

文章编号:1005-0523(2001)02-0049-03

大阻力配水系统的水头变化问题探讨

唐朝春¹, 王全金¹, 杨卫权²

(1. 华东交通大学 土木建筑学院, 江西 南昌 330013; 2. 南汇县自来水公司, 上海 201312)

摘要:从沿途泄流管道的能量分配出发,对其作用水头的确定进行了分析,并对大阻力配水系统的水头变化进行了探讨。结果表明,对沿途均匀泄流管道来说,其作用水头不能仅以压头为计算依据,而应以总水头为准。正是由于这一差异,使文献[1]、[2]对大阻力配水系统的水头变化及孔口出流量大小的结论是错误的,并指出了导致错误的原因。

关键词:沿途均匀泄流; 能量分配; 大阻力配水系统; 作用水头; 流速水头

中图分类号: TU991.24

文献标识码: A

0 前言

配水系统是滤池的主要组成部分,其主要作用是保证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。图1是大阻力配水系统的示意图。图1中最为典型的是离干管进口最近的支

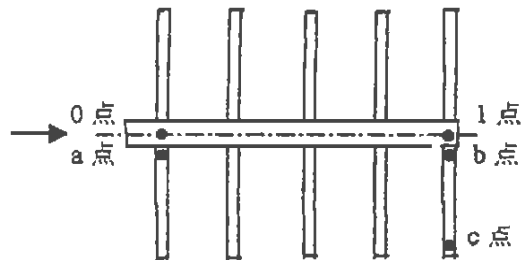


图1 大阻力配水系统示意图

管上的a点和离进口最远的支管上的c点,这两点的水头相差最大,即这两点的孔口出流量相差最大。

为实现滤池的均匀配水,应力求缩小a、c两点的孔口出流量的差异。《给水工程》^[1]、《给水处理理论与设计》^[2]等著作对此作了详细的论述,认为:大阻力配水系统的干管和支管中的水流均属于沿途均匀泄流,其管径和长度之间符合下式。

$$D > \sqrt[1.33]{0.006L} \quad (1)$$

因此,管道末端的压头大于起端的压头,从而得到 $H_c > H_a$, 并由此得到 $Q_c > Q_a$ 的结论。

事实上,该结论是不正确的,其主要原因是在确

定孔口作用水头时仅考虑了压头,忽略了流速水头的作用。本文从均匀泄流管道的能量分配出发,分析了流速水头在作用水头确定中的重要性,并由此对滤池大阻力配水系统的水头变化及孔口出流量的大小进行了探讨。

1 沿途均匀泄流管道作用水头的确定

由水力学知识可知,对孔口出流,其出流量可由式(2)计算。

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

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^[3]

值得注意的是, H_0 是指作用水头,即总水头,它包括压头和流速水头。在一般情况下,由于流速水头较小,常常可以忽略不计,对计算结果影响不大。

那么,对于沿途均匀泄流管道,特别是管径和长度符合式(1)的条件,其作用水头可否用压头来代替呢?为说明此问题,有必要先讨论沿途泄流管道的能量分配情况。

图2是一沿流有节点流量流出的管道,其进口流速为 v , 压头为 H , 流量为 Q , 各节点流量和压头分别为: $q_1, q_2, q_3, q_4; H_1, H_2, H_3, H_4$; 通过各管段的水头损失分别为 $h_{5-4}, h_{4-3}, h_{3-2}, h_{2-1}$ 。

