

# MATLAB 在导热计算中的应用

苏学军

(泰州职业技术学院环化系,江苏 泰州 225300)

摘要:导热计算过程中常需要进行常微分方程、偏微分方程以及线性方程组等问题的求解,应用 MATLAB 可高效解决涉及的计算问题。以导热中的两个典型计算为例,讨论了 MATLAB 在导热计算中的应用。

关键词:MATLAB;导热;应用

中图分类号:TP31 文献标识码:A 文章编号:1008-553X(2010)01-0057-04

## 1 引言

传热过程涉及面广,数学模型复杂。计算过程中涉及到许多运算方法。导热虽是容易做数学处理的一种热量传递方式,但其过程往往涉及常微分、偏微分方程、线性(非线性)方程组的求解,对于数学知识不深的化工类专业人员而言,解题有一定的难度。

高级计算机语言的出现给数值计算带来了希望,但用这些计算机语言编制程序,需要对所用的语言的语法和有关算法有相当的熟练程度,对化工类使用者来讲要求较高。MATLAB 软件是一种功能强、效率高、便于进行科学和工程计算的交互式软件包,它包含了一般数值计算、矩阵计算等应用程序,且易学易用,大大降低了对使用者的数学基础和计算机语言知识的要求,而且编程效率和计算效率极高。本文以导热计算为例,阐述 MATLAB 在导热计算中的典型应用。

## 2 应用

### 2.1 解常微分方程

例 1:有一外径为 4cm,内径为 1.5cm,载有电流密度  $I$  为 5000A/cm<sup>2</sup> 的内冷钢质导体。导体单位时间发出的热量等于流体同时带走的热量,导体内壁面的温度维

持 70℃。假定外壁面完全绝热。试确定:(1)导体内部的温度分布;(2)导体内部最高温度处的温度值。已知钢的导热系数  $k=0.38\text{Kw/m}\cdot\text{K}$ ,电导率  $\rho=2\times 10^{11}\text{k}\Omega\cdot\text{m}$ 。<sup>[1]</sup>

解:(1)这是圆柱坐标中常物性一维稳态导热问题,结合本题具体条件导热微分方程式可简化为:

$$\frac{1}{r} \frac{d}{dr} \left( r \frac{dt}{dr} \right) = -\frac{s}{k}$$

其中内热源  $s=\rho I^2=5\times 10^4\text{KW/m}^3$

令  $p=s/k=50000/0.38=131579$

结合边界条件,可得这一导热问题的数学描述为:

$$\begin{cases} \frac{d^2t}{dr^2} + \frac{1}{r} \frac{dt}{dr} + p = 0 \\ r=0.0075, t=70 \\ r=0.02, \frac{dt}{dr}=0 \end{cases}$$

此常微分方程的分析解,可调用 MATLAB 符号工具箱中的 dsolve 函数来实现。在命令窗口执行下面的代码:

```
>> clear  
>> d_equat='D2t+Dt/r+131579=0';  
>> condition='t(0.0075)=70,Dt(0.02)=0'; %边界条件
```

收稿日期:2009-10-15

作者简介:苏学军(1974-),男,硕士,讲师,2003年毕业于南昌大学化工系,目前从事化学工程教学及科研工作,13236182610, xuejun0310@163.com。

口至造粒喷头管线,物料在此停留时间应为 30 秒,缩二脲生成量为 0.1%~0.2%。生产中如果 241LI011 失灵,就会导致液位过高,增加了物料的停留时间,导致缩二脲含量的增加。

定期热洗蒸发系统设备内积存的缩二脲,防止缩二脲因积存过多,结块脱落进入尿液中而导致成品尿素中缩二脲含量超标。

## 4 结束语

虽然缩二脲存在于尿素生产的整个工序中,对其控制的好坏直接关系着产品的质量和企业的经济效益,但只要熟悉、了解其特性,掌握其生成规律,在生产中通过积极控制,不断优化工艺,就能在生产中最大限度地降低其含量,确保产品的优品率。□

```
>> t=dsolve(d_equat,condition,'r')
程序执行结果:
t=-131579/4*r^2+131579/5000*log ( r ) +45984211/
640000-131579/5000*log ( 3 ) +131579/1250*log ( 2 )
+131579/2500*log ( 5 )
即求出温度分布方程为:
t=-32895r^2+26.3158lnr+200.6097
```

