



## (12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101705789 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 21

(21) 申请号 200910169122. 2

(22) 申请日 2006. 07. 12

## (62) 分案原申请数据

200610098598. 8 2006. 07. 12

(73) 专利权人 中国石油大学(北京)

地址 102249 北京市昌平区府学路 18 号

(72) 发明人 李根生 牛继磊 黄中伟 史怀忠

(74) 专利代理机构 北京同立钧成知识产权代理有限公司 11205

代理人 刘芳

(51) Int. Cl.

E21B 7/18(2006. 01)

## (56) 对比文件

CN 2059182 U, 1990. 07. 11,

CN 1073376 A, 1993. 06. 23,

US 6289998 B1, 2001. 09. 18,

CN 2516694 Y, 2002. 10. 16,

US 6279670 B1, 2001. 08. 28,

US 4607792 A, 1986. 08. 26,

李根生 等. 自振空化射流钻头喷嘴研制及现场试验. 《石油钻探技术》. 2003, 第 31 卷 (第 5 期),

廖振方 等. 自激振荡脉冲射流喷嘴的试验研究. 《重庆大学学报(自然科学版)》. 2002, 第 25 卷 (第 2 期),

王乐勤 等. 低压大流量自激振荡脉冲射流喷嘴结构参数优化研究. 《液体机械》. 2004, 第 32 卷 (第 3 期),

孙宝江 等. 一种应用于喷射钻井的高效脉冲射流喷嘴探讨. 《石油钻采工艺》. 1993, 第 15 卷 (第 2 期),

审查员 高立虎

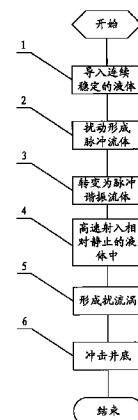
权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 7 页

## (54) 发明名称

水力脉冲空化射流钻井方法

## (57) 摘要

本发明公开了一种水力脉冲空化射流钻井方法。该方法包括如下步骤：在钻井作业中，将用于冲击井底的连续稳定的液体流转换为脉冲谐振流动液体；将脉冲谐振流动液体高速射入相对静止的液体中，产生空化现象；以波动压力的方式冲击井底，减少了压持效应、提高了射流清岩和破岩的能力，节约了钻井成本。



1. 一种水力脉冲空化射流钻井方法,其特征在于,包括如下步骤:

步骤 1 :在钻井作业中,通过使用于冲击井底的连续稳定的液体流的横截面的面积产生周期性变化,将所述连续稳定的液体流转换为脉冲流动液体;所述步骤 1 具体为:所述连续稳定的液体流经水力脉冲空化射流钻井装置的本体上端的流体入口段进入所述水力脉冲空化射流钻井装置的导流部,对所述水力脉冲空化射流钻井装置的脉冲发生器产生切向力迫使所述脉冲发生器内部的叶轮高速旋转改变流道面积,使所述连续稳定流动的液体产生脉冲,形成所述脉冲流动液体;

步骤 2 :所述脉冲流动液体被放大并产生谐振,转换为脉冲谐振流动液体;所述步骤 2 具体为:所述脉冲流动液体进入所述水力脉冲空化射流钻井装置的自激振荡腔室,在所述自激振荡腔室放大并产生流体谐振,形成所述脉冲谐振流动液体;

步骤 3 :将所述脉冲谐振流动液体高速射入相对静止的液体中,产生空化现象;

步骤 4 :使产生所述空化现象的所述脉冲谐振流动液体的压力产生波动;使压力波动的所述脉冲谐振流动液体产生反馈压力谐振;利用所述反馈压力谐振产生流体声谐共振,提高所述脉冲谐振流动液体的流速,射入相对静止的液体中,产生空化,使井底产生空蚀破坏;所述脉冲谐振流动液体以波动压力的方式冲击井底。

2. 如权利要求 1 所述的水力脉冲空化射流钻井方法,其特征在于,所述步骤 4 之后还包括:

步骤 5 :把水力脉冲空化射流引入自振空化喷嘴钻头,用以形成高效水力、机械联合破岩。

3. 如权利要求 2 所述的水力脉冲空化射流钻井方法,其特征在于,所述步骤 5 之后还包括:

步骤 6 :把自激振荡腔室与自振空化喷嘴钻头短接,用以提高破岩效率。

4. 如权利要求 1 所述的水力脉冲空化射流钻井方法,其特征在于,所述步骤 1 中,将所述连续稳定的液体流转换为脉冲流动液体的具体过程为:依照预先设定的频率对所述连续稳定的液体流的横截面进行周期性扰动。

5. 如权利要求 1 所述的水力脉冲空化射流钻井方法,其特征在于,所述步骤 3 具体为:风琴管谐振腔将流入其中的所述脉冲谐振流动液体放大,产生流体声谐共振,所述脉冲谐振流动液体高速射入形成流体高速射流,使喷嘴出口射流变成断续涡环流,所述涡环流在高剪切运动中不断壮大,使所述喷嘴出口射流产生较大的压力脉冲,形成脉冲射流,诱发空化发生。

## 水力脉冲空化射流钻井方法

[0001] 本申请是 2006 年 7 月 12 日提交专利局、申请号为 200610098598.8、发明名称为《水力脉冲空化射流钻井装置、方法及钻头》的专利申请的分案申请。

