|  |
| --- |
| **附件清单** |
| 1. **核心m函数文件** 2. **问题一程序1** 3. **问题一程序2** 4. **问题二程序1** 5. **问题二程序2** 6. **问题三程序1** 7. **问题三程序2** 8. **灵敏度分析** |

|  |
| --- |
| **1.核心m函数文件（qiujie.m）** |
| %输入各可调节参数，返回温度分布function [T]=qiujie(L1,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt)  T\_r=37;  rou=[300;862;74.2;1.18];%密度  c=[1377;2100;1726;1005];%比热容  k=[0.082;0.37;0.045;0.028];%热传导率  H=[L1,L2,L3,L4]\*1e-3;  X1=H(1);X2=sum(H(1:2));  X3=sum(H(1:3));X4=sum(H);  alpha=k./(rou.\*c);  dx=0.0001;%空间步长  x=0:dx:X4;  dt=1;%时间步长  t=0:dt:tt;  r=dt/dx^2.\*alpha;  T=zeros(length(x),length(t));  T(:,1)=T\_r;%初始条件  %构造A矩阵，分四个区段  A=zeros(round(X4/dx+1));  A1=(1+2\*r(1))\*eye(round(X1/dx+1))-r(1)\*diag(ones(1,round(X1/dx)),1)-r(1)\*diag(ones(1,round(X1/dx)),-1);  A2=(1+2\*r(2))\*eye(round((X2-X1)/dx+1))-r(2)\*diag(ones(1,round((X2-X1)/dx)),1)-r(2)\*diag(ones(1,round((X2-X1)/dx)),-1);  A3=(1+2\*r(3))\*eye(round((X3-X2)/dx+1))-r(3)\*diag(ones(1,round((X3-X2)/dx)),1)-r(3)\*diag(ones(1,round((X3-X2)/dx)),-1);  A4=(1+2\*r(4))\*eye(round((X4-X3)/dx+1))-r(4)\*diag(ones(1,round((X4-X3)/dx)),1)-r(4)\*diag(ones(1,round((X4-X3)/dx)),-1);  %不同材料交界处  A1(1,1)=k(1)/dx+h1;  A1(1,2)=-k(1)/dx;  A1(end,end)=(k(1)+k(2))/dx;  A1(end,end-1)=-k(1)/dx;  A2(1,1)=(k(1)+k(2))/dx;  A2(1,2)=-k(2)/dx;  A2(end,end)=(k(2)+k(3))/dx;  A2(end,end-1)=-k(2)/dx;  A3(1,1)=(k(2)+k(3))/dx;  A3(1,2)=-k(3)/dx;  A3(end,end)=(k(3)+k(4))/dx;  A3(end,end-1)=-k(3)/dx;  A4(1,1)=(k(3)+k(4))/dx;  A4(1,2)=-k(4)/dx;  A4(end,end)=k(4)/dx+h2;  A4(end,end-1)=-k(4)/dx;  %合并  A(1:length(A1),1:length(A1))=A1;  A(length(A1):length(A1)+length(A2)-1,length(A1):length(A1)+length(A2)-1)=A2;  A(length(A1)+length(A2)-1:end-length(A4)+1,length(A1)+length(A2)-1:end-length(A4)+1)=A3;  A(end-length(A4)+1:end,end-length(A4)+1:end)=A4;  %追赶法求解  for n=1:length(t)-1      aa=[0,diag(A,-1)']; bb=diag(A)';cc=diag(A,1)';ff=T(1:end,n);m=length(A);%追赶法      ff(1)=T\_en\*h1;      ff(length(A1))=0;      ff(length(A1)+length(A2)-1)=0;      ff(length(A1)+length(A2)+length(A3)-2)=0;      ff(end)=T\_r\*h2;      betal=zeros(1,m);y=zeros(1,m);y(1)=ff(1)/bb(1);d=bb(1);      for i=2:m           betal(i-1)=cc(i-1)/d;           d=bb(i)-aa(i)\*betal(i-1);           y(i)=(ff(i)-aa(i)\*y(i-1))/d;      end      T(end,n+1)=y(end);      for i=length(T(:,1))-1:-1:1          T(i,n+1)=y(i)-betal(i)\*T(i+1,n+1);      end  %     %温度分布动态  %     plot(x,T(:,n+1));  %     getframe;  end  end |

