



(12)发明专利申请

(10)申请公布号 CN 108089588 A
(43)申请公布日 2018.05.29

(21)申请号 201611032047.1

(22)申请日 2016.11.22

(71)申请人 中国科学院沈阳自动化研究所
地址 110016 辽宁省沈阳市东陵区南塔街
114号

(72)发明人 刘铁军 姜志斌 李吉旭

(74)专利代理机构 沈阳科苑专利商标代理有限公司 21002

代理人 王倩

(51)Int.Cl.

G05D 1/06(2006.01)

G01C 13/00(2006.01)

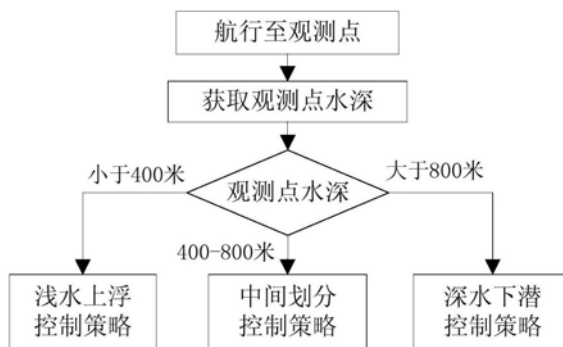
权利要求书1页 说明书5页 附图1页

(54)发明名称

一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法

(57)摘要

本发明涉及一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,1)水下机器人到达观测点后,获取观测点处水下机器人的深度值和高度值;2)将观测的深度值分为多个阶段:浅水上浮段:AUV所处水深小于等于n米;中间划分段:AUV所处水深大于n米且小于2n米;深水下潜段:AUV所处水深大于等于2n米;3)AUV根据观测的深度值所处的阶段,选择相应的AUV观测控制方法。本发明有效克服了人为设定观测水深粗糙和不合理的情况,适用于复杂海洋环境下更为精细智能的自主观测任务。本发明能显著提高AUV在不确定的复杂海洋环境中自适应性和自主完成任务的可靠性。



1. 一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,其特征在于包括以下步骤:

1) 水下机器人到达观测点后,获取观测点处水下机器人的深度值和高度值;

2) 将观测的深度值分为三个阶段:

浅水上浮段:AUV所处水深小于等于n米;

中间划分段:AUV所处水深大于n米且小于2n米;

深水下潜段:AUV所处水深大于等于n米;

3) AUV根据观测的深度值所处的阶段,选择相应的AUV观测控制方法。

2. 根据权利要求1所述的一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,其特征浅水上浮段的AUV观测控制方法,包括以下步骤:

AUV上浮至水面,并将ADCP设置为测流模式,进行设定时间的观测;观测完毕后,处理观测数据,并将观测结果发送至母船。

3. 根据权利要求1所述的一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,其特征中间划分段的AUV观测控制方法,包括以下步骤::

首先设定观测深度为水深的一半;

AUV上浮或下潜至设定的观测深度,将ADCP设置为测流模式,调平AUV姿态,进行第1次观测;然后上浮至水面进行设定时间的观测;观测完毕后,处理观测数据,并将观测结果发送至母船。

4. 根据权利要求1所述的一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,其特征深水下潜段的AUV观测控制方法,包括以下步骤:

AUV下潜至2n米,将ADCP设置为测流模式,调平AUV姿态,进行第1次观测;然后上浮至n米,调平AUV姿态,进行第2次观测;最后上浮至水面,调平AUV姿态,进行第3次观测;观测完毕后,处理观测数据,并将观测结果发送至母船。

5. 根据权利要求2或3或4任一项所述的一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,其特征在于所述观测结果通过以下公式得到:

$$\begin{cases} v_{e_{flow}} = v_{x_rel} * \cos(yaw * GR_to_R) + v_{y_rel} * \sin(yaw * GR_to_R), \\ v_{n_{flow}} = -v_{x_rel} * \sin(yaw * GR_to_R) + v_{y_rel} * \cos(yaw * GR_to_R), \\ v_{v_{flow}} = v_{z_{flow}}. \end{cases}$$

$v_{e_{flow}}$ 、 $v_{n_{flow}}$ 、 $v_{v_{flow}}$ 分别为大地坐标系下东向、北向和垂向的海流, v_{x_rel} 、 v_{y_rel} 分别为载体坐标系下前向和右向的水流速度,yaw为AUV测流时的航向角,GR_to_R表示角度转换为弧度;

$$\begin{cases} v_{x_rel} = v_forward - v_{x_{flow}}, \\ v_{y_rel} = v_right - v_{y_{flow}}. \end{cases}$$

