



21世纪全国本科院校电气信息类**创新型**应用人才培养规划教材

Mathcad在信号与系统中的应用

主 编 郭仁春

界面直观友好
步骤简洁明了
编程方法领域里堪称神奇
数学计算软件中的战斗机



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材

Mathcad 在信号与系统中的应用

主 编 郭仁春

副主编 赵立杰 汪 滢 白海军

参 编 王国刚 曾 静



北京大学出版社
PEKING UNIVERSITY PRESS

内 容 简 介

本书主要讲述采用 Mathcad 软件对“信号与系统”中的数学原理进行数学仿真。信号与系统是信息类专业重要的基础理论课程,该课程充斥了大量的数学原理及工程应用,计算复杂,讲解难度大。采用 Mathcad 软件可以用演算、图形、动画等形式简单明了地演示复杂的数学原理及计算过程,特别是 Mathcad 的符号运算,其界面非常友好直观,采用 Mathcad 软件进行公式演算和推导有一种“手写”的感觉,这是同类型的其他软件所无法比拟的。

全书分为两大部分,第一部分着重介绍 Mathcad 的相关知识,如基本运算、矩阵、微积分、方程、绘图等基本操作。第二部分讲解 Mathcad 在信号与系统中的应用,该部分主要包括信号的四大变换——时域变换、傅里叶变换、拉普拉斯变换和 Z 变换,在掌握“信号”的四种变换的基础上继续讲述相应的“系统”知识。

本书适合作为本科“信号与系统”课程的补充教材。

图书在版编目(CIP)数据

Mathcad 在信号与系统中的应用/郭仁春主编. —北京:北京大学出版社,2012.9

(21 世纪全国本科院校电气信息类创新型应用人才培养规划教材)

ISBN 978-7-301-20918-9

I. ① M… II. ① 郭… III. ① 信号系统—计算机辅助计算—应用软件—高等学校—教材

IV. ① TN911.6-39

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2012) 第 147732 号

书 名: Mathcad 在信号与系统中的应用

著作责任者: 郭仁春 主编

策 划 编 辑: 程志强 郑 双

责 任 编 辑: 程志强

标 准 书 号: ISBN 978-7-301-20918-9/TP · 1231

出 版 者: 北京大学出版社

地 址: 北京市海淀区成府路 205 号 100871

网 址: <http://www.pup.cn> <http://www.pup6.cn>

电 话: 邮购部 62752015 发行部 62750672 编辑部 62750667 出版部 62754962

电 子 邮 箱: pup_6@163.com

印 刷 者: 三河市博文印刷厂

发 行 者: 北京大学出版社

经 销 者: 新华书店

787 毫米×1092 毫米 16 开本 14.75 印张 339 千字

2012 年 9 月第 1 版 2012 年 9 月第 1 次印刷

定 价: 30.00 元

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

举报电话: 010-62752024

电子邮箱: fd@pup.pku.edu.cn

前 言

Mathcad 作为一种数学工具，其快捷友好的操作令人拍案叫绝。对于只希望解决手边的数学问题，但又不会编程的人来说，Mathcad 绝对是首选。Mathcad 可以说是数学计算软件中的战斗机。

Mathcad 尽量屏蔽各种复杂的技术细节，处处体现以用户为核心的设计理念，用比较流行的说法，就叫做“以人为本”。

Mathcad 的书写方式与教科书基本相同。教材是什么样的，Mathcad 的界面就是什么样的。用 Mathcad 编写的文档类似于 Word 文档，普通用户基本没有阅读障碍。

全书分两部分，第一部分主要讲解 Mathcad 的使用方法，包括数值计算、符号计算、函数图像、向量矩阵、方程与优化等。其中的“符号计算”会让人感到耳目一新。初次接触时会感叹：“居然可以这样计算！”

第二部分讲解 Mathcad 在信号与系统中的应用。“信号与系统”是一门复杂的工程数学课程，对高等数学要求比较高。在教学过程中怎样将复杂的数学原理介绍给学生，这是令许多教师感觉头痛的问题，使用黑板演算大量的公式、函数图像等往往令人望而却步，而这在 Mathcad 中统统成了流畅愉悦的书写过程。

