

1 引言

随着国内电力系统等行业对串联电容器补偿装置(以下简称串补)需求量的逐年增加,争论串联电容器型式试验就显得格外重要、牢靠、准确地检测其试验电流更是重中之重,它对确保型式试验成功起关键作用。本文主要从理论、实践方面分析争论串联电容器型式试验中的阻尼放电问题,提出用罗氏线圈作为检测阻尼放电电流波形的常规传感器,并建立一套仿真模型用于优化串联电容器型式试验和罗氏线圈等电磁参数,确保串补用电容器型式试验牢靠成功进展[1]。

利用 MATLAB 强大的数值仿真和数据处理力量,可对电气工程及其自动化专业的“自动掌握原理”、“电力电子技术”、“电机及拖动根底”、“电力系统稳态分析”和“数字信号处理”等课程内容进展仿真、争论,然而在这方面的教学应用文献较多。引,并且大都停留在如何对 MATLAB / sIMuLINK 软件的操作和使用问题,其实对于大多数软件本身操作和使用可参照其具体的帮助说明。本文重点以两个学生的毕业设计内容和仿真结果为例,从专业教学环节角度探讨该仿真软件在电气工程类教学中的应用,从而培育本科生应用所学专用学问提高工程问题的建模和分析力量。

串补电容器就是在电力系统中串补使用的一种电力电容器。它在敏捷沟通输电技术中起着提高系统的功率因数、改善系统的电压调整率、增加系统的传输容量和提高系统的稳定性等重要作用[2]。

2 电容器及其相关学问

2.1 电容器的根底学问

电容器是在两个金属电极中间夹一层绝缘材料〔介质〕构成，它是一种储存电能的元件，在电路中具有沟通耦合、旁路、滤波、信号调谐等作用。

〔1〕电容器的分类

①电容器按构造可分为固定电容器、可变电容器、微调电容器。

②按介质可分为空气介质电容器、固体介质〔云母、陶瓷、涤纶等〕电容器及电解电容器。

③按有无极性可分为有极性电容器和无极性电容器。

〔2〕常用的电容器

①圆片形瓷介电容器

瓷介电容器的主要特点是介质损耗较低，电容量对温度、频率、电压和时间的稳定性都比较高，常用在高频电路及对电容器要求比较高的场所。

②圆片形低频瓷介电容器

该电容器供电子设备中对损耗和容量稳定性要求不高的电路使用或作旁路、耦合之用。

③低频独石瓷介电容器

低频独石瓷介电容器用于旁路和低频隔直电路，特别适用于半导体电子电路，具有体积小、电容量大、特性稳定、电感小和高温性能好等优点。

④云母电容器

云母电容器用于直流、沟通和脉冲电路。云母电容器具有优良的电气性能，绝缘强度高、损耗小，而且温度、频率特性稳定，但抗潮湿性能差。

⑤金属化纸介电容器

金属化纸介电容器的体积仅相当于纸介电容器的 $1/4$ 。其主要特点是具有自愈作用，当介质发生局部击穿后，经自愈作用，其电气性能可恢复到击穿前的状态，但绝缘性能较差。该电容器广泛应用于自动化仪表和家用电器中，但不适用于高频电路，它的工作频率一般不宜超过几十千赫。

⑥涤纶电容器

涤纶电容器是塑料薄膜电容器〔聚苯乙烯、聚丙烯、涤纶、聚碳酸酯电容器等〕中的一种，也是塑料薄膜电容器中产量较大、应用最广泛的一种，其电容量及耐压范围最宽。涤纶电容器的电参数随温度变化较大，其中容量在温度超过100℃以后随温度的上升而急剧增加，因此它不宜作功率沟通电容器，为使电容量稳定，应在80~100℃下使用较好。

⑦铝电解电容器

铝电解电容器用于直流或脉冲电路。该电容器是有极性的，除正、负引出头外，外壳为负极

⑧钽电解电容器

钽电解电容器主要用于替补铝电解电容器性能参数难以满足要求的电路中，例如，用于要求电容器体积小、上下限度范围宽、频率特性和阻抗特性要求高、产品稳定性、牢靠性要求较高的电路。电视机、录像机、摄像机、高保真音响设备等也选用局部钽电解电容器，以提高整机质量。但电解电容器的价格较高。

