



普通高等教育“十二五”规划教材

计算机在材料科学与工程中的应用实验设计与指导

叶卫平 主编



014013152

TB3-33
29

普通高等教育 “十二五” 规划教材

计算机在材料科学与工程中的应用实验 设计与指导

主 编 叶卫平
副主编 黄 赞
参 编 张覃轶 闵 捷 任 坤
耿 泳 罗 干



机械工业出版社

TB3-33
29



北航

C1700417

014013125

本书以计算机在材料科学与工程中的应用典型共性实验为基础, 主要包括了材料实验数据计算机分析与数学建模、材料科学与工程中的过程模拟和物理场分析、材料科学与工程的数据库应用、材料生产过程的计算机检测与控制、网络技术在材料研究中的应用等方面的实验内容。

本书主要侧重于引导和培养学生应用计算机技术解决材料科学与工程中的实际问题的能力。实验由实验目的、实验原理概述、实验步骤方法和练习及思考题 4 个部分构成, 其中部分实验属于验证性实验, 但大多数实验都具有综合性、设计性与研究创新性。这些实验给学生一定的想象空间和充分发挥主观能动性和创造性的空间, 以实现培养学生材料科学研究能力、创新能力的目的。

本书可作为高等院校材料类计算机在材料科学与工程中应用等课程的实验教材, 也可供有关教师、研究生、工程技术人员和科研人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

计算机在材料科学与工程中的应用实验设计与指导/
叶卫平主编. —北京: 机械工业出版社, 2014. 1
普通高等教育“十二五”规划教材
ISBN 978-7-111-45060-3

I. ①计… II. ①叶… III. ①计算机应用—材料科学—科学实验—高等学校—教材 IV. ①TB3-33

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2013) 第 293749 号

机械工业出版社 (北京市百万庄大街 22 号 邮政编码 100037)

策划编辑: 丁昕祯 责任编辑: 丁昕祯 吕芳

版式设计: 常天培 责任校对: 闫玥红

封面设计: 张静 责任印制: 张楠

涿州市京南印刷厂印刷

2014 年 1 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 10.25 印张 · 250 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-45060-3

定价: 19.80 元

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 教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售一部: (010)68326294 机工官网: <http://www.cmpbook.com>

销售二部: (010)88379649 机工官博: <http://weibo.com/cmp1952>

读者购书热线: (010)88379203 封面防伪标均为盗版

前 言

将计算机技术应用于材料科学与工程中的材料合成制备、数据分析、建模,应用计算机技术对材料的组织和性能进行预测,对材料成分和工艺进行优化设计,是21世纪对材料类专业人才素质的基本要求,掌握计算机技术已成为材料科学与工程的本科生和研究生进行专业学习、科学研究必不可少的技能,本书是为满足上述需要而编写的。

本书主要侧重于引导和培养学生材料科学与工程领域具有计算机应用的能力,应用计算机技术解决材料科学与工程中的实际问题。在结构安排上,本书由29个独立的实验组成,涵盖了材料科学与工程中不同专业方向的内容,在这些实验中大部分采用了Origin、MATLAB、ANSYS等通用软件实现,少部分采用了FLUENT、Thermo - Calc、Materials Studio、MDI Jade、Image Tool等专业软件来实现。诚然,书中的部分实验与实际材料研究过程还有一定距离,有些实验还显得稚嫩,例如对温度场、浓度场和应力场的模拟,但这些实验无疑对学生了解这类问题的研究方法,早日接触专业软件,培养学生的实际动手能力和扩大学生在专业研究中的视野是有益的。

书中实验基本上由实验目的、实验原理概述、实验步骤方法和练习及思考题4个部分组成,实验原理概述和实验步骤方法部分对专业知识进行简要介绍,提供了学生上机模仿练习实例,通过动手完成该部分实验,可以增强学生的自信;在实验的练习及思考题部分提供了练习和参考答案,学生可通过查找有关资料,利用所学的专业知识,发挥主观能动性完成练习。这样每一个实验都给学生一定的想象空间和充分发挥主观能动性和创造性的空间。