参与本书编写的有赵立杰、汪滢、白海军、王国刚和曾静，感谢他们为本书付出的时间和精力。

在 Mathcad 中，您写完一个复杂的数学公式后，再按下“=”键，那将是一个很“爽”的体验。好，下面让我带您进行一段神奇的 Mathcad 之旅吧！

郭仁春
2012 年 2 月

北京大学出版社本科计算机系列实用规划教材

序号	标准书号	书 名	主 编	定价	序号	标准书号	书 名	主 编	定价
1	7-301-10511-5	离散数学	段禅伦	28	43	7-301-14506-7	Photoshop CS3 案例教程	李建芳	34
2	7-301-10457-X	线性代数	陈付贵	20	44	7-301-14510-4	C++程序设计基础案例教程	于永彦	33
3	7-301-10510-X	概率论与数理统计	陈荣江	26	45	7-301-14942-3	ASP .NET 网络应用案例教程 (C# .NET 版)	张登辉	33
4	7-301-10503-0	Visual Basic 程序设计	闵联营	22	46	7-301-12377-5	计算机硬件技术基础	石 磊	26
5	7-301-10456-9	多媒体技术及其应用	张正兰	30	47	7-301-15208-9	计算机组成原理	娄国焕	24
6	7-301-10466-8	C++程序设计	刘天印	33	48	7-301-15463-2	网页设计与制作案例教程	房爱莲	36
7	7-301-10467-5	C++程序设计实验指导与习题解答	李 兰	20	49	7-301-04852-8	线性代数	姚喜妍	22
8	7-301-10505-4	Visual C++程序设计教程与上机指导	高志伟	25	50	7-301-15461-8	计算机网络技术	陈代武	33
9	7-301-10462-0	XML 实用教程	丁跃潮	26	51	7-301-15697-1	计算机辅助设计二次开发案例教程	谢安俊	26
10	7-301-10463-7	计算机网络系统集成	斯桃枝	22	52	7-301-15740-4	Visual C# 程序开发案例教程	韩朝阳	30
11	7-301-10465-1	单片机原理及应用教程	范立南	30	53	7-301-16597-3	Visual C++程序设计实用案例教程	于永彦	32
12	7-5038-4421-3	ASP.NET 网络编程实用教程 (C#版)	崔良海	31	54	7-301-16850-9	Java 程序设计案例教程	胡巧多	32
13	7-5038-4427-2	C 语言程序设计	赵建锋	25	55	7-301-16842-4	数据库原理与应用 (SQL Server 版)	毛一梅	36
14	7-5038-4420-5	Delphi 程序设计基础教程	张世明	37	56	7-301-16910-0	计算机网络技术基础与应用	马秀峰	33
15	7-5038-4417-5	SQL Server 数据库设计与应用	姜 力	31	57	7-301-15063-4	计算机网络基础与应用	刘远生	32
16	7-5038-4424-9	大学计算机基础	贾丽娟	34	58	7-301-15250-8	汇编语言程序设计	张光长	28
17	7-5038-4430-0	计算机科学与技术导论	王昆仑	30	59	7-301-15064-1	网络安全技术	骆耀祖	30
18	7-5038-4418-3	计算机网络应用实例教程	魏 峥	25	60	7-301-15584-4	数据结构与算法	佟伟光	32
19	7-5038-4415-9	面向对象程序设计	冷英男	28	61	7-301-17087-8	操作系统实用教程	范立南	36
20	7-5038-4429-4	软件工程	赵春刚	22	62	7-301-16631-4	Visual Basic 2008 程序设计教程	隋晓红	34
21	7-5038-4431-0	数据结构(C++版)	秦 锋	28	63	7-301-17537-8	C 语言基础案例教程	汪新民	31
22	7-5038-4423-2	微机应用基础	吕晓燕	33	64	7-301-17397-8	C++程序设计基础教程	郝亚辉	30
23	7-5038-4426-4	微型计算机原理与接口技术	刘彦文	26	65	7-301-17578-1	图论算法理论、实现及应用	王桂平	54
24	7-5038-4425-6	办公自动化教程	钱 俊	30	66	7-301-17964-2	PHP 动态网页设计与制作案例教程	房爱莲	42
25	7-5038-4419-1	Java 语言程序设计实用教程	董迎红	33	67	7-301-18514-8	多媒体开发与编程	于永彦	35
26	7-5038-4428-0	计算机图形技术	龚声蓉	28	68	7-301-18538-4	实用计算方法	徐亚平	24
27	7-301-11501-5	计算机软件技术基础	高 巍	25	69	7-301-18539-1	Visual FoxPro 数据库设计案例教程	谭红杨	35
28	7-301-11500-8	计算机组装与维护实用教程	崔明远	33	70	7-301-19313-6	Java 程序设计案例教程与实训	董迎红	45
29	7-301-12174-0	Visual FoxPro 实用教程	马秀峰	29	71	7-301-19389-1	Visual FoxPro 实用教程与上机指导 (第2版)	马秀峰	40
30	7-301-11500-8	管理信息系统实用教程	杨月江	27	72	7-301-19435-5	计算方法	尹景本	28
31	7-301-11445-2	Photoshop CS 实用教程	张 瑾	28	73	7-301-19388-4	Java 程序设计教程	张剑飞	35
32	7-301-12378-2	ASP.NET 课程设计指导	潘志红	35	74	7-301-19386-0	计算机图形技术(第2版)	许承东	44
33	7-301-12394-2	C# .NET 课程设计指导	龚自霞	32	75	7-301-15689-6	Photoshop CS5 案例教程 (第2版)	李建芳	39
34	7-301-13259-3	VisualBasic .NET 课程设计指导	潘志红	30	76	7-301-18395-3	概率论与数理统计	姚喜妍	29
35	7-301-12371-3	网络工程实用教程	汪新民	34	77	7-301-19980-0	3ds Max 2011 案例教程	李建芳	44
36	7-301-14132-8	J2EE 课程设计指导	王立丰	32	78	7-301-20052-0	数据结构与算法应用实践教程	李文书	36
37	7-301-21088-8	计算机专业英语(第2版)	张 勇	42	79	7-301-12375-1	汇编语言程序设计	张宝剑	36

