

經緯儀使用性之研究

管倖生* 楊斯嵐** 賴新喜***

* 雲林科技大學視覺傳達設計系
e-mail:ssguan@yuntech.edu.tw

** 國立成功大學工業設計系
e-mail:p3690107@ccmail.ncku.edu.tw

*** 國立成功大學工業設計系
e-mail:hsinhsi@mail.ncku.edu.tw

(收件日期:91年05月06日;接受日期:91年08月01日)

摘要

經緯儀為大地工程領域量測距離及角度最常見及且最有用的儀器。本研究採用使用性方法建立評估之程序，調查專業人士使用經緯測量儀之行為。本研究發現之使用上的問題，及研究結果可以做為日後設計改進的標的。根據所得資料進行分析，發現以眾數方法較平均數方法得到較合理的結果。主要的使用性問題發生於專業人士讀取資料時，約有百分之十發生迷向錯誤。改善資料讀取方向的問題，可以大幅改善經緯儀使用時的錯誤性。本研究並證實使用性工程方法可以用來評估專業儀器之操作性問題。

關鍵詞：經緯儀、使用性工程、邊做邊說法、訪談法、回溯式測試法

一、緒論

經緯儀為大地工程上一個重要的儀器，不論是古較低階的土木工程上、或是高專業的國土測量，都佔有極為重要的地位(1)。由於測量工程自古以來即為所有建設的基礎，所以無論人員的訓練或是儀器的製作，都已經成為一門專門的科學。經緯儀自伽利略發明望遠鏡後，地籍測量(大地測量)即進入現代測量的領域(2)，由於量測距離大幅增加，些微的偏轉即會造成大量的誤差，加以測量工作具有累積性，一開始些微的偏差，經過累積將造成整筆資料的完全失真(3)。所以測量儀器的精度，一直是測量領域中極重視的課題，至今已發展成光學工業中重要的一環，而測量人員無論過去或現在，都是隸屬於國家級的單位，須極長時間的專業訓練才能執業。由於測量的重要性極高，如何使儀器達到更高的精確度、訓練人員達到最小的失誤率，一直都有相當多研究進行探討。

這些研究與改進，都側重於儀器精度的提昇與操作人員的訓練兩方面，的確使得兩者到達極高的水準，但卻因忽略了人與機器之間的互動關係，致使最終量測的結果無法到達預期目

標。作者做了一個基本假設：「當儀器精度與人員訓練都沒有問題的情況下，仍會出現錯誤，則其錯誤核心為人機之間的使用性問題的機會很大」。故本研究導入使用性方法[5]探討經緯儀使用上的問題。本研究綜合運用使用性工程中的訪談法、觀察法、邊做邊說法、及錄影回溯式方法，探討專業使用者使用上的使用性問題。根據本研究，可以發現以一般統計資料難以直覺之使用性問題，該問題發生於專業熟手讀取資料時的迷向錯誤，而統計上並不會出現重大的數值偏差，過去這些錯誤都隱藏在資料堆中或被剔除，而無法發現。但利用使用性工程可以發現有近10%的專業熟手會有意間發生讀取方向錯誤的問題，其錯誤情形不可謂不小。雖然 Nielsen 於 1993 提出啓發性評估法，可根據所發現的問題來開發一個新處理方式，但由於經緯儀的設計為極為專業的領域，故本研究將止於尋找儀器操作及使用性上之問題，並探討發生問題的原因及其與使用性的相關性，作為日後重新設計經緯儀或訓練單位重新設計訓練流程的依據。此外，本研究採用之分析方法，可供日後分析專業熟手使用性問題時參考。

二、文獻探討

2-1 經緯儀 (Theodolite)

地理量測時，主要的測角儀器為經緯儀，以通過觀測器之照準儀與垂直軸之交點作一水平面，此水平面上過該交點所得兩直線間所夾之角度，即為水平角[3]。觀測者立於第三點，透過經緯儀可測得兩目標點與第三點間之水平角，利用三角函數關係可標定出兩目標點間之距離與位置關係。

經緯儀因構造不同，可分為複測經緯儀(Repeating theodolite)和方向經緯儀(Direction theodolite) 兩大類。一般多使用複測經緯儀，其用途較廣，但精度較差。因應電子化的進步，近年多改為數位化讀數式，大幅降低了以往學習的難度。方向經緯儀精度較高，可達 $0.1''$ 以上，為求光學上的精度，多仍維持傳統的讀數，由於操作持續繁鎖，入門難度較高，多用於測量領域中較高階的範疇。

