

滑翔式水下航行器的运动建模与分析^①

杨会涛, 石秀华, 刘飞飞, 周 杨

(西北工业大学 航海学院, 西安 710072)

摘 要: 滑翔式水下航行器是一种基于滑翔原理的无外挂推进系统、仅依靠内置执行机构调整重心位置和净浮力来控制其自身运动状态的新型水下自治机器人。它在净浮力的作用下, 利用水平翼在有攻角情况下产生的前进动力, 在设定的深度范围内进行锯齿形前进。对滑翔式水下航行器进行运动机理分析, 建立滑翔式水下航行器运动数学模型, 并对滑翔式水下航行器定常运动状态下的运动参数与可控变量的关系进行仿真, 利用 MATLAB/SIMULINK 建立滑翔式水下航行器模型对其运动进行仿真。

关键词: 滑翔式水下航行器; 重浮力驱动; 运动建模; SIMULINK

Underwater Gliding Vehicle Movement Modeling and Analysis

YANG Hui-Tao, SHI Xiu-Hua, LIU Fei-Fei, ZHOU Yang

(College of Marine, Northwestern Polytechnical University, Xi'an 710072, China)

Abstract: The underwater gliding vehicle is a kind of new autonomous underwater robot, which is based on the principle of gliding without plugin propulsion system, and relies on the built-in actuators to adjust the center of gravity and net buoyancy to control its motion. By the net buoyancy forced on the lifting wing, it gets a forward power when there is an attack angle. The underwater vehicle moves on forward along the jagged path in the setted depth. This paper analyses the gliding underwater vehicle motion, builds the gliding motion mathematical model, and calculates the relationship between the movement parameters and the variables. It also uses MATLAB/SIMULINK to make the underwater vehicle movement model and runs the simulation.

Key words: underwater gliding vehicle; gravity and buoyancy; modeling; SIMULINK

滑翔式水下航行器是一种通过净浮力(净浮力是滑翔式水下航行器重力与浮力之差)驱动、装有固定翼的新型水下自主航行器。滑翔式水下航行器将浮标、潜标技术与水下机器人技术相结合^[1], 不需要传统的动力推进; 它在水下环境中作纵向运动的动力来自垂直运动的能量转换, 而垂直运动的动力则来源于自身重浮力的改变, 采用内置重心调整机构实现航行姿态控制。因此, 它具有超常的续航能力, 其续航时间以月记, 作业范围广, 能够实现大范围、大深度运动的海洋环境监测。它具有低能耗、制造成本和维护费用低、可重复利用、投放回收方便等其他水下航行器和舰船所没有的显著优势。

本文将基于滑翔式水下航行器运动原理, 建立数学模型, 并通过计算仿真对滑翔式水下航行器的总体参数进行分析。

1 坐标系与运动参数的定义

1.1 坐标系的定义

(1) 地面坐标系

地面坐标系固连于地面^[2], 如图 1 所示。坐标原点 O_0 选在水下航行器入水点, O_0x_0 轴处于水平面内指向滑翔式水下航行器发射方向, O_0y_0 轴垂直于地面并指向上方, O_0z_0 轴在地平面内且垂直于 $x_0O_0y_0$ 平面, 按右手规则确定方向。在这个坐标系中滑翔式水下航行器

^① 收稿时间:2011-11-21;收到修改稿时间:2012-03-02

的位置可以用矢量 (x_0, y_0, z_0) 表示。

(2) 载体坐标系

描述滑翔式水下航行器转动可选用与水下航行器固连的坐标系 $O_{x_1y_1z_1}$ ，此坐标系称为载体坐标系，如图 1 所示。坐标原点 O 取在水下航行器浮心处， O_{x_1} 轴处于水下航行器对称面内，与水下航行器几何对称轴一致，指向水下航行器头部，此轴称为水下航行器纵轴， O_{y_1} 轴处于水下航行器纵对称面内，垂直于 O_{x_1} 轴，指向上方，此轴称为水下航行器立轴； O_{z_1} 轴垂直于 $x_1O_{y_1}$ 平面，从尾部观察， O_{z_1} 轴指向右方，此轴称为水下航行器横轴。

