的编译系统优化。曾出版多本语言理论相关教材，会议上发表论文100余篇。</p> <p>内容简介： 本报告介绍开源编译基础设施及主要流程，并结合讲者围绕LLVM 10年经验，介绍将LLVM引入到教学中。</p> <p>主办单位： 编译课程虚拟教研室</p>	<p>编译课程虚拟教研室</p> <h3>编译器形式化</h3> <p>时间 2022.9.7</p> <p><b>王生原</b> 清华大学 清华大学计算机系教授，从事程序设计语言方法等领域的研究。主持基于形式化验证可信编译L2C项目，开展多项基于Open64和CompCert的教学成果一等奖、二等奖各1次。获研促进会及行业协会一等奖5次、三等奖1次。</p> <p>内容简介： 本报告面向编译及相关课程的家分享交流编译器形式化验证(简介么形式化验证编译器、编译器形式、以及C语言可信编译器CompCert自己课题组的相关工作。</p> <p>主办单位： 编译课程虚拟教研室</p>	<p>编译课程虚拟教研室</p> <h3>编译器的可信保障与智能化</h3> <p>时间 2022.10.5 19:30-21:00</p> <p><b>江贺</b> 大连理工大学教授 大连理工大学教授、博导、大连理工大学人工智能大连研究院院长，国家优秀青年科学基金获得者（优青）。担任全国编译技术虚拟教研室副主任委员、教育部101计划课程建设组专家。目前主要研究兴趣为智能软件工程，侧重软件大数据处理、人工智能编译器、工业软件测试等。在专用编译器领域，已经形成了编译器构造、优化、测试的完整技术体系，所开发工具链在航空、航天、工业软件、自动驾驶等行业落地应用。</p> <p>内容简介： 编译器是软件及信息产业的基础架构。随着技术演进，GCC和LLVM等常规编译器已经难以适应航空、航天、机器人等新型场景涌现出的可信、智能化等多样化需求。本报告首先介绍适用于小型编译器的可信性概念及主流的可信编译器。在此基础上，报告介绍用于提高大型编译器质量的编译器测试方法。最后，介绍课题组研发的适用于自主无人场景的新型智能化编译器。</p> <p>主办单位： 编译课程虚拟教研室</p>  <p>扫码进入钉钉会议 钉钉会议号：441 891 33733</p>
---	--	--	--	--

## • 每月一次科研或教学讲座

编译课程虚拟教研室

### 寄存器分配：历史

时间 2022.11.2

华保健 中



现任教于中  
件学院，计算机  
任；主要研究兴  
和编译器技术、  
算机安全等。主  
科学基金等各类  
出版专著3部；  
、计算机安全、  
论文40余篇。获  
犀牛鸟研究基金  
学研究生教育先  
讯飞奖金等奖

### 内容简介：

寄存器分配是编译器后端的重要优化的无限多可能的变量，分配到机器的有限寄存器系统分析总结了经典的寄存器分配问题全面总结了各种分析策略和算法，包括图图分配、SSA分配、整数线性规划分配、分配问题历史与演进的研究的分析，对于寄存器分配器有一定的指导作用。

### 主办单位：

编译课程虚拟教研室

钉钉会

编译课程虚拟教研室

### 《编译原理》教学中 案例分享

时间 2022.12.7

田玲 电子



电子科技大学  
博士生导师，国家  
首席技术专家。中  
中学生英才计划”  
学智能金融与区域  
。长期从事大数据  
理论及应用技术研  
人，主持国家级、  
余项。获2021年  
科技进步二等奖，  
明二等奖，2016年  
等奖，2015年四川  
等科技成果奖励。

### 内容简介：

高校人才培养是育人和育才相统一的政培养大学生理想信念、价值取向、政治就必须从“真”、“善”、“美”等维度《编译原理》是计算机专业核心课程，在化等方面都蕴含着真善美元素。通过介基的先辈贡献，中文编程语言的发展、编思政策案例，在教受学生专业知识的同时，核心价值观。

