



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110584624 A

(43)申请公布日 2019. 12. 20

(21)申请号 201910883855.6

(22)申请日 2019.09.18

(71)申请人 中国科学院微电子研究所
地址 100029 北京市朝阳区北土城西路3号

(72)发明人 侯洁娜 张海英 张以涛 张劭龙
耿兴光 张俊 黄成军

(74)专利代理机构 中科专利商标代理有限责任
公司 11021

代理人 吴梦圆

(51) Int. Cl.

A61B 5/02(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

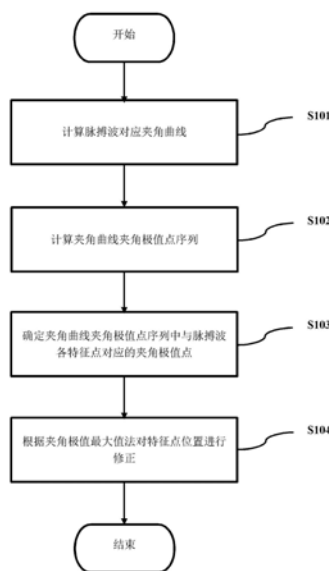
权利要求书2页 说明书6页 附图5页

(54)发明名称

基于夹角值的脉搏波特征点识别方法

(57)摘要

一种基于夹角值的脉搏波特征点识别方法，该识别方法包括将脉搏波转化为脉搏波夹角曲线；计算夹角曲线夹角极值点序列；确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角曲线极值点；对特征点位置修正，得到修正后的特征点位置即为该特征点的位置。本发明夹角值的计算中，同时使用了脉搏波上一点左右两侧的幅值，因此具有较好的抗噪声干扰能力；能够准确识别特征点位置；对不明显特征点有很好的识别效果。



1. 一种基于夹角值的脉搏波特征点识别方法,包括如下步骤:

A、将脉搏波转化为脉搏波夹角曲线;

B、计算夹角曲线夹角极值点序列;

C、确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角曲线极值点;

D、对特征点位置修正,得到修正后的特征点位置即为该特征点的位置。

2. 根据权利要求1所述的识别方法,其特征在于,

步骤A中所述将脉搏波转化为脉搏波夹角曲线的方法包括:

根据脉搏波上的某点O (x_0, y_0) 点,间隔k的点A (x_0-k, y_A) 和点B (x_0+k, y_B),可得O点处对应夹角值的绝对值:

根据弧AOB曲线的上凸性或下凹性,判断夹角值的正负,得到夹角值;

以点O的横坐标为横坐标、点O处对应夹角值的值为纵坐标建立新的曲线,即转化为对应的脉搏波夹角曲线。

3. 根据权利要求2所述的识别方法,其特征在于,

所述夹角值的绝对值的计算方法为:

$$\angle AOB = \arccos \left(\frac{\overline{OA} \cdot \overline{OB}}{|\overline{OA}| \cdot |\overline{OB}|} \right) = \arccos \left(\frac{k^2 + (y_A - y_0)(y_0 - y_B)}{\sqrt{k^2 + (y_A - y_0)^2} \sqrt{k^2 + (y_0 - y_B)^2}} \right);$$

其中,若弧AOB部分曲线具有上凸性,则取对应的夹角值 θ 为正值,若弧AOB部分曲线具有下凹性,则取对应的夹角值 θ 为负值,即

$$\theta = \begin{cases} \angle AOB, & (y_A + y_B) / 2 \leq y_0 \\ -\angle AOB, & (y_A + y_B) / 2 > y_0 \end{cases}。$$

4. 根据权利要求2所述的识别方法,其特征在于,

所述k的取值满足: $k_t = \frac{k}{f}$;

其中,所述 k_t 为k对应时间值,f为采样频率;

作为优选,所述f为100-1000Hz。

5. 根据权利要求2所述的识别方法,其特征在于,

所述夹角曲线的横坐标根据数字信号对应关系输出为时间值;

所述夹角曲线的纵坐标根据数字信号对应关系输出为电压值。

6. 根据权利要求1所述的识别方法,其特征在于,

步骤B具体包括:确定脉搏波夹角曲线极值点位置,得到不同参数k取值下的各个夹角曲线极值点的坐标,构成夹角曲线极值点序列。

7. 根据权利要求6所述的识别方法,其特征在于,

所述确定夹角曲线极值点位置的方法包括小波变换、一阶差分。

8. 根据权利要求1所述的识别方法,其特征在于,

步骤C中所述确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角曲线极值点的依据包括脉搏波形态、脉搏波上升支位置、夹角值正负或大小、特征点参考位置信息。

9. 根据权利要求1所述的识别方法,其特征在于,

步骤D中所述修正特征点位置的方法包括：

D1、预判该特征点的位置,选取预判区间；

D2、计算在预判区间内不同k值下该特征点对应的夹角极值,选取绝对值最大的夹角极值对应的k值作为最优k值；

D3、最优k值对应的特征点位置即为修正后的特征点位置。

10. 根据权利要求1所述的识别方法,其特征在于,

步骤D结束后还包括步骤E:

E、根据选定的夹角阈值判断修正后的特征点是否存在,若存在即得到该特征点的位置,若不存在则该特征点不存在。

基于夹角值的脉搏波特征点识别方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种脉搏波特征点识别方法,特别是涉及一种基于夹角值的脉搏波特征点识别方法。

