·温度计算函数

%getT0.m

function T0=getT0(s)

T\_K=273.15;%温度单位转换

global T1

global T2

global T3

global T4

if s<25

T0=(T1-25)/(25-0)\*(s-0)+25+T\_K;

elseif s<197.5

T0=T1+T\_K;

elseif s<202.5

T0=(T2-T1)/(202.5-197.5)\*(s-197.5)+T1+T\_K;

elseif s<233

T0=T2+T\_K;

elseif s<238

T0=(T3-T2)/(238-233)\*(s-233)+T2+T\_K;

elseif s<268.5

T0=T3+T\_K;

elseif s<273.5

T0=(T4-T3)/(273.5-268.5)\*(s-268.5)+T3+T\_K;

elseif s<339.5

T0=T4+T\_K;

elseif s<344.5

T0=(25-T4)/(344.5-339.5)\*(s-339.5)+T4+T\_K;

else

T0=25+T\_K;

end

end

·参数求解

%P0.m

%解模型参数

%数据准备clear,clc,close all;

global T1

global T2

global T3

global T4

T1=175;

T2=195;

T3=235;

T4=255;

Tk=xlsread('附件.xlsx','A2:B710');

t\_max=Tk(end,1);

delta\_x=1e-6;%单位:m

thickness\_x=0.15e-3;%单位:m

T\_K=273.15;%温度单位转换

v=70/60;%单位:cm/s

size\_x=round(thickness\_x/delta\_x+1);

delta\_t=0.5;%单位:s

size\_t=round(t\_max/delta\_t+1);

Tk=Tk+T\_K;

Emin=inf;

E\_history=[];

%精细搜索

for k=1e-6:1e-8:3e-6%1.67e-6

for h=14.4580%14.4:0.001:14.6

for alpha1=4.4370e-11%4.4e-11:1e-14:4.6e-11

for alpha2=5.6210e-11%5.6e-11:1e-14:5.8e-11

for alpha3=7.4490e-11%7.3e-11:1e-14:7.5e-11

for alpha4=4.9970e-11%4.9e-11:1e-14:5e-11

for alpha5=2.4010e-11%2.3e-11:1e-14:2.5e-11

T=zeros(size\_x,size\_t);%单位:K

T(:,1)=ones(size\_x,1)\*(25+T\_K);%初始处于车间温度中

A=alpha1\*delta\_t/2/delta\_x^2;

%大温区 1

M=eye(size\_x,size\_x);

M(1,1)=h+k/delta\_x;

M(1,2)=-k/delta\_x;

M(size\_x,size\_x-1)=-k/delta\_x;

M(size\_x,size\_x)=h+k/delta\_x;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=2:348

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 2

A=alpha2\*delta\_t/2/delta\_x^2;

for index\_x=2:size\_x-1;

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=349:409

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 3

A=alpha3\*delta\_t/2/delta\_x^2;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=410:470

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 4

A=alpha4\*delta\_t/2/delta\_x^2;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=471:592

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 5

A=alpha5\*delta\_t/2/delta\_x^2;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=593:747

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%计算并记录误差

delta\_T=T(76,39:end)-Tk(:,2)';

E=sum(delta\_T.\*delta\_T)/length(Tk);

E\_history=[E\_history E];

if E<Emin

Emin=E;

alpha=[alpha1,alpha2,alpha3,alpha4,alpha5]

kmin=k;

hmin=h;

end

end

end

end

end

end

end

end

% 输出参数

disp(['alpha=' num2str(alpha),'m^2/s']);

disp(['k=' num2str(kmin),' W/(m\*K)']);

disp(['h=' num2str(hmin),'W/(m^2\*K)']);

disp(['E\_min=' num2str(Emin),'K']);

%作图

figure(1)

plot(1:size\_t,T(76,:));

hold on

plot(39:747,Tk(:,2));

legend('模型数据','实际数据');

xlabel('t(per 0.5s)');

ylabel('T(K)');

figure(2)

plot(E\_history);

xlabel('k(W/(m\*K))')

ylabel('误差(K)')

·模型求解函数

%modelsolve.m

%根据具体数值解模型

%输人速度和时间步长

function T=modelsolve(v,delta\_t)%数据准备

thickness\_x=0.15e-3;%单位:m

delta\_x=1e-6;%单位:m

T\_K=273.15;%温度单位转换

t\_d=round([202.5 238.5 273.5 344.5 435.5]/v/delta\_t+1);%不同温区时间分割点

size\_x=round(thickness\_x/delta\_x+1);

size\_t=t\_d(5);

