

浮动式滗水器的设计和运行

黄卫东¹, 沈文钢², 徐懋瑞², 郑小黑², 冯生华²

(1. 中国科技大学 地球与空间科学学院, 安徽 合肥 230026; 2. 深圳中兴环境工程技术有限公司, 广东 深圳 518004)

摘要: 介绍了采用自动橡胶球阀的浮动式滗水器设计原理和设计要点,并详述了完全国产化生产的大型浮动式滗水器在实际运行中的性能。研究表明,浮动式滗水器结构简单可靠、运行稳定、滗水深度大、适用范围广,其堰口负荷随着滗水的进行而逐渐减小,与 SBR 工艺匹配较好,既保证了出水水质,又具有较大的滗水能力。

关键词: 浮动式滗水器; 序批式活性污泥法; 自动球阀; 堰口负荷

中图分类号: X703.1 **文献标识码:** C **文章编号:** 1000-4602(2005)01-0059-04

Design and Operation of Floating Decanter

HUANG Wei-dong¹, SHEN Weng-gang², XU Mao-rui²,
ZHENG Xiao-hei², FENG Sheng-hua²

(1. College of Earth and Space Science, University of Science and Technology of China, Hefei 230026, China; 2. Shenzhen Zhongxing Environmental Engineering and Technology Co. Ltd., Shenzhen 518004, China)

Abstract: The principle and key points in the design of floating decanter with automatic rubber ball valve were introduced, and the performance of domestically produced large floating decanter was described. The study result shows that the decanter is characterized by simple and reliable configuration, steady operation, deep decantation and wide adaptability. Its weir loading is decreased gradually with the decanting of water. The floating decanter can be used in SBR process, with good effluent quality and large decantation capacity.

Key words: floating decanter; SBR; automatic ball valve; weir loading

大中型城市污水处理厂所采用的滗水器主要有3种,即虹吸式滗水器^[1]、旋转式滗水器^[2~5]和浮动式滗水器,目前前两种滗水器均已在国内开发应用,但是大型浮动式滗水器的设计应用还未见报道,为此设计了采用橡胶球作防渣阀的浮动式滗水器。

1 设计原理和设计要点

1.1 滗水器结构与设计原理

浮动式(又称浮力式)滗水器由3个主要部分组成:带有防渣阀的滗水管、与滗水管相连的带有柔性软管的排水管和浮筒。滗水管与浮筒相连,使滗

水器能随着 SBR 池的液面上下波动,保持进水口始终在水面以下。防渣阀安装在滗水管的进水口上,这样就能吸入清洁水而避免浮渣、污泥进入。滗水器的运行由池外的排水阀控制。浮动式滗水器结构如图1所示。

滗水器是依靠 SBR 反应器水位与滗水器出水口水位差 h 工作的。假设滗水开始时反应器水位与滗水器出水口水位差为 h_0 , t 时刻该水位差为 h , 出水管流速为 v , 若出水管半径为 r 、反应器面积为 S 、滗水器滗水时的总水头损失系数为 C 、橡胶球阀产

生的水头损失为 $h_{\text{球}}$, 则在 t 时刻:

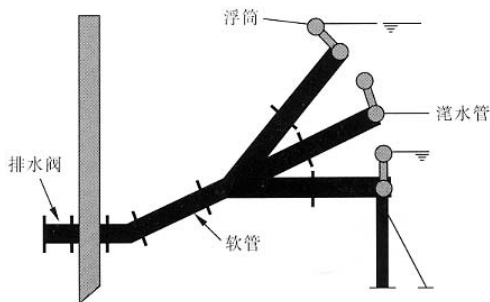


图1 浮动式滗水器结构示意图

Fig.1 Schematic diagram of floating decanter structure

$$h - h_{\text{球}} = Cv^2/2g \quad (1)$$

$$\begin{aligned} dh &= -\pi r^2 v dt / S = \\ &= -\pi r^2 / S [2g(h - h_{\text{球}}) / C]^{0.5} dt = \\ &= -a(h - h_{\text{球}})^{0.5} dt \end{aligned} \quad (2)$$

$$\text{设 } a = \pi r^2 / S(2g/C)^{0.5}$$

将式(2)积分得到:

$$(h - h_{\text{球}})^{0.5} - (h_0 - h_{\text{球}})^{0.5} = -at/2 \quad (3)$$

滗水量为 V 时, 滗水器开始工作时水位为 h_0 , 根据式(3), 滗水器完成滗水工作时间为:

$$\begin{aligned} T &= 2[(h_0 - h_{\text{球}})^{0.5} - (h - h_{\text{球}})^{0.5}] / a = \\ &= 2[(h_0 - h_{\text{球}})^{0.5} - (h_0 - h_{\text{球}} - V/S)^{0.5}] / a \end{aligned} \quad (4)$$

t 时刻滗水速度为:

$$\begin{aligned} q &= \pi r^2 v = \pi r^2 [2g(h - h_{\text{球}}) / C]^{0.5} = \\ &= \pi r^2 (2g/C)^{0.5} [(h_0 - h_{\text{球}})^{0.5} - at/2]^2 \end{aligned} \quad (5)$$

t 时刻已滗水量为:

$$\begin{aligned} V &= S(h_0 - h) = \\ &= S\{h_0 - h_{\text{球}} - [(h_0 - h_{\text{球}})^{0.5} - at/2]^2\} = \\ &= S[(h_0 - h_{\text{球}})^{0.5} at - a^2 t^2 / 4] \end{aligned} \quad (6)$$

从式(4)可以看出, 滗水器排出一定量水所需时间不仅与滗水量相关, 还与滗水开始时反应器水位与滗水器出水口水位差相关, 水位差越大则所需滗水时间越小。从式(5)可以看出, 滗水器瞬时排水速度与 t 时刻反应器水位与滗水器出水口水位差相关, 随着滗水时间的增加则滗水器瞬时排水速度下降。

1.2 设计要点

1.2.1 滗水管

滗水器排出水水质与滗水管进水流速密切相关, 流速过快将破坏污泥层。旋转式滗水器通常采

用滗水堰, 滗水堰的堰口负荷是非常重要的指标, 通常旋转式滗水器的平均堰口负荷为 $20 \sim 40 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$ 。浮动式滗水器采用滗水管上开一排多个小孔, 其水力效果类似滗水堰。

若滗水管长为 l , 堰口负荷为 k , 则:

$$\begin{aligned} k &= q/l = \pi r^2 [2g(h - h_{\text{球}}) / C]^{0.5} / l = \\ &= \pi r^2 (2g/C)^{0.5} [(h_0 - h_{\text{球}})^{0.5} - at/2] / l \end{aligned} \quad (7)$$

根据上述分析, 滗水器工作开始和结束前的堰口负荷比较重要。滗水器开始工作和停止工作时, SBR 反应器水位与滗水器出水口水位差分别为 h_0 和 h , 则滗水器工作开始和结束前的堰口负荷 k_0 和 k 分别为:

$$k_0 = \pi r^2 v = \pi r^2 [2g(h_0 - h_{\text{球}}) / C]^{0.5} / l \quad (8)$$

$$k = \pi r^2 v = \pi r^2 [2g(h - h_{\text{球}}) / C]^{0.5} / l \quad (9)$$

通常滗水开始时堰口负荷最大, 若此时堰口负荷 $k_0 < 50 \text{ L}/(\text{s} \cdot \text{m})$, 可以按下式确定滗水管长度:

$$l > \pi r^2 [2g(h_0 - h_{\text{球}}) / C]^{0.5} / k_0 \quad (10)$$

滗水管直径与连接软管直径密切相关, 以滗水时无明显阻力影响滗水排出为准。多选用不锈钢或玻璃钢等耐腐蚀材料。

1.2.2 柔性软管

柔性软管是浮动式滗水器的关键部件。滗水器工作时, 柔性软管的弯曲使滗水管能够随水位上下浮动, 故对柔性软管提出了较高的要求, 一方面要求有较好的弯曲性能, 另一方面, 又对柔性软管的刚度有特殊的要求。特别是采用自动防渣阀设计, 滗水器开始工作时, 出水闸门一打开则在柔性软管内部就形成真空, 使自动防渣阀在大气压力作用下打开, 由于真空的存在, 对柔性软管的刚度要求比较高, 否则柔性软管容易被压瘪, 影响排水。国内外厂家使用的软管均是内嵌钢丝的橡胶管, 国内有多个厂家能够生产这种橡胶软管, 但通常的橡胶软管产品在刚度要求方面较弱, 需要特别定制。这种软管的制作难度和费用随直径的增大而急剧上升, 因此选择的软管直径通常以滗水时无明显阻力影响滗水排出为准, 而长度则根据滗水器工作的最大滗水深度和柔性软管的可弯曲性能进行计算确定, 通常要留出一定余量。

