



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 104034312 B

(45) 授权公告日 2016. 06. 08

(21) 申请号 201410179269. 0

(22) 申请日 2014. 04. 28

(73) 专利权人 哈尔滨工业大学

地址 150001 黑龙江省哈尔滨市南岗区西大  
直街 92 号

(72) 发明人 杨记云 黄向东 谭久彬

(51) Int. Cl.

G01C 9/20(2006. 01)

审查员 张量

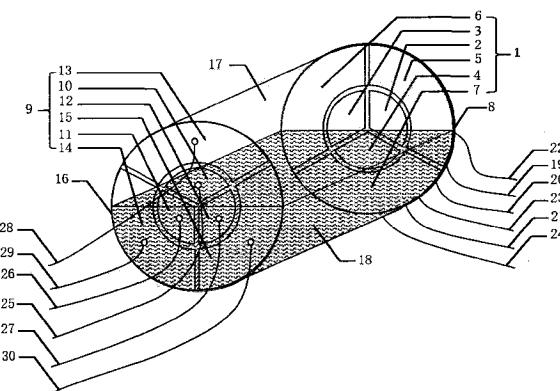
权利要求书2页 说明书6页 附图3页

(54) 发明名称

成对三等分环 - 三等分圆嵌套极板相向交错  
放置式倾角测量方法与装置

(57) 摘要

成对三等分环 - 三等分圆嵌套极板相向交错  
放置式倾角测量方法与装置属于角度测量技术，  
其中传感器单元的环形共面电容测头由三个三分  
之一圆形金属板和三个三分之一圆环形金属板组  
成，六块金属板共面同心，同一扇形角所对的三分  
之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成电  
容，将两个上述环形共面电容测头安置于两个圆  
形绝缘基板上，两个圆形绝缘基板作为圆柱体容  
器的两底面，并将圆柱体容器横置，容器中密封  
注入体积 1/2 的绝缘性液体，电位引线将十二块  
金属板的电位取出并与电容测量单元的输入端相  
连，电容测量单元与倾角计算单元连接；容器发  
生倾斜时，两个环形共面电容测头与绝缘性液体  
的相对位置发生变化，通过测量电容容值的变化，  
可求得倾角值。



1.一种成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量方法，其特征在于：所述方法步骤如下：

(1)、将一个圆形金属板和外部圆环形金属板共面同心放置，且圆形金属板和外部圆环形金属板沿径向三等分，分别得到三份三分之一圆形金属板和三份三分之一圆环形金属板，同一扇形角所对的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成电容，所述三份三分之一圆形金属板与三份三分之一圆环形金属板组合得到环形共面电容测头；

(2)、将两个上述环形共面电容测头垂直浸入到绝缘性液体中，两个环形共面电容测头共轴相向放置，且两个环形共面电容测头之间的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板均交错分布，绝缘性液体的液面通过两个环形共面电容测头的中心，同一扇形角所对的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成的电容容值由空气的介电常数、绝缘性液体的介电常数、各自极板裸露在空气中部分所对的扇形角和浸没在绝缘性液体中部分所对的扇形角共同决定；

(3)、上述两个环形共面电容测头沿中心进行圆周旋转时，其倾角发生改变，绝缘性液体的液面保持水平，两个环形共面电容测头与绝缘性液体的相对位置发生变化，各极板裸露在空气中部分所对的扇形角和浸没在绝缘性液体中部分所对的扇形角发生改变，测量上述同一扇形角所对的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成的电容容值的变化，求得倾角值；

(4)、上述两个环形共面电容测头沿中心进行圆周旋转，绝缘性液体液面临近任一环形共面电容测头的径向分割线时，取另一环形共面电容测头所得的计算结果作为最终倾角计算结果。

