



天津市科协资助出版

Maple 软件 在工程计算中的应用

孙以材 孟庆浩 孙冰 著

 天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS



天津市科协资助出版

Maple 软件在工程计算中的应用

孙以材 孟庆浩 孙 冰 著



天津大学出版社
TIANJIN UNIVERSITY PRESS

图书在版编目(CIP)数据

Maple 软件在工程计算中的应用/ 孙以材, 孟庆浩,
孙冰著. —天津: 天津大学出版社, 2017. 4
ISBN 978-7-5618-5817-2

I. ①M… II. ①孙… ②孟… ③孙… III. ①
Matlab 软件 - 应用 - 工程计算 - 研究 IV. ①TB115.7

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2017)第 089807 号

出版发行	天津大学出版社
地 址	天津市卫津路 92 号天津大学内(邮编:300072)
电 话	发行部:022-27403647
网 址	publish.tju.edu.cn
印 刷	廊坊市海涛印刷有限公司
经 销	全国各地新华书店
开 本	185mm × 260mm
印 张	11.25
字 数	287 千
版 次	2017 年 4 月第 1 版
印 次	2017 年 4 月第 1 次
定 价	45.00 元

凡购本书,如有缺页、倒页、脱页等质量问题,烦请向我社发行部门联系调换

版权所有 侵权必究



前 言

本书是作者学习两软件的心得, 感觉到很有用, 解决了许多工程计算问题, 愿介绍给大家。但是熟悉 Maple 软件的工程人员远不如 MATLAB 软件, 所以多介绍 Maple 软件及其应用, 当然也离不开 MATLAB 软件的应用, 但后者不作重点介绍。本书以两软件为线索, 在不同章节的题目下介绍其应用。Maple 软件提供了解题系统强大的能力。据称, Maple 软件是最终极的数学助手, 其提供了 3 000 余种教学函数。这是一个必不可少的工具, 允许全世界的用户在教育、研究和工业领域应用, 变得更准确、更富创造性, 使生产更有效益; 当遇到困难时, 还可提供在线帮助。本书将 Maple 软件的编程与所涉及问题相结合, 特别在 2.4、2.6 节中给出了相应程序, 使读者更易掌握。Maple 软件的绘图命令以优雅美丽的三维立体图像显示物理量的关系, 而且可随意转动三轴, 有利于读者观察。这一特点备受高校师生和研究人员的欢迎, 大大提高了论文的发表率。

当前, 集成电路设计是世界科技发展的前沿。目前, 国际上 65 nm/45 nm 芯片设计已成为特征尺寸设计主流, 集成电路元件连接时用铜引线, 引线长度与芯片设计布局有关。计算和绘制出不同引线长度、线宽、高度及电流所应设计的电压及其关系图。这是当前集成电路引线设计所面临的迫切需要解决的问题。集成电路引线由溅射镀膜后光刻形成, 溅射时往往在引线中有气泡出现。本书计算和绘制出了电阻、电流密度沿引线长度的变化及与气泡半径的关系图。

微区的掺杂或电阻率分布均匀性是影响集成电路品质的重要因素, 也是必不可少的工艺测试步骤。本书提出直接测量电流和电压关系, 从而获得薄层电阻, 十分方便。本书详细深入讨论了斜样品中电流和电压的分布, 结合 Maple 软件的程序语句, 以优雅美丽的三维立体图像显示物理量的关系。还提出了各种模型抛砖引玉, 对于富有创造性的读者, 肯定会有很高的回报率。

微阀作为微流体系统的主要元件之一, 其作用是流量调节、输送、开/关转换, 特点是功耗低、反应快、可线性和可操作性强。目前, 微阀主要被分为有源微阀和无源微阀。有源微阀, 特别是微型泵, 是动力产生的基本元件。无源微阀, 则不需要从外部输入能量。本书分析了微型泵腔形状与结构、所加激励电压、可动薄膜面积与厚度对微泵的压力、流量及受力和变形的影响, 提出了计算静电抽压力公式, 结合 Maple 软件的程序及绘图命令以优雅美丽的三维立体图像显示物理量的关系。