### 主办单位：

编译课程虚拟教研室

钉钉会

编译课程虚拟教研室

### 编译课程虚拟教研室 表彰大会

时间 2023.1.14

第一部分：总结

- 1、编译课程虚拟教研室2022年度
- 2、2022年度表彰

第二部分：名师



蒋宗礼 国家级教  
育育奖，入选国家万  
工程教育专业认证资  
、国家级教学团队、市  
课和首批国家级一流  
国家规划教材4部、国  
教育专著多本，获国  
部级教学、科研奖励  
高等学校计算机类专  
任、全国高校计算机  
国计算机学会教育专  
会工程教育认证协会  
委员会、计算机类专

### 报告内容：

强调设计思想引导 培养

本次作为“编译原理”课程的一系  
研究室这个平台，就课程教学实践中的  
交流，希望能给大家的教学提供参  
对当前形势的认识；面向实现党的第  
向科学要效率、要质量、要水平，培  
有担当、能担大任的人才；对课程教  
人才培养的系统观，明确课程完整的内  
教学以培养学生的能力；对编译原理  
译原理是一门非常好、非常重要的课  
教学目标：对系统能力内涵的认识；  
题的系统求解、子问题求解面向系统，  
说明如何在编译原理课程中培养学  
解决复杂工程问题的能力。

### 主办单位：

编译课程虚拟教研室

钉钉会

编译课程虚拟教研室

### 开设“编译原理”课

时间 2023.3.10

何炎祥 武



何炎祥，博士、  
博士生导师，国家教  
育部政府特殊津贴（CCF）  
奖、CCF创建60周年  
计算机工程学会终  
大学校长助理、计算  
全国高校计算机教育  
教育专委会荣誉主任  
会专家咨询委员会主  
任、分布并行处理、  
程、自然语言处理等  
括863高技术计划项  
金重大研究计划项目  
重点项目和面上项目  
等40余项，发表论  
文、教材10本。获  
湖北省科技进步一  
等教师特等奖、湖北  
省名师、武汉大学  
“城市合伙人”和  
划”。

### 内容简介：

主要就计算机专业面临的新挑战，编  
必不可缺少的学习内容，编译技术的其它  
程的设置情况，以及对开设编译原理课  
面，简单表达了我自己对开设“编译理  
观点，请大家批评指正。

### 主办单位：

编译课程虚拟教研室

钉钉会

编译课程虚拟教研室

### 南京大学《编译原理》 课程实验建设

时间 2023.4.4 19:30  
20:30

许畅 南京大学教授



许畅，南京大学计算机科学与技术  
系教授、博士生导师，国家级人才。讲  
授《科学之光——走近计算机科学与人  
工智能》、《编译原理》和《软件工程  
研究导引》等课程，曾出版《编译原理  
实践与指导教程》一书。从事开放环  
境软件质量保障理论、方法与技术研究，  
曾获教育部新世纪优秀人才支持计划、  
科技部重点研发计划课题和基金委重  
点项目等资助；在TOSEM、TSE、ICSE、  
ESEC/FSE和《中国科学》等国内外重要  
期刊和会议上发表论文多篇，获ACM  
SIGSOFT杰出论文奖四次、ACM Europe  
Council最佳论文奖、国家科技进步二  
等奖、CCF青年科学家奖和中创软件人  
才奖等。

### 内容简介：

报告将分享南京大学在建设《编译原理》课程实验过程中  
的一些经验，分别介绍课程在整体上如何设计、课程的实验内  
容如何建设、以及课程的实验平台如何建设等一些细节，也会  
详细说明当前南京大学《编译原理》课程实验内容和平台的现  
状，期待与各位同仁一起建设《编译原理》课程。

