

地质勘探井点布局优化问题的研究

罗维刚¹, 王 斐², 方有珍^{1,3}, 衡 涛¹

(1. 兰州理工大学 土木工程学院, 甘肃 兰州 730050; 2. 安阳市房管局, 河南 安阳 455000;
3. 西安建筑工程大学, 陕西 西安 710055)

摘要: 结合实际工程地质资料勘探, 针对已存在地质勘探旧井点的工程建设场地, 利用数学优化理论、“0~1 规划”和“坐标去整变换”的思想, 寻求最佳的勘探井点网格布局, 使得旧井点的利用率最高, 并采用直接搜索法^[4~6]通过计算机编制了相应的软件(DZKT·FOR), 为建设单位降低了工程造价。

关键词: 网格布局; 0~1 规划; 坐标去整; 直接搜索法

中图分类号: TU 191⁺ .2 **文献标识码:** A **文章编号:** 1004-0366(2005) 02-0076-04

The Optimal Layout of Geological Prospecting Well Grids

LUO Wei-gang¹, WANG Fei², FANG You-zhen^{1,3}, HENG Tao¹

(1. College of Civil Engineering, Lanzhou Univ of Technology, Lanzhou 730050, China; 2. The Real Estate Office of AnYang City, Anyang 455000, China; 3. Xi'an Univ of Architecture & Technology, Xi'an 710055, China)

Abstract: Aiming at the building sites where several old prospecting wells had been drilled, combined with the existent geological prospecting data, the mathematic optimization theory and the thoughts of "Zero and One programming" and "coordinate integrate omission transformation" were adopted to seek the optimal layout of geological prospecting well grids, so that the old prospecting wells could be better taken advantage of; the direct-searching method was used to program the software named "DZKT·FOR", and it could to some extent lower the project costs for the construction unit.

Key words: reticulated layout; Zero and one programming; coordinate integrate omission; direct-searching method

随着社会的进步、国民经济的高速发展和人民生活水平的进一步提高, 当今建筑工程行业也随之呈现前所未有的良好发展趋势, 而建筑工程建设首先要求对工程建设场地的地质资料进行勘探, 得到较为精确的地质资料以便为工程建设部门设计出经济合理的结构形式提供可靠的依据。由于到目前为止, 全世界从事地震预测的工程技术人员尚未研究出更为精确的工程预测方法, 在这种状况下, 工程地质勘探对进行工程抗震设计就尤显重要。针对已存在一定数量旧井点地质资料的工程建设场地, 在进行地质勘探过程中如何充分利用这些旧井点的地质资料, 从而节约工程造价的问题, 利用数学工具进行

了一系列的研究, 其中引进优化的相关理论对勘探井点网格进行了最优布局以保证旧井点的利用率最高, 并通过计算机编制了相关的软件(DZKT·FOR), 为工程建设单位带来了较大的经济效益和工程地质勘探部门工作上的方便。

1 数学模型的建立

1.1 模型的假设

(1) 在所要进行工程地质勘探的工程建设场地内, 地质构成基本相同, 以至各勘探井点的相关费用近似相等;

(2) 对于工程建设场地划定合理的区域, 建立

平面坐标系,选定坐标系的相对单位值,确定已存在于场地内的 N 个旧井点的坐标,计算其中距坐标原点最远井点的距离值 M ,对 M 加以取整,并以间隔为单位 1 划分网格,则这 N 个旧井点在所划分的网格内;

(3) 坐标轴与所建立的网格以相同的规律同时变化.

1.2 设计变量

N 为建设场地内存在的旧井点的数量; $x_i^{(0)}$ 、 $y_i^{(0)}$ 为第 i 个旧井点的初始坐标; $x_i^{(1)}$ 、 $y_i^{(1)}$ 为第 i 个旧井点的转动过后的新坐标系中的坐标; $x_i^{(2)}$ 、 $y_i^{(2)}$ 为第 i 个旧井点的平动过后的新坐标系中的坐标; d_x 、 d_y 分别为 x 、 y 轴的平动距离; $d_i^{(j)}$ 为第 i 个旧井点与所在网格对应的 4 个网格角点距离($j=1,2,3,4$ 分别为与左上、左下、右上、右下角点的距离),具体见图 1.

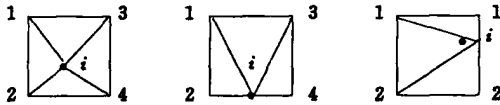


图 1 井点所在网格示意

ϵ 为容许误差; $[x]$ 为对 x 取整.

1.3 模型的分析与建立

初始坐标系和网格确定如下图 2.

