哈尔滨理工大学

实　验　报　告

实验课程名称　最优化方法

实验场所名称

实验场所代码

实验室房间号

姓名班级学号

指导教师姓名

实验总评成绩

实 验 日 期

实验室安全管理个人注意事项

1. 进入实验室工作、实验和研究人员必须进行实验室安全承诺，务必遵守学校及实验室各项规章制度和仪器设备操作规程。

2. 熟悉紧急情况下的逃离路线和紧急应对措施，清楚急救箱、灭火器材、紧急洗眼装置和冲淋器的位置。

3. 进行实验操作时，在做好个人防护的同时，要根据实验风险需要选择合适的实验个体防护用品。使用前应确认其使用范围、有效期及完好性等，熟悉其使用、维护和保养方法。

4. 不得在实验室吸烟、饮食、储存食品、饮料等个人生活物品；不得做与实验、研究无关的事情。

5. 触电事故特点：

5.1 被电击会导致人身伤害，甚至死亡；

5.2 短路有可能导致爆炸和火灾；

5.3 电弧或火花会点燃物品或者引燃具有爆炸性的物料；

5.4 冒失地开启或操作仪器设备可能导致仪器设备的损坏，使身体受伤；

5.5 电器过载会令其损坏、短路或燃烧。

6. 触电事故的预防：

6.1 检查电线、插座和插头，一旦发现损坏要立即更换。

6.2 仪器设备开机前要熟悉该仪器设备的操作规程，确认完好后方可接通电源。

6.3 当手脚或身体沾湿或站在潮湿的地上时切勿启动电源开关或接触电器用具。

7. 触电事故应急措施：

7.1 使触电者脱离电源：立即切断电源，采用关闭电源开关，用干燥木棍挑开电线电闸。救护人员注意穿上绝缘靴或站在干燥木板上，尽快使伤员脱离电源。

7.2 检查伤员：触电者脱离电源后，将其移到通风的地方仰卧，检查伤员情况。

7.3 急救并求医：根据情况确定处理方法，对心跳、呼吸停止的，立即就地采用人工心肺复苏，拨打 120 急救电话。坚持不懈地做心肺复苏，直到医生到达。

上述注意事项请仔细阅读后签字确认！

参加实验人员：________________（签名）

日　　期：　　年　月　日

一、实验过程记录

实验名称	求解线性规划方法实验				
课程目标	通过本课程的学习，使学生学会线性规划问题求解的基本理论和算法，做到各章概念融会贯通，解题方法灵活运用，分析解决实际问题。通过实验教学的设计，使学生通过实验更加明确线性规划问题的思想，锻炼学生利用互联网获取更多更快的信息。				
分值		实验类型		实验项目编号	
实验学时		实验时间		实 验 地 点	
姓　　名		学号		同组同学	

二、预习内容（无预习内容不允许做本次实验）

1 实验目的：

2 实验原理或课前编写的程序：

三、实验内容

(1) 熟悉实验设备，掌握利用 MATLAB 求解线性规划问题的基本步骤

例 1 极小化问题

$$
\begin{aligned}
\min\quad & -2x_1 - x_2 + 3x_3 - 5x_4 \\
\text{s. t.}\quad & x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 \le 6 \\
& 2x_1 + 3x_2 - x_3 + x_4 \le 12 \\
& x_1 + x_3 + x_4 \le 4 \\
& x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4 \ge 0
\end{aligned}
$$

例 2 极小化问题

$$
\begin{aligned}
\min\quad & -2x_1 - x_2 + 3x_3 - 5x_4 \\
\text{s. t.}\quad & x_1 + 2x_2 + 4x_3 - x_4 \le 6 \\
& 2x_1 + 3x_2 - x_3 + x_4 \le 12 \\
& x_1 + x_3 + x_4 = 4 \\
& x_1,\ x_2,\ x_3,\ x_4 \ge 0
\end{aligned}
$$

例 3 极小化问题

$$
\begin{aligned}
\min z = {} & 6x_1 + 3x_2 + 4x_3 \\
\text{s.t.}\quad & x_1 + x_2 + x_3 = 120 \\
& x_1 \ge 30 \\
& 0 \le x_2 \le 50 \\
& x_3 \ge 20
\end{aligned}
$$

例 4 极小化问题

$$
\begin{aligned}
\max z = {} & x_1 + x_2 \\
\text{s.t.}\quad & 2x_1 + x_2 \le 12 \\
& x_1 + 2x_2 \le 9 \\
& x_1, x_2 \ge 0
\end{aligned}
$$