(3) 速度坐标系

为确定作用在水下航行器上的流体动力，需要描述水下航行器浮心速度矢量 v 与水下航行器机体之间的相对位置，可选用速度坐标系 O_{xy} 来表示。速度坐标系原点 O 也取在水下航行器浮心处， O_x 轴与水下航行器浮心轨迹的切线一致，其正方向为浮心运动瞬时速度矢量 v 的方向，此轴称为速度轴。一般情况下， v 不在水下航行器对称平面内。 O_y 轴在水下航行器机体纵对称面内，且垂直于 O_x 轴，指向上方，称为升力轴。 O_z 轴垂直于 xO_y 平面，其方向按右手坐标法则确定，从水下航行器尾部观察指向右方， O_z 轴称为侧力轴。

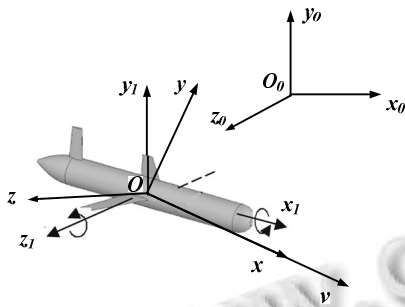


图 1 坐标系的定义

1.2 运动参数的定义

在此介绍一下本文中运用到的水下航行器运动参数的定义^[3]。

位置坐标 (x_0, y_0, z_0) 表示滑翔式水下航行器运动过程中其浮心在地面坐标系中的三个坐标，确定了任一时刻滑翔式水下航行器在空间的位置。

速度 v_x, v_y, v_z 表示水下航行器浮心速度矢量 v 在载体坐标系中的三个分量。

一般用俯仰角 θ 、偏航角 ψ 、横滚角 ϕ 来表示滑

翔式水下航行器在运动过程中相对于地面坐标系的方位。俯仰角 θ 是载体坐标系纵轴 O_{x_1} 与地面坐标系 $x_0O_{z_0}$ 平面的夹角，水下航行器头部偏向 $x_0O_{z_0}$ 平面之上时 θ 为正；偏航角 ψ 是载体坐标系 O_{x_1} 轴在地面坐标系 $x_0O_{z_0}$ 平面的投影线与地面坐标系 O_{x_0} 轴之间的夹角，当水下航行器的头部偏向 O_{x_0} 轴左侧时 ψ 为正；横滚角 ϕ 是载体坐标系 O_{y_1} 轴与包含水下航行器纵轴 O_{x_1} 的铅垂面之间的夹角，从水下航行器尾部看， O_{y_1} 轴偏向铅垂平面右侧时 ϕ 为正。

ω 表示水下航行器的旋转角速度矢量，其在载体坐标系中的三个分量以 $\omega_x, \omega_y, \omega_z$ 表示。

攻角 α 是滑翔式水下航行器浮心速度矢量 v 在水下航行器纵对称面 $x_1O_{y_1}$ 的投影与滑翔体纵轴 O_{x_1} 之间的夹角， v 的投影在 O_{x_1} 轴之下为正；侧滑角 β 是滑翔式水下航行器浮心速度矢量 v 与水下航行器纵对称面 $x_1O_{y_1}$ 之间的夹角， v 处于 $x_1O_{y_1}$ 之右为正。攻角与侧滑角描述了水下航行器机体和流体之间的相对位置。

Θ, Ψ, Φ 分别表示滑翔式水下航行器的滑行倾角、偏角和倾斜角，它们描述了滑翔式水下航行器的运动轨迹在地面坐标系中的方位角，也是速度矢量 v 在地面坐标系中的三个方位角。滑行倾角 Θ 是浮心速度矢量 v （速度坐标系 O_x 轴）与地面坐标系 $x_0O_{z_0}$ 平面的夹角，水下航行器上爬为正，下潜为负。滑行偏角 Ψ 是速度坐标系 O_x 轴在地面坐标系 $x_0O_{z_0}$ 平面上的投影与地面坐标系 O_{x_0} 轴之间的夹角，水下航行器向左偏航为正。滑行倾斜角 Φ 是速度坐标系 O_y 轴与包含水下航行器浮心速度矢量 v 铅垂平面之间的夹角， O_y 轴在该平面之右为正（从水下航行器尾部观察）。

