21世纪高等院校计算机教材系列

C++语言和面向对象程序设计教程

宛延闿 甄炜 李俊 等编著

机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

21 世纪高等院校计算机教材系列

C++语言和面向对象程序设计教程

宛延闿　甄　炜　李　俊　等编著

机械工业出版社

C++语言和面向对象程序设计代表了旨在使计算机问题解更加符合人的思维活动，是软件开发方法的一场革命；面向对象建模和面向对象设计与实现在软件开发生命周期中起着关键作用。

全书共有14章和一个附录。第1章至第11章介绍符合C++国际标准的C++面向对象程序设计思想和方法；第12章和第13章分别介绍面向对象建模和面向对象设计与实现。第14章是面向对象和C++典型实例剖析。附录是C++常用的标准库。

本书以面向对象主要特征为主干线，以初学者为本，自始至终针对初学者的特点，以实例为先导循序渐进地引入C++面向对象程序设计和面向对象建模的基本概念和方法，通过大量典型实例深入浅出、通俗易懂地介绍面向对象程序设计和面向对象建模方面的技巧和经验。本书结构严谨、表达流畅、实例丰富。每章都配有一定量的习题，以加强对本章概念和方法的理解。

本书适合作为大专院校学生掌握C++面向对象程序设计语言和建模的入门教科书，同时也是广大科技工作者和自学者学习C++语言及面向对象方法的较全面的参考书。

图书在版编目（CIP）数据

C++语言和面向对象程序设计教程/宛延闿等编著. —北京：机械工业出版社，2005.6
21世纪高等院校计算机教材系列
ISBN 7-111-15870-9

Ⅰ.C... Ⅱ.宛... Ⅲ.C语言－程序设计－高等学校－教材
Ⅳ.TP312

中国版本图书馆CIP数据核字（2004）第135790号

机械工业出版社（北京市百万庄大街22号 邮政编码100037）
策划编辑：胡毓坚 责任编辑：孙 业 版式设计：张世琴
责任印制：杨 曦
高等教育出版社印刷厂印刷·新华书店北京发行所发行
2005年7月第1版·第1次印刷
787mm×1092mm 1/16·20.75印张·513千字
0 001—5000册
定价：29.00元

凡购本书，如有缺页、倒页、脱页，由本社发行部调换
本社购书热线电话（010）68326294
封面无防伪标均为盗版

出 版 说 明

计算机技术是一门迅速发展的现代科学技术，它在经济建设与社会发展中，发挥着非常重要的作用。近年来，我国高等院校十分注重人才的培养，大力提倡素质教育、优化知识结构，提倡大学生必须掌握计算机应用技术。为了满足教育的需求，机械工业出版社组织了这套“21 世纪高等院校计算机教材系列”。

在本套系列教材的组织编写过程中，我社聘请了各高等院校相关课程的主讲老师进行了充分的调研和细致的研讨，并针对非计算机专业的课程特点，根据自身的教学经验，总结出知识点、重点和难点，一并纳入到教材中。

本套系列教材定位准确，注重理论教学和实践教学相结合，逻辑性强，层次分明，叙述准确而精炼，图文并茂，习题丰富，非常适合各类高等院校、高等职业学校及相关院校的教学，也可作为各类培训班和自学用书。

参加编写本系列教材的院校包括：清华大学、西安交通大学、北京交通大学、北京邮电大学、北京化工大学、北京科技大学、山东大学、首都经贸大学等。

机械工业出版社

序　言

C++语言和面向对象程序设计在开发大中型企业门户软件方面发挥的作用越来越大。用C++语言开发的产品可以给用户一个很好的起跳点，用户可以在此基础上以贴近人的思维的面向对象方式，把现实世界的事物分解为不同的对象，并向前拓展。随着C++语言的面向对象技术日趋成熟，C++国际标准（ISO/IEC FDIS 14882）系列相继确定，大大推动了C++语言的发展。因此，我们认为有必要按照C++国际标准来介绍过去没有的内容，比如布尔类型、命名空间、例外处理等，以及非常有用的标准模板库。

本书以实例为先导，概念逐步引入，语言通俗易懂，为初学者学习面向对象程序设计打开方便之门。在C++语言方面保持与C++国际标准同步，并且体现了语言的完整性和先进性。

