

基于微胶囊载体的生物流化床水处理设备的研制

许晓琴

(盐城工学院 机械工程学院, 江苏 盐城 224051)

摘要:针对流化床水处理存在的问题,采用厌氧及好氧流化床串联的组合工艺,开发了基于微胶囊载体的生物流化床水处理设备。首先对其工作机理进行了研究,确定了总体及各组成部分的结构方案,在此基础上设计了水处理装备的反应器本体与控制器。实际应用表明该水处理设备能够对较高浓度污染废水进行高效脱氮、除磷和排污,出水质量达到国家排放标准。

关键词:水处理;微胶囊载体;厌氧生物流化床;好氧生物流化床

中图分类号:TP273;X203

文献标识码:A

文章编号:1671-5322(2010)04-0036-05

在目前所发展的废水处理技术中,生物流化床处理法已成为世界各国处理城市污水和工业废水的主要手段,而国内外为生物流化床研制开发的众多载体大多数为无机载体,其中颗粒活性炭因处理效果好而得到广泛应用^[1]。然而无机载体的共同缺点是密度大、实现流化的能耗高,其表面性质形状和孔结构难以人工改造,废水处理后需要进行泥水分离,存在污泥(生物菌)二次污染。微胶囊技术是一种把分散的固体、液体或气体物质完全包封在一层半透膜中形成微小粒子的包埋法固定化技术^[2],其应用于废水处理中的囊心通常为生物菌或酶。生物微胶囊的特殊结构使囊心与外界环境相互隔离,使其免受外界温度、氧气、紫外线等因素的影响,因而保持了生物菌的高浓度和高活性;尤其是对特定行业的难降解有毒物质的承受能力强,稳定性好,有利于提高污染物的处理负荷和去除效率;同时污泥产量低,减轻后续污泥处置的负担。微胶囊的特殊结构使生物菌(污泥)形成有一定质量的大颗粒,有利于沉淀过程中的泥水分离。微胶囊的特殊结构还可以使原本会发生反应的几种物质分开,并可以根据需要控制它们的分离或混合。

本项目研制的水处理装置是以流化床反应器为场所,利用生物降解过程处理高浓度有机废水。首先制得一种适用于流化床废水处理反应器的新

型海藻酸钠-壳聚糖-活性炭(SA-AC-PAC)微胶囊,作为新型流化床废水处理成套装备的载体。然后针对该微胶囊载体性能和废水处理特点,设计出应用该微胶囊载体的新型内循环生物流化床反应器,文中介绍了工作原理、设计方案应用情况。

1 总体方案设计

基于微胶囊为载体的生物流化床水处理装备采用厌氧及好氧流化床串联的组合工艺^[3],用于处理高浓度有机废水,厌氧流化床主要起到水解酸化作用,把难降解物质水解成较易降解物质,去除一部分有机物后进入好氧流化床^[4-5]。自控设备设计方案如图1所示,主要由左边的厌氧流化床及右边的好氧流化床串联而成。处理的水源通过紫外线灭菌器由底部进入,反应器本体中微生物胶囊的流化状态采用水泵直接从本体上部吸水实现水循环,并通过调节水的流量大小加以控制。厌氧反应时间通过时间继电器控制,由水泵经底部的出水管直接自动向好氧反应器供水。好氧流化床反应器本体中氧气的补充以及微生物胶囊的流化状态合二为一,直接采用压缩空气机、储气罐供给,并通过管路中的节流阀调节空气的流量大小加以控制。厌氧及好氧流化床之间的管路中设有单向阀可实现各自的独立工作,防止出现回流

收稿日期:2010-08-08

基金项目:科技部科技型中小企业技术创新基金项目(09C26213201069);江苏省科技创新资金项目(BC2007132)

