

教学设计节选

# 数据结构

教学设计

计算机类专业大二年级学生适用

2020 年

## 参赛内容目录

《数据结构》教学大纲中基本教学内容共 10 章，此次教学设计的 20 个课时覆盖全部章节。

课程分析.....	1
1. 什么是数据结构.....	10
选自第一章：绪论/第 1.1 节：什么是数据结构	
2. 线性表的顺序存储结构.....	24
选自第二章：线性表/第 2.2 节：线性表的顺序存储结构	
3. 线性表的应用.....	37
选自第二章：线性表/第 2.4 节：线性表的应用	
4. 栈的应用.....	50
选自第三章：栈和队列/第 3.1.4 节：栈的应用	
5. 队列（节选） .....	64
选自第三章：栈和队列/第 3.2 节：队列	
6. 串的模式匹配.....	76
选自第四章：串/第 4.3 节：串的模式匹配	
7. 递归（节选） .....	87
选自第五章：递归/第 5.1 节：什么是递归	
8. 广义表.....	100
选自第六章：数组和广义表/第 6.3 节：广义表	
9. 二叉树的遍历.....	112
选自第七章：树和二叉树/第 7.5 节：二叉树的遍历	

10. 线索二叉树.....	124
选自第七章：树和二叉树/第 7.7 节：线索二叉树	
11. 哈夫曼树.....	135
选自第七章：树和二叉树/第 7.8 节：哈夫曼树	
12. 解救 007 图的遍历算法的应用.....	146
选自第八章：图/第 8.3.5 节：图遍历算法的应用	
13. 最小生成树.....	158
选自第八章：图/第 8.4 节：生成树和最小生成树	
14. 最短路径.....	170
选自第八章：图/第 8.5 节：最短路径	
15. 关键路径.....	182
选自第八章：图/第 8.7 节：AOE 网与关键路径	
16. 线性表的查找.....	194
选自第九章：查找/第 9.1 节：线性表的查找	
17. 哈希表的查找.....	206
选自第九章：查找/第 9.4 节：哈希表的查找	
18. 插入排序.....	218
选自第十章：内排序/第 10.2 节：插入排序	
19. 交换排序.....	229
选自第十章：内排序/第 10.3 节：交换排序	
20. 选择排序.....	242
选自第十章：内排序/第 10.4 节：选择排序	

## 教材信息

<h1>数据结构</h1> <h2>Data Structure</h2>	<p><b>课程性质：</b>专业核心课程</p> <p><b>学时：</b>32（理论）+32（实验）</p> <p><b>适用专业：</b>软件工程</p> <p><b>适用年级：</b>大二年级</p>
	<p><b>主教材：</b></p> <p>李春葆 主编. 数据结构教程(第5版). 北京:清华大学出版社. 2017,5.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ “十二五”普通高等教育本科国家级规划教材</li> <li>➤ 高等学校数据结构课程系列教材</li> <li>➤ 微课版教材, 丰富的教学视频</li> <li>➤ 内容全面, 知识点翔实, 条理清晰, 讲解透彻</li> </ul>
	<p><b>参考教材：</b></p> <p>严蔚敏等编著. 数据结构(C语言版 第2版). 北京:人民邮电出版社. 2015,2.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ “十二五”普通高等教育本科国家级规划教材</li> <li>➤ 案例驱动的编写模式</li> <li>➤ 课后习题丰富</li> <li>➤ 配有算法的 Flash 动态演示</li> </ul>
	<p><b>参考教材：</b></p> <p>陈越主编. 数据结构(第2版). 北京:高等教育出版社. 2016,6.</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>➤ “十二五”普通高等教育本科国家级规划教材</li> <li>➤ 知识讲解角度新颖</li> <li>➤ 综合应用案例丰富</li> </ul>



## 课程分析

### 一、 课程简介

《数据结构》是软件工程专业的重要专业基础课，是一门承上启下的重要核心课程。它所讨论的知识内容和提倡的技术方法，无论对进一步学习计算机相关领域的其它课程，还是对从事大型信息工程的开发，都有着枢纽作用。学好该课程不仅对后续课程的学习有很大帮助，而且对开发有效利用计算机资源的程序极为有益。

计算机是进行数据处理的工具，数据结构主要研究数据的各种组织形式以及建立在这些结构纸上的各种运算算法的实现，它不仅为用计算机语言进行程序设计提供了方法行的理论指导，还在更高的层次上总结了程序设计的常用方法和常用技巧。

### 二、 学情分析

《数据结构》主要面向软件工程专业大二学生。它是一门概念多、算法灵活和抽象性强的专业基础课程，想要上好这门课，首先得对教学对象进行分析，下面从三个方面进行学情分析。

#### 1、学生的生理、心理特点分析

本课程在大二期间开设，经过大学第一学年的学习，学生感受了大学不同于高中传统教授方式的新型课堂教学，其身心趋于成熟，已经摸索出了适合自己的学习方法。学生在大一学习的专业课程并不多，对专业知识的渴望应该非常强烈，因此，本课程多样化教学设计应该易于实施，学生的学习积极性和主动性也易于被调动。

#### 2、已有的知识与能力基础分析

学生已经在大一学习了《C 语言程序设计》和《面向对象程序设计》两门课程，具有一定的编程基础，能够实现简单运算的编程；对简单的算法已有所了解，具有一定的计算思维能力，但是对复杂的数据结构还未涉及；学生之前还学习了《离散数学》课程，具备了一定的逻辑推理能力，对树和图的概念也有了一定的了解，但是将理论知识转化成编程实现的能力还比较欠缺，学生对算法设计的掌握还处于“知其然而不知其所以然”的初级阶段。综上分析，学生已具备学习本课程的基础知识和能力，但较为片面、基础，还需通过本课程的学习扎实地掌握数据结构的基本知识和基本技能，才能进一步提升专业技能。

### 3、情感态度与价值观

学生在大一开设的专业课程非常少，对专业缺乏了解，在程序设计课程中编程实现的都是非常简单的小程序，专业自信与专业认同感不强。通过本课程的学习，让学生学会复杂数据结构的设计和实际问题的解决方法，增加学生专业自信与专业自豪感，为后续学习形成积极的学习态度。另外数据结构的一些基本运算实现将空间利用率体现到极致的思想，让学生体到“任何事情做到极致都是美”，从而树立正确的人生观与价值观。

## 三、 教学内容

《数据结构》课程教学大纲中教学内容共 10 个章节，主要分为数据结构实现基础、线性结构、非线性结构、查找和排序四大部分，包含 6 种典型的数据结构，6 种查找算法和 9 种排序算法。教学设计对数据结构的知识结构体系进行了重构和整合，采用知识导图的形式，充分发挥网络超媒体的优势，将教学内容进行了合理的线上线下划分，利用综合案例的学与练将线上线下教学有机融合，促使学生掌握各类数据结构的设计与实现，探索其中的规律原理与方法技巧。



图 1 数据结构实现基础知识结构



图 2 线性结构知识结构

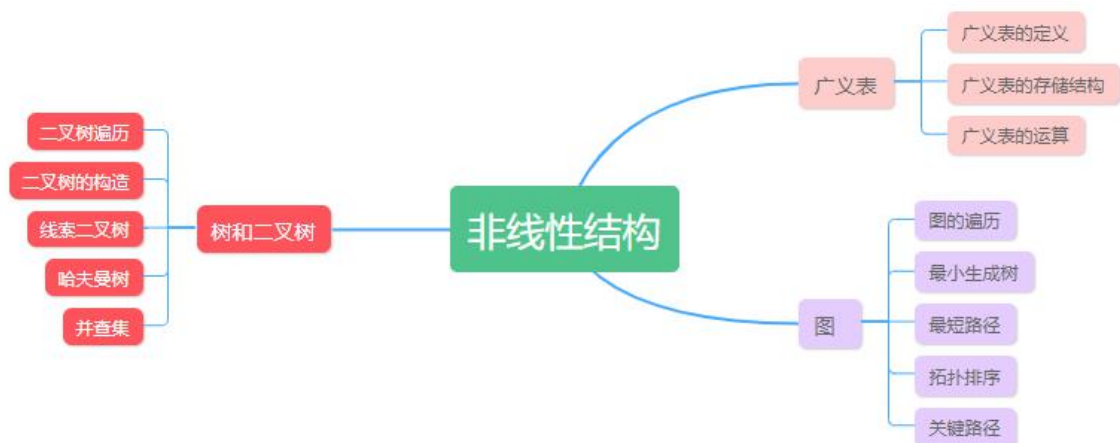


图 3 非线性结构知识结构

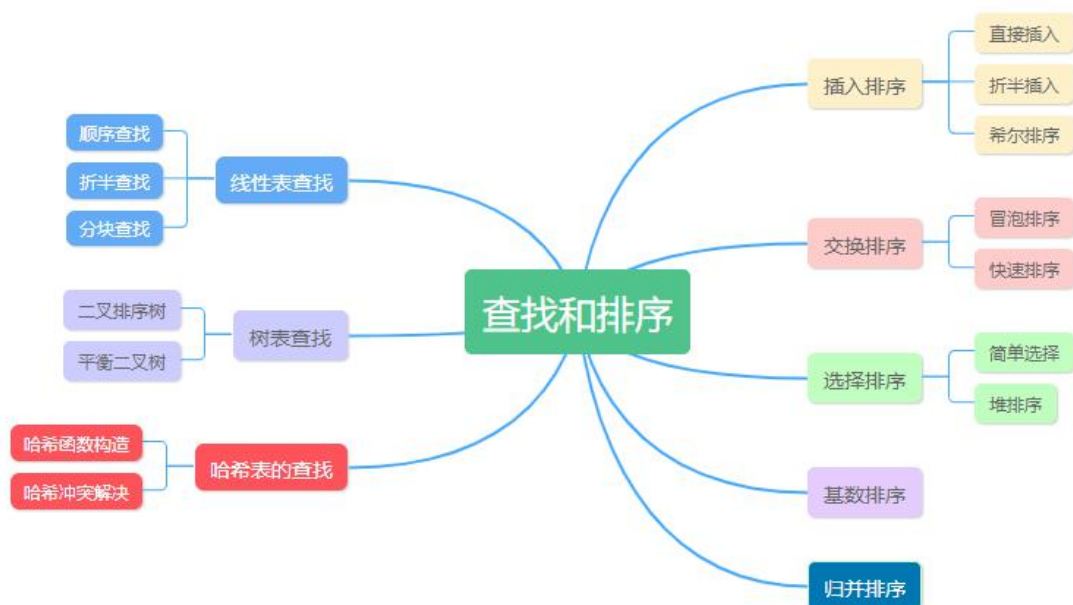


图 4 查找和排序知识结构

## 四、 教学理念与教学目标

课程教学以**知识获取、能力培养、素质（情感）教育**为基本教学理念，教学目标力求从**知识、能力和情感**等三方面分别实现，具体如下：

### 1、知识目标

本课程系统地介绍数据结构的基本概念、基本运算及其典型的应用实例。通过课程学习，学生应达到以下几点目标。

（1）学习数据结构的基础知识和基本理论知识，掌握其数据结构，主要包括线性表、栈、队列、字符串、数组、广义表、树、二叉树、图、查找表等多种数据

结构以及基于各种数据结构的排序算法等。

(2) 熟练掌握抽象数据类型的表示和实现，具有合理地选择和使用数据结构进行数据存储和处理的能力。

(3) 掌握高层次程序设计的常用方法和常用技巧。

## 2、能力目标

根据“工程教育认证”的标准，对照专业培养目标，学生在学习《数据结构》课程中应该在以下几项毕业应具备的能力方面得到培养和提升。

(1) **工程知识**：能够将数学、自然科学、工程基础和专业知用于解决复杂工程问题。

(2) **问题分析**：能够应用数学、自然科学和工程科学的基本原理，识别、表达、并通过文献研究分析软件工程相关领域复杂工程问题，以获得有效结论。

(3) **设计/开发解决方案**：能够设计针对复杂工程问题的解决方案，设计满足特定需求的系统，并能够在设计环节中体现**创新创业意识**，考虑社会、健康、安全、法律、文化以及环境等因素。

(4) **研究**：能够基于软件科学与工程基本理论并采用科学方法对复杂工程问题进行研究，包括设计实验、分析与解释数据、并通过信息综合得到合理有效的结论。

(5) **工程与社会**：能够基于软件工程相关背景知识进行合理分析，评价软件专业工程实践和复杂工程问题解决方案对社会、健康、安全、法律以及文化的影响，并理解应承担的责任。

(6) **沟通**：能够就软件工程相关领域复杂问题与业界同行及社会公众进行有效沟通和交流，包括撰写报告和设计文稿、陈述发言、清晰表达或回应指令。并具备一定的国际视野，能够在跨文化背景下进行沟通和交流。

(7) **终身学习**：具有自主学习和终身学习的意识，有不断学习和适应发展的能力。

## 3、情感目标

(1) 通过线上线下混合式教学，促进学生自主学习，激发学生专业学习兴趣。

(2) 通过各种驱动任务的完成，增加学生专业自信与专业自豪感，为后续专业课程学习形成良好的、积极地学习态度。

(3) 通过专业名人事迹的讲述，培养学生刻苦钻研的学习态度和勇于拼搏的创新精神。

(4) 通过分组和研讨式教学，培养学生的团队合作精神。

## 五、思政育人

课程中的思政教育设计主要以“**立德树人**”为根本，寓价值观引导于知识传授和能力培养之中，帮助学生塑造正确的**世界观**、**人生观**和**价值观**，同时让学生对应地树立正确的**专业观**、**学科观**和**课程观**。具体设计思路主要从以下几个方面展开。

### 1、讲历史文化以自信

以知识点展开搜索，寻找与中国相关的历史起源和文化信息，让学生了解我国悠久的科学文化发展史，从而树立起知识自信，民族自豪感。例如“什么是数据结构”中的南宋数学家秦九韶、“队列（节选）”中的扑克牌起源、“最短路径”中的祖国山河和宏伟建筑等。

### 2、讲科学前沿以开眼

查找相关资料，搜索知识点所涉及的前沿应用，帮助学生拓宽思维，为学生的学习指明方向，为学生的创新创业提供探路明灯。例如队列在操作系统中的应用，串的模式匹配应用在生物工程中的 DNA 匹配中，图的搜索算法在人工智能中的应用等。

### 3、讲大师事迹以励志

数据结构中很多经典的结构算法都是计算机界的大师们的智慧结晶。在对应的教学设计中加入大师事迹介绍，用他们或传奇、或奋进、或努力的人生激励学生做有志青年，创美好未来。例如结构程序设计之父 Edsger Wybe Dijkstra，大师 D.E.Knuth，Huffman 等。

### 4、讲故事传说以共情

创造沉浸式课堂，利用故事创造情境，让学生更深的融入到课堂教学中，在故事中体会知识的高价值，体会知识的重要性，体会知识的创造力，从而产生知识共情，找到正确的课程观、学科观和专业观。例如约瑟夫环的故事，汉诺塔的故事，007 的故事等。

### 5、讲时事政治以自强

近年来我国科技飞速发展，多领域实现了突破，走在了世界前列，因此在国际



上也遭到了一些国家的打压。在课堂教学中适宜地插入一些时事问题，激发学生的爱国情怀，同时激励学生做新时代的青年，砥砺前行。

## 六、教学方法与组织形式

课程以培养学生抽象**分析能力**、**思辨能力**和**创新能力**为目标，以立德树人为教学理念，采用线上线下混合，多种方法相融合组织教学。

1、本课程教学实施过程中应使用多样化的教学方法，包括研讨式教学法、讲授法、直接演示法、对比分析法、案例分析法、启发探究法、任务驱动法等，此外，针对特定教学内容可应用翻转课堂、问题讨论式等现代教学方法，遵循建构主义的教学理念，符合以学生发展为中心，以学生为主体的人才培养观，多方面培养学生的逻辑思维能力。

2、适当的结合数学学科的思想方法，以拓宽学生的视野，提高创新思维能力。

3、同时利用现代化教学手段（网络、多媒体、动画等），课堂教学与网络教学相结合，提高学生对本课程的兴趣。学生通过课前微课视频预习、课堂教学、课程网站自助复习、阅读参考文献、答疑和习题练习六个个主要教学环节，掌握本课程的重点内容。

## 七、教学平台与资源

数据结构是一门理论和实践相结合的课程，学生既要有扎实的理论知识功底，又要锻炼实践编程技能，因此本课程针对理论和实践分别选择了两个教学平台进行资源建设。下面是两个平台的资源建设情况。

### 1、理论教学平台及资源

（课程门户：[https://mooc1-2.chaoxing.com/course/20178\\*\\*\\*\\*.html](https://mooc1-2.chaoxing.com/course/20178****.html)）

理论教学平台	
《数据结构》课程依托超星泛雅教学平台，网络与课堂教学同步进行，访问量突破 34 万。	

资源名称	范例	数量																																																																																																						
章节目录		11 章																																																																																																						
微课视频	<table><tr><td>2.1、导语</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>导语.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>7.9分钟</td><td>77/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.2.1、图书摆放问题</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>1.什么是数据结构之图书摆放问题.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>7.4分钟</td><td>76/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.2.2、PrintN</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>1.什么是数据结构之printN.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>6.1分钟</td><td>76/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.2.3、多项式求解</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>1.什么是数据结构之多项式求解.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>10.9分钟</td><td>76/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.2.4、抽象数据类型</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>1.什么是数据结构之抽象数据类型.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>6.8分钟</td><td>76/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.3.1、算法概念及描述</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>2_1算法概念及描述.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>13.7分钟</td><td>76/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.3.2、一般算法分析</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>2_2一般算法分析.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>8.6分钟</td><td>76/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.3.3、平均时间复杂度与递归算法时间复杂度</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr><tr><td>任务点1</td><td>2_3时间复杂度.mp4</td><td></td><td>视频</td><td>11.7分钟</td><td>76/78 <a href="#">查看</a></td></tr><tr><td>2.3.4、空间复杂度</td><td></td><td></td><td></td><td></td><td></td></tr></table>	2.1、导语						任务点1	导语.mp4		视频	7.9分钟	77/78 <a href="#">查看</a>	2.2.1、图书摆放问题						任务点1	1.什么是数据结构之图书摆放问题.mp4		视频	7.4分钟	76/78 <a href="#">查看</a>	2.2.2、PrintN						任务点1	1.什么是数据结构之printN.mp4		视频	6.1分钟	76/78 <a href="#">查看</a>	2.2.3、多项式求解						任务点1	1.什么是数据结构之多项式求解.mp4		视频	10.9分钟	76/78 <a href="#">查看</a>	2.2.4、抽象数据类型						任务点1	1.什么是数据结构之抽象数据类型.mp4		视频	6.8分钟	76/78 <a href="#">查看</a>	2.3.1、算法概念及描述						任务点1	2_1算法概念及描述.mp4		视频	13.7分钟	76/78 <a href="#">查看</a>	2.3.2、一般算法分析						任务点1	2_2一般算法分析.mp4		视频	8.6分钟	76/78 <a href="#">查看</a>	2.3.3、平均时间复杂度与递归算法时间复杂度						任务点1	2_3时间复杂度.mp4		视频	11.7分钟	76/78 <a href="#">查看</a>	2.3.4、空间复杂度						65 个
2.1、导语																																																																																																								
任务点1	导语.mp4		视频	7.9分钟	77/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.2.1、图书摆放问题																																																																																																								
任务点1	1.什么是数据结构之图书摆放问题.mp4		视频	7.4分钟	76/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.2.2、PrintN																																																																																																								
任务点1	1.什么是数据结构之printN.mp4		视频	6.1分钟	76/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.2.3、多项式求解																																																																																																								
任务点1	1.什么是数据结构之多项式求解.mp4		视频	10.9分钟	76/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.2.4、抽象数据类型																																																																																																								
任务点1	1.什么是数据结构之抽象数据类型.mp4		视频	6.8分钟	76/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.3.1、算法概念及描述																																																																																																								
任务点1	2_1算法概念及描述.mp4		视频	13.7分钟	76/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.3.2、一般算法分析																																																																																																								
任务点1	2_2一般算法分析.mp4		视频	8.6分钟	76/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.3.3、平均时间复杂度与递归算法时间复杂度																																																																																																								
任务点1	2_3时间复杂度.mp4		视频	11.7分钟	76/78 <a href="#">查看</a>																																																																																																			
2.3.4、空间复杂度																																																																																																								
课件		32 个																																																																																																						
文献推荐	<p>2018 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-IFS&amp;KD)</p> <h3>A General Depth-First-Search based Algorithm for Frequent Episode Discovery</h3> <p>Huisheng Zhu<sup>1</sup>, Lin Chen<sup>1</sup>, Jinhai Li<sup>1</sup>, Aiping Zhou<sup>1</sup>, Peng Wang<sup>2</sup>, Wei Wang<sup>2</sup> <sup>1</sup>Taishan University, Taishan 272800, China <sup>2</sup>Fudan University, Shanghai 200433, China zhu@fudan.edu.cn, {lihai2002, 540087552}@qq.com, apzhou@fudan.edu.cn, {pengwang5, weiwang1}@fudan.edu.cn</p> <p><b>Abstract</b>—Frequent episode discovery is a popular framework in an event sequence. Existing algorithms yield good results for mining frequent episodes under their support definitions, but each of them is difficult or impossible to directly mine frequent episodes when the support definition is changed. In most the needs of flexible support definitions of more, an algorithm called <i>FEM-DFS</i> is proposed to mine frequent episodes in this paper. After scanning the given event sequence one pass, <i>FEM-DFS</i> finds frequent episodes in a shared prefix/suffix tree and compresses the search space of frequent episodes by utilizing monotonicity, prefix monotonicity or suffix monotonicity. Experimental evaluation demonstrates the effectiveness of the proposed algorithm.</p> <p><b>Index Terms</b>—Support, Frequent episode, Mining, Depth-first search</p> <p><b>1. INTRODUCTION</b></p> <p>With the wide use of sensors and RFID (radio frequency identification) devices, event sequences which consist of a series of value pairs (event type, time stamp) have been generated in many fields. Abundant semantic patterns are hidden in such an event sequence. As the most common semantic</p> <p>Table 1 indicates that support definition should be taken into account while mining frequent episodes. On the one hand, mining results over the same event sequence may not be identical under different support definitions. On the other hand, monotonicity is an important property used to speed up the search of frequent episodes, and some support definitions satisfy monotonicity but some others do not.</p> <p>Each of the above algorithms performs very well under its support definition, but it may not be able to mine frequent episodes when the support definition is changed. Therefore, Acharya et al.[19] proposed an Apriori-based algorithm (we name it as <i>FEM-DFS</i>) to mine frequent episodes layer by layer. By employing a breadth-first search strategy, <i>FEM-DFS</i> first generates candidate frequent episodes in layer <i>k+1</i> by the frequent episodes found in layer <i>k</i> (0≤<i>k</i>≤<i>n</i>). Then it scans the event sequence one pass and tracks the state change of each automaton corresponding to an episode by parameters <i>TRANSIT</i>, <i>CORRESPONDING</i>, <i>JOIN</i>, <i>AUTOMATON</i>, <i>INCREMENT-FREQUENCY</i> and <i>RETIRE-AUTOMATON</i>, which decide in turn whether the current</p>	24 篇																																																																																																						

资源名称	范例	数量
讨论主题		24 个
作业库		19 项
习题库		176 题



## 2、实践教学平台及资源

(课程门户: [https://www.educoder.net/users/p4370\\*\\*\\*\\*](https://www.educoder.net/users/p4370****))

实验教学平台		
《数据结构》实践课程利用国防科技大学的educoder网站上的实践课程平台布置大量实验闯关任务, 锻炼学生的编程实践能力。		
资源名称	范例	数量
实训闯关		11 个
实训试卷		6 套

# 1.什么是数据结构

授课题目：什么是数据结构

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

## 一、 内容分析

本次课内容选自李春葆主编的《数据结构教程（第 5 版）》教材中第 1 章绪论部分。数据结构难作为课程开篇第一节课，首先要对课程总览进行简要介绍。如何让学生自发的认识到课程的重要性呢？课程的起源是比较好的入手点。因此先通过计算机的发展史了解数据结构产生的必然性及重要性，再通过多案例展示让学生理解数据结构的研究范围，从而深入参与到数据结构课程学习中。其次，本堂课的第二部分内容则是让学生掌握什么是数据结构。这部分内容较为抽象，因此选取三个典型案例进行分析，让学生在分析讨论中掌握数据结构的概念和解决问题方法的效率相关联的三个因素。最后，抽象类型定义的学习为后续章节做准备。

## 二、 学情分析

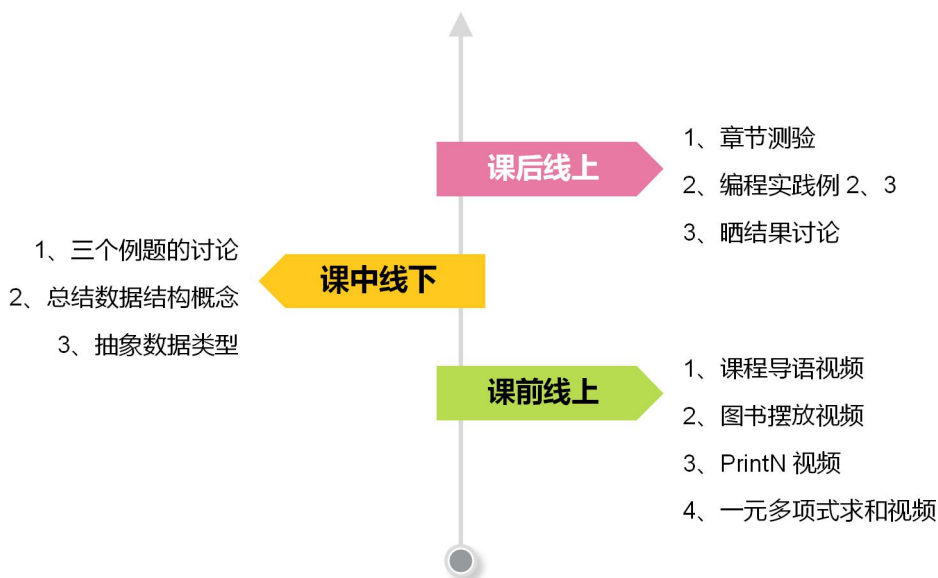
在开课之前，学生已经加入到超星平台的《数据结构》线上课堂教学中，观看了课程导语视频，通过学生线上学习的参与度及统计数据，可以看出学生了解了课程的重要性及课程的教学模式，具备了参与课堂教学的积极性。

通过线上发布主题讨论——“数据结构概念”，根据学生的讨论回复，发现学生通过自主预习能够总结出数据结构的基本概念，具有一定的理论基础，但是对于深入探讨数据结构主要研究内容有所欠缺，且普遍认为课程的难度比较大。

本次课作为《数据结构》课程的开篇，综合考虑学生的知识基础和心理情况，要以激发学习兴趣、明确学习目标为第一要务，让学生在轻松的氛围下掌握课程知识。其次，数据结构的基本概念、逻辑结构和抽象数据类型较为枯燥和抽象，学生

难理解，需注意选取有代表性，且学生熟悉又贴切的实例进行讲解，力求做到形象有趣，层次清晰，重点突出，启发引导性强，加深学生对课程内容的理解和对知识的掌握，提高课程学习效果。

### 三、 教学思路



一门课的首堂课非常重要，正如一个故事的开始，既要有精彩的开篇，又要留下悬念，才能让读者充满期待地继续读下去。本堂课将主要分为三个环节，第一个环节为课程导语的总结及课程学习方法；第二个环节为线上三个例题视频的分析，通过渐进的引导式提问，鼓励学生各抒己见，引导从问题答案中总结出数据结构的概念及研究内容，提升知识自信；第三个环节为研讨式环节，通过具体的案例让学生讨论数据结构的抽象描述方法，从而掌握抽象数据类型的含义及表述。最后在课堂结束之际，抛出多个问题，例如迷宫问题、解救 007、村村通问题等，埋下伏笔，也留下悬念，引出学生不断探索学习的求知欲。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 了解各种逻辑结构（即线性结构、树形结构和图形结构）的特点。
- (2) 理解数据结构的概念，数据结构包含的逻辑结构、存储结构和运算三方面的

相互关系。

(3) 掌握数据类型和抽象数据类型的概念和区别，以及抽象数据类型的定义。

### 能力目标：

(1) 通过三个例题的分析讨论，培养学生分析问题、归纳总结能力。

(2) 要求学生课后编程实现例题 2 和例题 3，对比两种方案具体运行时间，培养学生灵活运用数值计算方法和数学建模的能力。

### 情感目标：

(1) 通过图示和类比的方法把数据结构在课程体系中的位置与语文中的写作进行类比，让学生了解数据结构的重要性，从而激发学生的学习兴趣 and 求知欲。

(2) 通过三个案例的分析讨论，引导学生主动分析总结出“数据结构”的含义，从而使学生在探索的过程中逐渐建立起知识自信。

(3) 通过复数抽象描述的研讨，促进学生之间的交流沟通，思想碰撞，增强学生的团队意识。

## 五、思政育人

### 1、价值塑造——做有能力的人

“一个用人单位并不需要你的知识，需要的是你的能力。”大学的学习主要不在于课程知识，而在于课程知识所转化的能力。《数据结构》课程培养学生的主要能力就是编程方法，这需要依靠大量的编程实践获得，因此教育学生“**实践出真知、实践验真知、实践变能力**”，只有通过大量的编程训练才能提高自身的程序设计能力，从而提高自身的核心竞争力。

### 2、增强民族自豪感

利用我国南宋时期数学家秦九韶提出的算法求解例 3，让学生在感叹算法不同带来的便捷之外，同时感受到中国数学的悠久历史，增强**民族自豪感**。

### 3、建立知识自信

通过三个例题的讨论与分析，鼓励学生自主总结出数据结构的概念及研究内容，让学生建立起**知识自信**。

## 六、 教学重点与难点

**教学重点：**数据结构的概念。

**教学难点：**抽象数据类型的定义。

**重点及难点的处理：**

对于数据结构的概念，教材上给出了定义，但是非常抽象，学生难以理解，因此本节课通过三个具体实例分析总结出数据结构的概念，引出重点并突出重点。对教学难点的处理，首先让学生理解为什么要用抽象数据类型定义，明白其意义和目的，再通过具体实例的研讨，让学生掌握抽象数据类型的定义方式，从而化解难点。

## 七、 教学方法

### 1、智慧课堂辅助教学

主题研讨采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的参与情况，也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后作业的布置也运用了线上课堂。

### 2、案例教学法

通过选取有代表性、且被学生熟悉又贴切的实例，充分调动学生的学习兴趣 and 探索欲。总结归纳三个实例讲解数据结构的基本概念和基础知识，更便于学生理解掌握。

### 3、研讨式教学法

通过主题研讨让学生分组讨论，引导学生探究问题的多面性，教育学生遇到问题要善于思考、勤于思考。

### 4、对比教学法

通过对比例 2 和例 3 的不同解决方法，帮助学生理解解决问题方法的效率与空间利用率和算法巧妙程度的关系。

### 5、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画深入浅出的展示实例的解决步骤，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
课程导入	<p><b>计算机的发展史：</b> 早期：主要用于数值计算 后来：处理逐渐扩大到非数值计算领域，能处理多种复杂的具有一定结构关系的数据。</p> <p><b>案例展示：</b> 1、书目自动检索系统-----线性表 2、人机对奕问题-----树 3、多叉路口交通灯管理问题---图</p> <p><b>数据结构课程的发展及学习方法</b> 从知识中获取能力的唯一途径---编程。</p>	<p>1、听讲解，了解计算机发展史。</p> <p>2、思考展示案例中的数据关系，了解数据结构研究内容。</p> <p>3、了解课程的由来，掌握学习方法。</p>	<p>1、通过发展史的讲解，培养学生追根溯源的习惯。</p> <p>2、案例展示激发学生学习的热情。</p> <p>3、通过课程发展介绍让学生了解课程的重要性，掌握加课程知识转换成自身能力的主要方法——编程实践。</p>	3min
智慧课堂	<p><b>有奖竞答（小测验）：</b> 预习视频中总共讲了几个例题，分别是什么？</p>	回顾预习，完成测试。	通过小测验，活跃课堂气氛，同时检验学生的预习效果。	1min
教学过程	<p><b>问题探究 1：什么是数据结构？</b> 官方没有统一定义，罗列出多本经典教材中的定义及百度百科的定义。通过接下来的三个例题分析总结答案。</p>	学习教材内容，思考什么是数据结构。	通过多种资料给出的定义总结出数据结构与算法的密切关系。	37min
	<p><b>例题 1 分析：</b>如何在书架上摆放图书？</p> <p><b>引导式提问：</b> 1、这个问题中的数据是什么？ 2、书摆放方式决定因素有哪些？ 3、摆放方法影响哪些操作？ 4、解决问题方法的效率与什么有关？</p>	思考问题，积极回答，参与总结。	通过分析探索，总结出解决问题方法的效率与数据组织有关	



<p><b>例题 2 分析：</b>写程序实现一个函数 PrintN，使得传入一个正整数为 N 的参数后，能顺序打印从 1 到 N 的全部正整数。</p> <p><b>引导式提问：</b></p> <p>1、为什么 N 值达到一定大时，递归算法就无法输出结果了呢？</p> <p>2、解决问题方法的效率与什么有关？</p>	<p>仔细分析两种算法实现的不同，积极参与课堂，回答并总结思考。</p>	<p>总结解决问题方法的效率与空间利用率有关。</p>	
<p><b>例题 3 分析：</b>写程序计算给定多项式在给定<math>x</math>处的值。</p> <p><b>思政教育：</b></p> <p>介绍此例题中的解法二为南宋时期的秦九韶提出的算法，让学生了解我国数学历史悠久。</p> <p><b>引导式提问：</b></p> <p>1、两种方法你认为哪一种更好？为什么？</p> <p>2、解决问题方法的效率与什么有关？</p>	<p>思考两种方法的不同之处，分析两种方法的效率，参与总结。</p>	<p>1、总结解决问题方法的效率与算法的巧妙度有关。</p> <p>2、讲古代以增强学生<b>民族自豪感</b>。</p>	
<p><b>知识总结：</b>数据结构的概念及常见的逻辑结构。</p> <p>通过上述三个例题分析，鼓励学生归纳总结数据结构概念及其研究内容。</p>	<p>认真参与总结，思考知识的联系。</p>	<p><b>提升知识自信</b></p> <p>逐步引导，鼓励学生自行总结出数据结构概念，既有助于理解，又能提升自信。</p>	
<p><b>问题探究 2：</b>数据结构的描述方式。</p> <p>通过启发式地提问，让学生思考抽象数据类型的意义，并讲述抽象数据类型的定义方式。</p>	<p>跟随老师的启发思考复数抽象数据类型的具体定义。</p>	<p>让学生知其然并知其所以然。不但理解抽象数据类型的定义方式，也要理解抽象数据类型定义的优点。</p>	
<p><b>主题讨论：</b>复数的抽象数据类型定义</p> <p>（提示学生先确定复数如何存储，然后再分析复数的相关运算）</p>	<p>分组讨论，将结果发送到智慧课堂讨论区。</p>	<p>1、通过讨论让学生掌握抽象数据类型的定义。</p> <p>2、利用智慧课堂记录学生的课堂讨论情况，作为平时成绩考核依据。</p>	

教学小结	<b>教学小结：</b> 1、数据结构的概念。 2、数据的逻辑结构。 3、抽象数据类型定义。	参与小结，听讲解。	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	1min
拓展	<b>拓展：</b> 为学生列举本课程后期将会讲解的经典案例。（如迷宫大作战、解救 007、道路村村通等）	听讲解、思考案例中的相关数据结构。	通过成果导向让学生更直观地感受到本门课程的作用。	2min
作业	<b>课后作业：</b> 1、编程分别实现例 2、例 3 的两种方法。（要求学生将结果对比截图到线上讨论区，老师根据学生答案进行打分，计入平时成绩。） 2、通过老师推送的视频资料预习算法分析。 3、完成章节测验中相关习题。	课后完成，在线预习。	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生预习。	1min

## 九、教学反思

本节课通过提出问题“什么是数据结构”，引导学生思考；然后通过引导式提问对三个例题进行分析讨论使学生掌握了“与解决问题方法的效率”相关联的三个因素：数据组织、空间利用率和算法巧妙度；再提出如何描述数据结构从而引出“抽象数据类型”这个概念，并利用主题讨论让学生通过实践掌握抽象数据类型的定义。整堂课设计合理，气氛活跃。

教学小结只对本堂课知识点进行了总结，其实作为课程的开篇第一节课，所学知识并不多，且多为概述性内容，今后再教时，可将课堂小结的内容提升到学习方法上来，以便更好地教育学生掌握方法，提升能力。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 完成课程网站上的视频学习，参与课前问卷调查。
- (2) 搜索资料，了解数据结构的研究内容。
- (3) 阅览教材，了解课程教学内容的框架。



## 2、课后作业

- (1) 编程分别实现例 2、例 3 的两种方法，并将结果对比截图到线上讨论区。
- (2) 完成章节测验中相关习题。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.

附：

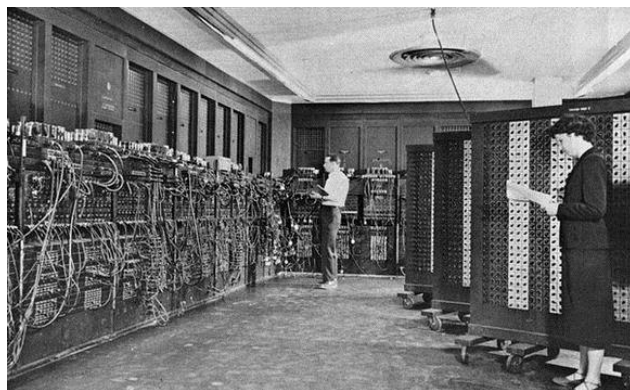
## 教学内容

### 一、课程导入-----3min

#### 计算机的发展史：

计算机，20 世纪人类最伟大的发明之一。

ENIAC——第一台计算机的诞生主要用于数值计算，当时美国国防部用它来进行弹道计算。

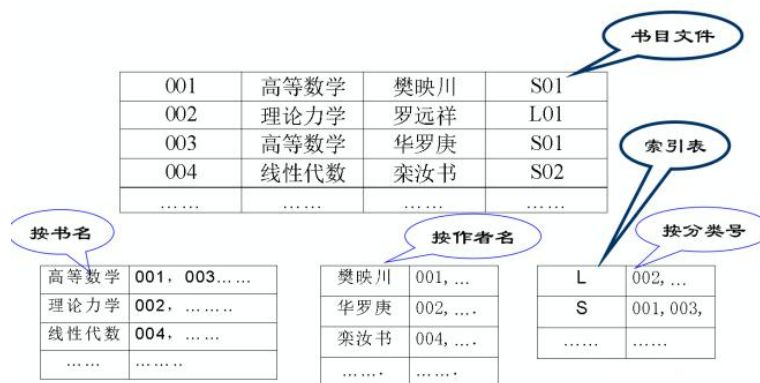


随着硬件设备不断更新换代，计算机的应用范围逐渐扩大到非数值领域，能处理多种复杂的具有一定结构关系的数据。

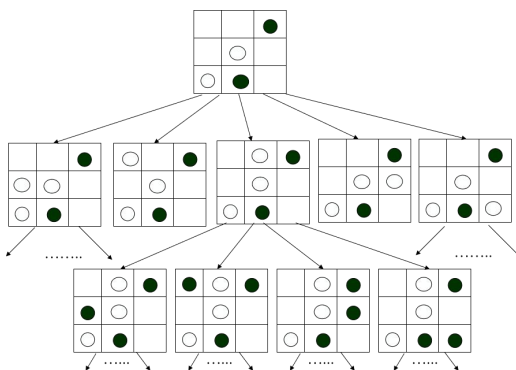
数据结构也就应运而生。

#### 案例展示：

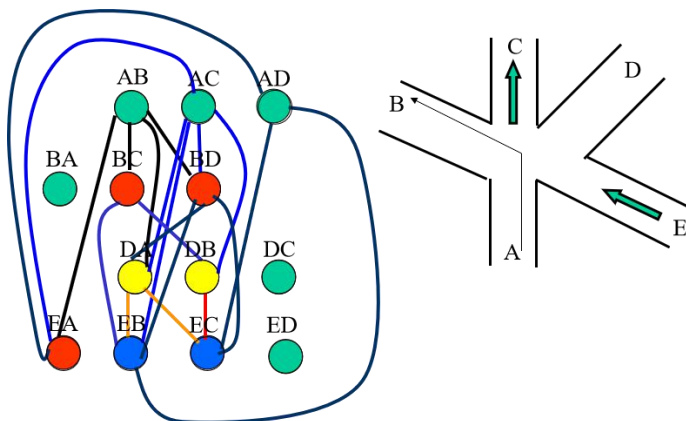
- 1、书目自动检索系统-----线性表



## 2、人机对奕问题-----树

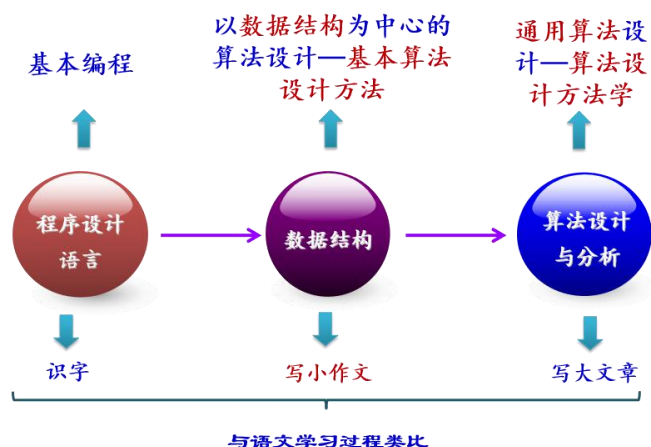


## 3、多叉路口交通灯管理问题-----图



从上面三个案例可以看出，非数值计算问题的数学模型不再是数学方程，而是诸如线性表、树和图的数据结构。所以，数据结构是一门研究非数值计算程序设计中的操作对象，以及这些对象之间的关系和操作的学科。

与人打交道要语言共通，与计算机打交道则需要学习计算机语言。数据结构课程就好比语文中学些小作文的过程。



思政育人，润物无声

课堂讲授的是知识，同学们要做的是将知识转化成能力，在本门课中如何实现这个步骤呢？

实践出真知、实践验真知、实践变能力！

编程、编程、再编程！

## 二、智慧课堂-----1min

有奖竞答（小测验）：预习视频中总共讲了几个例题，分别是什么？

（通过小活动吸引学生注意力，引导学生进入课堂，通过测验查看学生的课前预习效果。

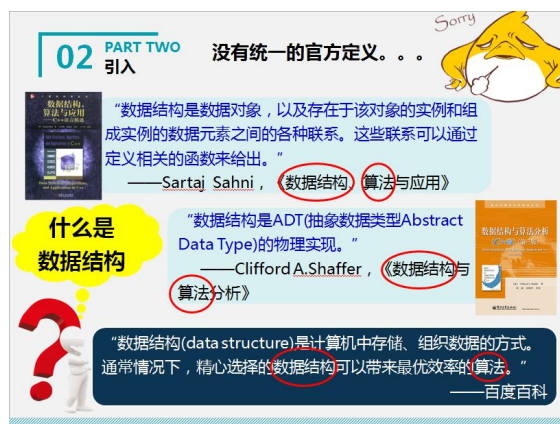
回答最快且答案正确的前 5 位同学奖励课堂积分，最终可计入平时成绩。）

## 三、正文-----37min

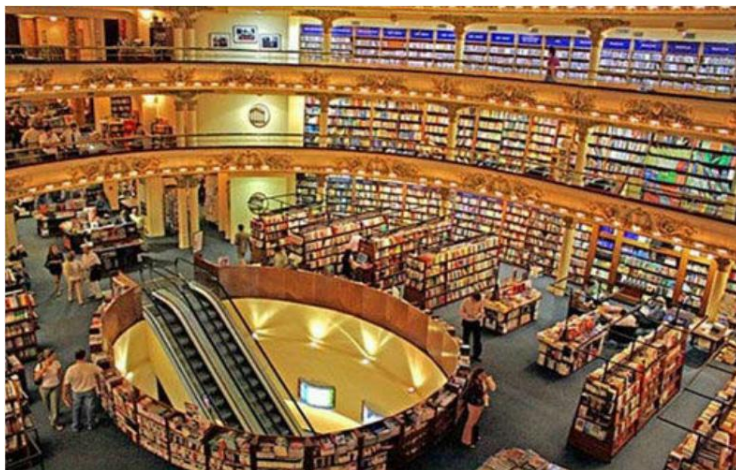
### ● 问题探究 1：什么是数据结构？

官方没有统一定义，罗列出多本经典教材中的定义及百度百科的定义。通过多种资料给出的定义总结数据结构与算法的密切关系。接下来给出三个较为典型的例题分析，引导学生理解并归纳总结出数据结构的概念。

### 【PPT 课件演示】



● 例题 1 分析：如何在书架上摆放图书？



引导式提问：

- 1、这个问题中的数据是什么？
- 2、书摆放方式决定因素有哪些？
- 3、摆放方法影响哪些操作？
- 4、解决问题方法的效率与什么有关？

（通过预习课程网站上的“图书摆放问题”视频，学生已经对问题有了大概的了解，课堂上主要是从现象看本质，通过一系列的引导式提问，引导学生自主总结出“解决问题方法的效率与数据组织有关”，而数据组织则是数据结构研究的主要内容之一。）

● 例题 2 分析：写程序实现一个函数 **PrintN**，使得传入一个正整数为 **N** 的参数后，能顺序打印从 **1** 到 **N** 的全部正整数。

引导式提问：

- 1、为什么 **N** 值达到一定大时，递归算法就无法输出结果了呢？
- 2、解决问题方法的效率与什么有关？

（通过预习课程网站上的“PrintN”视频，学生了解到这个问题的两种解决方法。根据引



导式提问带领学生回顾 C 语言中的两种编程方式：循环和递归。根据学生的回答，掌握学生的前期知识积累程度，以便后续调整教学方案。）

### 【PPT 课件演示】

**例2：** 写程序实现一个函数PrintN，使得传入一个正整数为N的参数后，能顺序打印从1到N的全部正整数

```

void PrintN ( int N )
{ int i;
  for(i=1; i<=N; i++){
    printf( "%d\n", i );
  }
  return;
}

```

循环实现

**例2：** 写程序实现一个函数PrintN，使得传入一个正整数为N的参数后，能顺序打印从1到N的全部正整数

```

void PrintN ( int N )
{ if ( N ) {
  PrintN( N-1 );
  printf( "%d\n", N );
}
return;
}

```

递归实现

令N=100, 1000, 10000, 100000, .....

**例2：** 写程序实现一个函数PrintN，使得传入一个正整数为N的参数后，能顺序打印从1到N的全部正整数

```

#include <stdio.h>
void PrintN( int N )
int main()
{ int N;
  scanf( "%d", &N);
  PrintN( N );
  return 0;
}

```

循环实现

**例2：** 写程序实现一个函数PrintN，使得传入一个正整数为N的参数后，能顺序打印从1到N的全部正整数

```

#include <stdio.h>
void PrintN( int N )
int main()
{ int N;
  scanf( "%d", &N);
  PrintN( N );
  return 0;
}

```

递归实现

- **例题 3 分析：** 写程序计算给定多项式  $f(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_{n-1}x^{n-1} + a_nx^n$  在给定  $x$  点处的值。

**讲历史以自信：** 介绍此例题中的解法二为南宋时期的秦九韶提出的算法，让学生了解我国数学历史悠久。

引导式提问：

- 1、两种方法你认为哪一种更好？为什么？
- 2、解决问题方法的效率与什么有关？

通过两种不同的方式实现给定多项式  $f(x) = \sum_{i=0}^9 i \cdot x^i$  在给定点  $x = 1.1$  处的值  $f(1.1)$  并进行运行时间的对比。引导学生总结解决问题方法的效率与算法的巧妙度有关。

知识点：clock()函数

此处为学生介绍一个新的工具 clock()函数，鼓励学生用数据说话，**实践出真知**。

### 【PPT 课件演示】

**例3：** 写程序计算给定多项式在给定x处的值  $f(x) = a_0 + a_1x + \dots + a_{n-1}x^{n-1} + a_nx^n$

```

double f1 (int n, double a[], double x)
{ int i; double p = a[0];
  for(i=1; i<=n; i++)
    p += (a[i] * pow(x,i));
  return p;
}

```

南宋数学家秦九韶  $f(x) = a_0 + x(a_1 + x(\dots(a_{n-1} + x(a_n)) \dots))$

```

double f2 (int n, double a[], double x)
{ int i; double p = a[n];
  for(i=n; i>0; i--)
    p = a[i-1] + x*p;
  return p;
}

```

**例3：** 写程序计算给定多项式  $f(x) = \sum_{i=0}^9 i \cdot x^i$  在给定  $x = 1.1$  处的值  $f(1.1)$

```

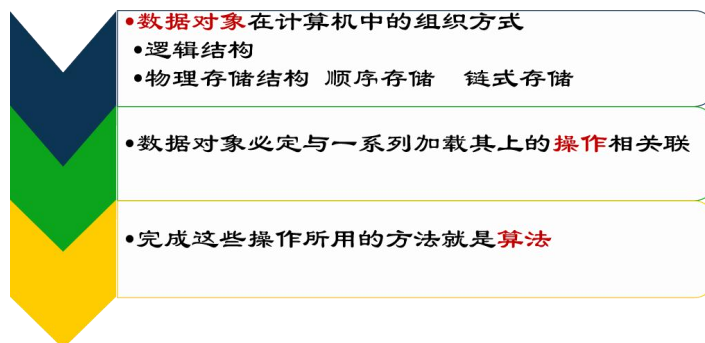
ticks1 = 10093.000000
duration1 = 1.01e-006
ticks2 = 1375.000000
duration2 = 1.38e-007
Press any key to continue

```

- **知识总结：** 数据结构的概念及常见的逻辑结构。

让学生畅所欲言，通过前三个例题的引导，自主总结出数据结构的概念，提升学生的知识

自信。



介绍常见的两种逻辑结构划分。

划分方法一：

(1) 线性结构——有且仅有一个开始和一个终端结点，并且所有结点都最多只有一个直接前趋和一个后继。

例如：线性表、栈、队列、串

(2) 非线性结构——一个结点可能有多个直接前趋和直接后继。

例如：树、图

划分方法二：

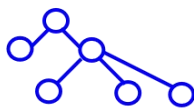
**集合**——数据元素间除“同属于一个集合”外，无其它关系



**线性结构**——一个对一个，如线性表、栈、队列



**树形结构**——一个对多个，如树



**图形结构**——多个对多个，如图



### ● 问题探究 2：数据结构的描述方式。

探究数据结构的描述方式。通过启发式地提问，让学生思考抽象数据类型的意义，并讲述抽象数据类型的定义方式。

### ● 主题讨论：复数的抽象数据类型定义

以定义复数抽象类型 Complex 为例。让学生分组研讨，并给出讨论结果，计入平时成绩中的课堂表现一栏。

ADT Complex

{

数据对象:

$D = \{ e_1, e_2 \mid e_1, e_2 \text{ 均为实数} \}$

数据关系:

$R = \{ \langle e_1, e_2 \rangle \mid e_1 \text{ 是复数的实部, } e_2 \text{ 是复数的虚部} \}$

基本运算:

AssignComplex(&z, v1, v2): 构造复数 Z。

DestroyComplex(&z): 复数 z 被销毁。

GetReal(z, &real): 返回复数 z 的实部值。

GetImag(z, &Imag): 返回复数 z 的虚部值。

Add(z1, z2, &sum): 返回两个复数 z1、z2 的和。

} ADT Complex

#### 四、教学小结-----1min

- 1、数据结构的概念。
- 2、数据的逻辑结构。
- 3、抽象数据类型定义。

#### 五、拓展-----2min

##### 预埋伏笔、留下悬念

为学生列举学习本课程可以解决的经典案例。（如迷宫大作战、解救 007、道路村村通等）

#### 六、作业-----1min

- 1、编程分别实现例 2、例 3 的两种方法。（要求学生将结果对比截图到线上讨论区，老师根据学生答案进行打分，计入平时成绩。）
- 2、通过老师推送的视频资料预习算法分析。
- 3、完成章节测验中相关习题。

## 2.线性表的顺序存储结构

授课题目：线性表的顺序存储结构

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课内容选自李春葆主编的《数据结构教程（第 5 版）》教材中第 2 章第 2 小节线性表的顺序存储结构的内容。线性表的顺序存储结构是最常用的存储方式，它直接将线性表的逻辑结构映射到存储结构上，既便于理解，又容易实现。本节课讨论顺序存储结构及其基本运算的实现过程。线性表的顺序存储结构简称为顺序表，对顺序表的实现不难，但不同的教材上存在不同的实现方式，因此老师应该重点为学生讲解多种实现方式，让学生通过对比分析发现其不同之处。同时本节课的内容不能仅局限于顺序表的基本运算实现，应该要通过实际案例让学生掌握顺序表的灵活应用。

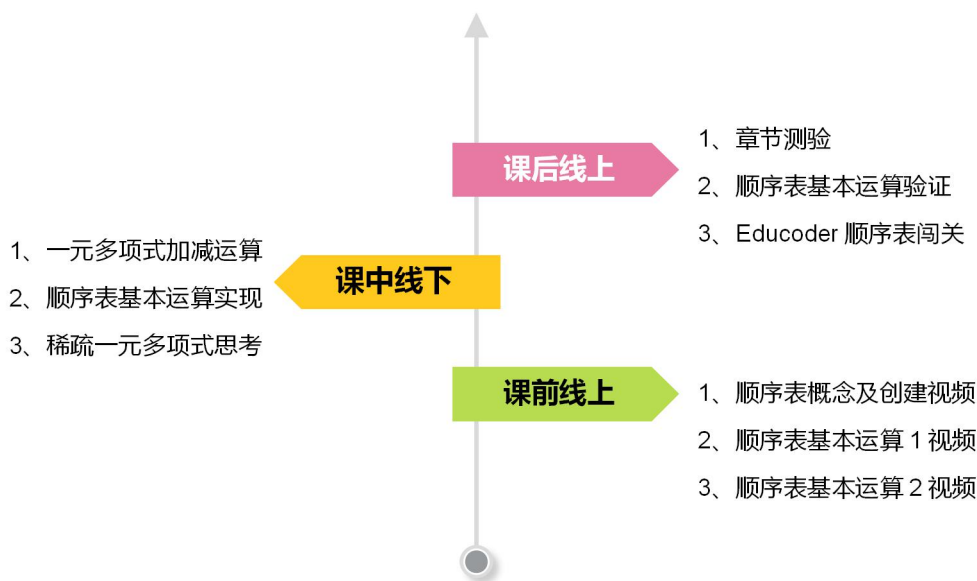
### 二、 学情分析

授课对象是大二学生，开课学期为大二第一学期。学生已经在大一学习了《C 语言程序设计》与《面向对象程序设计》两门课程，已经掌握线性表顺序存储结构实现所需的技术知识，但在将所学理论知识应用到存储结构实现上仍存在困难，特别是结构体的定义，学生还不熟练，需要老师复习程序设计中学知识，并将其连接到本门课程的知识中。再者，学生对于顺序表的应用较为困惑，因此在教学设计中加入了案例应用作为引入，并在知识讲解完成后对案例进行讲解，让学生学以致用，增加学生学习成就感。

根据学生线上的预习情况，发现学生对顺序表的 9 个基本运算中的查找、插入和删除三个运算掌握不太清楚，因此在教学过程中将着重讲解这三个运算实现。



### 三、 教学思路



本节课首先通过案例“一元多项式的加减运算”引出线性表。然后通过问题探究“数据如何存储”将线性表直接映射到顺序表，从而引出本节课的主题——“线性表的顺序存储结构”，再对不同教材上顺序表结构体定义的多种方式进行讲解，拓宽学生的视野，同时借机对学生进行**思政教育**，眼界的宽度决定人生的高度。大学的学习不能仅局限于一本教材，要通过多方面的资料获取知识并进行对比。接下来对顺序表的三个主要基本运算：查找、插入和删除的实现进行讲解。再回到案例引入并解决一元多项式的加减运算的实现问题，最后提出稀疏多项式的运算，点出顺序表解决的劣势，同时提出链式存储结构，督促学生预习后续内容。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解线性表的顺序存储结构——顺序表。
- (2) 掌握顺序表基本运算的实现。
- (3) 灵活应用用顺序表解决实际问题。

#### 能力目标：

- (1) 通过顺序表结构体定义的两种方式对比，培养学生钻研、创新的能力。
- (2) 通过顺序表基本运算的实现过程讲解，培养学生编程实践能力。

- (3) “一元多项式运算”案例设计，培养学生计算思维能力和运用数值计算方法解决实际问题的能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过顺序表结构体两种定义方式：静态分配空间与动态分配空间，引导学生多思考，多对比，明白创新思维的培养要从细节观察入手。
- (2) 通过“一元多项式运算”应用案例设计，使学生明白学习线性表的意义，明确学习目的，增强学习成就感。

## 五、思政育人

### 夏虫不可语冰，井蛙不可语海

顺序表是后续各种数据结构顺序存储实现的基础，教材给出的顺序表定义采用静态空间分配，同时为学生讲解其他教材中给出的另一种动态分配方案。从这个角度启发引导学生在平时要多查资料、多思考，教育学生眼界的宽度决定人生的高度，大学的学习不能仅局限于一本教材，要通过多方面的资料获取知识并进行对比分析。“夏虫不可语冰，井蛙不可语海”，教育学生要广纳博取，精益求精。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**顺序表基本运算实现。

**教学难点：**顺序表的应用。

**重点及难点的处理：**

首先通过动画讲解顺序表基本运算的方法，引出重点；然后根据动画总结出步骤，讲解重点；最后通过步骤用 C/C++ 语言写出代码，强化重点。难点部分主要通过多个例题多种解法给学生多种思路，以达到拓宽学生思维的目的。

## 七、教学方法

### 1、案例教学法

通过选取有代表性、且被学生熟悉又贴切的实例，充分调动学生的学习兴趣 and 探索欲。

### 2、启发式教学法

在知识讲解中通过层次递进的提问，启发学生思考问题、分析问题并最终解决问题。

### 3、对比教学法

通过对比顺序表结构体的两种定义方式教育学生在数据存储时，对空间分配要精益求精。

### 4、探究式教学法

通过“一元多项式如何存储？”、“空间如何分配？”等问题层层深入，引导学生解决应用案例。

### 5、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画深入浅出的展示实例的解决步骤，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>案例引入：一元多项式的加减运算</b> 数学计算中的一元多项式是学生非常熟悉的案例，在这里提出如何进行数据组织将一元多项式的运算用计算机实现的问题，引出线性表的概念。	回忆数学中学过的一元多项式，思考数学模型的建立。	通过学生熟悉的数学计算引出新知，再通过启发式提问，引导学生解决问题时，先要考虑数据组织。	1min
智慧课堂	<b>有奖竞答（小测验）：</b> 线性表的基本运算有几种，分别是什么？	回顾预习，完成抢答。	通过小测验，活跃课堂气氛，同时检验学生的预习效果。	1min
教学过程	<b>新知介绍：线性表的顺序存储结构—顺序表</b> 用图示法表示线性表的逻辑结构到存储结构的映射，为学生讲解顺序表中的成员结构，并提出问题如何编程实现。	仔细听讲解，理解顺序表的概念，思考其编程实现。	让学生理解主要相关概念，为学生学习后续内容做准备。通过提问，引导学生思考并准备进入下一环节。	37min

	<p><b>问题探究一：</b>顺序表的结构体如何定义？</p> <p>为学生展示了不同教材上的两种定义方式，帮助学生复习了在《C 语言程序设计》课程中所学过的两种空间分配方式。借对比分析的过程对学生进行<b>思政教育</b>，教育学生要广纳博取，精益求精。</p>	<p>回忆两种空间分配，学习顺序表结构体定义方式，参与对比分析两种方式。</p>	<p>通过两种定义方式的对比分析，培养学生的钻研及创新精神，教育学生拓宽思路，拓宽眼界。</p>	
	<p><b>问题探究二：</b>如何创建顺序表？</p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 顺序表指针含义</p> <p>(2) 引用型参数</p> <p>通过讲解顺序表创建的程序代码，让学生理解并掌握顺序表指针含义及引用型参数两个知识点，为后续内容打好基础。</p>	<p>思考顺序表指针的含义，回忆 C++ 中的引用类型，掌握顺序表的创建方式。</p>	<p>创建顺序表的算法可应用在一些通用的顺序表算法设计中。因此在这里作为一个问题探究，加深学生的记忆。</p>	
	<p><b>知识讲解：</b>顺序表的基本运算实现。</p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 初始化顺序表</p> <p>(2) 查找操作</p> <p>(3) 插入操作</p> <p>(4) 删除操作</p> <p>教材中介绍了顺序表的 9 种基本运算实现。本节课选取了常用的三种：查找、插入和删除操作进行讲解。对应问题探究一中的两种定义方式，初始化时稍有不同，因此本环节还选取了初始化顺序表这一基本运算。</p>	<p>学习教材内容，仔细听讲解，观看动画思考并学习顺序表各种操作实现，参与分析算法时间复杂度。</p>	<p>动画加图示法让学生清楚看到顺序表的相关运算实现过程。与学生一起分析算法的时间复杂度，加深学生对教学重点的理解及掌握。</p>	
	<p><b>主题研讨：</b>一元多项式的加减运算实现。</p> <p>在讨论过程中引导学生利用顺序表的基本运算进行实现。学生阐述观点后，老师进行点评并讲解。</p>	<p>分组讨论、组间研讨、听点评。</p>	<p>通过讨论，掌握顺序表的灵活运用，通过阐述，提高学生的表达能力及自信心。</p>	

拓展	<p><b>问题拓展：</b>稀疏一元多项式的存储？</p> <p>在学生理解了一般一元多项式的加减运算实现后，提出稀疏一元多项式的情况，并提问引导学生思考顺序表存储在此问题中的不足，从而引导学生预习下次课的内容。</p> <p><b>案例拓展：</b>实现学生信息表的存储及基本操作。</p> <p>(1) 假如有一个学生表，每个学生包含学号、姓名和分数。如何设计相应的学生顺序表？</p> <p>(2) 如果需要对该学生表进行插入、修改和删除运算，如何实现相关算法？</p>	<p>1、对比稀疏一元多项式与一般一元多项式的区别，思考顺序表存储的缺陷。</p> <p>2、分析学生信息表中的数据，思考实现方法。</p>	<p>通过拓展提问和案例拓展，培养学生拓宽思维的良好习惯，同时引出下次课的内容，督促学生预习。</p>	4min
教学小结	<p><b>教学小结：</b></p> <p>1、顺序表的概念。</p> <p>2、顺序表的基本运算实现。</p> <p>3、顺序表的应用。</p>	<p>参与小结、回忆整节课所学习的内容。</p>	<p>帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。</p>	1min
作业	<p><b>课后作业：</b></p> <p>1、完成 <a href="http://www.educoder.net">www.educoder.net</a> 上老师布置的闯关实践。</p> <p>2、思考一元多项式的乘法运算。（要求学生在线上课堂讨论区发表自己的观点，老师根据观点有效性进行平时成绩考核。）</p> <p>3、通过老师推送的视频资料预习线性表的链式存储结构。</p>	<p>课后完成在线预习</p>	<p>1、提升学生的编程能力。</p> <p>2、督促学生预习。</p>	1min

## 九、教学反思

本节课通过学生熟悉的数学计算“一元多项式加减运算”引入，既让学生明白了线性表的知识产出又激发了学生学习线性表的动力。整个教学环节采用问题探究、知识讲解、主题讨论等多种形式，充分调动了学生的学习积极性，活跃了课堂气氛。

在课堂教学中主要还是注重算法设计的教学，代码的实现部分相对略讲。这就要求学生在掌握算法设计方法后，要进行编程实践，才能将所学知识转化成自身的

能力，因此在课后通过 Educoder 平台为学生设计了编程环节的闯关实践。

## 十、 预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 查阅资料，了解现实生活中属于线性结构的数据。
- (2) 完成课程网站上老师发布的视频学习，思考一元多项式运算的实现方法，为课堂主题研讨做准备。

### 2、课后作业

- (1) 完成 [www.educoder.net](http://www.educoder.net) 上老师布置的闯关实践。
- (2) 思考一元多项式的乘法运算，积极参与线上讨论，发表自己的观点。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.