本书另一个特点体现在面向对象方法和面向对象建模方面。面向对象建模是当今在面向对象设计方面最弱的部分。面向对象方法包括了分析、设计和实现的方法，对软件系统的开发和软件可重用起着关键的作用。面向对象建模包含了对象模型、动态模型和功能模型。三种模型各应用于系统开发的不同阶段，反映了用不同观点刻划不同的模型，而对象模型则是最基本的。面向对象方法是基于客观世界的对象模型的软件开发方法，它所建立的对象模型与语言无关，并能最大限度地发挥程序开发者的聪明才智和创新能力。这是本书第二部分内容。

或许有人认为C++语言不过是C语言的扩充而已，那他就完全错了。C++与C的兼容性使C++具有双重特性，但如果在使用C++语言的时候仍然保留着C的习惯，C的思维方式，那就很不合适了。C++是一种混合型语言，它既具有面向对象特征，又保留了传统的C语言的主要特征。作为C的超集，C++在技术上是与C完全兼容，但在概念上则是与C完全不同的语言。因此，读者特别是初学者应逐步学会按照C++的方式使用它，不仅要会使用C++编译器，更重要的是要掌握C++的思维方式、C++面向对象设计方法和C++的习惯用法。

本书在介绍对象模型技术的同时，也展示了如何将面向对象概念贯穿于整个软件开发生命周期——从分析到设计再到实现。全书不仅仅描述基本面向对象语言和代码，而且更重要的着重强调了代码是经过包括从问题陈述开始的需求理解、构造问题解并用特定的语言（比如C++）实现一种程序开发过程的最后产物。本书自始至终强调面向对象程序设计能够帮助程序员学习抽象思维，而不是用程序设计结构来思维。书中展示的对象模型技术OMT的图形表示法可以帮助软件开发者提高软件产品化开发能力，与最终的实现编程语言无关。

经验告诉我们：一个优选的典型实例，能够帮助读者澄清与C++高级特征和面向对象设计与实现相关联的模糊概念。事实证明，通过典型实例分析，读者能够更深刻地理解C++语言和面向对象问题解、面向对象开发方法和建模到底优越在什么地方以及对软件可

重用有什么作用。

为了更好地加深对每章概念的理解，每章都配有一定量的习题。与本书配套的《C++语言和面向对象程序设计教程习题解答及上机实践》，与本书一同出版。这不仅对学生学习和理解C++的内涵有很大的帮助，而且对教师的教学也会有事半功倍的效果。

本书的第1章、第14章和附录A以及每章习题由宛延闿、代宁、李永麟和高嵩华编写；第2章至第4章由石良秀、胡骏、郭应中和马岩编写；第5章至第8章由李俊、王子滨、王玥和马同智编写；第9章至第11章由宛霞、甄炜、曹贵林和石新路编写；第12章和第13章由潘京、甄玉、张纪敏和王心颖编写。全书由宛延闿、甄炜和李俊审定。

感谢读者选择使用本书，欢迎您对本书的内容提出批评和修改建议，我们将不胜感激。

宛延闿

目　录

第1章 绪 论

1.1 概 述

计算机软件开发一直被两大难题所困扰：一是如何超越程序复杂性障碍；一是如何在计算机系统中自然地表示客观世界，即对象模型。人们期望着一种新的思维方式的出现，从事计算机研究工作的科学家们也在苦苦追求。我们所熟知的 FORTRAN、PASCAL、C 等语言均属于过程化语言，这些语言都是以冯·诺以曼程序设计风格为基本思想的传统计算机语言，以存放初等数据类型值的变量作为处理的实体，通过变量赋值来改变“当前状态”作为基本操作。这些语言都存在着数据抽象和模块化能力差、信息不能隐藏、必须严格遵循冯·诺以曼体系的顺序结构等诸多缺陷。用 C++ 语言实现的面向对象程序设计是软件工程学中的结构化程序设计、模块化、数据抽象、信息隐藏、知识表示、并行处理等各种概念的积累和发展，是解决上述两大难题的 21 世纪最有希望、最有前途的方法。