38	7-301-13684-3	单片机原理及应用	王新颖	25	80	7-301-20523-5	Visual C++程序设计教程与上机指导(第2版)	牛江川	40
39	7-301-14505-0	Visual C++程序设计案例教程	张荣梅	30	81	7-301-20630-0	C#程序开发案例教程	李挥剑	39
40	7-301-14259-2	多媒体技术应用案例教程	李 建	30	82	7-301-20898-4	SQL Server 2008 数据库应用案例教程	钱 哨	38
41	7-301-14503-6	ASP.NET 动态网页设计案例教程(Visual Basic .NET 版)	江 红	35	83	7-301-21052-9	ASP.NET 程序设计与开发	张绍兵	39
42	7-301-14504-3	C++面向对象与 Visual C++ 程序设计案例教程	黄贤英	35	84	7-301-16824-0	软件测试案例教程	丁宋涛	28

北京大学出版社电气信息类教材书目(已出版)

欢迎选订

序号	标准书号	书 名	主 编	定价	序号	标准书号	书 名	主 编	定价
1	7-301-10759-1	DSP 技术及应用	吴冬梅	26	38	7-5038-4400-3	工厂供电	王玉华	34
2	7-301-10760-7	单片机原理与应用技术	魏立峰	25	39	7-5038-4410-2	控制系统仿真	郑恩让	26
3	7-301-10765-2	电工学	蒋 中	29	40	7-5038-4398-3	数字电子技术	李 元	27
4	7-301-19183-5	电工与电子技术(上册)(第2版)	吴舒辞	30	41	7-5038-4412-6	现代控制理论	刘永信	22
5	7-301-19229-0	电工与电子技术(下册)(第2版)	徐卓农	32	42	7-5038-4401-0	自动化仪表	齐志才	27
6	7-301-10699-0	电子工艺实习	周春阳	19	43	7-5038-4408-9	自动化专业英语	李国厚	32
7	7-301-10744-7	电子工艺学教程	张立毅	32	44	7-5038-4406-5	集散控制系统	刘翠玲	25
8	7-301-10915-6	电子线路 CAD	吕建平	34	45	7-301-19174-3	传感器基础(第2版)	赵玉刚	30
9	7-301-10764-1	数据通信技术教程	吴延海	29	46	7-5038-4396-9	自动控制原理	潘 丰	32
10	7-301-18784-5	数字信号处理(第2版)	阎 毅	32	47	7-301-10512-2	现代控制理论基础(国家级十一五规划教材)	侯媛彬	20
11	7-301-18889-7	现代交换技术(第2版)	姚 军	36	48	7-301-11151-2	电路基础学习指导与典型题解	公茂法	32
12	7-301-10761-4	信号与系统	华 容	33	49	7-301-12326-3	过程控制与自动化仪表	张井岗	36
13	7-301-19318-1	信息与通信工程专业英语(第2版)	韩定定	32	50	7-301-12327-0	计算机控制系统	徐文尚	28
14	7-301-10757-7	自动控制原理	袁德成	29	51	7-5038-4414-0	微机原理及接口技术	赵志诚	38
15	7-301-16520-1	高频电子线路(第2版)	宋树祥	35	52	7-301-10465-1	单片机原理及应用教程	范立南	30
16	7-301-11507-7	微机原理与接口技术	陈光军	34	53	7-5038-4426-4	微型计算机原理与接口技术	刘彦文	26
17	7-301-11442-1	MATLAB 基础及其应用教程	周开利	24	54	7-301-12562-5	嵌入式基础实践教程	杨 刚	30
18	7-301-11508-4	计算机网络	郭银景	31	55	7-301-12530-4	嵌入式 ARM 系统原理与实例开发	杨宗德	25
19	7-301-12178-8	通信原理	隋晓红	32	56	7-301-13676-8	单片机原理与应用及 C51 程序设计	唐 颖	30
20	7-301-12175-7	电子系统综合设计	郭 勇	25	57	7-301-13577-8	电力电子技术及应用	张润和	38
21	7-301-11503-9	EDA 技术基础	赵明富	22	58	7-301-20508-2	电磁场与电磁波(第2版)	郭春明	30
22	7-301-12176-4	数字图像处理	曹茂永	23	59	7-301-12179-5	电路分析	王艳红	38
23	7-301-12177-1	现代通信系统	李白萍	27	60	7-301-12380-5	电子测量与传感技术	杨 雷	35
24	7-301-12340-9	模拟电子技术	陆秀令	28	61	7-301-14461-9	高电压技术	马永翔	28
25	7-301-13121-3	模拟电子技术实验教程	谭海曙	24	62	7-301-14472-5	生物医学数据分析及其 MATLAB 实现	尚志刚	25
26	7-301-11502-2	移动通信	郭俊强	22	63	7-301-14460-2	电力系统分析	曹 娜	35
27	7-301-11504-6	数字电子技术	梅开乡	30	64	7-301-14459-6	DSP 技术与应用基础	俞一彪	34
28	7-301-18860-6	运筹学(第2版)	吴亚丽	28	65	7-301-14994-2	综合布线系统基础教程	吴达金	24
29	7-5038-4407-2	传感器与检测技术	祝诗平	30	66	7-301-15168-6	信号处理 MATLAB 实验教程	李 杰	20
30	7-5038-4413-3	单片机原理及应用	刘 刚	24	67	7-301-15440-3	电工电子实验教程	魏 伟	26
31	7-5038-4409-6	电机与拖动	杨天明	27	68	7-301-15445-8	检测与控制实验教程	魏 伟	24
32	7-5038-4411-9	电力电子技术	樊立萍	25	69	7-301-04595-4	电路与模拟电子技术	张绪光	35
33	7-5038-4399-0	电力市场原理与实践	邹 斌	24	70	7-301-15458-8	信号、系统与控制理论(上、下册)	邱德润	70
34	7-5038-4405-8	电力系统继电保护	马永翔	27	71	7-301-15786-2	通信网的信令系统	张云麟	24
35	7-5038-4397-6	电力系统自动化	孟祥忠	25	72	7-301-16493-8	发电厂变电所电气部分	马永翔	35
36	7-5038-4404-1	电气控制技术	韩顺杰	22	73	7-301-16076-3	数字信号处理	王震宇	32
37	7-5038-4403-4	电器与 PLC 控制技术	陈志新	38	74	7-301-16931-5	微机原理及接口技术	肖洪兵	32

