

一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法及装备

技术领域

[0001] 本发明涉及固块氢的常温常压储运氢技术领域，尤其是涉及一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法及装备。

背景技术

[0002] 目前国内常用的储运氢方式有：高压气态储运氢、低温液态储运氢；高压气态储运氢因为安全性发展一直受到限制，且储氢密度较低，不适合大规模长距离运输；低温液态储运氢由于高成本、储运难度大。以上两种方式不但成本高、容器耐压要求高、安全性低、效率低，而且对运输工具、路线、距离都有限制。

发明内容

[0003] 本发明的目的在于提供一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法及装备，基于固块氢的储氢特点配合吸放循环装备实现常温常压储运，风险低，成本低，可以反复循环利用，以解决现有技术中存在的氢在常压常温下安全储运的技术问题。

[0004] 为实现上述目的，本发明提供了以下技术方案：

本发明提供一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备，包括固块氢瓶、吸氢模块和储氢模块；其中：

所述固块氢瓶采用不锈钢材质制成，内部放置有固块镁胚；

所述吸氢模块和所述储氢模块均为模块化设计结构，且均包括智能加热设备，能通过所述智能加热设备对所述固块氢瓶进行加热吸氢或加热放氢；所述吸氢模块用于加热所述固块氢瓶并向内持续输送氢气，以使固块镁胚与氢气发生化学反应生成固块氢化镁；所述储氢模块用于加热含有固块氢化镁的所述固块氢瓶，以使固块氢化镁通过热解反应将氢气进行释放后储存氢气，且固块氢化镁释放氢气后形成固块镁胚后重复利用；

所述智能加热设备包括人机交互模块、智能控制模块、电源模块、加热模块、纳米保温隔热模块、温度检测模块、散热模块；其中：

所述人机交互模块包括可视的数字化模型和触屏，所述可视的数字化模型用于显示智能加热设备的运行情况，所述触屏用于实现对智能加热设备的控制，以调整加热温度、压力、加热顺序，从而实现吸放氢的速度控制；

所述智能控制模块分别与所述人机交互模块、所述加热模块、所述温度检测模块和所述散热

模块电性连接，用于实现智能加热设备的自动控制；

所述电源模块分别与所述智能控制模块、所述人机交互模块、所述加热模块、所述温度检测模块和所述散热模块电性连接；

所述加热模块包括云母高温铜线、供电线；所述云母高温铜线缠绕在所述纳米保温隔热模块外侧，所述供电线与所述云母高温铜线连接；当所述云母高温铜线得电产生磁场时，磁场在所述固块氢瓶中产生涡电流形成自身加热；

所述纳米保温隔热模块包括非金属隔热材料制成的隔热支架、纳米微孔洞材料制成的纳米隔热材料；所述固块氢瓶放置于所述隔热支架内部，通过所述隔热支架形成非金属隔热层；所述固块氢瓶与所述隔热支架内壁之间留有间隔，以形成静止空气保温层；所述纳米隔热材料缠绕在所述隔热支架外侧，以形成纳米隔热层；

所述温度检测模块安装在所述纳米保温隔热模块外侧，并通过弹簧探针方式与所述固块氢瓶接触连接，以实时测试固块氢瓶的温度；

所述散热模块设置在所述隔热支架内部，且位于所述固块氢瓶下部位置；所述散热模块包括设置在所述隔热支架上的进气孔和与所述进气孔连接的带压供气源；所述进气孔围绕所述固块氢瓶整圈设置，且所述进气孔的出口轴线与所述固块氢瓶的管壁成相切结构。

[0005] 进一步的，所述加热模块沿竖直高度方向为分段布置结构，且每段所述加热模块均可独立控制，以适用于不同高度的所述固块氢瓶。

[0006] 进一步的，所述温度检测模块分别安装在所述纳米保温隔热模块的上部、中部和下部。

[0007] 进一步的，所述吸氢模块包括储氢罐、气泵、智能加热设备、三通阀和开关阀；其中：所述储氢罐通过所述开关阀与所述气泵连接，以供应氢气；

所述气泵通过所述三通阀与所述固块氢瓶连接，以进行瓶内抽真空；

所述智能加热设备与所述固块氢瓶可接触连接，用于对固块氢瓶进行加热。

[0008] 进一步的，所述储氢模块包括储氢罐、气泵、智能加热设备、换热器、三通阀和开关阀；其中：

所述储氢罐通过所述开关阀与所述气泵连接；

所述固块氢瓶通过所述三通阀与所述换热器连接，以进行氢气输出；

所述气泵分别与所述换热器和所述三通阀连接；

所述智能加热设备与所述固块氢瓶可接触连接，用于对固块氢瓶进行加热。

[0009] 进一步的，所述固块氢瓶包括固块氢瓶本体、端盖、截止阀、支撑支架、固块镁胚；

其中：

所述固块氢瓶本体为密封罐体结构，顶部敞口；

所述端盖封盖顶部敞口处，以形成整体密封的所述固块氢瓶；

所述截止阀安装在所述端盖的进出口上；

所述支撑支架安装在所述固块氢瓶本体内；

所述固块镁胚放置于所述支撑支架上。

[0010] 进一步的，所述固块氢瓶还包括底部防撞护套、阀体防护套；其中：

所述底部防撞护套套设在所述固块氢瓶本体底部；

所述阀体防护套套设在所述截止阀外侧。

[0011] 进一步的，所述固块氢瓶还包括密封垫圈、安装螺栓、吊环螺栓、安全阀和泄气阀，其中：

所述密封垫圈设置在所述端盖和所述固块氢瓶本体连接处；

所述安装螺栓和所述吊环螺栓用于连接所述端盖和所述固块氢瓶本体；

所述安全阀和所述泄气阀依次设置在与所述截止阀连接的气管上。

[0012] 进一步的，所述支撑支架包括支撑管路和支撑板，所述支撑管路竖直设置在所述固块氢瓶本体内；所述支撑板数量为多块，沿所述支撑管路轴向均匀设置；所述固块镁胚穿设在所述支撑管路上，并贴合放置在每层所述支撑板上。

