

国外计算机科学经典教材

PEARSON
Prentice
Hall

Engineering Problem Solving with C++

C++ 工程程序设计

(美) Delores M. Etter 著
Jeanine A. Ingber 译
张敬凯 王克印 译

Pearson
Education

清华大学出版社

国外计算机科学经典教材

C++工程程序设计

(美) Delores M. Etter 著
Jeanine A. Ingber

张敬凯 王克印 译

清华大学出版社

北 京

Simplified Chinese edition copyright © 2004 by PEARSON EDUCATION ASIA LIMITED and TSINGHUA UNIVERSITY PRESS.

Original English language title from Proprietor's edition of the Work.

Original English language title: Engineering Problem Solving with C++, by Delores M. Etter, Jeanine A. Ingber, Copyright © 2003

EISBN: 0-13-091266-2

All Rights Reserved.

Published by arrangement with the original publisher, Pearson Education, Inc., publishing as Prentice Hall.

This edition is authorized for sale only in the People's Republic of China (excluding the Special Administrative Region of Hong Kong and Macao).

本书中文简体翻译版由 **Pearson Education, Inc.** 授权给清华大学出版社在中国境内(不包括中国香港、澳门特别行政区)出版发行。

北京市版权局著作权合同登记号 图字: 01-2003-6228

本书封面贴有 **Pearson Education** (培生教育出版集团) 激光防伪标签, 无标签者不得销售。

图书在版编目(CIP)数据

C++ 程序设计/(美)埃特尔(Etter, D. M.), (美)英格伯(Ingber, J. A.) 著; 张敬凯, 王克印译.

—北京: 清华大学出版社, 2004

书名原文: Engineering Problem Solving with C++

(国外计算机科学经典教材)

ISBN 7-302-08101-8

I. C… II. ①埃…②英…③张…④王… III. C 语言—程序设计 IV. TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2004)第 011176 号

出 版 者: 清华大学出版社 地 址: 北京清华大学学研大厦

<http://www.tup.com.cn> 邮 编: 100084

社 总 机: 010-62770175 客户服务: 010-62776969

组稿编辑: 曹康

文稿编辑: 于平

封面设计: 康博

版式设计: 康博

印 装 者: 清华大学印刷厂

发 行 者: 新华书店总店北京发行所

开 本: 185 × 260 印 张: 28.75 字 数: 736 千字

版 次: 2004 年 3 月第 1 版 2004 年 3 月第 1 次印刷

书 号: ISBN 7-302-08101-8/TP · 5856

印 数: 1 ~ 4000

定 价: 54.00 元

本书如存在文字不清、漏印以及缺页、倒页、脱页等印装质量问题, 请与清华大学出版社出版部联系调换。联系电话: (010)62770175-3103 或 (010)62795704

前 言

基于对象的编程在许多工程和科学领域的应用都很广泛，我们在工作区中经常能够看到这种编程方法。C++是从 C 编程语言中派生出来的一种基于对象的编程语言，因此我们选择它来介绍工程和科学方面的计算教程。重点讨论科学编程所必需的基本控制结构、数据结构和函数时，可以先使用 C++初步介绍基于对象的设计和编程。C 编程语言对系统级操作极具吸引力的特征在 C++中也得到支持，这使得 C++成为功能最强大的编程语言之一。编写本教材的目的就是介绍如何使用一种基于对象的编程方法来解决工程问题。我们的目标是：

- 开发一套解决工程问题的相容方法；
- 介绍 C++基于对象的特征而重点讨论编程基础；
- 通过一系列工程示例和应用程序来说明利用 C++解决问题的过程；
- 为标准 C++库中定义的函数模板和类提供一个容易理解的完整介绍。

为了实现上述目标，第 1 章介绍了文中解决工程问题时一致使用的一个五步过程(five-step process)。第 2 章在讨论数据类型和标准输入和输出时介绍了预定义的对象和成员函数的用法。第 3 到第 5 章介绍了解决工程问题的 C++基本功能，包括控制结构、数据文件和函数。第 6 章和第 7 章介绍了数组，并向读者介绍了函数模板和向量类。第 8 章是对程序员自定义类的介绍。第 9 章介绍了指针、动态内存分配和为实现动态数据结构而在标准 C++库中定义的类。第 10 章对类进行了更深入的介绍，包括重载运算符、继承和虚函数。书中引用了大量来自于不同工程、科学和计算机科学领域的示例。这些示例的解决方案就是使用五步过程和标准 C++开发的。