其中, $v_forward$ 、 v_right 分别为载体坐标系下前向、右向的对地速度, $v_{x_{flow}}$ 、 $v_{y_{flow}}$ 、 $v_{z_{flow}}$ 分别为载体坐标系下前向、右向和垂向的对流速度。

6. 根据权利要求1所述的一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,其特征n为ADCP观测水流深度的上限值。

一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,属于水下机器人观测技术领域。

背景技术

[0002] 针对特定海域长期定点连续观测需求,利用自主水下机器人技术,可以实现自航式、长期定点、垂直剖面连续观测的要求,获得特定海域长期定点剖面的海洋环境参数连续观测数据。水下机器人的观测深度设定是获取特定海域观测数据非常普遍而重要的一环,实现自适应划分观测点处的观测深度能提高观测数据的完备性,对观测任务的执行具有显著的实用价值。

[0003] 水下机器人用于观测任务时,观测深度通常由科研人员根据先验的海图信息人为设定,存在两方面缺点,缺点1:海图分辨率有限,无法精确合理地设定观测深度;缺点2:由于海底地形活动较为频繁,导致实际地形和海图存在不一致情况,人为设定观测深度容易导致AUV触底或者触发AUV的故障处理阈值发生抛载等,使得观测任务失败甚至给水下机器人带来危险。分段自适应规划方法,能根据观测点处的实际水深,自主规划观测深度及决策相应的控制策略,能充分完全地获得观测点处的观测数据,提高AUV执行观测任务的合理性,也能保障AUV的安全性。

[0004] 因此,研究实用工程化的水下机器人的观测深度划分方法,提高水下机器人观测深度划分的合理性,是当前水下机器人自主观测中的一个重要问题。

发明内容

[0005] 本发明针对水下机器人的观测深度人为设定的缺点,提出了一种分段自适应规划方法,可根据观测点的水深实现简便快捷的自适应划分观测深度,提高了观测深度设置的合理性和观测作业的完备性。

[0006] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,包括以下步骤:

[0007] 1) 水下机器人到达观测点后,获取观测点处水下机器人的深度值和高度值;

[0008] 2) 将观测的深度值分为三个阶段:

[0009] 浅水上浮段:AUV所处水深小于等于n米;

[0010] 中间划分段:AUV所处水深大于n米且小于2n米;

[0011] 深水下潜段:AUV所处水深大于等于n米;

[0012] 3) AUV根据观测的深度值所处的阶段,选择相应的AUV观测控制方法。

[0013] 浅水上浮段的AUV观测控制方法,包括以下步骤:

[0014] AUV上浮至水面,并将ADCP设置为测流模式,进行设定时间的观测;观测完毕后,处理观测数据,并将观测结果发送至母船。

[0015] 中间划分段的AUV观测控制方法,包括以下步骤::

[0016] 首先设定观测深度为水深的一半；

[0017] AUV上浮或下潜至设定的观测深度，将ADCP设置为测流模式，调平AUV姿态，进行第1次观测；然后上浮至水面进行设定时间的观测；观测完毕后，处理观测数据，并将观测结果发送至母船。

[0018] 深水下潜段的AUV观测控制方法，包括以下步骤：

[0019] AUV下潜至2n米，将ADCP设置为测流模式，调平AUV姿态，进行第1次观测；然后上浮至n米，调平AUV姿态，进行第2次观测；最后上浮至水面，调平AUV姿态，进行第3次观测；观测完毕后，处理观测数据，并将观测结果发送至母船。

[0020] 所述观测结果通过以下公式得到：

$$[0021] \begin{cases} v_{e_{flow}} = v_{x_{rel}} * \cos(yaw * GR_to_R) + v_{y_{rel}} * \sin(yaw * GR_to_R), \\ v_{n_{flow}} = -v_{x_{rel}} * \sin(yaw * GR_to_R) + v_{y_{rel}} * \cos(yaw * GR_to_R), \\ v_{v_{flow}} = v_{z_{flow}}. \end{cases}$$

[0022] $v_{e_{flow}}$ 、 $v_{n_{flow}}$ 、 $v_{v_{flow}}$ 分别为大地坐标系下东向、北向和垂向的海流， $v_{x_{rel}}$ 、 $v_{y_{rel}}$ 分别为载体坐标系下前向和右向的水流速度， yaw 为AUV测流时的航向角， GR_to_R 表示角度转换为弧度；

$$[0023] \begin{cases} v_{x_{rel}} = v_{forward} - v_{x_{flow}}, \\ v_{y_{rel}} = v_{right} - v_{y_{flow}}. \end{cases}$$

