



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 118364208 B

(45) 授权公告日 2024. 09. 13

(21) 申请号 202410789954.9

C02F 1/40 (2023. 01)

(22) 申请日 2024. 06. 19

(56) 对比文件

(65) 同一申请的已公布的文献号

CN 115583738 A, 2023. 01. 10

申请公布号 CN 118364208 A

袁腾 等. 毛细力学在超亲水膜分离过程中的应用及力学模型. 华南理工大学学报(自然科学版). 2014, 42(10), 第84-85页.

(43) 申请公布日 2024. 07. 19

袁腾 等. 毛细力学在超亲水膜分离过程中的应用及力学模型. 华南理工大学学报(自然科学版). 2014, 42(10), 第84-85页.

(73) 专利权人 兰州交通大学

地址 730070 甘肃省兰州市安宁区安宁西路118号

审查员 王金铭

(72) 发明人 未碧贵 杨信 何江涛 张洪伟

宋小三 戴亮 王刚 张婷婷

(74) 专利代理机构 苏州达权专利代理事务所

(普通合伙) 32737

专利代理师 温明霞

(51) Int. Cl.

G06F 17/10 (2006. 01)

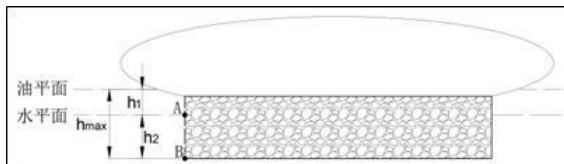
权利要求书3页 说明书9页 附图2页

(54) 发明名称

一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法及其装置

(57) 摘要

本发明提供一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法及其装置, 油水分离装置包括选择性过滤系统、静液压控制系统; 选择性过滤系统包括出油柱和出水柱; 超疏水超亲油介质装填进滤柱得到出油柱, 超亲水超疏油介质装填进滤柱得到出水柱; 出油柱和出水柱并列水平放置, 出油柱与出油管相连; 出水柱与出水管相连; 本申请提供了特殊润湿性介质用于选择性油水分离时面临入侵问题的解决方案, 即给出最大淹没深度计算公式的同时, 提供了控制选择性过滤系统的淹没深度小于最大淹没深度的方法。这不仅对出水(出油)质量的提升意义重大, 且为特殊润湿性介质在选择性过滤油水领域的应用提供了一定的理论基础。



1. 一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,其特征在于,包括以下步骤:当含油废水中的油密度小于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面下方时,首先保证A点油不入侵超亲水超疏油介质,即A点静液压与毛细管压力平衡:

$$\begin{cases} P_A = \rho_o g h_{1max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{R_c} \end{cases}$$

$$\Rightarrow h_{1max} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{\rho_o g R_c};$$

其次保证B点水不入侵超疏水超亲油介质,即B点静液压与毛细管压力平衡:

$$\begin{cases} P_B = \rho_o g h_{1max} + \rho_w g h_{2max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{R_c} \\ h_{1max} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{\rho_o g R_c} \end{cases};$$

$$\Rightarrow h_{2max} = \frac{2(\gamma_w \cos\theta_w - \gamma_o \cos\theta_o)}{\rho_w g R_c};$$

则最大淹没深度为:

$$h_{max} = h_{1max} + h_{2max} = \frac{2(\rho_w \gamma_o \cos\theta_o + \rho_o \gamma_w \cos\theta_w - \rho_o \gamma_o \cos\theta_o)}{\rho_o \rho_w g R_c};$$

其中: $\rho_w$ 表示水的密度;

$\rho_o$ 表示油的密度;

$\gamma_o$ 表示油的表面张力;

$g$ 表示重力加速度;

$R_c$ 表示装填特殊润湿性介质的出油或出水柱内微孔道半径;

$\gamma_w$ 表示水的表面张力;

$\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角;

$\theta_w$ 表示超疏水超亲油介质的油下水接触角;

$P_A$ 表示A点的静液压;

$P_B$ 表示B点的静液压;

$\Delta P_{cal}$ 表示理论毛细管压力;

$h_{max}$ 表示最大淹没深度;

$h_{1max}$ 表示油平面到水平面的最大距离;

$h_{2max}$ 表示水平面到出油柱底部平面的最大距离;

A点表示油水界面与滤柱进液面的交点,B点表示滤柱进液面最低点。

2. 根据权利要求1所述的静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,其特征在于,当含油废水中的油密度小于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面上方时,其最大淹没深度为:

$$h_{max} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{\rho_o g R_c};$$

其中： $\rho_o$ 表示油的密度；

$\gamma_o$ 表示油的表面张力；

$\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角。

3. 根据权利要求1所述的静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,其特征在于,当含油废水中的油密度大于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面下方时,其最大淹没深度为:

$$h_{max} = \frac{2(\rho_w \gamma_o \cos\theta_o + \rho_o \gamma_w \cos\theta_w - \rho_w \gamma_w \cos\theta_w)}{\rho_o \rho_w g R_c};$$

