

一种用于探测盐穴腔体形状的声纳工具

技术领域

本发明涉及勘探工具技术领域，特别涉及一种声纳探测工具，具体是一种用于探测盐穴腔体形状的声纳工具。

背景技术

由于渗透性低、密封性好、安全稳定性高，地下盐岩溶腔被认为是油气储存和废物处置的理想场所。为了合理利用盐岩溶腔的存储空间，保证其经济、高效、环保等多重效益，必须首先进行溶腔结构形态和尺寸大小的测量。根据国内外经验，一般采用声纳检测技术实现储气库建设过程中，盐穴空间的探测是评估盐穴储气能力和安全性的重要参数。声纳测量技术是目前国内外普遍采用的精确测量地下盐穴空间的体积和分布情况的方法，但要在地下近千米深度的盐层中建造一个体积达到数十万甚至数百万立方的储气空腔，从开始选择适合的盐层到使用水溶开采方式塑造盐层空腔，再到完井投入使用和维护，是一系列复杂的工程难题和技术难题。传统方式是利用电缆拖动声纳在盐岩溶腔中垂直上下移动，从而探测腔体形态，该方式对垂直型溶腔容易实施，但对直径在数十米乃至上百米、长度达数百米的盐岩溶腔则难以使用这种方法。盐腔通常位于地下千米深度，井眼的直径限制了入井仪器的径向尺寸，因此仪器壳体结构的设计对仪器测量也有着至关重要的作用，特别是需要在转向方便具有较好的操作性能。

根据这些要求，有部分研究机构做出了一些能够进行相关探测的工具，如美国专利USRE31074E中提供了一种类似的方案，但该方案限于其结构设计，需要用齿轮直接啮合驱动其转动，在井下的环境极易出现失稳的情况。其他现有技术也存在类似的问题，让实际施工难以进行。且其结构事实上无法简便的实现轴向旋转和端部旋转，使用效果不佳。

发明内容

针对上述问题，本发明提供一种用于探测盐穴腔体形状的声纳工具，通过设置全套装置的内部结构，使其转动装置更加灵活，能够在电控下实现机械旋转，从而准确地确定连通盐穴腔体的形状和体积，满足现有技术中对能够迅速对连通盐穴腔体形状和体积的测量工具的需求。

本发明的技术方案如下：

一种用于探测盐穴腔体形状的声纳工具，包括动力部分、导向部分、探测部分，所述动力部分包括两组电机，所述导向部分包括转动部件，所述探测部分包括声纳；所述动力部分

说明书

用于为工具提供转向和探测的动力，所述导向部分用于驱动探测部分转向，所述探测部分用于发送和接收声波进行探测；

两组电机均为永磁电机，分别为永磁电机一和永磁电机二，分别设置在上下排布并连同的两套壳体内，这两套壳体分别作为上壳体和中壳体；在中壳体下方设有下壳体；转动部件的一部分设置于中壳体内，一部分单独设置于中壳体下侧，这部分外壳作为下壳体的上端体，在下壳体的下侧还设有一段载体座；所述永磁电机一用于带动中壳体沿着上壳体周向转动，所述永磁电机二用于带动所述下壳体相对于所述中壳体的轴向发生偏移转动。

进一步的，所述上壳体内设有电缆，电缆连接到上壳体的顶部，并伸入接触到上壳体内，在上壳体和中壳体内设有多个驱动电路板和控制电路板，所述电缆与驱动电路板和控制电路板接触；

在上壳体内安装有驱动电路板一和控制电路板一，且在驱动电路板一和控制电路板一下方区域安装永磁电机一；在中壳体内安装有驱动电路板二和控制电路板二，且在驱动电路板二和控制电路板二下方区域安装永磁电机二。

进一步的，所述驱动电路板一和所述控制电路板一与所述永磁电机一之间设有隔断件，作为隔断件一，所述驱动电路板二和所述控制电路板二与所述永磁电机二之间设有隔断件，作为隔断件二；

