

## (12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织  
国际局

(43) 国际公布日  
2016 年 6 月 16 日 (16.06.2016)



(10) 国际公布号  
**WO 2016/091208 A1**

- (51) 国际专利分类号:  
*G01N 15/02* (2006.01) *G01N 15/06* (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/097128
- (22) 国际申请日: 2015 年 12 月 11 日 (11.12.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:  
201410769173.X 2014 年 12 月 12 日 (12.12.2014) CN
- (71) 申请人: 通用电气公司 (GENERAL ELECTRIC COMPANY) [US/US]; 美国纽约州斯克内克塔迪县河滨路 1 号, New York 12345 (US)。
- (72) 发明人: 及
- (71) 申请人 (仅对美国): 梅艳 (MEI, Yan) [CN/CN]; 中国上海市蔡伦路 1800 号通用电器公司, Shanghai 201203 (CN)。袁龙涛 (YUAN, Longtao) [CN/CN]; 中国上海市蔡伦路 1800 号通用电器公司, Shanghai 201203 (CN)。牛冉 (NIU, Ran) [CN/CN]; 中国上海市蔡伦路 1800 号通用电器公司, Shanghai 201203 (CN)。尚卫华 (SHANG, Weihua) [CN/CN]; 中国上

海市蔡伦路 1800 号通用电器公司, Shanghai 201203 (CN)。叶菁 (YE, Jing) [CN/CN]; 中国上海市蔡伦路 1800 号通用电器公司, Shanghai 201203 (CN)。瞿鑫 (QU, Xin) [CN/CN]; 中国上海市蔡伦路 1800 号通用电器公司, Shanghai 201203 (CN)。

- (74) 代理人: 中国专利代理 (香港) 有限公司 (CHINA PATENT AGENT (H.K.) LTD.); 中国香港特别行政区湾仔港湾道 23 号鹰君中心 22 字楼, Hong Kong (CN)。
- (81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。
- (84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA,

[见续页]

(54) Title: MEASUREMENT METHOD AND SYSTEM

(54) 发明名称: 测量方法及系统

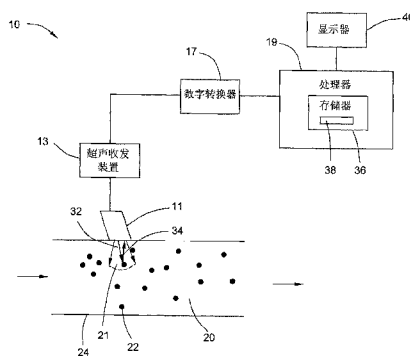


图 1 / Fig. 1

13 ULTRASONIC TRANSCIVING DEVICE  
17 DIGITAL CONVERTER  
19 PROCESSOR  
36 MEMORY  
40 DISPLAY

(57) Abstract: A measurement method (50) and a measurement system (10). The measurement method (50) comprises: transmitting several ultrasonic signals to a fluid under measurement (51); receiving an echo signal reflected or scattered back by particles in the fluid under measurement (52); calculating a calculation value of an R parameter related to a particle attribute according to the echo signal (53); determining a theoretical curve of the R parameter related to the particle attribute (54); determining the average diameter of the particles in the fluid according to the calculation value of the R parameter and the theoretical curve of the R parameter (55); and determining the volume concentration of the particles in the fluid according to the average diameter of the particles (56). The measurement system (10) is used for measuring the average diameter and volume concentration of the particles.

(57) 摘要:

[见续页]



WO 2016/091208 A1



RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

**根据细则 4.17 的声明:**

— 关于申请人有权申请并被授予专利(细则 4.17(ii))

**本国际公布:**

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

一种测量方法 (50) 及测量系统 (10), 该测量方法 (50) 包括: 发射若干超声信号至被测流体 (51); 接收从被测流体中的颗粒反射或散射回来的回波信号 (52); 根据所述回波信号计算与颗粒属性有关的 R 参数的计算值 (53); 确定所述与颗粒属性有关的 R 参数的理论曲线 (54); 及根据所述 R 参数的计算值和所述 R 参数的理论曲线确定流体中颗粒的平均直径 (55); 根据所述颗粒的平均直径确定流体中颗粒的体积浓度 (56)。该测量系统 (10), 用来测量颗粒的平均直径和体积浓度。

## 测量方法及系统

### 5 技术领域

本发明有关一种测量方法和系统，尤其涉及一种用来测量流体中悬浮颗粒的平均直径和体积浓度的测量方法及系统。

### 背景技术

10 在利用多普勒原理测量流体流量的方法中，悬浮于流体中的颗粒反射或散射超声探头发射出的超声信号。反射或散射回来的多普勒回波信号的能量与颗粒的直径和体积浓度等有关。当颗粒的直径较小或体积浓度较低时，回波信号较弱；颗粒的直径增大或体积浓度升高时，回波信号变大。然而，一方面，当颗粒直径太大时，由于自重过大，悬浮颗粒相对于流体本身将会存在较大的相对速度，这时如果仍然将悬浮颗粒的运动速度作为流体本身的运动速度将会降低流量测量的精度；另一方面，当颗粒体积浓度太大时，超声信号在流体中的衰减较大，探头接收到的回波信号减弱，较低的信噪比也会影响流量的测量。如此，在利用多普勒原理测量流体流量的过程中，测量颗粒的直径和体积浓度显得尤其重要。

20

### 发明内容

本发明的一个方面在于提供一种测量方法。该测量方法包括：发射若干超声信号至被测流体；接收从被测流体中的颗粒反射或散射回来的回波信号；根据所述回波信号计算与颗粒属性有关的 R 参数的计算值；确定所述与颗粒属性有关的 R 参数的理论曲线；及根据所述 R 参数的计算值和所述 R 参数的理论曲线确定流体中颗粒的平均直径；根据所述颗粒的平均直径确定流体中颗粒的体积浓度。