工程上遇到的导热问题,往往由于物体的几何形状复杂或边界条件难以描述,无法求出分析解,此时可采用数值方法进行求解。常微分方程(ODE)包括初值问题和边值问题两种,初值问题 ODE 的数值解法常调用 ode45() 和 ode23() 函数实现。边值问题的 ODE 数值解法,可调用 MATLAB 中的 ODE-BVPS 求解器<sup>[2]</sup>实现,本例属于边值问题。

在 MATLAB 编辑器中编写函数 BZ.m,存盘。

r	0.00750	0.00875	0.01000	0.01125	0.01250	0.01375	0.01500	0.01625	0.01750	0.01875	0.0200
t	70.0000	73.3884	76.1314	78.3572	80.1532	81.5820	82.6896	83.5110	84.0735	84.3986	84.5036

数值解与分析解比较如图 1 所示。由图 1 看出,数值解与分析解基本一致。

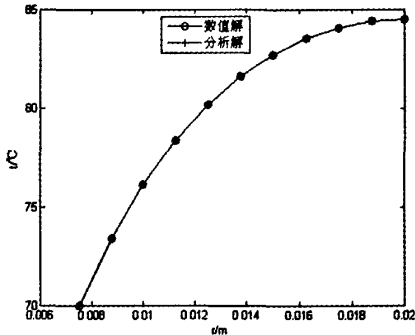


图 1 导热微分方程数值解与分析解

(2)由图 1 可看出,最高温度在外壁面处,为 845036℃,文献<sup>[2]</sup>中计算有误,为 86.4℃。此题也可调用 MATLAB 遗传算法工具箱进行优化求算,编写目标函数的 fun.M 文件,存盘。

```
function t=fun(r)
if r(:,1)<=0.02&r(:,1)>=0.0075
t=(-32895*r^2+26.3158*log(r)+200.6097)
else
t=0;
end
在 MATLAB 命令窗口输入:>>gatool
打开遗传算法的 GUI,在“fitness function”窗口中输入 @fun,“number of variables”窗口中输入变量数 1,
```

```
function BZ
clear all
clc
a = 0.0075;b=0.02; %r 值的范围
solinit = bvpinit(linspace(a,b,10),[70 80]);%用初始
值对解初始化
sol = bvp4c(@ODEfun,@BCfun,solinit);%解 ODE 方
程
r = [0.0075:0.00125:0.02]
t = deval(sol,r)
function dtdr = ODEfun(r,t) %定义 ODE 方程函数
dtdr = [t(2); -131580-1/r*t(2)];
function bc = BCfun(ya,yb) %定义边界条件
bc = [ya(1)-70;yb(2)];
程序运行的计算结果见下表:
```

“initial range”窗口输入【0.0075:0.02】,点“start”运行,得到如下结果:

Fitness function value: -84.50368438552546  
Optimization terminated: maximum number of generations exceeded.  
Final point  
1  
0.02  
即 r=0.02 时,t=84.5037

2.2 求解线性方程组

导热问题中的数值方法包括有限差分法、有限元法、有限体积法及谱元法等。它们都是依据一定的法则,将导热微分方程离散化,然后对离散方程组进行求解。

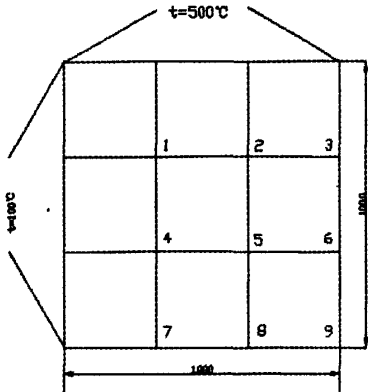


图 2 二维稳态导热数值解法

例 2: 某一边长为 1m 的正方形物体如图 2, 左侧面恒温为 100℃, 顶面恒温为 500℃, 其余两侧面暴露在对流环境之中, 环境温度为 100℃。已知物体的导热系数为 10W/m·K, 试求各节点的温度值。<sup>[1]</sup>