〔3〕电容器的符号

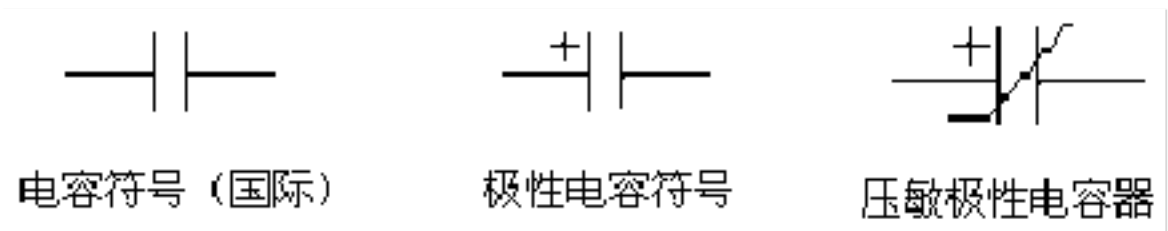


图 2.1 电容器的不同表示

〔4〕电容器的主要性能指标

①标称容量和允许误差：电容器储存电荷的力量，常用的单位是 F、uF、pF。电容器上标有的电容数是电容器的标称容量。电容器的标称容量和它的实际容量会有误差。常用固定电容允许误差的等级见表 3。常用固定电容的标称容量系列见表 4。一般，电容器上都直接写出其容量，也有用数字来标志容量的，通常在容量小于 10000pF 的时候，用pF 做单位，大于10000pF 的时候，用uF 做单位。为了简便起见，大于 100pF 而小于 1uF 的电容常常不注单位。没有小数点的，它的单位是 pF，有小数点的，它的单位是uF。如有的电容上标有“332”〔3300pF〕三位有效数字，左起两位给出电容量的第一、二位数字，而第三位数字那么表示在后加0 的个数，单位是 pF.

②额定工作电压：在规定的工作温度范围内，电容长期牢靠地工作，它能承受的最大直流电压，就是电容的耐压，也叫做电容的直流工作电压。假设在沟通电路中，要留意所加的沟通电压最大值不能超过电容的直流工作电压值。常用的固定电容工作电压有 6.3V、10V、16V、25V、50V、63V、100V、2500V、400V、500V、630V、1000V。

③绝缘电阻：由于电容两极之间的介质不是确定的绝缘体，它的电阻不是无限大，而是一个有限的数值，一般在 1000 兆欧以上，电容两极之间的电阻叫做绝缘电阻，或者叫做漏电阻，大小是额定工作电压下的直流电压与通过电容的漏电流的比值。漏电阻越小，漏电越严峻。电容漏电会引起能量损耗，这种损耗不仅影响电容的寿命，而且会影响电路的工作。因此，漏电阻越大越好。

④介质损耗：电容器在电场作用下消耗的能量，通常用损耗功率和电容器的无功功率之比，即损耗角的正切值表示。损耗角越大，电容器的损耗越大，损耗角大的电容不适于高频状况下工作。

〔5〕电容器的简易测试

电容器在使用前应对其漏电状况进展检测。容量在 $1\sim 100\mu\text{F}$ 内的电容用 $R\times 1\text{K}$ 挡检测；容量大于 $100\mu\text{F}$ 的电容用 $R\times 10$ 检测，具体方法如下：将万用表两表笔分别接在电容的两端，指针应先向右摇摆，然后回到“ ∞ ”位置四周。表笔对调重复上述过程，假设指针距“ ∞ ”处很近或指在“ ∞ ”位置上，说明漏电阻大，电容性能好；假设指针距“ ∞ ”处较远，说明漏电阻小，电容性能差；假设指针在“0”处始终不动，说明电容内部短路。对于 5000pF 以下的小容量电容器，由于容量小、充电时间快、充电电流小，用万用表的高阻值挡也看不出指针摇摆，可借助电容表直接测量其容量。

〔6〕电容器的选用

电容器的种类繁多，性能指标各异，合理选用电容器对产品设计格外重要。

①不同的电路应选用不同种类的电容器

在电源滤波、退耦电路中要选用电解电容器；在高频、高压电路中应选用瓷介电容、云母电容；在谐振电路中，可选用云母、陶瓷、有机薄膜等电容器；用作隔直流时可选用纸介、涤纶、云母、电解等电容器，用在调谐回路时，可选用空气介质或小型密封可变电容器。

②电容器耐压的选择

电容器的额定电压应高于实际工作电压的 10~20%，对工作稳定性较差的电路，可留有更大的余量，以确保电容器不被损坏和击穿。

③容量的选择

对业余的小制作一般不必考虑电容器的误差。对于振荡、延时电路，电容器容量应尽可能小，选择误差应小于 5%，对于低频耦合电路的电容器其误差可大一些，一般 10~20%就能满足要求。