其中： $\rho_w$ 表示水的密度；

$\rho_o$ 表示油的密度；

$\gamma_o$ 表示油的表面张力；

$\gamma_w$ 表示水的表面张力；

$\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角；

$\theta_w$ 表示超疏水超亲油介质的油下水接触角。

4. 根据权利要求1所述的静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,其特征在于,当含油废水中的油密度大于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面上方时,其最大淹没深度为:

$$h_{max} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{\rho_w g R_c};$$

其中： $\rho_w$ 表示水的密度；

$\gamma_w$ 表示水的表面张力；

$\theta_w$ 表示超疏水超亲油介质的油下水接触角。

5. 根据权利要求1所述的静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,其特征在于,当含油废水是油水乳液时,最大淹没深度为:

$$h_{max} = \min \left( \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{(\alpha\rho_o + \rho_w - \alpha\rho_w)gR_c}, \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{(\alpha\rho_o + \rho_w - \alpha\rho_w)gR_c} \right);$$

其中： $\rho_w$ 表示水的密度；

$\rho_o$ 表示油的密度；

$\gamma_o$ 表示油的表面张力；

$\gamma_w$ 表示水的表面张力；

$\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角；

$\theta_w$ 表示超疏水超亲油介质的油下水接触角；

$\alpha$ 表示油的体积占比。

6. 应用权利要求1-5任一项所述的静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法的油水分离装置,其特征在于,油水分离装置包括选择性过滤系统、静液压控制系统;

选择性过滤系统包括出油柱和出水柱；超疏水超亲油介质装填进滤柱得到出油柱，超亲水超疏油介质装填进滤柱得到出水柱；出油柱和出水柱并列水平放置，出油柱与出油管相连；出水柱与出水管相连；构成了所述的油水分离装置。

7. 根据权利要求6所述的油水分离装置，其特征在于，当油水分离装置的数量为3个时，经第一油水分离装置的选择性过滤系统出水柱和出油柱输出的含油废水，分别进入第二油水分离装置的选择性过滤系统和第三油水分离装置的选择性过滤系统中，第二和第三油水分离装置并列设置。

8. 根据权利要求7所述的油水分离装置，其特征在于，第一油水分离装置为一级过滤模块，第二和第三油水分离装置为二级过滤模块，根据含油废水处理的要求，第二油水分离装置后再串联第四和第五油水分离装置，第四和第五油水分离装置并列设置，第四和第五油水分离装置分别过滤经过第二油水分离装置出水柱和出油柱滤出的水和油；第三油水分离装置后再串联第六和第七选择性油水分离装置，第六和第七油水分离装置并列设置，第六和第七油水分离装置分别过滤经过第三油水分离装置出水柱和出油柱滤出的水和油；第四、第五、第六、第七油水分离装置为三级过滤模块。

9. 根据权利要求6所述的油水分离装置，其特征在于，选择性过滤系统的淹没深度不大于最大淹没深度；出水柱和出油柱漂浮在水面，通过浮球或者机械臂的方式实现漂浮。

## 一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法及其装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于润湿性油水分离装置技术领域,具体涉及一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法及其装置。

### 背景技术

[0002] 现有技术2023116382679公开了通过在装置中添加改性玉米芯,提升对于水中乳化油和溶解油的吸附效果,便捷有效的去除难以除去的油类。但是该技术只能对废水中微量的乳化油和溶解油进行处理,面对含油量高的油水混合液时,其吸附剂会失效。该装置油水分离原理为吸附,说明书中并没有提到该吸附剂如何脱吸,该吸附剂为一次性,需更换填料。

[0003] 现有技术2021101586231公开的方案中,油水分离室上方设有和油水分离室依次连通的吸附室、电氧化室,吸附室内设有格栅,格栅上依次设有吸油棉层和活性炭层,吸附室进水口位于格栅下方,吸附室出水口位于格栅上方,吸附室进水口处设有伸入油水分离室内的一号管道,一号管道上设有进水泵;电氧化室出水口处设有水质传感器,电氧化室顶部设有电氧化室集气罩,电氧化室出水口处设有出水总管,出水总管分为两路分别为出水支管和回流支管,回流支管和吸附室连通,出水支管上设有出水泵和出水阀门,回流支管上设有回流泵和回流阀门。本发明中将油水分离池排放的水做进一步处理后达到国家标准后排放。该方案涉及到的工艺过于复杂,其中电氧化法更是会加大处理能耗,不利于环保。

[0004] 亲水或亲油性介质是过滤含油废水常用的材料,超亲水或超亲油性介质在选择性过滤含油废水的过程中,对于疏液液体而言,其微通道产生的毛细力为排斥力;对于亲液液体而言,其微通道产生的毛细力为吸引力。而当疏液液体的静液压大于介质的排斥毛细力时,疏液液体就会发生入侵现象,即油相入侵超亲水超疏油介质,水相入侵超疏水超亲油介质,最终会导致出油含水量变高,出水含油量变高,进而使过滤介质失效。超亲水超疏油或超疏水超亲油介质在选择性过滤含油废水的过程中,入侵问题是影响含油废水处理效果的最大难题。

[0005] 基于传统处理含油废水的技术存在上述种种弊端,研发一种可以解决入侵问题,且操作简单、环保、处理含油量高废水且油水分离彻底的油水分离技术是亟待解决的技术问题。

