

行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告
行政院國家科學委員會專題研究計畫 成果報告

田口方法於教學路徑最佳化之應用-以振動力學為例
研究成果報告(精簡版)技職體系三明治教學之課程建構與
驗證—以四技餐旅教育為例
研究成果報告(精簡版)

計畫類別：個別型個別型

計畫編號：NSC 97-2511-S-168-004-NSC 97-2511-S-328-005-

執行期間：97年08月01日至98年07月31日 97年08月01日至98年
07月31日

執行單位：崑山科技大學機械工程系國立高雄餐旅學院中餐廚藝系

計畫主持人：何星輝楊昭景

共同主持人：馮莉雅、陳郁翔、蘇雅慧、洪良志

計畫參與人員：碩士班研究生-兼任助理人員：王傳銘
講師級-兼任助理人員：莊豐吉

處理方式：本計畫可公開查詢本計畫涉及專利或其他智慧財產權，1年後
可公開查詢

中華民國 98年10月02日 98年10月02
日

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫 成果報告
 期中進度報告

田口方法於教學路徑最佳化之應用-以振動力學為例

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫

計畫編號：NSC 97-2511-S-168 -004

執行期間：97年8月1日至98年7月31日

計畫主持人：何星輝

共同主持人：

計畫參與人員：王傳銘 莊豐吉

成果報告類型(依經費核定清單規定繳交)： 精簡報告 完整報告

本成果報告包括以下應繳交之附件：

- 赴國外出差或研習心得報告一份
- 赴大陸地區出差或研習心得報告一份
- 出席國際學術會議心得報告及發表之論文各一份
- 國際合作研究計畫國外研究報告書一份

處理方式：除產學合作研究計畫、提升產業技術及人才培育研究計畫、列管計畫及下列情形者外，得立即公開查詢

涉及專利或其他智慧財產權， 一年 二年後可公開查詢

執行單位：崑山科技大學機械系

中華民國 98 年 10 月 2 日

田口方法於教學路徑最佳化之應用-以振動力學為例

The Application of Taguchi Method on Teaching Path Optimization – using vibration mechanics as an example

計劃編號：NSC 97-2511-S-168 -004

執行期限：97 年 8 月 1 日至 98 年 7 月 31 日

主持人：何星輝 崑山科技大學機械系

中文摘要

本計畫旨在以田口方法設計「振動力學」的最佳教學路徑。雖以振動力學為例，但其結果理應可提供一般專業基礎課程參考使用。

教學路徑係由教具導向教學、傳統教學、軟體導向教學及實驗導向教學構成。首先設計製作各種具趣味、多功能、實務性教具來從事教學，幫助同學了解抽象之觀念；其次以結合計算軟體及模擬軟體編撰各項輔助教學軟體來進行軟體導向教學，幫助同學跨越數理相關之學習障礙；再則設計各種振動量測實驗；最後配合傳統教學，應用田口方法找出最佳教學路徑—教具導向教學、傳統教學、軟體導向教學及實驗導向教學之最佳組合。

本計劃除傳統教學外，主要含四個部分：

其一、設計並製作各種教具，來從事教具導向教學，各項教具內容如下：

1. 趣味導向教具—使用於振動基本概念教學單元。
2. 多功能導向教具—使用於離散及連續系統自由及強迫振動教學單元。

其二、編撰各項輔助教學軟體，來進行軟體導向教學，各項教學軟體內容如下：

1. 振動基本概念教學軟體—以 VB、Ansys 及 ME' scope 模態分析軟體來編撰。
2. 離散、連續系統自由及強迫振動教學

軟體—應用微分轉換法及有限元素法來編撰。

3. 振動實務應用軟體—B&K 頻譜分析軟體、ME' scope 模態分析軟體來編撰。

其三、設計並製作各種振動量測實驗來進行實驗導向教學：

1. 實務導向實驗—水平振動平台及扭轉振動平台之製作。
2. 教學導向實驗—設計各種模態實驗來量測自然頻率及模態。

其四、應用實驗設計—田口方法，找出最佳教學路徑即教具導向教學、傳統教學、及及實驗導向教學之最佳組合；對此路徑進行教學評估，將實驗值與預測值比對並作修正。

Abstract

The main purpose of this project is to design the optimal teaching path of vibration mechanics by Taguchi method. Though we take vibration mechanics as an example, the result can be applied to other courses.

