

# 摘要

為執行二、三等水準測量作業規範研擬工作，分別蒐集國內外相關機構之水準測量作業規範，依序完成翻譯、分析及儀器功能規格整理，初步研擬二、三等水準測量作業規範草案；二等精度為 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等精度為 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ 。最後為了確定規範之可行性，進而選擇台南市地區60公里環線，個別進行野外測量驗證與成果分析。

關鍵詞：二等水準測量，三等水準測量，規範

## Abstract

This project provides general standards and specifications for 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> order geodetic leveling surveys to determine accurate orthometric height differences and extend TWVD 2001 vertical control networks of Taiwan. This work is administered by the Land Survey Bureau (LSB), the Ministry of Interior (MOI). The accuracies of 2<sup>nd</sup> and 3<sup>rd</sup> order vertical control network are  $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$  and  $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$  to multiply square root of distance leveled in km. In addition, the field test area of Tainan City were selected with 60 km loops of network for each survey. Details of requirements and analysis of result are tested with professional grade work of a comparative nature to meet all requests for modifications.

Key Words: 2<sup>nd</sup> order Differential Leveling, 3<sup>rd</sup> order Differential leveling, specification



# 目錄

<b>第一章</b>	<b>前言</b> .....	<b>1</b>
1.1	緣起 .....	1
1.2	日據時期辦理之水準測量 .....	1
1.3	台灣光復後政府辦理之水準測量 .....	2
1.4	二、三等水準測量之精度與作業規範之研擬製作程序 .....	3
<b>第二章</b>	<b>規劃準備</b> .....	<b>5</b>
2.1	規範資料蒐集分析 .....	5
2.2	外業測量區域範圍規劃 .....	5
2.3	二、三等水準點之勘選作業 .....	7
2.4	外業儀器之規劃 .....	7
<b>第三章</b>	<b>作業規範蒐集</b> .....	<b>9</b>
3.1	蒐集臺灣地區水準測量之相關規範資料 .....	9
3.2	蒐集世界各國與地區水準測量之相關規範資料 .....	11
3.3	蒐集水準測量儀器之規格 .....	15
3.3.1	電子式水準儀 .....	16
3.3.2	光學式水準儀 .....	19
3.4	水準儀器檢校標準 .....	22
<b>第四章</b>	<b>外業測量實作</b> .....	<b>24</b>
4.1	施測精度要求及容許之限制 .....	24
4.2	水準網及測線之規劃及點位勘選 .....	25
4.3	水準點之埋設 .....	26
4.4	使用之儀器設備 .....	27
4.5	水準網規劃之成果 .....	27
4.6	儀器校正 .....	29
<b>第五章</b>	<b>內業計算分析</b> .....	<b>36</b>
5.1	已知水準點檢核 .....	36
5.2	外業資料檢核 .....	37
5.3	外業資料標準化格式轉換 .....	37
5.4	系統誤差改正 .....	38
5.5	系統誤差改正分析 .....	41
5.6	閉合差分析 .....	43
5.7	平差成果及分析 .....	63
5.8	無系統誤差修正之平差成果分析 .....	69
5.9	電子水準儀測量成果比較 .....	72
5.10	民間廠商三等水準測量成果比較 .....	73
<b>第六章</b>	<b>結論</b> .....	<b>78</b>
6.1	精度 .....	78
6.2	系統誤差改正 .....	78
6.3	儀器檢驗與校正 .....	79

參考文獻.....	80
附錄一：專家學者審查意見回覆.....	81
附錄二：英國 Ordnance Survey 水準測量精度標準（電子郵件回覆函） .....	89
附錄三：儀器定期檢校結果.....	91
附錄四：資料轉換&系統改正操作手冊.....	109
附錄五：系統誤差改正成果.....	133
附錄六：系統誤差修正後平差報表.....	143
附錄七：系統誤差改正前平差報表.....	181
附錄八：系統誤差驗證報表.....	219
附錄九：臺灣一等水準路線圖.....	243

## 表目錄

表 2-1	二、三等水準測量使用之儀器與施測距離 .....	6
表 2-2	二、三等水準測量使用之水準儀種類 .....	8
表 3-1	國內現有之水準測量作業規範表 .....	9
表 3-2	臺灣地區各縣市政府一千分之一數值地形圖測製-水準相關作業	10
表 3-3	空載光達數值地形圖作業 .....	10
表 3-4	各國二等水準施測精度比較表 .....	12
表 3-5	各國二等水準測量每測站最長視距限制比較表 .....	12
表 3-6	各國二等水準測量最大前後視距差比較表 .....	13
表 3-7	各國三等水準施測精度比較表 .....	13
表 3-8	各國三等水準測量每測站最長視距限制比較表 .....	14
表 3-9	各國三等水準測量最大前後視距差比較表 .....	14
表 3-10	水準測量儀器種類表 .....	15
表 3-11	Topcon DL-101C/102C 性能規格表 .....	16
表 3-12	Leica DNA03/DNA10 性能規格表 .....	17
表 3-13	Trimble DiNi 12 性能規格表 .....	18
表 3-14	SOKKIA C300/C310/C320/C330 性能規格表 .....	19
表 3-15	Leica NA2·NAK2 性能規格表 .....	20
表 3-16	Leica NA700 性能規格表 .....	21
表 3-17	Nikon AE-7 性能規格表 .....	22
表 3-18	二等水準儀視準軸與水準尺之水準器精度 .....	22
表 3-19	三等水準儀視準軸與水準尺之水準器精度 .....	22
表 3-20	二等水準儀檢驗項目與標準 .....	23
表 3-21	三等水準儀檢驗項目與標準 .....	23
表 4-1	二、三等水準測量施測精度 .....	24
表 4-2	施測可容許之限制 .....	25
表 4-3	施測儀器設備 .....	27
表 4-4	已知一等水準點成果 .....	29
表 4-5	電子水準儀之定期檢校項目 .....	30
表 4-6	光學水準儀之定期檢校項目 .....	30
表 4-7	Trimble DiNi12 定期檢校結果 .....	31
表 4-8	Leica NA3003 定期檢校結果 .....	31
表 4-9	Topcon/DL-102C 定期檢校結果 .....	32
表 4-10	Zeiss Ni 2 定期檢校結果 .....	32
表 4-11	儀器裝備定期檢查保養內容 .....	33
表 5-1	已知水準點檢核成果 .....	36
表 5-2	二等水準測段往返測閉合差 (Dini12) .....	45

表 5-3	二等水準測段往返閉合差 (Leica NA3003)	47
表 5-4	二等水準測段往返閉合差 (Ni 2)	47
表 5-5	三等水準測段往返閉合差 (Topcon DL102C)	48
表 5-6	三等水準測段往返閉合差 (Trimble Dini12)	50
表 5-7	三等水準測段往返閉合差 (Zeiss Ni2)	50
表 5-8	二等水準測量環線閉合差分析 (Trimble Dini12)	51
表 5-9	二等水準測量環線閉合差分析 (Zeiss Ni2)	54
表 5-10	二等水準測量閉合差分析 (Leica NA3003)	55
表 5-11	三等水準測量環線閉合差分析 (Topcon DL102C)	56
表 5-12	三等水準測量環線閉合差分析 (Zeiss Ni2)	59
表 5-13	三等水準測量環線閉合差分析 (Trimble Dini12)	60
表 5-14	各等級水準測量儀器及測線長度統計表	63
表 5-15	各項平差之使用儀器、測段數及採用約制點	64
表 5-16	最小約制平差結果	65
表 5-17	約制網平差結果	66
表 5-18	新測水準點位之高程值及中誤差	66
表 5-19	最小約制平差單位權中誤差比較表	69
表 5-20	約制網平差單位權中誤差比較表	70
表 5-21	新測水準點位之高程值比較 (單位：m)	70
表 5-22	新測水準點位之高程中誤差比較 (單位：cm)	71
表 5-23	各儀器之施測平差計算成果整理	72
表 5-24	「潮間帶基本地形測量技術發展計畫」往返測閉合差分析	74
表 5-25	「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」往返測閉合差分析	75
表 5-26	「潮間帶基本地形測量技術發展計畫」已知點檢核成果	76
表 5-27	「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」已知點檢核成果	77

## 圖目錄

圖 2-1	二、三等水準測量作業規劃路線圖.....	6
圖 4-1	不銹鋼標型式示意圖.....	27
圖 4-2	水準儀與水準尺之擺設位置圖.....	35
圖 4-3	水準儀與水準尺之擺設位置圖.....	35
圖 5-1	二等水準環線往返測成果圖.....	61
圖 5-2	三等水準環線往返測成果圖.....	62
圖 5-3	二等水準環線成果圖.....	67
圖 5-4	三等水準環線成果圖.....	68





# 第一章 前言

## 1.1 緣起

台灣地區 20 世紀以來曾進行多次重要之高程控制測量工作，大致可分為日據時期與台灣光復後政府辦理之水準測量工作。隨著測量科技之進步以及測量精度之提昇，內政部又於邁入 21 世紀之時，提出重新測量並建立台灣地區高精度之高程控制系統，以應各界之需。

國家各項基礎工程建設，皆常用到高程控制點系統，諸如國土測量、河海、道路及其它相關土木工程等。而國家高程系統的可靠性、一致性及精確性，乃為各項工程建設品質與成敗的關鍵所在，對日後經濟發展與競爭力產生決定性的影響。

建立國家高程系統必須經過嚴謹的定義，使其能符合前後一致、往前追溯的條件，且須具備未來的方便使用與可重建性之需求，如此方能進一步研擬出合乎現代需求的作業規範。

## 1.2 日據時期辦理之水準測量

台灣地區最早的高程測量始於日據時期，台灣總督府礦工局土木課於民國 3 年開始一等水準點之測量工作，民國 13 年完成全島環線及台中經霧社至花蓮吉野的橫貫線測量。

第二次測量時間為民國 21 年至 22 年，自霧社經羅東到基隆，由於民國 24 年苗栗、台中發生大地震，為確保成果品質，隨即自基隆經新竹、台中至霧社進行一等水準檢測工作，完成台灣北半部之第二次環線測量，此為台灣首次因地殼變動而重測的例子。直到民國 25 年另加測高雄楠梓至台東鹿野之測線，終而完成第一次全島水準路線網的高程系統，直到民國 26 年七七盧溝橋事變，所有測量因此中斷。

### 1.3 台灣光復後政府辦理之水準測量

#### (1) 非內政部辦理之水準測量

聯勤測量署、前台灣省水利局、公路局、鐵路局、中央研究院地球科學研究所、經濟部水資源局、中央地質調查所等單位為其業務之特定目的，也各自辦理精度等級不同之水準測量。

#### (2) 內政部辦理之水準測量

民國 50 年代經濟起飛之際，政府大力推行經濟建設，日據時期水準點之遺失與損壞情形嚴重，政府乃於民國六十五年，內政部委託聯勤測量署採用威特(WILD)N3 精密水準儀分三年完成全省一等水準網之檢測工作，總計全長 1,836 公里，合計標石 904 支，並於民國 68 年公佈成果提供各界使用，其水準點高程之基準以當時位於基隆港第二突堤碼頭驗潮站附近之 BM7（高程為 2.48100m）為起算點。由於民國 68 年公佈的 904 個一等水準點，其後為因應台灣沿海地區之快速發展，民國 73 ~ 77 年接續實施「台灣地區海岸土地測量計畫」，亦委由聯勤測量署進行部份路段及部份增設水準點之檢測，其成果亦以 BM7 為起算基準，並於民國 77 年公佈各界使用。

內政部辦理之前述兩項水準測量成果自公佈使用迄今由於年代較久遠，受到自然地殼變動及人為(樁位遺失、損毀、超抽地下水之地層下陷)因素等影響，使得一等水準點高程的精度與數量已不敷使用。

有鑑於此，內政部於民國 86 年擬定「國家基本測量控制點建立及應用計畫」，預定自 88 年度起至 91 年度，分二個階段於台灣本島施測 2,065 個一等水準點，並在一等水準點上實施 GPS 高程測量及相對重力測量，以建立一個新的高程控制系統。

88 年度至 89 年度預定完成第一階段 1,010 個一等等一級水準點之精

密水準測量、GPS 衛星定位測量、重力測量等外業施測工作，後因受民國 88 年 921 集集大地震之影響，延後至民國 90 年 12 月完成，並經資料分析處理得到各水準點之正高、橢球高及重力值。聯合這些成果進行整體平差計算，得到高精度之新的台灣高程系統，即正高系統與幾何高(橢球高)系統，並據以建立 TWVD2001 台灣高程基準。第二階段接續辦理 1,055 個水準點之一等二級水準網之測量工作，亦於民國 92 年 6 月完成，水準網加權平差計算成果並交由內政部提供各界使用【內政部 1999；曾清涼等 2001，2003】。

至於，二、三等水準測量之精度與作業規範，則時至今日，仍付諸闕如，一般業界均依其本身需求或依教科書所載者為依據，自行訂定精度，如：內政部五千分之一基本圖案(規範及合約)規定，水準點檢測應以直接水準往返觀測，精度達  $7\text{mm}\sqrt{k}$ 。另外，台南縣政府「台南縣一千分之一數值地形圖測繪計畫—新營都市計畫區及高速公路新營交流道特定區」案，水準點之檢測以檢測新營市附近相鄰兩內政部一等水準點間之高程差為原則，其往返觀測之閉合差不得大於  $8\text{mm}\sqrt{k}$  ( $k$  為水準路線距離，以公里為單位)，檢測高程差與原高差之比較差值不得大於 3 倍水準精度  $8\text{mm}\sqrt{k}$ ，檢定合格後方得引用。

#### 1.4 二、三等水準測量之精度與作業規範之研擬製作程序

雖然二、三等水準測量之精度與作法，早就有實例可循，並非創作發明，但是國家測量作業規範之研擬，必須依一定之程序，廣收各界在理論與實際方面之作法，經學者專家審查後方能定案，因此，本案自蒐集國內外相關機構之水準測量作業規範開始，依序完成國外規範之翻譯、國內外相關規範之綜合分析、儀器功能規格之分析、二、三等水準測量作業規範草案之研擬、外業儀器之檢驗、專家學者審查會議(詳如附錄一)，以及外業之實作驗證與成果分析等，期望藉由嚴

密之程序與實質之驗證，以獲取周延可行之作業規範，提供各界之依循根據。

## 第二章 規劃準備

由於本計畫為規範之擬定與試作，因此必須從充分蒐集相關且具代表性之作業規範開始，作為周延擬定規範之參考，進而選擇適當地區進行野外測量驗證，以確定規範之可行性。

### 2.1 規範資料蒐集分析

在資料蒐集方面，國內除蒐集相關機關在從事水準測量業務上之精度需求外，亦完成蒐集適於二、三等水準測量儀器之性能分類，至於國外部份，則先後在網路上搜集到美國、加拿大、澳洲、紐西蘭之相關規範文件，而日本與中國大陸則委託購買，另外，在英國部份，則因其多年來不從事單純之水準測量，無法獲得正式之作業規範，惟其負責測量單位—Ordnance Survey 來函表示，英國之水準測量作業及規範與國際大地測量協會（IAG）相似，一等精度為 $\pm 2\text{mm}\sqrt{K}$ ，二等精度為 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等精度為 $\pm 12\text{mm}\sqrt{K}$ （如附錄二），至於數位水準儀及數位條碼鋼鋼水準尺的校正，近年來德國、奧地利、芬蘭、美國等國家已有具體方法，則留待一等規範再行訂定【Gassner 2004, 2007；Takalo 2001, 2002, 2004；Woschitz 2002】。

### 2.2 外業測量區域範圍規劃

外業測量部分，則因應合約規定，實作地區為「應位於直轄市或省轄市或縣轄市之行政區域，水準路線分為閉合環線及附合環線兩種，路線總距離以不小於 50 公里為原則」。因此，此次選定區域位於台南市（東區、北區、中西區），詳如圖 2-1。而設計之路線距離與使用儀器如表 2-1，其二、三等水準測量施測均採相同路線。

表 2-1 二、三等水準測量使用之儀器與施測距離

等級	使用水準儀	測線總長度	合計
二等	Trimble DiNi12 (電子)	42.800	59.963
	Zeiss Ni2 (光學)	11.081	
	Leica NA3003 (電子)	6.082	
三等	Topcon DL102C (電子)	43.575	60.766
	Zeiss Ni2 (光學)	11.103	
	Trimble DiNi12 (電子)	6.088	



圖 2-1 二、三等水準測量作業規劃路線圖

註：不同水準儀施測測段以不同顏色表示，綠色測段—光學水準儀、紅色測段—電子水準儀、藍色測段—採另一電子水準儀之檢核測段。

## 2.3 二、三等水準點之勘選作業

二、三等水準點之勘選作業，均應依照規範草案「二、三等水準網之規劃」與「二、三等水準點選點原則」如所述。水準點勘選作業程序如下：

### 1. 室內圖上作業

依規劃之水準路線，以每二公里佈設一點為原則，於五萬分之一地形圖進行圖上選點作業（本次則以 [www.urmap.com.tw](http://www.urmap.com.tw) 網站之電子地圖為選點地圖，實用又方便）；內政部公布之舊有一等水準點及中央研究院現有精密水準點，若點位保存狀況良好且位於水準路線 200 公尺範圍內，則一併納入圖上作業。

### 2. 實地勘查

依圖上作業結果赴各點位（新選水準點、內政部公布之舊一等水準點及中央研究院精密水準點）實地勘察，並繪製點位附近詳圖、填寫水準點調查表、記錄土地權屬狀況並拍照存查。新選水準點應植入黃色小木樁，以利日後埋樁作業進行。若實地勘察發現新選水準點位置不合適，應於附近另覓新點取代。

### 3. 製作水準點勘選報告書，內容如下：

- (1) 勘選點位之水準點調查表、透空圖及相片。
- (2) 比例尺為五萬分之一之水準路線暨點位分布圖。
- (3) 新選水準點所在地土地所有權人或土地管理機關出具之土地使用權同意書或其他證明文件（本次為試作，本項從略）。

## 2.4 外業儀器之規劃

儀器之使用方面，因本次試作之儀器，須將其區分為提供二、三等水準測量不同之需，且每一等級又區分為電子與光學儀器，在電子水準儀部分需準備另一不同儀器，做為檢驗用。因此，共準備了以下五種儀器（如表 2-2），並送至工研院檢測，製作儀器檢驗報告書。表

中之蔡斯 Zeiss Ni2 為光學水準儀，若使用平行平面玻璃版-測微器與鈹鋼尺，則可從事二等水準測量；若直接讀取一般水準尺，則為三等水準測量。電子水準儀 Trimble Dini12，若使用條碼式鈹鋼水準尺，則為二等水準測量；若使用條碼式碳纖維水準尺，則為三等水準測量；至於 Leica NA3000 則提供二等水準測量，Topcon DL-102C 則提供三等水準測量。

表 2-2 二、三等水準測量使用之水準儀種類

儀器項目		種類
水準儀	光學	Zeiss Ni2
	電子	1. Trimble Dini 12 2. Leica NA3000/NA2002 3. Topcon DL-102C
水準尺		1. 條碼式鈹鋼水準尺 2. 雙排式鈹鋼水準尺 3. 條碼式碳纖維水準尺 4. 一般水準水準尺



## 第三章 作業規範蒐集

### 3.1 蒐集臺灣地區水準測量之相關規範資料

為使二、三等水準測量作業規範之研擬作業更為周延詳盡，內容更為盡善盡美，因此蒐集國內較有代表性之單位，共有

1. 國防部聯勤測量署
  2. 內政部營建署
  3. 經濟部水利署
  4. 交通部臺灣區國道新建工程局
  5. 臺灣地區一千分之一數值地形圖測製
  6. 空載光達數值地形圖測製之作業標準、檢測標準及驗收標準等
- 六個機關相關規範資料。

現將各單位之精度規範需求，摘要表列如下：

表 3-1 國內現有之水準測量作業規範表

項目 單位	作業標準 (測段閉合差)	檢測標準 (已知點檢測)	驗收標準 (外業檢核)
國防部 (聯勤測量署)	一等級 $2.5mm\sqrt{k}$ 一等級 $3.0mm\sqrt{k}$	-----	-----
內政部營建署	$17mm\sqrt{k}$	$10mm\sqrt{k}$	-----
經濟部水利署	$7mm\sqrt{k}$	$5mm\sqrt{k}$	-----
交通部臺灣區國道 新建工程局	佈設：主水準點 $8.4mm\sqrt{k}$ ， 次水準點 $12.6mm\sqrt{k}$	已知水準點檢核 $4.2mm\sqrt{k}$ ， 佈設主水準點 $8mm\sqrt{k}$	閉合差不得超過 $8mm\sqrt{k}$ ， 水準點高程與原測 高程不得超過 $13mm\sqrt{k}$

表 3-2 臺灣地區各縣市政府一千分之一數值地形圖測製-水準相關作業

項目 單位	作業標準 (測段閉合差)	檢測標準 (已知點檢測)	驗收標準 (外業檢核)
台東縣政府	$12mm\sqrt{k}$	$12mm\sqrt{k}$	-----
新竹縣政府	$12mm\sqrt{k}$	$12mm\sqrt{k}$	-----
雲林縣政府	$12mm\sqrt{k}$	$10mm\sqrt{k}$	-----
嘉義市政府	$8mm\sqrt{k}$	$8mm\sqrt{k}$	-----
台南縣政府	$8mm\sqrt{k}$	$8mm\sqrt{k}$	-----

表 3-3 空載光達數值地形圖作業

項目 單位	作業標準	檢測標準	驗收標準
內政部土地測量局 「潮間帶基本地形測量技術發展計畫」	-----	A. 每測段往返最大閉合差不得超過 $8mm\sqrt{K}$ (K 為水準路線之公里數)。 B. 附和水準路線最大閉合差不得超過 $8mm\sqrt{L}$ (L 為附和水準路線長度公里數)。 C. 閉合水準環線最大閉合差不得超過 $7mm\sqrt{F}$ (F 閉合水準環線長度公里數)。	-----
內政部土地測量局 「以空載光達技術辦理河川及洪氾溢淹地區及中高海拔山區數值地形測製與研究」	-----	直接水準往返測量，精度達 $7mm\sqrt{K}$ (K 為測段距離，以公里計)	-----

由前列表中可知，各單位對水準精度要求不一，不過可歸納為一般工程控制用，主要精度為  $\pm 6mm \sim 8mm\sqrt{K}$ ，而一般製圖用主要為  $\pm 10mm \sim 12mm\sqrt{K}$ 。

### 3.2 蒐集世界各國與地區水準測量之相關規範資料

蒐集國外具代表性單位之規範，計有美國三個單位、加拿大、澳洲兩個單位、紐西蘭、日本兩個單位與中國大陸。其中紐西蘭部分僅有精度標準，惟不限於水準測量施測者，且分級方式與其他各國不同，因此放棄不用；至於澳洲有兩單位，一為聯邦政府，另一為維多利亞省，因其僅有三等水準部份，亦放棄不用。在美國聯邦政府 FGCC 之規範，主要內容雖為 1984 年版，惟為適應電子水準儀之使用，在水準測量部份 2004 年重新修正，加入使用電子水準儀之若干規範；另外英國部分，由於其自 1974 年起即不再從事傳統之水準測量，不過 Ordnance Survey 來函表示，其原先採用之標準與國際大地測量協會之規定一致，也就是一等精度為 $\pm 2\text{mm}\sqrt{K}$ ，二等精度為 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等精度為 $\pm 12\text{mm}\sqrt{K}$ 。在擬定草案時，皆列入參考。經斟酌選定適合我國二、三等水準測量精度與規範擬定之參考。所蒐集之資料有：

1. 美國（內含美國聯邦政府「FGCC」、美國軍方、加州政府交通部）
2. 加拿大政府
3. 澳洲政府
4. 大陸地區
5. 日本（含日本國土地理院、建設省）。

現將各國政府對於水準精度規範需求，摘要表列如下：

#### 一、各國二等水準測量相關規範與標準

表 3-4 各國二等水準施測精度比較表

單位 \ 項目	每測段往返 最大閉合差	水準環線 最大閉合差	檢測標準 (已知一等水準點)
美國聯邦 二等一級 二等二級	6mm√K 8mm√K	無資料	無資料
美國軍方 二等一級 二等二級	6mm√K 8mm√K	6mm√F	無資料
美國加洲政府交通部	8mm√K	8mm√F	無資料
加拿大	8mm√K	無資料	無資料
澳洲	8mm√K	8mm√F	無資料
大陸	4mm√K	4mm√F	6mm√R
日本	5mm√K	5mm√F	15mm√R
英國	5mm√K	無資料	無資料