[0013] 进一步的，还包括运输设备，所述运输设备用于将所述固块氢瓶在所述吸氢模块和所述储氢模块之间往复运输。

[0014] 本发明提供一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法，利用所述装备进行循环使用的方法，所述方法包括：

步骤 S1、将所述固块氢瓶吊装入所述吸氢模块中的智能加热设备中；

步骤 S2、对所述固块氢瓶进行抽真空处理；

步骤 S3、向所述固块氢瓶内供应氢气并同时向云母高温铜线进行供电，产生磁场，磁场穿过纳米保温隔热模块后在不锈钢材质的固块氢瓶中产生涡电流，不锈钢固块氢瓶在其自身电阻条件下开始自加热，使置于所述固块氢瓶内的固块镁胚与氢气发生反应生成固块氢化镁，以完成吸氢过程；具体的，将氢气导入到固块氢瓶中，当压力达到 1MPa 时，压力传感器将信号传递给智能加热设备，智能加热设备依据于固块氢瓶的高度开启适当段数的加热模块；固块镁胚与氢气在温度 380–480℃，氢气与镁发生反应生成氢氧化镁；吸氢结束后，通过气泵

排出存留的氢气，拆除输氢管，关闭截止阀，吊装设备通过吊环将装有固块氢化镁的固块氢瓶取出；

步骤 S4、将完成吸氢的所述固块氢瓶运输到所需位置；

步骤 S5、将吸氢后的所述固块氢瓶吊装入所述储氢模块中；

步骤 S6、对储氢模块中的换热器和出氢管路进行抽真空处理，然后对吸氢后的所述固块氢瓶加热，固块氢化镁中的氢气被释放，通过所述储氢模块将释放的氢气储存，以完成放氢过程，具体的，储氢模块中的智能加热设备依据于固块氢瓶的高度开启不同段数的加热模块，加热温度为 400–550℃，氢气被释放出，通过气泵将氢气输送到换热器降温后，然后输送至储氢罐，储氢罐对外输出氢气，完成放氢过程，排出氢气断开气管，关闭截止阀，吊装设备通过吊环将装有固块镁的固块氢瓶取出，重复步骤 S1–S6 以实现循环的常温常压氢搬运；

步骤 S3 和 S6 中，利用智能加热设备对固块氢瓶加热过程中，当智能控制模块发出紧急散热指令时，散热模块中的带压供气源启动，带压散热气体经位于隔热支架上的进气孔进入，向固块氢瓶下部整圈侧壁以相切方式吹气，注入的带压散热气体环绕固块氢瓶圆周方向呈螺旋式上升，并最后经固块氢瓶顶部排出。

[0015] 此处需要说明的是，为了更好的实现螺旋式上升的气流，进气孔的出口轴线可与水平面之间具有一定夹角，呈斜向上形式，从而使得经进气孔吹出的风为斜向上的出风方向。当然，进气孔的出口轴线与水平面平行也可以。

[0016] 本发明在吸氢地通过加热设备加热固块氢瓶内的固块镁胚并通入氢气后，固块镁胚与氢气反应得到了固块氢化镁，完成吸氢过程，常温常压的固块氢瓶通过运输到释氢地，再通过加热设备将氢气释放出来，此时固块氢化镁转变为固块镁胚。装有固块镁胚的固块氢瓶返回到吸氢地继续吸氢，这样通过固块氢瓶的流转实现了循环运氢的目的。

[0017] 本发明公开了一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法及装备，基于固块氢化镁在吸氢、放氢、储氢、运氢各个环节优化设计，实现了常温常压下的氢储运，安全可靠，大大降低各个环节成本。通过固块镁胚的一次填装，可以多次完成在常温常压运氢的过程，大大提高了安全性，降低了成本，有利于固块储氢工业化与规模化的搬运氢。该发明打破了运氢的距离限制与用氢规模的限制，从而为推广氢能的利用开拓了新的路径；本发明采用的智能加热模块，在加热时能够利用电磁效应加热方式对固块氢瓶和加热，并将固块氢瓶与隔热支架之间设置间隔，该间隔不仅形成了静止空气隔热层，在加热时减少固块氢瓶的热量向外侧散发，对固块氢瓶和空间实现保温效果，并且由于隔热效果好，加热效率增加，能够实

现快速加热固块氢瓶和间隔空间；而且该空间内设置散热模块，通过将加热模块和散热模块分体设置，且散热模块设置在固块氢瓶下部，进气孔倾斜设置，吹出风能斜向上吹出，能够利用该间隔空间在紧急情况时从下部的进气孔吹入带压冷空气，对固块氢瓶表面吹风，然后冷空气快速上升以排出，实现固块氢瓶和间隔空间的快速散热降温，提高生产效率，保证生产安全。