### 发明内容

[0006] 鉴于以上现有技术的不足之处,本发明提供一种基于“特殊润湿性材料选择性过滤”理论的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,选择性过滤系统的淹没深度不大于最大淹没深度的控制方法。避免了油相入侵超亲水超疏油介质、水相入侵超疏水超亲油介质。提升了出水(出油)质量的同时,避免了介质失效。

[0007] 该油水分离装置包括选择性过滤系统和静液压控制系统。选择性过滤系统包括选

择性出水系统和选择性出油系统。该油水分离系统可分离各种浓度的油水混合液和油水乳液,且适用于各种比重的油。

[0008] 具体的,本申请提供的一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,通过计算静液压和入侵压力来计算最大淹没深度 $h_{max}$ ,最大淹没深度 $h_{max}$ 是指从液面到出油或者出水柱底部的最大高度,即出油柱或出水柱可以淹没到液面以下的最大深度,这里的液面指的是气液界面,通过计算静液压和入侵压力来计算最大淹没深度 $h_{max}$ ;

[0009] 步骤SS1,计算静液压,①静液压:

$$[0010] \quad P = \rho_{液}gh;$$

[0011] 步骤SS2,计算入侵压力,②入侵压力:

[0012] 根据Laplace方程可知

$$[0013] \quad \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma\cos\theta}{R_c};$$

[0014] 步骤SS3,联立静液压和入侵压力两个公式,计算最大淹没深度 $h_{max}$ ,③最大淹没深度 $h_{max}$ ,即液面到出油或者出水柱底部的高度;

$$[0015] \quad h_{max} = \frac{2\gamma\cos\theta}{\rho_{液}gR_c};$$

[0016] 进一步的,当含油废水中的油密度小于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面下方时,其最大淹没深度为:

$$[0017] \quad h_{max} = \frac{2(\rho_w\gamma_o\cos\theta_o + \rho_o\gamma_w\cos\theta_w - \rho_o\gamma_o\cos\theta_o)}{\rho_o\rho_wgR_c};$$

[0018] 进一步的,当含油废水中的油密度小于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面上方时,其最大淹没深度为:

$$[0019] \quad h_{max} = \frac{2\gamma_o\cos\theta_o}{\rho_o gR_c};$$

[0020] 进一步的,当含油废水中的油密度大于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面下方时,其最大淹没深度为:

$$[0021] \quad h_{max} = \frac{2(\rho_w\gamma_o\cos\theta_o + \rho_o\gamma_w\cos\theta_w - \rho_w\gamma_w\cos\theta_w)}{\rho_o\rho_wgR_c};$$

[0022] 进一步的,当含油废水中的油密度大于水的密度,且选择性过滤系统底部位于油水界面上方时,其最大淹没深度为:

$$[0023] \quad h_{max} = \frac{2\gamma_w\cos\theta_w}{\rho_w gR_c};$$

[0024] 进一步的,当含油废水是油水乳液时,最大淹没深度为:

$$[0025] \quad h_{max} = \min\left(\frac{2\gamma_w\cos\theta_w}{(a\rho_o + \rho_w - a\rho_w)gR_c}, \frac{2\gamma_o\cos\theta_o}{(a\rho_o + \rho_w - a\rho_w)gR_c}\right);$$

[0026] 上述所有公式中:

[0027]  $P$ 表示静液压;

[0028]  $\rho_{液}$ 表示液体密度;

[0029]  $g$ 表示重力加速度;

[0030]  $h$ 表示液体质点到自由液面的高度;

[0031]  $\Delta P_{\text{cal}}$ 表示理论毛细管压力;

[0032]  $\gamma$ 表示液体的表面张力;

[0033]  $\theta$ 表示特殊润湿性介质的疏液液体接触角;

[0034]  $h_{\text{max}}$ 表示最大淹没深度;

[0035]  $\rho_w$ 表示水的密度;

[0036]  $\rho_o$ 表示油的密度;

[0037]  $\gamma_o$ 表示油的表面张力;

[0038]  $\gamma_w$ 表示水的表面张力;

[0039]  $\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角;

[0040]  $\theta_w$ 表示超疏水超亲油介质的油下水接触角;

[0041]  $R_c$ 表示装填特殊润湿性介质的出油(出水)柱内微孔道半径;

[0042]  $\alpha$ 表示油的体积占比。

[0043] 本申请还提供一种应用如前所述的静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法的油水分离装置,油水分离装置包括选择性过滤系统、静液压控制系统;选择性过滤系统包括出油柱和出水柱;超疏水超亲油介质装填进滤柱得到出油柱,超亲水超疏油介质装填进滤柱得到出水柱;出油柱和出水柱并列水平放置,出油柱与出油管相连;出水柱与出水管相连;构成了所述的油水分离装置。

[0044] 进一步的,当油水分离装置的数量为3个时,经第一油水分离装置的选择性过滤系统出水柱和出油柱输出的含油废水,分别进入第二油水分离装置的选择性过滤系统和第三油水分离装置的选择性过滤系统中,第二和第三油水分离装置并列设置。

