



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 112343600 A

(43) 申请公布日 2021.02.09

(21) 申请号 202011321320.9

(22) 申请日 2020.11.23

(71) 申请人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路800号

(72) 发明人 肖龙飞 杨建民 赵国成 吕海宁

魏汉迪 张念凡 胡经朝 杨显原

岳子钰 李琰

(74) 专利代理机构 上海伯瑞杰知识产权代理有限公司 31227

代理人 王一琦

(51) Int.Cl.

E21C 50/00 (2006.01)

B63C 11/52 (2006.01)

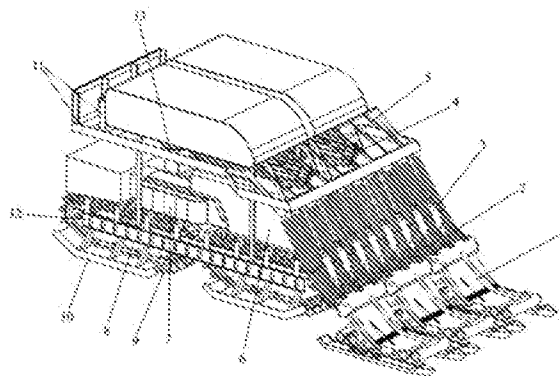
权利要求书2页 说明书8页 附图10页

(54) 发明名称

一种基于康达效应的新型海底集矿装备及其集矿方法

(57) 摘要

本发明涉及一种基于康达效应的新型海底集矿装备,包括自调节水力式集矿头、矿泥分离器、泥水分离器;自调节水力式集矿头通过液压缸伸缩可调节位于下部的曲面壁的曲率;喷射筒体的轴端通过一连杆固定于一摆动机构上,摆动机构可带动喷射筒体小幅摆动,进而使得喷口的朝向与集矿腔体入口相适应;矿泥分离器竖井后侧具有一用于矿石流出的竖井出口,竖井出口的下表面为倾斜向下;竖井内设置多孔挡板,多孔挡板也倾斜向下;矿泥分离器的出口通过潜水泵与泥水分离器的入口连接,泥水分离器出口还与水力式集矿头的入口连接。本发明的集矿性能稳定、集矿效率高、矿粒海泥分离率高,采矿作业对海底生态环境扰动较小。



1. 一种基于康达效应的新型海底集矿装备,其特征在于:

包括自调节水力式集矿头、矿泥分离器、泥水分离器;

所述自调节水力式集矿头包括一截面呈人字形的集矿腔体,所述集矿腔体上部为一对曲面壁(20),所述曲面壁(20)分为两段曲面单元,两段曲面单元中间由柔性连接层(19)相连;两段曲面单元之间由至少一液压缸(21)连接,通过液压缸(21)伸缩可调节位于下部的所述曲面壁的曲率;所述人字形的集矿腔体两端各设置一喷射筒体,所述喷射筒体上设有与集矿腔体入口对应的长条形状或长条形布置的喷口;所述喷射筒体与供水管路连通;所述喷射筒体的轴端通过一连杆固定于一摆动机构上,所述摆动机构可带动喷射筒体小幅摆动,进而使得所述喷口的朝向与集矿腔体入口相适应;

所述矿泥分离器包括一中空腔体,所述中空腔体横向形成一水平流道,一侧具有矿泥分离器入口(24)、另一侧具有矿泥分离器出口(26);中空腔体下方设有至少一竖井,竖井后侧具有一用于矿石流出的竖井出口(28),所述竖井出口(28)的下表面为倾斜向下;竖井内设置多孔挡板(29),所述多孔挡板(29)也倾斜向下,与竖井出口(28)的下表面衔接,且倾斜角度与竖井出口(28)的下表面相同;竖井底部为竖井入口(30),所述竖井入口为低速水流入口,通过一可调节流量的阀门与泥水分离器的出口相连接;

所述矿泥分离器的出口(32)通过潜水泵(40)与泥水分离器(41)的入口连接,所述泥水分离器(41)出口还与水力式集矿头的入口连接。

2. 如权利要求1所述的基于康达效应的新型海底集矿装备,其特征在于:所述摆动机构包括液压旋转机构(16),所述液压旋转机构(16)通过其输出轴带动锥齿轮(16a)转动,通过锥齿轮(16a)带动齿轮(16b)转动,所述连杆与所述齿轮(16b)相对固定。

3. 如权利要求2所述的基于康达效应的新型海底集矿装备,其特征在于:一对液压旋转机构(16)设于集矿腔体的前后两侧,分别控制一侧的喷射筒体的摆动,各自的油管及信号线沿所述集矿腔体的前后两侧的方向向上延伸。

4. 如权利要求2所述的基于康达效应的新型海底集矿装备,其特征在于:所述自调节水力式集矿头还包括泥橇板(23),所述泥橇板(23)位于集矿腔体下方,并通过减震装置(22)与集矿腔体连接;所述减震装置(22)为沿泥橇板(23)长度方向设置的可多点调节的主动式减震调节装置和被动式减震调节装置;所述主动减震调节装置为刚性的伸缩部件,所述伸缩部件通过伸缩调节所在点位下泥橇板(23)上端与集矿腔体下表面之间的间距;伸缩调节后可锁定;所述被动式减震调节装置为弹簧组件,所述弹簧组件通过弹性伸缩调节所在点位下对于集矿腔体的支撑力;在主动减震调节装置后集矿头进入被动式调节模式,实现行进过程中的集矿头能够动态实时地贴靠海床表面,对海底地形变化进行自适应。

5. 如权利要求1所述的基于康达效应的新型海底集矿装备,其特征在于:所述泥水分离器主体为一中空的箱体,纵向一端为泥水分离箱入口(31),另一端为泥水分离箱出口(32);所述箱体的底板可打开,以使箱体中积累的海泥颗粒每隔一段时间排放至海底表面;箱体内部迎流方向交错设置两排或多排U型挡板(33),使得海泥颗粒在U型挡板(33)的作用下沉降;所述U型挡板(33)在宽幅方向上错开设置;所述竖井出口(28)的部位向下具有一漏斗形的矿石落口,所述矿石落口与矿物输送装置(44)的入口连接,所述矿物输送装置(44)内具有皮带轮输送机构;所述多孔挡板(29)与所述竖井出口(28)的下表面位于同一平面。

6. 如权利要求1所述的基于康达效应的新型海底集矿装备,其特征在于:所述矿泥分离

器宽幅方向具有两个或多个矿泥分离器入口(24)。

7.一种权利要求1-8中任意一项所述的基于康达效应的新型海底集矿装备的集矿方法,其特征在于:

当所处海底矿区洋流较小、对生态保全要求相对较低且矿粒埋没较深时,通过增大前后喷口与与水平线之间的夹角及曲面壁曲率,来增加矿石颗粒采集率;

当矿区所处位置洋流较大、对海底生态保全要求较高、矿石颗粒埋没深度较低、海床表面沉积物松软易扩散时,通过减小前后喷口与水平线的射流夹角及曲面壁曲率,在保证采集率的情况下降低对海床附近扰动。

8.如权利要求9所述的基于康达效应的新型海底集矿装备的集矿方法,其特征在于:

集矿头离底高度通过可调节支撑高度的减震装置先后实现主动式和被动式调节:

通过主动减震调节装置主动式调节实现集矿头作业过程中离底高度的实时控制;

在锁定主动减震调节装置后由被动式减震调节装置实施被动式调节。

一种基于康达效应的新型海底集矿装备及其集矿方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种海底集矿装备,具体来说,是一种基于康达效应的新型海底集矿装备及其集矿方法,属于流体机械、海底集矿技术领域。

背景技术

[0002] 在目前已有的海底集矿车系统中,主要采用机械式、水力式、复合式三种集矿方法,由于机械式集矿方法使用长的链斗或海底机器人直接从海底铲取矿物,对海底扰动很大,且工作效率受到严重的限制。当前的水力式集矿方法主要有双排水射流冲采和基于康达效应采集两种,前者使用高速水射流冲刷海底,从而将矿石冲起并收集,该方法同样会对海底造成较大的扰动,对海底脆弱的生态环境造成一定程度的破坏;而后者作为一种利用近集矿头壁面低压区,在不直接冲刷海床表面的情况下相对柔和地采集矿石颗粒的方法,具有其他采矿方式无可比拟的优点。该方法基于康达效应,即贴壁射流具有沿着凸曲面壁运动的趋势,通过向凸曲面壁施加水射流,形成低压区,利用压力差产生提升力从而将矿石采集起来。虽然基于康达效应集矿头的概念很早就被提出,且已经过海试等实际验证切实可行,但当前基于康达效应原理设计的集矿头因缺乏对海底环境和具体工况参数变化的充分考虑,在实际作业时,仍存在一些不足之处。而且现有的海底集矿装备不具备矿泥、泥水分离系统,它们通常将含有海底沉积物颗粒的混合物直接排出集矿机外,从而对周围的海底生态环境造成剧烈扰动。另有少数海底集矿系统具有矿物-海泥分离水箱,其内部利用滤网使得矿物和泥水混合物分离,这种方法虽然实现了矿粒、海泥、水的分离且减小了对海底环境的破坏,但这种方法对矿粒和泥水混合物的分离不彻底,而且该方法很难应用于高采集能力的持续性作业。

[0003] 具体来说,现有技术中的海底集矿装备具有以下不足:

[0004] 1) 现有海底集矿车的集矿头对地形变化敏感,在复杂海底地形上的矿粒采集受限,且对海底环境的扰动大。现有海底集矿车上集矿头的离底高度(集矿头底部与海床表面之间的距离)为主动式调节,通过液压机构来调节集矿头离底高度有一定延迟。在集矿车行进过程中车体较长,微小的纵倾都会引起集矿头离底高度较大的变化,并且海底地形也有一定起伏,现有技术很难满足集矿头在行进中始终贴靠海床表面,因此难以完成复杂地形上的矿粒采集作业。另外,集矿头离底高度也会对矿粒的采集率以及对海床表面沉积物扰动产生显著的影响。

