



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 106859886 A

(43)申请公布日 2017.06.20

(21)申请号 201710169108.7

(22)申请日 2017.03.21

(71)申请人 上海市第一人民医院

地址 200080 上海市虹口区海宁路100号

(72)发明人 宛新建 王瑞兰 张伟星 杜江

陈颖 汪彪 李章志 胡丹

黎金臻

(74)专利代理机构 上海卓阳知识产权代理事务

所(普通合伙) 31262

代理人 周春洪

(51)Int.Cl.

A61G 7/057(2006.01)

A61G 7/00(2006.01)

A61H 9/00(2006.01)

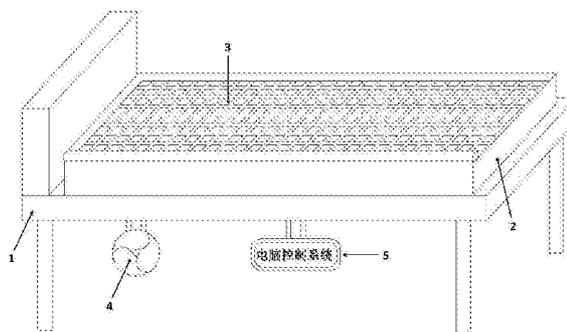
权利要求书1页 说明书6页 附图4页

(54)发明名称

一种电脑控制多气囊矩阵式医用气垫床

(57)摘要

本发明涉及一种电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,包括气垫床床体,以及设置在气垫床床体上并与其匹配的床垫,所述床垫由若干分别相互独立且呈矩阵式排列的气囊单元、气泵系统、以及电脑控制系统组成。本发明结构简单,可对气囊单元内的气压进行定时(t)、定压(P)、定点(x,y)控制,使床垫与病人接触面根据病情的需要呈现特定的支撑面,使患者在不知不觉中得到康复锻炼,改善治疗效果,缩短住院时间;同时可预防和治疗褥疮,减轻患者费用及护理人员的负担。



1. 一种电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,包括气垫床床体(1),以及设置在气垫床床体上并与之匹配的床垫(2),其特征在于,所述床垫(2)由若干分别相互独立且呈矩阵式排列的气囊单元(3)、气泵系统(4)、以及电脑控制系统(5)组成;所述气囊单元(3)包括气囊进口(6)、气囊出口(7)、第一压力感受装置(8)、以及分别设置在气囊进出口上的进气阀(9)、出气阀(10);所述气囊进口(6)通过高压管路(12)连接气泵(11),气囊出口(7)与低压管路(13)相连,进气阀(9)、出气阀(10)及第一压力感受装置(8)通过导线与电脑控制系统(5)相连;第一压力感受装置(8)感应气囊单元(3)内的压力大小并将其转换为信号反馈给电脑控制系统(5),电脑控制系统(5)根据设定的程序发出指令,通过控制进气阀(9)、出气阀(10)的开合控制气阀的进出气量,使处于不同矩阵位置的气囊单元(3)满足矩阵内单个位点的压力支撑要求,床垫(2)与病人接触面根据病情的需要呈现特定的支撑面;所述气泵系统(4)包括气泵(11)、高压管路(12)、低压管路(13)、第二压力感受装置(14)、第三压力感应装置(15)、末端气阀(16);所述第二压力感受装置(14)设置在高压管路(12)内,所述第三压力感应装置(15)设置在低压管路(13)内,所述末端气阀(16)设置在高低压管路的末端,气泵(11)、第二压力感受装置(14)、第三压力感应装置(15)及末端气阀(16)分别通过导线与电脑控制系统(5)连接;所述第二压力感受装置(14)感应高压管路(12)内的气压大小并将其转换为信号反馈给电脑控制系统(5),电脑控制系统(5)根据设定的程序发出指令,通过控制气泵(11)及末端气阀(16)的开合控制高压管路(12)内的压力;所述电脑控制系统(5)根据设定的程序定时、定点、定压控制每个矩阵中的气囊单元(3)及气泵系统(4)。

2. 根据权利要求1所述电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,其特征在于,所述床垫(2)由分别相互独立且呈 $m \times n$ 排列的气囊单元(3)、气泵系统(4),以及电脑控制系统(5)组成,所述 m 取2-10000,所述 n 取2-10000。

3. 根据权利要求1所述电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,其特征在于,所述压力感受装置(8)为压力传感器或气压计。

4. 根据权利要求1所述电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,其特征在于,所述高压管路(12)为三通管,其中一个端口设有末端气阀(16),另外两个端口分别与气泵(11)和气囊进口(6)连接。

5. 根据权利要求1所述电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,其特征在于,所述低压管路(13)为三通管,其中一个端口设有末端气阀(16),一个端口与气囊出口(7)连接,另一个端口封闭。

6. 根据权利要求1所述电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,其特征在于,所述气囊单元(3)与患者接触面为矩形,所述矩形的面积为 $4-10\text{cm}^2$ 。

