



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 113848187 A

(43) 申请公布日 2021. 12. 28

(21) 申请号 202010798862.9

G01N 1/34 (2006.01)

(22) 申请日 2020.08.11

(71) 申请人 中国大唐集团科学技术研究院有限公司
华中电力试验研究院

地址 450000 河南省郑州市自贸试验区郑
州片区(郑东)明理路56号中原金融产
业园13号楼

(72) 发明人 王宁 鲁宁 尹明霞 李紫恬
刘杨惠珍 邵轶凡 谭莹莹

(74) 专利代理机构 郑州市华翔专利代理事务所
(普通合伙) 41122

代理人 张爱军

(51) Int. Cl.

G01N 21/31 (2006.01)

G01N 21/33 (2006.01)

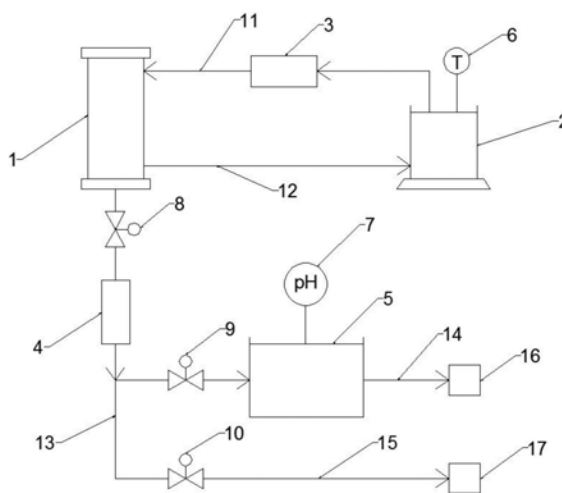
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种树脂中化学需氧量的快速检测方法

(57) 摘要

本发明涉及一种树脂中化学需氧量的快速检测方法,首先对树脂进行预处理,随后采用分光光度法检测树脂中化学需氧量的数值。本发明对树脂预处理的参数和方式进行了优化,循环冲洗方式相对于传统浸泡方式,增强了传质效果,采用循环冲洗+玻璃纤维滤纸过滤的方式可以使树脂中的有机物更完整且有效的转移至溶液中。本发明树脂中化学需氧量的检测方法相对于传统的滴定法测定树脂中化学需氧量的方法,大幅减少预处理的时间,方法更为简便,检测灵敏度更高,适用性更强,可以快速得到准确结果,有效判断树脂污染情况。



1. 一种树脂中化学需氧量的快速检测方法,其特征在于,包括以下步骤:

(1) 树脂预处理:

A、用纯水将树脂反洗3~5次;

B、量取树脂体积为 V_1 mL,用15倍树脂体积的10%氢氧化钠+1%氯化钠溶液 $15V_1$ mL对树脂进行循环冲洗3h,过滤后,得到溶液A的体积为 V_2 mL;

C、加入硫酸调节溶液A的pH至中性或弱酸性,然后对溶液A进行稀释,使其中氯离子的含量小于1000mg/L,作为待测水样,并记录稀释倍数 n ;

(2) 吸光度的测定:

A、标准样的配置:以邻苯二甲酸氢钾配置COD浓度分别为25mg/L、50mg/L、75mg/L、100mg/L、125mg/L和150mg/L的标准样;

B、消解及加热:以纯水作为空白样,分别取2mL的待测水样、纯水及上述标准样加入不同的消解管中,加入消解液,混匀,在 $165 \pm 2^\circ\text{C}$ 的温度下,加热消解20min后,静置至室温;

C、在440nm波长下,用紫外分光光度计测定上述待测水样、空白样及标准样的吸光度,分别记作 a_1 、 a_0 、 b_n ($n=1,2,\dots,6$);

(3) 拟合曲线的绘制:

将空白样吸光度和标准样吸光度的差值记作 C_n ($n=1,2,\dots,6$),以标准样的浓度为因变量,以 C_n ($n=1,2,\dots,6$)为自变量,绘制拟合曲线,求解得到拟合曲线 $y=kx+a$;

(4) 树脂化学需氧量(mg/L)的计算:

通过上述拟合曲线计算,树脂化学需氧量 = $[k(a_0 - a_1) + a]n \times \frac{V_2}{V_1}$ 。

式中: k 为拟合曲线的斜率; a_1 为待测水样的吸光度;

a_0 为空白样的吸光度; a 为拟合曲线的截距;

n 为水样稀释的倍数; V_1 为量取的树脂体积;

