[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.
C12M 1/00 (2006.01)

[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 03100890.9

[45] 授权公告日 2006 年 1 月 4 日

[11] 授权公告号 CN 1234842C

[22] 申请日 2003.1.24 [21] 申请号 03100890.9

[71] 专利权人 中国科学院过程工程研究所

地址 100080 北京市海淀区中关村北二条 1 号

[72] 发明人 杜竹玮 李浩然

审查员 王丹蕊

[74] 专利代理机构 上海智信专利代理有限公司

代理人 李 柏

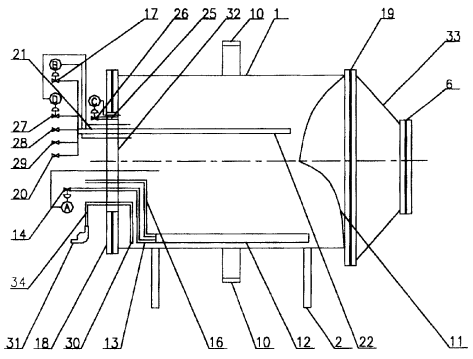
权利要求书 2 页 说明书 6 页 附图 3 页

[54] 发明名称

多功能固态发酵反应器

[57] 摘要

本发明属于固态发酵反应器领域，特别涉及多功能固态发酵反应器。 多功能固态发酵反应器的结构包括主发酵罐、转动支架、物料输入输出装置、传动装置和控制装置。 圆柱形主发酵罐 1 的一端有一固定中心轴 32，所述的固定中心轴 32 被一环形法兰 18 固定在主发酵罐 1 上；主发酵罐 1 的另一端为一透明圆台形的圆台视窗 33，圆台视窗 33 的一端与主发酵罐 1 连接，圆台视窗 33 的另一端为物料进出口 6；固定中心轴 32 上安装有流体输入输出、各种控制系统及开有出气口；在该反应器中，可以完成微生物的发酵的所有操作。 该反应器中的物料动态混合，不易板结，物料自动输入输出，反应器内的操作参数可以精确控制，并提高固态发酵的产量和质量。



1．一种多功能固态发酵反应器，包括主发酵罐、转动支架、物料输入输出装置、传动装置和控制装置，其特征是：

所述的主发酵罐(1)的一端有一固定中心轴(32)，所述的固定中心轴(32)被一环形法兰(18)固定在主发酵罐(1)上；主发酵罐(1)的另一端为一透明圆台形的圆台视窗(33)，圆台视窗(33)的一端与主发酵罐(1)连接，圆台视窗（33）的另一端为物料进出口(6)；

所述的固定中心轴(32)上安装有换热器流体输入管(13)、换热器流体输出管(16)、发酵罐流体输入管(21)、浸取液输出管(34)、传感器及开有出气口(25)；

所述的换热器流体输入管(13)和换热器流体输出管(16)分别与主发酵罐(1)内的换热器(12)连接，换热器流体输入管(13)与主发酵罐(1)外的载热流体输入阀门(14)连接；

所述的发酵罐流体输入管(21)一端与主发酵罐(1)内部为一带有流体出口的流体输入分布管(22)连接，流体输入分布管(22)内有流体导向隔栅(23)；另一端连接灭菌气体输入阀门(17)、接种液阀门(20)、进气阀门(27)、补料阀门(28)和浸取液阀门(29)；

所述的物料输入输出装置是在主发酵罐(1)内部的物料进出口(6)的一端安装固定螺旋叶片(11)；

所述的传动装置是在发酵罐外侧安装有环形齿轮(10)，环形齿轮(10)与驱动电机(8)的主动轮(9)啮合；

所述的控制装置是在固定中心轴(32)上安装有温度控制传感器 A、灭菌气体压力控制传感器 B、压力输出控制传感器 C 和压力输入控制传感器 D；

所述的温度控制传感器 A 与载热流体输入阀门(14)连接、灭菌气体压力控制传感器 B 与灭菌气体输入阀门(17)连接、压力输出控制传感器 C 与出气阀门(26)连接，压力输入控制传感器 D 与进气阀门(27)连接。

2．如权利要求 1 所述的反应器，其特征是：所述的换热器(12)内的换热蛇管(15)的两端分别与换热器流体输入管(13)和换热器流体输出管(16)连接。

3．如权利要求 1 所述的反应器，其特征是：所述的物料输入输出装置进一步有一进料斗(3)与物料进出口(6)对接，进料斗(3)的一端与一轨道(4)滑动连接，进料斗(3)的另一端料斗下进料口(5)与物料进出口(6)对接。

