

关于给水管道技术经济计算模型中参数的讨论

上海市政工程设计研究院 金晓云
同济大学环境科学与工程学院 俞国平

摘要 管道造价和管材特性是给水管道技术经济计算中的重要参数,不同的管材有不同的参数,它们通过经济因素—— f ,影响经济管径和经济流速。通过对两类参数的计算分析,得出不同管材在经济管径下的经济流速,从而提出管材选用的倾向性意见。

关键词: 技术经济 经济因素 管道造价 管材特性 界限流量 经济流速

管网的技术经济计算模型是在满足用户所需水量、水压的前提下,以管网建造与管理费用之和为最小值的目标函数表达式。管道造价和管材特性是给水管道技术经济计算中的重要参数,不同的管材有不同的参数,它们通过经济因素—— f ,影响经济管径和经济流速。本文以压力输水管为设计对象,探讨经济计算模型中参数的选用对相同经济管径下经济流速的影响。

1 管网计算模型中的经济因素

为了更正确地评价管网工程的经济效果,强调资金的时间价值,我们引进工程经济学中等额分付资金回收的概念,取代静态模型中的投资偿还期,对管网技术经济计算进行动态分析。动态模型表达式如下:

$$W=[P/100+(A/P, i, n_0)] \sum (a+bD_j^\alpha) l_j + 0.86\gamma EQH/\eta$$

式中 W ——管网年折算费用;

P ——年折旧和大修费,以管网造价的%计;

$A/P, i, n_0$ ——等额分付资金回收系数;

i ——基准贴现率;

n_0 ——项目计算期,年;

l_j ——不同管径管段长度, m;

D ——管径, m;

a, b, α ——单位长度管线造价公式中的系数;

E ——电费,分/(kW·h);

Q ——输水管网总流量, L/s;

H ——水泵扬程, m;

η ——泵站效率;

γ ——供水能量变化系数

为求出管网年折算费用为最小值的经济管径,对上式求导,令 $\partial W/\partial D=0$,并假定输水管沿线无流量分出,则经济管径^[1]:

$$D^*=(fQ^{n+1})^{1/\alpha+m}$$

式中 m, n ——水头损失公式中的指数;

f ——经济因素;

$$f=86\gamma Ekm/[(P+100(A/P, i, n_0)] \alpha b \eta$$

k ——水头损失计算系数。

由经济因素的表达式可看出,它是反应当地各项经济技术指标的综合参数,下面就对式中有管管道造价和管道特性的参数进行讨论。

2 经济因素中的参数

2.1 管道造价

目前国内外常用的输配水管道主要有钢管(SP)、球墨铸铁管(DIP)、玻璃钢管(RPMP)、预应力混凝土管(PCP)、钢筒水泥管(PCCP)等。

单位长度管道造价公式表示为:

$$c=a+bD^\alpha$$

式中 b, a 为管道造价参数,可根据管道造价资料,用最小二乘法求解^[2]。

以华东地区相关工程测算的管道价格为例,求得

$$SP——c=160+3117D^{1.549} \quad \alpha b=4828, \alpha=1.549$$

$$RPMP——c=180+2772D^{1.660} \quad \alpha b=4601, \\ \alpha=1.660$$

$$PCP——c=30+2028D^{1.437} \quad \alpha b=2914, \alpha=1.437$$

$$DIP——c=80+3205D^{1.394} \quad \alpha b=4468, \alpha=1.394$$

$$\text{PCCP}—c=480+2467D^{1.466} \quad \alpha b=3617, \alpha=1.466$$

一般情况下各种管材造价的高低顺序如下:

DIP, SP, PCCP, RPMP, PCP。

2.2 管材特性——粗糙系数

在经济因素表达式中,水头损失计算系数 k 是管道粗糙系数 n 的函数,它们的函数关系推导如下:

简单长管有压恒定流中,管径和水头损失的关系式可表达为:

$$h=klq^n/D^n=Aq^n$$

A ——比阻,根据均匀流流速公式, $A=64/\pi^2 C^2 D^5$

根据曼宁公式: $C=R^{1/6}/n$, $R=D/4$;代入上式,得出:

$$k=1.0304 \times 10^{-5} n^2$$

经计算:SP, DIP: $n=0.013$, $k=1.74 \times 10^{-9}$;

RPMP: $n=0.010$, $k=1.030 \times 10^{-9}$;

PCP, PCCP: $n=0.014$, $k=2.020 \times 10^{-9}$

表1 不同管材经济管径下经济流速计算比较

管径 (mm)	SP		RPMP		PCP		DIP		PCCP	
	界限流量 (L/s)	经济流速 v(m/s)								
100	<13	1.69	15	1.84	11	1.46	14	1.82	12	1.54
200	52	1.65	58	1.83	44	1.40	54	1.72	46	1.48
300	118	1.67	133	1.88	98	1.39	121	1.71	105	1.48
400	214	1.70	243	1.94	177	1.41	217	1.73	189	1.50
500	342	1.74	393	2.00	282	1.44	344	1.75	301	1.53
600	505	1.79	583	2.06	413	1.46	504	1.78	442	1.56
700	7.4	1.83	817	2.12	573	1.49	697	1.81	614	1.60
800	941	1.87	1096	2.18	761	1.52	925	1.84	817	1.63
900	1216	1.91	1423	2.24	980	1.54	1188	1.87	1053	1.66
1000	1532	1.95	1799	2.29	1230	1.57	1489	1.90	1322	1.68

3 不同管材经济流速计算比较

根据我国城镇供水企业的实际情况,采用如下参数考察不同管道造价和管材特性对经济流速的影响: $P=2.2\%$, $n_0=20a$, $\gamma=0.4$, $E=50$ 分/(kW·h), $\eta=0.7$, $m=5.33$, $n=2$, $i=8\%$, k 和 αb 根据不同管材选用。

经计算:SP: $f=3.815 \times 10^{-10}$; RPMP: $f=2.368 \times 10^{-10}$;
PCP: $f=7.333 \times 10^{-10}$; DIP: $f=4.122 \times 10^{-10}$; PCCP:
 $f=5.908 \times 10^{-10}$

表1中界限流量值为对应经济管径的上限流量,同时又是大一挡管径的下限流量。界限流量由下述公式求得:

$$q_i=(m/\alpha)^{1/3} [(d_{i+1}^\alpha - d_i^\alpha)/(d_i^{-m} - d_{i+1}^{-m})]^{1/3}$$

由经济流速的计算可发现,同样的经济管径下,经济流速的大小顺序为:RPMP, DIP, SP, PCCP, PCP, 也就是说,在相同管径下的过流能力大小顺序也一样。其中DIP和SP的指标较接近,这是因为两种管材的管道造价和管材特性是相差不多的。RPMP的经济流速最高,它的管道造价在上述五种管材中是较低的,仅高于PCP,而管道粗糙

系数最小。经济流速的大小反映了不同管材的两种重要参数:管道造价和粗糙系数的综合影响。

4 结语

本文讨论了经济管径计算中的两种重要参数——管道造价和粗糙系数。反映在管网年折算费用中的就是管网建造费用和供水所需的动力费用。在管材选择时尽量选用低造价、低粗糙系数的管材,在相同年运行费用的情况下,管径较小,节约建造费用;在相同建造费用的情况下,管径较大,节约年运行费用。

给水管网的技术经济优化是一个综合课题,本文仅从经济因素的角度加以分析,实际工程中还需要结合当地的地质地貌、施工条件、原有管网状况统一考虑,选择最符合当地实际情况的管材。

参考文献

- [1] 严煦世,范瑾初. 给水工程(3). 北京:中国建筑工业出版社, 1996.
- [2] 梁鲁沂,俞国平,徐衍忠. 给水管道单位成本计算公式的推导. 工业用水与废水, 2003, 34(5).

(收稿日期:2004-06-18)