



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 102525460 A

(43) 申请公布日 2012. 07. 04

(21) 申请号 201010610002. 4

(22) 申请日 2010. 12. 29

(71) 申请人 西门子(深圳)磁共振有限公司  
地址 518057 广东省深圳市高新区中区高新  
中二道西门子磁共振园

(72) 发明人 翁得河

(51) Int. Cl.  
A61B 5/055 (2006. 01)

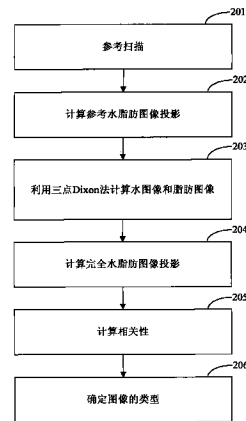
权利要求书 3 页 说明书 10 页 附图 5 页

(54) 发明名称

一种磁共振成像水脂图像辨析方法及装置

(57) 摘要

本发明公开了一种磁共振成像水脂图像辨析方法和装置。方法包括:获取没有相位编码的三个回波作为参考扫描;利用参考扫描,计算相位编码方向的参考水脂图像投影;根据三点 Dixon 法得到的水图像和脂肪图像,计算相位编码方向的完全水脂图像投影;计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性,得到至少两个相关值,并从中获取最大相关值,确定所述用三点 Dixon 法计算出的图像的类型。本发明中的技术方案能够解决现有技术中的水脂调换问题,确定计算出的水脂图像的准确类型。



1. 一种磁共振成像水脂图像辨析方法,该方法包括:  
 获取没有相位编码的三个回波作为参考扫描;  
 利用所述参考扫描,计算相位编码方向的参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影,得到参考水脂图像投影;

根据三点 Dixon 法计算得到的水图像和脂肪图像,计算相位编码方向的完全水图像投影和 / 或完全脂肪图像投影,得到完全水脂图像投影;

计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性,得到至少两个相关值;

从计算得到的相关值中获取最大相关值,并确定用三点 Dixon 法计算出的图像的类型。

2. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,该方法进一步包括:在计算相关性之前,对参考水脂图像投影进行归一化。

3. 根据权利要求 1 或 2 所述的方法,其特征在于,计算相关性的步骤包括:

计算参考水图像投影与完全水图像投影之间的相关性、参考水图像投影与完全脂肪图像投影之间的相关性、参考脂肪图像投影与完全水图像投影之间的相关性、以及参考脂肪图像投影与完全脂肪图像投影之间的相关性中的至少两者。

4. 根据权利要求 3 所述的方法,其特征在于,

按照如下公式计算相关性

$$C_{rc} = \max(\text{FT}(\text{FT}(P_r) \cdot \text{conj}(\text{FT}(P_c))))$$

或者,按照如下公式计算相关性

$$C_{rc} = \text{sum}(\text{abs}(P_r - P_c))$$

其中, $C_{rc}$  为相关值, $P_r$  为  $w_{pr}$  或  $f_{pr}$ , $P_c$  为  $w_{pc}$  或  $f_{pc}$ , $\text{FT}()$  为傅立叶变换函数, $\text{conj}()$  为共轭函数, $\max()$  为求最大值的函数, $\text{sum}$  为求和算子, $\text{abs}$  为求绝对值算子;其中, $w_{pr}$  和  $f_{pr}$  分别为参考水图像投影和参考脂肪图像投影, $w_{pc}$  和  $f_{pc}$  分别为完全水图像投影和完全脂肪图像投影。

5. 根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述三个回波包括两个反相位回波和一个同相位回波;利用两个反相位回波计算两个反相位之间的相位差,利用得到的相位差在相位编码方向计算参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影;

或者,

所述三个回波包括两个同相位回波和一个反相位回波;利用两个同相位回波计算两个同相位之间的相位差,利用得到的相位差在相位编码方向计算参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影。

6. 根据权利要求 5 所述的方法,其特征在于,

在两个反相位回波和一个同相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(-\pi, 0, \pi)$  时,按照如下公式计算参考水图像投影和参考脂肪图像投影

$$\Delta \phi = \text{ang}(I3 * \text{conj}(I1)) / 2$$

$$w_{pr} = I2 + 0.5 \cdot (I3 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + I1 \cdot e^{j \cdot \Delta \phi})$$

$$f_{pr} = I2 - 0.5 \cdot (I3 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + I1 \cdot e^{j \cdot \Delta \phi})$$

在两个反相位和一个同相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(-3\pi, 0, \pi)$  时,按照如下公式计算参考水图像投影和参考脂肪图像投影

$$\Delta \phi = \text{ang}(13 \cdot \text{conj}(11)) / 4$$

$$w_{\text{pr}} = 12 + 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + 11 \cdot e^{j \cdot 3 \cdot \Delta \phi})$$

$$f_{\text{pr}} = 12 - 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + 11 \cdot e^{j \cdot 3 \cdot \Delta \phi})$$

其中, 11、13 为两个反相位回波, 12 为一个同相位回波;  $\text{ang}()$  为相位获取函数,  $\Delta \phi$  为两个反相位之间的相位差;  $\text{conj}()$  为共轭函数;  $w_{\text{pr}}$  和  $f_{\text{pr}}$  分别为直接利用  $\Delta \phi$  进行相位纠正后计算得到的参考水图像投影和参考脂肪图像投影。

7. 根据权利要求 5 所述的方法, 其特征在于,

在两个同相位回波和一个反相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(0, \pi, 2\pi)$  时, 按照如下公式计算参考水图像投影和参考脂肪图像投影

$$\Delta \phi = \text{ang}(13 \cdot \text{conj}(11)) / 2$$

$$w_{\text{pr}} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \Delta \phi} + 11) + 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi}$$

$$f_{\text{pr}} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \Delta \phi} + 11) - 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi}$$

在两个同相位和一个反相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(0, \pi, 4\pi)$  时, 按照如下公式计算参考水图像投影和参考脂肪图像投影

$$\Delta \phi = \text{ang}(13 \cdot \text{conj}(11)) / 4$$

$$w_{\text{pr}} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 4 \cdot \Delta \phi} + 11) + 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi}$$

$$f_{\text{pr}} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 4 \cdot \Delta \phi} + 11) - 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi}$$

其中, 11、13 为两个同相位回波, 12 为一个反相位回波;  $\text{ang}()$  为相位获取函数,  $\Delta \phi$  为两个同相位之间的相位差;  $\text{conj}()$  为共轭函数;  $w_{\text{pr}}$  和  $f_{\text{pr}}$  分别为直接利用  $\Delta \phi$  进行相位纠正后计算得到的参考水图像投影和参考脂肪图像投影。

8. 一种磁共振成像水脂图像辨析装置, 该装置包括:

一个参考扫描获取单元 (310), 用于获取没有相位编码的三个回波作为参考扫描;

一个参考图像投影计算单元 (320), 用于利用所述参考扫描, 计算相位编码方向的参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影, 得到参考水脂图像投影;

