



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200410054206.9

[45] 授权公告日 2007 年 8 月 22 日

[11] 授权公告号 CN 1332629C

[22] 申请日 2004. 9. 2

[21] 申请号 200410054206.9

[73] 专利权人 上海交通大学

地址 200240 上海市闵行区东川路 800 号

[72] 发明人 颜国正 王坤东

[56] 参考文献

CN1147383C 2004. 4. 28

CN1346732A 2002. 5. 1

US5906591A 1999. 5. 25

US5337732A 1994. 8. 16

US5398670A 1995. 3. 21

A SMA – actuated miniature pressure regulator for aminiature robot for colonoscopy Maria Chiara Carrozza, et al, Sensors and Actuators, Vol. 105 2003

Design of miniature parallel manipulators for integration in a self-propelling endoscope J Peris, D Reynaerts, H Van Brussel, Sensors and Actuators, Vol. 85 2000

审查员 路 凯

[74] 专利代理机构 上海交达专利事务所

代理人 毛翠莹

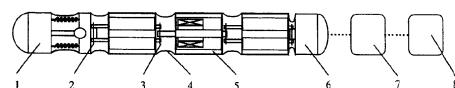
权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页

[54] 发明名称

主动式肠道内窥镜机器人系统

[57] 摘要

本发明涉及一种主动式肠道内窥镜机器人系统，由前舱、若干个直线驱动器及后舱依次连接而成，整个机器人外部用弹性密封膜进行密封，后舱尾部接出缆线连接到控制器和监视器，分别用来控制机器人和显示图像。前舱封装了微型彩色图像传感器、配套镜头和处理芯片，成像方向和行走方向使用记忆合金控制，各直线驱动器之间由十字万向节相连接，以实现多自由度运动，采用多块永磁体粘结来获得近似全径向磁场，通过载流线圈与永磁磁场的相互作用来实现直线驱动器的运动。后舱在运动过程中，负责缆线的收发，消除缆线给运动带来的障碍。本发明的机器人适于人体肠道环境，可在肠道内实现长距离的检测。



1、一种主动式肠道内窥镜机器人系统，包括前舱（1）、若干个直线驱动器（5）和后舱（6），前舱（1）通过连接销（2）与第一个直线驱动器（5）刚性连接，最后一个直线驱动器（5）的后端通过连接销（2）与后舱（6）连接，直线驱动器（5）互相之间通过十字万向节（3）连接，整个机器人外部用弹性密封膜（4）进行密封，其特征在于缆线由后舱（6）尾部接出连接到控制器（7）和监视器（8）；前舱（1）中，由感光器件（13）、棱镜（14）和镜头（9）构成成像系统，封装在由外壳（12）、前端盖（11）和后端盖（15）构成的腔内，四根形状记忆合金弹簧（16）在后端盖（15）的圆周上均匀分布，其另外一端固定连接在支撑架（18）上，球铰（17）的杆插入后端盖（15）的中心孔，球铰（17）可在支撑架（18）上的半球形凹槽内转动；直线驱动器（5）中，永磁块（22）镶嵌在导磁筒（23）内壁的槽里面，所有永磁块（22）的极化方向一致朝外或者朝内，左端盖（20）、右端盖（24）嵌入导磁筒（23），绕有线圈绕组（21）的线圈架（19）装在导磁筒（23）内，可以在铁芯（25）上自由滑动，导磁筒（23）、铁芯（25）、左端盖（20）、右端盖（24）和永磁块（22）以及位于永磁块（22）和铁芯（25）之间的气隙构成磁回路；后舱（6）中，电机（27）安装在左盖板（26）上，左盖板（26）以紧配合的方式部分嵌入到外筒（28），电机轴上装有电刷（29）和辊子（30），L形固定板（32）粘结在右盖板（33）内侧，右盖板（33）以紧配合的方式部分嵌入到外筒（28），在固定板（32）上直角布置三个滚轮（31）用来引导缆线。

