

给水管网价值工程评价的功能指数计算

李翠梅 刘遂庆

摘要: 运用价值工程方法对给水管网设计与运行进行评价, 可以从工程经济的角度直观地表达给水管网设计与运行的技术经济效益、给水管网功能与全寿命周期成本的匹配程度。给水管网各管段的功能量化和功能指数计算是该评价方法的核心。本文介绍给水管网价值工程评价方法中功能量化方法和功能指数计算, 探讨科学合理的给水管网设计与运行的价值工程评价体系和应用方法。

关键词: 给水管网 价值工程 功能量化 功能指数 功能评价

1 概述

给水管网系统是供水企业实现供水服务的重要组成部分, 其功能服务水平是决定城市供水行业整体水平的重要因素之一, 只有全面地了解现有给水管网的实际功能服务水平, 才能正确地制定给水管网的设计和运行优化方案。

价值工程是指通过有组织的活动对产品或服务进行功能分析, 实现以最低的全寿命周期成本, 达到产品或服务的必要功能的目标, 提高产品或服务的价值。这里的价值指的是产品或服务的功能与成本的比值。我国自上世纪 80 年代引入价值工程以来, 许多企业应用价值工程在产品研发上取得了很好的经济效益, 对产品功能分析和功能量化也进行了一定研究, 在市政工程领域中应用价值工程方法的研究尚处于起步阶段。本研究是在给水管网功能分析的基础上, 探讨给水管网各项功能进行量化和功能指数计算及其应用方法。

2 给水管网功能量化方法和功能指数计算

2.1 给水管网功能系统图的建立

功能系统图是按照一定原则和方式将定义的功能连接起来, 从单个到局部, 再从局部到整体而形成的一个完整的功能。在给水管网中, 以各个管段为研究对象, 展开功能系统分析, 建立其功能系统图, 如图 1 所示。

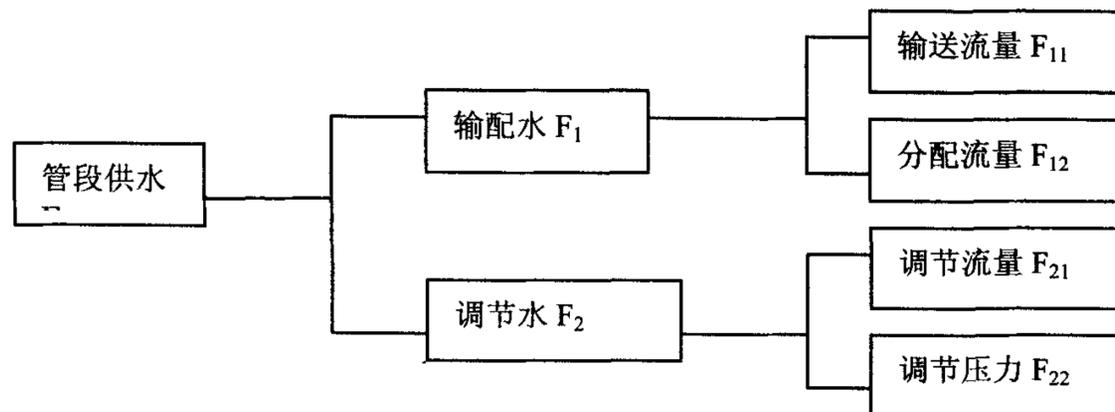


图1 给水管网功能系统图

管道功能量化与管道内的流量类型及其数量关系密切相关。管段流量由沿线流量和转输流量组成，各个管道中沿线流量与转输流量所占的比例不同，管道的各功能量化值是随着比例而变化的。

2.2 给水管网功能量化方法

在给水管网功能系统图的基础上，依据各个功能之间的逻辑关系，以给水管网整体功能 F 为管段功能指数计算的出发点，从左向右逐级测算、分析，确定各级功能的数量指标。给水管网各管段功能量化是各管段功能指数计算的前提，也是直接影响评价结果准确性的关键因素，并为价值工程后续活动提供定性定量评价分析的依据。