(2) 利用实验设备完成实际线性规划问题的计算机程序编写与仿真分析；

例 5 某工厂在计划期内要安排生产甲、乙两种产品，已知生产单位产品所需的设备台时及 A、B 两种原材料的消耗如下表所示：

	甲	乙	总
设备	1	2	8 台时
A	4	0	16kg
B	0	4	12kg

该工厂每生产一件产品甲可获利 2 元，每生产一件产品乙可获利 3 元，问应如何安排计划使该工厂获利最多？

1 实验方法及步骤

（1）确定线性规划问题，并转化成标准形式
（2）将线性规划写成矩阵形式
（3）在 MATLAB 中输入各参数的值
（4）使用 linprog 函数求解

2 实验过程及记录

◆ 例 1 求解过程

例 1 求解过程代码:

```
f=[-2,-1,3,-5];A=[1,2,4,-1;2,3,-1,1;1,0,1,1];
b=[6,12,4];
Aeq=[];
beq=[];
lb=[0,0,0,0];
ub=[];
[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
```

✧ 例 1 输出结果

x =[0 2.6667 0 4.0000]
fval =-22.6667

◆ 例 2 求解过程

例 2 求解过程代码:

```
f=[-2,-1,3,-5];
A=[1,2,4,-1;2,3,-1,1];
b=[6,12];
Aeq=[1,0,1,1];
beq=[4];
lb=[0,0,0,0];
ub=[];
[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
```

✧ 例 2 输出结果

x =[0 2.6667 0 4.0000]
fval =-22.6667

◆ 例 3 求解过程

例 3 求解过程代码:

```
f=[6,3,4];
A=[];
b=[];
Aeq=[1,1,1];
```

```
beq=[120];
lb=[30,0,20];
ub=[+Inf,50,+Inf];
[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
```

✧ 例 3 输出结果

x =[30 50 40]

fval =490

◆ 例 4 求解过程

例 4 求解过程代码:

```
f=[-1,-1];
A=[2,1;1,2];
b=[12,9];
Aeq=[];
beq=[];
lb=[0,0];
ub=[];
[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
```

✧ 例 4 输出结果

x =[5 2]

fval = -7

由于例 4 题目给的形式并非标准形式，故先将其转换成标准形式，min-z=-x1-x2，最终最优解为 7。

◆ 例 5 求解过程

设工厂分别生产了甲、乙两件产品 x,y 件，根据题意可列出线性规划问题：

$$\max z = 6x + 3y$$
$$\text{s.t.} \quad x + 2y \le 8$$
$$4x \le 16$$
$$4y \le 12$$
$$x, y \ge 0\text{，且都为整数}$$

例 5 求解过程代码:

```
f=[-6,-3];
A=[1,2;4,0;0,4];
b=[8,16,12];
Aeq=[];
beq=[];
lb=[0,0];
ub=[];
[x,fval]=linprog(f,A,b,Aeq,beq,lb,ub)
```

✧ 例 5 输出结果

x =[4 2]

fval = -30

min-z= -6x-3y，对程序的输出结果求反，最终最优解为 30。因此当甲生产 4 件，乙生产 2 件时获利最大，共获利 30 元。

四、实验总结（200-300 字）

在本次实验中，我们通过使用 MATLAB 的 `linprog` 函数深入探讨了线性规划问题的求解方法。实验目标旨在让学生掌握线性规划的基本理论和算法，通过实际操作将各章节的概念融会贯通。我们求解了五个不同的线性规划问题，涵盖了多种约束条件和目标函数形式，灵活运用所学知识。

通过实验，我对线性规划的核心思想有了更深刻的理解，包括如何将实际问题转化为标准形式、构建相应的矩阵，并利用 MATLAB 高效求解。此外，实验强化了我的编程能力和数据分析能力。本次实验不仅让我学会了如何使用 `linprog` 函数进行线性规划求解，还增强了我对线性规划在实际问题中应用的理解，为今后进一步研究和解决复杂的优化问题打下了坚实的基础。

