

(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 2016/091146 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01N 27/16 (2006.01) G21C 17/10 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2015/096603
- (22) 国际申请日: 2015 年 12 月 7 日 (07.12.2015)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (30) 优先权:
201410742292.6 2014 年 12 月 8 日 (08.12.2014) CN
- (71) 申请人: 中广核工程有限公司 (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。 中国广核集团有限公司 (CHINA GENERAL NUCLEAR POWER GROUP) [CN/CN]; 中国广东省深圳市福田区上步中路 1001 号深圳科技大厦 17-19 楼, Guangdong 518031 (CN)。
- (72) 发明人: 肖洲 (XIAO, Zhou); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。 何大宇 (HE, Da yu); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。 董孝胜 (DONG, Xiao Sheng); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69

号, Guangdong 518023 (CN)。 许丹 (XU, Dan); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。 刘智寅 (LIU, Zhi yin); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。 吕爱国 (LV, Ai guo); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。 付皓 (FU, Hao); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。 刘路 (LIU, Lu); 中国广东省深圳市福田区深南中路 69 号, Guangdong 518023 (CN)。

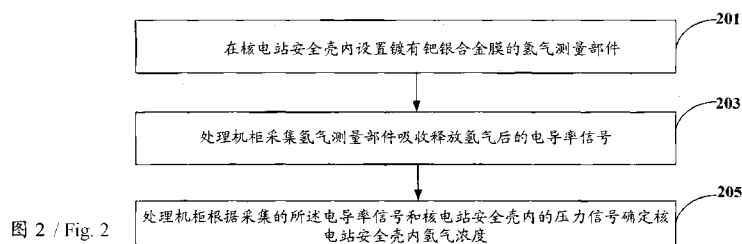
(74) 代理人: 广州三环专利代理有限公司 (SCIHEAD PATENT AGENT CO., LTD.); 中国广东省广州市越秀区先烈中路 80 号汇华商贸大厦 1508 室, Guangdong 510070 (CN)。

(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, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,

[见续页]

(54) Title: METHOD, APPARATUS AND SYSTEM FOR MEASURING HYDROGEN CONCENTRATION IN CONTAINMENT VESSEL OF NUCLEAR POWER STATION

(54) 发明名称: 核电站安全壳内氢气浓度测量方法、装置及系统



201 PROVIDE A HYDROGEN MEASUREMENT COMPONENT COATED WITH A PALLADIUM-SILVER ALLOY MEMBRANE IN A CONTAINMENT VESSEL OF A NUCLEAR POWER STATION
203 A PROCESSOR CABINET COLLECTS A CONDUCTIVITY SIGNAL OF THE HYDROGEN MEASUREMENT COMPONENT AFTER HYDROGEN ABSORPTION AND RELEASE
205 THE PROCESSING CABINET DETERMINES THE HYDROGEN CONCENTRATION IN THE CONTAINMENT VESSEL OF THE NUCLEAR POWER STATION ACCORDING TO THE COLLECTED CONDUCTIVITY SIGNAL AND A PRESSURE SIGNAL IN THE CONTAINMENT VESSEL OF THE NUCLEAR POWER STATION

(57) Abstract: A method for measuring the hydrogen concentration in a containment vessel of a nuclear power station and a corresponding measurement apparatus and system. The method comprises: provide a hydrogen measurement component (501) coated with a palladium-silver alloy membrane in a containment vessel of a nuclear power station; a processor cabinet (503) collects a conductivity signal of the hydrogen measurement component (501) after hydrogen absorption and release; the processing cabinet (503) determines the hydrogen concentration in the containment vessel of the nuclear power station according to the collected conductivity signal and a pressure signal in the containment vessel of the nuclear power station. The method for measuring the hydrogen concentration in a containment vessel of a nuclear power station can achieve safe and accurate measurement of the hydrogen concentration in the containment vessel of the nuclear power station.

(57) 摘要: 一种核电站安全壳内氢气浓度测量方法和相应的测量装置和系统, 该方法包括: 在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件 (501); 处理机柜 (503) 采集氢气测量部件 (501) 吸收释放氢气后的电导率信号; 处理机柜 (503) 根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。该核电站安全壳内氢气浓度测量方法可实现安全、精确的核电站安全壳内氢气浓度测量。



SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW。

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)。

- (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, 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,

本国际公布:

— 包括国际检索报告(条约第 21 条(3))。

说明书

核电站安全壳内氢气浓度测量方法、装置及系统

技术领域

本发明属于核电技术领域，更具体地说，本发明涉及一种核电站安全壳内氢气浓度测量方法、装置及系统。

背景技术

核电站在发生严重事故时，安全壳内会产生大量的氢气，氢气的爆炸会威胁核电站安全屏障的完整性。核电厂事故工况下会产生大量氢气，氢气的来源：事故早期，锆-水反应高速率地产生氢气；事故中后期，水的辐照分解、堆芯熔融物和混凝土的反应，也会产生大量氢气。大量氢气的聚集使安全壳内氢气浓度有超过爆炸限 4% 的可能，存在爆炸的危险。为避免氢爆燃事故发生，破坏安全壳完整性，需要构建氢气测量系统对安全壳不同位置的氢气聚集状态进行监测，在事故发生后实施有效地干预。

