



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 103147691 A

(43) 申请公布日 2013.06.12

(21) 申请号 201310063815.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2013.02.28

E21B 10/16(2006.01)

(71) 申请人 西南石油大学

地址 610500 四川省成都市新都区新都大道
8号

申请人 中国石油集团钻井工程技术研究院
宝石机械成都装备制造分公司
中国石油集团川庆钻探工程有限公
司钻采工程技术研究院

(72) 发明人 杨迎新 陈炼 徐彤 郑家伟
程荣超 纪国栋 冯明 孙永兴
付晓平 林敏 任海涛 包泽军
董博

(74) 专利代理机构 北京三高永信知识产权代理
有限责任公司 11138

代理人 王惠

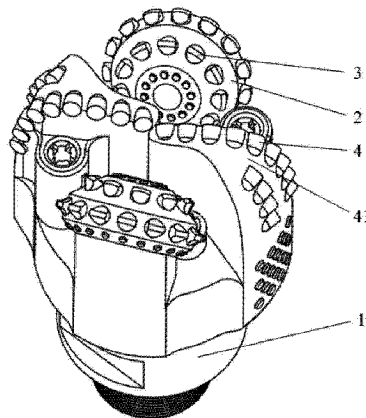
权利要求书1页 说明书8页 附图8页

(54) 发明名称

一种复合钻头

(57) 摘要

本发明公开了一种复合钻头,属于钻探领域。所述复合钻头包括钻头体、牙轮和固定切削结构,牙轮和固定切削结构布置在钻头体上,牙轮通过轴承结构与钻头体形成转动连接;牙轮上镶固有横镶牙齿,每个横镶牙齿的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $70^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$,每个横镶牙齿的四分齿顶宽度 B 不小于横镶牙齿下部镶固部分的圆柱直径 D 的 80%;固定切削结构包括多个固定切削齿。本发明在提高钻头破岩效率的同时延长钻头使用寿命。



1. 一种复合钻头,其特征在于,所述复合钻头包括钻头体、固定切削结构和至少一个牙轮,所述牙轮和所述固定切削结构布置在所述钻头体上,所述牙轮通过轴承结构与所述钻头体形成转动连接;

所述牙轮上镶固有横镶牙齿,横镶牙齿的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $70^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$,所述横镶牙齿的4分齿顶宽度 W 不小于横镶牙齿镶固部分圆柱直径 D 的80%,所述横镶牙齿起碾压、劈裂作用;

所述固定切削结构包括多个固定切削齿,所述多个固定切削齿起刮切作用。

2. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述牙轮上横镶牙齿的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $80^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$,所述横镶牙齿的4分齿顶宽度 W 不小于横镶牙齿镶固部分圆柱直径 D 的90%。

3. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述牙轮上的横镶牙齿的齿顶偏转角 $\alpha = 90^\circ$ 。

4. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述牙轮上横镶牙齿的4分齿顶厚度不大于横镶牙齿镶固部分圆柱直径 D 的25%。

5. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述牙轮设有至少两排齿圈,每排齿圈包括多个所述横镶牙齿,所述牙轮中不同齿圈的横镶牙齿呈部分或全部交错布置。

6. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述复合钻头上的每个牙轮的偏移值不大于所述复合钻头直径的1.5%。

7. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述牙轮设有齿圈,所述齿圈包括多个所述横镶牙齿,所述牙轮中的至少一个齿圈与其所对应的固定切削结构上的至少一个固定切削齿呈径向同轨布置。

8. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述横镶牙齿的齿顶轮廓线为向上凸起的弧形。

9. 根据权利要求1所述的复合钻头,其特征在于,所述横镶牙齿的齿顶顺着齿顶线方向的轮廓线沿所述横镶牙齿的轴线方向的投影为圆弧形。

10. 根据权利要求1-9任一项权利要求所述的复合钻头,其特征在于,所述横镶牙齿沿齿顶厚方向上的两个侧面为内凹曲面。

一种复合钻头

技术领域

[0001] 本发明涉及钻探设备技术领域,特别涉及一种复合钻头。

背景技术

[0002] 在石油天然气、矿山工程、建筑基础工程施工、地质及水文钻井工程中,通常使用钻头破碎岩石,钻头是破碎岩石形成井筒的破岩工具。目前钻井工程中使用的钻头主要有三牙轮钻头和PDC钻头,其中,三牙轮钻头包括钢齿钻头(又称铣齿钻头)和硬质合金齿钻头(又称镶齿钻头)。近年,美国贝克休斯公司推出一种牙轮-PDC混合式钻头新产品,下面以美国贝克休斯公司提出的牙轮-PDC混合式钻头为例加以说明。

[0003] 美国贝克休斯公司提出的牙轮-PDC混合式钻头是在传统的PDC切削结构基础上增加牙轮切削结构而形成的,具体由固定切削结构和牙轮切削结构组合而成。其中,牙轮-PDC混合式钻头的固定切削结构是由若干PDC固定刀翼(也称固定翼)组成,固定刀翼上布置有固定切削齿(一般为PDC齿),当钻头旋转钻进时,固定刀翼上的PDC齿以刮切方式破岩;牙轮-PDC混合式钻头的牙轮切削结构与牙轮钻头类似,牙轮上的牙齿主要以冲击压碎的方式破岩。

[0004] 实际上,牙轮-PDC混合式钻头的基本理念早在1985年以前就已经提出,然而却长期没有形成工业化应用。其根本原因在于:由于混合钻头上的牙轮是以冲击压碎的方式破岩,牙轮上的牙齿在交替工作过程中产生的上下振动(纵向振动)会直接影响PDC固定切削结构的工作稳定性,从而导致固定切削结构中PDC齿的非正常失效。PDC齿是一种对冲击载荷比较敏感的切削元件,由牙轮纵向振动带来的冲击载荷容易引起PDC齿聚晶金刚石层的脆性崩裂损坏,减短钻头的使用寿命。因为牙轮-PDC混合式钻头所适用的地层一般是常规PDC钻头较难钻进的地层,岩石的抗压强度较高。在这种条件下,PDC齿更容易发生崩裂损坏。正因为牙轮-PDC混合式钻头具有这个天生的弱点,加以早期的PDC齿产品的抗冲击能力很差,所以,这种混合钻头才一直停留在概念设计阶段。直至近年,PDC齿的抗冲击性能有了长足的进步,才使这种技术发展成为一种新的钻头产品,逐步在钻井工程中得到应用。然而,由于纵向振动而导致PDC齿磨损加剧的问题,依然是一个制约混合钻头性能的重要因素。除此而外,牙轮的纵向振动还会使固定切削结构中PDC齿的吃入深度发生频繁变化,严重时甚至可能造成PDC齿频繁脱离井底,因而可在一定程度上降低钻头的破岩效率。显然,如果能够显著地减小甚至消除这种纵向振动,将使钻头的综合性能得到显著提升。

发明内容

[0005] 为了解决现有技术中牙轮-PDC混合式钻头存在的牙轮纵向振动对钻头固定切削齿刮切岩石过程产生不良影响,因而导致切削齿磨损速度快,严重影响钻头破岩效率和使用寿命的问题,本发明提供了一种复合钻头,能够在提高钻头破岩效率的同时延长钻头使用寿命。所述技术方案如下:

[0006] 一种复合钻头,所述复合钻头包括钻头体、固定切削结构和至少一个牙轮,所述牙

轮和所述固定切削结构布置在所述钻头体上,所述牙轮通过轴承结构与所述钻头体形成转动连接;

[0007] 所述牙轮上镶固有横镶牙齿,横镶牙齿的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $70^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$,所述横镶牙齿的 4 分齿顶宽度 W 不小于横镶牙齿镶固部分圆柱直径 D 的 80%,所述横镶牙齿起碾压、劈裂作用;

