工业和信息化普通高等教育“十三五”规划教材立项项目

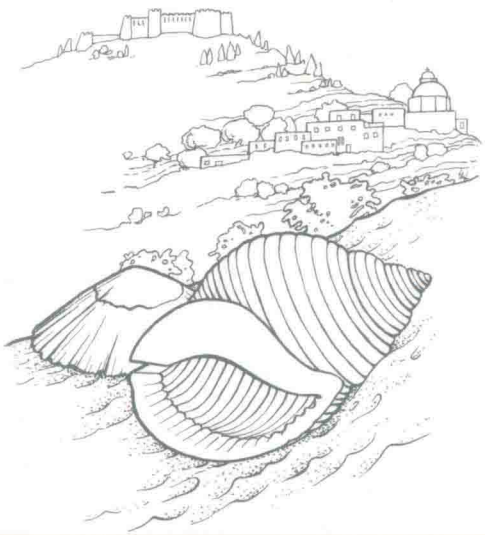
计算机规划教材

C++面向对象程序设计（微课版）

C++ Object-Oriented Programming

鲁丽　张翼　殷福安　编著
章勤　审

- 配有微课视频，解析重点、难点
- 例题丰富，突出编程思想
- 覆盖全国计算机等级考试二级内容



高校系列

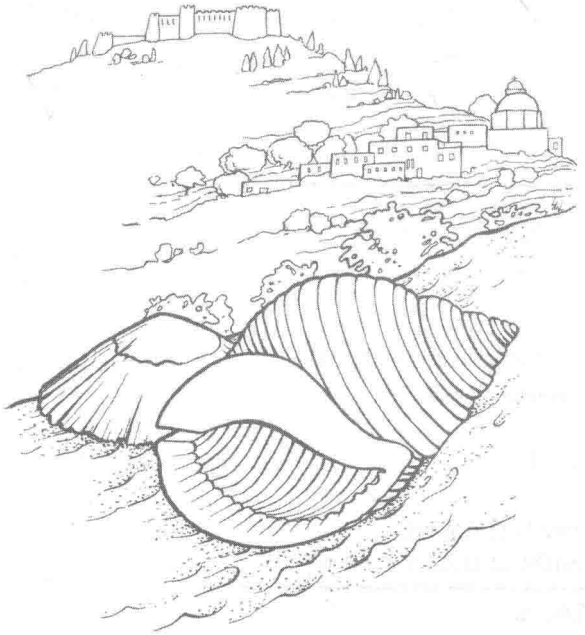
中国工信出版集团　人民邮电出版社
POSTS & TELECOM PRESS

化普通高等教育“十三五”规划教材立项项目
教育计算机规划教材

C++面向对象程序设计（微课版）

C++ Object-Oriented Programming

鲁丽　张翼　殷福安　编著
章勤　审



高校系列

人民邮电出版社
北京

图书在版编目（CIP）数据

C++面向对象程序设计 : 微课版 / 鲁丽, 张翼, 殷福安编著. -- 北京 : 人民邮电出版社, 2018.12
21世纪高等教育计算机规划教材
ISBN 978-7-115-50051-9

Ⅰ. ①C… Ⅱ. ①鲁… ②张… ③殷… Ⅲ. ①C++语言－程序设计－高等学校－教材 Ⅳ. ①TP312.8

中国版本图书馆CIP数据核字(2018)第254940号

内 容 提 要

本书结合 C++语言，介绍了面向对象程序设计的基本知识及应用。全书内容包括 C++语言基本知识、C++面向过程的程序设计、C++面向对象的程序设计、C++二级考试相关考点解析，为读者学习 C++语言建立了完整的学练平台。本书主要分为三个部分：第一部分为基础部分，包括第 1 章，主要介绍面向对象程序设计的基本概念和相关技术，以及 C++对面向对象技术的支持；第二部分为面向过程部分，包括第 2 章，主要介绍 C++语言面向过程程序设计；第三部分为面向对象部分，包括第 3 章～第 9 章，着重介绍了 C++语言面向对象程序设计的特点：封装性、继承性、多态性、I/O 流以及泛型程序设计等。本书结构清晰，语言通俗易懂，内容由浅入深、循序渐进，实例丰富，习题具有代表性。全书贯彻传授知识、培养能力、提高素质的教学理念。