本书的实验大部分是作者在多年教授高年级本科生“计算机在材料科学与工程中的应用”课程的实验教学的基础上,充实整理完成的,例如实验6材料合成制备正交实验设计、实验7材料研究中的曲线拟合与建模和实验9理想溶液二元相图计算等,这些实验在多年的实验教学中得到了不断完善和提高。书中部分实验是在科研工作中提炼出来的,例如实验8材料组织参数数字图像分析、实验24太阳能选择性吸收涂层吸收率和发射率分析和实验28用LabVIEW设计淬火冷却介质冷却特性测试系统等,这些实验内容可以直接为科研提供借鉴。书中还有部分实验参考了国外大学相关课程的实验教学内容,例如实验3MATLAB材料检测信号处理、实验4MATLAB模块编程与相变过程分析和实验14材料分子动力学(MD)模拟初步等。书中所有的实验都提供实验数据,所有程序都经过上机检验,并对部分实验练习配上适当的解答,供学生上机实验参考。

为了满足不同层次、不同专业方向以及对某领域有兴趣学生的需要,体现因材施教,书中不仅提供了难度适中的验证性实验,还提供了设计性和综合性较强的实验,这些实验可为学有余力的同学提供独立研究和锻炼的机会。

本书由叶卫平任主编,黄贇任副主编,张覃轶、闵捷、任坤、耿泳、罗干参编。在本书的编写中,参考和吸收了近10年历届本科生在完成该课程实验中的一些新思想,他们是材



科 0201 班杨彪、材料 0301 班张小龙、材料 0402 班黄灵妍、材料 0601 班李向东、材料 sy0701 班陈文书、材料 sy0701 班卜凡兴、材料 0902 班尹凯和材料 0901 班李坚涛等，在教学相长的过程中我们也得到了提高。此外已经毕业的硕士研究生张静、高新生和万利军等同学参与了早期的部分工作，在此特别感谢他们为本书做出的贡献。

本书可作为材料科学与工程专业高年级本科生、研究生的实验教材和学习计算机在材料科学与工程中应用的参考书，也可作为材料科研人员将材料学与计算机应用有机结合的参考书。由于计算机在材料科学研究领域中的应用内容十分广泛，加之编者掌握的资料有限，书中疏漏和不妥之处在所难免，恳请广大读者批评指正。

本书实验中所使用的文件在 www.cmpedu.com 中供使用该教材的教师下载，以便在教学中演示使用。

编者

yeweip@whut.edu.cn

目 录

前言	
实验 1 Origin 实验数据分析	1
实验 2 MATLAB 矩阵与材料配料	6
实验 3 MATLAB 材料检测信号处理	10
实验 4 MATLAB 模块编程与相变 过程分析	15
实验 5 材料实验数据方差分析	21
实验 6 材料合成制备正交实验设计	26
实验 7 材料研究中的曲线拟合与 建模	36
实验 8 材料组织参数数字图像分析	44
实验 9 理想溶液二元相图计算	50
实验 10 Thermo - Calc 软件 相图计算	55
实验 11 连续冷却转变图 (CCT 曲线) 测定	59
实验 12 刃型位错应力场分量 模拟分析	64
实验 13 位错之间弹性交互作用的 模拟分析	67
实验 14 材料分子动力学 (MD) 模拟初步	70
实验 15 Materials Studio 晶体结构 模型建立	74
实验 16 二维温度场的数值模拟	80
实验 17 二维浓度场的数值模拟	88
实验 18 二维薄板凹槽应力场分析	92
实验 19 热障涂层热传导蒙特卡 罗法模拟	97
实验 20 热喷涂熔滴表面沉积残余 应力分析	105
实验 21 冷热水混合器热流交换计算 流体力学 (CFD) 分析	115
实验 22 拉曼光谱晶体结构分析	122
实验 23 红外光谱特征峰标识与 基团分析	125
实验 24 太阳能选择性吸收涂层吸收率 和发射率分析	127
实验 25 材料 X 射线衍射物相标定 数据分析	131
实验 26 析出转变动力学模型建立	135
实验 27 人工神经网络材料设计 优化与建模	138
实验 28 用 LabVIEW 设计淬火冷却介质 冷却特性测试系统	148
实验 29 材料研究中的网络 资源应用	153
参考文献	157

实验 1

Origin 实验数据分析

1. 实验目的

- 1) 熟悉 Origin 软件工作簿、图表、函数曲线等窗口。
- 2) 用 Origin 进行材料数据分析和处理。

2. 实验原理概述

Origin 软件已为当今全世界数以万计的科技工作者和工程技术人员所使用，与其他科技绘图及数据处理分析软件相比，它具有赏心悦目的简洁界面和功能强大的科技绘图及数据处理功能两大最重要的品质，能充分满足科技工作者的需求。此外 Origin 软件容易掌握，兼容性好，因此成为科技工作者首选的科技绘图及数据处理软件。