[0008] 所述固定切削结构包括多个固定切削齿,所述多个固定切削齿起刮切作用。

[0009] 作为优选,所述牙轮上横镶牙齿的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $80^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$,所述横镶牙齿的 4 分齿顶宽度 W 不小于横镶牙齿镶固部分圆柱直径 D 的 90%。

[0010] 作为优选,所述牙轮上的横镶牙齿的齿顶偏转角 $\alpha = 90^\circ$ 。

[0011] 作为优选,所述牙轮上横镶牙齿的 4 分齿顶厚度不大于横镶牙齿镶固部分圆柱直径 D 的 25%。

[0012] 作为优选,所述牙轮设有至少两排齿圈,每排齿圈包括多个所述横镶牙齿,所述牙轮中不同齿圈的横镶牙齿呈部分或全部交错布置。

[0013] 作为优选,所述复合钻头上的每个牙轮的偏移值不大于所述复合钻头直径的 1.5%。

[0014] 作为优选,所述复合钻头上的牙轮的偏移值不大于所述复合钻头直径的 0.5%。

[0015] 作为优选,所述复合钻头上的牙轮的偏移值为 0 (即牙轮无偏移)。

[0016] 作为优选,所述牙轮设有齿圈,所述齿圈包括多个所述横镶牙齿,所述牙轮中的至少一个齿圈与其所对应的固定切削结构上的至少一个固定切削齿呈径向同轨布置。

[0017] 作为优选,所述横镶牙齿的齿顶轮廓线为向上凸起的弧形。

[0018] 作为优选,所述横镶牙齿的齿顶顺着齿顶线方向的轮廓线沿所述横镶牙齿的轴线方向的投影为圆弧形。

[0019] 作为优选,所述横镶牙齿沿齿顶厚方向上的两个侧面为内凹曲面。

[0020] 本发明的有益效果是:

[0021] 本发明所述复合钻头上的牙轮的破岩方式与普通牙轮钻头有明显区别,本发明所述复合钻头上采用横镶牙齿,横镶牙齿的齿顶宽度及齿顶偏转角均较大——横镶牙齿的 4 分齿顶宽度 W 不小于镶固部分圆柱直径 D 的 80%,即 $W \geq 0.8D$;横镶牙齿的齿顶偏转角 α 的取值范围在 $70^\circ \sim 90^\circ$ 或 $-90^\circ \sim -70^\circ$ 之间,使得牙轮运动平稳,纵向振动小,可明显缓解甚至消除牙轮-PDC 混合钻头中牙轮的纵向振动对 PDC 齿的不良影响,本发明横镶牙齿以线载荷方式作用于井底岩石,接触时间较长,牙轮以近似静压的方式压碾、劈裂破岩,破岩能耗低,破岩效率高;减小了钻头破岩过程中的牙齿、牙轮及轴承的动载,有利于增强牙齿的抗折断能力,提高牙齿的镶固可靠性;有利于提高轴承的使用寿命,进而提高钻头使用寿命。

附图说明

[0022] 为了更清楚地说明本发明实施例中的技术方案,下面将对实施例描述中所需要使用的附图作简单地介绍,显而易见地,下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例,对于本领域普通技术人员来讲,在不付出创造性劳动的前提下,还可以根据这些附图获得其他

的附图。

[0023] 图 1 是本发明实施例提供的复合钻头的立体图；

[0024] 图 2 是图 1 提供的复合钻头沿钻头轴线俯视时(即逆钻头钻进方向看)的视图,即俯视图；

[0025] 图 3 是本发明提供的复合钻头的牙轮横镶牙齿齿圈与固定切削结构上的固定切削齿沿所述复合钻头径向覆盖的示意图；

[0026] 图 4 是本发明提供的复合钻头的牙轮上横镶牙齿的齿顶线与牙轮的轮锥母线夹角(即齿顶偏转角) α 的示意图；

[0027] 图 5 是本发明图 1 中所述钻头的某牙轮沿牙轮轴线从牙轮尖部向牙轮底看时的示意图；

[0028] 图 6 是本发明提供的复合钻头上设置三个固定翼和三个牙轮时的俯视图；

[0029] 图 7 是本发明所述横镶牙齿的结构示意图；

[0030] 图 8 是本发明所述横镶牙齿沿牙齿轴线从牙齿顶部向齿底看时的示意图；

[0031] 图 9 是本发明所述横镶牙齿镶固于牙轮齿孔后,沿牙齿轴线剖切时的局部剖视图；

[0032] 图 10 是本发明所述横镶牙齿固于牙轮齿孔后,沿牙齿下部镶固部分的横截面剖切时的局部剖视图；

[0033] 图 11 是本发明所述横镶牙齿的齿顶顺着齿顶线方向的轮廓线沿齿的轴线方向的投影为圆弧形时的示意图。

[0034] 图 12 是本发明所述横镶牙齿沿齿顶厚方向上的两个侧面为内凹曲面,沿牙齿齿顶宽度方向看时的牙齿示意图。

[0035] 图 13A 是以楔形齿为例时,牙齿 4 分齿顶宽度 W 的示意图；

[0036] 图 13B 是以楔形齿为例时,牙齿 4 分齿顶厚度 T 的示意图；

[0037] 图 14 是普通牙轮钻头牙轮上的普通牙齿的齿顶线与牙轮的轮锥母线夹角 α 的示意图；

[0038] 图 15 是钻头上的牙轮偏移时的示意图。

[0039] 图中各符号表示含义如下：

[0040] 1 钻头体，

[0041] 2 牙轮，

[0042] 3 横镶牙齿,3a 齿圈,31 横镶牙齿的下部镶固部分，

[0043] 4 固定切削结构,41 固定切削齿。

具体实施方式

[0044] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合附图对本发明实施方式作进一步地详细描述。

[0045] 参见图 1 至图 12 所示,本发明提供了一种复合钻头,本发明实施例以图 1 为主加以说明,所述复合钻头包括钻头体 1、固定切削结构(图中为固定翼)4 和至少一个牙轮 2,所述牙轮 2 和所述固定切削结构 4 布置在所述钻头体 1 上,所述牙轮 2 通过轴承结构与所述钻头体 1 形成转动连接；

[0046] 所述牙轮 2 上镶固有横镶牙齿 3, 横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $70^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$, 所述横镶牙齿 3 的齿顶宽度 W 不小于横镶牙齿 3 的下部镶固部分 31 (参见图 10) 的圆柱直径 D 的 80%, 即 $W=0.8D$ (参见图 7、8、9 所示), 所述横镶牙齿 3 起碾压、劈裂作用;

[0047] 所述固定切削结构 4 包括多个固定切削齿 41, 所述多个固定切削齿 41 起刮切作用。

[0048] 牙齿的结构是影响牙轮钻头钻进效率的关键因素之一。镶齿牙轮钻头的牙齿与牙轮上的齿孔通常采用过盈配合(或镶焊等)方式镶固在牙轮上。牙齿的下部与牙轮齿孔形成过盈配合(该部分称为牙齿的镶固部分), 牙齿与齿孔形成过盈配合的表面一般为圆柱面; 牙齿的上部位于牙轮壳体的表面之外, 用于直接接触、破碎岩石(该部分称为牙齿的工作部分, 也称为牙齿的冠部或头部), 通常情况下, 牙齿冠部的径向(垂直于牙齿轴线方向, 平行于牙齿下部圆柱的直径方向)尺寸小于镶固部分的圆柱直径。牙齿镶固部分的尺寸(直径和高度)和过盈量是决定固齿强度的关键, 而牙齿冠部的形状和尺寸则是决定牙齿工作性能的关键。

