

北京信息科技大学

机械优化设计课
综合性上机实验指导书

机械设计与 CAD 实验室

机械优化设计课

综合性上机实验指导书

田竹友

优化设计的目的是用科学的设计方法代替传统经验的设计方法，运用计算机技术分析和获取必要的信息，用快速寻优设计出最佳结构，从而提高设计质量和效益。

通过机械优化设计课的学习达到使学生能用机械优化设计的常用方法解决一般工程问题的优化设计，对所设计的产品建立数学模型，并确定设计变量、目标函数和约束条件；掌握一维最优化方法、多维无约束和约束问题的最优化方法；能对一般的最优化方法编制程序，进而在计算机上求解并对优化的计算结果进行正确的分析和处理。为此安排了两次上机编程实验：

1. 利用 VB6.0，无约束坐标轮换优化方法调用一维最优化方法，一维最优化方法（0.618 法）又调用区间搜索法(进退法)的综合性编制程序的上机实验。
2. 有约束优化方法解决简单约束问题的编制程序的上机实验

§ 1 综合性编程的上机实验

一 实验目的

无约束坐标轮换优化方法调用一维最优化方法，一维最优化方法（0.618 法）又调用区间搜索法(进退法)，利用 VB6.0，综合性编制程序的上机实验。

二 实验内容

1、了解 VB6.0 的编程环境和编程步骤

VB 编程与传统的编程方法不同，不再需要编写大量的代码去描述界面元素的外观和位置，而是采用面向对象、事件驱动的方法。这种方法将代码和数据集成到一个独立的对象中，当运用这个对象来完成某项任务时，并不需要知道这个对象是怎样工作的，只需编写一段代码来简单地传递一些消息就可以了。

VB 可视化编程的主要步骤为：

- 1) 创建应用程序界面
- 2) 设置属性
- 3) 编写代码

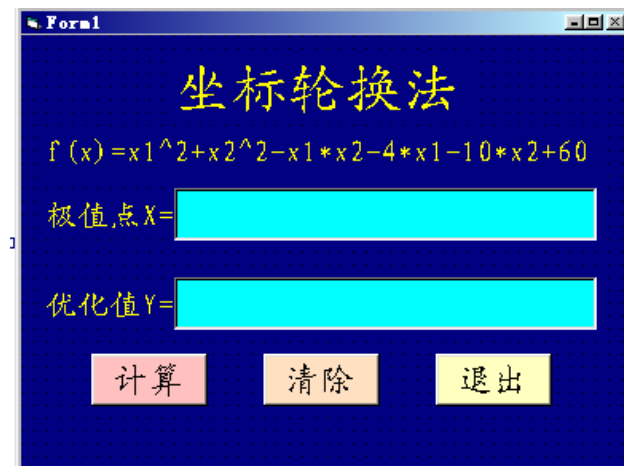
(1) 创建应用程序界面

进入 VB 集成开发环境后，开始设计工程。设计工程直接面对的是窗体，因此主要工作是在“窗体”设计器中完成窗体的设计。系统默认的窗体只有一个 Form1，根据工程设计需要，还可以添加多个窗体，添加的窗体依次为 Form2、Form3 等。窗体是创建应用程序的基础，然后在窗体上绘制构成界面的对象。

