

化工过程模拟及软件应用

杨鑫
化学化工学院
重庆理工大学
第一实验楼A203
cheyangxin@cqut.edu.cn

化工过程数值计算

- 简介
- 数据处理：插值、拟合
- 数值积分
- 线性方程组的求解
- 非线性方程（组）的求解
- 常微分方程求解
- **最优化-Excel**

概述

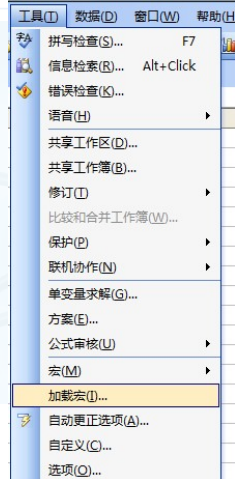
- ◆ 关于Excel的（最优化）规划求解器—Solver
- ◆ 如何加载“规划求解”
- ◆ “规划求解”各参数设置
- ◆ “规划求解”步骤
- ◆ 利用“规划求解”解最优化问题
- ◆ 附录：Excel计算函数和语法

EXCEL “最优化（规划）求解器”

- Excel电子表格处理软件中的Solver，即规划求解器。
- Microsoft Excel的“规划求解”工具取自德克萨斯大学奥斯汀分校的Leon Lasdon和克里夫兰州立大学的Allan Waren共同开发的Generalized Reduced Gradient(GRG2)非线性最优化代码。
- 线性和整数规划问题取自Frontline Systems公司的John Waston和Dan Fylstra提供的有界变量单纯形法和分支定界法
- ◆ Solver基本策略：在电子表格中用一个单元格表示需要优化的函数，其他单元格作为该函数的变量。

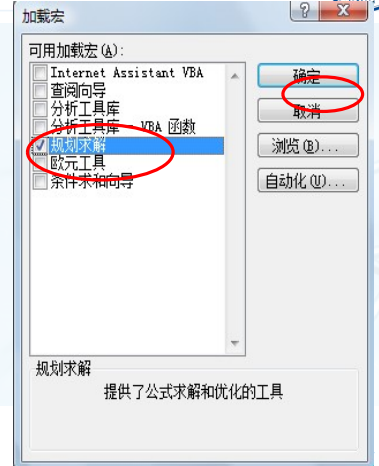
EXCEL的“最优化（规划）求解器”加载

- solver是一个宏，所以必须在使用前进行加载，通常来说，在第一次加载之后，每次启动时就会自动加载。
- 如果在安装excel的时候没有选择“安装全部”程序，那么solver不会被安装。
- 如何加载？
- Excel 2003：在“工具”菜单上，单击“加载宏”



在弹出的对话框中的“可用加载宏”列表框中，选定待添加的加载宏“规划求解”选项旁的复选框，然后单击“确定”。

单击“确定”后，“工具”菜单下就会出现一项“规划求解”



加载“规划求解”

- Excel2007:
- 单击“Microsoft Office 按钮”，单击“Excel 选项”，然后单击“加载项”类别。
- 在“管理”框中，单击“Excel 加载宏”，然后单击“转到”。
- 在“可用加载宏”框中，选中“规划求解加载项”复选框，然后单击“确定”。
- 在“数据”选项卡上的“分析”组中，单击“规划求解”。

加载“规划求解”

- Excel2010:
- 单击“自定义快速访问工具栏按钮”，单击“其它命令”，出来“Excel 选项”，然后单击“加载项”类别。
- 在“加载项”中，选择“规划求解加载项”。
- 在“管理”框中，单击“Excel 加载宏”，然后单击“转到”。
- 在“可用加载宏”框中，选中“规划求解加载项”复选框，然后单击“确定”。
- 在“数据”选项卡上的“分析”组中，单击“规划求解”。

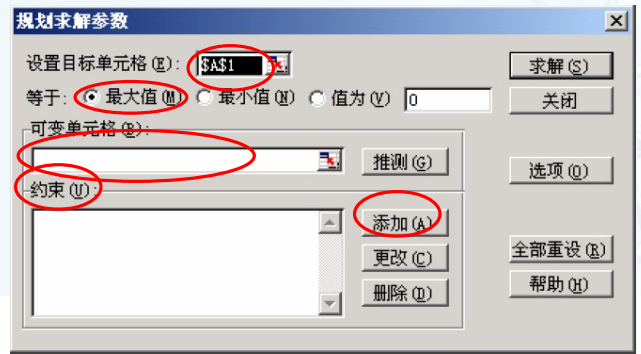
EXCEL的“最优化（规划）求解器”

