

二維肥皂膜網格紊流之實驗探討

郭威伸、溫志湧

E-mail: 8809504@mail.dyu.edu.tw

摘要

本研究利用一種可產生理想二維流的垂直連續式肥皂膜水洞進行二維網格紊流實驗的探討，再加上雷射都普勒測速儀 (LDA) 作定量分析。在二維網格紊流實驗探討中，經由雷射都普勒測速儀 (LDA) 量測在不同肥皂膜寬度、不同位置與不同流速下二維網格紊流，透過速度微擾的功率頻譜 (Power Spectrum) 分析，藉以研究邊界、渦流結合與可壓縮性於二維網格紊流中的雙向分支 (Double-Cascade) 理論之影響，實驗中並量測肥皂膜在不同厚度下的聲速，進一步探討流場流速超過2m/s時，肥皂膜內所產生的可壓縮性對二維網格紊流的影響。由實驗結果發現二維網格紊流中之分支區段分佈似乎與可壓縮性無關，而影響其分支區段的因素中以不同量測點位置的影響為甚，此外，二維網格紊流中的分支區段分佈具有間歇性 (Intermittency) 之現象。

關鍵詞：肥皂膜水洞；二維網格紊流；雙向分支理論

目錄

封面內頁	簽名頁	授權書	iii	中文摘要	iv	Abstract	v	誌謝	vi	目錄	vii	圖目錄	ix	表目錄	xi	第一章 緒論	1	1.1 研究背景	2	1.2 研究目的	3	第二章 研究方法	4	2.1 實驗系統	4	2.1.1 垂直連續式肥皂膜水洞	4	2.1.2 實驗用梳子模型之製作	6	2.1.3 雷射都卜勒測速系統(LDA)	6	2.1.4 肥皂膜黏滯係數的決定	7	2.1.5 肥皂膜之平均厚度量測	8	2.1.6 肥皂膜內之聲速	9	2.1.7 二維網格紊流實驗	11	第三章 結果與討論	13	3.1 肥皂膜之平均厚度量測	13	3.2 肥皂膜內之聲速量測	13	3.3 二維網格紊流實驗	14	3.3.1 邊界對二維網格紊流分支之影響	14	3.3.2 渦流結合對二維網格紊流分支之影響	16	3.3.3 可壓縮性對二維網格紊流分支之影響	17	第四章 結論	19	參考文獻	21	圖目錄	圖一 垂直連續式肥皂膜水洞示意圖	23	圖二 肥皂膜水洞使用LDA系統示意圖	24	圖三 使用LDA量測Shedding Frequency所得之頻譜分析圖	25	圖四 線掃描攝影機法掃描肥皂膜厚度的某一位置	26	圖五 產生肥皂膜面之壓克力框架	27	圖六 肥皂膜內的音波軌跡圖	28	圖七 肥皂膜厚度量測實驗的設備與相關技術示意圖	29	圖八 線掃描攝影機長時間掃描濃度為1%的肥皂膜面所攝得之影像	30	圖九 量測肥皂膜厚度之實驗曲線圖	31	圖十 亮度值對時間之理論曲線圖	32	圖十一-A 二維網格紊流速度微擾的分析圖(w=30mm, U=1.2m/s, d=1.0mm, y=50mm)	33	圖十一-B 二維網格紊流速度微擾的分析圖(w=75mm, U=1.2m/s, d=1.0mm, y=200mm)	34	圖十一-C 二維網格紊流速度微擾的分析圖(w=30mm, U=1.2m/s, d=1.0mm, y=200mm)	35	圖十二 肥皂膜寬度為30mm流速為1.8m/s時之斷面自由流速度分佈與其曲線回歸圖	36	圖十三 肥皂膜中音波軌跡相對時間圖	37	表目錄	表一 實驗用梳子之規格	38	表二 肥皂膜於不同寬度與不同流速之平均厚度	39	表三 肥皂膜於不同寬度與不同流速下之聲速	40	表四 肥皂膜寬度為30mm時在不同流速與不同位置下以LDA量測其功率頻譜之結果	41	表五 肥皂膜寬度為50mm時在不同流速與不同位置下以LDA量測其功率頻譜之結果	42	表六 肥皂膜寬度為75mm時在不同流速與不同位置下以LDA量測其功率頻譜之結果	43	表七 肥皂膜寬度為30mm時在不同流速與不同位置下以LDA量測其功率頻譜之紊流強度結果	44	表八 肥皂膜寬度為50mm時在不同流速與不同位置下以LDA量測其功率頻譜之紊流強度結果	45	表九 肥皂膜寬度為75mm時在不同流速與不同位置下以LDA量測其功率頻譜之紊流強度結果	46
------	-----	-----	-----	------	----	----------	---	----	----	----	-----	-----	----	-----	----	--------	---	----------	---	----------	---	----------	---	----------	---	------------------	---	------------------	---	----------------------	---	------------------	---	------------------	---	---------------	---	----------------	----	-----------	----	----------------	----	---------------	----	--------------	----	----------------------	----	------------------------	----	------------------------	----	--------	----	------	----	-----	------------------	----	--------------------	----	--------------------------------------	----	------------------------	----	-----------------	----	---------------	----	-------------------------	----	--------------------------------	----	------------------	----	-----------------	----	---	----	--	----	--	----	---	----	-------------------	----	-----	-------------	----	-----------------------	----	----------------------	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----	---	----

