

算法竞赛宝典

第一部 语言及算法入门

张新华 编著

1



清华大学出版社

算法竞赛宝典



语言及算法入门

张新华 编著

清华大学出版社
北京

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

语言及算法入门/张新华编著.--北京:清华大学出版社,2016

(算法竞赛宝典)

ISBN 978-7-302-40951-9

I. ①语… II. ①张… III. ①C语言—程序设计—教学参考资料 ②算法分析—教学参考资料

IV. ①TP312 ②TP301.6

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2015)第 166253 号

责任编辑:纪海虹 刘美玉

封面设计:张新华

责任校对:王凤芝

责任印制:何 芊

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:北京鑫海金澳胶印有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:20.75 字 数:502千字

版 次:2016年4月第1版 印 次:2016年4月第1次印刷

印 数:1~4000

定 价:49.00元

产品编号:061791-01

为什么编写这套书?

随着计算机逐步深入人类生活的各个方面,利用计算机及其程序设计来分析、解决问题的算法在计算机科学乃至整个科学界的作用日益明显。相应地,各类以算法为主的程序设计竞赛也层出不穷:在国内,有全国青少年信息学奥林匹克联赛(National Olympiad in Informatics in Provinces,简称 NOIP),该联赛与全国中学生生物学联赛、全国中学生物理竞赛、全国高中数学联赛、全国高中学生化学竞赛,并称为国内影响力最大的“五大奥赛”;在国际,有中学生的国际信息学奥林匹克竞赛(International Olympiad in Informatics,简称 IOI)、面向亚太地区在校中学生的信息学科竞赛(即亚洲与太平洋地区信息学奥林匹克,Asia-Pacific Informatics Olympiad,简称 APIO)和面向大学生的国际大学生程序设计竞赛(ACM International Collegiate Programming Contest,简称 ACM/ICPC)等。

各类算法竞赛要求参赛选手不仅必须具有深厚的计算机算法功底、快速、准确的编程能力以及创造性的思维,而且还必须具备团队合作精神和抗压工作的能力,因此算法竞赛在高校、IT 公司和其他社会各界中获得越来越多的认同和重视。算法竞赛的优胜者,更是微软、Google、百度、Facebook 等全球著名 IT 公司争相高薪招募的对象。因此,不仅是各类参加算法竞赛的选手,即使是不参加此类竞赛的很多研究工作者和从事 IT 行业的人士,都希望获得这方面的专业训练并从中得到一定的收获。

但是,长期以来,算法竞赛的内容以其高难度、高要求而困住了许多有志于参加算法竞赛的爱好者的求索脚步。部分已出版的同类书籍或艰深难懂、或教条灌输,使不少爱好者望而却步,半途而废,以至于研究算法成了一种“曲高和寡”的学问,严重制约了算法竞赛优秀人才的培养。

殊不知,书上多数看似复杂难懂的知识或内容,其实总是可以找到一种深入浅出、化难为易的表述方法,使读者能看得懂、学得透,并最终达到触类旁通、举一反三的学习目标。因此本套丛书的写作初衷,是试图将看似晦涩难懂的算法表述得轻松、活泼、易懂。同时也是为了弥补国内算法竞赛以及普及读物方面的不足。

希望本套书的出版,能够给那些学有余力的中学生、计算机专业的大学生、程序算法爱好者以及 IT 从业者提供一个学习计算机科学的机会。

为什么要学习算法?

经常有人说:我不学算法也照样可以编程写软件。那么,为什么还要学习算法呢?

首先,算法(algorithm)一词源于算术(algorism),具体地说,算术方法是一个由已知推

求未知的运算过程。后来,人们把它推广到一般,即把进行某一工作的方法和步骤称为算法。一个程序要完成一个任务,其背后肯定要涉及算法的实现,算法的优劣,直接决定了程序的优劣,因此,算法是程序的灵魂。学好了算法,就能够设计出更加有效的软件,以最为有效的方式完成复杂的功能。例如设计完成一个具有较强人工智能的人机对弈棋类游戏,程序员没有深厚的算法功底是根本不可能实现的。

其次,算法是对事物本质的数学抽象,是初等数学、高等数学、线性代数、计算几何、离散数学、概率论、数理统计和计算方法等知识的具体运用。真正学懂计算机的人(不只是“编程匠”)都对数学有相当的造诣,既能用科学家的严谨思维来求证,也能用工程师的务实手段来解决问题——而这种思维和手段的最佳演绎就是“算法”。学习算法,能锻炼我们的思维,使思维变得更清晰、更有逻辑,变得更有深度和广度。学习算法更是培养逻辑推理能力的非常好的载体之一。因此,学会算法思想,其意义不仅仅在算法本身,更重要的是,对日后的学习和思维方式也会产生深远的影响。

