



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 110759414 B

(45) 授权公告日 2022.01.28

(21) 申请号 201911069663.8

(22) 申请日 2019.11.05

(65) 同一申请的已公布的文献号

申请公布号 CN 110759414 A

(43) 申请公布日 2020.02.07

(73) 专利权人 南昌航空大学

地址 330063 江西省南昌市红谷滩区丰和
南大道696号

(72) 发明人 邵鹏辉 聂佳伟 罗旭彪 杨利明
石慧 刘延玺

(74) 专利代理机构 北京高沃律师事务所 11569

代理人 刘凤玲

(51) Int.Cl.

C02F 1/28 (2006.01)

C02F 101/20 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 109607855 A, 2019.04.12

CN 103819021 A, 2014.05.28

CN 203513320 U, 2014.04.02

审查员 潘菲

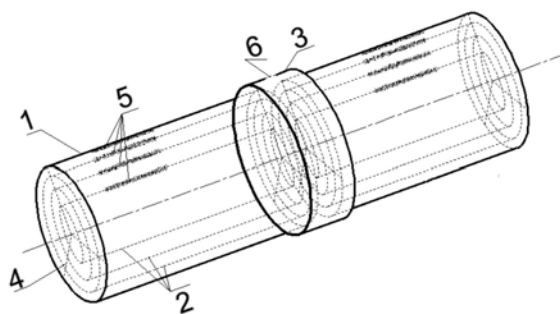
权利要求书3页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

一种重金属分离装置及参数确定方法

(57) 摘要

本发明公开一种重金属分离装置及参数确定方法。所述装置包括：多个管段和多种吸附剂；所述管段包括多层管道；多个所述管段首尾相连；每个所述管段涂覆有一种吸附剂；所述吸附剂涂覆在所述管段的多层管道上。本发明通过将吸附剂涂覆于管道和支撑板上，在废水的输送过程中实现了重金属的分离，可大大减少废水处理设施的占地面积，高效分离水中的重金属离子。



1. 一种重金属分离装置,其特征在于,所述装置包括:多个管段和多种吸附剂;
 所述管段包括多层管道;
 多个所述管段首尾相连;
 每个所述管段涂覆有一种吸附剂;所述吸附剂涂覆在所述管段的多层管道上;
 所述管段的参数确定方法包括:

根据管段的设计流量,依据室外排水设计规范,确定管段直径和管段内的废水深度的关系式,具体包括:

根据管段的设计流量,依据室外排水设计规范,利用确定管段直径和管段内的废水深度的关系式为:

$$Q = Av$$

$$A = 2 \times \left[\frac{\pi - \theta}{2} \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \times \frac{D}{2} \times \left(h - \frac{D}{2} \right) \times \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} \right]$$

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

其中,Q为管段的设计流量,A为管段内水流有效断面面积,v为管段内水流的流速,n为管段的粗糙系数,I为管段内水流的水力坡降,R为管段内水流的水力半径, $R = \frac{A}{\chi}$, χ 为管段

湿周, $\chi = \frac{2\pi - 2\theta}{2\pi} \times \pi D$, 2θ 为管段内水面的圆心角, $\theta = \arccos \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}}$,h为管段内的废水深度,D为管段直径;

度,D为管段直径;

将管段直径的初始值设置为室外排水设计规范中规定的最小管径阈值;

根据所述关系式,计算所述管段直径对应的废水深度;

根据所述废水深度,确定管段的充满度;

根据所述管段直径,通过查找管径与最大设计充满度的关系表,得到所述管段直径对应的最大设计充满度;

判断所述充满度是否大于所述最大设计充满度,得到第一判断结果;

若所述第一判断结果表示所述充满度大于所述最大设计充满度,则增加所述管段直径,得到更新后的管段直径,返回步骤“根据所述关系式,计算所述管段直径对应的废水深度”;

若所述第一判断结果表示所述充满度小于或等于所述最大设计充满度,则将所述管段直径输出为管段直径参数值;

根据所述管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管段的管道层数和每层管道的直径参数,具体包括:

预设管道层数的初始值为1;

根据所述管段直径参数值和所述预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管道层数对应的最内层管道的半径;

判断所述最内层管道的半径是否大于200mm,得到第二判断结果;

若所述第二判断结果表示所述最内层管道的半径大于200mm,则所述管道层数增加1,返回步骤“根据所述管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管道层数对应的最内层管道的半径”;

若所述第二判断结果表示所述最内层管道的半径小于或等于200mm,则输出所述管道层数;

