

# 一、 方法介绍

**规划求解：**简单来说，就是通过更改其他的单元格数据，来得到给定条件的一个单元格数据。

**作用：**减少手调数值的工作量，可以在指定精度下，自动算得最优解。

## 1.1 演示案例

**问题原型：**每次战斗需要消耗一个军令状，每天免费送 100 个军令状（则每天可发生 100 场战斗），现在每次战斗都有一定几率掉落 1 个军令状，如果希望玩家每天战斗 140 次，则掉落几率应该设置为多少

			期望掉落军令状									
期望总次数	初始次数	掉落概率	第一轮	第二轮	第三轮	4	5	6	7	8	9	10
111	100	0.1	10	1	0.1	0.01	0.001	0.0001	0.00001	0.000001	1E-07	1E-08
只有期望掉落军令状大于等于1, 才可以开始新一轮战斗												

我们先手填一个初试掉落概率  $P=0.1$ （黄色单元格）。

则第一轮，100 次战斗后，期望掉落  $100P=100*0.1=10$  个。

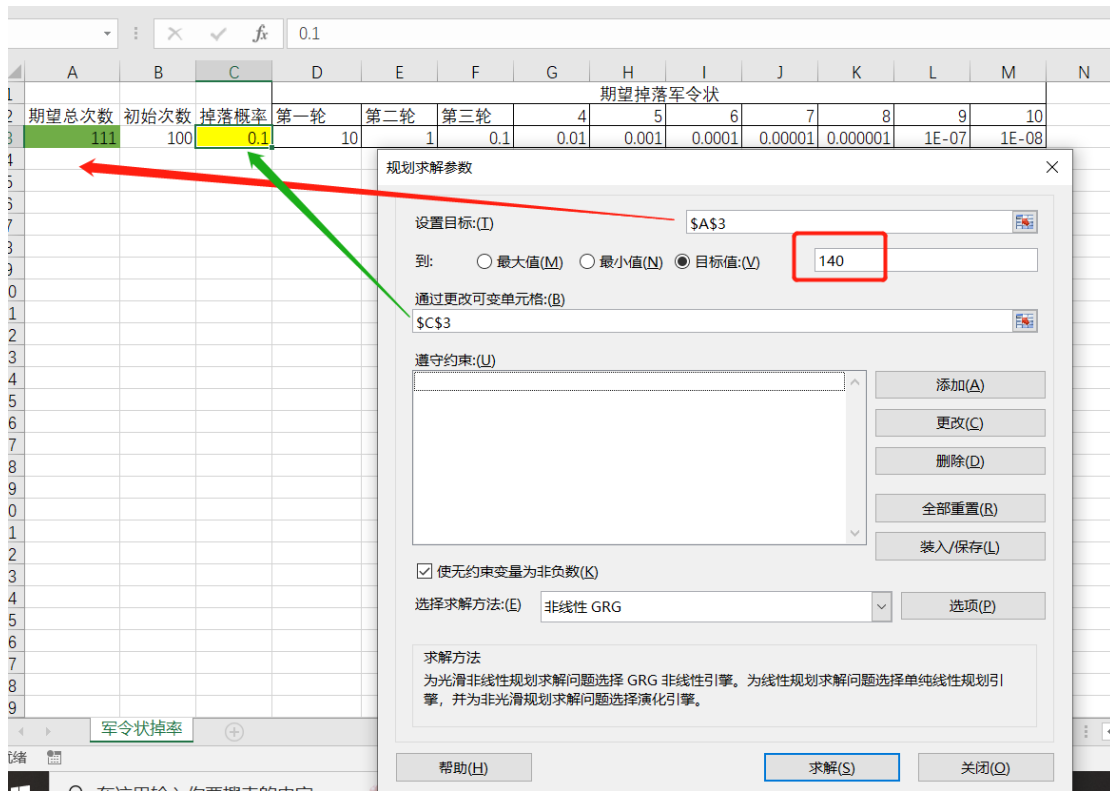
第二轮，还剩下 10 个，战斗完成后，期望掉落  $10*P=10*0.1=1$  个