V_2 为冲洗过滤后的溶液A的体积。

2. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤(1)冲洗时的溶液温度为 $50 \sim 55^\circ\text{C}$,冲洗时间为3h。

3. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤(1)采用玻璃纤维滤膜进行过滤操作。

4. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述消解液为:60mg硫酸银、48mg硝酸银、1mL 0.12mol/L的重铬酸钾溶液及6.5mL 0.2mol/L硫酸溶液混合,得到的混合溶液。

5. 根据权利要求1所述的方法,其特征在于,所述步骤(1)树脂预处理采用以下预处理系统,该系统包括预处理柱(1)、储液箱(2)、循环泵(3)、过滤装置(4)及pH调节池(5);所述预处理柱(1)的上端通过循环泵(3)与储液箱(2)相连,下端直接与储液箱(2)相连,储液箱(2)上所设的第一管道(11)经过循环泵(3)流入预处理柱(1),再经预处理柱(1)通过第二管道(12)流回储液箱(2),完成一次循环;所述预处理柱(1)和过滤装置(4)的一端通过第三管道(13)相连,并在第三管道(13)上设置有开关A(8);所述过滤装置(4)的另一端与反洗出水口(17)通过第五管道(15)相连,并在第五管道(15)上设置有开关C(10);所述pH调节池(5)的一端通过第四管道(14)与过滤装置(4)相连,并在第四管道(14)上设置有开关B(9),另一端与预处理出水口(16)连接。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述储液箱(2)上设置有温控装置(6)。

7. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述pH调节池(5)上设置有pH调节装置(7)。

8. 根据权利要求5-7任一项所述的方法,其特征在于,树脂预处理的方法为:

A、树脂反洗:向储液箱(2)中加入纯水,通过第一管道(11)经过循环泵(3)流入预处理柱(1)中,再经预处理柱(1)通过第二管道(12)流回储液箱(2),对树脂进行循环冲洗,3h后关闭循环泵(3),打开开关A(8)和开关C(10),溶液通过反洗出水口(17)排出,溶液排空后关闭开关A(8)和开关C(10),重复上述过程3~5次;

B、树脂预处理:记录预处理柱(1)中树脂体积为 V_1 mL,向储液箱(2)加入10%氢氧化钠+1%氯化钠溶液的体积为 $15V_1$ mL,通过温控装置(6)加热至 $50\sim 55^\circ\text{C}$ 后,通过第一管道(11)经过循环泵(3)流入预处理柱(1)中,再经预处理柱(1)通过第二管道(12)流回储液箱(2),对树脂进行循环冲洗,持续3h后关闭循环泵(3),打开开关A(8)和开关B(9),溶液经过滤装置(4)后进入pH调节池(5),根据pH调节装置(7)的pH示数进行加药,调节溶液pH至中性或弱酸性,并通过预处理出水口(16)收集溶液,记录溶液的体积为 V_2 mL。

一种树脂中化学需氧量的快速检测方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种树脂中化学需氧量的快速检测方法,属于分析化学技术领域。

背景技术

[0002] 化学需氧量(COD)是水体有机污染的一项重要指标,能够反应出水体的污染程度。化学需氧量表示在一定条件下,采用一定的强氧化剂处理水样时,所消耗的氧化剂量,它是表示水中还原性物质多少的一个指标。水中的还原性物质有各种有机物、亚硝酸盐、硫化物、亚铁盐等,但主要的是有机物。因此,化学需氧量又往往作为衡量水中有机物质含量多少的指标。化学需氧量越大,说明水体受有机物的污染越严重。化学需氧量的测定,随着测定水样中还原性物质以及测定方法的不同,其测定值也有不同。目前应用最普遍的是酸性高锰酸钾氧化法与重铬酸钾氧化法。重铬酸钾($K_2Cr_2O_7$)法氧化率高,再现性好,适用于测定水样中有机物的总量,但回流装置占的实验空间大,水、电消耗较大,试剂用量大,操作不便,难以大批量快速测定。高锰酸钾($KMnO_4$)法实验过程中产生的污染比国标法小,但在实验中需要回滴过量草酸钠,耗时长,并且酸性高锰酸钾法氧化性较低,氧化不彻底,所以测得高锰酸盐指数比重铬酸盐指数低,通常与国标法测定结果相差3-8倍。

