

说明书

发明名称：心电信号处理方法、装置和相关设备

- [0001] 相关申请的交叉引用
- [0002] 本申请要求于2022年11月21日提交中国专利局，申请号为2022114516528，申请名称为“心电信号处理方法、装置和相关设备”的中国专利申请的优先权，其全部内容通过引用结合在本申请中。

技术领域

- [0003] 本申请涉及心电信号处理技术领域，特别是涉及一种心电信号处理方法、装置、计算机设备和存储介质。

背景技术

- [0004] 随着社会经济发展水平的提高，人们的生活水平也在逐年提高，越来越多的人从体力劳动过度到脑力劳动，使得人们的平均运动时间逐年减少，很多在过去属于老年人的疾病逐渐越来越多的出现在年轻人身上，如心肌梗死、心衰等。
- [0005] 在传统方法中，通常采用验血测N末端B型利钠肽前体（NT-proBNP）、血浆同型半胱氨酸，心脏彩超的左心室射血分数（LVEF）、左心室收缩末期内径（LVEDD）和6min步行实验结果等检测数据联合进行心衰风险评估。然而，采用上述传统方法进行心衰风险评估存在耗时较长和评估结果不精准等问题。

发明内容

- [0006] 根据本申请公开的各种实施例，提供一种心电信号处理方法、装置和相关设备。
- [0007] 第一方面，提供了心电信号处理方法，包括：
- [0008] 获取第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号；导联包括第二预设数量的肢体导联；第二预设数量小于第一预设数量；
- [0009] 对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集；其中，静态高频QRS波形特征集包括QRS时限、第一阳性指标的数量、第一目标导联的数量和目标肢体导联的数量；第一阳性指标用于表征对应导联的高频形态

指数大于第一阈值；高频形态指数为对应导联的第一总面积和第二总面积的比值；第一总面积为对应静息状态下的心电信号的各振幅减小区域的总面积；第二总面积为对应静息状态下的心电信号的包络下方总面积；第一目标导联为对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的导联；目标肢体导联为对应静息状态下的心电信号的QRS波群电压小于第三阈值的肢体导联；

[0010] 对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数；其中，心衰风险评估分数用于判断出现心衰风险的大小；风险评估特征集包括静态高频QRS波形特征集。

[0011] 在其中一个实施例中，风险评估特征集还包括动态高频QRS波形特征集；方法还包括：获取各导联的负荷状态下的心电信号；对各负荷状态下的心电信号进行数据处理，得到对应的高频波形曲线；对各高频波形曲线进行特征分析，得到动态高频QRS波形特征集；其中，动态高频QRS波形特征集包括第二阳性指标的数量、初始平均电压值、最大输出功率和第二目标导联的数量中的至少两个；第二阳性指标用于表征对应导联的振幅下降相对值大于第四阈值；振幅下降相对值为振幅绝对值和最大RMS电压值的比值；振幅绝对值为最大RMS电压值和目标RMS电压值的差；最大RMS电压值为对应高频波形曲线的RMS电压的最大值；目标RMS电压值为对应高频波形曲线在最大RMS电压值所对应时刻后的RMS电压的最小值；初始平均电压值为各高频波形曲线的初始电压值的平均值；最大输出功率根据各高频波形曲线的均方根电压值的最大值确定；第二目标导联为对应高频波形曲线呈目标波形的导联；目标波形包括U波、L波和小V波。

[0012] 在其中一个实施例中，对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集的步骤包括：对各静息状态下的心电信号进行数据提取，得到对应导联的静态QRS波形的高频分量；根据各导联的静态QRS波形的高频分量确定各导联对应的各振幅减小区域，并计算各导联的第一总面积和对应的第二总面积；根据各导联的第一总面积和对应的第二总面积的比值，得到各导联的高频形态指数；根据各导联的高频形态指数和第一阈值，统计第一阳性指标的数量。

[0013] 在其中一个实施例中，根据各导联的静态QRS波形的高频分量确定各导联对应

的各振幅减小区域的步骤之后还包括：计算各导联对应的各振幅减小区域的面积；根据各导联对应的各振幅减小区域的面积，统计各导联的目标面积的数量；目标面积是指大于第五阈值的振幅减小区域的面积；将各导联的目标面积的数量确定为对应导联的总次数；根据各导联的总次数和第二阈值，确定第一目标导联的数量。

[0014] 在其中一个实施例中，对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数的步骤包括：将风险评估特征集输入至预设的风险评估函数或预先训练好的风险评估网络模型，得到心衰风险评估分数。

[0015] 在其中一个实施例中，上述方法还包括：根据心衰风险评估分数确定心衰风险等级；响应于心衰风险等级大于等级阈值，输出心衰监测预警数据。

[0016] 第二方面，提供了一种心电信号处理装置，上述装置包括信号获取模块、信号处理模块和评估分析模块。

[0017] 其中，信号获取模块用于获取第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号；导联包括第二预设数量的肢体导联；第二预设数量小于第一预设数量。

[0018] 信号处理模块用于对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集；其中，静态高频QRS波形特征集包括QRS时限、第一阳性指标的数量、第一目标导联的数量和目标肢体导联的数量；第一阳性指标用于表征对应导联的高频形态指数大于第一阈值；高频形态指数为对应导联的第一总面积和第二总面积的比值；第一总面积为对应静息状态下的心电信号的各振幅减小区域的总面积；第二总面积为对应静息状态下的心电信号的包络下方总面积；第一目标导联为对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的导联；目标肢体导联为对应静息状态下的心电信号的QRS波群电压小于第三阈值的肢体导联。

[0019] 评估分析模块用于对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数；其中，心衰风险评估分数用于判断出现心衰风险的大小；风险评估特征集包括静态高频QRS波形特征集。

