

(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 3 月 5 日 (05.03.2020)



(10) 国际公布号
WO 2020/041959 A1

- (51) 国际专利分类号:
G01S 13/94 (2006.01) **G01S 13/90** (2006.01)
- (21) 国际申请号: PCT/CN2018/102628
- (22) 国际申请日: 2018 年 8 月 28 日 (28.08.2018)
- (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: 祝煌剑 (ZHU, Huangjian); 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)。 高迪 (GAO, Di); 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)。 王春明 (WANG, Chunming); 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)。 谭洪仕 (TAN, Hongshi); 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: 北京同立钧成知识产权代理有限公司 (LEADER PATENT & TRADEMARK FIRM); 中国北京市海淀区西直门北大街32号枫蓝国际A座8F-6, Beijing 100082 (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,

(54) **Title:** CONTINUOUS-WAVE RADAR TERRAIN-PREDICTION METHOD, DEVICE, SYSTEM, AND UNMANNED AERIAL VEHICLE

(54) 发明名称: 连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机

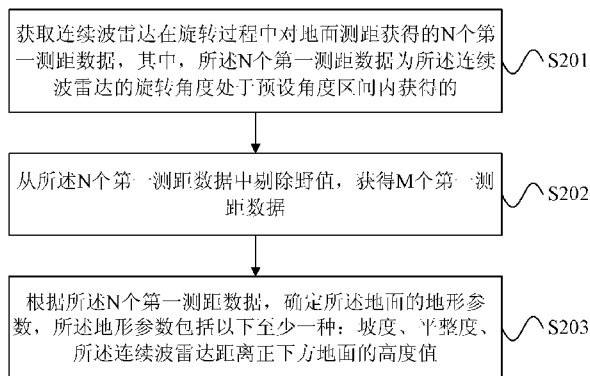


图 2

- S201 Obtain N first ground ranging data obtained by continuous-wave radar during process of rotation, N first ranging data being obtained when angle of rotation of continuous-wave radar is within preset range of angles
- S202 Eliminate outliers from N first ranging data to obtain M first ranging data
- S203 According to M first ranging data, determine terrain parameters of ground, terrain parameters comprising at least one of the following: slope, flatness, and height of continuous-wave radar above ground directly below it

(57) **Abstract:** Provided are a continuous-wave radar terrain-prediction method, device, system, and unmanned aerial vehicle, said method comprising: obtaining N first ground ranging data obtained by a continuous-wave radar during a process of rotation, said N first ranging data being obtained when the angle of rotation of the continuous-wave radar is within a preset range of angles (S201); eliminating outliers from the N first ranging data to obtain M first ranging data (S202); according to the M first ranging data, determining the terrain parameters of the ground, the terrain parameters comprising at least one of the following: slope, flatness, and the height of the continuous-wave radar above the ground directly below it (S203). In the method, outliers in the obtained ranging data are eliminated, then terrain prediction is performed, thus eliminating the interference affecting the continuous-wave radar so that the continuous-wave radar is more accurate in predicting the terrain.

(57) **摘要:** 一种连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机, 该方法包括: 获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的N个第一测距数据, 其中, 该N个第一测距数据为连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的 (S201); 从N个第一测距数据中剔除野值, 获得M个第一测距数据 (S202); 根据M个第一测距数据, 确定地面的地形参数, 该地形参数包括以下至少一种: 坡度、平整度、连续波雷达距离正下方地面的高度值 (S203)。该方法将获得的测距数据中的野值先剔除然后再进行地形预测, 清除了连续波雷达受到的干扰, 使得连续波雷达对地面地形的预测准确率更高。

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。

(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))。

连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机

技术领域

- 5 本发明实施例涉及无人机技术领域，尤其涉及一种连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机。

背景技术

- 目前无人机可以应用于多种场景，以农行业为例，无人机可以耕地、撒
10 播、喷洒农药和收割庄稼等，给农业领域带来了极大的好处。在这些作业场景下，无人机大多需要近地飞行，并且要避免爬坡时误撞地面。在较平坦的地面上，基于全球定位系统（Global Positioning System，GPS）及惯性测量单元（Inertial Measurement Unit，IMU）数据，无人机可以较顺利地完成任务；在较为崎岖的地形，无人机需要提前进行动作调整，进行爬坡、下坡、
15 减速、刹车等操作，实现近地飞行甚至等高飞行；这样才能使得无人机更好地完成上述作业。因此，需要先预测无人机作业的地面的地形信息。

- 现有技术中，一般通过连续波雷达旋转来测量与地面的多个距离，将这些距离分别转换为以测距传感器为坐标原点的坐标系上的坐标，然后利用这些坐标拟合出一条直线，根据拟合得到的直线获取地面的地形信息。但是，
20 在实际情况中，由于连续波雷达内部、外部环境的干扰，会导致连续波雷达测量到的距离中存在野值，从而影响地形预测的准确率。

发明内容

- 本发明实施例提供一种连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人
25 机，用于提高地形预测的准确率。

第一方面，本发明实施例提供一种连续波雷达的地形预测方法，包括：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的 N 个第一测距数据，其中，所述 N 个第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的，所述 N 为大于 1 的整数。

- 30 从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，所述 M

为小于 N 的正整数。

根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

- 5 第二方面，本发明实施例提供一种连续波雷达的控制系统，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：

- 10 获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的 N 个第一测距数据，其中，所述 N 个第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的，所述 N 为大于 1 的整数。

从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，所述 M 为小于 N 的正整数。

- 15 根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

- 20 第三方面，本发明实施例提供一种雷达探测装置，包括：连续波雷达以及连续波雷达的控制系统，所述连续波雷达的控制系统与所述连续波雷达通信连接。

所述连续波雷达的控制系统为如第二方面本发明实施例所述的连续波雷达的控制系统。

- 25 第四方面，本发明实施例提供一种无人机，包括：机架、飞行控制系统和以及如第三方面本发明实施例所述的雷达探测装置，所述连续波雷达搭载在所述机架上。

所述飞行控制系统与所述雷达探测装置通信连接，以获取所述地形参数，所述飞行控制系统根据所述地形参数控制所述无人机。

- 30 第五方面，本发明实施例提供一种计算机可读存储介质，所述计算机可读存储介质存储有计算机程序，所述计算机程序包含至少一段代码，所述至少一段代码可由计算机执行，以控制所述计算机执行第一方面本发明实施例

所述的连续波雷达的地形预测方法。

第六方面，本发明实施例提供一种计算机程序，当所述计算机程序被计算机执行时，用于实现第一方面本发明实施例所述的连续波雷达的地形预测方法。

- 5 本发明实施例提供的连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机，通过获取在旋转过程中旋转至预设角度区间内对地面测距获得的 N 个第一测距数据，然后从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，再根据 M 个第一测距数据，确定地面的地形参数，例如坡度、完整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值等。由于本实施例将获得的测距数据中的野值先剔除然后再进行地形预测，所以清除了连续波雷达受到的干扰，使得连续波雷达对地面地形的预测准确率更高。
- 10

附图说明

- 为了更清楚地说明本发明实施例或现有技术中的技术方案，下面将对实施例或现有技术描述中所需要使用的附图作一简单地介绍，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。
- 15

图 1 是根据本发明的实施例的农业无人机 100 的示意性架构图；

图 2 为本发明一实施例提供的连续波雷达的地形预测方法的流程图；

- 20 图 3 为本发明一实施例提供的连续波雷达测距的一种示意图；

图 4 为本发明一实施例提供的连续波雷达在预测角度区间内测距的一种示意图；

图 5A-图 5F 为本发明一实施例提供的剔除野值的一种示意图；

- 25 图 6A 为现有技术中根据未剔除野值的 N 个第一测距数据获得的拟合直线的一种示意图；

图 6B 为本发明一实施例提供的根据剔除野值后的 M 个第一测距数据获得的拟合的一种示意图；

图 7 本发明实施例提供的连续波雷达的控制系统的一种结构示意图；

图 8 为本发明实施例提供的雷达探测装置的一种结构示意图；

- 30 图 9 为本发明实施例提供的无人机的一种结构示意图。

具体实施方式

为使本发明实施例的目的、技术方案和优点更加清楚，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，

5 显然，所描述的实施例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作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。

本发明的实施例提供了连续波雷达的地形预测方法、装置、系统和无人机。无人机可以是农业无人机，如旋翼飞行器（rotorcraft），例如，由多个
10 推动装置通过空气推动的多旋翼飞行器，本发明的实施例并不限于此。

图1是根据本发明的实施例的农业无人机100的示意性架构图。本实施例以旋翼无人飞行器为例进行说明。

农业无人机100可以包括动力系统、飞行控制系统和机架。农业无人机100可以与控制终端进行无线通信，该控制终端可以显示农业无人机的飞行
15 信息等，控制终端可以通过无线方式与农业无人机100进行通信，用于对农业无人机100进行远程操纵。

其中，机架可以包括机身110和脚架120（也称为起落架）。机身110可以包括中心架111以及与中心架111连接的一个或多个机臂112，一个或多个机臂112呈辐射状从中心架延伸出。脚架120与机身110连接，用于在
20 农业无人机100着陆时起支撑作用，另外脚架120之间还搭载有储液箱130，该储液箱用于存储药液或者水；而且机臂112的末端还搭载有喷头140，储液箱130中的液体通过泵泵入至喷头140，由喷头140喷散出去。

动力系统可以包括一个或多个电子调速器（简称为电调）、一个或多个螺旋桨150以及与一个或多个螺旋桨150相对应的一个或多个电机160，其
25 中电机160连接在电子调速器与螺旋桨150之间，电机160和螺旋桨150设置在农业无人机100的机臂112上；电子调速器用于接收飞行控制系统产生的驱动信号，并根据驱动信号提供驱动电流给电机，以控制电机160的转速。电机160用于驱动螺旋桨150旋转，从而为农业无人机100的飞行提供动力，该动力使得农业无人机100能够实现一个或多个自由度的运动。在某些实施
30 例中，农业无人机100可以围绕一个或多个旋转轴旋转。例如，上述旋转轴

可以包括横滚轴、偏航轴和俯仰轴。应理解，电机 160 可以是直流电机，也可以交流电机。另外，电机 160 可以是无刷电机，也可以是有刷电机。

飞行控制系统可以包括飞行控制器和传感系统。传感系统用于测量无人飞行器的姿态信息，即农业无人机 100 在空间的位置信息和状态信息，例如，
5 三维位置、三维角度、三维速度、三维加速度和三维角速度等。传感系统例如可以包括陀螺仪、超声传感器、电子罗盘、惯性测量单元（Inertial Measurement Unit, IMU）、视觉传感器、全球导航卫星系统和气压计等传感器中的至少一种。例如，全球导航卫星系统可以是全球定位系统（Global Positioning System, GPS）。飞行控制器用于控制农业无人机 100 的飞行，例
10 如，可以根据传感系统测量的姿态信息控制农业无人机 100 的飞行。应理解，飞行控制器可以按照预先编好的程序指令对农业无人机 100 进行控制，也可以通过响应来自控制终端的一个或多个控制指令对农业无人机 100 进行控制。