由于事故工况下安全壳内气体呈现高温、高压、高放射性的特点，因此对于氢气浓度的测量增加了很大的难度。因此核电站需要有一套用于严重事故氢气浓度测量的方法，但是安全壳内在严重事故时环境条件通常较为恶劣，如高温、高压、高辐照等恶劣环境，不利于操作人员对事故的连续监测，较难以有效的方式监测氢气浓度。

现有核电站严重事故氢气浓度监测方案主要包括以下两种：

一种是利用催化反应原理的严重事故氢气浓度监测方法。如图 1A 所示，在可燃气体复合器的入口和出口设置温度传感器，通过测量可燃气体复合器催化反应热，即进出口温度差，通过计算转化为氢气浓度，从而达到监测严重事故

氢气浓度的目的。具体的，将能耐受严重事故的部件（可燃气体复合器和温度传感器）布置在安全壳内，测量信号通过信号线远传至安全壳外的处理机柜进行处理。处理机柜处于非恶劣环境的安全壳外区域。该方法由于采用可燃气体复合器为催化元件，只有在有氧的环境才能使用，在惰性气体环境测量失效，在高氢气浓度、氧气不足的环境下，催化反应热无法真实反映氢气浓度，只适用于用于低氢气浓度的有氧环境氢气浓度测量；同时，该方法为间接氢气浓度测量，主要测量反应热，可燃气体复合器可能发生热损失，测量的温度差可能无法表征氢气复合热，反应部件和催化反应部件的距离都影响测量精度，氢气浓度测量精度无法保证。

另一种是气体抽出安全壳外的严重事故氢气浓度测量方法。如图 1B 所示，通过导管（毛细管或其他管线）将安全壳的气体抽出至安全壳外的气体测量装置，测量装置通过降温、降压等处理后，在监测室中由可耐受较低环境条件的氢气浓度监测装置进行测量氢气浓度，最后通过计算补偿等方式计算安全壳内氢气浓度。安全壳内的取样头、取样管线耐受严重事故工况，取样回路具备返吹扫功能，能够避免严重事故工况下安全壳内的气溶胶堵塞取样管。测量机柜和处理机柜处于安全壳外区域。该方法由于采用将气体抽出安全壳外进行测量，经过降温、降压测量，所测得参数较难准确真实表征安全壳内氢气浓度；同时，该方法存在取样管线的破裂的情形，进一步增加安全壳的泄漏点，将安全壳内放射性气体抽出至安全壳外，将增加安全壳外人员受照射的风险，安全性不高。

有鉴于此，如何实现安全壳内氢气浓度的精确、安全监测，是目前亟待解决的问题。

发明内容

本发明的目的在于：在核电站安全壳内氢气浓度监测中，提供一种精确、

安全的安全壳内氢气浓度测量技术。

为了实现上述发明目的，本发明提供了一种核电站安全壳内氢气浓度测量方法，所述方法包括：

在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件；

处理机柜采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号；

处理机柜根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述方法还包括：

所述氢气测量部件通过核级电缆与处理机柜相连，所述处理机柜通过核级电缆采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述方法还包括：

使用加热元件使氢气测量部件处于恒定温度状态。作为一种核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述方法还包括：

测温元件测量氢气测量部件所处位置的温度值。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述处理机柜根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度，包括：

处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值以及核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值以及核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度，还包括：

处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值、温度补偿值以及核电

站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件之前，还包括：

将钯银合金镀在耐高温的陶瓷薄片。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述方法还包括：

所述氢气测量部件外壳采用烧结不锈钢材质。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一种改进，所述方法还包括：

所述氢气测量部件上方还设置有防喷淋液喷淋的防护罩。

为了实现上述发明目的，本发明还提供了一种核电站安全壳内氢气浓度测量装置，该装置设置在核电站安全壳内，该装置包括：

镀有钯银合金膜的探头，用于吸收核电站安全壳中的氢气；

传输单元，用于将所述探头的电导率信号传输至处理机柜，以使所述处理机柜根据所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一种改进，所述装置还包括：

加热元件，用于给所述探头进行加热，以使所述探头处于恒定温度状态。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一种改进，所述装置还包括：测温元件，测量所述探头所处位置的温度值。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一种改进，所述装置还包括：

防护罩，用于防止喷淋液接触所述探头。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一种改进，所述传输单元

将所述探头的电导率信号传输至处理机柜，包括：

传输单元将所述探头的电导率信号通过核级电缆传输至安全壳的电气贯穿件上，再通过安全壳外的另一端电缆从所述电气贯穿件引出至安全壳外的处理机柜。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一种改进，所述探头具体为将钯银合金镀在耐高温的陶瓷薄片形成。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一种改进，所述探头还包括：

采用烧结不锈钢材质的外壳。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一种改进，所述装置还包括：

氢气测量组件外壳，罩在所述镀有钯银合金膜的探头和所述加热元件的上方。

为了实现上述发明目的，本发明还提供了一种核电站安全壳内氢气浓度测量系统，系统包括：氢气测量部件，用于探测核电站安全壳内的氢气；

处理机柜，用于采集所述氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号，并根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述氢气测量部件安装在核电站安全壳内，外表面镀有钯银合金膜。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述氢气测量部件通过核级电缆与处理机柜相连，所述处理机柜通过核级电缆采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述系统还包括：