25 本发明的另一个方面在于提供一种测量系统。该测量系统包括：超声探头，用来发射若干超声信号至被测流体且接收从被测流体中的颗粒反射或散射回来的回波信号；及处理器，连接于所述超声探头，且用来根据所述回波

信号计算与颗粒属性有关的 R 参数的计算值、确定所述与颗粒属性有关的 R 参数的理论曲线、根据所述 R 参数的计算值和所述 R 参数的理论曲线确定流体中颗粒的平均直径，且根据所述颗粒的平均直径确定流体中颗粒的体积浓度。

5

#### 附图说明

通过结合附图对于本发明的实施方式进行了描述，可以更好地理解本发明，在附图中：

- 10 图 1 所示为本发明测量系统的一个实施例的示意图；  
图 2 所示为本发明测量方法的一个实施例的流程图；  
图 3 所示为本发明测量方法的 R 参数的理论曲线的一个实施例的曲线图；  
图 4 所示为安装于管道的多个超声探头的示意图。

#### 15 具体实施方式

- 除非另作定义，此处使用的技术术语或者科学术语应当为本发明所属领域内具有一般技能的人士所理解的通常意义。本发明专利申请说明书以及权利要求书中使用的“第一”“第二”以及类似的词语并不表示任何顺序、数量或者重要性，而只是用来区分不同的组成部分。同样，“一个”或者“一”等类似词语也不表示数量限制，而是表示存在至少一个。除非另行指出，“前部”  
20 “后部”“下部”和/或“上部”等类似词语只是为了便于说明，而并非限于一个位置或者一种空间定向。另外，“连接”或者“相连”等类似的词语并非用来区分两个元件之间的直接或间接连接。当然，除非另行说明，此元件间可以直接或间接连接。

- 25 图 1 所示为一个实施例的测量系统 10 的示意图。测量系统 10 可用来测量流体 20 的颗粒大小和颗粒体积浓度。流体 20 可以沿图中箭头方向在管道 24 等内流动。流体 20 中悬浮有颗粒 22，例如碎屑、气泡、泥等杂质或污染物。颗粒 22 的形状、大小和分布一般不确定，往往根据实际运用环境变化。在一个典型的运用中，测量系统 10 可用于石油或天然气开采钻井中来测量钻  
30 井过程中回流的液体的颗粒大小和浓度，该回流的液体中往往悬浮有钻井产生的石头碎屑、泥等杂质。但测量系统 10 并不限于该运用领域，还可应用于

其他领域。

测量系统 10 包括超声探头 11、超声收发装置 13、数字转换器 17 和处理器 19。超声探头 11 可安装于管道 24 的壁上。超声收发装置 13 产生并发出电信号给超声探头 11。超声探头 11 将该电信号转换成超声信号(超声波)32, 5 发射至被测流体 20。超声探头 11 发射的超声信号可覆盖流体 20 的部分区域。一个超声探头 11 发射的超声信号可透射一个近似于锥形的区域 21。超声探头 11 一般包括压电元件, 能够将电信号转换成物理脉冲(本实施例中为超声信号 32), 超声信号 32 的频率由电信号的频率控制。本实施例中, 超声探头 11 发射若干具有不同频率( $f_1, f_2, \dots, f_n$ )的超声信号 32 至被测流体 20。在另一个实施例中, 超声探头 11 发射单一频率的超声信号 32 至被测流体 20。图 1 中仅示出了一个超声探头 11。在一些实施例中, 多个超声探头 11 可用来发射超声信号。

超声信号 32 可被颗粒 22 反射或散射回来。至少部分从被测流体 20 中的颗粒 22 反射或散射回来的回波信号 34 被超声探头 11 接收。超声探头 11 将回波信号 34 转换成电信号。超声收发装置 13 接收超声探头 11 输出的电信号 15 且将该电信号的幅值放大。数字转换器 17 将超声收发装置 13 放大的电信号转换成数字信号给处理器 19。

处理器 19 包括编码在固定存储器 36 或可拆卸的存储器 38 内的程序指令, 通过处理来自数字转换器 17 的数字信号产生颗粒的平均直径和/或颗粒 20 的体积浓度。在一些实施例中, 处理器 19 还用来产生流体 20 的流速、流量等。在一个实施例中, 处理器 19 为具有中央处理器(CPU)、只读存储器(ROM)、随机存储器(RAM)等的微计算机。处理器 19 连接于显示器 40 来输出颗粒大小、颗粒的体积浓度等流体 20 的信息。

图 2 所示为一个实施例的测量方法 50 的流程图。测量方法 50 可用来测量流体中颗粒的平均直径和颗粒的体积浓度。测量方法 50 可以通过图 1 所示的测量系统 10 实现, 但不限于此。步骤 51 中, 发射超声信号至被测流体。超声信号可通过超声探头发射至被测流体中的至少一个区域。一个超声探头发出的超声信号可透射流体的一个近似锥形的区域。若干个超声探头可以发射超声信号至流体的若干近似锥形的区域。在一个实施例中, 发射单一频率 30 的超声信号。在另一个实施例中, 发射若干具有不同频率( $f_1, f_2, \dots, f_n$ )的超声信号。超声信号的频率可以根据被测颗粒的大小进行调整, 用低频率的超

声信号来测量较大的颗粒，用高频率的超声信号来测量较小的颗粒。

步骤 52 中，接收从被测流体中的颗粒反射或散射回来的回波信号。步骤 51 中发射出的超声信号传递至流体中的颗粒，被颗粒反射或散射，至少部分反射或散射回来的回波信号到达超声探头，被超声探头接收。回波信号被转换 5 换成电信号，并进行放大且转换成数字信号进行处理。

