DOI:10.16184/j.cnki.comprg.2011.24.002

管道铺设的优化模型

贺永会
（山东英才学院，济南 250104）

摘 要：针对石油化工企业间共同铺设利用输油管道来达到降低成本的过程中遇到的最优方案设计等方面的相关问题，利用运筹学优化及图论方面的相关理论知识，制定了一套切实可行、容易实施、降低成本的方案。
关键词：管道铺设；多目标规划；优化模型；最优二叉树

Optimization Model of Pipeline Paving

HE Yonghui
(Shandong Yingcai University, Jinan 250104)

Abstract: This paper analyses the problems of reducing cost of the optimal scheme designs in the process of paving oil pipeline jointly by the petroleum chemical enterprises. Meanwhile it provides a practical, low-cost and easy-implemented solution on the basis of the related theories of Operations research optimization and graph theory.
Key words: Pipeline Paving ; Multiple Objective Programming ; Optimization Model ; Optical Binary Tree

1 问题提出

在时代的前进、经济的飞速发展过程中，中小企业做出了巨大的贡献，随着竞争的加剧，他们的生存越来越艰难，为了生存的需要，同类企业由原来的竞争状态更多地转向了合作共存，在发展的过程中联合起来集中在一起建设分厂，形成规模，产生局部的地域优势和数量优势，逐步提高知名度，从而形成好的品牌效应，就像一家小商店可能营业额很小，但几十家凑到一起形成一个小商品市场反而比自己单独时的营业额要多得多一样，集中化、规模化更有利于吸引顾客，同时降低自己的成本，同行之间虽然有竞争，但加强合作却能实现共赢，各种工业园和高新开发区如雨后春笋般相继成立，在同一园区可以更有效合理充分地利用资源，减少不必要的重复建设，以达到降低成本的目的。对石油化工类工业园区内的管道运输进行了分析与研究，利用二叉树和多目标规划等方面的相关理论知识将问题抽象成一个明确完整的数学模型，得到了一个相对来说容易实现的优化设计方案。

2 问题分析

在实际调查中发现，在同一工业园区各石油化工厂规模较小，离铁路的距离有远有近，这样每个工厂单独往车站铺设管道费用比较高，因此多采取合作的方式把自身产品与其他一个或多个工厂的产品汇合之后再通过建设共用管道一起运往车站就可以降低运输成本。那么如何设计管道铺设方案，使所需成本花最少，是文中所关注并提出解决办法的的问题。

3 模型假设与说明

模型假设与说明主要包括 3 个方面：（1）不考虑地形、气象等因素造成输油管道绕行的情况。（2）假设铁路线是直线，且可以根据情况在任意点建设车站。（3）假设结点与结点之间的管道都是直的。

4 符号解释与说明

符号解释与说明包括：A_i：第i个节点，包含起始节点（石油化工厂）、中间节点（管道铺设交汇处）和终止节点（车站）；P_{ij}：从第i个节点到第j个节点铺设管道的单位费用即权值，包含管道本身费用和因其他因素（如拆迁、工程补偿等）引起的附加费；L_{ij}：从第i个节点到第j个节点的距离；(x_i, y_i)：以铁路线为横轴合理的建立平面直角坐标系后第i个节点的坐标，其中初始节点已知，中间节点及终止节点未知。

5 模型建立与求解

结合实际，考虑以下情况：

（1）各工厂所处不同地段及已有地面建筑的价值不同，由此产生的拆迁、工程补偿等附加费用并不相同。

（2）各厂产量不同，用来往外运输的管道型号可能并不相同，所需费用也不尽相同。

所以各节点间的权值P_{ij}并不相同，因此在设计方案之前，应该聘请不同的工程咨询公司进行评估，再根据不同公司的资质得到一个相对合理的加权平均数作为参考值，最终得出各节点间权值单位长度铺设费用P_{ij}=管道费用+附加费。

从最简单的只有两家石油化工厂需要铺设管道到车站这种情况逐步推广，最终得出有多家石油化工厂铺设管道的模型。

（1）只有两家石油化工厂且在铁路同一侧：

两家石油化工厂与车站中间铺设管道的情况比较简单，他们三者连接只需一个中间节点即可完成，其铺设方案如图 1 所示。

根据以上信息建立的数学模型为：

目标函数：

$$\text{Min } C = P_{13}L_{13} + P_{23}L_{23} + P_{34}L_{34}$$

约束条件：

作者简介：贺永会（1982-），男，讲师，主要从事计算数学及运筹学理论研究。
收稿日期：2011-10-10

$$L_{13}=\sqrt{(x_3-x_1)^2+(y_3-y_1)^2}\text{；}$$

$$L_{23}=\sqrt{(x_3-x_2)^2+(y_3-y_2)^2}\text{；}$$

$$L_{34}=\sqrt{(x_3-x_4)^2+(y_3-y_4)^2}\text{；}$$

$x_i\geq 0; y_i\geq 0$。

将已知数据带入上面的数学模型中，利用 LINGO 软件进

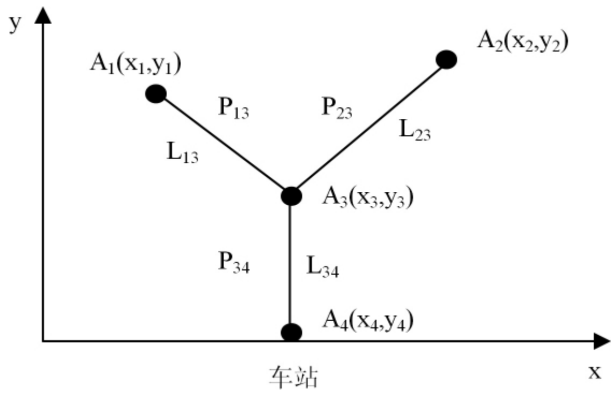

图 1 2 家石油化工厂与车站间管道铺设

行编程运算，即可求出使得铺设方案最优的中间节点和终止节点的坐标。若节点坐标有相同的，则在原方案基础上减少一个或多个节点及两重复节点间的管道，得出的设计方案即为最优方案；若中间节点与终止节点（车站）重合，则说明不用公用管道更省钱，与实际相符，并算出该方案下所需的最少费用。