最后,学习算法本身很有意思、很有趣味。所谓“技术做到极致就是艺术”,当一个人真的沉浸到算法研究里时,他会感受到一个个精妙绝伦的算法的艺术之美,他会为它的惊人的运行速度和巧夺天工的构思而深深震撼,并从中体会到一种不可言喻的美感和愉悦。当然,算法的那份优雅与精巧虽然吸引人,却也令很多人望而生畏。事实证明,对很多人来说,学习算法是一件很痛苦的事情。

本套书的特色

本套书的第一个特点是具备一定理解能力的读者可以凭自学看懂书中的多数内容。由于地区的不平衡性等原因,很多算法竞赛选手及算法爱好者面对的一个最大难题是没有合适的教材以及找不到合适的导师给予引导。考虑到这种情况,本书作者尽可能地对书中每一个可能的难点和重点都进行了不厌其烦、深入仔细的讲解,此外,书中的绝大多数题目均附有带注释的完整源代码及测试数据供读者参考和检测。当然,不管怎样,你永远也不要指望阅读一本算法书能像阅读一本通俗小说那般轻松惬意。

本套书的第二个特点摒弃了一些算法书过于“学究气”,片面强调学术性、严谨性而忽略了可读性的“四平八稳”的表述手法,代之以轻松、活泼、搞笑的故事情节和穿插以历史、文化、科技等要素的情境导入,读者不仅在学习过程中获得编程的乐趣,还能够跟随书中的众多人物,一同经历一场奇妙的冒险之旅。本书作者热切希望读者不仅最终能够在计算机科学的领域大展宏图,更能够在故事中获得感悟,对社会、人生、理想、价值和信念等有更深刻的思考和认识。

本套书的第三个特点是绝大多数题目均采用了“多向思考”、“一题多解”和“一题多变”的解决方法,其目的主要有三点:一是为了充分调动读者思维的积极性,提高综合运用已学知识解答问题的技能技巧;二是为了锻炼读者思维的灵活性,促进知识和智慧的增长;三是训练思维深度和广度,引导读者灵活地掌握知识的纵横联系,培养和发挥读者的创造性。所以,这种训练,决不能简单地看作是编程技巧的花哨卖弄,而是通过这种训练,培养读者思维的敏捷性,促进读者智力和思维的发展,提高读者的变通能力与综合运用所学知识的能力。读者若能坚持这种思维训练方法,必能起到意想不到的良好学习效果。

本套书内容简介

本套书的第一部——《语言及算法入门》,主要介绍在算法竞赛中需要用到的 C++ 语言

的语法知识及一些简单算法的运用。但与一般 C++ 语言入门书不同的是, 本部书在介绍 C++ 语言的同时, 更加侧重于数学思维的培养和简单算法的应用, 因此其学习难度远高于一般市面上的 C++ 语言入门书。书中很多表面看上去似乎非常简单的题目, 由于采取了“一题多解”及“数学求解”等方法, 其程序复杂度直线上升。因此这就要求读者具备一定的数学功底和思维能力, 并且需要花费相当长的时间去思考和练习, 才可能深刻理解题目的本质和内涵。此外, 为了防止初学者原封不动地照抄源代码而不理解代码真实含义的“恶习”, 书中凡可写可不写源代码的地方, 一律采用伪代码形式表述, 当然, 在出版社网站上, 读者可以下载到书中所有的源代码及测试数据等资源。

本套书的第二部——《基础算法艺术》, 重点介绍了各种基础算法, 如分治算法、贪心算法、枚举算法、动态规划算法等。书中的绝大多数题目都采用了“多向思考”、“一题多解”和“一题多变”的方式来解决。读者不仅可以通过出版社网站下载的简单测试数据验证所写程序的正确性, 还可以根据书中标注的题目原始出处, 访问相关的在线评测网站提交所写代码进行测试。需要注意的是, 与多数教材从头读到尾的习惯不同的是, 本书的各章节划分并不是严格按从难到易、从简到繁的顺序编排, 各章节基本都可以独立阅读, 互不影响。读者在阅读过程中, 有时可根据需要翻到其他章节学习完相关内容后再返回本章节继续学习。此外, 每一道题的各种算法按难易程度粗略地以★号表示, ★号越多, 表示难度越大, 读者若遇到难度过大的题, 不必硬“啃”, 完全可以在学习完其他章节的相关内容后再来学习。