|  |
| --- |
| **2.问题一程序1（Q1\_1.m）** |
| %搜索h1、h2的具体值  %实际操作发现h1敏感度不大，而h2敏感度非常大  %先h1保持不变，搜索出h2=8.374，再保持h2不变，找出h1的具体数值  clc;clear;close all;  %  [FJ2,FJ2\_text]=xlsread('A.xlsx','附件2');  % T0=FJ2(:,2); %初始各点的温度，T0(1)是0时的温度  %  save FJ\_2   load FJ\_2.mat  %有限差分法，隐式  arg\_min=1e6;  L1=0.6;L2=6;L3=3.6;L4=5;  T\_en=75;tt=5400;  h2=8.374;  for h1=116:0.01:118  [T]=qiujie(L1,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  TT=[FJ2(:,1),T(end,:)'];%模拟人的温度变化  arg=norm(TT(:,2)-FJ2(:,2))^2;  if arg<arg\_min      arg\_min=arg;      h\_1=h1;      h\_2=h2;      TT\_2=TT;  end  end  %绘图  figure('Color','w')  plot(1:5401,TT\_2(:,2),'b','LineWidth',1.5);  hold on  plot(1:5401,FJ2(:,2),'r:','LineWidth',1.5);  legend('模拟值','实验值')  xlabel('时间(秒)');ylabel('温度(摄氏度)') |

|  |
| --- |
| **3.问题一程序2（Q1\_2.m）** |
| %已知h1、h2，求解温度分布  clc;clear;close all;   load FJ\_2.mat  %有限差分法，隐式  L1=0.6;L2=6;L3=3.6;L4=5;  T\_en=75;tt=5400;  h1=116.79;h2=8.374;  [T]=qiujie(L1,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  %绘最终温度分布图  figure('Color','w')  x=[0:length(T(:,1))-1]/10;  plot(x,T(:,end)')  hold on  text(L1,T(L1\*10+1,end),'|','color','r')  text(L1+L2,T((L1+L2)\*10+1,end),'|','color','r')  text(L1+L2+L3,T((L1+L2+L3)\*10+1,end),'|','color','r')  text(L1+L2+L3+L4,T((L1+L2+L3+L4)\*10+1,end),'|','color','r')  grid on  xlabel('L(mm)');ylabel('T(°)')  %绘三维温度分布图  t=0:5400;  figure('Color','w')  surf(x,t,T')  shading interp  xlabel('L(mm)');ylabel('t(s)');zlabel('T(°)')  axis([0 15.2 0 5400 35 80 ])  %储存温度分布  xlswrite('problem1.xlsx',T') |

|  |
| --- |
| **4.问题二程序1（Q2\_1.m）** |
| %求解二层的最优厚度  clc;clear;close all;  L1=0.6;L3=3.6;L4=5.5;  h1=116.790;h2=8.374;  T\_en=65;tt=3600;  %遍历找到L2  min\_L2=25;  for L2=0.6:0.1:25  [T]=qiujie(L1,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  TT=T(end,:);%提取人体表面温度  count=find(TT>44);%找出温度超44°的点  if TT(end,end)<=47&&length(count)<=5\*60&&L2<min\_L2      min\_L2=L2;      T\_re=TT;      T\_max=TT(end);      pass=length(count);%超出时间  end  end  %绘图,皮肤随时间的温度变化  figure('Color','w')  x=0:tt;  plot(x,T\_re,'b-','LineWidth',1.7)  hold on  plot(x,ones(1,length(x))\*T\_max,'k:','LineWidth',1.5);  xlabel('t(秒)');ylabel('T(摄氏度)')  legend('L2=17.5')  axis([0 tt 35 45]) |