1.3 坐标系之间的转换

在 1.2 节中使用欧拉角 θ, ψ, ϕ 定义了水下航行器载体坐标系相对于地面坐标系的角方位，可以将位于地面坐标系的已知矢量，通过连续的三个旋转变换转换到载体坐标系中^[4]。首先沿地面坐标系 O_{y_0} 轴逆时针旋转角，接下来沿新获得的 O_{z_0} 轴逆时针旋转角，最后沿 O_x 轴逆时针旋转角，载体坐标系和地面坐标系重合。于是地面坐标系到载体坐标系的坐标转换矩阵为：

$$C_b^0 = \begin{bmatrix} \cos\theta \cos\psi & \sin\theta & -\cos\theta \sin\psi \\ -\sin\theta \cos\psi \cos\phi + \sin\psi \sin\phi & \cos\theta \cos\phi & \sin\theta \sin\psi \cos\phi + \cos\psi \sin\phi \\ \sin\theta \cos\psi \sin\phi + \sin\psi \cos\phi & -\cos\theta \sin\phi & -\sin\theta \sin\psi \sin\phi + \cos\psi \cos\phi \end{bmatrix} \quad (1)$$

可以看出地面坐标系中的任何一个位置矢量 r_{LJK}

都可在载体坐标系中用下式中的矢量 r_{ijk} 表示:

$$r_{ijk} = C_b^0 r_{iLK} \quad (2)$$

同理, 载体坐标系 (用角标 b 表示) 到速度坐标系 (用角标 v 表示) 的转换矩阵为:

$$C_v^b = \begin{bmatrix} \cos \beta \cos \alpha & -\cos \beta \sin \alpha & \sin \beta \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ -\sin \beta \cos \alpha & \sin \beta \sin \alpha & \cos \beta \end{bmatrix} \quad (3)$$

2 滑翔式水下航行器运动分析

2.1 滑翔式水下航行器的结构

滑翔式水下航行器的基本外形由耐压壳体、滑翔翼和尾鳍构成, 如图 2 所示。

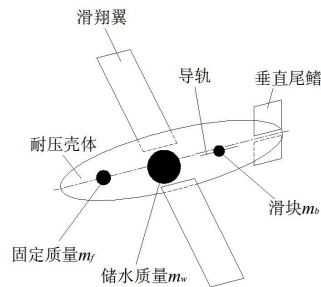


图 2 滑翔式水下航行器外形与结构示意图

水下航行器通过水舱抽水、排水产生的净浮力使航行器能够上浮或下潜, 沿纵轴移动内部滑块改变重心位置来调节其俯仰姿态。为减少各系统之间的耦合, 将水舱放置在水下航行器的浮心处。这样水舱内水的质量的变化仅改变航行器总质量的大小, 而不产生绕横轴的旋转力矩^[5]。为了计算和控制简便, 将滑翔式水下航行器的质量分为以下三个部分: ①航行过程中位置变化而质量不变的滑块 m_b ; ②位置不变而质量变化的水舱内所储的水质量 m_w ; ③位值和质量都不改变的固定质量 m_f , 如壳体、滑翔翼、尾鳍以及内部其他组件。

2.2 滑翔式水下航行器的受力分析

2.2.1 作用在滑翔机上的力

重力 $G=mg$, m 是水下航行器的质量, g 是重力加速度。浮力 $B=\rho Vg$, V 是水下航行器的体积, ρ 是海水的密度。

重力和浮力的方向永远在铅垂方向, 重力向下, 浮力向上。由于重力和浮力定义在地面系, 因此必须

将其转换到载体系才能代入到运动方程中。令 $B-G=m_0g$, 称 m_0 为净浮力^[6]。因此重力与浮力在载体系各轴的分量为:

$$f_g = m_0g \begin{bmatrix} \sin \theta \\ \cos \theta \sin \varphi \\ -\cos \theta \cos \varphi \end{bmatrix} \quad (4)$$

为了便于应用, 流体动力一般以在坐标系中的分量形式表示^[7]。流体动力主矢 R 在载体坐标系的分量为:

$$R_w = \begin{bmatrix} D \\ L \\ C \end{bmatrix} \quad (5)$$

式中, L , D , C 分别称为升力、阻力和侧力。

2.2.2 作用在滑翔机上的力矩

由于重力作用在水下航行器的质心, 而浮力作用在浮心上。本文认定载体的浮心为载体坐标系原点, 所以, 浮力矩为 0。重力在载体坐标系下的位置矢量为 $(x_c, y_c, z_c)^T$, 则重力产生相对于载体坐标系原点的力矩为:

$$M_G = \begin{bmatrix} G \cos \theta (y_c \cos \varphi + z_c \sin \varphi) \\ -G(x_c \cos \theta \cos \varphi + z_c \sin \theta) \\ G(y_c \sin \theta - x_c \cos \theta \sin \varphi) \end{bmatrix} \quad (6)$$