五、实验成绩评定

（1）出勤情况（缺勤 1 / 3 次无实验成绩）

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
出勤情况								

注：√ 出勤，○ 事假，× 缺勤，▽ 其它。

（2）预习情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
预习分值								

（3）实验过程情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

（4）实验报告情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

（5）成绩

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

哈尔滨理工大学

实　验　报　告

实验课程名称　最优化方法

实验场所名称

实验场所代码

实验室房间号

姓名班级学号

指导教师姓名

实验总评成绩

实　验　日　期

实验室安全管理个人注意事项

1. 进入实验室工作、实验和研究人员必须进行实验室安全承诺，务必遵守学校及实验室各项规章制度和仪器设备操作规程。

2. 熟悉紧急情况下的逃离路线和紧急应对措施，清楚急救箱、灭火器材、紧急洗眼装置和冲淋器的位置。

3. 进行实验操作时，在做好个人防护的同时，要根据实验风险需要选择合适的实验个体防护用品。使用前应确认其使用范围、有效期及完好性等，熟悉其使用、维护和保养方法。

4. 不得在实验室吸烟、饮食、储存食品、饮料等个人生活物品；不得做与实验、研究无关的事情。

5. 触电事故特点：

5.1 被电击会导致人身伤害，甚至死亡；

5.2 短路有可能导致爆炸和火灾；

5.3 电弧或火花会点燃物品或者引燃具有爆炸性的物料；

5.4 冒失地开启或操作仪器设备可能导致仪器设备的损坏，使身体受伤；

5.5 电器过载会令其损坏、短路或燃烧。

6. 触电事故的预防：

6.1 检查电线、插座和插头，一旦发现损坏要立即更换。

6.2 仪器设备开机前要熟悉该仪器设备的操作规程，确认完好后方可接通电源。

6.3 当手脚或身体沾湿或站在潮湿的地上时切勿启动电源开关或接触电器用具。

7. 触电事故应急措施：

7.1 使触电者脱离电源：立即切断电源，采用关闭电源开关，用干燥木棍挑开电线电闸。救护人员注意穿上绝缘靴或站在干燥木板上，尽快使伤员脱离电源。

7.2 检查伤员：触电者脱离电源后，将其移到通风的地方仰卧，检查伤员情况。

7.3 急救并求医：根据情况确定处理方法，对心跳、呼吸停止的，立即就地采用人工心肺复苏，拨打 120 急救电话。坚持不懈地做心肺复苏，直到医生到达。

上述注意事项请仔细阅读后签字确认！

参加实验人员：________________（签名）

日　　期：　　年　　月　　日

一、实验过程记录

实验名称	求解无约束非线性规划问题常见方法实验				
课程目标	通过本课程的学习，使学生学会无约束非性规划问题求解的基本理论和算法，做到各章概念融会贯通，解题方法灵活运用，分析解决实际问题。通过实验教学的设计，使学生通过实验更加明确无约束非线性规划问题求解的思想，锻炼学生利用互联网获取更多更快的信息。				
分值		实验类型		实验项目编号	
实验学时		实验时间		实 验 地 点	
姓　　名		学号		同组同学	

二、预习内容（无预习内容不允许做本次实验）

1 实验目的：

2 实验原理或课前编写的程序：

三、实验内容

(1) 应用共轭梯度法求解无约束非线性规划问题的基本步骤；

例 1 极小化问题 $f=(x-2)^2+(y-4)^2$，初始点 $x_0=(-2,4)^{\mathrm{T}}$，精度要求 $\varepsilon=0.001$；

例 2 选择不同的初始点 $[0,0]^{\mathrm{T}}$, $[0,1]^{\mathrm{T}}$, $[1,0]^{\mathrm{T}}$，求二次函数 $f(x_1,x_2)=x_1{}^2+2x_2{}^2-4x_1-2x_1x_2$ 的极小值以及极小点，精度要求 $\varepsilon=0.01$；

(2) 应用牛顿和修正牛顿法求解优化问题的基本步骤；

例 3 应用牛顿法极小化问题 $f=(x-2)^2+(y-4)^2$，初始点 $x_0=(-2,4)^{\mathrm{T}}$，精度要求 $\varepsilon=0.001$；

例 4 应用牛顿法极小化问题 $f=2(x-1)^2+5(y-5)^2$，初始点 $x_0=(-2,4)^{\mathrm{T}}$，精度要求 $\varepsilon=0.01$；

例 5 应用拟牛顿法求解 $\min f(x)=100(x_2-x_1^2)^2+(1-x_1)^2$（注：利用 DFP 方法及 BFGS 方法求解）；

(3) 利用 Matlab 软件求解实际优化问题；

例 6 最大收益问题

某商店卖两种牌子的果汁，本地牌子每瓶进价 1 元，外地牌子每瓶进价 1.2 元，店主估计，如果本地牌子的果汁每瓶卖 x 元，外地牌子的果汁每瓶卖 y 元，则每天可卖出 $70-5x+4y$ 瓶本地牌子的果汁，$80-7y+6x$ 瓶外地牌子的果汁。

