

(12) 按照专利合作条约所公布的国际申请

(19) 世界知识产权组织
国际局

(43) 国际公布日
2020 年 6 月 4 日 (04.06.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/107248 A1

- (51) 国际专利分类号:
G05D 1/10 (2006.01) *B64D 47/00* (2006.01)
G01C 11/00 (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/117820
- (22) 国际申请日: 2018 年 11 月 28 日 (28.11.2018)
- (25) 申请语言: 中文
- (26) 公布语言: 中文
- (71) 申请人: 深圳市大疆创新科技有限公司 (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) [CN/CN]; 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。
- (72) 发明人: 李劲松 (LI, Jinsong); 中国广东省深圳市南山区高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。 张立天 (ZHANG, Litian); 中国广东省深圳市南山区

高新区南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。

(74) 代理人: 广州三环专利商标代理有限公司 (SCIHEAD IP LAW FIRM); 中国广东省广州市越秀区先烈中路80号汇华商贸大厦1508室, Guangdong 510070 (CN)。

(81) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的国家保护): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW。

(54) **Title:** METHOD AND DEVICE FOR SAFE LANDING OF UNMANNED AERIAL VEHICLE, UNMANNED AERIAL VEHICLE, AND MEDIUM

(54) 发明名称: 一种无人机的安全降落方法、装置、无人机及介质

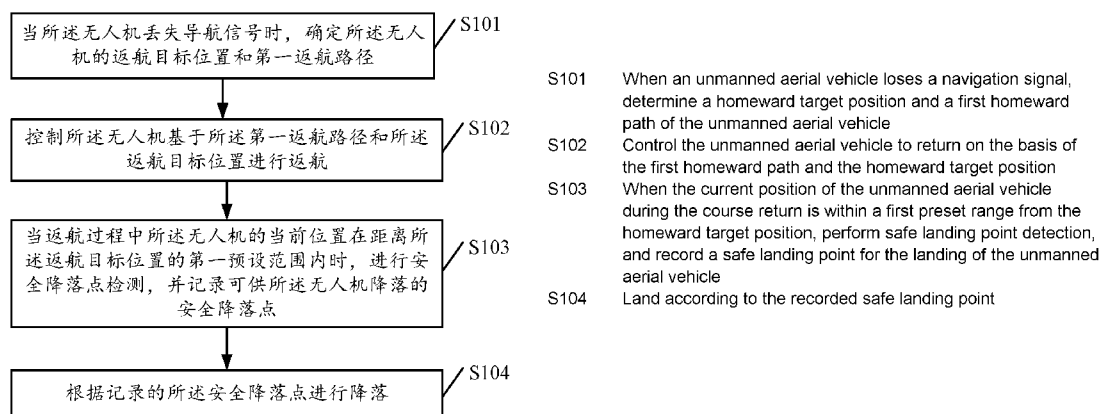


图 1

(57) **Abstract:** A method and device for safe landing of an unmanned aerial vehicle, the unmanned aerial vehicle, and a computer storage medium. The method comprises: when an unmanned aerial vehicle loses a navigation signal, determining a homeward target position and a first homeward path of the unmanned aerial vehicle (S101); controlling the unmanned aerial vehicle to return on the basis of the first homeward path and the homeward target position (S102); when the current position of the unmanned aerial vehicle during the course return is within a first preset range from the homeward target position, performing safe landing point detection, and recording a safe landing point for the landing of the unmanned aerial vehicle (S103), and landing according to the recorded safe landing point (S104). The method helps provide protection for the safe landing of the unmanned aerial vehicle.

(84) 指定国 (除另有指明, 要求每一种可提供的地区保护): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 欧亚 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 欧洲 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG)。

本国际公布:

— 包括国际检索报告 (条约第21条(3))。

(57) 摘要: 一种无人机的安全降落方法、装置、无人机及计算机存储介质, 其中方法包括: 当无人机丢失导航信号时, 确定无人机的返航目标位置和第一返航路径 (S101); 控制无人机基于第一返航路径和返航目标位置进行返航 (S102); 当返航过程中无人机的当前位置在距离返航目标位置的第一预设范围内时, 进行安全降落点检测, 并记录可供无人机降落的安全降落点 (S103); 根据记录的安全降落点进行降落 (S104), 该方法有助于为无人机的安全降落提供保障。

一种无人机的安全降落方法、装置、无人机及介质

技术领域

本发明实施例涉及计算机技术领域，尤其涉及一种无人机的安全降落方法、装置、无人机及介质。

背景技术

农用无人机在自主作业的过程中，可能会由于环境干扰或者硬件故障等原因丢失 GNSS 信号导致农用无人机无法获得位置信息，为了使得无人机在丢失 GNSS 信号时能够实现返航，可借助机体下方的双目视觉模块，以使得农用无人机可根据该双目视觉模块提供的位置信息进行返航。

但是，由于光线、环境等原因使得双目视觉模块可能无法提供精准的位置，导致无人机在返航途中出现较大的偏差，由于该无人机返航时出现的较大偏差，可能使得无人机在返航途中降落到地面不平整的地区或者水中，使得无人机在降落时缺乏安全降落的保障。

发明内容

本发明实施例提供了一种无人机的安全降落方法、装置、无人机及介质，有助于为无人机的安全降落提供保障。

本发明实施例的第一方面提供了一种无人机的安全降落方法，该方法包括：当所述无人机丢失导航信号时，确定无人机的返航目标位置和第一返航路径；

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航；

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时，进行安全降落点检测，并记录可供所述无人机降落的安全降落点；根据记录的安全降落点进行降落。

本发明实施例第二方面提供了一种安全降落装置，应用于无人机，其特征在于，所述安全降落装置包括存储器和处理器；

所述存储器用于存储程序代码；

所述处理器，调用所述程序代码，当程序代码被执行时，用于执行以下操

作:

当所述无人机丢失导航信号时,确定无人机的返航目标位置和第一返航路径;

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航;

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时,进行安全降落点检测,并记录可供所述无人机降落的安全降落点;

根据记录的安全降落点进行降落。

本发明实施例的第三方面是提供的一种无人机,包括:

机身;

动力系统,安装在所述机身,用于为所述无人机提供动力;

以及如第二方面中所述的安全降落装置。

在本发明实施例中,当无人机丢失导航信号时,可在确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径后,控制所述无人机按照第一返航路径和所述返航目标位置进行返航,在检测到所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时,检测并记录安全降落点,使得所述无人机可基于记录的所述安全降落点进行降落,可为所述无人机的安全降落提供可靠的保障,并同时提高了无人机在确定安全降落点时的工作效率,有效节省了所述无人机的处理资源。

附图说明

为了更清楚地说明本发明实施例技术方案,下面将对实施例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。

图 1 是本发明实施例提供的一种无人机的安全降落方法的流程示意图;

图 2 是本发明另一实施例提供的一种无人机的安全降落方法的流程示意图;

图 3 是本发明实施例提供的一种无人机的观测区域和待检测区域的示意图;

图 4 是本发明实施例提供的一种将如图 3 所示的观测区域和待检测区域反投影成二维图像的示意图；

图 5 是本发明实施例提供的一种无人机的倾斜飞行姿态的示意图；

图 6 是本发明实施例提供的一种无人机按照预设轨迹确定安全降落点的示意图；

图 7 是本发明又一实施例提供的一种无人机的安全降落方法的流程示意图；

图 8 是本发明实施例提供的一种无人机的返航流程示意图；

图 9 是本发明实施例提供的一种安全降落装置的示意性框图。

具体实施方式

下面将结合本发明实施例中的附图，对本发明实施例中的技术方案进行清楚、完整地描述，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付出创造性劳动前提下所获得的所有其他实施例，都属于本发明保护的范围。

无人机在作业过程中可能由于环境的干扰，或者硬件故障等因素导致无人机丢失导航信号。无人机的导航信号可以包括定位传感器的信号或指南针的信号中的至少一种。定位传感器可以包括无人机上设置的全球卫星导航系统（Global Navigation Satellite System, GNSS）模块。例如，进行农药喷洒作业的农用无人机可能由于环境因素对 GNSS 模块的干扰而发生故障（俗称为所述无人机丢星），或者因为硬件故障而导致指南针失灵，从而造成无人机丢失导航信号。在所述无人机丢失导航信号时，无人机不能依靠 GNSS 模块或指南针获取到可靠的导航信号，也就是说此时的无人机不能根据可靠的坐标信息或方向信息执行精准返航，为了使丢失导航信号的无人机返航到返航目标位置或者该返航目标位置的附近位置，可借助无人机的双目视觉模块执行视觉返航，在一些实施例中，可将返航目标位置称为 Home 点。Home 点可以是无人机的出发位置，也可以是用户自行设定的位置（可以不与出发位置相同）。当无人机执行返航时会将 Home 点作为返航目标位置并向其飞去。

当前，在基于双目视觉模块进行返航时，所述无人机可在丢失导航信号时，

可将该无人机的出发位置作为该无人机的返航目标位置,从而可根据无人机在丢失导航信号前最晚记录的所述无人机朝着返航目标位置的方向确定所述无人机的第一返航方向,并根据该第一返航方向和该返航目标位置,确定该无人机的第一返航路径,进一步地,可在所述无人机检测到丢失导航信号时根据所述第一返航路径的指示,向所述返航目标位置进行返航,当所述无人机返航到所述返航目标位置时,进行安全降落点检测,并在检测到安全降落点时执行降落操作;如果未检测到安全降落点,则需要重新寻找安全降落点并执行降落。

采用当前的无人机返航方法,虽然在到达返航目标位置时对当前的降落位置进行了安全降落点检测,但是如果检测结果指示当前的降落位置不是安全降落点,则需要无人机重新确定新的飞行路线以及重新从所述新的飞行路线中确定出安全降落点的步骤,降低了无人机确定安全降落点时的工作效率,浪费无人机的处理资源。

基于此,本申请提出了一种无人机的安全降落方法,可提高无人机在确定安全降落点时的工作效率,从而有效节省所述无人机的处理资源,并同时为所述无人机的安全降落提供可靠的保障。

请参见图 1,是本发明实施例提供的一种无人机的安全降落方法的示意图,如图 1 所示,该方法可包括:

S101,当所述无人机丢失导航信号时,确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径。

在一个实施例中,无人机在飞行过程中如果发生定位故障,可能导致无人机丢失导航信号,例如在无人机的 GNSS 故障时导致的导航信号丢失情况。在所述无人机检测到导航信号丢失时,可触发无人机下方的双目视觉模块进行视觉返航,以使得所述无人机能返航到预设的返航目标位置处。在一个实施例中,所述预设的返航目标位置是从预设的至少一个返航位置中确定的,所述预设的返航位置例如可以是在所述无人机中预设的用于进行电池更换或者进行飞行作业的位置,也可以是无人机的出发位置。如果所述无人机仅由于丢失定位传感器的信号而导致导航信号的丢失,例如定位传感器发生故障而丢失导航信号,如上述的 GNSS 故障发生的导航信号的丢失,可依靠指南针确定无人机进行返航时的第一返航方向,从而结合确定出的返航目标位置以及该第一返航方向,