附：

### 板书设计

#### 顺序表

1、InitList(Sqlist \*&L)

&: 输出型参数

2、LocateElem(Sqlist \*L, ElemType e)  $O(n)$

3、ListInsert(Sqlist \*&L, int i, ElemType e)  $O(n)$

4、ListDelete(Sqlist \*&L, int i, ElemType &e)  $O(n)$

## 教学内容

### 一、案例引入-----1min

在数学上，一个一元多项式  $P_n(x)$  可按升幂写成：

$$P_n(x) = p_0 + p_1x + p_2x^2 + \dots + p_nx^n$$

实现两个多项式相关运算的前提是如何在计算机中有效地表示一元多项式，进而在此基础上设计相关运算的算法？这个问题看似很复杂，我们通过学习本节课下定表的表示及其相关运算便可以完成。

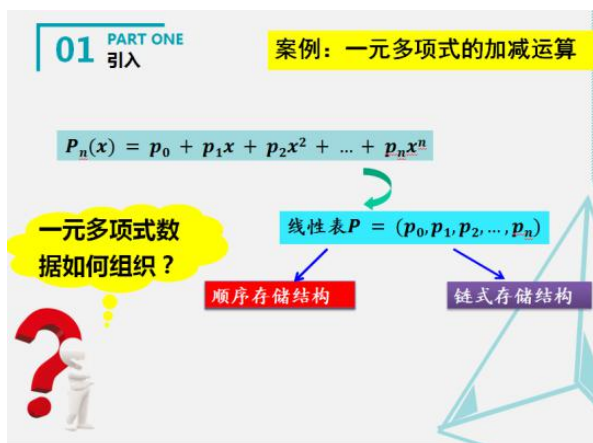
可以看出，一个多项式可由  $n+1$  个系数唯一确定，因此，可以将一元多项式  $P_n(x)$  抽象为一个由  $n+1$  个元素组成的有序序列，可用一个线性表  $P$  来表示：

$$P = (p_0, p_1, p_2, \dots, p_n)$$

这时，每一项的指数  $i$  隐含在其系数  $P_i$  的序号中。

（数学计算中的一元多项式是学生非常熟悉的案例，在这里提出如何进行数据组织将一元多项式的运算用计算机实现的问题，引出线性表的概念。通过学生熟悉的数学计算引出新知，再通过启发式提问，引导学生解决问题时，先要考虑数据组织。）

#### 【PPT 课件演示】



### 二、智慧课堂-----1min

有奖竞答（小测验）：线性表的基本运算有几种，分别是什么？

（通过小活动吸引学生注意力，引导学生进入课堂，通过测验查看学生的课前预习效果。回答最快且答案正确的前 5 位同学奖励课堂积分，最终可计入平时成绩。）

### 三、正文-----37min

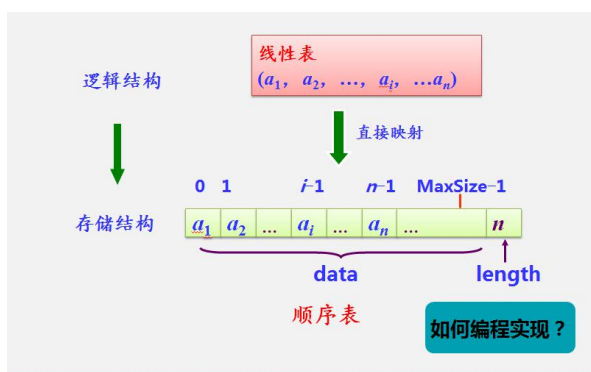


## ● 新知介绍：线性表的顺序存储结构—顺序表

线性表的顺序表示指的是用一组地址连续的存储单元一次存储线性表的数据元素，这种表示也称作线性表的顺序存储结构或顺序映像。

用图示法表示线性表的逻辑结构到存储结构的映射，为学生讲解顺序表中的成员结构，并提出问题如何编程实现。让学生理解主要相关概念，为学生学习后续内容做准备。通过提问，引导学生思考并准备进入下一环节。

### 【PPT 课件演示】



## ● 问题探究一：顺序表的结构体如何定义？

探究顺序表的结构体如何定义。为学生展示了不同教材上的两种定义方式，帮助学生复习了在《C 语言程序设计》课程中所学过的两种空间分配方式。借对比分析的过程对学生进行思政教育，教育学生要**广纳博取，精益求精**。通过两种定义方式的对比分析，培养学生的钻研及创新精神，教育学生拓宽思路，拓宽眼界。

### 【PPT 课件演示】

**02 PART TWO 新知学习** 问题探究一：顺序表的结构体定义

教材定义：

```
typedef struct
{
    ElemType data[MaxSize];
    int length;
} SqList; //顺序表类型
```

其中 **data** 成员存放元素，**length** 成员存放线性表的实际长度。

说明：注意逻辑位序和物理位序相差 1。

静态分配 空间大小确定

**02 PART TWO 新知学习** 问题探究一：顺序表的结构体定义

其他教材定义：

```
typedef struct
{
    ElemType *data;
    int length;
} SqList; //顺序表类型
```

**data** 为指向存放元素区域的指针，访问之前需先分配空间。

L->data=(ElemType \*)malloc(sizeof(ElemType)\*MaxSize);

动态分配 空间大小

广纳博取精益求精

## ● 问题探究二：如何创建顺序表？

探究如何创建顺序表？通过讲解顺序表创建的程序代码，让学生理解并掌握顺序表指针含义及引用型参数两个知识点，为后续内容打好基础。创建顺序表的算法可应用在一些通用的顺



序表算法设计中。因此在这里作为一个问题探究，加深学生的记忆。

### 【PPT 课件演示】

**02 PART TWO**  
新知学习

问题探究二：创建顺序表

$a[0..n-1] \Rightarrow$  顺序表L — 整体创建顺序表。

```
void CreateList(SqList *&L, ElemType a[], int n)
//整体建立顺序表
{
    int i;
    L=(SqList *)malloc(sizeof(SqList));
    for (i=0;i<n;i++)
        L->data[i]=a[i];
    L->length=n;
}
```

传递顺序表指针

**02 PART TWO**  
原理讲解

问题探究二：创建顺序表

算法参数说明 ① 顺序表指针的含义

顺序表的空间

通过顺序表指针 L 操作顺序表

**02 PART TWO**  
新知学习

问题探究二：创建顺序表

② 顺序表指针引用

```
void CreateList(SqList *&L, ElemType a[], int n)
```

↑  
引用参数：将执行结果回传给实参

- 引用符号“&”放在形参L的前面。
- 输出型参数均为使用“&”，不论参数值是否改变。

### ● 知识讲解：选择性地讲解顺序表的基本运算实现

知识点：

#### (1) 初始化顺序表 InitList(SqList \*&L)

该运算的功能是构造一个空的线性表L，实际上只需分配线性表的存储空间，并将length域设置为0即可。

**注意：**L是输出型参数，调用算法后，需要回传给对应的实参，所以形参L的前面需要加上引用符“&”。

#### (2) 查找操作 LocateElem(SqList \*L, ElemType e)

顺序查找第一个值域与e相等的元素的逻辑序号，若这样的元素不存在，则返回值为0。

**主要讲解点：**分析该算法的平均时间复杂度。

**分析方法：**假设查找各项概率相等，则循环平均执行次数为

$$T(n) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n} \times i = (n+1)/2 = O(n)$$

(3) 插入操作  $\text{ListInsert}(\text{SqList } *L, \text{int } i, \text{ElemType } e)$

在顺序表  $L$  的第  $i$  个位置上插入新元素  $e$ 。

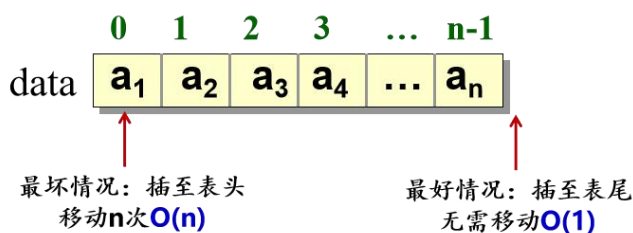
**注意：**  $i$  的取值范围，若位置不正确，返回  $\text{false}$ 。

**主要讲解点：**

- ① 元素移动：从最后一个元素  $a_n$  开始移动，腾出空位插入新元素。
- ② 分析算法平均时间复杂度。

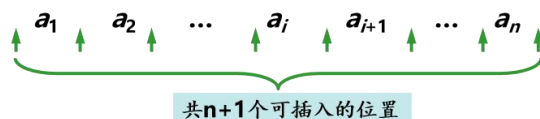
【PPT 课件演示】

对于本算法来说，元素移动的次数不仅与表长  $L \rightarrow \text{length} = n$  有关，而且与插入位置  $i$  有关：



平均情况呢？

平均情况分析：



假设等概率，插入元素  $a_i$  的概率  $p_i = \frac{1}{n+1}$

插入元素  $a_i$  需移动元素  $n-i+1$

所以在长度为  $n$  的线性表中插入一个元素时所需移动元素的平均次数为：

$$\sum_{i=1}^{n+1} p_i (n-i+1) = \sum_{i=1}^{n+1} \frac{1}{n+1} (n-i+1) = \frac{n}{2}$$

因此插入算法的平均时间复杂度为  $O(n)$

(4) 删除操作  $\text{ListDelete}(\text{SqList } *L, \text{int } i, \text{ElemType } \&e)$

删除顺序表  $L$  的第  $i$  个元素，并通过输出型参数  $e$  传递回主调函数。

**注意：**  $i$  的取值范围，若位置不正确，返回  $\text{false}$ 。

**主要讲解点：**

- ① 元素移动：从最后一个元素  $a_{i+1}$  开始移动，覆盖原来的第  $i$  个元素。
- ② 分析算法平均时间复杂度。

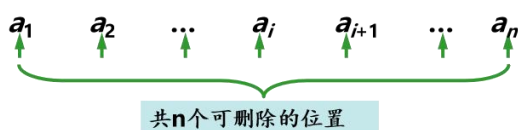
【PPT 课件演示】

对于本算法来说，元素移动的次数不仅与表长 $L \rightarrow \text{length} = n$ 有关，而且与删除位置 $i$ 有关：



平均情况呢？

平均情况分析：



假设等概率，删除元素 $a_i$ 的概率 $p_i = \frac{1}{n}$

删除元素 $a_i$ 需移动元素 $n-i$

所以在长度为 $n$ 的线性表中删除一个元素时所需移动元素的平均次数为：

$$\sum_{i=1}^n p_i(n-i) = \sum_{i=1}^n \frac{1}{n}(n-i) = \frac{n-1}{2}$$

因此删除算法的平均时间复杂度为 $O(n)$

#### ● 主题研讨：一元多项式的加减运算实现。

在讨论过程中引导学生利用顺序表的基本运算进行实现。学生阐述观点后，老师进行点评并讲解。

#### 四、拓展-----4min

##### ● 问题拓展：稀疏一元多项式的存储？

在学生理解了一般一元多项式的加减运算实现后，提出稀疏一元多项式的情况，并提问引导学生思考顺序表存储在此问题中的不足，从而引导学生预习下次课的内容。

##### ● 案例拓展：实现学生信息表的存储及基本操作。

(1) 假如有一个学生表，每个学生包含学号、姓名和分数。如何设计相应的学生顺序表？

(2) 如果需要对该学生表进行插入、修改和删除运算，如何实现相关算法？

在学生理解了一般一元多项式的加减运算实现后，提出稀疏一元多项式的情况，并提问引导学生思考顺序表存储在此问题中的不足，从而引导学生预习下次课的内容。

#### 五、教学小结-----1min

- 1、顺序表的概念。
- 2、顺序表的基本运算实现。
- 3、顺序表的应用。

## 六、作业-----1min

- 1、完成 [www.educoder.net](http://www.educoder.net) 上老师布置的闯关实践。
- 2、思考一元多项式的乘法运算。（要求学生在线上课堂讨论区发表自己的观点，老师根据观点有效性进行平时成绩考核。）
- 3、课程网站章节测验及顺序表基本运算验证。
- 4、通过老师推送的视频资料预习线性表的链式存储结构。

### 3.线性表的应用

授课题目：线性表的应用

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

#### 一、 内容分析

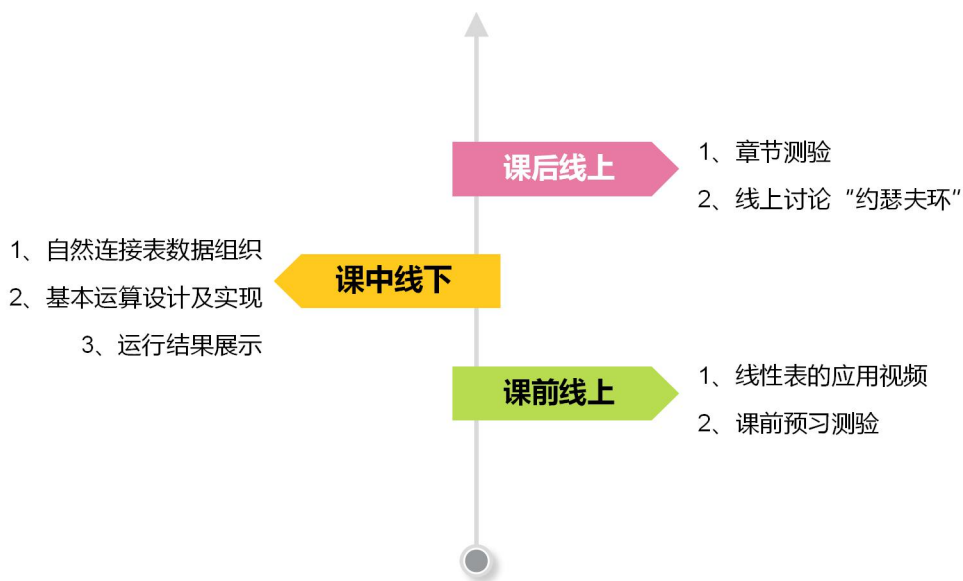
本讲内容选自李春葆主编的《数据结构教程（第 5 版）》教材的第 2 章第 4 小节。教学内容是线性表应用的综合实例——表的自然连接。表的自然连接中参与计算的每个表的行数不确定，因此可采用链式存储结构，而在连接运算过程中需要提供随机查找行中的数据元素，所以每行的数据元素可采用顺序存储结构。通过这个综合实例可使学生会综合运用前面所学的线性表相关知识和基本运算求解复杂问题，理解在逻辑结构设计过程中一方面要实现数据描述的完整性，另一方面也要考虑基本运算实现的便捷性。在解决实际问题时，可以灵活运用顺序存储和链式存储相结合的复合结构。

#### 二、 学情分析

本讲内容所涉及的自然表连接问题，本质上是求取矩阵的广义笛卡尔乘积。在知识基础方面，学生已经学习了线性表的逻辑结构设计、存储结构设计以及基本运算的实现，对于顺序表和链表运算有了清晰的了解，因此这部分内容主要突出线性表的综合应用和灵活设计思想，拓宽学生的知识面，培养其建模能力、算法设计能力以及创造力。考虑到目前学生的课余时间较少，应在课堂教学中，精讲多练，提高教学效益。

通过学生的课前线上预习情况，学生已经掌握了广义笛卡尔乘积的概念及其运算规则，具备了参与课堂主题讨论的知识储备能力。但是学生对于广义笛卡尔积的应用价值有所困惑，因此在课堂教学中要选取贴近生活的案例作为引入，让学生明白广义笛卡尔乘积的意义。

### 三、 教学思路



本讲内容是本章的最后部分，综合性较强，因此在教学过程中注意加强本章教学内容之间的纵向联系和横向对比，突出学为主体，教为主导的教学理念，同时也要注意因材施教，整体掌握重点内容的同时，要加强个别辅导和引导。考虑到学生的知识储备情况，在线上制作了预习视频，让学生对表的自然连接问题有一个大概的了解，为学生搜集主题研讨资料指明方向。

课堂上主要围绕一条主线“表的自然连接”开展教学。首先通过在两个表中查找学生课程成绩问题引入，让学生了解表的自然连接的具体应用，然后简化问题描述，将表数据都统一成整数类型，再按照算法设计的一般过程设置了问题探究、主题研讨、知识讲解等多个教学环节，最后在解决完主线问题后，提出思考及拓展问题，引导学生总结归纳并增强举一反三的灵活思变能力。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 掌握线性表综合应用设计实现的一般方法和过程；
- (2) 掌握表的简单自然连接的实现。
- (3) 灵活应用用线性表解决实际问题。

#### 能力目标：



- (1) 通过问题探究“表数据如何组织”，培养学生的数学建模能力。
- (2) 通过主题讨论“求解问题需要定义的基本运算”，培养学生算法设计能力。
- (3) 通过最后的拓展问题，培养学生利用线性表知识解决工程实际问题的能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过研讨式教学培养学生的合作能力，让学生在交流中擦出思想的火花。
- (2) 将相关学科竞赛的比赛过程引入课堂，鼓励学生打牢基础，学通学透课程教学内容，树立自信心，勇于参与各种水平的学科竞赛，呈现良好的精神面貌。

## 五、思政育人

### 1、专业观——创新、团结、奋斗

ACM 程序设计大赛是一项旨在展示大学生创新能力、团队精神和在压力下编写程序、分析和解决问题能力的年度竞赛。将 ACM 程序设计竞赛的过程介绍给学生，激发学生学习计算机的热情和勇于奋斗的精神，帮助学生树立正确的专业观。

### 2、以故事共情，以问题解决提升知识自信

通过犹太历史学家 Josephus 的故事讲述“约瑟夫问题”的由来，让学生感受知识的重要性。通过“约瑟夫问题”的扩展，让学生在讨论和解决的过程中建立起知识自信。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**线性表应用模式中的逻辑设计。

**教学难点：**线性表应用的算法实现。

#### 重点及难点的处理：

重点内容在讲解时宜采用案例式教学方法，注意从实际问题入手，提出问题，启发引导学生思考，采用讨论式教学，由学生提出解决方案，共同分析方案的优点和不足，从而引出高效的解决方案。加深学生对重点内容的理解，吸引学生的注意力，解决算法实现问题。对于线性表应用的算法实现的难点内容，在教学中应首先侧重于基础内容的理解和掌握，循序渐进，讲清算法实现的实质，然后再讲解算法实现的过程，并与前序教学内容相联系，进而突破难点内容的教学。

## 七、教学方法

### 1、案例教学法-故事共情

整堂课通过一个综合案例推动教学，培养学生运用所学知识解决实际问题的能力。讲述“约瑟夫环”故事，拓展“约瑟夫问题”，激发学生探究欲望。课后为学生布置的实际案例的思考，让学生能够举一反三，更好的应用线性表解决实际问题。

### 2、研讨式教学法

学生分成小组，各小组内容讨论拿出设计方案，再通过各组之间的交流获得最适合的设计方案，这样使学生更能融入课堂，主动的获取知识而不是被动地接受知识，加深对算法设计流程的理解。

### 3、对比教学法

通过本例中的交互式创建单链表与之前所讲的单链表创建方法进行对比，让学生学会灵活变化，培养学生的创新精神。

### 4、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画深入浅出的展示两表条件连接实现的过程，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p><b>问题引入：查找某学生的某门课成绩</b></p> <p>给出学生一张成绩单，上面包含了学号、姓名、课程号、成绩四列，然后提问学生“王五的数据结构分数”，引出表的自然连接概念。</p>	思考问题中缺少的条件，理解表的自然连接概念	通过学生熟悉的成绩查询引出本节课的主线，让学生了解表自然连接具体应用。	1min

教学过程	<p><b>问题描述：</b>两个表的自然连接</p> <p>为了简化问题，将表的数据简化成整数类型，然后通过具体示例让学生理解表的自然连接运算。</p>	听讲、思考、回答	让学生理解主要相关概念，为学生学习后续内容做准备。	37min
	<p><b>问题探究一：</b>表的数据如何组织？</p> <p>回顾之前学过的顺序表与链表知识，对比此问题中的表数据的特点，引导学生思考结合两种存储结构的特点进行数据组织，并通过图示讲解具体的数据类型设计。</p>	思考顺序表和链表的特点，听讲解，参与数据类型的设计	作为算法设计一般步骤的第一个环节，以问题探究方式培养学生学以致用能力。为算法设计的后续步骤作准备。	
	<p><b>主题研讨：</b>求解问题需要定义的基本运算？</p> <p>让学生分组讨论，老师观察每个组的讨论情况并及时解答学生的提问。</p>	分组讨论、提出问题、阐述观点、听老师点评	通过组内讨论和组间研讨，让学生擦出思想的火花，从而完成算法设计中的基本运算这个设计步骤。	
	<p><b>知识讲解：</b>表自然连接的算法设计。</p> <p><b>(1) 交互式建立单链表算法</b></p> <p>采用尾插法建表，引导学生分析对比之前的尾插建表法，思考为什么不同，然后总结原因。</p> <p><b>(2) 销毁单链表的算法</b></p> <p>此算法与之前链表销毁算法类似，因此采取略讲方式。</p> <p><b>(3) 输出单链表的算法</b></p> <p>表的存储方式为行数据之间为链式存储，行内列数据为顺序存储，因此输出采用链式与顺序相结合的双层循环实现。</p> <p><b>(4) 表连接运算算法</b></p> <p>表的连接运算是四个算法设计中最难的，因此采用动画为学生演示两个表的连接过程，再讲解实现。</p>	对比之前所学线性表的连式存储基本运算，分析前三个算法相较之前的不同之处、观看动画听老师讲解、思考表连接运算的具体实现	对四个算法设计采用重点精讲，简单的略讲方式，让学生体会出此问题中的重点。动画加图示法让学生清楚看到表连接的相关运算实现过程。与学生一起分析算法的时间复杂度，加深学生对教学重点的理解及掌握。	

	<b>问题探究二：设计求解程序</b> 先让学生进行设计，然后老师再针对学生的设计方案进行简单讲解，帮助学生理解。	独自完成设计，并拍照发送到线上讨论区	通过智慧课堂线上讨论，确认所有学生都能够积极参与到课堂教学中，同时可作为平时成绩的记录。	
	<b>数据展示</b> 运行程序，输入相应表数据，展示对应的简单自然连接结果。	观察数据，确认运行结果的正确性	通过程序运行结果展示，让学生感受编程的魅力。	
智慧课堂	<b>有奖抢答：</b> 总结一下利用数据结构解决综合问题的一般方法和过程。	积极抢答 总结归纳	1、借助信息化手段，记录学生课堂情况。 2、通过提问培养学生归纳总结能力。	1min
教学小结	数据结构应用的一般模式： （1）抽象数学模型 （2）逻辑结构设计 （3）存储结构设计 （4）算法实现 为学生介绍 ACM 程序设计大赛，讲解比赛过程中的解题思路与数据结构应用的一般模式相类似。	学生积极参与课堂小结、认真听老师的介绍、点燃自己参加比赛的斗志	此节课是第一次综合性应用课程，小结并非仅限于案例本身，更注重从具体到一般的总结。通过学科竞赛的宣传对学生进行 <b>思政教育</b> ，教育学生勇于奋斗。	2min
拓展	<b>案例拓展：</b> 约瑟夫环 讲述约瑟夫环的由来，引出约瑟夫问题。并布置讨论。 <b>文献拓展：</b> 线性表在数据挖掘中的应用 提供文献资料“基于线性表的闭频繁项集挖掘算法”	1、听故事，感受知识的魅力。 2、课后阅读，撰写报告。	讲故事让学生感受知识的魅力，通过问题布置激发学生探究欲。 2、通过文献阅读和报告撰写，培养学生的阅读能力及学术写作能力。	3min
作业	1、用线性表实现一个简易学生成绩管理系统 2、线上完成线性表的配套作业。	课后思考 完成作业	1、通过拓展问题让学生进一步探索线性表的综合应用。 2、通过配套作业考察学生的学习情况。	1min

## 九、教学反思

本节课主要通过一个综合性的案例——自然表连接为学生讲解线性表的应用。

学生在学习解决这个问题过程中可以复习线性表的顺序存储和链式存储两种结构，掌握线性表的综合应用设计。整个教学环节采用了研讨式、探究式和线上课堂等多种教学方式，充分激发了学生的学习兴趣，活跃了课堂气氛。在课堂小结环节，注重由具体到一般的归纳总结，为学生总结了数据结构应用的一般流程，并引入学科竞赛——ACM 程序设计大赛，用 ACM 比赛的意义教育学生要有创新精神和团队精神。

教学过程中对表自然连接的算法设计过程进行了详细讲解，但由于教学时间受限，对代码部分采取了略讲处理，可在实验教学环节设置相应的加强。

## 十、 预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 查阅资料，了解广义笛卡尔积的概念及运算规则。
- (2) 完成课程网站上老师发布的视频学习，思考表的自然连接的设计方法，为课堂主题研讨做准备。

### 2、课后作业

- (1) 阅读文献，了解线性表在数据挖掘中的应用，撰写 500 字的阅读小报告。
- (2) 思考“约瑟夫环”解决方案，完成线上讨论。
- (3) 思考简易学生成绩管理系统，积极参与线上讨论，发表自己的观点。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.
- [5] 李秦, 张馨东, 童甲佳等. 基于线性表的闭频繁项集挖掘算法[J]. 兰州大学学报（自然科学版），2011.4.
- [6] Ronald L.Graham,Donald E.Knuth,Oren Patashnik. 具体数学计算机基础(第 2 版). 北京：人民邮电出版社，2013 年 7 月

附:

## 板书设计

### 表的自然连接

1、void CreateTable(HList \*&amp;h)

2、void DestroyTable(HList \*&amp;h)

ACM

3、void DispTable(HList \*h)

创新、团结、奋斗

4、void LinkTable(HList \*h1, HList \*h2, HList \*&amp;h)

## 教学内容

### 一、问题引入-----1min

给出学生一张成绩单，上面包含了学号、姓名、课程号、成绩四列，提问学生“王五的数据结构分数”，引导学生提出质疑：表信息不全，无法回答。然后给出另一张表，通过两张表合并查出学生课程成绩的方法，并引出表的自然连接的概念。

#### 【PPT 课件演示】

学号	姓名	课程号	成绩
2018001	张三	S001	75
2018002	李四	S003	80
2018003	王五	S005	90
2018003	王五	S001	85
2018001	张三	S003	67
2018002	李四	S005	79

请问王五的数据结构考了多少分?

3=1

课程号	课程名称
S001	高等数学
S003	C语言程序设计
S005	数据结构

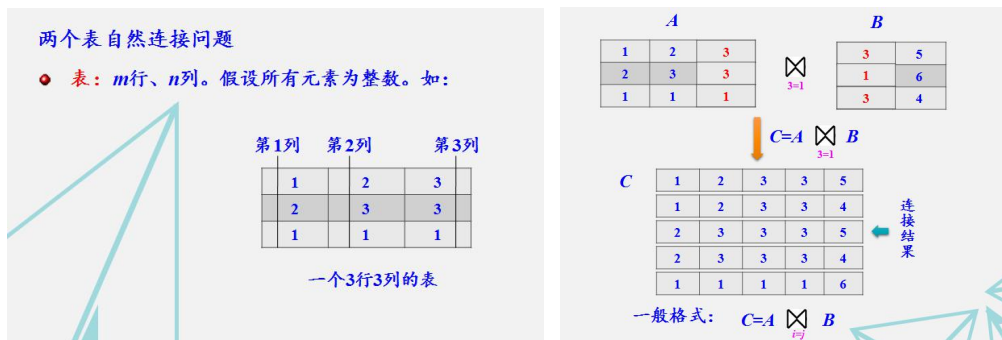
### 二、正文-----37min



## ● 问题描述

为了简化问题，将表的数据简化成整数类型的矩阵，然后通过具体示例让学生理解表的简单自然连接运算。

### 【PPT 课件演示】



## ● 问题探究一：表数据如何组织？

先回顾并总结之前学习过的顺序表和链表的特点，然后分析问题中的表数据的特点。由于每个表的行数不确定，因此采用单链表作为表的存储结构，每行作为一个数据结点，也称行结点。另外，每行中的元素个数也是不确定的，但由于需要提供随机查找行中的数据元素，所以每行的数据元素采用顺序存储结构，这里用长度为 MaxCol 的数组 data 存储每行的数据。因此该单链表中数据结点的类型声明如下：

```
#define MaxCol 10      //最大列数

typedef struct Node1    //定义数据结点类型
{
    ElemType data[MaxCol];

    struct Node1 *next;    //指向后继数据结点
} DList;
```

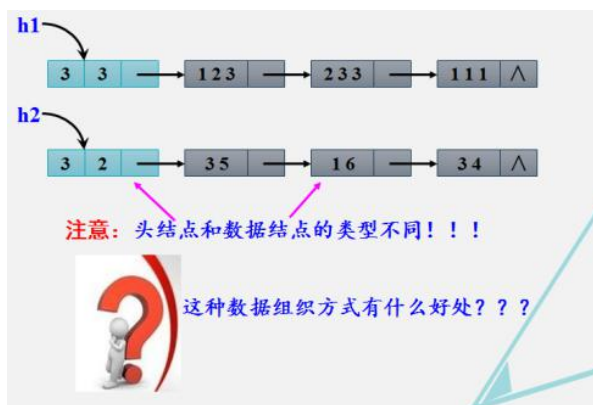
头结点定义如下：

```
typedef struct Node2    //定义头结点类型
{
    int Row, Col;    //行数和列数

    DList *next;    //指向第一个数据结点
} HList;
```

在教学中通过图的形式展示链表的结构组成，让学生更直观感受数据组织形式。采用启发式提问引导学生思考这种顺序存储与链式存储相结合的存储方式的优点。

### 【PPT 课件演示】



### ● 主题研讨：求解问题需要定义的基本运算？

让学生分组讨论，老师观察每个组的讨论情况并及时解答学生的提问。通过组内讨论和组间研讨，让学生擦出思想的火花，从而完成算法设计中的基本运算这个设计步骤。

### ● 知识讲解：表自然连接的算法设计

#### （1）交互式建立单链表算法

采用尾插法建表的方法创建存储一个表的单链表，用户先输入表的行数和列数，然后输入各行的数据。在采用尾插法建表时需要设置一个尾结点指针  $r$ ，一般尾插法是先让  $r$  指向头结点，但这里头结点和数据结点的类型不同，且头结点只要一个，而数据结点有若干个，所以只让  $r$  指向数据结点。

```
void CreateTable(HList *&h)
{
    int i, j; DList *r, *s;
    h=(HList *)malloc(sizeof(HList));    //创建头结点
    h->next=NULL;
    printf("表的行数, 列数:");
    scanf("%d%d", &h->Row, &h->Col);    //输入表的行数和列数
    for (i=0;i<h->Row;i++)                //输入所有行的数据
    {
        printf(" 第%d行:", i+1);
        s=(DList *)malloc(sizeof(DList)); //创建数据结点
        for (j=0;j<h->Col;j++)            //输入一行的数据
            scanf("%d", &s->data[j]);
        if (h->next==NULL)                //插入第一个数据结点
            h->next=s;
        else                                //插入其他数据结点
        {
            //将*s插入到*r结点之后
            //r始终指向尾结点
            r->next=s;
            r=s;
        }
        r->next=NULL;                    //尾结点next域置空
    }
}
```

采用尾插法建表

#### （2）销毁单链表的算法

该算法和前面销毁单链表少年法类似，知识要针对头结点和数据结点类型不相同的情况进行相应修改。

```

void DestroyTable(HList *&h)
{
    DList *pre=h->next, *p=pre->next;
    while (p!=NULL)
    {
        free(pre);
        pre=p;
        p=p->next;
    }
    free(pre);
    free(h);
}

```

### (3) 输出单链表的算法

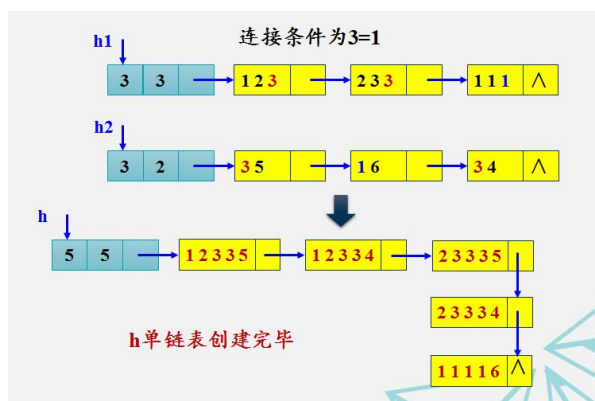
这两个算法较为简单，对比之前学过的销毁链表和输出链表两个算法，采取略讲方式，以学生自学为主。

### (4) 表连接运算算法

为了实现两个表 h1 和 h2 的简单自然连接，先要输入两个表连接的序列号 i 和 j，然后用 p 指针扫描单链表 h1，对于 h1 的每个数据结点，都用 q 指针从头至尾扫描单链表 h2 的所有数据结点，若自然连接条件成立，即 h1 的 p 所指结点和 h2 的 q 所指结点满足连接条件  $p \rightarrow \text{data}[i-1] == q \rightarrow \text{data}[j-1]$ ，则在结果单链表 h 中添加一个新结点。

## 【PPT 课件演示】

### PPT 采用动画演示整个连接过程



### ● 问题探究二：设计求解程序

先让学生进行设计，要求学生独立完成，拍照上传到在线智慧课堂，然后老师再针对学生的设计方案进行简单讲解，帮助学生理解。通过智慧课堂线上讨论，确认所有学生都能够积极参与到课堂教学中，同时可作为平时成绩的记录。

## ● 数据展示

运行程序，输入相应表数据，展示对应的简单自然连接结果。让学生观察数据，确认结果的正确性。通过程序运行结果展示，让学生感受编程的魅力。

```
表1:
表的行数, 列数:33✓
第1行:123✓
第2行:233✓
第3行:111✓
表2:
表的行数, 列数:32✓
第1行:35✓
第2行:16✓
第3行:34✓
连接字段是:第1个表位序, 第2个表位序:31✓
连接结果表:
12335
12334
23335
23334
11116
```

## 三、智慧课堂-----1min

有奖抢答：总结一下利用数据结构解决综合问题的一般方法和过程。

（借助信息化手段，记录学生课堂情况；通过提问培养学生归纳总结能力。）

## 四、教学小结-----2min

此节课是第一次综合性应用课程，小结并非仅限于案例本身，更注重从具体到一般的总结。  
数据结构应用的一般模式：

- (1) 抽象数学模型
- (2) 逻辑结构设计
- (3) 存储结构设计
- (4) 算法实现

为学生介绍 ACM 程序设计大赛，讲解比赛过程中的解题思路与数据结构应用的一般模式相类似。通过学科竞赛的宣传对学生进行**思政教育**，激发学生学习计算机的热情和勇于奋斗的精神，帮助学生树立正确的幸福观。

## 五、拓展-----3min

### ● 案例拓展：约瑟夫环

著名犹太历史学家 Josephus 有过以下的故事：在罗马人占领乔塔帕特后，39 个犹太人与 Josephus 及他的朋友躲到一个洞中，39 个犹太人决定宁愿死也不要被敌人抓到，于是决定了一个自杀方式，41 个人排成一个圆圈，由第 1 个人开始报数，每报数到第 3 人该人就必须自杀，然后再由下一个重新报数，直到所有人都自杀身亡为止。然而 Josephus 和他的朋友并不想遵

从。首先从一个人开始，越过  $k-2$  个人（因为第一个人已经被越过），并杀掉第  $k$  个人。接着，再越过  $k-1$  个人，并杀掉第  $k$  个人。这个过程沿着圆圈一直进行，直到最终只剩下一个人留下，这个人就可以继续活着。问题是，给定了  $n$  和  $k$ ，一开始要站在什么地方才能避免被处决？Josephus 要他的朋友先假装遵从，他将朋友与自己安排在第 16 个与第 31 个位置，于是逃过了这场死亡游戏。

（通过犹太历史学家 Josephus 的故事讲述“约瑟夫问题”的由来，让学生感受知识的重要性。）

#### 问题布置：

圆桌边围坐着  $2n$  个人。其中  $n$  个人是好人，另外  $n$  个人是坏人。从第一个人开始数，数到第  $m$  个人，立即赶走该人；然后从被赶走的人之后开始数，再将数到的第  $m$  个人赶走，依次方法不断赶走围坐在圆桌边的人。

预先应如何安排这些好人与坏人的作为，才能使得在赶走  $n$  个人之后圆桌边围坐的剩余的  $n$  个人全是好人？

输入：多组数据，每组数据输入： $n, m \leq 32767$

输出：对于每一组数据，输出  $2n$  个大写字母，“G”表示好人，“B”表示坏人，50 个字母为一行，不允许出现空白瑟夫。相邻数据间留有一个空行。

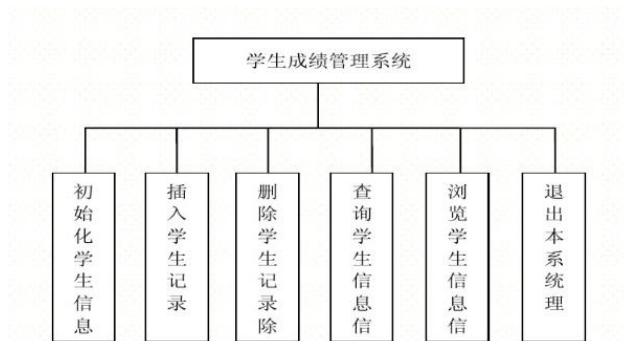
（课后完成线上讨论，晒出自己的解决方案及运行结果）

#### ● 文献拓展：线性表在数据挖掘中的应用

提供文献资料“基于线性表的闭频繁项集挖掘算法”。

## 六、作业-----1min

（1）用线性表实现一个简易学生成绩管理系统



（2）线上完成线性表的配套作业。

## 4.栈的应用

**授课题目：**栈的应用

**授课时数：**1 学时

**授课类型：**理论课

**教材：**李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

**授课对象：**软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 3 章第 1 小节的内容。从组成元素的逻辑关系看，栈属于线性结构。栈与线性表的不同之处在于它们的相关运算具有一些特殊性。更准确地说，一般线性表上的插入、删除运算不受限制，而栈的插入、删除运算均受某种特殊限制，因此栈也被称为操作受限的线性表。

在实际应用中，栈通常作为一种存放临时数据的容器。如果后存入的元素先处理，则可采用栈存储数据。本次课主要为学生介绍栈的实际应用，而“简单表达式求解”和“求解迷宫路径问题”就是比较典型的栈的应用。“简单表达式求解”这个案例相对来说较为简单，对学生而言完全可以自学，因此课堂教学内容以“求解迷宫路径问题”为主线来说明栈的应用。

### 二、 学情分析

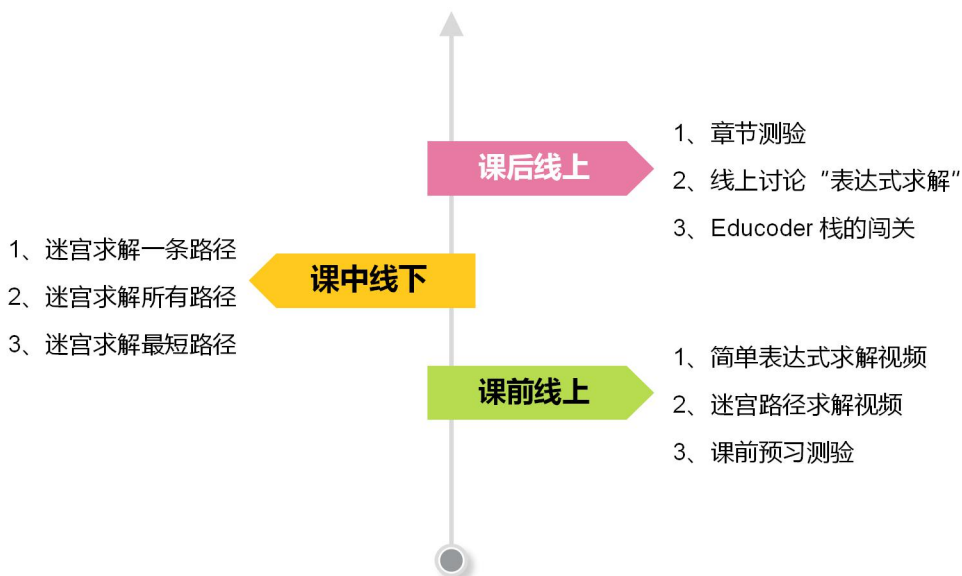
学生在本节课之前已经学习过栈的概念和基本运算实现，并学会了用栈解决简单的问题求解，因此对栈可以求解的问题有了一定的辨别能力。迷宫游戏对学生应该吸引力较大，但是如何用计算机求解迷宫问题，对学生的逻辑思维和编程思维还有较高的要求。老师可以让学生分组讨论并恰当地提出问题，引导学生思考和分析，再进一步对问题提升，最终达到提高学生发现问题、分析问题、解决问题和深入探究的自主能力。

迷宫路径求解中存在难度逐渐递增的系列问题，学生对于一条路径求解应该教易理解，但是对于所有路径和最短路径求解思路会有些无从下手，因此在课前制作预习视频让学生学习用栈求解简单表达式和迷宫路径的求解思路，让学生有能力为



课堂讨论做好充分准备。

### 三、 教学思路



大学教育应该是在“学生是主体，教师主导”的理念指导下，运用多种教学方式如启发式、案例式、研讨式等展开教学设计。本节课主要以“求解迷宫路径问题”为主线，首先回顾栈的基本概念，然后针对“迷宫问题”提出一系列层层深入的问题——“寻找一条由入口到出口的简单路径”、“寻找入口到出口的所有路径”、“寻找入口到出口的最短路径”引发学生一步步深入思考迷宫问题的求解，最后提出思考问题“如何快速地找到入口到出口的最短路径”，让学生在思考中预习后面的内容——队列。

课前为学生制作预习视频，让学生通过视频学习了解栈的相关应用——“简单表达式求解”，帮助学生掌握栈的应用方法。同时对本节课的主要内容“迷宫路径求解”做了简要介绍，让学生能够预先了解问题的解决思路，有助于提高学生的课堂讨论参与度。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解栈的基本概念。
- (2) 掌握栈的基本运算实现。

(3) 掌握栈在实际问题中的应用。

#### 能力目标:

(1) 通过解决迷宫路径问题, 提高学生分析数据、组织数据的能力。

(2) 通过层层深入的问题培养学生发散性的思考方式。

#### 情感目标:

(1) 用不断深入的问题探究吸引学生, 激发学生学习的兴趣。

(2) 让学生在解决问题的过程中建立自信, 提高学生学习的主动性。

## 五、思政育人

### 1、树立正确人生观

人生犹如一个大型的迷宫, 从起点到终点有很多条路径, 每条路径的风景都不一样, 只要坚定的朝着正确的方向走下去, 撞到南墙不气馁, 继续换条路走下去, 领略不同的风景, 只要怀揣梦想, 最后总会走到终点。教育学生在人生的道路上, 要坚定信念, 砥砺前行。

### 2、潜心钻研, 精益求精

迷宫问题不单单只是求解入口到出口的一条路径, 通过逐层递进问题的提出, 引导学生不断深入探索, 培养学生坚持科学钻研的刻苦精神。利用寻找更好的最短路径求解问题鼓励学生不断改进, 精益求精。

## 六、教学重点与难点

**教学重点:** 求解迷宫入口到出口的一条简单路径。

**教学难点:** 求解迷宫入口到出口的所有路径。

**重点及难点的处理:**

先采用游戏方式让学生用自己方式寻找一条迷宫路径, 引出重点; 设计主题研讨, 引导学生利用栈求解迷宫路径突出重点, 通过动画讲解重点; 启发式提问引导学生再次研讨如何在寻找一条迷宫路径的基础上改进, 从而寻找到所有路径, 最后老师总结点评化解难点。

## 七、教学方法

### 1、研讨式教学法

引入迷宫游戏, 让学生讨论在玩迷宫游戏时, 都采用了哪些方法, 并引导学生

改用计算机的思维方式去探讨迷宫问题的求解方案。

## 2、线上线下混合式教学法

对教学内容的线上线下划分，有机结合线上线下教学，利用学生课下的碎片时间来延伸教学学时，让学生能够学到更多知识。

## 3、启发式教学-层次递进的主题讨论

在教学过程中不断地提出问题，深化问题，让学生在逐步解决问题的过程中不断深入思考，培养学生追根究底的探索精神。

## 4、探究式教学法

授课采用提出问题——分析问题——解决问题——问题延伸的教学设计层层深入，引导学生在理解新知识的同时进行探究，运用所学知识解决问题，从而提高学习的自信心。

## 5、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画演示简单迷宫的求解过程，让学生了解整个求解过程中栈的数据变化及迷宫路径搜索方向，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

# 八、 教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>迷宫游戏引入：</b> 给出一张迷宫图，提问学生通常会怎么完成迷宫路线的查找。引出本节课的主线——计算机如何求解迷宫路径问题。	集中注意力，用眼睛搜索迷宫的路径，思考搜索方式。	引出本节课的主线，吸引学生注意力，激发学生的学习兴趣。	1min
智慧课堂	<b>课堂小测验</b> 线上发布两个有关栈的基础知识题的小测验，要求学生在现场完成作答。	完成测验	通过课堂小测验，考查学生对栈的基础知识的掌握程度。	2min

教学过程	<p><b>知识回顾：</b>栈的基本概念</p> <p>回顾栈的定义，栈的特点以及栈的基本运算。在讲解过程中多采用提问方式引导学生主动回忆。</p>	搜索记忆，复习栈的基本概念，回答老师的提问。	让学生在回顾知识的同时，发现自己的欠缺的地方，以提醒学生及时复习。	38min
	<p><b>问题探究一：</b>迷宫的数据组织？</p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 迷宫存储方式</p> <p>(2) 栈的存储结构</p> <p>通过分析探讨出迷宫在内存中的存储方式。分析求解过程，栈中存储数据的具体形式。</p>	思考迷宫的数据组织方式，仔细听讲解，记笔记，掌握具体结构体定义形式。	具体定义迷宫问题中的相关数据结构，为求解迷宫算法做准备。	
	<p><b>研讨主题一：</b>求解从入口到出口的一条简单路径。</p> <p>(在研讨过程中启发学生用穷解法，遇到死胡同时，考虑原路返回。)</p>	参考教材，认真思考求解路径的方式，相互讨论得出求解方案。	通过学生思考和讨论找出求解一条简单路径的方法，通过学生回答提高学生的表达能力及自信心。	
	<p><b>研讨主题二：</b>求解从入口到出口的所有简单路径。</p> <p>(在研讨过程中启发学生，找到一条路径后，如何继续寻找下去，不直接退出。)</p>	认真思考、积极讨论、阐述观点、听点评。	进一步引导学生思考从一条路径的查找扩展到所有路径查找。	
	<p><b>问题探究二：</b>求解从入口到出口的最短路径。</p> <p>引导学生从搜索出的所有路径中通过比较得出最短路径，思考此过程需要增加的数据存储。</p>	根据老师的提示，思考改进上一讨论环节中的方案。	层层递进的问题探究设置，引导学生更进一步思考，培养学生的探究精神。	

教学小结及思政育人	<p><b>教学小结:</b> 栈在迷宫问题中的应用:</p> <p>1、求解出迷宫从入口到出口的简单路径。</p> <p>2、求解出所有简单路径。</p> <p>3、求解出最短简单路径但效率不高。</p> <p><b>比拟人生:</b> 人生不怕迷宫, 坚定信念, 总能找到出口。</p>	参与小结、听讲解, 思考人生	<p>1、帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。</p> <p>2、思政育人</p> <p>(1)通过逐层递进问题的提出, 引导学生不断深入探索, 培养学生坚持科学钻研的刻苦精神。</p> <p>(2)指引学生在人生的道路上不怕迷宫, 坚定信念, 总能找到出口。</p>	2min
作业	<p><b>课后作业:</b> 编程实现课堂上前两个迷宫路径求解问题。</p> <p><b>思考题:</b> 如何快速求解入口到出口的最短路径呢?</p> <p>(在课程网站上通过微课视频预习队列内容。)</p>	课后完成 在线预习	<p>1、提升学生的编程能力。</p> <p>2、督促学生预习。</p>	1min
拓展	<p><b>栈的应用广泛:</b></p> <p>(1) 函数调用和递归实现</p> <p>(2) 深度优先搜索</p> <p><b>文献扩展:</b></p> <p>(1) A General Depth-First-Search based Algorithm for Frequent Episode Discovery</p> <p>(2) Depth-First Search Algorithms for Finding a Generalized Moore Graph</p>	拓展思路 课后阅读	<p>1、通过应用拓展, 开阔学生眼界, 提高专业站位。</p> <p>2、通过文献阅读, 培养学生的自学能力和创新创业能力。</p>	1min

## 九、教学反思

本节课以常见的迷宫问题吸引学生注意, 激发学生学习兴趣。在课堂上采用问题探究形式引导学生将迷宫问题中的数据存储格式具体化, 然后有层次地提出两个研讨主题, 启发学生由易入难, 循序渐进地思考, 接着进一步提出“迷宫最短路径”

问题，督促学生课后预习后面的队列内容。

在研讨主题二中，学生对于从求解一条路径转为求解所有路径的讨论，有点无从下手，导致讨论不够充分。在今后的教学中，在上课之前给学生提供相关参考资料，让学生进行前期思考，到课上再进一步讨论，以便提升教学效果。

## 十、 预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“简单表达式求解视频”，参与线上讨论，思考多种方法求解简单表达式。

(2) 完成课程网站上老师发布的预习视频，查找资料，思考求解迷宫路径问题的解决方案，为课堂主题研讨做准备。

### 2、课后作业

- (1) 编程实现课堂上前两个迷宫路径求解问题。
- (2) 思考如何快速求解入口到出口的最短路径。
- (3) 完成 Educoder 实践平台上栈的闯关。
- (4) 阅读文献，了解栈在深度优先搜索算法中的应用。

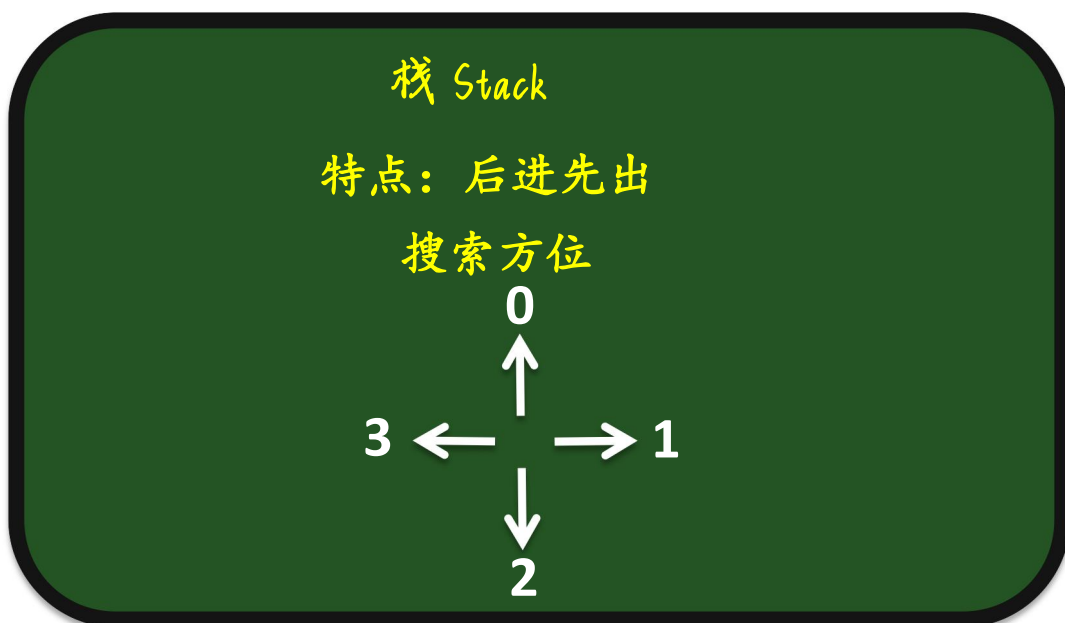
## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第5版）. 北京：清华大学出版社，2017年8月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C语言版|第2版）. 北京：人民邮电出版社，2015年2月.
- [3] 陈越. 数据结构（第2版）. 北京：高等教育出版社，2016年6月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008年6月.
- [5] Yoshiki Satotani, Norikazu Takahashi. Depth-First Search Algorithms for Finding a Generalized Moore Graph[C]. TENCON 2018 - 2018 IEEE Region 10 Conference, Jeju, Korea (South), 2018.
- [6] Huisheng Zhu, Lin Chen, Jinhai Li, Aiping Zhou, Peng Wang, Wei Wang. A General Depth-First-Search based Algorithm for Frequent Episode Discovery[C]. 2018 14th International Conference on Natural Computation, Fuzzy Systems and Knowledge Discovery (ICNC-FSKD), Huangshan, China, 2018.