所述隔断件一为中部带孔的盘型面零件，且在盘形面外侧和孔外侧都设有垂直于盘形面的环形凸边，隔断件一的盘型面上开设有多个通槽；隔断件一的外侧的环形凸边的外周面设有多个突出定位块，在所述上壳体内壁设有对应的定位槽，用于固定定位块进而隔断件一固定；所述隔断件二的结构和安装方式都与所述隔断件一相同；

进一步的，所述隔断件一下方安装有旋转变压器一，包含定子一和转子一，转子一为环形带孔结构，在孔内连接有转子轴一，所述转子轴一上下端内侧都设有突出的台阶，转子一通过平键安装在转子轴一的台阶面上，定子一安装在隔断件一内壁，所述上壳体的底部设有向内延伸的缩径段，在该缩径段上设置有止推轴承，作为止推轴承一，所述转子轴一底部的台阶放置在止推轴承一上并实现旋转；

所述隔断件二下方安装有旋转变压器二，包含定子二和转子二，转子二为环形结构，在孔内连接有转子轴二，所述转子轴二上下端内侧都设有突出的台阶，转子二通过平键安装在转子轴二的台阶面上，定子二安装在隔断件二内壁，所述中壳体在靠近底部的位置设有向内延伸的缩径段，在该缩径段上设置有止推轴承，作为止推轴承二，所述转子轴二底部的台阶放置在止推轴承二上并实现旋转。

进一步的，所述定子一和定子二为定子叠片组，分别为定子叠片组一和定子叠片组二，

说明书

所述转子一和转子二为磁钢组，分别为磁钢组一和磁钢组二，在所述磁钢组一和所述磁钢组二外分别设有护套一和护套二。

进一步的，所述转子轴一的底部穿过上壳体的底部，并延伸到所述中壳体的顶部内侧并固定；所述转子轴二的地步穿过中壳体的底部区域的台阶并向下延伸，在末端设有与转动部件连接的结构，以实现转动部件的运动。

进一步的，所述中壳体包括中端盖和电机外壳二，所述中端盖固定在你电机外壳二上端，中端盖内侧与转子轴一固定，当转子轴一转动的时候，带动中壳体发生旋转；

所述转子轴二的底部设有柱形齿轮面；

在电机外壳二的底部固定连接有倾斜器外壳，所述倾斜器外壳内部设有上端开口，下端的设有一段弧形段，在倾斜器外壳的弧形段对应的侧面设有两段平面，在平面内各设有一个通孔，在其中一个通孔内安装有旋转支撑轴，在旋转支撑轴的内侧端固定有锥齿轮，锥齿轮与转子轴二的锥形齿轮面啮合，在旋转支撑轴的外侧端设有连接翼片，所述连接翼片为长条形结构，在上面设有两个圆孔，一个圆孔固定在转子轴二的外侧，另一个圆孔用于连接下壳体；在另一个通孔内安装有线路通轴，所述线路通轴为空心轴，其内侧端固定在倾斜器外壳内壁，其外侧用于固定连接翼片，在线路通轴靠近外侧的侧壁设有小孔，且该小孔对应的连接翼片内设有一条通道，该通道的另一端设有穿出连接翼片壁面的开口，该开口对接下壳体内部。

进一步的，所述下壳体分为上端体和载体座，所述上端体上部设有连接到连接翼片避免的开口的空间，下部设有用于放置电子罗盘的空间；所述上端体的底部与所述载体座顶部固定，在载体座内设有一条主通道和多个分支通道，每个分支通道的末端都设有换能器，换能器的电路通过分支通道与主通道，然后穿过上端体和连接翼片并继续向上延伸。

进一步的，所述隔断件一和所述隔断件二的上端分别安装有散热器一和散热器二，所述散热器一为带外部放射片的圆筒结构，所述驱动电路板一和控制电路板一安装在圆筒外壁，其放射片作为翼翅，与电机外壳一内壁接触。

进一步的，所述上壳体包括电缆连接外壳、电机外壳一，所述电机外壳一上方固定电缆连接外壳，所述电缆连接外壳的外部为上小下大的两段，其内部也设有多级外界，在电缆连接外壳内安装有底部外侧带有台阶的电缆连接轴，所述电缆连接轴通过该台阶固定在电缆连接外壳内的台阶上，并在电缆连接轴上设有用于从另一端固定的紧定螺母，以确保电缆连接轴能在电缆连接外壳上固定。