一个完全图像投影计算单元 (330), 用于根据三点 Dixon 法计算得到的水图像和脂肪图像, 计算相位编码方向的完全水图像投影和 / 或完全脂肪图像投影, 得到完全水脂图像投影;

相关性计算单元 (340), 计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性, 得到至少两个相关值;

结果判定单元 (350), 用于从所述相关值中获取最大相关值, 并确定对应的用三点 Dixon 法计算出的图像的类型。

9. 根据权利要求 8 所述的装置, 其特征在于, 该装置进一步包括:

一个归一化单元 (370), 用于对所述参考图像投影计算单元 (320) 得到的参考水脂图像投影进行归一化, 将归一化后的参考水脂图像投影提供给所述相关性计算单元 (340)。

10. 根据权利要求 8 所述的装置, 其特征在于, 该装置进一步包括:

一个水脂图像计算单元 (360), 用于利用三点 Dixon 法计算得到水图像和脂肪图像, 将所述水图像和脂肪图像提供给所述完全图像投影计算单元 (330)。

11. 根据权利要求 8 所述的装置, 其特征在于, 所述参考图像投影计算单元 (320) 包括:

一个第一计算子单元 (321), 用于利用两个反相位回波计算两个反相位之间的相位差;

一个第二计算子单元 (322), 用于利用所述第一计算子单元 (321) 得到的相位差在相位编码方向计算参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影;

和 / 或,

一个第三计算子单元 (323), 用于利用两个同相位回波计算两个同相位之间的相位差;

一个第四计算子单元 (324), 用于利用所述第三计算子单元 (323) 得到的相位差在相位编码方向计算参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影。

12. 根据权利要求 8 所述的装置, 其特征在于, 所述相关性计算单元 (340) 包括: 第一相关性计算子单元 (341)、第二相关性计算子单元 (342)、第三相关性计算子单元 (343) 和第四相关性计算子单元 (344) 中的至少两者;

其中, 所述第一相关性计算子单元 (341) 用于计算参考水图像投影与完全水图像投影的相关性;

所述第二相关性计算子单元 (342) 用于计算参考水图像投影与完全脂肪图像投影的相关性;

所述第三相关性计算子单元 (343) 用于计算参考脂肪图像投影与完全水图像投影的相关性;

所述第四相关性计算子单元 (344) 用于计算参考脂肪图像投影与完全脂肪图像投影的相关性。

## 一种磁共振成像水脂图像辨析方法及装置

### 技术领域

[0001] 本发明涉及磁共振成像技术领域,尤其涉及一种磁共振成像水脂图像辨析方法及装置。

### 背景技术

[0002] 磁共振成像是利用磁共振现象进行成像的一种技术。磁共振现象的原理主要包括:包含单数质子的原子核,例如人体内广泛存在的氢原子核,其质子具有自旋运动,犹如一个小磁体,并且这些小磁体的自旋轴无一定的规律,如果施加外在磁场,这些小磁体将按外在磁场的磁力线重新排列,具体为在平行于或反平行于外在磁场磁力线的两个方向排列,将上述平行于外在磁场磁力线的方向称为正纵向轴,将上述反平行于外在磁场磁力线的方向称为负纵向轴,原子核只具有纵向磁化分量,该纵向磁化分量既具有方向又具有幅度。用特定频率的射频(RF, Radio Frequency)脉冲激发处于外在磁场中的原子核,使这些原子核的自旋轴偏离正纵向轴或负纵向轴,产生共振,这就是磁共振现象。上述被激发原子核的自旋轴偏离正纵向轴或负纵向轴之后,原子核具有了横向磁化分量。

[0003] 停止发射射频脉冲后,被激发的原子核发射回波信号,将吸收的能量逐步以电磁波的形式释放出来,其相位和能级都恢复到激发前的状态,将原子核发射的回波信号经过空间编码等进一步处理即可重建图像。上述被激发原子核向激发前状态的恢复过程称为弛豫过程,恢复到平衡状态所需的时间称为弛豫时间。

[0004] 由于人体内部脂肪中的氢原子核和水中的氢原子核所处的分子环境不相同,在使用相同射频脉冲进行激发时,它们的共振频率不相同,弛豫时间也不相同。在不同的回波时间采集信号,脂肪组织和水表现出不同的相位以及信号强度。

[0005] 狄克逊(Dixon)法是在磁共振成像中用以产生纯水质子图像的方法,其基本原理是分别采集水和脂肪质子的同相位(In Phase)和反相位(Out phase)两种回波信号,两种不同相位的信号通过运算,去除脂肪信号,产生一幅纯水质子的影像,从而达到脂肪抑制的目的。Dixon法的缺点是受磁场不均匀性影响较大,易受呼吸运动影响,计算方法复杂并容易出现错误。

[0006] 为了同时得到分离的纯水和纯脂肪图像,一种改进的三点Dixon方法被广泛应用,该方法的原理是同时取得一幅同相位(或反相位)图像和两幅反相位(或同相位)图像,根据两幅反相位(或同相位)图像,求得磁场不均匀导致的附加相位,对两幅反相位(或同相位)图像进行相位校正,然后与同相位(或反相位)图像一起求得水的图像及脂肪的图像。

[0007] 三点Dixon法的具体操作过程有多种,例如,以利用一幅同相位图像和两幅反相位图像的情况为例,发明人为汪坚敏和翁得河、申请号为200510008973.0的中国专利申请中公开的一种水脂分离图像重建方法,该方法包括以下步骤:取得一幅同相位图像和两幅反相位图像;求各通道的数据线圈灵敏度分布;合成各通道图像;求两幅反相位图像的相位差;检测同相位图像中的一些特征区域以作为修正相位的判据;以及修正反相位图像的

相位,计算出水和脂肪的图像。

[0008] 此外发明人为吴东梅和王振奎、申请号为 200910119608.5 的中国专利申请中也公开的一种水脂分离实现方法,该方法包括以下步骤:获取一幅同相位图像以及两幅反相位图像;计算所述两幅反相位图像的相位差,并利用该相位差对所述两幅反相位图像中由磁场不均匀性所引起的相位进行修正;利用修正后的两幅反相位图像,对所述同相位图像中由涡电流所引起的线性相位差进行修正;根据修正后的三幅图像,计算得到水和脂肪图像。

[0009] 图 1 给出了基于快速自旋回波(TSE)序列的三点 Dixon 法获取两个反相位图像和一个同相位图像的数据采集及编码序列的示意图。其中,RF、RO 和 PE 分别对应射频脉冲、读出梯度和编码梯度。

