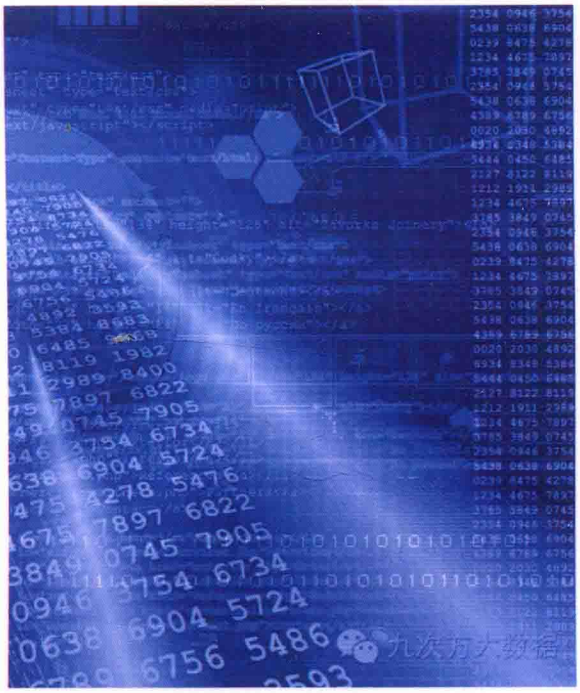
高等学校计算机应用规划教材

数据结构

(C语言版)

- 线性表
- 栈与队列
- 串、数组和广义表
- 树和二叉树
- 图
- 查找
- 排序



梁海英　王凤领　主　编

谭晓东　巫湘林　张　波　胡元闯　副主编

清华大学出版社

高等学校计算机应

数据结构

(C语言版)

梁海英　王凤领　主　编

谭晓东　巫湘林　张　波　胡元闯　副主编

清华大学出版社

北　京

内 容 简 介

本书基于我们多年的教学经验，从实用的角度出发，对线性和非线性数据结构的顺序和链式存储及其操作进行了详细讲解。书中的每一章均配有实践练习及大量习题，实现了理论与实践相结合，让学生学以致用。本书免费提供电子课件、源程序及习题答案，全部案例均在 Visual C++ 6.0 环境中成功运行。

本书既可作为普通高校非计算机专业的计算机公共课教材、计算机类应用型本科及专科教材，也可作为计算机软件考试的优秀教材。

本书对应的电子课件、习题答案和源代码可以到 http://www.tupwk.com.cn 网站下载。

图书在版编目(CIP)数据

数据结构：C 语言版 / 梁海英，王凤领 主编. —北京：清华大学出版社，2017
(高等学校计算机应用规划教材)
ISBN 978-7-302-47979-6

Ⅰ. ①数… Ⅱ. ①梁… ②王… Ⅲ. ①数据结构—高等学校—教材 ②C语言—程序设计—高等学校—教材 Ⅳ. ①TP311.12 ②TP312.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 201113 号

责任编辑：胡辰浩　马玉萍
装帧设计：孔祥峰
责任校对：曹　阳
责任印制：沈　露

出版发行：清华大学出版社
网　　址：http://www.tup.com.cn，http://www.wqbook.com
地　　址：北京清华大学学研大厦 A 座　　**邮　　编**：100084
社 总 机：010-62770175　　**邮　　购**：010-62786544
投稿与读者服务：010-62776969，c-service@tup.tsinghua.edu.cn
质 量 反 馈：010-62772015，zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn
印 装 者：北京国马印刷厂
经　　销：全国新华书店
开　　本：185mm×260mm　　**印　　张**：21　　**字　　数**：511 千字
版　　次：2017 年 8 月第 1 版　　**印　　次**：2017 年 8 月第1 次印刷
印　　数：1～2500
定　　价：48.00 元

