

一种新型的喷灌压力、流量控制设备

张 敏,刘任先

(淮海大学常州校区机电工程学院,江苏 常州 213022)

摘要 介绍一种喷灌的压力、流量控制设备的工作原理、组成、特点,以及它的设计依据.设计的压力、流量控制装置是由表面开有曲线孔的空心阀芯与弹簧的配合实现调压.它适用于山区喷灌,使喷灌有良好的均匀度,提高了喷灌质量.同时对设备的实验装置也作了介绍.

关键词 喷灌 压力控制 调压阀 给水栓

中图分类号 S275.5 **文献标识码** A **文章编号** 1000-1980(2001)06-0011-04

山区通常采用自压喷灌,目前我国所采用的自压喷灌有两种.直接利用山中的泉水逐级向下,实现喷灌;借助水泵,将水送入山顶的水池中,再由管道把山顶水池中的水逐级引到山下实现喷灌.两种自压喷灌都要解决越往山下水压越高的问题.为此研制一种半固定式喷灌用的、集调压与给水栓功能为一体的新型调压给水栓.其结构要简单,造价要低廉.装置在满足调压及给水栓功能的前提下,每件的制造成本不超过 300 元(目前国内同口径的工业用调压阀的售价为 4 000 ~ 8 000 元/台).

1 结构方案

目前国内外的减压阀主要有波纹管式、薄膜式及活塞式的.其中波纹管式的性能最好,但价格也最贵,一般每只都在数千元以上.这些减压阀的工作原理大体可用框图 1 表示.这种减压阀结构较复杂,制造成本较高.

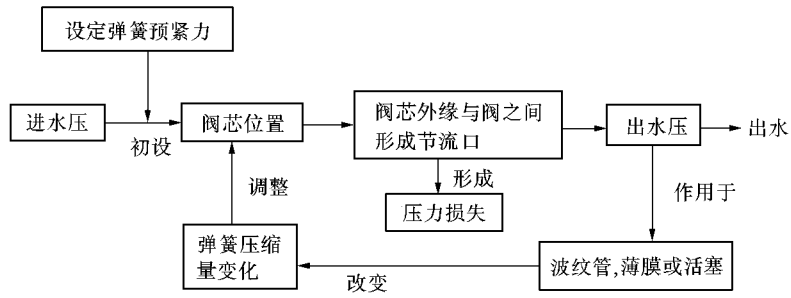


图 1 普通减压阀工作原理

Fig.1 Work principle of ordinary decompressor

笔者研制了一种具有全新结构的减压阀,这种减压阀与给水栓做成一体后的总的结构原理如图 2 所示,其工作过程为:将活动部分(我们称之为“上阀体”)罩在埋于地下的出水口(我们称之为“下阀体”)并放下挂钩,旋转手柄,通过下端的接头带动螺杆旋转,即可打开给水栓盖.水由下阀体流入上阀体的凸圆腔内,再经阀芯上的曲线孔流进阀芯的空腔内,由阀芯空腔的上部出水口流出,再经上阀体的出水口流向喷灌喷头.

当进口压力 p_1 增大时,阀芯将进一步压缩弹簧上移,使曲线孔进水口的过流面积减小,因此压力损失增大.我们只需根据已确定的弹簧、阀壳等结构确定适当的曲线孔曲线的形状,即可使 p_1 的增加量正好等于阀芯上移后压力损失的增加量,而保持出口压力 p_2 恒定.这一减压过程可用图 3 表示.

比较图 1 与图 3 可见,两者的不同处在于:(a)图 1 所示的现有国内、外的减压阀是一种反馈控制或闭环

控制,它容易获得较高的调压精度,但其结构复杂,制造成本高. (b)图 3 所示的新型减压阀实际为一种开环控制,其调压精度靠选择合理的曲线形状保证. 其特点为结构简单,制造成本低,易与给水栓做成一个整体. (c)图 1 所示的现行国内外的减压阀可方便地通过设定弹簧的预紧力,调整出水口压力. 而图 2 结构的减压装置,只能通过换阀芯来改变出口压力. 这一点似乎有些不方便,但实际上对于规划好的一片喷灌地而言,它选用的喷头是确定的,因此,要求调压给水栓的出水压力也是恒定的,只需选用一种阀芯即可.

