

- 适合语言零基础的初学者
- 涵盖算法竞赛的主要知识点
- 大量经验教训与比赛技巧
- 简洁、清晰、高效的示例代码
- 丰富的辅助教学资源与配套习题

算法竞赛 入门经典

◎ 刘汝佳 编著



清华大学出版社

THE UNIVERSITY OF CHINA PRESS
100871 BEIJING, CHINA
TEL: 86-10-64011168
WWW.UCP.EDU.CN

四库全帙

入门经典

ISBN 7-309-04711-9



00000000000000000000

算法艺术与信息学竞赛

算法竞赛入门经典

刘汝佳 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

本书是一本算法竞赛的入门教材，把 C/C++ 语言、算法和解题有机地结合在了一起，淡化理论，注重学习方法和实践技巧。全书内容分为 11 章，包括程序设计入门、循环结构程序设计、数组和字符串、函数和递归、基础题目选解、数据结构基础、暴力求解法、高效算法设计、动态规划初步、数学概念与方法、图论模型与算法，覆盖了算法竞赛入门所需的主要知识点，并附有大量习题。书中的代码规范、简洁、易懂，不仅能帮助读者理解算法原理，还能教会读者很多实用的编程技巧。另外，书中包含的各种开发、测试和调试技巧也是在传统的语言、算法类书籍中难以见到的。

本书可作为全国青少年信息学奥林匹克联赛（NOIP）的复赛教材及 ACM 国际大学生程序设计竞赛（ACM/ICPC）的入门参考，还可作为 IT 工程师与科研人员的参考用书。

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

算法竞赛入门经典/刘汝佳编著. —北京：清华大学出版社，2009.11
（算法艺术与信息学竞赛）

ISBN 978-7-302-20608-8

I. 算… II. 刘… III. ①电子计算机-算法理论-教材 ②C 语言-程序设计-教材 IV. TP301.6 TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字（2009）第 118407 号

责任编辑：朱英彪 郭 伟

封面设计：张 岩

版式设计：王世情

责任校对：王 云

责任印制：杨 艳

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：010-62776969, c-service@tup.tsinghua.edu.cn

质 量 反 馈：010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

印 刷 者：清华大学印刷厂

装 订 者：三河市李旗庄少明装订厂

经 销：全国新华书店

开 本：185×260 印 张：15 字 数：347 千字

版 次：2009 年 11 月第 1 版 印 次：2009 年 11 月第 1 次印刷

印 数：1~5000

定 价：24.00 元

本书如存在文字不清、漏印、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)62770177 转 3103 产品编号：032242-01

前 言

“听说你最近在写一本关于算法竞赛入门的书？”朋友问我。

“是的。”我微笑道。

“这是怎样的一本书呢？”朋友很好奇。

“C 语言、算法和题解。”我回答。

“什么？几样东西混着吗？”朋友很吃惊。

“对。”我笑了，“这是我思考许久后做出的决定。”

大学之前的我

12 年前，当我翻开 Sam A. Abolrous 所著《C 语言三日通》的第一页时，我不会想到自己会有机会编写一本讲解 C 语言的书籍。当时，我真的只花了 3 天就学完了这本书，并且自信满满：“我学会 C 语言啦！我要用它写出各种有趣、有用的程序！”但渐渐地，我认识到了：虽然浅显易懂，但书中的内容只是语言入门，离实际应用还有较大差距，就好比小学生学会造句以后还要下很大功夫才能写出像样的作文。

第二本对我影响很大的书是 Sun 公司的 Peter van der Linden (PvdL) 所著的《C 程序设计奥秘》。作者称该书应该是每一个程序员“在 C 语言方面的第二本书”，因为“书中绝大部分内容、技巧和技术在其他任何书中都找不到”。原先我只是把自己当成是程序员，但在阅读的过程中，我开始渐渐了解到硬件设计者、编译程序开发者、操作系统编写者和标准制定者是怎么想的。继续阅读增强了我的领悟：**要学好 C 语言，绝非熟悉语法和语义这么简单。**