[0010] 如图 1 所示,磁共振成像设备首先发射一个 90 度射频脉冲 RF\_0,然后再发射一个 180 度重聚相射频脉冲 RF\_1。在距离 90 度射频脉冲 RF\_0 的回波时间(TE)之后,磁共振成像设备在读出梯度方向上施加读出梯度,分别读取三个回波 1、2、3。接着再发射一个 180 度重聚相射频脉冲 RF\_2,并在读出梯度方向上施加读出梯度,分别读出三个回波 4、5、6;上述操作可重复多次。图 1 序列在改变相位编码梯度后,不断地被重复,直至读取 k 空间上的所有回波。其中,回波 1、4、7……等对应的数据线构成一幅反相位图像的原始数据,回波 2、5、8……等对应的数据线构成一幅正相位图像的原始数据,回波 3、6、9……等对应的数据线构成另一幅反相位图像的原始数据。这些回波通过用在相位编码方向施加的相位编码梯度的适当调制而得到 k 空间上不同行的数据,当 k 空间被填满后,经过傅立叶变换,构成对应的一幅同相位图像和两幅反相位图像。

[0011] 但现有三点 Dixon 方法的不足在于:由于两幅反相位(同相位)图像求得的附加相位不能直接用来对其相位进行纠正,而必须对相位进行反缠绕,而由于相位反缠绕固有的不稳定性,使得有时计算出来的水和脂肪的图像可能调换,即实际上是水的图像,计算出来却可能是脂肪的图像;而实际上是脂肪的图像,计算出来却可能是水的图像。

[0012] 基于这种水脂图像调换的问题,目前尚没有相应的解决方案,为此如何在磁共振成像设备中确定当前计算出的水(脂肪)图像实际上究竟是水的图像还是脂肪的图像,已成为磁共振成像技术中亟待解决的问题。

## 发明内容

[0013] 有鉴于此,本发明提出了一种磁共振成像水脂图像辨析方法及装置,用以确定计算出的水脂图像的准确类型。

[0014] 本发明提供的磁共振成像水脂图像辨析方法,包括:

[0015] 获取没有相位编码的三个回波作为参考扫描;

[0016] 利用所述参考扫描,计算相位编码方向的参考水图像投影和/或参考脂肪图像投影,得到参考水脂图像投影;

[0017] 根据三点 Dixon 法计算得到的水图像和脂肪图像,计算相位编码方向的完全水图像投影和/或完全脂肪图像投影,得到完全水脂图像投影;

[0018] 计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性,得到至少两个相关值;

[0019] 从计算得到的相关值中获取最大相关值,将所述最大相关值对应的完全图像投影的类型确定为所述最大相关值对应的参考图像投影的类型,根据所述完全图像投影的类型确定所述用三点 Dixon 法计算出的图像的类型。

[0020] 本发明提供的磁共振成像水脂图像辨析装置,包括:

[0021] 参考扫描获取单元,用于获取没有相位编码的三个回波作为参考扫描;

[0022] 参考图像投影计算单元,用于利用所述参考扫描获取单元获取的参考扫描,计算相位编码方向的参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影,得到参考水脂图像投影;

[0023] 完全图像投影计算单元,用于根据三点 Dixon 法计算得到的水图像和脂肪图像,计算相位编码方向的完全水图像投影和 / 或完全脂肪图像投影,得到完全水脂图像投影;

[0024] 相关性计算单元,计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性,得到至少两个相关值;

[0025] 结果判定单元,用于从所述相关性计算单元计算得到的相关值中获取最大相关值,将所述最大相关值对应的完全图像投影的类型确定为所述最大相关值对应的参考图像投影的类型,根据所述完全图像投影的类型确定对应的用三点 Dixon 法计算出的图像的类型。

[0026] 从上述方案中可以看出,本发明实施例中利用没有相位编码的三个回波作为参考扫描,并利用该参考扫描计算相位编码方向的参考水图像投影和参考脂肪图像投影,即得到水脂类型准确的图像投影;之后以该参考水图像投影和参考脂肪图像投影作为标准,对根据三点 Dixon 法得到的水图像和脂肪图像计算得到的相位编码方向的完全水图像投影和完全脂肪图像投影进行相关性计算,根据相关值的大小,对三点 Dixon 法得到的水脂图像进行辨析,从而解决了现有技术中水脂图像调换的问题。

[0027] 进一步地,通过在进行相关性计算之前,对参考水图像投影和参考脂肪图像投影进行归一化处理,使得参考水图像投影和参考脂肪图像投影与完全水图像投影和完全脂肪图像投影具有相同的功率谱,提高了相关性的准确度,进而增强了对三点 Dixon 法得到的水脂图像辨析的准确率。

## 附图说明

[0028] 下面将通过参照附图详细描述本发明的优选实施例,使本领域的普通技术人员更清楚本发明的上述及其它特征和优点,附图中:

[0029] 图 1 为现有技术中基于快速自旋回波序列的三点 Dixon 法获取两个反相位图像和一个同相位图像的数据采集及编码序列的示意图。

[0030] 图 2 为本发明实施例中磁共振成像水脂图像辨析方法的示例性流程示意图。

[0031] 图 3 为本发明实施例中磁共振成像水脂图像辨析装置的示例性结构示意图。

[0032] 图 4 为本发明实施例中参考图像投影计算单元的结构示意图。

[0033] 图 5 为本发明实施例中相关性计算单元的结构示意图。

[0034] 图 6 为在 0.35T 磁共振成像设备上利用本发明技术方案得到的参考水脂图像投影和完全水脂图像投影。

[0035] 图 7 为在 1.5T 磁共振成像设备上利用本发明技术方案得到的参考水脂图像投影和完全水脂图像投影。

## 具体实施方式

[0036] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，以下举实施例对本发明进一步详细说明。

[0037] 本发明实施例中，首先利用没有相位编码的三个回波作为参考扫描，并利用参考扫描，计算得到参考水脂图像投影，该参考水脂图像投影在计算过程中由于不涉及相位编码及相位反缠绕，因此不会出现图像的调换，即参考水图像投影对应的一定是水的图像投影，参考脂肪图像投影对应的一定是脂肪的图像投影。之后，根据三点 Dixon 法计算的水脂图像得到完全水脂图像投影，再计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性，根据相关值的大小，确定完全水脂图像投影的类别，进而确定三点 Dixon 法计算的水脂图像的类别，解决图像调换的问题。

[0038] 图 2 给出了本发明实施例中磁共振成像水脂图像辨析方法的示例性流程示意图，如图 2 所示，该方法包括如下步骤：

[0039] 步骤 201，获取没有相位编码的三个回波作为参考扫描，所述三个回波包括两个反相位回波和一个同相位回波，或者所述三个回波包括两个同相位回波和一个反相位回波。

[0040] 本步骤中，没有相位编码的三个回波指的是没有通过在相位编码方向施加的相位编码梯度进行调制的三个回波。并且三个回波可以基于各种序列进行采集，且可以有不同的采集顺序，以三个回波包括两个反相位回波和一个同相位回波的情况为例，则三个回波可以是按照图 1 所示方法读出的某三个回波，也可以是基于其它序列，如回波序列 (SE) 或梯度回波序列 (GRE) 等的三点 Dixon 方法读出的某三个回波，并且三个回波可以是如图 1 所示的按照反相位 - 同相位 - 反相位的顺序依次采集的三个回波，也可以是先采集一个同相位的回波，然后采集两个反相位的回波，还可以是先采集两个反相位的回波，然后采集一个同相位的回波。本实施例中，假设获取的没有相位编码的三个回波为图 1 中的回波 1、2、3。当然，实际应用中，没有相位编码的三个回波也可以是其它位置处的三个回波。