[0020] 第三方面，提供了一种计算机设备，该存储设备包括存储器和处理器，存储器存储有计算机可读指令，处理器执行所述计算机可读指令时实现上述方法实施

例中任一方法的步骤。

[0021] 第四方面，提供了一种心电信号处理系统，上述系统包括心电信号采集设备和上述设备实施例中任一计算机设备；其中，心电信号采集设备电性连接计算机设备，并用于采集各静息状态下的心电信号。

[0022] 第五方面，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质上存储有计算机可读指令，计算机可读指令被处理器执行时实现上述方法实施例中任一方法的步骤。

[0023] 本申请的一个或多个实施例的细节在下面的附图和描述中提出。本申请的其它特征和优点将从说明书、附图以及权利要求书变得明显。

附图说明

[0024] 为了更清楚地说明本申请实施例中的技术方案，下面将对实施例中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本申请的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其它的附图。

[0025] 图1为一个实施例中心电信号处理方法的应用环境图；

[0026] 图2为一个实施例中心电信号处理方法的第一流程示意图；

[0027] 图3为一个实施例中对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集的步骤的第一流程示意图；

[0028] 图4为一个实施例中对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集的步骤的第二流程示意图；

[0029] 图5为一个实施例中心电信号处理方法的第二流程示意图；

[0030] 图6为一个实施例中心电信号处理方法的第三流程示意图；

[0031] 图7为一个实施例中心电信号处理方法的第四流程示意图；

[0032] 图8为一个实施例中心电信号处理装置的结构框图；

[0033] 图9为一个实施例中计算机设备的内部结构图；

[0034] 图10为一个实施例中心电信号处理系统的内部结构图；

[0035] 图11为一个实施例中振幅减小区域的示意图。

实施方式

- [0036] 为了使本申请的技术方案及优点更加清楚明白，以下结合附图及实施例，对本申请进行进一步详细说明。应当理解，此处描述的具体实施例仅仅用以解释本申请，并不用于限定本申请。
- [0037] 为了便于理解本申请，下面将参照相关附图对本申请进行更全面的描述。附图中给出了本申请的实施例。但是，本申请可以以许多不同的形式来实现，并不限于本文所描述的实施例。相反地，提供这些实施例的目的是使本申请的公开内容更加透彻全面。
- [0038] 除非另有定义，本文所使用的所有的技术和科学术语与属于本申请的技术领域的技术人员通常理解的含义相同。本文中在本申请的说明书中所使用的术语只是为了描述具体的实施例的目的，不是旨在于限制本申请。
- [0039] 在此使用时，单数形式的“一”、“一个”和“所述/该”也可以包括复数形式，除非上下文清楚指出另外的方式。还应当理解的是，术语“包括/包含”或“具有”等指定所陈述的特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的存在，但是不排除存在或添加一个或多个其他特征、整体、步骤、操作、组件、部分或它们的组合的可能性。同时，在本说明书中使用的术语“和/或”包括相关所列项目的任何及所有组合。
- [0040] 本申请提供的心电信号处理方法，可以应用于如图1所示的应用环境中。终端102通过网络与服务器104进行通信。终端102可以但不限于是各种个人计算机、笔记本电脑、智能手机、平板电脑和便携式可穿戴设备，服务器104可以用独立的服务器或者是多个服务器组成的服务器集群来实现。
- [0041] 第一方面，如图2所示，提供了一种心电信号处理方法，以该方法应用于图1中的终端为例进行说明，包括以下步骤202至步骤206。
- [0042] 步骤202，获取第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号。
- [0043] 第一预设数量的导联包括第二预设数量的肢体导联，第二预设数量小于第一预设数量。通过配置与终端电性连接的心电信号采集设备采集第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号，从而终端即可通过心电信号采集设备获取到第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号。

- [0044] 在一个具体事例中，第一预设数量的导联还包括第三预设数量的胸部导联；第三预设数量为第一预设数量与第二预设数量的差。可以理解的是，第一预设数量的导联可以是12个导联，12个导联包括6个胸部导联和6个肢体导联；第一预设数量的导联还可以是18个导联，18个导联包括12个胸部导联和6个肢体导联。以上仅为具体示例，在实际应用中可以根据用户需求而灵活应用，在此不进行限制。
- [0045] 步骤204，对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集。
- [0046] 静态高频QRS波形特征集包括QRS时限、第一阳性指标的数量、第一目标导联的数量和目标肢体导联的数量。
- [0047] 具体地，QRS时限是指根据各导联的静息状态下的心电信号所生成的心电图中心波、r波和s波的起点至终点范围之中所花费的时长，用于表征各导联的静息状态下的心电信号所对应的整体心功能状况。
- [0048] 在一个具体示例中，QRS时限阈值可以但不限于是0.12秒，在QRS时限大于QRS时限阈值的情况下，表征根据各导联的静息状态下的心电信号所生成的心电图出现异常，在QRS时限小于或等于QRS时限阈值的情况下，表征根据各导联的静息状态下的心电信号所生成的心电图正常。以上仅为具体示例，在实际应用中可以根据用户需求而灵活应用，在此不进行限制。
- [0049] 具体地，高频形态指数为对应导联的第一总面积和第二总面积的比值。第一总面积为对应静息状态下的心电信号的各振幅减小区域的总面积；第二总面积为对应静息状态下的心电信号的包络下方总面积。第一阳性指标用于表征对应导联的高频形态指数大于第一阈值，也就表征对应导联的静息状态下的心电信号出现异常；反之，第一阴性指标用于表征对应导联的高频形态指数小于或等于第一阈值，也就表征对应导联的静息状态下的心电信号正常。第一阳性指标的数量用于表征各导联的静息状态下的心电信号所对应的整体心肌缺血程度，也就是说第一阳性指标的数量越多代表各导联的静息状态下的心电信号所对应的整体存在更大的心肌缺血风险。
- [0050] 在一个具体示例中，第一阈值可以根据心电信号采集者的年龄确定；在心电信