[0045] 进一步的,第一油水分离装置为一级过滤模块,第二和第三油水分离装置为二级过滤模块,根据含油废水处理的要求,第二油水分离装置后再串联第四和第五油水分离装置,第四和第五油水分离装置并列设置,第四和第五油水分离装置分别过滤经过第二油水分离装置出水柱和出油柱滤出的水和油;第三油水分离装置后再串联第六和第七选择性油水分离装置,第六和第七油水分离装置并列设置,第六和第七油水分离装置分别过滤经过第三油水分离装置出水柱和出油柱滤出的水和油;第四、第五、第六、第七油水分离装置为三级过滤模块。

[0046] 进一步的,选择性过滤系统的淹没深度不大于最大淹没深度;出水柱和出油柱漂浮在水面,通过浮球或者机械臂的方式实现漂浮。

[0047] 本发明相对于现有技术取得了以下有益效果:

[0048] 1. 该发明提供了特殊润湿性介质用于选择性油水分离时面临入侵问题的解决方案,即给出最大淹没深度计算公式的同时,提供了控制选择性过滤系统的淹没深度小于最大淹没深度的方法,这不仅对出水(出油)质量的提升意义重大,且为特殊润湿性介质在选择性过滤油水领域的应用提供了一定的理论基础。

[0049] 2. 该发明提供了一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,并

基于该理论设计了一套油水分离装置,并建立了类似于“积木”的可拼装的“模块-系统”体系,可以根据用户对油水分离效果的需求进行调节。

[0050] 3.本发明油水分离系统能高效、低耗地对含油废水进行油水分离,滤出水的油分离效率在99.99%以上,滤出油的水分离效率均在99.92%以上,确保其出油可进行资源化回收,出水可达行业排放标准。且造价便宜,依靠重力分离含油废水,不须引入其他药剂,避免造成二次污染问题的同时,展现了高效、低能耗的优势。

[0051] 4.本发明油水分离系统不仅可以去除油水混合液和油水乳液,面对不同比重的油时可以有同样的效果。

[0052] 5.本发明油水分离系统还能缩短处理流程,提升出水质量,采用吊装、调整的安装方式,还可节约施工成本。

### 附图说明

[0053] 图1为实施例1所示的二级油水分离系统的俯视图;

[0054] 图2为实施例1所示的“模块-系统”示意图;

[0055] 图3为实施例2油平面和水平面及最大淹没深度示意图;

[0056] 图4为实施例3油平面和水平面及最大淹没深度示意图;

[0057] 图5为实施例4水平面和油平面及最大淹没深度示意图;

[0058] 图6为实施例5水平面和油平面及最大淹没深度示意图;

[0059] 图7为实施例6油水乳液平面及最大淹没深度示意图;

[0060] 其中图1中,1、含油废水入口;2、1<sup>#</sup>二级模块;3、2<sup>#</sup>二级模块;4、出油管;5、出水管;6、出水回流管;7、出油回流管;图2中,8、一级模块;9、二级模块;10、三级模块;11、四级模块。

### 具体实施方式

[0061] 下面结合具体实施方式对本发明作进一步的说明,但实施例并不对本发明做任何形式的限定。除非另有说明,本发明实施例采用的原料试剂为常规购买的原料试剂。

[0062] 下面结合实施案例对本发明的技术方案做进一步的说明。

[0063] 接触角是指在平整的固体表面,液滴在固体表面静止平衡后,气液界面与固液界面的夹角称为接触角,当接触角 $<90^{\circ}$ 时,称之为亲液表面;当接触角 $>90^{\circ}$ 时,称为疏液表面。特别地,当接触角 $>150^{\circ}$ ,称为超疏液表面;接触角 $<5^{\circ}$ 时称为超亲液表面。超亲水超疏油介质是指在空气中的水接触角小于 $5^{\circ}$ ,在水下的油接触角大于 $150^{\circ}$ 的介质。超疏水超亲油介质是指在空气中的水接触角大于 $150^{\circ}$ ,油接触角小于 $5^{\circ}$ 的介质。

#### 实施例1

[0064] 本实施例为一种静液压控制的油水分离装置,该油水分离装置包括选择性过滤系统、静液压控制系统;选择性过滤系统包括出油柱和出水柱;超疏水超亲油介质装填进滤柱得到出油柱,超亲水超疏油介质装填进滤柱得到出水柱;出油柱和出水柱并列水平放置,出油柱与出油管相连;出水柱与出水管相连;该装置可分离油水混合液和油水乳液,且适用于各种比重的油;当油水分离装置的数量为3个时,构成油水分离系统,该油水分离装置作为系统中的模块存在。如图1所示,入口1将含油废水通入一级油水分离模块,经一级模块的选



择性过滤系统滤出的油进入1<sup>#</sup>二级模块,水进入2<sup>#</sup>二级模块,经1<sup>#</sup>二级模块的选择性过滤系统滤出的少量水回流至一级模块,大量油进行回收。经2<sup>#</sup>二级模块的择性过滤系统滤出的少量油回流至一级模块,大量水可回收也可排放。1<sup>#</sup>二级模块和2<sup>#</sup>二级模块并列设置。