### 技术领域

[0002] 本发明涉及一种钻井方法，尤其涉及一种水力脉冲空化射流钻井方法。

### 背景技术

[0003] 钻采工艺技术面对的对象是井下系统（从井筒到地层）。这种对象的特点是井眼小，地层深，井下条件复杂，而且看不见，只有井下钻采工具才能最接近工作的对象。因此，要想用新的钻采工艺技术对井下系统进行精细作业，只有依靠井下钻采工具。发展先进的钻采工艺技术的需求，引发了新的井下钻采工具的产生，而新的钻采工艺技术的实施，也必须依靠性能优良、工作可靠的井下钻采工具，而且后者的创新又将反过来进一步促进钻采工艺技术的变革。

[0004] 传统钻井方式在钻井过程中能量传输、转换、分配和利用一直存在着效率低等问题。虽然旋转冲击钻井、井下增压钻井均可以不同程度的提高机械钻速，但由于其寿命及稳定性差所以一直未能在现场大规模使用。脉冲射流辅助钻井技术在现场取得了一定的效果但因其寿命较短，因而也存在一定的局限性。脉冲射流辅助钻井技术主要是通过脉冲喷嘴的作用来产生脉冲效果，安装在钻头底部的胎体上。

[0005] 单纯脉冲喷嘴寿命在现场使用具有一定的局限性，而且随着井深的增加，钻头水力能量降低，围压增大，空化能力相应减弱，射流冲击效果明显下降；井下液力推进器靠工具活塞产生钻压，水力脉冲效果不好；水力脉冲循环阀负压脉冲效果好，缺点是结构复杂，且钻井液中含有的固相颗粒易对调制器内部零件造成磨损。

### 发明内容

[0006] 本发明实施例的目的是提供一种水力脉冲空化射流钻井方法，可以改善井底流场及井底岩石受力状况、减少“压持效应”、辅助破岩提高机械钻速，节约钻井成本。

[0007] 本发明实施例提供了一种水力脉冲空化射流钻井方法，包括：

[0008] 步骤 1：在钻井作业中，通过使用于冲击井底的连续稳定的液体流的横截面的面积产生周期性变化，将所述连续稳定的液体流转换为脉冲流动液体；所述步骤 1 具体为：所述连续稳定的液体流经水力脉冲空化射流钻井装置的本体上端的流体入口段进入所述水力脉冲空化射流钻井装置的导流部，对所述水力脉冲空化射流钻井装置的脉冲发生器产生切向力迫使所述脉冲发生器内部的叶轮高速旋转改变流道面积，使所述连续稳定流动的液体产生脉冲，形成所述脉冲流动液体；

[0009] 步骤 2：所述脉冲流动液体通过流体的压力反馈将脉冲幅值放大并使之产生谐振，转换为脉冲谐振流动液体；所述步骤 2 具体为：所述脉冲流动液体进入所述水力脉冲空化射流钻井装置的自激振荡腔室，在所述自激振荡腔室放大并产生流体谐振，形成所述脉

冲谐振流动液体；

[0010] 步骤3：将所述脉冲谐振流动液体高速射入相对静止的液体中，产生空化现象；

[0011] 步骤4：使产生所述空化现象的所述脉冲谐振流动液体的压力产生波动；使压力波动的所述脉冲谐振流动液体产生反馈压力谐振；利用所述反馈压力谐振产生流体声谐共振，提高所述脉冲谐振流动液体的流速，射入相对静止的液体中产生空化，使井底产生空蚀破坏；所述脉冲谐振流动液体以波动压力的方式冲击井底。

[0012] 依照预先设定的频率对上述连续稳定的液体流的横截面进行周期性扰动，将其转换为脉冲流动液体。

[0013] 风琴管谐振腔将流入其中的所述脉冲谐振流动液体放大，产生流体声谐共振，所述流体高速射流，使喷嘴出口射流变成断续涡环流，所述涡环流在高速剪切运动中不断壮大，使所述射流产生较大的压力脉冲，形成脉冲射流，诱发空化的发生。

[0014] 通过流体力学的研究分析得到的水力脉冲与空化射流耦合调制机理的方法，结合水力脉冲与空化射流提高机械钻速机理的基础上，提出了本发明的水力脉冲空化射流钻井方法，其中，空化射流是指利用空泡破裂所产生的强大冲击力来增强射流效果的一种射流技术，在淹没方式下的液体射流大都产生空化。这是因为在淹没方式下高速射流与相对静止的环境液体之间的剪切层内形成扰流涡，扰流涡内的压力较低，低压区内产生空化场。射流的空化环既能提高射流的密度，又能扩大射流破碎与清洗的区域。

[0015] 本发明提供的水力脉冲空化射流钻井方法，通过改善井底流场及井底岩石受力状况来提高机械钻速及延长使用寿命；同时，水力脉冲方法得到的低压区仅局限在井底钻头附近，整个环空仍为超平衡压力，比欠平衡钻井方法能更好地保证井壁稳定性同时保证了井下安全。

