



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 114279907 B

(45) 授权公告日 2022. 11. 15

(21) 申请号 202111525766.8

(22) 申请日 2021.12.14

(65) 同一申请的已公布的文献号  
申请公布号 CN 114279907 A

(43) 申请公布日 2022.04.05

(73) 专利权人 中国科学院地质与地球物理研究所

地址 100029 北京市朝阳区北土城西路19号

(72) 发明人 谷立新 张徐航 张驰 徐于晨  
田恒次 唐旭 贺怀宇 林杨挺  
李金华

(74) 专利代理机构 北京金智普华知识产权代理有限公司 11401  
专利代理师 岳野

(51) Int. Cl.  
G01N 15/02 (2006.01)  
G01N 1/34 (2006.01)

(56) 对比文件  
EP 0084666 A1, 1983.08.03

CN 113355472 A, 2021.09.07

US 2017284928 A1, 2017.10.05

CN 214067053 U, 2021.08.27

GB 1197782 A, 1970.07.08

CN 112439686 A, 2021.03.05

CN 108709835 A, 2018.10.26

CN 201516413 U, 2010.06.30

CN 202238639 U, 2012.05.30

CN 109789447 A, 2019.05.21

CN 114377957 A, 2022.04.22

CN 103212534 A, 2013.07.24

US 2013032512 A1, 2013.02.07

CN 213792693 U, 2021.07.27

US 6497155 B1, 2002.12.24

CN 110006792 A, 2019.07.12

CN 108801712 A, 2018.11.13

CN 112881228 A, 2021.06.01

CN 214584367 U, 2021.11.02

US 5429247 A, 1995.07.04

CH 327607 A, 1958.02.15

(续)

审查员 高稚鸿

权利要求书2页 说明书6页 附图3页

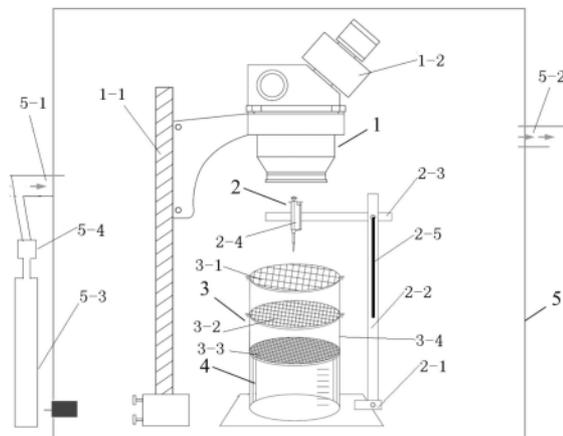
(54) 发明名称

一种月尘颗粒样品的无损筛分系统及其筛分方法

(57) 摘要

本发明属于地质和行星科学的样品筛分领域,涉及一种月尘颗粒样品的无损筛分系统及其筛分方法。该方法采用不同粒径的多层筛网结合滴定法对月尘颗粒样品进行无损筛分,根据筛网直径继续筛分更细的月尘颗粒,并按照筛网的直径进行编号、保存;最后一级过筛的样品保存在溶液中或用滴液装置吸取样品溶液后滴到样品台上或其他容器内进行后续分析。此方法简单高效,步骤少;由于采用溶液滴定的方法避免了过筛时在筛网及器皿上的静电吸附,几乎没有损耗;粒径容易控制,使用显微镜观察确保了较好的筛分效果;且采用的方法对样品的表面结构和

稀有气体组分、磁学等物理化学性质均没有影响,非常好的解决了不同粒径月尘样品的筛分。



CN 114279907 B

[接上页]

(56) 对比文件

US 7323345 B1, 2008.01.29

GB 1102700 A, 1968.02.07

CH 480099 A, 1969.10.31

谷立新 等. 聚焦离子束显微镜技术及其在地球和行星科学研究中的应用.《矿物岩石地球化学通报》. 2020, 第39卷 (第6期), 第1119-1140+

1065-1066页.

杨金玲 等. 激光法与湿筛-吸管法测定土壤颗粒组成的转换及质地确定.《土壤学报》. 2009, 第46卷 (第5期), 第772-780页.

Samuel P. Kounaves 等. The MECA Wet Chemistry Laboratory on the 2007 Phoenix Mars Scout Lander.《JOURNAL OF GEOPHYSICAL RESEARCH》. 2009, 第114卷第1-20页.