新建一个“Project”，打开一个工作簿“workbook”窗口。该窗口由横排栏“Row”和垂直栏“Column”组成。每个单元“Cell”可输入数字文本、日期或时间。每个“Project”可包括工作簿、图表、函数曲线等窗口。有关 Origin 软件的使用请参看参考文献 [1]。

3. 绘图举例

在一定照度下，光敏电阻两端所加的电压与光电流之间的关系称为伏安特性。表 1-1 列出了实验中测得的光敏电阻在不同照度 ($\alpha = 0^\circ \sim 90^\circ$) 下的伏安特性。试用 Origin 软件对光敏电阻在一定照度下的伏安特性进行绘图并分析。

表 1-1 光敏电阻在不同照度下的伏安特性

U/V	I_{ph}/mA	I_{ph}/mA	I_{ph}/mA	I_{ph}/mA
	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
2	1.496	1.269	0.699	0.022
4	3.003	2.540	1.400	0.045
6	4.528	3.835	2.114	0.069



(续)

U/V	I_{ph}/mA	I_{ph}/mA	I_{ph}/mA	I_{ph}/mA
	$\alpha = 0^\circ$	$\alpha = 30^\circ$	$\alpha = 60^\circ$	$\alpha = 90^\circ$
8	6.072	5.146	2.827	0.093
10	7.644	6.467	3.555	0.117
12	9.130	7.809	4.290	0.143
14	10.846	9.274	5.027	0.168
16	12.528	10.680	5.782	0.193
18	14.214	12.179	6.550	0.218
20	15.730	13.280	7.178	0.273

(1) 输入数据 打开 Origin 软件, 将实验数据按图 1-1 所示输入工作表“Sheet1”。

	A(X)	B(Y)	C(Y)	D(Y)	E(Y)
Long Name	电压	电流	电流	电流	电流
Units	V	mA	mA	mA	mA
Comments		$\alpha=0^\circ$	$\alpha=30^\circ$	$\alpha=60^\circ$	$\alpha=90^\circ$
1	2	1.496	1.269	0.699	0.022
2	4	3.003	2.54	1.4	0.045
3	6	4.528	3.835	2.114	0.069
4	8	6.072	5.146	2.827	0.093
5	10	7.644	6.467	3.555	0.117
6	12	9.13	7.809	4.29	0.143
7	14	10.846	9.274	5.027	0.168
8	16	12.528	10.68	5.782	0.193
9	18	14.214	12.179	6.55	0.218
10	20	15.73	13.28	7.178	0.273
11					

图 1-1 实验数据输入工作表“Sheet1”

(2) 作图 用鼠标选中工作簿中的数据, 选择菜单命令“Plot” → “Line + Symbol”作图, 得到图 1-2a。根据需要, 对图的坐标轴、图例等进行修饰完善操作, 得到图 1-2b。

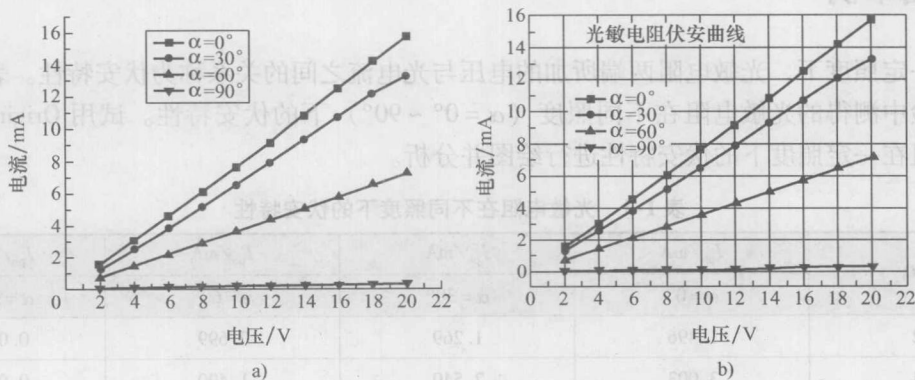


图 1-2 光敏电阻在一定照度下的伏安特性曲线

a) 初步绘制的曲线 b) 修饰完善后的曲线

(3) 分析 在一定照度下, 测量范围内光敏电阻的电压与光电流呈线性关系, 改变照度对光敏电阻的伏安特性影响较大。

4. 练习及思考题

1) 某材料的力学性能随加热温度的变化见表 1-2, 请绘出相应的双 Y 轴图形, 并分析图形。

表 1-2 某材料的力学性能随加热温度的变化

温度 X/K	400	500	525	550	575	600	625	650
硬度 Y_1 HRC	54.2	55.8	56.3	57	55.7	51.7	52.8	48.8
冲击吸收能量 Y_2/J	115	118	120	124	129	122	120	119

