

(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 2020/107138 A1

(51) 国际专利分类号:

G01S 13/04 (2006.01) **G01S 7/02** (2006.01)

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

(21) 国际申请号: PCT/CN2018/117372

(22) 国际申请日: 2018 年 11 月 26 日 (26.11.2018)

(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: 黄宾 (HUANG, Bin); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道9号香港科大深圳产学研大楼6楼, Guangdong 518057 (CN)。王俊喜 (WANG, Junxi); 中国广东省深圳市南山区高新南区粤兴一道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

(74) 代理人: 北京友联知识产权代理事务所 (普通合伙) (YOULINK INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 中国北京市海淀区学清路8号科技财富中心A座506室尚志峰, Beijing 100192 (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。

(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,

(54) Title: MICROWAVE RADAR AND UNMANNED AERIAL VEHICLE

(54) 发明名称: 一种微波雷达和无人飞行器

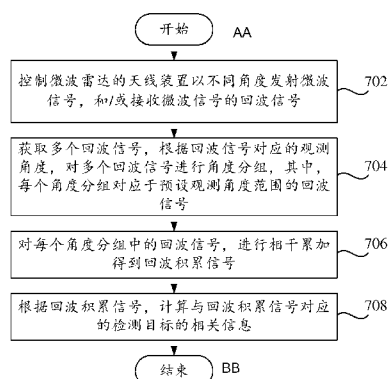


图 7

702 CONTROL AN ANTENNA DEVICE OF A MICROWAVE RADAR TO EMIT MICROWAVE SIGNALS AT DIFFERENT ANGLES AND/OR RECEIVE ECHO SIGNALS OF MICROWAVE SIGNALS

704 ACQUIRE MULTIPLE ECHO SIGNALS, AND PERFORM ANGLE GROUPING ON THE MULTIPLE ECHO SIGNALS ACCORDING TO OBSERVATION ANGLES CORRESPONDING TO THE ECHO SIGNALS, WHEREIN EACH ANGLE GROUP CORRESPONDS TO ECHO SIGNALS WITHIN A PRESET OBSERVATION ANGLE RANGE

706 PERFORM COHERENT ACCUMULATION ON THE ECHO SIGNALS IN EACH ANGLE GROUP TO OBTAIN AN ECHO ACCUMULATION SIGNAL

708 COMPUTE, ACCORDING TO THE ECHO ACCUMULATION SIGNAL, RELEVANT INFORMATION OF A DETECTION TARGET CORRESPONDING TO THE ECHO ACCUMULATION SIGNAL

AA START
BB END

(57) Abstract: Provided are a microwave radar, a signal processing method for a microwave radar, an unmanned aerial vehicle, and a method for controlling an unmanned aerial vehicle. The microwave radar comprises: an antenna device (542) for emitting microwave signals at different angles and/or receiving echo signals of the microwave signals (702); and a radar controller (544) in communication connection with the antenna device (542). The radar controller (544) is used for executing the following operations: acquiring multiple echo signals; performing angle grouping on the multiple echo signals according to observation angles corresponding to the echo signals, wherein each angle group corresponds to echo signals within a preset observation angle range (704); performing coherent accumulation on the echo signals in each angle group to obtain an echo accumulation signal (706); and computing, according to the echo accumulation signal, relevant information of a detection target corresponding to the echo accumulation signal (708). According to the microwave radar, multiple echo signals are grouped and then subjected to coherent accumulation so as to improve the signal-to-noise ratio, thereby improving the detection probability of a weak target and improving the obstacle avoidance performance of the microwave radar.

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：提供了一种微波雷达、微波雷达的信号处理方法、无人飞行器以及无人飞行器的控制方法。其中，微波雷达包括：天线装置(542)，用于以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号(702)；以及雷达控制器(544)，与天线装置(542)通信连接，雷达控制器(544)用于执行如下操作：获取多个回波信号；根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号(704)；对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累信号(706)；根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息(708)。该微波雷达对多个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

一种微波雷达和无人飞行器

5 技术领域

本发明涉及飞行器技术领域，具体而言，涉及一种微波雷达和无人飞行器。

背景技术

10 旋转雷达在使用过程中旋转频率不能太高，否则会导致轴承的使用寿命缩短，且旋转带来的震动太大也会影响雷达使用寿命。而低转速带来的问题是雷达单俯仰角刷新率不足，这种情况在旋转雷达中普遍存在。

相关技术中，旋转雷达采用三角波调频连续波和 OS-CFAR (Ordered Statistic Constant FALSE Alarm Rate, 有序统计恒虚警概率检测)。如图 1
15 所示，实线表示发射信号、虚线表示运动目标回波信号、点划线表示静止目标回波信号、 T_{CPI} 表示三角波周期、 f 表示频率、 B 表示带宽、 f_0 表示中心频率、 t_d 表示发射信号与回波信号的时间差、 f_B 表示发射信号与回波信号混频后的差频，对称三角波调制的 FMCW (Frequency Modulated Continuous Wave, 调频连续波) 雷达可以同时测速、测距，其不具有距离模糊等优点，
20 常用三角波作为防撞雷达调制波形。OS-CFAR 算法的主要目的是抑制遮蔽效应引起的性能恶化，它保留了平均恒虚概率检测使用的一维或二维滑窗结果，如果需要也可以使用保护单元，但是彻底摒弃了后者通过参考单元的数据进行平均，从而直接估计干扰功率电平的方法，取而代之的是，OS
25 CFAR 对参考单元的数据进行排序，形成一个升序排列的新序列，选取第 k 个有序统计量的值作为干扰功率电平的估计，并设阈值为该值和一个因子的乘积。

而上述相关技术针对弱目标检测存在较大的漏检概率，不能够建立稳定的观测，导致航迹建立失败，对无人飞行器自主避障功能有较大的影响。

发明内容

本发明旨在至少解决现有技术或相关技术中存在的技术问题之一。

为此，本发明的第一个方面在于提出了一种微波雷达。

本发明的第二个方面在于提出了一种无人飞行器。

5 本发明的第三个方面在于提出了一种微波雷达的信号处理方法。

本发明的第四个方面在于提出了一种无人飞行器的控制方法。

本发明的第五个方面在于提出了一种计算机存储介质。

有鉴于此，根据本发明的第一个方面，提出了一种微波雷达，包括：
天线装置，用于以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；
10 以及雷达控制器，与天线装置通信连接，雷达控制器用于执行如下操作：
获取多个回波信号；根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行
角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号；对
每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；根据回波
积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

15 本发明采用由雷达控制器配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波
信号方向，例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达
的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号
后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提
高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

20 在一些实施例中，天线装置绕一转轴连续转动。

在一些实施例中，天线装置在转动时连续发射微波信号。

在一些实施例中，雷达控制器根据回波积累信号，计算与回波积累信
号对应的检测目标的相关信息包括：去除回波积累信号中的直流分量；采
用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截
25 短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累
信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据
恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合
处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检
测目标的相关信息。

在一些实施例中，雷达控制器还用于：对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

在一些实施例中，雷达控制器对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括去直流、加窗、FFT（Fast Fourier Transformation，快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

在一些实施例中，雷达控制器还用于根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

在一些实施例中，雷达控制器还用于配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中，雷达控制器配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

在一些实施例中，还包括：与雷达控制器通信连接的角度传感器，角度传感器用于检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中，角度传感器包括光栅角度传感器。

在一些实施例中，雷达控制器还用于根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

- 5 在一些实施例中，雷达控制器还用于利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。

在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

- 10 在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿对角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

- 15 在一些实施例中，雷达控制器对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合，具体包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时将
20 角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

- 25 在一些实施例中，雷达控制器将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

根据本发明的第二个方面，提出了一种无人飞行器，包括：机架；微波雷达，安装在机架上，微波雷达包括：天线装置，用于以不同角度发射

微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；以及雷达控制器，与天线装置通信连接，雷达控制器获取多个回波信号，根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号，对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波
5 积累信号，根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

本发明采用由雷达控制器配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向，例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号
10 后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

在一些实施例中，天线装置绕一转轴连续转动。

在一些实施例中，天线装置在转动时连续发射微波信号。

在一些实施例中，雷达控制器根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合
15 处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

在一些实施例中，雷达控制器还用于：对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

在一些实施例中，雷达控制器对多个角度分组中的检测目标的相关信息
25 息进行融合包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括

去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

在一些实施例中，雷达控制器还用于根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

在一些实施例中，雷达控制器还用于配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中，雷达控制器配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

在一些实施例中，还包括：与雷达控制器通信连接的角度传感器，角度传感器用于检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中，角度传感器包括光栅角度传感器。

在一些实施例中，雷达控制器还用于根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

在一些实施例中，雷达控制器还用于利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。

在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿对角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波
5 雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

在一些实施例中，雷达控制器对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合，具体包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于
10 零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数
15 量大于预设数量阈值。

在一些实施例中，雷达控制器将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

20 在一些实施例中，还包括：飞行器控制器，用于根据融合后的检测目标的相关信息控制无人飞行器的航迹。

在该实施例中，飞行器控制器根据融合后的检测目标的相关信息控制无人飞行器的航迹，例如，控制无人飞行器在检测目标前停止飞行或者绕过目标物飞行。

25 根据本发明的第三个方面，提出了一种微波雷达的信号处理方法，包括：控制微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；获取多个回波信号，根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号；对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累

信号；根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

本发明采用由配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向，例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

在一些实施例中，还包括：控制天线装置绕一转轴连续转动。

在一些实施例中，还包括：控制天线装置在转动时连续发射微波信号。

在一些实施例中，根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息的步骤包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

在一些实施例中，还包括：对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

在一些实施例中，对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到

远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

5 在一些实施例中，还包括：根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

10 在一些实施例中，还包括：配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

15 在该实施例中，配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

在一些实施例中，还包括：控制微波雷达的角度传感器检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中，角度传感器包括光栅角度传感器。

20 在一些实施例中，还包括：根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

在一些实施例中，还包括：利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。

25 在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波

雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

5 在一些实施例中，对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

15 在一些实施例中，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并的步骤包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

根据本发明的第四个方面，提出了一种无人飞行器的控制方法，包括：控制无人飞行器的微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；获取多个回波信号，根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号；对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

25 本发明采用由配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向，例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

在一些实施例中，控制天线装置绕一转轴连续转动。

在一些实施例中，还包括：控制天线装置在转动时连续发射微波信号。

在一些实施例中，根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息的步骤包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

在一些实施例中，还包括：对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

在一些实施例中，对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

在一些实施例中，还包括：根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

在一些实施例中，还包括：配置获取的多个回波信号的数量和相干累

加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中，配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度
5 分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

在一些实施例中，控制微波雷达的角度传感器检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中，角度传感器包括光栅角度传感器。

10 在一些实施例中，还包括：根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

在一些实施例中，还包括：利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。

15 在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

20 在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

在一些实施例中，对多个角度分组中的检测目标的相关信息融合的步骤包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测
25 目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合

变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

5 在一些实施例中，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并的步骤包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

在一些实施例中，还包括：根据融合后的检测目标的相关信息控制无人飞行器的航迹。

10 在该实施例中，飞行器控制器根据融合后的检测目标的相关信息控制无人飞行器的航迹，例如，控制无人飞行器在目标物前停止飞行或者绕过检测目标飞行。

15 根据本发明的第五个方面，提出了一种计算机存储介质，计算机存储介质中存储有程序指令，程序指令用于实现：控制微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；获取多个回波信号，根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号；对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

20 本发明采用由配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向，例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

25 在一些实施例中，程序指令还用于实现：控制天线装置绕一转轴连续转动。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：控制天线装置在转动时连续发射微波信号。

在一些实施例中，程序指令实现根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息，具体包括：去除回波积累信号中的直流

分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

在一些实施例中，程序指令实现对多个角度分组中的检测目标的相关信息10 信息进行融合，具体包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括15 去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，20 检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量25 结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中，配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

