

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术



///

# Java语言面向对象 程序设计（第2版）

马俊 范玫 编著



清华大学出版社

014061961

21世纪高等学校规划教材 | 计算机科学与技术

TP312JA  
1036-2



# Java语言面向对象 程序设计 (第2版)

马俊 范玫 编著

TP312JA  
1036-2

清华大学出版社



北航

C1749113

130130510

## 内 容 简 介

基于面向对象的 Java 语言是近十年来编程语言排行榜上的排头兵,可以用于开发各种领域的软件,包括企业级应用、基础业务应用以及基于 Web 的应用和移动应用的开发。

本书结合作者的科研成果,给出了程序设计中需要掌握的基本概念(如指令、程序、进程的定义),并对程序的本质进行了较深刻的哲学思考。本书系统地讲解了 Java 语言的基础知识和编程的基本思路,并在面向对象的设计思想和技巧上做了深入的思考和讨论。另外,根据作者十几年的授课经验,本书从第 2 章开始,基本上每章都给同学们准备了实用的程序建模示例,以帮助同学们学会运用编程理论解决实际问题。

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

Java 语言面向对象程序设计/马俊,范玫编著. —2 版. —北京:清华大学出版社,2014  
21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术  
ISBN 978-7-302-37674-3

I. ①J… II. ①马… ②范… III. ①JAVA 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(2014)第 186476 号

责任编辑:郑寅堃 王冰飞  
封面设计:傅瑞学  
责任校对:白 蕾  
责任印制:李红英

出版发行:清华大学出版社

网 址: <http://www.tup.com.cn>, <http://www.wqbook.com>

地 址:北京清华大学学研大厦 A 座 邮 编:100084

社 总 机:010-62770175 邮 购:010-62786544

投稿与读者服务:010-62776969, [c-service@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:c-service@tup.tsinghua.edu.cn)

质 量 反 馈:010-62772015, [zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn)

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62795954

印 装 者:北京国马印刷厂

经 销:全国新华书店

开 本:185mm×260mm 印 张:25 字 数:610 千字

版 次:2009 年 2 月第 1 版 2014 年 10 月第 2 版 印 次:2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数:1~2000

定 价:45.00 元

产品编号:057248-01

# 出版说明

---

随着我国改革开放的进一步深化,高等教育也得到了快速发展,各地高校紧密结合地方经济建设发展需要,科学运用市场调节机制,加大了使用信息科学等现代科学技术提升、改造传统学科专业的投入力度,通过教育改革合理调整和配置了教育资源,优化了传统学科专业,积极为地方经济建设输送人才,为我国经济社会的快速、健康和可持续发展以及高等教育自身的改革发展做出了巨大贡献。但是,高等教育质量还需要进一步提高以适应经济社会发展的需要,不少高校的专业设置和结构不尽合理,教师队伍整体素质亟待提高,人才培养模式、教学内容和方法需要进一步转变,学生的实践能力和创新精神亟待加强。

教育部一直十分重视高等教育质量工作。2007年1月,教育部下发了《关于实施高等学校本科教学质量与教学改革工程的意见》,计划实施“高等学校本科教学质量与教学改革工程”(简称“质量工程”),通过专业结构调整、课程教材建设、实践教学改革、教学团队建设等多项内容,进一步深化高等学校教学改革,提高人才培养的能力和水平,更好地满足经济社会发展对高素质人才的需要。在贯彻和落实教育部“质量工程”的过程中,各地高校发挥师资力量强、办学经验丰富、教学资源充裕等优势,对其特色专业及特色课程(群)加以规划、整理和总结,更新教学内容、改革课程体系,建设了一大批内容新、体系新、方法新、手段新的特色课程。在此基础上,经教育部相关教学指导委员会专家的指导和建议,清华大学出版社在多个领域精选各高校的特色课程,分别规划出版系列教材,以配合“质量工程”的实施,满足各高校教学质量和教学改革的需要。

