(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 102517199 A
(43)申请公布日 2012.06.27

(21)申请号 201110365150.9

(22)申请日 2011.11.17

(71)申请人 西安建筑科技大学
地址 710055 陕西省西安市雁塔路 13 号

(72)发明人 云斯宁 孙毅

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200
代理人 徐文权

(51)Int.Cl.
C12M 1/107(2006.01)
C12M 1/02(2006.01)
C02F 11/04(2006.01)

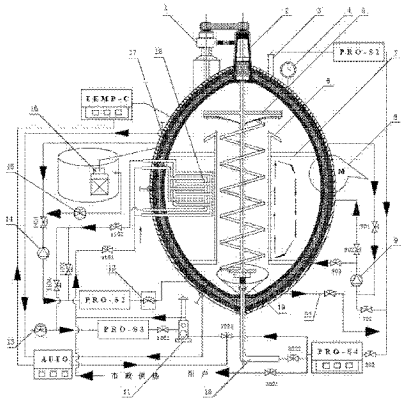
权利要求书 2 页 说明书 8 页 附图 7 页

(54)发明名称

一种多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统

(57)摘要

本发明公开了一种多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，包括发酵罐罐体及设置于发酵罐罐体上的驱动装置，所述发酵罐罐体为蛋形，发酵罐罐体内腔中心设置有内筒式螺旋搅拌器，内筒式螺旋搅拌器外侧设有搅拌器内筒，在发酵罐罐体罐壁与搅拌器内筒之间设有温度加热装置，罐内底部设置有伞形气流分布器；所述发酵罐罐体上部设有排气管和压力控制装置，底部设有伞形气流分布器进气管和排泥排沙出口；所述发酵罐罐体侧壁上分别连通有沼气循环系统、沼液循环系统、气液循环系统、加热系统、控温系统和沼渣沼液存放池。本发明能够通过多循环搅拌来提高系统的搅拌效率，改善厌氧发酵环境，流体混合均匀，温差波动小，系统能耗低，发酵率高，适于推广应用。



CN 102517199 A

1. 一种多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，包括发酵罐罐体 (8) 及设置于发酵罐罐体 (8) 上的驱动装置 (1)，其特征在于：所述发酵罐罐体 (8) 为蛋形，发酵罐罐体 (8) 内腔中心设置有内筒式螺旋搅拌器 (2)，内筒式螺旋搅拌器 (2) 外侧设有搅拌器内筒 (6)，在发酵罐罐体 (8) 罐壁与搅拌器内筒 (6) 之间设有温度加热装置 (18)，罐内底部设置有伞形气流分布器 (19)；所述发酵罐罐体 (8) 上部设有排气管 (3) 和压力控制装置 (4)，底部设有伞形气流分布器进气管 (10) 和排泥排沙出口 (23)；所述发酵罐罐体 (8) 侧壁上分别连通有沼气循环系统、沼液循环系统、气液循环系统、加热系统、控温系统和沼渣沼液存放池。

2. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述沼气循环系统包括通过管线与发酵罐罐体 (8) 上的排气管 (3) 连通的第一预处理系统 PRO-S1、沼气预处理阀门 (302)、第四预处理系统 PRO-S4 和沼气自循环搅拌管网阀 (3022)；沼气自循环搅拌管网阀 (3022) 与伞形气流分布器进气管 (10) 相连通，伞形气流分布器进气管 (10) 与所述伞形气流分布器 (19) 连通；

所述第一预处理系统 PRO-S1 包括负压保护装置、水封器、脱水器、脱硫器及缓冲装置；所述第四预处理系统 PRO-S4 包括空压机、压力容器储气柜及调压箱，各装置之间通过气体管道连接；所述第四预处理系统 PRO-S4 通过沼气输气管网阀门 (3021)、沼气自循环搅拌管网阀 (3022) 及沼气流量自动控制阀门 (3023) 分别与用户、伞形气流分布器进气管 (10) 及系统所设蒸汽锅炉 (11) 连通。

3. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述气液循环系统包括通过气液循环系统阀门 (301) 与沼气循环系统相连通的气液循环装置 (9)，气液循环装置 (9) 通过管线连接的第一液体循环系统阀门 (901)、第二液体循环系统阀门 (902) 和第三液体循环系统阀门 (903) 与发酵罐罐体 (8) 连通。

4. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述沼液循环系统包括通过管线与发酵罐罐体 (8) 连通的第二预处理系统 PRO-S2、阀门井 (12)、沼液回流循环泵 (14) 以及沼液回流循环泵阀门 (1401)；所述第二预处理系统 PRO-S2 包括原料泡粪池、酸化池、加热计量池、机泵和阀门井 (12)，各装置之间通过液体管道连接。

5. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述加热系统包括分别与蒸汽锅炉 (11) 和市政供热连通的温度加热装置 (18)；所述温度加热装置 (18) 通过管线连接的加热系统进水阀 (1101)、加热系统出水阀 (1102) 以及水循环系统进水阀 (1104) 与蒸汽锅炉 (11) 和市政供热连通；所述蒸汽锅炉 (11) 进水管路连通有水泵 (13)、第三预处理系统 PRO-S3 和蒸汽锅炉进水阀 (1301)；所述蒸汽锅炉 (11) 进气管路连通有沼气流量自动控制阀门 (3023) 和自动控制装置 AUTO；所述温度加热装置 (18) 通过原料预处理系统进水阀 (1103) 与所述第二预处理系统 PRO-S2 连通。

6. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述控温系统包括分别设置于发酵罐罐体 (8) 上的升温装置 TEMP-C 和温度探测热电偶 (17)，升温装置 TEMP-C 和温度探测热电偶 (17) 分别连接于恒温自动控制装置 AUTO。

7. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述内筒式螺旋搅拌器 (2) 顶部设置有贯穿其中心的空心轴 (21)，及由空心轴 (21) 带动的挡板及消泡装置 (5)，空心轴 (21) 上设置有搅拌器螺旋叶片 (20)；空心轴 (21) 的底部与伞形气流分布器进气管 (10) 相连通。

8. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述温度加热装置 (18) 由“目”字形加热管和“日”字形加热管交叉组合而成“X”型结构，进水管与出水管纵向依次交错排列，多个“X”型加热结构沿发酵罐罐体 (8) 与搅拌器内筒 (6) 之间的腔体构成多层环形结构；所述相邻“X”型加热结构间隔 0.30-0.50m，加热“圆环”层与层间隔 0.50-0.70m，“X”型加热结构的高度为罐体内径的 1/8-1/6。

9. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述伞形气流分布器 (19) 为圆锥形开口结构，沿锥体圆周呈对称分布有 2、4、8 或 16 个文丘里气液混合器 (22)，每个文丘里气液混合器 (22) 设三个端口 (2201)，(2202) 及 (2203)，其气液混合器进料口 (2202) 置于伞形气流分布器 (19) 圆锥外侧面上，气流混合器气液出口 (2203) 置于伞形气流分布器 (19) 内侧，气液混合器进气端口 (2201) 与进气管 (10) 连通并支撑于气液混合器进料口 (2202) 和气流混合器气液出口 (2203) 构成的管段中部；气液混合器 (22) 通过伞形气流分布器 (19) 内侧面和伞形气流分布器进气管 (10) 支撑沿锥体圆周呈逆时针倾斜分布，且倾斜方向与所述空心轴 (21) 的旋转方向一致；所述倾斜角度为 3-10° 。