序号	标准书号	书 名	主 编	定价	序号	标准书号	书 名	主 编	定价
75	7-301-16932-2	数字电子技术	刘金华	30	95	7-301-18314-4	通信电子线路及仿真设计	王鲜芳	29
76	7-301-16933-9	自动控制原理	丁 红	32	96	7-301-19175-0	单片机原理与接口技术	李 升	46
77	7-301-17540-8	单片机原理及应用教程	周广兴	40	97	7-301-19320-4	移动通信	刘维超	39
78	7-301-17614-6	微机原理及接口技术实验指导书	李干林	22	98	7-301-19447-8	电气信息类专业英语	缪志农	40
79	7-301-12379-9	光纤通信	卢志茂	28	99	7-301-19451-5	嵌入式系统设计及应用	邢吉生	44
80	7-301-17382-4	离散信息论基础	范九伦	25	100	7-301-19452-2	电子信息类专业 MATLAB 实验教程	李明明	42
81	7-301-17677-1	新能源与分布式发电技术	朱永强	32	101	7-301-16914-8	物理光学理论与应用	宋贵才	32
82	7-301-17683-2	光纤通信	李丽君	26	102	7-301-16598-0	综合布线系统管理教程	吴达金	39
83	7-301-17700-6	模拟电子技术	张绪光	36	103	7-301-20394-1	物联网基础与应用	李蔚田	44
84	7-301-17318-3	ARM 嵌入式系统基础与开发教程	丁文龙	36	104	7-301-20339-2	数字图像处理	李云红	36
85	7-301-17797-6	PLC 原理及应用	缪志农	26	105	7-301-20340-8	信号与系统	李云红	29
86	7-301-17986-4	数字信号处理	王玉德	32	106	7-301-20505-1	电路分析基础	吴舒辞	38
87	7-301-18131-7	集散控制系统	周荣富	36	107	7-301-20506-8	编码调制技术	黄 平	26
88	7-301-18285-7	电子线路 CAD	周荣富	41	108	7-301-20763-5	网络工程与管理	谢 慧	39
89	7-301-16739-7	MATLAB 基础及应用	李国朝	39	109	7-301-20845-8	单片机原理与接口技术实验与课程设计	徐懂理	26
90	7-301-18352-6	信息论与编码	隋晓红	24	110	301-20725-3	模拟电子线路	宋树祥	38
91	7-301-18260-4	控制电机与特种电机及其控制系统	孙冠群	42	111	7-301-21058-1	单片机原理与应用及其实验指导书	邵发森	44
92	7-301-18493-6	电工技术	张 莉	26	112	7-301-20918-9	Mathcad 在信号与系统中的应用	郭仁春	30
93	7-301-18496-7	现代电子系统设计教程	宋晓梅	36	113	7-301-20327-9	电工学实验教程	王士军	34
94	7-301-18672-5	太阳能电池原理与应用	靳瑞敏	25	114	7-301-16367-2	供配电技术	王玉华	49