图 2 所示的新型减压阀舍弃了现有国内、外减压阀所具有的、但对喷灌意义不大的某些功能,使之成为适应我国山区农村条件的结构简单、造价低廉的减压阀.

2 基本的理论计算

调压给水栓内实际水流在各点的流动方向、速度、压力都不相同,状态非常复杂,我们无法通过理论计算确定阀芯曲线孔的形状,正确的曲线孔形状还需由试验确定. 故以下基本理论计算只能供设计时参考.

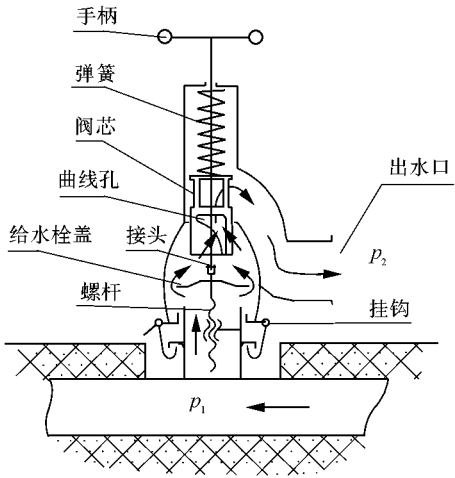


图 2 新型减压阀结构原理
Fig.2 Structure of new decompressor

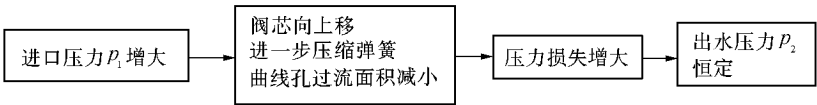


图 3 新型减压阀工作原理
Fig.3 Work principle of new decompressor

2.1 计算准备

设阀芯的初始位置即给水栓关闭时的位置为阀壳内的卡口正好对准曲线孔上沿,此时弹簧处于自由状态(实际调压给水栓也是按此原则设计的). 在进水口压力 p_1 的作用下阀芯向上位移 x . 又设阀芯底面上开孔的面积为 A_0 , 阀芯位移 x 后曲线孔的过流面积为 A_x . 再设阀芯出水口的面积为 A_{22} . 我们取 4 个断面: 1-1, 11-11, 22-22, 2-2. 其中 1-1 为下阀体进水口的断面,此断面上的压力、流速及面积分别为 p_1, v_1, A_1 . 11-11 为阀芯进水口的断面(包括曲线孔过流面及底孔过流面). 22-22 为阀芯出水口的断面, 2-2 为调压给水栓出水口的断面, k 为阀芯上部弹簧系数(见图 4).

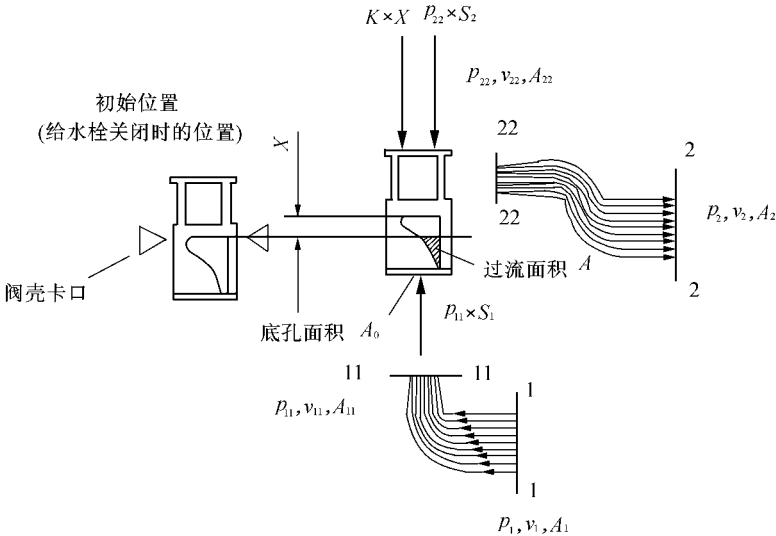


图 4 新型减压阀计算图
Fig.4 Calculation chart of new decompressor

$$A_{11} = A_0 + A_x \quad (1)$$

2.2 建立方程^[1]

假设调压给水栓内水流处于稳定流状态.

