

中国高等学校计算机科学与技术专业（应用型）规划教材

丛书主编 陈明

C++程序设计

严悍 李千目 张琨 编著



清华大学出版社

中国高等学校计算机科学与技术专业（应用型）规划教材

丛书主编 陈明

C++程序设计

严悍 李千目 张琨 编著

清华大学出版社

北 京

内 容 简 介

自 C 语言问世以来历经 30 年的改进完善,目前 C/C++ 已成为国内外广泛采用的编程语言,应用于多种计算平台。国内所有高校都开设 C/C++ 编程的相关课程,也出现了近百种相关教材。由于 C/C++ 语言涵盖了结构化编程和面向对象编程的很多概念,编程表达复杂多变,使初学者感到学习实践的难度较大。本书采用研讨方式,力图在实践上增强读者的编程求解能力。

本书共分 3 部分。第 1 部分主要介绍基于 C 语言的结构化编程技术,从基本类型开始,主要探讨运算符、表达式、语句、函数、数组、自定义类型、指针等内容。第 2 部分介绍基于 C++ 的面向对象编程技术,探讨面向对象编程的基本特性(封装性、继承性和多态性),从类和对象开始,主要探讨构造与析构函数、类的继承性、运算符重载、模板、输入输出流、异常处理。第 3 部分是根据 ANSI C++ 标准的语法补充,以及附录中的各种常用函数库类库。

本书可作为大学各专业学生学习实践 C++ 的基础教材,也适合作为软件工程开发人员的自学用书和研究人员的参考用书。

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

C++ 程序设计 / 严悍,李千目,张琨编著. —北京:清华大学出版社,2010.7

(中国高等学校计算机科学与技术专业(应用型)规划教材)

ISBN 978-7-302-22721-2

I. ①C… II. ①严… ②李… ③张… III. ①C 语言—程序设计—高等学校—教材
IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 088264 号

责任编辑:谢琛 薛阳

责任校对:梁毅

责任印制:孟凡玉

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:010-62795954, jsjic@tup.tsinghua.edu.cn

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

印 刷 者:北京密云胶印厂

装 订 者:三河市新茂装订有限公司

经 销:全国新华书店

开 本:185×260 印 张:38.25

字 数:924 千字

版 次:2010 年 7 月第 1 版

印 次:2010 年 7 月第 1 次印刷

印 数:1~4000

定 价:55.00 元

产品编号:037406-01

编委 会

主 任：陈 明

副主任：蒋宗礼 卢先和

委 员：	常 虹	陈国君	陈 峻	陈晓云	陈笑蓉
	丛 琳	方路明	段友祥	高文胜	巩君华
	关 永	郭 禾	郝 莹	何胜利	何晓新
	贺安坤	胡巧多	李陶深	李仲麟	刘东升
	刘贵龙	刘晓强	刘振华	路 游	马杰良
	毛国君	苗凤君	宁 玲	施海虎	宋长龙
	宋立军	孙践知	孙中胜	汤 庸	田俊峰
	万本庭	王让定	王锁柱	王 新	王兆青
	王智广	王志强	谢 琛	谢书良	徐孝凯
	徐子珊	杨建刚	姚 琳	叶春蕾	叶俊民
	袁 薇	张建林	张 杰	张 武	张晓明
	张艳萍	周 苏	曾 一	訾秀玲	

序 言

应用是推动学科技术发展的原动力,计算机科学是实用科学,计算机科学技术广泛而深入地应用推动了计算机学科的飞速发展。应用型创新人才是科技人才的一种类型,应用型创新人才的重要特征是具有强大的系统开发能力和解决实际问题的能力。培养应用型人才的教學理念是教學过程中以培养学生的综合技术应用能力为主线,理论教学以够用为度,所选择的教學方法与手段要有利于培养学生的系统开发能力和解决实际问题的能力。