流体动力矩同样以在坐标系中的分量形式表示。流体动力主矩 M 在载体坐标系的分量为:

$$M_w = \begin{bmatrix} M_x \\ M_y \\ M_z \end{bmatrix} \quad (7)$$

2.3 滑翔式水下航行器的运动机理

滑翔式水下航行器工作在一定的重浮力差状态下, 通过调节重心和浮心的相对位置来改变机身的倾斜, 从而使它可以利用流体对其产生的升力, 实现向前滑行。水下航行器需在规定的深度上完成预设任务, 该深度称为设定深度。水下航行器在设定深度附近交替上下滑行, 其具体的运动过程如图 3 所示。

1) 滑翔式水下航行器从发射点布放后漂浮在海面, 天线露出水面与外界通信。这时滑翔式水下航行器静止且所受的浮力略大于重力或等于重力, 重心位于浮心下方, 目的是保证水下航行器的稳定性, 在受到外界扰动的情況下, 能够尽快自动回复到新的稳定

状态。

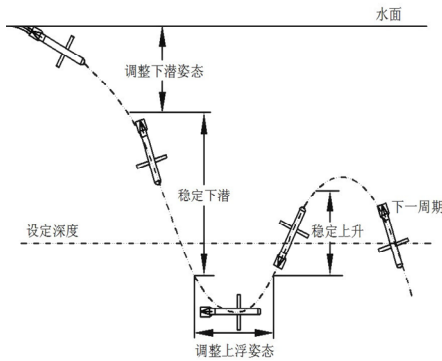


图 3 滑翔式水下航行器的运动示意图

2) 通过重心调节机构向头部移动滑动质量块,使得滑翔式水下航行器保持头朝下姿态,再通过水泵向水舱注水,增大载体质量,使得滑翔式水下航行器处于负浮力状态,即重力大于浮力,水下航行器向下运动,同时产生负的俯仰角度和正的攻角。水下航行器(主要是通过滑翔翼)与流体作用产生垂直速度方向向上的升力 L 和与速度方向相反的阻力 D 。升力 L 和阻力 D 分解到水平方向的分量推动水下航行器加速向前滑翔,直到水平方向和垂直方向合力为零,水下航行器平稳下潜并最终达到匀速下潜的滑翔运动状态。

3) 当到达预先设定深度时,通过重力调节机构将水舱内水排出,减小水下航行器质量达到中性状态,滑翔式水下航行器开始减速下潜。

4) 通过重心调节机构向尾部移动滑动质量块,使得滑翔式水下航行器姿态变为头朝上尾朝下,再通过将水舱内水排出减小水下航行器质量,使得滑翔式水下航行器处于正浮力状态,水下航行器向前上方运动,该过程与下潜状态类似。

5) 重复上述滑翔运动过程,实现了滑翔式水下航行器的连续滑翔航行运动。经过一定时间的航行,水下航行器上浮至水面,通过 GPS 进行定位校准,通过通信系统向外界交换数据。

水下航行器在下潜和上升状态交替循环的过程中完成巡航、监测等任务。

3 垂直平面运动模型及初始运动仿真

根据动量和动量矩定理,水下航行器的动力学方程组在载体坐标系中可表示为

$$\begin{cases} \frac{dQ}{dt} + \omega \times Q = F \\ \frac{dK}{dt} + \omega \times K + v \times Q = M \end{cases} \quad (8)$$

式中 F 为作用在水下航行器的全部外力在载体坐标系的投影; M 为作用在水下航行器的全部外力矩在载体坐标系的投影。

参考现有水下航行器运动模型、各坐标系之间进行相互的坐标转换和动量和动量矩定理,建立水下航行器空间运动学方程^[8]。滑翔式水下航行器主要的滑翔运动和能量转换都在垂直平面内进行,因此滑翔式水下航行器垂直平面运动弹道是衡量水下航行器滑翔性能优劣的重要标准。滑翔式水下航行器纵向运动的运动参数中 $\beta, v_z, \omega_x, \omega_y, \Psi, \Phi, z_0, \Psi, \Phi_c$ 均为零,其余 9 个非零运动参数为: $\alpha, \theta, \Theta, \omega_z, v_x, v_y, v, x_0, y_0$, 简化后代入式(8)展开,得模型的纵向运动方程组为:

$$\begin{cases} (m + \lambda_{11})\dot{v}_x - m y_c \dot{\omega}_z \\ = m v_y \omega_z + m x_c \omega_z^2 - D \cos \alpha + L \sin \alpha - m_0 g \sin \theta \\ (m + \lambda_{22})\dot{v}_y + (m x_c + \lambda_{26})\dot{\omega}_z \\ = -m v_x \omega_z + m y_c \omega_z^2 + D \sin \alpha + L \cos \alpha - m_0 g \cos \theta \\ (J_{zz} + \lambda_{66})\dot{\omega}_z - m y_c \dot{v}_x + (m x_c + \lambda_{26})\dot{v}_y \\ = -m x_c v_x \omega_z - m y_c v_y \omega_z + M_x + G(y_c \sin \theta - x_c \cos \theta) \\ \dot{\theta} = \omega_z \\ \dot{x}_0 = v_x \cos \theta - v_y \sin \theta \\ \dot{y}_0 = v_x \sin \theta + v_y \cos \theta \\ v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2} \\ \alpha = -\arctan(v_y / v_x) \\ \Theta = \theta - \alpha \end{cases} \quad (9)$$

式中, λ 为水下航行器的附加质量; J_{zz} 为滑翔式水下航行器绕 z 轴的转动惯量。

根据数学模型利用 MATLAB 中 SIMULINK 模块建立滑翔式水下航行器的纵向运动仿真模型,如图 4 所示。通过移动滑动质量块沿 O_{x1} 轴的位移和水舱内水的质量来调整滑翔式水下航行器的姿态。

仿真的初始条件: 速度 $V=0$, 角速度 $\omega=0$, 俯仰角 $\theta=0$, 滑动质量块水平位移 $x=0$, 水舱内水质量 $m_w=0$, 设定滑动质量块移动距离和水舱抽水质量使滑翔式水下航行器沿与水平面为 -30° 夹角下潜。运行结果如图 5、6 所示。

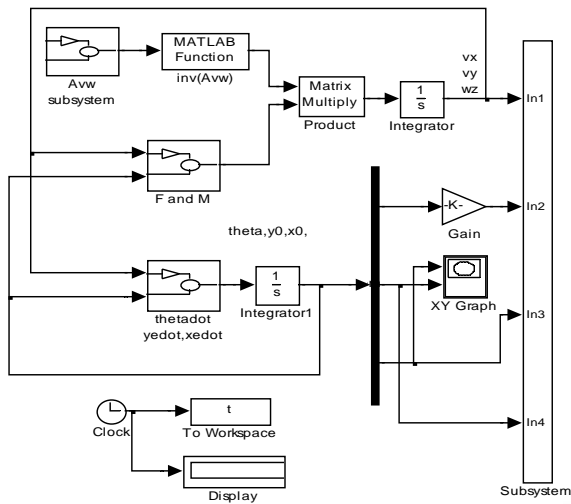


图 4 SIMULINK 仿真模型

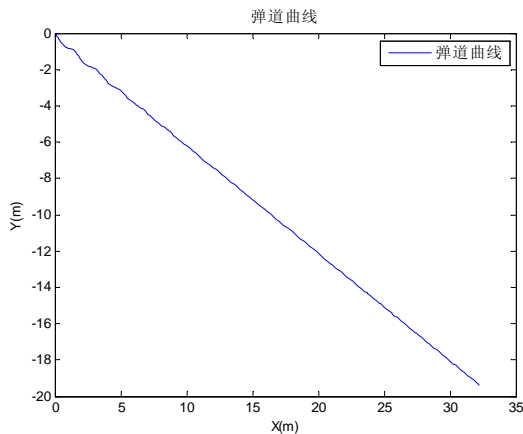


图 5 弹道曲线

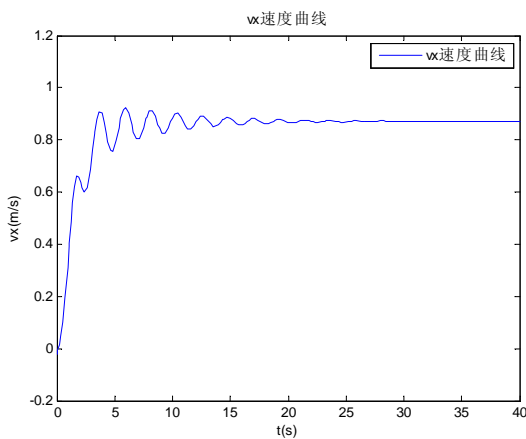


图 6 水平速度曲线

从图 5 和图 6 可以看出航行体从初始近于静止的状态达到稳定滑翔状态仅在 20s 左右时间即可完成，而且在稳定状态是沿与水平面为 30° 夹角下潜。水平

速度 v_x 经过振荡最终稳定到 0.85m/s 的速度。可见此仿真能有效反应出滑翔式水下航行器的运动状态。

4 滑翔式水下航行器稳定滑翔状态受力分析

根据水下航行器运动机理，水下航行器在初始下潜和姿态转换过程中的运动是非定常的^[9-10]，而在稳态上浮和稳态下潜过程中是定常的，这个时候水下航行器处于力学平衡状态。滑翔式水下航行器的绝大多数工作时间都是用在定常滑翔运动上，故定常滑翔运动是滑翔式水下航行器作业过程中主要的运动形式。