为了深入贯彻落实教育部《关于加强高等学校本科教学工作,提高教学质量的若干意见》精神,紧密配合教育部已经启动的“高等学校教学质量与教学改革工程精品课程建设工作”,在有关专家、教授的倡议和有关部门的大力支持下,我们组织并成立了“清华大学出版社教材编审委员会”(以下简称“编委会”),旨在配合教育部制定精品课程教材的出版规划,讨论并实施精品课程教材的编写与出版工作。“编委会”成员皆来自全国各类高等学校教学与科研第一线的骨干教师,其中许多教师为各校相关院、系主管教学的院长或系主任。

按照教育部的要求,“编委会”一致认为,精品课程的建设工作从开始就要坚持高标准、严要求,处于一个比较高的起点上。精品课程教材应该能够反映各高校教学改革与课程建设的需要,要有特色风格、有创新性(新体系、新内容、新手段、新思路,教材的内容体系有较高的科学创新、技术创新和理念创新的含量)、先进性(对原有的学科体系有实质性的改革和发展,顺应并符合21世纪教学发展的规律,代表并引领课程发展的趋势和方向)、示范性(教材所体现的课程体系具有较广泛的辐射性和示范性)和一定的前瞻性。教材由个人申报或各校推荐(通过所在高校的“编委会”成员推荐),经“编委会”认真评审,最后由清华大学出版

社审定出版。

目前,针对计算机类和电子信息类相关专业成立了两个“编委会”,即“清华大学出版社计算机教材编审委员会”和“清华大学出版社电子信息教材编审委员会”。推出的特色精品教材包括:

- (1) 21 世纪高等学校规划教材·计算机应用——高等学校各类专业,特别是非计算机专业的计算机应用类教材。
- (2) 21 世纪高等学校规划教材·计算机科学与技术——高等学校计算机相关专业的教材。
- (3) 21 世纪高等学校规划教材·电子信息——高等学校电子信息相关专业的教材。
- (4) 21 世纪高等学校规划教材·软件工程——高等学校软件工程相关专业的教材。
- (5) 21 世纪高等学校规划教材·信息管理与信息系统。
- (6) 21 世纪高等学校规划教材·财经管理与应用。
- (7) 21 世纪高等学校规划教材·电子商务。
- (8) 21 世纪高等学校规划教材·物联网。

清华大学出版社经过三十多年的努力,在教材尤其是计算机和电子信息类专业教材出版方面树立了权威品牌,为我国的高等教育事业做出了重要贡献。清华版教材形成了技术准确、内容严谨的独特风格,这种风格将延续并反映在特色精品教材的建设中。

清华大学出版社教材编审委员会

联系人:魏江江

E-mail: [weijj@tup.tsinghua.edu.cn](mailto:weijj@tup.tsinghua.edu.cn)

# 再版说明

---

本书第1版自2009年2月出版以后,经国内数十所大学使用,受到众多好评,并列入了普通高等教育计算机规划教材。本版对全书内容进行了修订和补充,修订量大约达到了50%,修改了一些错误和过时的内容,并加入了一些Java 7中推出的新语法和新知识,例如加入了枚举、自动装箱和拆箱、资源型 try 语句,在GUI图形界面的内容上注重Swing包的介绍和使用,同时加大了习题量,并根据每章内容,在每章最后给出两个较为完整的程序建模示例程序,以帮助同学们很快地过渡到实践编程。

另外,根据作者二十多年的教学经验,同学们虽然学习了很多计算机硬件和软件知识,也学习了許多程序设计语言,但是到了毕业,多数同学还是不能独立地完成一个简单的程序设计或软件制作。这说明我们的计算机语言教学偏离了实践,过分注重理论和分析。本版中我们在Java语言基本的语法基础上强化程序理论体系的讲述,给出了一套具体的指令、程序和进程的定义,并指出程序和能量之间的关系,进而提出了“能量+代码=世界”这样一个哲学命题,将程序代码和数据代码的设计提高到哲学层面,使学习者能够较为准确地定位自己的位置,即未来的程序设计者、使用者和维护者。同时在本书中还强化了程序建模的思想和技巧,使学习者摆脱了烦琐的流程分析,更能够关注局部的代码设计或全局的代码抽象理念。

