

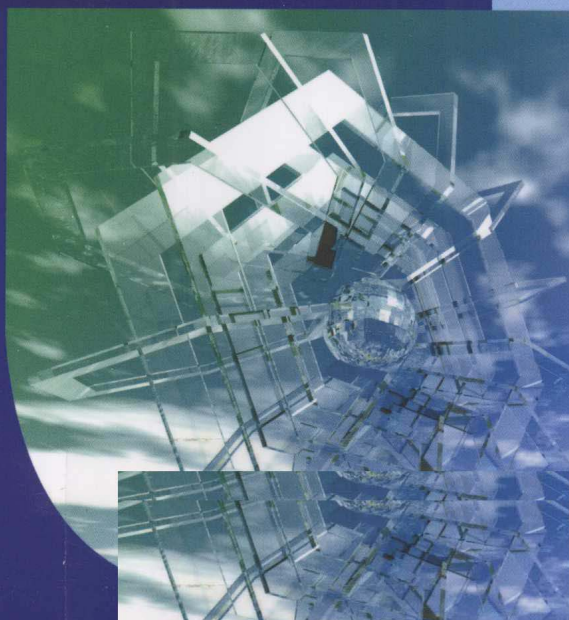


普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

MATLAB 与 控制理论实验教程

◎ 汪宁 郭西进 等编著

MATLAB YU
KONGZHI LILUN SHIYAN JIAOCHENG



免费电子课件



机械工业出版社
CHINA MACHINE PRESS

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

MATLAB 与控制理论实验教程

汪 宁 郭西进 夏 帅 有 鹏 编著



机械工业出版社

本书是为高等学校自动化、电气工程及其自动化、通信工程类等相关专业编写的 MATLAB 和控制理论实验课程教材。本书共分 6 章, 包括控制理论实验概述, MATLAB 程序设计语言基础, Simulink 仿真集成环境, 自动控制系统的模拟计算机仿真, 自动控制系统的数字计算机仿真以及相关的实验单元等内容。

本书可以作为大专院校 MATLAB 和控制理论课程的实验教材, 也可以作为从事自动化、电气工程、通信工程、电子工程的工程技术人员的参考书。

图书在版编目 (CIP) 数据

MATLAB 与控制理论实验教程/汪宁等编著. —北京: 机械工业出版社, 2011. 4

普通高等教育“十二五”电气信息类规划教材

ISBN 978-7-111-33759-1

I. ①M… II. ①汪… III. ①自动控制理论—计算机辅助计算—软件包, MATLAB—高等学校—教材 IV. ①TP13②TP391 75

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2011) 第 042741 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: 于苏华 责任编辑: 于苏华 张利萍 版式设计 霍永明

责任校对: 李秋荣 封面设计: 张 静 责任印制: 乔 宇

北京机工印刷厂印刷 (三河市南杨庄国丰装订厂装订)

2011 年 5 月第 1 版第 1 次印刷

184mm × 260mm · 9.75 印张 · 240 千字

标准书号: ISBN 978-7-111-33759-1

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

门户网: <http://www.cmpbook.com>

销售一部: (010)68326294

教材网: <http://www.cmpedu.com>

销售二部: (010)88379649

读者购书热线: (010)88379203

封面无防伪标均为盗版

前 言

自动控制理论是一门理论性和实践性都很强的技术基础课。加强实验教学，不仅有助于理论联系实际，深化理论教学，而且有助于培养学生的科学实验和工程实践能力。在广泛调研和反复实验的基础上，本书以培养学生的基本操作技能、知识综合应用能力和创新能力为目标，提出对自动控制理论实验教学进行改革，开设设计性和综合性实验。本书便于学生自学和进行实验预习，其中作者对多年实验教学改革的经验进行了总结，强化了计算机辅助设计等内容。

MATLAB 是一套高性能的数值计算和可视化软件，它集数值分析、矩阵运算、信号处理和图形显示于一体，构成了一个方便的、界面友好的用户环境。自动控制领域里有大量繁琐的计算与仿真曲线绘制任务，因此，在虚拟实验开发中，MATLAB 已经成为国际、国内控制领域内最流行的、被广泛采用的控制系统计算、仿真与计算机辅助设计的软件。为了使学生掌握控制理论计算机仿真实验，本书将简述 MATLAB 7.0 的基本功能和使用方法。

本书以实验原理、实验任务和注意事项为主要内容，而实验方案、方法和步骤等可由学生根据自动控制理论的有关认识和老师的相关指导自己确定。实验过程中，要求学生自己设计完成实验，并通过分析总结实验结果，给出相关结论。采用这种方式，既有利于充分发挥学生的主观能动性，又有利于学生分析、解决问题和创新能力的提高。实验可根据教学要求和实验条件的不同在课堂上选做，部分实验可供学生课余时间进行扩展研究。实验包括 MATLAB 实验、古典控制理论实验、现代控制理论实验。

本书由中国矿业大学和徐海学院的老师们编著完成，共分 6 章。第 1 章、第 2 章和第 4 章由汪宁编写，第 3 章和第 5 章由郭西进编写，第 6 章由汪宁、夏帅和有鹏共同编写，附录 A 由汪宁编写，附录 B 由夏帅编写，全书由郭西进教授统稿。