产品编号：076434-01

前　言

数据结构在计算机科学中是一门综合性的专业基础课，是介于数学、计算机硬件和计算机软件三者之间的一门核心课程。数据结构不仅是一般程序设计的基础，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的重要基础。目前比较权威的数据结构教材大多是考研指定教材，难度比较大，不太适合应用型本科、三本及专科学生使用。为此，我们编写了这本教材，通过引入大量案例，将复杂的理论问题直观化，案例驱动式教学，更有利于这个层次的学生接受。

我们基于多年的丰富的教学经验及素材积累，精心编写此书，目的是让初学者能循序渐进地掌握各种数据结构及操作，力求透彻、全面、易学、易用，充分调动学生的学习积极性。书中使用C语言定义各种数据结构、描述算法。本书对每种数据结构和算法的剖析都遵循由浅入深的原则，并配以实用的案例和图示，配有相应的C语言源代码，适合具有C语言基础的数据结构初学者。

全书共分8章，对于常用的数据结构，如线性表、栈、队列、串、矩阵、广义表、树、二叉树、图等进行深入讲解，使读者能够全面地理解基本概念、逻辑结构、存储结构、操作运算、实现算法以及案例应用，进而利用比较法讲解各种查找和排序的方法，并对各种算法的性能进行分析，以便在不同的应用场合选取合适的方法。

本书由梁海英博士和王凤领教授任主编，谭晓东、巫湘林、张波和胡元闯任副主编，全书由贺州学院梁海英教授统稿。在本书编写过程中，得到了所在学院的同事的热心帮助和支持，参加本书内容编写、程序调试、课件制作、习题收集、答案制作、内容审校等工作的老师有赵方珍、罗兰花、李立信、千文、黄华升、陈冠萍、袁淑丹等，在此向他们表示衷心的感谢！

由于水平有限，书中难免存在不妥之处，敬请读者谅解，并提出宝贵意见。我们的电话是010-62796045，信箱是huchenhao@263.net。

本书对应的电子课件、习题答案和源代码可以到http://www.tupwk.com.cn网站下载。

编　者

2017年5月

目　录

第1章 绪 论

本章对数据结构进行简要概述，主要介绍数据结构的相关概念以及它所研究的问题与内容，目的是让读者对数据结构有个大致的了解，为后续内容的学习提供必要的基础知识。本章介绍的主要内容包括：数据结构概述、常用术语和基本概念、数据类型、算法和算法复杂度。

1. 总体要求

了解数据结构的意义，数据结构在计算机领域中的地位和作用；掌握数据结构各名词、术语的含义和有关的基本概念；数据的逻辑结构和存储结构之间的关系；了解使用 C 语言对数据结构进行抽象数据类型的存储和实现的方法；了解算法的五个特征；掌握通过计算语句执行次数来估算算法时间复杂度的方法。

2. 相关知识点

相关术语：数据、数据元素、数据项、数据对象、数据结构。数据的逻辑结构：集合、线性结构、树和图。数据的物理结构：顺序和非顺序结构。算法的五个特征、时间复杂度及空间复杂度。

3. 学习重点

数据的逻辑结构和存储结构及其之间的关系；算法时间复杂度、空间复杂度及其计算。

1.1 数据结构概述

“数据结构(Data Structure)+算法(Algorithm)=程序(Program)。”计算机算法与数据的结构密切相关，算法无不依附于具体的数据结构，数据结构直接关系到算法的选择和效率。运算由计算机来完成，这就需要设计相应的插入、删除和修改的算法。也就是说，数据结构还需要给出每种结构类型所定义的各种运算的算法。

一般来说，用计算机来解决一个具体问题时，大致需要经过以下几个步骤：首先，要从具体问题中抽象出一个适当的数学模型，然后设计一个解此数学模型的算法(Algorithm)，最后编写程序、进行测试，调试和运行直到得到最终解答。

