

# Optimal Design of Stiffened Composite Flat-Panel Speakers by Nano-Carbon Tube

李東穎、賴

E-mail: 9512638@mail.dyu.edu.tw

## ABSTRACT

The main object of this research was constructed a Stiffened Composite Flat-Panel Speaker of Nano-Carbon Tub and utilized the heuristic algorithms to smooth Sound Pressure Level (SPL) curves by different design parameters. The panel speaker was developed by computer aided engineering, optimization design, measuring and making. The composite panel, spring system and exciting panel was discussed in this investigation. Besides, the model of speaker was simulated by the commercial finite element package, ANSYS. The volume of speaker was defined in 30mm\*18mm\*7mm, and the frequency was during 300 to 20000Hz. The goal value of SPL was defined as the first nature frequency over 75dB and the mediant valley below 6dB. The average value of SPL during 10000 to 20000Hz was over 70dB. The distance between speaker and the SPL receiver was 30cm. It is shown that the heuristic algorithms can achieve the target efficiently.

Keywords : Spring System, Nano-Carbon Tub, Composite Panel, Finite Element, Heuristic Algorithms, Mediant Valley

## Table of Contents

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	x	表目錄	xiii	第一章 緒論	1	1.1 前言	1	1.2 文獻回顧	4	1.3 小型奈米碳管加勁平面揚聲器簡介	5	1.4 中音谷現象	6	1.5 研究方法	7	第二章 理論推導	9	2.1 聲壓方程式	10	第三章 研究方法	14	3.1 粒子群演算法原理	14	3.1.1 粒子群演算法的研究流程與搜尋步驟	15	3.1.2 粒子群演算法範例	18	3.2 螞蟻演算法	24	3.2.1 螞蟻搜尋步驟	25	3.2.2 螞蟻演算法範例	28	3.3 電腦輔助工程分析	32	3.3.1 有限元素模型	33	第四章 揚聲器製作與量測	35	4.1 製作過程	35	4.2 聲壓量測	42	4.3 彈簧常數推導	43	4.3.1 垂直彈簧常數	43	4.3.2 旋轉彈簧常數	44	4.4 線圈與磁鐵所產生之推力計算	46	4.5 模型驗證	46	第五章 演算法最佳化結果	49	5.1 固定振膜尺寸結果	49	5.1.1 粒子群演算法設計參數探討	49	5.1.2 設計方法一(改變激振板面積大小)	51	5.1.3 設計方法二(改變激振板位置)	52	5.1.4 設計方法一與設計方法二之比較	55	5.2 不同振膜的長寬比(b/a)	56	5.2.1 不同振膜的長寬比設計參數與編碼	57	5.3 不同振膜的面積比	68	5.4 演算法結果	71	第六章 實驗結果	74	6.1 本研究尺寸模型	74	6.2 改變懸邊材料	76	6.3 改變激振板大小	78	6.4 降低第一自然頻率	81	6.5 改變激振板位置	85	第七章 結論與未來研究方向	88	7.1 結果討論	88	7.2 未來研究方向	90	參考文獻	91	圖目錄	圖 1 傳統圓錐揚聲器	圖 2 小型奈米碳管加勁平面揚聲器示意圖	圖 3 振膜、懸邊及激振板示意圖	圖 4 中音谷現象示意圖	圖 5 研究流程圖	圖 6 振膜推動空氣粒子示意圖	圖 7 量測距離示意圖	圖 8 鳥類搜尋食物示意圖	圖 9 粒子群最佳化演算法搜尋流程	圖 10 設計示意圖	圖 11 中音谷聲壓落差示意圖	圖 12 初始解Gbest與第一次迭代Gbest	圖 13 螞蟻搜尋食物示意圖	圖 14 螞蟻流程圖	圖 15 迭代過程	圖 16 迭代結果與更改樣式之比較	圖 17 電腦輔助工程分析流程	圖 18 Shell91元素示意圖	圖 19 Combin14元素	圖 20 Mass21元素	圖 21 音圈固定在PC基板上	圖 22 CNC銑床	圖 23 不同尺寸之激振板	圖 24 音圈、激振板、振膜黏製	圖 25 固定揚聲器與固定懸邊	圖 26 磁鐵與框架固定	圖 27 揚聲器背面示意圖	圖 28 揚聲器直立示意圖	圖 29 LMS量測軟體	圖 30 聲壓量測示意圖	圖 31 泡棉懸邊受垂直力示意圖	圖 32 泡棉懸邊受旋轉受力示意圖	圖 33 ANSYS模型建構	圖 34 實驗值與模擬值之比較	圖 35 參數設計迭代過程示意圖	圖 36 最佳化聲壓曲線繪製	圖 37 激振器位置偏移示意圖	圖 38 設計二迭代結果與隨機產生解比較	圖 39 設計方法一與設計方法二邊界條件示意圖	圖 40 設計方法一與設計方法二聲壓曲線比較	圖 41 振膜的長寬比b/a=0.5示意圖	圖 42 振膜的長寬比0.5之演算法結果示意圖	圖 43 振膜的長寬比b/a=0.6667之演算法結果示意圖	圖 44 振膜的長寬比1.0之演算法結果示意圖	圖 45 振膜的厚度比b/a=1.25之演算法結果示意圖	圖 46 不同振膜的面積比示意圖	圖 47 不同振膜面積比之演算法結果示意圖	圖 48 粒子群演算法與螞蟻演算法比較	圖 49 激振板的長與寬分別與振膜的長與寬之比例(ANT)	圖 50 激振板的長與寬分別與振膜的長與寬之比例(PSO)	圖 51 尺寸結構圖與有限元素模型	圖 52 研究尺寸模型的實驗值與理論值比較	圖 53 懸邊分別以快乾及雙面膠泡棉固定方式	圖 54 雙面膠泡棉的實驗值與理論值比較	圖 55 快乾固的定實驗值與理論值比較	圖 56 兩種激振板之尺寸結構示意圖	圖 57 實際製作之示意圖	圖 58 改變激振板大小的實驗值結果	圖 59 小激振板的實驗值與理論值比較	圖 60 大激振板的實驗值與理論值比較	圖 61 兩種泡棉樣式	圖 62 設計樣式一與設計樣式二懸邊示意圖	圖 63 兩種不同設計樣式的實驗結果	圖 64 設計樣式一的實驗值與理論值比較	圖 65 設計樣式二的實驗值與理論值比較	圖 66 激振板位置置中與置於左下	圖 67 實際製作之框架位置設計	圖 68 激振板置中與置於左下方實驗值	表目錄	表1 奈米碳管與巴沙木材料參數	20	表2 振膜的5種設計樣式	20	表3 激振板的7種設計樣式	20	表4 彈簧常數設計與編碼	21	表5 四個粒子分別隨機產生初始解	21	表6 初始解解碼與適合度計算	22	表7 世代一之更新移動距離	22	表8 迭代一次之編碼與適合度計算	23	表9 隨機產生一初始	