- 优化模型包括：目标单元格、可变单元格和约束。
- 目标单元格代表目标函数。
- 我们需要最小化或最大化目标单元格。



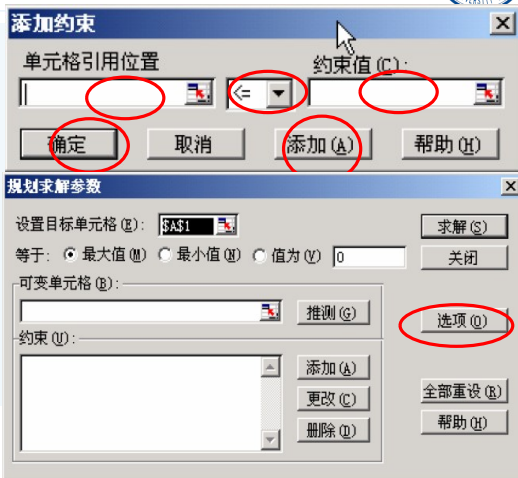
“规划求解”各参数设置

单击“规划求解”按钮,将会出现以下规划求解参数设置对话框



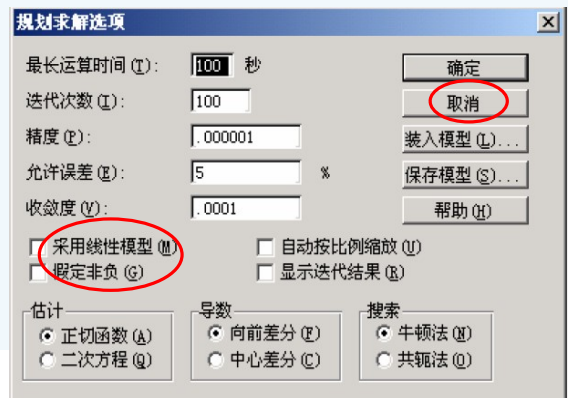
“规划求解”各参数设置

- 单击“添加”,显示添加约束对话框



- 选项:显示“规划求解选项”对话框

- 选项:显示“规划求解选项”对话框。在其中可以加载或保存规划求解模型,并对规划求解过程的高级属性进行控制



“规划求解” 步骤

- (1) 启用“规划求解”宏；
- (2) 输入数据；
- (3) 利用函数“SUMPRODUCT”引入约束与目标
- (4) 对话框“规划求解”的各要素。

例1. 某家具厂生产计划优化问题

- 某家具厂生产4种小型家具，由于该四种家具具有不同的大小、形状、重量和风格，所以它们所需要的主要原料（木材和玻璃）、制作时间、最大销售量与利润均不相同。该厂每天可提供的木材、玻璃和工人劳动时间分别为600单位、1000单位与400小时，详细的数据资料见下表。
- 应如何安排这四种家具的日产量，使得该厂的日利润最大？
- 解：设置四种家具的日产量分别为决策变量 x_1, x_2, x_3, x_4
- 约束条件为三种资源的供应量限制和产品销售量限制。
- 目标要求是日利润最大化
- 列出下面的线性规划模型：

表1 某家具厂基本数据

家具类型	1	2	3	4	可提供量
劳动时间（小时/件）	2	1	3	2	400小时
木材（单位/件）	4	2	1	2	600单位
玻璃（单位/件）	6	2	1	2	1000单位
单位利润（元/件）	60	20	40	30	
最大销售量（件）	100	200	50	100	

$$MaxZ = 60x_1 + 20x_2 + 40x_3 + 30x_4$$

$$s.t. \begin{cases} 4x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 600 & \text{（木材约束）} \\ 6x_1 + 2x_2 + x_3 + 2x_4 \leq 1000 & \text{（玻璃约束）} \\ 2x_1 + 1x_2 + 3x_3 + 2x_4 \leq 400 & \text{（劳动时间约束）} \\ x_1 \leq 100 & \text{（家具1需求量约束）} \\ x_2 \leq 200 & \text{（家具2需求量约束）} \\ x_3 \leq 50 & \text{（家具3需求量约束）} \\ x_4 \leq 100 & \text{（家具4需求量约束）} \\ x_1, x_2, x_3, x_4 \geq 0 & \text{（非负约束）} \end{cases}$$