根据所述管道层数、所述管段直径参数值和所述预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管段的每层管道的直径参数。

2. 根据权利要求1所述的重金属分离装置,其特征在于,所述管段的相邻管道之间设置多个支撑板;所述支撑板上涂覆所述吸附剂。

3. 根据权利要求1所述的重金属分离装置,其特征在于,所述装置还包括:多个连接头;多个所述管段通过所述连接头连接。

4. 根据权利要求3所述的重金属分离装置,其特征在于,所述装置还包括:多个水质在线监测设备;

所述连接头开设一水质监测口;所述水质在线监测设备的探头通过所述水质监测口设置于所述连接头内部;所述水质在线监测设备用于检测和显示流入所述连接头的废水的重金属离子的浓度。

5. 一种应用于权利要求1-4任一项重金属分离装置的管段的参数确定方法,其特征在于,所述参数确定方法包括:

根据管段的设计流量,依据室外排水设计规范,确定管段直径和管段内的废水深度的关系式,具体包括:

根据管段的设计流量,依据室外排水设计规范,利用确定管段直径和管段内的废水深度的关系式为:

$$Q = Av$$

$$A = 2 \times \left[\frac{\pi - \theta}{2} \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \times \frac{D}{2} \times \left(h - \frac{D}{2} \right) \times \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} \right]$$

$$v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

其中,Q为管段的设计流量,A为管段内水流有效断面面积,v为管段内水流的流速,n为管段的粗糙系数,I为管段内水流的水力坡降,R为管段内水流的水力半径, $R = \frac{A}{\chi}$, χ 为管段

湿周, $\chi = \frac{2\pi - 2\theta}{2\pi} \times \pi D$, 2θ 为管段内水面的圆心角, $\theta = \arccos \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}}$, h为管段内的废水深度,D为管段直径;

度,D为管段直径;

将管段直径的初始值设置为室外排水设计规范中规定的最小管径阈值;

根据所述关系式,计算所述管段直径对应的废水深度;

根据所述废水深度,确定管段的充满度;

根据所述管段直径,通过查找管径与最大设计充满度的关系表,得到所述管段直径对应的最大设计充满度;

判断所述充满度是否大于所述最大设计充满度,得到第一判断结果;

若所述第一判断结果表示所述充满度大于所述最大设计充满度,则增加所述管段直径,得到更新后的管段直径,返回步骤“根据所述关系式,计算所述管段直径对应的废水深度”;

若所述第一判断结果表示所述充满度小于或等于所述最大设计充满度,则将所述管段直径输出为管段直径参数值;

根据所述管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管段的管道层数和每层管道的直径参数,具体包括:

所述预设管道层数的初始值为1;

根据所述管段直径参数值和所述预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管道层数对应的最内层管道的半径;

判断所述最内层管道的半径是否大于200mm,得到第二判断结果;

若所述第二判断结果表示所述最内层管道的半径大于200mm,则所述管道层数增加1,返回步骤“根据所述管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管道层数对应的最内层管道的半径”;

若所述第二判断结果表示所述最内层管道的半径小于或等于200mm,则输出所述管道层数;

根据所述管道层数、所述管段直径参数值和所述预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管段的每层管道的直径参数。

6. 根据权利要求5所述的重金属分离装置的管段的参数确定方法,其特征在于,所述根据所述废水深度,确定管段的充满度,具体包括:

根据所述废水深度,利用公式 $\omega = \frac{h}{D}$,计算得到管段的充满度;

