

# 彈片式連接器之接觸彈簧插拔力最佳化分析研究

## Analyses of Insertion Behaviors and Optimum Design for Connectors of Spring Types

黎文龍<sup>1</sup> 及 蘇柏魁<sup>2</sup>

國立台北科技大學

<sup>1</sup>機電整合研究所 副教授

<sup>2</sup>製造科技研究所 碩士生

聯絡作者：黎文龍 E-mail: [wlli@ntut.edu.tw](mailto:wlli@ntut.edu.tw)

### 摘要

電子連接器的功能在提供一可分離的介面，來連接電子系統內部的兩個子系統，其主要的作用方式，乃是藉由在連接器相互裝配時，在接觸界面上產生的正向接觸力，從而達到傳遞訊號目的，而該正向力通常都是由接觸彈片所負責提供的，因此，電子連接器的品質高低，事實上與該彈片設計之良窳，有決定性的影響。本研究以接觸彈片之功能需求開始，首先訂定出中心導體挾持彈片之設計規格，藉由懸臂樑理論來分析找出各個影響插拔力之要因，並利用有限元素的分析及田口法實驗設計法，來尋找最符合規格需求的最穩健的設計要因組合。最後，並以此參數組合開模，進行小規模量產，再將試產後之挾持彈片，進行插拔力與插拔行為之實驗，以量測接觸彈片於中心導體實施插拔行為時之位移量測，由驗證結果顯示，本研究所得之彈片參數，符合了原先之設計規格，並且達到穩健化設計之目標。

關鍵詞：連接器、接觸彈簧、拔出力、插入力、CAE。

### ABSTRACT

A connector provides a separable and mating interface between two subsystems of an electronic system. The main function comes from the contact springs that provide enough normal forces for reliably transmitting the electricity signals. Thus, it establishes the contact interface as the connectors are mated. The paper presents an example of finding the robust and optimal design for the connector contact springs. The research started with collecting functions needed for a connector. Having collected them, they were then transformed into the engineering specification for the springs. The parameters that are required to specifically measure the properties of the connector spring were established by using the QFD method. From which, the optimal inserting force and the normal contact force can be also defined at the specific values. In addition, based on the theoretical analysis of a modified cantilever beam, the contact normal force was

derived. Moreover, a CAE together with the Taguchi's method was performed to verify the obtained parameters that are believed to be optimal. Finally, an experiment was carried out by measuring the displacements of the spring once the connector cones were made by a pilot run. The forces and the behaviors under conditions of inserting and withdrawing the central conductor were then also measured. The results showed that the parameters obtained by the present study are in good agreement with the design goal. In addition, the parameters are believed to be the most robust ones.

Keywords: connectors, contact springs, withdrawing force, inserting force, CAE

### 1 前言

國內多數連接器業者所設計生產之連接器，大都是彈臂式的，它當然也是目前工業界所主流常用之型式。不過，隨著電子產品市場輕薄短小的要求趨勢，對一般連接器的性能要求，也就越來越多了，這對連接器設計工程師而言，所能運用的設計餘裕空間更有限了。

一個解決的方法，即是讓現有的連接器，可以有更多元的接合選擇，可以適合更多種類的中心導體線徑，或有更寬廣的使用範圍，而且仍然保持有相同的高品質傳接電器性質，如此一來，當可增加連接器的競爭力。有鑑於此，本研究即是以彈片式之連接器為對象，深入研究其多種線徑接合的可能性及最佳化設計參數等，不過，由於連接器之種類相當多，本研究僅以彈片式之連接器為對象，研究特別聚焦於這種連接器之心臟——接觸彈片，做為研究之重點零件，以作為連接器之先導研究。

以此種彈片式之連接器而言，相關之研究相當稀少。早期之研究，為了探討連接器的力學問題以及解決插入力過大之現象，早在 1987 年即有學者 Whitley 和 Mroczkowski [1] 開始對連接器之正向力進行研究，並進而找出能夠解決的方法，當時之研究方向大抵是以「零插入力」(ZIP)為主[2]。1990 年，二位日本學者 Yamada 和 Ueno [3]，則是分別討論連接器之插拔力的問題；到