其中 x_1, x_2, x_3, x_4 分别为四种家具的日产量。

用Excel “规划求解” 求解

- 在Excel中描述问题、建立模型，并将同一种类型的数据指定“名称”

问题描述	A	B	C	D	E	F	G	H
例子：雅致家具厂								
模型描述								
家具类型		1	2	3	4			
日利润(元/件)		60	20	40	30			
约束条件						使用量		可提供量
劳动时间(小时/件)		4	2	1	2			600
木材(单位/件)		6	2	1	2			1000
玻璃(单位/件)		2	1	3	2			400
决策变量符号		x1	x2	x3	x4			目标值
日产量(件)								
最大日产量		100	200	50	100			

调用函数“SUMPRODUCT”

问题描述	A	B	C	D	E	F	G	H
例子：雅致家具厂								
模型描述								
家具类型		1	2	3	4			
日利润(元/件)		60	20	40	30			
约束条件						使用量		可提供量
劳动时间(小时/件)		4	2	1	2			600
木材(单位/件)		6	2	1	2			1000
玻璃(单位/件)		2	1	3	2			400
决策变量符号		x1	x2	x3	x4			目标值
日产量(件)								
最大日产量		100	200	50	100			

若不指定名称: $\text{=SUMPRODUCT}(B9:E9, B14:E14)$

若指定名称: $\text{=SUMPRODUCT}(\text{劳动时间_小时_件}, \text{日产量_件})$

完整的模型描述:

问题描述	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
例子：雅致家具厂													
模型描述													
家具类型		1	2	3	4								
日利润(元/件)		60	20	40	30								
约束条件						使用量		可提供量					
劳动时间(小时/件)		4	2	1	2			600					
木材(单位/件)		6	2	1	2			1000					
玻璃(单位/件)		2	1	3	2			400					
决策变量符号		x1	x2	x3	x4			目标值					
日产量(件)													
最大日产量		100	200	50	100								

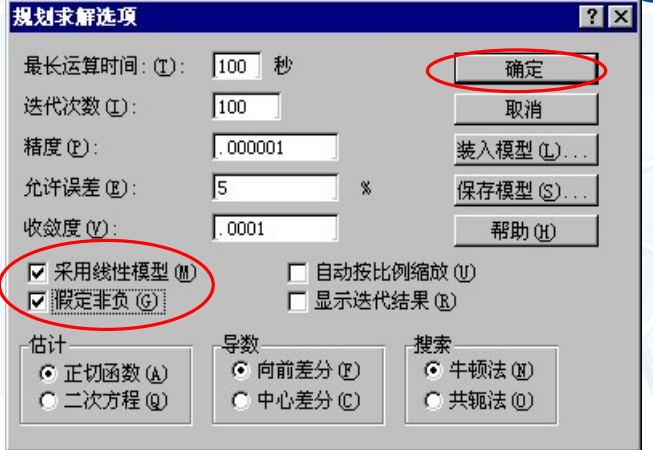
在“工具”菜单中选择“规划求解”。

问题描述	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
例子：雅致家具厂													
模型描述													
家具类型		1	2										
日利润(元/件)		60	20										
约束条件						使用量		可提供量					
劳动时间(小时/件)		4	2					600					
木材(单位/件)		6	2					1000					
玻璃(单位/件)		2	1					400					
决策变量符号		x1	x2	x3	x4			目标值					
日产量(件)													
最大日产量		100	200	50	100								

