(19)中华人民共和国国家知识产权局

(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 102590534 B
(45)授权公告日 2013.02.20

(21)申请号 201210007355.4

(22)申请日 2012.01.12

(73)专利权人 中国科学院地理科学与资源研究所

地址 北京市朝阳区大屯路甲11号

(72)发明人 于贵瑞 温学发 王建林 孙晓敏 张心昱 李庆康 王晶苑 王秋凤

(51)Int.Cl.

G01N 35/00(2006.01)

(56)对比文件

CN 102175817 A,2011.09.07,

孙伟等.稳定性同位素技术与Keeling曲线法在陆地生态系统碳/水交换研究中的应用.《植物生态学报》.2005,第29卷(第5期),

D.G. Williams et al..Evapotranspiration components determined by stable isotope, sap flow and eddy covariance techniques.《Agricultural and Forest Meteorology》.2004,第125卷

袁国富等.利用原位连续测定水汽δ0值和Keeling Plot方法区分麦田蒸散组分.《植物生态学报》.2010,第34卷(第2期),

T. J. Griffis et al..Determining the Oxygen Isotope Composition of Evapotranspiration Using Eddy Covariance.《Boundary-Layer Meteorol》.2010,第137卷

审查员 邹吉承

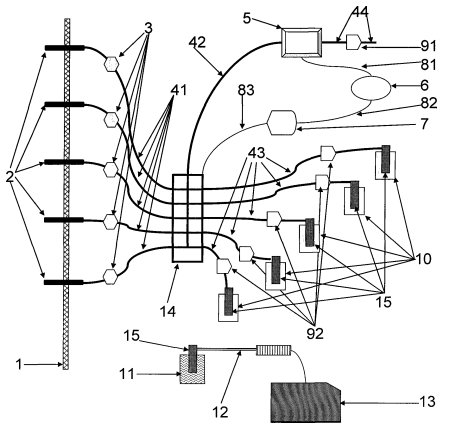
权利要求书 1 页 说明书 4 页 附图 1 页

(54)发明名称

一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置

(57)摘要

本发明涉及大气学、水文学和生态学研究机械领域,提供一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置及其用途。本发明装置由气体采集系统、气体分流系统、浓度测定系统、冷凝-融化系统、同位素分析系统组成。通过采集不同层次大气水样,分析水样的氢氧同位素比值 δ_v。采集大气水样的同时测定水汽浓度w。通过不同层次水汽氢氧同位素比值和水汽浓度计算出生态系统蒸散氢氧同位素通量。



CN 102590534 B

1. 一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置，其特征在于该装置由气体采集系统、气体分流系统、浓度测定系统、冷凝－融化系统、同位素分析系统组成；

所述气体采集系统包括支架 (1)、采气口 (2)、过滤器 (3)、导气管 (41)；气体分流系统包括多通道电磁阀 (14)、电磁继电器 (7)；浓度测定系统包括红外气体分析仪 (5) 和数据采集器 (6)；冷凝－融化系统包括采样瓶 (15)、冷阱 (10) 和恒温水浴 (11)；同位素分析系统包括进样针 (12) 和质谱仪 (13)；

所述采样瓶 (15) 由样品瓶 (152)、进气管 (153)、排气管 (154)、橡胶塞 (155)、阀门 (156)、连接套管 (157) 构成；

在支架 (1) 的不同高度安装有多个采气口 (2)，由采气口 (2) 采集的气体经过滤器 (3) 滤掉灰尘后，由导气管 (41) 输送到多通道电磁阀 (14)，电磁阀 (14) 由导气管 (43) 与采样瓶 (15) 连接，采样瓶 (15) 放在冷阱 (10) 内；导气管 (43) 上装有气泵 (92)，驱动气体在装置内的流动；导气管 (43) 由连接套管 (157) 与采样瓶 (15) 连接；当含有水汽的空气由进气管 (153) 进入样品瓶 (152) 后，水汽凝结在样品瓶 (152) 内，空气由排气管 (154) 排出；拔开连接套管 (157)，关闭安装在排气管 (154) 上的阀门 (156)，从冷阱 (10) 内取出采样瓶 (15)，放入恒温水浴 (11) 进行解冻；当样品解冻后，由连接套管 (157) 连接移液管 (12)，打开阀门 (156)，抽取水样，注入质谱仪 (13)，分析水样的氢氧同位素比值 δv；

