



新世纪高职高专实用规划教材

• 计算机系列

数据结构(C语言)

SHUJU JIEGOU (C YUYAN)

曲建民 刘元红 郑陶然 编著

1.12



清华大学出版社

新世纪高职高专实用规划教材 计算机系列

数据结构(C语言)

曲建民 刘元红 郑陶然 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是针对高职高专院校计算机专业和相关专业的数据结构课程的特点而编写的教材。

本书根据教学大纲所规定的内容,详细介绍了数据结构的基本概念、基本结构和算法等重要内容,每章之后配有丰富的练习题目,以利于读者理解知识内容和适应考试。

本书由长期从事数据结构教学工作的高校计算机专业教师编写。全书通俗易懂、重点突出、概念表达严谨、知识结构逻辑性强,既便于教学又便于自学。

本书可以作为高职高专院校学生学习数据结构的教材或其他人员的自学教材。

版权所有,翻印必究。举报电话:010-62782989 13501256678 13801310933

本书封面贴有清华大学出版社防伪标签,无标签者不得销售。

本书防伪标签采用清华大学核研院专有核径迹膜防伪技术,用户可通过在图案表面涂抹清水,图案消失,水干后图案复现;或将表面膜揭下,放在白纸上用彩笔涂抹,图案在白纸上再现的方法识别真伪。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构(C语言)/曲建民,刘元红,郑陶然编著. —北京:清华大学出版社,2005.3

(新世纪高职高专实用规划教材 计算机系列)

ISBN 7-302-10293-7

I.数… II.①曲…②刘…③郑… III.①数据结构—高等学校:技术学校—教材②C语言—程序设计—高等学校:技术学校—教材 IV.①TP311.12②TP312

中国版本图书馆CIP数据核字(2005)第000675号

出 版 者:清华大学出版社

<http://www.tup.com.cn>

社 总 机:010-62770175

地 址 北京清华大学学研大厦

邮 编 100084

客 户 服 务 010 62776969

组稿编辑:王景先

文稿编辑:宋延清

封面设计:陈刘源

排版人员:刘新月

印 刷 者:北京市清华园胶印厂

装 订 者:北京市密云县京文制本装订厂

发 行 者:新华书店总店北京发行所

开 本:185×260 印张:14.5 字数:345千字

版 次:2005年3月第1版 2005年3月第1次印刷

书 号:ISBN 7-302-10293-7/TP·7012

印 数:1~4000

定 价:20.00元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题,请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话:(010)62770175-3103或(010)62795704

《新世纪高职高专实用规划教材》序

编写目的

目前,随着教育的不断深入,高等职业教育发展迅速,进入到一个新的历史阶段。学校规模之大,数量之众,专业设置之广,办学条件之好和招生人数之多,都大大超过了历史上任何一个时期。然而,作为高职院校核心建设项目之一的教材建设,却远远滞后于高等职业教育发展的步伐,以至于许多高职院校的学生缺乏适用的教材,这势必影响高职院校的教育质量,也不利于高职教育的进一步发展。

目前,高职教材建设面临着新的契机和挑战:

(1) 高等职业教育发展迅猛,相应教材在编写、出版等环节需要在保证质量的前提下加快步伐,跟上节奏。

(2) 新型人才的需求,对教材提出了更高的要求,即教材要充分体现科学性、先进性和实用性。

(3) 高职高专教育自身的特点是强调学生的实践能力和动手能力,教材的取材和内容设置必须满足不断发展的教学需求,突出理论和实践的紧密结合。

(4) 新教材应充分考虑一线教师的教学需要和教学安排。

有鉴于此,清华大学出版社在相关主管部门的大力支持下,组织部分高等职业技术学院的优秀教师以及相关行业的工程师,推出了一系列切合当前教育改革需要的高质量的面向就业的职业技术实用型教材。

系列教材

本系列教材主要涵盖以下领域:

- 计算机基础及其应用
- 计算机网络
- 计算机图形图像处理与多媒体
- 电子商务
- 计算机编程
- 电子电工
- 机械
- 数控技术及模具设计
- 土木建筑
- 经济与管理
- 金融与保险