5 在一些实施例中，程序指令还用于实现：控制微波雷达的角度传感器检测微波信号以及回波信号的观测角度。

 在一些实施例中，角度传感器包括光栅角度传感器。

 在一些实施例中，程序指令还用于实现：根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

10 在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

 在一些实施例中，程序指令还用于实现：利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。

 在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

15 在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

 在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

 在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标
20 数量、检测目标位置、回波能量。

 在一些实施例中，程序指令实现对多个角度分组中的检测目标的相关信息
 信息进行融合，具体包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度
 分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等
 于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融
25 合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时
 将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分
 组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相
 关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目
 标数量大于预设数量阈值。

在一些实施例中，程序指令实现将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

- 5 本发明的附加方面和优点将在下面的描述部分中变得明显，或通过本发明的实践了解到。

附图说明

10 本发明的上述和/或附加的方面和优点从结合下面附图对实施例的描述中将变得明显和容易理解，其中：

图 1 示出了相关技术中的三角波调制波形的示意图；

图 2 示出了本发明的一个实施例的微波雷达的示意框图；

图 3 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量方法的流程图；

15 图 4 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量结果融合方法的流程图；

图 5 示出了本发明的一个实施例的无人飞行器的示意框图；

图 6 示出了本发明的一个实施例的无人飞行器的示意图；

图 7 示出了本发明的一个实施例的微波雷达的信号处理方法的流程图；

20 图 8 示出了本发明的一个实施例的无人飞行器的控制方法的流程图。

具体实施方式

25 为了能够更清楚地理解本发明的上述目的、特征和优点，下面结合附图和具体实施方式对本发明进行进一步的详细描述。需要说明的是，在不冲突的情况下，本发明的实施例及实施例中的特征可以相互组合。

在下面的描述中阐述了很多具体细节以便于充分理解本发明，但是，本发明还可以采用其他不同于在此描述的其他方式来实施，因此，本发明的保护范围并不限于下面公开的具体实施例的限制。

本发明第一方面的实施例，提出一种微波雷达，图 2 示出了本发明的

一个实施例的微波雷达 20 的示意框图。其中，该微波雷达 20 包括：

天线装置 202，用于以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；

5 雷达控制器 204，与天线装置 202 通信连接，雷达控制器 204 用于执行如下操作：获取多个回波信号；根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号；对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

10 本发明采用由雷达控制器 204 配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向，例如微波雷达 20 可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达 20 的天线装置 202 连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

15 在一些实施例中，所述微波雷达 20 可以安装在无人飞行器上，雷达控制器 204 可以包括一个或多个微处理器。微波雷达 20 还可以包括信号发射器、信号接收器、滤波器、混频器等。

在一些实施例中，天线装置 202 绕一转轴连续转动。

在一些实施例中，天线装置 202 在转动时连续发射微波信号。

20 在一些实施例中，雷达控制器 204 根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的
25 检测目标的相关信息。

在一些实施例中，雷达控制器 204 还用于：对多个角度分组中的检测目标的相关信息融合。

在一些实施例中，雷达控制器 204 对多个角度分组中的检测目标的相

关信息进行融合包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

- 5 在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括去直流、加窗、FFT（Fast Fourier Transformation，快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，
- 10 合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

在一些实施例中，雷达控制器 204 还用于根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

- 15 在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

- 本发明采用光栅刻度来控制微波雷达的微波信号方向，并且可配置触发射频板发射三角波的光栅刻度，连续发射 M 个三角波，接收到 M 个回波后，将连续的 M 个回波信号进行相干累加并补偿多普勒平移，提高信噪比，具体做法如下：
- 20

（1）相干累加：

- 假设微波雷达发射一个脉冲，被目标物发射回来一部分能量，在回波从接收机输出时对信号进行测量，测量的信号中包含幅度为 $e^{j\phi}$ 的复回波，
- 25 以及加性噪声 w ，假设加性噪声 w 是对功率 σ^2 的随机过程样本。单个脉冲的 SNR 定义为：

$$\chi_1 = \frac{A^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

其中， χ_1 为 SNR， A^2 为信号能量， σ^2 为噪声功率。

现在假设测量又重复了 $N-1$ 次（共测量 N 次），希望测量到的回波响

应是不变的，而每次的噪声样本则是独立的。将这些独立测量值进行积累（求和）产生一个新的测量值 z ，这些包含相位信息的复样本的求和就是相干积累，如下：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j\phi} + w(n)] = NAe^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} [w(n)] \quad (2)$$

5 其中， z 表示回波积累信号， A 表示频率的幅度， ϕ 表示频率的相位， N 表示相干累加参数（测量次数）。

显然积累的信号分量的能量为 $N^2 A^2$ ，如果噪声样本 $w(n)$ 彼此独立且均值为0，则噪声分量的功率是独立噪声样本的功率和。进一步假设每个噪声样本的功率相同为 σ^2 ，则总的噪声功率为 $N\sigma^2$ ，积累后的SNR变成：

$$10 \quad \chi_N = \frac{N^2 A^2}{N\sigma^2} = N \frac{A^2}{\sigma^2} = N\chi_1 \quad (3)$$

将 N 次测量进行相干积累可以将SNR提高 N 倍，这种提高称为积累增益，正如希望的那样提高SNR可以改善雷达检测和参数估计的性能。

在相干积累中，信号分量是同相相加的，即相干相加的。因为积累后的信号分量的幅度增加原来 N 倍，所以信号能量增加到原来的 N^2 倍，而噪声信号由于其相位是随机变化的，所以称之为功率相加。正是信号相位的一致性使信号功率在积累过程中的增加快于噪声功率。

(2) 补偿多普勒平移：

在有些情况下，必须对信号进行预处理以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益，如果目标是运动的，则在信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，如下：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j(\phi+2\pi fn)} + w(n)] \quad (4)$$

其中， f 为多普勒归一化频率，在这种情况下，信号的功率依赖于多普勒频移的具体数值，除了少数极为幸运的情况外，信号功率都将小于 $N^2 A^2$ ，然而，如果预先知道多普勒频移，信号分量的相位变化可以在求和之前进行补偿：

$$25 \quad z = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} [A \times e^{j(\phi+2\pi fn)} + w(n)] = NAe^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} w(n) \quad (5)$$

因为相位校准使信号分量的相位变得相同，所以信号分量可以相干相加，噪声分量的相位仍然随机的，这样积累后的信号功率又变成了 $N^2 A^2$ ，

而积累后的噪声功率仍为 $N\sigma^2$ ，又得到了相干积累增益 N 。

在一些实施例中，雷达控制器 204 还用于配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

5 在该实施例中，雷达控制器 204 配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

10 在一些实施例中，还包括：与雷达控制器 204 通信连接的角度传感器 206，角度传感器 206 用于检测微波信号以及回波信号的观测角度。

 在一些实施例中，角度传感器 206 包括光栅角度传感器。

 在一些实施例中，雷达控制器 204 还用于根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

 在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

15 在一些实施例中，雷达控制器 204 还用于利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。

 在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

 在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

20 在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿对角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

 在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

25 在一些实施例中，雷达控制器 204 对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合，具体包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零

时将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

- 5 在一些实施例中，雷达控制器 204 将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

10 本发明通过采用多角度观测目标并利用 SNR 融合结果，来提高弱目标检测概率，从而提升雷达避障性能。图 3 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 302，配置起始采集光栅刻度、采集回波信号数量 M 和相干累加参数 N ，其中，采集回波信号数量 M 为相干累加参数 N 的整数倍，观测角度个数为 $M/N=Y$ ；

- 15 步骤 304，利用飞控姿态数据对光栅刻度进行补偿，并采集 M 个回波信号；

步骤 306，从 M 个回波信号中连续的 N 个信号做相干累加并补偿由于无人飞行器运动而引起的多普勒相位移；

- 20 步骤 308，对相干累加后得到的中频数据做目标检测处理（包括获取距离、角度、能量、目标位置、数量）；

步骤 310，判断是否完成 Y 个角度检测，若是进入步骤 312，若否返回步骤 308；

步骤 312，进行多个观测角度融合处理。

- 25 图 4 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量结果融合方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 402，多角度 Y 检测数据获取 $\{tgts[1] \ tgts[2] \ tgts[3] \ \dots \ tgts[Y]\}$ ，其中， $tgts[i]$ 表示第 i 个角度中获取的目标集合，该目标集合中包括在第 i 个角度下获取的所有目标物索引以及该目标物的信息，目标物的信息包括距离、角度、能量、目标位置、目标数量等；

步骤 404, 新建合并过程变量 tgts_temp;

步骤 406, $i=i+1$;

步骤 408, 判断是否 $i>Y$, 若否进入步骤 410, 若是进入步骤 420;

步骤 410, 判断 tgts[i]中的目标数量是否大于 0, 若是进入步骤 412,

5 若否返回步骤 406;

步骤 412, 判断 tgts_temp 中目标数量是否为 0, 若是进入步骤 414, 若否进入步骤 416;

步骤 414, 把 tgts[i]复制给 tgts_temp, 并返回步骤 406;

步骤 416, 判断合并的目标数量是否大于预设数量, 例如预设数量为

10 16, 若否进入步骤 418, 若是进入步骤 420;

步骤 418, 对 tgts[i]与 tgts_temp 进行数据合并, 并返回步骤 406;

步骤 420, 输出结果数据。

本发明第二方面的实施例, 提出一种无人飞行器, 图 5 示出了本发明的一个实施例的无人飞行器 50 的示意框图。其中, 该无人飞行器 50 包括:

15 机架 502;

微波雷达 504, 安装在机架 502 上, 微波雷达 504 包括:

天线装置 542, 用于以不同角度发射微波信号, 和/或接收微波信号的回波信号; 以及雷达控制器 544, 与天线装置 542 通信连接, 雷达控制器 544 获取多个回波信号, 根据回波信号对应的观测角度, 对多个回波信号
20 进行角度分组, 其中, 每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号, 对每个角度分组中的回波信号, 进行相干累加得到回波积累信号, 根据回波积累信号, 计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

本发明采用由雷达控制器 544 配置的光栅刻度来控制微波雷达 504 发射的微波信号方向, 例如微波雷达 504 可配置触发射频板来发射该光栅刻度, 微波雷达 504 的天线装置 542 连续发射 M 个三角波, 接收到检测目标
25 返回的 M 个回波信号后, 将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加, 以提高信噪比, 进而提高弱目标检测概率, 提升微波雷达避障性能。

在一些实施例中, 雷达控制器 544 可以包括一个或多个微处理器。微波雷达 504 还可以包括信号发射器、信号接收器、滤波器、混频器等。

在一些实施例中，天线装置 542 绕一转轴连续转动，如图 6 所示，旋转雷达（微波雷达）具有一转轴，天线装置 542 绕该转轴连续转动。

在一些实施例中，天线装置 542 在转动时连续发射微波信号。

在一些实施例中，雷达控制器 544 根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

在一些实施例中，雷达控制器还用于：对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

在一些实施例中，雷达控制器 544 对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

在一些实施例中，雷达控制器 544 还用于根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量

结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

本发明采用光栅刻度来控制微波雷达的微波信号方向，并且可配置触发射频板发射三角波的光栅刻度，连续发射 M 个三角波，接收到 M 个回波后，将连续的 M 个回波信号进行相干累加并补偿多普勒平移，提高信噪比，具体做法如下：

(1) 相干累加：

假设微波雷达发射一个脉冲，被目标物发射回来一部分能量，在回波从接收机输出时对信号进行测量，测量的信号中包含幅度为 $e^{j\phi}$ 的复回波，以及加性噪声 w ，假设加性噪声 w 是对功率 σ^2 的随机过程样本。单个脉冲的 SNR 定义为：

$$\chi_1 = \frac{A^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

其中， χ_1 为 SNR， A^2 为信号能量， σ^2 为噪声功率。

现在假设测量又重复了 $N-1$ 次（共测量 N 次），希望测量到的回波响应是不变的，而每次的噪声样本则是独立的。将这些独立测量值进行积累（求和）产生一个新的测量值 z ，这些包含相位信息的复样本的求和就是相干积累，如下：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j\phi} + w(n)] = NAe^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} [w(n)] \quad (2)$$

