



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 1791732 B

(45) 授权公告日 2010.09.08

(21) 申请号 200480013860.3

(22) 申请日 2004.05.18

(30) 优先权数据

03076533.3 2003.05.21 EP

03103639.5 2003.10.01 EP

(85) PCT申请进入国家阶段日

2005.11.21

(86) PCT申请的申请数据

PCT/EP2004/050834 2004.05.18

(87) PCT申请的公布数据

W02004/104360 EN 2004.12.02

(73) 专利权人 国际壳牌研究有限公司

地址 荷兰海牙

(72) 发明人 让-米歇尔·C·G·萨维尼亚

D·H·齐伊斯林

(74) 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专

利商标事务所 11038

代理人 蒋旭荣

(51) Int. Cl.

E21B 7/06 (2006.01)

E21B 10/26 (2006.01)

(56) 对比文件

US 2002/0112894 A1, 2002.08.22, 说明书摘要.

US 6116356 A, 2000.09.12, 说明书第8栏4—28行及附图1.

US 6196336 B1, 2001.03.06, 全文.

US 2016042 A, 1935.10.01, 全文.

W0 03008754 A1, 2003.01.30, 附图1.

W0 03/004824 A1, 2003.01.16, 全文.

US 2003/0056991 A1, 2003.03.27, 全文.

审查员 宫剑虹

权利要求书 1 页 说明书 6 页 附图 3 页

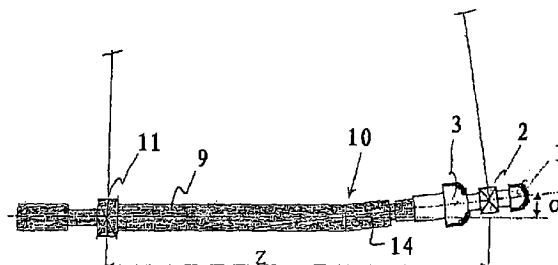
(54) 发明名称

具有下扩眼部和稳定部的钻头和钻井系统

(57) 摘要

一种钻头,其具有中心纵轴,并包括导引部

(1),其用于钻出井眼内的导径部;下扩眼部(3),其位于导引部的随后位置处;连接轴(4),其延伸在导引部(1)和下扩眼部(3)之间;稳定部(2),其位于导引部(1)和下扩眼部(3)之间,所述稳定部配合在导引钻孔部内,能够在至少容许导引部(1)旋转的同时保持钻头横向稳定。



1. 一种用于在地层中钻井眼的钻头,该钻头具有中心纵轴,并包括:
 - 导引部,其用于在地层中钻出井眼的导引钻孔部;
 - 下扩眼部,其位于相对导引部随后的位置处,下扩眼部的钻削直径 D_u 大于导引部的钻削直径 D_p ;
 - 连接轴,其在导引部和下扩眼部之间延伸;
 - 稳定部,其置于导引部和下扩眼部之间,其中,稳定部安装在导引钻孔部内,并在容许至少导引部相对于所述地层旋转的同时,能够使钻头相对于地层保持横向稳定,其特征在于,稳定部和导引部同中心地设置,稳定部的公称直径与导引部的标准尺寸相同。
2. 如权利要求1所述的钻头,其特征在于,所述旋转包括绕钻头中心纵轴的旋转。
3. 如权利要求1或2所述的钻头,其特征在于,所述旋转包括绕沿钻头横向延伸的轴线的旋转。
4. 如权利要求3所述的钻头,其特征在于,所述导引部可相对于稳定部绕所述横轴旋转。
5. 如权利要求1或2所述的钻头,其特征在于,导引部和下扩眼部通过连接轴相互刚性地连接。
6. 如权利要求1或2所述的钻头,其特征在于,导引部可相对于稳定部绕中心纵轴旋转。
7. 如权利要求6所述的钻头,还包括锁定装置,其用于可选择地使导引部不能相对于稳定部绕中心纵轴旋转。
8. 如权利要求1或2所述的钻头,其特征在于,所述稳定部相对于所述导引部固定地定向。
9. 如权利要求1或2所述的钻头,其特征在于,设置所述稳定部使得 L_1 大于 L_2 ,其中,
 - L_1 = 稳定部的操作中心和导引部的操作中心之间的距离;
 - L_2 = 稳定部的操作中心和下扩眼部的操作中心之间的距离。
10. 如权利要求9所述的钻头,其特征在于,导引部的钻削直径(D_p)大于下扩眼部的钻削直径(D_u)的一半,并且设置所述稳定部使得 L_2 大于 L_1 的一半。
11. 如权利要求9所述的钻头,其特征在于,设置所述稳定部使得比值 L_2/L_1 等于比值 D_p/D_u 。
12. 一种用于在地层中钻井眼的系统,该系统包括依照前述权利要求1到11中任一权利要求所述的钻头,所述钻头联结到细长延伸部件上,由此,钻头的中心纵轴相对于细长延伸部件的主纵轴以大于零的特定倾角延伸,钻头的导引部和下扩眼部被独立地驱动,其与细长延伸部件的旋转运动无关。
13. 如权利要求12所述的系统,其特征在于,所述细长延伸部件可选择地绕其主纵轴相对于地层旋转,或者相对于地层固定。