[0024] 其中， $v_{forward}$ 、 v_{right} 分别为载体坐标系下前向、右向的对地速度， $v_{x_{flow}}$ 、 $v_{y_{flow}}$ 、 $v_{z_{flow}}$ 分别为载体坐标系下前向、右向和垂向的对流速度。

[0025] n 为ADCP观测水流深度的上限值

[0026] 本发明具有以下有益效果及优点：

[0027] 1. 本发明将AUV观测作业任务时的观测深度采用分段自适应方法进行规划，实现了AUV自主智能决策观测深度。

[0028] 2. 本发明将观测深度分段自适应规划方法和相应的控制策略相结合，使AUV针对不同水深都能采取合理的观测深度选择，对复杂地形和不同水深的观测具有较强的适应性和鲁棒性。

[0029] 3. 本发明设计的水下机器人的观测深度分段自适应规划方法，简单实用，能方便快捷地进行代码实现，有利于工程应用。

[0030] 4. 分段自适应规划观测水深的方法有效克服了人为设定观测水深粗糙和不合理的情况，适用于复杂海洋环境下更为精细智能的自主观测任务。本发明能显著提高AUV在不确定的复杂海洋环境中自适应性和自主完成任务的可靠性。

附图说明

[0031] 图1为本发明的观测水深自适应规划总体架构图；

[0032] 图2为本发明的浅水上浮控制策略图；

[0033] 图3为本发明的中间划分控制策略图；

[0034] 图4为本发明的深水下潜控制策略图。

具体实施方式

[0035] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0036] 如图1所示,本发明涉及一种自主水下机器人(Autonomous Underwater Vehicle, AUV)的观测深度分段自适应规划方法;所述观测深度自主决策方法采用分段自适应方法:首先,AUV通过声学多普勒流速剖面仪(Acoustic Doppler Current Profilers, ADCP)和深度计分别实时测量AUV所处位置的高度值和深度值,得到深/高度信息,在AUV到达任务规划的观测点后,通过计算AUV当前位置的水深值,将观测深度分为浅水上浮、中间划分、深水下潜三个阶段,分段自适应调整观测作业所需的设定观测深度和相应的控制策略。

[0037] 以75KHz ADCP打底距离800米、测流能力400米为例,水深小于400米定义为浅水上浮段,AUV上浮到水面进行海流观测;水深在400米到800米之间定义为中间划分段,分两次观测,AUV上浮或下潜至水深的中间位置进行第一次观测,然后上浮至水面进行第二次观测;水深大于800米定义为深水下潜段,分三次观测,AUV下潜至水深800米处进行第一次观测,然后上浮至水深400米处,进行第二次观测,最后上浮至水面进行第三次观测。

[0038] 一种水下机器人的观测深度分段自适应规划方法,分段自适应规划包括三个阶段,分别是浅水上浮、中间划分、深水下潜;

[0039] 浅水上浮段,AUV到达观测点后,计算水深属于该段范围,上浮到水面进行海流观测;

[0040] 中间划分段,AUV到达观测点后,计算水深属于该段范围,将该段的观测深度设定为水深的一半,连续进行2次海流观测;

[0041] 深水下潜段,AUV到达观测点后,计算水深属于该段范围,将该段的观测深度分别设定为400米和800米,连续进行3次海流观测;

[0042] 将观测点的观测深度分段自适应规划后,自主决策出相应的控制策略。

[0043] 本发明具体包括以下步骤:

[0044] 第一步:获取有效的观测点处的深度值和高度值,描述如下:

[0045] AUV在水下航行到预定观测点后,停止航行。判断ADCP是否能打到水底,如果ADCP通信有效且处于打不到底状态,高度值采用ADCP对底高度的最大值;如果ADCP通信有效且能打到底,高度值采用ADCP探测的实时高度值。采集ADCP和深度计实时探测的高度值和深度值,传送给自动驾驶单元进行自主决策观测深度。

[0046] 第二步:根据第一步获取的AUV当前高度值和深度值,计算基于分段自适应方法的观测深度,依次将观测深度分为三个阶段:

[0047] (1) 浅水上浮段:观测点处,AUV所处水深小于400米。观测深度为水面。

[0048] (2) 中间划分段:观测点处,AUV所处水深在400米至800米之间。需要进行两次观测,观测深度分别为所处水深的一半及水面。

[0049] (3) 深水下潜段:观测点处,AUV所处水深大于800米。需要进行3次观测,观测深度分别为800米、400米及水面。

[0050] 第三步:根据第二步得出的观测深度,自主选择相应的AUV观测控制策略,传输给AUV的运动控制层,进行观测作业。

[0051] (1) 浅水上浮段控制策略,如图2所示。

[0052] (2) 中间划分段控制策略,如图3所示。

[0053] (3) 深水下潜段控制策略,如图4所示。

[0054] AUV到达观测点后,计算水深属于的范围,然后选择执行相应策略:

[0055] 如图2所示,浅水上浮段设计如下:

[0056] 打开CTD等探测传感器,上浮至水面;关闭CTD等探测传感器,将ADCP设置为测流模式,调整AUV在水面的姿态,进行一定时间的观测;观测完毕后,处理观测数据,并将观测结果通过铱星发送回母船的监控平台。

[0057] 如图3所示,中间划分段设计如下:

[0058] 将第1次的观测深度设定为水深的一半;上浮或下潜至人为设定的观测深度,打开CTD(温盐深仪)、多参数水质仪等探测传感器,上浮或下潜至第1次观测深度;将ADCP设置为测流模式,调平AUV姿态,进行第1次观测;第1次观测完后,上浮至水面进行第2次观测,以下步骤同浅水上浮段设计。

[0059] 如图4所示,深水下潜段设计如下:

[0060] 将观测深度分别设定为400米和800米;AUV下潜至800米,将ADCP设置为测流模式,调平AUV姿态,进行第1次观测;打开CTD、多参数水质仪等探测传感器,上浮至400米,调平AUV姿态,进行第2次观测;上浮至水面,调平AUV姿态,进行第3次观测,观测完毕后步骤同浅水上浮段设计。

[0061] 第四步:根据第三步观测到的海流信息,进行在线处理,并通过铱星发回给母船上的监控平台,确保观测信息获取的安全性和可靠性。

[0062] 观测到的海流信息是在载体坐标系下的前向、右向和垂向的海流值,需要转换为大地坐标系下的相应值。

[0063] 符号假定:

[0064] $v_{x_{flow}}$ 、 $v_{y_{flow}}$ 、 $v_{z_{flow}}$:载体坐标系下前向、右向和垂向的对流速度,单位米/秒;

[0065] $v_{e_{flow}}$ 、 $v_{n_{flow}}$ 、 $v_{v_{flow}}$:大地坐标系下东向、北向和垂向的海流,单位米/秒;

[0066] $v_{_forward}$ 、 $v_{_right}$:载体坐标系下前向、右向的对地速度,单位米/秒;

[0067] yaw :AUV测流时的航向角,单位为角度;

[0068] GR_to_R :角度转换为弧度,其值为 $\pi/180$;

[0069] v_{x_rel} 、 v_{y_rel} :载体坐标系下前向和右向的水流速度,单位米/秒。

[0070] 计算载体坐标系下前向和右向的流速,如下式:

$$[0071] \begin{cases} v_{x_rel} = v_{_forward} - v_{x_{flow}}, \\ v_{y_rel} = v_{_right} - v_{y_{flow}}. \end{cases} \quad (1)$$

[0072] 计算大地坐标系下,东向、北向和垂向的流速,如下式:

[0073]

$$\begin{cases} v_{e_{flow}} = v_{x_rel} * \cos(yaw * GR_to_R) + v_{y_rel} * \sin(yaw * GR_to_R), \\ v_{n_{flow}} = -v_{x_rel} * \sin(yaw * GR_to_R) + v_{y_rel} * \cos(yaw * GR_to_R), \\ v_{v_{flow}} = v_{z_{flow}}. \end{cases} \quad (2)$$

[0074] 多次观测处理海流数据时,每次都通过式(2)得到大地坐标系下东向、北向和垂向的流速,然后将多次得到的流速自动进行数据分包,通过铱星链路发送短信传回至监控母