[0049] 表征牙齿冠部形状和尺寸的主要参数为牙齿的出露高度 h 、牙齿的齿顶宽度 W (见图 13A) 和牙齿的齿顶厚度 T (见图 13B)。出露高度 h 是指牙齿出露于牙轮壳体表面之外的高度, 简称出露高度或齿高; 牙齿的齿顶宽度 W 是指牙齿的齿顶区域在垂直于牙齿轴线的平面内的最大横向尺寸, 简称齿顶宽度; 牙齿的厚度 T 是指牙齿齿顶区域在垂直于牙齿宽度方向的最大横向尺寸, 简称齿顶厚度。齿顶宽度和齿顶厚度代表了牙齿顶部的横向尺寸, 横向尺寸越小, 牙齿越尖锐、越容易侵入岩石, 但同时也越容易发生强度失效。就对牙齿破岩效率的影响而言, 牙齿的宽度具有比较特殊的意义, 原因在于: 尽管牙轮钻头主要以压碎作用破碎岩石, 但钻头牙齿在与岩石接触时的相对滑移运动可使牙齿产生刮切破岩的效果, 此时, 牙齿的宽度越大, 刮切时扫过的面积就越大, 刮切破岩的效果也就越趋明显。镶齿牙轮钻头的牙齿一般多按照齿顶宽方向与牙轮母线平行的方向镶固(如图 14 中的齿 5)。也可先分析预测牙齿刮切运动的方向, 然后按照齿顶宽与刮切运动方向相垂直或接近垂直的方向镶固牙齿(如图 14 中的齿 6)。

[0050] 然而, 由于牙齿冠部形状的特殊性, 牙齿“齿顶区域”的概念具有一定的模糊性, 因而需要加以具体的约定, 以达到对各种形状的牙齿都能按照统一的方法度量齿顶宽度和齿顶厚度的目的。为此, 特作约定如下: N 为一自然数, 在纵向距牙齿冠部最高点 h/N 的位置做一个垂直于牙齿轴线的平面 P (见图 13A 及图 13B), 牙齿上由该平面至牙齿冠部最高点之间的区域为牙齿的 N 分齿顶区域。在牙齿的 N 分齿顶区域内, 垂直于牙齿轴线的最大横向尺寸, 为牙齿的 N 分齿顶宽度(也即: 牙齿的 N 分齿顶区域在平面 P 上投影的最大宽度); 最大横向尺寸在 P 平面上所对应的方向为齿顶齿宽方向; 该齿顶区域在垂直于齿顶宽度方向上的最大横向尺寸, 为牙齿的 N 分齿顶厚度。在图 13A 及图 13B 中, 标明了楔形齿的 4 分齿顶区域(P 平面至牙齿顶部最高点之间的区域)、4 分齿顶宽度 W 、齿顶宽度方向以及 4 分齿顶厚度 T 。通常情况下, 牙齿冠部的形状都是由根部到顶部越来越尖锐, 所以在平面 P 上的牙齿横截面宽度/厚度, 就等于牙齿的 N 分齿顶宽度/厚度。

[0051] 如图 4 所示, 齿顶偏转角 α 是指齿顶线(即沿切削齿齿顶宽度方向并垂直于切削齿轴线)与切削齿所在牙轮 2 的轮锥母线(即轮锥面上与切削齿轴线相交的母线)的夹角。

一般指齿顶线与轮锥母线所成的锐角或直角。本发明是以齿顶沿切削齿轴线方向向牙轮体看定义齿顶偏转角 α 的正或负,具体地,齿顶线相对牙轮 2 的轮锥母线逆时针偏转时为正偏转,反之则为负偏转。

[0052] 三牙轮钻头主要以冲击压碎的形式破岩,即牙齿通过对岩石的冲击、挤压和伴有少量的滑移刮切来破碎岩石。现有大多数镶齿三牙轮钻头牙轮上牙齿的齿顶无偏转(即齿顶偏转角为 0° ,如图 14 中的牙齿 5),也有少量钻头的部分齿圈的牙齿(切削齿)齿顶有偏转(如图 14 中的牙齿 6),偏转角一般在 50° 以内。牙齿的偏转是为了迎合牙齿冲击压入岩石后的滑移刮切方向,以增加牙齿对岩石的滑移刮切效果(量)。为便于阐述,本说明书中界定:牙齿的齿顶偏转角大于 50° 时,可称为横镶牙齿。本发明的横镶牙齿的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $70^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$ 。

[0053] 牙轮的偏移是指:牙轮的极轴面(过牙轮轴线且平行于钻头轴线的平面)相对钻头中心线的偏移距离。如图 15 所示,为沿钻头钻进方向(沿钻头轴线从钻头螺纹端向牙轮端)看时,钻头牙轮 2 在垂直于钻头轴线的平面上的投影示意图,图中牙轮 2 的轴线投影与钻头中心之间的距离 S 即为钻头偏移值。多数三牙轮钻头的牙轮 2 存在偏移,其目的在于,偏移使牙轮 2 在井底岩石上滚动破岩时无法发生纯滚动,使牙轮 2 上的牙齿破岩时滑移增大,偏移值越大牙轮 2 上的牙齿滑移刮切越明显,但同时因滑移产生的磨损也越大。

[0054] 复合钻头上的牙轮 2 的破岩方式与普通牙轮钻头有明显区别。复合钻头上采用横镶牙齿 3,横镶牙齿 3 的齿顶宽度及齿顶偏转角均较大——横镶牙齿的 4 分齿顶宽度 W 不小于横镶牙齿的镶固部分 31(参见图 10)圆柱直径 D 的 80%,即 $W \geq 0.8D$ (参见图 7、8、9 所示);横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 α 的取值范围在 $70^\circ \sim 90^\circ$ 或 $-90^\circ \sim -70^\circ$ 之间。该技术特征使同齿圈 3a 上的相邻横镶牙齿间的空当间隔大大减小,具有大齿顶宽度的横镶牙齿 3 形成一个个接近完整圆形的齿盘。特别是当不同齿圈横镶牙齿交错布置时,牙轮上相邻牙齿之间的空当间隔显著减小,大大增强了牙轮牙齿交替破岩过程的平稳性,使牙轮工作时滚动平稳,纵向振动小。这样,每个横镶牙齿接触井底岩石的时间显著增加,冲击效应显著降低,辅以小齿顶厚度牙齿技术特征,从而实现牙轮上的横镶牙齿以接近静压的方式压碾、劈裂破碎岩石。

[0055] 常规 PDC 钻头在较硬岩层钻进时遇到的难题之一是 PDC 齿吃入岩石的难度高,特别是当 PDC 齿发生磨损时,吃入岩石更加困难,因而钻头钻速很低。复合钻头能很好地解决这一问题。复合钻头由牙轮 2 和固定切削结构 4 复合而成。牙轮 2 以近似静压的方式压碾、劈裂破岩,其上的齿圈 3a 在井底岩石上碾压出一圈圈的破碎坑、槽,从而使固定切削齿 41 的井底刮切面变得凸凹不平,这样,固定切削齿 41 就不必完全依靠钻压强力吃入井底岩石,而是能够自然而然地吃入岩石、刮切破岩。与常规牙轮相比,本发明复合钻头的牙轮 2 的碾压、劈裂工作方式能在较硬岩层达到很好的破岩效果,复合钻头可在牙轮 2 碾压、劈裂破岩方式与固定切削结构 4 的刮切破岩方式的相互配合下破岩钻进,能明显提高钻头在较硬岩层钻进时的破岩效率。