寻求数学模型的实质是分析问题，从中提取操作的对象，并找出这些操作对象之间含有的关系，然后用数学的语言加以描述。当人们用计算机处理数值计算问题时，所用的数学模型是用数学方程描述的。所涉及的运算对象一般是简单的整型、实型和逻辑型数据，因此程序设计者的主要精力集中于程序设计技巧上，而不是数据的存储和组织上。然而，

计算机应用的更多领域是“非数值型计算问题”，它们的数学模型无法用数学方程描述，而是用数据结构描述，解决此类问题的关键是设计出合适的数据结构，非数值型问题的数学模型是用线性表、树、图等结构来描述的。

【例 1.1】学生信息登记表。

每年新生入学都会用类似表 1.1 所示的二维表进行信息登记，以便完成各种数据的统计，比如，统计男生和女生的比例、生源籍贯等。二维表(即线性表)是经常用到的数学模型。

表 1.1　学生信息登记表

学号	姓名	性别	民族	籍贯	出生日期
20170108001	苏宏	男	汉族	南宁市	19990121
20170108002	梁琪	女	汉族	贵港市	19990913
20170108003	韦华	男	壮族	崇左市	19980815
20170108004	覃婷	女	汉族	南宁市	19981203

【例 1.2】酒店管理系统中的客房分配问题。

在酒店的客房分配管理中，希望同类房中各间客房的入住机会均等，以保证维持一个平均的磨损率。为此，分配客房的算法应该是“先退的客房先被启用”。相应地，所有“空”的同类客房的管理模型应该是一个“队列”，即酒店前台每次接待客人入住时，从“队头”分配客房；当客人结账离开时，应将退掉的空客房排在“队尾”，如图 1.1 所示。队列是经常用到的一种数学模型。

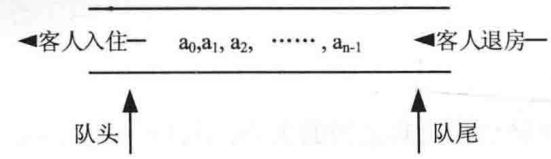
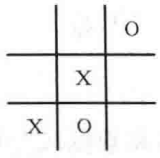


图 1.1　酒店客房管理

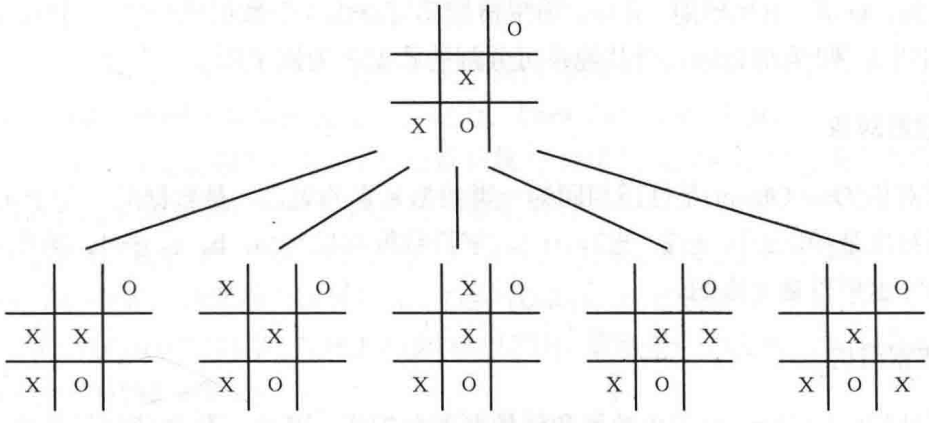
【例 1.3】人机对弈问题。

将对弈的策略事先存入计算机中，然后计算机才能和人进行对弈。在对弈问题中，计算机操作的对象是对弈过程中可能出现的棋盘状态(称为格局)。例如，图 1.2(a)所示为井字棋的一个格局，而格局之间的关系是由比赛规则决定的。通常，这个关系不是线性的，因为从一个棋盘格局可以派生出几个格局，例如，从图 1.2(a)所示的格局可以派生出 5 个格局，如图 1.2(b)所示，而从每一个新的格局又可派生出 4 个可能出现的格局。因此，若将从对弈开始到结束的过程中所有可能出现的格局都画在一张图上，则可得到一棵倒立生长的“树”。“树根”是对弈开始之前的棋盘格局，而所有的“叶子”就是可能出现的格局，对弈的过程就是从“树根”沿“树杈”到某个“叶子”的过程。“树”可以是某些非数值计算问题的数学模型，它也是一种数据结构。