2.2.1 对断面建立方程

忽略由 1-1 断面至 11-11 断面的能量损失则可建立如下的伯努利方程和连续方程:

$$\frac{p_1}{\gamma} + \frac{v_1^2}{2g} = \frac{p_{11}}{\gamma} + \frac{v_{11}^2}{2g} \quad (2)$$

$$v_1 A_1 = v_{11} A_{11} = Q \quad (3)$$

式中: γ ——液体的重度; v_1, v_{11} ——液体在 1-1 和 11-11 断面的流速; Q ——设计流量. Q, A_1 为已知参数, v_1 可由式(3)求得. 因此由方程(2)(3)可确定 p_1, p_{11}, v_{11} 三者之间的关系:

$$f_1(p_1, p_{11}, v_1) = 0$$

同上,可得 22-22 与 2-2 断面方程:

$$\frac{p_{22}}{\gamma} + \frac{v_{22}^2}{2g} = \frac{p_2}{\gamma} + \frac{v_2^2}{2g} \quad (4)$$

$$v_{22} A_{22} = v_2 A_2 = Q \quad (5)$$

式中 p_2 为设计要求保持恒定的出口压力; Q, A_2, p_2 为已知参数, v_2 可由方程(5)求得. 未知参数只有 p_{22}, v_{22} 两个. 故由方程(4)(5)可求得 p_{22}, v_{22} .

2.2.2 对阀芯建立方程

假设阀芯下部在水压力 p_{11} 作用下,产生向上推力的等效面积为 S_1 , 阀芯上部在水压力 p_{22} 作用下产生向下推力的等效面积为 S_2 . S_1, S_2 可由实验确定. 设弹簧的刚度系数为 k , 则可建立方程:

$$p_{11} S_1 = kx + p_{22} S_2 \quad (6)$$

$$\frac{p_{11}}{\gamma} + \frac{v_{11}^2}{2g} = \frac{p_{22}}{\gamma} + \frac{v_{22}^2}{2g} + \sum \xi \frac{v_{22}^2}{2g} \quad (7)$$

$$v_{11} A_{11} = v_{22} A_{22} \quad (8)$$

方程(6)~(8)中 k, S_1, S_2 是已知的, 此时 A_0, A_{22} 也是已知的, p_{22}, v_{22} 可由方程(4)(5)求得, 故对方程(6)~(8)而言, p_{22}, v_{22} 也是已知的. 方程(6)~(8)结合方程(1), 未知量共有 $A_{11}, A_x, p_{11}, v_{11}, x$ 5 个. 故将方程(1)及方程(6)~(8)分别表示为:

$$f_2(A_{11}, A_x) = 0 \quad f_3(p_{11}, x) = 0 \quad f_4(p_{11}, v_{11}) = 0$$

$$f_5(v_{11}, A_{11}) = 0$$

$$\text{又有} \quad f_1(p_1, p_{11}, v_{11}) = 0$$

此组方程中共有 6 个变量: $A_{11}, A_x, p_{11}, v_{11}, x, p_1$. 当给出一个 p_1 值, 即可求得一个对应的 x 及 A_x . 或者由这 5 个方程消去 $A_{11}, p_{11}, v_{11}, p_1$ 4 个参数, 可得 A_x 与 x 的关系:

$$f_6(A_x, x) = 0$$

此方程确定了阀芯曲线的形状. 以上方程可借助计算机求解.

3 结构设计

3.1 总体设计

调压给水栓所有的零件设计都属常规设计, 要求为在保证性能和强度的前提下, 重量要尽可能轻, 并能抗腐蚀. 因此设计的调压给水栓主壳体与阀芯均用铸铝制成. 弹簧的材料为不锈钢弹簧钢丝, 上壳体及各衬套的材料均为尼龙, 手柄、中轴材料为 A3 钢, 表面镀锌^[2].

3.2 独特结构

最独特的结构是 阀芯的中间为空腔, 表面开有曲线孔. 依靠阀芯与弹簧的配合实现调压功能. 除此以外, 与一般的给水栓相比, 还有两个独特之处. (a) 上阀体与下阀体之间的开、关给水栓盖用的接头的改进(图 5). 现给水栓接头下部为直槽, 因此工作时在水压力作用下会脱离给水栓盖, 当需要关闭给水栓盖时, 如果进

水压力为 0.8 MPa,操作人员需施加 30 kg 的压力才能使接头与给水栓盖再结合上,从而实现关闭给水栓. 本调压给水栓的接头下部开有 T 形槽,因此可以保证接头始终不脱离给水栓盖. (b) 现给水栓挂钩提起后不能保持,即手松开后,挂钩又落下. 本调压给水栓对此作了改进(图 6),用一小段直径为 1 mm 的钢丝,一端勾在挂钩上,另一端勾在上阀体上,即解决了这个问题. 当挂钩提起后,钢丝被压缩产生力 F ,而力 F 对销轴的力矩保证了挂钩不会自由落下.