4．如权利要求 3 所述的反应器，其特征是：所述的进料斗(3)的料斗下进料口(5)的管道内安装有料斗挡板(7)。

5.如权利要求 1 所述的反应器，其特征是：所述的浸取液输出管(34)在主发酵罐(1)内部的一端装有滤膜(30)，另一端连接有液泵(31)。

6．如权利要求 1 所述的反应器，其特征是：所述的圆台视窗(33)与主发酵罐(1)的连接处有一密封圈(19)。

7．如权利要求 1、5 或 6 所述的反应器，其特征是：所述的主发酵罐(1)被进一步安放在转动支架(2)上。

多功能固态发酵反应器

技术领域

本发明属于固态发酵反应器领域，特别涉及多功能固态发酵反应器。

背景技术

固态发酵在中国有悠久的历史，多用于食品生产。固态发酵是微生物如真菌、霉菌、酵母和细菌在潮湿的固体基质上的生长技术。与常规的液态发酵过程相比，固态发酵单位体积底物在反应器中所占的体积小，产量高，成本低。因此近年来，人们又开始对固态发酵及其生产酶及微生物代谢产物的能力产生浓厚的兴趣。然而，尽管有这些优越性，由于固态发酵反应器的设计水平相对落后，我国固态发酵工艺还多为传统的生产形式。

固态发酵反应器可以分为静态和动态两大类。在静态体系中，整个发酵过程中固态基质保持不动，动态发酵体系则能够在发酵过程中提供物料的混合方式。目前国内工业固态发酵普遍采用浅盘或培养池进行发酵，物料通常为静态，因此很难实现发酵过程的有效热交换。很多固态发酵工艺采用通气法带走热量，这种方式不仅带走了热量，还使固体基质的水份蒸发，导致物料表面干燥，同时还会造成物料温度分布的不均一性，使得微生物的生长活性不均一(Murthy, et al., Biochemical Engineering Aspects of Solid-State Fermentation. Advances in Applied Microbiology, 38:99-147)。因此影响发酵产品的质量。

发明内容

本发明的目的是提供一种多功能固态发酵反应器，以克服现有固态发酵反应器在物料发酵过程的有效热交换率低，微生物的生长活性不均一等缺陷，使微生物发酵的所有操作，包括灭菌、接种、培养、产物分

离以及分离后处理，均可以在本发明所述的反应器中完成，同时提高发酵产品的质量。

固态发酵一般包括如下步骤：1）培养设备和培养基的灭菌；2）接种；3）微生物固态发酵；4）微生物产品的提取；5）废料和培养设备的后处理。本发明提供的多功能固态发酵反应器能够将上述固态发酵步骤在一个单一的密闭反应器中完成，并且能够实现在培养过程中微生物的生长环境精确控制，使反应器内温度、水份均匀，缩短或消除微生物生长的延迟期，可以大大加快固态发酵过程，还可以实现反应器中的化学物质、营养成分无污染均匀添加。另外，本发明还可以适用于微生物产物的提取，可实现物料的自动进出。本发明的多功能固态发酵反应器适用于多种微生物的发酵过程。

本发明的多功能固态发酵反应器的结构包括主发酵罐、转动支架、物料输入输出装置、传动装置和控制装置。

所述的圆柱形主发酵罐 1 的一端有一固定中心轴 32，所述的固定中心轴 32 被一环形法兰 18 固定在主发酵罐 1 上；主发酵罐 1 的另一端为一透明圆台形的圆台视窗 33(可为聚碳酸酯材料)，圆台视窗 33 的一端与主发酵罐 1 连接，其连接处有一密封圈 19，圆台视窗 33 的另一端为物料进出口 6；

所述的固定中心轴 32 上安装有换热器流体输入管 13、换热器流体输出管 16、发酵罐流体输入管 21、浸取液输出管 34、传感器及开有出气口 25；

所述的换热器流体输入管 13 和换热器流体输出管 16 分别与主发酵罐 1 内的换热器 12 连接，换热器流体输入管 13 与主发酵罐 1 外的载热流体输入阀门 14 连接，载热流体输入阀门 14 上连接有温度控制装置 A；

