



新型建筑给水管材阻力特性与能耗特性*

程光均¹, 向文英², 李晓红³, 武建华¹

(重庆大学 1. 土木工程学院; 2. 城市建设与环境工程学院; 3. 资源与环境科学学院, 重庆 400030)

摘要: 为研究新型建筑给水管材的输水性能, 对典型管材 PP-R 管、铝塑复合管、钢塑复合管进行了阻力特性与能耗特性的实验研究. 通过实验研究, 分析得出 PP-R 管输水中, 当 $Re < 3\,326$ 沿程阻力系数 λ 与雷诺数 Re 满足幂函数分布; $Re > 3\,326$ 沿程阻力系数与雷诺数呈线性分布; PP-R 管输水能量耗散率 η 与雷诺数 Re 呈幂函数分布. 铝塑复合管的沿程阻力系数与雷诺数呈对数分布, 其耗散率与雷诺数呈多项式分布. 钢塑复合管的沿程阻力系数与耗散率和雷诺数关系均呈幂函数分布. 此研究弥补了新型建筑给水管材阻力特性的空白.

关键词: 新型建筑给水管材; 阻力特性; 耗散率

中图分类号: TU 991

文献标识码: A

建筑给水中, 传统管材 (如铸铁管) 易生锈、易腐蚀、易渗漏、易结垢成为致命的弱点, 一旦管材中的铁与空气或水中氧气发生化学反应, 管道迅速生锈, 并滋生各种微生物, 造成二次污染. 同时, 管道结垢后流动阻力增加, 不利于水体的输送, 能量消耗增大. 近年来, 一些发达国家在饮用水的输送上已淘汰了铸铁管、镀锌钢管, 并全面使用以塑料管为主体的不生锈、无腐蚀、无渗漏、无结垢的新型给水管材. 如: 聚丙烯管 (PP)、聚丁烯管 (PB)、铝塑复合管 (PAP)、钢塑复合管等新型管材, 使得建筑给水新型管材得到了迅猛发展^[1-2]. 同样, 中国传统管材已不能满足人们生活和经济发展的需要, 建筑节能与饮用水水质安全成了人们关注的焦点, 健康安全的水质要求与经济节能的新型管材已成为建筑给水管材选用的新标准^[3-4]. 然而, 建筑给水新型管材的阻力特性和能耗特性研究文献很少, 从而导致分析各种管材之间的经济指标单一、缺乏合理性.

为综合评价建筑给水新型管材的经济性和满足日益增长的节能要求, 针对当前新型管材的使用情况, 作者对新型管材 PP-R 管、铝塑复合管、钢塑复合管进行了阻力特性与能耗特性的实验研究, 从而为建筑给水管道的选材提供理论依据.

1 实验装置

为测定新型建筑给水管材: PP-R 管、铝塑复合管、钢塑复合管的输水性能和阻力特性, 设计实验装置系

统如图 1. 实验系统与主要测试仪器包括循环水系统、复式差压计、电子称、温度计.

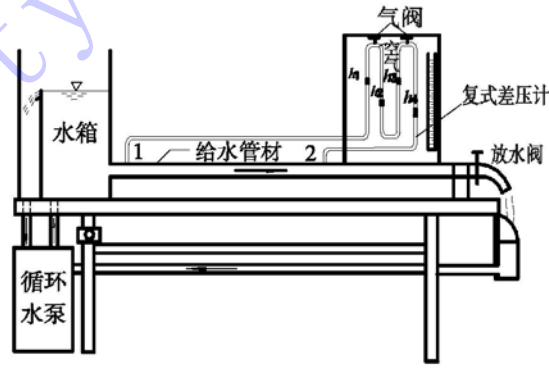


图 1 实验装置系统图

2 阻力特性与能耗特性分析

2.1 阻力特性

水体在输送过程中, 受管壁粗糙特性、雷诺数大小的共同影响, 水体的流动型态不同, 阻力特性不同. 由于新型管材主要以塑料为主, 无论 PP-R 管或是铝塑复合管、钢塑复合管, 其管壁粗糙度极小, 从而雷诺数 Re 成为影响流动阻力特性的主要因素.

