

序批式活性污泥法(SBR)技术及关键设备研究与探讨

STUDY AND RESEARCH ON SBR PROCESS AND ITS KEY EQUIPMENT

张大群

摘要:本文对序批式活性污泥法(简称SBR)在污水处理技术中的发展状况、运行原理及工艺特点进行了分析与论述。与较传统的活性污泥法相比,SBR法具有处理构筑物少、处理过程简化的特点,整个操作由进水、反应、沉淀、排水和闲置五个基本过程所组成。上述过程都在一个反应池内依次进行,省去了初沉池、二沉池和回流污泥泵房。因SBR为延时曝气工艺,故污泥已好氧稳定,不需消化处理,工程造价亦可降低。随着SBR法近十多年来在国内外迅速的发展和不断改进的情况,本文对由此派生出的ICEAS法、CASS法、IDEA法及DAT-LAT法进行了说明。另外,对SBR法中关键设备滗水机械的结构及特点进行了对比与分析,论述了其负荷、滗水范围、保护高等多项参数的确定结果。

Abstract: This article gives analysis and statement on development condition, operation principle and process character of Sequencing Batch Reactor (SBR) Process in waste water treatment. Compared with conventional activated sludge process, the SBR process has the characters of less treatment facilities and simpler treating procedures. The whole operation comprises in-let, reaction, sedimentation, drainage and idle stage. All the five stages take place successively in one single reactor, which can leave out primary sedimentation tank, second sedimentation tank and sludge return pump station. Because SBR is an extended aeration process, the sludge has been stabilized under aerobic environment and needs no digestion treatment, and the project cost will also be cut down. Considering the rapid development and ceaseless improvement of the SBR process both at home and abroad, this article also gives illustrations to ICEAS Process, CASS Process, IDEA Process and DAT-LAT Process, all of them are derived from SBR Process. What's more, this article has carried out study and research on decanters, the key equipment of this process, made comparison and analysis on the structure and character of three decanters i. e., Syphon Decanter, Rotary Decanter and Sleeve Decanter and stated the parameter determine results such as load, decanting range and protection height.

SBR法是序批式活性污泥法(Sequencing Batch Reactor)的简称,又名间歇曝气,其主体构筑物是SBR反应池。污水在这个反应池中完成反应、沉淀、排水及排除剩余污泥等工序,使处理过程大大简化。

SBR早于1914年即已开发,但由于人工管理繁琐、监测手段落后及曝气器易堵塞等问题,难以推广应用。随着科学技术的发展,上述问题相继得到解决,特别是自动化技术的发展,对污水处理过程进行自动操作已成为可能。SBR法以它独特优点引起广泛注意,近年来迅速推广,并不断得到改进、完善,使其成为目前世界上污水处理技术中的热门工艺,现在已有数百座SBR工艺污水处理厂正在成功运行。日本建设省、通产省等政府部门,各大学、国立研究机关,甚至不少的水处理设备厂家,着眼于SBR的研究和技术开发。其适用范围也由以前的中小规模的工业废水处理,扩展到以脱氮除磷为目的的中小规模生活污水处理。澳大利亚以搞SBR法著称,近10多年来搞成SBR污水处理厂近600座,其中,中型及大型的SBR污水处理厂也日益增多。在中国,SBR法才刚刚起步,目前只有几座小型污水厂用此种工艺,处理效果很好。天津、上海和昆明正进行中型和较大型SBR工艺污水处理厂的设计及施工。

其工艺流程框图为:

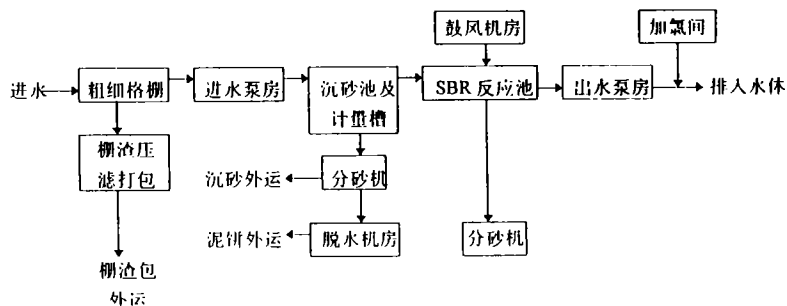


图1 工艺流程图

一、SBR 工艺运行原理及特点

SBR 是现行的活性污泥的一个变法,它的反应机制以及污染物质去除机制和连续流入式活性污泥法(Continuous Flow System Activated Sludge Process 可缩写为 CFS)基本相同,仅仅运行操作不一样。