[0005] 2) 现有海底集矿装备上采用的基于康达效应的集矿头,其射流角度与曲面壁的曲率半径均不可调节,因此矿粒采集率较低。目前在基于康达效应的集矿头方案中,前后射流喷口是固定在集矿头上的,且射流角度固定,无法根据工况参数变化做出适应性调节,这样容易诱发水力采集过程对海底扰动过大等隐患以及采集率过低等问题。而且集矿头内曲面壁的曲率半径也不可调节,这同样使得集矿头的形态无法根据工况参数进行适应性的变化,以致无法获取集矿效率与效益的最大化。

[0006] 3) 现有海底集矿装备的泥水分离系统无法加速海泥的絮凝沉降,且对矿粒、海泥、

水的分离不彻底(分离率低),甚至仅能实现矿粒与泥水混合物的分离。现有海底集矿装备的泥水分离系统采用自然沉降方法,通过降低流速使得海泥依靠重力进行自然沉降。由于海泥的絮凝率受泥水混合物浓度的影响较大,一般来说混合物浓度越高,海泥越容易絮凝沉降,而现有方案仅靠降低流速很难实现海泥的快速沉降,且这种只让泥水混合物进行一次分离的做法,在短时间内的分离效果并不理想。若将低浓度泥水混合物直接排放,则导致排出的海泥产生扬洒,对海底生态环境造成严重破坏。然而,仅考虑了矿石与泥水分离的集矿装置也很难在短时间内实现对矿粒与泥水混合物的彻底分离。

发明内容

[0007] 本发明旨在解决现有海底集矿装备中存在的集矿性能不稳定(地形适应性弱等)、集矿效率低、环境适应性差、矿粒海泥分离率低等问题,以及采矿作业对海底生态环境扰动大等问题。

[0008] 本发明采取以下技术方案:

[0009] 一种基于康达效应的新型海底集矿装备,包括自调节水力式集矿头、矿泥分离器、泥水分离器;所述自调节水力式集矿头包括一截面呈人字形的集矿腔体,所述集矿腔体上部为一对曲面壁20,所述曲面壁20分为两段曲面单元,两段曲面单元中间由柔性连接层19相连;两段曲面单元之间由至少一液压缸21连接,通过液压缸21伸缩可调节位于下部的所述曲面壁的曲率;所述人字形的集矿腔体两端各设置一喷射筒体,所述喷射筒体上设有与集矿腔体入口对应的长条形状或长条形布置的喷口;所述喷射筒体与供水管路连通;所述喷射筒体的轴端通过一连杆固定于一摆动机构上,所述摆动机构可带动喷射筒体小幅摆动,进而使得所述喷口的朝向与集矿腔体入口相适应;所述矿泥分离器包括一中空腔体,所述中空腔体横向形成一水平流道,一侧具有矿泥分离器入口24、另一侧具有矿泥分离器出口26;中空腔体下方设有至少一竖井,竖井后侧具有一用于矿石流出的竖井出口28,所述竖井出口28的下表面为倾斜向下;竖井内设置倾斜向下的多孔挡板29,所述多孔挡板29也倾斜向下,与竖井出口28的下表面衔接,且倾斜趋势与竖井出口28的下表面相同;竖井底部为竖井入口30,所述竖井入口为低速水流入口,通过一可调节流量的阀门与泥水分离器的出口相连接;所述矿泥分离器的出口32通过潜水泵40与泥水分离器41的入口连接,所述泥水分离器41出口还与水力式集矿头的入口连接。

[0010] 优选的,所述摆动机构包括液压旋转机构16,所述液压旋转机构16通过其输出轴带动锥齿轮16a转动,通过锥齿轮16a带动齿轮16b转动,所述连杆与所述齿轮16b相对固定。

[0011] 进一步的,一对液压旋转机构16设于集矿腔体的前后两侧,分别控制一侧的喷射筒体的摆动,各自的油管及信号线沿所述集矿腔体的前后两侧的方向向上延伸。

[0012] 进一步的,所述自调节水力式集矿头还包括泥橇板23,所述泥橇板23位于集矿腔体下方,并通过减震装置22与集矿腔体连接;所述减震装置22为沿泥橇板23长度方向设置的可多点调节的主动式减震调节装置和被动式减震调节装置;所述主动减震调节装置为刚性的伸缩部件,所述伸缩部件通过伸缩调节所在点位下泥橇板23上端与集矿腔体下表面之间的间距;伸缩调节后可锁定;所述被动式减震调节装置为弹簧组件,所述弹簧组件通过弹性伸缩调节所在点位下对于集矿腔体的支撑力;在主动减震调节装置后集矿头进入被动式调节模式,实现行进过程中的集矿头能够动态实时地贴靠海床表面,对海底地形变化进行

自适应。

[0013] 优选的,所述泥水分离器主体为一中空的箱体,纵向一端为泥水分离箱入口31,另一端为泥水分离箱出口32;所述箱体的底板可打开,以使箱体中积累的海泥颗粒每隔一段时间排放至海底表面;箱体内部迎流方向交错设置两排或多排U型挡板33,使得海泥颗粒在U型挡板33的作用下沉降;所述U型挡板33在宽幅方向上错开设置;所述竖井出口28的部位向下具有一漏斗形的矿石落口,所述矿石落口与矿物输送装置44的入口连接,所述矿物输送装置44内具有皮带轮输送机构;所述多孔挡板29与所述竖井出口28的下表面位于同一平面。

[0014] 优选的,所述矿泥分离器宽幅方向具有两个或多个矿泥分离器入口24。

[0015] 一种上述任意一项所述的基于康达效应的新型海底集矿装备的集矿方法,当所处海底矿区洋流较小、对生态保全要求相对较低且矿粒埋没较深时,通过增大前后喷口与与水平线之间的夹角及曲面壁曲率,来增加矿石颗粒采集率;当矿区所处位置洋流较大、对海底生态保全要求较高、矿石颗粒埋没深度较低、海床表面沉积物松软易扩散时,通过减小前后射流喷口与水平线的夹角及曲面壁曲率,在保证采集率的情况下降低对海床附近扰动。

[0016] 优选的,集矿头离底高度通过可调节支撑高度的减震装置先后实现主动式和被动式调节:通过主动减震调节装置主动式调节实现集矿头作业过程中的离底高度;在锁定主动减震调节装置后由被动式减震调节装置实施被动式调节。

[0017] 本发明的有益效果在于:

[0018] 1) 集矿头吸口人字形双侧曲面壁射流设计:在吸口两侧的前后喷口均相切于一段用于产生表面射流的曲面壁,产生的双向对冲的近壁面射流可显著增加采集率,让矿粒更易被提升采集。由于康达效应产生的集矿流场具有近壁面处流速大,远壁面处流速小的特殊性,集矿头在采集过程中将具有以下两个优点:a) 可通过控制集矿头离底高度、射流流量以及前后曲面壁的曲率,实现对不同大小矿粒的选择性采集,粒径较大的颗粒往往具有更高的采集效益成本,并且在基于康达效应集矿流场中大粒径矿粒会在更小的集矿射流流量下被采集;b) 由于处于海床表面的细微沉积物颗粒相比于矿粒,与有较大流速分布的曲面壁距离更远,根据康达效应集矿流场中流速沿着垂向向下快速衰减的特征,远壁面近海床表面处流速与射流流速比值很小。在对粒径较大矿粒选择性采集(即一定程度降低射流流量,放弃通过增加流量来采集低采集效益成本的小粒径矿粒)后,射流流速的显著降低会进一步地减小对海床表面细微沉积物颗粒的扰动,把集矿过程中的泥沙扩散降到最低;

[0019] 2) 采用水力集矿管前后均布置曲面壁的“人字形”结构,形成前后两排射流,可显著提高集矿头的矿粒采集效率。具体原理如下:相比于只有集矿头单侧布置有附壁射流,前后两排附壁射流的益处在于a) 可以有效防止矿粒在较大水平速度及自身惯性作用下,因快速通过集矿头,在集矿流场下受到的垂向力作用时间过短而不被采集的情况。后排射流可以降低矿粒的水平移动速度,增加矿粒停留在基于康达效应集矿流场中的时间,使得矿粒的垂向受力时间得到增加,获取更大的垂向动量,从而提高矿粒产生垂向运动的几率;b) 由后排射流喷嘴提供的反向水射流可引起矿粒向上偏转进入集矿管,相比于单一通过康达效应的吸附作用将矿粒提升,后排射流的布置可显著提高集矿头的单位能耗采集量,因而矿粒采集成本效益得到显著的提高。

[0020] 3) 自调节水力式集矿头射流角度姿态可根据沉积物矿料物理属性、工况参数变化

进行调节,从而实现精细化采矿作业,实现高采集率低扰动采集。还可通过对集矿头曲面壁的曲率调节,以提高海底采矿装备的环境友好性,在保证一定采集率的情况下对海床附近扰动降低到最小。

[0021] 4) 自调节水力式集矿头这种基于康达效应的曲面壁的设计呈现出特定集矿流场。集矿流场靠近壁面的流速大,靠近海底流速很小,这种特征带来两方面的好处:a、可通过控制集矿头离底高度、射流流量以及前后曲面壁的曲率,实现对不同大小矿粒的选择性采集。而基于康达效应集矿流场中大粒径矿粒会在更小的集矿射流流量下被采集,从而提高了矿粒采集的成本效益;b、由于处于海床表面的细微沉积物颗粒相比于矿粒距离有较大流速分布的曲面壁更远,在对粒径较大矿粒选择性采集(即一定程度降低射流流量,放弃通过增加流量来采集低采集效益成本的小粒径矿粒)后,射流流速的显著降低将进一步地减小对海床表面细微沉积物颗粒的扰动,把集矿过程中的泥沙扩散降到最低。

