

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



# 算法设计与分析

王秋芬 吕聪颖 周春光 编著



清华大学出版社

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

# 算法设计与分析

王秋芬 吕聪颖 周春光 编著

清华大学出版社  
北京

## 内 容 简 介

本书是普通本科高校计算机专业核心课程“算法设计与分析”的教材。本着“易理解,重实用”的指导思想,结合多年的教学经验,以算法设计策略为主线,沿着“算法思想→算法设计→构造实例→算法描述→算法分析”的思路来组织教材内容,系统介绍了算法的设计方法和分析技巧。主要内容包括:算法及基础知识、贪心法、分治法、动态规划、搜索法、随机化算法、线性规划问题与网络流、数论算法及计算几何算法和 NP 完全理论。为突出教材的可读性、可用性及前沿性,每章增设了教学目标、阅读材料及习题解析。

本书内容丰富、思路清晰、实例讲解详细、图例直观形象,适合作为计算机及其相关专业的本科生教材,也可供工程技术人员和自学读者学习参考。此外,也适合作为参加 ACM 程序设计大赛的爱好者的参考书或培训教材。

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。

版权所有,侵权必究。侵权举报电话:010-62782989 13701121933

## 图书在版编目(CIP)数据

算法设计与分析/王秋芬等编著. —北京:清华大学出版社,2011.8

(21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术)

ISBN 978-7-302-25121-7

I. ①算… II. ①王… III. ①电子计算机—算法设计—高等学校—教材 ②电子计算机—算法分析—高等学校—教材 IV. ①TP301.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2011)第 051641 号

责任编辑:梁颖 薛阳

责任校对:时翠兰

责任印制:王秀菊

出版发行:清华大学出版社

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座

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

邮 编:100084

社 总 机:010-62770175

邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62795954,jsjic@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:185×260 印 张:20.75 字 数:501千字

版 次:2011年8月第1版 印 次:2011年8月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:33.00元

---

产品编号:039753-01

# 编审委员会成员

(按地区排序)

清华大学	周立柱	教授
	章 征	教授
	王建民	教授
	冯建华	教授
	刘 强	副教授
北京大学	杨冬青	教授
	陈 钟	教授
	陈立军	副教授
北京航空航天大学	马殿富	教授
	吴超英	副教授
	姚淑珍	教授
中国人民大学	王 珊	教授
	孟小峰	教授
	陈 红	教授
北京师范大学	周明全	教授
北京交通大学	阮秋琦	教授
	赵 宏	教授
北京信息工程学院	孟庆昌	教授
北京科技大学	杨炳儒	教授
石油大学	陈 明	教授
天津大学	艾德才	教授
复旦大学	吴立德	教授
	吴百锋	教授
	杨卫东	副教授
同济大学	苗夺谦	教授
	徐 安	教授
华东理工大学	邵志清	教授
华东师范大学	杨宗源	教授
	应吉康	教授
东华大学	乐嘉锦	教授
	孙 莉	副教授

浙江大学	吴朝晖	教授
	李善平	教授
扬州大学	李 云	教授
南京大学	骆 斌	教授
	黄 强	副教授
南京航空航天大学	黄志球	教授
	秦小麟	教授
南京理工大学	张功萱	教授
南京邮电学院	朱秀昌	教授
苏州大学	王宜怀	教授
	陈建明	副教授
江苏大学	鲍可进	教授
中国矿业大学	张 艳	教授
武汉大学	何炎祥	教授
华中科技大学	刘乐善	教授
中南财经政法大学	刘腾红	教授
华中师范大学	叶俊民	教授
	郑世珏	教授
	陈 利	教授
江汉大学	颜 彬	教授
国防科技大学	赵克佳	教授
	邹北骥	教授
中南大学	刘卫国	教授
湖南大学	林亚平	教授
西安交通大学	沈钧毅	教授
	齐 勇	教授
长安大学	巨永锋	教授
哈尔滨工业大学	郭茂祖	教授
吉林大学	徐一平	教授
	毕 强	教授
山东大学	孟祥旭	教授
	郝兴伟	教授
中山大学	潘小轰	教授
厦门大学	冯少荣	教授
仰恩大学	张思民	教授
云南大学	刘惟一	教授
电子科技大学	刘乃琦	教授
	罗 蕾	教授
成都理工大学	蔡 淮	教授
	于 春	讲师
西南交通大学	曾华燊	教授