所述的换热器 12 内的换热蛇管 15 的两端分别与换热器流体输入管 13 和换热器流体输出管 16 连接。

所述的发酵罐流体输入管 21 一端与主发酵罐 1 内部为一带有流体出口的流体输入分布管 22 连接，流体输入分布管 22 为刚性，长度略短于罐体，内有流体导向隔栅 23 的管体；另一端连接灭菌气体输入阀门 17、接种液阀门 20、进气阀门 27、补料阀门 28、浸取液阀门 29，灭菌气体输入阀门 17 与灭菌气体压力控制装置连接，进气阀门 27 与压力输入控

制装置连接；

所述的出气口 25 一端安装于固定中心轴 32 上，主发酵罐 1 外的一端连接有出气阀门 26，其上连接压力输出控制装置 C；

所述的物料输入输出装置是在主发酵罐 1 内部的物料进出口 6 的一端安装固定螺旋叶片 11；

所述的浸取液输出管 34 在主发酵罐 1 内部的一端装有滤膜 30，另一端连接有液泵 31；

所述的传动装置是在发酵罐外侧安装有环形齿轮 10，环形齿轮 10 与驱动电机 8 的主动轮 9 啮合；

主发酵罐 1 在驱动电机 8 的带动下能够顺时针或逆时针转动，配合物料进出口 6 的固定螺旋叶片的方向，可以实现物料的自动装载、出料及混匀。

所述的控制装置是在固定中心轴 32 上安装有温度控制传感器 A、灭菌气体压力控制传感器 B、压力输出控制传感器 C 和压力输入控制传感器 D。

所述的流体输入分布管 22 上有流体出口 24，使输入的流体能够在发酵罐中沿轴向均匀分布于罐体中。输入的流体可以为气态或液态。流体输入管道可以向反应器中运送蒸汽、臭氧或其他化学物质，用于发酵前后主反应器及其中物料的灭菌，还可以在发酵反应的任何阶段，向其中添加水、氧气或其他发酵所需物质。

为提高换热效率，本发明改变了通常的鼓风换热形式，在反应器内部安装有换热器，可载有冷或热流体，以传导方式加热或冷却物料，实现反应器内部温度精确控制，以达到不同微生物发酵的要求。反应器旋转带动物料动态混合，换热器在实现热交换的同时，还有助于物料混合均匀。

另外，该反应器还能够提供从微生物中提取有用物质的方式。从流体输入管道向发酵罐中运送提取液，可以在主反应器中实现微生物产物的提取。

所述的物料输入输出装置进一步有一进料斗 3 与物料进出口 6 对接，进料斗 3 的一端与一轨道 4 滑动连接，以便于控制进料斗的运行，进料斗 3 的另一端料斗下进料口 5 与物料进出口 6 对接。

所述的进料斗 3 的料斗下进料口 5 的管道内安装有料斗挡板 7。

所述的主发酵罐 1 的罐身为圆柱形，安放方式为卧式安放。

由于发酵罐 1 的一端为透明圆台形，所以可以观察反应器内部的情况，内部有固定螺旋叶片，为物料输入、输出装置。

所述的主发酵罐 1 可被进一步安放在转动支架 2 上。

本发明中的多功能固态发酵反应器的优点在于：

微生物发酵的所有操作，包括灭菌、接种、培养、产物分离以及分离后处理，均可以在本发明所述的反应器中完成；该反应器的主发酵罐设有固定中心轴 32，流体输入输出及各种控制系统均可以安装在固定中心轴上，另一端为圆台形视窗 33，可以观察发酵全过程；该反应器采用全密封操作，避免反应器内部及其中的物料与外环境接触，减少了染菌的可能性；利用本发明进行固态发酵可缩短微生物的生长延迟期，大大缩短了发酵周期；该反应器中的固态发酵物料动态混合，不易板结，通过进气、排气周期交替进行，实现气体传质，以传导方式实现温度控制，传质、传热均匀；并且在发酵周期中的任何阶段，都可以向反应器中补加液态料液；反应器内温度、湿度、压力等操作参数能够精确控制，大大提高固态发酵的产量和质量。