1. 一种月尘颗粒样品的无损筛分系统,其特征在于,所述无损筛分系统包括:筛分单元、滴液单元、观测单元、辅助单元和接收单元,

所述筛分单元,用于将月尘颗粒样品按照不同的粒径进行筛分;

所述滴液单元,用于使月尘颗粒样品按照粒径大小快速通过所述筛分单元,

所述观测单元,用于观测所述筛分单元对月尘颗粒样品的筛分结果;

所述接收单元,用于收集和储存滴定溶液和小于所述筛分单元的粒径的月尘颗粒样品;

所述辅助单元,提供在筛分过程中使月尘颗粒样品处于保护气氛中;

其中,所述滴液单元和观测单元通过支架设置在所述筛分单元的上方,所述接收单元设置在所述筛分单元下方,且所述筛分单元、滴液单元和接收单元均设置在所述辅助单元内部;

所述筛分单元包括筛分支架、第一筛网、第二筛网和第三筛网;

其中,所述第一筛网、第二筛网和第三筛网从上到下依次设置在所述筛分支架上,

所述第一筛网的粒径为100微米~1000微米;

所述第二筛网的粒径为50微米~99微米;

所述第三筛网的粒径为10微米~49微米;

所述滴液单元包括滴液装置和第一调节支架;

其中,所述第一调节支架包括底座、竖直支架、滑轨和连接杆,

所述竖直支架固定在所述底座,所述滑轨设置在所述竖直支架的侧壁上,所述连接杆一端与所述滑轨活动连接,另一端与所述滴液装置固接,使所述滴液装置能够沿着竖直支架上下移动,所述滴液装置内装有滴定液;

所述滴液装置为滴定枪;所述滴定液为无水乙醇。

2. 根据权利要求1所述的无损筛分系统,其特征在于,所述第一筛网、第二筛网和第三筛网的孔径为方形或圆形孔。

3. 根据权利要求1所述的无损筛分系统,其特征在于,所述辅助单元包括惰性气源、气泵和筛分腔;

其中,所述惰性气源的一端与所述气泵连接,所述气泵通过管路与所述筛分腔连接,所述筛分腔上设有排气口。

4. 根据权利要求1所述的无损筛分系统,其特征在于,所述观测单元包括第二调节支架和显微镜;

其中,所述第二调节支架设置在所述筛分单元的一侧,所述显微镜设置在所述第二调节支架的上,并位于所述筛分单元的上方。

5. 一种采用如权利要求1-4任意一项所述的无损筛分系统筛分的方法,其特征在于,所述方法具体包括以下步骤:

S1) 先通入惰性气体,将腔内空气排出,再称取待筛分月尘颗粒样品放置在筛分单元的顶端筛网中心位置;

S2) 将滴液装置吸取滴定液滴定,并调节至预定高度,将滴定液以一定的流速滴定到所述的月尘颗粒样品上,反复进行滴定并使用显微镜观察直到小颗粒通过筛网;

S3) 按照筛网的直径对筛分后月尘颗粒样品进行编号、保存;最后将保存接收单元的溶

液中月尘颗粒样品用滴液装置吸取,然后将样品溶液后滴到样品台上或其他容器内进行后续分析。

6. 根据权利要求5所述的方法,其特征在于,所述S2)中的具体工艺为:

S2.1) 调节滴液装置至第一筛网的上方的距离为:0.5cm~2cm,以流速为10微升/秒~100微升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上,通过观测单元观测直到粘结颗粒分开并使小颗粒通过筛网;

S2.2) 去掉第一筛网,调节滴液装置至第二筛网的上方的距离为:0.5cm~2cm,以流速为10微升/秒~100微升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上,通过观测单元观测直到粘结颗粒分开并使小颗粒通过筛网;

S2.3) 去掉第二筛网,调节滴液装置至第三筛网的上方的距离为:0.5cm~2cm,以流速为10微升/秒~100微升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上,通过观测单元观测直到粘结颗粒分开并使小颗粒通过筛网。

