

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

E21C 39/00 (2006.01)

E02D 33/00 (2006.01)

G01N 29/00 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 00135598.8

[45] 授权公告日 2007 年 11 月 21 日

[11] 授权公告号 CN 100350130C

[22] 申请日 2000.12.11 [21] 申请号 00135598.8

[30] 优先权

[32] 1999.12.16 [33] DE [31] 19960824.5

[73] 专利权人 希尔蒂股份公司

地址 列支敦士登费尔斯腾图

[72] 发明人 邦格尔斯-安布罗修斯·汉斯-汉纳

谢尔·罗兰 博尼·汉斯

施米茨尔·哈拉尔德

[56] 参考文献

DE4334933A1 1995.4.20

US5289885A 1994.3.1

US5496093A 1996.3.5

EP0771619A2 1997.5.7

DE3518370A 1985.12.12

GB2333155A 1999.7.14

WO9801736A 1998.1.15

WO9625881A 1996.8.29

US3464503A 1969.9.2

审查员 孙世新

[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

代理人 孙征

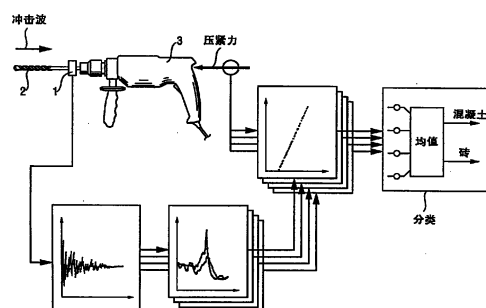
权利要求书 3 页 说明书 16 页 附图 2 页

[54] 发明名称

研究和鉴定基础的类型用的方法和装置

[57] 摘要

本发明涉及研究和鉴定基础的类型用的方法和装置。此方法和利用此方法的一种配置在开掘一种基础用的开掘设备旁或内的装置用于研究和鉴定要开掘的基础的类型及用于提供至少一个为最佳地预调开掘设备所需的工作参数,按此方法规定采用一个优选地直接为开掘工具(2)例如冲击钻配置的传感器(1),以便检测在工具内产生或诱发的冲击波。根据测得的冲击波信号至少折取一个表明所加工的基础的特征的特征(M1...M4)并为了比较基础的类别借助于一种算法对其进行评估。优选地在按算法评估时附加地考虑一个在外部作用在开掘设备上的力,尤其是压紧力(P)。



1. 研究和鉴定规定用于作业的基础材料的种类以及利用至少一个工作参数来最佳地预调实施作业的冲击钻机的方法, 包括下列步骤:

在作业过程开始之前或一开始, 检测在钻具内产生的或诱发的冲击波;

测量冲击波信号;

借助于算法分析此冲击波信号;

由冲击波信号, 借助于算法析取至少一个该基础材料特有的特征, 用以将基础材料分类;

确定至少一个通过冲击波表明钻具特性以及表明基础材料特性的特征; 并

在线调整至少一个工作参数, 包括: “冲击频率”、“单个冲击的能量”和“转速”。

2. 按照权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 在为基础材料分类时附加地考虑至少一个从外部作用在冲击钻机上的力。

3. 按照权利要求 1 所述的方法, 其特征在于, 还包括下述步骤: 利用一种提取算法来析取至少一个表明特性的特征, 用以鉴定基础材料, 其中, 所述提取算法对多个冲击波信号进行分析, 这些冲击波信号在关于冲击的起始时间方面互相同步的窗口内进行研究, 它们对应于冲击钻机的各次冲击并被数字化为探测值, 以及, 由算得的冲击钻机各次冲击的特征值, 通过求平均值法确定一个表明特性的特征值。

4. 按照权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 在按算法规则鉴定基础材料之前, 对工具进行鉴别和相应地预调冲击钻机的工作参数, 为此, 计算在测量过程测得的单个冲击波谱的规定数量的冲击波信号探测值的平均谱, 并确定多个固有频率, 亦即在给定范围内的局部最大值, 至少使用其中的两个, 借助于模糊规则算法来确定为预调工作参数所需的工具参数。

5. 按照权利要求 3 所述的方法, 其特征在于, 在按算法规则鉴

定基础材料的步骤中考虑下列表明特性的特征的至少几个，其中

第一个特征包括在所考虑的整个窗口内、利用针对冲击钻机各次冲击算得的特征值为基础进行平均来实施求平均值法计算的在此时域内单个冲击-冲击波信号的能量标准化谱的平均振幅；

第二个特征表明在考虑工具特有的频率范围的情况下，在顾及瞬时信号的窗口内，借助于一种只是少量被确定数字值的自动回归模型，由谱估算得出的最大振幅或它的相关的频率值，或沿整个频率范围确定的阻尼，或由最大振幅和相关的频率值得出的线性组合函数；

