

射流式浮球阀曝气器的研究

Study on Injection Floating Valve Aerator

张维佳 王宝贞 (哈尔滨市建筑大学 哈尔滨 150001)

摘要 本文针对含低价铁、锰饮用水深度处理系统,提出了一种集阀门与曝气器于一体的新型曝气设备—射流式浮球阀曝气器,研究了这种曝气器的基本工作原理以及在饮用水深度处理中的工作性能。

关键词: 曝气器 除铁 除锰

Abstract For an advanced drinking water treatment system to remove ferrous and manganese ion, a new kind of aerator, which can be used as both a floating valve and an aerator, is studied, including its principle of operation and its ability in water treatment system, in the paper.

Key words: Aerator Remove ferrous ion Remove manganese ion

前言

在对含铁、锰饮用水的深度处理中,曝气是以空气中的氧作为氧化剂,将其溶入水中使低价铁、锰被氧化成高价铁、锰的有效方法。曝气器则是实施这一方法的关键。曝气器选择的适当与否,不仅关系到曝气溶氧效率,还关系到曝气系统乃至整个饮用水处理系统的运行可靠性以及工程造价等实际问题。

1 问题的提出

面对饮用水水源遭受污染和水厂的常规净水技术日益激化的矛盾,面对五花八门的饮用水市场,人们提出了优质饮用水的概念。当然,在这个概念的基础上,也就存在着一个优质饮用水生产设备的优化问题,旨在既有效地去除对人体有害的污染物,又保留对人体有益的物质。在以含铁、锰作为原水的优质饮用水的成套生产设备中,曝气器也应与其它处理单元一样,存在着优化问题。

作为饮用水除铁、锰的曝气设备一般有压缩

空气系统、射流器、淋水装置、接触式曝气塔、跌水系统、叶轮式等各式表面曝气机等。性能详见表 1。

优质饮用水成套生产设备,特别是小型系统,对曝气器的要求则是构造简单、体积小、效率高、易操作、运行可靠、节能等。显而易见,射流曝气、叶轮表面曝气和穿孔管比较适合这种系统。在这三种曝气方式中,射流曝气和表面曝气的效果要好于穿孔管,而且设备费用相对较低,运行管理相对容易。在小型优质饮用水的处理系统中,为保证系统运行的稳定性,通常设有原水调节水箱。系统在间断运行时,水箱水位会发生变化。这样,与射流曝气相比,表面曝气就出现了设备安装难度大、运行管理困难等诸多有利因素。于是,小型优质饮用水处理系统中曝气方法应以射流曝气为首选。本文所提的射流式浮球阀曝气器就是根据射流曝气的原理,针对小型优质饮用水处理系统的工艺特点研制出来的。

2 工作原理

表1 各种曝气器的性能及使用条件

曝气设备	溶氧饱和度 (%)	适用条件			附注
		功能	处理系统	含铁量 (mg/L)	
射流曝气	~100	溶氧	压力式	< 10	
压缩空气					设备费高、管理复杂
喷嘴式混合器	30~70	溶氧	压力式	不限	水头损失大
穿孔管混合器	30~70	溶氧	压力式	< 10	孔眼易堵
跌水曝气	30~50	溶氧、去除二氧化碳	重力式	不限	
叶轮表面曝气	80~90	溶氧、去除二氧化碳	重力式	不限	有机机电设备、管理较复杂
莲蓬头及穿孔管曝气	50~65	溶氧、去除二氧化碳	重力式	< 10	孔眼易堵
板条式曝气塔	60~80	溶氧、去除二氧化碳	重力式	不限	
接触式曝气塔	70~90	溶氧、去除二氧化碳	重力式	< 10	填料层易堵
机械通风式曝气塔	90	溶氧、去除二氧化碳	重力式	不限	有机机电设备、管理较复杂

射流式浮球阀曝气器是使用经过适当改动的控制调节水箱水位的普通浮球阀配合调节水箱的水位变化实现对含铁、锰原水的曝气。

众所周知,所谓射流器就是水力学中的文丘里管,基本原理为伯诺里方程。

若设喷嘴前和喷嘴出口处的相对压强分别为 P_1 和 P_2 , 喷嘴前和喷嘴出口的过流断面直径分别为 d_1 和 d_2 , 过流量为 Q , 则可根据伯诺里方程建立如下关系:

$$\frac{P_1 - P_2}{P_g} = \frac{V_2^2 - V_1^2}{2g} + h_w \quad (1)$$

$$\text{或} \quad \frac{P_1 - P_2}{P_g} = \frac{0.083Q^2}{d_1^4} \left(\frac{d_1^4}{d_2^4} - 1 \right) + h_w \quad (2)$$

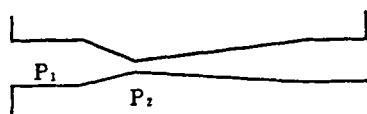


图1 文丘里流量计

射流器之所以能够进行曝气是因为 P_2 小于大气压强, 外界空气被吸入并与通过射流器的水进行混合所至。由水力学知, 某点的真空值可表示为该点相对压强的负值, 即 $-P_2 = P_v$ 。 P_v 为喷嘴出口的真空值。于是上式又可表示为,

$$\frac{P_1 + P_v}{P_g} = \frac{0.083Q^2}{d_1^4} \left(\frac{d_1^4}{d_2^4} - 1 \right) + h_w \quad (3)$$

