



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102155195 A

(43) 申请公布日 2011.08.17

(21) 申请号 201110034476.3

G02B 1/10(2006.01)

(22) 申请日 2011.02.01

(71) 申请人 西北大学

地址 710069 陕西省西安市太白北路 229 号

(72) 发明人 白晋涛 张云博 陈浩伟 许冠军

陆宝乐 任兆玉

(74) 专利代理机构 西安恒泰知识产权代理事务

所 61216

代理人 王彩花

(51) Int. Cl.

E21B 43/11(2006.01)

E21B 43/119(2006.01)

E21B 21/16(2006.01)

G02B 7/198(2006.01)

G02B 1/11(2006.01)

权利要求书 2 页 说明书 5 页 附图 4 页

(54) 发明名称

一种石油井下多控制单元多光束激光射孔装置

(57) 摘要

本发明属于油井完井技术领域,具体涉及一种石油井下多控制单元多光束激光射孔装置。该装置主要包括激光源、高压气源和井下激光射孔器,激光源产生高能激光,井下激光射孔器包括多个排列有序的激光射孔装置,其控制高能激光进行石油井下射孔作业并控制高压气源所输出的气体在激光射孔装置中沿着激光出射的方向喷出,为激光射孔提供清洁的通道。本发明的装置同时控制多束高能激光进行石油井下射孔作业,射孔效率高,并且射孔深度深、射孔方向灵活可控、增加了地层渗透性,显著提高了油井产能。

1. 一种石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,包括激光源(1)、高压气源(2),其特征在于,该装置还包括井下激光射孔器(3),其中:

所述的井下激光射孔器(3)包括至少两组激光射孔单元,其中至少两组激光射孔单元依次连接,每组激光射孔单元包括至少两套激光射孔装置;

所述的每套激光射孔装置包括激光控制单元和气体清扫单元,激光控制单元与气体清扫单元连接;其中:

激光控制单元包括外壳(5)、光纤(4)和安装于外壳(5)内的聚焦透镜(6)、反射镜(7)及反射镜转动控制架(8);所述外壳(5)一侧壁上设有第一透光窗(9);所述光纤(4)一端经外壳(5)与外壳(5)内相通,另一端与激光源(1)连接;所述聚焦透镜(6)位于光纤(4)下方;所述反射镜(7)安装于反射镜转动控制架(8)上并位于聚焦透镜(6)下方,该反射镜(7)为俯仰角可变动的反射镜,且俯仰角变动时反射镜(7)面朝第一透光窗(9);

气体清扫单元包括高压气管(11)、固定外壳(13)、旋转外壳(14)和旋转外壳控制器(16);所述高压气管(11)一端经固定外壳(13)与气体清扫单元内部相通,另一端与高压气源(2)相连接;所述固定外壳(13)为具有敞口的壳体,在该敞口处安装有可相对于固定外壳(13)上下滑动的旋转外壳(14),该旋转外壳(14)上设有喷嘴(15),在与敞口所在侧壁相对的固定外壳(13)的侧壁上设有第二透光窗(10),该设有第二透光窗(10)的侧壁与外壳(5)的设有第一透光窗(9)的侧壁连接,且第二透光窗(10)与喷嘴(15)和第一透光窗(9)相对;所述旋转外壳控制器(16)安装于固定外壳(13)上并与旋转外壳(14)相连接。

2. 如权利要求1所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述的聚焦透镜(6)表面镀有激光增透膜层。

3. 如权利要求1所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述的反射镜(7)表面镀有激光高反射膜层。

4. 如权利要求1所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述的第一透光窗(9)上镀有激光增透膜层。

5. 如权利要求1所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述气体清扫单元还包括一气体阀门(12),该气体阀门(12)与高压气管(11)连接并安装于固定外壳(13)上。

6. 如权利要求1所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述的第二透光窗(10)上镀有激光增透膜层。

7. 如权利要求1所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述喷嘴(15)设在旋转外壳(14)的中心位置。

8. 如权利要求1或7所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述喷嘴(15)为锥形喷嘴。

9. 如权利要求1所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述井下激光射孔器(3)还包括一旋转控制器(22),该旋转控制器(22)安装于井下激光射孔器(3)的一端。

