



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 113646506 B

(45) 授权公告日 2024. 03. 19

(21) 申请号 202080024616.6

(22) 申请日 2020.03.18

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 113646506 A

(43) 申请公布日 2021.11.12

(30) 优先权数据
1950389-5 2019.03.29 SE

(85) PCT国际申请进入国家阶段日
2021.09.26

(86) PCT国际申请的申请数据
PCT/SE2020/050280 2020.03.18

(87) PCT国际申请的公布数据
W02020/204782 EN 2020.10.08

(73) 专利权人 安百拓凿岩有限公司
地址 瑞典厄勒布鲁

(72) 发明人 肯尼斯·韦德菲尔特
迈赫迪·萨达蒂
塞缪尔·恩布卢姆
马蒂亚斯·格特贝格

(74) 专利代理机构 北京德琦知识产权代理有限公司 11018
专利代理师 史迎雪 王琦

(51) Int. Cl.
E21B 44/00 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 2019048728 A1, 2019.03.14
CN 106837295 A, 2017.06.13
US 7114576 B2, 2006.10.03
WO 2007122288 A1, 2007.11.01
US 2010258326 A1, 2010.10.14
CN 101776535 A, 2010.07.14
SE 0700883 L, 2008.10.12
WO 0125597 A1, 2001.04.12
US 2009188686 A1, 2009.07.30
AU 2396284 A, 1984.12.06
US 2004040746 A1, 2004.03.04
US 4671366 A, 1987.06.09
CN 101392529 A, 2009.03.25
WO 2009148376 A1, 2009.12.10
WO 2010037905 A1, 2010.04.08
CN 102164714 A, 2011.08.24
US 2010147084 A1, 2010.06.17
CN 101798916 A, 2010.08.11
CN 203808986 U, 2014.09.03
CN 105339579 A, 2016.02.17
CN 108131126 A, 2018.06.08
CN 101180450 A, 2008.05.14
CN 101427002 A, 2009.05.06
CN 102171411 A, 2011.08.31

(续)

审查员 钟睿鸿

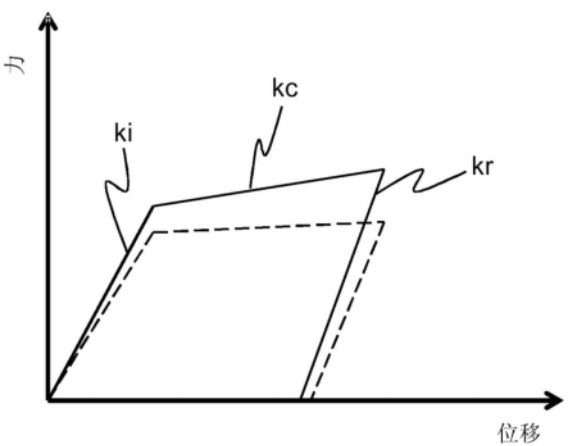
权利要求书2页 说明书8页 附图4页

(54) 发明名称

控制冲击钻机的钻凿过程的方法

(57) 摘要

描述了一种控制冲击钻机的钻凿过程的方法,该方法包括:根据馈送力和压痕深度来收集数据。该方法还包括基于所收集的数据来确定冲击过程,以及确定冲击过程(实线)与参考冲击过程(虚线)之间的偏差。该方法还包括基于偏差来调整与钻凿过程相关的一个或更多个钻凿参数。



CN 113646506 B

[接上页]

(56) 对比文件

WO 0235062 A1, 2002.05.02

WO 2009123535 A1, 2009.10.08

SE 8004911 L, 1982.01.03

US 2011147084 A1, 2011.06.23

冯琳等. 多功能钻机凿岩系统的参数匹配与性能分析.《中国优秀硕士学位论文全文数据库

工程科技I辑》.2017,第1-74页.

Saadati et al..Granite rock fragmentation at percussive drilling - experimental and numerical investigation.《INTERNATIONAL JOURNAL FOR NUMERICAL AND ANALYTICAL METHODS IN GEOMECHANICS》.2014,第828-843页.

1. 一种控制钻机(1)的钻凿过程的方法,其中,所述钻机(1)包括控制单元(3)、至少一个传感器(5)、冲击元件(7)和钻柱(9),其中,所述钻柱(9)的端部包括被配置成撞击岩石(13)的钻头(11),其中,所述冲击元件(7)被配置成冲撞所述钻柱(9)并且所述钻柱(9)被配置成将由所述冲击元件(7)产生的脉冲能量传递到所述钻头(11),其特征在于,在钻凿期间所述方法包括:

-根据在所述冲击元件(7)的冲撞下馈送到所述岩石(13)中的力和进入所述岩石(13)的压痕深度来收集被测量的数据,其中所收集的数据包括在操作中与所述钻柱(9)的应变相关的数据,

-基于所收集的数据来确定力-位移曲线,

-确定所述力-位移曲线与基于期望的钻凿过程确定的参考力-位移曲线之间的偏差,

-基于所述偏差来调整与所述钻凿过程相关的一个或多个钻凿参数。

2. 根据权利要求1所述的方法,其中,调整一个或多个钻凿参数的步骤包括:

-调整所述一个或多个钻凿参数,使得所述偏差减小。

3. 根据权利要求1和2中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括:

-分析所述偏差的特性,

-基于所述分析,从所述一个或多个钻凿参数中确定需要调整以减小所述偏差的一个或多个第一钻凿参数,

其中调整所述一个或多个钻凿参数的步骤包括:

-调整所述一个或多个第一钻凿参数,使得所述偏差减小。

4. 根据权利要求1和2中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括:

-分析所述偏差的特性,

-基于所述分析,确定调整所述一个或多个钻凿参数使得所述偏差减小的第一方式,

其中调整所述一个或多个钻凿参数的步骤包括:

-以所述第一方式调整所述一个或多个钻凿参数,使得所述偏差减小。

5. 根据权利要求1和2中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括:

-如果所述偏差超过阈值,则执行关键动作,其中,所述关键动作包括以下项中的一个或多个:

在视觉上指示所述阈值已被超过,

通过发出音频信号来指示所述阈值已被超过,

中断所述钻凿过程。

6. 根据权利要求1和2中任一项所述的方法,其中,所述方法还包括:

-评估在所述调整之后所述偏差如何改变,

-基于所述评估来调整所述一个或多个钻凿参数,使得所述偏差减小。

7. 根据权利要求6所述的方法,其中,所述评估包括:

-根据在所述冲击元件的后续冲撞下馈送到所述岩石中的力和进入所述岩石的压痕深度来收集后续数据集,

-基于所收集的数据来确定后续力-位移曲线,

-确定所述后续力-位移曲线与所述参考力-位移曲线之间的后续偏差,

-基于所述偏差与所述后续偏差之间的比较来评估在所述调整之后所述偏差如何改

变。

8. 根据权利要求1和2中任一项所述的方法, 其中, 在所述冲击元件(7)的每次冲撞下执行所述方法。

9. 根据权利要求1和2中任一项所述的方法, 其中, 所述一个或更多个钻凿参数包括以下项中的一个或更多个:

- 冲洗流量,
- 凿岩机的旋转速度,
- 进给力,
- 冲击功率,
- 冲击频率,
- 冲程长度,
- 冲击速度,
- 旋转扭矩, 和
- 脉冲波形。

10. 一种钻机(1), 其包括控制单元(3)、被配置为收集包括在操作中与钻柱(9)的应变相关的数据的数据的至少一个传感器(5)、冲击元件(7)和钻柱(9), 其中, 所述钻柱(9)的端部包括被配置成撞击岩石(13)的钻头(11), 其中, 所述冲击元件(7)被配置成冲撞所述钻柱(9)并且所述钻柱(9)被配置成将由所述冲击元件(7)产生的脉冲能量传递到所述钻头(11), 其中, 所述控制单元(3)被配置成根据权利要求1至9中任一项所述的方法在钻凿期间控制所述钻机(1)。

11. 根据权利要求10所述的钻机, 其中, 所述钻机(1)是岩石钻机。

控制冲击钻机的钻凿过程的方法

技术领域

[0001] 本发明涉及采矿业。更具体地,本发明涉及一种控制钻机的钻凿过程的方法。本发明还涉及一种钻机,该钻机被配置成在钻凿期间由该方法控制。

背景技术

[0002] 在矿山和其他工地,安装在钻机上的凿岩机(rock drill)用于在基岩中钻孔。冲击式岩石钻凿是在岩石中钻凿的常用方法。在冲击式岩石钻凿期间,岩石被钻头以高频撞击岩石的方式压碎,从而钻头上设置的按钮压碎岩石。旋转钻头,以便按钮在每次冲撞下都能击中新的岩石表面。由于钻凿通常在深孔中进行,因此钻头通常布置在钻杆上,而钻杆又布置在安装在钻机中的适配器上。适配器、钻杆和钻头一起形成称为钻柱的组件。在冲击钻机中,冲击元件(例如冲击活塞)撞击适配器,从而使冲量沿钻柱分布,沿孔向下,最后通过钻头进入岩石。可以连接一根或更多根钻杆以延长钻柱。常见钻凿方法的示例是顶锤钻凿、潜孔(DTH)和COPROD。

[0003] 为了确保钻头和岩石之间的接触以及在钻凿期间适配器处于钻机中的优选位置,指向岩石的进给力例如通过液压活塞被施加到钻机。因此,进给力通过钻机作用在钻柱和岩石上。

[0004] 无论采用何种钻凿工艺,钻凿都是耗能工作,通常在偏远地区使用精密设备进行。钻凿设备进一步暴露于导致显著磨损的苛刻工作条件。因此需要更高效的钻凿过程,从而减小磨损、减小能源消耗和对环境的影响更小。

[0005] 岩石钻凿是复杂的任务,它取决于一系列不同的因素,例如钻机类型、岩石特性和钻凿参数的选择。钻凿是在不断变化的条件下进一步进行的,这是指在操作期间不同的因素会发生变化。例如,岩石不均质,设备磨损,这会影响钻凿。因此需要在操作期间调整钻凿过程以适应这些变化。

[0006] 先前已知在操作期间控制钻凿过程以提高钻凿效率。为了控制钻凿过程,有必要测量正在进行的钻凿作业的进度,即,以确定正在进行的钻凿作业是“好”还是“坏”。已经表明,冲击钻凿期间钻杆内产生的波场包含关于钻凿作业效率的信息。可以通过监测从冲击元件穿过钻柱朝向岩石的入射波的振幅以及从岩石穿过钻柱朝向钻机传播的反射波的振幅来研究它。入射波这里是指作为冲击元件撞击钻柱的结果而传播穿过钻柱的脉冲。反射波这里是指作为入射波遇到阻抗变化的结果而传播穿过钻柱的反射脉冲,例如在钻柱的末端。

[0007] 文件US 2010/0147084 A1描述了如何研究这些脉冲的幅度以控制钻机。

[0008] 文件US 6640205 B2使用穿过钻凿工具的脉冲来表征被钻凿的材料。此后基于该特征提出或配置工具的工作模式。

[0009] 文件US 7114576 B2描述了如何根据钻柱中的脉冲幅度来调整冲击能量。

[0010] 现有技术中描述的方法给出了钻凿过程的不完整视图,这是指钻凿过程的控制不如它可能的那样高效,给出了对钻凿的更好描述。因此,一直需要开发对钻机的钻凿过程的

控制,以便它们以高效的方式工作。

发明内容

[0011] 因此,本发明的目的是实现一种控制钻机的钻凿过程的方法,与现有技术相比,该方法能够以更好的方式确定正在进行的钻凿过程的效率如何并相应地调整钻凿。替代目的是实现与现有技术相比的替代解决方案。