请登录 www.pup6.cn 免费下载本系列教材的电子书(PDF 版)、电子课件和相关教学资源。

欢迎免费索取样书, 并欢迎到北京大学出版社来出版您的著作, 可在 www.pup6.cn 在线申请样书和进行选题登记, 也可下载相关表格填写后发到我们的邮箱, 我们将及时与您取得联系并做好全方位的服务。

联系方式: 010-62750667, pup6_czq@163.com, szheng_pup6@163.com, linzhangbo@126.com, 欢迎来电来信咨询。

目 录

第一部分 Mathcad 应用详解

第 1 章 Mathcad 基础	3
1.1 第一印象	3
1.2 Mathcad 简介	5
1.3 Mathcad 的基本概念	7
1.3.1 Mathcad 主窗口	7
1.3.2 【数学】工具栏	8
1.3.3 Mathcad 区域	9
1.3.4 数字格式及数制	13
第 2 章 Mathcad 的数值与符号运算	17
2.1 关于等号	17
2.1.1 几种等号	17
2.1.2 关于“等号”的显示	19
2.2 变量与函数的定义	20
2.2.1 变量的定义	20
2.2.2 函数	21
2.2.3 自定义运算符	22
2.3 基本数值运算	24
2.3.1 基本数值运算介绍	24
2.3.2 复数运算	25
2.3.3 进制运算	26
2.3.4 单位运算	27
2.4 初等代数运算	28
2.4.1 关于符号运算	28
2.4.2 因式分解	30
2.4.3 代数式的展开	33
2.4.4 三角函数展开	33
2.4.5 代数式的化简“simplify”	33
2.4.6 收集项“collect”	34
2.4.7 组合“combine”与重写 “rewrite”	34
2.4.8 以直角坐标形式写入复数 “rectangular”	35
2.4.9 求多项式系数	35
2.4.10 级数展开	36
2.4.11 连分式	36
2.4.12 关键字“float”	37

2.4.13 替换“substitute”	38
2.4.14 显示计算“explicit”	38
2.4.15 假设变量“assume”	39
2.5 极限、微积分的运算	39
2.5.1 极限运算	39
2.5.2 微分运算	40
2.5.3 积分运算	41
2.6 求和与积运算	43
2.6.1 求和运算	43
2.6.2 积运算	44
第 3 章 矩阵和向量	45
3.1 创建矩阵	45
3.1.1 使用创建矩阵工具	45
3.1.2 使用表格创建矩阵	46
3.1.3 使用下标直接定义矩阵	47
3.1.4 使用值域变量创建矩阵	47
3.1.5 使用数据导入向导创建 矩阵	48
3.1.6 复制、粘贴矩阵	49
3.1.7 特殊矩阵	50
3.1.8 使用矩阵创建函数	51
3.1.9 关于矩阵原点	51
3.2 矩阵的加、减、乘、求逆、转置	52
3.3 矩阵合并和子矩阵	53
3.4 嵌套矩阵	54
3.5 向量	55
3.5.1 定义向量	55
3.5.2 向量化运算符	57
3.5.3 向量和、点积与向量积	57
3.5.4 特征向量与特征值	58
3.5.5 对数间隔点向量	59
3.6 矩阵的其他函数	60
第 4 章 方程与优化求解	62
4.1 代数式求根	62
4.1.1 root	62
4.1.2 polyroots	63
4.2 解方程	64
4.2.1 方程的数值解法	64