步骤 53 中，根据回波信号计算与颗粒属性有关的 R 参数的计算值。颗粒的属性包括超声探头所覆盖的区域内的颗粒的大小、分布、密度、反射系数，不包括颗粒的浓度。R 参数与颗粒的浓度无关。一个超声探头发出的超声信号透射的区域内可以计算出至少一个 R 参数。在一个实施例中，一个超声探 10 头发出的超声信号透射的区域对应有一个 R 参数。在另一个实施例中，一个超声信号透射的区域可以进一步划分为多个小区域，每一小区域计算出一个 R 参数。该计算 R 参数的计算值的步骤 53 包括确定回波信号的电压幅度均方值关于颗粒属性的函数。在本实施例中，该函数还与流体的属性、探头的属性和测量系统的属性等有关。然后根据该函数计算 R 参数的计算值。本实施 15 例中，假设颗粒均匀地悬浮在流体中，且来自各个颗粒的回波信号不相干。采用回波信号的均方根函数，该函数表达式如下面的函数式 (1) 所示：

$$V_{rms}(r) = \frac{K_s K_t}{r \Psi} \sqrt{M} e^{-2r(\alpha_m + \alpha_s)} \quad (1)$$

其中， $V_{rms}$  是回波信号的电压幅度均方值。 $r$  是探头到被测颗粒的距离，可通过采样时间换算获得。 $K_s$ 、 $M$  和  $\alpha_s$  为与颗粒大小和/或体积浓度有关的参 20 数。 $K_s$  是反映颗粒大小、颗粒分布、颗粒密度和颗粒散射特性的参数。 $M$  为颗粒的体积浓度。 $\alpha_m$  和  $\alpha_s$  均为衰减系数，其中， $\alpha_m$  反映了超声信号在流体中的衰减，可测量获得。 $\alpha_s$  反映了流体中的悬浮颗粒对超声信号造成的衰减。在钻井的运用中， $\alpha_m$  主要反映了钻井泥浆对超声信号造成的衰减， $\alpha_s$  反映了 25 钻井泥浆中的悬浮颗粒对超声信号造成的衰减。 $K_t$  是与测量系统和超声探头的固定属性等有关系统常量。 $\Psi$  是超声探头的近场校正因子，可根据经验公式计算获得。

进一步地， $K_s$  可通过下面的表达式 (2) 计算获得：

$$K_s = \langle f \rangle / \sqrt{\langle \alpha_s \rangle \rho_s} \quad (2)$$

其中， $\langle f \rangle$  为颗粒的反向散射形态函数平均值 (average backscatter form 30 function)，其反映单位体积内的颗粒反向散射超声的能量的能力，其与颗粒

的大小分布相关。 $\langle a_s \rangle$ 为颗粒平均直径。 $\rho_s$ 为颗粒密度。

$\alpha_s$ 可通过下面的表达式(3)计算获得:

$$\alpha_s = 3M\langle \chi \rangle / 4\langle a_s \rangle \rho_s \quad (3)$$

其中,  $\langle \chi \rangle$ 为归一化总散射截面平均值 (average normalized total scattering cross-section)。

对于一个频率 (例如频率  $f_1$ ) 的超声信号, 定义参数  $A = \sqrt{M} / \sqrt{\langle a_s \rangle \rho_s}$  及参数  $B = \alpha_m + 3/4 A^2 \langle \chi \rangle$ 。根据自定义的参数 A 和 B 以及  $K_s$  和  $\alpha_s$  的表达式(2)和(3), 将函数式 1 转换成下面的函数式(4):

$$V_{rms}(r) = \frac{A\langle f \rangle K_t}{r\psi} e^{-2rB} \quad (4)$$

从函数式(4)可以计算出指数 $-2rB$ , 其中颗粒到探头的距离  $r$  可以通过采样时间换算得到, 如此可以计算出参数 B。

根据参数 B 的表达式, 进一步定义参数  $C_1 = A\sqrt{\langle \chi \rangle}$ , 且根据已经计算出的参数 B 的值可以计算出参数  $C_1$  的值。定义参数  $C_2 = A\langle f \rangle$ , 且根据参数 B 的值和函数式(4)计算出  $C_2$  的值。定义 R 参数  $R = C_2 / C_1$ , 根据  $C_1$  和  $C_2$  的值可以计算出 R 参数的计算值。且根据  $C_1$  和  $C_2$  的表达式可以得到 R 参数的另一计算公式  $R = \langle f \rangle / \sqrt{\langle \chi \rangle}$ , 由该 R 参数的计算公式可以看出, R 参数与  $\langle f \rangle$  和  $\langle \chi \rangle$  有关。而  $\langle f \rangle$  和  $\langle \chi \rangle$  则与颗粒大小分布、颗粒和流体的密度、颗粒和流体的弹性系数有关。在本实施例中, 假设颗粒的分布为高斯分布, 且进一步假设高斯分布中的颗粒直径的方差已知, 假设颗粒和流体的密度及弹性系数已知, 如此 R 参数随着颗粒的平均直径的变化而变化, 其并不反映颗粒浓度。在其他实施例中, 可以假设颗粒分布为其他形式的分布。颗粒直径的方差可以根据经验值设定, 颗粒和流体的密度及弹性系数可以通过实验等方式获得。如此将只与颗粒平均直径有关的参数独立出来进行后续计算。在一个实施例中, 对于不同的超声频率  $f_1-f_n$ , 可根据上述方法分别计算出相应频率下的 R 参数的计算值  $R_1-R_n$ 。