[0012] 根据第一方面,该目的通过一种控制钻机的钻凿过程的方法来实现。钻机包括控制单元、至少一个传感器、冲击元件和工具,其中工具的端部包括被配置成撞击岩石的钻头。冲击元件还被配置成冲撞工具并且工具被配置成将由冲击元件产生的脉冲能量传递到钻头。在钻凿期间该方法还包括根据在冲击元件的冲撞下馈送到岩石中的力和进入岩石的压痕深度来收集数据。该方法还包括基于所收集的数据来确定冲击过程,以及确定冲击过程和参考冲击过程之间的偏差。该方法还包括基于偏差来调整与钻凿过程相关的一个或更多个钻凿参数。

[0013] 由于钻机包括传感器,因此钻机可以根据在冲击元件对钻柱的冲撞下馈送到岩石中的力和进入岩石的压痕深度来收集数据。传感器可以被配置成通过对钻柱进行测量,根据馈送到岩石中的力和进入岩石的压痕深度两者来提取数据。

[0014] 所收集的数据可以包括与工具在操作期间的应变相关的数据。例如,传感器可以测量当钻头冲撞岩石时产生的钻柱的钻杆的轴向应变信号或和/或轴向应力信号。压痕深度这里是指钻头的按钮穿透岩石的深度有多深。馈送到岩石中的力这里是指工具冲撞岩石的力。

[0015] 由于钻机包括控制单元,因此该方法的所有步骤都可以由控制单元执行,从而实现自主的钻机。然后可以使钻凿过程更高效并且人员受伤的风险降低,因为他们确实需要留在钻机附近。替代地,该方法的一部分可以由控制单元执行,而其他部分可以由操作者或另一系统执行。控制单元然后可以例如将与钻凿过程相关的信息呈现给操作者,操作者可以使用它来控制钻机。然后操作者可以做出关键决定,这可以从磨损或效率的视点降低钻机以不利方式钻凿的风险。

[0016] 通过确定基于数据(该数据取决于馈送到岩石中的力和进入岩石的压痕深度)的冲击过程,获得工具如何与岩石相互作用的精确图像。通过确定冲击过程,进一步获得整个冲击过程的说明,与例如仅随时间监测一个参数(如脉冲幅度)相比,该说明提供了关于机器-岩石相互作用的更多信息。因此可以以比通过先前已知的方法更好的方式确定实际钻凿过程。此外,通过确定实际冲击过程与参考冲击过程之间的偏差,并且通过基于偏差来调整与钻凿过程相关的一个或更多个钻凿参数,实现了非常高效的钻凿过程。

[0017] 因此,提供了一种控制钻机的钻凿过程的方法,该方法可以确定当前钻凿过程的效率并相应地调整钻凿。

[0018] 一个或更多个钻凿参数可以例如涉及以下项中的一个或更多个:冲洗流量、凿岩机的旋转速度、进给力、冲击功率、冲击频率、冲程长度、冲击速度、旋转扭矩或脉冲波形。

[0019] 根据一些实施例,参考冲击过程可以描述期望的钻凿过程。然后可以控制钻凿过程,使得实际冲击过程尽可能地与参考冲击过程一致,以便提供尽可能接近地对应于期望的钻凿过程的实际钻凿过程。

[0020] 根据一些实施例,调整所述一个或更多个钻凿参数的步骤包括调整所述一个或更多个钻凿参数,使得偏差减小。通过调整参数使得偏差减小,实现了朝向其中实际冲击过程与期望的参考冲击过程一致的钻凿来控制钻凿过程的简单方法。从而实现更高效的钻凿过程。

[0021] 根据一些实施例,冲击过程由基于所收集的数据确定的力-位移曲线组成。此外,参考冲击过程可以由基于期望的钻凿过程确定的参考力-位移曲线组成。

[0022] 由于冲击过程由力-位移曲线组成,因此获得对冲击过程的完整和详细的描述,其中呈现了工具在从岩石中的当前孔中压入和缩回期间加载和卸载。因此,实际钻凿过程是确定的,因为进入岩石的进展的效率由进给力与实际压痕深度的关系来描述。在这种情况下,高效或良好的钻凿与低效或糟糕的钻凿之间的区别比通过间接研究(例如通过比较脉冲幅度等)要明显得多。通过使用力-位移曲线,可以以更简单的方式进行实际冲击过程和期望的冲击过程之间的比较,例如通过使用平方平均值或类似的图形的简单比较。冲击过程与所期望的冲击过程的不同之处也很明显,这是指可以以简单的方式分析偏差以找到调整钻凿过程的最佳方式。

[0023] 根据一些实施例,可以在冲击元件的每次冲撞下执行该方法。从而提供了一种控制钻凿过程的方法,该方法对改变做出快速响应并且每次调整产生快速反馈。因此,提供了一种方法,该方法可以快速且高效地将钻凿过程控制为朝向期望的钻凿过程,并且还可以对岩石中的改变做出快速响应。

[0024] 根据一些实施例,该方法还包括分析偏差的特性,并且基于所述分析从所述一个或更多个钻凿参数中确定需要调整的一个或更多个第一钻凿参数。调整所述一个或更多个钻凿参数的步骤包括调整所述一个或更多个第一钻凿参数,使得偏差减小。

[0025] 通过分析偏差的特性,并且基于此,确定应当调整哪些钻凿参数,可以朝向期望的钻凿过程更高效地控制钻凿过程。例如,可以调整被认为对偏差具有最大影响的钻凿参数,而其他钻凿参数可以保持不变。以此方式,提供了对钻凿过程的更可预期的调整,这导致系统中的波动减小并且导致更高效的控制。

[0026] 根据一些实施例,该方法还包括分析偏差的特性,并且基于所述分析,确定调整一个或更多个钻凿参数使得偏差减小的第一方式。调整所述一个或更多个钻凿参数的步骤包括以所述第一方式调整所述一个或更多个钻凿参数,使得偏差减小。

[0027] 以与上文描述的相同的方式,关于应当调整哪些钻凿参数,确定应当如何或以何种方式调整钻凿参数以减小偏差是有利的。通过遵循这些步骤,从而提供了具有系统中减小的波动和更高效的控制的对钻凿过程的可预期的调整。