[0003] 有机物对工业水系统的危害很大,含有大量有机物的水在通过除盐系统时会污染离子交换树脂,特别容易污染阴离子交换树脂,使树脂交换能力降低。树脂是电厂水处理的重要介质,随着火电机组的不断发展,对树脂各项指标的快速化验成为趋势,因此,需要一种可以快速得到准确结果,有效判断树脂污染情况的检测树脂中化学需氧量数值的方法。

发明内容

[0004] 针对现有技术的不足,本发明的目的是提供一种树脂中化学需氧量的快速检测方法,采用分光光度法检测树脂中化学需氧量的数值,可以快速得到准确结果,有效判断树脂污染情况。

[0005] 为了实现上述目的,本发明所采用的技术方案是:

[0006] 一种树脂中化学需氧量的快速检测方法,包括以下步骤:

[0007] (1) 树脂预处理:

[0008] A、用纯水将树脂反洗3~5次;

[0009] B、量取树脂体积为 V_1 mL,用15倍树脂体积的10%氢氧化钠+1%氯化钠溶液 $15V_1$ mL对树脂进行循环冲洗3h,过滤后,得到溶液A的体积为 V_2 mL;

[0010] C、加入硫酸调节溶液A的pH至中性或弱酸性,然后对溶液A进行稀释,使其中氯离子的含量小于1000mg/L,作为待测水样,并记录稀释倍数n;

[0011] (2) 吸光度的测定:

[0012] A、标准样的配置:以邻苯二甲酸氢钾配置COD浓度分别为25mg/L、50mg/L、75mg/L、100mg/L、125mg/L和150mg/L的标准样;

[0013] B、消解及加热:以纯水作为空白样,分别取2mL的待测水样、纯水及上述标准样加

入不同的消解管中,加入消解液,混匀,在 $165\pm 2^{\circ}\text{C}$ 的温度下,加热消解20min后,静置至室温;

[0014] C、在440nm波长下,用紫外分光光度计测定上述待测水样、空白样及标准样的吸光度,分别记作 a_1 、 a_0 、 $b_n(n=1,2,\dots,6)$;

[0015] (3) 拟合曲线的绘制:

[0016] 将空白样吸光度和标准样吸光度的差值记作 $c_n(n=1,2,\dots,6)$,以标准样的浓度为因变量,以 $c_n(n=1,2,\dots,6)$ 为自变量,绘制拟合曲线,求解得到拟合曲线 $y=kx+a$;

[0017] (4) 树脂化学需氧量(mg/L)的计算:

[0018] 通过上述拟合曲线计算,树脂化学需氧量 = $[k(a_0-a_1)+a]n \times \frac{V_2}{V_1}$ 。

[0019] 式中:k为拟合曲线的斜率; a_1 为待测水样的吸光度;

[0020] a_0 为空白样的吸光度;a为拟合曲线的截距;

[0021] n为水样稀释的倍数; V_1 为量取的树脂体积;

[0022] V_2 为冲洗过滤后的溶液A的体积。

[0023] 所述步骤(1)冲洗时的溶液温度为 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$,冲洗时间为3h。

[0024] 所述步骤(1)采用玻璃纤维滤膜进行过滤操作。

[0025] 所述消解液为:60mg硫酸银、48mg硝酸银、1mL 0.12mol/L的重铬酸钾溶液及6.5mL 0.2mol/L硫酸溶液混合,得到的混合溶液。

[0026] 所述步骤(1)树脂预处理采用以下预处理系统,该系统包括预处理柱(1)、储液箱(2)、循环泵(3)、过滤装置(4)及pH调节池(5);所述预处理柱(1)的上端通过循环泵(3)与储液箱(2)相连,下端直接与储液箱(2)相连,储液箱(2)上所设的第一管道(11)经过循环泵(3)流入预处理柱(1),再经预处理柱(1)通过第二管道(12)流回储液箱(2),完成一次循环;所述预处理柱(1)和过滤装置(4)的一端通过第三管道(13)相连,并在第三管道(13)上设置有开关A(8);所述过滤装置(4)的另一端与反洗出水口(17)通过第五管道(15)相连,并在第五管道(15)上设置有开关C(10);所述pH调节池(5)的一端通过第四管道(14)与过滤装置(4)相连,并在第四管道(14)上设置有开关B(9),另一端与预处理出水口(16)连接。