(2) 有三家石油化工厂且在铁路同一侧：

三家石油化工厂两两汇合或三者汇合的情况有多种选择，但无论哪种汇合方式，其图形均为树形，且最复杂为完全二叉树（即所需中间节点最多）的情形，研究这种最复杂情况下的最优，然后根据计算结果适当减少中间节点即可。三家石油化工厂与车站进行管道铺设的二叉树图形也不唯一，可以根据霍夫曼算法，根据初始节点的权值大小不同，逐步生成一颗最优二叉树，然后建立模型进行优化运算，不妨假设从三家石油化工厂铺设管道的铺设费用$P_{14}\leq P_{24}\leq P_{34}$，则生成的最优二叉树如图 2 所示。

根据上面的信息建立的优化数学模型为：

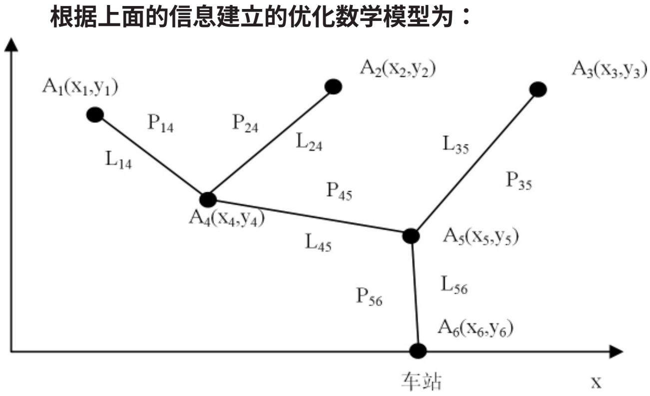

图 2 三家石油化工厂与车站管道铺设

目标函数：Min C=$P_{14}L_{14}+P_{24}L_{24}+P_{35}L_{35}+P_{45}L_{45}+P_{56}L_{56}$

约束条件：

$$L_{14}=\sqrt{(x_4-x_1)^2+(y_4-y_1)^2}\text{；}$$

$$L_{24}=\sqrt{(x_4-x_2)^2+(y_4-y_2)^2}\text{；}$$

$$L_{35}=\sqrt{(x_3-x_5)^2+(y_3-y_5)^2}\text{；}$$

$$L_{45}=\sqrt{(x_4-x_5)^2+(y_4-y_5)^2}$$

$$L_{56}=\sqrt{(x_6-x_5)^2+(y_6-y_5)^2}$$

$x_i\geq 0; y_i\geq 0$。

将已知数据带入上面的数学模型中，利用 LINGO 软件进行编程运算，即可求出使得铺设方案最优的中间节点和终止节点的坐标。若节点坐标有相同的，则在原方案基础上减少一个或多个节点及两重复节点间的管道，得出的设计方案即为最优方案；若中间节点与终止节点（车站）重合则说明不用公用管道更省钱，与实际相符，并算出该方案下所需的最少费用。

(3) 多家石油化工厂及分布在铁路两侧：

多家石油化工厂的情况只是在 (1)、(2) 情况下的推广，根据实际数量及权值的不同利用 (2) 进行扩充，在有单位铺设费用突变的地方适当增加节点，即可方便得到最优的设计方案。分布在两侧的情况可以先考虑单侧情况建立模型，然后两个模型合并起来建立一个多目标最小模型即可。

6 模型应用及推广

多目标规划作为《运筹学》的一个重要分支，它力求使所选用的决策达到最佳状态，因此受到人们的普遍关注。实际生活中的以下 6 类常见问题都可以通过建立规划模型来解决：物资调运问题、产品安排问题、原料搭配问题、损耗最小问题、区域整点问题、条件最值问题，结合《离散数学》中最优二叉树等相关知识能够数形结合，建立一个了直观方便容易实施的模型，该模型的推广空间很大，比如其他管线（煤气、暖气、自来水等管道）的铺设、物流运输、战略物资储备等诸多方面，利用此模型，都能得出比较理想的方案。由于时间和精力所限，该模型还存在着一些不足，模型只考虑了在某些理想情况假设下的情形，在实际的管道铺设工作中，面临的问题及要素会比较多，因此具体问题具体对待，在模型基础上增加新的要素即可。

参考文献

[1] 姜启源. 数学模型. 北京：高等教育出版社，2005.

[2] 袁新生. LINGO 和 Excel 在数学建模中的应用. 北京：科学出版社，2007.

[3] Duane Hanselman、Bruce Littlefield. Matlab 7. 朱仁峰，译. 北京：清华大学出版社，2006.

[4] 叶其孝. 大学生数学建模大赛辅导教材. 长沙：湖南教育出版社，1997：71-85.

[5] 耿素云，屈婉玲. 离散数学. 北京：高等教育出版社，2003：311-318.