随着我国经济建设的发展,对计算机软件、计算机网络、信息系统、信息服务和计算机应用技术等专业技术方向的人才的需求日益增加,主要包括:软件设计师、软件评测师、网络工程师、信息系统监理师、信息系统管理工程师、数据库系统工程师、多媒体应用设计师、电子商务设计师、嵌入式系统设计师和计算机辅助设计师等。如何构建应用型人才培养的教學体系以及系統框架,是从事计算机教育工作者的责任。为此,中国计算机学会计算机教育专业委员会和清华大学出版社共同组织启动了《中国高等学校计算机科学与技术专业(应用型)学科教程》的项目研究。参加本项目的研究人員全部来自国内高校教學一线具有丰富实践经验的专家和骨干教师。项目组对计算机科学与技术专业应用型学科的培养目标、内容、方法和意义,以及教學大纲和課程体系等进行了较深入、系统的研究,并编写了《中国高等学校计算机科学与技术专业(应用型)学科教程》(简称《学科教程》)。《学科教程》在编写上注意区分应用性人才与其他人才在培养上的不同,注重体现应用型学科的特征。在課程设计中,《学科教程》在依托学科设计的同时,更注意面向行业产业的实际需求。为了更好地体现《学科教程》的思想与内容,我们组织编写了《中国高等学校计算机科学与技术专业(应用型)规划教材》,旨在能为计算机专业应用型教學的課程设置、課程内容以及教學实践起到一个示范作用。本系列教材的主要特点如下:

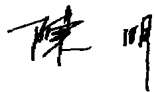
1. 完全按照《学科教程》的体系组织编写本系列教材,特别是注意在教材设置、教材定位和教材内容的衔接上与《学科教程》保持一致。
2. 每門課程的教材内容都按照《学科教程》中设置的大纲精心编写,尽量体现应用型教材的特点。
3. 由各学校精品课程建设的骨干教师组成作者队伍,以課程研究为基础,將教學的研究成果引入教材中。
4. 在教材建设上,重点突出对计算机应用能力和应用技术的培养,注重教材的实践性。
5. 注重系列教材的立体配套,包括教参、教辅以及配套的教學资源、电子课件等。

高等院校应培养能为社会服务的应用型人才,以满足社会发展的需要。在培养模式、教學大纲、課程体系结构和教材都应适应培养应用型人才的目标。教材体现了培养目标和育

人模式,是学科建设的结晶,也是教师水平的标志。本系列教材的作者均是多年从事计算机科学与技术专业教学的教师,在本领域的科学研究与教学中积累了丰富的经验,他们将教学研究和科学研究的成果融入教材中,增强了教材的先进性、实用性和实践性。

目前,我们对于应用型人才培养的模式还处于探索阶段,在教材组织与编写上还会有这样或那样的缺陷,我们将不断完善。同时,我们也希望广大应用型院校的教师给我们提出更好的建议。

《中国高等学校计算机科学与技术专业(应用型)规划教材》主编



2008年7月

前 言

编程语言的发展体现了计算技术的发展。从汇编语言到 C 语言引入了结构化设计思想,从 C 语言到 C++ 语言引入了面向对象设计技术。C++ 语言体现了当前过程性编程语言的主导思想,并得到广泛应用。C++ 语言的特点是表达简洁、灵活、计算性能高;但同时 C++ 编程比较复杂,富于变化,理解他人程序比较困难,错误定位和排除也比较困难,因此 C++ 语言对初学者入门较难,对读者有一定难度。

尽管目前国内已出现数百种 C++ 语言相关教材,但本书仍努力突出自己的特色:

- 研讨性学习而非强制命令性。本书对每一个语言元素的语法语义都追根溯源,尽可能详细解释其功能与效果之间的协调性,尽可能避免强制读者接受其语法约束,使初学者容易入门,使读者乐于自学。
- 实践性教学而非理论指导性。语言知识固然重要,但本书更强调编程技能的培养。本书对于重点和难点提供了大量可执行例程,对每个例程阐释详细深入,尤其对执行结果的分析更加深入。读者可直接执行这些例程,从而能快速理解掌握要点。
- 以培养编程求解能力为目标,而不仅仅对元素的语法语义验证。在编程语言学习实践中,对语言元素的语法语义的验证性编程不可缺少,但本书更强调对读者的分析具体问题、设计解决方案、编程实现、测试验证的指导,目的是使读者能提高编程求解能力,以达到中高级程序员的知识 and 技能要求。

本书共 16 章,分为以下 3 部分。

第 1 部分包括前 8 章,主要介绍结构化编程。从基本类型开始,主要探讨运算符、表达式、语句、函数、数组、自定义类型(包括结构、枚举等)、指针、引用等内容。其中大多数概念都属于 C 语言范畴,只有个别概念属于 C++ 语言。这部分重点是函数、数组、结构,难点是循环、指针。

第 2 部分从第 9 章到第 15 章,主要介绍面向对象编程。从类和对象开始,主要探讨构造与析构函数、类的继承、运算符重载、模板、输入输出流、异常处理等内容。这部分重点是面向对象基本特性:封装性、继承性和多态性,难点是抽象编程、可重用编程、可靠性编程。