该反应器空间利用率高，生产成本低，可以用于多种微生物的固态发酵过程及微生物代谢产物的提取。

附图说明

图 1. 本发明的多功能固态发酵反应器侧视图；

图 2. 本发明的多功能固态发酵反应器主视示意图

图 3. 本发明的多功能固态发酵反应器的进料斗示意图；

图 4. 本发明的多功能固态发酵反应器的换热器结构示意图；

图 5. 本发明的多功能固态发酵反应器的流体输入分布管纵截面示意图；

图 6. 本发明的多功能固态发酵反应器的流体输入分布管横截面示意图。

附图标记

1. 主发酵罐　　2. 转动支架　　3. 进料斗　　4. 轨道

5. 料斗下进料口 6. 物料进出口 7. 料斗挡板 8. 电机
9. 主动轮 10. 齿轮 11. 螺旋叶片 12. 换热器
13. 换热器流体输入管 14. 载热流体输入阀门
15. 换热蛇管 16. 换热器流体输出管
17. 灭菌气体入口阀门 18. 法兰 19. 密封圈
20. 接种液阀门 21. 发酵罐流体输入管
22. 流体输入分布管 23. 流体分布隔栅
24. 分布管流体出口 25. 出气口 26. 出气阀门
27. 进气阀门 28. 补料阀门 29. 浸取液阀门
30. 滤膜 31. 液泵 32. 固定中心轴
33. 圆台视窗 34. 浸取液输出管
A：温度控制装置 B：灭菌气体压力控制装置
C：压力输出控制装置 D：压力输入控制装置

具体实施方式

下面结合附图 1～6 详细说明本发明的多功能固态发酵反应器的工作原理：

一金属多功能反应器的主发酵罐 1 安放于金属转动支架 2 上，该反应器的主发酵罐 1 设有固定中心轴 32，流体输入输出及各种控制系统均安装在固定中心轴 32 上。经过预处理的发酵物料装载入进料斗 3，通过进料斗轨道 4 移动，使下进料口 5 与主发酵罐 1 的物料进出口 6 配合，料斗挡板 7 打开，在电机 8 的驱动下，主动轮 9 带动发酵罐外齿轮 10，使发酵罐顺时针转动，螺旋叶片 11 将固态物料导入发酵罐中。发酵物料在静摩擦力的带动下，动态混匀，沿发酵罐轴向均匀分布。这时，换热器 12 的流体输入管 13 的阀门 14 打开，热流体进入换热器蛇管 15，由流体输出管 16 流出，以传导方式加热发酵罐及其中的物料，待温度升至预定温度，温度控制装置 A 作用阀门 14，保持发酵罐中的温度，灭菌气体（蒸汽、臭氧或其他灭菌气体）阀门 17 开启，压力逐渐升高，压力控制装置 B 作用使发酵罐内达到预设压力，法兰 18、密封圈 19 使发酵罐密闭，压力维持，灭菌气体对发酵罐内部及其中的物料进行灭菌。灭菌后通过换热器中冷热流体控制，使发酵罐内环境达到适宜温度，新鲜种

子菌液经由阀门 20 发酵罐流体输入管 21 及流体分布管 22，在隔栅 23 的导向作用下，沿轴向均匀分布，通过流体出口 24，流入主发酵罐内，实现接种。

发酵过程中，发酵罐内的温度通过换热器中的冷、热流体带走或带入热量，对发酵罐及其内部物料进行冷却或加热，同时发酵物料为动态，避免局部过热，以保持发酵罐内的温度在发酵各个阶段均能够精确控制在所需温度。

本发明所述的固态发酵反应器的固态物料的传质通过转鼓方式实现。在电机 8 的驱动下，主动轮带动从动轮，使发酵罐转动，从而使物料分散混匀，防止物料聚集结块。气体传质则通过压力周期变化来实现。在进气周期，压力输出控制装置 C 作用使出气口 25 的阀门 26 关闭，进气阀 27 在压力输入控制装置 D 作用下开启，经过滤后的新鲜无菌气体进入发酵罐。当表压到达预定值后，进气阀关闭，保持压力。然后出气阀门 26 开启，进入排气周期，反应器中的气体经过滤后排入空气中。通过压力及进气、排气周期性的变化，固态发酵反应器中的气体完成置换更新。

利用本发明的反应器，在发酵的任何阶段，均可以向反应器中补加液态物质。补料时阀门 28 开启，灭菌后的料液（水、化学物质、营养物质等）经由流体分布管沿轴向向发酵罐中均匀添加。

发酵过程结束后，利用本发明的反应器还可以进行生物活性物质的提取。浸取剂经由阀门 29 进入发酵罐，发酵罐转动使浸取剂与发酵结束后的物料充分混合，浸取液经过滤膜 30 由液泵 31 将其吸出。可通过聚碳酸酯材料做的圆台形视窗 33，观察发酵全过程。