2-2 平面測量

在平面上所作之測量，謂之平面測量。測量學是一門極為古老的科學，源自古尼羅河氾濫後之耕界重測，用以處理產權糾紛[1]。至於公元前 274~173 年，Eratosheres、Bassel 將之發展至大地測量學(Geodesy)。中國之測量製圖學可溯至神農氏(2697-2597 BC.)，而後均隸屬於國家行政機構，至兩晉裴秀始訂標準測量規範[2]。

平面測量學自創設以來一直依附於大地測量學，其中最常用的量測方法為三角導線測量方法，最常使用的場合為國土地籍量測及土木工程放樣，其中土地測量所需精度較低，測距多在百公尺以下，地籍量測所需之精度最高，量測距離可達上百公里，其測站依精度不同而分為一等三角點、二等三角點、三等三角點.....等級。

2-3 使用性工程 (Usability engineering)

使用性工程是一種透過瞭解使用者操作過程，從而解決使用者與操作界面之間問題的方法。在 Nielsen 的 Usability Engineering[7] 一書中，將界面的使用性問題定出五個效標，作為檢測及評估使用界面是否良好的依據，依次為(1)學習性(Learnability)、(2)效率(Efficiency)、(3)記憶性(Memorability)、(4)錯誤率(Errors)、(5)主觀滿意度(Satisfaction)。另外 Hom 於其專屬網站上提出 9 個常用於使用性工程上的評估方法[11]：(1)邊做邊說(thinking aloud)、(2)如影隨形法(shadowing)、(3)回溯測試法(retrospective testing)、(4)教練法(coaching)、(5)共同發現法(co-discovery)、(6)教學法(teaching)、(7)績效量測法(performance measurement)、(8)答問法(question-asking)(9)遠端測試法(remote testing)，這些方法都可以單獨使用或引用，針對使用性問題的效標，尋找界面的使用性問題。

2-4 訪談法 (Interview)

訪談法是一種藉由訪問者與受訪者之間的互動，從受訪者獲得更直接、深入的詳細資料的一種方法[13]。訪談法又可以分為(1)非結構式與(2)結構式兩種[12]。所謂非結構式訪談，係僅設定訪談方向，而未設定訪談詳細內容，讓訪談者與受訪者之間進行充份的互動，收集相關資料。若訪談前已設定主要訪談題目和問項，進行有次序性及特定目的的资料收集，則為結構式訪談。

2-5 觀察法 (Observation)

實驗人員直接經由觀察受測者的使用行為，獲取所需資料。透過使用者對界面的操作情形，了解他們的使用過程及完成工作的情形[8]。觀察法提供了使用者與界面間互動的資訊。觀察可於特別選定的環境中進行評估，如使用受控制的使用性實驗室(usability laboratory)、亦可視實驗需求，在一般的工作環境中進行，但需排除干擾實驗進行的因素。觀察進行時，實驗人員可旁觀靜的紀錄資料，使受測者可以不受干擾，以平常心進行工作。如果實驗上有需要，實驗人員有時亦會打斷受測者的工作，要求受測者提出動作說明，然而此方式較不適當，一般都建議以筆記方式或錄影方式紀錄，工作完成再加以回溯查詢。

2-6 邊做邊說 (Thinking aloud)

邊做邊說評估法[9]是由實驗人員先設定測試的典型工作，並要求受測者於測試過程中，必須直接說出即將進行的動作過程及原因，讓實驗者瞭解受測者使用界面的過程中的一些想法。邊做邊說是一種有效瞭解使用者心智模式之方法，在 Usability Evaluation[10]及 Usability Methods Toolbox[11]的網站中亦都有提及。然而邊做邊說亦有其缺點，要求受測者在測試時一邊操作，同時一邊朗讀，明顯干擾了正常的使用習慣，容易產生無可避免的實驗偏差。

2-7 回溯法 (retrospective method)

