

LLY高效过滤器的研制

东北电力学院 刘凡清 李俊文 许振达 姚继贤

摘 要

本文介绍了一种构思巧妙, 结构新颖, 独特的过滤设备——LLY高效过滤器。它以纤维状材料为滤料, 并设置可挤压纤维滤层的胶囊, 以调节过滤和清洗时滤层的堆积密度, 很好地解决了纤维状滤料不易翻松清洗的问题, 使其与常规过滤器相比具有占地面积小, 造价低, 流速高, 出水质量好, 截污容量大, 可调性强等特点。

一、前言

LLY高效过滤器是一种结构新颖的纤维过滤器, 它采取了一种特殊而简单的方式, 克服了原有纤维过滤器的缺点, 更好地发挥了纤维状滤料的特长。这种过滤器的诞生, 对解决目前的水污染和缺水问题, 适应科研、生产和生活对用水质量日益严格的要求, 必将产生深远的影响。

二、设计主导思想

纤维状滤料, 在清洗时, 为保证清洗彻底, 需使其处于完全松散状态, 而在过滤时, 为保证过滤效率, 又要求纤维处于一定的压实状态。上述两种要求是矛盾的。为此, 我们采取将若干松散的长纤维束上端挂于一多孔板上, 下端挂一重坠, 即构成了滤芯, 此时纤维松散易清洗的。在纤维滤层的内部或外围至少安置一个不透水的柔性材料构成的囊, 此囊将滤层空间分隔成可通水的过滤室及一压缩纤维的加压室。过滤时, 在加压室内充一定体积的水(根据需要也可充其它液体或气体), 纤维即处于一定的压实状态, 保证了过滤效率; 清洗时, 挤出加压室内的水, 纤维即处于完全松散状态, 可保证清洗效果。

三、工作原理

对于去除水中悬浮物, 多种不同化学结

构的纤维素, 其过滤性能无明显差异。丙纶纤维, 由于价格低廉、化学性质稳定、强度高且密度小, 所以对于一般的水处理场合我们选择丙纶长丝作滤料。这种材料对水中的悬浮颗粒没有特殊的活性, 过滤吸附水中的悬浮物属表面物理吸附, 吸附力较弱, 吸附泥渣后, 可用水和压缩空气擦洗的物理方法再生。

根据粒状滤料导出的有关公式对纤维状滤料也应是适用的, 二者之间的形状差异反映在公式中只差一个常数。

O'Melia和Yao等人在1970年前后推导出如下公式:

$$C = C_0 e^{-3/2(1-\epsilon)\eta\eta_c L/d_c} \quad (1)$$

式中: L ——滤层厚度; C_0 、 C ——分别为水流通过 L 厚滤层前后悬浮物浓度; ϵ ——滤层孔隙率; $1-\epsilon$ ——滤料堆积密度; d_c ——滤料直径; η ——有效碰撞次数与总碰撞次数之比, 与混凝效果有关; η_c ——水中颗粒撞击某单元滤料的速率与流向该单元滤料的速率之比。

η_c 可用式(2)表示:

$$\eta_c = (\eta_c)_D + (\eta_c)_I + (\eta_c)_C \quad (2)$$

式中 $(\eta_c)_D$ 、 $(\eta_c)_I$ 、 $(\eta_c)_C$ 分别表示扩散作用, 截除作用和重力作用的分效率, 且有

如下关系:

$$(\eta_c)_D = 0.9(\overline{K}T/\mu d_p d_c \cdot V_i)^{2/3} \quad (3)$$

$$(\eta_c)_I = 2/3(d_p/d_c)^2 \quad (4)$$

$$(\eta_c)_G = (\rho_s - \rho_L)gdP^2/18\mu V_i \quad (5)$$

式中: \overline{K} ——玻尔兹曼常数; T ——绝对温度; d_p ——水中颗粒直径; V_i ——孔隙流速; μ ——水的绝对粘度; P_L ——水的密度; P_s ——水中颗粒的密度; g ——重力加速度。

式(3)、(4)、(5)充分反映出各因素对过滤的影响,并且可分析出某因素改变时各种迁移作用主次地位的变化。纤维状滤料与颗粒状滤料在滤料直径 d_c 及孔隙流速 V_i 两参数上存在着明显差异,前者 d_c 约是后者的1/20,甚至更小; V_i 约是后者的2~3倍。颗粒状滤料过滤器的迁移机理以扩散、截除和重力作用为主,说明 $(\eta_c)_D$ 、 $(\eta_c)_I$ 、 $(\eta_c)_G$ 在同一个数量级,即最大者与最小者之比小于10。当 d_c 和 V_i 发生上述变化时,由式(3)、(4)、(5)可以看出 $(\eta_c)_D$ 和 $(\eta_c)_G$ 相对 $(\eta_c)_I$ 可忽略不计。即:

$$\eta_c \approx (\eta_c)_I = 2/3(d_p/d_c)^2 \quad (6)$$

将式(6)代入式(1),就得到反映纤维状滤料重滤效率的公式:

$$C = C_0 e^{-9/4(1-\epsilon)\eta d_p^2/d_c^3 L} \quad (7)$$

滤层内部还存在同向絮凝作用,同向絮凝作用的大小,可用GT值来衡量。1970年Ives提出如下公式:

$$GT = 13.4(1-\epsilon)/\epsilon \cdot L/d_c \quad (8)$$

过滤时滤层水头损失大小是影响运行经济性的重要因素。1964年Camp推导出如下公式:

$$h_f = 184\mu/\gamma \alpha^2 (1-\epsilon)^2/\epsilon^3 \cdot V/d_c^2 \cdot L \quad (9)$$

