



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101490358 B

(45) 授权公告日 2012. 11. 28

(21) 申请号 200780025852. 4

(22) 申请日 2007. 06. 11

(30) 优先权数据

0611559. 6 2006. 06. 09 GB

0708193. 8 2007. 04. 26 GB

(85) PCT申请进入国家阶段日

2009. 01. 07

(86) PCT申请的申请数据

PCT/GB2007/002140 2007. 06. 11

(87) PCT申请的公布数据

W02007/141550 EN 2007. 12. 13

(73) 专利权人 阿伯丁大学大学评议会

地址 英国阿伯丁

(72) 发明人 M·维尔茨哥鲁齐

(74) 专利代理机构 北京纪凯知识产权代理有限公司

公司 11245

代理人 赵蓉民

(51) Int. Cl.

E21B 7/24 (2006. 01)

E21B 10/36 (2006. 01)

(56) 对比文件

GB 328629 A, 1930. 04. 30, 全文.

CN 2601294 Y, 2004. 01. 28, 全文.

GB 2345931 A, 2000. 07. 26, 全文.

CN 1253296 A, 2000. 05. 17, 全文.

US 3990522 A, 1976. 11. 09, 全文.

审查员 王跃庭

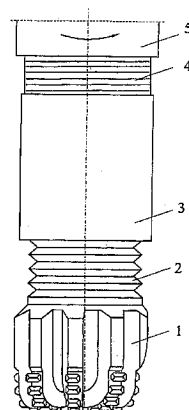
权利要求书 3 页 说明书 6 页 附图 2 页

(54) 发明名称

共振增强钻探的方法和设备

(57) 摘要

本发明涉及钻探设备,其包含:钻头(1),该钻头能够旋转并承受高频振荡载荷;以及控制装置,其用于控制应用到钻头的旋转载荷和/或振荡载荷,该控制装置具有调节装置,该调节装置用于改变所应用的旋转载荷和/或振荡载荷,该调节装置响应钻机经过的材料的条件。所使用的控制装置被提供在位于井下位置的设备上,并且包括用于对材料特性进行井下测量的传感器,其中该设备在闭环实时控制下可在井下操作。该设备可为钻头确定适当的载荷参数,从而实现并保持钻头与与钻头接触的被钻材料之间的共振。



1. 一种钻头控制方法,其与钻探设备一同使用,所述钻探设备包含:钻头,所述钻头能够承受振荡载荷和旋转载荷;以及控制装置,所述控制装置用于控制所述钻头的应用的旋转载荷和/或振荡载荷,所述控制装置具有用于响应于钻机经过的材料的机械特性改变所述应用的旋转载荷和/或振荡载荷的调节装置;所述调节装置进一步控制所述钻头的所述应用的旋转载荷和振荡载荷,从而实现并保持所述钻头和与所述钻头接触的被钻材料之间的共振;

该方法进一步包含依照下列步骤为所述钻头确定适当的载荷参数,以便实现并保持所述钻头和与所述钻头接触的被钻材料之间的共振:

A) 当所述钻头与被钻的所述材料共振并交互作用时,确定所述钻头的振幅极限;

B) 估计适当的频率扫描范围以加载所述钻头;

C) 估计共振曲线的形状;

D) 在所述共振曲线上的一点处选择最优共振频率,该最优共振频率小于所述共振曲线上的最大值;以及

E) 基于这一最优共振频率驱动所述钻头。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中所述钻头被配置以冲击所述材料,从而产生第一组大裂纹,然后所述钻头旋转并在另一个时机冲击所述材料,从而产生另一组大裂纹,并且

其中所述钻头的旋转运动和振荡运动被同步用以促使由此产生的所述大裂纹相互连接,从而在所述钻头前面建立局部动态裂纹传播区域。

3. 根据权利要求2所述的方法,其中所述方法用于钻探岩层的情况,并且其中所形成的的大裂纹具有高达10mm的长度。

4. 根据权利要求3所述的方法,其中应用到所述钻头的高频振荡高达1kHz。

5. 根据权利要求3或4所述的方法,其中所述钻头被驱动旋转高达200rpm。

6. 根据权利要求5所述的方法,其中所述动态裂纹传播区域从所述钻头的外缘径向地向外延伸不超过所述钻头的直径的1/20。

7. 根据权利要求3所述的方法,其中被钻的钻屑的尺寸高达10mm。

8. 根据权利要求3所述的方法,其在一个或多个浅层油气、薄弱区以及破裂的高压区钻探应用中使用。

9. 一种钻探设备,其包含:

钻头,所述钻头能够旋转并承受高频振荡载荷;以及

控制装置,所述控制装置用于控制所述钻头的应用的旋转载荷和/或振荡载荷,所述控制装置具有用于响应于钻机经过的材料的机械特性改变所述应用的旋转载荷和/或振荡载荷的调节装置;

其中,所述控制装置在使用中被提供在位于井下位置的所述设备上,并且所述控制装置包括用于对材料特性进行井下测量的传感器,其中所述设备在闭环实时控制下可在井下操作;

所述钻探设备进一步包括:

用于当所述钻头与被钻的所述材料共振并交互作用时确定所述钻头的振幅极限的装置;

用于估计适当的频率扫描范围以加载所述钻头的装置;

用于在所述共振曲线上的一点处选择最优共振频率的装置,其中该最优共振频率小于所述共振曲线上的最大值;以及

用于基于这一最优共振频率驱动所述钻头的装置。

10. 根据权利要求 9 所述的设备,其中所述控制装置控制所述钻头冲击所述材料,从而产生第一组大裂纹,所述控制装置进一步控制所述钻头旋转并在另一个时机冲击所述材料,从而产生另一组大裂纹,其中所述控制装置使所述钻头的旋转运动和振荡运动同步,以促使产生的所述大裂纹相互连接,从而在所述钻头前面建立局部动态裂纹传播区域。

11. 一种用于在权利要求 9 或 10 的钻探设备中使用的钻头组件,其包含:

钻柱,所述钻柱具有钻杆和钻环;

钻头,所述钻头能够承受高频振荡载荷和旋转载荷;

控制装置,所述控制装置被提供在井下使用以控制所述钻头的应用的旋转载荷和/或振荡载荷,所述控制装置具有用于响应于钻机经过的材料的机械特性改变所述应用的旋转载荷和/或振荡载荷的调节装置,

其中每米钻柱的重量最高比在相同条件下使用的具有相同井眼直径的传统钻柱的重量小 70%。

12. 根据权利要求 11 所述的钻头组件,其中所述每米钻柱的重量比在相同钻探条件下使用的具有相同井眼直径的传统钻柱重量小 40% -70%。

13. 根据权利要求 11 或 12 所述的钻头组件,其中所述调节装置控制所述钻头的所述应用的旋转载荷和振荡载荷,从而保持所述钻头和与所述钻头接触的被钻材料之间的共振。

14. 根据权利要求 13 所述的钻头组件,其中所述调节装置通过以下算法确定钻头载荷参数,用以建立所述钻头和所述被钻材料之间的共振条件:

A) 计算不受所述被钻材料影响的所述钻头的非线性共振响应;

B) 估计冲击强度以在所述被钻材料内产生传播破裂区域;

C) 计算破裂的被钻材料的非线性硬度特性;

D) 估计与所述被钻材料交互作用的所述钻头的共振频率;以及

E) 通过合并所述破裂的被钻材料的所述非线性硬度特性重新计算稳定状态的共振频率的值。

15. 根据权利要求 14 所述的钻头组件,其中所述算法基于非线性响应函数的确定。

16. 根据权利要求 15 所述的钻头组件,其中对于通过软地层的钻探,所述调节装置可以选择性地停止所述钻头的振荡载荷。

17. 一种钻探材料的方法,其包含以下步骤:通过钻头应用振荡载荷和旋转载荷;监视在所述材料与所述钻头的接触面处的材料特性;确定在所述材料与所述钻头的接触面处的岩层的共振频率的值;以及调节所述应用的振荡载荷和/或旋转载荷,从而保持在与所述钻头的所述接触面处的所述岩层的所述共振频率;其中所述方法进一步包含的步骤是,应用非线性动态分析算法以确定在所述材料与所述钻头的接触面处的所述材料的所述共振频率。

18. 根据权利要求 17 所述的方法,其中所述算法具有下列功能:

A) 计算不受被钻材料影响的所述钻头的非线性共振响应;

B) 估计冲击强度以在所述被钻材料内产生传播破裂区域;