如图 1 所示，农业无人机的脚架 120 上还可以搭载连续波雷达 170，该连续波雷达 170 为旋转连续波雷达，该连续波雷达 170 可以用于测距，但不
15 限于测距。其中，农业无人机可以包括两个或两个以上脚架 170，连续波雷达 170 搭载在其中一个脚架 170 上。

应理解，上述对于农业无人机各组成部分的命名仅是出于标识的目的，并不应理解为对本发明的实施例的限制。

图 2 为本发明一实施例提供的连续波雷达的地形预测方法的流程图，如
20 图 2 所示，本实施例的方法可以包括：

S201、获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的 N 个第一测距数据，其中，所述 N 个第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的。

S202、从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据。

25 S203、根据所述 N 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

本实施例中，可以通过连续波雷达可以对地面进行测距，以获得该连续波雷达相距地面的距离，其中连续波雷达可以旋转，当连续波雷达旋转不同
30 的角度时，连续波雷达对地面进行测距的测距点也不相同，因此连续波雷达

检测到的与地面的距离也可能不相同，如图 3 所示。本实施例中，连续波雷达在旋转过程对地面测距时并且该连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内时获得多个第一测距数据，例如如图 4 所示，此处称第一测距数据为 N 个， N 为大于等于 2 的整数。每个第一测距数据反映了连续波雷达在旋转至对应
5 的旋转角度时与地面的距离，对于同一测距点，若该测距点所在的地面高，则连续波雷达与地面的距离低，若该测距点所在的地面低，则连续波雷达与地面的距离大；例如：若连续波雷达与地面的不同测距点之间的距离差距较大，则说明地面的平整度低。对于相同的多个测距点，若连续波雷达与地面的距离均较小，则说明该多个测距点所在的地面的坡度较高，若连续波雷达
10 与地面的距离均较大，则说明该多个测距点所在的地面的坡度较低。

但是，由于而实际情况中，由于连续波雷达内部、外部环境的干扰，会导致连续波雷达测量到的距离中存在野值，例如：对于一测距点，实际上该测距点与连续波雷达之间的距离较大，但由连续波雷达受到干扰，从而导致获得的第一测距数据较小，进而会导致测得的地形的坡度与实际坡度存在较
15 大误差。尤其是在诸如农田、茶山等复杂应用场景中，野值的存在会导致地形预测不准确。

因此，本实施例中，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据， M 为小于 N 的正整数。然后根据剔除野值后的多个第一测距数据，可以确定该多个测距点所在地面的地形参数，该地形参数包括：地面的
20 坡度、地面的平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

例如：该预设角度区间为 60 度至 120 度，对应的可以确定连续波雷达正下方地面的地形参数；该预设角度区间为 -30 度至 30 度，对应的可以确定连续波雷达前方地面的地形参数；该预设角度区间为 150 度至 210 度，对应的可以确定连续波雷达后方地面的地形参数，需要说明的是，此处是为了举例
25 说明，并限定本实施例，该预设角度区间可以根据实际需要来设定。若本实施例的预设角度区间为 60 度至 120 度，则本实施例可以在连续波雷达在旋转角度为 60 度对地面测距获得第一测距数据，在 60.6 度对地面测距获得第一测距数据，在 61.2 度对地面测距获得第一测距数据，在 61.8 度对地面测距获得第一测距数据，以此类推，此处不再赘述。

30 本实施例中，通过获取在旋转过程中旋转至预设角度区间内对地面测距

获得的 N 个第一测距数据，然后从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，再根据 M 个第一测距数据，确定地面的地形参数，例如坡度、完整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值等。由于本实施例将获得的测距数据中的野值先剔除然后再进行地形预测，所以清除了连续波
5 雷达受到的干扰，使得连续波雷达对地面地形的预测准确率更高。

其中，每个第一测距数据包括：该连续波雷达距地面测距点的水平距离，以及该连续波雷达距地面测距点的垂直距离。由于连续波雷达的旋转角度不同，连续波雷达的信号发射方向不同，从而造成地面测距点不同，所以地面测距点随连续波雷达的旋转角度不同而不同。本实施例中为了避免连续波雷
10 达与地面测距点之间的距离值相同时，但是地面的地形不同，而造成后续预测地形不准确的情况，本实施例中的第一测距数据包括上述水平距离和垂直距离，其中，上述水平距离和垂直距离可以根据连续波雷达与地面测距点之间的距离以及该地面测距点对应的连续波雷达的旋转角度获得。例如：对于相同的连续波雷达与地面测距点之间的距离，若连续波雷达距地面测距点的
15 水平距离越大且垂直距离小，可以认为地面的坡度越高，若连续波雷达距地面测距点的水平距离越小且垂直距离大，可以认为地面的坡度越低。

在一些实施例中，上述 S201 的一种可以的实现方式中，可以包括如下步骤 A 和 B；

其中，步骤 A、获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的 T 个第二测
20 距数据；所述 T 个第二测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内对地面测距的所有测距数据，所述 H 为大于等于 N 的整数。

本实施例中，获取连续波雷达在旋转过程对地面测距，且，连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的所有测距数据，这些测距数据此处称为 T 个第二测距数据。

25 在一些实施例中，步骤 A 的一种可能的实现方式可以包括：步骤 A1 和步骤 A2。

步骤 A1、获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有第二测距数据以及每个第二测距数据对应的所述连续波雷达的旋转角度。

步骤 A2、根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连
30 续波雷达的旋转角度所对应的第二测距数据为所述 T 个第二测距数据。

本实施例中，连续波雷达旋转一周，对应连续波雷达一共旋转了 360 度的角度。例如：连续波雷达旋转一周对应 600 个光栅格，则连续波雷达每旋转 0.6 度即表示连续波雷达旋转到一个对应的光栅格，然后触发一次测距，这样可以获得 600 个测距数据，另外本实施例还记录每个测距数据对应的连续波雷达的旋转角度；其中，连续波雷达的测距原理可以参见现有技术中的相关描述，此处不再赘述。然后根据预设角度区间，获取连续波雷达的旋转角度位于该预设角度区间内所对应获得的第二测距数据，例如：预设角度区间为 60-120 度，则可以从其中筛选出 60、60.6、61.2、...、118.8、119.4 和 120 度分别对应的第二测距数据，此处共可以获得 100 个第二测距数据，H 即等于 100。

步骤 B、根据所述 T 个第二测距数据，获取所述 N 个第一测距数据。

本实施例中，该第二测距数据是连续波雷达实际测距获得的数据，在获得上述 T 个第二测距数据之后，根据该 T 个第二测距数据，获取上述 N 个第一测距数据。

15 在一些实施例中，上述步骤 B 的一种可能的实现方式可以包括步骤 B1。

步骤 B1、根据所述 T 个第二测距数据和有效测距条件，确定所述 N 个第一测距数据。其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小距离。

本实施例中，对每次测距数据判断其有效性，连续波雷达存在近距离范围内的盲区及最远测距距离，因此，设置有有效测距条件，该有效测距条件可以表示为 $[d_{\min}, d_{\max}]$ ，即表示有效的第二测距数据应大于等于 $d_{\min}$ 且小于等于 $d_{\max}$ 。因此，本实施例将根据所述 T 个第二测距数据和有效测距条件，确定上述的 N 个第一测距数据，避免了测距数据的误差，以提高地面地形预测的准确率。

25 在一些实施例中，上述步骤 B1 的一种可能的实现方式可以包括步骤 B11 和步骤 B12。

步骤 B11、从所述 T 个第二测距数据中确定满足所述有效测距条件的第二测距数据为 N 个第二测距数据。

本实施例中，从该 T 个第二测距数据中确定小于等于预设最大距离且小于等于预设最小距离的所有第二测距数据，这些第二测距数据为 N 个第二测

距数据。

步骤 B11、根据所述 N 个第二测距数据，确定所述 N 个第一测距数据。

本实施例再根据上述确定出的满足有效测距条件的 N 个第二测距数据，确定上述 N 个第一测距数据。

- 5 在一种可能的实现方式中，可以将该 N 个第二测距数据确定为该 N 个第一测距数据，即第一测距数据等于第二测距数据。

在另一种可能的实现方式中，对所述 N 个第二测距数据进行平滑处理，获得所述 N 个第一测距数据。例如：根据第二测距数据对应的连续波雷达的旋转角度的顺序对所述 N 个第二测距数据排序，如：第 1 个第二测距数据为：

- 10 60 度对应的第二测距数据 d_1 ，第 2 个第二测距数据为：60.6 度对应的第二测距数据 d_2 ，以此类推；然后确定第 1 个第二测距数据为第 1 个第一测距数据，即 D_1 等于 d_1 ，以及确定第 N 个第二测距数据为第 N 个第二测距数据，即 D_N 等于 d_N 。以及确定第 j-1 个第二测距数据（例如 d_{j-1} ）、第 j 个第二测距数据（例如 d_j ）、第 j+1 个第二测距数据（例如 d_{j+1} ）三者的平均值为所述第 j 个
15 第一测距数据，其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于 N-1 的整数。即 $D_j = [d_{j-1} + d_j + d_{j+1}] / 3$ 。

- 需要说明的是， D_j 也不限于 d_j 以及左右相邻分别一个（即三者）的平均值，也可以是 d_j 以及左右相邻分别两个（即五者）的平均值，相应地，第 1 个、第 2 个第一测距数据分别等于第 1 个、第 2 个第二测距数据，第 N-1 个、
20 第 N 个第一测距数据分别等于第 N-1 个、第 N 个第二测距数据。另外，本实施例也可以采用左右相邻分别三个、四个等，方案类似，此处不再赘述。

- 另外，上述 d_j 可以为一个值，即连续波雷达与地面测距点之间的距离，则本实施例可以在进行平滑处理之后，再根据连续波雷达对应的旋转角度获得对应的第一测距数据中的水平距离 x_j 和垂直距离 y_j 。其中，以连续波雷达
25 旋转中心为坐标系 XOY 的原点 (0, 0)，连续波雷达旋转正前方向作为 X 轴正方向，垂直向下方向作为 Y 轴正方向，x 表示水平距离，y 表示垂直距离，x 可以为正值或者负值。

- 另外，上述 d_j 可以包括两个值，即连续波雷达与地面测距点之间的水平距离 x_j 和垂直距离 y_j ，则本实施例可以针对水平距离进行平滑处理，获得第
30 一测距数据中的水平距离，也可以针对垂直距离进行平滑处理，获得第一测

距数据的垂直距离。

其中，若连续波雷达测到的是连续波雷达与地面测距点之间的直线距离，在获得连续波雷达与地面测距点之间的直线距离 L_i 后，将连续波雷达测距数据(L_i)及其对应光栅格(G_i)转化为第一测距数据，即上述建立的坐标系中的坐