预备知识

不要求预先有任何计算机经验。数学方面的预备知识涉及大学代数学和三角学的内容。当然，如果学生使用过其他计算机语言或软件工具，就能更快地掌握基础知识。

课程结构

本书选择的内容是工程和科学计算课程的基础知识。包含数学计算、字符数据、控制结构、函数、数组、类和指针等基本主题。学过其他计算机语言的学生应当能在一个学期内学完这些内容。对 C++的介绍是本书的必修内容(选修内容在目录中以*表示)。我们可以通过以下 3 种方式学习本书和推荐的章节：

- 介绍 C++ 面向初学者的基础教程除了向学生介绍计算机语言方面的知识之外，还向学生介绍了一些计算机工具。对于这些教程，我们推荐将第 1 到第 7 章作为必修内容向学生介绍 C++的基本功能，以便他们能够使用数学计算、字符数据、控制结构、函数和数

组来编写实质性的程序。

- 用 C++ 解决问题 在专门向学生讲授如何掌握 C++ 语言的教程中，我们推荐将第 1 第 10 章的所有内容都作为必修内容。这些内容涉及 C++ 语言的所有基本概念，包括数学计算、字符数据、控制结构、函数、数组、类和指针。
- 用 C++ 和数值技术解决问题 有背景知识的学生或者已经熟悉其他高级语言的学生能够很快地掌握本书的所有内容。另外，他们可以把数值技术应用到其他课程中。因此，我们建议这些学生应该学习本书第 1 到第 10 章的所有部分，包括选修部分的内容。

本书各章节在主题顺序上的设计为教师提供了很大的灵活性，尤其是在决定何时介绍类(在数组之前还是数组之后)时。有关类的基础章节不依赖于介绍数组的章节，而且有关数组的章节也不依赖类的基础章节。图 0-1 是一个从属关系图，说明了各章的从属关系。