The teaching path consists of teaching tool, tradition, teaching software and experiment oriented teaching. First, we use interest, multi-purpose and practice oriented concepts to design and manufacture several kind of teaching tools for teaching tool oriented teaching. Second, we combine computational software and simulation

software to create some teaching software for software oriented teaching. Third, we design some vibration measurement experiment. Finally, with traditional teaching we apply Taguchi method to find the optimal teaching path—the optimal combination of teaching tool, tradition, teaching software and experiment oriented teaching.

The project is composed of four parts as follows:

Part 1--- Design and manufacture teaching tools

- 1.interest oriented teaching tool—for the teaching of vibration concepts
- 2.multi-purpose oriented teaching tool — for the teaching of the free and force vibrations of discrete and continuous systems.

Part 2--- Compile teaching software

- 1.software of vibration concepts— compiled by VB, Ansys and ME' scope.
- 2.software of the free and force vibrations of discrete and continuous systems— compiled by differential transformation and F.E.M.
- 3.software of vibration practice—compiled by B&K and ME' scope

Part 3--- Design and manufacture vibration measurement equipment

1. practice oriented experiment— base vibration platform for linear and angular motion.
2. teaching oriented experiment— modal experiment for natural frequency and mode shape

Part 4--- Find the optimal combination of teaching tool oriented , traditional, teaching software oriented and experiment oriented way by Taguchi method and do evaluation on the optimal teaching path.

計劃緣由與目的：

執行本計畫“田口方法於教學路徑最佳化之應用-以振動力學為例”之緣由有三：

其一、技職系統學校中，由專科升級

成技術學院進而轉型成科技大學及至研究所者比比皆是，學生之程度比起專科時代不但未提昇，反而有日益低落之趨勢，造成教學困擾，此在私立技職體系學校更是明顯。

其二、隨著科技日新月異之發展，近日因應知識爆炸時代之需求在原有課程中納入許多”新興課程”諸如奈米科技、半導體製程、光機電整合等，進而壓縮原有專業基礎及其相關課程之授課與學習時間，同時學生的負擔亦日益加重。

其三、專業基礎及其相關課程一般使用較多之數學工具及物理觀念，而這些正是技職體系學生之弱點，進而造成學習之困擾。

基於上述三點緣由，吾人得知在被壓縮且有限之時間下，要教導數理程度背景不甚理想之學生，學會內容豐富且較艱深之專業基礎不甚容易。是而突破傳統，創新教學並找出最佳教學路徑是解決上述問題之最佳方案之一。最佳教學路徑係由教具導向教學、傳統教學、軟體導向教學及實驗導向教學構成。以振動力學為例，首先設計趣味、多功能之各種教具，幫助同學了解抽象之觀念；其次以結合計算軟體及模擬軟體編撰各項輔助教學軟體來幫助同學跨越數理相關之學習障礙；再則設計各種生動實驗加強同學動手做實務能力。相信各自獨立之傳統教學、教具導向教學或軟體導向教學對於振動力學之教學均有正面加分效果；但是否存在傳統、教具導向、軟體導向及實驗導向教學四者兼具之最佳教學路徑？是而應用田口方法[1-3]試圖找教具導向教學、傳統教學、軟體導向教學及實驗導向教學之最佳組合進而確立最佳教學路徑是本計劃之目的。

結果與討論：

本計畫“田口方法於教學路徑最佳化之應用-以振動力學為例”之執行結果有五，分別論述如下：

- (1)教具導向教學—使用於教學路徑最佳化的教具有質量彈簧(垂直激振)、單擺

(水平激振)及魚洗，其中以質量彈簧不論在自然頻率或是共振現象展示[4-5]最具多功能及簡易性；魚洗[6-7]對同學最具吸引力；單擺(水平激振)在共振現象展示上不易呈現。