表 3-5 各國二等水準測量每測站最長視距限制比較表

國家與地區	每測站最長視距(光學)	每測站最長視距(電子)
美國聯邦： 二等一級 二等二級	60 m 70 m	60 m* 70 m*
美國軍方 二等一級 二等一級	60 m 70 m	60 m* 70 m*
美國加洲政府交通部	70 m	無資料
加拿大	無資料	無資料
澳洲	60 m	無資料
大陸	50 m	無資料
日本	60 m	50 m

註：\*除非廠商另有說明儀器性能，否則依此標準。

表 3-6 各國二等水準測量最大前後視距差比較表

國別與地區	最大前後視距差	同一測段前後視距差累積
美國聯邦		
二等一級	5 m	10 m
二等二級	10 m	10 m
美國軍方		
二等一級	5 m	
二等二級	10 m	無資料
美國加州政府交通部	5 m	10 m
加拿大	無資料	無資料
澳洲	無資料	無資料
大陸	1 m	3 m
日本	無資料	無資料

## 二、各國三等水準測量相關規範與標準

表 3-7 各國三等水準施測精度比較表

單位 \ 項目	每測段往返 最大閉合差	水準環線 最大閉合差	檢測標準 (已知一、二等水準點)
美國聯邦	$12\text{mm}\sqrt{K}$	$12\text{mm}\sqrt{F}$	無資料
美國軍方	$12\text{mm}\sqrt{K}$	$12\text{mm}\sqrt{F}$	無資料
美國加州政府交通部	$12\text{mm}\sqrt{K}$	$12\text{mm}\sqrt{F}$	無資料
加拿大	$24\text{mm}\sqrt{K}$	無資料	無資料
澳洲	$12\text{mm}\sqrt{K}$	$12\text{mm}\sqrt{F}$	無資料
大陸	$12\text{mm}\sqrt{K}$	$12\text{mm}\sqrt{F}$	$20\text{mm}\sqrt{R}$
日本	$10\text{mm}\sqrt{K}$	$10\text{mm}\sqrt{F}$	$12\text{mm}\sqrt{R}$
英國	$12\text{mm}\sqrt{K}$	無資料	無資料

表 3-8 各國三等水準測量每測站最長視距限制比較表

國家與地區	每測站最長視距 (光學)	每測站最長視距 (電子)
美國聯邦	90 m	90 m*
美國軍方	90 m	90 m*
美國加洲政府交通部	90 m	無資料
加拿大	無資料	無資料
澳洲	80 m	無資料
大陸	75 m	無資料
日本	70 m	無資料

註：\*除非廠商另有說明儀器性能，否則依此標準。

表 3-9 各國三等水準測量最大前後視距差比較表

國家與地區	最大前後視距差	同一測段前後視距差累積
美國聯邦	10 m	10 m
美國軍方	10 m	無資料
美國加洲政府交通部	10 m	10 m
加拿大	無資料	無資料
澳洲	無資料	無資料
大陸	2 m	5 m
日本	無資料	無資料

由前列各表綜合分析，世界各國對於二、三等水準之精度，很明顯的可歸類為二等精度從 $\pm 4\text{mm}\sqrt{K}$ 至 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ ，而三等精度從 $\pm 10\text{mm}\sqrt{k}$ 至 $\pm 12\text{mm}\sqrt{k}$ 。

### 3.3 蒐集水準測量儀器之規格

蒐集水準測量儀器之種類，如表3-10所示。

表 3-10 水準測量儀器種類表

項目	種類
電子式水準儀	1. Topcon DL-101C / 102C。 2. Leica DNA03 / DNA10。 3. Trimble DINI 12。
光學式水準儀	1. SOKKIA C300 / C310 / C320 / C330。 2. Leica NA2 / NAK2。 3. Leica NA700 Series。 4. Nikon AE-7。

現將蒐集之電子式水準儀與光學式水準儀性能規格表列如下。

### 3.3.1 電子式水準儀

蒐集之電子式水準儀之型號有Topcon DL-101C/102C、Leica DNA03/DNA10、Trimble DiNi 12等，其儀器性能及規格，詳如表3-11～表3-13。

表 3-11 Topcon DL-101C/102C 性能規格表

項 目	DL-101C	DL-102C
望遠鏡		
放大率	32X	30X
物鏡孔徑	45mm	
視場	1°20'	
解像力	3"	
補償器		
作業範圍	±12'	±15'
設定精度	±0.3"	±0.5"
高程精度	一公里往返水準標準差	
電子測量	0.4mm鈦鋼標尺	1.0mm玻璃纖維標尺
光學測量	1.0mm	1.5mm
最小讀數	0.1mm/0.01mm	1mm/0.1mm
距離測量		
最小讀數	1cm/1mm	1cm
精度	1cm至5cm	
測距範圍	2m - 100m：玻璃纖維/鋁合金標尺 2m - 60m：鈦鋼標尺	
測量時間	3 秒	
圓水準器靈敏度	8' /2mm	10' /2mm
水準尺		
鋁合金標尺 SA-5M	長：5.0m(3 片)	
玻璃纖維標尺 SG-3M	長：3.0m(1.5m×2 片，5mm 型之 1cm 刻度)	
鈦鋼標尺 SI-3/T 或 SI-3	長：3.0m	



表 3-12 Leica DNA03/DNA10 性能規格表

項 目	Leica DNA03	Leica DNA10
精度	一公里往返水準標準差(ISO 17123-2)	
電子測量		
鋼鋼水準尺	0.3mm	0.9mm
標準水準尺	1.0mm	1.5mm
光學測量	2.0mm	2.0mm
距離測量 (電子、標準差)	1cm/20m (500ppm)	
範圍		
電子測量	1.8m - 110m	
光學測量	from 0.6m	
電子測量		
高程測量解析力	0.01mm, 0.0001ft,	0.1mm, 0.001ft
典型單次測量時間	3 秒	
測量模式	單次測量, 平均, 中數, 重複單測	
測量程式	測量與紀錄、標尺高與距離、中間數BF, aBF, BFFB, aBFFB, 作業中平差、快速閉合、監測	
編碼	註釋、自由編碼、快速編碼	
資料儲存		
內建記憶體	6000 測量數 或1650 站	
備份	PCMCIA card (ATA-Flash/SRAM/CF)	
線上作業	經 RS232 傳送 GSI format	
資料交換記憶體	GSI8/GSI16/XML/彈性格式	
望遠鏡放大倍率	24x	
補償器		
型態	磁阻尼式懸垂補償器	
傾斜量	±10'	
補償器設定精度(標準差)	0.3"	0.8"
顯示	LCD, 8行每行24 個字母	
電池作業		
GEB111	12小時作業	
GEB121	24小時作業	
電池座 GAD39	鹼性電池, 6x LR6/AA/AM3, 1.5V	
重量	2.8 kg (含電池 GEB111)	
環境條件		
作業溫度	- 20°C ~ +50°C	
儲存溫度	- 40°C ~+70°C	
防水防塵標準(IEC60529)	IP53	
濕度	95%, 不可壓縮	

表 3-13 Trimble DiNi 12 性能規格表

項 目	Trimble DiNi 12
精度	一公里往返水準標準差(由DIN18723標準測試認證)
電子測量	
銦鋼條碼尺	0.3mm
標準伸縮條碼尺標尺	1.0mm
最小顯示 (電子、標準差)	0.01mm(含)以內
望遠鏡	
物鏡孔徑	40mm(含)以上
視野範圍	2.2m/100m
測距範圍	1.5m~100m
補償器	
工作範圍	± 15' (含)以上
設定精度	± 0.2" (含)以內
圓水準器靈敏度	8' /2mm
電子測量	
高程測量解析力	0.01mm, 0.0001ft
顯示	LCD圖形240*160, 可顯示箱尺讀數、水平距離、儀器高、測站高程
電池效能	3天(連續使用)
環境條件	
作業溫度	- 20°C ~ +50°C
防水防塵標準	IP55

### 3.3.2 光學式水準儀

蒐集之光學式水準儀之型號有SOKKIA C300/C310/C320/C330、Leica NA2·NAK2、Leica NA700、Nikon AE-7等，其儀器性能及規格，詳如表3-14～表3-17。

表 3-14 SOKKIA C300/C310/C320/C330 性能規格表

項 目	C300	C310	C320	C330
望遠鏡				
長度	215mm (8.5 in.)			
物鏡孔徑	36mm (1.4 in.)		32mm (1.3 in.)	
放大率	28x	26x	24x	22x
成像	直立			
解析度	3.5"		4.0"	
視場	1° 25' (2.5m)			
最小調焦距離	0.3m (1.0ft)			
分劃版	十字絲			
視距乘常數	100			
視距加常數	0			
補償器				
阻尼系統	磁性			
作業範圍	±15'			
設定精度	0.5"			
水準精度				
一公里往返水準標準差	2.0mm (0.008 ft)			
一般特性				
圓水準器感度	10' / 2mm			
防水防塵標準(IEC60529)	IPX4			

表 3-15 Leica NA2 · NAK2 性能規格表

項 目	Leica NA2 · NAK2		
望遠鏡			
成像	直立		
物鏡孔徑	45 mm		
視場 (100 m)	2.2 m		
最小調焦距離	1.6 m		
視距乘常數	100		
視距加常數	0		
補償器			
作業範圍	~30'		
設定精度(標準差.)	0.3 "		
水準精度			
一公里往返水準標準差	0.7 mm		
用平行平面玻璃版測微器達	0.3 mm		
標準目鏡	32X		
FOK73目鏡(選配)	40 X		
FOK117目鏡(選配)	25X		
圓水準器感度	8' /2 mm		
水平玻璃圓環	(K 型) 400 gon (360°)		
刻劃直徑	70 mm		
平行平面玻璃版測微器(選配)	範圍	間隔	估讀
GPM3, 玻璃尺	10 mm	0.1 mm	0.01 mm
GPM6, 金屬鼓	10 mm	0.2 mm	0.05 mm

表 3-16 Leica NA700 性能規格表

項 目	NA720	NA724	NA728	NA730
望遠鏡				
長度	215mm (8.5 in.)			
物鏡孔徑	30mm	36mm	40mm	40mm
放大率	20x	24x	28x	30x
成像	直立			
最小調焦距離	0.5m	0.5m	0.5m	0.7m
焦距調整	粗	粗	粗/細	粗/細
視距乘常數	100			
視距加常數	0			
補償器				
作業範圍	±15'			
設定精度	<0.5"	<0.5"	<0.3"	<0.3"
水準精度				
一公里往返水準標準差	2.5mm	2mm	1.5mm	1.2mm
30m單測水準標準差	1.5mm	1.2mm	1mm	0.8mm
水平圓環				
刻度	360° (400gon)可選擇性			
一般特性				
圓水準器感度	10' /2mm			
水平微動調整	双向無間斷傳動			

表 3-17 Nikon AE-7 性能規格表

項 目	Nikon AE-7
望遠鏡	
物鏡孔徑	40mm以上(含)
放大率	30 X以上(含)
視場	1°30′以上(含)
最小調焦距離	0.3m以內(含)
補償器	
作業範圍	± 16′以上(含)
設定精度	±0.35″以內(含)
水準精度	
一公里往返精度	± 1.0mm以內(含)
一般特性	
圓水準器感度	10′/2mm以內(含)

### 3.4 水準儀器檢校標準

對於水準儀之檢校標準，在蒐集之各國規範中，並無較詳盡之說明，現僅將其有說明者，表列如下。

表 3-18 二等水準儀視準軸與水準尺之水準器精度

國家與單位	水準儀 最大視準軸誤差	水準尺 圓盒水準氣泡垂直度
美國聯邦	0.05 mm/m	10′
美國軍方	0.05 mm/m	10′

表 3-19 三等水準儀視準軸與水準尺之水準器精度

國家與單位	水準儀 最大視準軸誤差	水準尺 圓盒水準氣泡垂直度
美國聯邦	0.1 mm/m	10′
美國軍方	0.1 mm/m	10′

為能切合於檢驗儀器之需求，特別參考尤瑞哲於 1999 年在內政部研究報告『研訂基本控制點—高程控制測量成果品質驗證制度』中所提出者，將二、三等水準儀器檢驗之標準擇要摘出表列如下：

表 3-20 二等水準儀檢驗項目與標準

項 目	精 度 要 求
(一) 圓盒氣泡校準	圓盒氣泡偏移量 $\leq\pm 1\text{mm}$
(二) 視準軸校準	視準軸傾角誤差量 $\leq\pm 5''$
(三) 調焦誤差	$\leq\pm 0.5\text{mm}$
(四) 測站高差觀測中誤差	$\leq\pm 0.15\text{mm}$
(五) 直立軸誤差	$\leq\pm 0.6''$
(六) 水平設定精度	$\leq\pm 0.50''$

表 3-21 三等水準儀檢驗項目與標準

項 目	精 度 要 求
普通水準儀	
(一) 圓盒氣泡校準	圓盒氣泡偏移量 $\leq\pm 1\text{mm}$
(二) 視準軸校準	視準軸傾角誤差量 $\leq\pm 10''$
(三) 調焦誤差	$\leq\pm 1\text{mm}$
(四) 測站高差觀測中誤差	$\leq\pm 1\text{mm}$
(五) 直立軸誤差	$\leq\pm 1.8''$
(六) 水平設定精度	$\leq\pm 0.8''$

## 第四章 外業測量實作

為檢驗本計劃案規劃之二、三等水準測量規範之可行性，於台南市佈設試作水準網，水準線之選擇考量為方便引用內政部水準點及方便施測。整個水準網包含之水準點有已知之內政部一等水準點 10 點，自行埋設水準點有 18 點，共計有 40 條長短不一的水準測段。整個試作水準網以不同廠牌的儀器設備，按照規範之規定分別實施二、三等水準測量之試作。整個試作水準網之規劃及外業實作細節說明如下各節。

### 4.1 施測精度要求及容許之限制

表 4-1 二、三等水準測量施測精度

等級 \ 項目	每測段往返最大閉合差 (系統誤差改正前)	水準環線最大閉合差 (系統誤差改正後)
二等 水準網測量	$5\text{mm}\sqrt{K}$	$5\text{mm}\sqrt{F}$
三等 水準網測量	$8\text{mm}\sqrt{K}$	$8\text{mm}\sqrt{F}$

表中： K—單一測段長度之公里數，

F—水準環線長度之公里數，



表 4-2 施測可容許之限制

項目 \ 等級	二等	三等
<b>一、最長視距</b>		
(一) 光學精密水準儀	60 m	60 m
(二) 電子精密水準儀	50 m	50 m
<b>二、最大前後視距差</b>		
(一) 每一測站	5 m	10 m
(二) 同一測段中任一測站上 前後視距差累積	10 m	10 m
<b>三、水準儀</b>		
最大視準軸誤差	10" (即0.050 mm/m)	10" (即0.050 mm/m)
<b>四、鋼鋼水準尺</b>		
圓盒水準氣泡垂直度	10'	10'
<b>五、往返測高程之原始數據，須符合下列要件</b>		
每測站二次高程差之最大較差	0.60 mm	-----

## 4.2 水準網及測線之規劃及點位勘選

首先針對台南市外圍及市區內之內政部公佈一等水準點進行調查，並將其標示於 1/50000 地形圖上，接著再依照合約書規定之試作公里數，於地形圖上以每 2 公里佈設一個水準點之原則規劃水準路線，待完成整個內業規劃之後，再赴現場進行實地水準路線勘察及水準線長度確認，同時確定欲採用之一等水準點及欲自行埋設之水準點位置。

依照上述內業規劃之水準網路線進行實地勘察過程中，對於點位保存狀況良好且位於規劃水準路線 200 公尺範圍內之內政部一等水準點，皆予以納入水準網中當作已知點；對於位置適當之新選水準點則先漆上黃色油漆，以利日後埋石作業之進行。所有水準點皆必須繪製點位附近詳圖、填寫水準點調查表、描述如何到達、記錄土地權屬狀況及拍照存查。

整個試作水準網之測線及網形的規劃設計原則如下：

- 一、 水準點應沿規劃之作業區道路佈設，且以外環道路為優先。
- 二、 二等水準網原則上架構於一等水準網上，其中三等水準網亦可架構於二等水準網上。
- 三、 所有的水準路線均應能閉合成環。
- 四、 引用之內政部公布一等水準點應現況良好且位於水準路線兩側 200 公尺範圍內。

### 4.3 水準點之埋設

水準點採用不銹鋼標套合不銹鋼圓鐵片之型式，如圖 4-1，不銹鋼標長 9 公分，鋼標頭直徑約 2 公分，似香菇頭微凸，頭頂刻有一小十字，並鑄有點號、水準點名稱等；不銹鋼圓鐵片直徑 6 公分，厚 0.4 公分，中心開 1 公分之小圓洞，用以固定不銹鋼標，鐵片正面刻編號 D001~D0XX 及水準點字樣。不銹鋼標與不銹鋼圓鐵片之連接處，用電鑽開挖 10 公分，並以植晶膠固定。

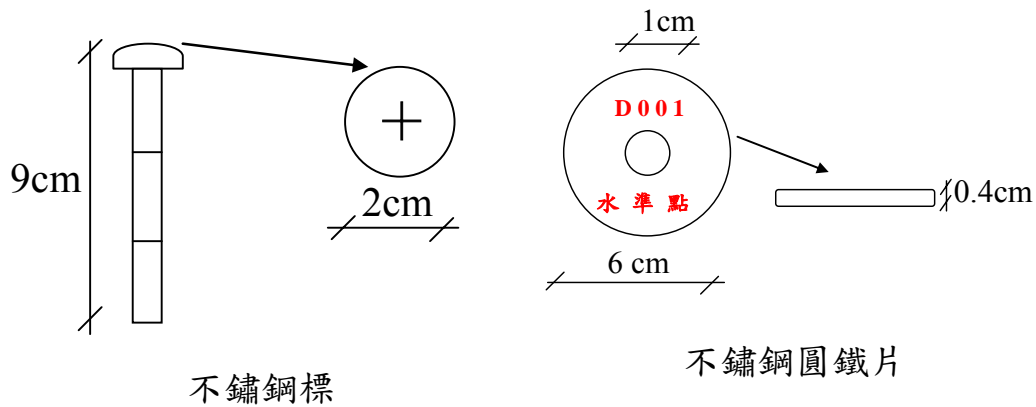


圖 4-1 不鏽鋼標型式示意圖

#### 4.4 使用之儀器設備

依合約規定二、三等水準測量之試作必須使用不同廠牌的水準儀和水準尺，且必須包含電子式和光學式水準儀二種水準儀。為此，本計劃使用之儀器設備及實施之水準測量等級，如表 4-3 所示。

表 4-3 施測儀器設備

種類	廠牌/型號	水準尺種類	應用等級
電子式 水準儀	Trimble DiNi 12	條碼式鈹鋼水準尺	二等水準
		碳纖維條碼水準尺	三等水準
	Leica NA3003	條碼式鈹鋼水準尺	二等水準
	Topcon DL120C	抽取式條碼水準尺	三等水準
光學式 水準儀	Zeiss Ni2 加平行玻璃板	雙排式鈹鋼水準尺	二等水準
	Zeiss Ni2 不加平行玻璃板	抽取式普通水準尺	三等水準

#### 4.5 水準網規劃之成果

經由實地勘選之後，整個試作水準網如圖 2-1 所示，水準網引用之已知水準點共有 10 點，皆為內政部公告之一等一級和一等二級水準點，其點號及高程值如表 4-4 所示。水準網中的 TN06 為中央地質

調查所自行設置的水準點，因此並不視作已知水準點，但因位置良好，因此僅利用其點位而已。另外，為因應試作水準網而新選點埋設之水準點共計 18 點，其編號自 D001 至 D019，其中因 D007 被破壞，故於原設置 D007 處附近另增設 D019 替代，故 D007 編號廢棄不用。整個水準網共計有 40 條長短不一的水準測段，並分別形成 12 個主要的水準環圈。

表 4-4 已知一等水準點成果

點號	高程值 (m)	說明
X210	13.09109	內政部一級水準點
X009	21.38147	內政部一級水準點
G086	2.45839	內政部一級水準點
G087	1.97966	內政部一級水準點
G088	2.02788	內政部一級水準點
J001	17.54274	內政部一級水準點
1162	6.50743	內政部一級水準點
1163	19.47958	內政部一級水準點
1164	20.77140	內政部一等二級水準點
I072	14.48040	內政部一等二級水準點

## 4.6 儀器校正

### 一、儀器裝備之定期檢校

精密水準儀之定期檢校，必須於實施水準測量外業之前或碰撞後或儀器更換時為之，定期檢校必須由具有通過 ISO 9001 或 TAF 驗證合格之檢校單位或實驗室出具之檢校合格報告。本計劃使用之電子水準儀和光學水準儀皆送具有 ISO 9001 驗證通過的工研院進行定期檢校，依據工研院表示，該單位對電子水準儀能做的檢校項目，如表 4-5，光學水準儀之檢校項目，如表 4-6。

表 4-5 電子水準儀之定期檢校項目

項目	精度要求	二等水準規範	三等水準規範
一	圓盒氣泡校準	圓盒氣泡偏移量 $\leq \pm 1\text{mm}$	圓盒氣泡偏移量 $\leq \pm 1\text{mm}$
二	視準軸校準	視準軸傾角誤差量 $\leq \pm 5''$	視準軸傾角誤差量 $\leq \pm 10''$
三	調焦誤差	$\leq \pm 0.5\text{mm}$	$\leq \pm 1\text{mm}$
四	測站高差觀測中誤差	$\leq \pm 0.15\text{mm}$	$\leq \pm 1\text{mm}$
五	直立軸誤差	$\leq \pm 0.6''$	$\leq \pm 1.8''$
六	水平設定精度	$\leq \pm 0.50''$	$\leq \pm 0.8''$

表 4-6 光學水準儀之定期檢校項目

項目	精度要求	二等水準規範	三等水準規範
一	視準軸校準	視準軸傾角誤差量 $\leq \pm 5''$	視準軸傾角誤差量 $\leq \pm 10''$
二	調焦誤差	$\leq \pm 0.5\text{mm}$	$\leq \pm 1\text{mm}$

本計劃使用水準儀經送工研院檢校後，各水準儀之檢校結果如表 4-7 至表 4-10，儀器定期檢校結果如附錄三。

表 4-7 Trimble DiNi12 定期檢校結果

項 目	結 果
1. 圓盒氣泡	偏差量符合
2. 望遠鏡視準軸	1. 視準儀法：光學視準軸誤差 $\varepsilon = 0.5''$ 2. 定樁法：視準軸誤差 $C = 0.6''$
3. 調焦誤差	$\Delta_1 = 0.0 \text{ mm}$
4. 測站高差觀測中誤差	$S_1 = 0.06 \text{ mm}$
5. 直立軸誤差	$\Delta_2 = 0.04''$
6. 水平設定精度	$S_2 = 0.11''$

表 4-8 Leica NA3003 定期檢校結果

項 目	結 果
1. 圓盒氣泡	偏差量符合
2. 望遠鏡視準軸	1. 視準儀法：光學視準軸誤差 $\varepsilon = 3.0''$ 2. 木樁法：視準軸誤差 $C = 3.1''$
3. 調焦誤差	$\Delta_1 = 0.0 \text{ mm}$
4. 測站高差觀測中誤差	$S_1 = 0.05 \text{ mm}$
5. 直立軸誤差	$\Delta_2 = -0.32''$
6. 水平設定精度	$S_2 = 0.21''$

表 4-9 Topcon/DL-102C 定期檢校結果

項目	結果
1. 圓盒氣泡	偏差量符合
2. 望遠鏡視準軸	1. 視準儀法：光學視準軸誤差 $\varepsilon = 7.3''$ 2. 木樁法：視準軸誤差 $C = 8.3''$
3. 調焦誤差	$\Delta_1 = 0.1 \text{ mm}$
4. 測站高差觀測中誤差	$S_1 = 0.07 \text{ mm}$
5. 直立軸誤差	$\Delta_2 = 0.17''$
6. 水平設定精度	$S_2 = 0.21''$

表 4-10 Zeiss Ni 2 定期檢校結果

項目	結果	技術要求建議值
1. 望遠鏡視準軸	視準軸傾角誤差量 $\varepsilon =$ <u>4.4''</u>	$ \varepsilon  \leq 12''$
2. 調焦誤差	$\Delta_1 = 0.1 \text{ mm}$	$\Delta \leq 1 \text{ mm}$

## 二、儀器裝備之定期檢查保養

各項儀器裝備應依下表之項目，於每日施測前做定期檢查保養，並製作儀器裝備檢查保養表，其規定內容如表 4-11。



表 4-11 儀器裝備定期檢查保養內容

儀器裝備	二等水準	三等水準
一、三腳架	每日	每日
二、水準儀		
(一) 基座	每日	每日
(二) 踵定螺旋(腳螺旋)	每日	每日
(三) 圓盒氣泡檢查	每日	每日
(四) 視準軸校準	每週	每月
三、水準尺		
(一) 狀況檢查(底板, 尺箱)	每日	-----
(二) 圓盒氣泡檢查	每日	每日
四、尺墊旋轉點狀況檢定	每日	每日
五、溫度計 (含溫度感應器及顯示器)		
(一) 電池狀況	每日	每日
(二) 不同溫度計比對	每日	-----
六、電腦記錄裝備		
(一) 充電	每日	每日
(二) 記憶體容量檢查	每日	每日

