



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112823051 A

(43) 申请公布日 2021.05.18

(21) 申请号 201980051143.6

大卫·M·特恩布尔

(22) 申请日 2019.07.02

(74) 专利代理机构 成都七星天知识产权代理有限公司 51253

(30) 优先权数据

代理人 袁春晓

62/693,617 2018.07.03 US

(85) PCT国际申请进入国家阶段日

(51) Int.Cl.

2021.02.03

B01D 65/04 (2006.01)

(86) PCT国际申请的申请数据

B01D 63/08 (2006.01)

PCT/CA2019/050910 2019.07.02

(87) PCT国际申请的公布数据

W02020/006628 EN 2020.01.09

(71) 申请人 复成膜业有限公司

地址 加拿大安大略省汉密尔顿市汉农街道  
格洛弗路525号邮编:L0R1P0

(72) 发明人 戴安娜·贝内德克

巴巴克·拉格霍米

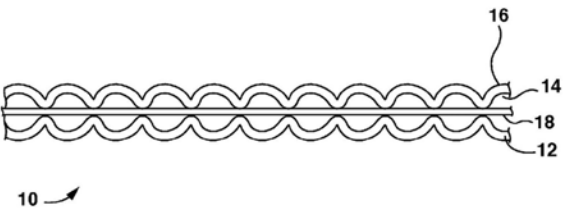
权利要求书1页 说明书6页 附图7页

(54) 发明名称

间距紧密的平板状浸没式膜和细气泡曝气

(57) 摘要

浸入式膜使用曝气(气泡从膜上冒出)作为冲刷膜表面并保持其清洁无固体或污垢的一种方法,从而可以连续有效地运行。在平板膜组件中,使用细微的气泡曝气在膜片之间产生并保持空间。气泡会防止膜片接触和阻塞在一起,从而减小其表面积和生产率。曝气可用于洗涤,以向生物物质供应氧气,并用作保持浸没的平板膜的工作表面积的隔离物。膜片之间的面对面间隔可以为4mm或更小。气泡可以小于膜片之间的面对面间距的两倍。



1. 一种浸没式膜过滤装置,包括:  
平板膜组件,其中,所述膜之间的面对面间距为小于或等于4mm;以及,  
位于所述膜下方的细气泡曝气器,其中,所述细气泡曝气器被配置为产生尺寸为小于或等于4mm、小于或等于3mm,或不超过所述膜之间的所述间距的100%或50%以上的气泡。
2. 根据权利要求1所述的浸没式膜过滤装置,其特征在于,所述细气泡曝气器被配置为产生尺寸为小于或等于2mm,或不大于所述膜之间的所述面对面间距的气泡。
3. 根据权利要求1或2所述的浸没式膜过滤装置,其特征在于,所述膜之间的所述面对面间距为小于或等于3mm、小于或等于2mm,或小于或等于1.5mm。
4. 根据权利要求1所述的浸没式膜过滤装置,其特征在于,所述膜之间的所述面对面间距为小于或等于3mm,例如约2.2mm,以及所述细气泡曝气器具有直径为小于或等于5mm的开口,例如约4mm。
5. 根据权利要求1所述的浸没式膜过滤装置,其特征在于,所述膜之间的所述面对面间距为小于或等于2mm,例如约1.5mm,以及所述细气泡曝气器具有直径为小于或等于3mm的开口,例如约2mm。
6. 根据权利要求1-5中任一项所述的浸入式膜过滤装置,其特征在于,所述膜具有波纹面。
7. 根据权利要求6所述的浸没式膜过滤装置,其特征在于,所述相邻膜的波纹处于不同的高度。
8. 一种过滤水的方法,包括以下步骤:  
将平板膜组件浸入水中,其中,所述组件的膜之间的间距为小于或等于4mm;以及,  
在所述膜下方产生气泡,其中,所述气泡的尺寸为小于或等于5mm、小于或等于3mm,或不大于所述膜之间的间距的100%或50%。
9. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述气泡的尺寸为小于或等于2mm,或不大于所述膜之间的间距。
10. 根据权利要求8或9所述的方法,其特征在于,所述膜之间的间距为小于或等于3mm、小于或等于2mm,或小于或等于1.5mm。
11. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述膜之间的面对面间距为小于或等于3mm,例如约2.2mm,以及所述细气泡曝气器具有直径为小于或等于5mm的开口,例如约4mm。
12. 根据权利要求8所述的方法,其特征在于,所述膜之间的面对面间距为小于或等于2mm,例如约1.5mm,以及所述细气泡曝气器具有直径为小于或等于3mm的开口,例如约2mm。
13. 根据权利要求8-12中任一项所述的方法,其特征在于,所述膜具有波纹面。
14. 根据权利要求13所述的方法,其特征在于,所述相邻膜的波纹处于不同的高度。

## 间距紧密的平板状浸没式膜和细气泡曝气

### 交叉引用

[0001] 本申请要求于2018年7月3日提交的美国临时申请号62/693,617的优先权,其全部内容通过引用并入本申请。

### 技术领域

[0002] 本说明书涉及浸没式膜,或称为浸入式膜,及其操作方法。

### 背景技术

[0003] 以下内容不承认以下讨论的任何内容是公知常识或可引用为现有技术。

[0004] 浸过的过滤膜可以制成平板状,也称为板框状。在这种构造中,通过将浇铸的聚合物分离层浇铸到非织造基底的辊上来制造一卷膜片。两片大致矩形的膜片在其边缘处连接到中空塑料框架的相对侧。这将创建一个带有中空内部通道的面板,以收集过滤后的水(也称为渗透液)。通过施加到膜内部的吸力将渗透液抽出。多个面板并排滑入一个框架中,该框架可以浸入水中进行过滤。通常将要过滤的水保存在敞开的水箱中。面板的内部连接到泵的吸入侧,以渗透透过膜片的渗透物。从框架下方提供的气泡导致气泡和液体的混合流通过面板之间的垂直缝隙上升,以保持清洁的薄膜表面。在美国专利号5,482,625、5,651,888、5,772,831和6,287,467中示出了这种类型的设备的示例,全部由久保田公司所有。

[0005] 平板膜组件通常是坚固的,并且单位面积的制造成本较低(相对于中空纤维膜),因为它们可以浇铸成宽幅片材。然而,相对于中空纤维膜,常规的平板膜具有较差的堆积密度(模块的每单位体积的膜表面积)。