[0022] 5) 自调节水力式集矿头弹簧和泥橇板的设计将集矿高度控制在很小范围缓慢变化,可防止由集矿头高度快速变化引起的降低矿粒采集率的集矿流场中大尺度漩涡区的产生,进而使得集矿性能及采集率更加稳定。

[0023] 6) 矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统环保型设计。通过对矿物、海泥与水的逐步分离,可避免或减少海底沉积物颗粒的大规模扩散,进而有助于降低深海采矿作业对海底环境及周围生物聚落的影响。

[0024] 7) 矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统结构简单易实现。整个系统除水泵以外不需要设置其他运动机构,可靠性有保障。且所有功能均靠水泵驱动,无需外部能量输入。

[0025] 8) 矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统使用寿命长。因为锰结核不通过泵,对于离心泵而言可有效减缓叶轮及导叶的磨蚀,可延长水泵的使用寿命,降低装备的故障率,保障系统的可靠性。

[0026] 9) 矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统海泥分离充分。因为此设计能够以更长的海泥分离的时间来弥补分离器效率的不足,无需强制海泥在短时间内彻底分离,因此针对分离器效率的要求可降低。

[0027] 10) 矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统加快海泥絮凝沉降,减小扩散范围。泥水混合物的循环流动,增加了泥水分离箱内的混合物浓度,通过提高海泥的絮凝率,促使其快速沉降。高浓度的泥水混合物集体排放有利于减小排放物的扩散范围,极大地降低了对海底环境的扰动。

[0028] 11) 矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统能源有效利用。因为现有集矿方式需要耗费较高能量生成水射流,这些能量不仅无法充分利用,更成为海泥扩散的能量来源。本方案恰好能够将这部分能量回收利用,在集矿头附近再次生成水射流。

附图说明

[0029] 图1是重力式矿泥分离器结构示意图

[0030] 图2是U型槽泥水分离器结构示意图

[0031] 图3是矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统的循环式分离的流程示意图。

[0032] 图4是基于康达效应的新型海底集矿装备的三维图。

[0033] 图5是基于康达效应的新型海底集矿装备视角二下的三维图。

- [0034] 图6是基于康达效应的新型海底集矿装备视角三下的三维图。
- [0035] 图7是基于康达效应的新型海底集矿装备的侧视图。
- [0036] 图8是基于康达效应的新型海底集矿装备的主视图。
- [0037] 图9是基于康达效应的新型海底集矿装备的俯视图。
- [0038] 图10是自调节水力式集矿头的三维图。
- [0039] 图11是自调节水力式集矿头的侧视图。
- [0040] 图12是自调节水力式集矿头的主视图。
- [0041] 图13是自调节水力式集矿头的俯视图。
- [0042] 图14是重力式矿泥分离器的三维图。
- [0043] 图15是重力式矿泥分离器的侧视图。
- [0044] 图16是U型槽泥水分离箱的三维图。
- [0045] 图17是U型槽泥水分离箱的俯视图。
- [0046] 图18是矿石/海泥/水的循环式一体化分离系统的循环式分离的原理示意图。
- [0047] 图中,1-射流姿态自调节式集矿头;2-集矿管;3-大液压杆;4-法兰;5-水平流道;6-重力式矿泥分离器;7-U型槽泥水分离箱;8-泥橇-履带复合式行进机构;9-履带;10-大泥橇板;11-桁架;12-横撑;13-潜水泵;14-前喷口;15-前端供水管路;16-液压旋转机构;17-后喷口;18-后端供水管路;19-柔性连接层;20-曲面壁;21-小液压杆;22-可调节高度的减震装置;23-小泥橇板;24-矿泥分离器入口;25-矿泥分离器箱子外壳;26-矿泥分离器出口;27-竖井入口;28-竖井出口;29-多孔挡板;30-竖井;31-泥水分离箱入口;32-泥水分离箱出口;33-U形挡板;34-泥水分离箱底板;35-矿粒;36-集矿头;37-管道;38-流动方向;39-矿泥分离器;40-大型潜水泵;41-泥水分离箱;42-调节阀;43-给料机;44-矿物输送装置;45-海床表面。

具体实施方式

- [0048] 下面结合附图和具体实施例对本发明进一步说明。
- [0049] 本新型集矿装备主要包括基于康达效应的射流姿态自调节水力式集矿头模块(集矿车首部)、循环式泥水分离模块(集矿车主体)、泥橇-履带式行走模块(集矿车底部)。
- [0050] 集矿头是基于康达效应进行设计的,即贴壁射流具有沿着凸曲面壁运动的趋势,通过向凸曲面壁施加水射流,形成低压区,利用压力差产生提升力从而将矿石采集起来。
- [0051] 集矿头的具体结构参见图10;集矿头的曲面壁曲率可以根据具体作业工况和作业环境进行实时调节,在结核矿粒较小或海泥较为松软的情况下,采用小曲率模式来减弱康达效应的作用,防止过大的泥沙扰动;当颗粒较大,需要更大的提升力时,采用大曲率曲面壁增强康达效应,使得颗粒能够被有效地提升收集。本专利方案的集矿头采用双侧曲面壁设计,这与现有集矿装备的集矿头设计有显著的不同。这是为了在集矿管下方诱导形成双向对冲区,这种设计可以有效防止矿石颗粒在被前喷口射流水流裹挟下滚落到集矿头后方而不被采集到集矿管内,从而进一步提高了集矿稳定性和矿粒采集率。相比于现有技术方案,该集矿头的前后排射流口的射流角度可随液压旋转机构而改变,曲面壁可根据需要通过液压缸带动柔性连接层来获得不同的曲率。为了使集矿头具备针对各种工况参数(比如矿粒形状、大小、埋没深度、丰度等)的自适应能力,设计了由可调节支撑高度的减震装置连

接的泥橇板。在集矿头离底高度调节方面,首先会根据不同矿区位置的沉积物松软程度、矿粒大小,对可调节支撑高度的减震装置进行主动式地调节支撑高度,让离底高度控制在满足作业安全性要求、矿石采集效率与环境扰动之间平衡的范围。当根据沉积物矿粒物理参数确定最佳离底高度后,该装置将锁定高度调节模块,在弹簧自身具有一定的弹性刚度下实现有减震效果的小范围离地高度变化,使得集矿头的离底高度可以随地形变化而被动地做微小变化,从而达到被动式适应动态贴靠海床表面的目的。减震是为了让集矿头曲面壁与海床表面之间的高度变化相对柔和,从而让集矿流场相对稳定,不会因快速高度起伏形成大尺度漩涡降低矿石颗粒采集效果。另外,泥橇板前端为锥形结构,可以防止矿粒在集矿头前堆积或被泥橇板压入并埋没于深层沉积物内而导致采集率降低。

[0052] 该新型海底集矿装备的循环式泥水分离系统主要是通过重力式矿泥分离器和U型槽泥水分离器实现的。为了说明其内部结构的作业原理,二者的结构示意图参见图1和图2。

[0053] 如图1所示,重力式矿泥分离器主体为两个连续排列的T字形中空结构,可分为上部的水平流道与下部的竖井两部分,它是通过锰结核与海泥颗粒运动特性的差异来实现矿石和泥水混合物的分离。水平流道入口为锰结核与泥水混合物入口,通过管道与集矿头连接;出口为泥水混合物出口,并与泵连接;竖井内设置一排多孔挡板,可有效阻止锰结核通过;竖井出口为锰结核出口,并与输矿装置连接;竖井入口为低速水流入口,通过一可调节流量的阀门与泥水分离器相连接。通过选取适当的工作参数能够实现锰结核与海泥颗粒有效分离,从而显著提高矿物与泥水混合物的分离率。

[0054] 如图2所示,泥水分离器主体为一中空的箱体,两端上部分别与泥水混合物的入口与出口管道相连接,它是基于U型槽惯性分离器原理设计的。其内部迎流方向交错设置两排或多排U型挡板,使得海泥颗粒在U型挡板的作用下沉降,从而实现海泥与水分离的目的。U型挡板的数量、尺寸及布置间距将会对泥水分离效果产生一定影响。分离器底板可打开,以使分离器底部絮凝沉降的海泥每隔一段时间排放至海底表面,减小高浓度泥水混合物的扩散范围。

[0055] 继续参见图2,将重力式矿泥分离器与U型槽泥水分离器以一前一后的方式同时安装在海底集矿装车履带的上方,从而实现对矿粒、海泥、水的一体化分离。其中U型槽泥水分离器紧贴着履带布置,目的是降低海泥的下落高度,有效减小泥水的扩散范围。循环式泥水分离系统工作的流程如图3所示。

[0056] 图3为循环式泥水分离系统的工作流程图,图中的箭头走向代表了矿物和泥水混合物的流向,虚线框表示集矿机的内部。由于泥水混合物的形成总是由被集矿机采集到的海泥颗粒与周围的水共同参与,意味着在集矿过程中,集矿头周围的清水将持续与海泥颗粒混合,被“污染”后成为泥水分离器需要处理的对象,而水力集矿又需要借助流体作用力采集锰结核,因此本方案采用已经被“污染”的水代替清水参与集矿过程。循环式的泥水分离方案一方面通过增加泥水混合物的浓度来提高海泥的絮凝率,加速海泥絮凝沉降,从而减小其扩散范围,对海底生态环境有利;另一方面,多次的泥水循环弥补了短期内泥水无法充分分离的不足,实现泥与水的持续分离,提高泥水混合物的分离率。