- C) 计算破裂的被钻材料的非线性硬度特性；
- D) 估计与所述被钻材料交互作用的所述钻头的共振频率；以及
- E) 通过合并所述破裂的被钻材料的所述非线性硬度特性来重新计算稳定状态的共振频率的值。

共振增强钻探的方法和设备

技术领域

[0001] 本发明涉及钻探装置,并具体涉及用于在如岩层的材料内钻探的钻探装置。

背景技术

[0002] 在岩石和其它材料上钻探的领域促成了钻探技术中的许多发展。在这一点上,这类钻探涉及到恶劣严酷的条件以及钻探成本和相关的环境问题,由于这些原因,对钻探方法的有效性、可靠性以及安全性有严格的要求。

[0003] 因而,如石油工业等采用井下钻探的工业热衷于研发满足这些需求并能够增加钻探速度且减小工具磨损的钻探装置和方法。

[0004] 关于这一点,石油工业越来越需要钻探偏斜的或水平的长距离油井(long-reach well)以获取新的石油储备。然而,这种钻探进一步引入挑战现有钻探技术的几个问题,如需要低钻压、减小的功率可用性、沿油井长度的岩石条件的可变性、井眼坍塌/裂纹的危险、增加的升降成本以及增加的工具磨损与故障。

[0005] 已知的是,当钻头经过要被钻探的材料时,可以通过对钻头施加往复的轴向运动来提高在具体状况下的钻探速度,这被称为冲击钻探。这是因为这些轴向运动的冲击促进被钻探材料的破裂,并由此使后续的钻探和材料的移除更加容易。

[0006] 在传统冲击钻探中,侵彻机理(penetration mechanism)是基于通过由钻头施加的大的低频非控冲击来破裂井眼内材料。与标准旋转钻探相比,这种方式可增加对中等或硬岩石的钻探速率。然而,这种方式的缺点在于,这些冲击危害井眼的稳定性,降低井眼质量并引起加速的、有时是灾难性的工具磨损和/或故障。

[0007] 钻探技术的另一个重要发展是对旋转钻头施加超声波轴向振动。通过这种方式,使用超声波振动而非单纯的高载荷冲击来促使破裂传播。与采用较低载荷的传统冲击钻探相比,这种方式可提供显著的进步,并允许低钻压钻探。然而,超声波钻探展现的改进不总是一致的,并且不总是可直接适用于井眼钻探。

[0008] 因此,本发明的目的是提供试图缓解上述问题的钻探设备和方法。

发明内容

[0009] 依照本发明的第一方面,提供了一种钻探设备,其包含:钻头,该钻头能够旋转并承受高频振荡载荷;以及控制装置,其用于控制钻头的应用的旋转载荷和/或振荡载荷,该控制装置具有用于改变所述应用的旋转载荷和/或振荡载荷的调节装置,所述调节装置响应钻机经过的材料的条件;其中控制装置在使用时被提供在位于井下位置的设备上,并且包括用于对材料特性进行井下测量的传感器,其中该设备在闭环实时控制下可在井下操作。

[0010] 通过这种方式,该钻探设备可以响应当前钻探条件来自主实现功能并调节旋转载荷和/或振荡载荷,从而优化钻探机理并获得改善的钻探速度。

[0011] 优选地,控制装置控制钻头冲击材料,从而产生第一组大(macro)裂纹,控制装置

进一步控制钻头旋转并在另一个时机冲击材料,从而产生另一组大裂纹,其中控制装置使钻头的旋转运动和振荡运动同步,用以促使由此产生的裂纹相互连接,从而在钻头前面建立局部动态裂纹传播区域。

[0012] 传统地,调节装置控制所述钻头的应用的旋转载荷和振荡载荷,从而实现并保持钻头和与钻头接触的被钻材料之间的共振。在包含钻头和被钻材料的系统中的这种共振使驱动钻头所需的能量输入最小化。

[0013] 这样,在钻头前面的材料内的裂纹传播被加强,这使钻探动作更加简单并由此增加了钻探速率。

[0014] 依照本发明的第二方面,提供了一种连同钻探设备一起使用的钻头控制方法,所述钻探设备包含:钻头,该钻头能够应用振荡载荷和旋转载荷;控制装置,其用于控制钻头的应用的旋转载荷和/或振荡载荷,该控制装置具有用于改变所述应用的旋转载荷和/或振荡载荷的调节装置,所述调节装置响应钻机经过的材料的条件;所述调节装置进一步控制钻头的所述应用的旋转载荷和振荡载荷,从而实现并保持钻头和与钻头接触的被钻材料之间的共振。