本套书的第三部——《基础数据结构》, 详细介绍了链表、堆栈、队列、树、图等基础数据结构的相关知识。为了便于读者的理解, 本书对数据结构众多知识点进行了详细的解释和分析, 随书还配有难易适中的练习题。本书中的多数题目未配置相应测试数据, 读者编写的代码正确与否, 需要去相关的在线评测网站提交代码进行测试。这样做是培养读者善于应用无限网络资源的能力, 使读者能逐渐脱离书本的束缚, 最终达到独立、自主学习的目的。

全套书中以调侃化的形式出现的公司和人名等, 均为故事情节而服务, 与现实无更多的关联。

适合阅读本书的读者

本套书可作为全国青少年信息学奥林匹克联赛(NOIP)系列的复赛教材及 ACM 国际大学生程序设计竞赛(ACM/ICPC)的参考和学习用书, 还可作为计算机系学生、IT 工程师、科研人员、算法爱好者的参考和学习用书。

致谢

感谢原乌鲁木齐高级中学(前身为乌鲁木齐市第六中学)的李念、刘悠然、朱生龙、陆智、李智杰、刘毅东、吕亚伟、徐兆鹏、戴文轩、杜同心、胡亚欣、徐菲鹏、戴维、张欢、郑斐、彭胡杰、肖阳等同学; 感谢浙江省瑞安中学钱瑞源、潘伟达、张元煌、周望威、林展、杨丰、张颖洁、卢众意、沈小洲、肖煜伟、郑立言、金泽豪、章奎亮、蔡子豪、陈云帆、方佳豪、陈士俊、李心怡、孙一言、蔡凡、黄海同、王络、肖瑞宇、潘洲阳、陈可、张夏悦、陈振哲、林江浩、魏书扬等同学, 他们在我的指导下, 用简洁易懂的程序代码实现了本书的部分算法。

感谢全国各省市中学、大学的信息学奥赛导师们, 他们给本套书提了许多真诚而有益的建议, 并对本人在写书过程中遇到的一些困惑和问题给予了热心的解答。

感谢浙江省瑞安中学为本人搭建的学习、研究、竞赛的平台以及对本人工作的大力支持。

本套书在完成过程中,使用了 NOIP 的部分原题、在线评测网站的部分题目,并参考和收集了其他创作者发表在互联网、杂志等媒体上的相关资料,无法一一列举,在此一并表示衷心感谢。

最后,感谢我的女儿,你是我完成这套书的动力,因为这套书专为你而写。

最后要说的话

本套书花费了本人巨大的精力和时间,这些年来多数闲暇时间,都用在了这套书的编写和反复校验上。但尽管如此,由于时间和水平所限,书中难免存在不妥和错误之处,欢迎同人或读者赐正,如果在阅读中发现任何问题,请发送电子邮件到 hiapollo@sohu.com 告诉本人,更希望读者对本书提出建设性意见,以便修订再版时改进。

针对本套书的题库网站正在不断完善中,网址为: www.razxhoi.com。

张新华

2014 年 8 月于浙江瑞安

CONTENTS

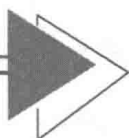
<<< 目录

第一章 C++ 语言入门	1
我的第一个程序	1
标准数据类型	8
常量和变量	12
字符和字符串	15
数据输入输出	19
运算规则	25
第二章 基本结构	28
顺序结构	28
选择结构	31
循环结构	44
第三章 实战演习	71
文件读写	71
读写函数	76
制作测试数据	79
产生随机数据	82
调试技巧介绍	87
程序优化建议	88
实例演练	91
第四章 数组	94
一维数组	94
二维数组	105
字符数组	111
动态数组	115

第五章 初露锋芒	116
笔试测验.....	116
赛前热身.....	121
正式比赛.....	123
头脑风暴.....	129
第六章 函数	149
初识函数.....	149
库函数简介.....	153
数组作为函数参数.....	155
局部变量和全局变量.....	157
自动变量与静态变量.....	159
函数的嵌套.....	160
递归调用.....	160
第七章 升级考核	183
第一天.....	183
第二天.....	191
第八章 指针	196
指针概念.....	196
使用指针变量.....	198
数组与指针.....	201
快排函数.....	203
课后练习.....	211
第九章 结构体	215
定义结构体.....	215
结构体变量的引用.....	216
指向结构体类型数据的指针.....	219
课后练习.....	223
第十章 位运算与进制	225
位运算.....	225
进制转换.....	238
bitset 模板.....	245
实际应用.....	248

