



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))。

---

RCNN network model; performing camera calibration, obtaining internal parameters and external parameters of the camera, jointly calibrating a three-dimensional laser radar and the camera, and obtaining a coordinate conversion relationship between the radar and the camera with reference to the calibration result; and according to the coordinate conversion relationship, projecting three-dimensional point cloud data obtained by the laser radar to an image obtained by the camera, adding depth information to the image, and finally obtaining world coordinates of an obstacle and a water surface boundary line by means of coordinate conversion between a camera coordinate system and a world coordinate system.

(57) 摘要: 一种水面无人装备多源感知系统及方法, 感知系统以ROS处理模块为核心, 集成了信息传递、信息融合和信息输出功能, 包括感知和应用两部分。方法包括: 获取水面无人装备的环境信息; 对预先采集到的水面图像进行标定, 利用标定好的数据集对Deeplab模型和Faster RCNN模型进行训练并保存网络模型参数; 利用Deeplab模型分割图像, 利用Faster RCNN网络模型降噪; 进行相机标定, 获取相机内参和外参, 进行三维激光雷达和相机的联合标定, 结合标定结果获取雷达和相机之间的坐标转换关系; 将激光雷达获得的三维点云数据根据坐标转换关系投影到相机获得的图像上, 向图像添加深度信息, 再通过相机坐标系-世界坐标系的坐标转换最终得到障碍物和水面边界线的世界坐标。

## 一种水面无人装备多源感知方法及系统

### 技术领域

本发明涉及水面无人装备智能化研究的技术领域，特别涉及一种水面无人装备多源感知方法及系统。

### 背景技术

水面无人装备是具备高度非线性动力学特征，能在无人干预的情况下在各种复杂未知的水面环境下执行任务的新型载体，其具有体型小、智能化、自主化等优点，常被用来执行危险系数高、作业环境恶劣的任务，在军事作战、海域巡逻、岛礁补给等领域具有广泛的应用需求。船舶工业“十三五”规划中指出到 2020 年我国以水面无人装备牵头的高技术船舶、海洋工程装备及关键配套设备制造能力将明显增强，水面无人装备将具有重要的战略地位，其发展能有效地推动船舶行业的进一步发展。由于水面无人装备的智能化实现过程首先依赖于其环境感知能力的好坏，好的环境感知方法及系统能够为水面无人装备的自主智能化决策过程提供及其重要的环境先验信息，从而维持其作业的安全性、准确性和可靠性。因此，研究一种水面无人装备多源感知方法及系统，对于推进水面无人装备的自主智能化研究进展，实现水面无人装备的有效作业具有重要的意义。

### 发明内容

本发明的目的在于克服现有技术的缺点与不足，提供一种水面无人装备多源感知方法及系统。本发明针对水面无人装备的多源感知问题，通过构建水面图像数据集对 Deeplab 和 Faster RCNN 网络模型进行训练，从而实现水面边界线和水面障碍物的识别。根据相机和三维激光雷达之间的联合标定结果，将激光雷达获得的三维点云数据投影到相机获得的图像上，向图像添加深度信息，再通过相机坐标系—世界坐标系的坐标转换最终得到障碍物和水面边界线的世界坐标信息，并通过 ROS (Robot Operating System) 的话题通信机制将该信息实时传递到应用模块，从而为无人装备下一步的决策提供先验环境信息。本发明的目的通过以下的技术方案实现：

一种水面无人装备多源感知方法，包含以下步骤：

S1、实时采集水面无人装备多源感知系统的传感参量，获取水面环境的视觉信息和三维点云信息；

S2、对预先采集到的水面图像进行人工标定，利用人工标定好的数据集对 Deeplab 模型和 Faster RCNN 模型进行训练并保存网络模型参数；

S3、通过 Deeplab 模型将实时输入的水面图像分割为背景、陆地和水面三类，根据水面区域的外围轮廓提取水面边界线；

S4、通过 Faster RCNN 网络模型提取水面障碍物的预测框，分别计算船只和漂浮物预测框与图像语义分割网络输出的水面区域之间的交并比，剔除无意义的障碍物检测结果；

S5、进行相机标定，获取相机内参和外参，然后进行三维激光雷达和相机的联合标定，结合标定结果获取雷达和相机之间的坐标转换关系；

S6、将激光雷达获得的三维点云数据根据坐标转换关系投影到相机获得的图像上，向图像添加深度信息，再通过相机坐标系-世界坐标系的坐标转换最终得到障碍物和水面边界线的世界坐标。

进一步地，所述步骤 S1 具体为：使用相机实时获取水面图像的视觉信息，使用三维激光雷达对无人装备前向扇形区域进行实时扫描，获取水面环境的三维点云信息；

进一步地，所述步骤 S2 具体为：将预先采集到的水面图像从上到下像素级标定为背景、陆地和水面三类，用于 Deeplab 网络模型训练。将水面图像中的障碍物候选框标定为船只和漂浮物两类，用于 Faster RCNN 网络模型训练，从而构建水面图像数据集。将用于训练的图像数据集分别输入 Deeplab 网络和 Faster RCNN 网络，反复迭代至收敛并保存网络模型的权重分布和偏置值；

进一步地，所述步骤 S3 具体为：输入实时采集到的水面图像至训练好的 Deeplab 网络，参见图 2，原始图像输入通过多重的卷积层和池化层得到一个特征图像，为了获得与输出图像相同大小的输出图像，通过反卷积将特征图像放大，最后采用完全连接的条件随机场(CRF)提高模型捕获细节的能力，保证了陆地和水面的像素级别的分割。对于获得的语义分割结果，通过图像处理获得水面分界线处的像素坐标值，并将水面分界线处的像素坐标集传输到信息融合节点。