本书的出版得到了中国矿业大学国家级电工电子实验教学示范中心建设基金的资助，本书的编写得到了王香婷教授、李明教授的关心和支持，贾存良、陈颖、常俊林、孙晓燕、耿乙文和张倩对本书编写提出了许多宝贵意见。在此对他们表示衷心的感谢。

由于作者水平有限，书中难免存在疏漏不妥之处，恳请读者批评指正。

作 者

目 录

前言	
第 1 章 控制理论实验概述	1
1.1 概述	1
1.2 控制系统动态特性的基本测试方法	2
第 2 章 MATLAB 程序设计语言基础 ...	7
2.1 概述	7
2.2 MATLAB 语言基础	14
2.3 MATLAB 程序设计基础	18
2.4 MATLAB 矩阵运算	23
2.5 符号运算	29
2.6 MATLAB 绘图功能	36
第 3 章 Simulink 仿真集成环境	43
3.1 概述	43
3.2 Simulink 的使用	44
3.3 常用的 Simulink 库模块	49
3.4 Simulink 功能模块的处理	54
3.5 Simulink 自定义功能模块	58
3.6 Simulink 使用技巧	60
3.7 Simulink 仿真实例	61
第 4 章 自动控制系统的模拟计算机 仿真	64
4.1 概述	64
4.2 自动控制原理模拟机的组成	64
4.3 控制系统的模拟	68
4.4 框图的模拟	69
4.5 非线性特性的模拟	70
第 5 章 自动控制系统的数字计算机 仿真	74
5.1 相关的数值计算方法	74
5.2 控制系统数学模型	79
5.3 控制系统的时域分析	85
5.4 根轨迹分析法	92
5.5 频域分析法	94
5.6 控制系统校正与综合	97
第 6 章 实验单元	104
6.1 实验要求	104
6.2 MATLAB 程序设计实验	106
实验一 MATLAB 运算基础	106
实验二 MATLAB 数值运算	107
实验三 MATLAB 程序设计	108
实验四 循环结构程序设计	108
实验五 MATLAB 数据可视化	109
实验六 Simulink 的应用	111
6.3 控制理论基础实验	113
实验一 典型线性环节的模拟研究	113
实验二 二阶系统的瞬态响应和稳定性 研究	115
实验三 控制系统的稳定性分析	117
实验四 开环增益与零极点对系统性能的 影响	119
实验五 二阶系统频率特性的测试	122
实验六 控制系统的根轨迹图绘制	125
实验七 控制系统的频域分析	126
实验八 控制系统的 Nyquist 图绘制与 分析	128
实验九 线性系统的串联校正分析	128
实验十 应用频率法设计串联校正装置	132
实验十一 典型非线性环节的模拟	133
实验十二 非线性控制系统分析	135
实验十三 状态反馈的设计与实现	138
实验十四 带观测器的状态反馈系统的 设计	140
附录	143
附录 A XMN-2 型自动控制原理学习机 使用说明	143
附录 B labACT 自控/计控原理实验机 构成及说明	144
参考文献	152

第 1 章 控制理论实验概述

1.1 概述

自动化技术将自动化科学原理与方法转换为工程技术应用。随着系统、过程和规模越来越复杂，自动化技术的系统集成作用也越来越明显。自动控制系列课程是理论性、工程应用性很强的课程，每一门课程都对应有相应的实践教学环节。加强实验教学，不仅有利于理论联系实际，深化理论教学，而且有助于培养学生的工程实践能力。

控制系统的综合分析与设计一般采用两种方法：一是解析方法，运用理论知识对控制系统进行理论方面的分析、计算，但这种方法往往有很大的局限性；二是实验方法，即利用各种各样的仪器仪表装置，对控制系统施加一定类型的信号来测量系统响应以确定系统动态性能的方法。

一般来说，设计一个自动控制系统，要经过好几个步骤，归纳起来可以用流程图 1-1 来表示。

从图 1-1 中可以看到，要完成一个控制系统设计任务，需要涉及以下三方面的问题。

1. 控制理论

根据控制理论，熟悉被控对象的技术要求和性能指标，了解给定对象的动态特征和所需元件的动态特征，从而确定系统的数学模型。

2. 自动化技术工具

根据系统的数学模型和已知部分的数学模型去找出控制器的模型，并确定相应的参数，将综合确定的数学模型进行系统的性能分析，找出控制规律。

3. 控制系统实验

通过实验仪器仪表和装置，去验证控制系统在各种信号和扰动作用下的响应是否满足要求，及时分析，及时修改。

实验教学是激发兴趣、传授知识、培养能力的重要途径，提高实验课质量也是提高教学质量的重要一环。从内容和要求上可分为验证性、设计性和综合性三类实验。验证性实验可巩固学生在课堂上所学的知识，培养和提高学生的实验技能和观察能力；设计性实验是根据所学的理论知识自行设计，以达到实验要求；综合性实验可在巩固知识的基础上，对技能的培养有更大的提高。