如此往复，直到掉落的军令状不足一个，则无法开启最后一次战斗。

然后统计所有军令状大于 1 的数量之和，再加上初试的 100 个。即为总的**战斗次数**（绿色单元格）

因此我们需要通过改变黄色单元格的**掉落概率**，使得绿色单元格的**期望总次数**=140。

如果采用手调方法，往往时间长，精度差。如果采用规划求解可以更快速得到答案。



使用默认参数，点击**求解**，就得到我们想要的答案了。

	期望总次数	初始次数	掉落概率	第一轮	第二轮	第三轮	4	5	6	7	8	9	10
	139.99992	100	0.290824	29.082352	8.457832	2.459736	0.715349	0.20804	0.060503	0.017596	0.005117	0.001488	0.000433

## 二、 原理分析

### 2.1 规划求解数学原理

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。

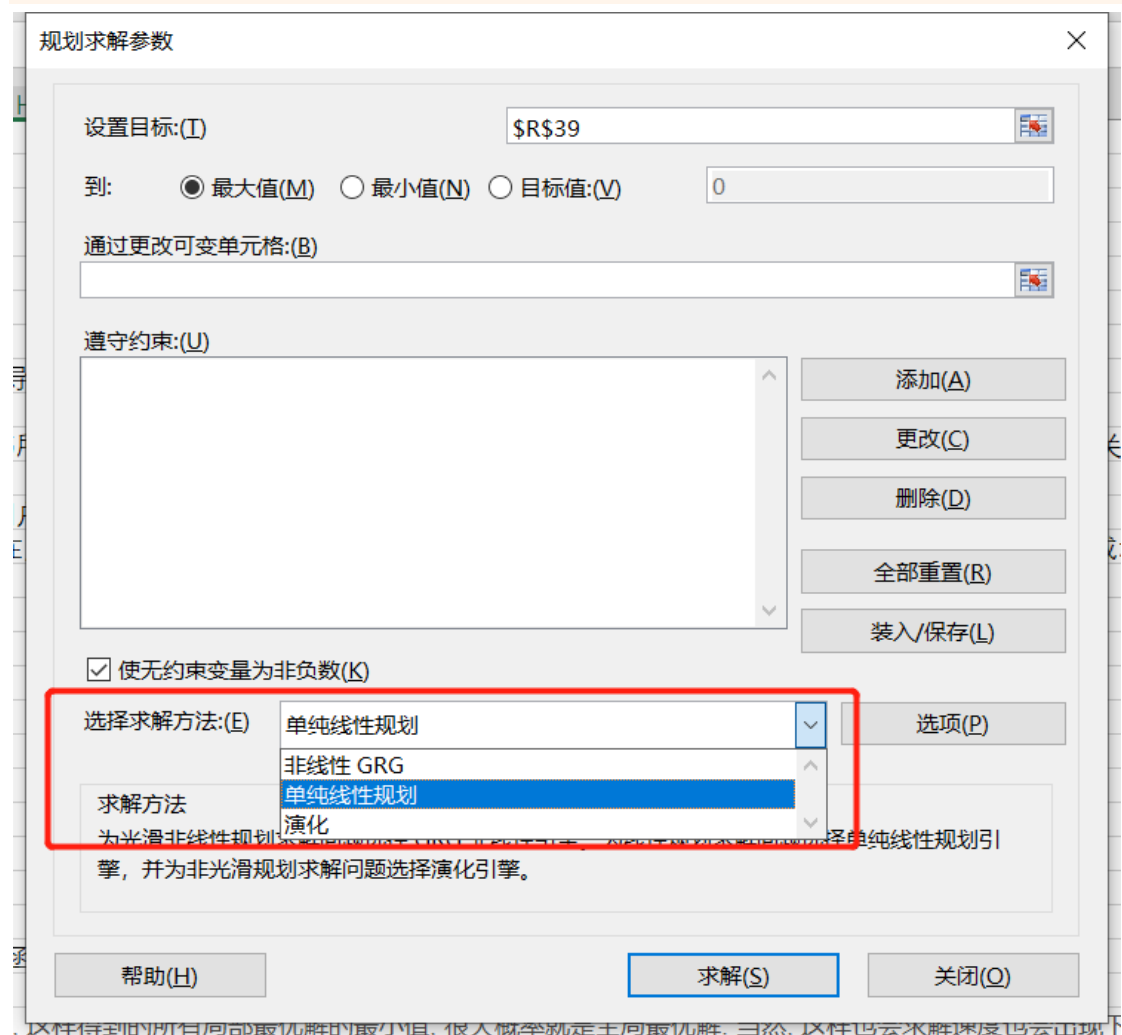
线性和整数规划问题取自 Frontline Systems 公司的 John Watson 和 DanFylstra 提供的有界变量单纯形法和分支边界法。  
暂时无法在飞书文档外展示此内容