确定该无人机的第一返航路径。

在一个实施例中，无人机在飞行过程中如果发生指南针故障，也可能导致无人机丢失导航信号。此时无人机可以根据双目视觉模块进行视觉返航，并且在返航途中依据定位传感器的坐标信号确定自身的方向。所述预设的返航目标位置可以是如前所述的返航位置。此时无人机可以依靠定位传感器如 GNSS 模块确定无人机的位置，并结合确定出的返航目标位置确定该无人机的第一返航路径。

在另一实施例中，如果该无人机是由于丢失定位传感器和指南针的信号而导致的导航信号的丢失，如定位传感器和指南针均故障时导致的导航信号的丢失，无人机可以根据视觉模块对周围环境进行识别并据此定位自身的位置及方向，并且可以结合丢失导航信号前所记录的位置及方向信息来确定出该无人机的第一返航路径以及返航目标位置。

在无人机从返航目标位置飞行到丢失导航信号对应位置的过程中，无人机的定位装置正常，会对无人机的飞行位置进行实时的更新与记录。当无人机起飞时，还可记录所述无人机的返航目标位置。因此，当无人机在正常飞行过程中，正常工作的定位装置可以实时更新与记录无人机的当前位置，并且根据当前位置和返航目标位置，实时更新与记录无人机朝向返航目标位置的方向。

例如，无人机可以通过其上的惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU）实时记录无人机的姿态，从而实时记录无人机的飞行方向而获取无人机朝向返航目标位置的方向。当无人机丢失导航信号时，例如 GNSS 模块遇到干扰失去信号、故障或其他问题时，可从预设的至少一个返航位置中选取任一位置作为返航目标位置，并可将其丢失导航信号前最后记录的飞行位置确定为返航起始位置，以及将其丢失导航信号前最后记录的朝向返航目标位置的方向确定为第一返航方向，从而可根据该第一返航方向、返航目标位置以及返航起始位置，确定该无人机的第一返航路径。其中，所述第一返航方向为所述无人机的返航起始位置指向所述返航目标位置的方向。例如，无人机可以根据返航起始位置和第一返航方向，确定一条直线路径作为第一返航路径朝向 Home 点飞去；也可以根据返航起始位置和 Home 点，以及途中记录的飞行位置确定出原始飞行的路径并将其作为第一返航路径，返回至 Home 点；当然无人机也可以

根据其他方式生成第一返航路径，此处并不作限制。

S102, 控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航。

在一个实施例中，无人机可将如 GNSS 模块等定位装置中记录的任一返航位置作为所述无人机的返航目标位置，所述 GNSS 模块等定位装置记录的任一返航位置例如可以是无人机进行飞行作业或者电池更换的位置，或者是农用无人机进行农药喷洒的位置，或者是用户所设定的位置等。在一个实施例中，无人机可结合所述无人机在返航过程中的当前位置实时调整所述无人机的第一返航路径，并控制所述无人机按照在所述返航过程中各当前位置对应的第一返航路径的指示朝着 Home 点（即返航目标位置）进行返航。

在一些情况下，第一返航路径可以是基本不变化的，例如无人机从返航起始位置直接朝向返航目标位置飞去。在另一些情况下，第一返航路径可以是变化的，例如无人机在返航过程中遇到障碍物并因避障功能启动而导致第一返航路径变化，此时无人机可以在绕开障碍物结束避障功能后，重新回到开始的第一返航路径，或者以变化后的第一返航路径继续返航。

在控制所述无人机基于所述第一返航路径和返航目标位置进行返航时，还可参考视觉里程计提供的位置信息进行，所述无人机可根据所述视觉里程计提供的位置信息确定所述无人机的当前位置。

S103, 当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时，进行安全降落点检测，并记录可供所述无人机降落的安全降落点。

在无人机丢失导航信号进行视觉返航的过程中，由于不能通过 GNSS 获取到所述无人机的准确坐标信息，再加上返航过程中视觉里程计和/或指南针的误差，可能使无人机不能精准地返航到返航目标位置，所述无人机最终的返航目标位置可能是所述无人机返航目标位置的附近位置，由于所述返航目标位置的附近位置可能不是适合无人机安全降落的位置，因此无人机需要重新确定出可供所述无人机降落的安全降落点，为了有效提高无人机寻找安全降落点的处理效率，可在返航过程中对所述无人机的当前位置进行安全降落点检测，并记录确定出的安全降落点，从而可在步骤 S104 中根据记录的安全降落点降落。

在一个实施例中,所述无人机可在当前位置距离所述返航目标位置的第一预设范围时,开始进行安全降落点检测,并将检测到的安全降落点进行记录(即存储检测到的安全降落点),因此当无人机在 Home 点(即返航目标位置)或者 Home 点附近进行降落时,如果检测到该点为不安全的降落点,可执行步骤 S104 根据记录的安全降落点进行降落,避免了重复寻找安全降落点的情况,从而实现了对无人机处理资源的节省,可提高无人机降落到安全降落点的成功率。例如,无人机可以在当前位置距离所述返航目标位置 30 米范围时,即开始进行安全降落点检测,并记录所检测到的安全降落点,但此时并不降落而仍然飞向 Home 点。

S104, 根据记录的所述安全降落点进行降落。

在一个实施例中,当所述无人机飞行到返航目标位置或者所述返航目标位置的附近位置时,可对其所处的当前位置进行安全降落点检测,如果检测到所述无人机所处的当前位置为安全降落点,则直接进行降落,并在降落过程中对该位置持续进行安全降落点检测,如果在降落过程中检测到该当前位置为不安全降落点,则调整飞行高度为执行降落之前的高度,并飞行到记录的安全降落点处进行降落;如果在降落过程中检测到该当前位置为安全降落点,则持续降低飞行高度,直到检测到所述无人机和地面之间的相对高度为零时关闭动力系统,使所述无人机降落到地面。

再一个实施例中,如果检测到所述无人机所处的当前位置不是安全降落点,则根据在距离所述返航目标位置的第一预设范围内记录的安全降落点进行降落,在所述无人机对所述安全降落点进行记录时,记录有所述安全降落点的位置信息,因此,当所述无人机向记录的所述安全降落点进行飞行时,可根据所述无人机的当前位置和记录的安全降落点的位置信息,确定所述无人机的第二返航路径,所述第二返航路径为无人机从当前位置飞向记录的安全记录点的路径。在一些情况下,所述无人机飞向记录的所述安全降落点的第二返航路径对应的第二返航方向与上述的第一返航路径对应的第一返航方向相反,因此,在所述无人机向所述记录的安全降落点飞行时,可直接将和所述第一返航方向相反的方向作为第二返航方向。

在本发明实施例中,当无人机丢失导航信号时,可在确定所述无人机的返

航目标位置和第一返航路径后,控制所述无人机按照第一返航路径和所述返航目标位置进行返航,在检测到所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时,检测并记录安全降落点,使得所述无人机可基于记录的所述安全降落点进行降落,可为所述无人机的安全降落提供可靠的保障,并同时提高了无人机在确定安全降落点时的工作效率,有效节省了所述无人机的处理资源。

下面对本发明实施例中无人机对当前位置进行安全降落点检测的方法进行具体描述,如图2所示,包括如下步骤:

S201,当所述无人机丢失导航信号时,确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径。

S202,控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航。

在一个实施例中,步骤S201和步骤S202的具体实施方式可参见上述步骤S101和步骤S102的叙述,在此不再赘述。

S203,当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时,按照预设的平面检测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测,以及按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进行水面检测。

S204,记录可供所述无人机降落的安全降落点。

在步骤S203和步骤S204中,所述无人机可基于双目视觉传感器对所述无人机的当前位置进行平面检测,和/或对所述当前位置进行水面检测。所述无人机按照预设的平面检测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测时,先从所述当前位置对应的观测区域中确定出进行平面检测的待检测区域,在一个实施例中,无人机的下视双目视觉传感器(即双目视觉模块)的观测区域较大,如图3所示的301区域(即由 P_{1-3D} , P_{2-3D} , P_{3-3D} , P_{4-3D} 围成的区域)假设为所述无人机双目视觉传感器的观测区域,而对所述当前位置进行平面检测时,只需要确定所述无人机在物理空间中对应的最大外接圆是否平整即可,不需要检测该双目视觉传感器可观测到的所有区域是否平整。

如果所述无人机选取的待检测区域太大,会导致无人机对当前位置的平面

检测结果出现误差,即如果所述无人机在当前位置对应的最大外接圆本应为平整地面,由于选取的待检测区域扩大后包含了不平整的地面,使得无人机认为当前位置不是平面,而出现安全降落点检测的误差;而如果所述无人机选取的待检测区域太小,也会导致无人机对当前位置的平面检测结果出现差错,即如果所述无人机所在的当前位置为不平整地面,而由于选取的待检测区域过小,使得选取的待检测区域检测为平整地面,则可能导致无人机将本不平整的当前位置误作为平整的当前位置,而控制无人机下降到该不平整的地面上而出现安全故障。

因此,在进行平面检测时,需要从观测区域 301 中选取适当大小的待检测区域 302 进行平面检测,在一个实施例中,选取出的待检测区域 302 可以是物理空间中 2 米*2 米的正方形区域,从而根据该平面检测结果确定当前位置是否为平面,在一个实施例中,所述观测区域 301 也可称作所述无人机的检测范围,所述待检测区域 302 可以称作所述无人机的图像兴趣范围 (Region Of Interest, ROI)。可以理解的是,选取出的待检测区域 302 的区域尺寸并不限于 2 米*2 米,在一些情况下,可以根据无人机的大小进行确定,例如,以无人机飞行时在地面的投影面尺寸作为待检测区域 302 的区域尺寸,或者将该投影面尺寸扩大 50%作为区域尺寸。

在从所述无人机的观测区域中确定出进行平面检测的待检测区域后,进一步地,可确定所述待检测区域对应的二维投影图像,具体地,可将如图 3 所示的三维空间中的观测区域 301 以及待检测区域 302 通过反投影规则,得到二维图像中的观测区域图像和待检测区域图像,如图 4 所示,三维空间中的所述观测区域 301 对应于二维图像中的观测区域图像 401 (即由 P_{1-2D} , P_{2-2D} , P_{3-2D} , P_{4-2D} 围成的区域),所述待检测区域 302 对应于二维图像中的待检测区域图像 402。在一个实施例中,所述反投影规则具体可以是:

$$S \cdot P_{2d} = K \cdot (R_{ci} \cdot P_{3d} + T_{ci}) \quad \text{式 2.1}$$

其中,以及 P_{3d} 为三维空间中待检测区域对应的三维空间点, P_{2d} 为二维空间中和 P_{3d} 对应的二维图像点,基于相机的外参 (R , T) 和相机内参 K ,可将三维空间中待检测区域的各三维空间点按照上述式 2.1 对应的反投影规则进行反投影,可确定出待检测区域对应的二维投影图像 402,在所述二维投影图像