步骤 54 中, 确定与颗粒属性有关的 R 参数的理论曲线。R 参数相对于颗粒的平均直径变化的理论曲线可以根据计算公式  $\langle f \rangle / \sqrt{\langle \chi \rangle}$  计算获得。在一个实施例中, 可以计算获得不同频率  $f_1-f_n$  下的 R 参数的理论曲线。在一个实施例中, R 参数的理论值  $R_{\text{theoretical}, i}$  可以预先计算后存储在图 1 中的处理器 19 的存储器 36、38 中。

请参考图 3, 图 3 图示了一种实施例的 R 参数的理论曲线。图 3 实施例

中的颗粒的密度为  $4300\text{kg/m}^3$ ，颗粒的平均直径方差为  $0.1\text{mm}$ ，且超声在流体中的速度为  $1240\text{m/s}$ 。图 3 显示了在此条件下 R 参数的理论曲线，R 参数的理论曲线体现了在不同频率下 R 参数和颗粒的平均直径之间的关系。设置不同的颗粒的密度、平均直径方差和超声在流体中的速度时，R 参数的理论曲线会改变。根据实际应用，设置不同的条件，获得与实际条件相符的理论曲线。

继续参考图 2，步骤 55 中，根据 R 参数的计算值和 R 参数的理论曲线确定颗粒的平均直径。

颗粒的平均直径  $\langle a_s \rangle$  的表达式如下面的表达式 (5) 所示：

$$\langle a_s \rangle = \arg \min_{\langle a_s \rangle} \sum_{i=1}^n (R_i - R_{\text{theoretical},i})^2 \quad (5)$$

$R_i$  为计算得到的第  $i$  个超声频率  $f_i$  下 R 参数的计算值， $R_{\text{theoretical},i}$  为第  $i$  个超声频率  $f_i$  下 R 参数的理论值。拟合 R 参数的计算值  $R_i$  和 R 参数的理论曲线获得颗粒的平均直径。在一个实施例中，寻求颗粒的平均直径  $\langle a_s \rangle$  的值使得不同频率下的若干 R 参数的计算值  $R_i$  和若干 R 参数的理论值  $R_{\text{theoretical},i}$  之间的差值的平方和最小。在一个实施例中，超声频率为单一频率，此时  $n=1$ 。如此，可以获得某一区域内的颗粒的平均直径。

步骤 56 中，根据颗粒的平均直径确定颗粒的体积浓度  $M$ 。根据颗粒的平均直径  $\langle a_s \rangle$  和参数  $A$  计算颗粒的体积浓度  $M$ 。如此可以获得相应区域内的颗粒的体积浓度  $M$ 。该测量方法 50 的计算步骤简单，不需要进行迭代，可以将颗粒大小相关的参数和颗粒体积浓度相关的参数分开进行计算。且可测量尺寸较大的颗粒，适用的颗粒大小范围较广。如图 3 所示，在该实施例中，本方法可以测量平均直径达到  $0.02\text{m}$  的颗粒。此外，在一些实施例中，本方法也可以仅使用单个频率的超声探头完成颗粒平均直径和体积浓度的测量，利于实际应用和部署。

在一个实施例中，测量方法 50 进一步包括步骤 57，确定管道区域内的颗粒大小分布。结合参考图 4，若干超声探头 11 间隔排布于管道 24，超声探头 11 发射超声信号至被测流体 20 的若干区域 21。在一个实施例中，多个超声探头 11 沿管道 24 的纵长方向间隔排布。在另一个实施例中，多个超声探头 11 沿管道 24 的圆周方向间隔排布。在再一个实施例中，多个超声探头 11 沿管道 24 的纵长方向和圆周方向间隔排列。超声探头 11 的排布并不限于此，可以根据实际应用设置。每一个超声探头 11 可发射超声信号覆盖近似圆锥体

的区域 21。多个超声探头 11 透射的区域不重叠或部分重叠。在一个实施例中，同一个超声探头 11 可以发射不同的频率。在另一个实施例中，不同的超声探头 11 发射不同的频率。根据步骤 51-56，分别测得每一区域内的颗粒的平均直径和体积浓度，然后根据这些区域内的颗粒的平均直径和体积浓度确定管道区域内的颗粒大小分布。可以确定多个超声探头 11 覆盖到的管道内的区域的颗粒大小分布。在一些实施例中，可以测得整个管道区域内的颗粒大小分布。

在一个实施例中，颗粒大小、体积浓度和/或颗粒大小分布的数据信息可被显示。在另一个实施例中，颗粒大小、体积浓度和/或颗粒大小分布可用于其他计算处理和/或控制步骤，例如，颗粒大小、体积浓度和/或颗粒大小分布的数据信息可以用来辅助流体流速的计算，或者根据颗粒大小、体积浓度和/或颗粒大小分布的情况调整对钻井系统的控制。

方法 50 的动作以功能模块的形式图示，图 2 所示的模块的先后顺序和模块中动作的划分并非限于图示的实施例。例如，某些模块可以按照不同的顺序进行；一个模块中的动作可以与另一个或多个模块中的动作组合，或拆分为多个模块。例如，计算 R 参数的计算值的步骤 53 和确定 R 参数的理论曲线的步骤 54 的先后顺序可以调换或同时进行。图 1 所示的超声探头 11 可以用来发射超声信号并接收回波信号。回波信号可被图 1 中的超声收发装置 13、数字转换器 17 和处理器 19 进行处理产生颗粒大小、体积浓度和颗粒大小分布的信息，由显示器 40 显示。处理器 19 可用来实施步骤 53-57。

虽然结合特定的实施方式对本发明进行了说明，但本领域的技术人员可以理解，对本发明可以作出许多修改和变型。因此，要认识到，权利要求书的意图在于涵盖在本发明真正构思和范围内的所有这些修改和变型。