综合以上 3 个例子可见，描述这类非数值计算问题的数学模型不再是数学方程，而是诸如二维表、队列和树之类的数据结构。因此，简单来说，在非数值计算的程序设计问题中，数据结构是一门研究计算机的操作对象及其相互之间的关系和运算等的学科。



(a) 棋盘格局示例



(b) 对弈树的局部

图 1.2 人机对弈

1.2 常用术语和基本概念

要学好“数据结构”这门课程，必须要明确各种概念及其相互之间的关系。本节只介绍一些常用的术语和基本概念，其他的相关术语和概念将在以后各章节中陆续讲解。

1. 数据

数据(Data)是信息的载体，是可以被计算机识别、存储并加工处理的描述客观事物的信息符号的总称。在计算机学科中，数据是指所有能输入到计算机中，并能被计算机程序所处理的符号的集合，它是计算机程序加工处理的对象。因此，客观事物包括数值、字符、声音、图形、图像等，它们本身并不是数据，只有通过编码变成能被计算机识别、存储和处理的符号后才是数据。

2. 数据元素和数据项

数据元素(Data Element)是描述数据的基本单位，一个数据元素由若干个数据项组成。数据项(Data Item)是描述数据的最小单位。在计算机中存储数据时，都是以一个数据元素为单位的。

数据项分为两种类型：组合项和原子项。

(1) 组合项

若数据元素可再分，则每一个独立的处理单元就是数据项，数据元素是数据项的集合。例如，用一条记录表示一个数据元素时，这条记录中一般会有多个描述记录属性的小项，

称为数据项。通常，数据项是不可再分的数据。

(2) 原子项

若数据元素不可再分，则数据元素和数据项是同一概念，如：整数"5"、字符"A"等。

例如，例 1.1 描述一个学生信息的数据元素可由下列 6 个数据项构成：学号、姓名、性别、民族、籍贯、出生日期。其中，出生日期又可以由 3 个数据项"年"、"月"和"日"组成，因此称"出生日期"为组合项，而其他不可分割的数据项为原子项。

3. 数据对象

数据对象(Data Object)是性质相同的一类数据元素的集合，是数据的一个子集。例如，整数数据对象是{0，±1，±2，±3，…}，字符数据对象是{a，b，c，…}。数据对象可以是有限的，也可以是无限的。

4. 数据结构

数据结构(Data Structure)由数据和结构两部分构成。其中，数据部分是指数据元素的集合；结构就是关系，结构部分是指数据元素之间关系的集合。所以，数据结构就是指数据元素的集合及数据元素之间关系的集合。概括地讲，数据结构就是指相互之间有一种或多种特定关系的数据元素的集合。在计算机上要处理数据，就要保存数据及它们之间的关系。在这里，关系就是数据的逻辑结构，它指反映数据元素之间的逻辑关系的数据结构，其中的逻辑关系是指数据元素之间的前后件关系，而与它们在计算机中的存储位置无关。

(1) 数据的逻辑结构

数据的逻辑结构(Logic Structure)是从具体问题抽象出来的数学模型，与数据在计算机中的具体存储没有关系。数据的逻辑结构独立于计算机，是数据本身所固有的特性。从逻辑上可以把数据结构分为线性结构和非线性结构，主要包括：集合、线性、树形和图状结构：

