



(45) 授权公告日 2016.04.20

权利要求书2页 说明书17页 附图6页

```

graph TD
    Start([开始]) --> Step1[在系统中输入一个地址或一个电话, 查看是否有记录  
如果有记录, 显示记录内容, 如无记录, 则输入一个  
新记录, 存入系统中并保存到数据库]
    Step1 --> Step2[制定记录内容的数据库结构和数据库表, 并  
制定记录内容输入输出方案]
    Step2 --> Step3["* 1. 数据库管理: 按记录内容输入输出方案  
制定数据库管理程序, 实现数据库的输入输出"]
    Step3 --> Step4[对数据库管理程序进行编译运行和性能测试  
及优化, 使数据库管理程序达到设计要求]
    Step4 --> Step5[在数据库管理系统中开发记录内容的输入输出  
程序, 并上机运行; 检查记录内容]
    Step5 --> Step6[将记录内容输入输出程序与数据库管理程序  
和数据库管理系统集成到系统中, 使系统具有  
记录内容输入输出功能, 并能对记录内容进行  
检索、修改、删除、统计]
    Step6 --> Step7[将记录内容输入输出程序集成]
    Step7 --> Step8[编制记录内容输入输出系统二次开发指南]
    Step8 --> End([结束])
  
```

1. 一种胶囊内窥镜的位置参数的测量方法,其特征在于:包括以下步骤:

①通过安置磁体以及磁阻传感器来获取胶囊内窥镜的准确的位置参数,具体过程如下:

①-1、在人体外建立一个空间坐标系作为参考坐标系,在胶囊内窥镜的外周套上设置圆环型薄磁套,在获取胶囊内窥镜的位置参数之前,在人体表面安置M-1个磁体,该M-1个磁体和胶囊内窥镜的圆环型薄磁套共同构成M个磁体,再在人体外布置F个磁阻传感器,每个磁阻传感器采集M个磁体的磁场信号 $\vec{B}$,并将采集到的每个磁体的磁场信号 $\vec{B}$ 转换为电压信号V, $V = \vec{B} \times K_v$, 其中, K_v 为一个常数;

所述的步骤①-1中获取 K_v 的具体过程为:

①-1-a、从安置于人体表面上的M-1个磁体中选取一个磁体,记为A,并让磁体A沿参考坐标系的x轴方向移动Q次,得到Q个移动后的位置,其中, $Q \geq 10$;

①-1-b、在F个磁阻传感器中选择一个磁阻传感器,记为C,然后根据磁体A每次移动后的位置,确定磁体A每次移动后磁阻传感器C输出的电压信号与磁体A对应的移动后的位置之间的关系,具体过程为:1)将磁体A第d次移动后的位置定义为当前位置,其中, $d = 1, 2, \dots, Q$; 2)根据毕奥-萨伐尔定律 $\vec{B} = B_T \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right]$, 将磁体A第y次移动后的磁阻传

感器C输出的电压信号 V_d 表示为:

$$V_d = K\vec{B} = KB_T \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right] = K_{vd} \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right], \text{ 其中, } K \text{ 为一个常}$$

数, $B_T = \frac{\mu_r \mu_o M_T}{4\pi}$, μ_r 为磁体A的相对磁导率, μ_o 为真空磁导率, M_T 为磁体A的磁化强度, $\vec{H}_o$

表示一个单位向量, $\vec{H}_o = (0, 0, 1)$, $\vec{P}$ 表示起点为磁体A第d次移动后的位置且终点为磁阻传感器C的位置的向量, R 为 $\vec{P}$ 向量的模, $K_{vd} = K \times B_T$; 3)获取磁体A第d次移动后的磁阻传感器C输出的电压信号的值 V_d ,再根据 $\vec{H}_o$ 和 $\vec{P}$,得到磁体A第d次移动后对应的 K_{vd} ; 4)令 $d = d + 1$,将磁体A下一次移动后的位置作为当前位置,然后返回步骤2)继续执行,直到完成所有移动位置上的测量为止,得到Q个 K_{vd} ,其中, $d = d + 1$ 中的“=”为赋值符号;

①-1-c、采用matlab曲线拟合函数lsqcurvefit对得到的Q个 K_{vd} 进行曲线拟合,得到 K_v ;

①-2、利用ARM嵌入式系统对每个磁阻传感器各自输出的M个电压信号进行采样,得到每个电压信号各自对应的采样信号,再利用磁定位的方法,根据所有的采样信号获取胶囊内窥镜的位置参数。

2. 根据权利要求1所述的一种胶囊内窥镜的位置参数的测量方法,其特征在于:所述的步骤①-1中取 $M \geq 3$,取 $F \geq 5 \times M$ 。

3. 根据权利要求1所述的一种胶囊内窥镜的位置参数的测量方法,其特征在于:所述的步骤①-2中利用磁定位的方法获取胶囊内窥镜的位置参数的具体过程为:

①-2a、将M个磁体中的第q个磁体的位置参数和方向参数对应记为 (a_q, b_q, c_q) 和 $(m_q, n_q,$

p_q),并令胶囊内窥镜的圆环型薄磁套为第M个磁体,其中, a_q 、 b_q 、 c_q 分别表示第q个磁体的三维位置的x、y、z轴分量, m_q 、 n_q 、 p_q 分别表示第q个磁体的方向矢量的x、y、z轴分量, $q=1, 2, \dots, M$;

①-2b、假定F个磁阻传感器中的第1个磁阻传感器为当前磁阻传感器, $l=1, 2, \dots, F$;

①-2c、将当前磁阻传感器的三维位置记为 (x_l, y_l, z_l) ,其中, x_l 、 y_l 、 z_l 分别表示第1个磁阻传感器的三维位置的x、y、z轴分量;

①-2d、根据当前磁阻传感器的三维位置 (x_l, y_l, z_l) 及每个磁体的位置参数和方向参数,得到当前磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与所有磁体的位置参数和方向参数的关系,将当前磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量分别记为 V_{lx} 、 V_{ly} 、 V_{lz} ,

$$V_{lx} = \sum_{q=1}^M K_V \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](x_l - a_q)}{R_{lq}^5} - \frac{m_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$V_{ly} = \sum_{q=1}^M K_V \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](y_l - b_q)}{R_{lq}^5} - \frac{n_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$V_{lz} = \sum_{q=1}^M K_V \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](z_l - c_q)}{R_{lq}^5} - \frac{p_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

其中, V_{lx} 、 V_{ly} 、 V_{lz} 分别对应当前磁阻传感器上的磁感应强度的三个分量 B_{lx} 、 B_{ly} 、 B_{lz} ,

$$R_{lq} = \sqrt{(x_l - a_q)^2 + (y_l - b_q)^2 + (z_l - c_q)^2};$$

①-2e、令 $l=1+1$,将F个磁阻传感器中的下一个磁阻传感器作为当前磁阻传感器,然后返回步骤①-2c继续执行,直至得到每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与所有磁体的位置参数和方向参数的关系,其中, $l=1+1$ 中的“=”为赋值符号;

①-2f、根据每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与所有磁体的位置参数和方向参数的关系和ARM嵌入式系统获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号,获取目标误差函数 E_l , $E_l = E_x + E_y + E_z$,其中, E_x 、 E_y 、 E_z 分别表示所有磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量上产生的误差函数,分别表示为:

$$E_x = \sum_{l=1}^F \{V'_{lx} - V_{lx}\}^2, \quad E_y = \sum_{l=1}^F \{V'_{ly} - V_{ly}\}^2, \quad E_z = \sum_{l=1}^F \{V'_{lz} - V_{lz}\}^2, \text{ 其中, } V'_{lx}, V'_{ly}, V'_{lz} \text{ 表示}$$

ARM嵌入式系统获得的与第1个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号的x、y、z分量;

①-2g、根据每个磁阻传感器的三维位置和ARM嵌入式系统获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号,并利用非线性最小二乘法,使 E_l 最小的 $(a_q, b_q, c_q, m_q, n_q, p_q)$ 即为第q个磁体的位置参数和方向参数;

①-2h、取出胶囊内窥镜的位置参数 (a_m, b_m, c_m) ,其中, a_m 、 b_m 、 c_m 分别表示胶囊内窥镜的位置参数的x、y、z轴分量。

一种胶囊内窥镜病灶组织深度和三维尺寸的测量方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种胶囊内窥镜技术,尤其是涉及一种胶囊内窥镜病灶组织深度和三维尺寸的测量方法。

背景技术

[0002] 以色列Given Imaging公司提出了一种基于无线射频RF信号的定位技术,其利用人体外的8个天线接收源自无线胶囊内窥镜内的射频RF信号,并用算法计算出无线胶囊内窥镜的位置。该定位技术的优点是利用了无线胶囊内窥镜内已有的射频RF信号和天线,无须在无线胶囊内窥镜内附加任何元件;但是,该定位技术的定位精度很低,平均定位精度为37.7mm,临床应用难以接受。医学影像技术如X线成像、CT和MRI(Magnetic Resonance Imaging,磁共振成像)等也可以用三维重建技术来定位,但是过程复杂,计算时间长;而且由间接的重建计算技术得到位置或方向,精度和速度都受限;此外存在射线损害和用时不宜长的问题。3D超声图像技术也可以用来定位,其通过一个跟踪装置对超声探头的6维位姿进行跟踪,然后根据6维位姿对扫描人体得到的超声图像进行三维重建,进一步发现图像中的胶囊内窥镜,并确定胶囊内窥镜的位姿,但是目前该3D超声图像技术还不成熟,精度和速度都有待提高。

[0003] 对于临床的胶囊内窥镜检查,有两种数据非常重要。一是病灶组织在消化道特定部位的深度,利用该数据能对开展进一步的医疗措施和手术方向给予明确。特别是小肠手术,其长度达5~7米,其病灶部位深度及尺寸信息尤其重要。另一数据是病灶组织的三维尺寸,当病灶组织的三维尺寸大于某一界限,就要进行手术;而低于该界限,则不需采用手术。现有的轴向充磁圆磁体技术能够对胶囊内窥镜进行三维位置和对准方向(二维)的定位,该技术具有定位速度快,准确度高的优点,但是缺少一维绕磁体主轴线旋转的方向变化信息,会受到人体运动的影响,这样就无法准确测定病灶组织的深度及三维尺寸。

发明内容

[0004] 本发明所要解决的技术问题是提供一种胶囊内窥镜病灶组织深度和三维尺寸的测量方法,其能够减弱或消除人体运动对胶囊内窥镜在人体内工作时的影响,且能够准确实现病灶组织的深度和三维尺寸的测量。

[0005] 本发明解决上述技术问题所采用的技术方案为:一种胶囊内窥镜病灶组织深度的测量方法,其特征在于:包括以下步骤:

[0006] ①通过安置磁体以及磁阻传感器来获取胶囊内窥镜的准确的位置参数,具体过程如下:

[0007] ①-1、在人体外建立一个空间坐标系作为参考坐标系,在人体内安置一个在外周套上设置有圆环型薄磁套的胶囊内窥镜,在获取胶囊内窥镜的位置参数之前,在人体表面安置M-1个磁体,该M-1个磁体和胶囊内窥镜的圆环型薄磁套共同构成M个磁体,再在人体外布置F个磁阻传感器,每个磁阻传感器采集M个磁体的磁场信号 B ,并将采集到的每个磁体

的磁场信号 $\vec{B}$ 转换为电压信号 V , $V = \vec{B} \times K_V$, 其中, K_V 为一个常数;

[0008] ①-2、利用ARM嵌入式系统对每个磁阻传感器各自输出的M个电压信号进行采样, 得到每个电压信号各自对应的采样信号, 再利用磁定位的方法, 根据所有的采样信号获取胶囊内窥镜的位置参数;

[0009] ②根据得到的胶囊内窥镜的位置参数计算病灶组织深度, 具体过程如下:

[0010] ②-1、在人体内选择一个部位作为参考点, 将此参考点作为起点, 采用一次线性拟合或二次抛物线拟合的方法, 对步骤①中得到的胶囊内窥镜的位置参数进行去噪处理, 得到起点到胶囊内窥镜的轨迹;