2.一种成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置，包括电容测量单元(32)和倾角计算单元(33)，所述电容测量单元(32)与倾角计算单元(33)连接；其特征在于：所述装置还包括传感器单元(31)，所述传感器单元(31)的构造是：在两端呈开口状的圆柱体容器(17)的两开口端分别密封装配两个圆形绝缘基板(8、16)，在圆柱体容器(17)腔内位于两个圆形绝缘基板(8、16)里侧面上分别配装两个环形共面电容测头A、B(1、9)；所述环形共面电容测头A(1)由三个三分之一圆形金属板a、b、c(2、3、4)和三个三分之一圆环形金属板d、e、f(5、6、7)构成，其中三个三分之一圆环形金属板d、e、f(5、6、7)配置在三个三分之一圆形金属板a、b、c(2、3、4)外侧，且三个三分之一圆环形金属板d、e、f(5、6、7)与三个三分之一圆形金属板a、b、c(2、3、4)共面同心，所述三个三分之一圆环形金属板d、e、f(5、6、7)沿周向均匀分布且与三个三分之一圆形金属板a、b、c(2、3、4)一一对应；所述环形共面电容测头B(9)由三个三分之一圆形金属板g、h、i(10、11、12)和三个三分之一圆环形金属板j、k、l(13、14、15)构成，其中三个三分之一圆环形金属板j、k、l(13、14、15)配置在三个三分之一圆形金属板g、h、i(10、11、12)外侧，且三个三分之一圆环形金属板j、k、l(13、14、15)与三个三分之一圆形金属板g、h、i(10、11、12)共面同心，所述三个三分之一圆环形金属板j、k、l(13、14、15)沿周向均匀分布且与三个三分之一圆形金属板g、h、i(10、11、12)一一对应；所述环形共面电容测头A(1)的三个三分之一圆形金属板a、b、c(2、3、4)和环形共面电容测头B(9)的三个三分之一圆形金属板g、h、i(10、11、12)交错分布，所述环形共面电容测头A(1)的三个三分之一圆环形金属板d、e、f(5、6、7)和环形共面电容测头B(9)的三个三分之一圆环形金属板j、k、l(13、14、15)交错分布；十二根电位引线(19、20、21、22、23、24、25、26、

27、28、29、30)依次分别将三个三分之一圆形金属板a、b、c(2、3、4)、三个三分之一圆环形金属板d、e、f(5、6、7)和三个三分之一圆形金属板g、h、i(10、11、12)、三个三分之一圆环形金属板j、k、l(13、14、15)与电容测量单元(32)的输入端连接;所述圆柱体容器(17)呈横置,在所述圆柱体容器(17)内密封注入占圆柱体容器(17)体积二分之一的绝缘性液体(18)。

3.根据权利要求2所述的成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置,其特征在于:所述的圆形绝缘基板(8、16)由树脂玻纤材料制成。

4.根据权利要求2所述的成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置,其特征在于:所述的绝缘性液体(18)是由甲醇、乙醇、异丙醇的醇类、丙酮、丁酮的酮类、二甘醇单丁基醚的醚类中的一种或多种成分组合的液体。

## 成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量方法与装置

### 技术领域

[0001] 本发明属于角度测量技术领域,主要涉及一种倾角测量方法与装置。

### 背景技术

[0002] 目前,公知的测量倾角的传感方法是利用液体的表面在静止状态下始终保持水平的原理。内部加入了液体的容器发生倾斜,稳定后液面保持水平,但液体与容器的相对位置发生了变化。通过检测这一过程所引发的电学量变化,计算出容器相对于内部的液体表面的角度,进而来测定容器的倾斜角。

[0003] 对于检测容器与其内部所加入的液体表面的之间的倾斜角的传感方式,可分为电阻式和静电电容式两大类。

[0004] 日本专利2001-13160号公报中介绍了电阻式传感器的相关技术,是将一端封闭的圆筒状的金属容器内密封入适量的导电性液体,开口用金属圆板堵塞。将一对金属电极贯通并固定于圆板。当容器倾斜时,容器与内部的液体表面所成的角度发生变化,从而使金属电极与导电性液体的接触面积改变,使得金属容器和各金属电极之间的电阻发生变化。通过测量其电阻值的变化,就能检测出容器的倾斜角。