5 标值：

$$x_i = L_i * \sin((G_0 - G_i) / Z)$$

$$y_i = L_i * \cos((G_0 - G_i) / Z)$$

其中 G_0 为连续波雷达的正下方光栅刻度， Z 为单个光栅格对应的角度值。

在上述各实施例的基础上，在一些实施例中，上述 S202 的一种可以的实

10 现方式中，可以包括如下步骤 C 至步骤 E。

步骤 C、从所述 N 个第一测距数据中获取至少两个第一测距数据。

步骤 D、根据所述至少两个第一测距数据进行直线拟合，获取第一直线函数。

步骤 E、根据所述第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，

15 获得 M 个第一测距数据。

本实施例中，从 N 个第一测距数据（其中，图 5A 为 N 个第一测距数据在 XOY 坐标系中的分布）中可以随机获取至少两个第一测距数据，然后根据该至少两个第一测距数据进行直线拟合，获得第一测距数据中垂直距离关于水平距离的直线函数，该直线函数称为第一直线函数。

20 其中，如图 5B 所示，从 N 个第一测距数据中获取两个第一测距数据(x_1, y_1) 和 (x_2, y_2)，建立经过这两个第一测距据的直线，以获得第一直线函数。其中，第一直线函数如下所示：

$$y = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} x - \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{x_2 - x_1}$$

在根据该第一测距数据获得第一直线函数后，根据该第一直线函数，从
25 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据。可选地，所述野值为与所述第一直线函数对应的直线之间的距离大于预设距离的第一测距数据。也就是，本实施例先确定每个第一测距数据到上述建立的直线之间的距离（如图 5C 所示），然后再判断该距离是否大于预设距离，若该距离小于或等于预设距离，则确定该距离对应的第一测距数据属于 M 个第一测距数据，若该距
30 离大于预设距离，则说明该距离对应的第一测距数据相差较大，并确定该距

离对应的第一测距数据为属于野值，并剔除掉该距离对应的第一测距数据。

其中，第 i 个第一测距数据 (x_i, y_i) 到上述建立的直线之间的距离 P_i 如下所示。

$$P_i = \frac{\left| \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} x_i - \frac{x_1 y_2 - x_2 y_1}{x_2 - x_1} + y_i \right|}{\sqrt{\left(\frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \right)^2 + 1}}$$

- 5 在上述各实施例的基础上，在另一些实施例中，上述 S202 的一种可以的实现方式中，可以包括如下步骤 C' 至步骤 F'。

步骤 C'、从所述 N 个第一测距数据中 K 次分别获取至少两个第一测距数据，每次获取的至少两个第一测距数据不完全相同。

- 10 步骤 D'、针对每次获取的至少两个第一测距数据，根据该次获取的至少两个第一测距数据进行直线拟合，获取第一直线函数。

步骤 E'、根据第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得一组第一测距数据。

步骤 F'、根据获得的 K 组第一测距数据，获得所述 M 个第一测距数据。

本实施例以每次从 N 个第一测距数据中获取两个第一测距数据为例。

- 15 先从 N 个第一测距数据中第一次获取（例如随机获取）两个第一测距数据，如图 5B 所示，并根据第一次获取的两个第一测距数据进行直线拟合（如图 5C 所示），获取第一个第一直线函数，再根据该第一直线函数，从 N 个第一测距数据是剔除野值，获得第一组第一测距数据（如图 5D 所示），该组第一测距数据中可以包括多个第一测距数据。

- 20 再从 N 个第一测距数中第二次获取（例如随机获取）两个第一测距数据，并根据第二次获取的两个第一测距数据进行直线拟合，获取第二个第一直线函数，再根据该第一直线函数，从 N 个第一测距数据是剔除野值，获得第二组第一测距数据，该组第一测距数据中可以包括多个第一测距数据。其中，第二次获取的两个第一测距数据与第一次获取的两个第一测距数据不完全相
- 25 同。上述的过程可以例如图 5E 所示。

再从 N 个第一测距数中第三次获取（例如随机获取）两个第一测距数据，并根据第三次获取的两个第一测距数据进行直线拟合，获取第三个第一直线函数，再根据该第一直线函数，从 N 个第一测距数据是剔除野值，获得第三

组第一测距数据，该组第一测距数据中可以包括多个第一测距数据。其中，第三次获取的两个第一测距数据与第一次获取的两个第一测距数据不完全相同，也与第二次获取的两个第一测距数据不完全相同。上述的过程可以例如图 5F 所示。

- 5 本实施例中以 K 等于 3，也就是，当本实施例中获取两个第一测距数据的次数大于或等于 3 时，本实施例停止从 N 个第一测距数据中获取两个第一测距数据。

本实施例在获取上述三组第一测距数据之后，根据第一组第一测距数据、第二组第一测距数据、第三组第一测距数据，获得所述 M 个第一测距数据。

- 10 可选地，从第一组第一测距数据、第二组第一测距数据、第三组第一测距数据中，确定包括第一测距数据数量最多的一组第一测距数据为上述 M 个第一测距数据。例如：第一组第一测距数据包括 20 个第一测距数据，第二组第一测距数据包括 30 个第一测距数据，第三组第一测距数据包括 25 个第一测距数据，则本实施例确定第二组第一测距数据中的 30 个第一测距数据为上述 M
- 15 个第一测距数据，此处的 M 等于 30。

- 可选地，本实施例中，根据上述任一第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得一组第一测距数据的实现过程可以是：本实施例先确定每个第一测距数据到上述任一第一直线函数对应的直线之间的距离，然后再判断该距离是否大于预设距离，若该距离小于或等于预设距离，则确定
- 20 该距离对应的第一测距数据属于上述的一组第一测距数据，若该距离大于预设距离，则说明该距离对应的第一测距数据相差较大，并确定该距离对应的第一测距数据为属于野值。

- 在一些实施例中，在通过上述各实施方式获得 M 个第一测距数据之后，判断该 M 的值是否小于第一预设值，若 M 的值大于等于第一预设值，则说
- 25 明 M 个第一测距数据具有足够的数据量用于进行地形预测，然后再根据 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数。若 M 的值小于第一预设值，则说明 M 个第一测距数据不够用来进行地形预测，为了避免地形预测不准确，本实施例确定上述连续波雷达测到的测距数据无效。

- 在上述各实施例的基础上，在一些实施例中，上述根据 M 个第一测距数
- 30 据，确定地面的地形参数的一种可能的实现方式可以包括如下步骤 G 和 H；

步骤 G、对所述 M 个第一测距数据进行直线拟合，获得第二直线函数。

本实施例中，可以对所述 M 个第一测距数据通过最小二乘法进行直线拟合，获得一直线函数，该直线函数称为第二直线函数。第一测距数据包括水平距离和垂直距离。

- 5 其中，构建连续波雷达与地面测距点的垂直距离关于连续波雷达与地面测距点的水平距离的第二直线函数，该第二直线函数例如如公式一所示： $y=ax+b$ ，其中， y 为连续波雷达与地面测距点的垂直距离， x 为连续波雷达与地面测距点的水平距离，此时 a 、 b 暂时未知。然后根据所述 M 个第一测距数据、所述第二直线函数以及最小二乘法，确定所述第二直线函数的斜率和
- 10 截距。其中，M 个第一测距数据是已知的，而且每个第一测距数据包括连续波雷达与对应地面测距点的水平距离和垂直距离，将这 M 组 x 与 y 的已知值，代入上述公式一中，再通过最小二乘法，来确定该第二直线函数的斜率（例如 a ）和截距（例如 b ）。

- 可选地，上述 a 和 b 可以通过克莱姆法来确定，如下所示，其中， (x_i, y_i) 为上述 M 个第一测距数据中的任一测距数据。
- 15

$$a = \frac{M \sum_{i=1}^M x_i y_i - \sum_{i=1}^M x_i \sum_{i=1}^M y_i}{M \sum_{i=1}^M x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^M x_i \right)^2}$$

$$b = \frac{\sum_{i=1}^M x_i^2 \sum_{i=1}^M y_i - \sum_{i=1}^M x_i \sum_{i=1}^M x_i y_i}{M \sum_{i=1}^M x_i^2 - \left(\sum_{i=1}^M x_i \right)^2}$$

需要说明的是，本实施例并不限于上述最小二乘法，也可以采用滤波法。

步骤 H、根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数。

- 20 若地面的地形参数包括地面的坡度，则本实施例可以根据该第二直线函数的斜率，确定地面的坡度，例如：斜率越大，则地面的坡度越大，斜率越小，则地面的坡度越小。可选地，可以将所述斜率的反正切值确定为地面的坡度。

可选地，该地面的坡度可以用于指导无人机后续要采取的动作。

- 25 若地面的地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则本实施例根据所述第二直线函数的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地

面的高度值，例如可以将第二直线函数的截距，确定为所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

可选地，该连续波雷达距离正下方地面的高度值可用于无人机避障，例如：以避免碰撞到地面农作物，另外，还可以用于无人机精确喷洒，因为喷

洒时，需要定高喷洒。

若地面的地形参数包括地面的平整度，本实施例可以根据所述 M 个第一测距数据和所述第二直线函数，确定所述 M 个第一测距数据中每个第一测距数据对应的所述第二直线函数中的残差；然后根据所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差，确定所述地面的平整度。

其中，每个第一测距数据对应的第二直线函数中的残差可以通过如下公式获得。

$e_i = y_i - y_i'$ ，其中， e_i 为 M 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据对应的第二直线函数中的残差， y_i 为 M 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据中的垂直距离， y_i' 为 M 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据中水平距离 x_i 作为变量 x 代入第二直线函数得到 y 的值，即 $y_i' = ax_i + b$ 。

可选地，本实施例可以将所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差的平方和，确定为所述地面的平整度。若残差的平方和越大，则说明地面越不平整，若残差的平方和越小，则说明地面越平整。例如：地面的平整度为：

$$\sum_{i=1}^M e_i^2。$$

可选地，本实施例确定地面的平整度之后，该平整度可以用于无人机的定高和避障方案中。

在一些实施例中，本实施例可以根据所述 M 个第一测距数据中每个第一测距数据对应的所述连续波雷达到测距点的垂直距离，确定中位数的垂直距离。即从 y_1 、 y_2 、 y_3 、……、 y_{M-2} 、 y_{M-1} 、 y_M 中，确定这些值的中位数，该中位数也可称为中位数的垂直距离。例如：以 M 等于 7 为例， y_1 、 y_2 、 y_3 、 y_4 、 y_5 、 y_6 、 y_7 按大小顺序排序后为：1.2、1.3、1.3、1.5、1.6、1.7、1.8，则 1.5 为中位数。然后判断所述第二直线函数的截距与所述中位数的垂直距离的差值是否小于第二预设值，若所述差值小于第二预设值，则执行上述步骤 G。