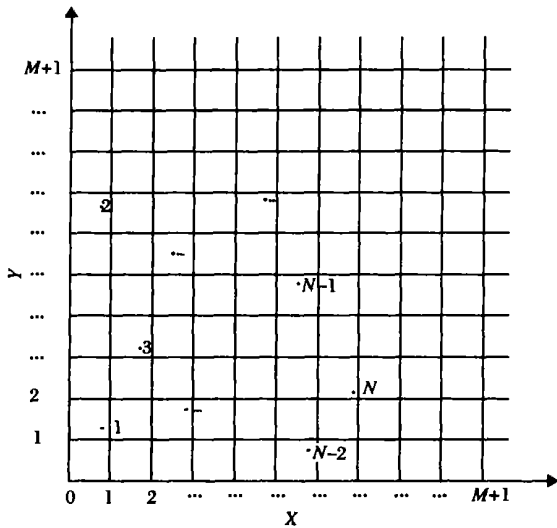


图 2 初始坐标系与网格确定示意

通过对以上图 2 的分析可知,为了使旧井点的利用率最高,必须对坐标及网格通过转动加平动才能确定.首先在已知条件下确定距离 X 、 Y 轴最小距离的点,计算相应点和坐标原点的连线与坐标轴的夹角 θ 、 θ ,再将坐标轴与网格以相同的规律绕原点 O 旋转 $\theta \in (-\theta, \theta)$,以至第 i 个旧井点在新坐

标系下的坐标为:

$$\begin{cases} x_i^{(1)} = \sqrt{(x_i^{(0)})^2 + (y_i^{(0)})^2} \times \cos(\tan^{-1}(\frac{y_i^{(0)}}{x_i^{(0)}}) - \theta), \\ y_i^{(1)} = \sqrt{(x_i^{(0)})^2 + (y_i^{(0)})^2} \times \sin(\tan^{-1}(\frac{y_i^{(0)}}{x_i^{(0)}}) - \theta), \end{cases} \quad (1)$$

另取:

$$\begin{cases} D_1 = \min(x_i^{(1)}, i=1, 2, \dots, N) \\ D_2 = \min(y_i^{(1)}, i=1, 2, \dots, N). \end{cases} \quad (2)$$

在进行转动角为 θ 的条件下,再将坐标轴 X 向右平移 d_x ($d_x \in (0, D_1)$), Y 向上平移 d_y ($d_y \in (0, D_2)$), 则第 i 个井点的坐标为:

$$\begin{cases} x_i^{(2)} = x_i^{(1)} + d_x, \\ y_i^{(2)} = y_i^{(1)} + d_y, \end{cases} \quad (3)$$

由于第 i 个井点处在

$x = [x_i^{(2)}]$, $x = [x_i^{(2)}] + 1$, $y = [y_i^{(2)}]$, $y = [y_i^{(2)}] + 1$ 4 条直线围成的网格内,且第 i 个井点与该网格的 4 个角点的距离最近.计算这 4 个距离值:

与左上角点距离:

$$d_i^{(1)} = \sqrt{(x_i^{(2)} - [x_i^{(2)}])^2 + ([y_i^{(2)}] + 1 - y_i^{(2)})^2}. \quad (4)$$

与左下角点距离:

$$d_i^{(2)} = \sqrt{(x_i^{(2)} - [x_i^{(2)}])^2 + (y_i^{(2)} - [y_i^{(2)}])^2}. \quad (5)$$

与右上角点距离:

$$d_i^{(3)} = \sqrt{([x_i^{(2)}] + 1 - x_i^{(2)})^2 + ([y_i^{(2)}] + 1 - y_i^{(2)})^2}. \quad (6)$$

与右下角点距离:

$$d_i^{(4)} = \sqrt{([x_i^{(2)}] + 1 - x_i^{(2)})^2 + (y_i^{(2)} - [y_i^{(2)}])^2}. \quad (7)$$

取:

$$D = \min(d_i^{(j)}), (j=1, 2, 3, 4). \quad (8)$$

引进数学上 $0 \sim 1$ 规划的思想^[3],定义函数为

$$g(L)_i = \begin{cases} 1, & (D \leq \xi) \\ 0, & (D > \xi) \end{cases}, (i=1, 2, \dots, N) \quad (9)$$

$$f(\theta, d_x, d_y) = \sum_{i=1}^N g(L)_i. \quad (10)$$

目标函数:

$$Num = \max(f(\theta, d_x, d_y)). \quad (11)$$

同样引进对点的“坐标去整”的思想^[3],使得所有井点在 $X=0$ 、 $X=1$ 和 $Y=0$ 、 $Y=1$ 所围成的网格内均有对应的位置(见图 3),其相应的坐标为:

$$\begin{cases} x_i^{(3)} = x_i^{(2)} - [x_i^{(2)}], \\ y_i^{(3)} = y_i^{(2)} - [y_i^{(2)}]. \end{cases} \quad (12)$$

