

改良網格測距法以還原事故現場之研究

Improving Perspective Grid Method for Accident Scene Reconstruction

程玉傑 Yu-Jie Cheng¹

李宏振 Hung-Chen Li²

摘 要

交通事故現場相片最能完整記錄現場資訊，但因缺乏像點或物件間之幾何關係，所以處理員警必須針對現場跡證逐一量測以繪製現場圖，此為現場處理較為費時之作業項目，而在實務上，現場圖的錯漏亦為事故處理最常見的缺失項目。因此，本研究利用近景攝影測量(Close-range Photogrammetry)方法以獲得相片資訊，在兼顧警察單位現有設備、現場處理作業與精度需求等條件下，以改良透視網格法(Perspective Grid Method)為基礎，進行事故現場之還原，並利用數值影像，配合使用簡易繪圖工具，量測物體之相片座標，以試算表所開發之計算模組，計算物體之空間相對座標，獲得還原結果。在事故現場攝影與還原作業時，對可能造成誤差項目，如鏡頭種類、攝影角度、高度、地面高程、像點定位等，本文均逐一進行測試分析，依誤差項目特性調整修正測距公式，分析誤差因子對測距的影響程度，以增加測距公式的穩定度並降低測距誤差。最後再以實際的事故現場進行實證測試，均獲致良好之還原結果。由於本法不需要特殊儀器裝備且在執行上亦不需大幅調整現行事故處理程序，若員警在現場量測時，如有疏忽或遺漏，可藉由本法進行校核或補正。

關鍵詞：交通事故處理、事故現場圖、近景攝影測量、透視網格法

¹ 中央警察大學交通管理研究所副教授

² 內政部警政署交通組專員

Abstract

Photos taken at the traffic accident scene preserve the situation of the scene and information of the accident better than any other types of records. However, due to its lacking of the geometric information among objects on the photo, police officers still need to measure the geometric data of every evidence at the scene to make an after-accident situation map. This takes not only more police hours, but also causes more human errors. This study is trying to apply the close-range photogrammetry techniques to grab the geometric information on a picture to improve the proficiency and accuracy of reconstructing an accident scene. Based on the perspective grid method, it can be done by simply using an image processing software and digital images of the scene. A sensitivity study of the type of lens of the camera, the height and angle of camera while shooting, the difference of elevation of the surface, and the possible human errors of locating an object on a digital image was conducted and presented in this article. The result shows that an accident scene can be measured by using this modified perspective grid method and achieve the required precision without any extra special equipment or altering any regular procedures to the police work.

Key words : *Traffic Accident Investigation, After-Accident Situation Map, Close-range Photogrammetry, Perspective Grid Method*

壹、前言

道路上一旦發生交通事故，處理員警必須正確完整記錄各項事故資料，依「道路交通事故處理辦法」第十三條第二項規定，現場勘查蒐證記錄，應有當事人及證人筆錄、現場攝影(照相)、現場圖及道路交通事故調查報告表等資料；筆錄記載當事人或證人主觀之陳述，以說明事故發生之經過；現場攝影則可確保跡證之狀態及原貌，至於現場人、車、路及相關跡證之大小、距離、長度、寬度及相關位置等資料，則必須逐一量測並繪製成現場圖，在測繪的過程中如有錯誤或闕漏，將影響現場圖之精確度甚至無法重建事故現場。

交通事故現場通常都非常凌亂，有道路環境、車輛、地面痕跡、碎片、油水、落土或血漬等各項跡證。在實務上，處理人員不可能對所有的跡證進行測繪，只能依經驗初判肇事原因以決定跡證的重要性。然而，事故發生的原因很多，有些跡證在現場也許看似不重要，但在肇因鑑定或現場重建時，

卻為關鍵因素。因此，現場照片(可能包含許多現場未予正式紀錄的重要資訊)便成為記錄事故現場的重要方式之一。因此若能結合攝影與測量的技術，來取得相片內各物件真正的空間尺寸及位置，將可彌補處理人員在量測上的疏漏，更可將現場攝影與測繪的工作合而為一，保持資料之正確性與完整性，以改善目前事故處理所面臨的困境與瓶頸。

近景攝影測量是利用攝影方式，經由量測方法獲得相片內相關資訊的技術，該技術與理論早於二十世紀初就已開始發展，其運用之範圍相當廣泛，舉凡汽車車體檢定、醫學研究、古蹟維護、工業量測等均是其適用範圍，近年來逐漸被應用於交通事故現場之測量與還原。

近景攝影測量具有「不需直接接觸受測物體」、「相片資料可長久保存」、「資料獲得快速」等優點，由於電腦科技快速發展，使得攝影測量技術逐漸成熟，傳統近景攝影測量多以解析相機拍攝後，再使用解析量測儀(Analytical stereo-plotter)量測像面座標，近年來則逐漸利用一般相機攝影，以個人電腦之數值影像操作，替代在底片或相片上測量座標，且所需設備成本較低、作業效率更高。現階段以近景攝影相片測距的方法，主要有解析法及圖解法二類：