[0056] 复合钻头的破岩方式与牙轮-PDC 混合钻头也有明显区别。牙轮-PDC 混合钻头上的牙轮与常规镶齿牙轮钻头的牙轮一样,均以冲击压碎方式破岩,牙轮工作过程中牙齿接触井底岩石的时间很短,牙轮在牙齿交替工作过程中会产生较强的上下振动(纵向振动),牙齿对岩石的冲击效应很明显。对牙轮-PDC 混合钻头而言,由牙轮纵向振动带来的冲击载

荷容易引起 PDC 齿聚晶金刚石层的脆性崩裂损坏,减短钻头的使用寿命。复合钻头上采用的是镶有横镶牙齿的牙轮,其牙轮运动平稳,纵向振动小,横镶牙齿以线载荷方式作用于井底岩石,接触时间较长,牙轮以近似静压的方式压碾、劈裂破岩。镶有横镶牙齿的牙轮的采用,可明显缓解甚至消除牙轮 -PDC 混合钻头中牙轮的纵向振动对 PDC 齿的不良影响。发明复合钻头上的牙轮以近似纯滚动的碾压、劈裂方式作用于岩石,牙轮工作平稳,钻头纵向振动小,有利于提高轴承的寿命,减少牙齿的静强度失效和疲劳强度失效,提高牙齿的抗折断能力和镶固可靠性,延长牙轮部分的寿命。本发明牙轮牙齿、轴承及固定切削齿的使用寿命将均得以延长,使得钻头整体寿命明显优于现有牙轮 -PDC 复合钻头,且钻头钻进时稳定性好,钻进效率更高。

[0057] 本发明实施例中,所述固定切削结构 4 优选采用 PDC 齿为固定切削齿,能够在提高钻头破岩效率的同时延长钻头使用寿命。

[0058] 更具体地,如图 1 所示,本实施例中牙轮复合钻头上设置两固定翼式的固定切削结构 4 和两牙轮 2,两固定翼式的固定切削结构 4 和两牙轮 2 相间布置,本例中实施例易于钻头小尺寸化,可用于较小井眼的钻进。

[0059] 更具体地,如图 6 所示,本实施例中复合钻头上设置有三个固定翼式的固定切削结构 4 和三个牙轮 2,三个固定翼式的固定切削结构 4 和三个牙轮 2 相间布置,本实施例使得所述复合钻头上周向定位点较多,有益于减少钻头的横向振动,提高所述复合钻头的横向稳定性。此外,本实施例比较适于钻头直径相对较大的场合。

[0060] 作为优选,参见图 4 所示,所述横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $80^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$ 。

[0061] 作为优选,参见图 4 所示,所述横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $75^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$ 。

[0062] 作为优选,参见图 4 所示,所述横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $85^\circ \leq |\alpha| \leq 90^\circ$ 。

[0063] 作为优选,参见图 4 所示,所述横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 α 的取值范围是 $75^\circ \leq |\alpha| \leq 80^\circ$ 。

[0064] 更优选地,如图 1、2、6 所示,所述横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 $\alpha = 90^\circ$,即横镶牙齿 3 的齿顶线与所述牙轮 2 的轮锥母线垂直。

[0065] 更优选地,所述横镶牙齿 3 的齿顶偏转角 $\alpha = 70^\circ$ 、 75° 、 80° 或 85° 。

[0066] 采用上述结构,当横镶牙齿 3 的齿顶线与牙轮 2 的轮锥母线垂直时,齿圈 3a 上的相邻横镶牙齿 3 间的空当间隔更小,牙轮 2 上齿圈 3a 的连续性更好,齿圈 3a 的齿顶轮廓更接近于完整的圆形,有利于牙齿以滚动碾压、劈裂的方式破碎岩石,破岩效率高,复合钻头工作稳定性好。

[0067] 作为优选,参见图 8 所示,所述牙轮 2 上的横镶牙齿 3 的 4 分齿顶厚度不大于牙齿镶固部分 31 的圆柱直径 D 的 25%。

[0068] 更具体地,如图 8 所示,本实施例中,横镶牙齿 3 的 4 分齿顶厚度不大于牙齿镶固部分 31 圆柱直径 D 的 25%,即横镶牙齿 3 的齿顶厚度较小,在该临界值下,更有利于牙齿滚动碾压时对岩石的挤压劈裂作用,提高钻头破岩效率,特别是对高硬度难钻地层,破岩效果更好。

[0069] 作为优选,参见图 5 所示,在所述牙轮 2 上,不同齿圈 3a 的横镶牙齿 3 呈部分或全部交错布置。更具体地,如图 5 所示,本实施例中,牙轮 2 上两排齿圈 3a 的横镶牙齿 3 在牙轮 2 周向上相互错位布置,其中一个齿圈中两个相邻横镶牙齿之间的空当被另一齿圈的横镶牙齿所填补,使牙轮 2 滚动更平稳,减小了纵向振动,降低了牙齿的冲击载荷,进而降低了牙轮 2 工作时的载荷波动,有利于牙轮 2 上横镶牙齿 3 以静压方式碾压、劈裂破岩,显著地改善了钻头固定切削齿 41 的刮切工作条件,可明显缓解甚至消除牙轮 -PDC 混合钻头中 PDC 切削结构与牙轮切削结构在工作条件需求上的不协调性,不仅有利于固定 PDC 齿的稳定刮切,更有利于减少甚至避免固定 PDC 齿的冲击损坏,有利于提高轴承的寿命和牙齿的承压能力,使得所述复合钻头工作寿命可以得到显著提升。

[0070] 上述结构中,牙轮 2 利用其上的横镶牙齿 3 对岩石的碾压、劈裂来破岩,与常规牙轮钻头的冲击压碎破岩方式有本质的不同。具有大齿顶偏转角、大齿顶宽度以及小齿顶厚度的横镶牙齿 3 的采用,以及不同齿圈横镶牙齿交错布置等方法的采用,显著减小了牙轮上相邻牙齿之间的空当间隔,增强了牙轮牙齿交替破岩过程的平稳性,使牙轮 2 上的横镶牙齿 3 可以接近于静压的线载荷方式作用于井底岩石,使岩石发生静压劈裂破碎。实验结果表明,这种破岩方式对于抗压强度较高的硬岩层钻进十分适宜,破岩能耗低。横镶牙齿在井底形成破碎坑、槽,使固定切削结构 4 上的固定切削齿 41 更易于吃入井底岩石和刮切破岩。因此,在较硬岩层钻进时,一方面横镶牙齿牙轮 2 自身具有较高破岩效率,另一方面,用这种装有横镶牙齿的牙轮替代常规牙轮作为复合钻头上的运动切削结构,复合钻头的综合破岩效率具有明显优势。

[0071] 作为优选,参见图 3 所示,所述每个牙轮 2 中的齿圈 3a 与其所对应的固定切削结构 4 上的固定切削齿 41 呈径向同轨布置。具体地,如图 3 所示,本实施例中,牙轮 2 上的某齿圈 3a 与固定切削结构 4 上的固定切削齿 41 径向同轨布置。

[0072] 本实施例中,所述牙轮 2 上的齿圈 3a 与所述固定切削结构 4 上的固定切削齿 41 径向同轨布置。同轨是指切削齿在钻头上的径向位置相同,即距钻头轴线距离相等。牙轮 2 齿圈 3a 与固定切削齿 41 径向同轨布置时,齿圈 3a 上的齿与固定切削齿 41 在井底同一环形区域上轮流作用破岩。井底岩石被牙轮 2 上的牙齿碾压、劈裂后,在所形成的破碎坑、槽上,固定切削齿 41 再进行刮切,切削齿同轨布齿有利于固定切削齿 41 的吃入,有利于复合钻头破岩效率的提高。

