



## (12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 109998523 A

(43)申请公布日 2019.07.12

(21)申请号 201910238848.0

(22)申请日 2019.03.27

(71)申请人 苏州平稳芯跳医疗科技有限公司

地址 215000 江苏省苏州市高新区竹园路  
209号1号楼B2028-1

(72)发明人 张蓝天 孙见山 朱孟斌 司源  
刘发

(74)专利代理机构 北京科家知识产权代理事务  
所(普通合伙) 11427

代理人 张丽

(51)Int.Cl.

A61B 5/0402(2006.01)

A61B 5/0452(2006.01)

A61B 5/00(2006.01)

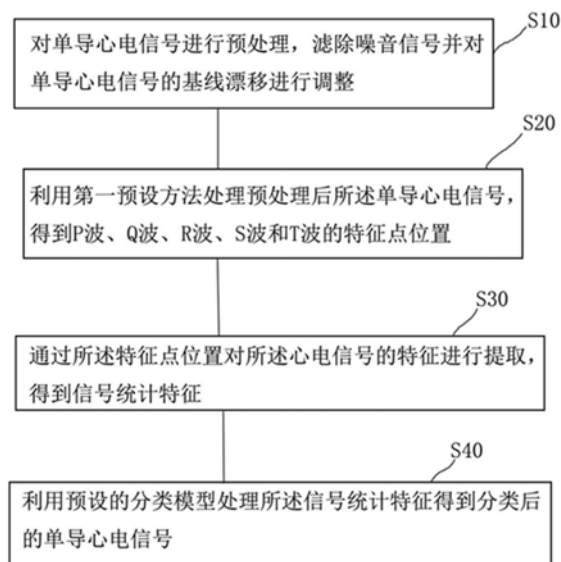
权利要求书2页 说明书5页 附图2页

### (54)发明名称

一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统

### (57)摘要

本发明公开了一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统,所述分类方法包括以下步骤:对单导心电信号进行预处理,滤除噪音信号并对单导心电信号的基线漂移进行调整;利用第一预设方法处理预处理后所述单导心电信号,得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置;通过所述特征点位置对所述心电信号的特征进行提取,得到信号统计特征;利用预设的分类模型处理所述信号统计特征得到分类后的单导心电信号。该方法和系统能够对心电信号进行准确分类,提高了分类准确率和智能化。



1. 一种单导心电信号分类方法,其特征在于,所述分类方法包括以下步骤:

S10、对单导心电信号进行预处理,滤除噪音信号并对单导心电信号的基线漂移进行调整;

S20、利用第一预设方法处理预处理后所述单导心电信号,得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置;

S30、通过所述特征点位置对所述心电信号的特征进行提取,得到信号统计特征;

S40、利用预设的分类模型处理所述信号统计特征得到分类后的单导心电信号。

2. 根据权利要求1所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述步骤S10包括:用小波方法对信号进行滤波处理和基线漂移去除。

3. 根据权利要求1所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述预设方法包括以下步骤:

S21、利用至少一次差分法得到R波波峰位置;

S22、计算两个R波之间的RR间期,并利用R波位置和RR间期,对预处理后的心电信号进行分段,针对分段后的心电信号,采用自适应方法计算确定Q波和S波位置;

S23、针对分段后的心电信号采用卷积方法,识别确定P波和T波波峰位置。

4. 根据权利要求3所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述步骤S22还包括:利用R波位置和RR间期,定位每一次心跳周期,并采用自适应位置处的斜率计算方法,对心电信号进行分段,其中,所述自适应位置为两个相邻RR间期,中间R波向前延伸1/4前RR周期,向后延伸3/4后RR周期附近处的斜率,如果所述斜率在预设阈值范围内,则判定两个位置之间的心电信号片段为一个心跳周期。

5. 根据权利要求1所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述步骤S30中,所述心电信号的特征包括时域特征、频域特征、功率谱信息中的至少一个。