參考文獻

- [1] Tritton, D. J., 1988, "Physical Fluid Dynamics (Oxford Science Publications, Oxford)", 2nd ed.
- [2] Kraichnan, R. H., 1967, "Inertial Ranges in Two-Dimensional Turbulent", Phys. Fluids, Vol.10, No.7, 1417.
- [3] Leith, C. E., 1968, "Diffusion Approximation to Inertial Energy Transfer in Isotropic Turbulence", Phys. Fluids, Vol.10, No.7, 1409.
- [4] Batchelor, 1969, "Computation of the Energy Spectrum in Homogeneous Two-Dimensional Turbulence", Phys. Fluids Suppl. II, 12, 233.
- [5] Babiano, A., Basdevant, C., Legras, B. and Sadourn, R., 1985, C. R. Acad. Sci. Paris., 229, 601.
- [6] Gharib, M. and Derango, P., 1989, "A Liquid Film (Soap Film) Tunnel to Study Two-Dimensional Laminar and Turbulent Shear Flows", Physica D 37, 406.
- [7] Kellay, H., Wu, X-I. and Goldburg, W.I., 1995, "Experiments with Turbulent Soap Films", Phys. Rev. Lett. 74(20), 3975.
- [8] Rutgers, A., Wu, X-I. and Goldburg, W.I., 1996, Phys. Fluids. 8(9), S7.
- [9] Couder, Y., Chomaz, J. M. and Rabud, M., Physica D37 (1989) 384.
- [10] Jerome Paret, Patrick Tabeling, 1997, "Experimental Observation of the Two-Dimensional Inverse Energy Cascade", San Francisco Am. Phys. Soc. Vol. 42, No.11 (1997), 2117.
- [11] 莊志賢, 垂直連續式肥皂膜水洞之研製與二維流實驗 (PART) 圓形震波管系統之研製 (PART) , 大葉工學院碩士論文, 民國八十六年六月。
- [12] 溫志湧, "國科會報告 NSC 85-2212-E-212-005"., 1996.
- [13] Rutgers, A., Wu, X-I. and Goldburg, W.I., 1996, "Two-Dimensional Velocity Profiles and Laminar Boundary Layers in Flowing Soap Films", Phys. Fluids. 8(9), S7.
- [14] Roshko, A., 1953, "On the Development of Turbulent Wake

from Vortex Street", NACA Technical Note 2913. [15] Sears ,F .W .,1948 , "Optics" 3rd ed (MIT Press). [16] 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。