

高操控性自主式水下載具操縱性能 之拘束模型試驗分析

邱逢琛¹ 郭振華² 張鎰源³ 王傑智³ 王治平⁴

摘要

本研究以台灣大學造船及海洋工程學研究所設置之平面運動機構(Planar Motion Mechanism)試驗量測分析系統，針對本所研發中之「高操控性自主式水下載具(簡稱 AUV-HM1)」進行包含斜航、強制平面運動及舵力試驗等一系列之拘束模型試驗，量測其安定性導數(stability derivatives)並據以分出顯示操縱性能之安定性指數(stability indices)。此外，為求建立一適用於類似 AUV-HM1 鯨型外形之流體動力係數之實用估算法，本研究並探討了以近似橢圓體法估算附加慣性項，及引用 Bottaccini 爲了標準魚雷而發展的經驗式估算黏性力，得到與實驗值頗爲一致的結果。

本研究之成果，除了經由試驗分析確實掌握水下載具 AUV-HM1 之操縱性能之外，並確立了適用於鯨型水下載具安定性導數之實用估算法，可供載具外形初步設計階段之用。

On the Captive Model Tests for the Maneuverability of a Highly Maneuverable Autonomous Underwater Vehicle

Chiu Forng-Chen¹ Jenhwa Guo² Yi-Yuan Chang³
Chieh-Chih Wang³ Jr-Ping Wang⁴

Abstract

A Planar Motion Mechanism (PMM) testing system is used to conduct a series of captive model tests for measuring the stability derivatives of a Highly Maneuverable Autonomous Underwater Vehicle, named as AUV-HM1, which is under developing at the Institute of Naval Architecture and Ocean Engineering, National Taiwan University. Then, the stability indices of the vehicle are derived from the measured results of stability derivatives, and its maneuverability is clarified. Furthermore, for estimating the stability derivatives, a method based on the empirical formula proposed for standard torpedoes by Bottaccini is investigated. The estimated values of stability derivatives are examined and compared with those obtained by measurement. As a result of comparison, the validity of the method is confirmed. It was also shown that the maneuverability of the vehicle can be evaluated by the method with accuracy enough for practical use at the stage of preliminary design.

- 1 國立台灣大學造船及海洋工程學研究所教授
- 2 國立台灣大學造船及海洋工程學研究所副教授
- 3 國立台灣大學造船及海洋工程學研究所碩士
- 4 國立台灣大學造船及海洋工程學研究所博士班
研究生

一、前言

由於海底油氣開發及生產活動所伴隨的大量水下作業需求，而促進了遙控作業載具(Remotely Operated Vehicle, ROV)相關技術之

發展，並已達到相當實用而成熟的階段。這些技術成果亦有頗多被應用在海下及海底調查方面（前田等，1992；鄭、邱，1996）。然而，由於 ROV 通常拖曳著一條所謂臍帶（umbilical cable）的纜索，以便由外部供電及傳遞訊息，因此在進行大水深或廣域調查時，臍帶的存在對於 ROV 的運動操控會是一項大的障礙。於是，不受臍帶牽絆，可以自由自在巡航的無人無索載具（Unmanned Untethered Vehicle; UUV）自然受到極大的關注，其中又以利用電腦與控制技術，追求高度自主性為目標的自主式水下載具（Autonomous Underwater Vehicle; AUV）的研究開發更為世界各海洋先進國家所積極投入（浦、高川，1994）。

台灣大學造船及海洋工程學研究所也於民國 81 年為了研究開發可進行海下、海底廣域深測與目標物接近調查的自主式水下載具而成立了水下作業系統研究群，於民國 82 年在國科會工程處的支助下開始了「AUV-HM1 計劃」的第一階段三年期計畫，並於民國 84 年完成潛航深度 50 公尺的試驗機，並於該年 11 月在台大游泳池內順利進行了公開的動態展示（郭等，1995；Guo etc, 1995）。在現有成果的基礎上，本研究群已於民國 85 年起開始第二階段的第三年期計畫，以朝向實海域測試為目標，進行所需相關技術的研發。