- (2)傳統教學—採用牛頓法、能量法、虛功法[8-9]來教導自然頻率及共振觀念，其主要差別在數學使用量之多寡。
- (3)實驗導向教學--水平振動平台(圖 1)由滾珠螺桿、可程式控制器[10]及電腦組成；以水平激振方式進行離散及連續系統強迫振動。扭轉振動平台(圖 2)由氣壓馬達、可導電旋轉平台、高速電磁切換閥組成；以扭轉激振方式進行離散及連續系統強迫振動。模態實驗設備(圖 3)係由加速度規，衝擊錘、頻譜分析儀及待測物組成[11-12]，配合B&K頻譜分析軟體及ME' scope模態分析軟體操作。連續系統部分有曲樑模態實驗(圖4)、魚洗模態實驗(圖5)、直樑模態實驗及平板模態實驗；離散系統部分則有單、多自由度彈簧質量模態實驗。
- (4)軟體導向教學—利用B&K頻譜分析軟體及ME' scope模態分析軟體求解頻率響應函數及關聯性函數如圖6-7所示；求解自然頻率與振動模態如表1所示[13-15]。使用有限元素法分析魚洗如圖8所示；利用微分轉換法分析質量彈簧阻尼系統位移及速度相平面如圖7所示；分析曲樑強迫振動如圖8所示[16-18]。
- (5)應用田口方法找出最佳教學路徑—教學法有教具導向教學、傳統教學、軟體導向教學及實驗導向教學四種方式。依據田口方法可列出課程設計控制因子水準表，如表一所示。依據田口方法選擇 $L_9(3^4)$ 直交表，如表二所示。進而以六人一小組針對三年級進行教學實驗，再對將實驗數據進行分析計算平均值 Ave.、標準偏差 S、信號雜訊比 S/N。最佳教學路徑實驗計畫及實驗數據如表三所示。進而求出因子對 S/N 比的反應表如表三所示；並繪製因子對 S/N 比

的反應圖如圖 所示。進而求得 A1、B3、C1、D3 為一可行之最佳教學路徑，最後以此路徑進行教學評估，將實驗值與預測值比對，如表 6 所示，確認實驗與預測值夠接近，進而產生最佳教學路徑 A1、B3、C1、D3。以相同之步驟對四年級進行教學實驗，得到如表 7、8、9 及圖 12 之結果；進而產生最佳教學路徑 A3、B1、C1、D3。

參考文獻

- 1.李輝煌，田口方法—品質設計的原理與實務，高立圖書，2003。
- 2.陳耀茂，田口實驗計畫法，滄海圖書，1997。
- 3.朱經明，教育統計學，五南圖書，2005。
- 4.Inman D. J., Engineering Vibration, Prentice Hall Englewood Cliffs, NJ, 1996
- 5.Leonard Meirovitch, Elements of Vibration Analysis, Singapore, 1986.
- 6.鮑亦興，談平板的振動—理論淵源及應用，科學月刊，1971。
- 7.林清涼，戴念祖，啟發性物理學—力學，五南圖書 2000。
- 8.Rao S. S., Mechanical Vibrations, Addison-Wesley, Reading, MA, 1995
- 9.W. L. Thomson and M. D. Dahleh, Theory of Vibration with Applications, Prentice-Hall, Englewood Cliffs, NJ, 1998.
- 10.莊漢榕，OMRON PLC 程式編輯與軟體教學，五南圖書出版社，2006
- 11.D. J. Ewins, Modal testing: Theory and Practice, Research studies Press, Letchworth, England, 1984.
- 12.K. G. McConnell, Vibration Testing: Theory and Practice, John Wiley & Sons, New York, 1995.
- 13.PULSE-Getting Started “An Introduction to PULSE”, B & K. 2003.
14. ME' scope .VES 5.0 TM, <http://www.vibetech.com>
- 15.Trethewey, M. W., and Cafeo, J. A., “Tutorial: Signal Processing Aspects of Structural Impact Testing,” The International Journal of Analytical and Experimental Modal Analysis, Vol. 7, No. 2, pp.129-149,1992.