若所述差值大于等于第二预设值，则不执行上述步骤 G，说明连续波雷达测

得的测距数据不适合用于预测地形。

综上所述，若不剔除 N 个第一测距数据中的野值，则将包括野值的该 N 个第一测距数据进行最小二乘法直线拟合，获得的拟合直线例如如图 6A 所示，如图 6A 所示，通过该拟合直线获得的地面的地形参数不准确。而采用
5 本发明上述各实施例的方案，在剔除 N 个第一测距数据中的野值之后，根据剔除野值后的第一测距数据进行最小二乘法直线拟合，获得的拟合直线例如如图 6B 所示，如图 6B 所示，通过该拟合直线获得的地面的地形参数更准确。

在另一些实施例中，与上述各实施例不同的是，在获取上述 N 个第一测距数据之后，不剔除野值，而是对该 N 个第一测距数据进行加权最小二乘法
10 直线拟合，获得第三直线函数，然后根据第三直线函数，确定地面的地形参数。因此，本实施例中可以利用加权最小二乘法来消除连续波雷达在获得测距数据时受到的干扰，从而可以提高直线拟合精度，进而提高地形预测的准确率。

其中，对该 N 个第一测距数据进行加权最小二乘法直线拟合，获得第三
15 直线函数的一种可能的实现方式为：

构建连续波雷达与地面测距点的垂直距离关于连续波雷达与地面测距点的水平距离的第三直线函数，该第三直线函数例如如公式二所示： $y=ax+b$ ，其中，y 表示连续波雷达与地面测距点的垂直距离，x 表示连续波雷达与地面测距点的水平距离，此时 a、b 暂时未知。然后根据所述 N 个第一测距数据、
20 所述第三直线函数，可以确定 x_i 对应的 y_i' ，其中， y_i' 为 x_i 作为变量 x 代入第三直线函数中获得的 y 的值（即拟合垂直距离）， x_i 为 N 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据的水平距离。

在确定 N 个第一测距数据中每个第一测距数据中水平距离对应的拟合垂直距离之后，确定每个第一测距数据对应的所述第三直线函数中的残差；其
25 中，所述每个第一测距数据对应的残差是关于所述直线函数中的斜率与截距的函数，例如： $e=y_i-ax_i-b$ 。然后根据所述每个第一测距数据对应的残差以及该残差的加权系数，确定所述 N 个测距数据对应的所述残差的加权平方和，残差的加权平方和例如如公式三所示：

$$Q = \sum_{i=1}^N w_i (y_i - ax_i - b)^2$$
。其中，Q 表示残差的加权平方和， w_i 表示第 i 个
30 第一测距数据对应的残差的加权系数。

本实施例在获得残差的加权平方和之后，根据所述残差的加权平方和，确定所述直线函数的斜率的值和截距的值。具体可以为：根据所述残差的加权平方和对所述斜率的一阶导数等于第一预设值，以及所述残差的加权平方和对所述截距的一阶导数等于第二预设值，确定所述直线函数的斜率的值和截距的值。

为了令 Q 的值最小，a 与 b 的值最优，可以将第一预设值和第二预设值设为 0。相应地，残差的加权平方和 (Q) 对所述斜率 (a) 的一阶导数等于 0 以及残差的加权平方和 (Q) 对所述截距 (b) 的一阶导数等于 0，可以例如如下公式四所示：

$$\begin{aligned} \frac{\partial Q}{\partial a} &= 2 \sum_{i=1}^N w_i (y_i - ax_i - b) (-x_i) = 0 \\ \frac{\partial Q}{\partial b} &= 2 \sum_{i=1}^N w_i (y_i - ax_i - b) (-1) = 0 \end{aligned}$$

根据上述公式四可以获得 a 的估计值 $\hat{a}$ 和 b 的估计值 $\hat{b}$ ，分别如下所示公式五：

$$\begin{aligned} \hat{a} &= \frac{\sum_{i=1}^N w_i X_i Y_i - \sum_{i=1}^N w_i X_i \sum_{i=1}^N w_i Y_i}{\sum_{i=1}^N w_i X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N w_i X_i \right)^2} \\ \hat{b} &= \frac{\sum_{i=1}^N w_i X_i^2 \sum_{i=1}^N w_i Y_i - \sum_{i=1}^N w_i X_i \sum_{i=1}^N w_i X_i Y_i}{\sum_{i=1}^N w_i X_i^2 - \left(\sum_{i=1}^N w_i X_i \right)^2} \end{aligned}$$

本实施例可以将 $\hat{a}$ 作为第三直线函数的斜率 a 的值，以及将 $\hat{b}$ 作为第三直线函数的截距 b 的值。

可选地，若地面的地形参数包括地面的平整度，则根据该第三直线函数的斜率 a，确定地面的平整度。

若地面的地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则根据所述第三直线函数的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

若地面的地形参数包括地面的平整度，则根据上述 Q 的值，确定地面的平整度。例如：将上述 a 的值（如上述 $\hat{a}$ ）和上述 b 的值（如上述 $\hat{b}$ ），代入上述公式二中，从而获得 Q 的值。若 Q 的值越大，则说明地面越不平整，

若 Q 的值越小，则说明地面越平整。

在一种可替换的方案中，本实施例可以预先存储有如上述公式三和公式五，将获得的 N 个第一测距数据代入预先存储的公式五中，可获得 $\hat{a}$ 以及 $\hat{b}$ ，根据 $\hat{a}$ 确定地面的坡度。然后将获得的 $\hat{a}$ 以及 $\hat{b}$ 代入预先存储的公式三中，从

5 而获得 Q，根据 Q 的值，确定地面的平整度。

在一些实施例中，每个第一测距数据对应的残差的加权系数均相等，即使 i 的取值不同，则 w_i 均相同，例如： w_i 均等于 1。或者，例如： w_i 均等于 $1/N$ ，这表示所述 N 个第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1。

10 在一些实施例中，由于通过连续波雷达测距获得的测距数据，其误差随距离增大而变大，因此，需要根据连续波雷达的旋转角度对对应的第一测距数据进行权重分配。

在一种可能的实现方式中，所述每个第一测距数据对应的残差的加权系数是关于该第一测距数据对应的连续波雷达的旋转角度的三角函数，例如如公式六所示：

$$15 \quad w_i = 1 - \left(\frac{k_i - k_{mid}}{k_{max} - k_{min}} \right)。$$

其中， k_{mid} 表示预设角度区间的中值， k_{min} 表示预设角度区间的最小值， k_{max} 表示预设角度区间的最大值， k_i 表示第 i 个第一测距数据对应的连续波雷达的旋转角度。例如：预设角度区间为 $[-60^\circ, 60^\circ]$ 共 120° 的数据， -60° 对应的 k 的值为 1， -59° 的 k 的值为 2，依次类推，其中， k_{max} 为 120， k_{mid} 为 60 或 61，

20 k_{min} 为 1。

可选地，所述 N 个第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1，则需要对上述三角函数进行归一化处理，因此，残差的加权系数例如如公式七所示：

$$w_i = \frac{1 - \left(\frac{k_i - k_{mid}}{k_{max} - k_{min}} \right)}{\sum_{i=1}^N \left(1 - \left(\frac{k_i - k_{mid}}{k_{max} - k_{min}} \right) \right)}。$$

25 在另一种可能的实现方式中，所述每个第一测距数据对应的残差的加权系数是关于该第一测距数据对应的连续波雷达的旋转角度的高斯函数，例如如公式八所示：

$w_i = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i-\mu)^2}{2\sigma^2}}$ ，其中， x_i 为 N 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据的水平距离， σ 、 μ 为常数， μ 表示 x_1 至 x_N 的均值， σ 表示 x_1 至 x_N 的方差。

其中，可根据方差的值调节上述函数的形状；该方差的值可以根据实际需要预先设定。

- 5 可选地，所述 N 个第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1，则需要对上述高斯函数进行归一化处理，因此，残差的加权系数例如如公式九所示：

$$w_i = \frac{\frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i-\mu)^2}{2\sigma^2}}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x_i-\mu)^2}{2\sigma^2}}}。$$

- 在另一种可能的实现方式中，所述每个第一测距数据对应的残差的加权
10 系数是关于该第一测距数据对应的连续波雷达的旋转角度的误差函数，例如如公式十所示：

$$w_i = \frac{1}{e_i^2}。$$

- 其中， $e_i = y_i - y_i'$ ，其中， e_i 为 N 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据对应的第三直线函数中的残差， y_i 为 N 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据中的垂直距离， y_i' 为 N 个第一测距数据中第 i 个第一测距数据中水平距离 x_i 作为变量 x 代入第三直线函数得到 y 的值，即 $y_i' = ax_i + b$ 。
15

其中，误差越小，权重系数越大；误差越大，权重系数越小。

- 可选地，所述 N 个第一测距数据对应的残差的加权系数之和等于 1，则需要对上述误差函数进行归一化处理，因此，残差的加权系数例如如公式十一
20 所示：

$$w_i = \frac{\frac{1}{e_i^2}}{\sum_{i=1}^N \frac{1}{e_i^2}}。$$

可选地，上述各实施例中涉及的连续波雷达可以为电磁波连续波雷达，或者，也可以为激光连续波雷达。

- 本发明实施例中还提供了一种计算机存储介质，该计算机存储介质中存
25 储有程序指令，所述程序执行时可包括如图 2 及其对应实施例中的连续波雷

达的地形预测方法的部分或全部步骤。

图 7 本发明实施例提供的连续波雷达的控制系统的一种结构示意图，如图 7 所示，本实施例的连续波雷达的控制系统 700 可以包括：存储器 701 和处理器 702；上述存储器 701 和处理器 702 通过总线连接。存储器 701 可以
5 包括只读存储器和随机存取存储器，并向处理器 702 提供指令和数据。存储器 701 的一部分还可以包括非易失性随机存取存储器。

所述存储器 701，用于存储程序代码。

所述处理器 702，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：

10 可选地，所述第一测距数据包括：所述连续波雷达距地面测距点的水平距离与垂直距离；其中，地面测距点随所述连续波雷达的旋转角度不同而不同。

可选地，所述处理器 702，具体用于：从所述 N 个第一测距数据中获取至少两个第一测距数据；根据所述至少两个第一测距数据进行直线拟合，获
15 取第一直线函数；根据所述第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据。

可选地，所述处理器 702，具体用于：从所述 N 个第一测距数据中 K 次分别获取至少两个第一测距数据，每次获取的至少两个第一测距数据不完全相同；针对每次获取的至少两个第一测距数据，根据该次获取的至少两个第
20 一测距数据进行直线拟合，获取第一直线函数；根据第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得一组第一测距数据；根据获得的 K 组第一测距数据，获得所述 M 个第一测距数据。

可选地，所述处理器 702，具体用于：从 K 组第一测距数据中，确定包括第一测距数据数量最多的一组第一测距数据为所述 M 个第一测距数据。

25 可选地，所述野值为与所述第一直线函数对应的直线之间的距离大于预设距离的第一测距数据。

可选地，所述处理器 702，具体用于：在所述 M 的值大于等于第一预设值时，根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数。

可选地，所述处理器 702，具体用于：对所述 M 个第一测距数据进行直
30 线拟合，获得第二直线函数；根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形