# 权 利 要 求 书

1. 一种测量方法，其特征在于，所述测量方法包括：  
发射若干超声信号至被测流体；  
5 接收从被测流体中的颗粒反射或散射回来的回波信号；  
根据所述回波信号计算与颗粒属性有关的 R 参数的计算值；  
确定所述与颗粒属性有关的 R 参数的理论曲线；及  
根据所述 R 参数的计算值和所述 R 参数的理论曲线确定流体中颗粒的平均直径；  
10 根据所述颗粒的平均直径确定流体中颗粒的体积浓度。
2. 如权利要求 1 所述的测量方法，其特征在于：所述测量方法进一步包括利用间隔排布在管道上的若干超声探头发射超声信号至被测流体的若干区域，确定每一所述区域内的颗粒的平均直径和体积浓度，且根据若干所述区域内的颗粒的平均直径和体积浓度确定管道区域内的颗粒大小分布。
- 15 3. 如权利要求 1 所述的测量方法，其特征在于：所述确定颗粒的平均直径的步骤包括拟合所述 R 参数的计算值和所述 R 参数的理论曲线获得颗粒的平均直径。
4. 如权利要求 1 所述的测量方法，其特征在于：所述计算 R 参数的计算值的步骤包括：  
20 确定所述回波信号的电压幅度均方值关于颗粒属性的函数；及  
根据所述函数计算所述 R 参数的计算值。
5. 如权利要求 1 所述的测量方法，其特征在于：所述确定 R 参数的理论曲线的步骤包括根据颗粒的反向散射形态函数平均值和归一化总散射截面平均值确定所述 R 参数的理论曲线。
- 25 6. 一种测量系统，其特征在于，所述测量系统包括：  
超声探头，用来发射若干超声信号至被测流体且接收从被测流体中的颗粒反射或散射回来的回波信号；及  
处理器，连接于所述超声探头，且用来根据所述回波信号计算与颗粒属性有关的 R 参数的计算值、确定所述与颗粒属性有关的 R 参数的理论曲线、  
30 根据所述 R 参数的计算值和所述 R 参数的理论曲线确定流体中颗粒的平均直径，且根据所述颗粒的平均直径确定流体中颗粒的体积浓度。

7. 如权利要求 6 所述的测量系统，其特征在于：所述测量系统包括管道，若干所述超声探头间隔排布于所述管道上且用来发射超声信号至被测流体的若干区域，且所述处理器用来确定每一所述区域内的颗粒的平均直径和体积浓度，并根据若干所述区域内的颗粒的平均直径和体积浓度确定管道区域内的颗粒大小分布。

