DOI:10.16468/j.cnki.issn1004-0366.2012.01.042

基于非线性规划双炼油厂输油管线的最优设计模型

李 龙[1],李正安[2]
(1.兰州城市学院,甘肃 兰州 730070;2.兰州理工大学 电信学院,甘肃 兰州 730050)

摘 要: 在考虑双炼油厂各类距离、管线是否共用、附件费等因素各种不同情形的基础上,建立了基于非线性规划的输油管线铺设最优规划模型.目的是产生最小的管线铺设费用、最佳的车站选址,同时为长远发展战略服务.在必要的参数给定的条件下,用MATLAB软件对模型进行了编程仿真和求解,获得了最佳的设计方案.

关键词: 输油管线;非线性规划;最优路径;选址
中图分类号: TE832.3 **文献标志码:** A **文章编号:** 1004-0366(2012)01-0112-04

An Optimal Design Model of Double Refinery Pipeline Laying Based on Nonlinear Programming

LI Long[1],LI Zheng-an[2]
(1. *Lanzhou City College*, *Lanzhou* 730070, *China*; 2. *School of Electrical and Information Engineering*, *Lanzhou University of Science and Technology*, *Lanzhou* 730050, *China*)

Abstract: Based on the considerations of all kinds of distances, community lines and attachment fee, an optimal design model of double refinery pipeline laying based on nonlinear programming was established sententiously and availably. The model aims at the minimum cost of the pipeline laying, the best location of station, as well as a long-term strategy for development. At last, an optimal design scheme was put up by using the MATLAB software based on NP model and given parameters.

Key words: pipeline; nonlinear programming; optimal path; site selection

石油工业主要由勘探开发、石油加工、运输分配、储存、销售等组成.石油经炼油厂处理后被输送到车站,进而运往石油销售公司[1].在石油工业中,炼油厂和车站的选址问题也就自然而然地成为石油运输的关键所在,它涉及到输油管线的选择与规划[2-4].而输油管线的长短直接影响着运输成本,关系到油产品能否在最经济的条件下及时到达需求方等问题.近年来,油田在铁路线一侧建造两家炼油厂,同时在铁路线上增建一个车站以用来运送成品油的模式已普遍存在.我们拟采用非线性规划方法建立管线建设费用最省的一般数学模型[5-8].

1 一般模型

输油管线铺设时,无论考虑共用管线费用与非共用管线费用与否,该问题都可以看成满足一定约束条件的优化选址问题,在给定的条件下,我们用非线性规划方法来寻求最优解.为研究问题方便,作如下假

收稿日期: 2011-05-13
基金项目: 甘肃省自然科学基金(ZS021-A25-018-G)
作者简介: 李龙(1988-),男,在读硕士研究生,研究方向为电气工程及其自动化.E-mial:782124956@qq.com

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

设:a、b 分别表示炼油厂 A、B 到铁路线的距离;s 表示炼油厂 A 和 B 之间的距离;C、D 分别表示铁路线上到炼油厂 A、B 最短距离的点;c 表示 C 到城、郊分界线的距离;E 表示车站所在位置;l、x 分别表示 C 到 D、E 之间的距离;y 表示共用管线长度;m 表示非共用管线费用;$k_i(i=1,2,3)$ 表示工程咨询公司对附加费用的估算;d_1 表示炼油厂 A 到共用管线交点的长度;d_2 表示炼油厂 B 到共用管线交点的长度;d_3 表示管线在 Ⅱ 区的部分.

1.1　不使用共用管线

不使用共用管线时,输油管线的铺设可以归结为一般的最优路径问题,见图 1. 此时输油管线铺设费用 $Z=md_1+md_2$. 易知,作炼油厂 A 关于铁路线的对称点 A',$A'B$ 此时为最优路径,$A'B$ 与铁路线的交点 E 即为最佳的车站位置. 输油管线铺设费用最小为

$$\min Z=m[\sqrt{s^2-(b-a)^2}+(b+a)^2]. \tag{1}$$

1.2　使用共用管线费用相同

输油管线铺设费用由两部分组成:不使用共用管线部分和使用共用管线部分. 很显然,车站 E 在 CD 之间才可能取得最优值,如图 2 所示.