其中， z 表示回波积累信号， A 表示频率的幅度， ϕ 表示频率的相位， N 表示相干累加参数（测量次数）。

显然积累的信号分量的能量为 $N^2 A^2$ ，如果噪声样本 $w(n)$ 彼此独立且均值为 0，则噪声分量的功率是独立噪声样本的功率和。进一步假设每个噪声样本的功率相同为 σ^2 ，则总的噪声功率为 $N\sigma^2$ ，积累后的 SNR 变成：

$$\chi_N = \frac{N^2 A^2}{N\sigma^2} = N \frac{A^2}{\sigma^2} = N\chi_1 \quad (3)$$

将 N 次测量进行相干积累可以将 SNR 提高 N 倍，这种提高称为积累增益，正如希望的那样提高 SNR 可以改善雷达检测和参数估计的性能。

在相干积累中，信号分量是同相相加的，即相干相加的。因为积累后的信号分量的幅度增加原来 N 倍，所以信号能量增加到原来的 N^2 倍，而噪

声信号由于其相位是随机变化的，所以称之为功率相加。正是信号相位的一致性使信号功率在积累过程中的增加快于噪声功率。

(2) 补偿多普勒平移：

在有些情况下，必须对信号进行预处理以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益，如果目标是运动的，则在信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，如下：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j(\phi+2\pi fn)} + w(n)] \quad (4)$$

其中， f 为多普勒归一化频率，在这种情况下，信号的功率依赖于多普勒频移的具体数值，除了少数极为幸运的情况外，信号功率都将小于 $N^2 A^2$ ，然而，如果预先知道多普勒频移，信号分量的相位变化可以在求和之前进行补偿：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} [A \times e^{j(\phi+2\pi fn)} + w(n)] = N A e^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} w(n) \quad (5)$$

因为相位校准使信号分量的相位变得相同，所以信号分量可以相干相加，噪声分量的相位仍然随机的，这样积累后的信号功率又变成了 $N^2 A^2$ ，而积累后的噪声功率仍为 $N \sigma^2$ ，又得到了相干积累增益 N 。

在一些实施例中，雷达控制器 544 还用于配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中，雷达控制器配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

在一些实施例中，还包括：与雷达控制器 544 通信连接的角度传感器 546，角度传感器 546 用于检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中，角度传感器 546 包括光栅角度传感器。

在一些实施例中，雷达控制器 544 还用于根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

在一些实施例中，雷达控制器 544 还用于利用姿态信息对角度传感器

的零度刻度位置进行调整。

在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置（如图6中所示无人飞行器的平移轴）。

在一些实施例中，天线装置542的转轴垂直于载具的平移轴设置。

5 在该实施例中，无人飞行器50的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿对角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

10 在一些实施例中，雷达控制器544对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合，具体包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零
15 时将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

20 在一些实施例中，雷达控制器544将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

25 本发明通过采用多角度观测目标并利用SNR融合结果，来提高弱目标检测概率，从而提升雷达避障性能。图3示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤302，配置起始采集光栅刻度、采集回波信号数量M和相干累加参数N，其中，采集回波信号数量M为相干累加参数N的整数倍，观测角度个数为 $M/N=Y$ ；

步骤304，利用飞控姿态数据对光栅刻度进行补偿，并采集M个回波

信号；

步骤 306，从 M 个回波信号中连续的 N 个信号做相干累加并补偿由于无人飞行器运动而引起的多普勒相位移；

5 步骤 308，对相干累加后得到的中频数据做目标检测处理（包括获取距离、角度、能量、目标位置、数量）；

步骤 310，判断是否完成 Y 个角度检测，若是进入步骤 312，若否返回步骤 308；

步骤 312，进行多个观测角度融合处理。

10 图 4 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量结果融合方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 402，多角度 Y 检测数据获取 { tgts[1] tgts[2] tgts[3] tgts[Y] }，其中，tgts[i]表示第 i 个角度中获取的目标集合，该目标集合中包括在第 i 个角度下获取的所有目标物索引以及该目标物的信息，目标物的信息包括距离、角度、能量、目标位置、目标数量等；

15 步骤 404，新建合并过程变量 tgts_temp；

步骤 406，i=i+1；

步骤 408，判断是否 i>Y，若否进入步骤 410，若是进入步骤 420；

步骤 410，判断 tgts[i]中的目标数量是否大于 0，若是进入步骤 412，若否返回步骤 406；

20 步骤 412，判断 tgts_temp 中目标数量是否为 0，若是进入步骤 414，若否进入步骤 416；

步骤 414，把 tgts[i]复制给 tgts_temp，并返回步骤 406；

步骤 416，判断合并的目标数量是否大于预设数量，例如预设数量为 16，若否进入步骤 418，若是进入步骤 420；

25 步骤 418，对 tgts[i]与 tgts_temp 进行数据合并，并返回步骤 406；

步骤 420，输出结果数据。

在一些实施例中，无人飞行器 50 还包括：飞行器控制器 506，用于根据融合后的检测目标的相关信息控制无人飞行器的航迹。

在该实施例中，飞行器控制器 506 根据融合后的检测目标的相关信息

控制无人飞行器的航迹，例如，控制无人飞行器在目标物前停止飞行或者绕过检测目标飞行。

本发明第三方面的实施例，提出一种微波雷达的信号处理方法，图 7 示出了本发明的一个实施例的微波雷达的信号处理方法的流程图。其中，

5 该信号处理方法包括：

步骤 702，控制微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；

10 步骤 704，获取多个回波信号，根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号；

步骤 706，对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；

步骤 708，根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

15 本发明采用由配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向，例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

20 在一些实施例中，还包括：控制天线装置绕一转轴连续转动。

在一些实施例中，还包括：控制天线装置在转动时连续发射微波信号。

25 在一些实施例中，根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息的步骤包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

在一些实施例中，还包括：对多个角度分组中的检测目标的相关信息
进行融合。

在一些实施例中，对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合
的步骤包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度
5 分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测
目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作
为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括
去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以
10 及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检
测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原
则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到
远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，
检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检
15 测结果。

在一些实施例中，还包括：根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，
并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在一些实施例中，还包括：根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，
并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

20 在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量
结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信
号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

在一些实施例中，还包括：配置获取的多个回波信号的数量和相干累
加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的
25 多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中，配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，获
取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度
分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增
大弱目标检测概率。

本发明采用光栅刻度来控制微波雷达的微波信号方向，并且可配置触发射频板发射三角波的光栅刻度，连续发射 M 个三角波，接收到 M 个回波后，将连续的 M 个回波信号进行相干累加并补偿多普勒平移，提高信噪比，具体做法如下：

5 (1) 相干累加：

假设微波雷达发射一个脉冲，被目标物发射回来一部分能量，在回波从接收机输出时对信号进行测量，测量的信号中包含幅度为 $e^{j\phi}$ 的复回波，以及加性噪声 w ，假设加性噪声 w 是对功率 σ^2 的随机过程样本。单个脉冲的 SNR 定义为：

$$10 \quad \chi_1 = \frac{A^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

其中， χ_1 为 SNR， A^2 为信号能量， σ^2 为噪声功率。

现在假设测量又重复了 $N-1$ 次（共测量 N 次），希望测量到的回波响应是不变的，而每次的噪声样本则是独立的。将这些独立测量值进行积累（求和）产生一个新的测量值 z ，这些包含相位信息的复样本的求和就是相干积累，如下：

$$15 \quad z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j\phi} + w(n)] = NAe^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} [w(n)] \quad (2)$$

其中， z 表示回波信号的中频信号， A 表示频率的幅度， ϕ 表示频率的相位， N 表示相干累加参数（测量次数）。

显然积累的信号分量的能量为 $N^2 A^2$ ，如果噪声样本 $w(n)$ 彼此独立且均值为 0，则噪声分量的功率是独立噪声样本的功率和。进一步假设每个噪声样本的功率相同为 σ^2 ，则总的噪声功率为 $N\sigma^2$ ，积累后的 SNR 变成：

$$20 \quad \chi_N = \frac{N^2 A^2}{N\sigma^2} = N \frac{A^2}{\sigma^2} = N\chi_1 \quad (3)$$

将 N 次测量进行相干积累可以将 SNR 提高 N 倍，这种提高称为积累增益，正如希望的那样提高 SNR 可以改善雷达检测和参数估计的性能。

25 在相干积累中，信号分量是同相相加的，即相干相加的。因为积累后的信号分量的幅度增加原来 N 倍，所以信号能量增加到原来的 N^2 倍，而噪声信号由于其相位是随机变化的，所以称之为功率相加。正是信号相位的一致性使信号功率在积累过程中的增加快于噪声功率。

(2) 补偿多普勒平移:

在有些情况下, 必须对信号进行预处理以保证信号分量的相位一致, 以便获得相干积累增益, 如果目标是运动的, 则在信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率, 如下:

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j(\phi+2\pi fn)} + w(n)] \quad (4)$$

其中, f 为多普勒归一化频率, 在这种情况下, 信号的功率依赖于多普勒频移的具体数值, 除了少数极为幸运的情况外, 信号功率都将小于 $N^2 A^2$, 然而, 如果预先知道多普勒频移, 信号分量的相位变化可以在求和之前进行补偿:

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} [A \times e^{j(\phi+2\pi fn)} + w(n)] = N A e^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} w(n) \quad (5)$$

因为相位校准使信号分量的相位变得相同, 所以信号分量可以相干相加, 噪声分量的相位仍然随机的, 这样积累后的信号功率又变成了 $N^2 A^2$, 而积累后的噪声功率仍为 $N\sigma^2$, 又得到了相干积累增益 N 。

在一些实施例中, 还包括: 控制微波雷达的角度传感器检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中, 角度传感器包括光栅角度传感器。

在一些实施例中, 还包括: 根据载具的姿态信息, 对角度传感器获取的观测角度进行修正, 其中, 载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中, 载具为无人飞行器, 或地面车辆。

在一些实施例中, 利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。姿态信息包括俯仰角信息, 角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

在该实施例中, 无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况, 利用姿态信息补偿角度传感器的零度刻度位置, 进而提高目标检测的准确性。

在一些实施例中, 天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

在一些实施例中, 检测目标的相关信息包括以下一种或其组合: 微波雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

在一些实施例中, 对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合

的步骤包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

在一些实施例中，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并的步骤包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

本发明通过采用多角度观测目标并利用 SNR 融合结果，来提高弱目标检测概率，从而提升雷达避障性能。图 3 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 302，配置起始采集光栅刻度、采集回波信号数量 M 和相干累加参数 N ，其中，采集回波信号数量 M 为相干累加参数 N 的整数倍，观测角度个数为 $M/N=Y$ ；

步骤 304，利用飞控姿态数据对光栅刻度进行补偿，并采集 M 个回波信号；

步骤 306，从 M 个回波信号中连续的 N 个信号做相干累加并补偿由于无人飞行器运动而引起的多普勒相位移；

步骤 308，对相干累加后得到的中频数据做目标检测处理（包括获取距离、角度、能量、目标位置、数量）；

步骤 310，判断是否完成 Y 个角度检测，若是进入步骤 312，若否返回步骤 308；

步骤 312，进行多个观测角度融合处理。

图 4 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量结果融合方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 402, 多角度 Y 检测数据获取 { tgts[1] tgts[2] tgts[3] tgts[Y] }, 其中, tgts[i]表示第 i 个角度中获取的目标集合, 该目标集合中包括在第 i 个角度下获取的所有目标物索引以及该目标物的信息, 目标物的信息包括距离、角度、能量、目标位置、目标数量等;

5 步骤 404, 新建合并过程变量 tgts_temp;

 步骤 406, $i=i+1$;

 步骤 408, 判断是否 $i>Y$, 若否进入步骤 410, 若是进入步骤 420;