6. 根据权利要求5所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述时域特征包括心电信号时间间期和心电信号振幅。

7. 根据权利要求5所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述频域特征包括:每次心跳过程所述P波、Q波、R波、S波和T波的频率谱。

8. 根据权利要求1所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述步骤S40中,预设的所述分类模型包括以下分类子模型: XGBoost方法、AdaBoost方法、随机森林方法、Bagging方法、决策树法、支持向量机方法中的至少一种。

9. 根据权利要求8所述的单导心电信号分类方法,其特征在于,所述步骤S40还包括:将所述分类子模型处理的结果按照第二预设方法对所述单导心电信号进行分类。

10. 一种单导心电信号分类系统,其特征在于,所述分类系统包括:

预处理模块,所述预处理模块用于对单导心电信号进行预处理,得到预处理后的单导心电信号;

第一处理模块,所述第一处理模块用于利用第一预设方法处理预处理后所述单导心电信号,得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置;

第二处理模块,所述第二处理模块用于提取所述特征点位置对所述心电信号的特征,得到信号统计特征;

分类模块,所述分类模块用于利用预设的分类模型处理所述信号统计特征得到分类后

的单导心电信号。

## 一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及健康检测,特别涉及一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统。

### 背景技术

[0002] 心脏病是威胁人类生命的主要疾病之一,长期以来,对心脏病的研究一直是医学界的重要课题。人体心电图(Electrocardiogram,ECG)作为心脏电活动在体表的综合表现,蕴涵着丰富的反映心脏节律及其电传导的生理和病理信息,在一定程度上可以客观反映心脏各部位的生理状况,是诊断心脏疾病、评价心脏功能的重要依据之一,尤其对于各种心率失常和传导障碍的诊断分析具有重大诊断价值,是目前分析和鉴别各种心率失常的最精确的方法。另外,心电图在对心房心室增大、心肌供血不足、洋地黄中毒、电解质紊乱以及肺心病、风心病、高血压性心脏病的诊断方面也有较高的价值。

[0003] 为了把医师从繁琐的图形识别工作中解脱出来,将精力集中在异常心电波形的识别和判断上,从而提高医疗诊断效率、缩短诊断时间,人工智能科学家需要和医生通力合作,将机器学习方法引入到心电信号分析中,以解决心电信号自动测量、模式识别和疾病诊断工作。由于心电信号的个体差异和心脏病理信息分析的复杂性,加上心电设备自身存在噪音,导致人工智能判断心脏疾病类型的准确率没有理想中的那么高,仍然无法达到临床医生的最高诊断精度。

[0004] 在实现本发明的过程中,本发明人发现ECG自动分析形成了几个不同的领域:静态ECG系统、心律失常检测及监护系统、运动ECG系统,动态心电图系统(Holter)。如今,心电信号自动分析的发展体现出了如下几个趋势,第一是在分析结果的准确率和智能化上提高,第二是分析诊断时实时性的提高,第三是分析诊断系统的小型化、家用化、智能化和云端化。

### 发明内容

[0005] 为解决上述技术问题,本发明实施例提供了一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统。

[0006] 为达到上述目的,本发明的技术方案是这样实现的:

本发明实施例提供了一种单导心电信号分类方法,所述分类方法包括以下步骤:

S10、对单导心电信号进行预处理,滤除噪音信号并对单导心电信号的基线漂移进行调整;

S20、利用第一预设方法处理预处理后所述单导心电信号,得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置;

S30、通过所述特征点位置对所述心电信号的特征进行提取,得到信号统计特征;

S40、利用预设的分类模型处理所述信号统计特征得到分类后的单导心电信号。

[0007] 进一步地,所述步骤S10包括:用小波方法对信号进行滤波处理和基线漂移去除。

[0008] 进一步地,所述预设方法包括以下步骤:

S21、利用至少一次差分法得到R波波峰位置;