本书可以作为应用类高等院校非计算机专业面向对象程序设计的教材，也可以作为学习 C++语言程序设计的自学教材，同时还可以作为准备参加计算机二级考试的读者和计算机工程技术人员的参考书。

◆ 编　　著　鲁　丽　张　翼　殷福安
审　　　章　勤
责任编辑　邹文波
责任印制　彭志环

◆ 人民邮电出版社出版发行　　北京市丰台区成寿寺路 11 号
邮编　100164　　电子邮件　315@ptpress.com.cn
网址　http://www.ptpress.com.cn
大厂聚鑫印刷有限责任公司印刷

◆ 开本：787×1092　1/16
印张：21.5　　2018 年 12 月第 1 版
字数：566 千字　　2018 年 12 月河北第 1 次印刷

定价：65.00 元

读者服务热线：(010)81055256　印装质量热线：(010)81055316
反盗版热线：(010)81055315

前言

C++语言是兼容 C 语言的面向对象程序设计语言，随着软件工程技术和面向对象程序设计技术的发展，C++语言迅速成为主流的面向对象程序设计语言。面向对象技术集抽象性、封装性、继承性和多态性于一体，实现了代码的高效重用和扩充，提高了软件开发的效率。C++是常用的面向对象程序设计语言，理解和掌握 C++语言需要面向对象技术的支持。因此，教师们通常会结合 C++语言介绍面向对象技术的原理和方法，通过介绍面向对象技术深入说明 C++语言特性。

自 20 世纪 90 年代中期开始，C++语言逐步成为各类高校，尤其是理工类和综合性高校开设的高级语言程序设计课程的教学语言之一，同时也是非计算机专业计算机等级考试和计算机专业程序员水平与资格考试规定语种之一，C++程序设计课程也因此成为国内外高校普遍开设的计算机基础课程。根据 2014 年全国高等学校计算机基础教育研究会发布的计算机基础教育的纲领性文件——“中国高等院校计算机基础教育课程体系 2014”的精神，人们又将“程序设计”课程定位为各专业大学生计算机公共基础课程之一。

本书力求避免烦琐的语法规则的讲解，着力于提高学生编程能力，培养学生的计算机思维，提高学生解决专业问题的能力，旨在实现“以人为本、传授知识、培养能力、提高素质、协调发展”的教育理念，使学生的计算机知识、技能、能力和素质得以协调发展。

本书针对高等院校学生的特点和认知规律，全面、系统地介绍了 C++面向对象程序设计及应用知识。本书在内容的组织上由浅入深、循序渐进，符合读者的认识规律和编程能力的形成规律，便于教学的组织、实施和考核，有利于教学效果的巩固和教学质量的提高。

在编写本书的过程中，编者不避难点，力求突破，对教学和实践编程中的难点（如指针、动态内存分配、虚函数等）挑选多个范例程序，力求讲清讲透，帮助读者更快地突破难点，学以致用。书中大量的范例程序是经过作者精心挑选和设计的，表达准确、简练、书写规范，示范性强。

全书分为 9 章，其中第 1 章、第 2 章的 2.7 节、第 3 章、第 4 章、第 5 章、第 6 章由鲁丽编写；第 2 章的其他部分、第 7 章、第 8 章、第 9 章及附录部分由张翼编写；殷福安负责全书程序的调试工作；鲁丽负责全书的统稿工作。另外，特别感谢章勤教授和杨有安副教授的审阅。本书在编写的过程中得到华中科技大学文华学院各级领导的大力支持，在此表示衷心的感谢。

由于编者水平有限，加之时间仓促，书中难免存在不足之处，敬请读者批评指正。

编　者

2018 年 9 月

目 录

第1章 面向对象程序设计概念

面向对象技术使软件开发的方法与过程尽可能地接近人类认识世界、分析问题、解决问题的方法与过程。与过程化的程序设计方法不同，它能更直接地描述客观世界，通过增加代码的可重用性、可扩充性和程序自动生成功能来提高编程效率，进而大大提高软件开发效率，减小软件维护的开销。本章从宏观上阐述面向对象技术的全貌，首先介绍了面向对象技术的基本概念和基本特征，然后介绍了C++对面向对象技术的支持及发展现状。希望通过对本章的学习，读者能够从整体上了解面向对象技术。