进一步地，所述步骤 S4 具体为：输入实时采集到的水面图像至训练好的 Faster RCNN 网络，通过前向传播依次通过共享卷积层、RPN 网络、ROI 池化层和全连接层，最终输出图像的目标检测结果，将输入图像存在的障碍物分为船只和漂浮物两类，计算 Faster RCNN 网络输出的预测框与图像语义分割网络输

出的水面区域之间的交并比，对于分类为漂浮物的预测框，设定阈值为 0.8，低于此阈值的结果将给予剔除；对于分类为船只的预测框，设定阈值为 0.1，低于此阈值的结果将给予剔除；；

进一步地，所述步骤 S5 具体为采用棋盘格标定法，在不同角度不同位置分别选取棋盘格上的若干个角点，确定这些角点的相机坐标系中的坐标、世界坐标系中的坐标和雷达坐标系中的坐标，将对应坐标代入相机标定和联合标定的数学模型中，联立求解得到相机—雷达坐标转换方程中的三个旋转参数（旋转矩阵）、三个平移参数（平移矩阵）和一个尺度因子，以及相机—世界坐标转换方程中的旋转矩阵和平移矩阵，从而确定坐标转换方程的具体形式。

进一步地，所述步骤 S6 具体为：在信息融合节点中，根据激光雷达坐标系和相机坐标系的转换方程，将激光雷达获得的点云坐标转换为相机坐标，再通过相机坐标系与像素坐标系之间的转换关系，将点云投影到成像平面，使得图像具有深度信息。最后将 Faster RCNN 输出的预测框和 Deeplab 模型输出的水面边界线的像素坐标信息和深度信息结合起来生成三维坐标，根据相机标定得到的相机外参转换为对应的世界坐标，从而确定障碍物和水面分界线在世界坐标系中的具体位置。

一种基于 ROS 的水面无人装备多源感知系统，包括感知和应用两部分：

感知部分通过 ROS 的节点机制建立了点云信息处理节点、图像信息处理节点和信息融合节点。图像信息处理节点内部包含了 Faster RCNN 和 Deeplab 模型两个卷积网络模型，图像通过卷积神经网络处理可以获得障碍物预测框和水面边界线的像素坐标信息，该信息通过 ROS 的话题订阅机制传输到信息融合节点等待下一步的处理；点云信息处理节点将点云信息转换为激光雷达坐标系下的标准坐标格式，并通过话题通信机制将点云坐标信息传输到信息融合节点。在信息融合节点，根据激光雷达坐标系和相机坐标系的转换方程，将点云坐标转换为相机坐标，再通过相机坐标系与像素坐标系之间的转换关系，将点云投影到成像平面，使得图像具有深度信息，由此获得图像的三维坐标；最后将根据相机外参将图像三维坐标转换为对应的世界坐标，从而确定障碍物和水面分界线的在世界坐标系中的具体位置。

应用部分包括 ROS 不同类型功能节点，包括避障节点、跟踪节点和路径规划节点等。避障节点通过订阅信息融合节点发布的话题来获取障碍物和水面边界线的世界坐标信息，并通过 VFH+避障算法建立向量场直方图，通过该直方图

可以确定当前可行避障方向。跟踪节点通过订阅图像话题和目标检测话题来获取视频序列和障碍物预测框在图像上的像素坐标信息，通过手动框选确定跟踪目标后，激活 CF 目标跟踪算法，通过该跟踪算法的特征匹配和滤波处理后可以实时输出框选目标在每一帧图像中的坐标信息，从而实现跟踪功能。路径规划节点订阅语义分割话题和信息融合话题，通过分割图像获取水面和障碍物像素坐标，然后再根据信息融合话题获得其大致的世界坐标信息，通过该信息可以建立一个局部地图，在该地图上使用 RRT 搜索算法，获取当前局部地图的可行通行路径。

本发明与现有技术相比，具有如下优点和有益效果：

本发明采用 Deeplab 网络模型实现水面边界线的提取，与传统海天检测线检测方法相比受水面环境变化的影响较小，具有更好的系统泛化能力，既适应具有明显直线特征的海天线检测，也适用于海岸几何特征复杂的海岸线检测；采用 Faster RCNN 网络模型进行障碍物候选框的粗提取，并与激光雷达实时获取的三维点云数据进行融合，能够在传感参量冗余检测的情况下实现对障碍物更为精准的三维描述；通过 ROS 的分布式通信机制，能保证传感融合信息更新后第一时间被感知系统获取并进行实时处理；通过相机和三维激光雷达之间的联合标定结果，建立视觉识别结果与世界坐标之间的对应关系，为水面无人装备后续的智能决策提供先验信息。本发明提出的多源感知方法及系统实现了水面无人装备对水面环境关键信息的完整描述，可广泛适用于各种水面无人装备的智能导航与控制。

## 附图说明

图 1 为一种水面无人装备多源感知方法的方法流程图；

图 2 为实施例中基于 VGG16 的 Deeplab 网络架构；

图 3 为实施例中基于 AlexNet 的 Faster RCNN 网络架构；

图 4 为一种基于 ROS 的水面无人装备多源感知系统原理图。

## 具体实施方式

下面结合实施例及附图对本发明作进一步详细的描述，但本发明的实施方式不限于此。

实施例：

参见图 1，种水面无人装备多源感知方法，包括以下步骤：

步骤 10 实时采集水面无人装备多源感知系统的传感参量，获取水面图像的视觉信息和水面环境的三维点云信息；

步骤 20 对预先采集到的水面图像进行人工标定，利用标定好的数据集对 Deeplab 模型和 Faster RCNN 模型进行训练并保存网络模型参数；

步骤 30 通过 Deeplab 模型将实时输入的水面图像分割为背景、陆地和水面三类，根据水面区域的外围轮廓提取水面边界线；

步骤 40 通过 Faster RCNN 网络模型提取水面障碍物的预测框，分别计算船只和漂浮物预测框与图像语义分割网络输出的水面区域之间的交并比，剔除无意义的障碍物检测结果；