本书对原版中的部分章节内容进行了调整,去掉了每一章后面的课外阅读,将原版中的第9章调到最后,另外,用\*号标出的章节建议同学们自主学习。本书坚持原版的指导思想,面向培养工程应用型人才的一般中职院校,以及满足一般高等院校学生掌握Java语言面向对象程序设计的教学需要。

希望广大读者对本书的不足给予指正,支持我们把本书修改得更加适用,批评建议可直接电邮到 majun@lzu.edu.cn。

马俊

2014年6月14日

# 前言

计算机的出现改变了我们的生活方式、学习方式,作为一个现代人,即便是在偏僻山区的农村,人们也开始知道键盘、手机、计算机等基本概念,互联网的出现和普及使得计算机参与到了我们工作、生活的方方面面,如果不接触计算机、不使用计算机,一些工作将会难以完成,甚至无法进行。对计算机的使用主要是对软件的使用,从银行的存取款、超市的收银和管理乃至学校的选课等到处都是计算机的软件程序在工作。

计算机软件是由程序设计语言设计而成的,我国的程序员缺口一直很大,按照高等院校计算机专业的培养目标,应用开发是其应具备的基本能力。目前,应用开发主要集中在两个方向,一个是高端的基于企业级的分布式程序的开发和部署,另一个是面向手机、PDA 等嵌入式设备的程序开发,不论哪一个都和网络分不开。Java 语言在这些领域都有非常流行和非常成熟的开发框架和技术,在计算机语言的排行榜上,Java 语言已经连续十几年排在第一名或第二名的位置,正因为如此,Java 语言已经成为高等学校计算机相关专业的基础专业课程。

本书首先给出了指令、程序和进程的基本定义,主要讲述了面向对象程序设计原理,Java 语言的基础内容和编程的基本思路。本书针对计算机相关专业方面的中职、专科、本科学生编写,在内容的选择上进行了适当的考虑,部分建模程序也可以作为计算机相关专业的研究生的参考资料。全书共分 12 章,第 1 章主要介绍了程序的定义和程序设计语言的概述,通过抽象将计算机程序的概念推广到生命领域、军事领域,指出了指令、程序和进程的关系,给出了程序和能量的基本关系,最后介绍了 Java 程序的开发环境和开发步骤等;第 2 章重点讲述了 Java 语言的关键字、基本数据类型和程序的控制结构等内容;第 3 章、第 4 章主要讲述了面向对象程序设计的原则以及 Java 语言的实现,主要涉及类、对象、接口、继承、方法等面向对象概念,通过程序示例演示了如何抽象类,以及设计类和接口的一般规则,其中在第 4 章通过示例演示了 Java 使用抽象类或接口在实现多态方面的异同点,所以第 2~4 章应该是同学们学习的重点;第 5 章介绍了 Java 语言中的异常处理技术以及 Java 中的异常类库;第 6 章讲解了在 Java 中怎样使用输入/输出流技术,介绍了 Java 语言中常用的输入/输出流类库和一些基本方法;第 7 章主要介绍了 Java 的 GUI 程序设计,通过实例演示了常用的 GUI 组件和容器的使用技巧,特别介绍了 AWT 和 Swing 的区别和使用时应注意的事项;第 8 章讲述了目前广为流行的线程技术以及相关的类和接口,特别介绍了同步、死锁等概念并通过相关的例子来演示;第 9 章主要介绍了 Java 语言中如何实现网络编程,讲述了套接字编程的基本原理,通过示例演示了开发 C/S 网络程序的技巧和规则;第 10 章讲述了 Java 语言中的数据集合抽象,介绍了 Java 中常用的集合框架类和接口以及泛型的使用技巧,在实际的软件开发中需要大量地使用该章中的内容;第 11 章讲述了 Java 语言中的数据库编程技术,介绍了 JDBC 的相关概念和使用技术,并通过示例演示了基本的数据库程序设计原则,建议同学们对第 9~11 章重点学习,以便能尽快地掌握实用软件的开发技术和