### 三、儀器校準

水準儀及水準尺圓盒氣泡之校準，採用半半改正法。水準儀視準軸之校準，採用定樁法。定樁法之實施步驟如下：

1. 於一平坦地精確的量取一段長 40 公尺之線段，兩端分置水準

尺，水準儀須精確的整置於線段中央處（20 公尺處）。有關水準儀與水準尺之擺設位置如圖 4-2。

2. 將水準儀及水準尺整平後，以尺 1 為後視，尺 2 為前視，依序讀取後視、前視、前視、後視之觀測順序，讀取條碼式鈿鋼尺至少 3 次；前後視距離讀數差不得超過 0.5 公尺，計算高程差  $\Delta h_1$ 。
3. 將儀器移動至尺 1 後方 5 公尺處，仍以尺 1 為後視，尺 2 為前視，讀取後視、前視、前視、後視之觀測順序，讀取條碼式鈿鋼尺至少 3 次。有關水準儀與水準尺之擺設位置如圖 4-3。
4. 計算高程差  $\Delta h_2$  及前後視距離差  $\Delta s_2$ 。
5. 計算視準軸誤差值： $C = [\Delta h_1 - \Delta h_2] / (-\Delta s_2)$ 。
6. 檢驗 C 值是否超過 10"（即 0.050mm/m）之容許值。若 C 值超過容許值，應送廠檢修。

實施定樁法校正視準軸時，應注意事項如下：

1. 視準軸之校準應選擇坡度不超過 5% 之平坦地，並於早晨或黃昏地面溫度較穩定之時間施行之。
2. 水準儀及水準尺從箱中取出至操作場所後，應先放置五分鐘以適應當地環境；若儀器與環境溫差太大，則須停留（溫差 $\times 2$ ）之分鐘數，以求環境與儀器溫度達至平衡。

3. 確定水準儀及水準尺的圓盒氣泡已事先校正完畢。
4. 電子精密水準儀要先消除內部視準軸校正的功能。
5. 校正時應記錄日期、儀器編號、水準尺編號、時間及時間段、量測起始之溫度、風速及日照、操作及記錄人員。

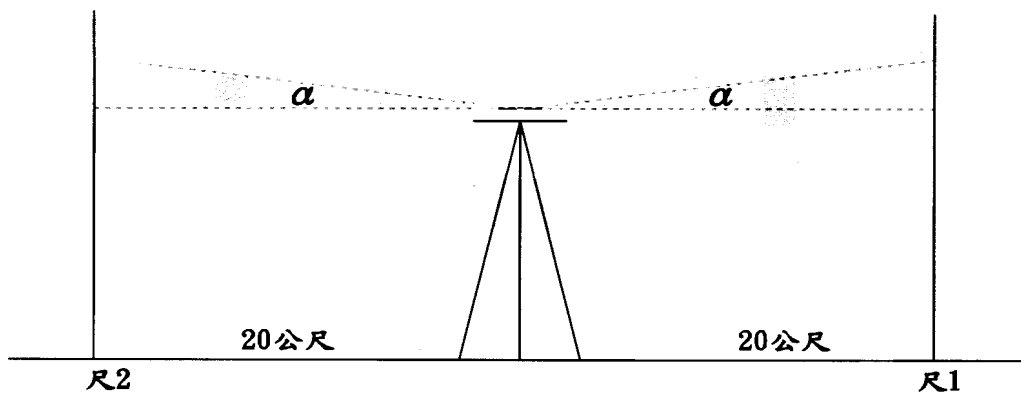


圖 4-2 水準儀與水準尺之擺設位置圖

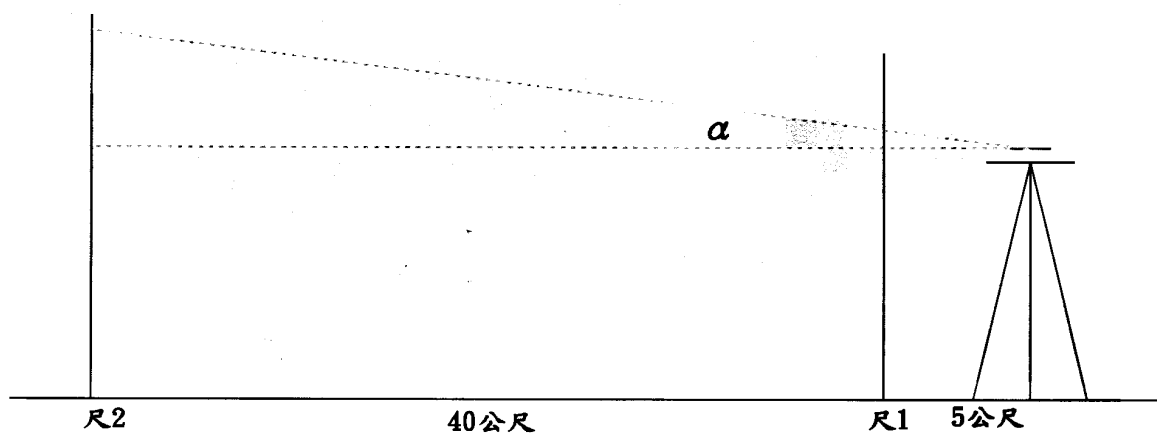


圖 4-3 水準儀與水準尺之擺設位置圖

## 第五章 內業計算分析

### 5.1 已知水準點檢核

根據水準網的施測成果，摘錄出已知水準點之間的實測高程差，並與已知水準點高程值的差值做比較分析，以了解水準點的高程值是否因人為或天然因素而改變。所有已知水準點檢核的標準仍按二等水準測量的檢核規範值 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ 為檢核依據。整個檢核結果整理如表5-1，結果均符合規範。

表 5-1 已知水準點檢核成果

起點	終點	已知高差 (m)	檢測高差 (m)	較差 (mm)	測線長 (km)	規範值 (mm)
G086	G087	-0.47873	-0.47440	-0.43300	1.96	11.19
G087	G088	0.04822	0.05425	-0.60300	0.95	7.81
G088	1164	18.74352	18.78901	-4.54900	4.07	16.14
1164	X009	0.61007	0.60873	0.13400	5.90	19.43
X009	J001	-3.83873	-3.83843	-0.03000	1.33	9.23
J001	1163	1.93684	1.92595	1.08900	1.60	10.12
1163	1162	-12.97215	-12.96966	-0.24900	2.07	11.51
1162	I072	7.97297	7.97146	0.15100	2.81	13.41
I072	X210	-1.38931	-1.38148	-0.78300	1.27	9.02
X210	G086	-10.63270	-10.66998	3.72800	2.80	13.39

## 5.2 外業資料檢核

為能對外業觀測成果進行自我檢核，同時由於不同廠牌水準儀的觀測資料之檔案格式亦都不同，因此本計劃針對不同水準儀的水準測段之觀測成果，以 C 語言分別撰寫其資料檢核程式。

由於電子水準儀之外業觀測過程中，若有操作錯誤或與規範不符而重新操作時，其資料內容及格式會有各種不同的變化，這點並無法撰寫程式去一一對應。因此，建議必須在觀測資料下載之後，先由觀測者進行人工編修，使其資料格式成為該儀器正常操作下的資料格式，再進行資料檢核程式之執行。

因二等與三等水準測量所要求之資料格式、資訊及所使用儀器不同，其原始資料欄位所代表的意義也略有不同，針對儀器下載之資料格式之說明，請參考附錄四之第一章內容。外業資料檢核程式之詳細操作步驟說明，請參考附錄四之第二章內容。

## 5.3 外業資料標準化格式轉換

由於不同廠牌之觀測資料格式皆不一樣，必須先將其轉換成統一的格式，才能做後續的整合計算，二、三等標準格式原則上參照一等規範，因水準儀種類不同部份功能並不顯示，例如時間及讀數標準差不顯示就以「0」替代。本計劃亦依合約規定，利用 C 語言針對不同水準儀的水準測段之觀測成果，撰寫外業觀測資料標準化格式轉換程式，該程式之詳細操作步驟說明，請參考附錄四之第三章內容。

## 5.4 系統誤差改正

在水準測量作業中，一個水準網必包含許多測線，而這些測線可能是由不同的儀器設備，在不同的環境下施測而得。因此，在進行水準網整體平差之前，必須將每條測線的資料予以標準化或一致化，使各個測線所測得的高程差能修正到標準的環境下，以便估計隨機誤差可能的大小。因此，所有已知的系統誤差，不論是因環境或儀器所引起的，都必須做適當的修正。二等水準測量必須進行的修正包括視準軸誤差、折射誤差、地球曲率改正、正高改正、水準尺溫度改正；三等水準測量則可免去折射誤差改正。各種誤差之改正方法如下：

### 一、視準軸誤差 (Collimation error) 改正

視準軸誤差係數  $C$  即是代表視準軸偏離水平方向所造成每單位視距長度偏離的誤差。當前後視距相等時，則所計算之高程差中，視準軸誤差會互相抵消。因此，對一測段所造成的總視準軸誤差量和前後視距差總和 ( $\sum \Delta S$ ) 成正比，即

$$\text{視準軸誤差改正} = -C \times \sum \Delta S$$

上式中  $C$  為視準軸誤差值，單位為  $\text{mm} / \text{m}$ 。 $\Delta S$  為各測站前後視距差， $\Delta S = S_B - S_F$ ， $S_B$  為後視視距， $S_F$  為前視視距，單位均為  $\text{m}$ 。

### 二、折射誤差 (Refraction error) 改正

在水準測量施測中，光線經過不同密度的空氣，會使視線產生折射的現象，而造成讀數的誤差。依照 Kukkamaki 的折射誤差修正公式，再配合適用於臺灣地區之折射常數，其折射修正公式如下：

$$\text{光學式：} R = -6.0 \times 10^{-8} \times L^2 \times \Delta T \times \Delta H$$

$$\text{電子式：} R = -7.0 \times 10^{-8} \times L^2 \times \Delta T \times \Delta H$$

上式中  $-6.0 \times 10^{-8}$  和  $-7.0 \times 10^{-8}$  分別為適用臺灣地區之光學式水準儀和電子式水準儀的折射常數，單位為  $/m^2 \cdot ^\circ C$ 。L 為前後視之平均視距，單位為 m。T 為 2.5 公尺與 0.5 公尺高度之溫度差，單位為  $^\circ C$ 。 $\Delta H$  為測站高程差，單位為 m。

### 三、地球曲率 (Curvature correction) 改正

大地水準面是一個曲面，因此，在每次觀測時，都會引進一個微小的系統誤差，其大小和視距的平方成正比。由於臺灣地區不大，地球曲率改正的公式可簡化為：

$$\text{地球曲率改正} = -(\sum S_B^2 - \sum S_F^2) / 2r$$

上式中  $S_B$  為後視視距， $S_F$  為前視視距，單位為 m。r 為地球之平均半徑，單位為 m。

### 四、正高改正

由於地球重力場所定義之等位面通常不是平面，且不一定互相平行，因此，所測得的水準高差將會因路徑之不同，而測到不同的結果，此為理論誤差。其改正方式如下：

先由內政部另訂之內插地表重力公式與數據模型獲得所需地表重力值  $g_A$  與  $g_B$ ，則對於相鄰二水準點間高程差之正高改正公式為：

$$\text{正高改正} = \int_A^B \frac{g - g_0}{g_0} dH + \frac{\overline{g_A} - g_0}{g_0} H_A - \frac{\overline{g_B} - g_0}{g_0} H_B$$

上式中  $\overline{g_A}$ 、 $\overline{g_B}$  分別為 A 點和 B 點沿其垂線到大地水準面路徑上的

平均重力，單位為 gal (cm / sec<sup>2</sup>)。g<sub>0</sub> 為臺灣地區之平均重力值，單位為 gal (cm / sec<sup>2</sup>)。H<sub>A</sub> 與 H<sub>B</sub> 分別為 A 與 B 點之高程值，單位：cm。一般而言，上式中之

$$\overline{g}_A = g_A - \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \gamma}{\partial H} + 4\pi G \rho \right) H_A$$

$$\overline{g}_B = g_B - \frac{1}{2} \left( \frac{\partial \gamma}{\partial H} + 4\pi G \rho \right) H_B$$

其中  $\frac{\partial \gamma}{\partial H}$  為正常空間梯度，單位為 gal / cm ( / sec<sup>2</sup>)。γ 為理論重力值，單位為 gal (cm / sec<sup>2</sup>)。G 為重力常數，單位為 cm<sup>3</sup> / g · sec<sup>2</sup>。ρ 為岩層密度，單位為 g / cm<sup>3</sup>。

## 五、水準尺溫度改正

水準尺是在木頭、金屬上刻蝕精細的標準刻劃，然而在使用時，其環境溫度與刻蝕時不同，因此每單位刻劃之長度會有熱脹冷縮現象，形成尺長誤差，若不修正，則會造成系統性的誤差。一般而言，大地水準測量所用的水準尺都以膨脹係數較小的鈹鋼來製作。鈹鋼是在鋼中加入鎳的合金，其膨脹係數大約在 10<sup>-6</sup> (mm / m · °C) 左右。一般水準尺刻劃是在標準溫度 (20°C) 之環境下製作，因此其水準尺溫度改正為：

$$\text{水準尺溫度改正} = K \times (t - t_s) \times \Delta H$$

上式中 K 為一對水準尺的平均膨脹係數，單位為 ppm / °C。t 為測站水準尺平均溫度，單位為 °C。t<sub>s</sub> 為水準尺長度檢定時溫度，單位為 °C。ΔH 為測站高程差，單位為 m。

本計劃針對上述各項系統誤差改正，利用 VB 語言撰寫系統誤差



改正程式，該程式之詳細操作步驟說明，請參考附錄四之第四章內容。整個試作水準網涵蓋之 40 條水準測段，依照等級和儀器種類不同，在經過上述系統誤差程式改正後的成果請參閱附錄六。

## 5.5 系統誤差改正分析

本次二等水準測量之系統誤差改正，包括視準軸誤差、折射誤差、地球曲率改正、正高改正、水準尺溫度改正，而三等測量方面則除折射誤差未改正外，其餘與二等水準測量之系統誤差改正相同。吾人可以透過從實際測量觀測值之系統誤差改正量來瞭解與分析其影響，如果確定其值對成果之影響微乎其微，甚至遠低於觀測之精度，則與其大費周章地處理這類系統誤差，不如忽略其影響，況且，就台灣地區而言，由於範圍並不大，誤差之累積非常有限，因此不需做此類系統誤差之改正。

現分別將二、三等水準測量系統誤差改正分析如后：

### 一、視準軸誤差改正

本誤差之來源為視準軸與水準軸不平行所致，它可以用前後視距離概略相等的幾何條件來消除，因此，在二、三等水準測量規範中之前後視距離差與測段距離累積差、測段距離，以及不平行之容許度二等為 $\pm 5''$ 、三等為 $\pm 10''$ ，雖有嚴格限制，但是，二等若以視準軸誤差為 $\pm 5''$ ，前後視距離為 50 公尺與 55 公尺模擬計算，前後視高程相減後誤差值仍有 0.123mm；三等若以視準軸誤差為 $\pm 10''$ ，前後視距離為 50 公尺與 60 公尺模擬計算，前後視高程相減後誤差值仍有 0.4849mm，因此，視準軸改正不管是二等或三等水準測量都必需加入，惟若電子水準儀已在內建之程

式中加入改正，則不必再行改正。

## 二、 折射誤差改正

折射誤差係水準測量施測中，光線經過不同密度的空氣，會使視線產生折射的現象，而造成讀數的誤差。由本次實地測試結果發現其誤差可達 0.1mm (如附錄五)，因此，二等水準測量需加入改正，三等則不需要。

## 三、 正高改正

正高改正係由於地球重力場所定義之等位面通常不是平面，且不一定互相平行，因此，所測得的水準高差將會因路徑之不同，而測到不同的結果。由前一節之正高改正公式中可知，改正值與前後測站高程 ( $H_a$  與  $H_b$ ) 和高程差 ( $\Delta H$ ) 成正比，亦即高程越高與高程差越大，改正量越大。由本次測試結果與一等水準測量北、中、南橫水準測量觀測值分析，二等水準測量區域標高在 50 公尺以下，可以考慮不加正高改正，三等水準測量區域標高在 100 公尺以下，也可以考慮不加正高改正，詳如附錄八。

## 四、 地球曲率改正

地球曲率是由於大地水準面是一個曲面，因此，在每次觀測時，都會引進一個微小的系統誤差，其大小和視距的平方成正比。由於在二、三等水準測量規範中之前後視距離差與測段距離累積差、測段距離，都有嚴格限制。由本次實地測試結果發現其誤差相當小，在 0.1mm 以下，因此，二、三等水準測量不需加入此項改正，詳如附錄五。

## 五、 水準尺溫度改正

水準尺溫度改正是由於水準尺是在木頭、金屬上刻蝕精細的標準刻劃，在不同環境溫度下，每單位刻劃之長度會有熱脹冷縮現象，形成尺長誤差。由本次實地測試結果發現其誤差相當小，在 0.1mm 以下，因此，二、三等水準測量不需加入此項改正，詳如附錄八。

## 5.6 閉合差分析

水準測量閉合差種類有：(1) 同一測段之往返閉合差，(2) 環線水準測量之環線閉合差，(3) 兩已知水準點間水準測段之附合水準閉合差。為了解本計劃案對二、三等水準之研擬規範內容是否合理，及不同等級水準儀是否能達到研擬之規範要求，於台南市規劃了試作水準網，並分別以不同水準儀實施二、三等水準測量，二等水準測量之閉合差規範為 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等水準測量之閉合差規範為 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ 。

本次試作水準網共計有 40 條水準線測段，為能了解成果好壞及是否符合研擬規範之精度規定，茲針對上述二、三等水準測量試作之成果進行 (1) 各測線段之往返閉合差和 (2) 水準網各環線之環線閉合差分析。

### 一、測段往返閉合差分析

測段往返閉合差分析所採用的數據為未經系統誤差改正之各測段往返測高程差值。二等水準測量成果之測段往返閉合差分析成果依照採用水準儀之不同分別列表，如表 5-2 至表 5-4。三等水準測量成果之測段往返閉合差分析成果依照採用水準儀之不同分別列表，如表 5-5 至表 5-7。結果為二、三等的測量成果皆能符合其規範值。

## 二、環線閉合差分析

環線閉合差分析所採用的數據為經過系統誤差改正之各測段往返測高程差之平均值。由於水準網中會有部份測段以不同水準儀施測，為了解不同水準儀施測之環線閉合情形，將對水準網作適當的環線切割，因此將整個水準網共劃分成 15 個環線，圖 5-1 為二等水準環線往返測成果圖，圖 5-2 為三等水準環線往返測成果圖，其中第 11 環線為繞台南市外圍一圈，總長度達 19.54km。

二等水準測量的第 1 至 11 環線以 Trimble Dini12 電子水準儀施測，成果列如表 5-8；第 12、13、14 環線以 Zeiss Ni2 光學水準儀施測，成果列如表 5-9；第 15 環線以 Leica NA3003 電子水準儀施測，成果列如表 5-10。上述各環線閉合差成果皆符合二等水準測量規範。

三等水準測量的第 1 至 11 環線以 Topcon DL102C 電子水準儀施測，成果列如表 5-11；第 12、13、14 環線以 Zeiss Ni2 光學水準儀施測，成果列如表 5-12；第 15 環線以 Trimble Dini12 電子水準儀施測，成果列如表 5-13。上述各環線閉合差成果皆符合三等水準測量規範。

表 5-2 二等水準測段往返測閉合差 (Dini12)

測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D1200701A	D008	TN06	936.67	936.90	2007.08.01	-2.037380			
D1200701B	TN06	D008	937.41	935.97	2007.08.01	2.040140	2.760	1.873	6.844
D1200702A	TN06	D011	803.97	805.62	2007.08.23	-3.434060			
D1200702B	D011	TN06	850.00	804.14	2007.08.23	3.432610	-1.450	1.632	6.387
D1200703A	D011	X009	745.03	751.07	2007.08.23	1.179890			
D1200703B	X009	D011	750.25	746.07	2007.08.23	-1.180520	-0.630	1.496	6.116
D1200704A	X009	D008	827.46	826.69	2007.08.31	4.293900			
D1200704B	D008	X009	827.27	828.42	2007.08.31	-4.289750	4.150	1.655	6.432
D2200705A	D008	1163	984.45	984.48	2007.08.01	-6.207470			
D2200705B	1163	D008	985.05	983.48	2007.08.01	6.208190	0.720	1.969	7.016
D2200706A	1163	J001	794.29	795.02	2007.08.28	-1.927300			
D2200706B	J001	1163	795.63	794.03	2007.08.28	1.924600	-2.700	1.589	6.304
D2200707A	J001	X009	624.67	624.19	2007.08.31	3.838450			
D2200707B	X009	J001	624.27	625.56	2007.08.31	-3.838410	0.040	1.249	5.589
D3200708A	J001	I072	432.92	430.72	2007.08.31	-3.074820			
D3200708B	I072	J001	431.25	432.27	2007.08.31	3.075430	0.610	0.864	4.646
D3200709A	I072	D019	724.86	722.43	2007.08.26	-5.462580			
D3200709B	D019	I072	724.22	723.65	2007.08.26	5.463320	0.740	1.448	6.016
D3200710A	D019	1162	703.67	702.34	2007.08.26	-2.507980			
D3200710B	1162	D019	702.61	703.59	2007.08.26	2.509030	1.050	1.406	5.929
D3200711A	1162	1163	1051.69	1052.21	2007.08.28	12.970830			
D3200711B	1163	1162	1053.78	1050.64	2007.08.28	-12.968350	2.480	2.104	7.253
D4200712A	I072	X210	632.41	632.35	2007.08.26	-1.380740			
D4200712B	X210	I072	631.85	633.22	2007.08.26	1.382220	1.480	1.265	5.623
D4200713A	X210	D017	609.97	609.94	2007.08.31	-10.713320			
D4200713B	D017	X210	609.80	609.80	2007.08.31	10.713950	0.630	1.220	5.522
D4200714A	D017	D005	596.89	597.23	2007.08.27	0.910820			
D4200714B	D005	D017	597.10	596.75	2007.08.27	-0.910780	0.040	1.194	5.463
D4200715A	D005	D015	948.59	946.67	2007.08.27	-0.010110			
D4200715B	D015	D005	946.86	946.96	2007.08.27	0.010590	0.480	1.895	6.882
D4200716A	D015	D010	354.79	354.02	2007.08.30	0.347570			
D4200716B	D010	D015	354.60	354.44	2007.08.30	-0.345170	2.400	0.709	4.210
D4200717A	D010	1162	750.98	751.00	2007.08.30	2.881800			
D4200717B	1162	D010	750.05	752.73	2007.08.30	-2.878640	3.160	1.502	6.129