1.1 面向对象技术的基本概念

1.1.1 面向过程与面向对象

面向对象技术强调在软件开发过程中面向客观世界或问题域中的事物，采用人类在认识客观世界的过程中普遍运用的思维方法，直观、自然地描述客观世界中的有关事物。相对于过程化的程序设计方法，面向对象技术更符合人对客观世界的认识规律。

在面向对象方法出现以前，程序员都采用面向过程的程序设计方法。早期的计算机主要被设计用来进行数据计算，例如：最初是为了计算炮弹的飞行轨迹。为了完成计算任务，需要将计算过程分解为若干个步骤完成，软件设计的主要工作是分解问题，并设计求解问题的过程。

随着计算机硬件系统的高速发展，计算机的应用领域不仅仅限于数学计算，它所处理的问题的规模也变得日益庞大、复杂，程序也越来越庞大。传统的面向过程的方法中数据和针对数据的操作在实质上高度依赖，但在形式上又是绝对分离的。这种矛盾使得大型程序后期的升级、维护变得异常复杂。当需要多人合作编写程序完成任务时，程序员之间很难读懂对方的代码，更谈不上代码的重用，软件开发周期无限期延后，基于这些原因，面向对象技术应运而生。

面向对象技术将数据及对数据的操作放在一起，成为一个不可分割的整体——对象。针对同类对象抽象出共同的数据和操作，形成类；根据需要，设定类中大部分的数据只能被本类的方法处理；设定一些外部接口与外界发生关系，对象与对象之间通过消息进行通信。

面向对象的软件开发方法使开发软件的方法与过程尽可能地接近人类认识世界、分析问题和解决问题的方法和过程。面向对象的软件开发技术是以面向对象方法学为基本指导思想的软件开发技术。

1.1.2 对象与类

与人们认识客观世界的规律相同，面向对象技术认为客观世界是由各种各样的对象组成的；在要解决的问题中，客观存在很多事物，对象是对这些事物的抽象，每个对象都有自己的特征，包括静态特征（一般用数据来描述）和动态特征（对象所表现的行为或具有的功能）。

把系统中要考虑的对象归类，在归类的过程中忽略与当前要考虑的系统无关的特征，只考虑那些与当前目标有关的本质特征，从而找到事物的共性，把具有相同属性和行为的对象划为一类，并通过一个统一的概念来描述它。例如：学生、教师、教室等。

如图 1-1 所示，有多个洗衣机对象，每个对象都有自己的特征，包括属性和行为两部分，如图 1-2 所示。

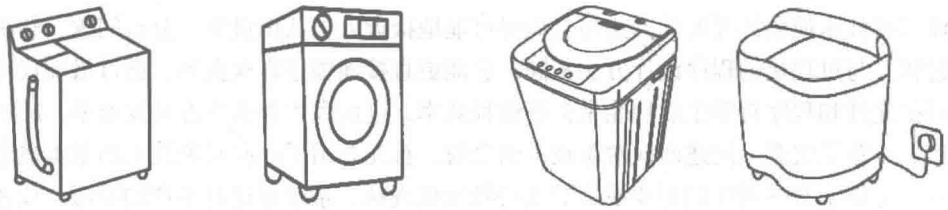


图 1-1　洗衣机对象

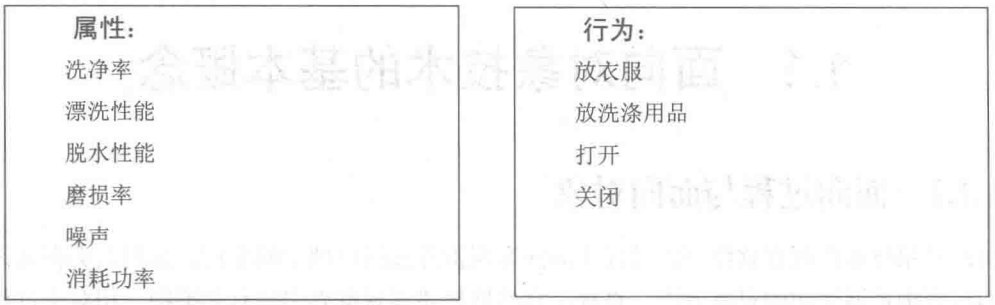


图 1-2　每个洗衣机对象都具有的属性和行为

将具有相同特征的对象集抽象就形成了类。类为属于该类的全部对象提供了统一的抽象描述，类是生成对象的模板，其内部包括属性（数据）和行为（操作）两个部分。通过类可以生成一个具体的对象，对象是类的一个实例。

