

微灌管道局部水头损失扩大系数的修正

易 平, 骆秀萍

(新疆兵团勘测设计院(集团)有限责任公司, 新疆 乌鲁木齐 830002)

摘 要: 根据微灌水力学原理, 修正了微灌管道局部水头损失扩大系数, 并对影响局部水头损失扩大系数的因素进行了敏感性分析。结果表明: 当微灌管道出水口较少及进口端长度不等于出水口间距时, 采用修正后的微灌管道局部水头损失扩大系数可以提高管道总水头损失的计算精度。

关键词: 微灌; 管道; 局部水头损失; 扩大系数

中图分类号: S275.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1008 - 0112(2017)11 - 0025 - 03

水资源短缺问题日益严重, 微灌是一种先进的节水灌溉方式, 实现高效节水现代农业将成为我国农业灌溉用水的基本战略和发展方向^[1-6]。准确计算微灌支管和毛管总水头损失是微灌系统水力设计的前提和基础^[7-11], 国内外学者也对此进行了大量研究。微灌管道总水头损失由沿程水头损失和局部水头损失组成, 降低管网水头损失是提升灌溉效率的主要途径^[12], 目前, 管道局部水头损失扩大系数对管道水头损失影响方面的研究较少, 为此, 笔者针对微灌管道局部水头损失扩大系数, 进行了理论分析和试验研究, 为降低管网水头损失提供重要的技术参数, 指导实际工程应用。

目前, 我国行业规范^[13]中推荐管道局部阻力可按管道沿程水头损失的一定比例进行估算。管道的总水头损失计算式为:

$$h_{JT} = f \frac{Q_0^m}{D^b} L F_c F_s \quad (1)$$

式中 Q_0 为管道进口总流量, $Q_0 = N \cdot q_d$, L/h; N 为管道出水口个数, $N = L/s_e + 1$; s_e 为管道出水口间距, m; q_d 为管道出水口平均流量, L/h; D 为管道内径, mm; f 为摩擦系数; b 为管径指数。设计参数 m , f 和 b 取值可查阅《微灌工程设计规范》(GB/T 50485—2009); F_c 为克里斯琴森多口系数。

在灌溉管道系统中遇到等距等流量多出口管道, 即每隔一定相等的间隔就有相同的流量分出, 这样各分流点后的流量就会发生变化。在计算时沿程水头损

失原应分段计算, 但是过于繁复, 有时为了简化计算, 常先假定管内流量沿程不变一直流到末端, 按进口处最大流量计算水头损失(即不考虑分流)然后乘上 1 个小于 1 的多口系数 F_c 行校正。根据上述 F 的含义写成式(2):

$$F_c = \frac{h_{j'}}{h_{j_e}} \quad (2)$$

式中 $h_{j'}$ 为假定管内流量沿程不变, 而且都等于多口出流管的首端流量时之沿程水头损失, m; h_{j_e} 为多口出流管道实际的沿程水头损失, m。

多口系数可用式(3)计算:

$$F_c = \frac{N \left(\frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right) - 1 + X}{N - 1 + X} \quad (3)$$

式中 N 为出流孔口数; X 为多孔管首孔位置系数, 即多孔管入口至第 1 个出流孔口的距离与各出流孔口间距之比。

$$X = \frac{S_0}{S_e} \quad (4)$$

式中 s_0 为多孔管入口至第 1 个出流孔口的距离, m; S_e 为各出流孔口间距, m。

则式(3)变为:

$$F_c = \frac{N \left(\frac{1}{m+1} + \frac{1}{2N} + \frac{\sqrt{m-1}}{6N^2} \right) - 1 + \frac{s_0}{s_e}}{N - 1 + \frac{s_0}{s_e}} \quad (5)$$

F_s 为管道局部水头损失扩大系数。

收稿日期: 2017 - 08 - 22; 修回日期: 2017 - 09 - 14

作者简介: 易平(1985), 男, 工程师, 主要从事水利工程设计研究工作。

通讯作者: 骆秀萍(1986), 女, 工程师, 主要从事水利工程设计研究工作。

$$F_s = 1 + r_s \quad (6)$$

式中 r_s 为管道局部水头损失与沿程水头损失的比例。根据《微灌工程设计规范》(GB/T 50485—2009), 对于微灌支管, $r_s = 0.05 \sim 0.10$; 对于微灌毛管, $r_s = 0.10 \sim 0.20$ 。