16. 趙家奎，微分轉換及其在電路中的應用，華中理工大學出版社，1986.
17. C. K. Chen and S. H. Ho, "Application of Differential Transformation to Eigenvalue Problem," *Applied Mathematics and Computation*, Vol. 79, 1996, pp.173-188.
18. Shing. Huei Ho and Cha'o. Kuang Chen, "Free Transverse Vibration of a Spinning Twisted Non-uniform Timoshenko Beam Under Axial Loading Using Differential Transform," *International Journal of Mechanical Science*, Vol.48, 2006, pp.1323-1331.

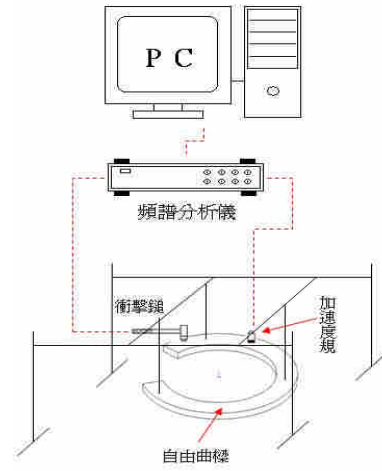


圖3 模態實驗設備



圖1 水平振動平台



圖4 曲樑模態實驗

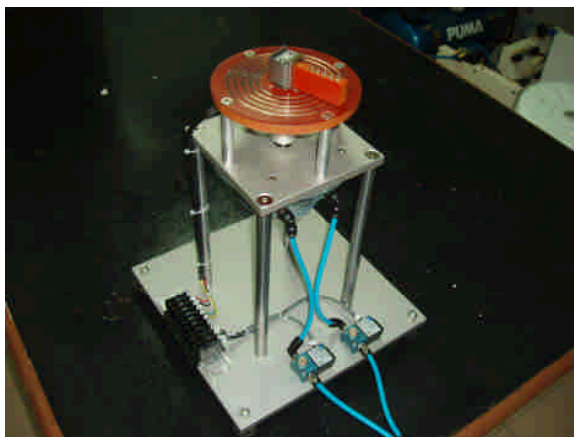


圖2 扭轉振動平台



圖5 魚洗模態實驗

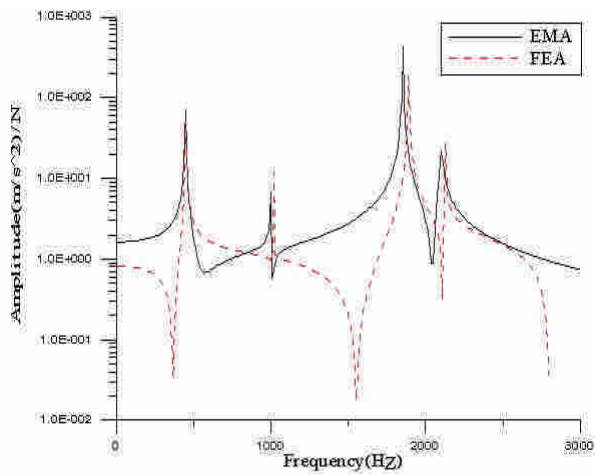


圖6 曲樑同點頻率響應函數 (i=3, j=3, $\theta=240^\circ$)

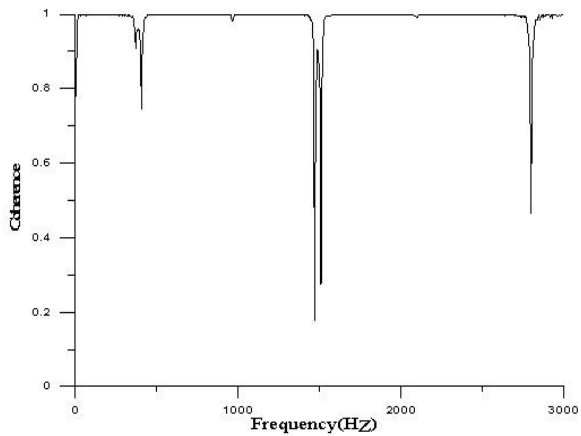


圖7 曲樑同點關聯性函數 (i=3, j=3, $\theta=240^\circ$)