2、根据权利要求1所述的主动式肠道内窥镜机器人系统，其特征在于所述前舱（1）的成像系统中，感光器件（13）感光面的外边与棱镜（14）固定，镜头（9）镶嵌在前端盖（11）的孔中，前端盖（11）的一部分嵌入外壳（12）内壁并为紧配合，为成像提供光源的照明灯（10）镶嵌在前端盖（11）上，装上后端盖（15）使成像系统相对独立。

3、根据权利要求1的主动式肠道内窥镜机器人系统，其特征在于所述永磁块（22）采用八块截面为长方体的条状永磁块，镶嵌在导磁筒内壁的槽里面拼成八边形。

主动式肠道内窥镜机器人系统

技术领域

本发明涉及一种肠道内窥镜机器人系统，尤其涉及一种基于蠕动原理的主动式肠道内窥镜机器人系统，属于机电技术和医学领域。

背景技术

体现“少创和无创”体内诊疗技术要求的主动式内窥镜已成为国际生物医疗器械行业竞相研究和开发的重点。与传统的内窥镜相比，主动式内窥镜除具有传统内窥镜的优点外，还具有：（1）使用方便；（2）病人无痛苦或少痛苦；（3）快速高效等优点。据报导，日本 Tohoku 大学利用微型机械制造技术，采用形状记忆合金驱动，研制成适于人体肠道或血管环境下动作的蛇形驱动装置，并将进一步研制和开发体内自行式诊疗系统以实现体内诊断、体内微细手术、体内药物的直接投放等功能。S. Maeds 等人提出了一种主动式的内窥镜（4260 像素的图像传输纤维和光传输纤维），外径是 2mm. 最大弯曲角达 60°。D. Reynaens 等人基于尺蠖运动原理的机器人内窥镜，有 2 个弯曲自由度，用于胃肠道介入，其最大外径 15mm。Krishnan S. M. 等人研制的用于智能内窥镜系统的微小机器人由组合机制完成驱动和操纵，机器人尺寸为 30mm×40mm×85mm。美国加州理工学院机械工程系的 J. W. Mrdick 利用空气压研制成气动型机器人驱动内窥镜系统，通过气体压力的增大和减小来控制系统的前进与倒退。我国浙江大学利用微驱动器及旋向相反的两对螺旋驱动机构研制成的适于人体肠道的微机器人系统。我国上海交通大学研制的压电型肠道机器人系统。

在上述的几种机器人内窥镜的研究中，使用形状记忆合金驱动和气流驱动方式的研究占有主要地位。由于人体肠道内的温度较高且不能承受太高的温度，这就造成了形状记忆合金的变形与回复温差较小，带来的问题是形状记忆合金驱动的速度较慢。气流驱动方式由于其特殊的运行机理，机器人外径不可能太小，而且其靠扩张的方式行走会引起患者的不适甚至痛苦，这是需要进一步讨论的问题。旋转驱动器驱动存在系统体积的微型化、功重比的提高、系统发热等方面的问题。压电驱动具有体积小、刚度大、位移分辨率及定位精度高、线性好、频率

响应高等优点，最大的不足是驱动位移太小。直线电磁驱动方式是一种近年来出现的新型驱动方式，具有机构简单、可控、驱动位移大、易于制造等优点，但是现有的直线电磁驱动器一般尺寸都比较大，不能满足内窥镜的工作空间狭小的要求，要将现有的规格单纯缩小并不能实现。这是因为为了充分利用线圈绕组和永磁体的励磁，往往采用全径向充磁的管状永磁体，在尺寸较小时充磁几乎不能实现，因此需要寻求更为合理的结构设计。

除了驱动的问题之外，现有的各种蠕动机器人还存在一些其他的问题，如行走方向完全依赖于管道或者行走表面的变化，前进方向不可控，不能根据需要改变行走方向或者改变成像方向，在前进过程中缆线与肠道内壁的运动产生的摩擦力也极大的限制了机器人的运动范围，这些都是亟待解决的关键问题。