本发明的有益之处在于：

1、本发明采用分段式结构设计，让声纳工具能够实现周向转动和尾部摇摆，且控制方案

说明书

灵活，能适应盐岩溶腔的特殊地形，便于灵活操控处理；

2、本发明的结构采用模块化的设计，几乎每个零部件都可以拆卸安装，便于后期调整和维护，通过直接更换搭载有不同类型的超声换能器的壳体，适应不同的工作环境和需求，节省了时间，提高了工作效率；

3、本发明的声纳探测仪器，仪器的测量精度来源于安放在仪器壳体内部的传感器，利用高精度的传感器准确记录换能器在井下的工作位置，有计算机分析数据，绘制出精确的地下盐腔形状；采用内部隐藏式线路，传输电力和信号，防止在下井过程对线路的磨损和仪器在旋转时可能会发生的线路缠绕；且线路连接布局合理，不会因为转动和摆动等原因损坏，确保使用过程的安全；

4、本发明的声纳探测仪器，采用高效率的永磁电机，效率高，体积小，力矩大，能直接驱动负载，无需使用减速箱，增加了整体系统可靠性，驱动控制系统能同时传送电机的运行状态到地面，有利于提高工作效率，其结构可靠合理紧凑，便于加工制造，也便于后期维修和更换。

附图说明

图 1 为本发明的测量盐腔腔体形状和体积工具的壳体结构示意图；

图 2 为本发明的上半部分的剖视图；

图 3 为本发明的下半部分的剖视图；

图 4 为本发明的电缆连接外壳的剖视图；

图 5 为本发明的电缆接头的剖视图；

图 6 为本发明的上壳体的剖视图；

图 7 为本发明的散热器的示意图；

图 8 为本发明的隔断件的示意图；

图 9 为本发明的转子轴一和转子一组合的示意图；

图 10 为本发明的上端盖的剖视图；

图 11 为电机外壳二的剖视图；

图 12 为本发明的中壳体的剖视图；

图 13 为本发明的转子轴二和转子二组合的示意图；

图 14 为本发明的倾斜器外壳的示意图；

图 15 为本发明的转子轴和齿轮啮合的示意图；

图 16 为本发明的线路通轴的示意图；

图 17 为本发明的旋转支撑轴的示意图；

图 18 为本发明的连接翼片的示意图；

图 19 为本发明的连接翼片的剖视图；

图 20 为本发明的六角螺母的示意图；

图 21 为本发明的上端体的剖视图；

图 22 为本发明的载体座的剖视图；

图中：

1 上壳体；2 中壳体；3 下壳体；

101 电缆连接外壳；102 电缆连接轴；103 紧定螺母；104 电机外壳一；1041 定位槽；105 散热器一；106 驱动电路板一；107 隔断件一；108 旋转变压器一；109 磁钢组一；110 转子轴一；111 定子叠片组一；112 磁钢护套一；113 止推轴承一；114 上端盖；115 控制电路板一；

201 中端盖；202 电机外壳二；203 驱动电路板二；204 散热器二；205 隔断件二；206 旋转变压器二；207 定子叠片组二；208 磁钢护套二；209 磁钢组二；210 转子轴二；211 止推轴承二；212 倾斜器外壳；213 锥齿轮；214 轴盖；215 连接翼片；216 线路通轴；217 六角轴盖；218 旋转支撑轴、219 控制电路板二；

301 上端体；302 载体座；303 换能器；304 电子罗盘。

具体实施方式

下面结合实施例对本发明进一步说明，需要说明的是，在本文中，诸如“上”、“下”等词语，仅仅用于方便对附图进行描述，并非限制实际使用中的方向，且不一定要求或者暗示这些实体或操作之间存在任何这种实际的关系或者顺序。而且，术语“包括”、“包含”或者其任何其他变体意在涵盖非排他性的包含，从而使得包括一系列要素的过程、方法、物品或者设备不仅包括那些要素，而且还包括没有明确列出的其他要素，或者是还包括为这种过程、方法、物品或者设备所固有的要素。