[0005] 但是,金属电极与导电性液体的直接接触,造成电极本身金属的析出、导电性液体的电解等电化学反应,传感器的精度及稳定性很难得到长期的保障。

[0006] 关于静电电容式传感器,中国CN1668892A号专利中介绍了相关技术。该传感器就是在电绝缘体制的筒状密闭容器内密封入内容积的1/2量的导电性液体,容器内平行的两个侧面上放置板状主电极,其表面有硅氧化覆盖膜,充当电介质。当容器倾斜时,容器与内部的液体表面所成的角度发生变化,使得板状主电极和导电性液体之间的电容发生变化。从而,对其电容值的变化进行测量,以检测出容器的倾斜角的大小。

[0007] 但是,在这种静电电容式传感器的情况下,当筒状密闭容器发生的倾斜角度过大时,容器内部的液体偏置一侧而失去与另一个主电极的接触,此时这种传感器失去功效。由于原理的局限性,其可测倾斜角的量程总是有限的,且取决于容器内部的结构尺寸。

### 发明内容

[0008] 本发明针对上述现有检测倾角的传感方式中金属电极与导电性液体的直接接触、传感器稳定性很难得到长期的保障、可测倾角量程的有限性等问题,本发明提出和设计了成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量方法与装置,该发明中使用的绝缘性液体避免了极板的析出等电化学反应,传感器单元中的环形共面电容结构实现了360度全量程测量。

[0009] 本发明的目的通过以下技术方案实现:

[0010] 一种成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量方法,所述方法步骤如下:

[0011] (1)、将一个圆形金属板和外部圆环形金属板共面同心放置,且圆形金属板和外部圆环形金属板沿径向三等分,分别得到三份三分之一圆形金属板和三份三分之一圆环形金属板,所述同一扇形角所对的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成电容,所述三份三分之一圆形金属板与三份三分之一圆环形金属板组合得到环形共面电容测头;

[0012] (2)、将两个上述环形共面电容测头垂直浸入到绝缘性液体中,两个环形共面电容测头共轴相向放置,且两个环形共面电容测头的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板均交错分布,绝缘性液体的液面通过两个环形共面电容测头的中心,同一扇形角所对的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成的电容容值由空气的介电常数、绝缘性液体的介电常数、各自极板裸露在空气中部分所对的扇形角和淹没在绝缘性液体中部分所对的扇形角共同决定;

[0013] (3)、上述两个环形共面电容测头沿中心进行圆周旋转时,其倾角发生改变,绝缘性液体的液面保持水平,两个环形共面电容测头与绝缘性液体的相对位置发生变化,各极板裸露在空气中部分所对的扇形角和淹没在绝缘性液体中部分所对的扇形角发生改变,测量上述同一扇形角所对的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成的电容容值的变化,求得倾角值;

[0014] (4)、上述两个环形共面电容测头沿中心进行圆周旋转,绝缘性液体液面临近任一环形共面电容测头的径向分割线时,取另一环形共面电容测头所得的计算结果作为最终倾角计算结果。

[0015] 一种成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置,包括电容测量单元和倾角计算单元,所述电容测量单元与倾角计算单元连接;所述装置还包括传感器单元,所述传感器单元的构造是:在两端呈开口状的圆柱体容器的两开口端分别密封装配两个圆形绝缘基板,在圆柱体容器腔内位于两个圆形绝缘基板里侧面上分别配装两个环形共面电容测头A、B;所述环形共面电容测头A由三个三分之一圆形金属板a、b、c和三个三分之一圆环形金属板d、e、f构成,其中三个三分之一圆环形金属板d、e、f配置在三个三分之一圆形金属板a、b、c外侧,且三个三分之一圆环形金属板d、e、f与三个三分之一圆形金属板a、b、c共面同心,所述三个三分之一圆环形金属板d、e、f沿周向均匀分布且与三个三分之一圆形金属板a、b、c一一对应;所述环形共面电容测头B由三个三分之一圆形金属板g、h、i和三个三分之一圆环形金属板j、k、l构成,其中三个三分之一圆环形金属板j、k、l配置在三个三分之一圆形金属板g、h、i外侧,且三个三分之一圆环形金属板j、k、l与三个三分之一圆形金属板g、h、i共面同心,所述三个三分之一圆环形金属板j、k、l沿周向均匀分布且与三个三分之一圆形金属板g、h、i一一对应;所述环形共面电容测头A的三个三分之一圆形金属板a、b、c和环形共面电容测头B的三个三分之一圆形金属板g、h、i交错分布,所述环形共面电容测头A的三个三分之一圆环形金属板d、e、f和环形共面电容测头B的三个三分之一圆环形金属板j、k、l交错分布;十二根电位引线依次分别将三个三分之一圆形金属板a、b、c、三个三分之一圆环形金属板d、e、f和三个三分之一圆形金属板g、h、i、三个三分之一圆环形金属板j、k、l与电容测量单元的输入端连接;所述圆柱体容器呈横置,在所述圆柱体容器内密封注入占圆柱体容器体积二分之一的绝缘性液体。