[0073] 作为优选,参见图 9,所述横镶牙齿 3 的齿顶为向上凸起的弧形。具体地,如图 9 所示,本实施例中,横镶牙齿 3 的齿顶为向上凸起的圆弧状。

[0074] 本实施例中,所述横镶牙齿 3 的齿顶为向上凸起的弧形。横镶牙齿 3 的齿顶采用向上凸起的弧形时,同一齿圈 3a 上的横镶牙齿 3 的齿顶所组成的齿圈 3a (轮廓)更接近圆形,有利于牙轮 2 的平稳滚动,减少牙齿的冲击载荷,降低牙轮 2 工作时的载荷波动,有利于齿圈 3a 上的横镶牙齿 3 以静压方式碾压、劈裂破岩,有利于提高轴承的寿命和牙齿的承压能力。

[0075] 作为优选,如图 11 所示,所述每个横镶牙齿 3 的齿顶顺着齿顶线方向的轮廓线沿所述横镶牙齿 3 的轴线方向的投影为圆弧形,该结构能改善齿圈 3a 的圆度。

[0076] 本实施例中,所述横镶牙齿 3 的齿顶顺着齿顶线方向的轮廓线沿齿的轴线方向的投影为圆弧形。由于牙轮 2 齿圈 3a 上的牙齿轴线往往与牙轮 2 轴线不垂直,特别是靠近牙

轮 2 尖部的齿圈 3a 牙齿的轴线与牙轮 2 轴线夹角较小,当齿圈 3a 周长较小,齿圈 3a 上齿数较少时,齿圈 3a 圆度较差。将横镶牙齿 3 的齿顶顺着齿顶线方向的轮廓线沿齿的轴线方向的投影设计为圆弧形,能改善齿圈 3a 的圆度,使齿圈 3a (轮廓)更接近于圆形,有利于牙轮 2 的平稳滚动,减少牙齿的冲击载荷,降低牙轮 2 工作时的载荷波动,有利于改善齿圈 3a 上的横镶牙齿 3 的碾压、劈裂破岩效果。

[0077] 作为优选,所述复合钻头上的牙轮 2 的偏移值不大于复合钻头直径的 1.5%。

[0078] 本实施例中,牙轮 2 的偏移值使牙轮 2 以更接近纯滚动的形式滚动工作,更有利于齿圈 3a 上横镶牙齿 3 以滚动碾压、劈裂的方式破碎岩石;同时,还能减少牙轮 2 上牙齿的滑移刮切,减少牙齿的磨损,延长牙齿使用寿命。

[0079] 作进一步优选,所述复合钻头上的牙轮 2 的偏移值不大于复合钻头直径的 0.5%。

[0080] 更优选地,如图 1、2、6 所示,所述复合钻头上的牙轮的偏移值为 0(即牙轮无偏移)。

[0081] 上述实施例中,牙轮 2 不偏移,是实现牙轮 2 以纯滚动(或接近纯滚动)方式工作的极优参数,更有利于牙轮 2 上的横镶牙齿 3 以碾压、劈裂方式破碎岩石。

[0082] 作为优选,如图 12 所示,所述横镶牙齿 3 沿齿顶厚方向上的两个侧面为内凹曲面。

[0083] 本实施例中,横镶牙齿 3 沿齿顶厚方向上的两个侧面为内凹曲面,在纵向(沿牙齿轴线方向)上牙齿齿顶厚度较小,从齿顶往下齿厚的增加缓慢,不仅有利于横镶牙齿 3 压入岩石,增强牙齿压入后对岩石的挤压劈裂作用效果,而且有利于在牙齿磨损时减缓牙齿齿顶厚度的增大趋势,使牙齿持续保持较小的齿顶厚,延长牙齿对岩石的碾压、劈裂破碎效果。

[0084] 作为优选,如图 9 所示,所述横镶牙齿的齿顶两端(沿齿顶宽的两端)设有倒圆角或倒角。

[0085] 本实施例中,横镶牙齿 3 的齿顶两端如不设倒圆角或倒角过度,齿顶两端将为尖角,牙齿与岩石作用破岩时,尖角处易形成应力集中,易使齿顶端部疲劳损坏或局部断裂。齿顶两端设倒圆角或倒角,能有效改善齿顶端部的应力分配降低应力集中,延长牙齿使用寿命。

[0086] 作为优选,所述每个横镶牙齿 3 为硬质合金齿、以金刚石做表面加强的硬质合金齿或孕镶金刚石齿等其它包含金刚石的复合材料牙齿。

[0087] 由于本发明牙轮 2 上的牙齿以过盈配合等方式镶固在牙轮 2 上,因此牙齿可选择与牙轮 2 本体不同的材料。横镶牙齿 3 可采用硬度及耐磨性均远优于牙轮 2 本体材料的硬质合金齿、用金刚石做表面加强的硬质合金齿或其他金刚石复合牙齿等,这些切削齿的硬度和耐磨性均较高,因此,本发明中牙轮 2 的切削齿寿命将明显高于牙齿基体材料与牙轮材料相同的钢质牙齿类牙轮钻头。

[0088] 上述本发明实施例序号仅仅为了描述,不代表实施例的优劣。

[0089] 以上所述仅为本发明的较佳实施例,并不用以限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