10. 按照权利要求 1 所述的多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，其特征在于：所述发酵罐罐体 (8) 容积为 500-3000m^3 单体罐或连体罐，罐体高径比为 0.60-0.75，罐体高度与螺旋搅拌器套筒高度比为 0.50-0.80，罐体内径与搅拌器套筒内径比为 0.30-0.50。

一种多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统

技术领域

[0001] 本发明属于发酵技术领域，具体涉及一种高效节能多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，特别是畜禽粪便农作物秸秆规模化沼气工程厌氧发酵处理的系统。

背景技术

[0002] 近年来，随着规模化畜禽养殖业的快速发展，大量相对集中的畜禽粪便、污水等废弃物相继产生。由于与规模化养殖相配套技术不到位，使得大型畜禽养殖企业周边空气环境质量不断恶化。此外，养殖场排出的污水含有大量有机物，对周边的环境污染严重。从国家能源战略、环境保护及社会发展的需求来看，规模化畜禽粪便沼气工程是实现畜禽粪便废弃物资源化综合利用的最佳途径。规模化畜禽养殖业快速发展带来的养殖副产物（粪便等）的相对集中，为畜禽粪便的规模化沼气工程创造了有利的条件。此外，农村户用沼气规模小，效率低，卫生条件差，能源利用率也低。从新农村建设的角度，尽快改变沼气分散产生和利用的模式，实现规模化养殖与规模化沼气相配套的沼气工程，是当前农村亟待解决的问题。

[0003] 我国的小规模沼气工程建设始建于上世纪 60 年代，以粪便加秸秆为原料采用间歇运行。规模化畜禽粪污厌氧理发酵工程兴建于 70 年代末，采用常温地下式发生器（规模为 50-100m^3）发酵。而大规模农村户用沼气池的建设开始于 80 年代，采用地上复合床反应发酵罐，常温发酵，产气率约为 1.0m^3/(m^3 • d)。从 90 年代开始，大规模沼气工程成为实现畜禽粪便污水资源化综合利用的重要措施。但目前的沼气工程由于规模化程度低（分散利用）；发酵技术落后，产气效率低；反应器技术水平低，能耗高；工艺过程控制落后，效率低；沼气产气不连续（冬季闲置），使用效率低；沼气使用盲目，不合理；沼渣、沼液未能有效合理利用，污染严重；经济效益低下等因素导致规模化沼气工程技术未能进一步有效地推广和应用。

[0004] 已有的规模化厌氧发酵沼气工程中，厌氧发生器通常采用罐体为柱形的立式或卧式结构，内置多级搅拌器 (CN201598284U，CN201614372U，CN201704320U)。发酵罐主要依靠强有力的机械搅拌来进行传质、传热及气泡打散，这就需要搅拌器具有较大的搅拌功率。搅拌功率与搅拌器直径的平方成正比，发酵罐体积扩大后搅拌功率成倍增加。因而，规模化沼气发酵罐的能耗比较高。此外，由于罐体结构（立式，卧式，圆柱形，棱柱型等）和搅拌类型（径流型、轴流型及混合型）的匹配不合理，致使发酵罐底部长期存在“死角”，产生搅拌不均，进而影响厌氧发酵的效率。尽管目前采用改变发酵罐罐体高径比和结构、改变搅拌桨叶类型和方式来改善厌氧发酵环境，但是，仍无法有效解决罐体底部的“死角”问题。而加大搅拌功率同时加大了搅拌系统的成本和运行费用。这对于目前经济效益并不显著的沼气工程而言，并不是解决现有问题有效的技术措施。

[0005] 通气压力与发酵罐内液层高度成正比。因此，发酵罐体积扩大后通气压力快速上升，最终导致系统能耗增加。对于微生物液体深层发酵，通常采用气升式或气体环流式发酵罐 (CN201288178Y，CN2597477，CN101058789A，CN03219507.9)，利用压缩空气压力能，通

过射流装置，再借助于罐内的导流装置，带动发酵液循环，使微生物发酵过程在罐内均匀进行。对于无搅拌发酵罐，虽然节省了搅拌功率的消耗，但为克服液层静压力和转换高速射流的压力能，空压机出口压力上升导致电耗上升，不能有效的节能。专利“一种轴芯通气喷气助力式搅拌发酵罐 (CN101007997A)”和“一种具有空气分布器的发酵罐 (CN201459110U)”合理地在轴的搅拌桨叶上开孔导入压缩空气，以其达到空气最大的打碎程度，并快速与液体混合，有利于提高搅拌效率；专利“一种机械搅拌发酵罐 (CN201317768Y)”和“一种强助氧液态回旋式发酵罐 (CN201605262U)”利用发酵罐内竖直进气管上开设的压缩空气气孔在发酵液中加入气体，利用搅拌装置的旋转作用，使空气与发酵液充分混合，加快了废气排放速度，提高了发酵效率；其他利用气流搅拌的发酵罐 (CN201276561Y，CN201321454Y，CN201737933U，CN101696388A，CN201459110U，CN201485447U，CN201598284U) 大多将不同类型的空气分布器或喷射混合器置于发酵罐内底部，压缩空气由罐体底部打入，借助于罐体内的机械搅拌，使发酵罐内空气分布趋于均匀，提高了发酵罐的空气利用率。这些好氧发酵利用压缩空气进入发酵罐使气、液充分混合，同时起到一定的搅拌作用，部分或全部省去了机械搅拌消耗的能量，提高了发酵罐的发酵效率。

[0006] 对于沼气厌氧发酵，利用气流搅拌来部分或全部代替机械搅拌的情况在公开的文献资料中并不多见。专利“循环气流沼气发酵罐装置 (CN2849429Y)”采用循环气流通道，风机将产生的沼气从罐体顶部抽出，再从罐体底部打入，有助于增加菌种和发酵原料的接触面积；专利“双循环气体搅拌厌氧发酵罐 (CN2550372Y)”采用气体循环和液体循环双循环结构，外循环吸入气体，利用气体和液体的密度差及在外循环过程中加入的能量，形成内部循环。但由于无搅拌装置，对于规模化沼气工程，发酵罐内单纯靠沼气对料液的搅拌 的作用是有限的，单纯的气体搅拌不能满足机械搅拌显著的传质、传热作用，也不能有效的节能。

[0007] 此外，制约沼气技术发展的另一个技术瓶颈是产气不稳定或产气率低下。厌氧发酵只有维持消化液在有效的发酵温度区间，才能维持甲烷菌的浓度最大、活性最高，畜禽粪便中的有机酸经水解酸化形成的有机酸才能在甲烷菌的作用下最终被转化为沼气。因此，维持发酵罐内恒定的温度是产生沼气的关键。中温厌氧发酵的最佳温度范围是 33-35℃，而高温厌氧发酵的最佳温度范围是 50-55℃，罐内温差波动不能超过 2℃。为了保证甲烷菌具有最好的活性，通常采用加热装置和保温装置来维持消化液所需的发酵温度，保证厌氧发酵稳定运行。对发酵原料在预处理池内增温，热量损耗比较大，不便采用。而采用加热元件对罐体内部发酵原料的直接加热常导致增温元件（加热棒）结垢，影响换热效率，增温不均匀。专利“发酵法生产沼气用反应罐 (CN2690392Y)”采用在罐体外壁夹层水套中注入循环热水的办法来加热罐体内的料液；专利“一种发酵罐 (CN2586698Y)”采用罐体外固定螺旋加热管来加热发酵罐间接加热发酵液；专利“厌氧发酵增温保温装置 (CN101067114A)”采用螺旋盘管缠绕在发酵罐体外，进水管、出水管相间排列螺旋上升。尽管这些罐体外置加热装置解决了增温元件加热易结垢的问题，也在一定程度上解决了小规模发酵罐罐体内温度的均匀性，但是，对于大规模沼气工程，外置加热管水循环间接的加热系统并不能有效维持罐内发酵原料的温度均匀性，难以保证厌氧发酵正常稳定运行。