问 1：建立商店收益模型。

问 2：试用数学模型进行概括，并说明店主每天以什么价格卖两种牌子的果汁可取得最大收益。

1 实验方法及步骤

（1）确定无约束非线性规划问题的目标函数
（2）选择适当的方法（如共轭梯度法、牛顿法或拟牛顿法）
（3）推导算法公式并编写 MATLAB 代码
（4）在 MATLAB 中输入目标函数及初始值
（5）运行程序并观察迭代过程与结果

2 实验过程记录

- 例 1 求解过程

例 1conjugate_grad_2d 函数代码:

```
function [x_min, f_min, count] = conjugate_grad_2d(x0, t)
% x0 - 初始点坐标 [x0, y0] (2D)
% t - 精度要求 (误差阈值)

% 定义符号变量
syms xi yi a; % xi, yi 为目标函数的符号变量，a 为步长

% 创建目标函数 f(xi, yi)
f = (xi - 2)^2 + (yi - 4)^2; % 示例目标函数，可以根据需求修改
% 计算梯度
fx = diff(f, xi); % 对 xi 求偏导
fy = diff(f, yi); % 对 yi 求偏导

% 初始化点坐标和梯度
grad = double([subs(fx, {xi, yi}, x0), subs(fy, {xi, yi}, x0)]); % 初始点梯度向量
count = 0; % 计数器（搜索次数）

% 设置终止条件
while norm(grad) > t % 搜索精度不满足已知条件
count = count + 1;

% 第一次搜索方向：负梯度方向
if count == 1
s = -grad'; % 初始搜索方向
else
% 更新搜索方向
beta = (grad' * grad) / (grad_prev' * grad_prev); % 共轭梯度的 Beta 系数
s = -grad' + beta * s_prev; % 共轭梯度方向
end

```

```
% 一元搜索：求步长 a
f_a = subs(f, {xi, yi}, x0 + a * s'); % 目标函数带步长 a
df_a = diff(f_a, a); % 对 a 求导
a_opt = solve(df_a == 0, a); % 求解最优步长 a
if isempty(a_opt)
break;
end
a_opt = double(a_opt); % 转换为双精度数值
% 更新搜索后的点
x_new = x0 + a_opt * s';
% 计算新的梯度
grad_new = double([subs(fx, {xi, yi}, x_new)]); % 替换符号变量为新的点
% 更新变量
grad_prev = grad; % 记录上一次的梯度
grad = grad_new; % 更新梯度
s_prev = s; % 记录上一次的搜索方向
% 更新 x0 为新点
x0 = x_new;
end
% 输出最优解及目标函数值
x_min = x0; % 最优点坐标
f_min = double(subs(f, {xi, yi}, x_min)); % 最小值
end
```

◆ 例 1 命令窗输入指令

例 1conjugate_grad_2d 函数代码:

```
x0 = [-2, 4];  % 初始点 [x0, y0]
t = 0.001;      % 精度要求
[x_min, f_min, count] = conjugate_grad_2d(x0, t);

disp('最优解：');
disp(x_min);
disp('最小值：');
disp(f_min);
disp('迭代次数：');
disp(count);
```

✧ 例 1 求解结果

最优解：[2,4]

最小值：0

迭代次数：1

◆ 例 2 命令窗输入指令

例 1conjugate_grad_2d 函数代码:

```
x0 = [0,0];  % 初始点 [x0, y0]
t = 0.01;      % 精度要求
[x_min, f_min, count] = conjugate_grad_2d(x0, t);
disp('最优解：');
disp(x_min);
disp('最小值：');
disp(f_min);
disp('迭代次数：');
disp(count);
```

✧ 例 2 求解结果

初始点为（0，0）和初始点（0，1）和初始点为（1，1）代码结果都一样

最优解：[4,2]

最小值：-8

迭代次数：2

◆ 例 3 命令窗输入指令

例 1conjugate_grad_2d 函数代码:

```
syms x y
f=(x-2)^2+(y-4)^2;
v=[x,y];
df=jacobian(f,v);
df=df.';
G=jacobian(df,v);
epson=0.001;
x0=[-2,4]';
g1=subs(df,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
G1=subs(G,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
k=0;
while(norm(g1)>epson)
p=-G1\g1;
x0=x0+p;
g1=subs(df,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
G1=subs(G,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
k=k+1;
end;
k
x0
```