从式(2)可知: 克里斯琴森多口系数 F_c 考虑了管道第 1 个出水口距离进口端长度 s_0 的影响。本文目的是探究 s_0 对管道局部水头损失扩大系数 F_s 的影响, 从而修正式(6), 为微灌管道的水头损失计算提供参考。为了方便表述, 以微灌毛管为例, 进行理论构建与分析。

1 局部水头损失扩大系数修正

图 1 为 1 条平坡铺设的微灌毛管灌水器工作压力及水头损失分布示意。

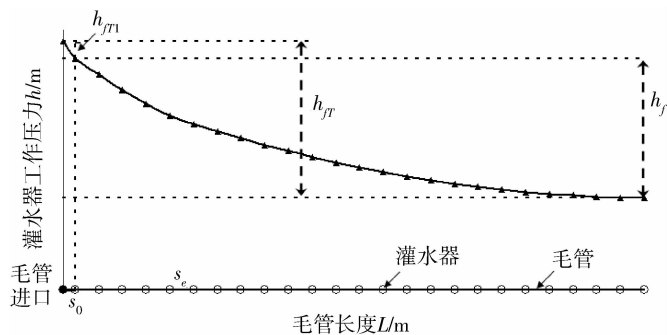


图 1 平坡微灌毛管灌水器工作压力及水头损失分布示意

图 1 中, h_{JT1} 为毛管进口段的总水头损失, m; h_{JT2} 为除去进口段剩余毛管的总水头损失, m。根据微灌水力学, h_{JT1} 和 h_{JT2} 可分别表示为:

$$h_{JT1} = f \frac{Q_0^m}{D^5} (s_0 + s_e r_s) \quad (7)$$

$$h_{JT2} = f \frac{Q_0^m}{D^5} (F_c L - s_0) (1 + r_s) \quad (8)$$

根据图 1, 微灌毛管的总水头损失为 h_{JT} 可表达为 h_{JT1} 和 h_{JT2} 之和:

$$h_{JT} = h_{JT1} + h_{JT2} \quad (9)$$

将式(1)(7)(8)代入式(9), 并整理, 得到局部水头损失扩大系数的修正式:

$$F_s' = 1 + \left(1 + \frac{1 - s_0/s_e}{F_c(N - 1 + s_0/s_e)} \right) r_s \quad (10)$$

从式(10)可知: 修正后的局部水头损失扩大系数 F_s' 受毛管进口端长度与灌水器间距的比值 s_0/s_e , 管道局部水头损失与沿程水头损失的比 r_s 及毛管灌水器个数 N 等多因素共同影响。需要指出的是, 式(10)同样适用于微灌支管的局部水头损失计算。

2 局部水头损失扩大系数 F_s' 影响因素分析

为了分析各因素对局部水头损失扩大系数的影响, 选取田间微灌毛管进行试验。采用正交试验法安排试验组次, 分别设定 3 个不同的多孔管首孔位置系数 s_0/s_e : 0、0.5、1.0, 在不同的首孔位置系数条件下, 设定 3 个不同的管道局部水头损失与沿程水头损失的比 r_s : 0.10、0.15、0.20, 测算毛管局部水头损失扩大系数 F_s' 随毛管灌水器个数 N 的变化规律。