[0027] 所述储液箱(2)上设置有温控装置(6)。

[0028] 所述pH调节池(5)上设置有pH调节装置(7)。

[0029] 树脂预处理的方法为:

[0030] A、树脂反洗:向储液箱(2)中加入纯水,通过第一管道(11)经过循环泵(3)流入预处理柱(1)中,再经预处理柱(1)通过第二管道(12)流回储液箱(2),对树脂进行循环冲洗,3h后关闭循环泵(3),打开开关A(8)和开关C(10),溶液通过反洗出水口(17)排出,溶液排空后关闭开关A(8)和开关C(10),重复上述过程3~5次;

[0031] B、树脂预处理:记录预处理柱(1)中树脂体积为 V_1 mL,向储液箱(2)加入10%氢氧化钠+1%氯化钠溶液的体积为 $15V_1$ mL,通过温控装置(6)加热至 $50\sim 55^{\circ}\text{C}$ 后,通过第一管道(11)经过循环泵(3)流入预处理柱(1)中,再经预处理柱(1)通过第二管道(12)流回储液箱(2),对树脂进行循环冲洗,持续3h后关闭循环泵(3),打开开关A(8)和开关B(9),溶液经过滤装置(4)后进入pH调节池(5),根据pH调节装置(7)的pH示数进行加药,调节溶液pH至中性或弱酸性,并通过预处理出水口(16)收集溶液,记录溶液的体积为 V_2 mL。

[0032] 本发明有益效果:

[0033] (1) 本发明对树脂预处理的参数和方式进行了优化,采用循环冲洗+玻璃纤维滤膜过滤的方式可以使树脂中的有机物更完整且有效的转移至溶液中。其中循环冲洗的方式相对于传统的浸泡方式,增加了流场扰动,使树脂与冲洗液的接触面积增大,增强了传质效果,因此,可以有效缩短预处理的时间,提高检测效率;使用玻璃纤维滤膜进行过滤,可以有效阻隔树脂、破碎树脂颗粒和其他固体杂质,相对于普通滤纸来说,对有机物的影响较小,从而实现树脂和有机物的高效分离。

[0034] (2) 传统树脂预处理方法中需要使用2%氯化钠溶液对树脂进行洗涤,因此洗涤液氯离子含量较高,后续用分光光度法检测时需要稀释较多倍数,一般在20倍以上,在较高稀释倍数的情况下,后续检测容易失真。因此针对树脂的这种情况,本方法使用10%氢氧化钠+1%氯化钠溶液对树脂进行洗涤,稀释倍数为10倍左右,大大减少了稀释倍数,使分光光度法可以应用在树脂COD的检测中。

[0035] (3) 本发明采取玻璃纤维滤膜过滤的方式,使水样中的悬浮物和颗粒物基本被去除,水样的均化程度较高,当提高消解温度后,可以实现快速消解,相对于哈希消解液(150℃、2h的消解时间)来说,大幅提高了消解效率。另外,传统的消解液通常用硫酸汞屏蔽水样中的氯离子,但硫酸汞为剧毒物质,其废液的处理十分复杂,存在较大的环境风险,本发明用硝酸银替代硫酸汞,减少了剧毒物质的使用,有效减少了环境的二次污染。

[0036] (4) 本发明树脂中化学需氧量的检测方法相对于传统的滴定法测定树脂中化学需氧量的方法,大幅减少了预处理的时间,方法更为简便,检测灵敏度更高,适用性更强。

附图说明

[0037] 图1树脂预处理的系统图

[0038] 其中,1. 预处理柱,2. 储液箱,3. 循环泵,4. 过滤装置,5. pH调节池,6. 温控装置,7. pH调节装置,8. 开关A,9. 开关B,10. 开关C,11. 第一管道,12. 第二管道,13. 第三管道,14. 第四管道,15. 第五管道,16. 预处理出水口,17. 反洗出水口。

具体实施方式

[0039] 以下结合实施例对本发明的具体实施方式作进一步详细说明。

[0040] 实施例1树脂化学需氧量的常规检测

[0041] (1) 树脂的预处理:

[0042] 以湖南某火力发电厂600MW亚临界发电机组为例,该厂对阴床所用树脂进行了复苏,复苏后需要对阴床所用树脂的化学需氧量进行常规检测。用纯水对树脂进行4次反洗,然后量取树脂20mL,置于交换柱中,交换柱上下开口通过橡胶管连接至微型循环泵,并用300mL的10%氢氧化钠+1%氯化钠溶液进行循环冲洗,水温控制在50℃,冲洗3小时后用玻璃纤维滤纸进行过滤,得到洗涤液292mL,加入0.1mol/L的硫酸,调节洗涤液的pH为中性或弱酸性,然后对洗涤液进行稀释,测定氯离子含量为672.89mg/L,作为待测水样,记录稀释倍数为10。

[0043] (2) 吸光度的测定:

[0044] 标准样的配置:以邻苯二甲酸氢钾配置COD浓度分别为25mg/L、50mg/L、75mg/L、

100mg/L、125mg/L和150mg/L的标准样；

[0045] 消解及加热：以纯水作为空白样，分别取2mL的待测水样、纯水及上述标准样加入不同的消解管中，加入消解液，混匀，在165℃的温度下，加热消解20min，静置至室温；其中消解液为：60mg硫酸银、48mg硝酸银、1mL 0.12mol/L的重铬酸钾溶液及6.5mL 0.2mol/L硫酸溶液混合，得到的混合溶液。

[0046] 在440nm波长下，用紫外分光光度计测定上述待测水样、空白样及标准样的吸光度，分别记作 a_1 、 a_0 、 b_n ($n=1, 2, \dots, 6$)；结果如表1所示；

[0047] 表1吸光度测定值

编号	a_1	a_0	b_1	b_2	b_3	b_4	b_5	b_6	
[0048]	待测水样	纯水	25mg/L 标准 COD 溶液	50mg/L 标准 COD 溶液	75mg/L 标准 COD 溶液	100mg/L 标准 COD 溶液	125mg/L 标准 COD 溶液	150mg/L 标准 COD 溶液	
	吸光度	0.812	0.829	0.718	0.627	0.536	0.450	0.351	0.260

[0049] (3) 拟合曲线的绘制：

[0050] 将空白样吸光度和标准样吸光度的差值记作 c_n ($n=1, 2, \dots, 6$)，以标准样的浓度为因变量，以 c_n ($n=1, 2, \dots, 6$)为自变量绘制拟合曲线，求解得到拟合曲线 $y=272.01x-0.4622$ ，相关系数 $R^2=0.9999$ 。

[0051] (4) 树脂化学需氧量 (mg/L) 的计算：

[0052] 通过上述拟合曲线计算，

$$\begin{aligned}
 \text{树脂化学需氧量} &= [k(a_0 - a_1) + a]n \times \frac{V_2}{V_1} = [272.01 \times (0.829 - 0.812) - 0.4622] \times 10 \times \frac{292}{20} \\
 &= 607 \text{mg/L}
 \end{aligned}$$

[0054] 实施例2被有机物污染树脂化学需氧量的检测

[0055] (1) 树脂的预处理：

[0056] 以湖南某火力发电厂300MW亚临界机组为例，该厂混床出水电导率超标，怀疑阴床树脂被有机物污染，故对树脂化学需氧量进行检测。

[0057] 用纯水对树脂进行5次反洗，然后量取树脂20mL，置于交换柱中，交换柱上下开口通过橡胶管连接至微型循环泵，并用300mL的10%氢氧化钠+1%氯化钠溶液进行循环冲洗，水温控制在55℃，洗涤3小时后用玻璃纤维滤纸进行过滤，得到洗涤液289mL，加入0.1mol/L的硫酸至洗涤液的pH为中性或弱酸性，然后对洗涤液进行稀释，稀释10倍，测定氯离子含量为745.35mg/L，作为待测水样，记录稀释倍数 n 为10。

[0058] (2) 吸光度的测定：

[0059] 标准样的配置：以邻苯二甲酸氢钾配置COD浓度分别为25mg/L、50mg/L、75mg/L、100mg/L、125mg/L和150mg/L的标准样；

[0060] 消解及加热：以纯水作为空白样，分别取2mL的待测水样、纯水及上述标准样加入不同的消解管中，加入消解液，混匀，在165℃的温度下，加热消解20min，静置至室温；其中消解液为：60mg硫酸银、48mg硝酸银、1mL 0.12mol/L的重铬酸钾溶液及6.5mL 0.2mol/L硫酸溶液混合，得到的混合溶液。