发明内容

本发明的目的在于克服现有技术中的不足，提出一种主动式肠道内窥镜机器人系统，进一步减小体积，使之适于人体肠道环境，能够控制行走方向和视角，同时解决在行走过程中缆线对于运动的阻碍。

为实现这样的目的，本发明利用了仿生学原理，采用直线电磁驱动方式，使机器人在肠道中作类似蚯蚓的蠕动运动。整个机器人由前舱、若干个直线驱动器及后舱依次连接而成，外部用弹性密封膜进行密封，后舱尾部接出缆线连接到控制器和监视器，分别用来控制机器人和显示图像。前舱封装了微型彩色图像传感器、配套镜头和处理芯片，采用节省空间的安装结构，成像方向和行走方向使用记忆合金控制。各直线驱动器之间由十字万向节相连接，以实现多自由度运动。采用多块永磁体粘结来获得近似全径向磁场，直线驱动器的运动是通过载流线圈与永磁磁场的相互作用来实现的。后舱在运动过程中，负责缆线的收发，以消除缆线给运动带来的障碍。

本发明的具体结构如下：机器人由若干个微小型永磁直流直线驱动器、后舱和前舱构成。前舱通过连接销与第一个直线驱动器刚性连接，最后一个直线驱动器的后端通过连接销与后舱连接，直线驱动器互相之间通过十字万向节连接，整个机器人外部覆一层和人体生理兼容的弹性硅橡胶膜进行密封，缆线由后舱尾部接出连接到控制器和监视器。

本发明的前舱主要由镜头、照明灯、前端盖、外壳、感光器件、棱镜、后端盖、记忆合金弹簧、球铰和支撑架组成。感光器件、棱镜和镜头构成成像系统，封装

在由外壳、前端盖构成的腔内，感光器件的感光面与棱镜固定，镜头镶嵌在前端盖的孔中，前端盖部分嵌入外壳内壁并为紧配合，为成像提供光源的照明灯镶嵌在前端盖上，装上后端盖使前部成像部分相对独立。四根形状记忆合金弹簧在后端盖的圆周上均匀分布，其另外一端固定连接在支撑架上。球铰的杆插入后端盖的中心孔，球铰可在支撑架上的半球形凹槽内转动。当给其中一根记忆合金弹簧通电时，其受热缩短则球铰转动，转动的方向和转角的大小由给哪一个形状记忆合金弹簧供电和供电电压的大小来控制。初始状态下，球铰处于不偏转的状态，加电进行偏转，掉电后由于合金的记忆效应球铰回复到初始状态。

本发明的直线驱动器由线圈架、左端盖、线圈绕组、永磁块、导磁筒、右端盖和铁芯组成。长方体状永磁块镶嵌在导磁筒内壁的槽里面，所有永磁块的极化方向一致朝外或者朝内，左、右端盖嵌入导磁筒，绕有线圈绕组的线圈架装在导磁筒内，可以在铁芯上自由滑动，导磁筒、铁芯、左端盖、右端盖均由电工纯铁加工而成，和永磁块以及位于永磁块和铁芯之间的气隙构成磁回路。位于气隙磁场中的线圈绕组通有电流时，电流方向沿圆周切向，和径向磁场垂直，产生沿轴向的力，使线圈架在铁芯上滑动，改变电流方向则线圈架向反方向滑动。

本发明的后舱主要由左盖板、电机、外筒、电刷、辊子、滚轮、固定板、右盖板组成。电机安装在左盖板上，左盖板以紧配合的方式部分嵌入到外筒，电机轴上装有电刷和辊子，均为紧配合，L形固定板粘结在右盖板中部，右盖板也以紧配合的方式部分嵌入到外筒，在固定板上直角布置三个滚轮，用来引导缆线。在前进时电机转动将线放出，在后退时驱动器反转将线收回到底舱里面。