步骤 50 进行相机标定，获取相机内参和外参，然后进行三维激光雷达和相机的联合标定，结合标定结果获取雷达和相机之间的坐标转换关系；

步骤 60 将激光雷达获得的三维点云数据根据坐标转换关系投影到相机获得的图像上，向图像添加深度信息，再通过相机坐标系-世界坐标系的坐标转换最终得到障碍物和水面边界线的世界坐标。

上述步骤 20 具体包括将预先采集到的水面图像从上到下像素级标定为背景、陆地和水面三个大类，用于 Deeplab 网络模型训练。将水面图像中的障碍物候选框标定为船只和漂浮物两个大类，用于 Faster RCNN 网络模型训练，从而构建水面图像数据集。将用于训练的图像数据集分别输入 Deeplab 网络和 Faster RCNN 网络，反复迭代至收敛并保存网络模型的权重分布和偏置值；

上述步骤 30 具体包括输入实时采集到的水面图像至训练好的 Deeplab 网络，参见图 2，原始图像输入通过卷积层提取图像特征获得对应的特征图，然后再通过池化层压缩特征图来提取主要特征，通过多层卷积层和池化层的特征提取和特征压缩后，可获得深层次的特征图。Deeplab 通过将第四层和第五层的池化层改为无下采样池化层，可以保证特征图的大小保持不变，与此同时，将这两层池化层后面的卷积层改为空洞卷积层，从而保证池化后的神经元感受野不发生变化。最后，通过反卷积将特征图像放大至原输入图像大小，然后采用完全连接的条件随机场(CRF)提高模型捕获细节的能力，保证了陆地和水面的像素级别的分割。对于获得的语义分割结果，通过图像处理获得水面分界线处的像素坐标值，并将水面分界线处的像素坐标集传输到信息融合节点。

Deeplab 网络模型基于 VGG16 进行构建，首先去掉 VGG16 最后两个池化层的

下采样，然后将这两个池化层后面的卷积核改为空洞卷积，最后将 VGG16 的三个全连接层替换为卷积层，实现 Deeplab 模型的全卷积结构。为了获得与原图相同尺寸的输出，采用反卷积的方法对池化和卷积处理后得到的特征图进行反卷积，从而获得一个与输入图像尺寸大小相同的分割图像，最后使用全连接随机条件场对水陆分割图像进行细节优化，从而获得一个水面边界线边缘精细的分割图像。

上述步骤 40 具体包括输入实时采集到的水面图像至训练好的 Faster RCNN 网络，Faster RCNN 网络模型基于 AlexNet 卷积神经网络进行构建，具体由 Fast RCNN 网络和 RPN 网络两大部分构成，其中 Fast RCNN 网络和 RPN 网络的共享卷积层由 AlexNet 的前五层卷积神经网络构成，AlexNet 的第三个池化层修改为 ROI 池化层，保留 AlexNet 的两层全连接层，将最后一层 Softmax 分类器修改为用于框选水面障碍物的线性回归器和用于船只和漂浮物分类的线性回归器+Softmax 分类器层。参见图 3，水面图像首先通过共享卷积层提取原图像的特征图，其后将原图像的特征图送入 RPN 网络结构。对于共享卷积层输出的特征图，通过  $3 \times 3$  的卷积核进行卷积滑动产生滑动窗口，并且在每一个滑动窗口的中心点生成 9 个锚点框。据滑动窗口与原图像特征图之间的映射关系，可以从原图像中得到每一个锚点框的特征图，将这些特征图通过前向传播进入全连接层进而生成特征向量。随后将特征向量分别送入 Softmax 分类器和线性回归器来进行目标分类和定位。精简锚点框，选择区域得分高的锚点框为建议区域。将 RPN 网络输出的建议区域和原图特征图同时输入 ROI 池化层，提取建议区域对应位置的特征图，通过前向传播进入全连接层生成特征向量，最后通过 Softmax 分类器和线性回归器生成最终的区域分类得分和回归后的目标预测框，从而将输入图像存在的障碍物分为船只和漂浮物两个大类。计算 Faster RCNN 网络输出的预测框与图像语义分割网络输出的水面区域之间的交并比，对于分类为漂浮物的预测框，设定阈值为 0.8，低于此阈值的结果将给予剔除；对于分类为船只的预测框，设定阈值为 0.1，低于此阈值的结果将给予剔除；

上述步骤 50 具体包括采用棋盘格标定法，在不同角度不同位置分别选取棋盘格上的若干个角点，确定这些角点的相机坐标系中的坐标、世界坐标系中的坐标和雷达坐标系中的坐标，将对应坐标代入相机标定和联合标定的数学模型中，联立求解得到相机—雷达坐标转换方程中的三个旋转参数（既旋转矩阵）、三个平移参数（既平移矩阵）和一个尺度因子，以及相机—世界坐标转换方程



中的旋转矩阵和平移矩阵，从而确定坐标转换方程的具体形式。

上述步骤 60 具体包括在信息融合节点中，根据激光雷达坐标系和相机坐标系的转换方程，将激光雷达获得的点云坐标转换为相机坐标，再通过相机坐标系与像素坐标系之间的转换关系，将点云投影到成像平面，使得图像具有深度信息。最后将 Faster RCNN 输出的预测框和 Deeplab 模型输出的水面边界线的像素坐标信息和深度信息结合起来生成三维坐标，根据相机标定得到的相机外参转换为对应的世界坐标，从而确定障碍物和水面分界线在世界坐标系中的具体位置。