另外,系列教材还包括大学英语、大学语文、高等数学、大学物理、大学生心理健康等基础教材。所有教材都有相关的配套用书,如实训教材、辅导教材、习题集等。

教材特点

为了完善高等职业技术教育的教材体系,全面提高学生的动手能力、实践能力和职业技术素质,特意聘请有实践经验的高级工程师参与系列教材的编写,采用了一线工程技术人员与在校教师联合编写的模式,使课堂教学与实际操作紧密结合。本系列丛书的特点如下:

(1) 打破以往教科书的编写套路,在兼顾基础知识的同时,强调实用性和可操作性。

(2) 突出概念和应用,相关课程配有上机指导及习题,帮助读者对所学内容进行总结和提高。

(3) 设计了“注意”、“提示”、“技巧”等带有醒目标记的特色段落,使读者更容易得到有益的提示与应用技巧。

(4) 增加了全新的、实用的内容和知识点,并采取由浅入深、循序渐进、层次清楚、步骤详尽的写作方式,突出实践技能和动手能力。

读者定位

本系列教材针对职业教育,主要面向高职高专院校,同时也适用于同等学历的职业教育和继续教育。本丛书以三年制高职为主,同时也适用于两年制高职。

本系列教材的编写和出版是高职教育办学体制和运作机制改革的产物,在后期的推广使用过程中将紧紧跟随职业技术教育发展的步伐,不断吸取新型办学模式、课程改革的思路和方法,为促进职业培训和继续教育的社会需求奉献我们的力量。

我们希望,通过本系列教材的编写和推广应用,不仅有利于提高职业技术教育的整体水平,而且有助于加快改进职业技术教育的办学模式、课程体系和教学培训方法,形成具有特色的职业技术教育的新体系。

教材编委会

新世纪高职高专实用规划教材

计算机系列编委会

顾问 吴文虎

主编 边莫英

副主编 刘 璟 李兰友

委员 (以姓氏笔画为序)

王景先 王温君 刘光然 许洪杰

曲建民 迟丽华 李 平 汪 洋

林章波 张 炜 张 玲 赵家俊

高福成 傅连仲 韩 劼 喻 梅

詹青龙 魏则燊

引 言

1. 数据结构课程简介

在当今世界中，以计算机、通信、微电子和软件等技术为代表的信息化产业状况是衡量一个国家发展水平的重要标志。随着计算机的广泛应用，社会必然需要更多的能掌握计算机基础知识和实际操作技能的高职及本科毕业生。数据结构是计算机及相关专业的专业基础课程。了解数据结构的基本概念、基本结构和基本算法是读者提高计算机程序设计能力和软件系统设计能力的必要条件。

本书详细介绍了数据结构的基本概念、基本理论，各种数据结构(线性表、栈、队列、数组、树、图、查找表和文件)的概念，对逻辑结构、物理结构、运算、算法和应用作了详细的介绍，还介绍了很有应用价值的排序方法和查找方法等。

本书每章之后配有丰富的练习题目，有利于读者理解知识内容、掌握操作方法和适应考试。本教材特别适合教学和自学。本书秉承清华大学出版社设计的本套书的模式和思路，结合高职的特点，循序渐进地介绍了基础知识和基本概念，详细地介绍了各种结构和各种结构在顺序存储结构下实现各种运算的算法，以及在链式存储结构下实现各种运算的算法。本书还提供了可以上机运行的用 C 语言实现的许多运算的算法，对于理解数据结构的运算有很好的帮助。

2. 本书导读

全书共分 9 章。第 1 章对数据结构进行基本介绍。第 2 章到第 6 章分别介绍 5 种数据结构的概念、运算，以及在顺序存储结构下和在链式存储结构下实现各种运算的算法。第 7 章和第 8 章介绍很有实际意义的排序和查找。第 9 章介绍存储在外存的文件结构。每章最后一节都给出相关实例，以便读者对照学习，提高学习效率。

各章的具体内容如下：

第 1 章介绍数据结构的基本概念和术语。

第 2 章介绍线性表，分别详细介绍线性表的概念、运算、顺序存储结构、链式存储结构和在不同存储结构下的存储算法，还介绍了应用实例。

第 3 章介绍两种重要的数据结构——栈和队列。分别详细介绍了栈和队列的概念、运算、顺序存储结构、链式存储结构和在不同存储结构下的算法，还介绍了栈和队列的应用实例。

第 4 章介绍两种常用的数据结构——数组和串。详细介绍了数组的概念、存储、访问公式、特殊存储和数组的应用等；详细介绍了串的概念、运算、顺序存储结构、链式存储结构和在不同存储结构下的算法，还介绍了串的应用实例。