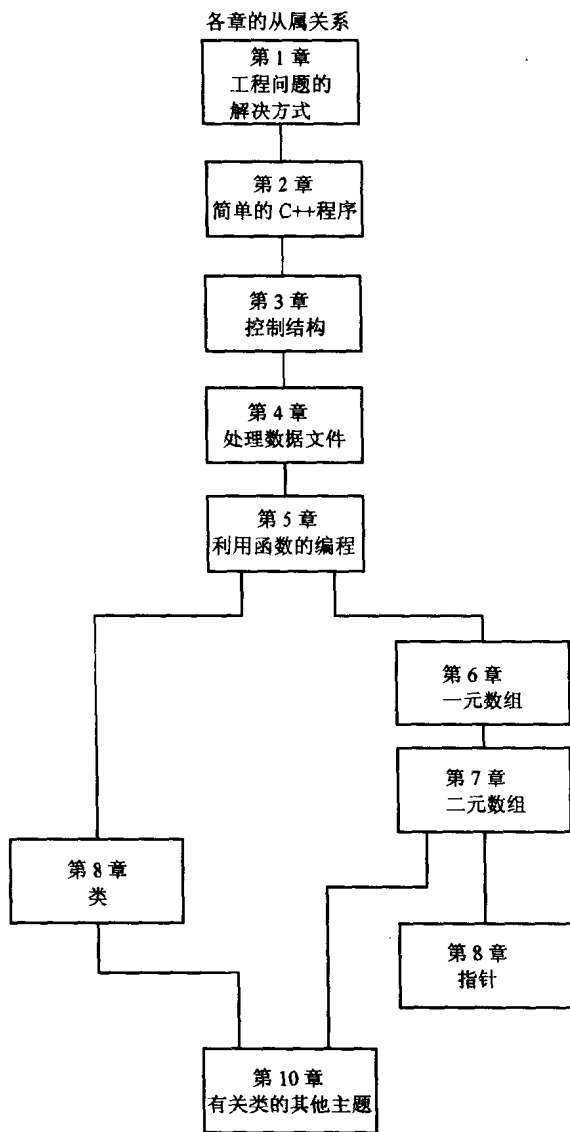


图 0-1 从属关系图

解决问题的方法

“解决工程和科学问题的重点”是本书必不可少的一部分。第 1 章将介绍使用计算机解决工程问题的一种五步过程：

1. 清楚地陈述问题；
2. 描述输入和输出信息，并确定所需的数据类型；
3. 手工处理一个简单的示例；
4. 开发一个算法并将其转化为计算机程序；
5. 用一组数据来测试该解决方案。

要加强解决问题技能的开发，每次解决一个完整的工程问题时都要清楚地定义上述五步中的每一步。另外，通过使用提纲、伪代码和流程图，介绍了自顶向下(top-down)的设计和步进式的细化。

工程和科学应用程序

贯穿本书所有内容，重点一直放在与现实的工程和科学示例及问题的结合上。这个重点围绕着巨大挑战的主题展开，包括：

- 对于天气、气候和全球变化的预测；
- 计算机语音识别；
- 人类基因的匹配；
- 交通工具性能的提高；
- 增强石油和天然气的回收能力；
- 仿真。

每一章对这些巨大挑战的某个方面进行讨论，使我们对工程师研究的领域有一个简单的了解。在后面的章节中，我们解决的问题不仅和介绍性的问题有关，而且还应用在其他问题解决方案中。这些巨大挑战同时也在其他示例和问题中引用。

标准 C++

本书提供的语句和开发的所有程序使用的都是 C++ 标准，该标准是由国际标准化组织和美国国家标准学会 ISO/ANSI 的 C++ 标准委员会开发的。ISO 和 ANSI 已经联合发布了 C++ 编程语言的第一个国际标准。通过使用标准 C++，学生可以学习编写从一个计算机平台转移到另一个计算机平台的可移植代码。本书讨论了 C++ 编程语言的许多标准功能。在附录 A 中还对 C++ 标准库中的其他组件进行了讨论。

软件工程的观念

我们期望工程师和科学家能够开发和实现对用户友好并能够重用的计算机解决方案。因此要成功地开发出这样的计算机解决方案，学习软件工程技术是至关重要的。在程序开发中，我们强调程序的可读性和文档规范。本书还讨论了与软件工程问题相关的其他主题，并包含一些问题，例如软件生命周期、可移植性、维护、模块化、递归、抽象化、可重用性、结构化编程、有效性和验证。

四种类型的问题

学习任何新技能都需要许多不同难度层次的实践。本书给出了四种类型的练习，供您实践解决问题的技能。第一组练习是练习 1。这些问题的答案简短，与该问题之前介绍的内容相关。大部分章节后都紧跟着的一组练习，以便学生能够测试他们是否已经准备好继续下一部分。本书最后给出了所有练习的答案。

设计“修改！”问题的目的则是为了解决实际问题部分开发的程序提供内行的经验。在这些部分，我们利用五步过程开发了一个完整的 C++ 程序。“修改！”要求学生利用不同的数据来运行程序，以测试他们对程序工作方式和工程变量之间关系的理解。这些练习还要求学生程序进行简单的修改，然后运行程序来测试它们的变化。

大部分章节的最后都有一组“测试！”，同时每一章都包含一组编程问题。“测试！”问题的答案同样也很简短，但与整章的内容都有关。这些问题可以帮助学生测试他们对于文中提供的 C++ 功能的理解程度。编程问题则是与各种工程应用相关的新问题，同时难度等级的范围从非常简单到大规模的项目任务。每个编程问题都需要学生开发一个完整的 C++ 程序或者函数。

选学的数值技术

解决工程问题经常用到的数值技术在各章的选修部分中也有讨论，包括线性插值、线性建模(回归)、根寻找、数值积分和联立方程求解。也介绍了矩阵的概念，随后引用了许多示例对其进行了说明。所有这些主题都假设学生只具备三角学和大学代数的背景知识。