[0018] 本发明还具有整个系统结构简单、安全环保、控制简便，实现常温常压储氢，固块氢瓶可以循环利用，适合大批量生产制造，实现长距离搬运氢。

附图说明

[0019] 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作简单地介绍，显而易见地，下面描述中的附图仅仅是本发明的一些实施例，对于本领域普通技术人员来讲，在不付出创造性劳动的前提下，还可以根据这些附图获得其他的附图。

[0020] 图1是本发明一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备中储氢模块的结构示意图；

图2是本发明一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备中固块氢瓶的剖面图；

图3是本发明一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备中进气孔吹出风的朝向示意图；

图4是本发明一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备中固块氢瓶放入隔热支架内部的俯视截面图；

图5是本发明一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备中固块氢瓶的局部结构示意图；

图6是本发明一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备中固块氢瓶放入隔热支架内部时的水平剖开后的局部轴侧图；

图7是本发明一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备中固块氢瓶放入隔热支架内部时的竖直剖开后的局部轴侧图。

[0021] 图中1、智能加热设备；2、固块氢瓶；3、换热器；4、气泵；5、储氢罐；6、三通阀；7、第一截止阀；11、人机交互模块；12、智能控制模块；13、电源模块；14、加热模块；15、纳米保温隔热模块；16、散热模块；17、温度检测模块；21、截止阀；22、端盖；23、固块氢瓶本体；24、底部防撞护套；25、阀体防护套；26、螺栓；27、吊环螺栓；28、固块镁胚；29、支撑支架；30、风道；31、进气孔。

具体实施方式

[0022] 为使本发明的目的、技术方案和优点更加清楚，下面将对本发明的技术方案进行详细

的描述。显然，所描述的实施例仅仅是本发明一部分实施例，而不是全部的实施例。基于本发明中的实施例，本领域普通技术人员在没有做出创造性劳动的前提下所得到的所有其它实施方式，都属于本发明所保护的范围。

[0023] 本发明提供了一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备，该循环装备基于固块氢的储氢特点配合吸放循环装备实现常温常压储运，风险低、成本低、可以反复循环利用，解决了氢在常温常压下的储运的问题，通过终端设备完成氢的吸放过程，实现了吸氢、储氢、运氢、放氢的闭环过程，其中固块储氢瓶可以反复使用，大大降低了储氢、运氢、用氢的成本。

[0024] 具体的，本发明的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备包括固块氢瓶 2、吸氢模块、运输设备和储氢模块；其中：

固块氢瓶 2 采用不锈钢材质制成，内部放置有固块镁胚 28；

吸氢模块和储氢模块均为模块化设计结构，且均包括智能加热设备 1，能通过智能加热设备 1 对所述固块氢瓶 2 进行加热吸氢或加热放氢；具体的，在本实施例中：

智能加热设备 1 包括人机交互模块 11、智能控制模块 12、电源模块 13、加热模块 14、纳米保温隔热模块 15、温度检测模块 17、散热模块 16；其中：

人机交互模块 11 包括可视的数字化模型和触屏，可视的数字化模型用于显示智能加热设备的运行情况，触屏用于实现对智能加热设备的控制，可以调整设备的运行参数，例如加热温度、压力、加热顺序等的调节，从而实现吸放氢的速度控制，从而满足客户的需求；

智能控制模块 12 为智能加热设备 1 的控制中枢，分别与人机交互模块 11、加热模块 14、温度检测模块 17 和散热模块 16 电性连接，用于实现智能加热设备 1 的自动控制，能够自适应的保持加热温度，当外部环境温度降低导致加热热量流失过多时，会及时补偿加热温度，当固块氢瓶 2 内反应剧烈释放出大量热量时，会通过散热模块 16 匀速降低炉内温度，保证炉内温度在合适的范围内。同时监测着氢气压力，吸放氢的进度，紧急泄氢，紧急降温等指令。

[0025] 电源模块 13 分别与智能控制模块 12、人机交互模块 11、加热模块 14、温度检测模块 17 和散热模块 16 电性连接；具体的，电源模块 13 通过多组电容给智能加热设备 1 提供稳定电压、电流，保证加热的稳定；

加热模块 14 是将电能转化成热能的模块，包括云母高温铜线、供电线；云母高温铜线缠绕在纳米保温隔热模块 15 外侧，供电线与云母高温铜线连接；当云母高温铜线得电产生磁场时，磁场穿过纳米保温隔热模块 15，会在不锈钢材质的固块氢瓶 2 中产生涡电流，因电阻而让不锈钢固块氢瓶 2 自身开始加热，也就是磁场在固块氢瓶 2 中产生涡电流形成自身加热；此时

不锈钢的固块氢瓶 2 作为加热炉，加热瓶内的固块镁胚或固块氢化镁，以达到吸放氢的目的。

[0026] 为了提高设备的适用范围，作为本发明的一种可选实施方式，加热模块 14 沿竖直高度方向为分段布置结构，且每段加热模块 14 均可独立控制，以适用于不同高度的固块氢瓶 2；也就是说，缠绕的云母高温铜线可以分段布置、多层布置满足不同高度或不同管径的固块氢瓶。

[0027] 在本实施例中，云母高温铜线内部是多股无氧铜丝绞合的铜芯，中间层为氟金云母层，外部由无碱玻璃纤维编织层，满足高温阻燃的需求。

[0028] 纳米保温隔热模块 15 为三层保温层结构，包括非金属隔热材料制成的隔热支架、纳米微孔洞材料制成的纳米隔热材料；固块氢瓶 2 放置于隔热支架内部，隔热支架采用非金属材料制成，通过隔热支架形成非金属隔热层，直接阻隔热源（固块氢瓶 2）的热传导、热对流和热辐射；固块氢瓶 2 与隔热支架内壁之间留有间隔，以形成静止空气保温层；纳米隔热材料缠绕在隔热支架外侧，厚度为 10mm–30mm，以形成纳米隔热层；纳米保温隔热模块 15 有效的阻断了热传递，将热集中在固块氢瓶内，节省了能耗。