第 5 章介绍一种重要且常用的数据结构——树。详细介绍了树、二叉树和森林的概念、存储方式，在顺序存储结构和链式存储结构下的算法，还介绍了二叉树的性质及其应用。

第6章介绍了一种在网络中广泛应用的数据结构——图。详细介绍了图的概念、术语、存储方式、在顺序存储结构、链式存储结构下的算法，还介绍了图的应用。

第7章介绍了11种内部排序的方法，详细介绍了直接插入排序、折半插入排序、表插入排序、希尔排序、快速排序、起泡排序、快速排序、选择排序、简单选择排序、堆排序和基数排序的概念和算法。

第8章介绍了表结构的查找方法，详细介绍了非常有用的顺序查找、二分查找、分块查找、树结构的查找、二叉排序树、平衡二叉树、B⁻树和散列技术的概念、查找方法和算法。

第9章介绍了文件结构和文件结构的查找方法，介绍了顺序文件、索引文件、ISAM文件、VSAM文件、散列文件、多关键字文件和倒排文件的概念、存储结构和查找方法。

本书由曲建民规划和设计。曲建民编写第1章、第2章和第3章，刘元红编写第4章、第5章和第8章，郑陶然编写第6章、第7章、第9章。全书由曲建民统稿。参加编写工作的人员还有宋荣、曹燕、王洪权、吴同和、许力等。

本书的出版得到了边莫英教授的热情指导、认真策划和严密组织，在此表示衷心的感谢。

作者长期从事计算机多媒体的教学与研究，并根据自己教学和使用多媒体软件的经验认真编写本书。但书中难免有疏误之处，敬请读者批评指正。

编著者 谨启

2004年12月

目 录

第 1 章 绪论	1
1.1 什么是数据结构	1
1.2 基本概念和术语	2
1.3 运算、算法和算法分析	3
1.3.1 运算	4
1.3.2 算法及其描述	4
1.3.3 算法分析和算法复杂度	4
1.4 习题	5
第 2 章 线性表	8
2.1 线性表的定义和基本运算	8
2.2 线性表的顺序存储结构	9
2.2.1 线性表顺序存储结构的概念	9
2.2.2 线性表顺序存储的实现	10
2.3 线性表的链式存储结构	11
2.3.1 单链表	12
2.3.2 循环链表	15
2.3.3 双向链表	15
2.4 链表的上机实习	17
2.4.1 实习 1	17
2.4.2 实习 2	21
2.4.3 实习 3	21
2.5 习题	22
第 3 章 栈和队列	29
3.1 栈	29
3.1.1 栈的定义	29
3.1.2 栈的存储结构及其基本运算的实现	30
3.2 队列	32
3.2.1 队列的定义	33
3.2.2 队列的基本运算	33
3.2.3 队列的存储结构及其基本运算的实现	34
3.3 栈和队列上机实习	38

3.3.1 实习 1	38
3.3.2 实习 2	39
3.3.3 实习 3	39
3.3.4 实习 4	40
3.4 习题	40
第 4 章 数组和串	47
4.1 数组	47
4.1.1 数组的概念和运算	47
4.1.2 数组的顺序存储和访问	48
4.1.3 矩阵的压缩存储	49
4.2 串	55
4.2.1 串的基本概念	56
4.2.2 串的基本运算	56
4.2.3 串的存储结构	57
4.3 上机实习	63
4.3.1 实习 1	63
4.3.2 实习 2	65
4.4 习题	66
第 5 章 树	69
5.1 树	69
5.1.1 树的基本概念	69
5.1.2 树的表示	71
5.1.3 树的基本运算	71
5.2 二叉树	72
5.2.1 二叉树的概念	72
5.2.2 二叉树的性质	75
5.2.3 二叉树的存储结构	77
5.2.4 二叉树的遍历	79
5.2.5 哈夫曼树和哈夫曼编码	83
5.3 树和森林	87
5.3.1 树的存储结构	88
5.3.2 树、森林与二叉树的转换	91
5.3.3 树和森林的遍历	93
5.4 上机实习	94
5.4.1 实习 1	94
5.4.2 实习 2	96
5.5 习题	99