附：

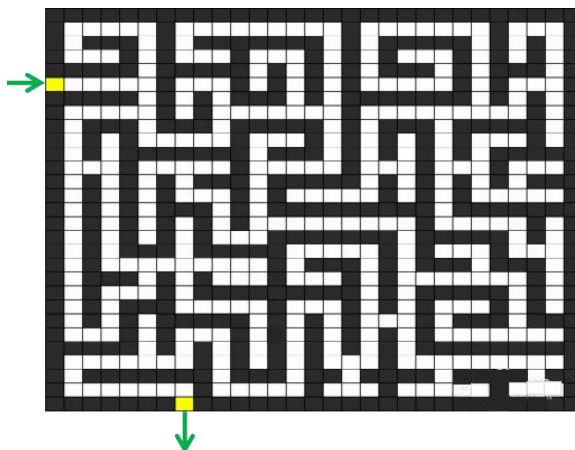
## 板书设计



## 教学内容

## 一、引入-----1min

你是否玩过迷宫游戏？在下面这副图中，你能否找到一条从入口到出口的路径呢？



如何用计算机求解迷宫路径呢？首先看看问题描述：给定一个  $M \times N$  的迷宫图，入口与出口及行走规则，求一条从指定入口到出口的路径。要求所求路径必须是简单路径，即路径不重复。

我们从迷宫的入口开始搜索，到达岔路口时，会有多个方向可走，此时需要选择一个方向继续搜索下去。当无路可走时怎么办呢？回退。如何才能正确回退呢？显然需要存储走过的路

径，这就可以用栈来存储。

## 二、智慧课堂-----2min

线上发布小测验如下：

(1) 若一个栈以向量  $V[1..n]$  存储，初始栈顶指针  $top$  设为  $n+1$ ，则元素  $x$  进栈的正确操作是( )。

A、 $top++$ ;  $V[top]=x$ ;

B、 $V[top]=x$ ;  $top++$ ;

C、 $top--$ ;  $V[top]=x$ ;

D、 $V[top]=x$ ;  $top--$ ;

(2) 若让元素 1, 2, 3, 4, 5 依次进栈，则出栈次序不可能出现在 ( ) 种情况。

A、5, 4, 3, 2, 1

B、2, 1, 5, 4, 3

C、4, 3, 1, 2, 5

D、2, 3, 5, 4, 1

(通过课堂小测验，考查学生对栈的基础知识的掌握程度。)

## 三、正文-----38min

### ● 知识回顾：栈的定义，栈的特点以及栈的基本运算。

(1) 栈是一种只能在一端进行插入或删除操作的线性表。

(2) 栈的特点：后进先出 (Last In First Out, LIFO)

(3) 栈的基本运算：

- ① **InitStack(&s):** 初始化栈。构造一个空栈s。
- ② **DestroyStack(&s):** 销毁栈。释放栈s占用的存储空间。
- ③ **StackEmpty(s):** 判断栈是否为空:若栈s为空，则返回真；否则返回假。
- ④ **Push(&S, e):** 进栈。将元素e插入到栈s中作为栈顶元素。
- ⑤ **Pop(&s, &e):** 出栈。从栈s中退出栈顶元素，并将其值赋给e。
- ⑥ **GetTop(s, &e):** 取栈顶元素。返回当前的栈顶元素，并将其值赋给e。

### ● 问题探究一：迷宫的数据组织

通过分析探讨出迷宫在内存中的存储方式。分析求解过程，栈中存储数据的具体形式。

```
typedef struct
```

```
{    int i;           //当前方块的行号
```

```

int j;                //当前方块的列号

int di;              //di 是下一可走相邻方位的方位号

} Box;              //定义方块类型

typedef struct
{
    Box data[MaxSize];

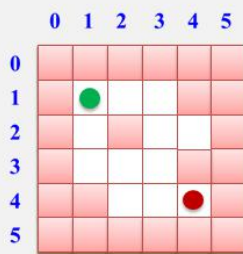
    int top;          //栈顶指针

} StType;

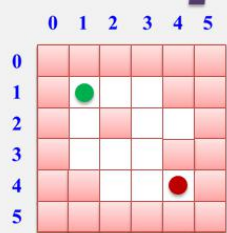
```

### 【PPT 课件演示】

例如,  $M=4$ ,  $N=4$ , 图中的每个方块, 用空白表示通道, 用阴影表示障碍物。为了算法方便, 一般在迷宫外围加上了一条围墙。



设置一个迷宫数组mg, 其中每个元素表示一个方块的状态, 为0时表示对应方块是通道, 为1时表示对应方块不可走。



```

int mg[M+2][N+2]=
{
    {1, 1, 1, 1, 1, 1},
    {1, 0, 0, 0, 1, 1},
    {1, 0, 1, 0, 0, 1},
    {1, 0, 0, 0, 1, 1},
    {1, 1, 0, 0, 0, 1},
    {1, 1, 1, 1, 1, 1}
};

```

$M \times N$

- 研讨主题一：求解从入口到出口的一条简单路径。

分组讨论, 主动探知, 相互探讨, 深入理解。

算法如下:

将入口  $(x_i, y_i)$  进栈 (其初始方位设置为-1);

$mg[x_i][y_i] = -1$ ;

while(栈不空)

```

{
    取栈顶方块(i, j, di);
    if((i, j)是出口(xe, ye))
    {
        输出栈中的全部方块构成一条迷宫路径;
        return true;
    }
    查找(i, j, di)的下一个相邻可走方块;
    if(找到一个相邻可走方块)
    {
        将栈顶方块的 di 设置为 d;
        找到的可走方块(i1, j1, -1)进栈;
        mg[i1][j1]=-1;
    }
    if(没有找到(i, j, di)的任何相邻可走方块)
    {
        将(i, j, di)出栈;
        mg[i][j]=0;
    }
}

```

### 【PPT 课件演示】

ppt 动画演示整个迷宫求解过程。

## 04 PART FOUR 算法设计

$mg[M+2][N+2]$

```

{
  {1, 1, 1, 1, 1, 1},
  {1, -1, -1, -1, 1, 1},
  {1, 0, 1, -1, 0, 1},
  {1, 0, 0, -1, 1, 1},
  {1, 1, 0, -1, -1, 1},
  {1, 1, 1, 1, 1, 1}
};

```

(4,4),	-1
(4,3),	1
(3,3),	2
(2,3),	2
(1,3),	2
(1,2),	1
(1,1),	1

● 研讨主题二：求解从入口到出口的所有简单路径。

实际上，在使用栈求解迷宫问题时，当找到出口后输出一个迷宫路径，然后可以继续回溯搜索下一条迷宫路径。采用这种回溯方法可以找出所有的迷宫路径。

在研讨过程中启发学生，找到一条路径后，如何继续寻找下去，不直接退出。主要在上一个求解算法的基础上修改便可。

```

if ((i, j) 是出口 (xe, ye))
{
    输出栈中的全部方块构成一条迷宫路径;

    mg[i][j]=0; //恢复 (i, j) 为可走

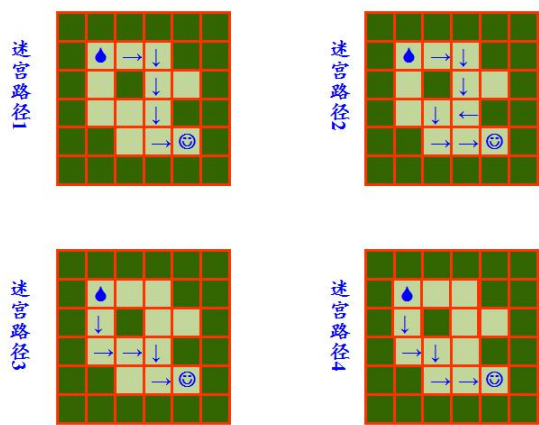
    出栈 (i, j); //

    取栈顶方块 (i, j, di);
}

```

【PPT 课件演示】

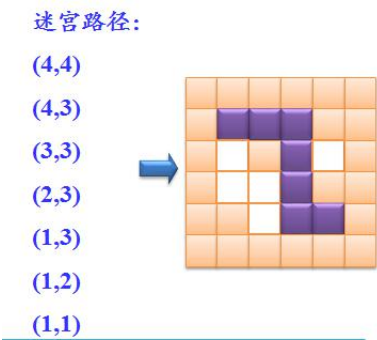
得到如下4条迷宫路径：



● 问题探究二：求解从入口到出口的最短路径

在前面的研讨主题二中已经求解出迷宫的所有路径，最短路径问题只需要在前面的基础上增加一个变量和一个数组，记录当前找出的最短路径长度及最短路径，当所有路径寻找完毕，便可获得最短路径及其长度。

【PPT 课件演示】



四、教学小结-----2min

栈在迷宫问题中的应用：

- 1、求解出迷宫从入口到出口的简单路径。
- 2、求解出所有简单路径。
- 3、求解出最短简单路径但效率不高。

（通过逐层递进问题的提出，引导学生不断深入探索，培养学生坚持科学钻研的刻苦精神。）

比拟人生：

人生不怕迷宫，坚定信念，总能找到出口。

五、作业-----1min

课后作业：编程实现课堂上前两个迷宫路径求解问题。



**思考题：**如何快速求解入口到出口的最短路径呢？

## 六、拓展-----1min

栈的应用广泛：

- (1) 函数调用和递归实现
- (2) 深度优先搜索

文献扩展：



## 5.队列（节选）

授课题目：队列（节选）

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 3 章第 2 小节的内容。本讲内容主要包括队列的基本概念及结构、顺序队的基本运算以及队列的实践应用。顺序队分为两种：非环形队列和环形队列，两者基本运算稍有不同，在内容处理上应该注重于两者之间的区别。在实际应用中，队列通常作为一种存放临时数据的容器。如果先存入的元素先处理，则采用队列。整堂课以“扑克牌序列”案例贯穿，引导学生应用队列解决实际问题。

通过本讲教学，学生要掌握队列的基本逻辑结构、操作特性以及建立在顺序存储结构之上的基本运算，并能够初步尝试应用队列这种数据结构求解复杂问题。

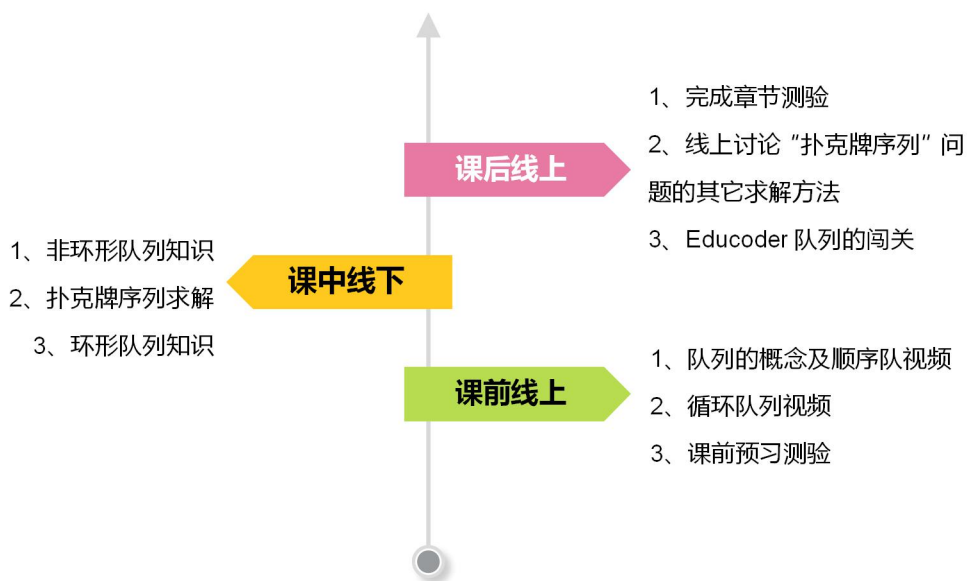
### 二、 学情分析

队列也是一种特殊的线性表，其操作限制在线性表的两端。前面学习的栈是限制操作在线性表的一端，通过分析这种联系和区别很容易引导学生掌握本节内容。因此，在授课开始要加强复习和引导环节的教学，引导学生思考和分析问题，进入教学情境，实现沉浸式学习。注意加强课堂管理和引导，创好良好的课堂氛围。

队列的基本逻辑结构、操作特性及基本运算的实现都是与线性表和栈相类似的，大部分学生有能力通过自学完成，因此为学生制作预习视频，将这部分内容放置在课前完成。

队列的应用是学生比较感兴趣的部分，扑克牌又是传统的娱乐工具，两者相结合碰撞出的火花，必然会让学生较为期待。

### 三、 教学思路



队列的概念及基本运算的实现并不难，学生在学习过线性表后比较容易快速地接受。本节课首先以“扑克牌小游戏”为引入，讲解队列的基本概念及顺序存储结构实现；接着让学生分组讨论求解扑克牌原始序列，以达到学生主动探知、互相探讨和深入理解的效果；然后针对研讨问题的解决方案进一步提出疑问，引出假溢的概念；最后讲解环形队列，解决假溢现象。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解队列的基本概念。
- (2) 掌握队列的基本运算实现。
- (3) 掌握队列在实际问题中的应用。

#### 能力目标：

- (1) 通过解决扑克牌问题，提高学生分析数据、组织数据的能力；
- (2) 通过层层深入的问题培养学生发散性的思考方式。

#### 情感目标：

- (1) 培养学生勇于创新、主动探究、团结协作的精神。
- (2) 让学生在解决问题的过程中建立自信，提高学生学习的主观能动性。

## 五、思政育人

### 1、讲历史以自信

本节课的主线是“求解扑克牌序列”。关于扑克牌的起源，一般都认为是在第一次鸦片战争期间，由西方传入中国，但是若究其本源，扑克牌并非出于西方，而是源于中国的“叶子戏”。讲述扑克牌的历史起源，以增强学生的民族文化自信感。

### 2、社会离不开秩序

在现实生活中，我们经常会遇到为了得到某种服务而排队的情况，比如，食堂买饭时需要排队，银行存款时也需要排队。由现实生活中的排队引申到社会秩序，教育学生万事离不开方法，世界离不开秩序。要想社会和谐，秩序是不可或缺的。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**队列的基本运算。

**教学难点：**应用队列解决实际问题。

**重点及难点的处理：**

队列基本运算的实现是建立在队列的工作特性的基础上，即先进先出，而队列的应用也是基于这一点，因此在重点内容的讲授时，一方面以队列的操作和工作特性为主线，贯穿算法的设计与实现，另一方面注意强调其应用场景。在算法实现过程中，队列的队空、队满条件要进行强调，并且随着算法介绍的深入，从传统队列存在的缺陷引出循环队列，通过层层递进，不断的提出问题、分析问题和解决问题，并将应用贯穿于基本运算的实现，在讲解应用实例时，就可以使难点问题迎刃而解，取得良好的教学效果。

## 七、教学方法

### 1、玩中学-扑克牌案例教学法

整节课利用大众熟知的扑克牌工具，以“求解扑克牌序列”案例为主线，创造沉浸式课堂，实现学生玩与学的有效结合。

### 2、线上线下混合教学法

对学情进行详细剖析，将教学内容合理划分为线上和线下两部分。通过预习、课堂教学和课后任务将线上线下有机结合，以求行之有效地督促学生掌握所有知识点。

### 3、研讨式教学法

引入扑克牌游戏，让学生讨论如何还原扑克牌初始序列，并引导学生改用计算机的思维方式去寻找扑克牌问题的求解方案。

### 4、多媒体辅助教学法

通过课件中精美动画设计，使教学更直观、更生动，从而激发学生的学习兴趣，调动学习积极性，达到提高课堂教学效率的目的。

### 5、探究式教学法

授课采用提出问题——分析问题——解决问题——问题延伸的教学设计层层深入，引导学生在理解新知识的同时进行探究，运用所学知识解决问题，从而提高学习的自信心。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p><b>增强民族文化自信：</b></p> <p>扑克是流行全世界的一种娱乐性纸质玩具。关于扑克牌的起源，一般都认为是在第一次鸦片战争期间，由西方传入中国，但是若究其本源，扑克牌并非出于西方，而是源于中国的“叶子戏”。讲述扑克牌的历史起源，以增强学生的民族文化自信感。</p> <p><b>扑克牌序列引入：</b></p> <p>扑克牌与队列相碰撞，会产生什么样的火花呢？用扑克牌的 A-K 为学生展示一种出牌方法，出牌的序列是 A-K，问牌的原始序列是什么？</p>	<p>1、思考牌的初始序列，积极阐述自己的观点。</p> <p>2、与老师共情，拒绝赌博。</p>	<p>1、讲述扑克牌的历史起源，以增强学生的民族文化自信感。</p> <p>2、通过有趣的游戏引出本节课的主题队列。</p>	3min
智慧课堂	<p><b>课堂小测验</b></p> <p>线上发布两个有关顺序队的基础知识题的小测验，要求学生在现场完成作答。</p>	完成测验	通过课堂小测验，考查学生预习效果及对队列的基础知识的掌握程度。	2min

教学过程	<b>知识讲解：</b> 队列 <b>知识点：</b> （1）队列的定义 （2）队列的顺序存储结构 <b>思政教育：</b> 以队列比拟现实生活中的排队，教育学生要遵守秩序，社会才能和谐。	认真听讲解、记笔记，与前面学习过的栈以及线性表进行对比，加深理解。	讲解新知，为解决前面引入的问题做准备。 <b>思政教育：</b> 万事离不开方法，世界离不开秩序。	36min
	<b>研讨主题：</b> 扑克牌的原始序列？ 在研讨过程中启发学生可以逆向恢复扑克牌的序列。要求每组给出推理方法，并上台讲解。最后老师根据学生给出的结果点评并讲解。	分组讨论，利用老师提供的扑克牌进行推理。	通过学生分组讨论，快速的掌握队列的知识，并提高运用队列解决问题的能力。	
	<b>问题探究：</b> 在扑克牌求解问题中所用队列的长度至少是多少？ <b>知识点：</b> （1）队空及队满条件 （2）假溢现象	根据讨论时的推理过程思考队列的长度，积极阐述观点。	在求解完扑克牌问题后进一步思考队列长度，发现假溢问题，从而引出环形队列的概念。	
	<b>知识讲解：</b> 环形队列。 <b>知识点：</b> （1）环形队列的概念。 （2）环形队列的入队出队操作。 （3）环形队列的队空队满判定。	认真听讲解，学习环形队列，与前面的非环形队列进行对比。	通过前面的问题探究引入环形队列解决假溢问题，提高学生知识的连贯性。	
教学小结	<b>教学小结：</b> （1）队列的定义。 （2）队列的顺序存储结构。 （3）环形队列的实现。	参与小结 听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	1min



拓展	<b>应用拓展：</b> （1）银行排队叫号机 （2）操作系统处理等待的进程 （3）网络资源调度 <b>文献拓展：</b> （1） Shortest-path-based back-pressure routing with single-FIFO queueing in ad hoc networks （2） An Efficient Sorting Techniques for Priority Queues in High-Speed Networks	联系生活，思考队列的其它应用，课后阅读文献	1、通过应用拓展，开阔学生眼界，提高专业站位。 2、通过文献阅读，培养学生的自学能力和创新创业能力。	2min
作业	<b>课后作业：</b> （1）编程实现非环形队列及环形队列的顺序存储结构及基本运算。 （2）编程实现扑克牌序列求解问题。 （3）预习队列的链式存储结构。 （在课程网站上通过微课视频预习链队内容。）	课后完成在线预习	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生预习。	1min

## 九、教学反思

本节课采用引入案例“扑克牌序列”成功地吸引了学生的注意力，极大地激发了学生的学习兴趣。采用分组讨论的形式让学生的学习兴趣进一步升华，有效地活跃了课堂气氛，让学生在轻松愉快地氛围中探索新知。

通过本节课的学习，学生基本掌握了队列的顺序存储结构，但是在研讨过程中只能给出求解思路，对于具体的编程实现，学生表示有些难度。在今后的课程教学中，可以考虑增加演示实际算法代码运行过程的环节，让学生能够更快地掌握理论到实践的转换。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- （1）观看“顺序队”的预学视频，掌握顺序队的基本运算的实现。
- （2）完成课程网站上老师发布的预习视频，分组讨论，思考扑克牌序列问题的解决方案，为课堂主题研讨做准备。

### 2、课后作业

- (1) 编程实现非环形队列及环形队列的顺序存储结构及基本运算。
- (2) 编程实现扑克牌序列求解问题。
- (3) 完成 Educoder 实践平台上的队列的闯关。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.
- [5] Nan Wang, Hai Zhao, Long Hai. Shortest-path-based back-pressure routing with single-FIFO queueing in ad hoc networks[J]. IET Networks, 2019, 8(5): 339-345.
- [6] U Meenakshi, P M Aishwarya, Vani R Keerthi, Sonali Agrawal. An Efficient Sorting Techniques for Priority Queues in High-Speed Networks[C]. 2019 3rd International Conference on Electronics, Communication and Aerospace Technology (ICECA), Coimbatore, India, 2019.

附：

### 板书设计

#### 队列 FIFO

1、入队：rear++

2、队满：rear==MaxSize-1

3、出队：front++

4、队空：front==rear

扑克牌：中国  
秩序

## 教学内容

### 一、引入-----3min

说起扑克牌，恐怕对每一个地球人来说都不会陌生，玩法更是五花八门，对于国人来说，不管是斗地主也好，拱猪也好，普及率之高令人乍舌。那么扑克有何历史渊源呢？

一般都认为扑克牌是在第一次鸦片战争期间，由西方传入中国，但是若究其本源，扑克牌并非出于西方，而是源在中国。唐朝时，有记载一种纸牌游戏，因其只有树叶大小，故称“叶子戏”。到宋朝已经风靡全国，在元朝时由蒙古人传入欧洲，后经欧洲人改进，形成了西方的扑克，又在清朝传回中国。

本次课我们将扑克与队列相结合，感受传统文化与新兴技术相结合碰撞出的火花。接下来用扑克牌的 A-K 为学生展示一种出牌方法，出牌的序列是 A-K，问牌的原始序列是什么？

#### 【PPT 课件演示】



### 二、智慧课堂-----2min

线上发布小测验如下：

（1）栈和队列的共同点是（ ）。

- A、都是先进先出
- B、都是先进后出
- C、只允许在端点处插入和删除元素
- D、没有共同点

（2）数组  $Q[n]$  用来表示一个队列， $f$  为当前队列头元素的前一位置， $r$  为队尾元素的位置，如何进行  $e$  元素入队操作（ ）。

- A、 $f=f+1; Q[f]=e;$
- B、 $f=f+1; e=Q[f];$

C、 $r=r+1;Q[r]=e;$

D、 $r=r+1;e=Q[r];$

（通过课堂小测验，考查学生预习效果及对队列的基础知识的掌握程度。）

### 三、正文-----36min

#### ● 知识讲解：队列的概念

队列简称队，它是一种运算受限的线性表。队列只能在队尾进行插入操作，在队首进行删除操作。

顺序队类型 SqQueue 定义如下：

```
typedef struct
{
    ElemType data[MaxSize];

    int front,rear;        //队首和队尾指针
} SqQueue;
```

思政育人：

以队列比拟现实生活中的排队，教育学生要遵守秩序，社会才能和谐。

#### 【PPT 课件演示】

**02 PART TWO**  
原理讲解

万事离不开方法，世界离不开秩序

队列简称队，它是一种运算受限的线性表。

线性表



队列只能在队尾进行插入操作，在队首进行删除操作

队列的基本运算如下：

- ❶ **InitQueue(&q)**: 初始化队列。构造一个空队列q。
- ❷ **DestroyQueue(&q)**: 销毁队列。释放队列q占用的存储空间。
- ❸ **QueueEmpty(q)**: 判断队列是否为空。若队列q为空，则返回真；否则返回假。
- ❹ **enQueue(&q,e)**: 进队列。将元素e进队作为队尾元素。
- ❺ **deQueue(&q,&e)**: 出队列。从队列q中出队一个元素，并将其值赋给e。



#### ● 研讨主题：扑克牌的原始序列？

在研讨过程中启发学生可以逆向恢复扑克牌的序列

队列求解扑克牌序列算法如下：

```

InitQueue(q);           //初始化队列 Q

char poker[]={ 'A' ,  '2' ,  '3' ,  '4' ,  '5' ,  '6' ,  '7' ,  '8' ,  '9' ,  '0' ,
'J' ,  'Q' ,  'K' };

K 入队;

i  from  Q to 2
{
    入队一张 poker[i];
    出队一张牌 X;
    再将 X 入队;
}

A 入队;

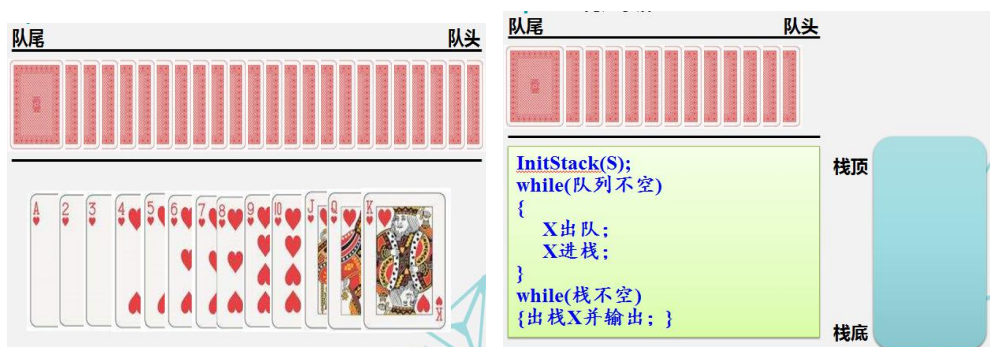
InitStack(S);
while(队列不空)
{
    X 出队;
    X 进栈;
}

while(栈不空)
{出栈 X 并输出; }

```

### 【PPT 课件演示】

通过动画演示求解扑克牌序列的全过程。



● 问题探究：在扑克牌求解问题中所用队列的长度至少是多少？

在扑克牌求解问题中所用队列的长度至少是多少？在求解完扑克牌问题后进一步思考队列长度，发现假溢问题，从而引出环形队列的概念。

【PPT 课件演示】



● 知识讲解：环形队列

环形队列的概念，环形队列的出队入队操作，环形队列的队空队满条件。

环形队列的 4 要素：

队空条件：front = rear

队满条件：(rear+1)%MaxSize = front

进队 e 操作：rear=(rear+1)%MaxSize; 将 e 放在 rear 处

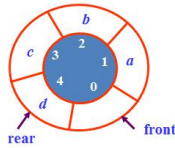
出队操作：front=(front+1)%MaxSize; 取出 front 处元素 e;

【PPT 课件演示】





环形队列：



实际上内存地址一定是连续的，不可能是环形的，这里是通过逻辑方式实现环形队列，也就是将 $rear++$ 和 $front++$ 改为：

- $rear = (rear + 1) \% \text{MaxSize}$
- $front = (front + 1) \% \text{MaxSize}$

环形队列的4要素：

- 队空条件： $front = rear$
- 队满条件： $(rear + 1) \% \text{MaxSize} = front$
- 进队 $e$ 操作： $rear = (rear + 1) \% \text{MaxSize}$ ; 将 $e$ 放在 $rear$ 处
- 出队操作： $front = (front + 1) \% \text{MaxSize}$ ; 取出 $front$ 处元素 $e$ ;

在环形队列中，实现队列的基本运算算法与非环形队列类似，只是改为上述4要素即可。

#### 四、教学小结-----1min

- (1) 队列的定义。
- (2) 队列的顺序存储结构。
- (3) 环形队列的实现。

#### 五、拓展-----2min

应用拓展：

- (1) 银行排队叫号机
- (2) 操作系统处理等待的进程
- (3) 网络资源调度

文献拓展：



#### 六、作业-----1min

- (1) 编程实现非环形队列及环形队列的顺序存储结构及基本运算。
- (2) 编程实现扑克牌序列求解问题。
- (3) 预习队列的链式存储结构。

## 6. 串的模式匹配

授课题目：串的模式匹配

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

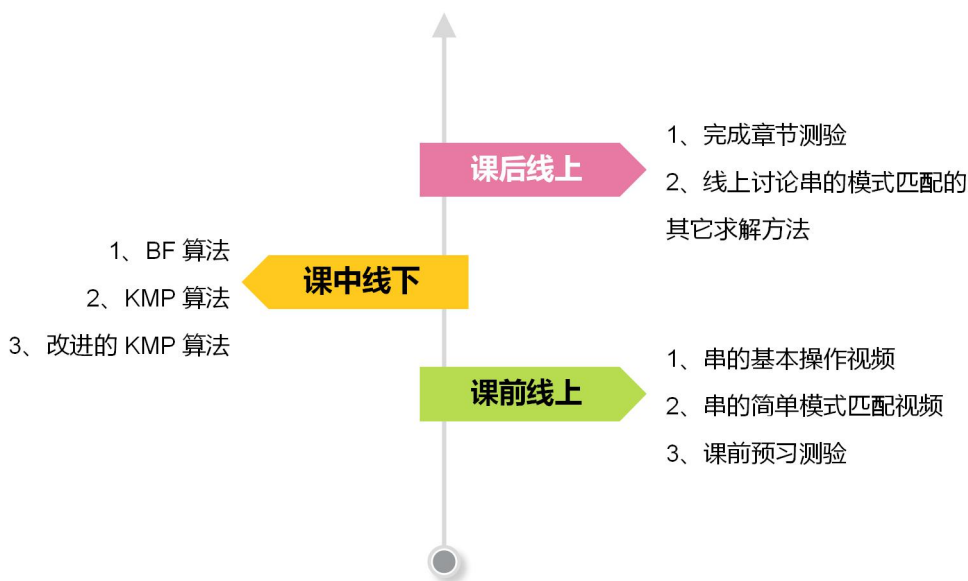
本讲内容选自李春葆主编的《数据结构教程（第 5 版）》教材第 4 章的第 3 节。字符串的模式匹配是对字符串的基本操作之一，广泛应用于生物信息学、信息检索、拼写检查、语言翻译、数据压缩、网络入侵检测等领域，如何简化其复杂性一直是算法研究中的经典问题。本讲教学内容介绍了模式匹配的两种算法：BF 算法和 KMP 算法的原理与算法实现，从串的“块”查找和替换引出字符串匹配问题，本讲内容是数据结构的经典算法介绍，启发意义大于算法本身的实现。要引导学生加深理解实践问题的本质，从解决问题的细节思考提高算法效率的方法和手段。在知识层面，通过本讲教学使学生掌握 KMP 算法的实现原理和算法实现过程，形成良好的工程实践素养。

### 二、 学情分析

串属于数据类型特定的线性表，学生在前面学习线性表的基础上，自主学习串的基本运算不是难事。因此串的基本操作部分的内容作为线上学习部分，让学生课前自学，锻炼学生的自学能力。

学生通过线上教学视频已经了解了串的基本概念，掌握了串的存储结构，具有一定的应用能力。但串的模式匹配是一个比较复杂的串操作，之前的学习未曾涉及，因此需要老师详细讲解。本讲 KMP 算法实现是一个难点内容，其中模式串的 next 函数的求解和程序实现更难理解，结合学生的平时学习情况，这部分教学内容在讲解时一定要创造良好的教学气氛，将学生的注意力真正引导到教学内容的学习过程中来，为教学顺利实施创造条件。

### 三、 教学思路



本讲教学要突出一条主线两个算法的设计思想，一条主线，是指提高字符串匹配算法的效率，两个算法即 BF 算法和 KMP 算法，两种算法一简一繁，对比明显，利用这个特点使学生理解 KMP 算法的实质。在讲解 KMP 算法实现的时候，特别是 next 函数的含义与程序实现，要通过动画和实例讲解，使学生掌握这一重要环节。在教学过程中，重点内容的教学要构建良好的课堂气氛，发挥学生的主体作用，启发引导其独立思考。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 掌握 BF 算法和 KMP 算法的原理与算法实现。
- (2) 掌握 KMP 算法的实现。

#### 能力目标：

- (1) 通过讲解算法设计过程强化培养学生程序设计能力。
- (2) 通过分组讨论对 BF 算法改进提高学生的思变创新能力。
- (3) 通过归纳模式串 t 的 next 数组公式培养学生数学建模的能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过 BF 算法与 KMP 算法的对比，教育学生在学习过程中不要有畏难思想，

要砥砺前行，结果会有意想不到的收获。

(2) 通过 BF 到 KMP 再到改进的 KMP，引导学生加深理解实践问题的本质，从解决问题的细节思考提高算法效率的方法和手段，培养学生的钻研精神。

## 五、思政育人

### 讲人物以励志

KMP 算法具有经典性，该算法能够高效的实现字符串匹配，降低算法的时间复杂度。这是由三位科学家凭借对学术研究的尊崇和热爱，经过艰苦的工作才形成的。通过对算法形成过程的介绍，使学生明白科学研究和专业能力的培养不可能一蹴而就，要踏下心来，端正学习态度，勇于攻坚克难，才能够使自己不断充实和健康成长，在专业学习方面有所建树。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**BF 算法和 KMP 算法的原理及算法实现。

**教学难点：**KMP 算法的实现过程。

**重点及难点的处理：**

本讲内容首先介绍传统的 BF 匹配算法，算法讲解过程中，注意强调字符串匹配过程中所涉及的操作对象和操作规律，为下面介绍 KMP 算法建立认知基础。通过 BF 算法的应用实例总结出该算法存在的缺陷和效率低下的原因，从而引出 KMP 算法。此时，要讲清楚 KMP 算法提高匹配效率的实质，提出出问题，再通过实例层层递进，分解算法的实现过程，通过合分、分合的内容组织形式，使学生掌握 KMP 算法的原理和关键实现细节，再进一步研究改进 KMP 算法的原理，进而使学生熟练掌握重点内容，结合课后复习掌握难点内容。

## 七、教学方法

### 1、研讨式教学法

分析完经典且简单的 BF 算法后，要求学生分组讨论如何在该算法上进行改进，并按组在线上主题讨论区给出讨论结果，以便相互交流。此讨论环节在整节课起到了一个承上启下的作用，学生讨论的同时可以加深对 BF 算法的理解，同时也可借助讨论共同预习后续的 KMP 算法，以便老师引出后续教学内容。

### 2、智慧课堂-线上线下混合教学法

在教学过程中充分利用信息化平台——超星慕课线上课堂，将学生的主题研讨与课堂测试两个环节的线上和线下结合起来，线下讨论、解题，线上阐述、答题，方便大范围学生之间的及时交流，也有助于老师更好地掌握学生的学习情况，便于统计平时成绩。

### 3、探究式教学法

授课采用提出问题——分析问题——解决问题——问题延伸的教学设计层层深入，引导学生在理解新知识的同时进行探究，运用所学知识解决问题，从而提高学习的自信心。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>问题引入：</b> 1、是否用过 word 的查找功能？ 2、是否用过 word 的替换功能？ 通过两个常用功能提问引起学生的共鸣，然后引出本节课的主线——串的模式匹配。	回想 Word 的两个功能使用情况，思考功能实现的主要原理。	引出教学主题、激发学生的学习兴趣求知欲望。	1min
教学过程	<b>概念讲解：</b> 什么是串的模式匹配？ <b>知识点：</b> 模式匹配概念 通过图示法为学生讲解串的模式匹配的概念。	认真听讲解，理解串的模式匹配概念。	让学生理解串的模式匹配的概念，为后续两种算法学习做准备。	38min
	<b>算法讲解一：</b> Brute-Force 算法 <b>知识点：</b> BF 算法 通过动画讲解 BF 算法的思路，再通过例题 1 深入讲解算法的过程，然后对算法代码及时间复杂度进行讲解和分析。	看动画，听讲解，参与计算算法的时间复杂度。	BF 算法比较简单，此处老师直接讲解，让学生对串的模式匹配方法先有一个大概的了解。	

	<p><b>研讨主题一：</b>在 BF 算法的基础上如何改进使算法效率更高呢？。</p> <p>（学生分组讨论，并按组在线上讨论区给出讨论结果，计入平时成绩。）</p>	思考、讨论、线上发表观点、听点评	通过研讨提高学生思变创新能力。同时为下一个教学内容 KMP 算法做准备。	
	<p><b>算法讲解二：</b> KMP 算法</p> <p>知识点：（1）KMP 算法由来</p> <p>（2）KMP 算法思路</p> <p>（3）next 数组求解</p> <p>首先介绍算法是由三位大师共同提出，并对其中一位大师 D. E. Knuth 重点介绍。然后通过 ppt 动画讲解 KMP 算法思路，再结合一个例题深入讲解 next 数组求解方式，最后通过一个线上答题考察学生的现场掌握情况。</p>	聆听大师事迹，学习大师精神，记录算法思路，参与 next 数组的求解。	<p>1、重点介绍算法提出者之一 D. E. Knuth，以其传奇奋进的一生对学生进行<b>思政教育</b>，教育学生要有积极解决问题的态度，用于攻坚克难。</p> <p>2、线上答题相比于提问答题考察的学生范围更广，同时学生的答题情况被记录可作为平时成绩依据。</p>	
	<p><b>练一练：</b>上述 KMP 算法是否存在缺陷呢？</p> <p>目标串 <math>s = \text{"aaabaaaab"}</math></p> <p>模式串 <math>t = \text{"aaaab"}</math></p> <p>KMP 模式匹配过程？</p> <p><b>思考：</b>过程中有什么问题？如何改进？</p> <p>提示学生预习，用 nextval 取代 next，得到改进的 KMP 算法。</p>	求解思考题的模式匹配过程，思考过程中的问题。	<p>1、通过练习当场测试学生学习效果，加深学生对知识的掌握程度。</p> <p>2、提出思考，培养学生创新创业能力，要求课后分析，以鞭策学生课后预习后续内容。</p>	
课堂小结	<p><b>BF 算法</b></p> <p>1) 穷举法</p> <p>2) <math>O(nxm)</math></p> <p><b>KMP 算法</b></p> <p>1) 取消主串回溯</p> <p>2) <math>O(n+m)</math></p>	参与小结	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min



拓展	<b>应用拓展:</b> (1) 网络入侵检测 (2) 计算机病毒特征码匹配 (3) DNA 序列匹配 <b>文献拓展:</b> 一种改进的字符串多模式匹配算法	了解模式匹配的其它应用, 课后阅读文献, 了解前言动态	1、通过应用拓展, 开阔学生眼界, 提高专业站位。 2、通过文献阅读, 培养学生的自学能力和创新创业能力。	3min
作业	(1) 编程实现 BF 算法和 KMP 算法, 根据运行结果进行对比分析, 参与线上讨论。 (2) 思考 KMP 算法的改进。 (3) 查阅资料, 了解串的模式匹配的其它算法。	课后完成	巩固所学知识, 提高学生解决问题的能力, 提升学生编程实践能力。	1min

## 九、教学反思

本节课以常用的 word 办公软件的两个功能: 查找和替换为引入, 成功地吸引了学生的注意力, 充分地激发了学生的学习兴趣, 让学生较高效率地参与到课堂学习中。课堂秉承“以学生为主体, 教师为引导”的教学原则, 主要采用“讲授+研讨+练习”的教学方式, 两种算法一简一繁, 引导学生对比分析, 成功理解 KMP 算法的实质。在课堂中成功运用了信息化教学, 活跃了课堂教学气氛, 记录了学生现场掌握情况。

学生掌握了两个算法的基本思路, 但对于 KMP 算法中 next 函数的程序实现较难理解, 在今后教学中可增加录制“next 值求解”的微课视频, 让学生提前预习, 再通过课堂教学进一步加深讲解, 以便提高教学效果。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 观看“串的基本操作”的预习视频, 掌握串的基本运算的实现。
- (2) 完成课程网站上老师发布的预习视频, 分组讨论, 思考模式匹配问题的解决方案, 为课堂主题研讨做准备。

### 2、课后作业

- (1) 编程实现 BF 算法和 KMP 算法, 根据运行结果进行对比分析, 参与线上讨论。

(2) 思考 KMP 算法的改进。

(3) 查阅资料, 了解串的模式匹配的其它算法。

## 十一、 参考资料

[1] 李春葆等. 数据结构教程 (第 5 版). 北京: 清华大学出版社, 2017 年 8 月.

[2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构 (C 语言版|第 2 版). 北京: 人民邮电出版社, 2015 年 2 月.

[3] 陈越. 数据结构 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2016 年 6 月.

[4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京: 高等教育出版社, 2008 年 6 月.

[5] 董世博, 李训根, 殷珍珍. 一种改进的字符串多模式匹配算法[J]. 计算机工程与应用, 2013.

附:

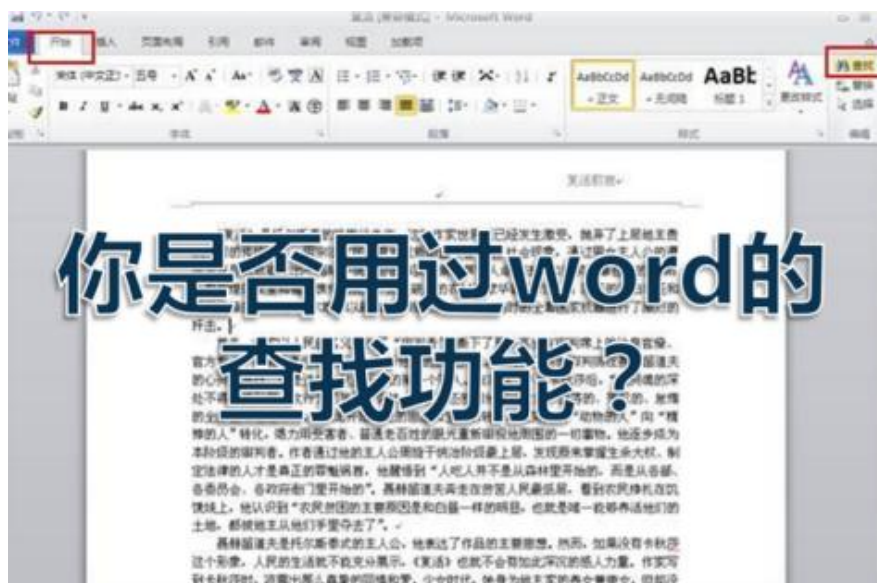
## 教学内容

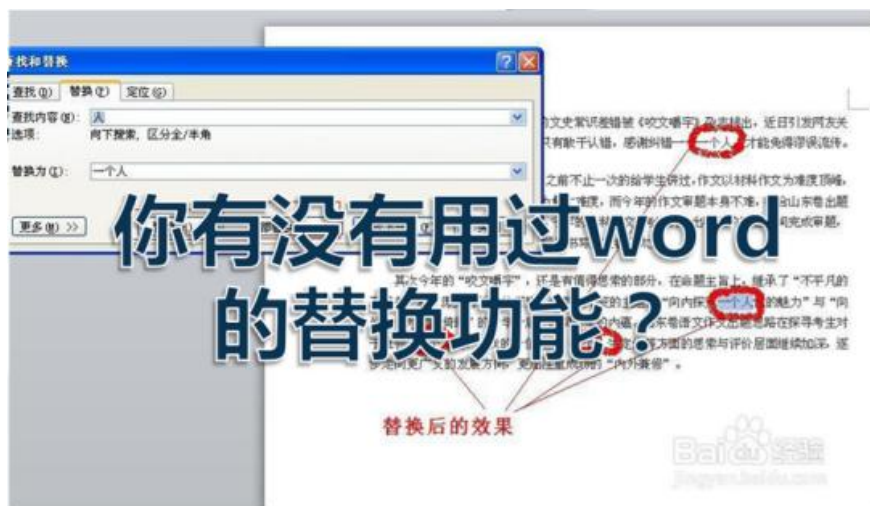
### 一、引入-----1min

1、是否用过 word 的查找功能? 2、是否用过 word 的替换功能?

通过两个常用功能提问引起学生的共鸣, 然后引出本节课的主线——串的模式匹配, 激发学生的学习兴趣 and 求知欲望。

### 【PPT 课件演示】





## 二、正文-----38min

### ● 概念讲解：串的模式匹配

设有两个串  $s$  和  $t$ ，串  $t$  的定位就是要在串  $s$  中找到一个与  $t$  相等的子串。通常把  $s$  称为目标串 (target string)，把  $t$  称为模式串 (pattern string)，因此串定位查找也称为模式匹配 (pattern matching)。模式匹配成功是指在目标串  $s$  中找到了也模式串  $t$ ；不成功则指目标串  $s$  中不存在模式串  $t$ 。

通过图示法为学生讲解串的模式匹配的概念。让学生理解串的模式匹配的概念，为后续的两中算法学习做准备。

### 【PPT 课件演示】

**02 PART TWO**  
模式匹配概念

**什么是串的模式匹配？**

给定的文本：目标串  $s$

↑ 是子串吗？

要查找的关键词：模式串  $t$

} 模式匹配

- **成功**是指在目标串  $s$  中找到一个模式串  $t$ —— $t$  是  $s$  的子串，返回  $t$  在  $s$  中的位置。
- **不成功**则指目标串  $s$  中不存在模式串  $t$ —— $t$  不是  $s$  的子串，返回 -1。

### ● 算法讲解一：BF 算法

Brute-Force (暴力) 简称 BF 算法，也称简单匹配算法，采用穷举方法，其基本思路是从目标串  $s = "s_0s_1 \dots s_{n-1}"$  的第一个字符开始和模式串  $t = "t_0t_1 \dots t_{m-1}"$  中的第一个字符比较，若相等，则继续逐个笔记后续字符；否则从目标串  $s$  的第二个字符开始重新与模式串  $t$  的第一个

字符进行比较。依次类推，若从模式串  $s$  的第  $i$  个字符开始，每个字符依次和目标串  $t$  中的对应字符相等，则匹配成功，该算法返回位置  $i$ （表示此时  $t$  的第一个字符在  $s$  中出现的下标）；否则，匹配失败，即  $t$  不是  $s$  的子串，算法返回-1。

（通过动画讲解 BF 算法的思路，再通过例题 1 深入讲解算法的过程，然后对算法代码及时间复杂度进行讲解和分析。BF 算法比较简单，此处老师直接讲解，让学生对串的模式匹配方法先有一个大概的了解。）

### 【PPT 课件演示】

**03 PART THREE Brute-Force算法**

Brute-Force 简称为 **BF 算法**，亦称简单匹配算法。采用穷举的思路。

$s$ : a a a a b c d  
 $t$ : a a a b c ✓

匹配成功

算法的思路是从  $s$  的每一个字符开始依次与  $t$  的字符进行匹配。

**03 PART THREE Brute-Force算法**

例1：设目标串  $s = "aaaaab"$ ，模式串  $t = "aab"$ 。 $s$  的长度为  $n$  ( $n=6$ )， $t$  的长度为  $m$  ( $m=4$ )。BF 算法的匹配过程如下。

$i$ :  
 $s$ : a a a a a b  
 $t$ : a a a b

匹配失败：  
 $i = i + 1 = 1$  (回退)  
 $j = 0$  (从头开始)

**03 PART THREE Brute-Force算法**

$i=1, j=0$

$s$ : a a a a a b  
 $t$ : a a a b

匹配失败：  
 $i = i + 1 = 2$  (回退)  
 $j = 0$  (从头开始)

**03 PART THREE Brute-Force算法**

$i=2, j=0$

$s$ : a a a a a b  
 $t$ : a a a b

匹配成功：  
 $i=6, j=4$   
 返回  $i-t.length=2$

**03 PART THREE Brute-Force算法**

```
int index(SqString s, SqString t)
{
    int i=0, j=0;
    while (i<s.length && j<t.length)
    {
        if (s.data[i]==t.data[j]) //继续匹配下一个字符
        {
            i++;
            j++;
        }
        else
        {
            i=i-j+1; //主串、子串指针回溯重新开始下一次匹配
            j=0; //子串从头开始匹配
        }
    }
    if (j==t.length)
        return(i-t.length); //返回匹配的起始位置的下标
    else
        return(-1); //模式匹配不成功
}
```

**03 PART THREE Brute-Force算法**

假设串  $s$  长度为  $n$ ，串  $t$  长度为  $m$   
 分析 BF 算法的时间复杂度

$s$ : a b c a b c d  
 $t$ : a b c ✓ 最好情况:  $O(m)$

$s$ : a b d a b b d  
 $t$ : a b c ✗ 最坏情况:  $O(n \times m)$

$s$ : a b d a b c d  
 $t$ : a b c ✓ 平均:  $O(n \times m)$

- 研讨主题一：在 BF 算法的基础上如何改进使算法效率更高呢？

#### 智慧课堂辅助教学

学生分组讨论，并按组在线上讨论区给出讨论结果，计入平时成绩。通过研讨提高学生思变创新能力。同时为下一个教学内容 KMP 算法做准备。


- 算法讲解二：KMP 算法

首先介绍算法是由三位大师共同提出，并对其中一位大师 D. E. Knuth 重点介绍，以其传奇奋进的一生对学生进行**励志教育**，教育学生要有积极解决问题的态度，用于攻坚克难。然后通过 ppt 动画讲解 KMP 算法思路，再结合一个例题深入讲解 next 数组求解方式，最后通过一个线上答题考察学生的现场掌握情况。线上答题相比于提问答题考察的学生范围更广，同时学生的答题情况被记录可作为平时成绩依据。

### 【PPT 课件演示】

04 PART FOUR  
KMP算法

D.E.Knuth, J.H.Morris, V.R.Pratt  
共同提出  $O(n+m)$



D.E.Knuth

计算机算法的鼻祖，提出了衡量计算机算法的标准

迄今为止最年轻的图灵奖获得者

积极解决问题的态度

04 PART FOUR  
KMP算法

KMP算法原理

s: ..... a b c a b | x y .....  
t: a b c a b | c a  
a b c a b c a  
开头的k个字符 后面的k个字符

$$\text{next}[j] = \begin{cases} \text{MAX}\{k \mid 0 < k < j, \text{且 } "t_0t_1 \dots t_{k-1}" = "t_{j-k}t_{j-k+1} \dots t_{j-1}"\} \\ -1 & \text{当 } j=0 \text{ 时} \\ 0 & \text{其他情况} \end{cases}$$

04 PART FOUR  
KMP算法

例：求解  $t = "aaab"$  对应的 next 数组

j	0	1	2	3
t[j]	a	a	a	b
next[j]	-1	0	1	2

$t_0=t_1=t_2=t_3="aa"$

04 PART FOUR  
KMP算法

本题为2015年全国考研题

【例（线上答题）】已知字符串S为“abaabaabacacaabaabce”，模式串t为“abaabe”，采用KMP算法进行匹配，第一次出现“失配”（ $s[i] \neq t[j]$ ）时， $i=j=5$ ，则下次开始匹配时，i和j的值分别是\_\_\_\_。

A.i=1, j=0 B.i=5, j=0 C.i=5, j=2 D.i=6, j=2

j	0	1	2	3	4	5
t[j]	a	b	a	a	b	c
next[j]						

#### ● 练一练

提出问题：上述 KMP 算法是否存在缺陷呢？给出一个具体实例如下：

目标串  $s = "aaabaaaab"$

模式串  $t = "aaaab"$

KMP 模式匹配过程？

#### ● 思考：上述匹配过程中有什么问题？如何改进？

（上述两个串的匹配过程可以看出，当  $i=3/j=3$  时， $s_3 \neq t_3$ ，由  $\text{next}[j]$  可知还需要进行  $i=3/j=2, i=3/j=1, i=3/j=0$  的 3 次比较，总共需要 12 次字符比较。实际上，因为模式串  $t$  中的  $t_0, t_1, t_2$  字符和  $t_3$  字符都相等，所以不需要再和目标串中的  $s_3$  进行比较）

提示学生预习，用  $\text{nextval}$  取代  $\text{next}$ ，得到改进的 KMP 算法。



## 【PPT 课件演示】



## 三、课堂小结-----2min

## BF 算法

- 1) 穷举法
- 2)  $O(nxm)$

## KMP 算法

- 1) 取消主串回溯
- 2)  $O(n+m)$

## 四、拓展-----3min

## 应用拓展:

- (4) 网络入侵检测
- (5) 计算机病毒特征码匹配
- (6) DNA 序列匹配

## 文献拓展:



## 五、作业-----1min

- (1) 编程实现 BF 算法和 KMP 算法, 根据运行结果进行对比分析, 参与线上讨论。
- (2) 思考 KMP 算法的改进。
- (3) 查阅资料, 了解串的模式匹配的其它算法。



## 7.递归（节选）

授课题目：递归（节选）

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 5 章第 1 节的内容。在算法设计中经常需要用递归方法求解，特别是后面的树、二叉树、图、查找及排序等章节中大量地用到了递归算法。递归是计算机科学中的一个重要工具，很多程序设计语言（如 C/C++）都支持递归程序设计。

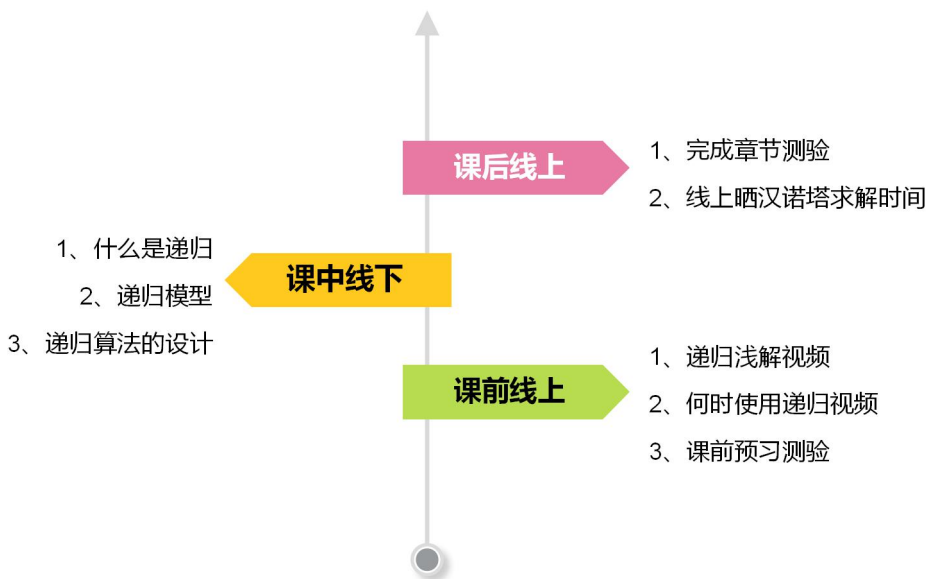
本次课的教学内容包括递归程序的定义、结构与分类、应用递归解决实际问题以及递归程序的执行过程等内容。通过本讲课程教学使学生进一步理解递归程序的应用场合，归纳总结递归所能够解决问题的特征，了解应用递归程序解决实际问题的的一般方法和过程。

### 二、 学情分析

递归的概念学生在大一第一学期的 C 语言程序课程中就有接触，因此学生对于递归并不陌生。在教学内容实施的知识基础方面，学生在“C 语言程序设计”等程序设计语言的学习过程中，已经初步了解和掌握了递归程序的设计实现技能。但是学生对递归程序的具体执行过程存在着疑惑，在教学过程中需要针对性设计，让学生跟随老师的引导自主掌握递归程序执行过程。

学生在数学建模、问题抽象的能力方面还处于形成阶段，对实际问题的整体性和系统性分析能力还不够强。因此，要根据教学对象的知识基础和学习特点，教学过程中精选典型案例，在分析和讲解的同时，归纳总结一般方法和规律，使学生在渐进式学习过程中掌握重点内容，促进学生建立专业知识的学习信心，增强求知欲，为教学实施创造良好的基础条件。

### 三、 教学思路



递归算法的实现思想是比较抽象，比较理论化的教学内容。本节课以经典游戏“汉诺塔”由来的传说作为情景引入，引导同学们思考如何解决汉诺塔游戏问题，快速吸引学生的注意力，从而激发学生的学习兴趣。在课堂教学中，通过两个问题探究“什么是递归”和“如何统计全国 GDP”引出递归的定义及递归模型的构成；然后提出主题研讨一“用递归函数编程实现求解 Fibonacci 数列并给出求解  $F(6)$  时的递归过程”让学生在研讨过程中掌握递归算法求解过程及递归运行过程；接着提出主题研讨二“递归算法求解汉诺塔问题”进一步提高学生利用递归算法解决实际问题的能力；再借用传说后半段提出世界寿命问题，并让学生养成设计完算法后计算算法效率的好习惯；最后进行课堂小结，利用递归模型中的递归出口类比激励学生**在人生的道路上要有目标，否则有如黑暗中远征。**

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解递归的定义。
- (2) 掌握使用递归的三种情况。
- (3) 掌握递归模型的建立。

#### 能力目标：

- (1) 通过实例讲解，培养学生分析问题、解决问题的逻辑思维能力。
- (2) 通过实例引导学生由实际问题上升到理论模型建立，加强学生归纳总结的能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过分组讨论培养学生合作精神，让学生在实践中感受“团结就是力量”。
- (2) 通过汉诺塔游戏贯穿课堂，引导学生玩中学，学中玩，让学生快乐地学习。

## 五、思政育人

### 1、讲故事以共情

通过引入“汉诺塔”游戏，讲述故事传说，让学生明白遇到难题不用怕，可以集众人之力来攻克，也让学生深刻感受“团结就是力量”的合作精神。

### 2、类比以励志

在讲解递归模型建立时，提醒学生一定要找到递归出口，不能无休止递归下去，也教育学生无目标的努力，有如在黑暗中远征。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**递归算法的设计实现。

**教学难点：**递归模型的建立。

#### 重点及难点的处理：

递归算法的设计主要分三个步骤，第一步是将适合应用递归求解的问题进行抽象建模，即能将大问题分解为小问题，又体现类和子类之间的关系。这是递归算法最困难的一部分，学生面对实际问题往往无法下手，不知道如何将问题抽象为递归模型，因此在实例讲解中，第一步要先由学生思考，提出解决方法后再进行讲解，第二步递归体和第三步递归调用结束条件的建立相对比较简单，递归体的建立要与递归程序的执行过程结合起来，使学生逐步进入教学场景，循序渐进掌握重点内容。通过实例问题的分析和求解总结归纳递归模型建立的一般方法和过程，突破难点内容的教学。

## 七、教学方法

### 1、游戏情境教学法

引入汉诺塔游戏，并为学生准备游戏道具，让学生分组讨论，如何使用编程思

想解决汉诺塔游戏的移动过程。

## 2、启发式教学法

在教学过程中启发学生思考以往的学习过的哪些知识与递归有关或者相类似。可以提出一些问题，比如数学归纳法，整数的定义，之前学过的链表，是否都是与递归相似？

## 3、探究式教学法

授课采用提出问题——分析问题——解决问题——问题延伸的教学设计层层深入，引导学生在理解新知识的同时进行探究，运用所学知识解决问题，从而提高学习的自信心。

## 4、教具+多媒体辅助教学法

借助汉诺塔游戏道具和生动有趣的动画演示汉诺塔的移动过程，吸引学生的注意力，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

## 5、智慧课堂辅助教学

主题研讨采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的参与情况，也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后作业的布置也运用了线上课堂。

# 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>游戏教具引入：</b> 拿出“汉诺塔”游戏教具，为学生讲述古老的故事传说，介绍汉诺塔游戏的玩法。提出任务用计算机求解汉诺塔移动方案，引出递归思想。	思考汉诺塔的玩法，尝试解决汉诺塔的移动，学习递归思想。	<b>游戏引入、故事共情</b> 利用故事创造情境，引出教学主题、激发学生的学习兴趣求知欲望。	1min
智慧课堂	<b>有奖抢答</b> 利用学习通发起抢答，最先抢到的同学用道具展示出三阶汉诺塔的最少移动步骤。	参与抢答，思考三阶汉诺塔的移动步骤。	利用抢答小游戏，活跃课堂气氛，调动学生的学习积极性。	3min

教学过程	<p><b>问题探究一：什么是递归？</b></p> <p><b>知识点：递归定义</b></p> <p>给出一个递归函数 PrintN()。利用通俗易懂的人工操作类比解释递归的含义，简要介绍递归模型的组成。</p>	回忆递归函数的定义及执行过程，参与老师的讲解。	让学生将新的知识与已知的知识联系起来，从而建立起自己的知识体系	35min
	<p><b>问题探究二：如何统计全国 GDP？</b></p> <p><b>知识点：递归模型</b></p> <p>通过统计全国 GDP 这个问题，让学生思考如何将大问题转化为小问题，讲述递归的分解过程与回溯的过程。</p>	思考全国 GDP 的求解划分，学习递归模型的建立。	让学生通过实际生活中的问题，理解递归的分解和求值两个过程，并掌握递归模型的建立方法。	
	<p><b>研讨主题一：用递归函数编程实现求解 Fibonacci 数列并给出求解 F(6) 时的递归过程。</b></p> <p>在研讨过程中启发学生，可以用树形表示法来列出 Fibonacci 数列求解的递归过程。对学生的研讨结果进行点评并讲解。</p>	分析数列的特点，分组讨论，阐述组内讨论结果，听老师点评。	通过研讨提高学生分析问题、解决问题的能力，掌握递归函数的设计及递归调用过程。	
	<p><b>研讨主题二：用递归函数编程实现汉诺塔求解问题？</b></p> <p>在研讨过程中启发学生先建立递归模型，列出递归体，找到递归出口。对学生的研讨结果进行点评并讲解。</p>	玩汉诺塔游戏，分组讨论推理过程，阐述求解方案，听老师讲解。	通过研讨提高学生解决问题能力、提高编程实践能力，掌握递归模型到实际代码的转换。	
	<p><b>问题探究三：递归求解汉诺塔问算法的时间复杂度？</b></p> <p><b>知识点：递归函数的时间复杂度求解</b></p> <p>传说众僧把 64 个金盘全部移到另一柱子时，圣庙与众生将同归于尽，假设僧人移动一个盘子需要 1 秒，那么世界的寿命是多少年呢？</p>	听传说，求解 n 阶汉诺塔的移动步数，思考世界的寿命。	利用汉诺塔的后半段传说引出时间复杂度的计算。	

教学小结及思政教育	<p><b>教学小结：</b></p> <p>1、递归的定义</p> <p>2、何时使用递归</p> <p>3、递归模型的建立</p> <p><b>类比育人：</b></p> <p><b>无目标的努力有如在黑暗中远征；</b></p> <p><b>无出口的递归就是无止尽的循环。</b></p> <p>用递归出口比喻人生中的目标，教育学生在人生前进的道路上要有目标，不要漫无目的的徘徊。</p>	参与小结、听讲解，思考人生	<p>1、帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。</p> <p>2、思政育人：指引学生在人生的道路上建立目标和方向。</p>	2min
拓展	<p><b>递归算法的优缺点</b></p> <p>优点：结构清晰、可读性强</p> <p>缺点：递归层次太大时容易栈溢出</p> <p>如何将递归转化成非递归算法呢？两篇非递归算法解决汉诺塔问题的文献供学生课后阅读。</p> <p><b>文献拓展：</b></p> <p>(1) Non-recursive Algorithm of Tower of Hanoi Problem.</p> <p>(2) A simple iterative algorithm for the towers of Hanoi problem.</p>	与老师一同分析递归算法的优缺点，思考递归转非递归的方法，课后阅读文献，撰写报告。	通过分析递归算法的优缺点，鼓励学生思考将递归转换成功非递归的方法，培养学生 <b>创新创业</b> 精神。	3min
作业	<p>(1) 编程实现实现汉诺塔问题，并用clock()函数求解其绝对执行时间，在线上讨论区晒出结果并分析。</p> <p>(2) 完成线上章节测验。</p>	课后完成在线讨论	<p>1、巩固所学知识</p> <p>2、提高学生解决问题的能力，提升学生编程的实践能力。</p>	1min

## 九、教学反思

本节课以“汉诺塔游戏”为引入，成功地吸引了学生的注意力，充分地激发了学生的学习兴趣，让学生较高效率地参与到课堂学习中。课堂秉承“以学生为主体，教师为引导”的教学原则，主要采用“以研讨为主，以讲授为辅”的教学方式，引



导学生分析问题、解决问题和归纳总结的能力。在讲解递归模型中的递归出口时，比拟到人生，教育学生无目标的努力，有如在黑暗中远征。

在实际课堂教学中出现了部分学生对问题探究不够积极，部分组对主题研讨不够充分的情况，导致最后的教学范围不全面。在今后的教学中，可以提前一周给学生布置好预习任务，让学生事先查找好资料，这样研讨式课堂才能充分发挥作用。

## 十、 预习与作业

### 1、预习任务

（1）观看“递归浅解”和“何时使用递归”的预学视频，初步了解递归的定义及递归解决问题的方法。

（2）完成课程网站上的预习测验，为课堂学习做准备。

### 2、课后作业

（1）编程实现实现汉诺塔问题，并用 `clock()` 函数求解其绝对执行时间，在线上讨论区晒出结果并分析。

（2）完成线上章节测验。

（3）阅读文献，撰写 500 字阅读小报告。

## 十一、 参考资料

[1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.

[2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.

[3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.

[4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.

[5] Fuwan Ren, Qifan Yang, Jiexin Zheng, Hui Yan. Non-recursive Algorithm of Tower of Hanoi Problem[C]. 2010 10th IEEE International Conference on Computer and Information Technology, Bradford, UK, 2010.

[6] F.B. Chedid, T. Mogi. A simple iterative algorithm for the towers of Hanoi problem[J]. IEEE Transactions on Education, 1996, 39(3): 274-275.

