



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 117225484 A

(43) 申请公布日 2023.12.15

(21) 申请号 202311130255.5

(22) 申请日 2023.09.04

(71) 申请人 中国科学院地球化学研究所
地址 550081 贵州省贵阳市观山湖区林城西路99号

(72) 发明人 张辉 袁巍 王训 冯新斌

(74) 专利代理机构 北京劲创知识产权代理事务
所(普通合伙) 11589
专利代理师 王闯

(51) Int. Cl.

B01L 1/02 (2006.01)

G01N 33/205 (2019.01)

G01N 33/24 (2006.01)

G01N 33/00 (2006.01)

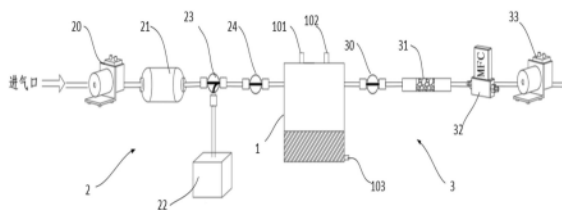
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54) 发明名称

一种用于环境汞研究的中宇宙气候室

(57) 摘要

本发明涉及特定生态系统和气候环境下汞的分布和迁移规律技术领域,具体是涉及一种用于环境汞研究的中宇宙气候室。包括容光透过的气候室,内壁覆盖特氟龙薄膜,可放置待测盆栽植物。气候室有通风进口和通风出口。汞输入系统与通风进口连接,包括第一气泵、汞处理罐、汞发生装置、三通阀和第一截止阀。汞收集系统与通风出口连接,包括第二截止阀、汞富集管、第一质量流量控制器和第二气泵。汞输入和收集系统可拆卸设置,用来控制汞进入和从气候室排出。此装置可模拟气候条件,实现长期连续稳定的汞及其同位素自动定量添加,及气候室内天然环境样品在无损害,少扰动的条件下汞的关键环境过程研究,从而更好地研究环境中汞的迁移转化行为。



1. 一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,包括:

容光透过的气候室,所述气候室的内壁设置有特氟龙薄膜,且气候室的仓内可以用来放置待测的盆栽植物或种植待测植物,所述气候室还设置有通风进口和通风出口;

与所述通风进口连通的汞输入系统,所述汞输入系统包括第一气泵、汞处理罐、汞发生装置、三通阀以及第一截止阀;其中,所述第一气泵的出气口连接汞处理罐的进气口,所述汞处理罐的出气口连接三通阀的第一进气口,所述汞发生装置的出气口连接三通阀的第二进气口,所述三通阀的出气口连接第一截止阀的进气口,所述第一截止阀的出气口连接所述气候室的通风进口;

与所述通风出口连通的汞收集系统,所述汞收集系统包括第二截止阀、汞富集管、第一质量流量控制器及第二气泵,所述第二截止阀的进气口连接所述气候室的出气孔,所述第二截止阀的出气口连接汞富集管的进气口,所述汞富集管的出气口连接第一质量流量控制器的进气口,所述第一质量流量控制器的出气口连接第二气泵的进气口,所述第二气泵的出气口与外界空气连通;

所述汞富集管与所述第二截止阀、第一质量流量控制器均可拆卸设置,所述第一质量流量控制器与所述第二气泵可拆卸设置。

2. 如权利要求1所述的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,所述气候室由侧部、底部和顶部均透光的钢化玻璃制成。

3. 如权利要求1所述的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,所述气候室顶部开有进水口和气体成分测量口,所述进水口用于连接外部供水系统,所述气体成分测量口用于连接测量仪器。

4. 如权利要求1所述的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,所述气候室底部开有土壤孔隙水渗出口。

5. 如权利要求1所述的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,所述汞发生装置包括硼硅玻璃瓶、水槽和第二质量流量控制器,所述硼硅玻璃瓶安装在所述水槽内,所述硼硅玻璃瓶内设置有单质液态汞,所述硼硅玻璃瓶的出气口连接第二质量流量控制器的进气口,所述第二质量流量控制器的出气口连接所述三通阀的第二进气口,所述水槽内设置有温度传感器,所述温度传感器与所述第二质量流量控制器连接。