如图 1 所述，本发明提供了一种用于探测盐穴腔体形状的声纳工具，包括动力部分、导向部分、探测部分，其外部为壳体 1，中壳体 2，下壳体 3；上壳体 1 内设有永磁电机，控制中壳体 2 和下壳体 3 水平方向旋转，中壳体 2 内也有永磁电机，控制下壳体 3 竖直方向旋转。

如图 2 至图 9 所示，上壳体 1，包括电缆连接外壳 101、电缆连接轴 102、紧定螺母 103、电机外壳 104、散热器一 105、驱动电路板一 106、隔断件一 107、旋转变压器一 108、磁钢组一 109、转子轴一 110、定子叠片组一 111、磁钢护套一 112、止推轴承一 113、上端盖 114 和控制电路板一 115。电缆连接外壳 101 内安装有电缆连接轴 102 和紧定螺母 103，以此连接电缆与壳体，上部分为阶梯孔小口径，与电缆相连接，下部分为带内螺纹的开口状结构并与

说明书

电机外壳一 104 连接。电机外壳一 104 的上部设有一段外螺纹，与电缆连接外壳 101 下部设置的内螺纹相连接，电机外壳一 104 下部设有向内的缩径段，并留有轴孔，电机外壳一 104 内壁有定位槽 1041；电机外壳一 104 内部放置有散热器一 105、转子轴一 110、驱动电路板一 106、控制电路板一 115 等装置，还可以放置有压力补偿器、稳定器、控制器等装置。

如图 1、图 10 至图 20 所示，中壳体 2 包括中端盖 201、电机外壳二 202、驱动电路板二 203、散热器二 204、隔断件二 205、旋转变压器二 206、定子叠片组二 207、磁钢护套二 208、磁钢组二 209、转子轴二 210、止推轴承二 211、倾斜器外壳 212、锥齿轮 213、轴盖 214、连接翼片 215、线路通轴 216、六角轴盖 217 和控制电路板二 219。所述中端盖 201 中间有通孔，该通孔的内壁有螺纹，转子轴一 110 从该通孔穿过并利用螺纹固定连接；中端盖 201 外侧也设有螺纹，且端盖面设有螺栓连接孔，以此与电机外壳二 202 连接。电机外壳二 202 为空心壳体，上与中端盖 201 螺纹连接，下与倾斜器外壳 212 螺纹连接；电机外壳二 202 内部安装有散热器二 204、转子轴二 210、驱动电路板二 203 和控制电路板二 219 等装置。还可以安装有压力补偿器、稳定器、控制器等装置。倾斜器外壳 212 的上端开口，下端呈弧形，且弧形面优选为让一侧呈现弧形倒角，而另一侧为直角倒角，弧形面的两端所在的区域设置为平面，在两个平面上均开有通孔；在倾斜器外壳 212 内安装有旋转支撑轴 218、锥齿轮 213、连接翼片 215、轴盖 214、线路通轴 216 等。旋转支撑轴 218 置于倾斜器外壳 212 一侧通孔中，所述锥齿轮 213 置于旋转支撑轴 218 上，用键与旋转支撑轴 218 周向固定，旋转支撑轴 218 一侧轴端有螺纹，六角轴盖 217 旋转连接于轴端以实现轴向固定锥齿轮 213；旋转支撑轴 218 另一侧留有螺栓固定的螺栓孔，用轴盖 214 固定密封。倾斜器外壳 212 另一侧通孔中置有线路通轴 216，线路通轴 216 为空心轴，线路由此进入下一结构；线路通轴 216 留有螺栓固定的螺栓孔，用轴盖 214 固定密封。连接翼片 215 为两个连接片，两个连接片其中的一个或多个开设有流道，作为线路通孔。连接翼片 215 上留有螺栓固定的螺栓孔，与轴盖 214 连接，固定密封。