第 3 部分是第 16 章与附录,第 16 章是根据 ANSI C++ 标准语法补充的,附录中介绍了各种常用的函数库和类库,以提高本书的实用性。

本书重点突出而不失完整性,各章后配有小结和练习题供读者复习或实践。本书实例采用了 Windows 系统 Visual C++ 平台,这是一种广为流行的有代表性的平台,具有良好的可移植性。

本书所介绍的 C++ 作为编程语言基础,读者可进一步学习使用其他 C++ 编程,如 VC++ 的 MFC 编程、Linux 系统上的 C/C++ 编程、智能手机平台上的 C++ 编程等。读者还可进一步学习掌握更高级的软件开发技术,如面向对象建模与设计、自动化单元测试、程序自动分析与生成等技术。C++ 语言也影响了其他过程性编程语言,如 C++ 语言的很多概念和元素被后来的 Java 语言所采用,因此读者很容易转到 Java 平台上。我们将继续关注 C++ 语言的最新进展。

本书由南京理工大学计算机科学与技术学院的“新一代软件工程”教学团队集体编写。作者经多年的教学实践、软件研发和经验积累,针对学生经常出现的错误,结合实际工程研发经验,参考多种资料和 MSDN,后经集体研讨整体撰写而成。另外,袁宜老师参与了第 2 部分的撰写,张宏教授和张岳新教授审阅并提出修改意见。另外,徐建、赵学龙、余立功、赵洋、王永利、刘冬梅、李波、王树梅、张帆、李冲、张金霞、倪磊、何光明、陈海燕、陈智、吴涛涛、王珊珊、赵梨花等老师对本书提供了很大的支持和帮助。在此对上述所有人员表示感谢。书中部分内容选自同行专家、学者的教材和专著,参考文献中力求全面列出,如有疏忽和遗漏,致以歉意并恳请指出,作者谨表感谢。本书不足之处,竭诚希望广大读者指正。

作 者

2010 年 4 月

目 录

第 1 章 概述	1
1.1 C++ 语言发展历史	1
1.2 一个简单的 C++ 程序	2
1.3 编程的基本要求	4
1.4 C++ 程序的开发步骤	4
1.5 VC++ 开发环境简介	5
1.6 C++ 开发环境	7
1.7 本书组织结构	8
练习题	10
第 2 章 数据类型与变量	11
2.1 关键字和标识符	11
2.1.1 关键字	11
2.1.2 标识符	13
2.1.3 标点符号	13
2.1.4 分隔符	13
2.2 基本数据类型	14
2.2.1 布尔型	15
2.2.2 字符型	15
2.2.3 整型	15
2.2.4 浮点型	16
2.2.5 空类型	16
2.3 字面常量	17
2.3.1 逻辑常量	17
2.3.2 整型常量	17
2.3.3 实型常量	17
2.3.4 字符常量	18
2.3.5 字符串常量	19
2.4 变量	20
2.4.1 变量的说明	20

2.4.2	变量的初始化	20
2.4.3	变量的赋值	21
2.4.4	变量的输入输出	21
2.4.5	命名常量	24
小结		25
练习题		25
第3章	运算符与表达式	27
3.1	基本运算符	27
3.1.1	算术运算符	29
3.1.2	关系运算符	30
3.1.3	逻辑运算符	31
3.1.4	位运算符	32
3.1.5	条件运算符	35
3.1.6	赋值运算符	36
3.1.7	逗号运算符	37
3.1.8	自增、自减运算符	38
3.1.9	sizeof 运算符	39
3.1.10	typeid 运算符	40
3.2	表达式	41
3.2.1	左值表达式和右值表达式	41
3.2.2	算术表达式	41
3.2.3	赋值表达式	42
3.2.4	关系表达式	42
3.2.5	逻辑表达式	43
3.2.6	逗号表达式	43
3.2.7	表达式语句	44
3.3	类型转换	44
3.3.1	自动类型转换	44
3.3.2	赋值类型转换	46
3.3.3	强制类型转换	47
小结		49
练习题		50
第4章	基本语句	53
4.1	语句分类	53
4.1.1	说明语句	53
4.1.2	表达式语句	53
4.1.3	选择语句	54
4.1.4	循环语句	54