表1 曲樑模態振型比較($\theta=300^\circ$)

碳鋼(S50C) $\theta=300^\circ$			
FEA 自然 頻率 (Hz)	FEA	EMA	EMA 自然 頻率 (Hz)
233.62			240
506.81			504
1169.2			1160
1726			1740

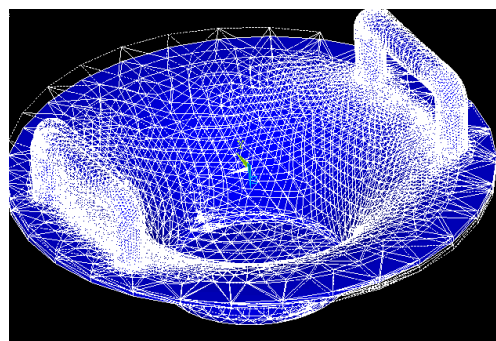


圖8 魚洗之有限元素分析

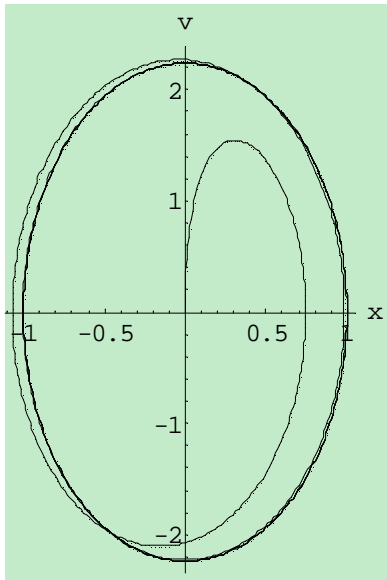


圖 9 質量彈簧阻尼系統位移及速度相平面

表 2 課程設計控制因子水準表

因子	Level 1	Level 2	Level 3
教具導向	質量彈簧(垂直激振)	單擺(水平激振)	魚洗
傳統導向	牛頓法	能量法	虛功法
軟體導向	質量彈簧阻尼系統	橋樑(Ansys)	結構(ME' scope)
實驗導向	曲樑振動(自由懸吊)	離散系統振動	平板振動(簡支)

表 3 $L_9(3^4)$ 直交表

Exp.	A	B	C	D
1	1	1	1	1
2	1	2	2	2
3	1	3	3	3
4	2	1	2	3
5	2	2	3	1
6	2	3	1	2
7	3	1	3	2
8	3	2	1	3
9	3	3	2	1

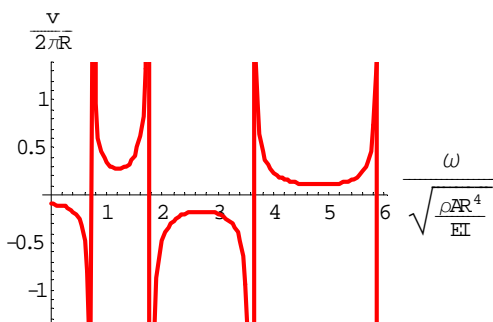
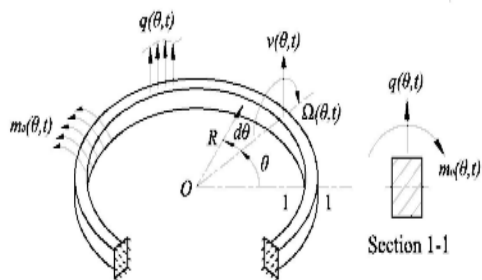


圖 10 曲樑強迫振動分析

表 4 最佳教學路徑實驗計畫及實驗數據 (三年級)

Exp.	A	B	C	D	p1	p2	p3	p4	p5	p6	freq.	z	RM
1	1	1	1	1	60	50	70	60	50		50.00	0.37	16.02
2	1	2	2	2	60	30	40	40	50	40	43.33	10.33	12.46
3	1	3	3	3	60	50	50	70	70	60	60.00	0.94	16.53
4	2	1	2	3	40	70	70	80	80	80	66.67	15.06	12.32
5	2	2	3	1	80	60	40	70	60		62.00	14.83	12.42
6	2	3	1	2	70	70	70	50	80		68.00	10.95	15.96
7	3	1	3	2	50	40	70	50			52.50	12.58	12.41
8	3	2	1	3	50	50	70	50	40	40	50.00	10.95	13.19
9	3	3	2	1	40	40	60	40	70		50.00	14.14	10.97