船。

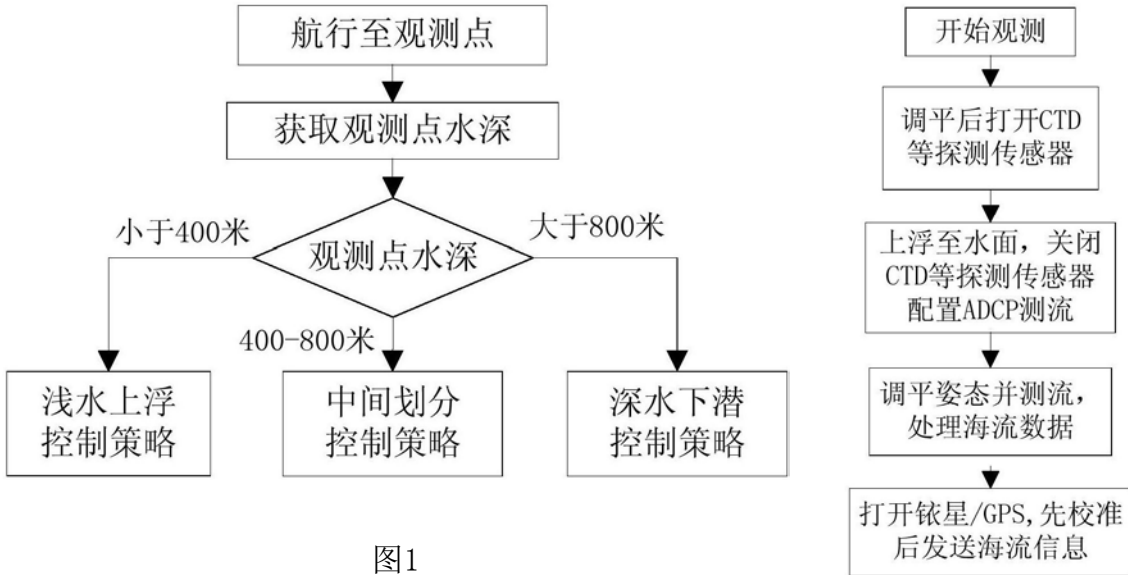


图1

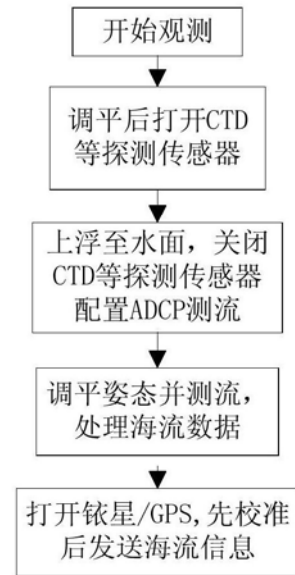


图2

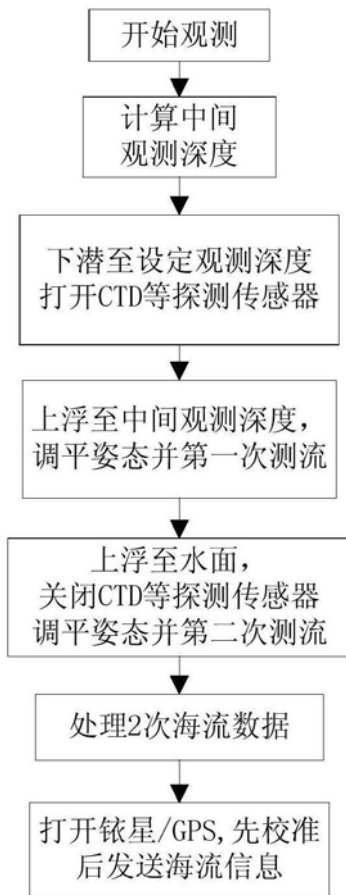


图3

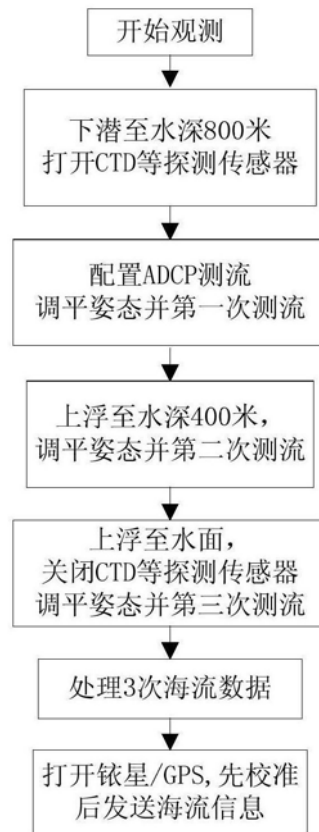


图4