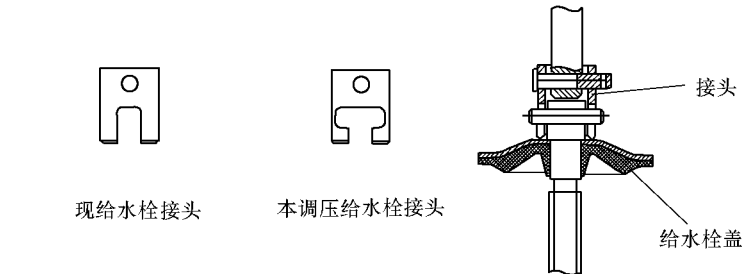


图 5 给水栓接头的改进
Fig.5 Improvement of water supply plug

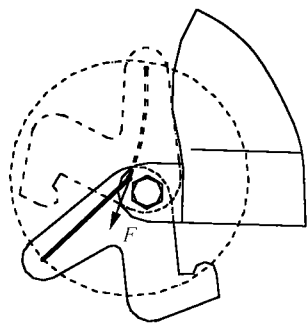


图 6 挂钩的改进
Fig.6 Improvement of clip hook

4 实验装置

调压给水栓阀芯表面的曲线孔形状必须由实验确定,为此需要一套室内实验装置(图 7). 它主要由一套水泵电机组,两个闸阀,两个压力表,一个水表组成. 两个闸阀用来控制进入调压给水栓的进出口水压及流量. 流量的计量由水表完成. 由这套实验装置即可确定在给定流量及给定出水压力下,正确的阀芯曲线孔形状.

5 实验结果

经过反复多次实验,确定了曲线孔形状,当曲线孔形状合适时,可保证出口压力维持在一个小范围内,实验结果见表 1. 出口压力变化范围 $\delta \leq 15\%$,表明此阀可以很好地实现定压、稳压的作用.

表 1 实验结果

	Table 1 Experimental results							MPa
进口水压力	0.8	0.75	0.7	0.65	0.6	0.55	0.5	
出口水压力	0.41	0.40	0.38	0.39	0.40	0.37	0.36	

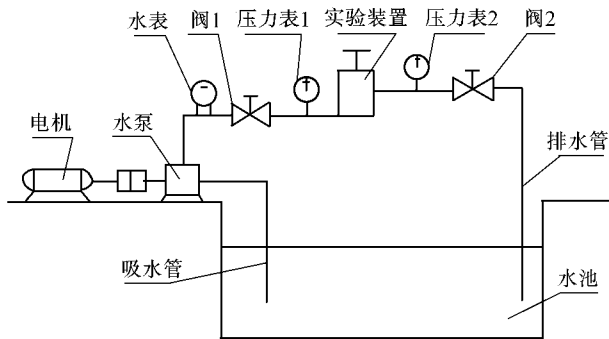


图 7 室内实验装置
Fig.7 Laboratory experiment device

参考文献:

- [1] 盛敬超. 液压流体力学[M]. 浙江 浙江大学出版社,1984. 89~93,179~181.
- [2] 杨可桢,成光蕴. 机械设计基础[M]. 北京 高等教育出版社,1999. 284~285.

New Equipment for Spray Irrigation Pressure and Flow Rate Control

ZHANG Min, LIU Ren-xian

(Hohai Univ. Changzhou Branch, Changzhou 213022, China)

Abstract: A new type of equipment for spray irrigation pressure and flow rate control is introduced, including its operational principle, components, characteristics and the design basis. The flow rate control device moderates the pressure through the cooperation of a hollow valve core with a spring. The device is suitable for spray in mountain areas, and can help improve the spray homogeneity and quality. Meanwhile experimental installation of the equipment is also described.

Key words: spray irrigation ; pressure control ; pressure regulating valve ; water supply plug