后来，我自学了数据结构，懂得了编程处理数据的基本原则和方法，然后又学习了 8086 汇编语言，甚至曾没日没夜地用 SoftICE 调试《仙剑奇侠传》，并把学到的技巧运用到自己开发的游戏引擎中。再后来，我通过《电脑爱好者》杂志上的一则不起眼的广告了解到了全国信息学奥林匹克联赛（当时称为分区联赛，NOIP 是后来的称谓）。“学了这么久编程，要不参加个比赛试试？”想到这里，我拉着学校里另外一个自学编程的同学，找老师带我们参加了 1997 年的联赛——在这之前，学校并不知道有这个比赛。凭借自己的数学功底和对计算机的认识，我在初赛（笔试）中获得全市第二的成绩，进入了复赛（上机）。可我的上机编程比赛的结果是“惨烈”的：第一题有一个测试点超过了整数的表示范围；第二题看漏了一个条件，一分都没得；第三题使用了穷举法，全部超时。考完之后我原以为能得满分的，结果却只得了 100 分中的 20 多分，名落孙山。

痛定思痛，我开始反思这个比赛。一个偶然的机，我拿到了一本联赛培训教材。书上说，比赛的核心是算法（Algorithm），并且推荐使用 Pascal 语言，因为它适合描述算法。我从别人那里复制来了 Turbo Pascal 7.0（那时网络并不发达），开始研究起来。由于先学

的是 C 语言，所以我刚开始学习 Pascal 时感到有些不习惯：赋值不是“=”而是“:=”，简洁的花括号变成了累赘的 begin 和 end，if 之后要加个 then，而且和 else 之间不允许写分号……但很快我就发现，这些都不是本质问题。在编写竞赛题的程序时，我并不会用到太多的高级语法。Pascal 的语法虽然稍微啰嗦一点，但总体来说是很清晰的。就这样，我只花了不到一天时间就把语法习惯从 C 转到了 Pascal，剩下的知识就是在不断编程中慢慢地学习和熟练——学习 C 语言的过程是痛苦的，但收益也是巨大的，“轻松转到 Pascal”只是其中一个小小的例子。

我学习计算机，从一开始就不是为了参加竞赛，因此，在编写算法程序之余，我几乎总是使用熟悉的 C 语言，有时还会用点汇编，并没有觉得有何不妥。随着编写应用程序的经验逐渐丰富，我开始庆幸自己先学的是 C 语言——在我购买的各类技术书籍中，几乎全部使用的是 C 语言而不是 Pascal 语言，尽管偶尔有用 Delphi 的文章，但这种语言似乎除了构建漂亮的界面比较方便之外，并没有太多的“技术含量”。我始终保持着对 C 语言的熟悉，而事实证明这对我的职业生涯发挥了巨大的作用。

中学竞赛和教学

在大学里参加完 ACM/ICPC 世界总决赛之后（当时 ACM/ICPC 还可以用 Pascal，现在已经不能用了），我再也没有用 Pascal 语言做过一件“正经事”（只是偶尔用它给一些只懂 Pascal 的孩子讲课）。后来我才知道，国际信息学奥林匹克系列竞赛是为数不多的几个允许使用 Pascal 语言的比赛之一。IT 公司举办的商业比赛往往只允许用 C/C++ 或 Java、C#、Python 等该公司使用较为频繁的语言（顺便说一句，C 语言学好以后，读者便有了坚实的基础去学习上述其他语言），而在做一些以算法为核心的项目时，一般来说也不能用 Pascal 语言——你的算法程序必须和已有的系统集成，而这个“现有系统”很少是用 Pascal 写成的。为什么还有那么多中学生非要用这个“以后几乎再也用不着”的语言呢？

于是，我开始在中学竞赛中推广 C 语言。这并不是说我希望废除 Pascal 语言（事实上，我希望保留它），而是希望学生多一个选择，毕竟并不是每个参加信息学竞赛的学生都将走入 IT 界。但如果简单地因为“C 语言难学难用，竞赛中还容易碰到诸多问题”就放弃学习 C 语言，我想是很遗憾的。