在建筑给水管的水力计算中, 流动阻力可按分段均匀流计算, 沿程损失系数 λ 由达西公式求得:

$$\lambda = h_f \frac{8\pi^2 d^5}{1Q^2} \quad (1)$$

这里, l 为管长, d 为管径, v 为管道内水体的流速, $v = \frac{4Q}{\pi d^2}$, Q 为流量. 实验中根据水体温度可计算雷诺数: $Re = \frac{vd}{\nu}$ 式中 ν 为运动粘性系数. h_f 为沿程水头损失, 由复式差压计各支管液面高差测得:

$$h_f = h_1 - h_2 + h_3 - h_4 \tag{2}$$

式中, h_1 、 h_2 、 h_3 、 h_4 为各支管液面读数. 由式 (1) 可知, 沿程阻力系数 λ 与流量 Q 的平方成反比, 它是沿程水头损失 h_f 的重要影响因素. 因此是水体输送节水、节能的重要指标.

2.2 能耗特性

当管道内流量增加, 流动阻力增加, 则水体输送过程中能耗增加, 由下式可计算管道流动中总的能量耗散^[15-6]: $N_s = \gamma Q h_f$, 则耗散率为: $\eta = \frac{N_s}{N_0}$, 或写为:

$$\eta = \frac{\gamma Q h_f}{N_0} = \pi \gamma \lambda \frac{v^3 d}{8 g N_0} l, \tag{3}$$

式中, N_s 为单位时间内流体损失的总机械能; N_0 为水泵电机给予的轴功率. 由式 (3) 说明: 流量 Q 、沿程水头损失 h_f 越大, 耗散率 η 越大. 且 η 与流速 v 的三次方成正比, 与管径管长一次方成正比, 并与沿程阻力系数 λ 一次方成正比.

3 新型给水管材流动阻力与能耗特性的实验

3.1 PP-R管流动阻力与能耗特性

实验中, 选用管径 $d = 2\text{ cm}$, 管长 $l = 100\text{ cm}$, 改变输水流量, 每次测定水温、流量、沿程水头损失 h_f , 计算雷诺数与沿程阻力系数, 结果绘于图 2 与图 3.

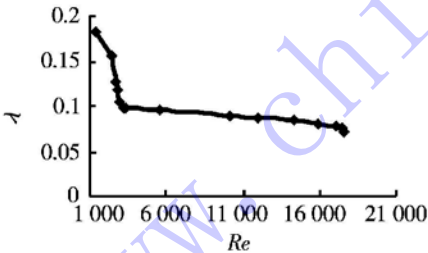


图 2 PP-R 管沿程阻力系数与雷诺数关系曲线

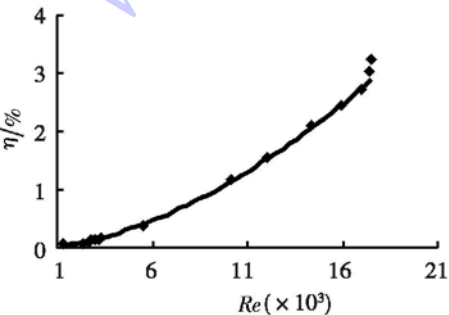


图 3 PP-R 管耗散率与雷诺数关系曲线

图 2 为 PP-R 管沿程阻力系数与雷诺数的关系曲线. 图中显示出流动分区明显, 且主要处于层流区和紊流的光滑区. 根据曲线上实验点的分布, 可总结出 PP-R 管在不同流区沿程阻力系数的经验公式如下:

当 $Re < 3\,326$ 流动处于层流区, 沿程阻力系数 λ 随雷诺数 Re 急剧下降, 满足如下关系:

$$\lambda = 36\,473\,Re^{-0.725}, \tag{4}$$

当 $Re > 3\,326$ 流动已处于紊流区, 其沿程阻力系数 λ 与雷诺数 Re 成线性分布, 并且始终与 Re 有关, 可认为流动处于紊流的光滑区, 其拟合曲线方程为:

$$\lambda = -2E-06\,Re^{+0.1043}. \tag{5}$$

图 3 为 PP-R 管水体输送产生的能量耗散率与雷诺数的关系曲线. 图 3 显示, PP-R 管其能量耗散率 η 与 Re 成正比, 统计分析表明, 两者成幂函数分布, 并满足以下方程:

$$\eta = 2E-07\,Re^{1.6985}. \tag{6}$$

3.2 铝塑复合管的阻力特性分析

在铝塑复合管的实验中, 选用管径 $d = 2\text{ cm}$, 管长 $l = 100\text{ cm}$. 采用 PP-R 管同样的实验方法, 并计算雷诺数、沿程阻力系数和水体输送的能量耗散率. 得阻力特性曲线如图 4, 能量耗散特性曲线如图 5.

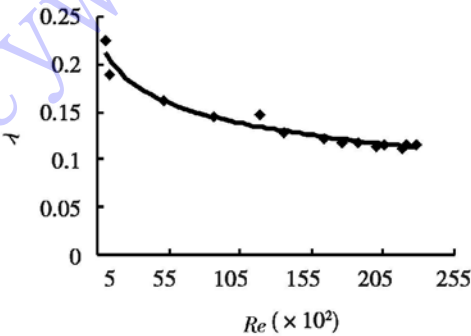


图 4 铝塑复合管沿程阻力系数与雷诺数关系曲线

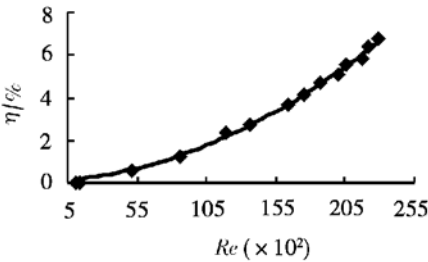


图 5 铝塑复合管耗散率与雷诺数关系曲线

图 4 显示了铝塑复合管沿程阻力系数与雷诺数之间的相互关系. 由实验点可拟合一条对数曲线. 曲线上实验点的沿程阻力系数满足如下经验公式:

$$\lambda = -0.0326\ln Re + 0.4402 \tag{7}$$

曲线表明, 随着 Re 的增加, 沿程损失系数 λ 呈下降趋势, 无论流动处于层流区或是紊流区, 其沿程阻力系数的变化规律与对数分布公式规律极为吻合. 图 5 为铝塑复合管的能量耗散率与雷诺数关系曲线. 曲线表明, 其能量耗散率 η 与 Re 成正比, 统计分析表明, 两

者成多项式分布:

$$\eta = 1E-08 Re^2 + 5E-05 Re + 0.1. \quad (8)$$

3.3 钢塑复合管阻力特性分析

在钢塑复合管的实验中, 选用管径: $d = 2$ cm, 管长: $l = 100$ cm. 采用前面同样的实验与计算方法, 得雷诺数与沿程阻力系数和能量耗散率的相互关系. 阻力特性曲线如图 6 能量耗散率特性曲线如图 7.