4.1.5	跳转语句	54
4.1.6	空语句	54
4.1.7	复合语句	54
4.1.8	异常处理语句	55
4.1.9	标号语句	55
4.2	程序的基本结构	55
4.2.1	顺序结构	55
4.2.2	选择结构	56
4.2.3	循环结构	56
4.3	选择语句	57
4.3.1	条件语句	58
4.3.2	开关语句	61
4.4	循环语句	64
4.4.1	while 语句	64
4.4.2	do-while 语句	66
4.4.3	for 语句	67
4.4.4	循环语句的比较	69
4.4.5	循环的嵌套	69
4.5	跳转语句	70
4.5.1	break 语句	70
4.5.2	continue 语句	72
4.5.3	goto 语句与标号语句	73
4.6	例子	73
	小结	77
	练习题	78
第 5 章	函数和编译预处理	81
5.1	函数的基本概念	81
5.1.1	库函数和用户定义函数	81
5.1.2	无参函数和有参函数	82
5.1.3	有返回值函数和无返回值函数	82
5.2	函数的定义	83
5.2.1	无参函数的定义	83
5.2.2	有参函数的定义	83
5.2.3	函数定义的要点	84
5.3	函数的调用	85
5.3.1	函数调用的形式	85
5.3.2	函数调用的方式	86
5.3.3	函数调用的要点	87
5.4	函数的重载	88

5.4.1	重载函数的定义	89
5.4.2	重载函数的调用	90
5.5	嵌套调用和递归调用	91
5.5.1	函数的嵌套调用	91
5.5.2	函数的递归调用	92
5.6	函数原型	97
5.7	特殊参数	99
5.7.1	带默认值的形参	99
5.7.2	可变参数	101
5.8	内联函数	103
5.9	作用域	104
5.9.1	块作用域	104
5.9.2	文件作用域	105
5.9.3	函数原型作用域	106
5.9.4	函数作用域	107
5.10	程序运行期的存储区域	107
5.10.1	静态存储区	107
5.10.2	全局存储区	108
5.10.3	动态存储区	108
5.11	存储类	108
5.11.1	auto 变量	108
5.11.2	register 变量	109
5.11.3	static 变量与多文件项目	109
5.11.4	extern 变量	112
5.11.5	存储类小结	113
5.12	编译预处理	114
5.12.1	包含文件	114
5.12.2	无参宏	115
5.12.3	有参宏	119
5.12.4	条件编译	120
5.12.5	条件编译示例	124
5.12.6	其他预处理指令	125
	小结	126
	练习题	127

第6章 数组 133

6.1	一维数组	133
6.1.1	一维数组的定义	133
6.1.2	一维数组的初始化	134
6.1.3	一维数组的使用	135

6.1.4	一维数组的应用	136
6.2	二维数组	143
6.2.1	二维数组的定义	143
6.2.2	二维数组的初始化	144
6.2.3	二维数组的应用	144
6.3	数组与函数	148
6.4	字符数组	151
6.4.1	字符数组的定义	151
6.4.2	字符数组的初始化	152
6.4.3	字符数组的输入输出	153
6.4.4	字符数组的操作	154
6.5	字符串处理函数	155
6.5.1	字符串处理函数	155
6.5.2	字符串的应用	158
小结		160
练习题		161
第7章	结构、枚举、共同体	165
7.1	结构	165
7.1.1	结构类型的定义	165
7.1.2	定义结构变量	167
7.1.3	结构变量的初始化	169
7.1.4	结构变量的使用	169
7.1.5	结构的数组	172
7.1.6	结构中的静态成员	175
7.2	位域	177
7.2.1	位域的定义	178
7.2.2	位域的使用	179
7.3	枚举	181
7.3.1	枚举类型及枚举变量	181
7.3.2	枚举的使用	182
7.4	共同体	185
7.4.1	共同体类型的定义	185
7.4.2	共同体变量的说明及使用	185
7.5	类型定义 typedef	191
小结		191
练习题		192
第8章	指针和引用	195
8.1	指针及指针变量	195

8.1.1	地址的概念	195
8.1.2	指针变量	197
8.1.3	指针的运算	198
8.2	指针与结构	202
8.2.1	结构的指针	202
8.2.2	指针作为结构成员	204
8.3	指针与数组	206
8.3.1	用指针访问数组	206
8.3.2	指针与字符串	211
8.3.3	指针的数组	213
8.4	指针与函数	222
8.4.1	指针作为形参	222
8.4.2	函数返回指针	223
8.4.3	函数的指针	224
8.5	void 指针与 const 指针	229
8.5.1	void 指针	229
8.5.2	const 指针	232
8.6	动态使用内存	233
8.6.1	new 和 delete 运算符	233
8.6.2	动态变量管理	237
8.6.3	注意要点	240
8.7	引用	241
8.7.1	引用变量的说明及使用	241
8.7.2	引用与数组、指针的关系	242
8.7.3	引用与函数	243
8.8	单向链表及其应用	246
8.8.1	链表概述	246
8.8.2	建立无序链表、遍历和撤销	249
8.8.3	添加、查找与删除元素	251
8.8.4	建立有序链表	256
8.8.5	链表的应用	257
	小结	261
	练习题	263