2) A、B 和 C 三家公司生产的 D2 型模具钢淬火、回火后心部至表面的冲击吸收能量数据见表 1-3, 试绘出不同公司产品冲击吸收能量的对比曲线并进行分析。

表 1-3 三家公司生产的 D2 型模具钢淬火、回火后心部至表面的冲击吸收能量数据

(单位: J)

公司名称	心部	R/2 处	表面
A 公司	33	42	63
B 公司	48	55	34
C 公司	30	50	85

3) CaF_2 的平均晶粒直径与退火温度的关系见表 1-4, 请作图分析退火温度对晶粒直径的影响规律。

表 1-4 CaF_2 的平均晶粒直径与退火温度的关系

退火温度/ $^{\circ}C$	920	1050	1150	1200	1300
晶粒直径/mm	0.028	0.045	0.085	0.145	0.17

4) 镍合金在 0.1atm (1atm = 101.325kPa) 的氧气中氧化增量的实验数据见表 1-5。假设镍合金氧化速率符合抛物线方程, 请作图和求出反应速度方程。

表 1-5 镍合金在 0.1atm 的氧气中氧化增量的实验数据 (单位: $\mu g/cm^2$)

温度/ $^{\circ}C$	时间/h			
	1	2	3	4
550	9	13	15	20
600	17	23	29	36
650	29	41	50	65
700	56	75	88	106

5) 某材料样品的初始磁化曲线和样品的磁滞回线测量数据分别见表 1-6 和表 1-7。用



Origin 软件绘出磁滞回线曲线^[2] [提示: 利用公式 $H = \left(NI - \frac{Bl_g}{\mu_0} \right) / \bar{l}$ 计算得到 H 。公式中 l_g (缝隙长度) = 2.00mm, \bar{l} (平均磁路长度) = 23.794cm, N (磁化线圈总匝数) = 2000 匝, μ_0 (真空磁导率) = $4\pi \times 10^{-7}$ H/m。参考答案参见图 1-3 和参考文献 [2]]。

表 1-6 样品的初始磁化曲线测量数据

I/mA	0	50	100	150	200	250	300	350	400	450	500	550	600.1
B/mT	0	13.5	30.4	59.2	91.7	130.1	172.5	212.8	253.5	292.9	330.3	362.9	389.7

表 1-7 样品的磁滞回线测量数据

I/mA	600.2	550	500	449.8	399.5	349.8	300	250	200	150	100.1
B/mT	392.8	386.4	378.9	370	359.2	345.8	328.6	305.9	275.4	242.2	202.9
I/mA	50	0	-50	-100	-150.4	-200	-250.2	-300.3	-350	-400.3	-450
B/mT	158.7	114.5	67.3	20.2	-27.1	-73.7	-120.6	-166.9	-211.8	-255.5	-296.6
I/mA	-500.2	-550.4	-600.4	-550	-500	-450	-400	-350	-300	-250	-200
B/mT	-335.2	-368	-395.2	-389.3	-381.9	-372.9	-362.1	-348.5	-330.8	-307.7	-277.9
I/mA	-150	-100	-50	0	50	100	150	200	250	300	350
B/mT	-242.2	-201.8	-158.2	-112.5	-65.7	-18.6	28.1	75	121.9	168.1	213.3
I/mA	400	450	500	550	600	—	—	—	—	—	—
B/mT	256.9	298.1	335.6	366.7	392.6	—	—	—	—	—	—