原则;第12章介绍了Java小应用程序和多媒体程序的开发技巧,特别通过实例演示了动画的实现技术,建议同学们自主学习。

由于时间仓促加上作者水平有限,书中难免出现粗浅疏漏或叙述欠严密之处,恳请读者给予批评指正,批评建议可直接电邮到 [majun@lzu.edu.cn](mailto:majun@lzu.edu.cn)。

马俊

2014年6月14日



<b>第 1 章 程序的定义和程序设计语言概述</b> .....	1
1.1 指令、程序和进程的一般化定义.....	1
1.2 程序设计和程序设计语言 .....	6
1.2.1 程序设计的概念和程序的构造过程.....	6
1.2.2 计算机编程语言的发展历史.....	8
* 1.3 程序建模的基本概念.....	10
* 1.4 程序设计的哲学思考.....	11
1.5 Java 语言开发环境的配置和运行 .....	12
1.5.1 Java 程序的开发环境搭建 .....	12
1.5.2 Java 程序的开发步骤 .....	14
1.5.3 Java 小应用程序 .....	16
1.6 Java 语言的 API 参考文档 .....	18
1.7 本章小结.....	19
习题 .....	19
<b>第 2 章 JVM 工作原理和 Java 语言基础</b> .....	21
2.1 JVM 工作原理和字节码 .....	21
2.1.1 Java 虚拟机 .....	21
2.1.2 类装载器 .....	22
2.1.3 字节码 .....	23
2.1.4 Java 程序的宏观工作原理 .....	24
2.2 Java 语言基础 .....	25
2.2.1 Java 语言的关键字 .....	25
2.2.2 标识符 .....	27
2.3 Java 语言的基本数据类型和变量 .....	27
2.3.1 基本数据类型概述 .....	27
2.3.2 常量 .....	28
2.3.3 变量 .....	28
2.3.4 Java 的基本数据类型 .....	29
2.3.5 引用类型说明 .....	31
2.3.6 数据类型的级别和类型转换 .....	32
2.3.7 变量的作用域 .....	32

2.4	运算符、表达式和语句	33
2.4.1	算术运算符	34
2.4.2	关系运算符	34
2.4.3	逻辑运算符	35
2.4.4	位运算符	36
2.4.5	其他运算符	37
2.4.6	运算符的优先级	37
2.5	常用的类和包说明	39
2.6	枚举、自动装箱和拆箱	47
2.6.1	enum 类型	47
2.6.2	自动装箱和拆箱	48
2.7	流程控制	49
2.7.1	顺序结构	49
2.7.2	二分支结构	49
2.7.3	多分支结构	51
2.7.4	循环结构	52
2.7.5	break 语句和 continue 语句	55
2.8	数组和命令行参数	56
2.8.1	数组	56
2.8.2	命令行参数	58
2.9	Java 中的注释和编程规范*	59
2.9.1	Sun 公司建议的 Java 语言编程规范	59
2.9.2	注释	61
2.10	Java 语言的主要特点和注意事项	64
2.11	程序建模示例	64
2.12	本章小结	67
	习题	67
<b>第 3 章</b>	<b>面向对象程序设计原理和 Java 语言实现</b>	<b>73</b>
3.1	面向对象程序设计的基本概念	73
3.1.1	对象	74
3.1.2	类	74
3.1.3	消息	75
3.2	面向对象程序设计的基本原则	75
3.2.1	抽象原则	75
3.2.2	封装原则	76
3.2.3	继承原则	77
3.2.4	多态原则	77
3.3	面向对象程序设计思想综述	78