10. 如权利要求1或9所述的石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,其特征在于,所述井下激光射孔器(3)还包括一扶正器(21),该扶正器(21)安装于井下激光射孔器(3)的一端,或者,所述井下激光射孔器(3)还包括两个扶正器(21),该两个扶正器(21)分别安

装于井下激光射孔器(3)的两端。

## 一种石油井下多控制单元多光束激光射孔装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于油井完井技术领域,具体涉及一种石油井下多控制单元多光束激光射孔装置。

### 背景技术

[0002] 石油井下射孔技术属于一种油井完井技术,具体是指打通井管、水泥层和地层,建立地层与井管之间的流动通道。目前普遍使用子弹和聚能炸药等方法来进行石油井下射孔作业,但这些方法射孔深度浅、射孔方向不可控,且会对地层产生压实效应,从而导致地层的渗透性降低。这些问题一直影响着石油井下射孔完井作业,限制着油井产能的提升。而利用高功率激光进行石油井下射孔作业可以有效地解决上述问题,国内关于此技术的研究报道较少,并且也没有一种可投入实际应用的石油井下激光射孔装置,国外就此技术相关报道如US4199034:Method and apparatus for perforating oil and gas wells,该专利介绍了一种石油井下激光射孔装置,该装置利用光纤将高能激光传输至井下,并通过光学元件改变激光方向,使其照射至待射孔地层。用此装置进行石油井下射孔作业显著增加了射孔通道的深度,而且可以通过调整光学元件精确地控制射孔方向。但是该装置中只有一组控制激光的光学元件,射孔效率不高。此外,利用该装置进行射孔作业时井下复杂的环境和射孔时产生的杂物都会对激光产生影响,降低了激光射孔作业效率。

### 发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,以利用高能激光进行石油井下射孔作业并提高激光射孔作业效率。

[0004] 为了实现上述技术目的,本发明采用如下技术方案:

一种石油井下多控制单元多光束激光射孔装置,包括激光源、高压气源和井下激光射孔器,其中:

所述井下激光射孔器包括至少两组激光射孔单元,其中至少两组激光射孔单元依次连接,每组激光射孔单元包括至少两套激光射孔装置;

所述的每套激光射孔装置包括激光控制单元和气体清扫单元,激光控制单元与气体清扫单元相互连接;其中:

激光控制单元包括外壳、光纤和安装于外壳内的聚焦透镜、反射镜及反射镜转动控制架,所述外壳一侧壁上设有第一透光窗;所述光纤一端经外壳与外壳内相通,另一端与激光源连接;所述聚焦透镜位于光纤下方;所述反射镜安装于反射镜转动控制架上并位于聚焦透镜下方,该反射镜为俯仰角可变动的反射镜,且俯仰角变动时反射镜面朝第一透光窗;

气体清扫单元包括高压气管、固定外壳、旋转外壳和旋转外壳控制器;所述高压气管一端经固定外壳与气体清扫单元内部相通,另一端与高压气源相连接;所述固定外壳为具有敞口的壳体,在敞口处安装有可相对于固定外壳上下滑动的旋转外壳,该旋转外壳上设有喷嘴,在与敞口所在侧壁相对的固定外壳的侧壁上设有第二透光窗,该设有第二透光窗的

侧壁与外壳中设有第一透光窗的侧壁连接,且第二透光窗与喷嘴和第一透光窗相对;所述旋转外壳控制器安装于固定外壳上并与旋转外壳相连接。

[0005] 本发明装置的其他特征为:

所述的聚焦透镜表面镀有激光增透膜层。

[0006] 所述的反射镜表面镀有激光高反射膜层。

[0007] 所述的第一透光窗上镀有激光增透膜层。

[0008] 所述气体清扫单元还包括一气体阀门,该气体阀门与高压气管连接并安装于固定外壳上。

[0009] 所述的第二透光窗上镀有激光增透膜层。

[0010] 所述喷嘴设在旋转外壳的中心位置。

[0011] 所述喷嘴为锥形喷嘴。

[0012] 所述井下激光射孔器还包括一旋转控制器,该旋转控制器安装于井下激光射孔器的一端。

[0013] 所述井下激光射孔器还包括一扶正器,该扶正器安装于井下激光射孔器的一端,或者,所述井下激光射孔器还包括两个扶正器,该两个扶正器分别安装于井下激光射孔器的两端。