号采集者的年龄大于50岁，第一阈值可以但不限于是8%；在心电信号采集者的年龄小于或等于50岁，第一阈值可以但不限于是15%。第一阈值还可以是目标高频形态指数的平均值或者20%，以进一步提高心衰风险评估分数的准确性。目标高频形态指数是指将各高频形态指数根据数值从大到小进行依次排序的情况下，排序前三的高频形态指数。以上仅为具体示例，在实际应用中可以根据用户需求而灵活应用，在此不进行限制。

[0051] 具体地，第一目标导联为对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的导联。也就是说，在对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的情况下，则将对静息状态下的心电信号所对应的导联确定为第一目标导联。第一目标导联的数量用于表征各导联的静息状态下的心电信号所对应的整体心衰风险。此外，对应静息状态下的心电信号呈下降趋势用于表征对应静息状态下的心电信号的QRS波形出现振幅减小区域（Reduced Amplitude Zone, RAZ）。如图11所示，振幅减小区域是指对应静息状态下的心电信号的QRS波形中点A和点B之间所形成的凹陷区域S。在一个具体示例中，通过统计对应静息状态下的心电信号的各振幅减小区域的峰峰值，即可将对应静息状态下的心电信号的峰峰值总数量确定为对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数。分别统计各导联所对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数，并将各导联所对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数均与第二阈值进行比较后，即可得到对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的导联的数量即第一目标导联的数量。以上仅为具体示例，在实际应用中可以根据用户需求而灵活应用，在此不进行限制。

[0052] 具体地，目标肢体导联为对应静息状态下的心电信号的QRS波群电压小于第三阈值的肢体导联。也就是说，在对应静息状态下的心电信号的QRS波群电压小于第三阈值的情况下，则将对静息状态下的心电信号所对应的导联确定为目标肢体导联。目标肢体导联的数量用于表征各导联的静息状态下的心电信号所对应的整体存在心衰程度加重的风险。

[0053] 在一个具体示例中，第三阈值根据各胸部导联对应静息状态下的心电信号的QRS波群电压确定。以上仅为具体示例，在实际应用中可以根据用户需求而灵活应

用，在此不进行限制。

- [0054] 可以理解的是，对各静息状态下的心电信号进行数据处理，即可得到包括QRS时限、第一阳性指标的数量、第一目标导联的数量和目标肢体导联的数量的静态高频QRS波形特征集。
- [0055] 在其中一个实施例中，如图3所示，对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集的步骤包括：
- [0056] 步骤301，对各静息状态下的心电信号进行数据提取，得到对应导联的静态QRS波形的高频分量。
- [0057] 步骤302，根据各导联的静态QRS波形的高频分量确定各导联对应的各振幅减小区域，并计算各导联的第一总面积和对应的第二总面积。
- [0058] 步骤303，根据各导联的第一总面积和对应的第二总面积的比值，得到各导联的高频形态指数。
- [0059] 步骤304，根据各导联的高频形态指数和第一阈值，统计第一阳性指标的数量。
- [0060] 终端可以对各静息状态下的心电信号进行数据提取，得到对应导联的静态QRS波形的高频分量；而后，根据各导联的静态QRS波形的高频分量即可确定各导联对应的各振幅减小区域；且，根据各导联对应的各振幅减小区域即可计算出各导联的第一总面积和对应的第二总面积；接着，计算各导联的第一总面积和对应的第二总面积的比值，从而得到各导联的高频形态指数；最后，根据各导联的高频形态指数和第一阈值的比较结果，即可统计出第一阳性指标的数量。
- [0061] 在本实施例中，通过对各静息状态下的心电信号进行数据提取后得到对应导联的静态QRS波形的高频分量，即可通过各导联的静态QRS波形的高频分量得到准确的第一阳性指标的数量，从而能够通过第一阳性指标的数量了解到对应导联的静息状态下的心电信号出现异常的导联数量，也就便于获得风险评估特征集以及心衰风险评估分数。
- [0062] 在其中一个实施例中，如图4所示，根据各导联的静态QRS波形的高频分量确定各导联对应的各振幅减小区域的步骤之后还包括
- [0063] 步骤401，计算各导联对应的各振幅减小区域的面积。

- [0064] 步骤402, 根据各导联对应的各振幅减小区域的面积, 统计各导联的目标面积的数量。
- [0065] 步骤403, 将各导联的目标面积的数量确定为对应导联的总次数。
- [0066] 步骤404, 根据各导联的总次数和第二阈值, 确定第一目标导联的数量。
- [0067] 目标面积是指大于第五阈值的振幅减小区域的面积。终端根据各导联的静态QRS波形的高频分量确定各导联对应的各振幅减小区域, 即可计算各导联对应的各振幅减小区域的面积; 大于第五阈值的振幅减小区域的面积可确定为目标面积; 而后, 根据各导联对应的各振幅减小区域的面积统计出各导联的目标面积的数量; 且, 将各导联的目标面积的数量确定为对应导联的静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数; 最后, 即可根据各导联的总次数和第二阈值的比较结果, 确定第一目标导联的数量。
- [0068] 在本实施例中, 通过各导联对应的各振幅减小区域的面积, 统计各导联的目标面积的数量, 从而准确得到各静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数, 进而确定第一目标导联的数量, 提高了获得风险评估特征集进而心衰风险评估分数的便利性。
- [0069] 步骤206, 对风险评估特征集进行评估分析, 得到心衰风险评估分数。
- [0070] 心衰风险评估分数用于判断出现心衰风险的大小; 风险评估特征集包括静态高频QRS波形特征集。终端针对风险评估特征集进行评估分析, 即可得到心衰风险评估分数, 从而准确的了解出现心衰风险的大小。
- [0071] 基于此, 上述心电信号处理方法, 通过获取第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号; 而后, 根据对各静息状态下的心电信号进行数据处理, 得到静态高频QRS波形特征集; 接着, 对风险评估特征集进行评估分析, 得到心衰风险评估分数, 即可准确的了解出现心衰风险的大小。此外, 通过对心电信号处理后得到了完善和全面的静态高频QRS波形特征集和风险评估特征集, 也直接通过心衰风险评估分数了解出现心衰风险的大小, 从而避免传统方法中需要多项检测数据联合进行心衰风险评估, 减少了心衰风险评估的耗时, 提高了心衰风险评估的效率。
- [0072] 在其中一个实施例中, 如图5所示, 风险评估特征集还包括动态高频QRS波形特