④在选用时还应留意电容器的引线形式。可依据实际需要选择焊片引出、接线引出、螺丝引出等，以适应线路的插孔要求。

⑤电容器在选用时不仅要留意以上几点，有时还要考虑其体积、价格、电容器所出的工作环境〔温度、湿度〕等状况。

⑥电容器的代用

在选购电容器的时候可能买不到所需要的型号或所需容量的电容器，或在修理时手头有的与所需的不相符合时，便考虑代用。代用的是：电容器的容量根本一样；电容器的耐压值不低于原电容器的耐压值；对于旁路电容、耦合电容，可选用比原电容容量大的代用；在高频电路中，代换时肯定要考虑频率特性，应满足电路的要求。

〔7〕电容器使用本卷须知

①使用电容器时应测量其绝缘电阻，其值应当符合使用要求。

② 电容器外形应当完整，引线不应松动。

③电解电容器极性不能接反。

④ 电容器耐压应符合要求，假设耐压不够可承受串联的方法。

⑤某些电容器，其外壳有黑点或黑圈，在接入电路时应将该端接低电位或低阻抗的一端〔接地〕。作电源去耦以及旁路用的电容器，通常应使用两只电容器并联工作，一只先用较大容量的电解电容器，作为低频通路；另选一只小容量的云母或瓷介电容器作为高频通路。

⑥温度对电解电容器的漏电流、容量及寿命都有影响，一般的电解电容器只能在 50℃ 以下环境使用。

⑦用于脉冲电路中的电容器，应选用频率特性和耐温性能较好的电容器，一般

为涤纶、云母、聚苯乙烯等电容器。

⑧ 可变电容器的动片应良好接地。

⑨ 可变电容器使用日久，动片间会有灰尘，应定期清洁处理。

2.2. 电容器组

按电容器组熔丝配置来划分。可分为外熔丝，内熔丝和无熔丝三种技术，这三种技术以下对其优点作进一步的说明：(1) 具有内熔丝技术的优点，掌握及保护的牢靠性已被广泛的应用由用户的反响所证明。(2) 无熔丝技术是电容技术开展到肯定水平而自然消灭的一种的应用技术，其核心是基于成熟的现代电容技术和制造工艺。(3) 无熔丝技术的应用已被IEEE，IEC等国际标准组织认可并为其制定出相关标准条款。这也说明在国际上无熔丝技术已被认定为一种值得推广的成熟技术。

(4) GE公司于1980年后期开头在输配电系统中应用无熔丝技术。1997年无熔丝技术开头在高压串补系统中被承受，如今已在很多国家被广泛应用，包括美国，巴西，南非，智利，澳大利亚。作为串补设备的主要供给商的西门子和GE公司目前在国内及国际市场都在大力推广无熔丝技术的应用。可以预见这一的技术。

2.3 电力电容器技术的开展趋势

(1) 壳式并联及滤波电容器以国外先进水平为目标，在提高运行牢靠性的根底上改善产品比特性。考虑到国内实际状况，比特性有可能在近几年到达 $0.12L/k\text{ var}$ 左右。

(2) 今后几年直流输电换流站直流场用各种电容器的国产化、无熔丝电容器、串联电容器、风电和电气化铁道用补偿和滤波装置可能是产品开展的重点。

(3) 紧跟国外先进技术，开发出适合我国国情、环境相容性更好的高压干式自愈式电容器。

(4) 适应我国建设坚强智能电网要求，大力开展各种形式的自动补偿装置：包括TCR、MCR、TSC型静止无功补偿器(SVC)、静止同步补偿器(STATCOM)，可控串联电容补偿装置，电容分压型电子式电压互感器等。

(5) 大力开发高能量密度的脉冲和储能电容器，以适应电动汽车开展和国防建设工程的迫切需要。

2.4 串联补偿技术应用介绍

与兴盛国家相比，我国电网技术水平存在明显差距。主要是500 kV电网线路输送力量偏低。我国目前正处在500 kV网络初步形成、220 kV电网逐步改造实现分区运行的开展阶段。电网运行中存在的主要问题是输送容量较低。受暂稳极限限制，500 kV长距离送电线路输送力量在60万~100万kW。与国外相比有40—80万kW的差距[3]。