[0016] 下面通过附图和实施例，对本发明的技术方案做进一步的详细描述。

[0017] 附图说明

[0018] 图1为本发明方法的流程图；

[0019] 图2为本发明的水力脉冲发生器装配示意图；

[0020] 图3为本发明的导流部的结构示意图；

[0021] 图4为本发明的脉冲发生器内叶轮的结构示意图；

[0022] 图5为本发明的脉冲发生器内叶轮座的侧视图；

[0023] 图6为本发明的脉冲发生器内叶轮座的俯视图；

[0024] 图7为本发明的振荡喷嘴的结构示意图；

[0025] 图8为本发明的脉冲发生器本体结构示意图；

[0026] 图9为本发明的自振空化喷嘴钻头的定向式喷嘴结构示意图；

[0027] 图10为本发明的钻头的仰视图；

[0028] 图11为本发明的喷嘴出口处的侧视图；

[0029] 图12为本发明的自振空化喷嘴钻头立体示意图；

[0030] 图13为本发明水力脉冲空化射流钻井装置与自振空化喷嘴钻头的装配示意图。

[0031] 附图标记说明：

[0032] 1—本体； 2—导流体；

[0033] 3—脉冲发生器； 4—自激振荡腔室；

- 
- [0034] 5—振荡喷嘴； 6—叶轮座；
  - [0035] 7—流体入口段； 8—流体出口段；
  - [0036] 9—叶轮； 10—自振空化喷嘴钻头；
  - [0037] 11—定向式喷嘴。

## 具体实施方式

- [0038] 实施例 1

[0039] 图 1 为本发明方法实施例 1 的流程图。水力脉冲空化射流钻井的方法的具体步骤如下：

[0040] 步骤 101：在钻井作业中，将用于冲击井底的连续稳定的液体流转换为脉冲谐振流动液体；

[0041] 步骤 102：将所述脉冲谐振流动液体高速射入相对静止的液体中，产生空化现象；

[0042] 步骤 103：将产生空化现象的脉冲谐振流动液体以波动压力的方式冲击井底。

[0043] 以上最佳实施例中，其脉冲流动液体可依照预先设定的频率对所述连续稳定的液体流进行周期性扰动产生。

[0044] 上述实施例中，连续流体通过谐振腔形成声谐共振，使喷嘴出口射流变成断续涡环流。在淹没状态下，流体运动的不连续性易产生压力振荡，从而诱发空化的发生。本专利设计的结构中，旋转叶轮可对连续流体产生扰动，增强流体的不连续性，从而增强空化作用。

[0045] 上述实施例中，步骤 103 可通过如下具体步骤实现。首先，使所述脉冲谐振流动液体的压力产生波动；其次，使压力波动的所述脉冲谐振流动液体产生反馈压力谐振；之后，利用所述压力谐振产生流体声谐共振；最后，提高具有流体声谐共振的所述脉冲谐振流动液体的流速，使其高速射入相对静止的液体中，形成剪切层，形成扰流涡，产生空化现象。

- [0046] 实施例 2

[0047] 本实施例是一个较实施例 1 更细的方案的流程。具体如下：

[0048] 步骤 1010：在钻井作业中，将用于冲击井底的连续稳定的液体流转换为脉冲谐振流动液体；依照预先设定的频率对所述连续稳定的液体流进行周期性扰动；

[0049] 步骤 1021：风琴管谐振腔可形成声谐共振，使喷嘴出口射流变成断续涡环流，诱发空化的发生；

[0050] 步骤 1022、旋转叶轮可对连续流体产生扰动，增强流体的不连续性，从而增强空化作用；

[0051] 步骤 1031：使所述脉冲谐振流动液体的压力产生波动；

[0052] 步骤 1032：使压力波动的所述脉冲谐振流动液体产生反馈压力谐振；

[0053] 步骤 1033：利用所述压力谐振产生流体声谐共振；

[0054] 步骤 1034：提高具有流体声谐共振的所述脉冲谐振流动液体的流速，射入相对静止的液体中；

[0055] 步骤 104：把水力脉冲空化射流引入自振空化喷嘴钻头，用以形成高效水力、机械联合破岩；

[0056] 步骤 105：把自激振荡部与自振空化喷嘴钻头短接，用以提高破岩效率。

[0057] 实施例 3

[0058] 本实施例是按照图 13 进行装配使用时,具体步骤如下:

[0059] 步骤 201、在钻具进行钻井作业中,导入用于冲击井底的连续稳定的液体流;

[0060] 步骤 202、周期性扰动此连续稳定的液体流,使之形成脉冲流动液体,用以增加冲击效果;

[0061] 步骤 203、将脉冲流动的液体放大并使之产生谐振,于是就将其转变为了脉冲谐振流动液体;

[0062] 步骤 204、通过缩小流体的截面积、加快其流速,使其高速射入相对静止的环境液体中;

[0063] 步骤 205、使该液体形成扰流涡,产生空化现象;

[0064] 步骤 206、将产生空化现象的高速脉冲谐振流动液体以波动压力的方式流入钻头上的风琴管喷嘴;

[0065] 步骤 207、空化射流经过风琴管谐振的进一步放大,高速冲击井底。

[0066] 实施例 4

[0067] 图 2 为本发明装配示意图。图 2 是本发明装置的一个最佳实施例,如图 2 所示,包括一柱形的本体 1,该本体的一端设有流体入口段 7,另一端设有流体出口段 8,流体入口段 7 与流体出口段 8 之间依次匹配设有使流体的流向产生偏离的导流部 2、使连续的流体产生脉冲的脉冲发生器 3 以及使具有脉冲的流体产生谐振的自激振荡部;导流部 3 的一端设有入口,另一端设有出口,该出口与入口采取偏心方式设置,且出口的面积小于入口的面积;所述脉冲发生器 3 内枢设有利用流体的推力转动的叶轮 9,该叶轮 9 的叶片与所述导流部 2 的出口对正设置;所述自激振荡部内设有一贯穿的流体通道,该流体通道由多段截面积依次减小的流道构成,截面积最大的流道设置在自激振荡部与所述脉冲发生器对接的一端。该装置可产生强烈脉动涡环流并以波动压力的方式冲击井底,其下端接钻头,上端直接连接井下动力钻具(或钻铤),使用及安装方便。同时其下部有可与钻铤配合的台阶、上部有弹性挡圈槽,该设计不仅满足了工艺要求而且大大简化了结构,使其安全、可靠性大大增强。

