

行政院國家科學委員會補助專題研究計畫成果報告

視障輔助多功能手杖之研發

計畫類別： 個別型計畫 整合型計畫
計畫編號：NSC 89 - 2614 - E - 032 - 002
執行期間：88年8月1日至89年7月31日

計畫主持人：楊智旭
共同主持人：劉昭華
 林清彬

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

執行單位：淡江大學機械工程學系

中 華 民 國 89 年 10 月 30 日

視障輔助多功能手杖之研發

Research of Multi-functional Foldable Cane for Blind and Visual Impairment

計畫編號：NSC 89-2614-E-032-002

執行期限：88/8/1 至 89/7/31

主持人：楊智旭 淡江大學機械工程學系 副教授
共同主持人：劉昭華 淡江大學機械工程學系 副教授
林清彬 淡江大學機械工程學系 副教授

摘要

盲用手杖可說是視障者在行走時不可或缺的輔助工具，但目前市面上的手杖有許多缺點，且使用壽命不長。

本研究的目的是在改良設計並製造出具有多種功能的視障手杖，其功能包括可折疊、在杖身採用特殊的結構設計，經有限元素法分析後證明比一般桿身更佳，重量輕且强度高、各節間採用新的結合機制，使其能結合緊密且方便組合及拆卸，敲擊地面時其響度不失真、手杖握把具有閃光警示裝置、且握把為具紋路防滑等功能。製作出的手杖經由視障朋友實地測試再度修正，使其更為完善，希望能給視障同胞帶來一些便利。

關鍵字：盲用手杖、視障、輔具

Abstract

It is necessary to use cane to walk for the blind and visually impaired person. The used foldable cane has a lot of flaw. And it is unable to be used for a long time.

The purpose of this research is to design and produce a multi-functional cane for the blind or visually impaired person. The cane is foldable, less weight, high strength, and fluorescent. It is proved that the structure of the new cane is stronger than the existed one by the finite element method (FEM). By the new mechanism of linking, it is able to produce undistorted response when it is knocked, and it is easy to joint and decompose the foldable cane. Finally, some new ideas are attached to the handle of the cane to provide further assistance.

The prototype of initial design has been tested by the blind and visually impaired persons. And their opinions were incorporated into the modified design.

Keywords：blind, foldable cane, finite element

前言

視覺障礙者（簡稱視障者），多由於先天或後天因素導致其視覺機構在生理上或機能上發生部分或全部障礙者，其障礙程度可分為全盲或弱視。因為這些視障者對外界事物無法或很難作視覺性認知及辨識，所以他們的個人需求皆需仰賴所謂的「輔具」來幫忙完成，在「行」的方面最常被使用到的輔具即是手杖，視障者利用手杖來探索其行走的路面有無障礙

物及路面的各種狀況。

通常手杖的長度大約為使用者站立時從地面到胸口處高度之距離，一般由 100 公分至 140 公分間分為數種尺寸，供不同身材的人使用。從手杖的外觀形狀，可區分為直杖及可折疊式手杖（簡稱折杖）【1】；直杖，顧名思義即是一種長條形手杖（如圖 1），其製造材料又可分為鋁材、不鏽鋼等，其握把部分需有防滑功能，方便手杖來握持及操作

另一類型之手杖為折杖，目前在市面上已經能夠採購到數種類型折杖，以國外的「安全型螢光手杖」（Safe-T-Lit Cane）為例（如圖 2），這種手杖分成數節，每節都是中空，中間是以彈性繩索連接固定。其優點包括可以折疊、便於隨身攜帶，其尖端與地面的接觸部分是由防磨塑膠材料製作，經由評估耐磨性佳【2】。但缺點是在接頭處的公差間隙較大，使得接頭不夠緊密【3】，而且手握柄部分未加上防滑表面，容易滑脫【4】。針對以上這些缺點，本研究中所發展出的盲用手杖期望能夠折疊、具有螢光、而耐磨性強，而且各節之間足夠緊密，並且在握柄處具有防滑特性。



