



移动扫码阅读

陈毅.基于 MATLAB 的污水管道工程管径比选[J].能源环境保护,2021,35(1):34-38.

CHEN Yi.Comparison and selection of pipe diameter in sewage pipeline project based on MATLAB[J]. Energy Environmental Protection, 2021, 35(1):34-38.

基于 MATLAB 的污水管道工程管径比选

陈毅

(莆田市水质净化有限公司,福建莆田 351100)

摘要:为优化投资与运行效益,采用费用现值法和 MATLAB 软件进行数学运算,对新建泵站排水管道工程管径进行比选。结果表明:在泵站水量为 30 000、45 000、60 000 m³/d 等条件下运行 30 年, DN 800 管道都具有较好的经济性,可以有效应对由污水量不确定性导致的工程投资效益问题。

关键词:污水管道; MATLAB; 管径; 比选

中图分类号: X703

文献标识码: A

文章编号: 1006-8759(2021)01-0034-05

Comparison and selection of pipe diameter in sewage pipeline project based on MATLAB

CHEN Yi

(Putian Water Purification Co., Ltd., Putian 351100, China)

Abstract: In order to optimize the investment and operating benefits, the cost present value method and MATLAB software were used for mathematical calculations to compare and select the pipe diameters for a drainage pipeline project in a new pumping station. The results showed that if the pumping station operated for 30 years with water flow rates of 30 000, 45 000, and 60 000 m³/d, pipeline with nominal diameter of 800 mm was more economical and can effectively deal with the project investment benefit problem caused by the uncertainty of sewage flow rate.

Key Words: Sewage pipeline; MATLAB; Pipe diameter; Comparison and selection

0 引言

污水管道工程建设中,管道投资占排水工程总投资的绝大比重,约占 30%~70%^[1]。其中,影响管道投资的一个重要因素就是管道管径,故排水管道管径的比选是一个不可忽视的问题。采用较大管径,投资费用增大,水头损失较小,减小年运行费。相反,采用较小管径,减小管材费用,但年运行费增加^[2-4]。因此合理确定管道的管径,对保证管路系统正常排水和降低工程投资具有十分重要的意义^[5]。本文采用费用现值法结合 MATLAB 软件进行数学运算^[6-7],对新建泵站排水管道工程管径进行比选,确定投资与运行效益

最优的管道。

1 工程概况

新建污水压力输送管 3 935 m,用于将污水由泵站传输至污水厂。泵站现状土建规模 6 万 m³/d,设备安装规模 3 万 m³/d,设计最低水位-3.1 m。泵站出水现状 DN 800 钢管长度为 213 m。新建压力管道终点对接入污水处理厂长度 270 m 的 DN 800 管中,厂内控制水位 11.8 m。

2 管径比选方法

2.1 费用现值法

费用现值法与排水流量、管长、管径、管材、水

泵扬程、效率、泵站装机容量、计算年限和折现率等因数有关^[8]。费用现值法包含管道投资费用、管道维修费用和运行电费,计算公式如式(1)所示:其计算公式如下:

$$E = E_p + E_w + E_e \quad (1)$$

式中: E_p 为管材及安装费用现值之和,万元; E_w 为管道的维修费现值之和,万元; E_e 为年运行电费的现值之和,万元。

2.1.1 管材及安装费用现值

前期投资费用包含管材及安装费,通过公式(2)计算得出:

$$E_p = G \times L \times 0.8 \quad (2)$$

式中: G 为球墨铸铁管管材及安装费用,结合本地当时市场信息价、本工程地质情况及管道铺设况,元/m; L 为管道长度,m。

2.1.2 管道维修费现值

通常管道年维修费取管道综合投资的1%^[9],所以各年管道维修费相等,计算年限内管道年维修费现值之和计算公式见式(3):

$$E_p = \sum_{t=1}^n E_{cp} (1+i)^{-t} \quad (3)$$

式中: E_{cp} 为管道年维修费用,万元; n 为计算年限,本工程取30年; i 为折现率,一般取6%。

2.1.3 运行电费现值

运行年电费现值主要在排水运行过程中产生的电费^[10],计算式(4):

$$E_e = \frac{QHW}{\eta k} \times \frac{365 \times 24}{102 \times 86.4} \quad (4)$$

