

滤池配水系统中水头和孔口出流量的变化

杨卫权¹ 唐朝春¹ 张冰舟²

(1 土木工程系 2 中山市市政工程总公司)

摘 要 运用水力学原理,对滤池配水系统中水头和孔口出流量的变化进行了研究,并指出文献[1]、[2]、[3]对该问题的错误所在[13]

关键词 滤池;配水系统;水头;孔口出流量

分类号 TU 991

0 前 言

配水系统是滤池的主要部分,其主要作用是保证进入滤池的冲洗水能够均匀分布在整個滤池面积上,并在过滤时均匀集水[13]图1是管式大阻力配水系统的示意图[13]图中最为典型的是离干管进口最近支管上的a点和最远支管上的c点,其水头相差最大,即这两点的孔口出流量相差最大[13]为实现滤池的均匀配水,其着重点通常放在如何缩小这两点的孔口出流量的差异上[13]

《给水工程》^[1]、《给水处理理论与设计》^[2]、《净水厂设计》^[3]等著作对此作了详细的论述,认为: H_c (c点的压头) $>H_a$ (a点压头),并由此得到 $Q_c > Q_a$ 的结论[13]

事实上,该结论是不正确的,由此而得到的配水均匀性原理也是不正确的[13]为此,本文应用水力学原理对管式配水系统中a、c两点总水头的大小及出流量的大小进行分析比较[13]

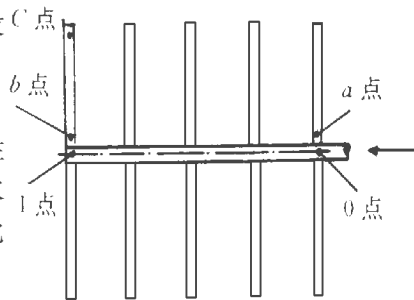


图1 管式大阻力配水系统

1 孔口出流量公式的应用说明

由水力学原理可知^[4],孔口出流量公式可用下式计算

$$Q = \mu \omega \sqrt{2gH_0} \quad (1)$$

式中: Q —— 孔口出流量;

μ —— 孔口流量系数;

ω —— 孔口面积;

H_0 ——作用水头^[13]

值得注意的是,式(1)中 H_0 是指作用水头,即总水头,它包括压力水头和流速水头^[13]在一般情况下,由于流速水头较小,通常可以忽略不计,对计算结果影响不大^[13]但是在讨论滤池配水原理时,绝对不能忽略,否则就会得到错误的结论^[13]因此,在讨论 a 、 c 两点的孔口出流量的大小时,不能仅仅比较两者压头的大小,而应以总水头作为比较的依据^[13]

2 沿途泄流穿孔管水头变化

管式配水系统中的干管和支管,均可近似看作沿途均匀泄流管道,见图2所示^[13]

设管道进口流速为 v_1 ,压力水头为 H_1 ,管道末端流速为零,压头为 H_2 ^[13]由于自管道起端至末端流速逐渐减小,因而,管道中的流速水头逐渐减小,而压头逐渐增高,至管道末端,流速水头为零,所增加的压头由流速水头转变而来,简称“压头恢复”^[13]管道中的水头线见图2所示^[13]由图可见

$$H_2 = H_1 + \alpha_1^2/2g - h.$$

式中: h ——穿孔管中水头损失.

值得注意的是,水流从始端流至末端时,尽管压头逐渐升高,但其总水头总是逐渐下降的^[13]

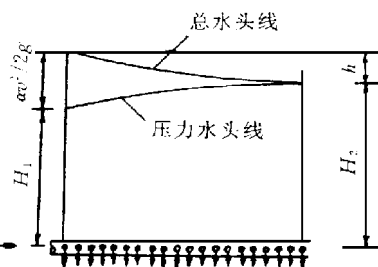


图2 沿途均匀泄流管道中压力变化

3 管式配水系统水头的变化

在图1的管式大阻力配水系统中,其干管和支管的直径和长度均符合文献[1]中式(17~24)的条件,因而,末端压头通常大于起端压头^[13]但本文中压头的大小无关紧要,重要的是总水头的大小^[13]

(1) 对干管来说,0点的总水头为

$$H_0^0 = H^0 + \alpha_0^2/2g. \quad (3)$$

式中: H_0^0 ——0点的总水头;

H^0 ——0点的压头;

$\alpha_0^2/2g$ ——0点的流速水头^[13]

(2) 干管上1点的总水头为

$$H_0^1 = H_0^0 - h_{01} = H^0 + \alpha_0^2/2g - h_{01}. \quad (4)$$

式中: H_0^1 ——1点的总水头;

h_{01} ——0点至1点的沿程水头损失^[13]

(3) 对末端支管上 b 点来说,其总水头为

$$H_0^b = H_0^1 - h_b = H^0 + \alpha_0^2/2g - h_{01} - h_b. \quad (5)$$

式中: H_0^b —— b 点的总水头;

h_b ——末端支管进口局部水头损失^[13]

(4) 对末端支管上 c 点来说, 其总水头为

$$H_c^c = H_b^b - h_{bc} =$$

$$H^o + \alpha_o^2/2g - h_{ol} - h_b - h_{ol}.$$

式中: H_c^c —— c 点的总水头;

h_{bc} —— b 点至 c 点的沿程水头损失^[13]

(5) 对干管起端支管上 a 点来说, 其总水头为

$$H_a^a = H^o - h_a = H^o + \alpha_o^2/2g - h_a. \quad (7)$$

式中: H_a^a —— a 点的总水头;

h_a ——起端支管局部水头损失^[13]

(注: 文献[1]中没有考虑干管进口的流速水头.)