圖 1、盲用直杖

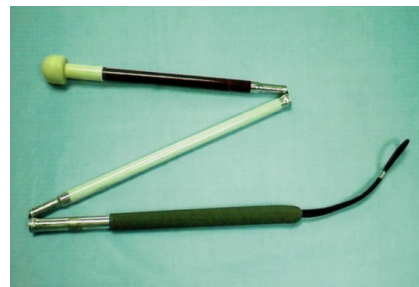


圖 2、可折疊手杖

研究方法

在與台北啟明學校的多位視障教師座談之後，我

們得知市面上販售手杖的來源，可分為國外進口及國內製品兩類，從他們的使用經驗得知，國外進口手杖較為精緻且使用時之傳導功能較為真實，唯一的不便是售價較高，反過來看國內製的手杖則售價便宜，但功能上較為失真及粗糙。

由座談的內容及我們所蒐集到的相關資料，我們將視障輔助手杖的研發方向歸納為幾個重點：

1. 在材質與結構上必須以質輕及堅固為出發點，不能為了其他功能而本末倒置忘了這項前提。
2. 折杖的各段接合處較脆弱，易從此處斷裂，而折杖組合的動力來源—鬆緊帶，使用久了容易疲乏，手杖便不能緊密結合，有時鬆緊帶也會斷裂，且無法更換，折杖便形同廢物，因此折杖各節之間的接合機構為一大設計重點，必須以結合緊密及耐用為目標。
3. 手杖敲擊地面響應不失真。
4. 在國內或國際上，盲用手杖都是以「白杖」為基準，因此杖身的外觀以白色為主，且要克服顏色剝落的問題。
5. 手杖的握柄要粗細適中，且要能防滑。
6. 在夜間使用時，除了手杖本身能反光外，若有燈光的輔助警示是最安全的，所以在手杖上加裝一閃光警示裝置。
7. 製作手杖成本必須控制在合理範圍。
8. 另外，在手杖設計上，盡量注意一些小細節，使視障者在使用上能安全方便。

手杖之機構設計

視障輔助手杖可分為三個主要部分，分別為各節桿身、各節間的接合機構及握把部分：

1. 手杖主要桿身部分：

採用鋁合金 6061【8】抽製特殊截面的管材（如圖 3 所示），作為手杖主要的桿身，藉由其內部的加強肋，提高整體的剛性，使手杖更為耐用，能承受較大的外力而不致彎曲或斷裂，重量強度比一般管材更加提高。

管材並經由時效硬化處理（aging hardening）【9】，使其強度增加。



圖 3、手杖桿身截面

並在杖身的外部塗布環氧樹脂（epoxy），並加入白色高分子染料來調色，作為杖身外部的保護及達到手杖為白色的目的，如此除了顯眼外，其硬度及緻密性都更佳，更為耐用美觀。

2. 接合機構：

正如前面所提到的，手杖各節間的接合機構為重要關鍵，在思考及嘗試各種想法後，提出三種不同的設計：

- (1) 設計方案：

在擴孔桿身內結合一凸出桿，此凸出桿有 4 個孔，4 條彈力繩經由拘束環給予拘束，再經由這 4 個孔引導給予方便定位；縮孔桿身內結合一接合中空管，4 條彈力繩再經由凸出桿下方收斂管及接合中空管給予銜接（如圖 4 所示）除此設計此桿身接合除了有擴孔桿身及縮孔桿身鬆配合之機械鎖定外，4 條彈力繩之伸縮張力，同時增加凸出桿與接合中空管之配合，若此，不僅較以往增加接合強度外，不會產生敲打時響應失真外且定位較準確，方便快速折合及收藏。

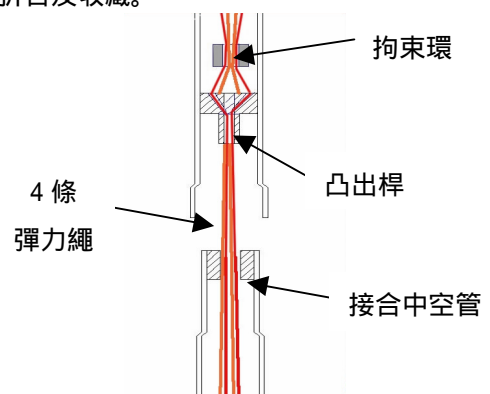


圖 4、方案 示意圖

但此方案依然是以彈力繩索作為手杖各節結合的機制，依然受限於彈力繩的壽命，且要在凸出桿中穿過 4 條彈力繩，繩子的直徑勢必更加細小，也更容易斷裂，而且凸出桿的加工不易，製作成本較高。

