

· 国 家 自 然 科 学 基 金 资 助 ·

ImageJ

图像处理与实践

孙水发 董方敏 著



国防工业出版社

National Defense Industry Press

国家自然科学基金资助

ImageJ 图像处理与实践

孙水发 董方敏 著

国防工业出版社

· 北京 ·

内 容 简 介

ImageJ 是一款由 NIH(National Institutes of Health,美国国家卫生研究院)发起,可用于 Windows、Mac OSX 和 Linux 等操作系统的图像处理开源软件。ImageJ 不仅免费,而且开放源代码。本书较为系统地讲解了该软件的使用,从基础的软件安装到宏及插件的编写;从文件格式到图像栈、超栈这些概念的介绍;从基本的图像处理理论到具体的图像粒子计数、三维重建实践。本书通过让读者了解什么是 ImageJ 开始,较为详尽地说明了软件各功能模块的使用及内部机制,并用 6 个可以应用于工程实际的图像处理实例展示了 ImageJ 软件的强大功能。

本书主要适合涉及图像处理及其应用的高校教师、科研人员、研究生和本科生以及工程技术人员使用。



*ImageJ 图像处理与实践 / 孙水发, 董方敏著.

—北京: 国防工业出版社, 2013.12

ISBN 978-7-118-09175-5

I. ① I... II. ① 孙... ② 董... III. ① 图形
软件 IV. ① TP391.41

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2013)第 294164 号

※

国防工业出版社出版发行

(北京市海淀区紫竹院南路 23 号 邮政编码 100048)

北京奥鑫印刷厂印刷

新华书店经售

*

开本 787×1092 1/16 印张 15 字数 354 千字

2013 年 12 月第 1 版第 1 次印刷 印数 1—2500 册 定价 32.00 元

(本书如有印装错误,我社负责调换)

国防书店:(010)88540777

发行邮购:(010)88540776

发行传真:(010)88540755

发行业务:(010)88540717

前 言

图像信息的一目了然以及现代科学技术的发展,使得掌握图像处理的基本知识越来越重要。在工程实践中,随着包括带摄像功能智能终端的普及,在越来越多的场合,人们通过图像信息来观察和了解客观世界,但在对这些图像信息的后续处理过程中往往会遇到很多困难。ImageJ 是一款由 NIH(National Institutes of Health,美国国家卫生研究院)发起,可用于 Windows、Mac OSX 和 Linux 等操作系统的图像处理开源软件。ImageJ 小巧,只有 5MB 左右;界面简洁,容易上手。它具备多种图像编辑、处理和分析功能,可用于帮助分析工程实践中的各类图像。

ImageJ 不仅免费,而且开放源代码。ImageJ 的设计采用开放式架构,通过 Java 插件可实现功能扩展。由用户编写插件这一模式使得它几乎可以解决任何图像编辑、处理和分析问题。基于该平台的二次开发十分热门,互联网上针对该软件的免费插件超过 500 多种,宏超过 300 个。本书较为系统地讲解了该软件的使用,从基础的软件安装到宏及插件的编写;从文件格式到图像栈、超栈这些概念的介绍;从基本的图像处理理论到具体的图像粒子计数、三维重建实践。本书通过让读者了解什么是 ImageJ 开始,较为详尽地说明了软件各功能模块的使用及内部机制,并用 6 个可以应用于工程实际的图像处理实例展示了 ImageJ 软件的强大功能。