回溯法可搭配其他測試方法進行。實驗過程中，實驗者可使用筆記、錄音、錄影、無像錄影…等方式〔10〕，記錄受測者的使用行為及其他所需資料，於測試工作完成後，會同(或無)受測者，對所紀錄的資料進行解析，瞭解受測者何以會於當時當地產生該種反應。回溯法的優點在於對受測者的干擾極小，然其缺點在於加上回溯過程所花的時間，至少需要一般調查二倍的時間，若測試工作較為複雜或測試時間較長，受測者往往無法憶起當時動作的出發點。

三、研究方法

由於總緯儀為專業領域儀器，本研究鎖定於專家熟手(expert user)使用時的錯誤率，並依據 Nielsen 於 1993 年所提之訪談法、觀察法、邊做邊說及回溯法，採用錄影機記錄熟手於使用時邊做邊說情形。測試進行中儘量減少對受測者干擾，並將受測儀器架設於實驗規劃之戶外環境，模擬該儀器實際使用時之環境狀況。經由分析受測人員進行觀測所得之數據及錄影機所記錄的資料，找出錯誤原因與儀器設計間之關連性。

研究過程主要區分為兩個階段，第一階段為非結構式訪談，藉由開放式問卷，訪談三位資深工程師，獲取平常工作的經驗資料，匯整其中常見錯誤的發生點。區分其中有關使用性之問題，鎖定其中熟手最常見的錯誤進行實驗設計。

第二階段係依據第一階段分析所獲得之初步資料，設計所需實驗。經測試 15 位專業使用者，獲取所需資料，進行最終分析。實驗過程採邊做邊說方式，輔以錄影回溯測試法，將實測所得之測量資料比對錄影帶，進行回溯探討，期望自控制嚴謹的實測找到造成錯誤的原因。

3-1 進行前測訪談

本研究先對內政部台南北門測量站的 3 位資深測量工程師進行深入開放式訪談，了解儀器使用問題，訂定實驗設計之方向。

根據深入訪談得知，測量工作時常犯的錯誤有：正倒鏡錯誤、讀數錯誤、正倒鏡後讀數錯誤、圖根點序位錯誤、登記錯誤、儀器校準失真。其中圖根點序位錯誤及儀器校準問題，為內業(測量工作之前置作業階段)〔4〕之書作業上之疏忽及硬體問題，不在本研究範圍之內。另外4項為人員操作儀器的問題，其中除「正倒鏡後讀數錯誤」屬新、熟手皆存在的使用性問題，其餘問題多僅發生於新手操作的過程中。由於大地測量工作為極度專業的領域，實際工作必然為熟手操作，故本研究不考量新手的學習性及學習過程中易犯之錯誤，而著眼於探討真實情況下專業熟手會發生的使用的使用性問題，即發生正倒鏡後的讀數錯誤的原因。本研究將針對使用性工程中的錯誤率(errors)效標進行評估。

3-2 正式實驗規劃

本研究採用使用性工程中之說邊做法、觀察法、及回溯式方法進行實驗，其相關要點如下：

1. 典型工作設定

測量工作必須在於戶外進行。本次受測單位位於台南縣北門鄉，工作範圍係延台 17 線前進之沿海鄉鎮市集。本實驗設計為力求模擬相同實驗環境，設定於晴天、微寒、微風之省道，且其交通流量與平時環境相同。測試時間為上午八時至下午十七時之正常工作時間，排除正午日光直線易造成空氣波動之三小時(十一時至十四時)。受測全程，受測點及測標皆預先安置並加以固定，不得改變。

執行總緯儀測量工作，主要可區分為數個主要任務：安置標示點、安置測量儀器、讀取量測數值、記錄量測資料。根據第一階段之初步訪談，為了將測試重心鎖定於正倒鏡過程及其讀數過程，減少其他因素對實驗的干擾，本研究除要求受測者觀察並讀取量測資料外，其餘工作皆由專人執行，包含標示點之安置、測量儀器之安置、及量測資料之記錄，以排除不同受測者之個別操作誤差，且因使用同一部儀器測試，故亦不計儀器誤差因素。

總緯儀原本僅用以量測角度，由於近年測距技術進步，故現今總緯儀多同時具備測距及測角功能，本次實驗為保有正常使用之慣性，減少實驗過程與正常使用之誤差，測試過程仍要求受測者依慣例讀取距離資料並加以記錄，惟資料分析時不列入分析。