在装备外形不能改变的前提下, 隐身膜是实现隐身技术的物质基础。武器系统采用隐身技术可以降低被探测率, 提高自身的生存率, 增加攻击性, 获得最直接的军事效益。因此, 隐身技术的发展及隐身膜在飞机、主战坦克、舰船、箭弹上的应用, 将成为国防高技术的重要组成部分。对于地面武器装备, 主要防止空中雷达或红外设备探测、雷达制导武器和激光制导炸弹的攻击; 对于作战飞机, 主要防止空中预警机雷达、机载火控雷达和红外设备

的探测,还有主动和半主动雷达、空对空导弹和红外格斗导弹的攻击。因此,常需要雷达、红外和激光隐身技术。隐身技术材料往往由多层膜组成,表面是透波膜、透光膜,具有低反射率,底层应是吸波膜。本书对隐身技术作了详细的理论分析,结合 Maple 软件的绘图命令以优雅美丽的三维立体图像显示物理量的关系。

能谷定理是判断受力系统是否稳定的必要条件,因为只有处于能谷态时受力系统才是稳定的。可用它检验所得应力公式是否合理,是否是实际应力。这一点很重要,需要力学工作者注意。许多公式很复杂,而且物理含义不清晰。本书认为主要是由于缺乏两把钥匙,即能谷定理的应用和满足 Airy 方程只适合受力环与管的高能特解,只有结合这两把钥匙才能得到实际应力。本书作者提出了三重和四重对称性受径向力环和管中的应力分布公式,以便于读者应用。

纳米材料是近 30 年来迅猛发展的技术。目前,已有很多报道,如单晶纳米管、线、片、棒极易变形,无须很大外力。针对此类问题,本书作者曾利用 X 射线测定了多晶和单晶的不同晶向的应变,并作了机理分析,分析了多晶与单晶刚度的巨大差别,解释了纳米单晶材料很软的原因,对单晶纳米管中的应变特点作了详细分析。

传感器非线性信号处理是当前的热门话题。本书提出了非线性函数反演“归十”拟合法和规范化多项式拟合法,一种新的有学习率和无学习率人工神经网络算法,已在压力、气敏传感器研究中应用,并取得了很好效果。

本书将气敏传感器阵列-电子鼻应用于移动机器人技术,利用机载的电子鼻结合适当的搜索策略完成气味烟羽的发现、跟踪和最终确认气味源所在位置。机器人主动嗅觉的研究成果有望被用于有毒/有害气体泄漏检测、火源探测、灾后倒塌建筑物搜救和反恐排爆等领域。

本书由天津市科协组织有关专家评审,经过作者参考专家意见认真修改后同意资助出版。在此作者对天津市科协深表感谢,同时对评审专家深表敬意。

作者

2016 年 9 月

Preface

This book contains the experience of authors who study Maple softwares. We would like to introduce it to readers since we think they are very useful to solve many problems on/of engineering calculations. However, engineering staffs are familiar with the Maple software far less than the MATLAB software, Therefore, most of the book will concern the Maple software and its application, of course, the MATLAB is also used. In sum this book takes two softwares as a thread through the book, and introduces their applications in different sections.

Maple 17 is a comprehensive computer system for advanced mathematics. It includes facilities for interactive algebra, calculus, discrete mathematics, graphics, numerical computation and many other areas of mathematics. It also provides a unique environment for rapid development of mathematical programs using its vast library of built-in functions and operations.

This book will combine Maple programming with problems to be concerned, especially the corresponding program shown in section 2.4 and 2.6, to make the readers to grasp it more easily. The relationship between physical quantities can be shown with elegant and beautiful 3d images by Maple drawing commands, which can turn three axes into images to help readers to observe. This characteristic is desired and welcome by teachers and students from universities, researchers. Because it can greatly improve the paper publishing rates.

At present, integrated circuit design is the frontier of world science and technology development. The integrated circuit components are connected with the Cu lead for given wire length and chip design layout and 65nm/45nm chip design has become the mainstream for feature size design. The calculated and drawn voltage relationship diagram is used for design of different lead length, width, height and current. This is an urgent problem to be solved in the current integrated circuit design. The integrated circuit lead is manufactured by the sputtering deposition, so as the voids(bubbles) appear in the lead. This book calculates and draws the relationship between the resistance and current density along the lead length and their relationship with the bubble radius.