其中: $\eta=70\%$; $k=1$; W :电费0.5012元/度; Q :流量; H :水泵扬程。

管道沿程水头损失采用海曾-威廉公式(公式5)计算,局部水头损失系数按沿程水头损失的10%计算。

$$H = \frac{10.67Q^{1.852}L}{C^{1.852}D^{4.87}} \quad (5)$$

式中: C 钢管粗糙系数取120; C 球磨铸铁管粗糙系数取130; D 为管道直径,m; L 管道长度,m。 $H=H_0+H_1+H_2+H_3+H_4+H_{高}-H_{低}$, H_0 :安全超高取2m; H_1 :泵站内水头损失取2m; H_2 :现状DN800压力管道沿程水头损失+局部水头损失; H_3 :新建

压力管道沿程水头损失+局部水头损失; H_4 :进厂段压力管道沿程水头损失+局部水头损失; $H_{高}$:进污水厂管道高程; $H_{低}$:泵站设计最低水位。

2.2 方法分析

由运行年电费现值与海曾-威廉公式可知,输水流量相同时,如果流速取的小,管径相应增大,可是管段中的水头损失却应减小,因此水泵所需扬程降低,输水电费减少。相反,流速取的大些,管径减小,管道造价下降,因水头损失增大,输水电费增加,详见图1。污水管道作为社会基础公益设施,建设方案之间的经济比较,通常不考虑产出效益,仅考虑投资阶段如何实现最少投资。故采用以投资费用最少为原则的费用现值法可准确计算中得出最优管径^[11-12]。

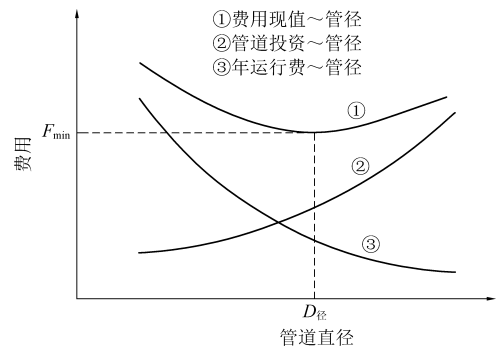


图1 经济管径确定图

Fig.1 Determination of economic pipe diameter

3 结果计算与分析

3.1 结果计算

由于泵站近期规模3万m³/d、远期规模4.5万m³/d、现状土建规模为6万m³/d,同时,考虑到泵站服务区内地块的开发建设时序及市政收集管线的逐步完善,污水规模增长主体呈现前期高后期逐步放缓的趋势,本次将各方案不同年限输送规模采用流量等比例增长方式以3.0万m³/d(方案a)、4.5万m³/d(方案b)、6万m³/d(方案c)及三种规模方案,并分别对DN600、DN700、DN800、DN900、DN1000五种管径进行比选。

生活污水流量依据生活污水量总变化系数(表1)通过内插法计算得出,结果见表2。

表1 生活污水量总变化系数表

Table 1 Total variation coefficient of domestic sewage

平均日流量/(L·S ⁻¹)	5	15	40	70	100	200	500	≥1 000
总变化系数	2.3	2.0	1.8	1.7	1.6	1.5	1.4	1.3

表 2 生活污水量

Table 2 Domestic sewage flow rate

	方案 a	方案 b	方案 c
泵站规模/(万 m ³ ·d ⁻¹)	3.0	4.5	6.0
生活污水量/(L·S ⁻¹)	503.78	727.98	945.21

本文采用 MATLAB 工程应用软件将管径进行比选过程中的各个公式,采用程序设计的方式用语言编写成,通过输入参数直接输出结果的简单化计算^[13-15],结果见表 3~表 7。

for i=1:3

for j=1:5

if q(2,i)=1

LJLL10(j,i)=QQ(2,i)*5;

else

LJLL10(j,i)=QQ(2,i)*q(2,i)*(1-power

(q(2,i),5))/(1-q(2,i));

end

Ce2(j,i)=LJLL10(j,i)*Hj(j,i)*365*24/

(102*86.4)*0.5012/0.7;

for n=6:10

a(n)=TZ(j,i)*0.01/power((1+0.06),n);

end

WXYF10(j,i)=sum(a);