在此基础上提出所有旧井点全部被利用的条件为:所有旧井点转化后的位置处在以 $X=0$ 、 $X=1$ 和 $Y=0$ 、 $Y=1$ 四条直线所交的节点为圆心, ϵ 为半

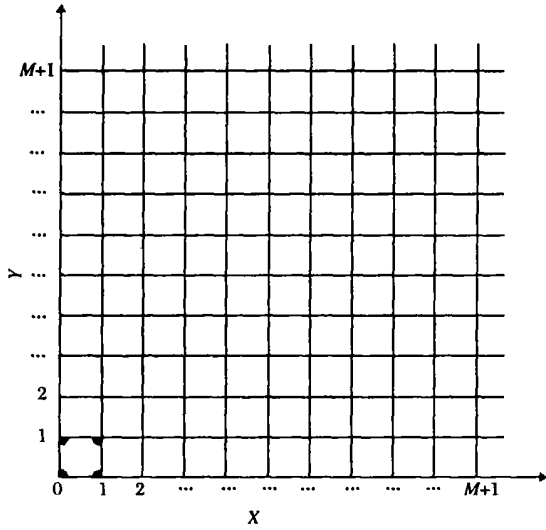


图3 井点坐标取整示意

径的 $\frac{1}{4}$ 圆范围内, 即:

$$\begin{cases} d_i^{(1)} = \sqrt{(x_i^{(3)} - [x_i^{(3)}])^2 + ([y_i^{(3)} + 1] - y_i^{(3)})^2}, \\ d_i^{(2)} = \sqrt{(x_i^{(3)} - [x_i^{(3)}])^2 + (y_i^{(3)} - [y_i^{(3)}])^2}, \\ d_i^{(3)} = \sqrt{([x_i^{(3)} + 1] - x_i^{(3)})^2 + ([y_i^{(3)} + 1] - y_i^{(3)})^2}, \\ d_i^{(4)} = \sqrt{([x_i^{(3)} + 1] - x_i^{(3)})^2 + (y_i^{(3)} - [y_i^{(3)}])^2}, \end{cases} \quad (13)$$

取:

$$D = \min(d_i^{(j)}), \quad (j = 1, 2, 3, 4). \quad (14)$$

以上对应的算法为较核法, 只要存在一井点不能满足以上条件, 则旧井点就不可能被完全利用.

2 优化设计程序的编制^[1,2,7,8]

针对前面给出的相关条件, 如果在旧井点较多的情况下, 按一般的计算方法较为烦琐, 为此在编制计算程序过程中尽可能使程序本身具有一定的优越性, 具体体现如下:

(1) 首先在现场确定初始坐标时, 应使所有旧井点都处在第一象限内, 确定相对单位坐标的实际取值, 其次选择距坐标原点最远的旧井点距离值取整加 1 来确定网格区域, 这样就能使在坐标转动和平动条件下, 旧井点依然处于第一象限内, 并实现网格选择的自动化.

(2) 程序在计算过程中先判断各旧井点所处的网格, 从而计算该井点与所在网格的各角点的距离最小值, 用来判断该旧井点能否被利用, 这样可以较大程度减少计算机运算量, 提高计算速度和缩短运

算时间.

(3) 计算中针对建设场地旧井点的利用率问题, 利用数学优化的思想将此问题归结为寻求最佳的网格布局, 以至采取同时对坐标和网格进行相应的转动加平动, 程序中采用直接搜索法, 首先粗定合理的转角范围和转角一定时的坐标轴和平动范围和, 这样避免了计算的盲目性(具体见程序框图 4).