为解决这一问题，承受串联补偿技术来提高系统的传输力量是一个可选方案。串联补偿系指固定串联电容补偿和可控串联电容补偿(简称固定串补和可控串补)，在沟通输电系统中利用串联电容器的容性阻抗，补偿输电线的局部感性阻抗。使得发电机组间电气距离缩短，同步力矩增加，到达改善系统稳定性，削减功率输送引起的电压降和功角差，从而提高电力系统稳定运行水平，扩大线路输送容量，提高网络实际输送力量的目的。可控串补是在串联电容器旁并联一个由晶闸管阀掌握的电感回路，从而产生一个叠加在电容器上可控附加电流：实现了对串联补偿电容的外部等效容抗的掌握：即通过对半导体晶闸管阀的触发掌握来实现对串联补偿电容的平滑调整和动态响应的掌握。承受可控串补可以进一步提高电网的输电力量和电力系统稳定性，抑制电力系统低频振荡和次同步谐振。以下主要争论固定串补技术的应用。参阅图1单线图，串补装置主要由电容器组、氧化锌避雷器、阻尼装置、动作的火花间隙、c-电容器组Z氧化锌避雷器D—阻尼装置G—动作的火花间隙H—旁路断路器图1 固定串补装置单线图旁路开关等主要设备以及相应的掌握保护设备组成[4]。

电容器组的作用如上所述主要是利用其容性阻抗，补偿输电线的局部感性阻抗以到达提高网络实际输送力量的目的。氧化锌避雷器主要用于保护电容器组在故障状态下不受损害。放电阻尼电路主要由一个空心电抗器组成，有时设计会包括一个跨接在电抗器两端的并联电阻器，放电阻尼电路用于限制电容器的最大峰值放电电流。火花间隙一般为强制触发式空气间隙，以保护MOV的发热量不超过其限值。旁路断路器与电容器组和过电压保护装置并联。该断路器用于在方案或事故状况下将电容器组旁路或重投入。

2.5 串联补偿装置的根本原理

铁路交通运输是国民经济开展的命脉，同时也是制约经济开展的瓶颈之一。由于目前我国经济飞速开展，电气化铁路的运能急剧增加，现有的牵引供电力量远远

不能满足运输的要求，这将会大大制约国民经济的开展。要提高现有的电气化铁道的牵引供电力量，就要求提高接触网的电压水平。在电气化铁道牵引网中使用串联电容补偿装置，不但可以提高牵引网的电压，还能附带改善电气化铁道牵引网供电系统中的功率因数，从而大大提高铁路运输力量。

所以，将串联电容补偿装置接入供电臂，能直接有效地减小牵引供电系统电压损失，而且还能附带改善牵引供电系统功率因数[5]