[0041] 对于三个回波包括两个同相位回波和一个反相位回波的情况，采集方法与上述方法类似。同样可以基于各种序列进行采集，并且同样可以有不同的采集顺序，例如，三个回波可以是如按照同相位 - 反相位 - 同相位的顺序依次采集的三个回波，也可以是先采集一个反相位的回波，然后采集两个同相位的回波，还可以是先采集两个同相位的回波，然后采集一个反相位的回波。

[0042] 步骤 202，利用所述参考扫描，计算相位编码方向的参考水图像投影和参考脂肪图像投影，得到参考水脂图像投影。

[0043] 本步骤中，对于三个回波包括两个反相位回波和一个同相位回波的情况，可首先利用两个反相位回波计算两个反相位之间的相位差，之后利用得到的相位差在相位编码方向计算参考水图像投影和参考脂肪图像投影。

[0044] 具体实现时，可根据三个回波水和脂肪的化学位移相位情况进行计算，例如，若两个反相位回波和一个同相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(-\pi, 0, \pi)$ ，则可根据如下公式 (1) 计算参考水脂图像投影。

$$[0045] \quad \Delta \phi = \text{ang}(I_3 * \text{conj}(I_1)) / 2$$

$$[0046] \quad w_{pr} = I_2 + 0.5 \cdot (I_3 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + I_1 \cdot e^{j \cdot \Delta \phi}) \quad (1)$$



$$[0047] \quad f_{pr} = 12 - 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + 11 \cdot e^{j \cdot \Delta \phi})$$

[0048] 又如,若两个反相位和一个同相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(-3\pi, 0, \pi)$ , 则可按照如下公式 (2) 计算参考水脂图像投影。

$$[0049] \quad \Delta \phi = \text{ang}(13 \cdot \text{conj}(11)) / 4$$

$$[0050] \quad w_{pr} = 12 + 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + 11 \cdot e^{j \cdot 3 \cdot \Delta \phi}) \quad (2)$$

$$[0051] \quad f_{pr} = 12 - 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} + 11 \cdot e^{j \cdot 3 \cdot \Delta \phi})$$

[0052] 其中, 11、13 为两个反相位回波, 12 为一个同相位回波, 若步骤 201 中获取的没有相位编码的三个回波为图 1 中的回波 1、2、3, 则 11、12、13 分别为回波 1、2、3;  $\text{ang}()$  为相位获取函数,  $\Delta \phi$  为两个反相位之间的相位差;  $\text{conj}()$  为共轭函数;  $w_{pr}$  和  $f_{pr}$  分别为直接利用  $\Delta \phi$  进行相位纠正后计算得到的参考水图像投影和参考脂肪图像投影。

[0053] 上述过程中, 在进行相位修正时直接利用  $\Delta \phi$  进行相位纠正, 而无须对其进行反缠绕处理后再进行相位修正, 因此不会发生图像的调换问题, 即参考水图像投影一定会是对应水的参考图像投影, 而不会是对应脂肪的参考图像投影; 反之亦然。

[0054] 对于三个回波包括两个同相位回波和一个反相位回波的情况, 计算方法与上述方法类似。同样可首先利用两个同相位回波计算两个同相位之间的相位差, 之后利用得到的相位差在相位编码方向计算参考水图像投影和参考脂肪图像投影。

[0055] 具体实现时, 同样可以根据三个回波水和脂肪的化学位移相位情况进行计算, 例如, 若两个同相位回波和一个反相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(0, \pi, 2\pi)$ , 则可按照如下公式 (3) 计算参考水脂图像投影。

$$[0056] \quad \Delta \phi = \text{ang}(13 \cdot \text{conj}(11)) / 2$$

$$[0057] \quad w_{pr} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \Delta \phi} + 11) + 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} \quad (3)$$

$$[0058] \quad f_{pr} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 2 \cdot \Delta \phi} + 11) - 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi}$$

[0059] 又如, 若两个同相位和一个反相位回波水和脂肪的化学位移相位为  $(0, \pi, 4\pi)$ , 则可按照如下公式 (4) 计算参考水脂图像投影。

$$[0060] \quad \Delta \phi = \text{ang}(13 \cdot \text{conj}(11)) / 4$$

$$[0061] \quad w_{pr} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 4 \cdot \Delta \phi} + 11) + 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi} \quad (4)$$

$$[0062] \quad f_{pr} = 0.5 \cdot (13 \cdot e^{-j \cdot 4 \cdot \Delta \phi} + 11) - 12 \cdot e^{-j \cdot \Delta \phi}$$

[0063] 其中, 11、13 为两个同相位回波, 12 为一个反相位回波;  $\text{ang}()$  为相位获取函数,  $\Delta \phi$  为两个同相位之间的相位差;  $\text{conj}()$  为共轭函数;  $w_{pr}$  和  $f_{pr}$  分别为直接利用  $\Delta \phi$  进行相位纠正后计算得到的参考水图像投影和参考脂肪图像投影。

[0064] 同样, 上述过程中, 在进行相位修正时也是直接利用  $\Delta \phi$  进行相位纠正, 而无须对其进行反缠绕处理后再进行相位修正, 因此不会发生图像的调换问题, 即参考水图像投影一定会是对应水的参考图像投影, 而不会是对应脂肪的参考图像投影; 反之亦然。

[0065] 实际应用中, 还可以采用其他计算方法, 只要能够利用所述参考扫描, 计算得到相位编码方向的参考水图像投影和参考脂肪图像投影即可, 此处不再一一列举。

[0066] 步骤 203, 利用三点 Dixon 法计算得到水图像和脂肪图像。

[0067] 本步骤中, 可利用现有的及各种新增的三点 Dixon 法。

[0068] 例如, 可以利用发明人为汪坚敏和翁得河的中国专利申请 200510008973.0 中公开的水脂分离图像重建方法, 也可以利用发明人为吴东梅和王振奎的中国专利申请

200910119608.5 中公开的水脂分离实现方法。此外,也可以采用利用两幅同相位图像和一幅反相位图像进行水脂图像计算的三点 Dixon 法,此处不再一一列举。

[0069] 步骤 204,利用所述水图像和脂肪图像,计算相位编码方向的水图像投影和脂肪图像投影。为与步骤 202 中的参考水图像投影和参考脂肪图像投影相区别,此处分别称为完全水图像投影和完全脂肪图像投影,从而得到完全水脂图像投影。

[0070] 本步骤中,计算相位编码方向的完全水图像投影和完全脂肪图像投影的方法可有多种,如下的公式 (5) 列出了其中的一种计算方法。

$$[0071] \quad w_{pc} = \sum_{i=1}^n w_i, f_{pc} = \sum_{i=1}^n f_i \quad (5)$$

[0072] 其中,  $w_{pc}$  和  $f_{pc}$  分别为完全水图像投影和完全脂肪图像投影,  $w_i$  和  $f_i$  分别为沿相位编码方向的体素点数据,  $n$  为相位编码方向的分辨率。