[0015] 优选地,为了实现并保持钻头和与钻头接触的被钻材料之间的共振,所述方法进一步包括依照下列步骤为钻头确定适当的载荷参数:A)当钻头与被钻材料共振并交互作用时,确定钻头的振幅极限;B)估计适当的频率扫描范围以加载所述钻头;C)估计共振曲线的形状;D)在共振曲线上的一点处选择最优共振频率,该最优共振频率小于共振曲线上的最大值;以及E)基于这一最优共振频率驱动钻头。

[0016] 在这种连接下,在钻头的振幅上限选择在钻头的共振不会变得有破坏性的数值处。超过这一极限,存在一种可能性,即钻头将开始具有毁坏作用。

[0017] 关于估计适当的频率扫描范围,其被优选地选择以便适当的窄范围可被评价并由此用来加速方法的余项。

[0018] 共振曲线的形状基于钻头自身的基本共振曲线,其被修改以考虑到与被钻材料的交互作用。在这点上,在这条曲线上选择的点处于小于最大值点的点处,从而避免钻机超调(overshoot)所述最大值并移动到不稳定/不可预知的范围。

[0019] 依照本发明的第三方面,提供了一种通过材料钻探的方法,所述方法使用能够承受旋转运动及高频振荡运动的钻头,其中钻头被配置以冲击材料,从而产生第一组大裂纹,钻头之后旋转并在另一个时机冲击材料,从而产生另一组大裂纹,并且其中钻头的旋转运动和振荡运动是同步的以促使由此产生的大裂纹相互连接,从而在钻头前面建立局部动态裂纹传播区域。

[0020] 优选地,所述方法用于钻探岩层情况,并且所形成的大裂纹具有最大10mm的长度,优选大约5mm。这种最大长度允许裂纹传播区域的范围被高度控制。

[0021] 便利地,最高1kHz的高频振荡被施加到钻头。

[0022] 优选地,钻头被驱动以旋转高达200rpm。

[0023] 优选地,钻头上的应用的旋转载荷和振荡载荷被控制,从而保持钻头和与钻头接触的被钻材料之间的共振。可以看出在这种共振条件下,建立传播破裂区域需要较少的应用能量输入。

[0024] 便利地,传播破裂区域从钻头的外缘径向地向外扩展不超过钻头直径的1/20。可

以看出这表现出高度受控的局部破裂技术,其最小化被钻材料的整体应力。

[0025] 优选地,在岩层钻探条件下,被钻的钻屑的尺寸最大为 10mm,优选为 5mm。与传统钻探技术产生的钻屑相比这些钻屑是小的,并且说明了所采用方法中的阶跃变化。

[0026] 优选地,本方法可用于浅层油气、薄弱区以及破裂的高压区钻探应用中的一种或多种。做为本发明方法的结果,这提高了使用高度受控的局部破裂技术钻探井眼的能力,该技术最小化被钻材料内的整体应力。

[0027] 依照本发明的第四方面,提供了一种钻头组件,其包含:钻柱,其具有钻杆和钻环;钻头,其能够承受高频振荡载荷和旋转载荷;控制装置,其被提供在井下使用以控制钻头的应用的旋转载荷和/或振荡载荷,该控制装置具有用于改变所述应用的旋转载荷和/或振荡载荷的调节装置,所述调节装置响应钻机经过的材料的条件,其中每米钻柱的重量最高比用于相同钻探条件的具有相同井眼直径的传统钻柱的重量小 70%。

[0028] 便利地,每米钻柱的重量比用于相同钻探条件的具有相同井眼直径的传统钻柱的重量小 40%至 70%。

[0029] 优选地,每米钻柱的重量基本比用于相同钻探条件的具有相同井眼直径的传统钻柱的重量小 70%。

[0030] 这样,钻探设备可以响应当前钻探条件来调节钻头的旋转载荷和/或振荡载荷,从而优化钻探机理并获得改进的钻探速度。

[0031] 便利地,该调节装置控制钻头的所述应用的旋转载荷和振荡载荷,从而保持包含钻头和被钻材料的系统的共振。共振现象增强了钻头前面的材料内的裂纹的转播,使钻探动作更加简单并由此增加了钻探速度。在这一点上,应用的旋转载荷和振荡载荷基于被钻地层的预测共振。