### 主办单位：

编译课程虚拟教研室



扫码进入钉钉会议

钉钉会议号：714 980 78091

## • 每月一次科研或教学讲座

编译课程虚拟教研室

编译课程虚拟教研室

编译课程虚拟教研室

编译课程虚拟教研室

编译课程虚拟教研室

### 编译原理课程教学案

### 编译原理与技术 课堂中的思维训练

### 从安全关键软件看 编译系统开发与验证技术

### 南京大学编译原理 中间代码优化教学内

### 语言工程：领域特定语言的安全敏捷 开发及其支撑环境

时间 2023.5.10 19:30-20:00

时间 2023.6.7 19:30-20:30

时间 2023.7.5 19:30-20:30

时间 2023.9.6

时间 2023.10.11 19:30-20:30



陈歆 哈尔滨工业大

陈歆，工学博士，计算机学院副教授。国家《编译原理》负责人，首批优秀教师奖励计划获奖教师。研究方向为自然语言处理、编译等。2008年至今一直工作，主讲编译原理、信言处理、中文信息处理教材3部。

#### 内容简介：

编译原理被普遍看作是计算机本科教学中的一门课程。编译原理难学的一个主要原因是，导致学生理解起来比较困难。对于抽象应用的办法之一就是精心设计的案例进行辅助。有效的教学手段达到帮助学生理解的目的。哈尔滨工业大学在编译原理课程教学中设计的几实施方法，期待与各位同仁一起探讨。

主办单位：

编译课程虚拟教研室



扫码进入钉钉会议



张敏 华东师范大学教授

张敏，华东师范大学教授、博导，华东师范大学软件工程学院副院长。计算机学会形式化方法专委会委员，人工智能学会逻辑专委会委员。2019“高校计算机专业优秀教师奖励计划”获得者，上海市重点课程建设（2015），上海市精品课程建设（2018），国家一流课程（线下，2022）。曾获“面上自主可控软研究生国际协同培养创新实践”上教学成果二等奖（排名第二）。

主要从事形式化方法与验证、智能系统的可信保障等方面的研究。承担了国家自然科学基金面上基金、青年基金等项目，在国内外重要学术期刊和国际会议ISSTA, CONCUR, F1, SOP等相关领域国际一流会议和期刊发表30余篇。作为副主编之一，参与了全国计算机技术与软件专业资格（水平）考试用书《软件测评师教程》编写工作。

#### 内容简介：

编译原理与技术是软件工程和计算机科学与技术的基础课程、软件设计的重要基础。不仅仅要求学生能够掌握编译器的基本工作原理，以及培养学生能够在实践中能够设计编译器的能力。更重要的是使得学生不仅具备认识计算思维，训练抽象思维的能力。此次交流与各位老师分享一下教授编译原理知识的过程中，传递思维训练的

主办单位：

编译课程虚拟教研室



扫码进入钉钉会议

钉钉会议号：807 857



马殿富 北京航空航天大学教授

马殿富，北京航空航天大学教授，曾任计算机学院院长，软件开发重点实验室副主任，教育部计算机指导委员会秘书长，计算机学会教育主任等。2019年获中国计算机学会“教育奖”，2020年获北京教学名师，年获国家“万人计划”教学名师。2获教育部教学成果一等奖（2），2获北京市教学成果二等奖（1），2获教育部教学成果二等奖（1）。

先后承担国家863计划重点项目、核高基重大专项、国家重点研发计划“先进计算与新兴软件”重点专项、自然科学基金重点项目、以及科技部科技平台和总装基金等项目。2012年以来，主要研究航空机载软件安全关键软件建模、开发和形式验证方法与技术，研究基于模型的安全关键软件开发与形式验证方法与技术，安全关键软件的智能开发方法等。

#### 内容简介：

编译系统原理与技术是计算机专业和软件工程专业课程，也是工业软件的基础。本报告面向安全关键软件验证需求，基于形式语言与自动机的原理，探索程序语言模型语言编译系统的工程综合开发方法与技术，使学生掌握开发编译系统方法与技术，进而培养学生解决复杂