[0014] 与现有技术相比,本发明具有如下优点:

(1) 该射孔装置采用激光进行石油井下射孔作业,在射孔过程中不仅不会对地层产生压实效应,经激光烧蚀后周围岩石的渗透性反而会有所提高。

[0015] (2) 该射孔装置利用激光进行石油井下射孔作业时,可以精确控制激光束,因而不会损坏井管。

[0016] (3) 该射孔装置采用激光进行石油井下射孔作业,可以连续不断的烧蚀射孔通道末端的岩石,极大增加了射孔深度。

[0017] (4) 通过反射镜转动控制架调整反射镜的俯仰角,精确地控制激光出射角度,可以实现按指定倾斜角度进行射孔作业。

[0018] (5) 由气体喷嘴连续不断的喷出高压气体,有效地起到清洁射孔通道的作用,极大提高了激光射孔作业效率。

[0019] (6) 该装置内有多组排列有序的激光控制单元,可同时控制多束激光进行射孔作业,极大提高了激光射孔作业效率。

## 附图说明

[0020] 图 1 为本发明的结构示意图;

图 2 为每组激光射孔单元中每套激光射孔装置的结构示意图;

图 3 为图 2 的 A 向视图;

图 4 为实施例中一组激光射孔单元的水平方向剖面图。

[0021] 下面结合实施例和附图对本发明做进一步详细说明。

## 具体实施方式

[0022] 如图 1 至图 3 所示,本发明的装置包括激光源 1、高压气源 2 和井下激光射孔器 3,

其中：

井下激光射孔器 3 包括至少两组激光射孔单元，其中至少两组激光射孔单元之间沿纵向依次连接，每组激光射孔单元包括至少两套激光射孔装置，至少两套激光射孔装置通过焊接或机械装置连接在一起，并且至少两套激光射孔装置在同一水平面上；

所述的每套激光射孔装置包括激光控制单元和气体清扫单元，激光控制单元与气体清扫单元连接；其中：

激光控制单元包括外壳 5、光纤 4 和安装于外壳 5 内的聚焦透镜 6、反射镜 7 及反射镜转动控制架 8；所述外壳 5 一侧壁上设有第一透光窗 9，所述光纤 4 一端经外壳 5 与外壳 5 内相通，另一端与激光源 1 连接，所述聚焦透镜 6 位于光纤 4 下方，所述反射镜 7 安装于反射镜转动控制架 8 上并位于聚焦透镜 6 下方，该反射镜 7 为可转动反射镜，且转动时反射镜 7 面朝第一透光窗 9，即反射镜 7 的俯仰角可根据工作需要而变换，且变换时反射镜 7 面朝第一透光窗 9；该单元中的各个组合构件通过调整激光束的出射方向，以为准确而有效地控制射孔通道的倾斜角度。

[0023] 气体清扫单元包括高压气管 11、固定外壳 13、旋转外壳 14 和旋转外壳控制器 16；所述高压气管 11 一端经固定外壳 13 与气体清扫单元内部相通，另一端与高压气源 2 相连接；所述固定外壳 13 为具有敞口的壳体，即固定外壳 13 中的一侧壁上有开口，固定外壳为半封闭式壳体，在敞口处安装有可相对于固定外壳 13 上下滑动的旋转外壳 14，该旋转外壳 14 上设有喷嘴 15，在与敞口所在侧壁相对的固定外壳 13 的另一侧壁上设有第二透光窗 10，该设有第二透光窗 10 的侧壁与外壳 5 的设有第一透光窗 9 的侧壁相连接，且第二透光窗 10 同时与喷嘴 15 和第一透光窗 9 相对；所述旋转外壳控制器 16 安装于固定外壳 13 上并与旋转外壳 14 相连接，该单元控制旋转外壳 14 旋转，进而控制喷嘴 15 出射气流的方向。在进行射孔作业时，需要同时调整反射镜 7 和喷嘴 15 的方向，以使激光束和高压气流同时对准待射孔方向，当高压气流与激光出射方向保持一致时，喷出的高压气体有效地起到清扫射孔通道，达到辅助激光进行射孔作业的目的。