8. 如权利要求 6 所述的测量系统，其特征在于：所述处理器用来拟合所述 R 参数的计算值和所述 R 参数的理论曲线获得颗粒的平均直径。

9. 如权利要求 6 所述的测量系统，其特征在于：所述处理器用来确定所述回波信号的电压幅度均方值关于颗粒属性的函数，且根据所述函数计算所述 R 参数的计算值。

10. 如权利要求 6 所述的测量系统，其特征在于：所述处理器用来根据颗粒的反向散射形态函数平均值和归一化总散射截面平均值确定所述 R 参数的理论曲线。

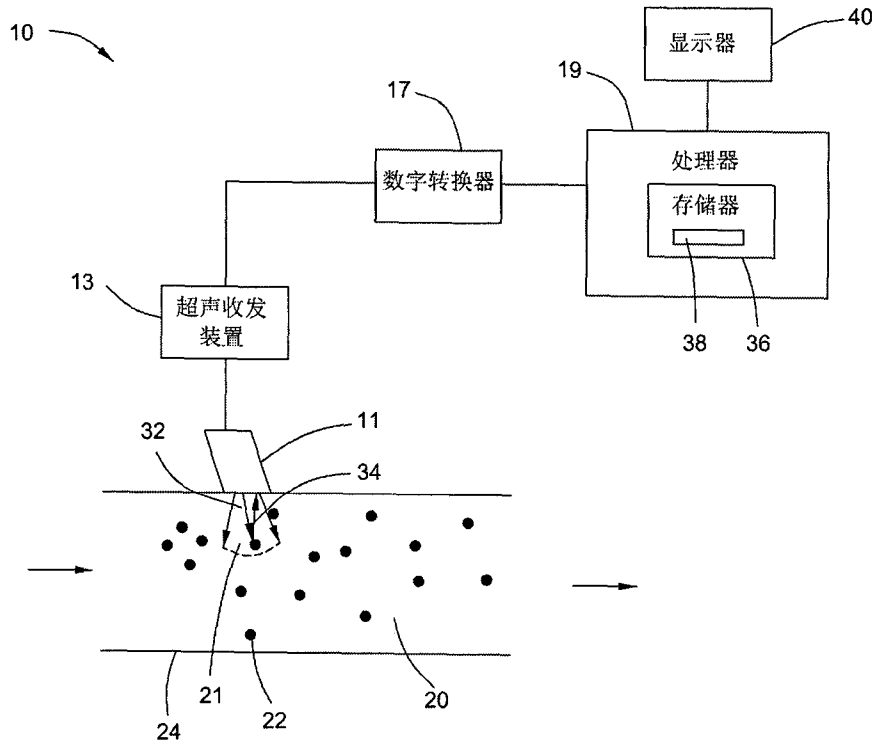


图 1

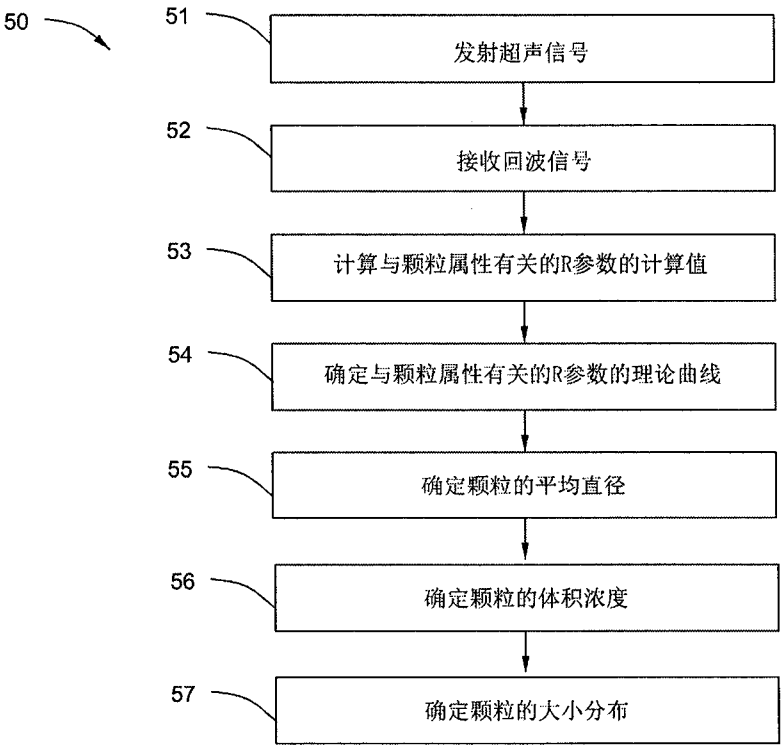


图 2

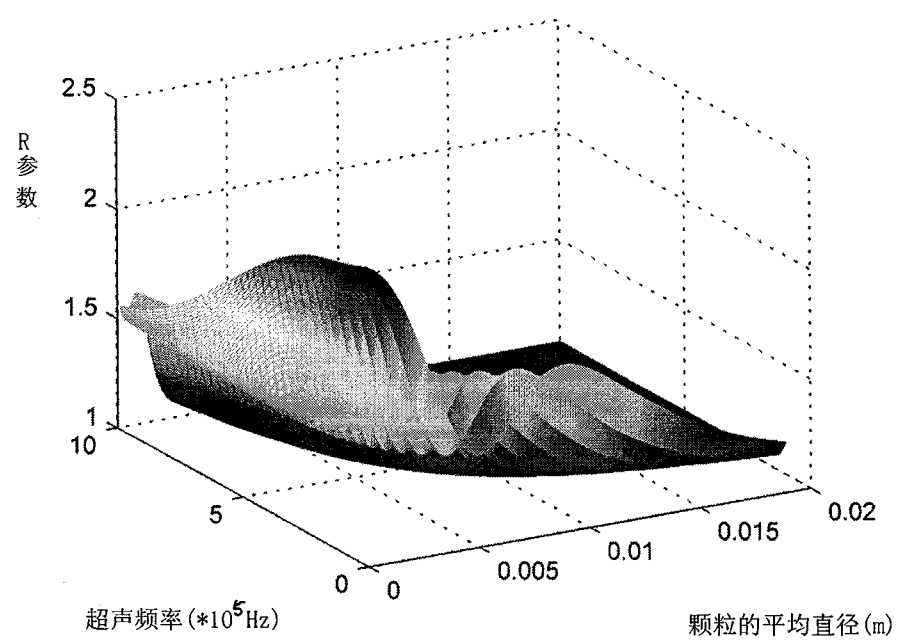


图 3

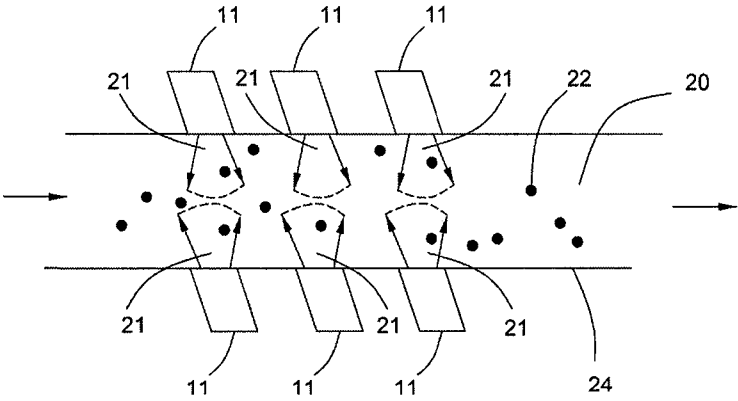


图 4

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.  
PCT/CN2015/097128

## A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 15/02 (2006.01) i, G01N 15/06 (2006.01) i  
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 15/-

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, USTXT, WOTXT, CNABS, ISI, IEEE, GOOGLE: particle?, grain? granule?, diameter, radius, semi diameter, size, dimension, doppler, ultrasonic, ultrasound, supersonic, super 2d sound, reflect+, return+, echo, dispers+, scatter+, characteristic, comput+, calculat+, curve?, function?, approach+, fit+, volume, concentration, distribution, voltage, amplitude

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                                                                                                                                                                  | Relevant to claim No. |
|-----------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| X         | US 6205848 B1 (NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOENGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO) 27 March 2001 (27.03.2001) description, column 1, line 63 to column 2, line 30, column 4, lines 13-65, column 9, line 54 to column 10, line 58, and figures 1, and 4-6 | 1-10                  |
| A         | JP H0495870 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND.) 27 March 1992 (27.03.1992) the whole document                                                                                                                                                                        | 1-10                  |
| A         | CN 102985816 A (FLOWTEC AG) 20 March 2013 (20.03.2013) the whole document                                                                                                                                                                                           | 1-10                  |
| A         | CN 1934423 A (MGD TECHNOLOGIES INC.) 21 March 2007 (21.03.2007) the whole document                                                                                                                                                                                  | 1-10                  |