当滑翔式水下航行器做定常滑翔运动时，其运动参数满足 $v_x=v_y=\omega_z=0$ ， $v_x, v_y, \theta=C$ (C 是常数)。 v_x, v_y 分别为滑翔式水下航行器在载体坐标系下沿 O_{x1} 轴、 O_{y1} 轴方向的速度， ω_z 为滑翔式水下航行器绕载体坐标系 O_{z1} 轴的俯仰角速度。定常运动时其在载体坐标系下的受力平衡方程为：

$$\begin{cases} -D \cos \alpha + L \sin \alpha = P \sin \theta \\ D \sin \alpha + L \cos \alpha = P \cos \theta \\ G(x_c \cos \theta - y_c \sin \theta) = M \end{cases} \quad (10)$$

根据小攻角定常滑翔运动时，阻力可表示成攻角的二次形式，升力和力矩可以表示成攻角的线性形式，即

$$\begin{cases} D = \frac{1}{2} \rho S C_D V^2 = (K_{D0} + K_D \alpha^2) V^2 \\ L = \frac{1}{2} \rho S C_L V^2 = (K_{L0} + K_L \alpha) V^2 \\ M = \frac{1}{2} \rho L S C_M V^2 = (K_{M0} + K_M \alpha) V^2 \end{cases} \quad (11)$$

式中， V 为水下航行器航行速度， ρ 为流体的密度， S 为载体的最大横截面积， C_D, C_L, C_M 为航行器的关于 α 流体动力系数。 K_D 和 K_{D0} ， K_L 和 K_{L0} ， K_M 和 K_{M0} 分别为量化的阻力系数、升力系数和力矩系数（下标加“0”代表该系数与攻角无关，不加“0”代表该系数与攻角有关）。当航行器外形确定时， C_D, C_L, C_M 可根据实验数据或者经验公式计算得到，从而通过方程式(11)可计算得到 K_D 和 K_{D0} ， K_L 和 K_{L0} ， K_M 和 K_{M0} 的值。

将式(11)代入式(10)整理可得

$$\begin{aligned} & \frac{m}{m_0} x_c [(K_{D0} + K_D \alpha^2) \sin \alpha + (K_{L0} + K_L \alpha) \cos \alpha] \\ & - \frac{m}{m_0} y_c [-(K_{D0} + K_D \alpha^2) \cos \alpha + (K_{L0} + K_L \alpha) \sin \alpha] \\ & = K_{M0} + K_M \alpha \end{aligned} \quad (12)$$

$$\theta = \arctan \frac{-(K_{D0} + K_D \alpha^2) \cos \alpha + (K_{L0} + K_L \alpha) \sin \alpha}{(K_{D0} + K_D \alpha^2) \sin \alpha + (K_{L0} + K_L \alpha) \cos \alpha} \quad (13)$$

$$V = \sqrt{\frac{mg(x_c \cos \theta - y_c \sin \theta)}{K_{M0} + K_M \alpha}} \quad (14)$$

已知滑翔式水下航行器三部分质量 m_b , m_ω , m_f 及各自重心位置, 则滑翔式水下航行器总体的重心位置为

$$\begin{cases} x_c = (m_b x_b + m_\omega x_\omega + m_f x_f) / m \\ y_c = (m_b y_b + m_\omega y_\omega + m_f y_f) / m \end{cases} \quad (15)$$

式中带有下标的 x , y 的量表示对应质量的重心坐标。

由于在攻角较小的情况下, 有 $\cos \alpha \approx 1$, $\sin \alpha \approx \alpha$ 并代入各流体动力参数, 得到攻角 α 、俯仰角 θ 、速度 V 与滑动质量块的轴向位移 x_b 、净浮质量 m_0 之间的关系图, 如图 7~9 所示。