第三个特征表示在由工具参数确定的频率区间内滤波器一极点的最小阻尼值，其中，各极点根据联合循环滤波器的滤波器系数算出，滤波器系数则在应用为正的频率值确定的模型参数的情况下借助于单个冲击-冲击波信号的自动回归模型确定，以及

第四个特征表明在搜索区间内的时域中两个相同代数符号的冲击波信号最大值之差；以及

至少几个特征在为了确定基础材料而作出决断时借助于加权的模糊干涉系统进行评估。

6. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，采用一种求平均值法，以针对冲击钻机各次冲击算得的特征值为基础来求平均值。

7. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，包括以在时域内确定的冲击钻机各次冲击的平均值为基础来确定特征值的步骤。

8. 按照权利要求 7 所述的方法，其特征在于，采用一种 Sugeno 型的模糊规则算法，借助于算法析取所述的至少一个特征。

9. 按照权利要求 7 所述的方法，其特征在于，包括借助于一种模糊干涉系统进行评估的步骤，在该步骤之前，将各特征值分别用一个取决于压紧力和/或具体工具的系数进行修正。

10. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，冲击波通过一传感器进行检测，其中所述传感器是基于磁致弹性效应、应变片原理或表面波测量原理。

11. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，通过用一送话器

测量由冲击波所引起的气波，来测量冲击波。

12. 按照权利要求 1 所述的方法，其特征在于，冲击波沿作业设备工具轴线的纵向分量借助于以磁致弹性效应为基础的传感器进行检测。

13. 研究和鉴定要开掘的基础材料的种类的装置，它配置于一种用于开掘基础材料的设备上或内，其特征在于，所述装置包括一个检测在设备的开掘工具内出现的冲击波的传感器，以及包括一个电子处理器装置，所述电子处理器装置对传感器所提供的冲击波信号进行处理，方式是：在作业过程开始之前或一开始，检测在开掘工具内产生的或诱发的冲击波，根据测得的冲击波信号析取至少一个该基础材料特有的特征，并借助于相应的算法进行分析将基础材料分类。

研究和鉴定基础的类型用的方法和装置

技术领域

本发明涉及一种研究和鉴定规定用于开掘的基础的种类以及提供至少一个用于最佳地预调开掘设备工作参数的方法和利用此方法的装置。

背景技术

为了最佳地开掘不同的材料如混凝土、砖、大理石等，尤其也为了在这些材料中制造暗销适用的孔，目前采用不同的对该材料专用的开掘设备。若不同的基础类型应只用一种开掘设备尤其是用一种冲击钻便能加工，则至少有一些开掘设备的参数如“冲击频率”、“单个冲击能量”和“转速”必须是可调的。此外，若为了便于操作这种开掘设备，则至少这些参数中个别应能自动完成调整，这就要求自动识别基础的类型。

由材料试验领域已知若干种方法，以便确定某些材料性能。在文献[1]和[2]中（见作为附录附上的文献目录）专门针对主题“建筑工程中材料的无损试验”作了说明。在采矿工程领域由 Aquila Mining Systems, Ltd.（www.aquilaltd.com/aquila/aquila.htm）已知一种方法，按此方法可通过分析振动实时确定所要加工的基础的类型。同样由此领域已知一种方法，采用这种方法，通过测量钻孔参数如扭矩、压紧力、转速和钻孔速度，应能自动识别不同的岩石种类（文献[3]）。

在专利印刷品 DE 3 518 370（参见文献[4]）中介绍了一种方法，采用这种方法在岩石钻孔时控制冲击波。其中，测得的冲击波或由此导出的参数如频谱、阻尼特性、振幅值等与一额定值作比较。通过改变一个或多个调节参数，如冲击频率、冲击力、转速、扭矩和/或送进力，保持测量参数对额定值的偏离最小。

由机械工业也已知一些方法，通过分析可听声能识别例如轴承损坏。类似的方法也在质量监控中应用，例如检测大理石片（参见文献[5]和[6]）。

鉴于本发明所追求的目的，这些现有技术存在下列问题或缺点：

- 在材料试验中采用的方法复杂、需要专用试验设备或不能自动化和/或在线应用。

- 振动分析时的探测试验表明，例如对于手操纵的冲击钻机而言基于分析外壳振动的基础识别是不可能的。可设想通过分析工具例如分析钻头振动来进行识别。但是对于在这里所论及类型的开掘设备，尤其是对于冲击钻机来说，它们的测量很难实现。此外，只有在所提及的全部参数都已知的情况下才能通过测量钻孔参数进行基础识别，因为它们彼此有密切的关系。也就是说需要很多传感器。特别是还与具体使用的工具，亦即例如钻头，存在着密切的关系。