根据章节内容之间的关系,本书共分为五个部分,详细内容说明如下:第一部分为基础篇,由第 1、2 和 3 章组成,介绍了 ImageJ 的基本功能,安装及卸载,为了完整性,我们还结论了图像以及图像处理的基本概念。第 4、5、6 和 7 章为第二部分应用篇,主要讨论软件的基本使用,从软件的界面操作开始,之后对其中的文件操作,区域选取与编辑以及图像编辑三个模块进行了说明,这部分不涉及到图像处理与分析功能。第三部分提高篇,包括第 8 章和第 9 章,第 8 章从基本的图像裁剪与缩放开始,系统地介绍了包括直方图均衡和阈值处理等这些复杂的图像修改操作。图像栈是 ImageJ 的一个重要概念,简单的栈可以是一个包含两张图片的图像序列,多个通道合成的一个图像,更可以是高达 5D 的一个图像序列组合,对这些图像栈的操作在第 9 章进行了详细的讨论。第四部分精通篇包括第 10、11 和 12 章,第 10、11 章分别介绍了基于 ImageJ 的空域和频域图像处理,比如增强和去噪滤波等。精通篇的最后一章、也即全书第 12 章是图像分析,介绍了 ImageJ 软件实现的面积测量、粒子分析以及分布统计等这些高级图像处理功能。第 13、14 章为第五部分扩展篇,第 13 章重点介绍了 ImageJ 的三个扩展功能模块:宏、插件和脚本,正是基于这些开放接口,使得 ImageJ 几乎可以解决任何图像处理和分析问题。第 14 章介绍了 6 个图像处理实例,可以很方便地将其应用于工程实际中,希望能起到抛砖引玉的作用。

全书第 13、14 章由董方敏编写,其余章节由孙水发编写,并由孙水发统稿。本书部分实例由三峡大学智能视觉与图像信息研究所的研究生完成,其中,纪文完成了第 1、2、4、10、11 章,王帅完成了 3、8、9 和 12 章,冯世玉完成了第 5、6、7 章,张培完成了第 13、14 章部分实验,在此对他们的工作表示感谢。本书得到国家自然科学基金项目(No. 61272237)以及三峡地区地质灾害与生态环境湖北省协同创新中心(CICGE)的资助。

本书主要适合涉及图像处理及其应用的高校教师、科研人员、研究生和本科生以及工程技术人员使用。限于作者水平,书中难免存在错误,敬请读者批评指正。

作者

于三峡大学

2013 年 9 月

目 录

第一部分 基础篇

第 1 章 ImageJ 概述	1
1.1 ImageJ 简介	1
1.1.1 功能简介	1
1.1.2 应用前景	1
1.2 ImageJ 安装与删除	2
1.2.1 安装 ImageJ	2
1.2.2 删除 ImageJ	5
1.3 发布与更新	6
1.4 帮助信息	6
1.4.1 软件手册	6
1.4.2 邮件列表和论坛	7
第 2 章 图像基本概念	8
2.1 图像类型	8
2.1.1 两种数字化图像形式	8
2.1.2 两种图像压缩方式	8
2.2 图像格式	9
2.2.1 ImageJ 支持的格式	9
2.2.2 使用插件支持的格式	10
2.2.3 其他常用文件格式	11
2.3 图像栈、虚栈和超栈	11
2.3.1 图像栈	11
2.3.2 虚栈	12
2.3.3 超栈	12
2.4 彩色图像	12
2.4.1 真彩色图像	13
2.4.2 伪彩色图像	13

2.4.3	色彩模式	13
2.5	图像信息与属性	16
2.5.1	图像信息	16
2.5.2	图像属性	16
第3章	图像处理基础	18
3.1	图像增强与复原	18
3.1.1	基本灰度增强	18
3.1.2	直方图均衡	19
3.1.3	空间滤波基础	19
3.1.4	频域变换基础	20
3.1.5	空间域图像去噪	23
3.1.6	频率域滤波	24
3.2	形态学图像处理	26
3.2.1	膨胀和腐蚀	26
3.2.2	开操作和闭操作	28
3.2.3	基本形态学算法	28
3.3	图像分割	30
3.3.1	基础知识	30
3.3.2	阈值分割	31
3.3.3	区域分割	33
3.4	分水岭图像分割	34
3.4.1	基本算法	34
3.4.2	改进算法	35

第二部分 应用篇

第4章	界面介绍	37
4.1	ImageJ 工作环境	37
4.1.1	标题栏	37
4.1.2	菜单栏	37
4.1.3	工具栏	38
4.1.4	状态栏	38
4.1.5	进度条	40
4.2	弹出菜单	40
4.3	结果表	42
4.4	ImageJ 编辑器	43