征集。上述方法还包括：

- [0073] 步骤501，获取各导联的负荷状态下的心电信号。
- [0074] 步骤502，对各负荷状态下的心电信号进行数据处理，得到对应的高频波形曲线。
- [0075] 步骤503，对各高频波形曲线进行特征分析，得到动态高频QRS波形特征集。
- [0076] 负荷状态下的心电信号包括静息状态、运动状态和恢复状态的心电信号。通过配置与终端电性连接的心电信号采集设备采集第一预设数量的导联的负荷状态下的心电信号。终端即可通过心电信号采集设备获取到各导联的负荷状态下的心电信号；而后，对各导联的负荷状态下的心电信号进行数据处理，即可得到对应的高频波形曲线；接着，对各高频波形曲线进行特征分析，得到动态高频QRS波形特征集。
- [0077] 在一个具体示例中，对各高频波形曲线进行特征分析，得到动态高频QRS波形特征集的步骤包括：对各高频波形曲线进行特征点提取，得到对应的各目标特征点；根据对应的各目标特征点进行特征提取，得到动态高频QRS波形特征集。以上仅为具体示例，在实际应用中可以根据用户需求而灵活应用，在此不进行限制。
- [0078] 具体地，动态高频QRS波形特征集包括第二阳性指标的数量、初始平均电压值、最大输出功率和第二目标导联的数量中的至少两个。可以理解的是，动态高频QRS波形特征集中特征数量越多，也就可以进一步提高对风险评估特征集进行评估分析的数据全面性以及心衰风险评估分数的准确性。
- [0079] 振幅下降相对值为振幅绝对值和最大RMS电压值的比值；振幅绝对值为最大RMS电压值和目标RMS电压值的差；最大RMS电压值为对应高频波形曲线的RMS电压的最大值；目标RMS电压值为对应高频波形曲线在最大RMS电压值所对应时刻后的RMS电压的最小值。可以理解的是，第二指标呈阳性是指对应导联的振幅下降相对值大于第四阈值；反之，第二指标呈阴性是指对应导联的振幅下降相对值小于或等于第四阈值。第二指标呈阳性的数量用于表征各导联的负荷状态下的心电信号所对应整体心肌缺血程度，也就是说第二指标呈阳性的数量越多则存在心肌缺血的风险越大。

- [0080] 具体地，初始平均电压值为各高频波形曲线的初始电压值的平均值，用于表征各导联的负荷状态下的心电信号所对应的整体心脏泵血功能是否出现异常。初始电压值是指高频波形曲线的初始时刻的电压值。最大输出功率根据各高频波形曲线的均方根电压值的最大值确定，用于表征各导联的负荷状态下的心电信号所对应的整体心脏泵血能力。
- [0081] 第二目标导联为对应高频波形曲线呈目标波形的导联；目标波形包括U波、L波和小V波。第二目标导联的数量用于表征各导联的负荷状态下的心电信号所对应的冠脉狭窄严重程度。
- [0082] 在本实施例中，通过获取各导联的负荷状态下的心电信号；而后，对各负荷状态下的心电信号进行数据处理，得到对应的高频波形曲线；接着，对各高频波形曲线进行特征分析，得到动态高频QRS波形特征集，也就实现了结合静态高频QRS波形特征集和动态高频QRS波形特征集进行评估分析，以通过各导联分别在静息状态和负荷状态下的心电信号获得更为精确的心衰风险评估分数，进一步提高了心衰风险评估的准确性和便利性。
- [0083] 在其中一个实施例中，如图6所示，对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数的步骤包括步骤601。
- [0084] 步骤601，将风险评估特征集输入至预设的风险评估函数或预先训练好的风险评估网络模型，得到心衰风险评估分数。
- [0085] 终端可以预先存储预设的风险评估函数或预先训练好的风险评估网络模型，将风险评估特征集输入至预设的风险评估函数即可通过该风险评估函数输出对应的心衰风险评估分数，和/或将风险评估特征集输入至预先训练好的风险评估网络模型即可通过该风险评估网络模型输出对应的心衰风险评估分数。
- [0086] 在一个具体示例中，基于以下表达式得到第一心衰风险评估子分数：
- [0087]
$$f(t) = \begin{cases} 10 & (135ms < t < 149ms) \\ 5 & (120ms < t < 134ms) \\ 0 & (t < 120ms) \end{cases}$$
- [0088] $f(t)$ 为第一心衰风险评估子分数； t 为QRS时限。
- [0089] 基于以下表达式得到第二心衰风险评估子分数：