 步骤 410, 判断 tgts[i]中的目标数量是否大于 0, 若是进入步骤 412, 若否返回步骤 406;

10 步骤 412, 判断 tgts_temp 中目标数量是否为 0, 若是进入步骤 414, 若否进入步骤 416;

 步骤 414, 把 tgts[i]复制给 tgts_temp, 并返回步骤 406;

 步骤 416, 判断合并的目标数量是否大于预设数量, 例如预设数量为 16, 若否进入步骤 418, 若是进入步骤 420;

15 步骤 418, 对 tgts[i]与 tgts_temp 进行数据合并, 并返回步骤 406;

 步骤 420, 输出结果数据。

本发明第四方面的实施例, 提出一种无人飞行器的控制方法, 图 8 示出了本发明的一个实施例的无人飞行器的控制方法的流程图。其中, 该控制方法包括:

20 步骤 802, 控制无人飞行器的微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号, 和/或接收微波信号的回波信号;

 步骤 804, 获取多个回波信号, 根据回波信号对应的观测角度, 对多个回波信号进行角度分组, 其中, 每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号;

25 步骤 806, 对每个角度分组中的回波信号, 进行相干累加得到回波积累信号;

 步骤 808, 根据回波积累信号, 计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

本发明采用由配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向,

例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

5 在一些实施例中，控制天线装置绕一转轴连续转动。

 在一些实施例中，还包括：控制天线装置在转动时连续发射微波信号。

 在一些实施例中，根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息的步骤包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处
10 理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

15 在一些实施例中，还包括：对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

 在一些实施例中，对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，则根据检测
20 目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

 在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检
25 测结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

在一些实施例中,还包括:根据微波雷达的移动速度确定补偿频率,并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

在该实施例中,如果目标是运动的,则在回波信号的信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率,因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致,以便获得相干积累增益。

在一些实施例中,还包括:配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数,其中,相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量,获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中,配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数,获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量,将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加,以增大弱目标检测概率。

本发明采用光栅刻度来控制微波雷达的微波信号方向,并且可配置触发射频板发射三角波的光栅刻度,连续发射 M 个三角波,接收到 M 个回波后,将连续的 M 个回波信号进行相干累加并补偿多普勒平移,提高信噪比,具体做法如下:

(1) 相干累加:

假设微波雷达发射一个脉冲,被目标物发射回来一部分能量,在回波从接收机输出时对信号进行测量,测量的信号中包含幅度为 $e^{j\phi}$ 的复回波,以及加性噪声 w ,假设加性噪声 w 是对功率 σ^2 的随机过程样本。单个脉冲的 SNR 定义为:

$$\chi_1 = \frac{A^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

其中, χ_1 为 SNR, A^2 为信号能量, σ^2 为噪声功率。

现在假设测量又重复了 $N-1$ 次(共测量 N 次),希望测量到的回波响应是不变的,而每次的噪声样本则是独立的。将这些独立测量值进行积累(求和)产生一个新的测量值 z ,这些包含相位信息的复样本的求和就是相干积累,如下:

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j\phi} + w(n)] = NAe^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} [w(n)] \quad (2)$$

其中 γ 表示回波信号的中频信号 A 表示幅度的幅度 ϕ 表示频率的

相位， N 表示相干累加参数（测量次数）。

显然积累的信号分量的能量为 $N^2 A^2$ ，如果噪声样本 $w(n)$ 彼此独立且均值为 0，则噪声分量的功率是独立噪声样本的功率和。进一步假设每个噪声样本的功率相同为 σ^2 ，则总的噪声功率为 $N\sigma^2$ ，积累后的 SNR 变成：

$$\chi_N = \frac{N^2 A^2}{N\sigma^2} = N \frac{A^2}{\sigma^2} = N\chi_1 \quad (3)$$

将 N 次测量进行相干积累可以将 SNR 提高 N 倍，这种提高称为积累增益，正如希望的那样提高 SNR 可以改善雷达检测和参数估计的性能。

在相干积累中，信号分量是同相相加的，即相干相加的。因为积累后的信号分量的幅度增加原来 N 倍，所以信号能量增加到原来的 N^2 倍，而噪声信号由于其相位是随机变化的，所以称之为功率相加。正是信号相位的一致性使信号功率在积累过程中的增加快于噪声功率。

(2) 补偿多普勒平移：

在有些情况下，必须对信号进行预处理以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益，如果目标是运动的，则在信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，如下：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j(\phi+2\pi f n)} + w(n)] \quad (4)$$

其中， f 为多普勒归一化频率，在这种情况下，信号的功率依赖于多普勒频移的具体数值，除了少数极为幸运的情况外，信号功率都将小于 $N^2 A^2$ ，然而，如果预先知道多普勒频移，信号分量的相位变化可以在求和之前进行补偿：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi f n} [A \times e^{j(\phi+2\pi f n)} + w(n)] = N A e^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi f n} w(n) \quad (5)$$

因为相位校准使信号分量的相位变得相同，所以信号分量可以相干相加，噪声分量的相位仍然随机的，这样积累后的信号功率又变成了 $N^2 A^2$ ，而积累后的噪声功率仍为 $N\sigma^2$ ，又得到了相干积累增益 N 。

在一些实施例中，控制微波雷达的角度传感器检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中，角度传感器包括光栅角度传感器。

在一些实施例中，还包括：根据载具的姿态信息，对角度传感器获取

的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

在一些实施例中，利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的
5 平移轴设置。

在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波
10 雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

在一些实施例中，对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预
20 设数量阈值。

在一些实施例中，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并的步骤包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

25 本发明通过采用多角度观测目标并利用 SNR 融合结果，来提高弱目标检测概率，从而提升雷达避障性能。图 3 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 302，配置起始采集光栅刻度、采集回波信号数量 M 和相干累加参数 N ，其中，采集回波信号数量 M 为相干累加参数 N 的整数倍，观测角

度个数为 $M/N=Y$;

步骤 304, 利用飞控姿态数据对光栅刻度进行补偿, 并采集 M 个回波信号;

步骤 306, 从 M 个回波信号中连续的 N 个信号做相干累加并补偿由于
5 无人飞行器运动而引起的多普勒相位移;

步骤 308, 对相干累加后得到的中频数据做目标检测处理 (包括获取距离、角度、能量、目标位置、数量);

步骤 310, 判断是否完成 Y 个角度检测, 若是进入步骤 312, 若否返回步骤 308;

10 步骤 312, 进行多个观测角度融合处理。

图 4 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量结果融合方法的流程图。其中, 该方法包括:

步骤 402, 多角度 Y 检测数据获取 $\{tgts[1] \ tggs[2] \ tggs[3] \ \dots \ tgts[Y]\}$, 其中, $tgts[i]$ 表示第 i 个角度中获取的目标集合, 该目标集合中包括在第 i
15 个角度下获取的所有目标物索引以及该目标物的信息, 目标物的信息包括距离、角度、能量、目标位置、目标数量等;

步骤 404, 新建合并过程变量 $tgts_temp$;

步骤 406, $i=i+1$;

步骤 408, 判断是否 $i>Y$, 若否进入步骤 410, 若是进入步骤 420;

20 步骤 410, 判断 $tgts[i]$ 中的目标数量是否大于 0, 若是进入步骤 412, 若否返回步骤 406;

步骤 412, 判断 $tgts_temp$ 中目标数量是否为 0, 若是进入步骤 414, 若否进入步骤 416;

步骤 414, 把 $tgts[i]$ 复制给 $tgts_temp$, 并返回步骤 406;

25 步骤 416, 判断合并的目标数量是否大于预设数量, 例如预设数量为 16, 若否进入步骤 418, 若是进入步骤 420;

步骤 418, 对 $tgts[i]$ 与 $tgts_temp$ 进行数据合并, 并返回步骤 406;

步骤 420, 输出结果数据。

在一些实施例中, 还包括: 根据融合后的检测目标的相关信息控制无

人飞行器的航迹。

在该实施例中，飞行器控制器根据融合后的检测目标的相关信息控制无人飞行器的航迹，例如，控制无人飞行器在目标物前停止飞行或者绕过检测目标飞行。

- 5 本发明第五方面的实施例，提出了一种计算机存储介质，计算机存储介质中存储有程序指令，程序指令用于实现：控制微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号，和/或接收微波信号的回波信号；获取多个回波信号，根据回波信号对应的观测角度，对多个回波信号进行角度分组，其中，每个角度分组对应于预设观测角度范围的回波信号；对每个角度分组中的回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

- 15 本发明采用由配置的光栅刻度来控制微波雷达发射的微波信号方向，例如微波雷达可配置触发射频板来发射该光栅刻度，微波雷达的天线装置连续发射 M 个三角波，接收到检测目标返回的 M 个回波信号后，将连续的 M 个回波信号进行分组后相干累加，以提高信噪比，进而提高弱目标检测概率，提升微波雷达避障性能。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：控制天线装置绕一转轴连续转动。

- 20 在一些实施例中，程序指令还用于实现：控制天线装置在转动时连续发射微波信号。

- 25 在一些实施例中，程序指令实现根据回波积累信号，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息，具体包括：去除回波积累信号中的直流分量；采用预设截短函数，对去除直流分量后的回波积累信号进行截短处理；对截短处理后的回波积累信号进行快速傅里叶，获取快速傅里叶后的回波积累信号的频谱信息；根据预设检测阈值，对频谱信息进行恒虚警处理；根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；根据波峰信息，进行抛物线拟合处理；根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：对多个角度分组中的检测目

标的相关信息进行融合。

在一些实施例中，程序指令实现对多个角度分组中的检测目标的相关信息进行融合，具体包括：根据多个角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；若为同一检测目标，
5 则根据检测目标的检测能量大小，选择检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为同一检测目标的相关信息。

在该实施例中，根据回波信号的中频信号进行目标检测和提取，包括去直流、加窗、FFT（快速傅里叶变换）、CFAR（恒虚警处理）检测、以及抛物线拟合等，获取角度分组内的目标物信息。得到每一个角度分组检测
10 结果后再对所有结果进行融合处理，融合的原则按照无损失任何探测原则，按照目标的索引（检测峰值位置）进行合并，合并后根据距离由近到远排列作为微波雷达的目标物信息。需要说明的是，如果不同的观测角度，检测到相同的目标则根据其能量大小作为取舍依据，选择能量大的作为检测结果。

15 在一些实施例中，所述计算机存储介质可以为易失性存储器，或者非易失性存储器。所述计算机存储介质也可以为串行存储器，或者并行存储器。所述计算机存储介质可以为 RAM 存储器，或者 ROM 存储器。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：根据微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据补偿频率对回波积累信号进行多普勒频移补偿。

20 在该实施例中，如果目标是运动的，则在回波信号的信号分量的测量结果中将会呈现一个多普勒频率，因此必须对信号进行频移补偿以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益。

本发明采用光栅刻度来控制微波雷达的微波信号方向，并且可配置触发射频板发射三角波的光栅刻度，连续发射 M 个三角波，接收到 M 个回
25 波后，将连续的 M 个回波信号进行相干累加并补偿多普勒平移，提高信噪比，具体做法如下：

（1）相干累加：

假设微波雷达发射一个脉冲，被目标物发射回来一部分能量，在回波从接收机输出时对信号进行测量，测量的信号中包含幅度为 $e^{j\phi}$ 的复回波，

以及加性噪声 w ，假设加性噪声 w 是对功率 σ^2 的随机过程样本。单个脉冲的 SNR 定义为：

$$\chi_1 = \frac{A^2}{\sigma^2} \quad (1)$$

其中， χ_1 为 SNR， A^2 为信号能量， σ^2 为噪声功率。

5 现在假设测量又重复了 $N-1$ 次（共测量 N 次），希望测量到的回波响应是不变的，而每次的噪声样本则是独立的。将这些独立测量值进行积累（求和）产生一个新的测量值 z ，这些包含相位信息的复样本的求和就是相干积累，如下：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j\phi} + w(n)] = NAe^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} [w(n)] \quad (2)$$