[0016] 本发明具有以下特点及良好效果:

[0017] (1)与电阻式倾角测量装置相比,由于与电极极板接触的是绝缘性液体,避免了极

板本身金属的析出等电化学反应,因此能够长期维持传感器的稳定性和可靠性。

[0018] (2)与静电电容式倾角测量装置相比,由于横置的容器可沿中心轴线360度旋转,输出的电容值始终与倾斜角存在函数关系,因此测量范围不受限制,具有360度全量程测量的特点。

[0019] (3)由于圆形金属板和外部圆环形金属板均沿径向三等分,得到的三份三分之一圆形金属板和三份三分之一圆环形金属板一一对应,使得环形共面电容测头的径向分割线附近的电力线分布更加均匀,从原理上消除了由径向分割所产生的微小误差,测量结果更加精确。

[0020] (4)由于使用了共轴相向放置的两个环形共面电容测头,且两个环形共面电容测头的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板均交错分布,提高了绝缘性液体液面临近环形共面电容测头的径向分割线时倾角测量的灵敏度,测量结果更加精确。

## 附图说明

[0021] 图1为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的传感器单元的外形透视图

[0022] 图2为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头A的原理示意图

[0023] 图3为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头B的原理示意图

[0024] 图4为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头A的正视图

[0025] 图5为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头B的正视图

[0026] 图6为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头A倾斜时的说明图

[0027] 图7为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头B倾斜时的说明图

[0028] 图8为成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置的整体结构示意图

[0029] 图中件号说明:1环形共面电容测头A、2三分之一圆形金属板a、3三分之一圆形金属板b、4三分之一圆形金属板c、5三分之一圆环形金属板d、6三分之一圆环形金属板e、7三分之一圆环形金属板f、8圆形绝缘基板、9环形共面电容测头B、10三分之一圆形金属板g、11三分之一圆形金属板h、12三分之一圆形金属板i、13三分之一圆环形金属板j、14三分之一圆环形金属板k、15三分之一圆环形金属板l、16圆形绝缘基板、17圆柱体容器、18绝缘性液体、19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30电位引线、31传感器单元、32电容测量单元、33倾角计算单元。

## 具体实施方式

[0030] 下面结合附图对本发明实施例进行详细描述。

[0031] 一种成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量装置，包括传感器单元31、电容测量单元32和倾角计算单元33，如图8所示为倾角测量装置的整体结构示意图。

[0032] 图1中示出倾角测量装置的传感器单元的外形透视图，所述传感器单元31的构造是：在两端呈开口状的圆柱体容器17的两开口端分别密封装配两个圆形绝缘基板8、16，在圆柱体容器17腔内位于两个圆形绝缘基板8、16里侧面上分别配装两个环形共面电容测头A1、B9；所述环形共面电容测头A1由三个三分之一圆形金属板a2、b3、c4和三个三分之一圆环形金属板d5、e6、f7构成，其中三个三分之一圆环形金属板d5、e6、f7配置在三个三分之一圆形金属板a2、b3、c4外侧，且三个三分之一圆环形金属板d5、e6、f7与三个三分之一圆形金属板a2、b3、c4共面同心，所述三个三分之一圆环形金属板d5、e6、f7沿周向均匀分布且与三个三分之一圆形金属板a2、b3、c4一一对应；所述环形共面电容测头B9由三个三分之一圆环形金属板g10、h11、i12和三个三分之一圆环形金属板j13、k14、l15构成，其中三个三分之一圆环形金属板j13、k14、l15配置在三个三分之一圆形金属板g10、h11、i12外侧，且三个三分之一圆环形金属板j13、k14、l15与三个三分之一圆形金属板g10、h11、i12共面同心，所述三个三分之一圆环形金属板j13、k14、l15沿周向均匀分布且与三个三分之一圆形金属板g10、h11、i12一一对应；所述环形共面电容测头A1的三个三分之一圆形金属板a2、b3、c4和环形共面电容测头B9的三个三分之一圆形金属板g10、h11、i12交错分布，所述环形共面电容测头A1的三个三分之一圆环形金属板d5、e6、f7和环形共面电容测头B9的三个三分之一圆环形金属板j13、k14、l15交错分布；十二根电位引线19、20、21、22、23、24、25、26、27、28、29、30依次分别将三个三分之一圆形金属板a2、b3、c4、三个三分之一圆环形金属板d5、e6、f7和三个三分之一圆形金属板g10、h11、i12、三个三分之一圆环形金属板j13、k14、l15与电容测量单元32的输入端连接；所述圆柱体容器17呈横置，在所述圆柱体容器17内密封注入占圆柱体容器17体积二分之一的绝缘性液体18。