要想使实验获得成功，不仅需要扎实的理论知识基础和正确的操作技术，还必须掌握实验设计的三个方面，即：

(1) 科学性 它对实验设计十分重要。所谓科学性，就是实验目的要明确，实验原理

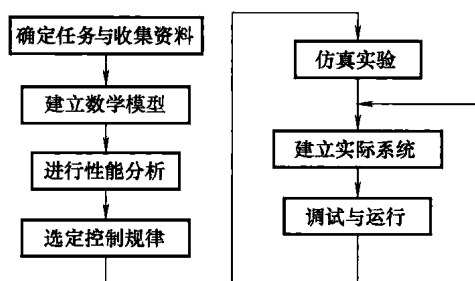


图 1-1 自动控制系统
设计步骤流程图

要正确,实验材料和实验手段的选择要恰当,整个设计思路和实验方法的确定都不能偏离基本知识和基本原理。

(2) 可行性 在设计实验时,从实验原理、实验的实施到实验结果的产生,都应具有可行性。实际上,实验的可行性又是和实验的科学性相统一的。

(3) 简便性 在实验时要考虑到实验材料容易获得,实验装置比较简化,实验操作简单易行。

一般来说,控制理论实验采用时域法和频域法进行分析。实验需要实验手段,各种各样不同类型的仪器仪表与设备都是实验工具;无论是何种实验,采用何种方法,均因控制系统类型的不同,具体的实验内容也不同,要采用相应的仪器仪表设备。目前主要采用数字计算机、模拟计算机和一些辅助的电子装置,以及实际的物理系统的实验装置。

从以上可以看出,在控制系统设计的过程中,除了第一步是确定任务与收集资料以外,其余全部都与实验有关。总之,控制系统的设计离不开实验。控制理论实验的主要任务是流程图中的三个步骤,即从性能分析到仿真实验。

说到仿真,就是把需要的实验系统建立成物理模型或数学模型来进行研究,然后把对模型实验研究的结果应用到实际系统中去。因为在有些生产过程中,受控对象较为复杂,用实际系统进行实验是不允许的,这就要用到模拟或数字仿真实验。

控制理论实验有三种类型:

(1) 采用模拟计算机和电子模拟装置进行控制系统的模拟实验 模拟装置利用运算放大器的基本特性(开环增益高、输入阻抗大、输出阻抗小)设置了不同的输入网络和反馈网络,来模拟自动控制系统的各种典型环节,再把各种典型环节按实验系统的组成形式连接起来构成整个系统。

(2) 采用数字计算机进行系统数字仿真实验 数字仿真是将实际系统的运动规律用数学方程来描述,然后,选择运算简单、速度快、准确度高的计算方法编制程序,用计算机来进行数据处理,这样周期短,费用少,数据的处理也简单。

(3) 在实际的物理系统上进行实验 这类系统与系统原型基本相同,模型的变量完全一致,从而保证了系统原型的物理本质,因此,它能比较全面地表现被研究过程的物理现象,它能观察到数学模型不可能包含在数学方程中的真实过程所具有的现象。如调速系统、随动系统、温控系统等。

模拟仿真和数字仿真,是设计控制系统常用的实验方法,但是这两种方法在建立数学模型时往往忽略一些次要因素,从而回避了实验系统中常常碰到的各式各样的复杂因素。也就是说,设计的控制系统在实际物理系统调试过程中,还会出现各种各样的实际问题,在调试过程中,应分析并逐步解决出现的实际问题,进一步完善设计。

1.2 控制系统动态特性的基本测试方法

控制系统特性包括静态特性和动态特性。由于静态特性一般是采用逐点测量法来得到系统或环节的各种静态特性参数,如死区、增益、传递函数、线性范围等,相对来说比较简单,而且在动态特性实验中也可以得到所需要的静态特性结果,因此主要介绍动态特性的测试方法。

1.2.1 控制系统动态特性的时域测试法

控制系统的时间响应,从时间顺序上,可以划分为过渡过程和稳态过程。过渡过程是指系统从初始状态到接近最终状态的响应过程;稳态过程是指时间趋于无穷时系统的输出状态。控制系统的动态特性是指系统在过渡过程中,输入量与输出量随时间的推移所表示出来的每一时刻输入量与输出量的关系。其过渡过程是由它的组成环节、元件、控制对象和系统的结构所决定的。当系统在稳定条件下工作时,系统的动态特性通常以单位阶跃输入信号的响应特性来衡量。图 1-2 所示就是用时域测试法来衡量系统的动态特性的原理图。为使不同系统有统一的衡量动态特性的标准,在时域法中提出超调量、调节时间、时间常数、上升时间、峰值时间等测试指标,可通过这些动态特性指标的测试,获得系统或环节的动态特性参数,进而通过计算可以确定被测对象的传递函数。

1. 阶跃响应曲线的测试

在被测系统的输入端施加一个单位阶跃信号后,系统的输出量也必然随之响应。这时,输出量的响应曲线称为单位阶跃响应曲线。阶跃响应测试原理图如图 1-2 所示。

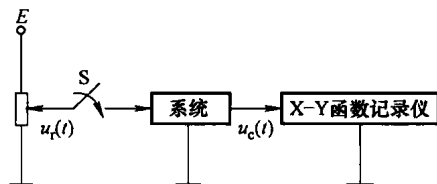


图 1-2 阶跃响应测试原理图

输入系统的阶跃信号 $u_r(t)$ 在 $+E$ 信号源上获取,经开关 S 加于被测系统输入端。被测系统输出端接到 $X-Y$ 函数记录仪上,或者接到超低频示波器或数字示波器上,实时记录系统输出 $u_c(t)$ 随时间增长而变化的曲线。

通过开关 S 的操作产生正的或负的阶跃信号来测试响应曲线。一般阶跃信号的幅值不宜过大,以防止被测对象因输入过大而产生饱和;但是阶跃信号的幅值也不宜过小,否则被测对象的输出响应曲线难以清楚地记录下来。另外在相同的阶跃信号幅值之下,对被测系统应施加正向和反向的阶跃作用,所得到的响应曲线应基本一样,否则需按非线性系统处理。