S22、计算两个R波之间的RR间期,并利用R波位置和RR间期,对预处理后的心电信号进行分段,针对分段后的心电信号,采用自适应方法计算确定Q波和S波位置。

[0009] S23、针对分段后的心电信号采用卷积方法,识别确定P波和T波波峰位置。

[0010] 进一步地,所述步骤S22还包括:利用R波位置和RR间期,定位每一次心跳周期,并采用自适应位置处的斜率计算方法,对心电信号进行分段,其中,所述自适应位置为两个相邻RR间期,中间R波向前延伸1/4前RR周期,向后延伸3/4后RR周期附近处的斜率,如果所述斜率在预设阈值范围内,则判定两个位置之间的心电信号片段为一个心跳周期。

[0011] 进一步地,所述步骤S30中,所述心电信号的特征包括时域特征、频域特征、功率谱信息中的至少一个。

[0012] 进一步地,所述时域特征包括心电信号时间间期和心电信号振幅。

[0013] 进一步地,所述频域特征包括:每次心跳过程所述P波、Q波、R波、S波和T波的频率谱。

[0014] 进一步地,所述步骤S40中,预设的所述分类模型包括以下分类子模型:XGBoost方法、AdaBoost方法、随机森林方法、Bagging方法、决策树法、支持向量机方法中的至少一种。

[0015] 进一步地,所述步骤S40还包括:将所述分类子模型处理的结果按照第二预设方法对所述单导心电信号进行分类。

[0016] 本发明实施例还提供了一种单导心电信号分类系统,所述分类系统包括:

预处理模块,所述预处理模块用于对单导心电信号进行预处理,得到预处理后的单导心电信号;

第一处理模块,所述第一处理模块用于利用第一预设方法处理预处理后所述单导心电信号,得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置;

第二处理模块,所述第二处理模块用于提取所述特征点位置对所述心电信号的特征,得到信号统计特征;

分类模块,所述分类模块用于利用预设的分类模型处理所述信号统计特征得到分类后的单导心电信号。

[0017] 本发明实施例提供了一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统。该方法和系统能够对心电信号进行准确分类,提高了分类准确率和智能化。

## 附图说明

[0018] 图1为本发明一个可选实施例中单导心电信号分类方法的实现框图;

图2为本发明另一个可选实施例中单导心电信号分类方法的实现框图;

图3为本发明一个可选实施例中单导心电信号分类系统结构框图。

## 具体实施方式

[0019] 为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚,下面将结合本发明实施例的附图,对本发明实施例的技术方案进行清楚、完整地描述。显然,所描述的实施例是本发

明的一部分实施例,而不是全部实施例。基于所描述的本发明的实施例,本领域技术人员所获得的所有其他实施例,都属于本发明保护范围。

[0020] 如图1所示,本发明实施例提供了一种单导心电信号分类方法,分类方法包括以下步骤:

S10、对单导心电信号进行预处理,滤除噪音信号并对单导心电信号的基线漂移进行调整;

S20、利用第一预设方法处理预处理后单导心电信号,得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置;

S30、通过特征点位置对心电信号的特征进行提取,得到信号统计特征;

S40、利用预设的分类模型处理信号统计特征得到分类后的单导心电信号。

[0021] 在本发明的一些实施例中,步骤S10包括:用小波方法对信号进行滤波处理和基线漂移去除。具体地,单导心电信号可以被看作是含有噪声的不平稳时变信号,其中对于单导设备来说,肌肉电和身体移动过程中的噪声会造成严重的基线漂移和信号噪声。由于单导信号可以被看做高斯信号组合特性,高斯小波是高斯密度函数的微分形式,是一种非正交与非双正交的小波,没有尺度函数。复数的高斯小波是下面公式的P阶导数:

$$\psi(t) = Ce^{-jt}e^{-t^2},$$

其中,P是从1到8的一个整数,C是一个和P阶的阶数相关的正则化常数。此处采用高斯1阶小波实数基作为单导心电信号小波分解的基础小波基,对单导心电信号进行分解,并将其分解得到的低频部分和高频部分略去,将剩下的信号进行重构,得到经过噪声滤波(低频和高频信号)和基线漂移(低频信号)去除之后的单导心电信号。