The uniformity of the doping or resistivity distribution is an important factor that affects the quality of integrated circuits, as well as an essential step for the process testing. Direct measuring the relationship of current and voltage to obtain sheet resistance, is very convenient and recommended. (Combining with the statements of Maple program to solve relationship between physical quantities is to display elegant and beautiful 3d images.) The authors put forward various models, beneficial to creative readers to solve this problem, and there must be a very high returning award.

According to requirements of the use of electrostatic micro pumps, such as inlet and outlet pressure in the valve and the flow volume produced by once membrane bulge through the pump, the shape and structure of valve chamber, and the influence of the excitation voltage, the movable membrane area and thickness upon the pump pressure, flow rate and the stress and deformation in the loaded valve membrane is analyzed. Theoretical calculation of electrostatic micro pump and valve design is completed. A formula to compute the electrostatic pressure on the membrane is put out. Combining with Maple program to solve relationship between physical quantities to display elegant and beautiful 3d images.

Under the premise that the shape of the equipment can not be changed, the stealth coating is the material basis for the realization of the stealth technology. The weapon system uses stealth technology to reduce the detection rate, improve the survival rate, increase the attack, and get the most direct military efficiency. Therefore, development of stealth technology and its application in planes, tanks, ships, and missiles, will become an important part of national defense high technology. For ground weapon equipment, the aim is mainly to prevent airborne radar or infrared equipment detection, radar guided weapons and laser guided bomb attack; while for combat aircraft, the aim is mainly to prevent air warning aircraft radar, fire control radar and infrared equipment detection, active and semi active radar, air to air missile and infrared missile attack. For this, it is often required to radar, infrared and laser stealth technology. Stealth technology is often composed of multilayer films. Surface is a transparent film with a low reflectivity, and the bottom layer should be used for wave suction. This book makes a detailed theoretical analysis of stealth technology. Combining with Maple program to solve relationship between physical quantities to display elegant and beautiful 3d images.

The theorem of energy valley is a necessary condition to judge the stability of the force system, because it is stable only in the energy valley state. It can be used to judge whether the formula is reasonable, or/and whether it is the real stress. This is very important, please mechanics to pay attention to, because many formulas are very complex and their physical meanings are not clear. This book considers the application of two keys: 1 – energy valley theorem, and 2 – the high energy solution satisfies the Airy equation which is suitable for the loaded ring and the tube. Only by combining these two keys can we get the real practical stress. In this book, the authors put forward the formula of the stress distribution in the loaded ring and the tube loaded by the triply-and four-symmetrical forces.

Nano material technology has been rapidly developed in the last 30 years. At present, there are a lot of reports, single crystal nanotubes, lines, films, and rods, possessing very easy deformation without larger external forces. To understand these properties, authors have used X ray to measure the strain of poly crystalline and single crystals. The great difference between their rigidity is analyzed and the reason of softness of nano crystals is explained. The strain characteristic of the single crystal is analyzed in details.

The nonlinear signal processing of sensors' signal is a hot topic at present. In this book, we propose a new algorithm for the nonlinear function inversion "Ten-normalized fitting method", "The normalized polynomial fitting method", "a new learning rate and de-learning rate artificial neural network" have been applied in the research of pressure and gas sensor, and achieved very good results.

This book will apply a gas sensor array as an electronic nose to mobile robot technology. The detection, tracking and the final confirmation of the odor source location is accomplished using the airborne electronic nose combined with the appropriate search strategy. The research results of robot active olfaction are expected to be used for toxic/harmful gas leakage detection, fire detection, disaster rescue and EOD collapsed buildings etc.

The Association for Science and Technology of Tianjin municipal organized the concerned experts to review this book, after authors seriously modified the contents according to expert advices. The Association will support the published fund. The authors deeply appreciate Tianjin Association for Science and Technology, in the same time also express their gratitude to the experts.