附：

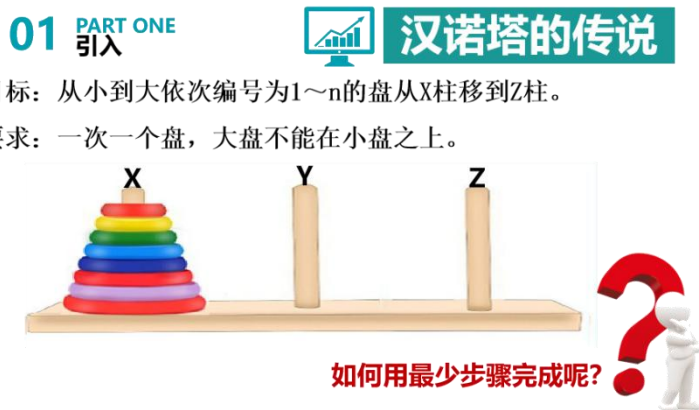
## 教学内容

### 一、引入-----1min

#### 游戏引入，故事共情

印度有一个古老传说，神在创造世界的时候在世界中心的圣庙留下了三根金刚石柱，其中一根柱子上面从上到下套着 64 个从小到大排列的金盘，神命令庙里的众僧将它们一个个地从这根柱子搬到另一根柱子上，要求每次只能搬动一个盘子，大盘不能放在小盘上，最后 64 个金盘仍然要按从小到大排列。这就是汉诺塔的由来。本次课我们来探讨一下完成汉诺塔游戏需要的最少步骤。

#### 【PPT 课件演示】



### 二、智慧课堂-----3min

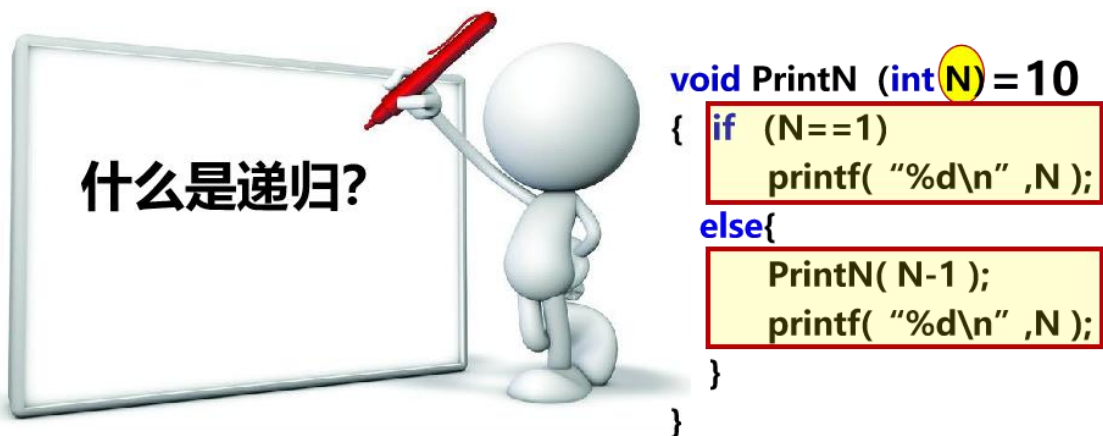
#### 有奖抢答

利用学习通发起抢答，最先抢到的同学用道具展示出三阶汉诺塔的最少移动步骤并提问学生的推理思路。利用抢答小游戏，活跃课堂气氛，调动学生的学习积极性。

（如果给三根柱子编号分别为 X, Y, Z，盘子从上到下编号依次为 1 到 3，如何移动最少步骤使得所有盘子从 X 柱到 Z 柱上呢？最下面的大盘不能在任何一个盘子之上，因此要最少步骤，必然要使得它一步到位移到 z 柱上。那么我们就需要先想办法把上面的 2 个盘子从 x 柱移到 y 柱上。而对于将上面 2 个盘子由 x 柱移到 y 柱上，这实际又是一个汉诺塔问题，只是它的规模由刚才的 3 个盘子降到了 2 个盘子。因此，解决这个汉诺塔问题可以用递归的方法。）

### 三、正文-----35min

- 问题探究一：什么是递归？



假设给形参 N 传递一个值 10, 他的功能就好比是请一位同学 a 在黑板上写出 1 到 10。这位同学 a 呢，比较懒，他找来了另一位同学 b，请 b 帮他先把 1 到 9 写在黑板上，他再把最后一个数 10 写上。同学 b 一看 a 真会偷懒，赶紧现学现卖，找来同学 c，请 c 帮忙把 1 到 8 写在黑板上，他需要做的就是等待，最后添上 9。就这样一直延续，到什么时候，就不用再找同学帮忙了呢？当最后一位同学只要写一个 1 时，就中止了这个延续。这个过程就是递归的第一个过程：递推。于是这位同学在黑板上写下 1，扬长而去，倒数第 2 位同学在后面添上一个 2，也扬长而去。这样逐个完成，而第一位同学 a 需要等待其他同学都写完扬长而去后，再在黑板上添上 10。这就是递归的第二个过程：回溯。

在用递归方法求解时，有两要素，一是递归体，也就是对递推过程的描述，例如 printN 函数的 else 部分。另一要素是递归出口，它决定了何时中止递归，当最后一个人只需要写 1 时就无需再继续请同学了。两部分合起来就是递归模型。

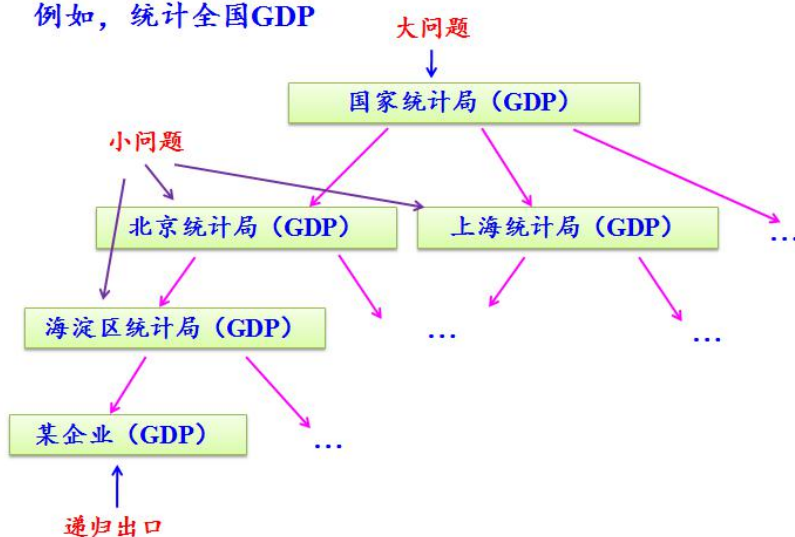
- 问题探究二：如何统计全国 GDP？

要统计全国 GDP，显然这是一个很庞大的问题，很难直接解决。那么如何解决呢？

通过这个问题，让学生思考如何将大问题转化为小问题，要求在转化的过程中，大问题与小问题的求解方法一致，只是规模变小，在不断地化小过程中由量变发生质变，最终找到递归出口，再由出口求值一步步返回，得到最终结果。

【PPT 课件演示】

例如，统计全国GDP

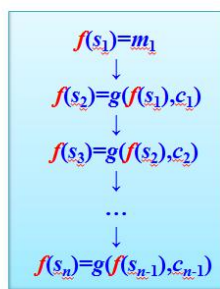
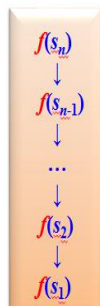


为了讨论方便，简化上述递归模型为：

$$\begin{aligned} f(s_1) &= m_1 \\ f(s_n) &= g(f(s_{n-1}), c_{n-1}) \end{aligned}$$

遇到递归出口发生“质变”，即原递归问题便转化成可以直接求解的问题。求值过程：

求 $f(s_n)$ 的分解过程如下：



这样 $f(s_n)$ 便计算出来了，因此递归的执行过程由分解和求值两部分构成。

- 研讨主题一：用递归函数编程实现求解 Fibonacci 数列并给出求解  $F(6)$  时的递归过程。

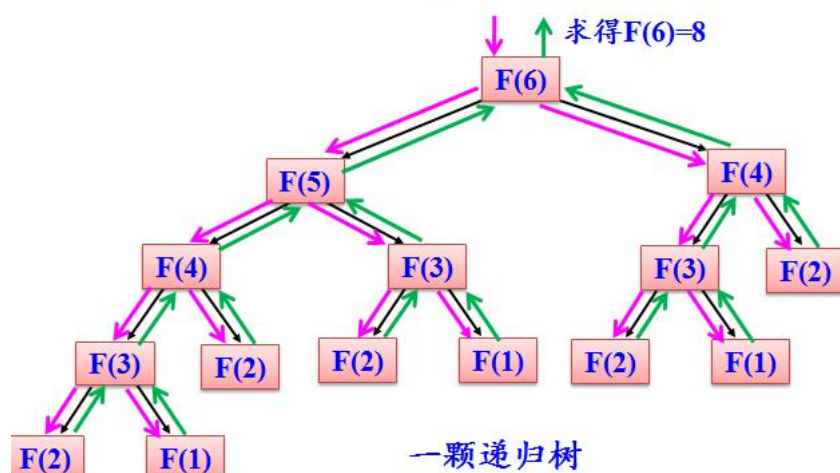
（在研讨过程中启发学生，可以用树形表示法来列出 Fibonacci 数列求解的递归过程。对学生的研讨结果进行点评并讲解。）

Fibonacci 数列的递归模型如下：

$$F(1)=1, F(2)=1$$

$$F(n)=F(n-1)+F(n-2) \quad n>2$$

【PPT 课件演示】



● 研讨主题二：用递归函数编程实现汉诺塔求解问题。

设  $Hanoi(n, x, y, z)$  表示将  $n$  个盘片从  $x$  通过  $y$  移动到  $z$  上。

根据之前的分析过程，可以得到求解问题的三步：

第一步，将上层的  $n-1$  个盘由  $x$  柱借助  $z$  移到  $y$  柱上  $Hanoi(n-1, x, z, y)$ ;

第二步，将第  $n$  个圆盘从  $x$  移到  $z$

第三步，再将  $n-1$  个圆盘从  $y$  移到  $z$  上

```
void Hanoi(int n,char x,char y,char z)
```

```
{
    if (n==1)           //递归出口
        printf("第%d 个盘子: %c   %c\n",n,x,z);
    else                 //递归体
    {
        Hanoi(n-1, x, z, y);
        printf("第%d 个盘子: %c   %c\n",n,x,z);
        Hanoi(n-1, y, x, z);
    }
}
```

3 层汉诺塔运行结果：

```

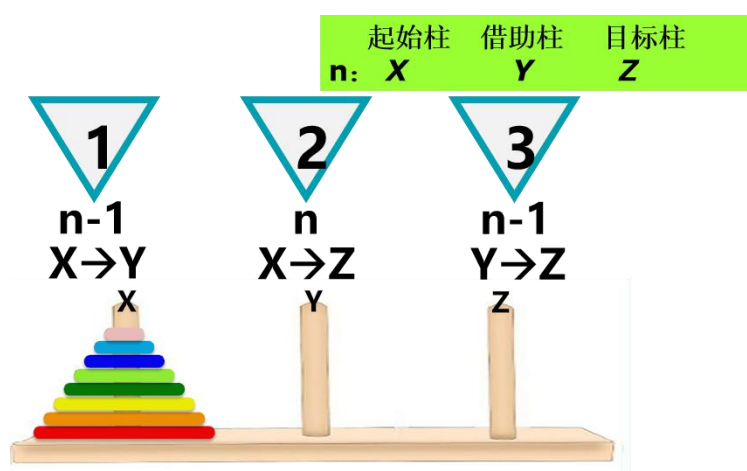
第1个盘子: X --> Z
第2个盘子: X --> Y
第1个盘子: Z --> Y
第3个盘子: X --> Z
第1个盘子: Y --> X
第2个盘子: Y --> Z
第1个盘子: X --> Z

-----
Process exited after 0.05629
请按任意键继续. . .

```

## 【PPT 课件演示】

动画演示汉诺塔移动过程



● 问题探究三：递归求解汉诺塔问题的时间复杂度？

知识点：递归函数的时间复杂度求解

传说众僧把 64 个金盘全部移到另一柱子时，圣庙与众生将同归于尽，假设僧人移动一个盘子需要 1 秒，那么世界的寿命是多少年呢？展示计算机求解不同数量盘子移动时间，引导学生分析算法时间复杂度。

### n层汉诺塔求解结果耗时

```

计算10个盘移动时间: 0.000000s
计算15个盘移动时间: 0.000000s
计算20个盘移动时间: 0.003000s
计算25个盘移动时间: 0.145000s
计算30个盘移动时间: 5.117000s
计算35个盘移动时间: 160.102000s
计算36个盘移动时间: 330.978000s
计算37个盘移动时间: 605.174000s
计算38个盘移动时间: 1306.230000s
计算39个盘移动时间: 2661.841000s

-----
Process exited after 5079 seconds with return value 0
请按任意键继续. . .

```



**四、教学小结及思政教育-----2min**

**教学小结：**

- 1、递归的定义
- 2、何时使用递归
- 3、递归模型的建立

**思政育人：**

无目标的努力有如在黑暗中远征；无出口的递归就是无止尽的循环。

用递归出口比喻人生中的目标，教育学生在人生前进的道路上要有目标，不要漫无目的的徘徊。

**五、拓展-----3min**

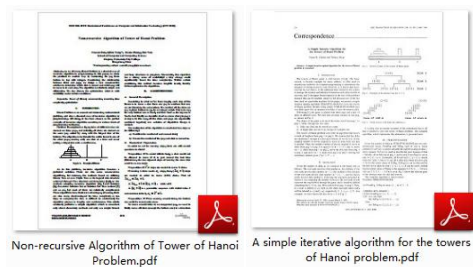
**递归算法的优缺点**

优点：结构清晰、可读性强

缺点：递归层次太大时容易栈溢出

如何将递归转化成非递归算法呢？两篇非递归算法解决汉诺塔问题的文献供学生课后阅读。

**文献拓展：**

**六、作业-----1min**

- (1) 编程实现实现汉诺塔问题，并用 `clock()` 函数求解其绝对执行时间，在线上讨论区晒出结果并分析。
- (2) 完成线上章节测验。

## 8. 广义表

授课题目：广义表

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 6 章第 3 小节的内容。广义表是线性表的推广，它在人工智能、文本处理等领域有广泛的应用。例如，广泛地应用于人工智能等领域的表处理语言 LISP，把将广义表作为基本的数据结构，就连程序也表示为一系列的广义表。

广义表不仅跟线性表一样可以表达简单的线性顺序关系，而且可以表达更复杂的非线性多远关系，其运算的实现主要用到前面章节的递归，而在后面要讲的树，也可以用广义表的方式来表示，可见广义表属于一个承上启下的内容。

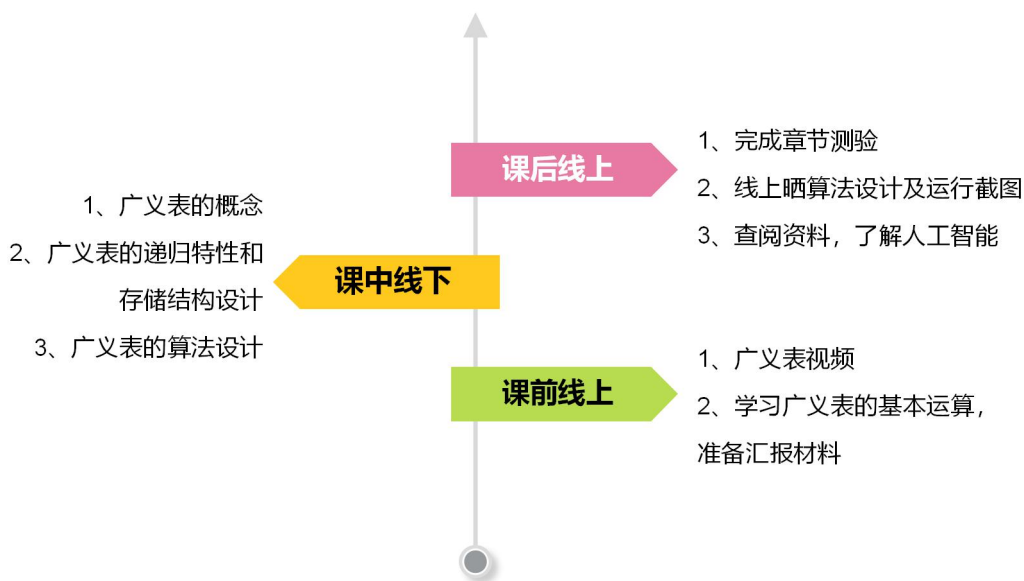
学生通过本节的学习，可以理解广义表的概念，掌握广义表的存储结构设计和基本运算实现的算法设计方法。同时通过广义表的链式存储结构学习，可以掌握不同链式存储结构的应用。

### 二、 学情分析

由于广义表中的元素可以有不同的结构，因此不适合采用顺序存储方式表达。学生已经在第 2 章学习了链式存储结构，对于链表的操作有了一定的基础。但是广义表的链式存储方式比较复杂，需要用到共用体。虽然学生在《C 语言程序设计》课程中接触过共用体，但对共用体的应用不够熟练，需要老师在教学过程中着重讲解。

在广义表的基本运算实现中，主要利用其递归特性进行算法设计。学生在第 5 章已经学习和掌握了递归算法的设计过程，但是对具体应用仍有所欠缺，可以制作微课视频，让学生先自主学习，再课堂汇报，最后老师在教学过程中多加引导和总结，以达到教与学有效合一的目的。

### 三、 教学思路



学生可以在课前可通过教材的视频及课程网站资料对本讲内容进行预习。广义表的概念及基本运算是学生在预习过程中可以了解的，部分学习能力强的学生甚至可以理解广义表基本运算的实现。但是学生所掌握的这些都是比较抽象的概念，对于广义表与实际生活中的数据联系，学生较为困惑。因此本节课首先通过单位人员情况的举例，帮助学生建立广义表与实际生活中数据之间的联系；然后采用结构图展示广义表的存储形式，详细讲解广义表结构体的定义及共用体的含义；最后采用对比、研讨、讲授等多种教学方法相结合，帮助学生掌握广义表的相关算法设计方法，并通过纵向和横向知识联系帮助学生搭建知识体系框架。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解广义表的概念。
- (2) 掌握广义表的递归特性和存储结构设计。
- (3) 掌握广义表的相关算法设计方法。

#### 能力目标：

- (1) 通过单位人员的数据表示为引入，培养学生从实际数据到抽象数据模型的数学建模能力。

(2) 通过实例讲解，培养学生分析问题、解决问题的逻辑思维能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过知识的纵向及横向联系，帮助学生更好地搭建知识体系框架，增强学生的专业自信。
- (2) 广义表链式存储结构中的共用体的设置，教育学生在数据结构定义时，要尽可能的提高空间利用率，培养学生将空间利用做的极致的工匠精神。

## 五、思政育人

### 匠心设计——将程序精炼到极致

在存储器飞速发展的今天，“数据存储空间不足”的问题似乎已不再是什么难题，但我们依然不可忽视空间利用率的问题。这里利用广义表链式结构中的共用体设置，教育学生要想作一名优秀的程序员，要尽可能的将空间利用率提高到极致，要学习工匠精神，争取将自己所编写的每一个程序都精炼到极致。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**广义表的存储结构。

**教学难点：**广义表的基本运算的实现。

**重点及难点的处理：**

通过图解法让学生直观感受广义表的存储结构，然后再讲解其结构体设计。对于广义表的基本运算的实现，先讲解两种常用的一般解法，并让学生掌握两种解法的实现步骤，然后再将两种解法套用到广义表的各个基本运算实现过程中。

## 七、教学方法

### 1、对比-研讨教学法

设计一个实例，要求学生分组讨论并采用两种方法进行求解，让学生在研讨过程中对比两种方法的区别，加深对两种方法的掌握。

### 2、启发式教学法

在引入过程中，首先提出如何表示一个单位的人员情况问题，然后通过层层递进的要求逐步启发学生思考对线性表表示的修改，从而引出广义表的概念。

### 3、智慧课堂-线上线下混合式教学法

课堂测验采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学

生的参与情况。课后作业的布置也运用了线上课堂。

#### 4、多媒体辅助教学法

借助生动形象的图示深入浅出的展示广义表的存储结构及两种基本算法设计，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

### 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>问题引入：</b> 如何表示一个单位的人员情况？ 首先给出第一种简单表示方法，然后继续提出进一步要求，体现部门划分如何表示，再进一步提出突出负责人如何表示。	听讲解，理解第一种简单表示法，思考如何改进来满足层层递进的要求。	通过熟悉的生活数据示例引出广义表的概念，通过层层递进的要求，引导学生思考改进线性表。	2min
教学过程	<b>知识讲解：</b> 广义表的定义 <b>知识点：</b> (1) 广义表的概念 (2) 广义表的长度和深度 (3) 广义表的表头和表尾 先介绍广义表的概念定义，引导学生思考其递归特性。然后利用引入中的人员信息表做示例，讲解基本术语。	听讲解，记笔记，思考并理解广义表的递归特性，学习计算广义表的长度、深度、表头和表尾。	通过传统的讲授法让学生了解并理解广义表的相关概念，为后续内容的探究做准备。	37min
	<b>智慧课堂-课堂测验：</b> 在线上课堂布置两个选择题作为课堂小测验，要求学生用手机在线完成，然后查看测验结果，并对测验题进行讲解。	在手机上完成测验，听老师讲解题目答案，巩固知识。	通过及时小测验，调动学生课堂参与度，采用线上测试，记录学生答题情况，作为平时成绩考核支撑。	

	<b>问题探究：</b> 广义表的存储结构？ <b>知识点：</b> (1) 链式存储结构 (2) 共用体 分析广义表的逻辑表示形式，从括号到子表加匿名再到树形表示，最后由树形表示引出广义表的链式存储结构，并讲解结构体定义代码。	参与探究广义表的不同逻辑表示形式，学习广义表的链式存储结构定义，学习工匠精神。	<b>匠心设计，极致之美</b> 通过问题探究的形式与学生探讨从广义表的逻辑表示形式到具体的链式存储结构，再到代码实现。利用共用体的设计教育学生学习工匠精神。	
	<b>知识讲解：</b> 广义表算法设计方法 根据广义表的递归特性讲解广义表的两种递归算法方法。先通过图示法讲解算法设计思路，然后给出算法代码进一步讲解。	学习两种算法设计方法并对比思考两种方法的不同之处。	让学生理解并掌握广义表算法设计的两种常用的递归算法，以便运用到具体运算中。	
	<b>分组汇报：</b> 广义表基本算法设计 课前布置学生分组通过视频及在线资料自学广义表的两个基本运算算法：求长度和求深度。课上让学生汇报学习成果，其他组学生和老师提问，汇报组学生答疑，最后老师点评。	课前预习好分组任务并准备汇报PPT，课上每组派出一名学生汇报。	采用师生互换的方式，让学生在台上讲解，老师与其余学生提问，既可提高学生的主观能动性又可增强学生的表达能力。	
	<b>主题研讨：</b> 设计一个求原子个数的算法。 设置对比组任务，其中两组采用算法一的设计方法，另外两组采用算法二的设计方法。	分组讨论，阐述讨论结果，组间研讨。	通过学生的分组讨论和组间研讨，让学生变被动接受为主动学习。通过实例的讨论，考察学生对算法设计方法的掌握情况。	
教学小结	(1) 广义表的概念 (2) 广义表的存储结构 (3) 广义表的算法设计方法	参与小结听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min
拓展	<b>应用举例：</b> 人工智能领域中的表处理语言 LISP 的实现就是将广义表作为基本的数据结构。 <b>文献拓展：</b> 从知识表示到表示：人工智能认识论上的进步	了解广义表的应用，课后阅读文献，了解人工智能的发展。	1、通过应用拓展，开阔学生眼界，提高专业站位。 2、通过文献阅读，培养学生的自学能力和创新创业能力。	3min



作业	设计一个算法 Same (g1, g2), 判断两个广义表 g1 和 g2 是否相同。 要求在线晒出算法设计及运行截图。	课后完成 在线讨论	1、巩固所学知识。 2、提高学生解决问题的能力, 提升学生编程的实践能力。	1min
----	---	--------------	--	------

## 九、教学反思

本节课采用单位人员情况数据作为引入, 让学生了解了广义表与生活实际数据之间的联系。整个教学过程采用问题探究、知识讲解、在线测验、学习汇报、分组研讨等多种教学手段, 极大程度地调动了学生学习积极性, 提升了学生的课堂参与度。

通过本次课的学习, 学生了解了广义表的定义, 掌握了广义表的存储结构和两种基本算法的设计方法。但是对算法设计方法的应用仍不够熟练, 需要通过课后练习及实验课程安排进一步加强知识掌握度。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 观看“广义表”的预学视频, 初步了解广义表的概念与基本运算。
- (2) 学习广义表的基本运算“求长度”和“求深度”, 准备汇报材料。

### 2、课后作业

- (1) 完成超星慕课课程网站上的章节测验。
- (2) 设计一个算法 Same (g1,g2), 判断两个广义表 g1 和 g2 是否相同。完成线上晒算法设计及运行截图。
- (3) 查阅资料, 了解人工智能相关知识。

## 十一、参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程 (第 5 版). 北京: 清华大学出版社, 2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构 (C 语言版) [第 2 版]. 北京: 人民邮电出版社, 2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京: 高等教育出版社, 2008 年 6 月.
- [5] 危辉, 潘云鹤. 从知识表示到表示: 人工智能认识论上的进步[J]. 计算机研究与发展, 2000, 037(007):819-825.

附:

## 板书设计

## 广义表的基本运算

- 1、int GLLength(GLNode \*g)
- 2、int GLDepth(GLNode \*g)
- 3、void DispGL(GLNode \*g)
- 4、GLNode \*CreateGL(char \*&s)

## 教学内容

## 一、引入-----2min

首先，我们来看一个例子，就是如何表示一个单位的人员情况。一种简单的表示方法是用一个线性表来表示，其先后顺序按照单位的时间顺序排列：

（张三，李四，王五，钱六，孙七，……）

但如果这些人又分布在同一单位的三个不同部门，比如办公室、生产部、销售部，我们又希望表示每个人与哪些人是一个部门的，那么可以用三个有序序列的子表构成的线性表来表示：

（（张三，……），（李四，孙七，……），（王五，钱六，……））

如果想突出表示这个单位的负责人是谁，可将负责人作为表的第一元素：

（丁一，（张三，……），（李四，孙七，……），（王五，钱六，……））

上述这类表就是一种广义表。

## 如何表示一个单位的人员情况？

**简单方法（按进单位的时间顺序排列）：**

（张三，李四，王五，钱六，孙七，……）

**分部门表示（三个部门）：**

（（张三，……），（李四，孙七，……），（王五，钱六，……））

**突出表示单位负责人（表的第一元素）：**

（丁一，（张三，……），（李四，孙七，……），（王五，钱六，……））

↓  
广义表



## 二、正文-----37min

## ● 知识讲解：广义表的概念

广义表是线性表的推广，是有限个元素的序列，其逻辑结构采用括号表示法表示如下：GL=

$(a_1, a_2, \dots, a_i, \dots, a_n)$

若  $n=0$  时称为空表； $a_i$  为广义表的第  $i$  个元素。如果  $a_i$  属于原子类型，称之为广义表 GL 的原子；如果  $a_i$  又是一个广义表，称之为广义表 GL 的子表。

广义表的长度定义为最外层包含元素个数。

**(丁一, (张三), (李四, 孙七), (王五, 钱六))**  
长度：4

广义表的深度定义为所含括弧的重数。其中，原子的深度为 0，空表的深度为 1。

**(丁一, (张三), (李四, 孙七), (王五, 钱六))**  
长度：4      深度：2

广义表 GL 的表头为第一个元素  $a_1$ ，其余部分  $(a_2, \dots, a_n)$  为 GL 的表尾。一个广义表的表尾始终是一个广义表。空表无表头表尾。

**(丁一, (张三), (李四, 孙七), (王五, 钱六))**  
长度：4      深度：2      表头：丁一

**( (张三), (李四, 孙七), (王五, 钱六) )**  
长度：4      深度：2      表头：丁一  
表尾：( (张三), (李四, 孙七), (王五, 钱六) )

## ● 智慧课堂之课堂小测验

线上发布小测验如下：

(1) 广义表  $A=(a,b,(c,d),(e,(f,g)))$ ，则  $\text{GetHead}(\text{GetTail}(\text{GetHead}(\text{GetTail}(\text{GetTail}(A))))$  的值为 ( )

A. (g)      B. (d)      C. c      D. d

(2) 设广义表  $L=((a,b,c))$ ，则 L 的长度和深度分别为 ( )

A. 1 和 1      B. 1 和 3      C. 1 和 2      D. 2 和 3

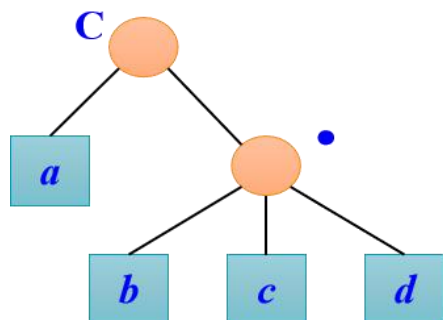
● 问题探究：广义表的存储结构

首先探究广义表的几种逻辑结构的演变。

(1) 括号表示法： $C=(a, (b, c, d))$

(2) 子表加匿名： $C=(a, \bullet(b, c, d))$

(3) 树形表示：



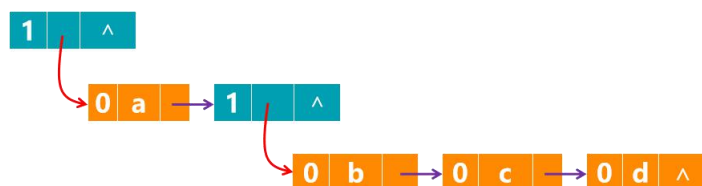
由树形表示法可以分析出广义表有两类结点，一类为圆圈结点，在这里对应子表；另一类为方形结点，在这里对应原子。为了使子表和原子两类结点既能在形式上保持一致又能进行区别，可采用以下结构形式：

结点类型：

tag	Sublist/data	link
-----	--------------	------

- 若tag=0，表示该结点为原子结点
- 若tag=1，表示该结点为表/子表结点

广义表 C 对应的存储结构如下：



采用 C 语言描述广义表的结点类型 GLNode，其声明如 PPT 课件演示。

【PPT 课件演示】

## 广义表的结点类型GLNode

```
typedef struct lnode
{
    int tag;           //结点类型标识
    union
    {
        ElemType data; //存放原子值
        struct lnode *sublist; //指向子表的指针
    } val;
    struct lnode *link; //指向下一个元素
} GLNode;             //广义表的结点类型
```

学  
习  
工  
匠  
精  
神  
将  
编  
程  
做  
到  
极  
致

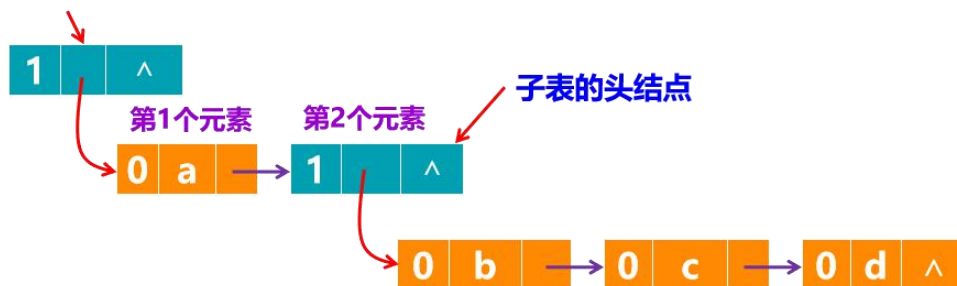
红色框内为共用体，表示两个域共用一个空间，对某一元素只取其一，提高空间利用率！

- 知识讲解：广义表算法设计方法

解法一：一个非空广义表的基本存储结构如下图：

### 解法1 非空广义表

整个广义表的头结点



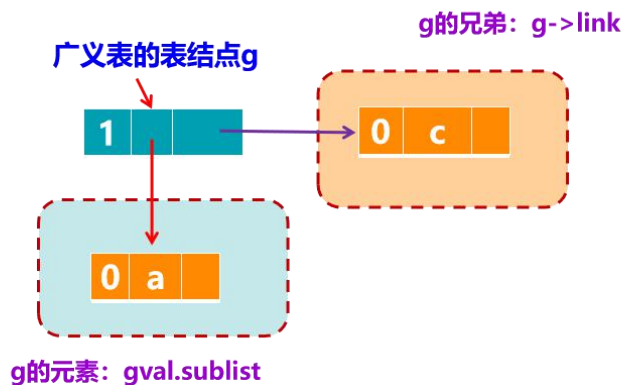
可以看成是带头结点的单链表，对于原子结点，可以直接进行处理以实现原子操作；对于子表结点，由于子表的存储结构和整个广义表的存储结构是相似的，因此子表的处理和整个广义表的处理是相似的，从这个角度出发设计求解广义表递归算法的一般格式如下：

```
void fun1(GLNode *g)           //g 为广义表头结点指针
{
    GLNode *g1=g->val.sublist; //g1 指向第一个元素
    while (g1!=NULL)           //元素未处理完循环
    {
        if (g1->tag==1)        //为子表时
            fun1(g1);           //递归处理子表
        else                    //为原子时
            原子处理语句;       //实现原子操作
        g1=g1->link;            //处理兄弟
    }
}
```

}

解法二：一个非空广义表存储结构中两类结点的基本结构如图：

### 解法2



每个原子结点的 data 域为原子值，link 域指向其兄弟；每个表/子表结点的 sublist 指向它的元素，link 指向兄弟。因此对于原子结点，其兄弟的处理与整个广义表的处理是相似的，对于表/子表结点，其元素和兄弟的处理与整个广义表的处理是相似的，从这个角度出发设计求解广义表递归算法的一般格式如下：

```
void fun2(GLNode *g)           //g 为广义表结点指针
{
    if (g!=NULL)
    {
        if (g->tag==1)          //为子表时
            fun2(g->val.sublist); //递归处理其元素
        else                    //为原子时
            原子处理语句;        //实现原子操作
        fun2(g->link);           //递归处理其兄弟
    }
}
```

#### ● 分组汇报：广义表的基本运算：求长度和求深度

课前布置学生分组通过视频及在线资料自学广义表的两个基本运算算法：求长度和求深度。课上让学生汇报学习成果，其他组学生和老师提问，汇报组学生答疑，最后老师点评。

#### ● 主题研讨：设计一个求原子个数的算法

设置对比组任务，其中两组采用算法一的设计方法，另外两组采用算法二的设计方法。

三、教学小结-----2min



- 1、广义表的概念
- 2、广义表的存储结构
- 3、广义表的算法设计方法

#### 四、拓展-----2min

##### 应用举例:

人工智能领域中的表处理语言 LISP 的实现就是将广义表作为基本的数据结构。在 LISP 语言中, 数据和函数都是采用符号表达式定义的, 这种符号表达式称为 S 一表达式, 它是原子和表的总称。原子分为符号原子和数原子。符号原子是指有限个大写字母和数字组成的字符串, 其中第一个符号必须是字母。原子 NIL 和 T 分别表示逻辑假(或空表)和逻辑真。数原子是指一串数字, 通过符号表示其正负。

##### 文献拓展:

第 33 卷 第 7 期 计算机研究与发展 Vol. 33, No. 7  
2000 年 7 月 JOURNAL OF COMPUTER RESEARCH & DEVELOPMENT July 2000

##### 从知识表示到表示: 人工智能认识论上的进步

危 翔 潘云鹤  
(浙江大学, 杭州 310027)  
(浙江大学计算机系, 杭州 310027)

摘 要 知识表示是对智能进行模拟的一个数学模型, 然而它可以不是一个对智能本质的描述, 特别是传统的符号主义知识表示是表示人的智能行为发生的内在过程还有很大的差距。在神经科学和心理学的指导下, 通过对智能行为的发生基础神经过程的研究, 逐渐“物种智能”的思维, 可以得到对知识的心智表示的新认识, 这种表示层的不同, 将带来人工智能方法论上的进步。

关键词 知识表示; 人工智能; 认知  
中图分类号 TP18

THE PROGRESS IN EPISTEMOLOGY OF AI  
FROM KNOWLEDGE REPRESENTATION TO REPRESENTATION

#### 五、作业-----1min

- 1、完成超星慕课课程网站上的章节测验。
- 2、设计一个算法 Same (g1, g2), 判断两个广义表 g1 和 g2 是否相同。完成线上晒算法设计及运行截图。
- 3、查阅资料, 了解人工智能相关知识。

## 9.二叉树的遍历

授课题目：二叉树的遍历

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

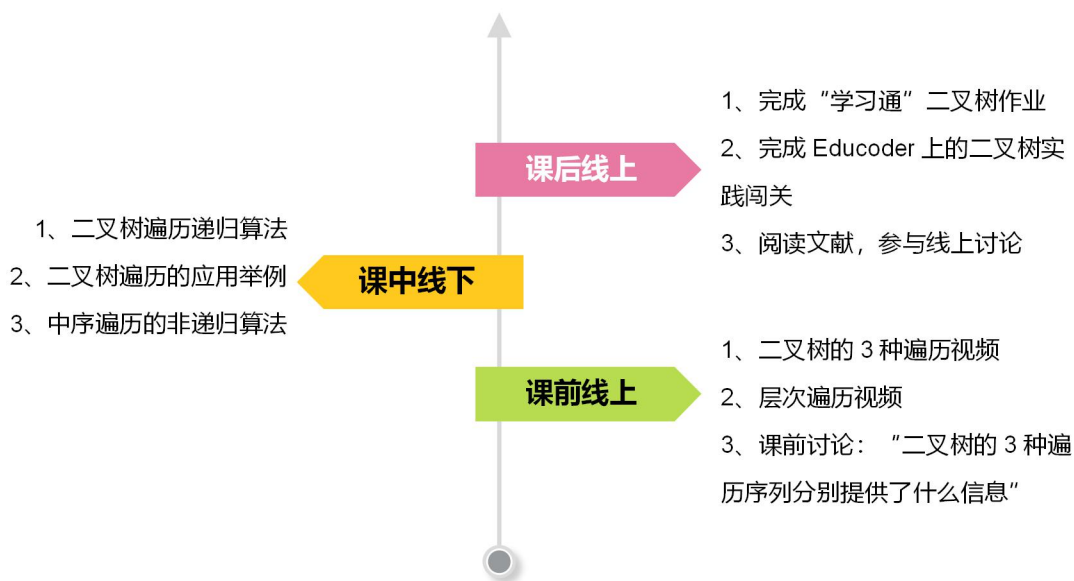
本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 7 章第 5 小节的内容。二叉树的遍历算法是其他运算的基础，通过遍历得到了二叉树中结点访问的线性序列，实现了非线性结构的线性化。一棵二叉树由 3 个部分（即根节点、左子树和右子树）构成，根据 3 部分访问次序不同可得到 3 种遍历：先序遍历、中序遍历和后序遍历。本节课的主要内容是让学生掌握这 3 种遍历方式的递归算法，并能够灵活运用 3 种遍历算法求解二叉树的相关问题。

二叉树是一种递归数据结构，其先序、中序和后序遍历算法采用递归方式设计是理所当然的，但学生掌握对应的非递归算法可以进一步加深对遍历算法的理解，提高应用它们的能力。因此，本节课还为学生介绍了其中一种遍历的非递归算法设计——中序遍历算法。

### 二、 学情分析

授课对象为大二学生。学生在学习本门课之前，已经开设过《离散数学》课程。在《离散数学》图论部分的根树内容中，学生就已经接触过二叉树的遍历，了解了二叉树的遍历概念及思路，但对于具体的编程实现尚未接触。而学生在学习本节课内容之前，已经学习了二叉树的概念、性质及各种基本运算的实现，对二叉树的递归特性有了较为深入的了解，可见学生已经有了二叉树遍历的理论知识，也有了具体编程实现的能力，但是由于其对理论知识已有所遗忘，而又缺乏理论联系实际的能力，因此需要老师在教学过程中注重知识的纵向联系。同时学生对于所学内容与实际应用的联系较为困惑，需要老师在教学中加强知识的横向联系，增强学生的学习积极性。

### 三、 教学思路



大学教育应该是在“学生是主体，教师主导”的理念指导下，运用多种教学方式如启发式、案例式、研讨式等展开教学设计。本节课首先展示一棵表达式二叉树并提问学生其所表示的算式是什么，引导学生思考，用计算机解决此问题需要访问二叉树所有结点，从而引出本节课的主题——“二叉树的遍历”。教学过程中，通过具体的示例，运用现代化教学技术，引导学生探究二叉树的 3 种遍历方式及递归算法实现；再选择具有代表性应用实例先让学生演练，然后老师讲解，以便学生进一步掌握遍历算法的应用；最后引导学生探究非递归算法的实现，通过 PPT 动画演示中序遍历的非递归算法过程，帮助学生理解二叉树遍历的非递归算法。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 掌握二叉树遍历的递归算法。
- (2) 灵活运用二叉树遍历的递归算法解决相关问题。
- (3) 理解二叉树遍历的非递归算法。

#### 能力目标：

- (1) 通过遍历算法的实现，培养学生将理论付诸实践的编程能力和计算思维。
- (2) 通过递归算法到非递归算法的转换，培养学生的逻辑推理能力、归纳总结能

力和创新能力。

#### 情感目标:

- (1) 通过二叉树遍历的递归算法实现到非递归算法实现, 培养学生严谨的推理、善于思考。
- (2) 通过代表性实例的练习及讲解, 加强知识点应用介绍, 提高学生的学习兴趣和成就感。
- (3) 通过二叉树遍历方法的讲解, 培养学生严谨、缜密的逻辑思维。

## 五、思政育人

### 大局意识, 着眼全局

二叉树的分支很多, 对于孩子链存储的二叉树结构, 从每个结点出发都可以有两个分支, 要确认每个结点都访问了一遍, 必须熟悉树的结构特点, 然后有规律有章法地访问。从这个点出发, 联系到实际学习过程中, 教育学生要着眼全局, 建立专业知识体系架构, 有规律有章法的学习各项专业知识。

## 六、教学重点与难点

**教学重点:** 二叉树遍历的递归算法。

**教学难点:** 二叉树遍历的非递归算法。

**重点及难点的处理:**

通过讲解二叉树遍历是二叉树中所有其他运算实现的基础引出重点, 然后通过具体实例讲解二叉树各种遍历方法得到的序列, 再讲解实现代码从而让学生掌握重点。对于教学难点, 引导学生分析 3 种递归算法的执行过程, 发现其共同点, 并以中序遍历为例, 通过 PPT 动画为学生讲解非递归算法的执行过程, 从而化解难点。

## 七、教学方法

### 1、案例教学法

选取有代表性的应用实例, 通过学生练、老师讲的教学设计, 加强知识点应用介绍, 提高学生的学习兴趣和成就感。

### 2、线上线下混合式教学法

课前发布预习视频和讨论话题, 让学生为课堂教学做好充分准备。课内练习采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂, 方便教师及时了解每位学生的掌握情况,

也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后练习和实践分别在超星和 Educoder 两个线上教学平台上完成,打破时域地域限制,方便师生随时交流。

### 3、探究式教学法

授课采用提出问题——分析问题——解决问题——问题延伸的教学设计层层深入,引导学生在理解新知识的同时进行探究,运用所学知识解决问题,从而提高学习的自信心。

### 4、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画深入浅出的展示二叉树的遍历过程和中序遍历非递归算法的实现过程,使教学更直观、更生动,帮助学生理解新课程知识。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>问题式引入:</b> 展示一棵表达式二叉树并提问学生其所表示的算式是什么,引导学生思考,用计算机解决此问题需要访问二叉树所有结点,从而引出本节课的主题。	观察表达式二叉树,思考老师提出的问题,阐述自己的计算方法。	提出问题,吸引学生注意力,让学生全身心投入到课堂中,同时通过简单的分析,引出本节课的主题。	1min
智慧课堂	<b>课堂小测验:</b> 写出上述二叉树代表的表达式。	完成小测验	通过作答,引导学生思考二叉树的遍历方式与表达式的关系。	2min
教学过程	<b>问题探究一:</b> 二叉树的遍历方法 <b>知识点:</b> (1) 二叉树遍历的定义 (2) 二叉树遍历的3种方法 介绍二叉树遍历的概念,引出重点。采用启发式提问,探究二叉树的遍历方法,并进行 <b>思政教育</b> 。	仔细听讲,理解二叉树遍历的概念,与老师一同探究二叉树的遍历方法,领悟学习规律。	采用问题探究的形式,引出本节课的重点内容,同时引导学生主动思考,加强对知识的理解,教育学生 <b>着眼全局</b> ,做事要有 <b>规律有章法</b> 。	37min

	<b>知识讲解：</b> 二叉树的遍历过程 <b>知识点：</b> (1) 先序遍历及递归算法 (2) 中序遍历及递归算法 (3) 后序遍历及递归算法 对同一棵二叉树采用 PPT 动画演示三种遍历方式的过程，并介绍递归算法的实现。	参与求解示例中二叉树的三种遍历序列，学习二叉树遍历的递归算法实现。	采用讲授法和示例法，运用现代化教学技术，突出本节课的教学重点，帮助学生理解和掌握二叉树遍历的递归算法。	
	<b>问题探究二：</b> 表达式二叉树对应的算式 回归到引入部分的表达式二叉树，探究该树三种遍历方法对应的表达式，对中序遍历所得的序列提出疑问，引导学生思考如何改进，并给出改进方法。	求解表达式二叉树的三种遍历序列，观察序列发现错误，思考改进方式。	与引入呼应，求解问题，展示知识点的应用，培养学生的灵活运用能力。	
	<b>应用演练：</b> 选出三个难度递增的代表性应用实例，让学生练习求解，在求解过程中允许学生分组讨论，引导学生改进遍历的递归算法求解三个实例，并拍照上传到线上讨论区。然后根据学生的结果进行点评并讲解。	分组讨论，求解例题，将求解结果拍照上传到线上讨论区。阐述结论，听点评和讲解。	通过应用实例演练及研讨提高学生解决问题能力、提高编程实践能力，进一步掌握遍历算法的灵活运用。	
	<b>问题探究三：</b> 中序遍历的非递归算法 分析三种遍历的递归算法的执行过程，总结归纳出共同的访问路径，引导学生思考非递归算法实现方法，采用动画讲解非递归算法实现过程。	参与分析、总结归纳，观看动画，学习非递归算法。	选取中序遍历的非递归算法讲解，进一步加深学生对遍历算法的理解，提高引用它们的能力。	
教学小结	<b>教学小结：</b> (1) 二叉树遍历的三种递归算法。 (2) 遍历递归算法的应用。 (3) 二叉树遍历的非递归算法。	参与小结，听讲解，思考遍历序列提供的信息。	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min



拓展	<b>应用拓展:</b> (1) 图像加密 (2) 文档编码 <b>文献拓展:</b> (1) 一种基于二叉树遍历的数字图像置乱方法 (2) 一种基于二叉树遍历的 XML 文档编码模式	讨论所了解的应用, 课后阅读文献	拓展应用知识, 培养学生阅读文献的能力	2min
作业	<b>课后思考:</b> 如果给出任一序列, 可否唯一确定一棵二叉树? <b>作业:</b> 自学先序和后序遍历的非递归算法并实现。 阅读文献, 参与在线讨论。	课后完成在线讨论	1、提出思考, 督促学生预习。 2、提高学生自学能力, 提升学生编程的实践能力。	1min

## 九、教学反思

本节课采用信息化、案例教学、探究式和启发式等多种方法实施教学, 并在教学过程中有机的融入了思政教育。通过本节课的学习, 学生掌握了三种二叉树遍历方法的递归算法, 并通过三个难度递进的实例演练, 学会了遍历算法的灵活运用, 完成了基本学习目标。通过与老师一同参与问题探究, 理解了二叉树遍历的非递归算法。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 观看“二叉树的 3 种遍历”和“层次遍历”的预学视频, 初步了解二叉树的各种遍历运算。
- (2) 参与讨论: “二叉树的 3 种遍历序列分别提供了什么信息”。

### 2、课后作业

- (1) 完成“学习通”二叉树作业。
- (2) 完成 Educoder 上的二叉树实践闯关。
- (3) 阅读文献, 撰写 500 字报告。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.
- [5] 林雪辉. 一种基于二叉树遍历的数字图像置乱方法[J]. 计算机工程, 2006, 32(16):139-140.
- [6] 万里勇, 陈颖. CSBTT: 一种基于二叉树遍历的 XML 文档编码模式[J]. 计算机系统应用, 2013, 22(2):151-154.

附：

### 板书设计

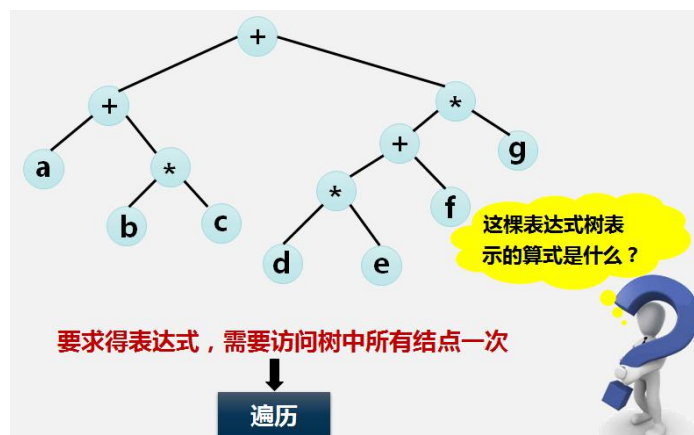


### 教学内容

#### 一、引入-----1min

展示一棵表达式二叉树并提问学生其所表示的算式是什么，引导学生思考，用计算机解决此问题需要访问二叉树所有结点，从而引出本节课的主题。

【PPT 课件演示】



## 二、智慧课堂-----2min

课堂小测验：写出上述二叉树代表的表达式。

（通过作答，引导学生思考二叉树的遍历方式与表达式的关系。）

## 三、正文-----37min

### ● 问题探究一：二叉树的遍历方法

知识点：

（1）二叉树遍历的定义：二叉树遍历是指按照一定次序访问树中所有结点，并且每个结点仅被访问一次的过程。

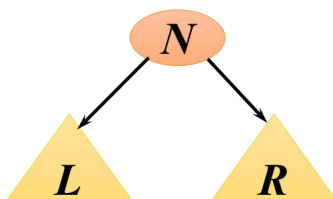
遍历是二叉树最基本的运算，是二叉树中其他运算的基础。



### （2）二叉树遍历的 3 种方法

二叉树从根结点往下分支很多，如何确保每一个结点都被访问到？请观察二叉树的结构特点，思考有规律有章法的遍历。教育学生着眼全局，做事要有章法。

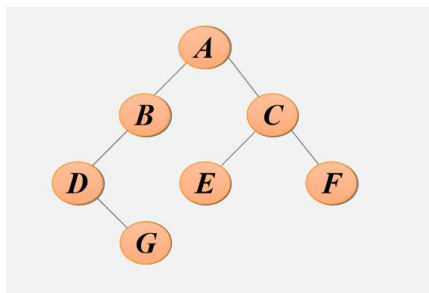
从二叉树的组成来看：



二叉树主要分成三部分：根结点、左子树和右子树。将这三部分进行全排列总共有六种遍历方式，其中两两对称，因此我们选取其中三种进行讲解。

● 知识讲解：二叉树讲解三种遍历过程及递归算法实现

以下图为例进行讲解。



(1) 先序遍历

过程：访问根结点；先序遍历左子树；先序遍历右子树。

序列：ABDGCEF

递归算法实现：

```

void PreOrder(BTNode *b)
{
    if (b!=NULL)
    {
        printf("%c ", b->data); //访问根结点
        PreOrder(b->lchild);
        PreOrder(b->rchild);
    }
}
    
```

(2) 中序遍历

过程：中序遍历左子树；访问根结点；中序遍历右子树。

序列：DGBAECF

递归算法实现：

```

void InOrder(BTNode *b)
{
    if (b!=NULL)
    {
        InOrder(b->lchild);
        printf("%c ", b->data); //访问根结点
        InOrder(b->rchild);
    }
}
    
```

### (3) 后序遍历

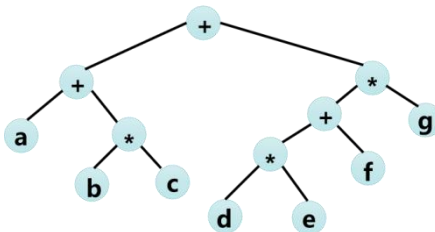
过程：中序遍历左子树；访问根结点；中序遍历右子树。

序列：DGBAECF

递归算法实现：

```
void PostOrder(BTNode *b)
{
    if (b!=NULL)
    {
        PostOrder(b->lchild);
        PostOrder(b->rchild);
        printf("%c ", b->data); //访问根结点
    }
}
```

#### ● 问题探究二：表达式二叉树对应的算式



回归到引入部分的表达式二叉树，探究该树三种遍历方法对应的表达式。

先序遍历：++a\*bc\*+\*defg ←前缀表达式

后序遍历：abc\*+de\*f+g\*+ ←后缀表达式

中序遍历：a+b\*c+d\*e+f\*g

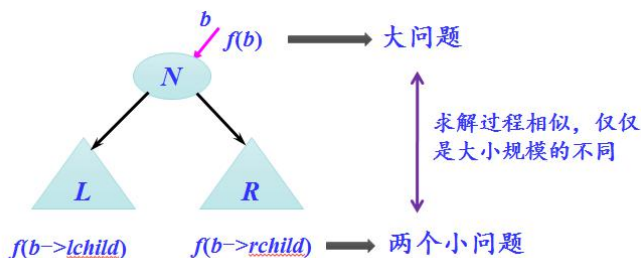
上述所得中序遍历序列是中缀表达式吗？似乎与上图中的运算符优先级不符，那如何改进呢？其实只要做个简单的处理就能正确输出中缀表达式（想想怎么做？提示：加括号）

具体算法实现如下：（注：红色字体部分为增加的括号的代码，其余部分为中序遍历递归算法。）

```
void InOrder(BTNode *b)
{
    if (b!=NULL)
    {
        printf("(");
        InOrder(b->lchild);
        printf("%c ", b->data); //访问根结点
        InOrder(b->rchild);
        printf(")");
    }
}
```

## ● 应用演练

总结三种递归遍历算法的基本思路。



选出三个难度递增的代表性应用实例，让学生练习求解，在求解过程中允许学生分组讨论，引导学生改进遍历的递归算法求解三个实例，根据学生的结果进行点评并讲解。

**例 1**、假设二叉树采用二叉链存储结构存储，设计一个算法，输出一棵给定二叉树的所有叶子结点。

（此例难度最小，只需要在任意一种遍历递归算法的基础上，稍作修改，在输出结点之前，加上一个是否为叶结点的判断即可。）

**例 2**、假设二叉树采用二叉链存储结构，设计一个算法 Level() 求二叉树 b 中值为 x 的结点的层次（假设所有结点值唯一）。

（此例难度升级，需要在递归算法中增加形参。在 Level 算法中，b 形参用于在二叉链中遍历结点，算法中又需要知道 x 的层次，在这种情况下就需要增加一个形参 h，它表示 b 所指的结点层次。）

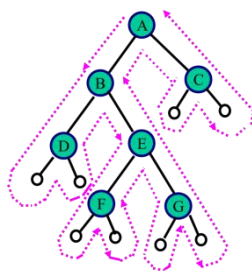
**例 3**、假设二叉树采用二叉链存储结构，设计一个算法 Lnodenum() 求二叉树 b 中第 k 层的结点个数。

（此例在上一例的基础上难度再次增加。在 Lnodenum 算法中，与例 2 一样需要知道层次，形参 h 不可缺少，同时本例中要查找 k 层所有结点，因此需要增加形参 k，要计算 k 层结点个数，这里可以用引用型参数 n 来进行传递。）

## ● 问题探究三：中序遍历的非递归算法

分析三种遍历的递归算法的执行过程发现，三种遍历算法的递归执行过程是完全相同的。下图用带箭头的虚线表示了三种遍历算法的递归执行过程。每个结点都经过三次，而中序遍历序列是在第二次经过结点时输出。





#### 四、教学小结-----2min

- (1) 二叉树遍历的三种递归算法。
- (2) 遍历递归算法的应用。
- (3) 二叉树遍历的非递归算法。

#### 五、拓展-----1min

##### 应用拓展：

二叉树遍历的应用广泛，例如图像加密，文档编码等。选取两篇文献供学生课后阅读。

##### 文献拓展：

一种基于二叉树遍历的数字图像置乱方法.pdf

CSBTT\_一种基于二叉树遍历的XML文档编码模式\_万里勇.pdf

#### 六、作业-----1min

##### 课后思考：

如果给出任一序列，可否唯一确定一棵二叉树？

##### 作业：

- (1) 完成“学习通”二叉树作业。
- (2) 完成 Educoder 上的二叉树实践闯关。
- (3) 阅读文献，撰写 500 字报告。

## 10.线索二叉树

授课题目：线索二叉树

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 7 章第 7 小节的内容。对以二叉链表作为存储结构的二叉树而言，只能找到结点的左、右孩子信息，而不能直接得到结点在任一遍历序列中的前驱和后继信息，线索二叉树就是用来保存二叉树遍历的动态过程中得到的有关结点前驱和后继的信息。

本讲内容主要包括创建线索二叉树和遍历线索化二叉树。根据遍历方式不同，线索二叉树也分为了三种：先序线索二叉树、中序线索二叉树和后序线索二叉树。三种线索二叉树的创建和遍历基本原理相同，因此本讲选取其中一种作为代表进行讲解。同时为了让学生清楚线索二叉树的优点，还要对知识展开纵向对比。

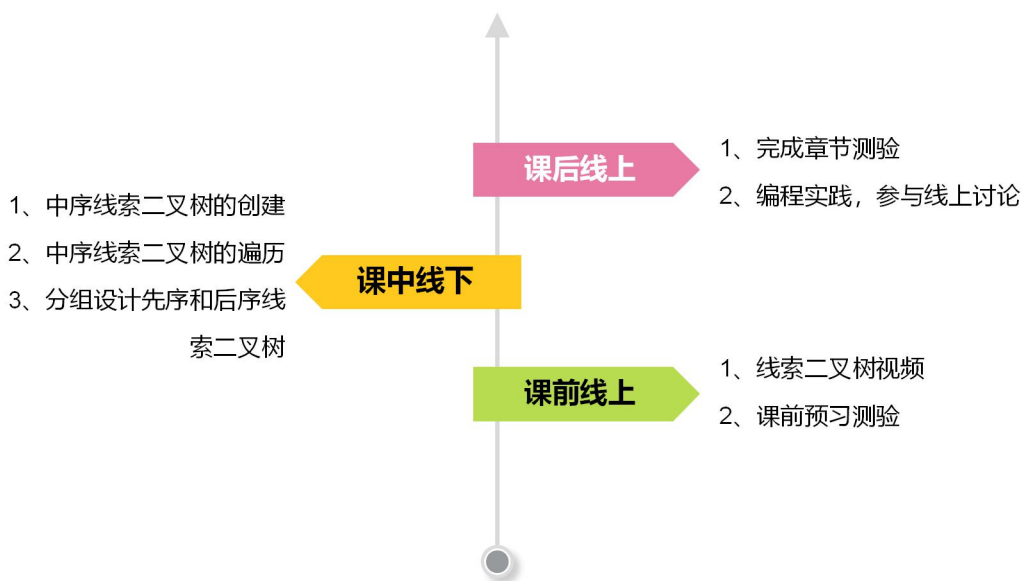
### 二、 学情分析

在前面的课程中，学生学习了二叉树遍历的递归和非递归两种算法。递归算法编程简单，但是其执行过程却比较复杂，而非递归算法则难以理解。学生迫切希望能够简化二叉树的遍历过程。

本节课的线索二叉树则是为了简化二叉树遍历过程而创建的，因此学生对本节课的内容学习积极性非常高。虽然线索二叉树的遍历得到了简化，但是首先需要创建线索二叉树。对于创建线索二叉树这部分内容，由于使用到递归，学生会觉得比较抽象，难以理解，因此老师在教学过程中可以先注重创建过程的教学，待学生完全掌握其过程后，再对相应代码进行分析讲解，以便帮助学生更好地掌握本节课的内容。

考虑到学生不同的基础，可以制作微课视频帮助学生提前预习，并通过预习测验让学生自主调整学习方案。

### 三、 教学思路



突出沉浸式课堂教学环境的构建, 教师的引导与学生的主动思考学习和谐交织为一个整体。本节课采用对分课堂的形式, 前半节课选取中序线索二叉树进行讲解, 后半节课布置任务, 学生根据学习到的中序线索二叉树创建及遍历方法, 分组讨论练习, 分别设计出先序和后序线索二叉树的创建及遍历算法, 并进行阐述研讨, 最后老师进行点评和总结。在前半段的教学过程中, 首先提问学生思考二叉链结构的二叉树中空指针的数量, 接着用启发式提问引导学生思考空指针的可利用性, 从而引出本节课的主要内容; 然后运用现代化教学技术手段, 帮助学生学习中序线索二叉树的创建及遍历算法, 最后对比线索二叉树与非线索二叉树遍历效率, 加深学生对知识点的掌握。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定, 按照质量工程的教育要求, 并结合学生的实际情况, 分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面, 确定本次课的教学目标如下:

#### 知识目标:

- (1) 理解线索二叉树的概念。
- (2) 掌握创建线索二叉树算法。
- (3) 掌握线索二叉树的遍历算法。

#### 能力目标:

- (1) 通过层层递进的启发式提问, 有效引导学生发现问题、分析问题和解决问题

的能力。

- (2) 通过创建线索二叉树的递归实现，培养学生推理能力、抽象思考能力，以及最重要的，在若干个不同的抽象层次上，同时审视同一个问题的能力。

**情感目标：**

- (1) 通过线索二叉树与非线索二叉树的对比，培养学生批判性思维、探究意识。
- (2) 通过先序线索二叉树的创建讨论，有效激发学生自主学习和探究学习的积极性。

## 五、思政育人

### 变废为宝，可持续发展

线索二叉树主要是充分利用空指针域，将其在第一次遍历过程中改为线索，换取今后遍历速度的提升，可以说这是一个“废物”再利用的过程。从这个角度出发，教育学生节约资源，实现可持续发展。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**线索二叉树的创建和遍历。

**教学难点：**线索二叉树的创建。

**重点及难点的处理：**

线索二叉树的创建既是重点也是难点，其算法主要采用递归思路，因此在教学过程中，首先从微观角度出发，讲解前驱和后继两个结点之间的线索化过程，然后再扩散到全局利用递归的思路线索化根结点、左子树及右子树。对线索二叉树的创建和遍历算法实现部分，先采用 PPT 动画演示整个执行过程，帮助学生掌握原理及思路，然后再对应到具体代码的讲解，最后分析时间复杂度和空间复杂度，深化学生对重点及难点的掌握。

## 七、教学方法

### 1、对分课堂教学法

为了更好地督促学生学习和掌握本节课内容，同时培养学生的自主学习能力，采用对分课堂，选择中序线索二叉树作为讲解内容，先序和后序线索二叉树则作为学生课堂练习，以便老师更好地在课堂上掌握学生的学习效果。

### 2、研讨式教学法

在学生练习的过程中，将学生对分进行讨论，一半负责先序线索二叉树的算法设计，另一半负责后序线索二叉树的算法设计，练习结束，两边各选派学生讲解算法设计，并进行研讨，有助于学生快速掌握两种线索二叉树的算法。

### 3、智慧课堂教学法

在学生研讨的过程中，为学生预先准备了课内测验。课内测验都采用在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的掌握情况。

### 4、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画深入浅出的展示中序线索二叉树的创建算法和遍历算法的实现过程，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

### 5、启发式教学法

在教学过程中，多采用启发式提问，引导学生主动思考，积极探究，全身心沉浸在课堂学习中。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>回顾式引入：</b> 给出一棵二叉链结构的二叉树，采用层层递进的提问，启发学生思考简化二叉树遍历的方法。	回忆二叉链结构特点，计算空指针数量，思考提问。	引出教学主题、激发学生的学习兴趣 and 求知欲望。	2min
教学过程	<b>基本概念：</b> 线索二叉树的概念 <b>知识点：</b> (1) 线索 (2) 线索化 (3) 线索二叉树 回顾二叉树遍历的实质，利用引入的二叉树图讲解各个概念，提出线索二叉树的目的。	回忆二叉树遍历知识，思考其本质，仔细听讲解，认真记录各基本概念，理解线索二叉树的目的。	讲授基本概念，明确知识的目的，为后续教学环节做准备。	39min
	<b>数据组织：</b> 线索二叉树的存储结构 采用启发式提问，引导学生思考孩子链指针与线索如何区分，从而提出线索二叉树的存储结构设计。	思考区分方法，畅所欲言，学习存储结构的设计。	设计好数据结构，为后续教学环节的算法设计做准备。	

	<b>算法设计：</b> (1) 线索二叉树的创建 (2) 线索二叉树的遍历 对两个算法均先讲解思路，然后通过具体实例配以 PPT 动画演示算法过程，最后讲解对应程序代码。在线索二叉树的遍历讲解完后，分析算法复杂度并与非线索二叉树进行对比。	仔细听老师讲解思路，参与分析算法过程演示的步骤，理解程序代码，参与对比总结。	运用现代教育技术手段，多角度讲解，帮助学生更好地理解和掌握教学重点及难点。	
	<b>研讨及练习：</b> (1) 先序线索二叉树的创建和遍历 (2) 后序线索二叉树的创建和遍历 将学生对分为两大组，分别讨论两种线索二叉树的创建和遍历。在学生讨论过程中及时引导和解答，并发布线上课堂练习。	与组内同学共同探讨，阐述最终算法设计，完成线上答题。	更好地督促学生学习和掌握本节课内容，同时培养学生的自主学习能力。线上课堂练习方便老师更好地掌握学生的课内学习情况。	
教学小结及思政教育	<b>总结：</b> (1) 点评并总结上一环节学生的结果。 (2) 线索二叉树将空指针修改为线索，从而提高了遍历效率。 <b>思政育人：</b> 从“废物”利用的角度出发，教育学生节约资源，注重可持续性发展。	参与小结、听讲解，增强环保意识	1、帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。 2、思政育人：通过存储空间的再利用联系生活，教育学生。	3min
作业	课后编程实现三种线索二叉树的创建及遍历，并将运行结果截图到线上讨论区。	课后完成 <b>在线讨论</b>	1、巩固所学知识 2、提高学生解决问题的能力，提升学生编程的实践能力。	1min

## 九、教学反思

本节课采用了新式的对分课堂教学，将整个课堂时间一分为二，一半由老师讲授线索二叉树的概念和中序线索二叉树的创建及遍历，一半留给学生进行讨论先序和后序线索二叉树，实质上在讲授和讨论之间引入一个心理学的内化环节，让学生对讲授内容进行吸收之后，有备而来参与讨论，通过对讲授与讨论的有机整合，实现了“教法”与“学法”的对立统一。



在讨论过程中又将学生分成了两大组，两组分别讨论先序和后序线索二叉树，再分享结果，组间研讨。这种分而学之、再分享而合之的方法，缩短了学生组内讨论的时间，增加了组间研讨时间，大大地提高了学生的学习效率。

## 十、 预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 观看“线索二叉树”的预习视频，初步了解线索二叉树的作用及构造。
- (2) 完成课程网站上的预习测验，为课堂学习做准备。

### 2、课后作业

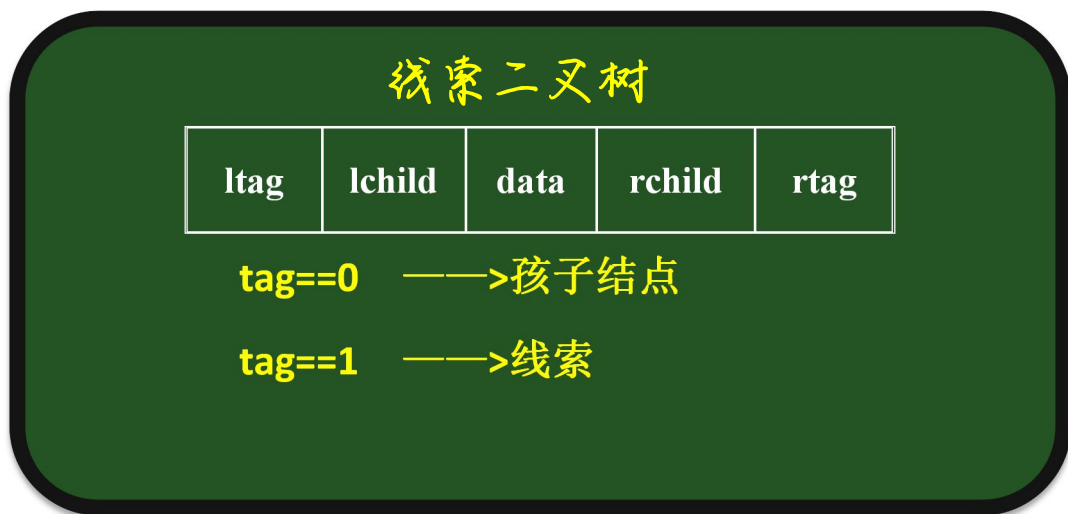
- (1) 完成“学习通”上的章节测验。
- (2) 课后编程实现三种线索二叉树的创建及遍历，并将运行结果截图到线上讨论区。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.