发明内容

因此本发明的目的是提供一种方法和一种装置，采用它们可以在开掘过程亦即例如在钻孔过程中或直接在此过程前完成对规定进行开掘的基础类型的识别，以便能借助于如此获得的数据自动调整至少若干对于最佳的开掘过程重要的开掘设备工作参数。

在前言一般定义的用于研究和鉴定规定开掘的基础的方法中，采取了下列措施，即，在开掘过程开始前或一开始或在开掘期间，检测在开掘设备的工（刀）具内产生的或诱发的冲击波，并根据如此测得的冲击波信号至少折取一个该基础特有的特征以及为了将基础分类借助于一种算法进行评估。

具体而言，为实现上述目的，本发明提供一种研究和鉴定规定用于作业的基础材料的种类以及利用至少一个工作参数来最佳地预调实施作业的冲击钻机的方法，包括下列步骤：在作业过程开始之前或一开始，检测在钻具内产生的或诱发的冲击波；测量冲击波信号；借助于算法分析此冲击波信号；由冲击波信号，借助于算法析取至少一个该基础材料特有的特征（M1至M4），用以将基础材料分类；确定至少一个通过冲击波表明钻具特性以及表明基础材料特性的特征；并在线调整至少一个工作参数，包括：“冲击频率”、“单个冲击的能量”和“转速”。

优选地，在为基础材料分类时附加地考虑至少一个从外部作用在

冲击钻机上的力。

优选地，还包括下述步骤：利用一种提取算法来析取至少一个表明特性的特征（M1至M4），用以鉴定基础材料，其中，所述提取算法对多个冲击波信号（ E_i ）进行分析，这些冲击波信号在关于冲击的起始时间方面互相同步的窗口内进行研究，它们对应于冲击钻机的各次冲击并被数字化为探测值，以及，由算得的冲击钻机各次冲击的特征值，通过求平均值法确定一个表明特性的特征值（M1至M4）。

进一步有利地，在按算法规则鉴定基础材料之前，对工具进行鉴别和相应地预调冲击钻机的工作参数，为此，计算在测量过程测得的单个冲击波谱的规定数量的冲击波信号探测值的平均谱，并确定多个固有频率，亦即在给定范围内的局部最大值，至少使用其中的两个，借助于模糊规则算法来确定为预调工作参数所需的工具参数。

同样有利地提出，在按算法规则鉴定基础材料的步骤中考虑下列表明特性的特征（M1至M4）的至少几个，其中第一个特征（M1）包括在所考虑的整个窗口内、利用针对冲击钻机各次冲击算得的特征值为基础进行平均来实施求平均值法计算的在此时域内单个冲击-冲击波信号的能量标准化谱（ F_{en} ）的平均振幅；第二个特征（M2）表明在考虑工具特有的频率范围的情况下，在顾及瞬时信号的窗口内，借助于一种只是少量被确定数字值的自动回归模型，由谱估算得出的最大振幅（ $F_{AR}(f_m)$ ）或它的相关的频率值（ f_m ），或沿整个频率范围确定的阻尼，或由最大振幅（ F_{AR} ）和相关频率值（ f_m ）得出的线性组合函数（ $CO(f_m, F_{AR}(f_m))$ ）；第三个特征（M3）表示在由工具参数确定的频率区间（ Δ_f ）内滤波器一极点的最小阻尼值，其中，各极点根据联合循环滤波器的滤波器系数算出，滤波器系数则在应用为正的频率值确定的模型参数的情况下借助于单个冲击-冲击波信号的自动回归模型确定，以及第四个特征（M4）表明在搜索区间内的时域中两个相同代数符号的冲击波信号最大値之差；以及至少几个特征（M1至MN）在为了确定基础材料而作出决断时借助于加权的模糊干涉系统进行评估。

按一种优选方案，采用一种求平均值法，以针对冲击钻机各次冲击算得的特征值为基础来求平均值。

本发明的方法按一种优选方案，包括以在时域内确定的冲击钻机各次冲击的平均值为基础来确定特征值的步骤。

其中有利的是，采用一种 Sugeno 型的模糊规则算法，借助于算法析取所述的至少一个特征。。

以及，有利地包括借助于一种模糊干涉系统进行评估的步骤，在该步骤之前，将各特征值分别用一个取决于压紧力和/或具体工具的系数进行修正。

优选地，冲击波通过一传感器进行检测，其中所述传感器是基于磁致弹性效应、应变片原理或表面波测量原理。

优选地，通过用一送话器测量由冲击波所引起的气波，来测量冲击波。

优选地，冲击波沿作业设备工具轴线的纵向分量借助于以磁致弹性效应为基础的传感器进行检测。

相应地，本发明还提供一种研究和鉴定要开掘的基础材料的种类的装置，它配置于一种用于开掘基础材料的设备上或内，其特征在于，所述装置包括一个检测在设备的开掘工具内出现的冲击波的传感器，以及包括一个电子处理器装置，所述电子处理器装置对传感器所提供的冲击波信号进行处理，方式是：在作业过程开始之前或一开始，检测在开掘工具内产生的或诱发的冲击波，根据测得的冲击波信号析取至少一个该基础材料特有的特征，并借助于相应的算法进行分析将基础材料分类。

