



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101569544 B

(45) 授权公告日 2011.04.06

(21) 申请号 200810094383.8

CN 2358836 Y, 2000.01.19, 全文.

(22) 申请日 2008.04.29

CN 2540911 Y, 2003.03.26, 全文.

(73) 专利权人 香港理工大学

审查员 陈昭阳

地址 中国香港九龙红磡

(72) 发明人 郑永平 何俊峰 陈昕 张忠伟

(74) 专利代理机构 隆天国际知识产权代理有限公司
72003

代理人 郭晓东

(51) Int. Cl.

A61B 8/08 (2006.01)

(56) 对比文件

WO 90/00031 A1, 1990.01.11, 全文.

US 2005/0097762 A1, 2005.05.12, 全文.

JP 特开 2005-192744 A, 2005.07.21, 全文.

EP 1518497 B1, 2007.08.08, 全文.

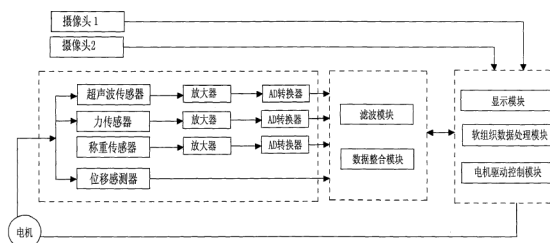
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 4 页

(54) 发明名称

足底软组织检测系统

(57) 摘要

本发明提供了一种足底软组织检测系统包括数据采集单元、与数据采集单元连接的数据预处理单元，其中数据采集单元包括位于人体脚底下的与步进电机输出轴相连并随输出轴上下移动的至少一个用于向足底发射和接收超声波的超声波传感器、至少一个用于感应加载到足底软组织压力的压力传感器；数据预处理单元包括滤波模块和数据整合模块，用于处理数据采集单元输入的超声波数据、压力数据，得到足底软组织厚度数据，并进一步得出软组织受力-形变量数据。使用本发明的系统可以在检测时可以使被测者保持站立姿势，这符合日常生活中足部受力的常态，所以，本发明的足底软组织检测系统检测精度高，从而对足底软组织健康状况的评估效果好。



1. 一种足底软组织检测系统,包括数据采集单元、与数据采集单元连接的数据预处理单元,其特征在于:

数据采集单元包括位于人体脚底下的与步进电机输出轴相连并随电机输出轴上下移动的至少一个用于向足底发射和接收超声波的超声波传感器、至少一个用于感应加载到足底软组织压力的压力传感器;所述超声波传感器和步进电机安装在壳体内,所述壳体的顶端部设有一块带通孔的盖板,所述步进电机的输出轴上安装有传动机构,所述传动机构使所述超声波传感器的超声波探头能伸出盖板上的通孔,作用于足底软组织;

数据预处理单元包括滤波模块和数据整合模块,用于处理数据采集单元输入的超声波数据、压力数据,得到足底软组织厚度数据,并进一步得出足底软组织受力-形变量数据。

2. 根据权利要求1所述的足底软组织检测系统,其特征在于还包括与数据预处理单元相连的数据处理单元,该数据处理单元通过若干组足底软组织受力-形变量数据拟合出一条斜率为足底软组织硬度的直线,从而得到足底软组织硬度数据。

3. 根据权利要求2所述的足底软组织检测系统,其特征在于所述数据处理单元通过足底软组织受力-形变量数据、超声波探头的半径、足底软组织初始厚度、泊松比计算出杨氏弹性模量。

4. 根据权利要求2所述的足底软组织检测系统,其特征在于所述数据处理单元通过多组足底软组织受力-形变量数据及足底软组织初始厚度、超声波探头面积得到足底软组织的应变随应力非线性变化的非线性参数。

5. 根据权利要求2所述的足底软组织检测系统,其特征在于所述数据处理单元通过多组足底软组织受力-形变量数据、随时间变化的压力值、随时间变化的形变量、足底软组织初始厚度、超声波探头面积得到足底软组织的应变随应力变化的粘弹性参数。

6. 根据权利要求2-5之任一项所述的足底软组织检测系统,其特征在于还包括用于测量被检测脚承受体重数据的称重传感单元。

7. 根据权利要求6所述的足底软组织检测系统,其特征在于还包括至少一个用于检测步进电机行程的位移感测器。

8. 根据权利要求7所述的足底软组织检测系统,其特征在于还包括与所述数据处理单元相连的第一摄像头,用于监测足底被检测位置是否正确并监测检测过程。

9. 根据权利要求8所述的足底软组织检测系统,其特征在于还包括与所述数据处理单元相连的第二摄像头,用于记录测试前双足底软组织的外观信息。

10. 根据权利要求9所述的足底软组织检测系统,其特征在于所述数据处理单元中还设有用于控制步进电机转动的电机驱动控制模块。

11. 根据权利要求7所述的足底软组织检测系统,其特征在于所述压力传感器、位移感测器安装在壳体内,所述传动机构包括固定安装在所述步进电机的输出轴(12)上的螺母(13)和与所述螺母(13)配合的丝杠(14),所述压力传感器安装在丝杠(14)上,所述超声波传感器的超声波探头安装在丝杠(14)的顶端部。

12. 根据权利要求11所述的足底软组织检测系统,其特征在于所述位移感测器是线性位移差分变压器,包括竖直固定安装的外壳(5)、相对固定外壳(5)上下移动的移动元件(6),其中在移动元件(6)上固定有感应杆(8),感应杆(8)的另一端固定在丝杠(14)上。