4.5	窗口显示	45
4.6	用户设置	46
4.6.1	基本设置	46
4.6.2	高级设置	48
4.6.3	其他	50
4.7	首选项	50
第5章	文件操作	52
5.1	新建	52
5.1.1	新建图像	52
5.1.2	图像栈	53
5.1.3	超栈	53
5.1.4	文本窗口	54
5.2	打开与关闭	55
5.2.1	打开文件	55
5.2.2	打开样本	55
5.2.3	打开最近文档	56
5.2.4	重命名	56
5.2.5	还原	57
5.2.6	关闭所有	57
5.3	导入	58
5.3.1	图像序列	58
5.3.2	原始图像	59
5.3.3	查找表	60
5.3.4	文本图像	60
5.3.5	文本文件	61
5.3.6	网页地址(URL)	61
5.3.7	结果	61
5.3.8	AVI	61
5.3.9	列表里的栈	62
5.3.10	TIFF 虚拟栈	62
5.4	保存和另存为	62
5.4.1	常用图像格式	63
5.4.2	原始数据格式	64
5.4.3	文本图像保存	64
5.4.4	图像序列格式	65
5.4.5	查找表格式	65
5.4.6	XY 坐标	65
5.4.7	选取区域保存	65
5.4.8	另存为结果	66

5.5	页面设置和打印	66
5.5.1	页面设置	66
5.5.2	打印	66
5.6	退出	67
第6章	区域选取与编辑	68
6.1	区域选取	68
6.1.1	矩形选取	68
6.1.2	圆角矩形选取	69
6.1.3	卵形选取	69
6.1.4	椭圆选取	70
6.1.5	刷子选取	70
6.1.6	多边形选取	71
6.1.7	自动选取	71
6.1.8	魔法棒	71
6.2	区域的编辑	72
6.2.1	区域选取	73
6.2.2	移动区域	73
6.2.3	对区域进行缩放	73
6.2.4	对区域进行变形	73
6.2.5	区域填充	74
6.3	选取区域操作	74
6.3.1	拟合	74
6.3.2	凸壳	76
6.3.3	反选	76
6.3.4	创建掩膜	77
6.3.5	旋转	77
6.3.6	创建条带	77
6.3.7	其他选取命令	78
6.4	其他工具	80
6.4.1	点工具	80
6.4.2	多点工具	81
6.4.3	线选取	82
6.4.4	角度	84
6.4.5	文本	84
6.4.6	放大镜	84
6.4.7	滚动工具	85
6.4.8	颜色拾取器	85
第7章	编辑图像	86
7.1	基本命令	86

7.1.1	剪切	86
7.1.2	复制和复制到系统	86
7.1.3	粘贴和粘贴控制	86
7.1.4	撤销和恢复	87
7.1.5	清除图像	88
7.1.6	绘制	88
7.1.7	取反	88
7.2	颜色通道	89
7.2.1	通道工具	89
7.2.2	分裂通道	89
7.2.3	合并通道	89
7.2.4	图像栈转为 RGB 彩色图像	90
7.2.5	构建复合图像	90
7.3	图像颜色类型转换	91
7.3.1	颜色拾取器	91
7.3.2	颜色类型转换	91
7.3.3	显示查找表	93
7.3.4	编辑查找表	93

第三部分 提高篇

第8章	修改图像	94
8.1	基本修改	94
8.1.1	裁剪和复制	94
8.1.2	缩放	95
8.1.3	变换	97
8.2	高级调整	99
8.2.1	亮度和对比度调整	99
8.2.2	窗口与灰度级调整	101
8.2.3	色彩平衡	102
8.2.4	阈值处理	103
8.2.5	调整图像和画布尺寸	105
8.3	覆盖和查找表	106
8.3.1	覆盖	106
8.3.2	查找表	109
第9章	图像栈及其操作	110
9.1	图像栈基本操作	110
9.1.1	切片的操作	110
9.1.2	图像与图像栈	111