[0057] 创新点1:集矿装备的集矿头采用双侧射流且曲面壁曲率与射流姿态均可调。集矿头吸口处的前后喷口均相切于一段用于产生表面射流的曲面壁,产生的双向对冲的近壁面射流可显著增加采集率,让矿粒更易被提升采集。射流角度姿态可根据沉积物矿料物理属

性、工况参数变化进行调节。前后段曲面壁的曲率可调,让集矿流场中的速度、压力分布能在一定范围内进行调节和优化,从而实现精细化采矿作业,实现高采集率低扰动采集。当所处海底矿区洋流较小对生态保全要求相对较低且矿粒埋没较深时,可通过增大前后喷口与与水平线之间的夹角及曲面壁曲率,来增加矿石颗粒采集率,当矿区所处位置洋流较大对海底生态保全要求较高、矿石颗粒埋没深度较低、海床表面沉积物松软易扩散时,可通过适当减小前后喷口与水平线的射流夹角及曲面壁曲率,在保证一定采集率的情况下将对海床附近的扰动降低到最小;

[0058] 创新点2:提高集矿作业稳定性的集矿头弹簧和泥橇板设计。

[0059] 弹簧和泥橇板的设计,使得集矿头离底高度通过可调节支撑高度的减震装置先后实现主动式和被动式调节,一方面通过主动式调节实现集矿头作业过程中的离底高度处在作业安全、采集率、环境扰动三者之间相平衡的最佳范围内;另一方面,在锁定减震装置支撑高度调节模块后,集矿头进入被动式调节模式,实现行进过程中的集矿头能够动态实时地贴靠海床表面,对海底地形变化进行自适应。将集矿高度控制在很小范围缓慢变化的有益效果是:可防止由集矿头高度快速变化引起的降低矿粒采集率的集矿流场中大尺度漩涡区的产生,而稳定的集矿性能及采集率要求流场平稳。

[0060] 创新点3:矿泥分离率高、海泥絮凝沉降快、环境扰动小的循环式矿石/海泥/水一体化分离方案。

[0061] 海底集矿装备创新采用循环式矿石/海泥/水的一体化分离设计方案,将矿泥分离器与泥水分离器集成在同一海底集矿机之上,形成一个能够同时实现矿泥分离与泥水混合物分离功能的一体化系统,可进行持续的分离与大流量排放。该方案通过对泥水混合物进行多次处理,以更多的处理次数、更长的分离时间来弥补由于集矿机体积的限制而无法提供足够空间供海泥颗粒充分沉降的不足。经过一次分离后的泥水,一小部分进入重力式泥沙分离箱竖井内,一旦锰结核在竖井内发生堵塞,通过调节阀门改变竖井内的流速使其产生流量脉冲,利用流量脉冲施加松动的作用力,以解除堵塞状态;剩余的一部分由循环管路流入集矿头的射流口,随矿粒的采集再一次进入集矿管道开始下一次矿泥与泥水分离。泥水混合物的循环流动一方面通过增加其在分离箱中的浓度,增大海泥的絮凝率,加快海泥絮凝沉降,从而可避免或减少海底沉积物颗粒的大规模扩散,进而有助于降低深海采矿作业对海底环境及周围生物聚落的影响;另一方面,循环流动使得泥水混合物的浓度增大,进一步提高了海泥与水的分离率。同时,本方案恰好能够将水射流的剩余能量回收利用,在集矿头附近再次生成水射流,且系统的所有功能均靠水泵驱动,无需外部能量输入,实现了节能高效的矿物-海泥-水分离作业。

[0062] 针对本申请的技术方案的实施,下面进行具体举例说明。

[0063] 如图4-9所示,本发明的新型海底集矿装备主要由基于康达效应的射流姿态自调节式集矿头1、重力式矿泥分离器6、U型槽泥水分离箱7以及泥橇-履带复合式行进机构8所组成,它们之间通过桁架11、横撑12、集矿管2、大液压杆3、法兰4以及各种加固零件等连接。

[0064] 从图10-13可以清晰地看出,后喷口17为平面矩形截面,喷口固定在一圆柱形腔体上,后端供水管路18向圆柱形腔体供水,从而形成平面射流。圆柱形腔体通过连杆与集矿头1主体连接,可根据需要调节后喷口17的位置以及喷口方向;相似地,前端供水管路15为前喷口14提供流量,前喷口14可在液压旋转机构16的控制下,调整位置和角度,前喷口14的射

流作用于曲面壁20是康达效应发生的最主要原因;小液压杆21可根据具体的工况需要调整行程,从而调节柔性连接层19,使曲面壁20的曲率半径产生局部改变,从而根据需要提供更大或更小的提升力;小泥橇板23通过三联可调节支撑高度的减震装置22与主体连接,可调节支撑高度的减震装置22具有一定的可变长度和弹性刚度,使小泥橇板23能基本保持与海底平行,当海底地形发生变化时,小泥橇板23可以在一定的范围内平移或旋转。

[0065] 结合图14-18,该新型海底集矿装备的循环式矿泥/泥水分离系统及采集作业的工作原理叙述如下:集矿头36贴近海床表面,大型潜水泵40工作时其内部形成一定强度的射流,将海床表面的锰结核吹出并使其随水流进入矿泥分离器入口24。当锰结核随水流到达矿泥分离器39上部的水平流道5时,因锰结核浮力与升力之和远小于自身重力,且管道足够长,因而落入竖井30并在多孔挡板29的引导下落入给料机43,储存一定量的矿粒后通过输送装置44连续输送至中继舱,进而送至水面船舶。而矿泥分离器39内的海泥颗粒由于难以沉降而随水流通过潜水泵40从矿泥分离器出口26进入泥水分离箱41。基于U型槽惯性分离器原因设计的泥水分离箱41,内部采用U形挡板33阻止泥水混合物中颗粒的运动,从而促进海泥颗粒的沉降。泥水分离箱41相当于对海泥颗粒进行过滤,然而流经一次的泥水混合物未能被完全分离,这部分泥水混合物有少部分通过调节阀42以较低的流速流入矿泥分离器39中,将竖井30内的海泥自下而上带入水平流道5内,防止其在竖井内沉积;此外,一旦锰结核在竖井内发生堵塞,可通过调节阀42控制竖井30内的流量使其产生流量脉冲,利用流量脉冲施加松动的作用力,以解除堵塞状态。其余大部分泥水混物流入集矿头36,再次参与集矿过程,最终形成循环。当泥水分离箱41底部的海泥浓度与沉积高度达到传感器测得的预定值时,将分离器箱体的底板34打开,使海泥缓慢排放到海床表面,从而减小对海底生态环境的破坏,同时可实现矿物、海泥、水的持续分离,且整个循环系统的结构简单易实现,分离率高而建造成本低,更重要的是还实现了能源的循环高效利用。

[0066] 总体来说,本发明的自调节水力式集矿头设计,增强了集矿头对地形、矿粒丰度、矿粒粒径大小等集矿环境参数变化的适应性。除此,对较大粒径矿粒进行选择式采集,显著提高采集成本效益,并将水力集矿过程对海底沉积物的扰动降低到最小。矿泥/泥水分离的循环式设计,一方面加速了海泥的絮凝沉降,有效减小高浓度泥水混合物的扩散范围;另一方面,实现持续分离,显著提高了矿泥/泥水分离率。

[0067] 以上是本发明的优选实施例,本领域普通技术人员还可以在此基础上进行各种变换或改进,在不脱离本发明总的构思的前提下,这些变换或改进都应当属于本发明要求保护的范围之内。

