普通高等教育“十三五”规划教材

C++程序设计

冀荣华　主编

中国农业大学出版社
CHINA AGRICULTURAL UNIVERSITY PRESS

普通高等教育“十三五”规划教材

C++程序设计

冀荣华　主编

中国农业大学出版社
·北京·

内 容 简 介

作为一本系统的、深入浅出的C++程序设计教材，目的在于通过大量生动活泼的编程实例，为读者打开一扇进入计算机程序设计的大门，引导读者走上编程之路。

本书集成长期从事C++程序设计教学的教师教学过程中所积累的宝贵经验，精确描述C++程序设计语言中重点内容。书中提供了大量丰富实例，帮助读者从应用中理解、掌握知识点，读者使用本书，可以实现在学会应用知识的同时培养实际编程能力。

图书在版编目(CIP)数据

C++程序设计 / 冀荣华主编. —北京：中国农业大学出版社，2016.12
ISBN 978-7-5655-1752-5

Ⅰ.①C… Ⅱ.①冀… Ⅲ.①C语言-程序设计 Ⅳ.①TP312.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2016)第295678号

书　　名　C++程序设计
作　　者　冀荣华　主编

策划编辑	梁爱荣	**责任编辑**	林孝栋
封面设计	郑　川	**责任校对**	王晓凤
出版发行	中国农业大学出版社		
社　　址	北京市海淀区圆明园西路2号	**邮政编码**	100193
电　　话	发行部 010-62818525,8625	读者服务部	010-62732336
	编辑部 010-62732617,2618	出　版　部	010-62733440
网　　址	http://press.cau.edu.cn	**E-mail**	cbsszs@cau.edu.cn
经　　销	新华书店		
印　　刷	涿州市星河印刷有限公司		
版　　次	2016年12月第1版　2016年12月第1次印刷		
规　　格	787×1 092　16开本　23.5印张　580千字		
定　　价	49.00元		

编 写 人 员

主　　编　冀荣华

副 主 编　刘云玲

编写人员　冀荣华　刘云玲　杨　颖　马　钦　郑立华

前　言

实践证明，计算机程序设计可以引发人类思维方式的变革，因此，学习计算机程序设计不仅仅是获得一门知识和技能，更可以收获思维方式的不断完善和发展。计算机程序设计语言知识点多、琐碎繁杂、难点多，部分知识相对抽象，较难把握和驾驭。对于初学者来说，在入门初期易陷入繁多的知识点细节之中，很难做到将相关知识点关联、灵活应用。因此，急需一本适宜的、系统的、深入浅出的教材帮助读者精确、系统地掌握C++程序设计语言知识，为读者打开一扇进入计算机程序设计的大门，引导读者走上编程之路。

本书遵循启发式教学的规律，注重知识点的引入，使得知识有一个良好的着陆点；同时通过实例、程序片段等对相关知识点融合和分析。帮助读者从应用中理解、掌握知识点，引导读者摆脱单纯学习知识点的束缚，逐步掌握从程序设计角度思考问题和解决问题的方法，这是本书的整体设计思想。本书注重知识学习与运用的平衡，帮助读者在学会应用知识的同时增强读者的编程能力。

全书内容精练，文字简洁易懂，逻辑清晰正确，语句通顺流畅，文风清新自然，各章节设计合理、实用。本书集合了长期从事C++程序设计教学的教师教学过程中所积累的宝贵经验和启示，从知识点片段到实例程序，从重点内容的把握到难点内容进行精确讲解。书中实例丰富，注释简洁精确，便于读者理解。可以说，老师们将平时教学过程中积累的精华均凝聚在了本书文字中，成书过程就是集体智慧结晶的过程。

全书共分10章，均由有着若干年C++程序设计课程教学经验的一线教师编写，我们的朴素初衷就是要编写一本适合学生自学和教师讲授的优秀教材。其中第1章和第2章由冀荣华编写；第3章和第6章由刘云玲编写；第4章和第10章由杨颖编写；第5章和第7章由马钦编写；第8章和第9章由郑立华编写。全书由冀荣华主编，郑立华主审。

为了引导读者对知识进行总结、思考和深度记忆，每章均精心设计了习题，基本涵盖本章主要的知识点，这也便于读者自行检验学习效果，并且将每章习题参考答案放在二维码中。另外，为了进一步开拓读者的编程思路，开阔读者的眼界，在大部分章节都设计了相应的程序综合实例，仔细阅读和上机实践这些较“长”的实例程序，能够帮助读者更好地理解程序设计的精髓。