9.1.3	制作 Montage 图	112
9.1.4	正交视图	113
9.1.5	投影	114
9.1.6	其他栈操作	115
9.2	工具集	117
9.2.1	简单图像栈操作	117
9.2.2	Montage 图像到图像栈	119
9.2.3	创建子图像栈	119
9.2.4	归并 Z 投影	119
9.2.5	动画选项	120
9.3	超栈	120
9.3.1	新建超栈	120
9.3.2	图像栈与超栈	120
9.3.3	降维操作	122
9.3.4	通道操作	122

第四部分 精通篇

第 10 章	空域图像处理	124
10.1	平滑	124
10.2	锐化处理	126
10.3	获取边缘和最大值	127
10.3.1	获取边缘	127
10.3.2	获取最大值	128
10.4	对比度增强	129
10.5	噪声处理	130
10.6	阴影处理	132
10.7	二值化处理	133
10.7.1	二值化图像的生成	133
10.7.2	形态学处理	136
10.8	算术运算	138
第 11 章	频域图像处理	140
11.1	频域变换	140
11.2	使用滤波器	144
11.3	其他处理方法	148
11.3.1	批处理	148
11.3.2	图像计算器	150
11.3.3	减背景	151
11.3.4	重复命令	153

第 12 章 图像分析	154
12.1 测量与分析	154
12.1.1 测量	154
12.1.2 分析粒子	155
12.2 汇总与分布	158
12.2.1 汇总	158
12.2.2 分布	158
12.3 设置测度和尺度	159
12.3.1 设置测度	159
12.3.2 设置尺度	161
12.4 绘制剖面图和表面	162
12.4.1 绘制剖面图	162
12.4.2 绘制表面	162
12.5 图胶	164
12.6 工具集	167
12.6.1 保存 XY 坐标	167
12.6.2 分形盒子计数	168
12.6.3 曲线拟合	169
12.6.4 ROI 管理器	170
12.6.5 尺寸条	172
12.6.6 校正条	173
12.6.7 分析线状图	173
12.7 其他功能	174
12.7.1 加标签	174
12.7.2 校正	174
12.7.3 直方图	176

第五部分 扩展篇

第 13 章 ImageJ 扩展	178
13.1 宏	178
13.1.1 什么是宏	178
13.1.2 打开宏文件	178
13.1.3 运行宏	179
13.1.4 安装宏	179
13.1.5 新建宏	182
13.1.6 宏记录器	183
13.1.7 调试宏	184
13.2 宏函数	186

13.2.1	宏语言	186
13.2.2	宏函数	186
13.3	插件	188
13.3.1	概述	188
13.3.2	创建插件	189
13.3.3	调用插件	193
13.4	脚本	194
13.4.1	脚本	194
13.4.2	脚本创建及运行	194
13.4.3	打开脚本	196
13.4.4	优缺点	197
第 14 章	应用实例	198
14.1	实例一 图像灰度分析	198
14.1.1	打开图像	198
14.1.2	灰度直方图	199
14.2	实例二 图像分割	201
14.2.1	阈值分割	201
14.2.2	边缘提取	203
14.3	实例三 三维可视化	203
14.3.1	导入序列图	204
14.3.2	构建 3D 模型	204
14.3.3	三维切割	206
14.4	实例四 目标计数	208
14.4.1	导入图像	208
14.4.2	阈值设置	208
14.4.3	细胞计数	209
14.5	实例五 区域物理面积计算	211
14.5.1	预处理	211
14.5.2	设定比例尺	211
14.5.3	测量线长度	213
14.5.4	测量区域面积	214
14.6	实例六 三维体积计算	217
14.6.1	导入序列	217
14.6.2	阈值处理	217
14.6.3	面积计算	218
14.6.4	累加法计算体积	220
附录	快捷键与转意键	221
参考文献		227

