

表 3

流量 (m³/h)	过滤 速度 (m/h)	充水 体积 (L)	起始 水头 (MPa)	周期平均含铁量(mg/L)						pH			运行 周期 (h)
				中和水		氧化水		过滤水		中和水	氧化水	过滤水	
				Fe	Fe²⁺	Fe	Fe²⁺	Fe	Fe²⁺				
0.9	12.7	18	0.02	68	50	62.5	12.5	3	2	6.6	6.5	6.5	34
0.9	12.7	20	0.02	68	50	62.5	12.5	3	2	6.6	6.5	6.5	34
0.9	12.7	24	0.025	68	50	62.5	12.5	2.5	1.5	6.6	6.5	6.5	34
1.0	14	18	0.02	68	50	62.5	12.5	5	3	6.6	6.6	6.6	30
1.0	14	20	0.025	68	50	62.5	12.5	4	2.5	6.6	6.6	6.6	30
1.0	14	24	0.025	68	50	62.5	12.5	4	2.5	6.6	6.6	6.6	30
1.4	20	18	0.03	68	50	62.5	12.5	5	3.5	6.4	6.4	6.4	26
1.4	20	20	0.075	68	50	62.5	12.5	4	3	6.4	6.4	6.4	26
1.4	20	24	0.03	68	50	62.5	12.5	4	2.5	6.4	6.4	6.4	26

体积分别为 18L、20L、24L，出水含铁逐渐减少，即可满足回用要求；当流量为 1.0m³/h 时，充水体积分别为 18L、20L、24L，罐出水含铁逐渐减少，能满足回用水质要求，但运行周期略有减少；当流量为 1.4m³/h 时，充水体积分别为 18L、20L、24L，罐出水含铁合理，运行周期相应缩短。

考虑运行效果的稳定性并留有余地，系统的处理量宜以滤速 18m/h，中和后水含铁量控制在 60mg/L 以内，pH 在 6.5~7.0 之间

4 回用工艺经济分析

通过试验分析，可以选择以下两个方案。

方案 1：

中和水→调节池 $\xrightarrow{\text{NaOCl 氧化}}$ 反应池→沉淀池→回用水。总费用(包括工程费用和运转管理费、折旧费及其它)为 25 万元/年，成本 0.16 元/t。

方案 2：

中和水→调节池 $\xrightarrow{\text{射流曝气}}$ 沉淀池→过滤器→回用水。总费用为 20.4 万元/年，成本 0.13 元/t。

以上方案，方案 2 技术上先进、经济上合理，是最优化方案。直接经济效益：

节省自来水费 1890 元/d；

节省排污费 1008 元/d；

前段污水处理费 840 元/d；

回用成本 546 元/d；

厂方净效益 55 万元/年。

天津市节水技术开发服务中心 何文杰 韩宏大

作者通讯处：300100 天津市南开区五马路 27 号

LLY—高效过滤器水头损失 公式推导

1990 年，东北电力学院研究成功一种纤维过滤器——LLY—高效过滤器，它继承了传统颗粒状滤料过滤器适用范围广泛的优点，从过滤方法上突破了原有模式，克服了颗粒状滤料过滤器过滤精度差、滤速低等缺点。

1 滤料、滤层特征

LLY—高效过滤器以纤维束为滤料。若干纤维束以一定的密度排布于过滤器中，构成一松散的滤层。为调节滤层的密度，在其内部设置由柔性材料构成的加压室。过滤时，由加压室向滤层施加压力，使纤维处于一定的压实状态，待过滤的水在压力作用下沿纤维束的伸展方向流过，即得到过滤；清洗时，泄去加压室的压力，纤维束被放松，用水沿纤维束伸展方向洗出截留物，即得到清洗再生。

2 水头损失公式

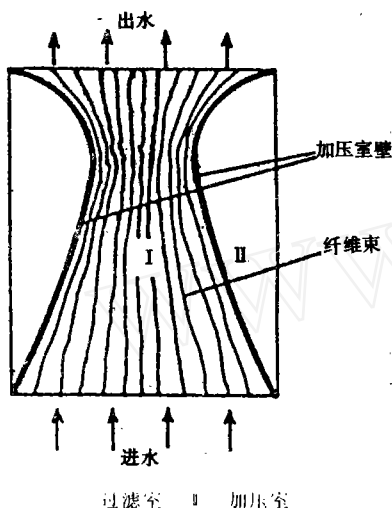
把 LLY—高效过滤器纤维滤层的通水缝隙看成若干截面不规则的毛细管。根据管道沿程阻力计算公式，水流过某微分纤维滤层的水头损失(Δh)应为