[0032] 优选地,钻头被配置来冲击材料,从而产生第一组大裂纹,钻头进一步旋转并在进一步时机冲击材料,从而产生另一组大裂纹,并且其中控制装置使钻头的旋转运动和振荡运动同步,用以促使所产生的大裂纹相互连接,从而在钻头前面建立局部动态裂纹传播区域。

[0033] 传统地,调节装置确定钻头载荷参数以通过以下算法来建立钻头和被钻材料之间的共振条件:A) 计算不受被钻材料影响的钻头的非线性共振响应;B) 估计冲击强度以在被钻材料内产生传播破裂区域;C) 计算破裂的被钻材料的非线性硬度特性;D) 估计与被钻材料交互作用的钻头的共振频率;以及 E) 通过合并破裂的被钻材料的非线性硬度特性来重新计算稳定状态下的共振频率值。

[0034] 在这一点上,所述应用的旋转载荷和振荡载荷基于被钻地层的预测共振。

[0035] 便利地,所述算法确定未知的非线性响应函数。

[0036] 便利地,该算法基于非线性动态分析,其中通过模拟技术与数字技术的结合,对共振条件下的钻头和被钻地层之间的动态交互作用进行建模。

[0037] 便利地,调节装置更新控制装置以改变应用的钻探参数,从而随钻探的进行保持与钻头即刻接触的岩层的共振。

[0038] 便利地,对于钻探通过软地层,调节装置可以选择性地停止钻头的振荡载荷。这样,当通过软地层钻探时,振动可以被停止,从而允许以旋转运动的剪切模式有效地钻探,并且更重要地消除了在硬地层和软地层之间交换钻头的需要。

[0039] 依照本发明的另一个方面,提供了一种钻探材料的方法,其包含以下步骤:通过钻头应用振荡载荷和旋转载荷;监视在材料与钻头的接触面处的材料特性;确定在其与钻头的接触面处的岩层的共振频率的值;以及调节应用的振荡载荷和/或旋转载荷,从而保持在与钻头的接触面处的岩层的共振频率。

[0040] 便利地,所述方法进一步包含的步骤是,应用非线性动态分析的算法从而确定材料在其与钻头接触面处的共振频率。

[0041] 便利地,该运算具有下列功能:1) 计算不受被钻材料影响的钻头的非线性共振响应;2) 估计冲击强度以在被钻材料内产生传播破裂区域;3) 计算破裂的被钻材料的非线性硬度特性;4) 估计与被钻材料交互作用的钻头的共振频率;以及5) 通过合并破裂的被钻材料的非线性硬度特性来重新计算稳定状态的共振频率值。

附图说明

[0042] 现在将通过参考附图来描述本发明的示例,其中:图1显示依照本发明实施例的钻探模块;以及图2用绘图说明怎样依照本发明实施例找到用于建立共振条件的参数。

具体实施方式

[0043] 在本发明的发展中,已经意识到,如果钻头的载荷被设置为促使由钻头和被钻地层形成的系统的共振,那么在通过如岩层的材料钻探时可达到特别高的钻探速率。

[0044] 然而,虽然使用标准样品在测试钻探平台上可获得这种共振,但当通过天然岩层钻探时却出现不同情况。这是因为地层内不同层之间的钻探条件是变化的。因此,贯穿地层的共振条件是变化的,并因此在整个钻探过程中不能保持共振条件。

[0045] 本发明通过在钻探通过材料时识别非线性共振现象来克服这一问题,并试图保持由钻头和被钻材料组合的系统中的共振。

[0046] 为了达到这一目的,通过精确地识别影响钻探的参数和机理,申请人开发了精确并完善的井眼内动态交互作用的数学模型。这个数学模型允许本发明计算并使用反馈机理以自动地调节钻探参数,从而保持井眼位置处的共振。通过以这种方法保持共振,钻头前面的传播裂纹区域的活动被增强而且钻探速度被显著提高,并因此可被描述为共振增强钻探(下文称为RED)。