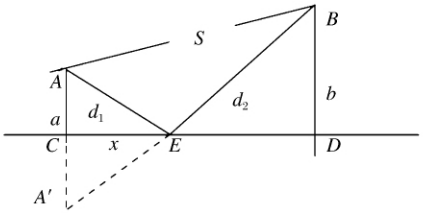

图 1　不使用共用管线方案

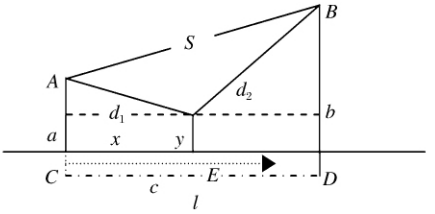

图 2　共用管线费用相同方案

管线铺设费用

$$Z=md_1+md_2+my=m[\sqrt{x^2+(a-y)^2}+\sqrt{(b-y)^2+s^2-(b-a)^2}+y], \tag{2}$$

$$\text{s. t.}\begin{cases}0\leqslant x\leqslant\sqrt{s^2-(b-a)^2},\\0\leqslant y\leqslant b.\end{cases}$$

1.3　使用共用管线且费用不同

设共用管线与非共用管线费用比 $\mu(1<\mu<2)$(共用管线比非共用管线的造价高,而高于非共用管线的 2 倍没有实际使用意义). 模型示意图与图 2 类似. 此时的管线铺设费用

$$Z=md_1+md_2+\mu my=m[\sqrt{x^2+(a-y)^2}+\sqrt{(b-y)^2+s^2-(b-a)^2}+\mu y], \tag{3}$$

$$\text{s. t.}\begin{cases}0\leqslant x\leqslant\sqrt{s^2-(b-a)^2},\\0\leqslant y\leqslant b,\\1<\mu<2.\end{cases}$$

2　模型改进与实例分析

考虑铺设在城区的管线还需增加拆迁和工程补偿等附加费用,对此项附加费用进行估计,不妨聘请 3 家工程咨询公司(其中公司 1 具有甲级资质,公司 2 和公司 3 具有乙级资质)进行估算,估算结果见表 1. 假设 $a=5$,$b=8$,$c=15$,$l=20$,则管线铺设可按以下情况进行讨论.

表 1　工程咨询公司对附加费用的估算

工程咨询公司	公司 1	公司 2	公司 3
附加费用/万元·km^{-1}	21	24	20

2.1　不使用共用管线

在一般模型的基础上,考虑管线在 Ⅱ 区的部分,如图 3 所示.

铺设管线费用

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

$$Z=md_1+md_2+k_id_3=m(\sqrt{x^2+a^2}+\sqrt{(l-x)^2+b^2})+k_i\frac{a\sqrt{(l-x)^2+b^2}}{l-x}=$$

$$7.2(\sqrt{x^2+5^2}+\sqrt{(20-x)^2+8^2})+k_i\frac{5\sqrt{(20-x)^2+8^2}}{20-x},\tag{4}$$

$$\text{s.t. } 0\leqslant x\leqslant 15.$$

2.2 共用管线在Ⅰ区与非共用管线费用相同

共用管线在Ⅰ区且费用与非共用管线费用相同的情况管线铺设如图4所示.铺设管线费用

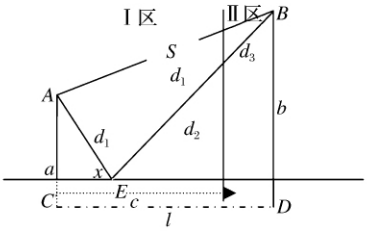

图3 Ⅱ区不使用共用管线

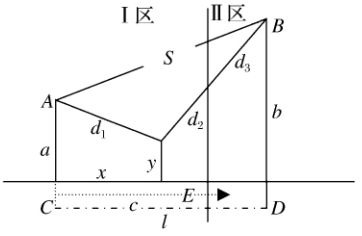

图4 Ⅰ区两种管线且费用相同

$$Z=md_1+md_2+my+k_id_3=m(\sqrt{x^2+(a-y)^2}+\sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2}+y)+$$

$$k_i\frac{a\sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2}}{l-x}=7.2(\sqrt{x^2+(5-y)^2}+\sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2}+y)+$$

$$k_i\frac{a\sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2}}{20-x},\tag{5}$$

$$\text{s.t. }\begin{cases}0\leqslant x\leqslant 15,\\0\leqslant y\leqslant 8.\end{cases}$$

2.3 共用管线在Ⅰ区与非共用管线费用不同

共用管线在Ⅰ区且费用与非共用管线费用不同的情况管线铺设示意图与图4类似.因此,铺设管线费用

$$Z=md_1+md_2+\mu my+k_id_3=m(\sqrt{x^2+(a-y)^2}+\sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2}+\mu y)+$$

$$k_i\frac{a\sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2}}{l-x}=7.2(\sqrt{x^2+(5-y)^2}+\sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2}+\mu y)+$$

$$k_i\frac{a\sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2}}{20-x},\tag{6}$$

$$\text{s.t. }\begin{cases}0\leqslant x\leqslant 15,\\0\leqslant y\leqslant 8.\end{cases}$$

这里的μ为共用管线与非共用管线费用比,是一实际值,只要给出具体的μ值,我们就可以代入上式,按共用管线在Ⅰ区且费用与非共用管线费用相同的情况做.