背景技术

[0002] 脉搏波由心脏的周期性波动沿动脉血管和血流向外周传播形成,蕴含着丰富的生理和病理信息。随着脉搏波无创检测技术和诊断系统的发展,脉搏波的研究受到了中外医学界的重视。脉搏波特征点的识别是脉搏波研究的基础环节,特征点识别的准确度具有重要意义。

[0003] 小波变换、一阶差分、曲率等传统脉搏波特征点识别方法,对于不具有极值特性的特征点,例如不明显重搏前波处的特征点,需要额外的识别流程,算法较为复杂,判断的准确度较低,在一定程度上阻碍了对脉搏波全面深入的研究。

发明内容

[0004] 有鉴于此,本发明的主要目的之一在于提出基于夹角值的脉搏波特征点识别方法,以期至少部分地解决上述技术问题中的至少之一。

[0005] 为了实现上述目的,本发明提供了一种基于夹角值的脉搏波特征点识别方法,包括如下步骤:

[0006] A、将脉搏波转化为脉搏波夹角曲线;

[0007] B、计算夹角曲线夹角极值点序列;

[0008] C、确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角曲线极值点;

[0009] D、对特征点位置修正,得到修正后的特征点位置即为该特征点的位置。

[0010] 基于上述技术方案可知,本发明的基于夹角值的脉搏波特征点识别方法相对于现有技术至少具有以下优势之一:

[0011] 1、夹角值的计算中,同时使用了脉搏波上一点左右两侧的幅值,因此具有较好的抗噪声干扰能力;

[0012] 2、能够准确识别特征点位置;

[0013] 3、对不明显特征点,例如潮波不明显波形的特征点d和特征点e,有很好的识别效果;

[0014] 4、夹角值的大小能够作为特征点明显程度的判断依据,例如特征点越不明显,即对应位置波动越小,则对应夹角值越小;

[0015] 5、夹角值能够提供特征点是否存在的标准,例如若特征点d处的夹角值的绝对值小于一定阈值时,则可认为特征点d不存在,波形可为滑脉、弦脉等;

[0016] 6、依据夹角极值最大值的特征点位置修正方法,进一步提高了特征点识别的准确度。

附图说明

- [0017] 图1是本发明实施例中依据参数k值计算脉搏波上某点对应夹角值的示意图；
- [0018] 图2是本发明实施例中不同参数k值所得到的夹角值对应的夹角曲线的示意图；
- [0019] 图3是本发明实施例中将夹角曲线与小波变换法结合确定与特征点对应的夹角曲线的极值点位置的示意图；
- [0020] 图4A是本发明实施例中在第一脉搏波中使用不同k值夹角曲线确定的特征点位置示意图；
- [0021] 图4B是本发明实施例中在第二脉搏波中使用不同k值夹角曲线确定的特征点位置示意图；
- [0022] 图5是本发明实施例中基于夹角值的脉搏波特征点识别方法的流程图；
- [0023] 图6是本发明实施例中依据夹角极值最大值法的修正某一所确定的特征点位置的流程图；
- [0024] 图7是本发明实施例中脉搏波1-6的波形图。

具体实施方式

[0025] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚明白，以下结合具体实施例，并参照附图，对本发明作进一步的详细说明。

[0026] 本发明公开了一种基于夹角值的脉搏波特征点识别方法，包括如下步骤：

[0027] A、将脉搏波转化为脉搏波夹角曲线；

[0028] B、计算夹角曲线夹角极值点序列；

[0029] C、确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角曲线极值点；

[0030] D、对特征点位置修正，得到修正后的特征点位置即为该特征点的位置。

[0031] 其中，步骤A中所述将脉搏波转化为脉搏波夹角曲线的方法包括：

[0032] 根据脉搏波上的某点O (x_0, y_0) 点，间隔k的点A (x_0-k, y_A) 和点B (x_0+k, y_B)，可得O点处对应夹角值的绝对值：

[0033] 根据弧AOB曲线的上凸性或下凹性，判断夹角值的正负，得到夹角值；

[0034] 以点O的横坐标为横坐标、点O处对应夹角值的值为纵坐标建立新的曲线，即转化为对应的脉搏波夹角曲线。

[0035] 其中，所述夹角值的绝对值的计算方法为：

$$[0036] \quad \angle AOB = \arccos \left(\frac{\overline{OA} \cdot \overline{OB}}{|\overline{OA}| \cdot |\overline{OB}|} \right) = \arccos \left(\frac{k^2 + (y_A - y_0)(y_0 - y_B)}{\sqrt{k^2 + (y_A - y_0)^2} \sqrt{k^2 + (y_0 - y_B)^2}} \right);$$

[0037] 其中，若弧AOB部分曲线具有上凸性，则取对应的夹角值 θ 为正值，若弧AOB部分曲线具有下凹性，则取对应的夹角值 θ 为负值，即

$$[0038] \quad \theta = \begin{cases} \angle AOB, & (y_A + y_B) / 2 \leq y_0 \\ -\angle AOB, & (y_A + y_B) / 2 > y_0 \end{cases}。$$