在“规划求解参数”对话框进行选择



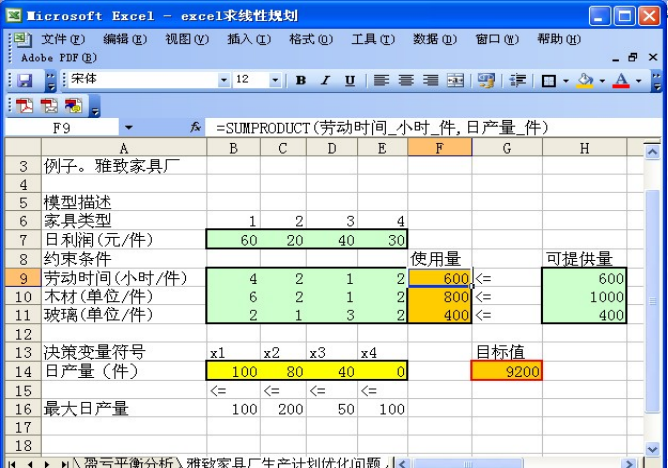
点击“选项”按钮，弹出“规划求解选项”对话框。



单击“求解”



最后结果



单元名	名字	初值	终值
\$B\$14	鼠标	100	100
\$C\$14	键盘	80	80
\$D\$14	总成本	40	40
\$E\$14	总利润	0	0

例2 用Excel “规划求解” 求解

- 一个工厂接了一批鼠标,键盘的订单,用现在的设备来生产,鼠标每个\1分钟,键盘每个\1.5分钟,1个鼠标的毛利是50元,1个键盘的毛利是75元,成本价鼠标为15元,键盘为20元,鼠标每日要生产最少200个,一天成本控制在10000元以下,每天10小时,
- 这个工厂每天生产多少个鼠标?
- 多少个键盘才能赚到最大的利润?
- 假设: $S.t. \quad 15x_1 + 20x_2 \leq 10000$
- 每天生产鼠标 x_1 个 $x_1 \leq 600$
- 每天生产键盘 x_2 个 $1.5x_2 \leq 600$
- $x_1 \geq 200$
- $x_j \geq 0, j = 1 \sim 2$

Step 1

- 首先在Excel表中输入如下内容:
- 其中“计划产量”中的值是自己随便输入的初始值。
- 最后3行是公式。
- 总时间: 各自产量*各自单位时间;
- 总成本: 各自产量*各自成本, 然后相加求和;
- 总利润: 各自产量*各自单位毛利, 然后相加求和;

	A	B	C
1	项目	鼠标	键盘
2	单位时间	1	1.5
3	单位成本	15	20
4	单位毛利	50	75
5	最少产量	200	--
6	最大成本	10000	
7	生产时间	600	600
8			
9	计划产量	500	120
10			
11	总时间	=B9*B2	=C9*C2
12	总成本	=SUMPRODUCT(\$B\$9:\$C\$9, B3:C3)	
13	总利润	=SUMPRODUCT(\$B\$9:\$C\$9, B4:C4)	

Step 2

- 设定规划求解参数。
- 其中: “设置目标单元格” 是所求的最大利润; 可变单元格是鼠标键盘的各自计划产量, 即通过改变产量搭配, 以实现在满足约束条件情况下得到最大利润;
- 几个约束条件的解释:
 - 1)、鼠标、键盘的各自生产总时间不超过10小时 (600分钟);
 - 2)、总成本不超过最大成本10000;
 - 3)、鼠标产量不小于200;
- 点击“选项”, 在弹出窗口中勾选“采用线性模型”和“假定非负”, 然后单击“确定”。

规划求解参数

设置目标单元格 (E):

等于: ☒ 最大值 (M) ☐ 最小值 (M) ☐ 值为 (V)

可变单元格 (E):

约束 (U):
\$E\$11 <= \$E\$7
\$B\$12 <= \$B\$5
\$B\$9 >= \$B\$5
\$C\$11 <= \$B\$7

求解 (S)

关闭

推测 (G)

选项 (O)

添加 (A)

更改 (C)

删除 (D)

全部重设 (R)

帮助 (H)

- 步骤3、设置完成后，点击“求解”，规划求解将计算出一个最佳解决方案（如果有）。
- 本题中，求得的结果是：
- 计划产量：鼠标200，键盘350；最大利润：36250。

附录：Excel的计算函数和语法

第一部分:相关概念

1.函数语法: 由函数名+括号+参数组成
例 求和函数: SUM(A1,B2,...)
参数与参数之间用逗号 “ , ” 表示

2.运算符:

- 公式运算符: + - * / % ^
- 比较运算符: = > < >= <= <>
- 引用运算符: , :

3.单元格的相对引用与绝对引用:

- A1
- \$A1 锁定第A例
- A\$1 锁定第1横
- \$A\$1 锁定第A例与第1横

第二部分:常用函数

- 数学函数:
- 日期函数:
- 信息函数:
- 逻辑函数:
- 文本函数:
- 查找与引用函数:

数学函数:



- 求和:SUM
- 条件求和:SUMIF
- 求个数:COUNT
- 求符合条件个数:COUNTIF
- 求算术平均数:AVERAGE
- 四舍五入函数:ROUND
- 排位:RANK

数学函数



- 求和:SUM
 - SUM(数值1, 数值2,...)
A1=6 A2=7 A3=8
=SUM(6,8)=14
=SUM(A1:A3)=6+8=14
 - 条件求和:SUMIF
 - SUMIF(范围, 条件,要求和范围)
- | | A | B | C |
|---|-----|----|------|
| 1 | 100 | 20 | 1000 |
| 2 | 200 | 40 | 2000 |
| 3 | 300 | 60 | 3000 |
- =SUMIF(A1:A3, ">=200", B1:B3)=100
=SUMIF(A1:A3, ">=200", C1:C3)=5000

- 排位:RANK
 - RANK(数值,范围,数值)
- | | A | B | C |
|---|-----|----|------|
| 1 | 100 | 20 | 1000 |
| 2 | 200 | 40 | 2000 |
| 3 | 300 | 60 | 3000 |
- =RANK(A1,A1:A3,1)=1
=RANK(A1,A1:A3,0)=3
1-升序,0-降序

数学函数



- 求个数:COUNT
 - COUNT(数值1,数值2,...)
 - 求符合条件个数:COUNTIF
 - COUNTIF(范围,条件)
- | | A | B | C |
|---|-----|----|------|
| 1 | 100 | 20 | 1000 |
| 2 | 200 | 40 | 2000 |
| 3 | 300 | 60 | 3000 |
- =COUNT(A1:A3)=3
=COUNT(B1:B3)=3
- | | A | B | C |
|---|-----|----|------|
| 1 | 100 | 20 | 1000 |
| 2 | 200 | 40 | 2000 |
| 3 | 300 | 60 | 3000 |
- =COUNTIF(A1:A3, ">=200")=2
=COUNTIF(A1:A3, ">200")=1

数学函数



- 求算术平均数:AVERAGE
 - AVERAGE(数值1,数值2,...)
 - 四舍五入函数:ROUND
 - ROUND(数值,小数位)
- | | A | B | C |
|---|-----|----|------|
| 1 | 100 | 20 | 1000 |
| 2 | 200 | 40 | 2000 |
| 3 | 300 | 60 | 3000 |
- =AVERAGE(A1:A3)=200
=AVERAGE(A1:A3, B1)=105
- | | A | B | C |
|---|-----|----|------|
| 1 | 100 | 20 | 1000 |
| 2 | 200 | 40 | 2000 |
| 3 | 300 | 60 | 3000 |
- =ROUND(A1/A3,2)=0.33
=ROUNDUP(A1/A3,2)=0.34
=ROUNDDOWN(A1/A3,2)=0.33



日期函数:

- 返回日期序列年份YEAR
- 返回日期序列月份MONTH
- 返回日期序列特定天DATE
- 返回系统今天日期TODAY
- 返回系统今天日期与时间NOW
- 返回对应日期的星期数WEEKDAY

< >



日期函数

- 1.返回日期序列年份YEAR
- YEAR(日期)
A1=2003-07-29 星期二
=YEAR (A1) =2003
- 2.返回日期序列月份MONTH
- MONTH(日期)
A1=2003-07-29 星期二
=MONTH (A1) =7
- 3.返回日期序列特定天DATE
- DATE(日期)
A1=2003-07-29 星期二
=DATE (A1) =29

