



(12) 发明专利申请

(10) 申请公布号 CN 104679008 A

(43) 申请公布日 2015. 06. 03

(21) 申请号 201310618964. 8

(22) 申请日 2013. 11. 27

(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 王飞 刘健

(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 许宗富 周秀梅

(51) Int. Cl.
G05D 1/10(2006. 01)

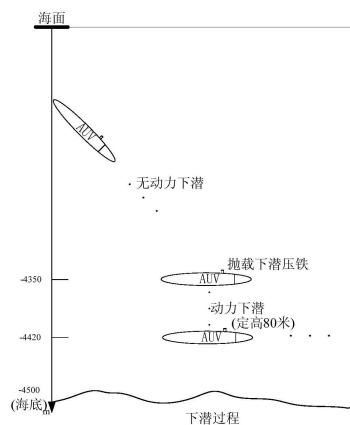
权利要求书2页 说明书4页 附图2页

(54) 发明名称

一种 AUV 自主寻底控制方法

(57) 摘要

本发明公开一种 AUV 自主寻底控制方法, 该发明适用于水下无人无缆潜器(AUV)在下潜过程中的寻底控制。该发明将载体下潜过程分解为无动力下潜和动力下潜两个阶段, 并通过多个传感器数据的融合, 实现载体安全到达在预定的高度并顺利进入探测作业。本发明操作简单, 安全实用, 可有效实现 AUV 在下潜过程中的寻底任务, 提高了 AUV 系统实际应用的可靠性。



1. 一种 AUV 自主寻底控制方法,其特征在于,包括以下步骤:
 AUV 无动力下潜至预定深度,并抛载下潜压铁;
 AUV 在预定深度悬停,根据姿态传感器的信息调整 AUV 姿态;
 AUV 从预定深度开始进行垂直寻底操作;
 AUV 到达预定高度后,开始定高航行。

2. 根据权利要求 1 所述的一种 AUV 自主寻底控制方法,其特征在于,所述 AUV 无动力下潜过程中,根据深度传感器判断是否到达预定深度。

3. 根据权利要求 1 所述的一种 AUV 自主寻底控制方法,其特征在于,所述 AUV 在预定深度根据姿态反馈信息确定悬停时间。

4. 根据权利要求 1 所述的一种 AUV 自主寻底控制方法,其特征在于,所述 AUV 的垂向速度由深度偏差微分及垂向加速度信息积分来推算。

5. 根据权利要求 1 所述的一种 AUV 自主寻底控制方法,其特征在于,所述垂直寻底操作采用自适应滤波算法,具体为:

离散系统的状态方程为:

$$s_k = As_k + Bu_k + w_k \quad (2)$$

$$z_k = Hs_k + v_k$$

初始化:

$$s_{0|0} = \bar{h}_0$$

$$P_{0|0} = 10^{-6} * I$$

预测:

$$\hat{s}_{k|k-1} = A\hat{s}_{k-1|k-1} + Bu_k$$

$$P_{k|k-1} = AP_{k-1|k-1}A^T + BQ_{k-1}B^T$$

更新:

$$K_k = P_{k|k-1}H^T(HP_{k|k-1}H^T + R_k)^{-1}$$

$$\hat{s}_{k|k} = \hat{s}_{k|k-1} + K_k \left[z_k - H\hat{s}_{k|k-1} \right]$$

$$P_{k|k} = (I - K_k)HP_{k|k-1}$$

其中, $s_k = h_k$, 表示 k 时刻载体所在的对底高度,其初始化由深度信息结合实地海深估算得到; $u_k = V_k \Delta t$, V_k 表示 k 时刻载体的垂向速度,由加速度积分得到, Δt 表示速度间隔时间; $Q_k = \text{diag}(w_k^2)$, $R_k = \text{diag}(v_k^2)$, I 是单位矩阵; z_k 是 k 时刻多普勒的测底高度值; w_k 是过程驱动噪声, v_k 为观测噪声, Q_k 、 R_k 分别为过程噪声和观测噪声的协方差矩阵。