[0006] 在迈纳德公司的国际公开号W02007/036332中示出了平板膜元件的变型。在这些元件中,将两层膜材料浇铸到在两个致密层之间具有多孔中心区域的织物的正面和背面。中心区域提供了一个渗透通道,并且将两个致密层连接在一起,从而允许对元件进行反冲洗以进行机械清洁。这些元件不需要四边形框架,它们的厚度约为2mm,比上述板式和框架元件还要薄。然而,这些元件也是柔性的,并且它们在框架中以大约10mm的中心至中心距离间隔开。堆积密度比上述板和框架元件更好,但仍比中空纤维膜组件低。在国际公开号W02012/098130和美国专利号7,862,718中描述了类似的但具有集成的渗透通道的平板膜。

[0007] 在国际公开号W02011/130853中描述了波纹状平板膜。与上述的光滑侧平片膜不同,这些膜由两个基底片制成,该基底片由一系列平行的凹陷在凹陷之间粘结在一起。凹陷形成膜内部的渗透通道。美国公开号2017095773描述了一种粗气泡曝气器和操作波纹状平板膜的方法。

[0008] 粗气泡曝气器已经使用了很多年,为了保持浸没膜表面的清洁,利用了空气、液体和固体以交叉流模式向膜表面移动的综合能量。粗气泡扩散器的典型气泡直径范围为5至9mm。西蒙·贾德(Simon Judd)在《MBR书:用于水和废水的膜式生物反应器的原理和应用》(Elsevier Science, 2011年4月)中总结说:“传统上,细气泡扩散已用于生物质曝气,而单独的粗气泡曝气系统则用于膜冲刷”(第129页),以及“膜通气通常使用粗气泡通气进行,因为

湍流增加,因此产生了剪切力”(第130页)。

## 发明内容

[0009] 以下介绍旨在向读者介绍下面的详细描述,而不是限制或定义任何要求保护的发明。

[0010] 如本申请人所申请的国际公开号W02011/130853中所述的平板膜组件已经制造成膜之间的间隔非常紧密(通常面对面间距为1.5mm,但是可配置为2.2mm和3.8mm间距)。在某些情况下,尤其是在1.5mm间距处,膜仅在运行几个小时后就会损失相当大的渗透性。尝试通过每5至10分钟反洗膜来恢复渗透性会降低模块的回收率,在某些情况下,并不能从根本上改善表观渗透性。

[0011] 发明人认为,表观的渗透性损失实际上是由有效表面积的损失引起的。随着膜片的移动,相邻膜片的中心可以在模块内部相互接触。两张膜片相互接触后,它们可能会粘在一起。施加到膜内部的吸力可以帮助将膜保持在一起,但是发明人假设在粗气泡中会引起接触问题。已知变形为通道的大气泡提供有效的冲刷。但是,在间距紧密的平板膜的情况下,粗糙的气泡通过将几对相邻的膜片推开而在模块中产生较大的优先通道,这将其其他几对相邻的膜片压在一起。

[0012] 如下面进一步详细描述的,使用细气泡曝气器提高了具有间距紧密的薄片的模块的渗透性。细气泡似乎均匀地分散在膜片之间,而不会将相邻的两对膜片分开。可选地,细气泡的尺寸可以小于5mm、小于或等于4mm,或小于或等于3mm。可选地,细气泡可比膜片之间的面对面间距最多大约100%,或大约50%。可选地,气泡尺寸可以大约等于或大于膜片之间的间距。膜片可以是波纹状的或另外具有纹理的或光滑的侧面。膜片可以布置在一组竖直定向的平行平面中。膜片之间的间距可以为小于或等于4mm、小于或等于3mm,或小于或等于2mm。可选地,细气泡扩散器可以平行于膜片进行定向。扩散器可位于例如膜片下方10mm至300mm,或50至200mm。

## 附图说明

[0013] 图1示出了膜片的侧视图。

[0014] 图2示出了包括图1中的膜片的膜组件的正视图。

[0015] 图3是示出了进料液体和渗透物的流动方向的模块的示意性剖面图。

[0016] 图4示出了堆叠在一起的图2的三个模块的正视图。

[0017] 图5是包含图2的多个模块的块的等距视图。

[0018] 图6是具有图5中的三个块堆叠在一起的盒的等轴视图。

[0019] 图7是在槽中图6的盒的正视截面图。

[0020] 图8是示出了膜片的间隔和布置的模块的截面图。

[0021] 图9是比较了在不同通量和曝气水平下的粗气泡和细气泡曝气器的渗透率研究的图表。

[0022] 图10是显示了气泡大小对渗透率的影响的渗透率研究的图表。

## 具体实施方式

[0023] 特别是在固体含量超过0.1%的水中,流经没有气泡的敞开式水箱的水不足以维持通量和膜生产率。大多数浸没式膜使用粗糙的气泡曝气来冲刷膜表面,从而保持通量。粗糙的气泡具有足够的能量来有效地冲刷表面,并且是大多数膜制造商的标准选择。细气泡扩散器(即开口面积小于直径为5毫米的圆的面积的扩散器)产生大量的小气泡,这些细气泡通常在冲刷膜表面时不那么有效。然而,在具有间距紧密的膜片的平板膜组件中,细气泡有效地维持了膜的渗透性。

[0024] 粗气泡曝气在某些应用中很有用,但在所有应用中都无法有效地保持间距紧密的膜片的高通量。不受理论的限制,粗气泡可能会由于膜的接触而导致表面积损失。然而,当使用具有间距紧密的膜片阵列的细气泡空气扩散器时,可选地,当气泡尺寸不大于膜片之间的距离的100%或不大于50%时,膜片保持分离。可选地,气泡的尺寸可以大约等于或大于膜片之间的间距。气泡可以充当薄片之间的分隔器或隔离物,或者至少不会将薄片推在一起。基本上所有的膜表面积都保持活性。膜片之间的面对面间距可以为小于或等于4mm、小于或等于3mm,或小于或等于2mm。

[0025] 浸没的膜片在模块中间距紧密。例如,膜片的面对面间距可以为小于或等于4mm、小于或等于3mm,或小于或等于2mm。将组件放置在敞开的水箱中,并通过吸力将渗透物抽出。来自细气泡曝气器的气泡在成对的相邻平板膜之间上升。气泡可分离薄片,冲刷膜和/或提供氧气以供水中的微生物生物摄取。