測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D5200718A	D017	D018	393.27	393.23	2007.08.25	-0.114750			
D5200718B	D018	D017	393.17	392.94	2007.08.25	0.114080	-0.670	0.786	4.434
D5200719A	D018	D004	519.29	518.91	2007.08.30	0.549860			
D5200719B	D004	D018	519.27	518.89	2007.08.30	-0.548340	1.520	1.038	5.095
D5200720A	D004	D006	837.67	830.20	2007.08.30	2.788800			
D5200720B	D006	D004	836.56	838.03	2007.08.30	-2.786410	2.390	1.671	6.464
D5200721A	D006	D015	344.81	343.35	2007.08.27	-2.323280			
D5200721B	D0015	D006	344.69	344.44	2007.08.27	2.324190	0.910	0.689	4.149
D6200722A	D017	D003	454.74	454.16	2007.08.25	-0.508530			
D6200722B	D003	D017	454.75	453.89	2007.08.25	0.510100	1.570	0.909	4.766
D6200723A	D003	G086	392.61	392.14	2007.08.25	0.553240			
D6200723B	G086	D003	392.74	391.93	2007.08.25	-0.552060	1.180	0.785	4.429
D6200724A	G086	D018	399.73	399.24	2007.08.25	-0.157130			
D6200724B	D018	G086	399.39	400.00	2007.08.25	0.159020	1.890	0.799	4.470
D7200725A	D003	D013	356.07	357.27	2007.08.25	0.226460			
D7200725B	D013	D003	357.72	356.00	2007.08.25	-0.226290	0.170	0.714	4.224
D7200726A	D013	D014	317.36	315.32	2007.08.24	-0.237140			
D7200726B	D014	D013	315.14	317.28	2007.08.24	0.239300	2.160	0.633	3.977
D7200727A	D014	G086	477.95	478.19	2007.08.24	0.565020			
D7200727B	G086	D014	478.30	478.15	2007.08.24	-0.562570	2.450	0.956	4.890
D8200728A	X210	D012	633.80	632.96	2007.07.31	4.228890			
D8200728B	D012	X210	633.11	634.39	2007.07.31	-4.227740	1.150	1.267	5.628
D8200729A	D012	D002	328.43	329.80	2007.08.24	-13.301980			
D8200729B	D002	D012	329.90	328.20	2007.08.24	13.301020	-0.960	0.658	4.056
D8200730A	D002	D013	308.67	307.25	2007.08.24	-1.922580			
D8200730B	D013	D002	307.35	308.66	2007.08.24	1.923090	0.510	0.616	3.924
DA200735A	D012	D009	781.42	780.90	2007.07.31	-0.047710			
DA200735B	D009	D012	780.68	781.60	2007.07.31	0.046060	-1.650	1.562	6.250
DB200737A	X210	D016	757.12	760.00	2007.08.29	3.072740			
DB200737B	D016	X210	758.94	756.62	2007.08.29	-3.072420	0.320	1.516	6.157
DB200738A	D016	1164	521.78	519.26	2007.08.29	4.614480			
DB200738B	1164	D016	518.59	523.34	2007.08.29	-4.610930	3.550	1.041	5.103
DC200739A	TN06	1164	1045.85	1046.49	2007.08.23	-2.861800			
DC200739B	1164	TN06	1045.14	1046.69	2007.08.23	2.861920	0.120	2.092	7.232
DB200740A	1164	D009	348.25	346.51	2007.07.31	-3.502900			
DB200740B	D009	1164	346.52	348.75	2007.07.31	3.503350	0.450	0.695	4.168

表 5-3 二等水準測段往返閉合差 (Leica NA3003)

測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D8200728A	X210	D012	632.77	631.35	2007.08.29	4.22863	0.430	1.264	5.622
D8200728B	D012	X219	631.92	635.71	2007.08.29	-4.22820			
DA200735A	D012	D009	780.67	781.70	2007.08.29	-0.04626	0.840	1.562	6.250
DA200735B	D009	D012	780.27	781.75	2007.08.29	0.04710			
DB200737A	X210	D016	757.40	760.31	2007.08.29	3.07112	-3.760	1.518	6.160
DB200737B	D016	X210	760.03	755.40	2007.08.29	-3.07488			
DB200738A	D016	1164	523.29	518.29	2007.08.29	4.61319	-1.300	1.042	5.103
DB200738B	1164	D016	519.09	521.29	2007.08.29	-4.61449			
DB200740A	1164	D009	347.07	349.46	2007.08.29	-3.50252	0.740	0.697	4.173
DB200740B	D009	1164	349.33	349.46	2007.08.29	3.50326			

表 5-4 二等水準測段往返閉合差 (Ni 2)

測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D7200726A	D013	D014	314.60	317.20	96.08.24	-0.23925	-0.200	0.632	3.974
D7200726B	D014	D013	316.80	315.30	96.08.24	0.23905			
D8200729A	D012	D002	327.90	327.40	96.08.24	-13.30220	-2.250	0.655	4.048
D8200729B	D002	D012	328.20	331.10	96.08.25	13.29995			
D8200730A	D002	D013	309.80	306.60	96.08.24	-1.92900	-3.000	0.616	3.926
D8200730B	D013	D002	308.10	307.70	96.08.25	1.92600			
D9200731A	D013	D001	1148.60	1147.80	96.08.26	0.22035	-1.500	2.296	7.577
D9200731B	D001	D013	1146.70	1149.60	96.08.28	-0.22185			
D9200732A	D001	G088	484.30	484.40	96.08.27	-0.32735	1.850	0.969	4.921
D9200732B	G088	D001	485.70	485.43	96.08.27	0.32920			
D9200733A	G088	G087	475.80	477.00	96.08.27	-0.05550	-2.500	0.953	4.881
D9200733B	G087	G088	475.80	476.50	96.08.27	0.05300			
D9200734A	G087	D014	501.80	501.80	96.08.24	-0.09080	-2.000	1.004	5.009
D9200734B	D014	G087	500.80	502.00	96.08.24	0.08880			
DA200735A	D012	D009	779.10	774.30	96.08.25	-0.04200	4.500	1.553	6.232
DA200735B	D009	D012	783.60	781.10	96.08.26	0.04650			
DA200736A	D009	D001	1200.50	1202.30	96.08.25	-14.95575	3.700	2.403	7.750
DA200736B	D001	D009	1200.40	1202.10	96.08.26	14.95945			

表 5-5 三等水準測段往返閉合差 (Topcon DL102C)

測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D1200701A	D008	TN06	937.50	936.36	2007.07.22	-2.03690			
D1200701B	TN06	D008	937.11	937.34	2007.07.22	2.04630	9.400	1.874	10.952
D1200702A	TN06	D011	807.46	801.40	2007.07.21	-3.43210			
D1200702B	D011	TN06	805.92	802.90	2007.07.21	3.4344	2.300	1.609	10.147
D1200703A	D011	X009	747.84	751.57	2007.07.29	1.1824			
D1200703B	X009	D011	751.27	745.71	2007.07.27	-1.1805	1.900	1.498	9.792
D1200704A	X009	D008	827.83	828.63	2007.07.27	4.2920			
D1200704B	D008	X009	827.10	828.65	2007.07.27	-4.2911	0.900	1.656	10.295
D2200705A	D008	1163	985.46	984.45	2007.07.25	-6.2115			
D2200705B	1163	D008	986.19	985.34	2007.07.25	6.2044	-7.100	1.971	11.231
D2200706A	1163	J001	802.48	797.37	2007.07.23	-1.9277			
D2200706B	J001	1163	759.06	756.32	2007.07.23	1.9263	-1.400	1.558	9.984
D2200707A	J001	X009	666.29	665.03	2007.07.25	3.8416			
D2200707B	X009	J001	664.50	666.21	2007.07.25	-3.8333	8.300	1.331	9.230
D3200708A	J001	I072	433.53	432.44	2007.07.29	-3.0747			
D3200708B	I072	J001	433.82	432.04	2007.07.29	3.0730	-1.700	0.866	7.444
D3200709A	I072	D019	726.51	728.49	2007.07.23	-5.4581			
D3200709B	D019	I072	729.13	726.98	2007.07.23	5.4630	4.900	1.456	9.652
D3200710A	D019	1162	703.12	702.97	2007.07.29	-2.5056			
D3200710B	1162	D019	702.81	703.28	2007.07.29	2.5073	1.700	1.406	9.486
D3200711A	1162	1163	1036.11	1036.90	2007.07.26	12.9741			
D3200711B	1163	1162	1035.83	1036.63	2007.07.26	-12.9753	-1.200	2.073	11.518
D4200712A	I072	X210	634.40	632.33	2007.07.20	-1.3803			
D4200712B	X210	I072	632.14	633.97	2007.07.20	1.3830	2.700	1.266	9.003
D4200713A	X210	D017	609.26	609.42	2007.07.20	-10.7100			
D4200713B	D017	X210	609.85	608.25	2007.07.20	10.7127	2.700	1.218	8.830
D4200714A	D017	D005	595.82	597.76	2007.07.20	0.9113			
D4200714B	D005	D017	597.31	596.83	2007.07.20	-0.9120	-0.700	1.194	8.741
D4200715A	D005	D015	946.88	947.47	2007.07.19	-0.0113			
D4200715B	D015	D005	947.22	948.28	2007.07.19	0.0101	-1.200	1.895	11.013
D4200716A	D015	D010	354.88	354.35	2007.07.24	0.3449			
D4200716B	D010	D015	355.58	355.67	2007.07.24	-0.3494	-4.500	0.710	6.742
D4200717A	D010	1162	751.26	751.53	2007.07.26	2.8813			
D4200717B	1162	D010	750.03	753.27	2007.07.26	-2.8772	4.100	1.503	9.808



測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D5200718A	D017	D018	399.27	392.83	2007.07.19	-0.1137			
D5200718B	D018	D017	392.66	390.68	2007.07.19	0.1127	-1.000	0.788	7.100
D5200719A	D018	D004	518.32	519.91	2007.07.24	0.5491			
D5200719B	D004	D018	518.28	519.97	2007.07.24	-0.5488	0.300	1.038	8.152
D5200720A	D004	D006	835.60	838.38	2007.07.24	2.7873			
D5200720B	D006	D004	833.97	840.08	2007.07.24	-2.7866	0.700	1.674	10.351
D5200721A	D006	D015	344.32	345.12	2007.07.24	-2.3220			
D5200721B	D0015	D006	344.70	344.64	2007.07.24	2.3230	1.000	0.689	6.642
D6200722A	D017	D003	454.32	454.56	2007.07.19	-0.5076			
D6200722B	D003	D017	451.10	453.69	2007.07.19	0.5080	0.400	0.907	7.618
D6200723A	D003	G086	392.38	392.79	2007.07.18	0.5521			
D6200723B	G086	D003	392.53	392.70	2007.07.18	-0.5510	1.100	0.785	7.089
D6200724A	G086	D018	399.47	400.08	2007.07.18	-0.1570			
D6200724B	D018	G086	399.71	400.22	2007.07.18	0.1585	1.500	0.800	7.154
D7200725A	D003	D013	356.38	357.33	2007.07.18	0.2256			
D7200725B	D013	D003	357.30	357.41	2007.07.18	-0.2284	-2.800	0.714	6.761
D7200726A	D013	D014	316.96	315.34	2007.07.11	-0.2416			
D7200726B	D014	D013	315.67	317.15	2007.07.11	0.2390	-2.600	0.633	6.363
D7200727A	D014	G086	477.48	478.63	2007.07.18	0.5634			
D7200727B	G086	D014	478.14	477.80	2007.07.18	-0.5596	3.800	0.956	7.822
D8200728A	X210	D012	631.58	632.96	2007.07.11	4.2290			
D8200728B	D012	X210	629.84	638.69	2007.07.11	-4.2304	-1.400	1.267	9.003
D8200729A	D012	D002	328.45	329.78	2007.07.27	-13.3013			
D8200729B	D002	D012	328.97	329.23	2007.07.27	13.2997	-1.600	0.658	6.490
D8200730A	D002	D013	308.17	307.55	2007.07.11	-1.9233			
D8200730B	D013	D002	307.85	307.98	2007.07.11	1.9243	1.000	0.616	6.278
DA200735A	D012	D009	780.98	780.45	2007.07.09	-0.0438			
DA200735B	D009	D012	780.90	781.47	2007.07.06	0.0407	-3.100	1.562	9.998
DB200737A	X210	D016	762.61	762.44	2007.07.12	3.0721			
DB200737B	D016	X210	761.81	762.16	2007.07.12	-3.0731	-1.000	1.525	9.878
DB200738A	D016	1164	521.63	519.69	2007.07.12	4.6107			
DB200738B	1164	D016	518.95	522.10	2007.07.12	-4.6146	-3.900	1.041	8.163
DC200739A	TN06	1164	1044.44	1051.90	2007.07.21	-3.4997			
DC200739B	1164	TN06	1045.92	1047.00	2007.07.21	3.5024	2.700	2.095	11.578
DB200740A	1164	D009	349.85	348.48	2007.07.09	-2.8668			
DB200740B	D009	1164	345.07	350.51	2007.07.09	2.8616	-5.200	0.697	6.679

表 5-6 三等水準測段往返閉合差 (Trimble Dini12)

測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D8200728A	X210	D012	633.80	632.66	2007.07.17	4.22823	2.080	1.267	9.003
D8200728B	D012	X210	638.75	627.80	2007.07.17	-4.22615			
DA200735A	D012	D009	781.38	781.34	2007.07.17	-0.04684	-1.460	1.562	10.000
DA200735B	D009	D012	781.12	781.05	2007.07.17	0.04538			
DB200737A	X210	D016	761.14	763.25	2007.07.16	3.07421	3.810	1.524	9.877
DB200737B	D016	X210	761.96	762.09	2007.07.16	-3.07040			
DB200738A	D016	1164	521.40	518.68	2007.07.17	4.61313	2.680	1.040	8.159
DB200738B	1164	D016	519.13	521.14	2007.07.17	-4.61045			
DB200740A	1164	D009	349.37	345.36	2007.07.17	-3.50142	0.900	0.695	6.670
DB200740B	D009	1164	345.02	350.34	2007.07.17	3.50232			

表 5-7 三等水準測段往返閉合差 (Zeiss Ni2)

測段編號	起點	終點	後視距離 (m)	前視距離 (m)	測量日期	往返高程差 (m)	往返閉合差 (mm)	測線總長 (km)	規範值 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$
D7200726A	D013	D014	317.10	314.90	2007.07.27	-0.2380	1.000	0.632	6.362
D7200726B	D014	D013	315.67	317.15	2007.07.27	0.2390			
D8200729A	D012	D002	335.70	338.10	2007.07.25	-13.3050	-3.000	0.674	6.565
D8200729B	D002	D012	337.20	336.00	2007.07.27	13.3020			
D8200730A	D002	D013	307.50	308.40	2007.07.27	-1.9230	2.000	0.616	6.277
D8200730B	D013	D002	307.00	308.30	2007.07.27	1.9250			
D9200731A	D013	D001	1146.90	1148.80	2007.07.28	0.2190	-6.000	2.296	12.123
D9200731B	D001	D013	1147.50	1149.70	2007.07.28	-0.2250			
D9200732A	D001	G088	483.40	484.40	2007.07.26	-0.3200	3.000	0.967	7.869
D9200732B	G088	D001	482.90	484.10	2007.07.26	0.3230			
D9200733A	G088	G087	477.40	476.30	2007.07.28	-0.0550	-2.000	0.955	7.817
D9200733B	G087	G088	477.40	478.30	2007.07.28	0.0530			
D9200734A	G087	D014	500.40	502.40	2007.07.27	-0.0920	2.000	1.003	8.011
D9200734B	D014	G087	502.00	500.90	2007.07.27	0.0940			
DA200735A	D012	D009	780.20	781.00	2007.07.25	-0.0480	1.000	1.560	9.992
DA200735B	D009	D012	779.10	779.98	2007.07.25	0.0490			
DA200736A	D009	D001	1200.40	1200.10	2007.07.26	-14.9640	-10.000	2.401	12.396
DA200736B	D001	D009	1199.70	1201.40	2007.07.26	14.9540			

表 5-8 二等水準測量環線閉合差分析 (Trimble Dini12)

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $5\text{mm}/\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
1	D008→TN06	-2.03682	2.04000	22	0.00318	1.872	-2.03841	0.00036	6.631	0.01288	是	Dini 12
	TN06→D011	-3.43405	3.43253	18	-0.00152	1.608	-3.43329					
	D011→X009	1.17997	-1.18044	18	-0.00047	1.496	1.18021					
	X009→D008	4.29400	-4.28972	18	0.00428	1.655	4.29186					
2	X009→D008	4.29400	-4.28972	18	0.00428	1.655	4.29186	-0.00325	6.555	0.01280	是	Dini 12
	D008→1163	-6.20747	6.20824	22	0.00077	1.970	-6.20786					
	1163→J001	-1.92711	1.92429	22	-0.00282	1.599	-1.92570					
	J001→X009	3.83849	-3.83841	16	0.00008	1.331	3.83845					
3	J001→I072	-3.07509	3.07537	10	0.00028	0.865	-3.07523	-0.00278	7.343	0.01355	是	Dini 12
	I072→D019	-5.46257	5.46317	16	0.00060	1.400	-5.46287					
	D019→1162	-2.50833	2.50887	16	0.00054	1.406	-2.50860					
	1162→1163	12.97071	-12.96852	30	0.00219	2.073	12.96962					
	1163→J001	-1.92711	1.92429	22	-0.00282	1.599	-1.92570					
4	I072→X210	-1.38125	1.38209	16	0.00084	1.266	-1.38167	0.00356	10.589	0.01627	是	Dini 12
	X210→D017	-10.71333	10.71427	14	0.00094	1.217	-10.71380					
	D017→D005	0.91072	-0.91084	14	-0.00012	1.194	0.91078					
	D005→D015	-0.01021	0.01011	22	-0.00010	1.895	-0.01016					
	D015→D010	0.34717	-0.34591	8	0.00126	0.709	0.34654					
	D010→1162	2.88181	-2.87899	18	0.00282	1.502	2.88040					
	1162→D019	2.50833	-2.50887	16	-0.00054	1.406	2.50860					

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $5\text{mm}/\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
	D019→I072	5.46257	-5.46317	16	-0.00060	1.400	5.46287					
5	D017→D018	-0.11475	0.11373	10	-0.00102	0.782	-0.11424	-0.00198	7.272	0.01348	是	Dini 12
	D018→D004	0.54986	-0.54808	14	0.00178	1.038	0.54897					
	D004→D006	2.78882	-2.78642	22	0.00240	1.674	2.78762					
	D006→D015	-2.32334	2.32408	8	0.00074	0.689	-2.32371					
	D015→D005	0.01011	-0.01021	22	-0.00010	1.895	0.01016					
	D005→D017	-0.91084	0.91072	14	-0.00012	1.194	-0.91078					
6	D017→D003	-0.50854	0.51007	12	0.00153	0.908	-0.50931	-0.00047	3.278	0.00905	是	Dini 12
	D003→G086	0.55321	-0.55207	10	0.00114	0.785	0.55264					
	G086→D018	-0.15713	0.15897	10	0.00184	0.803	-0.15805					
	D018→D017	0.11373	-0.11475	10	-0.00102	0.782	0.11424					
7	D003→D013	0.22642	-0.22633	10	0.00009	0.713	0.22638	-0.00068	3.084	0.00878	是	Dini 12
	D013→D014	-0.23736	0.23914	8	0.00178	0.631	-0.23825					
	D014→G086	0.56480	-0.56287	12	0.00193	0.955	0.56384					
	G086→D003	-0.55207	0.55321	10	0.00114	0.785	-0.55264					
8	X210→D012	4.22863	-4.22768	14	0.00095	1.265	4.22816	0.00070	5.376	0.01159	是	Dini 12
	D012→D002	-13.30205	13.30066	8	-0.00139	0.658	-13.30136					
	D002→D013	-1.92278	1.92288	8	0.00010	0.615	-1.92283					
	D013→D003	-0.22633	0.22642	10	0.00009	0.713	-0.22638					
	D003→D017	0.51007	-0.50854	12	0.00153	0.908	0.50931					
	D017→X210	10.71427	-10.71333	14	0.00094	1.217	10.71380					
9	X210→D016	3.07261	-3.07249	18	0.00012	1.524	3.07255	0.00080	6.086	0.01233	是	Dini 12

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $5\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
	D016→1164	4.61434	-4.61071	14	0.00363	1.040	4.61253					
	1164→D009	-3.50267	3.50326	10	0.00059	0.695	-3.50297					
	D009→D012	0.04598	-0.04772	20	-0.00174	1.562	0.04685					
	D012→X210	-4.22768	4.22863	14	0.00095	1.265	-4.22816					
10	TN06→1164	-2.86173	2.86168	38	-0.00005	2.093	-2.86171	0.00165	11.223	0.01675	是	Dini 12
	1164→D016	-4.61071	4.61434	14	0.00363	1.040	-4.61253					
	D016→X210	-3.07249	3.07261	18	0.00012	1.524	-3.07255					
	X210→I072	1.38209	-1.38125	16	0.00084	1.266	1.38167					
	I072→J001	3.07537	-3.07509	10	0.00028	0.865	3.07523					
	J001→X009	3.83849	-3.83841	16	0.00008	1.331	3.83845					
	X009→D011	-1.18044	1.17997	18	-0.00047	1.496	-1.18021					
	D011→TN06	3.43253	-3.43405	18	-0.00152	1.608	3.43329					
11	D014→G086	0.56480	-0.56287	12	0.00193	0.955	0.56384	0.00441	19.540	0.02210	是	Dini 12
	G086→D018	-0.15713	0.15897	10	0.00184	0.803	-0.15805					
	D018→D004	0.54986	-0.54808	22	0.00178	1.038	0.54897					
	D004→D006	2.78882	-2.78642	22	0.00240	1.674	2.78762					
	D006→D015	-2.32334	2.32408	8	0.00074	0.689	-2.32371					
	D015→D010	0.34717	-0.34591	8	0.00126	0.709	0.34654					
	D010→1162	2.88181	-2.87899	18	0.00282	1.502	2.88040					
	1162→1163	12.97071	-12.96852	30	0.00219	2.073	12.96962					
	1163→D008	6.20824	-6.20747	22	0.00077	1.970	6.20786					
	D008→TN06	-2.03682	2.04000	22	0.00318	1.872	-2.03841					

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $5\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
	TN06→1164	-2.86173	2.86168	38	-0.00005	2.093	-2.86171					
	1164→D009	-3.50267	3.50326	10	0.00059	0.695	-3.50297					
	D009→D012	0.04598	-0.04772	20	-0.00174	1.562	0.04685					
	D012→D002	-13.30205	13.30066	8	-0.00139	0.658	-13.30136					
	D002→D013	-1.92278	1.92288	8	0.00010	0.615	-1.92283					
	D013→D014	-0.23736	0.23914	8	0.00178	0.632	-0.23825					

表 5-9 二等水準測量環線閉合差分析 (Zeiss Ni2)

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $5\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
12	D013→D001	0.22028	-0.22198	26	-0.00170	2.296	0.22113	-0.01208	5.851	0.01209	是	Ni 2
	D001→G088	-0.32728	0.32924	16	0.00196	0.967	-0.32826					
	G088→G087	-0.05541	0.05303	12	-0.00238	0.953	-0.05422					
	G087→D014	-0.09065	0.08904	12	-0.00161	1.003	-0.08985					
	D014→D013	0.23907	-0.23917	8	-0.00010	0.632	0.23912					
13	D012→D009	-0.04208	0.04647	20	0.00439	1.699	-0.04428	0.00551	7.666	0.01384	是	Ni 2
	D009→D001	-14.95549	14.95896	26	0.00347	2.398	-14.95723					
	D001→D013	-0.22198	0.22028	26	-0.00170	2.296	-0.22113					
	D013→D002	1.92554	-1.92939	8	-0.00385	0.616	1.92747					
	D002→D012	13.29970	-13.30165	8	-0.00195	0.657	13.30068					
14	D009→D001	-14.95549	14.95896	26	0.00347	2.398	-14.95723	0.00022	8.894	0.01491	是	Ni 2
	D001→G088	-0.32035	0.32260	16	0.00225	0.956	-0.32148					

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $5\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
	G088→G087	-0.05541	0.05303	12	-0.00238	0.933	-0.05422					
	G087→D014	-0.09065	0.08904	12	-0.00161	1.003	-0.08985					
	D014→D013	0.23907	-0.23917	8	-0.00010	0.632	0.23912					
	D013→D002	1.92554	-1.92939	8	-0.00385	0.616	1.92747					
	D002→D012	13.29970	-13.30165	8	-0.00195	0.657	13.30068					
	D012→D009	-0.04208	0.04647	20	0.00439	1.699	-0.04428					

表 5-10 二等水準測量閉合差分析 (Leica NA3003)

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $5\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
15	X210→D016	3.07118	-3.07461	18	-0.00343	1.516	3.07290	0.00213	6.140	0.01239	是	NA3003
	D016→1164	4.61295	-4.61436	14	-0.00141	1.042	4.61366					
	1164→D009	-3.50230	3.50326	10	0.00096	0.697	-3.50278					
	D009→D012	0.04725	-0.04617	20	0.00108	1.618	0.04671					
	D012→X210	-4.22818	4.22851	14	0.00033	1.267	-4.22835					

表 5-11 三等水準測量環線閉合差分析 (Topcon DL102C)

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $8\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
1	D008→TN06	-2.03683	2.04628	22	0.00945	1.872	-2.04156	-0.00191	6.631	0.01288	是	Topcon
	TN06→D011	-3.43219	3.43414	18	0.00195	1.608	-3.43317					
	D011→X009	1.18258	-1.18012	18	0.00246	1.496	1.18135					
	X009→D008	4.29231	-4.29060	18	0.00171	1.655	4.29146					
2	X009→D008	4.29231	-4.29060	18	0.00171	1.655	4.29146	-0.00601	6.555	0.01280	是	Topcon
	D008→1163	-6.21128	6.20457	22	-0.00671	1.970	-6.20793					
	1163→J001	-1.92760	1.92632	22	-0.00128	1.599	-1.92696					
	J001→X009	3.84166	-3.83319	16	0.00847	1.331	3.83743					
3	J001→I072	-3.07462	3.07303	10	-0.00159	0.865	-3.07383	0.00690	7.343	0.01355	是	Topcon
	I072→D019	-5.45807	5.46306	16	0.00499	1.400	-5.46057					
	D019→1162	-2.50558	2.50733	16	0.00175	1.406	-2.50646					
	1162→1163	12.97407	-12.97534	30	-0.00127	2.073	12.97471					
	1163→J001	-1.92760	1.92632	22	-0.00128	1.599	-1.92696					
4	I072→X210	-1.38029	1.38295	16	0.00266	1.266	-1.38162	0.00141	10.589	0.01627	是	Topcon
	X210→D017	-10.71006	10.71265	14	0.00259	1.217	-10.71136					
	D017→D005	0.91119	-0.91208	14	-0.00089	1.194	0.91164					
	D005→D015	-0.01121	0.01025	22	-0.00096	1.895	-0.01073					
	D015→D010	0.34481	-0.34955	8	-0.00474	0.709	0.34718					
	D010→1162	2.88120	-2.87736	18	0.00384	1.502	2.87928					