- (2) 設計方案：

如圖 6 所示，完全捨棄手杖中的彈力繩索，以樞紐（hinge）連接各節手杖，當 A 段與 B 段銜接時，利用彈簧將 A 段中一卡榫頂出穿入 B 段，藉此結合兩節手杖，若要將手杖拆卸折疊便只需將卡榫上的推桿往 A 段方向推回，便可分離。

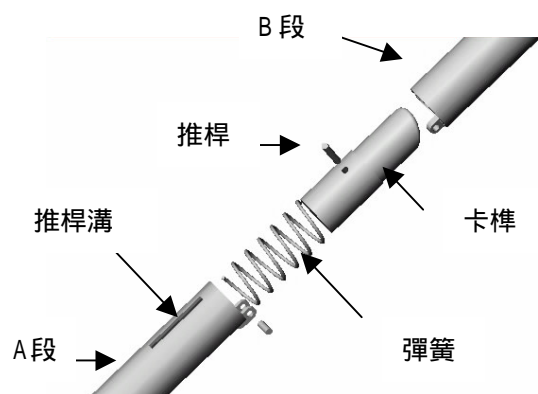


圖 5、方案 示意圖

而在製作上，必須要讓卡榫與管壁做緊密的配合，以達到接合效果佳及敲擊響應不失真

的目的，但又必須考慮到視障者使用的便利性，結合太緊反而造成拆裝上的困難，所以要完全緊密配合是有困難的，而且在零件製作方面，需要加工的零件更多且要求精度較高，因此加工上的成本比方案 更高。

(3) 設計方案：

在此方案中，利用一簧片的彈力來作為各節手杖接合的機制（如圖 6 所示），當接頭插入另一節手杖中時，簧片受壓縮，便對管壁施一向外的力量，藉由此力量，兩節手杖便能結合在一起，而簧片的使用壽命比彈力繩索更為長久。

而在各段杖身之間穿有一條彈力繩索，但並沒拉伸到十分緊繃的程度，如此是為了方便視障者在拆卸手杖時，各段間仍連接在一起，不致遺落其中一節，而利用其些微的彈力，也可以輔助視障者快速將折杖組裝起來。

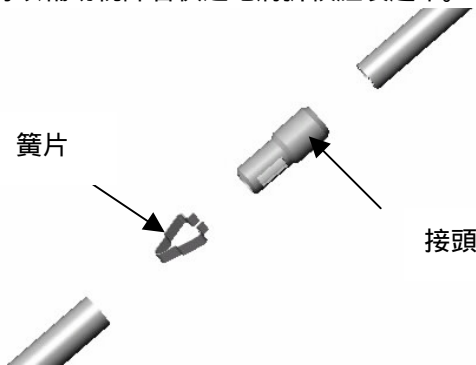


圖 6、方案 機構爆炸圖

整體而言，此方案的製作成本不會太高，與一般傳統折杖在使用上，只多了在組合時要將各節接頭推入桿身這個步驟，因此在簧片的彈力必須調節至適當大小，不能太緊或太鬆。

(4) 綜合評估：

針對三種不同的設計方案，採用技術經濟分析法【10】，這是一種用技術價值和經濟價值對方案進行評價及優化，從而選擇出最優方案的方法。其步驟是：

1. 先設定一個能夠實現全部評價特徵的理想技術方案，然後以它為標準，按照技術方案接近理想狀態的程度，確定評分標準。
2. 按照評分標準，將其他技術方案與理想方案各項性能逐一比對，進行評分參見表 1 所示。
3. 利用加權評分法(1)式，計算各方案的技術評價值()。

表 1 設計方案評分表

功能 \ 方案			
1. 結合性	4	2	4
2. 耐用性	2	3	4
3. 加工性	2	2	3
4. 操作性	4	2	3
5. 外觀	4	3	3

$$X = \frac{q_1 F_1 + q_2 F_2 + \dots + q_n F_n}{(q_1 + q_2 + \dots + q_n) F_{\max}} \quad \dots (1)$$