参数。

可选地，所述处理器 702，具体用于：根据所述 M 个第一测距数据中每个第一测距数据对应的所述连续波雷达到测距点的垂直距离，确定中位数的垂直距离；若所述第二直线函数的截距与所述中位数的垂直距离的差值小于 5 第二预设值，则根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数。

可选地，若所述地形参数包括：坡度，则所述处理器 702，具体用于：根据所述第二直线函数中的斜率，确定所述地面的坡度。

可选地，所述处理器 702，具体用于：将所述斜率的反正切值确定为所述地面的坡度。

10 可选地，若所述地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则所述处理器 702，具体用于：根据所述第二直线函数的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

可选地，若所述地形参数包括：平整度，则所述处理器 702，具体用于：根据所述 M 个第一测距数据和所述第二直线函数，确定所述 M 个第一测距 15 数据中每个第一测距数据对应的所述第二直线函数中的残差；根据所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差，确定所述地面的平整度。

可选地，所述处理器 702，具体用于：将所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差之和，确定为所述地面的平整度。

20 可选地，所述处理器 702，具体用于：获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的 T 个第二测距数据；所述 T 个第二测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内对地面测距的所有测距数据，所述 T 为大于等于 N 的整数；根据所述 T 个第二测距数据，获取所述 N 个第一测距数据。

可选地，所述处理器 702，具体用于：根据所述 T 个第二测距数据和有 25 效测距条件，确定所述 N 个第一测距数据；

其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小距离。

可选地，所述处理器 702，具体用于：从所述 T 个第二测距数据中确定满足所述有效测距条件的第二测距数据为 N 个第二测距数据；根据所述 N 个 30 第二测距数据，确定所述 N 个第一测距数据。

可选地，所述处理器 702，具体用于：确定所述 N 个第二测距数据为所述 N 个第一测距数据；或者，对所述 N 个第二测距数据进行平滑处理，获得所述 N 个第一测距数据。

可选地，所述处理器 702，具体用于：根据第二测距数据对应的连续波
5 雷达的旋转角度的顺序对所述 N 个第二测距数据排序；确定第 1 个第二测距数据为第 1 个第一测距数据，以及第 N 个第二测距数据为第 N 个第一测距数据；确定第 j-1 个第二测距数据、第 j 个第二测距数据、第 j+1 个第二测距数据三者的平均值为所述第 j 个第一测距数据；其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于 N-1 的整数。

10 可选地，所述处理器 702，具体用于：获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有第二测距数据以及每个第二测距数据对应的所述连续波雷达的旋转角度；根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连续波雷达的旋转角度所对应的第二测距数据为所述 T 个第二测距数据。

本实施例的连续波雷达的控制系统，可以用于执行本发明上述方法实施
15 例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，此处不再赘述。

图 8 为本发明实施例提供的雷达探测装置的一种结构示意图，如图 8 所示，本实施例的雷达探测装置 800 包括：连续波雷达 801 和连续波雷达的控制系统 802。所述连续波雷达的控制系统 802 与所述连续波雷达 801 通信连接。其中，连续波雷达的控制系统 802 可以采用图 7 所示实施例的结构，其
20 对应地，可以执行如图 2 及其对应实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，此处不再赘述。

图 9 为本发明实施例提供的无人机的一种结构示意图，如图 9 所示，本实施例的无人机 900 包括：机架（图中未示出）、飞行控制系统 901 和雷达探测装置 902，其中，雷达探测装置 902 可以采用图 8 所示实施例的结构，
25 其对应地，可以执行如图 2 及其对应实施例的技术方案，其实现原理和技术效果类似，此处不再赘述。其中，雷达探测装置 902 中的连续波雷达搭载在所述机架上。所述飞行控制系统 901 与所述雷达探测装置 902 通信连接，以获取地形参数，所述飞行控制系统 901 根据所述地形参数控制所述无人机 900。

可选地，若地面的地形参数包括地面的坡度，则飞行控制系统 901 可以
30 根据地面的坡度控制无人机 900 后续的动作。

可选地，若地面的地形参数包括地面的平整度，则飞行控制系统 901 可以根据地面的平整度控制无人机 900 的定高和/或控制无人机 900 避障。

可选地，若地面的地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则飞行控制系统 901 可以根据连续波雷达距离正下方地面的高度值，

5 进行避障，例如：避免无人机 900 碰撞到地面农作物，另外，还可以控制无人机 900 进行精确喷洒，因为喷洒时，需要定高喷洒。

本领域普通技术人员可以理解：实现上述方法实施例的全部或部分步骤可以通过程序指令相关的硬件来完成，前述的程序可以存储于一计算机可读取存储介质中，该程序在执行时，执行包括上述方法实施例的步骤；而前述

10 的存储介质包括：只读内存（Read-Only Memory, ROM）、随机存取存储器（Random Access Memory, RAM）、磁碟或者光盘等各种可以存储程序代码的介质。

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

15 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。

权利要求书

1、一种连续波雷达的地形预测方法，其特征在于，包括：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的 N 个第一测距数据，其中，所述 N 个第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间
5 内获得的，所述 N 为大于 1 的整数；

从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，所述 M 为小于 N 的正整数；

根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度
10 值。

2、根据权利要求 1 所述的方法，其特征在于，所述第一测距数据包括：所述连续波雷达距地面测距点的水平距离与垂直距离；其中，地面测距点随所述连续波雷达的旋转角度不同而不同。

3、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述从所述 N 个第
15 一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，包括：

从所述 N 个第一测距数据中获取至少两个第一测距数据；

根据所述至少两个第一测距数据进行直线拟合，获取第一直线函数；

根据所述第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据。

20 4、根据权利要求 1 或 2 所述的方法，其特征在于，所述从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，包括：

从所述 N 个第一测距数据中 K 次分别获取至少两个第一测距数据，每次获取的至少两个第一测距数据不完全相同；

针对每次获取的至少两个第一测距数据，根据该次获取的至少两个第一
25 测距数据进行直线拟合，获取第一直线函数；

根据第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得一组第一测距数据；

根据获得的 K 组第一测距数据，获得所述 M 个第一测距数据。

5、根据权利要求 4 所述的方法，其特征在于，所述根据获得的 K 组第
30 一测距数据，获得所述 M 个第一测距数据，包括：

从 K 组第一测距数据中，确定包括第一测距数据数量最多的一组第一测距数据为所述 M 个第一测距数据。

6、根据权利要求 3-5 任一项所述的方法，其特征在于，所述野值为与所述第一直线函数对应的直线之间的距离大于预设距离的第一测距数据。

5 7、根据权利要求 1-6 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数，包括：

在所述 M 的值大于等于第一预设值时，根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数。

8、根据权利要求 1-7 任一项所述的方法，其特征在于，所述根据所述 M
10 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数，包括：

对所述 M 个第一测距数据进行直线拟合，获得第二直线函数；

根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数。

9、根据权利要求 8 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数，包括：

15 根据所述 M 个第一测距数据中每个第一测距数据对应的所述连续波雷达到测距点的垂直距离，确定中位数的垂直距离；

若所述第二直线函数的截距与所述中位数的垂直距离的差值小于第二预设值，则根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数。

10、根据权利要求 8 或 9 所述的方法，其特征在于，若所述地形参数包
20 括：坡度，则所述根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数，包括：
根据所述第二直线函数中的斜率，确定所述地面的坡度。

11、根据权利要求 10 所述的方法，其特征在于，所述根据所述第二直线函数的斜率，确定所述地面的坡度，包括：

将所述斜率的反正切值确定为所述地面的坡度。

25 12、根据权利要求 8 或 9 所述的方法，其特征在于，若所述地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则所述根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数，包括：

根据所述第二直线函数的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

30 13、根据权利要求 8 或 9 所述的方法，其特征在于，若所述地形参数包

括：平整度，则所述根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数，包括：

根据所述 M 个第一测距数据和所述第二直线函数，确定所述 M 个第一测距数据中每个第一测距数据对应的所述第二直线函数中的残差；

- 5 根据所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差，确定所述地面的平整度。

14、根据权利要求 13 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差，确定所述地面的平整度，包括：

- 10 将所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差之和，确定为所述地面的平整度。

15、根据权利要求 1-14 任意一项所述的方法，其特征在于，所述获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的 N 个第一测距数据，包括：

- 15 获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的 T 个第二测距数据；所述 T 个第二测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内对地面测距的所有测距数据，所述 T 为大于等于 N 的整数；

根据所述 T 个第二测距数据，获取所述 N 个第一测距数据。

16、根据权利要求 15 所述的方法，其特征在于，根据所述 T 个第二测距数据，获取所述 N 个第一测距数据，包括：

- 20 根据所述 T 个第二测距数据和有效测距条件，确定所述 N 个第一测距数据；

其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小距离。

- 25 17、根据权利要求 16 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 T 个第二测距数据和有效测距范围，确定所述 N 个第一测距数据，包括：

从所述 T 个第二测距数据中确定满足所述有效测距条件的第二测距数据为 N 个第二测距数据；

根据所述 N 个第二测距数据，确定所述 N 个第一测距数据。

- 30 18、根据权利要求 17 所述的方法，其特征在于，所述根据所述 N 个第二测距数据，确定所述 N 个第一测距数据，包括：

确定所述 N 个第二测距数据为所述 N 个第一测距数据；或者，
对所述 N 个第二测距数据进行平滑处理，获得所述 N 个第一测距数据。

19、根据权利要求 18 所述的方法，其特征在于，所述对所述 N 个第二测距数据进行平滑处理，获得所述 N 个第一测距数据，包括：

5 根据第二测距数据对应的连续波雷达的旋转角度的顺序对所述 N 个第二测距数据排序；

确定第 1 个第二测距数据为第 1 个第一测距数据，以及第 N 个第二测距数据为第 N 个第一测距数据；

10 确定第 j-1 个第二测距数据、第 j 个第二测距数据、第 j+1 个第二测距数据三者的平均值为所述第 j 个第一测距数据；

其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于 N-1 的整数。

20、根据权利要求 15-19 任意一项所述的方法，其特征在于，所述获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的 T 个第二测距数据，包括：

15 获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有第二测距数据以及每个第二测距数据对应的所述连续波雷达的旋转角度；

根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连续波雷达的旋转角度所对应的第二测距数据为所述 T 个第二测距数据。

21、一种连续波雷达的控制系统，其特征在于，包括：存储器和处理器；
所述存储器，用于存储程序代码；

20 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：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距获得的 N 个第一测距数据，其中，所述 N 个第一测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内获得的，所述 N 为大于 1 的整数；

25 从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据，所述 M 为小于 N 的正整数；

根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数，所述地形参数包括以下至少一种：坡度、平整度、所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

30 22、根据权利要求 21 所述的系统，其特征在于，所述第一测距数据包括：

所述连续波雷达距地面测距点的水平距离与垂直距离；其中，地面测距点随所述连续波雷达的旋转角度不同而不同。

23、根据权利要求 21 或 22 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

- 5 从所述 N 个第一测距数据中获取至少两个第一测距数据；
根据所述至少两个第一测距数据进行直线拟合，获取第一直线函数；
根据所述第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得 M 个第一测距数据。