附录

为了进一步增强引用，附录中介绍了大量重要的内容。附录 A 讨论了 C++ 标准库中的组件。附录 B 介绍了 MATLAB 的一些内容。

目 录

第 1 章 工程问题解决概述	1
1.1 巨大挑战	6
1.1.1 近年的工程成就	6
1.1.2 未来的巨大挑战	7
1.1.3 改变工程环境	9
1.2 计算系统	10
1.2.1 计算机硬件	10
1.2.2 计算机软件	11
1.2.3 术语	14
1.3 一种解决工程问题的方法	15
1.4 本章小结	17
第 2 章 简单的 C++ 程序	21
2.1 基于对象编程概述	22
2.2 程序结构	23
2.3 常量和变量	26
2.3.1 科学计数法	28
2.3.2 数字数据类型	29
2.3.3 布尔数据类型	30
2.3.4 字符数据类型	31
2.3.5 字符串数据	32
2.3.6 符号常量	33
2.4 C++ 运算符	33
2.4.1 赋值运算符	33
2.4.2 算术运算符	35
2.4.3 运算符的优先级	37
2.4.4 上溢和下溢	39
2.4.5 自增和自减运算符	39
2.4.6 简化的赋值运算符	40
2.5 标准输入和输出	42
2.5.1 cout 对象	42
2.5.2 流函数和操纵器	43
2.5.3 cin 对象	46
2.6 数值技术：线性插值法	47
2.7 解决实际问题：风洞数据分析	51

2.8	基本函数	54
2.8.1	初等数学函数	55
2.8.2	三角函数	56
2.8.3	双曲线函数*	57
2.8.4	字符函数	59
2.9	解决实际问题：速度计算	59
2.10	系统限制	62
2.11	本章小结	63
第3章	控制结构	70
3.1	算法开发	70
3.1.1	自顶向下的设计	71
3.1.2	结构化编程	72
3.1.3	细化的伪代码	72
3.1.4	替代解决方案的判断	74
3.1.5	错误条件	74
3.1.6	生成测试数据	75
3.2	条件表达式	76
3.2.1	关系运算符	76
3.2.2	逻辑运算符	77
3.2.3	优先级和结合原则	77
3.3	选择语句	78
3.3.1	简单的 if 语句	78
3.3.2	if/else 语句	80
3.3.3	switch 语句	83
3.4	循环结构	86
3.4.1	while 循环	86
3.4.2	do/while 循环	88
3.4.3	for 循环	89
3.4.4	break 和 continue 语句	92
3.4.5	结构化输入循环	93
3.5	解决实际问题：探空气球	98
3.6	本章小结	102
第4章	处理数据文件	110
4.1	定义文件流	110
4.1.1	stream 类继承	111
4.1.2	ifstream 类	111
4.1.3	ofstream 类	112

4.2	读取数据文件	113
4.2.1	指定数目的记录	114
4.2.2	尾部信号或者标记信号	117
4.2.3	文件末尾	119
4.3	生成数据文件	123
4.4	解决实际问题: 数据过滤器——修改 HTML 文件	125
4.5	错误检查	129
4.6	数值技术: 线性建模*	132
4.7	解决实际问题: 臭氧测量	135
4.8	本章小结	140
第 5 章	利用函数的模块化编程	145
5.1	模块性	146
5.2	编程人员自定义的函数	148
5.2.1	函数定义	148
5.2.2	函数原型	153
5.3	参数传递	154
5.3.1	通过值调用	155
5.3.2	通过引用调用	157
5.3.3	存储器类和作用域	160
5.4	解决实际问题: 计算重心	162
5.5	随机数	166
5.5.1	整数序列	166
5.5.2	浮点序列	170
5.6	解决实际问题: 仪器的可靠性	171
5.7	数值技术: 多项式的根	178
5.7.1	多项式的根	178
5.7.2	增量搜索技术	180
5.8	解决实际问题: 系统的稳定性	182
5.9	数值技术: 积分法*	190
5.10	递归*	195
5.10.1	阶乘计算	195
5.10.2	斐波纳契序列	197
5.11	本章小结	199
第 6 章	一维数组	208
6.1	数组	209
6.1.1	定义和初始化	209
6.1.2	计算和输出	213