[0011] ②-2、将步骤②-1得到的轨迹分割成N段直线段, 然后根据N段直线段, 计算病灶组织深度D, 其中, $N \geq 100$ 。

[0012] 所述的步骤①-1中取 $M \geq 3$, 取 $F \geq 5 \times M$ 。

[0013] 所述的步骤①-1中获取 K_V 的具体过程为:

[0014] ①-1-a、从安置于人体表面上的M-1个磁体中选取一个磁体, 记为A, 并让磁体A沿参考坐标系的x轴方向移动Q次, 得到Q个移动后的位置, 其中, $Q \geq 10$;

[0015] ①-1-b、在F个磁阻传感器中选择一个磁阻传感器, 记为C, 然后根据磁体A每次移动后的位置, 确定磁体A每次移动后磁阻传感器C输出的电压信号与磁体A对应的移动后的位置之间的关系, 具体过程为: 1) 将磁体A第d次移动后的位置定义为当前位置, 其中, $d=1, 2, \dots, Q$; 2) 根据毕奥-萨伐尔定律 $\vec{B} = B_T \left[\frac{3(\vec{H}_O \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_O}{R^3} \right]$, 将磁体A第y次移动后的磁阻传

感器C输出的电压信号 V_d 表示为:

$$[0016] \quad V_d = K\vec{B} = KB_T \left[\frac{3(\vec{H}_O \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_O}{R^3} \right] = K_{Vd} \left[\frac{3(\vec{H}_O \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_O}{R^3} \right], \text{ 其中, } K \text{ 为一}$$

个常数, $B_T = \frac{\mu_r \mu_0 M_T}{4\pi}$, μ_r 为磁体A的相对磁导率, μ_0 为真空磁导率, M_T 为磁体A的磁化强度,

$\vec{H}_O$ 表示一个单位向量, $\vec{H}_O = (0, 0, 1)$, $\vec{P}$ 表示起点为磁体A第d次移动后的位置且终点为磁阻传感器C的位置的向量, R 为 $\vec{P}$ 向量的模, $K_{Vd} = K \times B_T$; 3) 获取磁体A第d次移动后的磁阻传感器C输出的电压信号的值 V_d , 再根据 $\vec{H}_O$ 和 $\vec{P}$, 得到磁体A第d次移动后对应的 K_{Vd} ; 4) 令 $d=d+1$, 将磁体A下一次移动后的位置作为当前位置, 然后返回步骤2) 继续执行, 直到完成所有移动位置上的测量为止, 得到Q个 K_{Vd} , 其中, $d=d+1$ 中的“=”为赋值符号;

[0017] ①-1-c、采用matlab曲线拟合函数lsqcurvefit对得到的Q个 K_{Vd} 进行曲线拟合, 得到 K_V 。

[0018] 所述的步骤①-2中利用磁定位的方法获取胶囊内窥镜的位置参数的具体过程为:

[0019] ①-2a、将M个磁体中的第q个磁体的位置参数和方向参数对应记为 (a_q, b_q, c_q) 和 (m_q, n_q, p_q) , 并令胶囊内窥镜的圆环型薄磁套为第M个磁体, 其中, a_q, b_q, c_q 分别表示第q个磁体的三维位置的x、y、z轴分量, m_q, n_q, p_q 分别表示第q个磁体的方向矢量的x、y、z轴分量, $q=$

1, 2, ..., M;

[0020] ①-2b、假定F个磁阻传感器中的第1个磁阻传感器为当前磁阻传感器, $l=1, 2, \dots, F$;

[0021] ①-2c、将当前磁阻传感器的三维位置记为 (x_l, y_l, z_l) , 其中, x_l, y_l, z_l 分别表示第1个磁阻传感器的三维位置的x、y、z轴分量;

[0022] ①-2d、根据当前磁阻传感器的三维位置 (x_l, y_l, z_l) 及每个磁体的位置参数和方向参数, 得到当前磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与所有磁体的位置参数和方向参数的关系, 将当前磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量分别记为 V_{lx}, V_{ly}, V_{lz} ,

$$[0023] \quad V_{lx} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](x_l - a_q)}{R_{lq}^5} - \frac{m_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0024] \quad V_{ly} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](y_l - b_q)}{R_{lq}^5} - \frac{n_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0025] \quad V_{lz} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](z_l - c_q)}{R_{lq}^5} - \frac{p_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

[0026] 其中, V_{lx}, V_{ly}, V_{lz} 分别对应当前磁阻传感器上的磁感应强度的三个分量 B_{lx}, B_{ly}, B_{lz} , $R_{lq} = \sqrt{(x_l - a_q)^2 + (y_l - b_q)^2 + (z_l - c_q)^2}$;

[0027] ①-2e、令 $l=1+1$, 将F个磁阻传感器中的下一个磁阻传感器作为当前磁阻传感器, 然后返回步骤①-2c继续执行, 直至得到每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与所有磁体的位置参数和方向参数的关系, 其中, $l=1+1$ 中的“=”为赋值符号;

[0028] ①-2f、根据每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与所有磁体的位置参数和方向参数的关系和ARM嵌入式系统获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号, 获取目标误差函数 E_1 , $E_1 = E_x + E_y + E_z$, 其中, E_x, E_y, E_z 分别表示所有磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量上产生的误差函数, 分别表示为:

$$[0029] \quad E_x = \sum_{l=1}^F \{V'_{lx} - V_{lx}\}^2, \quad E_y = \sum_{l=1}^F \{V'_{ly} - V_{ly}\}^2, \quad E_z = \sum_{l=1}^F \{V'_{lz} - V_{lz}\}^2, \quad \text{其中, } V'_{lx}, V'_{ly}, V'_{lz} \text{ 表示}$$

ARM嵌入式系统获得的与第1个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号的x、y、z分量;

[0030] ①-2g、根据每个磁阻传感器的三维位置和ARM嵌入式系统获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号, 并利用非线性最小二乘法, 使 E_1 最小的 $(a_q, b_q, c_q, m_q, n_q, p_q)$ 即为第q个磁体的位置参数和方向参数;

[0031] ①-2h、取出胶囊内窥镜的位置参数 (a_m, b_m, c_m) , 其中, a_m, b_m, c_m 分别表示胶囊内窥镜的位置参数的x、y、z轴分量。

[0032] 所述的步骤②-2中计算病灶组织深度D的具体过程为: 根据每段直线的起点和终点的三维位置坐标, 计算病灶组织深度D,

$$[0033] \quad D = \sum_{j=1}^N |P_j P_{j+1}| = \sum_{j=1}^N \sqrt{(d_{j+1} - d_j)^2 + (f_{j+1} - f_j)^2 + (g_{j+1} - g_j)^2}, \quad \text{其中, } P_j \text{ 表示第j段}$$

直线的起点, P_{j+1} 表示第j段直线的终点, $|P_j P_{j+1}|$ 表示 P_j 和 P_{j+1} 之间的距离, (d_j, f_j, g_j) 表示 P_j 的三维位置坐标, $(d_{j+1}, f_{j+1}, g_{j+1})$ 表示 P_{j+1} 的三维位置坐标, $j=1, 2, \dots, N$ 。

[0034] 一种胶囊内窥镜病灶组织三维尺寸的测量方法, 其特征在于: 包括以下步骤:

[0035] (1)、通过安置磁体以及磁阻传感器来获取胶囊内窥镜的准确的位置参数、方向参数以及胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度, 具体过程如下:

[0036] (1)-1、在人体外建立一个空间坐标系作为参考坐标系, 在人体外设置一个图像传感器, 在人体内安置一个在外周套上设置有圆环型薄磁套的胶囊内窥镜, 在获取胶囊内窥镜的位置参数之前, 在人体表面安置M-1个磁体, 该M-1个磁体和胶囊内窥镜的圆环型薄磁套共同构成M个磁体, 再在人体外布置F个磁阻传感器, 每个磁阻传感器采集M个磁体的磁场信号 $\vec{B}$, 并将采集到的每个磁体的磁场信号 $\vec{B}$ 转换为电压信号V, $V = \vec{B} \times K_v$, 其中, K_v 为一个常数;

[0037] (1)-2、假定胶囊内窥镜发生一次运动, 将胶囊内窥镜运动前由胶囊内窥镜拍摄到的图像记为A1, 将A1在图像传感器上的投影图像记为A2, 将胶囊内窥镜运动后由胶囊内窥镜拍摄到的图像记为B1, 将B1在图像传感器上的投影图像记为B2, 利用ARM嵌入式系统对胶囊内窥镜运动前和运动后对应的每个磁阻传感器各自输出的M个电压信号进行采样, 得到胶囊内窥镜运动前和运动后的每个电压信号对应的采样信号, 再利用磁定位的方法, 根据胶囊内窥镜运动前和运动后的所有的采样信号获取胶囊内窥镜运动前和运动后的胶囊内窥镜的位置参数和方向参数, 然后通过分析A1、B1、A2和B2获取胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度;

[0038] (2)、根据胶囊内窥镜运动前和运动后的胶囊内窥镜的位置参数、方向参数及胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度来对B2上的病灶组织进行三维计测, 具体过程如下:

[0039] (2)-1、对A2上的病灶组织进行病灶组织的分割, 然后根据A2上的病灶组织的分割结果, 利用图像处理技术在A2上的病灶组织区域内选取一个特征点, 将上述选取的特征点作为当前特征点;

[0040] (2)-2、在B2上的病灶组织上寻找与当前特征点对应的对应点, 将与当前特征点对应的对应点定义为对应特征点;

[0041] (2)-3、根据步骤(1)-2得到的胶囊内窥镜运动前和运动后的位置参数和方向参数以及胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度, 再采用三维机器视觉方法计算对应特征点的三维位置坐标, 得到三维特征点;

[0042] (2)-4、在A2上的病灶组织区域内选取另一个特征点作为当前特征点, 然后返回步骤(2)-2继续执行, 直至选取A2上的病灶组织区域内的所有特征点, 并获取B2上的所有的三维特征点;

[0043] (2)-5、根据B2上的病灶组织的外周封闭线, 对在该外周封闭线上的所有对应特征点进行平面拟合, 得到B2上的病灶组织的三维尺寸的参考面, 即基准面;

[0044] (2)-6、根据基准面中的所有对应特征点, 将基准面分割成多个微小三角形, 对这些三角形分别进行面积计算并累加得到基准面的面积;

[0045] (2)-7、利用B2上的病灶组织的所有三维特征点, 找出每个三维特征点相对于基准面的距离, 每个三维特征点和基准面形成一个小三角锥;

[0046] (2)-8、根据得到的基准面的面积和每个三维特征点相对于基准面的距离来计算每一个小三角锥的体积,再通过累加得到B2上的整个病灶组织的三维尺寸。

[0047] 7.根据权利要求6所述的一种胶囊内窥镜病灶组织三维尺寸的测量方法,其特征在于:所述的步骤(1)-1中取 $M \geq 3$,取 $F \geq 5 \times M$ 。

[0048] 所述的步骤(1)-1中获取 K_v 的具体过程为:

[0049] (1)-1-a、从安置于人体表面上的 $M-1$ 个磁体中选取一个磁体,记为A,并让磁体A沿参考坐标系的x轴方向移动Q次,得到Q个移动后的位置,其中, $Q \geq 10$;

[0050] (1)-1-b、在F个磁阻传感器中选择一个磁阻传感器,记为C,然后根据磁体A每次移动后的位置,确定磁体A每次移动后磁阻传感器C输出的电压信号与磁体A对应的移动后的位置之间的关系,具体过程为:1)将磁体A第d次移动后的位置定义为当前位置,其中, $d=1, 2, \dots, Q$;2)根据毕奥-萨伐尔定律 $\vec{B} = B_T \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right]$,将磁体A第y次移动后的磁阻传

感器C输出的电压信号 V_d 表示为:

$$[0051] \quad V_d = K\vec{B} = KB_T \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right] = K_{vd} \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right], \text{ 其中, } K \text{ 为一}$$

个常数, $B_T = \frac{\mu_r \mu_0 M_T}{4\pi}$, μ_r 为磁体A的相对磁导率, μ_0 为真空磁导率, M_T 为磁体A的磁化强度,

