

薛毅 陈立萍 编著



R

语言实用教程

清华大学出版社

薛毅 陈立萍 编著

R

语言实用教程

清华大学出版社
北京

内 容 简 介

R 语言, 一种自由软件编程语言与操作环境, 主要用于统计分析、绘图、数据挖掘。虽然 R 是一款统计软件, 但也可用于数值分析和矩阵计算。

本书是 R 语言的一本入门教材, 讲授学习 R 必备的内容。仅使用最基本的统计知识, 介绍 R 函数的使用方法, 以及如何使用 R 的内置函数去解决统计中的问题。介绍 R 中与数值分析相关的内容, 并利用相应算法来学习 R 语言的编程。介绍 R 的绘图功能, 及相关的绘图函数。本书的每一章是针对一类问题设计的, 讨论的内容由浅入深、循序渐进。并在最后一章介绍扩展 R 的方法, 读者可以根据自己的需求扩展 R 的相关功能。

本书适合于理工、经管和生物等专业的本科生、研究生, 或者相关专业的技术人员学习 R 使用, 可以作为“统计计算”课程的教材或教学参考书, 也可作为数学建模竞赛培训的辅导教材。

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

R 语言实用教程/薛毅, 陈立萍编著. --北京: 清华大学出版社, 2014

ISBN 978-7-302-37117-5

I. ①R… II. ①薛… ②陈… III. ①程序语言—程序设计—教材 IV. ①TP312

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2014)第 162899 号



责任编辑: 刘颖

封面设计: 常雪影

责任校对: 刘玉霞

责任印制: 沈露

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

质量反馈: 010-62772015, zhiliang@tup.tsinghua.edu.cn

课 件 下 载: <http://www.tup.com.cn>, 010-62770175-4113

印 装 者: 三河市金元印装有限公司

经 销: 全国新华书店

开 本: 185mm×260mm

印 张: 24.75

字 数: 602 千字

版 次: 2014 年 10 月第 1 版

印 次: 2014 年 10 月第 1 次印刷

印 数: 1~3000

定 价: 49.00 元

产品编号: 052096-01

前 言

《统计建模与 R 软件》一书出版 (2007 年 4 月出版) 已有 7 个年头, 当初编写此书的主要目的是希望学生在数学建模竞赛中, 使用 R 软件解决他们可能遇到的统计问题. 随着 R 软件在中国的普及与发展, 此书有幸成为 R 语言初学者的入门教材¹. 因此, 当有人向我建议, 专门编写一本 R 语言的入门教材时, 本人欣然同意, 并着手这方面的工作.

真正开始编写教材后, 遇到的困难超出我的想象. 首先, R 语言涵盖的内容非常广泛, 而且国内近年来已出版了大量与 R 语言有关的书籍, 哪些内容是初学者必备的知识? 其次, 如何处理本书与前一本书的关系, 哪些内容需要保留, 哪些知识又需要补充? 再次, 统计知识介绍到什么程度? R 语言是进行统计分析的工具, 如果本书“只是讲解 R”, 是不可能做到的.

R 语言是一种自由软件编程语言与操作环境, 主要用于统计分析、绘图、数据挖掘. R 本来是由新西兰奥克兰大学的 Ross Ihaka 和 Robert Gentleman 开发 (也因此称为 R), 现在由“R 开发核心团队”负责开发. 虽然 R 是主要用于统计分析的软件, 但也有人用作矩阵计算, 其分析速度可媲美专用于矩阵计算的自由软件 GNU Octave 和商业软件 MATLAB².

本书是 R 语言的一本入门教材, 它包括 R 软件下载与安装、程序包的载入和基本的 R 命令, 这些都是学习 R 所必备的内容. 为了避免同时讲授统计知识和 R 语言可能产生的困难, 本书假定读者对相关的统计知识有了一定的了解. 书中只是结合最基本的统计知识, 介绍相关函数的使用方法, 以及如何使用内置函数去解决统计中的问题, 相关统计知识的介绍是为了更好地理解函数中相应参数的意义.