[0028] 可以有利地组合分析偏差的特性的这两个步骤。

[0029] 根据一些实施例,该方法还包括如果偏差超过阈值则执行关键动作。关键动作包括以下项中的一个或更多个:在视觉上指示阈值已被超过、通过发出音频信号来指示阈值已被超过以及中断钻凿过程。

[0030] 关键动作这里是指如果确定钻凿过程在可以被认为是正常钻凿过程之外进行时执行的动作。损坏机器或其周围环境的风险更大,这显然应当避免。通过将偏差与阈值进行比较来确定钻凿过程是否在正常过程间隔之外。如果偏差超过阈值,则钻凿过程在可接受的过程间隔之外。例如,如果钻头穿透到隧道或管道中,或者如果岩石突然改变特性,使钻

凿过程完全错误,就会发生这种情况。在这种情况下,警报可能会响起或以视觉方式显示。替代地,如果存在损坏机器或其周围环境的风险,则钻凿过程可能会完全停止。

[0031] 根据一些实施例,该方法还包括评估在调整之后偏差如何改变,并且基于该评估来调整所述一个或更多个钻凿参数,使得偏差减小。

[0032] 通过评估在调整之后偏差如何改变,易于确定偏差是减少还是增大。由于钻凿过程复杂并且取决于诸如岩石特性和钻凿参数的多种因素,因此在给定的调整之后不能保证减小的偏差。因此,在调整钻凿参数之后评估偏差如何改变可能是有利的。基于钻凿参数如何改变以及它如何影响偏差的知识,可以确定新的调整,这将更有可能导致偏差的减小。通过同样使调整基于这样的评估,由于钻凿参数的重复的改变而不考虑每个改变如何影响偏差,系统波动的风险也降低了。

[0033] 该评估还可以包括根据在冲击元件的后续冲击中馈送到岩石中的力和进入岩石的压痕深度来收集后续数据集。评估然后还包括基于所收集的数据来确定后续冲击过程,以及确定后续冲击过程与参考冲击过程之间的后续偏差。此后,基于偏差与后续偏差之间的比较,评估在调整之后偏差如何改变。

[0034] 因此确定了两个连续的偏差,一个是在调整钻凿参数之前的偏差,一个是在调整钻凿参数之后的偏差。由此,可以以简单的方式比较偏差,并且比较的结果可以用作下一次调整钻凿参数的基础。因此实现了一种控制钻机的钻凿过程的高效方法,该方法是稳健的并且保证实际冲击过程与参考冲击过程之间的偏差将随时间减小。

[0035] 根据第二方面,上述目的还通过一种钻机实现,该钻机包括控制单元、至少一个传感器、冲击元件和工具,其中该工具的端部包括被配置成撞击岩石的钻头。冲击元件被配置成冲击工具并且工具被配置成将冲击元件产生的脉冲能量传递到钻头。控制单元被配置成根据上述方法在钻凿期间控制钻机。

[0036] 由于控制单元被配置成根据上述方法控制钻机,所以实现了与上述相同的优点。因此,获得了一种钻机,该钻机的钻凿过程根据可以确定当前钻凿过程的效率并且可以相应地调整钻凿的方法来控制。

[0037] 此外,由于控制单元控制钻机,所以提供了一种钻机,该钻机的钻凿过程可以自主地或半自主地进行,即完全没有来自操作者的输入,或者具有有限的来自操作者的输入。从而可以更高效地执行钻凿过程。

[0038] 根据一些实施例,至少一个传感器被配置成根据在冲击元件的冲击下馈送到岩石中的力和进入岩石的压痕深度来收集数据。所收集的数据可以包括与工具在操作期间应变相关的数据。例如,传感器可以测量当钻头撞击岩石时产生的钻柱的钻杆的轴向应变信号和/或轴向应力信号。

[0039] 钻机可以例如是岩石钻机。

附图说明

[0040] 本发明的进一步的优点和优点以及特征将从一个或更多个实施例的以下描述并参考附图变得显而易见,其中:

[0041] 图1示出了示例性钻机的示意图,

[0042] 图2示出了多个力-位移曲线,

- [0043] 图3示出了示意性力-位移曲线和示意性参考力-位移曲线，
- [0044] 图4a示出了根据第一示例的示意性力-位移曲线和示意性力-位移曲线，
- [0045] 图4b示出了根据第二示例的示意性力-位移曲线和示意性力-位移曲线，
- [0046] 图5示出了控制钻机的钻凿过程的方法的流程图。

具体实施方式

[0047] 下面参考示出实施例的示例的附图更详细地描述本发明。本发明不应被视为限于所描述的实施例的示例，而是由所附专利权利要求限定。在整个描述中，相似的数字指代相似的元素。

[0048] 图1非常示意性地示出了示例性钻机1。钻机1包括控制单元3和至少一个传感器5。钻机1还包括冲击元件7和工具9。冲击元件7可以例如是冲击活塞并且工具9可以例如是由适配器、一个或更多个连接的钻杆和被配置成撞击岩石13的钻头11组成的钻柱。工具9的端部包括钻头11。冲击元件7被配置成高速冲撞工具9。工具9又被配置成将由冲击元件7产生的脉冲能量传递到钻头11。然后钻头11将撞击岩石13，由此布置在钻头上的按钮（未示出）将使岩石13缩进并且将进入岩石13，从而在岩石中制作孔15。

[0049] 如上所述，岩石钻凿是一项耗能活动。岩石的特性和特征两者、工具9的特性，例如钻头的类型、材料、尺寸等，以及所使用的钻凿参数，都会影响钻凿过程。钻凿参数在此是指冲洗压力、冲洗流量、冲击速度、旋转速度、进给力等。

[0050] 通常需要确定当前的钻凿是否以理想的方式进行，如果不是这样，则调整钻凿以使其更好地对应于期望的钻凿过程。这对于自主或半自主钻凿尤其重要，其中控制单元3控制大部分或整个钻凿过程。