其中, ω 为管段的充满度, h 为管段内的废水深度, D 为管段直径。

一种重金属分离装置及参数确定方法

技术领域

[0001] 本发明涉及工业废水处理领域，特别是涉及一种重金属分离装置及参数确定方法。

背景技术

[0002] 重金属废水主要源于采矿、冶金、机械制造、化工、电子、农药、油漆、燃料和仪表等行业。铅、镉、汞、铬和类金属砷等非生命活动所必需的重金属对人、动植物和微生物具有显著的毒性，不能被微生物降解，易在生物体内特别是人体内富集而产生显著毒性效应，铅、镉、汞、铬和类金属砷等重金属是一类对环境污染最严重、对人类危害最大的污染物之一。人类长时间饮用被重金属污染的水，即使重金属的浓度低也可能引起心血管、肺、神经和内分泌障碍与癌症，较高量的摄入会使人的中枢神经系统受到刺激，肾脏和肝脏受到严重伤害。如镉(II)离子可能导致肾脏损伤，铜(II)离子可能导致肝损伤或威尔逊病，而镍(II)离子则可能导致皮炎或慢性哮喘。我国正处于经济快速发展期，对重金属的采选、冶炼、加工和产品制造活动日益增多，重金属污染问题逐渐凸显出来，并呈现高发态势。据不完全统计，我国重金属废水的年排放量达40亿吨左右，江河湖库底质的污染率高达80.1%，水体重金属污染问题十分突出。重金属污染已成为全球性重大环境问题，重金属污染防治一直是国际环保界的难点和研究热点。由于重金属不能被微生物降解，对环境介质的污染具有隐蔽性、长期性和累积性等特点，至今尚未找到普适有效的治理方法。因此，迫切需要大力开展重金属污染治理技术以应对日益严重的重金属污染。

[0003] 现有的重金属离子去除方法有化学沉淀法、离子交换法、氧化还原法、膜分离法和浮选法等。这些方法都不同程度的存在着能耗大、投资高、操作复杂、占地面积大、易产生二次污染等不足。

发明内容

[0004] 本发明的目的是提供一种重金属分离装置及参数确定方法，大大减少了废水处理设施的占地面积，并能高效分离水中的重金属离子。

[0005] 为实现上述目的，本发明提供了如下方案：

[0006] 一种重金属分离装置，所述装置包括：多个管段和多种吸附剂；

[0007] 所述管段包括多层管道；

[0008] 多个所述管段首尾相连；

[0009] 每个所述管段涂覆有一种吸附剂；所述吸附剂涂覆在所述管段的多层管道上。

[0010] 可选的，所述管段的相邻管道之间设置有多个支撑板；所述支撑板上涂覆所述吸附剂。

[0011] 可选的，所述装置还包括：多个连接头；

[0012] 多个所述管段通过所述连接头连接。

[0013] 可选的，所述装置还包括：多个水质在线监测设备；

[0014] 所述连接头开设一水质监测口；所述水质在线监测设备的探头通过所述水质监测口设置于所述连接头内部；所述水质在线监测设备用于检测和显示流入所述连接头的废水的重金属离子的浓度。

[0015] 一种应用于重金属分离装置的管段的参数确定方法，所述参数确定方法包括：

[0016] 根据管段的设计流量，依据室外排水设计规范，确定管段直径和管段内的废水深度的关系式；

[0017] 将管段直径的初始值设置为室外排水设计规范中规定的最小管径阈值；

[0018] 根据所述关系式，计算所述管段直径对应的废水深度；

[0019] 根据所述废水深度，确定管段的充满度；

[0020] 根据所述管段直径，通过查找管径与最大设计充满度的关系表，得到所述管段直径对应的最大设计充满度；

[0021] 判断所述充满度是否大于所述最大设计充满度，得到第一判断结果；

[0022] 若所述第一判断结果表示所述充满度大于所述最大设计充满度，则增加所述管段直径，得到更新后的管段直径，返回步骤“根据所述关系式，计算所述管段直径对应的废水深度”；

[0023] 若所述第一判断结果表示所述充满度小于或等于所述最大设计充满度，则将所述管段直径输出为管段直径参数值；

[0024] 根据所述管段直径参数值、预设管道层数和预设管道的半径之比，确定最内层管道的半径和管道层数的实际值。

[0025] 可选的，所述根据管段的设计流量，依据室外排水设计规范，确定管段直径和管段内的废水深度的关系式，具体包括：

[0026] 根据管段的设计流量，依据室外排水设计规范，利用确定管段直径和管段内的废水深度的关系式为：

[0027] $Q = Av$

$$[0028] \quad A = 2 \times \left[\frac{\pi - \theta}{2} \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \times \frac{D}{2} \times \left(h - \frac{D}{2} \right) \times \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} \right]$$

$$[0029] \quad v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

[0030] 其中，Q为管段的设计流量，A为管段内水流有效断面面积，v为管段内水流的流速，n为管段的粗糙系数，I为管段内水流的水力坡降，R为管段内水流的水力半径， $R = \frac{A}{\chi}$ ，χ为

管段湿周， $\chi = \frac{2\pi - 2\theta}{2\pi} \times \pi D$ ，2θ为管段内水面的圆心角， $\theta = \arccos \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}}$ ，h为管段内的废水深度，D为管段直径。

[0031] 可选的，所述根据所述废水深度，确定管段的充满度，具体包括：

[0032] 根据所述废水深度,利用公式 $\omega = \frac{h}{D}$,计算得到管段的充满度;