足底软组织检测系统

技术领域

[0001] 本发明涉及一种人体检测系统,特别是一种集各种传感器于一体的检测人体足底软组织力学特性的足底软组织检测系统。

背景技术

[0002] 随着生活水平的提高,人们越来越多地关注健康问题。于是市场上的各种健身器材得以迅速发展和普及,其中包括专门针对人体某个部位的仪器,譬如脚按摩器、颈按摩棒等。随着医学的不断进步,人们对病理机制了解的逐渐深入,对病理研究会更加细化。譬如对糖尿病的研究,以前很少有人知道糖尿病对足部健康有影响,这糖尿病造成了很多足部截肢的案例。据世界卫生组织统计:40-70%的小腿或脚截肢都与糖尿病有关。全球现有约2亿糖尿病人口,每30秒就有一名病患者因糖尿病失去一只脚。如果糖尿病患者注重对足部的护理,一半以上的截肢都是可以避免的。由此引起了各国研究者对足底健康问题的极大关注。

[0003] 足底分为前足与后足两部分,各有不同的结构。就连走路过程中所发挥的作用也有所不同。后足的受力大多来自于冲击力,前足则主要负荷将人体往前推移的地面反作用力。究竟足底软组织如何吸震,以及受力后表现出怎样的材料特性是被瞩目的重点。人类走路与跑步的频率不同,足底软组织的受力频率、变形快慢等受力情况有所不同,只有用活体试验来探讨足底软组织的机械特性才是最真实的模态。生物软组织的生理、病理变化往往导致组织弹性及其他力学特性的改变。老年人常常足底疼痛,糖尿病患者中有的也发生足底溃烂这两种情形下,足底软组织已经产生了性质上的变异。

[0004] 随着研究的深入以及糖尿病患者数量的快速增多,对足底软组织的弹性特性的测试需求越来越多。但市面上几乎没有现成的产品可以针对足底软组织的弹性特性作出比较好的测试。现有的可用于足底软组织弹性和厚度测量的仪器,在检测过程中基本上都不能让被测者保持站立的姿势,从而影响检测效果和检测精度。另外,现有的仪器也不能同时对足底的表面及内部组织进行检测。

发明内容

[0005] 本发明的目的是针对上述现有技术的不足,提供一种在检测时被测者能保持站立姿势,从而检测精度高的足底软组织弹性的检测系统。

[0006] 为实现上述目的,本发明采用如下技术方案:

[0007] 本发明的足底软组织检测系统,包括数据采集单元、与数据采集单元连接的数据预处理单元,其中

[0008] 数据采集单元包括位于人体脚底下的与步进电机输出轴相连并随电机输出轴上下移动的至少一个用于向足底发射和接收超声波的超声波传感器、至少一个用于感应加载到足底软组织压力的压力传感器;所述超声波传感器和步进电机安装在壳体内,所述壳体的顶端部设有一块带通孔的盖板,所述步进电机的输出轴上安装有传动机构,所述传动机

构使所述超声波传感器的超声波探头能伸出盖板上的通孔,作用于足底软组织;

[0009] 数据预处理单元包括滤波模块和数据整合模块,用于处理数据采集单元输入的超声波数据、压力数据,得到足底软组织厚度数据,并进一步得出足底软组织受力-形变量数据。

[0010] 其中还包括与数据预处理单元相连的数据处理单元,该数据处理单元通过若干组足底软组织受力-形变量数据拟合出一条斜率为足底软组织硬度的直线,从而得到足底软组织硬度数据。

[0011] 所述数据处理单元通过足底软组织受力-形变量数据、超声波探头的半径、足底软组织初始厚度、泊松比计算出杨氏弹性模量。

[0012] 所述数据处理单元通过多组足底软组织受力-形变量数据及足底软组织初始厚度、超声波探头面积得到足底软组织的应变随应力非线性变化的非线性参数。

[0013] 所述数据处理单元通过多组足底软组织受力-形变量数据、随时间变化的压力值、随时间变化的形变量、足底软组织初始厚度、超声波探头面积得到足底软组织的应变随应力变化的粘弹性参数。

[0014] 其中还包括用于测量被检测脚承受体重数据的称重传感单元。

[0015] 其中还包括至少一个用于检测步进电机行程的位移感测器。

[0016] 其中还包括与所述数据处理单元相连的第一摄像头,用于监测足底被检测位置是否正确并监测检测过程。

[0017] 其中还包括与所述数据处理单元相连的第二摄像头,用于记录测试前双足底软组织的外观信息。

[0018] 所述数据处理单元中还设有用于控制步进电机转动的电机驱动控制模块。

[0019] 所述位移感测器安装在壳体内,所述传动机构包括固定安装在所述步进电机的输出轴上的螺母和与所述螺母配合的丝杠,所述压力传感器安装在丝杠上,所述超声波传感器的超声波探头安装在丝杠的顶端部。

[0020] 所述位移感测器是线性位移差分变压器,包括竖直固定安装的外壳、相对固定外壳上下移动的移动元件,其中在移动元件上固定有感应杆,感应杆的另一端固定在丝杠上。

[0021] 本发明所述的足底软组织检测系统的优点和积极效果是:本发明包括数据采集单元、与数据采集单元连接的数据预处理单元。数据采集单元将所采集的超声波数据、压力数据输入数据预处理单元处理后,得出足底软组织厚度数据和该位置的足底软组织的受力-形变量数据。若软组织发生病变,其力学特性会发生较大的变化,可以以此来评估足底软组织的健康状况,从而帮助易引起足部病变的人群,如糖尿病患者定期、定量地检测,预防足部病患的发生。