具有下扩眼部和稳定部的钻头和钻井系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于在地层中钻井眼的钻头,所述钻头通常绕中心纵轴延伸,并涉及一种用于在地层中钻井眼的系统。

背景技术

[0002] 美国专利 US4492276 叙述了一种采用已知的钻头的钻井系统。该已知的钻井系统包括细长的刚性壳体,所述刚性壳体具有主中心纵轴,已知的具有自身纵轴的钻头联结到所述刚性壳体上,这样,该钻头的轴线相对于主中心纵轴成一非零倾角。钻头被安装在细长壳体上的支撑外壳内。细长壳体设有泥浆马达,其可独立于钻柱的旋转而驱动钻头。钻柱稳定器设在细长壳体的顶端,支撑壳体稳定器设在距钻头相对较近的支撑外壳附近或其上。

[0003] 为钻出直的井眼,支撑壳体稳定器和钻柱稳定器被驱使与要钻井眼的物体接合。在驱动钻头的同时,钻柱旋转从而驱使细长壳体旋转,其旋转与泥浆马达的作用无关。这称作重叠旋转钻井模式。为容许细长壳体旋转,钻柱稳定器和支撑壳体稳定器都设有轴承。在滑动钻井模式中,钻柱不旋转,由于钻头成角度安装并受到支撑壳体稳定器的横向支撑,导致由钻头钻出弯曲的井眼。

[0004] 这种已知的系统具有各种缺陷。

[0005] 首先,在从重叠旋转钻井方式切换到滑动型钻井方式时,在井眼内产生钻进突出部分,该钻进突出部分易于阻碍组件并危害定向性能。与突出部分的产生有关,较大的侧向力被施加到泥浆马达的钻头轴/输出轴上。

[0006] 其次,在重叠旋转钻井模式中,钻出超标准尺寸的井眼,其漂移直径(drift diameter)小于公称井眼直径。这种现象由井眼的螺旋运动所致。

[0007] 第三,对于标准泥浆马达来说,钻头的高度受限,这是由于支撑壳体稳定器和钻头之间的距离在很大程度上控制了系统的定向特征。

[0008] 最后,在显著超标准尺寸的井眼内,支撑壳体稳定器不再与井眼壁接触,这将导致系统无效。

发明内容

[0009] 本发明的目的是提供一种钻井系统和用于超标准尺寸的钻井的钻头,其特别用于对该超标准尺寸的钻井进行定向。

[0010] 依照本发明的第一个方面,提供一种用于在物体内钻井眼的钻头,所述钻头具有中心纵轴,并包括:

[0011] - 导引部,其用于在物体内钻出井眼的导引钻孔部;

[0012] - 下扩眼部(under-reaming section),其处于导引部之后的位置处,下扩眼部的钻削直径 D_u 大于导引部的钻削直径 D_p ;

[0013] - 连接轴,其延伸在导引部和下扩眼部之间;

[0014] - 稳定部,其位于导引部和下扩眼部之间,其中,所述稳定部配合在导引钻孔部之

内,并容许至少在导引部相对于物体旋转时,能够使钻头相对于物体保持横向稳定。

[0015] 依照本发明的第二个方面,提供一种用于在物体内钻井眼的系统,该系统包括依照本发明的第一个方面所述的钻头,其中,所述钻头联结到细长的延伸部件上,借此,钻头的中心纵轴相对于细长延伸部件的主纵轴以大于零的特定倾角延伸,由此,钻头的导引部和下扩眼部被独立地驱动,其与延伸部件的旋转无关。