第9章 类和对象 269

9.1	类	269
9.1.1	类的定义	269
9.1.2	类成员的可见性	272
9.1.3	类的数据成员	273
9.1.4	类的成员函数	275

9.1.5	类与结构的区别	279
9.2	对象	280
9.2.1	对象的创建	280
9.2.2	访问对象的成员	281
9.2.3	类与对象的关系	283
9.3	this 指针	284
9.4	类中还有什么?	285
	小结	286
	练习题	287
第 10 章	构造函数与析构函数	289
10.1	构造函数	289
10.1.1	构造函数的定义	289
10.1.2	默认构造函数	291
10.2	析构函数	292
10.3	拷贝构造函数与单参构造函数	294
10.3.1	拷贝构造函数	294
10.3.2	赋值操作函数	298
10.3.3	单参构造函数	304
10.4	复合对象与成员对象	306
10.4.1	构造过程	306
10.4.2	复合对象设计实例	309
10.4.3	复合对象设计要点	313
10.5	对象数组	314
10.5.1	定义和使用	314
10.5.2	对象数组作为成员	315
10.6	静态成员	318
10.6.1	静态数据成员	318
10.6.2	静态成员函数	320
10.7	const 和 volatile 修饰符	321
10.7.1	修饰符 const	321
10.7.2	修饰符 volatile	323
10.8	指针成员	324
10.8.1	矩阵类	324
10.8.2	双向关联	329
10.9	引用成员	336
10.9.1	引用的问题	336
10.9.2	设计方案	337
10.9.3	编程实现	339
10.10	类成员的指针	346

10.10.1	数据成员的指针	346
10.10.2	成员函数的指针	348
小结		350
练习题		353
第 11 章	类的继承	357
11.1	继承与派生	357
11.1.1	基类与派生类	357
11.1.2	派生类的定义与构成	359
11.1.3	继承方式与访问控制	360
11.2	派生类的构造和析构	361
11.2.1	派生类的构造函数	361
11.2.2	派生类的析构函数	363
11.3	二义性问题	370
11.3.1	多继承造成的二义性	370
11.3.2	支配规则	371
11.4	虚基类	373
11.4.1	共同基类造成的二义性	373
11.4.2	虚基类的说明	374
11.4.3	虚基类的例子	376
11.5	子类型关系	378
11.6	虚函数	381
11.6.1	定义和使用	381
11.6.2	成员函数中调用虚函数	384
11.6.3	构造函数中调用虚函数	385
11.6.4	虚析构函数	386
11.6.5	纯虚函数与抽象类	387
11.6.6	抽象类的设计	389
11.7	例子: 对象的链表	395
11.7.1	方案设计	395
11.7.2	对象结点编程	397
11.7.3	对象链表编程	398
11.7.4	对象链表的测试	401
11.8	继承性设计要点	405
小结		407
练习题		410
第 12 章	运算符重载	417
12.1	一般运算符重载	417
12.1.1	运算符重载函数	417

12.1.2	双目运算符的重载	418
12.1.3	单目运算符的重载	420
12.2	用友元函数实现运算符重载	422
12.2.1	友元函数	422
12.2.2	定义重载函数	422
12.3	特殊运算符的重载	426
12.3.1	赋值操作函数	426
12.3.2	类型转换函数	426
12.3.3	下标运算符	428
12.3.4	函数调用运算符	432
12.4	例子: 字符串类	433
	小结	440
	练习题	441
第 13 章	模板	445
13.1	模板的概念	445
13.2	函数模板	446
13.2.1	定义	446
13.2.2	实例化	447
13.2.3	函数模板与有参宏的区别	448
13.2.4	模板函数的重载	449
13.2.5	函数模板的例子	450
13.3	类模板	452
13.3.1	定义	452
13.3.2	实例化	453
13.3.3	堆栈类模板	456
13.3.4	矩阵类模板	459
13.4	标准模板库 STL 简介	464
13.4.1	容器简介	464
13.4.2	迭代器简介	466
13.4.3	容器的共同类型和操作	468
13.4.4	vector, deque 和 list	469
13.4.5	set 和 multiset	475
13.4.6	map 和 multimap	477
13.4.7	stack, queue 和 priority_queue	482
13.4.8	算法简介	485
	小结	485
	练习题	486
第 14 章	输入输出流	489
14.1	概述	489