10 其中， z 表示回波信号的中频信号， A 表示频率的幅度， ϕ 表示频率的相位， N 表示相干累加参数（测量次数）。

显然积累的信号分量的能量为 $N^2 A^2$ ，如果噪声样本 $w(n)$ 彼此独立且均值为 0，则噪声分量的功率是独立噪声样本的功率和。进一步假设每个噪声样本的功率相同为 σ^2 ，则总的噪声功率为 $N\sigma^2$ ，积累后的 SNR 变成：

$$15 \quad \chi_N = \frac{N^2 A^2}{N\sigma^2} = N \frac{A^2}{\sigma^2} = N\chi_1 \quad (3)$$

将 N 次测量进行相干积累可以将 SNR 提高 N 倍，这种提高称为积累增益，正如希望的那样提高 SNR 可以改善雷达检测和参数估计的性能。

在相干积累中，信号分量是同相相加的，即相干相加的。因为积累后的信号分量的幅度增加原来 N 倍，所以信号能量增加到原来的 N^2 倍，而噪声信号由于其相位是随机变化的，所以称之为功率相加。正是信号相位的一致性使信号功率在积累过程中的增加快于噪声功率。

(2) 补偿多普勒平移：

在有些情况下，必须对信号进行预处理以保证信号分量的相位一致，以便获得相干积累增益，如果目标是运动的，则在信号分量的测量结果中
25 将会呈现一个多普勒频率，如下：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} [A \times e^{j(\phi + 2\pi f n)} + w(n)] \quad (4)$$

其中， f 为多普勒归一化频率，在这种情况下，信号的功率依赖于多普勒频移的具体数值，除了少数极为幸运的情况外，信号功率都将小于

$N^2 A^2$ ，然而，如果预先知道多普勒频移，信号分量的相位变化可以在求和之前进行补偿：

$$z = \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} [A \times e^{j(\phi+2\pi fn)} + w(n)] = N A e^{j\phi} + \sum_{n=0}^{N-1} e^{-j2\pi fn} w(n) \quad (5)$$

因为相位校准使信号分量的相位变得相同，所以信号分量可以相干相加，噪声分量的相位仍然随机的，这样积累后的信号功率又变成了 $N^2 A^2$ ，而积累后的噪声功率仍为 $N\sigma^2$ ，又得到了相干积累增益 N 。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：配置获取的多个回波信号的数量和相干累加参数，其中，相干累加参数为每个角度分组中回波信号的数量，获取的多个回波信号的数量为相干累加参数的整数倍。

在该实施例中，配置获取的多个回波信号的数量与相干累加参数的比值即为对回波信号进行角度分组的分组数量，将一个角度分组内的多个回波信号进行相干累加，以增大弱目标检测概率。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：控制微波雷达的角度传感器检测微波信号以及回波信号的观测角度。

在一些实施例中，角度传感器包括光栅角度传感器。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：根据载具的姿态信息，对角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，载具用于承载微波雷达。

在一些实施例中，载具为无人飞行器，或地面车辆。

在一些实施例中，程序指令还用于实现：利用姿态信息对角度传感器的零度刻度位置进行调整。

在一些实施例中，姿态信息包括俯仰角信息，角度传感器的零度刻度位置平行于载具的平移轴设置。

在一些实施例中，天线装置的转轴垂直于载具的平移轴设置。

在该实施例中，无人飞行器的飞行过程中会出现倾斜情况，利用姿态信息补偿角度传感器的零度刻度位置，进而提高目标检测的准确性。

在一些实施例中，检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：微波雷达与检测目标之间的距离、微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

在一些实施例中，程序指令实现对多个角度分组中的检测目标的相关

信息进行融合，具体包括：建立融合变量；针对任一角度分组，判断角度分组内的检测目标数量是否大于零，当角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一角度分组，当角度分组内的检测目标数量大于零时判断融合变量中的检测目标数量是否为零；当融合变量中的检测目标数量为零时

5 将角度分组内的检测目标的相关信息复制给融合变量，并进入下一角度分组，当融合变量中的检测目标数量不为零时将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并，直至融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

在一些实施例中，程序指令实现将角度分组内的检测目标的相关信息

10 与融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：按照微波雷达与检测目标之间的距离，将角度分组内的检测目标的相关信息与融合变量中的检测目标信息进行合并。

本发明通过采用多角度观测目标并利用 SNR 融合结果，来提高弱目标检测概率，从而提升雷达避障性能。图 3 示出了本发明的一个具体实施例

15 的多角度测量方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 302，配置起始采集光栅刻度、采集回波信号数量 M 和相干累加参数 N ，其中，采集回波信号数量 M 为相干累加参数 N 的整数倍，观测角度个数为 $M/N=Y$ ；

步骤 304，利用飞控姿态数据对光栅刻度进行补偿，并采集 M 个回波

20 信号；

步骤 306，从 M 个回波信号中连续的 N 个信号做相干累加并补偿由于无人飞行器运动而引起的多普勒相位移；

步骤 308，对相干累加后得到的中频数据做目标检测处理（包括获取距离、角度、能量、目标位置、数量）；

25 步骤 310，判断是否完成 Y 个角度检测，若是进入步骤 312，若否返回步骤 308；

步骤 312，进行多个观测角度融合处理。

图 4 示出了本发明的一个具体实施例的多角度测量结果融合方法的流程图。其中，该方法包括：

步骤 402, 多角度 Y 检测数据获取 { tgts[1] tgts[2] tgts[3] tgts[Y] }, 其中, tgts[i]表示第 i 个角度中获取的目标集合, 该目标集合中包括在第 i 个角度下获取的所有目标物索引以及该目标物的信息, 目标物的信息包括距离、角度、能量、目标位置、目标数量等;

5 步骤 404, 新建合并过程变量 tgts_temp;

 步骤 406, $i=i+1$;

 步骤 408, 判断是否 $i>Y$, 若否进入步骤 410, 若是进入步骤 420;

 步骤 410, 判断 tgts[i]中的目标数量是否大于 0, 若是进入步骤 412, 若否返回步骤 406;

10 步骤 412, 判断 tgts_temp 中目标数量是否为 0, 若是进入步骤 414, 若否进入步骤 416;

 步骤 414, 把 tgts[i]复制给 tgts_temp, 并返回步骤 406;

 步骤 416, 判断合并的目标数量是否大于预设数量, 例如预设数量为 16, 若否进入步骤 418, 若是进入步骤 420;

15 步骤 418, 对 tgts[i]与 tgts_temp 进行数据合并, 并返回步骤 406;

 步骤 420, 输出结果数据。

 在本说明书的描述中, 术语“第一”、“第二”仅用于描述的目的, 而不能理解为指示或暗示相对重要性, 除非另有明确的规定和限定; 术语“连接”、“安装”、“固定”等均应做广义理解, 例如, “连接”可以是固定连接, 也可以是可拆卸连接, 或一体地连接; 可以是直接相连, 也可以通过中间媒介间接相连。对于本领域的普通技术人员而言, 可以根据具体情况理解上述术语在本发明中的具体含义。

 在本说明书的描述中, 术语“一个实施例”、“一些实施例”、“具体实施例”等的描述意指结合该实施例或示例描述的具体特征、结构、材料或特点包含于本发明的至少一个实施例或示例中。在本说明书中, 对上述术语的示意性表述不一定指的是相同的实施例或实例。而且, 描述的具体特征、结构、材料或特点可以在任何的一个或多个实施例或示例中以合适的方式结合。

 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。

权 利 要 求 书

1. 一种微波雷达，其特征在于，包括：

天线装置，用于以不同角度发射微波信号，和/或接收所述微波信号的回波信号；以及

雷达控制器，与所述天线装置通信连接，所述雷达控制器用于执行如下操作：

获取多个所述回波信号；

根据所述回波信号对应的观测角度，对多个所述回波信号进行角度分组，其中，每个所述角度分组对应于预设观测角度范围的所述回波信号；

对每个所述角度分组中的所述回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；

根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

2. 根据权利要求 1 所述的微波雷达，其特征在于，所述天线装置绕一转轴连续转动。

3. 根据权利要求 2 所述的微波雷达，其特征在于，所述天线装置在转动时连续发射所述微波信号。

4. 根据权利要求 1 所述的微波雷达，其特征在于，所述雷达控制器根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息包括：

去除所述回波积累信号中的直流分量；

采用预设截短函数，对去除直流分量后的所述回波积累信号进行截短处理；

对截短处理后的所述回波积累信号进行快速傅里叶，获取所述快速傅里叶后的所述回波积累信号的频谱信息；

根据预设检测阈值，对所述频谱信息进行恒虚警处理；

根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；

根据所述波峰信息，进行抛物线拟合处理；

根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

5. 根据权利要求 1 所述的微波雷达，其特征在于，

所述雷达控制器还用于：对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

6. 根据权利要求 5 所述的微波雷达，其特征在于，所述雷达控制器对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合包括：

根据多个所述角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个所述角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；

10 若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择所述检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为所述同一检测目标的相关信息。

7. 根据权利要求 1 所述的微波雷达，其特征在于，

所述雷达控制器还用于根据所述微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据所述补偿频率对所述回波积累信号进行多普勒频移补偿。

15 8. 根据权利要求 1 所述的微波雷达，其特征在于，

所述雷达控制器还用于配置获取的多个所述回波信号的数量和相干累加参数，其中，所述相干累加参数为每个所述角度分组中回波信号的数量，所述获取的多个所述回波信号的数量为所述相干累加参数的整数倍。

20 9. 根据权利要求 1 所述的微波雷达，其特征在于，还包括：与所述雷达控制器通信连接的角度传感器，所述角度传感器用于检测所述微波信号以及所述回波信号的观测角度。

10. 根据权利要求 9 所述的微波雷达，其特征在于，所述角度传感器包括光栅角度传感器。

25 11. 根据权利要求 9 所述的微波雷达，其特征在于，所述雷达控制器还用于根据载具的姿态信息，对所述角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，所述载具用于承载所述微波雷达。

12. 根据权利要求 11 所述的微波雷达，其特征在于，所述载具为无人飞行器，或地面车辆。

13. 根据权利要求 11 所述的微波雷达，其特征在于，所述雷达控制器

还用于利用姿态信息对所述角度传感器的零度刻度位置进行调整。

14. 根据权利要求 13 所述的微波雷达, 其特征在于,

所述姿态信息包括俯仰角信息, 所述角度传感器的零度刻度位置平行于所述载具的平移轴设置。

5 15. 根据权利要求 14 所述的微波雷达, 其特征在于,

所述天线装置的转轴垂直于所述载具的平移轴设置。

16. 根据权利要求 5 所述的微波雷达, 其特征在于,

所述检测目标的相关信息包括以下一种或其组合: 所述微波雷达与检测目标之间的距离、所述微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、
10 检测目标位置、回波能量。

17. 根据权利要求 16 所述的微波雷达, 其特征在于, 所述雷达控制器对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合, 具体包括:

建立融合变量;

针对任一所述角度分组, 判断所述角度分组内的检测目标数量是否大
15 于零, 当所述角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一所述角度分组, 当所述角度分组内的检测目标数量大于零时判断所述融合变量中的检测目标数量是否为零;

当所述融合变量中的检测目标数量为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息复制给所述融合变量, 并进入下一所述角度分组, 当所述融合
20 变量中的检测目标数量不为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并, 直至所述融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

18. 根据权利要求 17 所述的微波雷达, 其特征在于, 所述雷达控制器将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信
25 息进行合并, 具体包括:

按照所述微波雷达与所述检测目标之间的距离, 将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并。

19. 一种无人飞行器, 其特征在于, 包括:

机架;

微波雷达，安装在所述机架上，所述微波雷达包括：

天线装置，用于以不同角度发射微波信号，和/或接收所述微波信号的回波信号；以及

雷达控制器，与所述天线装置通信连接，所述雷达控制器获取多个所述回波信号，根据所述回波信号对应的观测角度，对多个所述回波信号进行角度分组，其中，每个所述角度分组对应于预设观测角度范围的所述回波信号，对每个所述角度分组中的所述回波信号，进行相干累加得到回波积累信号，根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