基础的识别通过对纵向波按一种算法的分析进行。纵向波可以例如是直接在工具内测得的冲击波或从工具或基础反射的声波，尤其是可听声波。

为了更准确地评估，规定在基础分类时附加地采用至少一个作用在开掘设备上的外力，例如压紧力，在后面的信号处理中将它考虑进去。

冲击波的测量可借助传感器进行，它们例如基于磁致弹性（ME）效

应，基于应变片原理或基于表面波。声波尤其空气声波的测量例如借助于送话器（麦克风）进行。

在下面的特征提取中借助于恰当的算法计算某些特性，例如阻尼特性、测量信号的频谱和能量，这些算法在下面将借助于举例说明，但它们并不受作为本发明基础的核心思想的限制。基于这些特性，在后面的分类中作出判断，在具体的使用情况下所涉及的为何种基础。为了作出这种判断，作为其他的辅助参数可附加地采用外部作用力，尤其是机器使用者施加的压紧力。在最简单的情况下，这些辅助或附加参数用于更准确地计算或评估产生的信号群。

若计算多个特征并接着将它们的结果加权综合得出总的决断，则这样做是有利的并显著提高基础分类的准确度。为此可以使用属于所谓“人工智能”领域的方法，例如模糊逻辑系统或神经元网络。下面的表 1 给出在包括所使用的工具尤其采用的钻头在内的基础识别时用于信号检测或特征提取的不同可能性的概况。

表 1:

通过测量和分析纵向波识别基础和工具（钻头）		
用送话器测量可听声	借助于 ME 传感器、应变片（DMS）表面波测量固体声/冲击波	
分析 方法		
时域法	基于 FFT 的特征	基于自动回归（AR）模型的方法
-极值	-平均值	-阻尼
-能量分位数	-第一固有频率的对称性	-固有频率的位置
-冲击长度/后沿	-能量	-谱的重心
-带通滤波	-重心	

附图说明

下面参见附图详细说明基于测量和分析钻头内冲击波研究和鉴定规定借助于冲击钻开掘的基础的类型包括鉴别使用者采用的钻头的当前优

选的和经过考验的方案。

图 1 表示按本发明用于测量和识别要加工的基础的系统原理图；

图 2 表示定向 1 的模糊集 A_i ；以及

图 3 在时间-振幅图内表示在工具内冲击波的相对反射强度。

具体实施方式

本发明的这些经过考验的实施方案中，基础的确定通过计算四个特征和接着加权判定。

由图 1 可以看出，为测量冲击波，在冲击钻 3 的钻头 2 中采用一传感器 1，它按磁致弹性效应工作（见文献[7]）。ME 传感器 1 环形地围绕着钻头 2 的柄并主要由被软磁性材料围绕的励磁线圈和同样设在软磁性外壳内部并围绕着在励磁线圈内部的钻柄的传感器线圈组成。在按本发明的方法中经测试技术验证，对于钻柄直径为 10mm 的钻头 2，采用具有杆径 10.6mm 和轴向长度约 18mm 的传感器。励磁线圈的供电通过供 2A 的直流电实现。励磁线圈有 390 匝绕组，线径为 0.5mm 和电阻为 3.8Ω 。对于设在励磁线圈内部的传感器线圈可采用下列值：匝数 540、线径 0.13mm、线圈电阻 37Ω 。

下面针对一种具体的钻头类型说明当前优选的用于为确定基础进行特征提取的算法。但在这里与前面类似同样不会限制其通用性，因为不同的钻头只是由于使用了在冲击钻 3 上不同的参数调整和在作出最终判断时采用不同的权重或模糊规则而有所不同。下面介绍的方法将针对直径 6mm 和长度约 170mm 的钻头进行说明。

在用于基础识别的真正的算法前，与为了确定基础进行的特征提取逻辑上相关连的是钻头识别，它允许正确地预调与钻头有关的开掘设备参数。

所有在此实施例中说出的方法均基于分析单个冲击 E_i ，它们在具有确定的长度例如 1024 个探测值的互相同步化的窗口中进行研究。一个冲击 E_m 的探测值用 $S_{m,i}$ 表示（ i 从 [1, 1024] 中取）。在本文中同步化意味着冲击的起始相对于窗口的起始始终在相同的位置处。