2. 受測人員：

本研究之受測人員，含內政部約聘雇專業測量工程師 15 名，男性 11 位、女性 4 位。其中 A 組(A-1、A-2、A-3、A-4) 4 位受測人員具 5 年以上現場工作經驗；B 組(B-1、B-2、B-3、... 至 B-10) 9 位受測人員具 2 至 5 年工作經驗；工作經驗 2 年以下者 1 位(C-1)。

3. 總緯儀讀數說明：

測量學之角度定義為「度°分'秒''」。儀表讀數中，度與分均為直接讀數，秒之末位可有估計值(3)。如圖 1 所示，該總緯儀於倒鏡時之讀數所得為 75°36'09'' (75 度 36 分 09 秒)。此例中該數值為倒鏡資料，其數據呈現降冪排列，讀取方式為由右至左。

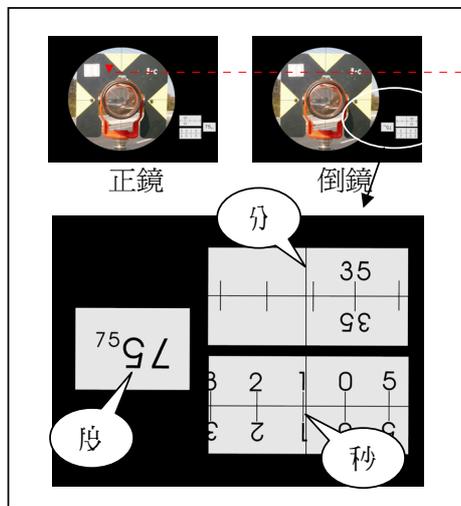


圖 1 總緯儀讀數範例

刪除:

4. 受測儀器：

本研究採用之總緯儀，係德製 SOKKIA 廠牌，其製造年份為 1997 年 12 月，該儀器最

近歸零日期為 2001 年 8 月(本研究調查前 4 個月)。調查前該儀器狀況良好，之前並無送修記錄。

5. 實驗場地配置：

設置 3 個觀測點(α 、 β 、 γ)，其中， α - β 位於同一直線，進行等邊量測； β - γ 位於同一圓週，進行等距測量；受測過程，於 γ 觀測點進行倒鏡測回工作(圖 2)(5)；並以 α 點為觀測原點及測回點，進行封閉檢測。(圖 2)

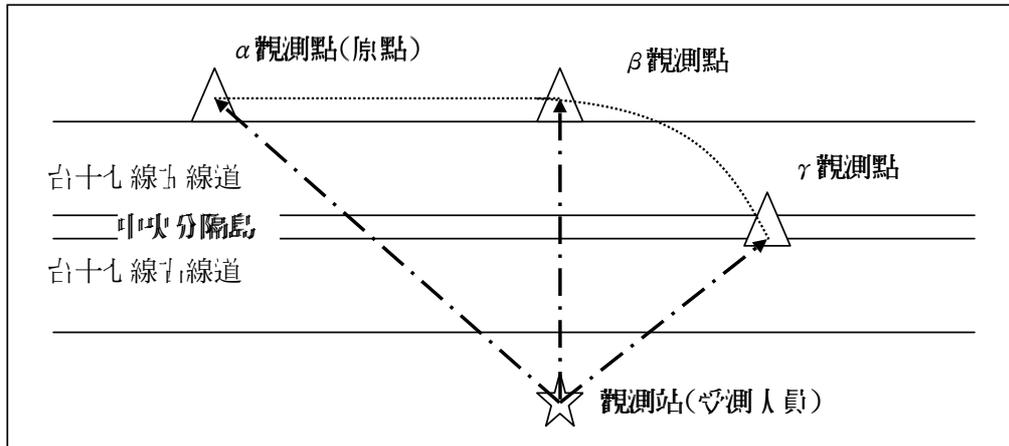


圖 2 實驗儀器配置

6. 實驗進行步驟及流程：

目前測訪談調查得知，多數錯誤發生於其倒鏡過程中，故儘管經緯儀於使用過程中以定心、定平工作最為煩雜，然本實驗將著眼於前測訪談調查所發現的因素，即其倒鏡的影響。主要實驗步驟將定心、定平及測點位置加以控制，受測人員執行觀測、紀錄、倒鏡、觀測及紀錄一系列工作，實驗流程圖 3 所示。每次受測人員進行 3 測點測回，於 γ 測點進行儀器倒鏡工作，共計取得 6 次轉角讀取資料及 6 組距離讀數資料。受測人員於每觀測點進行轉角及對焦動作，並朗誦對焦動作及所視讀數，由專責人員紀錄，每次測點結束後直接進入下一測點。倒鏡工作於 γ 觀測點進行，倒鏡旋轉方向、及鏡座旋轉方向不限。每次受測人員完成受測，實驗者檢測受測儀器之定心及定平位置及歸零設定，若無偏心，則進入下一受測流程。受測者均為熟手專家，不易受前位受測者影響，且實際工作時均為小組工作，故受測者之間不加以隔離，但實驗過程不得進行與受測項目有關之討論。