一、解析法

解析法乃運用數學分析方法，將相片座標轉換為空間相對座標或計算空間距離，主要方法與運用實例摘要如下：

- (一)面對面透視投影轉換法(Plane-to-plane Transformation Method)
- (二)相機反射法(Camera Reverse-Projection Method)
- (三)空中垂直攝影法
- (四)分析性相機反射法(Analytical Camera Reverse-projection Method)
- (五)王瑩瑋等人八十一年提出「影像處理應用於肇事現場帶狀區內資料的重現」
- (六)黃逸萍等人八十五年提出「以單張照片應用影像套疊法還原帶狀區域資料」

二、圖解法

圖解法主要利用映射幾何之特性，在相片上還原空間物體之實際尺寸及

位置，在交通事故現場還原上應用最廣者為透視網格法(Perspective Grid Method)，Baker 於 1985 年首先將網格法應用於還原肇事現場之測量上，其作法是在事故現場擺設一固定尺寸之方形參考板，攝影時將該參考板一併攝入，其邊緣延伸之平行線在影像平面上可決定消失點，進而推導出平面網格，據此推算影像物體之實際位置及尺寸。網格法操作容易，不需特殊裝備或儀器，最適合應用在事故現場的還原，但由於人工還原過程繁複費時，時間成本高且還原品質難以有效控制，故在實務上迄今仍未能被廣泛的運用。然而由於時空的移轉、科技的進步，當年網格法應用上的瓶頸和困難，已因為電腦科進步而獲解決，本文即擬利用電腦高速運算及影像處理能力，改善網格測距法之缺失，並探討其誤差因子之影響程度，最後運用於實際事故現場之還原，以驗證其操作特性與還原能力。

貳、改良網格測距方法

透視網格法應用於肇事現場還原之測量，係由事故現場標線、槽化設施等固定物或擺設已知尺寸之方形參考板，其邊緣延伸之平行線在影像平面上決定消失點，進而推導出平面網格，由於每一網格之長、寬及面積在相片上均不相同，但在實際空間中是相同的，由影像物體所在之格數推算實際位置及尺寸。依網格法原理所建立之網格均屬同一平面，所以傳統運用在事故現場還原時，多以較平坦之路面資料(如煞車痕)為主。本節探討傳統網格法之操作特性，並依網格原理改善其缺失，使網格法在操作上更為簡便、精準。

2.1 傳統透視網格法操作特性分析

一、傳統網格法操作程序

- (一)於肇事現場地面擺設一已知尺寸之方形網板。
- (二)使用一般相機拍攝，拍攝時視軸線與網板中心線平行，亦即網板底部邊緣與相機視窗下緣邊緣平行。
- (三)取得相片後，將描圖紙覆於照片上，由網格邊緣開始描繪消失點 α 、 β 、 γ (如圖 1)，在圖 1 中，AC 與 BD 直線交點決定消失點 α ，E、F 二點在網板底部延伸線上，且 $EC = CD = DF$ ，由 AD 與 BF 直線交點

決定消失點 β ，AE 與 BC 直線交點決定消失點 γ 。

(四)檢核消失點是否在同一直線上，否則須重新描繪消失點。

(五)依所建立之消失點構建透視網格，以上步驟如圖 1 所示。再將相片中所需要的資訊還原至方格紙上。

(六)由目標點(物)所在之網格數及已知網板的尺寸比例，推算空間長度或距離，如圖 2。

二、條件限制

(一)網格法僅適用於平面，所以事故現場必須在一平面上，但不一定為水平，如在一平面之斜坡亦可。

(二)拍攝時相機視軸線與網板中心線平行，且取景框下緣必須與網板下緣平行，否則將產生誤差。

(三)三個消失點必須連成一直線，否則網板端點定位需再行調整。

(四)距離在十個方格以內的誤差較可接受，距離遠者因定位不易，誤差將急遽升高。

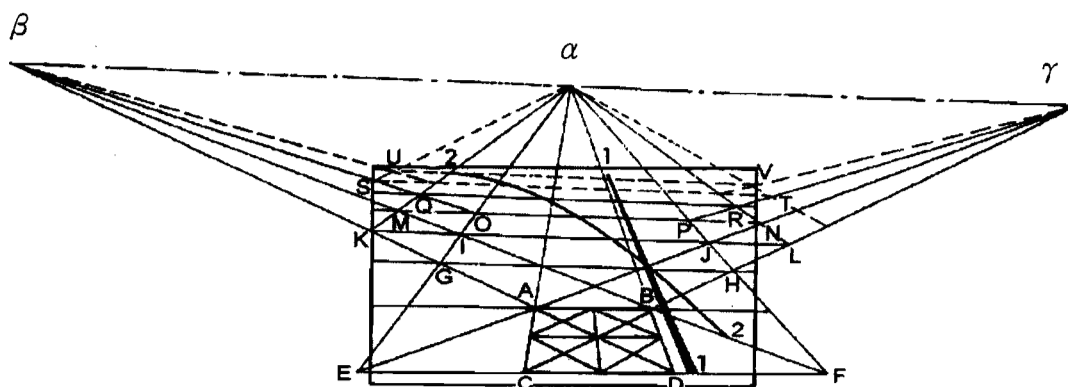


圖 1 傳統網格法相片網格操作示意圖[17]