- ①用工具箱绘制控件
- ②调整控件的尺寸
- ③移动控件
- ④锁定控件位置

⑤调节锁定控件的位置

例如：



(2) 设置属性

在“属性窗口”中设置属性：

单击窗体或控件选中对象，从属性列表中选定属性名，在右列中输入或选定新的属性值。

(3) 编写代码

①打开代码窗口

双击编写代码的窗体或控件

②事件过程的创建

a 在“对象”列表框中选定活动单元体的一个对象名

b 在“过程”列表框中选择指定对象的事件名

c 在 SUB 和 END SUB 之间输入代码

(4) 运行、修改、保存工程

①[运行]—[启动] 或 F5

②修改工程时，应首先使用“打开”命令打开以前的工程。

③由于一个工程可能含有多种文件，保存工程时系统会提示保存不同类型文件的对话框，建议用户将同一个工程的所有类型文件存在同一个文件夹中。

2、搜索区间的确定与区间消去法（进退法）原理

(1) 方法概要

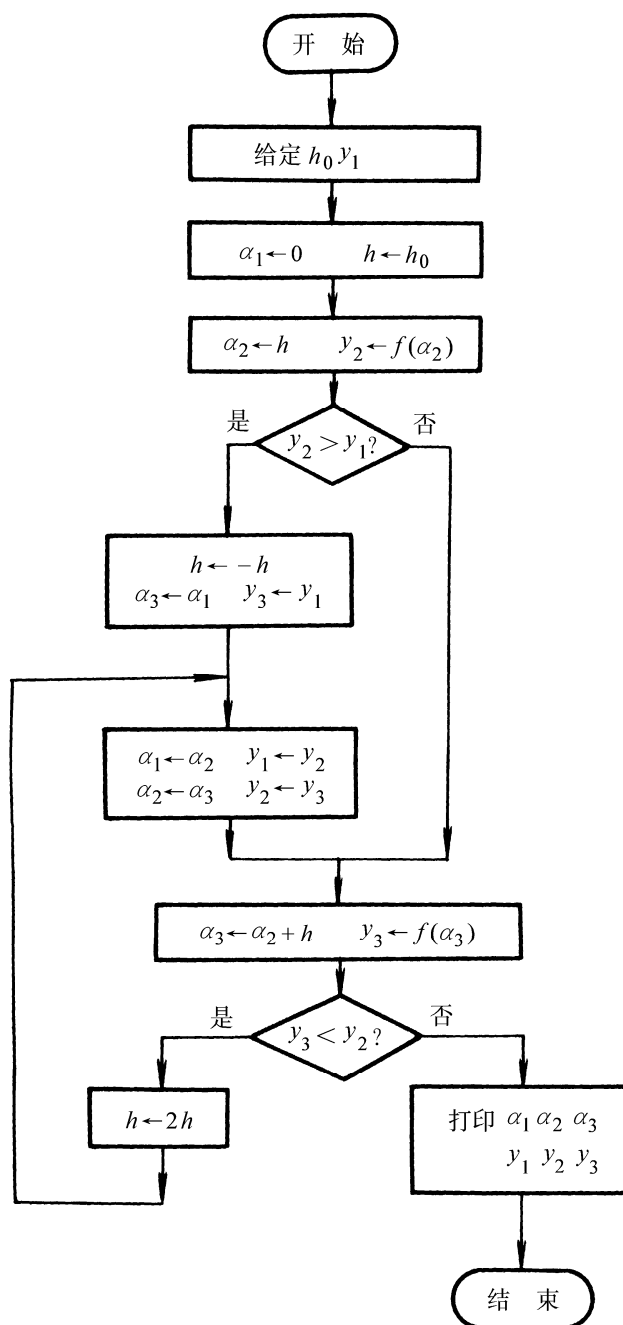
有了目标函数，确定了搜索方向，假设函数 $f(a)$ 具有单谷性，确定极小点 a^* 所在的区间 $[a, b]$ ：

① 在搜索方向上，选定初始点 a_1 ，

初始点步长 $h_0=0.01$ （经验，可调整），前进一步得 a_2 点。

② 求出 a_1 、 a_2 对应的函数值 y_1 、 y_2 ，比较对应点函数值，确定前进或后退。

(2) 程序框图:

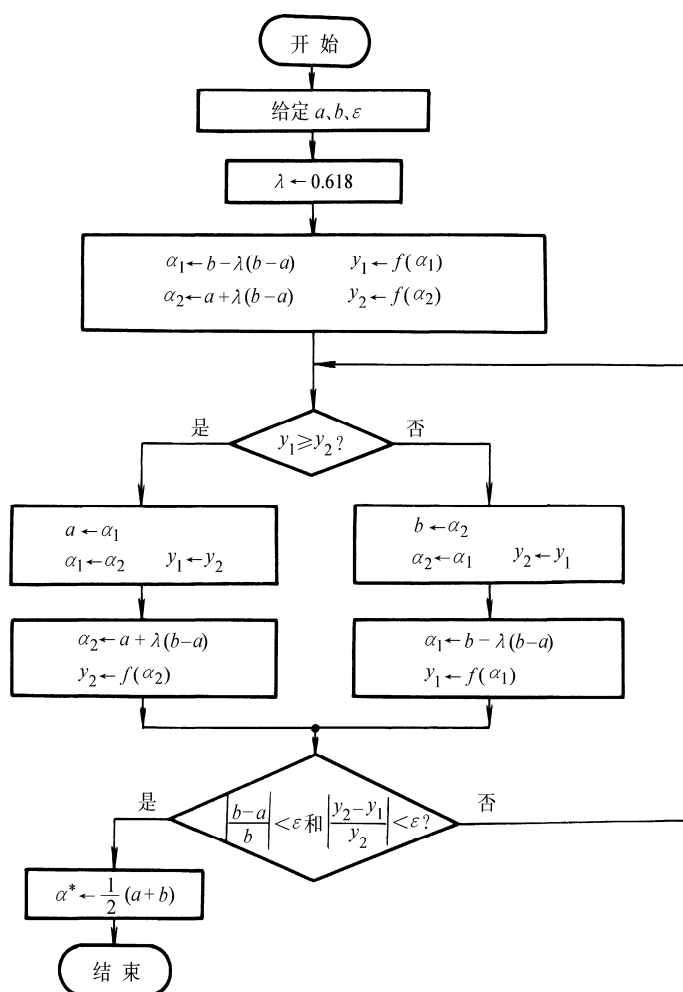


3、一维搜索黄金分割法 (0.618 法)