附：

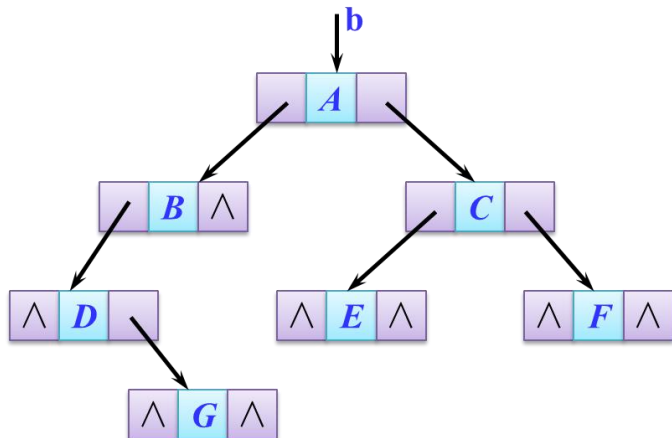
### 板书设计



## 教学内容

### 一、引入-----2min

给出一棵二叉链结构的二叉树，如下图。采用层层递进的提问，启发学生思考简化二叉树遍历的方法。



对于具有  $n$  个结点的二叉树，采用二叉链存储结构时，每个结点有两个指针域，总共有  $2n$  个指针域。其中只有  $n-1$  个结点被有效指针所指向，即有  $n-1$  个非空指针域。所以共有  $2n-(n-1) = n+1$  个空链域。

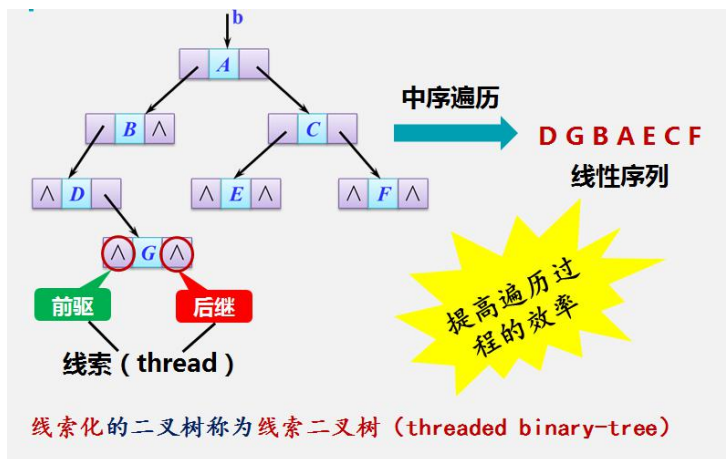
### 二、正文-----39min

#### ● 基本概念

遍历二叉树的结果是一个结点的线性序列，可以利用这些空链域存放指向结点的前驱结点和后继结点的地址。其规定是某结点的左指针为空时，令该指针指向这个线性序列中该结点的前驱结点；当某结点的右指针为空时，令该指针指向这个线性序列中该结点的后继结点，这样的指向该线性序列中的“前驱结点”和“后继结点”的指针称为**线索（thread）**。

创建线索的过程称为**线索化**。线索化的二叉树称为**线索二叉树（threaded binary-tree）**。线索二叉树的目的是提高该遍历过程的效率。

【PPT 课件演示】



● 数据组织

在线索二叉树中如何区分左指针指向的是左孩子结点还是前驱结点，右指针指向的是右孩子结点还是后继结点呢？为此，在结点的存储结构上增加两个标志位来区分这两种情况：

左标志 ltag	{	0	表示 lchild 指向左孩子结点
		1	表示 lchild 指向前驱结点，即线索
右标志 rtag	{	0	表示 rchild 指向右孩子结点
		1	表示 rchild 指向后继结点，即线索

这样，每个结点的存储结构如下：

ltag	lchild	data	rchild	rtag
------	--------	------	--------	------

线索化二叉树中结点的类型定义如下：

```
typedef struct node
{
    ElemType data;           // 结点数据域
    int ltag, rtag;          // 增加的线索标记
    struct node *lchild;     // 左孩子或线索指针
    struct node *rchild;     // 右孩子或线索指针
} TBTNode;                  // 线索树结点类型定义
```

● 算法设计

(1) 线索二叉树的创建

建立某种次序的线索二叉树过程：

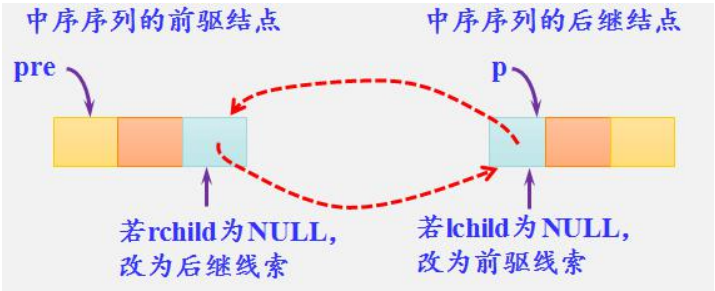
- 以该遍历方法遍历一棵二叉树。
- 在遍历的过程中，检查当前访问结点的左、右指针域是否为空：
  - 如果左指针域为空，将它改为指向前驱结点的线索；
  - 如果右指针域为空，将它改为指向后继结点的线索。

以中序线索二叉树为例，讨论建立线索二叉树的算法。

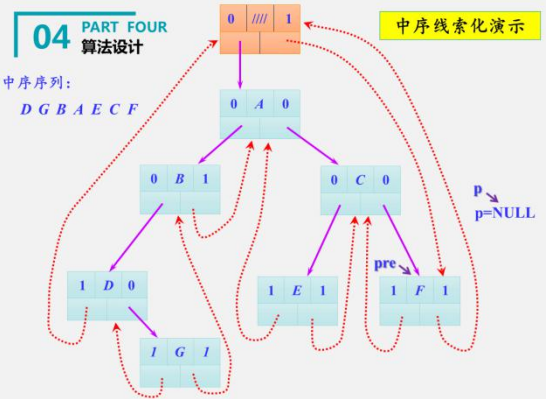
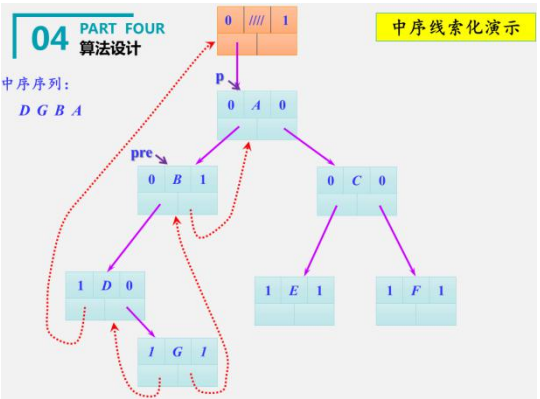
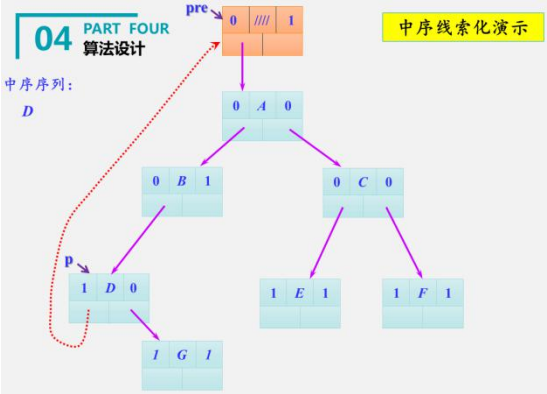
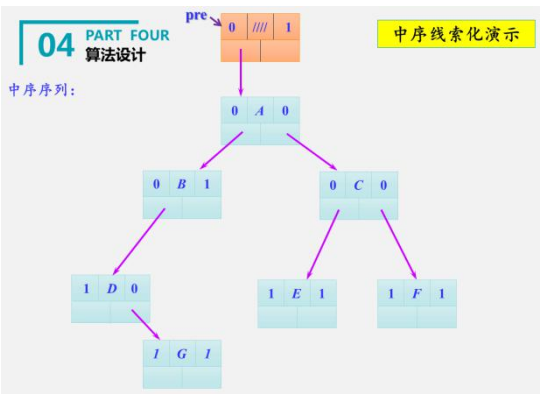
**CreatThread (b)：**对以二叉链存储的二叉树 b 进行中序线索化，并返回线索化后头结点的指针 root。

**Thread (p)：**对以 \*p 为根结点的二叉树子树的中序线索化。

在中序遍历中，p 总是指向当前线索化的结点。pre 作为全局变量，指向刚刚访问过的结点。  
\*pre 是 \*p 的中序前驱结点，\*p 是 \*pre 的中序后继结点。

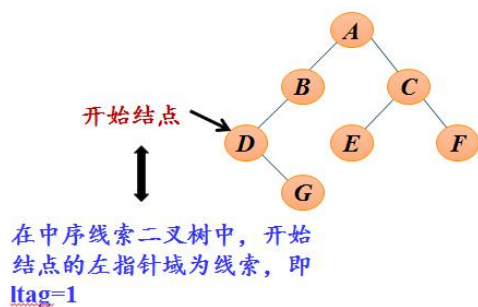


【PPT 课件演示】（动画演示创建过程）



(2) 线索二叉树的遍历

遍历某种次序的线索二叉树，就是从该次序下的开始结点出发，反复找到该结点在该次序下的后继结点，直到头结点。以中序线索二叉树为例，开始结点是根结点的最左下结点。



找开始结点的算法:

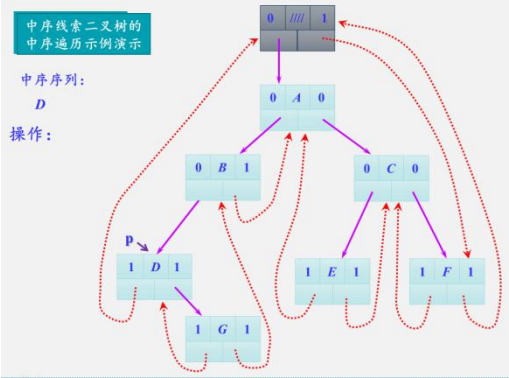
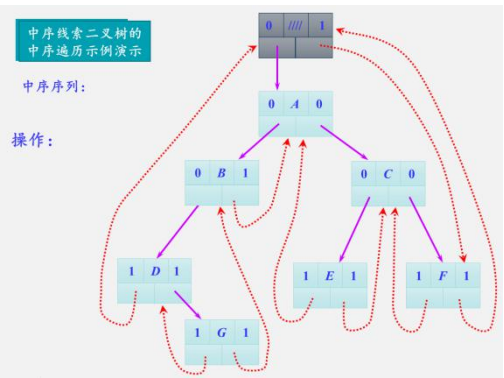
```
TBTNode *p=tb->lchild;
//p指向根结点
while (p->ltag==0)
    p=p->lchild;
```

在中序线索二叉树中中序遍历的过程:

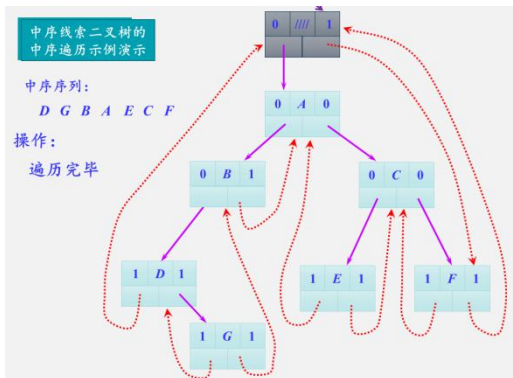
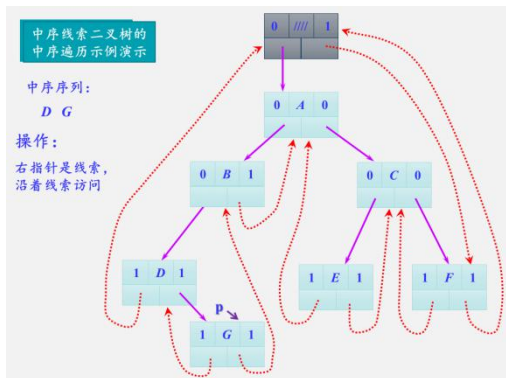
```
p 指向根结点;
while p ≠root 时循环
{
    找开始结点*p;
    访问*p 结点;
    while (*p 结点有右线索)
        一直访问下去;
    p 转向右孩子结点;
}
```

该算法是非递归的，其中也没有使用栈。尽管时间复杂度仍然为  $O(n)$  ( $n$  为二叉树中的结点数)，但空间效率得到提高，空间复杂度为  $O(1)$ 。

【PPT 课件演示】（动画演示创建过程）







## ● 研讨及练习

- (1) 先序线索二叉树的创建和遍历
- (2) 后序线索二叉树的创建和遍历

将学生对分为两大组，分别讨论两种线索二叉树的创建和遍历。在学生讨论过程中及时引导和解答，并发布线上课堂练习。

## 三、教学小结及思政教育-----3min

总结：

- (1) 点评并总结上一环节学生的结果。
- (2) 线索二叉树将空指针修改为线索，从而提高了遍历效率。

思政育人：

从“废物”利用的角度出发，教育学生节约资源，注重可持续性发展。

## 四、作业-----1min

课后编程实现三种线索二叉树的创建及遍历，并将运行结果截图到线上讨论区。



## 11.哈夫曼树

授课题目：哈夫曼树

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

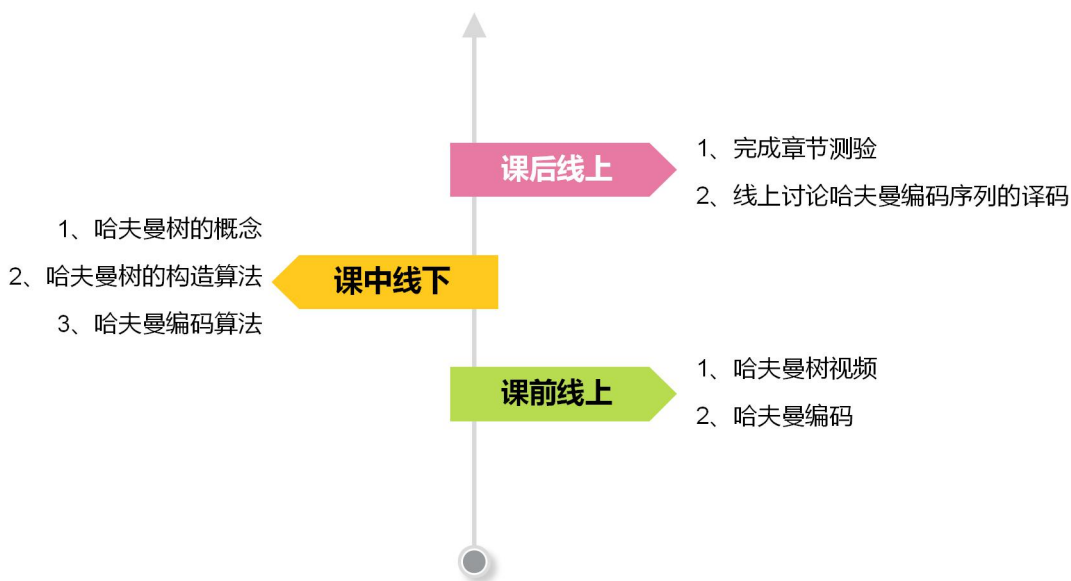
本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 7 章第 8 小节的内容。树结构是一种应用非常广泛的结构，在一些特定的应用中，树具有一些特殊特点，利用这些特点可以解决很多工程问题。随着大数据时代的到来，如何采用有效的数据压缩技术，来节省数据文件的存储空间和网络传输时间越来越引起人们的重视。本节课所讲的哈夫曼树便可以应用在数据压缩技术中。哈夫曼树的构造算法较易理解，但其由来及原理会让学生有所困惑，导致出现学生知其然而不知其所以然的情况，因此在教学过程中应该注重介绍哈夫曼树的由来及构造原理，然后为学生介绍哈夫曼树的应用，让学生能够了解知识的产生、发展到应用的全过程。通过本讲学习，学生应该掌握哈夫曼树的概念、构造算法和哈夫曼编码算法的实现。

### 二、 学情分析

授课对象是大二学生。学生在学习本门课之前，已经开设过《离散数学》课程，对哈夫曼树有了一定程度上的了解，因此学生会有较高的学习积极性，有利于研讨式课堂教学的开展。

“百分制成绩转换成五分制”这个问题 C 语言课程中就学习过，作为课前任务的布置，学生完全有能力讨论出多种方案。课上再通过老师的引导，可以总结出哈夫曼树的原理。编码的概念比较抽象，学生理解起来比较难。因此，本次课采用一个具体的案例让学生分组讨论为一段特定的字符进行编码，学生通过组内集思广益，以期达到提升对知识的理解，同时通过组间的查错质疑及答疑，活跃了课堂气氛，也提高了学生的创新思维。

### 三、 教学思路



一堂课是否能够吸引到学生，且让学生从中获益，关键取决于导入以及案例讲解。本节课先提出学生熟悉的成绩转换问题，让学生展示不同的判断流程，通过对比大量数据转换时，不同流程所需比较次数，引出哈夫曼树的定义，并讲解哈夫曼树的特点及构造算法；然后通过大数据时代，数据之大，如何采用有效的数据压缩为再此引入，给学生提出研讨主题，要求学生分组讨论为一段字符给出编码方案；接着对比分析学生讨论的结果后，为学生讲授哈夫曼编码；最后提出课后思考——“如何译码”，引导学生进一步思考。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解哈夫曼树的概念及特点。
- (2) 掌握哈夫曼树的构造算法。
- (3) 掌握哈夫曼编码算法的实现。

#### 能力目标：

- (1) 通过学生熟知的成绩转换问题培养学生横向联系知识，提升学生灵活运用能力；
- (2) 通过分组讨论字符段的编码问题，将抽象知识点的被动输入学习转变为主动

的探索学习，提升学生的主动思考能力和自主学习能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过前沿热门话题的引入，让学生联系起当前学的知识，增强学生学习的动力，让学生看到希望。
- (2) 通过具体的案例让学生讨论并实现，让学生在解决问题的同时获得成就感，增加学生的学习动力。

## 五、思政育人

### 讲人物以励志——鼓励创新精神

1951年，哈夫曼在麻省理工学院（MIT）攻读博士学位，他和修读信息论课程的同学需要完成学期报告。导师罗伯特·法诺（Robert Fano）出的学期报告题目是：查找最有效的二进制编码。由于无法证明哪个已有编码是最有效的，哈夫曼放弃对已有编码的研究，转向新的探索，最终发现了基于有序频率二叉树编码的想法，并很快证明了这个方法是最有效的。哈夫曼使用自底向上的方法构建二叉树，避免了次优算法香农-范诺编码（Shannon - Fano Coding）的最大弊端——自顶向下构建树。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：** 哈夫曼树的建立及哈夫曼编码的建立

**教学难点：** 哈夫曼树的实现

**重点及难点的处理：**

通过百分制成绩转换五分制成绩的判定树引出重点，然后通过具体实例讲解哈夫曼树的建立过程，再通过具体编码实例引出哈夫曼编码的优势，然后讲解哈夫曼编码的建立。对于教学难点——哈夫曼树的实现，先通过动画讲解让学生掌握哈夫曼树的实现过程，再分析代码。

## 七、教学方法

### 1、智慧课堂辅助-线上线下混合教学法

对教学内容进行分析，合理的划分线上线下部分，让学生课前通过微课视频预习，课上利用智慧课堂辅助记录学生参与讨论情况，以便老师能够实时了解所有学生的课上状态。

### 2、案例分析法

通过熟悉“成绩转换”案例分析，让学生能够更深刻地理解哈夫曼树的概念及原理。通过“字符编码”案例，让学生掌握哈夫曼编码算法。

### 3、研讨式教学法

给出编码的研讨主题，让学生分组讨论，并给出编码方案，再进行组间研讨，让学生能够通过讨论过程理解哈夫曼编码的优缺点，并在不断地改良编码方案的过程中提解决问题的能力。

### 4、启发式教学法

在教学过程中不断地提出问题，深化问题，让学生在逐步解决问题的过程中不断深入思考，培养学生追根究底的探索精神。

### 5、探究式教学法

授课采用提出问题——分析问题——解决问题——问题延伸的教学设计层层深入，引导学生在理解新知识的同时进行探究，运用所学知识解决问题，从而提高学习的自信心。

### 5、多媒体辅助教学法

通过精心制作的动画展示哈夫曼树的构造过程以及哈夫曼编码算法过程，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>案例引入：</b> 请将百分制成绩转换成五分制成绩。（给出成绩在各分数段的占比）	调整状态 沉浸入课堂	引出本节课的主要内容“哈夫曼树”，通过流程判定树的平均比较次数，让学生理解哈夫曼树的意义。	2min
智慧课堂	<b>线上选人展示课前准备结果</b> 利用“学习通”的选人活动开展随机抽取学生展示课前准备的转换方案，然后分析平均比较次数并进行对比。	参与智慧课堂，展示自己的方案，与老师共同计算和分析	通过不同的对比分析，引导学生总结出规律，从而引出本节课主讲内容哈夫曼树。	3min

教学过程	<p><b>知识讲解：</b>哈夫曼树</p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 带权路径长度。</p> <p>(2) 最优二叉树。</p> <p>(3) 哈夫曼树的构造。</p> <p>将引入中的判断流程转化成判定树，以之解释判定树中的平均比较次数便是带权路径长度。通过一个具体实例讲解哈夫曼树的构造过程。</p> <p><b>勇于创新</b></p> <p>介绍哈夫曼勇于创新的故事，讲解哈夫曼树的由来。</p>	认真听讲解，学习哈夫曼树的相关概念，参与具体实例中哈夫曼树的构造过程。	<p>1、讲授法加举例法讲解树的带权路径长度的概念，并通过实例比较法让学生加深对哈夫曼树的理解。</p> <p>2、以名人事迹激励学生勇于创新。</p>	35min
	<p><b>研讨主题一：</b>给一段特定的字符编码。</p> <p>学生分组讨论，每组给出一种编码方案，然后再组间相互找茬并质疑和解释，最终对比各组结果进行总结。</p>	思考多种编码方案并进行对比，分组讨论，阐述小组结果，组间研讨。	通过分组讨论与组间讨论培养学生的协同合作的能力，让学生在讨论中能够总结出最佳的编码方案——哈夫曼编码。	
	<p><b>知识讲解：</b>哈夫曼编码</p> <p><b>知识点：</b>二叉树编码</p> <p>根据上一环节的的研讨结果，总结常见的几种编码，对比分析讲解哈夫曼编码的优势。</p>	仔细听讲解，参与计算几种常见编码的长度，学习哈夫曼编码思想。	通过多种编码方案分析对比，培养学生严谨的治学态度和创新精神。	
	<p><b>研讨主题二：</b>为研讨主题一中的字符建立哈夫曼编码。</p> <p>观察各组的哈夫曼编码过程及结果，及时点评并讲解。</p>	分组讨论，写出讨论结果，听点评和讲解。	通过组内研讨及组间比较，让学生能够总结出哈夫曼编码的特点。	
教学小结	<p><b>教学小结：</b></p> <p>(1) 哈夫曼树的特点及建立</p> <p>(2) 哈夫曼编码的特点</p>	参与小结听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min

拓展	<b>应用拓展:</b> (1) 最佳判定树 (2) 数据压缩 <b>文献拓展:</b> 基于哈夫曼编码的稀疏矩阵的存储与计算	了解哈夫曼树的应用, 课后阅读文献	拓展应用知识, 培养学生阅读文献的能力	2min
思考	<b>思考题:</b> 当我们收到一串编码后的数据时如何译码呢? (编程实现编码及译码过程)	课后完成 在线讨论	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考。	1min

## 九、教学反思

本节课改革了以往直接介绍哈夫曼树概念的讲授法, 通过学生熟悉的案例, 让学生深入思考程序流程, 再引出课堂主题——哈夫曼树, 让学生从应用的方面理解哈夫曼树的概念, 使得学生能够从理解的基础上记忆概念。课堂中采用了研讨式教学方法, 让学生在研讨中学习, 在研讨中总结, 并在研讨中进步。

育人方面讲述哈夫曼的故事, 介绍哈夫曼树的由来, 以名人事迹激励学生勇于探索和创新, 追求真理的科学精神。课堂最后对哈夫曼树的应用进行拓展, 并提供文献供学生课后阅读, 有效激发学生自主学习和探究学习的积极性。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“哈夫曼树”和“哈夫曼编码”的预学视频, 初步了解哈夫曼树的概念及构造。

(2) 完成案例“百分制转换成五分制”的转换方案, 为课堂学习做准备。

### 2、课后作业

(1) 完成“学习通”上的章节测验。

(2) 线上讨论哈夫曼编码序列的译码。

(3) 阅读文献, 撰写 300 字的阅读小报告。

## 十一、参考资料

[1] 李春葆等. 数据结构教程 (第 5 版). 北京: 清华大学出版社, 2017 年 8 月.

[2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构 (C 语言版 | 第 2 版). 北京: 人民邮电出版社, 2015 年 2 月.



- [3] 陈越. 数据结构 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京: 高等教育出版社, 2008 年 6 月.
- [5] 许彬彬,戴清平,朱敏,谢瑞强. 基于哈夫曼编码的稀疏矩阵的存储与计算[J]. 计算机工程与科学, 2013, 35(11):134-138.

附:

## 板书设计

### 哈夫曼树

最优二叉树→哈夫曼树

$$WPL = \sum_{i=1}^n w_i l_i \quad \text{最小}$$

## 教学内容

### 一、引入-----2min

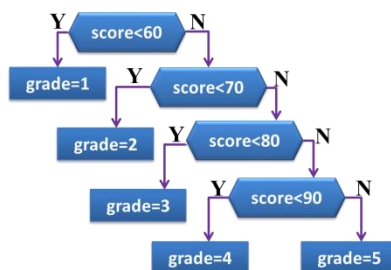
例: 要求编写一个程序将百分制的考试成绩转换成五分制的成绩。各分数段占比如下:

分数段	0~59	60~69	70~79	80~89	90~100
比例	0.05	0.15	0.4	0.3	0.1

下面给出两种解决方案。

方案一:

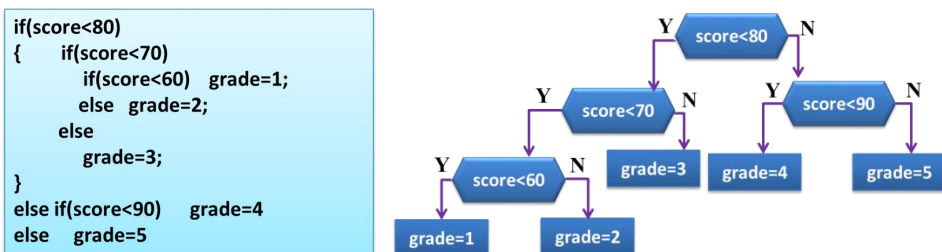
```
if(score<60)    grade = 1;
else if(score<70) grade = 2;
else if(score<80) grade = 3;
else if(score<90) grade = 4;
else grade = 5;
```



从判断树中可以看出, 80%以上的数据需要进行三次或三次以上的比较, 那么平均比较次数  $= 0.05 \times 1 + 0.15 \times 2 + 0.4 \times 3 + 0.3 \times 4 + 0.1 \times 5 = 3.15$  (次), 如果有 10 000 个输入数据需要比较 315000

次。

方案二：



此方案的平均比较次数 =  $0.05 \times 3 + 0.15 \times 3 + 0.4 \times 2 + 0.3 \times 2 + 0.1 \times 2 = 2.2$  (次)，如果有 10 0000 个输入数据需要比较 220000 次，相比方案一减少了 95000 次。

## 二、智慧课堂-----3min

### 线上选人展示课前准备结果

利用“学习通”的选人活动开展随机抽取学生展示课前准备的转换方案，然后分析平均比较次数并进行对比。

**思考：**如何根据结点不同的查找频率构造更有效的搜索树呢？

(与学生共同总结发现：查找频率低的结点可以远离根节点，查找频率高的结点应该靠近根节点位置)

## 三、正文-----35min

### ● 知识讲解

#### (1) 带权路径长度。

设二叉树具有  $n$  个带权值的叶结点，那么从根结点到各个叶结点的路径长度与相应结点权值的乘积的和，叫做二叉树的带权路径长度。

$$WPL = \sum_{i=1}^n w_i l_i$$

#### (2) 最优二叉树。

哈夫曼树也叫最优二叉树：WPL 最小的二叉树

1951 年，哈夫曼在麻省理工学院 (MIT) 攻读博士学位，他和修读信息论课程的同学得选择是完成学期报告还是期末考试。导师罗伯特·法诺 (Robert Fano) 出的学期报告题目是：查找最有效的二进制编码。由于无法证明哪个已有编码是最有效的，哈夫曼放弃对已有编码的研究，转向新的探索，最终发现了基于有序频率二叉树编码的想法，并很快证明了这个方法是最

有效的。哈夫曼使用自底向上的方法构建二叉树，避免了次优算法香农-范诺编码（Shannon - Fano coding）的最大弊端——自顶向下构建树。

（3）哈夫曼树的构造。

① 给定的  $n$  个权值  $\{W_1, W_2, \dots, W_n\}$  构造  $n$  棵只有一个叶结点的二叉树，从而得到一个二叉树的集合  $F = \{T_1, T_2, \dots, T_n\}$ 。

② 在  $F$  中选取根结点的权值最小和次小的两棵二叉树作为左、右子树构造一棵新的二叉树，这棵新的二叉树根结点的权值为其左、右子树根结点权值之和。

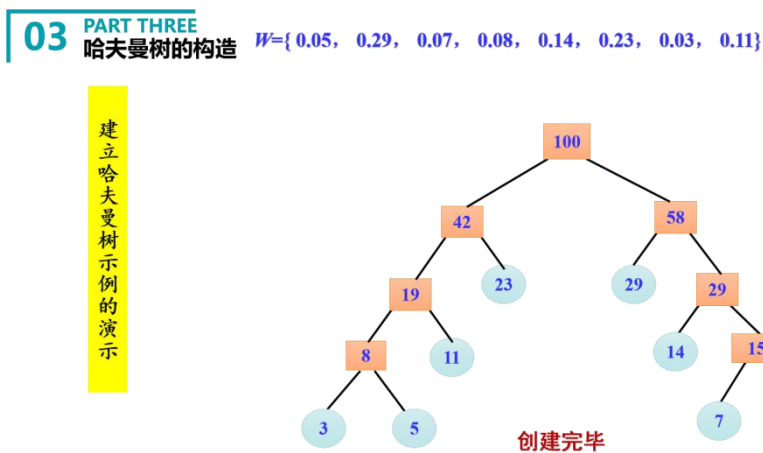
③ 在集合  $F$  中删除作为左、右子树的两棵二叉树，并将新建立的二叉树加入到集合  $F$  中。

④ 重复②、③两步，当  $F$  中只剩下一棵二叉树时，这棵二叉树便是所要建立的哈夫曼树。

构造哈夫曼树的原则：

- ① 权值越大的叶结点越靠近根结点。
- ② 权值越小的叶结点越远离根结点。

### 【PPT 课件演示】



#### ● 研讨主题一

给一段特定的字符编码。学生分组讨论，每组给出一种编码方案，然后再组间相互找茬并质疑和解疑，最终对比各组结果进行总结。

（通过分组讨论与组间讨论培养学生的协同合作的能力，让学生在讨论中能够总结出最佳的编码方案——哈夫曼编码。）

[例]假设有一段文本，包含58个字符，并由以下7个字符构成：a,e,i,s,t,空格(sp)，换行(nl)；这7个字符出现的次数不同。如何对这7个字符进行编码，使得总编码空间最少？

$C_i$	<i>a</i>	<i>e</i>	<i>i</i>	<i>s</i>	<i>t</i>	<i>sp</i>	<i>nl</i>
$f_i$	10	15	12	3	4	13	1

● 知识讲解：分析上一研讨环节的问题，讲解哈夫曼编码。

(1) 用等长 ASCII 编码：58 \* 8 = 464 位；

(2) 用等长 3 位编码：58\*3=174 位；

(3) 不等长编码：出现频率高的字符用的编码短些，出现频率低的字符则可以编码长些  
怎么进行不等长编码呢？看看下面这种编码可以吗？

a: 1    e: 0    s: 10    t: 11 .....

1011 是什么字符串的编码？

aeaa: 1 0 1 1

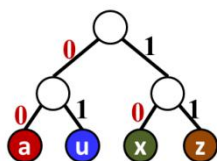
aet: 1 0 11

st: 10 11

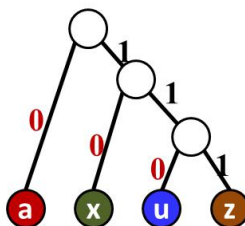
前缀码 prefix code: 任何字符的编码都不是另一个字符编码的前缀。

提出二叉树编码：左右分支：0、1；字符只在叶结点上。举例如下：

例：四个字符的频率：a:4,u:1,x:2,z:1



Cost(aaaxuaxz → 00 00 00 10 01 00 10 11)  
= 2\*4 + 2\*1 + 2\*2 + 2\*1 = 16



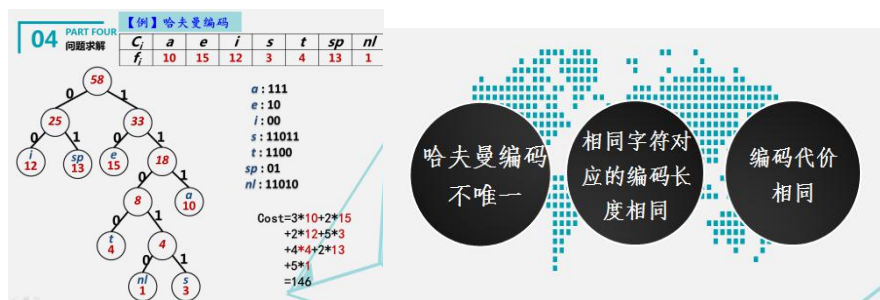
Cost(aaaxuaxz → 0 0 0 10 110 0 10 111)

分析编码代价的计算方式与带权路径长度计算相同，从而推理出编码代价最小的二叉树是哈夫曼树。

● 研讨主题二：为研讨主题一中的字符建立哈夫曼编码

通过组内研讨及组间比较，让学生能够总结出哈夫曼编码的特点。

【PPT 课件演示】



#### 四、教学小结-----2min

- 1、哈夫曼树的特点及建立
- 2、哈夫曼编码的特点

#### 五、拓展-----2min

应用拓展：

- (1) 最佳判定树
- (2) 数据压缩

文献拓展：



#### 六、思考-----1min

当我们收到一串编码后的数据时如何译码呢？（编程实现编码及译码过程）

## 12.解救 007—图的遍历算法的应用

授课题目：解救 007—图的遍历算法的应用

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 8 章第 3 小节的内容。图形结构属于复杂的非线性数据结构，在实际应用中很多问题可以用图来描述。图的遍历是从图中某一顶点出发，按照某种方法对图中所有顶点访问且仅访问一次。图的遍历算法是求解图的连通性问题、拓扑排序和关键路径等算法的基础。图的遍历算法主要有两种：深度优先搜索遍历和广度优先搜索遍历。两种算法在路径搜索中的应用各有特色。深度优先遍历在路径搜索中可以找到两点之间一条简单路径，也可以找出两点之间所有简单路径，而广度优先遍历在无权图中可以找到两点之间的最短路径，但很难找出所有路径。

在两种遍历算法的应用中有几个关键修改点，学生难以理解，因此在这块内容的处理上，可以将部分内容放在课前的微课视频中讲解，然后课上再着重设计，让学生分组研讨，在相互讨论交流的过程中，碰撞出思想的火花，共同掌握。

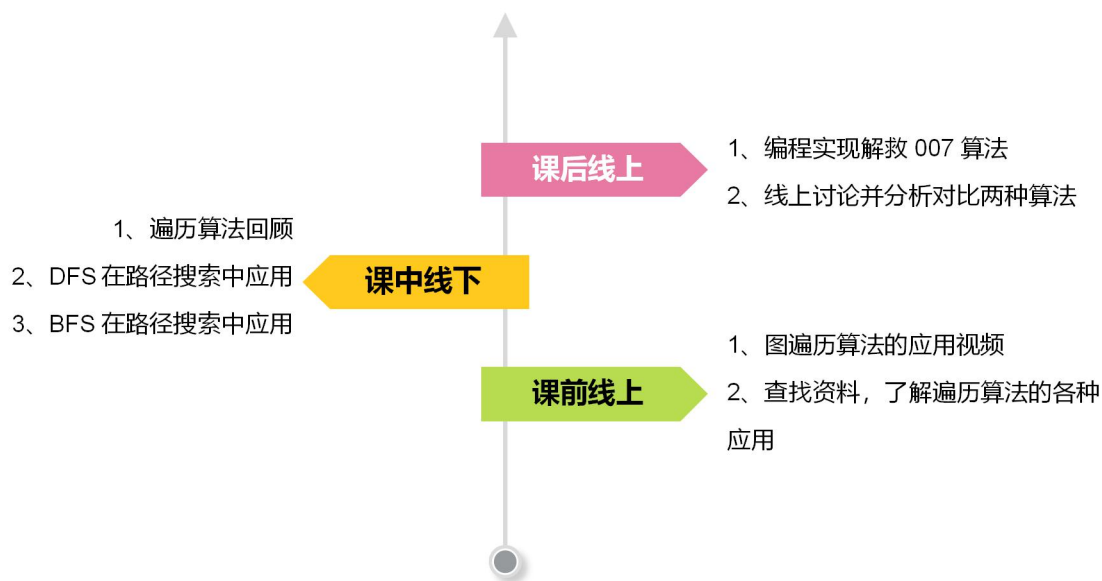
### 二、 学情分析

本课程图的一些基础知识，学生在离散数学中就有学过。学生在本节课之前也已经学习了图的两种遍历算法，并对两种遍历算法的特点有了一定的了解，但学生对两种算法的应用还不是非常熟练。为学生制作的课前预学微课视频，可以帮助学生更好地预习“图的遍历算法的应用”，有助于学生轻松的加入的课堂研讨中。

本次课通过“解救 007”这个任务驱动学生学习，可以极大程度激发学生的学习兴趣。课程内容属于已学知识点的应用，因此在课堂中采用任务驱动教学与研讨式教学相结合的方式，可以让学生在分组讨论与组间交流中发现问题，深入探究并解决问题，从而加深对知识点的记忆。



### 三、 教学思路



大学教育应该是在“学生是主体，教师主导”的理念指导下，运用多种教学方式如启发式、案例式、研讨式等展开教学设计。本节课主要以“解救 007”为任务，采用任务驱动的方式让学生学会利用图的遍历算法去搜索路径。首先通过分析“解救 007”的任务，让学生了解整个问题的求解方向——图的遍历算法；其次通过线上课堂小测验考察学生对图的两种遍历算法的掌握情况并进行知识回顾；再次回到“解救 007”的任务，让学生分组讨论选择求解逃生路线的方式。在学生讨论的过程中，启发学生思考两种搜索方式的不同，并分析两种方式在“解救 007”这个任务中的优劣；然后让学生根据自己的选择进行算法设计；接着提出问题，与学生探究要实现算法应该用什么方式存储图更好；最后提出课后作业让学生实现算法并进行两种算法的对比，教育学生“**实践才是检验真理的唯一标准**”，让学生用实际数据对比分析，确认哪种算法更合适。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解图的遍历的概念。
- (2) 掌握图的两种遍历算法。
- (3) 灵活运用两种遍历算法解决图的路径搜索问题。

**能力目标：**

- (1) 通过三个主题研讨，培养学生的表达能力，提高学生分析问题、解决问题的能力；
- (2) 通过任务驱动培养学生的实际工程应用能力；
- (3) 通过最后启发式搜索的引导，培养学生着眼当前、放眼未来的创新创业能力。

**情感目标：**

- (1) 要求学生课后用实际数据分析对比两种方案，培养学生严谨治学的态度，让学生用实际行动领悟“实践出真知”的道理。
- (2) 让学生作为 007 的技术团队帮助 007 求解出逃生路径，增强学生的学习成就感。

## 五、 思政育人

### 1、实践出真知

在课程的三个主要环节结束后要求学生课后编程实现两种搜索算法，并在线上进行数据对比，以此教育学生“实践是检验真理的唯一标准”，培养学生治学严谨的学术态度。

### 2、担当时代责任，砥砺前行

通过要求学生做 007 背后的技术团队完成解救 007 的任务，再引出实时热门话题“中美贸易战”，引导学生做中国的技术团队，帮助中国取得胜利，激发学生的爱国精神，并用习主席在五四运动一百周年纪念会上的讲话激励学生担当时代责任，砥砺前行。

## 六、 教学重点与难点

**教学重点：**图的搜索算法设计。

**教学难点：**搜索路径的存储。

**重点及难点的处理：**

首先通过解救 007 的任务，引出重点；然后通过问题分析、知识回顾、解救方案选择和算法设计关键点研讨四个教学环节的设计，帮助学生逐步掌握图的搜索算法设计过程和搜索路径存储方式；最后利用现代教学技术——PPT 动画展示求解逃生路径的过程，帮助学生掌握重点、化解难点。

## 七、教学方法

### 1、任务驱动教学法

通过“解救 007”的任务布置，让学生在完成任务的过程中，学会两种遍历算法在路径搜索中的应用。

### 2、研讨式教学法

在教学过程中不断地提出问题，深化问题，让学生在逐步解决问题的过程中不断深入思考，培养学生追根究底的探索精神。

### 3、智慧课堂辅助—线上线下混合教学法

课前制作了预习视频，让学生具有了一定的知识基础，了解了遍历算法如何进行路径搜索。课内测验及主题研讨都采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的掌握情况，也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后作业的布置也运用了线上课堂。

### 4、启发式教学法

授课采用提出问题——分析问题——解决问题——问题延伸的教学设计层层深入，引导学生在理解新知识的同时进行探究，运用所学知识解决问题，从而提高学习的自信心。

### 5、多媒体辅助教学法

在教学过程中利用动画生动具体的展现两种方案求解逃生路径的过程，让学生更直观地了解算法求解思路。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>007 视频引入：</b> 每个人从小都有各种各样不同的梦，有的梦想当科学家，有的梦想当英雄，有的梦想当超能的特工……用 007 系列电影吸引学生目光，然后抛出本节课的主线任务——“解救 007”。	观看视频，仔细听讲解，联系任务与学习内容。	引出本节课的主线，吸引学生注意力，激发学生的学习兴趣	2min

教学过程	<b>问题分析：</b> 分析问题，建立数学模型，通过层层递进的启发式提问引导学生思考任务的解决方向。	跟随老师的引导，回答问题，思考任务解决方案。	培养学生分析问题的能力，让学生掌握用算法解决实际问题首先要建立数学模型，再确立解决方向。	38min
	<b>知识回顾：</b> 在线上课堂发布关于图的两个遍历算法的测试题，让学生通过手机端答题，查看学生答题情况汇总，并对两个题目进行讲解。	回顾前面学习的知识，在线答题，参与老师的讲解。	通过线上答题，唤起学生对两个遍历算法的记忆，通过讲解题目，进一步加深学生对遍历算法的理解。	
	<b>研讨主题一：</b> 用什么方式搜索逃生路线。 给学生分发图片资料，让学生在分组讨论时，可以通过图片分析环境，在老师给出的地图中绘制可能的路线。	分析资料，对比两种遍历方式，分组阐述观点，组间研讨。	通过学生思考和讨论找出更合适的搜索方法，通过学生回答提高学生的表达能力及自信心。	
	<b>研讨主题二：</b> 算法设计中的关键点。 在研讨过程中要求学生针对第一个问题所选择的遍历算法进行改进，并将研讨方案写在黑板上进行解说。	根据上一环节所选则的算法，分组讨论思考关键点，并对算法进行设计。	通过算法设计的关键点讨论，为后续算法设计讲解做准备。	
	<b>知识讲解：</b> 两种搜索算法的过程 通过动画讲解两种搜索算法的全过程，让学生更深入理解和掌握两种搜索算法的设计。	仔细听讲解，参与搜索过程讲解，思考实现方法。	动画讲解有助于学生直观理解，加深学生印象，从而掌握两种搜索算法。	
	<b>研讨主题三：</b> 图的数据存储方式？ 采用启发式提问引导学生思考任务中的图如何存储。要求学生将自己的选择发送到线上主题讨论区。	分析任务图的特点，选择合适的存储方式并阐述观点。	让学生理解图的存储方式可以根据具体应用而有不同的设计。	
	<b>数据对比及思政教育：</b> 回归最初讨论，总结两种方案到底哪种更好需要实现后进行数据对比分析，教育学生“ <b>实践是检验真理的唯一标准</b> ”，并给出最终结论，广度更合适。	观察数据对比图，进一步分析两种方案，选出合适的方案。	培养学生严谨的治学态度，布置课后任务让学生完成方案实现，并进行数据对比分析。	

课堂小结	<b>教学小结:</b> 图的搜索算法设计可转化成图的深度优先搜索或广度优先搜索算法求解。	参与小结、听讲 解, 思考创新	帮助学生更好的梳理 与掌握本次课的重点 内容。	1min
前沿拓展	人工智能时代, 引导学生在盲目式搜索上做改进, 引出启发式搜索, 让搜索变得智能, 并为学生提供了线上资料供学生阅读学习。	思考算法改进 课后阅读文献	通过算法改进的提 问, 培养学生勤于思 考, 善于创新的精神。	2min
结束语	<b>思政教育:</b> 总结 007 化险为夷的原因, 肯定学生合格完成本堂课任务充当了一回 007 背后技术, 然后提出热门话题“中美贸易战”, 引导学生做中国的技术团队。 <b>课后作业:</b> 完成线上布置的作业及讨论	联系实事, 点燃自身的爱国情怀, 提升自己的民族自豪感。	1、激发学生爱国精神。 2、教育学生作为新时代青年要 <b>担当时代责任</b> , 鼓励学生 <b>砥砺前行</b> 。	2min

## 九、教学反思

本节课采用任务驱动及研讨式教学, 学生参与度非常高。通过两个问题研讨, 学生了解了两种遍历算法的特点, 并分析得出了两种遍历算法在 007 逃生路径搜索中的优劣, 掌握了遍历算法在路径搜索应用中的关键点。本节课实现了教学目标, 学生的分析能力、应用能力和创新能力都得到了较好的培养。

由于课堂时间有限, 主题研讨二只讨论了算法设计的关键点, 讨论的深度不够。如果能让学生讨论出整个算法设计的方案, 学生对知识的记忆会更牢固。再教时可课前先把“解救 007”的任务布置给学生, 让学生课前做好充分的准备, 在课上就课前掌握的情况进行更深入的探讨。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“图遍历算法的应用”的预习视频, 学习采用遍历算法解决不同的搜索问题。

(2) 查找资料, 了解遍历算法的各种应用。

### 2、课后作业

(1) 完成“学习通”上的章节测验。

(2) 编程实现解救 007 算法, 线上讨论并分析对比两种算法。



(3) 阅读文献, 了解 A\* 算法。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程 (第 5 版). 北京: 清华大学出版社, 2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构 (C 语言版|第 2 版). 北京: 人民邮电出版社, 2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京: 高等教育出版社, 2008 年 6 月.
- [5] 张永旭. 基于路径搜索的改进 A\* 算法研究[D]. 哈尔滨工程大学, 2017 年.

附:

## 教学内容

### 一、引入-----2min

007 系列的电影大家看过吗? (为学生播放故事情节的电影片段, 激发学生学习兴趣并提出本堂课的主线任务。)

悲催的 007 每次都会被坏人抓住, 但是无聊的坏人从来都不会痛快的给他一枪, 每次都是给他出难题, 让他自生自灭。这一次, 007 被扔在了一个湖中央的孤岛上, 湖中遍布鳄鱼, 007 要如何从孤岛逃到岸边呢?

#### 【PPT 课件演示】



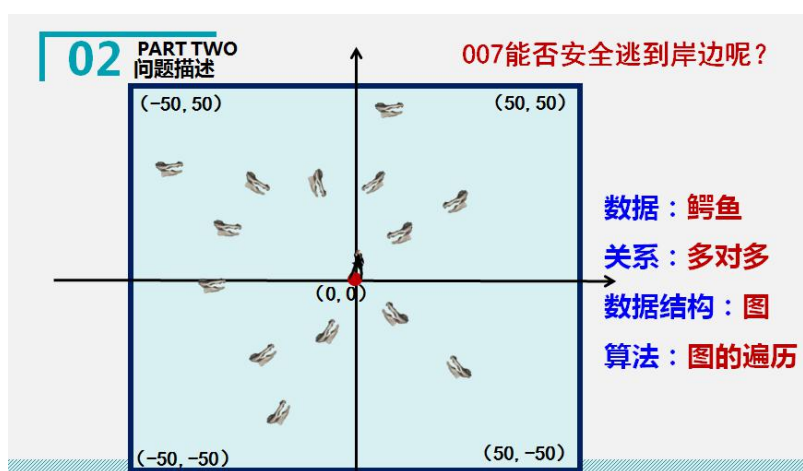


## 二、正文-----38min

## ● 分析问题：建立数学模型

通过层层递进的启发式提问引导学生思考任务的解决方向。要帮助 007 找到逃生路径，首先需要知道鳄鱼的位置，可见在这个问题中的数据是鳄鱼。007 踩在一只鳄鱼头上时，下一跳显然有多只鳄鱼，同理 007 跳到此鳄鱼头上时，也是可以从多只跳过来，因此鳄鱼之间的关系应该是多对多的关系，这便是数据结构中的图。逃生路径的求解需要访问多只鳄鱼，因此可用图的遍历算法。

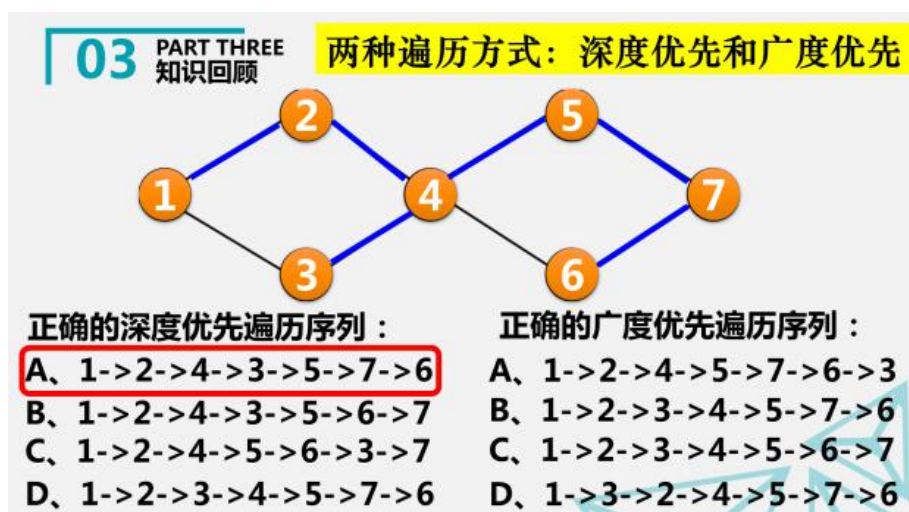
## 【PPT 课件演示】



## ● 知识回顾：两种遍历算法

在线上课堂发布关于图的两个遍历算法的测试题，让学生通过手机端答题，查看学生答题情况汇总，并对两个题目进行讲解。

## 【PPT 课件演示】



**03** PART THREE  
知识回顾

**两种遍历方式：深度优先和广度优先**

**正确的深度优先遍历序列：**

**A、1->2->4->3->5->7->6**

B、1->2->4->3->5->6->7

C、1->2->4->5->6->3->7

D、1->2->3->4->5->7->6

**正确的广度优先遍历序列：**

A、1->2->4->5->7->6->3

B、1->2->3->4->5->7->6

**C、1->2->3->4->5->6->7**

D、1->3->2->4->5->7->6

● 研讨主题一：用什么方式搜索逃生路线

回顾完图的两种遍历算法，回归本节课的主线任务，让学生分组讨论选择什么方式搜索逃生路线。同时给学生分发图片资料，让学生在分组讨论时，可以通过图片分析环境，在老师给出的地图中绘制可能的逃生路线，并在黑板上写出本组的选择。学生讨论结束后，每组派一名代表阐述该组的观点及理由，老师进行点评总结。

【PPT 课件演示】

**04** PART FOUR  
问题求解

**问题研讨一：用什么方式搜索逃生路线**

**深度  
DFS**

快速找到路径

不一定最短

**广度  
BFS**

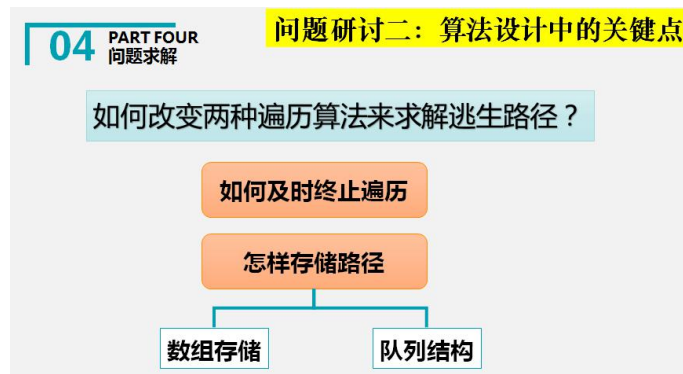
最短路径

搜索时间长

● 研讨主题二：算法设计中的关键点

通过上一环节的总结，发现两种搜索方式各有优劣，因此让学生根据各自小组选择的搜索方式进行算法设计，主要讨论算法设计中的关键点及修改方案。在研讨过程中要求学生将小组讨论的结果写在黑板上，并且选出一名同学上台讲解小组讨论结果，以提升学生的表达能力，增强自信。

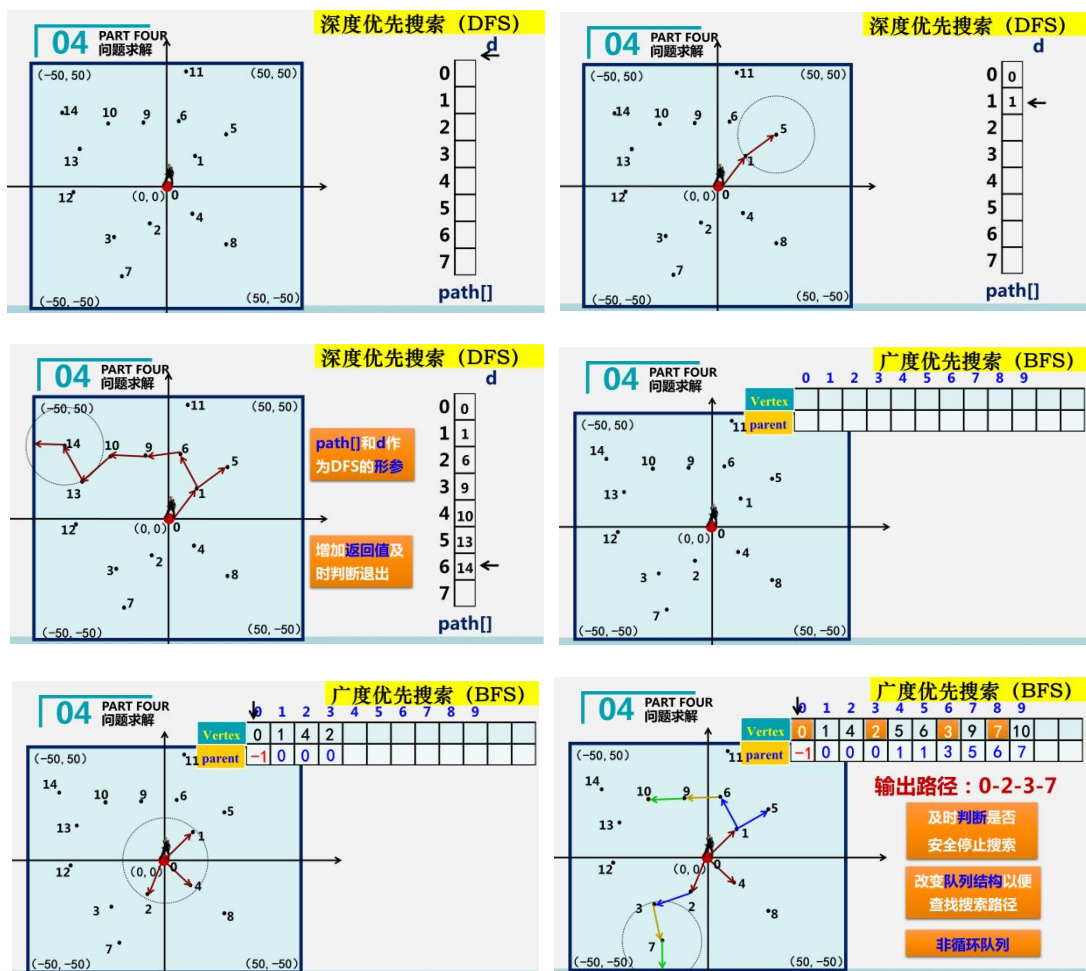
## 【PPT 课件演示】



## ● 知识讲解：DFS 求解和 BFS 求解

通过动画讲解两种搜索算法的全过程，让学生更深入理解和掌握两种搜索算法的设计。

## 【PPT 课件演示】



## ● 主题研讨三：图的数据存储方式？

在之前的教学环节对两种搜索方式进行了选择及算法设计，要确定到底哪一种更合适需要具体实现，而实现之前首先得确认图的存储方式，此环节通过启发式提问一步步引导学生寻找

最合适的图存储方式，并要求学生将自己的选择结果发送到主题讨论区，以便老师及时了解各位同学的选择。

### 【PPT 课件演示】

**04 PART FOUR 问题求解**

问题探究：图的数据存储方式？

顶点：鳄鱼

边：？

两只鳄鱼之间的距离在007可跳范围，即有边

**04 PART FOUR 问题求解**

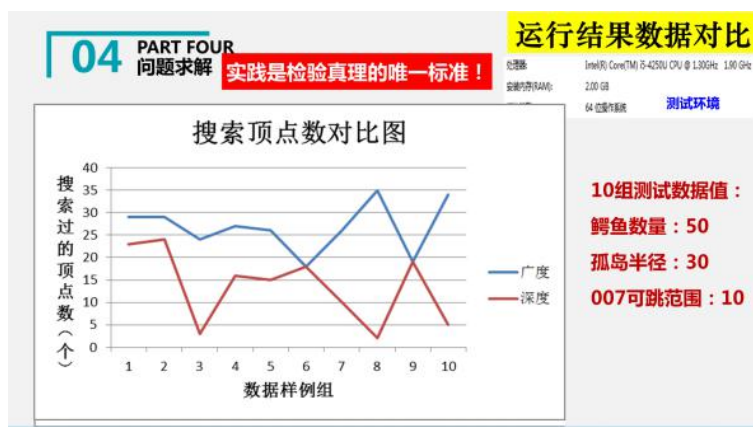
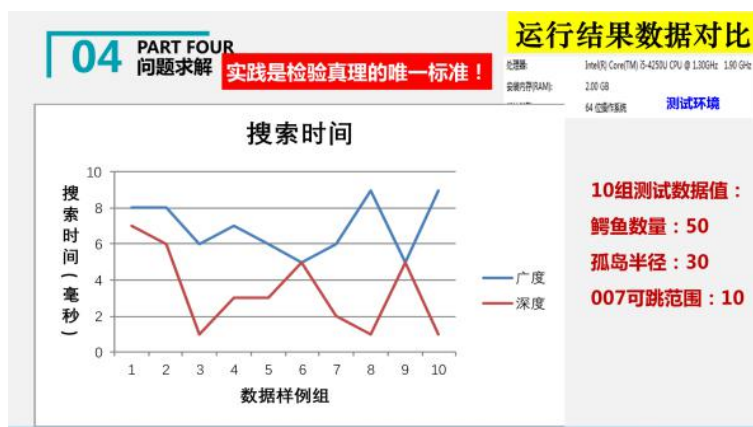
图的数据存储方式