Authors, 2016, 9

目 录

1 Maple 数学计算软件包及其应用	1
1.1 Maple 数学计算软件包介绍	1
1.2 用 Maple 计算的实际例子	7
2 集成电路与微型静电泵设计	11
2.1 集成电路引线的电阻、电流和电位	11
2.1.1 集成电路引线尺寸	11
2.1.2 引线电阻值 R	12
2.1.3 引线的薄层电阻值 R_s	14
2.2 集成电路引线中有气泡时的电阻和电流	14
2.2.1 引线中有气泡时的几何尺寸	14
2.2.2 引线的电阻	15
2.2.3 l_2 段引线的电流密度分布	16
2.2.4 结论	18
2.3 微小斜样品中的电流和电位分布计算与薄层电阻测定	19
2.3.1 引言	19
2.3.2 解 Laplace 偏微分方程	21
2.3.3 等宽度平面电阻中电位分布	22
2.3.4 不等宽度平面电阻中电位分布	22
2.3.5 计算误差	28
2.3.6 讨论	29
2.3.7 小结	32
2.4 微小斜样品中的电流和电位分布交叉级数拟合法	33
2.4.1 引言	33
2.4.2 样品中的电流分布	34
2.4.3 样品中的电位分布	37
2.4.4 计算误差	39
2.4.5 讨论	42
2.4.6 小结	44
2.5 其他计算模型——直接欧姆定律的应用及有限元方法	45
2.5.1 引言	45
2.5.2 样品几何与物理设置	45
2.5.3 样品电阻、电流、电位计算	45

2.5.4	样品总底宽为 $100\text{ }\mu\text{m}$ 的双三角形(即梯形)	48
2.5.5	样品为 $\gamma = \pi/6, x = 100\text{ }\mu\text{m}, y = 50\text{ }\mu\text{m}$ 时计算	49
2.5.6	有限元法建立的模型	49
2.5.7	小结	50
2.6	反偏二极管的计算机辅助设计	51
2.6.1	基本方程	51
2.6.2	求解泊松方程	52
2.6.3	按有限元法求解泊松方程	53
2.6.4	计算结果及实用意义	56
2.7	微小型静电泵的设计	57
2.7.1	引言	57
2.7.2	微型静电泵的基本结构	57
2.7.3	微型静电泵的设计理论	57
2.7.4	微型泵设计示例	68
2.7.5	微型静电泵的阀门设计	69
2.7.6	小结	71
3	隐身反传感技术中的陷光机理讨论——隐身飞机揭秘	72
3.1	引言	72
3.2	隐身反传感技术材料的分类	72
3.3	隐身反传感原理——电磁波与隐身材料的相互作用	73
3.3.1	电磁波在隐身反传感材料中的传播及其吸收系数	73
3.3.2	电磁波照射样品时电子的运动方程	74
3.3.3	电磁波照射样品时的反射	75
3.3.4	隐身材料的空隙度对反射率的影响	76
3.3.5	电磁波照射样品时的吸收与复介电常数的虚部关系	77
3.3.6	电偶极矩振子的红外选择定则	78
3.3.7	半导体中的红外吸收	81
3.3.8	ZnO 晶体膜及其陷光性	83
3.3.9	电路模拟隐身反传感技术机理	84
3.3.10	光子晶体在红外隐身反传感技术中的应用	85
3.4	小结	86
4	工程力学中以能谷定理为基础的应力、应变计算	87
4.1	格林定理在应力场中的应用	87
4.1.1	由格林定理推导实际正应力的周向分布规律第一种方法	87
4.1.2	由格林定理推导实际真正正应力分布规律的第二种方法	89
4.1.3	薄圆环中应力及弯矩分析计算	91
4.1.4	厚圆环中应力计算(环厚 $W=1$)	94

4.2 受多重对称性径向力厚环中应力分布的分析解、FEM 有限元模拟、试验结果比较	102
4.2.1 受二重对称性径向力厚环	102
4.2.2 受三重对称性径向力厚环中各应力分布图(图 2 至图 9)	102
4.2.3 受四重对称性径向力厚环中各应力分布图(图 10 和图 11)	105
4.2.4 光弹测试结果(选自 Frochts 著作)	106
4.2.5 讨论	106
4.3 各向异性情况下的应变	107
4.3.1 各向异性刚度 E_{hkl} 与各向同性刚度 E 之间的关系	107
4.3.2 各向异性情况下应变的计算	109
4.4 受力纳米管中的应变分布	113
4.4.1 引言	113
4.4.2 单晶纳米管受挤压时的情况	113
4.4.3 结论	114
5 传感器非线性信号处理	115
5.1 非线性函数规范化多项式拟合法	115
5.1.1 原理	115
5.1.2 拟合精度的影响因素	117
5.1.3 规范化矩阵的各阶同构逆矩阵	117
5.2 利用多项式拟合规范化方法实现范德堡函数的高精度反演	118
5.2.1 引言	118
5.2.2 范德堡函数的局域反演和全局反演	119
5.3 非线性函数反演“归十”拟合法在热水流量实时测量中的应用	121
5.3.1 引言	121
5.3.2 流量传感器系统的总体设计	122
5.3.3 流量传感器系统的软件设计	123
5.3.4 小结	127
5.4 一种新的人工网络算法用于压力传感器测量	128
5.4.1 样本数据及其计算	128
5.4.2 上述神经计算的神经网络结构	129
5.4.3 改进的神经网络算法	130
5.4.4 温度补偿的融合处理结果	132
5.4.5 以上几种温度补偿方法的比较	133
5.5 模糊拟合算法	133
5.5.1 四控制要素模糊算法	133
5.5.2 三控制要素模糊算法	134
5.6 非线性信号信息融合	138

