



(21) 申请号 202111266212.0

(22) 申请日 2021.10.28

(65) 同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 114200953 A

(43) 申请公布日 2022.03.18

(73) 专利权人 山东省物化探勘查院
地址 250013 山东省济南市历下区历山路
56号

(72) 发明人 郭朋 刘敬兵 张景宇 赵法强
孙朋 张燕挥

(74) 专利代理机构 济南圣达知识产权代理有限公司 37221

专利代理师 闫伟姣

(51) Int. Cl.

G05D 1/46 (2024.01)

(56) 对比文件

CN 104122597 A, 2014.10.29

CN 106291745 A, 2017.01.04

CN 109375636 A, 2019.02.22

CN 111402194 A, 2020.07.10

CN 111538106 A, 2020.08.14

CN 111897015 A, 2020.11.06

CN 111927552 A, 2020.11.13

CN 112166394 A, 2021.01.01

WO 2021163881 A1, 2021.08.26

付锦. 在环境复原项目中利用遥感技术的战略计划.《国外铀金地质》.2002,第19卷(第02期),第104-110页第1-9节及摘要.

王晋丽;康建荣;胡晋山.采煤地裂缝对水土资源的影响研究.山西煤炭.2011,(第03期),全文.

审查员 李朝霞

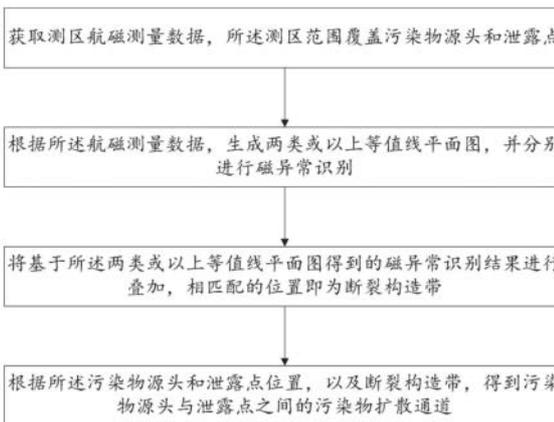
权利要求书2页 说明书6页 附图1页

(54) 发明名称

基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法及系统

(57) 摘要

本发明公开了一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法及系统,包括以下步骤:获取测区航磁测量数据,所述测区范围覆盖污染物源头和泄露点;根据所述航磁测量数据,生成两类或以上等值线平面图,并分别进行磁异常识别;将基于所述两类或以上等值线平面图得到的磁异常识别结果进行叠加,相匹配的位置即为断裂构造带;根据所述污染物源头和泄露点位置,以及断裂构造带,得到污染物源头与泄露点之间的污染物扩散通道。本发明针对地质情况复杂的老矿区,能够快速准确地识别出地下裂隙构造,从而推断出污染物泄露扩散的通道。



1. 一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,其特征在于,包括以下步骤:
 - 获取测区航磁测量数据,所述测区范围覆盖污染物源头和泄露点;
 - 根据所述航磁测量数据,生成两类或以上等值线平面图,并分别进行磁异常识别;具体包括:
 - 依次进行化极处理、垂向与水平方向一阶导数处理,得到航磁 ΔT 化极等值线平面图、垂向一阶导数等值线平面图和水平一阶导数等值线平面图;
 - 将空间磁场数据采用最小曲率网格化法进行处理获取测区磁场数据网格化文件,进行化磁极处理,消除斜磁化影响,获得化磁极磁异常等值线平面图;将化磁极后航磁 ΔT 进行垂向(Z)、水平(X、Y)方向一阶导数计算,突出对应方向的边界特征,并形成对应一阶导数平面等值线成果图;其中,所述最小曲率网格化法为:采用最小曲率法对无人机航磁数据进行插值处理,形成网格化数据体文件;
 - 基于航磁 ΔT 化极等值线平面图进行磁异常特征识别;
 - 将航磁 ΔT 化极等值线平面图中的密集梯度带、等值线同向扭曲、磁异常轴向错断和串珠状排列特征记为磁异常特征;
 - 基于垂向一阶导数等值线平面图和水平一阶导数等值线平面图进行磁异常特征识别;
 - 将垂向或水平一阶导数等值线平面图中零值线、正或负极值串珠状异常带记为磁异常特征;
 - 将基于所述两类或以上等值线平面图得到的磁异常识别结果进行叠加,相匹配的位置即为断裂构造带;
 - 根据所述污染物源头和泄露点位置,以及断裂构造带,得到污染物源头与泄露点之间的污染物扩散通道。
2. 如权利要求1所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,其特征在于,获取测区航磁测量数据包括:
 - 获取测区数字高程模型并显示,接收与飞行安全相关的位置标注;
 - 获取无人机飞行起点、终点和飞行高度,根据所述数字高程模型生成初始航线;
 - 根据所述初始航线和高程变化率,结合标注位置确定航点,进行航线规划,并将航线规划结果发送至无人机;
 - 获取无人机采集的测区航磁测量数据。
3. 如权利要求2所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,其特征在于,进行航线规划包括:
 - 对初始航线根据预设初始密度进行等间距采样,得到初始航点集合;
 - 将所述初始航线投影到所述数字高程模型,根据高程变化,增加或删除航点。
4. 如权利要求3所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,其特征在于,进行航线规划还包括:
 - 若所述初始航线经过标注位置,将所述标注位置纳入航点集合,提高所述航点高度,并根据无人机爬升角度要求和障碍物磁场干扰影响范围,确定开始爬升航点与开始下降航点,将所述开始爬升航点与开始下降航点加入航点集合。
5. 如权利要求3所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,其特征在于,进行航线规划还包括:

计算每个航点所在位置的高程变化率,对于高程变化率超过第三设定阈值的航点,提升所述航点高度,并基于设定危险区域确定所述航点处的飞行路线。

6.如权利要求1所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,其特征在于,所述两类或以上等值线平面图包括航磁 ΔT 化极等值线平面图,以及垂向一阶导数等值线平面图和水平一阶导数等值线平面图中的至少两类。

7.一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别系统,实现如权利要求1-6任一项所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,其特征在于,包括:

数据获取模块,用于获取测区航磁测量数据,所述测区范围覆盖污染物源头和泄露点;

磁异常识别模块,用于根据所述航磁测量数据,生成两类或以上等值线平面图,并分别进行磁异常识别;

叠加匹配模块,用于将基于所述两类或以上等值线平面图得到的磁异常识别结果进行叠加,相匹配的位置即为断裂构造带;

扩散通道识别模块,用于根据所述污染物源头和泄露点位置,以及断裂构造带,得到污染物源头与泄露点之间的污染物扩散通道。

8.一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,其特征在于,所述处理器执行所述程序时实现如权利要求1-6任一项所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法。

9.一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,其特征在于,该程序被处理器执行时实现如权利要求1-6任一项所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法。

基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法及系统

技术领域

[0001] 本发明属于无人机航磁测量技术领域,尤其涉及一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法及系统。

背景技术

[0002] 本部分的陈述仅仅是提供了与本发明相关的背景技术信息,不必然构成在先技术。

[0003] 老矿区或者早期的简易垃圾填埋场,由于闭坑前没有采取有效的防渗处理,随着时间的推移,遗留的尾矿、矿渣等污染物对于周边环境的污染和影响逐渐显露出来。很多老矿区都出现了沿地下裂隙构造渗漏扩散问题。为了有效阻隔污染物继续扩散,有必要对污染物扩散通道进行识别。

[0004] 目前主要依赖于地质调查、钻探等手段进行勘查,寻找泄露扩散通道,由于这些区域都存在地质条件复杂、勘察环境恶劣等问题,这些现场的勘察手段都存在效率低下和危险性高的问题,且容易造成二次污染。地面物探是通过检测电阻率对地下结构进行反演得到污染通道,虽然一定程度上解决了效率低下和危险性高的问题,但是勘察成本高,不利于推广使用。

发明内容

[0005] 为克服上述现有技术的不足,本发明提供了一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法及系统。针对地质情况复杂的老矿区,能够快速准确地识别出地下裂隙构造,从而推断出污染物泄露扩散的通道。

[0006] 为实现上述目的,本发明的一个或多个实施例提供了如下技术方案:

[0007] 一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法,包括以下步骤:

[0008] 获取测区航磁测量数据,所述测区范围覆盖污染物源头和泄露点;

[0009] 根据所述航磁测量数据,生成两类或以上等值线平面图,并分别进行磁异常识别;

[0010] 将基于所述两类或以上等值线平面图得到的磁异常识别结果进行叠加,相匹配的位置即为断裂构造带;

[0011] 根据所述污染物源头和泄露点位置,以及断裂构造带,得到污染物源头与泄露点之间的污染物扩散通道。

[0012] 进一步地,获取测区航磁测量数据包括:

[0013] 获取测区数字高程模型并显示,接收与飞行安全相关的位置标注;

[0014] 获取无人机飞行起点、终点和飞行高度,根据所述数字高程模型生成初始航线;

[0015] 根据所述初始航线和高程变化率,结合标注位置确定航点,进行航线规划,并将航线规划结果发送至无人机;

[0016] 获取无人机采集的测区航磁测量数据。

[0017] 进一步地,进行航线规划包括:

- [0018] 对初始航线根据预设初始密度进行等间距采样,得到初始航点集合;
- [0019] 将所述初始航线投影到所述数字高程模型,根据高程变化,增加或删除航点。
- [0020] 进一步地,进行航线规划还包括:
- [0021] 若所述初始航线经过标注位置,将所述标注位置纳入航点集合,提高所述航点高度,并根据无人机爬升角度要求和障碍物磁场干扰影响范围,确定开始爬升航点与开始下降航点,将所述开始爬升航点与开始下降航点加入航点集合。
- [0022] 进一步地,进行航线规划还包括:
- [0023] 计算每个航点所在位置的高程变化率,对于高程变化率超过第三设定阈值的航点,提升所述航点高度,并基于设定危险区域确定所述航点处的飞行路线。
- [0024] 进一步地,所述两类或以上等值线平面图包括航磁 ΔT 化极等值线平面图,以及垂向一阶导数等值线平面图和水平一阶导数等值线平面图中的至少一类。
- [0025] 进一步地,所述航磁 ΔT 化极等值线平面图中的磁异常特征包括密集梯度带、等值线同向扭曲特征、磁异常轴向错断特征和串珠状异常带;所述垂向一阶导数等值线平面图和水平一阶导数等值线平面图中的磁异常特征包括零值线、正或负极值串珠状异常带。
- [0026] 一个或多个实施例提供了一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别系统,包括:
- [0027] 数据获取模块,用于获取测区航磁测量数据,所述测区范围覆盖污染物源头和泄露点;
- [0028] 磁异常识别模块,用于根据所述航磁测量数据,生成两类或以上等值线平面图,并分别进行磁异常识别;
- [0029] 叠加匹配模块,用于将基于所述两类或以上等值线平面图得到的磁异常识别结果进行叠加,相匹配的位置即为断裂构造带;
- [0030] 扩散通道识别模块,用于根据所述污染物源头和泄露点位置,以及断裂构造带,得到污染物源头与泄露点之间的污染物扩散通道。
- [0031] 一个或多个实施例提供了一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法。
- [0032] 一个或多个实施例提供了一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现所述的基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法。
- [0033] 以上一个或多个技术方案存在以下有益效果:
- [0034] 通过将航磁测量技术与污染物通道探测相结合,基于多类航磁测量成果图的磁异常结果的叠加匹配,能够高效、快捷、无损的污染物泄露运移通道靶区识别,解决了复杂地形区老旧矿区或垃圾填埋场污染物泄露运移通道探测施工难度大、准确率低、易造成二次污染的技术难题,为环境污染治理与生态保护提供技术支撑,具有较高的推广应用价值。
- [0035] 为获取老矿区高精度航磁测量数据,基于高精度数字高程模型进行航线规划,首先生成均匀分布的初始航点,然后根据高程变化对均匀分布的初始航点进行增删,在变化率高的航点之间增加航点,在平坦的航点之间减少航点,实现了结合地形的航点密度自适应调整。
- [0036] 此外,在表示障碍物等具有安全隐患的标注位置,通过提高航点高度,增加开始爬

升航点和开始下降航点,实现了障碍物的自动绕行,保证了无人机的飞行安全和稳定。

附图说明

[0037] 构成本发明的一部分的说明书附图用来提供对本发明的进一步理解,本发明的示意性实施例及其说明用于解释本发明,并不构成对本发明的不当限定。

[0038] 图1为本发明一个或多个实施例中基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别方法流程图。

具体实施方式

[0039] 应该指出,以下详细说明都是示例性的,旨在对本发明提供进一步的说明。除非另有指明,本文使用的所有技术和科学术语具有与本发明所属技术领域的普通技术人员通常理解相同含义。

[0040] 需要注意的是,这里所使用的术语仅是为了描述具体实施方式,而非意图限制根据本发明的示例性实施方式。如在这里所使用的,除非上下文另外明确指出,否则单数形式也意图包括复数形式,此外,还应当理解的是,当在本说明书中使用术语“包含”和/或“包括”时,其指明存在特征、步骤、操作、器件、组件和/或它们的组合。