① 集合结构

集合结构(Set Structure)中的数据元素除了“同属于一个集合”的关系外，再无其他关系。如整数集、字符集等。

② 线性结构

线性结构(Linear Structure)中的数据元素之间存在“一对一”的关系。比如数组、队列等。

③ 树形结构

树形结构(Tree Structure)中的数据元素之间存在“一对多”的关系。比如例 1.3 中的人机对弈等。

④ 图状结构

图状结构(Graphic Structure，也称网状结构)中的数据元素之间存在“多对多”的关系。比如城市交通图等。

图 1.3 是上述几种结构的关系图。其中，树形结构和图状结构又称为非线性结构。由于集合中数据元素之间的关系是非常松散的，因此，常用其他几种结构来描述集合。

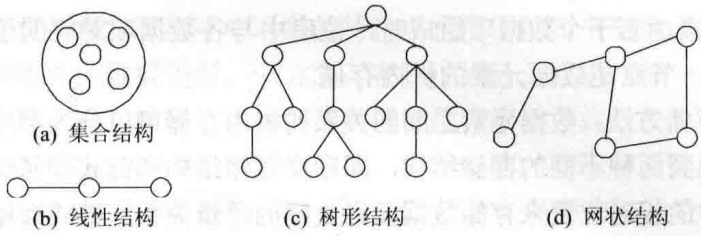


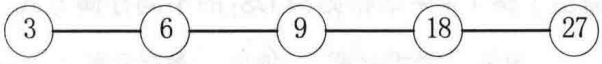
图 1.3 四种基本数据结构关系图

数据结构由相互之间存在着一种或多种关系的数据元素的集合和该集合中数据元素之间的关系组成。数据结构的形式化定义记为：Data_Structure=(D,R)。

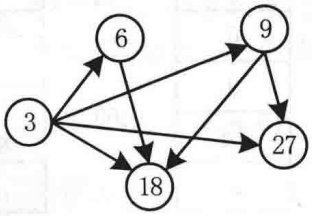
其中，D 是数据元素的有限集合，R 是数据集合 D 中所有元素之间的关系的有限集合。

【例 1.4】 定义集合 D={3, 6, 9, 18, 27}的数据结构。

$DS_1=(D,R_1)$，其中 R_1 定义为 D 上的“>”(大于)关系，则数据结构 DS_1 可以表示为如图 1.4(a)所示的形式，该结构为线性结构。$DS_2=(D,R_2)$，其中 R_2 定义为 D 上的“整除”关系，则 R_2={(3,6),(3,9),(3,18),(3,27),(6,18),(9,18),(9,27)}，数据结构 DS_2 可以表示为如图 1.4(b)所示的形式，该结构为图状结构。



(a) 数据结构 DS_1



(b) 数据结构 DS_2

图 1.4 集合 D 上定义的两个数据结构

从上面的例子可以看出，即使是由相同元素构成的集合，只要定义的关系不同，也不是同一数据结构。数据结构不仅描述了结构中的元素，还描述了这些元素之间的关系。数据结构的定义仅是对操作对象的一种数学描述，结构中定义的关系是数据元素之间的逻辑关系。

数据结构可以分为逻辑上的数据结构和物理上的数据结构。数据结构的形式化定义为逻辑结构。物理结构为数据在计算机中的存储，它包括数据元素的存储和关系的存储。在计算机中存储信息的最小单位是二进制的位(bit)，可以用一个由若干位组合起来形成的一个位串存储一个数据元素。因此可将位串看成是数据元素在计算机中的存储形式。

(2) 数据的物理结构(Physical Structure)

数据的物理结构，又称为存储结构(Storage Structure)，是指数据的逻辑结构在计算机存储空间的存放形式。数据的物理结构是数据结构在计算机中的存储，它包括数据元素的机内存储和关系的机内存储。由于具体实现的方法有顺序、链式、索引、散列等多种，因此，一种数据结构可存储成一种或多种存储结构。