[0061] 在440nm波长下，用紫外分光光度计测定上述待测水样、空白样及标准样的吸光度，分别记作 a_1 、 a_0 、 b_n ($n=1, 2, \dots, 6$)；结果如表2所示；

[0062] 表2吸光度测定值

编号	a ₁	a ₀	b ₁	b ₂	b ₃	b ₄	b ₅	b ₆	
[0063]	名称 待测水样	纯水	25mg/L 标准 COD 溶液	50mg/L 标准 COD 溶液	75mg/L 标准 COD 溶液	100mg/L 标准 COD 溶液	125mg/L 标准 COD 溶液	150mg/L 标准 COD 溶液	
	吸光度	0.701	0.829	0.725	0.630	0.533	0.440	0.352	0.261

[0064] (3) 拟合曲线的绘制:

[0065] 将空白样吸光度和标准样吸光度的差值记作 $C_n (n=1, 2, \dots, 6)$, 以标准样的浓度为因变量, 以 $C_n (n=1, 2, \dots, 6)$ 为自变量绘制拟合曲线, 求解得到拟合曲线 $y = 264.99x - 1.9608$, 相关系数 $R^2 = 0.9994$ 。

[0066] (4) 树脂化学需氧量 (mg/L) 的计算:

[0067] 通过上述拟合曲线计算,

$$[0068] \text{树脂化学需氧量} = [k(a_0 - a_1) + a]n \times \frac{V_2}{V_1} = [264.99 \times (0.829 - 0.701) - 1.9608] \times 10 \times \frac{289}{20} = 4618 \text{ mg/L}$$

[0069] 经检测, 树脂 COD 大于 2500mg/L, 超标, 需要进行复苏。

[0070] 实施例 3 一种树脂用预处理系统及处理方法

[0071] 上述树脂的预处理过程可以使用如图 1 所示的一种树脂用预处理系统, 该系统具体包括预处理柱 (1)、储液箱 (2)、循环泵 (3)、过滤装置 (4) 及 pH 调节池 (5); 其中预处理柱 (1) 的上端通过循环泵 (3) 与储液箱 (2) 相连, 下端直接与储液箱 (2) 相连, 储液箱 (2) 上所设的第一管道 (11) 经过循环泵 (3) 流入预处理柱 (1), 再经预处理柱 (1) 通过第二管道 (12) 流回储液箱 (2), 完成一次循环; 预处理柱 (1) 和过滤装置 (4) 的一端通过第三管道 (13) 相连, 并在第三管道 (13) 上设置有开关 A (8); 过滤装置 (4) 的另一端与反洗出水口 (17) 通过第五管道 (15) 相连, 并在第五管道 (15) 上设置有开关 C (10); pH 调节池 (5) 的一端通过第四管道 (14) 与过滤装置 (4) 相连, 并在第四管道 (14) 上设置有开关 B (9), 另一端与预处理出水口 (16) 连接。

[0072] 其中储液箱 (2) 上设置有温控装置 (6); pH 调节池 (5) 上设置有 pH 调节装置 (7); 循环泵 (3) 为电动机或者蠕动泵; 过滤装置 (4) 为玻璃纤维滤纸或砂芯漏斗; 第一管道 (11)、第二管道 (12)、第三管道 (13)、第四管道 (14) 及第五管道 (15) 均为 PVC 材质。

[0073] 温控装置 (6) 为现有技术, 本例采用公开号为 CN209970266U、名称为液箱温控装置;

[0074] pH 调节装置 (7) 为现有技术, 本例采用公开号为 CN206720826U、名称为一种高精度 pH 调节装置。

[0075] 如图 1 所示的一种树脂用预处理系统的处理方法, 包括如下步骤:

[0076] A、树脂反洗: 向储液箱 (2) 中加入纯水, 通过第一管道 (11) 经过循环泵 (3) 流入预处理柱 (1) 中, 再经预处理柱 (1) 通过第二管道 (12) 流回储液箱 (2), 对树脂进行循环冲洗, 3h 后关闭循环泵 (3), 打开开关 A (8) 和开关 C (10), 溶液通过反洗出水口 (17) 排出, 溶液排空后关闭开关 A (8) 和开关 C (10), 重复上述过程 3~5 次;