### 2.2 规划求解的三种方法

EXCEL 中的规划求解工具，一共有三种方法：

1. 非线性 GRG
2. 单纯线性规划

### 3. 演化



三种方法分别有不同适用情况和特点



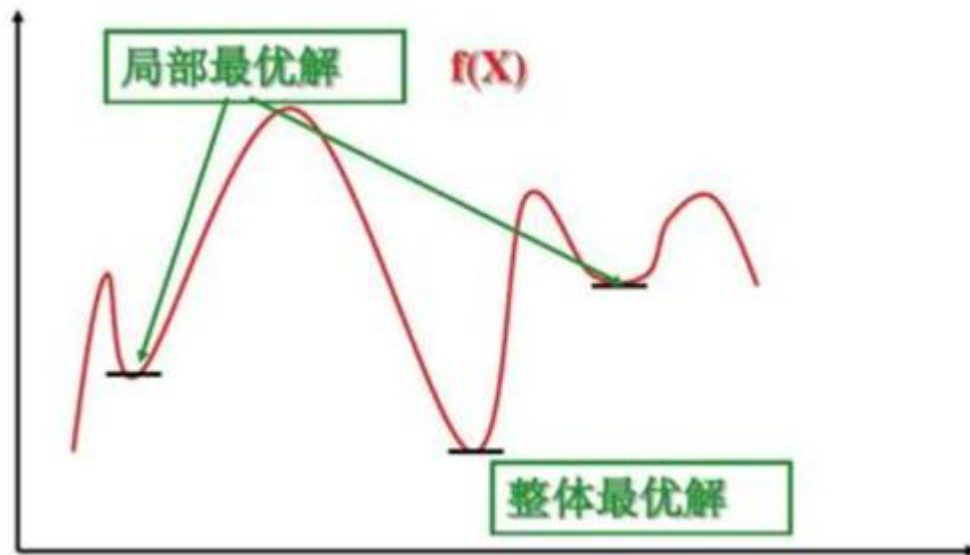
#### 2. 2. 1 非线性 GRG

当数值模型是光滑函数时，可以使用非线性 GRG。

光滑函数是指在其定义域内无穷阶数连续可导的函数。

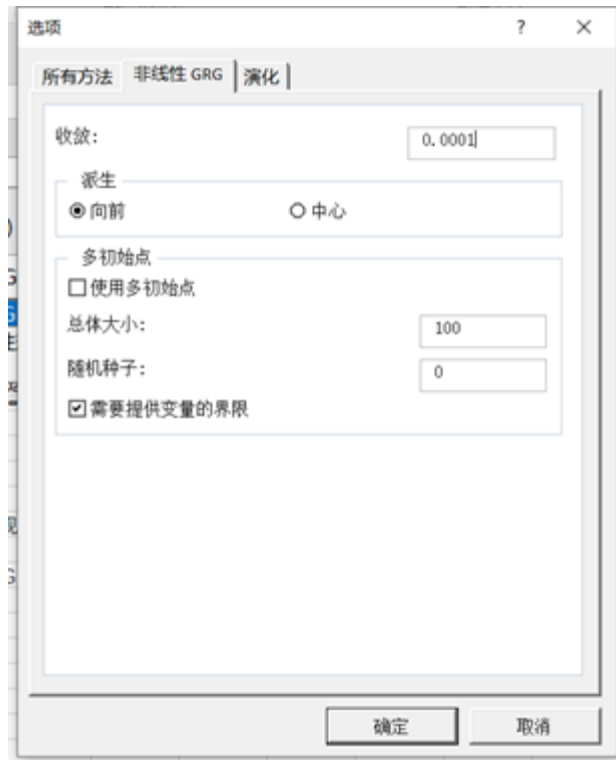
原理是使用广义梯度下降法，根据输入的数值(变量)的变化，根据目标函数的变化率，判断是否得到一个局部最优解。如果得到了局部最优解，就停止搜索。