然而，推广的道路是曲折的。作为五大学科竞赛（数学、物理、化学、生物、信息学）中唯一一门高考中没有的“特殊竞赛”，学生、教师、家长所走的道路要比其他竞赛要艰辛得多。

第一，数理化竞赛中所学的知识，多是大学本科要学习的，只不过是提前灌输给高中生，但信息学竞赛中所涉及的很多东西甚至连本科都不会学到，即使学到了，也只是“简单了解即可”，和“满足竞赛的要求”有着天壤之别，这极大地增加了中学生学习算法和编程的难度。

第二，学科发展速度快。辅导信息学竞赛的教师常常有这样的感觉：必须不停地学习再学习，否则很容易跟不上“潮流”。事实上，学术上的研究成果常常在短短几年之内就体现在竞赛中。

第三，质量要求高。想法再伟大，如果无法在比赛时间之内把它变成实际可运行的程序，那么所有的心血都将是白费。数学竞赛中有可能在比赛结束前 15 分钟找到突破口并在交卷前一瞬间把解法写完——就算有漏洞，还有部分分数呢；但在信息学竞赛中，想到正确解法却 5 个小时都写不完程序的现象并不罕见。连程序都写不完当然就是 0 分，即使程序写完了，如果存在关键漏洞，往往还是 0 分。这不难理解——如果用这个程序控制人造卫星发射，难道当卫星爆炸之后你还可以向人炫耀说：“除了有一个加号被我粗心写成减号从而引起爆炸之外，这个卫星的发射程序几乎是完美的。”

在这样的情况下，让学生和教师放弃自己熟悉的 Pascal 语言，转向既难学又容易出错的 C 语言确实难为他们了——尤其是在 C 语言资料如此缺乏的情况下。等一下！C 语言资料缺乏？难道市面上不是遍地都是 C 语言教材吗？对，C 语言教材多，但和算法竞赛相结合的却几乎没有。不要以为语言入门以后就能轻易地写出算法程序（这甚至是很多 IT 工程师的误区），多数初学者都需要详细的代码才能透彻地理解算法，只了解算法原理和步骤是远远不够的。

大家都知道，编程需要大量的练习，只看只听是不够的。反过来，如果只是盲目练习，不看不听也是不明智的。本书的目标很明确——提供算法竞赛入门所必需的一切“看”的蓝本。有效的“听”要靠教师的辛勤劳动，而有效的“练”则要靠学生自己。当然，就算是最简单的“看”，也是大有学问的。不同的读者，往往能看到不同的深度。请把本书理解为“蓝本”。没有一本教材能不加修改而适用于各种年龄层次、不同学习习惯和悟性的学生，本书也不例外。我喜欢以人为本，因材施教，不推荐按照本书的内容和顺序填鸭式地教给学生。

内容安排

前面花了大量篇幅讨论了语言，但语言毕竟只是算法竞赛的工具——尽管这个工具非常重要，却不是核心。正如前面所讲，算法竞赛的核心是算法。我曾考虑过把 C 语言和算法分开讲解，一本书讲语言，另一本书讲基础算法。但后来我发现，其实二者难以分开。

首先，语言部分的内容选择很难。如果把 C 语言的方方面面全部讲到，篇幅肯定不短，而且和市面上已有的 C 语言教材基本上不存在区别；如果只是提纲挈领地讲解核心语法，并只举一些最为初级的例子，看完后读者将会处于我当初 3 天看完《C 语言三日通》后的状态——以为自己都懂了，慢慢才发现自己学的都是“玩具”，真正关键、实用的东西全都不懂。

其次，算法的实现常常要求程序员对语言熟练掌握，而算法书往往对程序实现避而不谈。即使少数书籍给出了详细代码，但代码往往十分冗长，不适合用在算法竞赛中。更重要的是，这些书籍对算法实现中的小技巧 and 常见错误少有涉及，所有的经验教训都需要读者自己从头积累。换句话说，传统的语言书和算法之间存在着不小的鸿沟。