编写组人员齐心协力、精诚团结，克服了诸多困难，伴随本书成稿的同时也收获了很多成果，我们的目标是奉献给读者一本精彩的教材。书稿虽几经审校，但由于时间和水平有限，仍然可能出现错误。对于本书的任何建议和意见请发送至邮箱：jessic1212@cau.edu.cn 或 liuyunling@cau.edu.cn，编者将不胜感激，在此表达深深的谢意！

编　者

2016年9月

目　录

第1章　绪论

计算机程序设计语言是将现实世界中待解决的问题转换为计算机可以处理的问题的工具。本章将从简单的算法入手，介绍如何将现实问题转换为计算机能够识别的算法的过程，最后通过一个实例说明计算机程序设计的基本步骤，以帮助读者更好地开始程序设计之旅。

1.1　算法

一般来说，一个计算机程序由数据和对数据的操作两部分组成。其中，数据是指程序要操作的目标，通常，在程序中需要指定数据的类型和组织形式。对数据的操作是指对数据的处理和加工，并得到期望的结果。在程序中对数据操作步骤的描述，即算法(algorithm)。

在程序设计中，算法是灵魂，数据结构是加工对象，程序设计语言是加工工具。

1.1.1　算法基本概念

做任何事情都有一定的步骤，例如，唱歌需要歌谱，做菜需要菜谱。对于计算机来说，描述问题求解步骤即为算法。一个算法具有如下特性：

(1)有穷性：一个算法必须保证执行有限步后结束。

(2)确定性：算法的每一步必须是有确切的结果或定义，而不应该是模糊的，即算法含义必须是唯一的，不能产生歧义。例如实现 x 与 6 或 7 相加，这里加数不确定，是不可以的。

(3)输入：是指在执行算法时，需要从外界取得必要的信息。一个算法可以有 0 个或多个输入。

(4)输出：是指算法对输入数据加工后所产生的结果。算法可以有一个或多个输出，没有输出的算法是毫无意义的。

(5)有效性：算法每一步都应该能够被有效地执行，并得到确定的结果。

对于同一个问题，可以有不同的解决方法和步骤。例如制作饺子的过程，对于不同的人有完全不同的操作步骤。有的人先准备馅后准备皮，而另一些人先准备皮后再准备馅。那么在完成一项任务的众多算法中，哪一个是最好的呢？一般来说，简单、运算步骤少的算法较好。在解决实际问题时，不但要保证算法正确，还要分析算法的优劣，选择最合适的算法。

1.1.2　算法表示方法

算法有多种表示方法。常见的有自然语言、程序流程图、N-S 流程图、伪代码、计算机程序设计语言等，分别说明如下：

● 自然语言：指日常生活中所使用的语言。自然语言算法通俗易懂，但是文字冗长、容易产生歧义，特别是当算法中循环和分支较多时很难进行清晰的表示。

● 程序流程图：指用一些特定图形来表示各种操作。在框内写出各个步骤简要描述，用带箭头的线把各个图形连接起来，以表示执行的先后顺序。利用程序流程图表示算法直观形象，易于理解。美国国家标准化协会（American National Standard Institute，ANSI）规定了一些常见的程序流程图符号，如图 1.1 所示。