[0008] 相比于外置间接加热方式，内置直接加热热量损失小，能耗低，能够保证规模化沼气工程发酵罐内发酵原料的温度更加均匀。专利“循环气流沼气发 酵罐装置

(CN2849429Y)”利用发电余热，让热水通过罐体中央内置的螺旋管道来加热发酵罐内的料液，但余热利用的有限性并不能保证发酵罐系统处于最佳的发酵温度，特便是在严寒地区的冬季。专利“四季恒温沼气发酵罐 (CN201362709Y)”采用内置调温管网和外置地源管网来维持发酵罐内最佳的发酵温度，但对于地热温度过低的地区和北方严寒地区，对于规模化沼气工程，外置地源管网结构不能发挥其有效的作用，而内置调温管网“M 型”结构并不能有效保证温度的稳定性和罐体内部不同部位温差最小。尽管一些小型发酵设备采用不同的加热设备能够保证发酵罐内发酵原料的温度均匀性，保证厌氧发酵正常稳定运行。但是，对于规模化厌氧沼气工程，现有搅拌装置（机械或气流）、加热装置、温控装置并不能保证发酵系统在一年四季有效的稳定运行。

发明内容

[0009] 本发明的目的在于克服上述缺点和不足，提供一种多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统。该厌氧发酵系统的发酵罐具有通过内筒式螺旋搅拌器，沼气循环系统，沼液循环系统及气液循环系统的协同作用来改善厌氧发酵的环境，提高搅拌效率，降低系统能耗，节约生产成本，使罐内流体混合均匀，解决了罐体底部的搅拌“死角”或“盲区”，实现发酵罐内发酵原料的高效传质、传热。加热系统及控温系统能够有效控制罐体内发酵原料的温度，保持罐内发酵原料的温差波动最小，使厌氧发酵处于的最佳的发酵温度。

[0010] 为了达到上述目的，本发明是通过下述技术方案来实现的。

[0011] 一种多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，包括发酵罐罐体及设置于发酵罐罐体上的驱动装置，所述发酵罐罐体为蛋形，发酵罐罐体内腔中心设置有内筒 式螺旋搅拌器，内筒式螺旋搅拌器外侧设有搅拌器内筒，在发酵罐罐体罐壁与搅拌器内筒之间设有温度加热装置，罐内底部设置有伞形气流分布器；所述发酵罐罐体上部设有排气管和压力控制装置，底部设有伞形气流分布器进气管和排泥排沙出口；所述发酵罐罐体侧壁上分别连通有沼气循环系统、沼液循环系统、气液循环系统、加热系统、控温系统和沼渣沼液存放池。

[0012] 本发明进一步的特征在于：

[0013] 所述沼气循环系统包括通过管线与发酵罐罐体上的排气管连通的第一预处理系统 PRO-S1、沼气预处理阀门、第四预处理系统 PRO-S4 和沼气自循环搅拌管网阀；沼气自循环搅拌管网阀与伞形气流分布器进气管相连通，伞形气流分布器进气管与所述伞形气流分布器连通；

[0014] 所述第一预处理系统 PRO-S1 包括负压保护装置、水封器、脱水器、脱硫器及缓冲装置；所述第四预处理系统 PRO-S4 包括空压机、压力容器储气柜及调压箱，各装置之间通过气体管道连接；所述第四预处理系统 PRO-S4 通过沼气输气管网阀门、沼气自循环搅拌管网阀及沼气流量自动控制阀门分别与用户、伞形气流分布器进气管及系统所设蒸汽锅炉连通。

[0015] 所述气液循环系统包括通过气液循环系统阀门与沼气循环系统相连通的气液循环装置，气液循环装置通过管线连接的第一液体循环系统阀门、第二液体循环系统阀门和第三液体循环系统阀门与发酵罐罐体连通。

[0016] 所述沼液循环系统包括通过管线与发酵罐罐体（发酵罐罐体管壁包括罐体内壁及加热介质、双层保温套和罐体外壁保护层）连通的第二预处理系统 PRO-S2、阀门井、沼液

回流循环泵以及沼液回流循环泵阀门；

[0017] 所述第二预处理系统 PRO-S2 包括原料泡粪池、酸化池、加热计量池、 机泵及阀门井，各装置之间通过液体管道连接。

[0018] 所述加热系统包括分别与蒸汽锅炉和市政供热连通的温度加热装置；所述温度加热装置通过管线连接的加热系统进水阀、加热系统出水阀以及水循环系统进水阀与蒸汽锅炉和市政供热连通；所述蒸汽锅炉进水管路连通有水泵、第三预处理系统 PRO-S3 和蒸汽锅炉进水阀；所述蒸汽锅炉进气管路连通有沼气流量自动控制阀门和自动控制装置 AUTO；所述温度加热装置并通过原料预处理系统进水阀与所述第二预处理系统 PRO-S2 连通。

[0019] 所述控温系统包括分别设置于发酵罐罐体上的升温装置 TEMP-C 和温度探测热电偶，升温装置 TEMP-C 和温度探测热电偶分别连接于恒温自动控制装置 AUTO。

[0020] 所述内筒式螺旋搅拌器顶部设置有贯穿其中心的空心轴，及由空心轴带动的挡板及消泡装置，空心轴上设置有搅拌器螺旋叶片；空心轴的底部与伞形气流分布器进气管相连通。

[0021] 所述温度加热装置由“目”字形加热管和“日”字形加热管交叉组合而成“X”型结构，蒸汽（热水）从加热管一侧进入，换热冷凝成后从另一侧流出，进水管与出水管纵向依次交错排列，多个“X”型加热结构沿发酵罐罐体与搅拌器内筒之间的腔体构成多层环形结构；置于蛋形发酵罐内壁附近，沿圆周依次排布（按偶数 2,4,6...），形成“圆环”，多个加热“圆环”纵向分层排布（按奇数 1,3,5...），内筒式搅拌器置于多层圆环之中；

[0022] 所述相邻“X”型加热结构间隔 0.30-0.50m，加热“圆环”层与层间隔 0.50-0.70m，“X”型加热结构的高度为罐体内径的 1/8-1/6。

[0023] 所述伞形气流分布器为圆锥形开口结构，沿锥体圆周呈对称分布有 2、4、 8 或 16 个文丘里气液混合器，每个文丘里气液混合器设三个端口，其气液混合器进料口置于伞形气流分布器圆锥外侧面上，气流混合器气液出口置于伞形气流分布器内侧，气液混合器进气端口与进气管连通并支撑于气液混合器进料口和气流混合器气液出口构成的管段中部；气液混合器通过伞形气流分布器内侧面和伞形气流分布器进气管支撑沿锥体圆周呈逆时针倾斜分布，且倾斜方向与所述空心轴的旋转方向一致；所述倾斜角度为 3-10° 。

