

[19]中华人民共和国国家知识产权局

[51]Int. Cl⁷

F42D 1/00

[12] 发 明 专 利 说 明 书

[21] ZL 专利号 97199355.6

[45]授权公告日 2001 年 5 月 16 日

[11]授权公告号 CN 1065954C

[22]申请日 1997.11.4 [24]颁证日 2001.1.13

[21]申请号 97199355.6

[30]优先权

[32]1996.11.12 [33]JP [31]300086/1996

[32]1997.4.30 [33]JP [31]112428/1997

[86]国际申请 PCT/JP97/04001 1997.11.4

[87]国际公布 WO98/21544 日 1998.5.22

[85]进入国家阶段日期 1999.4.30

[73]专利权人 旭化成工业株式会社

地址 日本大阪

[72]发明人 山本雅昭 野田英宏 佐佐宏一

审查员 24 56

[74]专利代理机构 中原信达知识产权代理有限责任公司

代理人 顾红霞 朱登河

权利要求书 1 页 说明书 11 页 附图页数 5 页

[54]发明名称 爆破方法

[57]摘要

一种爆破方法,包括在一特定的场所进行延迟爆破,预测远处地面振动或声音波形的时间序列数据,这些数据是由一在特定场所的假定单级破利用所述延迟爆破产生的地面振动或声波波形的至少一组在先时间序列数据而得出的,该数据可以该远处进行实地监视,还预测相应的在先实地的所述延迟爆破起爆时间序列;以上述得到的单级爆破的预测数据作为基础,算出满足特定条件的延迟爆破地面振动或声音波形的延迟爆破起爆时间序列;用算出的延迟爆破起爆时间序列进行后序爆破。

I S S N 1 0 0 8 - 4 2 7 4

权 利 要 求 书

1. 一种爆破方法，包括在一特定的场所进行延迟爆破，预测远处地面振动或声音波形的时间序列数据，这些数据是由一在特定场所的假定单级破利用所述延迟爆破产生的地面振动或声波波形的至少一组在先时间序列数据而得出的，该数据可以该远处进行实地监视，还预测相应的在先实地的所述延迟爆破起爆时间序列；以上述得到的单级爆破的预测数据作为基础，算出满足特定条件的延迟爆破地面振动或声音波形的延迟爆破起爆时间序列；用算出的延迟爆破起爆时间序列进行后序爆破。

2. 如权利要求 1 所述的爆破方法，其特征是，由在特定的场所进行假定的单级爆破，而产生的在远处的地面振动或声音波形的时间序列数据，可通过在特定场所进行的延迟爆破预测；然后对由所述延迟爆破产生的并可在远处实地监测的地面振动和声音波形的时间序列数据，以及相应的实地提供的所述延迟爆破的起爆时间序列数据进行富立叶变换，得到对应的波谱；对这些波谱进行运算；再将运算后的波谱进行富立叶逆变换。

3. 权利要求 1 所述的爆破方法，其特征是，由在特定的场所进行的假定单级爆破而产生的在远处的地面振动或声音波形的时间序列数据，可通过在特定场所进行的延迟爆破预测；然后对由所述延迟爆破产生的并可在远处实地监测的地面振动或声音波形的时间序列数据的相关联序列，以及相应的实地提供的所述延迟爆破的起爆时间序列数据的自相关序列进行运算。

说明书

爆破方法

5 技术领域

本发明涉及可减轻爆破时产生的地面振动及声音的爆破方法。

背景技术

10 以往，作为减轻地面振动及声音的爆破方法，用延迟爆破雷管引起的延迟爆破是最有效的。进而，在日本专利公开 122559/1995 号公报及日本专利未审公开 285800/1989 号公报等介绍了提高效果的方法，该方法使用了由集成电路（IC）控制的高计时精度雷管，其测试单级爆破产生的主频率和波形可在设定点预先监测，该设定点的振动和声音会产生问题，但可根据预先监视频率或波形判定延迟爆破的时间间隔。

15

标靶岩石对于爆破发生的振动和噪音的波形有很大影响。根据上述方法，为了最有效地减少爆破标靶岩石所产生的地面振动或声音，需要在存在问题之处，在每次爆破前监测爆破标靶岩石由于测试单级爆破而产生的振动或声音的主频率或波形。