本发明的前舱和后面的第一个驱动器使用连接销连接，为防止这两节之间的转动影响球铰的运动，加粘结剂使连接销固定在连接部分，驱动器之间采用十字万向节连接，一侧连接上一节驱动器，另外一侧连接下一节驱动器，两节之间有两个自由度，保证整个躯体柔软灵活，适合弯曲变化的肠道，最后一节驱动器和后舱采用连接销连接。控制器主要用来产生驱动的控制信号序列，控制前舱球铰的转动，机器人的行进速度和正反向行走，当控制器发出一定时序的控制信号，机器人蠕动爬行，改变控制信号频率，机器人爬行速度变化，改变控制信号，机器人反向行走。机器人外套硅橡胶密封膜，在肠道中运动时由于采用蠕动原理，所以运动不会引起人的不适反应。

本发明的微型机器人系统总体尺寸小，适于人体肠道环境，基于蠕动的仿生

学运动机理对肠道的刺激很小，患者无不适感，密封膜和人体肠道生理兼容，无毒副作用。采用直线驱动器驱动，结构简单，使机器人总体长度控制在 60mm 以下，微型彩色图像传感器和配套镜头的安装方式使机器人的直径控制在 ϕ 11mm 以下，运动单元使用万向节连接，适于弯曲柔软的肠道表面变化，记忆合金弹簧可以用来控制成像方向，同时在行走过程中如果遇到障碍可以改变行走方向，绕过障碍继续前进，实现速度和行走方向以及成像方向能控。采用缆线收放装置排除缆线在运动过程中的阻碍，可在肠道内实现长距离的检测，并且对于弯曲的肠道也能检测。

附图说明

图 1 为本发明结构示意图。

图 1 中，1 为前舱，2 为连接销，3 为十字万向节，4 为密封膜，5 为直线驱动器，6 为后舱，7 为控制器，8 为监视器。

图 2 为本发明中前舱 1 的结构示意图。

图 2 中，9 为镜头，10 为照明灯，11 为前端盖，12 为外壳，13 为感光器件，14 为棱镜，15 为后端盖，16 为记忆合金弹簧，17 为球铰，18 为支撑架。

图 3 为直线驱动器 5 的结构示意图。

图 3 中，19 为线圈架，20 为左端盖，21 为线圈绕组，22 为永磁块，23 为导磁筒，24 为右端盖，25 为铁芯。

图 4 为十字万向节 3 的结构示意图。

图 5 为直线驱动器中永磁块 22 的的安装示意图。

图 5 中，a 为永磁块产生的磁场方向示意，b 为驱动器截面上的永磁块安装位置示意。

图 6 为后舱 6 的结构示意图。

图 6 中，26 为左盖板，27 为电机，28 为外筒，29 为电刷，30 为辊子，31 为滚轮，32 为右盖板。

图 7 为驱动器控制信号波形图。

图 7 中，a 为正向行走信号波形，b 为反向行走信号波形。

图 8 为本发明机器人的工作原理示意图。

具体实施方式

以下结合附图对本发明的技术方案作详细描述：

本发明的机器人系统整体结构如图 1 所示，主要包括：前舱 1、连接销 2、十字万向节 3、密封膜 4、若干个直线驱动器 5、后舱 6、控制器 7、监视器 8。前舱 1 通过连接销 2 与第一个直线驱动器 5 刚性连接，最后一个直线驱动器 5 的后端通过连接销 2 与后舱 6 连接。直线驱动器 5 互相之间通过十字万向节 3 连接。整个机器人外部用弹性密封膜 4 进行密封。缆线由后舱尾部接出连接到控制器 7 和监视器 8，分别用来控制机器人和显示图像。

本发明中前舱 1 的结构如图 2 所示，主要由镜头 9、照明灯 10、前端盖 11、外壳 12、感光器件 13、棱镜 14、后端盖 15、记忆合金弹簧 16、球铰 17 和支撑架 18 组成。由感光器件 13、棱镜 14 和镜头 9 构成成像系统，感光器件 13 由微型彩色图像传感器及其处理电路组成，其外形为长方体，在感光面的外边使用粘结剂将棱镜 14 固定，整个固定为一体，装入外壳 12 中。镜头 9 镶嵌在前端盖 11 的孔中，前端盖 11 部分嵌入外壳 12 内壁，为紧配合，装上后端盖 15 使前部成像部分相对独立。整个成像系统封装在由外壳 12、前端盖 11 和后端盖 15 构成的腔内，镶嵌在前端盖 11 上的照明灯 10 为成像提供光源。采用图 2 所示安装方式可减小所需空间，使机器人直径控制在 $\Phi 11\text{mm}$ 以下。