4.2.2 方程的符号解法	65	7.4.2 离散信号的卷积	120
4.3 求解线性方程组	66	7.4.3 逆卷积运算 deconvol	123
4.4 使用模块 Given—Find 求解 方程组	67	7.4.4 卷积过程的动画演示	123
4.5 优化求解	69	习题	126
4.5.1 线性规划求解	70	第8章 连续信号的频域分析	128
4.5.2 非线性规划求解	70	8.1 傅里叶级数	128
4.5.3 求解参数系统	72	8.1.1 周期信号的 Mathcad 表示 方法	128
4.5.4 矩阵作为未知量的求解	73	8.1.2 三角形形式的傅里叶级数	130
4.5.5 方程的近似解	73	8.1.3 指数形式的傅里叶级数	132
第5章 图形与动画	75	8.2 周期信号的频谱图	133
5.1 二维图形	75	8.2.1 三角形形式的傅里叶频谱图	133
5.1.1 直角坐标系二维图形	75	8.2.2 指数形式的频谱图	135
5.1.2 设置图形格式	79	8.2.3 周期与频率,时宽与频宽的 关系	135
5.1.3 极坐标绘图	82	8.3 傅里叶变换	138
5.2 三维图形	83	8.3.1 傅里叶变换的 Mathcad 实现	138
5.2.1 用普通函数创建曲面图	83	8.3.2 非周期信号的频谱分析	140
5.2.2 用矩阵创建曲面图	85	习题	141
5.2.3 创建参数曲面图	86	第9章 连续信号的复频域分析	142
5.2.4 创建三维曲线	88	9.1 拉普拉斯变换	142
5.3 动画制作	93	9.2 拉普拉斯反变换	143
5.3.1 动画制作基础	93	9.3 拉普拉斯变换的频谱图	143
5.3.2 动画制作实例	95	9.4 拉普拉斯变换和傅里叶变换的 关系	145
第6章 编程	99	习题	147
6.1 编程工具	99	第10章 离散信号的Z域分析	148
6.2 分支	100	10.1 Z变换	148
6.3 循环	102	10.2 Z反变换	150
6.4 break、continue 和 return	102	习题	151
6.5 on error	103	第11章 线性系统的时域分析	152
6.6 矩阵在编程模块中的应用	103	11.1 微分方程的齐次解和特解	152
6.7 程序调试	104	11.2 微分方程奇次解和特解的 Mathcad 实现	153
第二部分 Mathcad 在信号与系统 中的应用		11.3 微分方程数值解的 Mathcad 实现	156
第7章 连续信号的时域分析	111	习题	159
7.1 连续时间信号的表示方法	111	第12章 连续系统的频域分析	160
7.2 离散时间信号的表示方法	115	12.1 傅里叶分析方法	160
7.3 信号的时域变换	118		
7.4 卷积	119		
7.4.1 连续信号的卷积	120		

12.2 理想低通滤波器	162	14.3.2 离散系统的单位函数 响应	192
12.3 系统函数与系统的频率特性	163	14.3.3 系统的零状态响应	192
12.4 连续信号的采样与重构	165	习题	194
12.4.1 抽样定理	165	第 15 章 离散系统的 Z 域分析	195
12.4.2 信号重构	166	15.1 系统函数 $H(z)$ 的零极图	196
12.4.3 信号重构的 Mathcad 实现	167	15.2 系统的零极图与系统的 稳定性	199
习题	171	15.3 系统的零极图与系统的频率 特性	202
第 13 章 连续系统的复频域分析	173	15.4 Z 变换求解系统的差分方程	205
13.1 系统函数 $H(s)$ 的零极图	173	习题	206
13.2 零极点分布与系统的稳定性	175	第 16 章 离散傅里叶变换	207
13.3 零极点分布与系统频率特性	178	16.1 FFT 与 IFFT	208
13.4 系统全响应的拉普拉斯变换 求解	183	16.2 FFT 与 IFFT 结果的含义	210
习题	185	16.3 fft 与 ifft	213
第 14 章 离散系统的时域分析	186	16.4 CFFT、ICFFT 与 cfft、icfft	217
14.1 离散系统的经典解法	186	16.5 功率谱	219
14.2 离散系统的数值解法	189	习题	221
14.3 离散系统的零输入和零状态 响应	191	后记	222
14.3.1 离散系统的零输入 响应	191	参考文献	223

第一部分

Mathcad应用详解

Mathcad是一款数学计算软件，其全称是数学计算机辅助设计(Math Computer Aided Design)。Mathcad的操作方便友好，特别适合于那些不喜欢编程又要解决数学问题的人。

本部分将对Mathcad进行全面讲解，通过简单的实例，让读者在短时间内了解Mathcad的绝大部分操作。通过学习，读者可能会发现，Mathcad绝对是您工作和生活中的得力助手。



第1章

Mathcad 基础

Mathcad 是数学爱好者的福音。学习 Mathcad 不需要多少编程知识，通过本章的学习，相信 Mathcad 将成为读者生活中的一件利器。



教学目标

认识 Mathcad 的界面
熟悉 Mathcad 的概念
掌握简单的计算技巧

1.1 第一印象

在正式学习 Mathcad 的应用之前，初次感受一下 Mathcad 给人们带来的不同凡响。对于研究数学又不熟悉编程的朋友来说，通过完成下面几个小例子可能会脱口而出：“噢，这就是我想要的！”