[0026] 浸没式膜系统包括细气泡曝气器和膜组件的组合。细气泡曝气器可以是任何市售的或定制的细气泡曝气器。细气泡曝气器可以安装在浸没膜片的组件和/或盒的下方和/或之间。细气泡曝气器通常放置在膜组件下方。如果气泡在膜底部以下或在膜底部上方约100毫米以内释放,则认为充气装置位于组件下方。但是,细气泡曝气器通常放置在膜片底部下方10至300mm,或50至200mm的位置。细气泡曝气器可以具有细长的形状,并且可选地,可以平行于膜片进行定向。

[0027] 膜片紧密地间隔排列在一起,例如在其之间具有垂直延伸的间隙(即,面对面的间距)为小于或等于4mm、小于或等于3mm、小于或等于2mm,或小于或等于1.5mm。细气泡曝气器可选地被配置和操作以产生尺寸不大于膜片之间的面对面间距(即垂直延伸间隙)的100%或50%的气泡,可选的是不大于膜片之间间距(即垂直延伸间隙)。气泡的大小可以假定为具有与产生气泡的曝气器中的开口的面积相等的面积的圆的直径。或者,例如,将曝气器放置在最低膜底部下方300mm以上,则气泡尺寸可通过测量组件底部或垂直堆叠的盒子中最低组件底部的气泡来获得,以典型或标称的浸入深度或接近该高度(例如在其100mm之内)浸入敞开的水箱中。气泡通常为一种尺寸,但是可以任选地将气泡尺寸测量为中值或优选地为平均数量气泡的尺寸。细气泡的直径可小于5mm、小于或等于4mm、小于或等于3mm,或小于或等于2mm,可选地对于膜片之间的任何面对面组件的间距为小于或等于4mm、小于或等于3mm,或小于或等于2mm。

[0028] 细气泡曝气器可用于在膜片之间创建空间。膜片之间的距离很近,可以在不使用气泡的情况下“亲吻”或接触和称为盲区。

[0029] 细气泡曝气器可以安装在单个组件下,也可以安装在包含多个组件(例如,垂直堆叠的组件)的盒子下。膜片通常是在垂直方位。膜片边缘的集管或其他结构元素(如果有)可

以是水平或垂直的。

[0030] 与在膜片之间添加物理垫片相比,优选使用气泡在膜片之间形成或维持空间。当使用膜片过滤具有高固体含量的水时,例如膜生物反应器中的活性污泥,物理垫片会干扰固体的自由流动或在水流中产生涡流。物理垫片可能会积聚污泥沉积物,然后沉积物会在整个膜片上膨胀。

[0031] 当以更高的通量(例如18GFD或更高)工作时,细气泡的影响最为明显。增加浸没膜中通量的方法是增加真空度,这反过来可能导致更多的片在彼此接触时保持接触,从而失去有效的表面积。因此,在较高通量下,防止膜片与细气泡之间的接触可能更有利。

[0032] 附图显示了具有紧密间隔的膜片和细气泡曝气器的组件的实例。

[0033] 图1示出了膜片10。膜片10由形成并粘结在一起以提供内部通道14的两个基板片材12组成。基板片材12的外侧涂覆有多孔分离层16。分离层16可以在超滤或微滤范围内具有孔。两个基板片材12之间的中央片材18是可选的,但是可以添加以提供刚性更好的膜片10。可选择地,膜片10可以是光滑面的平板膜。光滑的平面平板膜可具有例如内部框架构造、内部渗透物垫片构造或集成的渗透物通道构造。膜片10可具有在微滤(MF)或超滤(UF)范围内的孔。

[0034] 图2示出了膜组件20。组件20具有一个或以上膜片10。膜片10的向内部通道14敞开的边缘(即图1所示的边缘)被灌封在集管22中,该集管也被称为灌封头或渗透物收集器。当使用时,集管22大体上是垂直方向,而内部通道14大体上水平。施加到集管22的渗透物端口24的吸力导致渗透物26在内部通道14中产生并流过集管22。组件20通常具有多个平行的膜片10。相邻的膜片10被通常具有相等宽度的竖直间隙隔开。在膜片10之间没有片状进料侧垫片,例如网孔。优选地,在膜片10之间也没有间断的垫片,例如一组垂直条。优选地,相邻的膜片10之间的间隙是敞开的。

[0035] 当用于膜生物反应器(MBR)中时,根据活性污泥法,容纳组件20的敞开的水箱通常填充有混合液。膜组件20和水箱代替了二级澄清池。从组件20下方提供的气泡28帮助或引起混合液30向上流动通过组件20,包括穿过相邻膜片10之间的间隙。

[0036] 图3示出了组件20的剖面示意图,以进一步示出混合液30(或另一种进料液体)通过组件20的流动。膜片10的起伏形状随着混合液30的上升在混合液30中产生湍流。随着混合液30和气泡28在它们之间移动,膜片10振动。气泡28除了有助于或引起混合液流动之外,还可以提供对膜片10的一些直接洗涤。

[0037] 图4示出了三个组件20的堆叠32。组件20垂直堆叠在彼此之上。下部组件的渗透端口24装配到上部组件的集管22中的插座(不可见)中。最下部组件20中的插座已插入。最上部组件的渗透物端口24可连接至渗透物排出管,并用于从所有三个组件20中排出渗透物。堆叠32也可以由两个、四个或其他数量的组件20制成。由于相邻组件的集管22垂直对齐且连续,所以进料液体可以垂直到整个堆叠32,而不受集管22的阻碍。

[0038] 图5示出了在框架42中包含至少两个组件20的块40。组件20并排放置在框架42中。组件20可以垂直滑入或滑出框架42。当在框架42中时,组件20的集管22装配到相应的槽44中,在所示的示例中,该槽44由附接到框架42的塑料模制件提供。

[0039] 图6示出了由一个在另一个的顶部竖直堆叠在一起的三个块40组成的盒50。可选地,盒50由一个、两个、四个或另一数量的块40制成。如图所示,上面的块40的渗透物端口24

可选地通过连接管52连接到渗透总管54。块40的框架42通过支柱58彼此连接,支柱58在所示的示例中是在其端部具有螺母的螺纹杆。支柱58还将上面的块40附接到盒框架56,该盒框架56可用于将盒50悬挂在水箱中。空气供应管60将空气带到盒的底部,以供送入最低区块40下的一组曝气器(不可见)。