表5 因子對S/N比的反應表

	A	B	C	D
Level1	15.27	14.05	15.29	13.40
Level2	13.74	12.69	12.12	13.57
Level3	12.19	14.45	13.79	14.21
Effect	3.08	1.76	3.17	0.81
Rank	2	3	1	4

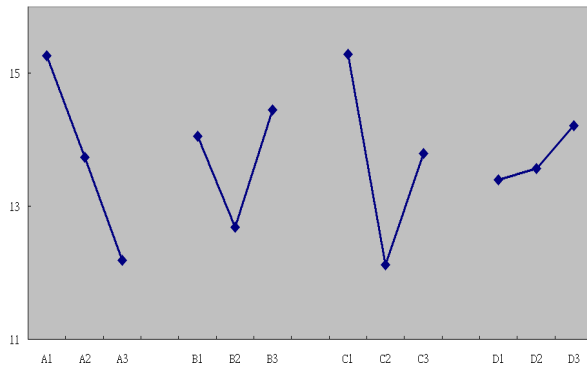


圖11 因子對S/N比的反應圖

表6 確認實驗與預測值之比較

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	Ave.	s	Calcu S/N	Pred S/N
Original	60	50	60	70	60	40	56.67	10.33	14.79	13.8
Optimal	70	60	70	70	50	70	65.00	8.37	17.81	17.55

表7 最佳教學路徑實驗計畫及實驗數據
(四年級)

Exp.	A	B	C	D	p1	p2	p3	p4	p5	p6	Ave.	s	S/N
1	1	1	1	1	84	84	76	76	84	84	80.00	4.38	25.32
2	1	2	2	2	60	76	60	92	92	60	76.00	13.39	15.08
3	1	3	3	3	60	84	64	92	84	44	72.67	17.60	12.31
4	2	1	2	3	84	92	92	92	84		88.00	4.38	26.14
5	2	2	3	1	76	84	64	44	76	100	74.00	18.89	11.86
6	2	3	1	2	92	100	76	92	84		88.00	9.12	19.77
7	3	1	3	2	84	92	92	84	92	84	88.00	4.38	26.06
8	3	2	1	3	84	84	92	92	92	92	88.33	4.13	26.70
9	3	3	2	1	76	60	76	84	76	100	80.00	11.03	17.21
													20.05

表8 因子對S/N比的反應表

	A	B	C	D
Level1	17.57	25.84	23.93	18.13
Level2	19.25	17.88	19.48	20.30
Level3	23.32	16.43	16.74	21.72
Effect	5.75	9.40	7.18	3.59
Rank	3	1	2	4

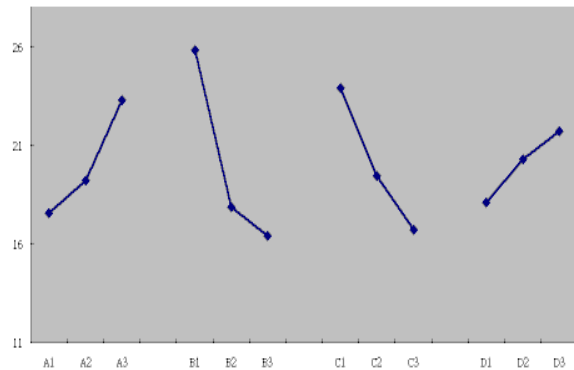


圖12 因子對S/N比的反應圖

表9 確認實驗與預測值之比較

	p1	p2	p3	p4	p5	p6	Ave.	s	Calcu S/N	Pred S/N
Original	76	68	76	84	76	84	77.33	6.02	22.17	22.53
Optimal	84	76	84	84	84	84	82.67	3.27	28.07	29.72