[0051] 期望的钻凿过程可能变化。期望的钻凿过程可以例如是使用最小能量对孔15的给定深度进行钻凿。或者快速钻凿过程可能是所期望的。这些愿望中的一些可以彼此抵消。快速钻凿过程可以例如导致工具9的磨损增加。其他愿望可以协作。

[0052] 无论期望的钻凿过程如何，当前钻凿过程的效率或能力都必须是可量化的。现有技术中已知的用于量化当前钻凿过程的方法并没有充分描述实际钻凿过程，因此钻凿过程的控制变得迟钝。

[0053] 为了解决这个问题，根据本发明，传感器5根据在冲击元件7冲撞下馈送到岩石13中的力和进入岩石13的压痕深度来收集测得的数据。因此，当冲击元件7冲撞工具9并且工具9冲撞岩石13并反弹时，传感器5收集这些测量数据。传感器5可以例如通过测量冲撞下工具9的轴向应变来收集这些数据。此后基于收集到的数据来确定冲击过程。冲击过程描述了冲撞的整个过程并且因此基于馈送到岩石13中的力以及进入岩石13的压痕深度。然后可以将冲击过程与参考冲击过程进行比较。参考冲击过程可以描述期望的钻凿过程。通过确定两个冲击过程之间的偏差，可以将当前冲击过程与参考冲击过程进行比较。基于该偏差，然后可以调整与钻凿过程相关的一个或更多个钻凿参数。可以例如调整钻凿参数，使得偏差减小。自然地，总是可以确定在调整钻凿参数时将减小偏差。因此，表达“使得偏差减小”应当被解释成使得钻凿参数被调整以通过调整来减小偏差。

[0054] 基于由传感器5收集的测量数据以及冲击过程与参考冲击过程之间的比较，钻机1被配置成至少部分地由控制单元3控制。

[0055] 冲击过程可以由基于收集到的数据确定的力-位移曲线来表示。图2示出了基于由实验室测量提供的数据的多个力-位移曲线,并举例说明了在钻凿期间力-位移曲线可能如何变化。馈送到岩石中的力F沿y-轴显示,并且进入岩石的压痕深度沿x-轴显示。如图2所示,在钻凿期间在相同的岩石中和在相同的钻凿参数下,力-位移曲线可能显著地变化。力-位移曲线的改变与钻凿效率相关。力-位移曲线描述了工具的冲击过程,该冲击过程具有当按钮压入岩石时的工具的初始加载阶段和当工具从新制造的孔中缩回时的结束卸载阶段。

[0056] 可以通过研究不同钻凿过程的力-位移曲线以及通过将高效的钻凿过程与某种类型的力-位移曲线相关联来确定表示具有期望的钻凿效率的期望的钻凿过程的期望的力-位移曲线。以这种方式,获得参考冲击过程,其由参考力-位移曲线表示。之后通过确定在钻凿期间工具9撞击岩石13的力-位移曲线,可以将这些力-位移曲线与期望的力-位移曲线进行比较。以后可以基于该比较来调整钻凿参数。

[0057] 力-位移曲线可以例如通过从入射和反射脉冲的轴向波的时间数据中选择时间窗口来确定。已知长度的钻头用于时间窗口,以及在钻头中给出轴向应变波的传感器。传感器还可以布置在钻头或颈部的不同位置。位置会影响所测得的信号,这是必须考虑的。力-位移曲线可以根据以下确定。

$$[0058] \quad \sigma_{inc} = \epsilon_{inc} E$$

$$[0059] \quad \sigma_{ref} = \epsilon_{ref} E$$

$$[0060] \quad F = A_{rod} (\sigma_{inc} + \sigma_{ref})$$

$$[0061] \quad v_{bit} = \frac{1}{c\rho} (\sigma_{inc} - \sigma_{ref})$$

[0062] $d = \int v_{bit} dt$ 其中 σ_{inc} 是入射波的应力, σ_{ref} 是反射波的应力, E 是弹性模量。此外:

[0063] ϵ_{inc} = 入射波周围的选定应变信号,通过使用来自时间数据的触发器或来自冲击和几何形状以及杆中波速的参考脉冲来选择。

[0064] ϵ_{ref} = 反射波周围的选定应变信号,通过确定与 ϵ_{inc} 的传感器位置、杆和钻头的几何形状以及波速相关的选择时间来选择。

[0065] 本发明还包括确定力-位移曲线的其他方法。例如,当使用多个传感器时,必须调整计算。这些方法在信号处理和波传播领域是众所周知的,因此这里不再进一步讨论。

[0066] 图3示出了由三个向量 k_i 、 k_c 、 k_r 表示的示意性力-位移曲线的示例。馈送到岩石中的力沿y-轴显示,压痕深度沿x-轴显示。矢量 k_i 和 k_c 表示加载阶段, k_r 表示卸载阶段。

[0067] 参考冲击过程还可以由通过期望的钻凿过程确定的力-位移曲线组成。在图3中,参考曲线被示为虚线。力-位移曲线以及由此的冲击过程可以例如与最小二乘法进行比较以获得曲线之间的偏差。比较曲线的方式可以例如是经由测量数据(例如斜率和长度)来比较部分曲线。测量数据可以用绝对数以及相对项(即,相对于彼此)表达。其他示例包括研究矢量 k_i 、 k_c 和 k_r 的角度。

[0068] 通过确定冲击过程,可以分析当前冲击过程与参考冲击过程之间的偏差。图4a和图4b示出了可以如何使用当前冲击过程的力-位移曲线与参考冲击过程的力-位移曲线之间的比较来分析偏差。

[0069] 在图4a中,示意性当前冲击过程被示为实线并且参考冲击过程被示为虚线。参考冲击过程表示期望的冲击过程。如图4a所示,按钮似乎没有很深地穿透到岩石中。同时,进