一种电脑控制多气囊矩阵式医用气垫床

技术领域

[0001] 本发明涉及医疗器械技术领域,具体地说,是一种电脑控制多气囊矩阵式医用气垫床。

背景技术

[0002] 临床上,许多危重病人受各种病情的影响,需长时间的卧床治疗,如果得不到及时康复治疗,患者病情会加重或者延缓康复时间,治疗效果会明显减弱;同时该类病人由于长期卧床,背部血液流通不畅,如果不注意定时翻身,身体局部(特别是骨突部位)往往容易因这些原因导致患者感染死亡,给护理增加了人力、无力及时间。

[0003] 中国专利201320690919.9公开了一种可自动变换压应点的医用气垫床,包括气垫床床体,以及气垫床床体上与之匹配的气垫床垫,所述气垫床垫由分别互相独立、且依次横向并排排列的条状气囊单元构成,所述条状气囊单元中的奇数条状气囊单元之间通过第一导气管相互连通,偶数条状气囊单元之间通过第二导气管相互连通,所述第一和第二导气管分别与蠕动泵连接;该气垫床可以定时控制,并控制蠕动速率、频率和方向,预防卧床褥疮发生,而且不影响睡眠质量。中国专利201020643453.3公开了一种医用防褥疮气垫床,包括气垫床体,以及气垫床体上与之匹配的气垫床垫,气垫床垫通过导气管与气源组接,气垫床垫由分别互相独立,且连续呈波浪状的条状气囊单元构成,这些条状气囊单元的奇数条状气囊单元之间通过同一导气管相互联通,偶数条状气囊单元之间通过同一导气管相互联通,各导气管分别与气源组件相联,该气垫床能够很好预防卧床病人褥疮发生的优点。上述现有技术的气垫床,不具备定时、定点、定压、按需对患者不同部位进行康复锻炼及防治褥疮的功能;对重病患者,特别是长期卧床不能生活自理或者截瘫患者,效果欠佳,仍需要进行大量的护理工作。因此,有必要研制一种电脑控制多气囊矩阵式医用气垫床,即增加患者治疗效果,又能预防和治疗褥疮,减轻医护负担,节省医疗费用。

发明内容

[0004] 本发明的第一个目的是针对现有技术中的不足,提供一种电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床。

[0005] 为实现上述第一个目的,本发明采取的技术方案是:

[0006] 一种电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,包括气垫床床体,以及设置在气垫床床体上并与之匹配的床垫,所述床垫由若干分别互相独立且呈矩阵式排列的气囊单元、气泵系统,以及电脑控制系统组成;

[0007] 所述气囊单元包括气囊进口、气囊出口、第一压力感受装置、以及分别设置在气囊进出口上的进气阀、出气阀;所述气囊进口通过高压管路连接气泵,气囊出口与低压管路相连,进气阀、出气阀及第一压力感受装置通过导线与电脑控制系统相连,第一压力感受装置感应气囊单元内的压力大小并将其转换为信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据设定的程序发出指令,通过控制进气阀、出气阀的开合控制气阀的进出气量,使处于不同矩阵

位置的气囊单元满足矩阵内单个位点的压力支撑要求,床垫与病人接触面根据病情的需要呈现特定的支撑面。

[0008] 所述具体控制过程如下:

[0009] 充气:根据疾病要求,程序设定矩阵排列的气囊单元中位点(X,Y)气囊单元的压力为P,此时间点T1第一压力感受装置检测到该气囊单元的压力为P1,如果 $P1 < P$,第一压力感受装置将所感应到的压力值P1转变为电信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据设定的程序发出指令给进气阀,控制进气阀开启,使气囊单元充气,当气囊单元内的压力达到P时,进气阀关闭,气囊单元停止充气,此时间点为t2。

[0010] 放气:根据疾病要求,程序设定矩阵排列的气囊单元中位点(X,Y)气囊单元的压力为P,此时间点T1第一压力感受装置检测到该气囊单元的压力为P2,如果 $P2 > P$,第一压力感受装置将所感应到的压力P2值转变为电信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据设定的程序发出指令给出气阀,控制出气阀开启,使气囊单元放气,当气囊单元内的压力达到P时,出气阀关闭,气囊单元停止放气,此时间点为t2。

[0011] 气囊单元矩阵式组合:不同气囊单元位点(X,Y)、不同压力要求(P)及不同时间点(t)组合成不同病人接触面模式,如图4中的模式1、2、3、4所示,模式1、2示意气垫床在不同时间点t对患者接触面进行按压或通过不同接触面预防褥疮的发生;模式3示意对褥疮部位进行腾空处理,时患者褥疮部位不会受到压力,从而达到治疗目的;模式4示意根据患者体位及褥疮大小按照需要进行调节最佳接触面,使患者长时间卧床的同时能受到合适的支撑。本发明的气囊单元矩阵式组合还可根据具体情况设置多种不同的治疗模式,每种模式可根据病人需求在位点、压力及时间点做出定义,使床垫与病人接触的接触面在不同时间呈现不同接触面,且可在特定时间(如晚间睡前)通过气囊单元的上下蠕动对患者特定部位进行蠕动按摩,引导患者定时翻身,防止患者长时间患病卧床导致的血液流通不畅,增加患者治疗效果,预防和治疗褥疮,减轻医护负担,节省医疗费用。