多通道电磁阀 (14) 的一个共同通道由导气管 (42) 与红外气体分析仪 (5) 连接，气体分析仪 (5) 由导气管 (44) 连接有气泵 (91)，驱动气体进入在进行红外气体分析仪 (5)；红外气体分析仪 (5) 由数据线 (81) 与数据采集器 (6) 连接，数据采集器 (6) 由数据线 (82) 与电磁继电器 (7) 连接，电磁继电器 (7) 由数据线 (83) 与多通道电磁阀 (14) 连接；

在水汽冷凝过程中，开启多通道电磁阀 (14) 其中一条通道到导气管 (42)，由红外气体分析仪 (5) 测定水汽浓度 w，并由数据采集器 (6) 记录数据，数据采集器 (6) 控制电磁继电器 (7)，由电磁继电器 (7) 控制多通道电磁阀 (14) 的通道切换，完成所有不同采样高度水汽浓度 w 的测定。

2. 如权利要求 1 所述的装置，其特征在于：

所述导气管 (41)、导气管 (42)、导气管 (43) 由聚四氟乙烯制成，保证水汽不会在导气管内吸附，避免同位素分馏效应的发生。

3. 如权利要求 1-2 任一所述的装置，其特征在于：

所述冷阱 (10) 内装有液氮和酒精混合物，保证冷阱 (10) 内温度为 -69℃。

4. 如权利要求 1-2 任一所述的装置，其特征在于：

所述恒温水浴 (11) 的温度与质谱仪 (13) 测定时的室内空气温度一致。

5. 如权利要求 1-4 任一装置在测定生态系统蒸散氢氧同位素通量上的用途。

一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置

技术领域

[0001] 本发明涉及大气学、水文学和生态学研究机械领域，具体的说是一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置。

背景技术

[0002] 地球水循环中，大约 0.2％的氧是 ^{18}O，0.015％的氢是 2H 或 D。生态学界和水文学界已经对这些水的稳定同位素进行了广泛的研究。自然环境中水的微量同位素 ($H_2^{18}O$ 或 $HD^{16}O$) 通常是用它相对于主要同位素 $H_2^{16}O$ 的摩尔比来度量的，用 δ 符号表示：

[0003] $\delta = (R/R_S-1)\times 1000$

[0004] 式中，R 是所测定物质 $^{18}O/^{16}O$ 或 D/H 的摩尔比，Rs 是标准物 $^{18}O/^{16}O$ 或 D/H 的摩尔比，国际上采用维也纳标准平均海水 (Vienna Standard Mean OceanWater，VSMOW) 作为氧和氢稳定同位素的标准物，$^{18}O/^{16}O$ 等于 0.0020052，D/H 等于 0.00015576。用 δ 符号表示同位素比值，单位为千分之一 (‰)。

[0005] 陆地生态系统与大气中的水汽交换包括植物蒸腾和土壤蒸发两种不同的生物和物理过程。植物能利用的水分主要来自降水、灌溉水、土壤水、径流地下水，各个库具有不同的 $\delta^{18}O$ 和 δD 同位素特征。在土壤水分蒸发过程中，由于水分相变和扩散过程中稳定同位素分馏效应的存在，轻稳定同位素比重稳定同位素蒸发和扩散得更快，所以土壤水中 $\delta^{18}O$ 和 δD 明显随深度而呈现梯度变化，且土壤液态水中 $H_2^{18}O$ 和 HDO 比土壤蒸发的气态水中 $H_2^{18}O$ 和 HDO 高很多，土壤蒸发 $\delta^{18}O$ 和 $\delta D(\delta_E)$ 会发生严重的贫化。对于植物而言，氢氧稳定同位素以水的形式从根部进入植物体内，蒸腾作用使水分向叶片迁移，当水分在植物根部与茎之间运输时，在到达叶片或幼嫩未栓化的枝条之前，它的 $\delta^{18}O$ 和 δD 并不发生变化，植物体内水的 $\delta^{18}O$ 和 δD 主要受所吸收水源的 $\delta^{18}O$ 和 δD 控制。水分在植物体内运输时，仍保持着土壤水的同位素特征。当叶片处于同位素稳定状态时，蒸腾 $\delta^{18}O$ 和 $\delta D(\delta_T)$ 与植物利用的土壤水 $\delta^{18}O$ 和 δD 一致。这就导致了土壤蒸发 $\delta^{18}O$ 和 $\delta D(\delta_E)$ 与植物蒸腾 $\delta^{18}O$ 和 $\delta D(\delta_T)$ 之间具有明显的差异。二者之间同位素组成差异是利用同位素方法将生态系统蒸散通量区分为土壤蒸发通量和植物蒸腾通量的基础。通过建立水汽轻、重同位素通量的质量守恒方程，利用二源线性混合模型便可确定二者对生态系统蒸散的贡献。其核心科学问题是准确确定生态系统蒸散氢氧同位素通量 (δ_{ET})、土壤蒸发氢氧同位素通量 (δ_E) 以及植物蒸腾氢氧同位素通量 (δ_T)。通常植物蒸腾 δ_T 和土壤蒸发 δ_E 可以分别通过测定植物木质部水和土壤水的氢氧同位素比值来确定。准确测定生态系统蒸散氢氧同位素通量 (δ_{ET}) 成为解决该科学问题的关键。虽然目前对生态系统蒸散氢氧同位素通量测定原理与方法有所报道，但没有系统的装置来完成相关测定。