[0047] 图1显示了依照本发明实施例的RED钻探模块的说明性示例。钻探模块装配有多晶金刚石(PCD)钻头1。振动转送部分2,其使得钻头1连接压电式换能器3,从而将来自换能器的振动传送到钻头1。连接器4使模块连接到钻柱5并作为振动隔离单元将钻探模块的振动与轴隔离。

[0048] 在钻探操作期间,DC电机旋转钻轴,其通过部分4和部分3传递运动到钻头1。被施加到钻头1的相对低的静态力与动态载荷一同产生传播破裂区域,这样钻头通过材料前进。

[0049] 同时,当钻探模块1旋转时,压电式换能器3被激活以在适合于井眼位置处材料的频率下振动。依照以下算法,通过计算钻头和被钻材料之间的非线性共振条件来确定这个频率,其在图2中简略显示:1) 计算不受被钻材料影响的钻头的非线性共振响应;2) 估计冲击强度以在被钻材料内产生传播破裂区域;3) 计算破裂的被钻材料的非线性硬度特性;

4) 估计与被钻材料交互作用的钻头的共振频率;以及 5) 通过合并破裂的被钻材料的非线性硬度特性来重新计算稳定状态的共振频率的值。

[0050] 来自压电式换能器 3 的振动通过钻头 1 转送到井眼位置并在钻头前面材料内建立传播裂纹区域。由于钻头继续旋转并向前移动,其剪切地层内的材料,并切入该材料。然而,钻头前面地层材料内的传播裂纹区域的建立显著地减弱了材料,这意味着旋转剪切动作除去更多材料,这些材料随后被移除。

[0051] 裂纹传播动态特性可以用于优化 ROP、井眼质量以及工具寿命,或者理想地这三者的结合。

[0052] 由于冲击地层的钻头的插入,裂纹开始产生。其他钻探技术通过刮削或剪切岩石或通过产生更大的裂纹来操作。下文是就操作装置而言的 RED 系统的主要特点,并关注于钻头前面的紧邻处的“大”裂纹的产生与传播。

[0053] RED 通过钻探头部的高频轴向振荡来操作,该振荡冲击材料并且钻头的成角状的几何构型插入材料中的初始裂纹。钻头的继续操作,即继续振荡和继续旋转,建立了钻头前面的动态裂纹传播区域。

[0054] 这种现象可以最佳地描述为同步运动。系统(系统包含被钻材料、(振荡器)和钻头)内共振的建立优化了效率和性能。动态裂纹传播区域在钻头的局部并且其线性尺度一般地不超过钻头直径的 1/10。

[0055] 由于局部裂纹传播的定向性,其是可控的,并且 RED 技术避免了直接在钻头前面区域的外面的裂纹传播。

[0056] 因此,RED 可得到高质量的准确计量的井眼。

[0057] 由于 RED 技术的“灵敏性”,其能够使用高可控局部裂纹来钻探井眼并最小化地层内的整体应力,RED 技术将很好地适用于钻探具有挑战性区域内的敏感地层,如浅层油气、薄弱区以及破裂的高压区域。

[0058] 依照上文,本发明可以保持整个钻探操作期间的共振,允许材料从井眼位置处的地层更快地除去,并因此实现更高的钻探速度。此外,共振运动的应用促进裂纹传播从而允许更低的重量被施加到钻头,这导致了更少的工具磨损。这样,本发明不仅提供了增加的穿透速度(ROP),还允许增加的工具寿命,并且由此减少了工具保养或更换所需的停工时间。

[0059] 一旦被钻材料机械特性是已知的,(根据 ROP、井眼质量和工具寿命及可靠性)钻探参数可被修改以优化钻探的性能。

[0060] 就 RED 技术而言,振荡的频率和振幅可以被修改以建立最有效率和效果的性能。振荡系统共振(在(振荡器)、钻头和被钻地层之间)的建立提供了能量效率和钻探性能的最优组合。

[0061] 图 2 用绘图说明怎样找到用于建立并保持共振条件的参数。

[0062] 首先,需要确定在与被钻材料共振和交互作用时钻头的振幅极限。就此而论,钻头的振幅极限被选择在一个值,在该值处钻头的共振不会变得有破坏性。超过这一极限,共振有可能开始具有破坏作用。