收稿日期:2001-01-08

作者简介:唐朝春(1964-),男,江西人,华东交通大学副教授。

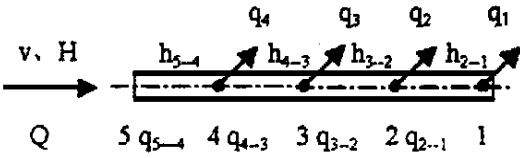


图 2 干管配水情况

图 3 是图 2 所示管道的能量分配图^[13]绘制方法如下:以流出的节点流量 q_1, q_2, q_3, q_4 等值,按比例绘在横坐标上,在纵坐标是绘制各点压头 H_1, H_2, H_3, H_4 ,得到以 q_i 为底, H_i 为高的矩形面积,这些面积之和等于 E_1 ,即

$$E_1 = \sum q_i H_i \cdot \gamma$$

在纵坐标上再绘出各管段的水头损失 $h_{5-4}, h_{4-3}, h_{3-2}, h_{2-1}$, 计算各管段流量 $q_{5-4}, q_{4-3}, q_{3-2}, q_{2-1}$, 例,管段 4-3 的流量 q_{4-3} 等于 $q_1 + q_2 + q_3$, 进口流量即管段 5-4 的流量 q_{5-4} 等于 $q_1 + q_2 + q_3 + q_4$, 则每一管段的流量 q_{i-j} 和水头损失 h_{i-j} 所形成的矩形面积,即为克服水管沿程摩擦所需的能量 E_2 , 且 $E_2 = \sum h_{ij} \cdot q_{ij} \gamma$ ^[13]

除了 E_1, E_2 之外,还有一部分能量,它等于以 q_i 为底,以流速水头为高的矩形面积之和 E_3 , 且 $E_3 = \sum q_i \cdot \alpha \frac{v_i^2}{2g} \gamma$ ^[13]

那么,进口总能量可以 q_{5-4} 为底, H_0 为高的矩形面积表示(H_0 为进口总水头)^[13]

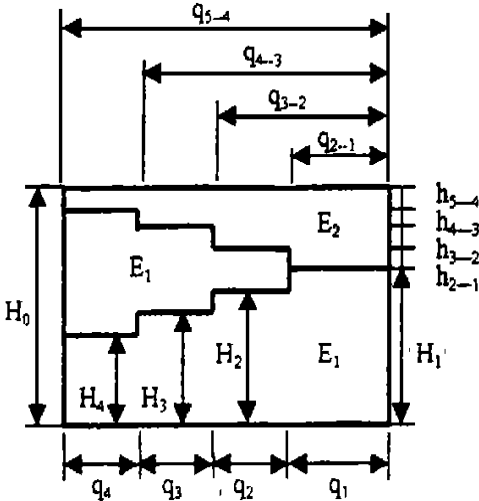


图 3 干管能量分配图

当沿线节点流量增多,且出流量相等时,即变成沿途均匀泄流管道,如图 4 所示,其能量分配如图 5 所示¹⁹。

由图 5 可知,总能量可用矩形 $acdf$ 所包含的面

积表示¹⁹。它包括三部分能量:

- 1) 用以克服沿程阻力所需的能量 E_2 , 可用 aef 所包围的面积大小表示¹⁹。
- 2) 水流具有的压头之和 E_1 , 可用 $bcd e$ 所包围的面积表示¹⁹。
- 3) 水流所具有的流速水头之和 E_3 , 可用 abe 所包围的面积表示¹⁹。