了1992年後又有 Sawchyu 和 Sproles [4]二位學者，提出降低插入力的最佳化設計，基本上當時研究比較偏向於幾何形狀之改善。另外，1998年由另一位服務於電子連接器第一大廠安普(AMP)的學者 Ling [5]，再度研究此一插拔力的問題，並以連續之懸臂樑理論，進行理論分析，並推導出近似之設計參數公式。但是，上述論文絕大部分都只提及接觸彈片之插拔力分析，亦僅侷限於插槽連接器，而非目前使用量較大的同軸連接器。

另一方面，國內對連接器的研究部分，2000年由徐[6]提出插槽連接器接觸彈簧最佳化設計，但是其論文較偏向於對量產後端子的幾何形狀改善，無法在設計階段即能有效掌握彈片式連接器之最佳參數，故實際工業引用效果有限；而本文作者在[7]之研究報告中，雖然進一步以 CAE 分析來佐證接觸力及參數設計，然而，仍然欠缺實際開模，僅限於紙上談兵，效果也不清楚。

## 2. 研究方法及流程

本研究過程是以接觸彈片之設計需求開始，首先蒐集連接器相關的研究資料後，綜合目前實際量產之既有之設計經驗考量，並考慮客戶所要求達到設計參數值後，訂定出中心導體夾持彈片之設計規格。本研究一開始推導類似懸臂樑之接觸彈片的數學分析，了解插拔力產生的因素與插拔力之間的對應關係。在 CAE 的部分，先進行 CAE 的分析模型的建立，配合田口法來尋找符合規格需求的最佳設計要因組合。最後，再決定最佳之接觸彈片幾何形狀之參數設計後，進行量產開模的動作，待試模完樣本尺寸確認無誤，進行相關機械性質之實驗，以驗證結果是否符合設計規格書之設定目標。

### 2.1 相關背景追蹤研究

連接器是所有用在電子訊號與電源上的連接元件及附屬配件。從電子精裝的觀點來看，連接器是屬於互連(Inter connection)部分，意指凡可離合或替換的插接件。換言之，連接器是所有電子零組間訊號傳遞的橋樑，其品質良莠不僅影響電流與訊號傳輸的可靠度，亦會牽動整個電子機器的運作品質，依照目前常用之連接器依外觀及使用目的區分，大致上可區分為以下幾種：(1)圓形連接器、(2)角形連接器、(3)印刷電路板用連接器、(4)同軸連接器、及(5)光纖連接器。其中，同軸連接器主要用於連接同軸電纜或電子設備之間訊號傳輸之媒介，其生產過程和電氣特性需求，均有別於其他以沖壓或射出製成的連接器，使用也非常廣泛。雖然隨著高頻傳輸需求不斷之增加，同軸電纜傳輸系統都須要具備有低損失、高彈性、體積小、重量輕及高頻寬等特性，可是由於同軸電纜傳輸系統仍具有傳輸時的電場與磁場正交的特性，再加上其傳輸頻寬仍足夠適用於各領域，使得同軸連接器也仍具有相當高競爭力。

同軸連接器之整體結構，除外表被覆外，尚包括負責傳遞電子的中心導體、固定並隔離兩金屬避免短路之塑膠絕緣(insulation)、與提供接地端功能之外部隔離導體(shield)等三大部分，參考圖 1。

本研究選擇之同軸連接器與同軸電纜傳輸線連接之部位為其接觸彈片，它在兩連接導體之間做為訊號的傳輸之主要區域，一般均以電鍍方式製成，可是其結構設計，明顯地會影響到訊號之傳遞的品質，例如，不良的接觸將會導致兩連接導體間之電阻增加，甚至劣化或接觸力不足等因素，影響訊號傳遞。基本上，電纜線之金屬中心導體與接觸(contact)和連接(connect)具有密不可分的關係，良好的連接器必須提供優良的接觸條件，才會有好的訊號連接效果。

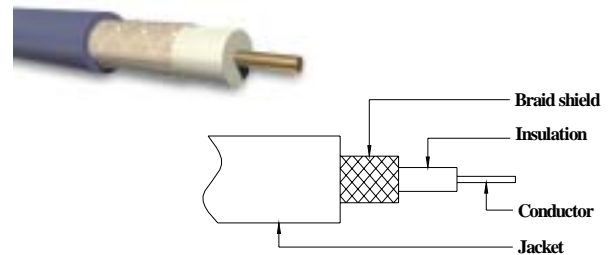


圖 1 美規同軸電纜線構造圖

在本研究同軸連接器組合使用時的，是讓同軸電纜的心線插入連接器的中心導體內，而與連接器外管以緊配合方式固定之接觸彈片，受到纜線的心線插入、產生徑向變形，進而產生插拔力量。若將接觸彈片本身的結構視為一撓性設計，則每一接觸彈片也可等效為一懸臂樑結構，由於受到心軸之插入、產生變形，因此懸臂樑結構會在接觸介面產生正向力，此正向力之大小要足夠能夠在電子系統在運作時，維持穩定，不受一些機械干擾的影響，例如，正向力的不足可能會發生斷路，使訊號中斷無法正常的進行傳遞。