402 中的点即为需要处理观测的点。

在确定所述待检测区域对应的二维投影图像后,需将所述二维投影图像中的点转化为地面坐标系下的三维空间点,所述地面坐标系下的三维空间点为真实的观测点,用凸起点的凸起高度表示实际空间中高于平面的物体高度,例如,如果无人机下方选取的待检测区域为平面,得到的点云应该几乎集中在同一平面上;如果无人机下方选取的待检测区域包括一棵树,那么点云的形状包括类似树顶的凸起。

在一个实施例中,可采用双目视觉模块将所述二维投影图像中的点转化为地面坐标系下的三维空间点,即可使用双目视觉的深度图,将飞行器下方的待检测区域的物理场景转换为三维空间点集合,从而可根据所述三维空间点集合,对当前位置进行平面检测。

在根据所述三维空间点集合,对所述当前位置进行平面检测时,具体有两种实施方案:

(1)、使用平面方程拟合出和所述三维空间点集合最相近的拟合平面,然后判断所述拟合平面对于所述三维空间点集合的内点百分比,如果所述内点百分比满足预设的百分比数量,则将所述拟合平面确定为一个平面,并通过确定所述拟合平面的法向量确定所述拟合平面的倾斜程度。其中,所述平面方程为:

$$ax+by+cz+d=0 \quad \text{式 2.2}$$

在一个实施例中,如式 2.2 所示的平面方程参数的拟合类似于求解线性系统 $Ax=0$, 三维空间点集合中大量的点 $[x,y,z]$ 和需要求解的参数 a 、 b 、 c 和 d 构成如式 2.3 所示的超定方程,从而可使用随机采样一致性算法 (RANSCA) 求解得到该平面方程。

$$\begin{bmatrix} x_0 & y_0 & z_0 & 1 \\ x_1 & y_1 & z_1 & 1 \\ \dots & & & \\ x_n & y_n & z_n & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} a \\ b \\ c \\ d \end{bmatrix} = 0 \quad \text{式 2.3}$$

(2)、由于对所述当前位置进行平面检测即是需要确定当前位置对应的待检测区域是否为安全平面,且确定为安全的平面接近于水平面,因此,可根据公式 $cz+d=0$, 将所要拟合的平面强制确定为水平面,则可通过判断所述三维

空间点集合关于所述强制拟合的水平面的内点百分比,并根据所述内点百分比确定当前位置是否平整。

在第二种实施方案中,无人机可先获取标准平面方程,并计算所述三维空间点集合中任一空间三维点与所述标准平面方程之间的距离,并根据所述距离确定所述三维空间点集合中的内点数量,所述内点为所述距离小于或等于预设距离阈值的三维空间点,并当所述内点数量大于或等于预设数量阈值时确定所述当前位置为平面。

在采用第二种方法确定当前位置是否平整时,由于强制拟合的水平面方程为 $cz+d=0$, 因此,可令超定方程式 2.3 中的参数 $a=b=0$, 再对该超定方程进行求解,使得对超定方程的参数求解过程更为简单,在一个实施例中,根据超定方程求取的平面即为三维空间点集合中所有点云所聚集的平面,如果当前位置平整,则该点云所聚集的平面一定会拟合成一个水平面,如果当前位置不平整,则该点云所聚集的平面一定不能拟合成一个水平面,也就是说不能求解得到使得超定方程 2.3 有意义的参数。

在对超定方程式 2.3 求解得到平面方程后,根据所述三维空间点集合中各空间点与所述平面方程之间的距离,可将所述三维空间点集合中的各个空间点进行分类成内点和外点。在一个实施例中,可选取所述三维空间点集合中的任一空间点作为观测点,并计算所述观测点与所述平面方程之间的距离 d , 当 d 小于或等于预设的距离阈值时,将所述观测点分类为内点;当所述 d 大于所述预设的距离阈值时,将所述观测点分类为外点。其中,如果观测点坐标为 (x, y, z) , 则可按照式 2.4 计算所述观测点与所述平面方程之间的距离:

$$d = |ax + by + cz + d| / \sqrt{a^2 + b^2 + c^2} \quad \text{式 2.4}$$

需要说明的是,如果无人机以如图 5 所示的飞行姿态进行飞行,并在以所述飞行姿态进行飞行的过程中进行安全点检测,由于所述无人机的飞行姿态和水平面之间存在倾斜夹角,因此,在采用上述方法对当前位置进行平面检测时,需要根据所述无人机的飞行姿态、当前位置、倾斜角度以及飞行高度 H 对所述无人机的飞行高度进行补偿,并根据补偿后的飞行高度对所述无人机的当前位置进行平面检测。

再一个实施例中,在按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进

行水面检测时,也可根据所述无人机的双目视觉传感器从所述当前位置对应的观测区域 301 中确定出进行水面检测的待检测区域 302,并按照相机的反投影规则确定所述待检测区域 302 对应的二维投影图像,如图 4 中的 402 区域。用于进行水面检测的机器学习算法,是基于灰度图训练得到的卷积神经网络 CNN 模型进行的,即可将得到的待检测区域对应的二维投影图像输入所述 CNN 模型,所述 CNN 模型可检测所述二维投影图像中每一帧图像对应的区域是否有水面存在,并将检测结果作为输出,以确定所述当前位置是否为水面。

在一个实施例中,根据上述的平面检测结果和水面检测结果,确定所述当前位置是否为安全降落点,并将确定的安全降落点进行记录,在记录所述安全降落点时,可记录所述安全降落点对应于返航目标位置的相对位置,其中,确定的所述安全降落点为当前位置是平面或者非水面的位置。

在一个实施例中,也可采用其他算法对当前位置进行平面检测和水面检测,例如,采用传统的基于视觉的检测方法进行平面检测和/或进行水面检测。

S205,当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第二预设范围时,进行安全降落点检测。

S206,若检测结果为未检测到安全降落点,则执行所述根据记录的安全降落点进行降落的步骤。

S207,若所述检测结果为检测到安全降落点,则根据检测到的安全降落点进行降落。

在步骤 S205-步骤 S207 中,当所述无人机在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时,可对当前位置进行安全降落点检测并记录下可供所述无人机降落的安全降落点,无人机在继续飞行到距离所述返航目标位置的第二预设范围时,所述当前位置距离所述返航目标位置的第二预设范围即为所述返航目标位置的附近,其中,所述第一预设范围大于所述第二预设范围,所述第一预设范围例如可以是 20 米或者 10 米等,所述第二预设范围例如可以是 5 米或者 10 米等。

当所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第二预设范围时,如果在进行安全降落点检测后的检测结果为未检测到安全降落点,则执行步骤 S206 根据记录的安全降落点进行降落的步骤。

在根据记录的安全降落点进行降落时,可先根据所述无人机的当前位置和记录的安全降落点确定第二返航路径,在根据所述当前位置和所述记录的安全降落点确定第二返航路径时,可所述第二返航路径为由所述当前位置(即在所述返航目标位置附近的位置)指向所述记录的安全降落点的方向,进一步地可基于所述第二返航路径,向记录的安全降落点飞行,并在所述双目视觉传感器确定所述无人机的当前位置为记录的所述安全降落点时,控制所述无人机进行降落。

在一个实施例中,如果在进行安全降落点检测后的检测结果为检测到安全降落点,则执行步骤 S207 根据检测到的安全降落点进行降落的步骤,具体地,无人机在降落过程中,需要持续检测所述检测的安全降落点是否安全,因为所述无人机在距离所述返航目标位置的预设范围的位置,通常是用户更换电池或者路边等位置,所以无人机在检测到当前位置为安全降落点并进行降落的过程中很可能有人出现,如果在下降过程中不持续检测所述安全降落点是否安全,也会出现无人机降落在不安全位置而引发安全故障的情况。

当所述无人机持续检测到所述检测的安全降落点安全时,成功降落到所述检测到的安全降落点;或者,如果在降落过程中检测到所述安全降落点不安全,则将所述无人机的当前飞行高度调整为预设飞行高度,所述预设飞行高度为所述无人机返航时的飞行高度(即执行降落之前的高度),并执行上述 S206 中根据记录的安全降落点进行降落的步骤。

其中,所述预设飞行高度为保证所述无人机下方的双目视觉模块在返航过程中处于较高精度范围而设置的,所述预设飞行高度例如可以是 2 米或者 2.5 米等。

再一个实施例中,当所述无人机在返航过程中处于距离所述返航目标位置的预设范围内时未检测到安全降落点,并确定在第一预设范围内未记录有安全降落点时,可在距离所述返航目标位置的第三预设范围内按照预设轨迹进行安全降落点检测,其中,所述预设轨迹包括螺旋形轨迹、折线形轨迹或者直线型轨迹中的一种或多种,所述折线形轨迹例如可以是“Z”字形轨迹,从而可在所述预设轨迹中检测到安全降落点时,根据检测到的安全降落点降落。

举例来说,如果所述无人机从如图 6 的 B 点(即返航起始位置)向 A 点

(即返航目标位置)返航,在到达返航目标位置附近(即所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第二预设范围)的D点时,对所述当前位置(即D点)进行安全降落点检测,如果确定D点为不安全降落点,且确定所述无人机在第一预设范围内未记录有安全降落点,则可按照预设轨迹,例如可以是如图所示的灰色螺旋形轨迹从D点开始寻找安全降落点,如果在所述螺旋形轨迹的K点处检测到安全降落点,则降落在所述K点。

再一个实施例中,当所述无人机在返航过程中在距离所述返航目标位置的第二预设范围内未检测到安全降落点,并确定在距离所述返航目标位置的第一预设范围内未记录有安全降落点,还可控制所述无人机在所述返航目标位置悬停,以等待用户的操作指令,在所述无人机出现低电量告警时,可强制所述无人机执行降落。

再一个实施例中,当所述无人机的当前位置和所述返航目标位置重合时,即所述无人机进行视觉返航到返航目标位置时,可对该返航目标位置进行安全降落点检测,如果检测到所述返航目标位置为安全降落点,则在所述返航目标位置执行降落,如果检测到所述返航目标位置不是安全降落点,则执行步骤S206中根据记录的安全降落点进行降落的步骤。