参见图 4，一种基于 ROS 的水面无人装备多源感知系统，ROS 信息处理模块包括感知和应用两部分。

感知部分通过 ROS 的节点机制建立了三个节点，分别是点云信息处理节点、图像信息处理节点和信息融合节点。图像信息处理节点内部包含了 Faster RCNN 和 Deeplab 模型两个卷积网络模型，图像通过卷积神经网络处理可以获得障碍物预测框和水面边界线的像素坐标信息，该信息通过 ROS 的话题订阅机制传输到信息融合节点等待下一步的处理；点云信息处理节点将点云信息转换为激光雷达坐标系下的标准坐标格式，并通过话题通信机制将点云坐标信息传输到信息融合节点。在信息融合节点，根据激光雷达坐标系和相机坐标系的转换方程，将点云坐标转换为相机坐标，再通过相机坐标系与像素坐标系之间的转换关系，将点云投影到成像平面，使得图像具有深度信息，由此获得图像的三维坐标；最后将根据相机外参将图像三维坐标转换为对应的世界坐标，从而确定障碍物和水面分界线的在世界坐标系中的具体位置。

应用部分包括 ROS 不同类型功能节点，包括避障节点、跟踪节点和路径规划节点等。避障节点通过订阅信息融合节点发布的话题来获取障碍物和水面边界线的世界坐标信息，并通过 VFH+避障算法建立向量场直方图，通过该直方图可以确定当前可行避障方向。跟踪节点通过订阅图像话题和目标检测话题来获取视频序列和障碍物预测框在图像上的像素坐标信息，通过手动框选确定跟踪目标后，激活 CF 目标跟踪算法，通过该跟踪算法的特征匹配和滤波处理后可以实时输出框选目标在每一帧图像中的坐标信息，从而实现跟踪功能。路径规划节点订阅语义分割话题和信息融合话题，通过分割图像获取水面和障碍物像素坐标，然后再根据信息融合话题获得其大致的世界坐标信息，通过该信息可以建立一个局部地图，在该地图上使用 RRT 搜索算法，获取当前局部地图的可行

通行路径。

上述实施例为本发明较佳的实施方式，但本发明的实施方式并不受上述实施例的限制，其他的任何未背离本发明的精神实质与原理下所作的改变、修饰、替代、组合、简化，均应为等效的置换方式，都包含在本发明的保护范围之内。

## 权 利 要 求 书

1、一种水面无人装备多源感知方法，其特征在于，包括以下步骤：

S1、实时采集水面无人装备多源感知系统的传感参量，获取水面图像的视觉信息和水面环境的三维点云信息；

S2、对预先采集到的水面图像进行人工标定，利用标定好的数据集对 Deeplab 模型和 Faster RCNN 模型进行训练并保存网络模型参数；

S3、通过 Deeplab 模型将实时输入的水面图像分割为背景、陆地和水面三类，根据水面区域的外围轮廓提取水面边界线；

S4、通过 Faster RCNN 网络模型提取水面障碍物的预测框，分别计算船只和漂浮物预测框与图像语义分割网络输出的水面区域之间的交并比，剔除无意义的障碍物检测结果；

S5、进行相机标定，获取相机内参和外参，然后进行三维激光雷达和相机的联合标定，结合标定结果获取雷达和相机之间的坐标转换关系；

S6、将激光雷达获得的三维点云数据根据坐标转换关系投影到相机获得的图像上，向图像添加深度信息，再通过相机坐标系-世界坐标系的坐标转换最终得到障碍物和水面边界线的世界坐标。

2、根据权利要求 1 所述的水面无人装备多源感知方法，其特征在于，所述步骤 S2 中的标定具体为：将水面图像从上到下像素级标定为背景、陆地和水面三类，用于 Deeplab 网络模型训练；将水面图像中的障碍物候选框标定为船只和漂浮物两类，用于 Faster RCNN 网络模型训练。

3、根据权利要求 1 所述的水面无人装备多源感知方法，其特征在于，所述步骤 S3 中 Deeplab 网络模型基于 VGG16 进行构建，首先去掉 VGG16 最后两个池化层的下采样，然后将这两个池化层后面的卷积核改为空洞卷积，最后将 VGG16 的三个全连接层替换为卷积层，实现 Deeplab 模型的全卷积结构；为了获得与原图相同尺寸的输出，采用反卷积的方法对池化和卷积处理后得到的特征图进行反卷积，从而获得一个与输入图像尺寸大小相同的分割图像，最后使用全连接随机条件场对水陆分割图像进行细节优化，从而获得一个水面边界线边缘精细的分割图像。

4、根据权利要求 1 所述的水面无人装备多源感知方法，其特征在于，所述步骤 S4 中 Faster RCNN 网络模型基于 AlexNet 卷积神经网络进行构建，具体由 Fast RCNN 网络和 RPN 网络构成，其中 Fast RCNN 网络和 RPN 网络的共享卷积层由 AlexNet 的前五层卷积神经网络构成，AlexNet 的第三个池化层修改为 ROI 池

化层，保留 AlexNet 的两层全连接层，将最后一层 Softmax 分类器修改为用于框选水面障碍物的线性回归器和用于船只和漂浮物分类的线性回归器+Softmax 分类器层；而在 RPN 网络中，添加一层卷积核为 3\*3 的卷积层来提取滑动窗口，其后接全连接层提取特征向量，最后是对输入特征向量进行区域评价的 Softmax 分类器层和边框回归层。

5、根据权利要求 1 所述的水面无人装备多源感知方法，其特征在于，所述步骤 S4 中对无意义检测结果的剔除过程具体为：以障碍物预测框与水面区域的交集占整个矩形框的比值作为指标来评判检测结果的合理性；对于分类为漂浮物的预测框，设定阈值为 0.8，低于此阈值的结果将给予剔除；对于分类为船只的预测框，设定阈值为 0.1，低于此阈值的结果将给予剔除；