6.1.3 函数参数	215
6.2 统计度量	219
6.2.1 简单分析	219
6.2.2 方差和标准偏差	222
6.3 重新访问函数	224
6.3.1 函数重载	224
6.3.2 函数模板	225
6.3.3 自定义头文件	228
6.4 解决实际问题：语音信号分析	229
6.5 排序算法	235
6.5.1 选择排序	235
6.5.2 快速排序	237
6.6 搜索算法	240
6.6.1 无序列表	240
6.6.2 有序列表	240
6.7 字符串	242
6.7.1 C 样式字符串的定义和 I/O	242
6.7.2 字符串函数	244
6.8 解决实际问题：回文	246
6.9 string 类	250
6.10 vector 类	251
6.11 本章小结	256
第 7 章 二维数组和矩阵	261
7.1 二维数组	261
7.1.1 定义和初始化	262
7.1.2 计算和输出	264
7.1.3 函数参数	267
7.2 解决实际问题：地域导航	270
7.3 重访的 vector 类	274
7.4 矩阵*	276
7.4.1 行列式	277
7.4.2 转置矩阵	277
7.4.3 矩阵的加法和减法	278
7.4.4 矩阵的乘法	279
7.5 数值技术：求解联立方程组*	281
7.5.1 图形解释	281
7.5.2 高斯消元法	283
7.6 解决实际问题：电路分析*	286

7.7	多维数组*	291
7.8	本章小结	293
第 8 章	类	298
8.1	利用类进行基于对象的编程	298
8.1.1	类的声明	299
8.1.2	类的实现	300
8.2	成员函数	303
8.2.1	构造函数	303
8.2.2	存取函数	305
8.2.3	用于输入和输出的成员函数	307
8.3	单独编译	309
8.4	UnitVector 类	313
8.4.1	Private 成员函数	315
8.4.2	把类对象作为成员函数的参数	317
8.5	解决实际问题: 仿真	319
8.6	本章小结	325
第 9 章	指针	329
9.1	地址和指针	330
9.1.1	地址运算符	330
9.1.2	指针赋值	332
9.1.3	指针运算	334
9.2	数组元素的指针	337
9.2.1	一维数组	338
9.2.2	字符串	339
9.2.3	指针作为函数参数	341
9.3	动态内存分配	346
9.3.1	new 运算符	347
9.3.2	动态分配的数组	348
9.3.3	delete 运算符	349
9.4	解决实际问题: 地震事件检测	350
9.5	使用 new 和 delete 的常见错误	356
9.6	数据结构*	357
9.6.1	link 类	357
9.6.2	stack 类	361
9.6.3	queue 类	363
9.7	解决实际问题: 文本文件的词汇索引*	365
9.8	本章小结	371

第 10 章 利用类进行编程的其他主题	376
10.1 重载运算符	376
10.1.1 pixel 类	378
10.1.2 算术运算符	380
10.1.3 friend 函数	384
10.2 解决实际问题：彩色图像处理	388
10.3 继承	394
10.4 虚函数	402
10.5 解决实际问题：迭代的囚犯二难问题	404
10.6 本章小结	413
附录 A C++标准库	419
附录 B 利用 MATLAB 绘图表示 ASCII 文件中的数据	427
B.1 生成数据文件的 C++程序	427
B.2 C++程序生成的 ASCII 数据文件	428
B.3 利用 MATLAB 生成曲线	428
附录 C 练习答案	430

第1章 工程问题解决概述

本章大纲

目标

- 巨大挑战
- 计算系统
- 一种解决工程问题的方法

小结, 关键术语, 问题

巨大挑战: 天气、气候和全球变化的预测

预报天气、气候和全球变化时, 我们必须理解大气和海洋之间复杂的交互作用。这些交互作用通常受到几个因素的影响, 这些因素包括温度、气流、海流、降雨量、土壤湿度、积雪、冰川、极地海冰, 以及地球大气层中的臭氧对紫外线的吸收情况。SCISAT-1 卫星, 如图 1-1 所示, 计划 2002 年 6 月在加利福尼亚的 Vandenburg 空军基地发射, 它将有助于对大气层中臭氧量损耗的研究。卫星将监测大气分子(例如臭氧)的吸收情况, 以增进我们对与臭氧层损耗有关的化学变化的理解, 其研究重点是加拿大和北极上空的臭氧层。该项研究由 Waterloo 大学的 ACE 科学数据中心主持。