发明内容

[0006] 为了实现上述科学目的，本发明提供一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置及其用途。

[0007] 本发明提供如下解决方案：

[0008] 一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置，该装置由气体采集系统、气体分流系统、浓度测定系统、冷凝－融化系统、同位素分析系统组成。

[0009] 气体采集系统包括支架 1、采气口 2、过滤器 3、导气管 41，气体分流系统包括多通道电磁阀 14、电磁继电器 7，浓度测定系统包括红外气体分析仪 5 和数据采集器 6，冷凝－融化系统包括采样瓶 15、冷阱 10 和恒温水浴 11，同位素分析系统包括进样针 12 和质谱仪 13。

[0010] 采样瓶 15 由样品瓶 152、进气管 153、排气管 154、橡胶塞 155、阀门 156、连接套管 157 构成。

[0011] 在支架 1 的不同采样高度安装有多个采气口 2，由采气口 2 采集的气体经过滤器 3 滤掉灰尘后，由导气管 41 输送到多通道电磁阀 14，电磁阀 14 由导气管 43 与采样瓶 15 连接，采样瓶 15 放在冷阱 10 内。导气管 43 上装有气泵 92，驱动气体在装置内的流动。导气管 43 由连接套管 157 与采样瓶 15 连接。当含有水汽的空气由进气管 153 进入样品瓶 152 后，水汽凝结在样品瓶 152 内，空气由排气管 154 排出。拔开连接套管 157，关闭安装在排气管 154 上的阀门 156，从冷阱 10 内取出采样瓶 15，放入恒温水浴 11 进行解冻。当样品解冻后，由连接套管 157 连接进样针 12，打开阀门 156，抽取水样，注入质谱仪 13，分析水样的氢氧同位素比值 δ_v。

[0012] 多通道电磁阀 14 的一个共同通道由导气管 42 与红外气体分析仪 5 连接，气体分析仪 5 后由导气管 44 连接有气泵 91，驱动气体进入在进行红外气体分析仪 5。红外气体分析仪 5 由数据线 81 与数据采集器 6 连接，数据采集器 6 由数据线 82 与电磁继电器 7 连接，电磁继电器 7 由数据线 83 与多通道电磁阀 14 连接。

[0013] 在上述水汽冷凝过程中，开启多通道电磁阀 14 其中一条通道到导气管 42，由红外气体分析仪 5 测定水汽浓度 w，并由数据采集器 6 记录数据，数据采集器 6 采集的数据控制电磁继电器 7，由电磁继电器 7 控制多通道电磁阀 14 的通道切换，完成所有不同采样高度水汽浓度的测定。

[0014] 所述导气管 41、导气管 42、导气管 43 由聚四氟乙烯制成，保证水汽不会在导气管内发生吸附作用。

[0015] 所述冷阱 10 内装有液氮和酒精混合物，保证冷阱 10 内温度为 -69℃。

[0016] 所述恒温水浴 11 的温度为室温，与质谱仪 13 测定时的温度一致。

[0017] 上述测定得到的不同采样高度的氢氧同位素比值 δ_v 与水汽浓度 w 建立如下方程：

[0018] $$\delta_v = a\frac{1}{w} + \delta_{ET}$$

[0019] δv 为不同采样高度测定的大气水汽氢或氧同位素比值，w 为不同采样高度测定的大气水汽浓度，δ_{ET} 为生态系统蒸散氢氧同位素通量，a 为试验常数（斜率）。

[0020] 采用本发明所述的测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置与方法，可以快速准确测定生态系统蒸散同位素通量。