24、根据权利要求 21 或 22 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

10 从所述 N 个第一测距数据中 K 次分别获取至少两个第一测距数据，每次获取的至少两个第一测距数据不完全相同；

针对每次获取的至少两个第一测距数据，根据该次获取的至少两个第一测距数据进行直线拟合，获取第一直线函数；

- 15 根据第一直线函数，从所述 N 个第一测距数据中剔除野值，获得一组第一测距数据；

根据获得的 K 组第一测距数据，获得所述 M 个第一测距数据。

25、根据权利要求 24 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

- 20 从 K 组第一测距数据中，确定包括第一测距数据数量最多的一组第一测距数据为所述 M 个第一测距数据。

26、根据权利要求 23-25 任一项所述的系统，其特征在于，所述野值为与所述第一直线函数对应的直线之间的距离大于预设距离的第一测距数据。

27、根据权利要求 21-26 任一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

- 25 在所述 M 的值大于等于第一预设值时，根据所述 M 个第一测距数据，确定所述地面的地形参数。

28、根据权利要求 21-27 任一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

- 30 对所述 M 个第一测距数据进行直线拟合，获得第二直线函数；
根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数。

29、根据权利要求 28 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：
根据所述 M 个第一测距数据中每个第一测距数据对应的所述连续波雷达到测距点的垂直距离，确定中位数的垂直距离；

若所述第二直线函数的截距与所述中位数的垂直距离的差值小于第二预设值，则根据所述第二直线函数，确定所述地面的地形参数。

30、根据权利要求 28 或 29 所述的系统，其特征在于，若所述地形参数包括：坡度，则所述处理器，具体用于：

根据所述第二直线函数中的斜率，确定所述地面的坡度。

31、根据权利要求 30 所述的系统，其特征在于，所述根据所述第二直线函数的斜率，确定所述地面的坡度，包括：

将所述斜率的反正切值确定为所述地面的坡度。

32、根据权利要求 28 或 29 所述的系统，其特征在于，若所述地形参数包括：所述连续波雷达距离正下方地面的高度值，则所述处理器，具体用于：

根据所述第二直线函数的截距，确定所述连续波雷达距离正下方地面的高度值。

33、根据权利要求 28 或 29 所述的系统，其特征在于，若所述地形参数包括：平整度，则所述处理器，具体用于：

根据所述 M 个第一测距数据和所述第二直线函数，确定所述 M 个第一测距数据中每个第一测距数据对应的所述第二直线函数中的残差；

根据所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差，确定所述地面的平整度。

34、根据权利要求 33 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

将所述 M 个第一测距数据分别对应的所述第二直线函数中的残差之和，确定为所述地面的平整度。

35、根据权利要求 31-34 任意一项所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：

获取连续波雷达在旋转过程中对地面测距的 T 个第二测距数据；所述 T 个第二测距数据为所述连续波雷达的旋转角度处于预设角度区间内对地面测距的所有测距数据，所述 T 为大于等于 N 的整数；

根据所述 T 个第二测距数据，获取所述 N 个第一测距数据。

36、根据权利要求 35 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：
根据所述 T 个第二测距数据和有效测距条件，确定所述 N 个第一测距数据；

其中，有效测距条件包括：小于等于预设最大距离且大于等于预设最小
5 距离。

37、根据权利要求 36 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：
从所述 T 个第二测距数据中确定满足所述有效测距条件的第二测距数据
为 N 个第二测距数据；

根据所述 N 个第二测距数据，确定所述 N 个第一测距数据。

10 38、根据权利要求 37 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：
确定所述 N 个第二测距数据为所述 N 个第一测距数据；或者，
对所述 N 个第二测距数据进行平滑处理，获得所述 N 个第一测距数据。

39、根据权利要求 38 所述的系统，其特征在于，所述处理器，具体用于：
根据第二测距数据对应的连续波雷达的旋转角度的顺序对所述 N 个第二
15 测距数据排序；