6. 如权利要求1所述的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,所述汞发生装置包括硼硅玻璃瓶、蠕动泵、气液分离器,所述硼硅玻璃瓶内用于放置汞标准溶液和氯化亚锡溶液,所述硼硅玻璃瓶的出气口连接所述蠕动泵的进气口,所述蠕动泵的出气口连接气液分离器的进气口,所述气液分离器的出气口连接所述三通阀的第二进气口。

7. 如权利要求1所述的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,在所述第一截止阀到所述气候室的进气口处和第二截止阀到所述气候室的出气口处设置有风扇。

8. 如权利要求1所述的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其特征在于,所述汞输入系统和汞收集系统的各种管路、管件及仪器均采用特氟龙材质。

一种用于环境汞研究的中宇宙气候室

技术领域

[0001] 本发明涉及特定生态系统和气候环境下汞的分布和迁移规律技术领域,具体是涉及一种用于环境汞研究的中宇宙气候室。

背景技术

[0002] 汞是一种有毒的重金属,在常温常压下呈液态。它具有高蒸汽压,广泛存在于大气、水体、岩石、土壤和生物体等地球表面环境中,对生态环境和人体健康造成很大风险。由于汞测量技术的限制,目前无法定量或定性测量汞在环境中的重要迁移转化过程,这限制了对汞的生物地球化学循环的研究和理解。为了更好地研究汞在特定气候和环境条件下的循环机制,需要开展适用于不同生态系统和气候环境的中宇宙实验。中宇宙实验是模拟河流、海洋、湿地和森林等各种生态系统的近自然装置,可以控制物理、化学要素和气候环境条件,用于研究各种气候生态和环境过程。然而,目前缺乏适用于汞环境研究的中宇宙实验装置和技术,这严重限制了对汞环境过程和生物地球化学循环的研究。因此,需要研发更好、更接近自然环境条件的中宇宙实验装置和技术,以应用于汞的环境过程研究。

[0003] 目前用于生态学研究的模拟天然环境和气候条件的中宇宙实验装置和技术主要集中在碳氮循环和水热过程等方面。至于环境汞研究的中宇宙实验装置和技术,目前还没有得到充分开发和应用。传统的汞环境过程模拟和控制实验主要依赖小型装置,如通量箱和通量袋,这些装置的空间非常有限(小于0.1立方米),只能进行局部的土壤汞通量控制实验或针对高度小于0.5米的植物甚至植被枝条进行环境控制实验。这无法支持对大气汞通量、植物吸收和迁移转化过程、土壤汞迁移转化和释放、大气汞与植被及土壤界面交换等问题的深入研究。另一种现有技术方案是建设温室大棚,但其室内空间密闭性差,无法实现对温度、湿度、光照强度、大气成分浓度和汞浓度等条件的精确控制,因此无法进行准确的实验研究。此外,由于汞易被金属和塑料吸附,环境汞控制装置需要使用特殊材料如特氟龙和硼硅玻璃,然而现有的非吸汞材料不能满足建设温室大棚的要求。此外,建设温室大棚的工程量、成本高、占地面积大,难以灵活应用于各种实验环境和气候条件。现有的环境汞研究实验装置和温室大棚通常需要高功率的电源(220V或更高电压),但在许多野外环境条件下难以获得或提供这样的电源,严重限制了现有技术方案的实施。

[0004] 因此,迫切需要研发适用于汞环境过程研究的中宇宙实验装置和技术。

发明内容

[0005] (一)要解决的技术问题

[0006] 本发明主要针对以上问题,提出了一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,其目的是解决目前小型实验控制装置无法模拟和研究汞在大气、土壤和植被等环境介质中的复杂迁移转化过程、温室大棚无法提供精确的实验条件且成本高且不利于移动应用;野外现场和原位实验缺乏电力供应的技术问题。