[0022] 使用本发明的系统检测时,数据采集单元位于人体脚底下,即是在人体保持站立的姿势下进行检测的,这符合日常生活中足部受力的常态,所以,本发明的足底软组织检测系统检测精度高,对足底软组织健康状况的评估效果好。本发明中检测得到的数据、信号及图像还可以通过网络进行远程传输,以供专家进行评估,使用非常便捷。另外,本发明还可以进一步通过受力-形变量数据计算出足底软组织内局部杨氏弹性模量、硬度、非线性和黏弹性等力学特性,使评估更加准确。

[0023] 通过以下参照附图对优选实施例的说明,本发明的上述以及其它目的、特征和优

点将更加明显。

附图说明

- [0024] 图 1 是本发明的足底软组织检测系统的结构示意图；
- [0025] 图 2 是图 1 的纵向剖视图；
- [0026] 图 3 是本发明的足底软组织检测系统的控制流程图；
- [0027] 图 4 是本发明的足底软组织检测系统在检测过程中,超声波传感器产生的超声回波信号曲线；
- [0028] 图 5 表示根据本发明的足底软组织检测系统通过若干组压力和形变量数据拟合出的一条斜线图；
- [0029] 图 6 是本发明的足底软组织检测系统在检测过程中,对某位置多次进行加载和载过程中,压力传感器、位移感测器所采集的数据信号图；
- [0030] 图 7 表示足底软组织的应变随应力非线性变化的曲线；
- [0031] 图 8 表示足底软组织应变随应力变化的施压 - 复原曲线。

具体实施方式

[0032] 下面将详细描述本发明的具体实施例。应当注意,这里描述的实施例只用于举例说明,并不用于限制本发明。

[0033] 如图 1 所示,本发明的足底软组织检测系统的机械结构,包括并排放置的左壳体 3 和右壳体 4 内。左壳体 3 内装有构成数据采集单元中的超声波传感器、压力传感器、位移感测器和步进电机。右壳体 4 内装有称重传感单元。左壳体 3 和右壳体 4 是相互独立的两个部分,当然也可以制成一体结构。

[0034] 如图 2 所示,左壳体 3 顶端部设有一个带通孔的盖板 11。步进电机的输出轴 12 是竖直向上安装的。输出轴 12 上固定安装有螺母 13,螺母 13 上配合有丝杠 14。压力传感器安装在丝杠 14 上。超声波传感器包括超声波发射器、超声波接收器和超声波探头。其中超声波探头安装在丝杠 14 的顶端部。安装在步进电机输出轴上的传动机构不限于上述所描述的情形,例如当步进电机水平安装时,安装在电机输出轴上的传动机构需要将电机的转动转换成竖直方向移动,任何能够实现该功能的传动机构都是可行的。

[0035] 本实施例中,位移感测器可以采用线性位移差分变压器 (LVDT, Linear Variable Differential Transformer)。LVDT 是一种将机械位移转换成直流电压的传感器,用来检测某物体在运动中的位置变化信息。LVDT 的结构包括竖直固定安装的圆筒状外壳 5、相对外壳 5 可上下移动的移动元件 6,在移动元件 6 的顶端部固定连接有感应杆 8,感应杆 8 的另一端固定连接在丝杠 14 上。本实施例中也可以采用其他类型的位移感测器,只要能够精确地检测到步进电机的行程即可。本实施例中的数据预处理模块可以是数字信号处理器 (DSP) 或者其他类型的数据处理器。

[0036] 本实施例中,超声波传感器、压力传感器、位移感测器和步进电机可以是多套,这样可以同时测量足底的多个位置。这时左壳体 3 的盖板 11 上需要同时设置同样数量的供超声波探头伸出的通孔。

[0037] 本实施例中还可以包括两个摄像头,其中与数据处理单元连接的第一摄像头用于

监测足底要检测的位置与盖板上的通孔是否对正,并实时监测足底软组织检测系统检测过程,其可以安装在壳体 3 内,这时盖板 11 最好是由透明材料制成,整个壳体也可以全部由透明材料制成。与数据处理单元连接的第二摄像头安装在壳体外,用于记录测试前双足底是否有红肿、包块等外观信息。

[0038] 如图 1 和图 3 所示,本发明的足底软组织检测系统的电气结构,包括依次连接的数据采集单元、数据预处理单元、数据处理单元,以及两个分别与数据处理单元连接的摄像头。

[0039] 数据采集单元包括位于人体一只脚底下的称重传感单元及位于人体另一脚底下的与电机输出轴相连并由其控制上下移动的一个用于向足底发射和接收超声波的超声波传感器、一个用于感应加载到足底软组织的压力的压力传感器和一个用于检测步进电机行程的位移感测器。

[0040] 数据预处理单元包括滤波模块和数据整合模块,用于处理数据采集单元输入的超声波数据、压力数据、称重传感单元数据和位移感测器数据,得到足底软组织厚度数据和足底软组织受力-形变量数据;将处理后的数据输入数据处理单元,由数据处理单元进一步计算出足底软组织的体重数据及硬度、杨氏弹性模量等力学特性。

[0041] 具体来说,本发明的足底软组织检测系统可以测出如下几方面的数据:

[0042] 一、测量被检测的足底软组织承受的体重数据

[0043] 被检测人的两脚分开站立,右脚踩到装有称重传感单元的右壳体 4 上,要检测的左脚踩到装有超声波传感器、压力传感器、位移感测器和步进电机的左壳体 3 上(见图 1)。这时,称重传感单元中的称重传感器所采集的数据经放大器放大、AD 转换器模数转换后输入到数据预处理模块中,由其中的滤波模块滤波、数据整合模块整合后输出到数据处理单元中,数据处理单元计算出被检测的左脚所承受的部分体重值。具体算法为:称重传感器显示出右脚所承受的部分体重,用总的体重减去右脚所承受的部分体重即可得出该时刻左脚所承受的部分体重值。