基于上述问题，本书采取一种语言和算法结合的方法，把内容分为如下 3 部分：

- 第 1 部分是语言篇（第 1~4 章），纯粹介绍语言，几乎不涉及算法，但逐步引入一些工程性的东西，如测试、断言、伪代码和迭代开发等。

- 第 2 部分是算法篇（第 5~8 章），在介绍算法的同时继续强化语言，补充了第 1 部分没有涉及的语言特性，如位运算、动态内存管理等，并延续第一部分的风格，在需要时引入更多的思想和技巧。学习完前两部分的读者应当可以完成相当数量的练习题。
- 第 3 部分是竞赛篇（第 9~11 章），涉及竞赛中常用的其他知识点和技巧。和前两部分相比，第 3 部分涉及的内容更加广泛，其中还包括一些难以理解的“学术内容”，但其实这些才是算法的精髓。

本书最后有一个附录，介绍开发环境和开发方法，虽然它们和语言、算法的关系都不大，却往往能极大地影响选手的成绩。另外，本书讲解过程中所涉及的程序源代码可登录网站 <http://www.tup.tsinghua.edu.cn/> 下载。

致谢

在真正动笔之前，我邀请了一些对本书有兴趣的朋友一起探讨本书的框架和内容，并请他们撰写了一定数量的文字，他们是赖笠源（语言技巧、字符串）、曹正（数学）、邓凯宁（递归、状态空间搜索）、汪堃（数据结构基础）、王文一（算法设计）、胡昊（动态规划）。尽管这些文字本身并没有在最终的书稿中出现，但我从他们的努力中获得了很多启发。北京大学的杨斐瞳完成了本书中大部分插图的绘制，清华大学的杨锐和林芝恒对本书进行了文字校对、题目整理等工作，在此一并感谢。

在本书构思和初稿写作阶段，很多在一线教学的老师给我提出了有益的意见和建议，他们是绵阳南山中学的叶诗富老师、绵阳中学的曾贵胜老师、成都七中的张君亮老师、成都石室中学的文仲友老师、成都大弯中学的李植武老师、温州中学的舒春平老师，以及我的母校——重庆外国语学校的官兵老师等。

本书的习题主要来自 UVa 在线评测系统，感谢 Miguel Revilla 教授和 Carlos M. Casas Cuadrado 的大力支持。

最后，要特别感谢清华大学出版社的朱英彪编辑，与他的合作非常轻松、愉快。没有他的建议和鼓励，或许我无法鼓起勇气把“算法艺术与信息学竞赛系列”以丛书的全新面貌展现给读者。

刘汝佳

目 录

第1部分 语言篇

第1章 程序设计入门	1
1.1 算术表达式	1
1.2 变量及其输入	3
1.3 顺序结构程序设计	6
1.4 分支结构程序设计	9
1.5 小结与习题	13
1.5.1 数据类型实验	13
1.5.2 scanf 输入格式实验	13
1.5.3 printf 语句输出实验	13
1.5.4 测测你的实践能力	14
1.5.5 小结	14
1.5.6 上机练习	15
第2章 循环结构程序设计	16
2.1 for 循环	16
2.2 循环结构程序设计	19
2.3 文件操作	23
2.4 小结与习题	27
2.4.1 输出技巧	28
2.4.2 浮点数陷阱	28
2.4.3 64 位整数	28
2.4.4 C++中的输入输出	29
2.4.5 小结	30
2.4.6 上机练习	31
第3章 数组和字符串	33
3.1 数组	33
3.2 字符数组	37
3.3 最长回文子串	41
3.4 小结与习题	45
3.4.1 必要的存储量	45
3.4.2 用 ASCII 编码表示字符	45