[0033] 所述的圆形绝缘基板8、16由树脂玻纤材料制成。

[0034] 所述的绝缘性液体18是由甲醇、乙醇、异丙醇的醇类、丙酮、丁酮的酮类、二甘醇单丁基醚的醚类中的一种或多种成分组合的液体。

[0035] 一种成对三等分环-三等分圆嵌套极板相向交错放置式倾角测量方法，该方法步骤如下：

[0036] (1)将一个圆形金属板和外部圆环形金属板共面同心放置，且圆形金属板和外部圆环形金属板沿径向三等分，分别得到三份三分之一圆形金属板和三份三分之一圆环形金属板，所述同一扇形角所对的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成电容，所述三份三分之一圆形金属板与三份三分之一圆环形金属板组合得到环形共面电容测头。

[0037] 参照附图2、3，环形共面电容测头A、B的金属板间电力线沿金属板均匀分布，可近似用半圆弧形线代替。依照单一共面电容的求解公式，可知环形共面电容与电介质的介电常数成正比关系，可用下式表示。

[0038]  $C = K \cdot \epsilon$

[0039] (2)将两个上述环形共面电容测头垂直浸入到绝缘性液体中，两个环形共面电容测头共轴相向放置，且两个环形共面电容测头的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板均交错分布，绝缘性液体的液面通过两个环形共面电容测头的中心，同一扇形角所对

的三分之一圆形金属板和三分之一圆环形金属板形成的电容容值由空气的介电常数、绝缘性液体的介电常数、各自极板裸露在空气中部分所对的扇形角和浸没在绝缘性液体中部分所对的扇形角共同决定。

[0040] 图4为倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头A的正视图,金属板2、5所形成的电容和金属板3、6所形成的电容以及金属板4、7所形成的电容可分别用下式表示。

$$[0041] C_{25} = K \cdot \frac{90^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{30^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

$$[0042] C_{36} = K \cdot \frac{90^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{30^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

$$[0043] C_{47} = K \cdot \frac{120^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

[0044] 图5为倾角测量装置的传感器单元中环形共面电容测头B的正视图,金属板10、13所形成的电容和金属板11、14所形成的电容以及金属板12、15所形成的电容可分别用下式表示。

$$[0045] C_{1013} = K \cdot \frac{120^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}}$$

$$[0046] C_{1114} = K \cdot \frac{30^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{90^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

$$[0047] C_{1215} = K \cdot \frac{30^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{90^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

[0048] (3)上述两个环形共面电容测头沿中心进行圆周旋转时,其倾角发生改变,绝缘性液体的液面保持水平,两个环形共面电容测头与绝缘性液体的相对位置发生变化,各极板裸露在空气中部分所对的扇形角和浸没在绝缘性液体中部分所对的扇形角发生改变。

[0049] 图6示出环形共面电容测头A倾斜时的说明图。此时金属板2、5所形成的电容和金属板3、6所形成的电容以及金属板4、7所形成的电容分别为:

$$[0050] C_{25} = K \cdot \frac{90^\circ + \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{30^\circ - \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

$$[0051] C_{36} = K \cdot \frac{90^\circ - \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{30^\circ + \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

$$[0052] C_{47} = K \cdot \frac{120^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