式中: h_f ——水头损失; V ——过滤流速; α ——形状系数; γ ——水的重度。

由式(7)可以看出,增大滤料的堆积密度 $(1-\epsilon)$,提高混凝效果(增大 η),增大水中悬浮颗粒的直径(d_p),减小滤料直径(d_c),增加滤层深度(L)均可显著提高过滤效率;流速对过滤效率没有影响。这一点与石英砂过滤器不同,但却与纤维球过滤器和纤维束过滤器的性能相一致,与实验数据基本相符。

由式(8)可以看出,增大滤料的堆积密度 $(1-\epsilon)$,减小滤层孔隙率(ϵ)和滤料直径 d_c ,增加滤层厚度(L),可增大GT值,进而增大水中絮凝颗粒的直径(d_p),提高过滤效率。

由式(9)还可看出,为提高过滤效率而增大滤料的堆积密度,减小滤料直径,同时会增大滤层的阻力。如果阻力变得太大,就将得不偿失。其实,LLY高效过滤器的过滤阻力并不算大,这是纤维的堆积密度和形状系数较小的缘故。

LLY高效过滤器纤维层的通水缝隙可看成若干截面不规则的毛细管,从管道沿程阻力计算公式出发,我们推导出纤维滤层水头损失计算公式如下:

$$\eta_f = 32\mu/\gamma \cdot (1-\epsilon)^2/\epsilon^3 \cdot V/d_c^3 \cdot L \quad (10)$$

式(10)与式(9)在形式上非常相似,式(10)应能更准确反映实际情况。比较(9)、(10)两式得形状系数 $\alpha = 0.24$ 。可见LLY高效过滤器中纤维的形状系数是很小的。

LLY高效过滤器在加压室未充水时, $\epsilon = 90\%$, $d_c = 50\mu m$,代入式(10);石英砂过滤器, $\epsilon = 40\%$, $d_c = 0.85mm$, $\alpha = 1.25$ 代入式(9)。计算得前后两者水头损失之比为0.078。从而看出,尽管LLY高效过滤器采取很小的纤维直径,但滤层水头损失却较小。

此处需说明一点,由于纤维通水缝隙是弯曲的,而且随纤维品种和操作条件而变化,准确的 α 值需经实验确定。但由于纤维

的弯曲度一般不大,所以上述取值是比较接近实际的。

根据上述理论分析,纤维滤层阻力比较小,增大纤维的堆积密度可显著提高过滤效率,因此可采取增大纤维堆积密度的途径改善过滤效果。但同时又要考虑清洗时能放松纤维层。使纤维处于松散状态。LLY高效过滤器设置加压室主要就是为了达到这一目的。

在过滤时,水自下而上流过滤层,为防止纤维产生大的纵向压缩现象,每束纤维的下端都挂有适当重量的坠。重坠的存在又可防止清洗时纤维出现乱层。适当的纵向压缩,对提高过滤效率和截污容量是有利的,但纵向压缩过大,水头损失则太大,同时也可能出现乱层现象。

清洗时,挤出加压室内的水,纤维滤层变为自然蓬松状态。用水和压缩空气擦洗,就可容易地将其清洗干净。

微小的滤料直径,足够大的纤维堆积密度,理想的深层过滤效应,良好的清洗效果,决定了LLY高效过滤器具有过滤效率高、速度快、截污容量大、阻力小等优点。

通过改变加压室充水量,可随意均匀地调节滤层的密度,滤层可自动形成孔隙率沿水流方向逐渐减小的状态,以及通过简便的方法可较彻底地洗出截留的泥渣都是非常重要的。

由于LLY高效过滤器的滤层在过滤时是变孔隙的,要严格计算过滤效率和水头损失需利用(7)式、(10)式进行微积分计算。

LLY高效过滤器的外形及管阀系统与普通机械过滤器相似。

四、主要技术性能

1. 出水水质

经混凝的水,浊度高达20~30FTU,在30米/时的高流速下,出水浊度可控制在零度。此时水中的胶体和悬浮物含量降至最低限度。

出水浊度几乎与进水浊度和流速无关。

2. 截污容量

在加压室充水量较大,流速30米/时,进口水浊度12FTU时,截污容量 $\sigma_0 = 4.0$ 公斤/米³, $\sigma_1 = 6.0$ 公斤/米³。(σ_0 、 σ_1 分别为以出水浊度为零度和1度为失效终点时的截污容量)。