ZFY10(j,i)=Ce2(j,i)+ZFY5(j,i)+WXYF10

(j,i);

表 5 方案 a 管道沿程水头损失

Table 5 Head loss along pipeline of Scheme a

编号	H ₀ /m	H ₁ /m	管径/mm	H ₂ /m	管径/mm	H ₃ /m	管径/mm	H ₄ /m	H _高 /m	H _低 /m	H/m
1	2.00	2.00	800	0.29	600	18.99	800	0.37	11.80	-3.10	38.55
2	2.00	2.00	800	0.29	700	8.96	800	0.37	11.80	-3.10	28.59
3	2.00	2.00	800	0.29	800	4.68	800	0.37	11.80	-3.10	24.24
4	2.00	2.00	800	0.29	900	2.64	800	0.37	11.80	-3.10	22.20
5	2.00	2.00	800	0.29	1 000	1.58	800	0.37	11.80	-3.10	21.14

表 6 方案 b 管道沿程水头损失

Table 6 Head loss along pipeline of Scheme b

编号	H ₀ /m	H ₁ /m	管径/mm	H ₂ /m	管径/mm	H ₃ /m	管径/mm	H ₄ /m	H _高 /m	H _低 /m	H/m
1	2.00	2.00	800	0.58	600	37.45	800	0.73	11.80	-3.10	57.66
2	2.00	2.00	800	0.58	700	17.68	800	0.73	11.80	-3.10	37.89
3	2.00	2.00	800	0.58	800	9.23	800	0.73	11.80	-3.10	29.44
4	2.00	2.00	800	0.58	900	5.20	800	0.73	11.80	-3.10	25.41
5	2.00	2.00	800	0.58	1 000	3.11	800	0.73	11.80	-3.10	23.33

表 7 方案 c 管道沿程水头损失

Table 7 Head loss along pipeline of Scheme c

编号	H ₀ /m	H ₁ /m	管径/mm	H ₂ /m	管径/mm	H ₃ /m	管径/mm	H ₄ /m	H _高 /m	H _低 /m	H/m
1	2.00	2.00	800	0.94	600	60.98	800	1.19	11.80	-3.10	81.93
2	2.00	2.00	800	0.94	700	28.74	800	1.19	11.80	-3.10	49.78
3	2.00	2.00	800	0.94	800	15.00	800	1.19	11.80	-3.10	36.04
4	2.00	2.00	800	0.94	900	8.45	800	1.19	11.80	-3.10	29.49
5	2.00	2.00	800	0.94	1 000	5.06	800	1.19	11.80	-3.10	26.10

end

end

ZFY10=roundn(ZFY10,-3)

表 3 管材及安装费用现值表

Table 3 Present value table of pipe material and installation cost

管径/mm	综合单价/(元·m ⁻¹)	投资费用/万元
600	3 148	1 548
700	3 788	1 863
800	4 501	2 214
900	5 293	2 603
1 000	6 192	3 046

表 4 规划期管道维修费用现值

Table 4 Present value of pipeline maintenance cost in planning period

管径/mm	费用/万元			
	5 年	10 年	20 年	30 年
600	65.23	177.04	287.80	384.87
700	78.49	186.94	300.74	392.10
800	93.26	197.98	315.15	400.15
900	109.67	210.25	331.16	409.09
1 000	128.30	224.17	349.34	419.23