[0033] 其中, ω 为管段的充满度, h 为管段内的废水深度, D 为管段直径。

[0034] 可选的,所述根据所述管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管段的管道层数和每层管道的直径参数,具体包括:

[0035] 所述预设管道层数的初始值为1;

[0036] 根据所述管段直径参数值和所述预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管道层数对应的最内层管道的半径;

[0037] 判断所述最内层管道的半径是否大于200mm,得到第二判断结果;

[0038] 若所述第二判断结果表示所述最内层管道的半径大于200mm,则所述管道层数增加1,返回步骤“根据所述管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管道层数对应的最内层管道的半径”;

[0039] 若所述第二判断结果表示所述最内层管道的半径小于或等于200mm,则输出所述管道层数;

[0040] 根据所述管道层数、所述管段直径参数值和所述预设的多层管道之间的半径之比,确定所述管段的每层管道的直径参数。

[0041] 根据本发明提供的具体实施例,本发明公开了以下技术效果:

[0042] 本发明通过将吸附剂涂覆于排水管段,使废水在输送的同时实现了重金属离子的分离,大大减少了废水处理设施的占地面积;并且管段设置有多层管道和多个支撑板,多层管道的管壁和多个支撑板的两个板面均涂覆吸附剂,增大了废水与吸附剂的接触面积,能够实现高效分离废水中的重金属离子。

附图说明

[0043] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案,下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动性的前提下,还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0044] 图1为本发明提供的一种重金属分离装置的结构图;

[0045] 图2为本发明提供的管段直径和管段内的废水深度的关系图;

[0046] 符号说明:1-管段,2-管道,3-连接头,4-支撑板,5-吸附剂,6-水质监测口。

具体实施方式

[0047] 下面将结合本发明实施例中的附图,对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述,显然,所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例,而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例,本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护的范围。

[0048] 本发明的目的是提供一种重金属分离装置及参数确定方法,大大减少了废水处理设施的占地面积,并能高效分离废水中的重金属离子。

[0049] 为使本发明的上述目的、特征和优点能够更加明显易懂,下面结合附图和具体实

施方式对本发明作进一步详细的说明。

[0050] 本发明实施例提供了一种重金属分离装置,如图1所示,装置包括:多个管段1和多种吸附剂5。

[0051] 管段1包括多层管道2;多个管段1首尾相连;每个管段1涂覆有一种吸附剂5;吸附剂5均匀涂覆在管段1的多层管道2上。

[0052] 优选地,吸附剂5为吸附速率快、选择性好、吸附容量大的重金属离子吸附剂,吸附剂5均匀涂覆在每个管段1的多层管道2的管壁上,每种吸附剂5用于吸附废水中的某一种重金属离子;由于每个管段1内只涂覆一种吸附剂5,所以管段1的数量与废水中重金属离子的种类数一致,并且在实际使用过程中,管段1的数量可根据废水中需要处理的重金属离子的种类数进行增减。

[0053] 管段1的相邻管道2之间设置有多块支撑板4;支撑板4上涂覆吸附剂5;每个管段1的管道2和支撑板4涂覆同种吸附剂5。优选地,支撑板4为等间距的三块。

[0054] 重金属分离装置还包括:多个连接头3;多个管段1通过连接头3连接。

[0055] 重金属分离装置还包括:多个水质在线监测设备;连接头3开设一水质监测口6;水质在线监测设备的探头通过水质监测口6设置于连接头3内部;水质在线监测设备用于检测和显示流入连接头3的废水的重金属离子的浓度;当水质在线监测设备检测到的废水的重金属离子的浓度超过相应重金属离子的允许排放浓度时,更换新的同种管段,并且在更换下的管段1中可进行重金属的回收。其中,根据各个排放废水的主体的实际情况,水质在线监测设备可将检测到的废水的重金属离子的浓度与相应重金属离子的允许排放浓度进行比较,当废水的重金属离子的浓度超过相应重金属离子的允许排放浓度时,水质在线监测设备可显示报警信息。

[0056] 管段1的长度的确定方法为:重金属分离装置使用之前,对各个工厂主体的排放废水进行取样,然后分别进行模拟实验,根据水质在线监测设备检测到的废水的重金属离子的浓度与相应重金属离子的允许排放浓度的比较结果,确定是否增加管段1的长度。