6、根据权利要求 1 所述的水面无人装备多源感知方法，其特征在于，所述步骤 S6 具体为：根据激光雷达坐标系和相机坐标系的转换方程，将激光雷达获得的点云坐标转换为相机坐标，再通过相机坐标系与像素坐标系之间的转换关系，将点云投影到成像平面，使得图像具有深度信息；最后将 Faster RCNN 输出的预测框和 Deeplab 模型输出的水面边界线的像素坐标信息和深度信息结合起来生成三维坐标，根据相机标定得到的相机外参转换为对应的世界坐标，从而确定障碍物和水面分界线在世界坐标系中的具体位置。

7、一种水面无人装备多源感知系统，其特征在于，所述感知系统以 ROS 处理模块为核心，涵盖了水面无人装备信息传递、信息融合和信息输出功能的一个集成模块，所述 ROS 信息处理模块包括感知和应用两部分。

8、根据权利要求 1 所述的水面无人装备多源感知系统，其特征在于，所述感知部分通过 ROS 的节点机制建立了三个节点，分别是点云信息处理节点、图像信息处理节点和信息融合节点；

所述点云信息处理节点通过网口获取点云信息，并将点云信息转换为激光雷达坐标系下的标准坐标格式，最后通过话题通信机制将点云坐标信息传输到信息融合节点；

所述图像信息处理节点通过串口读取图像信息，该节点内部结合 Faster RCNN 和 Deeplab 模型两个卷积网络模型，图像通过卷积神经网络处理可以获得障碍物预测框和水面边界线的像素坐标信息，该信息通过 ROS 的话题订阅机制传输到其他节点等待下一步的处理；

所述信息融合节点通过订阅点云节点话题和图像话题获得对应的点云信息

和图像信息，根据激光雷达坐标系和相机坐标系的转换方程，将点云坐标转换为相机坐标，再通过相机坐标系与像素坐标系之间的转换关系，将点云投影到成像平面，使得图像具有深度信息，由此获得图像的三维坐标，最后将根据相机外参将图像三维坐标转换为对应的世界坐标，从而确定障碍物和水面分界线的在世界坐标系中的具体位置。

9、根据权利要求1所述的水面无人装备多源感知系统，其特征在于，所述应用部分涵盖 ROS 不同类型功能节点，包括避障节点、跟踪节点与路径规划节点，各节点通过 ROS 的分布式通信机制进行通信；ROS 通过节点管理器获得水面无人装备系统的所有节点信息与话题信息，并通过订阅与发布机制保证融合信息更新后能立刻被订阅节点所感知以获取最新信息，从而满足了水面无人装备的实时性避障与路径规划要求；通过应用 ROS 的话题通信机制，将感知部分获得的传感信息融合后实时上传到对应的话题并发布出去，应用节点订阅该话题，通过限定消息队列为 1，在话题的消息文件更新时第一时间获取融合信息，并根据该信息进行对应的避障和路径规划动作，保证无人装备面对环境的变化以第一时间感知并做出快速反应动作。