[0024] 所述沼渣沼液存放池中设有与发酵罐罐体连通的发酵罐出料水封，沼渣沼液存放池连通有沼渣沼液分离器。

[0025] 所述发酵罐罐体容积为 500-3000m^3 单体罐或连体罐，罐体高径比为 0.60-0.75，罐体高度与螺旋搅拌器套筒高度比为 0.50-0.80，罐体内径与搅拌器套筒内径比为 0.30-0.50。

[0026] 本发明与现有技术的比较具有以下优点：

[0027] 1、本发明结构简单、设计合理，蛋形发酵罐与内筒式螺旋搅拌器相适应，以最小的搅拌功率获得最大的混合效果，是规模化畜禽粪便农作物秸秆厌氧发酵的关键装置。

[0028] 2、本发明采用内置对称分布文丘里管的伞形气流分布器，将压缩沼气从发酵罐底部打入，高速气流带动发酵罐内物料旋转、翻滚，配合内筒式高效螺旋搅拌器的提升作用，推动物料在混合容器内循环反复运动，产生较强烈的径向、轴向混合，提高了搅拌效率，降低了系统能耗，节省了运行费用，缩短了发酵周期，提高了生产率。

[0029] 3、本发明采用“X”型加热组件组成的多层“圆环”加热装置来加热蛋形发酵罐内发

酵料液，内筒式搅拌器置于多层圆环加热组件之中，保证了罐内发 酵料液温差波动最小；全自动温控系统使厌氧发酵处于的最佳的发酵温度，保证了甲烷菌种具有最好的活性，提高了发酵罐的发酵效率和产气率。

[0030] 4、本发明通过多循环搅拌（沼气循环，沼液循环及气液循环）协同内筒式螺旋搅拌器的机械搅拌作用使罐内流体混合均匀，有效的改善了厌氧发酵的环境，解决了罐体底部的搅拌“死角”或“盲区”，实现了发酵罐内发酵原料的高效传质、传热。

[0031] 总之，本发明结构新颖，设计合理，能够通过内筒式螺旋搅拌器，沼气循环系统，沼液循环系统及气液循环系统的协同作用来提高系统的搅拌效率，改善厌氧发酵的发酵环境，使流体混合均匀，温差波动小，系统能耗低，发酵效率高，产气率高，实现发酵罐内发酵原料的高效传质、传热，保证了厌氧发酵在一年四季正常运行，实现规模化沼气工程的进一步推广应用。

附图说明

[0032] 图 1 为本发明的总体结构示意图。

[0033] 图 2 为发酵罐罐体结构局部放大示意图。

[0034] 图 3 为加热装置单体的立体结构示意图。

[0035] 图 4 为加热装置在发酵罐内沿圆周分布示意图。

[0036] 图 5 为加热装置单体在罐内纵向分布示意图。

[0037] 图 6 为伞形气流分布器结构示意图。

[0038] 图 7 为图 6 的 A-A 剖视示意图。

[0039] 如图所示：1- 驱动装置（电动机）；2- 内筒式螺旋搅拌器；3- 排气管；301- 气液循环系统阀门；302- 气流（沼气）预处理阀门；3021- 沼气输气管网阀门；3022- 沼气自循环搅拌管网阀门；3023- 沼气流量自动控制阀门； 4- 压力控制装置；5- 挡板及消泡装置；6- 搅拌器内筒；7- 搅拌器支撑架；8- 发酵罐罐体；801- 罐体内壁及加热介质；802- 双层保温套；803- 罐体外壁保护层；9- 气液循环装置（循环泵）；901，902，903- 液体循环系统阀门；10- 伞形气流分布器进气管；11- 蒸汽锅炉；1101- 加热系统进水阀；1102- 加热系统出水阀；1103- 原料预处理系统进水阀；1104- 水循环系统进水阀；12- 阀门井；13- 水泵；1301- 蒸汽锅炉进水阀；14- 沼液回流循环泵；1401- 沼液回流循环泵阀门；15- 沼渣沼液分离器；16- 沼渣沼液存放池及发酵罐出料水封；17- 温度探测热电偶；18- 温度加热装置；19- 伞形气流分布器；20- 搅拌器螺旋叶片；21- 空心轴；22- 文丘里气液混合器；2201- 气液混合器进气端口；2202- 气液混合器进料口；2203- 气液混合器气液出口；23- 排泥排沙出口。

具体实施方式

[0040] 下面通过附图和具体实施例对发明做进一步说明。

[0041] 如图 1 所示，该多循环搅拌蛋形厌氧发酵系统，包括发酵罐罐体 8 及设置于发酵罐罐体 8 上的驱动装置 1，其中：发酵罐罐体 8 为蛋形，发酵罐罐体 8 内腔中心设置有内筒式螺旋搅拌器 2，内筒式螺旋搅拌器 2 外侧设有搅拌器内筒 6，在发酵罐罐体 8 罐壁与搅拌器内筒 6 之间设有温度加热装置 18，罐内底部设置有伞形气流分布器 19；发酵罐罐体 8 上部

设有排气管 3 和压力控制装置 4，底部设有伞形气流分布器进气管 10 和排泥排沙出口 23；发酵罐罐体 8 侧壁上分别连通有沼气循环系统、沼液循环系统、气液循环系统、加热系统和控温系统。

[0042] 沼气循环系统（见图 1 所示发酵罐罐体的右侧）包括通过管线与发酵罐 罐体 8 上的排气管 3 连通的第一预处理系统 PRO-S1、沼气预处理阀门 302、第四预处理系统 PRO-S4 和沼气自循环搅拌管网阀 3022；沼气自循环搅拌管网阀 3022 与伞形气流分布器进气管 10 相连通，伞形气流分布器进气管 10 与伞形气流分布器 19 连通；第一预处理系统 PRO-S1 包括负压保护装置、水封器、脱水器、脱硫器及缓冲装置；第四预处理系统 PRO-S4 包括空压机、压力容器储气柜及调压箱，各装置之间通过气体管道连接；所述第四预处理系统 PRO-S4 通过沼气输气管网阀门 3021、沼气自循环搅拌管网阀 3022 及沼气流量自动控制阀门 3023 分别与用户、伞形气流分布器进气管 10 及系统所设蒸汽锅炉 11 连通。

[0043] 与上述沼气循环系统相连通有气液循环系统，气液循环系统包括通过气液循环系统阀门 301 与沼气循环系统相连通的气液循环装置 9（本实施例该装置采取循环泵），气液循环装置 9 通过管线连接的第一液体循环系统阀门 901、第二液体循环系统阀门 902 和第三液体循环系统阀门 903 与发酵罐罐体 8 连通。

[0044] 工作时，开动气液循环装置 9（循环泵），把发酵罐内发酵液从罐内抽出，连同第四预处理系统 PRO-S4 从罐体顶部抽出的沼气，通过阀门 301，901，902，903 控制，按实际需要从发酵罐侧面不同部位打入罐内，从而使发酵罐内的料液翻腾起来，加大了菌种与发酵液的接触机会，也加快了代谢过程，使发酵时间大为缩短。

[0045] 沼液循环系统（见图 1 所示的发酵罐罐体 8 的左侧）包括通过管线与发酵罐罐体 8 连通的第二预处理系统 PRO-S2、阀门井 12、沼液回流循环泵 14 以及沼液回流循环泵阀门 1401；第二预处理系统 PRO-S2 包括原料泡粪池、酸化池、加热计量池、机泵及阀门井 12，各装置之间通过液体管道连接。沼液回流有效降低发酵罐内固料浓度，改善了发酵罐内固液气的混合效果。

