

Experimental Study of Two-Dimensional Grid Turbulence in the Soap Films

郭威伸、溫志湧

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

ABSTRACT

The experiment conducted in this soap film tunnel was to verify the double cascade theory in the two-dimensional turbulence. Flow visualization and the measurement of the velocity fluctuations was emphasized in the experiments. A traditional camera was used to visualize the wake behind the grid, with the interests in finding the evolution of the wake vortices and the interactions between nearby vortices. LDA was used to measure the velocity fluctuations in the turbulent flow field. The power spectra of the turbulent velocity fluctuations was analyzed and compared to the double cascade theory. The effects of compressibility on two-dimensional turbulence have also been investigated by a series of experiments. No effect has been found.

Keywords : Soap Film Tunnel ; Two-Dimensional Flow ; Double Cascade Theory

Table of Contents

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($w=30\text{mm}$, $U=1.2\text{m/s}$, $d=1.0\text{mm}$, $y=50\text{mm}$) 33 圖十一-B 二維網格紊流速度微擾的分析圖($w=75\text{mm}$, $U=1.2\text{m/s}$, $d=1.0\text{mm}$, $y=200\text{mm}$) 34 圖十一-C 二維網格紊流速度微擾的分析圖($w=30\text{mm}$, $U=1.2\text{m/s}$, $d=1.0\text{mm}$, $y=200\text{mm}$) 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

REFERENCES

- [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。