

准印证号:JL07-0025

廊坊职业技术学院

LANGFANG POLYTECHNIC INSTITUTE

2011年 第1期

No.1 2011

学报



2011

1

廊坊职业技术学院

LANGFANG ZHIYE JISHU XUEYUAN

2011年 第1期

《廊坊职业技术学院》

第2届编委会

总 编:刘向东

委 员:(按姓氏笔画为序)

王文清 王泽泉 王德仲

冯淑静 白玉荣 刘向东

刘本锁 刘桂英 任书体

李彦明 李 峰 李 刚

李学斌 宋劲松 张 昕

张领山 陈 温 金桂兰

周翠珍 侯建华 韩永辉

主 编:金桂兰

执行主编:李彦明

副 主 编:李学斌

责任编辑:刘岩梅

编 辑:余慕川

英文编辑:刘岩梅

网站管理:王 伟

主办单位:廊坊职业技术学院

编辑出版:《廊坊职业技术学院》

学报编辑部

出版日期:2011年3月9日

地 址:河北省廊坊市

电 话:(0316)6028821

E-mail :ljxuebao2005@lfzj.edu.cn

网 址:http://xuebao.lfzj.cn

邮政编码:065001

印 刷:廊坊国图印刷有限公司

印 数:1 000

准印证号:JL07-0025

目 次

·工程技术与应用·

多功能焊接支架设计 吴秀平,段红霞,路宗新(1)

曲柄滑块机构的虚拟装配及仿真分析 郭 敏(5)

关于输油管布置的模型 郝钢磊,陈兴国,赵 妍,宋劲松(8)

彩电接触不良故障分析和维修 胡友明(13)

·科研快报·

语文教学中践行陶行知创造教育理论的方法 马玉琴(17)

高职院校教师如何完成从“演员”到“导演”的角色转换
..... 路宗新,金桂兰,陈建保(21)

高职生体育锻炼中的锻炼承诺影响因素分析 孙德荣,刘立军(25)

全民健身隐性体育研究 杜伯武(32)

高职教育良性发展的几点探索 史映红(36)

·研究与分析·

从《醒世姻缘传》看清清时期管家媳妇的职能与地位 余慕川(38)

网络文化对大学生的负面影响及对策分析 梅雪莲(44)

高等职业院校大学生就业问题探讨 冯永侠(47)

·现场应用·

美国白蛾发生规律及防治措施 部永梅,付 伟,李改棉,荣海秀(52)

行为导向教学法在高职模拟电子技术课程中的应用 崔成旺(54)

对高职院校学生英语听力水平培养的研究 陈春艳,李 蓓(57)

高职英语阅读能力的评价初探 李 蓓,陈春艳(60)

关于输油管布置的模型

郝钢磊, 陈兴国, 赵妍, 宋劲松

(廊坊职业技术学院 基础部, 河北 廊坊 065001)

摘要: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, 用来运送成品油。针对这种情况, 把问题抽象为两点到一条直线的最短距离。先对两点的各种情况进行分析, 建立数学模型, 得到总工程造价与相关因素的函数。在考虑城区施工拆迁费用的基础上, 再次建立数学模型, 根据问题判断出变量的取值范围, 编写 java 程序对模型进行求解, 得出该工程的最佳方案。

关键词:距离; 模型; 管道布置

中图分类号: O141.4

文献标志码: B

文章编号: JL07-0025(2011)01-0008-05

Mathematical Model of a Pipeline Layout

HAO Gang-lei, CHEN Xing-guo, ZHAO Yan, SONG Jin-song

(Langfang Polytechnic Institute, Langfang 065001, China)

Abstract: Two refineries were built on one side of the railway line and at the same time a station was built at the railway line to send oil. For this situation, the problem is abstracted as the shortest distance for two points to a line. First, each case of the two points is analyzed; then a mathematical model is created to get a function about the total project cost and related factors. Second, another mathematical model is created with the demolition cost of urban construction considered. According to the problem, the range of variables is determined, the java function is designed and the model is solved and the best case of the project is obtained.