作者简介:许晓琴(1967-),女,江苏盐城人,讲师,硕士,主要研究方向为CAD/CAM技术、机电设计及制造研究。

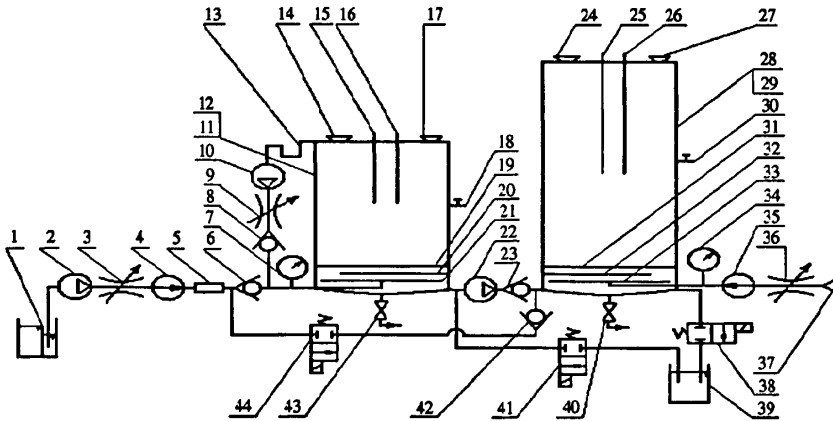


图1 设备设计方案示意图

Fig.1 Design schematic drawing of the equipment

现象。反应器本体的取样口也可设在出水管处。

反应器本体处理的水源通过紫外线灭菌器5由底部的布水器21进入,反应器中的空气由顶部的U型溢流管13排出。微生物胶囊由顶部的料斗14进入,反应后格栅19倾斜一定角度,胶囊由底部的阀门43取出。反应器本体采用水泵10直接从本体上部的U型溢流管13吸水,并通过节流阀9调节布水器21的水的速度及压力,控制格栅19上的微生物胶囊的流动。反应器的工作温度用加热管20进行加热,通过人工热电偶16的测量及反馈,并由恒温控制装置加以控制。反应器本体的遮光罩12可活动,所需的光照由侧壁上的光照管11提供。反应时的pH值由pH测量器15测量。打开出气口17上的盖板回收气体。厌氧反应时间通过时间继电器调节,控制水泵22的开启,经底部的出水管自动向好氧反应器供水。

好氧流化床反应器本体中氧气的补充以及微生物胶囊的流化状态合二为一,直接采用气源供给装置37(压缩空气机、储气罐等)供给,并通过管路中的节流阀36调节空气的流量大小以及曝气盘33的曝气压力,控制格栅31上的微生物胶囊的流动。微生物胶囊由顶部的料斗24进入,反应后格栅31倾斜一定角度,胶囊由底部的阀门40取出。反应器的工作温度用加热管32加热,通过人工热电偶26的测量及反馈,并由恒温控制装置加以控制。反应器本体的遮光罩28可活动,所需的光照由侧壁上的光照管29提供。反应时的pH值由pH测量器25测量。打开出气口27上的盖板回收气体。管路中设有单向阀23、42换

向阀41、44可实现厌氧及好氧流化床各自的独立工作。

2 反应器本体设计

该微囊生物流化床自控设备系统由反应器本体、控制系统、空气(或氮气)处理系统或水循环系统、辅助系统、支承和联接系统。厌氧流化床反应器本体只设有反应区,高度从0.6 m到6 m,直径从0.20 m到2 m。由下至上依次设有进(出)水口、布水器、电热管、筛网、溢流口、检测装置以及进料、排气装置。

由于反应过程和反应产物均有一定的腐蚀性,反应器对于材料防腐性能均有特殊的要求。工程用大型反应器筒体采用柔性搪瓷预制钢板或Lipp不锈钢复合钢板的防腐形式,能阻止筒体腐蚀,并且筒体结构设计合理,材料用量大大减少,降低了造价。而实验用小型反应器为随时监测反应器内的生物反应条件,筒体材料均选用透明的有机玻璃,反应器内筒的壁厚根据结构工艺的要求确定为 $\delta = 10 \text{ mm}$,因工作压力低于0.6 MPa,其强度足够,通常无需校核。厌氧流化床小型反应器本体如图2所示,其筒体由内外筒体组成,与底盘、盖板之间采用法兰盘连接,各连接处用耐腐蚀的O型密封圈密封,底盘、盖板材料选用PVC。该装置的设计参数为:进水COD=3 000 mg/L, $N_v = 5.0 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$, $Q = 5 \text{ L/h}$ (进水流量),去除率40%, $S_o = 3 \text{ 000 mg/L}$, $S_e = 1 \text{ 800 mg/L}$ 。有效容积V、高度H与直径D等主要结构参数为:

有效容积

$$V = \frac{Q(S_o - S_e) \times 24}{N_v} = \frac{5 \times 10^{-3} (3\,000 - 1\,800) \times 10^{-3} \times 24}{5.0} = 28.8 \text{ L}$$