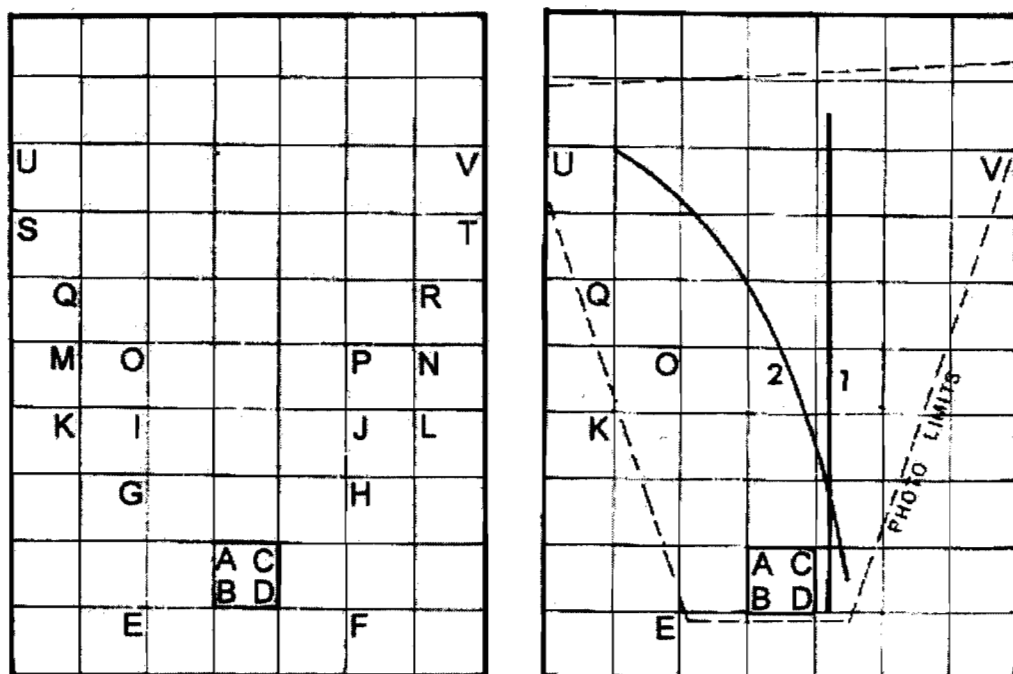


圖 2 傳統網格法平面網格操作示意圖[17]

三、優點

- (一)現場作業只需將網板放置於事故現場待攝物前方，拍攝網板及所需資訊，操作容易。
- (二)可配合事故處理程序，不增加現場處理及交通管制時間。
- (三)使用一般相機及方形網板，成本低廉。

四、缺點

- (一)一般攝影時均有人為誤差，網板底部邊緣與相機視窗下緣邊緣不易達到絕對平行，使網板底部直線延伸點 E, F 點位置產生誤差(如圖 1)，造成消失點 β 、 γ 位置變動，影響測距精確度。
- (二)事後還原作業繁複、耗時，不易廣泛使用。
- (三)人工作業誤差難以控制，尤其消失點 β 、 γ 的位置係由網板對角斜向延伸線所決定，受斜率變動的影響甚鉅，繪圖品質往往因人而異。
- (四)距離愈遠，網格愈密集，造成點位與物體辨識更加困難，誤差亦愈大。

2.2 改良網格測距

傳統網格法本屬圖解法之一種，改良網格測距原理仍應符合網格法原有的原理原則。針對傳統網格法之優劣缺失，本文改良傳統網格方法之主要項目如下：

2.2.1 設定座標系統

傳統網格法並無明確之座標系統，僅以網板建立所需網格，由目標點所在之網格數及已知網板的尺寸比例，推算空間距離。本文則由目標點圖素(pixel)座標(x,y)求算空間相對座標(Dx 與 Dy)，在空間相對座標系統使用 1 公尺正方形網板，相片經掃描數位化後，定位網板四個端點相片座標，分別為 a(左上)、b(左下)、c(右下)、d(右上)，據以決定消失點 α 、 β 、 γ 、 δ ，以 bc 直線(網板下緣)為 x 軸、fx 直線(網板上、下緣中點線)為 y 軸，並以 f 點為原點，空間相對座標系統即告確定，如圖 3。

有關本文座標名詞定義如下：

- 1.(x,y)：指相片像點座標，單位可為 pixel 或 mm。
- 2.(Dx,Dy)：係由(x,y)還原之空間相對座標，單位為公尺。
- 3.Dxm,Dym：為某一直線在空間相對座標系統與 X、Y 軸截距之空間距離，單位為公尺。
- 4.D(p,q)：為相片上 p 點與 q 點之空間距離，單位為公尺。