[0065] 如图2所示,当两级油水分离模块的出水(出油)质量仍不满足含油废水处理要求时,可加装第三级油水分离模块。此时二级(I)模块滤出的水进入三级(I)模块,油进入三级(II)模块,其中三级(I)模块滤出的少量油回流至一级模块,滤出的大量水回收或排放;三级(II)模块滤出的少量水回流至一级模块,滤出的大量油回收。二级(II)模块滤出的水进入三级(III)模块,油进入三级(IV)模块,其中三级(III)模块滤出的少量油回流至一级模块,滤出的大量水回收或排放;三级(IV)模块滤出的少量水回流至一级模块,滤出的大量油回收。以此类推到四级模块。理论上来说该油水分离模块可根据含油废水的处理要求无限串联,但在实际应用中,单级模块的滤出水的油分离效率在99.99%以上,滤出油的水分离效率在99.92%以上,分离效率已极佳。

[0066] 下述实施例中,A点表示油水界面与滤柱进液面的交点,B点表示滤柱进液面最低点。

[0067] 实施例2

[0068] 本实施例提供一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,当含油废水中的油是柴油且选择性过滤系统底部位于油水界面下方时,如图3所示。首先保证A点油不入侵超亲水超疏油介质,即A点静液压与毛细管压力平衡:

$$[0069] \quad \begin{cases} P_A = \rho_o g h_{1max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{R_c} \end{cases}$$

$$[0070] \quad \Rightarrow h_{1max} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{\rho_o g R_c};$$

[0071] 其次保证B点水不入侵超疏水超亲油介质,即B点静液压与毛细管压力平衡:

$$[0072] \quad \begin{cases} P_B = \rho_o g h_{1max} + \rho_w g h_{2max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{R_c} \\ h_{1max} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{\rho_o g R_c} \end{cases};$$

$$[0073] \quad \Rightarrow h_{2max} = \frac{2(\gamma_w \cos\theta_w - \gamma_o \cos\theta_o)}{\rho_w g R_c};$$

[0074] 则最大淹没深度为:

$$[0075] \quad h_{max} = h_{1max} + h_{2max} = \frac{2(\rho_w \gamma_o \cos\theta_o + \rho_o \gamma_w \cos\theta_w - \rho_o \gamma_o \cos\theta_o)}{\rho_o \rho_w g R_c};$$

[0076] 其中: $P_A$ 表示A点的静液压;

[0077]  $P_B$ 表示B点的静液压;

[0078]  $\Delta P_{cal}$ 表示理论毛细管压力;

[0079]  $h_{max}$ 表示最大淹没深度;

[0080]  $h_{1max}$ 表示油平面到水平面的最大距离;

[0081]  $h_{2max}$  表示水平面到出油柱底部平面的最大距离;

[0082]  $\rho_o$  表示油的密度,  $\rho_o=830\text{Kg/m}^3$ ;

[0083]  $\rho_w$  表示水的密度,  $\rho_w=1000\text{Kg/m}^3$ ;

[0084]  $g$  表示重力加速度,  $g=9.81\text{m/s}^2$ ;

[0085]  $R_c$  表示装填特殊润湿性介质的出油(出水)柱内微孔道半径,  $R_c=0.0001\text{m}$ ;

[0086]  $\theta_o$  表示超亲水超疏油介质的水下油接触角,  $\theta_o=165^\circ$ ;

[0087]  $\theta_w$  表示超疏水超亲油介质的油下水接触角,  $\theta_w=165^\circ$ ;

[0088]  $\gamma_o$  表示油的表面张力,  $\gamma_o=0.0268\text{N/m}$ ;

[0089]  $\gamma_w$  表示水的表面张力,  $\gamma_w=0.0728\text{N/m}$ ;

[0090] 计算得最大淹没深度为0.1542m。

[0091] 实施例3

[0092] 本实施例提供一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,当含油废水中的油是柴油且选择性过滤系统底部位于油水界面上方时,如图4所示。此情况下只需保证B点油不入侵超亲水超疏油介质,即B点静液压与毛细管压力平衡:

$$\begin{cases} P_A = \rho_o g h_{max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{R_c} \end{cases}$$

$$[0093] \Rightarrow h_{max} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{\rho_o g R_c};$$

[0094] 其中: $P_A$ 表示A点的静液压;

[0095]  $\Delta P_{cal}$ 表示理论毛细管压力;

[0096]  $h_{max}$ 表示最大淹没深度;

[0097]  $\rho_o$ 表示油的密度,  $\rho_o=830\text{Kg/m}^3$ ;

[0098]  $g$ 表示重力加速度,  $g=9.81\text{m/s}^2$ ;

[0099]  $R_c$ 表示装填特殊润湿性介质的出油(出水)柱内微孔道半径,  $R_c=0.0001\text{m}$ ;

[0100]  $\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角,  $\theta_o=165^\circ$ ;

[0101]  $\gamma_o$ 表示油的表面张力,  $\gamma_o=0.0268\text{N/m}$ ;

[0102] 计算得最大淹没深度为0.0636m。

[0103] 实施例4

[0104] 本实施例提供一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,当含油废水中的油是二氯甲烷且选择性过滤系统底部位于油水界面下方时,如图5所示。