[0053] 对上式进行作差、求和可得:

$$[0054] C_{36} - C_{25} = K \cdot \frac{\theta}{180^\circ} (\varepsilon_{\text{液}} - \varepsilon_{\text{空}})$$

$$[0055] C_{36} + C_{25} = K \cdot \frac{180^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{60^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}}$$

[0056] 进而求得倾斜角的求解公式为:

$$[0057] \theta = \frac{90^\circ (C_{36} - C_{25})}{(2C_{47} - C_{36} - C_{25})}$$

[0058] 图7示出环形共面电容测头B倾斜时的说明图。此时金属板10、13所形成的电容和

金属板11、14所形成的电容以及金属板12、15所形成的电容分别为:

$$[0059] C_{1013} = K \cdot \frac{120^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} \quad (1)$$

$$[0060] C_{1114} = K \cdot \frac{30^\circ - \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{90^\circ + \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}} \quad (2)$$

$$[0061] C_{1215} = K \cdot \frac{30^\circ + \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{90^\circ - \theta}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}} \quad (3)$$

[0062] 对上式进行作差、求和可得:

$$[0063] C_{1114} - C_{1215} = K \cdot \frac{\theta}{180^\circ} (\varepsilon_{\text{液}} - \varepsilon_{\text{空}}) \quad (4)$$

$$[0064] C_{1114} + C_{1215} = K \cdot \frac{60^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{空}} + K \cdot \frac{180^\circ}{360^\circ} \cdot \varepsilon_{\text{液}} \quad (5)$$

[0065] 进而求得倾斜角的求解公式为:

$$[0066] \theta = \frac{90^\circ (C_{1114} - C_{1215})}{(C_{1114} + C_{1215} - 2C_{1013})} \quad (6)$$

[0067] 通过电容测量单元和倾角计算单元将得到的信号进行比较处理,即可得到倾斜角输出。

[0068] (4)上述两个环形共面电容测头沿中心进行圆周旋转,绝缘性液体液面临近任一环形共面电容测头的径向分割线时,取另一环形共面电容测头所得的计算结果作为最终倾角计算结果。

[0069] 当倾斜角在-90°、30° 和150°附近时,绝缘性液体的液面临近环形共面电容测头B的径向分割线,此时以环形共面电容测头A作为电容测量单元的输入,可提高倾角测量装置的灵敏度,使测量结果更加精确。同理,当倾斜角在-150°、-30° 和90°附近时,绝缘性液体的液面临近环形共面电容测头A的径向分割线,此时以环形共面电容测头B作为电容测量单元的输入,亦可达到相同的效果。