[0039] 其中，所述k的取值满足： $k_t = \frac{k}{f}$ ；

- [0040] 其中,所述 k_t 为 k 对应时间值, f 为采样频率;
- [0041] 其中,所述 f 为100-1000Hz。
- [0042] 其中,所述夹角曲线的横坐标根据数字信号对应关系输出为时间值;
- [0043] 所述夹角曲线的纵坐标根据数字信号对应关系输出为电压值。
- [0044] 其中,步骤B具体包括:确定脉搏波夹角曲线极值点位置,得到不同参数 k 取值下的各个夹角曲线极值点的坐标,构成夹角曲线极值点序列。
- [0045] 其中,所述确定夹角曲线极值点位置的方法包括小波变换、一阶差分。
- [0046] 其中,步骤C中所述确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角曲线极值点的依据包括脉搏波形态、脉搏波上升支位置、夹角值正负或大小、特征点参考位置信息。
- [0047] 其中,步骤D中所述修正特征点位置的方法包括:
- [0048] D1、预判该特征点的位置,选取预判区间;
- [0049] D2、计算在预判区间内不同 k 值下该特征点对应的夹角极值,选取绝对值最大的夹角极值对应的 k 值作为最优 k 值;
- [0050] D3、最优 k 值对应的特征点位置即为修正后的特征点位置。
- [0051] 10、根据权利要求5所述的脉搏波特征点识别方法,其特征在于,
- [0052] 步骤D结束后还包括步骤E:
- [0053] E、根据选定的夹角阈值判断修正后的特征点是否存在,若存在即得到该特征点的位置,若不存在则该特征点不存在。
- [0054] 以下通过具体实施例结合附图对本发明的技术方案做进一步阐述说明。需要注意的是,下述的具体实施例仅是作为举例说明,本发明的保护范围并不限于此。
- [0055] 本发明的脉搏波特征点识别方法是通过以下技术方案实现的:
- [0056] 通过计算不同参数(记为参数 k)下脉搏波各点的夹角值,得到与脉搏曲线对应的夹角曲线。夹角曲线能够放大脉搏曲线的变化特征,在脉搏波中没有极值特性的特征点,在夹角曲线中可对应有夹角极值。特征点附近的夹角曲线的极值点可作为特征点的参考位置。
- [0057] 不同的参数 k 值在同一个特征点处的夹角极值点的位置和对应的夹角极值的大小均有一定的差异。
- [0058] 进一步的,作为对以夹角值为基础的特征点位置的修正方法(即“夹角极值最大值法”),在一定区间内取离散参数 k 值,分别计算某一特征点附近的夹角极值点位置及对应极值。根据数学证明与实际应用,对应于绝对值最大的夹角极值的夹角极值点位置与特征点位置对应更为准确。取对应于最大的夹角极值的 k 值为最优 k 值,取该最大夹角极值对应的夹角极值点位置为特征点位置,作为对脉搏波特征点的识别结果。
- [0059] 参数 k 与采样频率有关。
- [0060] 本发明的脉搏波特征点识别方法的步骤具体如下:
- [0061] (1) 选取某一参数 k ,计算所采集脉搏波各点夹角值,得到夹角曲线;
- [0062] (2) 使用小波变换、一阶差分等方法,确定夹角曲线极值点位置,得到不同参数 k 取值下的各个夹角曲线极值点的坐标,构成夹角曲线极值点序列;
- [0063] (3) 根据脉搏波形特征,确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角

曲线极值点；

[0064] (4) 使用夹角极值最大值法修正特征点位置；

[0065] (5) 根据选定的夹角阈值判断各单个脉搏波中特征点d或特征点d和e是否存在。

[0066] 如图1所示,本发明的夹角值计算方法为:

[0067] 参数k为采样点数目。对 $O(x_0, y_0)$ 点,根据图中所示与O点间隔k点的点A(x_0-k, y_A)和点B(x_0+k, y_B),可得O点处对应夹角值 $\angle AOB$ 角度值的绝对值

$$\angle AOB = \arccos\left(\frac{\overrightarrow{OA} \cdot \overrightarrow{OB}}{|\overrightarrow{OA}| \cdot |\overrightarrow{OB}|}\right)$$

[0068]

$$= \arccos\left(\frac{k^2 + (y_A - y_0)(y_0 - y_B)}{\sqrt{k^2 + (y_A - y_0)^2} \sqrt{k^2 + (y_0 - y_B)^2}}\right)$$

[0069] 若 \overline{AOB} (弧AOB)部分曲线具有上凸性,则取对应的夹角值 θ 为正值,若 \overline{AOB} 部分曲线具有下凹性,则取对应的夹角值 θ 为负值,即

[0070]

$$\theta = \begin{cases} \angle AOB, & (y_A + y_B) / 2 \leq y_0 \\ -\angle AOB, & (y_A + y_B) / 2 > y_0 \end{cases}$$

[0071] 在该公式中,k为间隔采样点数目,单位为1,幅值为与ADC(模数转换器)输出对应的数字,单位均为1。可根据数字信号对应关系将k值和幅值分别转化为时间值和电压值(即纵坐标)。

[0072] 图2是不同参数k值所得到的夹角值对应的夹角曲线的示意图,图2中脉搏波对应采样频率 $f = 455\text{Hz}$;