[0046] 本实施例的罐体结构如图 2 所示，发酵罐罐体 8 为金属制罐体或玻璃钢制罐体，发酵罐罐体 8 外依次为加热介质 801，双层保温套 802 及外壁保护层 803。加热介质 801 主要为水加热暖气、蒸汽加热器、热风加热器及电加热器，本实施例首选电加热器；双层保温套 802 所用保温材料主要为真空，聚氨酯、麦秸秆、塑料海绵、氯乙烯、岩棉、泡沫石棉、玻璃棉、塑料海绵、硅酸铝中的一种或两种。

[0047] 相应于本实施例的加热系统包括分别与蒸汽锅炉 11 和市政供热连通的温度加热装置 18，温度加热装置 18 通过管线连接的加热系统进水阀 1101、加热系统出水阀 1102 以及水循环系统进水阀 1104 与蒸汽锅炉 11 和市政供热连通；蒸汽锅炉 11 进水管路连通有水泵 13、第三预处理系统 PRO-S3 和蒸汽锅炉进水阀 1301；所述蒸汽锅炉 11 进气管路连通有沼气流量自动控制阀门 3023 和自动控制装置 AUTO；所述温度加热装置 18 并通过原料预处理系统进水阀 1103 与所述第二预处理系统 PRO-S2 连通。

[0048] 控温系统包括分别设置于发酵罐罐体 8 上的升温装置 TEMP-C 和温度探测热电偶 17，升温装置 TEMP-C 和温度探测热电偶 17 分别连接于恒温自动控制装置 AUTO。

[0049] 其原理是，温度探测热电偶 17 把发酵罐罐体 8 内温度反馈给恒温自动控制装置 AUTO，如果罐内温度低于发酵要求温度，恒温自动控制装置 AUTO 启动升温装置 TEMP-C（加

热罐体内壁里的加热装置）和温度加热装置 18 给系统升温，沼气流量自动控制阀门 3023 控制沼气流量，沼气点燃蒸汽锅炉 11 给温度加热装置 18 供蒸汽进而通过加热元件给罐内料液升温。厌氧发酵产生的沼气通过第四预处理系统 PRO-S4 在沼气输气管网阀门 3021、沼气循管网阀门 3022 和沼气流量自动控制阀门 3023 控制下分别供给用户、伞形气流分布 19（用于搅拌罐内料液）及蒸汽锅炉 11 使用。

[0050] 本实施例中，在发酵罐内不同部位安装有温度探测仪和热电偶 17，可随时反馈消化器内发酵混合物的温度，并根据工艺要求，由自动控制系统 AUTO 通过供热管组或升温装置 TEMP-C 及时调整控制消化器内的温度，能够保证消化器内热量的供给和调节，有效提高发酵质量和效率。

[0051] 此外，本实施例的温度加热装置 18 由“目”字形加热管和“日”字形加热管交叉组合而成“X”型结构，进水管与出水管纵向依次交错排列，多个“X”型加热结构沿发酵罐罐体 8 与搅拌器内筒 6 之间的腔体构成多层环形结构；如图 3 所示，蒸汽（热水）从加热管一侧 aa 和 a 进入，换热冷凝成后从另一侧 b 和 bb 流出，进水管与出水管纵向依次交错排列，形成“X”型结构，多个“X”型加热结构置于蛋形发酵罐内壁附近，沿圆周依次排布（按偶数 2，4，6...），形成“圆环”，如图 4 所示，多个加热“圆环”纵向分层排布（按奇数 1，3，5...），如图 5 所示，保持内筒式搅拌器置于多层圆环之中，相邻“X”型加热结构间隔 0.30-0.50m，加热“圆环”层与层间隔 0.50-0.70m。“X”的高度为罐体内径的 1/8-1/6。“X”型结构多层“圆环”加热设计保证了罐内发酵料液加热均匀，温差波动最小，使厌氧发酵处于的最佳的发酵温度，保证了甲烷菌种具有最好的活性，提高了发酵罐的发酵效率和产气率。

[0052] 进一步的，如图 1 和图 6 所示，本实施例的内筒式螺旋搅拌器 2 顶部设置有贯穿其中心的空心轴 21，及由空心轴 21 带动的挡板及消泡装置 5，空心 轴 21 上设置有搅拌器螺旋叶片 20；空心轴 21 的四周是一个套筒（搅拌器内筒 6），搅拌器内筒 6 通过搅拌器支撑架 7 固定在发酵罐罐体 8 内壁，空心轴 21 的底部与伞形气流分布器进气管 10 相连通。

[0053] 本实施例的伞形气流分布器 19 为圆锥形开口结构，沿锥体圆周呈对称分布有 2、4、8 或 16 个文丘里气液混合器 22，每个文丘里气液混合器 22 设三个端口 2201，2202 及 2203，其气液混合器进料口 2202 置于伞形气流分布器 19 圆锥外侧面上，气流混合器气液出口 2203 置于伞形气流分布器 19 内侧，气液混合器进气端口 2201 与进气管 10 连通并支撑于气液混合器进料口 2202 和气流混合器气液出口 2203 构成的管段中部；气液混合器 22 通过伞形气流分布器 19 内侧面和伞形气流分布器进气管 10 支撑沿锥体圆周呈逆时针倾斜分布，且倾斜方向与所述空心轴 21 的旋转方向一致；所述倾斜角度为 3-10° 。

[0054] 另外，本实施例中，发酵罐罐体 8 还连通有沼渣沼液存放池，沼渣沼液存放池中设有与发酵罐罐体连通的发酵罐出料水封 16，沼渣沼液存放池连通有沼渣沼液分离器 15。

[0055] 进一步的，发酵罐罐体 8 容积为 500-3000m^3 单体罐或连体罐，罐体高径比为 0.60-0.75，罐体高度与螺旋搅拌器套筒高度比为 0.50-0.80，罐体内径与搅拌器套筒内径比为 0.30-0.50。

[0056] 工作时，压缩沼气通过空压机从发酵罐罐体 8 底部的伞形气流分布器进气管 10 打入，发酵液在文丘里气液混合器 22 喷射气流压力下，高速气流带动发酵罐罐体 8 内物料在伞形气流分布器 19 内旋转，使物料产生较强的径向混合；同时，在内筒式螺旋搅拌器 2 的径向提升作用下，发酵液进入搅拌器内筒 6，在内筒式螺旋搅拌器 2 的进一步提升下，从搅拌

器内筒 6 底部提升 至上部，在甩料板（挡板及消泡装置 5）的旋转作用下被抛落到发酵罐罐体 8 容器四周，在自身重力作用下慢慢落下，顺着发酵罐罐体 8 内壁回到发酵罐罐体 8 底部，再次被气流文丘里气液混合器 22 吸入伞形气流分布器 19，配合内筒式螺旋搅拌器 2 的较强的轴向作用，推动物料在发酵罐罐体 8 混合容器内循环反复运动，形成周而复始不停流动的发酵过程。

[0057] 以上所述，仅是本发明针对畜禽粪便厌氧发酵的实施例，并非对本发明做任何限制，凡是根据本发明技术对以上实施例所做的任何简单修改、变更以及等效结构变化，均仍属于本发明技术方案的保护范围内。