2.2.2 格線推導

空間相對座標系統設定後，利用消失點 α 、 β 、 γ 之幾何關係，可將空間相對座標 Y 軸上每 1 公尺的位置對應至相片座標之 y 軸上，以圖 3 所示，e 點(網格上緣中點)即為 Y 軸上第 1 公尺位置。在平面圖像中距離愈遠者，愈靠近消失點 α ，每公尺間距愈短，因定位產生之測距誤差愈大，本文測距程式推導至 Y 軸第 25 公尺。

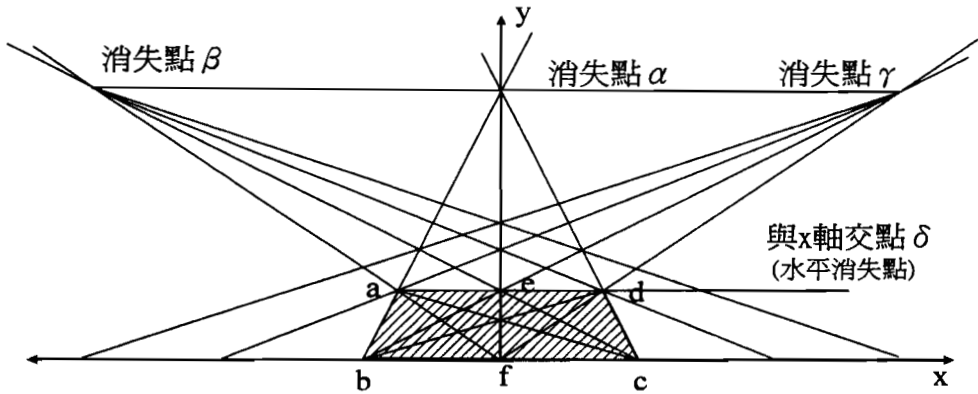


圖 3 改良網格格線平面推導示意圖

2. 2. 3 距離關係轉換

測距主要工作，在於將相片座標(x,y)轉換為空間相對座標(Dx,Dy)，首先利用消失點將待測點相片座標(x,y)的距離關係分別投射在 y 軸上，再由 y 軸推算(Dx、Dy)。

一、Dx 轉換

以圖 4 為例並比較圖 5，待測點 P(x,y)與消失點 α 直線交於 x 軸之 q 點，由於 xq 直線與 xf(y 軸)直線在空間中為一組平行線，故 $Dx=D(f,q)=Dxm$ 。次將 q 與消失點 γ 之直線與 y 軸交於 Mx 點，由於消失點 β、γ 之距離關係為 $2 \times Dx = Dym$ ，而 p 點在原點左側，故 Dx 座標值為負值，即 $Dx = -D(f,q) = -D(f,mx)/2$ 。

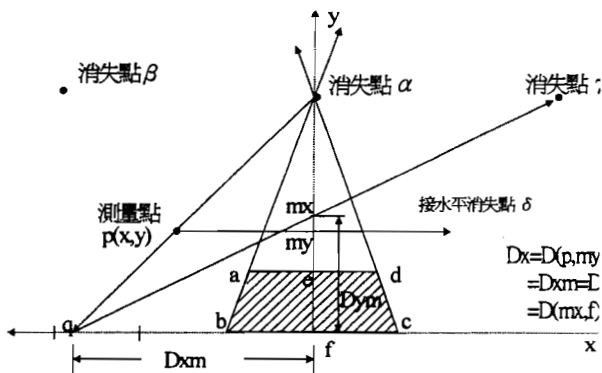


圖 4 Dx 距離關係轉換圖(相片)

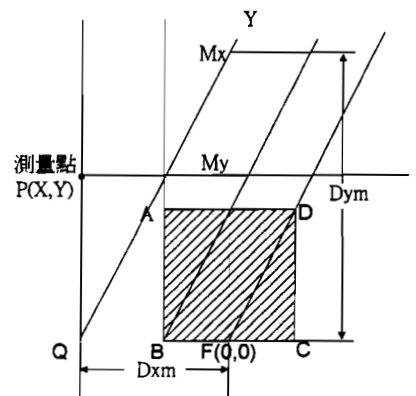


圖 5 Dx 距離關係轉換圖(空間)

二、Dy 轉換

Dy 為待測點 $p(x,y)$ 在 y 軸的投影點，即與 x 軸平行且通過 p 點之直線相交於 y 軸之點，以圖 6 與圖 7 為例， p 點與水平消失點 δ 之直線，在空間意義上與 x 軸平行，其與 y 軸之交點 my 即為投影點，而不是在相片上直接繪製 x 軸之平行線，故 $Dy=D(f,my)$ 。