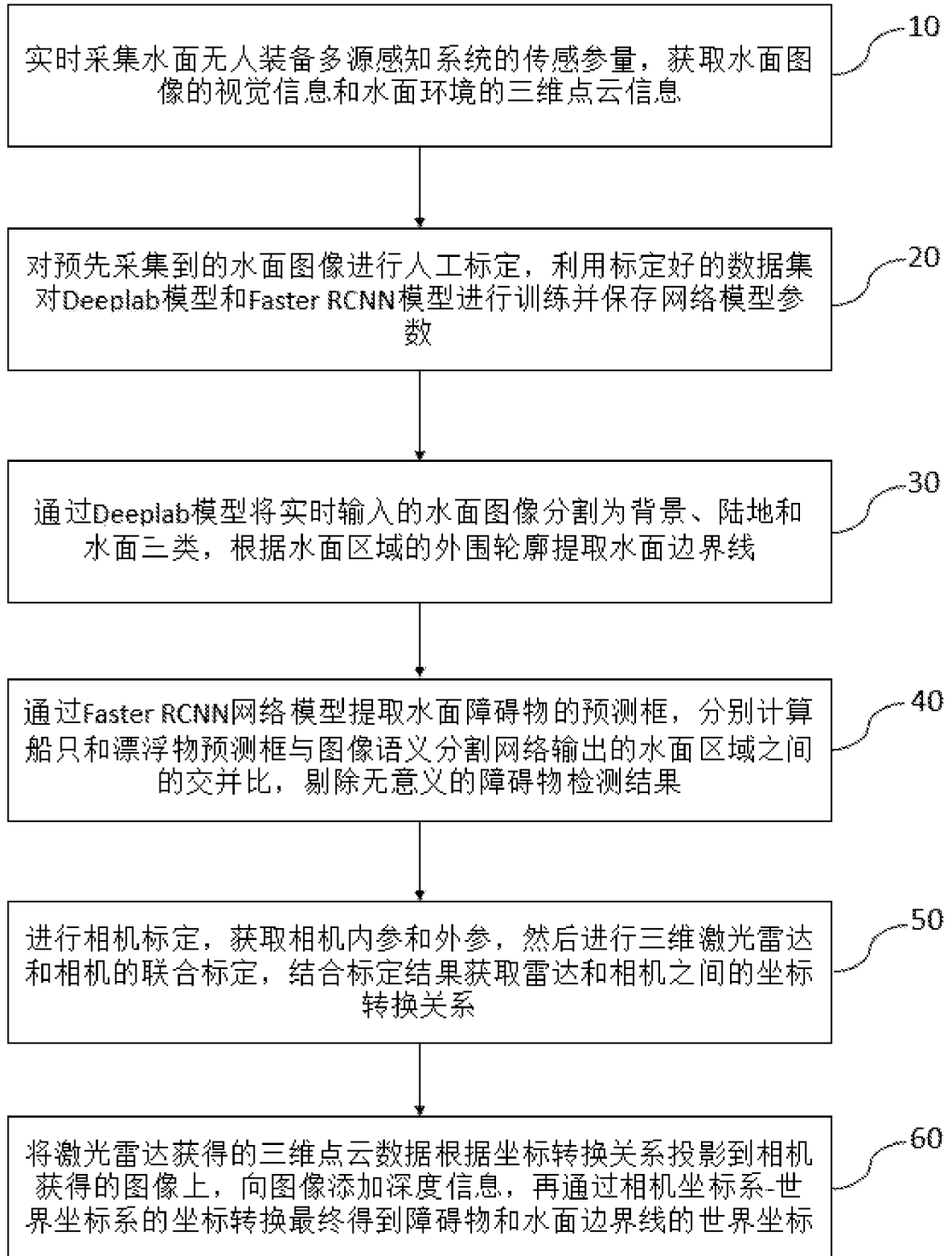


图 1

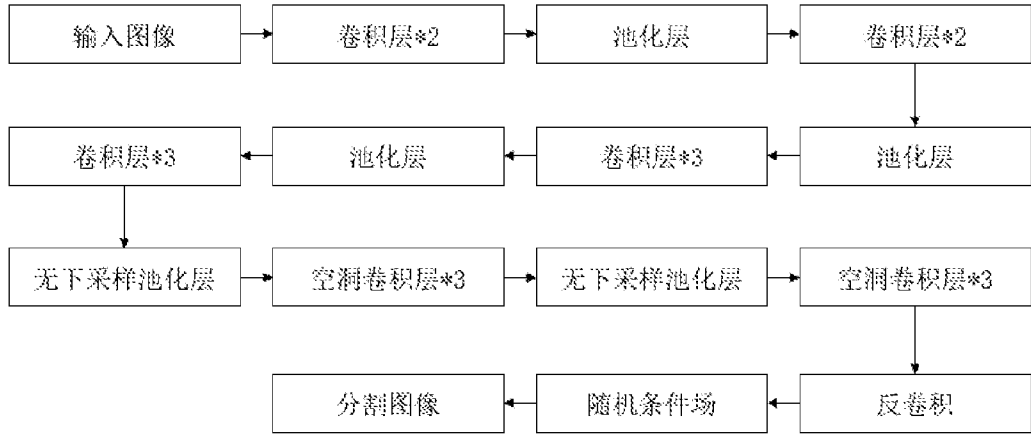


图 2

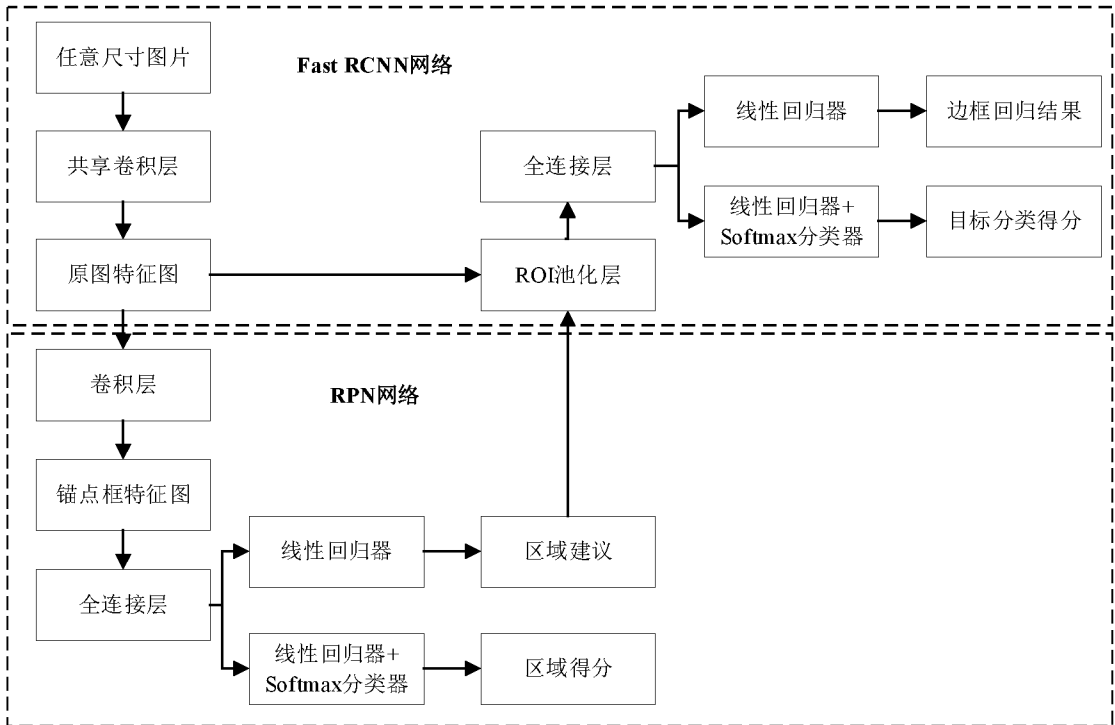


图 3

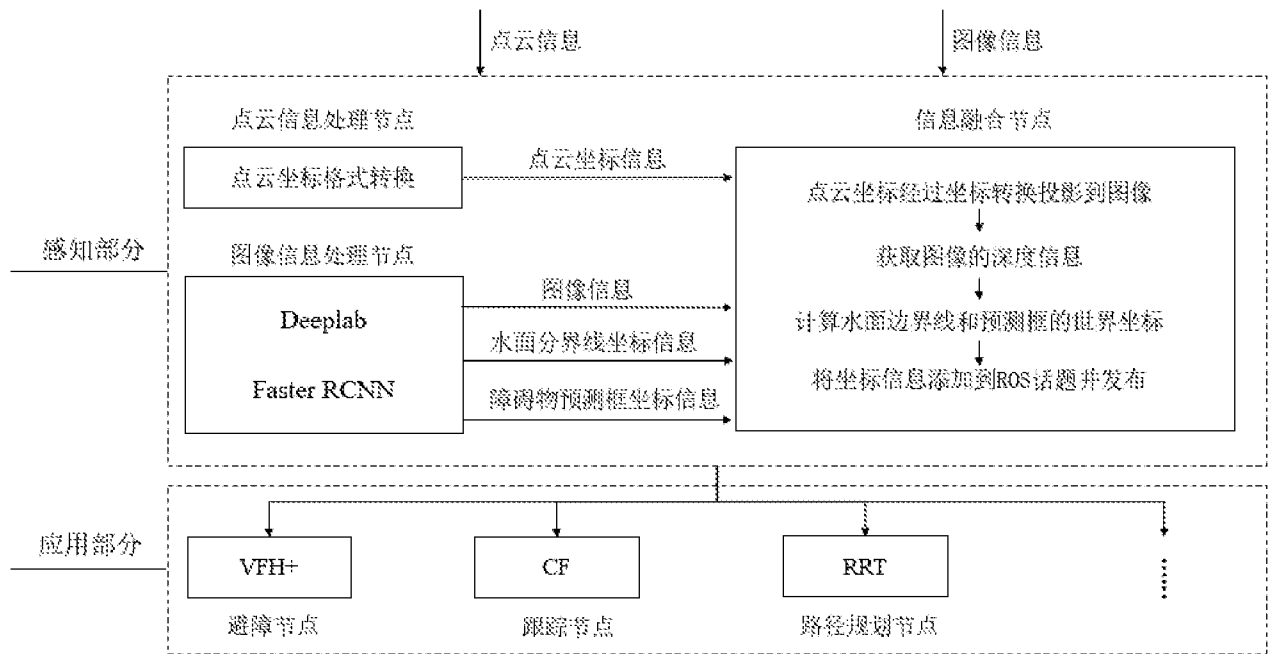


图 4



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/CN2019/089748

| <b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>   |   |   |
|--|---|---|
| G06K 9/46(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i; G05D 1/02(2020.01)i  |   |   |
| According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC  |   |   |
| <b>B. FIELDS SEARCHED</b>  |   |   |
| Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)<br>G06K; G06T; G05D  |   |   |
| 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)<br>CNABS, VEN, CN/EP/US/JP/KR/TXT, CNKI: 无人, 遥控, 多源, 多传感器, 感知, 视觉, 点云, 三维激光雷达, 网络模型, 自动控制, unmanned, remote control, sensor?, vision, radar, deeplab, RCNN, ROS   |   |   |
| <b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>  |   |   |
| Category*  | Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages  | Relevant to claim No.   |
| X  | CN 106843209 A (SHANGHAI HUACE NAVIGATION TECHNOLOGY CO., LTD.) 13 June 2017 (2017-06-13)<br>description, paragraphs 0016-0021, and figures 1-2 | 7   |
| A  | CN 109444911 A (HARBIN ENGINEERING UNIVERSITY) 08 March 2019 (2019-03-08)<br>description, paragraphs 0024-0040, and figures 1-2                 | 1-9   |
| A  | CN 106709568 A (BEIJING UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 24 May 2017 (2017-05-24)<br>entire document   | 1-9   |
| A  | CN 108171796 A (YANSHAN UNIVERSITY) 15 June 2018 (2018-06-15)<br>entire document  | 1-9   |
| A  | CN 108469817 A (WUHAN UNIVERSITY OF TECHNOLOGY) 31 August 2018 (2018-08-31)<br>entire document  | 1-9   |
| A  | KR 20140141174 A (KOREA ADVANCED INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY) 10 December 2014 (2014-12-10)<br>entire document                          | 1-9   |
| <input type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.   |   |   |
| * Special categories of cited documents:<br>"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance<br>"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date<br>"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)<br>"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means<br>"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed<br>"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<br>"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<br>"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<br>"&" document member of the same patent family |   |   |