[0044] 二、测量被检测的足底软组织某位置的厚度数据

[0045] 由数据处理单元中的电机驱动控制器控制启动步进电机,带动压力传感器、位移感测器的感应杆 8 和超声波探头上下移动;

[0046] 在此过程中,通过高压脉冲发生电路激励超声波传感器发射超声波,超声波在足底软组织中传输,遇到组织界面反射产生超声回波,经超声波接收器收到的回波信号。图 4 中:横坐标表示时间,纵坐标表示振幅,图中曲线为超声回波信号曲线,其振幅剧烈变化的部分为组织-骨界面反射的回波信号。超声波传感器的发射信号和回波信号经放大器进行放大、高速 AD 转换器进行模数转换后,输入数据预处理模块中,由其中的滤波模块进行滤波后,再由数据整合模块对多次发射信号和回波信号进行平均,从而提高信噪比,并最终计算出该处足底软组织的厚度。具体算法为:声波在足底软组织中的平均传播速度是 $v = 1540$ 米/秒。由于采用接收发送一体的超声波探头,超声波在超声波探头发射后在足底软组织内传播,当到达组织-骨界面时超声波反射回超声波探头,超声波的行程是超声波探头到组织-骨界面之间的距离的 2 倍。从图 4 中可以得出接收到反射的回波信号的时间 t ,从而得出足底软组织厚度数据为:足底软组织厚度 $= v \cdot t / 2$ 。

[0047] 本发明中,当超声波探头与足底软组织刚好接触时,数据预处理模块可以计算出

该位置的足底软组织在未受力情况下的初始厚度值；当对该位置的足底软组织进行力的加载和卸载作用过程中，数据预处理模块可以计算出该位置的足底软组织随着力的变化而实时变化的厚度值。当在检测过程中追踪不到超声回波数据时，可以启用 LVDT，通过 LVDT 检测到步进电机的行程，该行程即为足底软组织的厚度。

[0048] 三、测量足底软组织的力学特性

[0049] （一）测量被检测的足底软组织某位置的硬度数据

[0050] 在步进电机往复行程中，丝杠 14 随着步进电机的往复运动，对足底软组织进行力的加载和卸载作用。压力传感器检测到在力的加载和卸载过程中超声波传感器和足底软组织表面之间的作用力信号，该过程的作用力信号经放大器放大、低速 AD 转换器模数转换后，输入数据预处理模块进行滤波、数据整合处理。

[0051] 与此同时，LVDT 检测步进电机的行程，即检测到超声波探头的位置移动信号，该信号经放大器放大、低速 AD 转换器模数转换后，输入数据预处理模块进行滤波、数据整合等处理。

[0052] 数据预处理模块根据足底该位置足底软组织的初始厚度数据及电机行程（或者由数据预处理模块计算出的足底软组织厚度），能够计算出该位置足底软组织的形变量，再根据此时作用力的数据，计算出该位置足底软组织的硬度值。如图 5 所示，横坐标表示形变量，纵坐标表示力的大小，图中每一个点表示在该位置的某压力作用下的形变量，压力不同，形变量不同。通过测量若干组力和形变量值，得到若干个这样的点，由这些点拟合出一条斜线，其斜率一般可以简单地视为硬度值。

[0053] （二）测量被检测的足底软组织某位置的杨氏弹性模量

[0054] 数据处理单元可以根据力的信号和形变量信号，再综合超声波探头的半径、组织初始厚度、组织受力和形变的比率等数据，计算出杨氏弹性模量，具体算法如下。

$$[0055] \quad E = \frac{P(1 - \nu^2)}{4a\omega\kappa(a/h, \nu)} \quad (1)$$

[0056] 其中 E 是杨氏弹性模量；a 是超声波探头的半径；h 是组织的初始厚度；P 是由超声波探头所施加的压力； ω 是组织的形变量； ν 是泊松比 (Poisson's ratio)； $\kappa(a/h, \nu)$ 是决定于 a/h 和 ν 的一个修正量，在文献“Hayes WC, Keer LM, Herrmann G, Mockros LF. A mathematical analysis for indentation tests of articular cartilage. Journal of Biomechanics. 5:541-551, 1972.”已经给出。

[0057] （三）得出被检测的足底软组织某位置应变随应力非线性变化的非线性参数

[0058] 如图 6 所示，横坐标表示时间，纵坐标表示力的大小或者位移，随着时间的推移，向足底某一位置多次进行力的加载和卸载作用，该位置的足底软组织的形变量曲线如图中上面的曲线 a 所示；该位置的应力曲线如图中下面的曲线 b 所示。从图中可以看出，当位移比较小时，压力也比较小，当位移比较大时，压力也比较大。但压力的变化量与位移的变化量之间并不是线性关系。

[0059] 如图 7 所示，横坐标为应变值，纵坐标为应力值，图中曲线表示出足底软组织的应力-应变关系是非线性的。其中应变值由组织形变量除以初始厚度得到；应力值由压力除以超声波探头面积得到。根据研究结果，有病变的足底软组织有比较大的非线性。组织的

非线性参数可以由以下公式得到。

[0060]

$$E_0 + E_1 \cdot \frac{\omega}{h} = \frac{P(1 - \nu^2)}{4a\omega\kappa(a/h, \nu)} \quad (2)$$

[0061] 其中 E_0 表示在形变量非常小时的杨氏弹性模量； E_1 表示杨氏弹性模量的非线性量； P 是由超声波探头所施加的压力； ω 是组织的形变量；通过多对 P 和 ω 的值，就可以计算得到 E_0 和 E_1 。

