

 普通高等教育计算机规划教材

数字图像处理—— Java编程与实验

孙燮华 编著

附赠光盘



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育计算机规划教材

数字图像处理

——Java 编程与实验

孙燮华 编著



机械工业出版社

本书共 16 章, 除第 0 章介绍 Java 编程基础外, 其余 15 章对应地编程实现了配套书《数字图像处理——原理与算法》中的所有算法, 并进行相应的实验。光盘中有完整的程序代码和相应的实验图像, 可直接运行。部分程序源代码来自于作者的科学研究和与公司的合作研发, 具有借鉴和参考价值。本书可供电子信息、通信、计算机、自动控制、生物医学等理工科相关专业的专科生、本科生和研究生及工程技术人员学习和参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

数字图像处理: Java 编程与实验 / 孙燮华编著. —北京: 机械工业出版社, 2011.1

普通高等教育计算机规划教材

ISBN 978-7-111-31849-1

I. ①数… II. ①孙… III. ①数字图像处理②Java 语言-程序设计

IV. ①TN911.73②TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2010) 第 176915 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

责任编辑: 张宝珠 常建丽

责任印制: 乔 宇

三河市国英印务有限公司印刷

2011 年 3 月第 1 版 · 第 1 次印刷

184mm×260mm · 28.5 印张 · 707 千字

0001—3000 册

标准书号: ISBN 978-7-111-31849-1

ISBN 978-7-89451-741-8 (光盘)

定价: 52.00 元 (含 1CD)

凡购本书, 如有缺页、倒页、脱页, 由本社发行部调换

电话服务

网络服务

社服务中心: (010) 88361066

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010) 68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010) 88379649

读者服务部: (010) 68993821

封面无防伪标均为盗版

出版说明

信息技术是当今世界发展最快、渗透性最强、应用最广的关键技术，是推动经济增长和知识传播的重要引擎。在我国，随着国家信息化发展战略的贯彻实施，信息化建设已进入了全方位、多层次推进应用的新阶段。现在，掌握计算机技术已成为 21 世纪人才应具备的基础素质之一。

为了进一步推动计算机技术的发展，满足计算机学科教育的需求，机械工业出版社聘请了全国多所高等院校的一线教师，进行了充分的调研和讨论，针对计算机相关课程的特点，总结教学中的实践经验，组织出版了这套“普通高等教育计算机规划教材”。

本套教材具有以下特点：

- 1) 反映计算机技术领域的新发展和新应用。
- 2) 注重立体化教材的建设，多数教材配有电子教案、习题与上机指导或多媒体光盘等。
- 3) 针对多数学生的学习特点，采用通俗易懂的方法讲解知识，逻辑性强、层次分明、叙述准确而精练、图文并茂，使学生可以快速掌握，学以致用。
- 4) 符合高等院校各专业人才的培养目标及课程体系的设置，注重培养学生的应用能力，强调知识、能力与素质的综合训练。
- 5) 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。

机械工业出版社

前 言

数字图像处理是实用性很强的学科。许多处理算法都具有实际应用背景。因此，学习图像处理原理与算法必须与编程实践相结合，才能真正理解和掌握。本着这个目的，作者编写了《数字图像处理——原理与算法》（以下简称为《原理与算法》），并将所有主要算法编程实现写成《数字图像处理——Visual C#.NET 编程与实验》和《数字图像处理——Java 编程与实验》（以下分别简称为《C#编程与实验》与《Java 编程与实验》）。《Java 编程与实验》中的内容并不完全与《C#编程与实验》相同，而是增加了一些 Java 编程中特有的内容，比如，在 Java 中显示 BMP 图像。还加入了新的内容，比如，混沌的吸引子演示试验。

《Java 编程与实验》不仅与《原理与算法》配套。事实上，撰写此书的另一目的是为学习 Java 编程提供一本实用的后续参考书。许多学生学习了本作者在清华大学出版社出版的《Java 程序设计教程》和《Java 软件编程实例教程》后常常提问，怎样提高自己在编程算法方面的能力时，本作者就计划写一本既有一点算法又有一点专业内容的书。《Java 编程与实验》正是一本适于后续学习 Java 算法与编程的书。