Keys words: distance; model; pipeline layout

1 问题与分析

1.1 问题的提出

某油田计划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, 用来运送成品油。由于这种模式具有一定的普遍性, 油田设计院希望建立管线建设费用最省的一般数学模型与方法。

(1) 针对两炼油厂到铁路线距离和两炼油厂间距离的各种不同情形, 提出你的设计方案。在方案设计时, 若有共用管线, 应考虑共用管线费用与非共用管线费用相同或不同的情形。

(2) 设计院目前需对一更为复杂的情形进行具体的设计。两炼油厂的具体位置如图 1 所示, 其中 A 厂位于郊区(如图 1 中区域 I), B 厂位于城区(如图 1 中区域 II), 两个区域的分界线如图 1 中的虚线表示。图 1 中各字母表示的距离分别为 $a = 5 \text{ km}$, $b = 8 \text{ km}$, $c = 15 \text{ km}$, $l = 20 \text{ km}$ 。

若所有管线的铺设费用均为 7.2 万元/km, 铺设在城区的管线还需增加拆迁和工程补偿等附加费用, 为对此项附加费用进行估计, 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)进行了估算, 估算结果如表 1 所示。

收稿日期: 2011-01-05

通讯作者: 宋劲松(1968-), 男, 河北固安人, 廊坊职业技术学院基础部副教授, 主要从事高等数学方面的教学与研究工作。

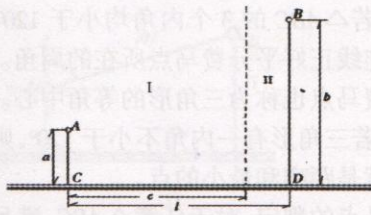


图 1 炼油厂具体位置示意图

表 1 工程咨询公司附加费用表

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

请为设计院给出管线布置方案及相应的费用。

(3)在该实际问题中,为进一步节省费用,可以根据炼油厂的生产能力,选用相适应的油管。这时的管线铺设费用将分别降为输送 A 厂成品油的 5.6 万元/km,输送 B 厂成品油的 6.0 万元/km,共用管线费用为 7.2 万元/km,拆迁等附加费用同上。请给出管线最佳布置方案及相应的费用。

1.2 问题分析

注意到原图待铺设输油管道的路线具有线性结构,这样就可以将复杂的规划问题转换成求最小距离的问题,我们完全可以手工求解这个最小距离模型。

考虑到该模型的形式便于计算机求解并进行各参数的灵敏度分析,可以看出,任意一种铺设方案就是选择不同的路线相连。

2 基本假设与符号说明

2.1 基本假设

(1)铁路和输油管道周围都为平面且地理环境相对稳定。

(2)铁路和输油管道都近似为直线。

(3)炼油场和车站均为质点。

(4)炼油场不在铁路上。

(5)在铺设管道过程中,周围的各种情况处在正常范围。

2.2 符号说明

表 2 为符号说明,表 2 中符号说明适用于除图 4 及相关讨论以外的所有内容。

表 2 符号说明

符号	含义	符号	含义
A	A 炼油厂	a	A 厂到铁路线的距离
B	B 炼油厂	b	B 厂到铁路线的距离
C	A 炼油厂到铁路线的垂足	c	炼油厂 A 到城区的最短距离
D	B 炼油厂到铁路线的垂足	l	CD 间的距离
G	直线 f 和直线 h 的交点	e	到铁路距离为 t 的直线
M	车站	f	平行于铁路且到点 A (或 B) 距离为 x 的直线
M'	与 M 点相关的一个假设点	h	郊区和城区的界线
O	AB 两炼油厂共用管道的起始点	m	A 厂和 B 厂的距离
P	BD 与直线 e 的交点	t	共用管道的长度
L	铁路线	k	拆迁费用和管线铺设费用的比例系数
N	直线 e 与界限 h 的交点	θ	B 炼油厂在 A 炼油厂北偏东方向的夹角