20

因此，以往的方法难以稳定地减轻振动和声音。

发明的概述

25 为克服上述缺陷，本发明提供一种爆破方法，包括：在一特定的场所进行延迟爆破；预测远处地面振动或声音波形的时间序列数据，这些数据是由一在特定场所的假定单级爆破利用所述延迟爆破产生的地面振动或声音波形的至少一组在先时间序列数据计算得出的，该在先系列数据可在远处进行实地监视，还预测相应地在先实地提供的所述延迟爆破的起爆时间序列；以上述得到的单级爆破的预测数据为基础，算出满
30 足特定条件的延迟爆破地面振动或声音波形的延迟爆破起爆时间序

列；和用算出的延迟爆破起爆时间序列进行后序延迟爆破。

5 本发明还特别涉及一种爆破方法，包括：在所述特定场所进行延迟爆破；然后对所述延迟爆破产生的并可在远处实地监视的地面振动和声音波形的时间序列数据、以及相应的实地提供的所述延迟爆破起爆时间序列数据进行富立叶变换，得到相应的谱；根据远处地面振动或声音波形的时间序列数据预测谱，这些时间序列数据是由所述特定场所假定单级爆破利用前述步骤中得到的相应谱得出的；对这些谱进行运算；再对经运算的谱进行富立叶逆变换；预测由所述特定位置所述假设单级爆破产生的地面振动或声音波形的时间序列数据；根据上述得到的单级爆破预测数据，算出满足特定条件的延迟爆破地面振动或声音波形的延迟爆破起爆时间；和用算出的延迟爆破起爆时间序列进行后续延迟爆破。

15 本发明还特别涉及一种爆破方法，包括：在所述特定场所进行延迟爆破；然后对由所述延迟爆破产生的并可在远处实地监视的地面振动和声音波形的时间序列数据的互相关联性序列、以及相应地实地提供的所述爆破阶段的起爆时间序列数据的自相关联性序列进行运算；按照利文森(Levison)算法求解维纳(Wrener)最小二乘法理论，预测通过特定场所假设单级爆破产生的远处地面振动和声音波形的时间序列数据，上述特定场所假定单级爆破最有可能形成所述延迟爆破的地面振动或声音波形的时间系列数据；根据上述得到的单级爆破的预测数据，算出满足特定条件的延迟爆破地面振动或声音波形的延迟爆破起爆时间；和用算出的延迟爆破起爆时间序列进行后续爆破。

25 使用在特定场所延迟爆破的产生的地面振动或声音的时间序列数据和该爆破的阶段起爆时间序列，预测单级爆破在远处产生的振动或声音的时间序列数据的方法可列举出许多实例。本发明可使用如下的任何一种方法，即只使用当前延迟爆破，即最近的延迟爆破的地面振动或声音的时间序列数据，和该爆破的延迟爆破起爆时间序列，除了使用当前的延迟爆破和所述的先前爆破的延迟爆破起爆时间序列之外，还可使用

先前数次延迟爆破的地面振动或声音的时间序列数据。为了更清楚地说明本发明的思想，下面描述本方法的几个实施例，这些方法只使用当前延迟爆破的地面振动或声音的时间序列数据和该爆破的延迟起爆时间序列。

5

首先对逐次分解推算法加以说明。

10

现将延迟爆破在特定场所下的振动或声音的时间序列数据设定为 a_m 、该爆破的延迟起爆时间序列作为 Δ_i ，可按如下方法依次计算出想预测的单级爆破产生的振动或声音的时间序列数据 X_m 。另外， a_m 及 X_m 表示用样本点间隔为 Δ_i 、样本数为 N 取样的第 m 个的数据。因此， m 取值范围为 $0 \leq m \leq N-1$ 。另外 Δ_i 是用 Δ_1 除第 i 个延迟起爆时间 T_i 得到的整数，若将阶段数取值范围为 L ，则 i 取为 $0 \leq i \leq L-1$ 。此时， Δ_0 为 0。