求解的是局部最优解



在 EXCEL 功能里，非线性 GRG 需要设定以下参数：

1. 收敛精度
2. 派生方向
3. 是否使用 MultiStar（多初始点）



## 1. 收敛精度

精度越小，计算越慢，结果越准确。

## 2. 派生方向

**向前差分：**用于大多数约束条件数值变化相对缓慢的问题

**中心差分：**用于约束条件变化迅速，特别是接近限定值的问题。虽然此选项要求更多的计算，但在“规划求解”不能返回有效解时也许会有帮助。

## 3. MultiStar（多初始点）

如果勾选**多初始点**，则可以从多个点进行出发，分治策略，找各个点区域的最小值，这样得到的所有局部最优解的最小值，很大概率就是**全局最优解**。当然，这样也会求解速度也会出现下降。

## 单纯线性规划

当数值模型是**线性模型**的时候，可以使用单纯线性规划方法。**判断方法如下：**

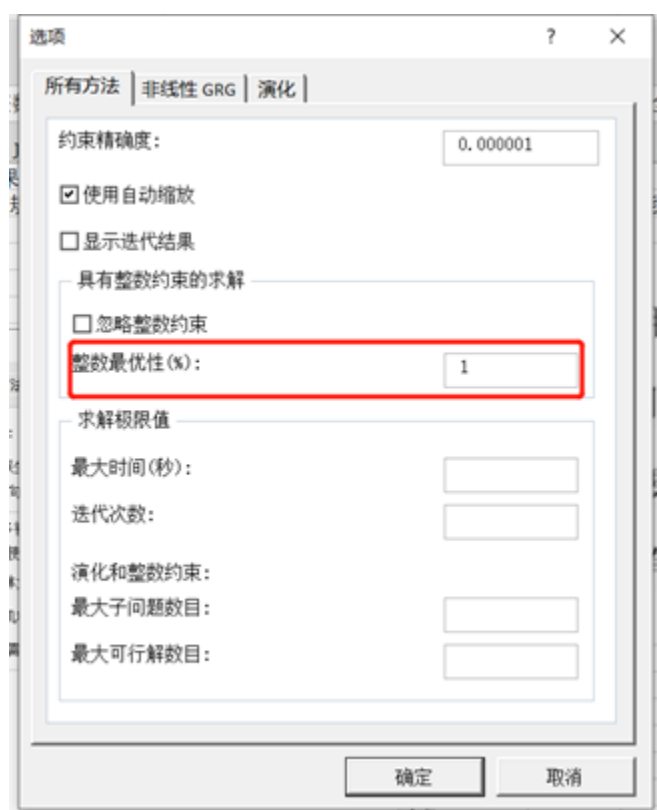
如果一个函数  $L(x)$  满足可加性和齐次性两个条件，则表明该函数是线性的。

(1) 可加性:  $L(x + y) = L(x) + L(y)$

(2) 齐次性:  $\alpha L(x) = L(\alpha x)$

如果是普通线性规划，用的是单纯形算法；  
如果是整数线性规划，用的是分支定界法。

生活工作中大部分的线性规划，都是整数线性规划，注意把整数最优率设置为0(默认是1%)，如下图。如果用默认的，可能只能得到的非全局最优的整数解。设置为0的话，可以得到全局最优整数解，但很多情况下会导致速度的下降。



## 演化

当数值模型是非光滑曲线时，可以使用演化法

演化算法是一种启发式算法，据大部分教科书所写，演化算法得到的是全局最优解。有一些书写的是局部最优解。

这个可能跟实际模型情况有关，大部分模型，如果用演化算法，足够长的时间内，可以得到全局最优解。

用简单的话来说，演化算法是用一些随机数(在用户定义的变量范围)，代入到模型，不断循环迭代，直到目标函数长时间没有进一步收敛(减少或增加)，则停止迭代的求解。这是一种探索式和随机式求解的。

