



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 110897634 A

(43)申请公布日 2020.03.24

(21)申请号 201911302083.9

(22)申请日 2019.12.17

(71)申请人 安徽心之声医疗科技有限公司

地址 230000 安徽省合肥市巢湖市旗麓路2号

(72)发明人 洪申达 傅兆吉 周荣博 俞杰

(74)专利代理机构 合肥市长远专利代理事务所
(普通合伙) 34119

代理人 金宇平

(51)Int.Cl.

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

G06K 9/62(2006.01)

G06N 3/04(2006.01)

G06N 3/08(2006.01)

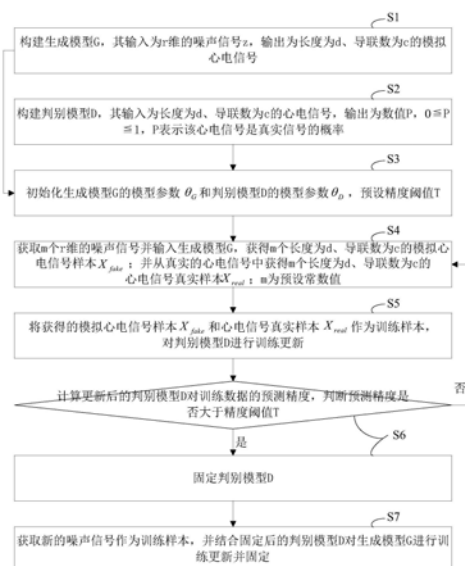
权利要求书2页 说明书4页 附图1页

(54)发明名称

一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法

(57)摘要

本发明提出的一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,通过构建生成模型G和判别模型D组成生成对抗网络;生成模型G的输入为噪声信号,输出为模拟心电信号;判别模型D的输入为心电信号,输出为心电信号为真实心电信号的概率;通过生成模型G和判别模型D的对抗训练更新生成模型G,使得生成模型G根据噪声信号模拟真实的心电信号数据并输出。通过本发明可以无限量地产生接近于真实心电信号数据的模拟心电信号数据,大大提高了心电信号采集的效率,并释放了人力。



1. 一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,通过构建生成模型G和判别模型D组成生成对抗网络;生成模型G的输入为噪声信号,输出为模拟心电信号;判别模型D的输入为心电信号,输出为心电信号为真实心电信号的概率;通过生成模型G和判别模型D的对抗训练更新生成模型G,使得生成模型G根据噪声信号模拟真实的心电信号数据并输出。

2. 如权利要求1所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,生成模型G和判别模型D均为神经网络模型。

3. 如权利要求1所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,包括以下步骤:

S1、构建生成模型G,其输入为r维的噪声信号z,输出为长度为d、导联数为c的模拟心电信号;

S2、构建判别模型D,其输入为长度为d、导联数为c的心电信号x,输出为数值P, $0 \leq P \leq 1$, P表示该心电信号是真实信号的概率;

S3、初始化生成模型G的模型参数 θ_G 和判别模型D的模型参数 θ_D ,预设精度阈值T;

S4、获取m个r维的噪声信号并输入生成模型G,获得m个长度为d、导联数为c的模拟心电信号样本 X_{fake} ;并从真实的心电信号中获得m个长度为d、导联数为c的心电信号真实样本 X_{real} ;m为预设常数值;

S5、将获得的模拟心电信号样本 X_{fake} 和心电信号真实样本 X_{real} 作为训练样本,对判别模型D进行训练更新;

S6、计算更新后的判别模型D对训练数据的预测精度;如果预测精度大于精度阈值T,则固定判别模型D,并执行下一步;如果预测精度小于或者等于精度阈值T,则返回步骤S4;

S7、判别模型D固定后,获取新的噪声信号作为训练样本,并结合固定后的判别模型D对生成模型G进行训练更新并固定。

4. 如权利要求3所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,步骤S5具体为:将获得的模拟心电信号样本 X_{fake} 和心电信号真实样本 X_{real} 作为判别模型D的训练样本,训练过程中,采用梯度上升法对判别模型D进行参数更新。

