



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106264475 A

(43)申请公布日 2017.01.04

(21)申请号 201610893587.2

(22)申请日 2016.10.13

(71)申请人 西安交通大学

地址 710049 陕西省西安市碑林区咸宁西路28号

(72)发明人 陈翔 徐野 白中博 李津

(74)专利代理机构 西安通大专利代理有限责任公司 61200

代理人 李宏德

(51)Int.Cl.

A61B 5/00(2006.01)

A61B 5/0295(2006.01)

A61B 5/0205(2006.01)

A61B 5/11(2006.01)

A61B 5/1455(2006.01)

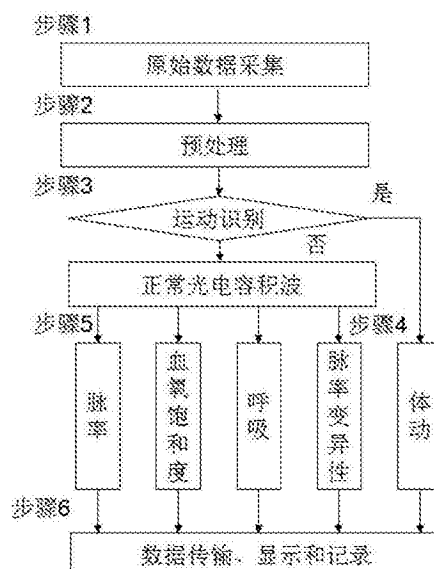
权利要求书3页 说明书7页 附图4页

(54)发明名称

单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法及装置

(57)摘要

本发明单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法及装置,能够在仅使用单一光电传感器检测的基础上提取得到五项生理参数。所述方法包括,步骤1,采集光电容积脉搏波;步骤2,对采集到的光电容积脉搏波进行预处理;步骤3,根据检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态;当处于非运行状态,将识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波;步骤4,当检测到当前时刻处于运动状态,则进行体动次数计数;步骤5,根据正常光电容积脉搏波,检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息;步骤6,根据步骤4和5提取脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息,进行数据传输、显示和记录。



1. 单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,其特征在于,包括下述步骤:

步骤1,以模拟方式或数字方式采集采样率在500Hz以上的光电容积脉搏波;光电容积脉搏波包含呼吸信息和未经滤波处理的原始光电容积脉搏波信号,原始光电容积脉搏波信号包含以反射或者透射方式穿过被检组织的红光和红外光;

步骤2,对采集到的光电容积脉搏波进行预处理,包括基线的提取检测、峰值点与谷值点的提取与检测;

步骤3,根据检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态;

当峰值点、谷值点以及基线变化幅度超过所设定的阈值时认为当前时刻处于运动状态,将丢弃当前测量值重新测量,直至当前测量值脱离运动状态进入正常光电容积脉搏波范围内,将识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波;

步骤4,当检测到当前时刻处于运动状态,则进行体动次数计数;根据提取的运动状态信息,将所检测到的运动状态信息在当前运动停止后记为体动增加1次,累加至体动次数计数值;

步骤5,根据正常光电容积脉搏波,检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息;

步骤6,根据步骤4和5提取脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息,进行数据传输、显示和记录。

2. 如权利要求1所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,其特征在于,所述步骤2中,峰值点、谷值点以及基线由公式(1)、(2)、(3)提取和检测;

$$\text{Peakvalue} = \max(x(k:k+100)), 1 \leq k \leq N-100 \quad (1)$$

$$\text{Vallyvalue} = \min(x(k:k+100)), 1 \leq k \leq N-100 \quad (2)$$

$$\text{Base} = (\text{Sup} + \text{Sdown}) / 2 \quad (3)$$

其中,x为红光或红外光的光电容积脉搏波信号,N为所采数据样点的总数,k为1至N-100之间的自然数,Sup,Sdown分别为光电容积脉搏波信号的上包络和下包络。

3. 如权利要求1所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,其特征在于,所述步骤3中峰值点、谷值点以及基线变化阈值由实验确定,运动阈值为10~20%。

4. 如权利要求1所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,其特征在于,所述步骤5中,脉率由如下公式(4)提取和检测;

$$\text{HR} = 60 / \text{RR} \quad (4)$$

其中,RR为脉率间期,单位为秒。

5. 如权利要求1所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,其特征在于,所述步骤5中,血氧饱和度由如下公式(5)或(6)提取和检测;

$$\text{SpO}_2 = \alpha - \beta R \quad (5)$$

$$\text{SpO}_2 = \alpha - \beta R - \gamma R^2 \quad (6)$$

其中, $R = \frac{I_{AC}^{\lambda_1} / I_{DC}^{\lambda_1}}{I_{AC}^{\lambda_2} / I_{DC}^{\lambda_2}}$, $I_{AC}^{\lambda_1}$ 、 $I_{AC}^{\lambda_2}$ 分别为红光和红外光强度的交流分量, $I_{DC}^{\lambda_1}$ 、 $I_{DC}^{\lambda_2}$ 分别为红光和红外光强度的直流分量; α 、 β 以及 γ 分别为经验值,通过定标来确定。

6. 如权利要求1所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,其特征在于,所述步骤5中,呼吸的提取和检测采用数字滤波法,其输入输出关系如下公式(8)所示;

$$y(n) = \left\{ \sum_{k=0}^N a_k x(n-k) \right\} - \left\{ \sum_{k=1}^M b_k y(n-k) \right\} \quad (8)$$

其中, a_k 和 b_k 为IIR数字滤波器的系数, N 、 M 分别为数字滤波器系统传递函数的分子和分母多项式系数阶数, n 为自然数;光电容积脉搏波通过数字滤波得到呼吸波波形,然后通过过零法或峰值法检测计算得到呼吸率。