三、經轉換後 p 點之空間相對座標為 $(-m_x/2, M_y)$ ，其中 m_x 為 $D(f,q)$ ， m_y 為 $D(p,q)$ 。

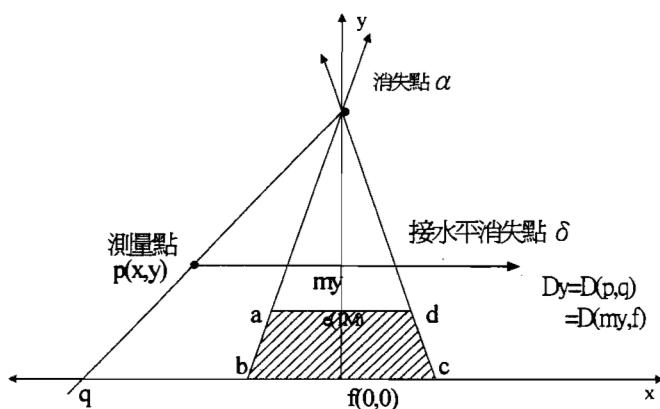


圖 6 Dy 距離關係轉換圖(相片)

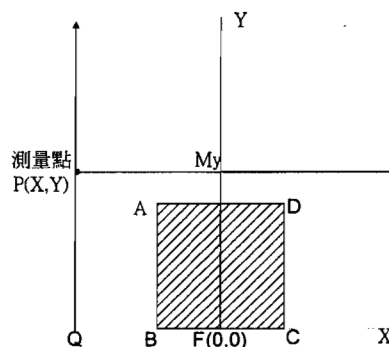


圖 7 Dy 距離關係轉換圖(空間)

2.2.4 y 軸測距

當待測點 p 之距離關係均轉換至 y 軸(m_x 與 m_y 點)後，依下列三項步驟進行測距，並加總其測距結果，即可求得 D_x 與 D_y 。

一、依 2.2.2 節所建立 Y 軸上每公尺所在之相片座標，若 $m_x(m_y)$ 落於第 n 公尺區間，則 $m_x(m_y)$ 點之空間距離整數值為 n 公尺，如圖 8 所示 n 為 1 公尺。

二、以二分逼近法計算 1 公尺網格內之距離

(一)由 $m_x(m_y)$ 所在第 1 至第 2 公尺區間網格，對角線交點 m 即為網格中點，判斷 $m_x(m_y)$ 點所在二分網格位置，以圖 8 為例，若 $m_x(m_y) > m$ ，則 $m_x(m_y)$ 點之距離增加 0.5 公尺，否則 $m_x(m_y)$ 點之距離仍為 1 公尺。

(二)選取 $m_x(m_y)$ 點所在二分網格之四個端點，重複上述步驟七次，在第 N 次二分網格時，如 $m_x(m_y) >$ 網格中點，則距離增加 $1/2^N$ 公尺，逐次

加總。

(三)傳統網格法由人工繪圖，視相片大小、線條粗細及繪圖技術，單一網格鮮少能分割五次以上，由 Excel 計算則無繪圖誤差，且其「數值通用格式」小數點精度達 10^{-9} ，以二分法可分割 30 次，但由於 Excel 並無「迴圈」(loop) 控制指令，分割次數太多將使檔案過大，且目標點相片座標由人工定位，仍存有定位誤差，其誤差遠大於系統公式計算之誤差，故分割七次使網格邊長成為 $1/2^7$ 公尺(0.0078125 公尺)，可兼顧測距精度與檔案大小。

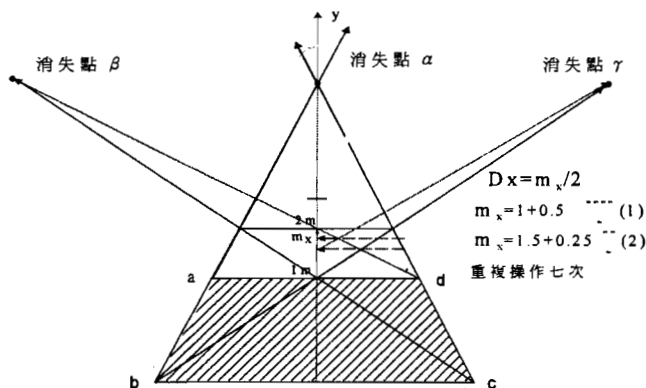


圖 8 網格測距示意圖

三、使用內插法計算二分逼近法尚未處理之線段

如圖 9 所示，假設 a' 、 b' 、 c' 、 d' 為經過七次分割之子方格，對角線 m' 為中點，故 $D(e', m') = D(m', f') = 1/2^7$ 公尺。雖然 y 軸上的距離關係不為線性或比例關係，但在 $1/2^7$ 公尺的網格範圍內使用內插法測距，其誤差甚微實不必再予考量。