5.6.1	引言	138
5.6.2	自然融合法	139
5.6.3	强制融合法	141
5.7	非线性反函数补偿方法	144
6	具有电子鼻嗅觉识别功能的机器人跟踪定位技术	145
6.1	时变流场环境中机器人跟踪气味烟羽方法	145
6.1.1	引言	145
6.1.2	搜索环境栅格地图表达	146
6.1.3	气体传感器信号预处理	147
6.1.4	基于气味包路径估计的烟羽跟踪	147
6.1.5	试验结果及分析	152
6.1.6	结论	154
6.2	湍流烟羽环境下多机器人主动嗅觉实现	155
6.2.1	机器人主动嗅觉研究现状简介	155
6.2.2	具有湍流特性的动态烟羽模型的建立	157
6.2.3	主动嗅觉实现算法	158
6.2.4	仿真结果及分析	160
6.2.5	结论与展望	165
参考文献		166

1 Maple 数学计算软件包及其应用

1.1 Maple 数学计算软件包介绍

Maple 数学计算软件包是由加拿大 Waterloo Maple Inc. 公司开发的,其巨大的优势是开放的体系结构,可以访问源代码超过 95% 的数学例程。这种可访问性对提高现有的数学例程,以满足特定需求至关重要。Maple 提供了强大的系统解题能力。据称,Maple 是终极的数学助手,其功能超过 3 000 个。这是一个必不可少的工具,允许全世界用户在教育、研究和工业领域应用,使生产变得更准确、更富创造性、更有效益,当遇到困难时,还可提供在线帮助。

可以以不同的方式得到命令和帮助,主要的方法如下。

(1)与上下文相关的帮助:将光标放在想了解更多有关信息的一个词上,从帮助菜单选择词(光标应在字上),或按住 Ctrl 键,然后按 F1 键。

(2)帮助浏览器:帮助浏览器出现在最上方的帮助窗口。例如,从帮助菜单中选择介绍,看窗口顶端在浏览器的第一列,单击感兴趣的总主题。如果选择的主题名称有副标题,副标题出现在第二列。副标题可以细分显示出下一列表的子主题,但最多五列。当发现所选择的是特定的主题时,则在此主题名称上单击,该主题的帮助页面出现在帮助浏览器之下的帮助窗口的显示区域。

(3)主题搜索:从帮助菜单选择主题搜索,在对话框中键入感兴趣的主题的前几个字母,Maple 即在大概需要的帮助页面顶部附近显示匹配的主题。

(4)主题名称:如果知道主题的名称,可以访问帮助页面,直接在工作表中键入主题名称。例如,在命令提示符下,键入主题绘图,可以打开绘图命令的帮助页面。

(5)全文搜索:从帮助菜单选择全文搜索,在对话框中键入要搜索的词或词的类型,Maple 即在所需要的帮助页面顶部显示匹配的主题,单击其名称,打开工作表以研究对应的主题。