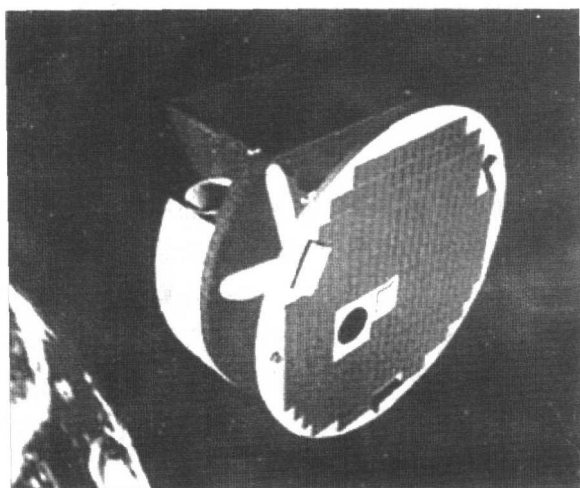


图 1-1 SCISAT-1 卫星

图 1-2 说明了整个南半球大气臭氧含量的浓度。该数据出自俄罗斯 Meteor-3 卫星的光谱分析仪。

图 1-3 是一个可生成小型龙卷风的装置。像这样的实验结果有利于我们更准确地预测气象情况。

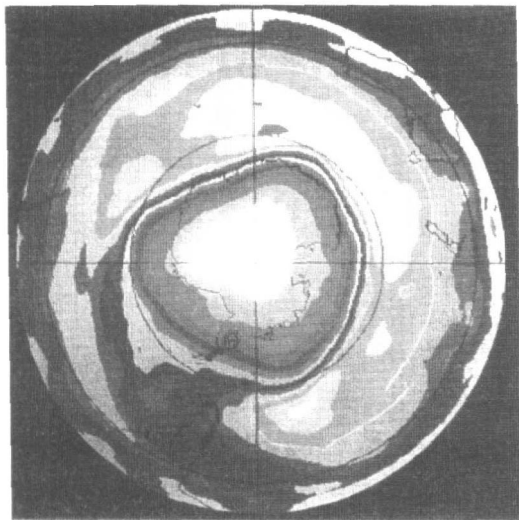


图 1-2 臭氧模型

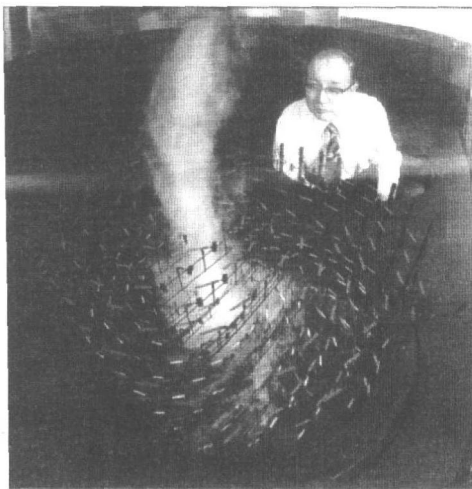


图 1-3 龙卷风模拟机

提高交通工具的性能

交通工具性能的显著提高不仅会影响我们所使用的运输模式，而且还可以通过减少污染并提供更经济的能源消费来改善我们的环境。计算机辅助设计技术可以帮助我们分析一个车辆的三维流体流动，如图 1-4 所示。我们还可以利用风洞来分析新的设计方案，风洞可以产生不同的风速来测试新结构的性能，如图 1-5 所示。对运输工具的改进利用了涉及多个领域的工程学知识，例如卫星定位技术。全球定位系统(Global Positioning System, GPS)卫星可以确定 GPS 接收器的精确位置。然后接收器中的计算机使用该信息指导驾驶员到达指定的位置，如图 1-6 所示。