其操作由进水(fill),反应(react),沉淀(settle),出水(draw)和闲置(idle)等 5 个基本过程组成。从污水流入开始到闲置时间结束算做一个周期。在一个周期内上述过程都在一个设有曝气或搅拌装置的反应池内依次进行,这种操作周期周而复始反复进行达到不断进行污水处理之目的。从而这里不需要连续活性污泥中必需设置的沉淀池、回流污泥泵房等构筑物,CFS 法是在空间上设置不同设施进行固定连续操作。与此相反,SBR 是在单一的反应池内,在时间上进行各种目的的不同操作。其具体操作为:

1. 进水 进水工序是反应池接纳污水的过程。在污水流入开始之前是前个周期的排水或闲置状态,因此反应池内剩余活性污泥混合液起着 CFS 法中污泥回流的作用,此时反应池内的水位最低。在进水过程所定时间内或者说在到达最高水位之前,反应池的排水口一直是在关闭状态接纳污水的流入。

进水工序仅仅流入污水,不排放处理水。因此不像连续进水连续出水的 CFS 法易受负荷变化的影响,在 SBR 法运行中即使有水量与水质的变化,对处理水质也没有太大的影响。

在污水流入的过程中,不单纯看成水位的上升,而且也进行重要的生化反应(磷的释放和脱氮等)。在此期间可分成 3 种情况:①曝气(好氧反应),②搅拌(厌氧反应),③静置。不管哪种情况或其组合方式都是根据废水的性质和一个周期作为整体的处理目标来决定的。下面叙述的反应工序也是如此,在处理装置本身不必改变的条件下,在运行管理上可以实现各种各样的反应操作,这是 SBR 法最大的特点。

此外,CFIO 从反应开始进行间歇运行,在整个处理周期中污水都是连续流入的。在此期间内同时还进行反应、沉淀和排放的间歇操作。

2. 反应 在反应池最大水量状态下,进行曝气或搅拌,是达到反应目的(去除 BOD、硝化、脱氮除磷)的主要工序。与 CFS 曝气池相比,不同之处是在反应期间一般是不进水的。当然情况也不尽相同。例如为达到脱氮的目的,通过好氧反应(搅拌)而脱氮。有的为了沉淀工序效果好,在反应工序最后短时间内进行曝气,去除附着污泥上的氮气。本工序还可进行排泥。

3. 沉淀 本工序相应于 CFS 法中的二次沉淀池。停止曝气和搅拌,活性污泥絮体进行重力沉淀和上清液分离。CFS 的二沉池是各种流向的沉降分离,而 SBR 沉淀工序是静止沉淀,有更高的沉泥效率。

4. 排水 排出活性污泥沉淀后的上清水,恢复到处理周期开始的最低水位。反应池底部沉降的活性污泥大部分做为下个处理周期的回流污泥使用,过剩的剩余污泥引出排放。另外反应池中还留下一部分处理水,可起循环水和稀释水的作用。

5. 闲置 沉淀之后到下个周期开始的期间称为闲置工序,根据需要可进行搅拌或者曝气。在厌氧条件下搅拌比好氧条件要省能量,同时对保持污泥的活性也是有利的。在以脱磷为目的的装置中,剩余污泥的排放一般是在闲置工序之初和沉淀工序的最后进行。

SBR 法具有以下几个主要特点:

- 处理构筑物很少,使处理过程大大简化。污水处理工序中 SBR 反应池集曝气、沉淀于一身,省去了初沉池、二沉池和回流污泥泵房,采用延时曝气的 SBR 工艺污泥已好氧稳定,不需要进行消化处理,只需浓缩、脱水即可。

- 不易产生污泥膨胀。特别是在污水进入生化处理装置期间,维持在厌氧状态下,使得 SVI(污泥指数)降低,而且还能节省曝气装置的动力费用。

- 对水量水质的变化具有很强的适应性,处理构筑物的简化节省了大量用地,与氧化沟工艺及传统活性污泥法工艺相比较节省了占地。

- 处理效果好。由于有 SBR 法可任意调节状态,有利于去除难降解的有机物。同时由于沉淀是静止沉降,所以沉淀效果好。

- 可脱氮除磷。通过调节曝气和间歇时间,使污水在反应池中交替处于好氧、缺氧和厌氧条件,可以方便地脱氮除磷,是一种很好的生物脱氮除磷工艺。

二、三种不同类型滗水器的研究与探讨

在 SBR 工艺中也像其它处理工艺一样,需用一定量的水处理机械设备,但最关键的设备是滗水器,又名自动浮动式水堰。它能在需滗水时将上清液滗出,而进水、反应、沉淀等工序时不影响工艺进行。它既具备有对水量变化的可调节性,有良好的水力及机械性能,又能随水位变化而自动升降。所以滗水器研制的关键是解决水堰滗水过程中,堰体(包括堰口、管道及装置)与动水流之间形成动态平衡,使之随出水量的不同而达到不同的浸没深度,并使之随水位变化所升降的响应足够的快,以满足其均匀连续排放的要求。