从图 7 中可以看出, 滑动质量块的轴向位移 x_b 对攻角 α 的影响较大, 且 α 随 x_b 的增大而减小, 而 m_0 对攻角 α 的影响较小。从图 8 中可以看出, 滑动质量块的轴向位移 x_b 对俯仰角 θ 的影响较大, 且 θ 随 x_b 的增大而增大; 而 m_0 对俯仰角 θ 的影响较小, 随着 m_0 的增加, 俯仰角 θ 有一定的减小趋势。根据图 9 中可以看出, 滑动质量块的轴向位移 x_b 与净浮质量 m_0 对滑翔式水下航行器的速度 V 均有一定影响, 且 V 随 x_b 、 m_0 单调增加。

当确定出水动力系数 K_D , K_{D0} , K_L , K_{L0} , K_M , K_{M0} 后, 那么根据式(12)~(15)可以确定攻角 α 与滑块重心位置 x_b 、净浮质量 m_0 之间的关系, 以及俯仰角 θ 和速度 V 与重心位置 x_b 、净浮质量 m_0 之间的关系, 为航行控制系统设计提供依据。

5 结论

本文对滑翔式水下航行器的运动及受力进行了分析, 建立其在垂直平面内的运动模型, 并利用 MATLAB 中 SIMULINK 模块建立了滑翔式水下航行器的纵向运动仿真模型, 并进行了初始运动的仿真。结果表明在给定的初始条件下滑翔式水下航行器能够按照预设轨迹航行, 完成滑行任务。同时本文还分析了滑翔式水下航行器在平衡状态时各控制量和运动参数之间的关系, 将为今后控制系统对滑翔运动的控制提供参考。

参考文献

- 1 Joshua Grady Graver. Underwater Gliders: Dynamics, Control and Design. New Jersey: Princeton University, 2005.
- 2 石秀华, 王晓娟. 水中兵器概论(水下航行器分册). 西安: 西北工业大学出版社, 2005.
- 3 张宇文. 水下航行器弹道与弹道设计. 西安: 西北工业大学出版社, 1999.
- 4 严卫生. 水下航行器航行力学. 西安: 西北工业大学出版社, 2005.
- 5 曾庆礼, 张宇文, 赵加鹏. 水下滑翔机总体设计与运动分析. 计算机仿真, 2010, 27(1): 1-5.
- 6 倪园芳, 马捷, 王俊雄. 水下滑翔机浮力系统的机理和调节性能. 船海工程, 2008, 37(2): 95-99.
- 7 阚雷, 张宇文, 范辉, 等. 浮力驱动式水下航行器螺旋线运动控制与仿真. 大连海事大学学报, 2007, 25(1): 47-50.

(下转第 38 页)

