

一种经济的水渠管道建设策略

解淑英

(烟台汽车工程职业学院 机电工程系, 山东 烟台 265500)

摘要:本文在光的折射定理的基础上,将费马定理中光程的概念与水库管道建设费用相类比,利用光束在两点间传播时,光程最小的原理,设计了一种使包括公共管道和非公共管道在内的水库灌溉管道线路铺设费用最省的建设方案,并给出了施工方法和施工图纸。该方法通俗易懂,推广性强,可解决其他类似的工程建设中的成本最优问题。

关键词:费马定理;水渠建设;光程

中图分类号:TP—9 **文献标志码:**A **文章编号:**1671—1807(2013)06—0156—03

随着节能、环保、绿色口号的提出,爱护地球、节约能源已经成为全人类共同的主题,进行优化决策是响应这一主题的途径之一。优化的方法有很多,如蚁群算法、鱼群算法、免疫算法、遗传算法等,很多学者对这些算法进行了研究和应用^[1-4],但这些算法在算法上比较繁琐。

斯涅耳定理即折射定律在 17 世纪 30 年代已经被西方国家广为流传,并影响和促进了西方光学的发展,1657 年费马利用最小作用原理对折射定律进行了纯数学证明,18 世纪 30 年代,中国学者第一次接触这一定理^[5],发展至今,折射定律已经对世界产生了巨大作用,不仅为光学器件的研究和制作提供了理论支撑,在生产、生活的诸多方面都有着深远的影响,如揭开某些自然现象的神秘面纱,产生更先进的测量方法,更精准的仪表仪器等。

某市水利部门要在 R 河(假设河流流向是近似于直线的)流域沿线选址,建设一座堤坝,同时建设水渠管道,向北部农业区的 A、B 两个水库输送灌溉用水,两个水库分别位于 I 区和 II 区。假设水渠管道铺设费用分别为: A 水库费用为 5.6 万元/km, B 水库费用为 6.0 万元/km,公共管道费用为 7.2 万元/km,由于 II 区位于山地,需增加建设费用 21.5 万元/km,恰当选取堤坝的位置,设计两座水库的灌溉管道,使总费用最省。

本文将折射定律用于优化策略,解决水渠管道建设费用最小的问题。

1 折射定理及推论

收稿日期:2013—04—02

作者简介:解淑英(1981—),女,山东烟台人,烟台汽车工程职业学院,教研室主任,讲师,硕士,研究方向:自动化技术、机电一体化技术。

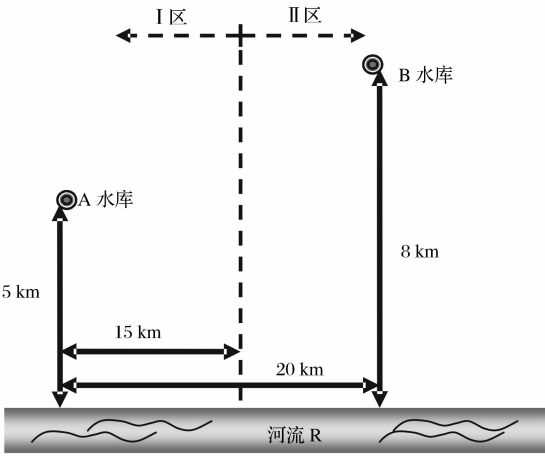


图 1 水库位置示意图

1.1 折射定理

光在介质中传播时遵循光的折射定理:折射光线跟法线在同一平面内,折射光线和入射光线分居在法线的两侧,入射角和折射角的正弦成正比^[6-7]。

1.2 推论

根据费马定理,光的折射定理可进一步得出:光在任意两点之间传输时,无论两点之间介质分布如何,光程是最小的^[7-8]。

如图 2 所示,从 A 点到 B 点的所有路径中,满足折射定理的路径段光程是最小的。

2 优化策略

2.1 优化分析

这是一个最小优化问题,具有一定的代表性。总费

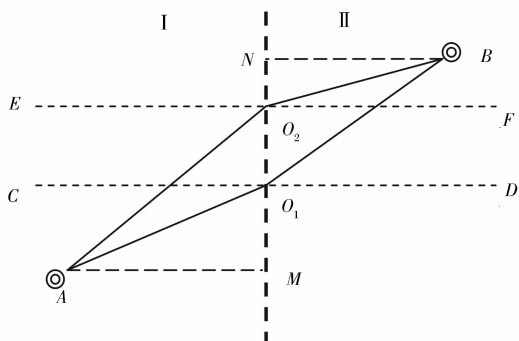


图2 光的折射

用的计算公式为:总费用=单价×铺设距离。而光在介质中传播的时候也存在一个类似的量:光程=介质折射率×光经过的距离。因此本文解决问题的办法主要是依据光在介质中传播的规律来类推管道的设计方案。