(1) 基本思想

前提：已通过进退法确定了符合函数值高低高规律的搜索区间[a, b]即，函数的极小点必在[a, b]内。所以要调用搜索区间的进退法

(2) 程序框图



① 初始区间 $[a, b]$ ，由进退法确定。

收敛精度 ε ($\varepsilon = 10^{-4} \sim 10^{-5}$),

缩短率 $\lambda = 0.618$

② 计算 a_1 、 a_2 ， $f(a_1)$ 、 $f(a_2)$ ，

③ 根据区间消去法原理缩短区间，进行区间名称的代换，并保留区间中计算的一个新试验点及函数值。

④ 检查区间是否短到足够小和函数值收敛到足够近。若条件不满足，则返回到②

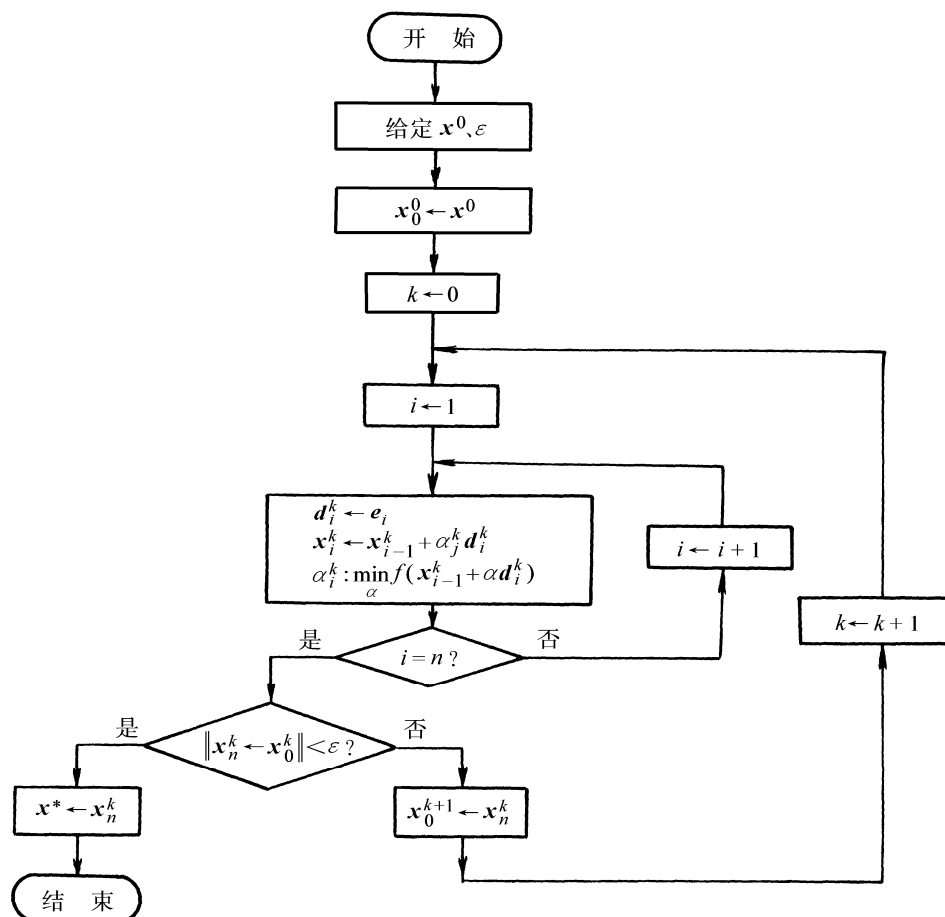
⑤ 若条件满足，则取最后两个试验点的平均值作为极小点数值的近似解。

4、多维无约束坐标轮换法

(1) 基本思想

把多维问题转化为一系列一维搜索问题。沿设计变量的各个分量形成的坐标轴依次进行一维搜索（固定其它分量，仅对一个分量优选，轮番搜索），即调用一维最优化方法（0.618法），而一维最优化方法（0.618法）又调用区间搜索法(进退法)。重复进行，直至找出满足精度的极小点。