3 模型的建立与求解

通过对共用管线、非共用管线、成品油相同和成品油不同问题的初步分析,我们已经对一些相关因素间的联系有了一个明确的了解,对模型应该具备的特点也有了一个大致的轮廓。下面我们将对各个具体问题建立模型并求解。

3.1 成品油品种相同

3.1.1 不考虑附加费用

根据炼油厂与车站可能出现的不同位置,分 3 种情况分别考虑。

模型 1:如图 2 所示,当 2 个炼油场和车站同时在一条直线上时。

2 个炼油厂分别用点 A 和点 B 表示,车站用点 M 表示, m 表示 A 炼油厂和 B 炼油厂间的距离, t 表示 B 炼油厂到车站 M 的距离,直线 L 为铁路。不共用管线(即单独管线)的费用为 y 元/km。

我们假设 2 个炼油场和车站同时在一条直线上(即三点共线时),铁路为直线,由图 2 可知 BM

行
示,
立于
图 1
则为
km,
等等
家
司 2
是如
作。

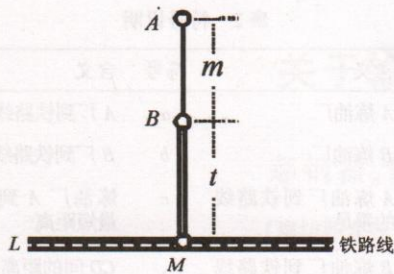


图2 输油管布置模型1示意图

为共用管线,假如共用管线和非共用管线之间存在一定的比例,设这个比例系数为 k ,其中 $k = \frac{\text{共用管线造价}}{\text{非共用管线造价}}$ ($1 < k < 2$),根据实际生活,共用管线费用应该大于一个管的费用而小于两个管的费用,所以比例系数 $1 < k < 2$,同时,我们不妨设总费用为 Z 。

由题意假设得, A 炼油厂到 B 炼油厂的费用则为 my ,因为 BM 为共用管线,所以费用为 kyt ,则总费用为

$$Z = (m + kt)y$$

模型2:如图3(1)所示,当 A, B 2个炼油厂的连线和铁路线平行时。

当 A, B 2个炼油厂的连线和铁路线平行时,假设点 M 为车站, O 为共用管道和非共用管道的分界点,在平面内必然存在一点 O 使得该项工程的造价最低,为了研究方便,我们将铺设 OM 这段共用管道所花的费用按价值比 k 折算成同等造价的非共用管道的 OM' ,连接 A, B, M 三点得到三角形 ABM' ,如图3(2)所示。

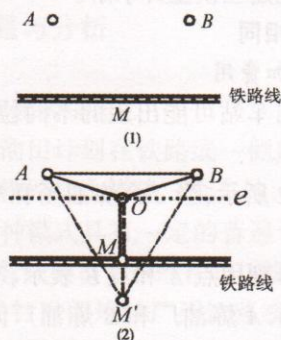


图3 输油管布置模型2示意图

为讨论方便,我们先来了解一下费马点。

费马点的定义:在一个三角形中,到3个顶点距离之和最小的点叫做这个三角形的费马点。

(1)若 $\triangle ABC$ 的3个内角均小于 120° ,那么3条距离连线正好平分费马点所在的周角。所以三角形的费马点也称为三角形的等角中心。

(2)若三角形有一内角不小于 120° ,则此钝角的顶点就是距离和最小的点。

费马点的判定:对于任意 $\triangle ABC$,满足三角形内或三角形上某一点 E ,满足 $EA + EB + EC$ 有最小值,则点 E 为费马点,如图4所示。