截污容量随加压室充水量的增加而增大,随进口水浊度的升高而增大,随流速的提高而减小。

3. 过滤速度

流速可高达40米/时,一般控制在20~30米/时较合适。

4. 过滤阻力

周期平均压头损失一般为0.02~0.10 MPa,最大压头损失不超过0.2 MPa。

加压室充水量增加,流速提高,过滤阻力随之增大。

5. 可调性

过滤效率、截污容量和过滤阻力可根据需要随时调节。

6. 对入口水质要求

与石英砂过滤器相同。

7. 清洗条件

清洗水流速20~30米/时,空气压力 ≥ 0.05 MPa,空气量60升/米²秒,清洗时间20~60分钟。

8. 耐热性

丙纶纤维和天然——氯丁混合橡胶可耐热100℃,此时LLY——高效过滤器可在水温100℃的条件下工作。对耐热要求更高的场合,可选择其它纤维和橡胶。

9. 耐化学药品性

丙纶纤维对各种碱及非氧化性酸有很强的耐性。对于不同的化学药品和有机溶剂几乎都可找到适合的纤维和橡胶材料。

五、应用前景

LLY高效过滤器是机械过滤器和砂滤池的更新换代产品,可广泛用于发电、化

工、造纸、电子、纤维制造、医药卫生、制酒、饮料、食品加工等各种工业用水的过滤处理过程,可经济有效地提高用水质量,保障安全生产,提高工业产品的质量;用于自来水厂,可提高饮用水水质标准。此外,还为饮用水的深度处理(如活性炭吸附)提供了良好的条件;用于电渗析、反渗透及超滤器的前置过滤,可有效地防止膜污堵,延长使用寿命;用于游泳池、浴池等公共场所水的循环过滤处理;用于各种废水处理,易于实现水的重复利用,节水、节能、减免传染病流行;用于地下水除铁、除锰,也可用于酱油、醋、啤酒等液体以及气体的过滤处理。

总之,LLY——高效过滤器推广使用后,必将产生可观的经济效益、社会效益和环境效益——节能、节水、节约占地面积、保护环境、保护人体健康,提高工业产品质量。

参考文献

[1] 公开特许公报, 昭58——30314

- [2] 许京祺、陈培康主编, 给水排水新技术, 中国建筑工业出版社(1988)
- [3] UK Patent Application, 26 Jan 1983: 210-1901A
- [4] United States Patent, Aug. 26, 1980: 42-19420
- [5] [美] 小沃尔特·丁·韦伯著, 水质控制的物理化学方法, 中国建筑工业出版社(1980)
- [6] [美] T. M. 凯纳兹著, 李维音等译, 水的物理化学处理, 清华大学出版社(1982)
- [7] [苏] B. H. 乌学夫等著, 李悦、徐图编译, 工业气体净化与除尘器、过滤器, 黑龙江科学技术出版社(1984)
- [8] [法] 德格雷蒙公司编著, 水处理手册, 中国建筑工业出版社(1987)
- [9] 北京大学化学系《化学工程基础》编写组编, 化学工程基础, 人民教育出版社(1979)
- [10] [日] 大石不二夫著, 顾雪蓉译, 高分子材料实用技术, 江苏科学技术出版社(1985)
- [11] 张向宇等编, 实用化学手册, 国防工业出版社(1986)
- [12] 钟厚昌主编, 许保玖审, 净水厂设计, 中国建筑工业出版社(1986)

《水处理信息报导》

一九九一年第二期部分内容介绍

• 国外专利、文献编译 •

- 水中生物忌避剂……………(13)
- 中性溶液中缓蚀剂的缓蚀机理……………(21)
- 冷却水在线监测应用标准……………(27)
- 减少水处理系统中铜及铜合金设备腐蚀的杀菌剂……………(37)
- 高分子絮凝剂的现状及发展……………(40)
- 锅炉水系统中联氨替代物的使用经验……………(44)

• 第49届国际水会议(IWC)论文编译 •

- 过滤器辅料对冷凝液助滤器/除盐设备性能的影响……………(49)

• 国外文献摘录 •

- 用于抑制水系统结垢的固体阻垢剂……………(50)
- 敞开式循环冷却水的发展历史……………(51)
- 用于监测冷却水中换热器铜管腐蚀成份的装置……………(51)

- 锅炉水处理剂……………(52)
- 制备缓蚀阻垢剂的工艺改进措施……………(52)
- 关于冷却中硬度盐在换热器表面析出倾向的分析……………(53)
- 锅炉水处理的控制及优化……………(53)
- 去除水中溶解氧的方法……………(55)
- 超纯水中TOC的控制……………(61)
- 废水中汞的去除……………(65)
- 用于工业废水处理的旋转式膜过滤器……………(72)
- 废水处理剂……………(73)

• 新产品、新工艺、新技术、新设备 •

- TGS系列锅炉水处理剂
- 水溶液法合成聚富马酸阻垢剂
- 造纸厂用水处理剂
- 催化氧化法处理染料废水
- 新型高效天然高分子絮凝剂1号