如图 1、图 19 至图 20 所示，下壳体 3，包含上端体 301、载体座 302、换能器 303 和电子罗盘 304。所述上端体 301 上端为与倾斜器外壳 212 底部配合的弧形，下端设有带螺纹的开口，留有通道用于线路通过。上端体 301 内还可以包含控制器、电路板等装置。所述载体座 302 通过螺纹与上端体 301 连接，中心为线路通道。换能器 303 用于实现电声转换，数量为多个，置于特定位置中。电子罗盘使用螺栓固定在上端体 301 的内部空间，精确检测换能器 303 的空间位置。

如图 4 所示，具体是，电缆连接外壳 101 为阶梯孔结构，连接电缆与壳体。电缆连接轴 102 为空心圆柱，该空心圆柱为轴向沿电缆连接外壳 101 通孔贯穿，电缆连接外壳 101 的外

伸端外侧有螺纹，利用紧定螺母 103 旋转紧定电缆连接轴 102，外部电缆与电缆连接轴 102 通过螺纹连接在一起，线路由中心通孔穿过。

在如图 6 所示的实施例中，还包括散热器一 105、驱动电路板一 106、隔断件一 107、上端盖 114 和控制电路板一 115。散热器一 105 轴向穿设于电机外壳一 104 内，用于驱动电路板一 106 和控制电路板一 115 的散热。驱动电路板一 106 和控制电路板一 115 利用螺栓固定在散热器一 105 翼之间的平面。一贯通孔沿轴向贯穿电缆连接外壳 101、电缆连接轴 102、紧定螺母 103、散热器一 105、隔断件一 107。

如图 6 所示，具体是，散热器一 105 为六翼翅结构，包括空心圆柱本体和六个翼翅。空心圆柱本体沿轴向布置，六个翼翅与电机外壳一 104 接触，其接触面粗糙度应在 0.6-0.8 以下，便于散热。优选的，驱动电路板一 106 与控制电路板一 115 利用螺钉固定在散热器 105 翼之间的安装面，六个安装面可视情况而定安装电路板；电路板与安装面间应涂有导热硅脂，利于导热；为防止仪器在下入井过程与井壁碰撞的震动引起螺钉松动，可使用特殊防松螺纹胶。驱动电路板一 106 与控制电路板一 115 工作时产生的热量以热传导形式传递到散热器一 105，再由翼翅以热传导形式传递到电机外壳一 104，最后以热辐射或热对流形式传递到外部介质。

如图 7、图 8、图 9 所示，具体是，隔断件一 107 为盘型零件，将散热器一 105 与转子轴一 110 分隔开，隔断件一 107 的盘型面开设有通槽，用于线路通过和便于散热；隔断件一 107 外侧有定位块，与上壳体 1 内壁的定位槽 1041 固定，以防隔断件一 107 周向旋转。旋转变压器一 108 包含定子和转子，转子通过平键安装在转子轴一 110 的台阶面上，定子安装在隔断件一 107 内壁。止推轴承一 113，轴向安装在电机外壳一 104 和转子轴一 110 之间，用于支撑上壳体 1 内的零件负载。

在一个优选的实施例中，转子为永磁转子，本发明中两个电机均为永磁同步电机，所使用的散热器、转子轴、隔断件、旋转变压器、定子叠片组、磁钢组、止推轴承等结构类似。

永磁转子一包括固定在转子轴一 110 上的磁钢组一 109 以及套设固定在磁钢组一 109 外的护套一 112，永磁转子二包括固定在转子轴二 210 上的磁钢组二 209 以及套设固定在磁钢组二 209 外的护套二 208；磁钢组二 109 位于转子轴一 110 的两个台阶之间，磁钢组二 209 位于转子轴二 210 的两个台阶之间，均由 10×5 的周向加轴向的组合方式拼接而成，且每块磁钢间留有间隙，间隙采用隔条隔开；优选的，磁钢材料可选为钕钴合金；磁钢在安装前应检查磁极，确保方向正确，再安装护套一 112 与护套二 208。护套一 112 与磁钢组一 109、护套二 208 与磁钢组二 209 均采用热装配，过盈配合，用于保护磁钢表面的完整性及防止旋转时磁钢意外脱落，护套与定子叠圈组之间具有间隙，优选的，护套材料可选为 Cr18Ni9。定子叠片组一 111 与定子叠片组二 207，均由多个定子叠片叠压形成，每个定子叠片采用分数槽