[0090] $\alpha(c) = c$

[0091] $\alpha(c)$ 为第二心衰风险评估子分数； c 为第一阳性指标的数量。

[0092] 基于以下表达式得到第三心衰风险评估子分数：

[0093] $\beta(v) = 5v$

[0094] $\beta(v)$ 为第三心衰风险评估子分数； v 为第一目标导联的数量。

[0095] 基于以下表达式得到第四心衰风险评估子分数：

[0096] $\chi(b) = 3b$

[0097] $\chi(b)$ 为第四心衰风险评估子分数； b 为目标肢体导联的数量。

[0098] 基于以下表达式得到第五心衰风险评估子分数：

[0099] $\delta(n) = n$

[0100] $\delta(n)$ 为第五心衰风险评估子分数； n 为第二指标呈阳性的数量；

[0101] 基于以下表达式得到第六心衰风险评估子分数。

[0102] $\varepsilon(m) = 10m \quad (m > 2)$

[0103] $\varepsilon(m)$ 为第六心衰风险评估子分数； m 为初始平均电压值。

[0104] 基于以下表达式得到第七心衰风险评估子分数：

[0105]
$$\phi(a) = \begin{cases} 10 & (a = 4) \\ 5 & (a = 6) \end{cases}$$

[0106] $\phi(a)$ 为第七心衰风险评估子分数； a 为最大输出功率。

[0107] 基于以下表达式得到第八心衰风险评估子分数：

[0108] $\varphi(s) = 5s$

[0109] $\varphi(s)$ 为第八心衰风险评估子分数； s 为第二目标导联的数量；

[0110] 基于以下风险评估函数的表达式得到心衰风险评估分数：

[0111] $y = f(t) + \alpha(c) + \beta(v) + \chi(b) + \delta(n) + \varepsilon(m) + \phi(a) + \varphi(s)$

[0112] y 为心衰风险评估分数； $f(t)$ 为第一心衰风险评估子分数； $\alpha(c)$ 为第二心衰风险评估子分数； $\beta(v)$ 为第三心衰风险评估子分数； $\chi(b)$ 为第四心衰风险评估子分数；

估子分数； $\delta(m)$ 为第五心衰风险评估子分数； $\varepsilon(m)$ 为第六心衰风险评估子分数； $\phi(a)$ 为第七心衰风险评估子分数； $\phi(s)$ 为第八心衰风险评估子分数；以上仅为具体示例，在实际应用中可以根据用户需求而灵活应用，在此不进行限制。

[0113] 在一个具体示例中，第八心衰风险评估子分数还可以基于以下表达式得到：

$$\phi(s) = 5a + 2(s - a)$$

[0115] $\phi(s)$ 为第八心衰风险评估子分数； s 为第二目标导联的数量； a 为第三目标导联的数量； $s - a$ 为第四目标导联的数量。第三目标导联为对应高频波形曲线上的均方根电压的最小值所对应的时刻处于目标时间内的第二目标导联；目标时间为运动状态的心电信号的起始时刻至预设时刻。可以理解的是，第四目标导联为对应高频波形曲线上的均方根电压的最小值所对应的时刻并非处于目标时间内的第二目标导联。此外，预设时刻可以但不限于是180秒，实际应用中根据用户需求而灵活设置，在此不进行限制。

[0116] 在其中一个实施例中，如图7所示，上述方法还包括步骤701和步骤702。

[0117] 步骤701，根据心衰风险评估分数确定心衰风险等级。

[0118] 步骤702，响应于心衰风险等级大于等级阈值，输出心衰监测预警数据。

[0119] 终端对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数；而后，根据心衰风险评估分数确定心衰风险等级；接着，响应于心衰风险等级大于等级阈值，输出心衰监测预警数据。

[0120] 在本实施例中，通过根据心衰风险评估分数确定心衰风险等级；而后，响应于心衰风险等级大于等级阈值，输出心衰监测预警数据，以使得心电信号采集者及时了解自身的心衰风险，提高了心电信号处理方法的便利性。

[0121] 在其中一个实施例中，根据心衰风险评估分数确定心衰风险等级的步骤包括：根据心衰风险评估分数所在区间确定心衰风险等级。

[0122] 上述区间包括第一预设评分区间、第二预设评分区间和第三预设评分区间。第一预设评分区间的上限小于或等于第二预设评分区间的下限，第二预设评分区间的上限小于或等于第三预设评分区间的下限。

- [0123] 心衰风险等级包括第一等级、第二等级和第三等级。终端在心衰风险评估分数属于第一预设评分区间，则将心衰风险等级确定为第一等级，第一等级表征心电信号采集者的心衰风险较小，通过康复运动治疗有效或康复运动治疗方案强度可下调。终端在心衰风险评估分数属于第二预设评分区间，则将心衰风险等级确定为第二等级，第二等级表征心电信号采集者的心衰风险适中，康复运动治疗可继续维持，康复运动治疗方案强度下调需等待心衰风险评估分数属于第一预设评分区间。终端在心衰风险评估分数属于第三预设评分区间，则将心衰风险等级确定为第三等级，第三等级表征心电信号采集者的心衰风险严重，康复运动治疗效果欠佳或康复运动治疗方案强度暂时降低且待适应后再逐步上升。
- [0124] 在本实施例中，根据心衰风险评估分数所在区间确定心衰风险等级，从而可以准确的确定心电信号采集者的心衰风险等级，便于了解康复运动治疗效果和调整康复运动治疗方案强度。
- [0125] 应该理解的是，虽然图2-7的流程图中的各个步骤按照箭头的指示依次显示，但是这些步骤并不是必然按照箭头指示的顺序依次执行。除非本文中有明确的说明，这些步骤的执行并没有严格的顺序限制，这些步骤可以以其它的顺序执行。而且，图2-7中的至少一部分步骤可以包括多个子步骤或者多个阶段，这些子步骤或者阶段并不必然是在同一时刻执行完成，而是可以在不同的时刻执行，这些子步骤或者阶段的执行顺序也不必然是依次进行，而是可以与其它步骤或者其它步骤的子步骤或者阶段的至少一部分轮流或者交替地执行。
- [0126] 在一个实施例中，如图8所示，提供了一种心电信号处理装置，上述装置包括信号获取模块810、信号处理模块820和评估分析模块830。
- [0127] 信号获取模块810用于获取第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号；导联包括第二预设数量的肢体导联；第二预设数量小于第一预设数量。
- [0128] 信号处理模块820用于对各静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集；静态高频QRS波形特征集包括QRS时限、第一阳性指标的数量、第一目标导联的数量和目标肢体导联的数量；第一阳性指标用于表征对应导联的高频形态指数大于第一阈值；高频形态指数为对应导联的第一总面积和第