在《原理与算法》书中，作者对于原理与算法的着眼点不是“介绍性”的，即不是停留在介绍上，而是着眼于实现和实践。虽然将图像处理算法作为基本对象，但对于没有学习过甚至没有接触过计算机图形学和算法的读者来说，也能顺利地学完大部分章节。按照现在流行的新潮语言，本书是“零知识”起点的，即对于图像处理和算法两个方面是“零知识”起点的。对于其他基础知识，一般地，要求读者学习过大学高等数学和一门程序设计语言，如 C 或 Java 语言。

作者认为，一个算法只有当程序实现时才是一个真正意义上的算法。因为算法在实现时，仍然会遇到一些计算机编程实现的困难。另一方面，当算法已经实现时，可以通过程序的运行和对代码的分析进一步理解和掌握算法，还可以学到编程实现的技巧，而这些正是读者需要掌握的。用“百闻不如一见”的成语来描述图像处理的学习方法恐怕是最恰当的。在学习了原理与算法后，如果不进行编程和实验将会留下缺憾。出于这样的考虑，《Java 编程与实验》中的程序是完整的，程序除了可用标准的可视化选择控件设置参数外，还设置了默认参数。这样处理的目的是给读者进行图像处理实践和实验带来便利。其目的之二是为非计算机专业的读者在学习和应用图像处理技术上考虑的。所以，本书不仅是面向计算机专业的，它也适合电子信息、自动控制、生物医学等各理工科相关专业。由于程序已能自动运行，即使初学者也能从中有所收获，所以本书大部分内容对于专科、高等职业技术学院等各个层次的读者也是适合的。当然，某些内容，特别是最后 3 章是为本科高年级学生和研究生创新学习特意编写的。

《Java 编程与实验》中的程序代码具有应用价值，允许非商业性的借鉴与修改，但必须遵守通用知识产权的协议。某些程序代码在国内外的著作中还是首次出现或者是首次出现能正确运行的程序代码。

本书全部由署名作者一人完成。因此，程序与相应内容是一致的。由于个人的能力和水平有限，虽然作者经过极大的努力，但书中不可避免还有一些错误，希望读者批评指正。

作者对机械工业出版社决定出版本书表示衷心的感谢，并对在参考文献中出现的作者们表示衷心的感谢！

孙燮华

目 录

出版说明

前言

第 0 章	Java 编程基础	1
0.1	Java 编程和实验介绍	1
0.1.1	本书编程和实验的环境	1
0.1.2	Java “零知识” 进行本书实验的方法	1
0.1.3	本书程序结构介绍	4
0.2	Java 图像处理编程初步	4
0.2.1	图像处理编程	4
0.2.2	不用包改编本书程序的方法	6
第 1 章	概论	7
1.1	编程算法	7
1.1.1	图像的统计特性	7
1.1.2	直方图的计算	8
1.1.3	PGM 图像显示	8
1.1.4	图像质量的评价标准	9
1.2	程序实现	10
1.2.1	主程序源码	10
1.2.2	编程方法注解	34
1.3	实验	36
1.3.1	图像的统计特性、直方图、图像间的距离与图像的客观评价	36
1.3.2	RAW 图像和 PGM 图像的读写	39
第 2 章	图像数字化	41
2.1	编程算法	41
2.1.1	采样	41
2.1.2	均匀量化	41
2.2	程序实现	42
2.2.1	主程序源码	42
2.2.2	编程方法注解	48
2.3	实验	50
2.3.1	图像采样	50
2.3.2	图像量化	51

第 3 章 图像处理基础	52
3.1 编程算法	52
3.1.1 彩色图像转变为灰度图像	52
3.1.2 灰度阈值变换	52
3.1.3 灰度线性变换	52
3.1.4 伪彩色处理	52
3.1.5 图像融合	53
3.2 程序实现	53
3.2.1 主程序源码	53
3.2.2 编程方法注解	65
3.3 实验	66
3.3.1 彩色图像转变为灰度图像	66
3.3.2 灰度阈值变换	67
3.3.3 灰度线性变换	68
3.3.4 伪彩色处理	69
3.3.5 图像融合和合成	69
3.3.6 图像制作	71
第 4 章 图像几何变换	72
4.1 编程算法	72
4.1.1 仿射变换	72
4.1.2 图像插值放大	73
4.2 程序实现	74
4.2.1 主程序源码	74
4.2.2 编程方法注解	91
4.3 实验	93
4.3.1 图像仿射变换	93
4.3.2 图像插值放大与缩小	94
第 5 章 图像时频变换	96
5.1 编程算法	96
5.1.1 快速傅里叶变换	96
5.1.2 离散余弦变换	96
5.1.3 沃尔什-哈达玛变换	97
5.1.4 小波变换	97
5.2 程序实现	98
5.2.1 主程序源码	98
5.2.2 编程方法注解	125
5.3 实验	126
5.3.1 图像 FFT	126
5.3.2 图像 DCT	127