## 一种月尘颗粒样品的无损筛分系统及其筛分方法

### 技术领域

[0001] 本发明属于地质和行星科学的样品筛分领域,涉及一种月尘颗粒样品的无损筛分系统及其筛分方法。

### 背景技术

[0002] 行星和空间科学越来越受到人们的关注。然而,月尘样品和小行星采样样品的颗粒尺寸很多都是在微米级,比如月尘样品平均尺寸为~70  $\mu\text{m}$ ;日本隼鸟号采集的系川小行星Itokawa颗粒样品在30~180  $\mu\text{m}$ 之间,这些样品的研究对探索太阳系的形成与演变规律、行星系统演化过程具有重要意义。但是由于样品珍贵,采样量非常少,不同尺寸的颗粒具有不同的性质,如尺寸越小的月尘样品受到的太阳风辐照越强,其物理化学性质就会不同,因此,采样返回的样品需要进行粒径筛分才能进行后续的实验分析,然而,目前国内还缺少相关的实验技术方法。而国外由于火箭技术先进采集的样品较多,采用了较为粗犷的用筛网直接筛分(干筛)的方式,但面临一些问题,主要包括(1)月尘颗粒粒度较细,直接过筛时由于静电吸附筛网会有残留,造成样品损耗;(2)不容易二次过筛,颗粒容易附着在容器壁;(3)颗粒样品粘结造成不同粒径颗粒的筛分后与实际尺寸误差较大,筛分效果不好等问题。因此,需要设计一种更普适更便利的不同粒径月尘颗粒样品的无损筛分方法。

### 发明内容

[0003] 本发明公开了一种月尘颗粒样品的无损筛分系统及其筛分方法,以解决现有技术的上述以及其他潜在问题中任一问题。

[0004] 为达到上述目的,本发明的技术方案是:为了解决上述问题,本发明克服现有技术存在的缺点,通过设计一套液体滴定样品进行筛分的装置及相关流程来实现不同粒径月尘颗粒样品的无损筛分。

[0005] 本发明的技术方案是:一种月尘颗粒样品的无损筛分系统,所述无损筛分系统包括:筛分单元、滴液单元、观测单元、辅助单元和接收单元。

[0006] 所述筛分单元,用于将月尘颗粒样品按照不同的粒径进行筛分;

[0007] 所述滴液单元,用于使月尘颗粒样品按照粒径大小快速通过所述筛分单元,

[0008] 所述观测单元,用于观测所述筛分单元对月尘颗粒样品的筛分结果;

[0009] 所述接收单元,用于收集和储存滴定溶液和最细粒经的月尘颗粒样品;

[0010] 所述辅助单元,用于提供筛分过程的对月尘颗粒样品的保护;

[0011] 其中,所述滴液单元和观测单元通过支架设置在所述筛分单元的上端,所述接收单元设置在所述筛分单元下端,且所述筛分单元、滴液单元和接收单元均设置在所述辅助单元内部。

[0012] 进一步,所述筛分单元包括筛分支架、第一筛网、第二筛网和第三筛网;

[0013] 其中,所述第一筛网、第二筛网和第三筛网从上到下依次设置在所述筛分支架上,

[0014] 所述第一筛网的粒径为100微米~1000微米;

- [0015] 所述第二筛网的粒径为50微米~99微米；
- [0016] 所述第三筛网的粒径为10微米~49微米。
- [0017] 进一步,所述第一筛网、第二筛网和第三筛网的孔径为方形或圆形孔。
- [0018] 进一步,所述滴液单元包括滴液装置、滴定液和第一调节支架；
- [0019] 其中,所述第一调节支架包括底座、竖直支架、滑轨和连接杆，
- [0020] 所述竖直支架固定在所述底座,所述滑轨设置在所述竖直支架的侧壁上,所述连接杆一端与所述滑轨活动连接,另一端与所述滴液装置固接,使所述滴液装置能够沿着竖直支架上下移动,所述滴定液设置在所述滴液装置内。
- [0021] 进一步,所述滴液装置为滴定枪;所述滴定液为无水乙醇。
- [0022] 进一步,所述辅助单元包括惰性气源、气泵和筛分腔；
- [0023] 其中,所述惰性气源的一端与所述气泵连接,所述气泵通过管路与所述筛分腔连接,所述筛分腔上设有排气口。
- [0024] 进一步,所述观测单元包括第二调节支架和显微镜；
- [0025] 其中,所述第二调节支架设置在所述筛分单元的一侧,所述显微镜设置在所述第二调节支架的上,并位于所述筛分单元的上方。
- [0026] 本发明的另一目的提供一种采用上述的无损筛分系统筛分的方法,所述方法具体包括以下步骤：
- [0027] S1)先通入惰性气体,将空气排出,再称取待筛分月尘颗粒样品放置在筛分单元的顶端筛网中心位置；
- [0028] S2)将滴液装置吸取滴定液滴定,并调节至预定高度,将滴定液以一定的流速滴定到所述的月尘颗粒样品上,反复进行滴定并使用显微镜观察直到小颗粒通过筛网；
- [0029] S3)根据筛网直径继续筛分更细的月尘颗粒,并按照筛网的直径进行编号、保存；最后一级过筛的样品保存在溶液中或用滴液装置吸取样品溶液后滴到样品台上或其他容器内进行后续分析。
- [0030] 进一步,所述S2)中的具体工艺为：
- [0031] S2.1)调节滴液装置至第一筛网的上方的距离为:0.5cm~2cm,以流速为10毫升微升/秒~100微升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上,通过观测单元观测直到粘结颗粒分开,并使符合第一筛网粒径的样品颗粒保留,小于第一筛网的粒径颗粒通过筛网到第二筛网；
- [0032] S2.2)去掉第一筛网,调节滴液装置至第二筛网的上方的距离为:0.5cm~2cm,以流速为10微升/秒~100微升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上,通过观测单元观测直到粘结颗粒分开,并使符合第二筛网粒径的颗粒保留,小于第二筛网粒径颗粒通过筛网到第三筛网；
- [0033] S2.3)去掉第二筛网,调节滴液装置至第三筛网的上方的距离为:0.5cm~2cm,以流速为10微升/秒~100微升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上,通过观测单元观测直到粘结颗粒分开并使小颗粒通过筛网。
- [0034] 滴液装置可以上下移动,在进行样品滴定时,尽可能速度快,使样品快速过筛,这样既克服了在筛网上的静电吸附,也不至于在筛网处由于液体张力造成样品的水平移动。
- [0035] 采用显微镜,用于观察样品的筛分情况,及时调整滴液装置的位置;并且可以用于