[0040] 图7示出了安装在水箱70中的盒50。盒框架56搁置在水箱70的壁上,特别是在所示示例中搁在附接到水箱70的壁架72上。替代地,盒50可以放置在水箱70的底部上,或者盒50可以附接到框架或其他结构,该框架或其他结构放置在水箱70的底部上。

[0041] 如图所示,水箱70可选地紧密地围绕盒50。优选将混合液(或其他进料液体)从水箱的一端供给到水箱70的底部的通道74中,并从水箱70的相对端的顶部的堰(未示出)流出。这种布置提供了进料液体通过组件20的平均向上流动。多个盒50可以沿着水箱70的长度间隔开并且组合以形成膜列。完整的膜系统可能具有一个或以上序列。

[0042] 空气供应管60在盒50的下方水平延伸。每个空气供应管60的水平部分具有一系列孔,这些孔位于每个垂直堆叠的1-5个组件20的下方。至少两个曝气器(在图7中不可见),优选地对于组件20的每个竖直堆叠中的一个,被附接到最下部的块40的框架42,并且延伸穿过盒50的底部,垂直于空气供应管60的水平部分并在其上方。曝气器连接到它们下面的空气供应管60。盒50中组件20的每一堆叠在堆叠中的最低组件20的下方具有一个通气器。曝气器是一根沿长度方向具有一系列孔的管道,该管道被穿孔的橡胶套覆盖。空气从孔中流出并进入橡胶套。空气压力迫使橡胶套中的孔眼张开,从而释放出细气泡。橡胶套中的开口可具有直径为1-3mm的圆形区域。或者,曝气器可以是其中具有一系列孔的管道。孔可以具有直径小于或等于5mm(例如在2和4.5mm之间)的圆形区域。

[0043] 图8示出了模块20中的一组膜片10。膜片10具有凹部8。膜片10具有宽度或厚度C。在所示的示例中,厚度C是在覆盖了大部分膜表面积的规则表面特征的末端进行测量的。光滑的侧平板膜的宽度或厚度C在整个膜片10上通常是恒定的。膜片10也具有中心间距B。

[0044] 膜片10具有面对面的间距A。除非另有说明,否则本文中对间距或间隔开的膜片的任何引用或其他类似陈述均指面对面的间距。间距A等于中心间距B减去宽度C。如图8所示,相邻的膜片10可以布置成凹部8在竖直方向彼此偏移,例如,在膜片10中的相邻凹部8之间的垂直距离的一半。膜片紧密地间隔在一起,例如间距A为小于或等于4mm、小于或等于3mm,或小于或等于2mm。

#### 实施例

[0045] 类似于本文所述的组件20的波纹状平板组件在膜片之间具有1.5mm的间距,以粗气泡曝气器和细气泡曝气器以0.005和0.01标准立方英尺/分钟(scfm)的空气流速操作。粗气泡曝气器产生的气泡大于4mm。在该示例中,相对于组件间距使用术语“粗”,而不是根据术语的典型工业用途。细气泡曝气器产生的气泡小于3mm。在组件20的底部下方,特别是在曝气器顶部与离曝气器顶部上方5cm之间的空间中,测量气泡尺寸。改变膜内部的吸力以产生一定范围的通量值。在不同的通量值下测量磁导率。

[0046] 图9显示了两种曝气器获得的典型结果。细气泡曝气器的膜渗透性更高,尤其是在通量更高时。结果还表明,即使在较低的空气流速下,该膜也可以用细气泡曝气器很好地工作。当细气泡曝气器使用0.005或0.01scfm的空气操作时,膜渗透性基本相同,与通量无关。细气泡曝气器在0.005scfm的空气下运行时的膜渗透性通常与相同通量的粗气泡曝气器在

0.01scfm空气下运行时的膜渗透率相同或更好,这表明使用细气泡曝气器时可明显节能。

[0047] 使用以下四个尺寸的气泡对同一组件进行了其他测试:小于1mm;

1.5mm;超过2mm;平均直径超过5mm。纤维片组件的片间距为1.5mm。该组件在各种通量值下运行,并测量了渗透性。如图10所示,气泡的尺寸约为小于或等于2mm(即1-2mm)的性能明显好于5mm的气泡。1.5mm大小的气泡比2mm大小的气泡表现更好。

[0048] 使用被配置为面对面间距为1.5mm、2.2mm和3.8mm的三个类似组件进行了其他测试。该组件在一个3.7g/L的膨润土悬浮液中,在一个水箱中进行操作,该水箱的再循环流量近似于膜生物反应器中回流活性污泥(RAS)的4Q再循环,提供的空气的膜表面积为0.006scfm/ft<sup>2</sup>。由位于膜底部下方约150mm的扩散器提供气泡。一种扩散器是标称的橡胶套型细气泡扩散器,其标称(即等效圆直径)开口尺寸为2mm。另一个扩散器具有4mm直径的孔。

[0049] 表1显示了面对面间距和气泡尺寸的不同组合在以18GFD的通量运行时,跨膜压差(Transmembrane Pressure,TMP)的增加(psi/分钟)。表1中的结果表明,特别是在非常紧密的小于或等于3mm的面对面间距的情况下,使用尺寸为面对面间距的1-2倍的气泡可获得良好的结果。

表1

面对面间距 (mm)	TMP 增加 (psi/min) 2 mm 气泡	TMP 增加 (psi/min) 4mm 气泡
1.5	0.029	0.037
2.2	0.061	0.020
3.8	0.048	0.135

[0050] 尽管本文的详细描述和示例是基于波纹状的平板组件,但可以预期,使用光滑面的平板组件将获得类似的结果。还期望在特定示例中的任何特定工艺条件或物理尺寸可以在任一方向上变化约50%。