第 6 章 图	104
6.1 图的定义和术语.....	104
6.1.1 图的定义.....	104
6.1.2 图的相关术语.....	105
6.2 图的基本操作.....	106
6.3 图的存储表示.....	107
6.3.1 图的邻接矩阵.....	107
6.3.2 邻接表.....	109
6.4 图的遍历.....	110
6.4.1 深度优先搜索.....	111
6.4.2 广度优先搜索.....	112
6.5 生成树和最小生成树.....	113
6.5.1 生成树.....	113
6.5.2 最小生成树.....	113
6.6 习题.....	115
第 7 章 内部排序	118
7.1 排序概述.....	118
7.1.1 排序的定义.....	118
7.1.2 稳定排序与非稳定排序.....	119
7.1.3 内部排序与外部排序.....	119
7.1.4 排序记录的存储方式.....	119
7.2 插入排序.....	120
7.2.1 直接插入排序.....	120
7.2.2 折半插入排序.....	121
7.2.3 表插入排序.....	122
7.2.4 希尔排序.....	125
7.3 快速排序.....	127
7.3.1 起泡排序.....	127
7.3.2 快速排序方法.....	128
7.4 选择排序.....	130
7.4.1 简单选择排序.....	131
7.4.2 堆排序.....	131
7.5 基数排序.....	135
7.6 各种内部排序方法的比较.....	138
7.7 上机实习.....	139
7.7.1 实习 1.....	139
7.7.2 实习 2.....	141
7.8 习题.....	144

第8章 查找	150
8.1 查找的基本概念	150
8.2 线性表的查找	152
8.2.1 顺序查找	152
8.2.2 二分查找	153
8.2.3 分块查找	155
8.3 树结构的查找	157
8.3.1 二叉排序树	157
8.3.2 平衡二叉树	164
8.3.3 B ⁻ 树	172
8.4 散列技术	177
8.4.1 散列表	177
8.4.2 散列函数的构造方法	178
8.4.3 处理冲突的方法	180
8.4.4 散列表的查找	182
8.4.5 散列技术性能分析	183
8.5 上机实习	185
8.5.1 实习1	185
8.5.2 实习2	187
8.5.3 实习3	189
8.6 习题	190
第9章 文件	193
9.1 文件的基本概念	193
9.2 顺序文件	195
9.3 索引文件	196
9.3.1 索引文件的特点和术语	196
9.3.2 索引文件的存储	197
9.3.3 索引文件的检索与修改	197
9.4 索引顺序文件	198
9.4.1 ISAM文件	198
9.4.2 VSAM文件	200
9.5 散列文件	201
9.5.1 散列文件的存储	201
9.5.2 散列文件的查找	201
9.5.3 散列文件的删除操作	202
9.6 多关键字文件	202
9.6.1 多重表文件的概念	202
9.6.2 倒排文件	203

9.7 习题.....	204
各章习题答案.....	209
参考文献.....	213

第 1 章 绪 论

教学提示：本章主要介绍数据结构的概念及有关术语，为后续章节做好铺垫。

教学目标：通过本章的学习，使读者能掌握数据结构的概念和有关的术语。

1.1 什么是数据结构

自第一台计算机问世以来，计算机科学飞速发展，目前已深入到社会的各个领域。计算机的应用如今已不再局限于科学计算，而是更多地应用于非数值计算的处理方面。为了有效地处理数据，需要为数据建立一定的结构，描述所处理的对象的特性以及各对象之间的关系。数据结构这门学科主要是研究各种结构、定义在各种结构上的操作和这些操作在计算机中的实现方法。

为什么要介绍数据结构？什么是数据结构？下面我们通过分析利用计算机解决一个具体问题时需要做的工作来体会。用计算机解决一个具体问题时要考虑以下步骤：

(1) 从具体问题中抽象出一个适当的数学模型。即从具体问题中找出操作对象之间含有的关系，然后用数学语言加以描述。

(2) 设计一个适合该数学模型的算法。

(3) 编写程序。

(4) 进行测试、调整、修改，直至解决问题。

在实际问题中，各个对象之间的关系有线性的、层次的和网状的等等，下面列举这几种基本关系的实例。

- 线性关系

列车中各车箱之间的关系就是线性的。

排队买车票人之间的关系是线性的。

一叠盘子中各盘子之间的关系是线性的。

- 层次关系

在军队的编制中，军下面是师，师下面是团，军、师、团之间是层次关系。

在人的辈分关系中，祖辈下是父辈，父辈下是子辈，这些是层次关系。

在学校的编制中，学校分成若干个学院、学院下又分成若干个系、系下又分成若干个教研室，这些也都是层次关系。

- 网状关系

在城市铁路交通图中，各城市之间的关系是网状关系。

在电话网中，各电话之间是网状关系。

在计算机网络中，各计算机之间是网状关系。

提示：数据结构研究实际问题中元素之间的逻辑关系、元素及其关系在计算机中的表示和相关的操作。数据结构是一门综合性的专业基础课，它涉及到计算机硬件的研究范围和软件的研究范围(存储装置和存取方法等)。