大部分时候，**演化算法速度比 GRG 慢得多！**

演化算法也是一种**非线性规划求解法**，需要用户对变量的上下限进行限定。比如有 X, Y 两个变量，必须把 X, Y 的上下限做成约束，写到模型里面；

## 总结

- 能建立线性规划模型，用**单纯线性规划法**，速度更快，还能得到全局最优解
- 求解速度：**单纯线性规划法** > **非线性 GRG** > **演化**
- 非线性 GRG 得到的可能不是全局最优解，可以用演化得到全局最优解；
- 用 GRG 结合**多初始点**可以得到更好的**局部最优解**。

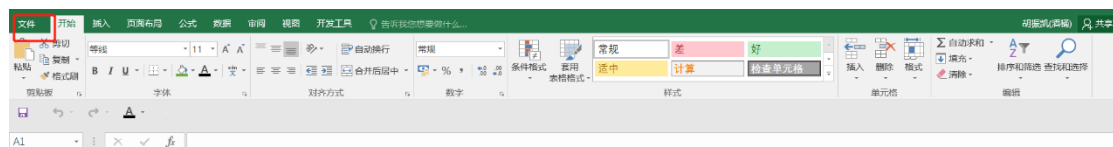
# 三、 操作教学

## 1.1 操作教学

### 步骤 1 开启功能

#### 开启规划求解选项

##### 1. 点击菜单栏的文件

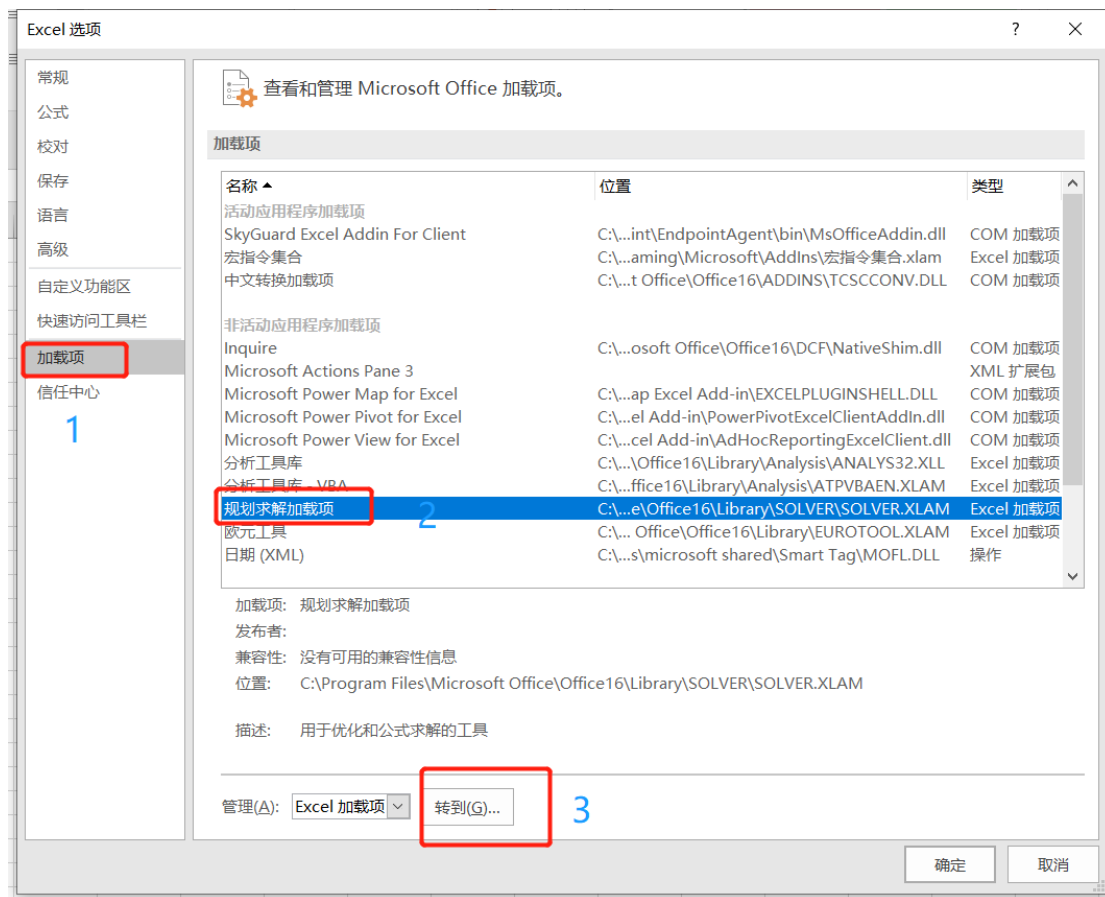


##### 2. 点击选项

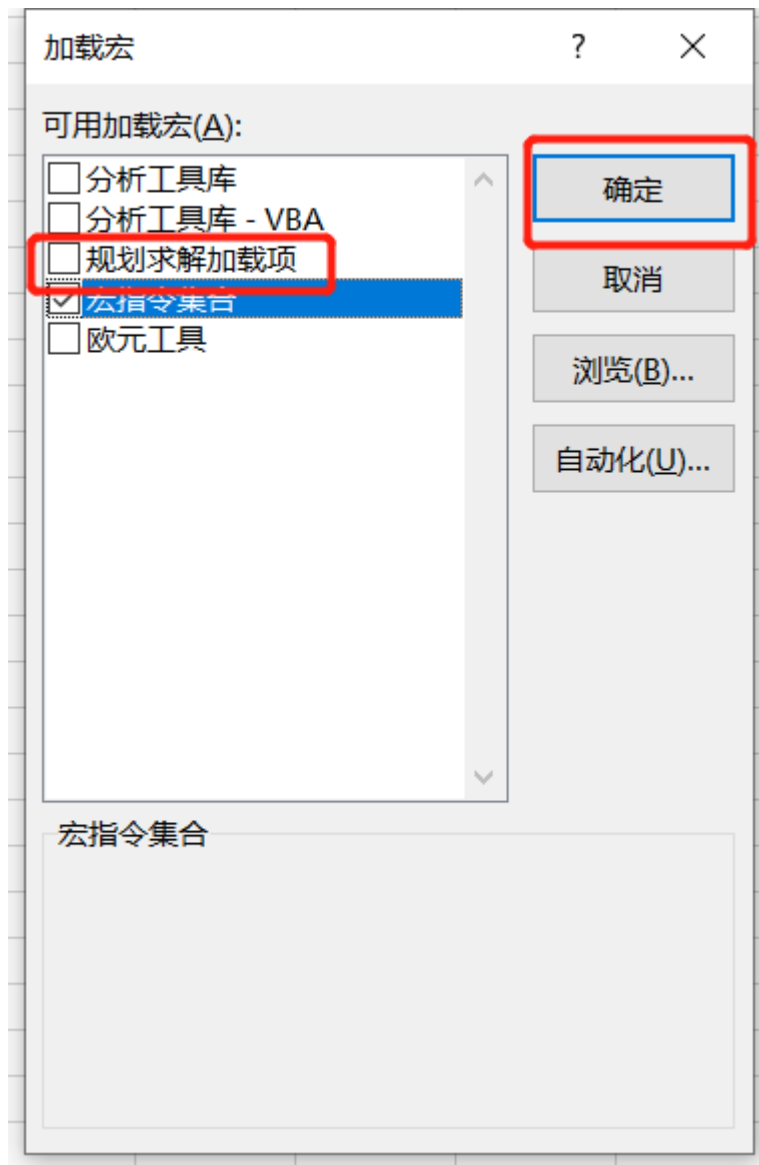