[0063] 然后,用于加载钻头的适当频率扫描范围被估计。其被估计,从而适当的窄范围可以被评价,然后其可以用于加速方法的剩余步骤。

[0064] 然后,共振曲线的形状被估计。如图所见,这是标准的共振曲线,由于钻头与被钻

材料的交互作用,该共振曲线的顶部被推向右侧。可以注意到,由于该图具有上分支和下分支,在超过最大振幅的曲线上继续前进的结果是从上分支到下分支的振幅急剧跌落。

[0065] 这样,为了避免这种不希望的急剧变化,下一个步骤是在共振曲线上选择最优频率,该最优频率小于共振曲线上的最大值。低于最大值选择最优共振频率的限制设置了安全系数,并且对于可变/变化钻探材料,这个系数可以从最大振幅点进一步选择。基于这一点,依靠被钻材料或钻探过程的传感特性,控制装置可以更改安全系数,即移离或移向共振曲线上的最大值点。例如,如果 ROP 由于被钻材料的低一致性而不规则地变化,那么安全系数可以被增加。

[0066] 最后,设备在所选最优共振频率下被驱动,并且该过程在控制装置的闭环操作系统内周期地更新。

[0067] 通过本发明,每米钻柱的重量可以最高比用于相同钻探条件下的使用相同井眼直径工作的传统转柱的每米钻柱重量小 70%。优选地,其在小 40%到 70%的范围内,或更优选地其基本小 70%。

[0068] 例如,在标准钻探条件下,并且钻探深度是 12,500 英尺(3787 米),井眼尺寸为 12 又 1/4 英寸(0.31 米)时,每米钻柱重量从 38.4kg/m(标准旋转钻探)减小到 11.7kg/m(使用 RED 技术)——减小了 69.6%。

[0069] 在标准钻探条件下,并且钻探深度是 12,500 英尺(3787 米),井眼尺寸为 17 又 1/2 英寸(0.44 米)时,每米钻柱重量从 49.0kg/m(标准旋转钻探)减小到 14.7kg/m(使用 RED 技术)——减小了 70%。

[0070] 在标准钻探条件下,并且钻探深度是 12,500 英尺(3787 米),井眼尺寸为 26 英寸(0.66 米)时,每米钻柱重量从 77.0kg/m(标准旋转钻探)减小到 23.1kg/m(使用 RED 技术)——减小了 70%。

[0071] 由于其产生的低 WOB(钻压)和动态破裂,RED 技术可以节省钻探平台高达 35%的能量消耗并减轻高达 75%的钻环重量。

[0072] 可以了解,本文所说明的实施例仅以说明目的显示本发明的应用。在实践中,本发明可以采用多种不同的配置;对于本领域技术人员而言详细的实施例是简单的可实施的。

[0073] 例如,模块的钻头部分可以依照特定的钻探应用而修改。例如,不同的钻头几何构型和钻头材料可以被使用。

[0074] 在另一个示例,其他振动装置可以被用于替换用于振动钻探模块的压电式换能器。例如,可以使用磁致伸缩材料。

[0075] 此外,同样设想,当通过软地层钻探时,振动装置可以被停止以避免反作用。例如,在通过上层软沙地层的初步钻探时本发明的钻探模块可以被停止,从而(仅)起到旋转钻探模块的作用。然后,一旦达到更深的硬岩石层时,钻探模块可以被启动以应用共振频率。这样通过消除在这些不同地层之间转换钻探模块所必须的检修时间来提供可观的时间节省。