[0016] 已经发现,通过在导引部和下扩眼部之间设置稳定部,直的井眼可采用重叠旋转钻井方式而无需任何附加的稳定装置钻出,而弯曲的井眼可采用滑动钻井方式钻出。因此,至少可以省去支撑壳体稳定器,该支撑壳体稳定器在现有系统中会造成许多问题。

[0017] 恰当地,所述旋转包括绕钻头的中心纵轴的旋转。

[0018] 优选地,所述旋转包括绕沿钻头横向方向延伸的轴线的旋转。

[0019] 在优选实施例中,所述导引部相对于所述稳定部可绕所述横轴旋转。

[0020] 同样优选地,所述导引部相对于所述稳定部可绕中心纵轴旋转。为容许选择性地锁定这种旋转,所述钻孔机包括锁定装置,其用于可选择地使所述导引部不能相对于所述稳定部绕中心纵轴旋转。

[0021] 如果使钻头相对于钻柱的上部倾斜,以操作钻头钻出弯曲的井眼部,钻头就有沿着垂直于由想要的弯曲井眼部所形成的平面的方向钻进的趋势。这种趋势是由于钻头一侧上增加的曳力造成的,其中,所述曳力是由于钻头在井眼内的倾斜而产生的。为了限制这种趋势,优选这样设置稳定部,即使得 L_1 大于 L_2 ,其中

[0022] L_1 = 稳定部的操作中心和导引部的操作中心之间的距离;

[0023] L_2 = 稳定部的操作中心和下扩眼部的操作中心之间的距离。

[0024] 由此可得到,可以通过由于钻头倾斜而在下扩眼部一侧产生的增大的曳力而基本上消除在导引部一侧由于钻头倾斜而产生的增大的曳力,借此,所述各个增大的曳力可以在彼此相对的方向上作用。

[0025] 优选地,导引部的钻削直径 (D_p) 大于下扩眼部的钻削直径 (D_u) 的一半,并这样设置稳定部,即使得 L_2 大于 L_1 的一半。

[0026] 更优选地,这样设置稳定部,即比值 L_2/L_1 基本上等于比值 D_p/D_u 。

附图说明

[0027] 下面将参考附图以示例方式详细叙述本发明,其中:

[0028] 图 1 是示意地示出按照本发明的钻头的总体横截面视图;

[0029] 图 2 示意地示出一个实施例的横截面;

[0030] 图 3 示意地整体示出一个钻井系统;

[0031] 图 4 解释在滑动钻井方式的情况下,钻头相对于井眼的定向;

[0032] 图 5a 和 5b 分别示出作用于下扩眼部刀具和导引部刀具的曳力;

[0033] 图 6 示出用于使钻头的横向稳定部上的磨损和破裂最小化的钻井系统的几何结构。

具体实施方式

[0034] 在附图中,相同的元件采用相同的附图标记。

[0035] 在示例中,物体是地质岩层,钻头特别适用于在地质岩层内钻井眼。

[0036] 参考图 1,其示出钻头,所述钻头包括导引部 1、横向稳定部 2、下扩眼部 3 和连接轴 4,其中,所述连接轴 4 延伸在导引部 1 和下扩眼部 3 之间并将这两个部件刚性连接。导引部 1 和下扩眼部 3 设有刀具 5。这些刀具 5 可以是任何适当型式。这种钻头可用于在物体

内钻井眼。
[0037] 通常,设置横向稳定部 2,以承受来自钻井系统的横向负载或者承受自导引部 1 和下扩眼部 3 的钻进动作所产生的横向负载,而不在横向负载的方向上切削岩石。有各种实施例可以实现这一点。

[0038] 在第一个实施例中,提供一个设置有 360 度方位角范围的稳定器刀片装置,由此,刀片装备有抗磨元件,该抗磨元件在横向上的切削性能很差。这种抗磨元件例如可由金刚石形成,其设有朝向井眼壁的平面。根据刀片装置的轴向横截面轮廓,横向稳定部可在井眼内相对于物体作轴向旋转或横向旋转,或同时进行轴向和横向旋转。对于横向和轴向旋转来说,所述轴向横截面轮廓应该具有大体上为球形的腰部(如瓜类形状),以优化滑动性能。仅仅就轴向旋转来说,所述轴向横截面轮廓可具有直的轴向截面,这样,所述多个刀片在中心轴线周围靠着物体形成了基本为圆柱形的表面。在后一种情况下,刀片的前缘可向内逐渐变小,以利于轴向滑动性,其中,所述前缘可以是刀片距导引部最近的一端。

