以精密分度盤校正經緯儀
測角精度之研究

內政部國土測繪中心自行研究報告

中華民國 100 年 9 月

100-301080000G-2005

以精密分度盤校正經緯儀測角精度之研究

研究人員

企劃課 技士 康寧凱

企劃課 專員 邱明全

企劃課 技正 陳鶴欽

企劃課 課長 李旭志

內政部國土測繪中心自行研究報告

中華民國 100 年 9 月

MINISTRY OF THE INTERIOR
RESEARCH PROJECT REPORT

Study on accuracy of theodolite by the precision disc calibration system

By

Ning-Kai Kang

Ming-Chyu Chiou

He-Chin Chen

Hsu-Chih Lee

September, 2011

目次

表次 II
圖次 III
摘要 IV
第一章 緒論 1
第一節 研究緣起與背景 1
第二節 研究動機與目的 2
第三節 國內經緯儀校正實驗室現況 3
第二章 經緯儀測角誤差與校正 5
第一節 經緯儀測角誤差來源 5
第二節 經緯儀測角校正 7
第三節 本中心經緯儀校正實驗室現況說明 9
第三章 精密分度盤校正系統建置 12
第一節 系統設備 12
第二節 校正作業程序 13
第三節 測回數不同數據分析 18
第四章 量測不確定度評估 20
第一節 量測不確定度 20
第二節 量測不確定度來源分析 21
第三節 系統最佳校正能量 28
第五章 兩種校正系統之分析比較 41
第一節 系統異同分析 41
第二節 能力比對分析 45
第三節 統計測試分析 48
第六章 結論與建議 53
第一節 結論 53
第二節 建議 54
附錄一 模擬校正觀測數據 55
附錄二 分度盤校正系統觀測數據 57
附錄三 多管軸校正系統觀測數據 67
參考書目 77

表次

表 1-1 國內經緯儀校正實驗室一覽表 4
表 2-1 誤差原因及消除方法彙整表 7
表 2-2 本中心多管軸校正系統組件名稱及規格表 10
表 2-3 本中心系統查核設備表 10
表 2-4 本中心多管軸校正系統最佳校正能力表 11
表 3-1 本中心分度盤校正系統組件名稱及規格表 13
表 3-2 測回數校正結果 18
表 3-3 不同校正方法 ANOVA 檢定計算表 19
表 4-1 校正作業誤差種類說明表 22
表 4-2 環境穩定度觀測紀錄表 25
表 4-3 各校正項目等精度觀測平均值之標準不確定度及自由度數值表 27
表 4-4 校正系統各項誤差來源及其標準不確定度彙總表 28
表 4-5 經緯儀校正系統校正項目表 28
表 4-6 一測回水平角準確度 μ 之計算表 37
表 4-7 分度盤校正系統最佳校正能力表 40
表 5-1 視準軸誤差 En 值 46
表 5-2 橫軸誤差 En 值 46
表 5-3 垂直度盤指標差 En 值 46
表 5-4 一測回水平角準確度 En 值 47
表 5-5 望遠鏡視軸調焦直度誤差 En 值 47
表 5-6 各校正項目之 F 檢定結果 51
表 5-7 各校正項目之 t 檢定結果 52

圖次

圖 1-1 實驗室認可證書 3
圖 1-2 認可實驗室 LOGO 3
圖 2-1 經緯儀軸系示意圖 5
圖 2-2 多管軸校正系統架構示意圖 9
圖 3-1 本中心分度盤校正系統近照 12
圖 3-2 測回數分析圖 18
圖 4-1 量測不確定度評估流程圖 20
圖 4-2 模擬校正觀測情形 26
圖 5-1 計量標準傳遞圖 43
圖 5-2 多管軸校正系統追溯圖 44
圖 5-3 分度盤校正系統追溯圖 44
圖 5-4 視準軸誤差分析比較圖 49
圖 5-5 橫軸誤差分析比較圖 49
圖 5-6 垂直度盤指標差分析比較圖 49
圖 5-7 一測回水平角準確度分析比較圖 50
圖 5-8 望遠鏡視軸調焦直度誤差分析比較圖 50

摘　要

關鍵詞：校正、精密分度盤、量測不確定度

一、 研究緣起

經緯儀為執行測量業務之主要設備之一，若儀器本身存在有誤差，該項誤差便會傳播至觀測數據，對測量成果影響甚鉅。因此測量儀器必需定期校正，以確保測量成果品質。內政部國土測繪中心（以下簡稱本中心）於 96 年成立測量儀器校正實驗室，建置電子測距儀、經緯儀及衛星定位儀三項校正系統，並建立符合 ISO/IEC 17025 之品質管理系統，於 99 年通過全國認證基金會（Taiwan Accreditation Foundation, TAF）認證，其中經緯儀校正系統，係以定線瞄準儀及多目標瞄準儀（多管軸校正系統）進行經緯儀角度校正，經參考國家標準實驗室，該項校正亦可使用精密分度盤辦理校正。為驗證分度盤校正系統量測不確定度之正確性及可靠度，並評估測回數對校正結果之影響，辦理本項研究以提供後續認證評估參考。

二、 研究方法及過程

本研究係以本中心委託工業技術研究院量測中心設計，於 100 年完成建置之分度盤校正系統為對象，為確保系統之穩定性，藉由標準件長期觀測數據建立管制範圍。研究過程中除觀測數據及計算外，並依 ISO/IEC17025 量測不確定度評估程序，對校正作業中各項誤差來源分析，據以估算分度盤校正系統之量測不確定度，並以標準件模擬校正評估實驗室之最佳校正能力。

由於本中心同時建置有多管軸及分度盤 2 套校正系統，本研究擬就 ISO/IEC 17025 對校正的定義、校正方法的原理、量測追溯的不同等來分析兩系統的異同。同時為了解以分度盤校正系統校正之可靠度，及兩系統在校正能力上之差異，本研究參考 TAF 能力試驗的概念，以通過認證之多管軸校正系統校正結果為依據，評估以分度盤校正系統實施各項校正之可行性及穩定性。

本中心分度盤校正系統係使用自訂之方法校正，其中關於一測回水平

角準確度校正，目前規劃使用 7 測回之方法，為了解該校正方法之效益，本研究中對該項校正分別觀測 7、13 及 25 測回，並藉由數據分析及統計方法來評估不同測回數結果之一致性。

三、 重要發現

藉由不同測回數（7、13 及 25）觀測結果分析顯示，增加觀測測回數對於一測回水平角準確度結果的影響並不顯著，其校正結果具一致性。

由於校正方法及誤差來源之差異，就一測回水平角準確度校正項目而言，經分析比較，分度盤校正系統優於多管軸校正系統，其不確定度約可從 2.3″ 降為 0.8″，且同精度的儀器在分度盤校正系統之不確定度具一致性。

研究結果顯示，利用分度盤校正系統實施各項校正，除一測回水平角準確度校正外，其餘各項之校正結果擴充不確定度皆受等精度觀測平均值之影響。

四、 主要建議事項

為進一步提升分度盤校正系統校正成果之可靠性，建議可再加強系統架構，以增加穩定性，另對於分度盤接合座之位置亦應一併考量，進而改善對焦之誤差。

在考量校正成本及經濟效益，有關分度盤校正系統之一測回水平角準確度校正項目，建議日後認證評估可採觀測 7 測回（即每次變換度盤 60°）之方式進行。

本研究之系統評估結果應可作為實驗室分度盤校正系統後續認證之參考，並建議積極規劃研擬作業程序及系統評估，進而取得認證。

ABSTRACT

Keywords：Calibration, Precision Disc, Uncertainty

The theodolite is one of the major instruments for surveying activities. In order to ensure the quality of surveying result, periodic calibration is suggested. The National Land Surveying and Mapping Center (NLSC), Ministry of the Interior, established the Surveying Instrument Calibration Laboratory (SICL) in 2007, then the electronic distance measurement system, the theodolite system and the GPS satellite system were established later on to meet the ISO / IEC 17025 quality control system. The SICL has been issued the certification of Taiwan Accreditation Foundation (TAF) in 2010. The alignment collimator and the multi-target collimator were originally adopted for theodolite calibration. In addition to the above calibration system, the precision disc system for angle measurement calibration has also been established in 2011. The purpose of this paper is to investigate the difference of uncertainties between two systems, and confirm the stability and feasibility of the new system.

What we can know about this paper is that the vibration is one of the major factors in calibration work. The uncertainty of the new system might be reduced form 2.3″ to 0.8″.The results of observation in different methods show that increases the observation times is not remarkable regarding the result and the result shows the uniformity.

According to the result in this paper,there are several suggestions：

(1) To guarantee the reliability of the precision disc system, forcing the construction to improve the stability is necessary. The problem about the position of the joint place between the disc and theodolite also suggested to consider, then improve the focusing error .

(2) Considering the benefit and efficiency, calibration procedure with 7 sets to the calibration of accuracy of horizontal angle is suggested for the estimation of accreditation..

(3) For passing the accreditation, it is recommended to develop operation procedures and system estimation actively according to the results of this paper.

第一章 緒論

第一節 研究緣起與背景

「文明建設，端始測量」，測量為釐定經界的基礎，更為推展國家建設之根本。測量的成果不但關係人民土地財產權益，亦影響工程品質的優劣，而測量成果好壞除人為誤差外，儀器的良窳也是影響成果的直接因素，一旦儀器本身存有誤差，該項誤差便會傳播至觀測數據，影響測量成果。因此，測量儀器應該定期校正，以確保測量成果品質，進而提升測量公信力。內政部國土測繪中心（以下簡稱本中心）在業務執行上對儀器校正相當重視，在各項作業手冊均規定儀器應定期送校，平時即以野外法進行簡易角度校正，並陸續在各測量隊建置簡易基線場定期辦理距離校正作業。為進一步擴充測量儀器校正之作業能力及能量，於 95 年建置電子測距固定基座基線場，更於 96 年 3 月國土測繪法公布後，積極規劃建置經緯儀校正場及衛星定位儀校正場，於 97 年成立「測量儀器校正實驗室」，發展符合國際認證規範 ISO/IEC 17025 之品質管理系統。

國土測繪法於 96 年 3 月 21 日總統公布，內政部亦於同年 11 月 15 日發布其子法「基本測量實施規則」，該規則第 24 條規定「基本控制測量所使用之儀器裝備，應依實施計畫之校正項目及週期辦理校正。前項校正應由國家度量衡標準實驗室或簽署國際實驗室認證聯盟相互承認辦法之認證機構所認證之實驗室為之，並出具校正報告」，隨後應用測量實施規則於 97 年 6 月 27 日發布，該規則第 12 條亦規定「辦理應用測量使用之儀器裝備所為之校正，應依測量計畫目的及作業精度等需求辦理」，均顯示儀器校正對於測繪成果之重要性。

本中心為中央測繪機關，對於推動測量儀器校正業務更是不遺餘力，成立「測量儀器校正實驗室」後，率先針對自有儀器定期實施校正，以確保測量成果品質，並於 99 年 3 月 10 日通過全國認證基金會(Taiwan

Accreditation Foundation, TAF)校正實驗室認證後，為積極推展校正工作，除校正自有儀器外，同年並對辦理相關業務之地方政府及地政事務所提供校正服務，獲得各直轄市、縣(市)政府及地政事務所肯定。

第二節 研究動機與目的

本中心目前通過認證之校正項目包括電子測距儀校正、經緯儀校正及衛星定位儀校正，其中經緯儀校正係採用多管軸校正系統辦理，該系統係使用定線瞄準儀及多目標瞄準儀，利用多次觀測夾角數據平均值計算水平角之準確度，並透過重複觀測定線瞄準儀上層、輔助、下層 3 個目標後計算其視準軸誤差、橫軸誤差及垂直度盤指標誤差，並出具校正報告。經緯儀校正除使用多管軸校正系統外，亦可使用精密分度盤校正系統，國家度量衡標準實驗室即採用此系統辦理校正。考量實驗室之營運必需有持續性，避免因設備之維修而中斷營運，本中心於 99 年購置精密角度分度盤並請工研院設計校正系統架構，並於 100 年建置完成精密分度盤校正系統。

多管軸校正系統與精密分度盤校正系統均可辦理經緯儀角度校正，但其校正方法卻有顯著的差異，本中心同時擁有這兩套校正系統，為認證需要，其中多管軸校正系統已建立相關校正程序及最佳校正能力評估（擴充不確定度)，而建置精密分度盤校正系統相關校正程序及系統評估為實驗室後續之重要工作目標。

本研究目的即在建立精密分度盤校正系統相關校正程序，同時對校正系統進行評估。研究過程將比較多管軸與分度盤校正系統間之差異性，從 ISO/IEC 17025 對校正的定義進行探討，同時從量測系統追溯的角度分析系統的異同。本研究也將使用 TAF 對各不同實驗室間對相同校正項目之能力比對方式，對新建置之精密分度盤校正系統進行校正能力之可靠性評估。而校正作業中，觀測測回數亦為影響校正結果之因素之一，由於各家實驗室校正測回數不同，本研究也將探討測回數對校正結果之影響，作為日後規劃校正方法參考。

第三節 國內經緯儀校正實驗室現況

本中心測量儀器校正實驗室於 99 年 3 月 10 日經 TAF 認可核發證書，認可編號 2218，為此領域唯一通過認證之政府機關，認可證書及 LOGO 如圖 1-1 及圖 1-2。目前國內已通過認證同性質的校正實驗室尚包括有國家度量衡標準實驗室、名家股份有限公司長度校正實驗室及森泰儀器有限公司長度校正實驗室，各實驗室與本中心測量儀器校正實驗室有關角度校正之校正項目、校正範圍及最佳校正能力等資訊如表 1-1 所列（財團法人全國認證基金會網址 http://service.taftw.org.tw/tafweb/indexC.aspx）：

圖 1-1 實驗室認可證書

圖 1-2 認可實驗室 LOGO

表 1-1 國內經緯儀校正實驗室一覽表

實驗室名稱	校正項目	校正方法/最高工作標準件	範圍	最佳校正能力
國家度量衡標準實驗室	光學經緯儀, 電子經緯儀	自訂 07-3-85-0085 /360 齒分度盤 / AA GAGE / 2921487	0° to 360°	0.6" , k=2.0
本中心測量儀器校正實驗室	光學經緯儀、電子經緯儀及全測站電子經緯儀	自訂SICL-3-02-0 /Leica/TC2003/44 1820	0° to 360°	視準軸誤差 C：1.5" 橫軸誤差 i：1.8" 垂直度盤指標誤差I：1.9" 一測回水平角準確度 μ：2.3" 望遠鏡視軸調焦直度誤差 W：2.1"
名家長度校正實驗室	光學經緯儀、電子經緯儀	自訂 CS-87-ICT-T-03/ DEF-720A Vexcel DFT-720	0° to 360°	光學經緯儀 0.8" 電子經緯儀 0.5"
森泰長度校正實驗室	經緯儀	自訂CG-2-16-2/ 中國船舶分度盤	0° to 360°	視準軸誤差 C：1.2" 橫軸誤差 i：1.0" 望遠鏡視軸調焦直度誤差ω：1.2" 垂直度盤指標誤差I：1.5" 一測回水平角準確度 μ：0.5"

由上述各校正實驗室校正方法及最佳校正能力可以發現，除本中心外，其餘各家多以分度盤作為校正之依據。由於最佳校正能力之評估，因各實驗室評估內容不同，結果會有差異，分度盤系統是否優於多管軸系統，亦為本研究探討內容。另國家度量衡標準實驗室在新式校正報告中對於視準軸誤差、橫軸誤差、垂直度盤指標差及望遠鏡視軸調焦直度誤差等項目僅列校正結果，並未評估其量測不確定度。

第二章 經緯儀測角誤差與校正

第一節 經緯儀測角誤差來源

一、 經緯儀基本軸系及設置條件

經緯儀基本軸系如圖 2-1，包括有：

(一) 直立軸(VV):為上盤之旋轉中心線，施測時須與重力線相符。

(二) 橫軸(HH):為望遠鏡上下俯仰及正倒鏡之旋轉中心。

(三) 視準軸(SS):為望遠鏡物鏡主點與十字絲交點之連線。

(四) 水準管軸(LL):為切於盤面水準管中點之切線。

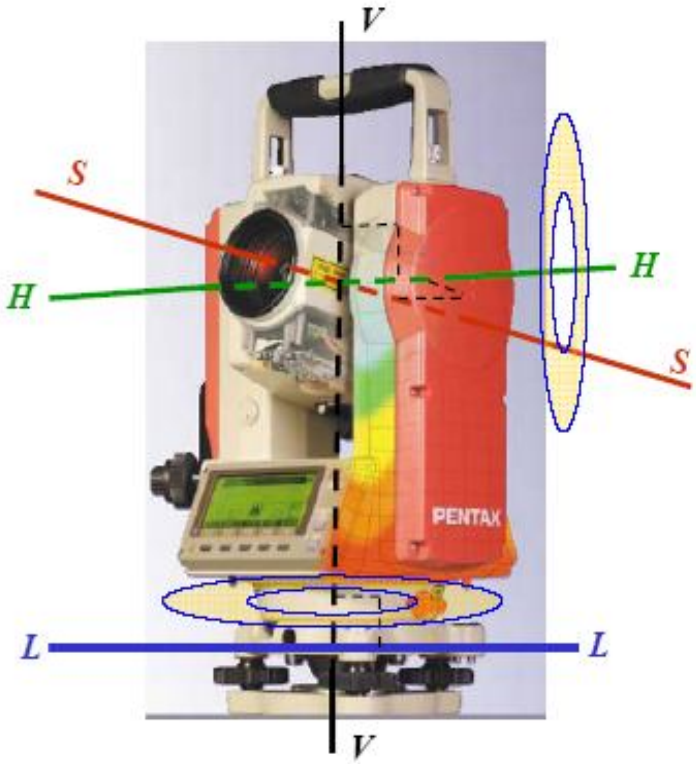

圖 2-1 經緯儀軸系示意圖

在測量作業過程中，為確保水平角觀測達到規定精度，經緯儀的主要軸系之間至少必須滿足下列 3 個幾何條件（何維信，2004）：

(一) 水準管軸（LL）應垂直於直立軸（VV）

(二) 視準軸（SS）應垂直於橫軸(HH)

(三) 橫軸(HH)應垂直於直立軸(VV)

在光學經緯儀上，對於上述幾何條件要求嚴一些。對於現在市面上電子經緯儀，由於可透過軟體和補償器對軸系誤差進行補償，上述幾何條件要求相對較鬆，但經過誤差修正過後，電子經緯儀仍應滿足上述條件。如果上述條件不嚴格滿足或經補償修正後仍有剩餘誤差，則將產生視準軸誤差、橫軸誤差及垂直度盤指標誤差。

二、 經緯儀測角誤差來源

在經緯儀角度觀測中有許多誤差來源，而這些誤差來源對水平角觀測精度又有不同的影響，茲將誤差區分為以下 3 種。

(一) 人為誤差：觀測過程中因操作者之習性或經驗不足或疏忽亦是影響精度的主要原因，包括儀器整置誤差、對點誤差、照準誤差及讀數誤差等。

(二) 自然誤差：自然環境對觀測誤差的影響很多，包括風大會影響儀器穩定、儀器腳架下陷誤差、大氣折射及溫度變化對儀器的影響等。

(三) 儀器誤差：因儀器構造不夠精密或儀器校正不完善所引起的誤差，一般來說屬於製造方面的誤差，如度盤偏心、度盤刻劃誤差、水平度盤與直立軸不垂直等；屬於校正不完善的誤差，如直立軸與水準軸不完全垂直、視準軸與橫軸不垂直、橫軸與直立軸不垂直等誤差。茲將儀器誤差原因及消除方法彙整如表 2-1。