$\vec{H}_o$ 表示一个单位向量, $\vec{H}_o = (0, 0, 1)$, $\vec{P}$ 表示起点为磁体A第d次移动后的位置且终点为磁阻传感器C的位置的向量, R 为 $\vec{P}$ 向量的模, $K_{vd} = K \times B_T$;3)获取磁体A第d次移动后的磁阻传感器C输出的电压信号的值 V_d ,再根据 $\vec{H}_o$ 和 $\vec{P}$,得到磁体A第d次移动后对应的 K_{vd} ;4)令 $d=d+1$,将磁体A下一次移动后的位置作为当前位置,然后返回步骤2)继续执行,直到完成所有移动位置上的测量为止,得到Q个 K_{vd} ,其中, $d=d+1$ 中的“=”为赋值符号;

[0052] (1)-1-c、采用matlab曲线拟合函数lsqcurvefit对得到的Q个 K_{vd} 进行曲线拟合,得到 K_v 。

[0053] 所述的步骤(1)-2中利用磁定位的方法得到胶囊内窥镜运动前和运动后的胶囊内窥镜的位置参数和方向参数的具体过程为:

[0054] (1)-2a、在胶囊内窥镜运动前,将M个磁体中的第q个磁体的位置参数和方向参数对应记为 (a_q, b_q, c_q) 和 (m_q, n_q, p_q) ;在胶囊内窥镜运动后,将M个磁体中的第q个磁体的位置参数和方向参数对应记为 (a_q', b_q', c_q') 和 (m_q', n_q', p_q') ,并令胶囊内窥镜的圆环型薄磁套为第M个磁体,其中, a_q, b_q, c_q 分别表示胶囊内窥镜运动前第q个磁体的三维位置的x、y、z轴分量, m_q, n_q, p_q 分别表示胶囊内窥镜运动前第q个磁体的方向矢量的x、y、z轴分量, a_q', b_q', c_q' 分别表示胶囊内窥镜运动后第q个磁体的三维位置的x、y、z轴分量, m_q', n_q', p_q' 分别表示胶囊内窥镜运动后第q个磁体的方向矢量的x、y、z轴分量, $q=1, 2, \dots, M$;

[0055] (1)-2b、假定F个磁阻传感器中的第1个磁阻传感器为当前磁阻传感器, $l=1, 2, \dots, F$;

[0056] (1)-2c、将当前磁阻传感器的三维位置记为 (x_1, y_1, z_1) ,其中, x_1, y_1, z_1 分别表示第1

个磁阻传感器的三维位置的x、y、z轴分量；

[0057] (1)-2d、根据当前磁阻传感器的三维位置 (x_l, y_l, z_l) 及胶囊内窥镜运动前和运动后的每个磁体的位置参数和方向参数，得到当前磁阻传感器输出的电压信号的三个分量分别与胶囊内窥镜运动前和运动后的所有磁体的位置参数和方向参数的关系，在胶囊内窥镜运动前，将当前磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量分别记为 V_{1x} 、 V_{1y} 、 V_{1z} ，

$$[0058] \quad V_{1x} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](x_l - a_q)}{R_{lq}^5} - \frac{m_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0059] \quad V_{1y} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](y_l - b_q)}{R_{lq}^5} - \frac{n_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0060] \quad V_{1z} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](z_l - c_q)}{R_{lq}^5} - \frac{p_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

[0061] 其中， V_{1x} 、 V_{1y} 、 V_{1z} 分别对应当前磁阻传感器上的磁感应强度的三个分量 B_{1x} 、 B_{1y} 、

B_{1z} ， $R_{lq} = \sqrt{(x_l - a_q)^2 + (y_l - b_q)^2 + (z_l - c_q)^2}$ ；

[0062] 在胶囊内窥镜运动后，将当前磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量分别记为 $V_{1x'}$ 、 $V_{1y'}$ 、 $V_{1z'}$ ，

$$[0063] \quad V_{1x'} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_{q'}(x_l - a_{q'}) + n_{q'}(y_l - b_{q'}) + p_{q'}(z_l - c_{q'})](x_l - a_{q'})}{R_{lq'}^5} - \frac{m_{q'}}{R_{lq'}^3} \right\},$$

$$[0064] \quad V_{1y'} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_{q'}(x_l - a_{q'}) + n_{q'}(y_l - b_{q'}) + p_{q'}(z_l - c_{q'})](y_l - b_{q'})}{R_{lq'}^5} - \frac{n_{q'}}{R_{lq'}^3} \right\},$$

$$[0065] \quad V_{1z'} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_{q'}(x_l - a_{q'}) + n_{q'}(y_l - b_{q'}) + p_{q'}(z_l - c_{q'})](z_l - c_{q'})}{R_{lq'}^5} - \frac{p_{q'}}{R_{lq'}^3} \right\},$$

[0066] 其中， $V_{1x'}$ 、 $V_{1y'}$ 、 $V_{1z'}$ 分别对应胶囊内窥镜运动后的当前磁阻传感器上的磁感应强

度的三个分量 $B_{1x'}$ 、 $B_{1y'}$ 、 $B_{1z'}$ ， $R_{lq'} = \sqrt{(x_l - a_{q'})^2 + (y_l - b_{q'})^2 + (z_l - c_{q'})^2}$ ；

[0067] (1)-2e、令 $l=l+1$ ，将F个磁阻传感器中的下一个磁阻传感器作为当前磁阻传感器，然后返回步骤(1)-2c继续执行，直至得到每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量分别与胶囊内窥镜运动前和运动后的所有磁体的位置参数和方向参数的关系，其中， $l=l+1$ 中的“=”为赋值符号；

[0068] (1)-2f、根据每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量分别与在胶囊内窥镜运动前和运动后的所有磁体的位置参数和方向参数的关系以及在胶囊内窥镜运动前和运动后ARM嵌入式系统分别获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号，获取胶囊内窥镜运动前的目标误差函数 E'' 和运动后的目标误差函数 E' ， $E'' = E_x + E_y + E_z$ ， $E' = E'_x + E'_y + E'_z$ ，其中， E_x 、 E_y 、 E_z 分别表示在胶囊内窥镜运动前所有磁阻传感器输出的电压信号的x、y、

z 分量上产生的误差函数, 分别表示为: $E_x = \sum_{i=1}^F \{V'_{ix} - V_{ix}\}^2$, $E_y = \sum_{i=1}^F \{V'_{iy} - V_{iy}\}^2$, $E_z = \sum_{i=1}^F \{V'_{iz} - V_{iz}\}^2$, E'_x 、 E'_y 、 E'_z 分别表示在胶囊内窥镜运动后所有磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量上产生的误差函数, 分别表示为:

$$[0069] \quad E'_x = \sum_{i=1}^F \{V'_{ix'} - V_{ix'}\}^2, E'_y = \sum_{i=1}^F \{V'_{iy'} - V_{iy'}\}^2, E'_z = \sum_{i=1}^F \{V'_{iz'} - V_{iz'}\}^2, V'_{1x}, V'_{1y}, V'_{1z} \text{ 表示胶囊内窥镜运动前ARM嵌入式系统获得的与第1个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号的x、y、z分量, } V'_{1x'}, V'_{1y'}, V'_{1z'} \text{ 表示胶囊内窥镜运动后ARM嵌入式系统获得的与第1个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号的x、y、z分量;}$$

[0070] (1)-2g、根据每个磁阻传感器的三维位置和胶囊内窥镜运动前和运动后ARM嵌入式系统获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号, 并利用非线性最小二乘法, 使 E' 最小的($a_q, b_q, c_q, m_q, n_q, p_q$)即为胶囊内窥镜运动前第q个磁体的位置参数和方向参数, 使 E' 最小的($a_q', b_q', c_q', m_q', n_q', p_q'$)即为胶囊内窥镜运动后第q个磁体的位置参数和方向参数;

[0071] (1)-2h、取出胶囊内窥镜运动前的胶囊内窥镜的位置参数(a_m, b_m, c_m)和方向参数(m_m, n_m, p_m), 取出胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜的位置参数(a_m', b_m', c_m')和方向参数(m_m', n_m', p_m'), 其中, a_m, b_m, c_m 分别表示胶囊内窥镜运动前的胶囊内窥镜的位置参数的x、y、z轴分量, m_m, n_m, p_m 分别表示胶囊内窥镜运动前的胶囊内窥镜的方向参数的x、y、z轴分量, a_m', b_m', c_m' 分别表示胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜的位置参数的x、y、z轴分量, m_m', n_m', p_m' 分别表示胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜的方向参数的x、y、z轴分量。

[0072] 所述的步骤(1)-2中通过分析A1、B1、A2和B2获取胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度的具体过程如下:

[0073] b1、获得胶囊内窥镜的旋转矩阵, 具体过程为:

[0074] b1-1、假设P点为A1上肠胃道上的一点, 假设P点的三维位置坐标为(x, y, z)^T, 并假设P'点为B1上肠胃道上与P点相对应的一点, 假设P'点的三维位置坐标为(x', y', z')^T, 其中(x, y, z)^T为(x, y, z)的转置, (x', y', z')^T为(x', y', z')的转置;

[0075] b1-2、令A2中的投影位置(u, v)对应P点且B2中的投影位置(u', v')对应P'点, 其中, $u = \frac{x \times f}{z}$, $v = \frac{y \times f}{z}$, $u' = \frac{x' \times f}{z'}$, $v' = \frac{y' \times f}{z'}$, f 表示胶囊内窥镜的镜头焦距;

[0076] b1-3、在A2上取k个肠胃道上的不同点, 在B2上有与A2上选取的k个肠胃道上的点相对应的k个点, A2上选取的k个肠胃道上的点与在B2上相对应选取的k个肠胃道上的点形成k对对应点, 将A2上所取的肠胃道上的第i个点的二维坐标位置记为(u_i, v_i), 将B2上所取的肠胃道上的第i个点的二维坐标位置记为(u_i', v_i'), 其中, $k \geq 8, i = 1, 2, \dots, 8, \dots, k$; 然后根据k对对应点, 得到每对对应点相对应的一个参数, 将第i对对应点相对应的参数记为 ω_i , $\omega_i = [u'_i u_i \ u'_i v_i \ u'_i v'_i \ v'_i v_i \ v'_i v'_i \ u_i \ v_i \ 1]$; 再根据得到的 ω_i 获取U, $U = [\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_k]^T$, 并计算 UU^T 的最小特征向量, 记为 Λ , $\Lambda = [\hat{\lambda}_1 \ \hat{\lambda}_2 \ \dots \ \hat{\lambda}_9]^T$, 其中, $[\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_k]^T$ 为 $[\omega_1$

$\omega_2 \cdots \omega_k]$ 的转置, U^T 为 U 的转置, $\hat{h}_1, \hat{h}_2, \dots, \hat{h}_9$ 为 Λ 中的元素;

[0077] b1-4、根据 Λ 中的元素, E 得到 $\mathbf{E} = \begin{bmatrix} \hat{h}_1 & \hat{h}_2 & \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 & \hat{h}_5 & \hat{h}_6 \\ \hat{h}_7 & \hat{h}_8 & \hat{h}_9 \end{bmatrix}$;

[0078] b1-5、根据上述得到的 E , 得到胶囊内窥镜的旋转矩阵 R_0 , 记为:

[0079] $R_0 = [W_2 \times W_3, W_3 \times W_1, W_1 \times W_2] - T_0 \times E$, 其中, $W_1 = T_0 \times E_1, W_2 = T_0 \times E_2, W_3 = T_0 \times E_3, E_1, E_2$ 和 E_3 为 E 的三个列向量, T_0 为 EE^T 的最小特征值所对应的特征向量, 其中 E^T 为 E 的转置;

[0080] b2、根据获得胶囊内窥镜的旋转矩阵来得到胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度, 具体过程如下:

[0081] b2-1、令胶囊内窥镜运动前的中心轴方向为 $\mathbf{r} = (M_1, N_1, P_1)^T$, 其中 M_1, N_1, P_1 分别表示胶囊内窥镜运动前的中心轴方向的x、y、z轴上的分量;