发酵结束后，残渣灭菌。发酵罐逆时针旋转，将残渣导出发酵罐物料进出口 6，整个发酵周期结束。

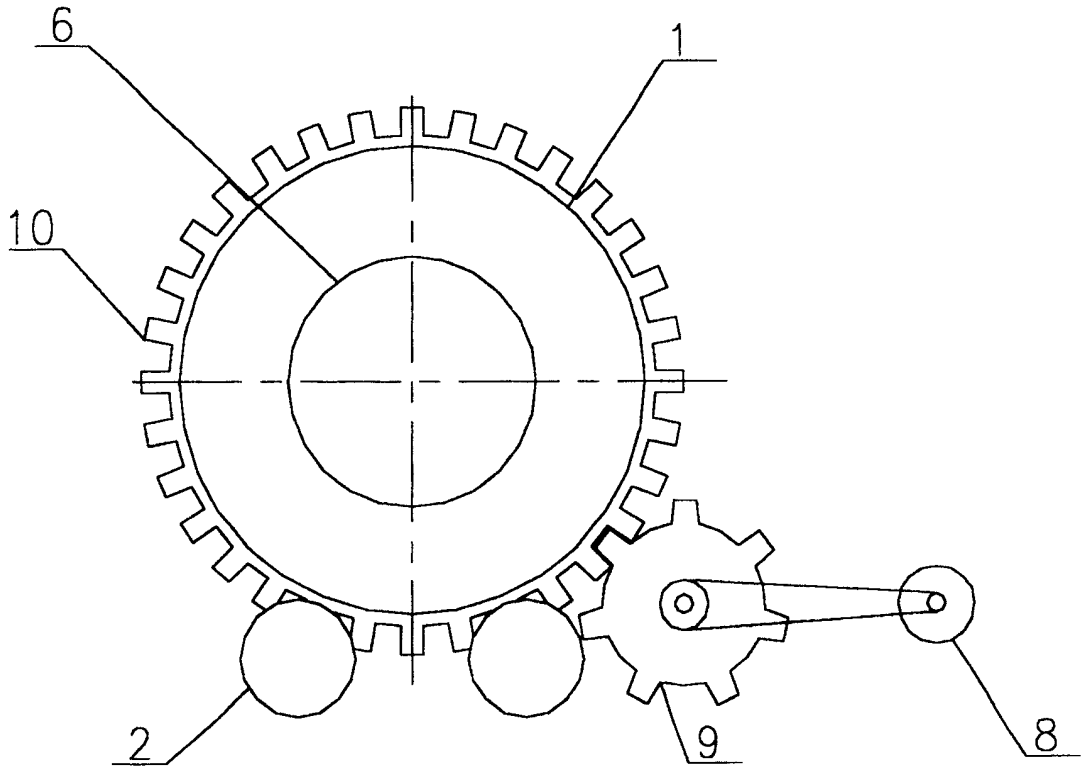


图 1

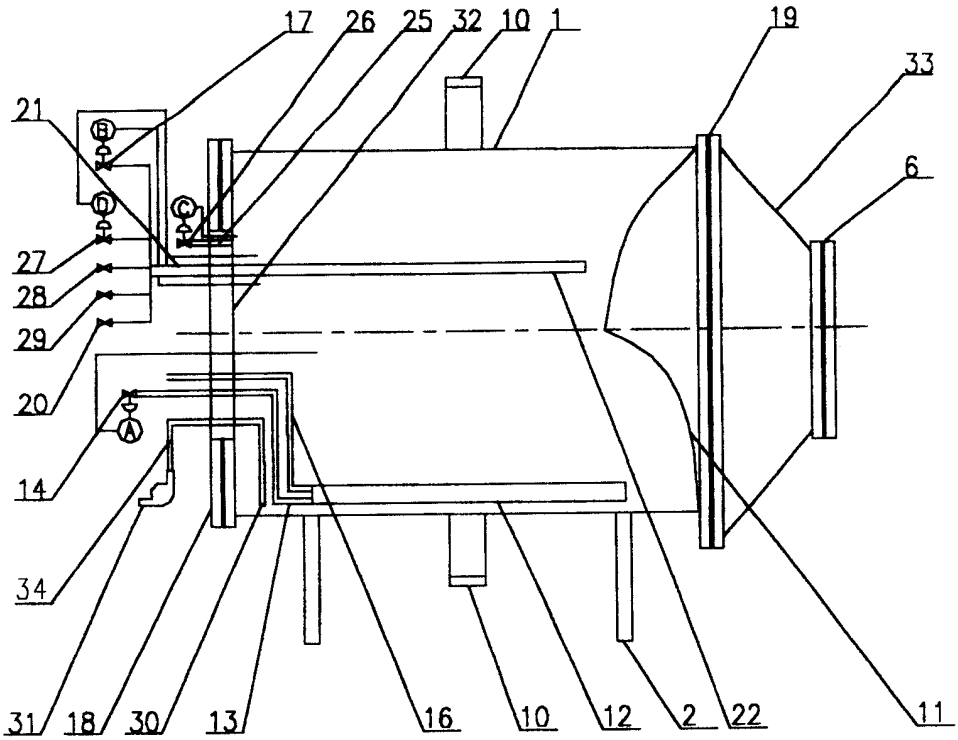

17
26
25
32
10
1
19
33
6
21
27
28
29
20
14
34
31
18
30
13
16
10
12
2
22