虽然 R 是一款统计软件, 但它也涉及数值分析的相关内容, 而且这些内容是统计计算中不可缺少的内容. 因此, 本书用一章的篇幅对数值分析的部分内容作了简要的介绍. 介绍它们的另一个目的是学习 R 语言的编程, R 与其他计算机语言一样, 是可以进行编程的. 学会编程可以扩展 R 的使用范围, 这也是使用 R 进行科学研究必备的条件. R 的另一个强大的功能是绘图, 本书也用一章的篇幅系统地介绍了 R 语言的绘图函数, 以及绘图参数的设置.

本书的每一章, 基本上是针对一类 (统计) 问题设计的, 讨论的内容由浅入深、循序渐进. 完成一章的学习后, 基本上能完成相关内容的计算与分析. 虽然是一本入门教材, 但了解 R 的扩展功能还是必不可少的, 本书以多元分布为例, 介绍扩展包的下载与安装、扩展函数的使用, 为读者学会下载和使用与自己学习和工作相关的扩展函数打下基础.

本书的主要内容: 第 1 章, R 语言入门. 主要介绍 R 的基本使用方法, 如 R 的下载与安装; 向量、矩阵、数组、列表、数据框等对象的特点, 以及数据的读写、控制流和相应程序设计. 第 2 章, 数值计算. 主要介绍与数值分析相关的部分内容, 如非线性方程组求解、函数求极值、数据拟合与数值积分等. 第 3 章, R 语言绘图. 主要介绍 R 中的绘图函数, 如高、低水平绘图函数, 以及绘图参数的设置. 第 4 章, 概率、分布与随机模拟. 主要介绍 R 中重要分

¹ 引自网上的评论.

² 此段文字摘自维基百科, 作为 R 语言的定义.

布函数的计算, 以及随机抽样与随机模拟的方法. 第 5 章, 假设检验. 主要介绍重要的参数检验, 如 t 检验、 F 检验和重要的非参数检验, 如秩检验、分布检验、列联表检验. 第 6 章, 回归分析. 主要介绍各种回归方法, 如线性回归、稳健回归、非线性回归和广义线性回归. 第 7 章, 多元统计分析. 介绍各种多元分析方法, 如方差分析、判别分析、聚类分析、主成分分析、因子分析和典型相关分析. 第 8 章, 多元分布. 主要介绍多元正态分布函数和相应的检验方法, 如均值向量的检验, 以及相关程序包的下载, 这部分内容是需要下载扩展程序包才能完成的.

本书所介绍的 R 函数均以 R-2.15.2 版本¹ 为基准, 所有函数 (包括自编函数) 均通过测试, 读者如果需要书中例题的相关程序, 以及例题和部分习题的数据文件, 可以发送电子邮件向作者索取, 邮件地址: xueyi@bjut.edu.cn.

本书是一本 R 语言入门教材, 适合于理工、经济、管理、生物等专业的本科生、研究生, 或者相关专业的技术人员学习 R 软件使用, 可以作为“统计计算”课程的教材或教学参考书, 也可作为数学建模竞赛培训的辅导教材.

由于受编者水平所限, 书中一定存在不足甚至错误之处, 欢迎读者不吝指正, 作者的电子邮件地址是: xueyi@bjut.edu.cn (薛毅); chenliping@bjut.edu.cn (陈立萍).

编 者

2014 年 3 月于北京工业大学

¹当前的版本是 R-3.1.1, 而且每隔一段时间会更新一次.

目 录

第 1 章 R 语言入门	1
1.1 R 语言简介	1
1.1.1 R 软件的下载与安装	1
1.1.2 初识 R	2
1.1.3 下拉式菜单与快捷方式	4
1.2 向量	15
1.2.1 基本运算	15
1.2.2 数据对象	17
1.2.3 向量赋值	18
1.2.4 产生有规律的向量	19
1.2.5 逻辑向量	21
1.2.6 向量中的缺失数据	21
1.2.7 字符型向量	22
1.2.8 用 vector 函数生成向量	24
1.2.9 复数向量	25
1.2.10 向量的下标运算	25
1.2.11 与数值向量有关的函数	27
1.3 因子	28
1.3.1 factor 函数	28
1.3.2 gl 函数	29
1.3.3 与因子有关的函数	29
1.4 矩阵	30
1.4.1 矩阵的生成	30
1.4.2 与矩阵运算有关的函数	31
1.4.3 矩阵下标	33
1.5 数组	34
1.5.1 数组的生成	34
1.5.2 数组下标	34
1.5.3 apply 函数	36
1.6 对象和它的模式与属性	36
1.6.1 固有属性: mode 和 length	37
1.6.2 修改对象的长度	37
1.6.3 attributes 和 attr 函数	38

