

肥皂膜中之超音速流實驗研究

莊明傑、溫志湧

E-mail: 9018763@mail.dyu.edu.tw

摘要

在過去的實驗和理論上發現肥皂膜流中有類似水躍(Hydraulic Jump)的現象，且理論研究中已找出此現象和氣體動力學之間的類比關係($\mu = 1.0$)，然而在“肥皂膜震波管”實驗研究的驗證上卻有頗大的差異($\mu = 3.3$)，因此本文將對之前實驗研究設備作些微的改良，將線掃描攝影機由原本採垂直拍攝的方式改成水平拍攝，因採垂直拍攝時，肥皂膜厚度會隨著高度而變，肥皂膜中的破裂邊緣、震波的速度及聲速，則是隨肥皂膜厚度而變；因此目前改採用水平拍攝，可使拍攝的影像厚度固定，除了破裂點附近肥皂膜中的破裂邊緣、震波的速度及聲速大致上相當穩定，可得到類似氣體動力學中的x-t圖，並改變其一維震波之厚度的取得方式及量測方法，從實驗結果中可看出其震波馬赫數與震波前、後之肥皂膜厚比的關係圖($M_s - 2/\mu$)及震波馬赫數與震波後馬赫數的關係圖($M_s - M_2$)和理論推導的結果($\mu = 1$)符合，因此對“肥皂膜震波管”的可行性多了一些有利的證明。文中並進行肥皂膜中斜震波實驗的流場可視化及定量分析，將實驗結果與理論研究中所推導的Marangoni elasticity過程的 $\mu - M$ 作圖，由圖中發現所量測得的震波偏向角(θ)比理論值小，而從拍攝的流場照片可看到，肥皂膜震波經過模型時產生的斜震波、擴張波與氣體動力學中的震波之物理現象極為類似。

關鍵詞：肥皂膜，水躍的現象，類比、肥皂膜震波管，震波

目錄

第一章 緒論--P1	1.1 研究背景與文獻探討--P1	1.2 研究動機--P3	1.3 肥皂膜的基本物理性質--P3	1.3.1 肥皂溶液性質--P3	1.3.2 肥皂之穩定性與彈性--P4		
第二章 實驗方法--P6	2.1 實驗設備--P6	2.1.1 肥皂模框架--P6	2.1.2 電弧系統--P7	2.1.3 肥皂破裂過程及聲速的連續影像擷取系統--P7	2.1.4 肥皂膜厚度校正系統--P8	2.1.5 斜震波實驗之照相系統--P8	2.1.6 三角形模型--P9
2.2 肥皂膜溶液之調製--P10	2.3 肥皂膜厚度的校正及量測--P11	2.4 肥皂膜中的震波現象擷取--P12	2.5 肥皂膜中的聲速量測--P13	2.6 肥皂膜中的斜震波實驗--P13			
第三章 結果與討論--P15	3.1 流場可視化分析--P15	3.2 S.D.S.與C.T.A.B.流場的差異--P17	3.3 肥皂膜流中音速校正--P17	3.4 肥皂膜流中之馬赫數--P20	3.5 肥皂膜流厚度比--P21	3.6 實驗誤差探討--P22	3.7 肥皂膜流中之斜震波--P22
第四章 結論--P24	參考文獻--P25						

參考文獻

- [1] MCENTEE W. R. AND MYSELS K. J., 1969 "THE BURSTING OF SOAP FILMS. I. AN EXPERIMENTAL STUDY." J. PHYS. CHEM., 73(9), 3018-3027.
- [2] FRANKEL S. AND MYSELS K. J., (1969) "THE BURSTING OF SOAP FILMS.II. THEORETICAL CONSIDERATIONS." J. PHYS. CHEM., 73(9), 3028-3038.
- [3] 梁乃悅,"肥皂膜破裂之研究",台灣大學博士論文, 民國八十六年六月。
- [4] COUDER Y., CHOMAZ J.M. AND RABAUD M., (1989) "ON THE HYDRODYNAMICS OF SOAP FILMS." PHYSICA D 37, 384.
- [5] GHARIB M. AND DERANGO P.,(1989) "A LIQUID FILMS(SOAPFILM) TUNNEL TO STUDY TWO DIMENSIONAL LAMINAR AND TURBULENT SHEAR FLOW."PHYSICA D,37,406-416.
- [6] KELLAY H, WU XL,GOLDBURG W, (1995) "EXPERIMENTS WITH TURBULENT SOAP FILMS." PHYS. REV. LETT. 74: 3975-3978 [7] WU XL, MARTIN BK,KELLAY H, GOLDBURG WL, (1995) "HYDRODYNAMIC CONVECTION IN A TWO-DIMENSIONAL COUETTE CELL." PHYS. REV. LETT. 75: 236-239 [8] RUTGERS MA, WU XL, BHAGAVATULA R, PETERSEN AA, GOLDBURG WI, (1996) "TWO-DIMENSIONAL VELOCITY PROFILES AND LAMINAR BOUNDARY LAYERS IN FLOWING SOAP FILMS." PHYS FLUIDS: 8: 2847-2854 [9] BEIZAI M; GHARIB M ,(1997) "FUNDAMENTALS OF A LIQUID (SOAP) FILM TUNNEL." EXP. FLUIDS 23: 130-140 [10] 溫志湧與賴正淵,(2001) "GASDYNAMIC-LIKE EQUATIONS FOR A SOAP FILM." SUBMITTED TO EXP. FLUIDS [11] 溫志湧,陳彥明,張簡相國,(2001) "A SOAP FILM SHOCK TUBE TO STUDY TWO-DIMENSIONAL COMPRESSIBLE FLOWS." EXP. FLUIDS 23: 130-140 [12] 賴正淵,"肥皂膜破裂之可壓縮流分析",大葉大學碩士論文, 民國八十五年六月。
- [13] 張簡相國,"肥皂膜震波實驗之研究",大葉大學碩士論文, 民國八十七年六月。
- [14] SEARS, F. W., 1948, "OPTICS" 3RD ED. (MIT PRESS).
- [15] TAYLOR GI ,(1959) "THE DYNAMICS OF THIN SHEETS OF FLUID. II. WAVES ON FLUID SHEETS." PROC. R. SOC. LONDON, SER. A: A253: 296-317 [16] LUCASSEN J; VAN DEN TEMPEL M; VRIJ A; HESSELINK, F. ,(1970) "WAVES IN THIN

LIQUID FILMS I. THE DIFFERENT MODES OF VIBRATION." PROC. K. NED. AKAD. WETENSCH. B 73: 109-124 [17] RUSANOV
AL; KROTOV VV ,(1979) "GIBBS ELASTICITY OF LIQUID FILMS." PROG. SURF. MEMBR. SCI. 13: 415-525