主办单位：

编译课程虚拟教研室



扫码加入日程

钉钉会议号：848 436



冯洋 南京大学

博士，主要研究课题的质量保障技术，基于件构建自动化技术，编译等。近年来在发表ISSTA、TSE、TOSEM等C发表学术论文多篇，并获ACM 优秀论文奖、20杰杰出论文奖等。申请发明专利成果已经在百度、软件公司转化。

#### 内容简介：

中间代码优化是编译原理与技术课程的重要内容。本报告介绍了南京大学在编译原理课程中相关知识点的建设；重点讨论点之间的串联，以及学生在开展实践的过的技术指导，最后介绍了课题组设计的用解相关理论知识点的核心实验内容，期待编译原理课程。

主办单位：

编译课程虚拟教研室

钉钉会议号



胡振江 北京大学讲席教授

北京大学讲席教授、计算机学院院长。日本东京大学信息工程专业博士，先后担任东京大学情报理工学研究科助理教授和副教授，日本国立信息学研究所教授/系主任，东京大学情报理工学研究科教授。胡振江长期从事程序设计语言的研究，被评为21世纪先驱科学家（日本科学技术振兴机构），日本工学会会员，电气与电子工程师协会（IEEE）会员，欧洲科学院院士，日本工程院院士。

#### 内容简介：

在“软件定义一切”的信息时代，安全易用的领域特定语言越来越重要，它不仅为直接描述特定专业领域内的问题和算法提供方便，同时支持领域专家使用领域内的词汇与操作编写直观的代码。但是，如何安全而敏捷地开发面向领域专家使用的领域特定语言是一个未解决的重要问题。传统的嵌入式领域特定语言的设计方法尽管提供了实现领域特定语言的一个快速成型方法，但是嵌入式领域特定语言与宿主语言的紧密耦合使得不熟悉宿主语言的领域专家很难使用。在这个报告中，我将简单地介绍北京大学程序语言实验室正在探索的支持领域特定语言敏捷开发的新方法及其支撑环境，包括一个可成长的结构化核心语言、一个基于语法的领域特定语言的定义方法、和一个支持领域特定语言的独立编辑、计算、运行的IDE环境的自动生成系统。

主办单位：

编译课程虚拟教研室

钉钉会议号：988 507 49437



## ◆ 全国编译课程教学研讨会

• 2023年8月，大理



## ◆ “101计划”编译原理课程核心师资培训会

• 2023年8月，贵阳



- **开展的活动和建设成效**
  - 国内外课程的调研
  - 课程设计
  - 课程建设（教学资源 and 教材）
  - 课堂提升和教学交流/培训
  - **教改项目**
  - 以赛促建（大学生编译系统设计赛）

- 产学研深度合作，支持教学改革常态化
  - 通过校企合作以及教研室运行经费，设立编译虚拟教研室教改项目支持计划，出台了《编译课程虚拟教研室教学改革项目管理办法》，保证教学研究有计划、常态化和规范化管理。
  - 2022年通过发布指南，申请、评审，完成了10个教改项目的立项。

## “编译课程虚拟教研室”教学改革项目管理办法

“编译课程虚拟教研室”从2022年开始通过设立教学改革项目，研究教研室协同共享运行模式，助力高校相关专业的编译课程建设。为进一步规范项目管理，提高项目质量，特制订本办法。

(一) 成立专家组，指导指南编制、项目遴选、中期检查和结题验收等工作。专家组组长由虚拟教研室主任推荐，成员由虚拟教研室

负责人、各工作组负责人与相关企业专家组成。

(二) 项目包括编译课程虚拟教研室运行模式研究、课程结对帮扶、编译课程习题库建设、编译课程专业特殊支持项目等类别。项目实施周期为1-2

(三) 每年8月启动指南编制，面向企业征集建设需求和立项建议，经专家组审定后于当年

(四) 评审工作包括函评和会评两个阶段。分为A、B、C三档，其中A档为优先资助，B档不建议资助。会评阶段根据函评结果对各项目立项名单，并于11月底发布。

(五) 每年7月进行中期检查，各项目组提交由专家组进行审议，对进展较慢的项目进行督促，对严重滞后的项目。

## 关于开展“编译课程虚拟教研室”教学改革项目的通知

为了深入贯彻《教育部高等教育司关于开展虚拟教研室建设试点工作的通知》（教高司函〔2021〕10号），加快推进教育部编译课程虚拟教研室试点建设工作，研究试点互联网时代教研室协同共享运行模式，助力高校相关专业的编译课程建设，现启动编译课程教学改革项目，有关事项通知如下：