表 2-1 誤差原因及消除方法彙整表

儀器誤差名稱	原因	消除誤差方法
水準軸誤差	水準軸未垂直直立軸	需校正水準軸
橫軸誤差	橫軸不呈水平	望遠鏡正倒鏡觀測，讀取其平均值
視準軸誤差	視準軸不垂直於橫軸	望遠鏡正倒鏡觀測，讀取其平均值
視準軸偏心誤差	直立軸未通過視準軸與橫軸的交點	望遠鏡正倒鏡觀測，讀取其平均值
垂直度盤指標差	望遠鏡水平時，讀數未對準 90°	望遠鏡正倒鏡觀測，讀數與 360°差值為指標差一半
度盤偏心誤差	度盤中心與上盤直立軸旋轉中心不合	讀游標 1、2 取其平均值
度盤分劃誤差	度盤分劃不勻	在原方向按置不同之度盤讀數始實施觀測，採用各測回觀測值之平均值

第二節 經緯儀測角校正

經緯儀各軸系間的關係常在使用中或運送途中發生變動，所以在觀測前為確保經緯儀滿足各軸系間關係，必須進行校正工作，使其滿足其相對關係。校正方法可分為室內校正場校正法及野外觀測法校正法，一般於戶外，多採用野外觀測法檢驗儀器誤差，簡單敘述如下：

一、 水準管軸誤差

(一) 檢查：水準管氣泡不居中造成的誤差，選擇平行任二顆腳螺旋方向，調整儀器腳螺旋使管氣泡居中，旋轉儀器 180°，管氣泡偏移量即為水準軸偏移量的 2 倍。

(二) 改正：以半半改正法改正之，即將儀器旋轉 180°後，紀錄水準管氣泡偏移量，利用前述平行之 2 顆踵定螺旋調整偏移量一半，再利用改正針調整改正螺絲，修正期於偏移量，以此方向為準，旋轉儀器 90°，再以同樣方法檢查之。當將儀器轉至任一方向管氣泡均居中，即完成儀器定平。

二、 視準軸誤差

(一) 檢驗：儀器架設於 P 點，正鏡照準遠方約等高之 A 點，讀水平度盤讀數，倒鏡再照準 A 點並讀數。如視準軸垂直於橫軸，則正倒鏡應相差 180°，否則其與 180°之差數即為誤差之 2 倍。

(二) 改正：取正倒鏡平均值，以水平微動螺旋使讀數洽為平均值，此時視線不復照準 A 點，則調整十字絲交叉點對準 A 點。

三、 橫軸誤差

(一) 檢驗：儀器整置水平後瞄準高處一點 P，之後俯視地上一點 C；接著倒鏡再瞄準 P 點，再俯視地面，如未能正對 C 點則支架需校正。

(二) 改正：假設倒鏡俯視地面上之點為 D，取 CD 之中點 E，調整橫軸一端之支架改正螺絲，校正橫軸，使視線俯仰時經過 E 點及 P 點。

本中心校正實驗室對於經緯儀角度的校正係採室內校正場，使用設備即為多管軸校正系統，有關該系統之設備、系統架構、校正方法及最佳校正能力於下節說明。

第三節 本中心經緯儀校正實驗室現況說明

一、 系統設備

本中心於 97 年建置多管軸校正系統辦理經緯儀校正，該系統位於辦公大樓 6 樓，主要儀具由支撐架、儀器樁、基座等 3 大部分組成，系統架構如圖 2-2，組件名稱及規格如表 2-2，系統查核設備見表 2-3（內政部國土測繪中心，2011（a））：

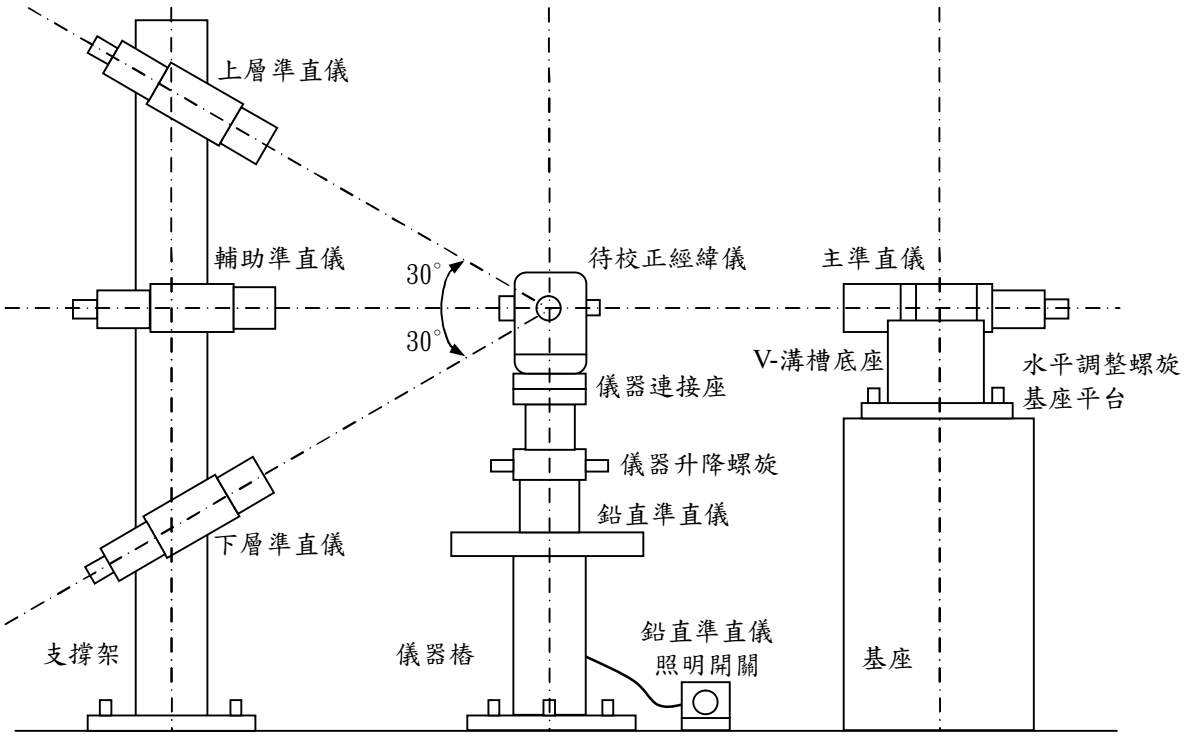

圖 2-2 多管軸校正系統架構示意圖

表 2-2 本中心多管軸校正系統組件名稱及規格表

名稱	廠牌	數量	規格
上層準直儀 （Elevation collimator）	Nikon	1	a. 物鏡孔徑：70 ㎜ b. 物鏡焦距：700 ㎜ c. 放大倍率：37.8x d. 視野：1°20' e. 成像清晰點影像距離：無窮遠（∞） f. 提供照射反射鏡 g. 附帶目鏡
輔助準直儀 （Auxiliary collimator）	Nikon	1	
下層準直儀 （Depression collimator）	Nikon	1	
主準直儀 （Main collimator）	Nikon	1	a. 成像距離：3m、5m、10m、∞ b. 其餘同上
支撐架 （Supporting pillar）	訂製品 依原廠規格	1	高度為 1900 ㎜，供裝置上層、輔助和下層準直儀
儀器樁 （Instrument post）	Nikon	1	a. 高度為 915～1115 ㎜ b. 5/8"-11 螺紋 c. 儀器連接座： 儀器連接座之移位±2.5 ㎜ 垂直角調整±5°（供儀器樁單獨使用）
鉛直準直儀及照明 （Plummet collimator）	Nikon	1	a. 建置於儀器樁中 b. 物鏡焦距：78.6 ㎜ c. 成像清晰點之影像距離：0.5 ㎜、1.2 ㎜、無窮遠（∞） d. 鉛直準直儀照明： 使用鎢絲燈泡 6V，3W 燈泡壽命超過 1000 小時 變壓器內置亮度調整 輸入電壓：100、120、220 或 240V
基座（Base）	場鑄	1	長×寬×高為 450 ㎜×450 ㎜×930 ㎜，以實心鋼筋混凝土構成
V-溝槽底座 （V-groove mount）	Nikon	1	包含水平調整螺旋基座平台，供給主準直儀

表 2-3 本中心系統查核設備表

設備名稱	廠牌	型號/序號	規格	備註
精密電子經緯儀 （Precise Theodolite）	Leica	TC2003/ 441820	測角精度 0.5"	查核件
精密電子經緯儀 （Precise Theodolite）	Trimble	3601	測角精度 1.0"	中間查核設備

二、 校正方法

多管軸校正系統係使用定線瞄準儀及多目標瞄準儀，利用經緯儀多次觀測夾角數據平均值計算水平角之準確度，並透過重複觀測定線瞄準儀上層、輔助、下層 3 個目標後計算其視準軸誤差、橫軸誤差及垂直度盤指標誤差，並出具校正報告。詳細校正程序可參閱本中心校正實驗室「經緯儀校正作業程序」(內政部國土測繪中心，2011(a))。

三、 最佳校正能量

本中心多管軸校正系統各校正項目之最佳校正能力列如表 2-4：

表 2-4 本中心多管軸校正系統最佳校正能力表

校正項目（Calibration Items）	涵蓋因子 k（Coverage Factor）	有效自由度 v_{eff}（Effective Degree of Freedom）	校正結果擴充不確定度 U（95%信賴水準）
視準軸誤差 C	2.10	18	1.5"
橫軸誤差 i	2.09	19	1.8"
垂直度盤指標誤差 I	2.23	10	1.9"
一測回水平角準確度 μ	2.11	17	2.3"
望遠鏡視軸調焦直度誤差 W	2.11	17	2.1"

第三章 精密分度盤校正系統建置

第一節 系統設備

考量實驗室之營運必需有持續性，避免因設備之維修而中斷營運，本中心於 99 年購置精密角度分度盤並請工研院設計校正系統架構，並於 100 年建置完成精密分度盤校正系統，主要由 360 齒精密分度盤、光管及花崗石平台組成，系統架構如圖 3-1、詳細規格如表 3-1:

圖 3-1 本中心分度盤校正系統近照

表 3-1 本中心分度盤校正系統組件名稱及規格表

名稱	廠牌	型/序號	數量	規格
360 齒精密分度盤	AA Gage	C-10755-1/A929110	1	精度1″。
光管（含照明）	SOKKIA	CM300/3216	1	a. 長度 478mm。 b. 物鏡口徑 55mm。 c. 物鏡焦距 400mm。 d. 標線：無窮遠。 e. 光源：燈泡式。
光管（含照明）	SOKKIA	CM400/4205	1	a. 長度 478mm。 b. 物鏡口徑 55mm。 c. 物鏡焦距 400mm。 d. 標線：無窮遠。 e. 光源：燈泡式。
光管（含照明）	SOKKIA	CM500/5139	1	a. 長度 478mm。 b. 物鏡口徑 55mm。 c. 物鏡焦距 500mm。 d. 標線：具有∞、30m、10m、5m、3m、2m。 e. 光源：燈泡式。
花崗石平台(含支架)	-	-	1	長×寬×高為 800×600×130，單位：mm。

第二節 校正作業程序

一、 校正前準備

(一) 將校正件儀器攜出儀器櫃並依『校正申請表』，檢查校正件及相關附屬配件型號、序號是否正確；若否，洽收件人員並聯絡顧客查明。

(二) 依『校正申請表』檢查儀器配件，並將電池充電。

(三) 校正人員執行校正前，應先熟悉本程序及校正件儀器操作方法。

(四) 校正人員執行校正前，應確認校正系統是否依規定實施查核，並於『校正作業管理表』填入最近查核日期及校正開始時間。

(五) 檢查校正系統基座、儀器樁及支撐架各諸元是否穩固，不得有鬆動、生鏽或零件脫落現象，校正系統周圍附近是否有雜物阻擋及干擾，若有應排除之。檢查後始可將儀器整置於儀器樁上。

(六) 執行校正作業前，應先檢查實驗室內部環境符合作業需求（溫度 16°～26°C，相對濕度 45%～75%）。

二、 校正步驟

(一) 儀器整置：將校正件自儀器箱取出整置於分度盤上，選擇平行任二顆腳螺旋方向，調整儀器腳螺旋使管氣泡居中，旋轉校正件 180°，管氣泡偏移應不超過 1 mm，否則應以半半改正法改正之；以此方向為準，旋轉校正件 90°，再以同樣方法檢查之。當將儀器轉至任一方向管氣泡均居中（偏移均在 1 mm 內），即完成儀器定平。

(二) 管氣泡居中後，圓盒氣泡應居中，否則使用校正螺絲，調整氣泡居中。

(三) 整平經緯儀後，鎖緊制動螺旋並旋轉分度盤 180°，檢視經緯儀水準氣泡是否居中，若不符要求，採半半改正法，以分度盤接合座的調平螺旋(平行盤面水準管)調整一半。然後再旋轉分度盤 90°，以分度盤接合座另一調平螺旋(平行盤面水準管)調整一半。

(四) 反覆實施步驟（一）~（三），直到旋轉分度盤於各位置時，經緯儀水準氣泡皆能符合要求（即偏移量小於 1 mm）為止。

(五) 調整校正件之望遠鏡至 90°位置，再利用升降螺旋調整光管使校正件之橫軸與視軸交點與水平光管視軸同高。

(六) 校正件正鏡照準水平光管∞目標，調整十字絲至最清晰狀態並使兩十字絲中心重合，若兩十字絲重合時夾角過大（超過 2 絲寬度），應告知客戶先行將儀器送修。

(七) 若校正件有補償或改正功能，在校正期間須設定為打開，並記錄校正件內設定之誤差補償值。

(八) 評估經緯儀視準軸誤差、橫軸誤差及垂直度盤指標誤差觀測程序：

1. 校正件正鏡照準上層、水平及下層光管∞目標各 1 次，記錄每一目標正鏡水平角觀測讀數值，在照準水平光管時亦記錄正鏡垂直度盤觀測讀數值。

2. 倒鏡重複步驟 1，記錄各光管水平角觀測讀數值與水平光管垂直度盤觀測讀數值。

3. 重複步驟 1 及 2 共 3 次計算得各目標 3 次正鏡水平角觀測讀數平均值 $D_{上}$、$D_{平}$、$D_{下}$及 3 次正鏡垂直度盤觀測讀數平均值 $ZD_{平}$，3 次倒鏡水平角觀測讀數平均值 $R_{上}$、$R_{平}$、$R_{下}$及 3 次倒鏡垂直度盤觀測讀數平均值 $ZR_{平}$。

(九) 評估經緯儀一測回水平角準確度觀測程序：

1. 將分度盤 0°刻線對齊起點位置，正鏡照準水平光管內∞目標，扭緊水平制動，實施角度歸零動作，記錄水平讀數，再逆時針方向旋轉分度盤 60°，使 300°刻線對齊起點位置，鬆水平制動，以經緯儀正鏡照準水平光管內∞目標，記錄水平方向讀數，反覆上述步驟，依次記錄水平方向讀數，共 7 方向讀數。

2. 然後，再倒鏡按上述步驟 1 實施，記錄水平方向讀數，以順時針方向旋轉分度盤 60°，反覆上述步驟，依次記錄水平讀數，共 7 方向讀數。

〈注意〉轉動分度盤過程，經緯儀水平制動注意要固定扭緊。

(十) 評估經緯儀望遠鏡視軸調焦直度誤差觀測程序：

1. 校正件正鏡照準水平光管∞、10 m、5 m 目標各 1 次，記錄每

一目標正鏡水平角觀測讀數值。

2. 倒鏡重複步驟 1，記錄倒鏡水平角觀測讀數值。

3. 重複步驟 1 及 2 共 3 次計算得各目標 3 次正鏡水平角觀測讀數平均值 D_{∞}、D_{10}、D_5 及 3 次倒鏡水平角觀測讀數平均值 R_{∞}、R_{10}、R_5。

三、 資料分析計算

(一) 經緯儀視準軸誤差 C，橫軸誤差 i 及垂直度盤指標誤差 I：

正鏡分別照準上層、水平、下層光管內∞目標各 3 次，計算得水平角觀測讀數平均值 $D_{上}$、$D_{平}$ 及 $D_{下}$ 與垂直度盤觀測讀數平均值 $ZD_{平}$。倒鏡重複前述步驟，計算得水平角觀測讀數平均值 $R_{上}$、$R_{平}$ 及 $R_{下}$ 與垂直度盤觀測讀數平均值 $ZR_{平}$，再以觀測資料計算視準軸誤差 C，橫軸誤差 i 及垂直度盤指標誤差 I，其計算式為：

視準軸誤差 C：

$$C = \left[D_{平} - \left(R_{平} \pm 180^\circ\right)\right]/2 \qquad (3\text{-}1)$$

橫軸誤差 i：

$$i = \left\{\left[\left(D_{上} - \left(R_{上} \pm 180^\circ\right)\right) - \left(D_{平} - \left(R_{平} \pm 180^\circ\right)\right) \times \sec\alpha\right] \times \cot\alpha + \left[\left(D_{平} - \left(R_{平} \pm 180^\circ\right)\right) \times \sec\beta - \left(D_{下} - \left(R_{下} \pm 180^\circ\right)\right)\right] \times \cot\beta\right\}/4$$

在本系統中因 $\alpha = \beta = 30^\circ$，可簡化為：

$$i = \left[\left(D_{上} - \left(R_{上} \pm 180^\circ\right)\right) - \left(D_{下} - \left(R_{下} \pm 180^\circ\right)\right)\right] \times \cot\alpha/4 \qquad (3\text{-}2)$$

垂直度盤指標誤差 I：

$$I = \left(ZD_{平} + ZR_{平} - 360^\circ\right)\Big/2 \qquad (3\text{-}3)$$

(二) 一測回水平角準確度 μ：

在分度盤接合座上，整置待校經緯儀，調整待校經緯儀及 360 齒分度盤兩者皆水平，須同軸旋轉，將 360 齒分度盤置於零，每次

以逆時針方向旋轉分度盤 60°，並轉動待校經緯儀照準光管∞目標，分別記錄水平角觀測讀數 P_1 、P_2 、P_3 、P_4 、P_5 、P_6 、P_7；再倒鏡重複前述步驟，每次以順時針方向旋轉分度盤 60°，分別記錄水平角觀測讀數 Q_1 、Q_2 、Q_3 、Q_4 、Q_5 、Q_6 、Q_7。再以觀測資料計算一測回水平角標準差 μ，其計算式如下：

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}{n-1}} \text{，n=7} \qquad (3\text{-}4)$$

其中，$\alpha_i = \left(P_i + Q_i \pm 180^0\right)/2$

$$\alpha_0 = \sum_{i=1}^{n} (\alpha_i - \alpha_i^s) / n$$

$$v_i = \alpha_i - \alpha_0 - \alpha_i^s$$

α_i：正倒鏡照準光管∞目標水平角觀測讀數平均值

α_0：平行定向參數

α_i^s：第 i 位置 360 齒分度盤角度方向讀數

v_i：第 i 位置計算之剩餘誤差

(三) 望遠鏡視軸調焦直度誤差 W：

正鏡照水平光管∞、10 m 及 5 m 目標各 3 次，每一目標各記錄 3 次水平角觀測讀數值。計算求得各目標 3 次水平角觀測讀數平均值 D_∞、D_{10} 及 D_5。倒鏡重複前述步驟，計算得水平角觀測讀數平均值 R_∞、R_{10} 及 D_5。再以觀測資料計算視軸調焦直度誤差 W_1～W_3，其計算式為：

$$W_1 = [(D_5 + R_5) - (D_{10} + R_{10})]/2$$

$$W_2 = [(D_5 + R_5) - (D_\infty + R_\infty)]/2$$

$$W_3 = [(D_{10} + R_{10}) - (D_\infty + R_\infty)]/2$$

取 W_1～W_3 絕對值中最大者作為儀器視軸調焦直度誤差 W 之結果：

$$W = \mathrm{Max}\left|W_i\right| \text{，} i = 1 \sim 3 \qquad (3\text{-}5)$$

第三節 測回數不同數據分析

目前通過 TAF 認證之實驗室且使用分度盤校正一測回水平角準確度之校正方法有 25 測回、13 測回及 7 測回，即每次變換度盤分別為 15°、30°及 60°，本中心分度盤校正系統依工業技術研究院建議可使用 7 測回，即每次變換度盤 60°辦理校正。為驗證 3 種校正方法之校正結果是否一致，本研究運用 7 部儀器，分別使用 7 測回、13 測回及 25 測回辦理一測回水平角準確度校正，校正結果如表 3-2 所列，各測回之結果值分佈曲線如圖 3-2。