[0007] (二)技术方案

[0008] 为实现上述目的,本发明提供了一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,包括:

[0009] 容光透过的气候室,所述气候室的内壁设置有特氟龙薄膜,且气候室的仓内可以用来放置待测的盆栽植物或种植待测植物,所述气候室还设置有通风进口和通风出口;

[0010] 与所述通风进口连通的汞输入系统,所述汞输入系统包括第一气泵、汞处理罐、汞发生装置、三通阀以及第一截止阀;其中,所述第一气泵的出气口连接汞处理罐的进气口,所述汞处理罐的出气口连接三通阀的第一进气口,所述汞发生装置的出气口连接三通阀的第二进气口,所述三通阀的出气口连接第一截止阀的进气口,所述第一截止阀的出气口连接所述气候室的通风进口;

[0011] 与所述通风出口连通的汞收集系统,所述汞收集系统包括第二截止阀、汞富集管、第一质量流量控制器及第二气泵,所述第二截止阀的进气口连接所述气候室的出气孔,所述第二截止阀的出气口连接汞富集管的进气口,所述汞富集管的出气口连接第一质量流量控制器的进气口,所述第一质量流量控制器的出气口连接第二气泵的进气口,所述第二气泵的出气口与外界空气连通;

[0012] 所述汞富集管与所述第二截止阀、第一质量流量控制器均可拆卸设置,所述第一质量流量控制器与所述第二气泵可拆卸设置。

[0013] 进一步地,所述气候室由侧部、底部和顶部均透光的钢化玻璃制成。

[0014] 进一步地,所述气候室顶部开有进水口和气体成分测量口,所述进水口用于连接外部供水系统,所述气体成分测量口用于连接测量仪器。

[0015] 进一步地,所述气候室底部开有土壤孔隙水渗出口。

[0016] 进一步地,所述汞发生装置包括硼硅玻璃瓶、水槽和第二质量流量控制器,所述硼硅玻璃瓶安装在所述水槽内,所述硼硅玻璃瓶内设置有单质液态汞,所述硼硅玻璃瓶的出气口连接第二质量流量控制器的进气口,所述第二质量流量控制器的出气口连接所述三通阀的第二进气口,所述水槽内设置有温度传感器,所述温度传感器与所述第二质量流量控制器连接。

[0017] 进一步地,所述汞发生装置包括硼硅玻璃瓶、蠕动泵、气液分离器,所述硼硅玻璃瓶内用于放置汞标准溶液和氯化亚锡溶液,所述硼硅玻璃瓶的出气口连接所述蠕动泵的进气口,所述蠕动泵的出气口连接气液分离器的进气口,所述气液分离器的出气口连接所述三通阀的第二进气口。

[0018] 进一步地,在所述第一截止阀到所述气候室的进气口处和第二截止阀到所述气候室的出气口处设置有风扇。

[0019] 进一步地,所述汞输入系统和汞收集系统的各种管路、管件及仪器均采用特氟龙材质。

[0020] (三)有益效果

[0021] 与现有技术相比,本发明提供了一种用于环境汞研究的中宇宙气候室,通过采用高强度钢化玻璃制成的中宇宙气候室,其周围透光,并贴有特氟龙薄膜,防止了对汞的吸附和减少了对光线改变。气候室内可放置需研究的土壤并进行植物种植,也可直接放入盆栽植物,可用于长周期模拟天然环境和气候条件。同时,在气候室侧壁上方设置了汞的通风进口和通风出口,使得汞的添加过程能够在汞发生器和汞处理罐的控制下加入到气候室内,而气候室内的大气汞则可以通过汞富集管进行收集和测量。此外,当不需要添加汞时,通路

可以关闭以保持气候室内外气压平衡,而在调节温度时,则通过除汞后的大气进入气候室实现温度的混合调节,实现长期连续稳定的汞及其同位素自动定量添加,及气候室内天然环境样品在无损害,少扰动的条件下汞的关键环境过程研究,从而更好地研究环境中汞的迁移转化行为。