面向对象程序设计(Object Oriented Programming—OOP)以 Parkas 信息隐藏和 Guttag 的抽象数据类型等面向对象程序设计理念为依托，是软件开发方法上的一场革命，它代表了新颖的计算机程序设计的思维方法和风格。这种方法与通常的结构化程序设计方法十分不同，它支持一种概念，即旨在使得计算机问题的求解更接近于人的思维活动。人们能够利用 C++ 语言充分挖掘硬件的潜在能力，在减少开销的前提下，用这种方法提供更强有力的软件开发工具。

面向对象程序设计与以往的各种结构化程序设计的根本不同在于，它的设计出发点是为了更直接地描述客观世界中存在的事物(即对象)以及它们之间的关系，而且这种描述更加贴近人的思维活动。从目前发展势头来看，C++ 面向对象程序设计，不仅在尖端技术应用领域(如金融、航空航天和通信)已立稳脚跟，而且 C++ 已广泛地为企业开发人员所接受。C++ 产品可以给用户一个很好的起跳点，用户可在此基础上按照接近人的思维活动，按不同的对象类向前拓展，C++ 面向对象程序设计已在企业信息系统中深深地扎下了根。

面向对象方法包含了分析、设计和实现的面向对象方法。这部分是当今最弱的部分，面向对象方法对软件系统开发起着关键作用。在软件方法学上，过去已出版的一些书籍均以过程观点来讨论软件整个生命周期，虽然近年来也用面向对象概念加以修正，但本质上却没有太大的变化，表面上似乎基于对象，但实际上快速地转换或变换，又回到过程问题中去了。

本书不仅要介绍 C++ 面向对象程序设计和面向对象方法，而且还要介绍面向对象建模和设计。面向对象建模和设计更好地加速对问题需求地了解，设计更加简洁清晰，软件可重用性好。特别是在分析和设计过程中产生的高质量的产品，能极大地减少在开发后期发现的错误，并能显著地改善软件系统的质量。

本书的目的是介绍软件开发崭新的面向对象方法、面向对象建模和设计和 C++ 语言。

C++语言非常适合于面向对象程序设计，C++这个名字就表示了从C语言进化的特征。“++”是C的增量操作符，顾名思义，C++是C的扩充，C++是一种基于C的面向对象语言，即C++语言在提供面向对象程序设计的同时，保留C语言高度简洁和高效率等优点。著名的UNIX操作系统90%的代码是用C语言编写的，C语言具有高效灵活、易于理解、可移植性好等优点；C++语言不仅保留这些优点而且包含了几乎所有面向对象特征，这与纯面向对象语言Smalltalk-80不同。C++语言是当今开发大、中型企业门户软件的主要语言，C++将代替C是肯定的，随着C++语言的面向对象技术日趋成熟，C++语言的国际标准(ISO/IEC FDIS 14882)的确立，对推动C++语言的发展起着举足轻重的作用。

实际上，本书包括两大部分：第一部分是C++面向对象程序设计，从第2章至第11章。从内容上来看，保持与C++国际标准同步、语言的完整性和先进性。第二部分是面向对象建模、分析、设计和实现，从第12章至第14章。其内容不仅包括了面向对象建模、分析、设计和实现，还包括了C++和面向对象设计与实现的典型实例开发。

面向对象程序设计的某些方面与建模和设计方法学是一致的。我们强调现实世界建模的面向对象结构，而不是程序设计的技术。本书使用的OMT表示法是一种成功的表示法。读者将会发现与图形表示法和开发方法学一起使用面向对象概念，可以极大地提高软件的质量、灵活性和可理解性。

1.2 为什么要学习C++语言

通常，当开发一个新的工程项目时，首要问题是采用什么样的程序设计语言进行开发。C、C++、PASCAL、Modula-3和Smalltalk都在首选之列。PASCAL是强类型化的语言，因此它比C语言更可靠，又因为PASCAL语言具有丰富的数据类型，因此它又比C语言更易懂，移植更方便。然而，C语言限制较少而且灵活性强，因而比PASCAL语言更适合用于各种不同的程序设计领域。尽管大多数软件专家认为，首选还是PASCAL语言，但大家还是会一致同意应当挑选一种更好更合适的语言来替代PASCAL语言，使用这种语言使我们能更好地发挥自己的专门技术和才能。这样，经过激烈地争论，范围缩小到C和C++，虽然这种决定并不是太一致的。最后，我们自然而然地挑选基于面向对象的程序设计语言C++，因为这种语言是未来程序设计语言的方向。