%热学参数

k=1.67e-06;

h=14.4580;

alpha1=4.4370e-11;

alpha2=5.6210e-11;

alpha3=7.4490e-11;

alpha4=4.9970e-11;

alpha5=2.4010e-11;

T=zeros(size\_x,size\_t);%单位:K

T(:,1)=ones(size\_x,1)\*(25+T\_K);%初始处于车间温度中

%大温区 1

A=alpha1\*delta\_t/2/delta\_x^2

M=eye(size\_x,size\_x);

M(1,1)=h+k/delta\_x;

M(1,2)=-k/delta\_x;

M(size\_x,size\_x-1)=-k/delta\_x;

M(size\_x,size\_x)=h+k/delta\_x;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=2:t\_d(1)

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 2

A=alpha2\*delta\_t/2/delta\_x^2;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=t\_d(1)+1:t\_d(2)

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 3

A=alpha3\*delta\_t/2/delta\_x^2;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=t\_d(2)+1:t\_d(3)

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 4

A=alpha4\*delta\_t/2/delta\_x^2;

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=t\_d(3)+1:t\_d(4)

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

%大温区 5

A=alpha5\*delta\_t/2/delta\_x^2

for index\_x=2:size\_x-1

M(index\_x,index\_x-1)=A;

M(index\_x,index\_x)=-2\*A-1;

M(index\_x,index\_x+1)=A;

end

N=zeros(size\_x,1);

for index\_t=t\_d(4)+1:t\_d(5)

s=(index\_t-1)\*delta\_t\*v;%实际距离

T0=getT0(s);%当前外界温度

N(1)=h\*T0;

N(size\_x)=h\*T0;

for index\_x=2:size\_x-1

N(index\_x)=-A\*(T(index\_x+1,index\_t-1)+T(index\_x-1,index\_t-1))...

+(2\*A-1)\*T(index\_x,index\_t-1);

end

T(:,index\_t)=M\N;

end

end

根据题目指定温度范围

%constraint.m

%计算制程界限

function [flag,upk,downk,risePeriod,peakPeriod,peakT]=constraint(T,delta\_t)

T=T-273.15;

delta\_T=T(2:end)-T(1:end-1);

k=[0,delta\_T/delta\_t];

%温度上声斜率

upk=k(k>0);

%温度下降斜率

downk=k(k<0);

%温度上升过程中在 150?C,190?C的时间

risePeriod=(length(T(k>0&T>=150&T<=190))-1)\*delta\_t;

%温度大于 217?C的时间

peakPeriod=(length(T(T>217))-1)\*delta\_t;

%峰值温度

peakT=max(T);

flag=1;

%限制 1 2

if ~isempty(upk) && ~isempty(downk)

if (max(upk)>3)||(min(downk)<-3)

flag=0;

end

else

flag=0;

end

%限制 3

if risePeriod<60 || risePeriod>120

flag=0;

end

%限制 4

if peakPeriod<40 || peakPeriod>90

flag=0;

end

%限制 5

if peakT<240 || peakT>250

flag=0;

end

end

问题一解答

%P1.m

%解决问题一

%数据准备

clear,clc,close all;

global T1

global T2

global T3

global T4

delta\_t=0.5;%单位:s

T\_K=273.15;%温度单位转换

v=78/60;%单位:cm/s

T1=173;

T2=198;

T3=230;

T4=257;

%计算模型

T=modelsolve(v,delta\_t);

[size\_x,size\_t]=size(T);

%炉温曲线绘制

index\_sensor=find(T(76,:)>30+T\_K);%传感器大于30 度开始工作

T\_sensor=T(76,index\_sensor);

figure(2)

plot(index\_sensor\*delta\_t,T\_sensor);

xlabel('t(s)');

ylabel('k');

% 制程界限约束

disp('问题一解答:')

flag=constraint(T\_sensor,delta\_t);

if flag==1

disp('炉温曲线符合制程界限');

else

disp('炉温曲线不符合制程界限');

end

%给出特殊点温度

x\_d3=111.25;

x\_d6=217.75;

x\_d7=253.25;

x\_d8=304;

t\_di=round([x\_d3,x\_d6,x\_d7,x\_d8]/v/delta\_t);

disp(['小温区3、6、7中点及小温区8结束处焊接区域中心的温度分别为:' num2str(T(76,t\_di)-T\_K),' ?'])