[0068] 本发明所述的水力脉冲空化射流钻井装置就是在钻井过程中经钻铤(或井下动力钻具)内的连续流动的钻井液流经本体 1 上端的流体入口段 7 进入导流部 2,对脉冲发生器 3 产生切向力迫使其内部的叶轮 9 高速旋转改变流道面积,使连续流动的钻井液产生脉冲后进入自激振荡腔室 4,脉冲钻井液流在此腔室放大并产生流体谐振,当其通过自激振荡腔室 4 的出口收缩截面进入谐振喷嘴 5 时,产生压力波动,这种压力波动又反射回谐振腔形成反馈压力振荡,当压力波动的频率与谐振腔的频率相一致时,反馈压力振荡得以放大,从而在自激振荡腔室 4 内产生流体声谐共振,流体高速射流,并在流体出口段 8 产生强烈脉动涡环流,以波动压力的方式冲击井底,改善井底流场,减少“压持效应”提高射流清岩和破岩的能力,从而提高了机械钻速。空化的实现是通过自激振荡喷嘴来实现的,叶轮旋转目的是产生脉冲,使得进入自激振荡腔的钻井液成为一种有源扰动。涡流环在高剪切运动中又不断壮大,使射流产生较大的压力脉冲,形成脉冲射流,通过钻头传至井底,从而大幅度提高射流的冲蚀和清洁能力。一方面在钻头喷嘴出口形成脉冲射流,提高射流清岩破岩的作用能力;另一方面由于水力脉冲装置产生压力脉动,可以在钻头附近形成低压区,能够减少环

空液柱压力对井底岩石的压持效应,其机理类似于欠平衡钻井,可以大幅提高钻井速度,但水力脉冲方法得到的低压区仅局限于井底钻头附近,整个环空仍为超平衡压力,因此比欠平衡钻井方法能更好地保证井壁稳定性及井下安全。

[0069] 图3为本发明的导流部的结构示意图。如图2和图3所示,本发明中所述的导流部2为斜坡流道,其改变了钻井液的流向,并对脉冲发生器3的叶轮产生切向力迫使叶轮9转动,通过改变斜坡流道的角度改变钻井液液流对叶轮切向冲击力的大小,同时下面的凸起部分便于安装定位。

[0070] 图4为本发明的脉冲发生器内叶轮9的结构示意图。图5为本发明的脉冲发生器内叶轮座的侧视图。图6为本发明的脉冲发生器内叶轮座的俯视图。本发明中所述脉冲发生器3,包括叶轮9和定位叶轮的叶轮座6,通过改变叶轮9的叶轮叶片半径来改变流道面积以改变脉冲幅度,通过改变叶轮9的叶轮叶片数量来改变脉冲频率。

[0071] 图7为本发明的振荡喷嘴5的结构示意图。由图6可见,振荡喷嘴5的截面积比自激振荡腔室4的截面积缩小很多,使得流体射流变成断续涡流环。

[0072] 图8为本发明的脉冲发生器本体结构示意图。上述装置的实施例中,所述本体1的流体入口段7可为圆柱状或为外大内小的圆台状。

[0073] 上述装置的实施例中,所述导流部2的入口的形状以及导流部的出口的形状可为矩形或圆形。

[0074] 上述装置的实施例中,导流部2与所述脉冲发生器3结合的端面上还设有用于卡入脉冲发生器的入口,并使所述导流部2的出口与所述叶轮9对正的凸棱。

[0075] 上述装置的实施例中,自激振荡部内设置的多段流道的截面形状可为圆形或多边形。

[0076] 连续稳定高速的钻井液进入导流体对叶轮总成中的叶轮产生切向力迫使叶轮高速旋转产生脉冲扰动,通过改变叶轮的叶轮叶片半径来改变流道面积以改变脉冲幅度,通过改变叶轮的叶轮叶片数量来改变脉冲频率;然后进入振荡喷嘴上部的自激振荡腔室,脉冲钻井液流在此腔室放大并产生流体谐振,在出口产生强烈脉动涡环流,以波动压力的方式冲击井底,改善井底流场,减少“压持效应”提高射流清岩和破岩的能力,从而提高了机械钻速。

### [0077] 实施例 5

[0078] 图9为本发明的自振空化喷嘴钻头的定向式喷嘴结构示意图。图10为本发明的钻头的仰视图。风琴管状谐振腔可形成声谐共振,使定向式喷嘴10出口射流变成断续涡环流,诱发空化的发生;同时,喷嘴10出口弯曲一定的角度,和自振空化喷嘴钻头11切屑齿配合,如图11所示;喷嘴10为内嵌式,其结构如图9所示,实现水力-机械联合破岩。该喷嘴采取定向安装,形成水力和机械联合破岩方式,提高了钻头破岩和井底清岩效果。图12是设计加工成型的自振空化喷嘴钻头的立体示意图。

### [0079] 实施例 6

[0080] 图13为本发明水力脉冲空化射流钻井装置与自振空化喷嘴钻头的装配示意图。自振空化喷嘴钻头11与水力脉冲空化射流钻井装置的下端短接,配合在一起使用,将进一步增强流体的空化效果,提高破岩能力。最佳实施例具体如下:步骤1是在钻具进行钻井作业中,导入用于冲击井底的连续稳定的液体流;步骤2是周期性扰动此连续稳定的液体流,