邻接矩阵	适合稠密图（边多的图）
邻接表	适合稀疏图（边少的图）
坐标	只存储顶点，不存储边 ✓

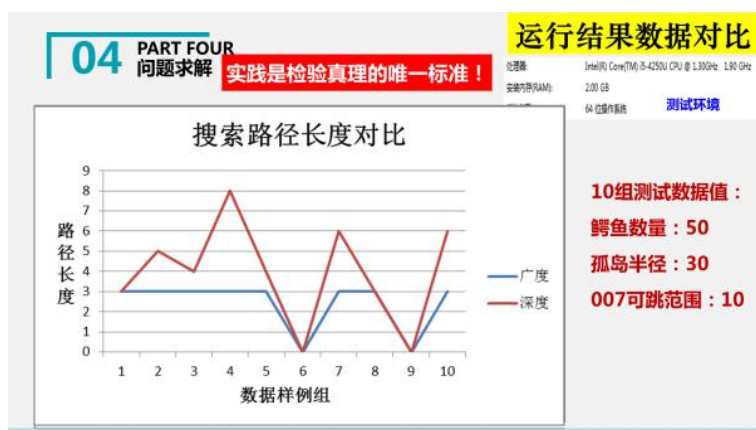
### ● 数据对比

回归最初讨论，总结两种方案到底哪种更好需要实现后进行数据对比分析，教育学生“实践是检验真理的唯一标准”，并给出最终结论，广度更合适。

### 【PPT 课件演示】







### 三、教学小结-----1min

(1) DFS: 深度优先搜索

(2) BFS: 广度优先搜索

图的搜索算法设计可转化成图的深度优先搜索或广度优先搜索算法求解。

### 四、前沿拓展-----2min

人工智能时代，引导学生在盲目式搜索上做改进，引出启发式搜索，让搜索变得智能，并为学生提供了线上资料供学生阅读学习。

### 五、结束语-----2min

先播放 007 成功逃生的视频，形成整堂课的首尾呼应，然后总结 007 化险为夷的原因，肯定学生合格完成本堂课任务充当了一回 007 背后技术，再提出热门话题“中美贸易战”，进行思政教育引导

课后作业：完成线上布置的作业及讨论。

#### 【PPT 课件演示】



## 13.最小生成树

授课题目：最小生成树

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 8 章第 4 小节的内容。网络在我们的生活中随处可见，计算机网络、电话网络、超文本链接，甚至人际关系网络都将人们的日常生活高效地联系起来。不论是网络中的电缆、无线电通信线路，还是交通中的道路，都能以多种方式连接实物。最小生成树就是各种网络图中的有趣问题之一。单看概念，学生或许能够机械性的理解，但是对其价值意义会比较疑惑，因此在教学过程中可以通过与之应用相关的实际问题进行展开，在帮助学生理解内容的同时，也可以提升学生的应用能力。

最小生成树的算法主要采用贪心算法，在教学时需要为学生介绍贪心算法的思想，让学生能够理解其精髓，在相似的问题中也能够想到此算法思想。

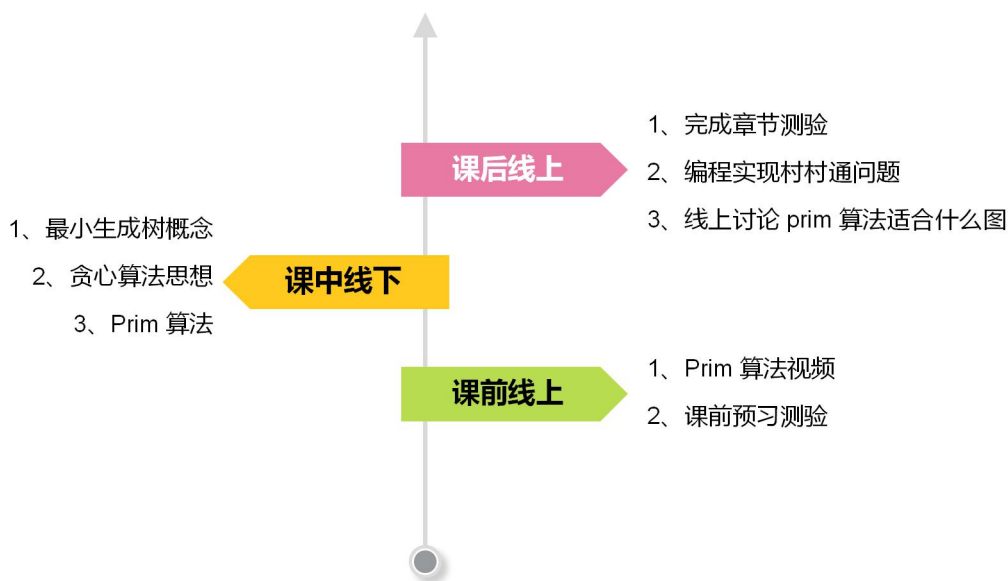
### 二、 学情分析

授课对象是大二的学生，在《离散数学》中，学生已经学习过图论的一些知识，对图结构的一些问题已经有了理论基础，能够解决一些简单的图结构问题。但《离散数学》主要介绍理论学习，学生缺乏实践演练，因此在本门课中要帮助学生把理论知识与实践结合起来。

学生在学习本次课之前已经学习过图的基本概念、存储结构和两种搜索算法。对图的存储已经非常熟悉。“村村通公路”的案例非常贴近生活，学生应该比较感兴趣，学习积极性会很高。案例中的数据组织为带权连通图，这个概念学生之前已经学过，因此实现具体的数据结构不难。对于 Prim 算法的思路理解，学生可通过老师的课件动画进行掌握。但是算法的具体实现部分，学生会觉得比较难，因此可以借助代码的运行过程调试，让学生从知其然提升到知其所以然的程度。



### 三、 教学思路



采用“以案例分析解决为主线，以教师为主导，学生为主体”的主要思想。在讲最小生成树算法之前，先选择一些实用性较强的案例，让学生看到算法的应用，然后再去介绍具体的算法实现，这样激发学生的学习兴趣，提高学生主观能动性，也增强了学生利用所学知识解决现实问题的能力。本次课以“要想富先修路”、“乡村建设离不开公路”为引入，进行**思政教育**，教育学生用所学知识为乡村建设做贡献；接着提出村村通公路建设问题，引出本次课的主题——“生成树和最小生成树”；再通过具体解决村村通公路问题的过程，讲解最小生成树常用算法之一：Prim 算法；最后借助算法动态演示讲解 Prim 算法的实现。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解最小生成树的现实应用。
- (2) 掌握最小生成树的概念及其特点。
- (3) 能够运用 Prim 算法求解连通图的最小生成树。

#### 能力目标：

- (1) 通过将村村通道路建设问题抽象成构造最小生成树问题，培养学生现实生活中非数值处理问题的分析能力和解决问题的动手能力。

- (2) 通过算法的推导过程，培养学生数据抽象能力和逻辑推理能力，通过设问和讨论的方法，培养学生的独立思考能力及自主学习能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过案例“道路村村通”，激发学生学习和参与课堂教学的积极性。
- (2) 通过主题研讨，促进相互交流、相互协作的团体精神。

## 五、思政育人

### 学好知识，反哺社会

我们都听过一句话“要想富先修路”。近年来，城乡结合、乡村发展非常迅速，这都离不开乡村道路的建设。作为社会主义新时代的大学生，如何为乡村建设贡献一份力量呢？借此教育学生，能够把所学所知所会运用到乡村建设中，就是为国做贡献。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**最小生成树的概念；最小生成树的 Prim 算法。

**教学难点：**最小生成树的 Prim 算法。

#### 重点及难点的处理：

首先通过村村通公路建设问题转换成最小生成树求解问题，引出重点；通过学生研讨建设方案，突出重点；再利用现代教学技术手段演示 Prim 算法过程，帮助学生掌握重点，化解难点。

## 七、教学方法

### 1、案例教学法

通过对“村村通公路问题”分析，转换成最小生成树的求解，让学生直接感受到知识在实际中的应用，激发学习兴趣。

### 2、研讨式教学法

引入村村通公路建设问题，让学生讨论如何寻找最优的建设方案，并引导学生改用计算机的思维方式去探讨该问题的求解方案。

### 3、智慧课堂辅助-线上线下混合教学法

主题研讨采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的参与情况，也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课前制作

微课预习视频，课后作业的布置也运用线上课堂，有效地延伸了教学的时域和地域。

#### 4、多媒体辅助教学法

在教学过程中利用动画生动具体的展现 Prim 算法的求解过程，让学生更直观地了解算法求解思路。

#### 5、启发式教学法

强调师生互动，使学生自主学习，掌握 Prim 算法的具体实现，启发学生分析 Prim 算法的时间复杂度。

### 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p><b>引入：</b></p> <p>展示多张乡村道路图片，在乡村建设的过程中离不开道路建设。对学生进行<b>思政教育</b>，用所学知识为乡村道路建设做一份贡献，尽一份绵薄之力。</p> <p>然后提出问题：村村通公路</p>	回答老师的提问，思考自己见过的标语和村村通公路建设问题。	引出本节课的主线，吸引学生注意力，激发学生的学习兴趣及爱国情怀。	3min
教学过程	<p><b>知识讲解：</b>基本概念</p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 生成树</p> <p>(2) 最小生成树</p> <p>(3) 常用的最小生成树求解算法</p>	学习最小生成树的概念，联系引入部分的村村通公路问题。	让学生掌握生成树和最小生成树的概念，并了解常用的最小生成树求解算法。	36min
	<p><b>问题探究一：</b>贪心算法</p> <p>(1) 什么是“贪”</p> <p>(2) 什么是“好”</p> <p>(3) 约束条件</p>	思考三个问题，了解贪心算法的思路	让学生理解贪心算法的思路，为后面的 Prim 算法学习做准备。	
	<p><b>问题探究二：</b>村村通公路的数学模型？</p> <p><b>知识点：</b>带权连通图</p> <p>将村村通公路建设问题抽象成构造最小生成树问题。</p>	参与构建数学模型，学习基本概念。	培养学生现实生活中非数值处理问题的分析能力	
	<p><b>研讨主题：</b>求投资最小的公路建设方案。</p> <p>在研讨过程中启发学生用贪心算法从局部最优到全局最优。要求学生将讨论结果拍照发送到线上讨论区，以便老师及时掌握学生的讨论结果。</p>	分组讨论，计算出最小投资方案，拍照发到线上讨论区。	通过学生思考和讨论找出一个投资最小的公路建设方案。通过学生回答提高学生的表达能力及自信心。	

	<b>知识讲解：</b> Prim 算法求解村村通公路问题思路。 用直观的动画给学生讲解 Prim 算法村村通公路问题的求解思路。	观看动画过程，理解算法思路。	生动、直观地让学生理解并掌握 Prim 算法求解思路。	
	<b>问题探究三：</b> Prim 算法设计中待解决的四个问题。 (1) 如何求 U、V-U 两个顶点集之间的最小边？ (2) 如何存储顶点 j 到 U 顶点集的最小边？ (3) 一个顶点属于哪个集合？ (4) 图采用哪种存储结构更合适？	参与探究 仔细听讲	引导学生在实现算法前需要列出关键问题并解决，为后面的算法实现做准备。	
	<b>知识讲解：</b> Prim 算法实现及算法时间复杂度分析。 讲解 Prim 算法的代码，并求解其时间复杂度。	联系算法思路，理解算法实现，参与分析复杂度。	让学生由算法思路转换到算法实现，培养学生从抽象到具体的动手能力。	
教学小结	<b>教学小结：</b> (1) 生成树和最小生成树的概念。 (2) Prim 算法思路：属于贪心算法思想，由局部最优逐渐调整最终达到全局最优。	参与小结 听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	3min
拓展	<b>文献拓展：</b> Improved prim algorithm and its application in unmanned aerial vehicle cruise system	了解算法应用，课后阅读文献。	通过算法的应用介绍，激发学生深入学习研究的兴趣，通过阅读文献，提高学生的阅读能力和自主学习能力。	2min
作业	<b>课后作业：</b> (1) 完成“学习通”上的章节测验，编程实现 Prim 算法求解公路村村通问题。 (2) 阅读文献，撰写 300 字的阅读小报告。 <b>线上讨论：</b> 为什么说 Prim 算法更适合稠密图求最小生成树？	课后完成 在线讨论	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考讨论。	1min

## 九、教学反思

本节课先用“案例教学法”提出村村通公路问题，通过讲解最小生成树概念和分析案例，将案例中最小投资方案转换成最小生成树的求解，再通过动画直观讲授 Prim 算法的求解思路，学生快速的掌握了算法思路。

课前制作课堂预习视频及 CAI 教学课件和算法动态演示，让学生能够充分理解算法代码，因此在具体算法设计讲解环节，学生能够较好地将前面的求解思路转换成具体代码。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“Prim 算法”的预学视频，初步了解最小生成树的概念及 Prim 算法思路。

(2) 完成课前预习小测验，为课堂学习做准备。

### 2、课后作业

(1) 完成“学习通”上的章节测验，编程实现 Prim 算法求解公路村村通。

(2) 线上讨论 Prim 算法为什么适合稠密图。

(3) 阅读文献，撰写 300 字的阅读小报告。

## 十一、参考资料

[1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.

[2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.

[3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.

[4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.

[5] Funa Zhou, Po Hu, Xiaoliang Feng, Yansui Song. Improved prim algorithm and its application in unmanned aerial vehicle cruise system[C]. 2017 29th Chinese Control And Decision Conference (CCDC), Chongqing, China, 2017.

附：

教学内容

一、引入-----3min

要想富先修路，乡村发展离不开道路建设。我国近年来在道路建设方面可谓是飞速发展，高速公路、国道、省道、乡道都是焕然一新。本次课我们用所学知识为乡村道路建设尽一份绵薄之力，做一份贡献。



某个山区县为了加快发展农村建设，决定实施公路村村通项目。该项目包括必要时对已有公路的升级改造。但是资金是有限的，钱必须用在刀刃上。县长提出的要求是，如何能够用最小的资金投入完成公路村村通项目。

二、正文-----36min

● 知识讲解一：生成树和最小生成树

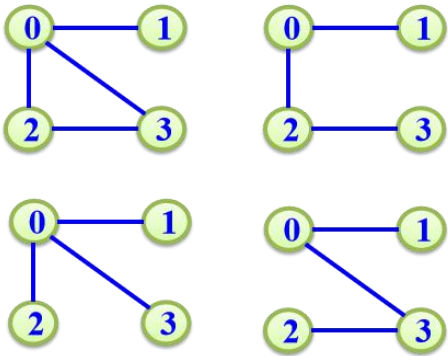
一个连通图的生成树是一个极小连通子图，它含有图中全部  $n$  个顶点和构成一棵树的  $(n-1)$  条边。

对于带权连通图  $G$ （每条边上的权均为大于零的实数），可能有多棵不同生成树。每棵生成树的所有边的权值之和可能不同。其中权值之和最小的生成树称为图的最小生成树。

【PPT 课件演示】

最小生成树的概念

- 是一棵树
  - 无回路
  - $n$ 个顶点一定有 $n-1$ 条边
- 是生成树
  - 包含全部顶点
  - $n-1$ 条边都在图里
- 边的权重和最小





## ● 问题探究一：贪心算法

贪心算法的特点是一步一步地进行，常以当前情况为基础根据某个优化测度作最优选择，而不考虑各种可能的整体情况，省去了为找最优解要穷尽所有可能而必须耗费的大量时间。贪心算法采用自顶向下，以迭代的方法做出相继的贪心选择，每做一次贪心选择，就将所求问题简化为一个规模更小的子问题，通过每一步贪心选择，可得到问题的一个最优解。

### 贪心算法

● 什么是“贪”：每一步都要最好的

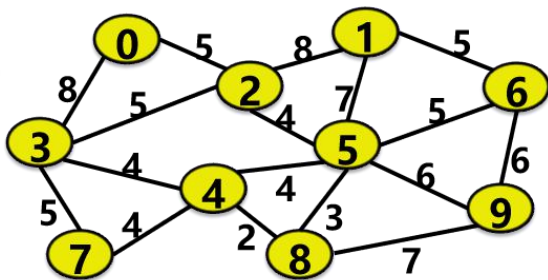
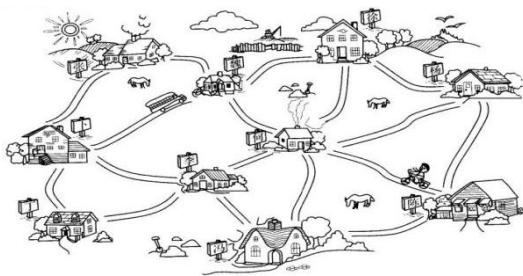
● 什么是“好”：权重最小的边

● 需要约束：

- 只能用图里有的边
- 只能正好用掉 $n-1$ 条边
- 不能有回路

## ● 问题探究二：数学模型建立

将村村通公路建设问题抽象成构造最小生成树问题。乡村的道路规划图可以看成是一个带权连通图，要完成公路村村通项目，目标就是选择建设哪几条公路，既能够连通所有村子，又能够使投资最少。其实就是要找到一个连通图，边上权值总和最小，也即要找对应网图的最小生成树。



- 建立数学模型——带权连通图
- 顶点：表示村，10个
- 边：表示道路，17条
- 边的权值：道路的造价预算（万元）

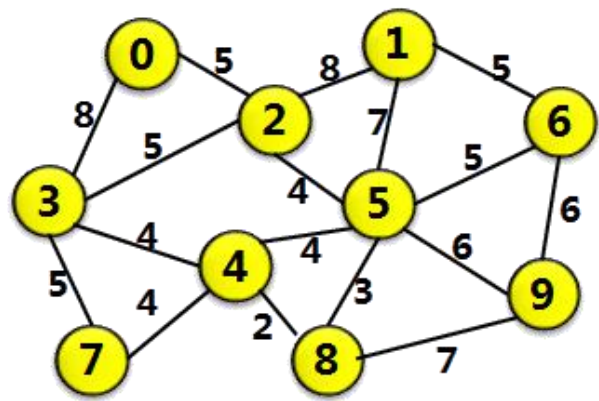
## ● 研讨主题：求投资最小的公路建设方案

通过学生思考和讨论找出一个投资最小的公路建设方案。通过学生回答提高学生的表达能力

及自信心。

（要求学生分组讨论，并将讨论结果拍照发送到主题讨论区，方便老师及时了解各组的讨论结果）

【PPT 课件演示】



投资最小的公路建设方案

● 知识讲解：Prim 算法求解村村通公路问题

Prim 算法的思路是让一棵小树慢慢长大。从任意一个顶点出发，构建过程中从初始只有这个顶点的“当前树”开始，不断加入边和相关顶点到当前树中，使得当前树不断生长，最终成为最小生成树。

通过 PPT 动画演示，生动、直观地让学生理解并掌握 Prim 算法求解思路。

【PPT 课件演示】

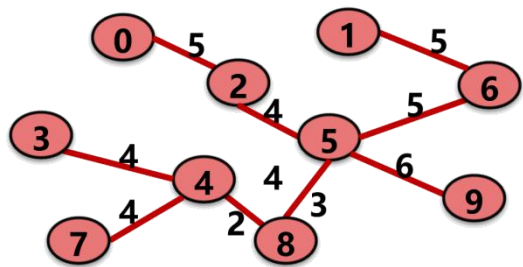
03 PART THREE  
Prim 算法求解

让一棵小树长大

从任意一个顶点出发，构建过程从初始只有这个顶点的“当前树”开始，不断加入边和相关顶点到当前树中，使得当前树不断“生长”，最终成为最小生成树。

03 PART THREE  
Prim 算法求解

让一棵小树长大

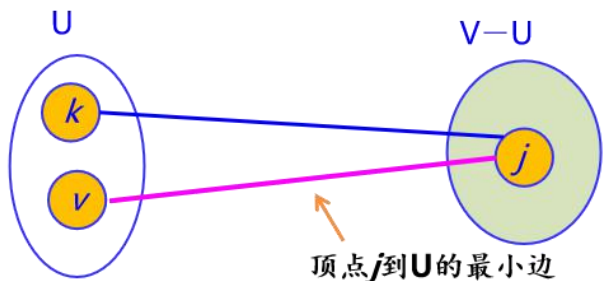


从顶点0开始

最低投资金额 =  $5+5+5+4+4+4+2+3+6=38$  (万元)

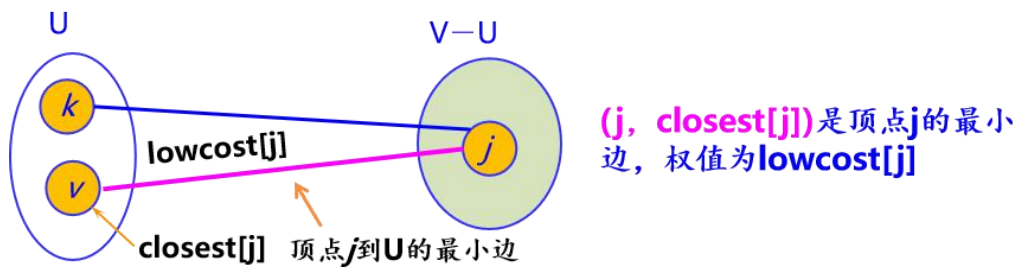
● 问题探究三：Prim 算法设计中待解决的四个问题

(1) 如何求  $U$ 、 $V-U$  两个顶点集之间的最小边？

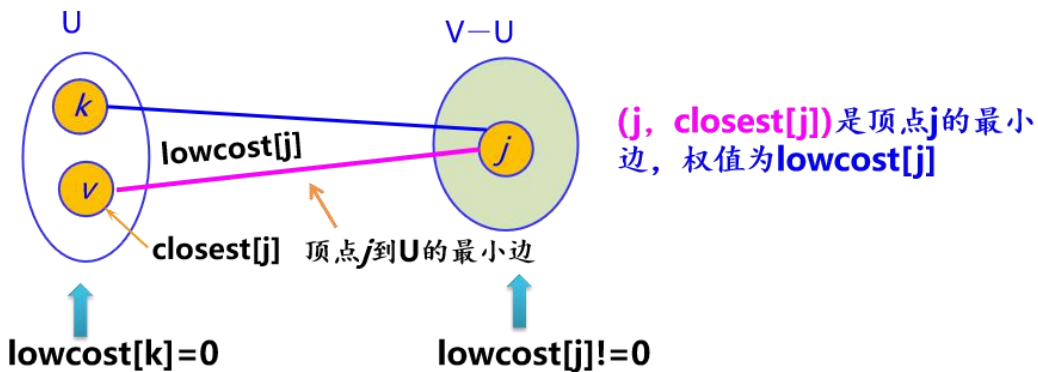


只考虑  $V-U$  中顶点  $j$  到  $U$  顶点集的最小边（无向图），比较来找最小边

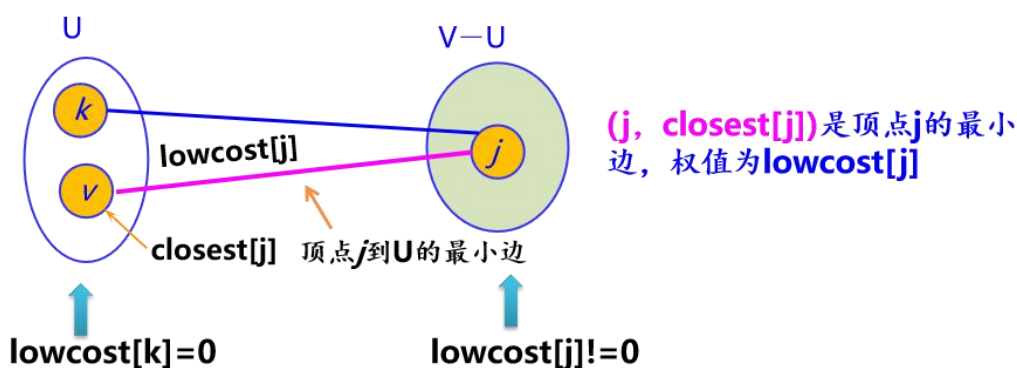
(2) 如何存储顶点  $j$  到  $U$  顶点集的最小边？



(3) 一个顶点属于哪个集合？



(4) 图采用哪种存储结构更合适?



● 知识讲解: Prim 算法

(1) Prim 算法实现

```
#define INF 32767      //INF 表示 $\infty$ 

void Prim(MatGraph g, int v)
{
    int lowcost[MAXV];
    int min;
    int closest[MAXV], i, j, k;
    for (i=0; i<g.n; i++)      //给 lowcost[] 和 closest[] 置初值
    {
        lowcost[i]=g.edges[v][i];
        closest[i]=v;
    }
    for (i=1; i<g.n; i++)      //输出(n-1)条边
    {
        min=INF;
        for (j=0; j<g.n; j++) //在(V-U)中找出离 U 最近的顶点 k
            if (lowcost[j]!=0 && lowcost[j]<min)
            {
                min=lowcost[j];
                k=j;      //k 记录最近顶点编号
            }
        printf(" 边(%d, %d)权为:%d\n", closest[k], k, min);
        lowcost[k]=0;      //标记 k 已经加入 U
        for (j=0; j<g.n; j++) //修改数组 lowcost 和 closest
            if (lowcost[j]!=0 && g.edges[k][j]<lowcost[j])
            {
                lowcost[j]=g.edges[k][j];
                closest[j]=k;
            }
    }
}
```

## (2) Prim 算法时间复杂度分析

从实现的代码中可以看到算法中有两重 for 循环，所以时间复杂度为  $O(n^2)$

**三、教学小结-----3min**

1、生成树和最小生成树的概念。

2、Prim 算法思路：属于贪心算法思想，由局部最优逐渐调整最终达到全局最优。

**四、拓展-----2min**

文献拓展：

**五、作业-----1min**

课后作业：

(1) 完成“学习通”上的章节测验，编程实现 Prim 算法求解公路村村通问题。

(2) 阅读文献，撰写 300 字的阅读小报告。

**线上讨论：**为什么说 Prim 算法更适合稠密图求最小生成树？

## 14.最短路径

授课题目：最短路径

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

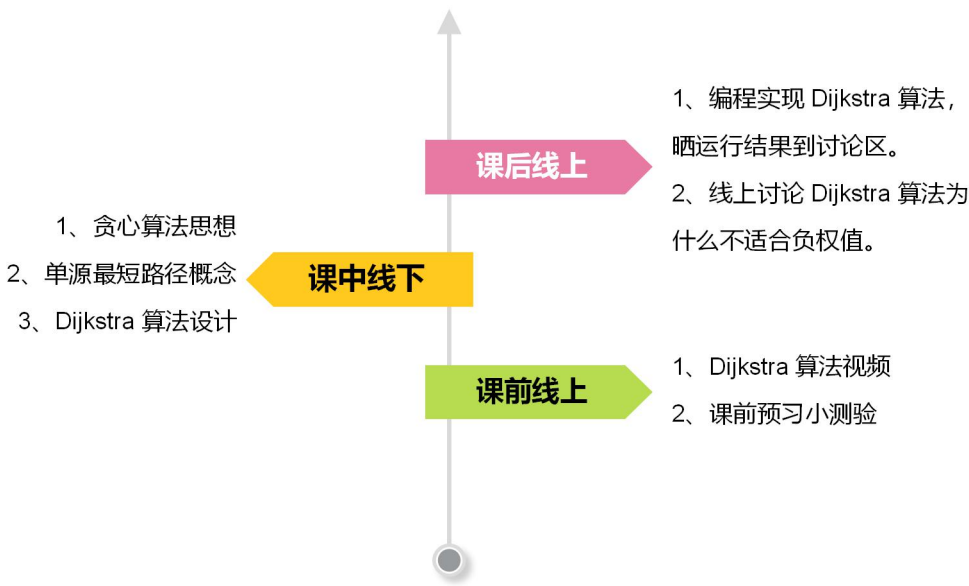
本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 8 章第 5 小节的内容。随着国民经济发展，旅游成为了人们放松娱乐的热门话题之一。在计划旅游时，人们经常会面临路径选择的决策问题。例如去一个交通网络错综复杂的目的地，每个人的想法不同，选择的方案不尽相同。有的人选择换乘次数最少的线路，有的人选择能最快时间到达的线路，其实这些都是本节课要介绍的“最短路径问题”。最短路径问题是图的一个比较典型的应用问题。求图的最短路径有两个方面的问题，即求图中某一顶点到其余各顶点的最短路径和求图中每一对顶点之间的最短路径。本次课主要介绍前一种问题中最常见的一个算法：Dijkstra 算法。

### 二、 学情分析

本讲内容是图的典型应用之一。学生在前面已经学习了多个图的算法，对于图的应用也有了一些了解，学习兴趣和学习积极性都逐渐高涨，学生的身心也完全投入，此时非常有利于各种教学活动的开展。首先，最短路径问题对学生而言并不陌生，在中学的数学中，学生就已经接触过最短路径求解问题，这有利于研讨式教学的实施。其次，最短路径问题在实际应用中非常广泛，例如学生比较感兴趣的旅游路线规划问题和目前非常实用的导航 APP 等，这使得学生在学习过程中可以明确的看到学习后的产出，大大增强了学生的学习动力，有利于学生课堂参与度的提高。学生的情感及能力虽已具备，但对知识的熟悉度还不够，特别是最短路径算法实现部分会较难理解，因此为学生设计了预习微课视频“Dijkstra 算法”帮助学生提前了解算法的原理。



### 三、 教学思路



学习应该是学生自主探索新知的过程。大学教育应该是在“学生是主体，教师主导”的理念指导下，运用多种教学方式如启发式、案例式、研讨式等展开教学设计。本节课先以一幅中国地图展示祖国轮廓，并展示多个景点照片，让学生感受祖国大好河山，激发学生的**民族自豪感**，通过“旅游路线选择”问题，引导学生思考方案的选择会因注重点及要求而改变；接着提出最短路径概念并讲解，同时介绍本节课的主要内容 Dijkstra 算法的提出者 Edsger Wybe Dijkstra, 并利用他事迹教育学生要有**创新精神**；然后讲解 Dijkstra 算法思路，并提出算法中需要解决的两个问题，设置主题研讨，让学生通过讨论自主探索解决问题的方法，从而掌握算法；最后通过具体实例及多媒体动画讲解最短路径求解过程，加深学生对知识的掌握。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

**知识目标：**

- (1) 了解贪心算法思想。
- (2) 理解单源最短路径概念。
- (3) 掌握 Dijkstra 算法。

**能力目标：**

- (1) 通过将旅游路线选择问题转换成最短路径问题，培养学生理论联系实际的应用能力；
- (2) 通过分组讨论最短路径存储问题，将抽象知识点的被动输入学习转变为主动的探索学习，提升学生的主动思考能力和自主学习能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过学生感兴趣的旅游话题的引入，让学生联系起当前学的知识，增强学生学习的动力，激发学生学习兴趣。
- (2) 利用 Dijkstra 算法提出者 Edsger Wybe Dijkstra 的事迹介绍，培养学生追求真理，坚持创新的精神。

## 五、思政育人

### 1、创情境，展国威

利用一幅中国地图展示祖国轮廓，通过多个景点照片，让学生感受祖国大好河山，著名建筑，激发学生的爱国情怀，增强民族自豪感。创造旅游情境，让学生思考路线选择，引入主题内容——最短路径。

### 2、讲人物以励志——追求真理，不断创新

Edsger Wybe Dijkstra 被西方学术界称为“结构程序设计之父”和“先知先觉”（Oracle），他一生致力于把程序设计发展成一门科学。作为科学研究的帅才最重要的素质是洞察力，能够发现有前景的新领域或在新领域内发现和解决最关键的问题。以他的事迹教育学生要追求真理，有创新精神，不断地技术创新才能引领科技。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：** Dijkstra 算法。

**教学难点：** 最短路径的存储方式。

**重点及难点的处理：**

整节课围绕重点内容 Dijkstra 算法开展，既突出了重点，也通过各教学环节透彻剖析了重点内容。首先用图示法为学生讲解 Dijkstra 算法的求解思路及求解过程，然后提出算法中的 2 个需解决的重要问题，引出难点；然后设计主题研讨，让学生在讨论中摸索难点内容的解决方案，最后老师点评并用具体实例讲解 Dijkstra 算法的全过程，化解难点并强化重点。

## 七、教学方法

### 1、智慧课堂辅助-线上线下混合教学法

主题研讨采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的参与情况，也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后作业的布置也运用了线上课堂。

### 2、情境-案例教学法

创造旅游情境，让学生思考路线选择，引入主题内容——最短路径。通过讲解实例的最短路径求解过程，加深学生对知识的理解掌握。

### 3、研讨式教学法

选择算法中两个关键问题让学生分组讨论，引导学生探究问题的关键点，培养学生洞察力和解决问题的能力。

### 4、对比教学法

通过对比最短路径存储的不同方案，让学生注重算法实现过程中的空间利用率。

### 5、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画深入浅出的展示实例的解决步骤，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p><b>情境创建-旅游话题引入：</b></p> <p>展示中国地图，与学生讨论踏足过祖国的哪些地方，东西南北中各选出一处风景或标志性建筑图片展示，询问学生是否去过，如果去打算采用何种方式，何种路线。</p>	回忆并畅谈自己旅游过的地方，思考最短路径的含义。	<p><b>创情境，展国威</b></p> <p>引出本节课的主要内容“最短路径”，通过祖国风景展示，激发学生<b>民族自豪感</b>和<b>爱国情怀</b>。</p>	3min

教学过程	<p><b>知识讲解：基本概念</b></p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 路径长度。</p> <p>(2) 最短路径。</p> <p>(3) 单源最短路径。</p> <p>说明本节课所讲的最短路径概念，对单源最短路径问题进行描述，并介绍 Dijkstra 算法提出者及其事迹。</p>	<p>阅读教材，仔细听讲解，理解单源最短路径概念，聆听 Dijkstra 的事迹，学习其精神。</p>	<p>明确本节课的最短路径概念及讨论范围，利用 Dijkstra 的事迹激励学生<b>追求真理，不断创新</b>。</p>	36min
	<p><b>知识讲解：Dijkstra 算法思路及步骤。</b></p> <p>先对 Dijkstra 算法思路进行讲解，然后通过图示法讲解算法的各个步骤。</p>	<p>结合教材及讲解，学习算法思路及步骤。</p>	<p>通过讲解让学生理解算法思路及步骤，引导学生思考实现方法。</p>	
	<p><b>主题研讨：最短路径长度和最短路径分别如何存储？</b></p> <p>对于最短路径的存储，较易想到的是二维数组，在研讨过程中，引导学生思考可否用一维数组来存储，如果用一维数组存储路径，应该如何存储。</p>	<p>分组讨论两个问题，找出存储方案，组间研讨，对比选出最优方案。</p>	<p>两个问题是算法实现的关键部分，此环节的设计让学生通过研讨变被动接受为主动探索，有助于学生对知识的理解和记忆。</p>	
	<p><b>实例讲解：</b></p> <p>利用具体的实例及多媒体课件辅助讲解算法的求解过程，并给出其中两点之间的最短路径长度及最短路径。</p>	<p>仔细观察实例图，参与求解最短路径，进一步掌握算法过程。</p>	<p>利用实例进一步加深学生对算法的理解，并为学生课后实现算法做准备。</p>	
教学小结	<p>根据实例的结果总结 Dijkstra 算法中：</p> <p>(1) 顶点进入 S 集合的顺序特点</p> <p>(2) 顶点进入 S，其最短路径不再改变。</p>	<p>参与小结听讲解</p>	<p>帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。</p>	2min

拓展	<b>应用拓展：</b> 最短路径算法是人工智能、通信、交通及规划等领域经常使用的算法。 <b>文献拓展：</b> (1) 基于 GIS 的 Dijkstra 算法改进研究 (2) 基于 GIS 的最短路径算法改进对比研究	了解算法应用，课后阅读文献。	通过算法的应用介绍，激发学生深入学习的兴趣，通过阅读文献，提高学生的阅读能力和自主学习能力。	3min
作业	课后编程实现 Dijkstra 算法。 <b>思考题：</b> (1) Dijkstra 算法可以用于带权无向图求最短路径吗？ (2) Dijkstra 算法为什么不适合负权值的情况？	课后完成作业，在线参与讨论思考题，发表自己的观点。	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考。	1min

## 九、教学反思

本节课采用旅游话题作为引入，成功吸引了学生的注意力，极大程度激发了学生的学习兴趣。在主要内容 Dijkstra 算法讲解之前，为学生介绍其创始者 Edsger Wybe Dijkstra 的事迹，有机融入了世界观、人生观和价值观的教育。在教学难点部分，采用研讨式教学方法，让学生通过组内讨论、组间探讨和老师引导快速的掌握了路径及路径长度存储方式，为算法的实现打下了牢固的基础。

学生在课堂上虽然掌握算法的求解过程，但是对于算法的具体实现，还需要在实验教学中设计配套的实验，让学生通过编程将所学知识转换成自己的能力。从而由拥有“鱼”变为掌握“渔”，最终提高自身的核心竞争力。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 观看“Dijkstra 算法”的预学视频，初步了解单源最短路径算法的原理及过程。
- (2) 完成课前小测验。

### 2、课后作业

- (1) 编程实现 Dijkstra 算法，晒运行结果到讨论区。
- (2) 线上讨论“Dijkstra 算法为什么不适合负权值”。

(3) 阅读文献资料, 撰写 500 字阅读小报告。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程 (第 5 版). 北京: 清华大学出版社, 2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构 (C 语言版|第 2 版). 北京: 人民邮电出版社, 2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京: 高等教育出版社, 2008 年 6 月.
- [5] 任伟建等. 基于 GIS 的 Dijkstra 算法改进研究[J]. 控制工程, 2018.
- [6] 徐洪勇. 基于 GIS 的最短路径算法改进对比研究[D]. 中国地质大学(北京), 2008.

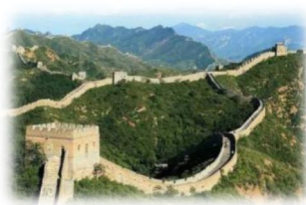
附:

## 教学内容

### 一、引入-----3min

巍巍中华河山, 你踏足过祖国的哪些地方? 北边的长城, 南边的天涯海角, 西边的布达拉宫, 东边的东方明珠塔, 中部的黄果树瀑布, 你们是否都去过? 说出一个你最想去的地方, 你会怎么选择去的路线呢? 有的人选择换乘最少, 有的人选择时间最快, 也有的人选择花钱最省的线路。实际上, 以上各种选择考虑问题的差异, 仅仅是对网图边上的权值的含义理解不同而已。选择最快时间的, 权值理解为时间; 选择花钱最省的, 权值理解为价格; 而换乘次数最少的, 可以理解为任意两个换乘站之间的距离都是 1。它们都属于本节要介绍的“最短路径问题”。

#### 【PPT 课件演示】







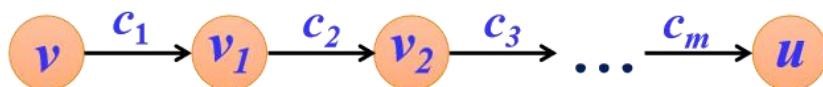
## 二、正文-----36min

### ● 知识讲解一：最短路径的概念

知识点：

#### (1) 路径长度。

考虑带权有向图，把一条路径（仅仅考虑简单路径）上所经边的权值之和定义为该路径的路径长度或称带权路径长度。



$$\text{路径长度} = c_1 + c_2 + \cdots + c_m$$

$$\text{路径: } (v, v_1, v_2, \cdots, u)$$

#### (2) 最短路径。

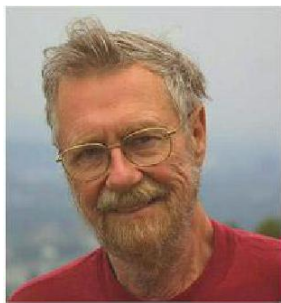
从源点到终点可能不止一条路径，把路径长度最短的那条路径称为最短路径。

#### (3) 单源最短路径。

给定一个带权有向图  $G$  与源点  $v$ ，求从  $v$  到  $G$  中其他顶点的最短路径，并限定各边上的权值大于或等于 0。

（说明本节课所讲的最短路径概念，对单源最短路径问题进行描述，并介绍 Dijkstra 算法提出者及其事迹。）

Edsger Wybe Dijkstra 被西方学术界称为“结构程序设计之父”和“先知先觉”（Oracle），他一生致力于把程序设计发展成一门科学。作为科学研究的帅才最重要的素质是洞察力，能够发现有前景的新领域或在新领域内发现和解决最关键的问题。以他的事迹教育学生要追求真理，有创新精神，不断地技术创新才能引领科技。



提出“goto有害论”

解决了“哲学家聚餐”问题

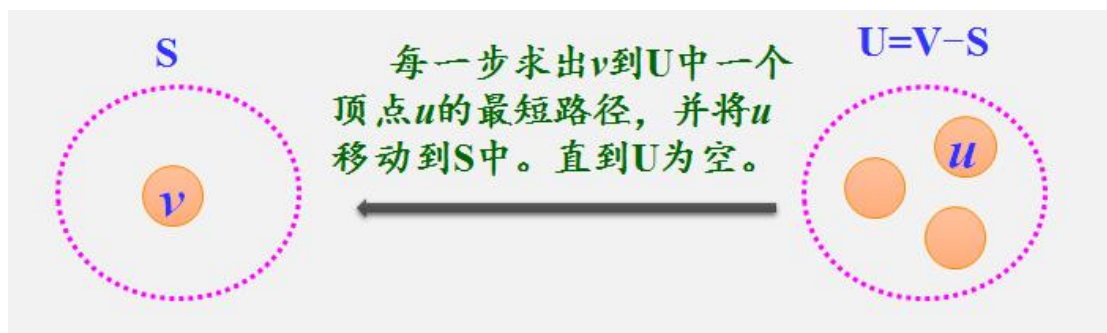
Dijkstra最短路径算法的创造者

## ● 知识讲解二：Dijkstra 算法

先对 Dijkstra 算法思路进行讲解，然后通过图示法讲解算法的各个步骤。

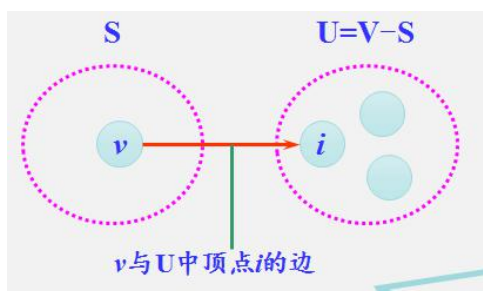
设  $G=(V, E)$  是一个带权有向图，把图中顶点集合  $V$  分成两组：

- 第 1 组为已求出最短路径的顶点集合（用  $S$  表示，初始时  $S$  中只有一个源点，以后每求得一条最短路径  $v, \dots, u$ ，就将  $u$  加入到集合  $S$  中，直到全部顶点都加入到  $S$  中，算法就结束了）。
- 第 2 组为其余未求出最短路径的顶点集合（用  $U$  表示）。

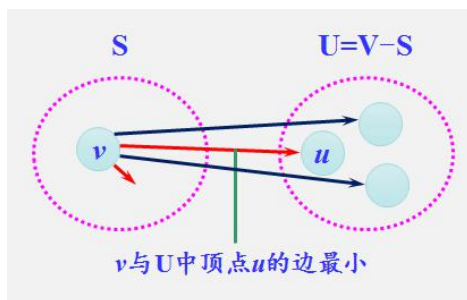


Dijkstra 算法步骤：

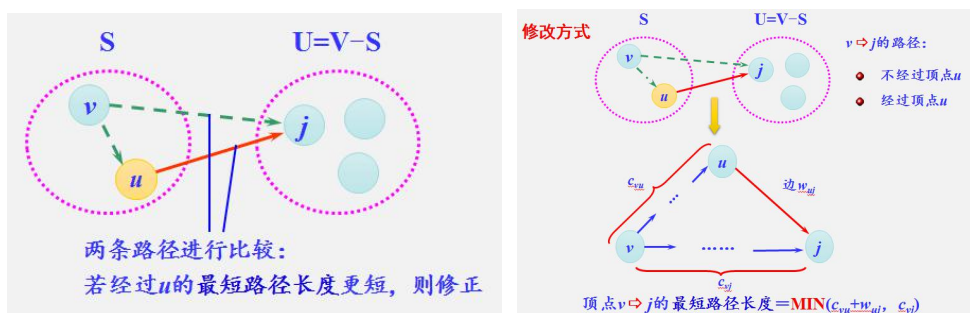
- (1) 初始化：， $S$  只包含源点即  $S=\{v\}$ ， $v$  的最短路径为 0。 $U$  包含除  $v$  外的其他顶点， $U$  中顶点  $i$  距离为边上的权值（若  $v$  与  $i$  有边  $\langle v, i \rangle$ ）或  $\infty$ （若  $i$  不是  $v$  的出边邻接点）。



- (2) 从  $U$  中选取一个距离  $v$  最小的顶点  $u$ ，把  $u$  加入  $S$  中（该选定的距离就是  $v$  到  $u$  的最短路径长度）。



(3) 以  $u$  为新考虑的中间点, 修改  $U$  中各顶点  $j$  的最短路径长度: 若从源点  $v$  到顶点  $j$  ( $j \in U$ ) 的最短路径长度 (经过顶点  $u$ ) 比原来最短路径长度 (不经过顶点  $u$ ) 短, 则修改顶点  $j$  的最短路径长度。



(4) 重复步骤 (2) 和 (3) 直到所有顶点都包含在  $S$  中。

### ● 主题研讨: 最短路径长度和最短路径分别如何存储?

对于最短路径的存储, 较易想到的是二维数组, 在研讨过程中, 引导学生思考可否用一维数组来存储, 如果用一维数组存储路径, 应该如何存储。学生阐述讨论结果后, 老师进行点评总结, 并讲解。

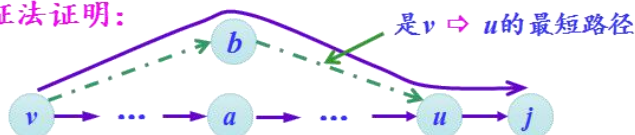
若从源点  $v \rightarrow j$  的最短路径如下:  $v \rightarrow j$  最短路径中  $j$  的前一个顶点



则



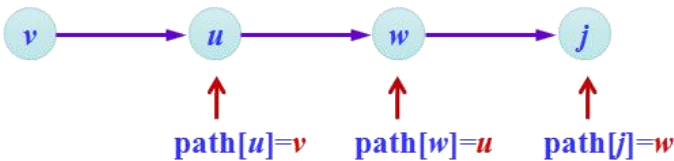
反证法证明:



而通过  $b$  的路径更短, 则  $v \rightarrow \dots \rightarrow a \rightarrow \dots \rightarrow u \rightarrow j$  不是最短路径

与假设矛盾, 问题得到证明。

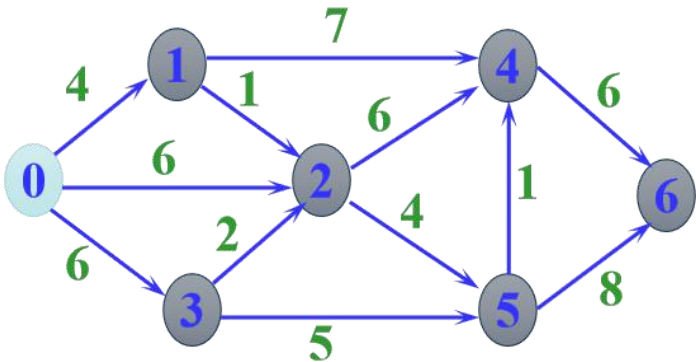
$v \Rightarrow j$ 的最短路径:



从 $\text{path}[j]$ 推出的逆路径:  $j, w, u, v$   
对应的最短路径为:  $v \rightarrow u \rightarrow w \rightarrow j$

● 实例讲解

求下图中顶点 0 到其它各个顶点之间的最短距离和最短路径。



求解过程中，各集合数据修改如下：

S	U	dist[]	path[]
		0 1 2 3 4 5 6	0 1 2 3 4 5 6
{0}	{1,2,3,4,5,6}	{0, <u>4</u> , 6, 6, $\infty$ , $\infty$ , $\infty$ }	{0, 0, 0, 0, -1, -1, -1}
		最小的顶点: 1	
{0,1}	{2,3,4,5,6}	{0, 4, <u>5</u> , 6, 11, $\infty$ , $\infty$ }	{0, 0, 1, 0, 1, -1, -1}
		最小的顶点: 2	
{0,1,2}	{3,4,5,6}	{0, 4, 5, <u>6</u> , 11, 9, $\infty$ }	{0, 0, 1, 0, 1, 2, -1}
		最小的顶点: 3	
{0,1,2,3}	{4,5,6}	{0, 4, 5, 6, <u>11</u> , 9, $\infty$ }	{0, 0, 1, 0, 1, 2, -1}
		最小的顶点: 5	



### 三、教学小结-----2min

根据实例的结果总结 Dijkstra 算法中:

- (1) 顶点进入 S 集合的顺序特点
- (2) 顶点进入 S, 其最短路径不再改变。

### 四、拓展-----3min

应用拓展:

最短路径算法是人工智能、通信、交通及规划等领域经常使用的算法。

文献拓展:

基于GIS的Dijkstra算法改进研究\_任伟建.pdf

基于GIS的最短路径算法改进对比研究\_徐洪勇.caj

### 五、作业-----1min

课后编程实现 Dijkstra 算法。

思考题:

- (1) Dijkstra 算法可以用于带权无向图求最短路径吗?
- (2) Dijkstra 算法为什么不适合负权值的情况?

## 15. 关键路径

授课题目：关键路径

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 8 章第 7 小节的内容。现实生活中，许多任务可以分解为一系列活动，各活动之间是相互关联的，关系可以是串行的，也可以是并行的。合理地调度和安排各活动，保证在计划时间内完成任务是十分重要的。本节课所讲的关键路径分析，适合于规划工程项目，解决类似“工程完成的最早时间是什么时候？”“一个工程中哪些活动可以适当延迟，可以延迟多长时间，而不影响整个工期？”等问题。

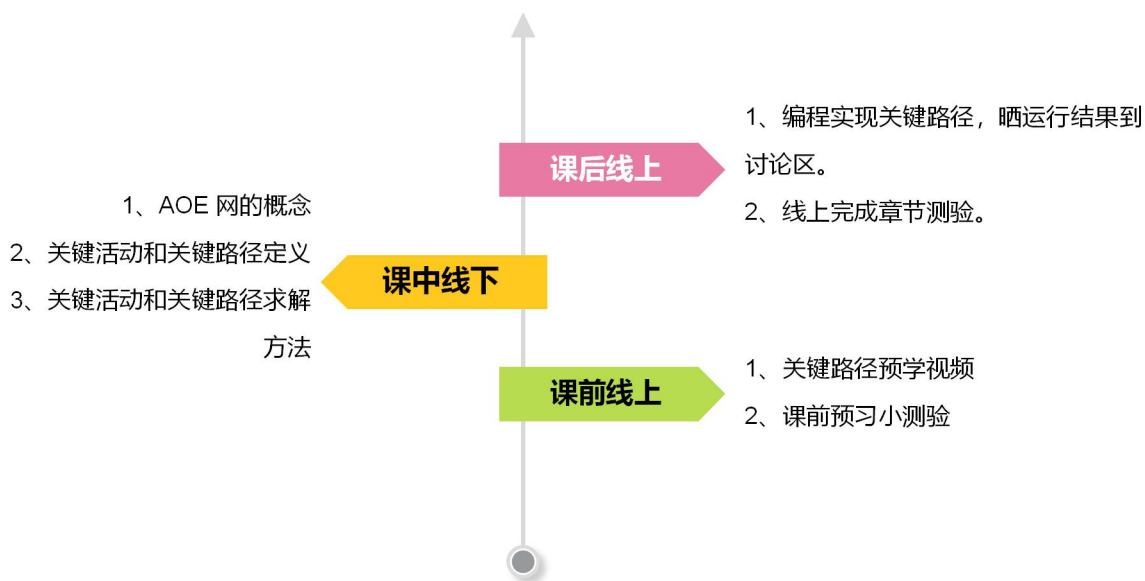
关键路径中有许多的概念，例如 AOE 网、关键活动、最早开始时间、最晚开始时间等，这些对学生而言容易混淆，因此在内容处理上需要想办法区分，比如可以采用图示法，让概念直观化，有助于学生掌握和区分。通过本次课的学习，学生应该掌握关键路径中相关概念以及在 AOE 网中求关键路径的过程。

### 二、 学情分析

本讲内容是图的最后一节课内容。学生在前面已经学习了多个图的算法，对于图的应用也有了比较深入的了解，学习兴趣和学习积极性都呈现出高涨的趋势，学生的身心也完全投入，此时非常有利于各种教学活动的开展。关键路径可以说是拓扑排序的一个实际应用。学生在学习本节课内容之前，已经学习了拓扑排序，理解了其概念，掌握了其算法的实现，具备了学习本次课所需的知识储备。求解工期时长及工程调度属于应用性较强的问题，学生应该乐于投入到问题研讨中。但是在求解过程中所涉及的概念及求解公式等内容较为抽象，学生可能无法快速掌握，在课前为学生制作预学微课视频，让学生课前能积累一部分知识基础，然后在课堂教学中多引导多总结，以便帮助学生更好地掌握重点内容。



### 三、 教学思路



采用“以案例分析解决为主线，以教师为主导，学生为主体”的主要思想。在讲关键路径之前，先选择实用性较强的案例，让学生看到算法的应用，然后再去介绍具体的算法实现，这样激发学生的学习兴趣，提高学生主观能动性，也增强了学生利用所学知识解决现实问题的能力。本次课以“工程项目管理”为引入，进行**思政教育**，教育学生要有大局意识，要想提高整个工期，必须着眼大局，找出关键；接着提出计算工程所需最短时间问题，引出本次课的主题——“关键路径”；再通过问题探究的形式，讲解关键路径求解过程中所涉及的基本概念及求解方法；然后设置层层递进的主题研讨，让学生主动思考并学习关键路径求解方法；最后通过具体实例讲解关键路径求解过程。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解 AOE 网的概念。
- (2) 理解关键活动的概念。
- (3) 掌握关键活动和关键路径的求解过程。

#### 能力目标：

- (1) 通过将工程项目时间管理问题抽象成 AOE 网的关键路径，培养学生现实生

活中非数值处理问题的分析能力和解决问题的动手能力。

- (2) 通过计算公式的推导，培养学生数据抽象能力和逻辑推理能力，通过设问和讨论的方法，培养学生的独立思考能力及自主学习能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过工程最短时间的讨论，促进学生相互交流、相互协作的团体精神。
- (2) 培养学生自信、勤奋、善于思考、严谨治学的学习态度和ator精神。
- (3) 通过工程项目管理的调度问题，培养学生的大局意识，教育学生着眼全局，才能更好解决问题。

## 五、 思政育人

### 大局意识——既为一域争光，又为全局添彩

工程项目的管理不能只盯着某几项活动，要想计算整个工程的最短时间，需要放眼大局，要想加快工程的进度，进行工程项目的宏观调控，更要放眼大局，找出关键活动，适当调整非关键活动的人力物力，使各项工作既为一域争光，又为全局添彩。

## 六、 教学重点与难点

**教学重点：**关键路径的计算。

**教学难点：**关键路径的计算。

**重点及难点的处理：**

首先采用有向无环图描述工程的预计进度，引出 AOE 网的概念；然后提出问题“计算完成整个工程所需时间”引出重点及难点；设计驱动任务，让学生利用 AOE 网计算完成整个工程预计需要的时间，并找出影响工程进度的“关键活动”，从而为决策者提供修改各活动的预计进度的依据，让学生在讨论中摸索学习；最后采用三分圆顶点表示法为学生具体讲解关键路径的计算。

## 七、 教学方法

### 1、案例教学法

关键路径直接将方法会让学生知其然但不知其所以然。通过对具体工程 AOE 网的工期及关键活动的求解，将知识与实际应用相结合，让学生直接感受到知识的实际力量，激发学习兴趣。

## 2、研讨式教学法

通过层层递进的三个研讨问题设置，让学生在逐步解决问题的过程中不断深入思考，培养学生追根究底的探索精神。通过三个研讨问题的解决，让学生逐步建立起知识自信。

## 3、多媒体辅助教学法

关键路径中各个时间的求解公式类似，学生容易混淆，因此在教学过程中利用图示和动画生动具体的展现关键路径的求解过程，让学生更直观地了解算法求解思路。

## 4、启发式教学法

以问题探究的形式启发式提问，引导学生主动思考，探究 AOE 网和关键路径的含义。将关键路径求解分解成多个步骤，采用启发式提问引导学生逐步解决，最终掌握关键路径的求解过程。

## 5、智慧课堂辅助-线上线下混合教学法

课前制作微课预习短视频，帮助学生做好充分的课前准备。课内测验采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的掌握情况。课后作业及讨论的布置也运用了线上课堂，打破时域地域限制，无限延展师生交流平台。

# 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p>项目图展示：</p> <p>展示一张工程项目时间规划图，引出 AOE 网，然后提出问题引导学生思考计算工程时间及活动可延迟时间，并进行<b>思政教育</b>，对工程项目管理要着眼大局，宏观调控。</p>	仔细观察工程项目图，思考老师的提问，学习大局意识。	<p><b>着眼大局、宏观调控</b></p> <p>引出本节课的主线，吸引学生注意力，激发学生的学习兴趣及大局意识。</p>	2min

教学过程	<b>问题探究一：什么是 AOE 网？</b> <b>知识点：</b> (1) 有向无环图 (DAG) (2) 顶点表示事件 (3) 边表示活动 (4) 开始事件 (5) 结束事件	学习教材内容，理解工程中的概念，并与 AOE 网的顶点和边联系起来。	通过问题探究的形式，引出 AOE 网与工程项目对应的关系，让学生掌握 AOE 网的基本概念。	35min
	<b>问题探究二：什么是关键路径？</b> <b>知识点：</b> (1) 关键路径 (2) 关键活动 <b>思考：</b> 求解过程可以通过修改 Dijkstra 算法来实现吗？	仔细听讲解，理解关键路径的概念，思考可否通过修改之前学过的最短路径算法求解。	通过讲解让学生理解关键路径的概念，通过启发性提问，让学生思考关键路径的求解方式。	
	<b>知识回顾：拓扑排序</b> 采用课内小测验的方式帮助学生回顾前一节课的拓扑排序方法。及时查看学生的做题情况，根据答题结果讲解分析。	利用手机通过线上智慧课堂完成测验，仔细听老师讲解分析。	通过课内测验调动学生参与课堂的积极性，并通过线上智慧课堂及时掌握所有学生的学习情况。	
	<b>研讨主题一：工程至少持续多长时间。</b> (在研讨过程中启发学生先进行一次拓扑排序，根据获得的拓扑序列顺序计算各事件的时间。)	回顾拓扑排序知识，求解事件的拓扑序列，讨论计算工程时间。	通过学生思考和讨论学会计算各事件的最早开始时间。通过学生回答提高学生的表达能力及自信心。	
	<b>主题研讨二：哪些活动是可以机动调配的。</b> (在研讨过程中启发学生采用刚才的拓扑序列逆序的求解各事件的最迟开始时间，然后根据活动的开始和结束时间差及实际所需时间差思考可否机动调配。)	在上一研讨结果的基础上，继续讨论并求解各活动的富余时间。	在上一研讨主题上进一步提出问题，让学生再次通过讨论和思考学会计算各事件的最晚开始时间及活动的富余时间。	

	<b>主题研讨三：</b> 影响工程进度的关键活动。 （在研讨过程中引导学生思考什么是关键活动，通过上一步的计算结果，找出关键活动。）	分组讨论，理解关键活动的特点，找出关键活动。	让学生通过进一步研讨掌握关键活动的求解方法，最终找出关键路径。	
	<b>知识讲解：</b> 关键路径求解过程。 总结并点评前面的讨论结果，利用三分圆图示法讲解关键路径求解过程。	对比讨论的求解方法，学习老师讲解的方法。	帮助学生梳理研讨结果，让学生进一步掌握关键路径的整个求解过程。	
智慧课堂	<b>课堂小测验</b> 在学习通上发布题目，让学生完成。成绩将计入平时的课堂表现一栏。	在手机上完成测验。	1、通过课堂小测验了解考查学生的学习效果。 2、利用智慧课堂全方位掌握所有学生的课堂参与度。	2min
教学小结	<b>教学小结：</b> （1）AOE网：顶点表示事件，边表示活动。 （2）关键路径求解——>寻找关键活动。	参与小结听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min
拓展	<b>应用拓展：</b> 关键路径法(CPM, Critical Path Method)是一种项目时间管理技术，在多个领域项目管理中应用广泛。 <b>文献拓展：</b> （1）关键路径法在项目管理中的应用 （2）项目管理关键路径法在通信工程项目管理中的应用	了解技术课后阅读	1、通过应用拓展，开阔学生眼界，提高专业站位。 2、通过文献阅读，培养学生的自学能力和创新创业能力。	3min
作业	<b>课后作业：</b> 完成线上作业。 <b>思考题：</b> 思考关键路径求解算法的编程实现，在线上讨论区展示运行结果参与讨论。	课后完成在线讨论	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考讨论。	1min

## 九、教学反思

本节课先用“案例教学法”提出工程项目时间计算问题，通过讲解 AOE 网和关键路径概念，将案例中时间计算问题转换成关键路径的求解，再通过层层递进的主题研讨启发学生，让学生逐步思考计算，最终寻找出关键路径。在教学过程中，采用了多种教学方法，极大程度地调动了学生的积极性，提高了学生课堂参与度。

由于时间关系，本讲内容只介绍了关键路径的求解方法，对算法的具体实现需要在配套的实验课程中进行讲解及练习，从而达到教、学、做一体化，帮学生加深对知识的掌握，最终转换成实际能力。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- (1) 观看“关键路径”的预学视频，初步了解关键路径求解的原理及过程。
- (2) 完成课前小测验。

### 2、课后作业

- (1) 编程实现关键路径求解算法，晒运行结果到讨论区。
- (2) 线上完成章节测验。

## 十一、参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.
- [5] 冯金玉, 杜文强. 关键路径法在项目管理中的应用[C] 土木建筑学术文库(第 8 卷). 2007.
- [6] 刘健. 项目管理关键路径法在通信工程项目管理中的应用[D]. 北京邮电大学.