为了预先计算钻头类型，首先计算规定数量的起始探测值，例如所

有事先已识别和分开的单个冲击的前 256 个探测值的平均谱:

$$\overline{F}(\omega) = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n F_i(\omega), \quad (1)$$

其中 $F_i = |\text{FFT}(S_{i, 1 \dots 1024})|$ 是单个冲击的单个谱。变量 ω 表示要求出的频率。然后, 对此平均的谱例如确定三个固有频率, 亦即在预先给定的范围内的局部最大值。接着基于第二和第三固有频率借助于 Sugeno 型的模糊规则算法计算钻头的长度和直径, 下面对此还要详细说明。

在基础的特征计算中有两种不同的可采用的求平均值方法:

1. 针对单个冲击算出的特征值求平均值:

$$M_E = \text{Mean}(M(E_i))$$

2. 计算针对在此时域内确定的单个冲击平均值的特征值 $M_E = M(\text{Mean}(E_i))$

下面说明的各个表明特征的特征值的计算如果没有另外指出均采用求平均值方法 1。

被算出作为能量标准化谱 F_{en} 平均振幅的第一个特征 $M1$ (下面也称 $\text{FFT} - \text{Mean}$), 通过使用一个单个冲击的涉及 1024 个探测点的快速傅里叶变换 (FFT) 确定。在 FFT 前输入信号尚需例如借助一个 FIR 滤波器高通滤波, 此 FIR 滤波器有 22 阶线性阶段和 10KHz 截止频率 (参见文献[10]部分 FIR1)。此特征 $M1$ 因而得出为

$$M_1 = \overline{F_{en}} = \frac{1}{n} \sum_{\omega=1}^n F_{en}(\omega), \quad (2)$$

其中 F 是当前单个冲击的 FFT 谱。

能量标准化谱 $F_{en}(i)$ 按下列公式计算:

$$F_{\text{em}}(\omega) = \frac{F(\omega)}{\sum_{\theta=1}^n F(\theta)^2} \quad (3)$$

在此特征 M1 中为了求平均值利用上面已说明的求平均值方法 2。

对于第二个特征 M2，随冲击开始而开始研究 n 个样本（取样），例如对于上面提及的 6/17 钻头 $n=15$ ，它相应于一个 0.15ms 的瞬时窗口。然后，针对此瞬时信号通过计算一个自动回归模型（AR - 模型）实施谱估算。所采用的 AR 模型的阶 $O=5$ 并通过使用一种源出于 Burg 的迭代法（Burg 迭代法）进行计算（参见文献[8]和[9]，章节 Matlabfunktion: AR）。得出的结果是一个循环滤波器的滤波系数。接着确定例如 128 点的相关的谱 F_{AR} （参见文献[8]、[9]内 Matlabfunktion TH2FF）。然后，由此谱在钻头的一个具体范围内，例如对于 6/17 钻头在 4 至 14KHz 范围内，找出有最大振幅值的频率 f_m 。

接着，对于此最大值考虑以下四个特征参数：

1. 振幅： $F_{AR}(f_m)$
2. 频率： f_m
3. 几何地确定的阻尼 D ：

$$D = \frac{\sum_{i=f_m-\Delta f}^{f_m+\Delta f} F_{AR}(i)}{2c\Delta f} \quad (4)$$

4. 由频率和振幅线性的代数逻辑运算（Verknuepfung）得出组合函数 CO：

$$CO(f_m, F_{AR}(f_m)) = af_m + bF_{AR}(f_m) + c \quad (5)$$

取决于具体的钻头类型选择最恰当的特征参数。对于每一种钻头类型预先确定这种相关的选择并通过优化规定为基准数据。对于在这里所研究的 6/17 钻头，这是具有参数 $a=1/15$ 、 $b=13/1500$ 以及 $c=-265/3$ 的组合方案“4”。由此得出第二个特征为：