基於同軸連接器的產品漸趨成熟，以往僅適用單一種同軸電纜心線尺寸的產品，已漸漸不具備市場競爭力，如何擴大同軸連接器的適用範圍，讓更多尺寸同軸電纜可同時共用一型同軸連接器，並增加連接器之附加功能，已成為目前發展的新方向[8]。

不過，另一方面，由於客戶的需求不同，不同粗細之同軸電纜中心導體，一般與連接器中心導體夾持的方式，也有許多不同的選擇，比較常見的有(如表 1)：

#### A. 剖溝挾持型 (plugged)：

連接器以傳統剖溝縮孔加工而達成具有夾持能力者，具有組裝速度快、對環境溫度敏感性低及重複插拔使用之特點，同時也可適用於高頻之需求，一般被採用在工具使用不便之場合。如圖 2(a)所示。

#### B. 焊接接合型 (soldered)：

以錫焊、銀焊等焊接方式，直接固定接合者，由於焊點數目限制，因此其結合強度大都較弱，但可適用於各種場合、使用範圍寬廣的特點，多適用於可使用鐸接工具之半硬線銅軸電纜(semi-rigid cable)。如圖 2(b)所示。

表 1 同軸連接器之中心導體挾持方式

	挾持力量	溫度敏感	接合範圍	組裝速度	重覆使用	工具需求
剖溝挾持型	3	4	1	5	4	無
焊接接合型	2	2	5	2	1	需
壓合挾持型	5	5	4	3	1	需
彈片挾持型	3	4	3	5	4	無

### C. 壓合挾持型 (crimped) :

利用手工具或組裝機器、以物理方式壓合之接合者，此種接合為一堅固之接合型式，同時也不易受到環境或溫度之影響，尤其適用於對溫度特別敏感，而且需要大挾持力之場合，故也是此種形式的主要特點。如圖 2(c)所示。

### D. 彈片挾持型 (sprang) :

以沖壓加工成型之彈片達到具有挾持功能者，此種方式具有組裝速度快，及可重覆多次使用之特點，更可適用於無法或不需使用工具之場合。如圖 3 所示之 BNC 型連接器。

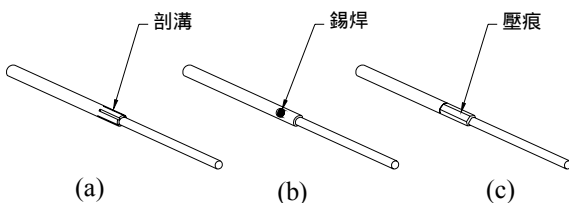


圖 2 中心導體挾持方式

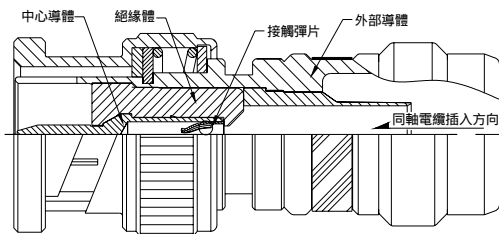


圖 3 BNC 型之同軸連接器構造圖

## 2.2 設計相關要點

根據目前接觸彈片之設計需求項目，其中比較重要者，略述如下：

### ● 彈片挾持之接觸點數

連接器之彈片是以本身之變形來產生正向力來穩固挾持同軸纜線之中心導體，因此，「穩固挾持」的功能要求，及可以用彈片挾持中心導體之接觸點數來量測、規範是否穩固挾持。又，一般之彈片與心線之接觸，大多具有三點以上的點接觸，例如，列入比較之 A 廠牌者具有四點接觸，接觸點數多，其接觸阻抗可以較低，但點數過多之設計，也相對減低了彈片之強度及挾持力。