7. 如权利要求1所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,其特征在于,所述步骤5中,脉率变异性的提取和检测采用脉率变异性的非线性分析方法,计算脉率间期彭家莱图的标准差 $SD1$ 、 $SD2$ 以及二者的比值 $SD1/SD2$,具体如下公式(9)和(10);

$$SD1^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (D'_i)^2 \quad (9)$$

$$SD2^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (D''_i)^2 \quad (10)$$

其中, $D'_i = \frac{1}{\sqrt{2}} |RR_n - RR_{n+1}|$, $D''_i = \frac{1}{\sqrt{2}} |RR_n + RR_{n+1} - 2\overline{RR}|$, N 为 RR 间期总数, RR_n 和 RR_{n+1}

分别为第 n 与第 $n+1$ 个脉率间期, $\overline{RR}$ 为全部脉率间期序列的间期均值, n 为自然数。

8. 单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测装置,其特征在于,包括下述模块:

原始数据采集模块,用于以模拟方式或数字方式采集采样率在500Hz以上的光电容积脉搏波;

预处理模块,用于对原始数据采集模块采集到的光电容积脉搏波进行预处理,包括基线的提取检测、峰值点与谷值点的提取与检测;

运动识别模块,用于根据预处理模块检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态;当峰值点、谷值点以及基线变化幅度超过所设定的阈值时认为当前时刻处于运动状态,将丢弃当前测量值重新测量,直至当前测量值脱离运动状态进入正常光电容积脉搏波范围内;所检测到的运动信息送至体动检测模块进行体动次数计数;

正常光电容积脉搏波模块,用于将运动识别模块识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波,用于后续信号处理;

脉率检测模块、血氧饱和度检测模块、呼吸检测模块和脉率变异性检测模块,分别用于根据正常光电容积脉搏波模块提取的正常光电容积脉搏波,检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息,并输送至数据后处理模块;

体动检测模块,用于根据运动识别模块提取的运动信息,将所检测到的运动信息在当前运动停止后记为体动增加1次,累加至体动次数计数值,并输送至数据后处理模块;

数据后处理模块,对脉率检测模块、血氧饱和度检测模块、呼吸检测模块、脉率变异性检测模块和体动检测模块提取的脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息,与上位机进行数据传输、显示和记录。

9. 如权利要求8所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测装置,其特征在于,所

述原始数据采集模块包括发光驱动、红光光二极管、红外光发光二极管和光频转换器；外部微处理器控制的发光驱动用于交替产生驱动电流，分别驱动红光发光二极管以及红外光发光二极管；光频转换器用于将所发出的红光、红外光以反射或者透射方式穿过被测组织的红光和红外光的光强转化为频率信号，输出到微处理器捕捉计数。

10.如权利要求8所述的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测装置，其特征在于，所述数据后处理模块包括无线蓝牙数据传输模块、MicroSD卡数据存储模块和显示模块。

单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法及装置

技术领域

[0001] 本发明涉及生物医学工程领域,具体为单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法及装置。

背景技术

[0002] 随着现代社会节奏的不断加快,睡眠质量越来越严重地影响到个人生理和精神各方面的健康状况。大量文献表明,约有1/3的高血压病、1/5的心脏病是由睡眠呼吸障碍引起的,其它睡眠呼吸障碍并发症包括糖尿病、肾病、肥胖、癫痫、性功能减退、植物神经功能紊乱、红细胞增多症、严重的还有心肌梗塞、脑血栓、脑卒等。因此,对睡眠呼吸障碍的监测对临床监护和病理生理研究有着十分重要的意义。

[0003] 对睡眠呼吸障碍的常规监测方法是采用多导睡眠监护仪对测量对象进行睡眠监护,以数量众多的不同传感器同时获取测量对象血氧、脉搏、血压、心电、脑电、肌电、眼电、口鼻气流、气道压力、胸腹呼吸、鼾声等多项生理参数以进行综合分析。通常每项生理参数的检测都需要使用一种与之相配合的传感器。然而睡眠呼吸障碍监测领域一直存在一对难以调和的矛盾:一方面,睡眠是涉及众多生理变化的复杂行为,只有检测尽可能多的生理参数才能全面、客观地反映和检测睡眠呼吸障碍;另一方面:为不影响、干扰正常的睡眠,希望由测量引入的导联、传感器的数目越少越好。这一矛盾导致临床上不得不折衷考虑检测参数和使用传感器的数量。为此,美国睡眠医学会(American Academy of Sleep Medicine, AASM)专门制定了用于睡眠呼吸暂停综合征监测的四级睡眠监护设备标准,其中1级为标准多导睡眠仪;11级为至少能够检测七个生理参数的综合便携式多导睡眠仪;111级为至少能够检测呼吸、心率以及血氧饱和度等四个生理参数的改良型便携式睡眠呼吸障碍检测设备;1V级为连续单双生理指标记录仪。四级睡眠监护设备按照检测参数的数目分别使用在从大型医院睡眠监护中心到中小型医院、社区诊所以及家庭应用等不同的场所。

[0004] 作为1V级连续单双生理指标记录仪的典型代表,仅使用光电传感器检测光电容积脉搏波的脉搏血氧仪目前已在临床监护领域广泛应用,可用于检测脉率(心率)和血氧饱和度。

[0005] 光电容积脉搏波描记法是使用光电传感器从活体组织中检测毛细血管床容积变化的一种无创检测方法。其核心原理是1851年August Beer(德)发表的光吸收的基本定律,即Lambert-Beer定律。受心脏搏动的影响,毛细血管床容积呈现出周期性变化,以Lambert-Beer定律检测出其变化周期即可相应地检测出脉率,而在能够检测出脉率的情况下,其数值与心率几乎是完全相等的,此即为使用光电传感器检测脉率(心率)的原理。1935年Matthes在Lambert-Beer定律基础上结合血液中氧合血红蛋白与脱氧血红蛋白对不同波长的光吸收系数的不同的现象,提出了使用光电传感器无创检测血氧饱和度的检测方法,并使用至今。