(一)若 m_x (或 m_y) $> m'$ ，則尚未測距的線段為 $D(m_x, m')$ ，如圖 9，其距離為：

$$D(m_x, m') = (1/2^7) \times (D(m_x, m') / D(e', m'))。$$

(二)若 m_x (或 m_y) $< m'$ ，其尚未測距的線段為 $D(m_x, f')$ ，如圖 10，其距離為：

$$D(m_x, f') = (1/2^7) \times (D(m_x, f') / D(m', f'))。$$

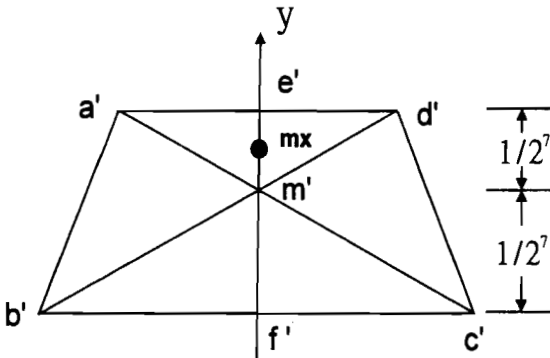


圖 9 內插法測距示意圖(1)

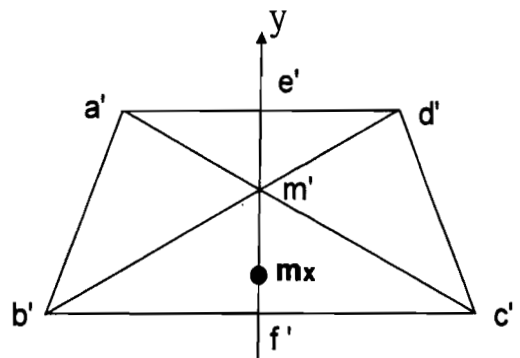


圖 10 內插法測距示意圖(2)

2.3 還原作業操作項目

網格由點與線所構成，如運用電腦高速、運算精準之特性，替代人工繪製網格還原作業，必可有效縮短作業時程並減少人為操作誤差，同時亦能提高精確度。還原作業操作之主要項目應包含：(1)現場攝影，取得相片，(2)相片掃描數化，(3)運用繪圖軟體取得網板端點與各待測點之相片像點座標，(4)將相片像點座標帶入測距公式，得到測距結果，(5)事故現場還原等五項重點步驟，還原作業流程詳如圖 11。

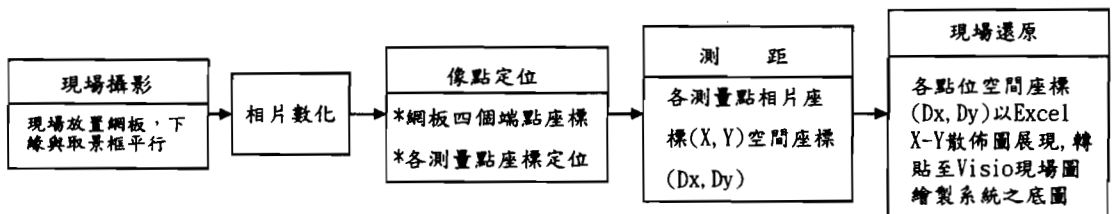


圖 11 還原作業流程圖

2.3.1 現場攝影

由於網格法適用於平坦地面，因此，如事故車輛先標繪定位後移離現場，則可拍攝全景進行還原，若事故車輛仍於現場原始位置，則勢必有部分影像為車輛所阻擋，使用網格法則以保存重要跡證間之距離關係為主。一般使

用網格法搭配現場攝影所需裝備與主要操作程序如下：

一、裝備需求

(一)相機

單眼相機或簡易型全自動相機(俗稱傻瓜相機)或數位相機均可操作。

(二)網板

使用邊長為 1 公尺之正方形平板，較薄之材質可降低網板與地面高程差距，減少定位誤差；較堅硬之平板則可減少網板放置之地面不平整的影響。

(三)定位標示牌

對於距離較遠的跡證，在相片中的成像較小，定位較為困難，因此，現場攝影前應先放置定位標示牌，定位標示牌上方為編號，下方為定位標點，使用對比顏色與高亮度材質可增加辨識度。

二、操作程序

(一)勘驗現場，決定採證範圍與項目

事故現場通常凌亂不堪，處理人員需能分辨可能造成事故發生之重要或關鍵跡證予以採證。

(二)放置網板，選擇照相位置

改良網格法的座標系統均由網板四個端點座標所構成，因此在攝影時，均將網板置於近端，以較清晰的影像減少定位誤差，故在座標系統中 y 軸並無負值。在現場操作時，將網板放置於跡證旁，但勿超越網板底端。取景時以涵蓋網板及所欲還原之跡證為原則，網板底端與相機取景框下緣儘量保持平行，若現場過大或單張相片無法涵蓋，可以不同角度、位置拍攝多張相片，再逐一還原。

(三)現場攝影

照相時應注意光圈設定，爭取較大的景深，故建議使用感光度較高(如 ASA 400)之底片，或使用相機腳架拍攝。

2.3.2 相片數化

為了量測影像座標取代傳統人工繪圖作業方式，在取得事故現場相片後，必先掃描數化取得數值影像，相片數化是在 Window 98 的作業環境，使用掃描器將相片數化，數化解析度為 300dpi，相片影像檔案格式端視像點定位