表 3-2 測回數校正結果

項次	儀器型號	精度/最小讀數	儀器序號	7 測回	13 測回	25 測回	備註
1	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159400	0.29	0.43	0.54	
2	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165395	0.39	0.52	0.46	
3	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165380	0.57	0.69	0.46	
4	Leica/TS02	3″/1″	1313457	0.67	1.13	0.44	
5	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165387	0.38	0.80	0.65	
6	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159393	0.84	0.90	0.75	
7	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159425	0.57	0.62	0.69	

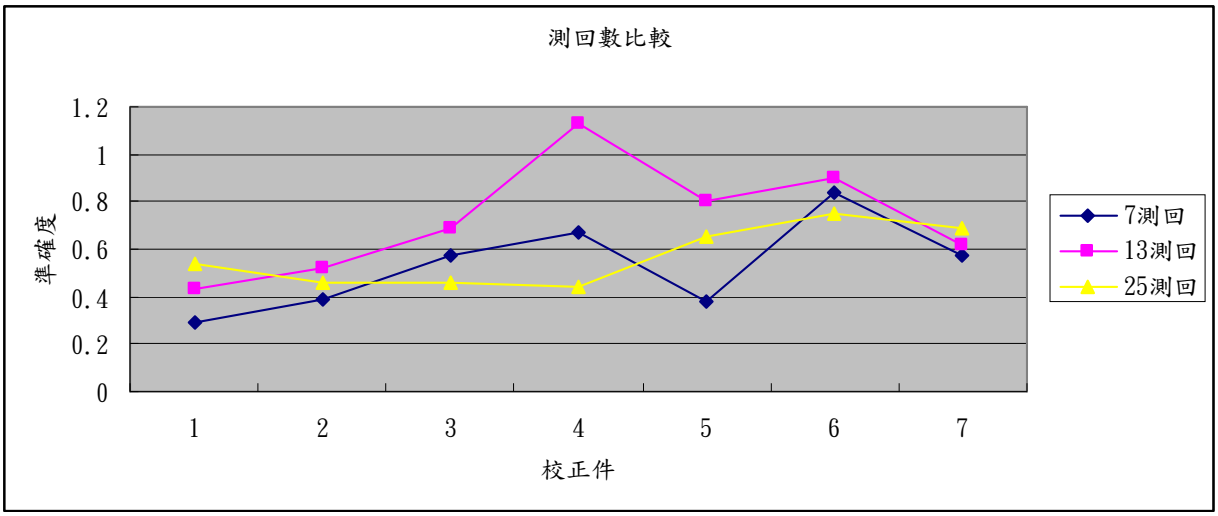

圖 3-2 測回數分析圖

為檢驗 3 種校正方法之校正結果是否一致，本研究使用統計學中常使用之變異量分析（The Analysis of Variance，簡稱 ANOVA）進行假測檢定。ANOVA 是一種在多樣本的情形下，比較各樣本平均數的差異是否顯著。

假設同一校正件使用 3 種校正方法，校正結果應是一致的，則樣本平

均值應無差異性，設定假說如下：

虛無假說 H_0：$\mu_1 = \mu_2 = \mu_3$。

對立假說 H_1：至少有兩組 μ 不等。

ANOVA 使用之相關計算式如下，若 F 檢定值<F（α, df_b, df_w）則接受虛無假說 H_0，即表示各組平均值具無差異性，各計算值如表 3-3 所示。

總自由度 df_{total}（df_{total}） = 總樣本數(N) –1

組間自由度 $df_{between}$（df_b）= 組數 – 1

組內自由度 df_{within}（df_w）=總樣本數 – 組數

總變異數量 $SS_t = \sum\sum X^2 - \frac{G^2}{N}$, G = $\sum\sum X$

組間變異量 $SS_b = \sum_{j=1}^{n} n_j (M_j - M_t)^2$，其中：

n:組數，Mj：各組平均值，Mt：Mj 平均值

組內變異量 $SS_w = SS_t - SS_b$

F 檢定值 = $\frac{MS_B}{MS_w} = \frac{SS_b / df_b}{SS_w / df_w}$

表 3-3 不同校正方法 ANOVA 檢定計算表

變異來源	SS	df	MS	F
組間變異	0.15204	2	0.07602	2.08789
組內變異	0.65534	18	0.03641	
總變異	0.80738	20		

經查表 F(0.05,2,18) = 3.55

經比較 F 檢定值 2.09 小於 F(0.05,2,18) 值 3.55，因此，接受虛無假說 H_0，顯示各 7 測回、13 測回及 25 測回之樣本平均是相同的，即校正結果應是一致的。因此，基於成本考量或作業人力考量，會使用不同的測回數來校正一測回水平角準確度，但其結果是一致的。

基此，本研究後續有關一測回水平角準確度之評估、測試將會以 7 測回之方式進行。

第四章 量測不確定度評估

第一節 量測不確定度

本研究分析流程係參考國際標準組織（International Organization for Standardization, ISO）出版的「量測不確定度表示方式指引」(Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement, 2nd Edition,1995，簡稱 ISO-GUN)(林開儀譯，1995)所建議的方法，評估各校正項目之不確定度，將各項不確定度來源予以分類並量化為 A 類及 B 類的標準不確定度，其中 A 類標準不確定度的評估方法為利用統計分析，B 類標準不確定度的評估方法為 A 類評估方法以外的其他方法。再依量測不確定度傳遞原理計算組合標準不確定度、依 Welch-Satterthwaite 公式計算有效自由度ν並藉由查表得涵蓋因子κ，作為校正報告敘述校正結果擴充不確定度之依據，評估流程如圖 4-1。

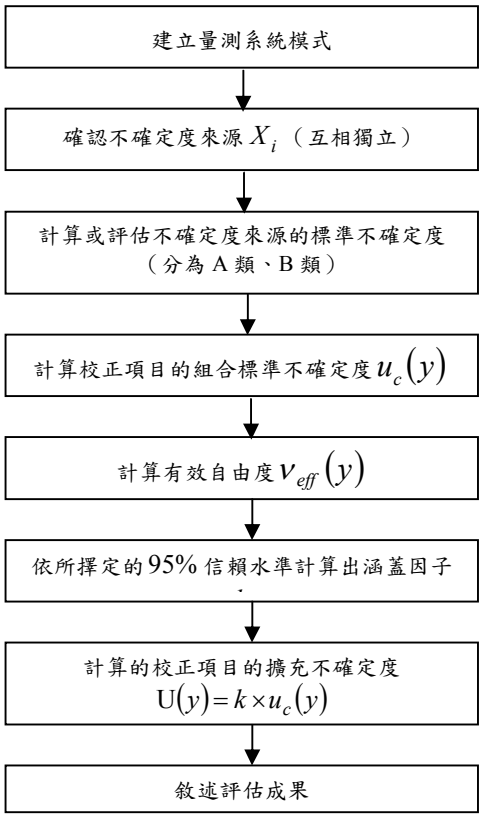

圖 4-1 量測不確定度評估流程圖

(一) 建立量測系統模式（數學模式）$Y = f(X_1, X_2, X_3, \cdots, X_n)$。

(二) 確認系統中的不確定度來源 X_i，且 X_i 彼此為獨立不相關。

(三) 將各項不確定度來源 X_i 予以分類並量化為 A 類及 B 類的標準不確定度（Type A and type B standard uncertainty）u_A、u_B，其中 A 類標準不確定度的評估方法為利用統計分析，B 類標準不確定度的評估方法為 A 類評估方法以外的其他方法。計算或估計出所有 X_i 的最佳估計值 x_i，Y 的估計值 $y = f(x_1, x_2, x_3, \cdots, x_n)$，自由度 v_i 及靈敏係數 $c(x_i) = c_i$，其中 $c_i = \dfrac{\partial f}{\partial x_i}$。

(四) 評估 A、B 兩類標準不確定度後，再依量測不確定度傳遞原理計算組合標準不確定度（Combined standard uncertainty）

$$u_c^{\,2}(y) = [c_1 u(x_1)]^2 + [c_2 u(x_2)]^2 + [c_3 u(x_3)]^2 + \ldots\ldots + [c_n u(x_n)]^2$$
$$= [u_1(y)]^2 + [u_2(y)]^2 + [u_3(y)]^2 + \ldots\ldots + [u_n(y)]^2 \qquad (4\text{-}1)$$

(五) 依 Welch-Satterthwaite 公式計算有效自由度（Effective degrees of freedom）

$$v_{eff} = \frac{u_c^{\,4}(y)}{\dfrac{u_1^{\,4}(y)}{v_1} + \dfrac{u_2^{\,4}(y)}{v_2} + \dfrac{u_3^{\,4}(y)}{v_3} + \ldots\ldots + \dfrac{u_n^{\,4}(y)}{v_n}} \qquad (4\text{-}2)$$

(六) 依所選定 95% 的信賴水準（Confidence Level），可由 t 分配表中查得涵蓋因子（Coverage Factor）κ。

(七) 以組合標準不確定度 $u_c(y)$ 乘上涵蓋因子 κ 後，得出擴充不確定度（Expanded uncertainty）$U(y) = \kappa \times u_c(y)$。

(八) 完成評估報告敘述量測結果 y 及標準不確定度 $u_c(y)$、擴充不確定度 $U(y)$。

第二節 量測不確定度誤差來源分析

依 ISO GUM 所建議的評估方法，將各項作業誤差來源的不確定度

分類為 A 類及 B 類不確定度。其中 A 類不確定度的評估方式為使用統計方法，B 類不確定度的評估方式為使用非 A 類的方法。經緯儀在進行校正作業時誤差種類與來源，詳如表 4-1（內政部國土測繪中心，2011（b））：

表 4-1 校正作業誤差種類說明表

誤差種類	誤差來源	誤差代號	標準不確定度代號	多管軸誤差源	分度盤誤差源
望遠鏡照準誤差	由於人眼分辨率有限所產生的照準誤差。	σ_1	u_1	V	V
光學測微最小讀值誤差	人為估讀小於測微刻劃的值所產生的讀數誤差	σ_2	u_2	V	V
光學經緯儀讀數指標對齊誤差	光學經緯儀在讀取角度值時常無法將讀數指標線完全對齊重合，為人眼無法完全分辨所產生的誤差。	σ_3	u_3	V	V
電子經緯儀最小顯示讀值能力誤差	因儀器製造之精良度限制所產生的誤差。	σ_4	u_4	V	V
經緯儀定平誤差	因經緯儀定平精度不足所產生的誤差。	σ_5	u_5	V	V
光管∞目標變化誤差	校正期間∞目標發生變化所產生的誤差。	σ_6	u_6	V	V
環境變化誤差	在校正期間因溫度、濕度、壓力等環境變化所產生的誤差。	σ_7	u_7	V	V
視準軸誤差等精度觀測之平均值及標準不確定度	實施等精度量測，由實際量測數據以統計方法計算出視準軸誤差平均值及其不確定度。	C_8	u_8	V	V
橫軸誤差等精度觀測之平均值及標準不確定度	實施等精度量測，由實際量測數據以統計方法計算出橫軸誤差平均值及其不確定度。	i_9	u_9	V	V
垂直度盤指標誤差等精度觀測之平均值及標準不確定度	實施等精度量測，由實際量測數據以統計方法計算出垂直度盤指標誤差平均值及其不確定度。	I_{10}	u_{10}	V	V
主準直儀與輔助準直儀視軸直線度誤差等精度觀測之平均值及標準不確定度	實施等精度量測，由實際量測數據以統計方法計算出主準直儀與輔助準直儀視軸直線度誤差平均值及其不確定度。	μ_{11}	u_{11}	V	
望遠鏡視軸調焦直度誤差等精度觀測之平均值及標準不確定度	實施等精度量測，由實際量測數據以統計方法計算出望遠鏡視軸調焦直度誤差平均值及其不確定度。	W_{12}	u_{12}	V	V
查核件測角追溯誤差	查核件（Leica TC2003）送校正實驗室進行校正所得測角之誤差。	σ_{13}	u_{13}	V	V
分度盤追溯誤差	360 齒分度盤送國家度量衡標準實驗室之誤差。	σ_{14}	u_{14}		V

在表 4-1 中各項誤差及標準不確定度分析如下：

(一) 望遠鏡照準誤差：由於人眼分辨率有限而產生的照準誤差σ_1，以經驗公式計算：

$\sigma_1 = \frac{(\mathrm{r} \times \mathrm{P})}{\mathrm{v}} = \frac{1.0 \times 10}{30} = 0.33''$，式中：

觀察條件：$\mathrm{r} = 1.0$。

放大倍率：$\mathrm{v} = 30$ 倍（一般狀況）。

人眼最小分辨率： $\mathrm{P} = 10''$（經驗數據）。

分布：屬於 B 類評估，假設為矩形分布。

標準不確定度 $u_1 = \frac{\sigma_1}{\sqrt{3}} = \frac{0.33}{\sqrt{3}} = 0.19''$。

相對不確定度：25%（經驗估算）。

自由度：$v_1 = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{0.25^2}\right) = 8$。

(二) 光學測微最小讀值誤差：由於人為估讀小於測微刻劃的值所產生的讀數誤差σ_2，以經驗公式計算：

$\sigma_2 = \frac{\mathrm{d}''}{10}$，式中：

d 為儀器最小刻劃。

分布：屬於 B 類評估，假設為矩形分布。

標準不確定度 $u_2 = \frac{\sigma_2}{\sqrt{3}}$。

相對不確定度：25%（經驗估算）。

自由度：$v_2 = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{0.25^2}\right) = 8$。

(三) 光學經緯儀讀數指標對齊誤差：光學經緯儀在讀取角度值時常無法將讀數指標線完全對齊重合，為人眼無法完全分辨所產生的誤差σ_3，以經驗公式計算：

$\sigma_3 = \frac{250 \times \mathrm{r} \times \mathrm{P}}{2 \times \mathrm{R} \times \mathrm{v}} = \frac{250 \times 1.5 \times 10}{2 \times 45 \times 48} = 0.87''$，式中：

經緯儀度盤刻劃半徑：$\mathrm{R} = 45mm$。

觀察條件：$r = 1.5mm$。

放大倍率：$v = 48$ 倍（一般狀況）。

人眼最小分辨率：$P = 10''$（經驗數據）。

分布：屬於 B 類評估，假設為矩形分布。

標準不確定度 $u_3 = \frac{\sigma_3}{\sqrt{3}} = \frac{0.87}{\sqrt{3}} = 0.50''$。

相對不確定度：20%（經驗估算）。

自由度：$v_3 = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{0.20^2}\right) = 12.5$。

(四) 電子經緯儀最小顯示讀值能力誤差：因儀器製造精良度限制所產生的誤差，故 $\sigma_4 = \Delta''$。式中 Δ 為儀器標示最小讀數值。

分布：屬於 B 類評估，假設為矩形分布。

標準不確定度 $u_4 = \frac{\sigma_4}{\sqrt{3}}$。

相對不確定度：10%（經驗估算）。

自由度：$v_4 = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{0.10^2}\right) = 50$。

(五) 經緯儀定平誤差：因經緯儀定平精度不足所產生的誤差。經緯儀定平允許誤差為 $20''$，化算水平方向誤差 $\sigma_5 = 0.00048''$。

分布：屬於 B 類評估，假設為常態分布。

標準不確定度 $u_5 = \frac{\sigma_5}{3} = \frac{0.00048}{3} = 0.00016 \fallingdotseq 0''$。

相對不確定度：因 $u_5 \fallingdotseq 0''$，故不考慮相對不確定度。

自由度：$v_5 = \infty$。

(六) 光管∞目標變化誤差：校正期間∞目標發生變化所產生的誤差。一般認為短時間不會發生誤差，故 $\sigma_6 = 0''$。

分布：屬於 B 類評估，假設為常態分布。

標準不確定度 $u_6 = \frac{\sigma_6}{3} = \frac{0}{3} = 0''$。

相對不確定度：因 $u_6 = 0''$，故不考慮相對不確定度。

自由度：$v_6 = \infty$。

(七) 環境變化誤差：在校正期間因溫度、濕度等環境變化所產生的誤差，由於溫度、濕度在本實驗室內已受到控制，故上述影響可忽略不計。因本中心校正實驗室位處辦公大樓 6 樓，大樓震動會影響讀數，必須將此項因素納入本校正系統誤差來源。

表 4-2 環境穩定度觀測紀錄表

觀測次數	觀測時間	溫度（℃）	濕度（%）	水平角
1	14:35	21.9	63.8	124.37428
2	14:40	22.0	60.5	124.37426
3	14:45	22.5	59.6	124.37426
4	14:50	22.9	55.4	124.37427
5	14:55	22.7	53.0	124.37430
6	15:00	22.1	52.8	124.37431
7	15:05	22.1	58.6	124.37432
8	15:10	22.3	59.9	124.37430
9	15:15	22.4	62.1	124.37427
10	15:20	22.6	61.7	124.37425
11	15:25	22.9	57.3	124.37428
12	15:30	22.8	57.6	124.37433
13	15:35	22.4	54.1	124.37432
14	15:40	22.0	53.4	124.37434
15	15:45	21.8	53.8	124.37432
16	15:50	21.6	53.7	124.37433
17	15:55	21.6	58.1	124.37432
18	16:00	21.8	67.3	124.37427
19	16:05	22.2	65.1	124.37424
20	16:10	22.1	61.1	124.37426
21	16:15	21.9	58.2	124.37429
22	16:20	21.5	56.1	124.37429
23	16:25	21.5	55.9	124.37430
24	16:30	21.5	57.2	124.37432
25	16:35	21.3	56.7	124.37432
26	16:40	21.2	56.4	124.37432
27	16:45	21.0	56.3	124.37425
28	16:50	21.0	56.3	124.37426
29	16:55	20.8	57.5	124.37426
30	17:00	20.8	57.1	124.37426
最大值	124.37434	單位權標準差（單位：秒）		0.29
最小值	124.37424	平均值		124.37429

本中心校正實驗室在 100 年 05 月 16 日下午 14 時 35 分起至 17 時止由實驗室人員以查核件進行此項不確定度誤差估計實

驗：整置查核件在分度盤上，照準光管∞目標，每隔 5 分鐘記錄水平角讀數 1 次，共記錄 30 次，觀測數據及統計資料見表 4-2。由實驗結果讀數之最大、最小值差為1.00"，取本項環境影響誤差 $\sigma_7 = 1.00''$。

