

MATLAB应用与提高系列

MATLAB

工具箱应用

苏金明 张莲花 刘 波 等编



电子工业出版社
PUBLISHING HOUSE OF ELECTRONICS INDUSTRY

<http://www.phei.com.cn>

食 圖 容 內

提高系列

MATLAB 工具箱应用

苏金明 张莲花 刘 波 等编

電子工業出版社

Publishing House of Electronics Industry

北京 • BEIJING

内 容 简 介

本书系统地介绍了统计、优化、偏微分方程数值解、信号处理、样条和曲线拟合等 6 个工具箱。统计工具箱相关内容包括概率分布、方差分析、假设检验、分布检验、非参数检验、回归分析、判别分析、主成分分析、因子分析、系统聚类分析、K 均值聚类分析、试验设计、决策树、多元方差分析、统计过程控制和统计图形绘制等。优化工具箱相关内容包括无约束最优化、有约束最优化、二次规划、多目标规划、最大最小化、半元限问题、最小二乘问题、方程求解以及大型优化问题的求解等。偏微分方程数值解工具箱相关部分介绍了相关函数和图形用户界面的用法。信号处理工具箱部分对模拟和数字滤波器的设计思路、滤波器的分析和随机信号功率谱估计的实际运用等进行了详细的分析。样条工具箱和曲线拟合工具箱部分都对各自的内容进行了详细介绍。

本书适合学习和应用相关知识的大学生、研究生和科研人员阅读和参考。

未经许可，不得以任何方式复制或抄袭本书之部分或全部内容。

版权所有，侵权必究。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 工具箱应用 / 苏金明等编. —北京: 电子工业出版社, 2004.1

(MATLAB 应用与提高系列)

ISBN 7-5053-9288-3

I. M… II. 苏… III. 计算机辅助计算—软件包, MATLAB IV. TP391.75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2003) 第 099203 号

责任编辑: 王昌铭

印 刷: 北京东光印刷厂

出版发行: 电子工业出版社 <http://www.phei.com.cn>

北京市海淀区万寿路 173 信箱 邮编 100036

经 销: 各地新华书店

开 本: 787×1092 1/16 印张: 33 字数: 845 千字

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

印 数: 5 000 册 定价: 45.00 元

凡购买电子工业出版社的图书, 如有缺损问题, 请向购买书店调换。若书店售缺, 请与本社发行部联系。
联系电话: (010) 68279077。质量投诉请发邮件至 zltz@phei.com.cn, 盗版侵权举报请发邮件至 dbqq@phei.com.cn。

前言

许多人很喜欢 MATLAB, 觉得它是一个很不错的软件, 能够给从事科学计算的同志带来更多的便利和可能性。

MATLAB 好, 首先表现在它的不断创新。MATLAB 的每次更新都能给人以惊喜, 要么是原有的功能得到扩充或提高, 要么是出现新的工具箱或实用工具, 要么是整体性能得到改进。DDE、OLE、ActiveX、COM 这样一些流行或曾经流行的标准和技术, 在 MATLAB 中都被合理地吸收和利用。其次, 它能满足个性化的需求。MATLAB 提供了几十个工具箱。利用这些工具箱, 可以解决不同领域的数学问题。而且, 由于 MATLAB 的可扩展性, 用户还可以编写自己领域的工具箱, 提高工作效率。除了工具箱以外, MATLAB 还提供了琳琅满目的实用工具。利用它们, 可以实现不同的功能。比如你用 MATLAB 开发了一套新算法, 是 M 文件, 但不想让别人看到源代码, 想保密, 于是考虑做成独立应用程序, 用 mcc 来做。如果 mcc 解决不了, 就用运行时服务器。如果想把该算法集成到 VB、VC 中去, 但不想重写代码, 可以用 COM 生成器把对应的 M 文件做成 COM 组件, 然后集成。所以, 只要你需要, 总有一款适合你。