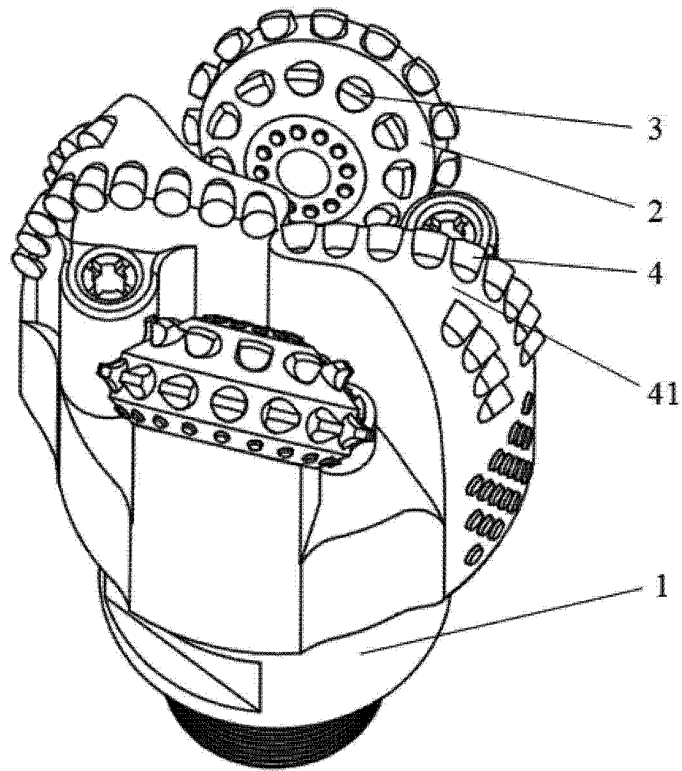


图 1

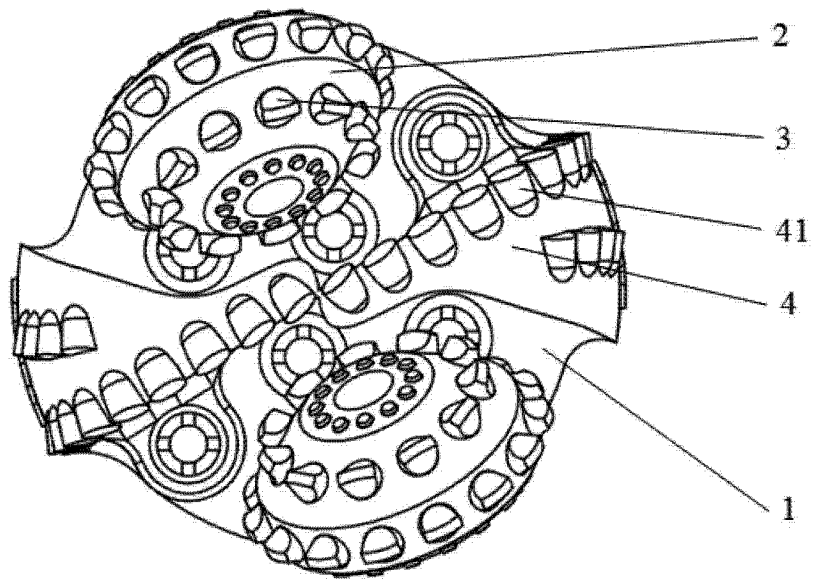


图 2

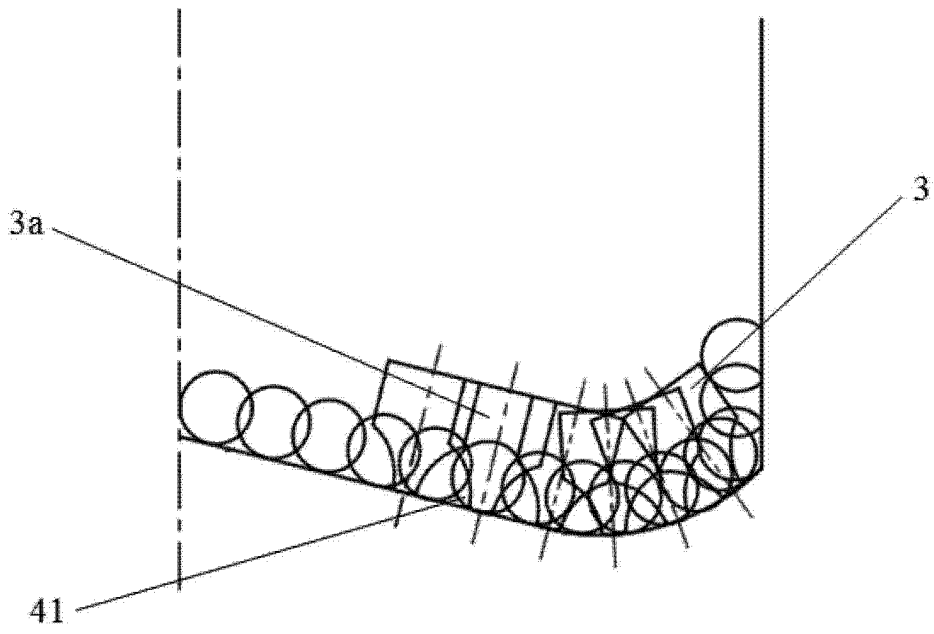


图 3

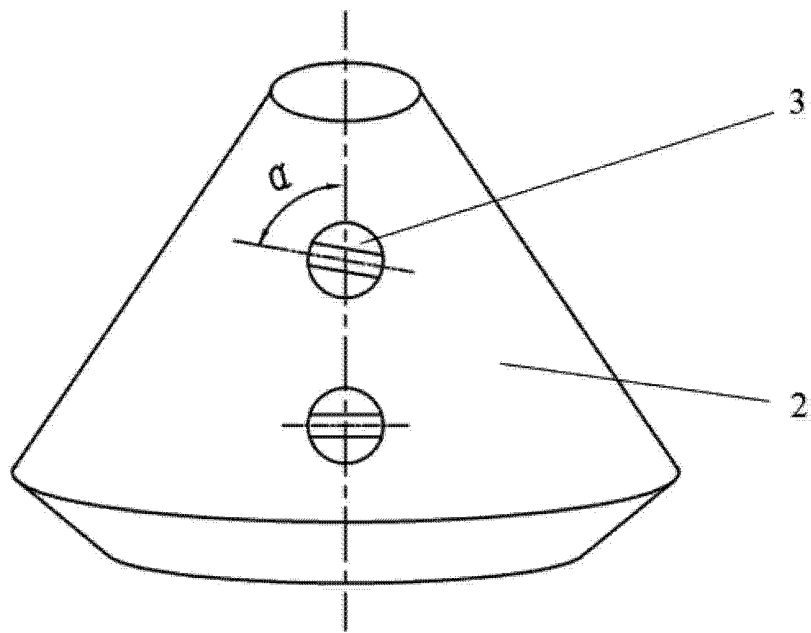


图 4

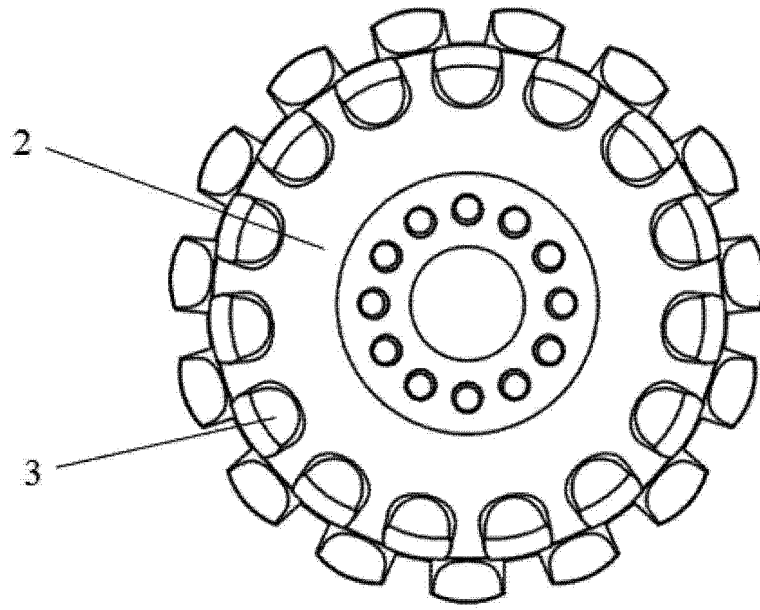


图 5