3.3.1	类设计的一般规则 .....	79
3.3.2	引用和引用变量 .....	81
3.3.3	this 关键字 .....	81
3.3.4	匿名对象 .....	81
3.3.5	方法重载 .....	82
3.3.6	构造方法设计和对象的创建 .....	82
3.3.7	get 方法和 set 方法设计 .....	84
3.3.8	toString 方法和 equals 方法设计 .....	85
3.3.9	其他功能方法设计 .....	86
3.4	方法递归 .....	87
3.5	Java 语言中的访问权限 .....	87
3.6	内部类和匿名类 .....	88
3.6.1	内部类 .....	88
3.6.2	匿名类 .....	89
3.7	Java 的垃圾回收机制 .....	90
3.8	程序建模示例 .....	91
3.9	本章小结 .....	95
	习题 .....	95
<b>第 4 章</b>	<b>Java 特殊关键字的学习和面向对象原理进阶 .....</b>	<b>99</b>
4.1	static 关键字 .....	99
4.1.1	类变量 .....	99
4.1.2	类方法 .....	100
4.1.3	static 代码块 .....	101
4.2	extends 关键字和 Java 中的继承机制 .....	102
4.2.1	继承 .....	102
4.2.2	super 关键字 .....	104
4.2.3	方法覆盖和属性隐藏 .....	104
4.2.4	方法覆盖和方法重载的异同 .....	105
4.3	final 关键字 .....	106
4.3.1	final 类 .....	106
4.3.2	final 方法 .....	106
4.3.3	final 变量 .....	106
4.3.4	由 final 想到的继承和进化的关系 .....	107
4.4	abstract 关键字 .....	107
4.5	interface 关键字和接口 .....	108
4.5.1	Java 接口的定义和编译 .....	109
4.5.2	Java 接口的使用 .....	110
4.6	多态示例 .....	112

4.7	package 关键字和包 .....	117
4.8	程序建模示例 .....	120
4.9	本章小结 .....	125
	习题 .....	125
<b>第 5 章</b>	<b>Java 异常处理 .....</b>	<b>130</b>
5.1	异常的概念和处理机制 .....	130
5.1.1	异常的定义 .....	130
5.1.2	异常的处理机制 .....	130
5.1.3	程序的异常级别 .....	131
5.2	Java 语言中的异常类层次 .....	131
5.2.1	自行异常处理 .....	133
5.2.2	回避异常处理 .....	134
5.2.3	异常情况下的资源回收和清理工作 .....	135
5.2.4	带资源的 try 语句 .....	136
5.3	自定义异常 .....	137
5.4	使用异常的指导原则 .....	138
5.5	程序建模示例 .....	139
5.6	本章小结 .....	144
	习题 .....	144
<b>第 6 章</b>	<b>输入/输出类库 .....</b>	<b>147</b>
6.1	流机制概述 .....	147
6.2	常用的字节流类 .....	148
6.2.1	字节流类的层次结构和常用方法 .....	148
6.2.2	FileInputStream 类 .....	149
6.2.3	FileOutputStream 类 .....	151
6.2.4	ByteArrayInputStream 类和 ByteArrayOutputStream 类 .....	153
6.2.5	BufferedInputStream 类和 BufferedOutputStream 类 .....	154
6.2.6	DataInputStream 类和 DataOutputStream 类 .....	154
6.2.7	PipedInputStream 类和 PipedOutputStream 类 .....	156
6.2.8	PrintStream 类 .....	157
6.3	System 类与标准数据流 .....	157
6.3.1	标准输入/输出重定向 .....	158
6.3.2	System 类的其他常用方法 .....	159
6.4	字符流 .....	160
6.4.1	FileReader 类和 FileWriter 类 .....	160
6.4.2	BufferedReader 类和 BufferedWriter 类 .....	161
6.4.3	InputStreamReader 类和 OutputStreamWriter 类 .....	161