MATLAB 是解释型语言, 运行速度比较慢。但从 MATLAB 6.5 开始, 它比较全面地提速了, 提速后的运行速度与向量化后的效果相当。虽然在某些情况下, 仍然需要通过循环向量化或预分配数组内存空间等技巧来加速运行。但我们仍然能看到 MATLAB 所做的努力。MATLAB 提供了多种方法来加速运行。通过 Profiler 工具或 Profile 函数, 可以获取每行代码的运行情况, 包括运行时间和调用次数等, 因而知道哪些语句行花费的时间最多, 可以集中精力进行改进。

作为一个专业的科学计算软件, MATLAB 的功能首先在于应用, 即应用现有函数和工具(箱), 解决具体问题。在用的过程中, 用户会发现问题, 并逐渐有更高的要求, 比如想开发自己的算法, 开发速度更快的应用, 或者想用 VC、VB 等开发更美观的界面等。所以, 用而优则开发, 这是很自然的追求, 也是大多数 MATLAB 学习者要走的路。

整套书共分三册, 分别偏重于入门、工具箱应用和接口。第一册分计算、绘图和编程三部分, 介绍了 MATLAB 的入门知识和技巧。第二册主要介绍我们所熟悉的统计、优化、偏微分方程数值解、样条、信号处理和曲线拟合等六个工具箱的最新版本。第三册介绍 MATLAB 与外部程序的接口, 包括 MATLAB 与 FORTRAN、C、Visual Basic、Visual C++、Excel、SPSS 以及硬件等的接口技术, 其中还介绍了 MATLAB 编译器、COM 生成器、Excel 生成器、运行时服务器、报表生成器、Excel Link、Import Wizard、Profiler 等工具的用法。

应该说, 除了受专业限制, 有一些工具箱没有介绍以外, MATLAB 所提供的大部分功能在这三本书中都有不同程度的阐述, 只要认真阅读, 终会有所收获。当你在学的过程中, 感觉自己一天天变得更加充实, 因而内心充满喜悦的时候, 我们为你高兴!

关于这本书

本书比较全面地介绍了 MATLAB 的统计、优化、偏微分方程数值解、样条、信号处理和曲线拟合等 6 个工具箱。适合于相关专业的大学生、研究生和科研工作人员阅读。

统计工具箱一篇介绍了概率分布(包括若干分布的密度函数、累加函数、参数估计、累加函数逆函数、统计量和随机数生成等)、方差分析、假设检验、回归分析、判别分析、聚类分析、主成分分析、试验设计、统计过程控制和数十个常用统计图形、多因子方差分析、多元方差分析、分布检验、非参数检验、稳健性回归以及决策树、K 均值聚类 and 因子分析等内容。

优化工具箱一篇结合若干实例介绍了常见的线性规划、二次规划、非线性规划、多目标规划、最大最小化、半无限问题、最小二乘问题和方程求解以及大型优化问题的求解方法。

偏微分方程数值解工具箱一篇介绍了相关函数和图形用户界面的用法,介绍了包括结构力学平面应力平面应变、静电学、静磁学、电磁学、热传导、发散问题等多个领域的应用模式。

样条工具箱一篇介绍了 B 样条、三次样条、分段多项式样条以及样条的图形用户界面等。

信号处理工具箱一篇结合信号处理的算法及在工程中的运用实践,系统地介绍了 MATLAB 在信号处理中的设计技术和技巧。对模拟和数字滤波器的设计思路,滤波器的分析和随机信号功率谱估计的实际运用等进行了详细的分析。在对函数进行分析的基础上,列举了大量的应用设计实例,使 MATLAB 与信号处理得到有机结合。

曲线拟合工具箱一篇介绍了利用各种工具进行数据预处理、曲线拟合和残差分析的方法和操作过程。

统计工具箱、优化工具箱和偏微分方程数值解工具箱由苏金明、张莲花负责编写,样条工具箱由阮沈勇编写,信号处理工具箱由刘波编写,曲线拟合工具箱由王永利编写。王能峰、钟国华、桑群芳等参与了部分内容的编写。

此外,刘宏、李攀峰等提供了帮助,苏华惠和刘玉珊做了大量的录入工作,在此一并表示感谢!