10 20. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器，其特征在于，
所述天线装置绕一转轴连续转动。

21. 根据权利要求 20 所述的无人飞行器，其特征在于，
所述天线装置在转动时连续发射所述微波信号。

15 22. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器，其特征在于，所述雷达控制器根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息包括：

去除所述回波积累信号中的直流分量；

采用预设截短函数，对去除直流分量后的所述回波积累信号进行截短处理；

20 对截短处理后的所述回波积累信号进行快速傅里叶，获取所述快速傅里叶后的所述回波积累信号的频谱信息；

根据预设检测阈值，对所述频谱信息进行恒虚警处理；

根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；

根据所述波峰信息，进行抛物线拟合处理；

25 根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

23. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器，其特征在于，

所述雷达控制器还用于：对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

24. 根据权利要求 23 所述的无人飞行器，其特征在于，所述雷达控制器对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合包括：

根据多个所述角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个所述角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；

5 若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择所述检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为所述同一检测目标的相关信息。

25. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器，其特征在于，

所述雷达控制器还用于根据所述微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据所述补偿频率对所述回波积累信号进行多普勒频移补偿。

10 26. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器，其特征在于，

所述雷达控制器还用于配置获取的多个所述回波信号的数量和相干累加参数，其中，所述相干累加参数为每个所述角度分组中回波信号的数量，所述获取的多个所述回波信号的数量为所述相干累加参数的整数倍。

15 27. 根据权利要求 19 所述的无人飞行器，其特征在于，还包括：与所述雷达控制器通信连接的角度传感器，所述角度传感器用于检测所述微波信号以及所述回波信号的观测角度。

28. 根据权利要求 27 所述的无人飞行器，其特征在于，所述角度传感器包括光栅角度传感器。

20 29. 根据权利要求 27 所述的无人飞行器，其特征在于，所述雷达控制器还用于根据载具的姿态信息，对所述角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，所述载具用于承载所述微波雷达。

30. 根据权利要求 29 所述的无人飞行器，其特征在于，所述载具为无人飞行器，或地面车辆。

31. 根据权利要求 29 所述的无人飞行器，其特征在于，

25 所述雷达控制器还用于利用姿态信息对所述角度传感器的零度刻度位置进行调整。

32. 根据权利要求 31 所述的无人飞行器，其特征在于，

所述姿态信息包括俯仰角信息，所述角度传感器的零度刻度位置平行于所述载具的平移轴设置。

33. 根据权利要求 32 所述的无人飞行器，其特征在于，
所述天线装置的转轴垂直于所述载具的平移轴设置。

34. 根据权利要求 23 所述的无人飞行器，其特征在于，还包括：

5 飞行器控制器，用于根据融合后的所述检测目标的相关信息控制所述
无人飞行器的航迹。

35. 根据权利要求 23 所述的无人飞行器，其特征在于，

所述检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：所述微波雷达与检测目标之间的距离、所述微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

10 36. 根据权利要求 35 所述的无人飞行器，其特征在于，所述雷达控制器对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合，具体包括：

建立融合变量；

15 针对任一所述角度分组，判断所述角度分组内的检测目标数量是否大于零，当所述角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一所述角度分组，当所述角度分组内的检测目标数量大于零时判断所述融合变量中的检测目标数量是否为零；

20 当所述融合变量中的检测目标数量为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息复制给所述融合变量，并进入下一所述角度分组，当所述融合变量中的检测目标数量不为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并，直至所述融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

37. 根据权利要求 36 所述的无人飞行器，其特征在于，所述雷达控制器将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：

25 按照所述微波雷达与所述检测目标之间的距离，将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并。

38. 一种微波雷达的信号处理方法，其特征在于，包括：

控制所述微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号，和/或接收所述微波信号的回波信号；

获取多个所述回波信号，根据所述回波信号对应的观测角度，对多个所述回波信号进行角度分组，其中，每个所述角度分组对应于预设观测角度范围的所述回波信号；

对每个所述角度分组中的所述回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；

根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

39. 根据权利要求 38 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，还包括：

10 控制所述天线装置绕一转轴连续转动。

40. 根据权利要求 39 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，还包括：

控制所述天线装置在转动时连续发射所述微波信号。

41. 根据权利要求 38 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，
15 所述根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息步骤包括：

去除所述回波积累信号中的直流分量；

采用预设截短函数，对去除直流分量后的所述回波积累信号进行截短处理；

20 对截短处理后的所述回波积累信号进行快速傅里叶，获取所述快速傅里叶后的所述回波积累信号的频谱信息；

根据预设检测阈值，对所述频谱信息进行恒虚警处理；

根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；

根据所述波峰信息，进行抛物线拟合处理；

25 根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

42. 根据权利要求 38 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，还包括：

对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息融合。

43. 根据权利要求 42 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 所述对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括:

根据多个所述角度分组中的检测目标的相关信息, 确定多个所述角度分组中的检测目标是否为同一检测目标;

5 若为同一检测目标, 则根据检测目标的检测能量大小, 选择所述检测能量大小最大的检测目标的相关信息, 作为所述同一检测目标的相关信息。

44. 根据权利要求 38 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 还包括:

10 根据所述微波雷达的移动速度确定补偿频率, 并根据所述补偿频率对所述回波积累信号进行多普勒频移补偿。

45. 根据权利要求 38 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 还包括:

15 配置获取的多个所述回波信号的数量和相干累加参数, 其中, 所述相干累加参数为每个所述角度分组中回波信号的数量, 所述获取的多个所述回波信号的数量为所述相干累加参数的整数倍。

46. 根据权利要求 38 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 还包括:

控制所述微波雷达的角度传感器检测所述微波信号以及所述回波信号的观测角度。

20 47. 根据权利要求 46 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 所述角度传感器包括光栅角度传感器。

48. 根据权利要求 46 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 还包括:

25 根据载具的姿态信息, 对所述角度传感器获取的观测角度进行修正, 其中, 所述载具用于承载所述微波雷达。

49. 根据权利要求 48 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 所述载具为无人飞行器, 或地面车辆。

50. 根据权利要求 38 所述的微波雷达的信号处理方法, 其特征在于, 还包括:

利用姿态信息对所述角度传感器的零度刻度位置进行调整。

51. 根据权利要求 50 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，所述姿态信息包括俯仰角信息，所述角度传感器的零度刻度位置平行于所述载具的平移轴设置。

5 52. 根据权利要求 51 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，所述天线装置的转轴垂直于所述载具的平移轴设置。

53. 根据权利要求 42 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，所述检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：所述微波雷达与检测目标之间的距离、所述微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、
10 检测目标位置、回波能量。

54. 根据权利要求 53 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，所述对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：
建立融合变量；

15 针对任一所述角度分组，判断所述角度分组内的检测目标数量是否大于零，当所述角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一所述角度分组，当所述角度分组内的检测目标数量大于零时判断所述融合变量中的检测目标数量是否为零；

当所述融合变量中的检测目标数量为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息复制给所述融合变量，并进入下一所述角度分组，当所述融合变量中的检测目标数量不为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息与
20 所述融合变量中的检测目标信息进行合并，直至所述融合变量中的检测目标数量大于预设数量阈值。

55. 根据权利要求 54 所述的微波雷达的信号处理方法，其特征在于，所述将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息
25 信息进行合并的步骤包括：

按照所述微波雷达与所述检测目标之间的距离，将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并。

56. 一种无人飞行器的控制方法，其特征在于，包括：

控制所述无人飞行器的微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信

号，和/或接收所述微波信号的回波信号；

获取多个所述回波信号，根据所述回波信号对应的观测角度，对多个所述回波信号进行角度分组，其中，每个所述角度分组对应于预设观测角度范围的所述回波信号；

- 5 对每个所述角度分组中的所述回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；

根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

- 10 57. 根据权利要求 56 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还包括：

控制所述天线装置绕一转轴连续转动。

58. 根据权利要求 57 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还包括：

控制所述天线装置在转动时连续发射所述微波信号。

- 15 59. 根据权利要求 56 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，所述根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息步骤包括：

去除所述回波积累信号中的直流分量；

- 20 采用预设截短函数，对去除直流分量后的所述回波积累信号进行截短处理；

对截短处理后的所述回波积累信号进行快速傅里叶，获取所述快速傅里叶后的所述回波积累信号的频谱信息；

根据预设检测阈值，对所述频谱信息进行恒虚警处理；

根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；

- 25 根据所述波峰信息，进行抛物线拟合处理；

根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

60. 根据权利要求 56 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还包括：

对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

61. 根据权利要求 60 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，所述对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：

5 根据多个所述角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个所述角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；

若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择所述检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为所述同一检测目标的相关信息。

62. 根据权利要求 56 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还包括：

10 根据所述微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据所述补偿频率对所述回波积累信号进行多普勒频移补偿。

63. 根据权利要求 56 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还包括：

15 配置获取的多个所述回波信号的数量和相干累加参数，其中，所述相干累加参数为每个所述角度分组中回波信号的数量，所述获取的多个所述回波信号的数量为所述相干累加参数的整数倍。

64. 根据权利要求 56 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还包括：

20 控制所述微波雷达的角度传感器检测所述微波信号以及所述回波信号的观测角度。

65. 根据权利要求 64 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，所述角度传感器包括光栅角度传感器。

66. 根据权利要求 64 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还包括：

25 根据载具的姿态信息，对所述角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，所述载具用于承载所述微波雷达。

67. 根据权利要求 66 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，所述载具为无人飞行器，或地面车辆。

68. 根据权利要求 66 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还

包括：

利用姿态信息对所述角度传感器的零度刻度位置进行调整。

69. 根据权利要求 68 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，

所述姿态信息包括俯仰角信息，所述角度传感器的零度刻度位置平行
5 于所述载具的平移轴设置。

70. 根据权利要求 69 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，
所述天线装置的转轴垂直于所述载具的平移轴设置。

71. 根据权利要求 60 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，还
包括：

10 根据融合后的所述检测目标的相关信息控制所述无人飞行器的航迹。

72. 根据权利要求 60 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，

所述检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：所述微波雷达与检
测目标之间的距离、所述微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、
检测目标位置、回波能量。

15 73. 根据权利要求 72 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，所
述对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合的步骤包括：

建立融合变量；

针对任一所述角度分组，判断所述角度分组内的检测目标数量是否大
于零，当所述角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一所述角度
20 分组，当所述角度分组内的检测目标数量大于零时判断所述融合变量中的
检测目标数量是否为零；

当所述融合变量中的检测目标数量为零时将所述角度分组内的检测目
标的相关信息复制给所述融合变量，并进入下一所述角度分组，当所述融
合变量中的检测目标数量不为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信
25 息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并，直至所述融合变量中的检
测目标数量大于预设数量阈值。

74. 根据权利要求 73 所述的无人飞行器的控制方法，其特征在于，所
述将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标
信息进行合并的步骤包括：

按照所述微波雷达与所述检测目标之间的距离，将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并。

75. 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程序指令，所述程序指令用于实现：

5 控制微波雷达的天线装置以不同角度发射微波信号，和/或接收所述微波信号的回波信号；

获取多个所述回波信号，根据所述回波信号对应的观测角度，对多个所述回波信号进行角度分组，其中，每个所述角度分组对应于预设观测角度范围的所述回波信号；

10 对每个所述角度分组中的所述回波信号，进行相干累加得到回波积累信号；

根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

76. 根据权利要求 75 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令还用于实现：

控制所述天线装置绕一转轴连续转动。

77. 根据权利要求 76 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令还用于实现：

控制所述天线装置在转动时连续发射所述微波信号。

20 78. 根据权利要求 75 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令实现根据所述回波积累信号，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息，具体包括：