15

$$\begin{aligned} \Delta_0 \leq t \leq \Delta_1, & \quad X_t = a_t \\ \Delta_1 \leq t \leq \Delta_2, & \quad X_t = a_t - X_{(t-\Delta_1)} \\ \Delta_2 \leq t \leq \Delta_3, & \quad X_t = a_t - X_{(t-\Delta_1)} - X_{(t-\Delta_2)} \\ & \quad \cdot \\ & \quad \cdot \\ & \quad \cdot \end{aligned}$$

20

$$\begin{aligned} \Delta_i \leq t \leq \Delta_{i+1}, & \quad X_t = a_t - \sum_{n=1}^i X_{(t-\Delta_n)} \\ & \quad \cdot \\ & \quad \cdot \\ \Delta_{L-1} \leq t \leq N-1, & \quad X_t = a_t - \sum_{n=1}^{L-1} X_{(t-\Delta_n)} \end{aligned}$$

以下，对于富立叶变换法加以说明。

25

将现阶段延时爆破在特定场所的振动或声音的时间序列数据作为 $A_{(t)}$ 、将该次起爆的延迟起爆时间数据设为 $\zeta_{(t)}$ ，以预测的单级爆破的振动或声音的时间序列数据设为 $X_{(t)}$ ，对于这 3 种时间序列数据可看到下述的关系。

30

$$A_{(t)} = \sum_{s=1}^n X_{(t-t_s)} \cdot \zeta_{(t_s)} = X_{(t)} * \zeta_{(t)} \quad (*: \text{迭积})$$

即用单级爆破波形 $X_{(t)}$ 和 $\zeta_{(t)}$ 的迭积表示阶段延时爆破波形 $A_{(t)}$ 。当 $t < 0$ 时，则 $t_0 = 0$ ， $X_{(t)} = 0$ 。

假设各爆破阶段的幅度相等，当起爆时间 t 为 $t = t_0, t_1, \dots, t_n$ 时， $\zeta_{(t)} = 1$ ；当起爆时间 t 不为 $t_0, t_1, \dots, t_n$ 时 $\zeta_{(t)} = 0$ 。

若将上述等式进行富立叶变换，成为下式：

$$A_{(f)} = X_{(f)} \cdot \zeta_{(f)} \quad (f: \text{频率})$$

因此，

$$X_{(f)} = A_{(f)} / \zeta_{(f)}$$

由于 $A_{(f)}$ 、 $\zeta_{(f)}$ 可从 $A_{(t)}$ 、 $\zeta_{(t)}$ 求出，下一步可对求出的 $X_{(f)}$ 进行富立叶逆变换，从而把 $X_{(f)}$ 从频率范围变换成时间范围，得到想预测的单级爆破的振动或声音的时间序列数据 $X_{(t)}$ 。

以下，对反迭积法加以说明。

将该现延迟爆破在特定场所的振动或声音的时间序列数据作为 A_t 、把通过消除单级爆破的测量误差和相关偏差得到的不均匀的地面振动和声音时间序列数据设为 B_t ，把该爆破的阶段起爆序列数据设为 ζ_t （假如各爆破阶段的幅度相等，当爆破时间 $t = t_0, t_1, \dots, t_n$ 时 $\zeta_t = 1$ 、当 $t \neq t_0, t_1, \dots, t_n$ 时 $\zeta_t = 0$ 。）将预测的单级爆破的地面振动或声音的时间序列数据设为 X_t 。

上述四种时间序列数据公认有如下的关系。

$$\sum_{s=0}^m X_s \cdot \zeta_{t-s} = X_t * \zeta_t = B_t \approx A_t \quad (*: \text{迭积})$$

5 因此, 可以计算出 X_t 到使 A_t 和 B_t 间的误差达到最小, 所计算的 X_t 就是希望求出的单级爆破的地面振动或声音的数据。

在此, 按照下面所述维纳最小二乘法的理论, 求出单级爆破的地面振动和时间数据。

10 首先, 若将 A_t 和 B_t 的误差的能量作为 E , 可建立下列等式:

$$E = \sum_{t=0}^n (A_t - B_t)^2$$

另外,

15

$$B_t = \sum_{s=0}^m X_s \cdot \zeta_{t-s}$$

因此,

20

$$E = \sum_{t=0}^n (A_t - \sum_{s=0}^m X_s \cdot \zeta_{t-s})^2$$

误差的能量在 $\partial E / \partial X_i = 0$ 时为最小, 所以

$$\partial E / \partial X_i = \partial \{ (\sum_{t=0}^n A_t^2) - 2 \sum_{t=0}^n A_t \sum_{s=0}^m X_s \cdot \zeta_{t-s} + \sum_{t=0}^n (\sum_{s=0}^m X_s \cdot \zeta_{t-s})^2 \} / \partial X_i$$