分布：屬於 B 類評估，假設為矩形分布。

標準不確定度 $u_7 = \frac{\sigma_7}{\sqrt{3}} = \frac{1.00}{\sqrt{3}} = 0.58''$。

相對不確定度：20%（經驗估算）。

自由度：$v_7 = \left(\frac{1}{2}\right)\left(\frac{1}{0.20^2}\right) = 12.5$。

(八) 等精度觀測之平均值及標準不確定度：在本研究中以查核件對本系統進行模擬評估，實施數次等精度量測，由實際量測數據以統計方法計算出平均值及其標準不確定度。

分布：屬於 A 類評估，為常態分布。

本中心校正實驗室在 100 年 04 月 12 日及 100 年 05 月 04 日由實驗室人員以查核件分別進行系統模擬評估，依前述校正作業程序觀測數據並計算求得視準軸誤差、橫軸誤差、垂直度盤指標誤差及望遠鏡視軸調焦直度誤差，再計算各校正項目等精度觀測平均值之標準不確度，觀測數據詳附錄一、觀測情形如圖 4-2，計算所得結果列如表 4-3：

圖 4-2 模擬校正觀測情形

表 4-3 各校正項目等精度觀測平均值之標準不確定度及自由度數值表

誤差種類	標準不確定度	自由度
視準軸誤差 C	$u_8 = 0.09''$	$v_8 = 2$
橫軸誤差 i	$u_9 = 0.15''$	$v_9 = 2$
垂直度盤指標誤差 I	$u_{10} = 0.20''$	$v_{10} = 2$
望遠鏡視軸調焦直度誤差 W	$u_{12} = 0.15''$	$v_{12} = 2$

(九) 查核件測角追溯誤差：查核件（Leica TC2003）送國家度量衡標準實驗室進行校正所得一測回水平角準確度之擴充不確定度(報告編號:B991159、報告日期:99 年 12 月 07 日)。

分布：屬於 B 類評估，假設為常態分布。

擴充不確定度 $U = 0.7''$、涵蓋因子 $\kappa = 2.00$ 。

標準不確定度 $u_{13} = 0.35''$

自由度 $v_{13} = 54$

(十) 360 齒分度盤角度方向 $\alpha_i^s = 360°/6 = 60°$ ，追溯至國家度量衡標準實驗室，最大器差 $0.39''$，故 $\sigma_{14} = 0.39''$ 。

分布：屬於 B 類評估，假設矩形分布。

標準不確定度值 $\mu_{14} = \mu(\alpha_i^s) = \dfrac{\sigma_{14}}{\sqrt{3}} = \dfrac{0.39}{\sqrt{3}} = 0.23''$ 。

相對不確定度：10% 。

自由度：$v_{14} = \left(\dfrac{1}{2}\right)\left(\dfrac{1}{0.10^2}\right) = 50$ 。

將上述各項誤差及其標準不確定度彙總為表 4-4，在表 4-1 中所列之各項誤差來源均為獨立不相關，故靈敏係數均為 1。

表 4-4 校正系統各項誤差來源及其標準不確定度彙總表

誤差來源及誤差量	誤差種類	誤差分布型態	除數	標準不確定度	靈敏係數	標準不確定度分量	自由度
望遠鏡照準誤差 $\sigma_1 = 0.33''$	B	矩形	$\sqrt{3}$	$u_1 = 0.19''$	1	0.19"	$\nu_1 = 8$
光學測微最小讀值誤差 $\sigma_2 = d''/10$	B	矩形	$\sqrt{3}$	$u_2 = \frac{d''}{10\times\sqrt{3}}$	1	$\frac{d''}{10\times\sqrt{3}}$	$\nu_2 = 8$
光學經緯儀讀數指標對齊誤差 $\sigma_3 = 0.87''$	B	矩形	$\sqrt{3}$	$u_3 = 0.50''$	1	0.50"	$\nu_3 = 12.5$
電子經緯儀最小顯示讀值能力誤差 $\sigma_4 = \Delta''$	B	矩形	$\sqrt{3}$	$u_4 = \frac{\Delta''}{\sqrt{3}}$	1	$\frac{\Delta''}{\sqrt{3}}$	$\nu_4 = 50$
經緯儀定平誤差 $\sigma_5 = 0.00048''$	B	常態	3	$u_5 = 0''$	1	0"	$\nu_5 = \infty$
光管∞目標變化誤差 $\sigma_6 = 0''$	B	常態	3	$u_6 = 0''$	1	0"	$\nu_6 = \infty$
環境變化誤差 $\sigma_7 = 1.0''$	B	矩形	$\sqrt{3}$	$u_7 = 0.58''$	1	0.58″	$\nu_7 = 12.5$
視準軸誤差等精度觀測平均值 C_8	A	常態	1	u_8	1	u_8	$\nu_8 = 2$
橫軸誤差等精度觀測平均值 i_9	A	常態	1	u_9	1	u_9	$\nu_9 = 2$
垂直度盤指標誤差等精度觀測平均值 I_{10}	A	常態	1	u_{10}	1	u_{10}	$\nu_{10} = 2$
望遠鏡視軸調焦直度誤差等精度觀測平均值 W_{12}	A	常態	1	u_{12}	1	u_{12}	$\nu_{12} = 2$
查核件測角追溯誤差	B	常態	2	$u_{13} = 0.35''$	1	0.35"	$\nu_{13} = 54$
分度盤追溯誤差 $\sigma_{14} = 0.39''$	B	矩形	$\sqrt{3}$	$u_{14} = 0.23''$	1	0.23"	$\nu_{14} = 50$

第三節 系統最佳校正能量

本系統校正項目如表 4-5，校正項目的不確定度可能由一個或數個表 4-4 所列誤差來源所組成，以下分別就各校正項目進行不確定度組成分析：

表 4-5 經緯儀校正系統校正項目表

經緯儀校正項目	視準軸誤差 C
	橫軸誤差 i
	垂直度盤指標誤差 I
	一測回水平角準確度 μ
	望遠鏡視軸調焦直度誤差 W

一、 視準軸誤差 C

視準軸誤差 C 的誤差來源有σ_1、σ_2、σ_3、σ_4、σ_5、σ_6、σ_7及C_8、σ_{13}，誤差來源相關分析及說明參表 4-4。由前一章 3-1 式計算組合標準不確定度$u_c(C)$

$$u_c^2(\mathrm{C})=\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(u_{\mathrm{D}_{平}}\right)^2+\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(u_{\mathrm{R}_{平}}\right)^2+u_8^2 \qquad (4\text{-}3)$$

式中：

$u_{\mathrm{D}_{平}}$：正鏡觀測水平光管水平角$\mathrm{D}_{平}$之標準不確定度。

$u_{\mathrm{R}_{平}}$：倒鏡觀測水平光管水平角$\mathrm{R}_{平}$之標準不確定度。

u_8：視準軸誤差等精度觀測平均值之標準不確定度。

因為表 4-4 中的誤差來源彼此互相獨立，且靈敏係數均為 1，可得$u_{\mathrm{D}_{平}}^2=u_{\mathrm{R}_{平}}^2=\sum_{i=1}^{n}u_i^2+u_{13}^2$，n=7。組合標準不確定度的計算依誤差來源部分不同可分為光學經緯儀及電子經緯儀兩類，分述如下：

光學經緯儀組合標準不確定度$u_{c_1}(\mathrm{C})$：對光學經緯儀而言，$u_4=0$及表 4-4 中的相關數值代入 4-3 式可得：

$$u_{c_1}^2(C)=\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(0.19^2+\frac{\mathrm{d}^2}{300}+0.50^2+0.58^2+0.35^2\right)\times 2+u_8^2$$

$$=0.37+\frac{\mathrm{d}^2}{600}+u_8^2$$

電子經緯儀組合標準不確定度$u_{c_2}(\mathrm{C})$：對電子經緯儀而言，$u_2=0$、$u_3=0$及表 4-4 中的相關數值代入 4-3 式可得：

$$u_{c_2}^2(C)=\left(\frac{1}{2}\right)^2\left(0.19^2+\frac{\Delta^2}{3}+0.58^2+0.35^2\right)\times 2+u_8^2$$

$$=0.25+\frac{\Delta^2}{6}+u_8^2$$

以查核件 Leica TC2003 進行模擬校正，將$\Delta=0.10''$及$u_8=0.09''$代入上式，求得$u_{c_2}(\mathrm{C})=0.51''$。

(一) 有效自由度$v_{\mathrm{eff}}(\mathrm{C})$

將表 4-4 所列視準軸誤差來源的標準不確定度及其自由度，以及計算出來的組合標準不確定度代入 Welch-Satterthwaite 公式(4-2 式)計算有效自由度$v_{\mathrm{eff}}(\mathrm{C})$，在此以電子經緯儀為例計算：

$$v_{\mathrm{eff}}(\mathrm{C})=\frac{0.51^4}{(1/2)^2\times\langle\frac{0.19^4}{8}+\frac{\left(\frac{0.1}{\sqrt{3}}\right)^4}{50}+\frac{0.58^4}{12.5}+\frac{0.35^4}{54}\rangle+\frac{0.09^4}{2}}=27.50\fallingdotseq 27$$

(二) 涵蓋因子κ_c

在分度盤校正系統中，以計算出的有效自由度$v_{\mathrm{eff}}(\mathrm{C})=27$，利用 t-分布表查得涵蓋因子$k_{\mathrm{C}}=\mathrm{t}_{95\%}(27)=2.05$。

(三) 擴充不確定度$\mathrm{U}(\mathrm{C})$

依光學、電子經緯儀組合標準不確定度計算公式的不同，分列公式如下：

光學經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{C})$

$$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{C})=k_{\mathrm{C}}\times u_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{C})=k_{\mathrm{C}}\times\sqrt{0.37+\frac{\mathrm{d}^2}{600}+u_8^2}$$

電子經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{C})$

$$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{C})=k_{\mathrm{C}}\times u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{C})=k_{\mathrm{C}}\times\sqrt{0.25+\frac{\Delta^2}{6}+u_8^2}$$

在分度盤校正系統以查核件模擬校正，$\Delta=0.10''$及$u_8=0.09''$以及步驟（二）查表而得$k_{\mathrm{C}}=2.05$代入上式，求得$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{C})=k_{\mathrm{C}}\times u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{C})=2.05\times 0.51=1.04''\fallingdotseq 1.1''$。

二、 橫軸誤差 i

橫軸誤差 i 的誤差來源有σ_1、σ_2、σ_3、σ_4、σ_5、σ_6、σ_7及i_9、σ_{13}，誤差來源相關分析及說明參表 4-4。由前一章 3-2 式計算組合標準不確定度$u_c(i)$：

$$u_c^2(\mathrm{i})=\left(\frac{1.73}{4}\right)^2\left(u_{\mathrm{D}_{上}}\right)^2+\left(\frac{1.73}{4}\right)^2\left(u_{\mathrm{R}_{上}}\right)^2+\left(\frac{1.73}{4}\right)^2\left(u_{\mathrm{D}_{下}}\right)^2$$

$$+\left(\frac{1.73}{4}\right)^2\left(u_{\mathrm{R}_{下}}\right)^2+u_9^2 \qquad (4\text{-}4)$$

式中：

$u_{\mathrm{D}_{上}}$：正鏡觀測上層光管水平角 $\mathrm{D}_{上}$ 之標準不確定度。

$u_{\mathrm{D}_{下}}$：正鏡觀測下層光管水平角 $\mathrm{D}_{下}$ 之標準不確定度。

$u_{\mathrm{R}_{上}}$：倒鏡觀測上層光管水平角 $\mathrm{R}_{上}$ 之標準不確定度。

$u_{\mathrm{R}_{下}}$：倒鏡觀測下層光管水平角 $\mathrm{R}_{下}$ 之標準不確定度。

因為表 4-4 中的誤差來源彼此互相獨立，且靈敏係數均為 1，可得 $u_{\mathrm{D}_{上}}^2=u_{\mathrm{D}_{下}}^2=u_{\mathrm{R}_{上}}^2=u_{\mathrm{R}_{下}}^2=\sum_{i=1}^{n}u_i^{\,2}+u_{13}^2$，n=7，組合標準不確定度的計算依誤差來源部分不同可分為光學經緯儀及電子經緯儀兩類，分述如下：

光學經緯儀組合標準不確定度 $u_{c_1}(\mathrm{i})$：對光學經緯儀而言，$u_4=0$ 及表 4-4 中的相關數值代入 4-4 式可得：

$$u_{c_1}{}^2(\mathrm{i})=\left(\frac{1.73}{4}\right)^2\left(0.19^2+\frac{\mathrm{d}^2}{300}+0.50^2+0.58^2+0.35^2\right)\times 4+u_9^2$$

$$=0.56+\frac{1.73^2\times \mathrm{d}^2}{1200}+u_9^2$$

電子經緯儀組合標準不確定度 $u_{c_2}(\mathrm{i})$：對電子經緯儀而言，$u_2=0$、$u_3=0$ 及表 4-4 中的相關數值代入 4-4 式可得：

$$u_{c_2}{}^2(\mathrm{i})=\left(\frac{1.73}{4}\right)^2\left(0.19^2+\frac{\Delta^2}{3}+0.58^2+0.35^2\right)\times 4+u_9^2$$

$$=0.37+\frac{1.73^2\times \Delta^2}{12}+u_9^2$$

在分度盤校正系統中以查核件進行模擬校正，將 $\Delta=0.10''$、及 $u_9=0.15''$ 代入上式求得 $u_{c_2}(\mathrm{i})=0.63''$。

(一) 有效自由度 $v_{eff}(i)$

將表 4-4 所列橫軸誤差來源的標準不確定度及其自由度，

以及計算出來的組合標準不確定度代入 Welch-Satterthwaite 公式（4-2 式）計算有效自由度，在此以電子經緯儀為例計算：

$$v_{\mathrm{eff}}(\mathrm{i}) = \frac{0.63^4}{(1.73/2)^4 \times \langle \frac{0.19^4}{8} + \frac{\left(\frac{0.1}{\sqrt{3}}\right)^4}{50} + \frac{0.58^4}{12.5} + \frac{0.35^4}{54} \rangle + \frac{0.15^4}{2}} = 28.07$$

$$\fallingdotseq 28$$

(二) 涵蓋因子κ_i

在分度盤校正系統，以計算出的有效自由度$v_{\mathrm{eff}}(\mathrm{i}) = 28$，利用 t-分布表查得涵蓋因子$k_{\mathrm{i}} = \mathrm{t}_{95\%}(28) = 2.05$。

(三) 擴充不確定度$\mathrm{U}(\mathrm{i})$

依光學、電子經緯儀組合標準不確定度計算公式的不同，分列公式如下：

光學經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{i})$

$$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{i}) = k_{\mathrm{i}} \times u_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{i}) = k_{\mathrm{i}} \times \sqrt{0.56 + \frac{1.73^2 \times \mathrm{d}^2}{1200} + u_9^2}$$

電子經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{i})$

$$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{i}) = k_{\mathrm{i}} \times u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{i}) = k_{\mathrm{i}} \times \sqrt{0.37 + \frac{1.73^2 \times \Delta^2}{12} + u_9^2}$$

在分度盤校正系統以查核件進行模擬校正，$\Delta = 0.10''$及$u_9 = 0.15''$以及步驟（二）查表得$k_{\mathrm{i}} = 2.05$代入上式求得$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{i}) = k_{\mathrm{i}} \times u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{i}) = 2.05 \times 0.63 = 1.29'' \fallingdotseq 1.3''$。

三、 垂直度盤指標誤差 I

垂直度盤指標誤差 I 的誤差來源有σ_1、σ_2、σ_3、σ_4、σ_5、σ_6、σ_7及I_{10}、σ_{13}，誤差來源相關分析及說明參表 4-4。由前一章 3-3 式計算組合標準不確定度$u_c(\mathrm{I})$：

$$u_{\mathrm{c}}^2(\mathrm{I}) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(u_{\mathrm{ZD}_{\mp}}\right)^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(u_{\mathrm{ZR}_{\mp}}\right)^2 + u_{10}^2 \qquad (4\text{-}5)$$

式中：

$u_{\mathrm{ZD}_{平}}$：正鏡觀測水平光管垂直角 $\mathrm{ZD}_{平}$ 之標準不確定度。

$u_{\mathrm{ZR}_{平}}$：倒鏡觀測水平光管垂直角 $\mathrm{ZR}_{平}$ 之標準不確定度。

u_{10}：垂直度盤指標誤差等精度觀測平均值之標準不確定度。

因為表 4-4 中的誤差來源彼此互相獨立，且靈敏係數均為 1，可得 $u^2_{\mathrm{ZD}_{平}} = u^2_{\mathrm{ZR}_{平}} = \sum_{i=1}^{n} u_i^2 + u_{13}^2$，n=7，組合標準不確定度 $u_{\mathrm{c}}(\mathrm{I})$ 的計算依誤差來源部分不同可分為光學經緯儀及電子經緯儀兩類，分述如下：

光學經緯儀組合標準不確定度 $u_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{I})$：對光學經緯儀而言，$u_4 = 0$ 及表 4-4 中的相關數值代入 4-5 式可得：

$$u^2_{c_1}(\mathrm{I}) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(0.19^2 + \frac{\mathrm{d}^2}{300} + 0.50^2 + 0.58^2 + 0.35^2\right) \times 2 + u_{10}^2$$

$$= 0.37 + \frac{\mathrm{d}^2}{600} + u_{10}^2$$

電子經緯儀組合標準不確定度 $u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{I})$：對電子經緯儀而言，$u_2 = 0$、$u_3 = 0$ 及表 4-4 中的相關數值代入 4-5 式可得：

$$u^2_{c_2}(\mathrm{I}) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \left(0.19^2 + \frac{\Delta^2}{3} + 0.58^2 + 0.35^2\right) \times 2 + u_{10}^2$$

$$= 0.25 + \frac{\Delta^2}{6} + u_{10}^2$$

在分度盤校正系統中以查核件進行模擬校正，將 $\Delta = 0.10''$ 及 $u_{10} = 0.20''$ 代入上式求得 $u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{I}) = 0.54''$。

(一) 有效自由度 $v_{eff}(\mathrm{I})$

將表 4-4 所列垂直度盤指標誤差來源的標準不確定度及其自由度，以及計算出來的組合標準不確定度代入 Welch-Satterthwaite 公式（4-2 式）計算有效自由度，在此以電子經緯儀為例計算：

$$\nu_{\mathrm{eff}}(\mathrm{I}) = \frac{0.54^4}{(1/2)^2 \times \langle \frac{0.19^4}{8} + \frac{\left(\frac{0.1}{\sqrt{3}}\right)^4}{50} + \frac{0.58^4}{12.5} + \frac{0.35^4}{54} \rangle + \frac{0.20^4}{2}} = 26.34$$

$\fallingdotseq 26$

(二) 涵蓋因子κ_{I}

在分度盤校正系統，以計算出的有效自由度$\nu_{\mathrm{eff}}(\mathrm{I}) = 26$，利用 t-分布表查得涵蓋因子$k_{\mathrm{I}} = \mathrm{t}_{95\%}(26) = 2.06$。

(三) 擴充不確定度$\mathrm{U}(\mathrm{I})$

依光學、電子經緯儀組合標準不確定度計算公式的不同，分列公式如下：

光學經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{I})$

$$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{I}) = k_{\mathrm{I}} \times u_{\mathrm{c}_1}(\mathrm{I}) = k_{\mathrm{I}} \times \sqrt{0.37 + \frac{\mathrm{d}^2}{600} + u_{10}^2}$$

電子經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{\mathrm{c}2}(\mathrm{I})$

$$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{I}) = k_{\mathrm{I}} \times u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{I}) = k_{\mathrm{I}} \times \sqrt{0.25 + \frac{\Delta^2}{6} + u_{10}^2}$$

在分度盤校正系統以查核件模擬校正，$\Delta = 0.10''$及$u_{10} = 0.20''$以及步驟（二）查表求得$k_{\mathrm{I}} = 2.06$，代入上式求得$\mathrm{U}_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{I}) = k_{\mathrm{I}} \times u_{\mathrm{c}_2}(\mathrm{I}) = 2.06 \times 0.54 = 1.11'' \fallingdotseq 1.2''$。