附录 ASCII 码对照表	274
C++ 的关键字	276
C++ 运算符及其优先级	276
C 语言输入输出语句	277
字符串与 string 类	280
常用函数库	291
数学知识	298
良好编程习惯	300
Cena 评测系统使用说明	301
NOI Linux 环境介绍	305
Arbiter 评测系统使用说明	308
参考文献	317

第一章



C++语言入门

张琪曼和楚继光终于考入了梦想中的圣魔法学院,开学的第一天,他们就看到了信息学奥赛魔法战队招生的公告,酷爱计算机的他们当然不会放弃啦,因为信息时代的魔法师们早已借助于计算机编程来实现强大的魔法了。可是,参加信息学奥赛魔法战队并不是一件很容易的事,他们必须要在短短半年内从一个普通的魔法学徒升级到高级魔法师。他们能做到吗?

我的第一个程序

奥赛魔法战队日常训练用的编程软件(编译器)是 Bloodshed Dev-C++, 版本号为 4.9.9.2 (Win7 以上操作系统需下载更高版本),它是一个可视化集成开发环境,可以实现 C 或 C++ 程序的编辑、编译、调试和运行等功能。

Dev-C++的安装方法很简单,鼠标双击运行网站下载的 devcpp 安装软件,如图 1.1 所示。



下载资源中还提供了 devpas 安装程序和代码管理软件安装程序,其中 devpas 安装程序是 pascal 语言的编译软件(非官方指定用比赛软件)。代码管理软件是本书作者自行开发的基于数据库管理的源代码管理工具,可有效分类、管理 Java、C 或 C++、Pascal 等各类源代码,并可对各类源代码进行简单的编辑、编译和运行。