[0024] 为了减少激光能量损耗，所述的聚焦透镜 6 表面镀有激光增透膜层。

[0025] 为了减少激光能量损耗，所述的反射镜 7 表面镀有激光高反射膜层。

[0026] 为了减少激光能量损耗，所述的第一透光窗 9 上镀有激光增透膜层。

[0027] 所述气体清扫单元还包括一气体阀门 12，该气体阀门 12 与高压气管 11 连接并安装于固定外壳 13 上。

[0028] 为了减少激光能量损耗，所述的第二透光窗 10 上镀有激光增透膜层。

[0029] 为了有效地清洁射孔通道，所述喷嘴 15 设在旋转外壳 14 的中心位置。

[0030] 为了有效地清洁射孔通道，所述喷嘴 15 为锥形喷嘴。

[0031] 为了控制井下激光射孔器 3 进行水平方向的旋转，即提高整个装置作业时的灵活性，所述的井下激光射孔器 3 还包括一旋转控制器 22，该旋转控制器 22 安装于井下激光射孔器 3 的一端，即安装于井下激光射孔器 3 上端部或下端部的一组激光射孔单元上；

进一步的，为了保持井下激光射孔器 3 作业时的稳定性，所述井下激光射孔器 3 还包括一个扶正器 21，该扶正器 21 安装于井下激光射孔器 3 一端，即该或安装于井下激光射孔器 3 上端部或下端部的一组激光射孔单元上，或安装于旋转控制器 22 上，相同地：为了满足体积过大的仪器的工作需求或在工作条件恶劣时，井下激光射孔器 3 上可安装两个扶正器

21, 该两个扶正器 21 分别安装于井下激光射孔器 3 的上下两端。

[0032] 为节省材料, 保证整个装置的整体性, 所述气体清扫单元中的固定外壳 13 的设有第二透光窗 10 的侧壁与外壳 5 的设有第一透光窗 9 的侧壁为一体, 第二透光窗 10 与第一透光窗 9 为一体。

[0033] 所述旋转外壳控制器 16 内部安装有伺服电机 17、传动杆 19 和齿轮 18, 且伺服电机 17、传动杆 19 和齿轮 18 依次连接, 其中齿轮 18 与旋转外壳 14 的侧面相啮合。

[0034] 所述反射镜转动控制架 8 内安装有电机和传动装置, 电机与传动装置连接, 传动装置与反射镜 7 连接调控反射镜 7 的俯仰角度以准确而方便地控制激光出射方向。

[0035] 所述旋转控制器包括电机和传动装置, 电机与传动装置连接, 传动装置与井下激光射孔器连接控制其在水平方向的旋转。

[0036] 整个装置可通过一地面操作控制台调控, 其中旋转控制器 22 和反射镜转动控制架 8 中的电机均与该地面操作控制台连接, 旋转外壳控制器 16 中的伺服电机与该地面操作控制台连接, 扶正器 21 与该地面操作控制台连接, 工作人员根据工作的需要, 通过该地面操作控制台控制井下激光射孔器 3 在水平方向旋转和作业时的稳定性、反射镜 7 的仰俯角变换和旋转外壳 14 相对于固定外壳 13 上下滑动; 同时该地面操作控制台与气体阀门 12 连接, 控制高压气体的开关和流量。

[0037] 工作时首先将井下激光射孔器悬吊至待射孔地层, 接着通过地面操作控制台调整井下激光射孔器, 使其各个射孔控制单元指向初始待射孔方向, 最终控制激光束完成整个射孔作业。

[0038] 每套激光射孔装置的工作原理及过程为: 仪器到目标地层后调整反射镜 7 和喷嘴 15 的方向使它们同时指向待射孔方向并保持一致, 高能激光束由光纤 4 射出, 经聚焦透镜 6 聚焦、反射镜 7 反射, 再通过第一透光窗 9、第二透光窗 10 和喷嘴 15 射出。在高能激光射出时, 气体清扫单元的喷嘴 15 连续不断的喷出保护气流, 为激光提供一清洁的入射通道并把射孔产生的杂物带出射孔洞, 高能激光束先后射穿井管壁、水泥层和地层, 从而达到建立地层与井管之间流动通道的目的。