✧ 例 3 求解结果

最优解：[2,4]

迭代次数：1

迭代次数：2

◆ 例 4 命令窗输入指令

例 4 代码:

```
syms x y
f=2*(x-1)^2+5*(y-5)^2;
v=[x,y];
df=jacobian(f,v);
df=df.';
G=jacobian(df,v);
epson=0.001;
x0=[-2,4]';
g1=subs(df,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
G1=subs(G,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
k=0;
while(norm(g1)>epson)
p=-G1\g1;
x0=x0+p;
g1=subs(df,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
G1=subs(G,{x,y},{x0(1,1),x0(2,1)});
k=k+1;
end;
k
x0
```

✧ 例 4 求解结果

最优解：[1,5]

迭代次数：1

◆ 例 5 命令窗输入指令

例 1conjugate_grad_2d 函数代码:

```
function [f,g]=nnd(x)
f=100*(x(2)-x(1)^2)^2+(1-x(1))^2;
g=[200*(x(2)-x(1)^2)*(-2)*x(1)-2*(1-x(1)),200*(x(2)-x(1)^2)]; %其
中，f 是目标函数，g 是梯度
```

例 1conjugate_grad_2d 函数代码:

```
options=optimset('LargeScale','off','HessUpdate','dfp','gradobj',
'on');
[x,fval]=fminunc('nnd',[2,3],options)

options=optimset('LargeScale','off','HessUpdate','bfgs','gradobj'
```

```
,'on');
[x,fval]=fminunc('nnd',[2,3],options)

```

✧ 例 5 求解结果

最优解：x=[1.0196,1.0140]

目标函数值：fval=0.0656

最优解：x=[1.0000,1.0001]

目标函数值：fval=1.2177e-09

◆ 例 6 求解过程

(1)

设本地牌子的果汁每瓶卖 x 元，外地牌子的果汁每瓶卖 y 元，根据题意可列出收益模型：

$$\max z = (x-1)(70-5x+4y)+(y-1.2)(80-7y+6x)$$

展开并化简可得 $z = -5x^2 - 7y^2 + 10xy + 111.8x + 98.4y - 166$

(2)

极小化问题 $f = 5x^2 + 7y^2 - 10xy - 111.8x - 98.4y + 166$，初始点 $x = (-2,4)^T$，精度要求 $\varepsilon = 0.001$

采用共轭梯度法，编写的代码和求解过程如下：

例 6 代码:

```
% 清理环境
clc;
clear;
% 定义符号变量
syms x y;
% 定义收益函数
R = (x - 1) * (70 - 5 * x + 4 * y) + (y - 1.2) * (80 - 7 * y + 6 *
  x);
% 求偏导数
dR_dx = diff(R, x); % 对 x 求偏导
dR_dy = diff(R, y); % 对 y 求偏导
% 解偏导数为 0 的方程组
[sol_x, sol_y] = solve([dR_dx == 0, dR_dy == 0], [x, y]);
% 将符号解转为数值解
sol_x = double(sol_x);
sol_y = double(sol_y);
% 计算最大收益
max_profit = double(subs(R, {x, y}, {sol_x, sol_y}));
% 显示结果
fprintf('最优解为：\n');
fprintf('本地果汁定价 x = %.2f 元/瓶\n', sol_x);
fprintf('外地果汁定价 y = %.2f 元/瓶\n', sol_y);
```

```
143.fprintf('最大收益为：%.2f 元\n', max_profit);
```

✧ 例 6 求解结果

本地果汁定价 x = 6 元/瓶

外地果汁定价 y = 2 元/瓶

最大收益为：106.8 元

四、实验总结（200-300 字）

在这次实验二中，我深入学习了无约束非线性规划的求解方法，包括共轭梯度法、牛顿法以及拟牛顿法，并通过 MATLAB 软件进行了实际操作。在实验过程中，我首先掌握了共轭梯度法的实现步骤，从给定初值和精度要求开始，计算梯度并设置终止条件，然后逐步确定搜索方向和步长因子，直到找到极小值点。我发现对于二次函数目标，共轭梯度法展现出了快速收敛的特点，不论选择哪个初始点，都能稳定地经过两次迭代后得到相同的结果。