[0105] 首先保证A点水不入侵超疏水超亲油介质,即A点静液压与毛细管压力平衡:

$$[0106] \begin{cases} P_A = \rho_w g h_{1max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{R_c} \end{cases}$$

$$[0107] \Rightarrow h_{1max} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{\rho_w g R_c};$$

[0108] 其次保证B点油不入侵超亲水超疏油介质,即B点静液压与毛细管压力平衡:

$$[0109] \begin{cases} P_B = \rho_w g h_{1max} + \rho_o g h_{2max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{R_c} \\ h_{1max} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{\rho_o g R_c} \end{cases};$$

$$[0110] \Rightarrow h_{2max} = \frac{2(\gamma_o \cos\theta_o - \gamma_w \cos\theta_w)}{\rho_o g R_c};$$

[0111] 则:

$$[0112] h_{max} = h_{1max} + h_{2max} = \frac{2(\rho_w \gamma_o \cos\theta_o + \rho_o \gamma_w \cos\theta_w - \rho_w \gamma_w \cos\theta_w)}{\rho_o \rho_w g R_c};$$

[0113] 其中: $P_A$ 表示A点的静液压;

[0114]  $P_B$ 表示B点的静液压;

[0115]  $\Delta P_{cal}$ 表示理论毛细管压力;

[0116]  $h_{max}$ 表示最大淹没深度;

[0117]  $h_{1max}$ 表示水平面到油平面的最大距离;

[0118]  $h_{2max}$ 表示油平面到出水柱底部平面的最大距离;

[0119]  $\rho_o$ 表示油的密度, $\rho_o=1325\text{Kg/m}^3$ ;

[0120]  $\rho_w$ 表示水的密度, $\rho_w=1000\text{Kg/m}^3$ ;

[0121]  $g$ 表示重力加速度, $g=9.81\text{m/s}^2$ ;

[0122]  $R_c$ 表示装填特殊润湿性介质的出油(出水)柱内微孔道半径, $R_c=0.0001\text{m}$ ;

[0123]  $\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角, $\theta_o=165^\circ$ ;

[0124]  $\theta_w$ 表示超疏水超亲油介质的油下水接触角, $\theta_w=165^\circ$ ;

[0125]  $\gamma_o$ 表示油的表面张力, $\gamma_o=0.0304\text{N/m}$ ;

[0126]  $\gamma_w$ 表示水的表面张力, $\gamma_w=0.0728\text{N/m}$ ;

[0127] 计算得最大淹没深度为0.0804m。

[0128] 实施例5

[0129] 本实施例提供一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,当含油废水中的油是二氯甲烷且选择性过滤系统底部位于油水界面上方时,如图6所示。

[0130] 此情况下只需保证B点油不入侵超亲水超疏油介质,即B点静液压与毛细管压力平衡:

$$[0131] \begin{cases} P_A = \rho_w g h_{max} \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{R_c} \end{cases};$$

$$[0132] \Rightarrow h_{max} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{\rho_w g R_c};$$

[0133] 其中: $P_A$ 表示A点的静液压;

[0134]  $\Delta P_{cal}$  表示理论毛细管压力;

[0135]  $h_{max}$  表示最大淹没深度;

[0136]  $\rho_o$  表示油的密度,  $\rho_o=1325\text{Kg/m}^3$ ;

[0137]  $g$  表示重力加速度,  $g=9.81\text{m/s}^2$ ;

[0138]  $R_c$  表示装填特殊润湿性介质的出油(出水)柱内微孔道半径,  $R_c=0.0001\text{m}$ ;

[0139]  $\theta_o$  表示超亲水超疏油介质的水下油接触角,  $\theta_o=165^\circ$ ;

[0140]  $\gamma_o$  表示油的表面张力,  $\gamma_o=0.0304\text{N/m}$ ;

[0141] 计算得最大淹没深度为0.1434m。

[0142] 实施例6

[0143] 本实施例提供一种静液压控制的油水分离系统的最大淹没深度的计算方法,当含油废水为油水乳液时,如图7所示。

[0144] 此情况下,需要同时保证油水乳液中的水不入侵超疏水超亲油介质和油不入侵超亲水超疏油介质,故此时为与中的较小值。

[0145] 首先计算油水乳液的密度:  $\rho_{ow} = a \times \rho_o + (1 - a)\rho_w$ ;

[0146] 其次保证B点油不入侵超亲水超疏油介质,即B点静液压与毛细管压力平衡:

$$[0147] \begin{cases} P_A = \rho_{ow} g h_o \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{R_c} \\ \rho_{ow} = a \times \rho_o + (1 - a)\rho_w \end{cases};$$

$$[0148] \Rightarrow h_o = \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{(a\rho_o + \rho_w - a\rho_w)gR_c};$$

[0149] 最后保证B点水不入侵超疏水超亲油介质,即B点静液压与毛细管压力平衡:

$$[0150] \begin{cases} P_A = \rho_{ow} g h_w \\ \Delta P_{cal} = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{R_c} \\ \rho_{ow} = a \times \rho_o + (1 - a)\rho_w \end{cases};$$

$$[0151] \Rightarrow h_w = \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{(a\rho_o + \rho_w - a\rho_w)gR_c};$$