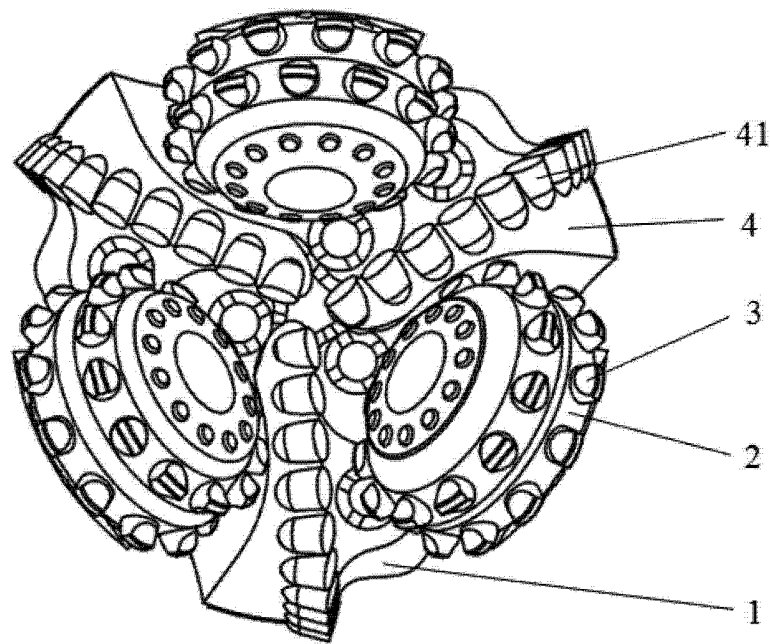


图 6

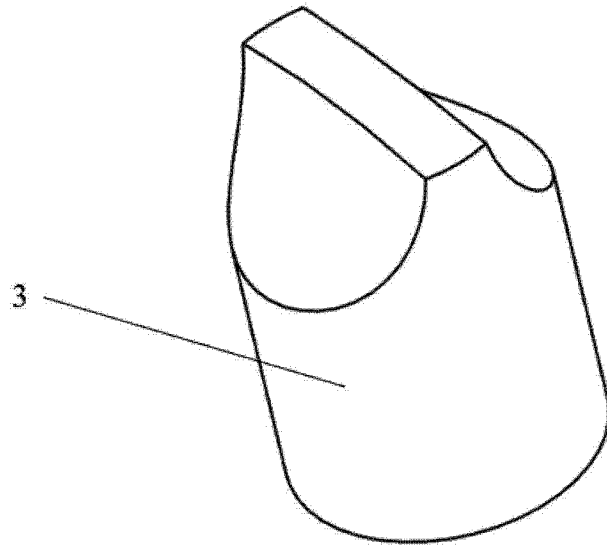


图 7

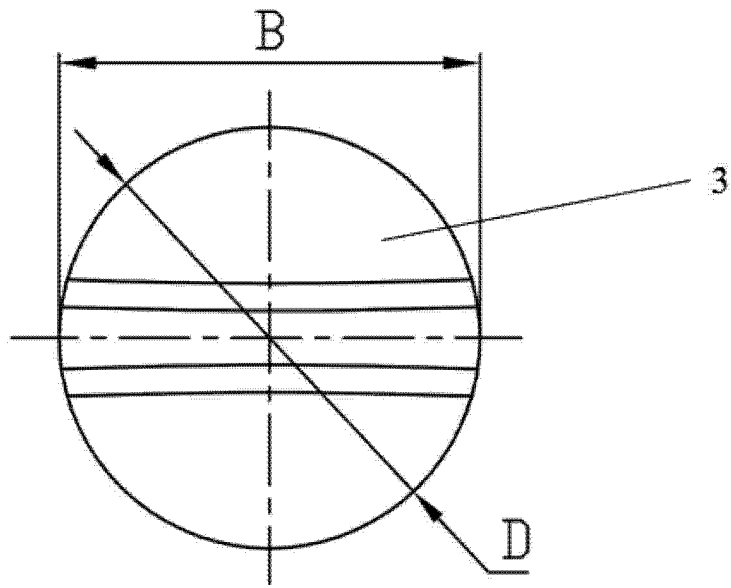


图 8

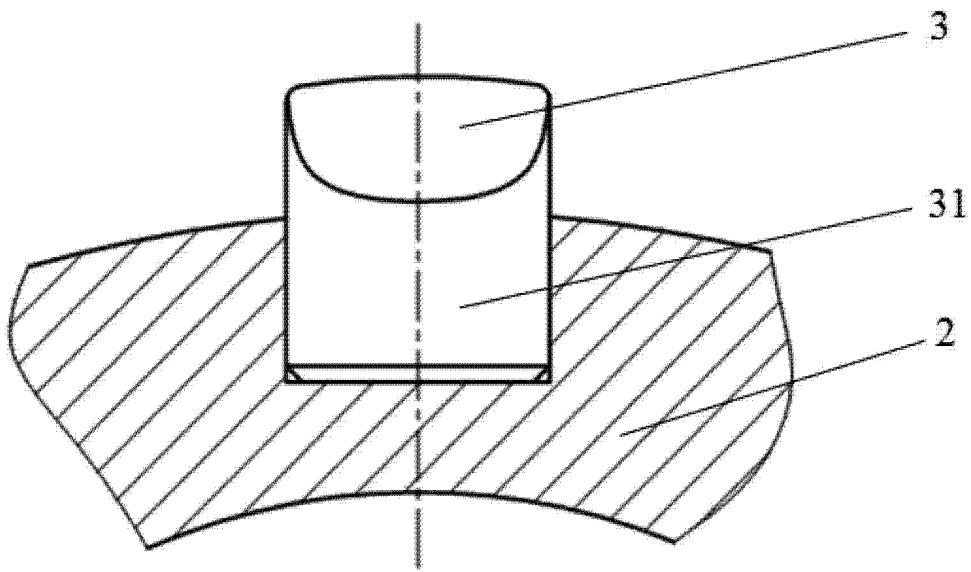


图 9

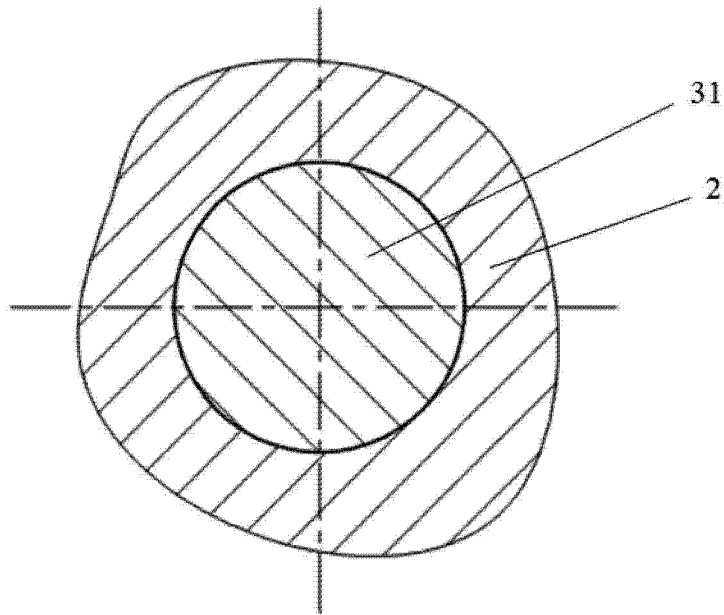


图 10