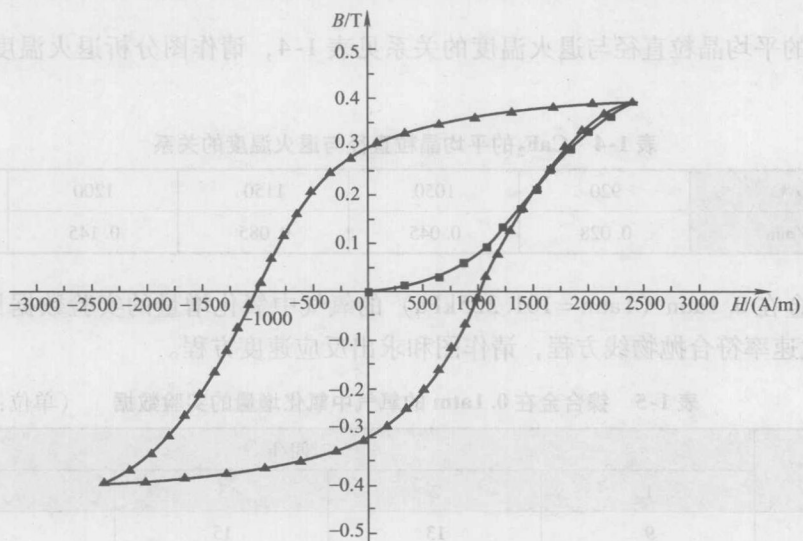


图 1-3 某材料的磁滞回线

6) 通过感应电动势随温度变化曲线上的切线可以确定材料的居里点。实验采用居里点测试仪测量并记录的某半导体铁磁材料感应电动势 (ε_{eff}) 与实验温度 (T) 的关系见表 1-8。试根据实验数据确定该材料的居里点。

表 1-8 某半导体铁磁材料感应电动势 (ε_{eff}) 与实验温度 (T) 的关系

T/K	297.6	302.6	307.6	312.6	317.6	322.6	327.6	332.6
$\varepsilon_{\text{eff}}/\text{V}$	191	192	192	192	191	189	187	185
T/K	337.6	342.6	347.6	352.6	357.6	362.6	367.6	368.6
$\varepsilon_{\text{eff}}/\text{V}$	182	178	173	165	156	144	129	126
T/K	369.6	370.6	371.6	372.6	373.6	374.6	375.6	376.6
$\varepsilon_{\text{eff}}/\text{V}$	122	117	112	106	98	87	70	49
T/K	377.6	378.6	379.6	380.6	381.6	382.6	383.6	384.6
$\varepsilon_{\text{eff}}/\text{V}$	31	21	14	10	7	4	3	2

提示：根据测试原理，绘制感应电动势 (ε_{eff}) 与实验温度 (T) 的关系曲线，并作该曲线各点的切线，其中最大斜率的切线与横坐标 (温度) 的交点即为该材料的居里点。

在 Origin 官方网站下载切线插件 (tangent.opk) 进行安装，在曲线上某点双击，即得到过该点的切线。通过该方法可以得到曲线上任意点的斜率。采用切线插件得到最大斜率附近点的斜率见表 1-9，由此可得出具有最大斜率的直线与横坐标 (温度) 的交点 (居里点) 为 $T_{\text{C}} = 379.16\text{K}$ ，如图 1-4a 所示。