附图说明

[0022] 图1为本申请披露的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室的结构示意图。

[0023] 图中所示的附图标记:

[0024] 1、气候室;101、进水口;102、气体成分测量口;103、土壤孔隙水渗出口;

[0025] 2、汞输入系统;20、第一气泵;21、汞处理罐;22、汞发生装置;23、三通阀;24、第一截止阀;

[0026] 3、汞收集系统;30、第二截止阀;31、汞富集管;32、第一质量流量控制器;33、第二气泵。

具体实施方式

[0027] 下面结合附图和实施例,对本发明的具体实施方式作进一步详细描述。以下实施例用于说明本发明,但不用来限制本发明的范围。

[0028] 本发明的描述中,需要理解的是,术语“中心”、“纵向”、“横向”、“上”、“下”、“前”、“后”、“左”、“右”、“竖直”、“水平”、“顶”、“底”“内”、“外”等指示的方位或位置关系为基于附图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。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。

[0029] 在本发明的描述中,需要说明的是,除非另有明确的规定和限定,术语“安装”、“相连”、“连接”应做广义理解,例如,可以是固定连接,也可以是可拆卸连接,或一体地连接;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。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。

[0030] 如图1所示,本实施例的一种用于环境汞研究的中宇宙气候室包括一个容光透过的气候室1,该气候室1的内壁贴上0.2毫米厚特氟龙薄膜,既防止对汞的吸附又减少了对光线的改变。

[0031] 作为一个示例,该气候室1的形状是长宽高均为3-5米的正方形,或者底部和顶部为直径3-5米的圆形、高为3-5米的圆筒形。

[0032] 可以在气候室1内放入需要研究的土壤,在土壤上可以种植需要研究的植物,也可以直接将盆栽植物直接放入气候室1内;底部一侧开有土壤孔隙水渗出口103,可以收集室内土壤的孔隙水用于研究,如果是直接放盆栽植物,土壤孔隙水渗出口103可以关闭。

[0033] 此外,该气候室1侧壁上方(离顶部20-50厘米)还设计有两个孔,一个孔为通风进口,用于用于气态汞的添加,另一个孔为通风出口,用于室内大气汞的富集和测量。

[0034] 与该通风进口所连通的部件为汞输入系统2,该汞输入系统2包括五个部分:第一气泵20、汞处理罐21、汞发生装置22、三通阀23以及第一截止阀24;其中,所述第一气泵20的

出气口连接汞处理罐21的进气口,所述汞处理罐21的出气口连接三通阀23的第一进气口,所述汞发生装置22的出气口连接三通阀23的第二进气口,所述三通阀23的出气口连接第一截止阀24的进气口,所述第一截止阀24的出气口连接所述气候室1的通风进口;可以理解的是,第一气泵20将气体输送到汞处理罐21(用于处理气体中的汞),然后由汞处理罐21将经过处理的无汞气体输送到三通阀23。在此基础上,汞发生装置22提供的气体也会流向三通阀23。最后,三通阀23通过第一截止阀24,将经过混合的气体传输到气候室1中。

[0035] 与该通风出口所连通的部件为汞收集系统3,该汞收集系统3包括四个部分:第二截止阀30、汞富集管31、第一质量流量控制器32及第二气泵33;其中,所述第二截止阀30的进气口连接所述气候室1的出气孔,所述第二截止阀30的出气口连接汞富集管31的进气口,所述汞富集管31的出气口连接第一质量流量控制器32的进气口,所述第一质量流量控制器32的出气口连接第二气泵33的进气口,所述第二气泵33的出气口与外界空气连通;可以理解的是:由第二气泵33产生吸力,使第二截止阀30从气候室1中取得气体并输送到汞富集管31,由汞富集管31收集气体中的汞,然后,经第一质量流量控制器32并通过第二气泵33排出到外界空气。

[0036] 值得注意的是,所述汞富集管31与所述第二截止阀30、第一质量流量控制器32是可拆卸设置的,所述第一质量流量控制器32与所述第二气泵33也是可拆卸设置的。