事实证明，这是一种非常正确的选择。C++目前已成为非常流行的语言，世界上许多公司和企业都用C++语言作为软件开发的主要语言；另一方面，许多大学毕业生在寻找工作时都会被问到是否学过C++或者问你是否了解C++。我们相信，C++今后一定会继续作为首选的程序设计语言。无论在实践中还是在工程设计中，C++都会作为非常重要的语言而存在，并将会继续得到发展。

有人会问，这也是不少学者的疑问，Java语言将来会不会替代C++。我们的回答是，Java语言是非常有用的面向对象语言，但Java语言目前尚处于幼年时期，要想取代C++谈何容易。Java一系列开发工具还不够成熟，受到浏览器公司的制约(当然Java为此也开发了Java插件，尽量避免这方面制约)，Java语言和它的API类库仍然在不断地修订。在我们的

研究领域中，Java 在开发图形用户界面(Graphics User Interface—GUI)功能方面不失为好的语言，但 C++也能提供这方面的应用开发，其产生的 GUI 功能不亚于 Java 的 GUI 功能。再者，Java 目前毕竟还是一种网上语言技术，要在大、中型企业信息化建设中发挥作用，把原来用 C 开发的应用软件接替过来，至少目前是不太可能的。

1.3 软　　件

用程序设计语言编写的软件，从广义角度可划分为应用软件和系统软件。应用软件包括了对特定问题领域或应用领域所提供的服务和问题解；系统软件支持应用程序的开发和执行。从某种意义上来说，系统软件是应用软件和硬件之间的桥梁，这从图 1-1 中可以清楚地看出。

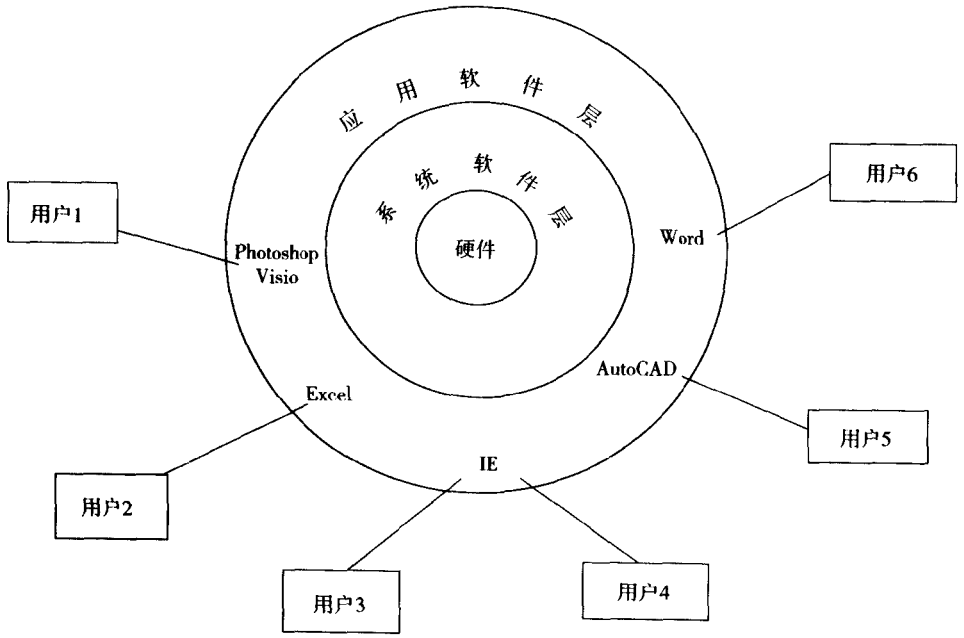

图 1-1　计算机系统的组织

系统软件一个很重要的部分是操作系统。操作系统是控制和管理计算机资源的软件，这些资源包括内存、输入/输出和 CPU。最流行的 PC 机操作系统有 UNIX，Windows 9x，Windows Me，Windows NT，Windows 2000，Windows XP 等。操作系统提供最重要的服务之一是文件系统。文件系统控制磁盘上信息的组织，以便快速查询信息资源。文件系统有目录，目录还可以包含子目录，进而构成了层次结构的文件系统。当今，计算机科学家喜爱倒置树状结构的可视化文件系统组织方式。下面给出了一个磁盘上文件的树状组织结构图，其中 C: 是树的根，根以下是文件和目录。例如 Wyk123 是一个目录，它包含其他一些文件和子目录，如图 1-2 所示。