[0041] 在不冲突的情况下,本发明中的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

[0042] 实施例一

[0043] 本实施例公开了一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道快速识别方法,具体包括以下步骤:

[0044] 步骤1:获取测区航磁测量数据,所述测区范围覆盖污染物源头和泄露点。所述步骤1具体包括:

[0045] 步骤1.1:获取污染物源头和泄露点出露位置,确定覆盖污染物源头和泄露点的测区范围。

[0046] 步骤1.2:根据所述测区范围进行航线规划,并将得到的航线发送至无人机。由于勘察地区多为老矿区等地质情况复杂的区域,为获取高精度磁测数据,本实施例基于倾斜摄影获取的高精度数字高程模型(DEM)进行航线规划,具体包括以下步骤:

[0047] 步骤1.2.1:获取测区范围倾斜摄影数据,进行三维重建得到三维实景模型;

[0048] 步骤1.2.2:根据所述三维实景模型提取测区厘米级精度数字高程模型,并进行显示;接收用户针对可能影响无人机飞行安全的位置标注,例如标记影响飞行安全的障碍物。优选地,还针对障碍物的磁场干扰影响半径进行标注;

[0049] 步骤1.2.3:获取无人机飞行起点、终端和飞行高度,根据所述数字高程模型生成初始航线。本实施例中,根据预设的所述无人机飞行高度,按照等离地高度生成初始航线。

[0050] 步骤1.2.4:根据所述初始航线和高程变化率,结合标注位置确定航点,得到航磁测量飞行路径并发送至无人机。

[0051] 作为一种实现方式,首先对初始航线根据预设初始密度进行等间距采样,得到初始航点集合;然后将所述初始航线投影到所述数字高程模型,根据高程变化,增加或删除航点。具体地,获取相邻初始航点之间的高程差,若所述高度差超过第一设定阈值,根据预设的高度差和采样密度映射关系,在所述相邻初始航点之间增加航点;若连续多个初始航点

之间的高程差均小于第二设定阈值,删除其中一个或多个初始航点;重复该过程,直至相邻航点之间的高程差均在第一设定阈值和第二设定阈值之间。

[0052] 若所述初始航线经过标注位置,将所述标注位置纳入航点集合,提高所述航点高度,并根据无人机爬升角度要求和障碍物磁场干扰影响范围,确定开始爬升航点与开始下降航点,将所述开始爬升航点与开始下降航点加入航点集合。

[0053] 为保证无人机安全稳定的飞行,使得无人机不论在任何姿态下都不会发生碰撞,要保证无人机与地面或者障碍物之间存在安全距离,本实施例中为航点设定初始机动半径,以所述航点为圆心,所述初始机动半径为半径的球形区域即为危险区域。计算每个航点所在位置的高程变化率,对于高程变化率超过第三设定阈值的航点,提升所述航点高度,并基于设定危险区域确定所述航点处的飞行路线。具体地,为将所述航点高度提升一个机动半径,同时,扩大所述航点的机动半径,即扩大危险区域的范围。

[0054] 正常情况下,测量过程中,无人机在平坦地区匀速飞行,在高程变化率大的测点需要进行大幅度减速甚至停机进行测量,损耗较大,本实施例通过设定危险区域以及抬升飞行高度,使得无人机能够平滑飞过高程变化率大的航点,无需进行大幅度减速或者停机,保证了无人机飞行的稳定性与安全性。

[0055] 本实施例基于倾斜摄影实现厘米级的高精度三维实景建模,从而指导无人机航磁测量航线的规划,提高了无人机航磁测量作业效率与安全性。

[0056] 步骤1.2.5:根据得到的航点集合、各航点相应的飞行高度和飞行路线,得到航线规划结果并发送至无人机。所述无人机基于规划的所述航线进行航磁测量。

[0057] 步骤1.3:获取所述无人机采集的航磁测量数据,并进行预处理。

[0058] 所述预处理具体包括:首先获取所述无人机采集的航磁测量数据,通过日变校正、正常场校正等航磁数据处理手段,获取测区的空间磁场数据;然后将空间磁场数据采用网格化处理获取测区磁场数据网格化文件。