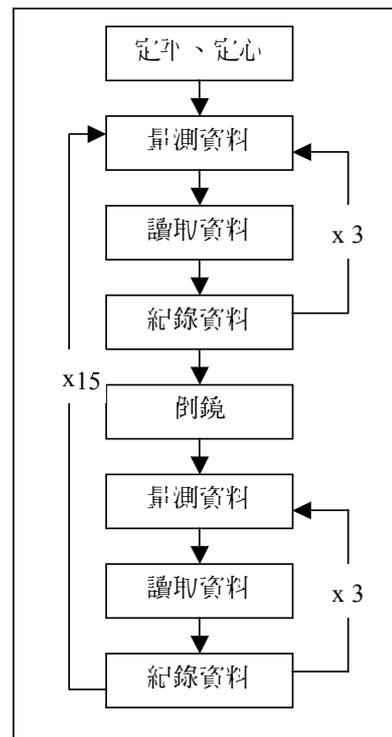


圖 3 實驗流程圖

四、資料分析

4-1 採用平均數統計分析

由於專業測量世界裏不存在數學上所謂真實距離，欲於真實世界可獲取基準值，多以專業測量人員，使用專業測量儀器所量得之距離視為正確距離，然而此「正確距離」即本研究欲探討。由於不存在真正的距離值，若以平均資料為基準值，則因受測人員均為專業之測量工程師，且受測儀器可靠精度達秒位之十分位，以平均數分析數據，其差異值將會非常之小。

以 γ 測點的倒鏡量測為例，平均值為 $300^{\circ}34'46''$ ，縱使 A-2、B-4、B-10、C-1 四位受測者(表 1-2)，其數值明顯異於其他受測者，但 4 者與平均值之平均間距為 $00^{\circ}01'16''$ ，其他受測者與平均值之平均間距為 $00^{\circ}01'45''$ ，兩者間之差異比較為 $29/1296000$ 秒，即 0.00224% 。且會受少數一、兩個不正確數值過大偏差度之影響，反而造成大多數正確測量值之偏差加大(離平均值較遠)。於統計學上，該 4 組異常數據本應予以剔除後再進行平均，然而本次研究主要就是要探討為何出現 4 組異常值，所以以平均值進行數據分析是不合理的。若以平均值為基準值，依據使用年資進行分析，得知 5 年以上熟手之錯誤率為 5% 、5 年以下熟手之錯誤率為 6.1% 、入門生之錯誤率反降為 2% ，入門生之錯誤率低於熟手之結果，值得進一步探討分析。

4-2 採用眾數統計及使用性工程分析

此節之數據分析，基於儀器之穩定性與受測人員之專業性，而假設出現次數最多之眾數為基準值，討論為何會出現異於眾數之特異值。

將所得之數據資料標示於觀測儀器，可明顯發現，眾數讀數與異常讀數均有其群聚性(圖 4)，若假設眾數值為正常，則可推論異常值之發生必有其相同的一致性，導致其發生相近之聚落。分析眾數聚落與異常值聚落之關係性(圖 4)，可以發現兩者之群聚性皆對最近之標示數值呈現對稱關係，如圖 4 所示，兩聚落分佈於數值 2 之兩側呈對稱狀。

經由使用性工程之回溯法，回溯其原因，可以發現，受測人員在讀取資料時，係習慣性讀取最近標線之數值，而後推估標線位置。於正常數值模式下，數值排列均為昇冪排列，即數值由左至右讀取，然而在倒鏡狀態下，儀器視窗所呈現的數值為降冪排列，即數值由右至左排列。若使用習慣的影響下，造成受測者依習慣(或不注意時)，仍會以昇冪方式由左至右讀取，而呈現相近於最近標線數值呈對稱之現象。