$$M_2 = \frac{f_m}{15} + \frac{13F_{AR}(f_m)}{1500} - \frac{265}{3} \quad (6)$$

如上面提到过的那样，此特征 M_2 也可称为 AR 谱阻尼（AR - Spectral - Damping）。

类似于上述用于特征 M_2 的确定方法，在第三个特征 M_3 中也利用 AR 模型。不过在这里选择其他的模型参数和另一种迭代规则：阶是 5，输入信号有 22 个样本（取样）长度，以及采用正反向法（forward - backward - approach），也就是说，AR 的 Matlab 函数有自变量“fb”（参见文献[8]、[9]中 Matlabfunktion TH2FF）。在这种情况下得出的结果仍然是组合循环滤波器的滤波系数 a_i 。由这些系数计算出滤波器的极点 P_i ，转移到 S 平面（log）上，以及找出共轭的复数极对。从这些共轭的复数极对考虑具有正数频率的极点并根据它们当时的阻尼（实数部分）分类。然后，对于具有最小阻尼 P_m 的极点加以检验，看它是否处于所涉及的钻头的区间内 $[f - \Delta f, f + \Delta f]$ 。这一区间取决于对该钻头类型 - 开始实施的特征提取 - 在本例的情况下为 6/17 钻头类型 - 关于特征 M_3 是通过 $f=10$ KHz 和 $\Delta f=5$ kHz 确定。若极点满足此条件，则又称为 AR - 系数 - 阻尼（AR - koeffizienten - Daempfung）的第三特征 M_3 的值等于检点的阻尼

$$M_3 = \text{Re}(P_m) \quad (7)$$

若极点不满足此条件，则在作为基础采用的第一种求平均值方法中不考

虑所涉及的当前单个冲击。

为了采用冲击波不同的反射强度作为第四个特征 M_4 ，分析在此时域内亦即在信号 S_i 中的突跳高度。在这里起决定作用的是第一和第二正的最大值 P_1 和 P_2 或者说这两个最大值之差（参见图 3）：

$$P_j = \max_{i=a_j}^{e_j} s_i.$$

其中 $j \in 1, 2$ ，亦即最大值编号，以及 a_j 是查找区间的始点和 e_j 是终点。当采用的取样频率为 100 kHz 时，对 (s, e) 总是使用 $(4, 6)$ 或 $(6, 10)$ 。又称为在时域内突跳高度的第四个特征便得出为

$$M_4 = P_1 - P_2 \quad (8)$$

在对特征 M_i （例如 $i=1, 2, 3, 4$ ）分析前，有利的是还实施一次取决于开掘设备使用者压紧力的修正。此修正按一般的公式进行

$$M'_i = M_i - f_{i, B(P)} \quad (9)$$

其中 B 是识别的钻头的下标以及 P 表示平均压紧力。修正带来的优点是，消除压紧力 P 对特征 M_i 的影响并因而只剩下了应研究的材料的影响。为了简化起见，下面对于各个特征仍用符号 M_i 表示，但对此应理解为实际上分别隐含着经修正后的特征 M'_i 。

在这里作为举例研究的 6/17 钻头的情况下，采用下列修正函数：

$$\begin{aligned} f_1 &= 8.7 - P/100 \\ f_2 &= 0 \\ f_3 &= 1.4 - 50P \\ f_4 &= -1 \end{aligned} \quad (10)$$

修正函数的形式和系数由基准数据通过优化获得。

所注明的下标与上面涉及特征 M_i 时所采用的一致，例中“1=FFT - Mean”。钻头的下标 B （6/17=1，8/17=2，10/17=3 等等）由于对本实施

方案始终是固定的（6/17 钻头）因而舍去。与 P 无关的那些函数只用于平移数值范围，所以鉴于这些特征材料极限为 0。材料极限为“0”意味着所有的特征对于混凝土应提供值小于 0 以及对于砖应提供值大于 0。

接着，在采用所确定的特征值 M_i 的情况下借助模糊系统作出加权判定。

在组合各特征 M_i 时使用基于 Sugeno 法的模糊干涉系统。如下面说明的那样，加权判定是这种干涉技术的一种特殊情况。一般而言 sugeno 型的模糊规则系统（参见文献[11]，[12]）由一些方程的规则构成：

$$R^i, w_i: \text{WENN } x_1 \text{ ist } A_1^i \text{ UND } \dots \text{ UND } x_k \text{ ist } A_k^i \quad (11)$$

$$\text{DANN } u_i = p_0^i + p_1^i x_1 + \dots + p_k^i x_k,$$

其中，

A_j : 通过从属函数确定的模糊量

X_j : 清晰的输入参数=特征值 M_j

P_j^i : X_j 的参数权重

U_i : 第 i 项规则的输出参数

W_i : 在判定计算时第 i 项规则的权重。

然后给出此干涉系统的输出为

$$u = \frac{\sum w_i u_i \mu_i}{\sum w_i u_i} \quad (12)$$

其中 μ_i 表示第 i 个先决条件的满足度。此满足度的计算基于所采用的 T-Norm，亦即通过

$$\mu_i = \bigwedge_{j=1}^n (a_j^i(x_j)), \quad (13)$$

代数运算各项条件“ $X_j=A_j^i$ ”，其中 a_j^i 作为说明此模糊集 A_j^i 的从属函数。

作为 **T - Norm** 选择代数积。另一个可能性例如可采用所谓的 **Min** 函数。

在一种具体的实施方案中采用下列形式的简化规则

$$R^i, w_i: \text{WENN } x_1 \text{ ist } A_1^i \text{ DANN } u_i = 1, \quad (14)$$