### 一、申报对象和要求

1. 高校编译课程相关教师均可申请。

2. 申报教师所在高校具有编译课程的软硬件教学条件，且能够在本校组织开展1轮次以上的编译课程教学改革工作。

### 三、支持条件

1. 经过审核的项目将列入“教育部编译课程虚拟教研室教学改革项目”，并获得虚拟教研室资金或企业平台支持。

2. 教育部编译课程虚拟教研室以在线形式，提供可参考的开展教学所需的课程大纲、课程教学内容以及综合实验案例等。

3. 为参与项目的主讲教师提供编译课程的专家指导和培训，内容包括课程教学内容的组织实施、课程持续改进等。

## 2022年“编译课程虚拟教研室”教学改革项目立项名单

序号	负责人	高校	项目名称
1	李童	北京工业大学	编译课程虚拟教研室运行模式和机制研究
2	刘爽	天津大学	编译课程结对建设项目
3	纪东升	兰州理工大学	编译原理课程案例库建设项目
4	董东	河北师范大学	希冀平台编译课程在线资源建设项目
5	陆恒杨	江南大学	希冀平台编译课程在线资源建设项目
6	王曙燕	西安邮电大学	希冀平台编译课程在线资源建设项目
7	张志梅	青岛大学	编译原理实验教学改革—SysY语言的编译程序构建
8	修佳鹏	北京邮电大学	头歌平台编译课程在线资源建设项目
9	徐秀娟	大连理工大学	头歌平台编译课程在线资源建设项目
10	杨茂林	华中科技大学	头歌平台编译课程在线资源建设项目

• 邀请更多企业参与教改项目的命题和立项

- **开展的活动和建设成效**
  - 国内外课程的调研
  - 课程设计
  - 课程建设（教学资源 and 教材）
  - 课堂提升和教学交流/培训
  - 教改项目
  - **以赛促建（大学生编译系统设计赛）**



## 2023全国大学生计算机系统能力大赛 编译系统设计赛（华为毕昇杯）

主办单位：全国高等学校计算机教育研究会 系统能力培养研究专家组 系统能力培养研究项目发起高校

承办单位：中山大学

协办单位：华为技术有限公司 HUAWEI “101计划”编译原理课程虚拟教研室 机械工业出版社 希冀平台 CCG希冀

媒体支持：CSDN CSDN

- ◆ 2020年第一届竞赛：72支学生队伍参赛
- ◆ 2021年第二届竞赛：95支学生队伍参赛
- ◆ 2022年第三届竞赛：151支学生队伍参赛
- ◆ 2023年第三届竞赛：160支学生队伍参赛