附图说明

[0021] 图 1 是本发明装置的结构示意图；

[0022] 图 2 是采样瓶 15 的结构示意图。

[0023] 图中：1 为支架，2 为采气口，3 为过滤器，41 为导气管，42 为导气管，43 为导气管，44 为导气管，5 为红外气体分析仪，6 为数据采集器，7 为电磁继电器，81 为数据线，82 为数据线，83 为数据线，91 为气泵，92 为气泵，10 为冷阱，11 为恒温水浴，12 为进样针，13 为质谱仪，14 为多通道电磁阀，采样瓶 15，152 为样品瓶、153 为进气管、154 为排气管、155 为橡胶塞、156 为阀门、157 为连接套管。

具体实施方式

[0024] 下面结合附图详细说明本发明的技术方案：

[0025] 本发明提供一种测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置，如图 1 和图 2 所示。该装置由气体采集系统、气体分流系统、浓度测定系统、冷凝－融化系统、同位素分析系统组成。气体采集系统包括支架 1、采气口 2、过滤器 3、导气管 41，气体分流系统包括多通道电磁阀 14、电磁继电器 7，浓度测定系统包括红外气体分析仪 5 和数据采集器 6，冷凝－融化系统包括采样瓶 15、冷阱 10 和恒温水浴 11，同位素分析系统包括进样针 12 和质谱仪 13。采样瓶 15 由样品瓶 152、进气管 153、排气管 154、橡胶塞 155、阀门 156、连接套管 157 构成。

[0026] 在支架 1 的不同采样高度安装有若干采气口 2，由采气口 2 采集的气体经过滤器 3 滤掉灰尘后，由导气管 41 输送到多通道电磁阀 14，电磁阀 14 由导气管 43 与采样瓶 15 连接，采样瓶 15 放在冷阱 10 内，冷阱 10 内装有液氮和酒精的混合物，其温度为 -69℃。导气管 43 上装有气泵 92，驱动气体在装置内的流动。导气管 43 由连接套管 157 与采样瓶 15 连接。当含有水汽的空气由进气管 153 进入样品瓶 152 后，水汽凝结在样品瓶 152 内，空气由排气管 154 排出。拔开连接套管 157，关闭安装在排气管 154 上的阀门 156，从冷阱 10 内取出采样瓶 15，放入恒温水浴 11 进行解冻，恒温水浴 11 的温度与质谱仪 13 的测定温度一致。当样品解冻后，由连接套管 157 连接进样针 12，打开阀门 156，抽取水样，注入质谱仪 13，分析水样的氢氧同位素比值 δ_v。

[0027] 多通道电磁阀 14 的一个共同通道由导气管 42 与红外气体分析仪 5 连接，气体分析仪 5 后由导气管 44 连接有气泵 91，驱动气体进入在进行红外气体分析仪 5。红外气体分析仪 5 由数据线 81 与数据采集器 6 连接，数据采集器 6 由数据线 82 与电磁继电器 7 连接，电磁继电器 7 由数据线 83 与多通道电磁阀 14 连接。

[0028] 在上述水汽冷凝过程中，开启多通道电磁阀 14 其中一条通道到导气管 42，由红外气体分析仪 5 测定水汽浓度 w，并由数据采集器 6 记录数据，数据采集器 6 采集的数据控制电磁继电器 7，由电磁继电器 7 控制多通道电磁阀 14 的通道切换，完成所有不同采样高度水汽浓度的测定。

[0029] 所述导气管 41、导气管 42、导气管 43 由聚四氟乙烯制成，保证水汽不会在导气管内发生吸附作用。

[0030] 上述测定得到的氢氧同位素比值 δ_v 与水汽浓度 w 建立如下方程：

[0031] $$\delta_v = a\frac{1}{w} + \delta_{ET}$$

[0032] δv 为不同采样高度测定的大气水汽氢或氧同位素比值，w 为不同采样高度测定的大气水汽浓度，δ_{ET} 为生态系统蒸散氢氧同位素通量，a 为试验常数（斜率）。

[0033] 采用本发明所述的测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置与方法，可以快速准确测定生态系统蒸散同位素通量。