上述洗衣机对象可以抽象用洗衣机类表示。

这是一台洗衣机=这是洗衣机类的一个实例

简单来说，类是用户自定义的一种抽象的数据类型，对象就是通过这种数据类型定义的变量。

类与对象的示例代码如下：

```
class Car
{
    int color;
    int door_number;
    int speed;
    char manufacturer[50];
    char style[10];
    int price;
```

```
    void brake() {…}
    void speedup() {…}
    void slowdown() {…}
};
Car         car1;
Car         car2;
```

面向对象技术将现实问题中的对象映射为程序中的一个整体——类；使用类将具有相同属性和行为的对象抽象为程序中的一个整体。类突破了传统数据与操作分离的模式。

1.1.3　封装和消息

消息是描述事件发生的信息，消息是对象之间发出的行为请求。封装使得对象成为一个独立的实体，消息则使得对象之间动态地联系起来，对象的行为能互相配合，构成一个有机的运行系统。

封装信息的隐蔽性反映了事物的相对独立性，用户可以只关心它对外所提供的接口，即能做什么，而不注意其内部细节，即怎么提供这些服务。封装对于用户而言，使得操作变得更加简单，对于对象本身而言，封装使得使用者不能随意去修改对象内部的属性，使对象安全性得到提高。用陶瓷封装起来的一块集成电路芯片，其内部电路是不可见的，而且使用者也不关心它的内部结构，只关心芯片引脚的个数、引脚的电气参数及引脚提供的功能，通过这些引脚，使用者就能将各种不同的芯片连接起来，就能组装成具有一定功能的模块。一个封装起来的电视机对于使用者来说，只需要了解基本的开关按钮、调换频道、调音量按钮等功能，而不需要知道电视机内部复杂的结构就可以很方便地使用它。对于电视机对象而言，封装使对象本身更加安全；对于电视机对象的使用者来说，封装使操作变得更加简单。

一方面，封装使对象以外的部分不能随意存取对象的内部属性，从而有效地避免了外部错误对它的影响，大大减小了查错和排错的难度；另一方面，即使对象内部被修改，由于它只通过少量的外部接口对外提供服务，因此同样减小了内部的修改对使用者的影响。

封装机制将对象的使用者与设计者分开，使用者不必知道对象行为实现的细节，只需要使用设计者提供的外部接口。封装实际上隐藏了内部结构复杂性，并提高了代码重用性，从而降低了软件开发的难度。

对象使用者向对象发送消息，完成需要进行的操作，消息传递模型如图 1-3 所示。

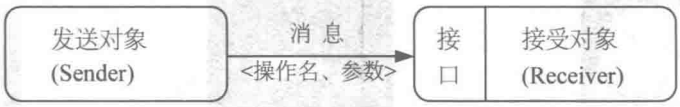


图 1-3　消息传递模型

例如，电视观看者可以向电视对象发送换频道的消息，开机或关闭的消息。示例代码如下：

```
TVSet   tv;
tv.ChangeChannel(5);
```

1.2　面向对象技术的基本特征

面向对象技术强调在软件开发过程中面向客观世界或问题域中的事物，采用人类在认识客观

世界的过程中普遍运用的思维方法，直观、自然地描述了客观世界中的有关事物。面向对象技术的基本特征包括：抽象性、封装性、继承性和多态性。

1.2.1 抽象性

忽略事物中与当前目标无关的非本质特征，抓住事物中与当前目标有关的本质特征。找出系统中事物之间的共性，并把具有共性的事物划为一类。例如，在设计一个学生成绩管理系统时，考察学生李三这个对象时，只考虑他的学号、专业、成绩等，忽略他的身高、体重等信息。但是如果我们设计一个类似于“非诚勿扰”的牵手系统时，考察会员李四这个对象时，就需要考虑他的身高、体重等信息，忽略其他无关因素。