6. 根据权利要求 1 所述的一种 AUV 自主寻底控制方法,其特征在于,在 AUV 自主寻底过程中,各个传感器对 AUV 的状态进行监控,其报警过程包括状态监测机制,即

$$\hat{h}_k = h_{k-1} + v_0 \Delta t \quad (1)$$

$$|\hat{h}_k - h_k| < \sigma_h$$

其中 v_0 是载体动力下潜时的垂向速度, σ_k 是载体离底高度的估计量偏差, h_k 是 k 时刻

多普勒的测底距离值, h_{k-1} 是 $k-1$ 时刻多普勒的测底距离值, \hat{h}_k 是 k 时刻测底距离值的估计值, Δt 是两次测底之间的时间间隔, 如果(1)式成立, 则传感器产生的报警有效, AUV 抛载上浮; 否则, 视为虚警。

一种 AUV 自主寻底控制方法

技术领域

[0001] 本发明涉及水下机器人技术领域,尤其涉及一种 AUV 自主寻底控制方法。

背景技术

[0002] AUV 在水下执行任务时一般要经历下潜、海底航行作业、抛载上浮等三个主要工作阶段,本发明主要针对 AUV 的下潜工作过程。通常情况下, AUV 从海面以 45° 到 50° 的倾角无动力下潜,当到达一定深度以后,依靠测距声纳获取的参数来判定是否到达预定高度,如果到达便抛载下潜压铁,并以定高模式航行作业。由于深度计在水下的误差随深度的增加而加大,预定抛载深度与实际抛载深度存在一定偏差,同时测距声纳在实际工作过程中作用距离有限且容易产生虚警,这有可能造成载体近海底抛载或者远离海底抛载,前者对载体而言是相当危险的,后者则造成载体寻底任务失败。因此,传统的寻底方法其安全性和可靠性均得不到有效地保障。

发明内容

[0003] 为解决现有技术中存在的问题,本发明要解决的问题是提供一种 AUV 自主寻底控制方法,使得 AUV 能够安全、稳定、可靠地完成下潜寻底过程。

[0004] 本发明为实现上述目的所采用的技术方案是:一种 AUV 自主寻底控制方法,包括以下步骤:

[0005] AUV 无动力下潜至预定深度,并抛载下潜压铁;

[0006] AUV 在预定深度悬停,根据姿态传感器的信息调整 AUV 姿态;

[0007] AUV 从预定深度开始进行垂直寻底操作;

[0008] AUV 到达预定高度后,开始定高航行。

[0009] 所述 AUV 无动力下潜过程中,根据深度传感器判断是否到达预定深度。

[0010] 所述 AUV 在预定深度根据姿态反馈信息确定悬停时间。

[0011] 所述 AUV 的垂向速度由深度偏差微分及垂向加速度信息积分来推算。

[0012] 所述垂直寻底操作采用自适应滤波算法,具体为:

[0013] 离散系统的状态方程为:

$$[0014] \quad s_k = A s_{k-1} + B u_k + w_k \quad (2)$$

$$[0015] \quad z_k = H s_k + v_k$$

[0016] 初始化:

$$[0017] \quad s_{0|0} = \bar{h}_0$$

$$[0018] \quad P_{0|0} = 10^{-6} * I$$

[0019] 预测:

$$[0020] \quad \hat{s}_{k|k-1} = A \hat{s}_{k-1|k-1} + B u_k$$

$$[0021] \quad P_{k|k-1} = A P_{k-1|k-1} A^T + B Q_{k-1} B^T$$

[0022] 更新：

$$[0023] \quad K_k = P_{k|k-1} H^T (H P_{k|k-1} H^T + R_k)^{-1}$$

$$[0024] \quad \hat{s}_{k|k} = \hat{s}_{k|k-1} + K_k \left[z_k - H \hat{s}_{k|k-1} \right]$$

$$[0025] \quad P_{k|k} = (I - K_k) H P_{k|k-1}$$

[0026] 其中, $s_k = h_k$, 表示 k 时刻载体所在的对底高度, 其初始化由深度信息结合实地海深估算得到; $u_k = V_k \Delta t$, V_k 表示 k 时刻载体的垂向速度, 由加速度积分得到, Δt 表示速度间隔时间; $Q_k = \text{diag}(w_k^2)$, $R_k = \text{diag}(v_k^2)$, I 是单位矩阵; z_k 是 k 时刻多普勒的测底高度值; w_k 是过程驱动噪声, v_k 为观测噪声, Q_k 、 R_k 分别为过程噪声和观测噪声的协方差矩阵。