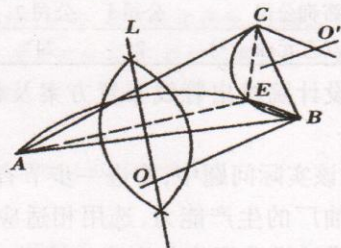


图4 费马点判定示意图

通过学习我们可以知道在三角形中必然存在一点使得该点到三角形三个顶点距离的和最短。

因为在实际生活中点 M 的位置不会在 A, B 两点连线(即铁道)垂足的外侧,那么 $\triangle ABM'$ 就为锐角三角形,在该模型中我们的 O 点就是三角形 ABM' 的费马点,根据对称和三角形的关系可以得到 $AO = BO$ 时, $AO + BO$ 的值最小,假设 AB 间的距离为 m , B 到铁道线的距离为 b ,直线 e 到铁道线的距离为 t ,那么该工程的总造价为

$$Z = (kt + \sqrt{4(b-t)^2 + m^2})y$$

模型3:如图5(1)所示, A, B 2个炼油厂的连线不平行且不垂直于铁路线时。

这种情况我们不妨设点 B 在点 A 的北偏东 θ ; A, B 间的距离为 m ,点 B 到铁路线的距离为 b ,直线 e 是平行于铁路的直线并且距离铁路的距离为 t ;做 A 点相对与 e 的对称点 A' ,连接 $A'B$,交直线 e 与 O 点,根据两点间直线最短可知这时 $AO + BO$ 的值最小,由图5(2)可以得到

$$Z = (kt + \sqrt{((b-t) + (b-m\cos\theta - t))^2 + m^2\sin^2\theta})y$$

3.1.2 考虑附加费用

考虑拆迁费用时,我们对是否把车站建在城区和在架设输油管道时所采用材料不同与是否有拆迁费用的问题,分别进行建立模型。在此我们为方便计算拆迁费用我们选21万元/km。

模型4:如图6所示,当车站在郊区时。

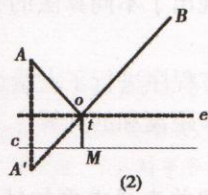
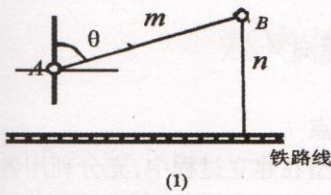


图5 输油管布置模型3示意图

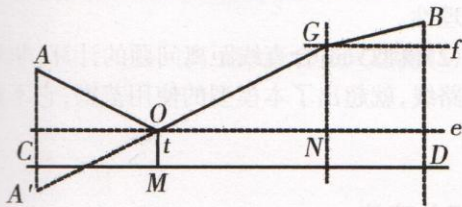


图6 输油管布置模型4示意图

我们先来考虑车站建在郊区时,可在L的上方和A炼油厂之间做一条关于L的平行线,记作为e根据镜面原理可以把炼油厂A点关于直线e映射到AC的延长线上一点A',因为B炼油厂的管线铺设一定经过城区,所以在城区与郊区的边界线上任意找一点,即G点。连接A'G,A'G和直线e肯定交于一点,这点记作为O点。连接AO。过O点做铁路L的垂线,垂足为M,OM即为共用管线。通过我们的假设可以把管线布置转换为数学模型。在此拆迁费用为21万元/km。

由以上假设我们只要把AO,OG,BG,OM求出,即可求出总费用Z。

在图6中,过点G做BD的垂线,垂足为E。因为A与A'关于直线e对称,所以A'O=AO,设点B到直线f的距离为x,由已知条件a=5,由勾股定理得 $BG = \sqrt{5^2 + x^2}$ 。由题可知 $A'C = 5 - 2t$, $NG = 8 - t - x$ $\angle A'OC = \angle GON$, $\triangle A'CO$ 和 $\triangle ONG$ 为直角三角形,所以 $\triangle A'CO \approx \triangle ONG$,所以 $\frac{A'C}{GN} = \frac{OC}{ON}$,由合比性质:如果 $a/b = c/d$,那么 $(a \pm b)/b = (c \pm d)/d$ 得 $\frac{A'C}{GN + A'C} = \frac{OC}{ON + OC}$,带入已知条件得 $OC = \frac{15(5-t)}{13-2t-x}$,所以 $ON = 15$