2.6 串联补偿装置的主要电气设备与保护原理

串联补偿装置的主要电气设备

以南昆线电气化铁道串联电容补偿装置一共有8套，分别接入8个不同的铁路区间，能有效地提高南昆铁路运能。以永乐与汪甸车站之间的串联补偿装置为例，一次接线图如下：

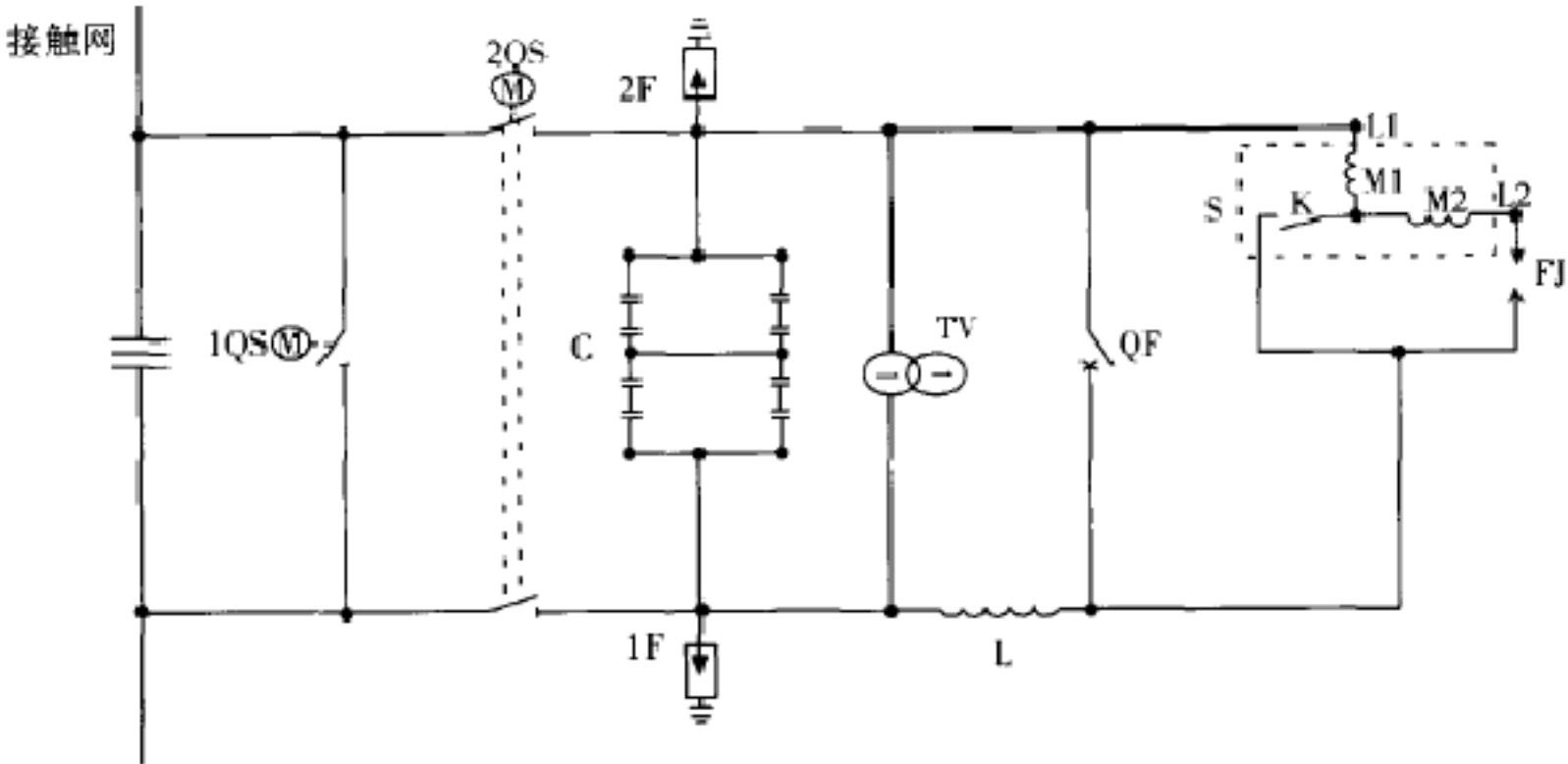


图4.1 串补装置一次设备图

接触基于PLC掌握的串联电容补偿装置在电气化铁道牵引网中的应用——放电间隙：在正常状况下，即使串联电容补偿装置投入有牵引负荷且无论牵引负荷大小，放电间隙都处于开断状态；只有在非正常状况下（接触网发生短路或串联电容器组两端消灭高电压时），放电间隙被击穿，使处于过电压状况的电容器组被临时短接，保护串联电容器组不受长时间、更高电压的危害。

2.6.2 串联补偿装置的保护原理

当接在串联电容补偿装置后面的接触网发生故障，产生的短路电流使c串联电容器组两端电压瞬间上升时，FJ放电间隙被击穿，形成接触网短路电流、c串联电

容器组被短接的放电电图 4.1串补装置一次设备图图 4.1中串补装置的组成元件及相应功能如下：c—— 串联电容器组：为串联电容补偿装置主设备。由多台电容器通过串并联方式形成电容器组，牵引负荷电流 I 通过后产生容性电压降跳变(相对于感性电压降为电压升)，从而抬高馈线出口电压。T—— 电压互感器：监测串联电容补偿装置工作状况。通过遥测装置把串联电容补偿装置工作时提高的接触网丁作电压发送给供电调度中心，以便利中心技术人员24小时观看接触网的电压。

旁路断路器：完成遥控分合闸操作，可以在馈线不停电状态下完成c串联电容补偿装置的投切。

1QS——旁路隔离开关、 2QS—— 串联电容补偿装置进出线隔离开关：当 2QS处于分闸状态、1QS处于合闸状态时串联电容补偿装置退出运行；当2QS处于合闸状态、1QS处于分闸状态时串联电容补偿装置投入运行。

L—— 阻尼电抗：L阻尼电抗与FJ放电间隙相串联。在FJ放电间隙被击穿，通过L阻尼电抗构成c串联电容器组放电回路，其作用是限制c串联电容器组放电过渡过程，满足其对爆破能量的要求。在馈线断路器没动作跳闸前也是接触网短路电流的通过回路。

s——旁路开关：由高压继电器、动静触头K、操作(电流)线圈M1、M2、电磁铁、计数器组成。与 放电间隙串联，其作用是当处于非正常状况下(接触网发生短路或串联电容器组两端消灭高电压)，使其合闸后直接短接FJ放电间隙使FJ放电间隙熄弧、开断间隙。同时，通过与之相串联的L阻尼电抗短接c串联电容器组，保护电容器组不受高电压危害。

1F、2F—— 氧化锌避雷器：当消灭雷电天气时，将电容器组上的过高电压引入大地来保护电容器组。流通道。接触网短路电流、c串联电容器组放电电流流过S旁路开关的M1、M2线圈，使主触头K闭合。一方面，直接旁路M2、FJ放电间隙使FJ放电间隙熄弧、开断间隙；