[0062] (四) 测量被检测的足底软组织某位置应变随应力变化的粘弹性参数

[0063] 如图 8 所示，横坐标为应变值，纵坐标为应力值，图中曲线为施压-复原曲线，表示出应力-应变曲线的上升段和下降段不能重复，意味着在施压-复原的过程中有能量的损耗。其中应变值由组织形变量除以初始厚度得到；应力值由压力除以超声波探头面积得到。根据研究结果，有病变的足底软组织有比较大的粘弹性，即有比较大的能量损耗或有比较长的时间常数。施压-复原过程中的能量损耗可以通过计算图 8 中施压-复原曲线所形成封闭区域的面积得到。时间常数可以通过应用不同的粘弹性模型得到。

$$[0064] \quad P(t) = \frac{2ah}{1 - \nu^2} [\kappa(u(t)) [E_0 u(t) + E_1 u^2(t)]$$

$$[0065] \quad - \frac{\alpha}{\tau} \int_0^t \kappa(u(t-\xi)) [E_0 u(t-\xi) + E_1 u^2(t-\xi)] e^{-\xi/\tau} d\xi] \quad (3)$$

[0066] 其中 a 、 h 、 ν 、 E_0 、 E_1 与公式 (1) 及公式 (2) 中描述的一样。 $P(t)$ 是随时间变化的压力值； $u(t)$ 是随时间变化的形变量； α 表示粘性相对于弹性的程度； τ 是粘弹性的时间常数。修正量 $\kappa(u(t))$ 考虑了其非线性，即在不同形变量下有不同的修正量。具体值可参考“Zhang M, Zheng YP, and Mak AFT. Estimating the effective Young's modulus of soft tissues from indentation tests---Nonlinear finite element analysis of effects of friction and large deformation. Medical Engineering and Physics 19(6):512-517, 1997.”

[0067] 公式 (3) 中的参数 E_0 、 E_1 、 α 、 τ 可以通过曲线拟合的方式从 $P(t)$ 和 $u(t)$ 得到。可参考“Huang YP, Zheng YP, and Leung SF. Quasilinear viscoelastic parameters of neck tissues with fibrosis induced by radiotherapy. Clinical Biomechanics. 20: 145-154, 2005.”

[0068] 使用本发明的足底软组织检测系统的方法，包括如下步骤：

[0069] (1) 用第二摄像头记录测试前的双脚足底是否有红肿、包块等外观信息：先放置左脚在摄像头前的面板上，操作员按下电脑程序中的采集键得到左脚信息，换右脚，同样操作；采集到的双足的外观信息通过 USB 等数据传输通道输入数据处理单元中，会自动合并成一张双脚的外观图片并保存到指定数据库中，以备每次检查做比对。用该摄像头 1 也可以记录足底的一些局部图像。

[0070] (2) 先在左足底需要测量的位置画上圆圈，然后被检测人的两脚分开站立，右脚踩到装有称重单元的右壳体 4 上，要检测的左脚踩到装有超声波传感器、压力传感器、位移传感器和步进电机的左壳体 3 上，使足底的圆圈与盖板上的通孔对正；这时称重单元显示右

脚所承受的体重,左脚所承受的体重由数据处理单元计算出来并在其显示模块上显示;

[0071] (3) 由数据处理单元中的电机驱动控制器控制启动步进电机,步进电机带动压力传感器和超声波传感器的超声波探头上下移动,超声波探头作用于足底画圆圈的位置。足底该位置的足底软组织厚度数据、硬度数据、杨氏弹性模量、应力-应变量的变化情况 etc 数据都会在显示模块上显示,可以通过这些数据来评估该位置的足底软组织的健康状况。

[0072] 在上述检测过程中,可以用第一摄像头全程监测超声波探头施加的压力作用于足底的具体位置是否正确,即要检测的位置是否与盖板上的通孔对正,以及足底软组织变形的外观信息,该信息也通过 USB 或 IEEE1394 输入到数据处理单元中。另外可以同时记录实时的超声射频信号、力学信号等,便于离线分析数据。

[0073] 如果还需要检测足底软组织其他位置的健康状况,将这些位置画上圆圈,并分别使这些画圈位置与盖板上的通孔对正进行检测即可。另外,使用本发明的系统还可以通过移动身体重心,改变作用于被检测足底体重情况下得出前述的评估参数。本发明中,如果采用具有多套压力传感器、超声波传感器、位移感测器和步进电机的检测系统,则可以同时检测多个位置,有利于提高检测效率。

[0074] 本发明中,在评估足底软组织的健康状况时,可以事先检测出大量健康人的足底健康状况,从而统计出一个大致的表明健康的参数范围作为参考;然后,再针对某个具体个人进行检测的结果与参考值进行比对,即可大致评估其足底软组织的健康状况。另外,如果针对一个人有过多次检测记录,还可以通过比较各次检测参数发生的变化及变化趋势来评估足底软组织的健康状况。

[0075] 虽然已参照几个典型实施例描述了本发明,但应当理解,所用的术语是说明和示例性、而非限制性的术语。由于本发明能够以多种形式具体实施而不脱离发明的精神或实质,所以应当理解,上述实施例不限于任何前述的细节,而应在随附权利要求所限定的精神和范围内广泛地解释,因此落入权利要求或其等效范围内的全部变化和改型都应随附权利要求所涵盖。