加热元件，安装在核电站安全壳内，用于使氢气测量部件处于恒定温度状态。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述系统还包括：测温元件，安装在核电站安全壳内，用于测量氢气测量部件所处位置的温度值。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述系统还包括：

防护罩，用于防止喷淋液接触所述氢气测量部件。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述处理机柜采集所述氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号，并根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度，包括：

所述处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值以及核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述氢气测量部件通过核级电缆与处理机柜相连，还包括：

氢气测量部件通过电缆插接头与核级电缆相连。

作为本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一种改进，所述处理机柜采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号，还包括：

氢气测量部件通过电缆插接头与核级电缆相连，将电导率信号传输至核电站安全壳的电气贯穿件上，所述电气贯穿件通过电缆线将所述电导率信号传输至处理机柜中。

与现有技术相比，本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法、装置及系统具有以下有益技术效果：通过处理机柜采集在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件电导率信号、核电站安全壳内温度信号和的压力信号情况，即可实现对核电站安全壳内氢气浓度的测量。可实现在有氧和无氧环境下氢气

浓度的测量，使用范围较广；同时，对于高温、高压、高辐照环境下的氢气浓度测量均可适用，很好地克服了恶劣环境对氢气浓度测量的影响。此外，实现方法简单易行，取得很好的技术效果。

附图说明

下面结合附图和具体实施方式，对本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法、装置及系统进行详细说明，其中：

图 1A 提供了核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一个现有方案。

图 1B 提供了核电站安全壳内氢气浓度测量方法的又一个现有方案。

图 2 提供了本发明核电站安全壳内氢气浓度测量方法的一个实例流程图。

图 3 提供了本发明核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一个实例示意图。

图 4 提供了本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一个实例示意图。

图 5 提供了本发明核电站安全壳内氢气浓度测量系统的又一个实例示意图。

具体实施方式

为了使本发明的发明目的、技术方案及其有益技术效果更加清晰，以下结合附图和具体实施方式，对本发明进行进一步详细说明。应当强调的是，本说明书中描述的具体实施方式仅仅是为了解释本发明，并非为了限定本发明的使用场合。

请结合参看图 2，图 2 提供了一种核电站安全壳内氢气浓度测量方法。具体的：

步骤 201，在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件。

在一定温度情况下，钯银合金的吸收及释放氢气的能力将较快达到平衡态，钯银合金的电导率正比于氢气浓度。基于此原理，在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件。通过氢气测量部件探测核电站安全壳内的氢气。

进一步的，氢气测量部件可由载体及载体上的丝状金属膜组成。金属膜采用钯银合金制成，根据钯银合金具有在混合气体中吸收或释放氢气后内部氢气分子改变其电导率的特性。

步骤 203，处理机柜采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号。

进一步的，氢气测量部件通过核级电缆与处理机柜相连，所述处理机柜通过核级电缆采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号。

具体的，氢气测量部件通过电缆插接头与核级电缆相连，将电导率信号传输至核电站安全壳的电气贯穿件上，所述电气贯穿件通过电缆线将所述电导率信号传输至处理机柜中。氢气测量部件通过耐受严重事故环境条件的核级电缆将电信号传输到安全壳的电气贯穿件上，然后安全壳外的另一端电缆从电气贯穿件引出至安全壳外的处理机柜中。安全壳内采用耐受严重事故的核级电缆，电缆内部的绝缘材料采用耐高温、耐辐照的绝缘材料。

进一步的，使用加热元件使氢气测量部件处于恒定温度状态。具体的，钯银合金的电导率在约 150 °C 以上会随温度的升高而降低，而在一定温度钯银合金的电导率基本不受温度影响，结合温度对测量值的影响，保证氢气测量部件处于恒定温度。

进一步的，测温元件测量氢气测量部件所处位置的温度值。

所测的温度值用于补偿钯银合金测量值。

步骤 205，处理机柜根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

核电站的安全壳内压力信号可由外部系统测量后提供给本系统。由于气体的体积浓度受压力影响较大，特别是饱和蒸汽气体环境。气体组份会受到水蒸气组份的影响。需要引入安全壳的压力信号用于补偿其测量的氢气浓度值。

安全壳外的处理机柜接收钯银合金的电导率信号和温度值后，经过特殊算法计算补偿，算法中引入温度补偿。另外，测量的氢气浓度是体积浓度，测量

的体积浓度受环境的压力影响较大，因此在处理装置部分，接收外部安全壳压力信号，用于补偿测量输出结果，提高精度。最终计算出的氢气浓度能够表征安全壳内的氢气浓度，且考虑了安全壳内温度和压力的影响。

本发明实施例通过处理机柜采集在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件电导率信号和核电站安全壳内的压力信号情况，即可实现对核电站安全壳内氢气浓度的测量。可实现在有氧和无氧环境下氢气浓度的测量，使用范围较广；同时，对于高温、高压、高辐照环境下的氢气浓度测量均可适用，很好地克服了恶劣环境对氢气浓度测量的影响。

请结合参看图 3，图 3 提供了一种核电站安全壳内氢气浓度测量装置的一个实施例的示意图。该装置设置在核电站安全壳内，包括探头 301 和传输单元 303。其中，

探头 301，镀有钯银合金膜，用于吸收核电站安全壳中的氢气。

钯银合金的吸收及释放氢气的能力达到平衡态，钯银合金的电导率正比于氢气浓度。

传输单元 303，用于将探头 301 的电导率信号传输至处理机柜，以使所述处理机柜根据所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