5.3.3	图像 DWT	128
5.3.4	图像 WHT	129
第 6 章	图像增强	131
6.1	编程算法	131
6.1.1	空域图像增强	131
6.1.2	频域图像增强	132
6.1.3	图像锐化	133
6.2	程序实现	134
6.2.1	主程序源码	134
6.2.2	编程方法注解	167
6.3	实验	169
6.3.1	空域增强	169
6.3.2	频域增强	172
6.3.3	图像锐化	174
第 7 章	图像恢复	177
7.1	编程算法	177
7.2	程序实现	177
7.2.1	主程序源码	177
7.2.2	编程方法注解	184
7.3	实验	186
第 8 章	图像分割	188
8.1	编程算法	188
8.1.1	边缘检测	188
8.1.2	图像阈值法	188
8.1.3	Hough 变换	190
8.2	程序实现	191
8.2.1	主程序源码	191
8.2.2	编程方法注解	211
8.3	实验	212
8.3.1	边缘检测	212
8.3.2	图像阈值法	214
8.3.3	Hough 变换	217
第 9 章	图像特征与分析	219
9.1	编程算法	219
9.1.1	边界提取	219
9.1.2	轮廓跟踪	219
9.1.3	区域形心位置	219
9.1.4	不变矩	219
9.1.5	图形细化	220

9.2	程序实现	221
9.2.1	主程序源码	221
9.2.2	编程方法注解	244
9.3	实验	245
9.3.1	轮廓跟踪与链码	245
9.3.2	图形细化	248
第 10 章	图像形态学	249
10.1	编程算法	249
10.1.1	基本运算	249
10.1.2	二值图像形态学的应用	249
10.1.3	灰度形态学	250
10.1.4	灰度图像形态学的应用	250
10.2	程序实现	251
10.2.1	主程序源码	251
10.2.2	编程方法注解	280
10.3	实验	280
10.3.1	二值图像形态学	280
10.3.2	灰度图像形态学	284
第 11 章	模式识别	287
11.1	编程算法	287
11.1.1	模板匹配分类法	287
11.1.2	二值数据 Bayes 分类	288
11.1.3	奖惩算法	288
11.1.4	最小均方误差算法	289
11.2	程序实现	289
11.2.1	主程序源码	289
11.2.2	编程方法注解	306
11.3	实验	308
11.3.1	二值数据 Bayes 分类	308
11.3.2	识别训练	309
第 12 章	图像压缩	310
12.1	编程算法	310
12.1.1	颜色表	310
12.1.2	数据压缩算法	310
12.1.3	DCT 图像压缩	311
12.2	程序实现	314
12.2.1	主程序源码	314
12.2.2	编程方法注解	346
12.3	实验	348

12.3.1	图像压缩实验	348
12.3.2	数据压缩算法	349
第 13 章	分形图像压缩	353
13.1	编程算法	353
13.2	程序实现	354
13.2.1	主程序源码	354
13.2.2	编程方法注解	375
13.3	实验	376
13.3.1	分形与迭代函数系	376
13.3.2	分形图像压缩和解压缩	378
第 14 章	图像加密	381
14.1	编程算法	381
14.1.1	空域图像加密	381
14.1.2	频域图像加密	382
14.2	程序实现	383
14.2.1	主程序源码	383
14.2.2	编程方法注解	407
14.3	实验	407
14.3.1	空域图像加密	407
14.3.2	频域图像加密	411
14.3.3	混沌演示	413
第 15 章	图像数字水印	415
15.1	编程算法	415
15.1.1	空域数字水印	415
15.1.2	频域数字水印	416
15.2	程序实现	417
15.2.1	主程序源码	417
15.2.2	编程方法注解	438
15.3	实验	439
15.3.1	空域数字水印	439
15.3.2	频域数字水印	441
参考文献		445