1.2.2 封装性

封装性是把对象的属性和行为组合在一起作为一个独立的单位，同时对外隐藏内部细节。封装有两层含义：一是把对象的全部属性和行为结合在一起，形成一个不可分割的独立单位。对象的属性值（除了公有的属性值）只能由这个对象的行为来读取和修改；二是尽可能隐藏对象的内部细节，对外形成一道屏障，只能通过外部接口实现与外部的联系。

1.2.3 继承性

继承（Inheritance）是一种联结类与类的层次模型，继承性是指特殊类的对象拥有其一般类的属性和行为。继承意味着“自动地拥有”，即特殊类中不必重新定义已在一般类中定义过的属性和行为，它会自动地拥有其一般类的属性与行为。

1.2.4 多态性

多态性（Polymorphism）是指不同的类可以有同名的方法，但它们的具体实现和结果可以各不相同。可以使用相同的方法请求，同一消息为不同的对象接受时可产生完全不同的结果。如图 1-4 所示，显示了不同类的对象咆哮的方式不同。

图 1-4　不同类对象不同的咆哮方式

示例代码如下。

```
mum.roar();
orang.roar();
wukong.roar();
```

利用多态性，用户可以发送一个通用的消息，而将所有的实现细节都留给接受消息的对象自行决定。

1.3　C++对面向对象技术的支持

1.3.1　C++的发展历史

C++是在 C 语言的基础上开发的一种集面向对象编程、泛型编程和过程化编程于一体的编程语言。C 语言是 1972 年由美国贝尔实验室的 D.M.Ritchie 开发，它采用结构化编程方法，遵从自顶向下的原则。在操作系统和系统使用程序以及需要对硬件进行操作的场合，用 C 语言明显优于其他高级语言，但在编写大型程序时，C 语言仍面临着挑战。1983 年，在 C 语言的基础上，贝尔实验室的 Bjarne Stroustrup 推出了 C++。C++进一步扩充和完善了 C 语言，是一种面向对象的程序设计语言，它支持过程化程序设计方法，增加了面向对象的能力，是一种混合型程序设计语言。为了扩充 C++的设计能力，许多大学和公司为 C++编写了各种不同的类库，如 Microsoft 公司的 MFC，奇趣公司的 Qt，MFC 在国内外都得到了广泛应用，Qt 支持移动平台的特性也得到了广泛应用。

C++目前在各个领域都有广泛的应用。早期它主要应用于系统程序设计，很多系统的关键部分都用 C++设计；C++还用于编写设备驱动程序，或者其他对运行效率及响应时间有特殊要求的系统中，如电信领域核心控制程序。C++还能被应用到游戏、图画、设计等领域。

1.3.2　C++——带类的 C 语言

C 语言是 C++的基础，C++和 C 语言在很多方面是兼容的。

C 语言是一个结构化语言，它的重点在于算法与数据结构。C 语言程序的设计首先考虑的是如何通过一个过程，对输入（或环境条件）进行运算处理得到输出（或实现过程（事物）控制）。而 C++程序，首要考虑的是如何构造一个对象模型，让这个模型能够契合与之对应的问题域，这样就可以通过获取对象的状态信息得到输出或实现过程（事物）控制。所以 C 和 C++的最大区别在于它们解决问题的思想方法。

C++对 C 语言的“增强”，表现在以下六个方面。

（1）类型检查更为严格。

（2）增加了面向对象的机制。

（3）增加了泛型编程的机制（Template）。

（4）增加了异常处理。

（5）增加了运算符重载。

（6）增加了标准模板库（STL）。

1.3.3　C++的优点与缺点

1. C++的优点

C++简洁灵活，运算符的数据结构丰富、具有结构化控制语句、程序执行效率高。而且 C++同时具有高级语言与汇编语言的优点，与其他高级语言相比，C++具有可以直接访问物理地址的优点；与汇编语言相比又具有良好的可读性的可移植性。

总之，C++的主要特点表现在两个方面，一是兼容 C 语言，二是支持面向对象的方法。它保

持了 C 语言的简洁、高效的接近汇编语言等特点，对 C 语言的类型系统进行了改良和扩充，因此 C++比 C 语言更安全，C++的编译系统也能检查出更多的类型错误。另外，由于 C 语言的广泛使用，在一定程度上也促进了 C++的普及和推广。