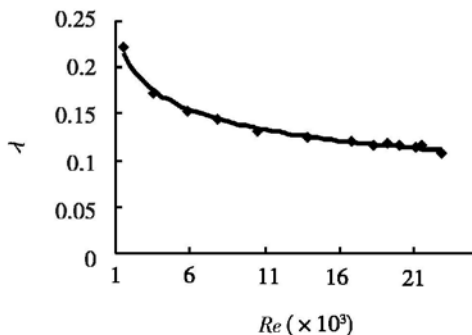


图 6 钢塑复合管沿程阻力系数与雷诺数关系曲线

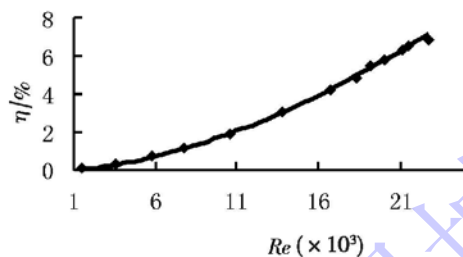


图 7 钢塑复合管耗散率与雷诺数关系曲线

图 6 显示了钢塑复合管沿程阻力系数随雷诺数的变化关系. 由实验点可拟合一条幂函数曲线. 这条曲线的沿程阻力系数 λ 满足如下经验公式:

$$\lambda = 1.2818 Re^{-0.2434}, \quad (9)$$

曲线表明, 随着 Re 的增加, 沿程阻力系数 λ 逐渐

下降, 无论流动处于层流区或是紊流区, 其沿程阻力系数与雷诺数的变化规律与幂函数分布公式的规律十分吻合. 图 7 为钢塑复合管的能量耗散率与雷诺数关系曲线. 曲线表明, 其能量耗散率 η 与 Re 成正比, 随着 Re 的增加, η 增加. 统计分析表明, 两者成幂函数分布. 方程如下:

$$\eta = 2E-07 Re^{1.7179}. \quad (10)$$

4 结 论

通过以上的实验研究分析, 总结了几种典型新型建筑给水管材的输水性能, 得出了 PP-R 管、铝塑复合管、钢塑复合管阻力特性与能耗特性.

1) 对于 PP-R 管, $Re < 3326$ 沿程阻力系数满足幂函数分布; $Re > 3326$ 沿程阻力系数呈线性分布. 该管中水体输送能量耗散率与 Re 呈幂函数分布.

2) 铝塑复合管沿程阻力系数与雷诺数呈对数分布; 水体输送的能量耗散率与雷诺数呈多项式分布.

3) 钢塑复合管沿程阻力系数满足幂函数分布; 耗散率与雷诺数关系亦呈幂函数分布.

参考文献:

- [1] 宋坚. 新型建筑给水管材的选用 [J]. 给水排水, 2001, 27(1): 77-82
- [2] 高立新. 我国建筑给水塑料管现状及发展前景 [J]. 给水排水, 2000, 26(11): 75-77
- [3] 黎明, 覃伟铭. 新型建筑给水管材选用及施工 [J]. 中国农村水利水电, 2004, (6): 40-41
- [4] 田永利. 建筑给水管材分类和选择 [J]. 山西冶金, 2005, (1): 57-60
- [5] 闻德荪, 魏压东. 工程流体力学 (水力学) [M]. 北京: 高等教育出版社, 1990
- [6] 太原工业大学. 建筑给水排水工程 [M]. 北京: 中国建筑工业出版社, 1993

Characteristic of Resistance and Losing Energy About New Material Construction Service pipe

CHENG Guang-jun¹, XIANG Wen-ying², LI Xiao-hong³, WU Jian-hua¹

(1. College of Civil Engineering 2. College of Urban Construction and Environmental Engineering

3. College of resource and Environmental Science, Chongqing University, Chongqing 400030, China)

Abstract In order to research the capability of new material construction service pipe, the characteristic of resistance and energy losing of several type new material pipes are studied, such as PP-R pipe and aluminium and plastic pipe as well as steel and plastic pipe. Based on the experiment, it is given that when $Re < 3326$ in PP-R pipe the friction factor λ increases with Re in power function, while $Re > 3326$ the λ increases with Re in linearity function. At the same time, the energy losing rate η of PP-R pipe increases with Re in power function. In aluminium and plastic pipe the λ increases with Re in logarithm function while the energy losing rate increases with Re in polynomial function. In steel and plastic pipe the λ and the energy losing rate increase with Re in power function. The study repairs the blank of the characteristic of resistance and losing energy of new material construction service pipes.

Key words new material construction service pipe; characteristic of resistance; energy losing rate