[0073] 具体实现时,也可以采用除公式 (5) 之外的其他计算方法,只要能够利用所述水图像和脂肪图像,计算得到相位编码方向的完全水图像投影和完全脂肪图像投影即可,此处不再一一列举。

[0074] 步骤 205,计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性,得到至少两个相关值。

[0075] 本步骤中,计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性时,可有多种组合方式。例如,可计算参考水图像投影与完全水图像投影的相关性,参考水图像投影与完全脂肪图像投影的相关性,参考脂肪图像投影与完全水图像投影的相关性,以及参考脂肪图像投影与完全脂肪图像投影的相关性,得到四个相关值。

[0076] 或者,也可仅计算其中的两个具有可比性的相关值。如,可只计算参考水图像投影与完全水图像投影的相关性,以及参考水图像投影与完全脂肪图像投影的相关性,得到两个相关值。这种情况下,步骤 202 中可仅计算参考水图像投影,即参考脂肪图像投影可不计算,此时,参考水脂图像投影中可仅包括参考水图像投影。当然,也可计算参考脂肪图像投影。

[0077] 又如,也可只计算参考脂肪图像投影与完全水图像投影的相关性,以及参考脂肪图像投影与完全脂肪图像投影的相关性,得到两个相关值。这种情况下,步骤 202 中可仅计算参考脂肪图像投影,即参考水图像投影可不计算,此时,参考水脂图像投影中可仅包括参考脂肪图像投影。当然,也可计算参考水图像投影。

[0078] 再如,还可只计算参考水图像投影与完全水图像投影的相关性,以及参考脂肪图像投影与完全水图像投影的相关性,得到两个相关值。这种情况下,步骤 204 中可仅计算完全水图像投影,即完全脂肪图像投影可不计算,此时,完全水脂图像投影中可仅包括完全水图像投影。当然,也可计算完全脂肪图像投影。

[0079] 再如,还可只计算参考水图像投影与完全脂肪图像投影的相关性,以及参考脂肪图像投影与完全脂肪图像投影的相关性,得到两个相关值。这种情况下,步骤 204 中可仅计算完全脂肪图像投影,即完全水图像投影可不计算,此时,完全水脂图像投影中可仅包括完全脂肪图像投影。当然,也可计算完全水图像投影。

[0080] 本步骤中,对于分别表示参考水图像投影和参考脂肪图像投影的  $w_{pr}$  和  $f_{pr}$ ,以及分别表示完全水图像投影和完全脂肪图像投影的  $w_{pc}$  和  $f_{pc}$ ,可分别计算  $w_{pr}$  与  $w_{pc}$  的相关性,  $w_{pr}$

与  $f_{pc}$  的相关性,  $f_{pr}$  与  $w_{pc}$  的相关性,  $f_{pr}$  与  $f_{pc}$  的相关性, 共得到四个相关值。或者, 也仅计算其中具有可比性的两个相关值, 例如, 仅计算  $w_{pr}$  与  $w_{pc}$  的相关性,  $w_{pr}$  与  $f_{pc}$  的相关性; 或  $f_{pr}$  与  $w_{pc}$  的相关性,  $f_{pr}$  与  $f_{pc}$  的相关性; 或  $w_{pr}$  与  $w_{pc}$  的相关性,  $f_{pr}$  与  $w_{pc}$  的相关性; 或  $w_{pr}$  与  $f_{pc}$  的相关性,  $f_{pr}$  与  $f_{pc}$  的相关性。

[0081] 具体实现时, 可利用公式 (6) 计算上述相关性。

$$[0082] \quad C_{rc} = \max(\text{FT}(\text{FT}(P_r) \cdot \text{conj}(\text{FT}(P_c)))) \quad (6)$$

[0083] 其中,  $C_{rc}$  为相关值,  $P_r$  为  $w_{pr}$  或  $f_{pr}$ ,  $P_c$  为  $w_{pc}$  或  $f_{pc}$ ,  $\text{FT}()$  为傅立叶变换函数,  $\text{conj}()$  为共轭函数;  $\max()$  为求最大值的函数。

[0084] 实际应用时, 由于步骤 202 中得到的参考水脂图像投影与步骤 204 中得到的完全水脂图像投影, 通常具有不同的功率谱幅度, 因此为了获取与步骤 204 中得到的完全水脂图像投影相同的功率谱, 在相关性计算之前, 可先对参考水脂图像投影进行归一化, 之后, 利用归一化后的参考水脂图像投影进行上述的相关性计算。当然, 也可以不进行归一化。

[0085] 具体实现时, 也可以采用除公式 (6) 之外的其他计算方法, 例如, 采用如下所示公式 (7) 计算相关性。

$$[0086] \quad C_{rc} = \text{sum}(\text{abs}(P_r - P_c)) \quad (7)$$

[0087] 其中,  $C_{rc}$  为相关值,  $P_r$  为  $w_{pr}$  或  $f_{pr}$ ,  $P_c$  为  $w_{pc}$  或  $f_{pc}$ ,  $\text{sum}$  为求和算子,  $\text{abs}$  为求绝对值算子。

[0088] 此外, 还可以采用其他的计算方法, 只要能够计算得到参考水图像投影与完全水图像投影及与完全脂肪图像投影的相关性, 以及参考脂肪图像投影与完全水图像投影及与完全脂肪图像投影的相关性即可, 此处不再一一列举。

[0089] 步骤 206, 从计算得到的相关值中获取最大相关值, 将所述最大相关值对应的完全图像投影的类型确定为所述最大相关值对应的参考图像投影的类型, 根据所述完全图像投影的类型确定对应的用三点 Dixon 法计算出的图像的类型, 即步骤 203 中计算出的图像的类型。

[0090] 通过上述方法, 可以验证步骤 203 中利用三点 Dixon 法计算出的水图像和脂肪图像是否发生了调换。

[0091] 具体实现时, 步骤 201- 步骤 202 和步骤 203- 步骤 204 之间没有绝对的先后顺序, 即也可以先执行步骤 203- 步骤 204, 再执行步骤 201- 步骤 202, 或者步骤 201- 步骤 202 和步骤 203- 步骤 204 也可以并行或交叉执行。

[0092] 以上对本发明实施例中的磁共振成像水脂图像辨析方法进行了详细描述, 下面再对本发明实施例中磁共振成像水脂图像辨析装置进行详细描述。

[0093] 图 3 给出了本发明实施例中磁共振成像水脂图像辨析装置的示例性结构示意图, 如图 3 所示, 该装置包括: 一个参考扫描获取单元 310、一个参考图像投影计算单元 320、一个完全图像投影计算单元 330、一个相关性计算单元 340 和一个结果判定单元 350。

[0094] 其中, 参考扫描获取单元 310 用于获取没有相位编码的三个回波作为参考扫描。其中, 所述三个回波包括两个反相位回波和一个同相位回波, 或者所述三个回波包括两个同相位回波和一个反相位回波。具体实现时, 参考扫描获取单元 310 的具体操作过程可与步骤 201 中描述的具体操作过程一致。