试在 Origin 软件中采用微分方法求出曲线的微分曲线，从微分曲线上求出最大斜率，验证用切线插件得到的该材料的居里点，如图 1-4b 所示。

表 1-9 最大斜率附近点的斜率

T/K	374.6	375.6	376.6	377.6	378.6
斜率	-14	-19	-19.5	-14	-8.5

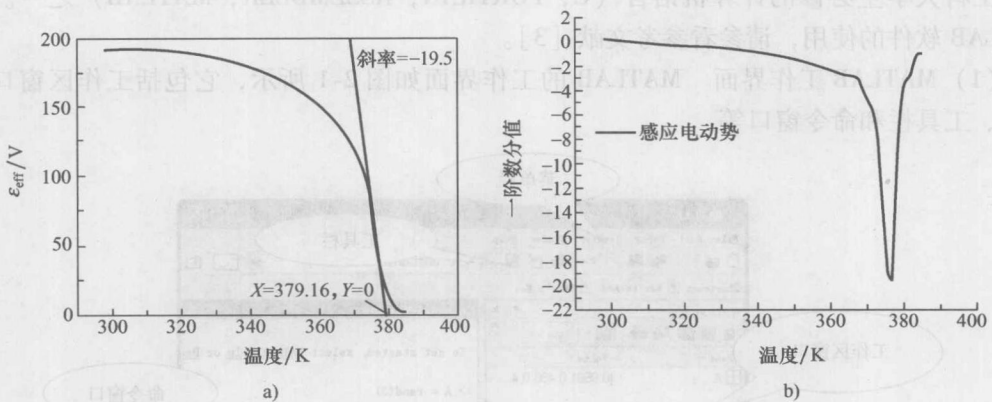


图 1-4 材料的居里点确定

a) 切线插件方法 b) 微分方法

实验 2

MATLAB 矩阵与材料配料

1. 实验目的

- 1) 了解 MATLAB 软件基本功能，掌握其矩阵运算操作。
- 2) 用 MATLAB 的矩阵功能解决材料配料问题。

2. 实验原理概述

MATLAB 是由 MathWorks 公司于 1984 年推出的一套数值计算软件，它是一个优秀的易用性、可靠性、通用性与专业性于一体的软件。MATLAB 的取名来源于 Matrix Laboratory (矩阵实验室)，其具有强大的矩阵运算能力，使矩阵运算非常简单。在美国，MATLAB 已作为工科大学必修的计算机语言 (C, FORTRAN, ASSEMBLER, MATLAB) 之一。有关 MATLAB 软件的使用，请参看参考文献 [3]。

(1) MATLAB 工作界面 MATLAB 的工作界面如图 2-1 所示，它包括工作区窗口、菜单栏、工具栏和命令窗口等。

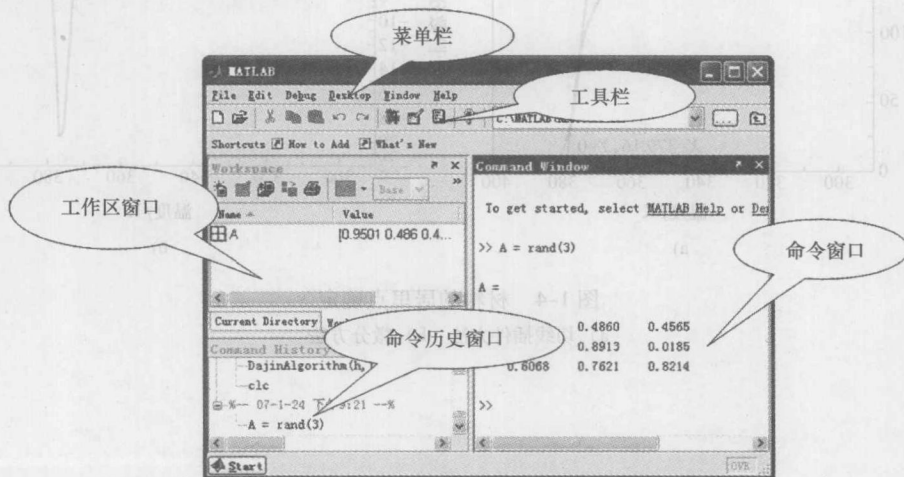


图 2-1 MATLAB 的工作界面

(2) MATLAB 数学运算 MATLAB 软件的变量命名规则、数学运算符号等在很多方面与 C 语言有很大的相同之处,表 2-1 仅列出了其常用的数学运算符号(注意有些运算符号是其他软件所没有的,例如点乘、点除和点乘幂等)。

表 2-1 MATLAB 软件常用的数学运算符号

加法	减法	乘法	点乘	除法	右除	乘幂	点乘幂	左除
+	-	*	.*	/	./	^	.^	.\

(3) MATLAB 的矩阵 在 MATLAB 的矩阵中,逗号或空格用于分隔某一行的元素,分号用于区分不同的行。除了分号,在输入矩阵时,按 Enter 键也表示开始新的一行。输入矩阵时,要求每一行中的元素相同。

熟悉 MATLAB 矩阵中元素的操作,例如矩阵 A 的第 r 行用 $A(r, :)$ 表示,矩阵 A 的第 r 列用 $A(:, r)$ 表示;还要熟悉矩阵的运算等。

(4) MATLAB 的控制流 熟悉 MATLAB 的控制流。MATLAB 的控制流包括 for 循环、while 循环、if - else - end 结构等,熟悉这些对编写 MATLAB 程序有着极其重要的作用。

(5) MATLAB 的二维图形 MATLAB 的二维图形命令为 plot(x, y, string),其中 x、y 参数是向量,表示绘图数据的横坐标和纵坐标, string 为用单引号括起来的字符串,用来指定图形的属性(点、线的形状和颜色)。