另一方面，经M1线圈形成接触网短路电流、c串联电容器组放电电流长期通道。由于M1中流过接触网短路电流、c串联电容器组，放电电流足以维持其主触头K始终闭合，直至牵引变电所馈线断路器跳闸，切除短路电流，且c串联电容器组放电电流小于某一值(200A)，M1线圈吸合力小于反弹簧力时，那么主触头K自动开断。

2.7 串联电容器型式试验的介绍

依据国家标准GB / T6115. 1对串联电容器试验的有关规定可知，串联电容器的阻尼放电试验是一个欠阻尼的振荡放电，其等效电路如图2.1所示。

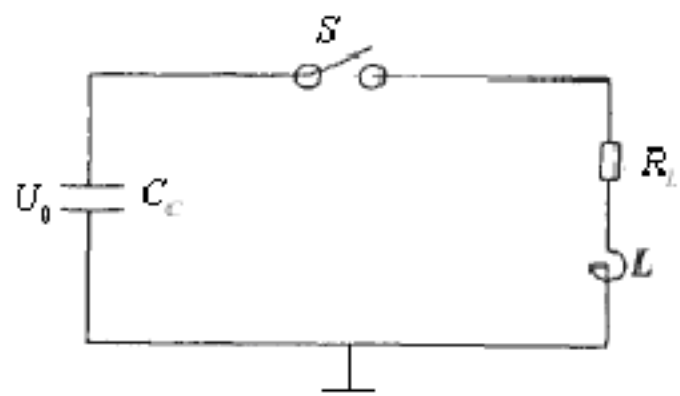


图2.1 串联电容器试验原理的等效电路

在图2.1中 R_L 为放电回路等效电阻（包括线路电阻和电容器 C_c 内阻）， L 为放电回路的等效电感，当电容器C充电到电容器放电时电压 U_0 值后，合上开关s 后，

该回路电流 $i_1(t)$ 为

$$i_1(t) = \frac{U_0}{\omega L} e^{-\delta t} \sin \omega t \tag{式2.1}$$

$$\omega = (\omega_0^2 - \delta^2)^{0.5} \tag{式2.2}$$

$$\omega_0 = (LC_c)^{-0.5} \tag{式2.3}$$

$$\delta = \frac{R}{2L} \tag{式2.4}$$

式中 ω 为回路放电时角频率； ω_0 为回路的固有角频率； δ 为阻尼系数； I_m 为放电电流的峰值。

3 MATLAB 概述

3.1 MATLAB 的特点

当它进展各种数学运算和做图时可以承受人机交互方式，此时对MATLAB 的操

作并不比使用计算器更简单。可以处理极简单的问题:MATLAB 的易用性并不说明它力量弱,在MATLAB 供给的资料中,有关于模拟航天飞机降落这样简单的例题。事实上,MATLAB 本身就是计算机的一种高级语言,当用户用程序的方式把上面排列的数学运算组织到一起,就可以充分发挥MATLAB 处理简单问题的力量。丰富的工具箱:工具箱是由世界级的专家针对特地问题而设计的 MATLAB 软件包,MATLAB513 已有 20 个以上工具箱,例如统计、通讯、神经网络、金融、模糊规律等工具箱,使用这些工具箱可以看作是“站到了世界巨人的肩膀上”。并且用户可以用MATLAB 语言设计自己的工具箱添加到MATLAB 工具箱家族中[6]。

开放式系统:MATLAB 主要用函数进展工作,函数主要以M文件来表达。M 文件是一个不加编译的文本文件,MATLAB 的绝大多数工具箱用M文件写成。这也就是说,你可以用任何一种文本编辑器来阅读、编写 MATLAB 的函数和工具箱,更重要地是 MATLAB 现有的函数和工具箱成为大家学习的范本。超群是做图力量:但凡MATLAB 处理的问题,它都可以给出二维、三维图形。图形用户界面(GUI):建模、分析、模拟等系统分析的关键步骤都可以在MATLAB 供给的图形窗口中进展。此时,过去进展系统分析时的列方程、构图、计算、反响等简单的工作都简化为鼠标的拖动。丰富的数学函数[7]。

3.2 MATLAB 概貌

MATLAB 是基于矩阵运算的人机交互系统,它并不需要事先定义矩阵的阶数,特别适用于需要矩阵和矢量运算的系统分析问题,它还可以承受诸如 C、FORTRAN 一类非交互式语言编写的程序。MATLAB 由如下 5 个方面组成。MATLAB 语言:这是一种适合于矩阵运算的高级语言,它具有函数、数据构造、输入/输出、面对对象(OOP)等特点。它可以通过交互式即时输入片段小程序、数学公式、函数进展即时输出的运算,也可以编制完整的大型程序进展简单的运算。与利用 C 语言或 Fortran 语言作计算的重设计相比,利用 MATLAB 软件,可以节约大量的编程时间[8]。