[0076] 本发明提供下述益处:即钻探具有更低的能量输入、提高的穿透速度(ROP)、改进的井眼稳定性和质量以及改进的工具寿命和可靠性。

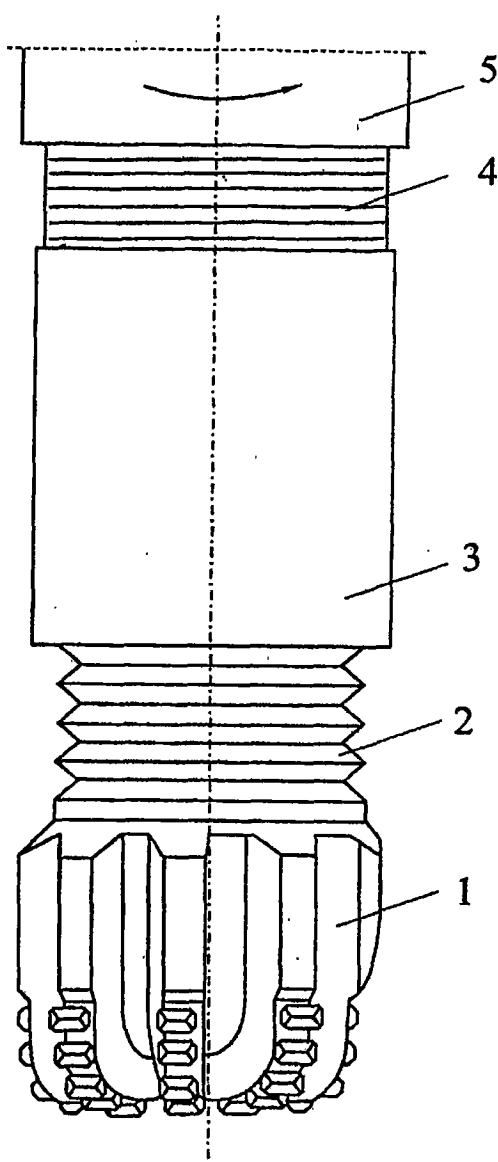


图 1

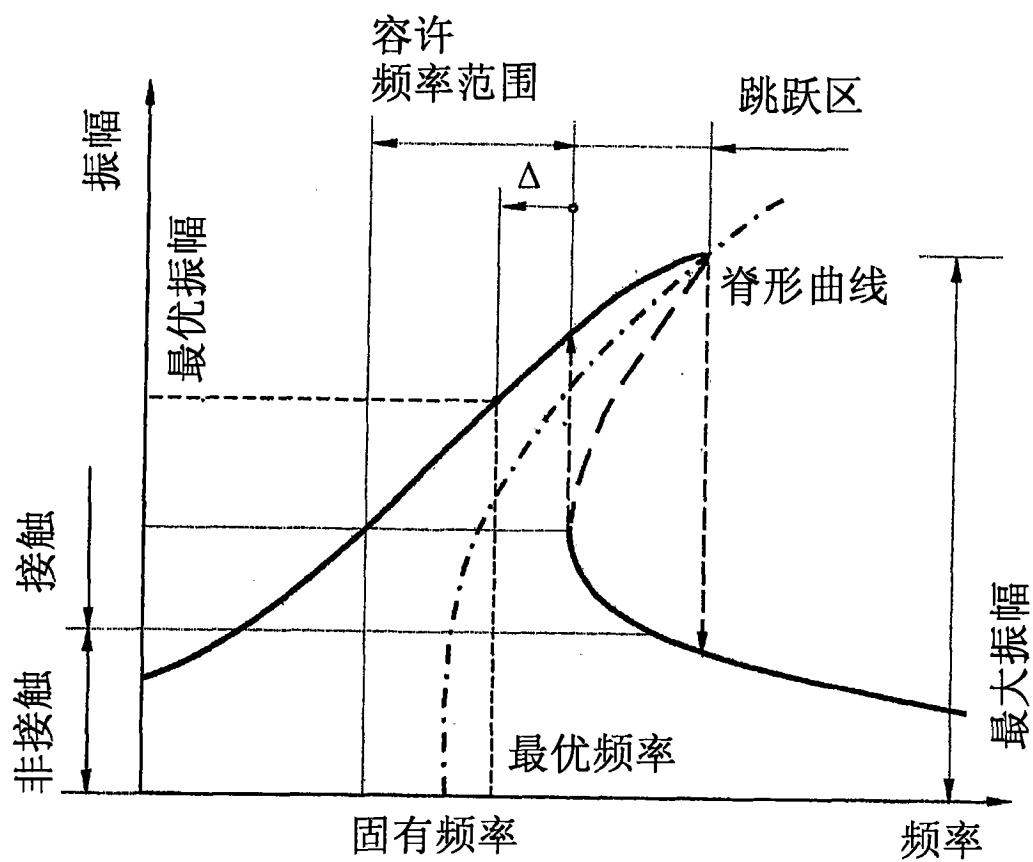


图 2