二总面积的比值；第一总面积为对应静息状态下的心电信号的各振幅减小区域的总面积；第二总面积为对应静息状态下的心电信号的包络下方总面积；第一目标导联为对应静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的导联；目标肢体导联为对应静息状态下的心电信号的QRS波群电压小于第三阈值的肢体导联。

- [0129] 评估分析模块830用于对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数；心衰风险评估分数用于判断出现心衰风险的大小；风险评估特征集包括静态高频QRS波形特征集。
- [0130] 在其中一个实施例中，风险评估特征集还包括动态高频QRS波形特征集；信号获取模块810还用于获取各导联的负荷状态下的心电信号。信号处理模块820还用于对各负荷状态下的心电信号进行数据处理，得到对应的高频波形曲线；信号处理模块820还用于对各高频波形曲线进行特征分析，得到动态高频QRS波形特征集；动态高频QRS波形特征集包括第二阳性指标的数量、初始平均电压值、最大输出功率和第二目标导联的数量；第二阳性指标用于表征对应导联的振幅下降相对值大于第四阈值；振幅下降相对值为振幅绝对值和最大RMS电压值的比值；振幅绝对值为最大RMS电压值和目标RMS电压值的差；最大RMS电压值为对应高频波形曲线的RMS电压的最大值；目标RMS电压值为对应高频波形曲线在最大RMS电压值所对应时刻后的RMS电压的最小值；初始平均电压值为各高频波形曲线的初始电压值的平均值；最大输出功率根据各高频波形曲线的均方根电压值的最大值确定；第二目标导联为对应高频波形曲线呈目标波形的导联；目标波形包括U波、L波和小V波。
- [0131] 在其中一个实施例中，信号处理模块820包括信号处理单元：信号处理单元用于对各静息状态下的心电信号进行数据提取，得到对应导联的静态QRS波形的高频分量；信号处理单元还用于根据各导联的静态QRS波形的高频分量确定各导联对应的各振幅减小区域，并计算各导联的第一总面积和对应的第二总面积；信号处理单元还用于根据各导联的第一总面积和对应的第二总面积的比值，得到各导联的高频形态指数；信号处理单元还用于根据各导联的高频形态指数和第一阈值，统计第一阳性指标的数量。

- [0132] 在其中一个实施例中，信号处理单元还用于计算各导联对应的各振幅减小区域的面积；信号处理单元还用于根据各导联对应的各振幅减小区域的面积，统计各导联的目标面积的数量；信号处理单元还用于目标面积是指大于第五阈值的振幅减小区域的面积；信号处理单元还用于将各导联的目标面积的数量确定为对应导联的总次数；信号处理单元还用于根据各导联的总次数和第二阈值，确定第一目标导联的数量。
- [0133] 在其中一个实施例中，评估分析模块830包括评估分析单元。评估分析单元用于将风险评估特征集输入至预设的风险评估函数或预先训练好的风险评估网络模型，得到心衰风险评估分数。
- [0134] 在其中一个实施例中，上述装置还包括风险定级模块和风险预警模块。
- [0135] 风险定级模块用于根据心衰风险评估分数确定心衰风险等级；风险预警模块用于响应于心衰风险等级大于等级阈值，输出心衰监测预警数据。
- [0136] 关于心电信号处理装置的具体限定可以参见上文中对于心电信号处理方法的限定，在此不再赘述。上述心电信号处理装置中的各个模块可全部或部分通过软件、硬件及其组合来实现。上述各模块可以硬件形式内嵌于或独立于计算机设备中的处理器中，也可以以软件形式存储于计算机设备中的存储器中，以便于处理器调用执行以上各个模块对应的操作。
- [0137] 在一个实施例中，提供了一种计算机设备900，该计算机设备900可以是终端，其内部结构图可以如图9所示。该计算机设备900包括通过系统总线连接的处理器、存储器、网络接口、显示屏和输入装置。该计算机设备900的处理器用于提供计算和控制能力。该计算机设备900的存储器包括非易失性存储介质、内存储器。该非易失性存储介质存储有操作系统和计算机可读指令。该内存储器为非易失性存储介质中的操作系统和计算机可读指令的运行提供环境。该计算机设备900的网络接口用于与外部的终端通过网络连接通信。该计算机可读指令被处理器执行时以实现一种心电信号处理方法。该计算机设备900的显示屏可以是液晶显示屏或者电子墨水显示屏，该计算机设备900的输入装置可以是显示屏上覆盖的触摸层，也可以是计算机设备900外壳上设置的按键、轨迹球或触控板，还可以是外接的键盘、触控板或鼠标等。