MATLAB 和 Mathematica、Maple 并称为三大数学软件。它在数学类科技应用软件中在数值计算方面首屈一指。 MATLAB 可以进展矩阵运算、绘制函数和数据、实现算法、创立用户界面、连接其他编程语言的程序等,主要应用于工程计算、掌握设计、信号处理与通讯、图像处理、信号检测、金融建模设计与分析等领域。

MATLAB 的根本数据单位是矩阵，它的指令表达式与数学、工程中常用的形式格外相像，故用 MATLAB 来解算问题要比用 C，FORTRAN 等语言完成一样的事情简捷得多，并且 mathwork 也吸取了像 Maple 等软件的优点,使 MATLAB 成为一个强大的数学软件。在的版本中也参与了对 C，FORTRAN，C++，JAVA 的支持。可以直接调用,用户也可以将自己编写的有用程序导入到 MATLAB 函数库中便利自己以后调用，此外很多的 MATLAB 爱好者都编写了一些经典的程序，用户可以直接进展下载就可以用[9]。

3.2.1 开展历程

20 世纪 70 年月，美国墨西哥大学计算机科学系主任Cleve Moler 为了减轻学生编程的负担，用 FORTRAN 编写了最早的MATLAB。1984 年由 Little、Moler、Steve Bangert 合作成立了的MathWorks 公司正式把MATLAB推向市场。到 20 世纪 90 年月，MATLAB 已成为国际掌握界的标准计算软件。

特点

- (1) 此高级语言可用于技术计算
- (2) 此开发环境可对代码、文件和数据进展治理
- (3) 交互式工具可以按迭代的方式探查、设计及求解问题
- (4) 数学函数可用于线性代数、统计、傅立叶分析、筛选、优化以及数值积分等
- (5) 二维和三维图形函数可用于可视化数据
- (6) 各种工具可用于构建自定义的图形用户界面
- (7) 各种函数可将基于 MATLAB 的算法与外部应用程序和语言（如 C、C++、Fortran、Java、COM 以及 Microsoft Excel ）集成 [2]
- (8) 不支持大写输入，内核仅仅支持小写

优势

- (1) 友好的工作平台和编程环境

MATLAB 由一系列工具组成。这些工具便利用户使用 MATLAB 的函数和文件，其中很多工具承受的是图形用户界面。包括 MATLAB 桌面和命令窗口、历史命令窗口、编辑器和调试器、路径搜寻和用于用户扫描帮助、工作空间、文件的扫描器。随着 MATLAB 的商业化以及软件本身的不断升级，MATLAB 的

用户界面也越来越精巧，更加接近 Windows 的标准界面，人机交互性更强，操作更简洁。而且版本的 MATLAB 供给了完整的联机查询、帮助系统，极大的便利了用户的使用。简洁的编程环境供给了比较完备的调试系统，程序不必经过编译就可以直接运行，而且能够准时地报告消灭的错误及进展出错缘由分析。

〔2〕简洁易用的程序语言

Matlab 一个高级的矩阵 / 阵列语言，它包含掌握语句、函数、数据构造、输入和输出和面对对象编程特点。用户可以在命令窗口中将输入语句与执行命令同步，也可以先编写好一个较大的简单的应用程序（ M 文件）后再一起运行。版本的 MATLAB 语言是基于最为流行的 C++ 语言根底上的，因此语法特征与 C++ 语言极为相像，而且更加简洁，更加符合科技人员对数学表达式的书写格式。使之更利于非计算机专业的科技人员使用。而且这种语言可移植性好、可拓展性极强，这也是 MATLAB 能够深入到科学争论及工程计算各个领域的重要缘由。

〔3〕强大的科学计算机数据处理力量

MATLAB 是一个包含大量计算算法的集合。其拥有 600 多个工程中要用到的数学运算函数，可以便利的实现用户所需的各种计算功能。函数中所使用的算法都是科研和工程计算中的最争论成果，而前经过了各种优化和容错处理。在通常状况下，可以用它来代替底层编程语言，如 C 和 C++ 。在计算要求一样的状况下，使用 MATLAB 的编程工作量会大大削减。 MATLAB 的这些函数集包括从最简洁最根本的函数到诸如矩阵，特征向量、快速傅立叶变换的简单函数。函数所能解决的问题其大致包括矩阵运算和线性方程组的求解、微分方程及偏微分方程的组的求解、符号运算、傅立叶变换和数据的统计分析、工程中的优化问题、稀疏矩阵运算、复数的各种运算、三角函数和其他初等数学运算、多维数组操作以及建模动态仿真等。