### ● 彈片接觸之歐姆(阻抗)值

對於低接觸阻抗之要求，最好的方法是直接量

測其接觸阻抗，不過，所量測之阻抗值事實上包括了彈片本身之阻抗特性，另外，研究中，針對便於開發階段歐姆值之比較，一般均以標準棒規 (pin gauge) 為比較量測之中心線徑基準。此外，由於一般與連接器結合之中心導體，品質高者大多為鍍金，原本之接觸阻抗就比一其他的電鍍為低；若可以搭配適當之彈片正向力，將可大大減低接觸阻抗所對電器特性所造成之損耗。

### ● 適用最小/最大線徑

為了量化「適用多種尺寸」之心線，本研究以適用之最小及最大中心線徑來規範彈片插拔範圍，又由於本研究開發之連接器，不但須適用在迷你型之同軸纜線(線徑值最小甚至可到 0.4 mm)，以需適用於一般較大之線徑(線徑可達 0.6 mm)。

### ● 插拔力之適中要求

接下來關於適當的插拔入力需求，本研究直接以插入力與拔出力來量化之，其中插入力不過大主要是適用於最大線徑者，而拔出力之規範則適用於最小線徑者。。

### ● 可沖壓加工之製造考量

由於本研究擬開發之彈片較以前的設計來的細小，故在設計之前需進一步考慮沖壓加工之可能性，建議的量化指標為沖壓加工之失敗或不良率。

### ● 可連續組裝性

雖然在需求調查中，本研究得到的結果是「可連續組裝」的需求，深入研究後發現，製造人員所擔心的是彈片之自動化組裝的問題，只要沖壓、組裝等自動化，自然有效解決製造人員所考量的問題。至於達成自動化組裝與否之量化標，則以單位時間之產量計算之。

### ● 成本適中之考量

一般而言，彈片的成本大多取決於材料，剛性越佳之彈性材料成本也越貴，因此有效的控制幾何形狀大小與合適之規格品選用，是此項目的考量重點。

## 2.3 訂定設計目標

綜合設計要點之分析，考慮客戶所要求達到設計參數值後，中心導體挾持彈片之主要設計規範訂定如下：

1. 適用之中心導體線徑範圍為 0.4 ~ 0.6 mm；最好也適用線徑 0.7 mm 之單次插拔；
2. 於線徑(或測試標準圓棒) 0.6 mm 之條件下，第一次插入力須小於 800 gf ；
3. 於線徑 0.4 mm 時，測試標準棒之拔出力至少須大於 20 gf ；
4. 在考量衝壓加工尺寸下，接觸點可有 5 點以上之穩固接觸。

至於其他的項目，如介面之阻抗歐姆值、沖壓製造之失敗率等，均牽涉到製程控制的優劣或中心導體之表面品質等因素，故在本研究之設計發展階段中，暫時不考慮。

### 3. CAE 分析驗證

工業界目前所共同接受之連接器彈片材質是半硬質之鍍銅(JIS C17200-1/2H) [9,10]，該彈片再以干涉配合之設計，固定在黃銅(JIS 3604)材質的銅管內，與銅管貼平，本研究評估時，也選擇相同的材質和遵循相同的模式，參考圖 4。

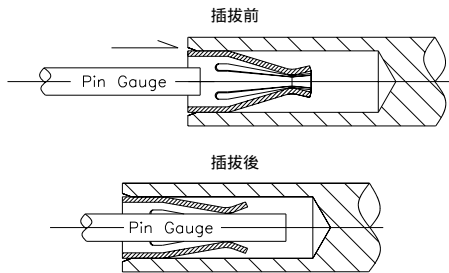


圖 4 彈片之插拔力與動作之形變示意圖

本節之主要目的在於以 CAE 輔助工具分析構想，以佐證設計構想中，有關彈片強度或彈片夾持力大小部分之可行性，又由於彈片之夾持力是以彈片材料之變形而達成，故特別以 CAE 分析彈片之變形，也可以佐證其夾持力大小。此外，由於篇幅限制，詳細之分析報告請參考[11]或[12]，基於報告之完整性，本文僅做概括性之說明。

#### 3.1 分析之立體模型

本研究用以分析之 3D 模型是以 pro/E CAD 軟體所建立的，而 CAE 之有限元素分析軟體則是 COSMOS / Design STAR 3.0 [13]，其間之轉檔等，則是透過 STEP 203 之檔案格式，在不會產生破裂面或不連續情形下進行，轉檔後採用 CAE 內定之網格處理。分析之主要目標則以估計接觸彈片各要因之對應力值之影響，並藉以對理論分析中所提到插拔力之各要因作最佳化之分析。