第0章 Java 编程基础

本章将简要地介绍 Java 语言及 Java 编程和实验。特别地，为初学 Java 的读者提供先运用本书程序进行实验，然后在学习数字图像处理中学习 Java 编程的方法。需要进一步学习有关 Java 编程知识的读者可参阅参考文献[18-20]。

0.1 Java 编程和实验介绍

0.1.1 本书编程和实验的环境

本书编程的是 j2sdk1.4.0 以上版本。事实上，本书程序全部在 j2sdk1.4.0_01 下完成。之所以用 j2sdk1.4.0_01，是因为这个版本比较小。为了能适应中文显示，还需要下载并安装 j2re1.4.0 以上版本。这些编译程序都可在网上免费下载，或直接到“<http://java.sun.com/>”免费下载。

实验环境是 JCreator3.0 以上，可在“百度”中搜索，并在网上免费下载。

0.1.2 Java “零知识”进行本书实验的方法

1. 利用批处理文件直接运行

在目录 improcess 下有 15 个以英文 Chapter 开头并以.bat 为扩展名的批处理文件，比如，执行第 1 章程序的批处理文件为 Ch1Introduction.bat。用鼠标“双击”如图 0-1 所示的批处理文件图标即可直接运行第 1 章程序，结果如图 0-2 所示。



图 0-1 批处理文件图标

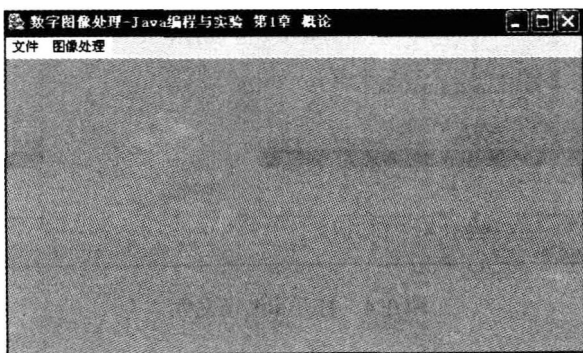


图 0-2 运行第 1 章程序

注意，若不能正确执行，首先要检查是否正确地安装了 j2sdk1.4.0 以上版本，然后检查 j2sdk 的目录是否与批处理文件中指定的目录一致。以下是 runCh1Introduction.bat 的代码：

```
set PATH=e:\Program Files\j2sdk1.4.0_01\bin;%PATH%
java process.algorithms.Ch1Introduction
```

上面的路径是“e:\Program Files\j2sdk1.4.0_01\bin”，读者需要根据自己的 j2sdk 版本和存储目录在任何文本编辑器中进行修改。Windows 的“附件”中的“记事本”和“写字板”都是文本编辑器。通常的 Word 编辑器是带有格式的，不能编写批处理文件。当然，可以在 JCreator 中编写或修改批处理文件。