| Date of the actual completion of the international search<br><b>12 February 2020</b>   |   | Date of mailing of the international search report<br><b>27 February 2020</b> |
| Name and mailing address of the ISA/CN<br><b>China National Intellectual Property Administration<br/>No. 6, Xitucheng Road, Jimenqiao Haidian District, Beijing<br/>100088<br/>China</b><br>Facsimile No. (86-10)62019451  |   | Authorized officer<br><br>Telephone No.                                       |

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

|   |
|---|
| International application No.<br><b>PCT/CN2019/089748</b> |
|---|

| Patent document cited in search report |             |   | Publication date (day/month/year) | Patent family member(s) |           |    | Publication date (day/month/year) |
|--|-------------|---|-----------------------------------|-------------------------|-----------|----|-----------------------------------|
| CN                                     | 106843209   | A | 13 June 2017                      | None                    |           |    |                                   |
| CN                                     | 109444911   | A | 08 March 2019                     | None                    |           |    |                                   |
| CN                                     | 106709568   | A | 24 May 2017                       | CN                      | 106709568 | B  | 22 March 2019                     |
| CN                                     | 108171796   | A | 15 June 2018                      | None                    |           |    |                                   |
| CN                                     | 108469817   | A | 31 August 2018                    | None                    |           |    |                                   |
| KR                                     | 20140141174 | A | 10 December 2014                  | KR                      | 101486543 | B1 | 26 January 2015                   |