例如：对某根 DN500 的给水管段，该管段中转输流量占总流量的 $2/3$ ，沿线流量占总流量的 $1/3$ ；另一根 DN500 的给水管段中转输流量占总流量的 $1/3$ ，沿线流量占总流量的 $2/3$ 。这两根管段的子功能 F_{11} 和 F_{12} 是应该不同的，虽然管径相同，或者总流量也相同。即，管道子功能应是管段实际水力参数的函数，管道子功能的函数值应分别是管道中转输流量、沿线流量及其相互关系的函数。一般情况下，管段中的流量关系如（1）式所示。

$$Q_i = q_y + q_z \quad (1)$$

式中， Q_i ——管段流量； q_y ——沿线流量； q_z ——转输流量；

管网各管段功能由四个子功能（ F_{11} 、 F_{12} 、 F_{21} 、 F_{22} ）组成，各管段功能量化就是对四个子功能的定量计算。现对四个子功能的量化方法，讨论如下：

(1)子功能 F_{11} 函数形式

①一般情况下， $q_z \geq 0$ ， $q_y \geq 0$ ， $Q_i \geq q_y + q_z$

转输流量 q_z 越大, 该管段转输能力越强, F_{11} 函数值应越大, 并且是与 q_z 成正比的函数关系。可以用下式来表示:

$$F_{11} = k \cdot f\left(\frac{q_{zi}}{Q_i}\right) \quad (2)$$

式中, k 为常数, 表示当管段流量等于转输流量时, 管段只转输而不沿线配水, 相当于输水管时, 管段具有最大值, 根据价值工程中相关理论^[3]取 $k=10$, $\frac{q_{zi}}{Q_i}$ 表示管段中转输流量占总流量的比重, 比重越大, 转输能力越强。

② $q_z < 0$ 时, 表明该管段流量小于沿线流量, 需要从其它管段转输流量进行流量补充。这种情况下, 该管段只具备部分沿线配水能力而不具有转输能力, 所以 $F_{11}=0$ 。

(2) 子功能 F_{12} 函数形式

沿线流量 q_y 越小, 表明管段沿线分配流量越易得到满足, 即子功能 F_{12} 的函数值应越大, F_{12} 是一个与 $\frac{q_{yi}}{Q_i}$ 成反比的函数关系。当 $\frac{Q_i}{q_{yi}} \geq 1$, 管段流量即可满足沿线分配流量的要求, F_{12} 的功能基本实现, $F_{12}=k=10$;

当 $\frac{Q_i}{q_{yi}} < 1$ 时, 表明管段只能满足部分沿线配水的功能, F_{12} 函数形式见下式。

$$F_{12i} = k \times f\left(\frac{Q_i}{q_{yi}}\right) \quad (3)$$

式中, $k=10$ ^[3]。

(3) 子功能 F_{21} 函数形式

管段流量由两部分组成, 转输流量和沿线流量, 管段流量一定的情况下, 沿线流量所占比重越小, 转输流量所占比重就越大, 该管段对沿线流量的调节能力越大, F_{21} 的函数是一个与管段中转输流量与沿线流量关系的函数,

$$F_{21i} = k \times f\left(\frac{q_{zi}}{q_{yi}}\right) \quad (4)$$

式中, $k=10$, 表示 $\frac{q_{zi}}{q_{yi}} \geq 1$ 时, F_{21} 取得的最大值; 上式适用于 $\frac{q_{zi}}{q_{yi}} < 1$ 的情况。

(4) 子功能 F_{22} 函数形式

子功能 F_{22} 表示的是节点调节压力的功能, 必然与节点压力相关, 是一定范围内节点压力可调值的函数。节点压力变化范围应在节点最大压力与最小压力之间, 当节点压力大于最大压力时, 会增加管网系统运行的危害和能源的浪费; 当节点压力小于最小压力时, 部分用户的水压得不到保证。节点调节压力的功能应重视, 其函数形式如下:

$$F_{22i} = k \times f\left(\frac{\text{节点计算压力} - \text{节点测量压力均值}}{\text{节点最大压力} - \text{节点最小压力}}\right) \quad (5)$$