通过将 DN 600、DN 700、DN 800、DN 900、DN 1 000 管线在不同规模方案下的各年限费用现值

绘制成关系曲线, 详见图 2~图 4, 确定最佳经济效益的管道建设管径。

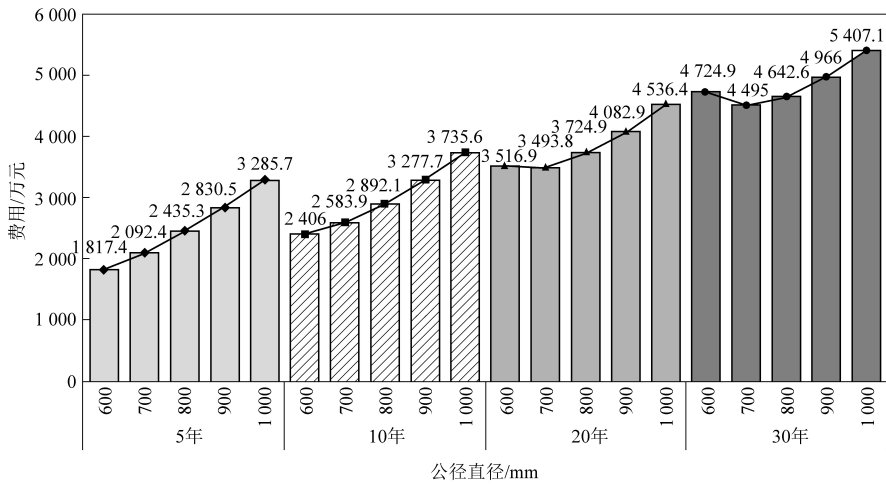


图 2 方案 a 规划年限费用

Fig.2 Planning period cost of Scheme a

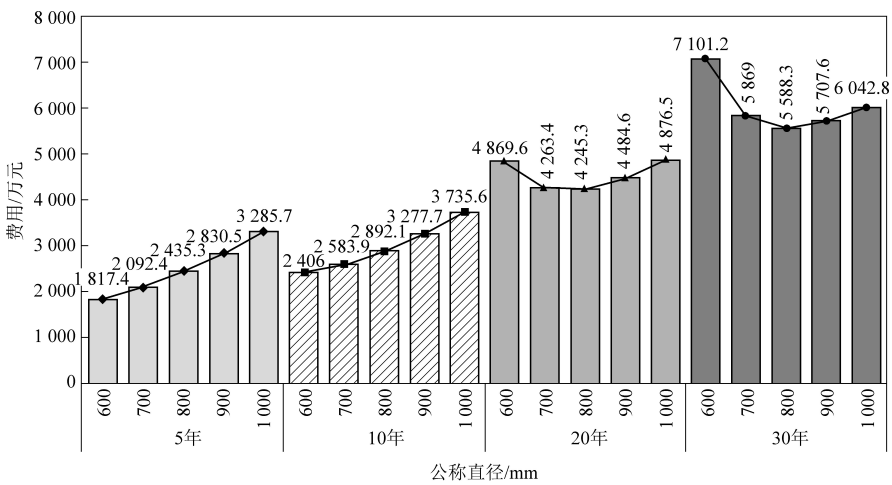


图 3 方案 b 规划年限费用

Fig.3 Planning period cost of Scheme b

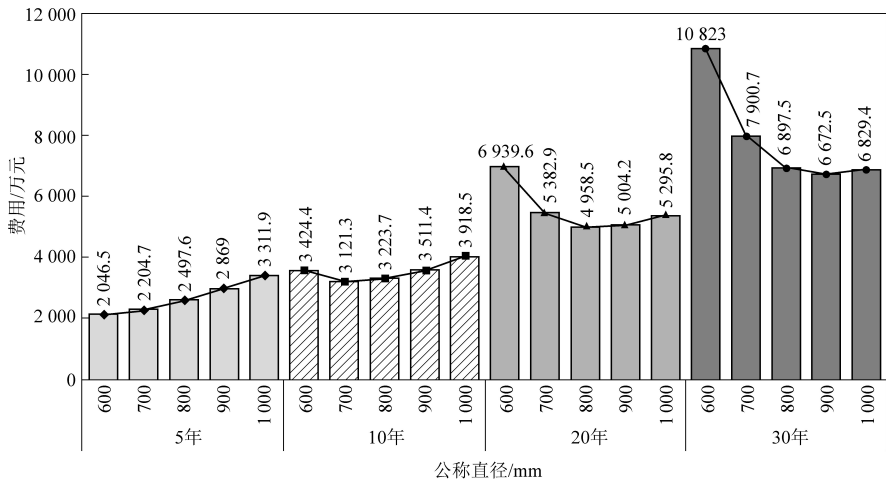


图 4 方案 c 规划年限费用

Fig.4 Planning period cost of Scheme c

3.2 结果分析

(1) 当泵站规模为 3.0 万 m^3/d 时(即方案 a), 当泵站运行年限小于 10 年时, DN 600 投资最省; 当泵站运行年限大于 10 年时, DN 700 投资最省, 但与 DN 800 相差不到 150 万元。