进一步的，该装置还包括加热元件，用于给探头 301 进行加热，以使所述探头处于恒定温度状态。具体的，钯银合金的电导率正比于氢气浓度，在一定温度情况下，钯银合金的吸收及释放氢气的能力将较快达到平衡态，阻值响应更快。钯银合金的电导率在约 150 °C 以上会随温度的升高而降低，而在一定温度钯银合金的电导率基本不受温度影响，结合温度对测量值的影响，在氢气测量组件中增加了加热元件用于保证探头 301 处于恒定温度。

进一步的，该装置还包括测温元件，测量探头 301 所处位置的温度值。具体的，探头中包括耐严重事故的测温元件，所测的温度值用于补偿钯银合金测

量值。

进一步的，该装置还包括防护罩，用于防止喷淋液接触探头 301。

进一步的，探头 301 具体为将钯银合金镀在耐高温的陶瓷薄片形成。探头 301 外还有采用烧结不锈钢材质的外壳。

本发明实施例通过处理机柜采集在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的探头电导率信号和核电站安全壳内的压力信号情况，即可实现对核电站安全壳内氢气浓度的测量。

请结合参看图 4，图 4 提供了一种核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一个实施例的示意图。包括：氢气测量部件 401 和处理机柜 403。具体的：

氢气测量部件 401，用于探测核电站安全壳内的氢气。

钯银合金的吸收及释放氢气的能力达到平衡态，钯银合金的电导率正比于氢气浓度。一定形式的钯银合金的吸收及释放氢气的能力将较快达到平衡态，钯银合金的电导率正比于氢气浓度。基于此原理，在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件 401。通过氢气测量部件 401 吸收核电站安全壳内的氢气。

进一步的，氢气测量部件 401 可由载体及载体上的丝状金属膜组成。金属膜采用钯银合金制成，根据钯银合金具有在混合气体中吸收或释放氢气后内部氢气分子改变其电导率的特性。

处理机柜 403，用于采集所述氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号，并根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

氢气测量部件 401 通过核级电缆与处理机柜相连，处理机柜 403 通过核级电缆采集氢气测量部件 401 吸收释放氢气后的电导率信号。氢气测量部件 401 通过电缆插接头与核级电缆相连。

氢气测量部件 401 通过电缆插接头与核级电缆相连，将电导率信号传输至

核电站安全壳的电气贯穿件上，电气贯穿件通过电缆线将电导率信号传输至处理机柜 403 中。氢气测量部件 401 通过耐受严重事故环境条件的核级电缆将电信号传输到安全壳的电气贯穿件上，然后安全壳外的另一端电缆从电气贯穿件引出至安全壳外的处理机柜 403 中。安全壳内采用耐受严重事故的核级电缆，电缆内部的绝缘材料采用耐高温、耐辐照的绝缘材料。

本发明实施例通过处理机柜采集在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件电导率信号和核电站安全壳内的压力信号情况，即可实现对核电站安全壳内氢气浓度的测量。

请结合参看图 5，图 5 提供了一种核电站安全壳内氢气浓度测量系统的一个实施例的示意图。包括：氢气测量部件 501、处理机柜 503、测温元件 507、防护罩 509 以及氢气测量组件外壳 511。其中：

氢气测量部件 501，用于吸收核电站安全壳内的氢气。

在一定温度情况下，钯银合金的吸收及释放氢气的能力将较快达到平衡态，钯银合金的电导率正比于氢气浓度。基于此原理，在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件 501。通过氢气测量部件 501 吸收核电站安全壳内的氢气。

进一步的，氢气测量部件 501 可由载体及载体上的丝状金属膜组成。金属膜采用钯银合金制成，根据钯银合金具有从混合气体吸收释放氢气的特性，从混合气体中提取纯氢气浓度。

具体的，氢气测量部件 501 可由载体及载体上的金属膜组成。金属膜采用钯银合金制成，利用钯银合金具有从混合气体吸收释放氢气的特性测量氢气浓度。钯银合金不同混合比例，在氢气浓度下的对应关系会有差异，钯金存在过吸收现象，纯钯金固相中的氢气含量不能与氢气分压形成良好的线性关系。合适的钯银组份比例将形成良好的线性关系，而固相氢气含量与电导率成正比关系，因此可以使氢气分压与电导率形成良好的线性关系。

处理机柜 503, 用于采集所述氢气测量部件 501 吸收释放氢气后的电导率信号, 并根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

进一步的, 氢气测量部件 501 通过核级电缆或耐严重事故电缆与处理机柜 503 相连, 所述处理机柜 503 通过核级电缆采集氢气测量部件 501 吸收释放氢气后的电导率信号。

具体的, 氢气测量部件 501 通过电缆插接头与核级电缆相连, 将电导率信号传输至核电站安全壳的电气贯穿件上, 所述电气贯穿件通过电缆线将所述电导率信号传输至处理机柜 503 中。氢气测量部件 501 通过耐受严重事故环境条件的核级电缆将电信号传输到安全壳的电气贯穿件上, 然后安全壳外的另一端电缆从电气贯穿件引出至安全壳外的处理机柜 503 中。安全壳内采用耐受严重事故的核级电缆, 电缆内部的绝缘材料采用耐高温、耐辐照的绝缘材料。