$-\frac{15(5-t)}{13-2t-x}$ 。由勾股定理得 $OA = \sqrt{OC^2 + OA^2}$,即

$$OA = \sqrt{\left(\frac{15(5-t)}{13-2t-x}\right)^2 + (5-t)^2}, \quad OG =$$

$$\sqrt{\left(\frac{15(8-t-x)}{13-2t-x}\right)^2 + (8-x-t)^2}$$

根据实际生活问题,假设我们选公司1,因为公司1具有甲级资质,所以总费用 $Z = 5.6$

$$\sqrt{\left(\frac{15(5-t)}{13-2t-x}\right)^2 + (5-t)^2} + 6.0$$

$$\sqrt{\left(\frac{15(8-t-x)}{13-2t-x}\right)^2 + (8-x-t)^2} + 7.2t + (6.0 +$$

$21)\sqrt{x^2 + 5^2}$,进一步化简得

$$Z = \frac{7 - 11.6t - 6x}{13 - 2t - x} \sqrt{15^2 + (13 - 2t - x)^2} + 7.2t +$$

$$27\sqrt{x^2 + 25}$$

由于公式计算繁琐所以采用了计算机编程来计算,自动生成了最小值计算出总费用(略) $Z_{\min} = 181.82$ 万。

模型5:如图7所示,当车站建在城区时。

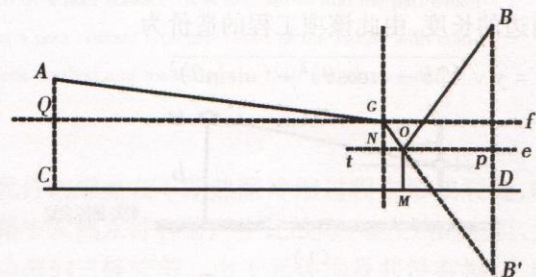


图7 输油管布置模型5示意图

在此拆迁费用为21万元/km,假设A厂的输油管道从点G进入城区,e是平行与铁路且离铁路的距离为t($0 \leq t \leq 5-x$)的直线,做B点关于直线e的对称点B',连接GB'交直线于e于点O,根据两点间直线的距离最短可知GO+B'O为最小值,即GO+BO的最小,过点G做铁路的平行线f,直线f交点A关于铁路的垂线于点Q,令AQ=x,由图像可知 $0 \leq x \leq 5$,根据 $\triangle ONG \approx \triangle OPB'$ 得 $\frac{ON}{OP} = \frac{NG}{PB'}$,由合比性质可得: $\frac{ON}{OP + ON} = \frac{NG}{PB' + NG}$,由此可以得到 $ON = \frac{5(5-x-t)}{13-2t-x}$,同理可知 $OP = \frac{5(8-t)}{13-2t-x}$

$$Z = (5.6 + 21)\sqrt{\left(\frac{5(8-t-x)}{13-2t-x}\right)^2 + (8-t-x)^2} + (6.0+21)\sqrt{\left(\frac{15(5-t)}{13-2t-x}\right)^2 + (5-t)^2} + (7.2+21)t + 5.6\sqrt{x^2+15^2}$$

化简后得

$$Z = 28.2 + 5.6\sqrt{x^2+15^2} + \frac{349-26.6x-53.6t}{13-2t-x}\sqrt{25+(13-2t-x)^2}$$