[0039] 稳定部刀片间的狭槽能够通过泥土。可替换地,许多轴向孔可设在全环形无刀片的稳定器装置内。

[0040] 在第二个实施例中,横向稳定部包括外部件 6,其相对于连接轴 4 可旋转地安装在导引部和下扩眼部 3 之间。这个部件可以是套筒型的部件,其可旋转地安装在连接轴 4 周围。在这个实施例中,套筒不必在钻井过程中在井眼内旋转,而仅仅沿着井眼的方向滑动,这消除了任何切削的可能性。而且在这个实施例中,应设置容许泥土通过的装置。

[0041] 优选地,设置锁定装置,其容许将套筒锁在连接轴上。以这种方式,如果需要,套筒可暂时在井眼内旋转,例如可利用其这一点以在导引部之上的井眼内钻出一个阻挡区域。在被锁定时,至少使导引部不可相对于稳定部作轴向旋转,由此,这两者可一起旋转。

[0042] 在第三个实施例中,外部件可旋转地安装在连接轴上的球窝接头周围。这就使得连接轴 4 可相对于外部件作轴向旋转,而且可使其倾斜或横向旋转。图 2 示出第三个实施例的一个示例,由此,套筒 6 可旋转地安装到球窝接头 7 上,该球窝接头 7 设在连接轴 4 上。套筒 6 和球窝接头 7 经由任意支承面相互作用,所述支承面容许其绕钻头的中心纵轴和垂直于该纵轴的轴线旋转。

[0043] 利用锥形前缘 8 可以使圆柱形部分获得图 2 所示的实施例的优化滑动性能。

[0044] 如图 1 所示,将导引部 1 及下扩眼部 3 的钻削结构的中心间的距离设为 L ,将导引部 1 及横向稳定部 2 的中心间的距离设为 L_1 。导引部 1 的标准尺寸设为 D_p ,下扩眼部 3 的标准尺寸设为 D_u 。在本示例中,横向稳定部 2 的公称直径与导引部 1 的标准尺寸相同,但是如果需要,其也可设在标准尺寸之下或之上。

[0045] 图 3 示意地示出一个钻井系统,其包括上述的多种钻头中的一个,所述钻头用来使钻井系统获得可操纵性。其有一个容积式马达(PDM)形式的细长延伸部件 9,其中,所述容积式马达可以是 PDM 泥浆马达。钻头经由支承外壳 14 联结到细长延伸部件 9。设置 PDM,以驱动外壳内的驱动轴。所述驱动轴(未示出)可相对于外壳旋转,并联结到钻头上,以用

于至少驱使导引部 1 相对于外壳旋转。细长延伸部件 9 设有可启动的钻柱稳定器 11。外壳设有弯件 (knee) 10, 这样, 支承外壳 14 被以 $\alpha > 0^\circ$ 的角度联结到细长延伸部件 9 上, 从而钻头也被以 $\alpha > 0^\circ$ 的角度联结到细长延伸部件 9 上。由 PDM 泥浆马达外壳的中心线和支撑外壳的中心线所限定形成的平面被称作刀具面。

[0046] 图 3 的钻井系统可以下述方式操纵。在操作中, PDM 经由外壳内部的驱动轴使钻头的导引部 1 和下扩眼部 3 旋转。在钻柱不旋转地下降时, 钻井组件以滑动方式与要钻井眼的地质岩层接合。由于钻井系统中的弯件 10, 钻头在相对于细长延伸部件 9 的主轴成一角度的情况下钻进, 由此就钻出与细长延伸部件成一角度的井眼。同时, 稳定器 11 从井眼的下扩眼部滑下。钻井组件的移动的总结果就是, 井眼以弯曲形式前进。这也称作滑动型钻井方式。另一方面, 在例如通过可旋转地驱使钻柱旋转来使延伸部件和外壳基本上绕主纵轴旋转时, 钻头将被迫摆动, 由此, 横向稳定器 2 成为摆动中心。这就产生重叠旋转钻进, 并且被称作旋转钻井模式。平均来说, 钻井系统将在直的路径内前进, 这是因为对于弯件 10 来说没有优选方向。