25

$$= -2 \sum_{t=0}^n A_t \zeta_{t-i} + 2 \sum_{t=0}^n (\sum_{s=0}^m X_s \cdot \zeta_{t-s}) \zeta_{t-i} = 0$$

因此,

$$\sum_{s=0}^m X_s \sum_{t=0}^n \zeta_{t-s} \zeta_{t-i} = \sum_{t=0}^n A_t \zeta_{t-i}$$

30

其中,

$$\sum_{i=0}^n \xi_{i-s} \xi_{i-i} = \phi_{i-s} \quad (\phi: \zeta \text{ 的自相关函数})$$

5

$$\sum_{i=0}^n A_i \xi_{i-i} = \psi_i \quad (\Psi: A \text{ 和 } \zeta \text{ 的互相关函数})$$

因此,

$$\sum_{s=0}^m X_s \phi_{i-s} = \psi_i$$

10

将其通过利文森算法求出上述等式, 算出希望求出的单级爆破波形 X_t 。

15

另外, 为了提高这些方法的预测精度, 需要使用移动平均 (displacemernt averaging)、带通滤波等方法, 使现延迟爆破在特定场所的时间序列数据的 SN 比尽可能优良。

20

接着, 根据上述得到的单级爆破的预测数据, 可有多种方法计算延迟爆破的起爆时间序列, 这些时间序列可形成满足特定条件的延迟爆破振动或声音的波形。例如有待公开的日本专利申请 122559/1995 号公报所述的, 基于主频率设定振动波干扰的起爆时间间隔的方法、如特开平 285800/1989 号公报所述的, 基于迭加的原理, 预测本爆破的振动波形, 选择最佳时间间隔的方法、如特开平 14480/1996 号公报所述的, 利用 M 系列的方法、如火药学会志、Vol.55、No.4、1994 所示的, 利用自相关函数及互相关函数的方法等。

25

另外, 所说的特定条件, 是指若是振动, 是将位移幅度、位移速度幅度、位移加速度幅度或振动值、振动加速度值等测定值减至最小, 若是声音是将声压幅度或噪声水平等的测定值减至最小。有时, 在特定的

30

频率范围内，特定的条件意味着要将上述测定值减至最小。

只要算出延迟爆破起爆时间序列，例如特开昭 261900/1987 号公报和特开平 285800/1989 号公报中所公开的高精度时间控制雷管，根据计算出的时间进行爆破。该爆破引起的振动或声音，在特定的场所进行监测，并与该爆破的阶段起爆时间序列同时再次使用，以便预测下次爆破的单级爆破的地面振动或声音的时间序列数据。

按照本发明的爆破方法，而不须监视某位置单级爆破产生的地面或波形的主频率，该特定位置与原先每次爆破相比，地面振动或声音不可测定。

图的简单说明

图 1 表示在 A 点地面竖向振动的波形。该波是起爆设在水中的两个炸药包而得到的，可分别得出 10ms、40ms 的起爆时间（起爆时间间隔 30ms），每一炸药包包括一电雷管和一 100g 的水胶炸药。

图 2 表示在 A 点地面竖向振动的波形，该波是引爆设在水中的炸药包而得到的，可得出 10ms 的起爆时间，炸药包包括一电雷管和一 100g 的水胶炸药。

图 3 中，图 3-1 表示通过本发明所述的逐次分解推算方法，从图 1 所述波形推出的单级爆破与竖向地面振动的波形。图 3-2 表示通过本发明所述的富立叶变换法从图 1 所示波形推出的单级爆破竖向地面振动的波形。图 3-3 表示通过本发明所述的反迭积法从图 1 所示波形推出的单级爆破竖向地面振动的波形。