[0037] 气候室汞的添加过程如图1左边所示,第一气泵20和第一截止阀24打开,第二截止阀30关闭,第一气泵20抽取外部大气从进气口进入,经过汞处理罐21后去除大气中的汞变为零汞大气,汞处理罐21与三通阀23连接,三通阀23一端连接汞处理罐21,另一端连接汞发生装置22。汞发生装置22可以根据实验需要产生气态单质汞,也可以产生单一汞同位素的气态汞。当需要往气候室1添加汞时,三通阀23与汞发生装置22导通,汞发生装置22以一定的释放速率将汞蒸气加入到经过汞处理罐21过来的零汞大气中,继而携带有定量汞蒸气的大气经过第一截止阀24后进入气候室1,完成将汞加入到气候室1大气中。

[0038] 气候室1内大气汞的收集测量过程如图1右边所示,第二气泵33和第二截止阀30打开,第一截止阀24关闭,第二气泵33抽取气候室1内大气经过汞富集管31,汞被汞富集管31收集后,大气经过第一质量流量控制器32(MFC)后从第二气泵33排出,汞富集管31完成汞的富集后,第二截止阀30和第二气泵33关闭,取下汞富集管31送到实验室的测汞仪上分析气候室大气汞浓度或者汞同位素组成等指标。

[0039] 当不需要往气候室1添加汞研究时,三通阀23与汞发生装置22之间的通路关闭,保持第一截止阀20打开,第二截止阀30关闭,让经过汞处理罐21的零汞大气可以进入气候室1,保持气候室1内外气压的平衡。当需要调节气候室温度时,三通阀23与汞发生装置22之间的通路关闭,保持第一截止阀24、第二截止阀30、第一气泵20和第二气泵33打开,取下汞富集管31和第一质量流量控制器32(MFC),第二截止阀30直接接到第二气泵33上,从第一气泵20进气口进入的大气,经过除汞后进入气候室1,给气候室1内的大气混合调节温度。

[0040] 整个中宇宙气候室的系统除了气泵和汞发生装置22需要小功率的蓄电池供电以外,其他组件不需要提供电源,因此可以方便应用于无电源提供的各种野外现场研究。

[0041] 优选的,所述气候室1由侧部、底部和顶部均透光的钢化玻璃制成。这种由侧部、底部和顶部均透光的钢化玻璃构建的气候室具有良好的透光性、高强度、抗汞吸附能力以及灵活多功能的特点,非常适合用于汞研究和植物生长实验等科学研究领域。

[0042] 优选的,所述气候室1顶部开有进水口101和气体成分测量口102,所述进水口101用于连接外部供水系统,用于定量向气候室1内喷水,调节室内的湿度,可以通过控制进水量和频率,精确地控制和调整气候室内的湿度水平,满足不同植物或实验需求;所述气体成分测量口102用于连接测量仪器,用于测量室内大气成分的浓度水平和温湿度等环境参数。

[0043] 汞发生装置22产生气态汞标准(浓度一定的汞蒸气)的方法主要有两种。

[0044] 一种是采用标准汞蒸气源,其结构包括:硼硅玻璃瓶、水槽和第二质量流量控制器,所述硼硅玻璃瓶安装在所述水槽内,所述硼硅玻璃瓶内设置有单质液态汞,所述硼硅玻璃瓶的出气口连接第二质量流量控制器的进气口,所述第二质量流量控制器的出气口连接所述三通阀的第二进气口,所述水槽内设置有温度传感器,所述温度传感器与所述第二质量流量控制器连接。

[0045] 具体实施时,在200毫升的硼硅玻璃瓶内放入单质的液态汞,然后将硼硅玻璃瓶放入水槽,用温度传感器测量水槽内水的温度,由于汞蒸气浓度和温度有非常规律金和对应的关系,根据水温即可知道硼硅玻璃瓶内汞蒸气浓度,因此可以通过第二质量流量控制器控制汞发生装置向气候室输入汞蒸气的体积流量,从而可以得出加入气候室的气态汞质量。