C++最有意义的方面是支持面向对象的特征。虽然与 C 语言的兼容使得 C++具有双重特点，但他在概念上与 C 语言完全不同，更具面向对象的特征。

出于保证语言的简洁和运行高效等方面的考虑，C++的很多特性都是以库（如 STL）或其他的形式提供的，而没有直接添加到语言本身里。

C++引入了面向对象的概念，使得开发人机交互类型的应用程序变得更为简单、快捷。包括 Boost、Qt、MFC、OWL、wxWidgets、WTL 在内的很多优秀的人们一般认为，使用 Java 或 C# 的开发成本比 C++低。但是，如果充分分析 C++和这些语言的差别，会发现这句话的成立是有条件的。这个条件就是：软件规模和复杂度都比较小。如果不超过 3 万行有效代码（不包括生成器产生的代码），这句话基本上还能成立。否则，随着代码量和复杂度的增加，C++的优势将会越来越明显。造成这种差别的就是 C++的软件工程性。程序框架都使用 C++。

2. C++的缺点

C++由于语言本身过度复杂，甚至使人们难以理解其语义。C++的编译系统受到 C++的复杂性的影响，非常难以编写，即使能够使用的编译器也存在了大量的问题，这些问题大多很难被发现。

由于本身的复杂性，复杂 C++程序的正确性也难以保证。

1.4 二级考点解析

1.4.1 考点说明

本章二级考点主要包括：面向对象的基本概念的理解。

1.4.2 例题分析

1. 下面关于对象概念的描述，（　　）是错误的。

A. 对象就是 C 语言中的结构变量

B. 对象代表着正在创建的系统中的一个实体

C. 对象是一个状态和操作（或方法）的封装体

D. 对象之间的信息传递通过消息进行的

解析：在 C++中，对象是类的实例，类与 C 中结构体有着本质的差别，类中包括有数据和操作函数，而 C 语言中的结构体只包含有数据。

答案：A

2. C++对 C 语言做了很多改进，下列描述中（　　）使 C 语言发生了质变，即从面向过程变成面向对象。

A. 增加了一些新的运算符

B. 允许函数重载，并允许设置默认参数

C. 规定函数说明必须用原型

D. 引进类和对象的概念

解析：C 与 C++的本质差别在于 C++中引进了类和对象的概念、支持面向对象的程序设计。

答案：D

1.5 本章小结

本章介绍了面向对象技术的基本概念，面对对象程序设计的主要特征，以及 C++语言的特点。通过对本章的学习，读者应了解面向对象的程序设计方法更接近人们认识自然的规律。在进行面向对象程序设计时，首先从要解决的问题里找出事物的主要特征，并从特征出发将具有共性的事物组合在一起——通过抽象及封装完成类的定义；然后通过继承可以从已有的类出发生成新的类，不同的类可能具有相同的接口，这就是面向对象的多态性。

C++是一种混合型面向对象程序设计语言。C++具有 C 语言底层接口的优势，已经发展成为一种可视化面向对象程序设计语言，并在一些库及框架技术的支持下具有强大的功能。