用差分法得出温度节点离散化线性方程组, 以矩阵形式表示如下:

$$\begin{bmatrix} -4 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & -4 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 2 & -4.67 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & -4 & 1 & 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 1 & -4 & 1 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 2 & -4.67 & 0 & 0 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 0 & -4.67 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 2 & 0 & 1 & -4.67 & 1 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 1 & -2.67 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} t_1 \\ t_2 \\ t_3 \\ t_4 \\ t_5 \\ t_6 \\ t_7 \\ t_8 \\ t_9 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -600 \\ -500 \\ -567 \\ -100 \\ 0 \\ -66.7 \\ -167 \\ -66.7 \\ -66.7 \end{bmatrix}$$

此方程组属于大型稀疏线性方程组, 求解时广泛使用 LU 分解法和迭代法, 求解速度快, 占用计算机内存小, 便于储存。先采用 LU 分解法求解上述方程组, 程序代码如下:

```
function LU
a1=[-4 1 0 1 0;1 -4 1 0 1;0 2 -4.67 0 0;1 0 0 -4 1;0 1 0 1 -4];
a2=[0 0 0 0;0 0 0 0;1 0 0 0;0 1 0 0;1 0 1 0];
a3=[0 0 1 0 2;0 0 0 2 0;0 0 0 0 2;0 0 0 0 0];
a4=[-4.67 0 0 1;0 -4.67 1 0;0 1 -4.67 1;1 0 1 -2.67];
a=[a1 a2;a3 a4]; %系数矩阵
b=[-600 -500 -567 -100 0 -66.7 -167 -66.7 -66.7];
[L,U]=lu(a);
t=U\ (L\b)
执行, 得到九个节点温度依次为:
t=280.6447 330.2485 309.3172 192.3301 231.0322
217.0141 157.6437 184.5359 175.3745
```

迭代法解大型稀疏方程组, 常采用雅可比迭代法和高斯—赛德尔迭代法(G-S)。给出 G-S 迭代法程序代码:

```
function GS
a1=[-4 1 0 1 0;1 -4 1 0 1;0 2 -4.67 0 0;1 0 0 -4 1;0 1 0 1 -4];
a2=[0 0 0 0;0 0 0 0;1 0 0 0;0 1 0 0;1 0 1 0];
a3=[0 0 1 0 2;0 0 0 2 0;0 0 0 0 2;0 0 0 0 0];
a4=[-4.67 0 0 1;0 -4.67 1 0;0 1 -4.67 1;1 0 1 -2.67];
a=[a1 a2;a3 a4];
b=[-600 -500 -567 -100 0 -66.7 -167 -66.7 -66.7];
max1=100;p=1;%最大迭代次数 max1
t=[0 0 0 0 0 0 0 0 0]; %迭代初值向量 t
d=t;
```

```
for i=1:length(b);
    if a(i,i)==0;
        break
    else b(i)=b(i)/a(i,i); %处理系数矩阵
    a(i,i)=0;
end
end
i=2;
while p<=max1
    d=t;
    for m=1:length(b)
        y(m)=a(m,:)*t+b(m);
        t(m)=y(m); %产生新的迭代初值
    end
    for j=1:length(b)
        tolerance=max(abs(t(j)-d(j))); %判断迭
    end
    if tolerance>=10^(-5)
        i=i+1;
    else break
    end
    p=p+1;
end
fprintf('n%s%d','i',i)
t=t'
```

代收敛

结果是:

```
i=36
t=280.6446 330.2485 309.3171 192.3301 231.0321
217.0141 157.6437 184.5359 175.3745
```

比较两法可以看出, LU 分解法解线性方程组需要调用 MATLAB 内置函数, 迭代法求解时, 程序设计比较简单, 两法计算结果相同。但使用迭代法, 需要给定合适的迭代初场, 同时还要满足迭代能收敛和迭代速度快, 方程组才能求解。本题采用 LU 分解法解线性方程组更为简单。

### 3 结论

从上面两例可以看出, 导热计算中无论是求分析解还是数值解, 应用 MATLAB 进行计算程序都比较简单, 函数丰富, 易学易用, 有着其它高级计算机语言无法比拟的优点, 它必将在工程及科研领域得到更广泛的应用。