[0046] 另一种方法是采用氧化还原法,其结构包括:硼硅玻璃瓶、蠕动泵、气液分离器,所述硼硅玻璃瓶内用于放置汞标准溶液和氯化亚锡溶液,所述硼硅玻璃瓶的出气口连接所述蠕动泵的进气口,所述蠕动泵的出气口连接气液分离器的进气口,所述气液分离器的出气口连接所述三通阀的第二进气口。

[0047] 具体实施时,在硼硅玻璃瓶配制一定浓度的汞标准溶液和氯化亚锡溶液,然后通过蠕动泵以一定流速将汞标准溶液和氯化亚锡溶液在气液分离器中混合,从而将汞标准溶液中的汞离子还原为单质汞蒸气,再通过载气(即无汞气体)将还原的单质汞蒸气加入到气候室内,根据汞标准溶液的浓度和蠕动泵的流量可以计算添加到气候室内气态汞的质量。

[0048] 总的来说,该方案利用硼硅玻璃瓶中的液态汞作为汞蒸气的源头,并通过温度传感器测量水的温度来确定汞蒸气的浓度。通过控制第二质量流量控制器可以输入恰当的汞蒸气体积流量到气候室,从而实现产生和控制气态汞标准的目的。

[0049] 本实施例在第一截止阀24到气候室1的进气口处和第二截止阀30到气候室1的出气口处放有风扇,当气流进入气候室1或者排出气候室1时,可以驱动风扇旋转,搅动气候室1内的气体,从而将气候室1内包括汞的各种大气成分进行充分的混匀,保证室内样品对汞和其他大气成分的均匀吸附或者吸收。

[0050] 优选的,气候室1外接(即汞输入系统和汞收集系统)的各种管路、管件及仪器均采用特氟龙材质,如第一气泵20、第二气泵33,三通阀23和第一质量流量控制器32(MFC)内部与气体接触的管路和泵膜也为特氟龙材质,从而防止了管路对汞的吸附。

[0051] 以上所述仅是本发明的优选实施方式,应当指出,对于本技术领域的普通技术人员来说,在不脱离本发明技术原理的前提下,还可以做出若干改进和变型,这些改进和变型也应视为本发明的保护范围。

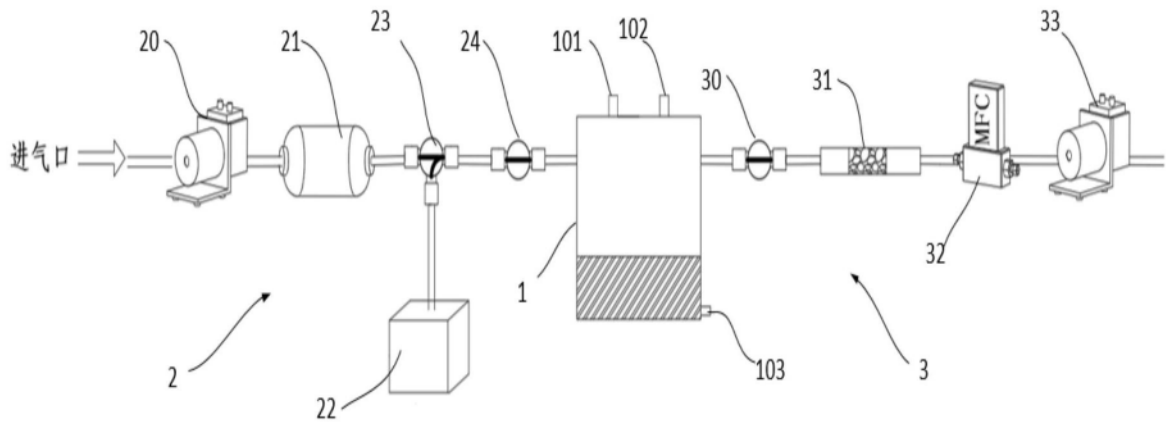


图1