[0082] b2-2、根据胶囊内窥镜运动前的中心轴方向 $\mathbf{r} = (M_1, N_1, P_1)^T$ 和胶囊内窥镜的旋转

矩阵 R_0 , R_0 表示为: $\mathbf{R}_0 = \begin{pmatrix} \hat{m}_{11} & \hat{m}_{12} & \hat{m}_{13} \\ \hat{m}_{21} & \hat{m}_{22} & \hat{m}_{23} \\ \hat{m}_{31} & \hat{m}_{32} & \hat{m}_{33} \end{pmatrix}$, 其中, $\hat{m}_{11}, \hat{m}_{12}, \hat{m}_{13}, \hat{m}_{21}, \hat{m}_{22}, \hat{m}_{23}, \hat{m}_{31},$

$\hat{m}_{32}, \hat{m}_{33}$ 是胶囊内窥镜的旋转矩阵 R_0 中的各个元素;

[0083] b2-3、根据胶囊内窥镜运动前的中心轴方向 $\mathbf{r} = (M_1, N_1, P_1)^T$ 和胶囊内窥镜的旋转矩阵 R_0 , 得到胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度, 记为 α ,

$$\alpha = 2 \tan^{-1} \left(\frac{M_1 q_x + N_1 q_y + P_1 q_z}{q_0} \right), \text{ 其中, } q_0 = \sqrt{\frac{1 + \hat{m}_{11} + \hat{m}_{22} + \hat{m}_{33}}{4}}, q_x = \frac{\hat{m}_{32} - \hat{m}_{23}}{4 q_0},$$

$$q_y = \frac{\hat{m}_{13} - \hat{m}_{31}}{4 q_0}, q_z = \frac{\hat{m}_{21} - \hat{m}_{12}}{4 q_0}.$$

[0084] 与现有技术相比, 本发明的优点在于:

[0085] 1) 在人体内安置具有圆环型薄磁套的胶囊内窥镜, 通过磁定位的方法获取胶囊内窥镜的三维位置, 该胶囊内窥镜的三维位置不受人体运动对胶囊内窥镜在人体内工作时的影响, 然后利用一次线性拟合或二次抛物线拟合将胶囊内窥镜相对于参考点的路径拟合成曲线, 得到参考点到胶囊内窥镜的轨迹, 再将得到的轨迹分割成 N 段直线, 根据这 N 段直线来计算病灶组织所处相对于某一起始点的深度, 该病灶组织的深度对医生进行诊断和确定下一步治疗方案有很大的帮助, 此外, 通过系统显示界面, 医生可方便地确定线段积分的起点和终点, 具有很好的交互性, 这使得医生能够有效并准确地进行诊疗操作。

[0086] 2) 在实际内窥镜检查中, 病灶组织三维尺寸的测量非常重要, 当病灶组织的三维尺寸大于某一值时, 就需要进行手术摘除, 而其三维尺寸较小时, 则可采取损伤性较小的医疗措施; 由于胶囊内窥镜获取到的图像是二维的, 医生通过胶囊内窥镜获取到的图像来确定病灶组织尺寸时, 误差较大, 因此本发明方法利用磁定位的方法对胶囊内窥镜的三维位置和三维方向进行定位, 然后利用胶囊内窥镜运动前和运动后的图像的关系来获取胶囊内

窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度,再计算出胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜获取的图像上的特征点的三维位置参数,因此可以对胶囊内窥镜运动后的病灶组织进行准确的三维尺寸测量,这为医生制定出治疗方案提供了更可靠的依据。

[0087] 3)直接利用胶囊内窥镜拍摄到的图像,因此不需要增加额外的硬件来获取,从而降低了整体结构的复杂度,且具有很好的可实施性。

附图说明

[0088] 图1为胶囊内窥镜病灶组织深度的测量方法的流程框图;

[0089] 图2为磁套胶囊内窥镜的结构示意图;

[0090] 图3为具有减除人体运动干扰功能的胶囊内窥镜定位跟踪系统示意图;

[0091] 图4为永磁体磁偶极子模型;

[0092] 图5为多磁体目标空间分布图;

[0093] 图6为胶囊内窥镜病灶组织深度的测量示意图;

[0094] 图7为胶囊内窥镜病灶组织三维尺寸的测量方法的流程框图;

[0095] 图8a为胶囊内窥镜运动前拍摄肠胃道上的8点在图像传感器上的投影点示意图;

[0096] 图8b为胶囊内窥镜运动后拍摄的肠胃道上的8点在图像传感器上的投影点的变化示意图;

[0097] 图9为胶囊内窥镜旋转分解示意图。

具体实施方式

[0098] 以下结合附图实施例对本发明作进一步详细描述。

[0099] 实施例一:

[0100] 本实施例中提出了一种胶囊内窥镜病灶组织深度的测量方法,该测量方法的流程框图如图1所示,包括以下步骤:

[0101] ①通过安置磁体以及磁阻传感器来获取胶囊内窥镜的准确的位置参数,具体过程如下:

[0102] ①-1、如图3,在人体外建立一个空间坐标系作为参考坐标系,在人体内安置一个在外周套上设置有圆环型薄磁套的胶囊内窥镜,此胶囊内窥镜结构如图2所示,在获取胶囊内窥镜的位置参数之前,在人体表面安置M-1个磁体,和胶囊内窥镜的圆环型薄磁套共同构成M个磁体,通过布置的M个磁体来确定胶囊内窥镜的三维位置,考虑到获取的三维位置的准确性,一般取 $M \geq 3$,并在人体外布置F个磁阻传感器,考虑到磁阻传感器的个数对获取到的胶囊内窥镜的三维位置的准确度,一般取 $F \geq 5 \times M$ 。在本实施例中,选用由美国霍尼韦尔生产的HMC1043型磁阻传感器,霍尔韦尔HMC1043型磁阻传感器的基本单元为磁敏电阻,4个磁敏电阻作为磁阻臂组成一个惠斯通电桥,当外加磁场平行于磁敏电阻内部磁化方向时,其阻值不变,当外界磁场方向偏离时,其磁阻变低;若磁敏电阻中存在电流,其阻值也将发生变化,大小随内外两个磁场合成化方向与电流流向的相对关系而异,趋于同向时增大,趋于背向则减少,这样,磁敏电阻阻值的变化将引起电桥输出电压的变化,这样磁阻传感器就成功地把外部的磁场强度信号转换为了相应的电压信号,而HMC1043型磁阻传感器有三个惠斯通电桥,分别测量磁场信号在空间直角坐标系x、y、z三个分量上的磁感应强度。本实施

例中每个磁阻传感器采集M个磁体的磁场信号 $\vec{B}$,并将采集到的每个磁体的磁场信号 $\vec{B}$ 转换为电压信号V,磁场信号 $\vec{B}$ 和电压信号V之间的关系为: $V = \vec{B} \times K_v$,获取参数Kv的具体过程为:

[0103] ①-1-a、从安置于人体表面上的M-1个磁体中选取一个磁体,记为A,并让磁体A沿参考坐标系的x轴方向移动Q次,得到Q个移动后的位置,考虑到数据处理的复杂度和数据的准确度,一般 $Q \geq 10$ 。

[0104] ①-1-b、在F个磁阻传感器中选择一个磁阻传感器,记为C,然后根据磁体A每次移动后的位置,确定磁体A每次移动后磁阻传感器C输出的电压信号与磁体A对应的移动后的位置之间的关系,具体过程为:1)将磁体A第d次移动后的位置定义为当前位置,其中, $d=1,$

$2, \dots, Q$; 2)根据毕奥-萨伐尔定律 $\vec{B} = B_f \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right]$,将磁体A第y次移动后的磁阻传

感器C输出的电压信号 V_d 表示为:

$$[0105] \quad V_d = K\vec{B} = KB_f \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right] = K_{vd} \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right], \text{ 其中, } K \text{ 为一个常数,}$$

$B_f = \frac{\mu_r \mu_0 M_f}{4\pi}$, μ_r 为磁体A的相对磁导率, μ_0 为真空磁导率, M_f 为磁体A的磁化强度,

$\vec{H}_o$ 表示一个单位向量, $\vec{H}_o = (0, 0, 1)$, $\vec{P}$ 表示起点为磁体A第d次移动后的位置且终点为磁阻传感器C的位置的向量, R 为 $\vec{P}$ 向量的模, $K_{vd} = K \times B_f$; 3)利用ARM嵌入式系统,根据磁体A第d次移动后的磁阻传感器C上的磁场信号获取磁体A第d次移动后的磁阻传感器C输出的电压信号的值 V_d ,再根据 $\vec{H}_o$ 和 $\vec{P}$,得到磁体A第d次移动后对应的 K_{vd} ; 4)令 $d=d+1$,将磁体A下一次移动后的位置作为当前位置,然后返回步骤2)继续执行,直到完成所有移动位置上的测量为止,得到Q个 K_{vd} ,其中, $d=d+1$ 中的“=”为赋值符号。

[0106] ①-1-c、采用matlab曲线拟合函数lsqcurvefit对得到的Q个 K_{vd} 进行曲线拟合,得到 K_v 。

[0107] ①-2、当磁体的位置和方向变化时,会引起磁阻传感器中的惠斯通电桥输出电压的变化,磁阻传感器输出的电压信号经放大后利用现有的ARM嵌入式系统,如周立功的ARM9系列对每个磁阻传感器各自输出的M个电压信号进行采样,得到每个电压信号各自对应的采样信号。如图4和图5,利用磁定位的方法,根据所有的采样信号得到胶囊内窥镜的位置参数。

[0108] 本实施例中,步骤①-2中用磁定位的方法得到胶囊内窥镜的位置参数的具体过程为:

[0109] a、如图4和图5,将M个磁体中的第q个磁体的位置参数和方向参数对应记为 (a_q, b_q, c_q) 和 (m_q, n_q, p_q) ,并令胶囊内窥镜的圆环型薄磁套为第M个磁体,其中, a_q, b_q, c_q 分别表示第q个磁体的三维位置的x、y、z轴分量, m_q, n_q, p_q 分别表示第q个磁体的方向矢量的x、y、z轴分量, $q=1, 2, \dots, M$ 。

[0110] b、假定F个磁阻传感器中的第1个磁阻传感器为当前磁阻传感器, $l=1, 2, \dots, F$ 。

[0111] c、将当前磁阻传感器的三维位置记为 (x_l, y_l, z_l) , 其中, x_l, y_l, z_l 分别是第1个磁阻传感器的三维位置的x、y、z轴分量。

[0112] d、根据当前磁阻传感器的三维位置 (x_l, y_l, z_l) 及每个磁体的位置参数和方向参数, 得到当前磁阻传感器输出电压的三个分量与所有磁体的位置参数和方向参数的关系, 将当前磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量分别记为 V_{lx}, V_{ly}, V_{lz} ,

$$[0113] \quad V_{lx} = \sum_{q=1}^M K_V \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](x_l - a_q)}{R_{lq}^5} - \frac{m_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0114] \quad V_{ly} = \sum_{q=1}^M K_V \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](y_l - b_q)}{R_{lq}^5} - \frac{n_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0115] \quad V_{lz} = \sum_{q=1}^M K_V \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](z_l - c_q)}{R_{lq}^5} - \frac{p_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

[0116] 其中, V_{lx}, V_{ly}, V_{lz} 分别对应当前磁阻传感器上的磁感应强度的三个分量 B_{lx}, B_{ly}, B_{lz} , $R_{lq} = \sqrt{(x_l - a_q)^2 + (y_l - b_q)^2 + (z_l - c_q)^2}$ 。

[0117] e、令 $l=l+1$, 将F个磁阻传感器中的下一个磁阻传感器作为当前磁阻传感器, 然后返回步骤c继续执行, 直至得到每个磁阻传感器的输出电压的三个分量与每个磁体的位置参数和方向参数的关系, 其中, $l=l+1$ 中的“=”表示赋值。