图 4 中，图 4-1 表示使用图 3-1 的波形，根据线性迭加原理，以 120ms 的起爆秒时间间隔进行两段式延迟爆破时，在 A 点预测的竖向地面振动的波形、图 4-2 表示使用图 3-2 的波形，根据线性迭加原理，以 120ms 的

起爆秒时间隔，进行两段式延迟爆破时，在 A 点预测的竖向地面振动的波形、图 4-3 表示使用图 3-3 的波形、根据线性迭加原理，以 120ms 的起爆秒时间隔进行两段式延迟爆破时，在 A 点预测的竖向地面振动的波形。

5

图 5 是 A 点竖向地面振动的波形，该波形是引爆设在水中的 2 个设在水中的炸药包而得到的，分别具有 10ms、130ms 的起爆时间，每一炸药包包括一电雷管和一 100g 的水胶炸药。

10

图 6 是 A 点竖向地面振动的波形，该波是引爆设在水中的二个设在水中的炸药包而得到的，分别具有 10ms、40ms、70ms、100ms、130ms 的起爆时间，每一炸药包包括一电雷管和一 100g 的水胶炸药。

15

图 7 中，图 7-1 表示通过本发明所述的逐次分解推算方法从图 6 所示波形中推出的单级爆破竖向地面振动的波形、从图 7-2 表示通过本发明表示的富立叶变换法从图 6 波形推出的单级爆破竖向地面振动的波形、图 7-3 表示通过本发明表示的反迭积法从图 6 波形推出的单级爆破竖向地面振动的波形。

20

图 8 中，图 8-1 表示使用图 7-1 的波形，根据线性迭加原理，以 90ms 的起爆秒时间隔，进行 5 段式延迟爆破时，在 A 处预测的竖向地面振动的波形、图 8-2 表示使用图 7-2 的波形，根据线性迭加原理，以 90ms 的起爆秒时间隔，进行 5 段式延迟爆破时，在 A 处预测的竖向地面振动的波形、图 8-3 表示使用图 7-3 的波形，根据线性迭加原理，以 90ms 的起爆秒时间隔，进行 5 段式爆破时，在 A 处预测的竖向地面振动的波形。

25

30

图 9 表示 A 点竖向地面振动的波形，该波是引爆设在水中的 5 个炸药包而得到的可分别得出 10ms、100ms、90ms、280ms、370ms 的起爆时间（起爆时间间隔 90ms）；每一炸药包包括一电延迟雷管和一 100g

的水胶炸药。

实施本发明的最佳方向

以下，用实施例具体地说明本发明的爆破方法。

5

10

在一个长边 25m、短边 25m（即长短边相同）、深 4m 的池中心附近的水深 2m 处，以相互约 1m 的间隔设置多个炸药包，每一炸药包包括一设有合适起爆时间的电延迟雷管(商品名 EDD)和 100g 的水胶炸药(商品名 Sunvex)，并将其起爆。在距该地 100m 处(以后称为 A 处)，测定地面振动(法线方向 X、切线方向 Y、竖直方向 Z)，来验证本发明的效果。

实施例 1

15

将 2 根起爆时间分别设定在 10ms、40ms(起爆时间间隔 30ms)的电延迟雷管分别装入 100g 的水胶炸药中，并放在水中，起爆雷管，测定 A 处的地面振动。在得到的波形中，竖直地面振动的波形中得到如图 1 所示的波形。另外，将设定起爆时间为 10ms 的电延迟雷管装入 100g 的水胶炸药放在水中，测定单独起爆时 A 处的地面振动。结果竖直地面振动的波形如图 2 所示。

20

接着，从图 1 的波形中推出构成本波形的单级爆破的竖直地面振动的波形。通过本发明所示的逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积(de-convolution)法得到的波形分别如图 3-1、图 3-2、图 3-3 所示。

25

接着，使用上述推定的波形（图 3-1、图 3-2、图 3-3），根据线性迭加原理，对不同起爆时间间隔的两段式爆破预测下次爆破的竖直方向振动波形。可得到以 120ms 的起爆间隔，A 处的竖直方向振动的最大位移速度幅度为最小的结论。根据逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法可得出间隔为 120ms 的两段式爆破的竖直方向振动预测的结果，分别如图 4-1、图 4-2、图 4-3 所示。