在本发明实施例中,如果无人机丢失导航信号,可在确定无人机的返航目标位置和第一返航路径后,控制该无人机基于第一返航路径和返航目标位置进行返航,并在所述无人机的当前位置在距离返航目标位置的第一预设范围内时,按照预设的平面检测算法以及预设的水面检测算法对当前位置进行平面检测以及水面检测,为所述无人机的返航及降落过程提供了安全保障,可有效降低无人机在降落后发生安全故障的可能性,由于记录了确定为平面的安全降落点,和/或非水面的安全降落点,无人机在返航到距离所述返航目标位置的第二预设范围时,可进行安全降落点检测,并进行安全降落尝试,如果所述无人机在距离所述返航目标位置的第二预设范围的当前位置没有检测到安全降落点,就根据记录的安全降落点进行降落,如果检测到安全降落点则直接进行降落,可提高无人机对安全降落点的确定速度,从而提高了无人机安全降落速度。

在本发明实施例中,提出了一种基于无人机的安全降落方法的应用场景图,如图7所示,无人机从A点起飞,并根据GNSS提供的导航信号向B飞行,

在图 7 中用灰色曲线标识所述无人机从 A 点飞向 B 点的飞行轨迹，在所述无人机从 A 点向 B 点飞行的过程中，会根据 GNSS 提供的可靠坐标信息实时刷新并记录所述无人机的位置信息。

如果所述无人机在 B 点时发生 GNSS 故障而丢失导航信号，请一并参考如图 8 所示的所述无人机进行安全降落时的流程示意图，无人机在确定丢失导航信号时，可触发下方的双目视觉模块并根据视觉里程计提供的位置信息进行视觉返航，在进行视觉返航时，无人机可从预设的至少一个返航位置中选取任一位置作为所述无人机的返航目标位置，假设选取的目标返航位置为该无人机的出发位置，即图 7 中 A 点标识的位置并将丢失该导航信号前所述无人机记录的朝着所述返航目标位置的方向，作为第一返航方向，所述第一返航方向即是图 7 中黑色曲线所指示的方向，进一步地可根据该第一返航方向和该第一返航目标位置，确定第一返航路径（即如图黑色曲线所指示的路径），其中，该第一返航方向为由返航起始位置指向返航目标位置的方向，从而可根据该第一返航路径的指示，控制无人机从返航起始位置 B 点向返航目标位置 A 点进行返航。

当所述视觉里程计确定所述无人机的当前位置到达距离返航目标位置的第一预设范围时，即当所述无人机处于图 7 所示的 C 点时，为了避免无人机重复检测安全降落点的过程，可控制所述无人机开始进行安全降落点检测，并记录检测到的安全降落点。在一个实施例中，假设检测并记录的安全降落点为图 7 中用星标记的 a、b 和 c 点。

由于视觉返航导致的返航误差，所述无人机可能按照所述第一返航路径的指示飞行到距离返航目标位置第二预设范围的 D 点开始进行安全降落尝试；所述无人机也可能正确地回到 A 点，并在 A 点进行安全降落尝试。如果在 A 点或 D 点进行的安全降落尝试失败，则查找在第二预设范围内记录的安全降落点（即 a、b 和 c 点），并从所述记录的安全降落点中确定出离 A 点或 D 点最近的安全降落点，即为 a 点，从而调整所述飞行器的飞行高度为预设的飞行高度后，将所述飞行器的第一返航路径调整为第二返航路径，使所述飞行器根据第二返航路径的指示从 D 点飞行到 a 点并执行安全降落。

如果所述飞行器没有查找到记录的安全降落点，且回到返航目标位置时多

次尝试降落失败，或者在第二预设范围内没有检测到安全降落点，则可执行原地悬停等待用户托管的操作，并在严重低电量时报警执行强制降落。可以理解的是，无人机在返航目标位置悬停，可以是实际返航目标位置即 A 点悬停，也可以由于视觉返航误差而导致在 D 点悬停。

本发明实施例提供了一种安全降落装置，应用于无人机中，图 9 是本发明实施例提供应用于无人机的安全降落装置的结构图，如图 9 所示，所述应用于无人机的安全降落装置 900 包括存储器 901 和处理器 902，其中，存储器 902 中存储有程序代码，处理器 902 调用存储器中的程序代码，当程序代码被执行时，处理器 902 执行如下操作：

当所述无人机丢失导航信号时，确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径；

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航；

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时，进行安全降落点检测，并记录可供所述无人机降落的安全降落点；根据记录的安全降落点进行降落。

在一个实施例中，所述处理器 902 还用于执行如下操作：

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第二预设范围时，进行安全降落点检测，其中，所述第一预设范围大于所述第二预设范围；

若检测结果为未检测到安全降落点，则执行所述的根据记录的安全降落点进行降落的步骤；

若所述检测结果为检测到安全降落点，则根据检测到的安全降落点进行降落。

在一个实施例中，所述处理器 902 在根据记录的安全降落点进行降落时，执行如下操作：

根据所述无人机的当前位置和记录的安全降落点，确定第二返航路径；

基于所述第二返航路径，向所述记录的安全降落点飞行；

当所述无人机的当前位置为所述记录的安全降落点时，控制所述无人机进

行降落。

在一个实施例中，所述处理器 902 在根据检测到的安全降落点进行降落时，执行如下操作：

在降落过程中，持续检测所述检测的安全降落点是否安全；

若持续检测到所述检测的安全降落点均安全，则确定成功降落到所述检测到的安全降落点；

若检测到所述检测的安全降落点不安全，则将无人机的当前飞行高度调整为预设飞行高度，并执行所述根据记录的安全降落点进行降落的步骤；

其中，所述预设飞行高度为所述无人机返航时的飞行高度。

在一个实施例中，所述处理器 902 还用于执行如下操作：

若在距离所述返航目标位置的第一预设范围内未记录有安全降落点，且在距离所述返航目标位置的第二个预设范围内未检测到安全降落点，则在距离所述返航目标位置的第三个预设范围内按照预设轨迹进行安全降落点检测，所述预设轨迹包括螺旋形轨迹或折线形轨迹；

在所述预设轨迹中检测到安全降落点时，根据检测到的安全降落点进行降落。

在一个实施例中，所述处理器 902 还用于执行如下操作：

若在距离所述返航目标位置的第一预设范围内未记录有安全降落点，且在距离所述返航目标位置的第二个预设范围内未检测到安全降落点，则控制所述无人机在所述返航目标位置悬停。

在一个实施例中，所述处理器 902 还用于执行如下操作：

当所述无人机到达所述返航目标位置时，对所述返航目标位置进行安全降落点检测；

若检测结果为所述返航目标位置是安全降落点，则在所述返航目标位置执行降落；

若检测结果为所述返航目标位置不是安全降落点，则执行根据记录的安全降落点进行降落的步骤。

在一个实施例中，所述处理器 902 在确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径时，执行如下操作：

从预设的至少一个返航位置中选取任一位置作为所述无人机的返航目标位置；

根据所述返航目标位置确定第一返航方向；

根据所述第一返航方向和所述返航目标位置，确定所述第一返航路径。

在一个实施例中，所述处理器 902 在控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航时，执行如下操作：

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置，以及视觉里程计提供的位置信息进行返航。

在一个实施例中，所述第二返航路径对应的第二返航方向和所述第一返航路径对应的第一返航方向相反。

在一个实施例中，所述安全降落点为平面位置且非水面的位置。

在一个实施例中，所述处理器 902 在进行安全降落点检测时，执行如下操作：

基于双目视觉传感器进行安全降落点检测。

在一个实施例中，所述处理器 902 在进行安全降落点检测时，执行如下操作：

按照预设的平面检测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测，以及按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进行水面检测。

在一个实施例中，所述导航信号包括如下至少一种：定位传感器的信号，指南针的信号。

在一个实施例中，所述处理器 902 在按照预设的平面检测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测时，执行如下操作：

从所述当前位置对应的观测区域中确定出进行平面检测的待检测区域，所述待检测区域小于所述观测区域；

确定所述待检测区域对应的二维投影图像；

将所述二维投影图像中任一像素点转换为三维空间点，得到所述二维投影图像对应的三维空间点集合；

根据所述三维空间点集合，对所述当前位置进行平面检测。

在一个实施例中，所述处理器 902 在根据所述三维空间点集合，对所述当

前位置进行平面检测时，执行如下操作：

获取标准平面方程；

计算所述三维空间点集合中任一三维空间点与所述标准平面方程之间的距离，并根据所述距离确定所述三维空间点集合中的内点数量，所述内点为所述距离小于或等于预设距离阈值的三维空间点；

当所述内点数量大于或等于预设数量阈值时，确定所述当前位置为平面。

在一个实施例中，所述处理器 902 在按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进行水面检测时，执行如下操作：

从所述当前位置对应的观测区域中确定出进行水面检测的待检测区域，所述待检测区域小于所述观测区域；

确定所述待检测区域对应的二维投影图像；

将所述二维投影图像输入卷积神经网络模型，根据所述卷积神经网络模型的输出确定所述当前位置是否为水面。

本实施例提供的应用于无人机的安全降落装置能执行前述实施例提供的如图 1 和图 2 所示的安全降落方法，且执行方式和有益效果类似，在这里不再赘述。

本发明实施例提供一种无人机，包括机身，动力系统以及如前所述的安全降落装置。无人机的安全降落装置工作与前述相同或类似，此处不再赘述。无人机的动力系统可以包括旋翼、驱动旋翼旋转的电机及其电调。无人机可以是四旋翼、六旋翼、八旋翼或其他多旋翼无人机，此时无人机垂直起降进行工作。可以理解的是，无人机还可以是固定翼无人机或混合翼无人机。

本发明实施例提供的无人机还可以包括安装于机身上的传感器。传感器包括 GNSS 模块，用于为所述无人机提供位置信息。传感器还包括双目视觉传感器或者视觉里程计中的至少一种。在一些实施方式中，双目视觉传感器可以设置在无人机的下方，用于获取无人机下方的图像，并生成深度图、语义图或其他信息，从而进行安全降落点检测。在一些实施方式中，视觉里程计可以设置在无人机的前侧，从而使得无人机在没有 GNSS 信号或 GNSS 模块故障无法工作时，为无人机提供飞行里程信息。

最后应说明的是：以上各实施例仅用以说明本发明的技术方案，而非对其

限制；尽管参照前述各实施例对本发明进行了详细的说明，本领域的普通技术人员应当理解：其依然可以对前述各实施例所记载的技术方案进行修改，或者对其中部分或者全部技术特征进行等同替换；而这些修改或者替换，并不使相应技术方案的本质脱离本发明各实施例技术方案的范围。

权 利 要 求

1、一种无人机的安全降落方法，其特征在于，包括：

当所述无人机丢失导航信号时，确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径；

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航；

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时，进行安全降落点检测，并记录可供所述无人机降落的安全降落点；
根据记录的安全降落点进行降落。

2、根据权利要求1所述的方法，其特征在于，所述方法还包括：

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第二预设范围时，进行安全降落点检测，其中，所述第一预设范围大于所述第二预设范围；