3. 计算举例

(1) 标量与数组运算

设: $a = [a_1, a_2, \dots, a_n]$, $c =$ 标量

$$a + c = [a_1 + c, a_2 + c, \dots, a_n + c]$$

$$a .* c = [a_1 * c, a_2 * c, \dots, a_n * c]$$

$$a ./ c = [a_1 / c, a_2 / c, \dots, a_n / c]$$

$$a .\ c = [c / a_1, c / a_2, \dots, c / a_n]$$

$$a.^c = [a_1^c, a_2^c, \dots, a_n^c]$$

$$c.^a = [c^{a_1}, c^{a_2}, \dots, c^{a_n}]$$

(2) 数组与数组运算

设: $a = [a_1, a_2, \dots, a_n]$, $b = [b_1, b_2, \dots, b_n]$

$$a + b = [a_1 + b_1, a_2 + b_2, \dots, a_n + b_n]$$

$$a .* b = [a_1 * b_1, a_2 * b_2, \dots, a_n * b_n]$$

$$a ./ b = [a_1 / b_1, a_2 / b_2, \dots, a_n / b_n]$$

$$a .\ b = [b_1 / a_1, b_2 / a_2, \dots, b_n / a_n]$$

$$a.^b = [a_1^{b_1}, a_2^{b_2}, \dots, a_n^{b_n}]$$

(3) 矩阵基本运算

$a = [1 \ 2; 3 \ 4]$; $b = [3 \ 5; 5 \ 9]$

$c = a + b$

$c =$



$$d = a - b$$

$$d =$$

$$\begin{bmatrix} -2 & -3 \\ -2 & -5 \end{bmatrix}$$

$$a * b = [13 \ 23; 29 \ 51]$$

$$a/b = [-0.50 \ 0.50; 3.50 \ -1.50]$$

$$a \setminus b = [-1 \ -1; 2 \ 3]$$

$$a^{\wedge}3 = [37 \ 54; 81 \ 118]$$

$$a. * b = [3 \ 10; 15 \ 36]$$

$$a. / b = [0.33 \ 0.40; 0.60 \ 0.44]$$

$$a. \setminus b = [3.00 \ 2.50; 1.67 \ 2.25]$$

$$a.^{\wedge}3 = [1 \ 8; 27 \ 64]$$

注意：矩阵的普通乘法要求参与运算的矩阵满足线性代数中矩阵相乘的原则。

4. 练习及思考题

1) 玻璃实验配料的计算。某 $\text{Na}_2\text{O} - \text{CaO} - \text{SiO}_2$ 系统玻璃的设计成分见表 2-2，要求在实验室用化工原料进行熔制。化工原料的成分见表 2-3。采用 MATLAB 软件计算熔制 100g 玻璃液需要各种化工原料的用量（参考答案见表 2-4）。

表 2-2 玻璃的设计成分

氧化物	SiO_2	CaO	MgO	Al_2O_3	Na_2O
质量分数 (%)	71.5	5.5	1	3	19

表 2-3 化工原料的成分

原料名称	各成分质量分数 (%)				
	SiO_2	CaCO_3	MgCO_3	$\text{Al}(\text{OH})_3$	Na_2CO_3
石英砂	99.78	—	—	—	—
碳酸钙	—	99	—	—	—
碳酸镁	—	—	99.5	—	—
氢氧化铝	—	—	—	99.5	—
纯碱	—	—	—	—	98.8

表 2-4 熔制 100g 玻璃液的配料单

化工原料	石英砂	碳酸钙	碳酸镁	氢氧化铝	纯碱	合计
用量/g	71.66	9.92	2.1	4.61	33.98	122.27

2) 用 A、B、C 三种原料配制陶瓷坯料。陶瓷坯料和 A、B、C 三种原料组成见表 2-5, 试用 MATLAB 软件矩阵求出三种原料配比 (提示: 设配料 100kg 时, 需要原料 A、原料 B 和原料 C 分别为 x kg、 y kg 和 z kg。参考答案: 原料 A 质量分数为 47.14%, 原料 B 质量分数为 33.87%, 原料 C 质量分数为 18.99%)。

表 2-5 陶瓷坯料和 A、B、C 三种原料组成 (质量分数) (%)