5. 如权利要求4所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,梯度上升法采用的梯度计算公式为:

$$\nabla_{\theta_D} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [\log(D(X_{real}[i])) + \log(1 - D(X_{fake}[i]))]。$$

6. 如权利要求3所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,步骤S6中,计算更新后的判别模型D对训练数据的预测精度的方法为:重新获取k个r维的噪声信号并输入生成模型G进行训练,获得k个模拟心电信号作为虚拟验证样本;并从真实的心电信号中获得k个心电信号作为真实验证样本;将虚拟验证样本和真实验证样本均输入更新后的判别模型D,并根据判别模型D对各虚拟验证样本和真实验证样本的识别情况计算预测精度,k为预设常数值。

7. 如权利要求6所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法,其特征在于,根据判别模型D对各虚拟验证样本和真实验证样本的识别情况计算预测精度的具体方法为:设置虚拟预测阈值和真实预测阈值,虚拟预测阈值小于0.5并大于0,真实预测阈值大于0.5并小于

1; 获取通过判别模型D获得的标注值大于真实预测阈值的真实验证样本数量作为第一数值, 获取通过判别模型D获得的标注值小于虚拟预测阈值的虚拟验证样本数量作为第二数值; 获取第一数值与第二数值之和除以虚拟预测阈值数量和真实预测阈值数量之和的商值作为判别模型D的预测精度。

8. 如权利要求3所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法, 其特征在于, 步骤S7中, 采用梯度下降法更新生成模型G的模型参数。

9. 如权利要求8所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法, 其特征在于, 梯度下降法采用的梯度计算公式为: $\nabla_{\theta_G} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \log(1 - D(G(Z[i])))$ 。

10. 如权利要求3所述的基于生成对抗网络的心电信号生成方法, 其特征在于, 还包括步骤S8: 循环N次执行步骤S4到S7, 获得最终的生成模型G和判别模型D并固定, 最终的生成模型G用于从输入的任意数量噪声信号中模拟生成相同数量的心电信号数据并输出。

一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法

技术领域

[0001] 本发明涉及医学和计算机科学技术领域,尤其涉及一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法。

背景技术

[0002] 心电信号是通过在人体皮肤上放置电极采集的心脏电活动信号,是目前最方便且精确的心脏数据采集手段。分析心电信号可以无创伤地诊断多种心脏疾病,长期以来一直是医学、生物学、计算机科学领域内的研究热点。

[0003] 近年来,随着大数据、人工智能技术的飞速发展,基于大规模心电信号数据建立的心电信号自动分析模型,已经取得了比传统模式识别方法更好的效果,这对于进一步提升国家的医疗水平有着十分重要的意义。

[0004] 然而,心电信号数据的获取与采集会花费很大的人力物力。据统计,三甲医院的心电科采集一次心电信号数据花费在几十元人民币,耗费一位心电科医师大约10分钟的时间,采集到的有效数据通常在30秒至2分钟。数据量的不足,很难达到现阶段心电信号自动分析模型的训练需求,极大地阻碍了相关算法的成熟应用与落地。

发明内容

[0005] 基于背景技术存在的技术问题,本发明提出了一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法。

[0006] 本发明提出的一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法,通过构建生成模型G和判别模型D组成生成对抗网络;生成模型G的输入为噪声信号,输出为模拟心电信号;判别模型D的输入为心电信号,输出为心电信号为真实心电信号的概率;通过生成模型G和判别模型D的对抗训练更新生成模型G,使得生成模型G根据噪声信号模拟真实的心电信号数据并输出。

[0007] 优选的,生成模型G和判别模型D均为神经网络模型。

[0008] 优选的,包括以下步骤:

[0009] S1、构建生成模型G,其输入为 r 维的噪声信号 z ,输出为长度为 d 、导联数为 c 的模拟心电信号;