[0012] 所述气泵系统包括气泵、高压管路、低压管路、第二压力感受装置、第三压力感应装置、末端气阀;所述第二压力感受装置设置在高压管路内,所述第三压力感应装置设置在低压管路内,所述末端气阀设置在高低压管路末端,所述气泵、第二压力感受装置、第三压力感应装置及末端气阀分别通过导线与电脑控制系统连接;所述第二压力感受装置感应高压管路内的气压大小并将其转换为信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据设定的程序发出指令,通过控制气泵及末端气阀的开合控制高压管路内的压力;所述第三压力感应装置感应低压管路内的气压大小并将其转换为信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据设定的程序发出指令,通过控制末端气阀的开合控制低压管路内的压力。

[0013] 所述具体控制过程如下:

[0014] 如果高压力管内第二压力感受装置感应的压力低于程序设定高压管路内的压力,末端气阀闭合,气泵泵气,直至高压力管达到预设的压力要求;如果高压力管内第二压力感受装置感应的压力高于程序设定高压管路内的压力,末端气阀开启放气,气泵关闭,直至高压力管达到预设的压力要求。

[0015] 所述电脑控制系统根据设定的程序定时、定点、定压控制每个矩阵中的气囊单元及气泵系统。

[0016] 进一步,所述床垫由分别相互独立且呈 $m \times n$ 排列的气囊单元、气泵系统,以及电脑

控制系统构成,所述m取2-10000,所述m取2-10000。

[0017] 进一步,所述压力感受装置为压力传感器或气压计。

[0018] 进一步,所述高压管路为三通管,其中一个端口设有末端气阀,另外两个端口分别与气泵和气囊进口连接。

[0019] 进一步,所述低压管路为三通管,其中一个端口设有末端气阀,一个端口与气囊出口连接,另一个端口封闭。

[0020] 进一步,所述气囊单元与患者接触面为矩形,所述矩形的面积为4-10cm²。

[0021] 本发明优点在于:

[0022] 1、本发明的医用气垫床可对气囊单元内的气压进行定时(t)、定压(P)、定点(x,y)控制,使处于不同矩阵位置的气囊单元满足矩阵内单个位点的压力支撑要求,床垫与病人接触面根据病情的需要呈现特定的支撑面,使患者在不知不觉中得到康复锻炼,改善治疗效果,缩短住院时间;同时可预防和治疗褥疮,减轻患者费用及护理人员的负担。

[0023] 2、本发明的医用气垫床可根据具体情况设置多种不同的治疗模式,每种模式可根据病人需求在位点、压力及时间点做出定义,使床垫与病人接触的接触面在不同时间呈现不同接触面,且可在特定时间(如晚间睡前)通过气囊单元的上下蠕动对患者特定部位进行蠕动按摩,引导患者定时翻身,防止患者长时间患病卧床导致的血液流通不畅,增加患者的治疗效果。

[0024] 3、本发明中,所述气囊单元与患者接触面为矩形,所述矩形的面积为4-10cm²,该矩形面积为最佳的设计面积,如该矩形面积过大,由气囊单元组成的支撑面与患者贴合度低,会有凹凸感,使用不舒适;如该矩形面积过小,在相同面积大小的情况下,会增加气囊单元及气泵系统的数量,增加气垫床的制造成本。矩形面积的限定,保证气囊单元可根据需要组成适合患者的最佳接触面,使其与患者身体局部,尤其是骨突部位或者褥疮准确贴合,使得突出部位不受压力的同时,相邻的部位能受到合适的支撑,有利于长期卧床治疗患者的康复。

附图说明

[0025] 附图1为本发明电脑控制多气囊矩阵式医用气垫床的结构示意图。

[0026] 附图2为本发明中床垫的平面示意图。

[0027] 附图3为本发明中气囊的结构,以及气囊单元、气泵和电脑控制系统的连接示意图。

[0028] 附图4为电脑控制下气垫床与病人接触面不同的模式下的横断面示意图。

具体实施方式

[0029] 下面结合具体实施方式,进一步阐述本发明。应理解,这些实施例仅用于说明本发明而并不用于限制本发明的范围。此外应理解,在阅读了本发明记载的内容之后,本领域技术人员可以对本发明作各种改动或修改,这些等价形式同样落于本申请所附权利要求书所限定的范围。

[0030] 附图中涉及的附图标记和组成部分如下所示:

[0031] 1.气垫床床体 2.床垫 3.气囊单元

- | | | | |
|--------|---------|-------------|-------------|
| [0032] | 4.气泵系统 | 5.电脑控制系统 | 6.气囊进口 |
| [0033] | 7.气囊出口 | 8.第一压力感受装置 | 9.进气阀 |
| [0034] | 10.出气阀 | 11.气泵 | 12.高压管路 |
| [0035] | 13.低压管路 | 14.第二压力感受装置 | 15.第三压力感应装置 |
| [0036] | 16.末端气阀 | | |