第一部分 基础篇

第 1 章 ImageJ 概述

ImageJ 是一款基于 Java 语言开发的开源图像处理软件，在图像处理领域，特别是生物医学图像处理领域有着广泛的应用。ImageJ 可以对图像进行各种操作，可以在 Windows、Mac OS、Linux 等多种操作系统平台上运行。

1.1 ImageJ 简介

ImageJ (v1.46) 是到 2013 年 6 月为止 ImageJ 系列软件的最新版本，它保持了 ImageJ 系列软件强大的图像处理功能，在一些功能上又做了进一步的改进。接下来以 ImageJ (v1.46) 为例，从以下几个方面初步认识 ImageJ。

1.1.1 功能简介

ImageJ 有着很强大的图像处理功能，它能够显示、编辑、分析、处理、保存、打印 8 位、16 位和 32 位的图片，支持 TIFF、JPEG、BMP、DICOM 和 FITS 等多种格式。

另外 ImageJ 还支持图像栈（以及超栈和虚拟栈）功能，即在一个窗口里以多线程的形式层叠多个图像，并行同时处理多幅图像或者图像序列。在内存允许的情况下，ImageJ 能打开任意数量的图像，进行并行处理。

ImageJ 提供以真实世界单位（比如毫米）的尺寸度量空间校准以及灰度校准功能。

ImageJ 能够对图像进行缩放、旋转、扭曲和平滑等基本处理，在对图像进行缩放时，可以放大到原图像的 32 倍，或者缩小为原来的 1/32，可在放大或者缩小后的图像上进行所有的处理和分析。

除了这些基本的图像操作之外，ImageJ 还提供了图像的区域面积和像素个数的统计功能，直线距离、夹角的角度等计算方法，使用 ImageJ 软件还能创建柱状图和剖面图，更为重要的是它能对图像进行傅里叶变换，在频率域中对图像进行相关的操作。

1.1.2 应用前景

ImageJ 是一款由 NIH 图像发起的开放软件，最初用于 Macintosh 环境（系统）的 Java 图像处理和分析程序。它可以作为一个在线 applet 或作为一个可下载应用程序，在任何有 Java

1.5 或更高版本虚拟机的计算机中运行。

ImageJ 的设计采用开放式架构,通过 Java 插件可实现功能扩展。定制的获取、分析和处理插件可以通过 ImageJ 内置的编辑器和 Java 编译器开发,由用户编写插件这一模式使得它几乎可以解决任何图像处理和分析问题,而且其源代码可以免费获取。

因为它的开放性,有很多图像处理领域的学者在不断地为该软件添砖加瓦,不停地有新的插件被更新、应用,目前互联网上针对该软件的免费插件有超过 500 多种。正是由于其开放性和强大的功能,赋予了它无限的生命力,在图像的处理的软件中,ImageJ 占有一席之地。

1.2 ImageJ 安装与删除

在使用 ImageJ 软件进行图像处理的过程中,一般需要进行多步操作,并且在每一步的操作中,软件要经过复杂的计算过程,特别是在对多张图像进行并行处理的时候,所以计算机配置的好坏对 ImageJ 的运行起着直接的影响。如果用户从事的是专门的图像处理工作,在系统配置的要求上就应该尽量高一些,才能保证多线程的复杂图像处理。另外内存的容量也应该尽量增加,这样才能明显地提高图像处理的速度。

1.2.1 安装 ImageJ

对于 ImageJ 的老用户来说,安装过程是很简单的。如果你是一个初学者,还请学习一下该部分内容。下面具体介绍 ImageJ 的安装步骤。

1. 下载 Image 软件

打开 ImageJ 的官方网址 (<http://imagej.nih.gov/ij/index.html>),如图 1-2-1 所示。官方网站提供适合各种平台的软件版本,选择适合自己的版本下载。这里我们下载 32 位 Wwindow 系统平台下的 1.46 版本。