反应器 H/D 满足 $2 \sim 4$, 设 $H=0.6 \text{ m}$, 则 $D = \sqrt{4V/\pi H} = 0.247 \text{ m}$, 取 $D=0.26 \text{ m}$, 故反应区高度取 0.6 m , 直径取 0.26 m 。

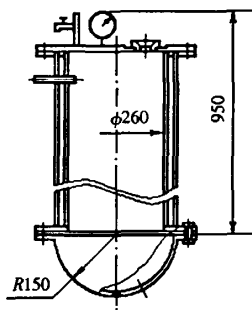


图 2 厌氧流化床反应器

Fig. 2 The reactor of anaerobic fluidized bed

好氧流化床反应器本体中氧气的补充以及微生物胶囊的流化状态合二为一, 直接采用压缩空气机、储气罐供给, 并通过管路中的节流阀调节空气的流量大小加以控制。厌氧及好氧流化床之间的管路中设有单向阀, 用于防止出现倒流现象, 以实现厌氧及好氧流化床的独立工作。

3 反应器控制器设计

3.1 控制器的功能

单筒式厌氧-好氧复合微囊化生物流化床的主要控制功能有以下几个方面: 电磁阀信号的驱动, 压力传感器的信号调理, 温度传感器的信号调理, 泡沫压力传感器的信号调理, pH 电极信号的调理, 溶解氧 (D_o) 电极信号的调理, 温度、压力、pH 值、 D_o 等数据的液晶显示, 提供各类传感器所需的电压信号。

依据技术过程流程对该流化床的功能进行分解并建立控制器的功能结构, 如图 3 所示。

3.2 CPU 的选择

本水处理装备选择常用的单片机 AT89C51, 它是一种低电压、高性能 CMOS 8 位单片机, 片内含 4k bytes 的可反复擦写的 Flash 只读程序存储器和 128 bytes 的随机存取数据存储器 (RAM), 器件采用 ATMEL 公司的高密度、非易失性存储技术生产, 兼容标准 MCS-51 指令系统, 片内置通用 8 位中央处理器和 Flash 存储单元, 功能强大

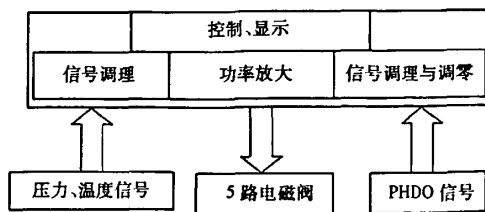


图 3 控制器的功能示意图

Fig. 3 The schematic diagram of controller function

的 AT89C51 单片机可在许多较复杂系统控制应用场合。

3.3 控制模块

基于微胶囊为载体的生物流化床水处理装备的主要控制功能有以下几个方面: 电磁阀信号的驱动, 压力传感器的信号调理, 温度传感器的信号调理, 泡沫压力传感器的信号调理, pH 电极信号的调理, 溶解氧电极信号的调理, 温度、压力、pH 值、 D_o 等数据的液晶显示, 提供各类传感器所需的电压信号。

本设计中键盘采用矩阵形式。在矩阵式键盘中, 每条水平线和垂直线在交叉处不直接连通, 而是通过一个按键加以连接。这样, 一个端口 (如 P1 口) 就可以构成 $4 \times 4 = 16$ 个按键, 比之直接将端口线用于键盘多出了一倍, 而且线数越多, 区别越明显, 比如再多加一条线就可以构成 20 键的键盘, 而直接用端口线则只能多出一键 (9 键)。由此可见, 在需要的键数比较多时, 采用矩阵法来做键盘是合理的。矩阵式结构的键盘显然比直接法要复杂一些, 识别也要复杂一些, 列线通过电阻接正电源, 并将行线所接的单片机的 I/O 口作为输出端, 而列线所接的 I/O 口则作为输入。这样, 当按键没有按下时, 所有的输出端都是高电平, 代表无键按下。行线输出是低电平, 一旦有键按下, 则输入线就会被拉低, 这样, 通过读入输入线的状态就可得知是否有键按下了。本键盘采用 3×4 结构, 扫描时 P1.0-P1.3 循环送低电平 0, 检测 P1.4-P1.6 是否为低电平 0 (即有键按下), 如有键按下, 根据键的编码判断键值, 否则继续检测。键盘原理如图 4 所示。