1.6.4	对象的 class 属性	39
1.7	列表	39
1.7.1	列表的构造	39
1.7.2	列表的修改	40
1.7.3	返回值为列表的函数	40
1.8	数据框	40
1.8.1	数据框的生成	41
1.8.2	数据框的引用	42
1.8.3	attach 函数	42
1.8.4	with 函数	43
1.8.5	列表与数据框的编辑	43
1.8.6	lapply 函数和 sapply 函数	43
1.9	读、写数据文件	44
1.9.1	读纯文本文件	44
1.9.2	读取其他软件格式的数据文件	46
1.9.3	读取 Excel 表格数据	47
1.9.4	数据集的读取	49
1.9.5	写数据文件	50
1.10	控制流	51
1.10.1	分支函数	51
1.10.2	中止语句与空语句	52
1.10.3	循环函数	53
1.11	R 程序设计	54
1.11.1	函数定义	54
1.11.2	定义新的二元运算	56
1.11.3	有名参数与默认参数	56
1.11.4	递归函数	57
1.11.5	程序运行	57
1.11.6	程序调试	59
习题 1		61
第 2 章	数值计算	63
2.1	向量与矩阵的运算	63
2.1.1	向量的四则运算	63
2.1.2	向量的内积与外积	64
2.1.3	矩阵的四则运算	65
2.1.4	矩阵的函数运算	66
2.1.5	求解线性方程组	67

2.1.6	矩阵分解	69
2.2	非线性方程(组)求根	73
2.2.1	非线性方程求根	73
2.2.2	求解非线性方程组	77
2.3	求函数极值	80
2.3.1	一元函数极值	80
2.3.2	多元函数极值	81
2.4	插值	87
2.4.1	多项式插值	87
2.4.2	分段线性插值	88
2.4.3	分段 Hermite 插值	90
2.4.4	三次样条函数	90
2.5	数据拟合	93
2.5.1	最小二乘原理	93
2.5.2	求解超定线性方程组的 QR 分解方法	94
2.5.3	多项式拟合	97
2.6	数值积分	97
2.6.1	梯形求积公式	97
2.6.2	Simpson 求积公式	98
2.6.3	integrate 函数	99
	习题 2	100
第 3 章	R 语言绘图	103
3.1	高水平绘图函数	103
3.1.1	基本绘图函数——plot 函数	103
3.1.2	多组图——pairs 函数	105
3.1.3	协同图——coplot 函数	109
3.1.4	点图——dotchart 函数	110
3.1.5	饼图——pie 函数	113
3.1.6	条形图——parplot 函数	114
3.1.7	直方图——hist 函数	115
3.1.8	箱线图——boxplot 函数	117
3.1.9	Q-Q 图——qqnorm 函数	119
3.1.10	三维透视图——persp 函数	120
3.1.11	等值线——contour 函数	122
3.2	图形参数	123
3.2.1	高水平绘图函数中的参数	124
3.2.2	图形参数的永久设置	124

3.2.3	图形参数的临时设置	125
3.2.4	图形元素控制	125
3.3	低水平图形函数	127
3.3.1	添加点、线、文字、符号或数学表达式	127
3.3.2	添加直线、线段和图例	130
3.3.3	添加图题、边与盒子	132
3.3.4	添加多边形或图形阴影	134
3.3.5	交互图形函数	135
3.4	图形参数 (续)	136
3.4.1	坐标轴与坐标刻度	136
3.4.2	图形边空	137
3.4.3	多图环境	138
3.5	图形设备	143
	习题 3	144
第 4 章	概率、分布与随机模拟	146
4.1	组合数与概率计算	146
4.1.1	生成组合方案	146
4.1.2	生成组合数	146
4.1.3	概率计算	146
4.2	分布函数	147
4.2.1	分布函数	147
4.2.2	分位数	148
4.3	常用的分布函数	148
4.3.1	正态分布	148
4.3.2	均匀分布	150
4.3.3	指数分布	150
4.3.4	二项分布	151
4.3.5	Poisson 分布	152
4.3.6	χ^2 分布	154
4.3.7	t 分布	154
4.3.8	F 分布	155
4.3.9	R 的内置函数	155
4.4	样本统计量	157
4.4.1	样本均值	157
4.4.2	样本方差	157
4.4.3	顺序统计量	158
4.4.4	中位数	159