其中模糊集 A_1^i 表示按图 2 分段线性的函数。

此模糊集然后分别通过给出两个参数 t_1 和 t_2 定义。通过参数定向 0 可以确定模糊集描述的是左 0 (定向 0) 和右 1 (定向 1) 或是左 1 或右 0 (定向 1)。

输出值在此具体形式中得出:

$$u = \frac{\sum_{i=1}^n w_i a_i(x_i)}{\sum_{i=1}^n w_i} \quad (15)$$

然后, 通过询问应答简单的阈值 (Threshold) 实施最终的判断, 亦即在图 2 所示的举例中:

$u < t_B \rightarrow$ “基础材料是混凝土”

$u \geq t_B \rightarrow$ “基础材料是砖”。

阈值 t_B 与已识别的钻头有关, 对于在这里作为举例研究的 6/17 钻头为 0.5。对于这种具体情况采用按下列表 2 所列的参数:

表 2:

特征	权 w_i	参数 t_1	参数 t_2	定向
Mean - FFT (快速傅里叶变换均值)	1	-0.5	0.5	-1
AR 谱阻尼 (AR-Spectral-Damping)	2	-1	1	1
AR 系数阻尼 (AR-Coefficient-Damping)	1	16000	22000	-1
峰值差 (Peakdifferenz)	1	0.5	0.5	-1

文献目录

文献 1: Schickert G.在建筑工程材料的无损检测国际学术交流上所作的报告, 德国无损检测协会, 1991 年柏林。

Lit. [1]: Schickert, G., Vorträge und Plakatberichte Internationales Symposium Zerstörungsfreie Prüfung im Bauwesen, Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e.V., Berlin; 1991.

文献 2: Schickert G 和 Wiggerhauser H 在民用工程的无损检测 (NDT - CE) 的国际学术交流上所作的报告, 德国无损检测协会, 1995 年, 柏林。

Lit. [2]: Schickert, G., Wiggerhauser H., International Symposium Non-Destructive Testing in Civil Engineering (NDT-CE), Deutsche Gesellschaft für Zerstörungsfreie Prüfung e. V., Berlin; 1995.

文献 3: Pollitt. M 等人的“基于监测的钻削性能参数的岩石的分析”, 1991 年第 985 号 CIM 公报第 84 册, 25 - 29 页。

Lit. [3]: Pollitt, M. et al., Lithological interpretation based on monitored drilling performance paramters, CIM Bulletin, Volume 84, Nr. 985, July 1991, Page 25-29.

文献 4: Uitto V.的“优化冲击岩石钻的方法”德国专利文献 DE 3 518 370, 1985 年。

Lit. [4]: Uitto V., Verfahren zur Optimierung von schlagenden Gesteinsbohrungen, Patentschrift DE 3 518 370, 1985.

文献 5: Wagner, J 的“用于波形瓦工业的自动质量控制系统”, 陶瓷杂志, 第 47 发行年度, 1995 年第 6 期。

Lit. [5]: Wagner, J., Automatische Qualitäts-Kontroll-Systeme für Dachziege-

Industrie, Keramische Zeitschrift, 47. Jahrgang, Ausgabe 6-1995.

文献 6: Jonuscheit H., “生产中的神经网络”。设计和电子学

Lit. [6]: Jonuscheit, H., Neuronale Netze in der Produktion, Design & Elektronik.

文献 7: Hecker, R 和 Schroeder, P. “利用机械和电机效果来测量杆件中的弹性波”，11/95, R. Oldenburg 出版社。

Lit. [7]: Hecker, R., Schröder, P., Nutzung mechanischer u. elektromechanischer Effekte zur Messung elastischer Wellen in Stäben, tm 11/95, R. Oldenburg Verlag.

文献 8: Kammeyer, K.和 Kroschel, K 的“数字信号处理”，Teubner 1998 年电子学教材。

Lit. [8]: Kammeyer, K., Kroschel K., Digital Signalverarbeitung, Teubner Studienbücher-Elektronik: 1998.

文献 9: Mathworks 公司的 Matlab-手册：工具箱识别系统，Mathworks 公司 1998 年。

Lit. [9]: Mathworks Inc., Matlab-Manual: System Identifikation Toolbox, Mathworks Inc.: 1998.

文献 10: Mathworks 公司的 Matlab - 手册：信号处理工具箱，Mathworks 公司，1998 年。

Lit. [10]: Mathworks Inc., Matlab-Manual: Signal Processing Toolbox, Mathworks Inc.: 1998

文献 11: Mathworks 公司的 Matlab - 手册，模糊逻辑工具箱，Mathworks 公司，1998 年。

Lit. [11]: Mathworks Inc., Matlab-Manual: Fuzzy Logic Toolbox, Mathworks Inc.: 1998.