球铰 17 的杆插入后端盖 15 的中心孔也是紧配合并加粘结剂固定，四根形状记忆合金弹簧 16 在后端盖 15 的圆周上均匀分布，其另外一端固定连接在支撑架 18 上，球铰 17 可在支撑架 18 上的半球形凹槽内转动。初始状态下，球铰 17 处于不偏转的状态，当其中一根记忆合金弹簧 16 通电时，其受热收缩，则球铰 17 转动，改变成像方向，断开电流则由于合金的记忆效应，记忆合金弹簧 16 回复到加电流之前的长度，成像方向回复到初始状态。球铰 17 转动的方向和转角的大小由给哪一根形状记忆合金弹簧供电及供电电压的大小来控制。使用球铰 17 和记忆合金弹簧 16 可以控制成像方向和机器人的行走方向。

本发明中直线驱动器的结构如图 3 所示，由线圈架 19、左端盖 20、线圈绕组 21、永磁块 22、导磁筒 23、右端盖 24 和铁芯 25 组成。线圈绕组 21 绕在圆筒形线圈架 19 的外沿，形成螺线管线圈。长方体状永磁块 22 镶嵌在导磁筒 23 内壁的槽里面并使用粘结剂固定，所有永磁块 22 的极化方向一致朝外或者朝内。左端盖 20、右端盖 24 嵌入导磁筒 23，互相为紧配合，线圈架 19 装在导磁筒 23 内，铁芯 25 穿过两端盖和线圈架的中心孔，和两端盖中心孔为紧配合，和线圈架 19 中心为松配合，线圈架 19 可以在铁芯 25 上自由滑动。导磁筒 23、铁芯 25、左端盖 20、

右端盖 24 均由电工纯铁加工而成，和永磁块 22 以及位于永磁块 22 和铁芯 25 之间的气隙构成磁回路。位于气隙磁场中的线圈绕组 21 通有电流时，电流方向沿圆周切向，和径向磁场垂直，产生沿轴向的力，使线圈架 19 在铁芯 25 上滑动，改变电流方向则线圈架 19 向反方向滑动。

各节直线驱动器 5 之间通过如图 4 所示的十字万向节 3 连接，并用弹性密封膜 4 密封。十字万向节 3 一端联接后一级直线驱动器 5 上线圈架 19 的运动输出轴，另一端联接前一级直线驱动器 5 的线圈架 19 的运动输出轴。十字万向节 3 的作用是使其所连的两个直线驱动器 5 之间有两个转动自由度，适合不平整或弯曲的表面运动，具有足够的柔性和对弯曲肠道的适应性。

图 5 (b) 为从直线驱动器截面方向上看的永磁块 22 的安装位置示意图，八块截面为长方体的条状永磁块镶嵌在导磁筒内壁的槽里面，拼成八边形，所有永磁块的极化方向一致朝外或者朝内。本发明直线驱动器的气隙磁场是全径向充磁管状永磁体的一种逼近。由于磁体尺寸要求很小，所以全径向充磁几乎不可能，但是全径向充磁又有着极高的磁场利用率，所以用条状永磁块拼成八边形，并将所有的 N 极朝外放置来近似的获得全径向充磁。该结构可以在气隙中获得近似的以铁芯 25 为中心的向西周呈辐射状的磁场方向，如图 5 (a) 所示。