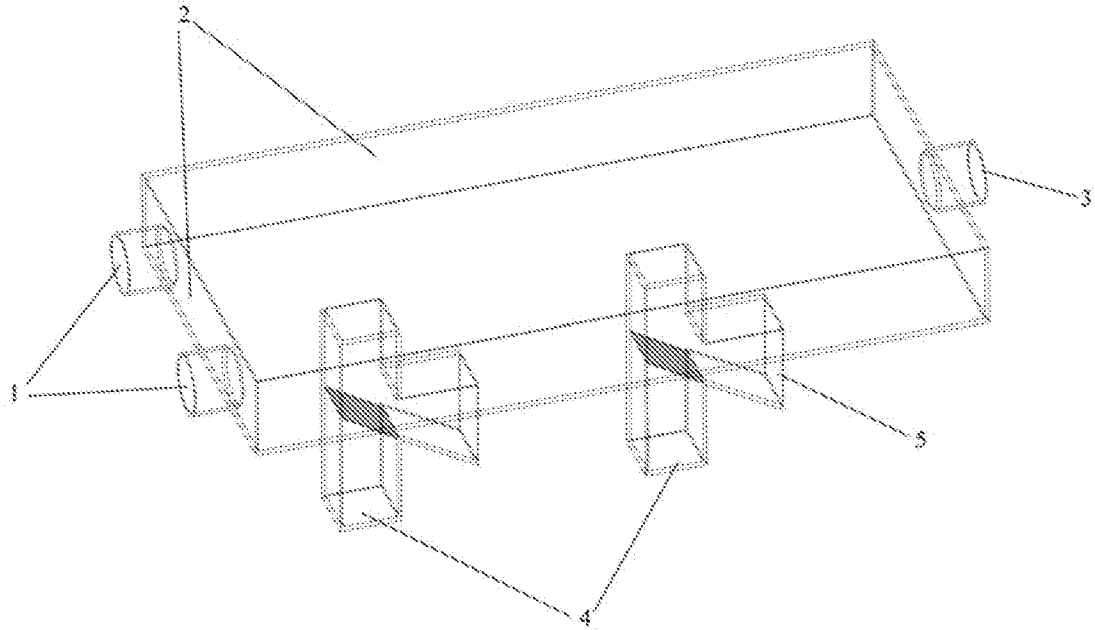


图1

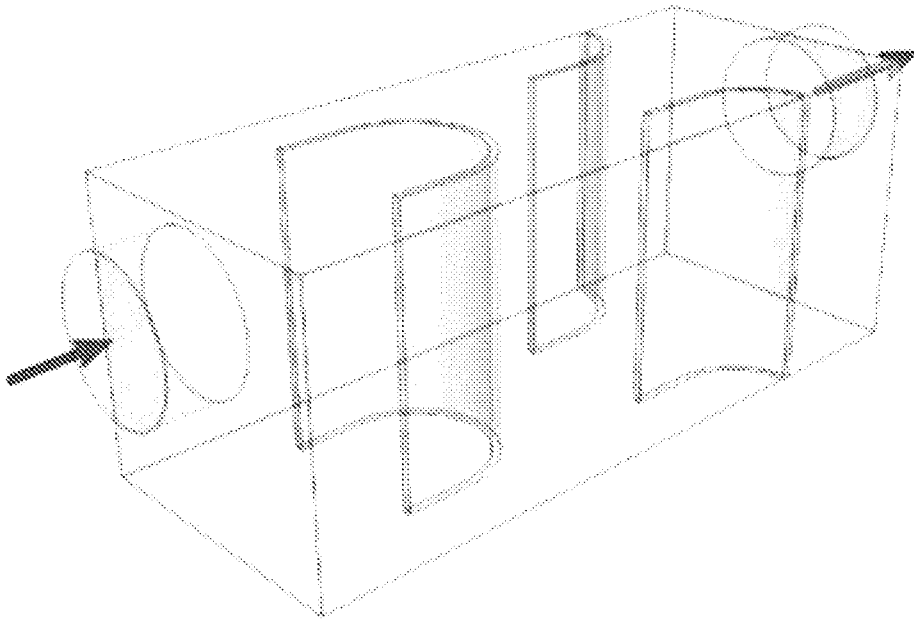


图2

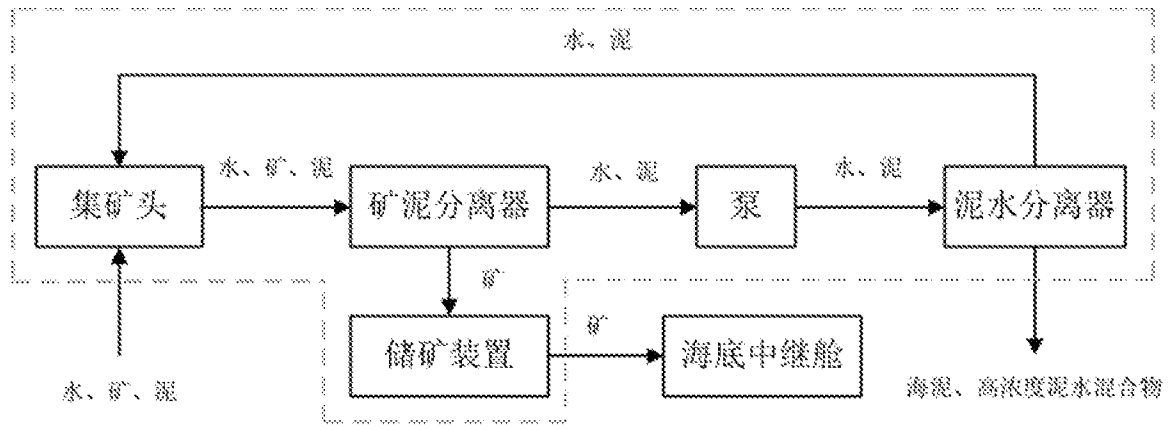


图3

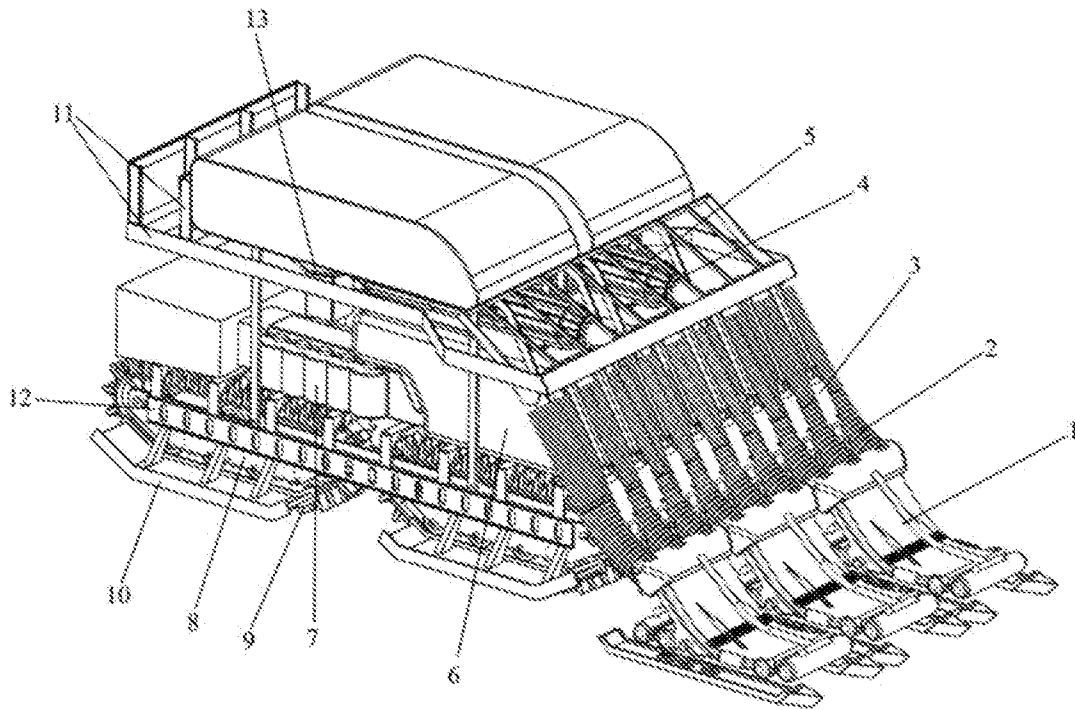


图4

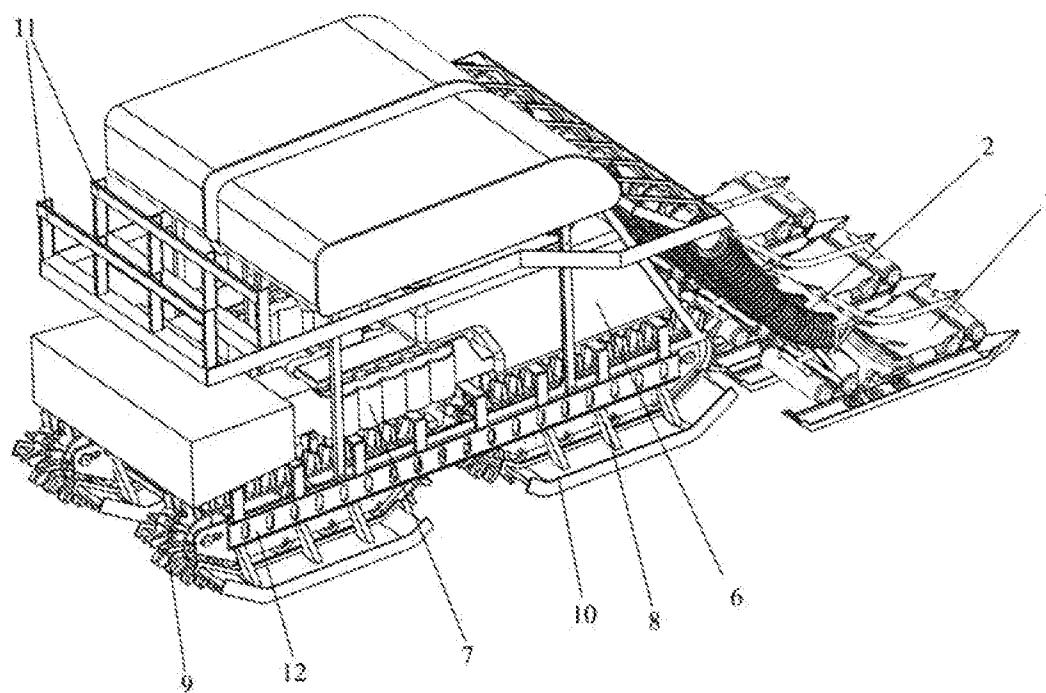