- [0138] 本领域技术人员可以理解，图9中示出的结构，仅仅是与本申请方案相关的部分结构的框图，并不构成对本申请方案所应用于其上的计算机设备900的限定，具体的计算机设备900可以包括比图中所示更多或更少的部件，或者组合某些部件，或者具有不同的部件布置。
- [0139] 第三方面，提供了一种计算机设备900，该存储设备包括存储器和处理器，存储器存储有计算机可读指令，处理器执行所述计算机可读指令时实现上述方法实施例中任一方法的步骤。
- [0140] 第四方面，提供了一种心电信号处理系统，如图10所示，上述系统包括心电信号采集设备1010和上述设备实施例中任一计算机设备900。
- [0141] 心电信号采集设备1010电性连接计算机设备900，并用于采集各静息状态下的心电信号。
- [0142] 在本实施例中，通过上述心衰风险评估系统能够直接得到心衰风险评估分数，即可准确的了解出现心衰风险的大小。此外，直接通过心衰风险评估分数了解出现心衰风险的大小，也就避免传统方法中需要多项检测数据联合进行心衰风险评估，减少了心衰风险评估的耗时，提高了心衰风险评估的效率。
- [0143] 在其中一个实施例中，心电信号采集设备1010还用于采集各负荷状态下的心电信号。
- [0144] 第五方面，提供了一种计算机可读存储介质，该计算机可读存储介质上存储有计算机可读指令，计算机可读指令被处理器执行时实现上述方法实施例中任一方法的步骤。
- [0145] 本领域普通技术人员可以理解实现上述实施例方法中的全部或部分流程，是可以通过计算机可读指令来指令相关的硬件来完成，所述的计算机可读指令可存储于一非易失性计算机可读存储介质中，该计算机可读指令在执行时，可包括如上述各方法的实施例的流程。本申请所提供的各实施例中所使用的对存储器、存储、数据库或其它介质的任何引用，均可包括非易失性和/或易失性存储器。非易失性存储器可包括只读存储器（ROM）、可编程ROM（PROM）、电可编程ROM（EPROM）、电可擦除可编程ROM（EEPROM）或闪存。易失性存储器可包括随机存取存储器（RAM）或者外部高速缓冲存储器。作为说明而非局限，RAM以

多种形式可得，诸如静态RAM（SRAM）、动态RAM（DRAM）、同步DRAM（SDRAM）、双数据率SDRAM（DDRSDRAM）、增强型SDRAM（ESDRAM）、同步链路（Synchlink）DRAM（SLDRAM）、存储器总线（Rambus）直接RAM（RDRAM）、直接存储器总线动态RAM（DRDRAM）、以及存储器总线动态RAM（RDRAM）等。

[0146] 以上实施例的各技术特征可以进行任意的组合，为使描述简洁，未对上述实施例中的各个技术特征所有可能的组合都进行描述，然而，只要这些技术特征的组合不存在矛盾，都应当认为是本说明书记载的范围。

[0147] 以上所述实施例仅表达了本申请的几种实施方式，其描述较为具体和详细，但并不能因此而理解为对发明专利范围的限制。应当指出的是，对于本领域的普通技术人员来说，在不脱离本申请构思的前提下，还可以做出若干变形和改进，这些都属于本申请的保护范围。因此，本申请专利的保护范围应以所附权利要求为准。

权利要求书

- [权利要求 1] 一种心电信号处理方法，其特征在于，所述方法包括：
- 获取第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号；所述导联包括第二预设数量的肢体导联；所述第二预设数量小于所述第一预设数量；
- 对各所述静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集；其中，所述静态高频QRS波形特征集包括QRS时限、第一阳性指标的数量、第一目标导联的数量和目标肢体导联的数量；所述第一阳性指标用于表征对应所述导联的高频形态指数大于第一阈值；所述高频形态指数为对应所述导联的第一总面积和第二总面积的比值；
- 所述第一总面积为对应所述静息状态下的心电信号的各振幅减小区域的总面积；第二总面积为对应所述静息状态下的心电信号的包络下方总面积；所述第一目标导联为对应所述静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的所述导联；所述目标肢体导联为对应所述静息状态下的心电信号的QRS波群电压小于第三阈值的所述肢体导联；
- 对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数；其中，所述心衰风险评估分数用于判断出现心衰风险的大小；所述风险评估特征集包括所述静态高频QRS波形特征集；
- 其中，所述对各所述静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集的步骤包括：
- 对各所述静息状态下的心电信号进行数据提取，得到对应所述导联的静态QRS波形的高频分量；
- 根据各所述导联的静态QRS波形的高频分量确定各所述导联对应的各所述振幅减小区域，并计算各所述导联的所述第一总面积和对应的所述第二总面积；
- 根据各所述导联的所述第一总面积和对应的所述第二总面积的比值，得到各所述导联的所述高频形态指数；
- 根据各所述导联的所述高频形态指数和所述第一阈值，统计所述第一

阳性指标的数量；

计算各所述导联对应的各所述振幅减小区域的面积；

根据各所述导联对应的各所述振幅减小区域的面积，统计各所述导联的目标面积的数量；所述目标面积是指大于第五阈值的所述振幅减小区域的面积；

将各所述导联的所述目标面积的数量确定为对应所述导联的所述总次数；

根据各所述导联的所述总次数和所述第二阈值，确定所述第一目标导联的数量。

[权利要求 2] 根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述风险评估特征集还包括动态高频QRS波形特征集；所述方法还包括：

获取各所述导联的负荷状态下的心电信号；

对各所述负荷状态下的心电信号进行数据处理，得到对应的高频波形曲线；

对各所述高频波形曲线进行特征分析，得到所述动态高频QRS波形特征集；其中，所述动态高频QRS波形特征集包括第二阳性指标的数量、初始平均电压值、最大输出功率和第二目标导联的数量中的至少两个；所述第二阳性指标用于表征对应导联的振幅下降相对值大于第四阈值；所述振幅下降相对值为振幅绝对值和最大RMS电压值的比值；所述振幅绝对值为所述最大RMS电压值和目标RMS电压值的差；所述最大RMS电压值为对应所述高频波形曲线的RMS电压的最大值；所述目标RMS电压值为对应所述高频波形曲线在所述最大RMS电压值所对应时刻后的RMS电压的最小值；所述初始平均电压值为各所述高频波形曲线的初始电压值的平均值；所述最大输出功率根据各所述高频波形曲线的均方根电压值的最大值确定；所述第二目标导联为对应所述高频波形曲线呈目标波形的所述导联；所述目标波形包括U波、L波和小V波。