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

(1) 21世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。

(2) 21世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。

(3) 21世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。

(4) 21世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。

(5) 21世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。

(6) 21世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。

(7) 21世纪高等学校规划教材·电子商务。

(8) 21世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过二十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: weijj@tup.tsinghua.edu.cn

## 一、关于本书

本书是在结合作者多年教学经验及实践的基础上编写而成的。它充分考虑了学生的接受能力,本着“易理解,重实用”的指导思想,以掌握算法设计与分析的基本概念和方法、拓展学生专业知识结构为宗旨,按照“算法思想→算法设计→构造实例→算法描述→算法分析”的思路来组织本书内容,详细讲述了多种经典算法设计策略。纵观全书,这里并没有创造出任何新的算法,因为作者仅仅是希望通过对经典算法的讲解,把算法设计与分析中基础且重要的内容用更清晰的思路、更直观的形式展现给读者。

## 二、本书结构

本书以算法策略为知识单元,共9章内容,其中第1章介绍基础知识,第2~8章介绍经典的算法设计策略,第9章简单介绍了NP完全理论。具体结构安排如下:

第1章:算法及基础知识。主要介绍算法设计与分析的基础知识、递归、常用的数据结构及数学公式等。

第2~5章介绍经典的算法设计策略:贪心法、分治法、动态规划、搜索法等。每一种算法设计策略均按照算法思想、算法设计、构造实例、算法描述、算法分析的思路详细讲解。

第6章:随机化算法。讲述了4种类型的随机化算法,并结合实例讲述了每种类型随机化算法的特点。

第7章:线性规划问题与网络流。着重讲述线性规划问题的标准化及单纯形算法、网络流的基本概念及理论、求最大流的增广路算法、求最小费用流的消圈算法。

第8章:数论算法及计算几何算法。数论算法中介绍了一些简单的数论理论知识及最大公约数、一次同余方程和同余方程组的算法;计算几何算法中主要介绍叉积的概念和几何意义,进而利用它判断点与线段、线段与线段之间的关系;解决凸包问题及最接近点对问题的两种算法的实现与比较。

第9章:NP完全理论。简单介绍了NP理论和近似算法,以引起读者进一步学习和研究的兴趣。

其中,第5、6、8章由南阳理工学院王秋芬编写,第1、2、3、7章由南阳理工学院吕聪颖编写,第4、9章由南阳理工学院徐艳群编写,习题解析的第1~4章由吕聪颖编写,第5~9章由王秋芬编写,吉林大学周春光教授负责全书的审阅工作。

## 三、本书特点

本书侧重于算法步骤的设计及实例构造,注重算法与数据结构的结合、算法时间效率分析。其特色在于针对每一种算法设计策略,按照算法思想设计了详细的算法步骤,构造了具体实例以展现算法的详细演示过程,最后给出算法描述。

本书内容精练,算法设计步骤清晰,实例构造详尽,算法描述的注释清楚,阅读材料丰富,易教、易学。通过本书,读者一方面可以学习到基本的算法设计策略和分析方法;另一



方面,还可以对当今流行算法和算法界的大师有所了解。

在此,谨向清华大学出版社负责本书编辑出版工作的全体同仁和每一位曾经关心和支持本书编写工作的各方面专家表示衷心感谢。

由于编者水平有限,书稿虽几经修改,仍难免有疏漏或不妥之处,欢迎广大读者和专家批评指正。联系方式:电子邮件 w\_qiufen@163.com,手机 15838482302。