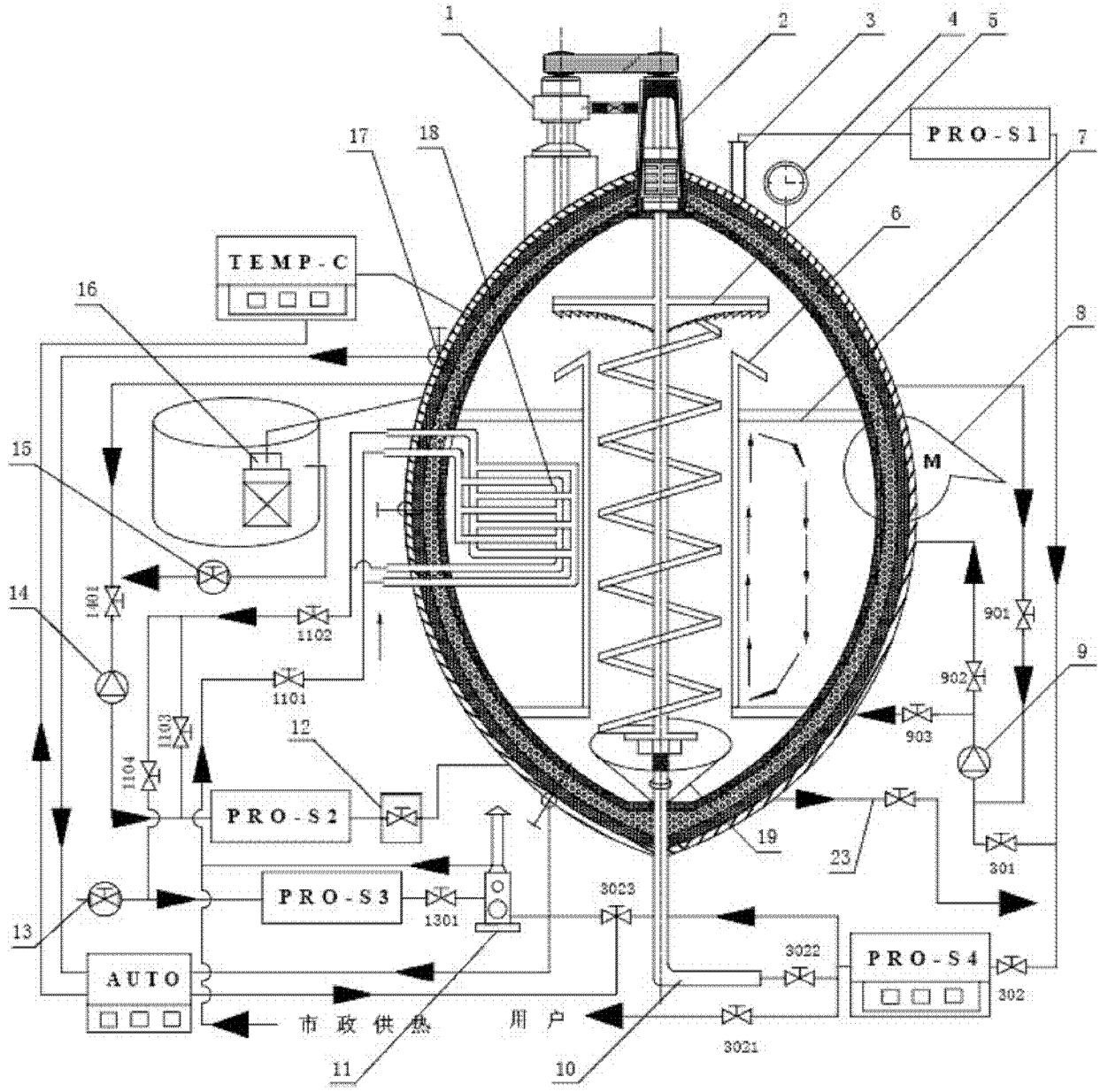

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
23
PRO-S1
TEMP-C
PRO-S2
PRO-S3
PRO-S4
AUTO
M
1101
1102
1103
1104
901
902
903
301
302
1301
3021
3022
3023
市 政 供 热
用 户