[0118] f、根据每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与每个磁体的位置参数和方向参数的关系和ARM嵌入式系统获得的每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号, 获取目标误差函数 E_1 , $E_1 = E_x + E_y + E_z$, 其中 E_x, E_y, E_z 分别是所有磁阻传感器输出的电压信号的

x、y、z分量上产生的误差函数, 分别表示为: $E_x = \sum_{l=1}^F \{V'_{lx} - V_{lx}\}^2$, $E_y = \sum_{l=1}^F \{V'_{ly} - V_{ly}\}^2$,

$E_z = \sum_{l=1}^F \{V'_{lz} - V_{lz}\}^2$, 其中, $V'_{lx}, V'_{ly}, V'_{lz}$ 分别对应为ARM嵌入式系统获得的采样信号的x、y、z分量。

[0119] g、根据每个磁阻传感器的三维位置和ARM嵌入式系统获得的每个磁阻传感器的采样信号, 并利用非线性最小二乘法, 使 E_1 最小的 $(a_q, b_q, c_q, m_q, n_q, p_q)$ 即为第q个磁体的位置参数和方向参数。

[0120] h、取出胶囊内窥镜的位置参数 (a_m, b_m, c_m) , 其中, a_m, b_m, c_m 分别表示胶囊内窥镜的位置参数的x、y、z轴分量。

[0121] ②根据步骤①-2中得到的胶囊内窥镜的位置参数计算病灶组织深度, 具体过程如下:

[0122] ②-1、如图6, 在人体内选择一个部位作为参考点, 参考点位置可以任意选取, 但为便于诊断通常由医生来确定。然后采用一次线性拟合或二次抛物线拟合对①中的胶囊内窥镜的位置参数去噪后, 得到参考点到胶囊内窥镜的轨迹。

[0123] ②-2、把胶囊轨迹看成N段细小的直线段组成, N要足够大, 可综合考虑深度计算的

准确度和计算的速度来确定。根据每段直线的起点和终点的三维位置坐标,计算病灶组织深度D, $D = \sum_{j=1}^N |P_j P_{j+1}| = \sum_{j=1}^N \sqrt{(d_{j+1}-d_j)^2 + (f_{j+1}-f_j)^2 + (g_{j+1}-g_j)^2}$, 其中, P_j 表示第j段直线的起点, P_{j+1} 表示第j段直线的终点, $|P_j P_{j+1}|$ 表示 P_j 和 P_{j+1} 之间的距离, (d_j, f_j, g_j) 表示 P_j 的三维位置坐标, $(d_{j+1}, f_{j+1}, g_{j+1})$ 表示 P_{j+1} 的三维位置坐标, $j=1, 2, \dots, N$, 一般情况下取 $N \geq 100$ 。

[0124] 实施例二:

[0125] 本实施例中提出了一种胶囊内窥镜病灶组织三维尺寸的测量方法,其流程框图如图7所示,包括以下步骤:

[0126] (1)、通过安置磁体以及磁阻传感器来获取胶囊内窥镜运动前和运动后的胶囊内窥镜的准确的位置参数、方向参数以及胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度,具体过程如下:

[0127] (1)-1、如图3,在人体外建立一个空间坐标系作为参考坐标系,在人体外安置一个图像传感器,在人体内安置一个在外周套上设置有圆环型薄磁套的胶囊内窥镜,此胶囊内窥镜结构如图2所示,在获取胶囊内窥镜的位置参数之前,在人体表面安置M-1个磁体,和胶囊内窥镜的圆环型薄磁套共同构成M个磁体,考虑到获取的三维位置的准确性,一般取 $M \geq 3$,并在人体外布置F个磁阻传感器,考虑到磁阻传感器的个数对获取到的胶囊内窥镜的三维位置的准确度,一般取 $F \geq 5 \times M$ 。在本实施例中,选用由美国霍尼韦尔生产的HMC1043型磁阻传感器,霍尔韦尔HMC1043型磁阻传感器的基本单元为磁敏电阻,4个磁敏电阻作为磁阻臂组成一个惠斯通电桥,当外加磁场平行于磁敏电阻内部磁化方向时,其阻值不变,当外界磁场方向偏离时,其磁阻变低;若磁敏电阻中存在电流,其阻值也将发生变化,大小随内外两个磁合成化方向与电流流向的相对关系而异,趋于同向时增大,趋于背向则减少,这样,磁敏电阻阻值的变化将引起电桥输出电压的变化,这样磁阻传感器就成功地把外部的磁场强度信号转换为了相应的电压信号,而HMC1043型磁阻传感器有三个惠斯通电桥,分别测量磁场信号在空间直角坐标系x、y、z三个分量上的磁感应强度。本实施例中每个磁阻传感器采集M个磁体的磁场信号 $\vec{B}$,并将采集到的每个磁体的磁场信号 $\vec{B}$ 转换为电压信号V,磁场信号 $\vec{B}$ 和电压信号V之间的关系为: $V = \vec{B} \times K_v$,获取参数 K_v 的具体过程为:

[0128] (1)-1-a、从安置于人体表面上的M-1个磁体中选取一个磁体,记为A,并让磁体A沿参考坐标系的x轴方向移动Q次,得到Q个移动后的位置,考虑到数据处理的复杂度和数据的准确度,一般 $Q \geq 10$ 。

[0129] (1)-1-b、在F个磁阻传感器中选择一个磁阻传感器,记为C,然后根据磁体A每次移动后的位置,确定磁体A每次移动后磁阻传感器C输出的电压信号与磁体A对应的移动后的位置之间的关系,具体过程为:1)将磁体A第d次移动后的位置定义为当前位置,其中, $d=1,$

$2, \dots, Q$; 2)根据毕奥-萨伐尔定律 $\vec{B} = B_r \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right]$,将磁体A第y次移动后的磁阻传

感器C输出的电压信号 V_d 表示为:

$$[0130] \quad V_d = K\vec{B} = KB_T \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right] = K_{vd} \left[\frac{3(\vec{H}_o \cdot \vec{P})\vec{P}}{R^5} - \frac{\vec{H}_o}{R^3} \right], \text{ 其中, } K \text{ 为一个常数, } B_T = \frac{\mu_r \mu_0 M_T}{4\pi}, \mu_r \text{ 为磁体A的相对磁导率, } \mu_0 \text{ 为真空磁导率, } M_T \text{ 为磁体A的磁化强度, } \vec{H}_o \text{ 表示一个单位向量, } \vec{H}_o = (0, 0, 1), \vec{P} \text{ 表示起点为磁体A第d次移动后的位置且终点为磁阻传感器C的位置的向量, } R \text{ 为 } \vec{P} \text{ 向量的模, } K_{vd} = K \times B_T; 3) \text{ 利用ARM嵌入式系统, 根据磁体A第d次移动后的磁阻传感器C上的磁场信号获取磁体A第d次移动后的磁阻传感器C输出的电压信号的值 } V_d, \text{ 再根据 } \vec{H}_o \text{ 和 } \vec{P}, \text{ 得到磁体A第d次移动后对应的 } K_{vd}; 4) \text{ 令 } d=d+1, \text{ 将磁体A下一次移动后的位置作为当前位置, 然后返回步骤2) 继续执行, 直到完成所有移动位置上的测量为止, 得到 } Q \text{ 个 } K_{vd}, \text{ 其中, } d=d+1 \text{ 中的“} = \text{”为赋值符号。}$$

个常数, $B_T = \frac{\mu_r \mu_0 M_T}{4\pi}$, μ_r 为磁体A的相对磁导率, μ_0 为真空磁导率, M_T 为磁体A的磁化强度,

$\vec{H}_o$ 表示一个单位向量, $\vec{H}_o = (0, 0, 1)$, $\vec{P}$ 表示起点为磁体A第d次移动后的位置且终点为磁阻传感器C的位置的向量, R 为 $\vec{P}$ 向量的模, $K_{vd} = K \times B_T$; 3) 利用ARM嵌入式系统, 根据磁体A第d次移动后的磁阻传感器C上的磁场信号获取磁体A第d次移动后的磁阻传感器C输出的电压信号的值 V_d , 再根据 $\vec{H}_o$ 和 $\vec{P}$, 得到磁体A第d次移动后对应的 K_{vd} ; 4) 令 $d=d+1$, 将磁体A下一次移动后的位置作为当前位置, 然后返回步骤2) 继续执行, 直到完成所有移动位置上的测量为止, 得到 Q 个 K_{vd} , 其中, $d=d+1$ 中的“=”为赋值符号。

[0131] (1)-1-c、采用matlab曲线拟合函数lsqcurvefit对得到的 Q 个 K_{vd} 进行曲线拟合, 得到 K_v 。

[0132] (1)-2、假定胶囊内窥镜发生一次运动, 将胶囊内窥镜运动前由胶囊内窥镜拍摄到的图像记为A1, 将A1在图像传感器上的投影图像记为A2, 将胶囊内窥镜运动后由胶囊内窥镜拍摄到的图像记为B1, 将B1在图像传感器上的投影图像记为B2。如图3, 利用ARM嵌入式系统对胶囊内窥镜运动前和运动后对应的每个磁阻传感器各自输出的 M 个电压信号进行采样, 得到胶囊内窥镜运动前和运动后的每个电压信号对应的采样信号。如图4和图5, 利用磁定位的方法, 根据胶囊内窥镜运动前和运动后的所有采样信号得到胶囊内窥镜运动前和运动后的胶囊内窥镜的位置参数和方向参数; 如图8a、图8b和图9, 通过分析A1、B1、A2和B2来获取胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度。

[0133] 本实施例中, 步骤(1)-2中利用磁定位的方法得到胶囊内窥镜运动前和运动后的胶囊内窥镜的位置参数和方向参数的具体过程为:

[0134] (1)-2a、如图4和图5, 在胶囊内窥镜运动前, 将 M 个磁体中的第 q 个磁体的位置参数和方向参数对应记为 (a_q, b_q, c_q) 和 (m_q, n_q, p_q) , 在胶囊内窥镜运动后, 将 M 个磁体中的第 q 个磁体的位置参数和方向参数对应记为 (a_q', b_q', c_q') 和 (m_q', n_q', p_q') , 并令胶囊内窥镜的圆环型薄磁套为第 M 个磁体, 其中, a_q, b_q, c_q 分别表示胶囊内窥镜运动前第 q 个磁体的三维位置的 x, y, z 轴分量, m_q, n_q, p_q 分别表示胶囊内窥镜运动前第 q 个磁体的方向矢量的 x, y, z 轴分量, a_q', b_q', c_q' 分别表示胶囊内窥镜运动后第 q 个磁体的三维位置的 x, y, z 轴分量, m_q', n_q', p_q' 分别表示胶囊内窥镜运动后第 q 个磁体的方向矢量的 x, y, z 轴分量, $q=1, 2, \dots, M$ 。

[0135] (1)-2b、假定 F 个磁阻传感器中的第 l 个磁阻传感器为当前磁阻传感器, $l=1, 2, \dots, F$ 。

[0136] (1)-2c、将当前磁阻传感器的三维位置记为 (x_l, y_l, z_l) , 其中, x_l, y_l, z_l 分别表示第 l 个磁阻传感器的三维位置的 x, y, z 轴分量。

[0137] (1)-2d、根据当前磁阻传感器的三维位置 (x_l, y_l, z_l) 及胶囊内窥镜运动前和运动后的每个磁体的位置参数和方向参数, 得到当前磁阻传感器输出的电压信号的三个分量分别与胶囊内窥镜运动前和运动后的所有磁体的位置参数和方向参数的关系, 在胶囊内窥镜运动前, 将当前磁阻传感器输出的电压信号的 x, y, z 分量分别记为 V_{lx}, V_{ly}, V_{lz} ,

$$[0138] \quad V_{lx} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](x_l - a_q)}{R_{lq}^5} - \frac{m_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0139] \quad V_{ly} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](y_l - b_q)}{R_{lq}^5} - \frac{n_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

$$[0140] \quad V_{lz} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](z_l - c_q)}{R_{lq}^5} - \frac{p_q}{R_{lq}^3} \right\},$$

[0141] 其中, V_{1x} 、 V_{1y} 、 V_{1z} 分别对应当前磁阻传感器上的磁感应强度的三个分量 B_{1x} 、 B_{1y} 、 B_{1z} , $R_{lq} = \sqrt{(x_l - a_q)^2 + (y_l - b_q)^2 + (z_l - c_q)^2}$ 。