[0073] 脉搏波采集设备的采样率一般为 $100\text{Hz} - 1000\text{Hz}$ 。若设 k_t 为k对应时间值,则有

$$k_t = \frac{k}{f}, \text{ 则对于相同的时间间隔 } k_t, \text{ 随采样率增加, } k \text{ 取值增加。}$$

[0074] 图2中脉搏幅值的单位为1,夹角曲线的单位为角度单位:度。在图2中,放大了夹角曲线的幅值。

[0075] 夹角值的计算中,同时使用了脉搏波上一点左右两侧的幅值,因此具有较好的抗噪声干扰能力。

[0076] 对脉搏波中不具有极值特性的特征点d和e,夹角曲线在对应于特征点d和e位置具有极值性,因此对不明显特征点有很好的识别效果。

[0077] 不同的参数k值在同一个特征点处的夹角极值点的位置和对应的夹角极值的大小均有一定的差异。

[0078] 图3是对夹角曲线使用小波变换方法得到的夹角曲线的极值点位置的示意图。

[0079] 图3中的叉号为k取值为20时的夹角曲线的极值点在脉搏波上的对应位置。夹角曲线的极值点可以通过小波变换等方法确定。可见夹角曲线的极值点与脉搏波的特征点有很好的对应关系。

[0080] 图3中的脉搏曲线的重搏前波不明显,即特征点d和e不具有极值特性,此时在d和e位置仍有对应的夹角曲线极值点,即该方法适用于不具有极值特性的即不明显的特征点的

确定。

[0081] 如图4A所示,和图4B为在实际采集的第一脉搏波形中,对于特征点d和e, $k=5$ 曲线在特征点d和e处的夹角极值点的夹角极值的绝对值较大,所对应的夹角极值点的位置更接近于特征点d和e的位置。如图4B所示,在实际采集的第二脉搏波形中, $k=15$ 曲线在特征点d和e处的夹角极值点的夹角极值的绝对值较大,所对应的夹角极值点的位置更接近于特征点d和e位置。

[0082] 根据该实例,及数学证明与实际应用,若对一定区间内的离散参数k值,分别计算某一特征点附近的夹角极值点位置及对应极值,则对应于绝对值最大的夹角极值的夹角极值点位置与特征点位置对应更为准确。取对应于最大的夹角极值的k值为最优k值,取该最大夹角极值对应的夹角极值点位置为特征点位置,作为对脉搏波特征点的识别结果。

[0083] 参数k与采样率有关。本发明称该修正方法为“夹角极值最大值法”。

[0084] 需要说明的是夹角极值最大值指的是夹角极值绝对值的最大值。

[0085] 最优k值与各特征点处脉搏形态有关,对不同特征点取值不同。

[0086] 图5是依据夹角极值最大值法的特征点位置修正方法的流程图。

[0087] 在步骤S101中对某给定参数k计算脉搏波各点夹角值,得到夹角曲线;

[0088] 在步骤S102中确定夹角曲线的夹角极值点位置,得到夹角曲线夹角极值点序列,可使用例如小波变换、一阶差分等方法;

[0089] 在步骤S103中确定夹角曲线夹角极值点序列中与脉搏波各特征点对应的夹角极值点,可依据脉搏波形态、脉搏波上升支位置、夹角值正负或大小、特征点参考位置等信息;

[0090] 在步骤S104中使用夹角极值最大值法对特征点位置进行进一步的修正。

[0091] 图6是依据夹角极值最大值法的修正某一所确定的特征点位置的流程图。

[0092] 在步骤S201中得到根据夹角值或其他方法得到的预判断的特征点位置。使用某k值夹角曲线,例如 $k=5$ 夹角曲线,判断与特征点对应的夹角曲线极值点位置,作为预判断的特征点位置。

[0093] 在预判断的特征点位置的基础上进行修正。即在预判断的特征点附近区间计算不同k值夹角曲线的极值与极值点位置,选取绝对值最大的夹角极值对应的k值作为最优k值。通过预判断,只需判断某一k值夹角曲线的极值点与特征点对应关系,不需要对多个离散k值夹角曲线进行极值点与特征点对应关系的判断,提高了算法效率。

[0094] 在步骤S202中对离散的整数k值序列,例如 $\{5,6,\dots,20\}$,分别计算该特征点处的对应k值的夹角极值点位置及对应的夹角极值,并记录包含夹角极值数值信息的夹角极值点序列。k取值与采样率有关。

[0095] 在步骤S203中确定夹角极值点序列中夹角极值绝对值最大的夹角极值点位置。

[0096] 在步骤S204中根据该方法思想,该满足夹角极值绝对值最大的夹角极值点位置即为修正后的特征点位置。

[0097] 图7是一段特征点d和e不明显的脉搏波形根据图6的算法流程所确定的特征点d和e。当取图6中步骤S202的离散整数k值序列为 $\{5,6,\dots,20\}$ 时,计算不同k值的夹角曲线在d和e处的夹角极值,并确定夹角极值最值。表一为统计的图7中6个脉搏波在d和e处夹角极值的最值,所得的与夹角极值最值对应的k值均为20。

[0098] 表一不同脉搏波在特征点d和特征点e处的夹角值

[0099]	编号	脉搏波1	脉搏波2	脉搏波3	脉搏波4	脉搏波5	脉搏波6
	θ_d	-11.3971	-4.7496	-3.8215	-6.7285	-14.9633	-26.3088
	θ_e	13.5048	6.2063	4.0931	8.6331	11.6304	32.1840