由于能力有限,书中错误和不足之处在所难免,谨请读者批评指正!有任何问题请通过电子邮件与我们联系:

苏金明 s_jm@263.net.cn

阮沈勇 r_shenyong@yahoo.com.cn

张莲花 zhlh@cdut.edu.cn

王永利 wy_11971@tom.com

刘波 sclibo@mail.sc.cninfo.net

编者
2003.9

目 录

第一篇 统计工具箱

第 1 章 统计工具箱简介	1
1.1 统计工具箱的内容	1
1.2 数学符号约定	2
第 2 章 概率分布	3
2.1 概率密度函数	3
2.1.1 基本数学原理	3
2.1.2 有关函数介绍	4
2.2 累加分布函数	6
2.2.1 基本数学原理	6
2.2.2 有关函数介绍	6
2.3 参数估计	8
2.3.1 基本数学原理	8
2.3.2 有关函数介绍	9
2.4 逆累加分布函数	11
2.4.1 基本数学原理	11
2.4.2 有关函数介绍	11
2.5 随机数的生成	13
2.5.1 随机数生成的基本原理	13
2.5.2 有关函数介绍	14
2.6 分布函数的统计量估计	15
第 3 章 样本描述	18
3.1 概述	18
3.2 描述集中趋势的统计量	18
3.2.1 几何均值	18
3.2.2 调和均值	18
3.2.3 算术平均值	19
3.2.4 中值	19
3.2.5 截尾均值	20
3.3 描述离散趋势的统计量	20
3.3.1 内四分极值	20
3.3.2 均值绝对差	20
3.3.3 极差	21
3.3.4 方差	21

3.3.5	标准差	22
3.4	分组数据描述	22
3.5	包含缺失数据的样本描述	23
3.6	百分位数和图形描述	23
3.7	自助统计量	24
3.8	中心矩	25
3.9	相关系数	26
3.10	协方差矩阵	26
3.11	峰度和偏度	26
3.11.1	峰度	26
3.11.2	偏度	27
3.12	频数表	27
3.13	列联表	28
第4章	线性模型	29
4.1	方差分析	29
4.1.1	单因子方差分析	29
4.1.2	双因子方差分析	32
4.1.3	多因素方差分析	36
4.1.4	方差分析工具	39
4.2	线性回归	40
4.2.1	基本数学原理	41
4.2.2	有关函数介绍	43
4.2.3	应用实例	47
4.2.4	岭回归	56
4.3	扩展线性模型	57
4.4	多项式拟合	60
4.5	稳健回归	61
4.6	二次响应面模型	63
第5章	非线性模型	67
5.1	非线性最小二乘	67
5.2	决策树	75
第6章	假设检验	79
6.1	单个样本的t检验	79
6.1.1	基本数学原理	79
6.1.2	有关函数介绍	79
6.1.3	应用实例	80
6.2	两个样本的t检验	80
6.2.1	基本数学原理	80
6.2.2	有关函数介绍	81
6.2.3	应用实例	81