[0022] 在本发明的另一些实施例中,第一预设方法包括以下步骤:

S21、利用至少一次差分法得到R波波峰位置;

S22、计算两个R波之间的RR间期,并利用R波位置和RR间期,对预处理后的心电信号进行分段,针对分段后的心电信号,采用自适应方法计算确定Q波和S波位置。

[0023] S23、针对分段后的心电信号采用卷积方法,识别确定P波和T波波峰位置。

[0024] 进一步地,步骤S22还包括:利用R波位置和RR间期,定位每一次心跳周期,并采用自适应位置处的斜率计算方法,对心电信号进行分段,其中,自适应位置为两个相邻RR间期,中间R波向前延伸1/4前RR周期,向后延伸3/4后RR周期附近处的斜率,如果斜率在预设阈值范围内,则判定两个位置之间的心电信号片段为一个心跳周期。

[0025] 具体地,经过噪声滤波和基线漂移去除之后的稳定无噪声单导心电信号,经过两次差分过程,得到心电信号的R波的位置,令 $x$ 表示信号,差分过程的公式可以表示为:

$$\text{diff\_}x_i = x_{i+1} - x_i$$

经过两次差分过程之后,采用最大值检测法,检测差分信号的最大值位置,得到的位置就是R波波峰的位置。

[0026] 利用确定好的R波波峰位置,计算两个R波之间的RR间期,并利用R波位置和RR间期,智能定位每一次心跳周期,对心电信号进行分段。智能分段的方法采用自适应位置处的斜率计算方法,其中自适应位置为两个相邻RR间期(存在3个R波波峰),中间R波向前延伸1/4前RR周期,向后延伸3/4后RR周期附近处的斜率,如果斜率在一定的阈值范围内,则判定两个位置之间的心电信号片段为一个心跳周期。

[0027] 针对分段后的心电信号,采用自适应方法计算确定Q波和S波位置。

[0028] 对于自适应方法计算确定Q波和S波位置,主要是采用峰值法和阈值法来判断Q波和S波的位置,SPKI代表对应的QRS波的波峰幅度。NPKI代表非QRS波的波峰幅度。THRESHOLD代表用来区分所检测峰值的阈值。如果所检测出的峰值大于THRESHOLD,被认为是SPKI,否则认为是NPKI。阈值的大小由下式更新:

$SPKI = 0.125PEAKI + 0.875SPKI$  如果PEAKI是信号极值

$NPKI = 0.125PEAKI + 0.875NPKI$  如果PEAKI是噪声极值

$THRESHOLD = NPKI + 0.25(SPKI - NPKI)$

因为已知R波的位置,所以Q波和S波分别位于R波两侧,通过自适应阈值检测法和峰值检测得到相应的Q波和S波的位置。

[0029] 针对分段后的心电信号采用卷积方法,识别确定P波和T波波峰位置;根据经验得到的心电信号的PQ段和ST段的经验长度,利用心电信号作为一种卷积的输入信号 $f(t)$ ,利用方形脉冲波作为卷积的另一个输入信号与心电信号的P波和T波所在区域范围内的信号进行卷积,得到相应的卷积信号,根据卷积信号的极值位置判断P波和T波波峰的位置。

[0030] 在本发明其他一些实施例中,步骤S30中,心电信号的特征包括时域特征、频域特征、功率谱信息中的至少一个。

[0031] 进一步地,时域特征包括心电信号时间间期和心电信号振幅。

[0032] 具体地,心电信号时间间期包括:RR间期,P波长度,PR间期,QT间期,QRS波群长度,ST段,T波长度,PR间期和QT间期的比率;心电信号振幅包括:R波平均绝对振幅,P波平均绝对振幅,Q波平均绝对振幅,S波平均绝对振幅,T波平均绝对振幅,ST段的斜率,PR段斜率,每个R波振幅峰度,每个P波振幅峰度,每个Q波振幅峰度,每个S波振幅峰度,每个T波振幅峰度。