[0100] 使用该方法对不明显特征点d和e有很好的识别效果。图7中第三个脉搏波的特征点d和e较不明显,若进一步不明显,则此时的特征点d和e位置不具有临床应用价值,可取该脉搏波对应d和e处的夹角值绝对值为该脉搏幅度下的夹角阈值,若夹角值的绝对值进一步减小,则认为相应的d或e特征点不存在。根据夹角值的计算公式,固定点夹角值的大小与脉搏幅值有关,可根据夹角值的计算公式得到其他幅值下的夹角阈值。

[0101] 特征点d或e处的曲率越小则夹角值越小,即特征点d或e越不明显。一些脉搏波形可能不存在特征点d或e,即在相应位置没有拐点。例如滑脉无特征点d或e,弦二脉可无特征点d等。例如可取夹角阈值记为 θ_m ,若在特征点附近夹角值的绝对值大于 θ_m ,则认为该特征点明显即存在。夹角阈值与脉搏幅值有关,可根据实际应用的统计结果确定。

[0102] 至此,已全面说明了本发明的基于夹角值的脉搏波特征点识别方法及使用其进行特征点识别的方法。该方法通过夹角值的引入,使脉搏波曲线的变化特征得到了放大,不仅提高了脉搏波特征点识别的准确度,也为脉搏波准确诊断提供了可能。

[0103] 以上所述的具体实施例,对本发明的目的、技术方案和有益效果进行了进一步详细说明,应理解的是,以上所述仅为本发明的具体实施例而已,并不用于限制本发明,凡在本发明的精神和原则之内,所做的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