## ·化工设计·

## 工程设计中实施项目管理和提高运行效率的思考

史君,王春玲,耿业朋

(安徽省化工设计院,安徽 合肥 230009)

**摘要:**实施项目管理是解决跨领域复杂问题并实现更高运行效率的重要手段。针对工程设计中如何实施项目管理和提高运行效率方面,总结出了一些方法和措施,为从事工程设计方面的项目管理工作提供了一些参考与借鉴。

**关键词:**工程设计;项目管理;运行效率

**中图分类号:** TB21   **文献标识码:** A   **文章编号:** 1008-553X(2010)01-0060-04

项目管理是指把各种知识、技能、工具和技术应用于项目活动中,以达到项目的要求,它通过应用和综合诸如启动、规划、实施、监控和收尾等管理过程来进行。项目的管理者不仅仅是项目执行者,他参与项目的确定、选择、计划直至收尾的全过程,并在时间、成本、质量、风险、合同、采购、人力资源等各个方面对项目进行全方位的管理。因此,项目管理可以帮助企业处理需要跨领域解决的复杂问题,并实现更高的运行效率。具体来说,实施项目管理有如下优势:①合理安排项目的进度,有效使用项目资源,确保项目按期完成,并降低项目成本;②加强项目的团队合作,提高项目团队的战斗力;③降低项目风险,提高项目实施的成功率;④有效控制项目范围,尽早发现项目实施中的问题,增强项目的可控性。本文在如何实施项目管理和提高运行效率方面作一有益探讨。

## 1 做好前期策划工作

合同管理、资料收集及方案讨论是项目的前期策划

工作的三个方面。做好前期策划工作,才能为项目的良好运行打下坚实基础。

### 1.1 合同管理

起草、签订合同时要做好合同评审工作,准确理解甲方的要求,如项目名称、阶段、规模、投资、内容、标准等是否明确,产品要求是否在合同中得到明确规定,合同中的技术、质量、工期要求是否可行,是否有能力满足顾客对产品的使用和服务等各方面的要求,甲乙双方对合同的理解是否一致。同时对项目进展过程中可能出现的问题要有预见,如有必要可一并写入合同中。

### 1.2 资料收集

设计开展前要进行实地考察,掌握第一手资料,摸清建厂条件,对设计基础资料和条件要逐步加以落实。对一些重要的条件,如征地、水源、运输方案等,必须取得有关部门的书面材料以作为设计依据。要认真研究,正确使用基础资料,在工程设计完成后,及时归档保存。

### 1.3 方案讨论

收稿日期:2009-10-23

作者简介:史君(1982-),女,助理工程师,管理学学士,目前从事工程项目的管理工作,13085000029, wangcl@ahshgsjy.com。

## 参考文献

[1] 王绍亭,陈涛.化工传递过程基础[M].北京:化学工业出版社,1998.

[2] 黄华江.实用化工计算机模拟—MATLAB在化学工程中的应用[M].北京:化学工业出版社,2004.□

## Application of MATLAB in Heat Conduction Calculating

SU Xue-jun

(Taizhou Polytechnic Institute, Taizhou 225300, China)

**Abstract:** Ordinary/partial differential equation and linear/nonlinear equations often should be solved in the course of heat conduction calculation. These calculation problems can be solved effectively by MTALAB. This paper discusses the application of MATLAB in heat conduction calculation by exemplifying two typical calculating.

**Key words:** MATLAB; conduction; application

# MATLAB在导热计算中的应用

作者: [苏学军, SU Xue-jun](#)  
作者单位: [泰州职业技术学院环化系, 江苏泰州, 225300](#)  
刊名: [安徽化工](#)  
英文刊名: [ANHUI CHEMICAL INDUSTRY](#)  
年, 卷(期): 2010, 36(1)

## 参考文献(2条)

1. [黄华江](#) [实用化工计算机模拟-MATLAB在化学工程中的应用](#) 2004
2. [王绍亭;陈涛](#) [化工传递过程基础](#) 1998

本文链接: [http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical\\_ahhg201001020.aspx](http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_ahhg201001020.aspx)