[0037] 实施例1一种电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床

[0038] 请参见图1-图4,附图1为本发明电脑控制多气囊矩阵式医用气垫床的结构示意图,附图2为本发明中床垫的平面示意图,附图3为本发明中气囊单元的结构,以及气囊单元、气泵和电脑控制系统的连接示意图,附图4为电脑控制下气垫床与病人接触面不同的模式下的横断面示意图。

[0039] 一种电脑控制的多气囊矩阵式医用气垫床,包括气垫床床体1,以及设置在气垫床床体1上并与之匹配的床垫2,所述床垫2由若干相互独立且呈 $m \times n$ 矩阵排列的气囊单元3、气泵系统4,以及电脑控制系统5构成,所述 m 取值范围为2-10000,所述 n 取值范围为2-10000,所述气囊单元3与患者接触面为矩形,所述矩形的面积为 $4-10\text{cm}^2$ 。电脑控制系统5通过控制位于不同矩阵位点气囊单元3内的气压大小,使气囊单元3在与病人接触面呈现特定的支撑面,可依据病情满足患者康复及预防褥疮的需求。所述气囊单元3包括气囊进口6、气囊出口7、第一压力感受装置8、以及分别设置在气囊进出口上的进气阀9、出气阀10,所述第一压力感受装置8为气压计或压力传感器,所述气囊进口6通过高压管路12连接气泵11,所述气囊出口7与低压管路13相连,进气阀9、出气阀10、第一压力感受装置8通过导线与电脑控制系统5相连,第一压力感受装置8感应气囊单元3内的气压大小并将压力值转换为电信号反馈给电脑控制系统5,电脑控制系统5根据设定的程序发出指令,通过控制进气阀9、出气阀10的开合控制气囊单元3内的进出气量,使处于不同矩阵位置的气囊单元3满足矩阵内单个位点的压力支撑要求,使床垫2与病人接触面可根据患者的病情需要呈现特定的支撑面。

[0040] 具体控制过程如下:

[0041] 充气过程:根据不同患者的情况及其疾病要求,设定呈矩阵排列的气囊单元中某个位点(X,Y)的气囊单元内的气压值为P,此时间点T1的第一压力感受装置检测到该气囊单元的压力为P1,如果 $P1 < P$,则第一压力感受装置将其所感应到该气囊单元内的压力值P1转换为电信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据预先设定的程序发出指令给进气阀,控制进气阀开启,对该气囊单元进行充气,当该气囊单元内的气压达到P时,进气阀关闭,该气囊单元停止充气,此时间点为T2。通过控制气囊单元内的气压P大小,使气囊单元在床垫表面上处于不同水平高度。

[0042] 放气过程:根据不同患者的情况及其疾病要求,设定呈矩阵排列的气囊单元中某个位点(X,Y)的气囊单元内的气压值为P,此时间点T1的第一压力感受装置检测到该气囊单元的压力为P2,如果 $P2 > P$,则第一压力感受装置将其所感应到该气囊单元内的压力值P2转换为电信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据预先设定的程序发出指令给出气阀,控制出气阀关闭,对该气囊单元进行放气,当该气囊单元内的气压达到P时,出气阀关闭,该气囊单元停止放气,此时间点为T2。通过控制气囊单元内的气压P大小,使气囊单元在床垫表面上处于不同水平高度。

[0043] 气囊单元矩阵式组合:不同气囊单元位点(X,Y)、不同压力要求(P)及不同时间点(t)组合成不同病人接触面模式。如图4中的模式1、2、3、4所示,模式1、2示意气垫床在不同时间点t对患者接触面进行按压或通过不同接触面预防褥疮的发生;模式3示意对褥疮部位进行腾空处理,时患者褥疮部位不会受到压力,从而达到治疗目的;模式4示意根据患者体位及褥疮大小按照需要进行调节最佳接触面,使患者长时间卧床的同时能受到合适的支撑。本发明的气囊单元矩阵式组合还可根据具体情况设置多种不同的治疗模式,每种模式可根据病人需求在位点、压力及时间点做出定义,使床垫与病人接触的接触面在不同时间呈现不同接触面,且可在特定时间(如晚间睡前)通过气囊单元的上下蠕动对患者特定部位进行蠕动按摩,引导患者定时翻身,防止患者长时间患病卧床导致的血液流通不畅,增加患者治疗效果,预防和治疗褥疮,减轻医护负担,节省医疗费用。