要了解更多关于 Maple 的信息,可参考帮助页介绍,或使用帮助浏览器来查看其他感兴趣的话题,也可以阅读学习指南。

1) 主题

主题有以下几个:①数值计算;②代数运算;③图形;④微分方程;⑤线性代数;⑥金融学和统计学;⑦编程。

2) 工作环境

表环境可交互式地解决问题,也可生成技术文档系统,基本元素是执行组和工作表。执行组和工作表帮助与计算引擎相互交流。其提供的主要手段是要求执行特定的任务并

显示结果。命令可以进入计算引擎的任务中。

执行组是工作表的基本计算元素。其主要目的是把一个或更多的命令和其结果转到一个单一的重新执行单位,可以很容易地将一个执行组在命令提示符的右端立即用方括号进行识别。如解 $ax^2=4$,求 x ,则键入:

```
> solve(a * x^2 = 4, {x});
```

当将光标放在执行组的命令行尾并按回车键时,在这组的所有命令按顺序执行,在执行组结束时显示结果(或输出)。在执行下一个组命令时,光标便自动前进到它的第一个命令行。例如,执行组包含一段命令和命令行的一个命令,当把光标放在命令行上并按回车键时,它也将包含此命令的结果。如展开 $(a+b)^3$,则键入:

```
> expand((a + b)^3);
```

新表开始于包含一个命令提示符的一个单一的执行组。在工作表中创建从插入菜单得到的一个新的执行组,然后用光标选择执行组。除了命令($>\cdots$)及其结果,执行组还可以包含有描述性的段落。

可以产生包含公式和符号的详细记录表格。下面是 Maple 结合不同的公式显示积分详细记录表格,在 B 列和 C 列中公式与 A 列中公式有关。

	A	B	C	D
1	式子	积分式	积分值	
3	1	$\int e^x dx$	e^x	
4	x	$\int e^x x dx$	$e^x x - e^x$	
5	x^2	$\int e^x x^2 dx$	$e^x x^2 - 2e^x x + 2e^x$	
6	$\sin(x)$	$\int e^x \sin(x) dx$	$-\frac{1}{2}e^x \cos(x) + \frac{1}{2}e^x \sin(x)$	

3)创建和执行 Maple 命令

可以通过键入 Maple 提示的执行命令($>\cdots$),然后按回车键,用 Maple 符号或作为标准的数学符号显示命令。

现有的 Maple 的结果可以用来建议与构造新的行动。要获得屏幕上列表所建议的一个动作,用鼠标右键单击 Maple 目标对象即可。因为它所包含的项目取决于所选对象的属性,所产生的行为一览表与上下文的菜单有关。

可以使用上下文相关的菜单的关系来给表达式绘图。从上下文菜单,选择绘图 $>3dplot(\cdots)$,然后得到以 X,Y,Z 为轴所分布的三维图。本书的实际计算中有许多例子。

1. 命令汇总及意义

(1) $> restart$; ——使用 restart(启动)命令清除 Maple 的内部存储器记忆和开始这个主题の旅程。

(2) $> 32 * 12^{13}$; ——计算 $(32)(12^{13})$ 。

(3) > ifactor(%);——求因子。

(4) > (2^30/3^20) * sqrt(3);——计算 $\frac{2^{30}\sqrt{3}}{3^{20}}$ 。

(5) > evalf(%);——浮点形式近似值。

(6) > sum((1+i)/(1+i^4), i=1..10);——计算求和 $\sum_{i=1}^{10} \frac{1+i}{1+i^4}$ 。

(7) > product(((i^2+3*i-11)/(i+3)), i=0..10);——计算连乘 $\prod_{i=0}^{10} \frac{i^2+3i-11}{i+3}$ 。

(8) > (3+5*I)/(7+4*I);——复数计算,复数单元作为 I。

(9) > convert(%, polar);——转换成复数的极坐标形式, polar 代表极性表达式。

(10-1) > GAMMA(2.5);——取 GAMMA 函数。

(10-2) > evalf(GAMMA(2.5));——求取 GAMMA 函数的值。

(11-1) > expr:=(x+y)^15;——取二项式 $(x+y)^{15}$ 。

(11-2) > expand(expr);——扩展此二项式。

(12) > simplify(cos(x)^5+sin(x)^4+2*cos(x)^2-2*sin(x)^2-cos(2*x));——简化冗长的数学表达式 $\cos(x)^5 + \sin(x)^4 + 2\cos(x)^2 - 2\sin(x)^2 - \cos(2x)$ 。

(13) > normal((x^3-y^3)/(x^2+x-y-y^2));——利用 normal 命令使分式 $\frac{x^3-y^3}{x^2+x-y-y^2}$ 的分子和分母中消去公共因子,而使分式简化。