加热元件 505, 安装在核电站安全壳内, 用于使氢气测量部件处于恒定温度状态。

进一步的, 使用加热元件 505 使氢气测量部件 501 处于恒定温度状态。具体的, 钯银合金的电导率在约 150 °C 以上会随温度的升高而降低, 而在一定温度钯银合金的电导率基本不受温度影响, 结合温度对测量值的影响, 用于保证氢气测量部件 501 处于恒定温度。测温元件 507, 安装在核电站安全壳内, 用于测量氢气测量部件所处位置的温度值。

进一步的, 测温元件 507 测量氢气测量部件 501 所处位置的温度值。

所测的温度值用于补偿钯银合金测量值。

防护罩 509, 用于防止喷淋液接触所述氢气测量部件。

氢气测量组件外壳 511, 罩在镀有钯银合金膜的探头和所述加热元件的上方。即罩在测量氢气测量部件 501 上方。可以防止外部气溶胶进入覆盖钯银合金表面影响测量效果。还增加了防护罩的防喷淋措施, 防止喷淋液进入, 影响

测量结果。

进一步的，安全壳外的处理机柜 503 接收钯银合金的电导率信号和温度值后，经过特殊算法计算补偿，算法中引入温度补偿。另外，测量的氢气浓度是体积浓度，测量的体积浓度受环境的压力影响较大，因此在处理装置部分，接收外部安全壳压力信号，用于补偿测量输出结果，提高精度。最终计算出的氢气浓度能够表征安全壳内的氢气浓度，且考虑了安全壳内温度和压力的影响。

系统的实施方法和流程可以参见前述实施例中的方法实施例，此处不再赘述。

结合以上对本发明的详细描述可以看出，相对于现有技术，本发明至少具有以下有益技术效果：通过处理机柜采集在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件电导率信号和核电站安全壳内的压力信号情况，即可实现对核电站安全壳内氢气浓度的测量。可实现在有氧和无氧环境下氢气浓度的测量，使用范围较广；同时，对于高温、高压、高辐照环境下的氢气浓度测量均可适用，很好地克服了恶劣环境对氢气浓度测量的影响。此外，实现方法简单易行，取得很好的技术效果。

根据上述原理，本发明还可以对上述实施方式进行适当的变更和修改。因此，本发明并不局限于上面揭示和描述的具体实施方式，对本发明的一些修改和变更也应当落入本发明的权利要求的保护范围内。此外，尽管本说明书中使用了一些特定的术语，但这些术语只是为了方便说明，并不对本发明构成任何限制。

权 利 要 求 书

1. 一种核电站安全壳内氢气浓度测量方法，其特征在于，所述方法包括：

在核电站安全壳内设置镀有钯银合金膜的氢气测量部件；

处理机柜采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号；

处理机柜根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

2. 根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

所述氢气测量部件通过核级电缆与处理机柜相连，所述处理机柜通过核级电缆采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号。

3. 根据权利要求 2 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

使用加热元件使氢气测量部件处于恒定温度状态。

4. 根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

测温元件测量氢气测量部件所处位置的温度值。

5. 根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述处理机柜根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度，包括：

处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值以及核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

6. 根据权利要求 5 所述的方法，其特征在于，所述处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值以及核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度，还包括：

处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值、温度补偿值以及核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

7. 根据权利要求 6 所述的方法，其特征在于，所述在核电站安全壳内设置

镀有钯银合金膜的氢气测量部件之前,还包括:

将钯银合金镀在耐高温的陶瓷薄片。

8. 根据权利要求 7 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

所述氢气测量部件外壳采用烧结不锈钢材质。

9. 根据权利要求 8 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

所述氢气测量部件上方还设置有防喷淋液喷淋的防护罩。

10. 一种核电站安全壳内氢气浓度测量装置,其特征在于,所述装置设置在核电站安全壳内,该装置包括:

镀有钯银合金膜的探头,用于探测核电站安全壳中的氢气;

传输单元,用于将所述探头的电导率信号传输至处理机柜,以使所述处理机柜根据所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

11. 根据权利要求 10 所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

加热元件,用于给所述探头进行加热,以使所述探头处于恒定温度状态。

12. 根据权利要求 11 所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

测温元件,测量所述探头所处位置的温度值。

13. 根据权利要求 12 所述的装置,其特征在于,所述装置还包括:

防护罩,用于防止喷淋液接触所述探头。

14. 根据权利要求 13 所述的装置,其特征在于,所述传输单元将所述探头的电导率信号传输至处理机柜,包括:

传输单元将所述探头的电导率信号通过核级电缆传输至安全壳的电气贯穿件上,再通过安全壳外的另一端电缆从所述电气贯穿件引出至安全壳外的处理机柜。

15. 根据权利要求 10-14 任一项所述的装置,其特征在于,所述探头具体为将钯银合金镀在耐高温的陶瓷薄片形成。

16. 根据权利要求 15 所述的装置，其特征在于，所述探头还包括：
采用烧结不锈钢材质的外壳。

17. 根据权利要求 16 所述的装置，其特征在于，所述装置还包括：
氢气测量组件外壳，罩在所述镀有钯银合金膜的探头和所述加热元件的上方。

18. 一种核电站安全壳内氢气浓度测量系统，其特征在于，所述系统包括：
氢气测量部件，用于探测核电站安全壳内的氢气；
处理机柜，用于采集所述氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号，并根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