〔4〕精彩的图形处理功能

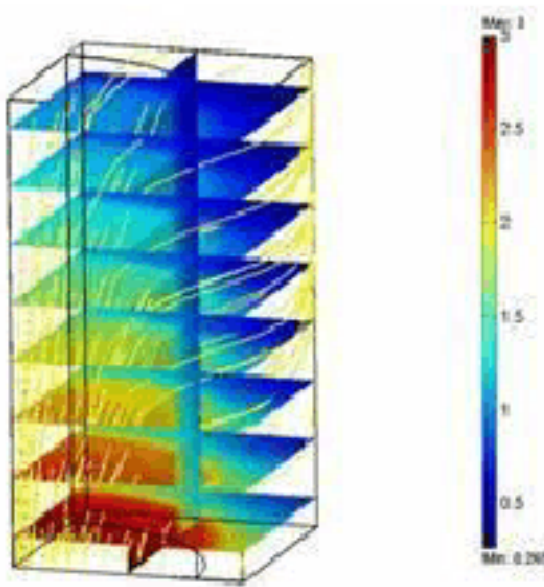


图 3.1 形处理功能

MATLAB 自产生之日起就具有便利的数据可视化功能，以将向量和矩阵用图形表现出来，并且可以对图形进展标注和打印。高层次的作图包括二维和三维的可视化、图象处理、动画和表达式作图。可用于科学计算和工程绘图。版本的 MATLAB 对整个图形处理功能作了很大的改进和完善，使它不仅在一般数据可视化软件都具有的功能（例如二维曲线和三维曲面的绘制和处理等）方面更加完善，而且对于一些其他软件所没有的功能（例如图形的光照处理、色度处理以及四维数据的表现等），MATLAB 同样表现了精彩的处理力量。同时对一些特别的可视化要求，例如图形对话等，MATLAB 也有相应的功能函数，保证了用户不同层次的要求。另外版本的 MATLAB 还着重在图形用户界面（GUI）的制作上作了很大的改善，对这方面有特别要求的用户也可以得到满足。

〔5〕应用广泛的模块集合工具箱

MATLAB 对很多特地的领域都开发了功能强大的模块集和工具箱。一般来说，它们都是由特定领域的专家开发的，用户可以直接使用工具箱学习、应用和评估不同的方法而不需要自己编写代码。目前，MATLAB 已经把工具箱延长到了科学争论和工程应用的诸多领域，诸如数据采集、数据库接口、概率统计、样条拟合、优化算法、偏微分方程求解、神经网络、小波分析、信号处理、图像处理、系统辨识、掌握系统设计、LMI 掌握、鲁棒掌握、模型推测、模糊规律、金融分析、地图工具、非线性掌握设计、实时快速原型及半物理仿真、嵌入式系统开发、定点仿真、DSP 与通讯、电力系统仿真等，都在工具箱（Toolbox）家族中有了自己的一席之地。

〔6〕有用的程序接口和公布平台

版本的 MATLAB 可以利用 MATLAB 编译器和 C/C++ 数学库和图形库，将自己的 MATLAB 程序自动转换为独立于 MATLAB 运行的 C 和 C++ 代码。允许用户编写可以和 MATLAB 进展交互的 C 或 C++ 语言程序。另外，MATLAB 网页效劳程序还容许在 Web 应用中使用自己的 MATLAB 数学和图形程序。MATLAB 的一个重要特色就是具有一套程序扩展系统和一组称之为工具箱的特别应用子程序。工具箱是 MATLAB 函数的子程序库，每一个工具箱都是为某一类学科专业和应用而定制的，主要包括信号处理、掌握系统、神经网络、模糊规律、小波分析和系统仿真等方面的应用 [10]。

〔7〕应用软件开发〔包括用户界面〕

在开发环境中，使用户更便利地掌握多个文件和图形窗口；在编程方面支持了函数嵌套，有条件中断等；在图形化方面，有了更强大的图形标注和处理功能，包括对性对起连接注释等；在输入输出方面，可以直接向 Excel 和 HDF5 进展连接。

MATLAB 主要部件有：Simulink 子系统，Stateflow 子系统，Realtime Workshop C 代码生成器，用于特地问题的工具箱。

4 Simulink/Power System 工具箱简介

Simulink 工具箱的功能是在 MATLAB 环境下，把一系列模块连接起来，构成简单的系统模型；电力系统(PowerSystem)仿真工具箱是在 Simulink 环境下使用的仿真工具箱，其功能格外强大，可用于电路、电力电子系统、电动机系统、电力传