4.4.5	分位数	159
4.4.6	样本的 k 阶矩	160
4.4.7	偏度系数与峰度系数	160
4.4.8	经验分布函数	161
4.5	随机抽样与随机模拟	163
4.5.1	随机数的生成	163
4.5.2	随机抽样	164
4.5.3	随机模拟	166
	习题 4	169
第 5 章	假设检验	172
5.1	假设检验的基本思想	172
5.1.1	基本概念	172
5.1.2	基本思想	172
5.1.3	两类错误	173
5.1.4	P 值	173
5.2	重要的参数检验	173
5.2.1	t 检验	173
5.2.2	F 检验	176
5.2.3	二项分布的近似检验	178
5.2.4	二项分布的精确检验	182
5.2.5	Poisson 检验	184
5.2.6	功效检验	185
5.3	符号检验与秩检验	189
5.3.1	符号检验	189
5.3.2	秩检验与秩和检验	191
5.3.3	尺度参数检验	196
5.4	分布检验	197
5.4.1	Pearson 拟合优度 χ^2 检验	197
5.4.2	Kolmogorov-Smirnov 检验	200
5.4.3	正态性检验	202
5.5	列联表检验	203
5.5.1	Pearson χ^2 独立性检验	203
5.5.2	Fisher 精确独立性检验	205
5.5.3	McNemar 检验	207
5.5.4	三维列联表的条件独立性检验	208
5.6	相关性检验	210
5.6.1	Pearson 相关检验	211

5.6.2	Spearman 相关检验	211
5.6.3	Kendall 相关检验	212
5.6.4	cor.test 函数	213
5.7	游程检验	215
习题 5		216
第 6 章	回归分析	223
6.1	线性回归	223
6.1.1	线性回归模型	223
6.1.2	线性回归模型的计算	225
6.1.3	预测区间与置信区间	227
6.1.4	其他函数	230
6.2	回归诊断	230
6.2.1	为什么要作回归诊断	231
6.2.2	残差检验	232
6.2.3	影响分析	236
6.3	Box-Cox 变换	240
6.4	多重共线性	243
6.4.1	多重共线性现象	244
6.4.2	岭估计	245
6.5	逐步回归	247
6.5.1	“最优”回归方程的选择	247
6.5.2	逐步回归的计算	247
6.6	稳健回归	251
6.6.1	稳健回归的基本概念	252
6.6.2	稳健回归	253
6.6.3	抗干扰回归	255
6.7	非线性回归	257
6.7.1	多项式回归	258
6.7.2	局部多项式回归	260
6.7.3	非线性回归	262
6.8	广义线性回归模型	265
6.8.1	glm 函数	266
6.8.2	Logistic 回归模型	267
6.8.3	Poisson 分布族	271
6.8.4	正态分布族	273
习题 6		274

第 7 章 多元统计分析	281
7.1 方差分析	281
7.1.1 方差分析的数学模型	281
7.1.2 方差分析的计算	284
7.1.3 多重均值检验	289
7.1.4 与方差分析有关的函数	291
7.1.5 方差分析的进一步讨论	293
7.1.6 秩检验	295
7.1.7 协方差分析	299
7.2 判别分析	301
7.2.1 判别分析的数学模型	302
7.2.2 判别分析的计算	302
7.3 聚类分析	306
7.3.1 距离和相似系数	306
7.3.2 系统聚类法	308
7.3.3 类个数的确定	314
7.3.4 实例	315
7.3.5 K 均值聚类	319
7.4 主成分分析	320
7.4.1 主成分分析的数学模型	320
7.4.2 主成分分析的计算	321
7.4.3 主成分分析的应用	326
7.5 因子分析	330
7.5.1 因子分析的数学模型	330
7.5.2 因子分析函数	331
7.5.3 因子分析的计算	332
7.6 典型相关分析	339
7.6.1 典型相关分析的数学模型	340
7.6.2 典型相关分析的计算	340
习题 7	342
第 8 章 多元分布	352
8.1 基本概念	352
8.1.1 多元分布函数与概率密度函数	352
8.1.2 多元正态分布	352
8.1.3 与多元正态分布有关的 R 函数	353
8.2 样本统计量及抽样分布	357
8.2.1 样本统计量	357