19. 根据权利要求 18 所述的系统，其特征在于，所述氢气测量部件安装在核电站安全壳内，外表面镀有钯银合金膜。

20. 根据权利要求 19 所述的系统，其特征在于，所述氢气测量部件通过核级电缆与处理机柜相连，所述处理机柜通过核级电缆采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号。

21. 根据权利要求 20 所述的系统，其特征在于，所述系统还包括：
加热元件，安装在核电站安全壳内，用于使氢气测量部件处于恒定温度状态。

22. 根据权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述系统还包括：测温元件，安装在核电站安全壳内，用于测量氢气测量部件所处位置的温度值。

23. 根据权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述系统还包括：
防护罩，用于防止喷淋液接触所述氢气测量部件。

24. 根据权利要求 23 所述的系统，其特征在于，所述处理机柜采集所述氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号，并根据采集的所述电导率信号和核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度，包括：

所述处理机柜根据采集的所述电导率信号、所述温度值以及核电站安全壳内的压力信号确定核电站安全壳内氢气浓度。

25. 根据权利要求 24 所述的系统，其特征在于，所述氢气测量部件通过核级电缆与处理机柜相连，还包括：

氢气测量部件通过电缆插接头与核级电缆相连。

26. 根据权利要求 25 所述的系统，其特征在于，所述处理机柜采集氢气测量部件吸收释放氢气后的电导率信号，还包括：

氢气测量部件通过电缆插接头与核级电缆相连，将电导率信号传输至核电站安全壳的电气贯穿件上，所述电气贯穿件通过电缆线将所述电导率信号传输至处理机柜中。

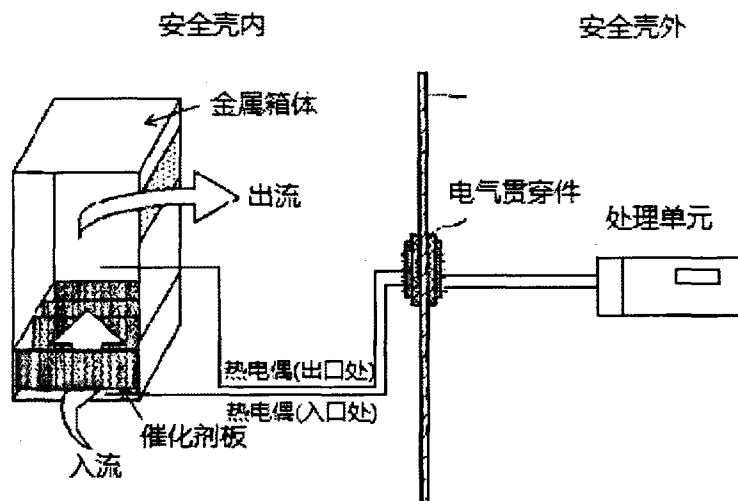


图 1A

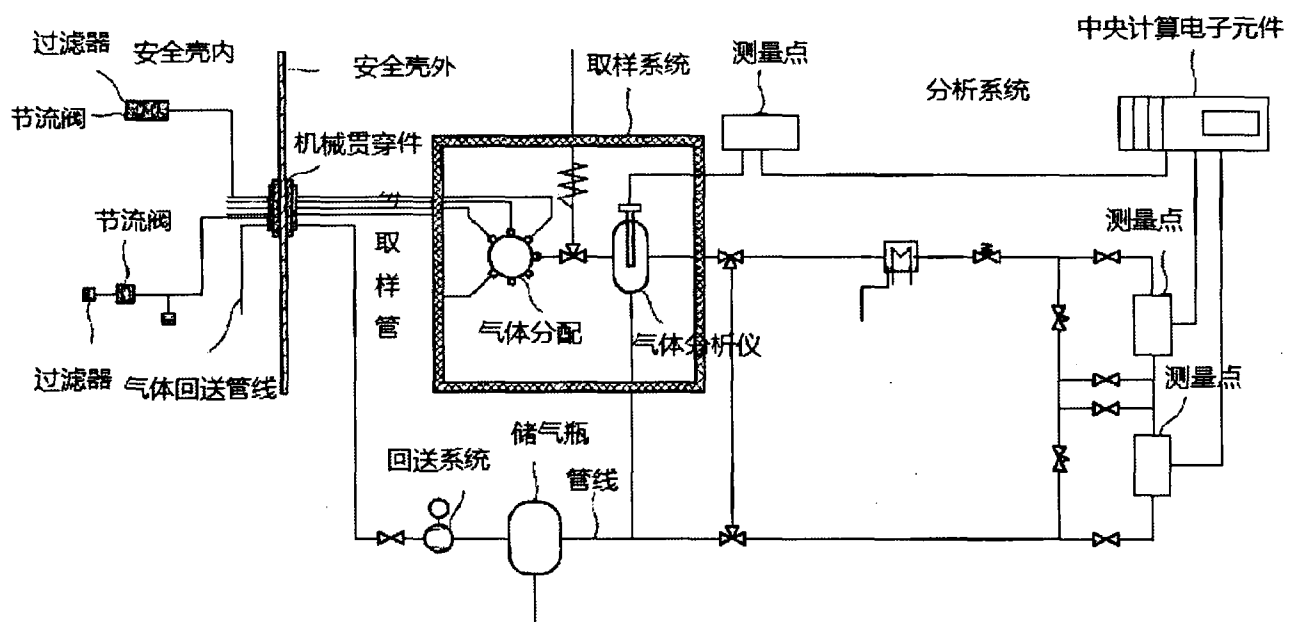


图 1B

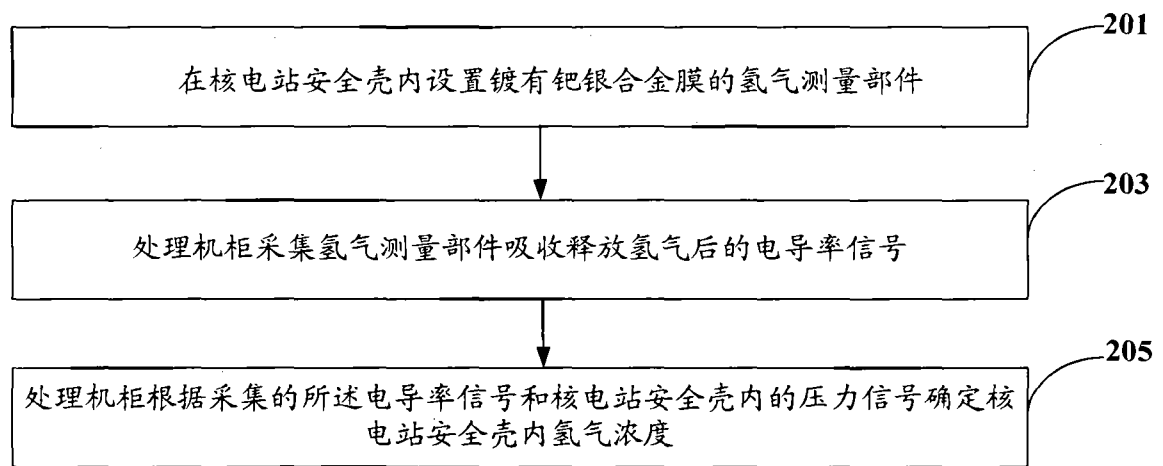


图 2

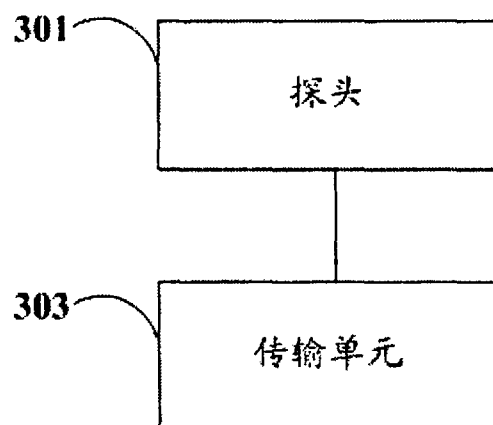


图 3

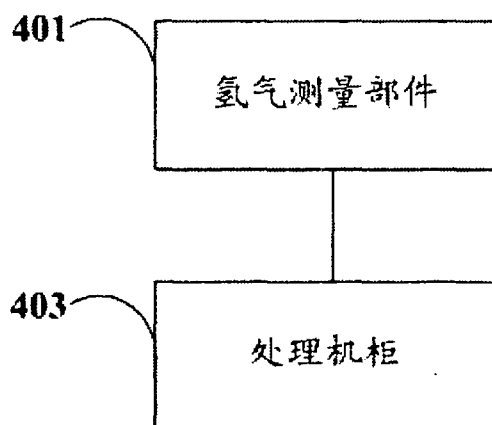


图 4

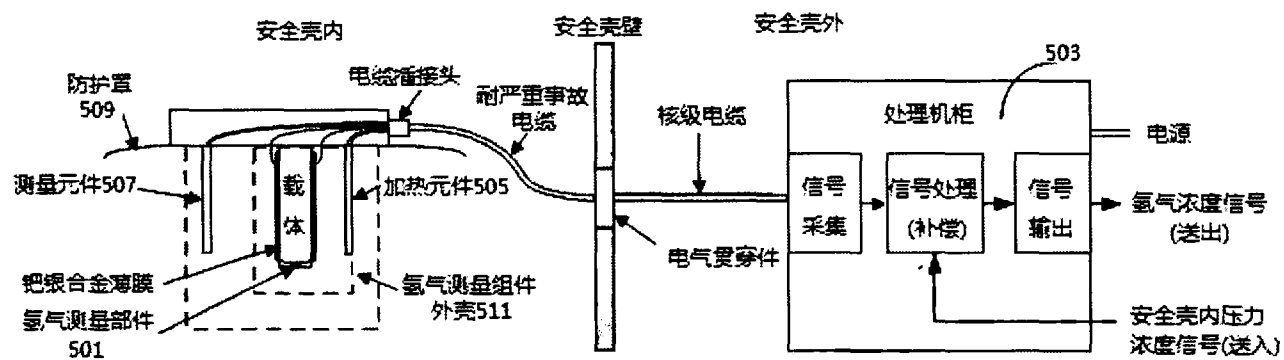


图 5

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2015/096603

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 27/16 (2006.01) i; G21C 17/10 (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)