[0029] 在此需要说明的是，本实施例中的纳米隔热材料为纳米微孔洞材料，大约尺寸为 2 到 5 纳米的球形聚合粒子互相结合成一个个小单元，进而组合成树突状的微观立体结构。这些小单元会形成分形链状的三维结构，其间充塞着大量的孔洞，每个孔洞尺寸不大于 100 纳米。这些空洞能存留空气，从而阻隔热传导、热对流、热辐射，起到隔热保温减少热流失的需要。

[0030] 温度检测模块 17 是给智能控制模块 12 提供温度检测数据，安装在纳米保温隔热模块 15 外侧，并通过弹簧探针方式与固块氢瓶 2 接触连接，以实时测试固块氢瓶 2 的温度；为了提高测量准确性，在本实施例中，温度检测模块 17 分别安装在纳米保温隔热模块 15 的上部、中部和下部，以分别对应固块氢瓶 2 的不同高度，最优的实施例，将固块氢瓶 2 的高度均分为上中下三处，将温度检测模块 17 分别安装在上中下三处，增加数据收集参考，防止单一探头出现失效，导致控制失效。

[0031] 如图 2–图 7 所示，散热模块 16 是一种高效换气系统，执行智能控制模块紧急散热的指令；具体的，散热模块 16 设置在隔热支架内部，且位于固块氢瓶 2 下部位置；散热模块 16 包括设置在隔热支架上的进气孔 31 和与进气孔 31 连接的带压供气源；进气孔 31 围绕固块氢瓶 2 整圈设置，且进气孔 31 的出口轴线与固块氢瓶 2 的管壁成相切结构；更优的方式是，成倾斜相切；此处的倾斜是指进气孔 31 的出口轴线与水平面之间存在夹角，为斜向上的倾斜；当出现高温时，高压冷空气通过进气孔 31 向隔热支架与热源（固块氢瓶 2）间存留间隙注入，

注入的冷空气环绕热源（固块氢瓶）螺旋排出，将多余的热排除，达到紧急散热的目的。

[0032] 此处需要说明的是，带压供气源可以包括空气压缩机，也可以为鼓风机，通过管路与进气孔 31 连通。当然，由于进气孔 31 数量为多个，整圈设置，可以在隔热支架外壁上沿整圈设置风道 30；管路与风道 30 连通；而风道 30 与每个进气孔 31 均连通，管路与空气压缩机或鼓风机连接；高压冷空气经管路进入到风道 30 内，然后经每个进气孔 31 吹入到隔热支架与固块氢瓶 2 之间的空间间隙内，然后吹向固块氢瓶 2 整圈表面，由于进气孔 31 位于固块氢瓶 2 下部周侧位置，虽然吹出的冷空气为带压冷空气，但是其也只能直接吹到固块氢瓶 2 下部位置，为了能够快速排出热量，所以将进气孔 31 设置成倾斜结构，也就是进气孔 31 的出口轴线与水平面之间有夹角，为倾斜向上结构，且进气孔 31 的中心轴线延长线与固块氢瓶 2 的外壁呈相切状态，由此，可使得吹出的带压冷空气能够在吹到固块氢瓶 2 表面后形成类似于螺旋形的气流，而向上流动，以利用螺旋形的气流与固块氢瓶 2 中部及上部表面接触，在螺旋上升过程中带走热量，实现快速降温散热。

[0033] 如图 3 所示为从俯视图方向看进气孔 31 的出气轴线与固块氢瓶外壁相切的示意图。

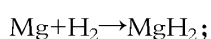
[0034] 本发明采用的智能加热模块，在加热时能够利用电磁效应加热方式对固块氢瓶和加热，并将固块氢瓶与隔热支架之间设置间隔，该间隔不仅形成了静止空气隔热层，在加热时减少固块氢瓶的热量向外侧散发，对固块氢瓶和空间实现保温效果，并且由于隔热效果好，加热效率增加，能够实现快速加热固块氢瓶和间隔空间；而且该空间内设置散热模块，通过将加热模块和散热模块分体设置，且散热模块设置在固块氢瓶底部，进气孔 31 倾斜设置在间隔空间内，能够利用该间隔空间在紧急情况时从底部的进气孔 31 吹入带压冷空气，对固块氢瓶表面吹风，然后冷空气快速上升以排出，实现固块氢瓶和间隔空间的快速散热降温，提高生产效率，保证生产安全。本发明的装置可模块化布置，适用于大批量生产制造，提高生产效率。

[0035] 吸氢模块，用于加热固块氢瓶 2 并向内持续输送氢气，以使固块镁胚 28 与氢气反应后生成固块氢化镁；

运输设备用于运输固块氢瓶 2；由于固块氢化镁可使用普通运输设备运输，减少运输成本，以及运输管控，提高运输安全性，实现常压常温氢运输。

[0036] 储氢模块，用于加热含有固块氢化镁的固块氢瓶 2，以使固块氢化镁通过热解反应将氢气进行释放后储存氢气，且固块氢化镁释放氢气后形成固块镁胚 28 后重复利用。