给力在短时间内很高。这可能是指岩石太硬或钻柱的旋转速度太低。因此,该信息可以用于确定要调整哪些钻凿参数(即旋转速度)以及应当如何调整它(即,增大该速度)。

[0070] 同样,图4b将当前冲击过程示意性地示出为实线,并且将参考冲击过程示意性地示出为虚线。参考冲击过程表示期望的冲击过程。如图4b所示,按钮似乎比预期的更深地穿透,并且馈送到岩石中的力比预期的更低。这可能是指冲洗流量太低,导致钻屑留在孔15中,或者岩石13太软。因此,该分析可以用于增加冲洗压力或流量,即选择要调整的钻凿参数并决定应当如何调整该钻凿参数。

[0071] 因此,基于该分析,可以从需要调整以减小偏差的所述一个或更多个钻凿参数中确定一个或更多个第一钻凿参数。此外,基于该分析,可以确定调整一个或更多个钻凿参数使得偏差减小的第一方式。

[0072] 冲击过程与参考冲击过程之间的偏差还可以用于确保钻凿过程以对设备及其周围环境安全的方式进行。通过确保偏差低于某个阈值,可以确保钻凿过程正常运行。如果钻机1应当穿透到隧道中并不再撞击岩石,则偏差将突然增大并超过阈值。在这种情况下,控制单元3可以执行关键动作。关键动作可以例如包括例如向操作者视觉地指示阈值已被超过。当已超过阈值时可能会发出警报声,或者可以中断钻凿过程以确保机器不会受到损坏。

[0073] 现在将参考图5描述控制钻机1的钻凿过程的方法500。可选的方法步骤在图中用虚线表示。

[0074] 下面描述的方法步骤可以例如由控制单元3执行。

[0075] 图5示出了控制钻机1的钻凿过程的示例性方法500。钻机1包括控制单元3、至少一个传感器5、冲击元件7和工具9。工具9的端部包括被配置成撞击岩石13的钻头11。冲击元件7被配置成冲撞工具9,并且工具9被配置成将由冲击元件7产生的脉冲能量传递到钻头11。在钻凿期间方法包括根据在冲击元件7的冲撞下馈送到岩石中的力和进入岩石的压痕深度来收集501数据。该方法还包括基于所收集的数据来确定502冲击过程。该方法还包括确定503冲击过程和参考冲击过程之间的偏差。该方法还包括基于偏差来调整507与钻凿过程相关的一个或更多个钻凿参数。

[0076] 参考冲击过程和实际冲击过程之间的偏差可以根据如上文描述的冲击过程如何表示而以多种不同方式确定。

[0077] 参考冲击过程可以例如经验性地基于先前钻凿过程来确定,先前钻凿过程例如从能量的视点或者从进入岩石的进展方面被考虑或已证明是高效的。参考冲击过程可以描述优化了某个参数(例如钻凿速度、能量消耗或最小化的钻头磨损)的钻凿过程。然后,可以以一些其他参数例如能源效率等为代价来优化这些参数。替代地,参考冲击过程可以描述当多个参数相互平衡时被认为是最佳或高效钻凿的钻凿过程。还可以想象,参考冲击过程已通过计算或模拟确定并因此描述和优化过程。可以例如从数据库中挑选参考冲击过程。

[0078] 根据某些实施例,调整507所述一个或更多个钻凿参数的步骤可以包括调整507所述一个或更多个钻凿参数,使得偏差减小。

[0079] 该方法还可以包括分析504偏差的特性并且基于所述分析,从所述一个或更多个钻凿参数中确定505需要调整以减小偏差的一个或更多个第一钻凿参数。调整507所述一个或更多个钻凿参数的步骤包括调整507所述一个或更多个第一钻凿参数,使得偏差减小。

[0080] 该方法还可以包括分析504偏差的特性,并且基于所述偏差确定506调整一个或更

多个钻凿参数使得偏差减小的第一方式。调整507所述一个或更多个钻凿参数的步骤然后包括以所述第一方式调整507所述一个或更多个钻凿参数,使得偏差减小。

[0081] “第一方式”是什么意思取决于应当改变什么钻凿参数。如果涉及冲击速度,则第一方式可以是增加或降低冲击速度。如果涉及冲洗压力,则第一方式可以是增加或降低冲洗压力等。假设参数是已知的,技术人员会立即意识到以某种方式调整参数是指什么,即第一方式。因此将不再进一步描述。

[0082] 该方法还可以包括如果偏差超过阈值则执行513关键动作,其中该关键动作包括以下项中的一个或更多个:在视觉上指示阈值已被超过、通过发出音频信号来指示阈值已被超过以及中断钻凿过程。

[0083] 该方法还可以包括评估511在调整507之后偏差如何改变。该方法然后还包括基于该评估来调整512所述一个或更多个钻凿参数,使得偏差减小。根据一些实施例,该方法然后还可以包括收集508取决于在冲击元件的后续冲撞下馈送到岩石的力和进入岩石的压痕深度的后续数据集。该方法然后还包括基于所收集的数据来确定509后续冲击过程并且确定510后续冲击过程和参考冲击过程之间的后续偏差。评估511在调整之后偏差如何改变的步骤然后基于该偏差和后续偏差之间的比较。

[0084] 通过坚持上述方法,将控制钻机1的钻凿过程。为清楚起见,应注意上述步骤可以例如在冲击元件7的每次冲撞下在钻凿期间执行多次。

[0085] 参考冲击过程可以描述期望的钻凿过程。一个或更多个钻凿参数可以涉及冲洗、凿岩机的旋转速度、进给力、冲击功率、冲击频率、冲程长度、冲击速度、旋转扭矩或脉冲波形中的一个或更多个。所述收集的数据可以包括与工具在操作期间的应变相关的数据。