图5

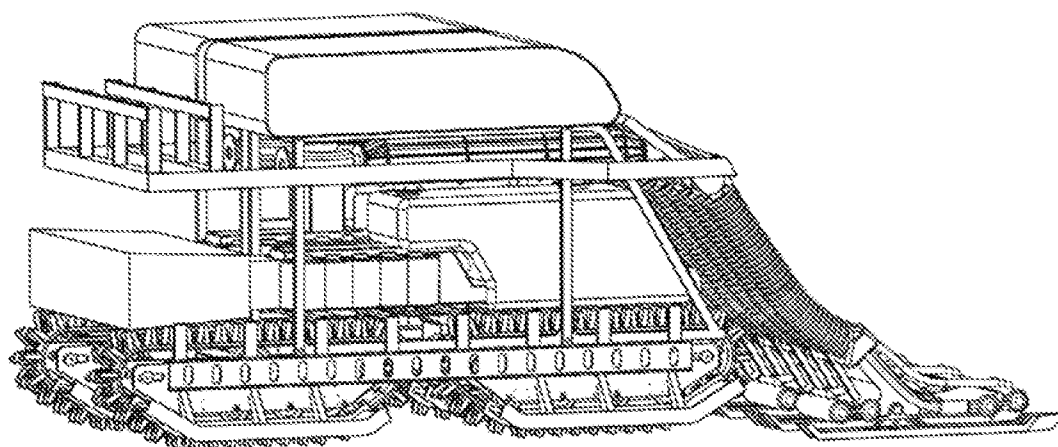


图6

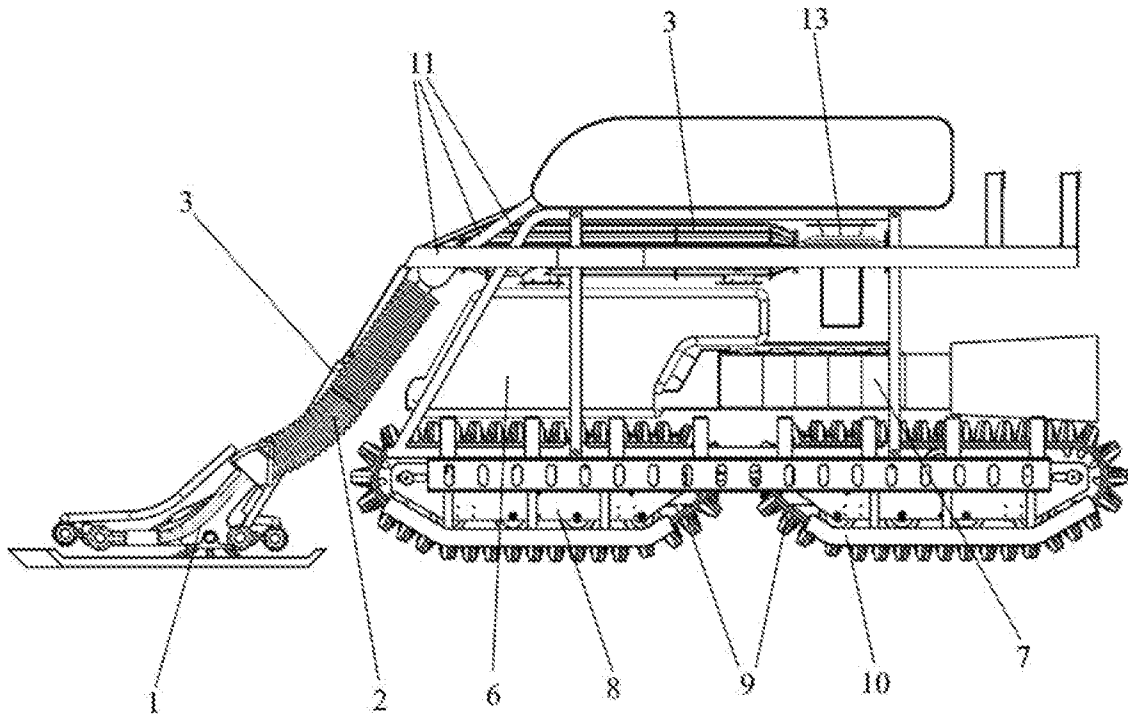


图7

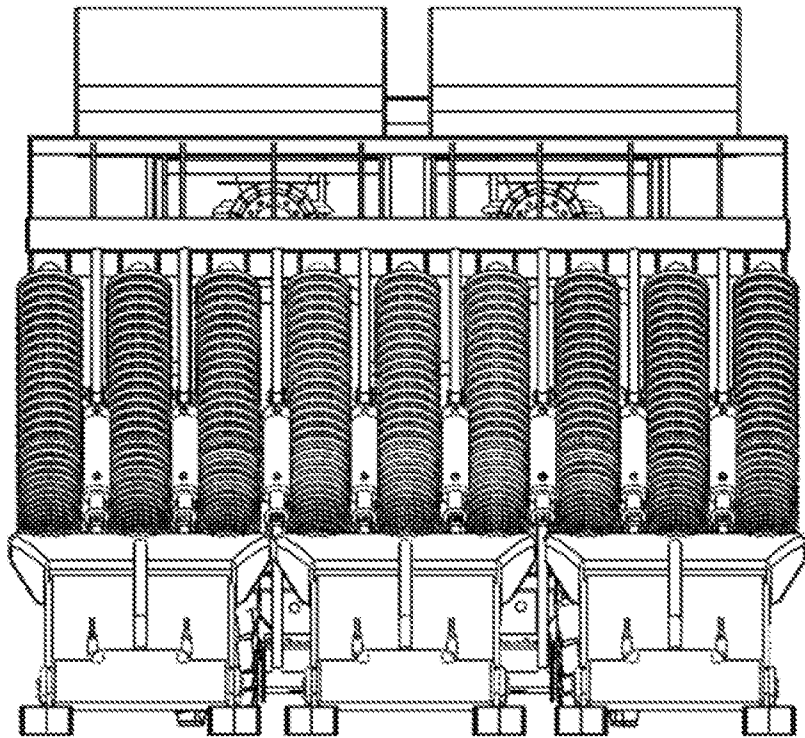


图8

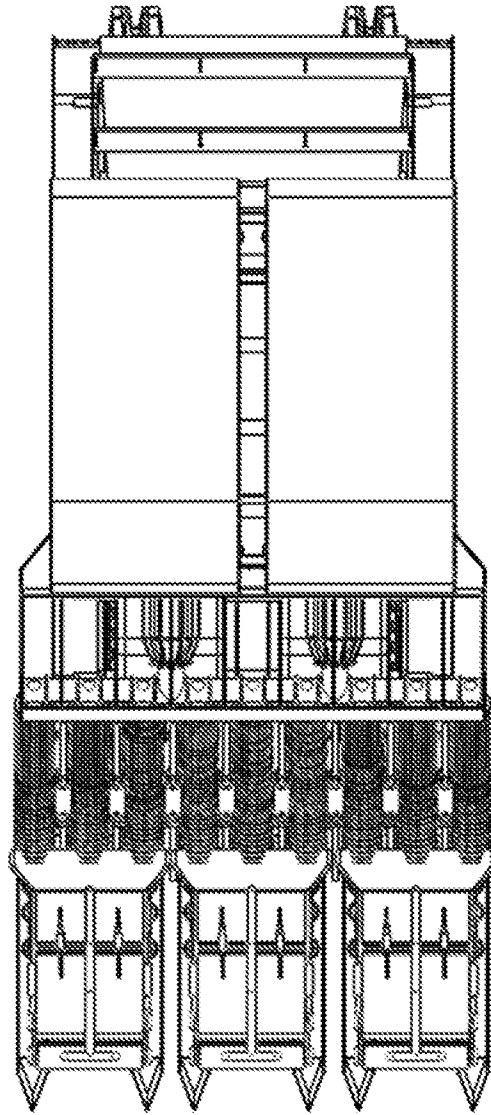


图9