四、 一測回水平角準確度μ

一測回水平角準確度μ的誤差來源有σ_1、σ_2、σ_3、σ_4、σ_5、σ_6、σ_7及σ_{14}，誤差來源相關分析及說明參表 4-4。由前一章 3-4 式計算其 A 類標準不確定度$u^*(\mu)$，假設各誤差源相互獨立，由誤差傳遞分別導出其標準不確定度$u(v_i)$、 $u(\alpha_0)$及$u^*(\mu)$，再由各誤差源之標準不確定度值$u(\alpha_{\mathrm{i}})$及$u(\alpha_i^s)$，求得平行定向參數α_0、剩餘差值v_i之標準不確定度$u(\alpha_0)$及$u(v_i)$，進而求得 A 類標準不確定度$u^*(\mu)$，分析說明如下（財團法人工業技術研究院，2009）：

$$\mu = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^{n} v_i^2}{n-1}}$$ ，n=7

$$v_i = \alpha_i - \alpha_0 - \alpha_i^s$$

$\alpha_0 = \sum_{i=1}^{n} (\alpha_i - \alpha_i^s) / n$，n=7，式中

α_i：正倒鏡照準光管∞目標之水平方向讀數平均值。

α_i^s：第 i 位置 360 齒分度盤角度方向讀數。

α_0：平行定向參數。

假設各誤差源相互獨立，由誤差傳遞分別導出其標準不確定度$u(v_i)$、 $u(\alpha_0)$及$u^*(\mu)$如下：

$$u^2(v_i) = u^2(\alpha_i) + u^2(\alpha_0) + u^2(\alpha_i^s) \quad (4\text{-}6)$$

$$u^2(\alpha_0) = \left(\frac{1}{7}\right)^2 \sum_{i=1}^{7} \left[u^2(\alpha_i) + u^2(\alpha_i^s) \right] \quad (4\text{-}7)$$

$$u^{*2}(\mu) = \left(\frac{1}{2\mu}\right)^2 \sum_{i=1}^{7} \left(\frac{2 v_i u(v_i)}{6}\right)^2 \quad (4\text{-}8)$$

(一) 經緯儀正(F)&倒(R)鏡照準光管∞目標之水平方向讀數平均值為：$\alpha_i = (\alpha_{iF} + \alpha_{iR} \pm 180°) / 2$，式中

α_{iF}：為正鏡水平方向讀數。

α_{iR}：為倒鏡水平方向讀數。

則標準不確定度$u(\alpha_i)$為：

$$u^2(\alpha_i) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 \times \left(u^2(\alpha_{iF}) + u^2(\alpha_{iR})\right)$$

因為表 4-4 中的誤差來源彼此互相獨立，且靈敏係數均為 1，可得$u^2_{(\alpha_{iF})} = u^2_{(\alpha_{iR})} = \sum_{i=1}^{n} u_i^2$ ，=7，標準不確定度$u(\alpha_i)$的計算可分為光學經緯儀及電子經緯儀兩類，分述如下：

光學經緯儀標準不確定度$u_{c_1}(\alpha_i)$：對光學經緯儀而言，$u_4 = 0$及表 4-4 中的相關數值代入上式可得：

$$u_{c_1}^2(\alpha_i)=\frac{\left(0.19^2+\frac{d^2}{300}+0.50^2+0.87^2\right)}{2}=0.52+\frac{d^2}{600}$$

電子經緯儀標準不確定度$u_{c_2}(\alpha_i)$:對電子經緯儀而言,$u_2=0$、$u_3=0$及表 4-4 中的相關數值代入 4-15 式可得:

$$u_{c_2}^2(\alpha_i)=\frac{\left(0.19^2+\frac{\Delta^2}{3}+0.87^2\right)}{2}=0.40+\frac{\Delta^2}{6}$$

在分度盤校正系統中以查核件 Leica TC2003 進行模擬校正,將$\Delta=0.10''$代入上式,則標準不確定度值$u(\alpha_i)=\left[0.40+\frac{\Delta^2}{6}\right]^{0.5}=0.63''$。

(二) 平行定向參數α_0之標準不確定度值$u(\alpha_0)$,假設 $u(\alpha_1)=u(\alpha_2)=u(\alpha_3)=\cdots=u(\alpha_n)=0.63''$,$u(\alpha_1^s)=u(\alpha_2^s)=u(\alpha_3^s)\cdots=u(\alpha_n^s)=u_{14}=0.23''$,則由 4-7 式得

$$u(\alpha_0)=\left[\left(\frac{1}{7}\right)^2\sum_{i=1}^{7}\left((0.63'')^2+(0.23'')^2\right)_i\right]^{0.5}=0.25''$$

(三) 剩餘差值v_i之標準不確定度$u(v_i)$,將各誤差源之標準不確定度值$u(\alpha_i)$、$u(\alpha_0)$及$u(\alpha_i^s)$代入 4-6 式得

$$u(v_i)=\left[(0.63'')^2+(0.25'')^2+(0.23'')^2\right]^{0.5}=0.72''$$

(四) 一測回水平角標準差誤差源之 A 類標準不確定度$u^*(\mu)$,利用精密電子經緯儀 Leica TC2003 進行實測評估,由式 3-4 計算一測回水平角準確度$\mu=0.34''$,及第 i 位置剩餘差值v_i,計算過程詳表 4-6。假設各位置剩餘差值v_i之標準不確定度值相等,則$u(v_1)=u(v_2)=\cdots u(v_n)=0.72''$,由 4-7 式估計$u^*(\mu)=0.29''$,自由度$v_1=7-1=6$。

表 4-6 一測回水平角準確度μ之計算表

分度盤位置	水平讀數（正鏡 F）	水平讀數（倒鏡 R）	正倒鏡平均 α_i	度盤方向讀數 α_s^i	$\alpha_i-\alpha_s^i$	剩餘差（V_i） $\alpha_i-\alpha_s^i-\alpha_0$	V_i^2	備註
0	0.00000	180.00003	0.000015	0	0.15	-0.10	0.01	
300	59.59585	240.00016	60.000050	60	0.50	0.25	0.06	
240	119.59583	300.00011	119.595970	120	-0.30	-0.55	0.30	
180	179.59587	0.00014	180.000050	180	0.50	0.25	0.06	
120	239.59595	60.00006	240.000050	240	0.50	0.25	0.06	
60	299.59591	120.0001	300.000050	300	0.50	0.25	0.06	
360 (0)	359.59594	180.00004	359.595990	360	-0.10	-0.35	0.12	
				$\sum$	1.75		0.69	

(五) 計算組合標準不確定度$u_c(\mu)$：

利用精密電子經緯儀 Leica TC2003，由計算一測回水平角準確度μ 誤差源之 A 類標準不確定度分量$u^*(\mu)=0.29''$ ，自由度$v_1=6$；另 360 齒分度盤之標準不確定度分量$u(\alpha_i^s)=0.23''$，自由度$v_2=50$。則一測回水平角準確度μ 誤差源之組合標準不確定度$u_c(\mu)=\left[u^{*2}(\mu)+u^2(\alpha_i^s)\right]^{0.5}=\left[(0.29'')^2+(0.23'')^2\right]^{0.5}=0.37''$ 。

1. 計算有效自由度$v_{eff}(\mu)$

將誤差源之標準不確定度及其自由度，以及計算所得組合標準不確定度代入Welch-Satterthwaite公式（4-2式）計算有效自由度$v_{eff}(\mu)$，則

$$\upsilon_{eff}=\frac{0.37^4}{\frac{0.29^4}{6}+\frac{0.23^4}{50}}=15.17\fallingdotseq 15$$

2. 涵蓋因子κ_μ

以選擇的95%信賴水準，及計算出的有效自由度$v_{eff}(\mu)=15$，利用 t−分布表查得涵蓋因子$\kappa_\mu=t_{95\%}(15)=2.13$。

3. 擴充不確定度U(μ)

一測回水平角準確度μ誤差源之擴充不確定度U(μ)= k_μ × $u_c(\mu)$，將步驟 2 查表所得$\kappa_\mu = 2.13$及$u_c(\mu)$代入，則擴充不確定度$\mathrm{U}(\mu) = 2.13 \times \left[u^{*2}(\mu) + u^2(\alpha_i^s)\right]^{0.5} = 2.13 \times \left[u^{*2}(\mu) + 0.23^2\right]^{0.5}$。以精密電子經緯儀 Leica TC2003 模擬校正結果所得一測回水平角標準差μ 誤差源之組合標準不確定度$u_c(\mu) = 0.37''$，則擴充不確定度$\mathrm{U}(\mu) = 2.13 \times 0.37'' = 0.78''$，估計最佳校正能量之擴充不確定度$\mathrm{U}(\mu) = 0.8''$。

五、 望遠鏡視軸調焦直度誤差 W

望遠鏡視軸調焦直度誤差 W 的誤差來源有σ_1、σ_2、σ_3、σ_4、σ_5、σ_6、σ_7及W_{12}、σ_{13}，誤差來源相關分析及說明參表 4-4。由前一章 3-5 式計算組合標準不確定度$u_c(\mathrm{W})$：

$$u_c^2(\mathrm{W}) = \left(\frac{1}{2}\right)^2 (u_{\mathrm{P_A}})^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 (u_{\mathrm{P'_A}})^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 (u_{\mathrm{P_B}})^2 + \left(\frac{1}{2}\right)^2 (u_{\mathrm{P'_B}})^2 + u_{12}^2 \quad (4\text{-}9)$$

式中：

$u_{\mathrm{P_A}}$：正鏡照準水平光管 A 目標水平角之標準不確定度。

$u_{\mathrm{P'_A}}$：倒鏡照準水平光管 A 目標水平角之標準不確定度。

$u_{\mathrm{P_B}}$：正鏡照準水平光管 B 目標水平角之標準不確定度。

$u_{\mathrm{P'_B}}$：倒鏡照準水平光管 B 目標水平角之標準不確定度。

u_{12}：望遠鏡視軸調焦直度誤差等精度觀測平均值之標準不確定度。

因為表 4-4 中的誤差來源彼此互相獨立，且靈敏係數均為 1，可得$u_{\mathrm{P_A}}^2 = u_{\mathrm{P'_A}}^2 = u_{\mathrm{P_B}}^2 = u_{\mathrm{P'_B}}^2 = \sum_{i=1}^{n} u_i^2 + u_{13}^2$，n=7，組合標準不確定度$u_c(\mathrm{W})$的計算依誤差來源部分不同可分為光學經緯儀及電子經緯儀兩類，分述如下：

光學經緯儀組合標準不確定度$u_{c_1}(\mathrm{W})$：對光學經緯儀而言，$u_4 = 0$及表 4-4 中的相關數值代入 4-9 式可得：

$$u_{c_1}^2(\mathrm{W}) = 0.19^2 + \frac{\mathrm{d}^2}{300} + 0.50^2 + 0.58^2 + 0.35^2 + u_{12}^2$$

$$= 0.75 + \frac{\mathrm{d}^2}{300} + u_{12}^2$$

電子經緯儀組合標準不確定度$u_{c_2}(\mathrm{W})$：對電子經緯儀而言，$u_2 = 0$ 、$u_3 = 0$ 及表 4-4 中的相關數值代入 4-9 式可得：

$$u_{c_2}^2(\mathrm{W}) = 0.19^2 + \frac{\Delta^2}{3} + 0.58^2 + 0.35^2 + u_{12}^2 = 0.50 + \frac{\Delta^2}{3} + u_{12}^2$$

在分度盤校正系統中以查核件進行模擬校正，將$\Delta = 0.10''$及$u_{12} = 0.15''$，代入上式求得$u_{c_2}(\mathrm{W}) = 0.70''$。

(一) 有效自由度$v_{eff}(\mathrm{W})$

將表 4-4 所列望遠鏡視軸調焦直度誤差來源的標準不確定度及其自由度，以及計算出來的組合標準不確定度代入 Welch-Satterthwaite 公式（4-2 式）計算有效自由度，在此以電子經緯儀為例計算：

$$v_{\mathrm{eff}}(\mathrm{W}) = \frac{0.70^4}{\dfrac{0.19^4}{8} + \dfrac{\left(\dfrac{0.1}{\sqrt{3}}\right)^4}{50} + \dfrac{0.58^4}{12.5} + \dfrac{0.35^4}{54} + \dfrac{0.15^4}{2}} = 24.79 \fallingdotseq 24$$

(二) 涵蓋因子κ_{W}

在分度盤校正系統，以計算出的有效自由度$v_{eff}(\mathrm{W}) = 24$，利用 t-分布表查得涵蓋因子$\kappa_{\mathrm{W}} = t_{95\%}(24) = 2.07''$。

(三) 擴充不確定度$\mathrm{U}(\mathrm{W})$

依光學、電子經緯儀組合標準不確定度計算公式的不同，分列公式如下：

光學經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{c_1}(\mathrm{W})$

$$\mathrm{U}_{c_1}(\mathrm{W}) = k_{\mathrm{W}} \times u_{c_1}(\mathrm{W}) = k_{\mathrm{W}} \times \sqrt{0.75 + \frac{\mathrm{d}^2}{300} + u_{12}^2}$$

電子經緯儀擴充不確定度$\mathrm{U}_{c_2}(\mathrm{W})$

$$\mathrm{U}_{c_2}(\mathrm{W}) = k_{\mathrm{W}} \times u_{c_2}(\mathrm{W}) = k_{\mathrm{W}} \times \sqrt{0.50 + \frac{\Delta^2}{3} + u_{12}^2}$$

在分度盤校正系統以查核件模擬校正，$\Delta = 0.10''$ 及 $u_{12} = 0.15''$ 以及步驟（二）查表求得 $k_W = 2.07$，代入上式求得 $U_{c_2}(W) = 2.07 \times 0.70 = 1.45'' \fallingdotseq 1.5''$。

綜上，有關分度盤校正系統，經以查核件 Leica TC2003 模擬校正，分析各項誤差源，評估系統之最佳校正能力彙整如表 4-7。

表 4-7 本中心分度盤校正系統最佳校正能力表

校正項目（Calibration Items）	涵蓋因子 k（Coverage Factor）	有效自由度 v_{eff}（Effective Degree of Freedom）	校正結果擴充不確定度 U（95% 信賴水準）
視準軸誤差 C	2.05	27	1.1''
橫軸誤差 i	2.05	28	1.3''
垂直度盤指標誤差 I	2.06	26	1.2''
一測回水平角準確度 μ	2.13	15	0.8''
望遠鏡視軸調焦直度誤差 W	2.07	24	1.5''

第五章 兩種校正系統之分析比較

第一節 系統異同分析

本中心校正實驗室同時具備 2 套不同校正系統，其中多管軸校正系統係購置 NIKON 原廠設備，並依其設計規格尺寸安裝；另分度盤校正系統乃參考國家度量衡國家標準實驗室現有校正系統建置，架構及設備乃係自行組裝而成。本節將針對系統架構、校正方法及量測追溯等方向分析兩校正系統之異同。

一、 系統架構

系統架構上的差異，大致上可由設備所需空間及操作便利性來探討，空間上，多管軸校正系統設備屬線型設計，所有組件建置於一直線上，所佔空間較大，而分度盤校正系統之架構設計，系將所有組件設置於花崗石平台上，並不需很大的空間；操作上，以多管軸校正系統校正期間，可以坐姿辦理校正，對操作人員可提供較舒適之作業環境，不過仍有一小缺點，在施作一測回水平角準確度項目時，由於觀測目標不同，必需重複一直變換位置。相對的，分度盤校正系統雖然有設備組件集中之優勢，觀測過程不需變換位置，但必須以站姿施作，如僅由同一人員長時間操作，在體力上勢必是一大考驗，另如考量作業時間長短，2 套系統應無明顯差異。

二、 校正方法

2 套系統對於視準軸誤差、橫軸誤差、垂直度盤指標差及望遠鏡視軸直度誤差這些項目的校正，均是使用上層、中層及下層三根光管完成，在方法上較無差異，所運用的數學運算亦相同，主要都是利用物理原理，藉由觀測固定的目標來計算其誤差量。

至於一測回水平角準確度是指經緯儀正、倒鏡觀測同一目標所求得的方向值的準確度。直接反映了經緯儀測角準確度的好壞，是經緯儀校正項

目中最重要項目之一，其檢定方法有多目標法及比較法。該兩套系統在校正此一項目上差異性就較大，分述如下：

(一) 多管軸校正系統：

如圖 2-2，該系統在架構設計上即假設輔助準直儀與主準直儀之無窮遠目標在校正時是穩定的，兩目標間的夾角在短間內沒有變化，一測回水平角準確度係透過經緯儀重複觀測此一穩定夾角後計算剩餘差所得，因此在意義上較類似多目標法。

(二) 分度盤校正系統：

以分度盤校正一測回水平角準確度係利用所謂的比較法，將待校經緯儀與角度標準器進行比較，而所謂的角度標準器一般指的是分度盤，分度盤是一種高準確度的圓分度標準器，一般由 2 個齒盤、齒數和模數相同的端面齒盤組成。使用時，一個齒盤固定，另一個齒盤可與之脫開，旋轉至所需角度後契合，進而達到定位和分度的目的。對於每一個齒盤而言，齒與齒之間的分度準確度不一定很高，但當 2 個齒盤契合後，卻可獲得高於單個齒盤的分度準確度。契合的齒數愈多，分度準確度也愈高。理論上，在任意位置上 2 個齒盤的齒全部契合時，其分度誤差應為零，事實上，由於機械加工等原因，仍然存在分度誤差，誤差的大小除取決於加工技術及齒數外，還與安裝情況有關。目前常見的分度盤有 360 齒、391 齒、720 齒、1440 齒等幾種（楊俊志，2004）。

本系統對於一測回水平角準確度的校正，係利用變換度盤的方式，觀測固定光管之無窮遠目標，每次變換 60°，共變換 7 次，以求得殘差，進而計算其一測回水平角準確度。

依 ISO/IEC 17025 對校正之定義為「在特定條件下為確立量測儀器或量測系統的器示值，與相對應被量測的已知值之間關係的一組操作」，多管軸校正系統，在校正方法上係使用重複觀測兩個穩定的目標，並未提供一標準與量測值比較。分度盤校正系統，經過多次變換度盤，藉由比較經緯儀讀數與度盤變值比較，似較符合依 ISO/IEC 17025 對校正之定義。

三、 量測追溯

依 ISO/IEC17025：2005 條文 5.6 與 ISO15189 條文 5.6 規定實驗室必需符合追溯要求。追溯是指待測量於量測儀器或物質量測的顯示值，經由一個或多個階段校正作業後，能與待測量於國家標準之值做比較的程序。校正實驗室之量測設備應有校正方案，以確保實驗室所執行之校正與量測可追溯至國際單位制(SI)（財團法人全國認證基金會，2005），有關國際間計量標準傳遞如圖 5-1。