6.3	z 检验	82
第 7 章	分布的检验	84
7.1	Jarque-Bera 检验	84
7.1.1	基本数学原理	84
7.1.2	有关函数介绍	84
7.1.3	应用实例	85
7.2	单样本的 Kolmogorov-Smirnov 检验	85
7.2.1	基本数学原理	85
7.2.2	有关函数介绍	86
7.2.3	应用实例	86
7.3	两个样本的 Kolmogorov-Smirnov 检验	88
7.3.1	基本数学原理	88
7.3.2	有关函数介绍	89
7.3.3	应用实例	89
7.4	Lilliefors 检验	91
7.4.1	基本数学原理	91
7.4.2	有关函数介绍	91
7.4.3	应用举例	91
第 8 章	非参数检验	94
8.1	Kruskal-Wallis 检验	94
8.1.1	基本数学原理	94
8.1.2	有关函数介绍	94
8.1.3	应用实例	95
8.2	Friedman 检验	96
8.2.1	基本数学原理	96
8.2.2	有关函数介绍	96
8.2.3	应用实例	97
8.3	秩和检验	98
8.3.1	基本数学原理	98
8.3.2	有关函数介绍	98
8.3.3	应用举例	98
8.4	符号秩检验	99
8.4.1	基本数学原理	99
8.4.2	关函数介绍	99
8.4.3	应用实例	99
8.5	符号检验	100
8.5.1	基本数学原理	100
8.5.2	有关函数介绍	100
8.5.3	应用实例	101
第 9 章	多元统计	102

9.1	判别分析	102
9.1.1	基本数学原理	102
9.1.2	有关函数介绍	103
9.1.3	应用综合实例	104
9.2	系统聚类分析	105
9.2.1	基本数学原理	105
9.2.2	有关函数介绍	107
9.2.3	应用综合实例	113
9.3	K 均值聚类	122
9.4	主成分分析	125
9.4.1	有关函数介绍	125
9.4.2	应用综合实例	127
9.5	因子分析	135
9.6	多元方差分析	139
9.6.1	单因素多元方差分析	139
9.6.2	分组聚类	142
9.6.3	多元比较	143
第 10 章	统计过程控制	147
10.1	过程控制图	147
10.1.1	基本原理	147
10.1.2	有关函数介绍	147
10.2	过程性能图	151
第 11 章	试验设计	154
11.1	完全析因设计	154
11.1.1	基本原理	154
11.1.2	有关函数介绍	155
11.2	不完全析因设计	155
11.2.1	基本数学原理	155
11.2.2	有关函数介绍	156
11.2.3	应用实例	156
11.3	响应面设计	158
11.4	D-优化设计	159
11.4.1	基本数学原理	159
11.4.2	有关函数介绍	159
11.4.3	综合实例	163
第 12 章	统计图	165
12.1	箱形图	165
12.2	经验累加分布函数图	166
12.3	误差条图	167
12.4	函数交互等值线图	168

12.5	交互画线	169
12.6	交互点标注	170
12.7	散点矩阵图	170
12.8	散点图	172
12.9	添加最小二乘拟合线	173
12.10	正态概率图	174
12.11	帕累托图	174
12.12	q-q 图	175
12.13	回归个案次序图	177
12.14	参考多项式曲线	177
12.15	添加参考线	178
12.16	交互插值等值线图	179
12.17	威布尔图	179
第 13 章	文件输入/输出	181
13.1	文件输入	181
13.2	文件输出	182
第 14 章	统计演示	184
14.1	交互式方差分析工具	184
14.2	交互式经验分布函数工具	185
14.3	一般线性模型演示	186
14.4	稳健回归与最小二乘拟合比较工具	186
14.5	多项式拟合工具	187
14.6	随机数生成工具	188

第二篇 优化工具箱

第 15 章	优化工具箱概述	190
15.1	优化工具箱中的函数	190
15.2	优化函数的变量	191
15.3	参数设置	194
15.4	模型输入时需要注意的问题	195
15.5	@ (函数句柄) 函数	196
第 16 章	无约束最优化问题	197
16.1	单变量最小化	197
16.1.1	基本数学原理	197
16.1.2	有关函数介绍	198
16.2	无约束非线性规划问题	200
16.2.1	基本数学原理	200
16.2.2	有关函数介绍	202
第 17 章	有约束最优化问题	207
17.1	线性规划	207