6.5	随机访问和对象的序列化 .....	163
6.5.1	随机访问流类 RandomAccessFile .....	163
6.5.2	序列化和对象流(ObjectInputStream 类和 ObjectOutputStream 类) .....	165
6.6	文件的管理 .....	168
6.7	程序建模示例 .....	170
6.8	本章小结 .....	178
	习题 .....	178
<b>第7章</b>	<b>GUI 程序设计基础 .....</b>	<b>182</b>
7.1	GUI 程序设计基本概念 .....	182
7.2	Java GUI 程序的运行原理 .....	183
7.3	AWT 包 .....	183
7.3.1	容器组件 .....	184
7.3.2	基本组件 .....	185
7.3.3	布局管理器 .....	186
7.3.4	常用的 AWT 类 .....	191
7.4	Swing 包 .....	192
7.4.1	Swing 包中的容器组件 .....	193
7.4.2	Swing 包中常用的标准组件 .....	195
7.4.3	Swing 包中新增加的布局管理器 .....	196
7.5	图形组件的事件处理 .....	199
7.5.1	事件源类 .....	200
7.5.2	事件类 .....	200
7.5.3	监听者接口 .....	201
7.5.4	事件适配器类 .....	202
7.6	常用的 Swing 组件类和事件类综合编程演示 .....	203
7.7	Swing 中的菜单使用 .....	219
7.8	Swing 中的对话框类 .....	221
7.8.1	JDialog 类的使用 .....	221
7.8.2	常用的对话框类 .....	224
7.9	程序建模示例 .....	227
7.10	本章小结 .....	233
	习题 .....	234
<b>第8章</b>	<b>多线程编程技术 .....</b>	<b>237</b>
8.1	多线程编程概述 .....	237
8.2	Java 多线程机制 .....	238
8.2.1	Java 中的主线程 .....	238

8.2.2	如何在程序中实现多线程	239
8.2.3	线程的调度与优先级	244
8.2.4	线程的状态与生命周期	245
8.2.5	Thread 类中的重要方法	246
8.3	线程同步和死锁	247
8.3.1	线程同步	247
8.3.2	死锁	249
8.4	线程间的通信	251
8.5	线程联合和守护线程	253
8.6	程序建模示例	255
8.7	本章小结	258
	习题	258
<b>第 9 章</b>	<b>网络编程</b>	<b>260</b>
9.1	计算机网络技术概述	260
9.2	Socket 编程	263
9.2.1	Socket 连接技术	263
9.2.2	Socket 编程实例	264
9.3	UDP 编程	269
9.3.1	UDP 通信的实现	270
9.3.2	UDP 编程实例	271
9.4	URL 编程	272
9.4.1	URL 类	272
9.4.2	URL 编程实例	273
9.4.3	其他相关类	276
9.5	程序建模示例	277
9.6	本章小结	283
	习题	284
<b>第 10 章</b>	<b>Java 中的集合抽象</b>	<b>286</b>
10.1	数据结构的定义	286
10.2	算法	287
10.3	Java 语言对数据集合的支持和实现	288
10.3.1	集合框架体系结构	288
10.3.2	接口	289
10.3.3	常用集合类	291
10.3.4	泛型的使用	292
10.3.5	常用集合类实例演示	294