環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $8\text{mm}/\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
	1162→D019	2.50733	-2.50558	16	0.00175	1.406	2.50646					
	D019→I072	5.46306	-5.45807	16	0.00499	1.400	5.46057					
5	D017→D018	-0.11340	0.11298	10	-0.00042	0.782	-0.11319	-0.00161	7.272	0.01348	是	Topcon
	D018→D004	0.54684	-0.54907	14	-0.00223	1.038	0.54796					
	D004→D006	2.78711	-2.78695	22	0.00016	1.674	2.78703					
	D006→D015	-2.32233	2.32267	8	0.00034	0.689	-2.32250					
	D015→D005	0.01025	-0.01121	22	-0.00096	1.895	0.01073					
	D005→D017	-0.91208	0.91119	14	-0.00089	1.194	-0.91164					
6	D017→D003	-0.50715	0.50842	12	0.00127	0.908	-0.50779	-0.00079	3.278	0.00905	是	Topcon
	D003→G086	0.55185	-0.55125	10	0.00060	0.785	0.55155					
	G086→D018	-0.15726	0.15823	10	0.00097	0.803	-0.15775					
	D018→D017	0.11298	-0.11340	10	-0.00042	0.782	0.11319					
7	D003→D013	0.22532	-0.22868	10	-0.00336	0.713	0.22700	-0.00334	3.084	0.00878	是	Topcon
	D013→D014	-0.24185	0.23872	8	-0.00313	0.631	-0.24029					
	D014→G086	0.56310	-0.55989	12	0.00321	0.955	0.56150					
	G086→D003	-0.55125	0.55185	10	0.00060	0.785	-0.55155					
8	X210→D012	4.22868	-4.23089	14	-0.00221	1.265	4.22979	-0.00239	5.376	0.01159	是	Topcon
	D012→D002	-13.29940	13.30164	8	0.00224	0.658	-13.30052					
	D002→D013	-1.92374	1.92386	8	0.00012	0.615	-1.92380					
	D013→D003	-0.22868	0.22532	10	-0.00336	0.713	-0.22700					
	D003→D017	0.50842	-0.50715	12	0.00127	0.908	0.50779					
	D017→X210	10.71265	-10.71006	14	0.00259	1.217	10.71136					

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $8\text{mm}/\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
9	X210→D016	3.07238	-3.07282	18	-0.00044	1.524	3.07260	-0.00217	6.086	0.01233	是	Topcon
	D016→1164	4.61099	-4.61433	14	-0.00334	1.040	4.61266					
	1164→D009	-3.50051	3.50143	10	0.00092	0.695	-3.50097					
	D009→D012	0.04204	-0.04461	20	-0.00257	1.562	0.04333					
	D012→X210	-4.23089	4.22868	14	-0.00221	1.265	-4.22979					
10	TN06→1164	-2.86758	2.86074	38	-0.00684	2.093	-2.86416	-0.00468	11.223	0.01675	是	Topcon
	1164→D016	-4.61433	4.61099	14	-0.00334	1.040	-4.61266					
	D016→X210	-3.07282	3.07238	18	-0.00044	1.524	-3.07260					
	X210→I072	1.38295	-1.38029	16	0.00266	1.266	1.38162					
	I072→J001	3.07303	-3.07462	10	-0.00159	0.865	3.07383					
	J001→X009	3.84166	-3.83319	16	0.00847	1.331	3.83743					
	X009→D011	-1.18012	1.18258	18	0.00246	1.496	-1.18135					
D011→TN06	3.43424	-3.43219	18	0.00205	1.608	3.43322						
11	D014→G086	0.56310	-0.55989	12	0.00321	0.955	0.56150	-0.00264	19.540	0.02210	是	Topcon
	G086→D018	-0.15726	0.15823	10	0.00097	0.803	-0.15775					
	D018→D004	0.54684	-0.54907	22	-0.00223	1.038	0.54796					
	D004→D006	2.78711	-2.78695	22	0.00016	1.674	2.78703					
	D006→D015	-2.32233	2.32267	8	0.00034	0.689	-2.32250					
	D015→D010	0.34481	-0.34955	8	-0.00474	0.709	0.34718					
	D010→1162	2.88120	-2.87736	18	0.00384	1.502	2.87928					
	1162→1163	12.97407	-12.97534	30	-0.00127	2.073	12.97471					
	1163→D008	6.20457	-6.21128	22	-0.00671	1.970	6.20793					

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $8\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
	D008→TN06	-2.03683	2.04628	22	0.00945	1.872	-2.04156					
	TN06→1164	-2.86758	2.86074	38	-0.00684	2.093	-2.86416					
	1164→D009	-3.50051	3.50143	10	0.00092	0.695	-3.50097					
	D009→D012	0.04204	-0.04461	20	-0.00257	1.562	0.04333					
	D012→D002	-13.29940	13.30164	8	0.00224	0.658	-13.30052					
	D002→D013	-1.92374	1.92386	8	0.00012	0.615	-1.92380					
	D013→D014	-0.24185	0.23872	8	-0.00313	0.632	-0.24029					

表 5-12 三等水準測量環線閉合差分析 (Zeiss Ni2)

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $8\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
12	D013→D001	0.21895	-0.22509	26	-0.00614	2.296	0.22202	-0.00801	5.820	0.01206	是	Ni 2
	D001→G088	-0.32035	0.32260	16	0.00225	0.956	-0.32148					
	G088→G087	-0.05508	0.05290	12	-0.00218	0.933	-0.05399					
	G087→D014	-0.09226	0.09380	12	0.00154	1.003	-0.09303					
	D014→D013	0.23899	-0.23794	8	0.00105	0.632	0.23847					
13	D012→D009	-0.04823	0.04873	20	0.00050	1.699	-0.04848	-0.00192	7.666	0.01384	是	Ni 2
	D009→D001	-14.96449	14.95340	26	-0.01109	2.398	-14.95895					
	D001→D013	-0.22509	0.21895	26	-0.00614	2.296	-0.22202					
	D013→D002	1.92496	-1.92301	8	0.00195	0.616	1.92399					
	D002→D012	13.30199	-13.30509	8	-0.00310	0.657	13.30354					
14	D009→D001	-14.96449	14.95340	26	-0.01109	2.398	-14.95895	-0.00993	8.894	0.01491	是	Ni 2

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $8\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
	D001→G088	-0.32035	0.32260	16	0.00225	0.956	-0.32148					
	G088→G087	-0.05508	0.05290	12	-0.00218	0.933	-0.05399					
	G087→D014	-0.09226	0.09380	12	0.00154	1.003	-0.09303					
	D014→D013	0.23899	-0.23794	8	0.00105	0.632	0.23847					
	D013→D002	1.92496	-1.92301	8	0.00195	0.616	1.92399					
	D002→D012	13.30199	-13.30509	8	-0.00310	0.657	13.30354					
	D012→D009	-0.04823	0.04873	20	0.00050	1.699	-0.04848					

表 5-13 三等水準測量環線閉合差分析 (Trimble Dini12)

環線	測段點號	往測高差 (m)	返測高差 (m)	測站數	往返測閉合差 (m)	測段長 (km)	往返測高差平均 (m)	環線閉合差 (m)	環線長度 (km)	規範值 $8\text{mm}\sqrt{k}$ (m)	是否符合規範	使用儀器
15	X210→D016	3.07422	-3.07038	18	0.00384	1.516	3.07230	0.00114	6.140	0.01239	是	Dini12
	D016→1164	4.61315	-4.61047	14	0.00268	1.042	4.61181					
	1164→D009	-3.50143	3.50232	10	0.00089	0.697	-3.50188					
	D009→D012	0.04536	-0.04683	20	-0.00147	1.618	0.04610					
	D012→X210	-4.22615	4.22823	14	0.00208	1.267	-4.22719					

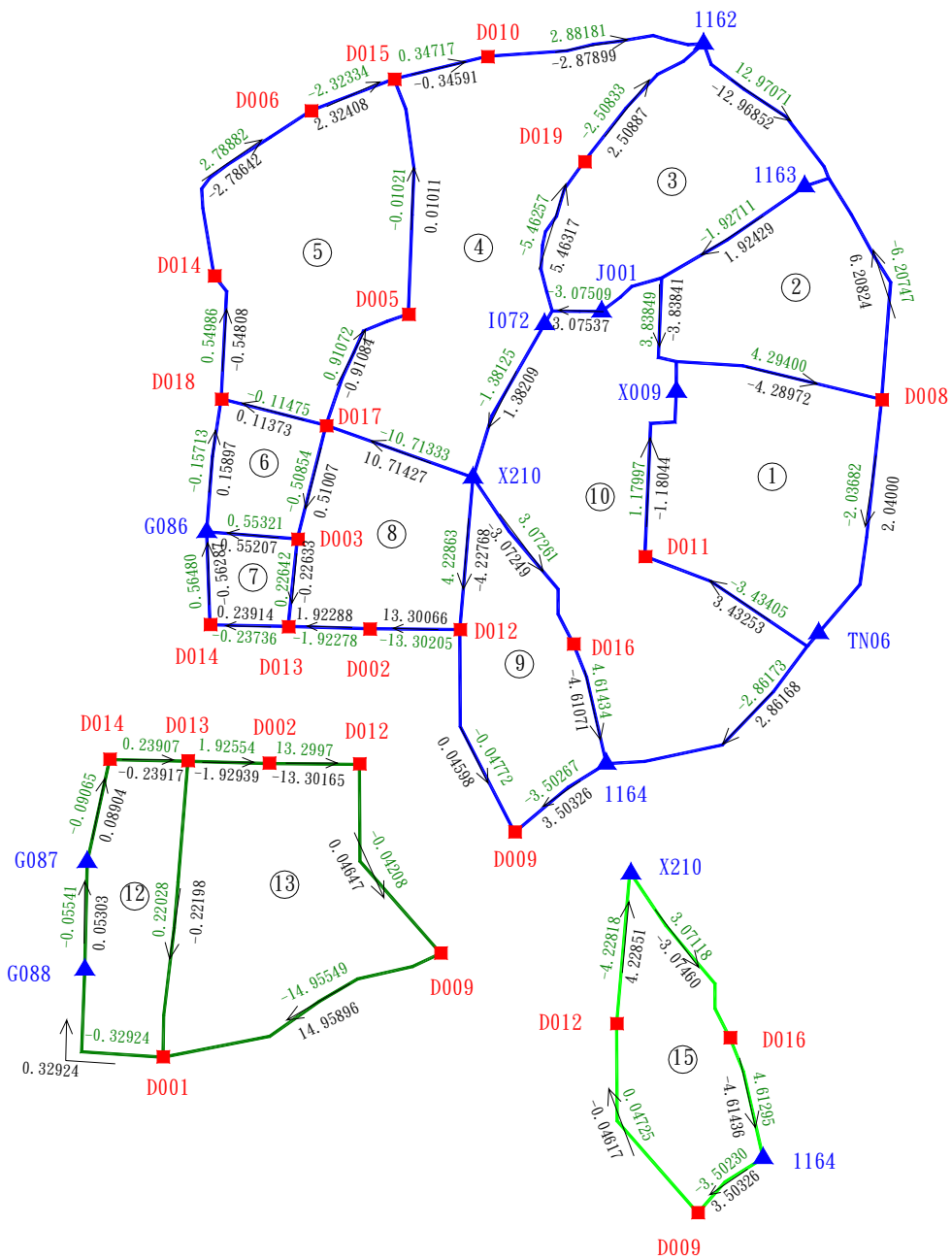


圖 5-1 二等水準環線往返測成果圖

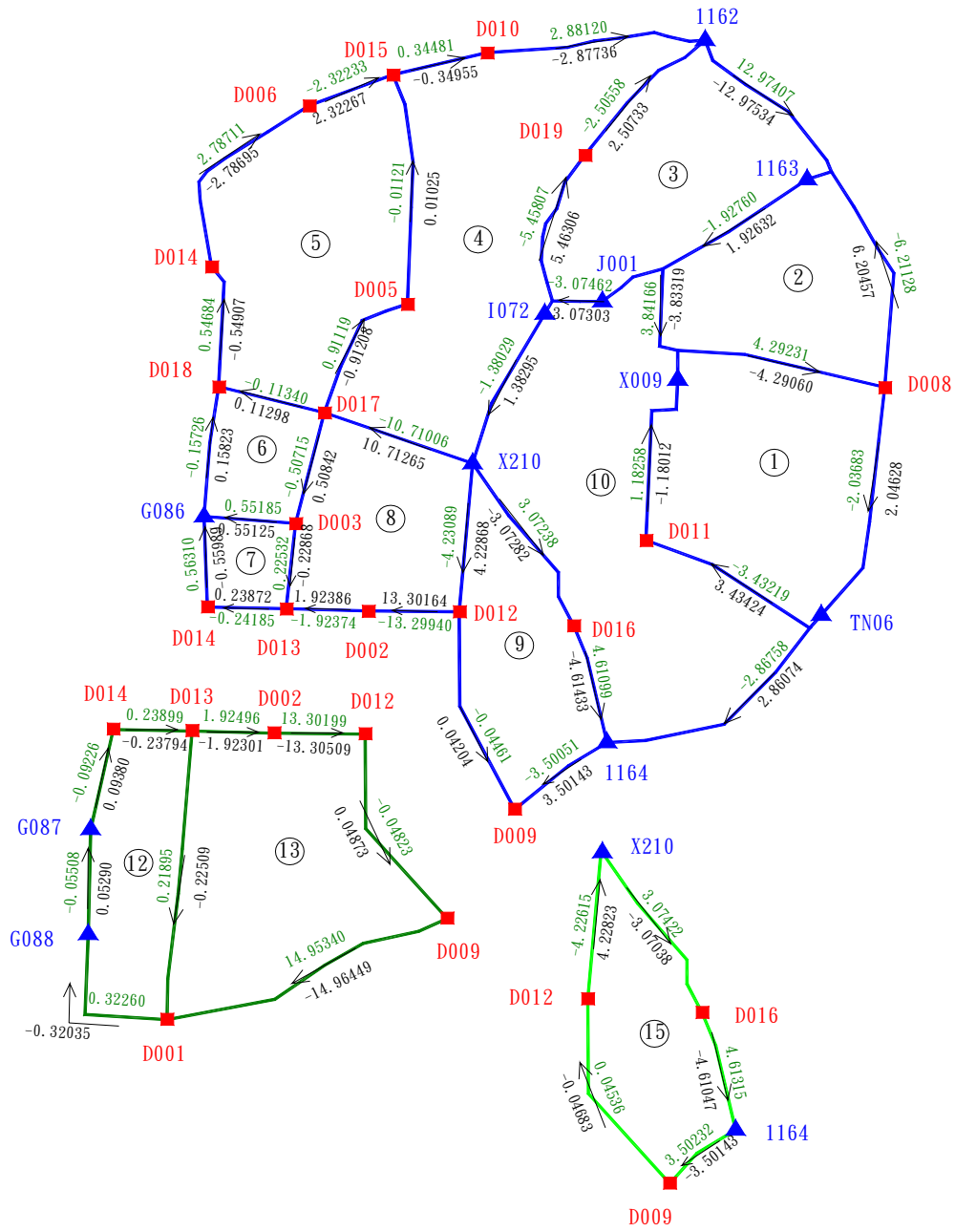


圖 5-2 三等水準環線往返測成果圖

## 5.7 平差成果及分析

本計劃案之試作水準網位於台南市，如圖 4-1，整個水準網共計有 40 條長短不一的水準線測段，並分別實施二、三等水準測量之試作。水準測量採用之水準儀有電子水準儀 (Trimble DiNi12, Topcon DL102C 和 Leica NA3003) 及光學水準儀 (Zeiss Ni2) 二類。各等級水準測量使用之水準儀及試作總測線長度如表 5-14。水準網引用之已知水準點皆為內政部公告之一等一級或一等二級水準點，其高程值如表 4-4。

表 5-14 各等級水準測量儀器及測線長度統計表

等級	使用水準儀	測線總長度 (km)	合計 (km)
二等	Trimble DiNi12	42.800	59.963
	Leica NA3003	6.082	
	Zeiss Ni2	11.081	
三等	Trimble DiNi12	6.088	60.766
	Topcon DL102C	43.575	
	Zeiss Ni2	11.103	

圖 5-3 為二等水準測量成果，其施測精度規範為 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$ ；圖 5-4 為三等水準測量成果，其施測精度規範為 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ ，各圖中所有觀測成果皆為經過系統誤差改正後之往返測平均值。

根據各級水準網之實際測量成果分別進行 (1) 二等水準網平差，(2) 三等水準網平差，及 (3) 二、三等水準網聯合平差，上述各項平差作業皆再分成最小約制平差和約制網平差二項進行：

### 一、最小約制平差

最小約制平差之成果可以檢視觀測量本身的品質，平差時僅採用

水準網中一個已知水準點作為約制水準點。平差時先將不同儀器所施測的局部水準網成果各別計算，接著再整合成完整的水準網進行平差計算。各項平差之使用儀器、測段數及採用約制點如表 5-15。表 5-16 為各項平差成果之擇要，其餘未表示之水準點點名、點號、高程值、中誤差，及觀測量之內可靠度、外可靠度、改正數、標準化改正數、多餘觀測數等，請詳閱附錄六之完整成果報表。由表 5-16 之成果可以看出，不論採用何種水準儀進行二等水準測量或三等水準測量，其觀測量本身的精度皆相當理想，其中最大標準化改正數均小於 1，表示個別改正數之絕對值均小於其改正數之標準偏差，較常用規範粗差除錯的 3 倍標準偏差為小。

表 5-15 各項平差之使用儀器、測段數及採用約制點

等級	儀器	測段數	約制點	備註
二等	Trimble Dini	35	X210	如附錄六第一項
	Zeiss Ni2	9	G088	如附錄六第二項
	Leica NA3003	5	X210	如附錄六第三項
	整合	40	X210	如附錄六第四項
三等	Topcon DL102C	35	X210	如附錄六第五項
	Zeiss Ni2	9	G088	如附錄六第六項
	Trimble Dini	5	X210	如附錄六第七項
	整合	40	X210	如附錄六第八項
二三等聯合	整合	40	X210	如附錄六第九項



表 5-16 最小約制平差結果

等級	使用儀器	觀測量 數目	多餘觀 測數	單位權中誤差 (mm)	最大標準化 改正數
二等	Trimble	35	10	0.150	0.295
	Zeiss	9	2	0.070	0.621
	Leica	5	1	0.174	0.055
	組合	40	12	0.371	0.877
三等	Topcon	35	10	0.207	0.442
	Zeiss	9	2	0.341	0.234
	Trimble	5	1	0.058	0.029
	組合	40	12	0.232	0.361
二三等	組合	80	52	0.257	2.192

## 二、約制網平差

約制網平差原則上採用表 4-4 之全部已知水準點同時作為平差約制點，平差時除 X210 高程值予以固定之外，其餘已知水準高程的先驗中誤差均給予 $\pm 0.002\text{m}$ ，使得約制變形所增加的最大標準化改正數仍維持小 3 倍，單位權中誤差約增大 5 倍。茲將二等約制網、三等約制網及二三等聯合約制網之平差成果擇要表示成表 5-17。各新測水準點高程值及中誤差整理成表 5-18，其中 D009 的二等與三等高程較差最大為 3.15mm，檢驗此二者是否存在差異，t 分布的統計量為  $t_{(21+21)} = 3.15/\sqrt{5.80^2+5.82^2} = 3.15/8.20 = 0.38$ ，以 95%信心水準之  $\alpha=0.05$ ，自由度= 42 查得  $t_{\alpha/2} = 2.02$ ，由  $0.38 < 2.02$  故沒有顯著差異。其餘未

於表中表示之水準點點名、點號、高程值、中誤差，及觀測量之內可靠度、外可靠度、改正數、標準化改正數、多餘觀測數等，請詳閱附錄五之平差成果報表。

表 5-17 約制網平差結果

等級	使用儀器	觀測量數目	多餘觀測數	單位權中誤差 (mm)	最大標準化改正數
二等	組合	40	21	1.598	2.659
三等	組合	40	21	1.010	2.879
二三等	組合	80	61	1.064	2.956

表 5-18 新測水準點位之高程值及中誤差

水準點	二等網		三等網		二、三等網聯合	
	高程值	中誤差	高程值	中誤差	高程值	中誤差
D001	2.35205	0.671	2.34690	0.667	2.35080	0.379
D002	4.03750	0.637	4.03874	0.644	4.03659	0.349
D003	1.90025	0.503	1.90046	0.507	1.90022	0.284
D004	2.84069	0.866	2.83969	0.875	2.84055	0.489
D005	3.31365	0.898	3.31343	0.905	3.31382	0.507
D006	5.62251	0.924	5.62101	0.934	5.62222	0.522
D008	25.67806	0.667	25.67884	0.675	25.67828	0.377
D009	17.27327	0.580	17.27642	0.582	17.27418	0.327
D010	3.63785	0.792	3.63846	0.800	3.63811	0.447
D011	20.20199	0.789	20.20126	0.798	20.20179	0.445
D012	17.32954	0.596	17.33011	0.603	17.33059	0.331
D013	2.12339	0.510	2.12349	0.515	2.12294	0.285
D014	1.88914	0.475	1.88809	0.480	1.88864	0.268
D015	3.29641	0.832	3.29615	0.840	3.29647	0.470
D016	16.16081	0.628	16.16075	0.636	16.16079	0.354
D017	2.40733	0.634	2.40591	0.634	2.40722	0.359
D018	2.29532	0.577	2.29527	0.582	2.29545	0.326
D019	9.01677	0.675	9.01687	0.677	9.01680	0.380
TN06	23.63607	0.741	23.63571	0.750	23.63597	0.419