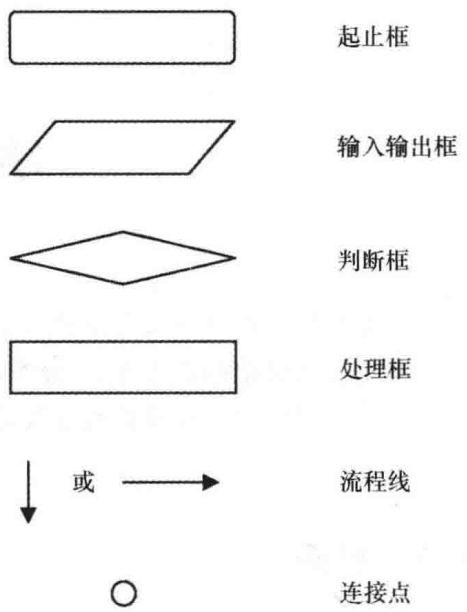
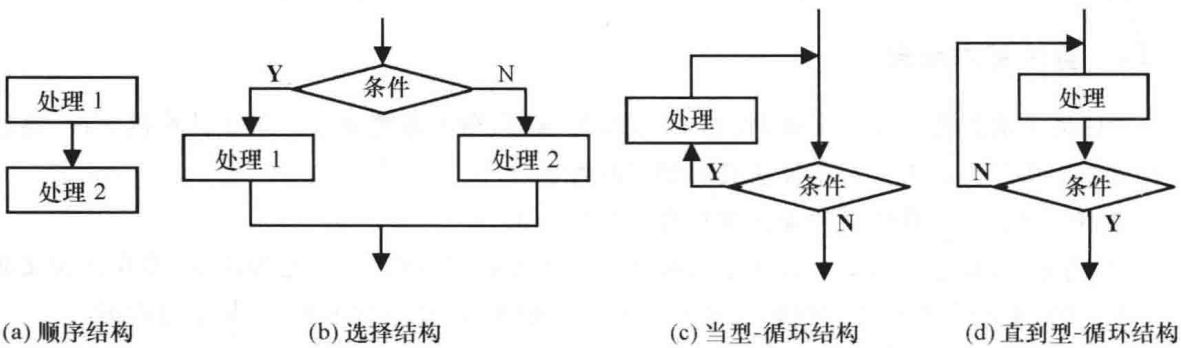


图 1.1 常见的程序流程图符号

其中，判断框是对一个给定的条件进行判断，根据条件是否成立，决定程序流向，有一个入口和两个出口。连接点是将画在不同地方的流程线连接起来。

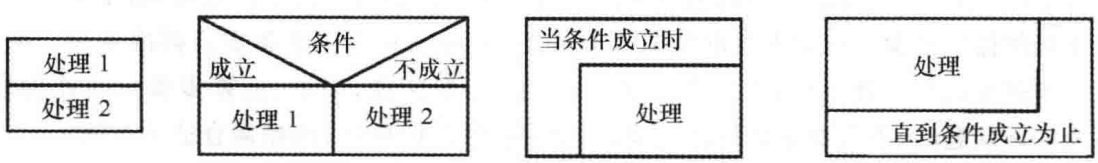
由于计算机算法可以用三种基本结构（顺序结构、选择结构和循环结构）表示，其程序流程图的表示方法如图 1.2 所示。



(a) 顺序结构 (b) 选择结构 (c) 当型-循环结构 (d) 直到型-循环结构

图 1.2 三种基本结构的程序流程图的表示方法

● N-S 流程图：是为克服流程图的缺点而提出的。在 N-S 流程图中，完全去掉了带箭头的流程线，全部算法写在一个矩形框内，而在矩形框内可包含从属框。N-S 流程图也叫盒图。三种基本程序结构的 N-S 流程图表示方法如图 1.3 所示。



(a) 顺序结构 (b) 选择结构 (c) 当型-循环结构 (d) 直到型-循环结构

图 1.3 三种基本结构的 N-S 流程图表示方法

● 伪代码：用程序流程图和 N-S 流程图表示算法直观易懂，但画起来比较麻烦。在设计一

个算法时，可能要反复修改，而修改流程图是比较麻烦的。因此，流程图适宜于表示一个算法，而不适合用于设计算法。为方便设计算法，常使用伪代码。伪代码用介于自然语言和计算机语言之间的文字和符号来描述算法。如同一篇文章，自上而下地写出来。每一行（或几行）表示一个基本操作。不用图形符号，因此书写方便、格式紧凑，易懂也便于向计算机语言算法（即程序）过渡。伪代码可以用英文、汉字、中英文混合表示算法，尽可能便于阅读。用伪代码写算法并无固定的、严格的语法规则，只要把意思表达清楚即可，书写格式清晰易读。