编 者

2011年6月

# 目 录

<b>第 1 章 算法及基础知识</b> .....	1
1.1 算法的基本概念 .....	1
1.1.1 学习算法的重要性.....	1
1.1.2 算法的定义及特性.....	2
1.1.3 算法的描述方式.....	3
1.1.4 算法与程序的区别.....	4
1.2 算法设计的一般过程 .....	5
1.3 算法分析 .....	6
1.3.1 算法分析的概念.....	6
1.3.2 时间复杂性.....	6
1.3.3 空间复杂性.....	7
1.3.4 渐进复杂性态.....	7
1.3.5 算法复杂性的权衡考虑 .....	13
1.4 递归.....	13
1.4.1 认知递归 .....	13
1.4.2 $n$ 的阶乘 .....	14
1.4.3 排列问题 .....	14
1.4.4 递归算法的复杂性分析 .....	16
1.5 基本的数据结构.....	17
1.5.1 顺序表与链表 .....	17
1.5.2 栈与队列 .....	19
1.5.3 树与图 .....	20
1.5.4 集合 .....	25
1.6 常用数学公式.....	27
1.6.1 对数公式 .....	27
1.6.2 组合公式 .....	27
1.6.3 求和公式 .....	27
1.6.4 向下取整和向上取整公式 .....	28
阅读材料 1——算法界十大名师简介 .....	28
习题 1 .....	33
<b>第 2 章 贪心法</b> .....	34
2.1 概述.....	34

2.1.1 贪心法的基本思想 .....	34
2.1.2 贪心法的基本要素 .....	35
2.1.3 贪心法的解题步骤及算法设计模式 .....	36
2.2 会场安排问题 .....	36
2.3 单源最短路径问题 .....	39
2.4 哈夫曼编码 .....	43
2.5 最小生成树 .....	49
2.5.1 Prim 算法 .....	50
2.5.2 Kruskal 算法 .....	53
2.5.3 两种算法的比较 .....	56
阅读材料 2——遗传算法 .....	56
习题 2 .....	60
<b>第 3 章 分治法 .....</b>	<b>62</b>
3.1 概述 .....	62
3.1.1 分治法的基本思想 .....	62
3.1.2 分治法的求解步骤 .....	63
3.2 二分查找 .....	63
3.3 循环赛日程表 .....	66
3.4 合并排序 .....	69
3.5 快速排序 .....	72
阅读材料 3——禁忌搜索算法 .....	76
习题 3 .....	80
<b>第 4 章 动态规划 .....</b>	<b>81</b>
4.1 概述 .....	81
4.1.1 动态规划的基本思想 .....	82
4.1.2 动态规划的求解步骤 .....	83
4.1.3 动态规划的基本要素 .....	83
4.2 矩阵连乘问题 .....	84
4.3 凸多边形最优三角剖分 .....	89
4.4 最长公共子序列问题 .....	92
4.5 加工顺序问题 .....	96
4.6 0-1 背包问题 .....	99
4.7 最优二叉查找树 .....	108
阅读材料 4——模拟退火算法 .....	118
习题 4 .....	121

<b>第 5 章 搜索法</b> .....	123
5.1 穷举搜索 .....	123
5.2 深度优先搜索 .....	124
5.3 回溯法 .....	126
5.3.1 回溯法的算法框架及思想 .....	126
5.3.2 子集树 .....	133
5.3.3 排列树 .....	146
5.3.4 满 $m$ 叉树 .....	157
5.4 宽度优先搜索 .....	169
5.5 分支限界法 .....	171
5.5.1 分支限界法的基本思想 .....	171
5.5.2 0-1 背包问题 .....	171
5.5.3 旅行商问题 .....	179
5.5.4 布线问题 .....	184
5.5.5 分支限界法与回溯法的比较 .....	187
阅读材料 5——蚁群算法 .....	188
习题 5 .....	192
<b>第 6 章 随机化算法</b> .....	194
6.1 概述 .....	194
6.1.1 随机化算法的类型及特点 .....	194
6.1.2 随机数发生器 .....	195
6.2 数值随机化算法 .....	197
6.2.1 计算 $\pi$ 的值 .....	197
6.2.2 计算定积分 .....	197
6.3 蒙特卡罗算法 .....	198
6.3.1 主元素问题 .....	198
6.3.2 素数测试 .....	199
6.4 拉斯维加斯算法 .....	203
6.4.1 整数因子分解 .....	203
6.4.2 $n$ 皇后问题 .....	205
6.5 舍伍德算法 .....	207
6.5.1 随机快速排序 .....	207
6.5.2 线性时间选择 .....	207
阅读材料 6——粒子群优化算法 .....	208
习题 6 .....	211