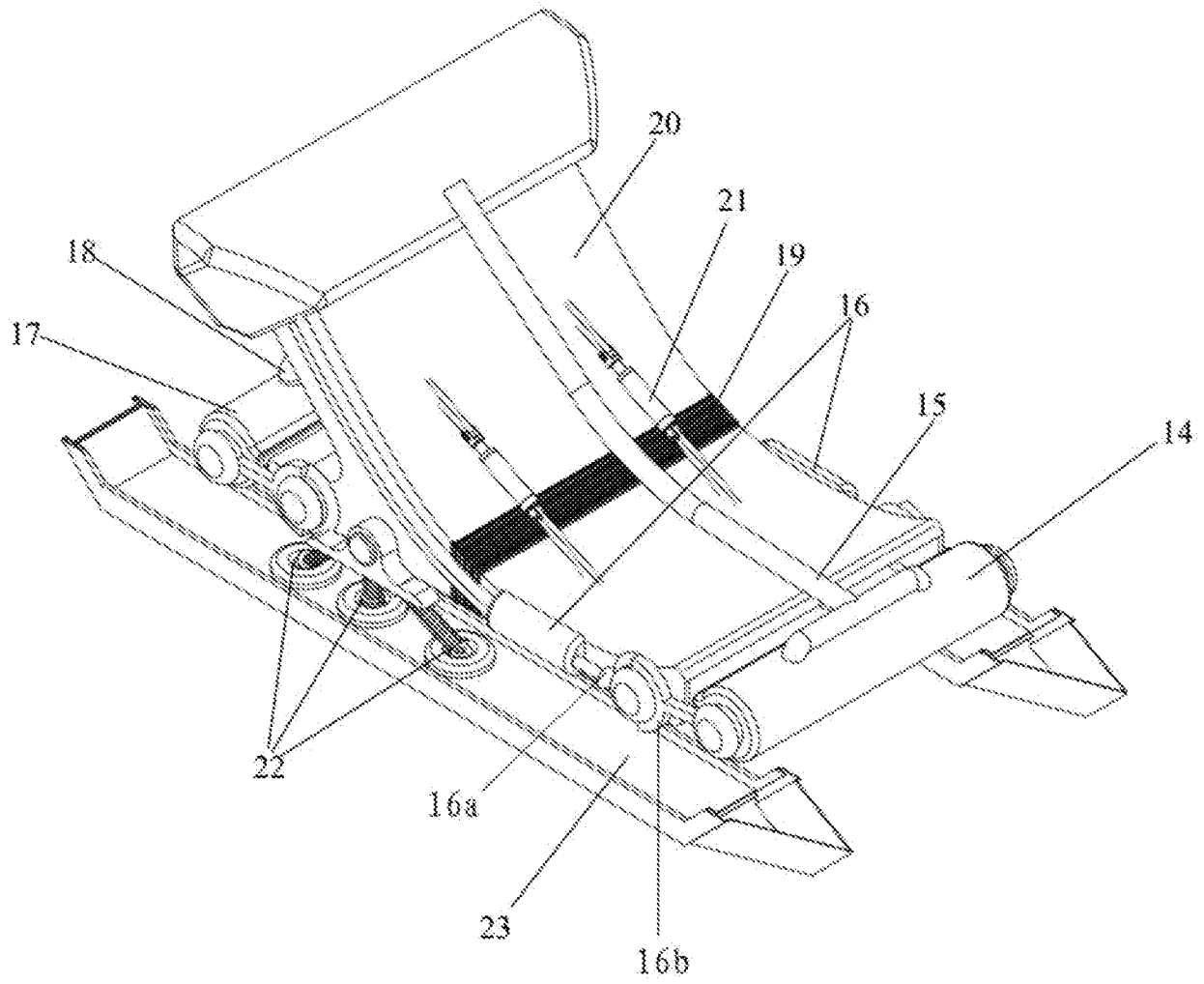


图10

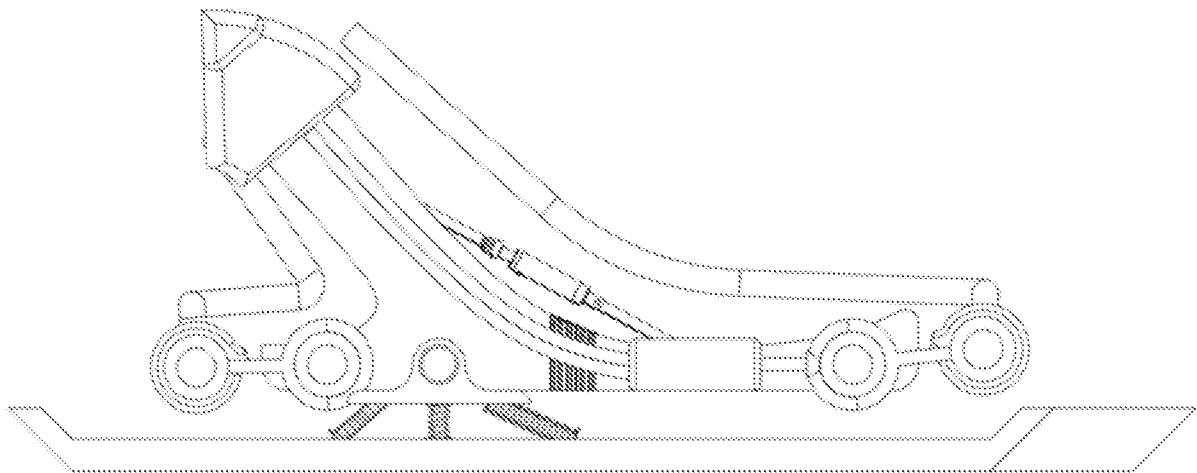


图11

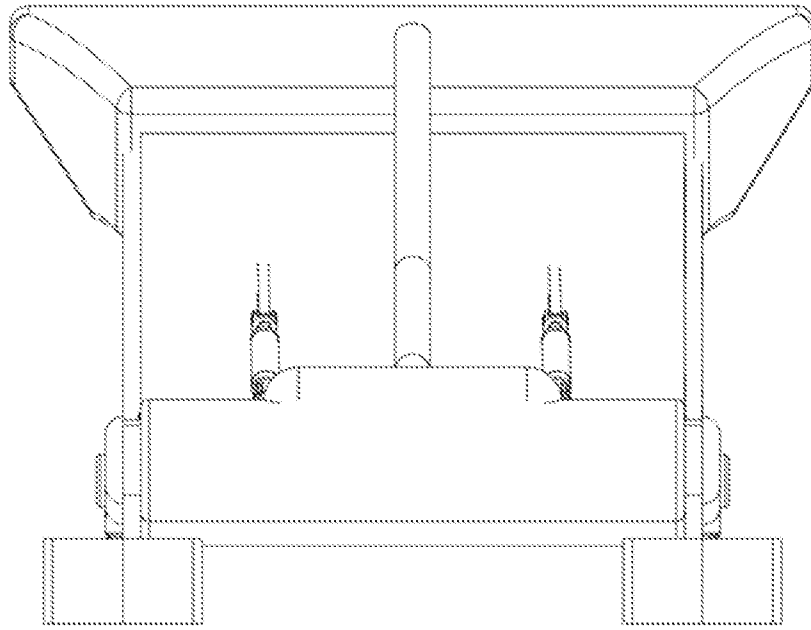


图12

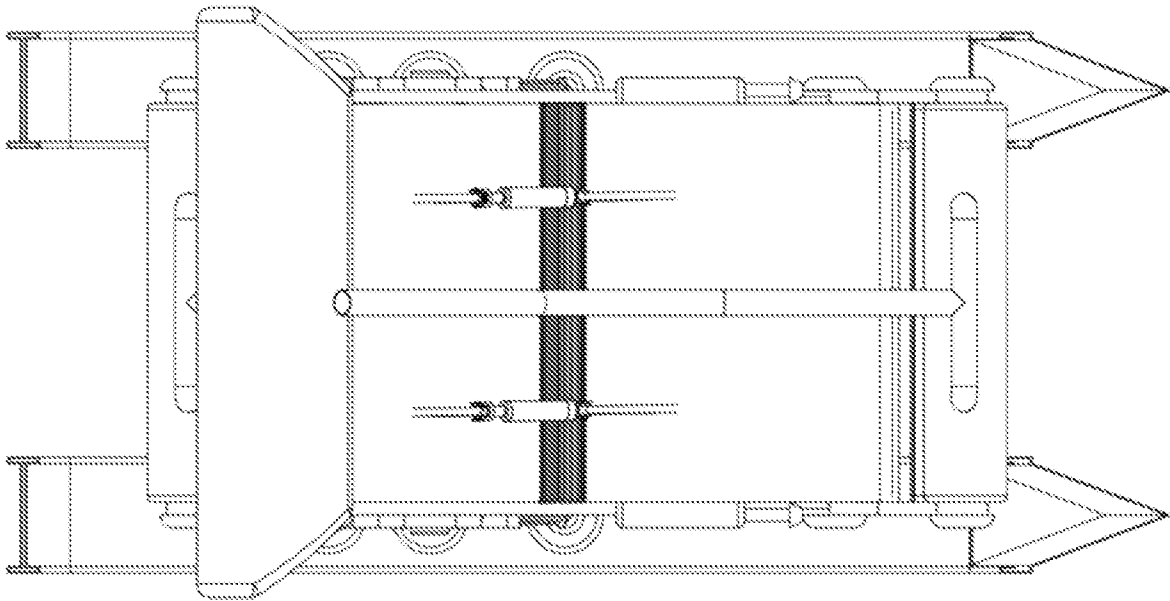


图13

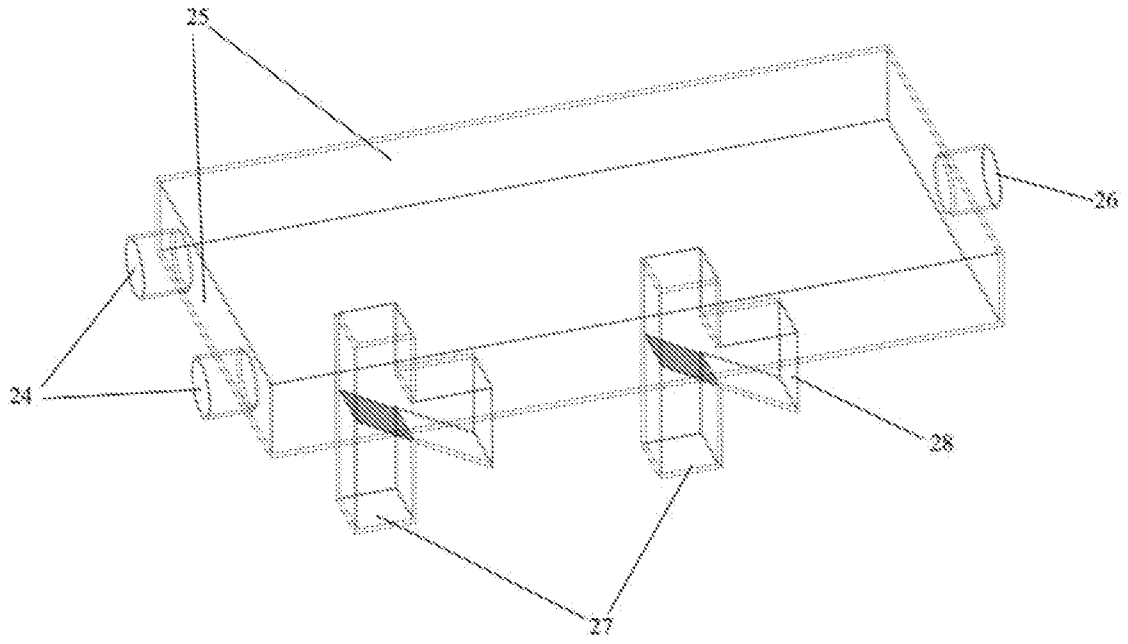