----	------	-----	-----	-----	------	----	----------	---	----	----	----	-----	-----	---	-----	------	--------	---	--------	---	----------	---	---------------------	---	-----------	---	----------	---	----------	---	-----------	----	----------	----	--------------	----	------------------------	----	----------------	----	-----------	----	--------------	----	---------------	----	--------------	----	--------------	----	--------------	----	----------	----	----------	----	------------	----	--------------	----	--------------	----	-------------------	----	----------	----	--------------	----	--------------	----	--------------------	----	------------------------	----	----------------------	----	----------------------	----	-------------------	----	-----------------------	----	--------------	----	-----------	----	----------	----	-------------	----	------------	----	-------------	----	--------------	----	-------------	----	---------------	----	----------	----	------------	----	------	----	-----	-------------	----------------------	------------------	--------------	-----------	-----------------	-------------	---------------	-------------------	------------	-----------------	--------------------------	----------------	------------	-----------	-------------------	-----------------	-------------------	-----------------	---------------	-----------------	------------	---------------	------------------	-----------------	--------------	---------------	---------------	--------------	--------------	------------------	-------------------	----------------	-----------------	------------------	----------------	-----------------	----------------------	-------------------------	------------------------	-----------------------	-------------------------	--------------------------------	-------------------------	------------------------------	------------------	-----------------------	---------------------	-------------------------------	-------------------------------	-------------------	-----------------------	------------------------	----------------------	---------------------	--------------------	---------------	--------------------	---------------------	---------------------	-------------	-----------------------	--------------------	----------------------	----------------------	-------------------	------------------	---------------------	-----	-----------------	----	--------------	----	---------------	----	--------------	----	------------------	----	----------------	----	---------------	----	------------------	----	------------	--