通过测算结果, 绘制了局部水头损失扩大系数 F_s' 随 r_s , s_0/s_e 及 N 取值的变化趋势, 见图 2~4。

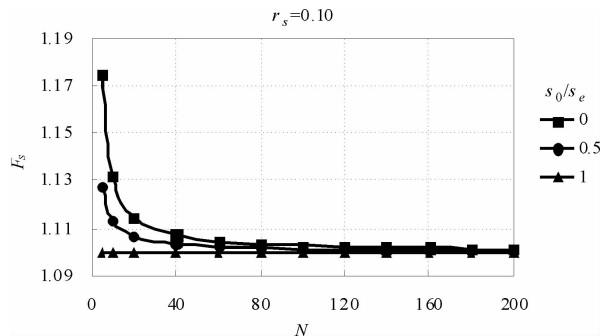


图 2 $r_s = 0.10$ 时局部水头损失扩大系数 F_s' 随 s_0/s_e 及 N 的变化规律

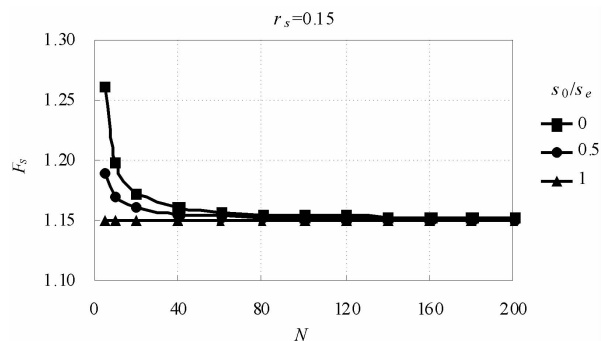


图 3 $r_s = 0.15$ 时局部水头损失扩大系数 F_s' 随 s_0/s_e 及 N 的变化规律

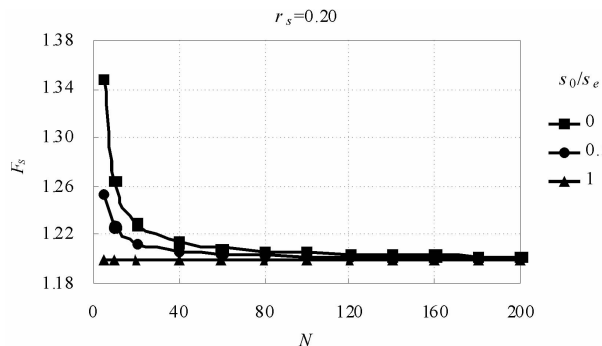


图 4 $r_s = 0.20$ 时局部水头损失扩大系数 F_s' 随 s_0/s_e 及 N 的变化规律

通过上述正交试验结果分析可知: 随着管道局部水头损失与沿程水头损失的比 r_s 的增大或减小, 毛管

局部水头损失扩大系数 F_s' 也随之增大或减小; 从图 2~4 任意一图中可知, 毛管局部水头损失扩大系数 F_s' 随着首孔位置系数 s_0/s_e 的增大而减小, 当首孔位置系数 $s_0/s_e = 1$, 即毛管入口至第 1 个出流孔口的距离 s_0 与各出流孔口间距 s_e 相等时, F_s 取最小值, 式 (10) 可简化为式 (6); 与此同时, 从图 2~4 中还可得知: 当毛管入口至第 1 个出流孔口的距离 s_0 与各出流孔口间距 s_e 不相等时, 在不同的多孔管首孔位置系数 s_0/s_e 条件下及不同的管道局部水头损失与沿程水头损失的比 r_s 条件下, 毛管局部水头损失扩大系数 F_s' 随着毛管灌水器个数 N 的变化规律是一致的。毛管局部水头损失扩大系数 F_s' 随着毛管灌水器个数 N 的增大, 首孔位置系数 s_0/s_e 对毛管局部水头损失扩大系数 F_s' 的影响逐渐减少, 当毛管灌水器个数 $N > 100$ 时, 式 (10) 亦可简化为式 (6)。由此可见, 在实际工程中, 当多孔管入口至第 1 个出流孔口的距离 s_0 与各出流孔口间距 s_e 相等时, 或者当毛管入口至第 1 个出流孔口的距离 s_0 与各出流孔口间距 s_e 不相等, 当多孔管灌水器个数 $N > 100$ 时, 多孔管局部水头损失扩大系数 F_s' 可直接利用式 (6) 进行计算。利用此种方法修正的管道局部水头损失扩大系数相比传统计算式, 可以大大提高微灌管道水头损失计算精度。