1.2.3 防渣橡胶球阀

浮动式滗水器的进水口一直是在反应器液体中, 必须设置阀门以防止混合液进入。滗水管上的

多个进水孔是进水口,一般 6 m 长的滗水管上需要设置 16~20 个进水孔,美国某著名公司采用带弹簧的塞子顶住进水孔,但弹簧长时间工作难免失灵。采用橡胶球作为自动阀,其原理与带弹簧的塞子类似,均是在滗水器不工作时,依靠重力或弹簧弹性力关闭进水口。橡胶球作为阀门的关键是确定其密度,通常根据 SBR 池曝气强度确定自动球阀的密度,当橡胶球阀半径为 R (根据滗水器滗水能力确定)时,自动球阀在滗水器工作时引起的阻力损失(或称水头损失) P 可以估算为:

$$P = (4\pi R^3/3) \cdot (d-1)/\pi R^2 = 4R(d-1)/3 \tag{11}$$

1.2.4 其他设计要求

设置水封井:由于自动球阀依赖于滗水器内部产生的真空来工作,故在滗水器出水口设置水封井以防止空气进入滗水管是非常必要的。同时也确定了滗水器出水水位,有利于滗水器稳定工作。

自动控制:通过在 SBR 反应池外滗水器的出水管上设置排水阀来控制滗水器运行。通过可编程逻辑控制器可实现对电动蝶阀的自动控制。无论是电动蝶阀或手动蝶阀,开启和关闭都需要时间,在设计滗水器时也是必须考虑的一个因素。

浮筒设计:浮筒是浮动式滗水器又一重要部件,它使滗水管上进水口保持在水面下一定距离,从而有良好的滗水效果。通常要求浮筒有良好的气密性,在滗水器使用期间能够工作良好,不漏水。

排气管设计:滗水管上还需要设置内径较小的排气管以在初次使用时排除滗水器内部的气体。为了防止滗水器工作时气体通过排气管进入滗水器内部,通常将排气管弯曲,使出气口淹没在 SBR 池水下一定深度。

2 运行效果

根据上述设计要点,为某污水处理工程设计、制造和安装了浮动式滗水器。该污水处理工程采用 3 座 SBR 反应池,最大处理污水能力为 $14\,300\text{ m}^3/\text{d}$,平均处理能力为 $1 \times 10^4\text{ m}^3/\text{d}$,要求单池最大滗水能力为 $1\,200\text{ m}^3/\text{h}$;平均滗水能力为 $833\text{ m}^3/\text{h}$,滗水时间要求在 1 h 以内,滗水开始前混合液先静止沉淀 1 h。SBR 单池表面积为 710 m^2 ,处理最大水量时滗水深度为 1.69 m,处理平均水量时滗水深度为 1.18 m。滗水开始时 SBR 池水位与滗水器出水管水封井水位差为 2.23 m(最大处理水量时)或 1.72 m(平

均处理水量时),滗水结束时水位差为 0.54 m。单池设两台 $600\text{ m}^3/\text{h}$ 滗水器(所有部件均在国内加工生产)。在 2002 年初完成安装调试,目前运行效果良好。

图 2 是不同时间计算和实测的滗水量数据。图 3 是滗水器在不同滗水时间的瞬时堰口负荷和瞬时滗水流速。从图 2、3 可以看出,滗水器滗水能力由滗水开始和结束时反应器水位与滗水器出水口水位差、滗水器自身的水力损失系数决定,滗水结束时堰口负荷最小。为了保持均速滗水,就必须提高滗水结束时的堰口负荷,以在规定时间内完成预定的滗水量,这将增加水位提升所需要的动力消耗。

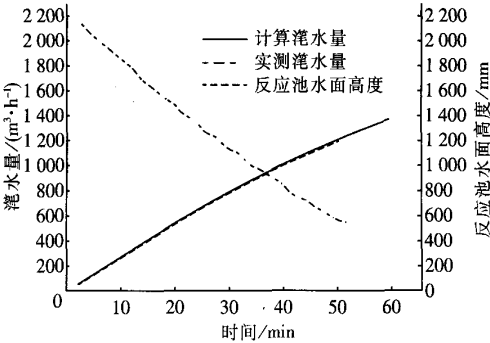


图 2 时间与滗水量的关系

Fig. 2 Relationship between time and decanting flux

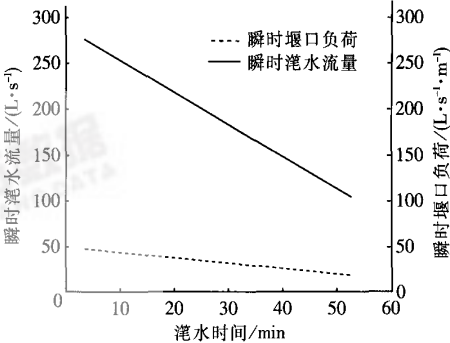


图 3 不同滗水时间的瞬时堰口负荷和瞬时滗水流速

Fig. 3 The charge of weir and flux of decanter in different decanting time

通常 SBR 工艺在滗水前有 1 h 的沉淀时间,滗水时间也限于 1 h 左右,因此在滗水开始阶段,SBR 反应器中混合液经过 1 h 的静止沉淀,污泥层与滗水器进水口位置高度差较大,采用较高的堰口负荷是不影响出水水质的。由于滗水时水位下降比混合液沉淀时污泥层下降快,而通常活性污泥混合液沉