因此, 配水干管和支管中水头变化可用图 3 表示^[13]

(6) a 、 c 两点总水头的比较

将式(7)减去式(6), 则有

$$H_a^a - H_c^c = (H^o + \alpha_o^2/2g - h_a) - (H^o + \alpha_o^2/2g - h_{ol} - h_b - h_{bc}) = h_{ol} + h_b + h_{bc} - h_a. \quad (8)$$

由于 $h_a \approx h_b$, 式(8)变成

$$H_a^a - H_c^c = h_{ol} + h_{bc}, \quad (9)$$

显然, 式(9)是大于零的, 即 $H_a^a > H_c^c$

因此, a 点的总水头大于 c 点的总水头^[13]

4 a 、 c 两点孔口出流量的比较

在滤池冲洗时, 滤层及承托层的影响较小, 所以, 在不考虑滤层和承托层的阻力影响时, a 、 c 两点的孔口出流量可按式(1)计算^[13]

将式(6)、(7)代入式(1), 可得

$$Q_c = \mu \omega \sqrt{2gH_c^c} \quad (10)$$

$$Q_a = \mu \omega \sqrt{2gH_a^a} \quad (11)$$

将式(10)除以式(11), 即

$$\frac{Q_c}{Q_a} = \mu \omega \sqrt{2gH_c^c} / (\mu \omega \sqrt{2gH_a^a}) = H_c^c / H_a^a. \quad (12)$$

由于 $H_a^a > H_c^c$, 则

$$Q_c / Q_a = H_c^c / H_a^a < 1$$

即

$$Q_c < Q_a \quad (13)$$

至此, 我们可以回答前言中提出的问题^[13]文献[1]、[2]、[3]得到错误结论的原因有三点.

(1) 在比较 a 、 c 两点的水头大小时, 仅仅比较了两者的压头的大小, 而没有采用总水头进行比较, 这是造成错误结论的关键所在;

(2) 计算起端支管 a 点的水头时, 仅仅考虑其能量是由干管进口的压头转变来, 而没有将

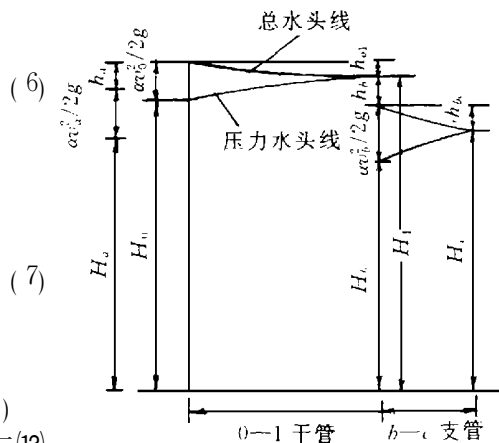


图3 配水系统中的能量变化

流速水头考虑在内;

(3) 在应用孔口出流量公式时,没有采用总水头作为计算的依据,仅用压头代入公式,忽略了流速水头,从而得到了相反的结论^[13]

正是由于以上的原因,文献[1]、[2]、[3]得到了 $Q_c > Q_a$ 这样的错误结论^[13]

5 结 论

(1) 流速水头在滤池配水系统的原理分析中占有很重要的地位,不可轻易忽略,否则就会得到错误的结论^[13]

(2) 在大阻力配水系统中,离干管起端最近的支管上 a 点的总水头大于末端支管上 c 点的总水头,即 $H_a > H_c$,因此,其孔口出流量 $Q_a > Q_c$ ^[13]

(3) 在应用孔口出流量公式时,应采用总水头进行计算^[13]

参 考 文 献

- 1 严煦世,范瑾初.给水工程.第三版.北京:中国建筑工业出版社,1995.332~336
- 2 许保玖.给水处理理论与设计.北京:中国建筑工业出版社,1992.255,257~260
- 3 钟淳昌.净水厂设计.北京:中国建筑工业出版社,1986.246~248
- 4 西南交通大学水力学教研室.水力学.第三版.北京:高等教育出版社,1983.249

Research on Change of Hydraulic Head and Discharge through Orifice in Filter Underdrain System

Yang Weiquan¹

Tang Chaochun¹

Zhang Bingzhou²

(¹ Civil Engineering Department

² The General Municipal Engineering Company of Zhongshan)

Abstract Based on the hydraulics theory a research has been made on change of hydraulic head and discharge through orifice in filter underdrain system, and some mistakes have been illustrated in reference[1][2][3].

Key words filter; underdrain system; hydraulic head; discharge through orifice