17.1.1	基本数学原理	207
17.1.2	有关函数介绍	208
17.1.3	应用实例	209
17.2	有约束非线性最优化问题	216
17.2.1	基本数学原理	216
17.2.2	有关函数介绍	218
17.2.3	应用实例	221
第 18 章	二次规划	225
18.1	基本数学原理	225
18.2	有关函数介绍	225
18.3	应用实例	226
第 19 章	多目标规划	228
19.1	算法	228
19.2	有关函数介绍	229
19.3	应用实例	231
第 20 章	最大最小化	235
20.1	算法	235
20.2	有关函数介绍	235
20.3	应用实例	236
第 21 章	半无限问题	238
21.1	基本数学原理	238
21.2	有关函数介绍	238
21.3	应用实例	240
第 22 章	最小二乘问题	244
22.1	算法	244
22.2	线性最小二乘问题	245
22.3	非负线性最小二乘解问题	245
22.3.1	基本数学原理	245
22.3.2	有关函数介绍	246
22.3.3	应用实例	246
22.4	有约束线性最小二乘问题	247
22.4.1	基本数学原理	247
22.4.2	有关函数介绍	247
22.4.3	应用实例	248
22.5	非线性最小二乘问题	249
22.5.1	基本数学原理	249
22.5.2	有关函数介绍	250
22.5.3	应用实例	251
22.6	非线性曲线拟合问题	252
22.6.1	基本数学原理	252

22.6.2	有关函数介绍	252
22.6.3	应用实例	254
第 23 章	方程求解	256
23.1	线性方程(组)的求解	256
23.1.1	基本原理与算法	256
23.1.2	应用实例	256
23.2	非线性方程(组)的求解	257
23.2.1	非线性方程的求解	257
23.2.2	非线性方程组的求解	258
第 24 章	大型课题	263
24.1	概述	263
24.2	带雅可比矩阵的非线性等式	264
24.3	采用梯度和 Hess 矩阵的非线性最小化	266
24.4	采用梯度和 Hess 稀疏模式的非线性最小化	267
24.5	给定边界约束和初始条件的非线性最小化	269
24.6	带等式约束的非线性最小化	272
24.7	带边界约束的二次最小化	274
24.8	带边界约束的线性最小二乘问题	275
24.9	带等式约束和不等式约束的线性规划问题	276
第三篇 偏微分方程数值解工具箱		
第 25 章	偏微分方程数值解工具箱概述	278
第 26 章	偏微分方程数值解有关函数介绍	281
26.1	偏微分方程求解算法函数	281
26.2	自定义界面算法函数	296
26.3	几何算法函数	300
26.4	画图算法函数	308
26.5	实用算法函数	312
26.6	自定义算法函数	318
第 27 章	利用图形用户界面(GUI)求解偏微分方程的一般过程	322
27.1	选择应用模式	323
27.2	建立几何模型	323
27.3	定义边界条件	324
27.4	定义 PDE 类型和 PDE 系数	325
27.5	三角形网格剖分	326
27.6	PDE 求解	328
27.7	解的图形表达	329
第 28 章	几种常见的偏微分方程数值求解问题	332
28.1	椭圆型问题	332
28.1.1	单位圆盘的泊松方程	332

28.1.2	一个离散问题	336
28.1.3	最小表面问题	339
28.1.4	区域分解问题	340
28.2	抛物线型问题	342
28.2.1	受热金属块的热传导方程	342
28.2.2	放射性棒的热扩散	344
28.3	双曲线型问题	346
28.3.1	波动方程	346
28.3.2	波动方程的求解	346
28.4	特征值问题	348
28.4.1	L形薄膜的特征值和特征函数	348
28.4.2	圆角L形薄膜	351
28.4.3	方形的特征值和特征值模式	352
第 29 章	应用模式	354
29.1	概述	354
29.2	结构力学——平面应力	354
29.3	结构力学——平面应变	357
29.4	静电学	357
29.5	静磁学	359
29.6	交流电电磁学	361
29.7	直流导电介质	364
29.8	热传导	365
29.9	扩散问题	367