3.4 显示模块

液晶显示器采用的是 ST7920 控制器中文图形液晶显示模块, 该控制器中文图形液晶模块的软件特性主要由其控制驱动器决定, 它同时作为

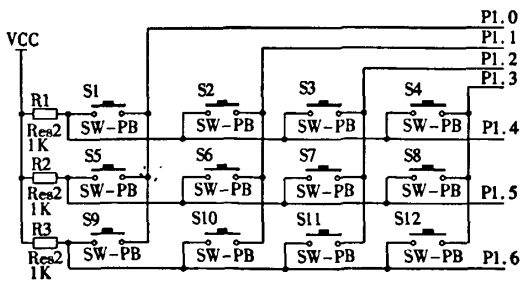


图4 键控原理图

Fig. 4 The principle diagram of key modulation

控制器和驱动器,在驱动器 ST7921 的配合下,最多可以驱动 256×32 点阵液晶。显示模块的中文文库选择 ST7920-0B 内建 GB 码简体中文字型库。显示模块的电压对比调节电路如图 5 所示, ST7920 内带倍压电路,生成 2 倍于 VCC 的电压。倍压通过 Vout 脚引出,通过电位器调节后,从 V0 引回模块用来驱动 LCD。直接驱动 LCD 的是 V0, V0 电压越高,对比度越深。通过调节电位器来调节 V0 值以改变对比度。某些模块没有 Vout 脚。Vout 电压直接通过降压处理供给 V0。对比度已经锁定。如果一定要调节对比度,可以通过 V0 对地接一可调电阻,拉低 V0 值。特别提出 12864ZA 的 LCD 驱动电压为 5V,部分产品没有配置倍压电路,而是 V0 直接接 VCC,用作 LCD 驱动,对比度不可调。

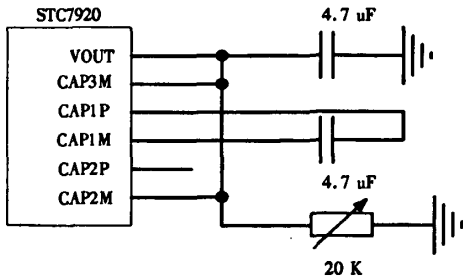


图5 显示模块的电压对比调节电路图

Fig. 5 The voltage comparison control circuit diagram of display module

3.5 传感器选择及其接口设计

3.5.1 传感器选择

压力传感器采用不锈钢外壳、FPC 连接、卡式精密安装技术,要求每个端子都有可靠的保护电路,极低的温飘和低输入失调电压高共模抑制比,确保传感器在恶劣的工作条件下能可靠工作,工

作寿命大于 10 万次。故选择了 ND-1X 小型压力变送器,它采用可靠性设计技术和国际上先进的汽车级 ASIC 信号调理芯片,较好地满足了本设计的要求。

温度传感器采用的 SBWR(Z) 热电偶一体化温度变送器,是 DDZ-S 系列仪表中的现场安装式温度变送单元,它由热电偶或热电阻与温度变送器模块组成,采用二线制方式,带有非线性校正电路,可直接测量工业过程中 $-200^{\circ}\text{C} \sim +1600^{\circ}\text{C}$ 范围内的液体、气体介质和各种特殊介质的温度,将温度信号转变成与温度信号成线性的 $4 \sim 20\text{ mA}$ 电流输出信号,可传输于显示、调节记录仪或计算机进行集散控制。

pH 电极采用的高温 pH 电极 CHA 3500E 采用耐高温玻璃敏感膜制成,内置 pt100, pt1000, pt2.25K 热敏电阻,能适应各种高温条件的 pH 测量,可用于环保,化工,制药,电镀,线路板,发酵等。

DO 溶解氧电极采用耐高温溶解氧电极,可耐 0.3MPa 压力,经过数百次 130°C 蒸汽热灭菌,响应稳定,搅拌、气泡干扰极小,并可根据客户需要配备不同的电极接口和外型尺寸,插入部直径有 12, 19 和 25 mm,插入部长度有 80, 150, 200, 250, 300 mm 等规格,可用于生产车间和实验室中的各类反应器上使用。

泡沫压力传感器弹性体采用耐酸耐碱材质、膜片隔离工艺、测试头无引压孔,测量过程中不存在粘稠介质堵塞的情况,一体化结构设计,能满足流化床的使用要求。

3.5.2 传感器接口设计

传感器的接口设计采用传感器通过接 A/D 的通道 0 和通道 1,来和单片机通讯,A/D 转换器采用 ADC0809,其内部结构由 8 路模拟开关、地址锁存与译码器、比较器、8 位开关树型 D/A 转换器、逐次逼近电路构成。外部有 28 条引脚,采用双列直插式封装。它可以根据地址码锁存译码后的信号,只选通 8 路模拟输入信号中的一个进行 A/D 转换。传感器的调理电路如图 6 所示。