如图 1.1 所示，是打开 Mathcad 所看到的画面，注意工作区中有一个红色的十字形光标。

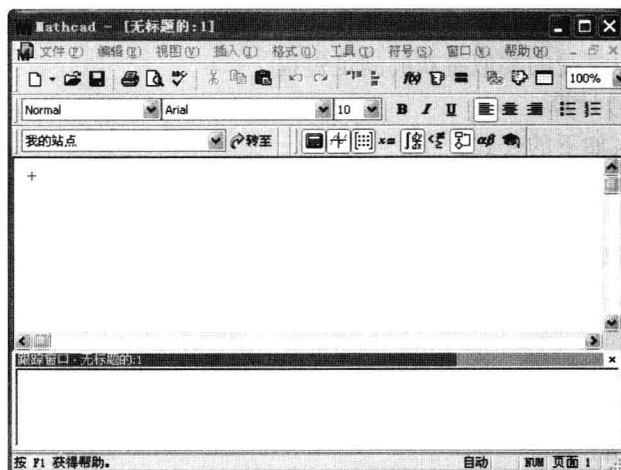
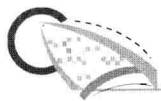


图 1.1 Mathcad 工作界面

**【例 1-1】 计算器。**

人们已经习惯于使用计算器进行计算，但对于数据量大、计算烦琐的情况，普通计算器就受到了限制。在这方面可以体验一下 Mathcad 的强大本领。

在工作区中输入“ $1+1/2+1/3+1/4$ ”，界面会显示如下：

$$1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{3 + \frac{1}{4}}}$$

此时按【=】键，就会给出计算结果，显示如下：

$$1 + \frac{1}{2 + \frac{1}{3 + \frac{1}{4}}} = 1.433$$

但这可能不是想要的结果，如果在输入“ $1+1/2+1/3+1/4+1/5$ ”的过程中，在适当的位置按【Space】键，则可以改变蓝色编辑线的位置，得到下面的结果：

$$1 + \frac{1}{2} + \frac{1}{3} + \frac{1}{4} = 2.083$$

可以尝试修改“=”号前面的数值，使计算结果随之而改。按【Space】键可能是 Mathcad 最常见的一个动作了。

【例 1-2】 数学公式。

如果想计算下面的结果，一般人都会望而生畏，这不是计算器或 Excel 等软件能轻易计算的。此时正是 Mathcad 大展神威的时候。

$$\sqrt{\sin\left(\frac{\pi}{3}\right)\cos\left(\frac{\pi}{5}\right)} + \frac{\log(3) + \log\left(\frac{3}{4}\right)}{2} = 1.013$$

您不妨试一下这个计算。这里介绍一下“根号”和“ π ”的输入方法，根号的快捷键是【\】，“ π ”的输入方法是首先输入字母 p，然后按【Ctrl+G】组合键即可，不要忘了在输入过程中要不断地按 Space 键。像这样的题，对 Mathcad 来说就是“三下五除二”。

不管是多么复杂的公式，在这里都能找到一种随心所欲的手写感觉，枯燥乏味的数学运算变成了一种可以享受的类似游戏的满足过程。

【例 1-3】 符号计算。

在工作区中输入如下的公式：

$$x^2 + \frac{1}{3}x^2 + x + 3x$$

关于“平方”的输入，其快捷键是【^】键。输入完成之后，如果直接按【=】，计算结果就会出错，可以按【Ctrl+>】组合键，得到下面的结果：

$$x^2 + \frac{1}{3}x^2 + x + 3x \rightarrow \frac{4x^2}{3} + 4x$$

不知读者看到这样的结果是不是感到很激动。

【例 1-4】 绘图。

Mathcad 在函数绘图方面更是出手不凡，例如，要画一个 $\sin(x)$ 的图像，可在工作区中输入@，会出现如图 1.2 左图所示的绘图区。

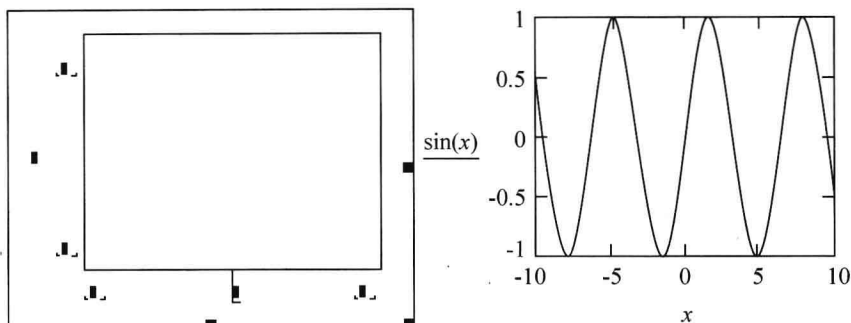


图 1.2 绘制函数图像

在横轴上输入 x ，在纵轴上输入 $\sin(x)$ ，然后回车，或将鼠标移到绘图区之外，会出现如图 1.2 右图所示的结果。

前面几个例子都用到了许多快捷键，其实读者一个快捷键都不必记，因为 Mathcad 为各种工具都提供了相应的面板和工具栏。不过运用快捷键可以大大加快书写过程，还是用吧。