# 结合高校课程目标+工业界需求

## 本科编译教学：特点（以北航为例）

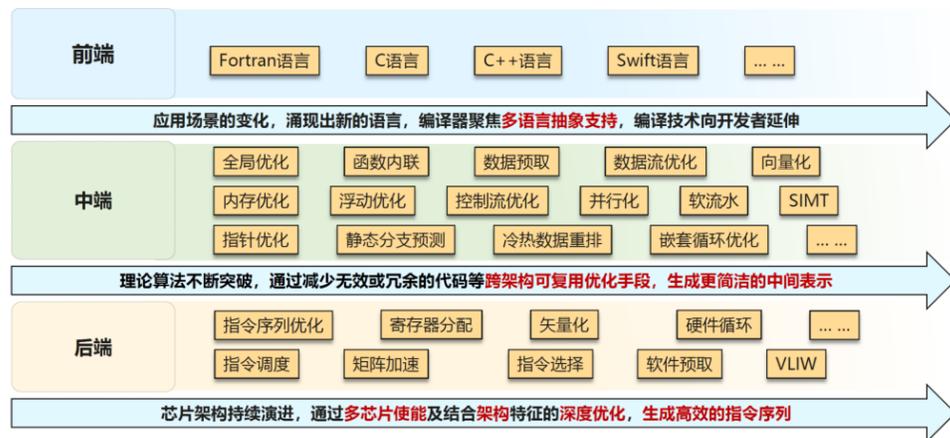
### 教学上目标

- 掌握编译的**基本理论**、常用的**编译技术**，了解编译过程及编译系统的构造（结构和机理）。
- 掌握**形式语言**基础知识，了解高级程序设计语言运行机理
- 能运用所学技术解决实际问题，能独立编写一个小型编译系统。（**课程设计大作业，可选不同难易系数**）

### 教学实践：面向大三学生，注重“兜底”

## 工业界的需求

### 编译技术的工业界需求：（来源：华为2021编译技术前沿）



### 推动编译教学向前后端并重，强调编译优化转变

- 构思并实现一个综合性的编译系统，基于C/C++ (v11) 开发
- 能够在x86 Linux上运行，将 SysY2020 (C子集) 的源程序编译为ARM汇编
- 突出面向特定目标平台的编译器构造与编译优化能力

```
int putint(int i);
int getint();
int n;

int fib(int p) {
    int a = 0, b = 1, c;
    if (p == 0) {
        return 0;
    }
    if (p == 1) {
        return 1;
    }
    while (p > 1) {
        c = a + b; a = b; b = c;
        p = p - 1;
    }
    return c;
}

int main() {
    n = getint();
    int res;
    res = fib(n);
    return res;
}
```

参赛队构造的编译器

ARM 汇编

目标文件 (\*.o)

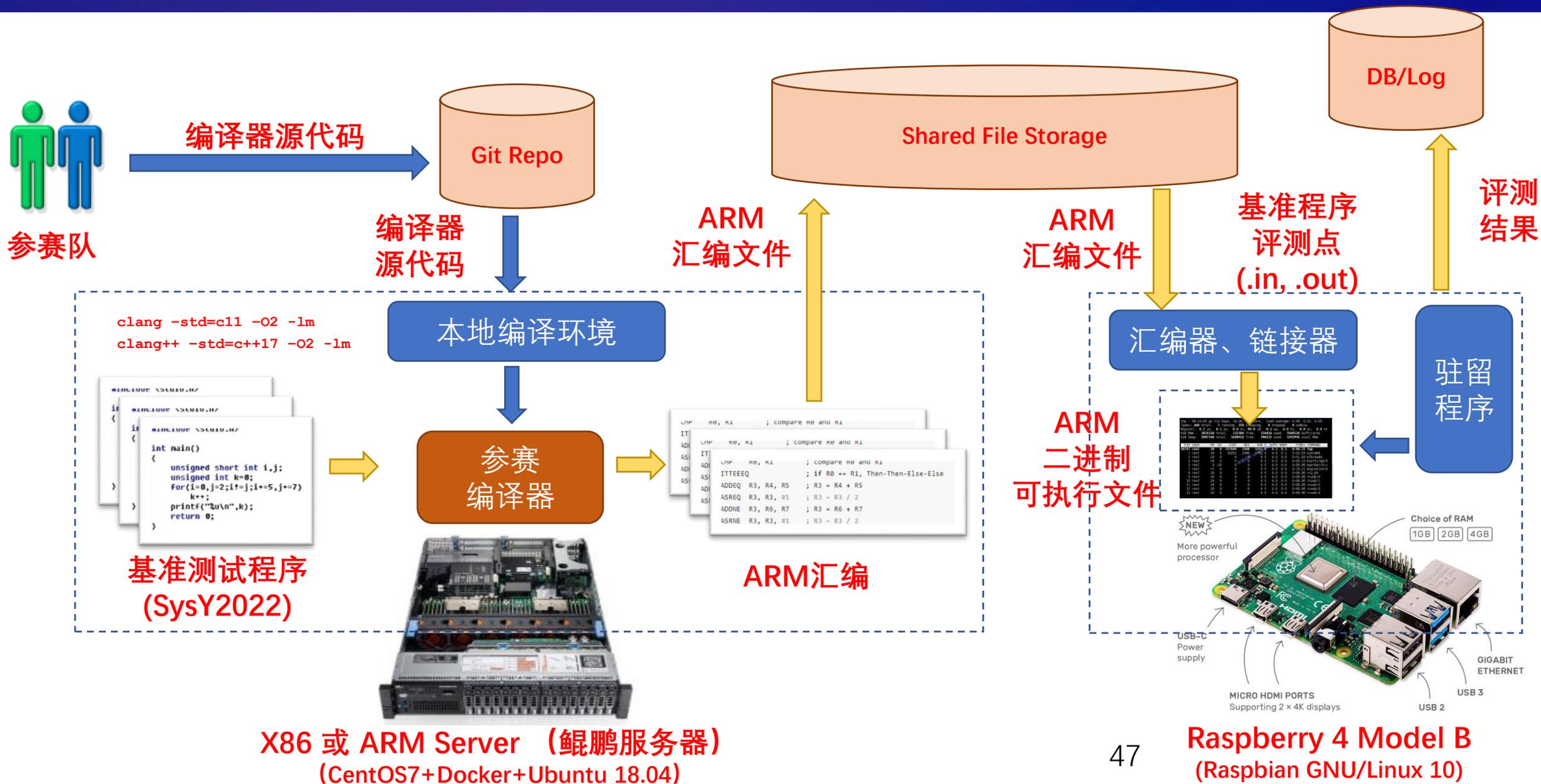
竞赛运行库 (\*.o)