[0027] 在 AUV 自主寻底过程中, 各个传感器对 AUV 的状态进行监控, 其报警过程包括状态监测机制, 即

$$[0028] \quad \begin{aligned} \hat{h}_k &= \hat{h}_{k-1} + v_0 \Delta t \\ |\hat{h}_k - \hat{h}_{k-1}| &< \sigma_h \end{aligned} \quad (1)$$

[0029] 其中 v_0 是载体动力下潜时的垂向速度, σ_k 是载体离底高度的估计量偏差, h_k 是 k 时刻多普勒的测底距离值, h_{k-1} 是 $k-1$ 时刻多普勒的测底距离值, \hat{h}_k 是 k 时刻测底距离值的估计值, Δt 是两次测底之间的时间间隔, 如果 (1) 式成立, 则传感器产生的报警有效, AUV 抛载上浮; 否则, 视为虚警。

[0030] 本发明具有以下优点及有益效果：

[0031] 1. 过程简洁、便于执行。本发明中 AUV 先实现定深然后再自主寻底, 将原来 AUV 下潜的过程进行分段控制, 过程简单、逻辑清晰便于工程应用。

[0032] 2. 安全稳定。本发明在 AUV 自主寻底过程中, 从离海底较远处开始以悬停模式垂直寻底, 同时实时监测、判别底跟踪高度信息的有效性, 从而保证了 AUV 寻底过程的安全稳定。

[0033] 3. 可靠性高。本发明规避了测距声纳使用过程中虚警问题的影响, 提高了 AUV 系统实际应用的可靠性。

附图说明

[0034] 图 1 是本发明的寻底过程示意图；

[0035] 图 2 是本发明中载体的寻底传感器组成示意图；

[0036] 图 3 是本发明的自主寻底流程图。

具体实施方式

[0037] 下面结合附图及实施例对本发明做进一步的详细说明。

[0038] 本发明主要针对 AUV 从无动力下潜、动力下潜到定高航行作业这一阶段进行自主寻底控制, 如附图 1 所示。AUV 寻底过程中所用到的控制计算机和传感器如附图 2 所示, 主要由自动驾驶计算机、姿态传感器 (TCM5)、多普勒传感器 (DVL)、加速度传感器、深度传感器以及抛载装置组成。

[0039] AUV 安装一台自动驾驶计算机,用于实时监测 AUV 系统姿态、垂向速度、深度、高度等状态信息,推算 AUV 自身位置,控制与调度 AUV 下潜工作过程;AUV 安装有姿态传感器(TCM5),用于周期性测量系统姿态数据;AUV 安装有深度计、加速度计、多普勒和抛载机构,用于周期性采集系统各种状态信息。自动驾驶计算机依据多传感器数据融合结果,控制抛载机构执行抛载动作。

[0040] 本发明将载体下潜过程细分为无动力下潜和动力下潜两个阶段,无动力下潜阶段主要依据深度参数判定是否到达抛载深度,动力下潜阶段完成自主寻底工作,并在寻底下潜过程中,依据多传感器数据的融合,采用本发明状态监测及自适应滤波算法,使载体安全可靠地到达预定高度,顺利进入下一阶段探测作业。

[0041] 采用本发明设计的状态监测机制作用于系统整个下潜过程,对 AUV 下潜时 DVL 系统的底跟踪信息以及系统姿态信息进行综合判断,当报警信息有效时 AUV 抛载上浮,否则视为虚警。