3. 找到加载项，选择规划求解加载项，点击转到





4. 选择规划求解加载项，然后点击确认



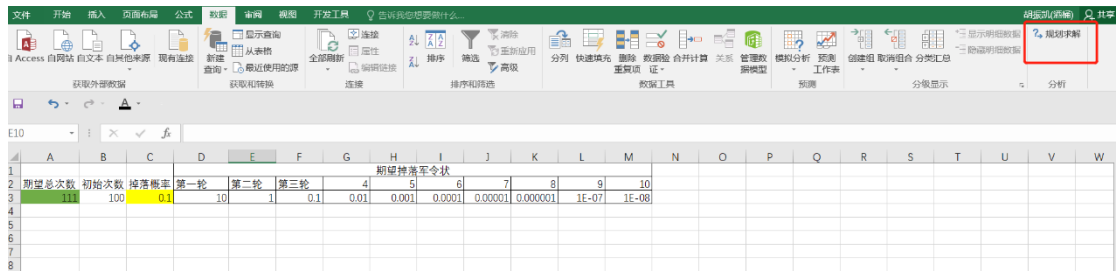
5. 恭喜你，可以在**数据**菜单栏里，找到规划求解了！



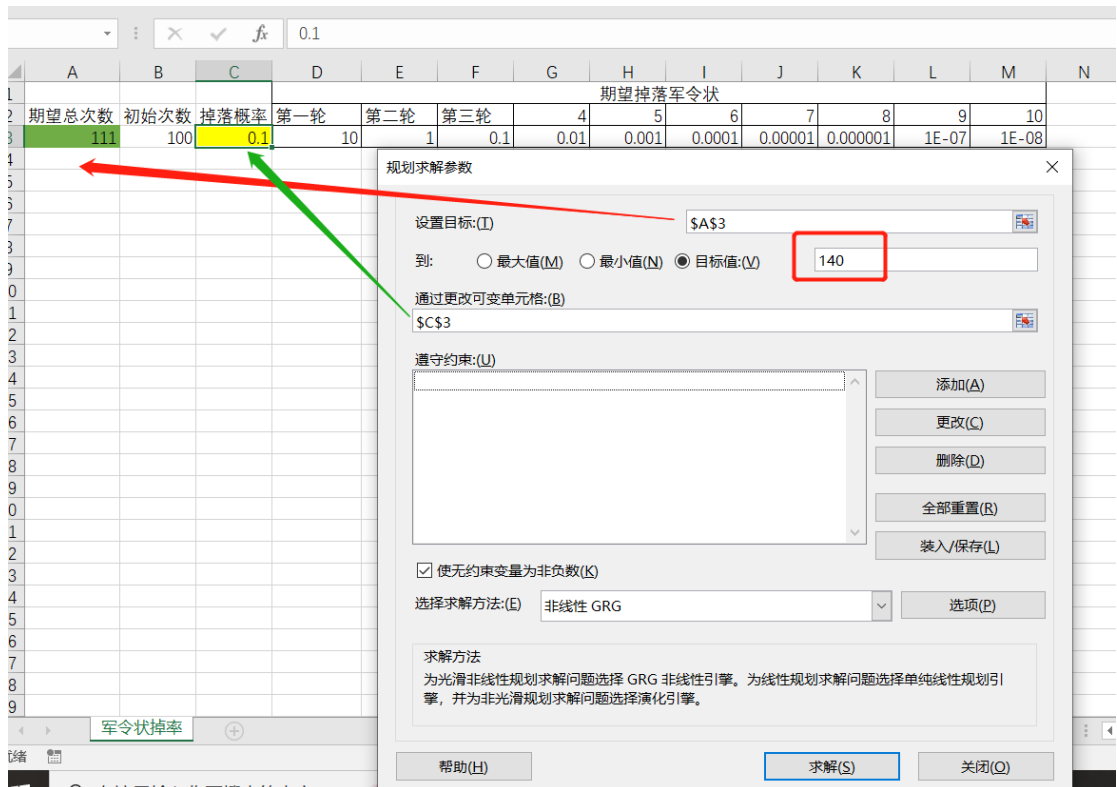
## 步骤 2 使用步骤

### 设定规划求解参数

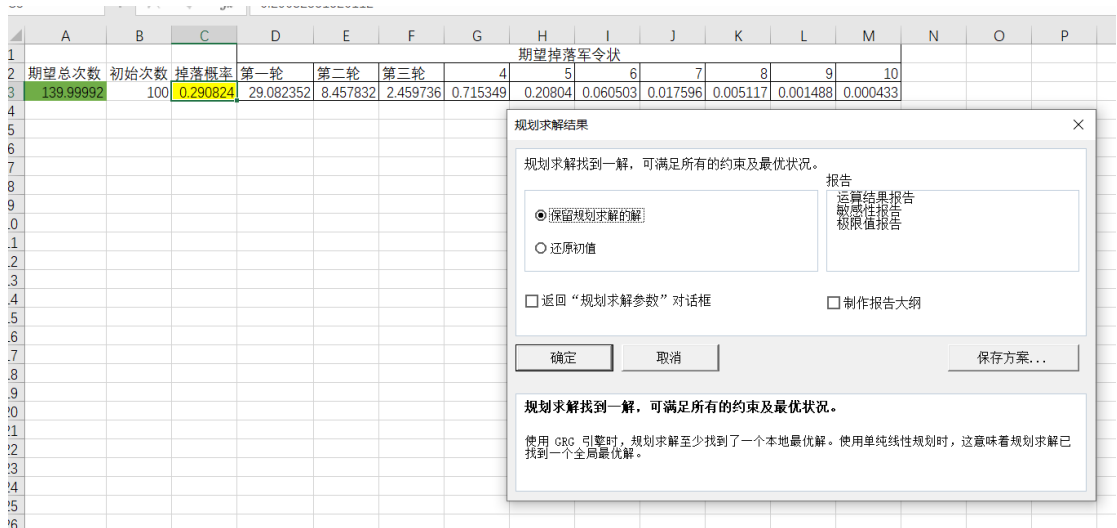
1. 首先在**数据**菜单中，打开**规划求解**



2. 弹出规划求解窗口后，按照图中所示设定参数



3. 点击求解后，选择保留规划求解的解，点击确定。



## 1.2 计算精度问题

点击选项，可以选择使用方法的精确度，精确度越高，计算时间越久，结果越接近最优解。

规划求解参数

设置目标(I)

到: ☒ 最大值(M) ☐ 最小值(N) ☐ 目标值(V)

通过更改可变单元格(B)

遵守约束(U)