当出现选择语言时,默认选择“English”即可(此处无法选择 Chinese/中文),如图 1.2 所示。



图 1.1

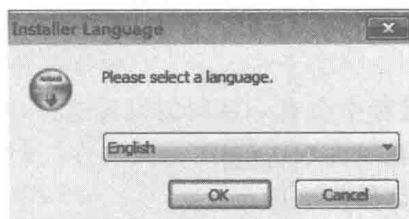


图 1.2

单击 I Agree 按钮接受软件的许可证协议,如图 1.3 所示。

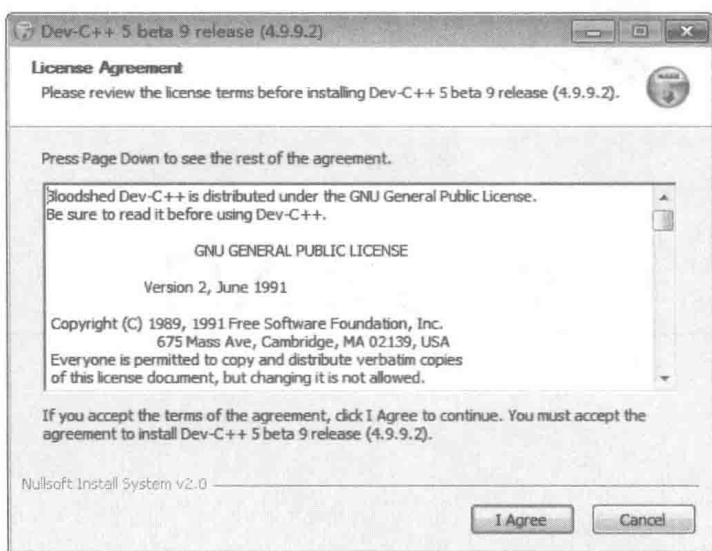


图 1.3

单击 Next 按钮默认安装全部内容,如图 1.4 所示。

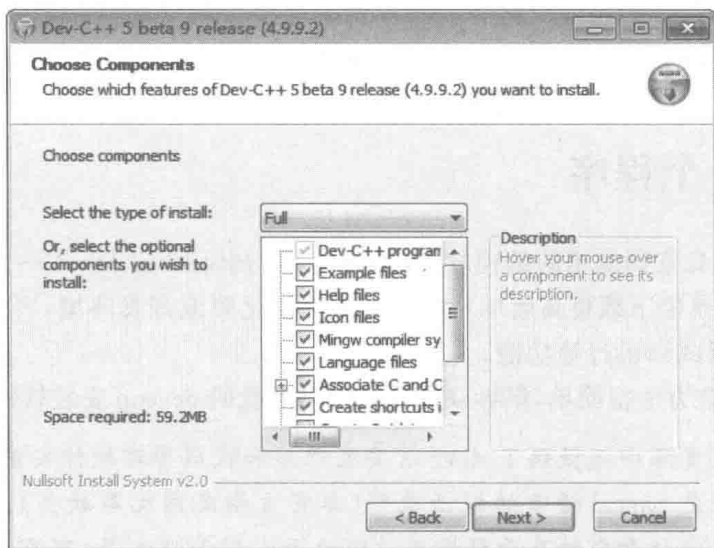



图 1.4

选择安装路径后,单击 Install 按钮安装,如图 1.5 所示。



如无特殊要求,此处建议选择默认安装路径安装,这样下载资源中附送的单机评测软件就可以正常使用了。

安装过程中会有一系列的设置选择,一般选择默认(此处可选择界面为中文)即可。安装完毕后,在桌面双击  图标或者在“开始”菜单里选择 Dev-C++,即可启动 Dev-C++ 集成开发工具,如图 1.6 所示。

双击打开 Dev-C++ 的编辑界面如图 1.7 所示。

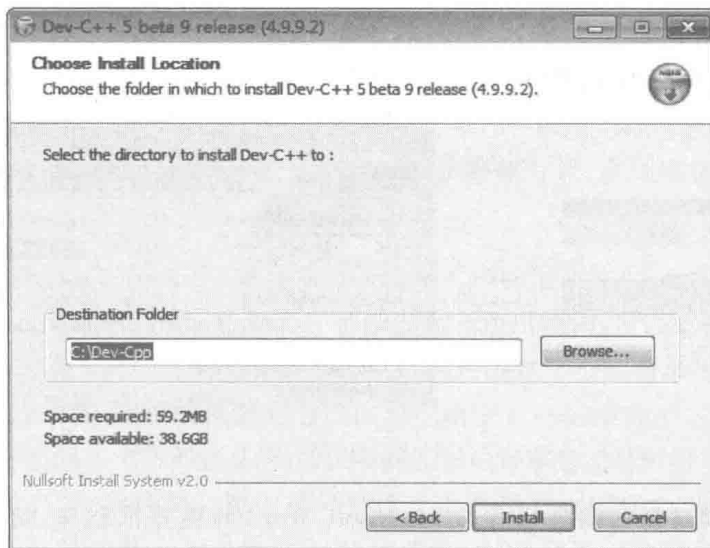


图 1.5



图 1.6

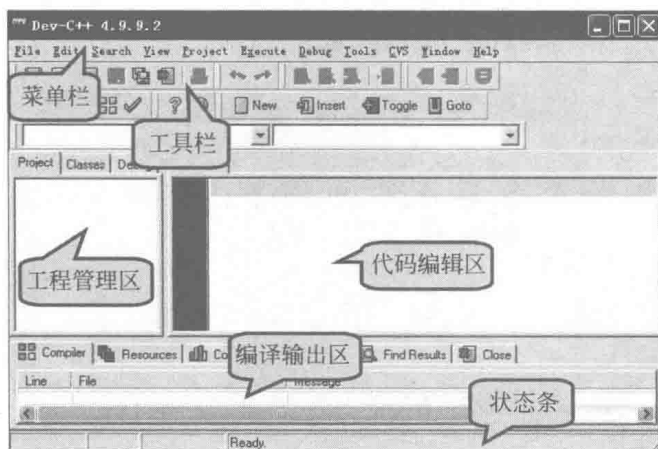


图 1.7

如不习惯 Dev-C++ 默认的英文界面,可以单击菜单栏 Tools 中的 Enviroment Options 选项打开环境设置对话框,将 InterFace 栏中的 Language 选项改为 Chinese,如图 1.8 所示。