[0044] 所述气泵系统4包括气泵11、高压管路12、低压管路13、第二压力感受装置14、第三压力感应装置15、末端气阀16,所述第二压力感受装置14及第三压力感应装置15为气压计或压力传感器;所述高压管路12为三通管,其中一个端口设置末端气阀16,另外两个端口分别与气泵11和气囊进口6连接;所述低压管路13为三通管,其中一个端口设有末端气阀16,一个端口与气囊出口7连接,另一个端口封闭;所述第二压力感受装置14设置在高压管路12内,所述第三压力感应装置15设置在低压管路13内,所述末端气阀16分别设置在高低压管路末端;所述气泵11、第二压力感受装置14、第三压力感应装置15及末端气阀16分别通过导线与电脑控制系统5连接。所述第二压力感受装置14感应高压管路12内的气压大小并将其转换为信号反馈给电脑控制系统5,电脑控制系统5根据设定的程序发出指令,通过控制气泵11及末端气阀16的开合控制高压管路12内的压力;所述第三压力感应装置15感应低压管路13内的气压大小并将其转换为电信号反馈给电脑控制系统5,电脑控制系统5根据预先设定的程序发出指令,通过控制末端气阀16的开合控制低压管路13内的压力;电脑控制系统5控制气泵系统的高低压管路中的气压,使管路中的气压达到程序预设要求。

[0045] 具体控制过程如下:

[0046] 如果高压管路内第二压力感受装置感应的气压值低于程序设定的高压管路内的气压值,第二压力感受装置将其所感应到的气压值转换为电信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据预先设定的程序发出指令给末端气阀及气泵,控制末端气阀闭合,气泵对高压管路进行泵气,直至高压管内的气压达到预设的压力要求;如果高压管路内第二压力感受装置感应的气压值高于程序设定的高压管路内的气压值,第二压力感受装置将其所感应到的气压值转换为电信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据预先设定的程序发出指令给末端气阀及气泵,控制末端气阀开启进行放气,气泵关闭,直至高压管内的气压达到预设的压力要求。

[0047] 如果低压管路内第三压力感受装置感应的气压值高于程序设定的低压管路内的气压值,第三压力感受装置将其所感应到的气压值转换为电信号反馈给电脑控制系统,电脑控制系统根据预先设定的程序发出指令给末端气阀,控制末端气阀开启,使低压管路内的气压达到预设的压力要求;由于低压管路用于对气囊单元进行放气,低压管路内的气压需要低于气囊单元内的气压,因此该步骤只需要放气过程即可。

[0048] 所述电脑控制系统可根据设定的程序,对不同矩阵位点气囊单元3内的气压大小进行定时、定压控制,并控制气泵系统4内的气压,使床垫2在特定的时间点(t)呈现特定的

支撑面,依据病情满足患者康复及预防褥疮的需求。

[0049] 需要说明的是:本实施例中,所述床垫由若干相互独立且呈矩阵排列的气囊单元、气泵系统,以及电脑控制系统构成,电脑控制系统通过控制位于不同矩阵位点气囊单元内的气压大小,使气囊单元在与病人接触面呈现特定的支撑面。该设计可使不同矩阵单元位点的气囊单元根据程序设定组合成不同病人接触面模式,例如图4中模式1、2示意气垫床在不同时间点t对患者接触面进行按压或通过不同接触面预防褥疮的发生;模式3示意对褥疮部位进行腾空处理,时患者褥疮部位不会受到压力,从而达到治疗目的;模式4示意根据患者体位及褥疮大小按照需要进行调节最佳接触面,使患者长时间卧床的同时能受到合适的支撑。本发明的气囊单元矩阵式组合还可根据具体情况设置多种不同的治疗模式,每种模式可根据病人需求在位点、压力及时间点做出定义,使床垫与病人接触的接触面在不同时间呈现不同接触面,且可在特定时间(如晚间睡前)通过气囊单元的上下蠕动对患者特定部位进行蠕动按摩,引导患者定时翻身,防止患者长时间患病卧床导致的血液流通不畅,增加患者治疗效果,预防和治疗褥疮,减轻医护负担,节省医疗费用。

[0050] 本实施例中,所述气泵系统包括气泵、高压管路、低压管路、第二压力感受装置、第三压力感应装置、末端气阀,所述气泵、第二压力感受装置、第三压力感应装置及末端气阀分别通过导线与电脑控制系统连接,电脑控制系统根据设定的程序发出指令,控制气泵系统的高低压管路中的气压;该设计可实现对高低压管路内的气压大小进行精准控制,使管路中的气压达到程序预设要求,保障气囊单元的充气、放气过程顺利进行。

[0051] 本实施例中,所述气囊单元与患者接触面为矩形,所述矩形的面积为 $4-10\text{cm}^2$,该矩形面积为最佳的设计面积,如该矩形面积过大,由气囊单元组成的支撑面与患者贴合度低,会有凹凸感,使用不舒适;如该矩形面积过小,在相同面积大小的情况下,会增加气囊单元及气泵系统的数量,增加气垫床的制造成本。矩形面积的限定,保证气囊单元可根据需要组成适合患者的最佳接触面,使其与患者身体局部,尤其是骨突部位或者褥疮准确贴合,使得突出部位不受压力的同时,相邻的部位能受到合适的支撑,有利于长期卧床治疗患者的康复。