[0037] 本发明在吸氢和放氢过程中所涉及到的原理公式为：



$\text{MgH}_2 \rightarrow \text{Mg} + \text{H}_2$ 。

[0038] 本发明具有整个系统结构简单、安全环保、控制简便、成本低廉、安全可靠，实现常压常温储氢，固块氢瓶 2 可以循环利用，更容易实现氢的工业化、规模化搬运，适合大批量生产制造，实现长距离搬运氢，适合各种用氢场景。

[0039] 而且本发明的循环装备，可根据客户的用氢需求对设备可以扩展，例如可以同时使用多个固块氢瓶 2 进行出氢，从而提供大流量氢气；本发明常温常压固块氢瓶 2 可以通过现有气瓶（氧气瓶）的运输设备运输，不需要更新现有的装备与治具，大大节省了运输成本；本发明的常温常压固块氢瓶 2 为密封容器，当容器内装有固块镁或固块氢化镁时，可以按照正常物流运输系统运输。

[0040] 进一步的，吸氢模块包括储氢罐 5、气泵 4、智能加热设备 1、三通阀 6 和开关阀（附图中未示出）；其中：

储氢罐 5 通过开关阀与气泵 4 连接，以供应氢气；此处需要说明的是，三通阀 6 的第三个端口处于常闭状态。

[0041] 气泵 4 通过三通阀 6 与固块氢瓶 2 连接，以进行瓶内抽真空；

智能加热设备 1 与固块氢瓶 2 可接触连接，用于对固块氢瓶 2 进行加热。

[0042] 进一步的，如图 1 所示，储氢模块包括储氢罐 5、气泵 4、智能加热设备 1、换热器 3、三通阀 6 和开关阀（附图中未示出）；其中：

储氢罐 5 开关阀与气泵 4 连接，以接收降温后的氢气；具体的，热交换器（换热器 3）为不锈钢散热器，用于吸放氢时维持氢气一个常温的状态。储氢罐 5 用于吸放氢时氢气的储存容器。

[0043] 固块氢瓶 2 通过三通阀 6 与换热器 3 连接，以进行氢气输出；

气泵 4 分别与气泵 4 和三通阀 6 连接，用于控制氢气的压力；

智能加热设备 1 与固块氢瓶 2 可接触连接，用于对固块氢瓶 2 进行加热。

[0044] 进一步的，如图 2 所示，固块氢瓶 2 包括固块氢瓶本体 23、端盖 22、截止阀 21、支撑支架 29、固块镁胚 28；其中：

固块氢瓶本体 23 为密封罐体结构，顶部敞口；

端盖 22 封盖顶部敞口处，以形成整体密封的固块氢瓶 2；

截止阀 21 安装在端盖 22 的进出口上；

支撑支架 29 安装在固块氢瓶本体 23 内；

固块镁胚 28 放置于支撑支架 29 上。

[0045] 此处需要说明的是，当固块氢瓶 2 完成吸氢后，放置与支撑支架 29 上的为固块氢化镁。

[0046] 进一步的，固块氢瓶 2 还包括底部防撞护套 24、阀体防护套 25；其中：

底部防撞护套 24 套设在固块氢瓶本体 23 底部；

阀体防护套 25 套设在截止阀 21 外侧。

[0047] 进一步的，固块氢瓶 2 还包括密封垫圈、安装螺栓 26、吊环螺栓 27、安全阀和泄气阀，其中：

密封垫圈设置在端盖 22 和固块氢瓶本体 23 连接处；

安装螺栓 26 和吊环螺栓 27 用于连接端盖 22 和固块氢瓶本体 23；其中吊环螺栓 27 的数量为四个，间隔设置，也就是说端盖 22 和固块氢瓶本体 23 之间通过螺栓 26 和吊环螺栓 27 连接。

[0048] 安全阀和泄气阀依次设置在与截止阀 21 连接的气管上。

[0049] 进一步的，支撑支架 29 包括支撑管路和支撑板，支撑管路竖直设置在固块氢瓶本体 23 内；支撑板数量为多块，沿支撑管路轴向均匀设置；固块镁胚 28 穿设在支撑管路上，并贴合放置在每层支撑板上。

[0050] 此处需要说明的是，在本实施例中，固块氢瓶 2 包含了固块氢瓶本体 23、端盖 22、截止阀 21、安全阀、泄气阀、阀体防护套 25、密封垫圈、螺栓 26、吊环螺栓 27、支撑支架 29、底部防撞护套 24、固块氢化镁或固块镁胚 28。

[0051] 固块氢瓶本体 23 为密封件，其中一端为开放端口，使用法兰与端盖 22 连接，另一端外侧安装了底部防撞护套 24，端盖 22 为法兰盘端口，顶部安装阀类零部件，阀类零件外侧设计了一个镂空防护罩，也就是阀体防护套 25；固块氢瓶本体 23 与端盖 22 之间使用密封垫圈，固块氢瓶本体 23 与端盖 22 通过不限于螺栓 26 机械连接；固块氢瓶本体 23 内部设计支撑支架 29，支撑支架 29 是由支撑管路与支撑板组成，支撑管路贯穿整个固块氢瓶本体 23，支撑板为不限于圆形的板状结构，支撑板与支撑管道连接，支撑板上放置固块镁胚 28 或固块氢化镁。