8.2.2 抽样分布	359
8.3 多元正态总体均值向量的检验	360
8.3.1 单个总体均值向量的检验	360
8.3.2 两个总体均值向量的检验	360
8.3.3 R 中的均值检验函数	361
8.4 扩展包中的其他函数	365
8.4.1 多元 t 分布	365
8.4.2 多元非参数检验	366
8.4.3 多元正态性检验	370
习题 8	370
索引	373
参考文献	384

第1章 R 语言入门

R 语言是主要用于统计分析、绘图的语言和操作环境。R 最初是由来自新西兰奥克兰大学的 Ross Ihaka 和 Robert Gentleman 开发, 因此称为 R。现在由“R 开发核心团队”负责开发和维护。R 是基于 S 语言的一个 GNU 项目, 所以也可以当作 S 语言的一种实现, 通常用 S 语言编写的代码都可以不作修改地在 R 环境下运行。

1.1 R 语言简介

1.1.1 R 软件的下载与安装

对于 R 的初学者来说, 首先要下载 R 软件。R 是免费的, 可在网站

<http://cran.r-project.org/>

下载, 图 1.1 显示的是 R 的 CRAN 社区网页。对于 Windows 用户, 单击 [Download R for Windows](#) 进入下一个窗口。然后单击 [base](#) 进入下载窗口¹。单击

[Download R 2.15.2 for Windows \(47 megabytes, 32/64 bit\)](#)

下载 Windows 系统下的 R 软件²。

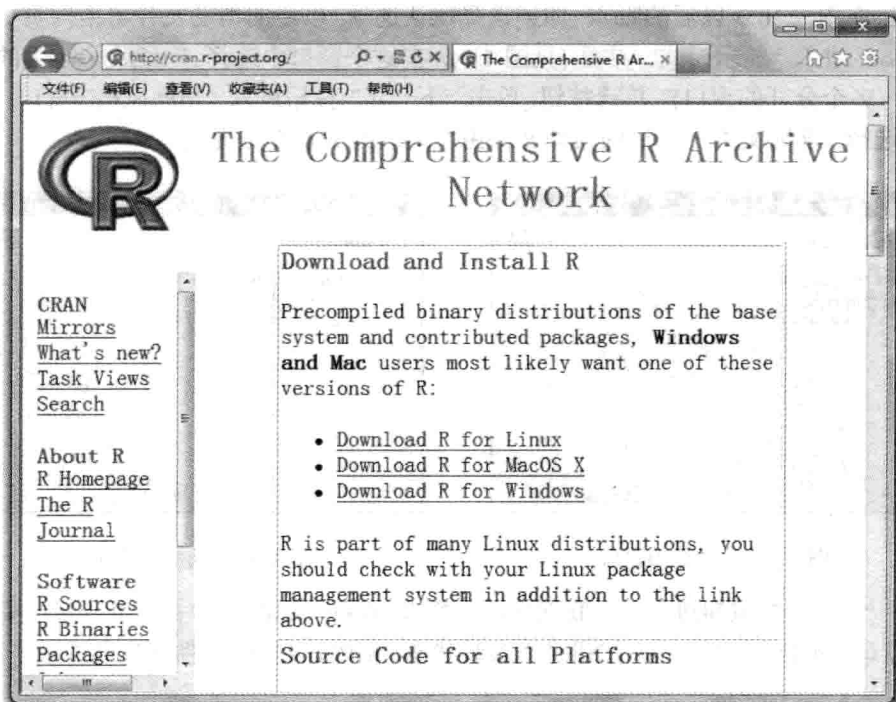


图 1.1 R 的 CRAN 社区

R 软件安装非常容易, 运行刚才下载的程序 (如 R-2.15.2-win), 按照 Windows 的提示安装即可。

¹ <http://cran.r-project.org/bin/windows/base/> 直接进入下载窗口。

² R 软件每隔一段时间会更新一次, 本书使用的版本是 R 2.15.2。

开始安装后, 选择安装提示的语言 (如中文 (简体), 见图 1.2), 单击“确定”按钮进入安装向导窗口。单击“下一步”按钮进入“信息”窗口。可浏览相关信息, 再单击“下一步”按钮进入“选择目标位置”窗口。可单击“浏览 (R)”选择安装目录 (默认目录为 C:\Program Files\R\R-2.15.2), 然后单击“下一步”按钮进入“选择组件”窗口 (见图 1.3), 并根据所要安装计算机的性能选择相应的组件。选择后, 单击“下一步”按钮进入“启动选项”窗口。