式中, $k=10$, 表示节点调节压力最大时, F_{22} 的取值。

2.3 给水管网功能指数的计算

在给水管网各管段功能量化的基础上, 就可以进行各管段功能指数的计算。各管段功能指数按下式计算:

$$\text{第}i\text{个管段的功能指数}F_i = \frac{\text{第}i\text{个管段}\sum F_{ii}\text{量化值} \times F_{ii}\text{权重}}{\sum \text{各管段加权得分}} \quad (6)$$

式中, 分子表示的是各管段的加权得分, 即各个管段各功能量化值与各功能权重乘积的代数和; 分母表示各管段加权得分的代数和; 各管段加权得分与总分的比值, 就是各管段的功能指数。给水管网各功能的权重是采用 0-4 法^[3] 计算得出。

根据以上各式(2-6), 以某城市一个城区给水管网资料为基础(如图 2 所示), 可以计算出组成该管网各管段的功能指数, 见表 1。

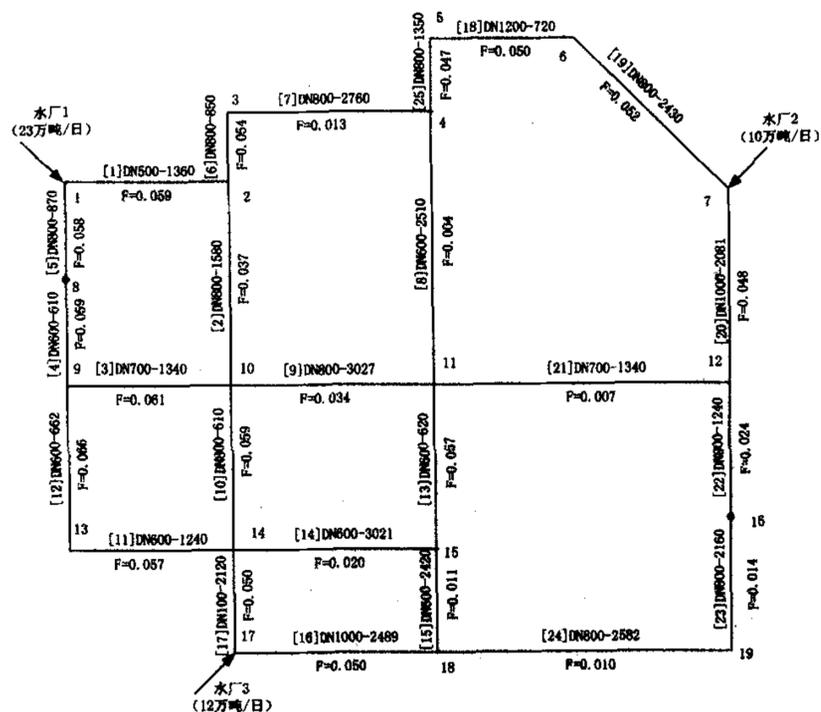


图 2 某城市给水管网简图

表 1 各管段子功能函数值及功能指数计算表

| 管段 | F ₁₁ | F ₁₂ | F ₂₁ | F ₂₂ | 功能权重 | | | | 加 权 得 分 | 各 管 段 功 能 指 数 |
|----|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|------------|------------------------|
| | | | | | F ₁₁ | F ₁₂ | F ₂₁ | F ₂₂ | | |
| | | | | | 0.417 | 0.292 | 0.208 | 0.083 | | |
| 1 | 8.71 | 10 | 10 | 9.28 | 3.63 | 2.92 | 2.08 | 0.77 | 9.4 | 0.059 |
| 2 | 3.06 | 10 | 4.42 | 9.28 | 1.28 | 2.92 | 0.92 | 0.77 | 5.89 | 0.037 |
| 3 | 9.33 | 10 | 10 | 9.28 | 3.89 | 2.92 | 2.08 | 0.77 | 9.66 | 0.061 |
| 4 | 9.28 | 10 | 10 | 6.34 | 3.87 | 2.92 | 2.08 | 0.53 | 9.4 | 0.059 |
| 5 | 8.98 | 10 | 10 | 6.25 | 3.74 | 2.92 | 2.08 | 0.52 | 9.26 | 0.058 |
| 6 | 7.26 | 10 | 10 | 5.43 | 3.03 | 2.92 | 2.08 | 0.45 | 8.48 | 0.054 |
| 7 | 0 | 5.48 | 0 | 5.43 | 0 | 1.60 | 0 | 0.45 | 2.05 | 0.013 |
| 8 | 0 | 0.66 | 0 | 5.43 | 0 | 0.19 | 0 | 0.45 | 0.64 | 0.004 |
| 9 | 2.82 | 10 | 3.92 | 5.13 | 1.18 | 2.92 | 0.82 | 0.43 | 5.35 | 0.034 |
| 10 | 9.79 | 10 | 10 | 3.82 | 4.08 | 2.92 | 2.08 | 0.32 | 9.40 | 0.059 |