[0052] 本发明涉及到固块储氢材料固块氢化镁的应用，固块氢化镁在未吸氢状态下为固块金属镁胚，将镁胚制成圆柱蜂窝状，通过支撑支架 29 将蜂窝状金属镁胚叠加起来，镁胚之间保持合适的间隙，并填充到固块氢瓶 2 内并进行封装。固块氢瓶 2 为一个四周密封容器，端部设计有截止阀 21（瓶体上）、安全阀、泄气阀，顶部设计吊装吊环结构。

[0053] 本发明中吸氢和储氢模块中均包括智能加热设备 1，而该智能加热设备为固定设置结

构，每次仅需将固块氢瓶吊装进出即可；而智能加热设备包括人机交互模块 11、智能控制模块 12、电源模块 13、加热模块 14、纳米保温隔热模块 15、温度检测模块 17、散热模块 16；人机交互模块 11 通过可视的数字化模型呈现设备的运行情况，通过触屏功能实现对设备的操作。智能控制模块 12 为智能加热设备的控制核心，控制加热温度，加热时间，氢气压力，吸放氢的进度，紧急泄氢，紧急降温等指令。电源模块 13 给智能加热设备提供稳定电压、电流。加热模块 14 是将电能转化成热能的模块。纳米保温隔热模块 15 有限的阻断了热传递，将热集中在固块氢瓶 2 内，节省了能耗。温度检测模块 17 是给智能控制模块 12 提供温度检测数据。散热模块 16 是一种高效换气系统，执行智能控制模块 12 紧急散热的指令。而且在本发明中，在储氢模块处，设置换热器，通过换热器用于吸放氢时维持氢气一个常温的状态。

[0054] 进一步的，还包括运输设备，运输设备用于将固块氢瓶在吸氢模块和储氢模块之间往复运输。

[0055] 本发明提供一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法，利用装备进行循环使用的方法，方法包括：

步骤 S1、将所述固块氢瓶 2 吊装入所述吸氢模块中的智能加热设备中；具体的，吊装设备通过吊环将固块氢瓶 2 放入智能加热设备 1 的隔热支架内；

步骤 S2、对所述固块氢瓶 2 进行抽真空处理；具体的，接通气管接头，打开固块气瓶截止阀 21，通过气泵 4 的排气口排出瓶内空气，真空度达到 80KPa 以上，然后关闭气泵 4 的排气口，并反向运转气泵 4 进行输氢；

步骤 S3、向所述固块氢瓶 2 内供应氢气并同时向云母高温铜线进行供电，产生磁场，磁场穿过纳米保温隔热模块后在不锈钢材质的固块氢瓶中产生涡电流，不锈钢固块氢瓶在其自身电阻条件下开始自加热，使置于所述固块氢瓶内的固块镁胚与氢气发生反应生成固块氢化镁，以完成吸氢过程；具体的，将氢气导入到固块氢瓶中，当压力达到 1MPa 时，压力传感器将信号传递给智能加热设备，智能加热设备依据于固块氢瓶的高度开启适当段数的加热模块；固块镁胚与氢气在温度 380–480℃，氢气与镁发生反应生成氢氧化镁；吸氢结束后，通过气泵排出存留的氢气，拆除输氢管，关闭截止阀 21，吊装设备通过吊环将装有固块氢化镁的固块氢瓶取出；此时固块氢瓶 2 为常温常压的储氢密封容器。

[0056] 步骤 S4、利用运输设备将完成吸氢的所述固块氢瓶运输到所需位置；具体的，可以通过海、陆、空多种方式进行长距离大规模的运输。此过程为常压常温下的储运过程。

[0057] 步骤 S5、将吸氢后的所述固块氢瓶吊装入储氢模块中；具体的，运至到需要用氢端时，

吊装设备通过吊环将装有固块氢化镁的固块氢瓶 2 装到加热设备中,接通气管,打开截止阀 21;

步骤 S6、对储氢模块中的换热器和出氢管路进行抽真空处理,然后对吸氢后的所述固块氢瓶加热,固块氢化镁中的氢气被释放,通过所述储氢模块将释放的氢气储存,以完成放氢过程,具体的,储氢模块中的智能加热设备依据于固块氢瓶的高度开启不同段数的加热模块,加热温度为 400–550℃,氢气被释放出,通过气泵 4 将氢气输送到换热器降温后,然后输送至储氢罐 5,储氢罐 5 对外输出氢气,储氢罐 5 上安装有第一截止阀 7 用于供氢的开关控制,这个过程为放氢过程。完成放氢过程,排出氢气断开气管,关闭截止阀 21,吊装设备通过吊环将装有固块镁的固块氢瓶取出,此时固块氢瓶 2 内的固块氢化镁已经变成了固块金属镁胚,将装有固块金属镁胚的固块氢瓶 2 运至吸氢处进行吸氢,这样就形成了一个搬运氢的闭环的循环,完成了氢的常温常压的搬运。

[0058] 重复步骤 S1–S6 以实现循环的常温常压氢搬运;

步骤 S3 和 S6 中,利用智能加热设备对固块氢瓶加热过程中,当智能控制模块发出紧急散热指令时,散热模块中的带压供气源启动,带压散热气体经位于隔热支架上的进气孔 31 进入,向固块氢瓶下部整圈侧壁以相切方式吹气,注入的带压散热气体环绕固块氢瓶圆周方向呈螺旋式上升,并最后经固块氢瓶顶部排出。