式中 —技術評價值

F_1, F_2, \dots, F_n —各必要功能要素得分

F_{\max} —理想狀態的評分標準=4

q_1, q_2, \dots, q_n —各評價要素的重要性係數

取 $q_1=0.25, q_2=0.3, q_3=0.2, q_4=0.3, q_5=0.05$

根據(1)式可計算出各設計方案的技術評價值，分別為 0.85、0.6375、0.9625。因此經由經濟技術分析法的比較，方案 為最優的設計方案，我們將以此方案來做更進一步的細部設計。

3. 手杖握把部分：

如圖 7 所示，在握把的部分，採用有紋路橡膠防滑握把，而在最上端加裝一可調整繩圈大小的吊帶，方便吊掛及行走時套於手腕上，避免因碰撞而手杖脫手難以尋找。

而握把下端為半透明玻璃纖維管，外部塗佈環氧樹脂 (epoxy) 及透明螢光染料，內部則加裝高亮度 LED 及閃爍 LED，如此視障者於夜間行走時便能發出閃光，達到警示的效果，避免其他人因未注意而發生碰撞等意外。

另外在把手的下緣，再加裝一條黏有魔鬼氈的鬆緊帶，方便手杖在折疊後各節固定與整理；盡可能考慮每個細節，使視障朋友在使用上沒有困擾。

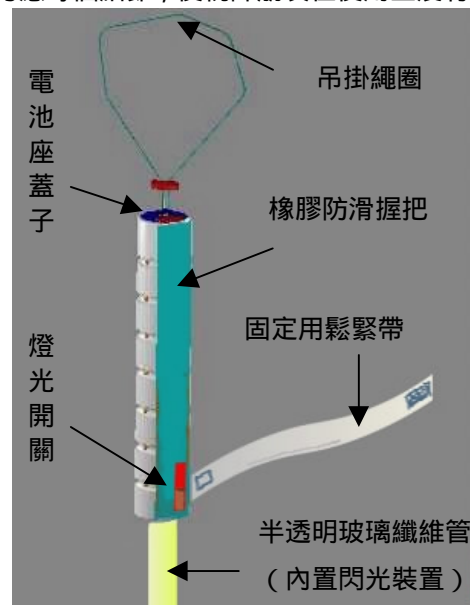


圖 7、握把設計示意圖

設計相關力學分析

為證實本研究在桿身結構的改良確實在強度上比一般手杖的結構為佳，所以利用電腦輔助分析軟體 ANSYS，以有限元素法 (FEM) 原理，針對手杖桿身在使用中受到外力作用的情形加以分析及模擬。

在相同客觀條件下，取兩種折疊手杖的最下端一節來進行分析，建立兩種不同截面的桿身模型，並於

前端施予一相同的側向壓力，依最大畸變能理論 (Maximum-Distortion Energy Theory) 計算 Von-mise 應力來做判斷比較。

在分析中，使用的元素為 4 個節點 (node) 的三角錐實體元素 solid 72 (一般常用於幾何旋轉的元件上)，每個節點都有 6 個自由度；將杖身設計的圖檔轉為 IGES 格式後匯入 ANSYS 中，再加以網格化 (mesh)，所設定的邊界條件，為一側的節點全部固定，在另一端則施給向下 (-y) 200 N 的外力，模擬第一節杖身敲擊地面的情形，分析結果如圖 8 及 9 所示。