若检测结果为未检测到安全降落点，则执行所述根据记录的安全降落点进行降落的步骤；

若所述检测结果为检测到安全降落点，则根据检测到的安全降落点进行降落。

3、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述根据记录的安全降落点进行降落，包括：

根据所述无人机的当前位置和记录的安全降落点，确定第二返航路径；

基于所述第二返航路径，向所述记录的安全降落点飞行；

当所述无人机的当前位置为所述记录的安全降落点时，控制所述无人机进行降落。

4、根据权利要求2所述的方法，其特征在于，所述根据检测到的安全降落点进行降落，包括：

在降落过程中，持续检测所述检测到的安全降落点是否安全；

若持续检测到所述检测的安全降落点均安全,则确定成功降落到所述检测到的安全降落点;

若检测到所述检测的安全降落点不安全,则将无人机的当前飞行高度调整为预设飞行高度,并执行所述根据记录的安全降落点进行降落的步骤;

其中,所述预设飞行高度为所述无人机返航时的飞行高度。

5、根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

若在距离所述返航目标位置的第一预设范围内未记录有安全降落点,且在距离所述返航目标位置的第二预设范围内未检测到安全降落点,则在距离所述返航目标位置的第三预设范围内按照预设轨迹进行安全降落点检测,所述预设轨迹包括螺旋形轨迹或折线形轨迹;

在所述预设轨迹中检测到安全降落点时,根据检测到的安全降落点进行降落。

6、根据权利要求 2 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

若在距离所述返航目标位置的第一预设范围内未记录有安全降落点,且在距离所述返航目标位置的第二预设范围内未检测到安全降落点,则控制所述无人机在所述返航目标位置悬停。

7、根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述方法还包括:

当所述无人机到达所述返航目标位置时,对所述返航目标位置进行安全降落点检测;

若检测结果为所述返航目标位置是安全降落点,则在所述返航目标位置执行降落;

若检测结果为所述返航目标位置不是安全降落点,则执行根据记录的安全降落点进行降落的步骤。

8、根据权利要求 1 所述的方法,其特征在于,所述确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径,包括:

从预设的至少一个返航位置中选取任一位置作为所述无人机的返航目标位置；

根据所述返航目标位置确定第一返航方向；

根据所述第一返航方向和所述返航目标位置，确定所述第一返航路径。

9、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航，包括：

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置，以及视觉里程计提供的位置信息进行返航。

10、根据权利要求 3 所述的方法，其特征在于，所述第二返航路径对应的第二返航方向和所述第一返航路径对应的第一返航方向相反。

11、根据权利要求 1-10 任一项所述的方法，其特征在于，所述安全降落点为平面且非水面的位置。

12、根据权利要求 1-10 任一项所述的方法，其特征在于，所述进行安全降落点检测，包括：

基于双目视觉传感器进行安全降落点检测。

13、根据权利要求 1-10 任一项所述的方法，其特征在于，所述进行安全降落点检测，包括：

按照预设的平面检测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测，以及按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进行水面检测。

14、根据权利要求 1-10 任一项所述的方法，其特征在于，所述导航信号包括如下至少一种：定位传感器的信号，指南针的信号。

15、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述按照预设的平面检

测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测, 包括:

从所述当前位置对应的观测区域中确定出进行平面检测的待检测区域, 所述待检测区域小于所述观测区域;

确定所述待检测区域对应的二维投影图像;

将所述二维投影图像中任一像素点转换为三维空间点, 得到所述二维投影图像对应的三维空间点集合;

根据所述三维空间点集合, 对所述当前位置进行平面检测。

16、根据权利要求 14 所述的方法, 其特征在于, 所述根据所述三维空间点集合, 对所述当前位置进行平面检测, 包括:

获取标准平面方程;

计算所述三维空间点集合中任一三维空间点与所述标准平面方程之间的距离, 并根据所述距离确定所述三维空间点集合中的内点数量, 所述内点为所述距离小于或等于预设距离阈值的三维空间点;

当所述内点数量大于或等于预设数量阈值时, 确定所述当前位置为平面。

17、根据权利要求 13 所述的方法, 其特征在于, 所述按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进行水面检测, 包括:

从所述当前位置对应的观测区域中确定出进行水面检测的待检测区域, 所述待检测区域小于所述观测区域;

确定所述待检测区域对应的二维投影图像;

将所述二维投影图像输入卷积神经网络模型, 根据所述卷积神经网络模型的输出确定所述当前位置是否为水面。

18、一种安全降落装置, 应用于无人机, 其特征在于, 所述安全降落装置包括存储器和处理器;

所述存储器用于存储程序代码;

所述处理器, 调用所述程序代码, 当程序代码被执行时, 用于执行以下操作:

当所述无人机丢失导航信号时,确定所述无人机的返航目标位置和第一返航路径;

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航;

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第一预设范围内时,进行安全降落点检测,并记录可供所述无人机降落的安全降落点;根据记录的安全降落点进行降落。

19、根据权利要求 18 所述的装置,其特征在于,所述装置还用于执行如下操作:

当返航过程中所述无人机的当前位置在距离所述返航目标位置的第二预设范围时,进行安全降落点检测,其中,所述第一预设范围大于所述第二预设范围;

若检测结果为未检测到安全降落点,则执行所述的根据记录的安全降落点进行降落的步骤;

若所述检测结果为检测到安全降落点,则根据检测到的安全降落点进行降落。

20、根据权利要求 19 所述的装置,其特征在于,所述根据记录的安全降落点进行降落时,执行如下操作:

根据所述无人机的当前位置和记录的安全降落点,确定第二返航路径;

基于所述第二返航路径,向所述记录的安全降落点飞行;

当所述无人机的当前位置为所述记录的安全降落点时,控制所述无人机进行降落。

21、根据权利要求 19 所述的装置,其特征在于,所述根据检测到的安全降落点进行降落时,执行如下操作:

在降落过程中,持续检测所述检测的安全降落点是否安全;

若持续检测到所述检测的安全降落点均安全,则确定成功降落到所述检测到的安全降落点;

若检测到所述检测的安全降落点不安全,则将无人机的当前飞行高度调整为预设飞行高度,并执行所述根据记录的安全降落点进行降落步骤;

其中,所述预设飞行高度为所述无人机返航时的飞行高度。

22、根据权利要求 19 所述的装置,其特征在于,所述装置还用于执行如下操作:

若在距离所述返航目标位置的第一预设范围内未记录有安全降落点,且在距离所述返航目标位置的第二个预设范围内未检测到安全降落点,则在距离所述返航目标位置的第三个预设范围内按照预设轨迹进行安全降落点检测,所述预设轨迹包括螺旋形轨迹或折线形轨迹;

在所述预设轨迹中检测到安全降落点时,根据检测到的安全降落点进行降落。

23、根据权利要求 19 所述的装置,其特征在于,所述装置还用于执行如下操作:

若在距离所述返航目标位置的第一预设范围内未记录有安全降落点,且在距离所述返航目标位置的第二个预设范围内未检测到安全降落点,则控制所述无人机在所述返航目标位置悬停。

24、根据权利要求 18 所述的装置,其特征在于,所述装置还用于执行如下操作:

当所述无人机到达所述返航目标位置时,对所述返航目标位置进行安全降落点检测;

若检测结果为所述返航目标位置是安全降落点,则在所述返航目标位置执行降落;

若检测结果为所述返航目标位置不是安全降落点,则执行根据记录的安全降落点进行降落的步骤。

25、根据权利要求 18 所述的装置,其特征在于,所述确定所述无人机的

返航目标位置和第一返航路径时，执行如下操作：

从预设的至少一个返航位置中选取任一位置作为所述无人机的返航目标位置；

根据所述返航目标位置确定第一返航方向；

根据所述第一返航方向和所述返航目标位置，确定所述第一返航路径。

26、根据权利要求 18 所述的装置，其特征在于，所述控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置进行返航时，执行如下操作：

控制所述无人机基于所述第一返航路径和所述返航目标位置，以及视觉里程计提供的位置信息进行返航。

27、根据权利要求 20 所述的装置，其特征在于，所述第二返航路径对应的第二返航方向和所述第一返航路径对应的第一返航方向相反。

28、根据权利要求 18-27 任一项所述的装置，其特征在于，所述安全降落点为平面且非水面的位置。

29、根据权利要求 18-27 任一项所述的装置，其特征在于，所述进行安全降落点检测时，执行如下操作：

基于双目视觉传感器进行安全降落点检测。

30、根据权利要求 18-27 任一项所述的装置，其特征在于，所述进行安全降落点检测时，执行如下操作：

按照预设的平面检测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测，以及按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进行水面检测。

31、根据权利要求 18-27 任一项所述的装置，其特征在于，所述导航信号包括如下至少一种：定位传感器的信号，指南针的信号。

32、根据权利要求 30 所述的装置，其特征在于，所述按照预设的平面检测算法对所述无人机的当前位置进行平面检测时，执行如下操作：

从所述当前位置对应的观测区域中确定出进行平面检测的待检测区域，所述待检测区域小于所述观测区域；

确定所述待检测区域对应的二维投影图像；

将所述二维投影图像中任一像素点转换为三维空间点，得到所述二维投影图像对应的三维空间点集合；

根据所述三维空间点集合，对所述当前位置进行平面检测。

33、根据权利要求 31 所述的装置，其特征在于，所述根据所述三维空间点集合，对所述当前位置进行平面检测时，执行如下操作：

获取标准平面方程；

计算所述三维空间点集合中任一三维空间点与所述标准平面方程之间的距离，并根据所述距离确定所述三维空间点集合中的内点数量，所述内点为所述距离小于或等于预设距离阈值的三维空间点；

当所述内点数量大于或等于预设数量阈值时，确定所述当前位置为平面。

34、根据权利要求 30 所述的装置，其特征在于，所述按照预设的水面检测算法对所述无人机的当前位置进行水面检测时，执行如下操作：

从所述当前位置对应的观测区域中确定出进行水面检测的待检测区域，所述待检测区域小于所述观测区域；

确定所述待检测区域对应的二维投影图像；

将所述二维投影图像输入卷积神经网络模型，根据所述卷积神经网络模型的输出确定所述当前位置是否为水面。

35、一种无人机，其特征在于，包括：

机身；

动力系统，安装在所述机身，用于为所述无人机提供动力；

以及如权利要求 18-34 中任一项所述的安全降落装置。

36、根据权利要求 35 所述的无人机，其特征在于，所述无人机还包括：
传感器，安装在所述机身，所述传感器至少包括如下一种：双目视觉传感器或者视觉里程计；
其中，所述双目视觉传感器用于进行安全降落点检测；
所述视觉里程计用于提供所述无人机返航时的位置信息。

37、一种计算机存储介质，其特征在于，所述计算机存储介质中存储有计算机程序指令，所述计算机程序指令被处理器执行时，用于执行如权利要求 1-17 任一项所述的无人机的安全降落方法。