使之形成脉冲流动液体,用以增加冲击效果;步骤3是将脉冲流动的液体放大并使之产生谐振,于是就将其转变为了脉冲谐振流动液体;步骤4是通过缩小流体的截面积、加快其流速,使其高速射入相对静止的环境液体中;步骤5是使该液体形成扰流涡,产生空化现象;步骤6是将产生空化现象的高速脉冲谐振流动液体以波动压力的方式流入钻头上的风琴管喷嘴;步骤6是空化射流经过风琴管谐振的进一步放大,高速冲击井底。

[0081] 最后所应说明的是,以上实施例仅用以说明本发明的技术方案而非限制,尽管参照较佳实施例对本发明进行了详细说明,本领域的普通技术人员应当理解,可以对本发明的技术方案进行修改或者等同替换,而不脱离本发明技术方案的精神和范围。

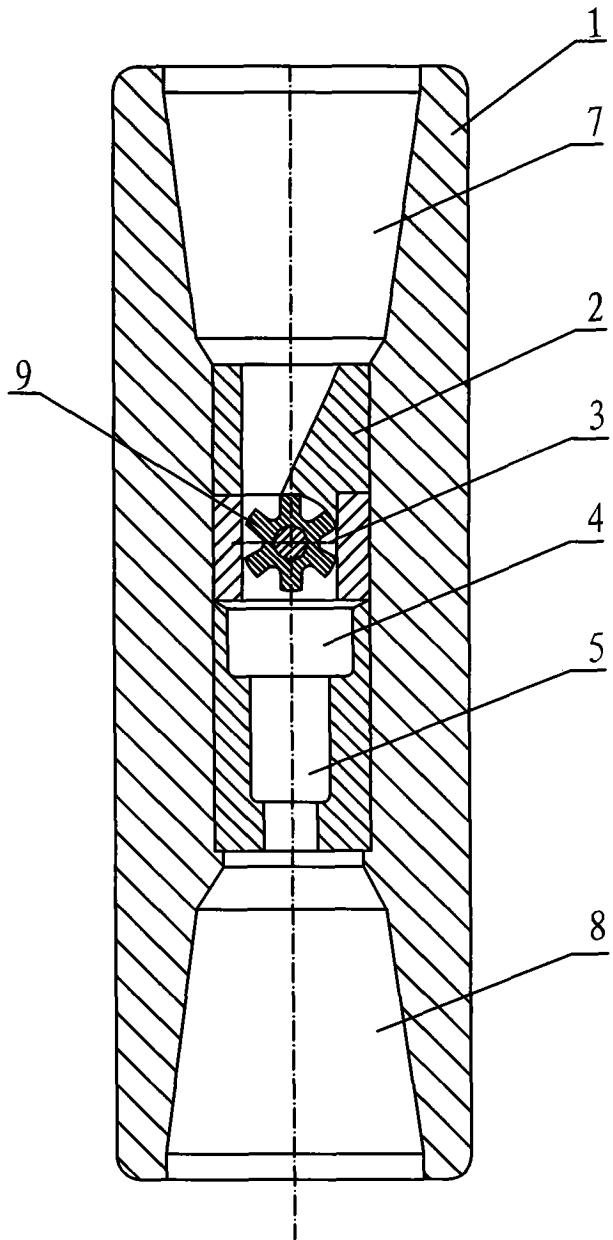
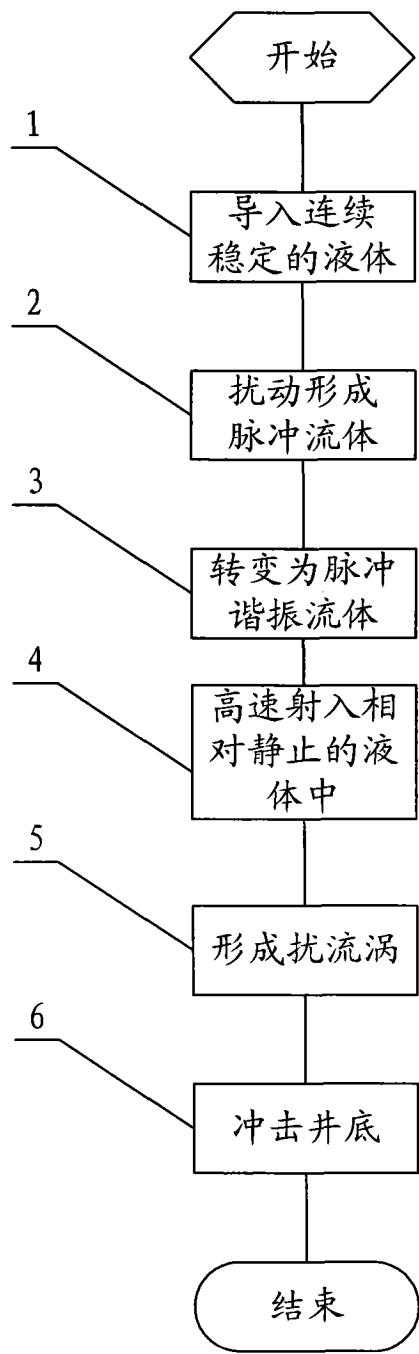