ARM 二进制文件

链接

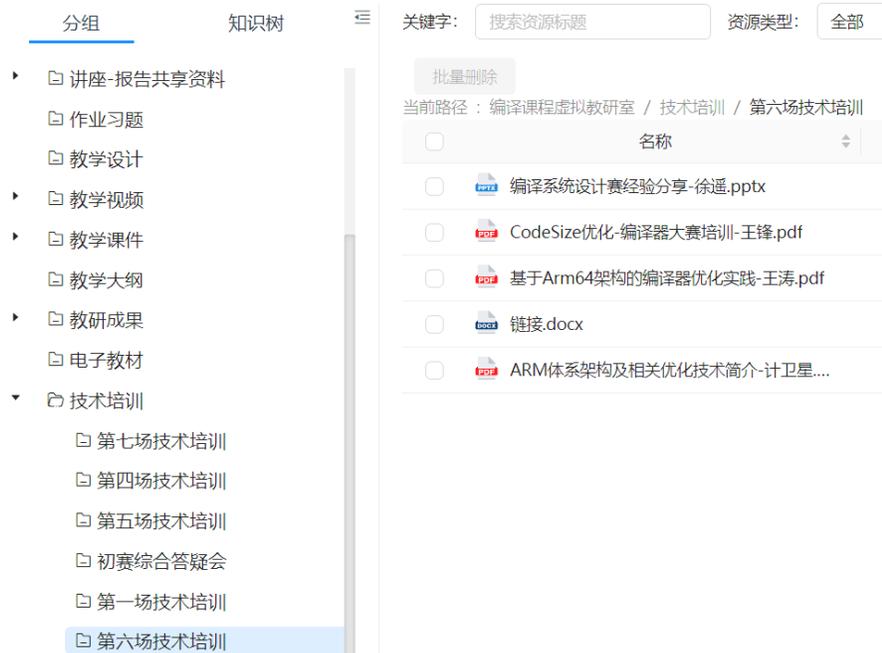
compile -S -o <outputfile.s> <inputfile.sy> [-O2]