拍照,为后续实验提供筛分数据的支撑。

[0036] 最后筛分进入容器的最细微的样品可以使用液滴装置冲刷容器壁,避免颗粒样品吸附在容器壁上。

[0037] 使用的装置是在惰性气体环境中使用,防止样品氧化和污染。

[0038] 本发明的有益效果是:由于采用上述技术方案,简单高效,步骤少,基本没有损耗;由于采用溶液滴定的方法避免了过筛时在筛网及器皿上的静电吸附,几乎没有损耗;使用显微镜随时监测筛分情况,过筛效果好;每一次筛分出的样品可以根据科研需求取出进行称重、也方便分散于金箔、碳导电胶或特定样品台直接进行原位分析,亦可直接在显微镜下进行人工挑选特定样品进行精细结构分析;且采用的无水乙醇容易挥发,对样品的表面结构和稀有气体组分、磁学等物理化学性质均没有影响。此装置及方法非常好的解决了不同粒径月尘样品的筛分,在月球及未来的小行星、火星等返回样品的分析中有着广泛的应用。

## 附图说明

[0039] 图1为本发明的一种月尘颗粒样品的无损筛分系统的结构示意图。

[0040] 图2为本发明的一种月尘颗粒样品的无损筛分方法的流程图。

[0041] 图3为本发明的实例中月尘放置于筛网后的图像。

[0042] 图4为本发明实例中月尘颗粒进行50微米孔径筛网筛分后留在筛网上的样品图。

[0043] 图5为本发明实例中月尘通过50微米孔径筛网的留在接收单元溶液中的部分样品的扫描电镜图。

[0044] 图中:

[0045] 1-观察单元、1-1第二调节支架、1-2.显微镜、2-滴液单元、2-1底座、2-2. 竖直支架、2-3.连接杆、2-4- 滴定装置、2-5.滑轨、3-筛分单元、3-1. 第一筛网、3-2. 第二筛网、3-3. 第三筛网、3-4.筛分支架;4-样品接收单元,5-辅助单元,5-1、进气口,5-2.排气口,5-3. 惰性气源、5-4.气泵。

## 具体实施方式

[0046] 下面通过附图和具体实例对本发明的技术方案作进一步说明。

[0047] 如图1所示,本发明一种月尘颗粒样品的无损筛分系统,所述无损筛分系统包括:筛分单元、滴液单元、观测单元、辅助单元和接收单元。

[0048] 所述筛分单元3,用于将月尘颗粒样品按照不同的粒径进行筛分;

[0049] 所述滴液单元2,用于使月尘颗粒样品按照粒径大小快速通过所述筛分单元,

[0050] 所述观测单元1,用于观测所述筛分单元对月尘颗粒样品的筛分结果;

[0051] 所述接收单元4,用于收集和储存滴定溶液和最细粒径的月尘颗粒样品;

[0052] 所述辅助单元5,用于提供筛分过程的对月尘颗粒样品的保护;

[0053] 其中,所述滴液单元和观测单元通过支架设置在所述筛分单元的上端,所述接收单元设置在所述筛分单元下端,且所述筛分单元、滴液单元和接收单元均设置在所述辅助单元内部。