[0142] 在胶囊内窥镜运动后,将当前磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量分别记为 $V_{1x'}$ 、 $V_{1y'}$ 、 $V_{1z'}$,

$$[0143] \quad V_{lx'} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](x_l - a_q)}{R_{lq'}^5} - \frac{m_q}{R_{lq'}^3} \right\},$$

$$[0144] \quad V_{ly'} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](y_l - b_q)}{R_{lq'}^5} - \frac{n_q}{R_{lq'}^3} \right\},$$

$$[0145] \quad V_{lz'} = \sum_{q=1}^M K_F \left\{ \frac{3[m_q(x_l - a_q) + n_q(y_l - b_q) + p_q(z_l - c_q)](z_l - c_q)}{R_{lq'}^5} - \frac{p_q}{R_{lq'}^3} \right\},$$

[0146] 其中, $V_{1x'}$ 、 $V_{1y'}$ 、 $V_{1z'}$ 分别对应胶囊内窥镜运动后的当前磁阻传感器上的磁感应强度的三个分量 $B_{1x'}$ 、 $B_{1y'}$ 、 $B_{1z'}$, $R_{lq'} = \sqrt{(x_l - a_{q'})^2 + (y_l - b_{q'})^2 + (z_l - c_{q'})^2}$ 。

[0147] (1)-2e、令 $l=1+1$,将F个磁阻传感器中的下一个磁阻传感器作为当前磁阻传感器,然后返回步骤(1)-2c继续执行,直至得到每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量分别与胶囊内窥镜运动前和运动后的所有磁体的位置参数和方向参数的关系,其中, $l=1+1$ 中的“=”为赋值符号。

[0148] (1)-2f、根据每个磁阻传感器输出的电压信号的三个分量与胶囊内窥镜运动前和运动后的所有磁体的位置参数和方向参数的关系以及胶囊内窥镜运动前和运动后的ARM嵌入式系统获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号,分别获取胶囊内窥镜运动前和运动后的目标误差函数 E'' 、 E' , $E'' = E_x + E_y + E_z$, $E' = E'_x + E'_y + E'_z$,其中, E_x 、 E_y 、 E_z 分别表示胶囊内窥镜运动前所有磁阻传感器输出的电压信号的x、y、z分量上产生的误差函数,

$$\text{分别表示为: } E_x = \sum_{l=1}^F \{V'_{lx} - V_{lx}\}^2, E_y = \sum_{l=1}^F \{V'_{ly} - V_{ly}\}^2,$$

$$[0149] \quad E_z = \sum_{l=1}^F \{V'_{lz} - V_{lz}\}^2, E'_x、E'_y、E'_z \text{ 分别表示胶囊内窥镜运动后所有磁阻传感器输出}$$

的电压信号的x、y、z分量上产生的误差函数,分别表示为: $E'_x = \sum_{l=1}^F \{V'_{lx'} - V_{lx'}\}^2,$

[0150] $E_x' = \sum_{i=1}^F \{V_{x'}' - V_{x'}\}^2$, $E_z' = \sum_{i=1}^F \{V_{z'}' - V_{z'}\}^2$, V'_{1x} 、 V'_{1y} 、 V'_{1z} 表示胶囊内窥镜运动前ARM

嵌入式系统获得的与第1个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号的x、y、z分量, $V'_{1x'}$ 、 $V'_{1y'}$ 、 $V'_{1z'}$ 表示胶囊内窥镜运动后ARM嵌入式系统获得的与第1个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号的x、y、z分量。

[0151] (1)-2g、根据每个磁阻传感器的三维位置和胶囊内窥镜运动前和运动后ARM嵌入式系统获得的与每个磁阻传感器输出的电压信号对应的采样信号,并利用非线性最小二乘法,使 E' 最小的 $(a_q, b_q, c_q, m_q, n_q, p_q)$ 即为胶囊内窥镜运动前第q个磁体的位置参数和方向参数,使 E' 最小的 $(a_q', b_q', c_q', m_q', n_q', p_q')$ 即为胶囊内窥镜运动后第q个磁体的位置参数和方向参数。

[0152] (1)-2h、取出胶囊内窥镜运动前的胶囊内窥镜的位置参数 (a_m, b_m, c_m) 和方向参数 (m_m, n_m, p_m) ,取出胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜的位置参数 (a_m', b_m', c_m') 和方向参数 (m_m', n_m', p_m') ,其中, a_m 、 b_m 、 c_m 分别表示胶囊内窥镜运动前的胶囊内窥镜的位置参数的x、y、z轴分量, m_m 、 n_m 、 p_m 分别表示胶囊内窥镜运动前的胶囊内窥镜的方向参数的x、y、z轴分量, a_m' 、 b_m' 、 c_m' 分别表示胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜的位置参数的x、y、z轴分量, m_m' 、 n_m' 、 p_m' 分别表示胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜的方向参数的x、y、z轴分量。

[0153] 本实施中,步骤(1)-2中通过分析A1、B1、A2和B2来获取胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度的具体过程如下:

[0154] b1、获得胶囊内窥镜的旋转矩阵,具体过程为:

[0155] b1-1、假设P点为A1上肠胃道上的一点,假设P点的三维位置坐标为 $(x, y, z)^T$,假设P'点为图像B1上肠胃道上与P点相对应的一点,假设P'点的三维位置坐标为 $(x', y', z')^T$,其中 $(x, y, z)^T$ 表示对 (x, y, z) 的转置, $(x', y', z')^T$ 表示对 (x', y', z') 的转置。

[0156] b1-2、令A2中的投影位置 (u, v) 对应P点且B2中的投影位置 (u', v') 对应P'点,P和P'的关系为: $P' = R_0 \cdot P + T_0$,其中, $u = \frac{x \times f}{z}$, $v = \frac{y \times f}{z}$, $u' = \frac{x' \times f}{z'}$, $v' = \frac{y' \times f}{z'}$, R_0 表示胶囊内窥镜的旋转矩阵, T_0 表示起点为P且终点为P'的向量, f 表示胶囊内窥镜的镜头焦距。

[0157] b1-3、如图8a,在A2上取k个肠胃道上的点,在图像B2上有与A2上选取的k个肠胃道上的点相对应的k个点,A2上选取的k个肠胃道上的点与图像B2上相对应选取的k个点形成k对对应点;如图8b,将A2上所取的肠胃道上的第i个点的二维坐标位置记为 (u_i, v_i) ,将B2上所取的肠胃道上的第i个点的二维坐标位置记为 (u_i', v_i') ,其中, $i=1, 2, \dots, 8, \dots, k, k \geq 8$;然后根据k对对应点,得到每对对应点相对应的一个参数,将第i对对应点相对应的参数记为 ω_i , $\omega_i = [u_i' u_i \ u_i' v_i \ u_i' v_i \ v_i' v_i \ v_i' u_i \ v_i' v_i \ 1]$;再根据得到的 ω_i 获取U, $U = [\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_k]^T$,并计算 UU^T 的最小特征向量,记为 Λ , $\Lambda = [\hat{h}_1 \ \hat{h}_2 \ \dots \ \hat{h}_9]^T$,其中, $U = [\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_k]^T$ 为 $[\omega_1 \ \omega_2 \ \dots \ \omega_k]$ 的转置, U^T 为U的转置, $\hat{h}_1, \hat{h}_2, \dots, \hat{h}_9$ 为 Λ 中的元素。

[0158] b1-4、根据 Λ 中的元素,得到 $\mathbf{E} = \begin{bmatrix} \hat{h}_1 & \hat{h}_2 & \hat{h}_3 \\ \hat{h}_4 & \hat{h}_5 & \hat{h}_6 \\ \hat{h}_7 & \hat{h}_8 & \hat{h}_9 \end{bmatrix}$ 。

[0159] b1-5、根据上述得到的E,得到旋转矩阵R₀,记为:

[0160] $R_0 = [W_2 \times W_3, W_3 \times W_1, W_1 \times W_2] - T_0 \times E$, 其中, $W_1 = T_0 \times E_1, W_2 = T_0 \times E_2$,

[0161] $W_3 = T_0 \times E_3, E_1, E_2$ 和 E_3 为E的三个列向量, T_0 表示起点为P且终点为P'的向量, T_0 的具体表达式为 EE^T 的最小特征值所对应的特征向量, 其中 E^T 表示E的转置。

[0162] b2、根据获得的胶囊内窥镜的旋转矩阵来得到胶囊内窥镜运动后的绕中心主轴的旋转角度,具体过程如下:

[0163] b2-1、令胶囊内窥镜运动前的中心轴方向为 $\bar{\mathbf{r}}_1 = (M_1, N_1, P_1)^T$, 其中 M_1, N_1, P_1 分别表示胶囊内窥镜运动前的中心轴方向的x、y、z轴上的分量。

[0164] b2-2、根据胶囊内窥镜运动前的中心轴方向 $\bar{\mathbf{r}}_1 = (M_1, N_1, P_1)^T$ 和胶囊内窥镜的旋转

矩阵 R_0 , R_0 表示为: $\mathbf{R}_0 = \begin{pmatrix} \hat{m}_{11} & \hat{m}_{12} & \hat{m}_{13} \\ \hat{m}_{21} & \hat{m}_{22} & \hat{m}_{23} \\ \hat{m}_{31} & \hat{m}_{32} & \hat{m}_{33} \end{pmatrix}$, 其中, $\hat{m}_{11}, \hat{m}_{12}, \hat{m}_{13}, \hat{m}_{21}, \hat{m}_{22}, \hat{m}_{23}, \hat{m}_{31},$

$\hat{m}_{32}, \hat{m}_{33}$ 是胶囊内窥镜的旋转矩阵 R_0 中的各个元素。

[0165] b2-3、如图9,根据胶囊内窥镜运动前的中心轴方向 $\bar{\mathbf{r}}_1 = (M_1, N_1, P_1)^T$ 和胶囊内窥镜的旋转矩阵 R_0 , 得到胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度,记为 α ,

$\alpha = 2 \tan^{-1} \left(\frac{M_1 q_x + N_1 q_y + P_1 q_z}{q_0} \right)$, 胶囊内窥镜运动前后两中心轴间的角度为 $\theta, \theta = 2 \cos^{-1}(q_0 /$

$\cos(\alpha/2))$, 胶囊内窥镜运动后的中心轴方向 $\bar{\mathbf{r}}_2 = (M_2, N_2, P_2)^T$, $\bar{\mathbf{r}}_2 = \frac{(q_{2x}, q_{2y}, q_{2z})^T}{\sin(\alpha/2)}$, 其中,

M_2, N_2, P_2 表示胶囊内窥镜运动后的中心轴方向的x、y、z轴上的分量,

$q_0 = \sqrt{\frac{1 + \hat{m}_{11} + \hat{m}_{22} + \hat{m}_{33}}{4}}, q_x = \frac{\hat{m}_{32} - \hat{m}_{23}}{4q_0}, q_y = \frac{\hat{m}_{13} - \hat{m}_{31}}{4q_0}, q_z = \frac{\hat{m}_{21} - \hat{m}_{12}}{4q_0}, q_{2x}, q_{2y}, q_{2z}$

用矩阵表示为:

[0166] $\begin{pmatrix} q_{2x} \\ q_{2y} \\ q_{2z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\theta/2) & q_{3x} & -q_{3y} \\ -q_{3z} & \cos(\theta/2) & q_{3x} \\ q_{3y} & -q_{3x} & \cos(\theta/2) \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} q_x - \cos(\alpha/2) \cdot q_{3x} \\ q_y - \cos(\alpha/2) \cdot q_{3y} \\ q_z - \cos(\alpha/2) \cdot q_{3z} \end{pmatrix}$, q_{3x}, q_{3y}, q_{3z} 用矩阵

表示为:

[0167] $\begin{pmatrix} q_{3x} \\ q_{3y} \\ q_{3z} \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} 1 & \lg(\alpha/2)P_1 & -\lg(\alpha/2)N_1 \\ -\lg(\alpha/2)P_1 & 1 & \lg(\alpha/2)M_1 \\ \lg(\alpha/2)N_1 & -\lg(\alpha/2)M_1 & 1 \end{pmatrix}^{-1} \begin{pmatrix} q_x \cos(\alpha/2) - q_0 \sin(\alpha/2)M_1 \\ q_y \cos(\alpha/2) - q_0 \sin(\alpha/2)N_1 \\ q_z \cos(\alpha/2) - q_0 \sin(\alpha/2)P_1 \end{pmatrix}$ 。

[0168] (2)根据上述得到的胶囊内窥镜运动前和运动后的胶囊内窥镜的位置参数、方向参数及胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度来对B2上的病灶组织进行三维计测,具体过程如下:

[0169] (2)-1、由医生在A2上的病灶组织内选择起始点,系统自动从该点膨胀,当到达颜色、灰度、纹理等参数的动态变化与周围相应参数变化差异大的边缘时完成对运动前的胶

囊内窥镜采集到的图像进行病灶组织的分割,根据病灶组织的分割结果,根据病灶组织内的点的颜色、灰度、纹理等参数,利用图像处理技术在图像上的病灶组织区域内选取一个特征点,将上述选取的特征点作为当前特征点。

[0170] (2)-2、在B2上的病灶组织上寻找与当前特征点对应的对应点,将与当前特征点对应的对应点定义为对应特征点。

[0171] (2)-3、根据步骤(1)-2得到的胶囊内窥镜运动前和运动后的位置参数和方向参数以及胶囊内窥镜运动后的绕中心主轴的旋转角度,再采用三维机器视觉方法计算对应特征点的三维位置坐标,得到三维特征点。

[0172] (2)-4、在A2上的病灶组织区域内选取另一个特征点作为当前特征点,然后返回步骤(2)-2继续执行,直至选取A2上的病灶组织区域内的所有特征点,并获取B2上的所有的三维特征点。