所使用之軟體工具而定，一般可儲存為 JPG 或 BMP 檔案，BMP 檔案所佔儲存空間較大，但影像品質較好，JPG 檔案為壓縮格式，檔案較小，但在影像處理的過程中，有部分相片資訊會因壓縮而喪失。現今電腦的記憶體與磁碟空間均較以往有顯著的增加，檔案格式的大小已非重要的考量。

2.3.3 相片像點座標測定

在讀取數值影像檔案後，接續為量測網板四個端點與其他相片像點座標，原則上只要能夠顯示座標之軟體均可使用，本研究所使用之相片像點座標定位工具為「小畫家」與 Visio 等二種繪圖軟體，「小畫家」為 Window 作業系統附屬應用程式內的繪圖軟體，普及率最高，而 Visio 則是建立商業圖表之繪圖軟體，與 Office 應用軟體相容，因此在文書編輯與簡報作業時有相當的便利性，實用性頗高。

2.3.4 像點測距

一、程式開發

Excel 為 Microsoft Office 試算表軟體，對於資料運算、處理、分析等，提供使用者強大與便利之操作環境，因此，網格測距程式以 Excel 開發，而作業人員不需具備 Excel 專業知識，只需將各待測點相片座標輸入或「貼上」指定欄位內，即可得知測距結果(如圖 12)。

網格法測距作業						
1. 先利用 VISIO 或「小畫家」等繪圖軟體取得網板端點及各測量點座標						
2. 將網板端點及各測量點座標輸入黃色欄位(F,G)區域，測距結果顯示於藍色欄位(H,I)						
	網片中各點座標		量測距離(M)			
	X	Y	Dx	Dy	Dist	
A	89.5	89.4	-0.5000	1.0000	1.118	
B	80.5	63.8	-0.5000	0.0000	0.500	
C	172.8	63.4	0.5000	0.0000	0.500	
D	164.35	89	0.5000	1.0000	1.118	
1	159	115.8	0.5000	0.7071	2.799	
2	79	125.6	-0.5000	0.7071	3.814	
3	213.6	125.2	0.5000	0.7071	4.386	
4	86.6	135.2	-0.5000	0.7071	5.104	
5	132.4	134.6	0.5000	0.7071	4.798	
6	3.6	141.8	-0.5000	0.7071	6.349	
7	87.8	141.4	-0.5000	0.7071	5.794	
8	212.4	141.2	0.5000	0.7071	6.301	
9	148.2	146.4	0.5000	0.7071	6.836	
10	241.8	145.2	0.5000	0.7071	7.755	
11	27.4	150.8	-0.5000	0.7071	8.026	
12	85.2	151	-0.5000	0.7071	7.784	
13	198.2	150.8	0.5000	0.7071	8.296	
14	145.6	154.2	0.5000	0.7071	8.784	
15	39	172.8	-0.5000	0.7071	9.292	
16	100.6	172.8	0.5000	0.7071	9.691	
17	198.4	177.4	0.5000	0.7071	10.221	
18	290.6	155.6	0.5000	0.9063	10.060	

圖 12 網格測距程式操作畫面(Excel)

二、相片像點座標前置處理

由於測距程式設定頁面之左下角為原點座標，而「小畫家」之原點在螢幕左上角，故以「小畫家」測定相片像點座標時，尚須經過原點轉換，始能適用測距程式，其轉換方法只需以一較大數值(如 1100)減去座標的 y 值即可，以 Excel 可快速處理，並將調整後之座標值「貼上」測距程式。而以 Visio 測定相片像點座標者，係利用「圖件報告」功能得到物件之座標值，但為文字格式，因此仍需以 Excel 將之轉為數值型式，始能進行測距作業。

2.3.5 現場還原

經由測距公式得到各像點之測距結果，必須依其空間相對座標值繪製於事故現場圖上，在 Excel 完成測距後，以「圖表精靈」繪製 Dx 與 Dy 之 X-Y 散佈圖，並將該圖(物件)轉貼至 Visio 事故現場底圖，調整物件大小與底圖比例一致，所顯示之點位即為待測點之空間分佈(如圖 13)，再以 Visio 操作完成事故現場圖之繪製還原作業。