[0054] 所述筛分单元包括筛分支架3-4、第一筛网3-1、第二筛网3-2和第三筛网3-3;

[0055] 其中,所述第一筛网3-1、第二筛网3-2和第三筛网3-3从上到下依次设置在所述筛

分支架3-4上，

[0056] 所述第一筛网3-1的粒径为100微米~1000微米；

[0057] 所述第二筛网3-2的粒径为50微米~99微米；

[0058] 所述第三筛网3-3的粒径为10微米~49微米。

[0059] 所述第一筛网3-1、第二筛网3-2和第三筛网3-3的孔径为方形或圆形孔。

[0060] 所述滴液单元2包括滴液装置2-4、滴定液和第一调节支架；

[0061] 其中，所述第一调节支架包括底座2-1、竖直支架2-2、滑轨2-3和连接杆2-5，

[0062] 所述竖直支架固定在所述底座，所述滑轨设置在所述竖直支架的侧壁上，所述连接杆一端与所述滑轨活动连接，另一端与所述滴液装置固接，使所述滴液装置能够沿着竖直支架上下移动，所述滴定液设置在所述滴液装置内。

[0063] 所述滴液装置为滴定枪；所述滴定液为无水乙醇。

[0064] 所述辅助单元包括惰性气源、气泵和筛分腔；

[0065] 其中，所述惰性气源的一端与所述气泵连接，所述气泵通过管路与所述筛分腔连接，所述筛分腔上设有排气口。

[0066] 所述观测单元包括第二调节支架和显微镜；

[0067] 其中，所述第二调节支架设置在所述筛分单元的一侧，所述显微镜设置在所述第二调节支架的上，并位于所述筛分单元的上方。

[0068] 如图2所示，本发明的采用上述的无损筛分系统筛分的方法，所述方法具体包括以下步骤：

[0069] S1)先通入惰性气体，将腔内空气排出，再称取待筛分月尘颗粒样品放置在筛分单元的顶端筛网中心位置；

[0070] S2)将滴液装置吸取滴定液滴定，并调节至预定高度，将滴定液以一定的流速滴定到所述的月尘颗粒样品上，反复进行滴定并使用显微镜观察直到小颗粒通过筛网；

[0071] S3)按照筛网的直径对筛分后月尘颗粒样品进行编号、保存；最后将保存接收单元的溶液中月尘颗粒样品用滴液装置吸取样品溶液后滴到样品台上或其他容器内进行后续分析。

[0072] 所述S2)中的具体工艺为：

[0073] S2.1)调节滴液装置至第一筛网的上方的距离为：0.5cm~2cm，以流速为10毫升/秒~100毫升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上，通过观测单元观测直到粘结颗粒分开，并使符合第一筛网粒径的样品颗粒保留，小于第一筛网的粒径颗粒通过筛网到第二筛网；

[0074] S2.2)去掉第一筛网，调节滴液装置至第二筛网的上方的距离为：0.5cm~2cm，以流速为10毫升/秒~100毫升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上，通过观测单元观测直到粘结颗粒分开，并使符合第二筛网粒径的颗粒保留，小于第二筛网粒径颗粒通过筛网到第三筛网；

[0075] S2.3)去掉第二筛网，调节滴液装置至第三筛网的上方的距离为：0.5cm~2cm，以流速为10毫升/秒~100毫升/秒滴定到第一筛网的月尘颗粒样品上，通过观测单元观测直到粘结颗粒分开并使小颗粒通过筛网。

[0076] 实施例：

[0077] 本发明一种月尘样品无损筛分方法,其装置如图1所示,筛分流程如图2所示。本实施例中主要应用筛分单元、滴液单元、观测单元、辅助单元和接收单元。具体包括以下步骤:

[0078] 步骤1:将50微米的筛网平整放置于一个50毫升容器上,然后将约8毫克的月尘颗粒样品放到粗筛网中心,如图3所示。

[0079] 步骤2:用滴液装置每次吸取100微升的无水乙醇滴定样品,在显微镜下观察反复进行滴定10次使样品充分过筛,获得大于50微米粒径的月尘样品留在筛网上,如图4所示。

[0080] 步骤3:将通过筛网的样品(在容器的溶液中)进行超声波震荡,用滴液装置吸取100微升样品溶液滴于碳胶带上进行扫描电镜观察,如图5所示,确认筛分后的样品粒径符合要求。