附：

## 板书设计

### 关键路径

#### 1、最早开始时间

$$\text{event\_early}[x]=0$$

$$\text{event\_early}[j]=\max\{\text{event\_early}[i]+C\langle i,j\rangle\} \quad \langle i,j\rangle\in E$$

#### 2、最晚开始时间

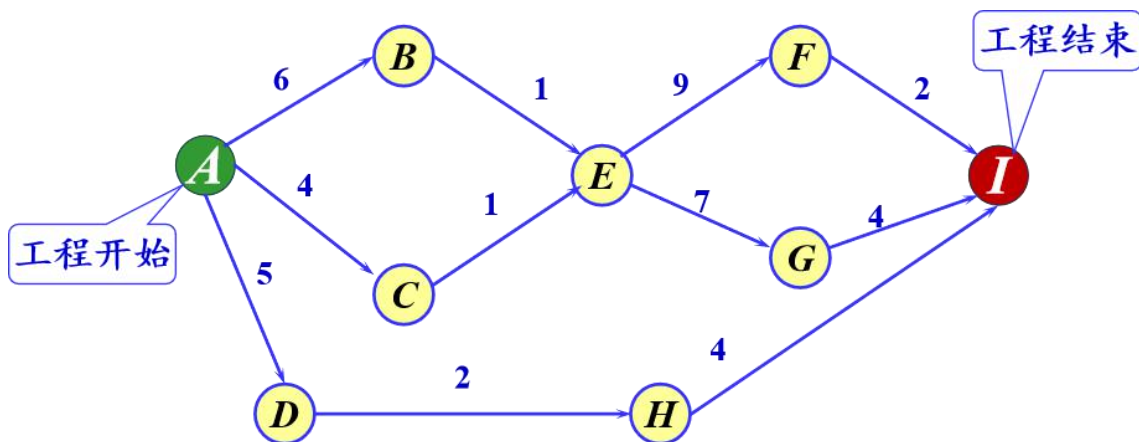
$$\text{event\_late}[y]=\text{event\_early}[y]$$

$$\text{event\_late}[i]=\min\{\text{event\_late}[j]-C\langle i,j\rangle\} \quad \langle i,j\rangle\in E$$

## 教学内容

### 一、引入-----2min

现实生活中，许多任务可以分解为一系列活动，各个活动之间是相互关联的，关系可以是串行的，也可以是并行的。合理地调度和安排各活动，保证在计划时间内完成任务是十分重要。如何合理调度呢？对工程项目管理要**着眼大局，宏观调控**。



展示一张工程项目时间规划图，如上所示图中结点内大写字母 A~H 表示活动，字母右下角括起来的数字表示完成此活动所需的时间。引出 AOE 网，然后提出问题引导学生思考计算工程

时间及活动可延迟时间。

## 二、正文-----35min

### ● 问题研究一：什么是 AOE 网？

用一个有向无环图（DAG）描述工程的预计进度。顶点表示事件，有向边表示活动，边  $e$  的权  $c(e)$  表示完成活动  $e$  所需的时间（比如天数）。图中入度为 0 的顶点表示工程的开始事件（如开工仪式），出度为 0 的顶点表示工程结束事件。

### ● 问题研究二：什么是关键路径？

从 AOE 网中源点到汇点的最长路径，具有最大长度的路径叫关键路径。关键路径是由关键活动构成的，关键路径可能不唯一。

关键路径为源点到汇点的最长路径，这样转变为查找图中最长路径问题。

启发式提问：求解过程可以通过修改 Dijkstra 算法来实现吗？（不能！）

### 【PPT 课件演示】

**关键路径**为源点到汇点的最长路径，这样转变为查找图中最长路径问题。

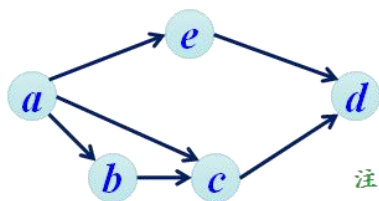


### ● 知识回顾

采用课内小测验的方式帮助学生回顾前一节课的拓扑排序方法。及时查看学生的做题情况，根据答题结果讲解分析。

对如图所示的图进行拓扑排序，可以得到不同的拓扑序列个数是\_\_\_\_\_。

- A. 4                      B. 3                      C. 2                      D. 1



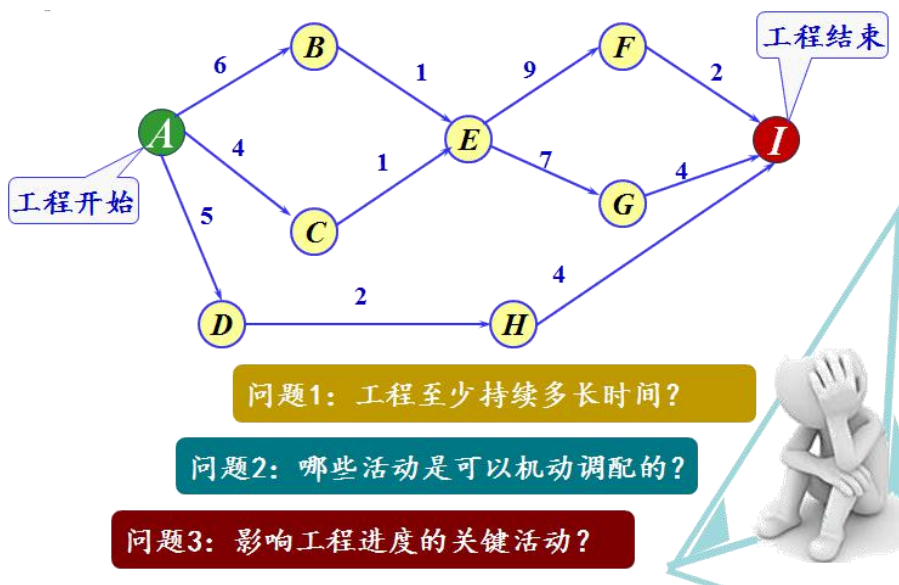
注：2010年全国考研题

解：不同的拓扑序列有：aebcd、abced、abecd。答案为B。

### ● 主题研讨一：工程至少持续多长时间？

给出引入时的具体工程项目时间管理图，让学生根据图中所给时间及事件先后信息，计算工程至少持续多长时间。在研讨过程中启发学生先进行一次拓扑排序，根据获得的拓扑序列顺序计算各事件的时间。

#### 【PPT 课件演示】



### ● 主题研讨二：哪些活动是可以机动调配的？

在上一研讨基础上进一步讨论哪些活动是可以机动调配的。在研讨过程中启发学生采用刚才的拓扑序列逆序的求解各事件的最迟开始时间，然后根据活动的开始和结束时间差及实际所需时间差思考可否机动调配。

### ● 主题研讨三：影响工程进度的关键活动？

影响工程进度的关键活动。在研讨过程中引导学生思考什么是关键活动，通过上一步的计算结果，找出关键活动。

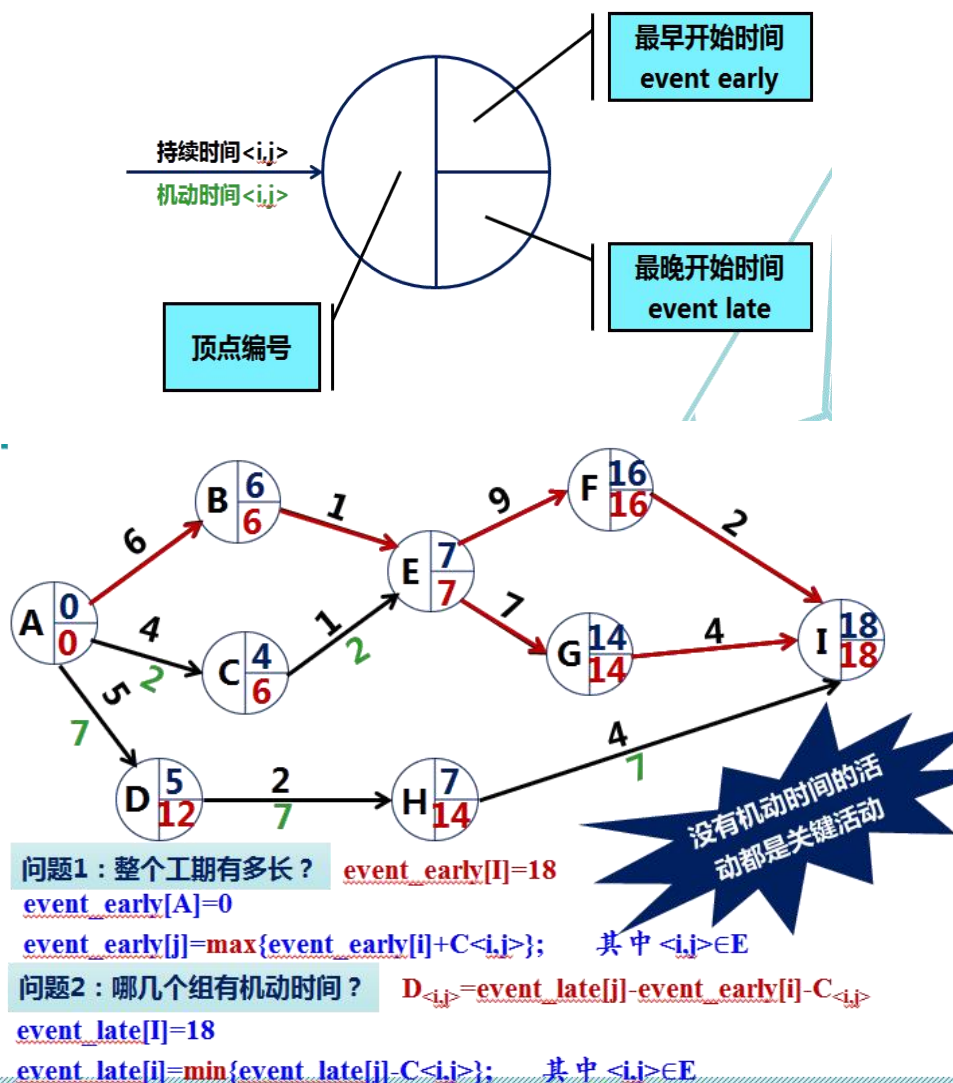
## ● 知识讲解

关键路径求解过程：

- (1) 按照某种拓扑序列，计算每个事件的最早开始时间；
- (2) 根据上一拓扑序列的逆序列，计算每个时间的最晚开始时间；
- (3) 计算每个活动的机动时间。

总结并点评前面的讨论结果，利用三分圆图示法讲解关键路径求解过程。

### 【PPT 课件演示】



## 三、智慧课堂

2min

### 课堂小测验

在学习通上发布题目，让学生完成。成绩将计入平时的课堂表现一栏。

【单选题】关键路径是事件结点网络中（ ）。

- A、从源点到汇点的最长路径
- B、最长回路
- C、从源点到汇点的最短路径
- D、最短回路

【多选题】下面正确的说法是( )。

- A、任何一个关键活动提前完成,将使整个工程提前完成
- B、关键活动不按期完成就会影响整个工程的完成时间
- C、所有关键活动都提前完成,则整个工程提前完成
- D、某些关键活动若提前完成,将使整个工程提前完成

【判断题】关键路径上的活动都是关键活动,它们是否按时完成会影响工期。

#### 四、教学小结-----2min

- 1、AOE 网: 顶点表示事件, 边表示活动。
- 2、关键路径求解——>寻找关键活动。

#### 五、拓展-----3min

应用拓展:

关键路径法(Critical Path Method, CPM)是一种项目时间管理技术,目前已成为多领域项目管理中应用最为广泛的计划与控制的方法之一。

文献拓展:

- (1) 冯金玉, 杜文强. 关键路径法在项目管理中的应用[C] 土木建筑学术文库(第 8 卷). 2007.
- (2) 刘健. 项目管理关键路径法在通信工程项目管理中的应用[D]. 北京邮电大学.

#### 六、作业-----1min

课后作业: 完成线上作业。

思考题: 思考关键路径求解算法的编程实现, 在线上讨论区展示运行结果参与讨论。

## 16.线性表的查找

授课题目：线性表的查找

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 9 章第 2 小节的内容。查找又称为检索，是指在某种数据结构中找出满足给定条件的元素。查找是一种十分有用的操作，例如在学生成绩表中查找某个学生的成绩元素，在图书馆的书目文件中查找某编号的图书元素等。

本节课作为查找章节的第二次课，主要内容包括线性表查找方法中的其中两种查找：折半查找和分块查找。其中折半查找是比较经典的线性表查找方法，教学过程中要重点教授查找思路、查找算法实现及查找效率分析这三部分内容。分块查找的理解需要索引存储作为前提，因此索引存储结构应作为分块查找的前导教学内容。

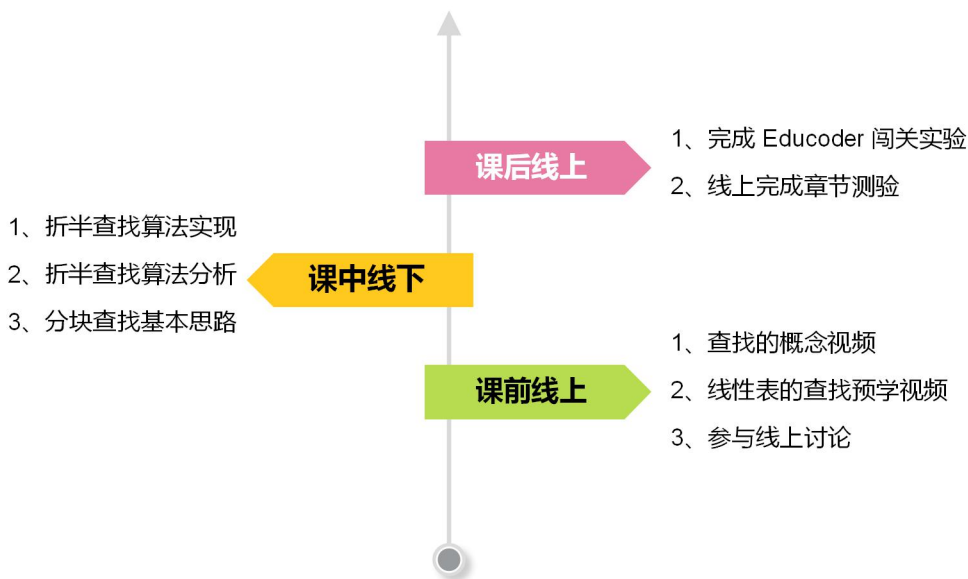
### 二、 学情分析

本节课授课时间处于课程的后期，学生对课程内容的学习已完成了一大半，通过前期课程内容的学习，学生的知识深度和广度都有了一定的积累，其知识自信和专业自信也得到了提升，因此学生的身心比较愉悦，有利于多样性课堂教学的实施。学生在线上微课的学习中已经理解了查找的基本概念，也掌握了线性表的顺序查找方式。

折半查找的思路是学生从小就接触过的，而查找效率的分析学生在顺序查找中已经学过，可见学生已经具备了研讨所需的知识储备，但折半查找和分块查找的效率分析较为复杂，需要老师在研讨过程中适当的引导解答，以便学生更好地主动获取本节课的知识重点。



### 三、 教学思路



突出沉浸式课堂教学环境的构建，教师的引导与学生的主动思考学习和谐交织为一个整体。本节课首先通过“中国地图拼图”价格竞猜游戏拉开序幕，在介绍地图拼图的同时，对学生进行**思政教育**，激发学生的爱国情怀。通过价格竞猜游戏的约束条件引发学生思考，从而引出折半查找的思路。然后利用动画演示折半查找的过程及算法实现代码的运行过程，采用研讨式教学方式让学生通过分组讨论组间研讨分析出折半查找的效率。通过设问引导学生思考，引出本节课的第二个教学内容分块查找。最后采用多种教学方式对分块查找的思路、过程和算法分析进行教学实施，

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解折半查找和分块查找的基本思路。
- (2) 掌握折半查找的算法实现。
- (3) 掌握折半查找和分块查找的效率分析。

#### 能力目标：

- (1) 通过折半查找效率的讨论，培养学生逻辑推理能力、自主学习能力和相互协作能力。

- (2) 通过折半查找和分块查找效率分析对比和适用场景的介绍,培养学生具体问题具体分析,灵活运用所学知识解决实际问题的能力。

#### 情感目标:

- (1) 通过地图介绍中国今日之强盛少不了各民族英雄舍身忘死保家卫国,教育学生忠于祖国,维护祖国领土主权,激发学生的爱国情怀。
- (2) 通过分组讨论,让学生在讨论中增进同学情谊,在讨论中掌握知识,增强学习自信心。

## 五、思政育人

### 以地图竞猜——展示护卫疆土之勇士精神

中华历代猛士开疆拓土,各民族英雄舍身忘死保家卫国,才有中国今日之强盛,民族之独立和国民之自由。希望当代的每一位中国新时代青年,勿忘国耻,永远忠于自己的祖国,维护祖国领土主权,时刻准备为祖国而战斗。

## 六、教学重点与难点

**教学重点:** 折半查找的算法实现和分块查找的思路。

**教学难点:** 折半查找和分块查找的效率分析。

**重点及难点的处理:**

采用价格竞猜游戏活跃课堂气氛,引出重点内容折半查找,通过 ppt 动画演示突出重点,利用 flash 动画让学生进一步掌握重点,再通过分组讨论及老师引导解疑化解难点折半查找的效率分析。对分块查找部分,采用设问引导学生思考,从而引出重点,利用图示讲解突出重点,最后通过分组讨论化解难点。

## 七、教学方法

### 1、智慧课堂-线上线下混合式教学法

将教易学的原理安排为线上课前内容,让学生通过微课视频学习,并开设了讨论话题,让学生课前线上参与,促使学生课前做好预习。课堂练习采用了在线智慧课堂,方便教师及时了解每位学生的参与情况,也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后作业的布置也运用线上课堂,延伸师生交流的时间和空间。

## 2、游戏教学法

折半查找的原理较为简单，课堂教学适合营造轻松的学习氛围。通过价格竞猜游戏，充分调动学生学习积极性，活跃课堂气氛，让学生全身心投入到课堂学习中。

## 3、研讨式教学法

通过让学生分组讨论，引导学生分块查找效率分析的多面性，教育学生遇到问题要善于思考、勤于思考。

## 4、对比教学法

通过对比折半查找和分块查找的效率及适用场景，培养学生具体问题具体分析的能力以及灵活运用知识解决实际问题的能力。

## 5、多媒体辅助教学法

借助生动有趣的动画深入浅出的展示算法的实现过程，使教学更直观、更生动，帮助学生理解新课程知识。

# 八、 教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p><b>游戏引入：</b></p> <p>展示一副中国地图的木板拼图，介绍中国地图，同时对学生进行<b>思政教育</b>，然后给出价格范围及竞猜约束条件，让学生进行价格竞猜，并及时回答进行提示。</p> <p>竞猜完成后，引导学生思考折半查找与价格竞猜过程相类比，提出问题，进入下一环节的智慧课堂知识问答。</p>	联系时政思考中国领土主权问题；思考合适的猜价方法，竞猜价格。	<p>1、利用竞猜游戏开启轻松课堂之旅，让学生快速融入到课堂教学中。</p> <p>2、借助中国地图的介绍，激发学生的爱国情怀，鼓励学生争做优秀新时代青年。</p> <p>3、通过竞猜过程的联系，引出本节课主题内容之一：折半查找。</p>	2min
智慧课堂	<p><b>知识问题：</b></p> <p>请你说说折半查找的必要条件。</p> <p>（为回答优秀的同学加上2分计入平时成绩中的课堂表现一栏）</p>	在“学习通”上完成作答。	考查学生的预习情况，利用信息化手段记录学生的课堂参与度。	2min

教学过程	<b>知识讲解：折半查找</b> <b>知识点：</b> (1) 折半查找的思路 (2) 折半查找的过程 (3) 折半查找算法实现 采用图示法讲解折半查找思路，运用 PPT 动画演示具体实例的折半查找过程，利用视频讲解算法实现代码的运行过程。	思考前一环节的竞猜价格方法与折半查找的联系，观看动画和视频，仔细听讲解，理解并掌握折半查找算法。	通过图示法、PPT 动画和视频演示，直观且生动，让学生快速理解和掌握折半查找的思路、过程及算法实现。为下一环节的主题研讨做知识储备。	36min
	<b>主题研讨一：折半查找的效率。</b> 在研讨过程中提示学生用二叉判定树描述二分查找的过程，将查找成功的结点看成内部结点，查找到每个结点时的比较次数等于结点所在层数，查找不成功的结点看成外部结点，其比较次数等结点所在层数减一。	自学教材内容，分组讨论，得出结果并阐述组内结论，参与组间研讨。	通过研讨过程让学生主动回顾二叉树的知识，并运用二叉树的性质求解折半查找的效率，变被动接受为主动获取，加深对知识的理解。	
	<b>课堂练一练：</b> 给定 11 个数，采用二分法查找，回答三个问题。 要求学生将求解结果拍照上传到线上讨论区。	思考题目，写出求解过程，拍照上传线上讨论区。	通过课堂练习，及时运用以便加深对知识的理解和掌握；利用线上课堂以便老师实时掌握学生情况。	
	<b>知识小结：</b> 二分法查找利用了顺序表的有序性。提高解决问题的效率不但可以从方法改进，也可以对数据进行预处理。 <b>思考：</b> 折半查找可以设计成递归算法，如何实现？	参与小结，回顾顺序查找，对比折半查找，思考递归算法的实现。	通过知识小结帮助学生梳理学过的知识，从经典算法中给学生启示。通过思考，引导学生思辨精神，用不同方法去解决相同问题。	
	<b>问题探究：什么是索引存储结构？</b> 利用目录的概念引出索引存储结构，通过实例学生信息表及索引表的展示讲解索引存储结构。	观察教材目录，联系索引存储结构，理解基本概念。	索引存储结构是分块查找的前导知识，为后面的知识讲解做准备。	
	<b>知识讲解：分块查找</b> <b>知识点：</b> (1) 分块查找思路 (2) 分块查找过程 (3) 分块查找方法	仔细听讲解，理解分块查找思路，参与分块查找过程，记笔记。	通过知识讲解，让学生理解分块查找的思路，掌握其过程，了解其方法，为下一环节研讨做准备。	

	<b>主题研讨二：分块查找的效率。</b> 在研讨过程中提示学生计算查找效率时，将索引表的查找效率与数据块的查找效率分开来计算，并计算采用两种方式查找索引表的效率，然后对比分析块大小的设置对效率的影响。	分组讨论，得出结果并阐述组内结论，参与组间研讨。	通过分组讨论，增强学生学习的主观能动性，培养学生的创新钻研精神。	
教学小结	<b>教学小结：</b> （1）折半查找。 （2）分块查找。	参与小结、听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min
拓展	<b>著作扩展：</b> 《计算机程序设计艺术》系列被公认为计算机科学领域的权威之作，深入阐述了程序设计理论，对计算机领域的发展有着极为深远的影响。 《计算机程序设计艺术 卷3:排序与查找(英文版·第2版)》是该系列的第3卷，扩展了第1卷中信息结构的内容，主要讲排序和查找。书中对排序和查找算法进行了详细的介绍，并对各种算法的效率做了大量的分析。	课后阅读经典著作，学习大师的研究心得。	通过让学生阅读经典著作，开阔自己的眼界，提高阅读能力，更深入地钻研算法。	2min
作业	（1）完成实践平台 Educoder 上的闯关项目。 （2）线上完成章节测验。	课后完成在线讨论	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考讨论。	1min

## 九、教学反思

本节课首先采用竞猜游戏引入，成功地活跃了课堂气氛，同时借助竞猜品“中国地图”的介绍，对学生有效地进行了思政教育，联系近年的时政信息，教育学生国家领土主权神圣不可侵犯，激发学生爱国情怀。在教学过程中，设计了主题研讨、问题探究和知识讲解等多个教学环节，根据教学内容的特性采用了多种教学方法进行教学实施，使学生能够更好地掌握知识重点及难点。

在教学内容的安排部分，进行了合理的线上线下划分，让学生在课堂教学之前能够通过预习视频学习能力范围内的知识点，并发现自己难以理解的知识点，以便

课堂上有重点地学习，最终达到事半功倍的效果。

## 十、 预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“查找的概念”视频，掌握内查找、外查找、动态查找和静态查找的概念。

(2) 观看“线性表的查找”预学视频，了解各类线性表查找算法原理。

(3) 查找资料，了解各种查找方法，线上参与讨论谈谈查找效率的因素有哪些。

### 2、课后作业

(1) 完成实践平台 Educoder 上的闯关项目。

(2) 线上完成章节测验。

## 十一、 参考资料

[1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.

[2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.

[3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.

[4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.

[5] 高德纳, D. E. 计算机程序设计艺术: 第 2 版. 第 3 卷, 排序与查找: 英文[M]. 人民邮电出版社, 2010.

附：

### 板书设计

#### 线性表的查找

##### 1、折半查找平均查找长度（等概率情况下）

$$ASL_{bn} = \sum_{i=1}^n p_i c_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^h 2^{j-1} \times j = \frac{n+1}{n} \log_2(n+1) - 1 \approx \log_2(n+1) - 1$$

##### 2、折半查找时间复杂度 $O(n \log_2 n)$



## 教学内容

### 一、引入-----2min

**价格竞猜游戏：**展示一副中国地图的木板拼图，介绍中国地图，联系近年时政，如钓鱼岛、南海及香港等问题，中国领土主权神圣不可侵犯，对学生进行**思政教育**。然后给出价格范围及竞猜约束条件：1~100 元之间，整数价格，7 次机会。让学生进行价格竞猜，并及时回答进行提示。

为什么能在 7 次之内猜到地图的价格呢？前两个约束条件意味着地图的价格可能性总共是 100 种。每次学生猜完价格，老师需要给出提示，真实价格比竞猜价格高还是低，以此帮助学生缩小竞猜范围。这个过程其实与折半查找相类似。

#### 【PPT 课件演示】



### 二、智慧课堂-----2min

**知识问题：**

请你说说折半查找的必要条件。

（为回答优秀的同学加上 2 分计入平时成绩中的课堂表现一栏）

### 三、正文-----36min

#### ● 知识讲解

**知识点：**

（1）折半查找的思路：折半查找也称为二分查找，要求线性表中的记录必须已按关键字值有序（递增或递减）排列。其基本思路是设  $R[\text{low}..\text{high}]$  是当前的查找区间，首先确定该区间的

中点位置  $mid = \lfloor (low + high) / 2 \rfloor$ ，然后将待查的  $k$  值与  $R[mid].key$  比较，相等则返回  $mid$ ，若  $k < R[mid].key$ ，则改变搜索区间为  $R[low..mid-1]$ ，反之  $k > R[mid].key$ ，则改变搜索区间为  $R[mid+1..high]$ ，继续搜索，直到搜索成功或搜索区间为空时为止。

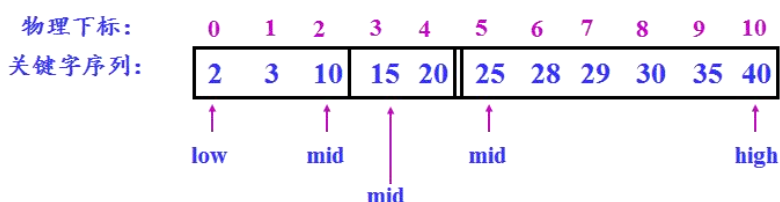
(2) 折半查找的过程：选择一个实例进行 PPT 动画演示。

(3) 折半查找算法实现：利用视频演示程序运行过程。

### 【PPT 课件演示】

**例** 在关键字有序序列  $\{2, 3, 10, 15, 20, 25, 28, 29, 30, 35, 40\}$  中采用折半查找法查找关键字为 **15** 的元素。

找关键字为 **15** 的记录



查找成功，关键字为 **15** 的记录的逻辑序号为 **4**

关键字比较次数为 **3**

**代码**

```
int Search_Bin(SSTable ST,KeyType key)
{ low=1;
  high=ST.length;
  while(low<=high)
  { mid=(low+high)/2;
    if(key==ST.R[mid].key)
      return mid;
    else if(key<ST.R[mid].key)
      high=mid-1;
    else low=mid+1;
  } return 0;
}
```

**变量**

mid=

high=

low=

**代码描述**

在有序表ST中折半查找其关键字等于key的数据元素。若找到，则函数值为该元素在表中的位置，否则为0

**动画演示**

19	28	37	46	59	88
1	2	3	4	5	6

查找关键字: 46

速度: 慢 ◀▶ 快

**步骤**

① 置查找区间初值，low为1，high为表长。

② 当low小于等于high时，循环执行以下操作：

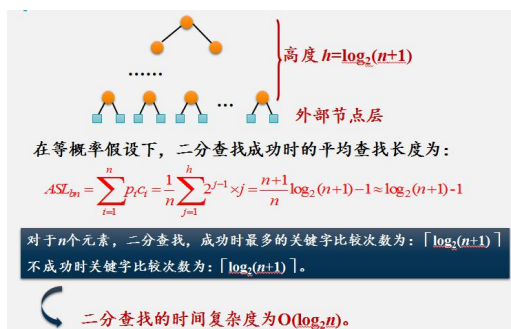
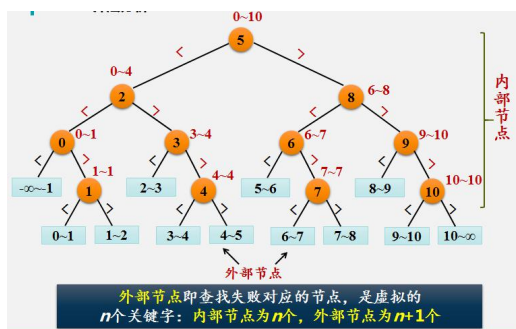
- mid取值为low和high的中间值；

### ● 主题研讨一：折半查找的效率

在研讨过程中提示学生用二叉判定树描述二分查找的过程，将查找成功的结点看成内部结点，查找到每个结点时的比较次数等于结点所在层数，查找不成功的结点看成外部结点，其比较次数等结点所在层数减一。

根据学生研讨结果进行总结讲解。

### 【PPT 课件演示】



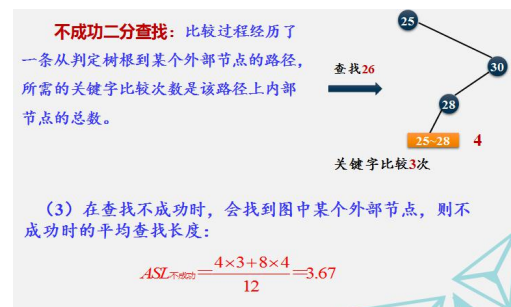
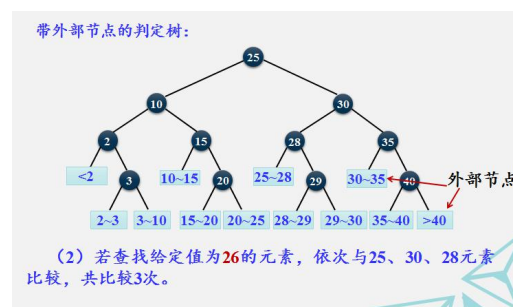
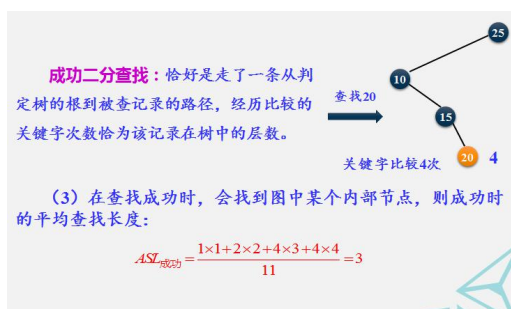
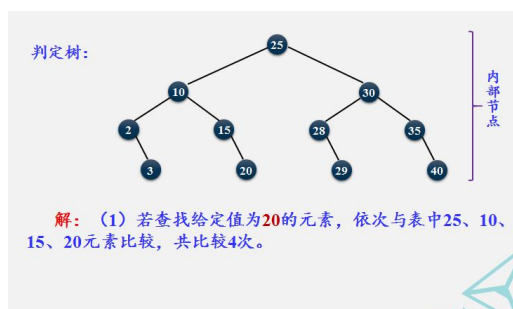
## ● 课堂练一练

对于给定 11 个数据元素的有序表 (2, 3, 10, 15, 20, 25, 28, 29, 30, 35, 40), 采用二分查找, 试问:

- (1) 若查找给定值为 20 的元素, 将依次与表中哪些元素比较?
- (2) 若查找给定值为 26 的元素, 将依次与哪些元素比较?
- (3) 假设查找表中每个元素的概率相同, 求查找成功时的平均查找长度和查找不成功时的平均查找长度。

要求学生将求解结果拍照上传到线上讨论区。老师查看结果并点评讲解。

## 【PPT 课件演示】



## ● 知识小节及思考

### 知识小结:

二分法查找利用了顺序表的有序性。提高解决问题的效率不但可以从方法改进, 也可以对数据进行预处理。

思考：

折半查找可以设计成递归算法，如何实现？

### ● 问题探究：什么是索引存储结构？

利用目录的概念引出索引存储结构，通过实例学生信息表及索引表的展示讲解索引存储结构。

索引存储结构 = 数据表 + 索引表

索引表中的每一项称为索引项，索引项的一般形式是：（关键字，地址）

关键字唯一标识一个节点，地址作为指向该关键字对应节点的指针，也可以是相对地址。

### 【PPT 课件演示】



### ● 知识讲解

知识点：

#### （1）分块查找思路

此查找法中，除表本身以外，尚需建立一个“索引表”。索引表按关键字有序，表数据则分块有序。所谓“分块有序”指的是后一个子表中所有记录的关键字均大于前一个子表中的最大关键。

#### （2）分块查找过程

两步：先确定待查记录所在的块，然后在块中顺序查找。

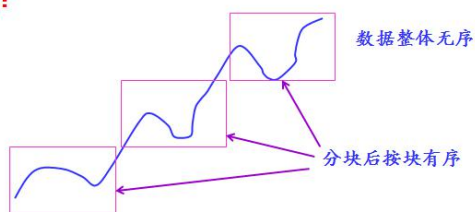
#### （3）分块查找方法

索引表（有序）：可以顺序查找块，也可以二分查找块。

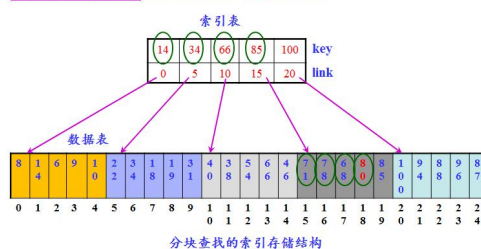
数据块（无序）：只能顺序查找块中元素。

### 【PPT 课件演示】

思路:



分块查找演示 查找关键字为80的记录



- (1) 顺序查找索引表, 比较4次  
 (2) 在对应块中查找, 比较4次, 共比较8次。

## ● 主题研讨二：分块查找的效率

在研讨过程中提示学生计算查找效率时, 将索引表的查找效率与数据块的查找效率分开来计算, 并计算采用两种方式查索引表的效率, 然后对比分析块大小的设置对效率的影响。

## 四、教学小结-----2min

(1) 折半查找: 折半查找效率高, 但要求查找表是按关键字有序。另外, 折半查找需确定查找的区间, 因此要求查找表的存储结构具有随机存取特性, 所以只适用于顺序表, 不适合链式存储结构。

(2) 分块查找: 算法效率介于顺序查找和折半查找之间, 但建立索引表需要额外增加空间。

## 五、拓展-----2min

著作扩展:

《计算机程序设计艺术》系列被公认为计算机科学领域的权威之作, 深入阐述了程序设计理论, 对计算机领域的发展有着极为深远的影响。

《计算机程序设计艺术 卷3: 排序与查找(英文版·第2版)》是该系列的第3卷, 扩展了第1卷中信息结构的内容, 主要讲排序和查找。书中对排序和查找算法进行了详细的介绍, 并对各种算法的效率做了大量的分析。

## 六、作业-----1min

- (1) 完成实践平台 Educoder 上的闯关项目。  
 (2) 线上完成章节测验。



## 17. 哈希表的查找

授课题目：哈希表的查找

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 9 章第 4 小节的内容。当查找的数据对象规模  $N$  较大且经常需要插入和删除元素的时候，若能在元素的存储位置和其关键字之间建立某种直接关系，那么查找的效率会大大提高，这就是哈希查找的思想。哈希表的构造过程及查找过程并不难理解，但是为什么要选用哈希表而不用顺序表这是学生会有所疑惑的一个点，因此在教学过程中可以利用定量分析让学生直观感受在某些应用中哈希表的优势，从而由根源上理解哈希表的意义。

哈希表查找被广泛地应用于数据库的信息搜索。本节课主要讨论哈希函数的特性要求和构造方法，并介绍解决冲突的开放定址法和拉链法，同时进行哈希查找的性能分析，总结了各种方法的优缺点，以便为学生在解决实际问题时提供选择依据。

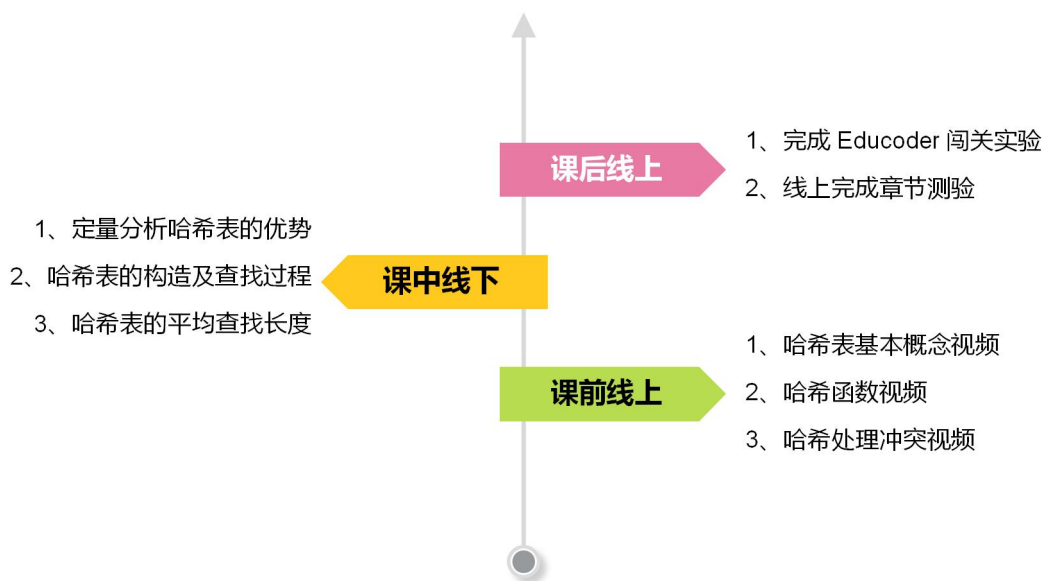
### 二、 学情分析

学生在前面的课程中已经学习了查找的几种方法：线性表查找和树表的查找，已经了解查找的效率与数据存储方式有关，也掌握了查找性能的分析方法。前面课程学习的顺序查找、折半查找和 AVL 树表查找的时间复杂度最好到  $O(\log_2 n)$ ，学生对于寻找一种更快更好的查找方式非常期待，而哈希表查找就是这样一种快速的查找方式，因此学生对本节课的学习内容兴趣度很高。

哈希表的查找技术对学生而言理解不难，但是要达到掌握的程度，稍有困难，因此，老师应该注重哈希表应用方面的知识介绍，拓宽学生的知识面，让学生课后可以通过大量的阅读和实践来掌握哈希表的查找技术。



### 三、 教学思路



大学教育应该是在“学生是主体，教师主导”的理念指导下，运用多种教学方式如启发式、案例式、研讨式等展开教学设计。本节课首先通过学生熟悉的两个生活示例：“QQ 登录”和“查字典”引出主题；然后讲解哈希表的基本概念，并设置主题研讨让学生变被动接受为主动探索，从而掌握哈希表查找性能的 3 个主要因素，引出教学重点。对于哈希函数构造和解决冲突方法两部分内容，采用原理讲解——实例演练——总结归纳的方式，让学生通过学、练、思三个过程掌握哈希表查找技术以及哈希表与其他存储方法的区别。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解哈希表的思路。
- (2) 掌握哈希表查找技术。
- (3) 理解哈希表与其他存储方法的区别。

#### 能力目标：

- (1) 通过哈希表查找性能相关因素的讨论，培养学生逻辑推理能力、自主学习能力和相互协作能力。
- (2) 通过应用案例练习，培养学生灵活运用知识能力。

(3) 通过“哈希表应用”相关文献的阅读，培养学生创新创业能力。

#### 情感目标：

(1) 通过分组讨论，让学生在讨论中增进同学情谊，在讨论中掌握知识，增强学习自信心。

(2) 通过哈希表装填因子的讨论，教育学生用辩证思维看问题和分析问题。

## 五、思政育人

### 1、辩证眼光看问题

哈希表的装填因子越小，冲突的可能性就越小，但是空间利用率却越低；与拉链法相较而言，开放定址法发生冲突堆积险象的可能性较高，拉链法处理冲突简单，且无堆积险象，但是需要额外空间；从以上两个问题讨论的角度，教育学生要用辩证思维看待问题，多方面考虑，在实际运用中选取最合适的方法。

### 2、实践才是硬道理

哈希表的应用非常广泛，仅依靠课上的时间学习是远远不够的，要想真正地掌握哈希表查找技术，需要大量的编程实践训练，教育学生实践是将知识转换成能力的重要步骤。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**哈希函数的构造方法和哈希冲突的解决方法。

**教学难点：**哈希函数的构造方法。

**重点及难点的处理：**

通过主题讨论让学生理解哈希查找性能相关的3个主要因素，从而引出哈希表查找的关键即教学重点：哈希函数的构造和哈希冲突的解决。然后通过举例介绍讲解重点，最后提供相关文献资料让学生课后阅读，化解难点。

## 七、教学方法

### 1、案例教学法

通过“QQ登录”案例的定量分析，吸引学生注意力，激发学生学习兴趣，并教育学生分析问题时要结合实际数据验证。

### 2、研讨式教学法

通过两个主题研讨，让学生掌握哈希查找性能的相关因素和两种哈希冲突解决

方法的特点。

### 3、多媒体辅助教学法

在教学过程中利用动画生动具体的展现哈希表的构造过程，让学生更直观地了解哈希表创建方法。

### 4、启发式教学法

通过启发式提问，强调师生互动，使学生自主思考，掌握哈希查找技术的特点，启发学生分析哈希查找性能。

### 5、线上线下混合式教学法

制作了预学微课视频，帮助学生做好充分的课前预习，让学生预先了解教学目标及教学内容。线下课堂有机结合线上预习情况做到有的放矢。课后的任务布置，利用学生课下的碎片时间来延伸教学学时，让学生能够学到更多知识。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p><b>案例一：QQ 登录</b></p> <p>根据目前 QQ 号码的数位，假设 QQ 的有效用户为十亿，提出问题：在多达十亿量级的有效 QQ 号码中如何快速找到你刚刚输入的 QQ 号码，以便取出相应的密码与你刚刚输入的密码进行核对？</p> <p>引导学生计算二分法查找时的比较次数和移动次数并进行分析。</p> <p><b>案例二：查字典</b></p> <p>提问学生：如果我想让你从一本新华字典中找到中国的“中”字，你会如何查找？</p> <p>让学生说出自己的思路，然后分析查找过程，引出哈希查找。</p>	<p>计算二分法查找效率，思考更优查找方式，回忆查字典的方式，畅所欲言，了解哈希查找思路。</p>	<p>1、利用 QQ 登录的事例引导学生思考更快速的查找方法，通过查字典的方法类比引出哈希函数计算思想。</p> <p>2、用学生熟悉的生活实例，引出本节课的主线，吸引学生注意力，激发学生的学习兴趣，同时了解哈希查找的应用范围。</p>	3min

教学过程	<p><b>知识讲解：基本概念</b></p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 哈希表</p> <p>(2) 哈希函数和哈希地址</p> <p>(3) 哈希冲突</p> <p>采用学生表的示例讲解哈希表的基本思路及适用情况，通过形象的图示讲解哈希函数、哈希地址和哈希冲突的概念。</p>	<p>仔细听讲，思考哈希表的可用示例，理解哈希查找技术中涉及的基本概念。</p>	<p>让学生掌握哈希查找的基本概念，为后续的主题研讨环节做知识储备。</p>	36min
	<p><b>主题研讨一：哈希表查找性能相关因素？</b></p> <p>研讨过程中引导学生从哈希冲突这个角度着手思考，并要求学生按组给出讨论结果，发送到线上讨论区，老师根据学生讨论结果进行点评，并介绍哈希查找性能相关的3个主要因素。</p>	<p>分组讨论，将讨论结果发送到讨论区，查看其它组讨论结果，进行组间研讨，最后听老师点评。</p>	<p>让学生通过讨论变被动接受知识为主动获取知识，通过组内讨论培养学生的交流沟通能力，通过结论阐述提高学生的表达能力。</p>	
	<p><b>知识讲解一：哈希函数的构造方法。</b></p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 直接定址法</p> <p>(2) 除留余数法</p> <p>(3) 数字分析法</p> <p>由于课时限制，这里只介绍了数值型关键字的3种哈希函数构造方法。然后通过一个具体实例详细演示了除留余数法的哈希表构建过程。</p>	<p>仔细听讲，认真记笔记，与老师一同求解实例中哈希表的构建过程。</p>	<p>通过传统的讲授法，让学生快速的理解三种哈希函数构造方法，通过具体实例让学生进一步掌握哈希表的创建过程。</p>	
	<p><b>思考及扩展：非数值型关键字数据的哈希函数如何构造？</b></p> <p>提出思考问题，引导学生思考创新。同时为学生推荐相关文献，供学生课后阅读。</p>	<p>思考老师提出的问题，课后下载文献阅读。</p>	<p>引导学生思考，拓宽学生知识面，提高学生的文献阅读能力。</p>	

	<b>知识讲解二：哈希冲突的解决方法。</b> <b>知识点：</b> (1) 开放定址法 (2) 拉链法 通过看电影占座位的类比讲解开放定址法的思路，讲解开放定址法中的线性探测和平方探测两种方法。采用图示讲解拉链法。对比分析两种冲突解决方法的优缺点。	仔细听讲，理解开放定址法中的线性探查和平方探查两种方法，学习拉链法，思考并参与分析两种方法的优缺点。	通过类比法和图示法讲解两种哈希冲突的解决方法，帮助学生理解并掌握教学重点，为下一环节的主题研讨做知识储备。	
	<b>主题研讨二：</b> 给定一个学生信息表，请设计其存储结构，便于按学号查找学生信息。 让学生分组讨论。两组采用顺序表存储，两组采用哈希表存储并用开放定址法解决冲突，两组采用哈希表存储并用拉链法解决冲突。所有组给出讨论结果，并进行对比分析和点评。	根据老师设定的方案，进行存储结构设计，并将数据存储到设计的表中，计算平均查找长度。	让学生分成不同的组进行讨论，并给出讨论结果和数据分析，通过学生的组间讨论，增强学生学习的自主能动性。	
教学小结	<b>教学小结：</b> (1) 哈希函数的构造方法。 (2) 哈希冲突的解决方法。	参与小结、听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min
拓展	<b>知识拓展：</b> 哈希函数的构造方法多种多样，除了课堂上所学习到的三种方法之外，还有很多种方法，例如折叠法、随机数法、平方取中法等。鼓励学生课后搜索资料，了解哈希函数的其它构造方法。 <b>专利拓展：</b> 一种构造用于处理大规模词典的完美哈希函数的方法	了解技术课后阅读	1、通过知识拓展，开阔学生眼界，提高专业站位。 2、通过专利阅读，培养学生的自学能力和创新创业能力。	3min
作业	<b>课后作业：</b> (1) 编程实现主题研讨二的程序。 (2) 完成在线作业。 (3) 搜索资料，了解其它的哈希函数构造方法。	编程实践 完成线上作业，搜索资料	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生及时复习和自主学习。	1min

## 九、教学反思

通过本次课的学习,学生了解了哈希表的应用场景,掌握了哈希表的查找技术。两个主题研讨的设计让学生变被动接受知识为主动获取知识,从不同种方案设计中分析研讨出最优解。在教学过程中,利用装填因子的取值问题教育学生**辩证思维**看问题,培养学生的学习观。

在主题研讨二的过程中,学生对哈希函数的构造还是稍有欠缺,可见学生对本节课的知识掌握程度还不够,因此老师在课后提供文献资料供学生阅读,同时也布置了相应的编程作业,做到教、学、做一体化,从帮助学生加深掌握程度。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“哈希表基本概念”视频,了解哈希表、哈希函数、哈希地址和哈希冲突等相关概念。

(2) 观看“哈希函数”和“哈希冲突”微课视频,了解各类线性表查找算法原理。

### 2、课后作业

(1) 完成实践平台 Educoder 上的闯关项目和“学习通”上的章节测验。

(2) 阅读资料,搜索资料,了解其它的哈希函数构造。

(3) 编程实现主题研讨二的程序

## 十一、参考资料

[1] 李春葆等. 数据结构教程(第5版). 北京:清华大学出版社,2017年8月.

[2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构(C语言版|第2版). 北京:人民邮电出版社,2015年2月.

[3] 陈越. 数据结构(第2版). 北京:高等教育出版社,2016年6月.

[4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京:高等教育出版社,2008年6月.

[5] 龚才春. "一种构造用于处理大规模词典的完美哈希函数的方法." CN.



附：

## 板书设计

### 哈希函数构造

#### 1、直接定址法

$$h(k)=k+c$$

#### 2、除留余数法

$$h(k)=k \bmod p \ (p \leq m)$$

#### 3、数字分析法

## 教学内容

### 一、引入-----3min

两个案例引入：

#### (1) QQ 登录

QQ 号码现在已经达到 10 位数——数十亿的规模容量。在登录 QQ 的时候，QQ 服务器如何核对你的身份，以确定你就是该号码的主人？首先要查找到你的 QQ 号，取出对应的密码与你刚刚输入的密码进行匹配。那么如何快速查找到 QQ 号呢？前面学过了二分法查找， $2^{30}$  约十亿，即 30 次就可以找到，这对计算机是瞬间的事情。但是二分法要求 QQ 号按大小有序存储，那如果要插入（某人成功申请一个 QQ 号码）或删除（某个 QQ 号长期不用被注销），需要移动大量数据，这个代价是不能接受的。有没有更好的方法呢？

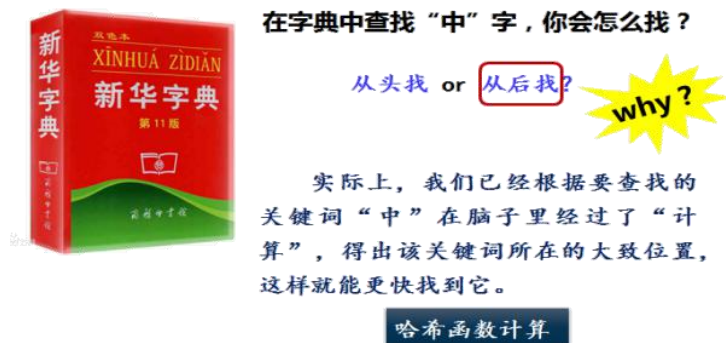


**QQ号：10位数 十亿规模**  
**如何快速核对账号与密码呢？**  
**二分法查找：30次  $2^{30} \approx 10$ 亿**  
**要求存储按QQ号大小有序**  
**插入删除操作？**



## (2) 查字典

如果我想让你从一本新华字典中找到中国的“中”字，你肯定会翻到字典的后面去找，而不会从中间或者前面找起。因为“中”的拼音首字母是“Z”，而“Z”所在区域在字典的后面，这个过程是我们在脑子里预先计算得到的，这个计算过程中就类似本节课的哈希函数计算。

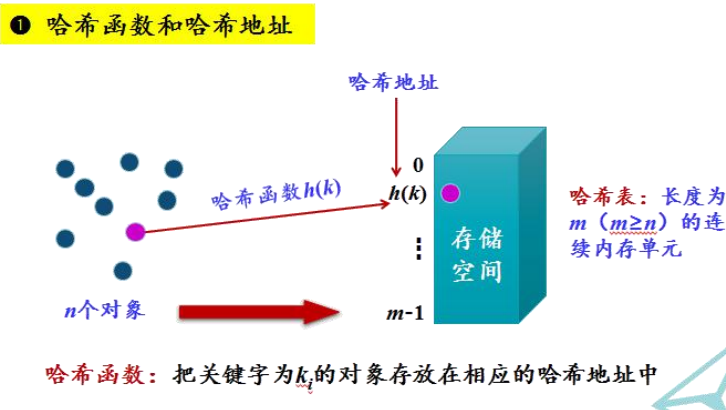


## 二、正文-----36min

### ● 知识讲解一：哈希表的概念

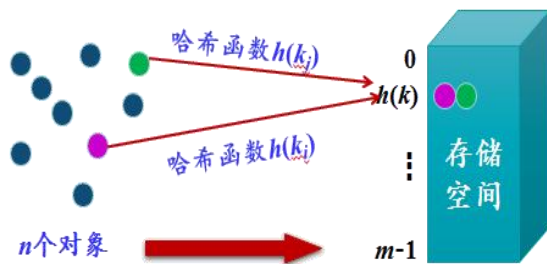
(1) 哈希表：哈希表又称散列表，它的基本思想是以数据对象的关键字 key 为自变量，通过一个确定的函数关系  $h$ ，计算出对应的函数值  $h(\text{key})$ ，把这个值解释为数据对象的存储地址，并按此存放，即“存储位置= $h(\text{key})$ ”。

(2) 哈希函数和哈希地址：上述方法中使用的计算函数称为哈希函数，计算所得的存储位置称为哈希地址。



(3) 哈希冲突：在构建哈希表时，存在两个关键字  $k_i$  和  $k_j$  ( $i \neq j$ ) 有  $k_i \neq k_j$ ，但会出现  $h(k_i) = h(k_j)$  的情况，把这种现象叫哈希冲突 (hash collisions)。

## ② 哈希冲突



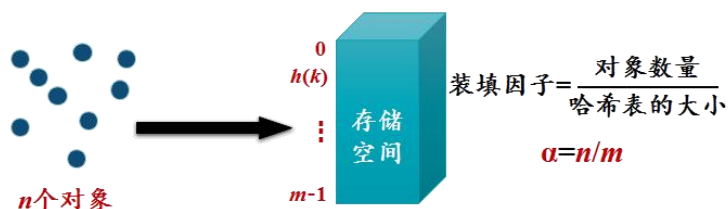
### ● 主题研讨一：哈希表查找性能相关因素？

研讨过程中引导学生从哈希冲突这个角度着手思考，并要求学生按组给出讨论结果，发送到线上讨论区，老师根据学生讨论结果进行点评，并介绍哈希查找性能相关的 3 个主要因素。

(1) 与装填因子有关。装填因子  $\alpha = \text{存储的记录个数} / \text{哈希表的大小} = n/m \rightarrow \alpha$  越小，冲突的可能性就越小； $\alpha$  越大（最大可取 1），冲突的可能性就越大。通常使最终的控制 在 0.6~0.9 的范围内。

(2) 与所采用的哈希函数有关。好的哈希函数会减少冲突的发生；不好的哈希函数会增加冲突的发生。

(3) 与解决冲突方法有关。好的哈希冲突解决方法会减少冲突的发生。



$\alpha$  越小，冲突的可能性就越小； $\alpha$  越大（最大可取 1），冲突的可能性就越大。

$\alpha$  越小，存储空间的利用率就降低；反之利用率越高。

为了兼顾，通常  $\alpha$  控制在 0.6-0.9 的范围内。

辩证思想

### ● 知识讲解二：哈希函数构造

#### (1) 直接定址法

直接定址法是以关键字  $k$  本身或关键字加上某个数值常量  $c$  作为哈希地址的方法。直接定址法的哈希函数  $h(k)$  为：

$$h(k) = k + c$$

## (2) 除留余数法

除留余数法就是把  $n$  个记录按关键字映射的  $0 \sim m-1$  的哈希空间中。而模  $p$  (素数) 时出现冲突的可能性更小。除留余数法的哈希函数  $h(k)$  为:

$$h(k) = k \bmod p \quad (\text{mod 为求余运算, } p \leq m)$$

$p$  最好是质数 (素数)。

## (3) 数字分析法



由于课时限制, 这里只介绍了数值型关键字的 3 种哈希函数构造方法。然后通过一个具体实例详细演示了除留余数法的哈希表构建过程。

### ● 实例讲解

假设哈希表长度  $m=13$ , 采用除留余数法哈希函数建立如下关键字集合的哈希表(16, 74, 60, 43, 54, 90, 46, 31, 29, 88, 77), 共 11 个关键字。

(讲解完后引导学生思考创新, 让学生思考非数值型关键字数据的哈希函数如何构造?)

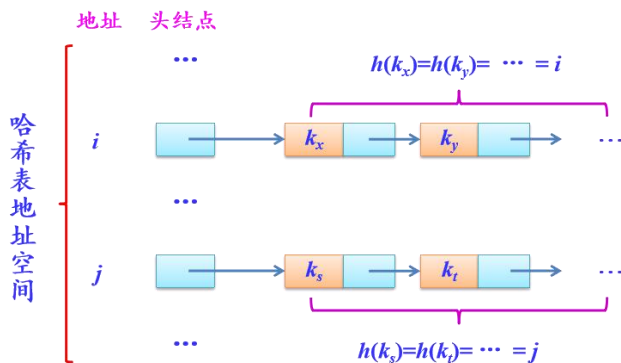
### ● 知识讲解二: 哈希冲突的解决方法

(1) 开放定址法 (open addressing):

线性探测法和平方探测法。

(2) 拉链法 (chaining)

通过看电影占座位的类比讲解开放定址法的思路, 讲解开放定址法中的线性探测和平方探测两种方法。采用图示讲解拉链法。对比分析两种冲突解决方法的优缺点。



## ● 主题研讨二

给定一个学生信息表，请设计其存储结构，便于按学号查找学生信息。

让学生分组讨论。两组采用顺序表存储，两组采用哈希表存储并用开放定址法解决冲突，两组采用哈希表存储并用拉链法解决冲突。所有组给出讨论结果，并进行对比分析和点评。

## 三、教学小结-----2min

(1) 哈希函数的构造方法。

(2) 哈希冲突的解决方法。

## 四、拓展-----2min

知识拓展：

哈希函数的构造方法多种多样，除了课堂上所学习到的三种方法之外，还有很多种方法，例如折叠法、随机数法、平方取中法等。鼓励学生课后搜索资料，了解哈希函数的其它构造方法。

专利拓展：



一种构造用于处理大规模词典的完美哈希函数的方法.pdf

## 五、作业-----1min

- (1) 编程实现主题研讨二的程序。
- (2) 完成在线作业。
- (3) 搜索资料，了解其它的哈希函数构造方法。

## 18.插入排序

授课题目：插入排序

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 10 章第 2 小节。排序是计算机程序设计中的一种重要操作，在很多领域中都有广泛的应用。如各种升学考试的录取工作，日常生活的各类竞赛活动等都离不开排序。插入排序是排序算法中比较常见的一类，其基本思想是：每次将一个待排序的元素按其关键字大小插入到前面已经排好序的字表中的适当位置，直到全部元素插入完成位置。

本讲内容主要包括插入排序的基本思想及三种不断改进的插入排序方法，即直接插入排序、折半插入排序和希尔排序。学生通过本讲的学习，需要理解插入排序的思路，掌握三种插入排序算法的设计及实现，学会分析三种排序算法的效率。

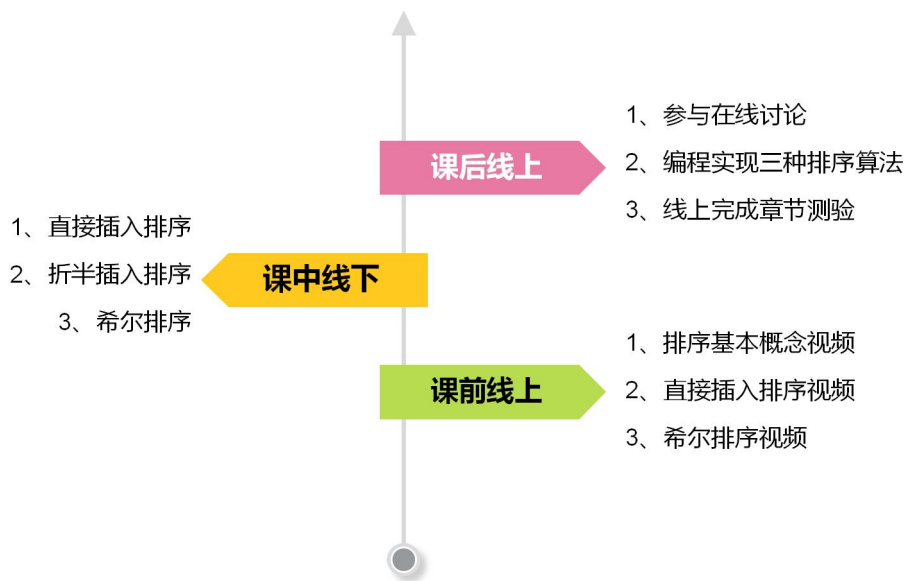
### 二、 学情分析

排序是教学大纲中最后一章内容，学生与老师相处了近一个学期，已经非常了解老师的教学方式，也适应了老师的教学节奏，可以较好地参与到老师的课堂教学设计中。

排序的概念可以说学生从小就开始接触。排序算法学生也在之前学习过的《C 语言程序设计》课程中有所接触，已经掌握了一些简单排序算法的实现。但是学生对各种排序算法的性能分析以及如何进行算法改进以提高算法效率方面的知识并未涉及，需要老师在教学过程中重点介绍。学生在学习本节课之前已经学习了排序基本概念，已经掌握了基于比较的排序算法时间复杂度分析的两个主要因素，因此在整个教学环节中，能够较好地参与到老师设计的问题探究、主题研讨和课堂练习等环节。



### 三、 教学思路



首先以“扑克牌抓牌”为切入点，引出直接插入排序；然后引导学生思考通过提高查找插入位置的效率来对算法进行优化，从而引出折半插入排序，让学生通过分组学习掌握折半插入排序算法并进一步加深理解直接插入排序；接着提出逆序对的概念，让学生理解要提高算法效率，在每次交换时需要消去不止 1 个逆序对，于是提出希尔排序并进行讲解。由于希尔排序的时间复杂度分析比较复杂，因此采用具体实例先让学生分组讨论并计算，再进行组间对比研讨，让学生通过组内讨论和组间研讨掌握希尔排序的算法性能分析方法。最后介绍多位大师提出的希尔排序增量序列，引导学生课后查阅资料继续钻研，培养学生的**探究意识**和**创新精神**。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

**知识目标：**

- (1) 理解插入排序的基本思路。
- (2) 掌握直接插入排序和折半插入排序的过程和算法实现。
- (3) 掌握希尔排序的过程和算法实现。

**能力目标：**

- (1) 引导学生通过提高查找插入位置的效率对算法进行优化，培养学生的创新能力。

(2) 通过三种算法的学习和对比，培养学生逻辑思维能力，提高学生探究意识。

#### 情感目标：

(1) 通过教学环节中的启发和引导，使学生真正树立自信，身心真正投入到课程学习的各个环节，促进教学质量的提高。

(2) 通过各位大师提出的希尔排序增量序列的介绍，增强学生的探究意识，鼓励学生积极钻研的治学态度。

## 五、思政育人

### 大师猜想——创新、拼搏

希尔算法的性能与所选取的分组长度序列有很大关系。只对特定的待排序记录序列，可以准确地估算关键词的比较次数和对象移动次数。想要弄清关键词比较次数和记录移动次数与增量选择之间的关系，并给出完整的数学分析，至今仍然是数学难题。通过介绍从算法提出到现在多位大师想出的增量序列及具体性能分析，教育学生向各位大师学习，要具有攻坚克难的**拼搏精神**。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**直接插入排序和折半插入排序。

**教学难点：**希尔排序。

**重点及难点的处理：**

首先通过抓牌方式，引出重点内容直接插入排序；通过传统讲授教学法讲解直接插入排序，突出重点；再用问题探究引出重点内容折半插入排序，设置自学及点评环节让学生课堂掌握重点。最后通过知识讲解及主题研讨，化解难点希尔排序。

## 七、教学方法

### 1、游戏教学法

利用学生感兴趣的扑克牌游戏吸引学生注意力，通过邀请学生上台演示，增加师生互动，让学生全身心投入到课堂学习中。

### 2、讲授教学法

由于直接插入排序算法较易理解，因此采用传统的讲授法，让学生快速掌握算法的原理及实现。

### 3、研讨式教学法

通过一个具体实例，让学生分组讨论希尔排序的增量序列，并给出具体排序过程，计算排序的性能，培养学生求真务实的精神。

#### 4、多媒体辅助教学法

在教学过程中利用动画生动具体的展现排序算法的求解过程，让学生更直观地了解算法求解思路。

#### 5、启发式教学法

强调师生互动，使学生自主学习，掌握从直接插入排序到折半插入排序再到希尔排序，层层改进的原理。

### 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<b>“斗地主”游戏引入：</b> 首先提问学生，玩过“斗地主”游戏？然后继续提问学生抓牌插牌的方式，并邀请学生上台展示其抓牌方式，引出本堂课教学主题——插入排序。	回忆自己的抓牌方式，参与演示，思考抓牌方式与插入排序的联系	利用学生感兴趣的扑克牌游戏吸引学生注意力，通过邀请学生上台演示，增加师生互动，让学生全身心投入到课堂学习中。	3min
教学过程	<b>知识讲解一：</b> 直接插入排序的过程及算法实现 <b>知识点：</b> (1) 排序思路 (2) 排序算法 (3) 排序分析 通过图示法演示直接插入排序的思路，然后采用动画讲解算法的实现，最后对算法进行分析。	仔细听讲，理解直接插入排序的思路，并掌握直接插入排序算法的实现，参与分析算法的性能	直接插入排序是后两种排序的基础，采用图示加动画配合讲解，让学生直观感受且印象深刻，便于学生理解掌握。	36min
	<b>问题探究：</b> 如何改进直接插入排序？ 引导学生联想前面章节中学习过折半查找是否可以替换直接插入排序中顺序查找插入位置的步骤，从而提高排序性能。	回忆学习过的查找知识，思考改进方案，认真听讲	通过问题探究引出下一环节的内容，同时培养学生的创新能力，教育学生算法的改进需要不断探索。	

	<p><b>分组自学：</b>折半插入排序算法的实现</p> <p>引导学生将折半查找融入到直接插入排序的过程中，从而实现折半插入排序算法。要求学生在课堂上写出算法拍照到讨论区，计入平时成绩。老师对学生学习情况进行总结讲解。</p>	自主学习折半插入排序，与小组同学讨论，思考算法改进的过程	学生已经学习过折半查找，此处让学生分组自学，提高学生的主观能动性，让学生在自学中感受算法改进的美妙。	
	<p><b>知识讲解二：</b>希尔排序的过程及算法实现。</p> <p><b>知识点：</b></p> <p>(1) 逆序对的概念</p> <p>(2) 希尔排序的原理</p> <p>(3) 希尔排序的算法实现</p> <p>提出逆序对的概念，引导学生思考通过增加交换元素的间隔距离达到排序效率上的提升，从而引出希尔排序并采用动画演示配合讲解。</p>	认真听讲，理解逆序对的概念，思考并回答希尔排序效率提高的原理，观看动画学习并掌握希尔排序的算法实现	增加教材中没有的逆序对概念讲解，让学生能够更好地理解希尔排序的由来，从而掌握希尔排序的原理及算法实现。	
	<p><b>主题研讨：</b>给定一个具体整数序列，让学生分组选定希尔排序的增量序列，并对给定整数序列进行希尔排序，分析计算排序的效率。</p> <p>(在研讨过程中，引导学生思考增量序列设置对排序算法效率的影响。)</p>	分组讨论解决问题，组间比较研讨，最终选出最优的一组方案	引导学生在实现算法前需要列出关键问题并解决。	
拓展	<p><b>知识拓展：</b>常见的希尔排序增量序列</p> <p>介绍多位大师提出的希尔排序增量序列及性能分析数据。希尔排序算法的时间复杂度难以分析，至今仍是数学难题。</p> <p><b>文献拓展：</b></p> <p>(1) 希尔排序算法设计思想研究</p> <p>(2) 希尔排序最佳增量序列研究</p>	认真记录各个增量序列，思考并比较其性能数据，提高自己的探索动力	多种数据介绍，拓宽学生的知识面。抛出数学难题，激发学生 <b>探索求真</b> 和 <b>攻坚克难</b> 的 <b>拼搏精神</b> 。	3min

教学小结	<b>教学小结:</b> (1) 直接插入排序的原理及算法实现。 (2) 折半插入排序的过程及算法实现。 (3) 希尔排序的原理及算法实现。	参与小结、加深课堂教学内容的理解及掌握	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min
作业	<b>课后作业:</b> (1) 编程实现三种排序算法, 观察对比其绝对执行时间。(参与在线讨论。) (2) 阅读文献资料, 思考希尔排序的增量序列选择的一般规律。	课后完成在线讨论	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考讨论。 3、培养学生阅读文献的能力。	1min

## 九、教学反思

引入部分用“斗地主”游戏成功吸引学生的注意力, 让学生能够全身心投入到课堂中。通过邀请学生上台演示抓牌过程, 增强了师生互动, 活跃了课堂气氛, 同时也提升了学生继续学习的兴趣。在教学环节设计中, 采用知识讲解、问题探究、分组自学和主题研讨等多种教学方式, 层层递进, 达到突出重点化解难点的良好教学效果。

排序算法的深入掌握还需依靠编程实践来完成, 因此在课后需要为学生设置大量的编程任务督促学生进一步将知识转换成能力, 从而提高自身的核心竞争力。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“排序基本概念”视频, 掌握内排序、外排序、稳定和不稳定等排序的相关概念。

(2) 观看“直接插入排序”和“希尔排序”预学微课视频, 了解两种排序算法的基本思路。

(3) 查找资料, 了解各种排序算法。

### 2、课后作业

(1) 完成实践平台 Educoder 上的闯关项目和“学习通”上的章节测验。

(2) 阅读资料, 搜索资料, 了解其它的希尔排序增量序列。

(3) 编程实现三种排序算法, 观察对比其绝对执行时间。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程 (第 5 版). 北京: 清华大学出版社, 2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构 (C 语言版|第 2 版). 北京: 人民邮电出版社, 2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京: 高等教育出版社, 2008 年 6 月.
- [5] 谢婷. 希尔排序算法设计思想研究[J]. 铜陵学院学报, 2016(2):111-112.
- [6] 张连堂, 张博. 希尔排序最佳增量序列研究[J]. 韶关学院学报(自然科学版), 2005, 26(006):15-18.