图 1

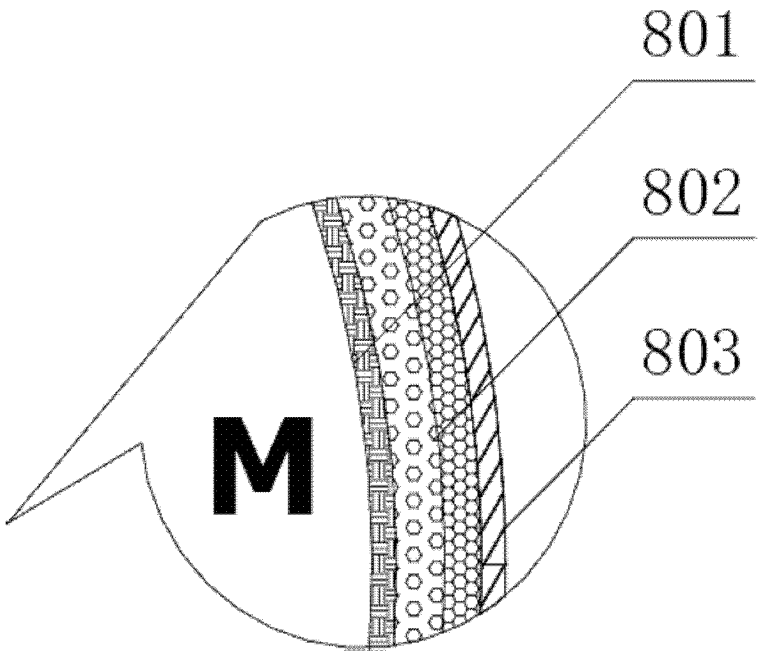


图 2

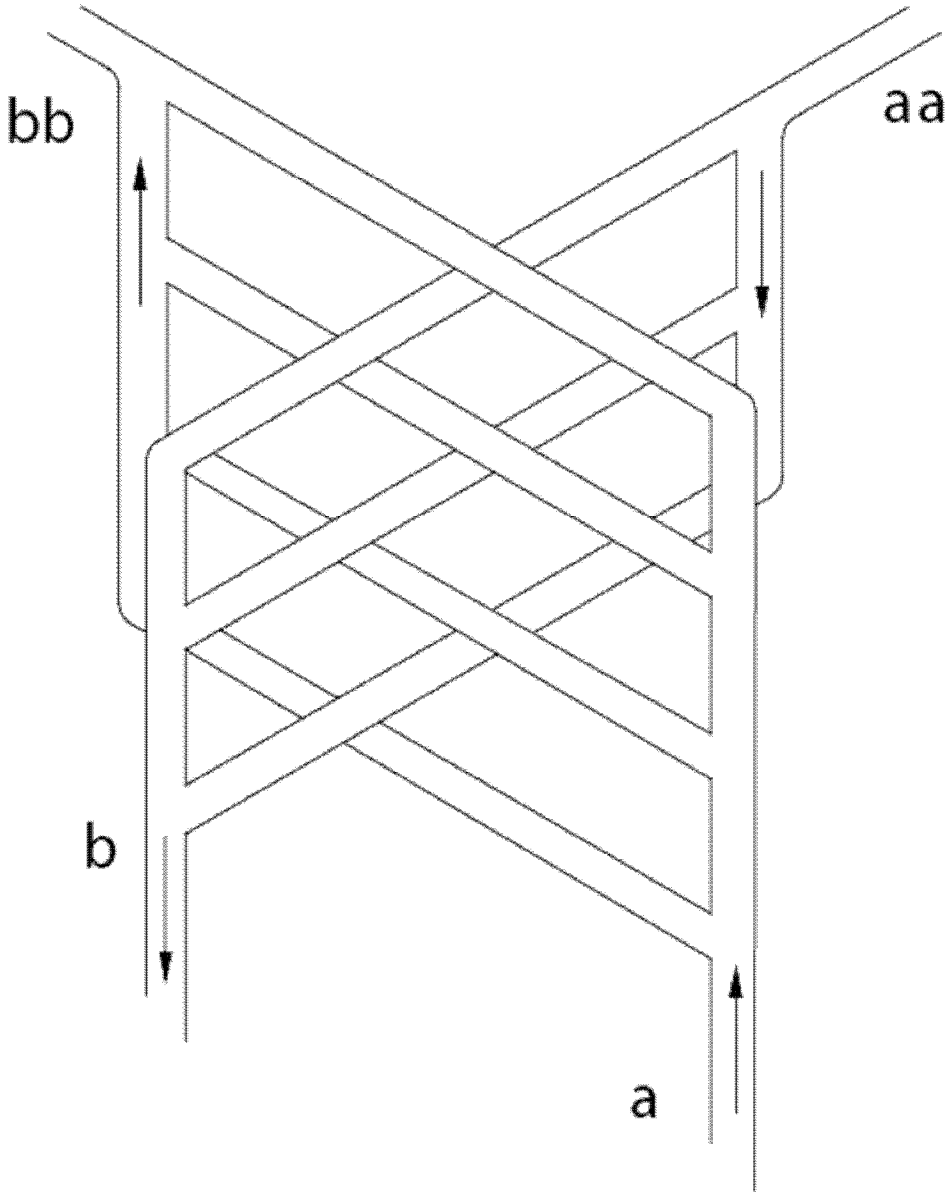


图 3

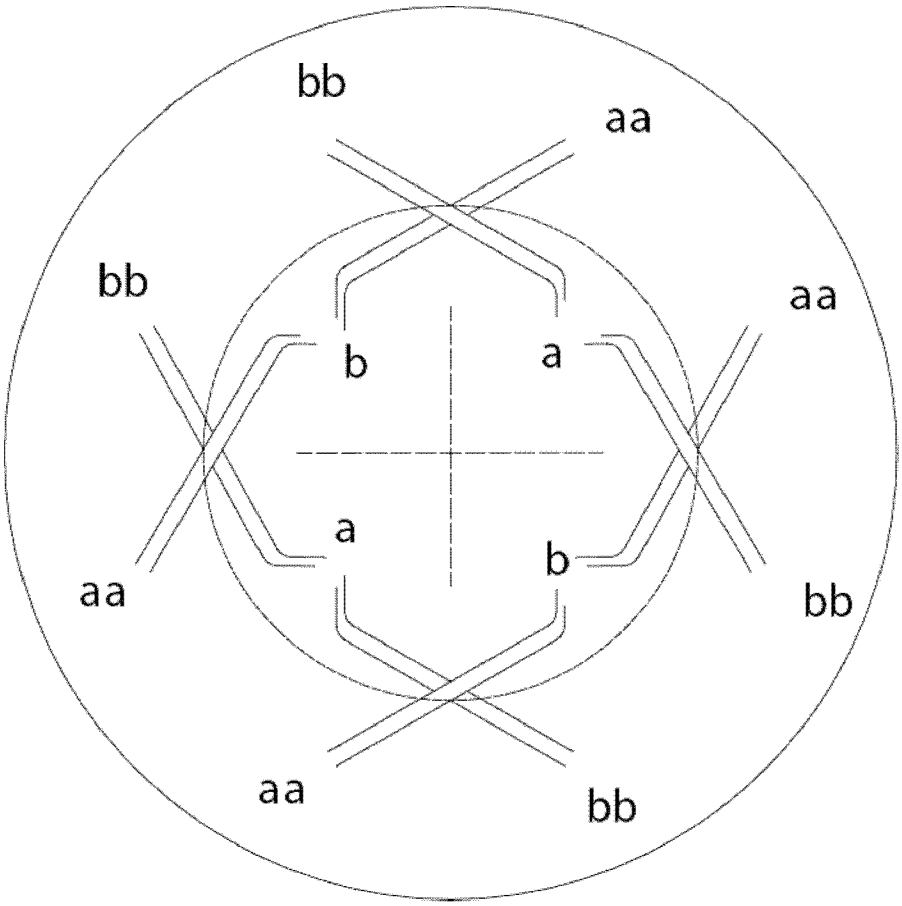