[0081] 以上所述仅为本发明的实施例,使用了筛网、容器、滴液装置和显微镜等进行一次筛分,所述实施例并非用以限制本发明的专利保护范围。本实施例所述的月尘样品无损筛分方法,其总体步骤相对简单,实用性好,由于采用溶液滴定的方法避免了过筛时在筛网及器皿上的静电吸附,几乎没有损耗通过称量筛网上大于50微米及通过筛网的小于50微米样品的重量,发现基本没有损耗;粒径容易控制,过筛效果好,可以用显微镜获得形貌数据;每一次筛分出的样品可以根据科研需求取出称量并进行分析;且采用的无水乙醇对样品的表面结构和稀有气体组分、磁学等物理化学性质均没有影响,且非常好的解决了不同粒径月尘样品的筛分,弥补了现有筛分技术的不足,在月球及未来的小行星、火星等返回样品的分析中有着广泛的应用。

[0082] 以上对本申请实施例所提供的一种月尘颗粒样品的无损筛分系统及其筛分方法,进行了详细介绍。以上实施例的说明只是用于帮助理解本申请的方法及其核心思想;同时,对于本领域的一般技术人员,依据本申请的思想,在具体实施方式及应用范围上均会有改变之处,综上所述,本说明书内容不应理解为对本申请的限制。

[0083] 如在说明书及权利要求书当中使用了某些词汇来指称特定组件。本领域技术人员应可理解,硬件制造商可能会用不同名词来称呼同一个组件。本说明书及权利要求书并不以名称的差异来作为区分组件的方式,而是以组件在功能上的差异来作为区分的准则。如在通篇说明书及权利要求书当中所提及的“包含”、“包括”为一开放式用语,故应解释成“包含/包括但不限于”。“大致”是指在可接受的误差范围内,本领域技术人员能够在一定误差范围内解决所述技术问题,基本达到所述技术效果。说明书后续描述为实施本申请的较佳实施方式,然所述描述乃以说明本申请的一般原则为目的,并非用以限定本申请的范围。本申请的保护范围当视所附权利要求书所界定者为准。

[0084] 还需要说明的是,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商品或者系统不仅包括那些要素,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商品或者系统所固有的要素。在没有更多限制的情况下,由语句“包括一个……”限定的要素,并不排除在包括所述要素的商品或者系统中还存在另外的相同要素。

[0085] 应当理解,本文中使用的术语“和/或”仅仅是一种描述关联对象的关联关系,表示可以存在三种关系,例如,A和/或B,可以表示:单独存在A,同时存在A和B,单独存在B这三种情况。另外,本文中字符“/”,一般表示前后关联对象是一种“或”的关系。

[0086] 上述说明示出并描述了本申请的若干优选实施例,但如前所述,应当理解本申请

并非局限于本文所披露的形式,不应看作是对其他实施例的排除,而可用于各种其他组合、修改和环境,并能够在本文所述申请构想范围内,通过上述教导或相关领域的技术或知识进行改动。而本领域人员所进行的改动和变化不脱离本申请的精神和范围,则都应在本申请所附权利要求书的保护范围内。