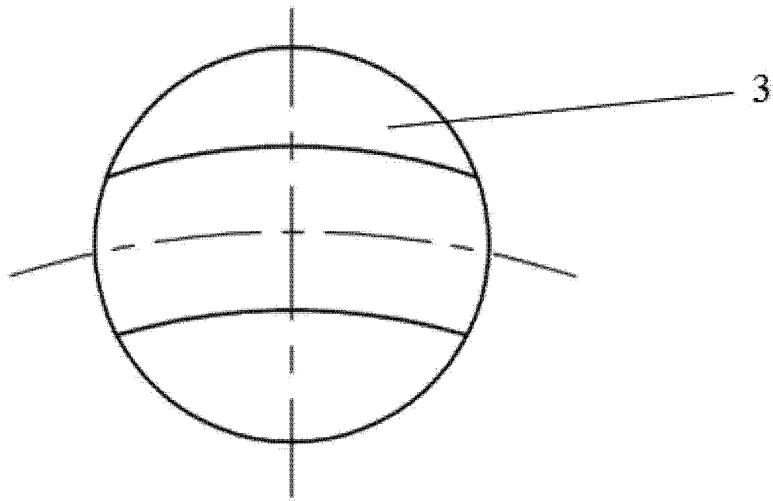


图 11

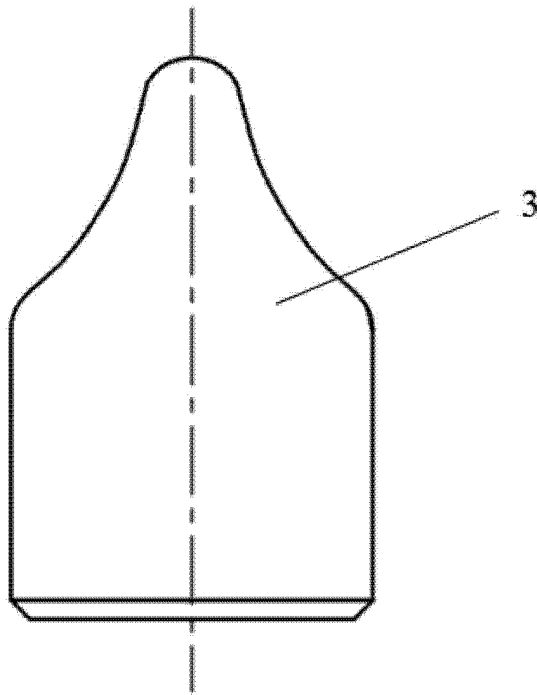


图 12

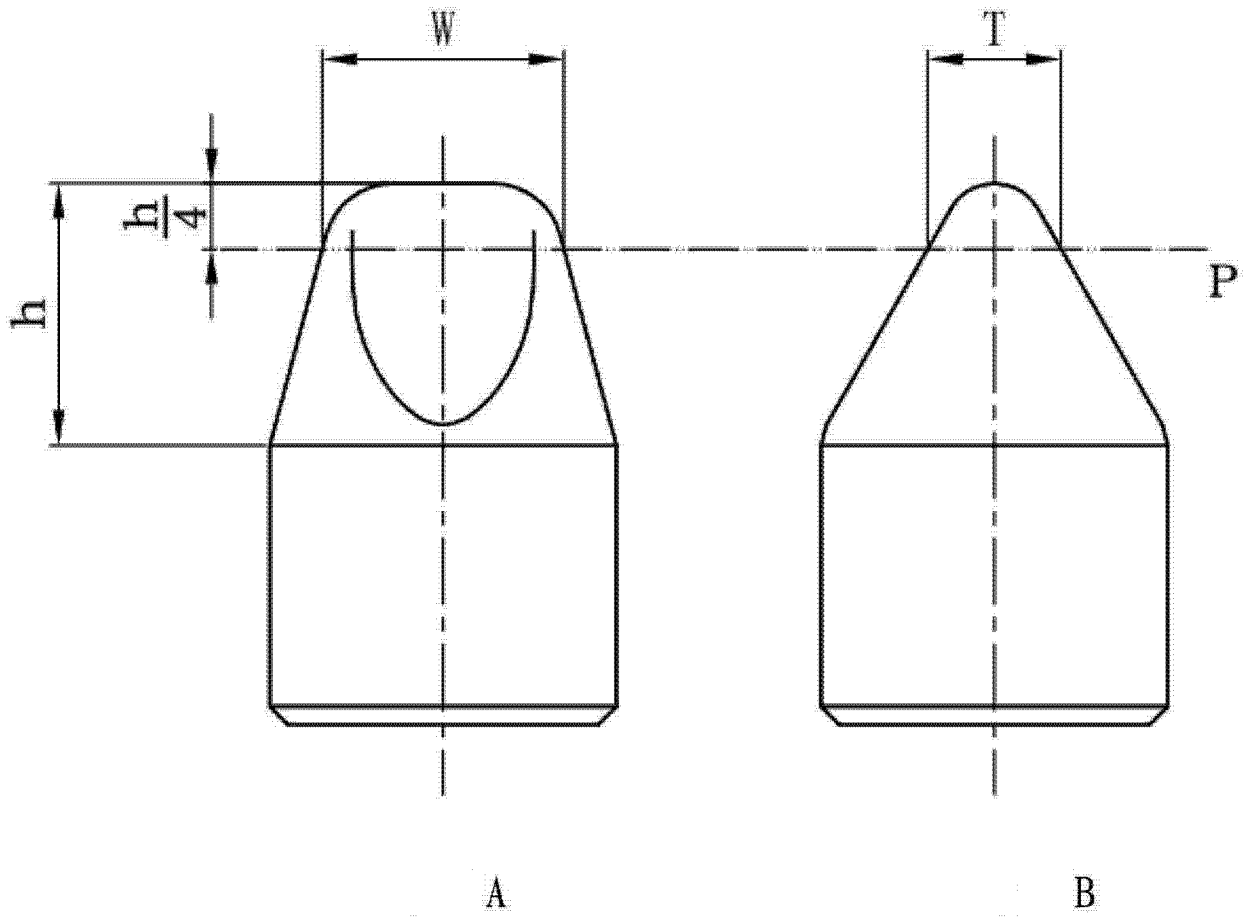


图 13A 图 13B

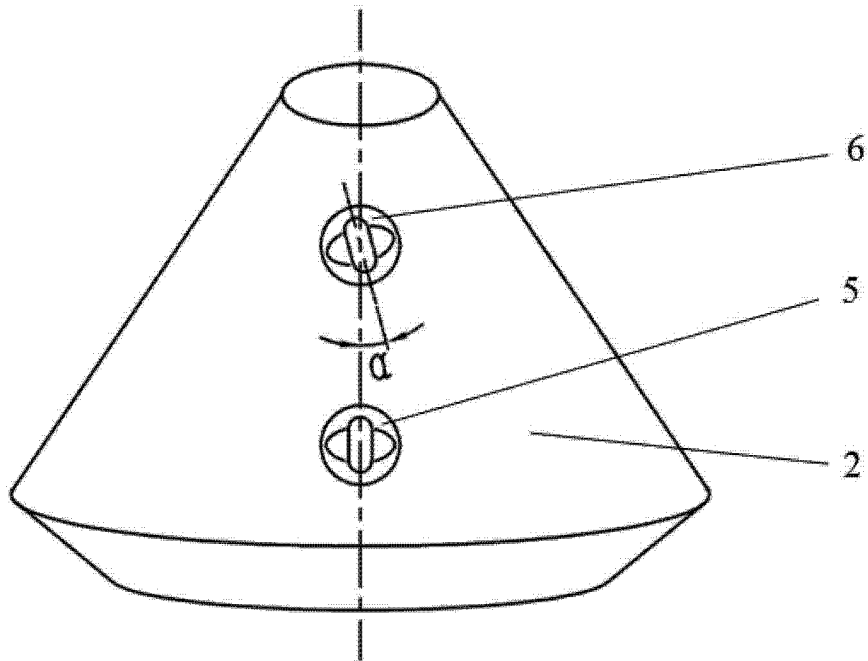


图 14

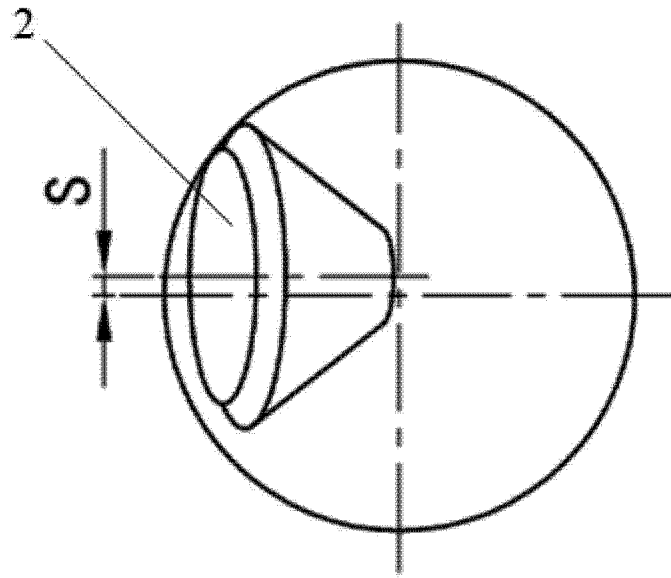


图 15