[0006] 但是,仅使用光电传感器检测光电容积脉搏波的脉搏血氧仪,在成本低廉、使用方便的同时也因为检测参数数目过少而限制了其单独在大型医院睡眠监护中心以及中小型

医院的使用。

发明内容

[0007] 针对现有技术中存在的问题,本发明提供一种单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法及装置,能够在仅使用单一光电传感器检测光电容积脉搏波的基础上,从原始光电容积波中提取得到脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动五项生理参数,以低成本实现睡眠呼吸多个生理参数的同时监测。

[0008] 本发明是通过以下技术方案来实现:

[0009] 单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法,包括下述步骤:

[0010] 步骤1,以模拟方式或数字方式采集采样率在500Hz以上的光电容积脉搏波;光电容积脉搏波包含呼吸信息和未经滤波处理的原始光电容积脉搏波信号,原始光电容积脉搏波信号包含以反射或者透射方式穿过被检组织的红光和红外光;

[0011] 步骤2,对采集到的光电容积脉搏波进行预处理,包括基线的提取检测、峰值点与谷值点的提取与检测;

[0012] 步骤3,根据检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态;

[0013] 当峰值点、谷值点以及基线变化幅度超过所设定的阈值时认为当前时刻处于运动状态,将丢弃当前测量值重新测量,直至当前测量值脱离运动状态进入正常光电容积脉搏波范围内,将识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波;

[0014] 步骤4,当检测到当前时刻处于运动状态,则进行体动次数计数;根据提取的运动状态信息,将所检测到的运动状态信息在当前运动停止后记为体动增加1次,累加至体动次数计数值;

[0015] 步骤5,根据正常光电容积脉搏波,检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息;

[0016] 步骤6,根据步骤4和5提取脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息,进行数据传输、显示和记录。

[0017] 优选的,所述步骤2中,峰值点、谷值点以及基线由公式(1)、(2)、(3)提取和检测;

[0018] $\text{Peakvalue} = \max(x(k:k+100)), 1 \leq k \leq N-100$ (1)

[0019] $\text{Vallyvalue} = \min(x(k:k+100)), 1 \leq k \leq N-100$ (2)

[0020] $\text{Base} = (\text{Sup} + \text{Sdown}) / 2$ (3)

[0021] 其中,x为红光或红外光的光电容积脉搏波信号,N为所采数据样点的总数,k为1至N-100之间的自然数,Sup,Sdown分别为光电容积脉搏波信号的上包络和下包络。

[0022] 优选的,所述步骤3中峰值点、谷值点以及基线变化阈值由实验确定,运动阈值为10~20%。

[0023] 优选的,所述步骤5中,脉率由如下公式(4)提取和检测;

[0024] $\text{HR} = 60 / \text{RR}$ (4)

[0025] 其中,RR为脉率间期,单位为秒。

[0026] 优选的,所述步骤5中,血氧饱和度由如下公式(5)或(6)提取和检测;

[0027] $\text{SpO}_2 = \alpha - \beta \text{RR}$ (5)

[0028] $SpO_2 = \alpha - \beta R - \gamma R^2$ (6)

[0029] 其中, $R = \frac{I_{AC}^{\lambda_1} / I_{DC}^{\lambda_1}}{I_{AC}^{\lambda_2} / I_{DC}^{\lambda_2}}$, $I_{AC}^{\lambda_1}$ 、 $I_{AC}^{\lambda_2}$ 分别为红光和红外光强度的交流分量,

$I_{DC}^{\lambda_1}$ 、 $I_{DC}^{\lambda_2}$ 分别为红光和红外光强度的直流分量; α 、 β 以及 γ 分别为经验值,通过定标来确定。

[0030] 优选的,所述步骤5中,呼吸的提取和检测采用数字滤波法,其输入输出关系如下公式(8)所示;

[0031] $y(n) = \left\{ \sum_{k=0}^N a_k x(n-k) \right\} - \left\{ \sum_{k=1}^M b_k y(n-k) \right\}$ (8)

[0032] 其中, a_k 和 b_k 为11R数字滤波器的系数, N 、 M 分别为数字滤波器系统传递函数的分子和分母多项式系数阶数, n 为自然数;光电容积脉搏波通过数字滤波得到呼吸波波形,然后通过过零法或峰值法检测计算得到呼吸率。

[0033] 优选的,所述步骤5中,脉率变异性的提取和检测采用脉率变异性的非线性分析方法,计算脉率间期彭家莱图的标准差SD1、SD2以及二者的比值SD1/SD2,具体如下公式(9)和(10);

[0034] $SD1^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (D'_i)^2$ (9)

[0035] $SD2^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (D''_i)^2$ (10)

[0036] 其中, $D'_i = \frac{1}{\sqrt{2}} |RR_n - RR_{n+1}|$, $D''_i = \frac{1}{\sqrt{2}} |RR_n + RR_{n+1} - 2\overline{RR}|$, N 为RR间期总数, RR_n 和

RR_{n+1} 分别为第 n 与第 $n+1$ 个脉率间期, $\overline{RR}$ 为全部脉率间期序列的间期均值, n 为自然数。

[0037] 单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测装置,包括下述模块:

[0038] 原始数据采集模块,用于以模拟方式或数字方式采集采样率在500Hz以上的光电容积脉搏波;

[0039] 预处理模块,用于对原始数据采集模块采集到的光电容积脉搏波进行预处理,包括基线的提取检测、峰值点与谷值点的提取与检测;

[0040] 运动识别模块,用于根据预处理模块检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态;当峰值点、谷值点以及基线变化幅度超过所设定的阈值时认为当前时刻处于运动状态,将丢弃当前测量值重新测量,直至当前测量值脱离运动状态进入正常光电容积脉搏波范围内;所检测到的运动信息送至体动检测模块进行体动次数计数;