1.6 习　　题

1. 选择题

（1）下面关于类概念的描述中，（　　）是错误的。

A. 类是抽象数据类型的实现

B. 类是具有相同行为的若干对象的统一描述体

C. 类是创建对象的样板

D. 类就是 C 语言中的结构体类型

（2）C++语言是以（　　）语言为基础发展演变而成的一种程序设计语言。

A. Pascal　　B. C

C. Basic　　D. Simula 67

（3）下列关于 C++与 C 语言关系的描述中错误的是（　　）。

A. C++是 C 语言的超集

B. C++对 C 语言进行了扩充

C. C++与 C 语言都是面向对象的程序设计语言

D. C++包含 C 语言的全部语法特征

（4）面向对象程序设计思想的主要特征不包括（　　）。

A. 封装性　　B. 多态性

C. 继承性　　D. 功能分解，逐步求精

（5）下列关于 C++类的描述中错误的是（　　）。

A. 类与类之间可以通过一些手段进行通信和联络

B. 类用于描述事物的属性和对事物的操作

C. 类与类之间必须是平等关系，而不能组成层次关系

D. 类与类之间可以通过封装而具有明确的独立性

（6）下列不正确的选项是（　　）。

A. C 语言是一种面向对象的程序设计语言，它支持面向对象思想中 3 个主要特征

B. 标点符号是在程序中起分割内容和界定范围作用的一类单词

C. iostream 是一个标准的头文件，定义了一些输入/输出流对象

D. 类与类之间不可以进行通信和联络

（7）下列不正确的选项是（　　）。

A. 封装是一种信息隐藏技术

B. 标识符是由字母、数字、下划线组成的字符串，必须以数字或下划线开头

C. 编译是由源程序文件转换到目标文件的过程

D. 一个 C++程序可以认为是函数串

（8）下列关于多态性说法错误的是（　　）。

A. 不同的对象调用相同的名称的函数，并可导致完全不同的行为的现象称为多态性

B. C++语言中多态性通过使用封装技术来支持

C. 多态是面向对象程序设计的一个重要机制

D. 多态性是人类思维方式的一种模拟

2. 填空题

（1）一个 C++程序的开发步骤通常包括编辑、编译、_____、运行和调试。

（2）在面向对象程序设计框架中，_____是程序的基本单元。

（3）C++是 C 语言的_____。

（4）_____是指一种事物保留了另外一种事物的全部特征，并且有自身的独有特征。

第2章 C++语言基础

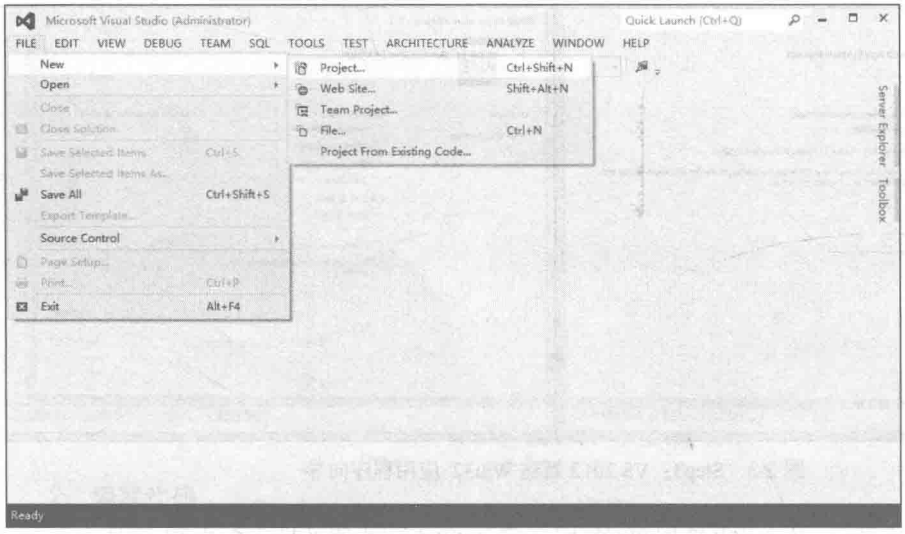
本章先通过“hello world!”示例程序介绍如何编写最简单的C++程序。本章主要介绍输入输出、程序基本结构、C++数据类型、函数等知识。学过C语言的同学会发现，本章的知识点有很多与C相似的地方；同时，C++还增加了很多新机制，注意类比！

2.1 Hello World!

Visual Studio是微软公司推出的开发环境，是目前最流行的Windows平台应用程序开发环境。下面我们通过“Hello World!”程序介绍如何在Microsoft Visual Studio 2012集成开发环境中创建一个简单的C++程序。

1. 创建工程与源文件

Step1：打开VS 2012，在VS 2012主窗口的主菜单栏中选择File（文件），然后选择New（新建），并点击Project（工程），如图2-1所示。



Hello World!