高程值單位：m

中誤差單位：cm

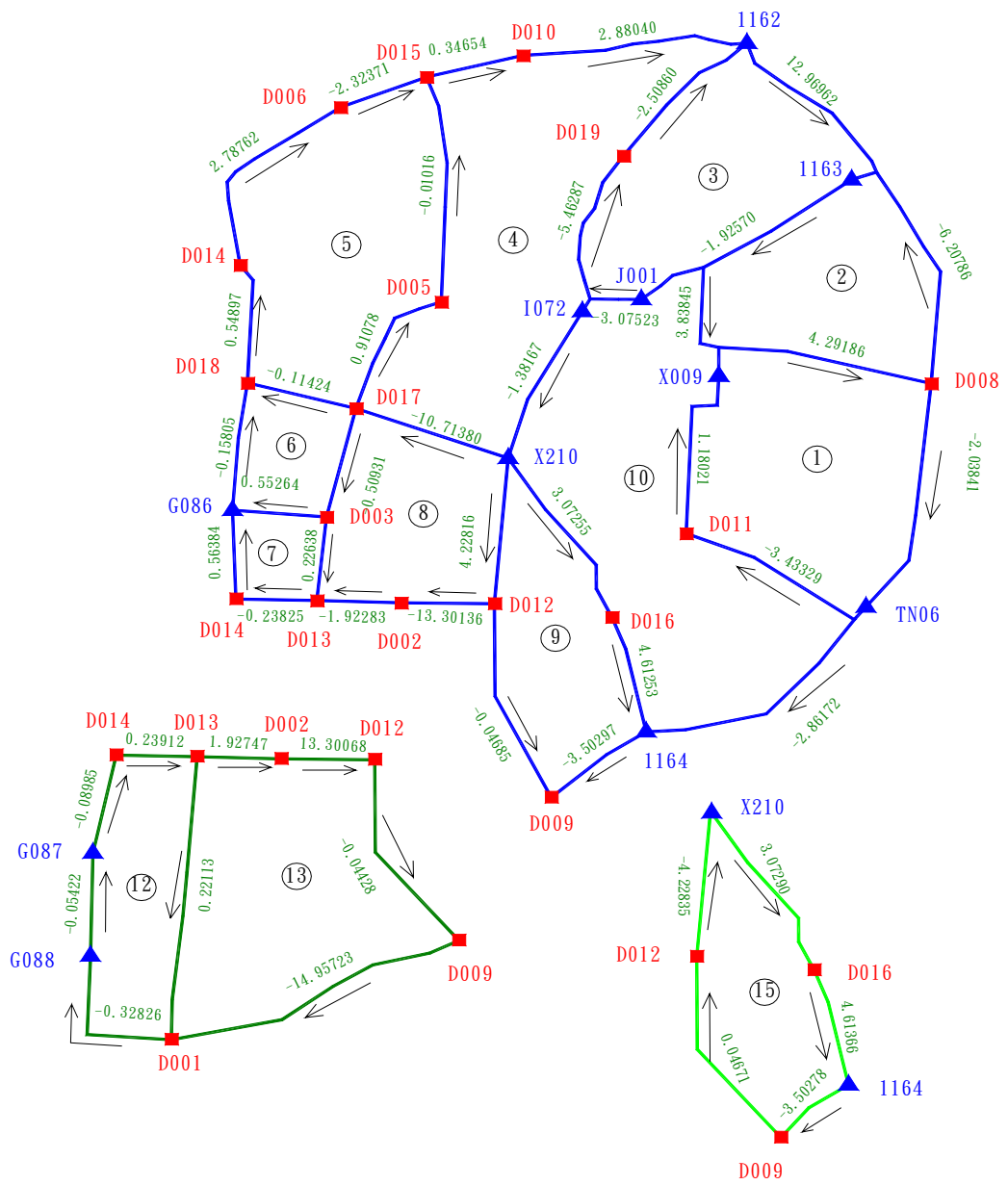


圖 5-3 二等水準環線成果圖

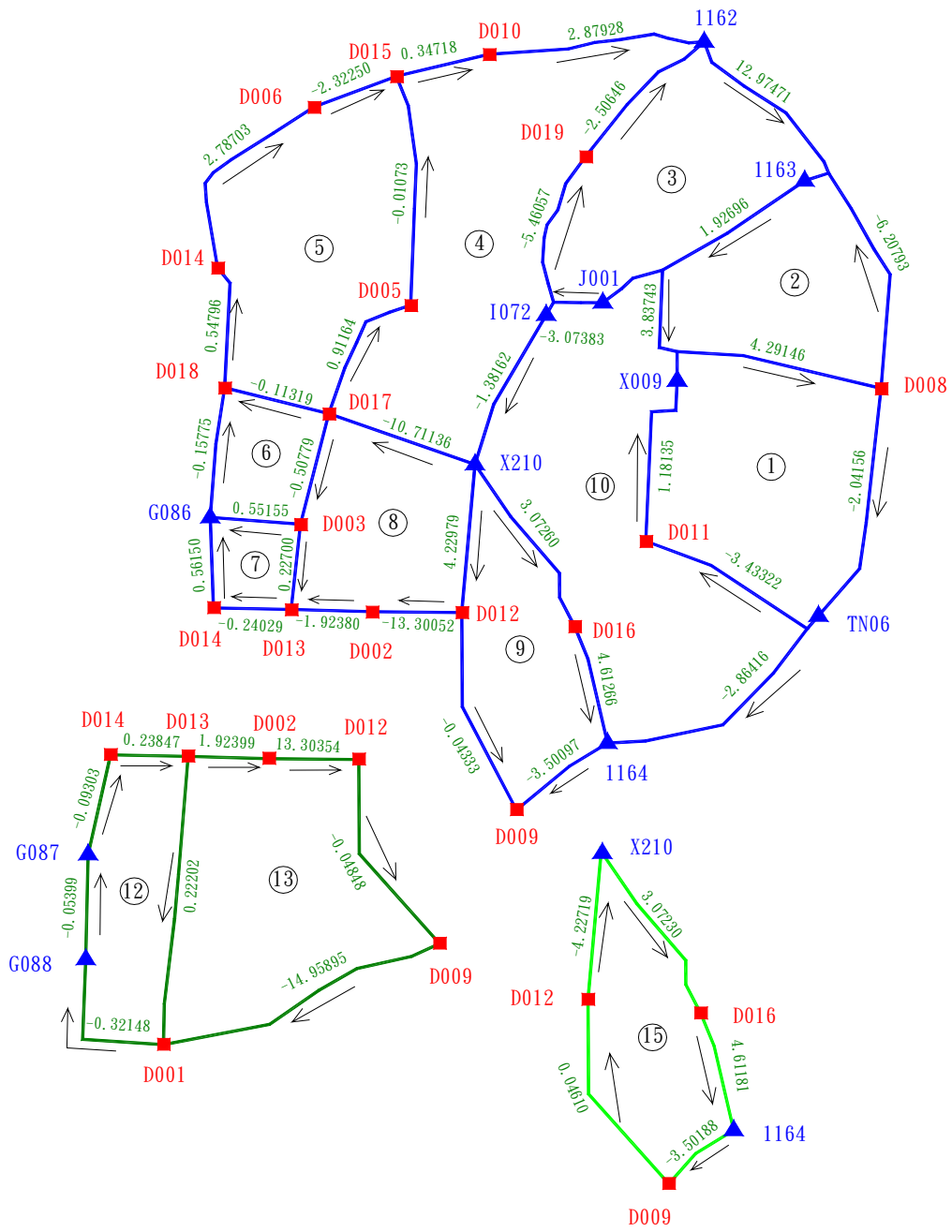


圖 5-4 三等水準環線成果圖

## 5.8 無系統誤差修正之平差成果分析

第 5.6 節的各項平差成果，其採用的觀測量皆已作了各項系統誤差的修正。為能了解系統誤差分別對二等水準網和三等水準網成果的影響，因此本節將利用未作系統誤差改正的觀測量重新進行二等水準網和三等水準網的最小約制平差和約制網平差，且各項平差條件皆與第 5.6 節相同。最後再將本節平差成果與第 5.6 節的成果作比較分析。

### 一、最小約制平差

無系統誤差修正觀測量之最小約制平差成果如附錄七。表 5-19 為觀測量在系統誤差修正前後之最小約制平差成果的單位權中誤差比較表，由表中可以看出變化並不大，尤其是多餘觀測數較多的網形，其單位權中誤差幾乎是一樣。

表 5-19 最小約制平差單位權中誤差比較表

等級	使用儀器	觀測量 數目	多餘觀 測數	單位權中誤差 (mm) 已修正 / 未修正
二等	Trimble	35	10	0.150 / 0.152
	Zeiss	9	2	0.707 / 0.836
	Leica	5	1	0.174 / 0.057
	組合	40	12	0.371 / 0.375
三等	Topcon	35	10	0.207 / 0.212
	Zeiss	9	2	0.341 / 0.232
	Trimble	5	1	0.058 / 0.165
	組合	40	12	0.232 / 0.233

### 二、約制網平差

無系統誤差修正觀測量之約制網平差成果如附錄七。表 5-20 為觀測量在系統誤差修正前後之約制網平差成果的單位權中誤差比較表，表 5-21 為新測水準點位在系統誤差修正前後之高程值比較表，表 5-22

為新測水準點位在系統誤差修正前後之高程中誤差比較表。

表 5-20 約制網平差單位權中誤差比較表

等級	使用儀器	觀測量 數目	多餘觀 測數	單位權中誤差 (mm) 已修正／未修正
二等	組合	40	21	1.598／1.602
三等	組合	40	21	1.010／1.019

表 5-21 新測水準點位之高程值比較 (單位：m)

水準點	二等網			三等網		
	修正後	修正前	差值	修正後	修正前	差值
D001	2.35205	2.35204	+0.00001	2.34690	2.34690	0
D002	4.03750	4.03747	+0.00003	4.03874	4.03855	+0.00019
D003	1.90025	1.90025	0	1.90046	1.90042	+0.00004
D004	2.84069	2.84069	0	2.83969	2.84043	-0.00074
D005	3.31365	3.31365	0	3.31343	3.31351	-0.00008
D006	5.62251	5.62252	-0.00001	5.62101	5.62138	-0.00037
D008	25.67806	25.67818	-0.00012	25.67884	25.67889	-0.00005
D009	17.27327	17.27323	+0.00004	17.27642	17.27659	-0.00017
D010	3.63785	3.63782	+0.00003	3.63846	3.63863	-0.00017
D011	20.20199	20.20198	+0.00001	20.20126	20.20120	+0.00006
D012	17.32954	17.32961	-0.00007	17.33011	17.32978	+0.00033
D013	2.12339	2.12337	+0.00002	2.12349	2.12342	+0.00007
D014	1.88914	1.88914	0	1.88809	1.88807	+0.00002
D015	3.29641	3.29639	+0.00002	3.29615	3.29641	-0.00026
D016	16.16081	16.16080	+0.00001	16.16075	16.16075	0
D017	2.40733	2.40732	+0.00001	2.40591	2.40589	+0.00002
D018	2.29532	2.29530	+0.00002	2.29527	2.29519	+0.00008
D019	9.01677	9.01675	+0.00002	9.01687	9.01689	-0.00002
TN06	23.63607	23.63611	-0.00004	23.63571	23.63571	0

表 5-22 新測水準點位之高程中誤差比較 (單位：cm)

水準點	二等網			三等網		
	修正後	修正前	差值	修正後	修正前	差值
D001	0.671	0.673	-0.002	0.667	0.672	-0.005
D002	0.637	0.639	-0.002	0.644	0.650	-0.006
D003	0.503	0.504	-0.001	0.507	0.512	-0.005
D004	0.866	0.868	-0.002	0.875	0.882	-0.007
D005	0.898	0.900	-0.002	0.905	0.912	-0.007
D006	0.924	0.926	-0.002	0.934	0.941	-0.007
D008	0.667	0.669	-0.002	0.675	0.681	-0.006
D009	0.580	0.582	-0.002	0.582	0.587	-0.005
D010	0.792	0.794	-0.002	0.800	0.807	-0.007
D011	0.789	0.791	-0.002	0.798	0.805	-0.007
D012	0.596	0.598	-0.002	0.603	0.608	-0.005
D013	0.510	0.511	-0.001	0.515	0.519	-0.004
D014	0.475	0.476	-0.001	0.480	0.484	-0.004
D015	0.832	0.834	-0.002	0.840	0.847	-0.007
D016	0.628	0.629	-0.001	0.636	0.641	-0.005
D017	0.634	0.636	-0.002	0.634	0.639	-0.005
D018	0.577	0.578	-0.001	0.582	0.587	-0.005
D019	0.675	0.677	-0.002	0.677	0.683	-0.006
TN06	0.741	0.743	-0.002	0.750	0.756	-0.006

由表 5-20 至表 5-22 皆可看出，不論二等水準或三等水準在系統誤差修正前後兩者之成果幾乎是一樣。由於本計劃之試作水準網位於地勢平坦之台南市，各項系統誤差的改正量極小，且因儀器皆事先做過檢校，視準軸誤差影響也因前後是距離相近而變得極小，因此系統誤差修正前後之約制網平差結果亦應相近。此外，就表 5-21 之高程變化來看，二等水準皆在 0.1mm~0.01mm 之間，三等水準皆小於 1mm，應可視為偶然誤差的量級，然因二等水準之觀測嚴謹度和觀測量精度都比三等水準高，故高程變化的量級較小。

## 5.9 電子水準儀測量成果比較

在本計劃之水準測量試作中，採用了 Trimble Dini12、Leica NA3003 和 Topcon DL102C 三種電子水準儀，並分別於二等水準和三等水準的試作中施測了同一條閉合環線，亦即第 5.6 節閉合差分析中的 9 號環線與 15 號環線（此二環線因閉合差分析需要而有不同編號，實則為同一環線），其中二等水準第 9 號環線是以 Trimble Dini12 施測，第 15 號環線是以 Leica NA3003 施測，三等水準第 9 號環線是以 Topcon DL102C 施測，第 15 號環線是以 Trimble Dini12 施測。茲將各儀器之施測平差計算成果整理如表 5-23。由於此單一環線僅有 X210 為已知水準點，所以平差時便以 X210 為約制點。

表 5-23 各儀器之施測平差計算成果整理

等級	環線編號	閉合差 (m)	單位權中誤差 (mm)	儀器種類
二等	9	+0.00213	0.065	Trimble Dini12
	15	+0.00080	0.174	Leica NA3003
三等	9	-0.00217	0.110	Topcon DL102C
	15	+0.00114	0.058	Trimble Dini12

雖然四次成果的閉合差皆符合相關精度要求，但從單位權中誤差來看，不論是二等水準或三等水準，Trimble Dini12 電子水準儀的施測成果確實會優於 Leica NA3003 和 Topcon DL102C。



## 5.10 民間廠商三等水準測量成果比較

本計劃由甲方自其委託予中興測量顧問公司之「潮間帶基本地形測量技術發展計畫」及詮華工程顧問公司「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」中，提供三等水準測量的部分成果進行分析，以了解本計劃所研擬的三等水準測量規範之可行性。中興測量顧問公司之水準測量成果是以 Trimble Dini 11 施測，詮華工程顧問公司水準測量成果是以 Leica NA3003，施測方式僅採用「後視-前視」二次讀數方式，其觀測成果除儀器內定軟體自動化視準軸誤差改正之外並未經任何系統誤差修正，同時也非閉合環線，因此僅能做往返測閉合差分析。整個水準測量的往返閉合差精度皆符合本計劃所研擬之三等水準測量之檢核規範往返閉合差精度 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ 之要求。

根據中興測量顧問公司及詮華工程顧問公司提供的各測段資料，整理其往返測閉合差分析結果如表 5-24、5-25。由表 5-24、5-25 之結果來看，皆能符合 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ 的精度要求。換句話說，以電子水準儀實施三等水準測量時，即使不做任何系統誤差改正，與僅以「後視-前視」方式觀測，其成果仍可達到三等水準測量精度規範。另外，對中興測量顧問公司及詮華工程顧問公司提供的已知水準點間的檢核成果，以本計劃案研擬之檢核規範 $\pm 12\text{mm}\sqrt{K}$ 整理如表 5-26、5-27。由表 5-26 得知大半都超出規範值，可能是因地殼變動造成全面性的水準點高程變化，因此無法做進一步的規範分析。表 5-27 則僅有 3 段超出規範值，顯見此地區之地段變動因素較小，因此對於本次水準測量規範之研擬，除參考日本、大陸地區之水準測量將已知水準點檢測之精度降低外，並建議未來之一等水準點應律定檢測時間每 3 年或 4 年全面檢測，否則將造成找不到符合規定之已知水準點。

表 5-24 「潮間帶基本地形測量技術發展計畫」往返測閉合差分析

編號	起點	終點	往測高差(m)	返測高差(m)	閉合差(mm)	測線長(km)	規範值 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$
1	G073	GPS110	1.35146	-1.35505	3.59	6.22	19.95
2	GPS110	G074	-0.62936	0.63559	6.23	4.99	17.87
3	G072	AT323	2.37573	-2.37776	2.03	5.35	18.50
4	AT323	X204	-1.84667	1.85249	5.82	4.21	16.41
5	G070	BM04	2.84576	-2.84378	1.98	4.75	17.44
6	BM04	G071	-3.20401	3.20564	1.63	4.25	16.49
7	G068	R050	-0.36937	0.36888	0.49	4.31	16.61
8	R050	G070	-4.01944	4.02393	4.49	5.98	19.56
9	G065	GC50	5.45777	-5.45575	2.02	5.63	18.98
10	GC50	G066	-3.61355	3.6151	1.55	5.72	19.13
11	G060	QP01	3.72924	-3.7223	6.94	3.28	14.49
12	QP01	G061	-2.4185	2.41086	7.64	3.81	15.62
13	G057	YL10	4.59713	-4.59412	3.01	5.36	18.52
14	YL10	G058	-4.79516	4.79404	1.12	4.55	17.06
15	G055	YL08	2.11965	-2.1175	2.15	5.82	19.30
16	YL08	X202	-2.16201	2.16215	0.14	4.62	17.20
17	G053	GE138	3.24575	-3.24513	0.62	5.75	19.18
18	GE138	YL04	1.83092	-1.8282	2.72	4.27	16.53
19	YL04	G054	-1.21171	1.21577	4.06	4.75	17.44
20	G053	G054	3.85462	-3.85271	1.91	1.59	10.09
21	G054	G055	-4.48053	4.48305	2.52	2.35	12.26
22	G055	X202	-0.05146	0.05181	0.35	1.38	9.40
23	G057	G058	-0.20088	0.20328	2.40	1.59	10.09
24	G058	G059	0.9164	-0.91622	0.18	1.59	10.09
25	G059	G060	-0.70553	0.70623	0.70	2.49	12.62
26	G060	G061	1.31065	-1.30958	1.07	0.95	7.80
27	G061	G062	-0.76933	0.77085	1.52	2.14	11.70
28	G062	G063	0.10081	-0.09928	1.53	1.78	10.67
29	G063	G064	-0.48623	0.48672	0.49	1.02	8.08
30	G064	G065	0.38758	-0.38659	0.99	2.38	12.34
31	G065	G066	1.83752	-1.83559	1.93	1.78	10.67
32	G066	G067	0.0392	-0.03738	1.82	2.03	11.40
33	G067	G068	2.5606	-2.5596	1.00	1.23	8.87
34	G068	G069	-4.35384	4.35503	1.19	1.59	10.09
35	G067	G070	-0.03783	0.03770	0.13	1.32	9.19
36	G070	G071	-0.36228	0.36451	2.23	2.44	12.50
37	G071	G072	0.89445	-0.89256	1.89	1.52	9.86
38	G072	X204	0.5286	-0.52768	0.92	1.57	10.02
39	X202	G056	4.87093	-4.87048	0.45	2.27	12.05
40	G056	G057	-5.0933	5.09407	0.77	1.82	10.79
41	X204	G073	-0.22431	0.22494	0.63	1.89	11.00
42	G073	G074	0.72182	-0.72063	1.19	1.35	9.30
43	G074	G075	-0.40916	0.41012	0.96	3.14	14.18

表 5-25 「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」往返測閉合差分析

編號	起點	終點	往測高差(m)	返測高差(m)	閉合差(mm)	測線長(km)	規範值 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$
1	2024	2026	-2.7160	2.7190	3.0	4.218	16.43
2	2026	2027	3.1210	-3.1270	-6.0	4.463	16.90
3	2027	2028	4.3250	-4.3240	1.0	1.673	10.35
4	2028	2029	-4.3740	4.3760	-3.0	2.908	13.64
5	2029	2030	65.0500	-65.0480	2.0	1.413	9.51
6	2030	2031A	-63.3970	63.3970	0	1.998	11.31
7	2031A	2029	-1.6427	1.6428	0.1	6.042	19.66
8	2031A	2032	6.4570	-6.4540	3.0	1.984	11.27
9	2032	2034	25.2590	-25.2650	-6.0	6.527	20.44
10	2034	2035	-3.8510	3.8510	0	1.565	10.01
11	2035	2036	34.7560	-34.7520	4.0	2.502	12.65
12	2036	2037	-62.9210	62.9200	-1.0	1.2	8.76
13	2037	2038A	-8.1890	8.1870	-2.0	1.553	9.97
14	2038A	2039	3.8900	-3.8880	2.0	2.31	12.16
15	2039	2041	-0.2912	0.2978	6.7	3.608	15.20
16	2039	C15	54.1035	-54.1051	-1.7	1.424	9.55
17	2041	2042	-1.4602	1.4582	-2.0	1.57	10.02
18	2042	2043	3.3522	-3.3506	1.6	2.32	12.19
19	2042	C38	59.7326	-59.7313	1.3	1.965	11.21
20	2043	2044	-1.6922	1.6935	1.3	2.018	11.36
21	2044	2045	2.5355	-2.5336	1.9	1.473	9.71
22	2045	2046	10.9731	-10.9739	-0.8	0.821	7.25
23	2046	2047	-10.1538	10.1563	2.5	2.373	12.32
24	2047	2048	-0.9025	0.9046	2.1	1.917	11.08
25	2048	2049A	-1.0871	1.0876	0.6	1.239	8.90
26	2048	BM4	-6.3200	6.3210	1.0	1.129	8.50
27	2049A	2050	8.6126	-8.6140	-1.4	1.218	8.83
28	2050	2051	-6.3430	6.3433	0.3	2.446	12.51
29	2051	2052	8.4929	-8.4928	0.1	1.984	11.27
30	2052	2054	-11.3564	11.3534	-3.0	4.503	16.98
31	2052	BM5	-15.9500	15.9490	-1.0	0.185	3.44
32	2054	2055	0.4988	-0.4988	0	1.788	10.70
33	2055	2056	1.8431	-1.8415	1.6	2.964	13.77
34	2056	2057	-0.7628	0.7616	-1.2	1.354	9.31
35	2057	2058	3.3155	-3.3158	-0.3	1.907	11.05
36	2058	2059	-0.0527	0.0499	-2.8	2.54	12.75
37	2059	2060	3.6154	-3.6179	-2.5	2.137	11.69
38	2060	2061	-2.3933	2.3952	1.9	2.157	11.75
39	2061	2062	4.2934	-4.2915	1.9	1.915	11.07
40	2062	2063	-1.0867	1.0889	2.2	2.298	12.13

表 5-26 「潮間帶基本地形測量技術發展計畫」已知點檢核成果

起點	終點	已知高差 (m)	檢測高差 (m)	較差 (mm)	測段長 (km)	規範值 $\pm 12\text{mm}\sqrt{k}$	是否合格
G053	G054	3.86632	3.85367	12.66	1.59	15.13	是
G054	G055	-4.52531	-4.48179	-43.52	2.35	18.40	否
G055	X202	-0.03360	-0.05164	18.04	1.38	14.10	否
X202	G056	5.03624	4.87071	165.54	2.27	18.08	否
G056	G057	-5.21618	-5.09369	-122.50	1.82	16.19	否
G057	G058	-0.17404	-0.20208	28.04	1.59	15.13	否
G058	G059	0.86658	0.91631	-49.73	1.59	15.13	否
G059	G060	-0.69609	-0.70588	9.79	2.49	18.94	是
G060	G061	1.31174	1.31012	1.62	0.95	11.70	是
G061	G062	-0.76633	-0.77009	3.76	2.14	17.55	是
G062	G063	0.08628	0.10005	-13.77	1.78	16.01	是
G063	G064	-0.44463	-0.48648	41.85	1.02	12.12	否
G064	G065	0.44413	0.38709	57.05	2.38	18.51	否
G065	G066	1.86329	1.83656	26.74	1.78	16.01	否
G066	G067	-0.04787	0.03829	-86.16	2.03	17.10	否
G067	G068	2.61082	2.56010	50.72	1.23	13.31	否
G068	G069	-4.44640	-4.35444	-91.97	1.59	15.13	否
G069	G070	-0.06841	-0.03777	-30.65	1.32	13.79	否
G070	G071	-0.35041	-0.36340	12.99	2.44	18.74	是
G071	G072	0.91134	0.89351	17.83	1.52	14.79	否
G072	X204	0.46641	0.52814	-61.73	1.57	15.04	否
X204	G073	-0.28271	-0.22463	-58.09	1.89	16.50	否
G073	G074	0.72393	0.72123	2.71	1.35	13.94	是
G074	G075	-0.43822	-0.40964	-28.58	3.14	21.26	否
G073	G074	0.72393	0.72078	3.15	11.20	40.16	是
G072	X204	0.46641	0.52717	-60.76	9.56	37.10	否
G070	G071	-0.35041	-0.36006	9.65	9.00	36.00	是
G068	G070	-4.51481	-4.39081	-124.00	10.29	38.49	否
G065	G066	1.86329	1.84244	20.85	11.35	40.43	是
G060	G061	1.31174	1.31109	0.65	7.09	31.95	是
G057	G058	-0.17404	-0.19898	24.93	9.91	37.78	是
G055	X202	-0.03360	-0.04348	9.88	10.43	38.75	是
G053	G054	3.86632	3.86126	5.06	14.76	46.10	是