[0052] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员,在不脱离本发明方法的前提下,还可以做出若干改进和补充,这些改进和补充也应视为本发明的保护范围。

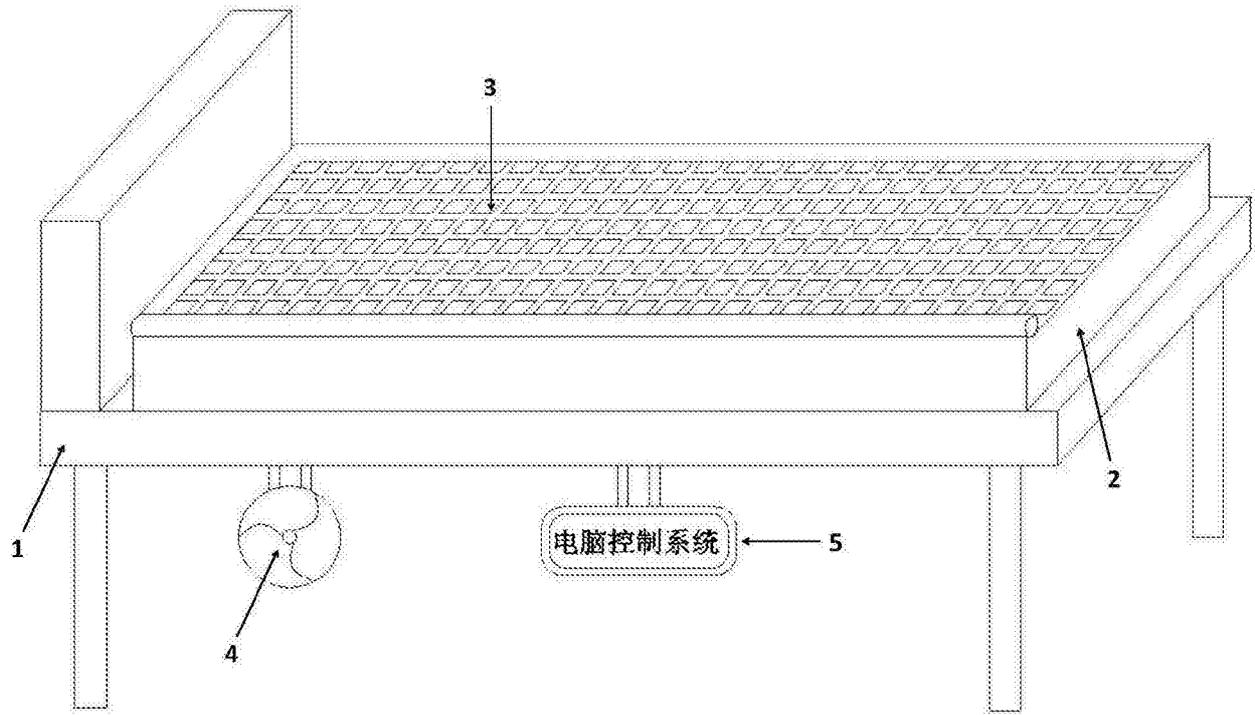


图1

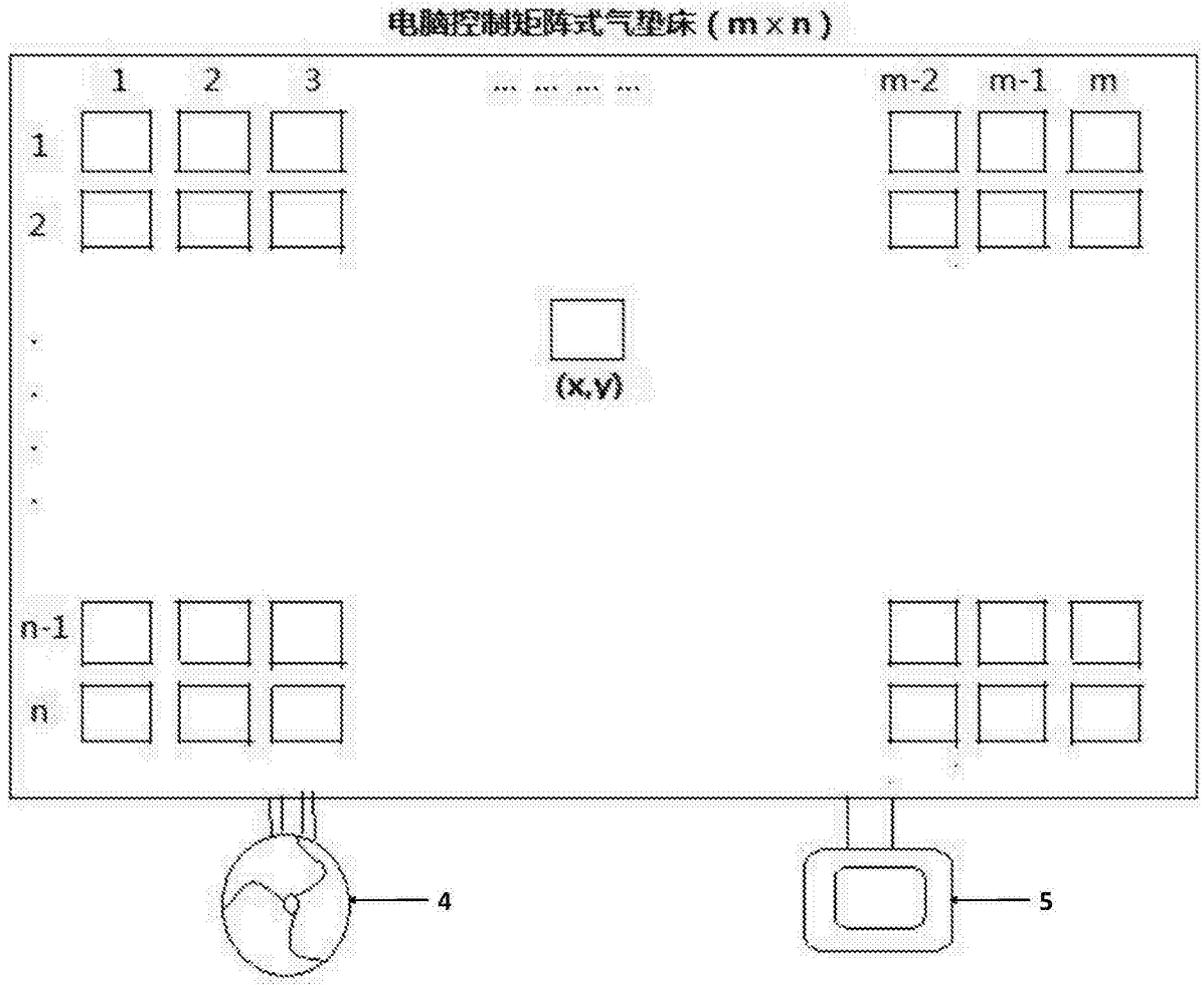