显然, 真空值 P_v 越大, 吸入空气量也就越大, 曝气效果就应该越好。由于管网压强或增压泵压强 P_1 是常数; 而 d_1 受管网管道直径的限制, 也是常数。因此, 若使 P_v 增大, 根据上式, 或者减小喷嘴出口直径 d_2 , 或者增大过流量 Q 。对于固定的设备, d_2 也是常数。所以, 过流量 Q 就成了影响射流器能否吸气或吸气量大小的唯一参数。通常, 市售的浮球阀由于其自身的原理要求喷嘴出口的直径在保证一定流量的前提下尽可能的小, 以确保它的密封性。因此, 当阀前压强 P_1 达到一定值时, 流量 Q 亦达到一定的值, 喷嘴处出现真空, 吸入空气。

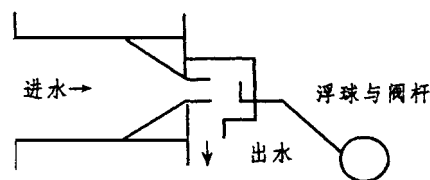


图2 射流式浮球阀曝气器原理

因此, 在工程实际中, 为保证浮球阀能够达到射流器的效果:

第一: 要保证进户管的压强值 P_1 以确保足够大的流量;

第二: 要保证浮球阀处于全开启状态以保证最大过流量。

第一条可通过实际测量,比较容易实现。通常,可利用市政管网或进户管的自然压力。若进户管压力过低,可设一增压泵。

第二条则需要确定浮球阀最大流量与整个水处理系统流量的关系。为保证浮球阀达到最大流量状态,要求浮球阀的最大通流量不能大于系统的处理水量,以保证浮球阀出口出于真空吸气状态。但考虑到系统的运行连续性,浮球阀的最大流量也不可过小。否则,会由于通流量过小,原水供应不足而造成处理系统的运行中断。

为完成曝气塔和调节水箱的双重功能,设计原则如下:

(1) 浮球阀的最大流量不大于系统的处理水量;

(2) 浮球阀的最小流量应保证在用水高峰时不间断供水。

设浮球阀的最大流量为 Q_1 , 处理系统的流量为 Q_2 , 根据原则 1:

$$Q_1 \leq Q_2 \quad (4)$$

设曝气塔暨调节水箱的体积为 V , 用水的高峰时间为 T , 则根据原则 2:

$$Q_1 + V/T \geq Q_2 \quad (5)$$

$$\text{或 } Q_2 \geq Q_1 \geq Q_2 - \frac{V}{T} \quad (6)$$

从上式可以看出,最佳关系应为 $Q_1 = Q_2$ 。此时,作为调节水箱的体积为 0。然而有两个问题需要考虑。

第一,是曝气塔内的水力停留时间,以保证氧化反应时间;

第二,是很难保证两个流量相等。

为使浮球阀的通流量保持最大,通常取 $Q_1 < Q_2$ 。根据这两个问题,曝气塔暨调节水箱必须具有一定体积。

根据式(5),调节水箱的最小体积应为:

$$V_{\min} = (Q_2 - Q_1) T$$

若设 $Q_2 = 7 \text{ m}^3/\text{h}$, $Q_1 = 5 \text{ m}^3/\text{h}$, $T = 3 \text{ hs}$, $V_{\min} = 6 \text{ m}^3$ 水力停留时间

$$t = V_{\min} / Q_2 = \frac{6}{7} = 0.86 \text{ h} = 51 \text{ mins}$$

3 溶解氧测试与除铁、锰效果

(1) 为评价浮球阀曝气器的曝气效果,笔者等对曝气前后及各不同处理单元的溶解氧情况进行了测定,详见表 2。

运行条件:水流量 $7 \text{ m}^3/\text{h}$;

水温 12°C , 饱和溶解氧 10.48 mg/L ;

测试仪器为溶解氧仪。

表2 射流式浮球阀曝气器曝气效果

	溶解氧 (mg/L)	饱和度 (%)	溶解氧 (mg/L)	饱和度 (%)	溶解氧 (mg/L)	饱和度 (%)
原 水	6.8	65	6.39	61	6.56	63
曝气塔出水	9.36	89.3	9.07	86.5	9.28	88.5
增加 (%)	52	-	42	-	41	-

(2) 将射流式浮球阀曝气器与焦炭/石英砂双层过滤联用去除原水中的铁、锰,结果如表 3 所示。

表3 射流式浮球阀曝气与焦炭/石英砂
双层过滤联用铁、锰的去除率

	铁 (mg/L)	锰 (%)	铁 (mg/L)	锰 (%)	铁 (mg/L)	锰 (%)
原 水	0.05	0.123	0.07	0.12	<0.05	0.093
过滤出水	0.02	0.094	0.03	0.10	<0.05	0.05
去除率 (%)	60	23.6	57.1	16.7	-	46.2

4 结论

4.1 射流式浮球阀曝气器结构紧凑、体积小、运行可靠性好;进水压强保持一定时,无需任何动力设备。

4.2 射流式浮球阀曝气器具有很好的溶氧性能,溶解氧的最大饱和度可达 89% 以上。

4.3 射流式浮球阀曝气器与焦炭/石英砂双层过滤联可有效地去除原水中的铁、锰,其中铁的最大去除率可达 60%。

参考文献

1 李圭白,刘超著.地下水除铁除锰.北京:中国建筑工业出版社,1989

(收稿日期:2000-01-30)