类别	R ₂ O	Al ₂ O ₃	SiO ₂
坯料	4.5	26.2	69.3
原料 A	2.44	16.8	80.76
原料 B	2.59	41.35	56.06
原料 C	13.02	22.51	64.47

3) 玻璃配料矩阵求解。某平板玻璃配料方程组以 100kg 玻璃液为计算基础, 根据计算得到该玻璃的成分配料方程组为

$$89.70x_1 + 98.76x_2 + 1.73x_3 + 0.69x_4 + 0x_5 + 1.16x_6 + 16.398x_7 + 0x_8 = 7240$$

$$5.12x_1 + 0.56x_2 + 0.29x_3 + 0.15x_4 + 0x_5 + 0.29x_6 + 2.03x_7 + 0x_8 = 210$$

$$0.44x_1 + 0.14x_2 + 0.71x_3 + 31.57x_4 + 0x_5 + 0.50x_6 + 51.56x_7 + 0x_8 = 640$$

$$0.15x_1 + 0.02x_2 + 46.23x_3 + 20.47x_4 + 0x_5 + 0.37x_6 + 0x_7 + 0x_8 = 420$$

$$3.66x_1 + 0.19x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 59.79x_5 + 41.47x_6 + 0x_7 + 0x_8 = 1450$$

$$0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 - 8.69x_5 + 32.25x_6 + 0x_7 + 0x_8 = 0$$

$$0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 4.466x_6 - 0x_7 - 84.11x_8 = 0$$

$$0x_1 + 0x_2 + 0x_3 + 0x_4 + 0x_5 + 0x_6 + 70.28x_7 + 0x_8 = 103.03$$

方程组中的 x_1 为石英砂质量 (kg), x_2 为砂岩质量 (kg), x_3 为菱镁石质量 (kg), x_4 为白云石质量 (kg), x_5 为纯碱质量 (kg), x_6 为芒硝质量 (kg), x_7 为萤石质量 (kg), x_8 为煤粉质量 (kg)。试采用 MATLAB 软件矩阵求解方程并求出原料配比 (参考答案见表 2-6 和参考文献 [4])。

表 2-6 平板玻璃原料配比 (总质量 100kg)

配料	石英砂 x_1	砂岩 x_2	菱镁石 x_3	白云石 x_4	纯碱 x_5	芒硝 x_6	萤石 x_7	煤粉 x_8
质量/kg	35.105	40.988	1.334	17.107	18.764	4.626	1.466	0.246

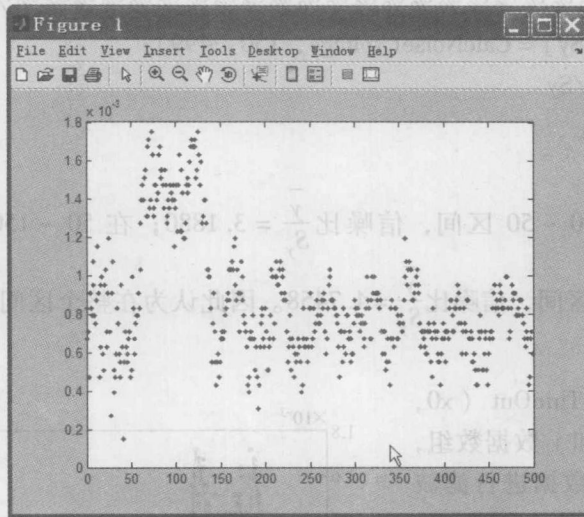


图3-1 用 tek00029.dat 数据绘制的散点图

```

%%%%%%%%%%
% CalcNoise.m
function [mean_y, Sy] = CalcNoise(yData, t0, t1)
clc;

mean_y = mean(yData(t0 + 1:t1 + 1));
Sy = std(yData(t0 + 1:t1 + 1));
%%%%%%%%%%

```

保存为 CalcNoise.m 函数，在命令窗口输入：

```
[mean_y, Sy] = CalcNoise(voltage, 50, 150);
```

则输出：

```
mean_y = 0.00127039606055
Sy = 3.537906733097949e - 004
```

(3) 分析对比数据中平顶区间和平顶区间以外的信噪比 $\frac{y}{S_y}$ 在命令窗口输入：

```
>> mean_y/Sy
```

```
ans =
3.5908
```

```
%%%%%%%%%%
% [mean_y, Sy] = CalcNoise(voltage, 0, 50);
>> mean_y/Sy
```

```
ans =
3.1880
```