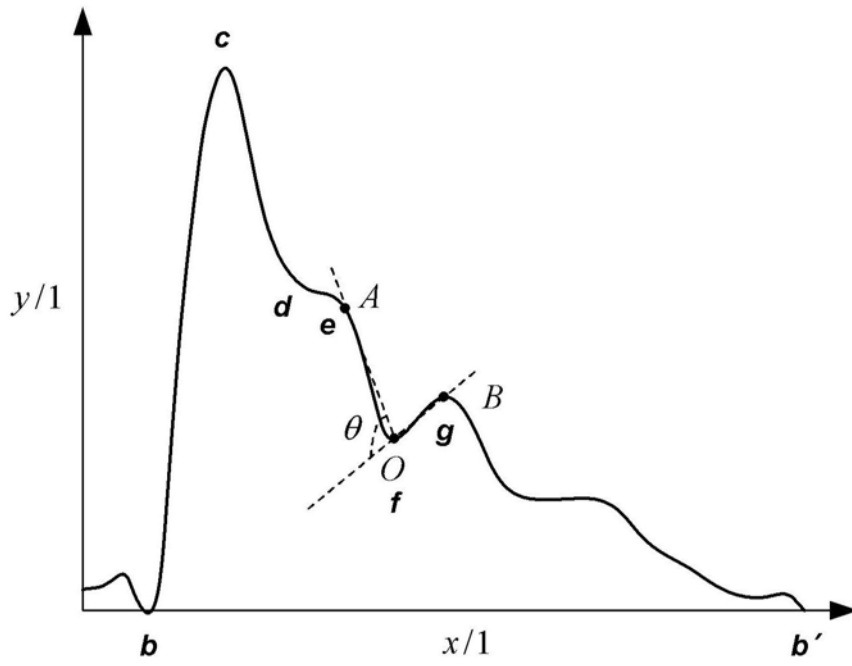


图1

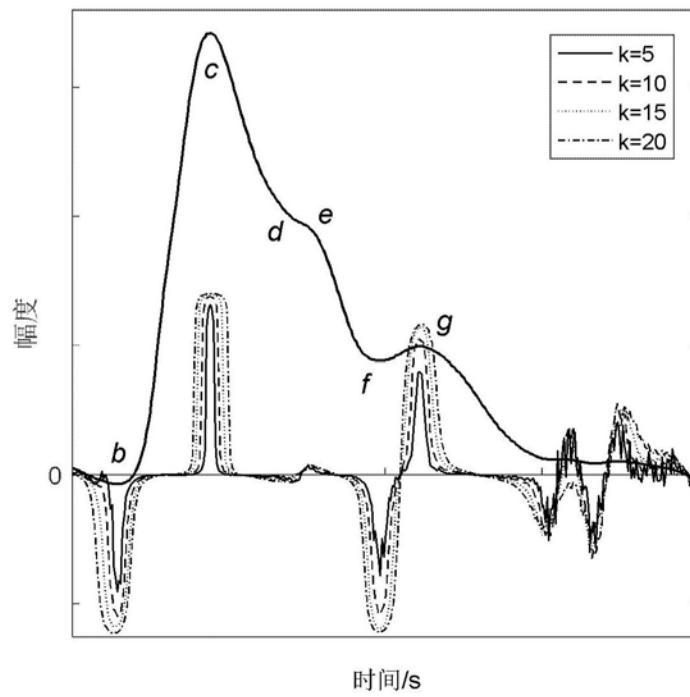


图2

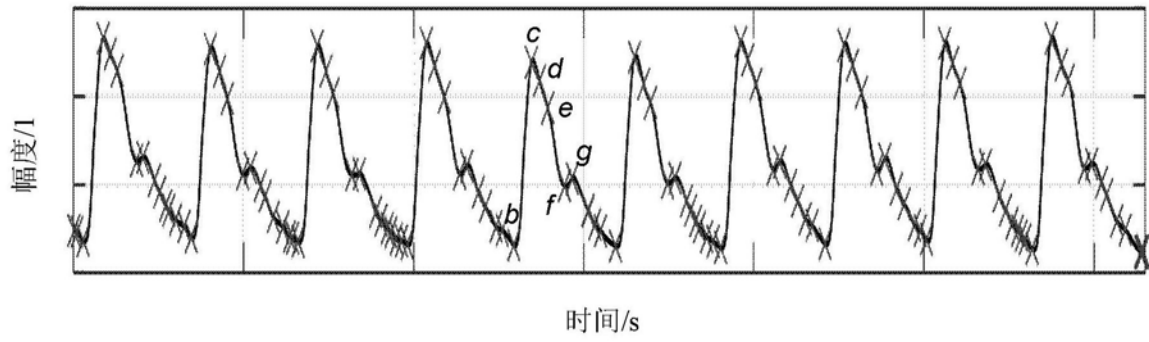


图3

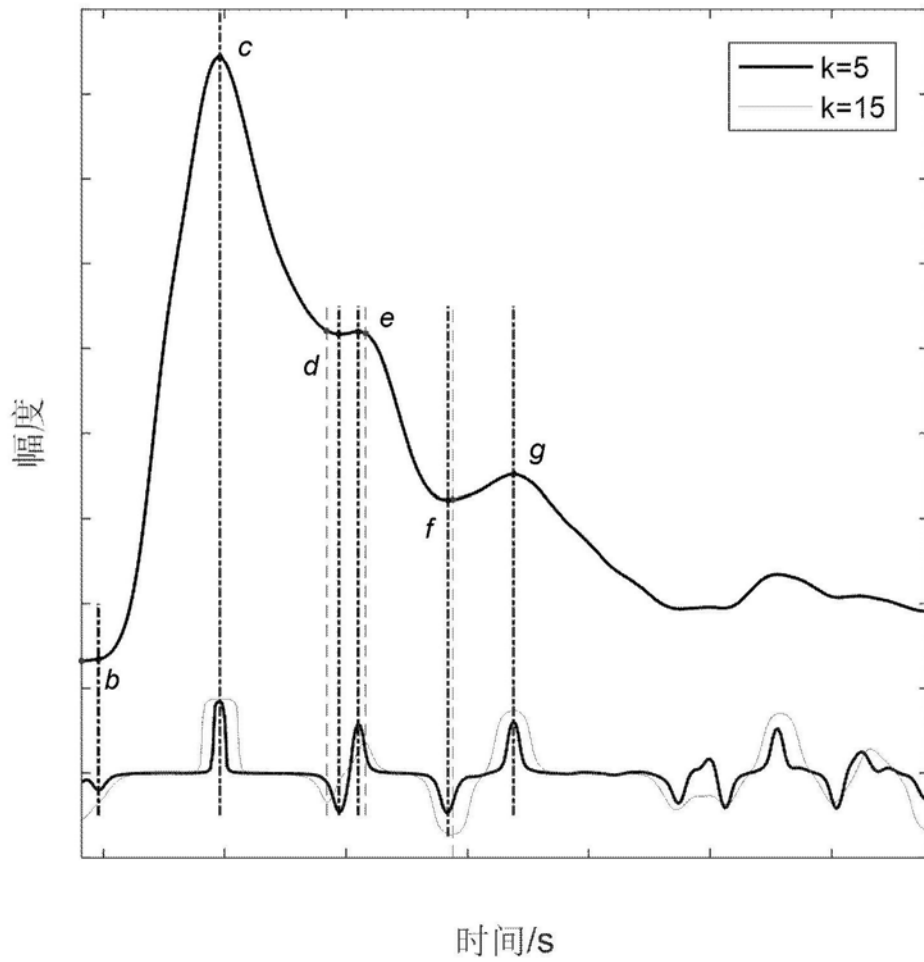


图4A

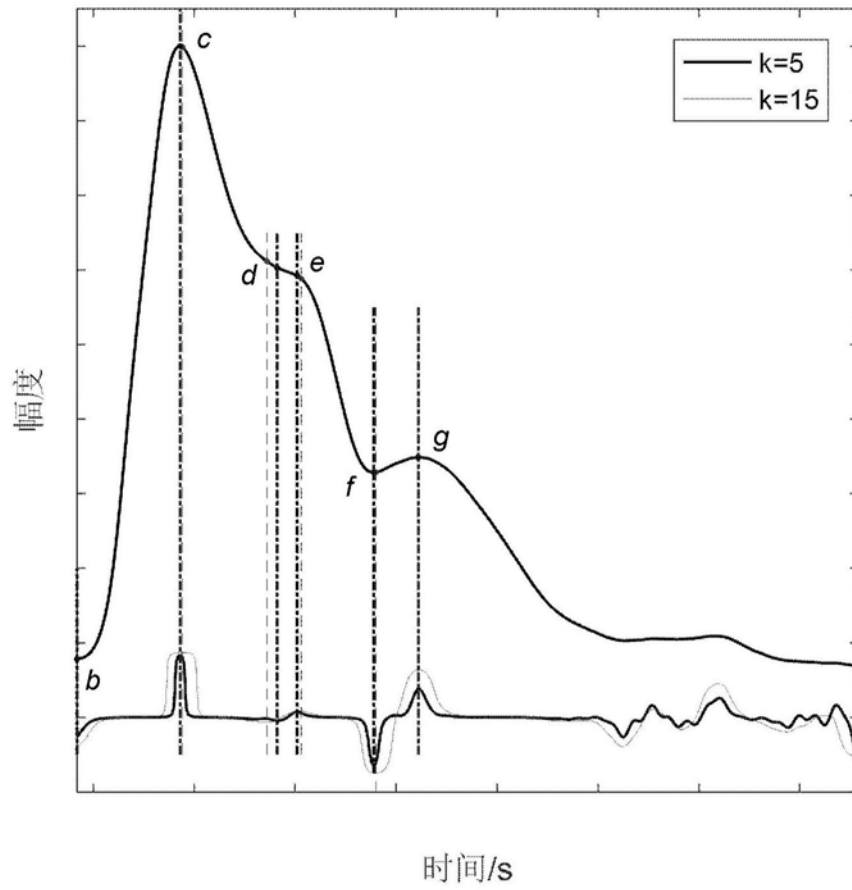


图4B

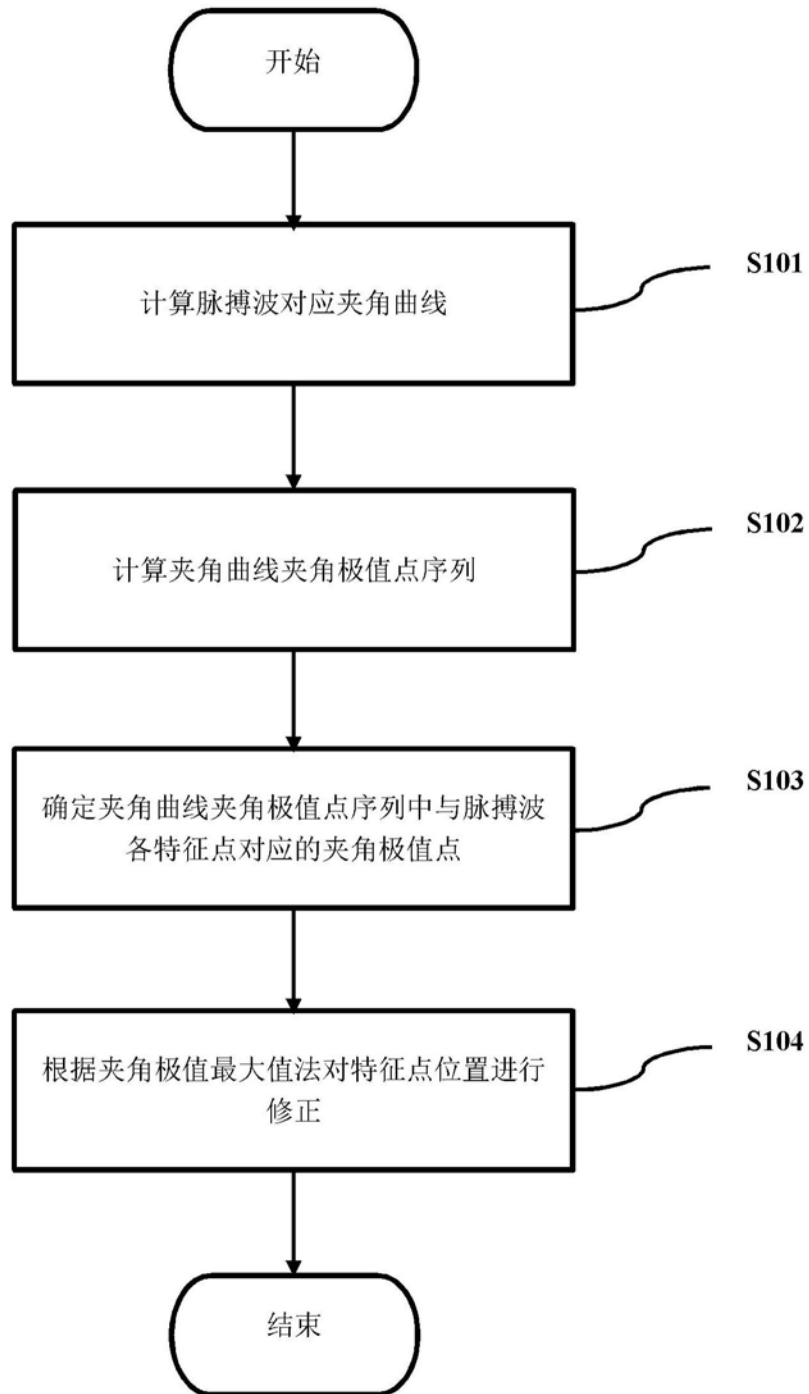


图5

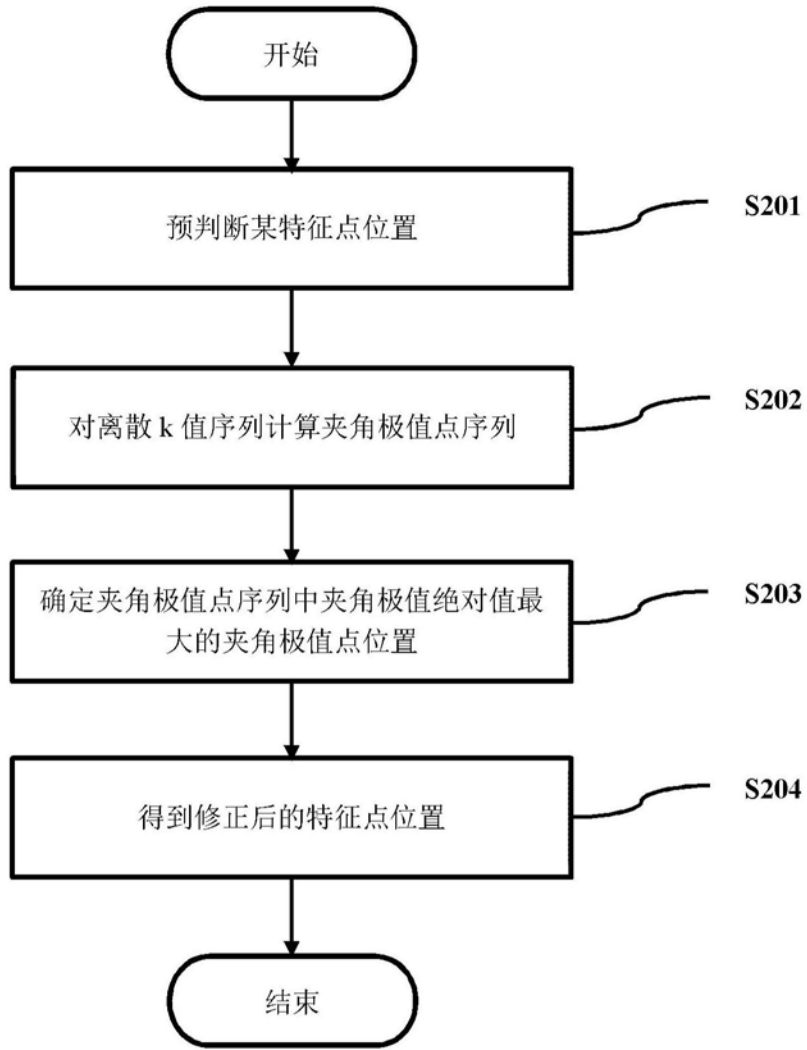