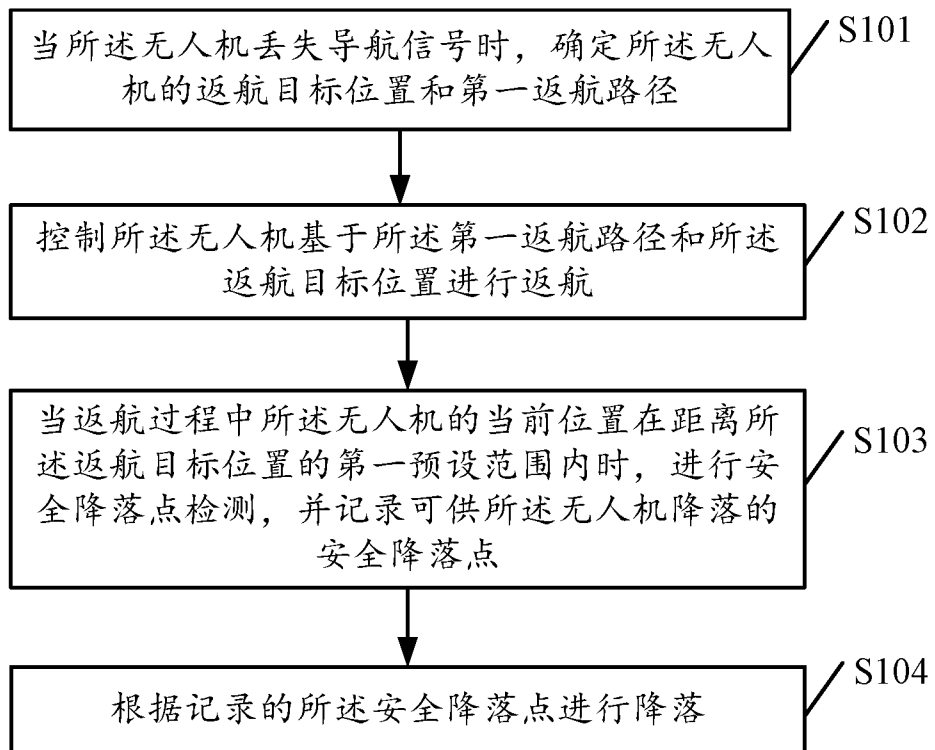


图 1

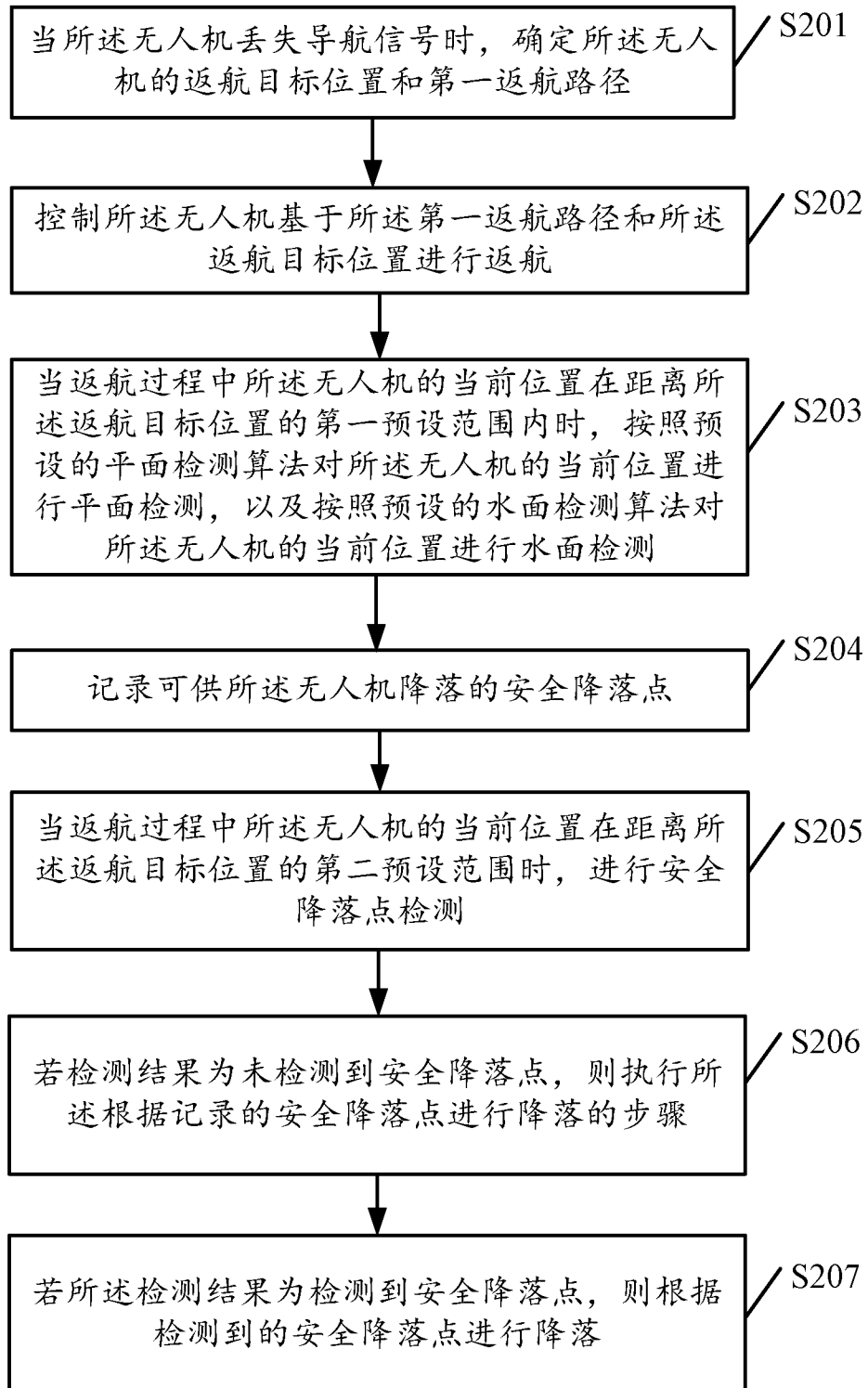


图 2

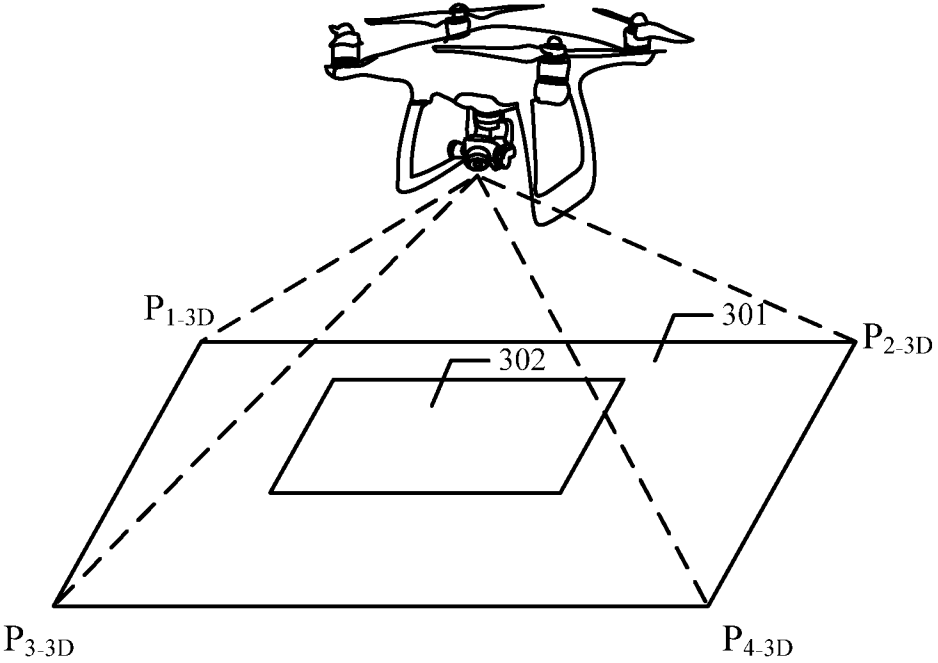


图 3

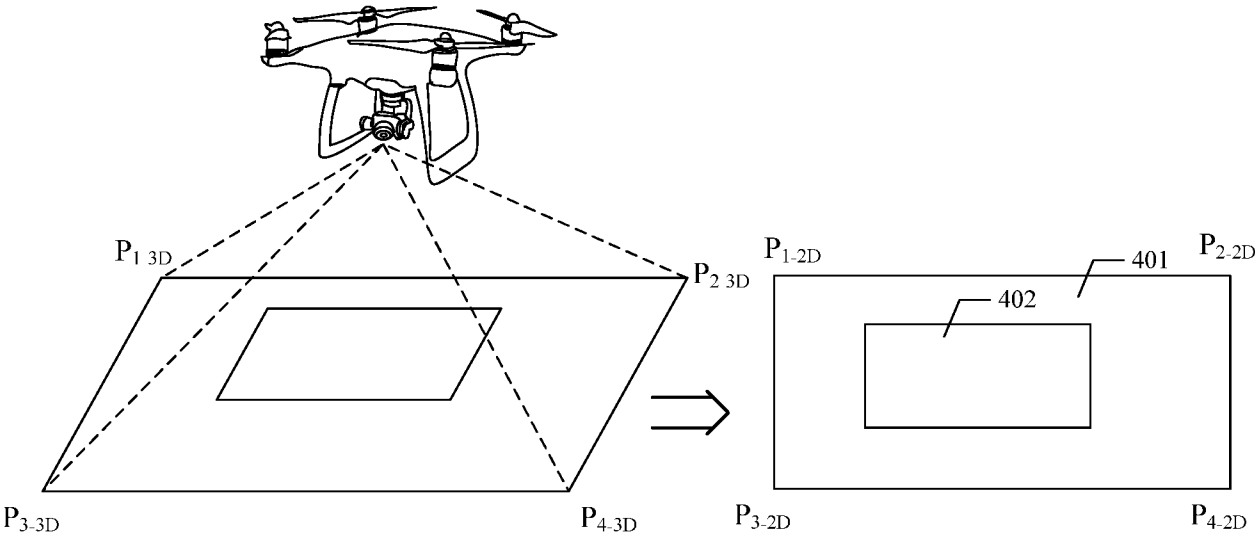


图 4

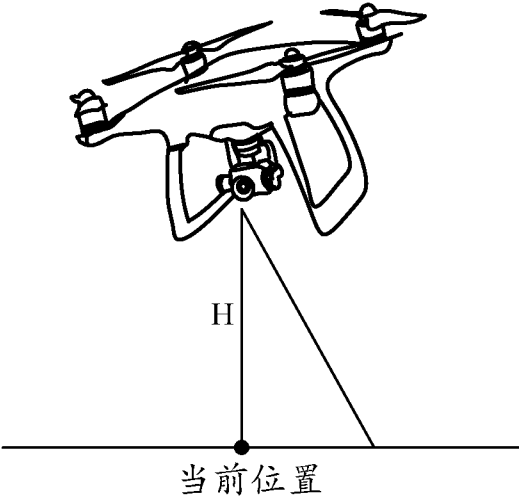


图 5

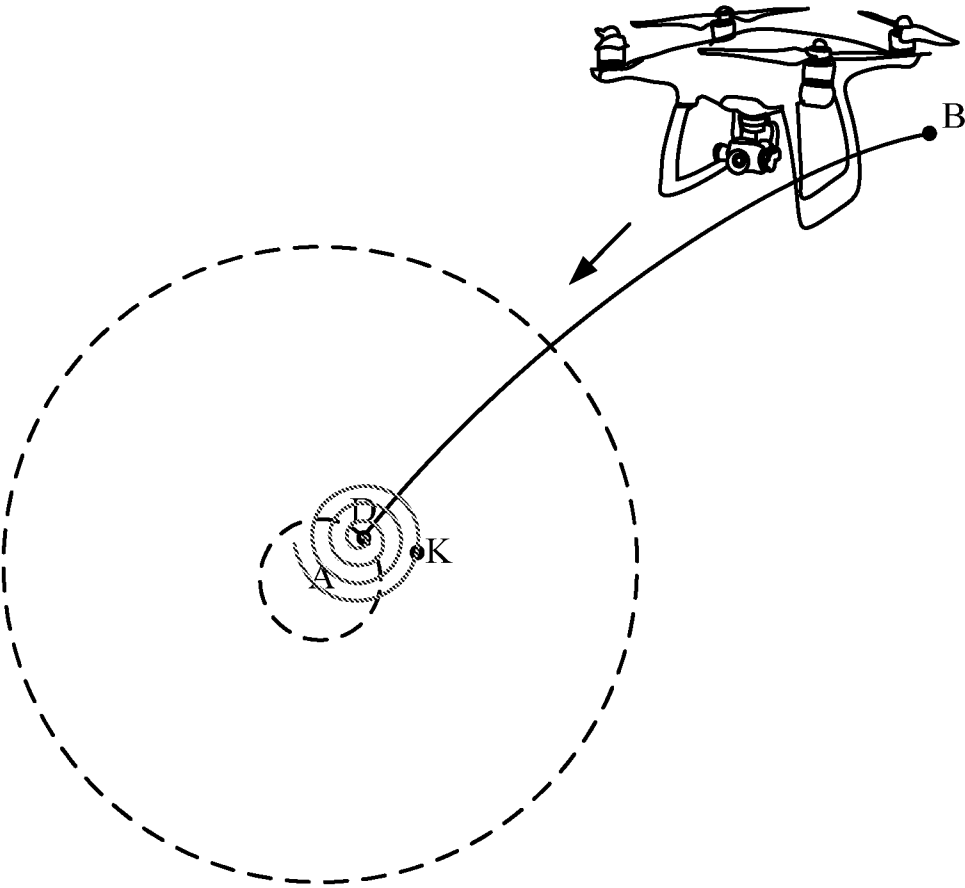


图 6

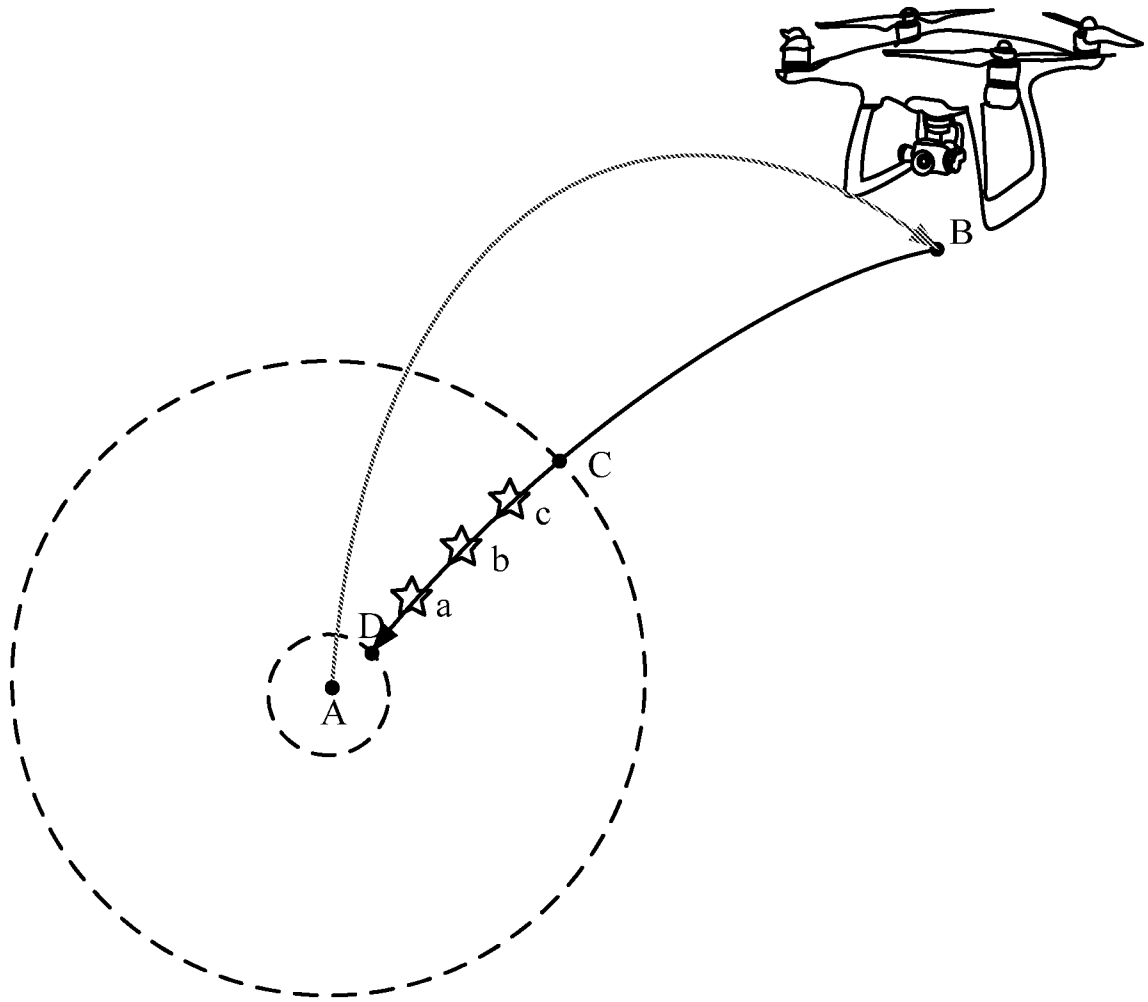


图 7

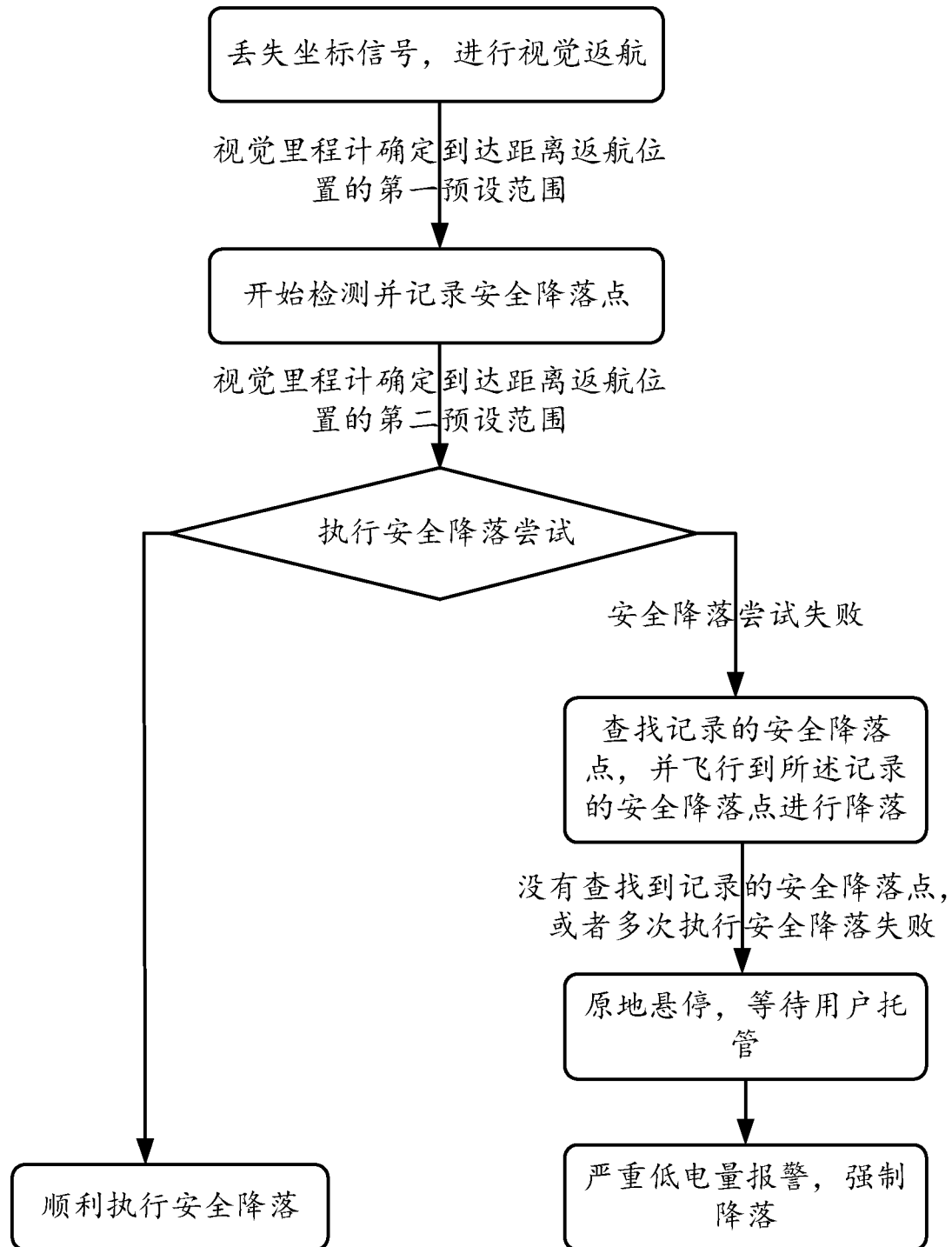


图 8

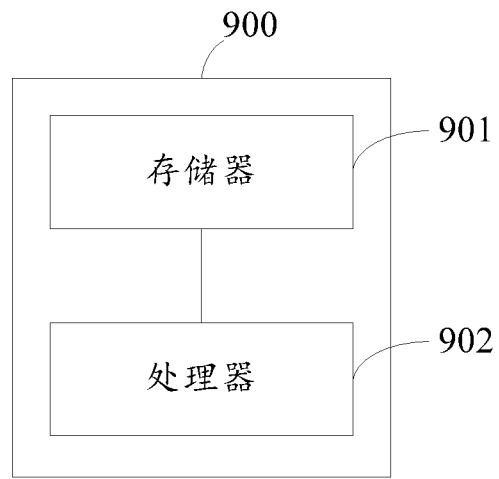


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/117820

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER G05D 1/10(2006.01)i; G01C 11/00(2006.01)i; B64D 47/00(2006.01)n According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC																							
B. FIELDS SEARCHED Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) G05D 1/-; G01C 11/-; B64D 47/- Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used) CNABS; SIPOABS; DWPI; VEN; CNTXT; CNKI: 大疆, 无人机+无人飞行器, 导航+北斗+GPS, 丢失+弱, 返航, 目标, 路径+轨迹, 安全, 降落, 检测+探测, 预设+预定, 双目视觉, 传感器, 指南针, 三维; (unmanned w aerial w vehicle?) or (unmanned w air w vehicle?) or drone? or UAV, (navigat+ or Beidou or GPS), (los+ or weak), return+, (target or object+), (route or path or trajectory or track), safe+, (land+ or fall+ or alighting), (check+ or detect+), (preset+ or predetermined+ or schedul+), (binocular w vision), (sensor? or transducer?), compass, (three w dimensional) or 3D																							
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT <table border="1"> <thead> <tr> <th>Category*</th> <th>Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages</th> <th>Relevant to claim No.</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Y</td> <td>CN 105867423 A (YANG, Shanshan) 17 August 2016 (2016-08-17) description, paragraphs [0036]-[0062]</td> <td>1-37</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 104049641 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 September 2014 (2014-09-17) description, paragraphs [0061]-[0180]</td> <td>1-37</td> </tr> <tr> <td>Y</td> <td>CN 108474658 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 31 August 2018 (2018-08-31) description, paragraphs [0031]-[0167]</td> <td>1-37</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107479082 A (GUANGDONG RONGQE INTELLIGENCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 December 2017 (2017-12-15) entire document</td> <td>1-37</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 107291099 A (YANG, Shunwei) 24 October 2017 (2017-10-24) entire document</td> <td>1-37</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 104881039 A (ZERO UAV (BEIJING) INTELLIGENCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 September 2015 (2015-09-02) entire document</td> <td>1-37</td> </tr> </tbody> </table>			Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.	Y	CN 105867423 A (YANG, Shanshan) 17 August 2016 (2016-08-17) description, paragraphs [0036]-[0062]	1-37	Y	CN 104049641 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 September 2014 (2014-09-17) description, paragraphs [0061]-[0180]	1-37	Y	CN 108474658 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 31 August 2018 (2018-08-31) description, paragraphs [0031]-[0167]	1-37	A	CN 107479082 A (GUANGDONG RONGQE INTELLIGENCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 December 2017 (2017-12-15) entire document	1-37	A	CN 107291099 A (YANG, Shunwei) 24 October 2017 (2017-10-24) entire document	1-37	A	CN 104881039 A (ZERO UAV (BEIJING) INTELLIGENCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 September 2015 (2015-09-02) entire document	1-37