(14) > expr2:=expand(expr1);——对式 expr 使用扩展命令 expand。

(15) > eval(expr2, x=1);——在 $x=1$ 时估算 expr 的值。

(16-1) > my_expr:=(a*x^2+b)/(x*(-3*x^2-x+4));——取表达式 $\frac{ax^2+b}{x(-3x^2-x+4)}$ 。

(16-2) > convert(my_expr, parfrac, x);——将上述表达式简化为部分分式。

(17) > convert(cot(x), exp);——将三角式转换为一个指数式 exp。

(18-1) > eqn:=x^3-1/2*a*x^2+13/3*x^2=13/6*a*x+10/3*x-5/3*a;
a;——键入方程 $x^3 - \frac{ax^2}{2} + \frac{13x^2}{3} = \frac{13ax}{6} + \frac{10x}{3} - \frac{5a}{3}$ 。

(18-2) > solve(eqn, {x});——求解以上方程。

解以下的四个方程和五个未知数:

(19-1) > eqn1:=a+2*b+3*c+4*d+5*e=41;

(19-2) > eqn2:=5*a+5*b+4*c+3*d+2*e=20;

(19-3) > eqn3:=3*b+4*c-8*d+2*e=125;

(19-4) > eqn4:=a+b+c+d+e=9;

求解含有绝对值的一个方程 $|(z+|z+2|)^2-1|^2=9$;

(20-1) > solve(abs((z+abs(z+2))^2-1)^2=9, {z});

(20-2) > eval(abs((z+abs(z+2))^2-1)^2=9, z=-3);——当 $z=-3$ 时,给此式

取值。

解以下不等式 $x + y + \frac{4}{x + y} < 10$ 。

(21-1) > ineq: = $x + y + 4/(x + y) < 10$;——键入此不等式。

(21-2) > solve(ineq, {x});——求解此不等式。

(21-3) > plot(tan(x), x = -2 * Pi..2 * Pi, y = -4.4, discont = true, title = "y = tan(x)");——生成 $y = \tan(x)$ 二维绘图, $x = -2\pi$ 至 2π , $y = -4$ 至 4 。

绘出单位圆与指数函数 $y = e^x$ 的图: $x = -\pi$ 至 π , $y = -\pi$ 至 π 。

(22) > plot({ $x^2 + y^2 = 1$, $y = \exp(x)$ }, x = -Pi..Pi, y = -Pi..Pi, scaling = CONSTRAINED);

绘出函数 $z = xe^{(-x^2-y^2)}$ 的三维图, $x = -2$ 至 2 , $y = -2$ 至 2 。

(23) > plot3d($x * \exp(-x^2 - y^2)$, x = -2.2, y = -2.2, axes = BOXED, lightmodel = light1, x = -2.2, y = -2.2, title = "A Surface Plot");

绘图包(plots)支持绘出二维和三维动画。

(24) > animate3d(cos(t * x) * sin(t * y), x = -Pi..Pi, y = -Pi..Pi, t = 1.2);

定义函数 $x \rightarrow x \sin(ax) + bx^2$, 用 f 代表此函数。

(25) > f: = $x \rightarrow x * \sin(a * x) + b * x^2$;

构建 f 的导数式 $\frac{\partial}{\partial x}(x \sin(ax) + bx^2)$, 并求出其计算值 f -prime。

(26) > f_prime := diff(f(x), x);

(27) > int(1/sqrt(1 + x^4), x = 0..1);——计算椭圆积分 $\int \frac{1}{\sqrt{1+x^4}} dx$ 。

计算面积和体积(volume) $\int_1^\infty x \left(\frac{1}{x}\right)^2 dx$ 。

(28) > volume := int(Pi * (1/x)^2, x = 1..infinity);

计算函数逼近的有限和无限的极限值, 如下面的示例所示。

计算极限, 该式为 $(2x+3)/(7x+5)$ 。

(29-1) > expr: = $(2 * x + 3)/(7 * x + 5)$;

(29-2) > limit(expr, x = infinity);

计算 $x=0$ 时的左右极限, 该式为 $\tan(x + \pi/2)$ 。

(30-1) > limit(tan(x + Pi/2), x = 0, left);