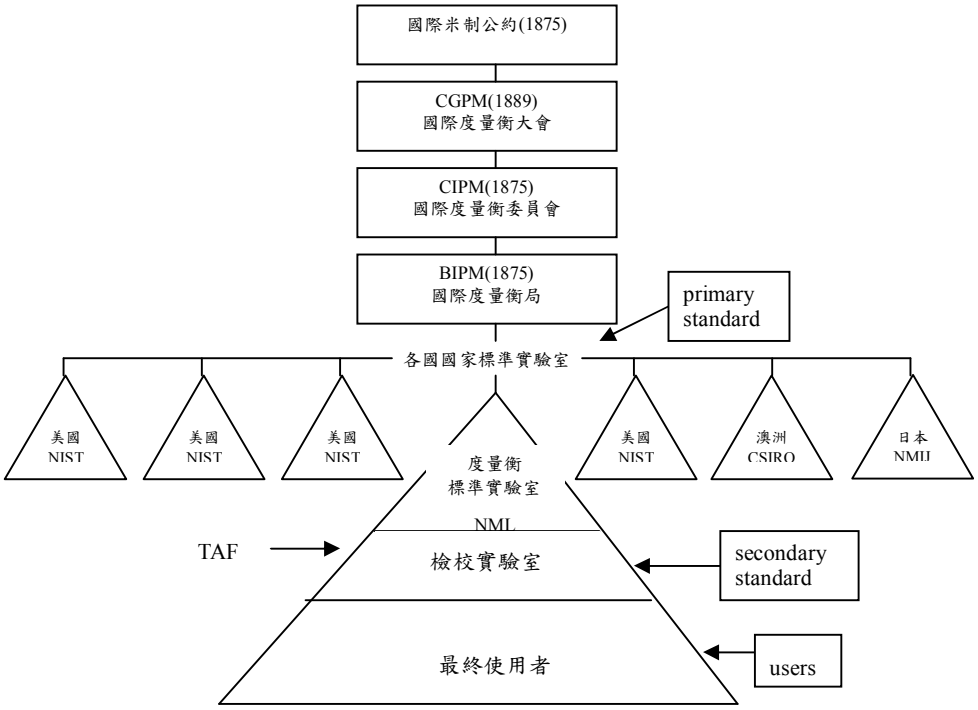

圖 5-1 計量標準傳遞圖

多管軸校正系統所使用之定線瞄準儀及多目標瞄準儀為固定設備，無法拆卸後將設備送追溯，因此系統本身並未能追溯至國家度量衡標準實驗室（NML），乃需透過參考標準件，經由標準件追溯後來驗證校正系統的穩定性，間接完成追溯性，量測追溯圖如圖 5-2。

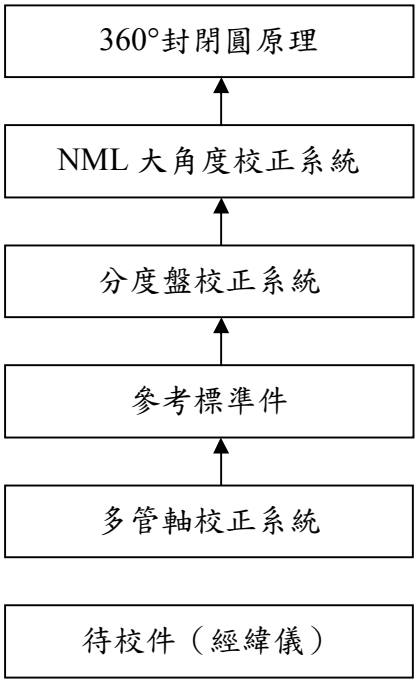

圖 5-2 多管軸校正系統追溯圖

分度盤校正系統使用之校正設備為 360 齒精密分度盤，在架購設計上分度盤是可拆卸的，即分度盤本身是可送追溯的，分度盤即為該校正系統的標準件，其追溯性便可透過定期校正來完成，目前該系統訂定週期為 3 年，有關追溯之階級關係如圖 5-3。

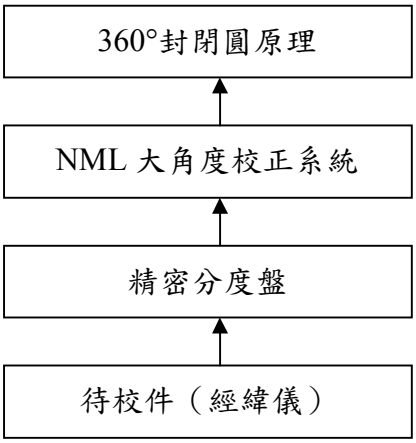

圖 5-3 分度盤校正系統追溯圖

第二節 能力比對分析

所謂能力試驗，係利用實驗室間比對，決定實驗室測試與（或）校正之能力(財團法人全國認證基金會，2007)，作為認證機構評鑑實驗室表現的活動，根據預先設定的條件來組織、執行及評估兩個或兩個以上的實驗室對相同或類似的試驗樣品做試驗，一般校正實驗室以 En（式 5-1）值評估實驗室之能力：

$$E_n = \frac{V_{lab} - V_{ref}}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{ref}^2}} \quad \text{合格基準} |E_n| \le 1 \qquad (5\text{-}1)$$

V_{lab}：參與實驗室的量測結果。

V_{ref}：參考實驗室的量測結果。

U_{lab}：參與實驗室對量測結果所標示之量測不確定度。

U_{ref}：參考實驗室對量測結果所標示之量測不確定度。

本中心測量儀器校正實驗室同時建置 2 套校正系統，並各自建立校正程序及系統評估，研究期間使用 10 部校正件，分別於 2 套系統完成各項校正，觀測數據見附錄二、三。

本研究係採用 TAF 能力比對方式，來評估分度盤校正系統校正結果的合理性，因為多管軸校正系統已通過 TAF 認證，因此以多管軸校正系統之校正結果為V_{ref}，該系統之擴充不確定度為U_{ref}；而精密分度盤校正系統之校正結果為V_{lab}，該系統之擴充不確定度為U_{lab}。利用（5-1）式分別計算視準軸誤差、橫軸誤差、垂直度盤指標差、一測回水平角準確度及望遠鏡視軸調焦直度誤差之 En 值，依儀器型號、精度及各項計算結果列如表 5-1 至 5-5：

表 5-1 視準軸誤差 En 值

項次	儀器型號	精度/最小讀數	儀器序號	多管軸校正系統		分度盤校正系統		En 值
				C	U(C)	C	U(C)	
1	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165389	0.4	1.7	-0.7	1.8	0.44
2	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165388	1.7	1.7	0.5	1.8	0.48
3	Leica/TS02	3″/1″	1313562	1.2	1.7	-1.5	1.8	1.09
4	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159400	1.2	1.7	1.2	1.7	0.00
5	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165395	2.2	1.7	2.4	1.7	0.08
6	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165380	-0.9	1.8	-2.2	1.7	0.53
7	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165387	-1.4	1.7	-0.7	1.7	0.29
8	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159363	-1.4	1.7	-2.5	1.7	0.46
9	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159467	0.4	1.7	-0.2	1.9	0.24
10	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159393	-0.5	1.8	-1	1.8	0.20

En 值<1 比例 90%

表 5-2 橫軸誤差 En 值

項次	儀器型號	精度/最小讀數	儀器序號	多管軸校正系統		分度盤校正系統		En 值
				i	U(i)	i	U(i)	
1	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165389	6.1	2.1	2.6	2.1	1.18
2	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165388	10.6	2.0	9.6	2.1	0.34
3	Leica/TS02	3″/1″	1313562	-0.5	2.1	-1.2	2.0	0.24
4	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159400	-3.9	2.3	-4.1	2.0	0.07
5	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165395	-6.7	2.0	-6.8	2.0	0.04
6	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165380	12.2	2.3	8.3	2.1	1.25
7	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165387	11.3	2.1	9.6	2.0	0.59
8	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159363	19	2.2	18.4	2.2	0.19
9	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159467	1.8	2.1	1.9	2.2	0.03
10	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159393	9.1	2.2	6	2.3	0.97

En 值<1 比例 80%

表 5-3 垂直度盤指標差 En 值

項次	儀器型號	精度/最小讀數	儀器序號	多管軸校正系統		分度盤校正系統		En 值
				I	U(I)	I	U(I)	
1	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165389	5	1.9	7.4	1.9	0.89
2	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165388	-10.5	1.9	-10.9	1.7	0.16
3	Leica/TS02	3″/1″	1313562	5.5	1.9	5.0	1.8	0.19
4	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159400	-4.2	1.9	-4.0	1.8	0.08
5	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165395	2.2	1.9	1.7	1.9	0.19
6	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165380	4.2	1.9	0.5	1.8	1.41
7	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165387	0	1.9	-1.2	1.7	0.47
8	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159363	-1.4	1.9	2.0	1.8	1.30
9	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159467	6.5	1.9	10.4	1.8	1.49
10	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159393	1.4	1.9	-3.5	1.8	1.87

En 值<1 比例 60%

表 5-4 一測回水平角準確度 En 值

項次	儀器型號	精度/最小讀數	儀器序號	多管軸校正系統		分度盤校正系統		En 值
				μ	U(μ)	μ	U(μ)	
1	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165389	0.5	2.5	0.7	0.9	0.08
2	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165388	0.6	2.6	0.9	0.9	0.11
3	Leica/TS02	3″/1″	1313562	0.6	2.6	0.8	0.9	0.07
4	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159400	0.8	2.6	0.3	0.9	0.18
5	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165395	0.7	2.6	0.4	0.9	0.11
6	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165380	0.2	2.5	0.6	0.9	0.15
7	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165387	0.4	2.5	0.4	0.9	0.00
8	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159363	0.6	2.6	0.6	0.9	0.00
9	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159467	0.3	2.5	0.7	0.9	0.15
10	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159393	0.5	2.5	0.8	0.9	0.11

En 值 ＜1 比例 100%

表 5-5 望遠鏡視軸調焦直度誤差 En 值

項次	儀器型號	精度/最小讀數	儀器序號	多管軸校正系統		分度盤校正系統		En 值
				W	U(W)	W	U(W)	
1	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165389	5.9	2.3	13.5	2.4	2.29
2	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165388	0.4	2.5	6.9	2.3	1.91
3	Leica/TS02	3″/1″	1313562	4.0	2.4	6.7	2.3	0.81
4	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159400	8.0	2.7	10.7	2.7	0.71
5	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165395	6.7	2.3	16.7	2.3	3.07
6	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165380	4.7	2.4	15	2.3	3.10
7	SOKKIA/SET330RK3	3″/1″	165387	1.2	2.4	2.0	2.3	0.24
8	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159363	2.2	2.5	2.4	2.5	0.06
9	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159467	4.4	2.3	5.5	2.4	0.33
10	SOKKIA/SET330R3	3″/1″	159393	8.9	2.4	5.7	2.4	0.94

En 值 ＜1 比例 60%

由 En 值之分析結果發現，同樣之校正件，在 2 套系統之各項校正結果所計算之 En 值大部分均小於 1，尤其一測回水平角準確度 En 值均小於 1，符合 TAF 對不同實驗室間能力比對的要求，顯示精密分度盤校正系統之校正程序及系統評估可行，校正結果合理。

研究過程以3″精度、最小讀值1″之經緯儀為對象進行校正，獲得一測回水平角準確度μ及擴充不確定度U(μ)，由數據顯示 En 極為接近，不僅合格且皆遠小於 1，顯示 2 套系統所得之校正結果相當接近；另由多管軸校正系統發現，其擴充不確定度U(μ) 因受等精度觀測平均值影響並無一定規律，不同於分度盤校正系統的固定值。

由表 5-5 發現，望遠鏡視軸直度調焦誤差 En 值小於 1 之比例明顯偏低，經探討後推論，原校正程序於儀器整置時需透過分度盤接合座上之螺絲調整待校儀器之水平，使其旋轉時與分度盤在同一水平面，但操作時發現，前面 1 至 6 次觀測數據，在利用調平螺絲調整水平時，推論可能影響儀器中心位置，致待校儀器與光管之相對位置似乎有所變化，於使利用水平光管內多目標觀測望遠鏡視軸直度調焦誤差時，其 En 值變化較大，比對結果無法小於 1。

發現此一問題後，隨即修正校正程序，於後續觀測時，考量系統安置時由於分度盤接合座已幾近水平，在整置儀器時不再需要調整螺絲，即不再有儀器位置變化之情形，發現其 En 值有趨於穩定之狀態，皆小於 1，合於 TAF 能力比對要求，顯示修正後校正程序較為合理。

另由表 5-3 發現，垂直度盤指標差其 En 值亦未能全數符合規定（尤其 6 至 10 次觀測結果），初步推估為人員瞄準誤差造成，實際原因將持續探討，必要時加強人員訓練及修正校正程序。

第三節 統計測試分析

本研究除運用 TAF 所使用之 En 值判定分度盤校正系統之系統評估合理性外，為進一步驗證兩校正系統對相同儀器之校正結果是否具一致性，將利用 F 檢定及 t 檢定進行假說測試。

一、 校正成果曲線圖

初步檢視兩系統的各項校正成果的曲線圖（圖 5-4 至圖 5-8），可明顯觀察出，同一部儀器在兩系統的校正成果除一測回水平角之曲線有差異外，視準軸誤差、橫軸誤差、垂直度盤指標差及望遠鏡視軸直度調焦誤差之曲線圖，並無顯著性的差別。由此可知，雖然使用設備不同，但因使用之方法一致，校正結果並無明顯差異。