[0033] 进一步地,频域特征包括:每次心跳过程P波、Q波、R波、S波和T波的频率谱。具体地,以下参数被用作频域特征:每次心跳过程PQRST的频率谱(采用离散傅里叶变换计算),计算所有对应于每个心动周期的九个频段的中位功率(即25-45,45-65,65-85,85-105,105-125,125-150,150-200,200-300,300-400Hz),然后,对于所有周期的九个频段的中值功率平均值都被用作频域特征(即9个频段 $\times$ 4种状态=36个特征)。另外,从每种状态和每个心动周期中提取13个中频率倒频谱系数(MFCC)。

[0034] 根据本发明的一些实施例,步骤S40中,预设的分类模型包括以下分类子模型:XGBoost方法、AdaBoost方法、随机森林方法、Bagging方法、决策树法、支持向量机方法中的至少一种。

[0035] 进一步地,步骤S40还包括:将分类子模型处理的结果按照第二预设方法对单导心电信号进行分类。

[0036] 具体地,如图3所示,第二预设方法为集成学习方法和投票系统,具体地,将分类子模块集合到一个判断决策系统,如图3所示,集成决策器包括判断决策系统。利用得到的相应的信号统计特征,对单导心电信号进行分类。

[0037] 例如,如图2和图3所示,将XGBoost方法、AdaBoost方法、随机森林方法、Bagging方法、支持向量机方法集合到一个判断决策系统,利用得到的相应的信号统计特征,对单导心电信号进行分类。具体地,集成决策策略:采用上述5种方法得到的分类结果按照不同的权

重相加进行集中决策得到最终分类结果。其中,XGBoost和支持向量机(SVC)方法的权重均为3,AdaBoost、随机森林和Bagging方法的权重均为1。在训练模型的过程中,我们共输入了124个特征,但是在调整好参数之后,只有最关键的72个特征被分类器选中用于分类。

[0038] 本发明实施例还提供了一种单导心电信号分类系统,分类系统包括:

预处理模块,预处理模块用于对单导心电信号进行预处理,得到预处理后的单导心电信号;

第一处理模块,第一处理模块用于利用第一预设方法处理预处理后单导心电信号,得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置;

第二处理模块,第二处理模块用于提取特征点位置对心电信号的特征,得到信号统计特征;

分类模块,分类模块用于利用预设的分类模型处理信号统计特征得到分类后的单导心电信号。

[0039] 根据本发明实施例的单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统的其他结构和操作对于本领域技术人员而言都是可以理解并且容易实现的,因此不再详细描述。