图14

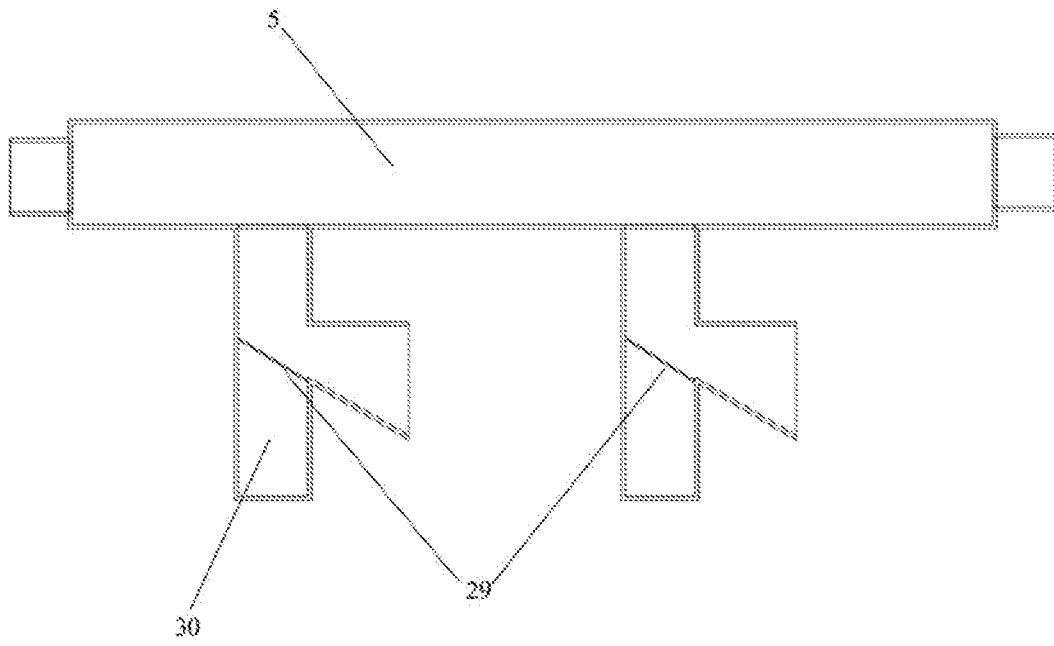


图15

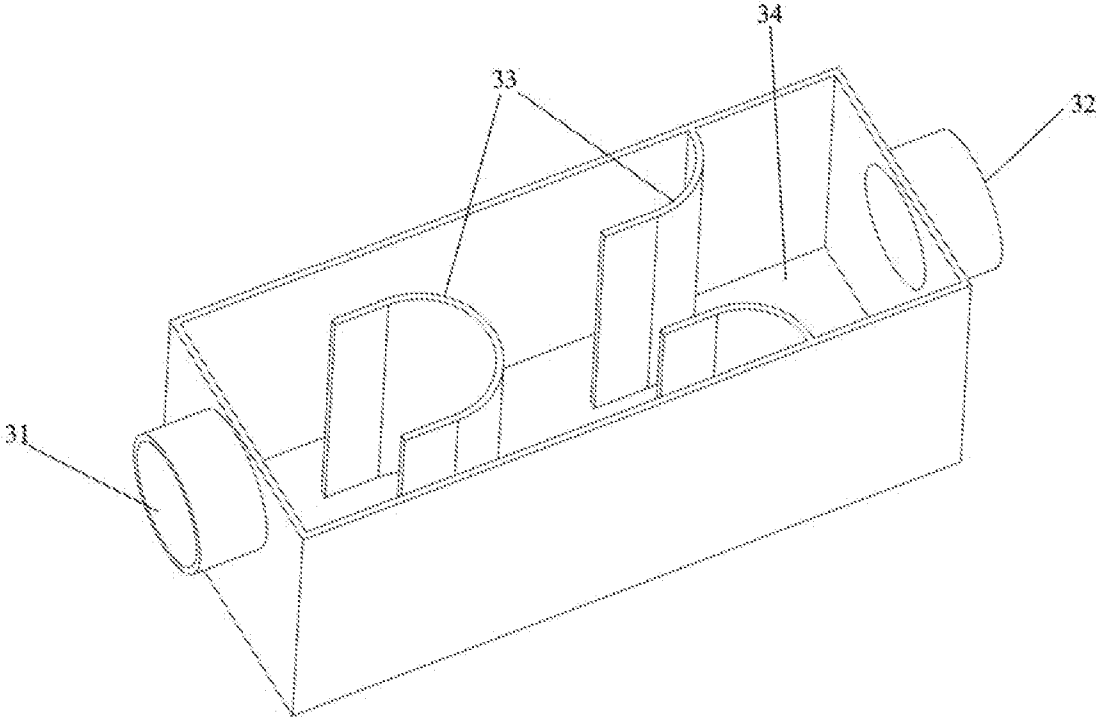


图16

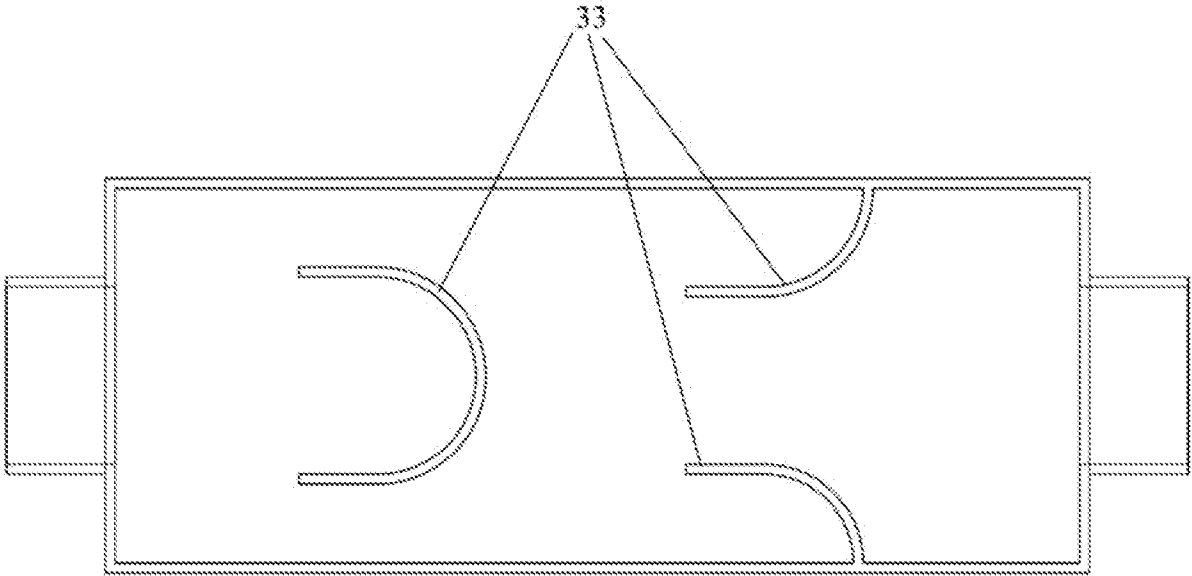


图17

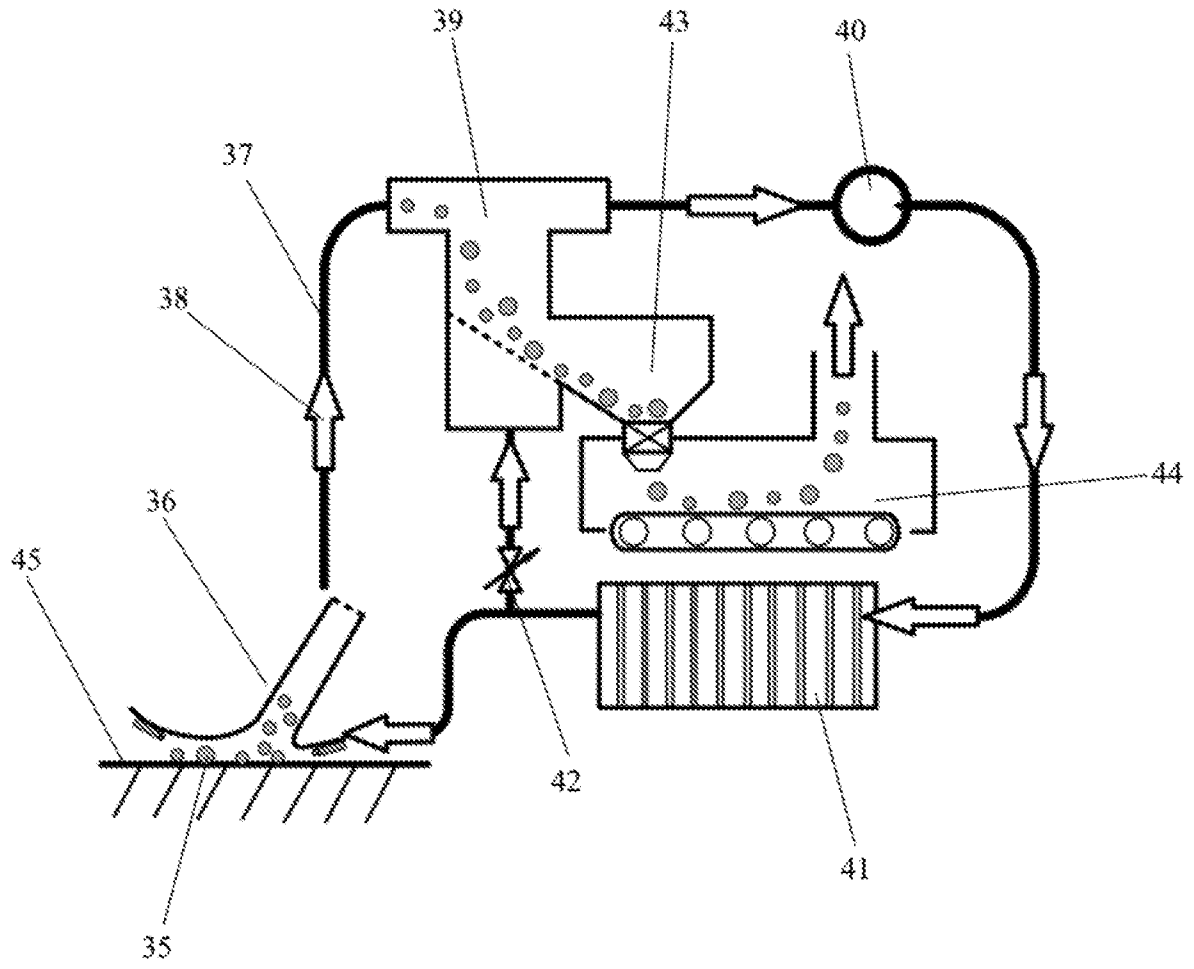


图18