2. 阶跃响应曲线的分析

在阶跃响应曲线测定后,应该对响应曲线进行分析和计算。在工程上常采用一些近似的方法来计算所测响应曲线的参数。下面以一阶系统为例来讲解如何求取响应曲线的参数。

一阶系统的传递函数表达式为 $M(s) = \frac{C(s)}{R(s)} = \frac{K}{Ts + 1}$, 式中, $C(s)$ 为输出量; $R(s)$ 为输入量; T 为时间常数; K 为放大系数。在一阶系统的输入端加入阶跃信号后,得到一阶系统的阶跃响应曲线如图 1-3 所示。

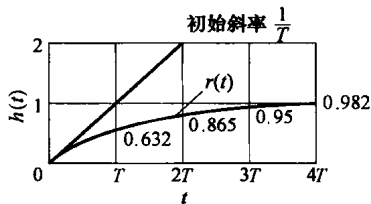


图 1-3 一阶系统的阶跃响应曲线

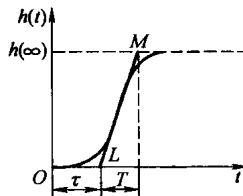


图 1-4 具有延迟环节的一阶非周期响应曲线

时间常数 T 是表征一阶响应特性的唯一参数。有两种方法可得到时间常数,第一种是切线法,如图 1-3 所示,在阶跃响应曲线的起点作切线,交稳态值的渐近线于一点,则这一点在时间轴上的投影就为时间常数;第二种是比例法,由于阶跃响应曲线的切线作得不准确,

则可由比例法求得时间常数。

由于 $h(t) = 1 - e^{-\frac{t}{T}}$, 故有以下对应关系, 即

$$t = T \quad h(T) = 0.632$$

$$t = 2T \quad h(2T) = 0.865$$

$$t = 3T \quad h(3T) = 0.95$$

$$t = 4T \quad h(4T) = 0.982$$

于是可在曲线上升到 0.632 处作时间轴 t 的垂线, 这条垂线与时间轴交点所得到的数值就是时间常数 T 。依此类推, 曲线在 0.865 处与时间轴交点得到的是 $2T$ 。

若阶跃响应曲线是一条 S 形的非周期曲线, 如图 1-4 所示, 则该系统可近似用具有延迟环节的一阶系统来描述, 其系统的传递函数为

$$G(s) = \frac{K}{Ts + 1} e^{-\tau s}$$

式中, τ 为延迟时间。

它的时间常数 T 的求法可采用切线法, 即通过阶跃响应曲线的拐点作一切线, 交时间轴于 L 点, 交稳态值 $h(\infty)$ 的渐近线于 M 点, 则 OL 就是延迟时间 τ , 切线 LM 在时间轴上的投影就是时间常数 T 。需要指出的是, 用切线法求时间常数的缺点是切线不易作得准确。

3. 积分环节参数的求取

若积分环节的阶跃响应曲线的变化速度保持不变, 如图 1-5 所示, 则该环节的阶跃响应函数为

$$G(s) = \frac{1}{Ts}$$

对于积分环节要确定的时间常数代表了积分增长的快慢。当 $t = T$ 时, 环节的输出值等于输入值, 所以 T 可表示为

$$T = \frac{\Delta y(t)}{\tan \theta}$$

式中, θ 是积分环节阶跃响应曲线与时间轴的夹角。

但环节的阶跃响应曲线的变化速度不大, 以后逐渐上升达到稳定速度。则可用具有延迟的环节来近似, 如图 1-6 所示。其传递函数为

$$G(s) = \frac{1}{Ts} e^{-\tau s}$$

式中, τ 为延迟时间。

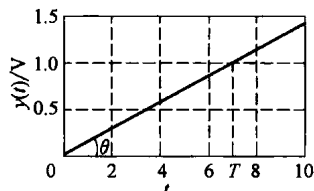


图 1-5 积分环节的阶跃响应

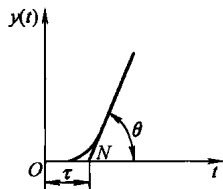


图 1-6 具有延迟的积分环节阶跃响应曲线

T 的求法同前, τ 的求法是作阶跃响应曲线稳定部分的切线, 交横轴坐标于 N , ON 即为

τ 。

1.2.2 控制系统动态特性的频域测试法

测试控制系统的频率特性要比求响应曲线更为复杂,但频域法不必计算其分析式,能更有效地利用频率特性的图表来反映被测系统的动态特性,这对于无法描述的动态特性分析式的某些复杂系统更为重要。

频域法的优点有两个方面:其一,在测试系统频率特性时,被测系统施加一种不衰减的振荡信号,信号处在稳态过程,而在时域法测试响应曲线时,系统则处在过渡过程,因此外来随机干扰的影响要比时域法小;其二,适当地选择输入振荡的振幅值,就可得到足够大的输出波动。这样仪表的测量误差对实验结果的影响会较小。

1. 控制系统的频率特性

对于线性定常系统,在其输入端加一个角频率为 ω 、幅值为 x_m 、初始相角为零的正弦信号 $x(t) = x_m \sin(\omega t)$ 时,其稳态输出是一个与输入量频率相同、幅值和相位不同且随输入信号频率变化而变化的正弦信号,它的表达式为 $y(t) = y_m \sin(\omega t + \varphi)$ 。