第四篇 样条工具箱

第 30 章	样条工具箱及样条曲线简介	368
第 31 章	三次样条曲线	370
31.1	基本原理	370
31.2	三次样条曲线的生成	372
第 32 章	分段多项式 (PP) 样条曲线	380
32.1	基本原理	380
32.2	分段多项式样条曲线的生成	382
第 33 章	B 样条曲线	386
33.1	基本原理	386
33.2	B 样条曲线的生成	389
第 34 章	有理样条曲线	397
34.1	基本原理	397
34.2	有理样条函数的生成	400
第 35 章	操作器类函数	402
第 36 章	样条曲线的端点与节点处理类函数	415

第 37 章	解线性方程组类函数	423
第 38 章	样条 GUI 函数	425
第五篇 信号处理工具箱		
第 39 章	采样与波形发生	433
第 40 章	模拟滤波器设计	439
40.1	巴特沃思滤波器	439
40.1.1	有关函数介绍	439
40.1.2	应用实例	440
40.2	切比雪夫滤波器	440
40.2.1	Chebyshev I 型	440
40.2.2	Chebyshev II 型	442
40.3	椭圆滤波器	443
40.3.1	有关函数介绍	443
40.3.2	应用实例	443
40.4	贝塞尔滤波器	444
40.4.1	有关函数介绍	444
40.4.2	应用实例	444
40.5	频率变换	445
40.5.1	有关函数介绍	445
40.5.2	应用实例	447
40.6	模拟滤波器最小阶数的选择	448
40.6.1	有关函数介绍	448
40.6.2	应用实例	448
第 41 章	数字滤波器设计	451
41.1	IIR 滤波器设计方法	451
41.2	IIR 滤波器经典设计	451
41.2.1	IIR 滤波器完全设计函数	451
41.2.2	模拟滤波器变换法	456
41.3	FIR 滤波器设计方法	461
41.3.1	FIR 窗函数设计	461
41.3.2	最优 FIR 滤波器设计	464
第 42 章	滤波器分析	467
42.1	时间响应	467
42.2	频率响应	470
42.3	零极点图	472
42.4	相时延	473
42.5	群延迟	474
第 43 章	随机信号的参数模型和功率谱估计	476
43.1	相关函数的估计	476

43.2	经典功率谱估计	479
43.3	AR 模型功率谱估计	481
43.4	基于特征分解功率谱估计方法	484
43.4.1	MUSIC 算法—Multiple Signal Classification(多信号分类法)	484
43.4.2	MVDR 算法—Minimum Variance Distortionless Response(最小方差无失真响应)	487

第六篇 曲线拟合工具箱

第 44 章	数据预处理	489
44.1	输入数据集	489
44.1.1	打开曲线拟合工具界面	489
44.1.2	输入数据集	490
44.2	数据的查看	492
44.2.1	散点图方式	492
44.2.2	工作表方式	493
44.3	数据的预处理	494
44.3.1	平滑数据	494
44.3.2	排除法和区间排除法	496
44.3.3	其他数据预处理方法	496
第 45 章	曲线拟合	498
45.1	有关函数介绍	498
45.1.1	多项式拟合函数	498
45.1.2	其他函数	499
45.2	曲线的参数拟合	500
45.3	非参数拟合	506
45.4	基本的拟合界面	509
参考文献		513

第一篇 统计工具箱

第 1 章 统计工具箱简介

自然界和人类社会会发生各种各样的现象，其中有的现象在一定条件下是必然要发生的，有的则表现出一定的随机性，但总体上又有一定的规律可循。一般称前者为确定性事件，后者为不确定性事件（或称随机事件）。概率论和数理统计就是研究和揭示不确定事件统计规律性的一门数学学科。

作为一个实用性很强的数学分支，概率论和数理统计的理论和方法已经广泛应用于管理、经济、心理、教育、体育、医学、生物、化学、机械、水文、地质、林业、气象、工业生产、建筑、通信、自动控制等几乎所有的社会和技术科学领域。