图 6 为本发明中后舱的结构示意图。如图 6 所示，后舱主要由左盖板 26、电机 27、外筒 28、电刷 29、辊子 30、滚轮 31、固定板 32、右盖板 33 组成。电机 27 安装在左盖板 26 上，左盖板 26 以紧配合的方式部分嵌入到外筒 28，电机轴上装有电刷 29 和辊子 30，均为紧配合，L 形固定板 32 粘结在右盖板 33 内侧，右盖板 33 也以紧配合的方式部分嵌入到外筒 28，在固定板 32 上粘有三个滚轮 31 成直角布置，用来引导缆线。在前进时电机 27 转动将绕在辊子 30 上的线放出，在后退时电机 27 反转将线收回。

本发明机器人的驱动控制信号波形如图 7 所示。图 8 给出了本发明机器人的工作原理，以图 7 (a) 正向行走信号驱动下机器人正向行走一个运动周期的动作过程为例。在整个机器人结构中，前舱 1 和每个直线驱动器 5 的线圈架 19、线圈绕组 21 以及后舱 6 是连接在一起的，运动时作为一个整体，称为定子。每个直线驱动器 5 的左端盖 20、右端盖 24、铁芯 25 和永磁块 22 装配完为一个整体，称为动子。两者之间在线圈绕组 21 施加电压时会在电磁力的作用下会发生相对运动，给三个直线驱动器 1 的动子从左向右分别编号 A、B、C，下面结合图 7 (a) 和图

8 分别介绍正向行走的各个步骤:

- 1、蠕动机器人系统的初始状态, 各个运动单元的位置如图 8 中的 (1) 所示。
- 2、在 t_1-t_2 阶段, 各个直线驱动器 5 施加的电压如图 7 (a) 所示, 即第一个直线驱动器的驱动信号为高, 而另两个直线驱动器的驱动信号为低, 此时编号为 A 的动子向左运动一个步距 d , 其他不动, 在 t_2 时刻, 各运动单元的位置如图 8 中的 (2) 所示。
- 3、在 t_2-t_3 阶段, 编号为 B 的动子向左运动一个步距 d , 其他保持不动, 在 t_3 时刻动作结束, 各运动单元的位置如图 8 中的 (3) 所示。
- 4、在 t_3-t_4 阶段, 编号为 C 的动子向左运动一个步距 d , 其他保持不动, 在 t_4 时刻动作结束, 各运动单元的位置如图 8 中的 (4) 所示。
- 5、在 t_4-t_5 阶段, 三个动子均保持不动, 定子向前运动一个步距 d , 在 t_5 时刻动作结束, 各运动单元的位置如图 8 中的 (5) 所示。

经过上述一个循环之后, 机器人整体向左运动一个步距 d 。同理当施加如图 7 (b) 所示控制信号时, 则运动次序改为定子、C、B 和 A, 机器人向右运动。因此, 改变控制信号, 机器人运动方向改变; 在一定范围内改变控制信号频率, 即能实现机器人不同的驱动速度。