4 水处理设备应用

基于微胶囊载体的生物流化床水处理设备由盐城市某水处理环保工程有限公司试生产,并在盐城的化工等企业进行了试用。它采用从氯苯污染湿地土壤中分离到的一株氯苯高效降解菌作为微胶囊包裹对象,进行实际应用试验。设备使用

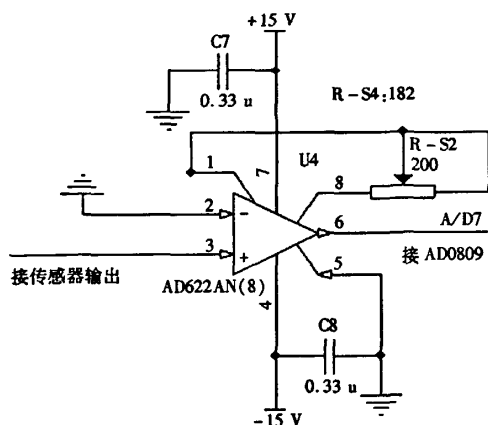


图 6 传感器调理电路图

Fig.6 The control circuit diagram of the sensor

表明,该系统操作方便,压力、温度、pH 等传感器的测量精度达到了设计要求,其分辨率为测量范围的 $1/256$,测量误差小于 3%,误差的产生与传感器的测量受温度变化以及计算机的处理引起的滞后等因素有关。通过计算机控制能够有效控制水处理设备的各种参数,有效配合了水处理设备

的工作,设备本体及控制系统的工作性能达到了设计要求,工作过程稳定可靠。

水处理结果表明,该水处理设备在计算机自动控制下通过流化床的作用在节省动力的条件下能够对较高浓度污染废水进行高效脱氮、除磷和排污,出水质量达到了国家排放标准。该水处理设备既适于高浓度的有机废水,又适于中、低浓度的有机废水处理,它的有机容积负荷可达 $2 \sim 10 \text{ kg}/(\text{m}^3 \cdot \text{d})$ 。由于所需氮磷营养较少,尤适于处理氮磷缺乏的工业废水。

5 结论

该微囊化生物好氧-厌氧复合内循环流化床水处理装备,是一种典型的机-电-液、生物流化床过程控制型系统,与已有设备相比,具有反应无沉淀、结构与工艺简单可行、成本低、易于施工安装、维护并实现操作自动化等突出优点。工艺已经日趋成熟,本项目的研究和实施在机理研究、结构设计、控制系统设计等方面对相关产品的研制及项目的实施有一定的参考价值,为废水处理提供新的思路。

参考文献:

- [1] 方佩珍,潘永亮,杨平,等.生物流化床在废水处理中的应用进展[J].工业用水与废水,2002,33(5):24-26.
- [2] 梁泊齐.微胶囊技术及应用[M].北京:中国轻工业出版社,1999.
- [3] 张玉魁,石柱芳,施汉昌.好氧-缺氧一体化高效分离生物流化复合反应器[J].环境工程,2007,25(2):23-29.
- [4] 施汉昌.高效好氧生物流化反应器研制与应用[J].中国新技术新产品,2009(7):41-45.
- [5] 王广金.流化床反应器微生物固定化载体多孔膜微囊制备与性能研究[D].成都:四川大学,2005.

Development of the Water Treating Equipment of Biological Fluidized Bed Based on Microcapsule Carrier

XU Xiao-qin

(College of Mechanical Engineering, Yancheng Institute of Technology, Jiangsu Yancheng 224051, China)

Abstract: In order to solve the existing problems of water treating by fluidized bed, the water treating equipment of biological fluidized bed based on microcapsule carrier has been developed, which adopts the combined process of anaerobic-aerobic fluidized bed. Firstly, the working principle of the equipment is researched. Then, the design scheme is determined. Lastly, the reactor and controller are worked out. The application of the equipment show that the water treating equipment can effectively remove nitrogen, phosphorus, dirty of the water, and water quality achieve the national standards.

Keywords: water treatment; microcapsule carrier; anaerobic biological fluidized bed; aerobic biological fluidized bed

(责任编辑:沈建新;校对:张英健)