[0041] 正常光电容积脉搏波模块,用于将运动识别模块识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波,用于后续信号处理;

[0042] 脉率检测模块、血氧饱和度检测模块、呼吸检测模块和脉率变异性检测模块,分别用于根据正常光电容积脉搏波模块提取的正常光电容积脉搏波,检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息,并输送至数据后处理模块;

[0043] 体动检测模块,用于根据运动识别模块提取的运动信息,将所检测到的运动信息在当前运动停止后记为体动增加1次,累加至体动次数计数值,并输送至数据后处理模块;

[0044] 数据后处理模块,对脉率检测模块、血氧饱和度检测模块、呼吸检测模块、脉率变异性检测模块和体动检测模块提取的脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息,与上位机进行数据传输、显示和记录。

[0045] 优选的,所述原始数据采集模块包括发光驱动、红光光二极管、红外光发光二极管和光频转换器;外部微处理器控制的发光驱动用于交替产生驱动电流,分别驱动红光发光二极管以及红外光发光二极管;光频转换器用于将所发出的红光、红外光以反射或者透射方式穿过被测组织的红光和红外光的光强转化为频率信号,输出到微处理器捕捉计数。

[0046] 优选的,所述数据后处理模块包括无线蓝牙数据传输模块、MicroSD卡数据存储模块和显示模块。

[0047] 与现有技术相比,本发明具有以下有益的技术效果:

[0048] 由于毛细血管床容积变化同时受到呼吸系统、循环系统、神经系统、以及运动系统的共同影响,本发明在仅使用单一光电传感器检测光电容积脉搏波的基础上,以数字信号处理的方法及装置从光电容积脉搏波中提取上述系统状态特征中间值的多个生理参数,则能够在一定程度上平衡睡眠呼吸生理参数监测中传感器数目与检测参数数目间的矛盾。

[0049] 本发明通过采集脉率和脉率变异性替代现有技术的心率和心率变异性的采集,省去了体表心电传感器;以呼吸对脉率参量的影响监测呼吸信息,省去了呼吸传感器;以运动对光电容积脉搏波波形的影响监测体动次数,不仅充分利用了现有技术中无法消除的运动干扰,还省去了运动传感器;使用数字式数据采集模块,简化了系统设计,提高了信噪比;使用数字信号处理的方式同时从光电容积脉搏波中提取检测多项生理参数,各检测模块之间互不影响,不会因为增加检测参数的数目而影响信噪比,降低检测质量。

[0050] 采用本发明所述的方法和装置能够将现有的IV级连续单双生理指标记录仪的代表、基于光电容积脉搏波的脉搏血氧仪在几乎不增加生产成本的情况下升级至能够检测呼吸、心率以及血氧饱和度等四个以上生理参数的111级改良型便携式睡眠呼吸障碍检测设备。扩大了其使用范围,可以满足中小型医院、社区诊所以及家庭等不同的场所的应用。

附图说明

[0051] 图1为本发明方法的步骤流程示意图。

[0052] 图2为原始光电容积脉搏波变量示意图。

[0053] 图3为本发明装置的模块结构示意图。

[0054] 图4为原始数据采集模块结构示意图。

[0055] 图5为本发明装置上位机软件分析截屏图。

具体实施方式

[0056] 下面结合具体的实施例对本发明做进一步的详细说明,所述是对本发明的解释而不是限定。

[0057] 本发明为了解决现有睡眠呼吸生理参数监测中传感器数目与检测参数数目间的矛盾,针对111级改良型便携式睡眠呼吸障碍检测设备的要求,提出了一种数字信号处理方

法及装置，

[0058] 本发明的发明点在于：仅使用单一光电传感器，以数字信号处理的方式同时从光电容积脉搏波中提取检测脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动等多项生理参数，较好地平衡了睡眠呼吸生理参数监测中传感器数目与检测参数数目间的矛盾。

[0059] 参见图1，本发明的单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法包括下述步骤：

[0060] 步骤1，采集光电容积脉搏波，以模拟方式或数字方式，所采集的光电容积脉搏波是采样率在500Hz以上；优选地，所采集的光电容积脉搏波是以光频变换的数字方式采集，采样率为1KHz，且包含呼吸信息、未经滤波处理的原始光电容积脉搏波信号，信号包含以透射方式穿过被检组织的两种波长的光，两种波长分别为660nm红光和940nm红外光；

[0061] 步骤2，对步骤1采集到的光电容积脉搏波进行预处理，包括基线的提取检测、峰值点与谷值点的提取与检测；

[0062] 步骤3，根据步骤2检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态；当峰值点、谷值点以及基线变化幅度超过所设定的阈值时认为当前时刻处于运动状态，将丢弃当前测量值重新测量，直至当前测量值脱离运动状态进入正常光电容积脉搏波范围内，将识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波；所检测到的运动信息送至步骤4进行体动次数计数；

[0063] 步骤4，当检测到当前时刻处于的运动状态，则进行体动次数计数；根据提取的运动状态信息，将所检测到的运动状态信息在当前运动停止后记为体动增加1次，累加至体动次数计数值；根据步骤3识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波，用于后续信号处理；

[0064] 步骤5，根据步骤3提取的正常光电容积脉搏波，检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息并送至步骤6；

[0065] 步骤6，根据步骤4和5提取的脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息，进行数据传输、显示和记录；优选的对超出安全阈值的信息进行声、光报警；

[0066] 其中，步骤2中，所述峰值点、谷值点以及基线参见图2，由公式(1)、(2)、(3)描述：

[0067] $\text{Peakvalue} = \max(x(k:k+100))$, $1 \leq k \leq N-100$ (1)

[0068] $\text{Vallyvalue} = \min(x(k:k+100))$, $1 \leq k \leq N-100$ (2)

[0069] $\text{Base} = (\text{Sup} + \text{Sdown}) / 2$ (3)