<b>第 7 章 线性规划问题与网络流</b> .....	213
7.1 概述 .....	213
7.1.1 一般线性规划问题的描述 .....	213
7.1.2 标准型线性规划问题的描述 .....	214
7.1.3 标准型线性规划问题的单纯形算法 .....	216
7.2 最大网络流 .....	224
7.2.1 基本概念 .....	224
7.2.2 增广路算法 .....	226
7.2.3 最大网络流的变换与应用 .....	230
7.3 最小费用最大流 .....	234
7.3.1 基本概念 .....	234
7.3.2 消圈算法 .....	235
7.3.3 最小费用最大流的变换与应用 .....	243
阅读材料 7——捕食搜索算法 .....	243
习题 7 .....	246
<b>第 8 章 数论算法及计算几何算法</b> .....	248
8.1 最大公约数 .....	248
8.1.1 欧几里得算法 .....	248
8.1.2 Stein 算法 .....	250
8.2 同余方程 .....	251
8.3 同余方程组 .....	254
8.4 线段相交 .....	256
8.5 凸包问题 .....	259
8.5.1 凸包问题的穷举搜索法 .....	260
8.5.2 凸包问题的分治法 .....	261
8.6 最接近点对问题 .....	263
8.6.1 最接近点对问题的穷举搜索法 .....	264
8.6.2 最接近点对问题的分治法 .....	264
阅读材料 8——动态进化算法 .....	271
习题 8 .....	274
<b>第 9 章 NP 完全理论</b> .....	275
9.1 易解问题和难解问题 .....	275
9.2 $P$ 类和 $NP$ 类问题 .....	276
9.2.1 $P$ 类问题 .....	277
9.2.2 $NP$ 类问题 .....	277
9.2.3 $P$ 类问题和 $NP$ 类问题的关系 .....	278

9.3 NP 完全问题 .....	279
9.3.1 多项式变换技术 .....	279
9.3.2 典型的 NP 完全问题 .....	279
9.4 NP 完全问题的近似算法 .....	280
9.4.1 顶点覆盖问题 .....	282
9.4.2 装箱问题 .....	282
9.4.3 旅行商问题 TSP .....	285
9.4.4 集合覆盖问题 .....	285
阅读材料 9——DNA 计算 .....	286
习题 9 .....	290
<b>附录 A 习题解析 .....</b>	<b>291</b>
第 1 章 .....	291
第 2 章 .....	292
第 3 章 .....	295
第 4 章 .....	296
第 5 章 .....	299
第 6 章 .....	303
第 7 章 .....	304
第 8 章 .....	309
第 9 章 .....	309
<b>参考文献 .....</b>	<b>312</b>

# 第 1 章

## 算法及基础知识

### 教学目标

- ☑ 充分理解并掌握算法的相关概念
- ☑ 理解算法设计的一般过程
- ☑ 掌握对算法复杂性进行分析的方法
- ☑ 掌握使用面向对象程序设计语言 C++ 进行算法描述的方法
- ☑ 掌握递归的概念及运用要点
- ☑ 熟悉基本数据结构和数学公式的概念及使用方法

有两种思想,像珠宝商放在天鹅绒上的宝石一样熠熠生辉,一个是微积分;另一个就是算法。微积分以及在微积分基础上建立起来的数学分析体系造就了现代科学,而算法则造就了现代世界。