去除所述回波积累信号中的直流分量；

25 采用预设截短函数，对去除直流分量后的所述回波积累信号进行截短处理；

对截短处理后的所述回波积累信号进行快速傅里叶，获取所述快速傅里叶后的所述回波积累信号的频谱信息；

根据预设检测阈值，对所述频谱信息进行恒虚警处理；

根据恒虚警处理的频谱信息，获取波峰信息；

根据所述波峰信息，进行抛物线拟合处理；

根据抛物线拟合处理后的波峰信息，计算与所述回波积累信号对应的检测目标的相关信息。

79. 根据权利要求 75 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令还用于实现：

对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合。

80. 根据权利要求 79 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令实现对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息进行融合，具体包括：

10 根据多个所述角度分组中的检测目标的相关信息，确定多个所述角度分组中的检测目标是否为同一检测目标；

若为同一检测目标，则根据检测目标的检测能量大小，选择所述检测能量大小最大的检测目标的相关信息，作为所述同一检测目标的相关信息。

15 81. 根据权利要求 75 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令还用于实现：

根据所述微波雷达的移动速度确定补偿频率，并根据所述补偿频率对所述回波积累信号进行多普勒频移补偿。

82. 根据权利要求 75 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令还用于实现：

20 配置获取的多个所述回波信号的数量和相干累加参数，其中，所述相干累加参数为每个所述角度分组中回波信号的数量，所述获取的多个所述回波信号的数量为所述相干累加参数的整数倍。

83. 根据权利要求 75 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令还用于实现：

25 控制所述微波雷达的角度传感器检测所述微波信号以及所述回波信号的观测角度。

84. 根据权利要求 83 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述角度传感器包括光栅角度传感器。

85. 根据权利要求 83 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序

指令还用于实现：

根据载具的姿态信息，对所述角度传感器获取的观测角度进行修正，其中，所述载具用于承载所述微波雷达。

86. 根据权利要求 85 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述载具
5 为无人飞行器，或地面车辆。

87. 根据权利要求 75 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令还用于实现：

利用姿态信息对所述角度传感器的零度刻度位置进行调整。

88. 根据权利要求 87 所述的计算机存储介质，其特征在于，
10 所述姿态信息包括俯仰角信息，所述角度传感器的零度刻度位置平行于所述载具的平移轴设置。

89. 根据权利要求 88 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述天线装置的转轴垂直于所述载具的平移轴设置。

90. 根据权利要求 49 所述的计算机存储介质，其特征在于，
15 所述检测目标的相关信息包括以下一种或其组合：所述微波雷达与检测目标之间的距离、所述微波雷达与检测目标之间的角度、检测目标数量、检测目标位置、回波能量。

91. 根据权利要求 90 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令实现所述对多个所述角度分组中的检测目标的相关信息融合，具
20 体包括：

建立融合变量；

针对任一所述角度分组，判断所述角度分组内的检测目标数量是否大于零，当所述角度分组内的检测目标数量小于等于零时进入下一所述角度分组，当所述角度分组内的检测目标数量大于零时判断所述融合变量中的
25 检测目标数量是否为零；

当所述融合变量中的检测目标数量为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息复制给所述融合变量，并进入下一所述角度分组，当所述融合变量中的检测目标数量不为零时将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并，直至所述融合变量中的检

测目标数量大于预设数量阈值。

92. 根据权利要求 91 所述的计算机存储介质，其特征在于，所述程序指令实现所述将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并，具体包括：