| 11 | 8.56 | 10 | 10 | 5.13 | 3.57 | 2.92 | 2.08 | 0.43 | 9.00 | 0.057 |
| 12 | 4.82 | 10 | 9.31 | 3.34 | 2.01 | 2.92 | 1.94 | 0.28 | 10.49 | 0.066 |
| 13 | 8.54 | 10 | 10 | 5.13 | 3.56 | 2.92 | 2.08 | 0.43 | 8.99 | 0.057 |
| 14 | 0 | 8.58 | 0 | 7.27 | 0 | 2.51 | 00 | 0.60 | 3.11 | 0.020 |
| 15 | 0 | 5.51 | 0 | 1.62 | 0 | 1.61 | 0 | 0.13 | 1.74 | 0.011 |
| 16 | 6.67 | 10 | 10 | 1.62 | 2.78 | 2.92 | 2.08 | 0.13 | 7.91 | 0.050 |
| 17 | 6.72 | 10 | 10 | 1.62 | 2.80 | 2.92 | 2.08 | 0.13 | 7.93 | 0.050 |
| 18 | 6.62 | 10 | 10 | 1.10 | 2.76 | 2.92 | 2.08 | 0.09 | 7.85 | 0.050 |
| 19 | 7.47 | 10 | 10 | 1.10 | 3.11 | 2.92 | 2.08 | 0.09 | 8.20 | 0.052 |
| 20 | 5.66 | 10 | 10 | 2.51 | 2.36 | 2.92 | 2.08 | 0.21 | 7.57 | 0.048 |
| 21 | 0 | 2.53 | 0 | 5.13 | 0 | 0.74 | 0 | 0.43 | 1.17 | 0.007 |
| 22 | 0.33 | 10 | 0.34 | 7.27 | 0.14 | 2.92 | 0.07 | 0.60 | 3.73 | 0.024 |
| 23 | 0 | 5.56 | 0 | 7.27 | 0 | 1.62 | 0 | 0.60 | 2.22 | 0.014 |
| 24 | 0 | 4.86 | 0 | 1.62 | 0 | 1.42 | 0 | 0.13 | 1.55 | 0.010 |
| 25 | 4.89 | 10 | 9.57 | 5.43 | 2.04 | 2.92 | 1.99 | 0.45 | 7.40 | 0.047 |

3 结论

目前我国在管网设计与运行评价体系主要还是从水力评价的角度进行的, 尚未直接将工程经济与工程效益体现在评价体系中。运用价值工程方法可以直接从管网功能与全寿命周期成本的角度反映给水管网设计与运行的状况, 更加直接和明确。

运用以上功能量化方法对给水管网功能进行量化, 可为给水管网设计与运行评价的价值工程方法奠定很好的基础。实践表明, 运用该功能量化方法对某城市给水管网现状进行评价, 能够更加直观地从经济的角度, 为给水管网的优化设计及优化改扩建提供参考依据。

参考文献

- 1 严煦世 刘遂庆 给水排水管网系统[M], 北京, 中国建筑工业出版社, 2002
- 2 刘伊生 工程造价管理基础理论与相关法规[M], 北京, 中国计划出版社, 2003
- 3 L. D. Miles (美) 价值工程教程[M], 长沙, 湖南大学出版社, 1987
- 4 李翠梅等 给水管网设计和运行评价的价值工程方法 城镇二次供水技术和管理论文集 2003.12