[0010] S2、构建判别模型D,其输入为长度为 d 、导联数为 c 的心电信号 x ,输出为数值 P , $0 \leq P \leq 1$, P 表示该心电信号是真实信号的概率;

[0011] S3、初始化生成模型G的模型参数 θ_G 和判别模型D的模型参数 θ_D ,预设精度阈值 T ;

[0012] S4、获取 m 个 r 维的噪声信号并输入生成模型G,获得 m 个长度为 d 、导联数为 c 的模拟心电信号样本 X_{fake} ;并从真实的心电信号中获得 m 个长度为 d 、导联数为 c 的心电信号真实样本 X_{real} ; m 为预设常数值;

[0013] S5、将获得的模拟心电信号样本 X_{fake} 和心电信号真实样本 X_{real} 作为训练样本,对判别模型D进行训练更新;

[0014] S6、计算更新后的判别模型D对训练数据的预测精度；如果预测精度大于精度阈值T，则固定判别模型D，并执行下一步；如果预测精度小于或者等于精度阈值T，则返回步骤S4；

[0015] S7、判别模型D固定后，获取新的噪声信号作为训练样本，并结合固定后的判别模型D对生成模型G进行训练更新并固定。

[0016] 优选的，步骤S5具体为：将获得的模拟心电信号样本 X_{fake} 和心电信号真实样本 X_{real} 作为判别模型D的训练样本，训练过程中，采用梯度上升法对判别模型D进行参数更新。

[0017] 优选的，梯度上升法采用的梯度计算公式为：

$$[0018] \quad \nabla_{\theta_D} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [\log(D(X_{real}[i])) + \log(1 - D(X_{fake}[i]))]。$$

[0019] 优选的，步骤S6中，计算更新后的判别模型D对训练数据的预测精度的方法为：重新获取k个r维的噪声信号并输入生成模型G进行训练，获得k个模拟心电信号作为虚拟验证样本；并从真实的心电信号中获得k个心电信号作为真实验证样本；将虚拟验证样本和真实验证样本均输入更新后的判别模型D，并根据判别模型D对各虚拟验证样本和真实验证样本的识别情况计算预测精度，k为预设常数值。

[0020] 优选的，根据判别模型D对各虚拟验证样本和真实验证样本的识别情况计算预测精度的具体方法为：设置虚拟预测阈值和真实预测阈值，虚拟预测阈值小于0.5并大于0，真实预测阈值大于0.5并小于1；获取通过判别模型D获得的标注值大于真实预测阈值的真实验证样本数量作为第一数值，获取通过判别模型D获得的标注值小于虚拟预测阈值的虚拟验证样本数量作为第二数值；获取第一数值与第二数值之和除以虚拟预测阈值数量和真实预测阈值数量之和的商值作为判别模型D的预测精度。

[0021] 优选的，步骤S7中，采用梯度下降法更新生成模型G的模型参数。

$$[0022] \quad \text{优选的，梯度下降法采用的梯度计算公式为：} \nabla_{\theta_G} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \log(1 - D(G(Zi)))。$$

[0023] 优选的，还包括步骤S8：循环N次执行步骤S4到S7，获得最终的生成模型G和判别模型D并固定，最终的生成模型G用于从输入的任意数量噪声信号中模拟生成相同数量的心电信号数据并输出。

[0024] 本发明提出的一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法，首先根据初始化的生成模型G训练判别模型D，使得判别模型D对生成模型G生成的虚拟心电信号具有辨识能力；然后再根据训练后的判别模型D对抗训练生成模型G，使得生成模型G能够根据噪声信号模拟生成足以假乱真的心电信号。