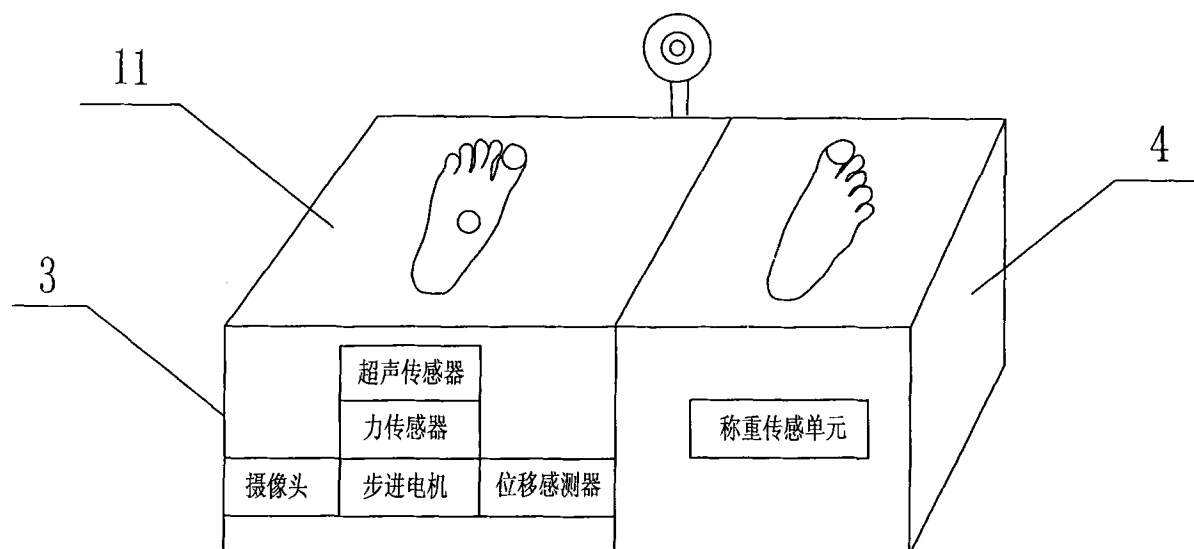


图 1

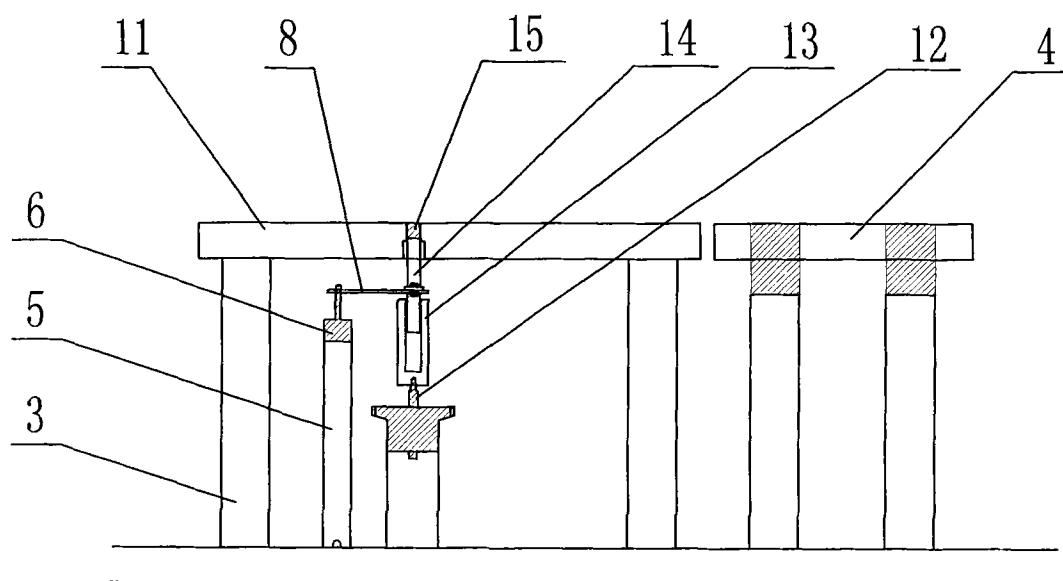


图 2

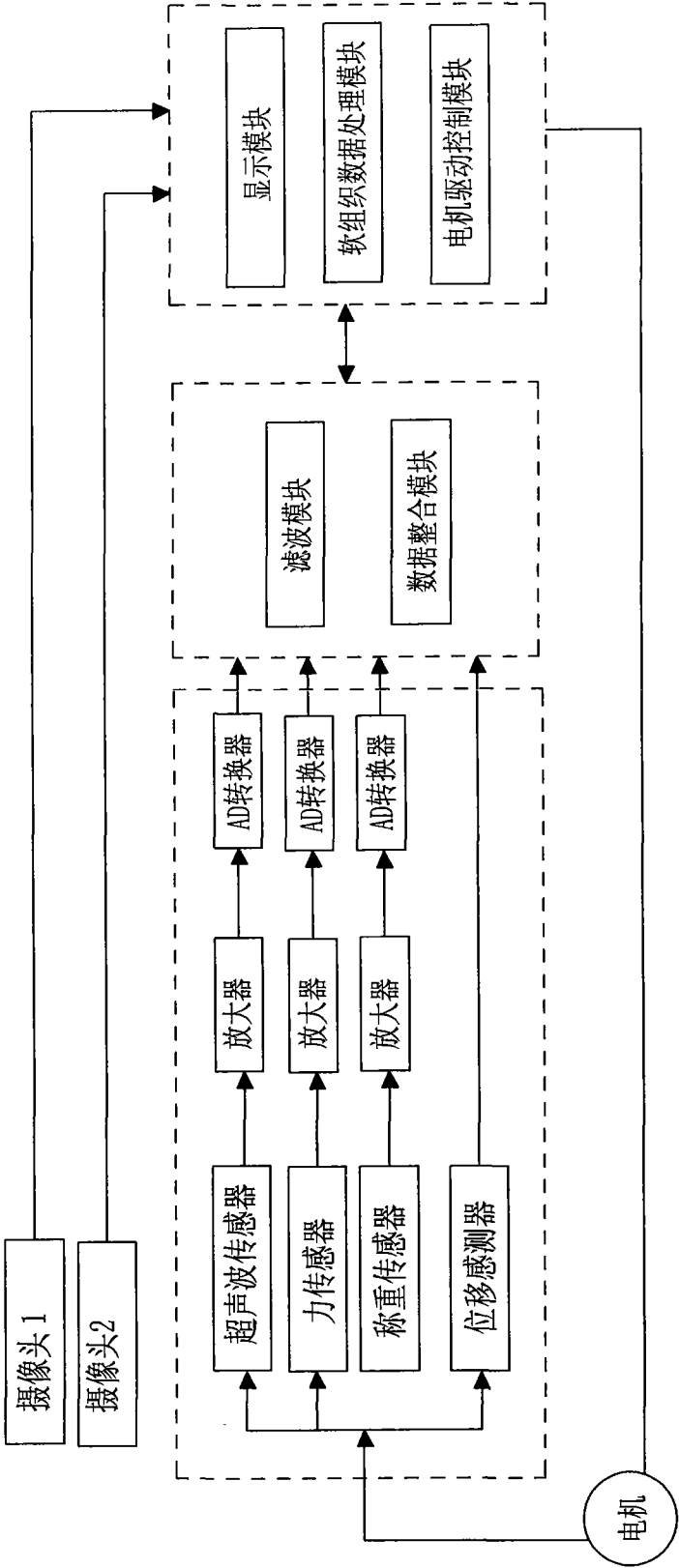