[0070] 其中，x为红光或红外光的光电容积脉搏波信号，N为所采数据样点的总数，k为1至N-100之间的自然数，以100点为窗宽，在光电容积脉搏波信号上滑动，当最大值处于窗的中间位置时，认为此点为峰值点；同理，当最小值处于窗的中间位置时，认为此点为谷值点； Sup , Sdown 分别为光电容积脉搏波信号的上包络和下包络。

[0071] 步骤3中，峰值点、谷值点以及基线变化阈值由实验确定，优选地，运动阈值为：10~20%，即峰值点、谷值点以及基线变化中的任一项超过前次测量值的10~20%即视为测量对象进入体动状态；

[0072] 步骤5中，脉率的提取与检测如公式(4)描述；

[0073] $\text{HR} = 60 / \text{RR}$ (4)

[0074] 其中，RR为脉率间期，单位为秒。

[0075] 步骤5中，血氧饱和度的提取与检测如公式(5)，(6)，(7)描述；

[0076] $SpO_2 = \alpha - \beta R \quad (5)$

[0077] $SpO_2 = \alpha - \beta R - \gamma R^2 \quad (6)$

[0078]
$$R = \frac{I_{AC}^{\lambda_1} / I_{DC}^{\lambda_1}}{I_{AC}^{\lambda_2} / I_{DC}^{\lambda_2}} \quad (7)$$

[0079] 其中, $I_{AC}^{\lambda_1}$ 、 $I_{AC}^{\lambda_2}$ 分别为红光、红外光强度的交流分量, $I_{DC}^{\lambda_1}$ 、 $I_{DC}^{\lambda_2}$ 分别为红光、红外光强度的直流分量。因此, 在一个心搏间期内获得了红光和红外光强度的直流和交流分量时, 就可以计算出R值, 进而计算出该心搏周期内的血氧饱和度。

[0080] α 、 β 以及 γ 分别为经验值, 通过定标来确定。公式(5)为血氧饱和度与R值的一阶线性关系, 在一阶关系不能满足线性度要求时, 可以采用二阶公式(6)来描述。

[0081] 步骤5中, 呼吸的提取与检测包括但不限于数字滤波法、数学形态学方法、小波变换法、时频联合分析法等, 优选地, 采用数字滤波法, 其输入输出关系如公式(8)描述:

[0082]
$$y(n) = \left\{ \sum_{k=0}^N a_k x(n-k) \right\} - \left\{ \sum_{k=1}^M b_k y(n-k) \right\} \quad (8)$$

[0083] 其中, a_k 和 b_k 为11R数字滤波器的系数, N、M分别为数字滤波器系统传递函数的分子和分母多项式系数阶数, n为自然数。原始光电容积脉搏波通过该带通数字滤波即可得到呼吸波波形, 然后通过过零法或峰值法检测即可计算得到呼吸率。

[0084] 步骤5中, 脉率变异性的提取与检测包括但不限于时域分析法、频域分析法以及非线性分析法; 优选地, 采用脉率变异性的非线性分析方法, 计算脉率间期彭家莱图的标准差SD1、SD2以及二者的比值SD1/SD2, 如公式(9), (10)描述:

[0085]
$$SD1^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (D'_i)^2 \quad (9)$$

[0086]
$$SD2^2 = \frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^{N-1} (D''_i)^2 \quad (10)$$

[0087] 其中, D'_i 和 D''_i 如公式(11)、(12)描述, N为RR间期总数:

[0088]
$$D'_i = \frac{1}{\sqrt{2}} |RR_n - RR_{n+1}| \quad (11)$$

[0089]
$$D''_i = \frac{1}{\sqrt{2}} |RR_n + RR_{n+1} - 2\overline{RR}| \quad (12)$$

[0090] 其中, RR_n 和 RR_{n+1} 分别为第n与第n+1个脉率间期, $\overline{RR}$ 为全部脉率间期序列的间期均值, n为自然数:

[0091] 所述步骤4中, 体动次数计数值初值为0, 所检测到的运动信息在当前运动停止后记为体动增加1次, 累加至体动次数计数值;

[0092] 所述步骤5中检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息为并列关系, 执行时不存在先后关系;

[0093] 所述步骤6中, 脉率、血氧饱和度等参数超出安全阈值时进行声、光报警的阈值由实验确定, 其安全阈值分别为: $60(\text{beat/min}) \leq \text{脉率} \leq 100(\text{beat/min})$, 血氧饱和度 $\geq 90(\%)$ 。

[0094] 与之相应地,单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测装置,参见图3,包括下述模块:

[0095] 原始数据采集模块,用于以模拟方式或数字方式采集采样率在500Hz以上的光电容积脉搏波;优选的采用光频变换的数字方式;所采集的光电容积脉搏波是采样率为1KHz,且包含呼吸信息、未经滤波处理的原始光电容积脉搏波信号;信号包含以反射或透射方式穿过被检组织的两种波长的光,两种波长分别为660nm红光和940nm红外光;

[0096] 预处理模块,对原始数据采集模块采集到的光电容积脉搏波进行预处理,包括基线的提取检测、峰值点与谷值点的提取与检测;

[0097] 运动识别模块,根据预处理模块检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态,当峰值点、谷值点以及基线变化幅度超过所设定的阈值时认为当前时刻处于运动状态,将丢弃当前测量值重新测量,直至当前测量值脱离运动状态进入正常光电容积脉搏波范围内;所检测到的运动信息送至体动检测模块进行体动次数计数;

[0098] 正常光电容积脉搏波模块,将运动识别模块识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波,用于后续信号处理;

[0099] 脉率检测模块,根据正常光电容积脉搏波模块提取的正常光电容积脉搏波,检测脉率信息,并送至数据后处理模块;

[0100] 血氧饱和度检测模块,根据正常光电容积脉搏波模块提取的正常光电容积脉搏波,检测血氧饱和度信息,并送至数据后处理模块;