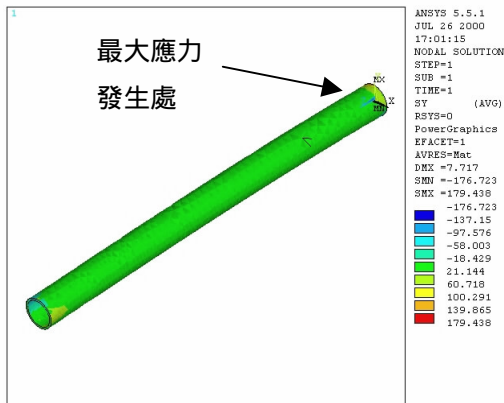


圖 8、一般鋁管手杖受外力應力分佈圖

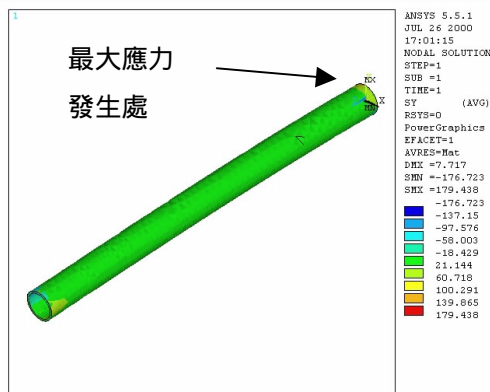


圖 9、特殊截面手杖受外力應力分佈圖

由分析結果數據及圖形中得知，最大應力發生位置在手杖各節的尾端及接頭處附近，而一般擠型鋁管的手杖最大應力為 179.438 N/mm^2 ，而本研究中使用的結構發生最大應力為 109.425 N/mm^2 ，比第一項數值減小了許多，由此可知採用此種設計確實有較好的效果

實際試用

集合上述的構想與設計，實做出手杖原型之後，請台北啟明學校的視障朋友實地試用，一般在使用之後的反應，都是不大能適應此種新的組合步驟，以往使用傳統的折杖組合只需花費 5 至 10 秒，新的手杖比較起來略嫌繁瑣，但若考量折杖耐用的程度，一般

都可以接受這些組合程序。

除此之外，在試用過程中，大家還發現並歸納出幾點可再加以改善的地方：

1. 電池座的蓋子原來設計是分離式，若是在更換電池的過程中，蓋子不慎掉落，視障者要找回來不是那麼容易，所以最好將其改為連結式的設計。
2. 握把部分用來收杖的魔鬼氈，子母部分最好調換一下，以免外側的部分易鉤到衣物或其他東西。
3. 試作時是以一般男性的身材為考量，所以成品對女性或身材較矮小的人略嫌太長，若要再製作或量產時需多設計數種不同之長度，更可製作成分為 5 節的折杖，如此折疊後的長度更適合放入隨身的背包或手提袋內收藏。

結論與建議

本文中所提出的視障輔助手杖，在桿身材質結構上採用內部有加強肋結構的鋁合金管材，經分析後明顯看出在強度上比一般傳統手杖來得高。在各節桿身間的結合上，將原來一般利用彈力繩索的拉力結合的機制以彈力簧片取代，雖在使用上稍微麻煩，但可增加手杖使用上的壽命，而彈力繩索仍然存在，作為輔助拆裝手杖的功能。另外在握把上，採用防滑材質，並加裝夜間閃光裝置、可調整大小之吊掛繩圈及方便整理折疊後手杖的鬆緊帶，盡量讓視障者在使用上更為便利。

成品在由視障朋友實地使用測試後，針對發現的缺點及可再加強的地方盡量的加以改良，使其更加趨於完善。但其實盲用手杖尚有許多方面可以再加以研究改進，例如桿身可選用塑鋼或碳纖維等等更輕的材料，不過礙於是小量生產，製作成品的單價太高，難以實現。建議可以將相關技術無條件移轉給政府相關福利單位或民間公益團體，由其補助降低成品單價或主導低成本量產，並協助使用者解決更換零件等技術上的小問題，造福更多的視障朋友。

參考文獻

- 【1】 紀招安，“視覺障礙者輔具簡介”，國立台灣師範大學特殊教育學系，民國 88 年 3 月，p.26
- 【2】 Elliott,J.I.,and Kuyk,T.K.,”Evaluation of the Wayne Walsh Safe-T-Lite Cane”,Journal of Visual Impairment and Blindness,Oct.,1992,p.373
- 【3】 Elliott,J.I.,and Kuyk,T.K.,”Evaluation of the Wayne Walsh Safe-T-Lite Cane”,Journal of Visual Impairment and Blindness,Oct.,1992,p.374
- 【4】 Elliott,J.I.,and Kuyk,T.K.,”Evaluation of the Wayne Walsh Safe-T-Lite Cane”,Journal of Visual Impairment and Blindness,Oct.,1992,p.374
- 【5】 啟學出版社編輯部，“鋁合金資料集”，啟學出版社，民國 70 年 6 月，p89-90

- 【6】 李正國等, ”熱處理”, 高立圖書, 民國 80 年 8 月, p439-451
- 【7】 徐灝等, ”機械設計手冊”, 建宏出版社, 民國 75 年 4 月