图 2

图 1

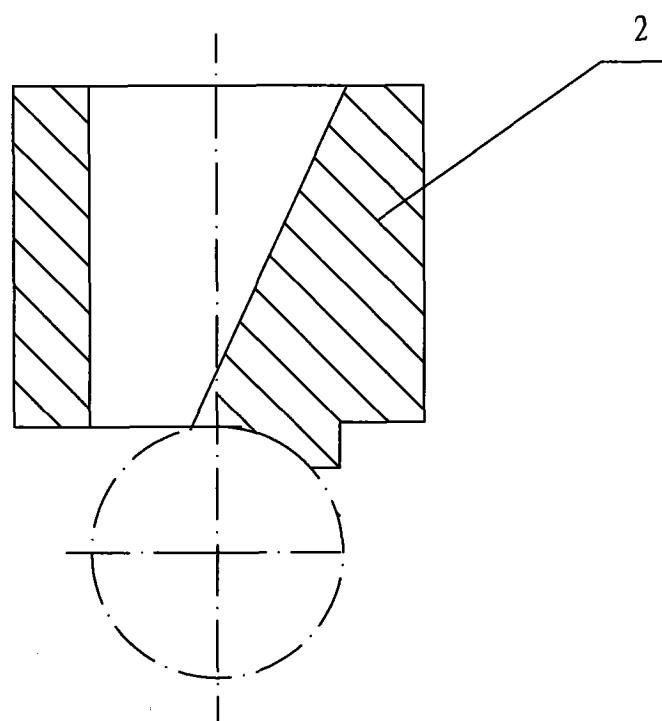


图 3

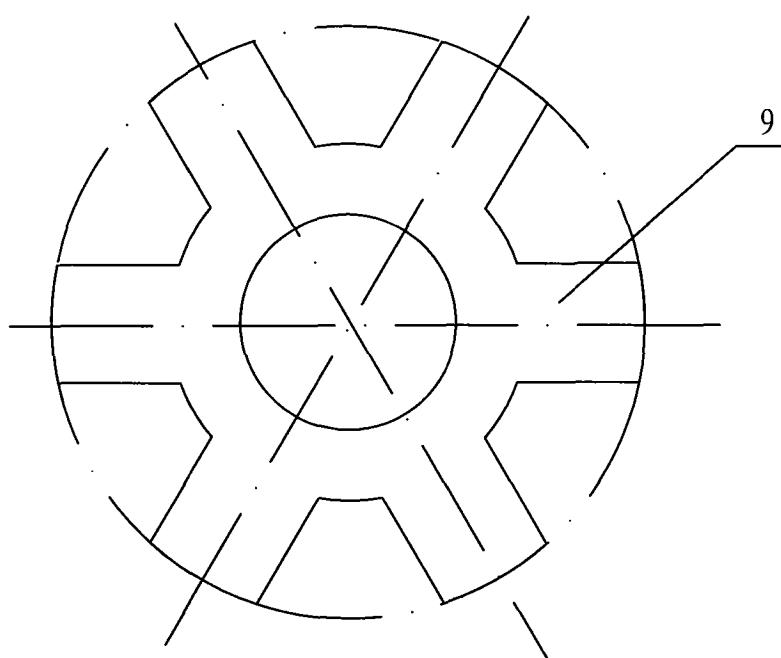


图 4

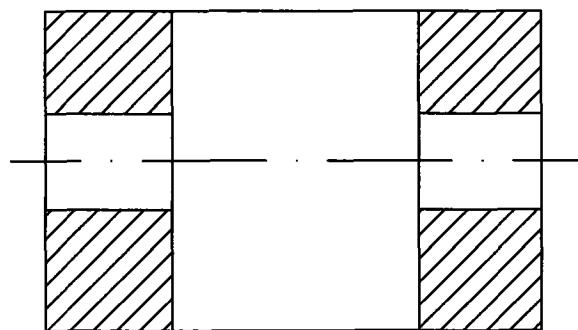


图 5