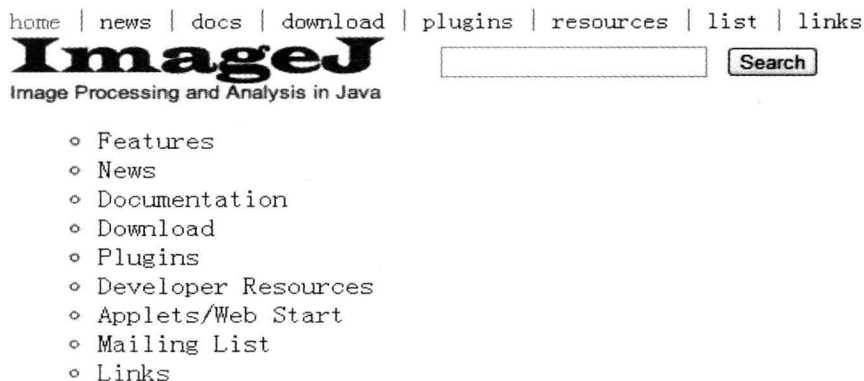


图 1-2-1 官方网站

2. 软件安装

将需要安装的版本下载到本地计算机之后,找到存放目录下的文件 `ij146-jdk6-setup.exe`。双击此图标,启动安装向导,ImageJ 开始自动安装过程。