3 结语

本文通过理论分析, 得到了微灌管道局部水头损失扩大系数 F_s' 的修正公式, 同时对影响局部水头损失扩大系数 F_s' 的各个因素进行了敏感性分析, 得出以下结论:

- 1) 微灌管道局部水头损失扩大系数 F_s' 随着管道局部水头损失与沿程水头损失的比 r_s 的增大而增大。
- 2) 微灌管道局部水头损失扩大系数 F_s' 随着首孔位置系数 s_0/s_e 的增大而减小, 当毛管入口至第 1 个出流孔口的距离 s_0 与各出流孔口间距 s_e 相等时, F_s 取最小值, 式 (10) 可简化为式 (6)。
- 3) 当毛管入口至第 1 个出流孔口的距离 s_0 与各出流孔口间距 s_e 不相等时, 微灌管道局部水头损失扩大

系数 F_s' 随着毛管灌水器个数 N 的增大, 首孔位置系数 s_0/s_e 对毛管局部水头损失扩大系数 F_s' 的影响逐渐减少, 当毛管灌水器个数 $N > 100$ 时, 式 (10) 亦可简化为式 (6)。

参考文献:

- [1] 张志新. 新疆微灌发展现状、问题和对策[J]. 节水灌溉, 2000(3): 8-10.
- [2] 许志方, 董文楚. 论我国喷微灌发展前景和实施建议[J]. 节水灌溉, 2004(3): 1-4.
- [3] 张晓光, 郑荫林, 姜春波. 国内外自动清洗过滤器的发展及应用[J]. 丹东纺专学报, 2002(3): 28-29
- [4] 方新江. 增强现代水利意识, 进一步推进节水灌溉事业的发展[J]. 广东水利水电, 2002(6): 50-51.
- [5] Yurdem H, Demir V, Degirmencioglu A. Development of a mathematical model to predict clean water head losses in hydrocyclone filters in drip irrigation systems using dimensional analysis [J]. Biosystems Engineering, 2010, 105(4): 495-506.
- [6] 陈子平. 广东省节水灌溉现状与发展定位探讨[J]. 广东水利水电, 2003(2): 27-28.
- [7] 陈渠昌, 郑耀泉. 灌水器局部损失水头的估算[J]. 内蒙古水利, 1994(4): 420-423.
- [8] 骆秀萍, 刘焕芳, 宗全利, 等. 自清洗网式过滤器排污流量的计算[J]. 排灌机械工程学报, 2012, 30(5), 588-591.
- [9] V. Bagarello, V. Ferro, G. Provenzano, D. Pumo. Evaluating pressure losses in drip-irrigation lines[J]. J Irrig Drain Eng, 1997, 123(1): 1-7.
- [10] 张志新. 滴灌工程规划设计原理与应用[M]. 北京: 中国水利水电出版社, 2007: 65-71.
- [11] Provenzano G, Pumo D. Experimental analysis of local pressure losses for microirrigation laterals[J]. J Irrig Drain Eng, 2004, 130(4): 318-324.
- [12] 史皓男. 灌溉管网中变径管水力特性研究[J]. 水利规划与设计, 2016(5): 66-68.
- [13] 微灌工程技术规范: GB/T 50485—2009[S]. 北京: 中国计划出版社, 2009.

(本文责任编辑 王瑞兰)

Correction of the Local Head Loss Expand Coefficient about Micro-irrigation Pipes

YI Ping, LUO Xiuping

(XGCC Surveying & Designing Institute (Group) Co. Ltd., Urumqi 830002, China)

Abstract: Local head loss is an important part of the total head loss in pipeline of micro irrigation. According to the irrigation hydraulics principle, the expand coefficient of the local head loss in pipeline of micro irrigation is corrected, and carried a sensitivity analysis on the influence factor to the expand coefficient of the local head loss. Results show that: when the micro irrigation pipe outlet is less or the inlet is not equal to the outlet spacing, using the expand coefficient of the local head loss in micro irrigation pipe after correction can improve the calculation accuracy of the total head loss of pipeline.

Keywords: micro irrigation; pipeline; local head loss; expand coefficient