11

图 2

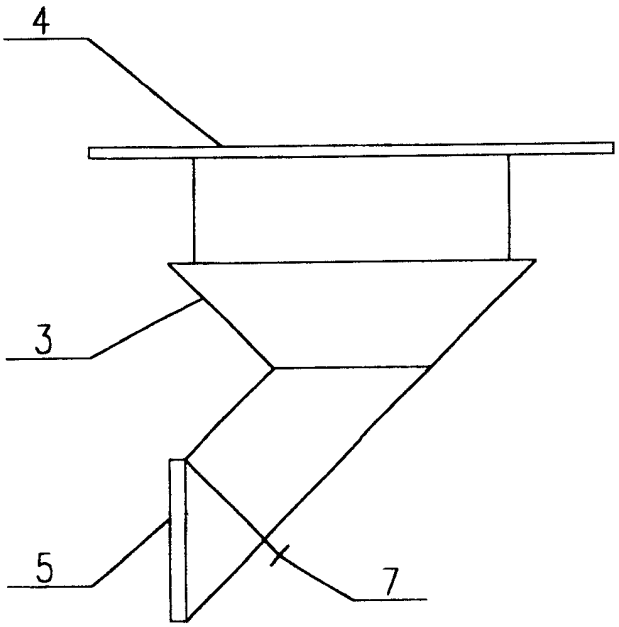

4
3
5
7

图 3

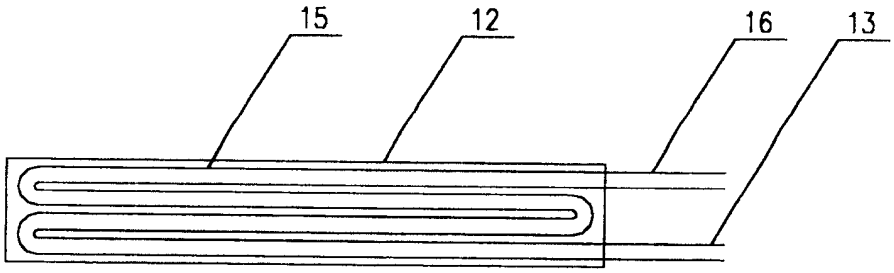


图 4

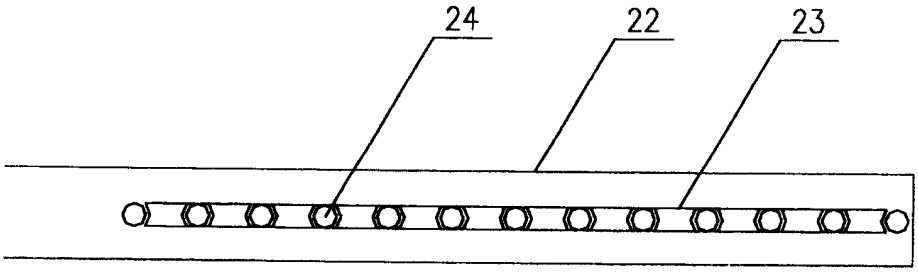


图 5

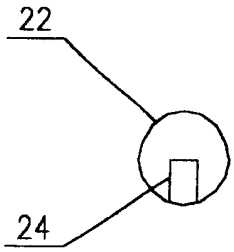


图 6