[0101] 呼吸检测模块,根据正常光电容积脉搏波模块提取的正常光电容积脉搏波,检测呼吸信息,并送至数据后处理模块;

[0102] 脉率变异性检测模块,根据正常光电容积脉搏波模块提取的正常光电容积脉搏波,检测脉率变异性信息,并送至数据后处理模块;

[0103] 体动检测模块,根据运动识别模块提取的运动信息,将所检测到的运动信息在当前运动停止后记为体动增加1次,累加至体动次数计数值,并送至数据后处理模块;

[0104] 数据后处理模块,对脉率检测模块、血氧饱和度检测模块、呼吸检测模块、脉率变异性检测模块、体动检测模块提取的脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息,与上位机进行数据传输、显示、记录,并对超出安全阈值的信息进行声、光报警等数据后处理;

[0105] 上述装置原始数据采集模块中,如图4所示,由发光驱动、红光、红外光发光二极管、光频转换器构成,其中发光驱动在外部微处理器的控制下交替产生驱动电流,分别驱动红光以及红外光发光二极管,所发出的红光、红外光以反射或者透射方式穿过被测组织,被光频转换器直接将光强转化为频率信号,供微处理器捕捉计数。这里微处理器采用MSP430,光频转换器采用TSL235。

[0106] 上述装置数据后处理模块中,包括无线蓝牙数据传输、MicroSD卡数据存储和显示模块,以及蜂鸣器、LED报警灯构成的报警组件。

[0107] 本发明所采集和检测的数据传输到上位机后得到的分析图像如图5所示。

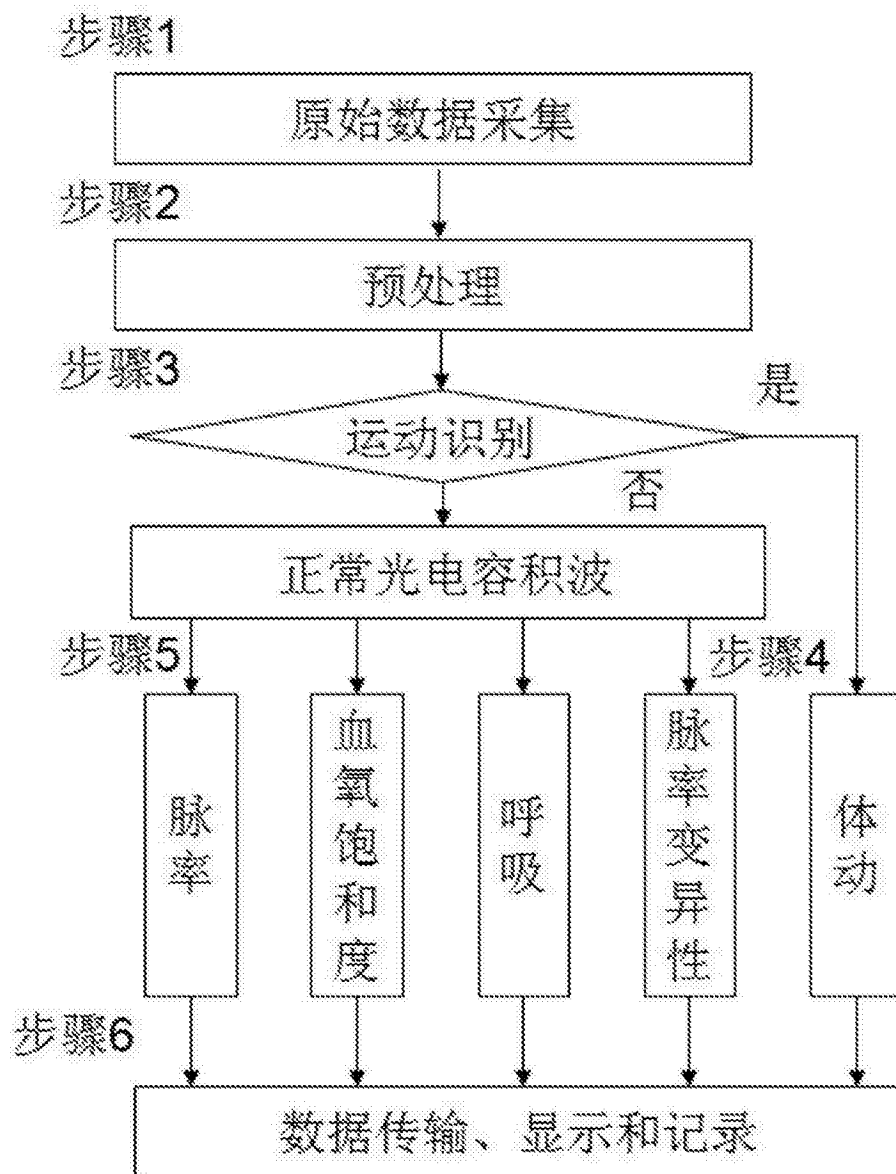


图1

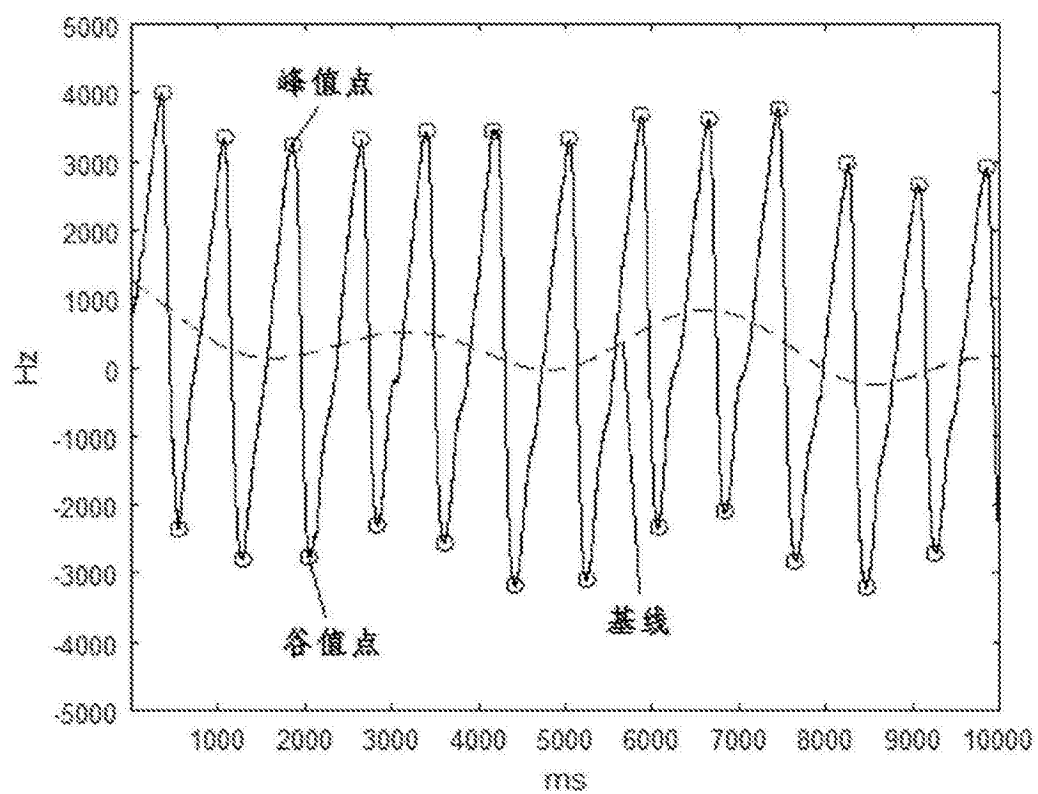


图2

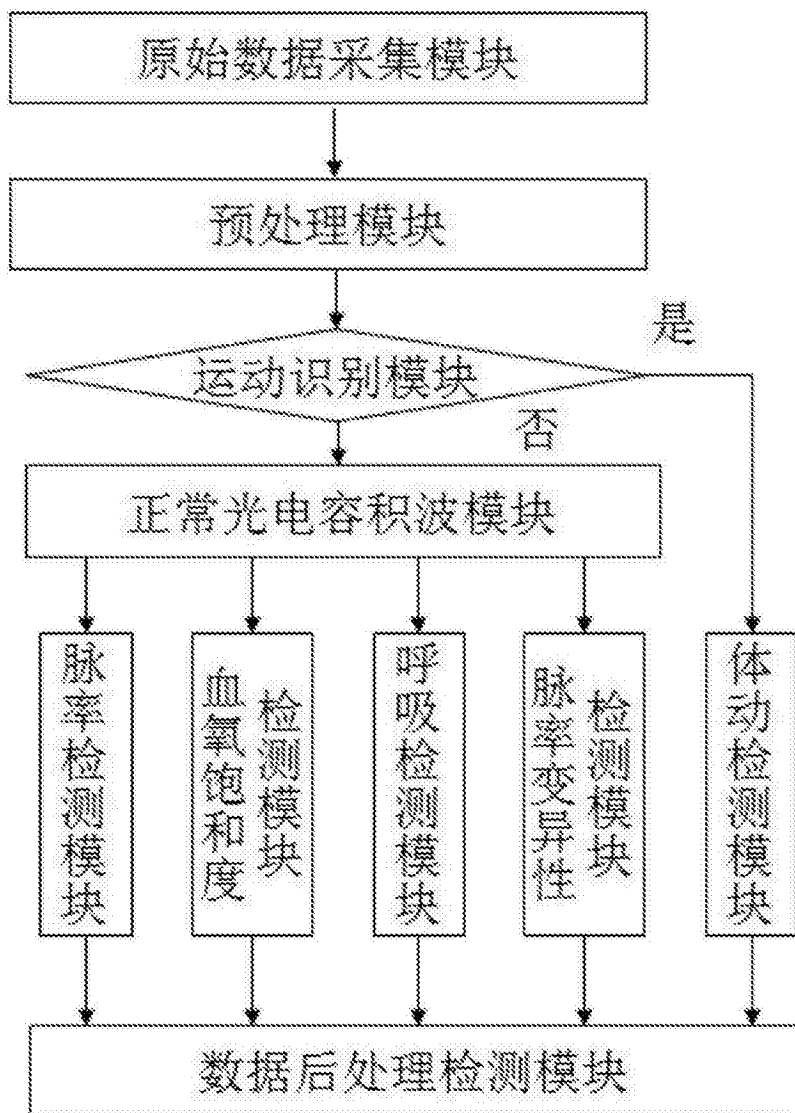


图3

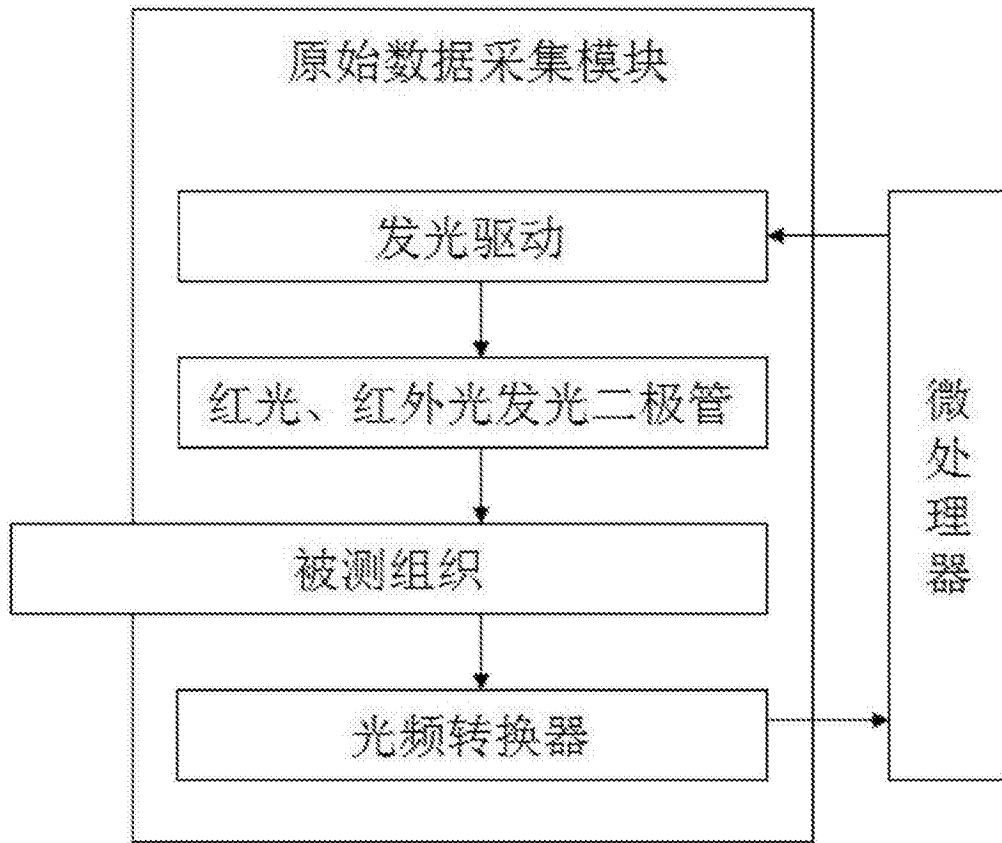


图4

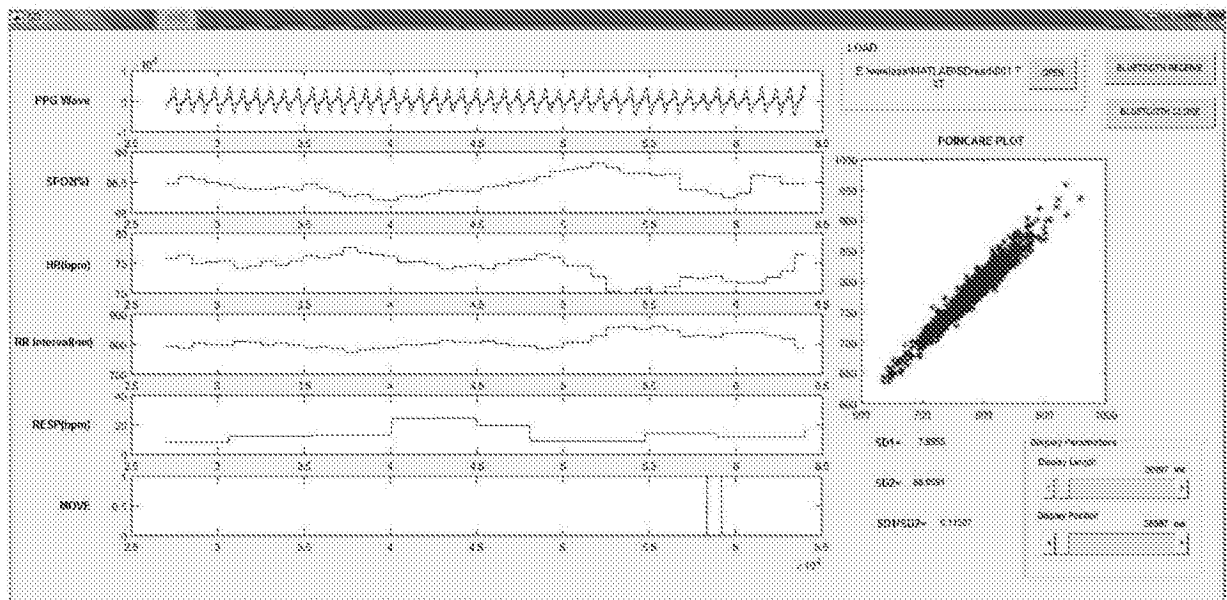


图5

专利名称(译)	单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法及装置		
公开(公告)号	CN106264475A	公开(公告)日	2017-01-04
申请号	CN201610893587.2	申请日	2016-10-13
[标]申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	西安交通大学		
[标]发明人	陈翔 徐野 白中博 李津		
发明人	陈翔 徐野 白中博 李津		
IPC分类号	A61B5/00 A61B5/0295 A61B5/0205 A61B5/11 A61B5/1455		
CPC分类号	A61B5/4806 A61B5/0205 A61B5/02405 A61B5/02416 A61B5/02433 A61B5/0261 A61B5/0295 A61B5/08 A61B5/11 A61B5/14551 A61B5/4818 A61B5/72		
代理人(译)	李宏德		
其他公开文献	CN106264475B		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明单一光电传感器睡眠呼吸多生理参数监测方法及装置，能够在仅使用单一光电传感器检测的基础上提取得到五项生理参数。所述方法包括，步骤1，采集光电容积脉搏波；步骤2，对采集到的光电容积脉搏波进行预处理；步骤3，根据检测的峰值点、谷值点以及基线变化信息判断当前测量时刻是否处于运动状态；当处于非运行状态，将识别的非运动状态数据视为正常光电容积脉搏波；步骤4，当检测到当前时刻处于运动状态，则进行体动次数计数；步骤5，根据正常光电容积脉搏波，检测脉率信息、血氧饱和度信息、呼吸信息和脉率变异性信息；步骤6，根据步骤4和5提取脉率、血氧饱和度、呼吸、脉率变异性以及体动次数信息，进行数据传输、显示和记录。