水下載具初步設計階段為了進行操縱運動性能分析，其所需之流力係數通常是在非粘性流之假設下進行勢流理論計算，並以經驗推估粘性效應而得。雖然針對胴體細長如飛機或魚雷之類，其流力係數估算法較為完備，然而對於發展歷史較短，外形如本文 AUV-HM1 之鯨型水下載具，則其流力係數之推估實例雖有（前田等，1988），但推估方法則未必全然建立。因此，本研究為了針對具有流線形中心縱剖面的鯨型水下載具 AUV-HM1 試驗機，掌握其縱向操縱性能，乃必須進行包括斜航試驗、強制平面運動試驗、舵力試驗，等一系列之拘束模型試驗，以求其安定性導數、舵力係數，並從而分析出其縱向運動安定性及迴旋性。試驗用模型是採用與 AUV-HM1 試驗機同尺寸，全長為 2 公尺的 FRP 製模型，利

用平面運動機構試驗量測分析系統，於台灣大學造船及海洋工程學研究所的拖曳水槽（ $130 \times 8 \times 4$ m，拖車最高速度 5m/sec）內進行試驗。

此外，本研究為求建立一適用於類似 AUV-HM1 鯨型外形水下載具流力係數之實用估算法，相對於前田等採用以飛機為對象發展之 DATCOM（前田等，1988），本研究採用 Bottaccini 以魚雷為對象發展之經驗式（Bottaccini, 1954）為基礎，提示了一個實用的估算法，並以試驗值為應証，檢討其有效性。

二、試驗用模型

作為本試驗研究對象之 AUV-HM1 試驗機，其外觀如圖 1 所示，其內部一般佈置則如圖 2 所示。試驗用模型與試驗機之大小相同，其主要尺寸如表 1 所示。胴體中心縱剖面及中心水平剖面之形狀如圖 3 所示，而胴體橫斷面皆為橢圓形。

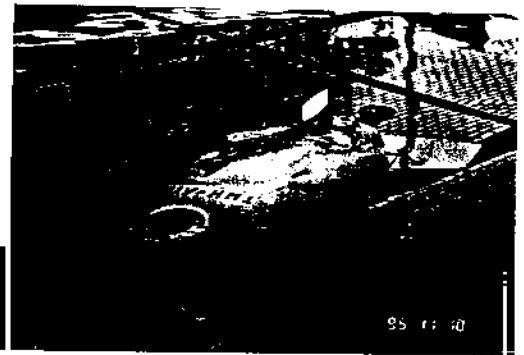


圖 1 台大發展之 AUV-HM1 試驗機外觀

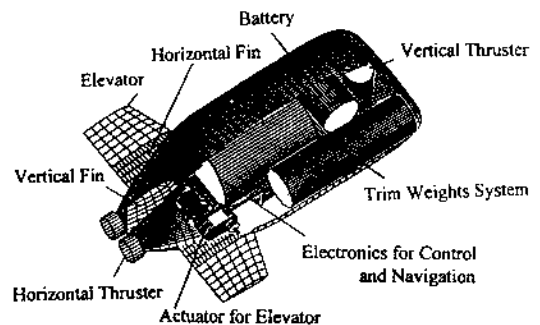


圖 2 AUV-HM1 試驗機之一般佈置

表1 AUV-HM1 試驗機主要尺寸

Length (body/overall)	2.0/2.0 m
Breadth (body/including elevators)	1.0/1.6 m
Height (body/including vertical fins)	0.6/0.6 m
Project area of body S_z	1.791 m^2
Wetted surface area of body S_w	4.38 m^2
Displaced volume of body ∇	0.677 m^3
Centroid of body	0.909 m from nose
Project area of elevators S_e	0.243 m^2
Project area of horizontal fins S_p	0.091 m^2