要使自动浮动式水堰即滗水器漂浮在水面上,首先要解决的是堰口至池外之间,联有一段特殊的载体管道,它能随堰体的升降而变化。当需要滗水时,池内水体不断涌入浮动堰口,通过载体管道流向池外。在水流动过程中,一是堰体本身与浮力形成平衡,堰口的淹没深度处于指定范围内,达到堰口水力负荷,以保证其水流均衡;二是随水面下降,堰体所处绝对高度也不断下降,要求载体管道不论以何轨迹运动,但其联结堰口部分,必须也以同样速率变化,能达到这一状况,就能实现滗水器的研制要求。

目前就国外发达国家及国内对滗水器的研究作了大量工作,搞成多种形式,主要为以下三种类型:

1. 虹吸式滗水器

数据垂直或倾斜的短管在上端用总管连结在一起形成一个淹没堰。短管的下端正好位于池子要求的最低水位处,总管离最低水位约 100mm。总管在水平方向与 U 形管连在一起,U 形管的一部分被处理出水充满,可放在池内也可放在池外。U 形管的出水口位于池子的最低水位以下,总管/U 形下降管的最高点与空气管连接。空气管可用自动阀门(通常为电磁阀)关闭。

实际运行中,在操作的曝气/沉淀阶段,池子内水位不断上升,空气被阻留在总管中,短管中的空气也被水头压向上方。因为 U 形管的横截面比所有短管的横截面小(一般为 1/10),U 形下降管的水面下降要比短管内的水面上升大得多。由于 U 形管内的水位差空气被压缩,而短管内的水位变化并不大。这种压力使池子水位正好上升至总管上方时水不会进入总管或流出反应池。沉淀阶段过后打开自动阀门,将一段时间被阻留的空气放出,上清液便

通过所有的短管慢慢流出池外,池底的污泥层也不会被搅起。空气阀关闭后,滗水仍会通过虹吸作用继续进行,一直到最低水位。通常在这时电磁阀再打开以破坏虹吸,这样短管内几毫米的水柱便起到了浮渣挡板的作用,以防一些浮渣随清水一起流出。

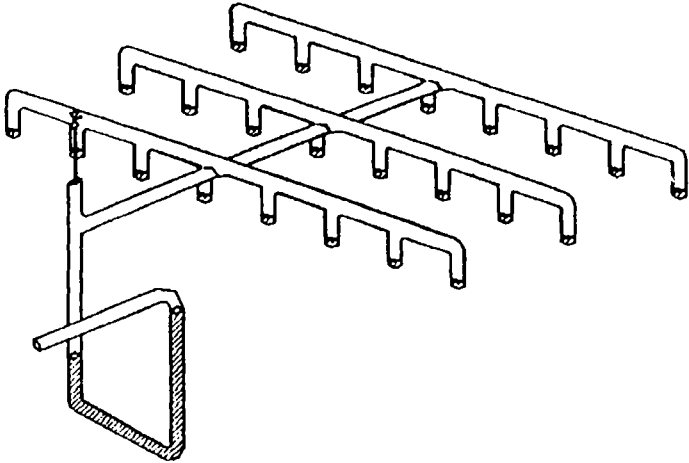


图2 虹吸式滗水器

2. 旋转式滗水器

旋转式滗水器由电机、减速机、丝杠、方向导杆、载体管道、回转接头、堰口、浮箱、支承架等部分所组成。在程序的控制下,按一定速率,在方向导杆的带动下,使载体管道及堰口发生回转,带动浮箱的堰口既要漂浮在水面上,又能使池内水体不断涌入浮动堰口,通过载体管道流向池外。堰体本身与浮力形成平衡,保证其水流均衡;旋转式滗水器的堰体所处绝对高度也不断下降,要求载体管道不论以何轨迹运动,其联结堰口部分,也须以同样速率变化。