当频率 ω 不断变化时,系统稳态输出量与输入量的幅值比和相位差就可用系统的频率特性来表示。

幅频特性为

$$A(\omega) = |G(j\omega)| = \frac{y_m}{x_m}$$

相频特性为

$$\varphi(\omega) = \angle G(j\omega)$$

2. 李沙育图形法

频率特性测试原理图如图 1-7 所示。根据频率特性表达式可知,当输入信号频率变化时,被测系统的输出量和输入量的幅值比及相位差都在变化。若用电压表分别测得输出电压和输入电压,则两者之比就是幅值比即系统的幅频特性。

系统的输出与输入之间的相位差可用李沙育图形法来测量。将被测信号的输入信号和输出信号分别接到示波器的 X 轴和 Y 轴,在示波器上显示出的波形则为两正交的简谐运动的合成运动光点的轨迹,这个图形就称为李沙育图形,如图 1-8 所示。

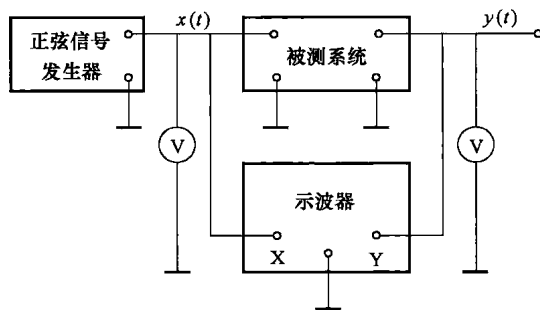


图 1-7 频率特性测试原理图

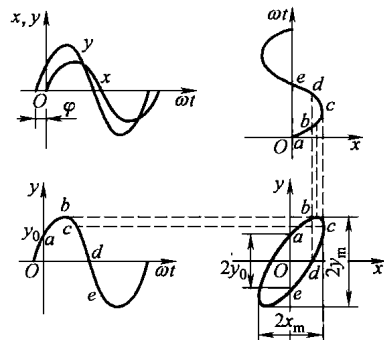


图 1-8 李沙育图形

设被控对象的输入量和输出量分别为

$$x(\omega t) = x_m \sin(\omega t)$$

$$y(\omega t) = y_m \sin(\omega t + \varphi)$$

若以 $x(t)$ 为横轴, $y(t)$ 为纵轴, 而以 ω 作为参变量, 则随 ωt 的变化而变化, $x(t)$ 和 $y(t)$ 所确定的点的轨迹, 将在 x - y 平面上绘出李沙育图形。

当 $\omega t = 0$ 时, 有 $x(0) = 0$, $y(0) = y_m \sin \varphi$, 相位差计算公式为 $\varphi = \arcsin(y_0/y_m)$, 该式对于椭圆长轴在第一、三象限时适用; 当椭圆长轴在第二、四象限时, 相位差计算公式应为 $\varphi = 180^\circ - \arcsin(y_0/y_m)$ 。

一般情况下, 若控制系统的输出相角滞后于输入相角, 则光标放置方向为逆时针, 计算结果取负号; 若输出相角超前于输入相角, 则光标放置方向为顺时针, 计算结果取正号。由于李沙育图形测试法对仪器的要求不高, 因而所得的精度相对较低, 故产生的误差也相对较大, 其中含有示波器系统电路的非线性误差、示波器固有相位差以及被测信号的谐波等。

第 2 章 MATLAB 程序设计语言基础

2.1 概述

2.1.1 MATLAB 发展历程

MATLAB 的产生是与数学计算紧密联系在一起的。1980 年，美国新墨西哥州大学计算机主任 Cleve Moler 博士在给学生讲授线性代数课程时发现，学生在做习题时，花费很多的时间和精力用于高级语言编程，于是为了减轻学生的负担，采用当时用于数学计算的高级语言，编写了供学生使用的与其有关的一系列子程序的接口程序，它将这个接口程序取名为 MATLAB（Matrix Laboratory 的前三个字母的组合，意为“矩阵实验室”）。这一软件利用了当时流行的 EISPACK（基于特征值计算的软件包）和 LINPACK（线性代数软件包）两大软件包中可靠的程序，用 Fortran 语言编写了集命令翻译、科学计算于一身的一套交互式软件系统。这个程序获得了很大的成功，受到学生的广泛欢迎。

20 世纪 80 年代初期，Moler 博士与一批数学家及软件专家组成了软件开发公司，继续从事 MATLAB 的研究与开发，1984 年推出了第一个 MATLAB 商业版本，其核心是用 C 语言编写的。随后又推出了与 Microsoft Windows 配合的微机应用程序，增添了丰富多彩的图形图像处理、多媒体、符号运算以及与其他流行软件的接口功能，使得 MATLAB 的功能越来越强大。

MathWorks 公司正式推出 MATLAB 后，于 1992 年推出了具有划时代意义的 MATLAB 4.0 版本；1999 年推出的 MATLAB 5.3 版在很多方面进一步改进了 MATLAB 的功能，随之推出的全新版本也达到了很高的档次；2000 年 10 月推出的版本，在操作界面上有了很大的改观，同时还给出了程序发布窗口、历史信息窗口和变量管理窗口等，为用户提供了极大的方便；2001 年 6 月 MATLAB 6.1 版与 Simulink 4.0 版问世，功能已经十分强大；随之又推出了 MATLAB Release13，即 MATLAB 6.5 与 Simulink 5.0，在核心数值算法、界面设计、外部接口、应用桌面等诸多方面有了极大的改进；2004 年 9 月正式推出 MATLAB Release14，即 MATLAB 7.0 与 Simulink 6.0，其功能在原有的基础上又有了进一步的改进，它是 MATLAB 目前最新的版本。