【例 1-1】　用不同方法描述 1 + 2 + 3 + 4 + 5 + 6 + 7 + 8 + 9 + 10 的算法。

1. 自然语言

第一步：求 1 和 2 的和得到 3

第二步：第一步的结果与 3 的和得到 6

第三步：第二步的结果与 4 的和得到 10

第四步：第三步的结果与 5 的和得到 15

第五步：第四步的结果与 6 的和得到 21

⋮

第十步：第九步的结果与 10 的和得到 55

2. 程序流程图

求和程序流程图见图 1.4。

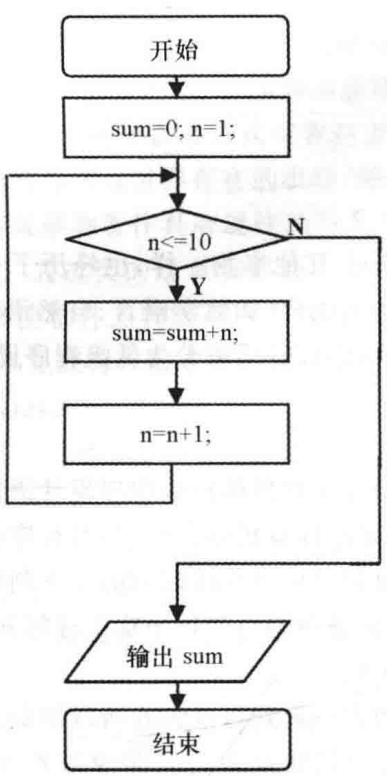


图 1.4　求和程序流程图

3. N-S 流程图

求和 N-S 流程图见图 1.5。

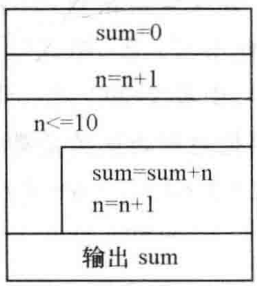


图 1.5 求和 N-S 流程图

4. 伪代码

```
sum = 0
n = 1
if n<=10
    then
        sum = sum + n
        n = n + 1
    else
        print sum
end
```

1.2 程序设计语言

计算机程序设计语言同世界上其他事物一样，也经历了一个从低级到高级的发展过程。根据与人们描述实际问题所采用的语言（如数学语言、自然语言）的接近程度以及依赖计算机硬件系统的程度，常常把计算机程序设计语言分为低级程序设计语言和高级程序设计语言。

1.2.1 低级程序设计语言

机器语言和汇编语言都属于面向机器的低级程序设计语言。机器语言和汇编语言都因计算机硬件系统而异，要求程序员熟悉计算机硬件细节，对程序员要求较高。

机器语言指由一系列计算机硬件可以直接识别的二进制指令所组成的语言。尽管机器语言能够由计算机硬件直接识别，但是所编写的程序难以理解和调试，开发周期长。对于编程者来说机器语言晦涩难懂并难以记忆。

汇编语言是将机器语言映像为一系列可以为人所理解的助记符，如用 ADD 代表加法，用 MOV 代表数据传递等。汇编语言仍然是面向机器的语言，使用起来还是比较烦琐，通用性差。但是，用汇编语言编写的程序，其目标程序占用内存空间少，运行速度快，有着高级语言不可替代的用途，在嵌入式系统开发中依然有着广泛的应用。

1.2.2　高级程序设计语言

为帮助程序员在编程时更关注于程序功能的实现，而不必过多地考虑计算机硬件细节，要求程序设计语言更接近人类自然语言，高级程序设计语言应运而生。

高级语言经历了从面向过程的结构化程序设计语言到面向对象程序设计语言的发展过程。20 世纪 70 年代初的结构化程序设计语言是最初的高级程序设计语言。这一类程序设计语言主要用于编程实现各种复杂的科学计算，如 FORTRAN，BASIC，PASCAL，C 等。在软件开发初期结构化程序设计语言获得了极大的成功。

随着计算机硬件快速发展，对计算机软件也提出更高的要求。结构化程序设计已经不能够满足软件开发的需求。特别是计算机不仅要帮助人们进行各种复杂的科学计算，同时也要完成其他日常事务性的功能。

面向过程的程序的执行类似于流水线，只有当一个模块被执行完成后，才能进行下一个模块，并且不能动态地改变程序的执行方向。这与人们日常处理事物的方式是不一致的，对人而言是希望发生一件事就处理一件事，也就是说，不能面向过程，而应是面向具体的应用功能，也就是对象(object)。为了更为直接地描述客观世界中的事物及其相互间的关系，面向对象程序设计语言在 20 世纪 80 年代初提出并得到广泛的关注。C++ 、JAVA 和 Python 等为面向对象程序设计语言。

1.2.3　面向对象程序设计语言

面向对象程序设计(object oriented programming)语言与结构化程序设计语言的根本区别在于程序设计思维方式的不同。面向对象程序技术基本原则是直接面对客观事物本身进行抽象并在此基础上进行软件开发，将人类的思维方式与表达方式直接应用于软件设计。面向对象程序设计语言可以更直接地描述客观世界存在的事物(即对象)及事物之间的相互关系。