2.4 共用管线在Ⅱ区与非共用管线费用相同

共用管线在Ⅱ区且费用与非共用管线费用相同的情况管线铺设如图5所示.铺设管线费用

$$Z=md_1+md_2+my+k_id_3=m(\sqrt{x^2+(a-y)^2}+\sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2}+y)+$$

$$k_i\left(\frac{(x-c)\sqrt{x^2+(a-y)^2}}{x}+\sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2}+y\right)=$$

$$7.2(\sqrt{x^2+(5-y)^2}+\sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2}+y)+$$

$$k_i\left(\frac{(x-15)\sqrt{x^2+(5-y)^2}}{x}+\sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2}+y\right),\tag{7}$$

$$\text{s.t. }\begin{cases}15<x\leqslant 20,\\0\leqslant y\leqslant 8.\end{cases}$$

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

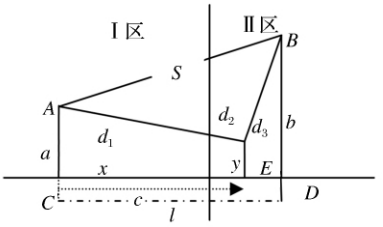

图 5　共用管线在 II 区且费用与非共用管线费用相同

2.5　共用管线在 Ⅱ 区与非共用管线费用不同

共用管线在 Ⅱ 区且费用与非共用管线费用不同的情况管线铺设示意图与图 5 类似. 铺设管线费用

$$
\begin{aligned}
Z = {} & md_1 + md_2 + \mu m y + k_i d_3 = m(\sqrt{x^2+(a-y)^2} + \sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2} + \mu y) + \\
& k_i\left(\frac{(x-c)\sqrt{x^2+(a-y)^2}}{x} + \sqrt{(l-x)^2+(b-y)^2} + y\right) = \\
& 7.2(\sqrt{x^2+(5-y)^2} + \sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2} + \mu y) + \\
& k_i\left(\frac{(x-15)\sqrt{x^2+(5-y)^2}}{x} + \sqrt{(20-x)^2+(8-y)^2} + y\right), \qquad (8)
\end{aligned}
$$

$$
\text{s. t.} \begin{cases} 15 < x \leqslant 20, \\ 0 \leqslant y \leqslant 8. \end{cases}
$$

我们考虑 3 家工程咨询公司对附加费用的估算,用 Matlab 软件进行仿真,如图 6 所示. 可以看出,仿真结果与实际相吻合,进一步验证了结论的正确性.

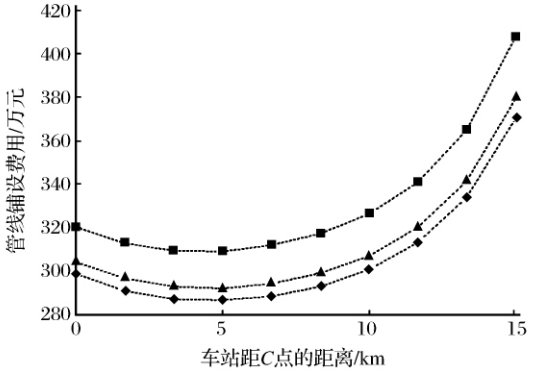

图6　管线铺设费用

k=21　k=24　k=20

根据 Matlab 软件对上述 5 种情况下铺设管线费用进行编程,分别获得 Z 的最小值. 得出结论:共用管线在 Ⅰ 区且费用与非共用管线费用相同的情况下 min Z 最小. 此时最小管线布置费用为 284.451 3 万元,相应的 x、y 分别为 3.538 3 km、3.137 6 km,即车站 E 应建在距 C 点 3.538 3 km,距铁路线 3.137 6 km 处.

参考文献:

[1]　王功礼. 油气管道技术现状与发展趋势[J]. 石油规划设计,2004,15(4):1-7.

[2]　张伟明,雍歧卫,蒋明,等. 输油管线课程实践教学改革[J]. 实验室研究与探索,2008,27(1):119-121.

[3]　王川,贾振旭,辜启刚,等. 输油管线信息网络管理系统的开发研究[J]. 油气田地面工程,2006,25(12):44-45.

[4]　陈永光,蒋工亮. 输油管线公路穿越保护装置设计研究[J]. 重庆交通学院学报,2006,25(6):77-78,88.

[5]　王珂,赵鑫. 非线性规划法优化雨水管道设计[J]. 四川建材,2009,35(2):314-315.

[6]　Boskens C,Maurer H. Nonlinear Programming Methods for Real-Time Control of an Industrial Robot[J]. Journal of Optimization Theory and Applications,2000,107(3):505-527.

[7]　崔剑波,任国军. 演化计算及其在非线性规划中的应用[J]. 甘肃科学学报,2000,12(1):29-32.

[8]　袁亚湘. 非线性优化计算方法[M]. 北京:科学出版社,2008.

(C)1994-2022 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net