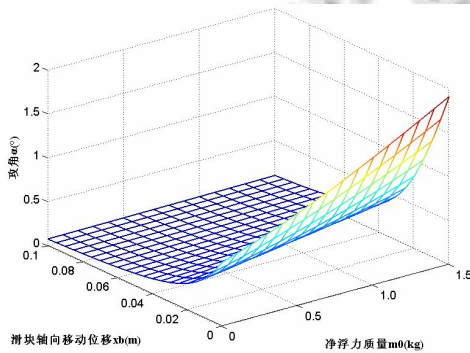


图 7 攻角变化曲线

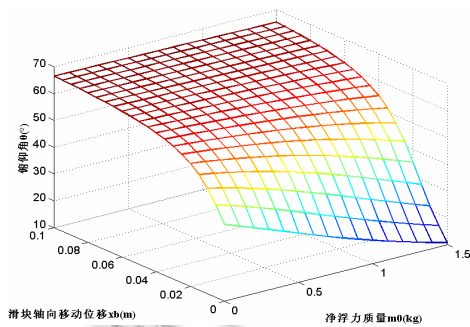


图 8 俯仰角变化曲线

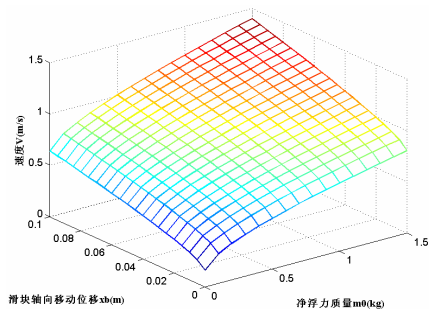


图 9 速度变化曲线

包括各种 RFID 卡的发放、数据录入、更新等。此项功能是校车安全管理系统中最重要的功能,能很好地体现物联网技术在校车安全管理中应用的好处。

系统需要的 RFID 卡主要有驾驶员卡、教职工卡、学生乘车卡、家长接送卡。其中驾驶员卡、教职工卡两类卡使用近距离识读的 RFID 卡。教职工卡可以细分为学校负责人、校车安全检查值班员、随车护送人员卡。教职工、驾驶员的 RFID 卡还可以用作电子考勤、门禁、系统授权等。学生乘车卡采用电子腕带,尤其是幼儿园孩子必须使用电子腕带,便于佩戴和使用。学生 RFID 卡包含其姓名、性别、年龄、班级、家庭住址、联系方式、照片等。家长卡采用远距离读取的 RFID 卡,以方便家长不用上车就可以识别其身份。为确保孩子被安全、正确地送交到家长手中,最好采用“双卡匹配”安全机制,即家长卡与孩子佩戴的学生卡信息一致时,才允许家长接走孩子^[5]。由于有 RFID 卡,因此学生上下车、家长接送的详细信息均能被系统自动记录下来。

此模块还具有的一个重要功能就是动态获取车载实际人数,防止超载。同时通过和学校登记的学生乘车数据对比防止学生漏站、误站,或被遗忘在车里。

(4) 家校联系:主要是供学校/家长通过网络或短信、电话等方式发布/查询校车运行情况、学生乘车情况等。

(5) 系统维护:录入基本信息、用户权限管理、数据统计、分析等功能。

4.3 安全监管子系统

安全监管子系统供政府监管部门使用,比如教育主管部门、安监、交通警察等。通过监管平台,监管部门可以获得本辖区内所有校车运行的实时乘车人数、视频、车辆归属学校、车速等信息,向学校管理

中心发出监管意见;借助行政区域 GIS 电子地图、交通管理与指挥信息系统,监管部门还能查看区域内校车的运行路线,结合交通状况进行合理的交通指挥^[6],为校车提供便利的通行条件。

5 结语

校车安全关系到千家万户,影响家庭幸福和社会稳定。物联网技术在交通运输、公共交通等与校车运营相近的领域有成熟的应用经验,因此基于物联网技术的校车安全管理系统的开发应用具有现实意义和可行性。利用先进的物联网技术可以充分发挥技术手段刚性“无私”的特点,为校车安全筑起一道重要的科技防护墙。当然,由于物联网是综合性很强的技术,现在还没有统一的技术标准,这也给物联网技术在校车安全管理系统的实施带来了一定的障碍。另外,校车安全管理是个庞大复杂的系统工程,投入成本和实施难度较大。

参考文献

- 1 荣利颖,何颖.美国学校安全问题研究.首都师范大学学报:社会科学版,2011,(3):61-68.
- 2 张毅,唐红.物联网综述.数字通信,2010,(8):24-27.
- 3 袁小明,黄亦明,等.基于物联网的校园安全防范系统研究.智能建筑,2010,(9):30-32.
- 4 李佳,刘巍巍.车辆 GPS 定位系统设计.黑龙江科技信息,2009,(15):65.
- 5 胡洋.RFID 和 AJAX 相结合的校园安全管理系统.计算机应用与软件,2010,27(6):183-185.
- 6 蒋斌,王亮,张恒.GIS 在智能交通管理控制系统中的应用.交通标准化,2010,(13).
- 7 李海,王亮,张恒.水下航行器水动力性能分析及滑翔姿态优化研究.水动力研究与进展,2007,22(6):703-708.
- 13 宋保维,温在顶,曹永辉.水下滑翔机外形设计与运动仿真.计算机仿真,2011,28(11):157-160.
- 14 程雪梅.水下滑翔机研究进展及关键技术.鱼雷技术,2009,17(6):1-5.
- 15 王冲,刘巨斌,张志宏,顾建农.水下滑翔机沿纵剖面滑行时水动力特性计算与分析.舰船科学技术,2009,31(1):134-136.

(上接第 68 页)

- 8 张宇文.鱼雷外形设计(上册).西安:西北工业大学出版社,1998.
- 9 吴利红,俞建成,封锡盛.滑翔式水下航行器水动力研究与运动分析.船舶工程,2006,28(1):12-16.
- 10 杜加友.滑翔式水下航行器本体及调节机构研究.杭州:浙江大学,2006.
- 11 王晓龙.海洋探测尖兵.航海,2007,(1):18-20.
- 12 马冬梅,马峥,张华.水下滑翔机水动力性能分析及滑翔姿