[0057] 优选地,流入连接头3的废水的重金属离子的浓度也可通过人工检测的方式进行检测,将检测结果与相应重金属离子的允许排放浓度再进行人工比对。

[0058] 本发明实施例还提供了一种应用于重金属分离装置的管段的参数确定方法,参数确定方法包括:

[0059] 根据管段的设计流量,依据室外排水设计规范,确定管段直径和管段内的废水深度的关系式,具体包括:

[0060] 根据管段的设计流量,依据室外排水设计规范,利用确定管段直径和管段内的废水深度的关系式为:

[0061] $Q = Av$

$$[0062] \quad A = 2 \times \left[\frac{\pi - \theta}{2} \times \left(\frac{D}{2} \right)^2 + \frac{1}{2} \times \frac{D}{2} \times \left(h - \frac{D}{2} \right) \times \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}} \right]$$

$$[0063] \quad v = \frac{1}{n} R^{\frac{2}{3}} I^{\frac{1}{2}}$$

[0064] 其中, Q 为管段的设计流量, A 为管段内水流有效断面面积, v 为管段内水流的流速, n 为管段的粗糙系数, I 为管段内水流的水力坡降, R 为管段内水流的水力半径, $R = \frac{A}{\chi}$, χ 为

管段湿周, $\chi = \frac{2\pi - 2\theta}{2\pi} \times \pi D$, 2θ 为管段内水面的圆心角, $\theta = \arccos \frac{h - \frac{D}{2}}{\frac{D}{2}}$, h 为管段内的废

水深度, D 为管段直径, 如图2所示。室外排水设计规范详见GB 50014-2006《室外排水设计规范》。

[0065] 将管段直径的初始值设置为室外排水设计规范中规定的最小管径阈值。

[0066] 根据管段直径和管段内的废水深度的关系式, 计算管段直径对应的废水深度, 具体包括:

[0067] 根据废水深度, 利用公式 $\omega = \frac{h}{D}$, 计算得到管段的充满度; 其中, ω 为管段的充满度, h 为管段内的废水深度, D 为管段直径。

[0068] 根据废水深度, 确定管段的充满度。

[0069] 根据管段直径, 通过查找管径与最大设计充满度的关系表, 得到管段直径对应的最大设计充满度, 具体包括:

[0070] 管径与最大设计充满度的关系表, 见表1所示:

[0071] 表1

管径或渠高 (mm)	最大设计充满度
200~300	0.55
350~450	0.65
500~900	0.70
≥ 1000	0.75

[0073] 其中, 管径为管段1的直径。

[0074] 判断充满度是否大于最大设计充满度, 得到第一判断结果。

[0075] 若第一判断结果表示充满度大于最大设计充满度, 则增加管段直径, 得到更新后的管段直径, 返回步骤“根据关系式, 计算管段直径对应的废水深度”。

[0076] 若第一判断结果表示充满度小于或等于最大设计充满度, 则将管段直径输出为管段直径参数值。

[0077] 根据管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比, 确定管段的管道层数和每层管道的直径参数, 具体包括:

[0078] 预设管道层数的初始值为1。

[0079] 根据管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比, 利用公式 $2r_N = D$, 确定管道层数对应的最内层管道的半径, 其中, r_N 为最外层管道的半径, D 为管段直径; 优选地, 为了尽可能增加管段内废水与吸附剂5的接触面积, 但是又不造成管道的堵塞, 管道2从最内层管道到最外层管道的管道半径之比依次设置为 $r_1:r_2:r_3:\dots:r_N = 1:2:3:\dots:N$, r_1 为最内层管道的半径, r_2 为第二层管道的半径, r_3 为第三层管道的半径, r_N 为最外层管道的半径, N 为管道的层数; 根据管道的半径之比可得, $r_N = Nr_1$, 从而得到 $2Nr_1 = D$ 。

[0080] 判断最内层管道的半径是否大于200mm,得到第二判断结果。

[0081] 若第二判断结果表示最内层管道的半径大于200mm,则管道层数增加1,返回步骤“根据管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,确定管道层数对应的最内层管道的半径”。

[0082] 若第二判断结果表示最内层管道的半径小于或等于200mm,则输出管道层数。

[0083] 根据管道层数、管段直径参数值和预设的多层管道之间的半径之比,依据公式 $2Nr_1=D$ 和 $r_1:r_2:r_3:\cdots:r_N=1:2:3:\cdots:N$, 确定管段的每层管道的直径参数,即

$$r_2=2\times\frac{D}{2N}, \quad r_3=3\times\frac{D}{2N}, \quad \cdots, \quad r_N=N\times\frac{D}{2N}。$$