3.4.3	补码表示法.....	46
3.4.4	重新实现库函数.....	47
3.4.5	字符串处理的常见问题.....	47
3.4.6	关于输入输出.....	47
3.4.7	I/O 的效率.....	47
3.4.8	小结.....	49
3.4.9	上机练习.....	50
第 4 章	函数和递归.....	51
4.1	数学函数.....	51
4.1.1	简单函数的编写.....	51
4.1.2	使用结构体的函数.....	52
4.1.3	应用举例.....	53
4.2	地址和指针.....	56
4.2.1	变量交换.....	56
4.2.2	调用栈.....	57
4.2.3	用指针实现变量交换.....	59
4.2.4	初学者易犯的错误.....	61
4.3	递归.....	62
4.3.1	递归定义.....	62
4.3.2	递归函数.....	63
4.3.3	C 语言对递归的支持.....	64
4.3.4	段错误与栈溢出.....	66
4.4	本章小结.....	67
4.4.1	小问题集锦.....	67
4.4.2	小结.....	68

第 2 部分 算 法 篇

第 5 章	基础题目选解.....	69
5.1	字符串.....	69
5.1.1	WERTYU.....	69
5.1.2	TeX 括号.....	70
5.1.3	周期串.....	71
5.2	高精度运算.....	71
5.2.1	小学生算术.....	72
5.2.2	阶乘的精确值.....	72
5.2.3	高精度运算类 bign.....	73
5.2.4	重载 bign 的常用运算符.....	75

5.3	排序与检索	77
5.3.1	6174 问题	77
5.3.2	字母重排	78
5.4	数学基础	81
5.4.1	Cantor 的数表	81
5.4.2	因子和阶乘	82
5.4.3	果园里的树	84
5.4.4	多少块土地	86
5.5	训练参考	86
5.5.1	黑盒测试	86
5.5.2	在线评测系统	87
5.5.3	推荐题目	88
第 6 章	数据结构基础	89
6.1	栈和队列	89
6.1.1	卡片游戏	89
6.1.2	铁轨	91
6.2	链表	93
6.2.1	初步分析	93
6.2.2	链式结构	95
6.2.3	对比测试	96
6.2.4	随机数发生器	98
6.3	二叉树	99
6.3.1	小球下落	99
6.3.2	层次遍历	101
6.3.3	二叉树重建	105
6.4	图	106
6.4.1	黑白图像	107
6.4.2	走迷宫	108
6.4.3	拓扑排序	110
6.4.4	欧拉回路	111
6.5	训练参考	112
第 7 章	暴力求解法	114
7.1	简单枚举	114
7.1.1	除法	114
7.1.2	最大乘积	115
7.1.3	分数拆分	115
7.1.4	双基回文数	116



7.2	枚举排列	116
7.2.1	生成 $1 \sim n$ 的排列.....	116
7.2.2	生成可重集的排列.....	118
7.2.3	解答树.....	118
7.2.4	下一个排列.....	119
7.3	子集生成	120
7.3.1	增量构造法.....	120
7.3.2	位向量法.....	121
7.3.3	二进制法.....	122
7.4	回溯法	123
7.4.1	八皇后问题.....	123
7.4.2	素数环.....	126
7.4.3	困难的串.....	127
7.4.4	带宽.....	128
7.5	隐式图搜索	129
7.5.1	隐式树的遍历.....	129
7.5.2	一般隐式图的遍历.....	130
7.5.3	八数码问题.....	131
7.5.4	结点查找表.....	133
7.6	训练参考	136
第 8 章	高效算法设计	138
8.1	算法分析初步	138
8.1.1	渐进时间复杂度.....	138
8.1.2	上界分析.....	140
8.1.3	分治法.....	140
8.1.4	正确对待算法分析结果.....	142
8.2	再谈排序与检索	143
8.2.1	归并排序.....	143
8.2.2	快速排序.....	145
8.2.3	二分查找.....	145
8.3	递归与分治	148
8.3.1	棋盘覆盖问题.....	148
8.3.2	循环日程表问题.....	149
8.3.3	巨人与鬼.....	149
8.3.4	非线性方程求根.....	150
8.3.5	最大值最小化.....	151
8.4	贪心法	151