通过这次实验，我对无约束非线性规划有了更深刻的理解，不仅理论知识得到了巩固，还获得了使用 MATLAB 进行数值优化的实际经验。

五、实验成绩评定

（1）出勤情况（缺勤 1 / 3 次无实验成绩）

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
出勤情况								

注：√ 出勤，○ 事假，× 缺勤，▽ 其它。

（2）预习情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
预习分值								

（3）实验过程情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

（4）实验分析及报告情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

（5）成绩

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

哈尔滨理工大学

实 验 报 告

实验课程名称＿＿＿＿＿最优化方法＿＿＿＿＿

实验场所名称＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

实验场所代码＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

实验室房间号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

姓名班级学号＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

指导教师姓名＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

实验总评成绩＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

实 验 日 期 ＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿＿

实验室安全管理个人注意事项

1. 进入实验室工作、实验和研究人员必须进行实验室安全承诺，务必遵守学校及实验室各项规章制度和仪器设备操作规程。

2. 熟悉紧急情况下的逃离路线和紧急应对措施，清楚急救箱、灭火器材、紧急洗眼装置和冲淋器的位置。

3. 进行实验操作时，在做好个人防护的同时，要根据实验风险需要选择合适的实验个体防护用品。使用前应确认其使用范围、有效期及完好性等，熟悉其使用、维护和保养方法。

4. 不得在实验室吸烟、饮食、储存食品、饮料等个人生活物品；不得做与实验、研究无关的事情。

5. 触电事故特点：

5.1 被电击会导致人身伤害，甚至死亡；

5.2 短路有可能导致爆炸和火灾；

5.3 电弧或火花会点燃物品或者引燃具有爆炸性的物料；

5.4 冒失地开启或操作仪器设备可能导致仪器设备的损坏，使身体受伤；

5.5 电器过载会令其损坏、短路或燃烧。

6. 触电事故的预防：

6.1 检查电线、插座和插头，一旦发现损坏要立即更换。

6.2 仪器设备开机前要熟悉该仪器设备的操作规程，确认完好后方可接通电源。

6.3 当手脚或身体沾湿或站在潮湿的地上时切勿启动电源开关或接触电器用具。

7. 触电事故应急措施：

7.1 使触电者脱离电源：立即切断电源，采用关闭电源开关，用干燥木棍挑开电线电闸。救护人员注意穿上绝缘靴或站在干燥木板上，尽快使伤员脱离电源。

7.2 检查伤员：触电者脱离电源后，将其移到通风的地方仰卧，检查伤员情况。

7.3 急救并求医：根据情况确定处理方法，对心跳、呼吸停止的，立即就地采用人工心肺复苏，拨打 120 急救电话。坚持不懈地做心肺复苏，直到医生到达。

上述注意事项请仔细阅读后签字确认！

参加实验人员：______________（签名）

日　　期：　　年　　月　　日

一、实验过程记录

实验名称	求解约束非线性规划问题常见方法实验				
课程目标	通过本课程的学习，使学生学会约束非性规划问题求解的基本理论和算法，做到各章概念融会贯通，解题方法灵活运用，分析解决实际问题。通过实验教学的设计，使学生通过实验更加明确约束非线性规划问题求解的思想，锻炼学生利用互联网获取更多更快的信息。				
分值		实验类型		实验项目编号	
实验学时		实验时间		实 验 地 点	
姓　　名		学号		同组同学	

二、预习内容（无预习内容不允许做本次实验）

1 实验目的：

2 实验原理或课前编写的程序：

三、实验内容

(1) 二次规划问题求解步骤；

例1 $\min f\left(x_1,x_2\right)=-2x_1-6x_2+x_1^2-2x_1x_2+2x_2^2$

$$\begin{aligned}\text{s.t.}\quad & x_1+x_2\le 2\\ & -x_1+2x_2\le 2\\ & x_1\ge 0,x_2\ge 0\end{aligned}$$

例2 $\min f\left(x_1,x_2\right)=\frac{1}{2}x_1^2+x_2^2-x_1x_2-2x_1-6x_2$

$$\begin{aligned}\text{s.t.}\quad & x_1+x_2\le 2\\ & -x_1+2x_2\le 2\\ & 2x_1+x_2\le 3\\ & x_1\ge 0,x_2\ge 0\end{aligned}$$

(2) 一般约束非线性规划求解步骤；

例3 $\min f\left(x_1,x_2\right)=e^{x_1}\left(4x_1^2+2x_2^2+4x_1x_2+2x_2+1\right)$

$$\begin{aligned}\text{s.t.}\quad & x_1+x_2=0\\ & 1.5+x_1x_2-x_1-x_2\le 0\\ & -x_1x_2-10\le 0\end{aligned}$$