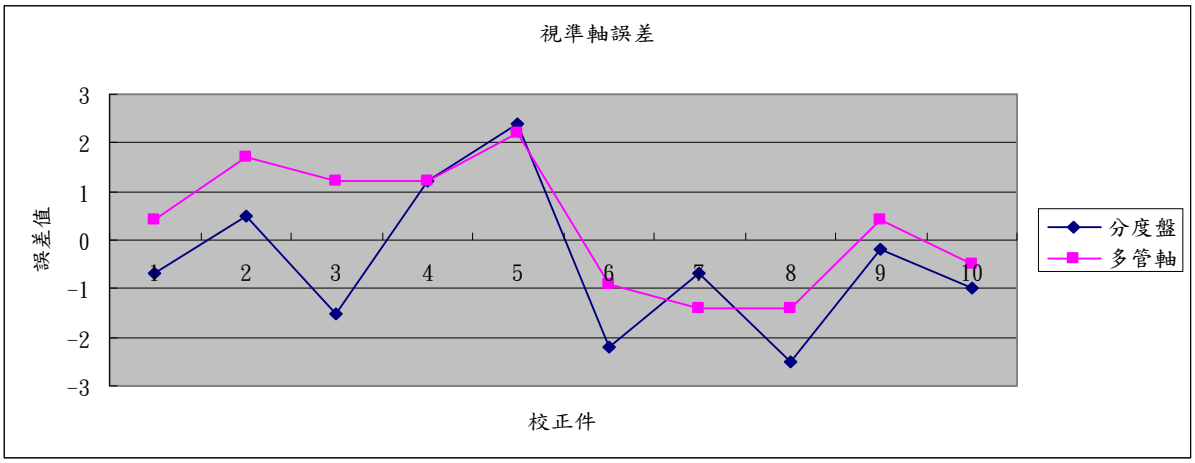

圖 5-4 視準軸誤差分析比較圖

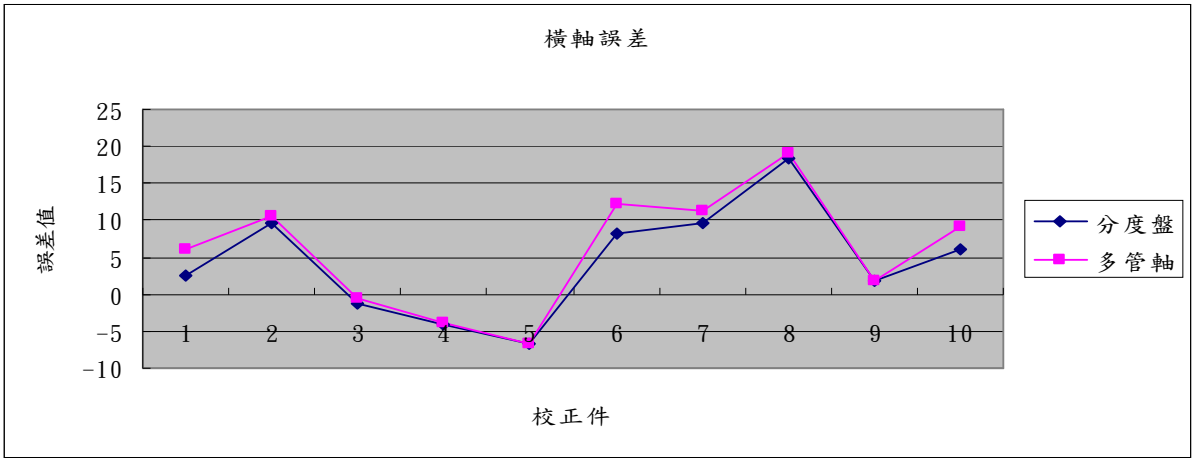

圖 5-5 橫軸誤差分析比較圖

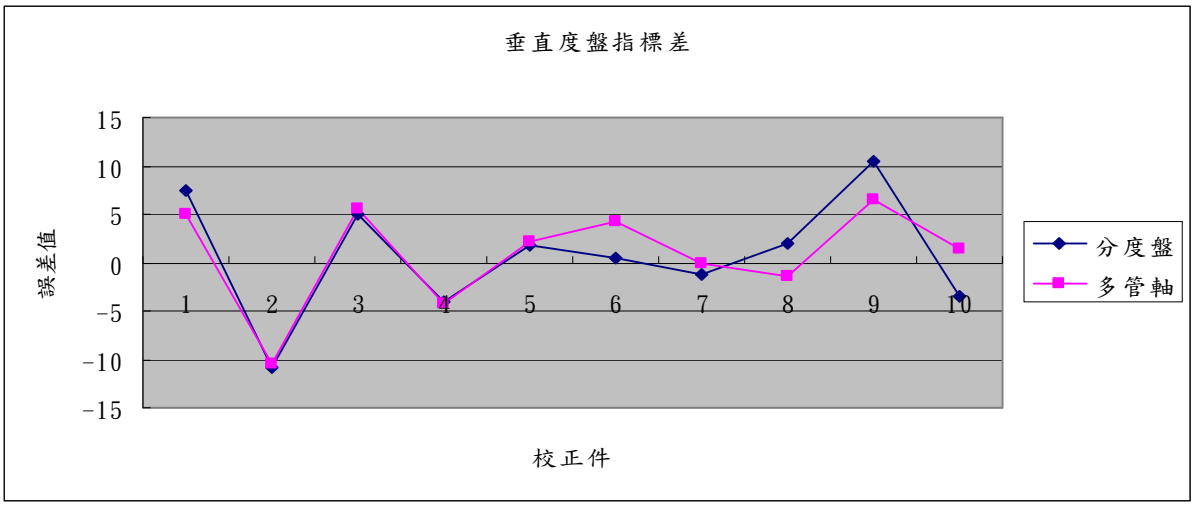

圖 5-6 垂直度盤指標差分析比較圖

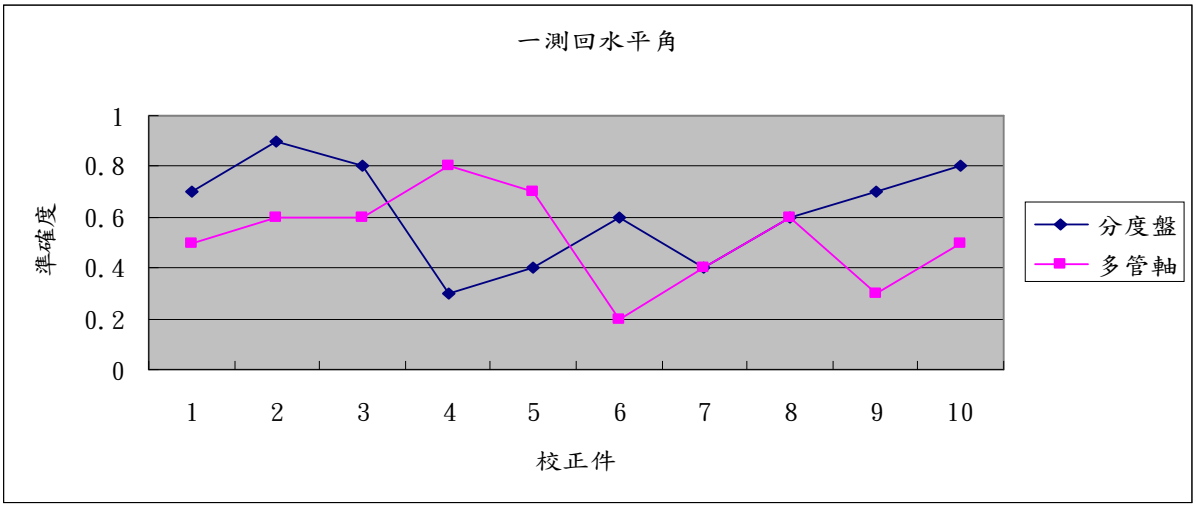

圖 5-7 一測回水平角準確度分析比較圖

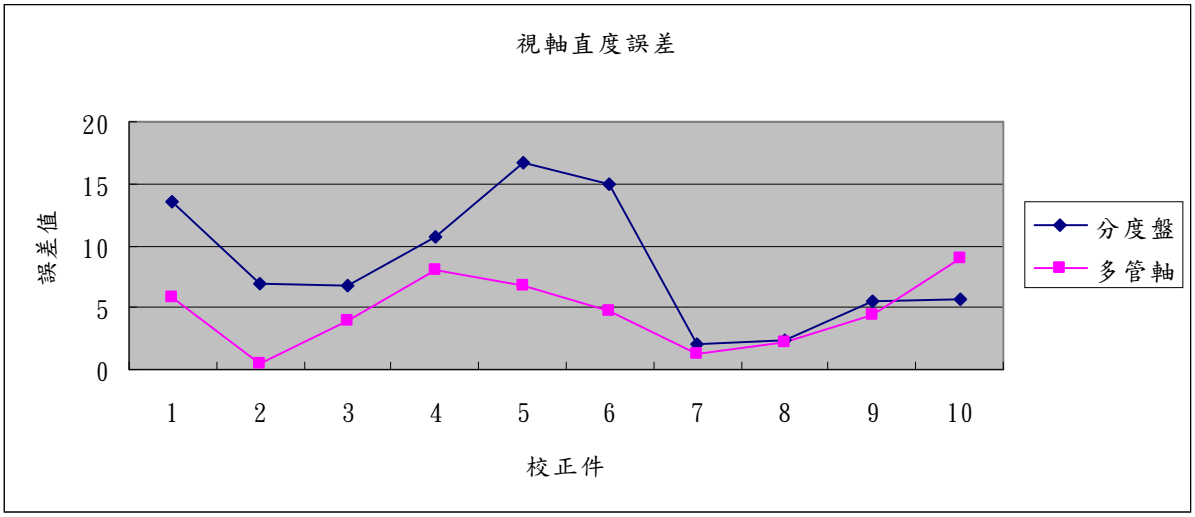

圖 5-8 望遠鏡視軸調焦直度誤差分析比較圖

二、 F 檢定

所謂 F 檢定是用來檢定兩個樣本的變異數(Variance)是否相同，首先使用 F 檢定來檢定同一部儀器同樣校正項目在不同之校正系統結果之變異數是否相同。本研究使用 Microsoft Excel 中資料分析工具進行此項分析，由表 5-1 至表 5-5 之各項校正結果，檢定目的是「$\sigma^2_{多管軸}$(以下以σ_1^2表示)$=\sigma^2_{分度盤}$(以下以σ_2^2表示)」，因此採雙尾檢定，假說如下

虛無假說 H_0：$\sigma_1^2=\sigma_2^2$

對立假說 H_1：$\sigma_1^2\neq\sigma_2^2$

假設 S_1 為多管軸系統之變異數，S_2 為分度盤系統之變異數，兩系統之樣本數 n 均為 10，自由度 df 均為 9，F 檢定值及 S 值計算式如下：

$$F=\frac{S_1^2}{S_2^2} \quad ; \quad S=\sqrt{\frac{\sum\left(X-\overline{X}\right)}{n-1}}$$ ；X 為取值，$\overline{X}$ 為平均值　（5-2）

若檢定值 F 落於拒絕域 $F>F_{(\alpha/2,\ df1,\ df2)}$ 及 $F<F_{(1-\alpha/2,df2,df1)}$ 則拒絕零假說 H_0，即多管軸系統與分度盤系統之變異數是有差異性的，否則無法拒絕零假說 H_0，即 $\sigma_1^2=\sigma_2^2$，兩系統之變異數是相同的，其中 $F_{(1-\alpha/2,df2,df1)}=1/F_{(\alpha/2,\ df1,\ df2)}$，可查表而得。取顯著水準 $\alpha=0.05$，各校正項目之自由度、變異數 S、F 檢定值、臨界值及檢定結果如表 5-6 所示。

表 5-6 各校正項目之 F 檢定結果

校正項目	自由度	變異數 S	F 檢定值	$F_{(\alpha/2,\ df1,\ df2)}$	$F_{(1-\alpha/2,df1,df2)}$	檢定結果
視準軸誤差	df1=9	1.2276	0.7315	4.026	0.2484	接受 H_0
	df2=9	1.4353				
橫軸誤差	df1=9	7.6511	1.1560	4.026	0.2484	接受 H_0
	df2=9	7.1160				
垂直度盤指標差	df1=9	4.9419	0.7224	4.026	0.2484	接受 H_0
	df2=9	5.8145				
一測回水平角準確度	df1=9	0.1720	0.8315	4.026	0.2484	接受 H_0
	df2=9	0.1887				
望遠鏡視軸誤差	df1=9	2.6740	0.2962	4.026	0.2484	接受 H_0
	df2=9	4.9135				

由檢定結果可歸納，多管軸校正系統與分度盤校正系統之變異數無明顯差異，亦即兩校正結果之散佈是相同的。

三、 t 檢定

所謂 t 檢定是用來檢定兩個樣本平均數的差異性檢定，由上述 F 檢定結果得知，多管軸校正系統與分度盤校正系統之變異數無異，即 $\sigma_1^2=\sigma_2^2$，由於樣本取樣數為 10，屬於小樣本（樣本數 < 30），因此將使用假設變異數相等，兩個母體平均數差的 t 檢定，檢定目的是「$\mu_{多管軸}$（以 μ_1 表示）$=\mu_{分度盤}$（以 μ_2 表示）」，因此採雙尾檢定，假說如下：

虛無假說 H_0：$\mu_1 = \mu_2$

對立假說 H_1：$\mu_1 \neq \mu_2$

代號 1 為多管軸系統，代號 2 為分度盤系統， t 檢定值及相關計算值式如下：

$$S_p^2 = \frac{(n_1-1)S_1^2+(n_2-1)S_2^2}{n_1+n_2-2} \quad ; \quad t = \frac{\overline{X}_1-\overline{X}_2}{\sqrt{\frac{S_p^2}{n_1}+\frac{S_p^2}{n_2}}} \quad ; \; df = n_1+n_2-2 \quad (5\text{-}3)$$

若檢定值 t 落於 $t_{(\alpha/2,\,df)}$ 及 $-t_{(\alpha/2,\,df)}$ 則無法拒絕零假說 H_0，表示多管軸系統與分度盤系統之平均數無差異性，否則應拒絕零假說 H_0，，其中 $t_{(\alpha/2,\,df)}$ 可查表而得。取顯著水準 $\alpha = 0.05$，，各校正項目之自由度、變異數 S、t 檢定值、臨界值及檢定結果如表 5-7 所示。

表 5-7 各校正項目之 t 檢定結果

校正項目	平均數	變異數 S^2	t 檢定值	雙尾 $t_{(\alpha/2,\,df)}$	檢定結果
視準軸誤差	0.29	1.6743	0.7315	2.4450	接受 H_0
	-0.47	2.289			
橫軸誤差	5.90	65.0444	0.4221	2.4450	接受 H_0
	4.43	56.2646			
垂直度盤指標差	0.87	27.1357	0.0511	2.4450	接受 H_0
	0.74	37.5649			
一測回水平角準確度	0.52	0.0329	-1.1749	2.4450	接受 H_0
	0.62	0.0396			
望遠鏡視軸誤差	4.64	7.9449	-2.0754	2.4450	接受 H_0
	8.51	26.8254			

由檢定結果可歸納，多管軸校正系統與分度盤校正系統兩校正系統各校正項目之平均值無明顯差異，亦即兩校正結果具一致性。

第六章 結論與建議

第一節 結論

一、 測量儀器的良窳乃關乎測量成果品質的好壞，因此視儀器使用頻率、情形訂定校正週期並定期送校確實有其必要性，使用者並應依實際作業情形、需求研判其儀器各項誤差是否在容許範圍。

二、 由於現今經緯儀多為電子式並具有電子補償功能，於觀測作業時，儀器會自動修正、計算並補償數值，因此，校正過程亦需確認該功能是否開啟，以免影響校正成果。

三、 本研究評估顯示，震動影響確實為校正過程主要誤差來源之一，本實驗室認證時對此一影響評估較為保守，經重新評估震動之影響後，並同時考量各項誤差，各項目之擴充不確定度確實可降低，尤其一測回水平角準確度之擴充不確定度由 2.3″ 降為 0.8″。

四、 分度盤校正系統校正係使用比較法，不同於多管軸校正系統之多目標法，且其量測追溯係透過設備本身追溯，較為單純。

五、 評估過程顯示，除一測回水平角準確度校正外，由於 2 套系統校正設備相同，方法也類似，其餘各校正項目擴充不確定度皆受等精度觀測平均值之影響。

六、 在觀測過程發現，雖然使用不同設備，由於使用校正方法相同，其所得校正結果亦具一致性，與理論相符。

七、 研究過程中，於分度盤校正系統施以 7、13 及 25 測回之觀測，由結果顯示各 7 測回、13 測回及 25 測回之樣本平均是相同的，即校正結果是一致的。

八、 本中心測量儀器校正實驗室訂於 101 年實施展延認證，依相關文件規定對系統必須重新評估，本研究內容應可作為評估參考。

第二節 建議

一、 以目前之分度盤校正系統辦理校正，利用分度盤接合座調整儀器水平時，可能在調整過程致使儀器之位置移動，影響觀測結果，建議在後續評估時可納入考量。

二、 分度盤校正系統設備並非原廠設計，在設計過程未考量光管之最短焦距，因此在觀測過程，對焦誤差之影響可能變大，建議後續擴充設備時應整體考量，減少此一誤差影響。

三、 目前已通過認證之實驗室，於一測回水平角準確度之校正方法有使用 7、13 及 25 測回，經研究結果顯示，不同測回數之校正結果具一致性。考量校正成本及經濟效益，未來規劃時建議以 7 測回方式進行即可。

四、 為使實驗室持續營運，不因設備故障或損壞而停止，建議積極規劃並研擬分度盤校正系統之作業程序及系統評估，進而提出認證申請。

模擬校正觀測數據

（一）100 年 4 月 12 日模擬校正觀測數據

觀測日期：100/04/12	序號：441820
廠牌：Leica	型號：TC2003

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.29598	180.29502		
1. 水平∞	0.00000	180.00006	90.00152	269.59470
1. 下層∞	0.06043	180.06130		
2. 上層∞	0.29594	180.29493		
2. 水平∞	359.59591	180.00001	90.00165	269.59479
2. 下層∞	0.06038	180.06123		
3. 上層∞	0.29591	180.29513		
3. 水平∞	0.00001	180.00005	90.00162	269.59475
3. 下層∞	0.06040	180.06126		

一測回水平角準確度 μ

分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.00000	180.00000
300°（2）	59.59580	240.00001
240°（3）	119.59585	299.59599
180°（4）	179.59588	0.00009
120°（5）	239.59587	59.59597
60°（6）	299.59586	119.59597
0°（7）	359.59596	180.00001

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.00000	0.00000	0.00007	180.00015	180.00016	180.00016
10 m	0.00025	0.00027	0.00025	180.00038	180.00046	180.00047
5 m	359.59518	359.59515	359.59519	179.59549	179.59532	179.59526

模擬校正觀測數據

（二）100 年 5 月 4 日模擬校正觀測數據

觀測日期：100/05/04		序號：441820	
廠牌：Leica		型號：TC2003	
視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I			
準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.28593	180.28496		
1. 水平∞	0.00000	180.00012	90.00188	269.59449
1. 下層∞	0.06020	180.06135		
2. 上層∞	0.29000	180.28517		
2. 水平∞	359.59592	180.00010	90.00175	269.59448
2. 下層∞	0.06013	180.06131		
3. 上層∞	0.28599	180.28509		
3. 水平∞	359.59598	180.00015	90.00180	269.59450
3. 下層∞	0.06020	180.06132		

一測回水平角準確度 μ		
分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.00000	180.00003
300°（2）	59.59585	240.00016
240°（3）	119.59583	300.00011
180°（4）	179.59587	0.00014
120°（5）	239.59595	60.00006
60°（6）	299.59591	120.00010
0°（7）	359.59594	180.00004

望遠鏡視軸直度誤差 W						
準直儀	正鏡 D			倒鏡 R		
目標	1	2	3	1	2	3
∞	0.00000	0.00006	0.00000	180.00024	180.00026	180.00023
10 m	0.00000	0.00006	0.00000	180.00043	180.00036	180.00033
5 m	359.59594	359.59598	359.59597	180.00044	180.00036	180.00033

分度盤校正系統觀測數據

（一）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165389）

觀測日期：100/05/17	序號：165389
廠牌：SOKKIA	型號：SET330RK3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2859	180.2856		
1. 水平∞	0.0000	180.0000	90.0037	269.5939
1. 下層∞	0.0608	180.0610		
2. 上層∞	0.2901	180.2856		
2. 水平∞	359.5959	180.0001	90.0034	269.5939
2. 下層∞	0.0609	180.0611		
3. 上層∞	0.2900	180.2858		
3. 水平∞	359.5959	180.0001	90.0036	269.5939
3. 下層∞	0.0608	180.0612		

一測回水平角準確度 μ

分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0001
300°（2）	59.5959	239.5959
240°（3）	120.0001	300.0000
180°（4）	180.0000	0.0000
120°（5）	239.5959	59.5959
60°（6）	299.5959	120.0000
0°（7）	0.0001	180.0000

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀	正鏡 D			倒鏡 R		
目標	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0001	180.0000	180.0000	180.0000
10 m	359.5955	359.5954	359.5955	179.5954	179.5956	179.5955
5 m	359.5946	359.5945	359.5945	179.5947	179.5949	179.5948

分度盤校正系統觀測數據

（二）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165388）

觀測日期：100/05/17		序號：165388		
廠牌：SOKKIA		型號：SET330RK3		
視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I				
準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2858	180.2844		
1. 水平∞	0.0000	179.5958	90.0016	269.5923
1. 下層∞	0.0605	180.0613		
2. 上層∞	0.2858	180.2843		
2. 水平∞	359.5959	179.5959	90.0014	269.5924
2. 下層∞	0.0606	180.0614		
3. 上層∞	0.2858	180.2844		
3. 水平∞	0.0000	179.5959	90.0014	269.5924
3. 下層∞	0.0607	180.0614		

一測回水平角準確度 μ		
分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0001
300°（2）	59.5959	239.5958
240°（3）	120.0000	299.5959
180°（4）	180.0001	359.5959
120°（5）	239.5959	59.5959
60°（6）	300.0001	120.0000
0°（7）	0.0001	180.0001

望遠鏡視軸直度誤差 W						
準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0001	0.0000	180.0000	179.5959	179.5959
10 m	0.0000	0.0000	359.5959	179.5954	179.5955	179.5956
5 m	359.5956	359.5956	359.5956	179.5950	179.5951	179.5949

分度盤校正系統觀測數據

（三）以 Leica TS02 觀測數據（序號：1313562）

觀測日期：100/05/18	序號：1313562
廠牌：Leica	型號：TS02

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2849	180.2854		
1. 水平∞	0.0000	180.0002	90.0025	0.0000
1. 下層∞	0.0611	180.0613		
2. 上層∞	0.2848	180.2853		
2. 水平∞	359.5959	180.0002	90.0024	359.5959
2. 下層∞	0.0611	180.0613		
3. 上層∞	0.2850	180.2854		
3. 水平∞	359.5959	180.0003	90.0025	359.5959
3. 下層∞	0.0612	180.0614		

一測回水平角準確度 μ

分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0001
300°（2）	60.0001	240.0001
240°（3）	120.0001	300.0001
180°（4）	180.0001	359.5959
120°（5）	240.0001	59.5959
60°（6）	300.0000	119.5958
0°（7）	0.0001	179.5958

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀	正鏡 D			倒鏡 R		
目標	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	359.5958	359.5958	179.5957	179.5957	180.0002
10 m	359.5957	359.5957	359.5957	179.5958	179.5954	180.0001
5 m	359.5952	359.5952	359.5950	179.5951	179.5950	179.5957

分度盤校正系統觀測數據

（四）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159400）

觀測日期：100/06/01		序號：159400		
廠牌：SOKKIA		型號：SET330R3		
視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I				
準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2850	180.2850		
1. 水平∞	0.0000	179.5957	90.0003	269.5950
1. 下層∞	0.0610	180.0600		
2. 上層∞	0.2850	180.2849		
2. 水平∞	0.0000	179.5958	90.0002	269.5949
2. 下層∞	0.0610	180.0600		
3. 上層∞	0.2849	180.2848		
3. 水平∞	0.0000	179.5958	90.0002	269.5950
3. 下層∞	0.0611	180.0601		

一測回水平角準確度 μ		
分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	179.5957
300°（2）	60.0000	239.5956
240°（3）	120.0000	299.5956
180°（4）	180.0000	359.5956
120°（5）	239.5959	59.5957
60°（6）	299.5959	119.5956
0°（7）	359.5959	179.5957

望遠鏡視軸直度誤差 W						
準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	179.5957	179.5956	179.5957
10 m	359.5959	359.5958	359.5958	179.5949	179.5950	179.5949
5 m	359.5953	359.5955	359.5953	179.5941	179.5942	179.5942

分度盤校正系統觀測數據

（五）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165395）

觀測日期：100/06/08	序號：165395
廠牌：SOKKIA	型號：SET330RK3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2857	180.2900		
1. 水平∞	0.0000	179.5955	90.0008	269.5957
1. 下層∞	0.0605	180.0552		
2. 上層∞	0.2857	180.2901		
2. 水平∞	359.5959	179.5955	90.0007	269.5956
2. 下層∞	0.0603	180.0551		
3. 上層∞	0.2856	180.2859		
3. 水平∞	0.0000	179.5955	90.0006	269.5956
3. 下層∞	0.0604	180.0552		

一測回水平角準確度 μ

分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	179.5955
300°（2）	60.0000	239.5954
240°（3）	120.0000	299.5954
180°（4）	179.5959	359.5954
120°（5）	240.0000	59.5955
60°（6）	300.0000	119.5955
0°（7）	0.0000	179.5955

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀 目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	359.5959	179.5955	179.5954	179.5955
10 m	359.5955	359.5956	359.5954	179.5946	179.5944	179.5943
5 m	359.5947	359.5946	359.5945	179.5935	179.5935	179.5935

分度盤校正系統觀測數據

（六）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165380）

觀測日期：100/06/14		序號：165380	
廠牌：SOKKIA		型號：SET330RK3	
視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I			
準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2907	180.2900		
1. 水平∞	0.0000	180.0004	90.0012	269.5950
1. 下層∞	0.0600	180.0612		
2. 上層∞	0.2906	180.2859		
2. 水平∞	0.0000	180.0005	90.0010	269.5950
2. 下層∞	0.0559	180.0612		
3. 上層∞	0.2906	180.2859		
3. 水平∞	0.0000	180.0004	90.0010	269.5951
3. 下層∞	0.0559	180.0610		