[0042] 采用本发明设计的自适应滤波算法作用于系统下潜过程中的动力下潜阶段,控制 AUV 完成稳定高效的寻底过程。

[0043] 所述的状态监测机制为:

$$\begin{aligned} \hat{h}_k &= \hat{h}_{k-1} + v_0 \Delta t \\ |h_k - \hat{h}_k| &< \sigma_h \end{aligned} \quad (1)$$

[0045] 其中 v_0 是载体动力下潜时的垂向速度, σ_k 是载体离底高度的估计量偏差,如果(1)式成立,则该报警有效;否则,视为虚警。

[0046] 所述的自适应滤波算法为:

[0047] 设离散系统的状态方程如下

$$s_k = A s_{k-1} + B u_k + w_k \quad (2)$$

$$z_k = H s_k + v_k$$

[0050] 其中

[0051] $s_k = h_k$, 表示 k 时刻载体所在的对底高度; $u_k = V_k \Delta t$, V_k 表示 k 时刻载体的垂向速度, Δt 表示速度采样时间; z_k 是 k 时刻传感器的测底距离; w_k 是过程驱动噪声, v_k 为观测噪声。

[0052] 设 Q_k 、 R_k 分别为过程噪声和观测噪声的协方差矩阵,采用如下滤波算法对 AUV 的高度值进行滤波:

[0053] 1) 初始化

$$s_{0|0} = \bar{h}_0$$

$$P_{0|0} = 10^{-6} * I$$

[0056] 2) 预测

$$\hat{s}_{k|k-1} = A \hat{s}_{k-1|k-1} + B u_k$$

$$P_{k|k-1} = A P_{k-1|k-1} A^T + B Q_{k-1} B^T$$

[0059] 3) 更新

$$K_k = P_{k|k-1} H^T (H P_{k|k-1} H^T + R_k)^{-1}$$

$$[0061] \quad \hat{s}_{k|k} = \hat{s}_{k|k-1} + K_k \left[z_k - H \hat{s}_{k|k-1} \right]$$

$$[0062] \quad P_{k|k} = (I - K_k) H P_{k|k-1}$$

[0063] 其中 s_k 的初始化由深度计信息结合实地海深推算得到, $Q_k = \text{diag}(w_k^2)$, $R_k = \text{diag}(v_k^2)$, I 是单位矩阵。

[0064] 本发明的使用操作步骤为:

[0065] 1. 首先预置载体在下潜至离地高度为 200m 时抛载下潜压铁,此过程以深度计输出信息为准;

[0066] 2. 当载体到达深度计显示的预定深度并抛载以后,便切换至定深悬停工作模式;

[0067] 3. 定深调整待载体姿态平稳以后,切换至自适应悬停工作模式开始寻底;

[0068] 4. 依靠 DVL 寻底探测功能,同时辅以加速度计和 TCM5 等输出信息监控载体下潜,通过自适应滤波算法对各信息进行融合并作出相应的控制决策;