面向对象程序设计语言将客观事物看作具有属性和行为的对象，对同一类对象抽象出其共同的属性和行为，从而形成类。通过类的继承和多态实现代码重用，大大缩短软件开发周期。面向对象程序设计方法能够使软件工程师利用客观世界中问题描述方法来进行软件开发，使得面向对象程序设计方法迅速成为目前主要的软件开发方法。常见的面向对象程序设计语言有 C++ ，Smalltalk，Ada，Java。

1.3　程序设计方法

在说明程序设计方法之前，了解一下计算机程序开发的基本术语。

● 源程序：利用程序设计语言所编写程序。其扩展名为 .c(C 的源程序)、.cpp(C++ 源程序)，注意源程序不能够被计算机执行。

● 目标程序：源程序经过编译而生成的程序。目标程序可以用机器语言表示，也可以用汇编语言或其他中间语言表示，扩展名一般为 .obj。

● 翻译程序：用于将源程序翻译成目标程序的程序。翻译程序有三种不同类型：汇编程序、编译程序和解释程序。其中：汇编程序用于将利用汇编语言编写的源程序翻译成机器语言；编译程序和解释程序用来将利用高级语言编写的源程序翻译成机器语言，编译程序和解释

程序的不同之处在于解释程序是边翻译边执行，即输入一句，解释一句，执行一句，直到整个源程序全部翻译并执行完，解释程序不产生目标程序。而编译程序是将源程序直接翻译成目标程序。

● 连接程序：经过编译后的目标程序往往还不能被计算机执行，需要进行连接。连接程序就是将多个目标程序以及库中某些文件连接在一起，生成一个可执行文件（扩展名为 .exe）。

1.3.1 程序开发过程

C++程序开发基本过程如图 1.6 所示。

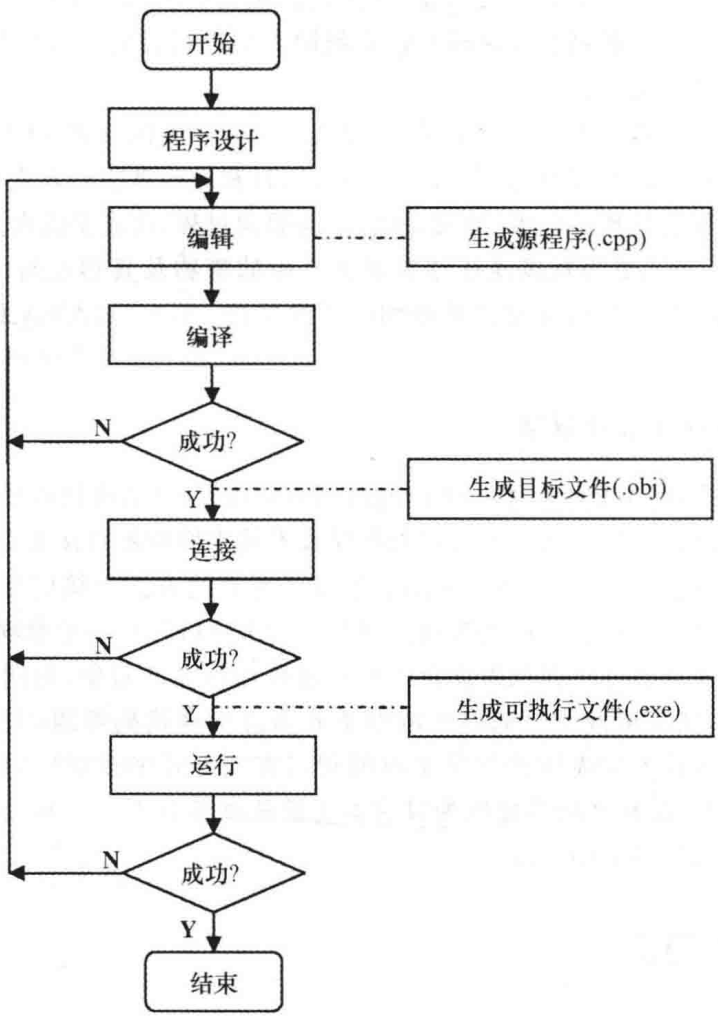


图 1.6 C++程序开发过程

其中：

● 编辑是将源程序输入到计算机内，生成一个扩展名为 .cpp 的 C++源文件；

● 编译是将源文件翻译成目标文件的过程，目标文件的扩展名为 .obj；

● 连接是将目标文件与其他目标文件或库文件连接在一起，生成扩展名为 .exe 的可执行文件。