G21C, G01N 27

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)

CNABS, CNKI, CNTXT: hydrogen, combustible gas, nuclear, containment, palladium, silver, alloy, resistance

VEN, ISI Web of Knowledge: nuclear, core, containment, Pd, Ag, palladium, silver, hydrogen, H₂, gas, gases

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
PX	CN 104538070 A (CHINA NUCLEAR POWER ENGINEERING CO., LTD. et al.), 22 April 2015 (22.04.2015), claims 1-26	1-26
Y	CN 102937609 A (718TH RESEARCH INSTITUTE OF CHINA SHIPBUILDING INDUSTRY CORPORATION), 20 February 2013 (20.02.2013), description, paragraphs [0008]-[0017] and [0048]	1-26
Y	CN 101216448 A (ZHEJIANG UNIVERSITY), 09 July 2008 (09.07.2008), description, page 1, paragraph [10]	1-26
Y	CN 203365369 U (CHINA INSTITUTE OF ATOMIC ENERGY), 25 December 2013 (25.12.2013), description, paragraph [0017]	3-4, 11-12, 21-22
A	CN 101947829 A (WUXI GISSING AUTO PARTS CO., LTD.), 19 January 2011 (19.01.2011), the whole document	1-26
A	EP 1059116 A2 (TOSHIBA KK), 13 December 2000 (13.12.2000), the whole document	1-26

☐ 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 19 January 2016 (19.01.2016)	Date of mailing of the international search report 11 March 2016 (11.03.2016)
Name and mailing address of the ISA/CN: State Intellectual Property Office of the P. R. China No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088, China Facsimile No.: (86-10) 62019451	Authorized officer WANG, Hailing Telephone No.: (86-10) 62084032

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2015/096603

Patent Documents referred in the Report	Publication Date	Patent Family	Publication Date
CN 104538070 A	22 April 2015	None	
CN 102937609 A	20 February 2013	CN 102937609 B	22 October 2014
CN 101216448 A	09 July 2008	None	
CN 203365369 U	25 December 2013	None	
CN 101947829 A	19 January 2011	None	
EP 1059116 A2	13 December 2000	EP 1059116 B1	26 April 2006
		DE 60027503 T2	14 December 2006
		US 6902709 B1	07 June 2005
		EP 1059116 A3	05 June 2002
		DE 60027503 D1	01 June 2006
		JP 2001056391 A	27 February 2001
		JP 4212222 B2	21 January 2009

A. 主题的分类 G01N 27/16(2006.01)i; G21C 17/10(2006.01)i 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. 检索领域 检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号) G21C, G01N27 包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献 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)) CNABS, CNKI, CNTXT: 氢气, 可燃气体, 核, 安全壳, 钯, 银, 合金, 电阻 VEN, ISI Web of Knowledge: nuclear, core, containment, Pd, Ag, palladium, silver, hydrogen, H2, gas, gases		
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
PX	CN 104538070 A (中广核工程有限公司等) 2015年 4月 22日 (2015 - 04 - 22) 权利要求1-26	1-26
Y	CN 102937609 A (中国船舶重工集团公司第七一八研究所) 2013年 2月 20日 (2013 - 02 - 20) 说明书第[0008]-[0017]、[0048]段	1-26
Y	CN 101216448 A (浙江大学) 2008年 7月 9日 (2008 - 07 - 09) 说明书第1页第[10]段	1-26
Y	CN 203365369 U (中国原子能科学研究院) 2013年 12月 25日 (2013 - 12 - 25) 说明书第[0017]段	3-4、11-12、21-22
A	CN 101947829 A (无锡吉兴汽车部件有限公司) 2011年 1月 19日 (2011 - 01 - 19) 全文	1-26
A	EP 1059116 A2 (TOSHIBA KK) 2000年 12月 13日 (2000 - 12 - 13) 全文	1-26
☐ 其余文件在C栏的续页中列出。 ☒ 见同族专利附件。		
* 引用文件的具体类型: “A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件 “E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利 “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) “O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件 “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 “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 “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 “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 “&” 同族专利的文件		
国际检索实际完成的日期 2016年 1月 19日		国际检索报告邮寄日期 2016年 3月 11日
ISA/CN的名称和邮寄地址 中华人民共和国国家知识产权局(ISA/CN) 中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088 传真号 (86-10)62019451		授权官员 王海玲 电话号码 (86-10)62084032

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2015/096603

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利	公布日 (年/月/日)
CN	104538070	A	2015年 4月 22日	无	
CN	102937609	A	2013年 2月 20日	CN 102937609	B 2014年 10月 22日
CN	101216448	A	2008年 7月 9日	无	
CN	203365369	U	2013年 12月 25日	无	
CN	101947829	A	2011年 1月 19日	无	
EP	1059116	A2	2000年 12月 13日	EP 1059116	B1 2006年 4月 26日
				DE 60027503	T2 2006年 12月 14日
				US 6902709	B1 2005年 6月 7日
				EP 1059116	A3 2002年 6月 5日
				DE 60027503	D1 2006年 6月 1日
				JP 2001056391	A 2001年 2月 27日
				JP 4212222	B2 2009年 1月 21日

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2009年7月)