表 5-27 「領海及鄰接區海域基本圖測量工作」已知點檢核成果

起點	終點	已知高差 (m)	檢測高差 (m)	較差 (mm)	測段長 (km)	規範值 $\pm 12\text{mm}\sqrt{k}$	是否合格
2024	2026	-2.704	-2.716	-12.0	4.218	24.65	是
2026	2027	3.111	3.124	13.0	4.463	25.35	是
2027	2028	4.325	4.325	-0.5	1.673	15.52	是
2028	2029	-4.372	-4.375	-3.0	2.908	20.46	是
2029	2030	65.055	65.049	-6.0	1.413	14.26	是
2030	2031	-63.362	-63.397	-35.0	1.998	16.96	否
2031	2032	6.417	6.456	38.5	1.984	16.90	否
2032	2034	25.258	25.262	4.0	6.527	30.66	是
2034	2035	-3.848	-3.851	-3.0	1.565	15.01	是
2035	2036	34.757	34.754	-3.0	2.502	18.98	是
2036	2037	-62.915	-62.921	-5.5	1.200	13.15	是
2037	2038	-8.047	-8.188	-141.0	1.553	14.95	否
2038	2039	3.738	3.889	151.0	2.310	18.24	否
2039	2041	-0.293	-0.294	-1.2	3.608	22.79	是
2041	2042	-1.456	-1.459	-3.2	1.570	15.04	是
2042	2043	3.352	3.351	-0.6	2.320	18.28	是
2043	2044	-1.696	-1.693	3.1	2.018	17.05	是
2044	2045	2.529	2.535	5.5	1.473	14.56	是
2045	2046	10.965	10.973	8.4	0.821	10.87	是
2046	2047	-10.148	-10.155	-7.2	2.373	18.49	是
2047	2048	-0.911	-0.904	7.5	1.917	16.61	是
2048	2049	-1.057	-1.087	-30.3	1.239	13.36	否
2049	2050	8.588	8.613	25.3	1.218	13.24	否
2050	2051	-6.350	-6.343	6.6	2.446	18.77	是
2051	2052	8.490	8.493	2.8	1.984	16.90	是
2052	2054	-11.366	-11.355	11.0	4.503	25.46	是
2054	2055	0.502	0.499	-3.3	1.788	16.05	是
2055	2056	1.845	1.842	-2.8	2.964	20.66	是
2056	2057	-0.765	-0.762	2.7	1.354	13.96	是
2057	2058	3.311	3.315	4.4	1.907	16.57	是
2058	2059	-0.063	-0.051	11.7	2.540	19.12	是
2059	2060	3.630	3.617	-13.4	2.137	17.54	是
2060	2061	-2.397	-2.394	2.8	2.157	17.62	是
2061	2062	4.305	4.292	-12.6	1.915	16.61	是
2062	2063	-1.086	-1.088	-1.8	2.298	18.19	是

## 第六章 結論

本中心執行「二、三等水準測量作業規範研擬工作」計畫，自蒐集國內外相關機構之水準測量作業規範開始，依序完成國外規範之翻譯、國內外相關規範之分析、儀器功能規格之分析、二、三等水準測量作業規範草案之研擬、外業儀器之檢驗，以及外業之實作驗證與成果分析，共得到下列結論：

### 6.1 精度

在蒐集資料中有關精度方面，各國政府機關在制定二等水準測量部分主要為 $\pm 5\text{mm}\sim 8\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等水準測量部分主要為 $\pm 10\text{mm}\sim 12\text{mm}\sqrt{K}$ 。在國內水利工程單位之精度需求主要為 $\pm 6\text{mm}\sim 7\text{mm}\sqrt{K}$ ，而一般製圖需求為 $\pm 10\text{mm}\sim 12\text{mm}\sqrt{K}$ 。為配合我國國土測繪法的實施，二等水準精度提升為 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等水準精度提升為 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ 。

### 6.2 系統誤差改正

本次二等水準測量之系統誤差改正，包括視準軸誤差、折射誤差、地球曲率改正、正高改正、水準尺溫度改正，而三等水準測量方面則除折射誤差改正外，其他改正則與二等相同。對於系統誤差之改正，吾人可以透過對系統誤差的瞭解，以及實地測量值來分析其影響量，如果確定其值對成果之影響微乎其微，甚至遠低於觀測之精度，則與其大費周章地處理這類系統誤差，不如忽略其影響，況且，就台灣地區而言，由於範圍並不大，誤差之累積非常有限，因此不需做此類系統誤差之改正。在第五章中已分析此次系統誤差之改正量，可參考附錄中之系統誤差分析，由表列改正值中，明顯的二等水準測量須做視準軸誤差、折射誤差與正高改正（測區標高超過 50 公尺以上），而三

等水準測量，若使用光學水準儀則須加入視準軸誤差，測區標高超過 100 公尺以上，亦需加入正高改正。

另外，在視準軸誤差方面，整體上可經由前後視距離保持概略一致，即可消除大部分，剩餘之改正，在光學水準儀方面，可將距離差帶入公式消除，但是電子水準儀則已在內建之程式中自動加入改正，換句話說，根本不需另外再改正。因此，以後若電子水準儀完全取代光學水準儀，則此項系統誤差改正可取消。

### 6.3 儀器檢驗與校正

水準測量前必須檢驗水準儀，若誤差超過標準則需改正，這是一般從事水準測量者耳熟能詳之事。但二、三等水準儀器是否全部需送至工研院量測技術發展中心檢驗，則有值得探討的必要，因為 92 年 11 月 27 日經濟部標準檢驗局之中華民國實驗室認證體系(CNLA)與中華民國認證委員會(CNAB)已更名為全國認證基金會(TAF)，換言之，只要 TAF 所屬單位之認證即可。

另外，根據二、三等水準測量規範草案，水準儀需檢驗圓盒氣泡校準、視準軸校準、調焦誤差、測站高差觀測中誤差、直立軸誤差、水平設定精度，但是實際上水準儀分為光學與電子水準儀，光學水準儀工研院僅能檢驗視準軸誤差與調焦誤差，而電子水準儀則可檢驗上述六種，因此規範草案須修正。

## 參考文獻

- 1) 內政部, 1999/2001, 一等水準測量作業規範, 內政部衛星測量中心, 台北, 46 頁。
- 2) 曾清涼、楊名、劉啟清、余致義、林宏麟, 2001/2003, 一等一級/二級 水準網督導查核工作總報告書, 成功大學衛星資訊研究中心, 154 頁/229 頁。
- 3) Ceylan, A. and O. Baykal, 2006, Precise height determination using leap-frog trigonometric leveling, Journal of surveying engineering, ASCE, pp.118-223
- 4) Gassner, G.L. and R.E. Ruland, 2007, Investigations of Leveling Equipment for High Precision Measurements, ACSM2007, March 9-12, St Louis, MO
- 5) Gassner, G.L., R.E. Ruland and B. Dix, 2004, Investigations of digital levels at the SLAC vertical comparator, IWAA2004, CERN, Geneva, 4-7 October
- 6) Łyszkowicz, A. and M. Leonczyk, 2005, Accuracy of then last precise leveling campaign in Poland, EUREF symposium in Vienna, June
- 7) Ingensand, H., 2002, Check of Digital Levels, Switzerland, TS5.11, FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA, April 19-26
- 8) NATIONAL GEODETIC SURVEY, 2006, Scope of work geodetic leveling surveys, Version 9a, February 27
- 9) Strange W.E., 1985, Empirical determination of magnetic corrections for NII level instruments, NAVD symposium' 85, Rockville, Maryland, pp.363-374
- 10) Takalo, M. and P. Rouhiainen, 2004, Development of a System Calibration Comparator for Digital Levels in Finland, Nordic Journal of Surveying and Real Estate Research VOL 1
- 11) Takalo, M., P. Rouhiainen, P. Lehmuskoski and V. Saaranen, 2001, On calibration of ZEISS DINI12, Finland, FIG Working Week 2001, May 6-11, Seoul, Korea
- 12) Takalo, M., P. Rouhiainen, P. Lehmuskoski and V. Saaranen, 2002, On the Systematic Behaviour of the Digital Levelling System Zeiss DiNi12, Finland, TS6.6, FIG XXII International Congress, Washington, D.C. USA
- 13) Woschitz H., F.K. Brunner and H. Heister, 2002, Scale Determination of Digital Levelling Systems Using a Vertical Comparator, Germany, TS5.12, FIG XXII International Congress Washington, D.C. USA, April 19-26 2002



## 附錄一：期中專家學者會議意見回覆

高書屏委員：			
項次	綜合審查意見	辦理情形	備註
1.	本案蒐集都是大國的作業規範，大國都是大面積、大範圍，所以有分一、二級，及二、三等作業規範，建議承包廠商可否蒐集歐洲(英國、德國、荷蘭)及斐濟等國家，這些小國家的規範將來是否考慮蒐集。	在收集資料中，日本與我國相近，值得參考。另外亦設法收集英國，但英國 Ordnance survey 回函表示英國於 1974 以後即放棄傳統水準，原有水準網精度要求如一般國際標準，一等 $\pm 2\text{mm}\sqrt{K}$ ，二等 $\pm 5\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等 $\pm 12\text{mm}\sqrt{K}$ 。	
2.	依撰寫規範而言，一等是最嚴格，建議二、三等最後成果出來後，能列出一、二、三等，讓使用者能一目了然及作業方便性。	因合約需分別繳交二、三等水準規範，因此，本項計畫完成後，再擇期綜合整理。	
3.	依實務面而言，點位埋設及施測，台灣係屬於小區域、小面積如按照 2 公里佈設點位，是否會產生點位密度太高，埋設二、三等點是否有其必要，建議點位不要新增加。但建議在原有一、二級規定作業方式，如真要埋設二、三等點是否需要考慮誤差傳播。	就實務面探討，台灣地區一等水準網分佈已相當密，會實施二、三等水準，主要為地區性需求，因此是否埋點？完全依需求單位決定，惟若需埋點則依規範辦理。	
史天元委員：			
1.	一等水準測量作業規範中電子與光學資料儲存標準格式是否正確，考慮一等水準測量規範這部份不適用，建議做適度修正。	遵照辦理。	
2.	本案規範資料蒐集應了解其背景及研究過程，深入討論、比較，對於採行之方法應進行差異性分析。	遵照辦理。	
3.	蒐集之規範應註記版本、發布單位及年限等相關資料，參考文獻格式應改正。	遵照辦理。	
吳究委員：			
1.	一等水準測量規範是較嚴格，至於二、三等水準測量規範是否應簡化。	試驗後將研究修改。	
2.	以電子水準儀與條碼尺進行水準測量作業是未來趨勢，是否應加強文章論述。	規範中採 FGCC(2004)標準，主因在於原 1984 標準無電子水準儀與條碼尺，而 2004 已加入強化。	
3.	二、三等一級與一等二級水準測量作業規範之間有何差異。	已依內政部來函修正。	

劉啟清委員：		
1.	美國加州交通部水準測量標準 $12\text{mm}\sqrt{K}$ ，其 K 單位為哩，調整為以公里為單位時，標準應調整為 $8\text{mm}\sqrt{K}$ 。	遵照辦理。
2.	視準軸校準角誤差有誤，請修正。	遵照辦理。
3.	二等水準測量儀器要求每公里往返測標準偏差在 0.7mm 以內是否太大。	本項標準已依據美軍標準改為 0.4mm。
4.	最大視準軸誤差 $15^\circ$ 太大應改為 $10^\circ$ ，又二等二級之二次觀測高程度最大較差在應沒有 1.20mm 的標準。	視準軸誤差 $15^\circ$ 已改為 $10^\circ$ ，最大較差 1.20mm 已刪除。
5.	草案中作業方法沒提到鐵墊，測量時有無鐵墊對系統誤差影響很大。	草案中：拾貳、觀測中應遵守之事項第四款即提到尺墊之事。
6.	條碼式水準尺至少三次，其讀數標準差 ( $\sigma$ ) 不得大於 0.1mm 請改正。	讀數標準差 0.1mm 是根據 FGCC (1984) 規範，經實際作業驗證後 0.4mm 為合理標準。
7.	草案中二等二級水準測量需量溫度，因為要做溫度改正。	遵照辦理。
8.	二等二級水準測量是否作正高改正應研提書面資料，供與會人員討論。	在民國九十年十二月內政部「一等一級水準網測量督導查核工作」總報告書第四章中提到正高改正在重力異常不大的地區(如平地或地勢不高的區域)，影響並不大；但若是在重力異常較大的地區(如高山地區或地勢較高的區域)，則正高改正值將顯著增加並明顯影響水準測量的成果，尤其是在水準環線閉合差部份，改正值可達 10 公分以上，因此，正高改正不能忽視。
9.	應說明二、三等水準測量適用範圍。	二、三等水準測量規範，已說明精度要求，凡是高程須達此要求者，即可適用此規範。
高拔萃委員：		
1.	於民國 89 年以前的「測量規則」中規定，一等水準測量標準為 $3\text{mm}\sqrt{K}$ ，二等為 $7\text{mm}\sqrt{K}$ ，三等則為 $13\text{mm}\sqrt{K}$ ，提供研擬作業規範參考；目前一等水準測量作業係參照內政部「一等水準測量作業規範」辦理，倘內政部研訂二、三等水準測量作業規範完竣，亦會參照辦理。	參照辦理。

黃光輝委員：		
1.	本機關主要辦理都市計劃地形測量業務，主導線點水準測量作業檢測標準為 $10\text{mm}\sqrt{K}$ ，環線閉合差標準為 $12\text{mm}\sqrt{K}$ ，而之導線點水準測量作業標準為 $17\text{mm}\sqrt{K}$ ，提供研訂規範之參考；希望內政部能儘速研訂二、三等水準測量作業規範，以供各界作業依循。	參照辦理。
陳技正南松：		
1.	建議二等水準測量不用分等級，該規範主要為建設使用，應偏向應用測量所需。	遵照辦理，依實驗結果修正規範。
2.	點位埋設部份，倘其他單位點位夠穩固，應儘量朝共同使用方向規劃，惟應敘述清楚。	遵照辦理。
3.	二、三水準測量係依附於一等水準，故檢測部分應清楚敘述。	遵照辦理。
鄭技正採堂(書面意見)：		
1.	二、三等水準點之實地勘選中之實地勘查，對於新點、舊點均要做點位調查表，對已有點位調查表者(如內政部所佈設之上級水準點)，除非點位已變動或四周環境變遷，否則應無須再製作點位調查表。	遵照辦理。
2.	水準點埋石注意事項，二、三等標石埋設法均刻「內政部」是否妥適？建議修正為實際之「測設機關」。	遵照辦理。
3.	二等水準測量作業規範分為一級與二級，其人員與裝備需分別敘述，至於觀測中應注意事項亦應分別敘述，以避免混淆。	遵照辦理。

## 期末專家學者審查意見回覆

劉副研究員啟清：			
項次	綜合審查意見	辦理情形	備註
1.	儀器檢校項目其它若可以解決,建議只需圓盒氣泡校準。	按照原規範儀器定期檢查項目,視準軸每日校準更改為二等每週校準,三等每月校準。而圓盒氣泡在進行前後視測量時,即可進行檢驗。	
2.	二、三等水準測量作業規範之檢測標準是否太過寬鬆?以二等水準測量檢測標準 $8\text{mm}\sqrt{K}$ 來說,已較往返閉合差標準 $5\text{mm}\sqrt{K}$ 放大,實務上,點位倘已遭受地殼變動等影響,該點是否要再使用,有待商確?	本項檢測標準是參考日本水準測量規範訂定,因日本與台灣之地層條件類似。實務上,台灣西部地區由於地層下陷嚴重,且一等水準無法經常檢測更新,若侷限於原有之閉合條件,可能造成檢測路線較欲施測路線距離還長之困境。	
3.	三等水準測量是否要使用鐵墊,倘要使用就須有檢查說明。	須使用鐵墊,三等規範已修正。	
4.	是否要作系統誤差之溫度改正,二等水準測量建議要作,至於三等水準測量則可能不要,建議可由一等水準測量之觀測資料進行研究。	遵照辦理。已由一等水準測量之觀測資料進行研究,確定不需做溫度誤差改正。	
5.	觀測中應遵守事項是否增加作業過程中遇地震時之處置方式。	二、三規範增列遇地震時地殼明顯變形,測段應重新測量。	
6.	光學水準儀施測二、三等水準測量時,是否使用平行玻璃板請加註說明。	報告書中已加註說明。	
7.	二等水準測量施測時讀數不得大於 270 公分,是否有必要?	有必要,圓水準氣泡與水準尺有密切關係,若水準尺垂直度不一致,尺長越長誤差越大。	
高副教授書屏：			
1.	建議民間廠商資料與本案成大團隊所施作成果資料應做區隔分明,以免造成混淆。	遵照辦理。	
2.	系統誤差改正項目是否可省略問題應全面探討,特別是長距離觀測及高山地區之水準測量方面。	經一等一級水準測量台南至海端成果分析。	
3.	最小約制平差與約制網平差之部分點位高程有較大之差距,請檢討說明?如 D009 之高程較差為 3.15mm,若以 3 倍權單位中誤差為標準,則已超過標準值;而 D017 較差則為 1.3mm。	於報告書中 5.7 節說明二等與三等約制網平差高程較差,若以 t 檢驗此二者差異不顯著。	

吳教授究：			
1.	報告書中對於本案所使用之儀器廠牌一再提及，是否合適？而規範中應不要敘述特定某品牌儀器。	因儀器種類蒐集及外業所使用儀器說明，並無抬舉特定品牌儀器。	
2.	報告與規範（草案）中數字及單位寫法應統一，不要有粗體、斜體、上標字……等。	遵照辦理。	
3.	平差結果之最大標準化改正數有何用處，做何驗證，規範是否列入此項，應說明清楚。	於報告書中 5.7 節說明，規範已列入。	
4.	結論事項應該明確，需改正的項目應確定，而不是提出來再供大家討論。	遵照辦理。	
洪副教授本善：			
1.	二等水準測量作業規範（草案）第 8 與 10 頁之視準軸校準值不同，請修正。	$\leq \pm 5''$ 是儀器檢校要求。 $\leq \pm 10''$ 是定樁法的容許值。	
2.	作業規範中風力大於五級之規定，於外業測量時如何判定？	施測中扶尺員雙手不能穩固水準尺就應停止測量。	
3.	報告中有諸多檢校項目表格，建議列入規範作為標準表格，以供相關單位運用及依循。	遵照辦理。	
市鄉規劃局黃課長光輝：			
1.	建議本案明確訂定儀器檢校項目，以供實際執行測量業務單位遵循應用。	遵照辦理。	
2.	本案作業規範確定，配合國土測繪法實施後，專責執行機關為何，相關成果由何機關驗證。	非本計劃案之權則請貴單位訂定所屬機關。	
陳技正南松：			
1.	有關本案部份內容倘有與內政部所訂之基本測量實施規則及其施行細則相異者，請參酌修正。	遵照辦理。	
劉副局長正倫：			
1.	期末報告請提出二、三等水準測量系統誤差需要做之系統誤差改正項目，不需做改正的部分，請提出分析理由。	報告書中 5.4 節已分析。	
2.	作業規範-參、施測精度，請先敘述檢測精度再敘述施測精度。	遵照辦理。	
3.	報告書中內容部分有”應…”的字句，建議參酌實務作法改為以”建議…”來替代。	遵照辦理。	
4.	儀器檢查表請納入作業規範附錄中。	已改正。	

史教授天元（書面意見）：		
1.	二等水準測量作業規範(草案)第十六頁” （四）光學精密水準儀觀測資料儲存之標準格式”，應為”（四）光學精密水準儀觀測資料儲存之標準格式例”。三等規範亦同。	已改正。
2.	二等水準測量作業規範(草案)要求前後視中絲讀數至 0.01mm，三等亦同。三等是否有此必要？如僅為使用相同格式，建議說明所需最小讀數。	已改正。
3.	三等規範第十四頁，” 2) 後視視距讀數標準差( $L_b L_b L_b L_b .0000$ ): 視距讀數單位為公分，讀數與讀數標準差以”.” 區隔，如” 2955.0000”，表示後視視距為 29.55 公尺，後視讀數之標準差為 00。” 標準差不應為 00，即便舉例，建議更改為較適當之值。	因電子水準儀種類不同，讀數標準差有的儀器不顯示，為了標準格式一、二、三等都能一致化，沒有的數字以 0 替代。
4.	報告書摘要：” 二等精度為 $\pm 5\text{mm}$ ，三等精度為 $\pm 8\text{mm}$ 。” 建議” 二等精度為 $\pm 5\text{mm}\sqrt{k}$ ，三等精度為 $\pm 8\text{mm}\sqrt{k}$ 。”	已改正。
5.	報告書中，有 LEICA 與 Leica 並用，TRIMBLE 與 Trimble 同存之現象，建議統一。個人建議使用 Leica, Trimble, Topcon, Zeiss。	已改正。
6.	本研究成果包含資料轉換與系統改正軟體，立意至善，建議同時提供研究所使用之各種儀器輸出格式設定，以求未來作業之一致化。並建議委辦單位考量提供平差程式與整體一系列之所需軟體工具，以供測量界使用。並參考國外制度，建立經審核接受民間及學術單位非經國家委辦業務繳交之測量成果辦法。	本研究期末報告內附錄四已將使用之儀器輸出格式詳細說明。
鄭技正彩堂（書面意見）：		
1.	二、三等水準點之選點作業，先「實地勘選」再「實地勘選原則」的敘述方式，建議參考一等水準點選點作業方式修正。	遵照辦理。
2.	三等水準點之選點實地勘查，假如點位附近 200 公尺以內有合適的點位，建議文字修正為以點位共用不設置新點為原則。	遵照辦理。
3.	附表二、土地使用同意書建議改為橫式格式。	參考一等作業規範，二、三等都統一為直式格式。
4.	規範草案之埋石注意事項，埋設機關應以通稱為之，不宜僅以「內政部」名稱為之。	已改正為測設單位。
高程控制課：		
1.	報告中未列入本局提供其他單位之水準觀測資料及其相關分析成果。	已改正。

2.	報告中所提「標尺」請統一改為「水準尺」，統一與一等水準測量作業規範相同。	已改正。	
3.	報告中第 3.4 節水準儀器檢校標準於目錄內沒有標示。	已改正。	
4.	報告中表 3-18 及表 3-19 之標題"標尺水準器"與內容"水準尺圓盒水準氣泡"不同，請修改。	已改正。	
5.	建議報告第三章增加第 3.5 節來敘述本案二、三等水準測量所研訂施測精度, 施測可容許之限制等重要事項。	已增加，報告書 4.1 節說明。	
6.	報告第 30 頁三-2 及 3 係為人工讀數之作法，建議修改為電子水準儀之作法；另三-3 並沒有圖 4-3。	已改正。	
7.	二、三等水準測量實地測量作業，其第 15 環線均為採用另一電子水準儀施測，請與第 9 環線作比較及分析。	於報告書中 5.8 節說明。	
8.	二、三等水準測量均有檢測上級水準點之標準，本案外業測量實作係以網形連結一等水準點，如何分析檢測水準點之標準？	根據水準網的施測成果，摘錄出已知水準點之間的實測高程差，並與已知水準點高程值的差值做比較分析，已知水準點檢核的標準仍按二等水準測量的檢核規範值 $\pm 8\text{mm}\sqrt{K}$ 為檢核依據。	
9.	二等水準測量作業規範之觀測程序為每一測站以 b-f-f-b 讀數，惟查實際外業測量之數據為奇數站 b-f-f-b 讀數及偶數站 f-b-b-f 讀數，請說明？	為了驗證鐵墊有無滑動，經測量結果證明並無太大差別，所以觀測程序維持每一測站以 b-f-f-b 讀數。	
10.	報告中未對水準觀測資料標準格式加以探討，建議加入。	觀測資料標準格式主要是為因應不同水準儀之不同原始觀測數據格式以方便輸入後續改正與平差計算程式而設計，與一等水準規範之內容相似，於報告書中 5.3 節說明。	





附錄二：英國 Ordnance Survey 水準測量精度標準  
(電子郵件回覆函)

Dear Dr Hsu,

Thank you for your reply.

I have asked our Geodetic Expert for further help with this and this is his reply:

I have looked again into you request for levelling specifications used by Ordnance Survey which can be summarised as follows:

Ordnance Survey abandoned cyclic revision of the vertical control network in 1974, and prior to that the last geodetic levelling campaign was the Third Geodetic Levelling of England and Wales which was carried out between 1952-1956.

Both the Second (1912-1921) and Third geodetic levelling campaigns were carried out in accordance with the prevailing International practice for Levelling of High Precision. I believe these standards were as published by the International Association of Geodesy (see <http://www.iag-aig.org/index.php>).

The published accuracies of our vertical control network (valid at the time of survey) are:

Fundamental	(considered) error free
Geodetic (1st order)	+/- 2.0mm x sq root of distance levelled in km
Secondary (2nd order)	+/- 5.0mm x sq root of distance levelled in km
Tertiary (3rd order)	+/- 12.0mm x sq root of distance levelled in km

However, analysis of our Second and Third geodetic levelling produced accuracies of:

Second Geodetic Levelling +/- 1.8mm x sq root of distance levelled in km

Third Geodetic Levelling +/- 1.2mm x sq root of distance levelled in km

I do not see the advantage of scanning large portions of old documents which may have little relevance to modern techniques and equipment. When Ordnance Survey carried out these tasks we followed the standards and specifications as set out by the IAG, therefore my suggestion would be to contact the IAG.

I hope this helps and Good Luck.