淀时污泥层随时间变化,一开始以较快速度直线下降,然后下降速度减慢,到了滗水快结束阶段,SBR反应器水位与污泥层高度差逐渐变小,这时应采用较小的堰口负荷,因此浮动式滗水器的动态堰口负荷与活性污泥混合液沉淀分离的工艺要求是一致的。实际监测滗水不同阶段的出水SS,表明SS没有受到浮动式滗水器动态堰口负荷的明显影响,因此对于浮动式滗水器,研究均量排水是不必要的。

另一方面,SBR反应器多工作在平均流量下,这时可通过调整出水电动阀门的开度,增大滗水器排水阻力,从而减小滗水器瞬时流量和堰口负荷。在100%开启度下,完成平均处理水量的滗水时间仅为40 min,而这时的堰口负荷 $>40\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$,将蝶阀开启度变为5/8时滗水时间为52 min,能够满足工艺要求,而最大堰口负荷仅为 $31\text{ L}/(\text{s}\cdot\text{m})$ 。堰口负荷减小有利于减小出水的悬浮固体含量,提高水质。

3 结语

研究表明,浮动式滗水器是SBR工艺最好的滗

水设备之一,它结构简单、运行稳定可靠、流量调整灵活,应大力推广。

参考文献:

- [1] 张大群,王秀朵. SBR工艺新DAT-IAT法及新型滗水器[J]. 中国给水排水,1996,12(1):26-29.
- [2] 顾剑锋. 一种新型滗水器的排水水力学模型及计算[J]. 中国给水排水,2002,18(10):64-67.
- [3] 金宏,张大群,王长生. 旋转式滗水器的开发设计[J]. 中国给水排水,2002,18(5):56-57.
- [4] 王鹏,焦兆明. SBR滗水器的设计及应用[J]. 中国给水排水,2000,16(10):28-31.
- [5] 李金根,卢德纯. 旋转式深水器的均量滗水设计[J]. 中国给水排水,2003,19(5):82-84.

电话:(0551)3183212

传真:(0551)3607386

E-mail:huangwd@ustc.edu.cn

收稿日期:2004-06-15

· 信息 ·

Ei 收录我刊 2001 年发表的部分文章

· 2001,17(10)1~4

运行条件对超滤膜污染的影响

作者: 王磊 福士宪一(八户工业大学)

· 2001,17(10)5~8

混凝沉淀中影响除铝效率的因素

作者: 王志红 崔福义(哈尔滨工业大学)

郑学书 车振启(宾县自来水公司)

· 2001,17(10)9~11

TiO₂ 固定膜光催化降解甲胺磷农药废水

作者: 葛飞 易晨俞 陈鹏 戴友芝(湘潭大学)

· 2001,17(10)20~22

中国城市水业发展的实施策略

作者: 聂梅生(建设部)

· 2001,17(10)23~27

生物除磷系统中尚未明确的厌氧稳定问题

作者: 邱慎初(国家城市给水排水工程技术研究中心)

· 2001,17(10)28~30

开辟大连新水源的途径——污水回用

作者: 裴为民(大连市排水管理处)

· 2001,17(10)31~34

含重金属离子废水的生物处理

作者: 吴烈 潘志平(北京有色冶金设计研究总院)

· 2001,17(10)35~36

横流式冷却塔热力性能优化设计

作者: 方明霞(同济大学)

康治国 唐宜军(上海良机冷却设备有限公司)

· 2001,17(10)37~38

屋面雨水压力流排水系统设计

作者: 王欣欣(辽宁省建筑设计研究院)

· 2001,17(10)39~40

变频调速给水系统的几点节能措施

作者: 黄海峰(苏州城建环保学院)

· 2001,17(10)56~58

实现城市雨水资源化的基本途径

作者: 赵廷红 牛争鸣(西安理工大学)

· 2001,17(10)59~60

原子吸收法测定滤池排水的总铅含量

作者: 王 晓(南海市南海发展股份有限公司)

齐丽华(佛山市供水总公司)

(本刊编辑部 供稿)