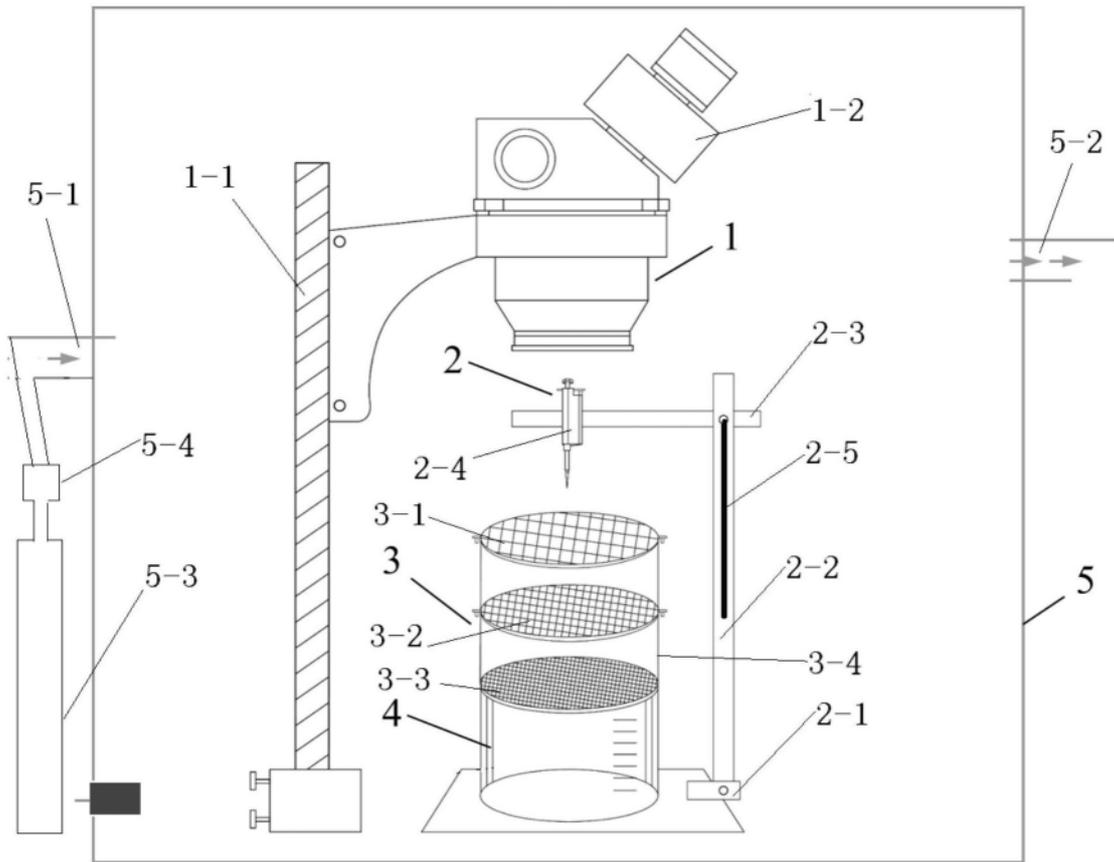


图1

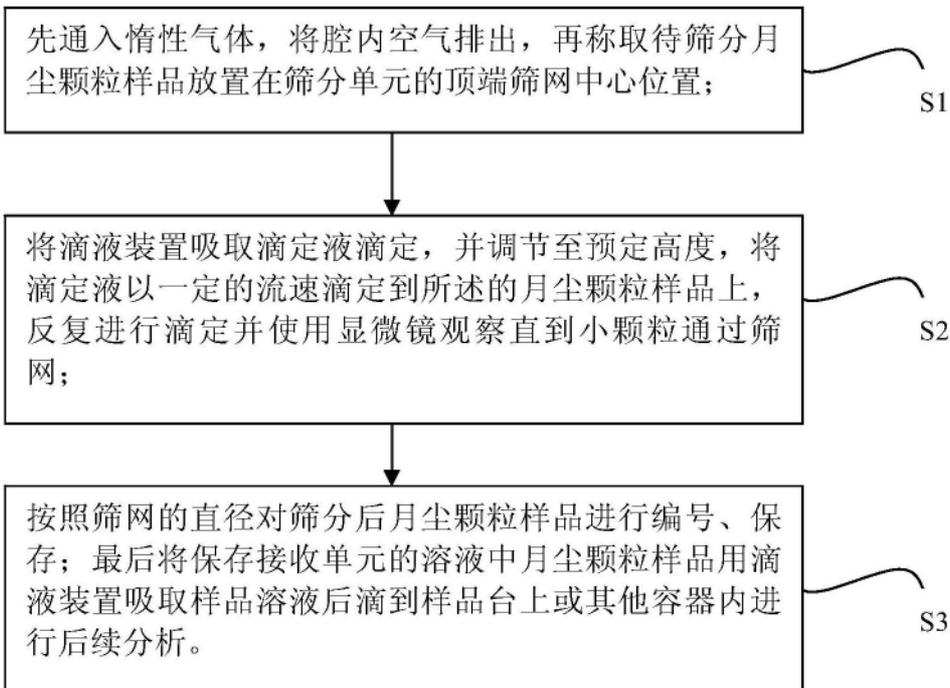


图2

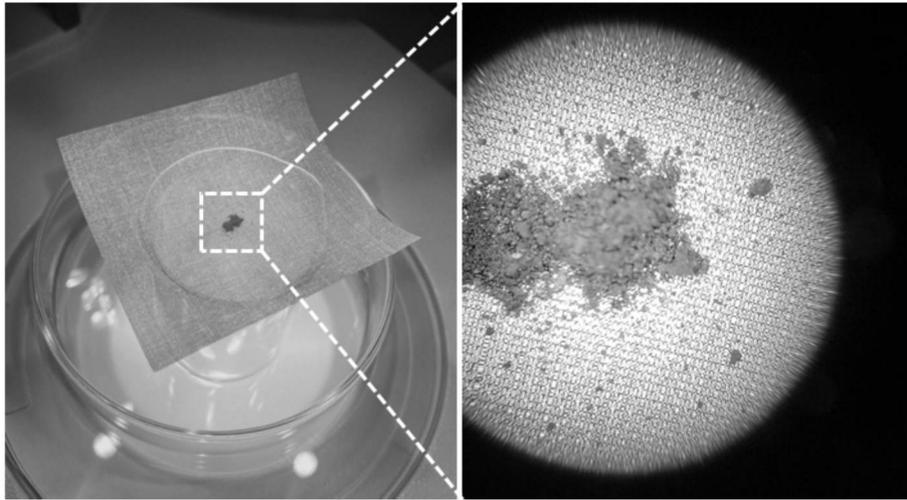