30

基于该结果，将 2 根起爆时间设定成 10ms、130ms（起爆时间间隔 120ms）的电延迟雷管分别装入 100g 的水胶炸药，并放在水中起爆，测定在 A 处的地面振动。得到的波形中，竖直地面振动的波形如图 5 所示。

5

在以上得到的 9 种波形中，首先，通过单级爆破得到的图 2 所示的波形，与逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法预测的单级爆破的如图 3-1、图 3-2、图 3-3 所示的波形进行比较表明，其波形非常类似，逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法都是有效的两段式爆破波形预测方法。进而，通过相关系数评价两波形的类似度时，图 2 和图 3-1、图 3-2、图 3-3 的相关系数（correlation coefficient）分别为 0.88、0.93、0.96，证明在定量上是类似的。

10

接着，使用从逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法预测的两段式爆破波形，以起爆时间间隔 120ms 进行两段式爆破，根据线性迭加原理，得到如图 4-1、图 4-2、图 4 的两段式延迟爆破的波形，将这些波形与图 5 所示的竖直方向振动波形进行比较，表明它们也是非常一致的。另外，图 4-1、图 4-2、图 4-3 和图 5 的相关系数分别为 0.92、0.92、0.91。

15

20

实施例 2

将 5 根起爆时间设定成 10ms、40ms、70ms、100ms、130ms（起爆时间间隔 30ms）的电延迟雷管装入 100g 的水胶炸药，并放入水中起爆，测定 A 处的该爆破的地面振动。得到的波形中，竖向地面振动的波形如图 6 所示。

25

接着，从图 6 的波形推定单级爆破的竖直地面振动的波形。通过本发明所示的逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法得到的波形如图 7-1、图 7-2、图 7-3 所示。

30

接着，使用推定的波形（图 7-1、图 7-2、图 7-3），根据线性迭加原理，预测按不同起爆时间间隔设置的 5 段式爆破的依次爆破的竖直地面振动波形。可得到，以 90ms 的起爆时间间隔，使 A 处竖直地面振动的最大位移速度幅度达到最小的结论。从逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法得出的起爆间隔为 90ms 的 5 段式爆破的竖直地面振动预测波形分别表示在图 8-1、图 8-2、图 8-3 中。

按照该结果，将起爆时间分别设定在 10ms、100ms、190ms、280ms 和 370ms（起爆时间间隔 90ms）的 5 根电延迟雷管装入 100g 水胶炸药中。再放在水中起爆，测定在 A 处的地面振动。得到的波形的中竖直地面振动的波形如图 9 所示。

将单级爆破得到的图 2 中的波形与从分段爆破通过本发明的逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法预测的图 7-1、图 7-2、图 7-3 所示的波形进行比较，可以看出这些波形非常相似，而且和 5 段式延迟爆破得出波形也非常相似。这说明逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法是有效的单级爆破波形预测方法。进而，图 2 与图 7-1、图 7-2、图 7-3 的相关系数是 0.92、0.96、0.93。

使用从逐次分解推算法、富立叶变换法、反迭积法预测的单级爆破波形，以起爆时间间隔 90ms 进行 5 段式爆破，根据线性迭加原理预测的 5 段式延迟爆破的波形如图 8-1、图 8-2、图 8-3 所示，把这些波形与图 9 所示的竖向地面振动的波形进行比较，其结果表明这些波形非常一致。图 8-1、图 8-2、图 8-3 与图 9 的相关系数是 0.86、0.90、0.89。