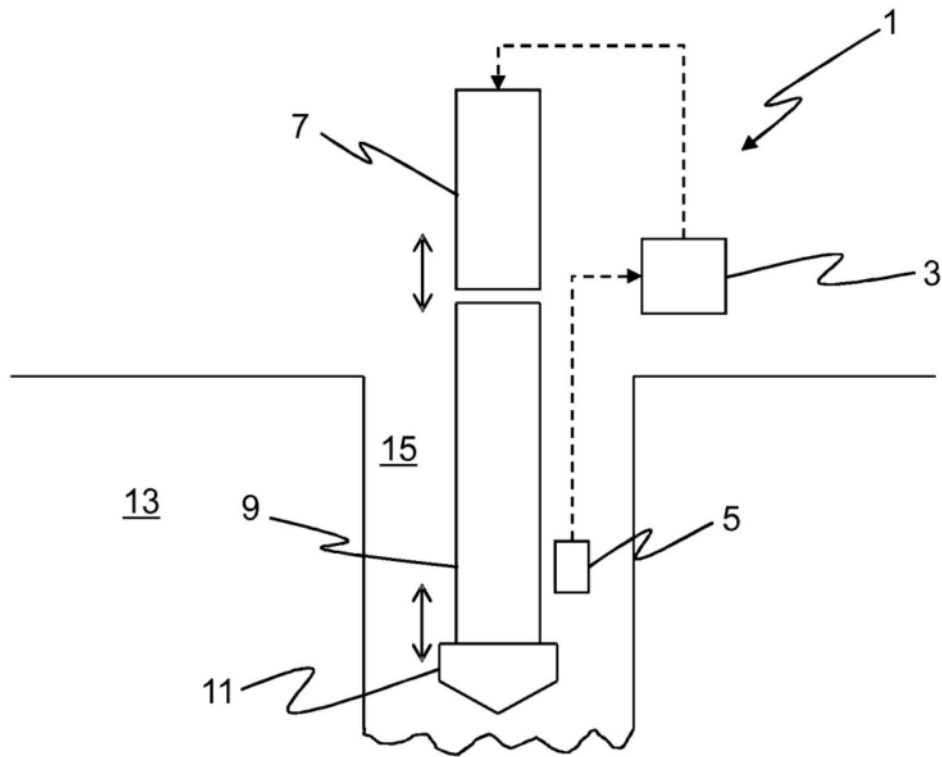


图1

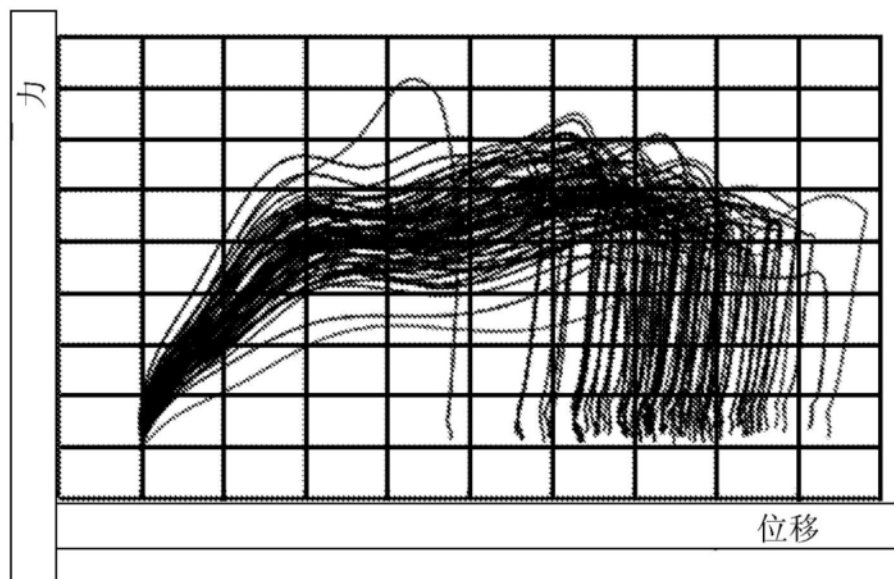


图2

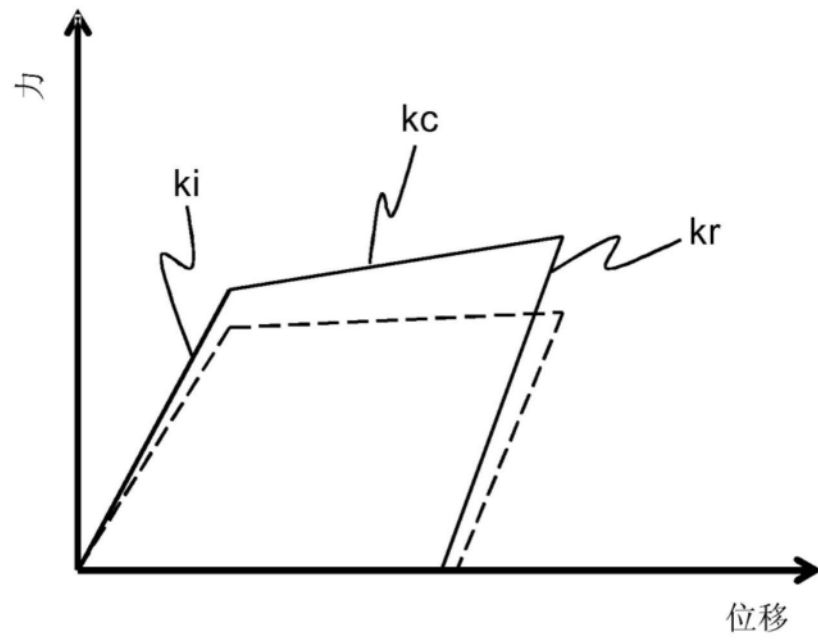


图3