图3

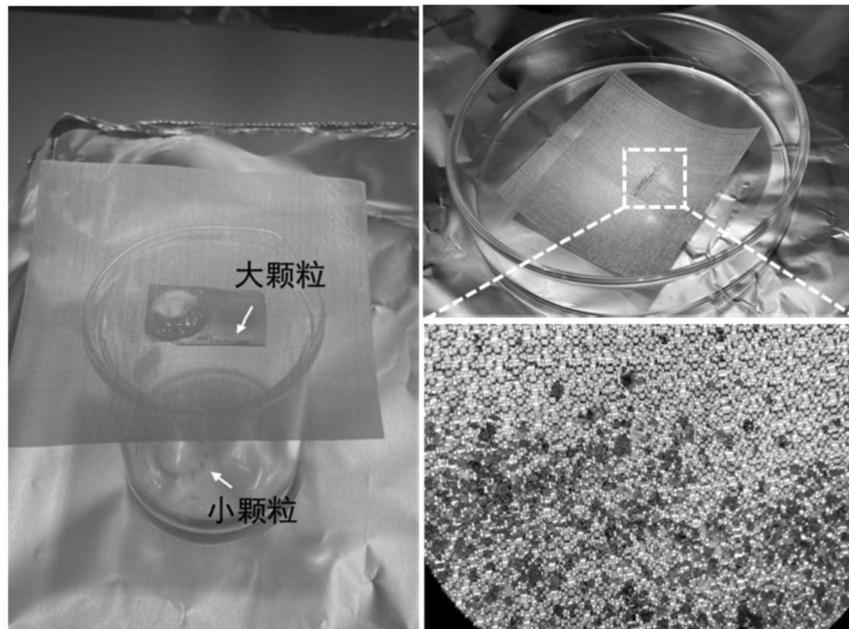


图4

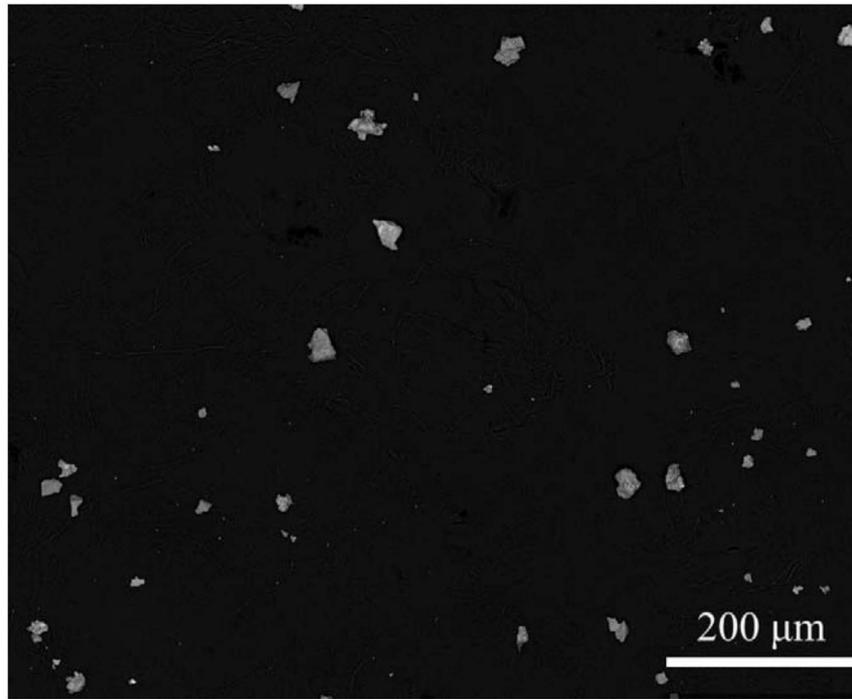


图5