[0152] 则:

$$[0153] h_{max} = \min \left( \frac{2\gamma_w \cos\theta_w}{(a\rho_o + \rho_w - a\rho_w)gR_c}, \frac{2\gamma_o \cos\theta_o}{(a\rho_o + \rho_w - a\rho_w)gR_c} \right);$$

[0154] 其中:  $\rho_{ow}$  表示油水乳液的密度;

[0155]  $a$  表示油的体积占比,柴油分别取10%、90%,二氯甲烷分别取10%、90%;

[0156]  $h_o$  表示油入侵超亲水超疏油介质时的淹没深度;

[0157]  $h_w$  表示水入侵超疏水超亲油介质时的淹没深度;

[0158]  $h_{max}$  表示最大淹没深度;

[0159]  $\rho_o$  表示油的密度,柴油取830Kg/m<sup>3</sup>,二氯甲烷取1325Kg/m<sup>3</sup>;

[0160]  $\rho_w$  表示水的密度,  $\rho_w=1000\text{Kg/m}^3$ ;

[0161]  $g$ 表示重力加速度, $g=9.81\text{m/s}^2$ ;

[0162]  $R_c$ 表示装填特殊润湿性介质的出油(出水)柱内微孔道半径, $R_c=0.0001\text{m}$ ;

[0163]  $\theta_o$ 表示超亲水超疏油介质的水下油接触角, $\theta_o=165^\circ$ ;

[0164]  $\theta_w$ 表示超疏水超亲油介质的油下水接触角, $\theta_w=165^\circ$ ;

[0165]  $\gamma_o$ 表示油的表面张力,柴油取 $0.0268\text{N/m}$ ,二氯甲烷取 $0.0304\text{N/m}$ ;

[0166]  $\gamma_w$ 表示水的表面张力, $\gamma_w=0.0728\text{N/m}$ 。

[0167] 分别采用体积占比10%、90%的柴油和10%、90%的二氯甲烷油水乳液进行计算,得最大淹没深度分别为 $0.0537\text{m}$ 、 $0.0623\text{m}$ 、 $0.0580\text{m}$ 、 $0.0463\text{m}$ 。

[0168] 从上述的实施例1中可以看出,该油水分离装置结构简单、构思巧妙。该装置能高效、低能耗地对含油废水进行油水分离,滤出水的油分离效率在99.99%以上,滤出油的水分离效率均在99.92%以上。确保其出油可进行资源化回收,出水可达行业排放标准。且造价便宜,依靠重力分离含油废水,不须引入其他药剂,避免造成二次污染问题的同时,展现了高效、低能耗的优势,该一体式装置还能缩短处理流程,提升出水质量。采用吊装、调整的安装方式,还可节约施工成本。

[0169] 上述实施例2~6中代入了两种不同比重的油的参数,分了5种情况进行了该油水分离装置的运行工况即选择性过滤系统的最大淹没深度计算。首先,通过具体的计算数据,可以更好地调整该选择性过滤装置的放置位置,这不仅可以保证滤料不被疏液液体入侵导致油水分离不彻底、滤料失效等问题的出现,还可以最大限度地发挥该装置的运行效率。其次,具体的计算数据可以验证该油水分离装置的技术方案是可行的,这些数据为专利的实用性和可行性提供了有力的支持。最后,通过代入不同比重的油的参数及5种不同含油量情况进行计算,展示了该油水分离装置面对不同状况时的适用性。这表明该装置不仅仅适用于某一种特定的油和油浓度,而是具有更广泛的适用范围和多功能性。

[0170] 以上所述实施例仅表达了本发明的几种实施方式,其描述较为具体和详细,但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是,对于本领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明构思的前提下,还可以自做出若干变形和改进,这些都属于本发明的保护范围。