由於接觸彈片為相同尺寸形狀之五爪彈片，為了使應力分析得以簡化，因此研究分析以其中一片彈片進行，但為了邊界條件與實際更為接近，3D 模型仍保留彈片根部之環狀區域[11]，此環狀區域亦為接觸彈片與外部零件緊配合時之固定邊，而在單一彈片尾部接觸點施以不同程度之預加徑向偏移，徑向位移之大小等同於標準測試棒規或中心導體之半徑扣除彈片未插拔前之成型孔徑。又，分析過程中，彈片材料也依慣例假設為等向性材質。圖 5 為分析之模型圖。

#### 3.2 要因參數

經由前研究[11]、相關理論及目前已有之量產接觸彈片設計，比較後可以發現下列幾個參數應是本研究彈片之設計應掌控的主要因子：

1. 由於過去經驗知道，接觸彈片在加工沖壓成圓形之後，彈片根部容易因成弧形在插拔時造成應力集中，因此，彈片根部之寬度( $W$ )應列為分析考量重點。
2. 在材料性質之楊氏係數( $E$ )方面，由於同軸連接器之接觸彈簧片選用之材質以鍍銅與磷銅兩種為多，而成品若在適當之公差範圍以內的時候，其沖壓加工

之連續模是可允許共用的，因此，依照先前類似產品的設計經驗及客戶之規格要求，本研究之分析材料選定半硬化之鍍銅，但由於鍍銅需經過熱處理，故分析時擬納入材料彈性係數之偏差。

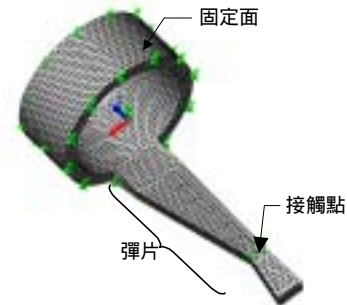


圖 5 立體模型及邊界條件

3. 彈簧片截面之慣性矩( $I$ ):由矩形面積慣性矩之公式可以知道，除了彈片根部之寬度( $W$ )外，還與彈片厚度( $t$ )有關，為了方便設計之幾何形狀與材質選用考量，將其拆開成兩個參數進行分析討論。

4. 在沖壓加工製程中，彈片根部會因連接部位被沖壓至環狀，而造成彈片根部擠壓、縐折，故需將根部間隙加深，此溝深雖外表面仍為固定邊，但卻可緩衝應力之向根部集中之現象，將彈片切口寬度( $H$ )列入有限元素分析之考慮參數之一。

各參數因子之位置等，參考圖 6。前述之彈片設計要因，擬在本節進行 CAE 之模擬分析，由於分析考慮了兩個干擾因子：(1)彈性係數由熱處理引起之變異，及(2)彈片尾部接觸點於衝壓成型之公差值，故本研究之要因分析採用實驗設計法，特別是田口之直交表法[14, 15]，來進行相關之電腦輔助實驗分析。

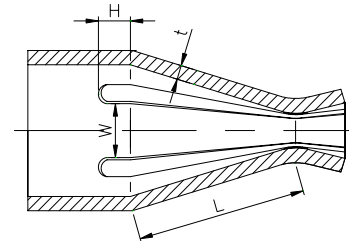


圖 6 修正後接觸彈片要因之位置

本研究以 CAE 實驗分析中之四個可控制因子皆以三水準來分析，各水準之數值配置詳如表 2 所示；另外，兩個干擾(不可控制)因子之模擬範圍，也列在表 3。

#### 3.3 討論

經田口參數設計方法進行接觸彈片要因之應力分析，其實驗計畫配置及應力分析數據如表 4 所示，表中其參數分別是切口寬度 ( $H$ )、彈片力臂長 ( $L$ )、彈片厚度( $t$ )與彈片根部寬度( $W$ )。實驗計畫為四因子三水準配置之實驗計畫， $\sigma_{y1}$ 、 $\sigma_{y2}$ 、 $\sigma_{y3}$  與  $\sigma_{y4}$  分別為依據實驗計畫配置表中設定所得接觸彈片應力分析結果之最大應力值。