操作系统另一个重要部分是管理文件的命令。大多数系统有删除文件命令、存储文件命令、复制文件命令和创建目录命令。操作系统也提供对不同设备所执行的输入/输出基本服务。

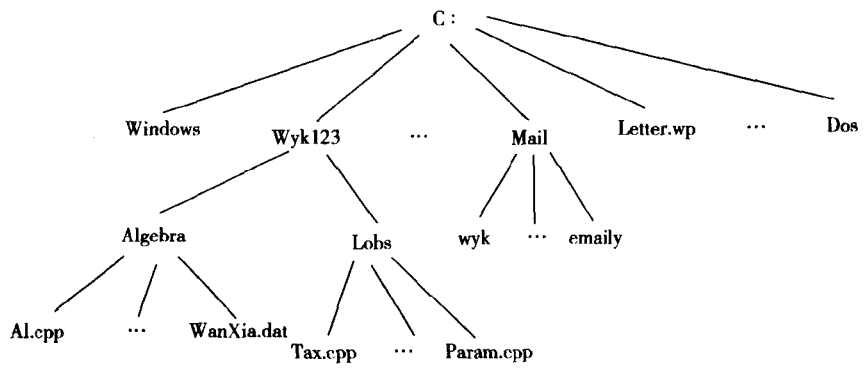

图 1-2　层次结构组织的文件系统

应用软件可根据应用类型来分类。例如字处理程序可以帮助人们生成文本文件，最流行的字处理程序有 WordPerfect，Microsoft Word 和 AmiPro。另一类流行的应用程序是电子表格应用软件。目前，大多数电子表格应用软件能够表示可视化特征的图形数据，并且还可以产生各类图形。还有一类应用软件是 Auto CAD，Visio 等，它们可产生二维、三维图形和图形符号。这类软件已在机械、电子计算机辅助设计中广泛应用。应用软件还有一种类型是个人信息管理，它包括维护个人指定列表电话目录(信息)、个人资金往来账户管理(信息)、联机服务以及下载个人信用卡支付管理(信息)等。

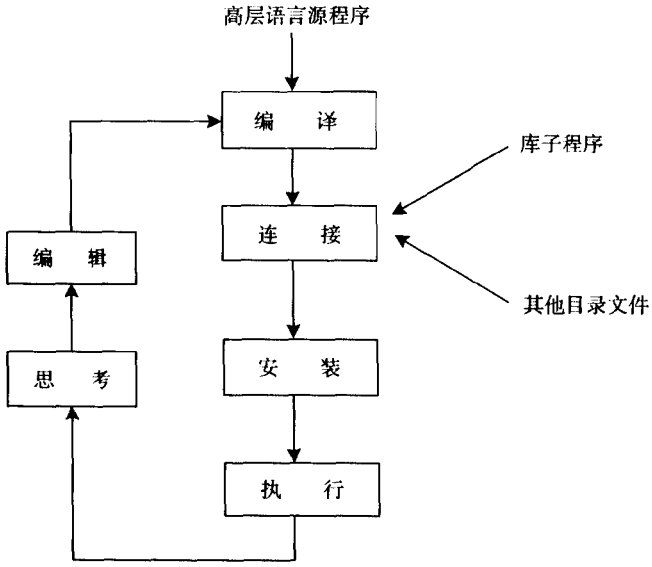

图 1-3　编辑/编译/执行的软件开发周期

通常的编辑/编译/执行的软件开发周期如图 1-3 所示。

随着计算机软件蓬勃发展，新的应用程序类型必然会出现，推陈出新，不断地克服过去基于功能方法的软件的弊病。面向对象方法正是在此基础上逐渐成长起来的。现在，我们有足够新的计算机理念来考量应用软件开发和面向对象程序设计。

1.4　为什么要面向对象

我们知道，软件总是由被描述被加工的实体及相关的功能有机地组合而成的。在开发软件的过程中，面临着两种选择：一种是把侧重点放在功能上；另一种是把侧重点放在对象上。在 20 世纪 80 年代之前的软件开发中，我们始终把注意力放在功能上，因为软件开发出来首要的是提供正确的功能，不然用户也不会使用。但随着时间的推移，人们渐渐发现仅提