工业应用

本发明的爆破方法，对于减轻爆破时发生的振动及噪音是有用的。

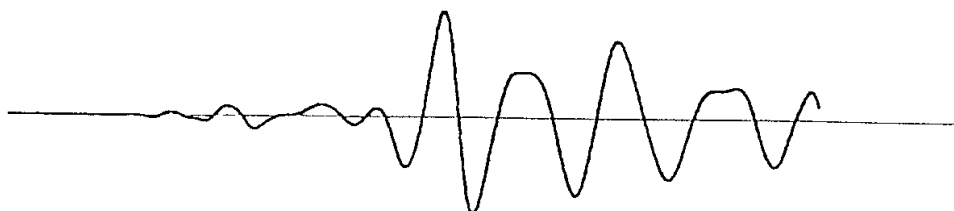


图 1

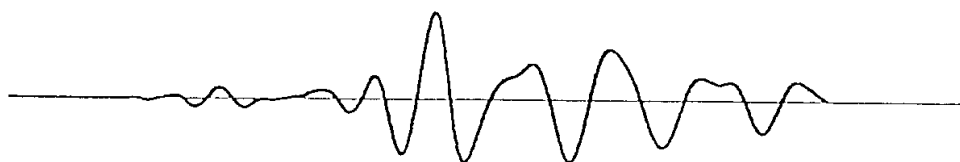
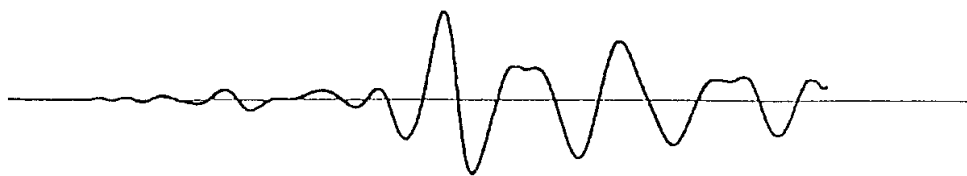
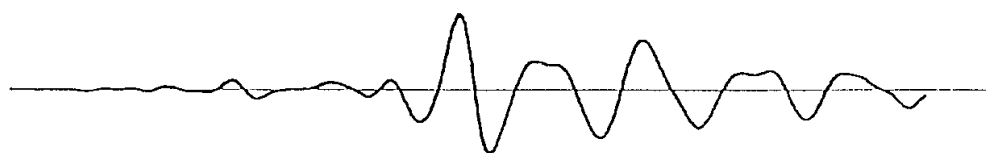


图 2

(1)



(2)



(3)

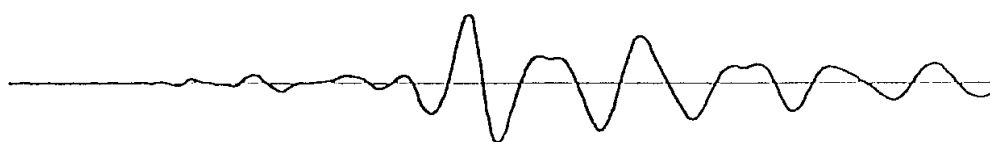
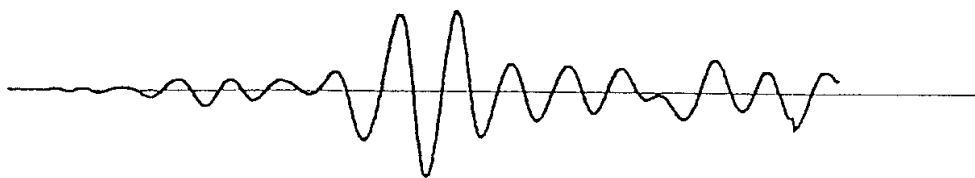
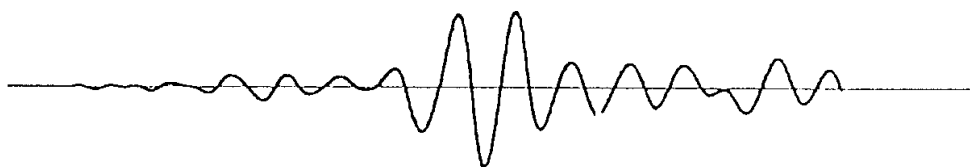


图 3

(1)



(2)



(3)