图 4

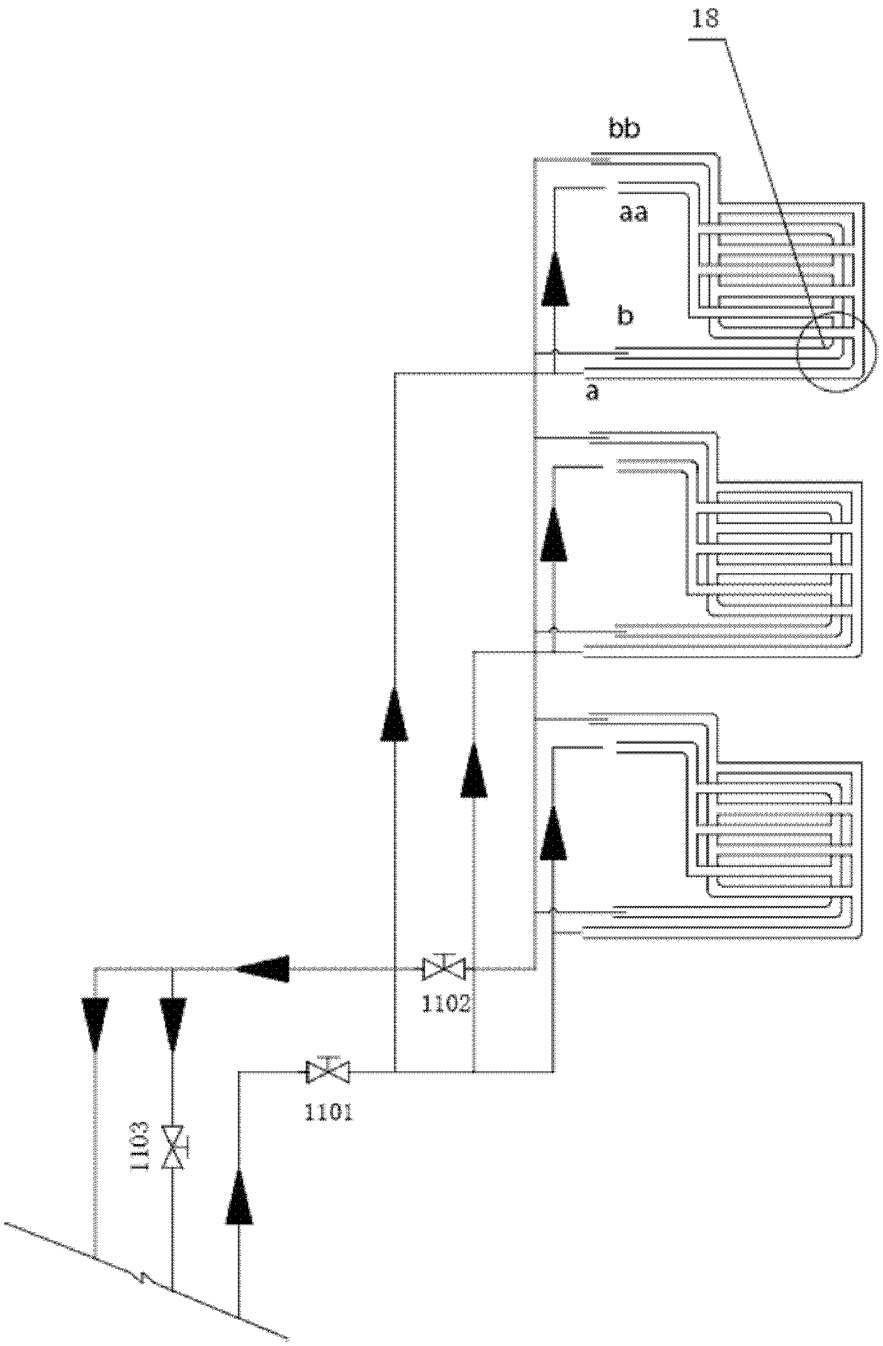


图 5

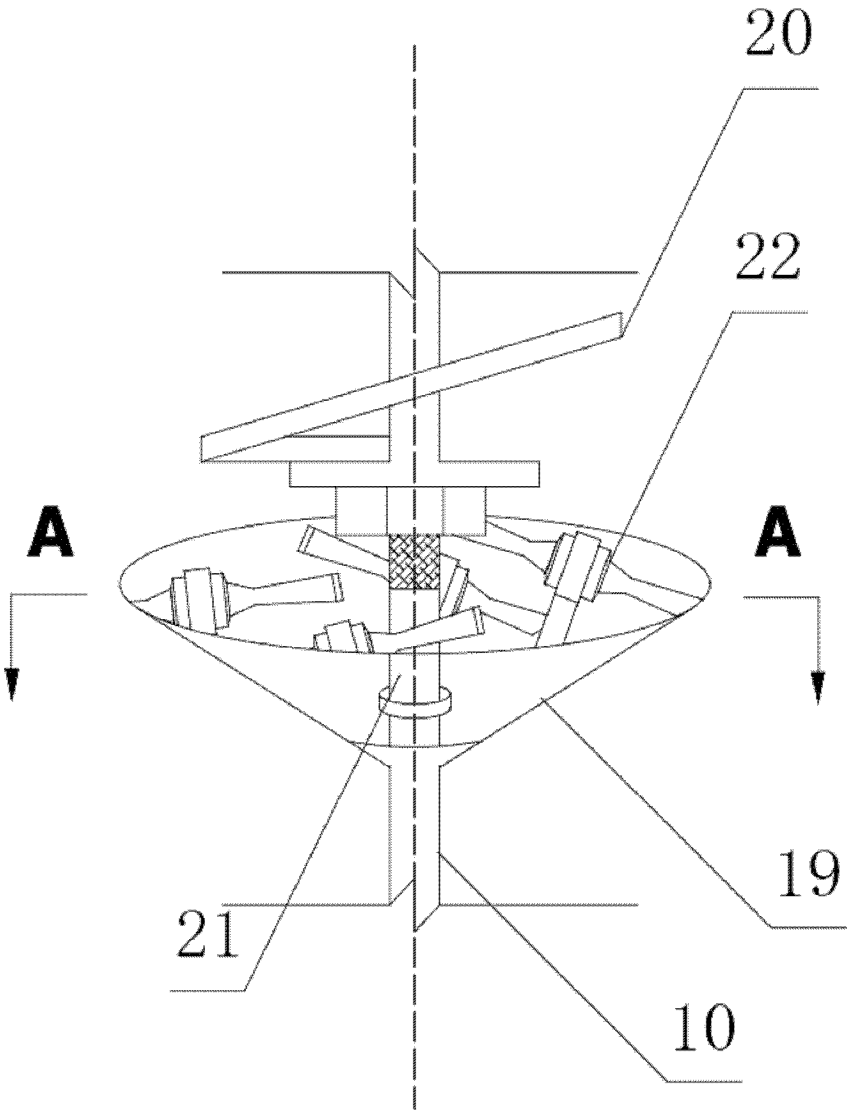


图 6

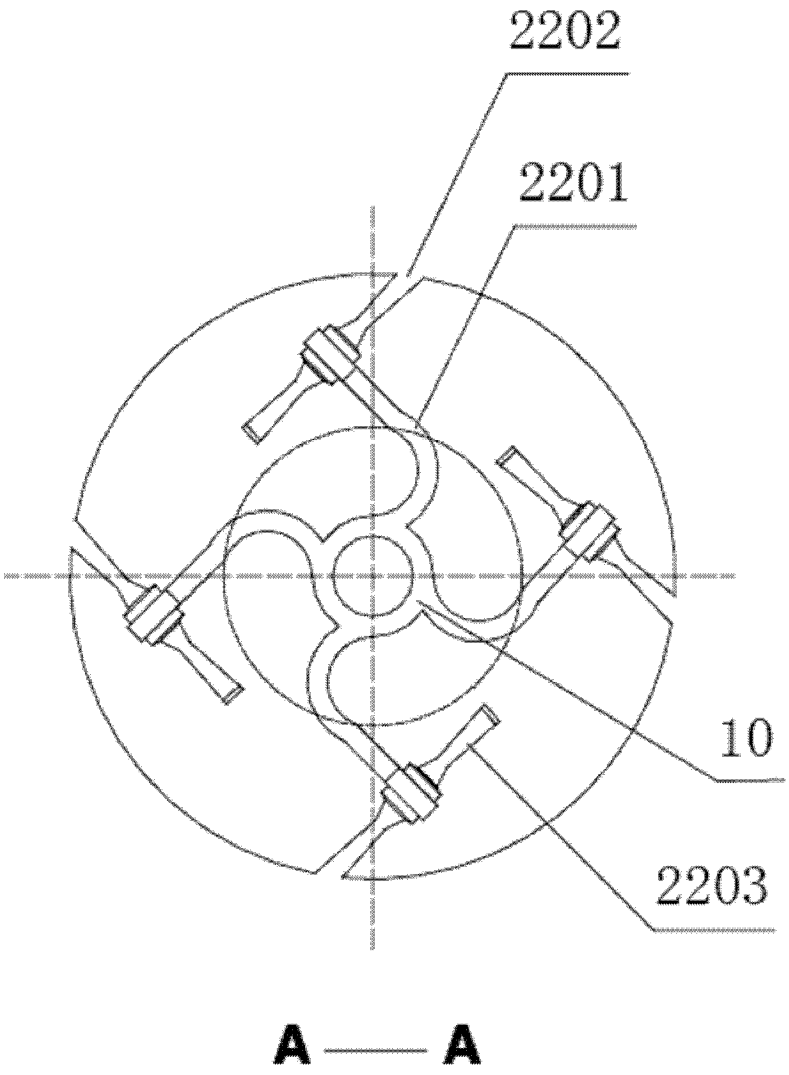


图 7