[0059] 本发明中的装置不仅便于实现模块化布置以及加工,而且各处理环节还可实现智能化进行,吸放氢过程安全可靠,均保证了氢气的纯净和稳定,在吸氢地通过加热设备加热固块氢瓶 2 内的固块镁胚 28 并通入氢气后,固块镁胚 28 与氢气反应得到了固块氢化镁,完成吸氢过程,常温常压的固块氢瓶 2 通过运输到释氢地,再通过加热设备将氢气释放出来,此时固块氢化镁转变为固块镁胚 28。装有固块镁胚 28 的固块氢瓶 2 返回到吸氢地继续吸氢,这样通过固块氢瓶 2 的流转实现了循环运氢的目的。

[0060] 本发明公开了一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法及装备,基于固块氢化镁在吸氢、放氢、储氢、运氢各个环节优化设计,实现了常温常压下的氢储运,安全可靠,大大降低各个环节成本。通过固块镁胚 28 的一次填装,可以多次完成在常温常压运氢的过程,大大提高了安全性,降低了成本,有利于固块储氢工业化与规模化的搬运氢。该发明打破了运氢的距离限制与用氢规模的限制,从而为推广氢能的利用开拓了新的路径。

[0061] 这里首先需要说明的是,“向内”是朝向容置空间中央的方向,“向外”是远离容置空间中央的方向。

[0062] 在本发明的描述中，需要理解的是，术语“中心”、“纵向”、“横向”、“长度”、“宽度”、“厚度”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”、“内”、“外”、“顺时针”、“逆时针”、“轴向”、“径向”、“周向”等指示的方位或位置关系为基于附图 1 所示的方位或位置关系，仅是为了便于描述本发明和简化描述，而不是指示或暗示所指的装置或元件必须具有特定的方位、以特定的方位构造和操作，因此不能理解为对本发明的限制。

[0063] 此外，术语“第一”、“第二”仅用于描述目的，而不能理解为指示或暗示相对重要性或者隐含指明所指示的技术特征的数量。由此，限定有“第一”、“第二”的特征可以明示或者隐含地包括至少一个该特征。在本发明的描述中，“多个”的含义是至少两个，例如两个，三个等，除非另有明确具体的限定。

[0064] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，术语“安装”、“相连”、“连接”、“固定”等术语应做广义理解，例如，可以是固定连接，也可以是可拆卸连接，或成一体；可以是机械连接，也可以是电连接；可以是直接相连，也可以通过中间媒介间接相连，可以是两个元件内部的连通或两个元件的相互作用关系，除非另有明确的限定。对于本领域的普通技术人员而言，可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

[0065] 在本发明中，除非另有明确的规定和限定，第一特征在第二特征“上”或“下”可以是第一和第二特征直接接触，或第一和第二特征通过中间媒介间接接触。而且，第一特征在第二特征“之上”、“上方”和“上面”可是第一特征在第二特征正上方或斜上方，或仅仅表示第一特征水平高度高于第二特征。第一特征在第二特征“之下”、“下方”和“下面”可以是第一特征在第二特征正下方或斜下方，或仅仅表示第一特征水平高度小于第二特征。

[0066] 在本说明书的描述中，参考术语“一个实施例”、“一些实施例”、“示例”、“具体示例”或“一些示例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或者特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中，对上述术语的示意性表述不必须针对的是相同的实施例或示例。而且，描述的具体特征、结构、材料或者特点可以在任一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。此外，在不相互矛盾的情况下，本领域的技术人员可以将本说明书中描述的不同实施例或示例以及不同实施例或示例的特征进行结合和组合。

[0067] 以上所述，仅为本发明的具体实施方式，但本发明的保护范围并不局限于此，任何熟悉本技术领域的技术人员在本发明揭露的技术范围内，可轻易想到变化或替换，都应涵盖在

本发明的保护范围之内。因此，本发明的保护范围应以所述权利要求的保护范围为准。

1. 一种基于固块氢常温常压储运氢的循环装备，其特征在于，包括固块氢瓶、吸氢模块和储氢模块；其中：

所述固块氢瓶采用不锈钢材质制成，内部放置有固块镁胚；

所述吸氢模块和所述储氢模块均为模块化设计结构，且均包括智能加热设备，能通过所述智能加热设备对所述固块氢瓶进行加热吸氢或加热放氢；

所述智能加热设备包括人机交互模块、智能控制模块、电源模块、加热模块、纳米保温隔热模块、温度检测模块、散热模块；其中：

所述人机交互模块包括可视的数字化模型和触屏，所述可视的数字化模型用于显示智能加热设备的运行情况，所述触屏用于实现对智能加热设备的控制，以调整加热温度、压力、加热顺序，从而实现吸放氢的速度控制；

所述智能控制模块分别与所述人机交互模块、所述加热模块、所述温度检测模块和所述散热模块电性连接，用于实现智能加热设备的自动控制；

所述电源模块分别与所述智能控制模块、所述人机交互模块、所述加热模块、所述温度检测模块和所述散热模块电性连接；

所述加热模块包括云母高温铜线、供电线；所述云母高温铜线缠绕在所述纳米保温隔热模块外侧，所述供电线与所述云母高温铜线连接；当所述云母高温铜线得电产生磁场时，磁场在所述固块氢瓶中产生涡电流形成自身加热；

所述纳米保温隔热模块包括非金属隔热材料制成的隔热支架、纳米微孔洞材料制成的纳米隔热材料；所述固块氢瓶放置于所述隔热支架内部，通过所述隔热支架形成非金属隔热层；所述固块氢瓶与所述隔热支架内壁之间留有间隔，以形成静止空气保温层；所述纳米隔热材料缠绕在所述隔热支架外侧，以形成纳米隔热层；