[0025] 如此，通过本发明可以无限量地产生接近于真实心电信号数据的模拟心电信号数据，大大提高了心电信号采集的效率，并释放了人力。

附图说明

[0026] 图1为本发明提出的一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法流程图。

具体实施方式

[0027] 参照图1，本发明提出的一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法，通过构建生

成模型G和判别模型D组成生成对抗网络;生成模型G的输入为噪声信号,输出为模拟心电信号;判别模型D的输入为心电信号,输出为心电信号为真实心电信号的概率;通过生成模型G和判别模型D的对抗训练更新生成模型G,使得生成模型G根据噪声信号模拟真实的心电信号数据并输出。

[0028] 本实施方式中,生成模型G和判别模型D均为神经网络模型。

[0029] 本实施方式中的基于生成对抗网络的心电信号生成方法,具体包括以下步骤。

[0030] S1、构建生成模型G,其输入为r维的噪声信号z,输出为长度为d、导联数为c的模拟心电信号,记作 $z \in \mathbb{R}^r$, $G(z) \in \mathbb{R}^{d \times c}$ 。

[0031] S2、构建判别模型D,其输入为长度为d、导联数为c的心电信号x,输出为数值P, $0 \leq P \leq 1$, P表示该心电信号是真实信号的概率;记作 $x \in \mathbb{R}^{d \times c}$, $D(x) \in [0, 1]$ 。

[0032] S3、初始化生成模型G的模型参数 θ_G 和判别模型D的模型参数 θ_D ,预设精度阈值T。

[0033] S4、获取m个r维的噪声信号并输入生成模型G,获得m个长度为d、导联数为c的模拟心电信号样本 X_{fake} ;并从真实的心电信号中获得m个长度为d、导联数为c的心电信号真实样本 X_{real} ;m为预设常数值。

[0034] 具体的,本实施方式中,输入生成模型G的噪声信号随机获得。具体的,为了方便后续噪声信号的获得,可建立噪声库,用于存储预处理后的r维的噪声信号,以便在噪声库中随机抽取噪声样本进行生成模型G的训练。

[0035] 同理,本实施方式中,也可先建立真实样本库,用于存储预处理后的长度为d、导联数为c的真实的心电信号,以便通过在真实样本库中进行随机抽样以获得心电信号真实样本。

[0036] S5、将获得的模拟心电信号样本 X_{fake} 和心电信号真实样本 X_{real} 作为训练样本,对判别模型D进行训练更新。

[0037] 具体的,本步骤S5中,将获得的模拟心电信号样本 X_{fake} 和心电信号真实样本 X_{real} 作为判别模型D的训练样本,训练过程中,采用梯度上升法对判别模型D进行参数更新。本步骤中,梯度上升法采用的梯度计算公式为:

$$[0038] \quad \nabla_{\theta_D} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m [\log(D(X_{real}[i])) + \log(1 - D(X_{fake}[i]))]。$$

[0039] 其中, $X_{real}[i]$ 表示第i个心电信号真实样本 X_{real} , $X_{fake}[i]$ 表示第i个模拟心电信号样本 X_{fake} 。

[0040] S6、计算更新后的判别模型D对训练数据的预测精度;如果预测精度大于精度阈值T,则固定判别模型D,并执行下一步;如果预测精度小于或者等于精度阈值T,则返回步骤S4。即,当预测精度小于或者等于精度阈值T时,通过循环执行步骤S4-S6,对判别模型D进行重复训练,直至预测精度大于精度阈值T。

[0041] 本实施方式中,计算更新后的判别模型D对训练数据的预测精度的方法为:重新获取k个r维的噪声信号并输入生成模型G进行训练,获得k个模拟心电信号作为虚拟验证样本;并从真实的心电信号中获得k个心电信号作为真实验证样本;将虚拟验证样本和真实验证样本均输入更新后的判别模型D,并根据判别模型D对各虚拟验证样本和真实验证样本的识别情况计算预测精度。

[0042] 具体的,本实施方式中,可从噪声库中随机抽取k各噪声信号,通过生成模型G训练获得k个虚拟验证样本;并从真实样本库中直接抽取k个真实验证样本。k为预设常数值。