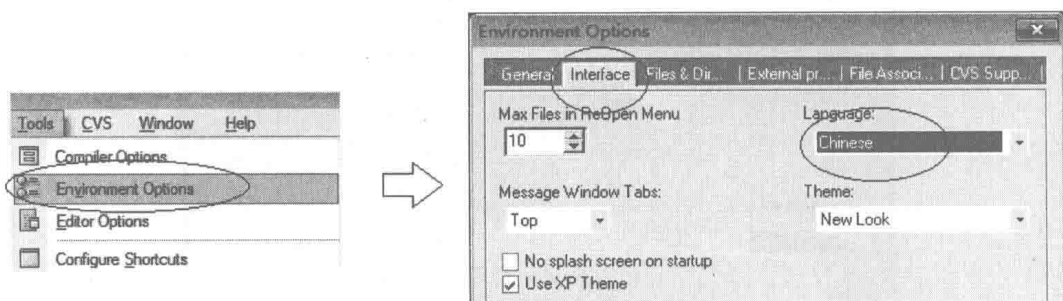


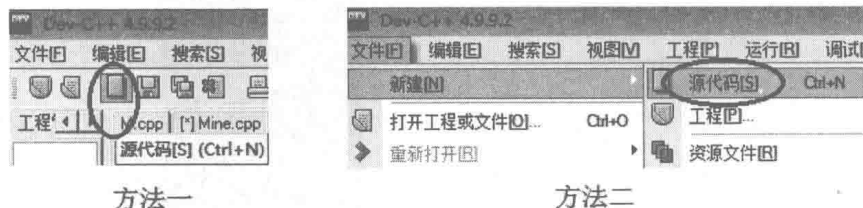
图 1.8



代码编辑区的编辑操作与 Microsoft Word 的操作很相似,例如剪切: Ctrl+X; 复制: Ctrl+C; 粘贴: Ctrl+V; 恢复: Ctrl+Z; 重作: Ctrl+R……

如果感觉代码编辑区域太小,按 F12 键可切换为全屏编辑状态。

在编写第一个 C++ 程序之前,需新建一个源代码文件,新建源代码的方法有三种,方法一是直接单击工具栏中的“新建源代码”图标,方法二是打开“文件”菜单,单击“源代码”子菜单,方法三是直接按快捷键 Ctrl+N,如图 1.9 所示。



方法一

方法二

图 1.9

【例题描述】 我的第一个程序

在代码编辑区输入图 1.10 所示的代码。

```

#include <iostream>
using namespace std;

int main()
{
    cout<<"你好, C++! \n";
    system("pause");
    return 0;
}

```

图 1.10



程序由语句组成,除第一行预处理语句和 main 函数体的定义外,每条语句由分号(;)作为结束符。

注意 C/C++ 语言是对字母大小写敏感的,如“a”和“A”代表不同的意思。并且除双引号(" ")包含的字符串中的中文以及注释语句外,其他字符一般用英文半角格式输入。

#include <iostream>表示嵌入名为 iostream 的 C++ 标准头文件,此头文件包含输入输出的相关信息。因为我们编写的 C++ 程序几乎都涉及输入输出操作,所以此行语句为必写语句。

using namespace std;指定名字空间为 std。C++ 提供的名字空间技术可有效防止大型软件项目开发时容易出现的类、变量或函数同名的问题。由于 C++ 标准库中的所有组件都是在一个被称为 std 的名字空间中声明和定义的,所以我们编写的程序必须要声明 using namespace std。

main 是主函数名,函数体用一对大括号括住。函数是 C++ 程序中最小的功能单位。在 C++ 程序里,必须有且只能有一个名为 main() 的函数,它表示了程序执行的开始点,程序运行时由 main 函数里的第一条语句开始执行,结束于 main 函数尾的最后一条语句。main() 函数之前的 int(也可省略)表示 main() 函数返回值是一个 int 类型的数(关于函数的返回值将在以后介绍)。

cout 是一个输出流对象,它是 C++ 系统预定义的对象,其中包含了许多有用的输出功能。输出操作由操作符“<<”来表示,其作用是将紧随其后的双引号中的字符串输出到标准输出设备(显示器)上。输出的字符串必须包含在一对双引号之中,其中“\n”表示换行。

system(“pause”)表示暂停。使用这条语句后,运行时屏幕上会出现“请按任意键继续...”的字样。如果没有这条语句,当运行程序时屏幕上的内容就会一闪而过而无法看清(更高版本的 Dev-C++ 使用这条语句会出现错误)。

return 0 表示函数返回值为 0,main 函数的返回值一般是返回给该程序的调用者(如操作系统),即通知调用者程序正常结束。NOI 类型的比赛规定必须在最后一行加上这一句。

输入的程序代码要及时保存,C 语言源文件的后缀名为 C,C++ 语言源文件的后缀名为 C++/CPP。C 语言是 C++ 语言的子集,C++ 语言向下兼容 C 语言,所以一般默认保存为 C++ 类型,如图 1.11 所示。