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.																					
Y	CN 105867423 A (YANG, Shanshan) 17 August 2016 (2016-08-17) description, paragraphs [0036]-[0062]	1-37																					
Y	CN 104049641 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 17 September 2014 (2014-09-17) description, paragraphs [0061]-[0180]	1-37																					
Y	CN 108474658 A (SZ DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 31 August 2018 (2018-08-31) description, paragraphs [0031]-[0167]	1-37																					
A	CN 107479082 A (GUANGDONG RONGQE INTELLIGENCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 15 December 2017 (2017-12-15) entire document	1-37																					
A	CN 107291099 A (YANG, Shunwei) 24 October 2017 (2017-10-24) entire document	1-37																					
A	CN 104881039 A (ZERO UAV (BEIJING) INTELLIGENCE TECHNOLOGY CO., LTD.) 02 September 2015 (2015-09-02) entire document	1-37																					
☒ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.																							
* Special categories of cited documents: “A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance “E” earlier application or patent but published on or after the international filing date “L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified) “O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means “P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed “T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention “X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone “Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art “&” document member of the same patent family																							
Date of the actual completion of the international search 13 August 2019		Date of mailing of the international search report 29 August 2019																					
Name and mailing address of the ISA/CN National Intellectual Property Administration, PRC (ISA/CN) No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing 100088 China Facsimile No. (86-10)62019451		Authorized officer Telephone No.																					

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/117820**C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT**

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 108124471 A (AUTEL ROBOTICS CO., LTD.) 05 June 2018 (2018-06-05) entire document	1-37
A	CN 107943090 A (EHANG, INC.) 20 April 2018 (2018-04-20) entire document	1-37
A	US 2016132057 A1 (DURETEK INC.) 12 May 2016 (2016-05-12) entire document	1-37
A	US 2017050747 A1 (OLAF, W. et al.) 23 February 2017 (2017-02-23) entire document	1-37

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/117820

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	105867423	A	17 August 2016	None			
CN	104049641	A	17 September 2014	None			
CN	108474658	A	31 August 2018	WO	2018227576	A1	20 December 2018
CN	107479082	A	15 December 2017	None			
CN	107291099	A	24 October 2017	WO	2019006772	A1	10 January 2019
CN	104881039	A	02 September 2015	None			
CN	108124471	A	05 June 2018	WO	2019113727	A1	20 June 2019