[0047] 稳定器 11 可以是可膨胀的稳定器, 与在井眼内运转组件时相比, 其直径可以增大, 或者可以是固定不变的稳定器, 如芯盒面板, 以用作钻井组件的支撑点。为方便旋转钻井模式, 导引部 1 优选可横向旋转, 或是可相对于横向稳定器 2 倾斜。特别地, 导引部 1 相对于稳定部 2 可横向旋转的实施例可确保正确的摆动。在后一种情况下, 横向稳定器 2 可相对于地质岩层以滑动模式运转。

[0048] 在上述的系统中, 支承外壳固定地联结到细长延伸部件上。可替换地, 本发明的钻头可在旋转操纵的钻井系统中运行, 由此, 钻柱可连续旋转, 而以旋转模式或固定模式操纵弯件或刀具面的方向。在固定模式中, 细长延伸部件相对于弯件旋转, 由此, 弯件在物体内部相对于井眼的方位角方向被固定为以固定方向指向钻头。在旋转模式中, 弯件根据指令与钻柱一起旋转。后者会造成钻头摆动并因此钻出平直的井眼。

[0049] 由钻井系统钻出的井眼的曲率半径或者造斜率 (build-up rate) 是调节系统参数的函数。通过下述参数来调节组件在滑动钻井模式下的造斜率, 其中, 假设钻头的横向稳定部不具有任何横向钻进能力:

[0050] - 支承外壳相对于 PDM 泥浆马达的定子壳体的弯曲角 γ ; 和

[0051] - 钻头的横向稳定部 2 和 PDM 泥浆马达上方的钻柱稳定器 11 之间沿着井眼的距离。

[0052] 在 PDM 泥浆马达之上的钻柱稳定器 11 的任何间隙将增大造斜率, 事实上, 钻头必须在井眼内稍微倾斜, 这种情况是两个二阶参数, 对造斜率产生相反的影响, 在此不作进一步的考虑。

[0053] 在钻井系统以滑动模式钻井时, 如上所述, 钻头稍微在井眼内倾斜, 以确保钻出圆弧形。钻头铰接在稳定部 2 周围。以造斜井段的钻井为基础, 在图 5a 和 5b 示出这种情况对钻井力偏差的影响与直的钻井的代表性情况之间的比较。

[0054] 为了获得造斜井段, 钻头的中心线必须在钻头深度上相对于井眼的中心线具有小的倾斜角度 (φ) (图 4)。这就意味着, 置于钻头中心线以下的所有导引部刀具 5 的工作负载被降低了一定量, 该降低量由图 5b 中的小圆形部分 12 表示。在钻井方向沿着钻头中心线观察时, 这些刀具的总曳力的降低量 dF_p 指向左。同样地, 置于导引部中心线以上的所

有刀具 5 的工作负载被增加了一个小量,这是由合成的曳力增量 $+dF_p$ 造成的, $+dF_p$ 也指向左(图 5b)。

[0055] 下扩眼部 3 在中心线之上和之下也受到类似的总曳力的偏差,如图 5a 中的截面 13 所示。

[0056] 这些偏差可造成钻头移动,这就意味着钻井系统在一个方位平面内不能钻出弯曲的轨道,而是钻头有沿着垂直于这个刀具面的方向偏移的趋势。在这种情况下,钻头有改变井眼的方位的趋势。

[0057] 偏差可用下述等式表示:

$$[0058] \quad dF_p = K1_p \times \varphi \times L_1 \times D_p \quad (1)$$

[0059] 其中, $K1_p$ 是表示导引部 1 的钻削结构的效果和在钻削负载上的岩层可钻性的常数;

[0060] φ 是钻头在井眼内的倾斜角,其由钻头的中心线和井眼的中心线之间在稳定部的中心位置处形成的角度限定;

[0061] L_1 是导引钻削结构的中心和稳定部 2 的中心之间的距离;

[0062] D_p 是导引部 1 的直径;以及

$$[0063] \quad dF_u = K1_u \times \varphi \times (L-L_1) \times D_u \quad (2), \text{其中,}$$

[0064] $K1_u$ 是表示下扩眼部 3 的钻削结构的效果和在钻削负载上的岩层可钻性的常数;