数据元素的机内存储方法：用二进制位的位串存储数据元素。通常称这种位串为节点

(node)。当数据元素由若干个数据项组成时，位串中与各数据项对应的子位串称为数据域(data field)。因此，节点是数据元素的机内存储。

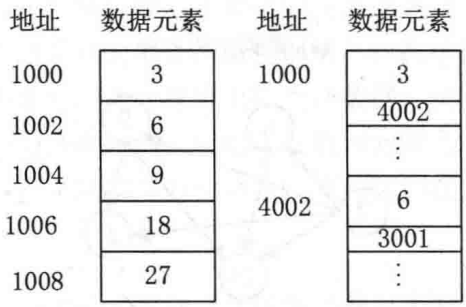
关系的机内存储方法：数据元素之间的关系的机内存储可以分为顺序存储和非顺序存储，这样就可以得到两种不同的存储结构，即顺序存储结构和链式存储结构。顺序存储借助元素在存储器中的相对位置来存储数据元素之间的逻辑关系。链式存储借助指示元素存储位置的指针(pointer)来存储数据元素之间的逻辑关系。

① 顺序存储结构(Sequence Storage Structure)

顺序存储结构通过数据元素在计算机存储器中的相对位置来存储数据元素的逻辑关系，一般把逻辑上相邻的数据元素存储在物理位置相邻的存储单元中，它是一种最基本的存储方法，一般采用数组来实现。

② 链式存储结构(Linked Storage Structure)

链式存储结构对逻辑上相邻的两个数据元素不要求其存储位置必须相邻，元素间的逻辑关系通过指针来存储，一般采用链表来实现。链式存储结构中的数据元素称为节点(node)，在节点中附设地址域(Address Domain)来存储与该节点相邻的节点的地址，从而实现节点间的逻辑关系。图 1.5 给出了图 1.4 中数据结构 DS_1 的不同存储方式。



（a）顺序存储结构　　（b）链式存储结构

图 1.5　数据结构 DS_1 存储结构示意图

(3) 数据的运算

算法的设计取决于数据的逻辑结构，而算法的实现依赖于数据采用的存储结构。数据的存储结构实质上是它的逻辑结构在计算机存储器中的实现，为了全面地反映一个数据的逻辑结构，它在存储器中的映象包括两方面的内容，即数据元素之间的信息和数据元素之间的关系。不同的数据结构有其相应的若干运算。数据的运算是在数据的逻辑结构上定义的操作算法，如检索、插入、删除、更新和排序等。数据的运算是数据结构的一个重要方面，讨论任何一种数据结构时都离不开对该结构上的数据运算及其实现算法的探讨。

1.3　数据类型

1.3.1　数据类型概述

数据类型(Data Type)是高级程序设计语言中的概念，是数据的取值范围和对数据进行

操作的总和。数据类型规定了程序中对象的特性。程序中的每个变量、常量或表达式的结果都应该属于某种确定的数据类型。一方面，在程序设计语言中，每一个数据都属于某种数据类型。类型显式或隐式地规定了数据的取值范围、存储方式以及允许进行的运算。数据类型是在程序设计中已经实现了的数据结构。另一方面，在程序设计过程中，当需要引入某种新的数据结构时，总是借助编程语言所提供的数据类型来描述数据的存储结构。

在客观世界中，任何数据元素都应该有自身的取值范围和所允许进行的运算操作。数据类型就是一个值的集合和定义在这个值集上的一组操作的总称。例如，C 语言中的基本整数类型(signed int)，它的值集是-32768～32767，在这个值集上能进行的操作有加、减、乘、除和取余数等，而在实数类型(float)上就不能进行取余数操作。按值的不同特性，数据类型又可分为不可分解的原子类型及可分解的结构类型。比如，C 语言中的整型、实型、字符型就属于原子类型；而数组、结构体和共用体类型就属于结构类型，由其他类型构造得到。