表 2 可控制因子及水準表

因子	說明	單位	水準一	水準二	水準三
H	切口寬度	mm	0.3	0.15	0
L	彈片力臂長		1.4	1.6	1.8
t	彈片厚度		0.1	0.12	0.15
W	彈片根部寬度		0.35	0.4	0.45

表 3 不可控制因子及水準表

因子	說明	單位	標準值	水準一	水準二
E	鍍銅之彈性模數	ksi	190	185	195
$\Delta D$	彈片尾部接觸點之成型公差值	mm	0.6±0.03	0.57	0.63

表 4 實驗計畫配置及應力分析

EXP	H	L	t	w	E=185 ksi		E=195 ksi		Y <sub>avg</sub>	Y <sub>min</sub>
					0.57mm	0.63mm	0.57mm	0.63mm		
					Y <sub>1</sub>	Y <sub>2</sub>	Y <sub>3</sub>	Y <sub>4</sub>		
1	1	1	1	1	1.031E+09	1.199E+09	1.087E+09	1.263E+09	1.145E+09	-187.23
2	1	2	2	2	1.106E+09	1.286E+09	1.166E+09	1.355E+09	1.228E+09	-187.83
3	1	3	3	3	1.781E+09	2.070E+09	1.878E+09	2.182E+09	1.978E+09	-191.97
4	2	1	2	3	1.559E+09	1.812E+09	1.644E+09	1.910E+09	1.731E+09	-190.82
5	2	2	3	1	2.250E+09	2.614E+09	2.371E+09	2.755E+09	2.498E+09	-194.00
6	2	3	1	2	1.307E+09	1.519E+09	1.378E+09	1.602E+09	1.452E+09	-189.28
7	3	1	3	2	2.522E+09	2.931E+09	2.658E+09	3.090E+09	2.800E+09	-194.99
8	3	2	1	3	1.180E+09	1.371E+09	1.243E+09	1.445E+09	1.310E+09	-188.39
9	3	3	2	1	1.081E+09	1.256E+09	1.139E+09	1.324E+09	1.200E+09	-187.63

(單位 : N/m<sup>2</sup>)

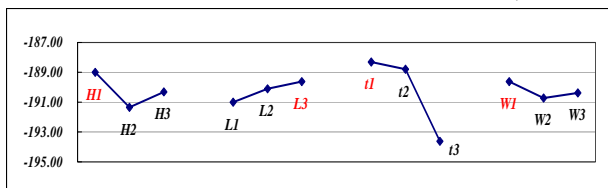


圖 7 彈片因子之 S/N ratio 望小回應圖

將表 4 以 Microsoft Excel 套裝軟體進行運算，可得圖 7 之 S/N ratio 望小之回應圖。由圖中，可以發現厚度  $t$  的效果最為顯著，而最穩健之望小組合為(H1、L3、t1、W1)，但因  $L$  要因之變化緩和，且鍍銅單價高，長度減少可降低成本，故  $L3$  改以  $L2$  代替。另外，雖然  $t$  要因之間變化劇烈，但  $t1$  與  $t2$  間之變化仍緩和，故將非規格品  $t1$ ，改由貨源充足之  $t2$  取代。調整後之最佳參數組合分別為：切口寬度( $H$ )為 0.3 mm、彈片力臂長( $L$ )為 1.6 mm、彈片厚度  $t$  為 0.12 mm 及彈片根部寬度( $W$ ) 為 0.35 mm。最後在經由 CAE 分析所得到之最大變形之應力值，亦非常接近並小於材料之降伏強度，因此，材料之強度已經在安全之限度內，充分發揮。

#### 4. 實驗驗證

以田口參數設計法所得之參數，實際開模製作出之連接器彈片，如圖 8 所示，圖清楚可見本設計之五爪彈片設計，故也滿足五點接觸之設計要求。

##### 4.1 測試設備與程序

將圖 8 之成品以插拔力測試機實際測試，觀察成品是否可以滿足前節所規範之設計目標。插拔力測試機之主要是以一設計好之導軌，配合槓桿式量錶與已組裝彈片之連接器的挾持機構，進行彈片夾持力之量測，如圖