解 28 表10 激振板能見度與Pij 28 表11 激振板搜尋 29 表12 振膜厚度比搜尋 29 表13  $K_{x1} \sim K_{x3}$ 彈簧常數搜尋 29 表14  $K_{y1} \sim K_{y3}$ 彈簧常數搜尋 30 表15 複合材料振膜與彈簧懸邊材料參數 47 表16 粒子群算法參數設計 50 表17 設計方法一迭代結果 51 表18 激振板位置的設計變數編碼與解碼 53 表19 設計方法二迭代結果 54 表20 振膜長寬比0.5之激振板長與寬設計 59 表21 振膜長寬比0.5之振膜厚度編碼與解碼 60 表22 振膜長寬比0.5之懸邊彈簧常數編碼與解碼 60 表23 振膜的長寬比 $b/a=0.5$ 之PSO與ANT演算法結果 61 表24 振膜的長寬比 $b/a=0.6667$ 之激振板長與寬設計 62 表25 振膜的長寬比 $b/a=0.6667$ 之PSO與ANT演算法結果 63 表26 振膜的長寬比 $b/a=1.0$ 之激振板長與寬設計 64 表27 振膜的長寬比 $b/a=1.0$ 之PSO與ANT演算法結果 65 表28 振膜的長寬比 $b/a=1.25$ 之激振板長與寬設計 66 表29 振膜長寬比1.25之PSO與ANT演算法結果 67 表30 不同振膜的面積比之激振板編碼與解碼 69 表31 不同振膜的面積比之PSO與ANT演算法結果 70 表32  $b/a=0.5$ 、 $0.6667$ 、 $1.0$ 、 $1.5$ 之參數設計結果 73

## REFERENCES

1. John B., " Loudspeaker and Headphone Handbook ", Second edition, Reed Educational and Professional Publishing Ltd. , Great Britain, 28-105, 1994.
2. Professional Publishing Ltd. , Great Britain, 28-105, 1994.
3. Morse P. M., and Ingrad K. U., " Theoretical Acoustics", McGraw-Hill, NY, 1968;rpt. Princeton University Press, NJ, pp. 375-379,1986.
4. Tan C. C. and Hird C. I., " Active Control of the Sound Field of a Constrained Panel by an Electromagnetic Actuator-an Experimental Study ", Applied Acoustics, Vol. 52, No. 1, pp. 31-51, 1997.
5. Takeo S., Osamu Y., and Hideo S., " Effect of Voice-Coil and Surround on Vibration and Sound Pressure Response of Loudspeaker Cones ", Journal of the Audio Engineering Society, Vol. 28, No. 7-8, pp. 490-499, 1980.
6. Alain B., Jean-Louis G., and Jean N., " A General Formulation for the Sound Radiation from Rectangular, Baffled Plates with Arbitrary Boundary Conditions ", The Journal of the Acoustical Society of America, Vol. 88, No. 6, pp. 2792-2802, 1990.
7. 徐財維, " 微型喇叭之研製 ", 國立交通大學機械工程研究所碩士論文, 新竹市, 2002.
8. 蘇鎮隆, " 複合材料板的聲傳平滑研究 ", 國立交通大學機械工程研究所碩士論文, 新竹市, 2004.
9. 施志鴻, " 具彈性支撐複合材料圓板之振動及聲傳研究 ", 國立交通大學機械工程研究所碩士論文, 新竹市, 2004.
10. Kennedy, J. and Eberhart, R.C., " Particle Swarm Optimization ", In proceedings of IEEE International Conference on Neural Networks, Vol. IV, pp.1942-1948, 1995.
11. Dorigo M., Maniezzo V., and Colomi A., " Positive Feedback as a Search Strategy ", Technical Report 91-016, Dipartimento di Elettronica, Politecnico di Milano. IT , 1991
12. Mingsian R. and Bowen L, " Determination of Optimal Exciter Deployment for Panel Speakers Using the Genetic Algorithm ", Journal of Sound and Vibration 269pp.727-743,2004
13. Wylie C. and Barrett L., "Advanced Engineering Mathematics, "McGraw-Hill, New York. , 1995
14. Kam, T. Y., US Patent No. US006681026B2 ,Jan.20,2004.