MATLAB 6.5 的统计工具箱相对于前面一些版本，改进较大。目前已经可以与 SPSS, SAS 等软件的统计功能相媲美。该工具箱是一个建立在 MATLAB 数值计算环境上的工具集，它支持随机数生成、曲线拟合、试验设计和统计过程控制等很多常见的统计任务。它提供了两类工具：概率统计函数和图形交互工具。

第 1 类工具由很多函数组成，这些函数可以从命令行或自己的应用程序中调用。它们大部分是 MATLAB M 文件，实现了一定的统计算法。假设函数名称为 `function_name`，在把该函数所在的路径设置为当前路径以后，在命令行中输入下面的语句，可以查看该函数的代码。

```
type function_name
```

将工具箱中的任何函数复制到其他路径并重命名以后修改它，可以改变它的行为方式。还可以在工具箱中添加自己的 M 文件来扩展工具箱。

第 2 类工具是图形交互工具。利用它们，可以以图形用户界面的形式实现很多函数的功能，方便而且直观。

1.1 统计工具箱的内容

MATLAB6.5 提供的工具箱内容非常丰富，涉及了当前大学生和研究生概率统计教材中的所有课题，新版本甚至增加了 K 均值聚类 and 决策树等内容，可以为数据挖掘中的某些任务提供解决方案。具体地讲，统计工具箱中包括以下几方面的内容。

- 概率分布：给出了常见的 20 种概率分布类型的概率密度函数、累加分布函数（分布函数）、逆累加分布函数、参数估计函数、随机数生成函数和统计量计算函数。
- 参数估计：提供了多种分布类型分布参数及其置信区间的估计方法。
- 样本描述：提供了描述中心趋势和离散趋势的统计量函数，缺失数据条件下的样本描述方法以及其他一些统计量计算函数。

- 方差分析：包括单因子方差分析、双因子方差分析和多因子方差分析。
- 多元方差分析：包括单因素多元方差分析、分组聚类 and 多元比较等。
- 回归分析：包括多元线性回归（含逐步回归）、岭回归、一般线性模型拟合、多项式拟合、稳健回归、响应面分析（含二维响应面分析和多维响应面分析）、非线性回归。
- 假设检验：包括单样本 t 检验、双样本 t 检验和 z 检验。
- 分布的检验：包括 Jarque-Bera 正态性检验、Kolmogorov-smirnov 单样本检验、Kolmogorov-smirnov 双样本检验和 Lilliefors 正态性检验。
- 非参数检验：包括 friedman 检验、Kruskalwallis 检验、秩和检验、符号秩检验和符号检验。
- 判别分析。
- 聚类分析：包括系统聚类和 K 均值聚类两种。
- 主成分分析。
- 因子分析。
- 决策树。
- 统计过程控制：提供了常用的过程管理图和过程性能图。
- 试验设计：包括完全析因设计、不完全析因设计、响应面设计和 D-优化设计。
- 统计图：包括箱形图、经验累加分布函数图、误差条图、函数交互等值线图、交互画线、交互点标注、散点矩阵图、散点图、添加最小二乘拟合线、正态概率图、帕累托图、q-q 图、回归个案次序图、参考多项式曲线、添加参考线、交互插值等值线图和威布尔图。

1.2 数学符号约定

在后续章节中，讲解统计工具箱中的函数时难免要提到各种数学概念和公式。表 1-1 列出了经常用到的数学符号的说明。

表 1-1 统计工具箱中的数学符号约定

数 学 符 号	说 明
β	线性模型中的参数
$E(x)$	x 的期望值
$f(x a,b)$	概率密度函数。 x 是独立变量， a 和 b 是固定参数
$F(x a,b)$	累积分布函数
$I([a, b])$ 或 $I[a, b]$	指示函数
p 和 q	p 是某些事件发生的概率， q 是事件不发生的概率， $q=1-p$