8.4.1	最优装载问题.....	151
8.4.2	部分背包问题.....	152
8.4.3	乘船问题.....	152
8.4.4	选择不相交区间.....	152
8.4.5	区间选点问题.....	153
8.4.6	区间覆盖问题.....	154
8.4.7	Huffman 编码.....	154
8.5	训练参考.....	156

第3部分 竞赛篇

第9章	动态规划初步.....	158
9.1	数字三角形.....	158
9.1.1	问题描述与状态定义.....	158
9.1.2	记忆化搜索与递推.....	159
9.2	DAG 上的动态规划.....	161
9.2.1	DAG 模型.....	161
9.2.2	最长路及其字典序.....	162
9.2.3	固定终点的最长路和最短路.....	163
9.3	0-1 背包问题.....	167
9.3.1	多阶段决策问题.....	167
9.3.2	规划方向.....	168
9.3.3	滚动数组.....	169
9.4	递归结构中的动态规划.....	170
9.4.1	表达式上的动态规划.....	170
9.4.2	凸多边形上的动态规划.....	171
9.4.3	树上的动态规划.....	171
9.5	集合上的动态规划.....	172
9.5.1	状态及其转移.....	173
9.5.2	隐含的阶段.....	173
9.6	训练参考.....	174
第10章	数学概念与方法.....	176
10.1	数论初步.....	176
10.1.1	除法表达式.....	176
10.1.2	无平方因子的数.....	178
10.1.3	直线上的点.....	179
10.1.4	同余与模算术.....	180
10.2	排列与组合.....	182

10.2.1	杨辉三角与二项式定理.....	182
10.2.2	数论中的计数问题.....	184
10.2.3	编码与解码.....	186
10.2.4	离散概率初步.....	187
10.3	递推关系.....	188
10.3.1	汉诺塔.....	188
10.3.2	Fibonacci 数列.....	189
10.3.3	Catalan 数.....	191
10.3.4	危险的组合.....	192
10.3.5	统计 $n-k$ 特殊集的数目.....	193
10.4	训练参考.....	194
第 11 章	图论模型与算法.....	196
11.1	再谈树.....	196
11.1.1	无根树转有根树.....	196
11.1.2	表达式树.....	197
11.1.3	最小生成树.....	199
11.1.4	并查集.....	200
11.2	最短路问题.....	201
11.2.1	Dijkstra 算法.....	202
11.2.2	稀疏图的邻接表.....	203
11.2.3	使用优先队列的 Dijkstra 算法.....	204
11.2.4	Bellman-Ford 算法.....	205
11.2.5	Floyd 算法.....	206
11.3	网络流初步.....	207
11.3.1	最大流问题.....	207
11.3.2	增广路算法.....	208
11.3.3	最小割最大流定理.....	210
11.3.4	最小费用最大流问题.....	211
11.4	进一步学习的参考.....	212
11.4.1	编程语言.....	213
11.4.2	数据结构.....	213
11.4.3	算法设计.....	213
11.4.4	数学.....	214
11.4.5	参赛指南.....	214
11.5	训练参考.....	215
附录 A	开发环境与方法.....	216
A.1	命令行.....	216

A.1.1	文件系统.....	216
A.1.2	进程.....	217
A.1.3	程序的执行.....	217
A.1.4	重定向和管道.....	218
A.1.5	常见命令.....	218
A.2	操作系统脚本编程入门.....	219
A.2.1	Windows 下的批处理.....	219
A.2.2	Linux 下的 Bash 脚本.....	220
A.2.3	再谈随机数.....	221
A.3	编译器和调试器.....	221
A.3.1	gcc 的安装和测试.....	221
A.3.2	常见编译选项.....	222
A.3.3	gdb 简介.....	223
A.3.4	gdb 的高级功能.....	224
A.4	浅谈 IDE.....	225