[0069] 5. 当载体到达期望的离底高度(80 米),便进入定高航行模式并开始探测作业。

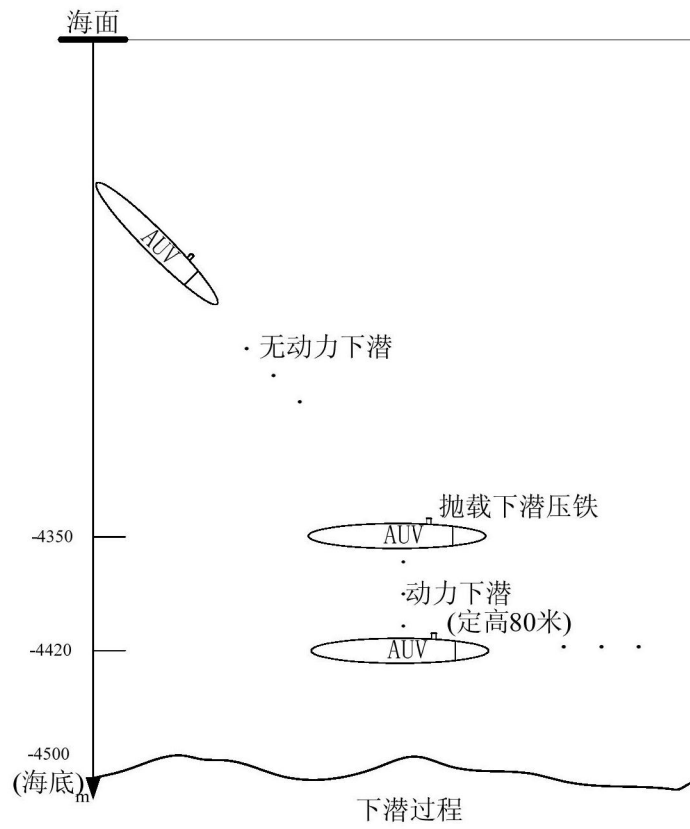


图 1

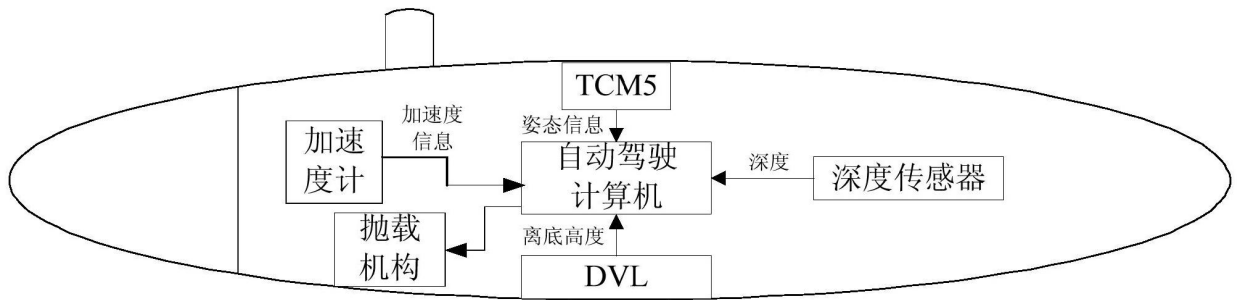


图 2

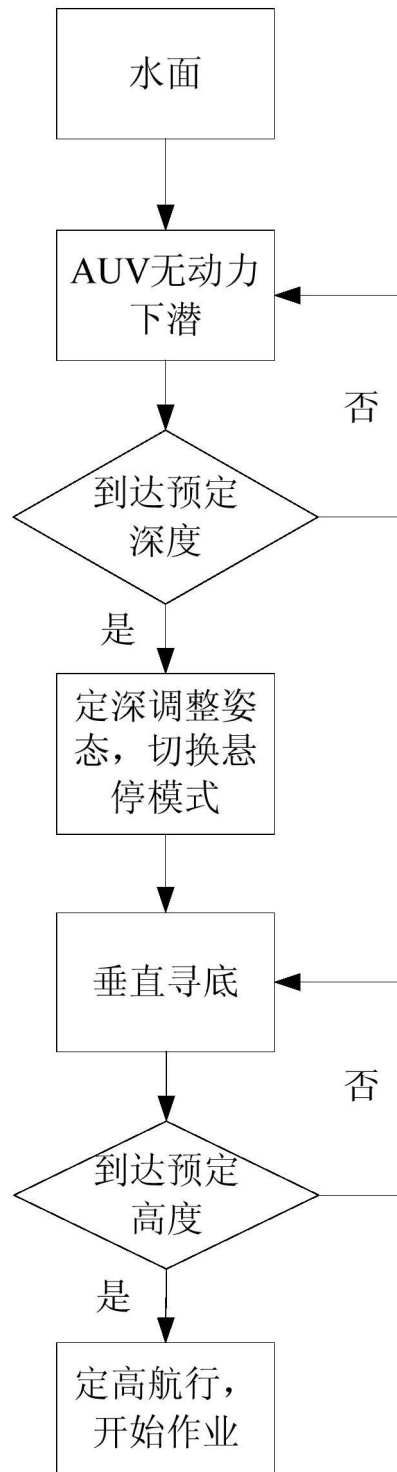


图 3