确定第 1 个第二测距数据为第 1 个第一测距数据，以及第 N 个第二测距
数据为第 N 个第一测距数据；

确定第 j-1 个第二测距数据、第 j 个第二测距数据、第 j+1 个第二测距数
据三者的平均值为所述第 j 个第一测距数据；

20 其中，所述 j 为大于等于 2 且小于等于 N-1 的整数。

40、根据权利要求 35-39 任意一项所述的系统，其特征在于，所述处理
器，具体用于：

获取连续波雷达旋转一周对地面测距的所有第二测距数据以及每个第二
测距数据对应的所述连续波雷达的旋转角度；

25 根据所述预设角度区间，获取位于所述预设角度区间内所述连续波雷达
的旋转角度所对应的第二测距数据为所述 T 个第二测距数据。

41、根据权利要求 21-40 任意一项所述的系统，其特征在于，所述系统
为连续波雷达，或者，所述系统为无人机，或者，所述系统为无人机的控制
终端。

30 42、一种雷达探测装置，其特征在于，包括：连续波雷达以及权利要求

21-40 任意一项所述的控制系统，所述控制系统与所述连续波雷达通信连接。

43、一种无人机，其特征在于，包括：机架、飞行控制系统和以及权利要求 42 所述的雷达探测装置，所述连续波雷达搭载在所述机架上，

所述飞行控制系统与所述雷达探测装置通信连接，以获取所述地形参数，

5 所述飞行控制系统根据所述地形参数控制所述无人机。

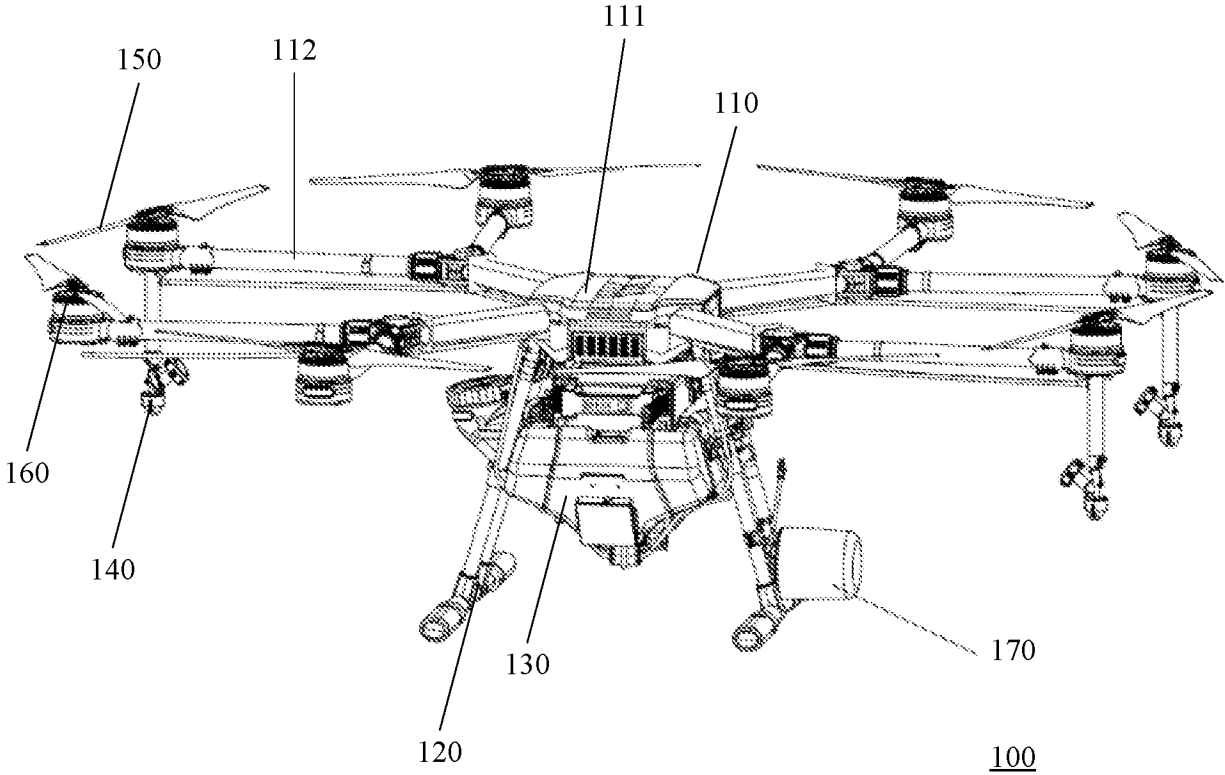


图 1

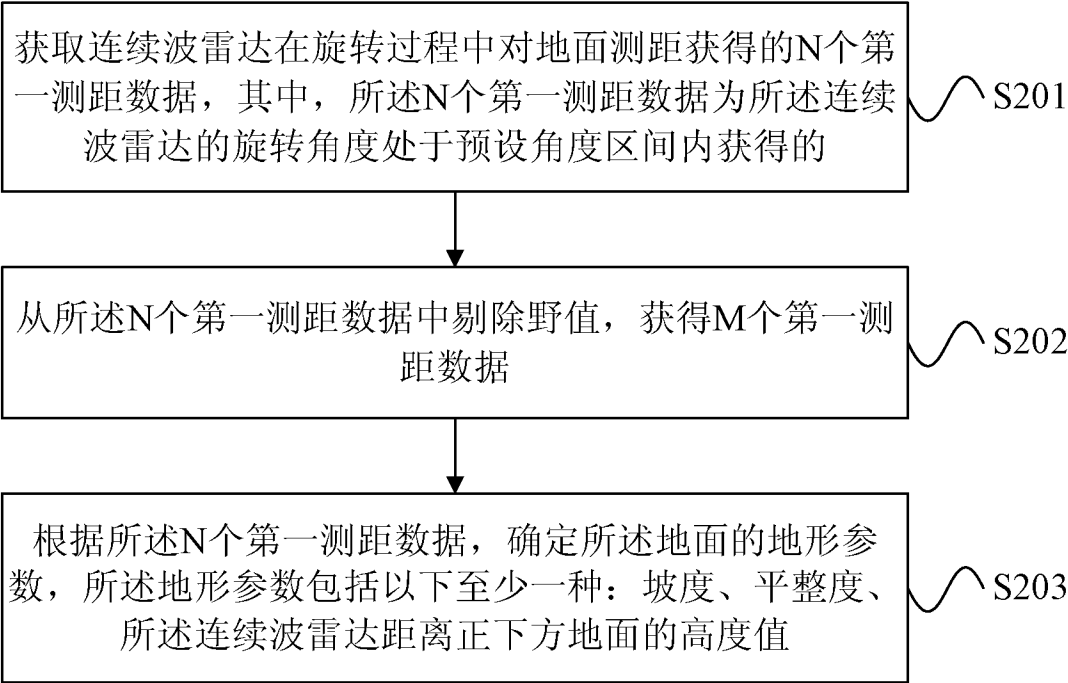


图 2

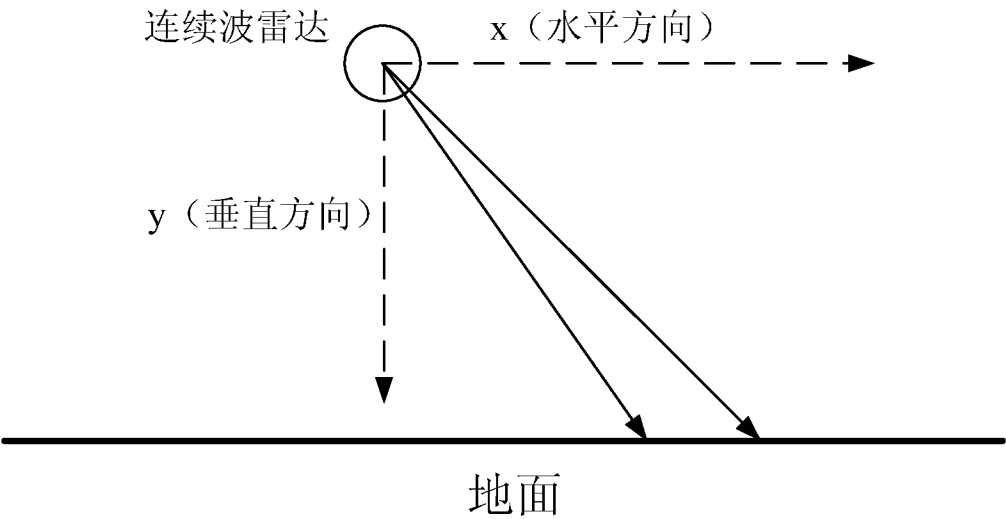


图 3

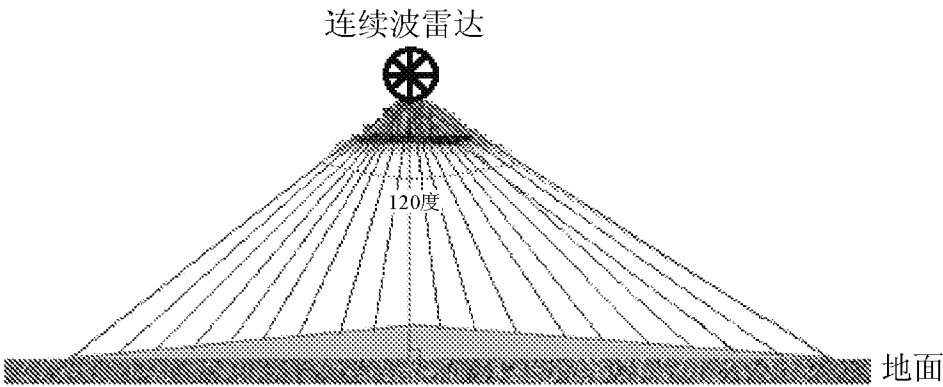


图 4



图 5A

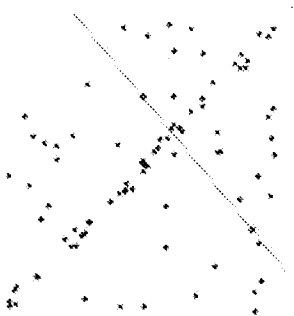


图 5B

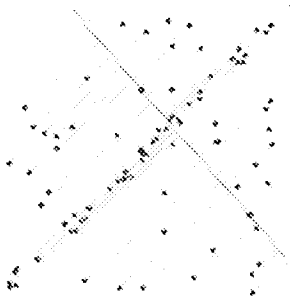


图 5C

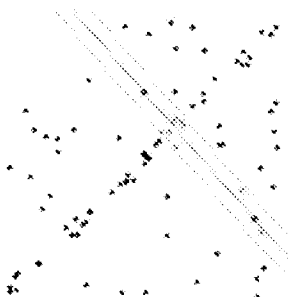


图 5D

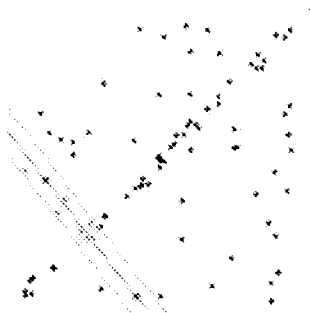


图 5E

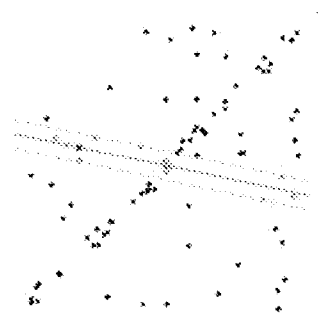


图 5F

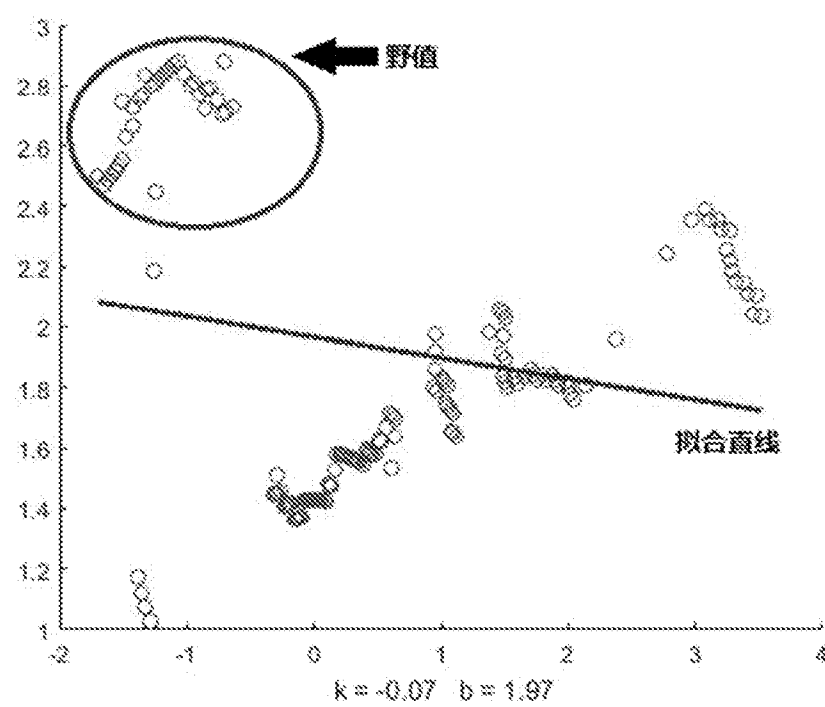


图 6A

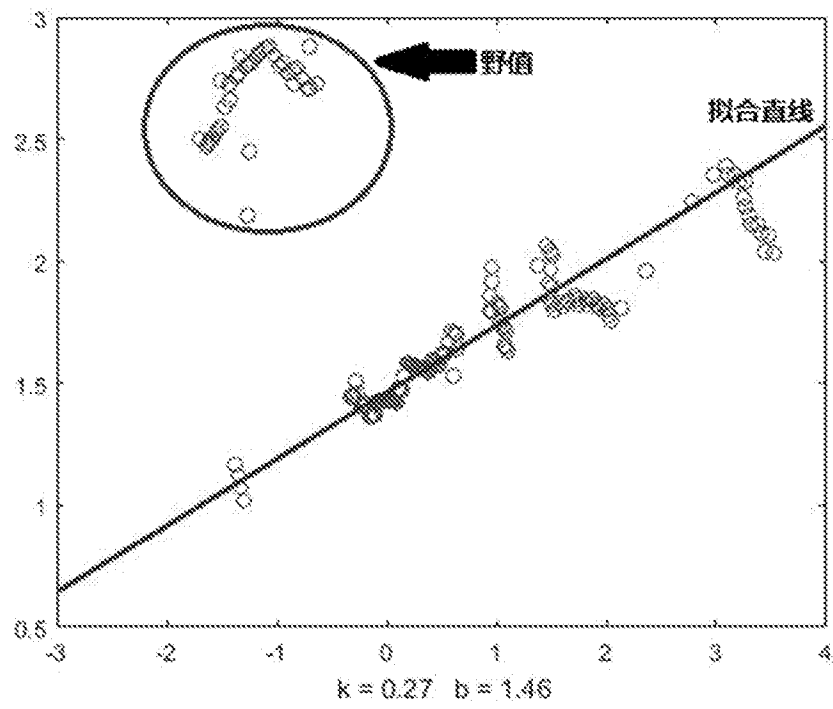


图 6B

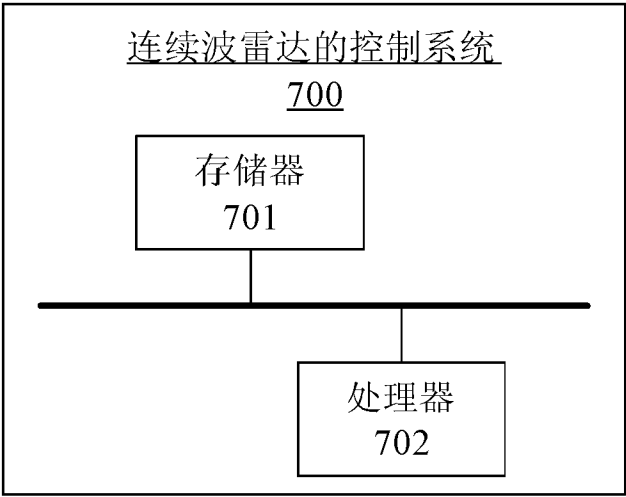


图 7

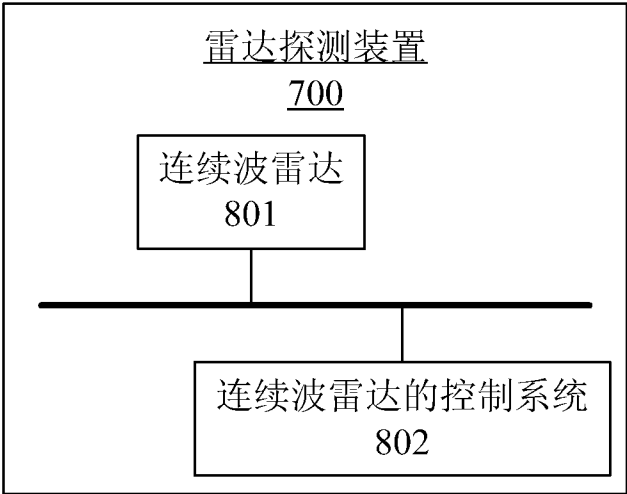


图 8

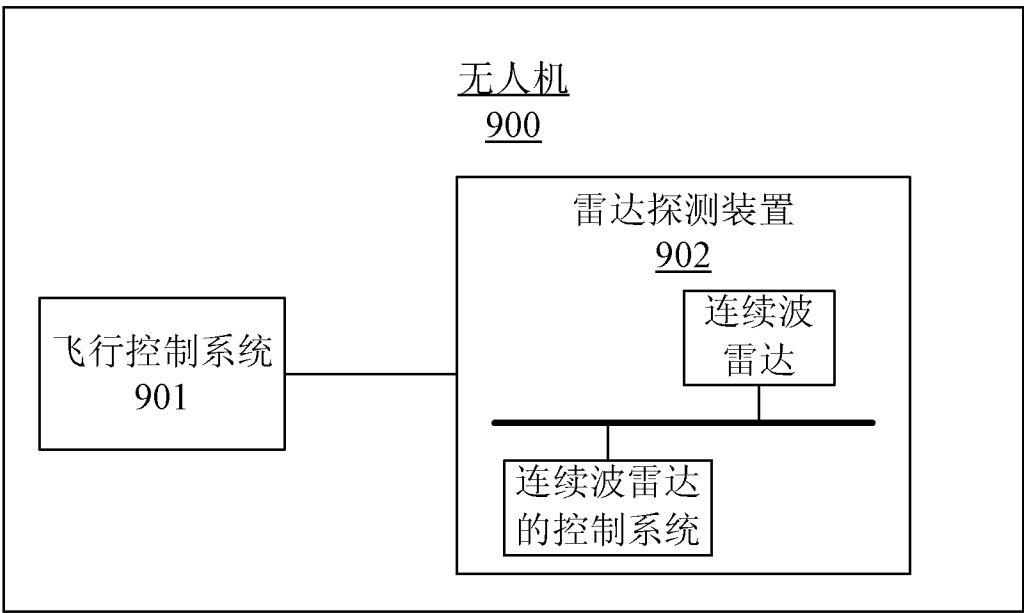


图 9

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/102628

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 13/94(2006.01)i; G01S 13/90(2006.01)i

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)

G01S

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, VEN: 大疆, 连续波, 雷达, 地形, 地面, 高度, 坡度, 平整度, 预测, 探测, 探查, 勘察, 勘探, FM?CW, radar, terrain, terrane, altitude, high, grade, gradient, flatness, plane, explore, measure, detect, circum, rotate, round, angle

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
E	CN 109073744 A (SHENZHEN DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 21 December 2018 (2018-12-21) description, paragraphs [0003]-[0146], and figures 1-6	1-43
X	CN 103339525 A (THALES SA) 02 October 2013 (2013-10-02) description, paragraphs [0101]-[0181], and figures 1-10	1, 2, 7, 21, 22, 27, 41-43
A	CN 103339525 A (THALES SA) 02 October 2013 (2013-10-02) description, paragraphs [0101]-[0181], and figures 1-10	3-6, 8-20, 23-26, 28-40
X	US 5736957 A (THE JOHNS HOPKINS UNIVERSITY) 07 April 1998 (1998-04-07) description, columns 1-11, and figures 1-9	1, 2, 7, 21, 22, 27, 41-43
A	US 5736957 A (THE JOHNS HOPKINS UNIVERSITY) 07 April 1998 (1998-04-07) description, columns 1-11, and figures 1-9	3-6, 8-20, 23-26, 28-40
X	CN 107783107 A (DALIAN ROILAND TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 March 2018 (2018-03-09) description, paragraphs [0013]-[0134]	1, 2, 7, 21, 22, 27, 41-43



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

14 May 2019

Date of mailing of the international search report

23 May 2019

Name and mailing address of the ISA/CN

China National Intellectual Property Administration (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/CN2018/102628

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	CN 107783107 A (DALIAN ROILAND TECHNOLOGY CO., LTD.) 09 March 2018 (2018-03-09) description, paragraphs [0013]-[0134]	3-6, 8-20, 23-26, 28-40
X	CN 106716285 A (SHENZHEN DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 May 2017 (2017-05-24) description, paragraphs [0005]-[0150], and figures 1-5	1, 2, 7, 21, 22, 27, 41-43
A	CN 106716285 A (SHENZHEN DJI TECHNOLOGY CO., LTD.) 24 May 2017 (2017-05-24) description, paragraphs [0005]-[0150], and figures 1-5	3-6, 8-20, 23-26, 28-40
A	CN 104730523 A (COMMERCIAL AIRCRAFT CORPORATION OF CHINA, LTD. ET AL.) 24 June 2015 (2015-06-24) entire document	1-43
A	CN 103954970 A (TIANJIN INSTITUTE OF GEOTECHNICAL INVESTIGATION SURVEYING ET AL.) 30 July 2014 (2014-07-30) entire document	1-43
A	CN 107688177 A (CHENGDU CEC JINJIANG INFO INDUSTRIAL CO., LTD.) 13 February 2018 (2018-02-13) entire document	1-43
A	CN 108152808 A (ANHUI SUN CREATE ELECTRONICS CO., LTD.) 12 June 2018 (2018-06-12) entire document	1-43
A	CN 102819023 A (CHINA UNIVERSITY OF GEOSCIENCES WUHAN) 12 December 2012 (2012-12-12) entire document	1-43