[0051] 国际公开号W02011/130853和美国公开号2017095773通过引用并入本文。



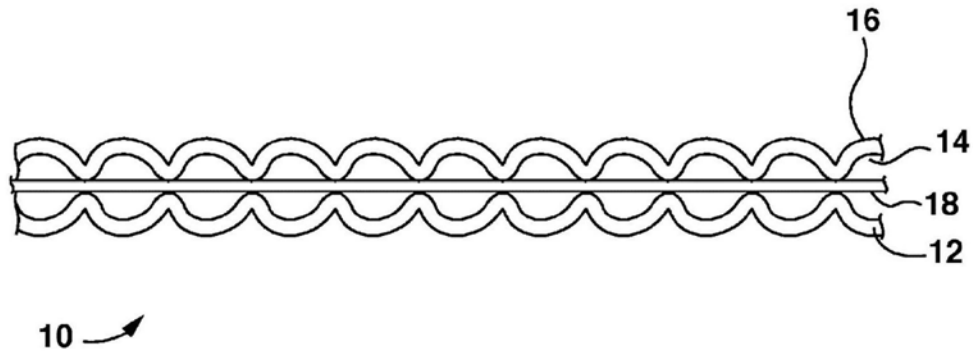


图1

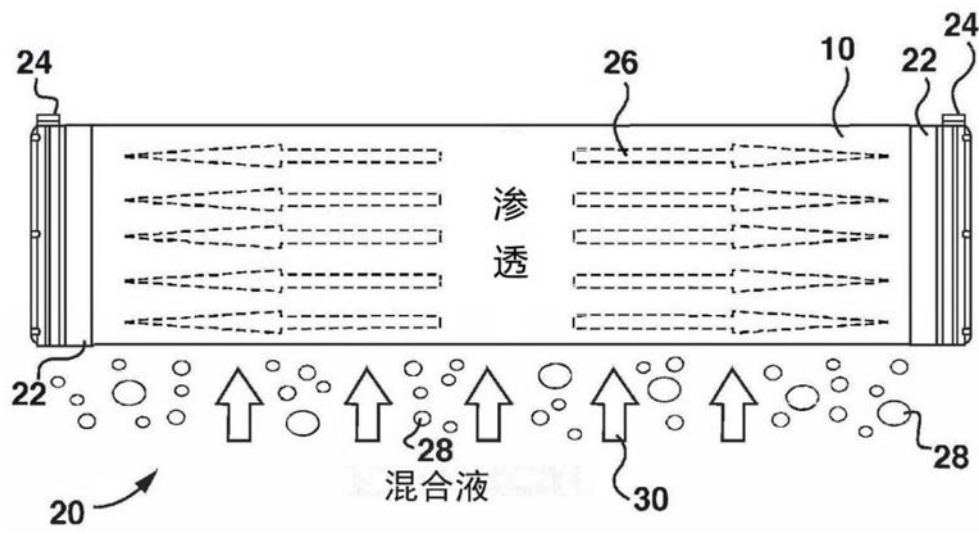