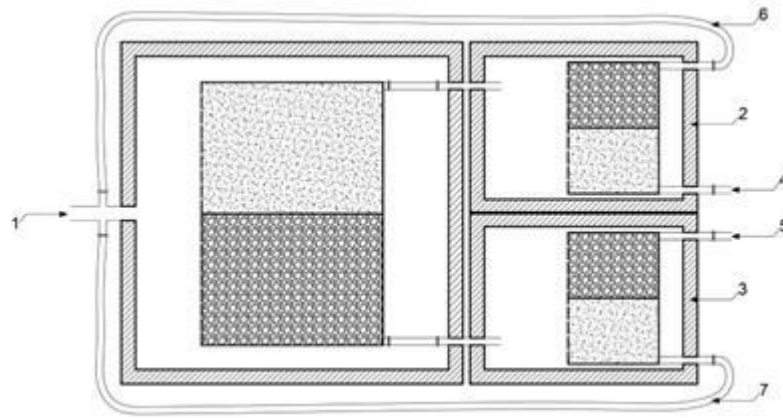


图 1

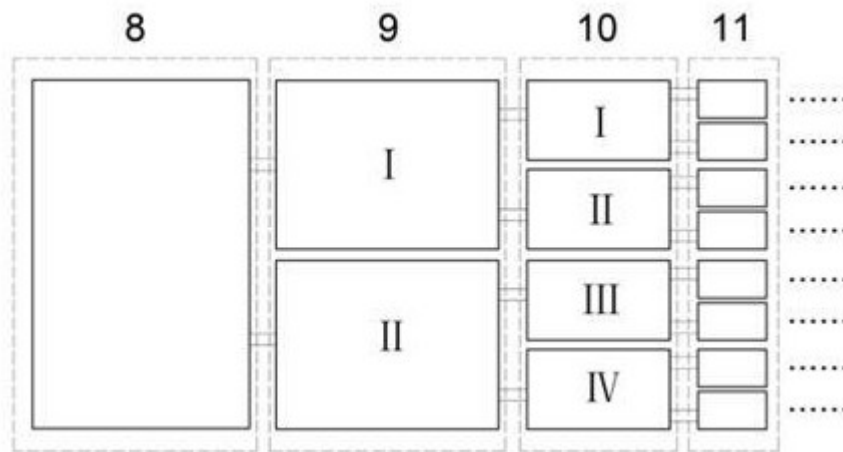


图 2

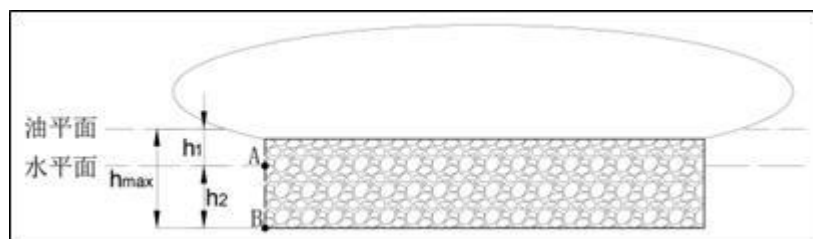


图 3

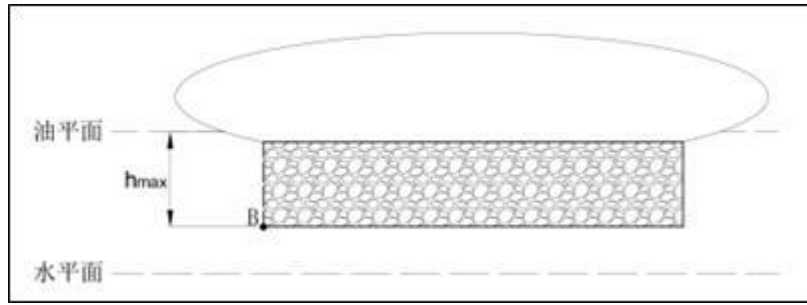


图 4

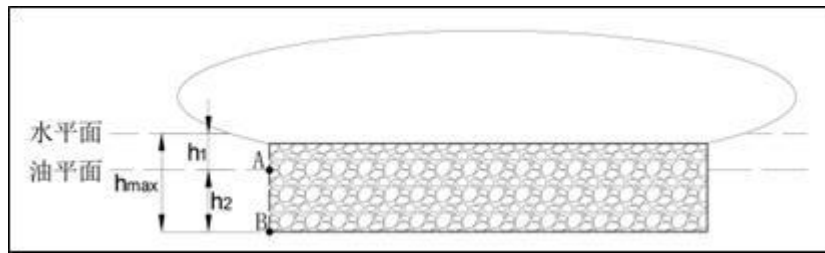


图 5

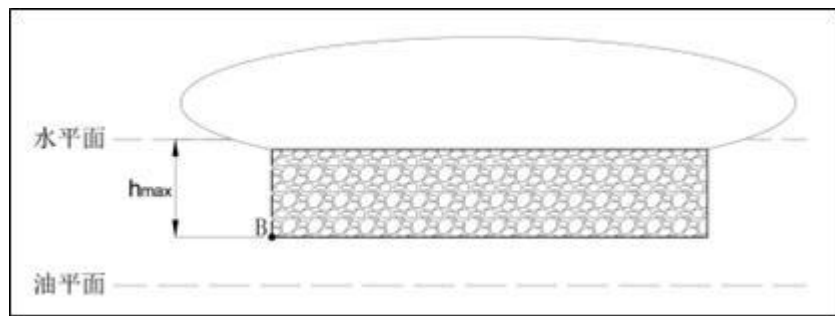


图 6

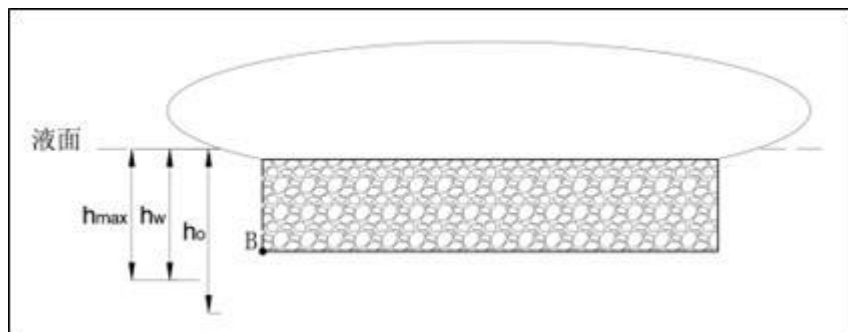


图 7