$$\Delta h = 8f \cdot \frac{v_1^2}{2g} \cdot \frac{\Delta L}{d_e} \quad (1)$$

式中 Δh ——水头损失

v_1 ——孔隙流速

f ——阻力系数
 g ——重力加速度
 ΔL ——滤层厚度
 d_c ——孔隙当量直径



由于纤维滤层孔隙较小(最大几 mm),孔隙流速 v_i 也不很大($v_i < 0.1 \text{ m/s}$),水流的雷诺数 $R_e = \frac{d_c v_i \gamma}{\mu g} < 2000$, 所以

$$f = \frac{8}{R_e} = \frac{8\mu g}{d_c v_i \gamma} \quad (2)$$

设纤维滤层的孔隙率为 ε , 滤层横截面积为 A , 纤维直径为 d_c , 则流体通道(孔隙)的横截面积为 εA , 纤维总横截面积为 $(1-\varepsilon)A$, 纤维总根数为 $\frac{(1-\varepsilon)A}{1/4\pi d_c^2}$, 在通道截面上流体的浸润周边为 $\frac{(1-\varepsilon)A}{1/4\pi d_c^2} \cdot d_c \pi$, 根据当量直径的定义应有

$$\begin{aligned} d_e &= 4 \times \frac{\text{流体通道的横截面积}}{\text{在通道截面上流体的浸润周边}} \\ &= 4 \times \frac{\varepsilon A}{\frac{(1-\varepsilon)A}{1/4\pi d_c^2} d_c \pi} \\ &= \frac{\varepsilon}{1-\varepsilon} d_c \end{aligned} \quad (3)$$

设过滤空塔流速为 v , 则 $v_i \varepsilon A = vA$, 即

$$v_i = \frac{v}{\varepsilon} \quad (4)$$

将式(2)、(3)、(4)代入式(1)经整理得

$$\Delta h = 32\mu/\gamma \cdot (1-\varepsilon)^2/\varepsilon^3 \cdot v/d_c^2 \cdot \Delta L \quad (5)$$

由于纤维层孔隙是弯曲的, 式(5)需修正。设修正系数为 β (纤维层孔隙不弯曲时, $\beta=1$),

式(5)应变为

$$\Delta h = 32\mu/\gamma \cdot \beta \cdot (1-\varepsilon)^2/\varepsilon^3 \cdot v/d_c^2 \cdot \Delta L \quad (6)$$

纤维层孔隙弯曲程度随纤维品种和操作条件而变化, 修正系数 β 需经实验确定。

LLY—高效过滤器滤层是变孔隙的, 要严格计算过滤滤层水头损失需利用式(6)进行积分计算。

设进水侧滤层孔隙率为 ε_0 , 流速为 v_0 , 滤层横截面积为 A_0 (滤层某横截面孔隙率为 ε , 流速为 v , 滤层横截面积为 A)。根据各横截面纤维量相等, 流量相等, 即

$$(1-\varepsilon)A = (1-\varepsilon_0)A_0, vA = v_0A_0$$

$$\text{可得 } v = v_0 \frac{1-\varepsilon}{1-\varepsilon_0} \quad (7)$$

将式(7)代入式(6)并积分可得

$$\begin{aligned} h &= \int dh = 32\mu/\gamma \cdot \beta/d_c^2 \cdot v_0/(1-\varepsilon_0) \\ &\quad \int (1-\varepsilon)^3/\varepsilon^3 dL \end{aligned} \quad (8)$$

从式(6)可以看出, LLY—高效过滤器过滤滤层水头损失的影响因素及其作用规律, 与颗粒状滤料过滤器基本相同。

东北电力学院 刘凡清

作者通讯处: 132012 吉林市长春路 169 号 东北电力学院应用化学系

酸碱中和的新方法

在造纸、化工、纺织、食品等许多行业部门排出高浓度的碱性废液, 通常采用硫酸、盐酸来中和, 使 pH 值符合 5~9 的范围后排入下水道或河流中。由于强酸的使用, 使设备、维修保养、人员操作及控制可靠性都出现困难。

目前, 采用 CO_2 来调节废水中的 pH 值虽未广泛应用, 但已被越来越多的人所接受。

图 1 显示一典型碱性工业废水中加入纯 CO_2 或纯 H_2SO_4 (100%) 后, pH 值变化的情况。废水总碱度为 1000mg/L (以 CaCO_3 计), 起始 pH 值为 12.5。