第1部分 语言篇

第1章 程序设计入门

学习目标

- ☑ 熟悉 C 语言程序的编译和运行
- ☑ 学会编程计算并输出常见的算术表达式的结果
- ☑ 掌握整数和浮点数的含义和输出方法
- ☑ 掌握数学函数的使用方法
- ☑ 初步了解变量的含义
- ☑ 掌握整数和浮点数变量的声明方法
- ☑ 掌握整数和浮点数变量的读入方法
- ☑ 掌握变量交换的三变量法
- ☑ 理解算法竞赛中的程序三步曲：输入、计算、输出
- ☑ 记住算法竞赛的目标及其对程序的要求

计算机速度快，很适合做计算和逻辑判断工作。本章首先介绍顺序结构程序设计，其基本思路是：把需要计算机完成的工作分成若干个步骤，然后依次让计算机执行。注意这里的“依次”二字——步骤之间是有先后顺序的。这部分的重点在于计算。

接下来介绍分支结构程序设计，用到了逻辑判断，根据不同情况执行不同语句。本章内容不复杂，但是不容忽视。

注意：编程不是看会的，也不是听会的，而是练会的，所以应尽量在计算机旁阅读本书，以便把书中的程序输入到计算机中进行调试，顺便再做做上机练习。千万不要图快——如果没有足够的时间用来实践，那么学得快，忘得也快。

1.1 算术表达式

计算机的“本职”工作是计算，因此下面先从算术运算入手，看看如何用计算机进行复杂的计算。

程序 1-1 计算并输出 1+2 的值

```
#include<stdio.h>
int main()
{
```



```
printf("%d\n", 1+2);
return 0;
}
```

这是一段简单的程序，用于计算 $1+2$ 的值，并把结果输出到屏幕。如果你不知道如何编译并运行这段程序，可阅读附录或向指导教师求助。

即使你不明白上述程序除了“ $1+2$ ”之外的其他内容，仍然可以进行以下探索：试着把“ $1+2$ ”改成其他东西，而不要去修改那些并不明白的代码——它们看上去工作情况良好。

下面让我们做 4 个实验：

实验 1：修改程序 1-1，输出 $3-4$ 的结果

实验 2：修改程序 1-1，输出 5×6 的结果

实验 3：修改程序 1-1，输出 $8\div 4$ 的结果

实验 4：修改程序 1-1，输出 $8\div 5$ 的结果

直接把“ $1+2$ ”替换成“ $3+4$ ”即可顺利解决实验 1，但读者很快就会发现：无法在键盘上找到乘号和除号。解决方法是：用星号“ $*$ ”代替乘号，而用正斜线“ $/$ ”代替除号。这样，4 个实验都顺利完成了。

等一下！实验 4 的输出结果居然是 1，而不是正确答案 1.6。这是怎么回事？计算机出问题了吗？计算机没有出问题，问题出在程序上：这段程序的实际含义并非和我们所想的一致。

在 C 语言中， $8/5$ 的确切含义是 8 除以 5 所得商值的整数部分。同样地， $(-8)/5$ 的值是 -1，不信可以自己试试。那么如果非要得到 $8\div 5=1.6$ 的结果怎么办？下面是完整的程序。

程序 1-2 计算并输出 $8/5$ 的值，保留小数点后 1 位

```
#include<stdio.h>
int main()
{
    printf("%.1lf\n", 8.0/5.0);
    return 0;
}
```

注意，百分号后面是个小数点，然后是数字 1，再然后是小写字母 l，最后是小写字母 f，千万不能打错，包括大小写——在 C 语言中，大写和小写字母代表的含义是不同的。

再来做 3 个实验：

实验 5：把 `%.1lf` 中的数字 1 改成 2，结果如何？能猜想出“1”的确切意思吗？如果把小数点和 1 都删除，`%lf` 的含义是什么？

实验 6：字符串 `%.1lf` 不变，把 `8.0/5.0` 改成原来的 `8/5`，结果如何？

实验 7：字符串 `%.1lf` 改成原来的 `%d`，`8.0/5.0` 不变，结果如何？

实验 5 并不难解决，但实验 6 和实验 7 的答案就很难简单解释了——真正原因涉及整数和浮点数编码，相信多数初学者对此都不感兴趣。原因并不重要，重要的是规范：根据规范做事情，则一切尽在掌握中。