一測回水平角準確度 μ		
分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0003
300°（2）	59.5959	240.0001
240°（3）	120.0000	300.0002
180°（4）	180.0000	0.0002
120°（5）	239.5959	60.0002
60°（6）	299.5959	120.0003
0°（7）	359.5959	180.0001

望遠鏡視軸直度誤差 W						
準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	180.0002	180.0001	180.0002
10 m	359.5954	359.5953	359.5955	179.5955	179.5954	179.5954
5 m	359.5945	359.5945	359.5947	179.5947	179.5946	179.5945

分度盤校正系統觀測數據

（七）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165387）

觀測日期：100/06/24		序號：165387		
廠牌：SOKKIA		型號：SET330RK3		
視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I				
準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2909	180.2856		
1. 水平∞	0.0000	180.0001	90.0007	269.5951
1. 下層∞	0.0600	180.0609		
2. 上層∞	0.2908	180.2857		
2. 水平∞	0.0000	180.0001	90.0006	269.5952
2. 下層∞	0.0558	180.0609		
3. 上層∞	0.2908	180.2856		
3. 水平∞	359.5959	180.0001	90.0006	269.5951
3. 下層∞	0.0559	180.0609		

一測回水平角準確度 μ		
分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0001
300°（2）	59.5959	240.0001
240°（3）	120.0001	300.0001
180°（4）	180.0000	0.0001
120°（5）	239.5959	60.0001
60°（6）	299.5959	120.0001
0°（7）	359.5959	180.0002

望遠鏡視軸直度誤差 W						
準直儀	正鏡 D			倒鏡 R		
目標	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	180.0001	180.0001	180.0002
10 m	0.0000	0.0000	0.0000	179.5959	179.5958	179.5959
5 m	0.0000	0.0000	0.0000	179.5957	179.5957	179.5958

分度盤校正系統觀測數據

（八）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159363）

觀測日期：100/06/28		序號：159363		
廠牌：SOKKIA		型號：SET330R3		
視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I				
準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2910	180.2852		
1. 水平∞	0.0000	180.0005	90.0016	269.5949
1. 下層∞	0.0556	180.0619		
2. 上層∞	0.2911	180.2853		
2. 水平∞	0.0000	180.0005	90.0016	269.5948
2. 下層∞	0.0556	180.0620		
3. 上層∞	0.2911	180.2851		
3. 水平∞	0.0000	180.0005	90.0015	269.5948
3. 下層∞	0.0556	180.0620		

一測回水平角準確度 μ		
分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0005
300°（2）	60.0000	240.0005
240°（3）	120.0001	300.0006
180°（4）	180.0000	0.0005
120°（5）	240.0000	60.0005
60°（6）	300.0001	120.0006
0°（7）	0.0001	180.0005

望遠鏡視軸直度誤差 W						
準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	180.0005	180.0005	180.0005
10 m	0.0001	0.0002	0.0001	180.0003	180.0004	180.0003
5 m	0.0005	0.0005	0.0005	180.0004	180.0004	180.0005

分度盤校正系統觀測數據

（九）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159467）

觀測日期：100/07/14	序號：159467
廠牌：SOKKIA	型號：SET330R3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2858	180.2857		
1. 水平∞	0.0000	179.5959	90.0022	270.0000
1. 下層∞	0.0604	180.0606		
2. 上層∞	0.2857	180.2855		
2. 水平∞	359.5959	180.0001	90.0021	269.5959
2. 下層∞	0.0604	180.0606		
3. 上層∞	0.2859	180.2856		
3. 水平∞	0.0000	180.0000	90.0021	269.5959
3. 下層∞	0.0604	180.0607		

一測回水平角準確度 μ

分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0000
300°（2）	60.0000	240.0001
240°（3）	120.0002	300.0001
180°（4）	180.0000	0.0001
120°（5）	240.0000	60.0001
60°（6）	300.0001	120.0003
0°（7）	0.0001	180.0001

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀	正鏡 D			倒鏡 R		
目標	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	180.0001	180.0001	180.0000
10 m	359.5957	359.5956	359.5956	179.5956	179.5956	179.5956
5 m	359.5956	359.5955	359.5955	179.5955	179.5954	179.5954

分度盤校正系統觀測數據

（十）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159393）

觀測日期：100/07/20		序號：159393		
廠牌：SOKKIA		型號：SET330R3		
視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I				
準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.2859	180.2855		
1. 水平∞	0.0000	180.0001	90.0008	269.5944
1. 下層∞	0.0604	180.0612		
2. 上層∞	0.2902	180.2856		
2. 水平∞	0.0000	180.0003	90.0008	269.5945
2. 下層∞	0.0604	180.0611		
3. 上層∞	0.2903	180.2856		
3. 水平∞	0.0000	180.0002	90.0009	269.5945
3. 下層∞	0.0603	180.0612		

一測回水平角準確度 μ		
分度盤位置（i）	水平方向讀數 正鏡 P_i	水平方向讀數 倒鏡 Q_i
0°（1）	0.0000	180.0002
300°（2）	59.5958	240.0001
240°（3）	120.0000	300.0002
180°（4）	180.0000	0.0002
120°（5）	239.5958	60.0000
60°（6）	300.0000	120.0001
0°（7）	0.0000	180.0002

望遠鏡視軸直度誤差 W						
準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	180.0001	180.0001	180.0002
10 m	359.5957	359.5957	359.5958	179.5957	179.5956	179.5956
5 m	359.5957	359.5957	359.5957	179.5954	179.5952	179.5953

多管軸校正系統觀測數據

（一）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165389）

觀測日期：100/05/13	序號：165389
廠牌：SOKKIA	型號：SET330RK3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0013	180.0006		
1. 輔助∞	0.0000	179.5959	90.0019	269.5951
1. 下層∞	359.5956	180.0003		
2. 上層∞	0.0013	180.0005		
2. 輔助∞	0.0000	179.5959	90.0019	269.5951
2. 下層∞	359.5955	180.0002		
3. 上層∞	0.0013	180.0006		
3. 輔助∞	0.0000	180.0000	90.0018	269.5952
3. 下層∞	359.5957	180.0003		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P'_i	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q'_i
0°（1）	0.0000	179.5958	179.5958	359.5956
60°（2）	60.0000	239.5958	239.5959	59.5957
120°（3）	120.0000	299.5958	299.5959	119.5957
180°（4）	180.0000	359.5957	359.5958	179.5956
240°（5）	240.0000	59.5958	59.5959	239.5957
300°（6）	300.0000	119.5959	119.5959	299.5958

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0001	0.0000	179.5958	179.5958	179.5958
10 m	0.0002	0.0003	0.0002	180.0002	180.0002	180.0002
5 m	0.0005	0.0005	0.0005	180.0005	180.0005	180.0005

多管軸校正系統觀測數據

（二）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165388）

觀測日期：100/05/17	序號：165388
廠牌：SOKKIA	型號：SET330RK3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0007	179.5950		
1. 輔助∞	0.0000	179.5956	90.0013	269.5926
1. 下層∞	359.5958	180.0005		
2. 上層∞	0.0005	179.5949		
2. 輔助∞	359.5959	179.5956	90.0015	269.5925
2. 下層∞	359.5958	180.0007		
3. 上層∞	0.0004	179.5950		
3. 輔助∞	359.5959	179.5956	90.0014	269.5924
3. 下層∞	359.5958	180.0008		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P_i'	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q_i'
0°（1）	0.0000	179.5958	179.5957	359.5956
60°（2）	60.0000	239.5957	239.5956	59.5955
120°（3）	120.0000	299.5958	299.5958	119.5956
180°（4）	180.0000	359.5959	359.5957	179.5955
240°（5）	240.0000	59.5957	59.5957	239.5956
300°（6）	300.0000	119.5959	119.5958	299.5956

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0001	0.0000	179.5959	179.5957	179.5958
10 m	0.0002	0.0002	0.0001	179.5958	179.5957	179.5957
5 m	0.0002	0.0003	0.0001	179.5956	179.5957	179.5956

多管軸校正系統觀測數據

（三）以 Leica TS02 觀測數據（序號：1313562）

觀測日期：100/05/12	序號：1313562
廠牌：Leica	型號：TS02

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	359.5958	179.5957		
1. 輔助∞	0.0001	179.5959	90.0013	269.5959
1. 下層∞	359.5959	179.5957		
2. 上層∞	359.5957	179.5956		
2. 輔助∞	0.0003	180.0000	90.0012	269.5958
2. 下層∞	359.5957	179.5956		
3. 上層∞	359.5956	179.5957		
3. 輔助∞	0.0002	180.0000	90.0011	270.0000
3. 下層∞	359.5959	179.5958		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P_i'	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q_i'
0°（1）	0.0000	180.0002	179.5954	359.5958
60°（2）	60.0001	240.0003	239.5955	59.5959
120°（3）	120.0000	300.0002	299.5955	119.5958
180°（4）	180.0000	0.0004	359.5956	180.0000
240°（5）	240.0000	60.0004	59.5956	239.5957
300°（6）	300.0000	120.0001	299.5955	119.5955

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0001	359.5959	180.0001	180.0002	180.0001
10 m	359.5958	359.5956	359.5957	180.0002	180.0002	180.0001
5 m	359.5954	359.5954	359.5954	179.5958	180.0000	179.5959

多管軸校正系統觀測數據

（四）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159400）

觀測日期：100/05/31	序號：159400
廠牌：SOKKIA	型號：SET330R3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0003	180.0003		
1. 輔助∞	0.0000	179.5957	90.0012	269.5940
1. 下層∞	0.0005	179.5956		
2. 上層∞	0.0002	180.0005		
2. 輔助∞	0.0000	179.5958	90.0011	269.5940
2. 下層∞	0.0004	179.5956		
3. 上層∞	0.0005	180.0005		
3. 輔助∞	0.0000	179.5958	90.0012	269.5940
3. 下層∞	0.0004	179.5957		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P_i'	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q_i'
0°（1）	0.0000	179.5958	179.5957	359.5955
60°（2）	60.0000	239.5958	239.5957	59.5954
120°（3）	120.0000	299.5957	299.5957	119.5954
180°（4）	180.0000	359.5958	359.5957	179.5954
240°（5）	240.0000	59.5958	59.5956	239.5954
300°（6）	300.0000	119.5958	119.5955	299.5953

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0001	0.0000	179.5958	179.5959	179.5959
10 m	0.0006	0.0005	0.0007	180.0000	180.0001	180.0001
5 m	0.0012	0.0011	0.0011	180.0004	180.0003	180.0004

多管軸校正系統觀測數據

（五）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165395）

觀測日期：100/06/08	序號：165395
廠牌：SOKKIA	型號：SET330RK3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0013	180.0014		
1. 輔助∞	0.0000	179.5955	90.0010	269.5953
1. 下層∞	0.0000	179.5946		
2. 上層∞	0.0013	180.0015		
2. 輔助∞	359.5959	179.5955	90.0011	269.5954
2. 下層∞	0.0000	179.5946		
3. 上層∞	0.0014	180.0015		
3. 輔助∞	0.0000	179.5956	90.0011	269.5954
3. 下層∞	0.0000	179.5946		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P'_i	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q'_i
0°（1）	0.0000	179.5954	179.5955	359.5949
60°（2）	60.0000	239.5954	239.5955	59.5949
120°（3）	120.0000	299.5954	299.5954	119.5948
180°（4）	180.0000	359.5955	359.5956	179.5950
240°（5）	240.0000	59.5954	59.5954	239.5949
300°（6）	300.0000	119.5954	119.5954	299.5948

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	359.5959	359.5959	179.5952	179.5953	179.5953
10 m	0.0004	0.0004	0.0003	179.5953	179.5953	179.5954
5 m	0.0008	0.0009	0.0009	179.5957	179.5956	179.5957

多管軸校正系統觀測數據

（六）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165380）

觀測日期：100/06/10	序號：165380
廠牌：SOKKIA	型號：SET330RK3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0024	180.0013		
1. 輔助∞	0.0000	180.0001	90.0012	269.5956
1. 下層∞	359.5948	180.0003		
2. 上層∞	0.0026	180.0013		
2. 輔助∞	359.5959	180.0000	90.0014	269.5954
2. 下層∞	359.5947	180.0002		
3. 上層∞	0.0026	180.0012		
3. 輔助∞	359.5959	180.0002	90.0013	269.5956
3. 下層∞	359.5947	180.0003		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P_i'	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q_i'
0°（1）	0.0000	180.0001	179.5955	359.5956
60°（2）	60.0000	240.0002	239.5955	59.5956
120°（3）	120.0000	300.0001	299.5954	119.5956
180°（4）	180.0000	0.0001	359.5954	179.5956
240°（5）	240.0000	60.0002	59.5955	239.5956
300°（6）	300.0000	120.0002	119.5954	299.5957

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0001	0.0001	180.0002	180.0001	180.0002
10 m	0.0003	0.0003	0.0003	180.0003	180.0003	180.0003
5 m	0.0006	0.0006	0.0006	180.0006	180.0006	180.0005

多管軸校正系統觀測數據

（七）以 SOKKIA SET330RK3 觀測數據（序號：165387）

觀測日期：100/06/24	序號：165387
廠牌：SOKKIA	型號：SET330RK3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0028	180.0015		
1. 輔助∞	0.0000	180.0002	90.0010	269.5951
1. 下層∞	359.5949	180.0003		
2. 上層∞	0.0028	180.0016		
2. 輔助∞	0.0000	180.0003	90.0008	269.5952
2. 下層∞	359.5950	180.0003		
3. 上層∞	0.0029	180.0016		
3. 輔助∞	0.0001	180.0004	90.0008	269.5951
3. 下層∞	359.5950	180.0003		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P'_i	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q'_i
0°（1）	0.0000	180.0000	179.5954	359.5955
60°（2）	60.0000	240.0001	239.5955	59.5956
120°（3）	120.0000	299.5959	299.5955	119.5955
180°（4）	180.0000	0.0001	359.5956	179.5956
240°（5）	240.0000	60.0000	59.5954	239.5956
300°（6）	300.0000	120.0001	119.5955	299.5956

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	180.0000	180.0000	180.0000
10 m	0.0000	0.0000	0.0000	179.5958	179.5957	179.5958
5 m	0.0001	0.0002	0.0002	179.5958	179.5958	179.5959

多管軸校正系統觀測數據

（八）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159363）

觀測日期：100/06/23	序號：159363
廠牌：SOKKIA	型號：SET330R3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0011	180.0009		
1. 輔助∞	0.0000	180.0000	90.0005	269.5955
1. 下層∞	359.5958	179.5959		
2. 上層∞	0.0011	180.0009		
2. 輔助∞	0.0000	180.0000	90.0006	269.5954
2. 下層∞	359.5958	179.5958		
3. 上層∞	0.0010	180.0009		
3. 輔助∞	359.5959	180.0000	90.0005	269.5954
3. 下層∞	359.5958	179.5958		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P_i'	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q_i'
0°（1）	0.0000	180.0004	179.5954	359.5958
60°（2）	60.0000	240.0003	239.5954	59.5958
120°（3）	120.0000	300.0005	299.5953	119.5958
180°（4）	180.0000	0.0004	359.5954	179.5958
240°（5）	240.0000	60.0004	59.5954	239.5958
300°（6）	300.0000	120.0004	119.5954	299.5957

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0001	180.0004	180.0004	180.0005
10 m	0.0000	0.0000	0.0000	180.0002	180.0002	180.0002
5 m	0.0000	0.0000	0.0000	180.0001	180.0000	180.0000

多管軸校正系統觀測數據

（九）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159467）

觀測日期：100/07/13	序號：159467
廠牌：SOKKIA	型號：SET330R3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0018	180.0016		
1. 輔助∞	0.0000	179.5959	90.0018	269.5954
1. 下層∞	359.5952	179.5954		
2. 上層∞	0.0017	180.0015		
2. 輔助∞	0.0000	179.5959	90.0019	269.5955
2. 下層∞	359.5954	179.5957		
3. 上層∞	0.0017	180.0017		
3. 輔助∞	0.0000	180.0000	90.0017	269.5956
3. 下層∞	359.5953	179.5956		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P'_i	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q'_i
0°（1）	0.0000	179.5958	179.5950	359.5951
60°（2）	60.0000	240.0000	239.5951	59.5953
120°（3）	120.0000	299.5959	299.5951	119.5951
180°（4）	180.0000	0.0000	359.5951	179.5952
240°（5）	240.0000	60.0000	59.5952	239.5951
300°（6）	300.0000	119.5959	119.5952	299.5951

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	359.5959	0.0000	179.5959	180.0000	180.0000
10 m	0.0003	0.0001	0.0002	180.0002	180.0003	180.0003
5 m	0.0003	0.0003	0.0003	180.0005	180.0005	180.0005

多管軸校正系統觀測數據

（十）以 SOKKIA SET330R3 觀測數據（序號：159393）

觀測日期：100/07/14	序號：159393
廠牌：SOKKIA	型號：SET330R3

視準軸誤差 C、橫軸誤差 i、垂直度盤指標誤差 I

準直儀	水平角讀數		垂直度盤讀數	
	正鏡 D	倒鏡 R	正鏡 ZD	倒鏡 ZR
1. 上層∞	0.0020	180.0013		
1. 輔助∞	0.0000	180.0001	90.0013	269.5950
1. 下層∞	359.5949	180.0001		
2. 上層∞	0.0020	180.0012		
2. 輔助∞	0.0000	180.0002	90.0013	269.5950
2. 下層∞	359.5948	180.0002		
3. 上層∞	0.0020	180.0012		
3. 輔助∞	0.0001	180.0001	90.0012	269.5950
3. 下層∞	359.5947	180.0001		

一測回水平角準確度 μ

設定角度（i）	水平正鏡 P_i	水平倒鏡 P_i'	水平正鏡 Q_i	水平倒鏡 Q_i'
0°（1）	0.0000	180.0001	179.5953	359.5954
60°（2）	60.0000	240.0002	239.5953	59.5955
120°（3）	120.0000	300.0003	299.5954	119.5955
180°（4）	180.0000	0.0001	359.5952	179.5954
240°（5）	240.0000	60.0002	59.5952	239.5954
300°（6）	300.0000	120.0002	119.5953	299.5954

望遠鏡視軸直度誤差 W

準直儀目標	正鏡 D			倒鏡 R		
	1	2	3	1	2	3
∞	0.0000	0.0000	0.0000	180.0002	180.0002	180.0002
10 m	0.0005	0.0006	0.0006	180.0005	180.0006	180.0006
5 m	0.0011	0.0010	0.0010	180.0010	180.0009	180.0009

參考書目

內政部國土測繪中心，2011（a），*經緯儀校正作業程序*，SICL-3-02-0。

內政部國土測繪中心，2011（b），*經緯儀校正系統評估*，SICL-3-02-1。

何維信，2004，測量學*(第五版)*，宏泰出版社。

林開儀譯，*量測不確定度表示方式指引*（Guide to the Expression of Uncertainty in Measurement，2nd Edition，1995），工研院量測中心認證/驗證、訓練組。

財團法人全國認證基金會網址 http://service.taftw.org.tw/tafweb/indexC.aspx

財團法人全國認證基金會，2005，*ISO/IEC 17025:2005 測試與校正實驗室能力一般要求*（TAF-CNLA-R01（2））。

財團法人工業技術研究院，2009，*測量儀器校正實驗室委託輔導認證*（NLSC-98-19）。

財團法人全國認證基金會，2007，*能力試驗要求*（TAF-CNLA-R05(3)）。

陳淼勝/李德治，2010，*統計學概論*，前程文化。

楊俊志，2004，*全站儀的原理及其檢定*，測繪出版社。