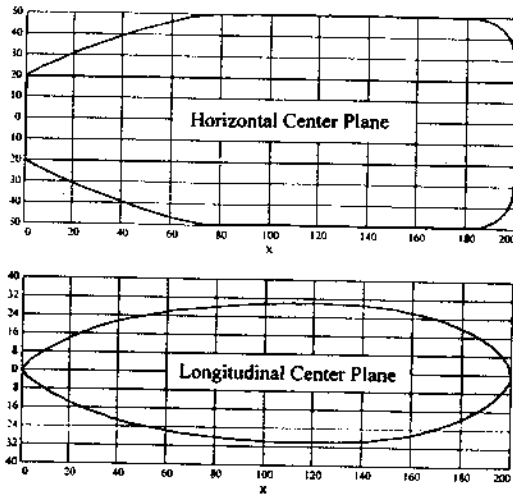


圖3 胴體外形

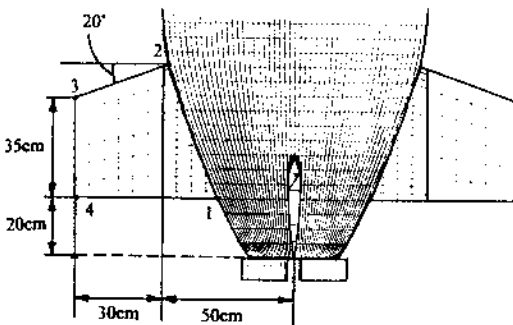


圖4 水平固定翼與水平舵之配置

胴體中心縱剖面是採用 Landweber 等爲了描述流線形軸對稱體系列而提出的 6 階多項式 (Landweber etc, 1950)。依據該多項式之定義，中心縱剖面即對應於 $r_0 = 0.50$ ， $r_1 = 0.10$ ， $C_p = 0.65$ ， $m = 0.40$ 之流線形。而此 4 個無因次參數分別是前緣曲率半徑 R_0 ，後緣曲率半徑

R_1 ，軸對稱體體積 V ，最大斷面與前緣之距離 x_m ，各依下述無因次化定義而得，即 $r_0 \equiv R_0 L / d^2$ ， $r_1 \equiv R_1 L / d^3$ ， $C_p = 4V / \pi d^3 L$ ， $m = x_m / L$ ，而此處， L 爲全長， d 爲最大斷面直徑。

胴體後方的左右、上下各設置有水平固定翼及垂直固定翼，其翼展皆與胴體外緣齊，而水平舵則從水平固定翼向外延伸 30 公分。水平固定翼及水平舵之配置示於圖 4，而其斷面採 NACA0012 之翼形。

進行斜航、強制平面運動以及舵力試驗時，模型皆是採用二根支柱支撐的方式。模型是在鋁合金製的框架外蒙上 FRP 製的外殼而成。外殼分爲上、下二部份，而上半部又爲了安裝時避開支柱，更進而分成前、中、後 3 段。而防水型動力計則安裝於框架內，其兩端各以一根支柱與 VPMM (Vertical Planar Motion Mechanism) 連結。2 根支柱間的距離 1 公尺，其中點即爲運動的轉動中心，位在離前緣 0.778 公尺處，對於水深 4 公尺的拖曳水槽，模型的沒水深度爲 2 公尺。

進行斜航及強制平面運動試驗時，模型的水平舵與水平固定翼是與外殼上半部的後段成一體製作。而在進行舵力試驗時，水平舵即從水平固定翼切離，並與安裝在尾部的操舵機連結，並有線遙控的方式調整舵角。圖 5 所示即爲舵力試驗時，進行模型安裝的中途，尾端處可見到與舵機連結之水平舵。

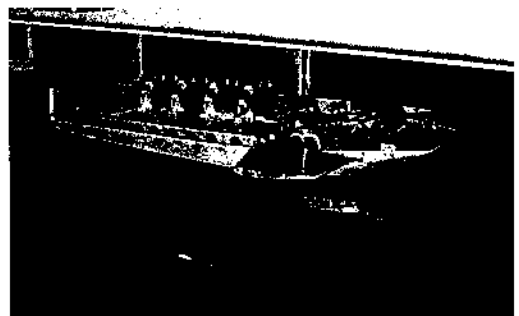


圖5 舵力試驗之模型安裝