结构，10极12槽，定子叠片外侧有定位块，与上壳体1内壁的定位槽1041固定，以防定子叠片周向旋转；绕组采用短距单层绕组，并且应采用绝缘材料聚酰亚胺。

永磁电机一包含磁钢组一109、转子轴一110和定子叠片组一111。所述转子轴一110具有空心通孔，用于电路通过，其沿轴向穿设于上壳体1内，并于上壳体1之间形成密闭腔室；所述定子叠片组一111位于腔室内，且套设于上壳体1与转子轴一110之间，定子叠片组一111与转子轴一110之间具有间隙，定子叠片组一111通电后产生旋转磁场，磁钢组一109带动转子轴一110转动；

本发明中，采用永磁同步电机，效率高、启动快速、力矩大、能精确控制转动角度，直接驱动负载，无需减速器，结构更加简单，能适应井下多种工况。

如图1所示，在本实施例中，与永磁电机配合使用的还包括旋转变压器一108、旋转变压器二206和驱动控制系统。旋转变压器一108、旋转变压器二206分别套接转子轴一110、转子轴二210外侧，变压器内圈与转子轴同轴连接，用于检测转子的旋转位置信号（即转子轴转过的角度）。驱动控制系统包括驱动电路板与控制电路板，通过电缆与地面计算机连接，接收与传输信号；控制电路板传输控制信号给驱动电路板，由驱动电路板控制电机的启停、转速和旋向。

在本发明中，采用直流电能大大减轻电能的电容效应，有利于显效电缆根数，提高电机可靠性。地面将高压直流电传输给电机驱动系统，由驱动电路板产生控制信号，通过导线将控制信号传输给定子，实现电机的启停和转数控制；旋转变压器的内环与转子轴同轴连接，用于检测转子轴和磁钢的旋转位置，产生位置信号并传输给驱动电路板和地面计算机，接受下一步指令。

本发明中的驱动控制系统能即时传输电机运行的状态信号到地面计算机，有利于提高声呐测量的精确性和工作效率。

如图16所示，转子轴二210的下轴端为锥齿轮结构，且与锥齿轮213相啮合，由转子轴二210转动，带动锥齿轮213、旋转支撑轴218旋转，使下壳体3以旋转支撑轴线为旋转中心竖直方向旋转。

如图1所示，上壳体104与转子轴一110之间、中壳体202与转子轴二210之间套设有止推轴承一113、止推轴承二211，载荷由轴承传输到外壳上。本发明中采用密封圈作为密封保护装置之一。其中，上壳体104与转子轴一110之间、上端盖二201与转子轴一110之间、中壳体202与转子轴二210之间均采用齿形滑环式组合密封作为旋转轴密封件，能适应高温高压的井下环境，具有高寿命、低摩擦、无泄漏以及结构简单适应性强的优点；旋转支撑轴218与倾斜器外壳212之间、线路通轴216与倾斜器外壳212之间采用O型密封圈，加强密

说明书

封的可靠性，较佳的，材料可采用氟橡胶密封圈或丁晴橡胶密封圈，以确保电机能在高温高压环境下可靠工作。

通过上述结构设计，可以实现让装置保持水平旋转和端部摆动旋转的效果，且整套系统结构灵活、密封完善、便于操作、探测高效，能有效提高特定地形地层环境下的检测效果。

以上所述，仅是本发明的较佳实施例而已，并非对本发明作任何形式上的限制，虽然本发明已以较佳实施例揭露如上，然而并非用以限定本发明，任何熟悉本专业的技术人员，在不脱离本发明技术方案范围内，当可利用上述揭示的技术内容作出些许更动或修饰为等同变化的等效实施例，但凡是未脱离本发明技术方案的内容，依据本发明的技术实质对以上实施例所作的任何简单修改、等同变化与修饰，均仍属于本发明技术方案的改进。