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☒ See patent family annex.

|                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| * Special categories of cited documents:                                                                                                                                | "T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention                                              |
| "A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance                                                                | "X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone                                                                     |
| "E" earlier application or patent but published on or after the international filing date                                                                               | "Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art |
| "L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) | "&" document member of the same patent family                                                                                                                                                                                                    |
| "O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means                                                                                            |                                                                                                                                                                                                                                                  |
| "P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed                                                                  |                                                                                                                                                                                                                                                  |

|                                                                                                                                                                                                               |                                                                        |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| Date of the actual completion of the international search<br>15 February 2016                                                                                                                                 | Date of mailing of the international search report<br>01 March 2016    |
| Name and mailing address of the ISA<br>State Intellectual Property Office of the P. R. China<br>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao<br>Haidian District, Beijing 100088, China<br>Facsimile No. (86-10) 62019451 | Authorized officer<br>TANG, Shaliang<br>Telephone No. (86-10) 62413475 |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**International application No.  
PCT/CN2015/097128

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

| Category* | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages                                | Relevant to claim No. |
|-----------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------|
| A         | JP 2009250702 A (KURITA WATER IND. LTD.) 29 October 2009 (29.10.2009) the whole document                          | 1-10                  |
| A         | CN 201096703 Y (UNIVERSITY OF SHANGHAI FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY) 06 August 2008 (06.08.2008) the whole document | 1-10                  |
| A         | CN 103983549 A (UNIVERSITY OF SHANGHAI FOR SCIENCE AND TECHNOLOGY) 13 August 2014 (13.08.2014) the whole document | 1-10                  |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2015/097128

| Patent Documents referred<br>in the Report | Publication Date | Patent Family      | Publication Date  |
|--------------------------------------------|------------------|--------------------|-------------------|
| US 6205848 B1                              | 27 March 2001    | US 6029507 A       | 29 February 2000  |
|                                            |                  | EP 0801305 A1      | 15 October 1997   |
|                                            |                  | NO 971649 D0       | 10 April 1997     |
|                                            |                  | NO 971649 A        | 13 October 1997   |
|                                            |                  | NO 322667 B1       | 13 November 2006  |
|                                            |                  | EP 2075579 B1      | 09 September 2015 |
|                                            |                  | DE 69739434 D1     | 16 July 2009      |
|                                            |                  | EP 0801305 B1      | 03 June 2009      |
|                                            |                  | NL 1003595 C2      | 14 October 1997   |
|                                            |                  | CA 2202323 A1      | 10 October 1997   |
|                                            |                  | CA 2202323 C       | 06 June 2006      |
|                                            |                  | EP 2075579 A2      | 01 July 2009      |
|                                            |                  | JP 2961833 B2      | 12 October 1999   |
| JP H0495870 A                              | 27 March 1992    |                    |                   |
| CN 102985816 A                             | 20 March 2013    | EP 2591347 A1      | 15 May 2013       |
|                                            |                  | DE 102010031129 A1 | 12 January 2012   |
|                                            |                  | US 9170240 B2      | 27 October 2015   |
|                                            |                  | US 2013104657 A1   | 02 May 2013       |
|                                            |                  | WO 2012004114 A1   | 12 January 2012   |
| CN 1934423 A                               | 21 March 2007    | US 7636639 B2      | 22 December 2009  |
|                                            |                  | CA 2547082 A1      | 09 June 2005      |
|                                            |                  | US 2007282539 A1   | 06 December 2007  |
|                                            |                  | WO 2005052547 A2   | 09 June 2005      |
|                                            |                  | US 2005114046 A1   | 26 May 2005       |
|                                            |                  | CN 100429486 C     | 29 October 2008   |
|                                            |                  | US 6983208 B2      | 03 January 2006   |
|                                            |                  | EP 1692464 A4      | 30 May 2007       |
|                                            |                  | EP 1692464 A2      | 23 August 2006    |
|                                            |                  | JP 2007513341 A    | 24 May 2007       |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
Information on patent family members

International application No.  
PCT/CN2015/097128

| Patent Documents referred<br>in the Report | Publication Date | Patent Family | Publication Date |
|--------------------------------------------|------------------|---------------|------------------|
| JP 2009250702 A                            | 29 October 2009  | None          |                  |
| CN 201096703 Y                             | 06 August 2008   | None          |                  |
| CN 1039S3549 A                             | 13 August 2014   | None          |                  |