图2

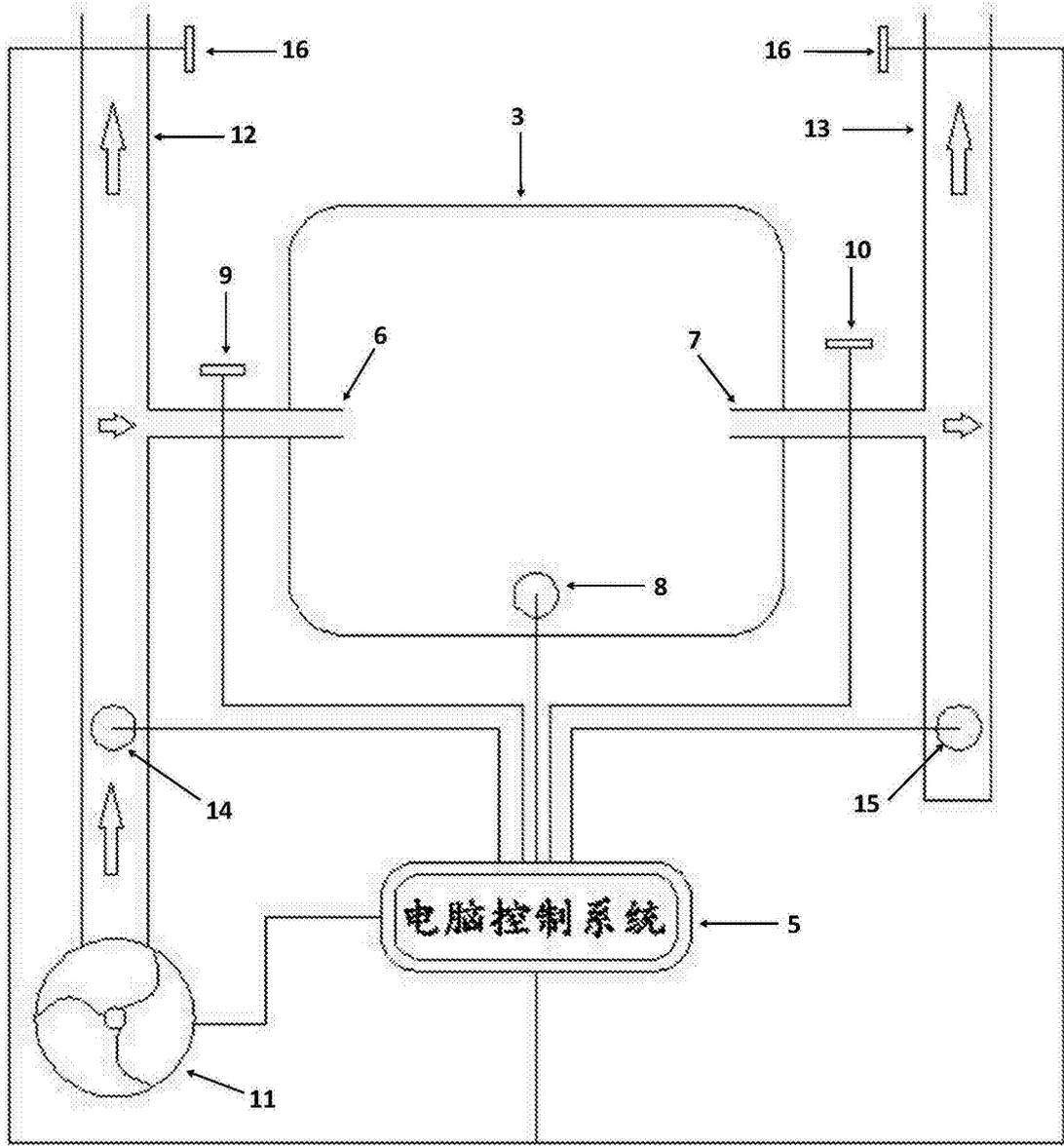


图3

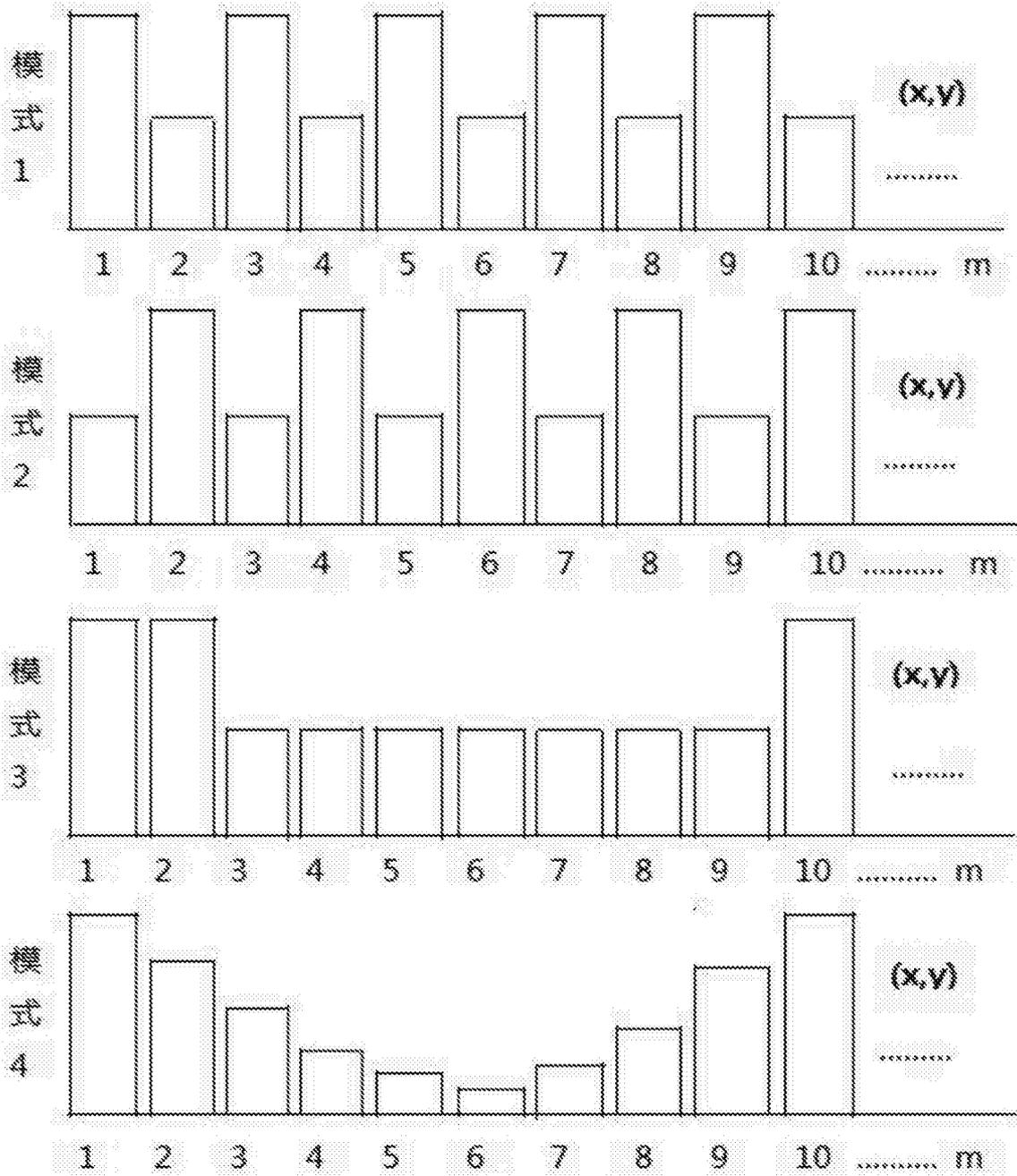


图4