9 所示。在進行測試時，參照[16]，將成品放至於外襯套、並固定於挾持機構內，依設計目標，以更換不同尺寸之測試圓棒，進行插拔實驗，並讀取量錶上之插拔力。



圖 8 本研究試製之五爪連接器彈片

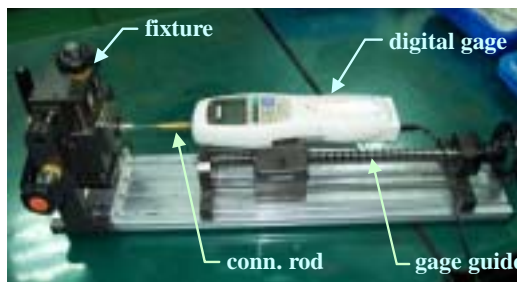


圖 9 插拔力測試實驗裝置

另一方面，彈片之位移量測試實驗，作流程如圖 10 所示。由雷射測頭內之二極體雷射發出光源，射向被測之彈片，當插入測試圓棒而導致彈片位移變化時，其變化訊號由  $\mu$ -MUSYCS 資料擷取系統擷取，並將所得到訊號記錄、儲存，以便後續之軟體(FAMOS)分析，如圖 11 之示意圖所示。

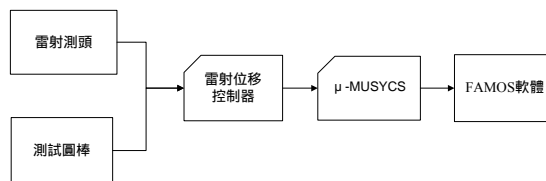


圖 10 彈片位移量測之實驗流程

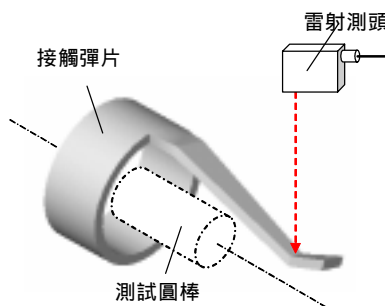


圖 11 雷射測頭與接觸彈片示意圖

#### 4.2 量測結果分析與討論

##### A. 插入力量測

以人力方式進行插拔時，連接器之插入力大小，一般是希望不會影響之力量為原則，依本文前面之設計目標規範，本試製彈片之插入力應小於 800 gf。圖 12 為不同測試圓棒徑之插入力量測結果，圖中顯示，在要求之 0.6 mm 以內線徑，仍未超過 800 gf 之上限標準。

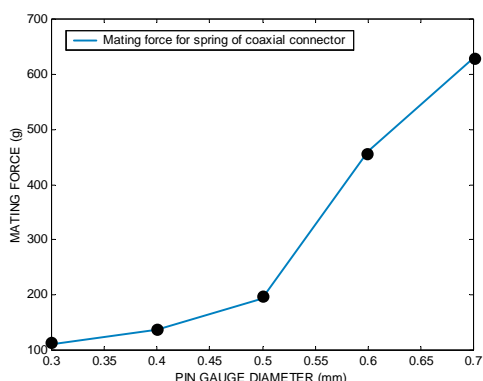


圖 12 插入力測試結果

### B. 拔出力量測

在拔出力方面，一般工業上之要求與其表面電鍍材質有關，若為鍍金電鍍表面，通常要求在約 20 gf 以上。由圖 13 之測試拔出力測試結果顯示，其最小值約為 35 gf，故也滿足符合設計規範之標準。另外，由圖中結果也可以發現，當插拔超過至 0.6 mm 之測試圓棒時，拔出力有明顯的降低，判斷為超過鍍銅降服強度所導致永久變形之緣故，由於 0.7 mm 只需單次插拔，故該永久變形尚不至於影響本彈片設計。

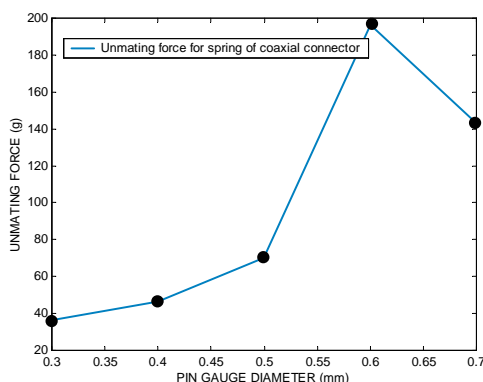


圖 13 鍍銅拔出力測試結果

### C. 位移變形量測

將分別先以 0.4 ~ 0.7 mm 之參考圓棒進行插拔，其彈片位移變化如圖 14 所示。由圖中，若當小於 0.7 mm 之參考圓棒拔出後，大都能夠恢復至原先衝壓成型之尺寸，但是若插入 0.7 mm 後再拔出，則會發生永久變形之現象，故若線徑為 0.7 mm 時，僅可做單次之插入。這個結果與圖 13 之拔出力實驗，可以相互佐証。