|                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                      |                                              |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----------------------------------------------|
| <b>A. 主题的分类</b><br>G01N 15/02 (2006.01) i; G01N 15/06 (2006.01) i<br><br>按照国际专利分类 (IPC) 或者同时按照国家分类和 IPC 两种分类                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                         |                                                                                                                                                                                      |                                              |
| <b>B. 检索领域</b><br>检索的最低限度文献 (标明分类系统和分类号)<br>G01N 15/-<br><br>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献<br><br>在国际检索时查阅的电子数据库 (数据库的名称, 和使用的检索词 (如使用))<br>CNPAT, WPI, EPODOC, CNKI, USTXT, WOTXT, CNABS, ISI, IEEE, GOOGLE: 颗粒, 粒子, 直径, 半径, 尺寸, 大小, 粒度, 粒径, 多普勒, 超声, 反射, 散射, 回波, 属性, 计算, 曲线, 函数, 拟合, 体积, 浓度, 分布, 电压, 幅度, 幅值, 振幅, particle?, grain?, granule?, diameter, radius, semidiameter, size, dimension, doppler, ultrasonic, ultrasound, supersound, super 2d sound, reflect+, return+, echo, dispers+, scatter+, characteristic, comput+, calculat+, curve?, function?, approach+, fit+, volume, concentration, distribution, voltage, amplitude |                                                                                                                                                                                      |                                              |
| <b>C. 相关文件</b>                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                       |                                                                                                                                                                                      |                                              |
| 类 型*                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                 | 引用文件, 必要时, 指明相关段落                                                                                                                                                                    | 相关的权利要求                                      |
| X                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | US 6205848 B1 (NEDERLANDSE ORGANISATIE VOOR TOEGEPAST-NATUURWETENSCHAPPELIJK ONDERZOEK TNO) 2001年 3月 27日 (2001 - 03 - 27)<br>说明书第1栏第63行-第2栏第30行、第4栏第13-65行、第9栏第54行-第10栏第58行, 附图1、4-6 | 1-10                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | JP H0495870 A (ISHIKAWAJIMA HARIMA HEAVY IND.) 1992年 3月 27日 (1992 - 03 - 27)<br>全文                                                                                                   | 1-10                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CN 102985816 A (恩德斯+豪斯流量技术股份有限公司) 2013年 3月 20日 (2013 - 03 - 20)<br>全文                                                                                                                | 1-10                                         |
| A                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    | CN 1934423 A (泰拉丁艾斯科公司) 2007年 3月 21日 (2007 - 03 - 21)<br>全文                                                                                                                          | 1-10                                         |
| <input checked="" type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。 <input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                      |                                              |
| * 引用文件的具体类型:<br>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件<br>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利<br>“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件 (如具体说明的)<br>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件<br>“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件<br>“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件<br>“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性<br>“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性<br>“&” 同族专利的文件                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                      |                                              |
| 国际检索实际完成的日期<br><br>2016年 2月 15日                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                      |                                                                                                                                                                                      | 国际检索报告邮寄日期<br><br>2016年 3月 1日                |
| ISA/CN的名称和邮寄地址<br><br>中华人民共和国国家知识产权局 (ISA/CN)<br>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088<br>传真号 (86-10) 62019451                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                    |                                                                                                                                                                                      | 授权官员<br><br>汤莎亮<br><br>电话号码 (86-10) 62413475 |

| C. 相关文件 |                                                                               |         |
|---------|-------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 类 型*    | 引用文件，必要时，指明相关段落                                                               | 相关的权利要求 |
| A       | JP 2009250702 A (KURITA WATER IND. LTD.) 2009年 10月 29日 (2009 - 10 - 29)<br>全文 | 1-10    |
| A       | CN 201096703 Y (上海理工大学) 2008年 8月 6日 (2008 - 08 - 06)<br>全文                    | 1-10    |
| A       | CN 103983549 A (上海理工大学) 2014年 8月 13日 (2014 - 08 - 13)<br>全文                   | 1-10    |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/097128

| 检索报告引用的专利文件 |            |    | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利               | 公布日<br>(年/月/日) |
|-------------|------------|----|----------------|--------------------|----------------|
| US          | 6205848    | B1 | 2001年 3月 27日   | US 6029507 A       | 2000年 2月 29日   |
|             |            |    |                | EP 0801305 A1      | 1997年 10月 15日  |
|             |            |    |                | NO 971649 D0       | 1997年 4月 10日   |
|             |            |    |                | NO 971649 A        | 1997年 10月 13日  |
|             |            |    |                | NO 322667 B1       | 2006年 11月 13日  |
|             |            |    |                | EP 2075579 B1      | 2015年 9月 9日    |
|             |            |    |                | DE 69739434 D1     | 2009年 7月 16日   |
|             |            |    |                | EP 0801305 B1      | 2009年 6月 3日    |
|             |            |    |                | NL 1003595 C2      | 1997年 10月 14日  |
|             |            |    |                | CA 2202323 A1      | 1997年 10月 10日  |
|             |            |    |                | CA 2202323 C       | 2006年 6月 6日    |
|             |            |    |                | EP 2075579 A2      | 2009年 7月 1日    |
| JP          | H0495870   | A  | 1992年 3月 27日   | JP 2961833 B2      | 1999年 10月 12日  |
| CN          | 102985816  | A  | 2013年 3月 20日   | EP 2591347 A1      | 2013年 5月 15日   |
|             |            |    |                | DE 102010031129 A1 | 2012年 1月 12日   |
|             |            |    |                | US 9170240 B2      | 2015年 10月 27日  |
|             |            |    |                | US 2013104657 A1   | 2013年 5月 2日    |
|             |            |    |                | WO 2012004114 A1   | 2012年 1月 12日   |
| CN          | 1934423    | A  | 2007年 3月 21日   | US 7636639 B2      | 2009年 12月 22日  |
|             |            |    |                | CA 2547082 A1      | 2005年 6月 9日    |
|             |            |    |                | US 2007282539 A1   | 2007年 12月 6日   |
|             |            |    |                | WO 2005052547 A2   | 2005年 6月 9日    |
|             |            |    |                | US 2005114046 A1   | 2005年 5月 26日   |
|             |            |    |                | CN 100429486 C     | 2008年 10月 29日  |
|             |            |    |                | US 6983208 B2      | 2006年 1月 3日    |
|             |            |    |                | EP 1692464 A4      | 2007年 5月 30日   |
|             |            |    |                | EP 1692464 A2      | 2006年 8月 23日   |
|             |            |    |                | JP 2007513341 A    | 2007年 5月 24日   |
| JP          | 2009250702 | A  | 2009年 10月 29日  | 无                  |                |
| CN          | 201096703  | Y  | 2008年 8月 6日    | 无                  |                |
| CN          | 103983549  | A  | 2014年 8月 13日   | 无                  |                |

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)