1.3.2 抽象数据类型

1. 抽象的数据类型

抽象的数据类型(Abstract Data Type，ADT)是指基于一类逻辑关系的数据类型以及定义在这个类型上的一组操作。在软件设计中，抽象数据类型通常包含元素、关系和操作三部分。所以，一般而言，抽象数据类型可用以下三元组表示：

$$ADT\_Type = (D,R,P)$$

其中，D 是数据元素有限集，即数据对象，R 是 D 上的关系集，P 是对 D 的基本操作集。

2. 抽象数据类型定义的一般形式

```
ADT 抽象数据类型名
{    数据对象：<数据对象的定义>
     数据关系：<数据关系的定义>
     基本操作：<基本操作的定义>
}ADT 抽象数据类型名
```

例如，线性表这样的抽象数据类型，其数学模型是数据元素的集合，该集合内的元素有这样的关系：除第一个和最后一个外，每个元素有唯一的前趋和唯一的后继。可以有这样的一些操作：插入一个元素、删除一个元素。

例如，线性表的抽象数据类型就可以定义为：

```
ADT list
{    数据对象：任意数据元素的集合
     数据关系：除第一个和最后一个外，每个元素有唯一的直接前驱和唯一的直接后继
     基本操作：
```

```
        ListInsert(&L，i，e)                /*元素的插入*/
        ListDelete(&L，i，e)                /*元素的删除*/
        …
}ADT list
```

3. 本书在用 C 语言描述时的约定

(1) C 语言的数组元素的下标从“0”开始，为此，在表示数据结构时，数据元素的序号也从 0 开始。

(2) 数据元素的类型约定为 ElemType。具体的类型可以由用户在使用时定义：

```
typedef int ElemType   /*定义所用数据类型为 int*/
```

(3) 数据存储结构用类型定义(typedef)描述，例如：

```
typedef struct{
    ElemType *elem;
    int length;
    int listsize;
}SqList;   /*定义名为 SqList 的线性表采用顺序存储结构的类型定义*/
```

(4) 算法以函数形式描述：

```
类型标识符 函数名(形参表)
/*算法说明*/
{语句}
```

通过以上定义可以看出，抽象数据类型只是数学的抽象，在 ADT 的定义中根本没有涉及如何实现操作的集合。对于每个 ADT 并不存在什么法则来说明必须要有哪些操作，这只是一个设计决策。

4. 抽象数据类型可以细分为 3 种类型

(1) 原子类型：其值是不可分的。

(2) 固定聚合类型：其值由确定数目的成分按某种结构组成。

(3) 可变聚合类型：其值由不确定数目的成分构成。

一个抽象数据类型的软件模块通常包含定义、存储和实现这 3 个部分。

1.4　算法和算法复杂度

解决实际问题需要找出解决问题的方法。用计算机解决实际问题，就要先给出解决问题的算法，再依据算法编写程序完成要求。算法(Algorithm)是指在有限的时间范围内，为解决某一问题而采取的方法和步骤的准确完整的描述，它是一个有穷的规则序列，这些规则决定了解决某一特定问题的一系列运算。算法是程序设计的精髓，算法的设计取决于数

据的逻辑结构，算法的实现取决于数据的物理结构。

1.4.1 算法的重要性

1. 算法的五个特征

(1) 有穷性

一个算法必须总是(对任何合法的输入值)在执行有穷步之后结束，且每一步都可在有穷的时间内完成。这也是算法与程序的最主要区别，程序可以无限地循环下去，如操作系统的监控程序在机器启动后就一直监测着操作者的鼠标动作和输入的命令。