[0059] 磁日变校正:无人机航磁测量工作开始之前在测区或周边(不超过30km)选择磁场平静、磁梯度变化小、无人文干扰、地形平坦开阔位置设立磁日变站,架设与工作采用航空磁力仪同等精度的磁力仪,按3s(或更小)时间间隔进行磁日变观测,无人机航磁测量结束30分钟后,结束磁日变观测,导出磁日变磁力仪原始观测数据,减去磁日变站基点磁场值后,得到当日测区磁日变数据(包含测量时间、磁日变值),采用磁力仪日变校正软件,采用直接校正与插值校正相结合的校正方法将航磁测量数据减去磁日变值,即完成磁日变校正。

[0060] 正常场校正:按照航磁测量点位经纬度坐标,采用国际地磁参考场模型计算出对应的国际地磁参考场值(IGRF),将经磁日变校正处理后无人机航磁测量数据减去国际地磁参考场值(IGRF),即为地球正常场校正。

[0061] 步骤2:根据所述航磁测量数据,生成两类或以上等值线平面图,并分别进行磁异常识别。所述步骤2具体包括:

[0062] 步骤2.1:依次进行化极处理、垂向与水平方向一阶导数处理,得到航磁 ΔT 化极等值线平面图、垂向一阶导数等值线平面图和水平一阶导数等值线平面图。

[0063] 将空间磁场数据采用最小曲率法进行网格化处理获取测区磁场数据网格化文件,然后进行化磁极处理,消除斜磁化影响,获得化磁极磁异常等值线平面图;然后将化磁极后

航磁 ΔT 进行垂向 (Z)、水平 (X、Y) 方向一阶导数计算,突出对应方向的边界特征,并形成对应一阶导数平面等值线成果图。其中,所述最小曲率网格化法为:采用最小曲率法对无人机航磁数据进行插值处理,形成网格化数据体文件,最小曲率网格化法是一种试图在尽可能严格地尊重数据的同时,生成尽可能圆滑的曲面的网格插值方法。

[0064] 步骤2.2:基于航磁 ΔT 化极等值线平面图进行磁异常特征识别;

[0065] 本实施例中,将航磁 ΔT 化极等值线平面图中的密集梯度带、等值线同向扭曲、磁异常轴向错断和串珠状排列特征记为磁异常特征。

[0066] 步骤2.3:基于垂向一阶导数等值线平面图和水平一阶导数等值线平面图进行磁异常特征识别;

[0067] 本实施例中,将垂向或水平一阶导数等值线平面图中零值线、正或负极值串珠状异常带记为磁异常特征。

[0068] 步骤3:将基于所述两类或以上等值线平面图得到的磁异常特征进行叠加,相匹配的磁异常特征即为断裂构造带。

[0069] 基于航磁测量数据识别得到断裂构造带后,按照走向与规模进行编号。

[0070] 步骤4:根据污染物源头端与泄露点出露位置,以及断裂构造带,得到污染物运移通道。

[0071] 结合测区水文地质资料和地形地貌特征,与推断的断裂构造带进行比对,根据污染物源头端与泄露点出露位置,连接污染物源头与泄露点的构造断裂,即为污染物运移通道重点排查区。

[0072] 针对识别发现的运移通道重点排查区,设计地面高密度电法剖面查证,如在推断通道位置地电断面出现低电阻率异常区,则确定了运移通道的位置与产状特征。

[0073] 实施例二

[0074] 本实施例的目的是提供一种基于无人机航磁测量的污染物扩散通道识别系统,所述系统包括:

[0075] 数据获取模块,用于获取测区航磁测量数据,所述测区范围覆盖污染物源头和泄露点;

[0076] 磁异常识别模块,用于根据所述航磁测量数据,生成两类或以上等值线平面图,并分别进行磁异常识别;

[0077] 叠加匹配模块,用于将基于所述两类或以上等值线平面图得到的磁异常识别结果进行叠加,相匹配的位置即为断裂构造带;

[0078] 扩散通道识别模块,用于根据所述污染物源头和泄露点位置,以及断裂构造带,得到污染物源头与泄露点之间的污染物扩散通道。

[0079] 实施例三

[0080] 本实施例的目的是提供一种电子设备。

[0081] 一种电子设备,包括存储器、处理器及存储在存储器上并可在处理器上运行的计算机程序,所述处理器执行所述程序时实现如实施例一中所述的方法。

[0082] 实施例四

[0083] 本实施例的目的是提供一种计算机可读存储介质。

[0084] 一种计算机可读存储介质,其上存储有计算机程序,该程序被处理器执行时实现

如实施例一中所述的方法。

[0085] 以上实施例二至四中涉及的各步骤与方法实施例一相对应,具体实施方式可参见实施例一的相关说明部分。术语“计算机可读存储介质”应该理解为包括一个或多个指令集的单个介质或多个介质;还应当被理解为包括任何介质,所述任何介质能够存储、编码或承载用于由处理器执行的指令集并使处理器执行本发明中的任一方法。