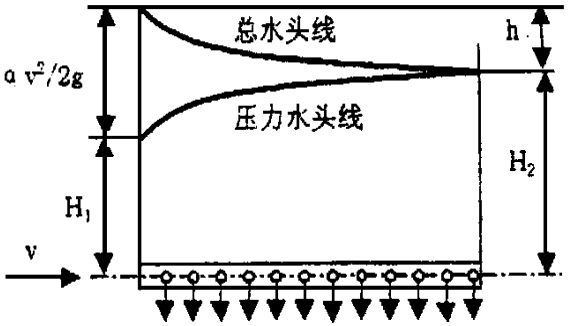


图 4 沿途均匀泄流管内水头变化

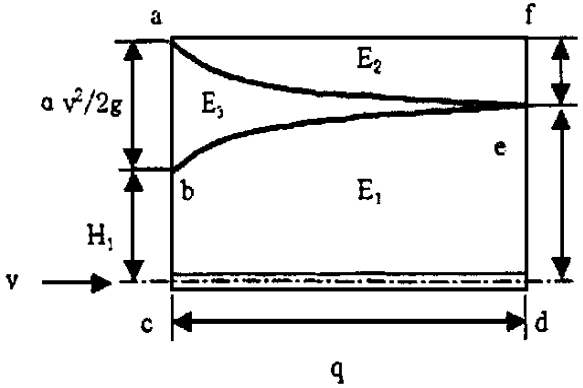


图 5 沿途泄流管道能量分配图

显然,进口总能量 $E = E_1 + E_2 + E_3$

现在可以回答作用水头应该以何值来计算的问题¹⁹。若作用于孔口的作用水头为压头,其能量之和为 E_1 , 而 E_2 用于克服沿程阻力,那么总能量中的流速水头的这部分能量 E_3 在沿途均匀泄流中起了什么作用呢? 在没有转输的条件下¹⁹。它既没有用于克服沿程阻力,也没有作用于孔口用于克服孔口阻力,这显然不符合能量守恒定律的¹⁹。合理的解释是被消耗在孔口阻力上,也只能消耗在孔口阻力上¹⁹。因此,作用于孔口上用以克服孔口阻力的水头除了压头外还有流速水头,即为总水头¹⁹。

由图 4 可知,对符合式(1)的沿途均匀泄流管道,其总水头和压头的变化趋势是不同的¹⁹。对总水头而言,沿水流方向是逐渐减小的,即末端总水头低于起端总水头;而对压头来说¹⁹。末端压头大于起端压头¹⁹。因此,对末端压头大于起端压头的沿途泄流管

道,在确定其孔口的作用水头时一定要以总水头为计算依据,否则会得到相反的结论¹⁹。

2 大阻力配水系统水头的变化

由以上分析可知,对大阻力配水系统的干管和支管来说,尽管其径和管长符合式(1)的要求,其末端压头大于起端压头,但其孔口作用水头应以总水头为计算依据,为此,为实现均匀配水,必须研究 a 、 c 两点总水头的大小¹⁹。

在图1的大阻力配水系统中,对于干管来说,其0点的总水头为

$$H_0^0 = H^0 + \alpha \frac{v^2}{2g} \quad (3)$$

式中 H_0^0 —— 0点的总水头;

H —— 0点的压头;

$\alpha \frac{v^2}{2g}$ —— 0点的流速水头。

对干管上1点来说,其总水头为

$$H_0^1 = H_0^0 - h_{01} = H^0 + \alpha \frac{v^2}{2g} - h_{01} \quad (4)$$

式中 H_0^1 —— 1点的总水头;

h_{01} —— 干管0点到1点的沿程水头损失⁽¹³⁾

对支管上 α 点来说,其总水头为

$$H_0^\alpha = H_0^0 - h_\alpha = H^0 + \alpha \frac{v^2}{2g} h_\alpha \quad (5)$$

式中 H_0^α —— α 点的总水头;

h_α —— 起端支管局部水头损失⁽¹³⁾

对支管上 c 点来说,其总水头为

$$H_0^c = H_0^1 - h_b - h_{bc} = H^0 + \alpha \frac{v^2}{2g} - h_{01} - h_b - h_{bc} \quad (6)$$

式中 H_0^c —— c 点的总水头;

h_b —— 末端支管局部水头损失;

h_{bc} —— 支管上 b 点到 c 点的沿程水头损失⁽¹³⁾

将式(5)减去式(6),则

$$\Delta H_0 = H_0^\alpha - H_0^c = h_{01} + h_b + h_{bc} - h_\alpha$$

因 $h_\alpha \approx h_b$, 则

$$\Delta H_0 = H_0^\alpha - H_0^c = h_{01} + h_{bc} \quad (7)$$

显然, $\Delta H_0 > 0$, 即

$$H_0^\alpha > H_0^c \quad (8)$$

因此, a 点的总水头大于 c 点的总水头¹⁹。

3 大阻力配水系统孔口出流量的变化

在滤池冲洗时,滤层承托层的影响较小,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(2)计算¹⁹。

将式(5)、(6)分别代入式(2),可得:

$$Q_a = \sqrt{\mu_0 \frac{2gH_0^\alpha}{\rho}} \quad (9)$$

$$Q_c = \sqrt{\mu_0 \frac{2gH_0^c}{\rho}} \quad (10)$$

式中 Q_a 、 Q_c —— 分别代表 a 、 c 两点的孔口出流量⁽¹³⁾

将式(10)除以式(9),可得

$$\frac{Q_c}{Q_a} = \frac{\sqrt{\mu_0 \frac{2gH_0^c}{\rho}}}{\sqrt{\mu_0 \frac{2gH_0^\alpha}{\rho}}} = \sqrt{\frac{H_0^c}{H_0^\alpha}} \quad (11)$$

由于 $H_0^\alpha > H_0^c$, 则

$$\frac{Q_c}{Q_a} = \sqrt{\frac{H_0^c}{H_0^\alpha}} < 1$$

即

$$Q_a > Q_c$$

该结论与文献[1]、[2]的结论是相反的¹⁹。

因此,为实现均匀配水,需采取措施使 Q_a 和 Q_c 相互接近¹⁹。一般认为,当均匀性达到95%,即可满足要求,即 $Q_c/Q_a \geq 0.95$ ⁽¹³⁾

4 结 论

1) 对沿途均匀泄流管道,其孔口作用水头应以总水头作为计算依据,不能以压头作为作用水头,否则在短管的条件下会得到相反的结论;

2) 在大阻力配水系统中,离进口最近支管上 a 点的总水头大于最远支管上 c 点的总水头,即: $H_0^\alpha > H_0^c$, 因此, a 点孔口的出流量大于 c 点孔口的出流量,即 $Q_a > Q_c$ ⁽¹³⁾

3) 要实现滤池的均匀配水,应使 a 、 c 两点孔口的出流量符合 $Q_c/Q_a \geq 0.95$ 的条件⁽¹³⁾

参考文献:

- [1] 严煦世,范瑾初. 给水工程[M]. 北京:中国工业出版社,1995,332~336.
- [2] 许保玖. 给水处理理论与设计[M]. 北京:中国工业出版社,1992,255,257~260.

Stability Analysis of Large and Lengthy Curved Fill Side Slope

YE Yong-feng

(Academy of Railway Officers, Nanchang 330002, China)

Abstract: External lateral decent curved fills is proposed to be checked by balance objects. The transverse form produced by the train making uniform rectilinear curve movement is analyzed, with an account of unbalanced power, track power, and the influence of surface water and nudergrounder water on the stability of roadbeds and their countermeasures. An example is given to show how to counter the external lateral decent.

Key words: continuous torrential rain in flood season; curved fills; transverse power; track power; adhesion power; stability engineering; train live load; transverse thrust load

(上接第 51 页)

Discussion on Change of Hydraulic Head in Large Resistance Underdrain System

TANG Chao-chun¹, WANG Quan-jin¹, YANG Wei-quan²

(1. School of Civil Engineering and Architecture, East China Jiaotong University, Nanchang 330013, China;
2. Nanhui Water Supply Company of Shanghai, Shanghai 201312, China)

Abstract: On the basis of energy distribution in uniform discharge along porous pipe, this paper analyzes the definition of efficient water head, and discusses the change of hydraulic head in large resistance underdrain system. The results indicate that orifice efficient water head is total water head and is not hydraulic head for uniform discharge along porous pipe. Because there is the difference, the conclusion about change of hydraulic head and dischrge through orifice in large resistance underdrain system is mistaken in reference [1][2], and some reasons of mistake are indicated.

Key words: uniform discharge along porous pipe; energy distribution; large resistance underdrain system; efficient water head; velocity head