A	CN 104515988 A (CHINA ACADEMY OF SAFETY SCIENCE AND TECHNOLOGY) 15 April 2015 (2015-04-15) entire document	1-43
A	JP 2018119858 A (NIPPON SIGNAL CO., LTD.) 02 August 2018 (2018-08-02) entire document	1-43

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/102628

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
CN	109073744	A	21 December 2018	None			
CN	103339525	A	02 October 2013	EP	2656104	B1	29 July 2015
				CN	103339525	B	20 May 2015
				FR	2969307	A1	22 June 2012
				EP	2656104	A1	30 October 2013
				FR	2969307	B1	18 January 2013
				WO	2012084958	A1	28 June 2012
US	5736957	A	07 April 1998	None			
CN	107783107	A	09 March 2018	None			
CN	106716285	A	24 May 2017	WO	2018000399	A1	04 January 2018
CN	104730523	A	24 June 2015	CN	104730523	B	15 September 2017
CN	103954970	A	30 July 2014	CN	103954970	B	07 September 2016
CN	107688177	A	13 February 2018	None			
CN	108152808	A	12 June 2018	None			
CN	102819023	A	12 December 2012	CN	102819023	B	17 September 2014
CN	104515988	A	15 April 2015	CN	104515988	B	15 December 2017
JP	2018119858	A	02 August 2018	None			

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/102628

A. 主题的分类

G01S 13/94(2006.01)i; G01S 13/90(2006.01)i

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)

G01S

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, VEN: 大疆, 连续波, 雷达, 地形, 地面, 高度, 坡度, 平整度, 预测, 探测, 探查, 勘察, 勘探, FM?CW, radar, terrain, terrane, altitude, high, grade, gradient, flatness, plane, explore, measure, detect, circum, rotate, round, angle

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
E	CN 109073744 A (深圳市大疆创新科技有限公司) 2018年 12月 21日 (2018 - 12 - 21) 说明书第[0003]-[0146]段, 图1-6	1-43
X	CN 103339525 A (塔莱斯公司) 2013年 10月 2日 (2013 - 10 - 02) 说明书第[0101]-[0181]段, 图1-10	1-2, 7, 21-22, 27, 41-43
A	CN 103339525 A (塔莱斯公司) 2013年 10月 2日 (2013 - 10 - 02) 说明书第[0101]-[0181]段, 图1-10	3-6, 8-20, 23-26, 28-40
X	US 5736957 A (UNIV JOHNS HOPKINS) 1998年 4月 7日 (1998 - 04 - 07) 说明书第1-11栏, 图1-9	1-2, 7, 21-22, 27, 41-43
A	US 5736957 A (UNIV JOHNS HOPKINS) 1998年 4月 7日 (1998 - 04 - 07) 说明书第1-11栏, 图1-9	3-6, 8-20, 23-26, 28-40
X	CN 107783107 A (大连楼兰科技股份有限公司) 2018年 3月 9日 (2018 - 03 - 09) 说明书第[0013]-[0134]段	1-2, 7, 21-22, 27, 41-43
A	CN 107783107 A (大连楼兰科技股份有限公司) 2018年 3月 9日 (2018 - 03 - 09) 说明书第[0013]-[0134]段	3-6, 8-20, 23-26, 28-40

☒ 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 5月 14日

国际检索报告邮寄日期

2019年 5月 23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

张亚玲

电话号码 86-(010)-62085722

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
X	CN 106716285 A (深圳市大疆创新科技有限公司) 2017年 5月 24日 (2017 - 05 - 24) 说明书第[0005]-[0150]段, 图1-5	1-2, 7, 21-22, 27, 41-43
A	CN 106716285 A (深圳市大疆创新科技有限公司) 2017年 5月 24日 (2017 - 05 - 24) 说明书第[0005]-[0150]段, 图1-5	3-6, 8-20, 23-26, 28-40
A	CN 104730523 A (中国商用飞机有限责任公司 等) 2015年 6月 24日 (2015 - 06 - 24) 全文	1-43
A	CN 103954970 A (天津市勘察院 等) 2014年 7月 30日 (2014 - 07 - 30) 全文	1-43
A	CN 107688177 A (成都中电锦江信息产业有限公司) 2018年 2月 13日 (2018 - 02 - 13) 全文	1-43
A	CN 108152808 A (安徽四创电子股份有限公司) 2018年 6月 12日 (2018 - 06 - 12) 全文	1-43
A	CN 102819023 A (中国地质大学武汉) 2012年 12月 12日 (2012 - 12 - 12) 全文	1-43
A	CN 104515988 A (中国安全生产科学研究院) 2015年 4月 15日 (2015 - 04 - 15) 全文	1-43
A	JP 2018119858 A (NIPPON SIGNAL CO., LTD.) 2018年 8月 2日 (2018 - 08 - 02) 全文	1-43

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/102628

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	109073744	A	2018年 12月 21日	无			
CN	103339525	A	2013年 10月 2日	EP	2656104	B1	2015年 7月 29日
				CN	103339525	B	2015年 5月 20日
				FR	2969307	A1	2012年 6月 22日
				EP	2656104	A1	2013年 10月 30日
				FR	2969307	B1	2013年 1月 18日
				WO	2012084958	A1	2012年 6月 28日
US	5736957	A	1998年 4月 7日	无			
CN	107783107	A	2018年 3月 9日	无			
CN	106716285	A	2017年 5月 24日	WO	2018000399	A1	2018年 1月 4日
CN	104730523	A	2015年 6月 24日	CN	104730523	B	2017年 9月 15日
CN	103954970	A	2014年 7月 30日	CN	103954970	B	2016年 9月 7日
CN	107688177	A	2018年 2月 13日	无			
CN	108152808	A	2018年 6月 12日	无			
CN	102819023	A	2012年 12月 12日	CN	102819023	B	2014年 9月 17日
CN	104515988	A	2015年 4月 15日	CN	104515988	B	2017年 12月 15日
JP	2018119858	A	2018年 8月 2日	无			

表 PCT/ISA/210 (同族专利附件) (2015年1月)