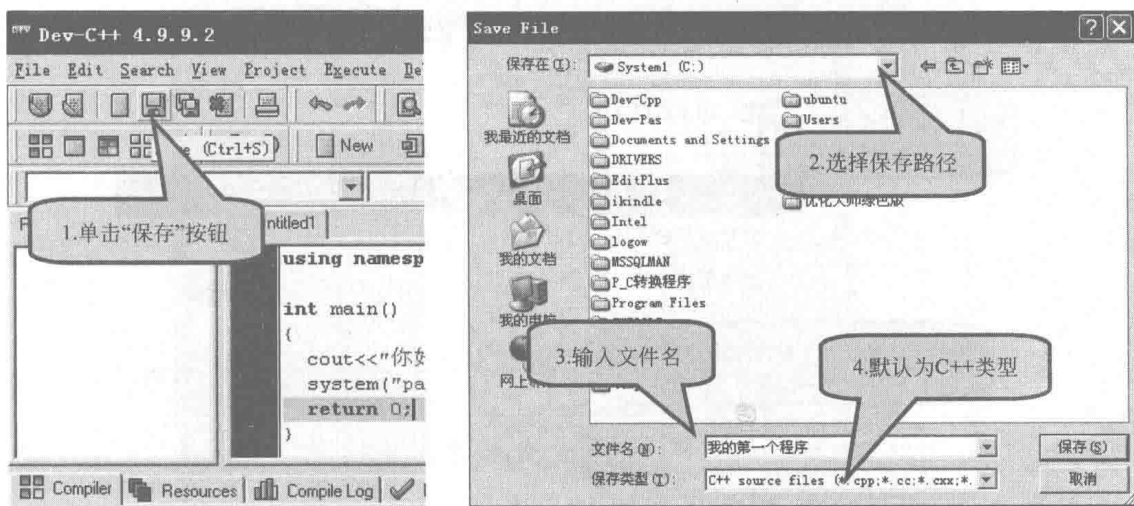


图 1.11

以 C 或 CPP 为后缀名保存的文件叫程序的源文件,源文件是不可以直接运行的,源文件首先要编译成 obj 目标文件,并与系统提供的库函数连接后得到可执行的 exe 文件后方可运行,如图 1.12 所示。

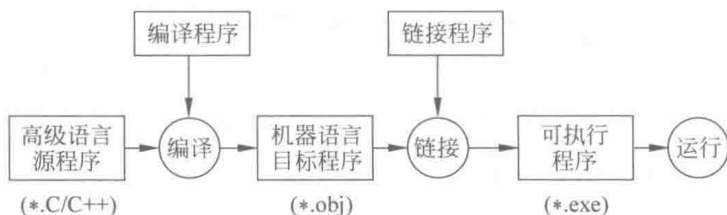


图 1.12

编译源代码如图 1.13 左图所示,打开“运行”菜单后单击“编译”,如果出现图 1.13 右图所示的消息框,则表示编译成功。

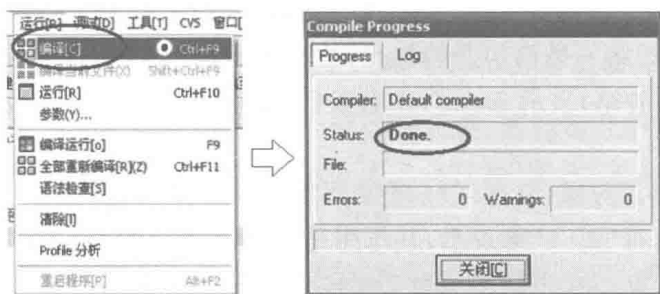


图 1.13



哎呀,急死我了,我的程序写好了,可是总是报错而无法运行,我左看右看上看看下看就是找不到错误,你能帮我找找吗?