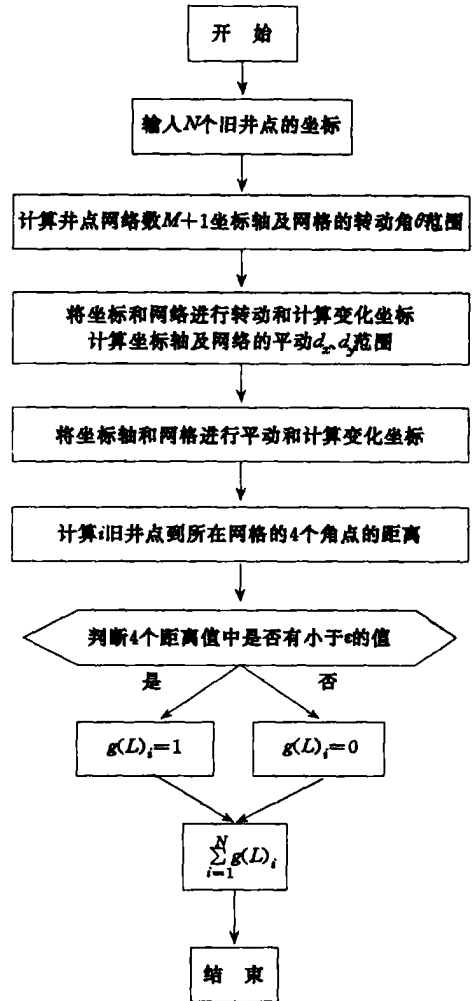


图4 DZKT FOR程序

3 工程算例分析

3.1 事例计算

某地区一单位计划盖一栋办公大楼, 准备对建设场地进行工程地质情况勘探, 初步规划预计在建设场地布置 20 个探点, 而从原有地质资料显示该建设场地内存在 12 个旧井点, 为了节约地质勘探费用, 建设单位希望尽最大可能将旧井点的地质资料利用上, 使得旧井点的利用率最高, 相应的 12 个旧井点在初始值见表 1.

表 1 12 个旧井点初始坐标值

坐标	井点											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
$x_i^{(0)}$	0.50	1.41	3.00	3.37	3.40	4.72	4.72	5.43	7.57	8.38	8.98	9.50
$y_i^{(0)}$	2.00	3.50	1.50	3.51	5.50	2.00	6.24	4.10	2.01	4.50	3.41	0.80

首先利用优化程序 DZKT·FOR 对该工程情况进行初步计算,得到旧井点最大利用率的转角取值范围: $\in (44.4^\circ; 46.0^\circ)$, 在该范围内对转角进一步精确化,在转角确定的条件下,再对坐标轴 X 、 Y 进行相应的平动,得出了旧井点利用率最高的情况,即为:1、4、6、7、9、10 这 6 个旧井点被利用上。

3.2 经济效益分析

争对上一工程算例结果进行经济效益分析,可以看出原有旧井点被利用的数量占此工程所要求勘探的井点数量的 30%,即节约经济效益达到 30%。

3.3 其他工程应用情况

上述所开发的软件程序在兰州理工大学的 15 号学生公寓、16 号学生公寓、逸夫科技楼以及综合实验大楼和兰州铁路分局的多个住宅小区的工程勘察过程中被采用,工程应用效果良好,同时为建设单位节约一定的建设成本。这也进一步证实了该软件的工程应用价值。

4 结论

经大量的实例进行计算和对数据结果进行分析得出以下结论:

(1) 该工程地质勘探网络的优化布局程序 DZKT·FOR 引进了数学上的 0~1 规划、坐标取整

和优化的思想,使得该程序具有更高的科学性和先进性。

(2) 利用该程序对存在这种条件的实际工程进行设计计算,可以较大程度降低勘探人员的工作劳动强度和建设单位的工程建设费用。

(3) 利用该程序进行地质勘探井点的优化布局,可以充分利用已存在的旧井点和减少对原地质组成的破坏,在全球号召保护生态环境的大趋势下,可以更好地发挥作用。

参考文献:

- [1] 王光远. 结构优化设计[M]. 北京:高等教育出版社,1987.
- [2] 张炳华,候昶. 结构优化设计[M]. 上海:同济大学出版社,1989.
- [3] 钱颂迪. 运筹学[M]. 北京:清华大学出版社,1993.
- [4] 王秀丽,方有珍,朱彦鹏. 空间单层网壳优化设计[J]. 工程力学,1999,2(增刊):556-652.
- [5] 方有珍. 空间单层网壳优化设计[D]. 兰州:兰州理工大学土木工程学院,1999.
- [6] 方有珍,王秀丽,朱彦鹏. 凯威特性单层网壳优化设计[J]. 甘肃工业大学学报,1999,25(3):73-78.
- [7] 江见鲸,傅德炫,王立翔. 建筑结构计算机分析及程序[M]. 北京:清华大学出版社,1998.
- [8] 张鄂. 现代设计方法西安[M]. 西安:西安交通大学出版社,1999.

作者简介:

罗维刚,(1975-)男,甘肃省白银人,1999年毕业于甘肃工业大学建筑工程系,现为兰州理工大学土木工程学院讲师,在读研究生,主要从事结构工程方面的研究和教学工作。