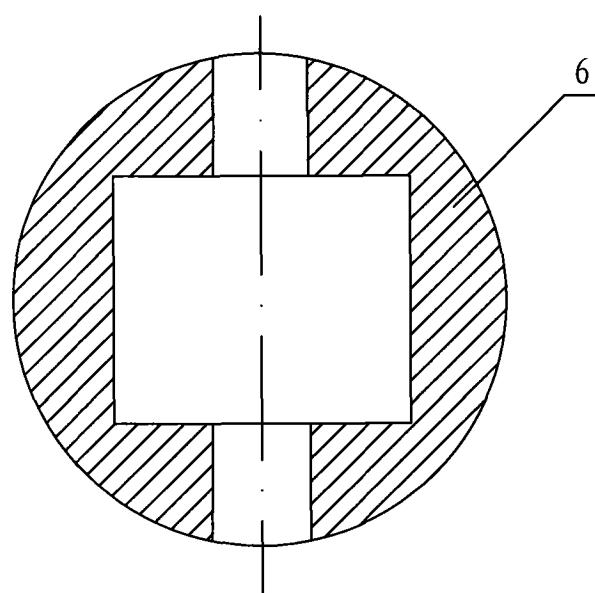


图 6

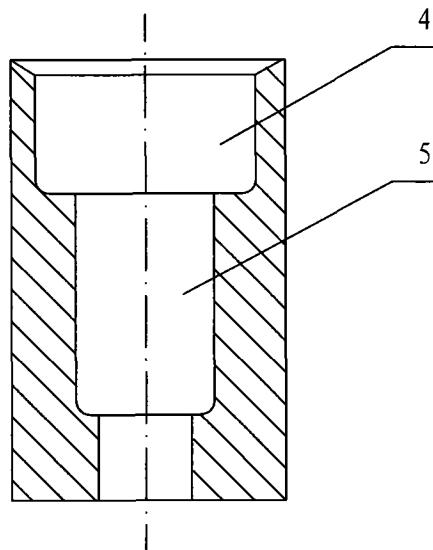


图 7

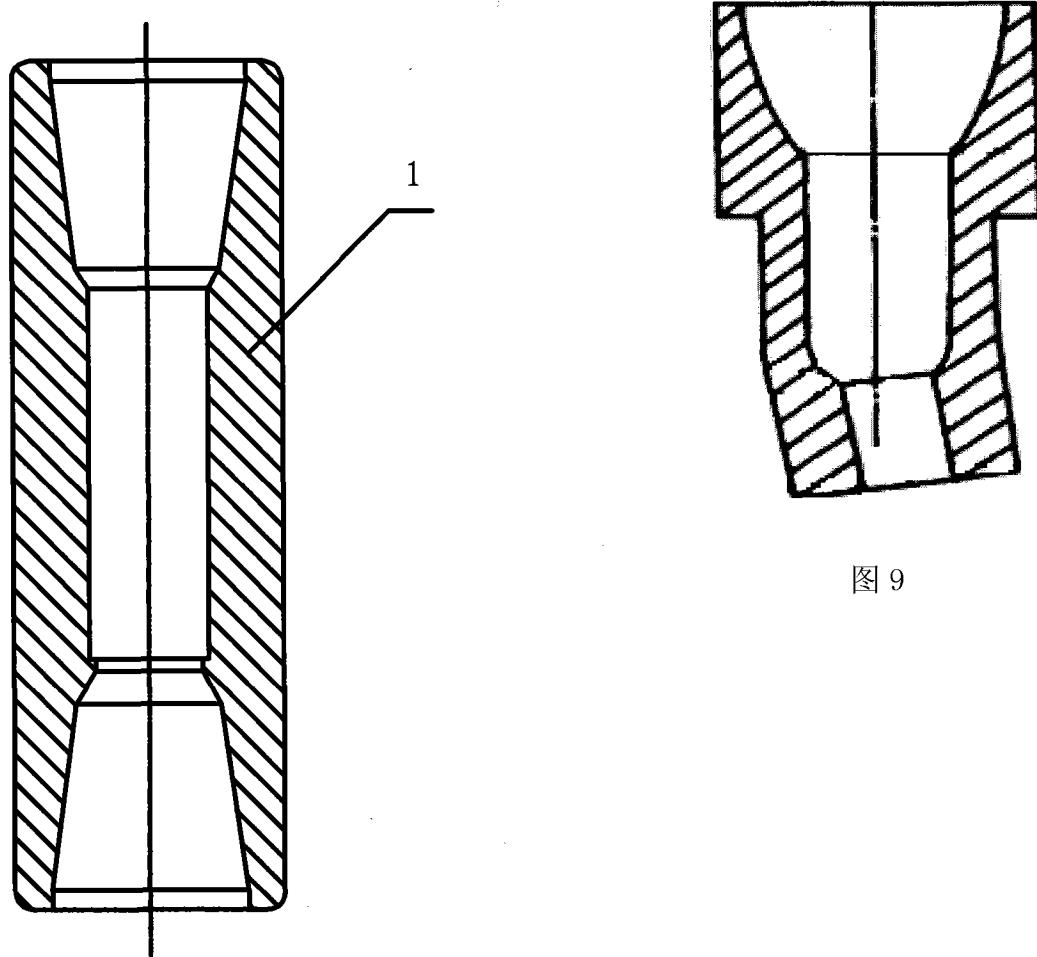


图 8

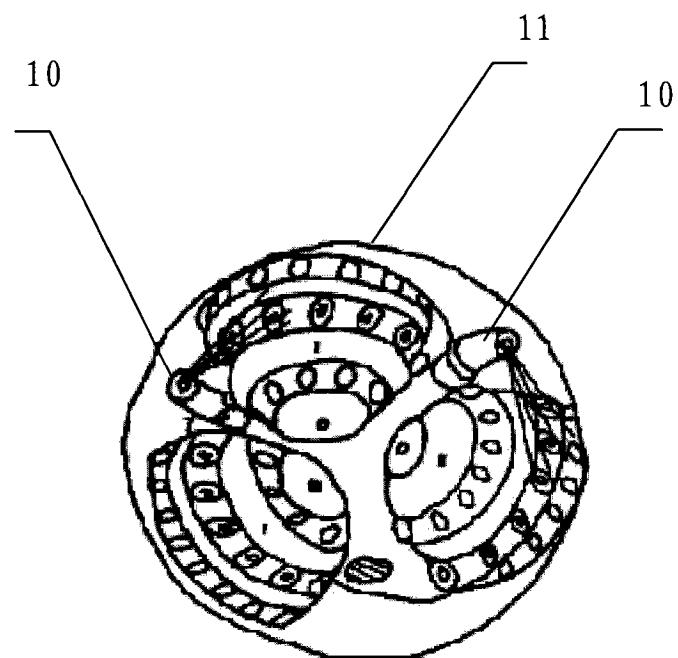