|  |
| --- |
| **5.问题二程序2（Q2\_2.m）** |
| %不同L2厚度对人体温度的影响  clc;clear;close all;  L1=0.6;L3=3.6;L4=5.5;  h1=116.790;h2=8.374;  T\_en=65;tt=3600;  L2=[0.6,6,12,18,25];  [T1]=qiujie(L1,L2(1),L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  [T2]=qiujie(L1,L2(2),L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  [T3]=qiujie(L1,L2(3),L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  [T4]=qiujie(L1,L2(4),L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  [T5]=qiujie(L1,L2(5),L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  %提取人体表面温度  TT1=T1(end,:);  TT2=T2(end,:);  TT3=T3(end,:);  TT4=T4(end,:);  TT5=T5(end,:);  x=0:tt;  figure('Color','w')  plot(x,TT1,'c-',x,TT2,'g:',x,TT3,'b',x,TT4,'m--',x,TT5,'r-.','Linewidth',1.7)  legend('L2=0.6mm','L2=6.0mm','L2=12mm','L2=18mm','L2=25mm')  axis([0 3600 36 46])  xlabel('t(秒)');ylabel('T(摄氏度)') |

|  |
| --- |
| **6.问题三主程序1（Q3\_1.m）** |
| %求解二层、四层的最优厚度  %程序运行可能约5mins  clc;clear;close all;  h1=116.790;h2=8.374;  T\_en=80;tt=1800;  L1=0.6;L3=3.6;  %遍历找到L2、L4  min\_L2=25;min\_L4=6.4;  for L2=0.6:0.1:25  for L4=0.6:0.1:6.4  [T]=qiujie(L1,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  TT=T(end,:);%提取人体表面温度  count=find(TT>44);%找出温度超44°的点  if TT(end,end)<=47&&length(count)<=5\*60&&L2<min\_L2%先找到二层厚度最小      min\_L2=L2;      if L4<min\_L4%再找到四层厚度最小          min\_L4=L4;          T\_max=TT(end);          pass=length(count);%超出时间      end  end  end  end |

|  |
| --- |
| **7.问题三主程序2（Q3\_2.m）** |
| %根据Q3搜索的L2、L1结果，获取相关信息  clc;clear;close all;  h1=116.790;h2=8.374;  T\_en=80;tt=1800;  L1=0.6;L2=19.3;L3=3.6;L4=6.4;  [T]=qiujie(L1,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  TT=T(end,:);%提取人体表面温度  count=find(TT>44);%找出温度超44°的点  T\_max=TT(end);%t=30mins时人体的温度  pass=length(count);%超出时间 |

|  |
| --- |
| **8.灵敏度分析（sensitivity.m）** |
| %灵敏度分析，分布对L1、L2、L3、L4进行  %L1、L2、L3、L4初始值与问一条件一致,变化程度：+-0.5  clc;clear;close all;  L1=0.6;L2=6;L3=3.6;L4=5;  h1=116.790;h2=8.374;  T\_en=75;tt=5400;  x=-0.5:0.1:0.5;  [T]=qiujie(L1,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  TT=T(end,end);  T\_L1=zeros(11,1);jj=1;  for ii=L1-0.5:0.1:L1+0.5  [T]=qiujie(ii,L2,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  T\_L1(jj)=(T(end,end)-TT)/TT\*100;  jj=jj+1;  end  T\_L2=zeros(11,1);jj=1;  for ii=L2-0.5:0.1:L2+0.5  [T]=qiujie(L1,ii,L3,L4,h1,h2,T\_en,tt);  T\_L2(jj)=(T(end,end)-TT)/TT\*100;  jj=jj+1;  end  T\_L3=zeros(11,1);jj=1;  for ii=L3-0.5:0.1:L3+0.5  [T]=qiujie(L1,L2,ii,L4,h1,h2,T\_en,tt);  T\_L3(jj)=(T(end,end)-TT)/TT\*100;  jj=jj+1;  end  T\_L4=zeros(11,1);jj=1;  for ii=L4-0.5:0.1:L4+0.5  [T]=qiujie(L1,L2,L3,ii,h1,h2,T\_en,tt);  T\_L4(jj)=(T(end,end)-TT)/TT\*100;  jj=jj+1;  end  %绘图  figure('Color','w')  plot(x,T\_L1,'k\*',x,T\_L2,'g\*',x,T\_L3,'b\*',x,T\_L4,'m\*','MarkerSize',10)  hold on;  plot(x,T\_L1,'k-',x,T\_L2,'g:',x,T\_L3,'b-.',x,T\_L4,'m--','Linewidth',1.7)  axis([-0.5 0.5 -1.5 1.5])  legend('L1','L2','L3','L4','L1','L2','L3','L4')  grid on;  xlabel('增量(mm)');ylabel('变化率(%)'); |