将管道铺设费用(单位铺设费用×铺设长度)类比如于光程(折射率×光走过的距离),则可将本文的最小费用问题转换为最小光程来求解。A、B两水库到河流R的水渠管道分为公共管道、A水库专用管道和B水库专用管道三种,由于公共管道的铺设费用 M_g 不小于A、B水库专用管道的铺设费用 M_a 、 M_b ,即 $M_g \geq \max(M_a, M_b)$,根据垂线定理:点到直线垂线最短,公共管道一定是垂直于R的,且公共管道的长度应不大于A、B水库到R的距离。根据题意,A、B水库管道的铺设费用是不同的,按照类比关系,管道的铺设方案相当于光束走过的路径,那么可以将不同段的铺设费用看作是光束在传播过程中经过了不同的介质,费用不同类比如于折射率的不同,而每一段管道的铺设长度类比如于光束在不同介质中走过的距离;同样的,对于同一水库专用管道在不同区域(I区和II区)造成的铺设费用的差别又可以看作是光束走过了另外一种介质而产生的差别。因此,非公共管道铺设费用的不同和B水库不同区域铺设费用的不同均可以与光的折射类比,根据1.2的论据,可以计算出费用最省(即光程)的设计方案。

2.2 设计方案

如图3,其中 OO' 段为公共管道,且该段管道与铁路线垂直, A' 是A点关于直线PQ的镜像, AO 段为A水库专用管道,则 $AO = AO'$, OZ 和 ZB 段为B水库专用管道,假设 AO 与 OZ , OZ 与 ZB 均满足折射定理,根据类比关系,光束 AO 所在介质的折射率(A水库专用灌溉管道铺设费用)为 $M_a = 5.6$,折射后的光束 OZ 所在介质的折射率(B水库位于I区段的专用灌溉管道铺设费用)为 $M_b = 6.0$,再次折射后的光束 ZB 所在介

质的折射率(B水库位于II区段的专用灌溉管道的铺设费用)为 $M_b' = 6.0 + 21.5 = 27.5$,则设计方案如图3所示。该方案的关键点即找到O点和Z点的位置,使 $P(AO) + P(OZ) + P(ZB) + M_g \times OO'$ 最小,从而确定各灌溉管段的长度及堤坝的位置。

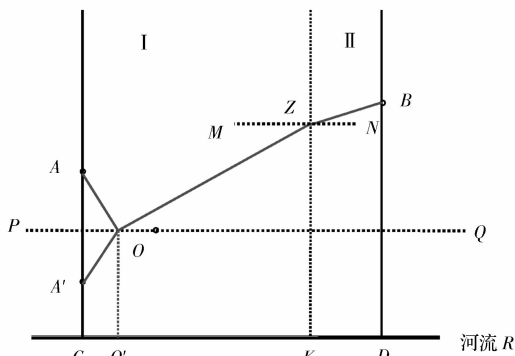


图3 设计方案示意图

假设 $AC = a$, $BD = b$, $CK = c$, $CD = l$, $ZK = d$, $OO' = z$, $CO' = x$, $\angle AOP = i_1$, $\angle QOZ = \angle OZM = i_2$, $\angle BZN = i_3$,在图3中,各段管道符合以下要求:

- 1) OO' 满足垂线定理, OO' 垂直于铁路线;
- 2) AOZ 满足光束折射定理,且 $\frac{\sin i_1}{\sin i_2} = \frac{M_b}{M_a}$;
- 3) OZB 满足光束折射定理,且 $\frac{\sin i_2}{\sin i_3} = \frac{M_b'}{M_b}$ 。

根据设计图中的几何关系可以得到: $AO = (a - z)/\sin i_1$, $OZ = (d - z)/\sin i_2$, $ZB = (b - d)/\sin i_3$, $\tan i_1 = (a - z)/x$, $\tan i_2 = (d - z)/(c - x)$, $\tan i_3 = (b - d)/(l - c)$ 。因此,列出优化方程如下:

$$\min \left\{ M_a(a - z)/\sin i_1 + M_b(d - z)/\sin i_2 + M_g z + M_b'(b - d)/\sin i_3 \right\} \quad (1)$$

其约束条件为:

$$\begin{cases} \sin i_1 / \sin i_2 = M_b / M_a \\ \sin i_2 / \sin i_3 = M_b' / M_b \\ \tan i_1 = (a - z) / x \\ \tan i_2 = (d - z) / (c - x) \\ \tan i_3 = (b - d) / (l - c) \\ 0 \leq z \leq a \\ 0 \leq x \leq c \\ a \leq d \leq b \\ a = 5, b = 8, c = 15, l = 20 \\ M_a = 5.6, M_b = 6.0, M_g = 7.2, M_b' = 27.5 \end{cases} \quad (2)$$