图2

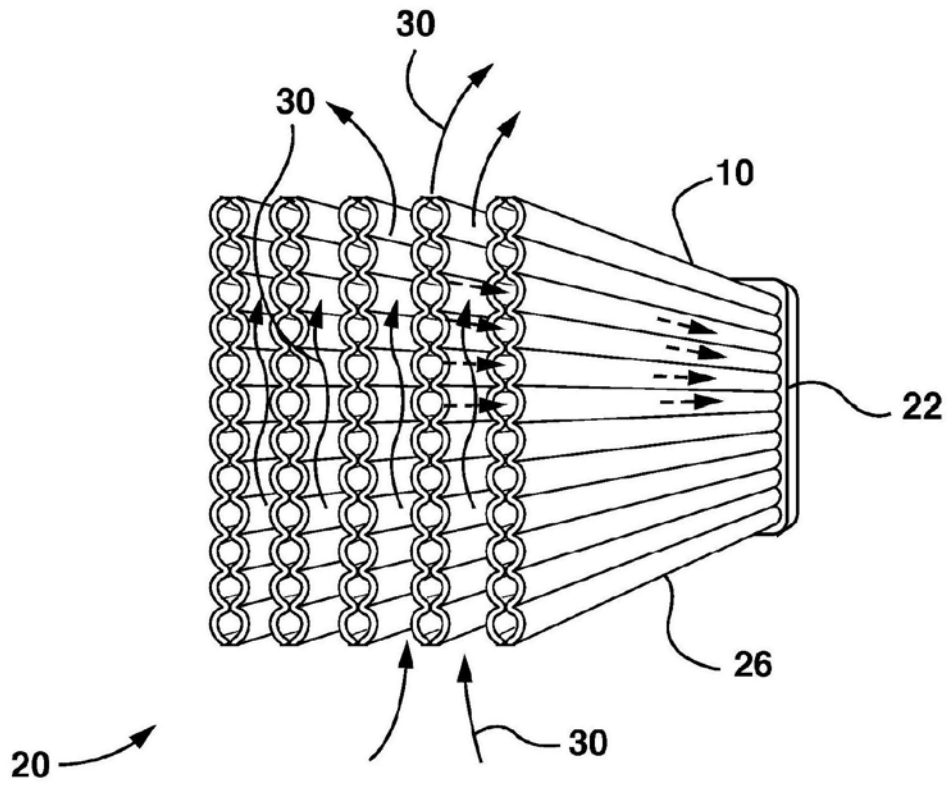


图3

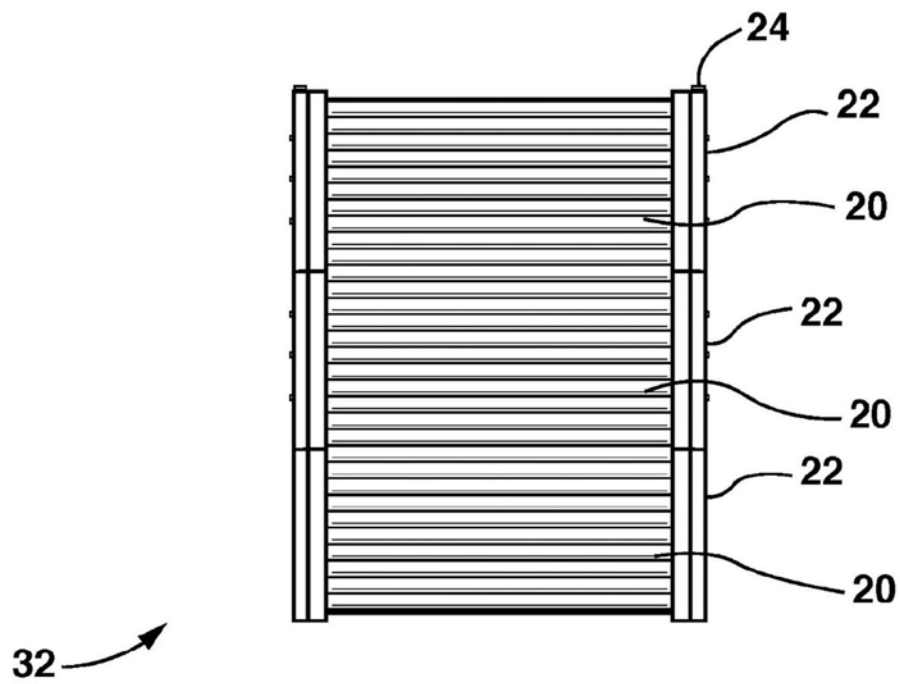


图4