图 10

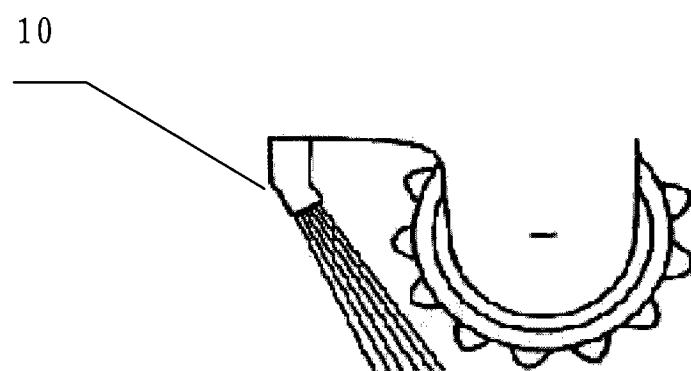


图 11

11

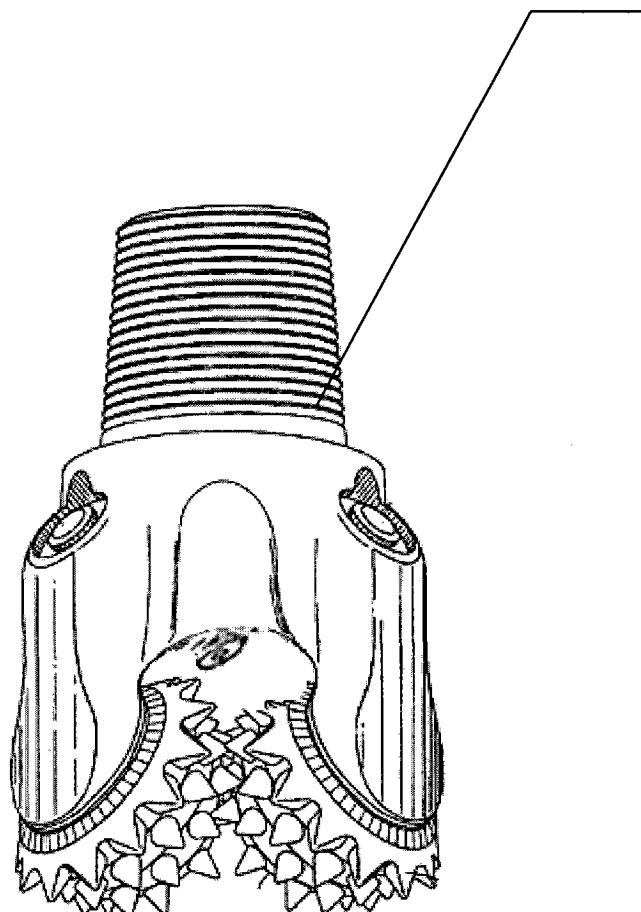


图 12

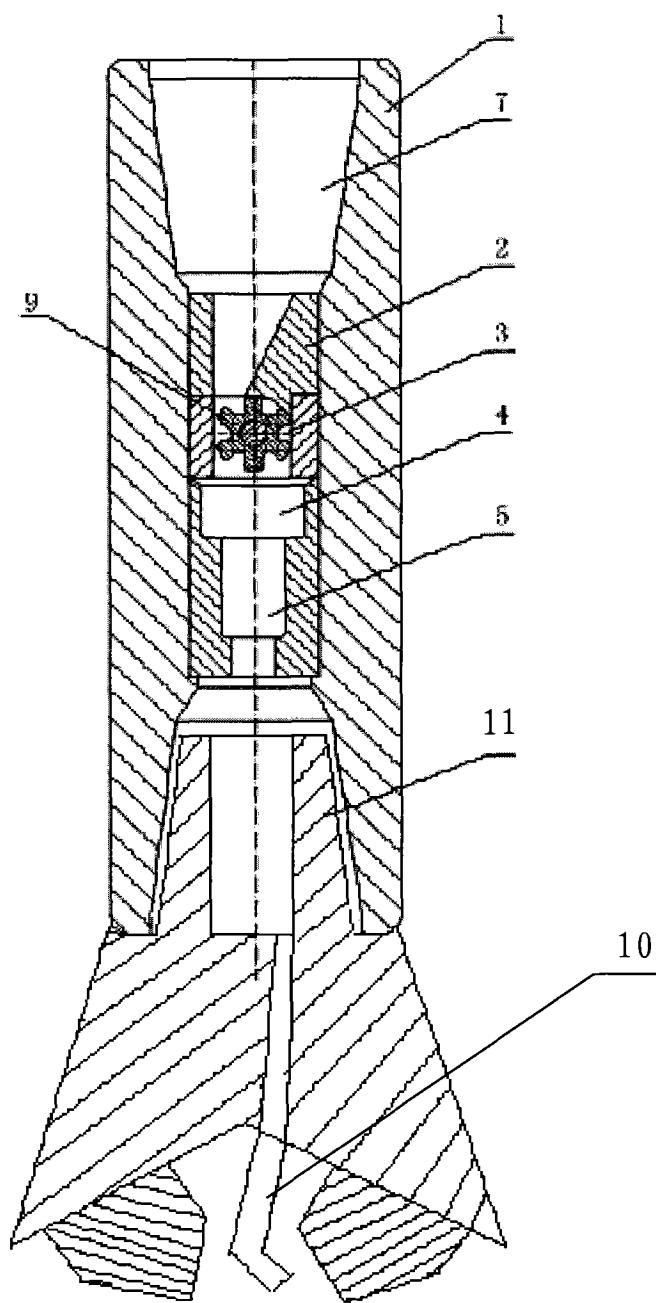


图 13