Regards

**Mrs Janet Keep**

**Senior Service Advisor**

**Customer Service Centre, Ordnance Survey**

C454, Romsey Road, SOUTHAMPTON, United Kingdom, SO16 4GU  
Phone: +44 (0) 23 8030 5030 | Fax: +44 (0) 23 8079 2615  
<http://www.ordnancesurvey.co.uk/> | [customerservices@ordnancesurvey.co.uk](mailto:customerservices@ordnancesurvey.co.uk)



工業技術研究院  
量測技術發展中心

# 測 試 報 告

報告日期：98 年 08 月 14 日

報告編號：D960940

測試名稱：電子數位水準儀

廠牌型號：Leica

/NA3003

序 號：93493

委託單位：財團法人成大研究發展基金會



蔡爰玲  
量測技術發展中心主任

上述測試結果即本中心測試，結果如內文。

本報告含封面裡及 3 頁內文，一併備用單號。

# 量測技術發展中心

新竹市光復路二段 321 號

報告編號：D060940

測試名稱：電子數位水準儀

環境溫度： $(20 \pm 1)^\circ\text{C}$

廠牌型號：Leica/NA3003

相對濕度： $(30 \pm 10)\%$

序 號：93493

## 測試結果與說明

### I. 測試結果

項目	結果
1.圓蓋氣泡	偏移量符合
2.望遠鏡視準軸	(1) 視準儀法:光學視準軸偏差 $\pm 3.0''$ (2) 木標法:視準軸偏差 $C = 3.1''$
3.測角偏差	$\Delta_1 = 0.0 \text{ mm}$
4.測站高度觀測中偏差	$S_1 = 0.05 \text{ mm}$
5.直立軸偏差	$\Delta_2 = -0.32''$
6.水平視度精確	$S_2 = 0.21''$

### II. 測試說明

#### 1. 測試日期

本測試作業係於民國 96 年 8 月 13 日開始執行。

#### 2. 測試方法

2.1 本報告所列的測試項目及測試方法<sup>1</sup>，經委託及受託單位雙方同意，進行測試工作。

2.2 在正交座標量測系統(OCMS)測試座上設置本儀器，檢視圓氣泡是否居中，如不符則調整基中後，再進行後續的測試作業。

2.3 在正交座標量測系統(OCMS)測試座上設置本儀器，並調整望遠鏡視準軸與視準線垂直軸準儀(Straightness of Line of Sight Collimator)平行。調整望遠鏡視準軸垂直度軸準儀內垂直度距離目標，依據光學視準軸誤差量 $\pm 3.0''$ ，正號表示視準軸向上<sup>2</sup>。

# 量測技術發展中心

新竹市光復路二段 321 號

報告編號：D960940

- 2.4 在室內面牆止而端約 30m 處，設置 A、B 兩支撐碼尺，將儀器整置於 A、B 兩碼尺中點 C，選擇兩尺讀數分別為  $b_1 - f_1$ ；再將儀器整置於距離 B 尺約 5m D 位置，觀測兩尺讀數分別為  $b_2 - f_2$ ，重複觀測三次，取  $b_1 - f_1$ 、 $b_2 - f_2$  的平均值<sup>2</sup>，代入計算視準軸傾歪  $\alpha = [(b_2 - f_2) - (b_1 - f_1)] / (d - 2d_1) \times 206265'' = 3.1''$ ，數據詳附錄一，平面位置示意圖詳附錄二。
- 2.5 調整垂直儀將望遠鏡水平視準線高度標準值 0.25 自標值，再調整標準 100 自目標，估計望遠鏡視軸傾歪誤差之垂直位移量絕對值  $\Delta_1 = 0.0 \text{ mm}$ 。
- 2.6 於 A、B 兩儀碼尺連線中點 C 整置本儀器，將高低調平螺紋平行 AB，進行第一組高差觀測，每組 10 測回(每測回微調整儀器高)，依序順鐘向旋轉本儀器  $180^\circ - 60^\circ - 180^\circ - 60^\circ - 180^\circ$ ，重新定平，進行連續五組高差觀測，計算該組觀測中誤差  $S_1 = (\sum |v_i| / 54)^{1/2}$ ，式中  $v_i$  表示每組觀測高差平均值與四組觀測量之差，再垂直軸傾歪  $\Delta_2 = (b_1 - b_2) / 2 \times 206265'' = (d - 2)$ ，式中  $b_1$  表示奇數組觀測高差平均值， $b_2$  表示偶數組觀測高差平均值。
- 2.7 在距離儀器北約 20m 的位置 E，整置一支撐碼尺，將高低調平螺紋垂直儀器與測尺連線，進行第一組觀測讀數，每組 10 次(每次旋轉動另一支調平螺絲重新定平)，再依序順鐘向旋轉本儀器  $120^\circ - 120^\circ$ ，重新定平，進行後續二組讀數觀測，計算水平設定精度  $S_2 = [(E |v_i| / 27)^2 + d_1] \times 206265''$ ，式中  $v_i$  表示每組觀測讀數平均值與各次觀測讀數之差， $d_1$  為儀器與碼尺間距離。
- 2.8 當儀器按水準測量作業時，儘量使視視距離等於前視距離，可消除視準軸傾歪<sup>3</sup>。

## III. 參考資料

1. 內政部一等水準測量作業規範，內政部編印，民國 90 年 2 月。
2. 經緯儀校正程序，07-3-85-0085，網址：土研院量測技術發展中心，民國 95 年。
3. Triebitz DIN1 12.121.22 about Form User Guide.
4. Deumlich, F., *Surveying Instruments*, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1982.

# 量測技術發展中心

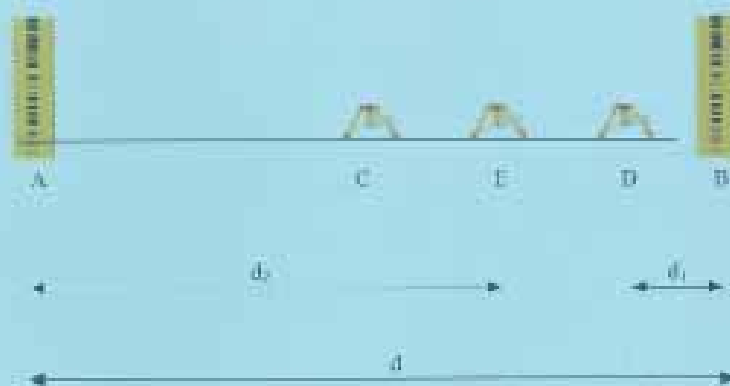
新竹市光復路二段 321 號

報告編號：DS060940

## IV. 附錄一

	$h_i$ (m)	$f_i$ (m)	$b_i$ (m)	$\bar{f}$ (m)
1	0.8756	0.8614	0.8832	0.8687
2	0.8756	0.8615	0.8831	0.8688
3	0.8757	0.8614	0.8832	0.8686
平均值	0.8756	0.8614	0.8832	0.8687

## 附錄二



量測技術發展中心



工業技術研究院  
量測技術發展中心

# 測 試 報 告

報告日期：95 年 08 月 14 日

報告編號：D960942

測試名稱：電子數位水準儀

廠牌型號：TOPCON

/DL-102C

序 號：UH0847

委託單位：財團法人成大研究發展基金會



賴長瑞  
量測技術發展中心主任

上項測試物品經本中心測試，結果如內文。

本報告含封面/裡及 3 頁內文，分離使用無效。

## 測試報告使用說明

1. 量測技術發展中心執行測試所產生之測試結果詳列於本報告內。  
報告之測試結果僅對報告內提及之送測件有效。
2. 報告所列的測試項目及測試方法，經委託及受託單位雙方同意後，  
進行測試工作。
3. 除特別聲明外，報告內數值係本中心環境下執行測試所得之結果。
4. 報告之結果業經本中心之相關研究室主任審核確認。
5. 報告未得到本中心書面同意，不得任意摘錄複製使用，但全文複製  
除外。

  
研究室室主任

量測技術發展中心

300 新竹市光復路 2 段 321 號

E00-P-01-13

32



# 量測技術發展中心

新竹市光復路二段 321 號

報告編號：D960943

測試名稱：電子數位水平儀

環境溫度：(20 ± 1) °C

儀器型號：TOPCON DL-102C

相對濕度：(50 ± 10) %

序 號：UH0547

## 測試結果與說明

### I. 測試結果

項目	結果
1. 圓度公差	無測量符合
2. 望遠鏡視準軸	(1) 視準儀法: 光學視準軸誤差 $\alpha = 7.3''$ (2) 木德法: 視準軸誤差 $C = 8.2''$
3. 測尺偏差	$\Delta_1 = 0.1 \text{ mm}$
4. 測站高度觀測中偏差	$S_1 = 0.07 \text{ mm}$
5. 直立軸誤差	$\Delta_2 = 0.17''$
6. 水平度文精度	$S_2 = 0.21''$

### II. 測試說明

#### 1. 測試日期

本測試作業係於民國 96 年 8 月 10 日期間執行。

#### 2. 測試方法

- 2.1 本報告所列的測試項目及測試方法<sup>1</sup>，經委託及受託單位雙方同意，進行測試工作。
- 2.2 在正交座標量測系統 (OCMS) 測試座上整置各儀器，檢視圓度池是否居中，如不符則調整居中後，再進行後續的測試作業。
- 2.3 在正交座標量測系統 (OCMS) 測試座上整置本儀器，並調整望遠鏡視準軸與視準線垂直及偏準儀 (Straightness of Line of Sight Collimator) 垂直，將望遠鏡視準軸垂直度及偏準儀內最遠距離目標，佔據光學視準軸誤差管  $\alpha = 7.3''$ ，正號表示視準軸向上<sup>2</sup>。

# 量測技術發展中心

新竹市元復路二段 321 號

報告編號：D960942

- 2.4 在室內距離正高標約 30 m，設置 A、B 兩支條碼尺，將儀器整置於 A、B 兩條碼尺中點 C，讀得兩尺讀數分別為  $b_1$ 、 $b_2$ ；再將儀器整置於距離正高標的 5 m-D 位置，觀測兩尺讀數分別為  $b_3$ 、 $b_4$ ，重複觀測二次，取  $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$  的平均值<sup>3</sup>，代入計算視準軸傾差  $C = [(b_2 - b_1) + (b_4 - b_3)] + (d - 2d) = 206265'' - 8.3''$ ，數據詳附錄一，平面位置示意圖詳附錄二。
- 2.5 調整測定參數將望遠鏡水平視序線置於半儀內 25 日目標後，再調整距離 100 日目標，估計望遠鏡視準軸傾差之垂直位移量絕對值  $\Delta_1 = 0.1 \text{ mm}$ 。
- 2.6 於 A、B 兩條碼尺連線中點 C 整置本儀器，將兩組調平螺旋子作 A/B，進行第一組高差觀測，每組 10 測回(零測回觀測儀器高)；依序順鐘向旋轉本儀器  $180^\circ - 60^\circ - 180^\circ - 60^\circ - 180^\circ$ ，重新定平，進行後續五組高差觀測，計算測站觀測中誤差  $S_1 = (\sum |v_i| / 54)^{1/2}$ ，式中  $v_i$  表示每組觀測高差平均值與測站觀測量之差，若垂直軸傾差  $\Delta_2 = [(b_1 - b_2) / 2] + 206265'' - (d + 2)$ ，式中  $b_1$  表示奇數組觀測高差平均值， $b_2$  表示偶數組觀測高差平均值。
- 2.7 在距離儀器約 20 m 的位置上，整置一支條碼尺，將 (B) 兩個調平螺旋子置儀器再扣網尺連線，進行第一組觀測讀數，每組 10 次(每次旋轉到另一組調平螺旋重新定平)；再依序順鐘向旋轉本儀器  $120^\circ - 120^\circ$ ，重新定平，進行連續二組讀數觀測，計算水平設定精度  $S_2 = [(\sum |v_{ij}| / 27)^2 + d^2]^{1/2} = 206265''$ ，式中  $v_{ij}$  表示每組觀測讀數平均值與各次觀測讀數之差，為儀器與條碼尺間距離。
- 2.8 實施垂直水平測量作業時，儘量使望遠鏡離星野前視距離，可消除視準軸傾差<sup>4</sup>。

## 三、參考資料

1. 內政部一等水準測量作業規範，內政部編印，民國 90 年 2 月。
2. 望遠鏡校正程序，07-3-R5-0085，內政，工研院量測技術發展中心，民國 95 年。
3. Trimble DINI 12.12T.22 Short Form User Guide
4. Deschamps, F., *Surveying Instruments*, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1982.

# 量測技術發展中心

新竹市元復路二段 321 號

報告編號：19960942

## IV.附錄一

	$b_i(m)$	$f_i(m)$	$v_i(m)$	$\hat{f}_i(m)$
1	0.8825	0.8697	0.8931	0.8796
2	0.8825	0.8696	0.8932	0.8796
3	0.8826	0.8697	0.8932	0.8797
平均值	0.8825	0.8697	0.8932	0.8796

## 附錄二

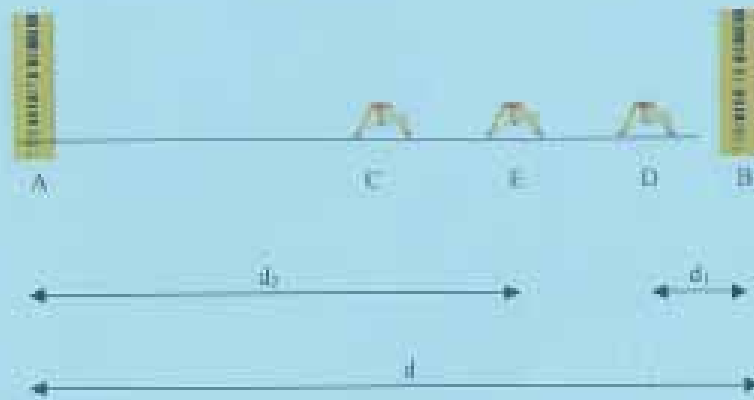


圖 3.2-4.5.2



工業技術研究院  
量測技術發展中心

# 測 試 報 告

報告日期：05年08月14日

報告編號：D980921

測試名稱：電子數位水準儀

廠牌型號：Trimble

/ DIN 12

序 號：701728 A

委託單位：財團法人成大研究發展基金會



賴長瑞

量測技術發展中心主任

· 上項測試物品經本中心測試，結果如內文 ·

· 本報告含封面/裡及 3 頁內文，均係使用熱敏 ·

## 測試報告使用說明

1. 量測技術發展中心執行測試所產生之測試結果詳列於本報告內。  
報告之測試結果僅對報告內提及之送測件有效。
2. 報告所列的測試項目及測試方法，經委託及受託單位雙方同意後，  
進行測試工作。
3. 除特別聲明外，報告內數值係本中心環境下執行測試所得之結果。
4. 報告之結果業經本中心之相關研究室主任審核確認。
5. 報告未得到本中心書面同意，不得任意摘錄複製使用，但全文複製  
除外。

  
研究室主任

量測技術發展中心

300 新竹市光復路 2 段 321 號

EQ-P-01-13

30

# 量測技術發展中心

新竹市光復路二段 321 號

報告編號：D960921

測試名稱：電子數位水平儀

環境溫度：(20±3)℃

機牌型號：Trimble/DGN-12

相對溼度：(50±10)%

序 號：701726 A

## 測試結果與說明

### I. 測試結果

項目	結果
1. 儀器失准	儀器量符合
2. 望遠鏡視準軸	(1) 視準儀法: 光學視準軸誤差 $\pm 0.5''$ (2) 木橋法: 視準軸誤差 $C = 0.6''$
3. 測角誤差	$\Delta_0 = 0.0 \text{ mm}$
4. 測站高差觀測中誤差	$S_1 = 0.09 \text{ mm}$
5. 直立軸誤差	$\Delta_1 = 0.04''$
6. 水平設定精度	$S_2 = 0.11''$

### II. 測試說明

#### 1. 測試日期

本測試作業係於民國 96 年 8 月 10 日期間執行。

#### 2. 測試方法

2.1 本報告所列的測試項目及測試方法<sup>1</sup>，經委託及受託單位雙方同意，進行測試工作。

2.2 在正交座標量測系統(OCMS)測試座上調整水儀器，檢視圓氣泡是否居中，如不符時調整至中後，再進行後續的測試作業。

2.3 在正交座標量測系統(OCMS)測試座上調整水儀器，並調整望遠鏡視準軸與視準線直度瞄準儀(Straightness of Line of Sight Collimator)準高，視望遠鏡視準線直度瞄準儀內無異物遮擋條件，估讀光學視準軸誤差量 $\pm 0.5''$ ，正號表示視準軸向上<sup>2</sup>。

# 量測技術發展中心

新竹市光復路二段321號

報告編號：T9609021

- 2.4 在室內距離±高度約 20m，設置 A、B 兩架 ZEISS 鋼網尺，將儀器安置於 A、B 兩鋼網尺中點 C，讀得兩尺讀數分別為  $b_1$ 、 $b_2$ ；再將儀器安置於距離 B 尺末約 5m D 位置，觀測兩尺讀數分別為  $b_3$ 、 $b_4$ ，重覆觀測三次，取  $b_1$ 、 $b_2$ 、 $b_3$ 、 $b_4$  的平均值<sup>4</sup>，代入計算視準軸傾差  $C = [(b_3 - b_4) - (b_1 - b_2)] / (2d - 2d_1) \times 206265'' = 0.6''$ ，數據詳附錄一，平面位置示意圖詳附錄二。
- 2.5 調查換正像指窗望遠鏡限準鏡準線直及斷準儀內 25 日目標後，再調焦照準 100 日目標，估計望遠鏡視網膜網差之垂直距離絕對值  $\Delta_1 = 0.0 \text{ mm}$ 。
- 2.6 於 A、B 兩鋼網尺連線中點 C 安置本儀器，將兩個調平螺旋平行 AB，進行第一組高差觀測，每組 10 測回(每測回旋轉儀器高)；依序順鐘向旋轉本儀器  $180^\circ - 60^\circ - 180^\circ - 60^\circ - 180^\circ$ ，重新定平，進行後續五組高差觀測，計算測站觀測中誤差  $S_1 = (\sum |v_i|) / 54^{1/2}$ ，式中  $v_i$  表示每組觀測高差平均值與測回觀測量之差，另垂直軸傾差  $\Delta_2 = [(b_1 - b_2) / 2] \times 206265'' = (d_1 - 2)$ ，式中  $b_1$  表示奇數組觀測高差平均值， $b_2$  表示偶數組觀測高差平均值。
- 2.7 在距軸儀器末約 20m 的位置 E，設置一架 ZEISS 鋼網尺，將 1 個 1 兩個調平螺旋垂直儀器鋼網尺連線，進行第一組觀測讀數，每組 10 次(每次旋轉本儀器 1 個調平螺旋重新定平)；再次序順鐘向旋轉本儀器  $120^\circ - 120^\circ$ ，重新定平，進行後續二組讀數觀測，計算水平旋定精度  $S_2 = [(\sum |v_w|) / (27)^{1/2} + \Delta_2] \times 206265''$ ，式中  $v_w$  表示每組觀測讀數平均值與各次觀測讀數之差，由儀器與鋼網尺間距離。
- 2.8 實施直接水準測量作業時，儘量使後視距離等於前視距離，可消除視準軸傾差<sup>4</sup>。

### III. 參考資料

1. 內政部一等水準測量作業規範，內政部編印，民國 90 年 2 月。
2. 經緯儀校正程序，07-3-85-0085，出版，工研院量測技術發展中心，民國 95 年。
3. Trimble DTM 12.12.22 about Form User Guide.
4. Deimlich, F., *Surveying Instruments*, Walter de Gruyter, Berlin, New York, 1982.

# 量測技術發展中心

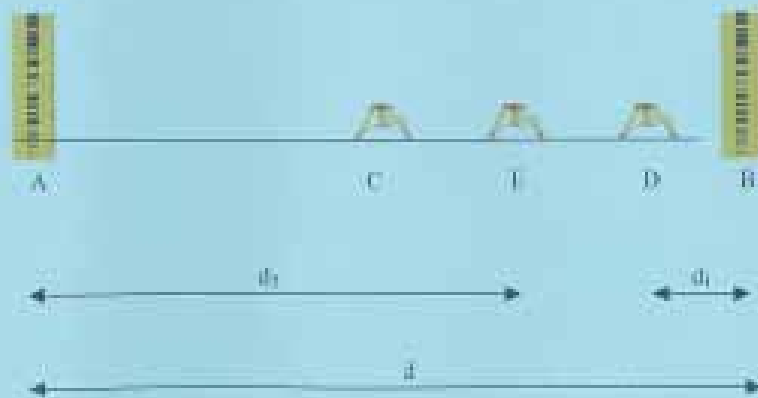
新竹市光復路二段321號

報告編號：D960921

## IV. 附錄一

	$b_1(m)$	$f_1(m)$	$b_2(m)$	$f_2(m)$
1	0.89260	0.87971	0.88115	0.86818
2	0.89261	0.87970	0.88114	0.86818
3	0.89261	0.87969	0.88113	0.86818
平均值	0.89261	0.87970	0.88115	0.86818

## 附錄二



量測技術發展中心





工業技術研究院  
量測技術發展中心

# 測 試 報 告

報告日期：96年08月10日

報告編號：D980922

測試名稱：自動水準儀  
 儀器型號：ZEISS (NI2)  
 序 號：108185  
 委託單位：財團法人成大研究發展基金會



*蔡家龍*  
 量測技術發展中心主任

上增測試物是經本中心測試，結果如內文。  
 本報告含封面/複表 2 頁內文，分離使用無效。

## 測試報告使用說明

1. 量測技術發展中心執行測試所產生之測試結果詳列於本報告內。  
報告之測試結果僅對報告內提及之送測件有效。
2. 報告所列的測試項目及測試方法，經委託及受託單位雙方同意後，  
進行測試工作。
3. 除特別聲明外，報告內數值係本中心環境下執行測試所得之結果。
4. 報告之結果業經本中心之相關研究室室主任審核確認。
5. 報告未得到本中心書面同意，不得任意摘錄複製使用，但全文複製  
除外。

  
研究室室主任

量測技術發展中心

300 新竹市光復路 2 段 321 號

E00-P-01-13

102

# 量測技術發展中心

300 新竹市光復路二段 321 號

報告編號：D96/022

測試名稱：自動水準儀  
廠牌型號：ZEISS/No.2  
序 號：188185

環境溫度：(20±1)℃  
相對濕度：(50±10)%

## 測試結果與說明

### I. 測試結果

項目	結果	技術要求建議值
1.望遠鏡視準軸	視準軸傾角誤差量 $\pm 4.4''$	$ \pm  \leq 12''$
2.測距偏差	$\Delta = 0.1 \text{ mm}$	$\Delta \leq 1 \text{ mm}$

### II. 測試說明

#### 1. 測試日期

本測試作業係於民國 96 年 8 月 3 日執行。

#### 2. 測試方法

- 2.1 本報告所列之測試項目及測試方法，經委託及受試單位雙方同意，進行測試工作。
- 2.2 整平水準儀在正交座標量測系統(OCMS)測試座上，檢視圓氣泡是否居中，如不符則調整調平螺絲使圓氣泡居中後，再進行後續的測試作業。
- 2.3 整平水準儀在正交座標量測系統(OCMS)測試座上，主調整望遠鏡視準軸與視準線垂直度驗準儀平高，將望遠鏡視準軸與視準線垂直度驗準儀(Sightiness of Line of Sight Collimator)內氣窗透射線視標，估讀轉角誤差量 $\pm 4.4''$ ，正號表示視準軸向上<sup>1</sup>，符合技術要求建議值。
- 2.4 測距偏差係指將望遠鏡視準軸與視準線垂直度驗準儀內 25 自視標變，再調整距離 100 目視標，估計望遠鏡視準軸與視準線的垂直度誤量絕對值 $\Delta = 0.1 \text{ mm}$ ，符合技術要求建議值。
- 2.5 檢量自動補償器功能時，可視準 30 m 目標(圓氣泡已大致水平)，若正當則應有下列現象：
  - 視準仰角，目標影像移動，但最後仍回復位置。
  - 微動調子螺絲，目標影像顫動，但最後仍回復位置。

第十頁，共二十頁

## 量測技術發展中心

300 新竹市光復路二段 321 號

報告編號：D960922

2.6 實地直接水準測量作業時，當量儀器視距離等於前視距離，可消除視準軸傾差 $\delta i$ 。

2.7 技術要求建議性係依中國國家標準 CNS 水平儀 2 條許可並訂定<sup>1)</sup>。

### III. 參考資料

1. 地籍儀校正程序，07-3-85-0085，四版，工研院量測技術發展中心，民國 95 年。
2. Fritz Deimlich, "Surveying Instruments", Berlin Walter de Gruyter, 197 - 204, 1982.
3. 水平儀，編號 7199 類號 B6029，中國國家標準 CNS，經濟部中央標準局，民國 70 年。