所述温度检测模块安装在所述纳米保温隔热模块外侧，并通过弹簧探针方式与所述固块氢瓶接触连接，以实时测试固块氢瓶的温度；

所述散热模块设置在所述隔热支架内部，且位于所述固块氢瓶下部位置；所述散热模块包括设置在所述隔热支架上的进气孔和与所述进气孔连接的带压供气源；所述进气孔围绕所述固块氢瓶整圈设置，且所述进气孔的出口轴线与所述固块氢瓶的管壁成相切结构。

2. 根据权利要求1所述的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备，其特征在于，所述加热模块沿竖直高度方向为分段布置结构，且每段所述加热模块均可独立控制，以适用于不同高度的所述固块氢瓶。

3. 根据权利要求1所述的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备,其特征在于,所述温度检测模块分别安装在所述纳米保温隔热模块的上部、中部和下部。
4. 根据权利要求1所述的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备,其特征在于,所述吸氢模块包括储氢罐、气泵、智能加热设备、三通阀和开关阀;其中:
所述储氢罐通过所述开关阀与所述气泵连接,以供应氢气;
所述气泵通过所述三通阀与所述固块氢瓶连接,以进行瓶内抽真空;
所述智能加热设备与所述固块氢瓶可接触连接,用于对固块氢瓶进行加热。
5. 根据权利要求1所述的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备,其特征在于,所述储氢模块包括储氢罐、气泵、智能加热设备、换热器、三通阀和开关阀;其中:
所述储氢罐通过所述开关阀与所述气泵连接;
所述固块氢瓶通过所述三通阀与所述换热器连接,以进行氢气输出;
所述气泵分别与所述换热器和所述三通阀连接;
所述智能加热设备与所述固块氢瓶可接触连接,用于对固块氢瓶进行加热。
6. 根据权利要求1所述的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备,其特征在于,所述固块氢瓶包括固块氢瓶本体、端盖、截止阀、支撑支架、固块镁胚;其中:
所述固块氢瓶本体为密封罐体结构,顶部敞口;
所述端盖封盖顶部敞口处,以形成整体密封的所述固块氢瓶;
所述截止阀安装在所述端盖的进出口上;
所述支撑支架安装在所述固块氢瓶本体内;
所述固块镁胚放置于所述支撑支架上。
7. 根据权利要求6所述的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备,其特征在于,所述固块氢瓶还包括底部防撞护套、阀体防护套;其中:
所述底部防撞护套套设在所述固块氢瓶本体底部;
所述阀体防护套套设在所述截止阀外侧。
8. 根据权利要求6所述的基于固块氢常温常压储运氢的循环装备,其特征在于,所述固块氢瓶还包括密封垫圈、安装螺栓、吊环螺栓、安全阀和泄气阀,其中:
所述密封垫圈设置在所述端盖和所述固块氢瓶本体连接处;
所述安装螺栓和所述吊环螺栓用于连接所述端盖和所述固块氢瓶本体;
所述安全阀和所述泄气阀依次设置在与所述截止阀连接的气管上。

9. 一种基于固块氢常温常压储运氢的循环使用方法，其特征在于，利用如权利要求 1-8 中任一项所述的装备进行循环使用的方法，所述方法包括：

步骤 S1、将所述固块氢瓶吊装入所述吸氢模块中的智能加热设备中；

步骤 S2、对所述固块氢瓶进行抽真空处理；

步骤 S3、向所述固块氢瓶内供应氢气并同时向云母高温铜线进行供电，产生磁场，磁场穿过纳米保温隔热模块后在不锈钢材质的固块氢瓶中产生涡电流，不锈钢固块氢瓶在其自身电阻条件下开始自加热，使置于所述固块氢瓶内的固块镁胚与氢气发生反应生成固块氢化镁，以完成吸氢过程；具体的，将氢气导入到固块氢瓶中，当压力达到 1MPa 时，压力传感器将信号传递给智能加热设备，智能加热设备依据于固块氢瓶的高度开启适当段数的加热模块；固块镁胚与氢气在温度 380-480℃，氢气与镁发生反应生成氢氧化镁；吸氢结束后，通过气泵排出存留的氢气，拆除输氢管，关闭截止阀，吊装设备通过吊环将装有固块氢化镁的固块氢瓶取出；

步骤 S4、将完成吸氢的所述固块氢瓶运输到所需位置；

步骤 S5、将吸氢后的所述固块氢瓶吊装入所述储氢模块中；

步骤 S6、对储氢模块中的换热器和出氢管路进行抽真空处理，然后对吸氢后的所述固块氢瓶加热，固块氢化镁中的氢气被释放，通过所述储氢模块将释放的氢气储存，以完成放氢过程，具体的，储氢模块中的智能加热设备依据于固块氢瓶的高度开启不同段数的加热模块，加热温度为 400-550℃，氢气被释放出，通过气泵将氢气输送到换热器降温后，然后输送至储氢罐，储氢罐对外输出氢气，完成放氢过程，排出氢气断开气管，关闭截止阀，吊装设备通过吊环将装有固块镁的固块氢瓶取出，重复步骤 S1-S6 以实现循环的常温常压氢搬运；

步骤 S3 和 S6 中，利用智能加热设备对固块氢瓶加热过程中，当智能控制模块发出紧急散热指令时，散热模块中的带压供气源启动，带压散热气体经位于隔热支架上的进气孔进入，向固块氢瓶下部整圈侧壁以相切方式吹气，注入的带压散热气体环绕固块氢瓶圆周方向上升，并最后经固块氢瓶顶部排出。