添加(A)

更改(C)

删除(D)

全部重置(R)

装入/保存(L)

☒ 使无约束变量为非负数(K)

选择求解方法(E)

选项(P)

求解方法

为光滑非线性规划求解问题选择 GRG 非线性引擎。为线性规划求解问题选择单纯线性规划引擎，并为非光滑规划求解问题选择演化引擎。

帮助(H) 求解(S) 关闭(Q)

选项

所有方法 | 非线性 GRG | 演化

约束精确度:

☐ 使用自动缩放

☐ 显示迭代结果

具有整数约束的求解

☐ 忽略整数约束

整数最优性(%):

求解极限值

最大时间(秒):

迭代次数:

演化和整数约束:

最大子问题数目:

最大可行解数目:

确定 取消

### 1.3 目标函数

目标单元格必须是函数，不能是常数，函数中可以使用 EXCEL 的部分公式。

公式不能有查找函数，比如 INDEX，MATCH 函数，因其无法使用数学公式来表达，无法使用规划求解功能。

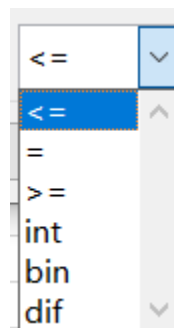
### 1.4 约束条件

如果可变单元格有约束，或者目标函数有约束。  
需要在规划求解中加入该条件。



约束有以下几种：

1. Bin 二进制
2. Dif 即 alldifferent，约束数组中的所有整数变量都使用不同值，比如数独游戏中要求不能填入重复的数字
3. Int 整数
4.  $\leq$  小于等于
5.  $\geq$  大于等于
6.  $=$  等于



### 3.4 解的处理

点击求解后，需要选择是否保留规划求解的解，还是还原初值，即撤销操作  
或者还可以选择保存方案



右侧还可以勾选三个报告：**运算结果报告**、**敏感性报告**、**极限值报告**。  
选择后，EXCEL 会自动帮你在该工作表中创建三个 workbook



## 四、 结论

规划求解功能可以用于解决很多规划问题。

如果日后工作中碰到需要**凑数**的情况，不妨试试**规划求解**功能

规划求解功能设定的参数，还会缓存在 EXCEL 文件内部，保存后，还可以发给其他同事使用，无需重复设置参数， **复用性很高**。