——David Berlinski 之《THE ADVENT OF THE ALGORITHM》

计算机行业是个肥沃且充满勃勃生机的生态圈,不断孕育着一代又一代的新技术、新概念,毫无疑问,那些站在科技浪尖的技术概念自然成为开发者的宠儿。纵观计算机行业的发展历程,不难发现无论该行业的浪潮多么朝夕莫测,计算机和软件发展背后的根基却岿然屹立、经年不变,算法便是其根基之一,它对计算机行业的发展起着不可估量的作用。因此,算法在计算机专业教育中占有很重要的地位。对算法的学习和研究主要包括:算法设计、算法描述、算法的正确性证明、算法分析和验证等几个方面。

另外,算法的设计与分析是计算机专业教育的核心问题,掌握算法的设计策略和算法分析的基本方法是对一个软件工作者的基本要求,为此,本书主要对这两大方面进行研究。设计策略是指面对一个问题,如何设计一个正确有效的算法;算法分析是指对于一个已设计的算法,如何评价其优劣。二者相互依存,设计出的算法需要进行分析 and 评价,对算法的分析和评价反过来又将推动算法设计的改进。

## 1.1 算法的基本概念

### 1.1.1 学习算法的重要性

在学习任何一门知识之前都要先搞清楚学习该知识的理由,即学习它有何重要性。那么,为何要学习算法呢?当然,理由有很多,这里仅给出几个。

(1) 算法与日常生活息息相关。在日常生活中,人们都在自觉不自觉地使用算法。例如人们到商店购买物品,会首先确定购买哪些物品,准备好所需的钱,然后确定到哪些商场选购、决定去商场的路线。若物品的质量好如何处理,对物品不满意又怎样处理,购买物品后做什么等。

(2) 算法是程序设计的根基。计算机技术的发展可谓日新月异,开发语言不断出现,编程工具不断更新,今天学会的知识明天可能就过时了,但是基本的算法策略却不会有太大改变。熟练掌握了基本的算法策略,在解决遇到的问题时就可以做到有的放矢。

(3) 学习算法能够提高分析问题的能力。学习算法可以锻炼人们的思维,提高分析问题的能力,对日后的学习、生活、工作也会产生深远的影响。

(4) 算法是推动计算机行业发展的关键。计算机的功能越强大,人们越想尝试着用它来解决更为复杂的问题,而更复杂的问题则需要更大的计算量。现代计算技术使得计算机的硬件性能得到了很大的提高,但这仅仅是为计算更复杂的问题提供了有效工具,算法的研究是使得该工具的性能得以发挥的关键。

(5) 研究算法是件快乐的事情。算法本身就具有很强的趣味性,当你沉浸其中时,它的速度、构思都会让你有种不可言喻的美感。

### 1.1.2 算法的定义及特性

算法的历史可以追溯到 9 世纪的古波斯。最初它仅表示“阿拉伯数字的运算法则”。后来,它被赋予更一般的含义,即所谓的一组确定的、有效的、有限的解决问题的步骤。这是算法的最初定义,注意,这个定义里面没有包括“正确”一词。

推动算法传播的是生活在美索不达米亚的 Al Khwarizmi,他于 9 世纪以阿拉姆语著述了一本教科书。该书列举了加、减、乘、除、求平方根和计算圆周率数值的方法。这些计算方法的特点是:简单、没有歧义、机械、有效和正确,这就是算法。注意,这个定义加上了“正确”一词。几百年后,当十进制记数法在欧洲被广泛使用时,“算法”(Algorithm)这个单词被人们创造出来以纪念 Al Khwarizmi 先生。当代著名计算机科学家 D. E. Knuth 在他撰写的《THE ART OF COMPUTER PROGRAMMING》一书中写到:“一个算法,就是一个有穷规则的集合,其中之规则规定了一个解决某一特定类型的问题的运算序列。”