[0065] L 是导引钻削结构和下扩眼部的钻削结构的中心之间的距离,如图 1 所示;以及

[0066] D_u :井眼直径。

[0067] 在采用下述等式的情况下可消除钻头的移动趋势:

$$[0068] \quad dF_p = dF_u \quad (3)$$

[0069] 公式 (1) 和 (2) 可认为具有充分的代表性,这是因为作用于相应钻头部的曳力随着钻削深度的增大而增加,并且也因为钻削深度基本上线性地取决于各个钻头部(即导引部或下扩眼部)的直径以及钻头在井眼内的倾角 φ 。

[0070] 这也暗示了横向稳定部 2 的位置:

$$[0071] \quad L/L_1 = 1 + K1_u/K1_p * D_p/D_u \quad (4)$$

[0072] 假设导引部 1 和下扩眼部 3 采用相同的钻削过程,这种关系简化为:

$$[0073] \quad L/L_1 = 1 + D_p/D_u \quad (5)$$

[0074] 因此,优选地,钻头的几何结构非常接近于这个理想关系,具有该系统仅仅在钻具面内钻进的优点。

[0075] 在达到如上所述的“不移动”标准时,也达到了方位方向上的最小的磨损-破裂标准,这是因为按照等式 (4),钻头在这一方向上是力平衡的。

[0076] 在垂直平面内,钻头在井眼内倾斜的同时也应该保持力平衡。按照与以前用于“不移动”标准相同的方法,提出获得这一点的设计等式。

[0077] 现参考图 6, dN_u 表示作用于钻头的下扩眼部 3 的中心线以下的刀具的总法向力增量,其与图 5a 中的 dF_u 相关。可以在 dN_p 和 dF_p 之间限定用于导引部 1 的相同关系。

[0078] 这些关系可以表示为:

$$[0079] \quad dN_u = K2_u (\text{钻削结构}) \times dF_u \quad (6)$$

[0080] $dN_p = K2_p (\text{钻削结构}) \times dF_p$

[0081] 力 dN_u 和 dN_p 与钻头的中心线成一角度。这一角度由钻头部的轮廓调节。这些力的横向分量可以表示为：

[0082] $dN_{u1} = dN_u \times K3_u (\text{钻削轮廓})$ (7)

[0083] $dN_{p1} = dN_p \times K3_p (\text{钻削轮廓})$

[0084] 在 $dN_{u1} = dN_{p1}$ (8) 时,可以在垂直平面内获得最小的磨损 - 破裂标准,其中,该垂直面是刀具面,

[0085] 并且假设满足等式 (3),这就产生：

[0086] $K2_u \times K3_u = K2_p \times K3_p$ (9)

[0087] 在例如就钻削元件的类型和纵向前角而言,导引部 1 和下扩眼部 3 中采用一致的钻削结构的情况下,这一要求可简化为：

[0088] $K3_u = K3_p$ (10)

[0089] 对于采用钻头力 (bit force) 计算软件包的特定钻头设计来说,可以计算出用于下扩眼部 3 和导引部 1 的参数 $K1$ 、 $K2$ 、 $K3$ 。

[0090] 示出的实施例提供相对廉价的可操纵钻井系统,该钻井系统适于定向的、超标准尺寸的钻进。消除了对支承外壳稳定器的需要。这种支承外壳稳定器的功能被横向稳定部 2 取代,其中,所述横向稳定部 2 置于钻头的导引部 1 和下扩眼部 3 之间。这具有几个优点：