[0173] (2)-5、根据B2上的病灶组织的外周封闭线,对在该外周封闭线上的所有对应特征点进行平面拟合,得到B2上的病灶组织的三维尺寸的参考面,即基准面。

[0174] (2)-6、根据基准面中的所有特征点,将基准面分割成多个微小三角形,对这些三角形分别进行面积计算并累加得到基准面的面积。

[0175] (2)-7、利用B2上的病灶组织的所有三维特征点,找出每个三维特征点相对于基准面的距离,每个三维特征点和基准面形成一个小三角锥。

[0176] (2)-8、根据得到的基准面的面积和每个三维特征点相对于基准面的距离来计算每一个小三角锥的体积,再通过累加得到B2上的整个病灶组织的三维尺寸。

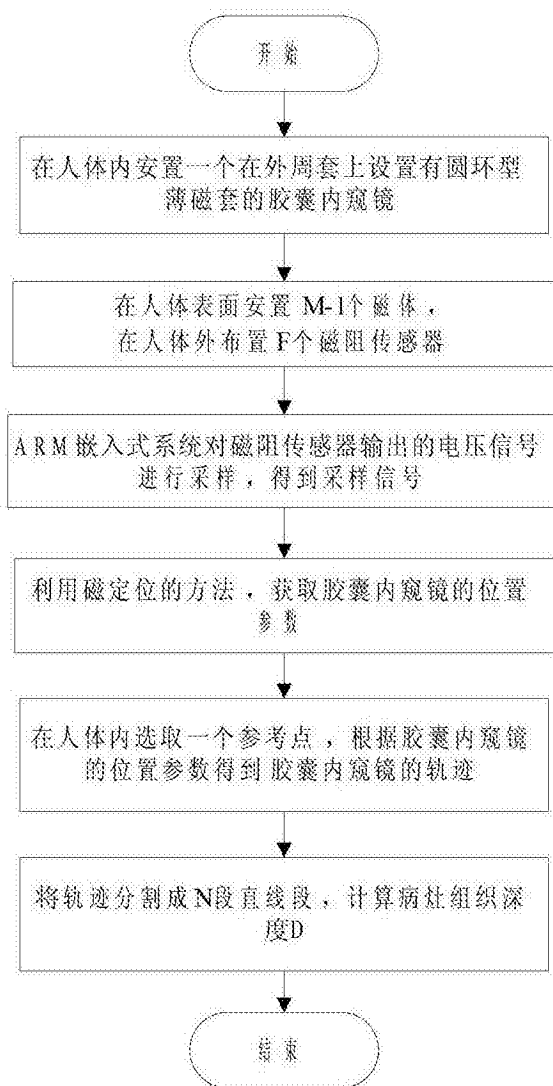


图1

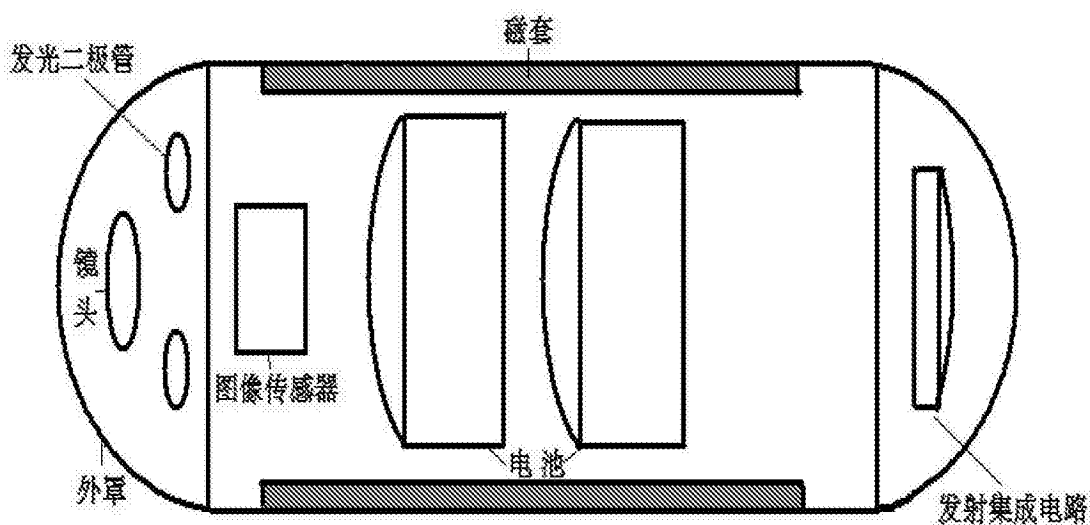


图2

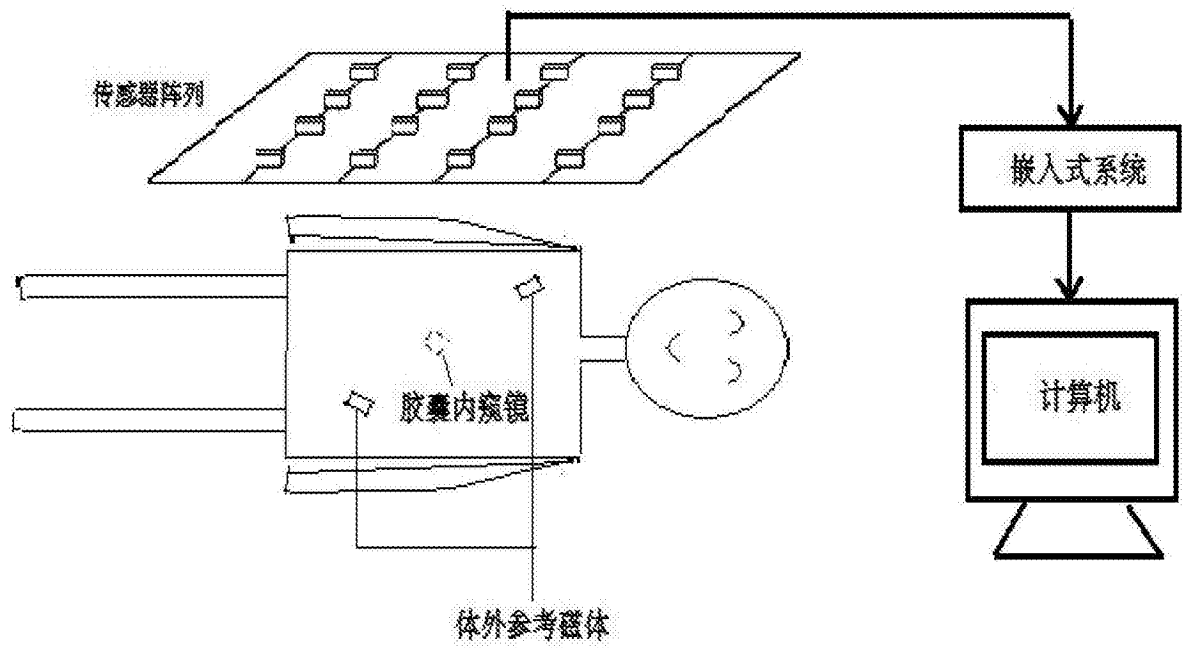


图3

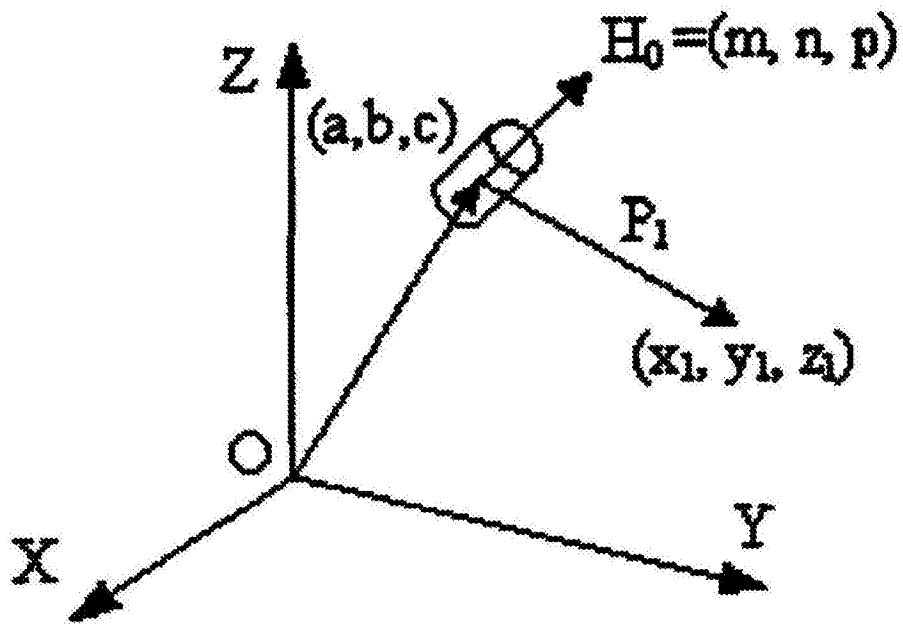


图4

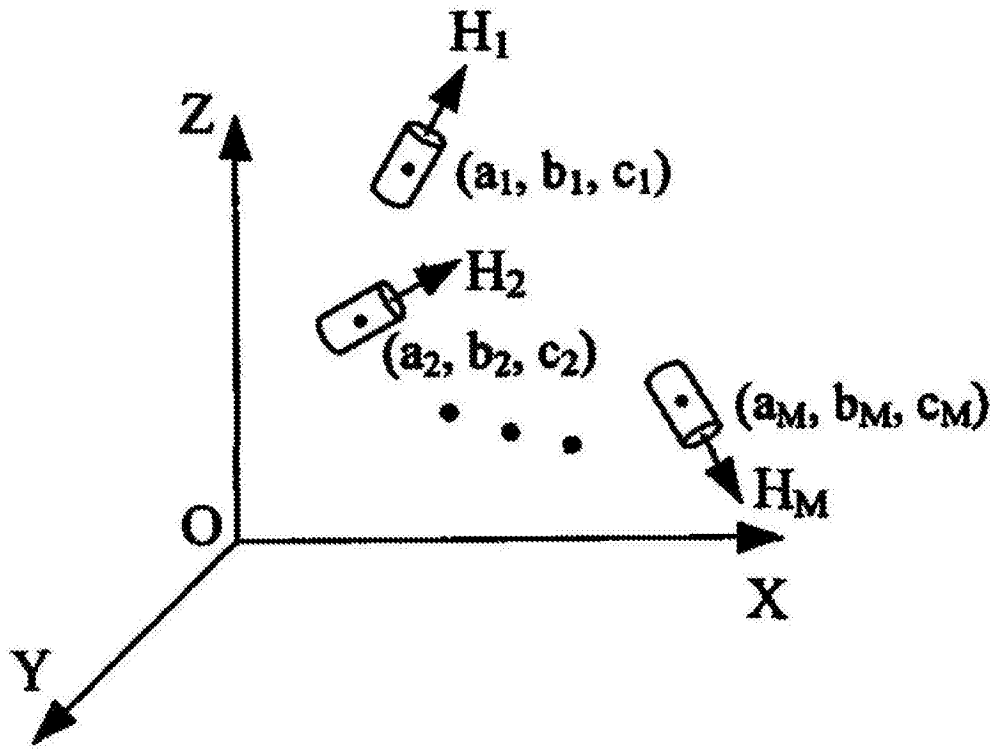


图5

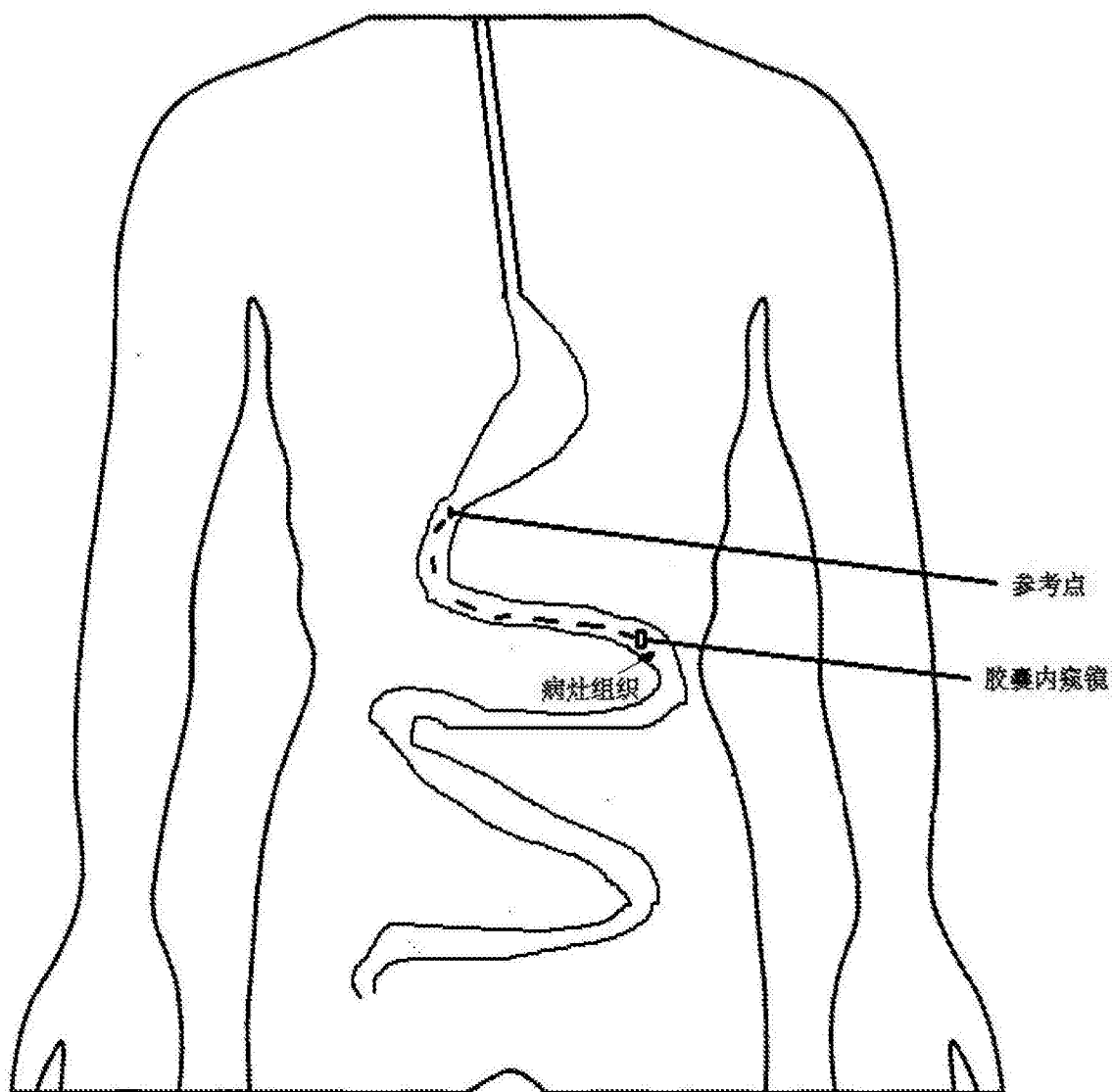


图6

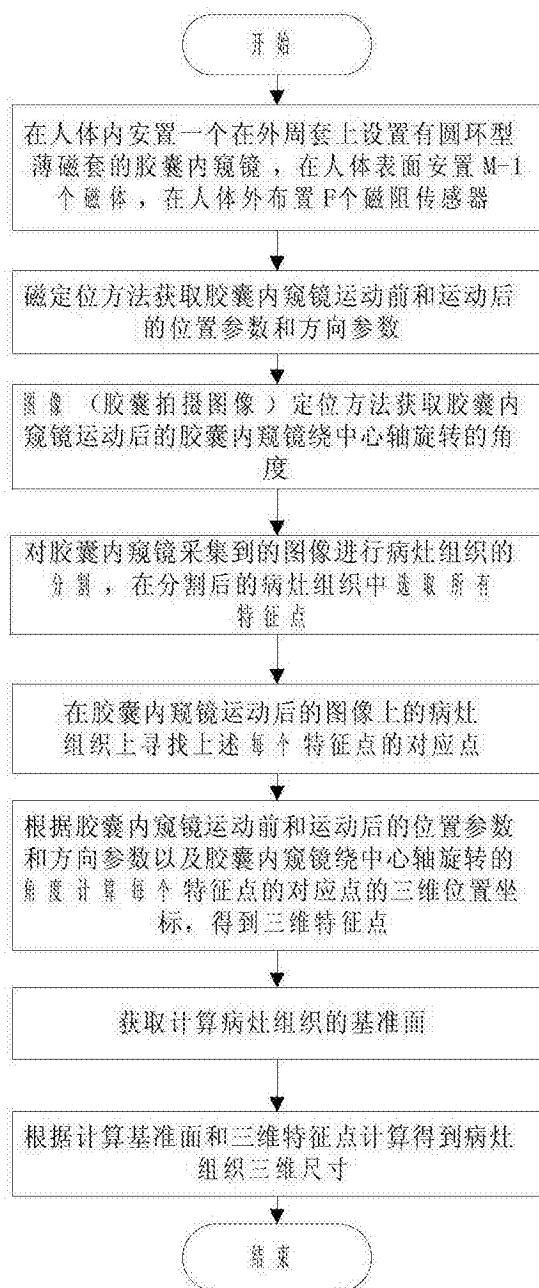


图7

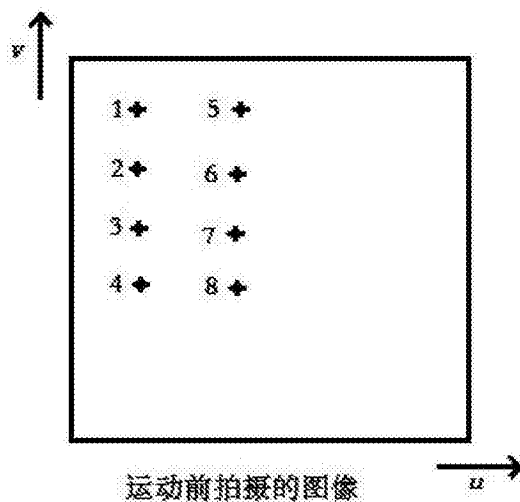


图8a

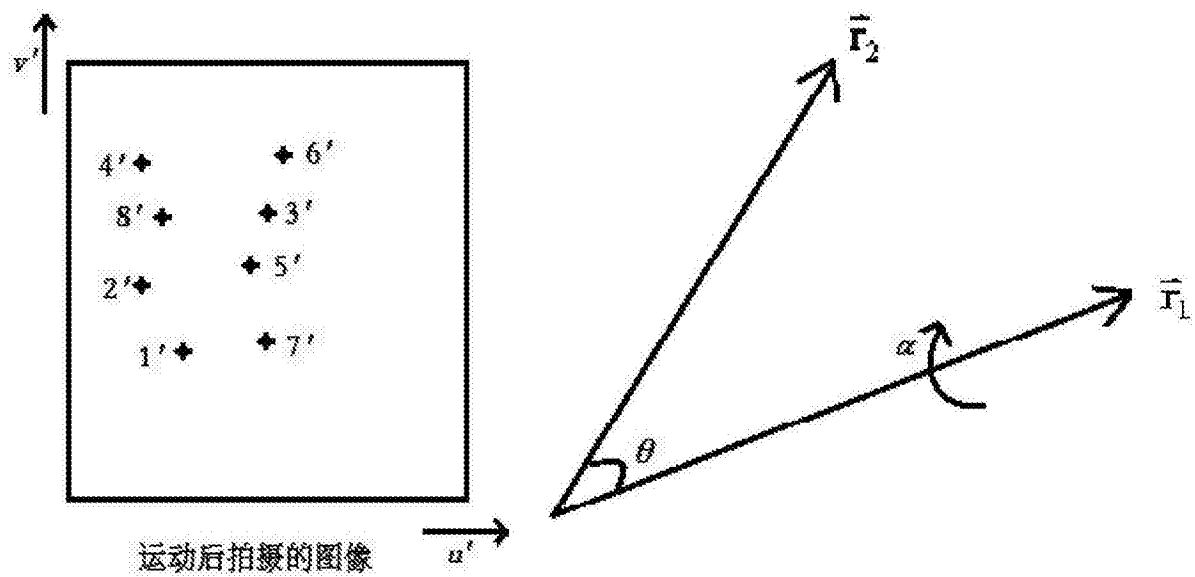


图8b

图9

专利名称(译)	一种胶囊内窥镜病灶组织深度和三维尺寸的测量方法		
公开(公告)号	CN103300862B	公开(公告)日	2016-04-20
申请号	CN201310199317.8	申请日	2013-05-24
[标]申请(专利权)人(译)	浙江大学宁波理工学院		
申请(专利权)人(译)	浙江大学宁波理工学院		
当前申请(专利权)人(译)	浙江大学宁波理工学院		
[标]发明人	胡超 苗厚想 何小其 冯忠晴 袁小英 陈建可 王永辉		
发明人	胡超 苗厚想 何小其 冯忠晴 袁小英 陈建可 王永辉		
IPC分类号	A61B5/107 A61B5/06		
代理人(译)	周珏		
其他公开文献	CN103300862A		
外部链接	Espacenet SIPO		

摘要(译)

本发明公开了一种胶囊内窥镜病灶组织深度和三维尺寸的测量方法，其利用磁定位的方法得到胶囊内窥镜的位置参数，然后相对于某一起点，根据胶囊内窥镜的位置参数得到胶囊内窥镜的轨迹，将该轨迹分割成多段直线，通过计算每一段直线来确定病灶组织相对于某一起点的深度；并利用胶囊内窥镜运动前和运动后分别拍摄到的图像得到胶囊内窥镜运动后的胶囊内窥镜绕中心主轴的旋转角度，结合磁定位方法获得的胶囊内窥镜的位置参数和方向参数，计算病灶组织内特征点的三维位置，然后根据特征点的三维位置得到病灶组织的三维尺寸，优点在于能够减弱或消除人体运动对胶囊内窥镜在人体内工作时的影响，且能够准确实现病灶组织的深度和三维尺寸的测量。