[0095] 参考图像投影计算单元 320 用于利用所述参考扫描获取单元 310 获取的参考扫

描,计算相位编码方向的参考水图像投影和参考脂肪图像投影,得到参考水脂图像投影。具体实现时,参考图像投影计算单元 320 的具体操作过程可与步骤 202 中描述的具体操作过程一致。

[0096] 完全图像投影计算单元 330 用于根据三点 Dixon 法计算得到的水图像和脂肪图像,计算相位编码方向的完全水图像投影和完全脂肪图像投影,得到完全水脂图像投影。具体实现时,完全图像投影计算单元 330 的具体操作过程可与步骤 204 中描述的具体操作过程一致。

[0097] 这里,三点 Dixon 法计算得到的水图像和脂肪图像可以是利用本实施例中的装置之外的其他装置计算得到的,此时,本实施例中的装置不包括水脂图像计算单元;或者,也可以是利用本实施例中的装置计算得到的,此时,本实施例中的装置中还包括水脂图像计算单元 360(如图 3 中的虚线部分所示),用于利用三点 Dixon 法计算得到水图像和脂肪图像,将所述水图像和脂肪图像提供给所述完全图像投影计算单元 330 进行完全水脂图像投影的计算。

[0098] 相关性计算单元 340 用于利用所述参考图像投影计算单元 320 得到的参考水脂图像投影,以及所述完全图像投影计算单元 330 得到的完全水脂图像投影,计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性,得到至少两个相关性值。具体实现时,相关性计算单元 340 的具体操作过程可与步骤 205 中描述的具体操作过程一致。即同样存在与步骤 205 中所描述的各种组合方式的相关性计算。相应地,当只需计算具有可比性的两个相关值时,参考图像投影计算单元 320 或完全图像投影计算单元 330 可只计算进行相关性计算时所需的一个图像投影,此时参考水脂图像投影或完全水脂图像投影中可仅包括一个对应的图像投影。当然,如果都计算也可以。

[0099] 结果判定单元 350 用于从所述相关性计算单元 340 计算得到的相关值中获取最大相关值,将所述最大相关值对应的完全图像投影的类型确定为所述最大相关值对应的参考图像投影的类型,根据所述完全图像投影的类型确定对应的用三点 Dixon 法计算出的图像的类型。

[0100] 具体实现时,若为了使参考水脂图像投影获取与完全水脂图像投影相同的功率谱,在相关性计算之前,可先对参考水脂图像投影进行归一化,之后,利用归一化后的参考水脂图像投影进行上述的相关性计算。此时,本实施例的装置中可进一步包括归一化单元 370(如图 3 中的虚线部分所示),用于对所述参考图像投影计算单元 320 得到的参考水脂图像投影进行归一化。相应地,相关性计算单元 340 用于利用所述归一化单元 370 归一化后的参考水脂图像投影,以及所述完全图像投影计算单元 330 得到的完全水脂图像投影,计算参考水脂图像投影与完全水脂图像投影之间的相关性,得到至少两个相关值。当然,也可以不进行归一化,此时,本实施例的装置中可无需包括归一化单元 370。

[0101] 具体实现时,基于不同的计算方法,参考图像投影计算单元 320 可具有不同的内部结构,图 4 示出了参考图像投影计算单元 320 的一种内部结构示意图。如图 4 中的实线部分所示,该参考图像投影计算单元 320 可具体包括:

[0102] 一个第一计算子单元 321,用于利用两个反相位回波计算两个反相位之间的相位差。

[0103] 一个第二计算子单元 322,用于利用所述第一计算子单元 321 得到的相位差在相

位编码方向计算参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影。

[0104] 或者,该参考图像投影计算单元 320 也可如图 4 中的虚线部分所示,包括:

[0105] 一个第三计算子单元 323,用于利用两个同相位回波计算两个同相位之间的相位差。

[0106] 一个第四计算子单元 324,用于利用所述第三计算子单元 323 得到的相位差在相位编码方向计算参考水图像投影和 / 或参考脂肪图像投影。

[0107] 又或者,该参考图像投影计算单元 320 也可同时包括上述四个计算子单元,具体进行计算时,该参考图像投影计算单元 320 可根据参考扫描的类型进行选用,即由选择单元判断参考扫描的类型,如果参考扫描包括两个反相位回波和一个同相位回波,则该参考图像投影计算单元 320 选用第一计算子单元 321 和第二计算子单元 322;如果参考扫描包括两个同相位回波和一个反相位回波,则该参考图像投影计算单元 320 选用第三计算子单元 323 和第四计算子单元 324。

[0108] 具体实现时,基于不同的相关性组合方式,相关性计算单元 340 也可具有不同的内部结构,图 5 示出了相关性计算单元 340 的一种内部结构示意图。如图 5 所示,该相关性计算单元 340 包括:

[0109] 一个第一相关性计算子单元 341,用于计算参考水图像投影与完全水图像投影的相关性;

[0110] 一个第二相关性计算子单元 342,用于计算参考水图像投影与完全脂肪图像投影的相关性;

[0111] 一个第三相关性计算子单元 343,用于计算参考脂肪图像投影与完全水图像投影的相关性;

[0112] 一个第四相关性计算子单元 344,用于计算参考脂肪图像投影与完全脂肪图像投影的相关性。

[0113] 此外,基于其它相关性组合,相关性计算单元 340 也可只包括上述第一相关性计算子单元 341 和第二相关性计算子单元 342;或者只包括上述第三相关性计算子单元 341 和第四相关性计算子单元 342;或者只包括上述第一相关性计算子单元 341 和第三相关性计算子单元 342;或者只包括上述第二相关性计算子单元 341 和第四相关性计算子单元 342。

[0114] 上面对本发明一实施例中的磁共振成像水脂图像辨析装置进行了详细描述。具体实现时,磁共振成像水脂图像辨析装置也可以有其他形式的内部结构,例如,可对上述各功能单元进行重组或进一步细化。并且各功能单元可以位于不同的实体中,也可以全部位于同一实体中,具体可根据实际需要进行配置。

[0115] 本申请的发明人利用一台 0.35T 的磁共振成像设备对头部进行了水脂分离成像。所用参数包括:视野 (FOV) =  $24 \times 24$ cm,回波时间 / 重复时间 (TE/TR) = 34/695ms,矩阵 (matrix) =  $256 \times 256$ 。图 6 为本申请的发明人利用本发明的方法计算得到的参考水图像投影、参考脂肪图像投影、完全水图像投影和完全脂肪图像投影。图中横坐标为像素点,纵坐标为投影的值。通过图 6 可以看出,  $w_{pr}$  与  $f_{pc}$  有较好的相关性,  $f_{pr}$  与  $w_{pc}$  有较好的相关性,因此可以确定脂肪图像和水图像。