3. 欢迎界面

随后会弹出安装向导的第一个界面，如图 1-2-2 所示。本界面对安装 ImageJ 用户表示欢迎，并且建议用户安装本程序之前，关闭其他正在运行的程序。

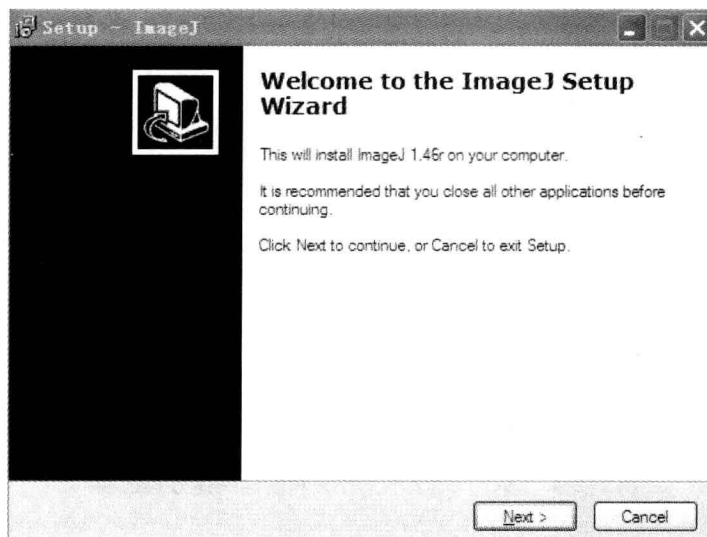


图 1-2-2 运行安装向导

4. 选择安装路径

单击“next”到下一步，会出现安装目录选择窗口，如图 1-2-3 所示。在这里可以选择软件的安装目录，默认是 C 盘的 Program Files 路径。

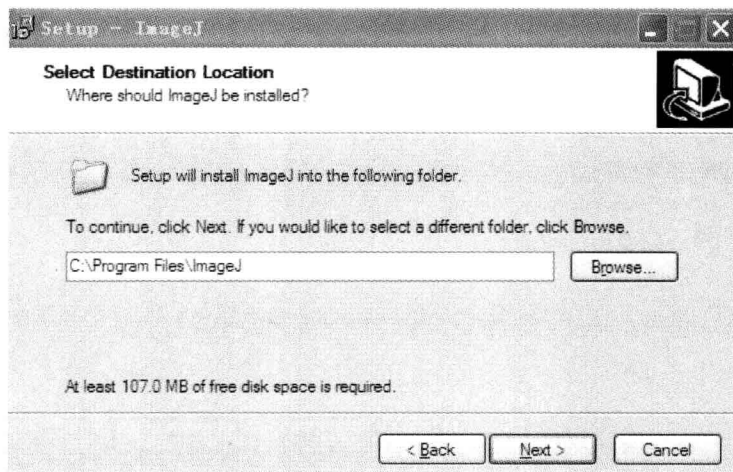


图 1-2-3 选择安装路径

5. 快捷菜单

再单击“Next”之后会出现选择开始菜单文件夹，如图 1-2-4 所示，继续单击下一步。

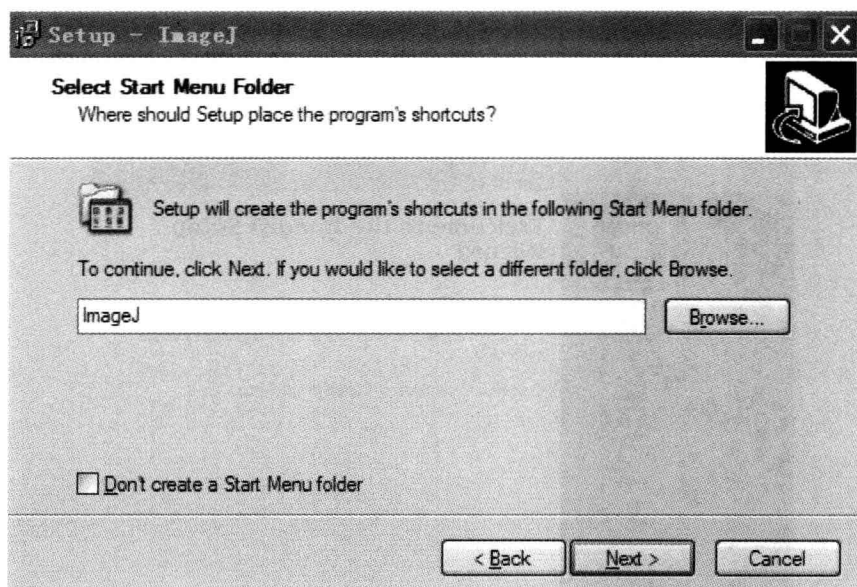


图 1-2-4 选择开始菜单文件夹和创建快捷方式选项

6. 快捷方式

这时出现的是选择额外任务询问窗口，在窗口下面有两个选项，第一个是选择创建桌面快捷方式，第二个选项是选择在快速启动栏创建快捷方式，如图 1-2-5 所示，单击“Next”到下一步。

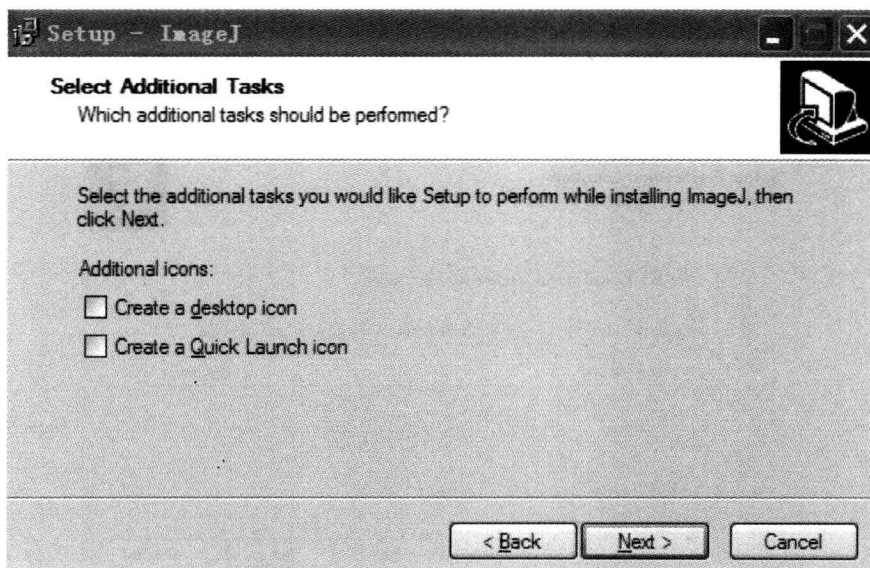


图 1-2-5 创建桌面快捷键

7. 安装等待

出现准备安装界面，单击“Next”，开始安装软件，如图 1-2-6 所示。