[0084] 本发明使用吸附法去除废水中的重金属离子,吸附法的原理是利用具有多孔性或高比表面积的固体材料对废水中重金属离子的吸附作用而将重金属除去,吸附法适应于含有各种重金属离子的废水的滤除,并且吸附剂来源广泛、成本低。

[0085] 本发明通过将重金属吸附剂涂覆于排水管道上,使废水在输送过程中同时实现重金属的分离,可大大减少废水处理设施的占地面积,高效分离水中的重金属离子。

[0086] 本发明还可增加内部管道的层数和支撑平板,并在它们的内外表面涂覆吸附剂,使得废水与吸附剂的接触面积大大增加,利于重金属离子的去除,保证了重金属离子的去除效果。而且管段的长度、数量以及内部涂覆的吸附剂种类均可根据废水中重金属的实际情况、吸附剂的效果和经济因素进行确定,使得本发明对大部分含重金属的废水具有普适性。除此之外,本发明还具有结构简单、易操作、投资小、可自由组装、处理效果好、在废水的输送过程中就能实现重金属去除和回收等优点。

[0087] 本文中应用了具体个例对本发明的原理及实施方式进行了阐述,以上实施例的说明只是用于帮助理解本发明的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本发明的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处。综上所述,本说明书内容不应理解为对本发明的限制。

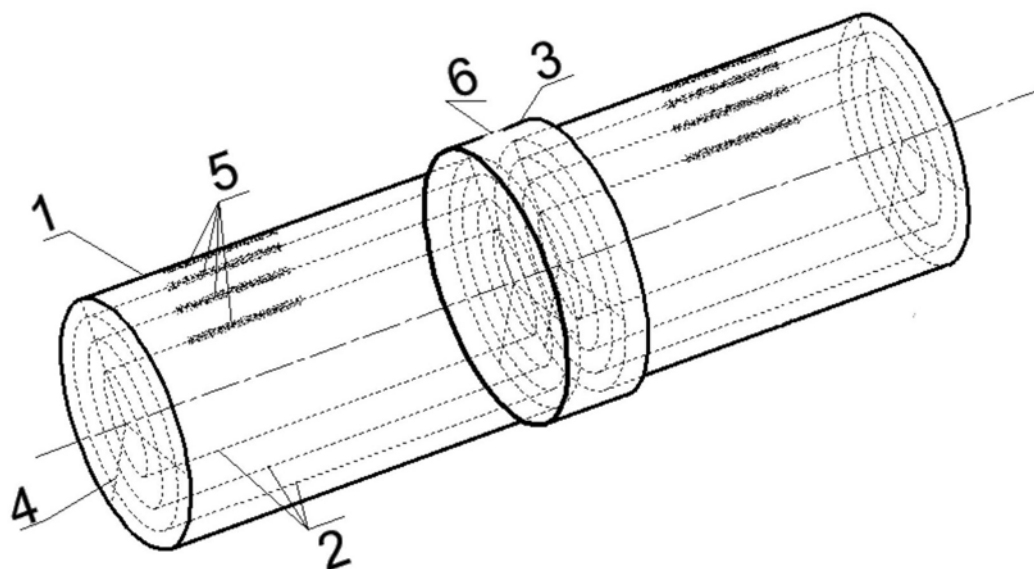


图1

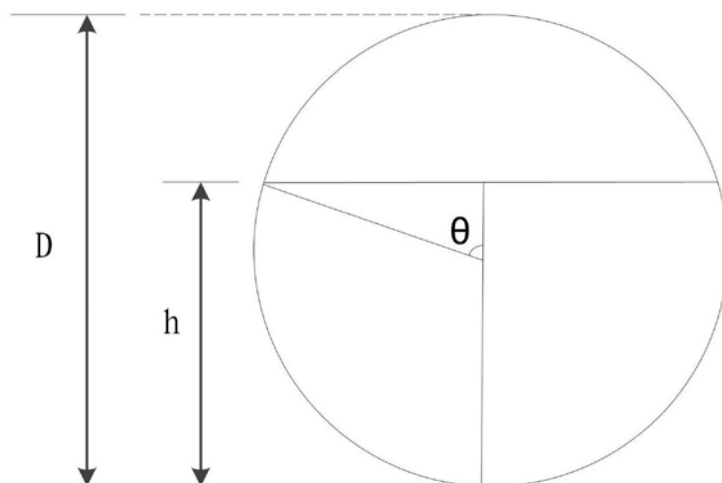


图2