图3

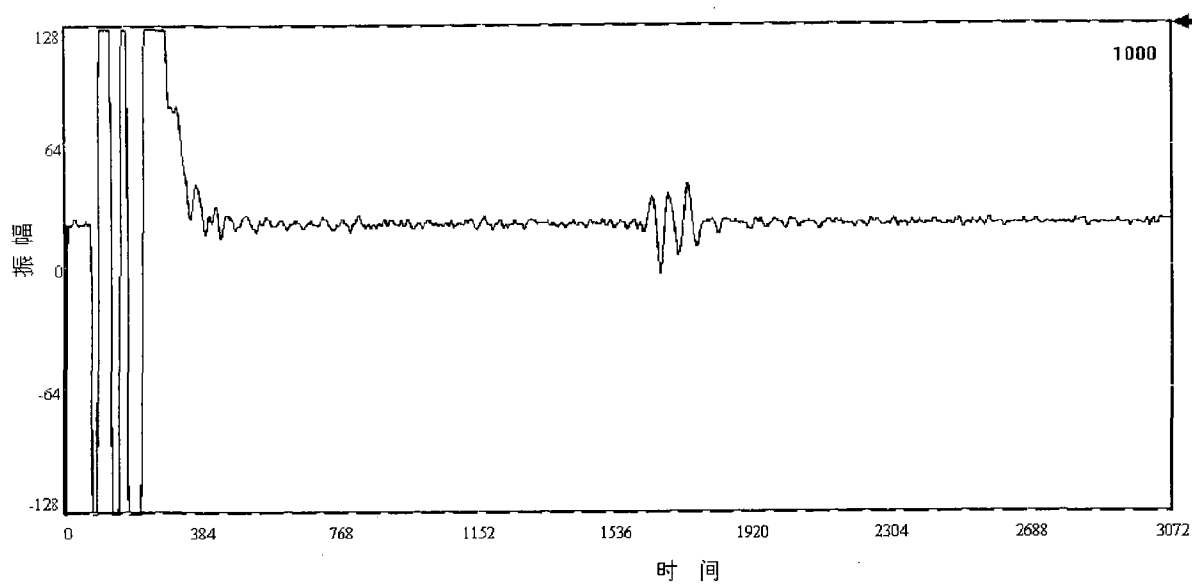


图 4

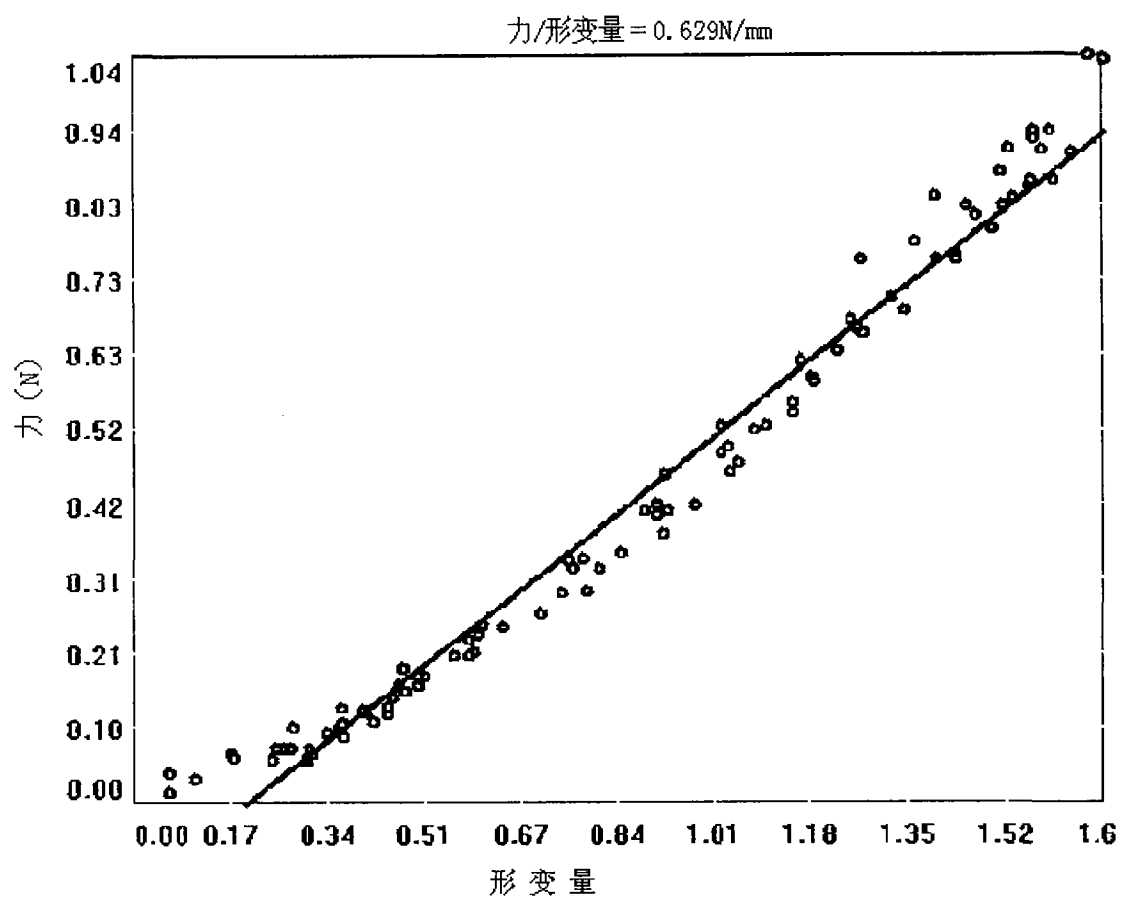


图 5