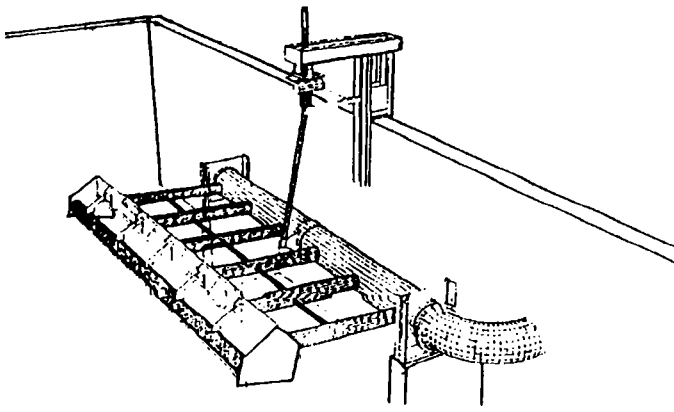


图3 旋转式滗水器

要解决的关键技术问题有:

(1)堰口随水面下降时,联结堰口的管道、装置所组成的堰体部分无论以何种轨迹进行运动,其联结堰口的部分,必须随水面下降的速率同步变化。

这就要求堰口以下有一特殊的能变形的载体管道,能使载体管道随堰口升降而运动的关键部件在于有一个或一组特殊的密封回转管接头。

(2)堰口所以能随水面升降而浮动,除载体管道具有特殊装置,能灵活地达到这个要求外,另一个关键问题是载有水体的管道

及堰体,在运动到各个位置时,其重力与浮力相平衡。

为达到这个要求,要解决如下的两个技术问题:

一是确定不同日处理量时,浮动堰出水管平均出流速度及管径;二是在不同管径时,为达到动态平衡所进行的浮力计算及设计的特殊附加装置。

3. 套筒式滗水器

套筒式滗水器有丝杠式和钢绳式两种,都是在一个固定的池内平台上,通过电机的运动,带动丝杠或滚筒上的钢绳进行上下运动。丝杠或钢绳的末端联结浮动式水堰,使水堰上下移动。为更好的适应浮力的变化,在堰上放有一套剪力式浮箱,堰的中央留有1~3个 $\varphi 250 \sim \varphi 300 \text{mm}$ 的圆孔。圆孔下端的直管套在一个带有橡胶密封的套筒上,可以随水堰上下移动套筒的末端固定在反应池底板上,套筒联结着底板下的管道。将堰内的水流通过套筒流至池外,完成滗水的过程。

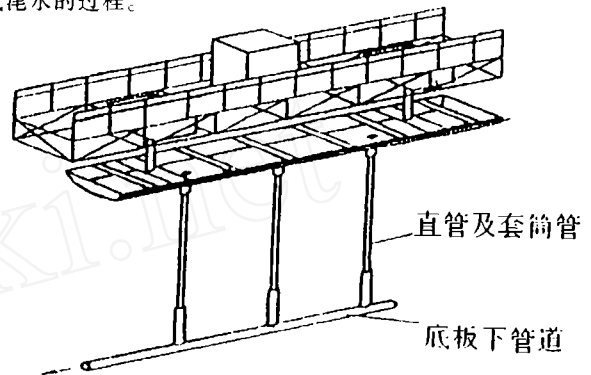


图4 套筒式滗水器

4. 三种滗水器比较

名称	虹吸式	套筒式	旋转式
特征			
滗水器负荷 ($\text{L}/\text{m} \cdot \text{s}$)	1.5 ~ 2.0	10 ~ 12	20 ~ 32
通常滗水范围 (m)	0.4 ~ 0.6	0.6 ~ 1.0	1.0 ~ 2.3
滗水保护高 (m)	0.3	0.8 ~ 1.1	0.3 ~ 1.0
特点	1. 无运转部件。 2. 仅真空破坏阀为运动部件,故易于检修。 3. 成本低,可靠,效果好。 4. 一旦定位后,位置不好改变。 5. 池子不能太深。	1. 无论丝杠式,还是钢绳套筒式均可靠。 2. 运动部件为机械传动和望远镜式的套筒橡胶密封,寿命有一定限制。 3. 滗水负荷量较大,滗水深度较深。 4. 造价相对较高,易损件必作准备。	1. 运行可靠,负荷大,滗水深度行程大。 2. 纯机械部件,加工精度高,造价高。 3. 回转密封接头要求质量高,寿命有一定限制。 4. 外形美观,可作成9~10m以上的大型滗水器,对大型SBR厂及大型SBR反应池较适宜。

(本文作者工作单位:天津市市政工程设计研究院)