附:

### 板书设计

#### 插入排序

- 1、直接插入排序----- $O(n^2)$
- 2、折半插入排序----- $O(n^2)$
- 3、希尔排序----- $O(n^{1.3})$

### 教学内容

#### 一、引入-----3min

首先提问学生, 玩过“斗地主”游戏? 然后继续提问学生抓牌插牌的方式, 并邀请学生上台展示其抓牌方式, 引出本堂课教学主题——插入排序。利用学生感兴趣的扑克牌游戏吸引学生注意力, 通过邀请学生上台演示, 增加师生互动, 让学生全身心投入到课堂学习中。





## 二、正文-----36min

## ● 知识讲解一：直接插入排序

插入排序的基本思想是：每次将一个待排序的元素按其关键字大小插入到前面已经排好序的字表中的适当位置，直到全部元素插入完成为止。

插入排序的基本步骤：

- ◆ 在  $R[1..i-1]$  中查找  $R[i]$  的插入位置  $R[1..j].key \leq R[i].key < R[j+1..i-1].key$
- ◆ 将  $R[j+1..i-1]$  中的所有记录均后移一个位置
- ◆ 将  $R[i]$  插入到  $R[j+1]$  的位置上

通过图示法演示直接插入排序的思路，然后采用动画讲解算法的实现，最后对算法进行分析。

## 【PPT 课件演示】

**代码**

```
void InsertSort(SqlList &L)
{
    for(j=2;j<=L.length;j++)
        if(L.r[j].key<L.r[j-1].key)
        {
            L.r[j]=L.r[j-1];
            L.r[j-1]=L.r[j];
            for(i=j-2;L.r[i].key<L.r[j].key;i--)
                L.r[i+1]=L.r[i];
            L.r[i+1]=L.r[j];
        }
}
```

**变量**

i=

j=

L.r[0]=

**步骤**

① 设待排序的记录存放在数组  $r[1..n]$  中， $r[1]$  是一个有序序列。  
 ② 循环  $n-1$  次，每次使用顺序查找法，查找  $r[i]$  ( $i = 2, \dots, n$ ) 在已排好序的序列  $r[1..i-1]$  中的插入位置，然后将  $r[i]$  插入到长度为  $i-1$  的有序序列  $r[1..i-1]$ ，直到将  $r[n]$  插入到长度为  $n-1$  的有序序列  $r[1..n-1]$ ，最后得到一个表长为  $n$  的有序序列。

**代码描述**

对顺序表L做直接插入排序

**动画演示**

请输入待排序的数(0~99):

34 5 26 7 9 18

OK

**最好的情况（关键字在记录序列中正序）：**

“比较”的次数： $\sum_{i=1}^{n-1} 1 = n-1$       “移动”的次数：0      最好： $O(n)$

**最坏的情况（关键字在记录序列中反序）：**

“比较”的次数： $\sum_{i=1}^{n-1} i = \frac{n(n-1)}{2}$       “移动”的次数： $\sum_{i=1}^{n-1} (i+2) = \frac{(n-1)(n+4)}{2}$       最坏： $O(n^2)$

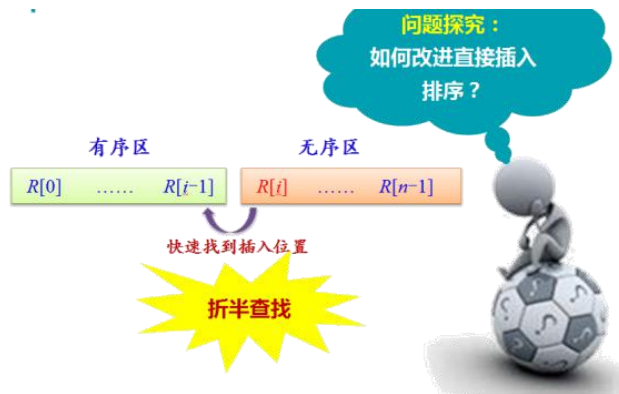
**总的平均比较和移动次数约为**

$\sum_{i=1}^{n-1} (\frac{i}{2} + \frac{i}{2} + 2) = \sum_{i=1}^{n-1} (i+2) = \frac{(n-1)(n+4)}{2} = O(n^2)$       平均： $O(n^2)$

## ● 问题探究：如何改进直接插入排序？

引导学生联想前面章节中学习过折半查找是否可以替换直接插入排序中顺序查找插入位置的步骤，从而提高排序性能。通过问题探究引出下一环节的内容，同时培养学生的创新能力，教育学生算法的改进需要不断探索。

## 【PPT 课件演示】



### ● 分组自学：折半插入排序算法的实现

引导学生将折半查找融入到直接插入排序的过程中，从而实现折半插入排序算法。要求学生在课堂上写出算法拍照到讨论区，计入平时成绩。老师对学生学习情况进行总结讲解。

```
void BinInsertSort(RecType R[], int n)
{
    int i, j, low, high, mid;
    RecType tmp;
    for (i=1;i<n;i++)
    {
        if (R[i].key<R[i-1].key)    //反序时
        {
            tmp=R[i];    //将 R[i]保存到 tmp 中
            low=0; high=i-1;
            while (low<=high)    //在 R[low..high]中查找插入的位置
            {
                mid=(low+high)/2; //取中间位置
                if (tmp.key<R[mid].key)
                    high=mid-1;    //插入点在左半区
                else
                    low=mid+1;    //插入点在右半区
            }    //找位置 high
            for (j=i-1;j>=high+1;j--) //记录后移
                R[j+1]=R[j];
            R[high+1]=tmp;    //插入 tmp
        }
    }
}
```

### ● 知识讲解二：希尔排序的过程及算法实现。

(1) 逆序对的概念：对于下标  $i < j$ ，如果  $A[i] > A[j]$ ，则称  $(i, j)$  是一对逆序对。

每次交换 2 个相邻元素，正好消去 1 个逆序对！

插入排序： $T(N, I) = O(N+I)$  插入排序的效率与逆序对的数量有关，要提高算法效率，就必须每次消去不止 1 个逆序对，可采用交换相隔较远的 2 个元素来进行改进！

(2) 希尔排序的原理

将待排序的一组元素按一定间隔分为若干个序列，分别进行插入排序。开始时设置的间隔较大，在每轮排序中将间隔逐步减小，直到“间隔”为 1，也就是最后一步是进行直接插入排

序。

### (3) 希尔排序的算法实现

```
void ShellSort(RecType R[], int n)
{
    int i, j, d;
    RecType tmp;
    d=n/2;      //增量置初值
    while (d>0)
    {
        for (i=d;i<n;i++)
        {
            //对相隔 d 位置的元素组直接插入排序
            tmp=R[i];
            j=i-d;
            while (j>=0&&tmp.key<R[j].key)
            {
                R[j+d]=R[j];
                j=j-d;
            }
            R[j+d]=tmp;
        }
        d=d/2;    //减小增量
    }
}
```

### 【PPT 课件演示】

用直观的动画给学生讲解希尔排序的过程。



- **主题研讨：**给定一个具体整数序列，让学生分组选定希尔排序的增量序列，并对给定整数序列进行希尔排序，分析计算排序的效率。

整数序列：1、9、2、10、3、11、4、12、5、13、6、14、7、15、8、16

若按照最原始的希尔排序增量序列对此题进行排序，会得到最坏的结果，多趟划分后最终回到直接插入排序，因此在讨论过程中要引导学生思考出不同的增量序列来进行求解。

### 三、拓展-----3min

**知识拓展：**常见的希尔排序增量序列

介绍多位大师提出的希尔排序增量序列及性能分析数据。希尔排序算法的时间复杂度难以分析，至今仍是数学难题。


#### ■ Hibbard 增量序列


- $D_k = 2^k - 1$  — 相邻元素互质
- 最坏情况：  $T = O(N^{3/2})$
- 猜想：  $T_{avg} = O(N^{5/4})$

#### ■ Sedgewick 增量序列

- {1, 5, 19, 41, 109, ... }
- $9 \times 4^i - 9 \times 2^i + 1$  或  $4^i - 3 \times 2^i + 1$
- 猜想：  $T_{avg} = O(N^{7/6})$ ,  $T_{worst} = O(N^{4/3})$

**文献拓展：**

 希尔排序算法设计思想研究.pdf

 希尔排序最佳增量序列研究.pdf

### 四、教学小结-----2min

- (1) 直接插入排序的原理及算法实现。
- (2) 折半插入排序的过程及算法实现。
- (3) 希尔排序的原理及算法实现。

### 五、作业-----1min

- (1) 完成实践平台 Educoder 上的闯关项目和“学习通”上的章节测验。
- (2) 阅读资料，搜索资料，了解其它的希尔排序增量序列。
- (3) 编程实现三种排序算法，观察对比其绝对执行时间。

## 19. 交换排序

授课题目：交换排序

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 10 章第 3 小节的内容。所谓排序就是将一组无序的记录序列调整为有序的记录序列，是计算机处理问题时经常会遇到的一项工作。一个排序算法是指一种能将一串记录序列按照某种特定的方向进行调整的一种方法。交换，就是根据序列中两个记录键值的比较结果来对换这两个记录在序列中的位置，交换排序的特点是：将键值较大的记录向序列的尾部移动，键值较小的记录向序列的前部移动。

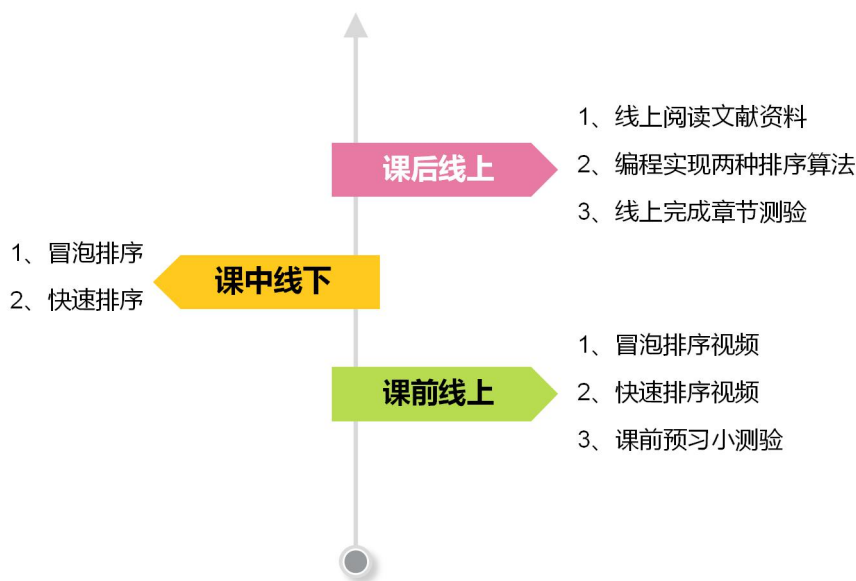
对于大数据量的排序，排序算法的效率非常关键，本讲内容主要讲解交换类的两种排序算法：冒泡排序和快速排序，通过两种算法一简一繁、一慢一块的对比，启示学生算法改进需要**创新探索精神**和**坚持不懈**的努力。

### 二、 学情分析

授课对象是大二的学生，学生已经在大一学习了《C 语言程序设计》与《面向对象程序设计》两门课程，对简单的排序算法有了一定的了解，在前面的课程中也学习了插入类排序算法，已经掌握了基于比较的排序算法时间复杂度分析的两个主要因素，以及三种插入类排序的改进过程。冒泡排序对学生而言，是比较熟悉的一种排序算法，因此在讲解过程中，应该着重帮助学生回顾和复习该算法的实现和改进，以及对算法的分析。

快速排序一趟划分在线性表的应用例题中为学生讲过，此节课可再次帮助学生回忆起来。分而治之的理念学生可能会有些难以理解其真髓，需要老师着重分析，以求让学生达到掌握的程度。

### 三、 教学思路



排序的方法非常多，学生在学习过程中比较容易混淆。课前为学生制作了两两种排序算法的微课视频，督促学生提前做好预习，并且通过课前小测验让学生可以自主检验预习效果。课上首先通过小鱼吐泡的生活场景引出冒泡排序，让学生在脑海中能够留下深刻印象；然后以学生学习研讨为主、教师引导为辅，让学生在轻松的氛围中掌握冒泡排序算法及其改进。快速排序的划分，学生在第二章顺序表的算法设计内容中就有接触，因此先讲解其分而治之的基本原理，再通过动画回顾划分过程，然后给出具体实例让学生分组讨论并给出快速排序过程，最后通过课堂小测验了解学生的知识掌握情况。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解交换排序的基本思路。
- (2) 掌握冒泡排序的过程及算法实现。
- (3) 掌握快速排序的过程及算法实现。

#### 能力目标：

- (1) 通过思考冒泡排序算法的改进，培养学生分析问题、解决问题的能力。
- (2) 通过快速排序算法的分析，培养学生计算思维能力和逻辑推理能力，通过设



问和讨论的方法，培养学生的独立思考能力及自主学习能力。

#### 情感目标：

- (1) 通过分组讨论，让学生在讨论中增进同学情谊，在讨论中掌握知识，增强学习自信心。
- (2) 通过快速排序的原理学习，让学生明白遇到大问题时，可改变常规思路，采用分而治之的方式去解决问题。

## 五、思政育人

### 1、不断改进、追求革新

通过探究冒泡排序的改进，培养学生在算法设计中的精益求精、严谨耐心、追求革新的工匠精神。

### 2、分而治之

用快速排序算法的分治法思想，教育学生遇到难解问题时，尝试改变思考方式，更换角度，分而治之有时也会获得意想不到的效果。

## 六、教学重点与难点

**教学重点：**冒泡排序和快速排序的算法实现。

**教学难点：**快速排序算法。

**重点及难点的处理：**

用小鱼吐泡泡的生活场景，引出重点内容冒泡排序；通过主题研讨方式让学生自主学习冒泡排序，突出重点；再用知识回顾引出重点内容快速排序，通过具体实例演示快速排序的过程，利用问题探究方式引导学生思考并理解快速排序中选择基准元素的方法，从而化解难点。

## 七、教学方法

### 1、研讨式教学法

由于冒泡排序算法学生在 C 语言程序设计课程中就有接触，具有一定的学习基础，因此采用学生分组研讨的方式学习，并通过小组研讨掌握冒泡排序的改进方法。

### 2、启发式教学法

强调师生互动，使学生主动探究，掌握从冒泡排序到快速排序的改进原理。通过思考题的提出，启发学生课后持续思考，培养学生深入钻研的习惯。

### 3、线上线下混合式教学法

课堂练习采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的知识掌握情况，也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后作业的布置也运用了线上课堂。

### 4、多媒体辅助教学法

在教学过程中利用动画生动具体的展现冒泡排序算法和快速排序算法的过程，让学生更直观地了解排序思路。

## 八、教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	利用小鱼吐泡泡的生活场景，形象的引出本节课的第一个算法——冒泡排序。	想象泡泡上浮的过程，记住冒泡排序。	引出本节课的主线，吸引学生注意力，加深冒泡排序在学生脑海中的印象。	1min
教学过程	<b>知识讲解：</b> 冒泡排序的原理 通过气泡动画展示冒泡排序算法的一趟排序过程，讲解其排序原理。	观看动画，仔细听讲，思考并理解排序原理。	让学生掌握冒泡排序的原理，利用动画帮助学生更好地理解算法。	36min
	<b>主题研讨：</b> 冒泡排序算法的实现 在研讨过程中启发学生用不同的冒泡方式进行实现，并对实现的程序进行改进。 学生研讨完后点评并用特例讲解算法的可改进点。	分组讨论，写代码，阐述观点。	学生已经接触过冒泡排序，让学生通过分组讨论唤醒记忆中的知识，并要求学生思考改进，培养学生探究精神。	
	<b>知识讲解：</b> 冒泡排序算法分析 分析最好情况、最坏情况和平均情况下，冒泡排序要需要的比较次数和移动次数，最终得出算法在各种情况下的时间复杂度。	参与计算比较次数和移动次数，认真听讲，理解时间复杂度的分析过程	算法分析是比较枯燥且较难理解的过程，这里通过具体数据计算来帮助学生掌握时间复杂度的分析。	

	<b>知识讲解：快速排序概念</b> <b>知识点：</b> (1) 快速排序原理 (2) 快速排序步骤 (3) 一趟划分的过程 通过动画和图示讲解，有助于学生的理解。	回顾划分的过程，思考快速排序的方法，理解掌握快速排序过程。	通过知识讲解让学生理解快速排序的原理、步骤及一趟划分的过程，为后面的分组讨论做准备。	
	<b>分组讨论：</b> 通过一个实例讨论快速排序的过程。 在讨论过程中要求学生写出过程并拍照发送到线上讨论区，计入平时成绩。	思考每一趟划分的基准元素选择，讨论得出实例的快速排序全过程。	通过分组讨论，让学生在相互交流中取长补短，最终达到共同掌握的目的。	
	<b>知识讲解：快速排序算法</b> <b>知识点：</b> (1) 快速排序算法实现 (2) 快速排序算法分析 (3) 快速排序算法改进 将学生讨论的过程与实现代码联系起来，帮助学生将理论知识转换成编程能力，启发学生通过改变基准元素选择方式改进算法。	联系前一环节的讨论结果，对比老师讲解的算法实现代码，达到掌握算法的目的。	通过知识讲解将理论联系实际，通过三个知识点的讲解，让学生了解学习算法的过程。最后通过启发式提问，培养学生 <b>创新精神</b> 。	
智慧课堂	<b>课堂小测验：</b> 通过两个考研题测试学生对快速排序的掌握情况，要求学生在线上课堂完成答题。	思考、线上作答、听老师讲解答案。	通过线上答题，考察学生对算法的掌握情况，通过讲解题目，进一步加深学生对算法的理解。	3min
课堂小结	<b>教学小结：</b> (1) 冒泡排序的特点。 (2) 快速排序的特点。	参与小结、听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min

知识拓展	<b>文献拓展：</b> 为学生推荐快速排序相关的参考文献，让学生课后阅读。 （1）用于解决生产调度冲突问题的并行快速排序算法 （2）针对快速排序改进的一些思考及其实现	课后阅读参考文献	让学生拓宽知识面，提高阅读文献能力。	2min
作业	<b>课后作业：</b> 编程实现两种算法，并对比绝对执行时间。 <b>思考题：</b> 快速排序的最坏时间复杂度为 $O(n^2)$ ，与冒泡排序相同。为什么快速排序更好？ （在课程网站上参与在线讨论。）	课后完成 在线讨论	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考讨论。	1min

## 九、教学反思

本次课最大的特色是综合运用启发式、探究式、研讨式等多样化的教学方法，注重在传授知识的同时注重培养学生独立思考与自主探究能力。课程内容以“交换类排序”为主线，层次清晰，知识结构合理，教学过程注重调动学生的学习积极性和创造性思维，且重点突出、逻辑严密、明了易懂，体现了以“学生为主体”的教学理念，符合学生的认知规律。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

- （1）观看“冒泡排序”和“快速排序”预学微课视频，了解两种排序算法的基本思路。
- （2）完成课前预习小测验。
- （3）查找资料，了解各种排序算法。

### 2、课后作业

- （1）完成实践平台 Educoder 上的闯关项目和“学习通”上的章节测验。
- （2）阅读文献资料，完成思考题。
- （3）编程实现两种排序算法，观察对比其绝对执行时间。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程 (第 5 版). 北京: 清华大学出版社, 2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构 (C 语言版|第 2 版). 北京: 人民邮电出版社, 2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构 (第 2 版). 北京: 高等教育出版社, 2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京: 高等教育出版社, 2008 年 6 月.
- [5] 王申重. 用于解决生产调度冲突问题的并行快速排序算法[J]. 科技通报, 2017, 33(1):106-109.
- [6] 李一达, 黄维通. 针对快速排序改进的一些思考及其实现[J]. 计算机教育, 2018, No.281(5):107-111+115.

附:

### 板书设计

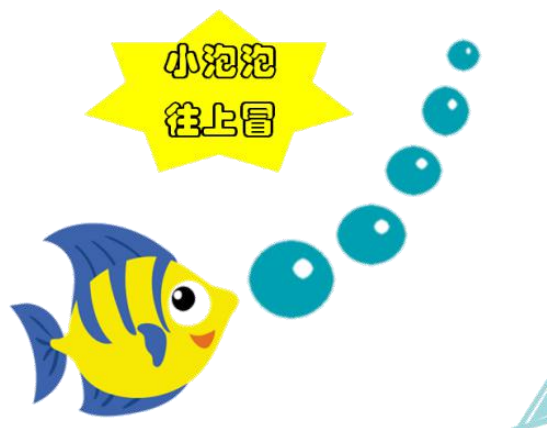
### 交换排序

2、冒泡排序	1、快速排序
(1) 最好的情况 “比较” : $n-1$ “移动” : 0	(1) 最好情况 时间: $O(n\log_2 n)$ 空间: $O(\log_2 n)$
(2) 最坏的情况 “比较” : $\sum_{i=0}^{n-1} (n-i-1) = \frac{n(n-1)}{2}$	(2) 最坏情况 时间: $O(n^2)$ 空间: $O(n)$
“移动” : $\sum_{i=0}^{n-2} 3(n-i-1) = \frac{3n(n-1)}{2}$	(3) 平均情况 时间: $O(n\log_2 n)$ 空间: $O(\log_2 n)$

### 教学内容

#### 一、引入-----1min

利用小鱼吐泡泡的生活场景, 形象的引出本节课的第一个算法——冒泡排序, 吸引学生注意力, 加深冒泡排序在学生脑海中的印象。



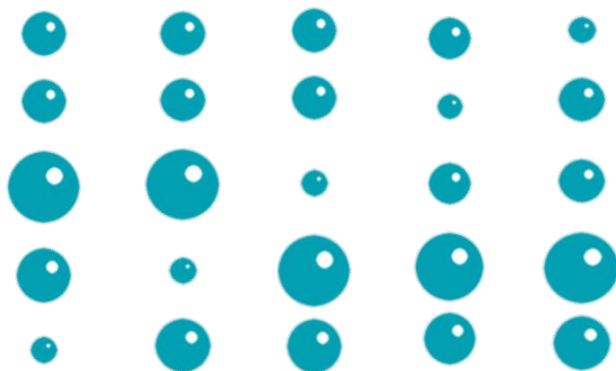
## 二、正文-----36min

### ● 知识讲解一：冒泡排序的原理

冒泡排序是通过两两比较相邻记录的关键字，如果发生逆序，则进行交换，从而使关键字小的记录如气泡一般逐渐往上“漂浮”，或者使关键字大的记录如石块一样逐渐向下“坠落”。

#### 【PPT 课件演示】

利用泡泡交换的动画，形象地演示冒泡排序的一趟排序。



### ● 主题研讨：冒泡排序算法的实现

在研讨过程中启发学生用不同的冒泡方式进行实现，并对实现的程序进行改进。学生研讨完后点评并用特例讲解算法的可改进点。

（未改进时程序实现如下，启发学生查找缺点。）

```
void BubbleSort(RecType R[], int n)
{
    int i, j; RecType temp;
    for (i=0; i<n-1; i++)
    {
        for (j=n-1; j>i; j--)//比较找本趟最小元素
```



```

        if (R[j].key<R[j-1].key)
            swap(R[j],R[j-1]);
    }
}

```

采用前面的冒泡排序方法对(2, 1, 3, 4, 5)进行排序



在每趟排序过程中增加标识符, 若一趟排序没有任何交换, 意味着所有元素都已排好序, 则可以结束, 不必进行下一次的排序了。

```

void BubbleSort(RecType R[], int n)
{
    int i, j; RecType temp;
    bool exchange;
    for (i=0; i<n-1; i++)
    {
        exchange=false;
        for (j=n-1; j>i; j--)//比较找本趟最小元素
            if (R[j].key<R[j-1].key)
                { swap(R[j],R[j-1]); exchange=true; }
        if (exchange==false) return; //中途结束算法
    }
}

```

#### ● 知识讲解二: 冒泡排序算法分析

分析最好情况、最坏情况和平均情况下, 冒泡排序要需要的比较次数和移动次数, 最终得出算法在各种情况下的时间复杂度。

(1) 最好的情况 (关键字在记录序列中正序): 只需进行一趟冒泡

“比较”的次数： $n-1$  “移动”的次数：0

(2) 最坏的情况（关键字在记录序列中反序）：需进行  $n-1$  趟冒泡

“比较”的次数： $\sum_{i=0}^{n-1} (n-i-1) = \frac{n(n-1)}{2}$

“移动”的次数： $\sum_{i=0}^{n-2} 3(n-i-1) = \frac{3n(n-1)}{2}$

所以冒泡排序最好时间复杂度为  $O(n)$ ，最坏和平均为  $O(n^2)$ 。

### ● 知识讲解三：快速排序思路

(1) 快速排序原理

快速排序使用分治法，将问题的规模减小，然后再分别进行处理。

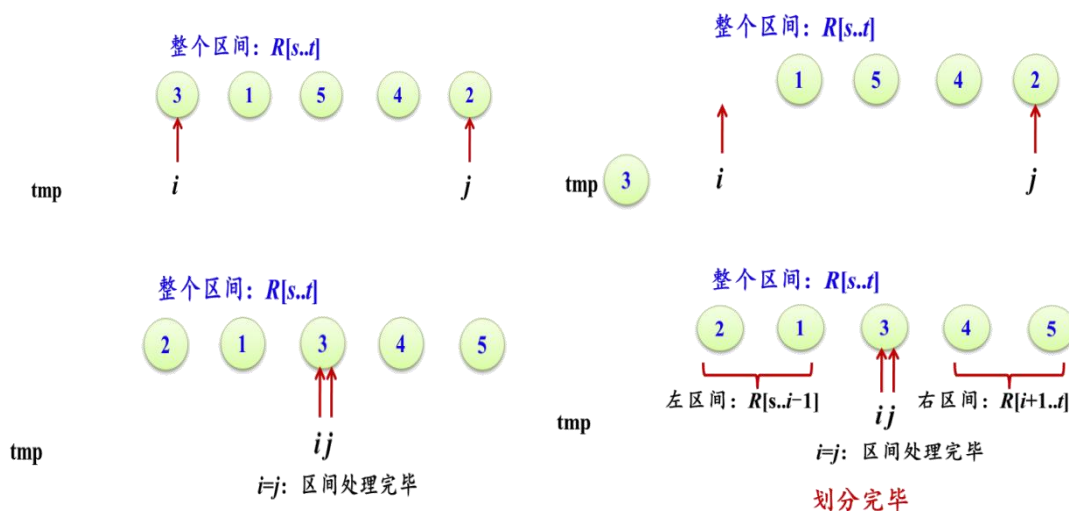
(2) 快速排序步骤

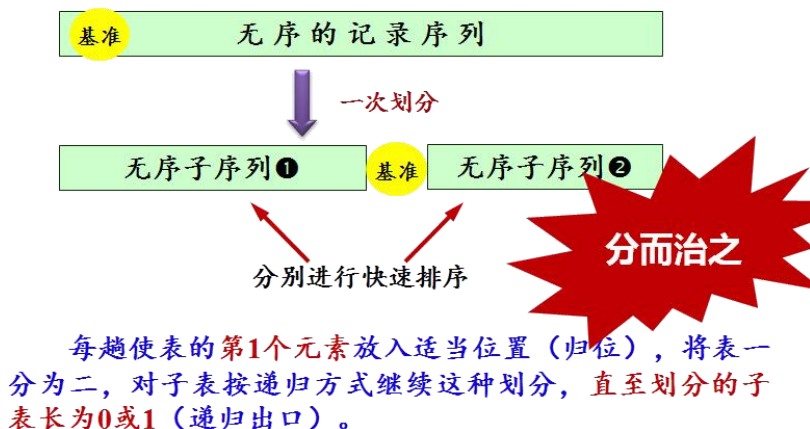
在待排序的  $n$  个元素中任取一个元素作为基准，将该元素放入适当位置后，数据序列被此元素划分成两部分，之后对产生的两部分重复上述过程，直到划分的子表长度为 1 或 0。

(3) 一趟划分的过程

通过动画和图示讲解，有助于学生的理解。

### 【PPT 课件演示】



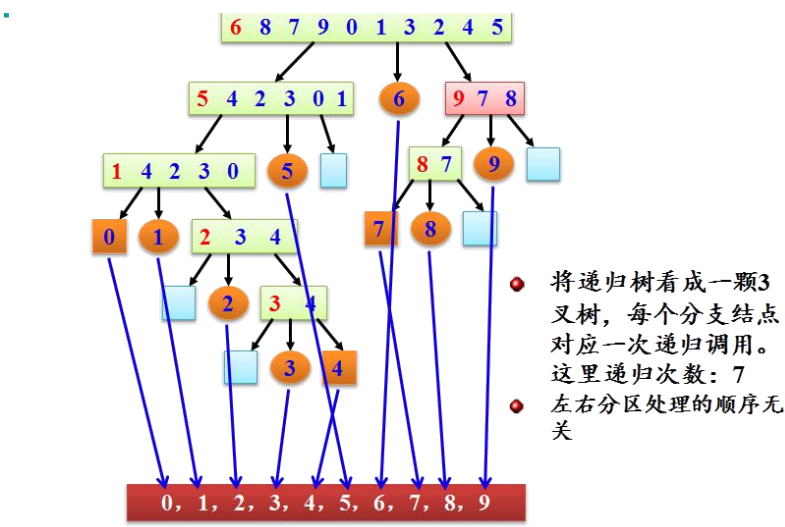


### ● 分组讨论

设待排序的表有 10 个记录，其关键字分别为（6，8，7，9，0，1，3，2，4，5）。说明采用快速排序方法进行排序的过程。

（在讨论过程中要求学生写出过程并拍照发送到线上讨论区，计入平时成绩。）

### 【PPT 课件演示】



### ● 知识讲解四：快速排序算法

（1）快速排序算法实现

```
void QuickSort(RecType R[], int s, int t)
//对 R[s]至 R[t]的元素进行快速排序
{
    int i=s, j=t;   RecType tmp;
    if (s<t)           //区间内至少存在 2 个元素的情况
    {
        tmp=R[s];      //用区间的第 1 个记录作为基准
        while (i!=j)    //两端交替向中间扫描，直至 i=j 为止
        {
            while (j>i && R[j].key>=tmp.key)    j--;
            while (i<j && R[i].key<=tmp.key)    i++;
            if (i<j) swap(R[i], R[j]);
        }
        R[s]=tmp;
    }
}
```

```

        R[i]=R[j];
        while (i<j && R[i].key<=tmp.key)    i++;
        R[j]=R[i];
    }

    R[i]=tmp;
    QuickSort(R, s, i-1);    //对左区间递归排序
    QuickSort(R, i+1, t);    //对右区间递归排序
}

//递归出口：不需要任何操作
}

```

### (2) 快速排序算法分析

最好情况：时间复杂度为  $O(n\log_2 n)$ ，空间复杂度为  $O(\log_2 n)$

最坏情况：此时时间复杂度为  $O(n^2)$ ，空间复杂度为  $O(n)$ 。

平均情况：时间复杂度为  $O(n\log_2 n)$ ，空间复杂度为  $O(\log_2 n)$ 。

### (3) 快速排序算法改进

尝试修改基准元素的选择方式，以提高划分情况，使其尽量接近最好情况。

将学生讨论的过程与实现代码联系起来，帮助学生将理论知识转换成编程能力，启发学生通过改变基准元素选择方式改进算法。

## 三、智慧课堂-----3min

通过两个考研题测试学生对快速排序的掌握情况，要求学生在线上课完成答题。

1、采用递归方式对顺序表进行快速排序，下列关于递归次数的叙述中，正确的是（ ）。

- A. 递归次数与初始数据的排列次序无关
- B. 每次划分后，先处理较长的分区可以减少递归次数
- C. 每次划分后，先处理较短的分区可以减少递归次数
- D. 递归次数与每次划分后得到的分区处理顺序无关

2、为实现快速排序法，待排序序列宜采用存储方式是\_\_\_\_\_。

- A. 顺序存储
- B. 散列存储
- C. 链式存储
- D. 索引存储

## 四、课堂小结-----2min

冒泡排序：

(1) 稳定排序

(2) 可用于链式存储结构

(3) 移动记录次数较多, 算法平均时间性能比直接插入排序差。当初始记录无序,  $n$  较大时, 此算法不宜采用。

快速排序:


(1) 不稳定排序


(2) 排序过程中需要定位表的下界和上界, 所以适合用于顺序结构, 很难用于链式结构。

(3) 当  $n$  较大时, 在平均情况下快速排序是所有内部排序方法中速度最快的一种, 所以其适合初始记录无序、 $n$  较大时的情况。

## 五、文献拓展-----1min

为学生推荐快速排序相关的参考文献, 让学生课后阅读。文献上传至课程网站上。

 用于解决生产调度冲突问题的并行快速排序算法\_王申重.pdf

 针对快速排序改进的一些思考及其实现\_李一达.pdf

## 六、作业-----1min

**课后作业:** 编程实现两种算法, 并对比绝对执行时间。

**思考题:** 快速排序的最坏时间复杂度为  $O(n^2)$ , 与冒泡排序相同。为什么快速排序更好?

## 20.选择排序

授课题目：选择排序

授课时数：1 学时

授课类型：理论课

教材：李春葆主编，《数据结构教程》（第 5 版），清华大学出版社，2017 年 5 月

授课对象：软件工程专业本科二年级

### 一、 内容分析

本次课的内容选自李春葆编著的《数据结构教程》（第 5 版）教材中第 10 章第 4 小节的内容。本讲中主要介绍两种选择排序算法：简单选择排序和堆排序。两种排序算法的基本思想是一致的，每一趟从待排序的元素中选出关键字最小的元素，顺序放在已排好序的子表的最后，直到全部元素排序完毕。

堆排序是在简单选择排序基础上对选择最小元方法进行改进而得出。本讲内容首先要让学生掌握两种算法的基本原理和实现过程，其次对算法分别从时间复杂度和空间复杂度两方面进行分析，最后介绍算法适合的应用环境。在教学过程中要引导学生了解排序时所依据的原则，并从算法改进的思路着手分析两种算法的不同，培养学生**批判性思维**和**探究意识**，以利于学习和创造更新的算法。

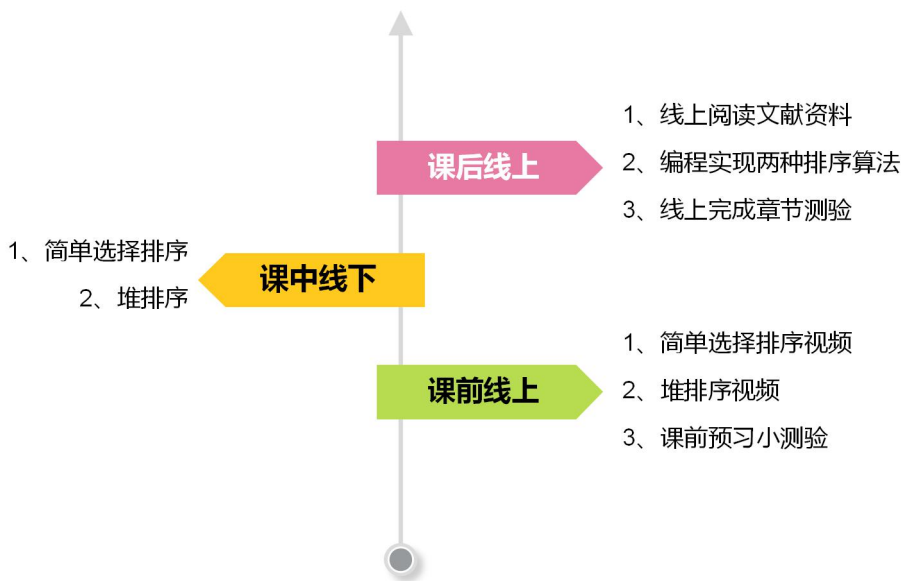
### 二、 学情分析

排序算法种类繁多，为什么会有这么多种排序算法的存在呢？真的有必要吗？这是学生在学习过程中存在的疑惑。其实每种排序算法的发明都有它所适用的场景。在本讲的教学中，应该带领学生对比分析一下所学过的排序算法，让学生能够在不同的情境中选择合适的一种排序算法。

在前面的课程中，学生已经学习了插入类和交换类的排序方法，但是对树形排序的知识并未涉及，需要老师在教学过程中重点介绍。学生在之前的章节中已经学习了树和二叉树的知识，掌握了完全二叉树的性质及顺序存储结构，但至此间隔较久，可能会有所遗忘，因此在学习堆排序时，需要老师复习完全二叉树的相关知识，以便更好地参与到老师设计的问题探究、主题研讨和课堂练习等环节。



### 三、 教学思路



畅游网络世界，经常会看到各种热榜或者 TOP 榜，这是如何实现的呢？显然是按照某种关键字排序而来，那么如何快速排出 TOP 榜，什么样的排序最合适呢？由此引入今天的主题——选择排序。主要教学过程分为两大部分：简单选择排序部分和堆排序部分。首先以“按高矮顺序排队”的生活实例为切入点，引出简单选择排序；然后讲解简单选择排序基本原理并通过动画演示具体实例的简单选择排序过程。第二部分引导学生思考通过提高选择最小元的效率来对算法进行优化，从而引出堆排序。堆是一种按照层次顺序连续存储的、特殊的完全二叉树，堆排序的过程比较复杂。在教学过程中首先设计问题探究让学生了解什么是堆，再通过课堂练习帮助学生掌握堆的判别方法，最后通过动画演示讲解堆排序的过程，并分析堆排序的效率。堆是一种用非线性手段提高存取速度的优先级队列，在教学过程的最后，为学生介绍了堆在操作系统中的应用。

### 四、 教学目标

根据教学大纲的规定，按照质量工程的教育要求，并结合学生的实际情况，分别从知识获取、能力培养和价值塑造三个方面，确定本次课的教学目标如下：

#### 知识目标：

- (1) 理解选择排序的基本思路。
- (2) 掌握简单选择排序的过程和算法实现。
- (3) 掌握堆排序的过程和算法实现。

**能力目标:**

- (1) 通过启发式提问,引导学生思考简单选择排序到堆排序的改进原理,培养学生创新精神和探究意识。
- (2) 通过堆排序算法的学习,培养学生联系前后所学知识的综合运用能力和辩证思维能力。

**情感目标:**

- (1) 通过两种排序算法的对比分析,让学生了解选择类排序算法的原理及关键点,激发学生的学习兴趣 and 求知欲。
- (2) 通过堆排序算法的学习,让学生理解线性与非线性的相互联系,感受二者完美结合的精妙。

## 五、 思政育人

### 1、中国创造梦

通过百度的 TOP 热榜引出选择排序,然后顺理成章地简要介绍百度——世界上最大的中文搜索引擎,全球领先的人工智能平台型公司,增强学生的民族自豪感,借机鼓励学生努力学习,学成之后也能像百度一样为祖国实现更多的全球之最。

### 2、辩证思维看世界

所谓一个对象复杂,难以理解,是因为这个对象包含太多相互联系和相互作用的因素。用恩格斯的话讲:“事物是相互作用着的,并且在大多数情形下,正是忘记了这种多方面的运动和相互作用,阻碍我们的自然科学家去看清最简单的事物。”堆排序就是一个看似线性问题,实则是非线性问题,而且综合运用多种方法才能求解。从这个角度教育学生要用辩证思维去理清复杂对象中的相互联系和相互作用的规律。

## 六、 教学重点与难点

**教学重点:** 简单选择排序的算法实现和堆排序的原理。

**教学难点:** 堆排序的过程。

**重点及难点的处理:**

首先通过身高排序问题进行情境教学,引出重点内容简单选择排序;通过传统讲授教学法讲解简单选择排序,突出重点;再用问题探究引出重点内容堆排序,设

置课堂练习环节让学生掌握堆排序的关键点。最后通过动画演示辅助讲解，化解难点堆排序。

七、 教学方法

1、情境教学法

创建身高排队情境，鼓励学生充当课堂的主角，充分调动学生的课堂参与度，提升教学效果。

2、讲授教学法

由于简单选择排序算法较易理解，因此采用传统的讲授法，让学生快速掌握算法的原理及实现。

3、启发式教学法

通过情境创建，引导学生思考不同的排序算法对 TOP 榜的实用性。强调师生互动，使学生主动探究，掌握从简单选择排序到堆排序的改进原理。

4、线上线下混合式教学法

课前发布预习视频和讨论话题，让学生为课堂教学做好充分准备。课内练习采用了在超星平台上创建的在线智慧课堂，方便教师及时了解每位学生的掌握情况，也方便所有同学发表自己的观点与老师和同学进行交流。课后练习和实践分别在超星和 Educoder 两个线上教学平台上完成，打破时域地域限制，方便师生随时交流。

4、多媒体辅助教学法

在教学过程中利用动画生动具体的展现简单选择排序算法和堆排序算法的过程，让学生更直观地了解排序思路。

八、 教学过程

教学环节	教师教学	学生活动	设计意图	时间
引入	<p>新知引入：TOP 榜</p> <p>通过百度热榜等 TOP 榜提出疑问：如何从海量数据中快速排出 TOP 榜？</p> <p>分析对比学过的所有排序，抛出问题：有没有更高效的算法可以排出 TOP 榜？</p>	<p>感受全球之最，增添民族自豪感。</p> <p>回顾已学知识，对比分析，思考算法改进。</p>	<p>通过百度介绍，增添学生的民族自豪感，鼓励学生为“实现更多的全球之最”而学习。回顾旧知，巩固所学，提出问题，引出新知。</p>	2min

教学过程	<b>生活情境创建:</b> 用一张图片提出从矮到高排队的问题, 创建情境, 让学生扮演老师, 为图片中的人物按身高排队。	思考排序方法, 阐述观点。	激发学生探究兴趣, 引出本节课的主线, 加强师生互动, 活跃课堂气氛。	37min
	<b>原理讲解:</b> 选择排序的基本原理 借助多媒体课件辅助讲解选择排序的基本原理。	在老师的引导下启发下思考, 并理解掌握基本原理。	让学生掌握选择排序的基本原理, 为后续内容学习做准备。	
	<b>知识讲解:</b> 简单选择排序的过程 通过具体实例的排序动画, 讲解简单选择排序的整个过程。讲解完算法实现后, 采用启发式提问, 引导学生思考对简单选择排序算法的改进关键点。	认真观看动画, 仔细听老师讲解并思考算法改进方式。	通过传统讲授法突出本节课的重点, 借助多媒体课件辅助教学。通过启发式提问引导学生主动探究, 引出后续内容。	
	<b>问题探究:</b> 什么是堆? 讲解堆的定义, 回顾完全二叉树的顺序存储, 通过两个具体实例展示最大堆和最小堆, 并引导学生用 <b>辩证思维</b> 理清堆的非线性表示和线性存储两者之间的联系。	回忆完全二叉树的性质及顺序存储结构, 理解堆的概念, 掌握堆的判别方式。	通过问题探究引导学生主动思考学习堆的概念, 为后续的堆排序内容打基础。	
	<b>课堂练习:</b> 判断给定序列是否是堆。 给定两个整数序列, 让学生画出序列的树形表示, 并判断是否为堆。要求学生将结果拍照发送到讨论区, 老师根据结果进行点评, 并计入平时成绩。	可相互讨论完成练习, 拍照发送到线上讨论区。	通过课堂练习实时掌握学生的学习情况, 及时调整教学环节, 查漏补缺。通过信息化教学手段查看学生的参与度。	
	<b>知识讲解:</b> 堆排序。 知识点: (1) 堆排序的基本步骤。 (2) 堆排序的过程。 (3) 堆排序的算法分析。 首先给出堆排序的基本思想及步骤, 然后通过具体实例及多媒体动画辅助讲解堆排序的全过程, 最后分析堆排序算法的性能。	学习堆排序的基本思想, 与老师一同对具体实例进行堆排序, 仔细听老师讲解堆排序算法的性能分析, 及时提出问题。	通过算法讲解的一般步骤: 算法思想-算法实现过程-算法分析, 让学生学习算法的同时, 也掌握学习算法的步骤, 以便学生后续自主学习。	

拓展	<b>引用拓展：</b> 讲解堆排序的应用场景，为学生提供相关文献，供学生课后继续学习。 <b>文献拓展：</b> 基于堆排序的重要关联规则挖掘算法研究	认真听讲解，并思考选择排序的应用场景。	通过应用场景的介绍，增加学生的学习动力，通过文献阅读，提高学生的阅读能力及自学能力。	3min
教学小结	<b>数据结构经典算法的启示：</b> 简单选择排序到堆排序的改进利用了连续多次查找最大记录的特性。	参与小结 听讲解	帮助学生更好的梳理与掌握本次课的重点内容。	2min
作业	<b>课后作业：</b> 编程实现简单排序算法和堆排序算法，并进行绝对执行时间的比较。（要求学生将运行结果截图至讨论区）	课后完成 在线讨论	1、提升学生的编程能力。 2、督促学生思考讨论。	1min

## 九、教学反思

引入部分用情境教学法激发学生学习兴趣，引出本节课的主线，加强师生互动，活跃课堂气氛。堆排序算法作为本节课的难点，在教学环节设计中，先采用辩证思维为学生理清堆的非线性表示和线性存储，再通过动画演示辅助教学，为学生展示具体实例的堆排序过程，从而使学生知其然并知其所以然。

排序算法的深入掌握还需依靠编程实践来完成，因此在课后需要为学生设置大量的编程任务督促学生进一步将知识转换成能力，从而提高自身的核心竞争力。

## 十、预习与作业

### 1、预习任务

(1) 观看“简单选择排序”和“堆排序”预学微课视频，了解两种排序算法的基本思路。

(2) 完成课前预习小测验。

(3) 查找资料，对比分析各种排序算法。

### 2、课后作业

(1) 完成实践平台 Educoder 上的闯关项目和“学习通”上的章节测验。

(2) 阅读文献资料，撰写 300 字的阅读小报告。

(3) 编程实现两种排序算法，观察对比其绝对执行时间。

## 十一、 参考资料

- [1] 李春葆等. 数据结构教程（第 5 版）. 北京：清华大学出版社，2017 年 8 月.
- [2] 严蔚敏、李冬梅、吴伟民. 数据结构（C 语言版|第 2 版）. 北京：人民邮电出版社，2015 年 2 月.
- [3] 陈越. 数据结构（第 2 版）. 北京：高等教育出版社，2016 年 6 月.
- [4] 张铭等. 数据结构与算法. 北京：高等教育出版社，2008 年 6 月.
- [5] 王春枝. 辩证内含丰富的算法举例[J]. 计算机教育, 2017.1:159-161.
- [6] 张永梅, 许静, 郭莎. 基于堆排序的重要关联规则挖掘算法研究[J]. 计算机技术与发展, 2016.

附：

## 教学内容

### 一、引入-----2min

给出百度 LOGO，介绍百度——全球最大的中文搜索引擎，提升学生的**民族自豪感**，鼓励学生为**“实现更多的全球之最”**而学习。

通过百度热榜、贴吧热榜、音乐排行榜等 TOP 榜提出疑问：如何从海量数据中快速排出 TOP 榜？

选择排序每一趟总是从无序区中选出全局最小（或最大）的关键字，所以适合于从大量的元素中选择一部分排序元素，例如从 10000 个元素中选择出关键字大小为前 10 位的元素就适合采用选择排序方法。

### 【PPT 课件演示】

“实现更多的全球之最”

如何从大量数据中快速排出TOP榜呢?



## 二、正文-----37min

## ● 生活情境创建：高矮站队

用一张图片提出从矮到高排队的问题，创建情境，让学生扮演老师，为图片中的人物按身高排队。激发学生探究兴趣，引出本节课的主线，加强师生互动，活跃课堂气氛。

## 【PPT 课件演示】

请为他们从矮到高排序，你会怎么排？



## ● 原理讲解：选择排序思想

选择排序的基本思想是：每一趟从待排序的记录中选出关键字最小的记录，按顺序放在已排序的记录序列的最后，直到全部排完为止。

通过动画演示选择排序的基本原理。

## 【PPT 课件演示】



## ● 知识讲解：简单选择排序基本思想

简单选择排序的基本思想第  $i$  趟排序开始时，当前有序区和无序区分别为  $R[0..i-1]$  和  $R[i..n-1]$  ( $0 \leq i < n-1$ )，该趟排序是从当前无序区中选出关键字最小的元素  $R[k]$ ，将它与无序区的第 1 个元素  $R[i]$  交换，使  $R[0..i]$  和  $R[i+1..n-1]$  分别变为新的有序区和新的无序区，经过  $n-1$  趟排序之后整个表  $R[0..n-1]$  递增有序。

通过具体实例的排序动画，讲解简单选择排序的整个过程。讲解完算法实现后，采用启发

式提问，引导学生思考对简单选择排序算法的改进关键点。

### 【PPT 课件演示】



### ● 问题探究：什么是堆。

堆的定义：一个序列  $R[1..n]$ ，关键字分别为  $k_1, k_2, \dots, k_n$ 。

该序列满足如下性质（简称为堆性质）：

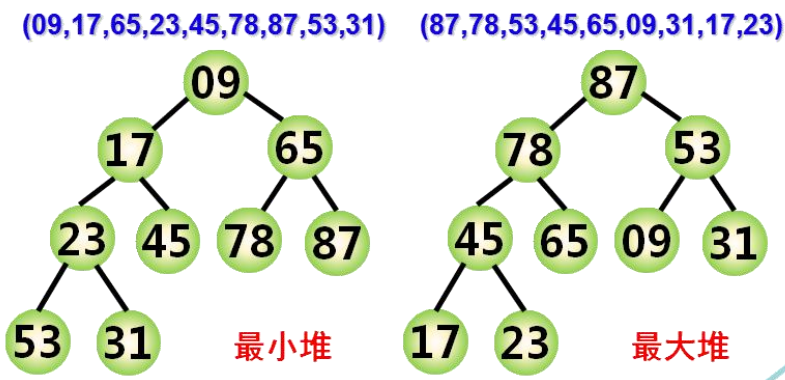
❶  $k_i \leq k_{2i}$  且  $k_i \leq k_{2i+1}$

或 ❷  $k_i \geq k_{2i}$  且  $k_i \geq k_{2i+1}$  ( $1 \leq i \leq \lfloor n/2 \rfloor$ )

满足第❶种情况的堆称为最小堆，满足第❷种情况的堆称为最大堆。

回顾完全二叉树的顺序存储，通过两个具体实例展示最大堆和最小堆，并引导学生用辩证思

维理清堆的非线性表示和线性存储两者之间的联系。



## ● 智慧课堂：课堂练习

★画一画、练一练：以下序列是堆吗？

序列 1：(16, 11, 9, 1, 5, 6, 8, 10, 2, 4)

序列 2：(80, 75, 40, 62, 73, 35, 28, 50, 38)

给定上述两个整数序列，让学生画出序列的树形表示，并判断是否为堆。要求学生将结果拍照发送到讨论区，老师根据结果进行点评，并计入平时成绩。

## ● 知识讲解：堆排序

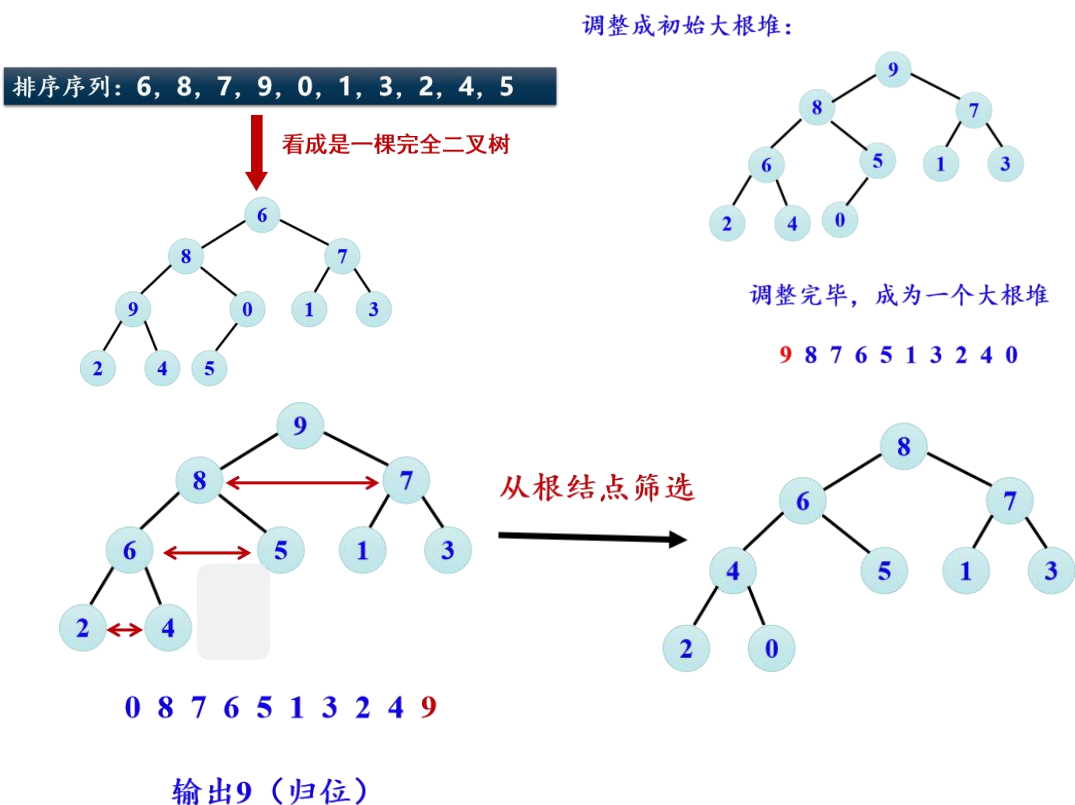
### ➤ 堆排序的基本步骤：

- ◆ 将无序序列建成一个堆
- ◆ 输出堆顶的最小（大）值
- ◆ 使剩余的  $n-1$  个元素又调整成一个堆，则可得到  $n$  个元素的次小值
- ◆ 重复执行，得到一个有序序列

### ➤ 堆排序的过程

例：设待排序的表有 10 个记录，其关键字分别为{6, 8, 7, 9, 0, 1, 3, 2, 4, 5}。说明采用堆排序方法进行排序的过程。（通过动画讲解）

### 【PPT 课件演示】



## ➤ 堆排序算法的分析：

- ① 对高度为  $h$  的堆，一次“筛选”所需进行的关键字比较的次数至多为  $2(h-1)$ 。
- ② 对  $n$  个关键字，建成高度为  $h (\lceil \log_2 n \rceil + 1)$  的堆，所需进行的关键字比较的次数不超过  $4n$ 。
- ③ 调整“堆顶”  $n-1$  次，总共进行的关键字比较的次数不超过：

$$2(\lfloor \log_2(n-1) \rfloor + \lfloor \log_2(n-2) \rfloor + \cdots + \log_2 2) < 2n(\lfloor \log_2 n \rfloor)$$

因此，堆排序的时间复杂度为  $O(n \log n)$ ，空间复杂度为  $O(1)$ ，不稳定。

## 三、拓展-----3min

## 应用拓展：

讲解堆排序的应用场景，例：在操作系统中，将多个进程放在一个队列中，每个进程有一个优先级，总是出队优先级最高的进程执行。采用优先队列，用堆来实现！

## 文献拓展：



## 四、教学小结-----2min

## 堆排序：

它是将线性序列看成一棵完全二叉树，不断调整形成堆，并连续取出最值的一种排序算法。这是一个看似线性实则非线性的问题。我们要学会用**辩证思维**去理清复杂对象中的相互联系和相互作用的规律。

## 数据结构经典算法的启示：

简单选择排序到堆排序的改进利用了连续多次查找最大记录的特性。

## 五、作业-----1min

- (1) 完成实践平台 Educoder 上的闯关项目和“学习通”上的章节测验。
- (2) 阅读文献资料，撰写 300 字的阅读小报告。
- (3) 编程实现两种排序算法，观察对比其绝对执行时间。