%写出到 csv文件

handle=table([1:size\_t]'\*0.5,T(76,:)'-T\_K);

writetable(handle,'result.csv');

%P2.m

%解决问题二

%数据准备

clear,clc,close all;

global T1

global T2

global T3

global T4

delta\_t=0.1;%单位:s

T\_K=273.15;%温度单位转换

T1=182;

T2=203;

T3=237;

T4=254;

%搜索

v\_max=0;

%粗糙搜索

disp('粗糙搜索...')

up=zeros(1,36);%上升斜率

down=up;%下降斜率

upP=up;%150-190

peakP=up;%217

peakT=up;%峰值

for i=65:100

v=i/60;%单位换算

T=modelsolve(v,delta\_t);

%制程界限约束

[flag,upk,downk,upP(i-64),peakP(i-64),peakT(i-64)]...

=constraint(T(76,:),delta\_t);

up(i-64)=max(upk);

down(i-64)=min(downk);

if flag==1

v\_max=i;

end

end

%作图与回答问题

disp(['结果:' num2str(v\_max),'cm/min']);

disp('精细搜索...')

figure(1)

plot(65:100,up);

xlabel('v(cm/min)');

ylabel('k(℃/s)')

hold on

plot(65:100,down);

legend('温度上升斜率','温度下降斜率')

figure(2)

plot(65:100,upP);

xlabel('v(cm/min)');

ylabel('t(s)');

figure(3)

plot(65:100,peakP);

xlabel('v(cm/min)');

ylabel('t(s)')

figure(4)

plot(65:100,peakT);

xlabel('v(cm/min)');

ylabel('T(K)');

%精细搜索

for i=v max:0.001:vmax+0.1

v=i/60;

T=modelsolve(vdelta\_t);

%制程界限约束

flag=constraint(T(76,:),delta\_t);

if flag==1

v\_max=i;

end

end

disp(['结果:',num2str(v\_max),'cm/min'])

figure(5)

T=modelsolve(v,delta\_t);

plot([1:size(T,2)]\*delta\_t,T(76,:));

%P3.m

%解决问题三

%本程序按种群规模，时间步长，需要运行数十分钟至若干小时不等

%数据准备

clear,clc,close all;

T\_K=273.15;%温度单位转换

delta\_t=0.1;%单位:S

%模型计算

tic;

opt=gaoptimset('Generations',800,'StallGenLimit',300,'PlotFcns',@gaplotbestf,'MigrationFraction',0.3);

lb=[165 185 225 245 65];

ub=[185 205 245 265 100];

[x,fva1]=ga(@evaluate,5,[],[],[],[],lb,ub,[],opt);

toc;

%x=[170.5518 185.0331 225.6946 265.0000 86.1057];

%作图

global T1

global T2

global T3

global T4

T1=x(1);

T2=x(2);

T3=x(3);

T4=x(4);

v=x(5);%速度

S=evaluate(x);

T=modelsolve(v/60,delta\_t);

[Tmax,imax]=max(T(76,:));%峰值温度

figure(2)

plot(delta\_t\*[0:size(T,2)-1],T(76,:));

hold on

plot([0 300],[217 217]+T\_K,'k-');

plot([0 imax-1]\*delta\_t,[Tmax Tmax],'r-');

xlabel('时间 t(s)');

ylabel('温度 T(K)');

legend('炉温曲线','217℃');

disp(['温区温度依次为:',num2str(x(1:4)),'C']);

disp(['过炉速度为:',num2str(x(5)),'cm/min']);

disp(['面积为:',num2str(S),'m\*s']);

disp(['峰值温度:',num2str(Tmax-T\_K),'℃']);

%适应度函数

function E=evaluate(x)

global T1

global T2

global T3

global T4

T1=x(1);

T2=x(2);

T3=x(3);