[0043] 本实施方式中,根据判别模型D对各虚拟验证样本和真实验证样本的识别情况计算预测精度的具体方法为:设置虚拟预测阈值和真实预测阈值,虚拟预测阈值小于0.5并大于0,真实预测阈值大于0.5并小于1;获取通过判别模型D获得的标注值大于真实预测阈值的真实验证样本数量作为第一数值,获取通过判别模型D获得的标注值小于虚拟预测阈值的虚拟验证样本数量作为第二数值;获取第一数值与第二数值之和除以虚拟预测阈值数量和真实预测阈值数量之和的商值作为判别模型D的预测精度。

[0044] 假设,当k个真实验证样本中,有k1个满足 $D(X_{\text{real}}[i])$ 大于真实预测阈值,即第一数值为k1;k个虚拟验证样本中,有k2个满足 $D(X_{\text{fake}}[i])$ 小于虚拟预测阈值,即第二数值为k2。则,预测精度 $= (k1+k2)/2k$ 。

[0045] S7、判别模型D固定后,获取新的噪声信号作为训练样本,并结合固定后的判别模型D对生成模型G进行训练更新并固定。具体的,本实施方式中,作为训练样本的噪声信号为r维的噪声信号,具体可从噪声库中随机抽取。

[0046] 本步骤S7中,采用梯度下降法更新生成模型G的模型参数。具体的,梯度下降法采用的梯度计算公式为: $\nabla_{\theta_G} \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m \log(1 - D(G(Z[i])))$ 。其中,其中Z[i]表示第i条噪声, $G(Z[i])$ 表示生成模型G根据噪声Z[i]模拟生成的模拟心电信号, $D(G(Z[i]))$ 表示判别模型D对模拟心电信号G(Z[i])标注的真实概率。

[0047] 本实施方式中,首先根据初始化的生成模型G训练判别模型D,使得判别模型D对生成模型G生成的虚拟心电信号具有辨识能力;然后再根据训练后的判别模型D对抗训练生成模型G,使得生成模型G能够根据噪声信号模拟生成足以以假乱真的心电信号。

[0048] 本发明具体实施时,为了进一步保证生成模型G对噪声信号的处理能力,可将生成模型G和判别模型D根据以下步骤,多次循环对抗训练,使得最终的生成模型G从造成信号中模拟的心电信号无限接近于真实的心电信号。

[0049] S8、循环N次执行步骤S4到S7,获得最终的生成模型G和判别模型D并固定,最终的生成模型G用于从输入的任意数量噪声信号中模拟生成相同数量的心电信号数据并输出。

[0050] 以上所述,仅为本发明涉及的较佳的具体实施方式,但本发明的保护范围并不局限于此,任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内,根据本发明的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变,都应涵盖在本发明的保护范围之内。