在编译程序和操作系统中，涉及到存储器的管理问题。在研究信息检索中，组织数据是查找和存取数据元素的前提。这些都涉及到数据结构的内容。在计算机科学中，数据结构不仅是一般程序设计(特别是非数值计算的程序设计)的基础，而且是设计和实现编译程序、操作系统、数据库系统及其他系统程序和大型应用程序的重要基础。

1.2 基本概念和术语

本节介绍一些相关概念和术语的含义，这些概念和术语将在以后的章节中多次出现。

数据(Data)是计算机表示客观事物的符号。在计算机科学中，所有能输入到计算机中并被计算机程序处理的符号统称为数据。它是计算机程序加工的“原料”。例如，一个用某种程序语言编写的源程序、一篇文章、一张地图、一幅照片、一首歌曲等等，都属于计算机能处理的数据。因此，对计算机科学而言，数据的含义极为广泛；图象、声音等也都可以通过编码而归之于数据的范畴。

数据元素是数据的基本单位。数据的范围非常广泛，数据元素也是可大可小的。在计算机程序中通常作为一个整体进行考虑和处理。有时，一个数据元素可由若干个**数据项**组成。例如，一本书的书目信息为一个数据元素，而书目信息中的每一项(如书名、作者名)是数据项。

数据结构是彼此具有一定关系的数据元素的集合。这些关系反映了客观世界事物之间的联系。这种数据元素之间的相互关系称为结构。由于客观事物存在着各种不同的联系形式，因此在计算机内反映数据的关系时，可以用结构来描述这些关系。数据结构分为逻辑结构和物理结构两个研究方面。逻辑结构是指数据元素之间的关系。通常有四种基本结构：

- **集合：**这个结构中的数据元素之间同属于一个集合，除这一关系外没有其他关系。
- **线性结构：**这个结构中数据元素存在着由依次排列的先后次序决定的关系。
- **树型结构：**这个结构中数据元素之间存在着层次关系。
- **图结构：**这个结构中数据元素之间相互连接成网状。

图 1.1 是四种基本结构的示意图。

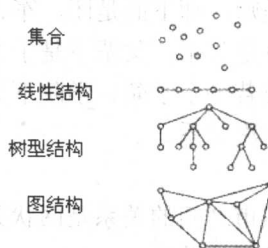


图 1.1 四种基本结构的示意图

提示：讨论数据结构的目的是为了在计算机中表示数据的结构和实现对它的操作。因此，研究如何在计算机中表示数据元素和它们的关系是非常重要的。

数据结构在计算机中的表示称为数据的**物理结构**，又称为**存储结构**。存储结构是指在计算机中存储数据和逻辑结构。同一种逻辑结构可以使用不同的物理结构来实现。存储结构涉及在计算机中如何表示数据元素和如何表示数据元素之间的关系。在计算机中表示信息的最小单位是一个二进制位，叫做 **bit 位**。在计算机中表示一个数据元素的“bit 位串”通常称为“**结点**”。当数据元素由若干数据项组成时，位串中对应于各个数据项的子位串称为**数据字段**。

数据元素之间的关系在计算机中有两种基本的存储结构：**顺序存储结构**和**链式存储结构**。顺序存储的特点是借助于元素在存储器中的相对位置来表示数据元素之间的逻辑关系，逻辑上相邻的数据元素的存储位置也相邻。链式存储的特点是借助于指示元素存储地址的指针表示数据元素之间的逻辑关系，逻辑上相邻的数据元素的存储位置不一定相邻。任何一个算法的设计取决于选定的数据结构(逻辑结构)，而算法的实现依赖于采用的存储结构。