经过 20 余年的补充、研究与不断完善以及多个版本的升级换代，MATLAB 现已成为国际上最为流行的科学计算与工程计算软件之一，现在的 MATLAB 已经不仅仅是最初的“矩阵实验室”了，它已发展成为一种具有广泛应用前景、全新的计算机高级编程语言，可以说它是“第四代”计算机语言。

自 20 世纪 90 年代以后，在美国和欧洲的大学中，将 MATLAB 正式列入研究生、本科生的教学计划，MATLAB 软件已成为线性代数、自动控制理论、数理统计、数字信号处理、动态系统仿真等课程的基本教学工具，成为学生所必须掌握的基本软件之一。在研究单位和

工业界, MATLAB 也成为工程师们必须掌握的一种工具, 作为进行研究与开发的首选软件工具。

2.1.2 MATLAB 系统构成

MATLAB 语言经过不断发展现已自成体系。MATLAB 语言系统包括以下五个部分。

1. MATLAB 语言

MATLAB 语言是一种带有独特的数据结构、输入输出、流程控制语句和函数, 并且面向对象的高级的矩阵/数组语言。MATLAB 语言在工程计算方面具有无可比拟的优异性能。它集计算、数据可视化和程序设计于一体, 并能将问题和解决方案以用户熟悉的数学符号表示出来。用户既可以用它来快速编写简单的程序, 也可用来编写庞大复杂的应用程序。

2. MATLAB 开发环境

MATLAB 开发环境是一套方便用户使用 MATLAB 函数和文件的工具集, 其中许多工具是图形化用户接口。它是一个集成化的工作空间。在这个工作空间中, 可以让用户或程序开发者输入、输出数据, 并提供了 M 文件的集成编译和调试环境以及应用不同的功能完成他们的工作。它包括 MATLAB 桌面、命令窗口、M 文件编辑调试器、MATLAB 工作空间和在线帮助文档等。

命令窗口: 命令窗口是 MATLAB 提供给用户的操作界面, 在命令窗口中, 用户可以实现 MATLAB 的各种功能。

M 文件编辑调试器: M 文件是 MATLAB 所特有的使用该语言编写的磁盘文件, 而编辑器则是 MATLAB 为用户提供的用于编辑 M 文件的程序。

MATLAB 工作空间: 它是显示用户在 MATLAB 中通过命令行进行操作的变量集合窗口。

在线帮助文档: MATLAB 为用户提供了强大的在线帮助。通过使用 MATLAB 提供的帮助, 用户不但可以查询函数的用法, 学习 MATLAB 的使用, 还可以从一个 MATLAB 的初学者一步一步地成为精通 MATLAB 的高手。

3. MATLAB 图形处理系统

MATLAB 的图形处理系统为用户提供了非常丰富的图形函数, 方便的图形化显示向量和矩阵, 而且还可以将工程计算的结果可视化及对图形进行编辑。其主要功能为绘制二维图形、绘制三维图形、图像处理、动画显示及定制图形用户界面 (GUI) 等。

4. MATLAB 数学函数库

MATLAB 数学函数包含了大量的计算算法, 从基本运算 (如加法、正弦等) 到复杂算法, 如矩阵运算、快速傅里叶变换等复杂函数。

MATLAB 数学函数通过两种方式提供给用户: 一是内部函数 (基本的数学函数); 二是外部函数 (专用函数)。

5. MATLAB 应用程序接口

MATLAB 应用程序接口 (API) 实际上是一个让 MATLAB 语言同 C 和 Fortran 等其他高级语言进行交互的函数库。该函数库的函数通过动态链接来读写 MATLAB 文件。

2.1.3 MATLAB 的主要功能及特点

1. MATLAB 的主要功能

(1) 数值计算功能 MATLAB 作为世界顶尖的数学应用软件,其出色的数值计算能力是优于其他数值计算软件的決定因素之一。

(2) 符号计算功能 数学计算有数值计算和符号计算之分,仅有优异的数值计算功能并不能满足解决数学计算问题时的需要。在数学、应用科学和工程计算领域,常常会遇到符号计算问题。1993年,MathWorks 公司从加拿大滑铁卢大学购买了 Maple 的使用权,并以 Maple 的“内核”作为符号计算功能的“引擎”,依靠 Maple 已有的库函数,实现了 MATLAB 的符号计算功能。

(3) 数学分析和可视化功能 在科学计算的研究工作中,技术人员经常会遇到大量的原始数据,而对数据的分析往往难以入手,如果能将这些数据以图形的方式显示出来,不仅使数据间的关系清晰明了,而且对于揭示其内在本质往往有着非常重要的作用。

(4) 文字处理功能 MATLAB Notebook 为用户提供了强大的文字处理功能。MATLAB Notebook 允许用户从一个文字处理程序 (Microsoft Word) 访问 MATLAB 的数值计算和可视化结果。通过使用 MATLAB Notebook,用户可以方便地创建包含文本、MATLAB 命令及使用 MATLAB 得到的结果的文档。MATLAB Notebook 主要用于创建 MATLAB 程序文档、MATLAB 的教科书、MATLAB 手册、MATLAB 技术报告和 MATLAB 注释文档。