通过前面的几个体验，读者可能已经大致领略了 Mathcad 所呈现的魅力风采。如果您不打算研究微分方程、解方程组、线性规划、数理统计、信号分析等高级运算，只想将 Mathcad 当作计算器来使用，恭喜您，您已经毕业了。

如果有更高需求，在后续章节中将可以继续 Mathcad 的愉快旅程。

1.2 Mathcad 简介

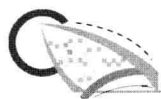
Mathcad 是美国 Mathsoft 公司推出的一个数学软件系统。2006 年 4 月，PTC 公司收购了 Mathsoft 公司，Mathcad 成为 PTC 公司的一个重要产品。Mathcad 自 1986 年问世以来，一直受到科研人员、教师、工程技术人员的普遍欢迎。与其他数学软件比较，Mathcad 是使用最为方便的数学软件。一个普通的用户，稍懂一些数学知识就可以在几分钟内解出所要解决的问题。Mathcad 也是一款功能强大的数学软件，可以解决各种大型复杂的工程问题。Mathcad 的版本一直在不断更新，目前的最新版本是 Mathcad15，但各版本的界面差别非常小，普通读者一般感觉不到版本之间的差别。本书以 Mathcad15 为例，但所述内容也适用于之前的版本。

Mathcad 是一款将文本编辑、数学计算、构造模型集于一体的应用软件。Mathcad 尽量屏蔽各种编程细节，而采用人们熟悉的教科书方式来求解数学问题，极大地消除了普通人与计算机之间的隔阂。对于工程技术人员来说，Mathcad 采用人们最熟悉的数学公式排版方式进行计算求解。

在 Mathcad 中进行的计算特别类似于黑板教学，只不过是將黑板换成了屏幕，相对于黑板来说，Mathcad 能即时给出计算结果。例如，下面常见的二元一次方程：

$$ax^2 + b \cdot x + c = 0$$

在 Mathcad 中，通过计算可以求出方程的根，后面会详细讲解其具体操作过程。这里只演示一下其结果，如下：



$$\frac{\frac{b}{2} + \frac{\sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2}}{a}$$

$$\frac{\frac{b}{2} + \frac{\sqrt{b^2 - 4 \cdot a \cdot c}}{2}}{a}$$

如果用其他编程语言来实现上面的求解过程就需要一定的编程基础。例如，VB 中可以写成 $x = (-b + \text{sqr}(b * b + 4 * a * c)) / (2 * a)$ ，这就将不懂编程的人拒之门外。Mathcad 在数学排版、符号计算及操作简单等方面具有其他软件所不具备的优势。

如果不将 Mathcad 看作数学软件，它就是一个强大的数学排版软件。数学公式排版是十分麻烦的事，在 Word 中有公式编辑器，给我们的排版工作带来了很大的便利。但 Word 中的排版非常麻烦。如果使用 Mathcad 会发现它的数学公式排版居然可以盲打。在 Mathcad 中可以编写一本数学教材，完全可以做到图文并茂，以至于可以与 Word 相媲美。其他的数学软件一般都不具有这样的排版功能。

Mathcad 的数学排版与 Word 兼容，只要将 Mathcad 中编辑的公式复制、粘贴到 Word 中即可。

Mathcad 的符号计算功能一定会让研究科学计算的人爱不释手。它可以进行多项式、极限、微积分、不等式、方程组等求解运算，并给出解的解析表达式。

例如，在 Mathcad 中输入如下，并给出计算结果。

$$\int x^2 dx \rightarrow \frac{1}{3} \cdot x^3$$

$$\lim_{n \rightarrow \infty} \frac{1}{n} \rightarrow 0$$

这样的界面与教科书基本一致。

类似的 ∞ 、 π 、 e 、 $2+3i$ 等都与人们所学教材上的意义完全一样。例如， π 就是圆周率，不用考虑给它进行赋值，如 3.1415926，直接使用就可以了。

Mathcad 的操作界面简单，初看起来与 Word 很相似，用户只需要将问题写出来，不必考虑求解的过程。界面上除了问题本身之外，一般不用进行其他设置。

在使用的快捷程度上，将 Mathcad 与 Matlab 软件进行一下对比。以矩阵为例来说明 Mathcad 操作的简单性。

如果要求矩阵 A 的逆 A^{-1} ，Mathcad 的操作如下：

$$A := \begin{pmatrix} 1 & 3 & 4 \\ 6 & 1 & 3 \\ 6 & 8 & 9 \end{pmatrix}$$

$$A^{-1} = \begin{pmatrix} -0.333 & 0.111 & 0.111 \\ -0.8 & -0.333 & 0.467 \\ 0.933 & 0.222 & -0.378 \end{pmatrix}$$

如果要修改矩阵中的数据，只要将矩阵的值修改一下即可。同样的操作在 Matlab 中就显得麻烦得多。在 Matlab 中要这样输入：