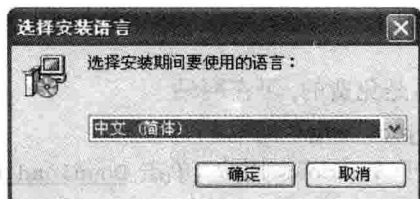


图 1.2 选择安装语言窗口

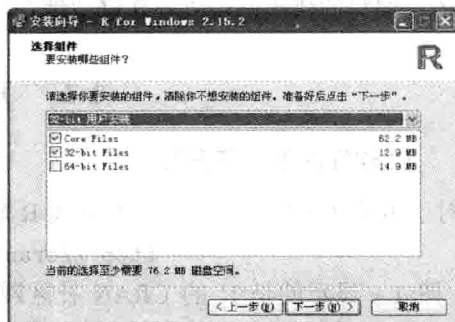


图 1.3 选择组件窗口

在“启动选项”窗口中 (见图 1.4) 选择“ Yes (自定义启动)”或“ No (接受默认选项)”单选按钮。在 R 2.10.0 以后的版本, 如果选择默认选项, 以后的帮助文件将由网页提供。可以选择 Yes, 进入“显示模式”界面 (见图 1.5)。在这个窗口中选择“ MDI (一个大的窗口)”或“ SDI (多个分开的窗口)”单选按钮, 单击“下一步”按钮进入“帮助风格”窗口。在这个窗口中, 选择“选纯文本”, 以后的帮助文件由本地的纯文本形式提供。



图 1.4 启动选项窗口



图 1.5 显示模式窗口

单击“下一步”按钮进入“互联网接入”窗口, 选择“标准”, 单击“下一步”按钮进入“安装”窗口, 再单击“下一步”按钮进入安装状态。稍候片刻, R 软件就安装成功了。

1.1.2 初识 R

安装完成后, 程序会创建 R 软件程序组, 并在桌面上创建 R 主程序的快捷方式 (也可以在安装过程中选择不要创建)。通过快捷方式或通过“开始 -> 所有程序 -> R -> R i386 2.15.2”启动 R, 进入工作状态, 如图 1.6 所示¹。

¹ 本书只显示中文系统下 R 的运行模式。

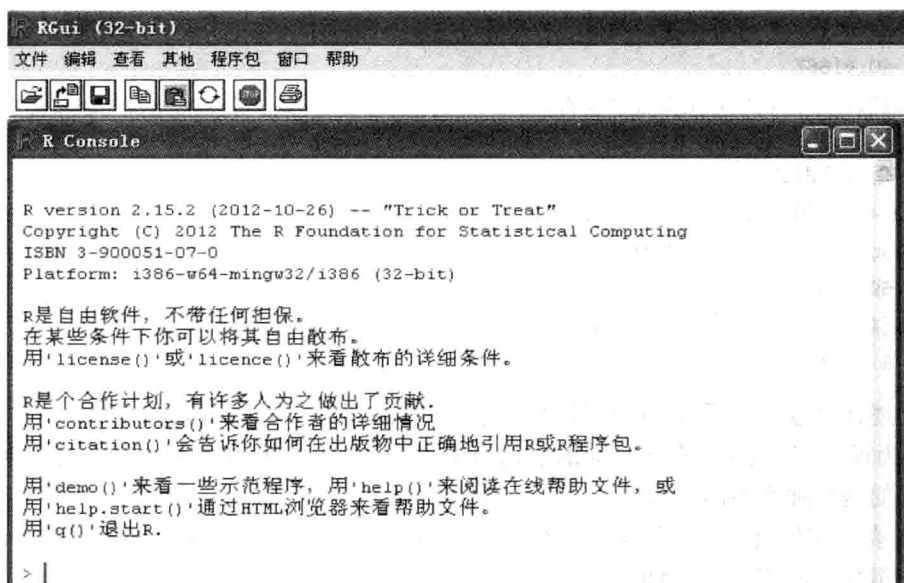


图 1.6 R 软件主界面

R 软件的界面与 Windows 的其他编程软件相类似, 由一些菜单、快捷按钮和操作窗口组成. 操作窗口即是命令的输入窗口, 也是大部分计算结果的输出窗口. 有些结果 (如图形) 会在另一个窗口显示.