(2) 当泵站规模为 4.5 万 m^3/d 时(即方案 b), 泵站运行年限达 10 年时, DN 700 投资最省, 但与 DN 800 相差不到 200 万元; 泵站运行年限大于 10 年时, DN 800 投资最省。

(3) 当泵站规模为 6.0 万 m^3/d 时(即方案 c), 泵站运行年限达 10 年时, DN 700 投资最省, 但与 DN 800 相差不到 110 万元; 泵站运行年限达 20 年时, DN 800 投资最省; 当泵站运行年限达 30 年时, DN 900 投资最省, 但与 DN 800 相差不到 230 万元。

依据分析工程投资和动力费数据可知, DN 800 管道在泵站水量为 3.0、4.5、6.0 万 m^3/d 等条件下运行 30 年时, 都具有较好的经济性, 可以有效应对因污水水量的不确定性导致工程投资效益低的问题。

4 结论

采用费用现值法进行新建排水管道管径的比选。在计算过程中考虑到项目周边规划年限期间污水量的变化趋势、水泵工作扬程及效率、运行期间管道维护等因素, 并分别计算不同管径下各规划期间管道运行费用、维修费用及投资费用, 使得比选出的 DN 800 管径更符合工程应用实际。

通过 MATLAB 进行管道比选过程中水泵扬程、维修费、运行费等多项复杂公式计算, 实现过程快速准确, 大幅提高了人员工作效率。同时, 可依据需求增加数据但不会大规模增加计算量, 具

有很强的延展性与实际应用价值。

参考文献

- [1] 桑亮. 输水管道管材及管径选择浅析 [J]. 陕西水利, 2019 (9): 190-192.
- [2] 蒋玖璐. 长距离输水管道经济管径的确定 [J]. 中国给水排水, 2010, 26 (12): 77-79.
- [3] 康惠珊. 天然气管道经济压比的选择分析 [J]. 辽宁化工, 2020, 49 (5): 542-545.
- [4] 张军. 新疆 LLK 供水工程长距离输水管道管径、管材的选择 [J]. 广西水利水电, 2018 (6): 54-56.
- [5] 杜晓云. 长距离引水管线工程经济管径研究 [J]. 山西水利, 2014 (4): 28-29.
- [6] 徐磊. 新建输水管道工程管径的选择探讨 [J]. 给水排水, 2018, 54 (8): 123-125.
- [7] 郭天翔. 基于 MATLAB 的卫生间给水系统管径计算方法研究 [J]. 城镇供水, 2013 (2): 66-68.
- [8] 肖璐, 赵廷红, 张春, 等. 用年费用最小法计算管路经济管径 [J]. 水电能源科学, 2011, 29 (8): 118-120.
- [9] 水利部水利水电规划设计总院. 水利建设项目经济评价规范: SL72-2013 [S]. 北京: 中国水利水电出版社, 2005: 66-67.
- [10] 鲍文, 叶永. 长距离输水管道管材和管径选择探讨 [J]. 工程建设与设计, 2018 (5): 64-65.
- [11] 付奎. 长距离输气管道工艺设计优化方法研究 [D]. 成都: 西南石油大学, 2017: 34-37.
- [12] 常金梅, 朱满林, 李小周, 等. 长距离泵输水工程管道直径选择探讨 [J]. 水资源与水工程学报, 2017 (2): 152-155.
- [13] 陈云. 基于 MATLAB 的长输成品油管线水力模型构建 [J]. 化工管理, 2020 (3): 217.
- [14] 王书文, 乐永生. MATLAB 在确定管道造价公式经济参数中的应用 [J]. 山西建筑, 2010, 36 (29): 250-251.
- [15] 黄乾, 吕宁江, 于晓蕾. MATLAB 在泵站管道优化设计中的应用 [J]. 山东水利, 2013 (10): 3-4.