[权利要求 3] 根据权利要求1至2任意一项所述的方法，其特征在于，所述对风险评

估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数的步骤包括：

将所述风险评估特征集输入至预设的风险评估函数或预先训练好的风险评估网络模型，得到所述心衰风险评估分数。

[权利要求 4] 根据权利要求1至2任意一项所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

根据所述心衰风险评估分数确定心衰风险等级；

响应于所述心衰风险等级大于等级阈值，输出心衰监测预警数据。

[权利要求 5] 一种心电信号处理装置，其特征在于，所述装置包括：

信号获取模块，用于获取第一预设数量的导联的静息状态下的心电信号；所述导联包括第二预设数量的肢体导联；所述第二预设数量小于所述第一预设数量；

信号处理模块，用于对各所述静息状态下的心电信号进行数据处理，得到静态高频QRS波形特征集；其中，所述静态高频QRS波形特征集包括QRS时限、第一阳性指标的数量、第一目标导联的数量和目标肢体导联的数量；所述第一阳性指标用于表征对应所述导联的高频形态指数大于第一阈值；所述高频形态指数为对应所述导联的第一总面积和第二总面积的比值；所述第一总面积为对应所述静息状态下的心电信号的各振幅减小区域的总面积；第二总面积为对应所述静息状态下的心电信号的包络下方总面积；所述第一目标导联为对应所述静息状态下的心电信号呈下降趋势的总次数超过第二阈值的所述导联；所述目标肢体导联为对应所述静息状态下的心电信号的QRS波群电压小于第三阈值的所述肢体导联；

评估分析模块，用于对风险评估特征集进行评估分析，得到心衰风险评估分数；其中，所述心衰风险评估分数用于判断出现心衰风险的大小；所述风险评估特征集包括所述静态高频QRS波形特征集；

其中，所述信号处理模块包括信号处理单元：信号处理单元用于对各所述静息状态下的心电信号进行数据提取，得到对应所述导联的静态QRS波形的高频分量；信号处理单元还用于根据各所述导联的静态QRS

波形的高频分量确定各所述导联对应的各所述振幅减小区域，并计算各所述导联的所述第一总面积和对应的所述第二总面积；信号处理单元还用于根据各所述导联的所述第一总面积和对应的所述第二总面积的比值，得到各所述导联的所述高频形态指数；信号处理单元还用于根据各所述导联的所述高频形态指数和所述第一阈值，统计所述第一阳性指标的数量；信号处理单元还用于计算各所述导联对应的各所述振幅减小区域的面积；信号处理单元还用于根据各所述导联对应的各所述振幅减小区域的面积，统计各所述导联的目标面积的数量；所述目标面积是指大于第五阈值的所述振幅减小区域的面积；信号处理单元还用于将各所述导联的所述目标面积的数量确定为对应所述导联的所述总次数；信号处理单元还用于根据各所述导联的所述总次数和所述第二阈值，确定所述第一目标导联的数量。

[权利要求 6]

根据权利要求5所述的装置，其特征在于，所述风险评估特征集还包括动态高频QRS波形特征集；所述信号获取模块，还用于获取各所述导联的负荷状态下的心电信号；所述信号处理模块，还用于对各所述负荷状态下的心电信号进行数据处理，得到对应的高频波形曲线；对各所述高频波形曲线进行特征分析，得到所述动态高频QRS波形特征集；其中，所述动态高频QRS波形特征集包括第二阳性指标的数量、初始平均电压值、最大输出功率和第二目标导联的数量中的至少两个；所述第二阳性指标用于表征对应导联的振幅下降相对值大于第四阈值；所述振幅下降相对值为振幅绝对值和最大RMS电压值的比值；所述振幅绝对值为所述最大RMS电压值和目标RMS电压值的差；所述最大RMS电压值为对应所述高频波形曲线的RMS电压的最大值；所述目标RMS电压值为对应所述高频波形曲线在所述最大RMS电压值所对应时刻后的RMS电压的最小值；所述初始平均电压值为各所述高频波形曲线的初始电压值的平均值；所述最大输出功率根据各所述高频波形曲线的均方根电压值的最大值确定；所述第二目标导联为对应所述高频波形曲线呈目标波形的所述导联；所述目标波形包括U波、L波和小V波。

- [权利要求 7] 根据权利要求5至6任意一项所述的装置，其特征在于，所述评估分析模块包括评估分析单元；所述评估分析单元，用于将所述风险评估特征集输入至预设的风险评估函数或预先训练好的风险评估网络模型，得到所述心衰风险评估分数。
- [权利要求 8] 根据权利要求5至6任意一项所述的装置，其特征在于，还包括风险定级模块和风险预警模块；
所述风险定级模块，用于根据所述心衰风险评估分数确定心衰风险等级；
所述风险预警模块，用于响应于所述心衰风险等级大于等级阈值，输出心衰监测预警数据。
- [权利要求 9] 一种计算机设备，包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机可读指令，其特征在于，所述处理器执行所述计算机可读指令时实现权利要求1至4中任一项所述方法的步骤。
- [权利要求 10] 一种心电信号处理系统，其特征在于，所述系统包括心电信号采集设备和如权利要求9所述的计算机设备；其中，所述心电信号采集设备电性连接所述计算机设备，并用于采集各所述静息状态下的心电信号。
- [权利要求 11] 一种计算机可读存储介质，其上存储有计算机可读指令，其特征在于，所述计算机可读指令被处理器执行时实现权利要求1至4中任一项所述的方法的步骤。