图6

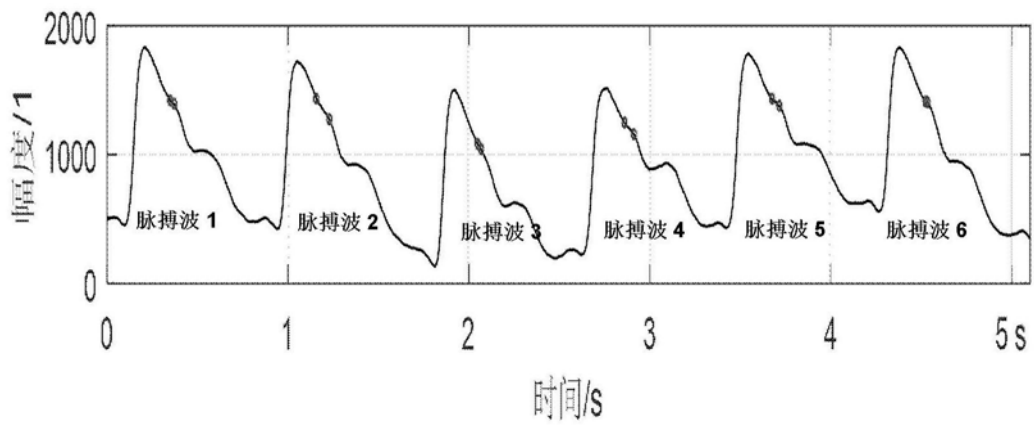


图7

专利名称(译)	基于夹角值的脉搏波特征点识别方法		
公开(公告)号	CN110584624A	公开(公告)日	2019-12-20
申请号	CN201910883855.6	申请日	2019-09-18
[标]申请(专利权)人(译)	中国科学院微电子研究所		
申请(专利权)人(译)	中国科学院微电子研究所		
当前申请(专利权)人(译)	中国科学院微电子研究所		
[标]发明人	侯洁娜 张海英 张以涛 张劲龙 耿兴光 张俊 黄成军		
发明人	侯洁娜 张海英 张以涛 张劲龙 耿兴光 张俊 黄成军		
IPC分类号	A61B5/02 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/02 A61B5/7203 A61B5/7235		
代理人(译)	吴梦圆		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

一种基于夹角值的脉搏波特征点识别方法，该识别方法包括将脉搏波转化为脉搏波夹角曲线；计算夹角曲线夹角极值点序列；确定夹角曲线极值点序列中与脉搏波特征点对应的夹角曲线极值点；对特征点位置修正，得到修正后的特征点位置即为该特征点的位置。本发明夹角值的计算中，同时使用了脉搏波上一点左右两侧的幅值，因此具有较好的抗噪声干扰能力；能够准确识别特征点位置；对不明显特征点有很好的识别效果。