### 5. 結論

本文深入探討了連接器之彈片設計，文中由連接器之功能分析開始，藉由 QFD 展開並建立工程規範與設計目標，過程中，突破傳統單一線徑之連接器彈片設計，提出適用於某一範圍或多尺寸之彈片設計方式，再以田口法找出最穩健之參數組合，包括有切口寬度、彈片長度、彈片厚度與彈片根部寬度等，接著又以 CAE 分析，佐證該參數組合為最恰當者。此外，本研究也將該彈片設計實際開模，製作出彈片成品，量測驗證後發

現，該成品確實可以滿足原先所設定之設計目標。本研究之成果，應可更進一步推廣至其他尺寸之類似連接器彈片設計，以增加我國連接器工業之競爭力。

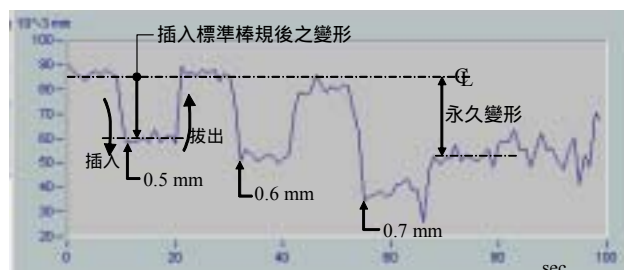


圖 14 不同測試圓棒之插拔位移測試結果

### 6. 誌謝

本研究承國科會計畫 NSC 92-2212-E-027-028 之研究支助，謹此致謝。

### 7. 參考文獻

- [1] Whitley, J. H., and Mroczkowski, R. S., "Concerning Normal Force Requirements for Precious Metal Plated Connectors," *Conn. and Interconn. Tech. Symp.*, Philadelphia, PA, 1987.
- [2] Engel, P.A., Nemier, S.E., and Toda, M.D., "Stress and tolerance analysis for zero insertion force (ZIF) connector," *Journal of Electronic Packaging*, v. 111, pp. 9~15, 1989.
- [3] Yamada, S.E., and Ueno, H., "Analysis of insertion force in elastic/plastic mating," *J. of Electronic Packaging*, vol. 112, pp. 192 ~ 197, 1990.
- [4] Sawchyn, I., and Sproles, E.S. Jr., "Optimizing force and geometry parameters in design of reduced insertion force connectors," *IEEE Transactions on Components, Hybrids, and Manufacturing Tech.*, vol. 15, pp. 1025~1033, 1992.
- [5] Ling, Y., "Mating mechanics and stubbing of separable connectors," *IEEE Electronic Components & Technology Conference*, pp. 6~13, 1998.
- [6] 徐元展，電子連接器接觸彈簧形態最佳化設計，碩士論文，私立元智大學機械研究所，2000，(or, *J. of Electronic Packaging, Trans. of ASME*, v 124, n 3, p 178-183, 2002).
- [7] 黎文龍、蘇柏魁，連接器接觸彈簧之插拔力分析研究，民國 93.05.20，2004 年模具技術與論文發表論文集 CD，台灣區模具工會，台北。
- [8] Mroczkowski, R. S., *Electronic Connector Handbook*, McGraw-Hill, 1998.
- [9] 日本工業規格協會, JIS C17200-1/2H 半硬質之鍍銅合金
- [10] Zarlingo, S.P., "New insights for the specification of copper alloy strip metals for connectors," *Proceedings - Electronic Components and Technology Conference*, p. 471~475, 1996.
- [11] 黎文龍、蘇柏魁，以QFD規劃彈片式連接器之最佳參數研究，中國機械工程學會第21屆全國學術研討會論文集。
- [12] 蘇柏魁，彈片式連接器之接觸彈簧插拔力最佳化分析研究，國立台北科技大學製造科技所，2004。
- [13] COSMOS / Design STAR User's Version 2.1, 2000.
- [14] 田口玄一，田口式品質工程概論，中國生產力中心 1990。
- [15] 鍾清章，品質工程(田口方法)，中華民國品質學會發行，2000。
- [16] 美國電子工業協會測試規範 EIA-TP-13A 電子連接器插拔力測試程序。