由上面所述可推知,任何解决问题的过程都是由一定的步骤组成的,通常把解决问题的确定方法和有限步骤称为算法。那么,对于计算机科学来说,算法指的是对特定问题求解步骤的一种描述,是若干条指令的有穷序列,并且它具有以下特性:

(1) 输入。有零个或多个输入,来源于外界提供或自己产生。

(2) 输出。有一个或多个输出。算法是为解决某问题而设计的,其实现的最终目的就是要获得问题的解,没有输出的算法是无意义的。

(3) 确定性。组成算法的每条指令必须有确定的含义,无歧义。在任何条件下,对于相同的输入只能得到相同的输出结果。

(4) 有限性。算法中每条指令的执行次数都是有限的,执行每条指令的时间也是有限的。也就是说,在执行若干条指令之后,算法将结束。

(5) 可行性。一个算法是可行的,即算法中描述的操作都可以通过已经实现的基本运算执行有限次后实现。换句话说,要求算法中有待实现的运算都是基本的,每种运算至少在



原理上能由人用纸和笔在有限的时间内完成。

### 1.1.3 算法的描述方式

算法的设计者在构思和设计一个算法之后,必须清楚准确地将所设计的求解步骤记录下来,这就是算法描述。

算法可以使用各种不同的方式来描述,常用的描述方式有自然语言、图形、程序设计语言和伪代码等。下面以欧几里得算法为例逐一介绍它们的具体操作方法。

欧几里得算法的功能是:求两个非负整数  $a$  和  $b$  的最大公约数。通常采用辗转相除法来实现该功能,其过程为:当  $b$  不为 0 时,辗转用操作:  $r=a \% b, a=b, b=r$  消去相同的因子,直到  $b$  为 0 时,  $a$  的值即为所求的解。

#### 1. 自然语言

自然语言也就是人们日常进行交流的语言,如汉语、英语等。其最大的优点是简单、通俗易懂,缺点是不够严谨、烦琐且不能被计算机直接执行。

欧几里得算法用自然语言描述如下:

- (1) 输入  $a$  和  $b$ 。
- (2) 判断  $b$  是否为 0,如果不为 0,转步骤(3);否则转步骤(4)。
- (3)  $a$  对  $b$  取余,其结果赋值给  $r, b$  赋值给  $a, r$  赋值给  $b$ ,转步骤(2)。
- (4) 输出  $a$ ,算法结束。

#### 2. 图形

常用来描述算法的图形工具主要包括:流程图、N-S 图和 PAD 图。其优点是直观形象、简洁明了,缺点是画起来费事、不易修改且不能被计算机直接执行。下面以流程图为例简单介绍一下该算法描述方式。

欧几里得算法用流程图描述如图 1-1 所示。

#### 3. 程序设计语言

程序设计语言通常是一个能完整、准确和规则地表达人们的意图,并用以指挥或控制计算机工作的“符号系统”。该方式的优点是:描述的算法能在计算机上直接执行。缺点是抽象性差、不易理解且有严格的格式要求和语法限制等,这给用户带来了一定的不便,但是对于从事计算机研究的专业人士,熟练掌握一门程序设计语言是最基本的条件。

本书采用程序设计语言 C++ 来描述算法,选用该语言的理由有两点:一是它全面兼容 C。保持了 C 的简洁、高效、良好的可读性和可移植性等特点,并对 C 的类型系统进行了改革和扩充。因此比 C 更安全,其编译系统能检查出更多的类型错误。二是支持面向对象的方法。

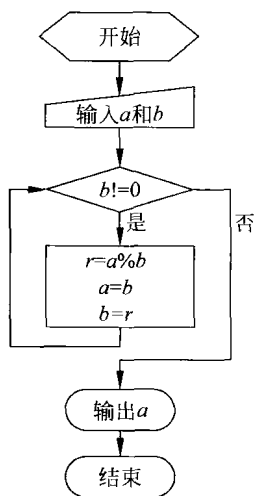


图 1-1 欧几里得算法的流程图