启动 R 后, 操作窗口会出现一些文字 (如果是中文操作系统, 则显示中文), 它们是 R 软件启动时给出的说明与指引. 文字下的 “>” 符号便是 R 软件的命令提示符 (矩形光标), 在其后可输入命令. R 软件一般采用交互式工作方式, 在命令提示符后输入命令, 回车后便会显示计算结果. 当然也可将所有的命令建立一个文件 (程序), 运行文件中的全部或部分语句来执行相应的命令, 从而得到相应的结果. 这种计算方式更加简便, 具体计算过程将在后面进行讨论.

例 1.1 某中学在体检时测得 12 名女生体重 X_1 (kg) 和胸围 X_2 (cm) 资料如表 1.1 所示. 试计算体重与胸围的均值与标准差.

表 1.1 学生体检资料

学生编号	体重 X_1 /kg	胸围 X_2 /cm	学生编号	体重 X_1 /kg	胸围 X_2 /cm
1	35	60	7	43	78
2	40	74	8	37	66
3	40	64	9	44	70
4	42	71	10	42	65
5	37	72	11	41	73
6	45	68	12	39	75

解 直接在操作窗口输入以下命令:

```
> # 输入体重数据
> X1 <- c(35, 40, 40, 42, 37, 45, 43, 37, 44, 42, 41, 39)
```



```
> mean(X1) # 计算体重的均值
[1] 40.41667
> sd(X1) # 计算体重的标准差
[1] 3.028901
> # 输入胸围数据
> X2 <- c(60, 74, 64, 71, 72, 68, 78, 66, 70, 65, 73, 75)
> mean(X2) # 计算胸围的均值
[1] 69.66667
> sd(X2) # 计算胸围的标准差
[1] 5.210712
```

从上述计算过程来看,用 R 计算这些统计量非常简单.下面逐句进行解释.

“#”为说明语句字符,在 # 后面的语句为说明语句,只作说明,并不执行任何命令.说明语句的目的是增强程序的可读性.

“<-”表示赋值,也可以用“=”¹. c() 为连接函数,连接中间的数据表示向量, X1 <- c() 表示用一组数据为变量 X1 赋值.

mean() 为均值函数, mean(X1) 表示计算数组 X1 的平均值. [1] 40.41667 为计算结果,其中 [1] 表示计算结果的第 1 个数据, 40.41667 为计算出的均值,即这 12 名女生的平均体重为 40.42kg.

sd() 为标准差函数, sd(X1) 表示计算数组 X1 的标准差.

上述过程中的“>”号均为计算机提示符.

当退出 R 系统时,计算机会询问是否保存工作空间映像,可选择保存(是(Y))或不保存(否(N)).

如果想将上述命令保存在文件中,希望以后调用,则可以先将所有的命令放在一个文件中.用鼠标单击“文件”窗口下的“新建程序脚本”,这时屏幕会弹出一个 R 编辑窗口(R 编辑器),在窗口中输入相应的命令即可.然后保存相应的文件,并为文件起名(后缀为 .R),如文件名: exam0101.R.

例 1.2 绘出例 1.1 中 12 名学生的体重与胸围的散点图和体重的直方图.

解 在操作窗口下输入如下命令:

```
> X1 <- c(35, 40, 40, 42, 37, 45, 43, 37, 44, 42, 41, 39)
> X2 <- c(60, 74, 64, 71, 72, 68, 78, 66, 70, 65, 73, 75)
> plot(X1, X2)
```

则 R 软件会打开图形窗口,在窗口中绘出体重与胸围的散点图,如图 1.7 (a) 所示.再输入

```
> hist(X1)
```

此时图形窗口中的图形由体重的直方图替代,如图 1.7 (b) 所示.

通过这两个例子,读者可以初步体会如何用 R 软件完成统计计算和绘图等工作.

1.1.3 下拉式菜单与快捷方式

主界面由下拉式菜单、快捷按钮控件和操作窗口组成,快捷按钮控件的图形及功能如

¹ 本书全部使用“<-”.