[0039] 本发明同时控制多束高能激光进行石油井下射孔作业, 射孔效率高, 并且射孔深度深、射孔方向灵活可控、增加了地层渗透性, 显著提高了油井产能。

[0040] 以下是发明人给出的具体实施例, 该实施例是为了进一步理解本发明, 本发明不限于该实施例。

[0041] 实施例:

参考图 1 至图 3 并如图 4 所示, 本实施例中的装置包括激光源 1、高压气源 2 和井下激光射孔器 3, 激光源 1 和高压气源 2 位于地面上, 这样一方面避免了井下复杂环境对仪器的影响, 另一方面又消除了井管尺寸对仪器大小、体积的限制; 激光源 1 为一台高功率全固态激光器, 其所产生的高能激光通过光纤传输至井下激光射孔器 3; 其中:

井下激光射孔器 3 包括一扶正器 21、旋转控制器 22 和三组激光射孔单元, 其中三组射孔单元之间沿纵向依次连接, 扶正器 21 安装于井下激光射孔器 3 顶端的激光射孔单元上, 旋转控制器 22 安装于井下激光射孔器 3 底部的激光射孔单元上, 其中每组射孔单元包括四套激光射孔装置, 四套激光射孔装置之间焊接在一起, 且四套激光射孔装置安装于同一水平面上, 且在水平面内均匀分布;

所述的每套激光射孔装置包括激光控制单元和气体清扫单元,激光控制单元与气体清扫单元相互连接;其中:

激光控制单元包括外壳 5、光纤 4 和安装于外壳 5 内的聚焦透镜 6、反射镜 7 及反射镜转动控制架 8,该反射镜转动控制架 8 安装于外壳 5 底面,反射镜转动控制架 8 中安装有电机和传动装置,该电机与传动装置连接,其中传动装置与反射镜 7 连接控制反射镜转动,根据工作需要改变反射镜的俯仰角,其中外壳 5 一侧壁上设有第一透光窗 9;光纤 4 一端从激光控制单元的外壳 5 顶端进入激光控制单元,另一端与激光源 1 相连接;聚焦透镜 6 位于光纤 4 下方,起到聚焦光束的作用;反射镜 7 安装于反射镜转动控制架 8 上并位于聚焦透镜 6 下方,反射镜 7 可绕反射镜转动控制架 8 顶端变动俯仰角,以实现在大角度范围内进行射孔作业,并且反射镜 7 的俯仰角变动时镜面朝着第一透光窗 9;激光束经反射镜 7 反射经第一透光窗 9 射出,照射在待射孔地层上;为减少激光能量损耗,聚焦透镜 6 表面和第一透光窗 9 上均镀有激光增透膜层,反射镜 7 表面镀有激光高反射膜层;

气体清扫单元包括高压气管 11、气体阀门 12、固定外壳 13、旋转外壳 14 和旋转外壳控制器 15;气体阀门 12 安装于高压气管 11 和固定外壳 13 之间,即与高压气管 11 连接并且安装于固定外壳 13 上;高压气管 11 一端与高压气源 2 相连,高压气管 11 另一端、气体阀门 12、固定外壳 13 顶端依次连接,高压气体由此通道进入气体清扫单元内;固定外壳 13 为具有敞口的壳体,进一步说,该固定外壳 13 包括一具有敞口的侧壁,在敞口处安装有可相对于固定外壳 13 沿纵向上下滑动的旋转外壳 14,该旋转外壳 14 中心位置处设有喷嘴 15,且该喷嘴为锥形喷嘴,在与敞口所在侧壁相对的固定外壳 13 的侧壁上设有第二透光窗 10,该设有第二透光窗 10 的侧壁与外壳 5 中设有第一透光窗 9 的侧壁相连接,且第二透光窗 10 同时与喷嘴 15 和第一透光窗 9 相对,第二透光窗 10 与第一透光窗 9 重合,为减少激光能量损耗,第二透光窗 10 上镀有激光增透膜层;旋转外壳控制器 16 安装于固定外壳 13 底部并与旋转外壳 14 相连接,该旋转外壳控制器 16 内部安装有伺服电机 17、传动杆 19 和齿轮 18,且伺服电机 17、传动杆 19 和齿轮 18 依次连接,其中齿轮 18 与旋转外壳 14 的侧面相啮合控制旋转外壳 14 在竖直方向上滑动,并且在转动过程中始终保持高压气体喷射方向与激光出射方向相一致;工作过程中,由旋转外壳 14 上的喷嘴 15 喷出的高压气体一方面把井下的液体排开,为激光射孔提供清洁的通道,另一方面将激光射孔产生的杂物带出射孔洞,这样避免了激光与液体和杂物作用,提高射孔效率。