(5) Simulink 动态仿真功能 Simulink 是 MATLAB 为模拟动态系统而提供的一个交互式程序。Simulink 允许用户在屏幕上用框图来模拟一个系统,并能够动态地控制该系统。Simulink 采用鼠标驱动方式,能够处理线性、非线性、连续、离散等多种系统。

此外,Simulink 还为用户提供了两个应用程序扩展集,包括 Simulink Extensions 和 Blocksets。Simulink Extensions 是支持 Simulink 环境中进行系统开发的一些可选择的工具应用程序;Blocksets 是在特殊应用领域中设计的 Simulink 程序的集合。

2. MATLAB 的特点

(1) 功能强大 它不仅在数值计算和符号计算方面具有强大的功能,而且在计算结果的分析和数据可视化方面也有着其他类似软件难以匹敌的优势。

(2) 界面友好,编程效率高 MATLAB 是一种以矩阵计算为基础的程序设计语言,其指令表达式与标准教科书的数学表达式非常接近。

(3) 扩展性强 MATLAB 的一个重要特点是它的可扩展性,用户能够自由地开发自己的应用程序,并能嵌入 MATLAB 中,可以供其他用户使用。

2.1.4 MATLAB 7.0 主要工具箱

MATLAB 拥有一个专用的家族产品,用于解决不同领域的问题,称之为工具箱 (Toolbox)。工具箱用于 MATLAB 的计算和画图,通常是 M 文件和高级 MATLAB 语言集合,以使用户可以方便地修改函数和源代码,或增加新的函数。目前已有涉及自动控制、信号处理、图像处理、经济、数学等多种学科的 30 多种工具箱投入应用。下面是一些比较常用的工具箱。

1. 控制类工具箱

MATLAB 控制类工具箱为用户提供了许多控制领域的专用函数,实际上,这个工具箱就是一个关于控制系统的算法的集合。通过这些专用函数,用户可以方便地实现控制系统的部分应用。此外,使用 MATLAB 的控制类工具箱还可以方便地进行模型间的转换。该类工具

箱主要包括下列应用：

- 1) 控制系统工具箱 (Control Systems Toolbox);
- 2) 系统辨识工具箱 (Systems Identification Toolbox);
- 3) 模糊逻辑工具箱 (Fuzzy Logic Toolbox);
- 4) 神经网络工具箱 (Neural Network Toolbox);
- 5) 模型预测控制工具箱 (Model Predictive Control Toolbox)

2. 信号处理类工具箱

- 1) 信号处理工具箱 (Signal Processing Toolbox);
- 2) 滤波设计工具箱 (Filter Design Toolbox);
- 3) 通信工具箱 (Communication Toolbox);
- 4) 高阶谱分析工具箱 (Higher Order Spectral Toolbox)。

3. 应用数学类工具箱

- 1) 最优工具箱 (Optimization Toolbox);
- 2) 样条工具箱 (Spline Toolbox);
- 3) 统计工具箱 (Statistics Toolbox);
- 4) 偏微分方程工具箱 (Partial Differential Equation Toolbox)。

4. 其他常用的工具箱

- 1) 符号数学工具箱 (Symbolic Math Toolbox);
- 2) 生物信息工具箱 (Bioinformatics Toolbox);
- 3) 定点工具箱 (Fixed-point Toolbox);
- 4) 遗传算法和直接搜寻工具箱 (Genetic Algorithm and Direct Search Toolbox);
- 5) 图像处理工具箱 (Image Processing Toolbox);
- 6) 线性矩阵不等式控制工具箱 (LMI Control Toolbox)。

2.1.5 MATLAB 的安装

在 Microsoft Windows 环境下，将 MATLAB 7.0 的光盘插入光盘驱动器；在 MATLAB 目录下运行 “setup.exe” 程序。具体操作过程如下：

输入正确的用户注册信息码；

选择接收软件公司的协议；

输入用户名和公司名；

选择 MATLAB 组件 (Toolbox)；

选择软件安装路径和目录；

单击 “Next” 按钮进入正式的安装界面。安装过程界面如图 2-1 所示。以后按装机的一般步骤顺序往下安装，直至完成。

首先启动 Windows 环境，用鼠标双击 MATLAB 图标或单击 Windows 的开始菜单，依次指向 “程序” → “MATLAB”，单击 “MATLAB” 即可启动该软件环境，进入 MATLAB 的桌面平台，如图 2-2 所示。