10.4	各种集合类辨析 .....	304
10.4.1	ArrayList 和 Vector 的区别 .....	304
10.4.2	HashMap 和 Hashtable 的区别 .....	305
10.4.3	List 和 Set 的区别以及与 Map 的不同之处 .....	305
10.5	哈希存储中的一些特性 .....	306
10.6	程序建模示例 .....	307
10.7	本章小结 .....	317
	习题 .....	317
<b>第 11 章</b>	<b>数据库编程基础 .....</b>	<b>319</b>
11.1	JDBC 简介 .....	319
11.2	JDBC 与 ODBC 的比较 .....	322
11.3	JDBC 驱动程序的类型 .....	322
11.4	JDBC 编程的基本步骤 .....	324
11.5	JDBC 编程进阶 .....	332
11.5.1	PreparedStatement 语句 .....	332
11.5.2	CallableStatement 语句对象 .....	333
11.6	程序建模示例 .....	334
11.7	本章小结 .....	348
	习题 .....	349
<b>* 第 12 章</b>	<b>小应用程序和多媒体技术 .....</b>	<b>351</b>
12.1	Applet 的安全性 .....	353
12.2	Applet 程序的生命周期 .....	353
12.3	Applet 和应用程序的区别 .....	354
12.4	应用程序和 Applet 互相转换 .....	354
12.4.1	将应用程序转换为小应用程序 .....	354
12.4.2	将小应用程序转换为应用程序 .....	356
12.5	Applet 和浏览器通信 .....	357
12.6	Java 程序对多媒体技术的支持 .....	358
12.6.1	图形 .....	358
12.6.2	图像 .....	364
12.6.3	声音 .....	367
12.7	动画 .....	370
12.7.1	简单实例 .....	370
12.7.2	解决闪烁问题 .....	371
12.7.3	放映图像 .....	373

12.7.4 移动型动画 .....	376
12.7.5 双缓冲技术 .....	379
12.8 本章小结 .....	382
习题 .....	382
<b>参考文献</b> .....	<b>384</b>



# 第

# 1 章

## 程序的定义和程序设计语言概述

现在,计算机已经是我们这个时代不可或缺的工具之一,它几乎和人们生活的方方面面都有关联,我们实际上已经无法适应一个没有计算机的世界了。在计算机世界中软件的作用越来越重要,计算机硬件只是提供了一个具有计算能力和通信能力的系统平台,真正发挥数据处理功能的是软件。那么软件的本质是什么呢?简单地讲,软件就是许多程序、数据和其他资源的集合体,而其中最为重要的当属程序了。那么程序又是什么呢?有人说程序就是指令的集合,可指令又是什么呢?程序又是如何生成的呢?本章首先介绍指令和程序的有关概念,给出一套指令和程序的更为抽象的定义以及指令、程序和进程之间的关系,同时说明指令和程序的执行和能量之间的关系,并给出程序建模的思想和理论,说明程序建模对于程序设计的重要意义。

### 1.1 指令、程序和进程的一般化定义

首先提出几个问题,什么是指令?军队指挥官的指令、计算机 CPU 中的指令、各种物质分子的化学反应方程式等,它们是否可以统一分析?什么又是程序?程序的本质是什么?我们首先来探讨一下它们的共性,并由此抽象出一些更为基本的概念。

如果对军队的命令、细胞中功能的表达和计算机的指令仔细研究、思考和抽象,就会发现它们存在一个共性,即在一个系统中,一条指令从发出到执行再到结束要经历以下过程:

① 指令的发出者发出指令描述;

② 指令的执行者先要理解此指令的描述,对应于计算机中的解码,对应于细胞中的转录和翻译,对应于军队就是对命令无歧义的理解;

③ 然后按照相应的约束规则执行指令,对应于计算机就是控制器发出对各种电路的控制信号,对应于细胞就是进行新陈代谢的化学反应,对应于军队就是命令的分解、及时传达和调配执行。并且,这一过程需要消耗能量,会导致系统的时空结构发生变化,当指令执行完毕后,系统的状态就会发生相应的改变或产生相应的信息或能量输出。

计算机科学家 Niklaus Wirth 在他的名著《算法+数据结构=程序》中给出了计算机领域“程序”的基本概念,即程序是计算机指令的某种有序组合,控制计算机的工作流程,完成一定的逻辑功能,以实现某种任务。其中,算法是解决某类客观问题的过程和途径,数据结构则是研究数据在计算机中的逻辑结构和存储结构。计算机中的数据主要存储在内存中,内存就是一个能保存二进制位 0 和 1 两种状态的集成电路矩阵,从抽象的层面来看,存储在