(2) 程序框图



坐标轮换法

$f(x) = x_1^2 + x_2^2 - x_1 x_2 - 4x_1 - 10x_2 + 60$

极值点 $X = [5.999999 \quad 8.000000]$

优化值 $Y = 8.000000$

计算 清除 退出

(3) 具体要求

① 软件界面设计，编制菜单调用设计命令。

界面是整个软件的入口，应按照基本设计要求，设计出人机友好的界面，并具备健壮性；

② 注意数组的应用，便于设计过程中沿各坐标轴迭代时的数据处理；

③ 注意子程序和子函数的调用，简化设计过程，便于数据的计算机处理；

④ 设计结果在界面上显示，并进行数据分析。

⑤ 写出上机实验报告

§ 2 有约束优化方法应用编制程序的上机实验

一、实验目的

使学生能用有约束优化设计方法解决简单工程问题的优化设计，对所设计的问题建立数学模型，并确定设计变量、目标函数和约束条件；调用有约束问题的最优化方法（惩罚函数法）编制程序，进而在计算机上求解并对优化的计算结果进行正确的分析和处理。

二、实验内容

1、对简单工程问题的优化设计问题建立数学模型问题由老师指定；

2、惩罚函数法

惩罚函数法是一种使用很广泛、很有效的间接解法。它的基本原理是将约束优化问题中的不等式和等式约束函数经过加权转化后，和原来目标函数结合，形成新的目标函数——惩罚函数

$$\phi(x, \gamma_1, \gamma_2) = f(x) + \gamma_1 \sum_{j=1}^m G[g_j(x)] + \gamma_2 \sum_{k=1}^l H[h_k(x)]$$

求解该目标函数的无约束极小值，以期得到原问题的约束最优解。为此，按一定的法则，改变加权因子 γ_1 和 γ_2 的值，构成一系列的无约束优化问题，求得一系列的无约束最优解，并不断地逼近原约束优化问题的最优解。 $\therefore$ 惩罚函数法又称序列无约束极小化方法。

3、内点法计算步骤

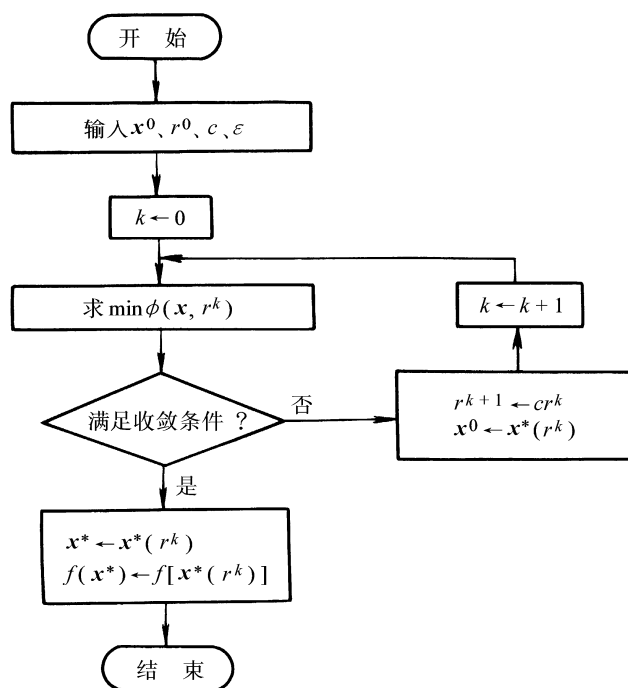
① 选取可行的初始点 x_0 ，惩罚因子的初值 r_0 ，惩罚因子的缩减系数 c 及收敛精度 ε_1 、 ε_2 ；令迭代次数 $k=0$ ；

② 构造惩罚函数 $\Phi(x, \gamma)$ ，选择适当的无约束优化方法，求 $\Phi(x, \gamma)$ 的无约束极值，得 $X^*(\gamma)$ 点；

$$\begin{aligned} x^* &= x^*(\gamma^k), & f(x^*) &= f(x^*(\gamma^k)) \\ \gamma^{k+1} &= c \cdot \gamma^k \\ x^0 &= x^*(\gamma^k) \\ k &= k+1 \end{aligned}$$

③ 用收敛条件判别式判别是否收敛，满足，迭代终止；否则，令 $C=0.1 \sim 0.7$ 转②。

框图如下：



4、具体要求

①软件界面设计，编制菜单调用设计命令。

界面是整个软件的入口，应按照基本设计要求，设计出人机友好的界面，并具备健壮性；

② 注意数组的应用，便于设计过程中沿各坐标轴迭代时的数据处理；

③ 注意子程序和子函数的调用，简化设计过程，便于数据的计算机处理；

④ 设计结果在界面上显示，并进行数据分析。

⑤ 写出上机实验报告

5、示例

Form1

惩罚函数法

目标函数: $f(x) = x_1^2 + x_2^2$

约束条件: $1 - x_1 \leq 0$

极值点X: [1.00000 0.00000]

最优点Y: 1.00000

求值 清除 退出

通过本综合性实验的实际训练，学生能够更好地掌握本课程讲述的基本理论知识，增强构建本专业相关领域中计算机实践应用的能力。