[0086] 以上一个或多个实施例通过多类航磁测量成果图的磁异常结果进行叠加匹配,能够高效、快捷、无损的污染物泄露运移通道靶区识别,解决了复杂地形区老旧矿区或垃圾填埋场污染物泄露运移通道探测施工难度大、准确率低、易造成二次污染的技术难题,为环境污染治理与生态保护提供技术支撑,具有较高的推广应用价值。

[0087] 本领域技术人员应该明白,上述本发明的各模块或各步骤可以用通用的计算机装置来实现,可选地,它们可以用计算装置可执行的程序代码来实现,从而,可以将它们存储在存储装置中由计算装置来执行,或者将它们分别制作成各个集成电路模块,或者将它们中的多个模块或步骤制作成单个集成电路模块来实现。本发明不限制于任何特定的硬件和软件的结合。

[0088] 以上所述仅为本发明的优选实施例而已,并不用于限制本发明,对于本领域的技术人员来说,本发明可以有各种更改和变化。凡在本发明的精神和原则之内,所作的任何修改、等同替换、改进等,均应包含在本发明的保护范围之内。

[0089] 上述虽然结合附图对本发明的具体实施方式进行了描述,但并非对本发明保护范围的限制,所属领域技术人员应该明白,在本发明的技术方案的基础上,本领域技术人员不需要付出创造性劳动即可做出的各种修改或变形仍在本发明的保护范围以内。

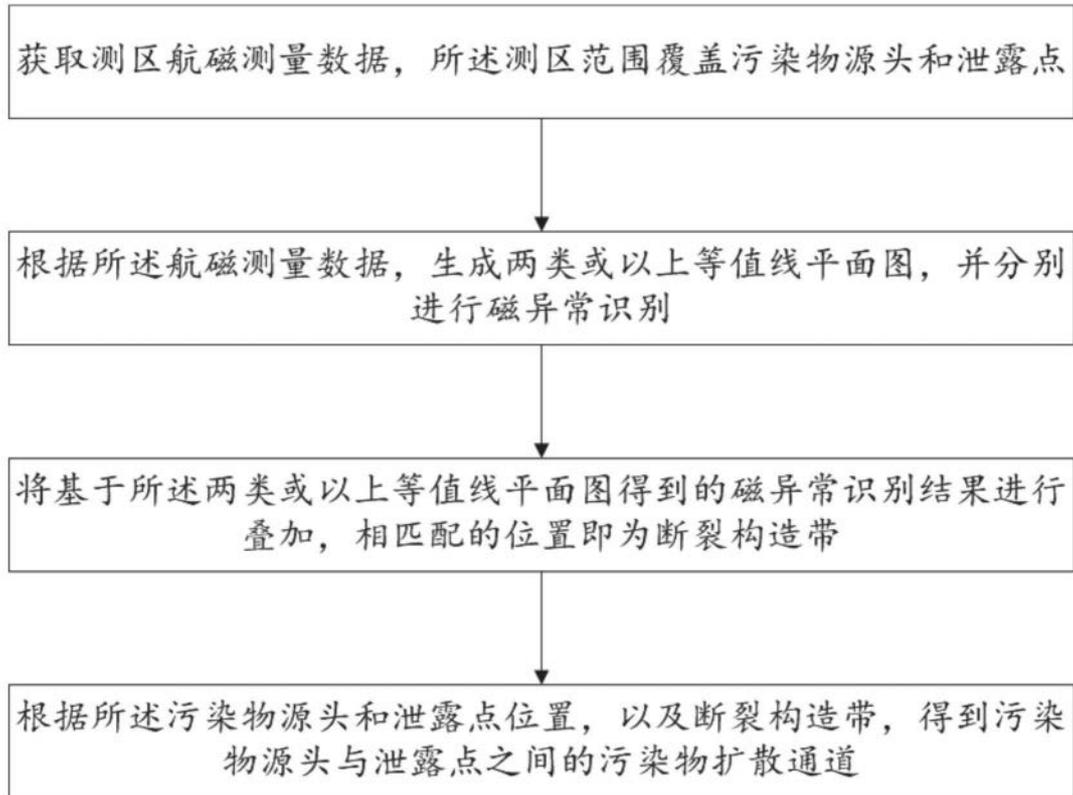


图1