CN	107943090	A	20 April 2018	None			
US	2016132057	A1	12 May 2016	WO	2015005573	A1	15 January 2015
				KR	20150006752	A	19 January 2015
US	2017050747	A1	23 February 2017	DE	102015013104	A1	23 February 2017
				EP	3139238	A1	08 March 2017

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/117820

A. 主题的分类

G05D 1/10(2006.01)i; G01C 11/00(2006.01)i; B64D 47/00(2006.01)n

按照国际专利分类(IPC)或者同时按照国家分类和IPC两种分类

B. 检索领域

检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)

G05D 1/-; G01C 11/-; B64D 47/-

包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献

在国际检索时查阅的电子数据库(数据库的名称, 和使用的检索词(如使用))

CNABS; SIPOABS; DWPI; VEN; CNTXT; CNKI: 大疆, 无人机+无人飞行器, 导航+北斗+GPS, 丢失+弱, 返航, 目标, 路径+轨迹, 安全, 降落, 检测+探测, 预设+预定, 双目视觉, 传感器, 指南针, 三维; (unmanned w aerial w vehicle?) or (unmanned w air w vehicle?) or drone? or UAV, (navigat+ or Beidou or GPS), (los+ or weak), return+, (target or object+), (route or path or trajectory or track), safe+, (land+ or fall+ or alighting), (check+ or detect+), (preset+ or predetermin+ or schedul+), (binocular w vision), (sensor? or transducer?), compass, (three w dimensional) or 3D

C. 相关文件

类 型*	引用文件, 必要时, 指明相关段落	相关的权利要求
Y	CN 105867423 A (杨珊珊) 2016年 8月 17日 (2016 - 08 - 17) 说明书第[0036]段至第[0062]段	1-37
Y	CN 104049641 A (深圳市大疆创新科技有限公司) 2014年 9月 17日 (2014 - 09 - 17) 说明书第[0061]段至第[0180]段	1-37
Y	CN 108474658 A (深圳市大疆创新科技有限公司) 2018年 8月 31日 (2018 - 08 - 31) 说明书第[0031]段至第[0167]段	1-37
A	CN 107479082 A (广东容祺智能科技有限公司) 2017年 12月 15日 (2017 - 12 - 15) 全文	1-37
A	CN 107291099 A (杨顺伟) 2017年 10月 24日 (2017 - 10 - 24) 全文	1-37
A	CN 104881039 A (零度智控北京智能科技有限公司) 2015年 9月 2日 (2015 - 09 - 02) 全文	1-37

☒ 其余文件在C栏的续页中列出。☒ 见同族专利附件。

* 引用文件的具体类型:

“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件

“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利

“L” 可能对优先权要求构成怀疑的文件, 或为确定另一篇引用文件的公布日而引用的或者因其他特殊理由而引用的文件(如具体说明的)

“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件

“P” 公布日先于国际申请日但迟于所要求的优先权日的文件

“T” 在申请日或优先权日之后公布, 与申请不相抵触, 但为了理解发明之理论或原理的在后文件

“X” 特别相关的文件, 单独考虑该文件, 认定要求保护的发明不是新颖的或不具有创造性

“Y” 特别相关的文件, 当该文件与另一篇或者多篇该类文件结合并且这种结合对于本领域技术人员为显而易见时, 要求保护的发明不具有创造性

“&” 同族专利的文件

国际检索实际完成的日期

2019年 8月 13日

国际检索报告邮寄日期

2019年 8月 29日

ISA/CN的名称和邮寄地址

中国国家知识产权局(ISA/CN)

中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088

传真号 (86-10)62019451

受权官员

陈飏

电话号码 86-(010)-62085430

C. 相关文件

类 型*	引用文件，必要时，指明相关段落	相关的权利要求
A	CN 108124471 A (深圳市道通智能航空技术有限公司) 2018年 6月 5日 (2018 - 06 - 05) 全文	1-37
A	CN 107943090 A (广州亿航智能技术有限公司) 2018年 4月 20日 (2018 - 04 - 20) 全文	1-37
A	US 2016132057 A1 (DURETEK INC.) 2016年 5月 12日 (2016 - 05 - 12) 全文	1-37
A	US 2017050747 A1 (OLAF WESSLER等) 2017年 2月 23日 (2017 - 02 - 23) 全文	1-37

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/117820

检索报告引用的专利文件			公布日 (年/月/日)	同族专利			公布日 (年/月/日)
CN	105867423	A	2016年 8月 17日	无			
CN	104049641	A	2014年 9月 17日	无			
CN	108474658	A	2018年 8月 31日	W0	2018227576	A1	2018年 12月 20日
CN	107479082	A	2017年 12月 15日	无			
CN	107291099	A	2017年 10月 24日	W0	2019006772	A1	2019年 1月 10日
CN	104881039	A	2015年 9月 2日	无			
CN	108124471	A	2018年 6月 5日	W0	2019113727	A1	2019年 6月 20日
CN	107943090	A	2018年 4月 20日	无			
US	2016132057	A1	2016年 5月 12日	W0	2015005573	A1	2015年 1月 15日
				KR	20150006752	A	2015年 1月 19日
US	2017050747	A1	2017年 2月 23日	DE	102015013104	A1	2017年 2月 23日
				EP	3139238	A1	2017年 3月 8日