在明确了逻辑结构和存储结构的概念之后，可以将数据结构这一学科的研究范围简单地概括为：数据结构研究数据的逻辑结构和物理结构，并在这种结构上定义相关的运算，设计并实现相应的算法，分析算法的效率，以达到提高程序质量的目的。

在算法中需要定义存储结构，存储结构涉及数据元素及其关系在存储器中的物理位置。一般的书中是在高级程序语言的层次上讨论数据结构的操作，所以不直接以内存具体地址来描述存储结构，而是借用高级程序语言中提供的“数据类型”来描述。通常用高级程序语言中的“**一维数组**”类型来表示顺序存储结构；用“**指针**”类型来描述链式存储结构。本书的存储结构是用 C 语言的类型来描述具体的存储，不是针对计算机的实际地址进行存储；不妨称这种存储为数据结构的**虚拟存储结构**。

数据类型是与数据结构密切相关的一个概念，在用高级程序语言编写的程序中，每个变量、常量或表达式都有它所属的某一个数据类型。类型明显或隐含地规定了在程序执行期间变量或表达式所有可能的取值范围，以及在这些值上允许进行的操作。

高级程序设计语言中的数据类型可分为**原子类型**和**结构类型**。原子类型的值是不可分解的。C 语言中的基本类型(整型、实型、字符型和枚举类型)、指针类型和空类型都是原子类型。结构类型是由若干类型组成的，是可以分解的。例如 C 语言中数组的类型和结构体类型是由其他类型定义的。

在计算机中，数据类型并非局限于高级语言中的一个具体类型，所以我们用抽象数据类型表示类型。上机实现时，再把抽象数据类型用具体的类型代替。抽象数据类型的定义仅取决于它的一组逻辑特性，而与其在计算机内部如何表示和实现无关，即不论其内部结构如何变化，只要它的数学特性不变，都不影响其外部的使用。

1.3 运算、算法和算法分析

研究各种结构的运算、算法和算法分析是数据结构的重要内容。一般在介绍某种数据结构的时候，都要介绍这种结构有哪些基本运算、在顺序存储结构或链式存储结构下用什

么算法实现这些运算，并进行算法分析来明确这些算法的效率如何。

1.3.1 运算

在编写程序时，运算和结构是紧密地联系在一起。运算可以分为下列两种基本类型。

- (1) 加工型运算：运算后改变了原结构中数据元素的个数或数据元素的内容。
- (2) 引用型运算：运算不改变结构中数据元素的个数和元素的内容，只从结构中提取某些信息作为运算的结果。

基本运算主要包括下列几种。

- 插入运算：属于加工型运算，在原结构的指定位置上增添新的数据元素。
- 删除运算：属于加工型运算，将原结构中的某个指定的数据元素删除。
- 查找运算：属于引用型运算，从结构中找出满足某些条件的数据元素的位置。
- 读取运算：属于引用型运算，使用结构中满足某些条件的数据元素的内容。
- 更新运算：属于加工型运算，更换结构中某个数据元素的内容。

使用这些基本运算，可以构成其他的复杂运算。

1.3.2 算法及其描述

算法是计算机科学的一个概念，也是程序设计的一个重要概念。算法是对求解某个问题的步骤的一种描述方法。算法是描述操作步骤的有限序列。一个算法要具备下列五个特性：

- 有穷性：算法必须在执行有穷步之后结束，而每一步都必须在有穷时间内完成。
- 确定性：算法中每一步操作的含义都必须是确定的，不能有二义性。
- 可行性：一个算法必须是可行的，即算法中每一操作都能通过已知的一组基本操作来实现。
- 输入：一个算法可以有零个或多个输入。
- 输出：一个算法有一个或多个输出。

为了简单、确切和便于在计算机上实现算法，本书中的算法大多使用C语言描述；有一些算法省略了C语言的细节，也有的算法中的部分内容用自然语言描述。

1.3.3 算法分析和算法复杂度

解决一个问题的算法可以不同。通常用以下几个标准来评价一个算法的优劣。

- 正确性：算法必须能正确解决问题。
- 易读性：算法应当便于阅读和理解，以利于修改和改写成程序。
- 健壮性：当输入非法数据时，算法也能做出特殊处理，不会继续操作或死机。
- 高效率：算法的效率主要从时间和空间两个方面考虑。解决一个问题的算法如果使用时间少和占用空间少，则是算法高效率的体现。

研究算法的效率称为算法复杂度的分析(简称算法分析)。简单地说，一个算法所进行