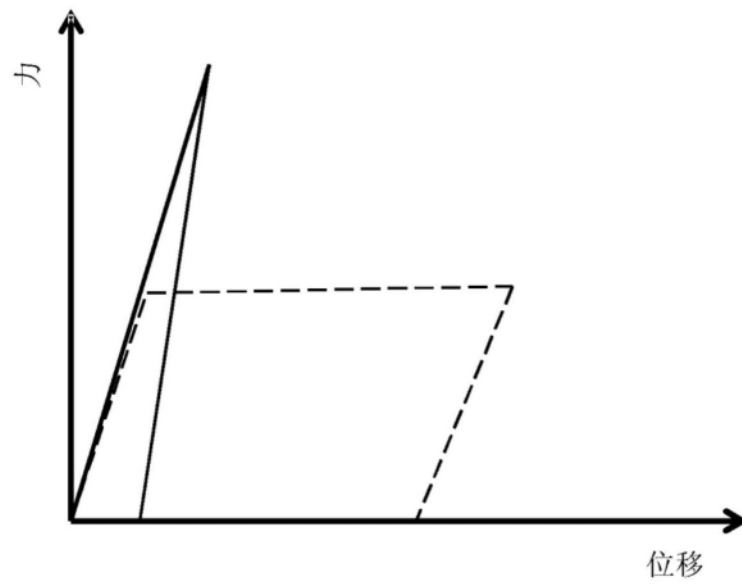


图4a

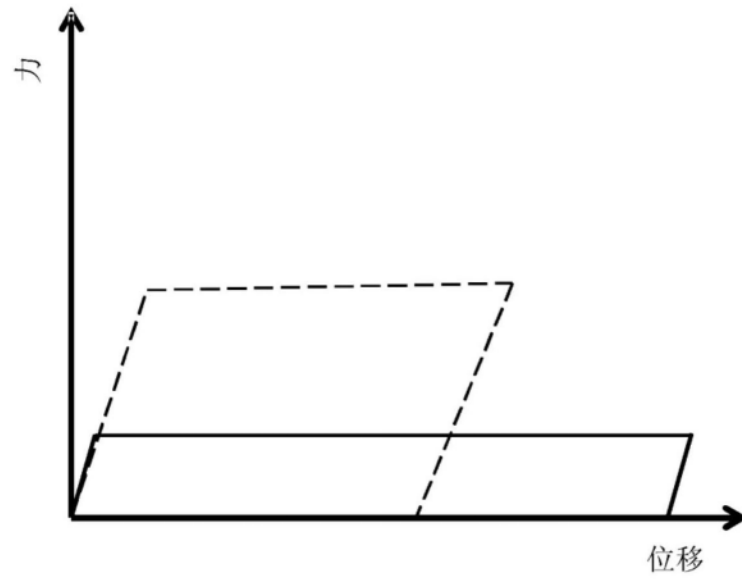


图4b

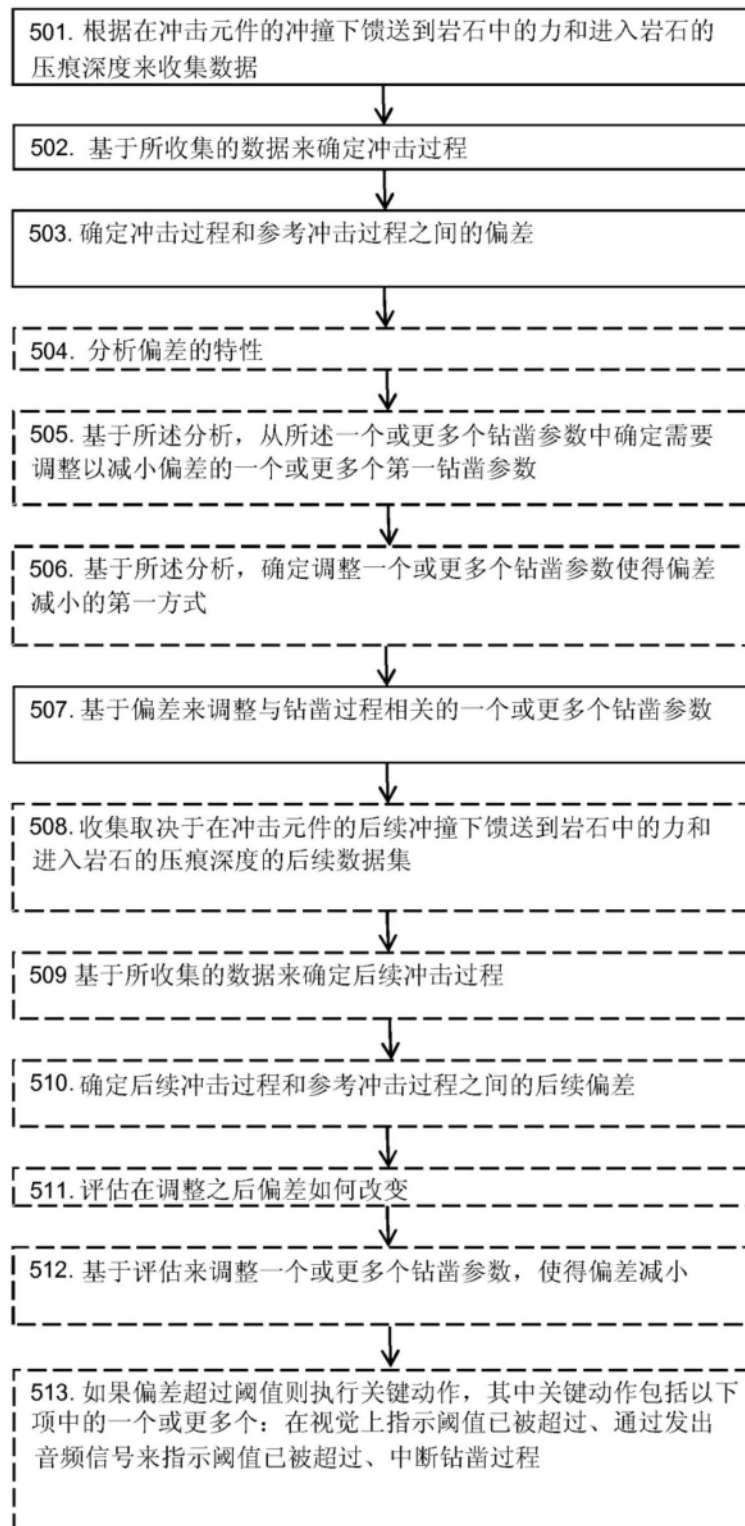


图5