用 Lingo 软件对(1)式和(2)式组成的优化方程进行求解,计算结果如下表:

表 1 优化结果		
变量名	结果	单位
最小花费(目标函数)	252.245 6	万元
d	7.329 419	km
z	0.139 150	km
x	5.641 263	km
AO	7.446 591	km
OZ	11.801 95	km
BZ	5.044 767	km

根据表 1 的优化结果,各段灌溉管道的铺设方案如下:

- 1)在 R 河北部一侧做一条平行线 PQ , 距离 R 河 $z = 0.139150$ km。
- 2)做出 A 水库关于直线 PQ 的对称点 A' 。
- 3)在 I 区和 II 区的交界线上找到一点 Z , 该点距离 R 河 $d = 7.329419$ km。
- 4)在 AC 右侧 $x = 5.641263$ 处做一垂直于 R 河的直线,该直线与 PQ 交于 O 点,与 R 河交于 O' 点。
- 5)则 AO 段铺设 A 水库专用管道,铺设费用为 $M_a = 5.6$ 万元/km; OZ 段铺设 B 水库专用管道,铺设费用为 $M_b = 6.0$ 万元/km; ZB 段铺设 B 水库专用管道,铺设费用为 $M_b' = 27.5$ 万元/km; OO' 铺设公共管道,铺设费用为 $M_g = 7.2$ 万元/km; O 点所在的位置即为堤坝的位置。

按照上述方案铺设灌溉管道,总费用最小为 252.245 6 万元。

3 工程施工图

根据各段灌溉管道的设计方案,绘制出相应的工程施工参考图(见图 4)。

4 总结

本文根据光的折射定律,将水库灌溉管道铺设费用类比于光程的概念,根据光束从一点传播到另外一

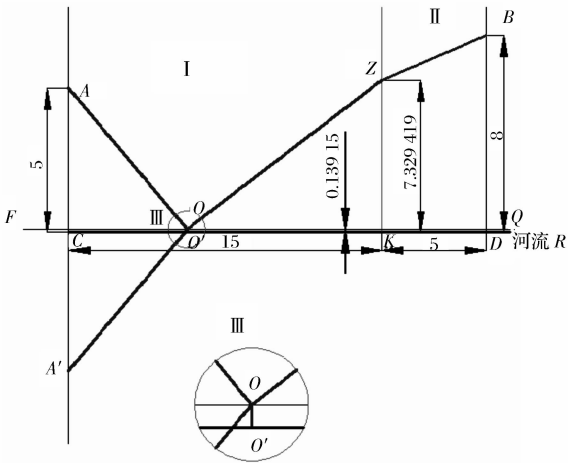


图 4 施工参考图

点时,无论中间的介质如何变化,光程最小的原理,得出了使包括公共管道和非公共管道在内的灌溉线路铺设费用最小的优化方案,并给出了施工方法和施工图纸。该方案通俗易懂,推广性强,可解决以本文中费用最小为代表的一类求解目标函数最小的优化问题。

参考文献

[1] 马超,练继建. 基于聚类遗传算法的梯级水利枢纽短期电力调度优化[J]. 天津大学学报,2010,43(1):1-8.

[2] 叶洪涛,罗飞,许玉格,等. 基于新型免疫算法的污水处理过程最优控制[J]. 华南理工大学学报:自然科学版,2010,38(2):137-141.

[3] 李兵,夏涛,宛晓春,等. 基于蚁群算法的茶叶抖筛机参数优化[J]. 农业工程学报,2009,25(3):84-87.

[4] 黄光球,朱华平,周静. 用鱼群算法求解石油运输系统多级站定位优化问题[J]. 系统工程理论与实践,2008,28(3):94-102.

[5] 付邦红,石云里. 斯涅耳定理在中国的流传[J]. 物理学史,2001(4):39-41.

[6] 李林. 应用光学[M]. 北京:北京理工大学出版社,2010:3-10.

[7] 赵凯华,钟锡华. 光学[M]. 北京:北京大学出版社,2008:11-20.

[8] 钟锡华,陈熙谋. 光学·近代物理[M]. 北京:北京大学出版社,2004:5-12.

An Economical Strategy of Pipeline Building

XIE Shu-ying

(Department of Machine and Electric,Yantai Automobile Engineering Vocational College,Yantai Shandong 265500,China)

Abstract: In this paper, based on theorem refraction of light, the cost of reservoir-pipeline is analogized by the optical path. When a ray of light travels between two points, the optical path length is the least. According to this theorem, a class of problems are solved which are represented by the least cost of building pipeline, and the working drawing is also president in this paper. This strategy can be extended to other similar problems in constructions.

Key words: Fermat's theorem;reservoir-pipeline building;optical path