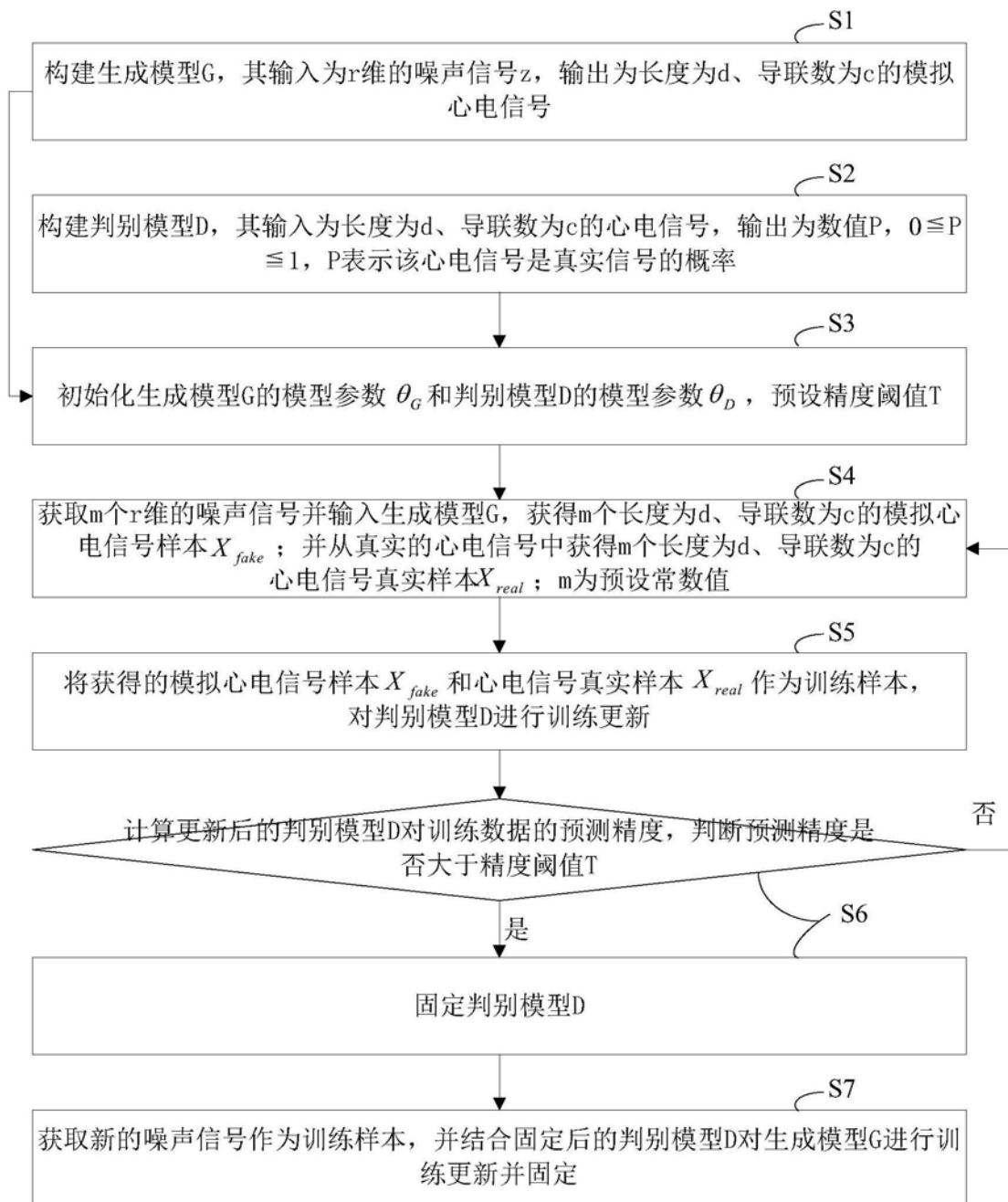


图1

专利名称(译)	一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法		
公开(公告)号	CN110897634A	公开(公告)日	2020-03-24
申请号	CN201911302083.9	申请日	2019-12-17
[标]发明人	傅兆吉 周荣博 俞杰		
发明人	洪申达 傅兆吉 周荣博 俞杰		
IPC分类号	A61B5/0402 A61B5/00 G06K9/62 G06N3/04 G06N3/08		
CPC分类号	A61B5/0402 A61B5/7203 A61B5/7267 G06K9/6256 G06N3/0454 G06N3/08		
代理人(译)	金字平		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明提出的一种基于生成对抗网络的心电信号生成方法，其特征在于，通过构建生成模型G和判别模型D组成生成对抗网络；生成模型G的输入为噪声信号，输出为模拟心电信号；判别模型D的输入为心电信号，输出为心电信号为真实心电信号的概率；通过生成模型G和判别模型D的对抗训练更新生成模型G，使得生成模型G根据噪声信号模拟真实的心电信号数据并输出。通过本发明可以无限量地产生接近于真实心电信号数据的模拟心电信号数据，大大提高了心电信号采集的效率，并释放了人力。