< >



日期函数

- 4.返回系统今天日期TODAY
- TODAY()
A1=2003-07-29 星期二
=TODAY () = 2003-07-29
- 5.返回系统今天日期与时间NOW
- NOW()
A1=2003-07-29 星期二
=NOW () = 2003-07-29 14: 55
- 6.返回对应日期的星期数WEEKDAY
- WEEKDAY(日期)
A1=2003-07-29 星期二
=WEEKDAY (A1) = 3

< >



信息函数:

- 测试是否为错误值函数ISERROR
- 测试是否为错误值#N/A函数 ISNA
- ISERROR()
括号中为: #N/A、#VALUE、#REF、#DIV/0、#NUM、#NAME? 或#NULL时为TRUE
=ISERROR (#N/A) = TRUE
- ISNA()
括号中为: #N/A时为TRUE
=ISNA (#N/A) = TRUE

< >

逻辑函数:



- 将条件按且方式结合函数AND
- 将条件按或方式结合函数OR
- 将条件值反过来函数NOT
- 执行条件函数IF

逻辑函数:



- AND(条件)
括号中条件值均为TRUE, 则为TRUE; 如果任一个为FALSE, 则为FALSE
=AND (5>3,2>1) = TRUE
=AND (1>3,2>1) = FALSE
- OR(条件)
括号中条件值均为FALSE, 则为FALSE; 如果任一个为TRUE, 则为TRUE
=OR (5>3,2>1) = TRUE
=OR (1>3,2>1) = TRUE
=OR (1>3,2>5) = FALSE

逻辑函数:



- NOT(条件)
括号中条件值为FALSE, 则为TRUE ;
如果为TRUE, 则为FALSE
=NOT (5>3) = FALSE
=NOT (1>3) = TRUE
- IF(条件, 执行条件真, 执行条件假)
可以执行七层嵌套.
=IF (5>3 ,2,3) = 2
=IF (5<3 ,2,3) = 3
=IF (5>3, IF (1>2,6,7) ,0)=7

文本函数:



- 截取函数LEFT RIGHT MID
- 计算字符长度LEN
- 合并字符函数CONCATENATE
- 在字符串中查找特定字符FIND
- 比较两个字符是否完全相符EXACT
- 将数值转化为文本TEXT
- 将数值型字符转化为数值VALUE

文本函数

- 1. 截取函数LEFT RIGHT MID
- LEFT(文本, 数值) 从左边截取
- RIGHT(文本, 数值) 从右边截取
- MID(文本, 开始位, 数值) 从中间截取
 - =LEFT("abcdef", 2) = ab
 - =RIGHT("abcdef", 2) = ef
 - =MID("abcdef", 2, 3) = bcd
- 2. 计算字符长度LEN
- LEN(文本)
 - 计算字符串的长度
 - =LEN("abcdef") = 6

文本函数

- 3. 合并字符函数CONCATENATE
- CONCATENATE(文本1, ...)
- 合并字符串
 - =CONCATENATE("a", "ef") = aef
- 4. 在字符串中查找特定字符FIND
- 查找一个字符在另一个FIND(文本, 范围, 数值)
- 字符串中的位置
 - 数值表示查找第几个.
 - =FIND("a", "abcaef", 1) = 1
 - =FIND("a", "abcaef", 2) = 4

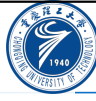
文本函数

- 5. 比较两个字符是否完全相符EXACT
- EXACT(文本1, 文本2)
 - 比较两个字符是否完全相符, 是则为TRUE, 否则为FALSE.
 - =EXACT("a", "a") = TRUE
 - =EXACT("a", "ab") = FALSE
 - =EXACT("a", "A") = FALSE
- 6. 将数值转化为文本TEXT
- TEXT(数值, 参数)
 - 将数值转化为文本, 参数一般为0.
 - =TEXT(1234, 0) = 1234
- 7. 将数值型字符转化为数值VALUE
- 将文本型数值转化为数值.
 - =VALUE(" 1234 ") = 1234
- VALUE(数值文本)

查找与引用函数:

查找表格中的值以列的方式VLOOKUP
 Vlookup(文本, 范围, 列, FALSE)
 文本----条件
 范围----条件所在的列
 列----范围中对应列用数值表示
 FALSE----精确查找

结论



- Excel是一个很有用的软件
- 大家课下自学，以后学习和工作中可以用到