2. 在 JCreator 中运行程序

在 JCreator 中运行程序的方法如下。

1) 单击 JCreator 图标  JCreator Pro，运行 JCreator，出现如图 0-3 所示的窗口。

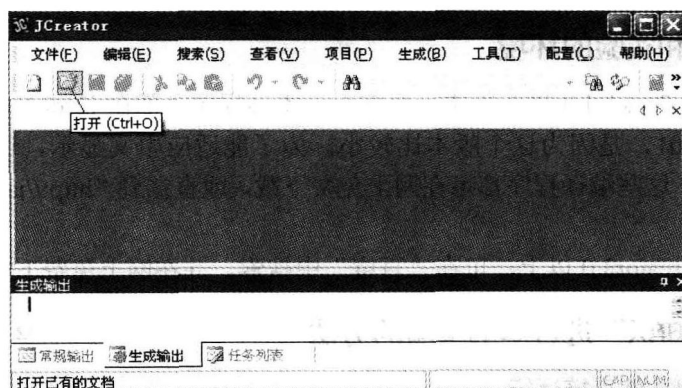


图 0-3 JCreator 窗口

2) 单击“打开”图标，参见图 0-3 所示，打开 Java 文件。比如，打开 Ch1Introduction.java，如图 0-4 所示。



图 0-4 打开和编译文件

3) 选择“生成”→“编译文件”，编译文件。在“生成输出”窗口显示“处理已完成”，表明编译程序无错误，如图 0-4 所示。

4) 运行程序。选择“生成”→“执行文件”，如图 0-5 所示。



图 0-5 执行文件

5) 执行文件后，运行 Ch1Introduction。可选择“文件”→“打开”，结果如图 0-6 所示。



图 0-6 打开图像

6) 选择“图像处理”→“基本分析量”，结果如图 0-7 所示。



图 0-7 运行“基本分析量”

0.1.3 本书程序结构介绍

1. 目录和包介绍

全部 Java 主文件和执行程序的批处理文件都存放在目录 `improcess` 下。在 `improcess` 下还有两个子目录，子目录 `images` 中按章存放各章使用的图，包 `process` 实际上就是子目录，在其目录下有

- 算法包 `algorithms`
- 公用包 `common`
- 参数模板包 `param`
- 读/写包 `rw`

顾名思义，算法包 `algorithms` 中存放了各章中使用的算法代码，其中第 5 章和第 12 章的算法又建立了单独的子包。包 `common` 中存放了 `Common.java`，其中各方法主要处理所有 Java 文件中常用的方法，如读出图像文件、显示图像等。参数模板包 `param` 中存放了选择参数的对话框，这些设计和对话框实际上是独立的类。在读/写包 `rw` 中存放了 Java 语言目前尚不支持的图像格式显示。将 Java 文件分成许多包，是 Java 处理众多文件组成大型程序的常用方法，可以实现代码重用，解决分隔“名字空间”。关于包的概念可进一步参阅参考文献[18, 4.4,p.100-101]。

2. 包及其 Java 文件的使用

由于使用了包，所以要使用该包中的文件，必须使用相应的引入语句。比如，要引用公用包 `common`，可用引入语句：

```
import process.common.Common;
```

当使用同一包中的多个文件时，为了简单起见，可使用通配符“*”。比如，若程序将使用 DCT 变换，FFT 变换和 DWT 变换等多个属于图像变换子包中的类，则可用如下引入语句：

```
import process.algorithms.imageTrans.*;
```

使用包虽有很多好处，但对于理解程序却带来一些困难。下一节将提供如何用本书代码组成不使用包的完整程序的方法。

0.2 Java 图像处理编程初步

本节将完成图像处理编程第 1 章的一个例子和提供如何将分别存放在各个包中的文件写成独立完整程序的方法。

0.2.1 图像处理编程

下面介绍在 JCreator 中编写图像处理程序的方法。

1) 单击 JCreator 图标  JCreator Pro，运行 JCreator，单击“新建文件”图标，如图 0-8 所示。

2) 单击“新建文件”图标后，出现“文件向导”对话框，如图 0-9 所示。

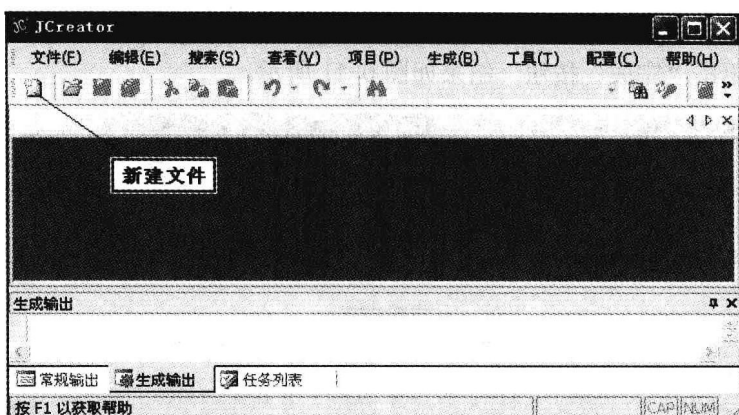


图 0-8 选择“新建文件”