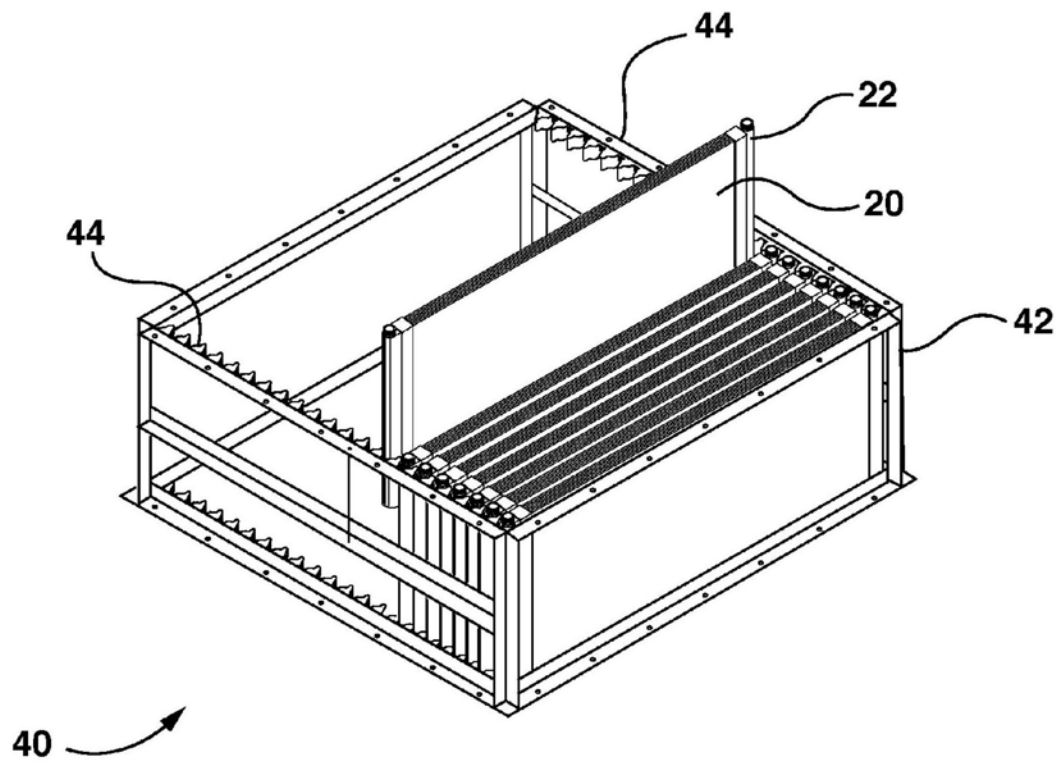


图5

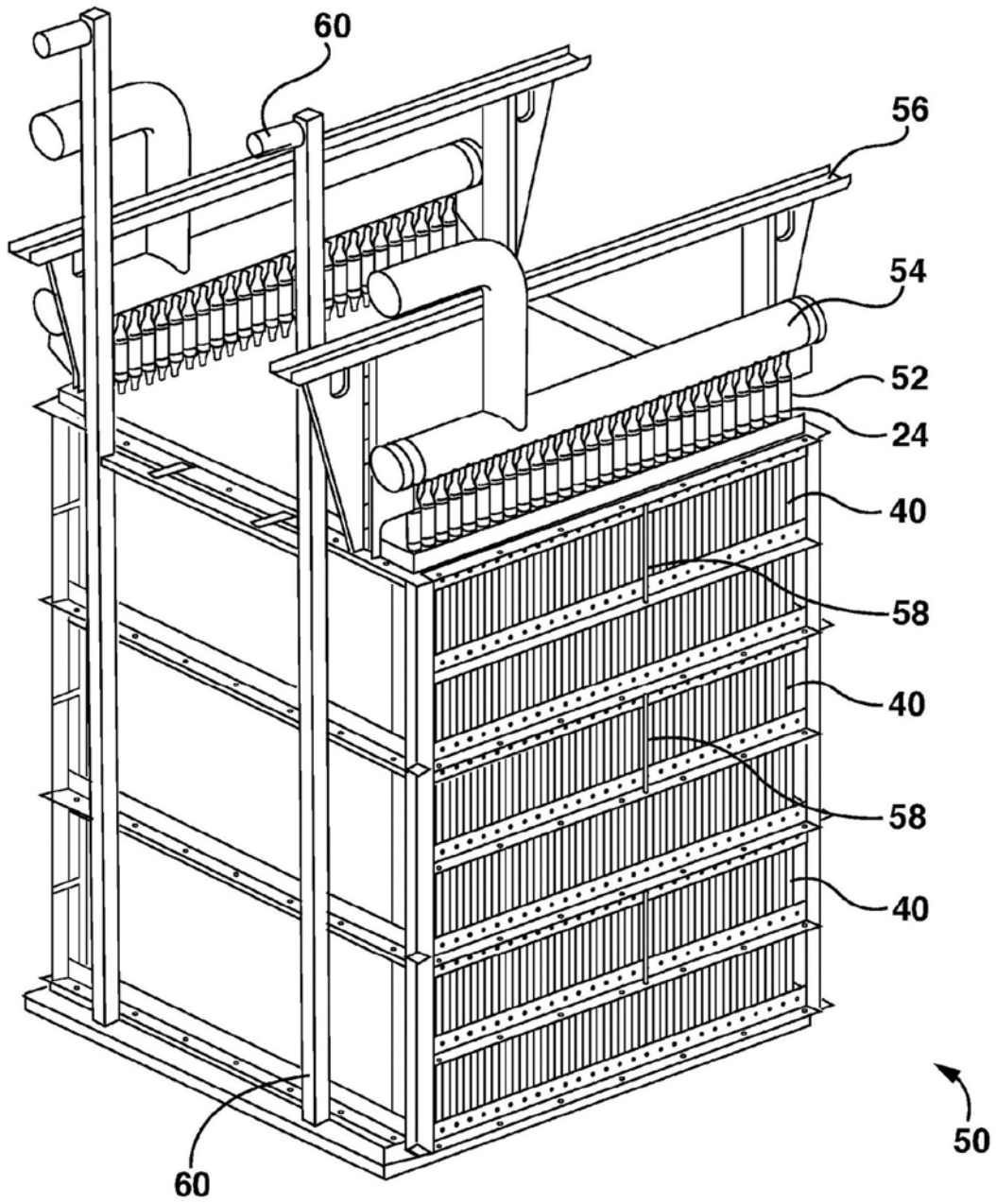


图6

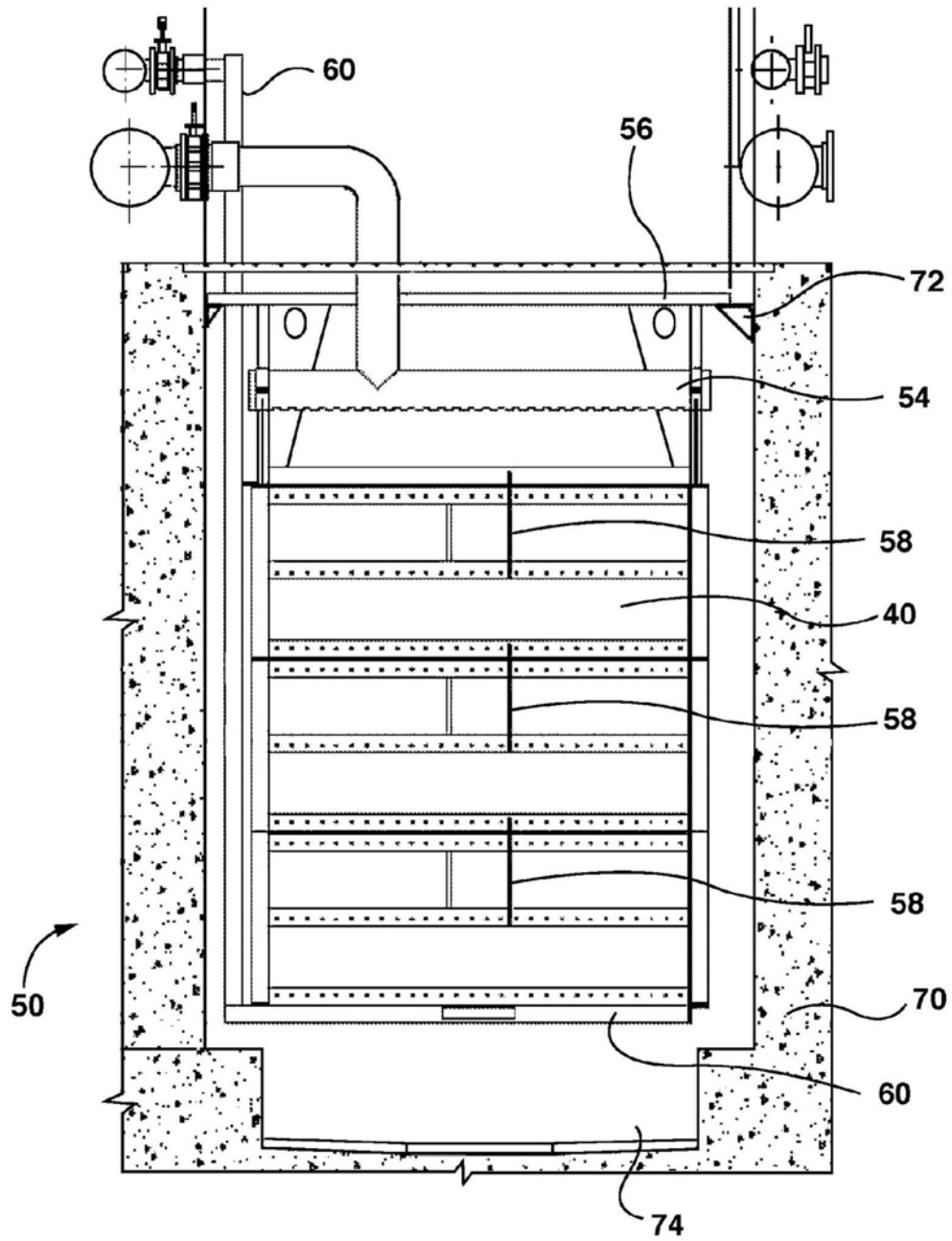


图7