例4 $\min f\left(x_1,x_2,x_3\right)=x_1^2+x_2^2+8$

$$\begin{aligned}\text{s.t.}\quad & x_1^2x_2-x_2\ge 0\\ & -x_1-x_2^2+2=0\\ & x_1,x_2\ge 0\end{aligned}$$

例 5 实例分析

某公司有 6 个建筑工地要开工，每个工地的位置（用平面坐标系 a，b 表示，距离单位：千米）及水泥日用量 d (吨)由下表给出。目前有两个临时料场位于 A(5,1)，B(2,7)，日储量各有 20 吨。假设从料场到工地之间均有直线道路相连。试制定每天的供应计划，即从 A，B 两料场分别向各工地运送多少吨水泥，使总的吨千米数最小。

工地位置 $\left(a,b\right)$ 及水泥日用量 d

	1	2	3	3	5	6
a	1.25	8.75	0.5	5.75	3	7.25
b	1.25	0.75	4.75	5	6.5	7.25
d	3	5	4	7	6	11

1 实验方法及步骤

（1）将二次规划问题或者约束非线性优化写成标准型

（2）在 MATLAB 中输入各参数的值

（3）使用 quadprog 函数求解

2 实验过程记录

◆ 例 1 求解过程

例 1 代码:

```
% 定义二次规划的参数
H = [2 -1; -1 4];
c = [-2; -6];
A = [1 1; -1 2];
b = [2; 2];
Aeq = []; % 无等式约束
beq = [];
VLB = [0; 0]; % 下界
VUB = []; % 无上界

% 求解二次规划问题
[x, z] = quadprog(H, c, A, b, Aeq, beq, VLB, VUB);

% 显示最优解
disp('最优解 (x1, x2):');
disp(x);
disp('最优目标函数值 Z:');
disp(z);
```

✧ 例 1 求解结果

最优解 (x1, x2): 0.7500，1.2500

最优目标函数值 Z:-6.2500

◆ 例 2 求解过程

例 2 代码:

```
% 定义二次规划的参数
H = [1 -1; -1 1];
c = [-2; -6];
A = [1 1; -1 2; 2 1];
b = [2; 2; 3];
Aeq = []; % 无等式约束
beq = [];
VLB = [0; 0]; % 下界
VUB = []; % 无上界
```

```
% 求解二次规划问题
[x, z] = quadprog(H, c, A, b, Aeq, beq, VLB, VUB);
% 显示最优解
disp('最优解 (x1, x2):');
disp(x);
disp('最优目标函数值 Z:');
disp(z);
```

✧ 例 2 求解结果

最优解 (x1, x2): 0.6667，1.3333

最优目标函数值 Z:-9.1111

◆ 例 3 求解过程

例 3 代码:

```
function f=fun4(x);
f=exp(x(1))*(4*x(1)^2+2*x(2)^2+4*x(1)*x(2)+2*x(2)+1);
function [d e]=com(x);
d=1.5+x(1)*x(2)-x(1)-x(2);
e=-x(1)*x(2)-10;
x0=[-2;2];
A=[];b=[];
Aeq=[1 1];beq=[0];
vlb=[];vub=[];
[x,fval]=fmincon('fun4',x0,A,b,Aeq,beq,vlb,vub,'com')
```

✧ 例 3 求解结果

最优解 x =[-3.1623 3.1623]

最优目标函数值 fval = 1.1566

◆ 例 4 求解过程

例 4 代码:

```
function f=fun4(x);
f=exp(x(1))*(4*x(1)^2+2*x(2)^2+4*x(1)*x(2)+2*x(2)+1);
function [d e]=com(x);
d=1.5+x(1)*x(2)-x(1)-x(2);
e=-x(1)*x(2)-10;
x0=[-2;2];
A=[];b=[];
Aeq=[1 1];beq=[0];
vlb=[];vub=[];
[x,fval]=fmincon('fun4',x0,A,b,Aeq,beq,vlb,vub,'com')
```

✧ 例 4 求解结果

最优解 x =[0.8628 0.0000]

最优目标函数值 fval = 8.7444

◆ 例 5 求解过程

记工地的位置为(a_i,b_i)，水泥日用量为$d_i, i=1,2,\cdots 6$；料场位置为(x_i,y_j)，日储量为$e_j, j=1,2$(分别表示 A,B)；从料场 j 向工地 i 的运送量为X_{ij}(决策变量)。目标是总吨千米数最小，约束是满足各工地的日用量，以及各料场的运送量不超过日储量，模型为