- 5 按照所述微波雷达与所述检测目标之间的距离，将所述角度分组内的检测目标的相关信息与所述融合变量中的检测目标信息进行合并。

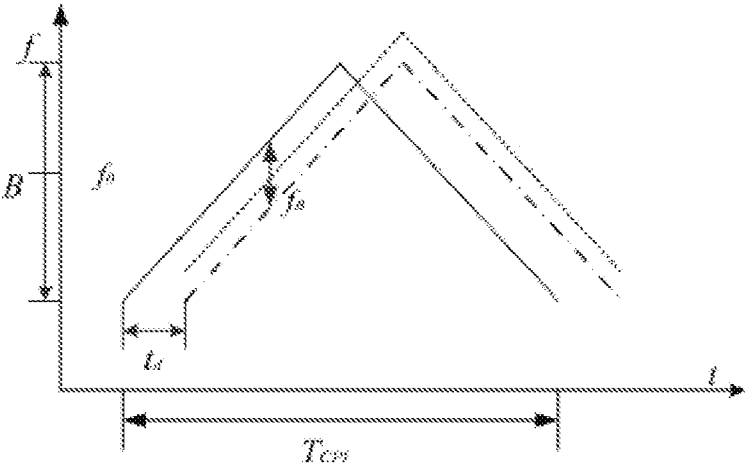


图 1

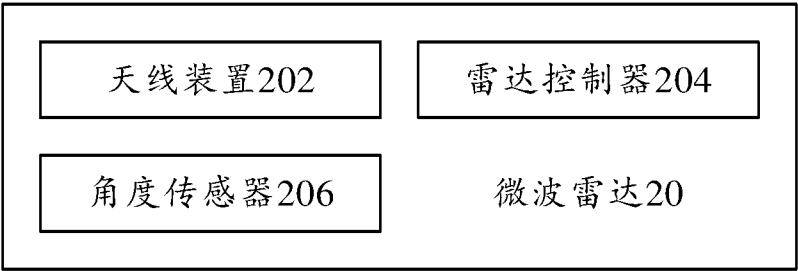


图 2

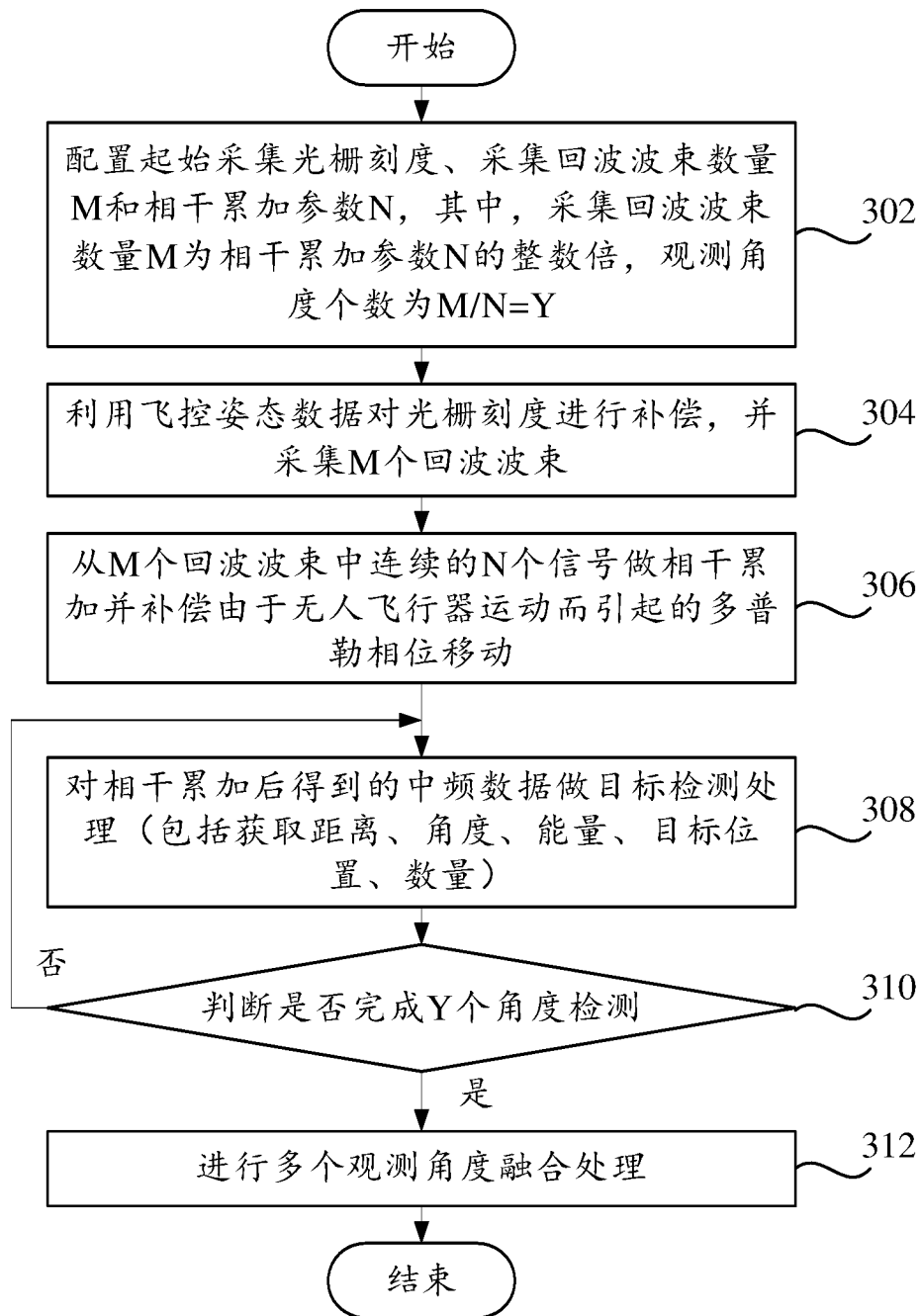


图 3

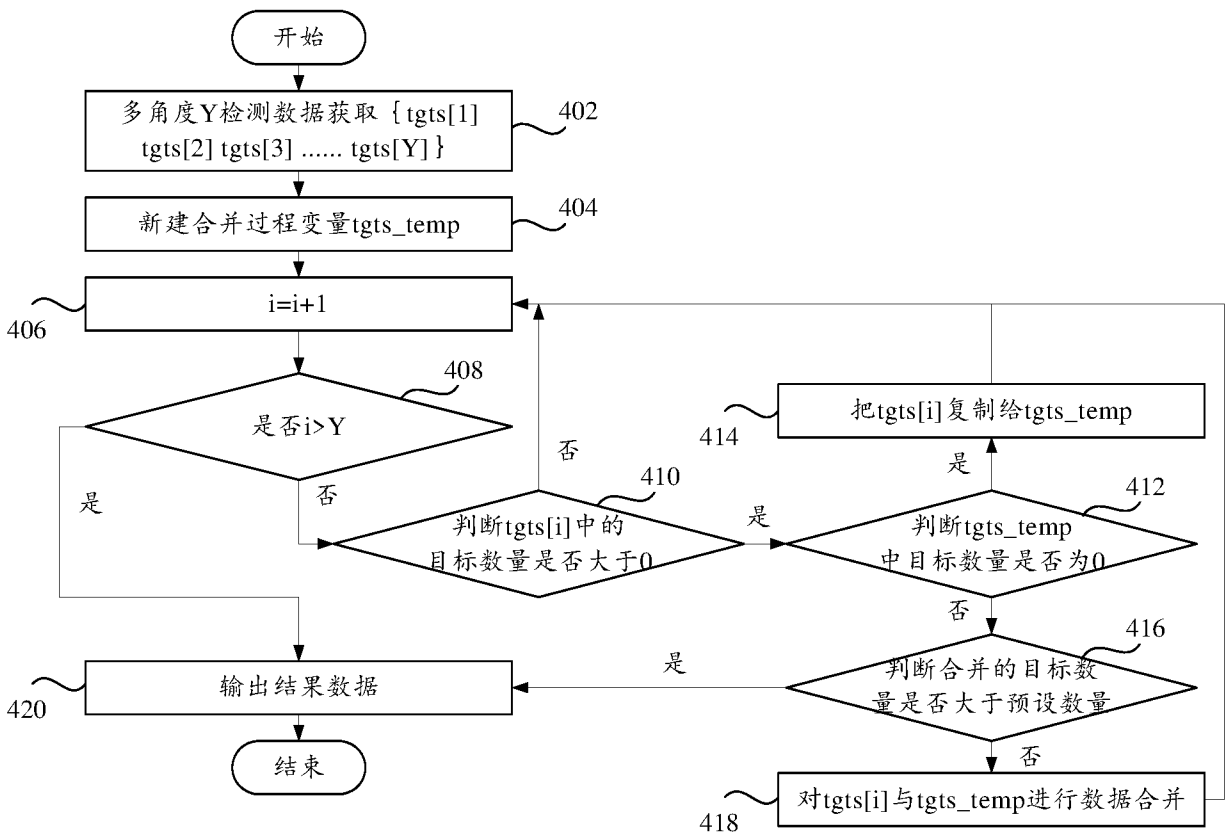


图 4



图 5

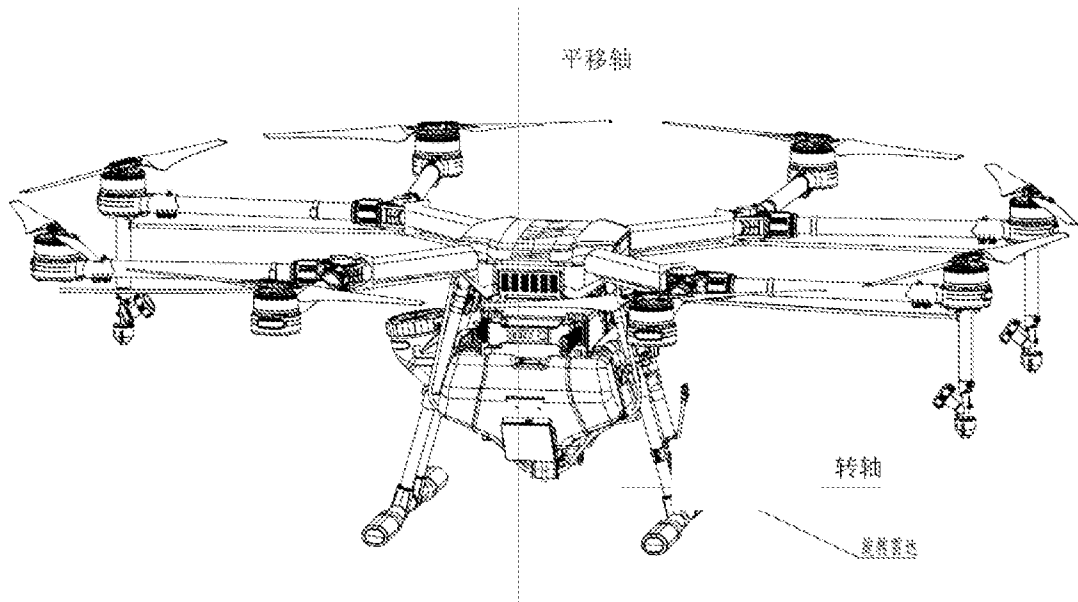


图 6

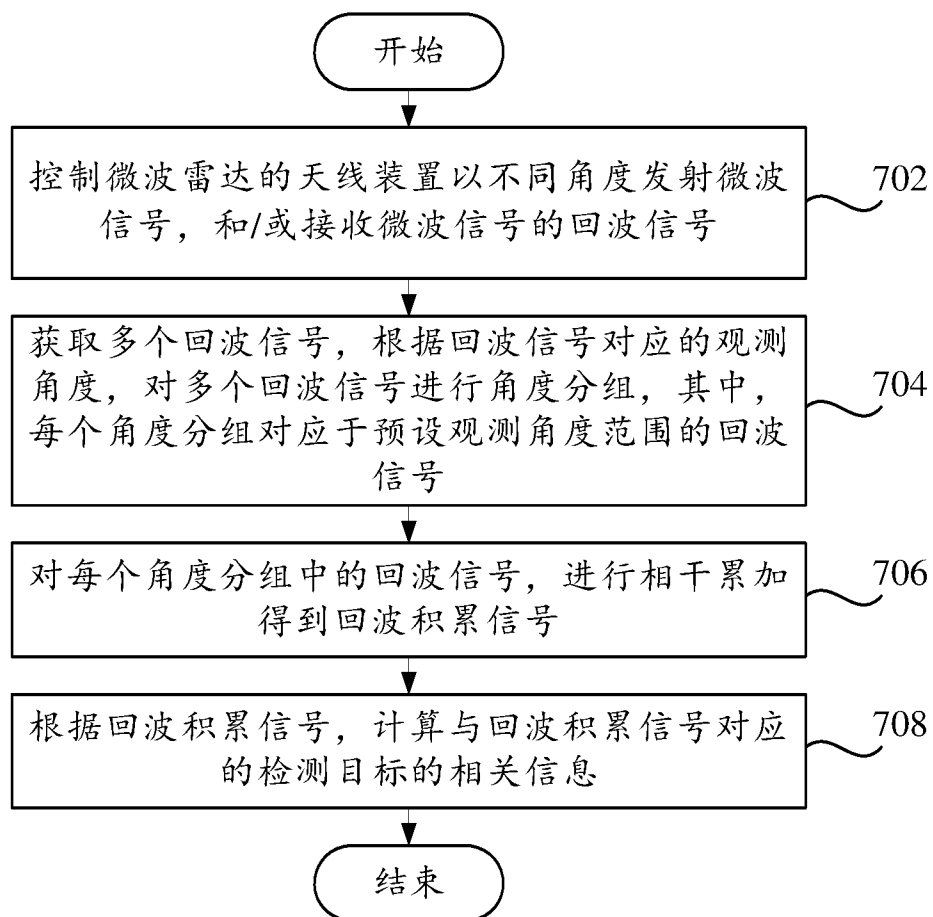


图 7

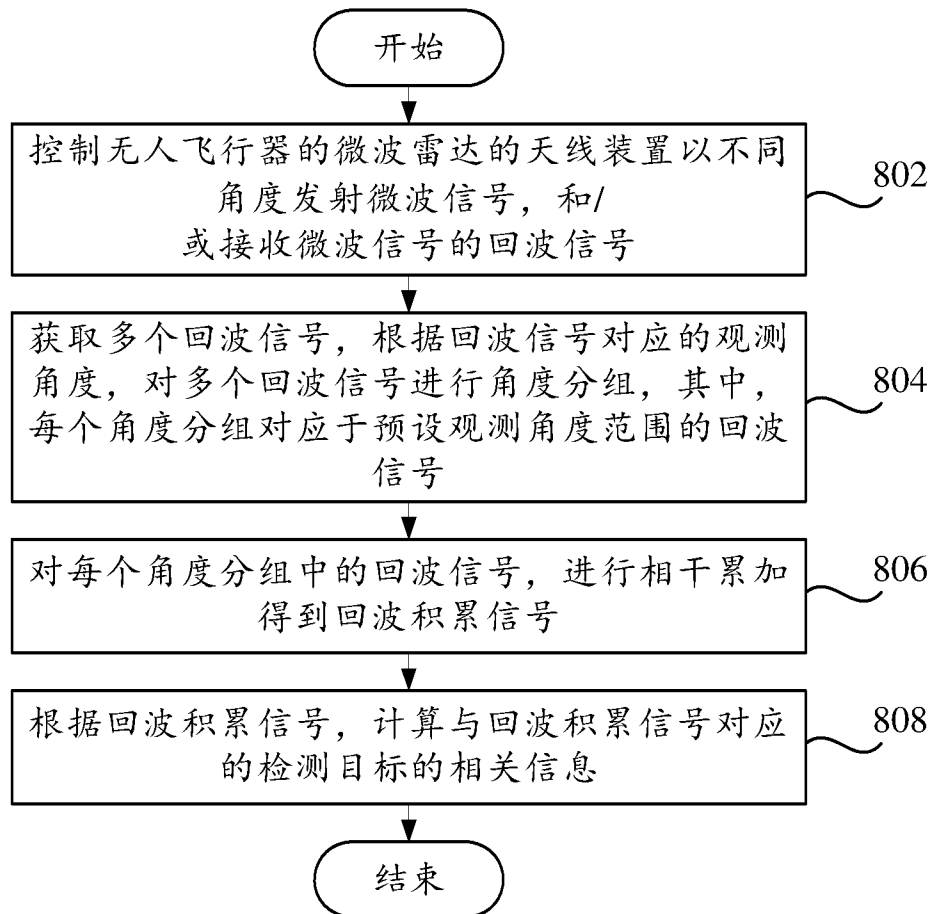


图 8

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2018/117372

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01S 13/04(2006.01)i; G01S 7/02(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 13; G01S 7

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, CNTXT, CNKI, VEN: 微波, 雷达, 角, 方向, 方位, 分组, 划分, 组, 相干, 累加, 累积, 积累, 累计, 相加, 叠加, 回波, 弱, 小, microwave, radar?, angle, group+, accumulat+, cumulat+, integrat+, echo, weak

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	CN 103630888 A (INSTITUTE OF ELECTRONICS, CHINESE ACADEMY OF SCIENCES) 12 March 2014 (2014-03-12) description, paragraphs [0025]-[0111], and figures 1-5	1-92
Y	CN 108508413 A (NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY) 07 September 2018 (2018-09-07) description, paragraphs [0032]-[0074]	1-92
A	CN 106353755 A (BEIJING JOOSPEED MICROWAVE TECH CO., LTD.) 25 January 2017 (2017-01-25) entire document	1-92
A	CN 106842164 A (NATIONAL UNIVERSITY OF DEFENSE TECHNOLOGY, PLA) 13 June 2017 (2017-06-13) entire document	1-92
A	CN 102830394 A (XIDIAN UNIVERSITY) 19 December 2012 (2012-12-19) entire document	1-92
A	DE 3108594 A1 (SIEMENS AG.) 23 September 1982 (1982-09-23) entire document	1-92



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

16 August 2019

Date of mailing of the international search report

26 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
Information on patent family members

International application No.

PCT/CN2018/117372

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)		Publication date (day/month/year)
CN	103630888	A	12 March 2014	CN	103630888	B 22 March 2017
CN	108508413	A	07 September 2018	None		
CN	106353755	A	25 January 2017	None		
CN	106842164	A	13 June 2017	CN	106842164	B 14 June 2019
CN	102830394	A	19 December 2012	CN	102830394	B 19 March 2014
DE	3108594	A1	23 September 1982	None		

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2018/117372

A. 主题的分类

G01S 13/04(2006.01)i; G01S 7/02(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 13; G01S 7

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, CNTXT, CNKI, VEN: 微波, 雷达, 角, 方向, 方位, 分组, 划分, 组, 相干, 累加, 累积, 积累, 累计, 相加, 叠加, 回波, 弱, 小, microwave, radar?, angle, group+, accumulat+, cumulat+, integrat+, echo, weak

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 103630888 A (中国科学院电子学研究所) 2014年 3月 12日 (2014 - 03 - 12) 说明书第[0025]-[0111], 附图1-5	1-92
Y	CN 108508413 A (中国人民解放军国防科技大学) 2018年 9月 7日 (2018 - 09 - 07) 说明书第[0032]-[0074]段	1-92
A	CN 106353755 A (北京聚速微波技术有限公司) 2017年 1月 25日 (2017 - 01 - 25) 全文	1-92
A	CN 106842164 A (中国人民解放军国防科学技术大学) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 全文	1-92
A	CN 102830394 A (西安电子科技大学) 2012年 12月 19日 (2012 - 12 - 19) 全文	1-92
A	DE 3108594 A1 (SIEMENS AG.) 1982年 9月 23日 (1982 - 09 - 23) 全文	1-92

☐ 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 16日

国际检索报告邮寄日期

2019年 8月 26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

杨士林

电话号码 86-(010)-62085717

国际检索报告
关于同族专利的信息

国际申请号

PCT/CN2018/117372

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	103630888	A	2014年 3月 12日	CN 103630888 B	2017年 3月 22日
CN	108508413	A	2018年 9月 7日	无	
CN	106353755	A	2017年 1月 25日	无	
CN	106842164	A	2017年 6月 13日	CN 106842164 B	2019年 6月 14日
CN	102830394	A	2012年 12月 19日	CN 102830394 B	2014年 3月 19日
DE	3108594	A1	1982年 9月 23日	无	