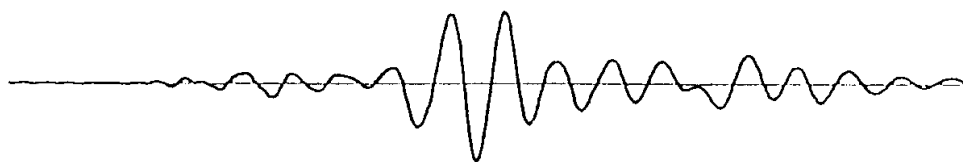


图 4

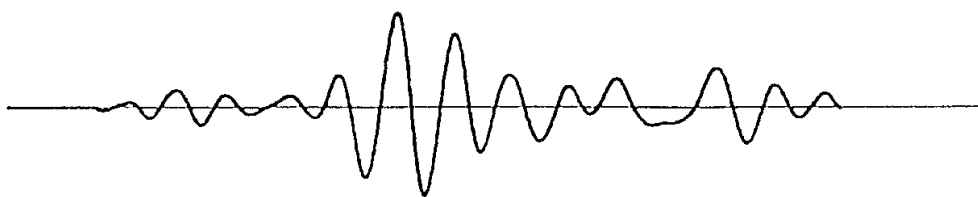


图 5

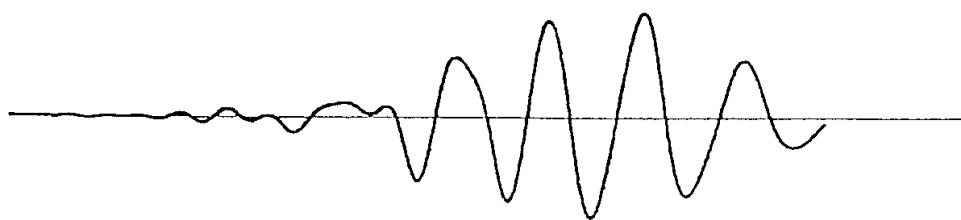
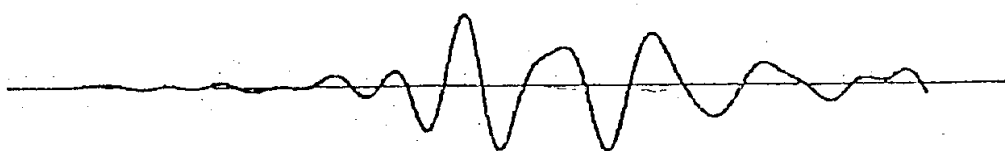


图 6

(1)



(2)



(3)

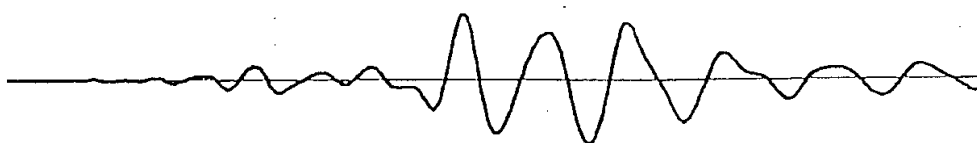
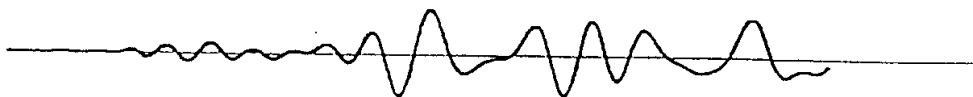
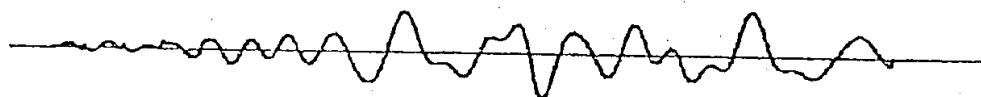


图 7

(1)



(2)



(3)

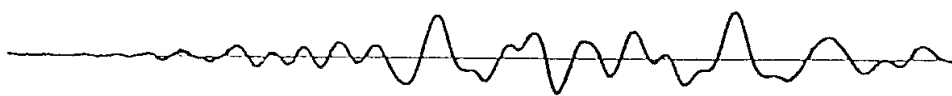


图 8

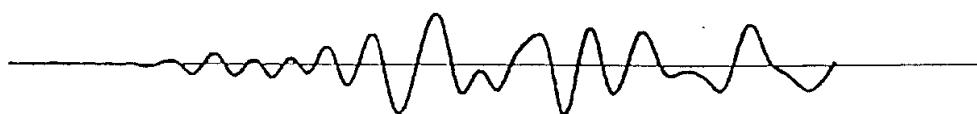


图 9