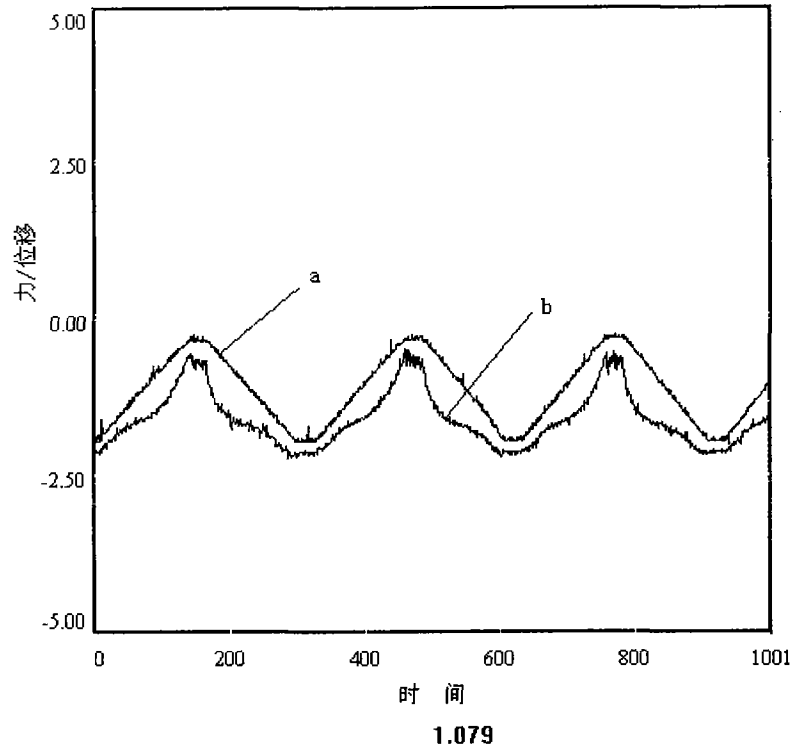


图 6

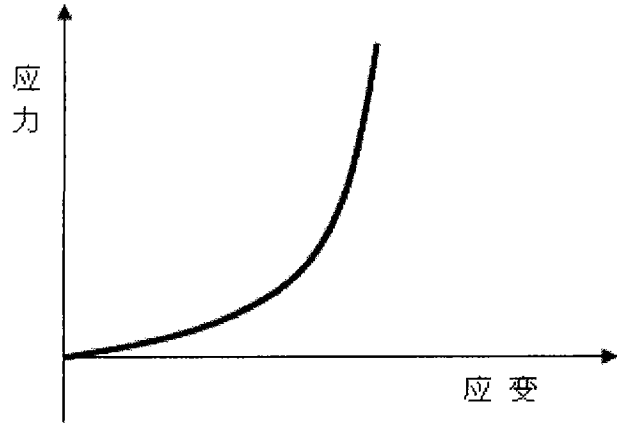


图 7

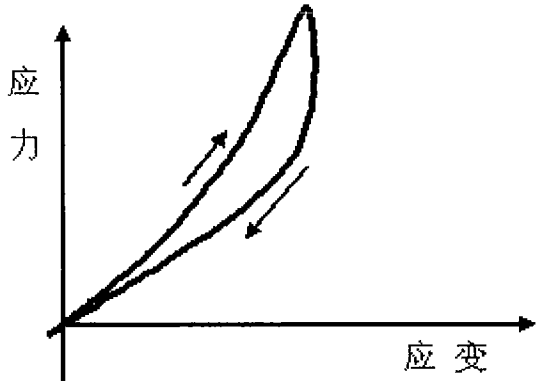


图 8