该方程的解法略,根据程序可知解得

$$Z_{\min} = 346.26 \text{ 万}$$

3.2 成品油品种不同

模型6:油品不同,2个炼油厂不共线,没有共用管道,如图8(1)所示。两点一线求最短距离,根据镜面反射原理可找到关于铁路L与A炼油厂对称的A'点如图8(2)中所示。根据图像要求AB 2炼油厂到车站M的输油管道总长,即是求A'B的长度。根据三角函数可知AB两点距离在垂直铁路方向上的分量为 $m\cos\theta$, $b-m\cos\theta$ 为所建三角形的一个直角边的长度, $m\sin\theta$ 为另一直角边的长度,由此该项工程的造价为

$$Z = y\sqrt{(2b-m\cos\theta)^2 + (m\sin\theta)^2}$$

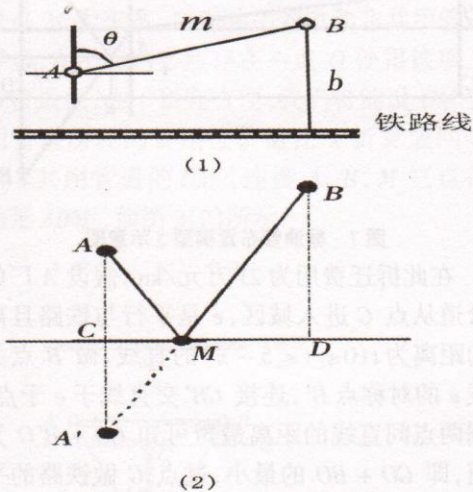


图8 输油管布置模型6示意图

4 模型优缺点

4.1 模型优点

(1)本模型在建立过程中,充分利用各种方法来求最佳方案,体现出了不同算法的利与弊,具有不同程度的可用性。

(2)用 java 语言程序进行了大量计算,运行效率高,可推广到多个距离和的计算。

4.2 模型缺点

(1)我们的求解并未寻求更加精确的预测模型,仅应用了简单的处理方法,比较粗糙,结果尚欠合理性。

(2)模型只适合直线距离问题的计算,非规则铺设路线,就超出了本模型的使用范围,它不能解决。

5 相关建议

(1)模型只适合在短距离且直线路铺设输油管道,这是不实际的。实际在铺设过程中可能会遇到高山或其他障碍物而不断地弯曲铺设路线,所以如果我们能给出曲线与直线的系数比,并考虑铺设路线弯曲度的路程,那我们的模型可能会更实用。

(2)在管道铺设过程中,要考虑实际测量问题和管道材质问题等。(本文为2010“高教社杯”全国大学生数学建模竞赛获奖项目,由廊坊职业技术学院基础部数学建模指导组指导,刊发时做了部分删节和省略)

参考文献:

- [1] 雍俊海. Java 程序设计教程(第2版)[M]. 北京:清华大学出版社, 2007.
- [2] 佚名. 费马点[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/184329.htm?fr=ala0-1-1,2010-09-12>.
- [3] 佚名. 合比性质[EB/OL]. <http://baike.baidu.com/view/959569.htm?fr=ala0-1-1,2010-09-12>.

总 编：刘向东
主 编：金桂兰
执行主编：李彦明

廊坊职业技术学院
LANGFANG ZHIYE JISHU XUEYUAN

Langfang Polytechnic Institute

第7卷第1期
2011年3月

Vol. 7 No. 1
(Mar. 2011)

主办单位：廊坊职业技术学院
编辑出版：《廊坊职业技术学院》学报
编辑部

Sponsored by: Langfang Polytechnic Institute
Edited & Published by: Editorial Department of Journal
of Langfang Polytechnic Institute

地 址：河北省廊坊市 (065001)
电 话：(0316) 6028821
邮箱地址：ljxuebao2005@lfzj.edu.cn
网 址：<http://xuebao.lfzj.cn>
印 刷：廊坊国图印刷有限公司

Address: Langfang 065001, Hebei, China
Phone: (0316) 6028821
E-mail: ljxuebao2005@lfzj.edu.cn
Website: <http://xuebao.lfzj.cn>
Printed by: Langfang Guotu Printing Com, LTD

准印证号：JL07-0025

内部资料 免费交流