[0091] - 消除了作用于 PDM 泥浆马达支承部的较大横向钻井力；

[0092] - 在重叠旋转钻井模式中,井眼仅仅在边上超出标准尺寸 (为毫米级),因此,在从旋转钻井模式切换到滑动钻井模式时,井眼内形成的突出部分最小。

[0093] - 将不会发生螺旋运动,这是由于横向稳定部和钻眼的钻削元件之间的距离较小,结果可钻出更平滑的井眼；

[0094] - 钻井系统容许采用较长的钻头,而不会显著影响系统的定向钻井特征；

[0095] - 钻井系统提供了可靠地定向钻井技术,即使钻井操作涉及较大的下扩眼元件；

[0096] - 消除了作用于可操纵的 PDM 泥浆马达的支承件上的较大横向负载。

[0097] 上述实施例仅仅用作非限制性的示例。特别地,本发明也包括牙轮钻头和混合钻头,这些钻头具有拖曳导引部和牙轮下扩眼部,反之亦然。

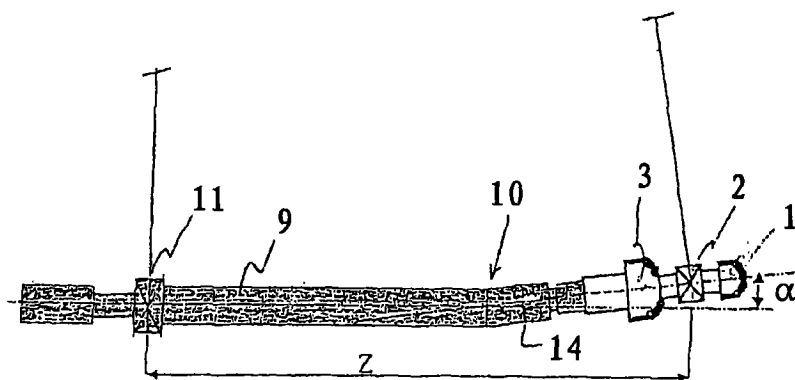


图 3

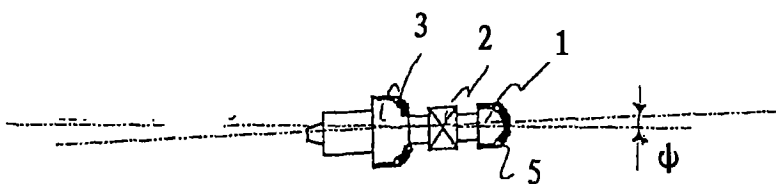


图 4

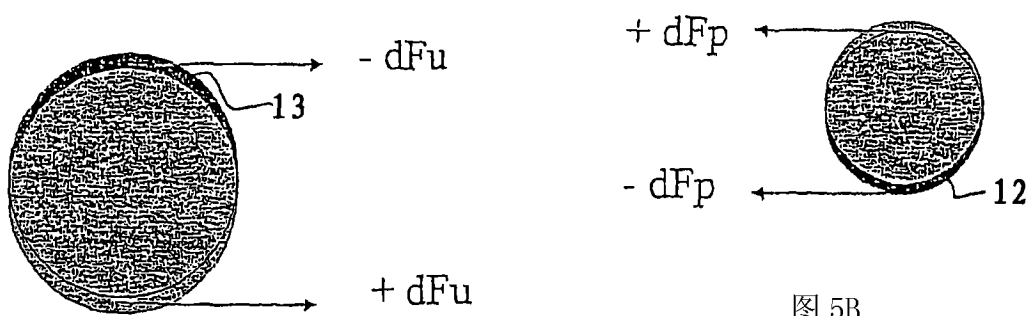


图 5B

图 5A

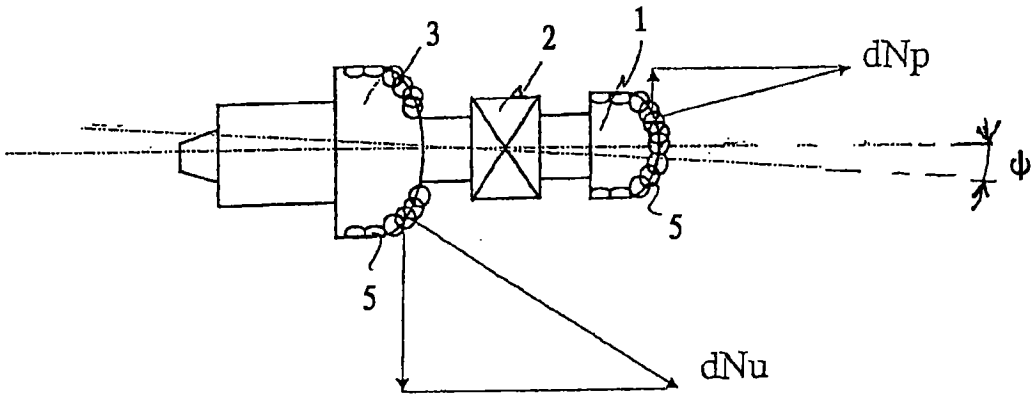


图 6