T4=x(4);

v=x(5);%速度

T\_K=273.15;%温度单位转换

delta\_t=0.1;%单位:s

if T1<165||T1>185||T2<185||T2>205||T3<225||T3>245||T4<245||T4>265||v<65||v>100

E=5000;%不满足温度、速度变化范围限制

else

T=modelsolve(v/60,delta\_t);%解模

T\_sensor=T(76,:)-T\_K;%炉温曲线

[~,index]=max(T\_sensor);

peak\_index=find(T\_sensor>217);

peak=T\_sensor(peak\_index(1):index)-217;

S=sum((peak(1:end-1)+peak(2:end))\*delta\_t/2);%大于217温度到峰值面积

flag=constraint(T(76,:),delta\_t);

if flag==0

E=5000;%不满足制程界限

else

E=S;

end

end

end

%P4.m

%解决问题四

clear,clc,close all;

T\_K=273.15;%温度单位转换

delta\_t=0.1;%单位:s

%模型计算 tic;

opt=gaoptimset('Generations',50,'StallGenLimit',50,'PlotFcns',@gaplotbestf);

lb=[165 185 225 245 65];

ub=[185 205 245 265 100];

[~,~,~,~,final\_pop1]=ga(@evaluate1,5,[],[],[],[],lb,ub,[],opt);

opt=gaoptimset('Generations',50,'StallGenLimit',50,'PlotFcns',@gaplotbestf,'InitialPopulation',final\_pop1);

[x,fval,~,~,final\_pop2]=ga(@evaluate2,5,[],[],[],[],lb,ub,[],opt);

toc;

%x=[169.4105 185.0242 225.3092 265.0000 85.67351];

%作图

global T1

global T2

global T3

global T4

T1=x(1);

T2=x(2);

T3=x(3);

T4=x(4);

v=x(5);%速度

S=evaluate1(x);

E=evaluate2(x);

disp(['温区温度依次为:',num2str(x(1:4)),'℃']);

disp(['过炉速度为:',num2str(x(5)),'cm/min']);

disp(['对称度为:',num2str(E),'K ']);

disp(['面积为为:',num2str(S),'\*s']);

T=modelsolve(v/60,delta\_t);

figure(1)

plot(delta\_t\*[0:size(T,2)-1],T(76,:));

hold on

xlabel('时间 t(s)');

ylabel('温度 T(K)');

% 适应度函数

%按照面积

function E=evaluate1(x)

global T1

global T2

global T3

global T4

T1=x(1);

T2=x(2);

T3=x(3);

T4=x(4);

v=x(5);%速度

T\_K=273.15;%温度单位转换

delta\_t=0.1;%单位:s

if T1<165||T1>185||T2<185||T2>205||T3<225||T3>245||T4<245||T4>265||v<65||v>100

E=5000;%不满足温度、速度变化范围限制

else

T=modelsolve(v/60,delta\_t);%解模

T\_sensor=T(76,:)-T\_K;%炉温曲线

[~,index]=max(T\_sensor);

peak\_index=find(T\_sensor>217);

peak=T\_sensor(peak\_index(1):index)-217;

S=sum((peak(1:end-1)+peak(2:end))\*delta\_t/2);%大于217 温度到峰值面积

flag=constraint(T(76,:),delta\_t);

if flag==0

E=5000;%不满足制程界限

else

E=S;

end

end

end

%按照对称程度

function E=evaluate2(x)

global T1

global T2

global T3

global T4

T1=x(1);

T2=x(2);

T3=x(3);

T4=x(4);

v=x(5);%速度

T\_K=273.15;%温度单位转换

delta\_t=0.1;%单位:s

if T1<165||T1>185||T2<185||T2>205||T3<225||T3>245||T4<245||T4>265||v<65||v>100

E=5000;%不满足温度、速度变化范围限制

else

T=modelsolve(v/60,delta\_t);%解模

T\_sensor=T(76,:)-T\_K;%炉温曲线

[~,index]=max(T\_sensor);

peak\_index=find(T\_sensor>217);

peak=T\_sensor(peak\_index(1):index)-217;

S=sum((peak(1:end-1)+peak(2:end))\*delta\_t/2);%大于217 温度到峰值面积

sym=T\_sensor(peak\_index(1):index)-T\_sensor(2\*index-peak\_index(1):-1:index);

E=sqrt(sum(sym.\*sym)/length(sym));%对称程度

flag=constraint(T(76,:),delta\_t);

if flag==0 || S>495

E=5000;%不满足制程界限

end

end

end