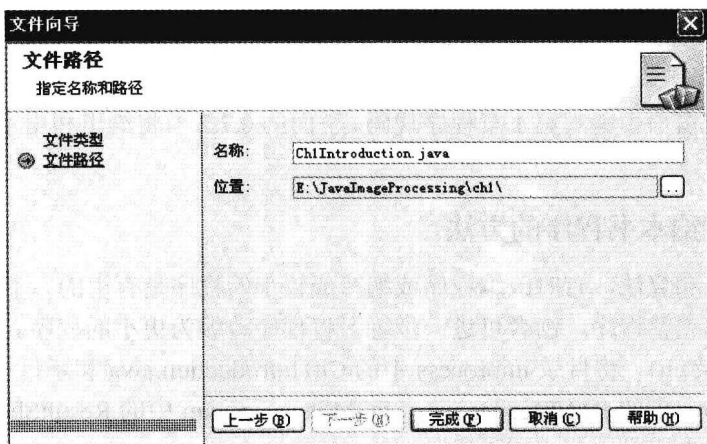


图 0-9 “文件向导”对话框

在名称文本框中填写第 1 章主程序文件名 Ch1Introduction.java。单击在位置文本框右边的图标, 出现“选择目录”对话框, 如图 0-10 所示。

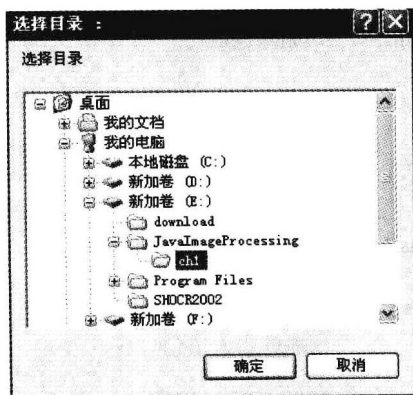


图 0-10 “选择目录”对话框

在“选择目录”中选中预先建立的目录，比如，E:\JavaImageProcessing\ch1。全部完成后，如图 0-2 所示。单击“完成”按钮，结果如图 0-11 所示。

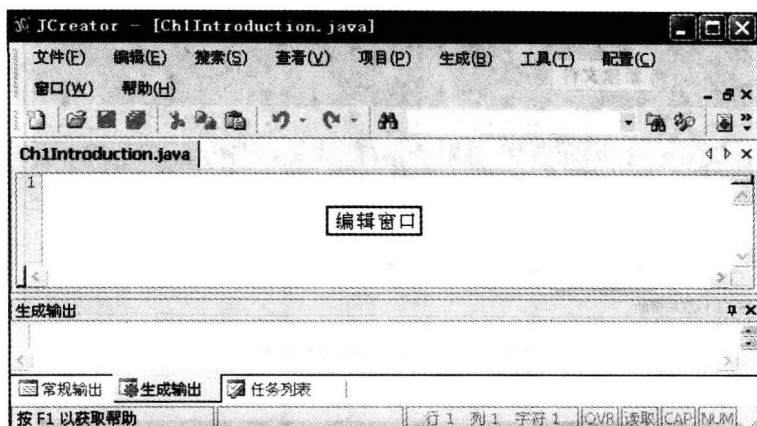


图 0-11 Java 文件“编辑窗口”

读者可在编辑窗口中编写第 1 章程序代码。下面的 0.2.2 节将给出利用本书程序代码编写不用包的完整程序。

0.2.2 不用包改编本书程序的方法

为了理解程序和算法，有时改编程序或编写成较小的程序是有用的。下面将第 1 章程序改编为不使用包的完整程序。读者可进一步练习将程序改编为更小的程序。

1) 建立子目录 ch1，将目录 improcess 中的 Ch1Introduction.java 和子目录 algorithms 中的 Introduction.java，rw 中的 BMPReader.java，PGM.java，param 中的 ResultShow.java，common 中的 Common.java 都存放在目录 ch1 中。

2) 分别删除上面 3 个 Java 文件中的包语句和相应的引入语句，比如，在 Ch1Introduction.java 中做如下处理：

```
/*Ch1Introduction.java*/

//package process.algorithms;    //删除包语句
import javax.swing.*;
import java.awt.*;
import java.awt.event.*;
import java.awt.image.*;
import java.io.*;
//import process.algorithms.*;    //删除引入语句
//import process.param.*;        //删除引入语句
//import process.common.*;       //删除引入语句
//import process.rw.*;           //删除引入语句
```

3) 编译 Ch1Introduction.java 后，即可运行程序。