[0077] B、树脂预处理: 记录预处理柱 (1) 中树脂体积为 V_1 mL, 向储液箱 (2) 加入 10% 氢氧化钠 + 1% 氯化钠溶液的体积为 $15V_1$ mL, 通过温控装置 (6) 加热至 50~55℃ 后, 通过第一管道 (11) 经过循环泵 (3) 流入预处理柱 (1) 中, 再经预处理柱 (1) 通过第二管道 (12) 流回储液箱 (2), 对树脂进行循环冲洗, 持续 3h 后关闭循环泵 (3), 打开开关 A (8) 和开关 B (9), 溶液经

过滤装置(4)后进入pH调节池(5),根据pH调节装置(7)的pH示数进行加药,调节溶液pH至中性或弱酸性,并通过预处理出水口(16)收集溶液,记录溶液的体积为 $V_{2\text{mL}}$ 。

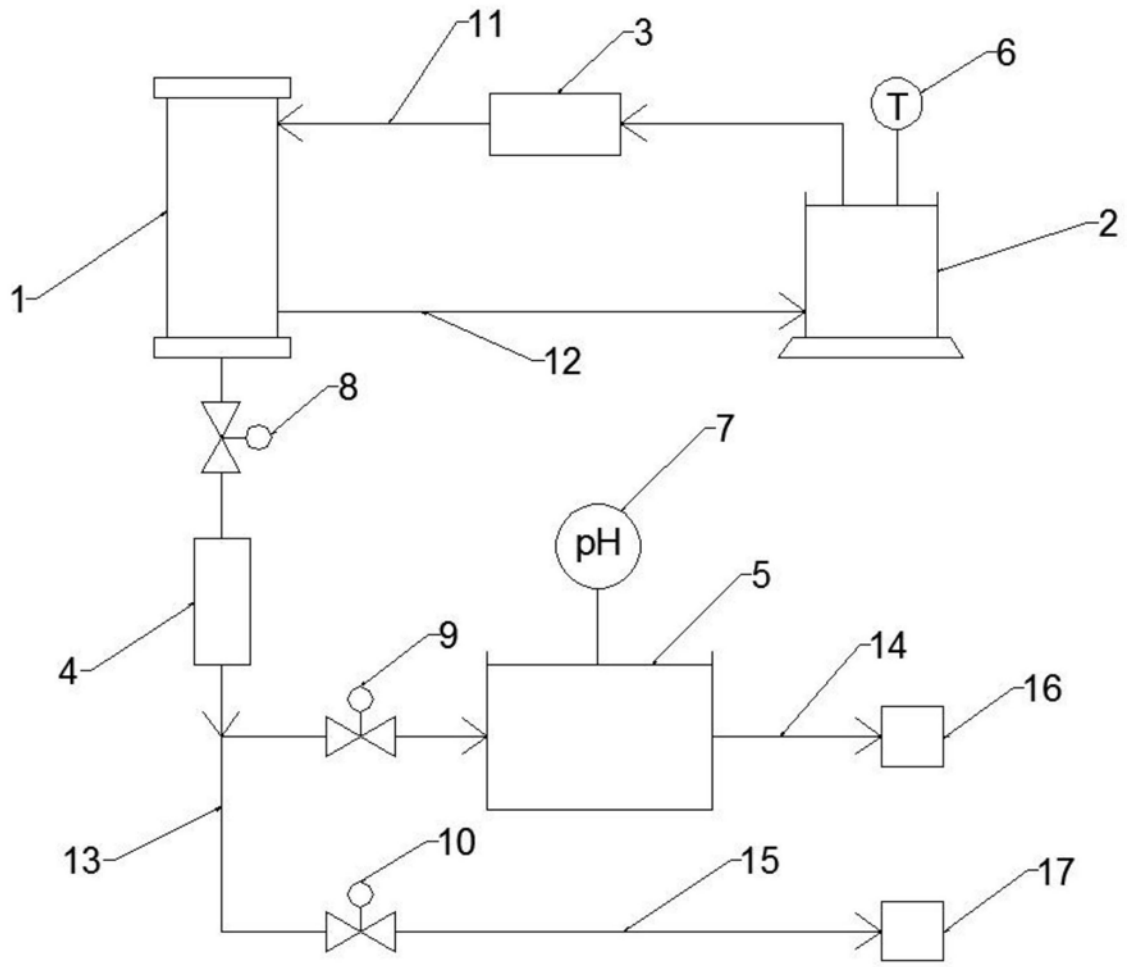


图1