图2-1 Step1：VS 2012新建项目

Step2：屏幕上出现一个New Project（新项目）对话框，如图2-2所示，在左侧菜单下选择

Installed（已安装）→ Templates（模板）→ Visual C++ → Win32，选择 Win32 Console Application。同时在下方设置 Name（即项目名称，本例设为 2-1）、Location（即存放路径和位置，本例设为 D:\workspace\2-1）、Solution name（即解决方案名称，一个 Solution 可以包含多个 Project，本例设为 2-1）。设置完毕后，单击 OK 键确定。

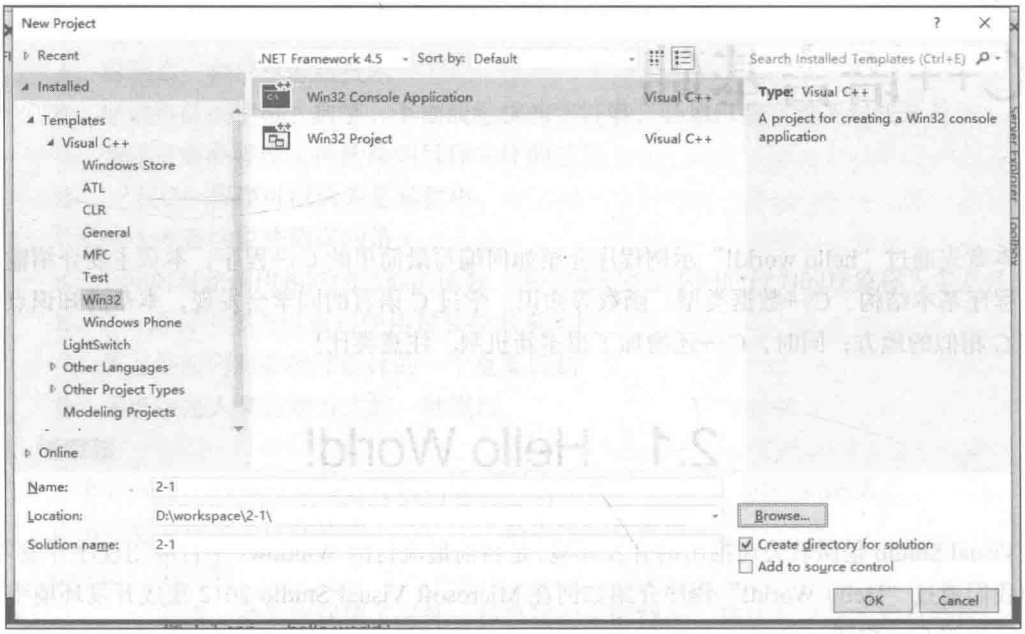


图 2-2　Step2：VS 2012 新建 Win32 控制台程序

Step3：接下来进入 Win32 应用程序向导，单击 Next，在 Application Setting（应用设置）中勾选 Empty project（空项目）。单击 Finish 结束，如图 2-3 所示。

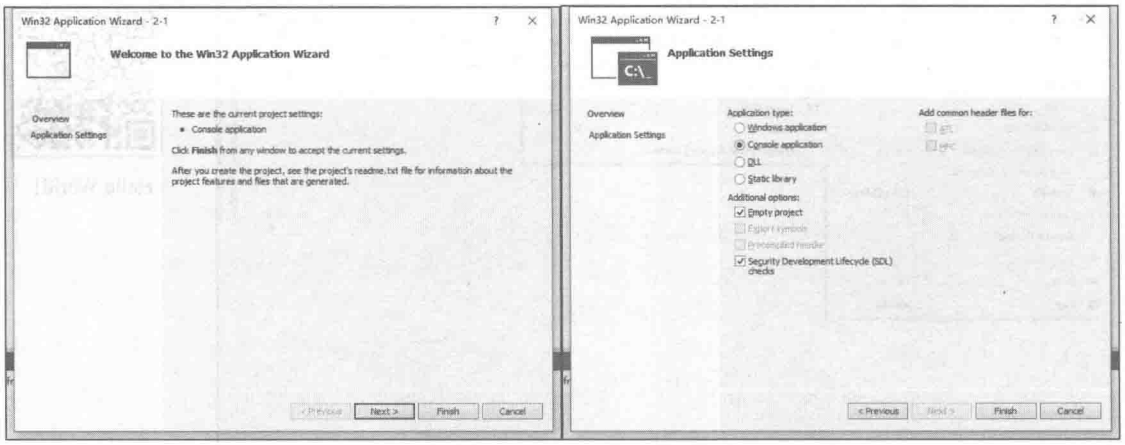


图 2-3　Step3：VS 2012 新建 Win32 应用程序向导

Step4：进入主界面后，在 Solution Explorer 中选择 Source File（源文件）→ Add（添加）→ New Item（新建项），如图 2-4 所示。