[0116] 本申请的发明人还利用一台 1.5T 的磁共振成像设备对膝盖进行了水脂分离成

像。所用参数包括：视野 (FOV) =  $26.3 \times 35\text{cm}$ ，回波时间 / 重复时间 (TE/TR) =  $13/3500\text{ms}$ ，矩阵 (matrix) =  $231 \times 256$ 。图 7 为本申请的发明人利用本发明的方法计算得到的参考水图像投影、参考脂肪图像投影、完全水图像投影和完全脂肪图像投影。图中横坐标为像素点，纵坐标为投影的值。通过图 7 可以看出， $w_{pr}$  与  $f_{pc}$  有较好的相关性， $f_{pr}$  与  $w_{pc}$  有较好的相关性，因此可以确定脂肪图像和水图像。

[0117] 以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并不用以限制本发明，凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

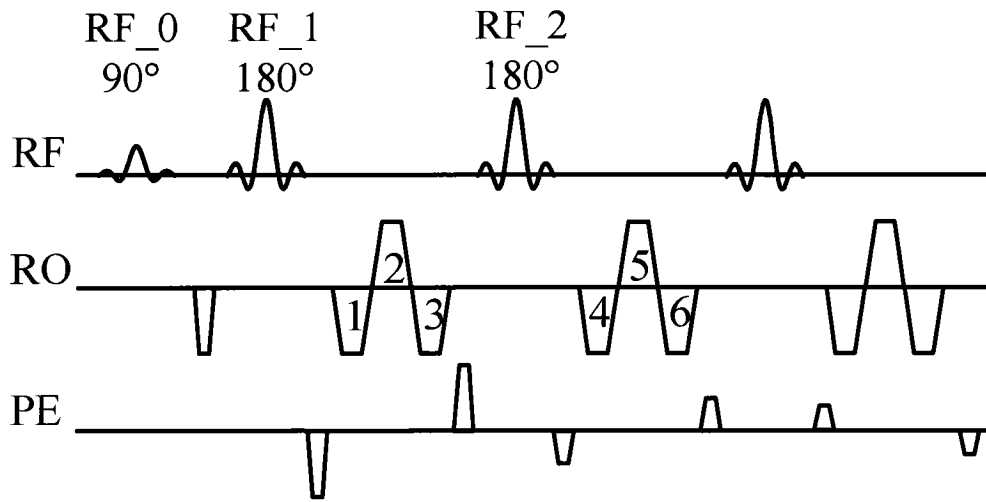


图 1

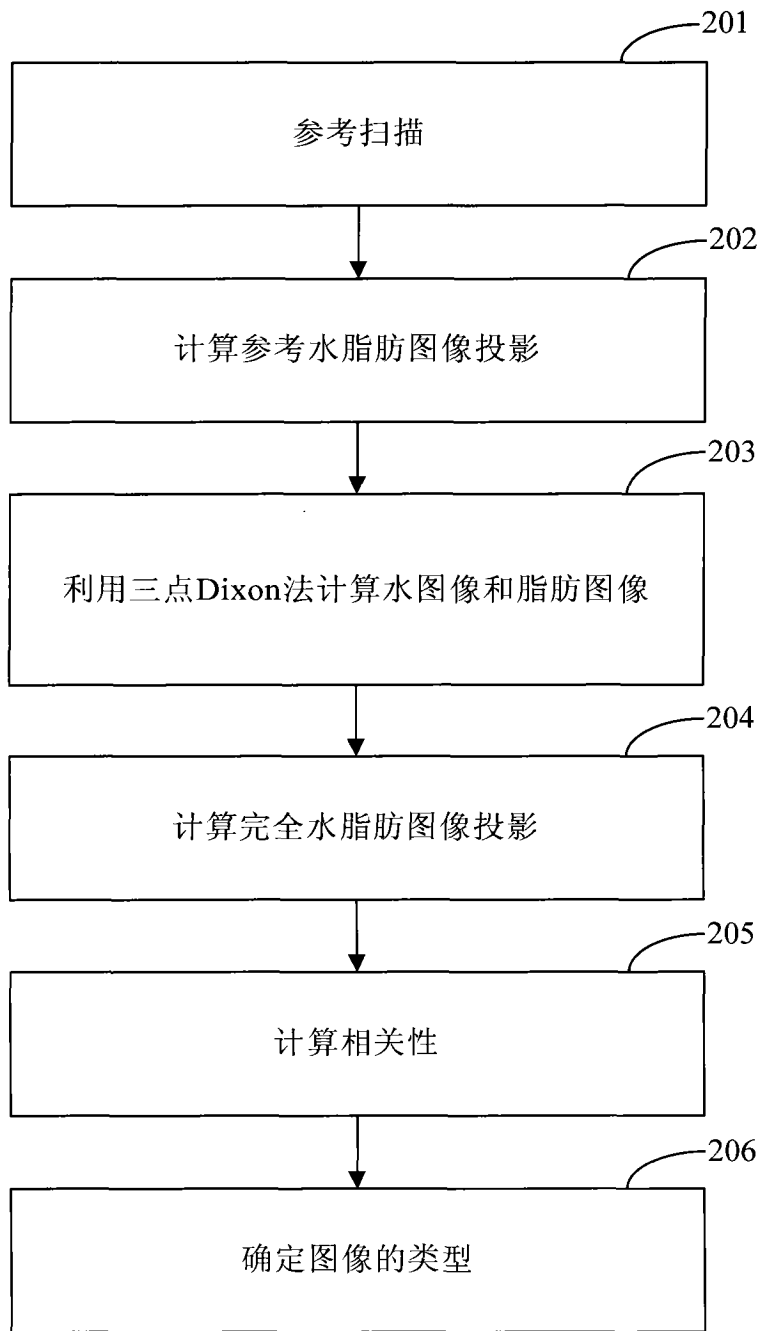


图 2



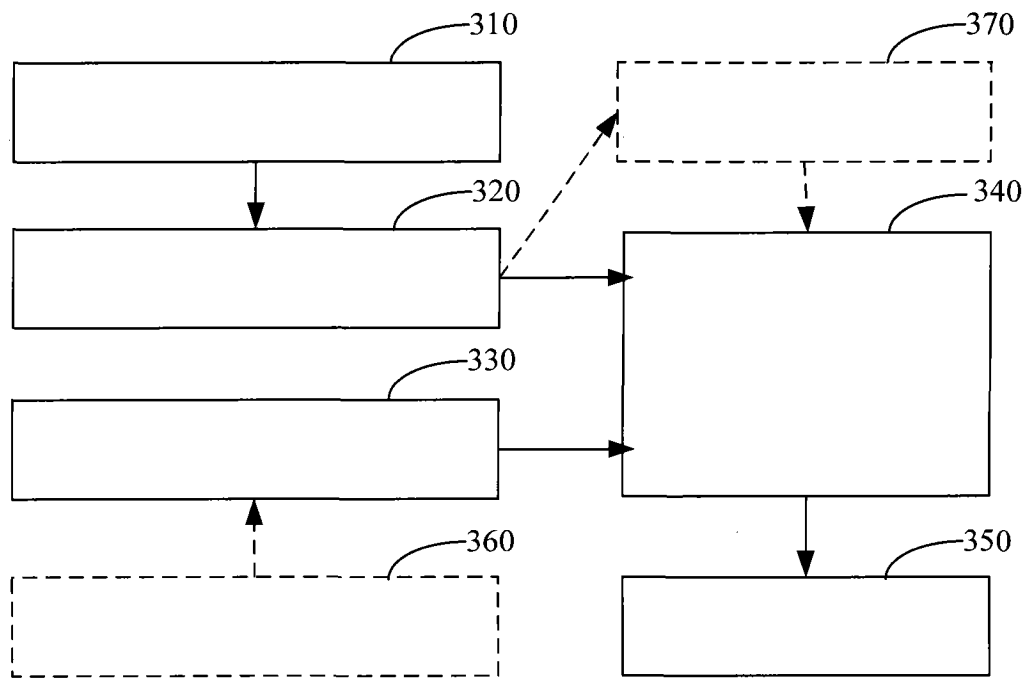


图 3

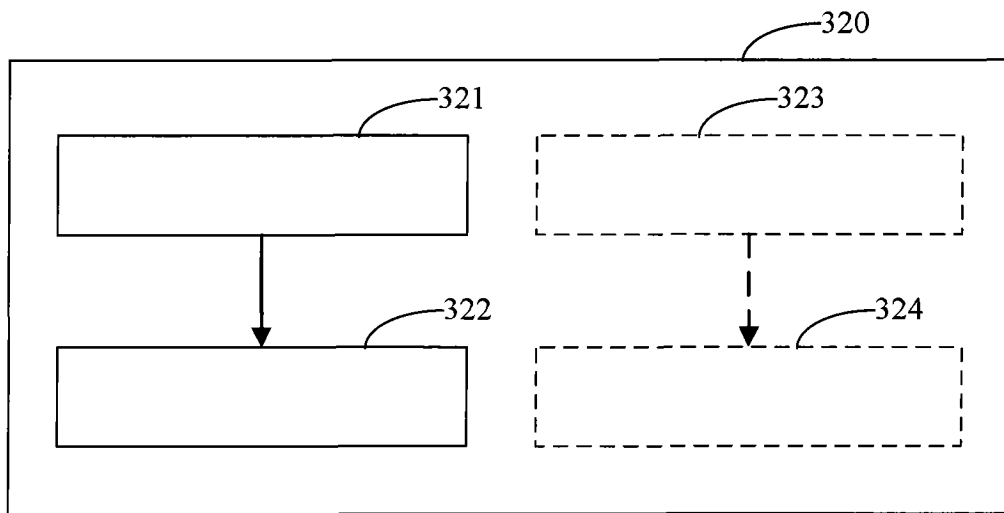


图 4

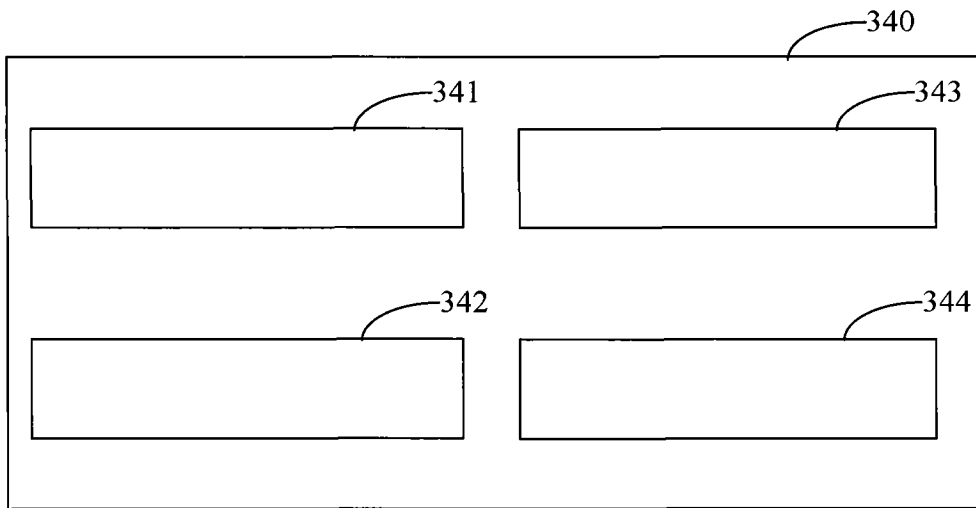


图 5

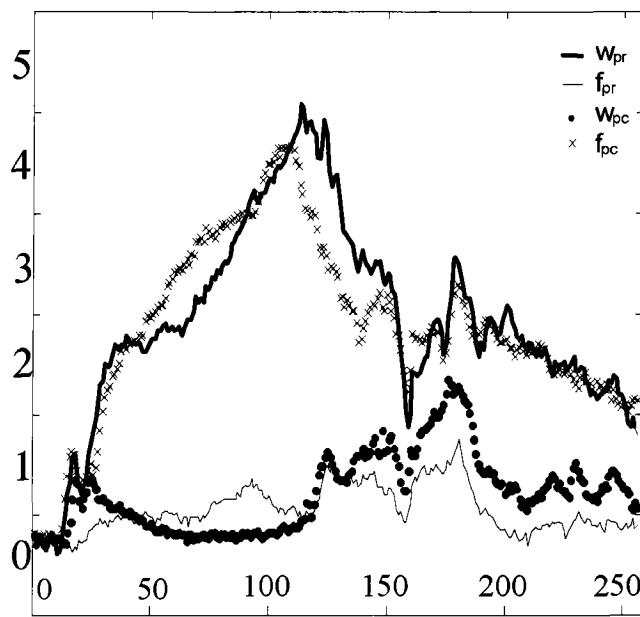


图 6

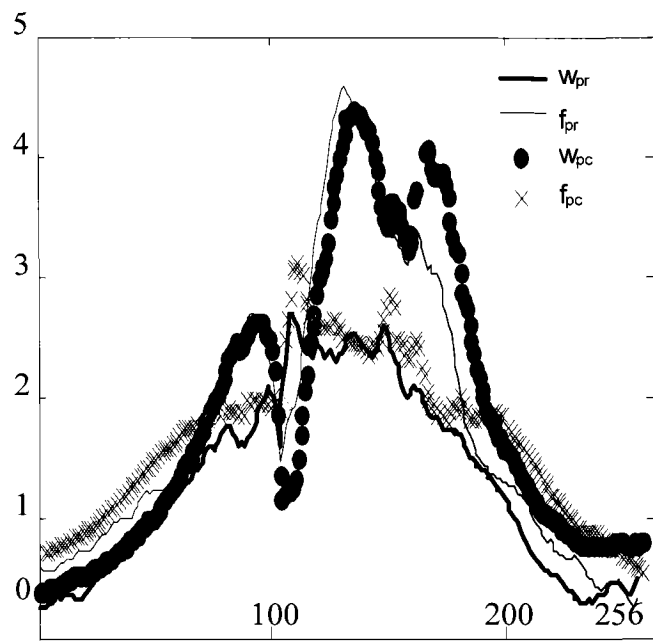


图 7