[0042] 所述旋转控制器 22 包括电机和传动装置,电机与传动装置连接,传动装置与井下激光射孔器 3 连接控制其在水平方向的旋转。

[0043] 整个装置可通过一地面操作控制台调控,其中旋转控制器 22 和反射镜转动控制架 8 中的电机均与该地面操作控制台连接,旋转外壳控制器 16 中的伺服电机与该地面操作控制台连接,扶正器 21 与该地面操作控制台连接,工作人员根据工作的需要,通过该地面操作控制台控制井下激光射孔器 3 在水平方向旋转和作业时的稳定性、反射镜 7 的仰俯角变换和旋转外壳 14 相对于固定外壳 13 上下滑动;同时该地面操作控制台与气体阀门 12 连接,控制高压气体的开关和流量。

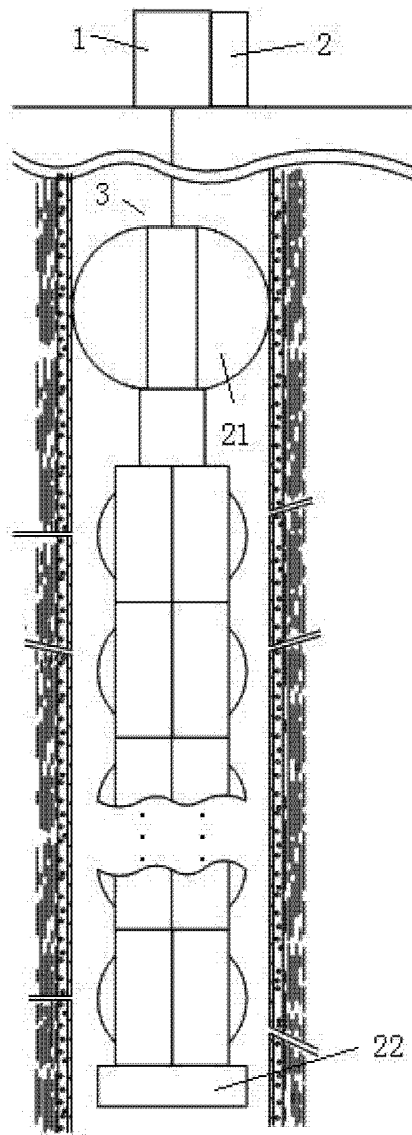


图 1

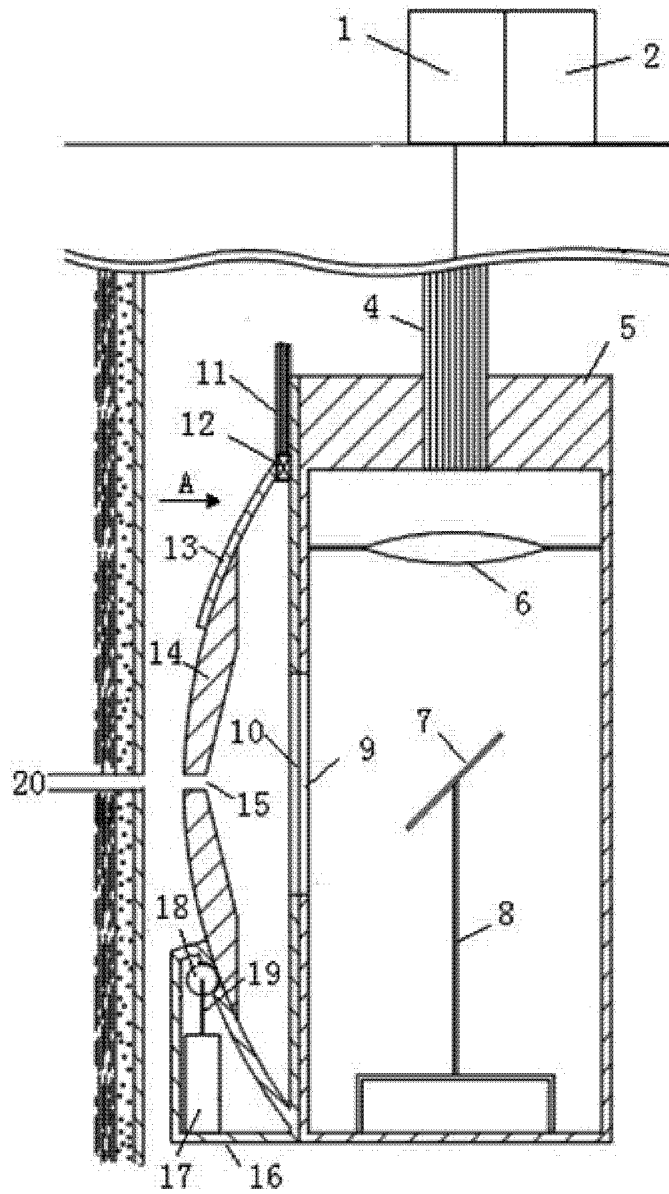


图 2

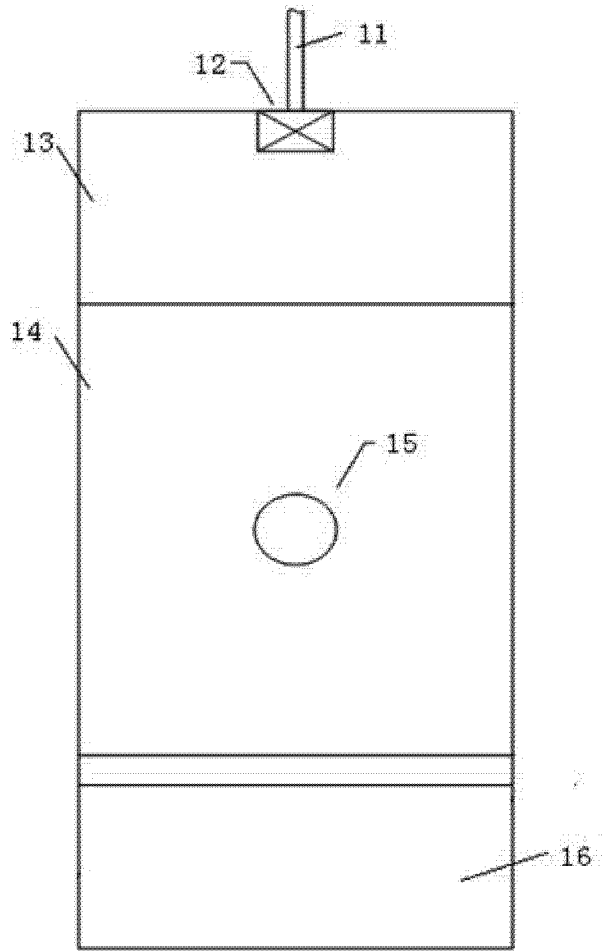


图 3

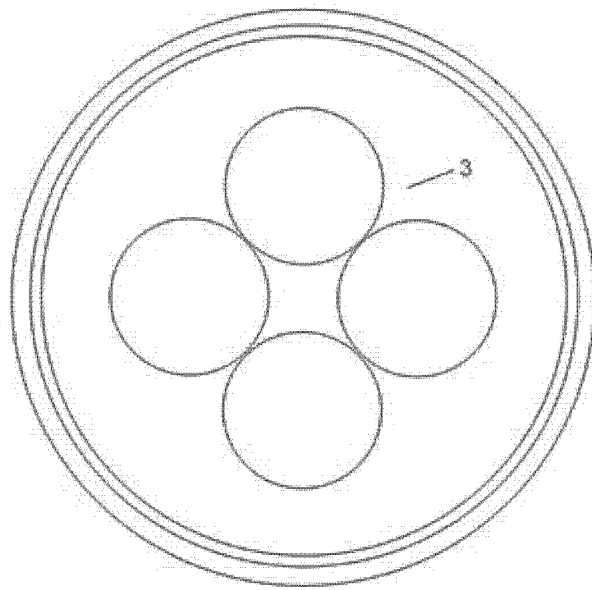


图 4