目标函数为：$\min f=\sum_{j=1}^{2}\sum_{i=1}^{6}X_{ij}\sqrt{(x_j-a_i)^2+(y_j-b_i)^2}$

约束条件为：$\sum_{j=1}^{2}X_{ij}\ge d_i,\quad i=1,2,\cdots,6$

$$\sum_{i=1}^{6}X_{ij}\le e_j,\quad j=1,2$$

$$X_{ij}\ge 0$$

下图 1 更形象化的展示了本题的位置关系：

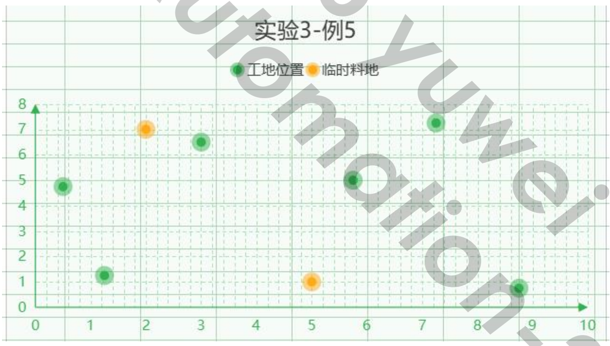

图 1 工地和临时料地的位置关系

例 5 代码:

```
% 工地位置坐标 (a, b) 和需求量 d
a = [1.25, 8.75, 0.5, 5.75, 3, 7.25];
b = [1.25, 0.75, 4.75,5, 6.5, 7.25];
d = [3, 5, 4, 7, 6, 11];

% 料场位置坐标 (x, y) 和日储量 e
x = [5, 2];
y = [1, 7];
e = [20, 20];

% 定义变量 X (运输量) 的初始值
X0 = zeros(6, 2); % 假设初始运输量为0

% 定义目标函数
objective = @(X) calculateObjective(X, x, y, a, b);
```

```
% 定义约束条件
constraints = @(X) deal([], [
sum(reshape(X, 6, 2), 2) - d'; % 工地需求量约束 (6x1)
(e' - sum(reshape(X, 6, 2), 1))' % 料场储量约束 (2x1 转置为列向量)
]);
% 使用 fmincon 求解
options = optimoptions('fmincon', 'Algorithm', 'sqp');
X_optimal = fmincon(objective, X0, [], [], [], [], zeros(6, 2), [],
  constraints, options);
% 显示最优运输方案
disp('最优运输方案 X:');
disp(reshape(X_optimal, 6, 2));
% 目标函数的定义 - 计算每对料场和工地之间的运输成本
function cost = calculateObjective(X, x, y, a, b)
X = reshape(X, 6, 2); % 将 X 重塑为 6x2 矩阵
cost = 0;
for i = 1:6
for j = 1:2
% 计算从料场 j 到工地 i 的运输成本
distance = sqrt((x(j) - a(i))^2 + (y(j) - b(i))^2);
cost = cost + X(i, j) * distance;
end
end
end
```

✧ 例 5 求解结果

最优解 x =[3 0
5 0
0 4
7 0
0 6
1 10]

最优目标函数值 fval = 136.2

即最小总吨千米数为 136.2，运输方案如下表：

工地 i	1	2	3	3	5	6
X_{i1}	3	5	0	7	0	1
X_{i2}	0	0	4	0	6	10

四、实验总结（200-300 字）

在这次实验三中，我专注于求解约束非线性规划问题，掌握了二次规划和一般约束非线性规划的求解方法。首先，我学习了如何将二次规划问题写成标准型，并通过 MATLAB 中的 quadprog 函数进行求解。在实验中，我输入了 H 矩阵、c 向量以及各种约束条件，成功得到了最优解和目标函数值。这让我对二次规划问题的结构和解法有了直观的认识。

接下来，我转向了一般约束非线性规划问题。我学会了如何定义目标函数和非线性约束，并编写 M 文件来实现这些功能。使用 fmincon 函数，我能够设置初始点、线性与非线性约束、变量上下界等参数，从而解决复杂的优化问题。实验中，我特别注意到了非线性约束的重要性，它不仅限定了可行域，还影响了解的性质。

五、实验成绩评定

（1）出勤情况（缺勤 1 / 3 次无实验成绩）

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
出勤情况								

注：√ 出勤，○ 事假，× 缺勤，▽ 其它。

（2）预习情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
预习分值								

（3）实验过程情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

（4）实验分析及报告情况

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								

（5）成绩

实验序号	1	2	3	4	5	6	7	8
实验分值								