(30-2) > limit(tan(x + Pi/2), x = 0, right);——因为左极限与右极限是不相等的, 所以

$\lim_{x \rightarrow 0} \tan\left(x + \frac{\pi}{2}\right)$ 不存在。

可以定义分段函数如 $p(x)$ 。计算上面的表达式导数。

(32) > p_prime := diff(p(x), x);

求表达式 $\sin(4x) \cos(x)$ 的级数逼近。

(33-1) > expr: = $\sin(4 * x) * \cos(x)$;

将原表达式转换为级数近似多项式。

(33-2) > approx1 := series(expr, x = 0); —— 必须将原表达式转换为级数近似多项式之后才可以绘图。

二阶常微分方程 $\left(\frac{\partial^2}{\partial x^2}y(x)\right) + 5\left(\frac{\partial}{\partial x}y(x)\right) + 6y(x) = 0$ 。

(34) > diff_eq1 := D(D(y))(x) + 5 * D(y)(x) + 6 * y(x) = 0;

定义初始条件 $D(y)(0) = 1$ 。

(35) 求解四阶微分方程, 如定义一个四阶微分方程 $10^6 \left(\frac{\partial^4}{\partial t^4}y(t)\right)$, 允许使用许多特殊的数学函数, 如狄拉克 δ 函数 $y(t) = \delta$ 。

(36) > dsolve({diff_eq1, init_con}, {y(x)});

解二阶联立方程 $\frac{\partial^2}{\partial x^2}y(x) = z(x)$, $\frac{\partial^2}{\partial x^2}z(x) = y(x)$ 。

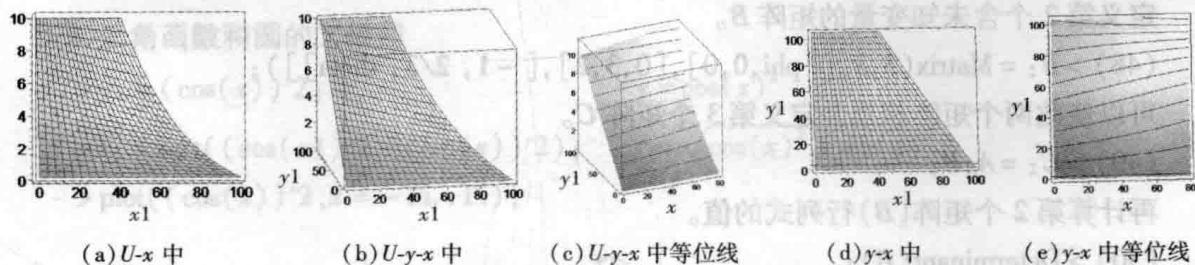
(37-1) > sys := (D@@2)(y)(x) = z(x), (D@@2)(z)(x) = y(x); —— 符号 $D@@2$ 意味对 $y(x)$ 进行二次微分, 规定了各种边界条件 $y(0) = 0, y(5) = 1, D(y)(0) = 0, D^{(2)}(y)(5) = 1$ 。

(37-2) > bound_con := y(0) = 0, y(5) = 1, D(y)(0) = 0, (D@@2)(y)(5) = 1; —— 解边界值问题, 并将结果存储为变量。使用 subs 命令, 挑出解并表示成一个式子。

(37-3) > expr := subs(solution, y(t));

可以用绘图命令绘制三维图 (例如电位分布图), 得到网格图或等值线图, 还可转动坐标轴。

(38) > plot3d(U(x, y), axes = BOXED, title = UXY);



不同坐标系中的电位 $U(x, y)$ 分布图

解联立常微分方程, 如解联立的两个二阶方程: $\frac{\partial^2}{\partial x^2}y(x) = z(x)$, $\frac{\partial^2}{\partial x^2}z(x) = y(x)$ 。

(39) > sys := (D@@2)(y)(x) = z(x), (D@@2)(z)(x) = y(x);

没有提供额外的条件下解联立的常微分方程时, Maple 自动生成相应的近视常数, $_C1, _C2, _C3$, 和 $_C4$ 。

求该二阶联立方程的解。

(40) > dsolve({sys}, {y(x), z(x)});

求解偏微分方程 (PDE) $\frac{\partial^5}{\partial y^3 \partial x^2}U(x, y) = 0$ 。