[0034] 上述实施方案的描述仅作为本发明一种为测定生态系统蒸散氢氧同位素通量的装置技术方案的一种提出，不作为对装置结构和功能的单一限制条件。

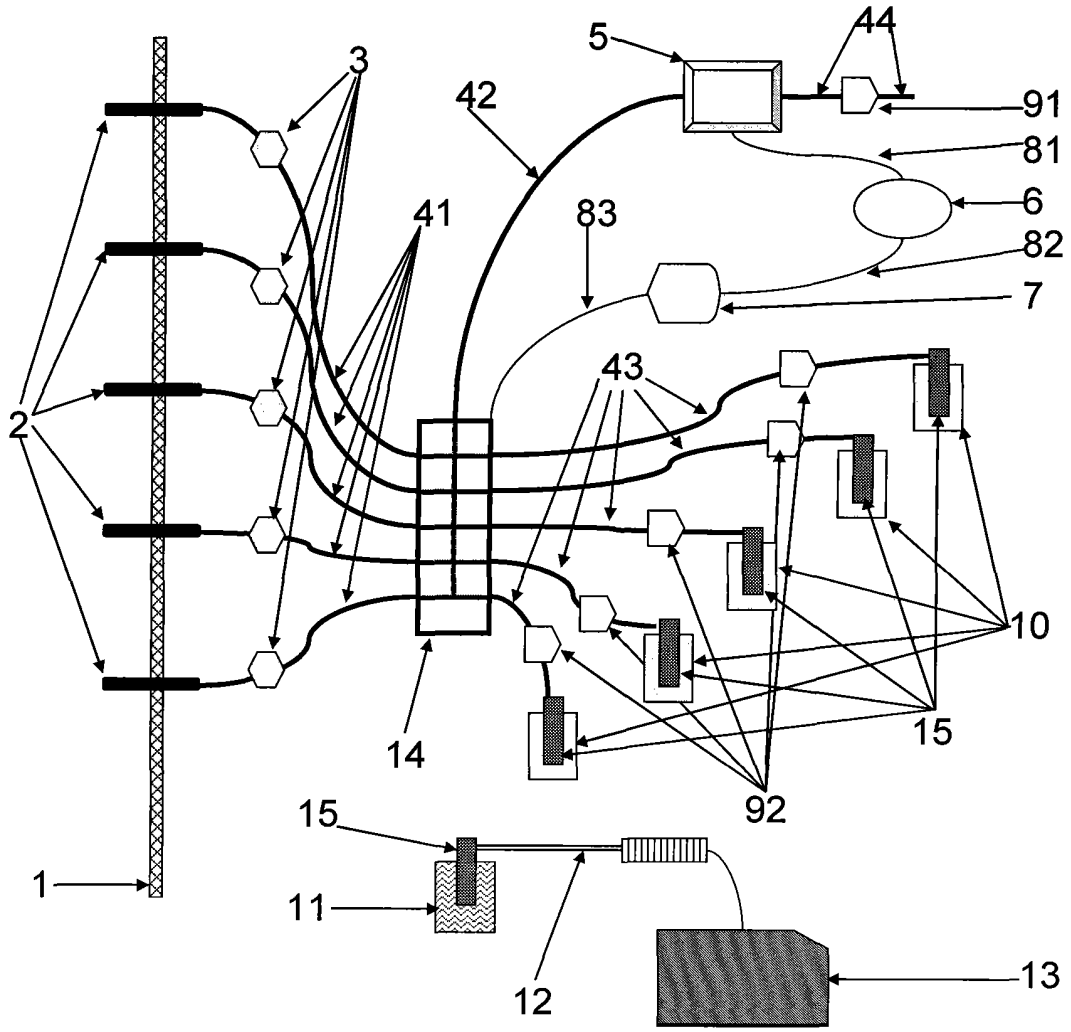

5
44
3
42
91
81
41
83
6
82
7
43
2
10
14
15
92
15
1
11
12
13

图 1

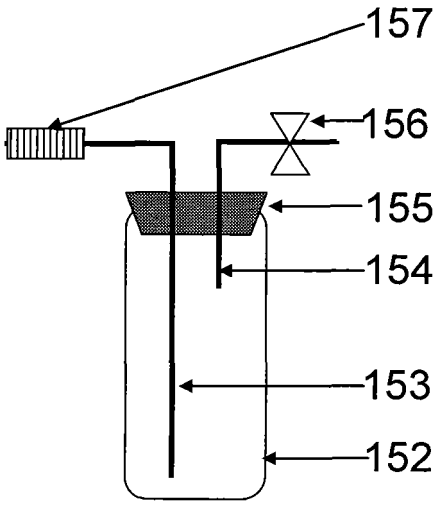

157
156
155
154
153
152

图 2