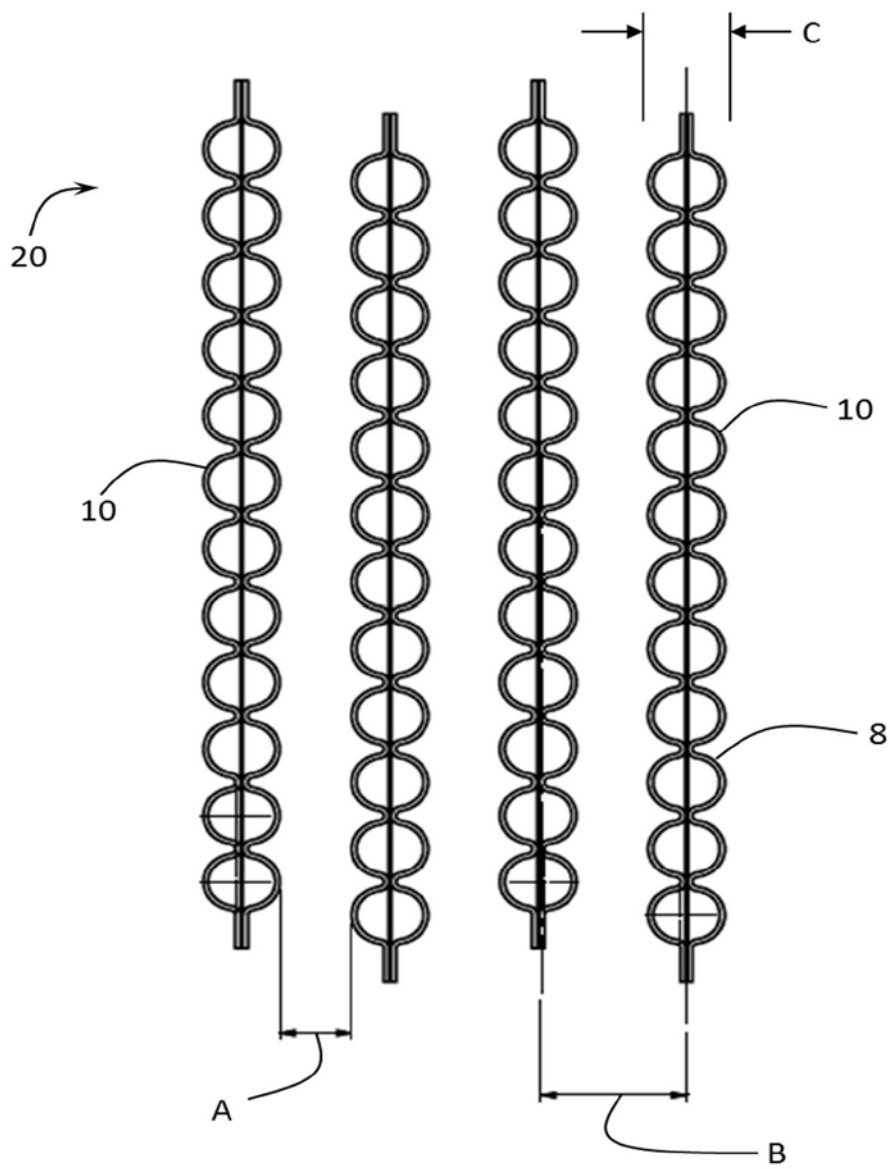


图8

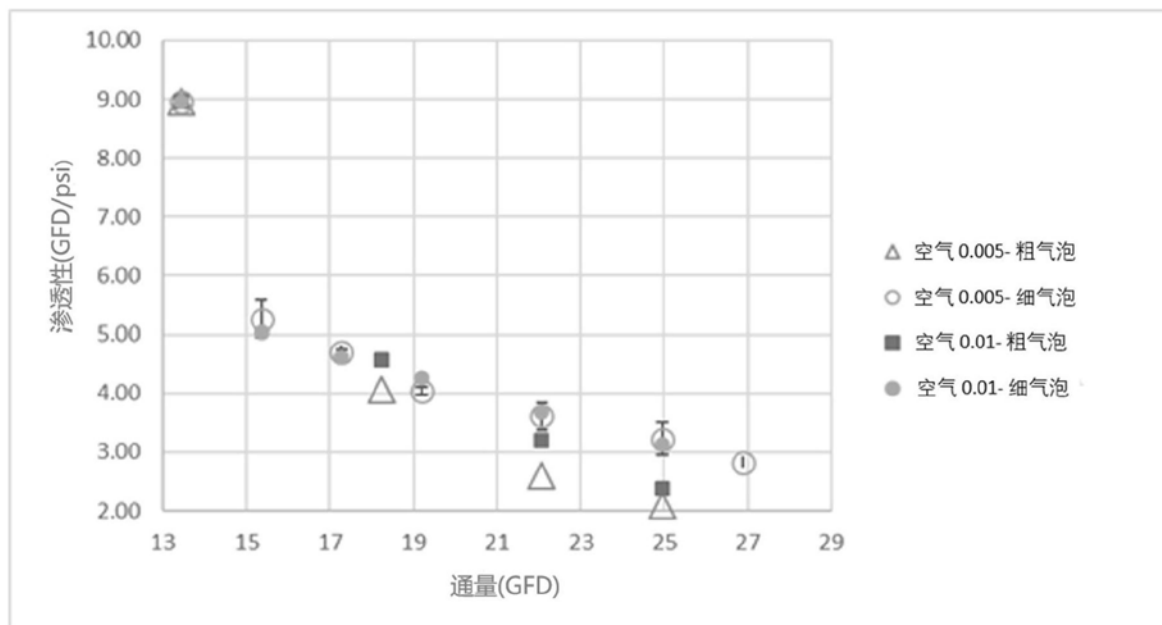


图9

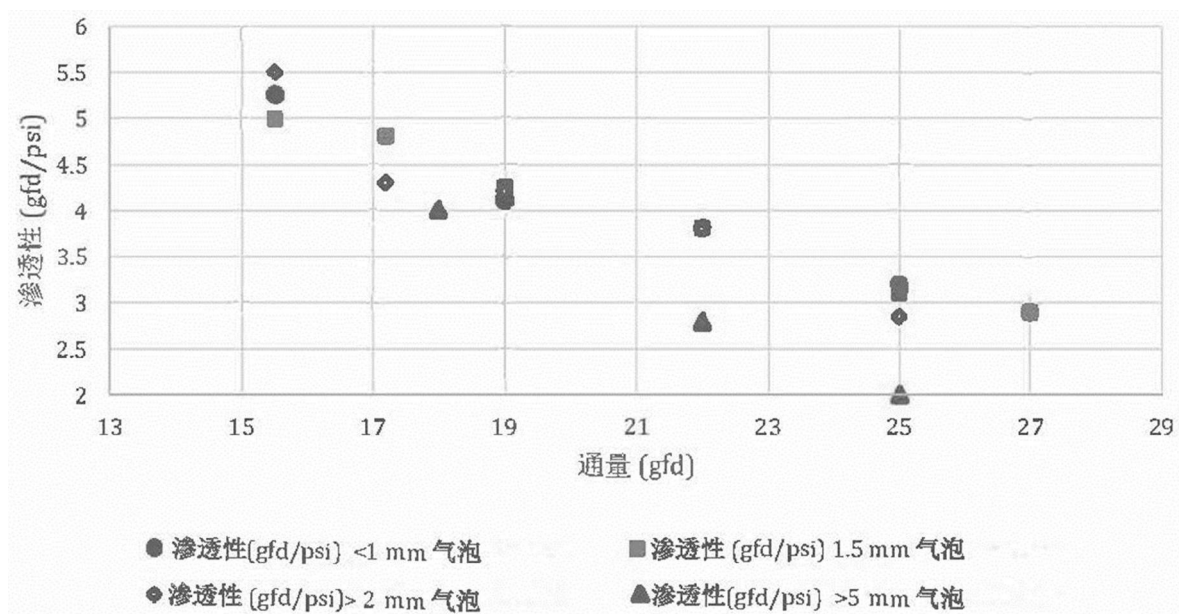


图10