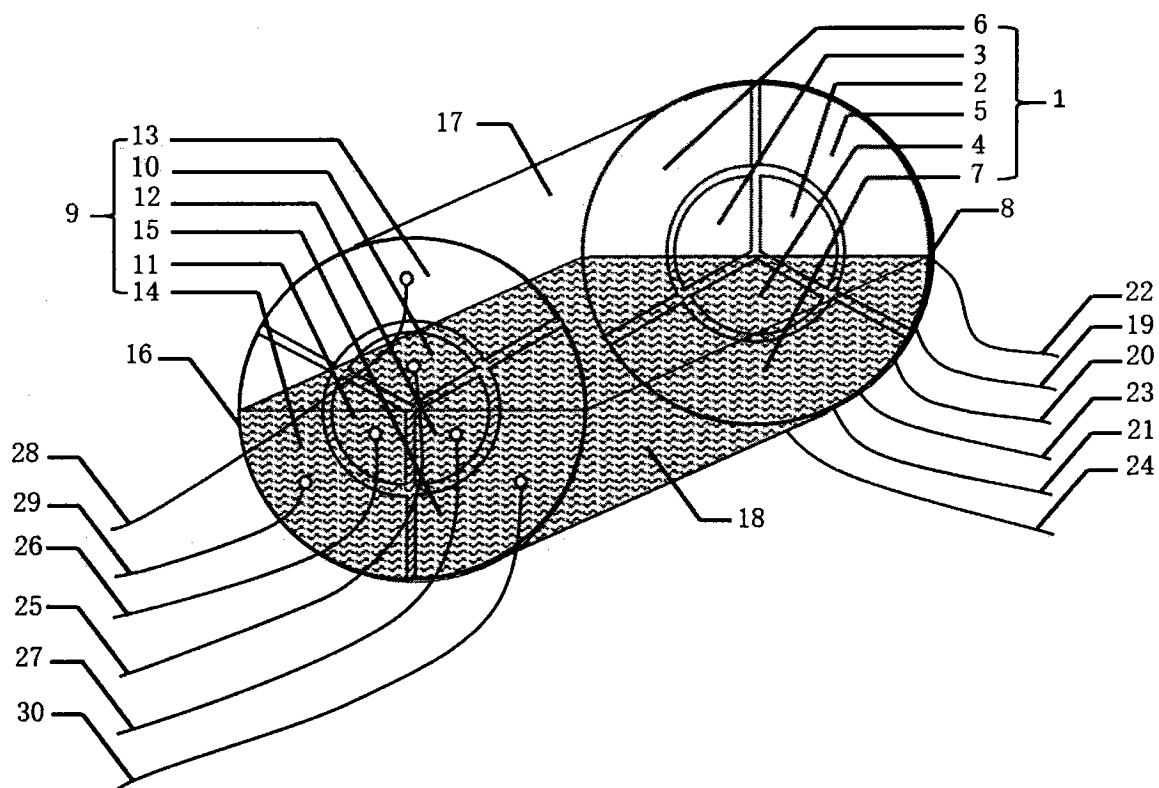


图1

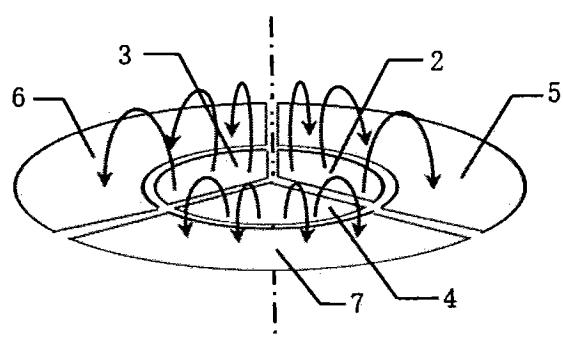


图2

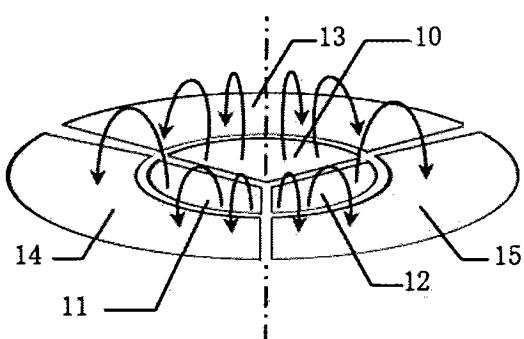


图3

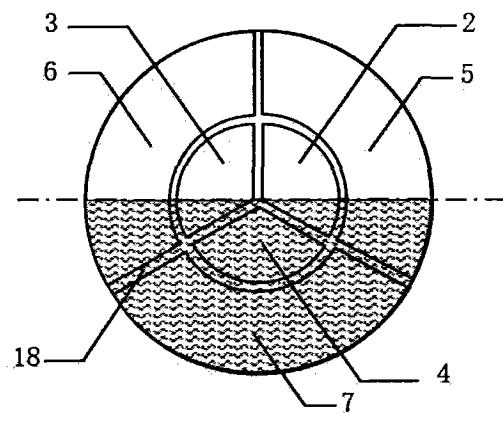


图4