[0040] 以上所述,仅为本发明的较佳实施例而已,并非用于限定本发明的保护范围。



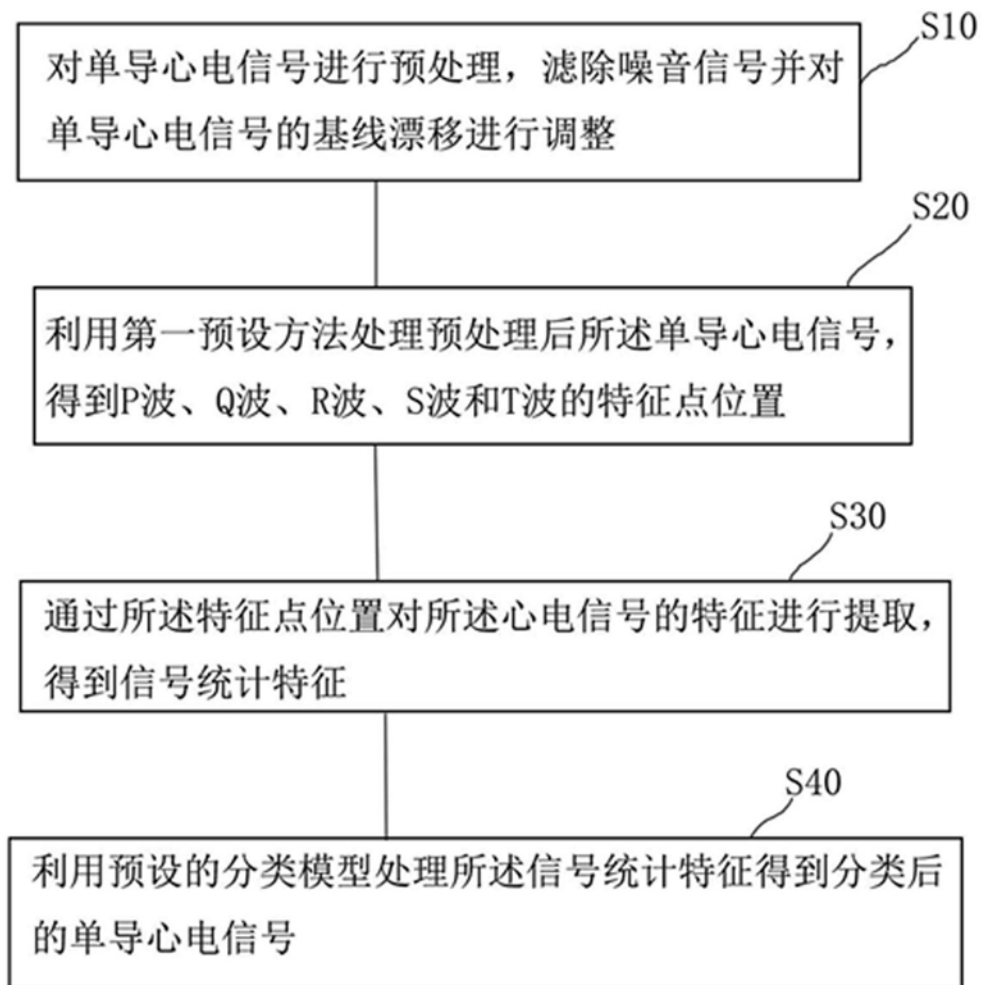


图1

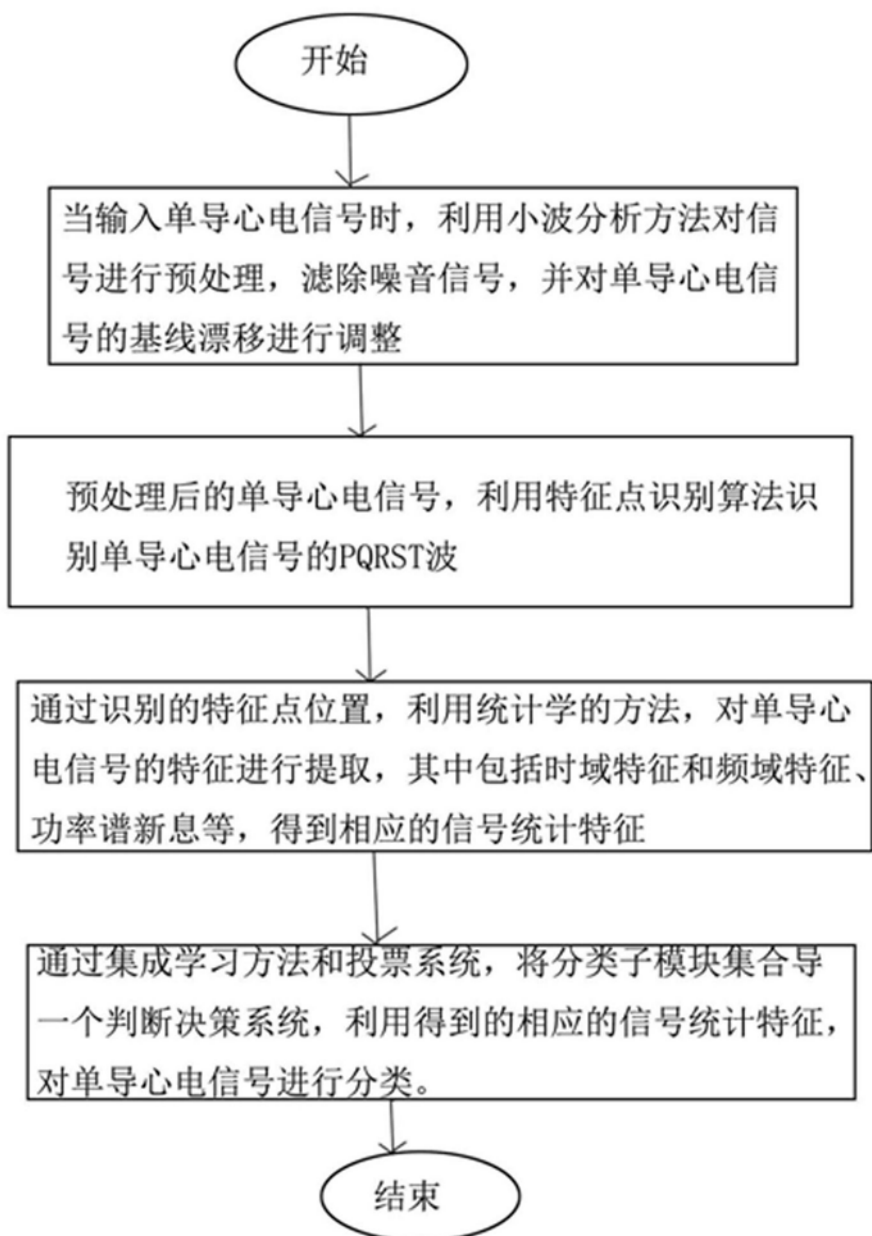


图2

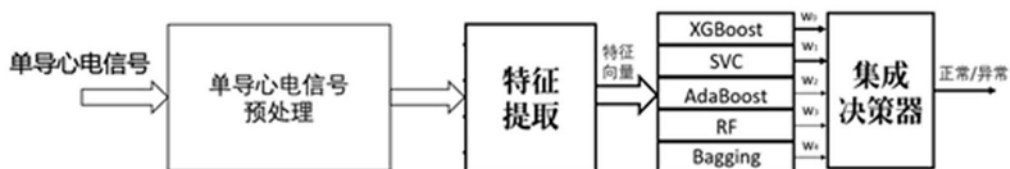


图3

专利名称(译)	一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统		
公开(公告)号	<a href="#">CN109998523A</a>	公开(公告)日	2019-07-12
申请号	CN201910238848.0	申请日	2019-03-27
[标]发明人	张蓝天 孙见山 司源 刘发		
发明人	张蓝天 孙见山 朱孟斌 司源 刘发		
IPC分类号	A61B5/0402 A61B5/0452 A61B5/00		
CPC分类号	A61B5/0402 A61B5/0452 A61B5/7203 A61B5/7225 A61B5/7267		
代理人(译)	张丽		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a> <a href="#">SIPO</a>		

#### 摘要(译)

本发明公开了一种单导心电信号分类方法和单导心电信号分类系统，所述分类方法包括以下步骤：对单导心电信号进行预处理，滤除噪音信号并对单导心电信号的基线漂移进行调整；利用第一预设方法处理预处理后所述单导心电信号，得到P波、Q波、R波、S波和T波的特征点位置；通过所述特征点位置对所述心电信号的特征进行提取，得到信号统计特征；利用预设的分类模型处理所述信号统计特征得到分类后的单导心电信号。该方法和系统能够对心电信号进行准确分类，提高了分类准确率和智能化。