国际检索报告

国际申请号

PCT/CN2019/089748

| <p><b>A. 主题的分类</b></p> <p>G06K 9/46(2006.01)i; G06T 7/00(2017.01)i; G05D 1/02(2020.01)i</p> <p>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</p>   |   |  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
|--|---|--|-----|-------------------|---------|---|--|---|---|--|-----|---|--|-----|---|--|-----|---|--|-----|---|---|-----|
| <p><b>B. 检索领域</b></p> <p>检索的最低限度文献(标明分类系统和分类号)</p> <p>G06K; G06T; G05D</p> <p>包含在检索领域中的除最低限度文献以外的检索文献</p> <p>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))</p> <p>CNABS, VEN, CN/EP/US/JP/KRTEXT, CNKI:无人, 遥控, 多源, 多传感器, 感知, 视觉, 点云, 三维激光雷达, 网络模型, 自动控制, unmanned, remote control, sensor?, vision, radar, deeplab, RCNN, ROS</p>   |   |  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| <p><b>C. 相关文件</b></p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>类型*</th> <th>引用文件, 必要时, 指明相关段落</th> <th>相关的权利要求</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>X</td> <td>CN 106843209 A (上海华测导航技术股份有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第0016-0021段, 图1-2</td> <td>7</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 109444911 A (哈尔滨工程大学) 2019年 3月 8日 (2019 - 03 - 08) 说明书第0024-0040段, 图1-2</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 106709568 A (北京工业大学) 2017年 5月 24日 (2017 - 05 - 24) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108171796 A (燕山大学) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>CN 108469817 A (武汉理工大学) 2018年 8月 31日 (2018 - 08 - 31) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>KR 20140141174 A (KOREA ADVANCED INST SCI &amp; TECH) 2014年 12月 10日 (2014 - 12 - 10) 全文</td> <td>1-9</td> </tr> </tbody> </table> |   |  | 类型* | 引用文件, 必要时, 指明相关段落 | 相关的权利要求 | X | CN 106843209 A (上海华测导航技术股份有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第0016-0021段, 图1-2 | 7 | A | CN 109444911 A (哈尔滨工程大学) 2019年 3月 8日 (2019 - 03 - 08) 说明书第0024-0040段, 图1-2 | 1-9 | A | CN 106709568 A (北京工业大学) 2017年 5月 24日 (2017 - 05 - 24) 全文 | 1-9 | A | CN 108171796 A (燕山大学) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15) 全文 | 1-9 | A | CN 108469817 A (武汉理工大学) 2018年 8月 31日 (2018 - 08 - 31) 全文 | 1-9 | A | KR 20140141174 A (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH) 2014年 12月 10日 (2014 - 12 - 10) 全文 | 1-9 |
| 类型*  | 引用文件, 必要时, 指明相关段落   | 相关的权利要求  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| X  | CN 106843209 A (上海华测导航技术股份有限公司) 2017年 6月 13日 (2017 - 06 - 13) 说明书第0016-0021段, 图1-2  | 7  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| A  | CN 109444911 A (哈尔滨工程大学) 2019年 3月 8日 (2019 - 03 - 08) 说明书第0024-0040段, 图1-2          | 1-9  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| A  | CN 106709568 A (北京工业大学) 2017年 5月 24日 (2017 - 05 - 24) 全文                            | 1-9  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| A  | CN 108171796 A (燕山大学) 2018年 6月 15日 (2018 - 06 - 15) 全文                              | 1-9  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| A  | CN 108469817 A (武汉理工大学) 2018年 8月 31日 (2018 - 08 - 31) 全文                            | 1-9  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| A  | KR 20140141174 A (KOREA ADVANCED INST SCI & TECH) 2014年 12月 10日 (2014 - 12 - 10) 全文 | 1-9  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| <p><input type="checkbox"/> 其余文件在C栏的续页中列出。</p> <p><input checked="" type="checkbox"/> 见同族专利附件。</p>   |   |  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| <p>* 引用文件的具体类型:</p> <p>“A” 认为不特别相关的表示了现有技术一般状态的文件</p> <p>“E” 在国际申请日的当天或之后公布的在先申请或专利</p> <p>“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)</p> <p>“O” 涉及口头公开、使用、展览或其他方式公开的文件</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“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</p> <p>“&amp;” 同族专利的文件</p>  |   |  |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| <p>国际检索实际完成的日期</p> <p>2020年 2月 12日</p>   |   | <p>国际检索报告邮寄日期</p> <p>2020年 2月 27日</p>              |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |
| <p>ISA/CN的名称和邮寄地址</p> <p>中国国家知识产权局(ISA/CN)</p> <p>中国北京市海淀区蓟门桥西土城路6号 100088</p> <p>传真号 (86-10)62019451</p>  |   | <p>授权官员</p> <p>李秀芳</p> <p>电话号码 86-010-62085885</p> |     |                   |         |   |  |   |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |  |     |   |   |     |

国际检索报告  
关于同族专利的信息

国际申请号  
PCT/CN2019/089748

| 检索报告引用的专利文件 |             |   | 公布日<br>(年/月/日) | 同族专利         | 公布日<br>(年/月/日)  |
|-------------|-------------|---|----------------|--------------|-----------------|
| CN          | 106843209   | A | 2017年 6月 13日   | 无            |                 |
| CN          | 109444911   | A | 2019年 3月 8日    | 无            |                 |
| CN          | 106709568   | A | 2017年 5月 24日   | CN 106709568 | B 2019年 3月 22日  |
| CN          | 108171796   | A | 2018年 6月 15日   | 无            |                 |
| CN          | 108469817   | A | 2018年 8月 31日   | 无            |                 |
| KR          | 20140141174 | A | 2014年 12月 10日  | KR 101486543 | B1 2015年 1月 26日 |