如要退出 MATLAB 环境，可在命令窗口上键入 “quit”，或选择菜单项 “File” → “退出”，这样就可以退出 MATLAB 环境。

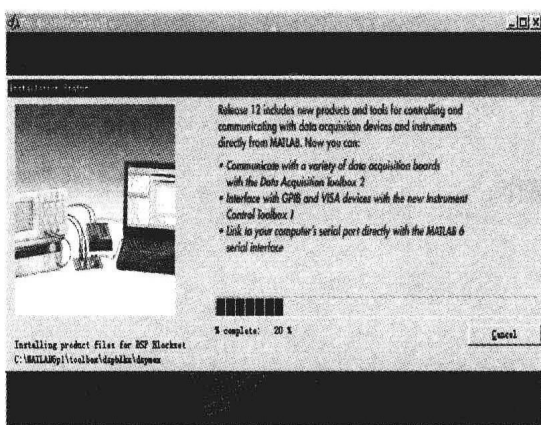


图 2-1 MATLAB 安装过程界面

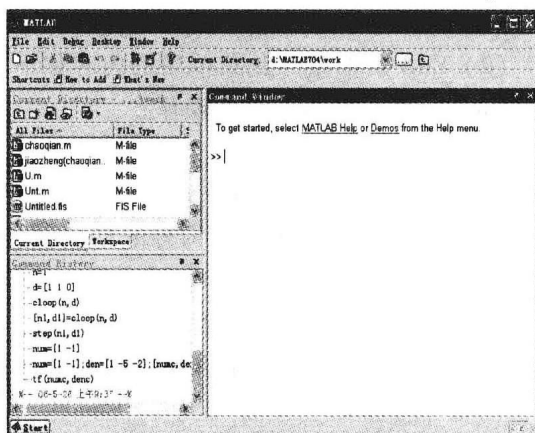


图 2-2 MATLAB 主窗口

2.1.6 MATLAB 的主菜单

MATLAB 既是一种高级计算机语言，又是一个编程环境。MATLAB 的系统界面，通常是指这个软件系统所具有的各种界面里的诸多菜单命令、工具栏按钮与对话框。通过对其操作，可以运行并管理系统，生成、编辑与运行程序，管理变量与工作空间，输入输出数据与相关信息以及生成与管理 M 文件等。本节主要介绍 MATLAB 7.0 以上版本的系统界面、系统菜单项命令、系统工具栏按钮、系统界面的窗口、Start 开始按钮等。MATLAB 主窗口如图 2-2 所示。从图中可以看到，MATLAB 主窗口的上方是标准的 Windows 工作界面。

在工具栏下方的大窗口就是 MATLAB 的主窗口，主窗口不能进行任何计算任务的操作，只能用来进行一些整体的环境参数设置。在桌面平台默认设置下，主窗口主要包含四个窗口：“Command Window”、“Current Directory”、“Command History”与“Workspace”；六个下拉菜单项命令和工具栏上的 10 个按钮控件。

1. 菜单项命令

MATLAB 的菜单命令构成相对简单，由 File、Edit、Debug、Desktop、Window、Help 六组菜单命令组成。

(1) File 菜单项 此菜单项的内容如下：

New：用于建立新的 .m 文件、图形、模型和图形用户界面文件；

Open：用于打开 MATLAB 的 .m 文件、图形、模型和图形用户界面文件；

Close Command Window：关闭命令窗口；

Import Data：用于从其他文件导入数据，单击后弹出对话框，选择导入文件的路径和位置；

Save Workspace As：用于把工作空间的数据存放到相应的路径文件中；

Set Path：设置工作路径；

Preferences：用于设置命令窗口属性；

Page Setup：用于页面设置；

Print：用于设置打印属性；

Print selection：用于对选择的文件数据进行打印设置；

Quit: 退出 MATLAB 桌面操作环境。

(2) **Edit** 菜单项 此菜单项的内容如下:

Undo: 用于撤消上一步操作;

Redo: 用于重复执行上一步操作;

Cut, Copy, Paste: 用于剪切、复制、粘贴操作;

Paste Special: 用于特写内容的粘贴;

Select All: 用于全部选择;

Delete: 用于删除、查找所选择的对象;

Find, Find Files: 用于查找所需的文件;

Clear Command Window, Clear Command History, Clear Workspace: 清除命令窗口区的对象、历史记录、工作区的对象。

(3) **Debug** 菜单项 此菜单项的内容如下:

Open M-Files when Debugging: 用于调试时打开 M 文件;

Step: 单步调试程序;

Step In, Step Out: 单步调试进入子函数、从子函数中跳出;

Continue: 程序执行到下一断点;

Clear Breakpoints in All Files: 清除打开文件的所有断点;

Stop if Errors/Warnings: 在程序出错或报警处停止运行;

Exit Debug Mode: 退出调试模式。

(4) **Desktop** 菜单项 单击 **Desktop** 主菜单项可同时按下〈ALT + D〉组合键。

Desktop Layout: 将命令窗口变为全屏显示, 并设为当前活动窗口;

单击该项后, 弹出子菜单: **Default** (系统默认设置)、**Command Window Only** (单独命令窗口)、**History and Command Window** (命令窗口和历史窗口)、**All Tabbed** (全部标签显示);

Save Layout: 保存选定的工作区设置;

Organize Layouts: 管理保存的工作区设置;

Command Window, Command History, Current Directory, Workspace, Help: 命令窗口、历史窗口、当前路径窗口、工作空间窗口、帮助窗口;

Toolbar: 显示或隐藏工具栏选项;

Shortcuts Toolbar: 显示或隐藏快捷方式选项;

Titles: 显示或隐藏标题栏选项。

(5) **Help** 菜单项 单击 **Help** 主菜单项可同时按下〈ALT + H〉组合键。

Full Product Family Help: 显示所有 MATLAB 新产品的帮助信息;

MATLAB Help: 启动 MATLAB 的帮助信息;

Using the Desktop: 启动命令窗口的帮助;

Using the Command Window: 显示相关的资源网址;

Web Resources: 检查软件是否更新;

Demos: 调用 MATLAB 所提供的范例程序;

About MATLAB: 显示有关 MATLAB 的信息。