计算机语音识别

计算机语音识别是通信系统的一场变革。虽然我们还不能和计算机正常地交谈，但有些应用程序已经使用了某种语音识别的教学游戏，如图 1-7 所示。利用语音输入进行教学，例如语言、数学等；这些程序能够识别一定数量的词汇。其他计算机程序可以对口头命令做出响应，或者计算机接受他们口头输入的指令，而不是通过键盘输入的指令，如图 1-8 所示。

目前研究人员正在研究如何使用语音来简化访问飞机座舱内数百个计量器和仪器的信息，如图 1-9 所示。例如，未来的飞机上，飞行员可以口头询问信息，例如燃料情况，而且计算机将用语音同步回答燃料的剩余量。

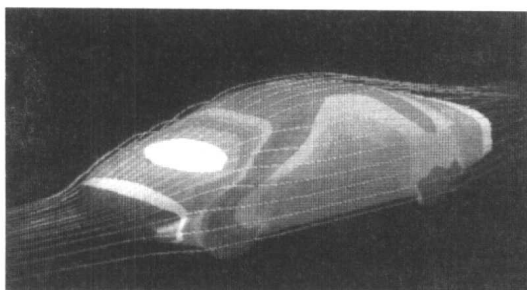


图 1-4 轿车空气动力学



图 1-5 风洞



图 1-6 计算机定位的轿车

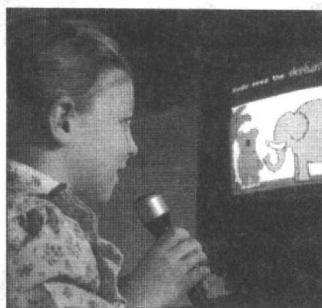


图 1-7 教学游戏



图 1-8 语音输入到计算机



图 1-9 飞机座舱

增强石油和天然气的回收能力

石油和天然气储备的鉴别和回收需要非常经济和生态的技术。声纳信号处理技术可以帮助鉴别海底的潜在矿藏,然后通过石油钻井平台回收,如图 1-10 所示。地下矿藏可以利用绘制地质结构图的技术来定位,如图 1-11 所示的计算机模型,就是利用地震信号处理开发的。该信息可以帮助我们确定各个地层蕴藏的资源,因此能够指示可能蕴藏石油或者天然气的区域。理解地质结构和不同区域之间的关系,例如图 1-12 所示的 Mauna Loa 火山裂缝,可以为工程师和科学家理解地球的结构和它所蕴藏的资源提供新的信息。

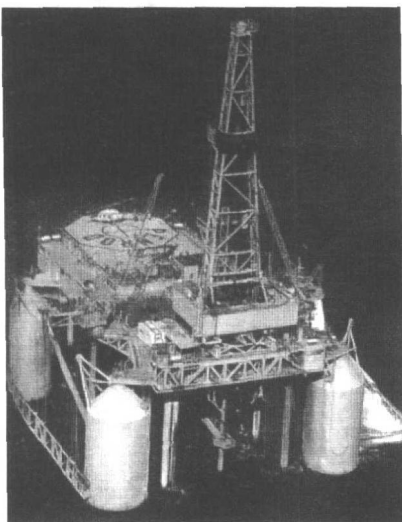


图 1-10 石油钻井平台

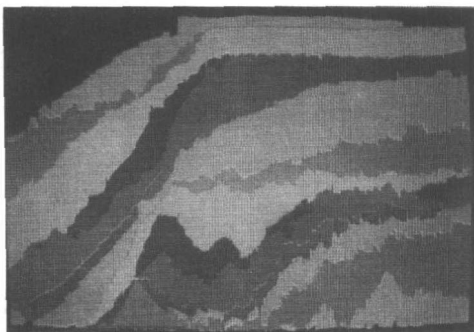


图 1-11 计算机模拟的地层模型



图 1-12 在火山中进行的地质实验

人类基因工程

人类基因工程的目标是查找、识别和确定人体 DNA(脱氧核糖核酸)内包含的 50000 到 100,000 个基因各自的功能。图 1-13 所示的就是双螺旋状 DNA 分子的模型。每个基因都由许多阶梯式排列的碱基对构成,并且就是这些碱基对顺序的标识提供了人类基因的密钥。基因