# 大赛的自动评测系统：希冀平台的大力支持



## 以竞赛促教学，产学相长

- 大赛积累的大量参考编译器、测试用例、编译优化案例，已被北京大学、北京航空航天大学、中国科学技术大学、南开大学等多所高校采用作为编译课程实践案例，推动编译教学从单纯关注前端，向前后端并重侧重优化转变。
- 技术报告等资源共享在虚拟教研室平台。



分组 知识树

- 讲座-报告共享资料
- 作业习题
- 教学设计
- 教学视频
- 教学课件
- 教学大纲
- 教研成果
- 电子教材
- 技术培训
  - 第七场技术培训
  - 第四场技术培训
  - 第五场技术培训
  - 初赛综合答疑会
  - 第一场技术培训
  - 第六场技术培训

关键字:  资源类型:

当前路径: 编译课程虚拟教研室 / 技术培训 / 第六场技术培训

<input type="checkbox"/>	名称
<input type="checkbox"/>	编译系统设计赛经验分享-徐遥.pptx
<input type="checkbox"/>	CodeSize优化-编译器大赛培训-王锋.pdf
<input type="checkbox"/>	基于Arm64架构的编译器优化实践-王涛.pdf
<input type="checkbox"/>	链接.docx
<input type="checkbox"/>	ARM体系架构及相关优化技术简介-计卫星...

### 编译系统设计赛

大赛类别 大赛章程与技术方案 大赛要求与比赛内容 提交方式 优秀作品开源 技术报告 技术支持 等级评定标准 技术参考 常见问题

#### ARM赛道参赛作品开源地址

队伍ID	学校	队伍名称	fork仓库地址
202310006201934	北京航空航天大学	那一年喵喵变成了光	<a href="https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/complier2023-202310006201934">https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/complier2023-202310006201934</a>
202310006201725	北京航空航天大学	ATRI	<a href="https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310006201725-78">https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310006201725-78</a>
202310614201437	电子科技大学	ARM32被糟蹋	<a href="https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310614201437-2550">https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310614201437-2550</a>
202310246201860	复旦大学	去德毕昇杯	<a href="https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310246201860-767">https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310246201860-767</a>
202310532201184	湖南大学	登源鸣人	<a href="https://github.com/yfsBox/Compiler2023-yfscc.git">https://github.com/yfsBox/Compiler2023-yfscc.git</a>
202310055201422	南开大学	NKUF4	<a href="https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310055201422-212">https://github.com/18973-1895971/net/educp-group-18973-1895971/202310055201422-212</a>

#### RISC-V赛道参赛作品开源地址

队伍ID	学校	队伍名称	fork仓库地址
202314325201374	南方科技大学	CMMC	<a href="https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202314325201374-1031">https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202314325201374-1031</a>
202310007201692	北京理工大学	bit.newnewcc	<a href="https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310007201692-1245">https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310007201692-1245</a>
202310558201558	中山大学	Yet-CC	<a href="https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310558201558-3109">https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310558201558-3109</a>
202310006201898	北京航空航天大学	喵喵队引体向上	<a href="https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310006201898-2685">https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310006201898-2685</a>
202310055201721	南开大学	生成式智能人工队	<a href="https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310055201721-710">https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310055201721-710</a>
202310358201729	中国科学技术大学	ggvm	<a href="https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310358201729-7777">https://github.com/17291-1894922/net/educp-group-17291-1894922/202310358201729-7777</a>

- 感谢编译虚拟教研室的老师共同建设虚拟教研室



## • 手机版

编译课程虚拟教研室



编译课程虚拟教研室

### 使用说明

- 1、本二维码作为申请加入教研室使用，使用微信或者虚拟教研室APP扫一扫即可。
- 2、将二维码保存到手机，分享给其他用户。

## • 电脑版

- <https://vtrs.hep.com.cn/#/download>

### 虚拟教研室（A版）应用下载

首批及“101计划”虚拟教研室应用下载地址



Windows



Mac



Android



iPhone