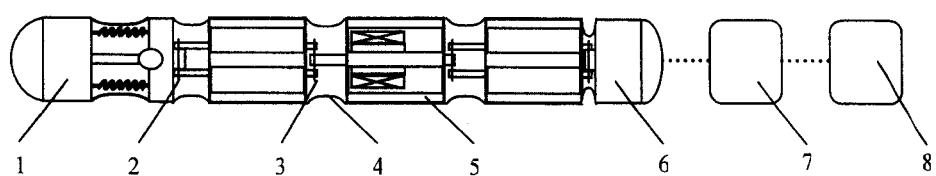


图 1

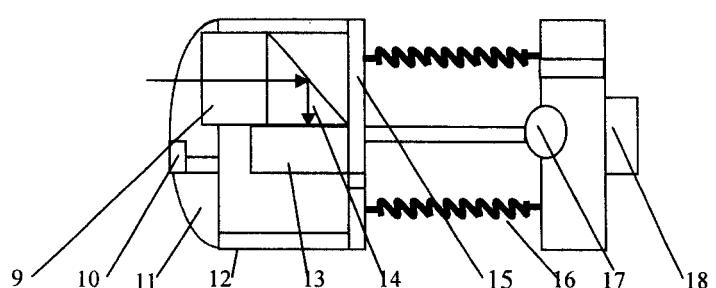


图 2

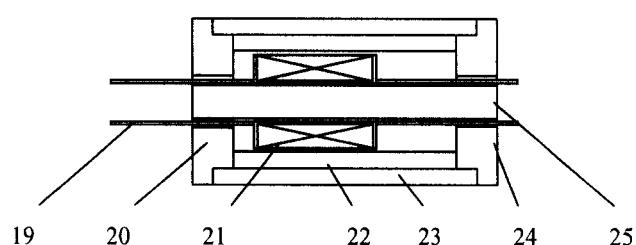


图 3

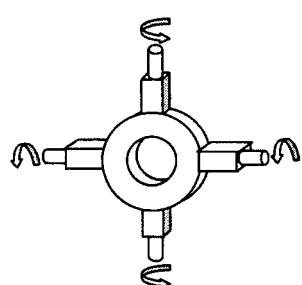


图 4

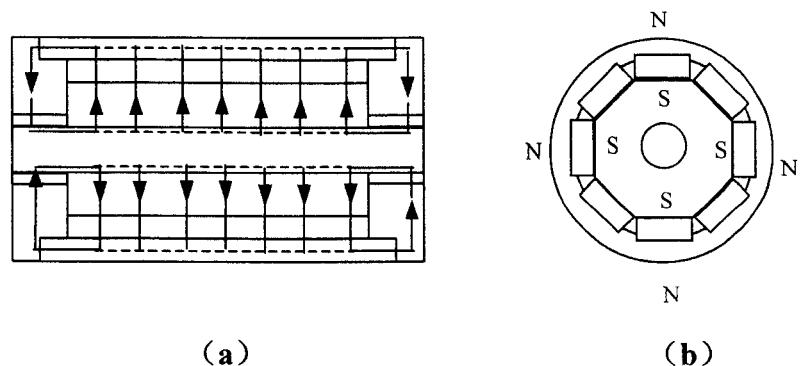


图 5

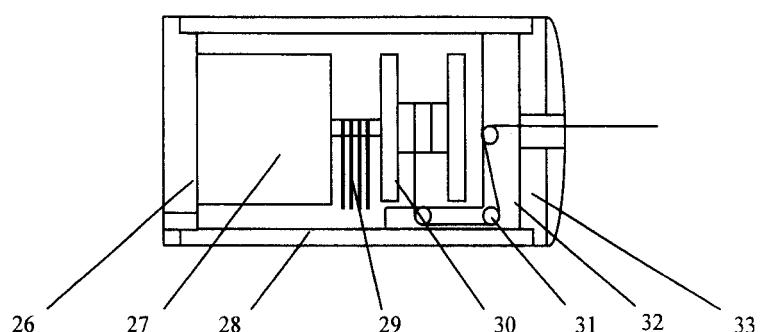


图 6

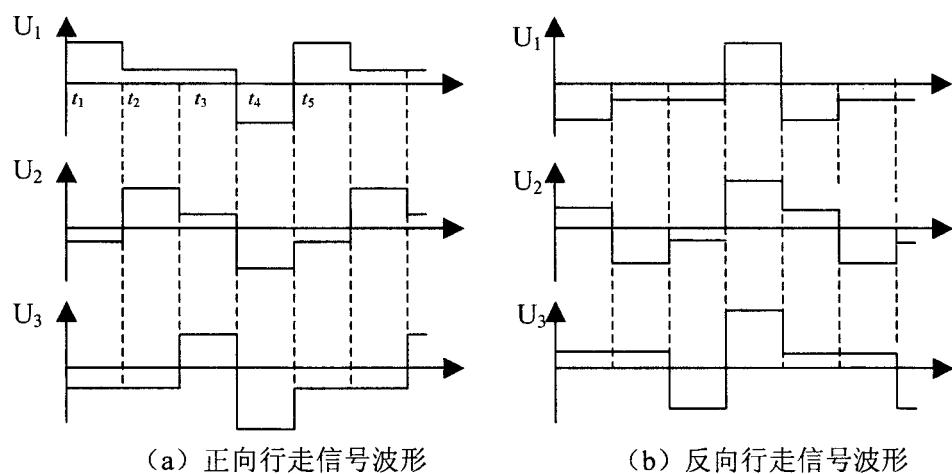


图 7

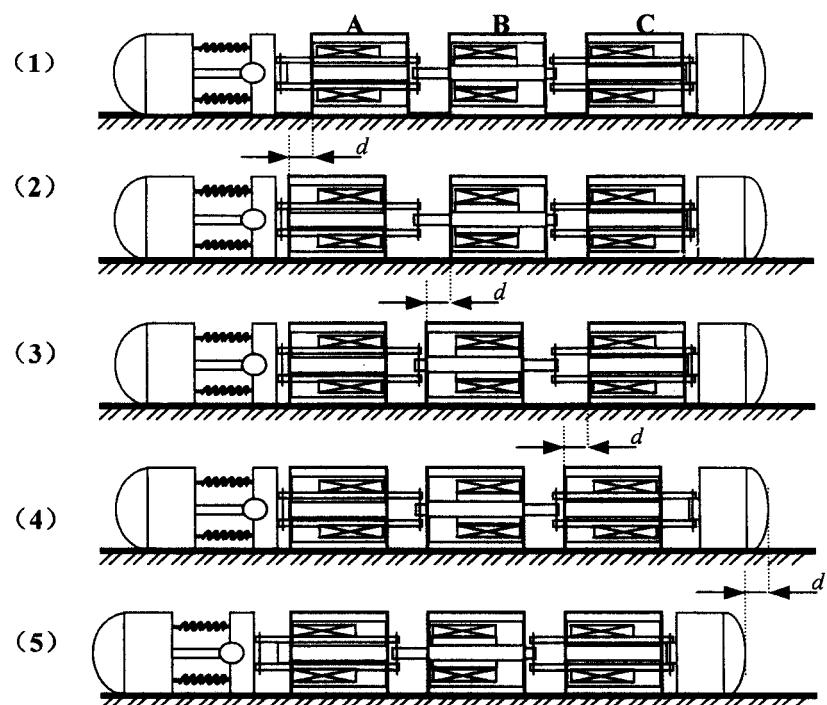


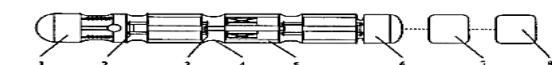
图 8

专利名称(译)	主动式肠道内窥镜机器人系统		
公开(公告)号	CN1332629C	公开(公告)日	2007-08-22
申请号	CN200410054206.9	申请日	2004-09-02
[标]申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
当前申请(专利权)人(译)	上海交通大学		
[标]发明人	颜国正 王坤东		
发明人	颜国正 王坤东		
IPC分类号	A61B1/00 A61B19/00 A61B5/07		
审查员(译)	路凯		
其他公开文献	CN1586388A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

74] 专利代理机构 上海交达专利事务所
代理人 毛翠莹

本发明涉及一种主动式肠道内窥镜机器人系统，由前舱、若干个直线驱动器及后舱依次连接而成，整个机器人外部用弹性密封膜进行密封，后舱尾部接出缆线连接到控制器和监视器，分别用来控制机器人和显示图像。前舱封装了微型彩色图像传感器、配套镜头和处理芯片，成像方向和行走方向使用记忆合金控制，各直线驱动器之间由十字万向节相连接，以实现多自由度运动，采用多块永磁体粘结来获得近似全径向磁场，通过载流线圈与永磁场的相互作用来实现直线驱动器的运动。后舱在运动过程中，负责缆线的收发，消除缆线给运动带来的障碍。本发明的机器人适于人体肠道环境，可在肠道内实现长距离的检测。



权利要求书 1 页 说明书 7 页 附图 3 页