请尝试找出图 1.14 所示的错误。

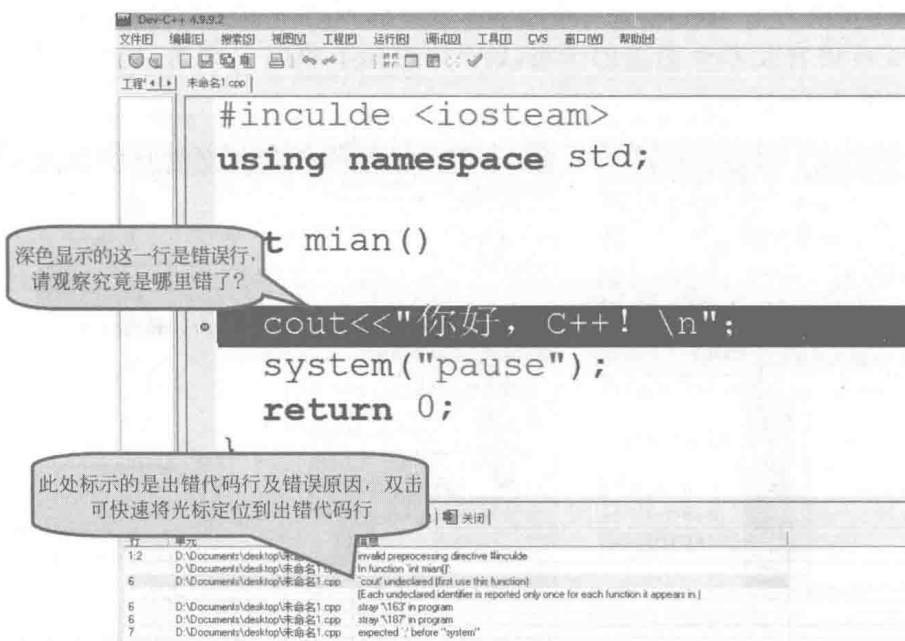


图 1.14



第一个错误是把 include 写成了 inculde。

第二个错误是把 iostream 写成了 iosteam。

第三个错误是把 main 写成了 mian。

第四个错误是输出字符串这行语句末的分号写成了中文全角字符的分号。

你可真是够粗心的。



编译程序能及时地发现一般的语法错误、输入错误或者简单的逻辑错误并给出相应的错误原因,但一些深层次隐蔽的错误还是需要自己去发现和调试。学好编程能有效地矫正粗心的毛病。

一般地,只要看到有类似于 stray '\163' in program 的错误提示,就是表示代码里有错误的全角字符格式的字符输入了。

又如 'cout' undeclared 的错误提示,就是表示输入输出头文件写错了。

编译成功后,就可以运行程序观看结果了,打开“运行”菜单后单击“运行”选项,屏幕将出现如图 1.15 所示的一个 DOS 窗口,看到输出的文字了么? 呵呵,第一个 C++ 程序成功运行了!

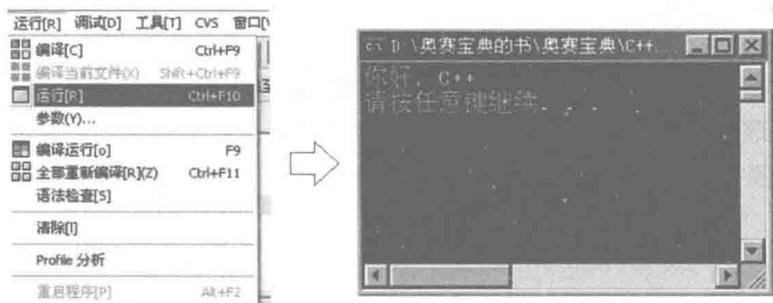


图 1.15

编译好的程序,可以离开编译器环境运行。直接单击生成的 exe 可执行文件即可运行程序,如图 1.16 所示。exe 可执行文件也可拷贝到其他安装有 Windows 操作系统的 PC 上运行。

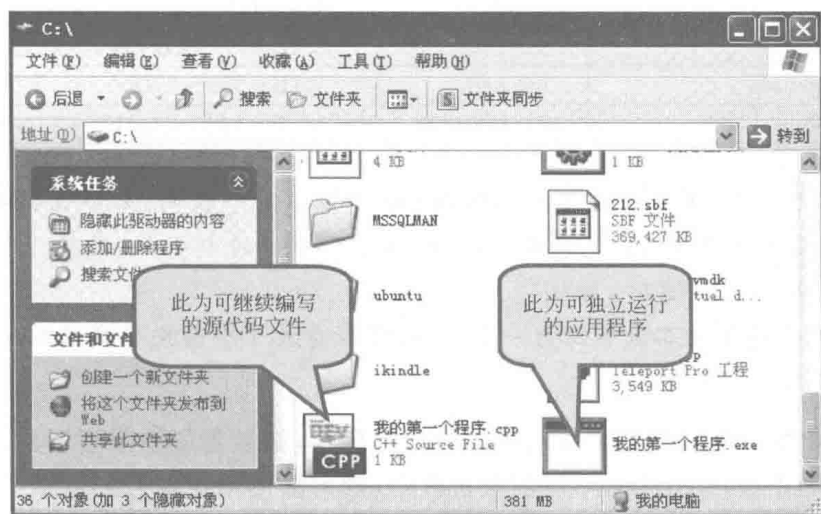


图 1.16