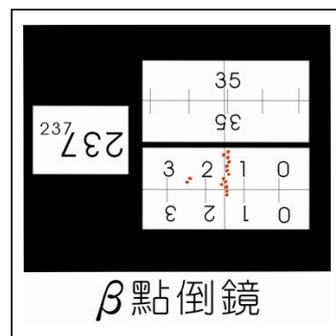


圖 4 資料描點圖

4-3 錯誤分析

1. 熟手與生手

總比對圖 5 與表 1 之結果，整體錯誤率為 15% ；其中：5 年以上熟手之錯誤率為 10% 、5

其以下熟手之錯誤率為 10.2%、新手之錯誤率高達為 80%。如分析所示，錯誤率對使用經驗之關係並非合理的分佈。分析資料，新手經訓練後，錯誤率可以由 80%降至 10%，但至 10% 後，無論 5 年以上或 5 年以下熟手之錯誤率皆相近，可推論該視讀方式之效能上限應為 90%(100%-10%)。

2. 排零問題

由於 B-6 受測者與 C-1 受測者皆無法以比對方式可分析之數值(表 1 中標註**之數值)，以下資料係剔除該兩項數據所得之結果。

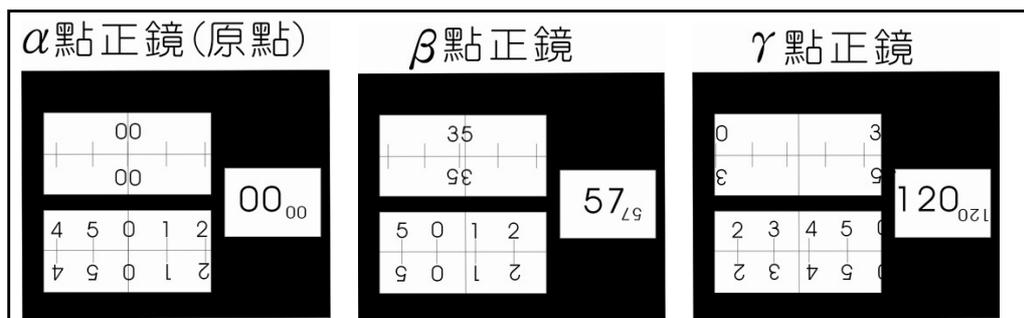


圖 5 經鏡讀計鏡讀數(參考)

表 1 經鏡讀計鏡測試資料

受測者	α 歸零點	β 正鏡	γ 正鏡
A-1	0°0'0"	57°35'07"	120°32'38"
A-2	0°0'0"	57°35'06"	120°32'40"
A-3	0°0'0"	57°35'07"	120°32'37"
A-4	0°0'0"	57°35'07"	120°32'38"
B-1	0°0'0"	57°35'07"	120°32'38"
B-2	0°0'0"	57°35'06"	***120°33'39"
B-3	0°0'0"	57°35'07"	120°32'37"
B-4	0°0'0"	57°35'07"	120°32'38"
B-5	0°0'0"	57°35'07"	120°32'39"
B-6	0°0'0"	57°35'07"	**120°62'38"
B-7	0°0'0"	57°35'06"	120°32'37"
B-8	0°0'0"	57°35'07"	120°32'37"
B-9	0°0'0"	57°35'06"	120°32'39"
B-10	0°0'0"	57°35'07"	120°32'38"
C-1	0°0'0"	57°35'06"	**120°02'39"

分析讀數錯誤之聚落，可以發現大多數可在倒鏡之後，並不計新手的錯誤率之下，正鏡讀數錯誤之錯誤率為 3.7%，倒鏡讀數錯誤率為 14.3%，兩者間差距近 4 倍(3.86)。觀察受測者的讀數數據，可以發現正確讀數與錯誤讀數恰成為兩個聚落，- 位於讀數軸之右側、- 位於讀數軸之左側，由於倒鏡之後讀數方式為倒序排列，與日常使用習慣相反，反而應是

落於讀數軸右側者方為正確值。依日常習慣落於右側者反而是錯誤的，由此可知，大部份的錯誤是日於讀數反昇零而引起的。若能排除讀數降零問題，則熟手操作使用之錯誤將可下降至 1.42%。亦及專業測量熟手可在使用專業測量儀器時，除了偶發性錯誤外，幾乎全部來自排零序位所造成。