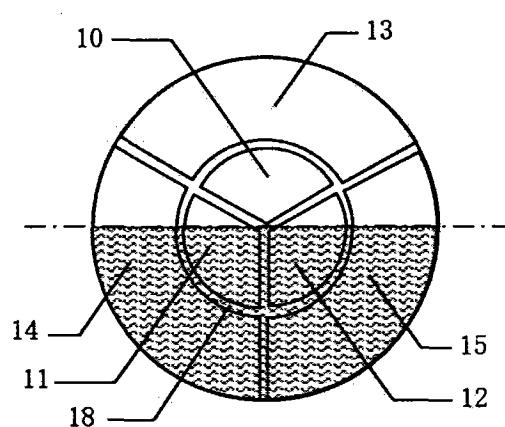


图5

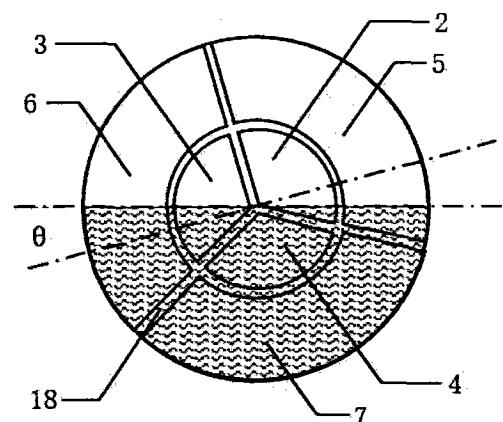


图6

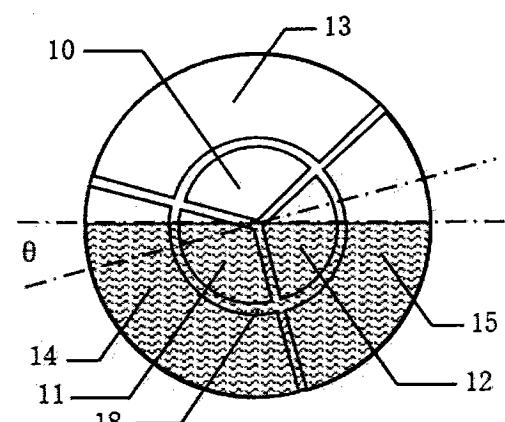


图7

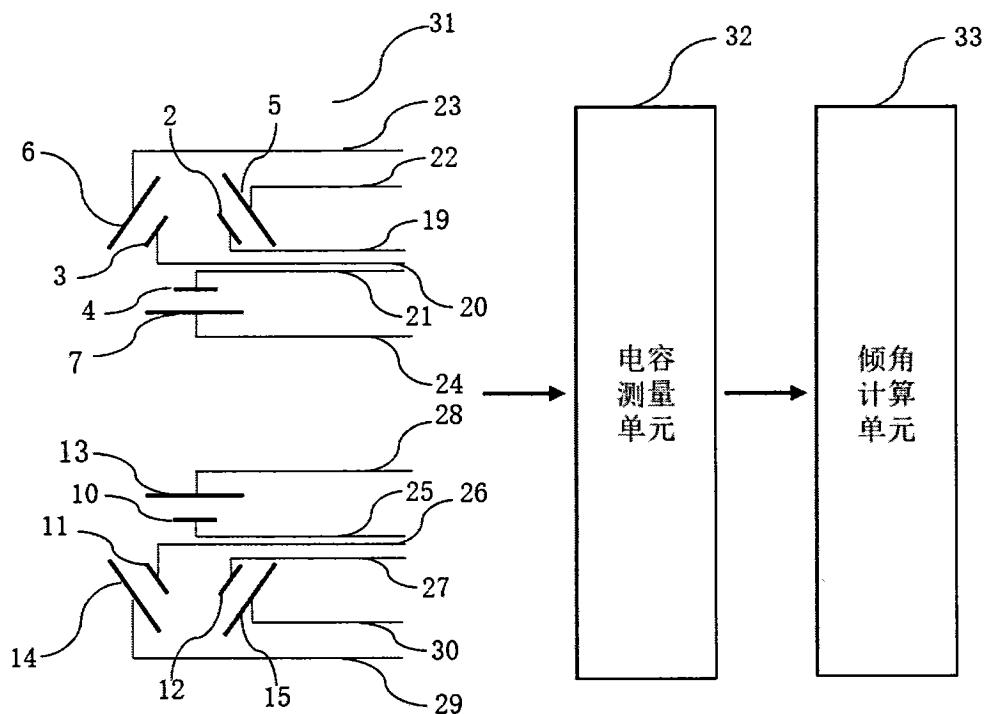


图8