(2) 确定性

算法中的每一条指令都必须有明确的含义，不应使读者产生二义性。并且在任何条件下，算法只有唯一的一条执行路径，即对于相同的输入只能得到相同的输出。

(3) 可行性

一个算法是可以被执行的，即算法中的每个操作都可以通过已经实现的基本运算执行有限次来完成。

(4) 有输入

根据实际问题的需要，一个算法在执行时可能要接收外部数据，也可能无须外部输入。所以一个算法应有零个或多个输入，这取决于算法本身要实现的功能。

(5) 有输出

一个算法在执行完毕后，一定要有一个或多个结果或结论。这就要求算法一定要有输出，这些输出是同输入有着某些联系的量。

通常，解决同一个问题，不同的人有不同的想法，即使是同一个人，在不同的时间里可能对同一个问题的理解也不完全相同。算法是依据个人的理解和想法人为设计出来的求解问题的步骤，不同的人或同一个人在不同的时间里设计出来的算法也不尽相同，那么哪种算法设计得好呢？如何评价一个算法的好与坏呢？

2. 算法效率的度量标准

通常，在算法设计时应该考虑从以下几个方面来度量算法的效率：

(1) 正确性

正确性(Correctness)，满足预先规定的功能和性能的要求，这是算法设计最基本的要求，算法应严格地按照特定的规格说明进行设计，要能够解决给定的问题。但是，“正确”一词的含义在通常的用法中有很大的区别，大体上可分为以下4个层次：

① 依据算法所编写的程序中不含语法错误；

② 程序对于几组输入数据能够得到满足规格要求说明的结果；

③ 程序对于经过精心挑选较为苛刻的几组输入数据也能够得到令人满意的结果；

④ 程序对于所有符合要求的输入数据都能得到正确的输出。

对于大型软件需要进行专业测试，一般情况下，通常以第③个要求作为衡量算法正确性的标准。

(2) 可读性

可读性(Readability)是指一个算法应当思路清晰、层次分明、简单明了、易读易懂。设计算法的主要目的是解决实际问题，在设计实现一个项目时，往往不是一个人独立完成的。为了达到可读性的要求，在设计算法时，一般要使用有一定意义的标识符来命名变量、函数等，以便于“见名知意”。其次，可以在算法的开头或指令的后面加注释来解释算法和指令的功能。

(3) 健壮性

健壮性(Robustness)是指一个算法应该具有很强的容错能力，当输入不合法的数据时，算法应当能做适当的处理，使得不至于引起严重的后果。当输入不合法的数据时，算法能做出相应的响应或进行适当的处理，避免带着非法数据执行，导致莫名其妙的结果。

(4) 高效率

运行时间(Running Time)是指算法在计算机上运行所花费的时间，它等于算法中每条语句执行时间的总和。一般来说，执行时间越短，性能越好。依据算法编写的程序运行速度较快。

(5) 低存储

占用空间(Storage Space)是指算法在计算机上存储所占用的存储空间，包括存储算法本身所占用的存储空间、算法的输入及输出数据所占用的存储空间和算法在运行过程中临时占用的存储空间。依据算法编写的程序在运行时所需内存空间较小。

对于一个系统设计人员来说，前 3 项很容易实现。在使用软件时，人们更加注重于软件的运行速度，而后两项恰恰是影响速度的主要因素。

1.4.2 时间复杂度

1. 时间复杂度的定义

一个程序的运行时间是指程序从开始到结束所需要的时间。通常，用 n 作为表示问题规模的量。我们把规模为 n 的算法的执行时间，称为时间复杂度(Time Complexity)，记为 T(n)。通常把算法中基本操作重复执行的次数(频度)作为算法的时间复杂度：T(n)=f(n)。

“渐进时间复杂度”，即当 n 逐渐增大时的极限情况。一般把这种算法的渐进复杂度简称为时间复杂度。为了便于分析，时间复杂度常用数量级的形式来表示，即 T(n)=O(f(n))。其中大写字母为 Order(数量级)的第一个字母，f(n)为函数形式，如 $T(n)=O(n^2)$。

一般用数量级的形式表示 T(n)，当 T(n)为多项式时，可只取其最高次幂，且其系数也可省略。算法的执行时间需通过依据该算法所编写的程序在计算机上运行时所消耗的时间来度量。