再針對 α 、 β 、 γ 三個量測點，分析錯誤讀數的聚落情形，可以發現以 γ 點之倒鏡量測所出現錯誤的情況最為嚴重，一共有三組，且都發生在分進位的部份，秒進位反而都正確，推估是日於角度量測為 60 進位，當讀數軸恰落於兩讀數間之時，使用者必需計算格數才能獲得讀數，因而造成分心，產生昇零錯誤，而該測點之秒進位，因位於讀數軸旁，且數值標示完整，使用者容易日於右側之讀數，判斷排零方向，故秒進位部份所讀得的資料都為正確值。至於 β 點之倒鏡量測(二組錯誤)與 α 點之倒鏡量測(一組錯誤)，則皆為降零錯誤，其中除 B-6 受測者於 α 點的倒鏡測量值，發生分與秒排零方式不同外，其餘皆同時於分、秒發生排零錯誤，可以推論排零錯誤皆為同時發生。此亦可為排零習慣之佐證。

3. 其他錯誤

其餘錯誤中，排除 C-1 受測者與 B-6 受測者之不正確錯誤(表 1 之**所示)外，B-2 受測者有一錯誤(表 1 中之***所示)發生於 γ 點之正鏡量測，對照圖 5 的 γ 正鏡圖探討其原因，與 B-10 受測者相似，皆受額外計算之干擾，將 32 標位，推估為 33 標位(一心二用)。另 C-1 新手受測者之 γ 正鏡資料，為無法合理評估之 $120^{\circ}02'39''$ 。會同原受測者，使用錄影帶回溯其操作過程，原受測者亦無法回想產生錯誤的原因。將錯誤讀數資料比對儀表呈現(如圖 6 的 γ 正鏡圖所示)，推估應是經驗不足，錯將十位數標示判讀個位數標示，誤將 30 判為 0，導致發生 32 讀為 2 之錯誤。

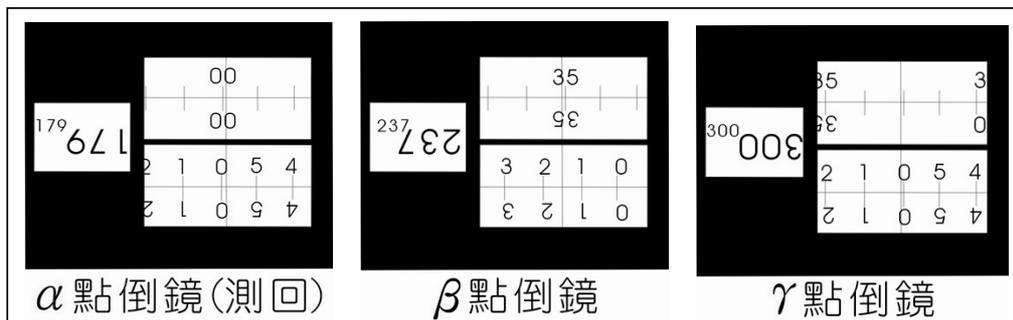


圖 6 總緯儀倒鏡讀數(參考)

五、結論

日於總緯儀準度精確、使用人均為受過長時間訓練之正式工程師、再加上儀器可使用時具有 1''~10'' 之估測位，以及本研究之使用性錯誤量約為 3''，落於估測位內，若無合理及精確的將讀數資料取出，將會造成儀器使用正確率的誤判，錯誤率會遠低於實際值。

合理分析讀數數據的正確性，可獲致下列 5 點結論：

1. 倒鏡之後之降零讀數是造成讀數錯誤的最大原因，佔總錯誤之 75%。
2. 降零錯誤，經訓練後之熟手錯誤率僅能降至 10%。

表 2 經緯儀倒鏡測試資料

受測者	α'	β'	γ'
	倒鏡	倒鏡	倒鏡
A-1	179°59'57"	237°35'15"	300°33'01"
A-2	179°59'57"	237°35'15"	*300°36'00"
A-3	179°59'59"	*237°35'25"	300°33'01"
A-4	179°59'57"	237°35'16"	300°33'02"
B-1	179°59'57"	237°35'16"	300°33'00"
B-2	*179°00'01"	237°35'15"	300°33'01"
B-3	179°59'57"	237°35'17"	300°33'01"
B-4	179°59'57"	237°35'16"	*300°36'02"
B-5	179°59'59"	237°35'17"	300°33'01"
B-6	*179°00'57"	237°35'15"	300°33'00"
B-7	179°59'59"	237°35'15"	300°33'01"
B-8	179°59'57"	237°35'17"	300°33'01"
B-9	179°59'59"	237°35'17"	300°33'01"
B-10	179°59'57"	237°35'16"	*300°37'02"
C-1	*179°00'02"	*237°35'23"	*300°36'01"