文献 12: Kruse 等的“模糊系统”，Teubner 出版社，1989 年。

Lit. [12]: Kruse, et al, Fuzzy Systeme, Teubner Verlag 1989.

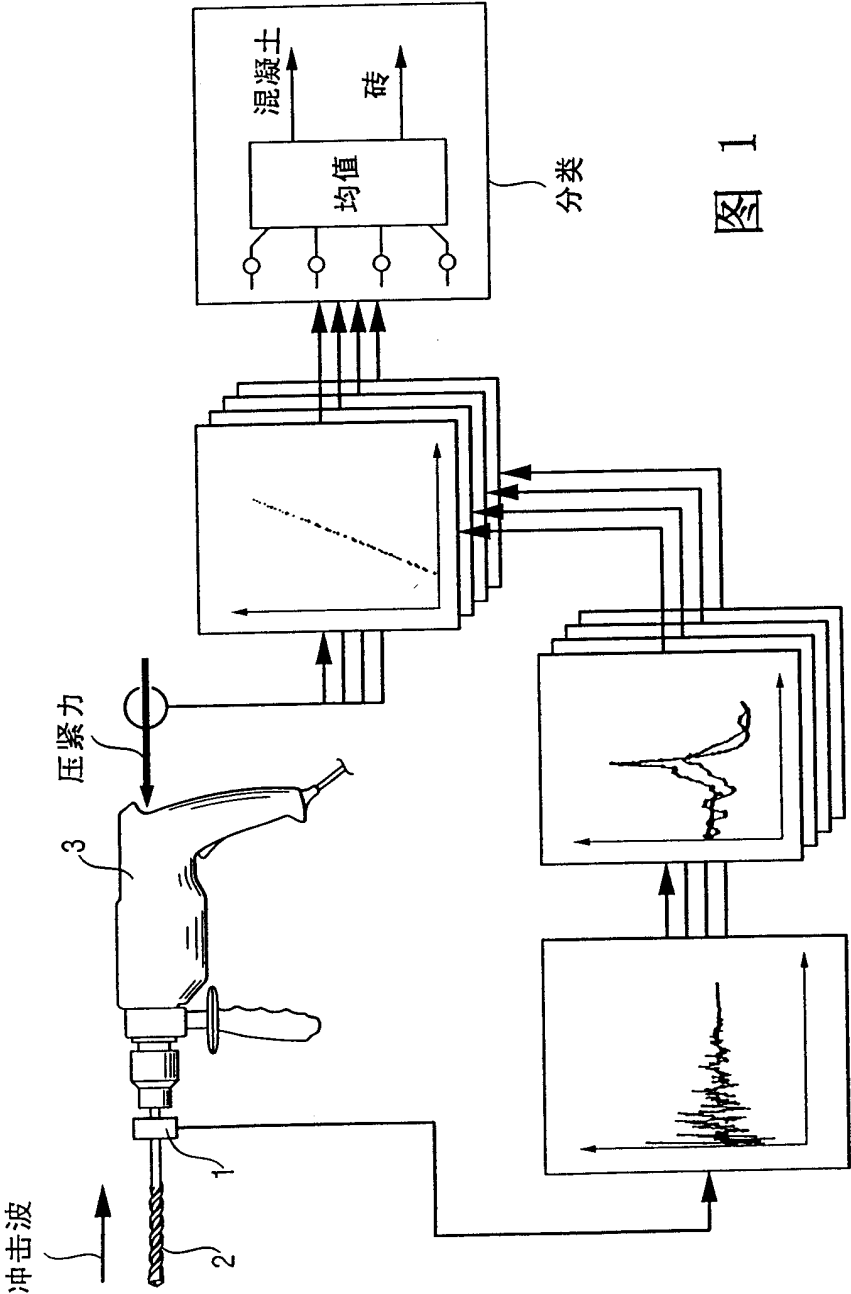


图 1

图 2

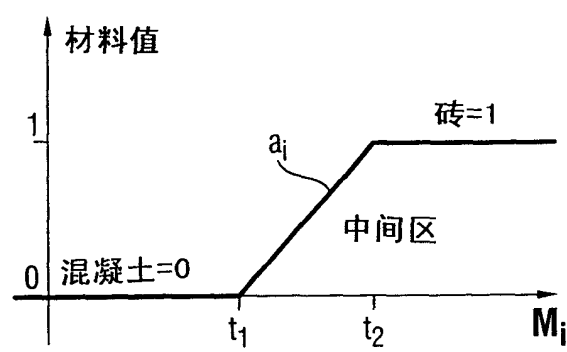


图 3