3. 降幕錯誤可由相鄰之數據對使用者產生排幕方向之提示而改善。
4. 讀數標示過近，會造成降幕排列判讀之誤導。
5. 間隔過大或數據隱藏之標示，會造成使用者負擔，形成錯誤。
6. 改善排幕問題，將可使儀器之使用正確性大幅提高，錯誤率降至 1.42%。

本研究係探討專業人員使用專業儀器上之使用性問題，測試過程儘可能與實際作業之情況相似，然而仍需注意受測者於受測狀況與自然工作情況下之心理因素不同，且本研究採邊做邊說法所造成的干擾，亦需加以考量。

另外近年來多數的一般用(土木)工程經緯儀，其角度量測數據多已改為 LED/LCD 數位呈現，工程師於讀取資料時，已不再有上述的情況發生，然而要求超高精度之特種專業領域，為求減少儀器誤差及獲取可相信之估計值，多仍採用傳統之光學讀數器，上述資料於未來設計高階專業經緯儀、人員訓練或操作流程之設計時可提供參考。

參考文獻

- 1.焦人希，1982，平面測量學，知音出版社，台北，pp.1-3。
- 2.焦人希，1982，平面測量學，知音出版社，台北，pp.137-145。
- 3.Cooper, M.A.R 著，林聲疆 譯，1985，現代總緯儀與測量儀，測繪出版社，北京，pp.276-288。
- 4.劉立明，1981，平面測量學，中國出版社，台北，p.5。
- 5.管晏如，1980，測量學，友聲出版社，台北，pp.121。
- 6.Jakob Nielsen，1993，Usability Engineering，pp.170-200。
- 7.Jakob Nielsen，1993，Usability Engineering，p.26。
- 8.Jakob Nielsen，1993，Usability Engineering，pp.207-208。
- 9.Jakob Nielsen，1993，Usability Engineering，pp.195-198。
- 10.Jakob Nielsen，1993，Usability Engineering，pp.200-206。
- 11.unknown，Usability Evaluation，<http://www.cs.umd.edu/~zzj/usabilityHome.html>。
- 12.James，Hom，2001，Usability Methods Toolbox，<http://jthom.best.vwh.net/usability/biblio.htm>。
- 13.Jenny Press 著，陳冠豪 譯，1998，人機介面與互動入門，和碩科技，台北，pp.6-11。
- 14.Jenny Press 著，陳冠豪 譯，1998，人機介面與互動入門，和碩科技，台北，pp.6-15。

誌謝

文化大學內政部測量代訓班之工作人員協助，及內政部台南測量站北門分站之全體同仁參與實驗，一併致謝。

A Study on the Usability of the Theodolite

Shing-Sheng Guan* Lyndon S.L. Young** Lai Xin Xi***

* Department of Visual Communication Design, National Yunlin University of Science and Technology
e-mail:ssguan@yuntech.edu.tw

** Department of Industrial Design, National Cheng-Kung University
e-mail:p3690107@ccmail.ncku.edu.tw

*** Department of Industrial Design, National Cheng-Kung University
e-mail:hsinhsi@mail.ncku.edu.tw

(Date Received : May 6,2002 ;Date Accepted : August 1,2002)

Abstract

Theodolite is the most popular and useful equipment for measuring distance and angle between two targets in the field of civil engineering. This study based on the methods of usability engineering, is aimed to investigate the behavior of professional theodolite users. The usability problems and experimental results by this study could offer some notes for the redesign of this device. According this study, the results obtained from mode scores were reasonable than mean scores. The most of usability problems occurred when the professional users read the raw data from meter. Near 10% professional users had disorient operator error. Shooting these disorient problems can decrease this kind of error. This research also validated that the usability engineering method can be used to evaluate the operational problems of professional instrument.

Keywords : Theodolite 、 Usability Engineering 、 Thinking Aloud 、 Interview 、 Retrospective Testing