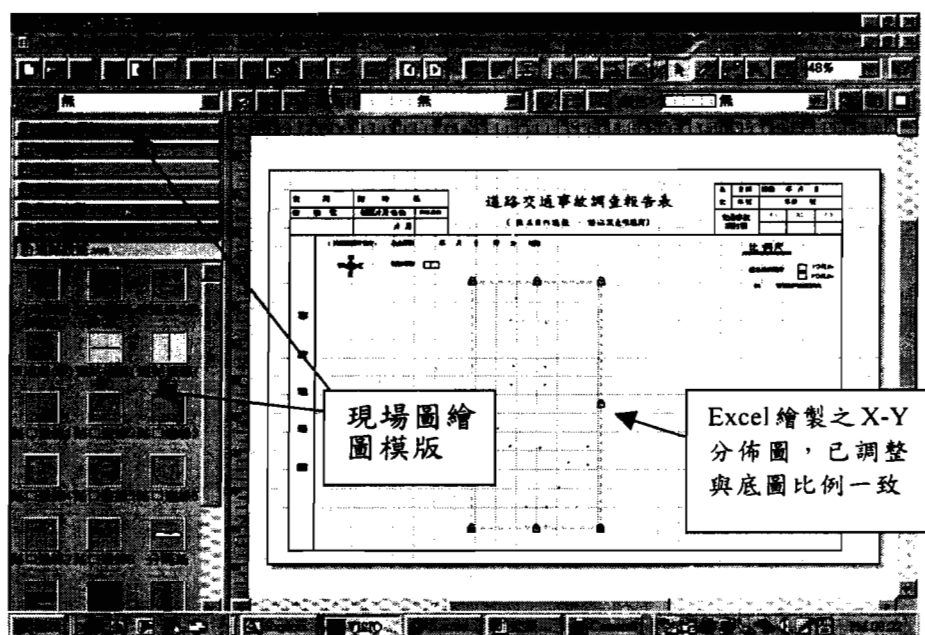


圖 13 事故現場圖還原繪製畫面(Visio)

參、實驗測試與評估

網格法之測距精度受到了地形變化、相機鏡頭種類、相片像點座標定位誤差等因素所影響，為瞭解並掌握其影響程度，本節透過實驗測試進行實證研究，對於提昇測距還原品質有其絕對之必要性。

3.1 實驗設計

一、場地建置：使用經緯測量儀(Nikon Total Station C100 型)量測現場 25 個點位與原點之距離、角度與高程資料，由距離、角度資料再換算為空間相對座標(Dx,Dy)，作為實驗測試的標準數據。

二、使用裝備

(一)現場作業

單眼相機(Nikon FM2)、標準鏡頭(50mm)、廣角鏡頭(28mm)、中長距變焦鏡頭(70-210mm)、閃光燈(Nikon SB-15)、相機腳架(Slik Gazelle 95D 鋁合金標準型)、網板(邊長 1 公尺方形膠質板)、定位標示板(木質反光板 30 個)、Eslon 50M 捲尺。

(二)還原作業

電腦(Compaq Armada-3500,Pentium-II 266 MHZ, 96MB RAM)、掃描器(Primax PaperPort OneTouch 5300)、印表機(Epson Stylus Photo 700)、小畫家(Window 98 視窗版)、Excel(Office 2000 版)、Visio(4.0 中文專業版)。

三、攝影測試項目：測試項目可分為靜態與動態兩類：

(一)靜態測試

使用同一張現場相片，變動某一項目，即可分析得知該項目對測距之影響程度。分析項目主要與相片像點座標量測有關，包括地面高程與像點定位兩項，作為改善測距程式與操作準則之參考。

(二)動態測試

需透過反覆實驗測試始能分析其影響程度者，主要為攝影條件之誤差項目，包括鏡頭種類、攝影高度、攝影角度等項目，以歸納分析最佳之攝影方式。

四、評估方法

現場相片以 3×5 吋沖印，掃描解析度為 300dpi，像點定位使用「小畫家」或 Visio 軟體，但相同測試項目應使用相同軟體。評估整體測距誤差以全部待測點位之均方根百分比誤差(RMSPE)表示，亦即

$$\text{RMSPE} = \sqrt{\sum (\text{待測點測距誤差百分比})^2 / n} = \sqrt{\sum [(Dist'_i - Dist_i) * 100 / Dist_i]^2 / n}$$

Dist_i'=第 i 點之測距距離

Dist_i=第 i 點之實際距離

n= 待測點數

3.2 誤差因子分析--靜態測試

本項包含像點定位誤差與地面高程對測距之影響，像點定位有網板端點定位與待測點定位誤差二項。

3.2.1 網板端點座標定位誤差

網格測距系統係由網板四個端點座標所構成，因此網板端點座標定位誤差對測距結果具有整體性的影響，調整端點座標，將改變消失點的位置，整體座標系統隨之改變，使任一點之(Dx,Dy)(由相片座標(x,y)還原之空間相對座標)產生變動。由測距公式測試端點調整對 Dx 與 Dy 變動方向彙整如表一所示。

表一 網板端點調整對測距變動方向彙整表

端點	座標	調整方向	變動方向	
			Dx	Dy
a	X	→	← →	↑
		←	→ ←	↓
b	Y	↑	←	↑ ↓
		↓	→	↓ ↑
c	X	→	← →	↑
		←	→ ←	↓
d	Y	↑	←	↑ ↓
		↓	→	↓ ↑

註：變動方向→|←者，表示：若 Dx>0，則 x 值減少；若 Dx<0，則 Dx 值增加。亦即|Dx|(絕對值)變小。

網板端點座標定位誤差對測距影響最大，由於整個座標系統由網板四個端點所構成，其所構成之座標平面應符合實際地面，但在端點座標定位時，可能導致偏誤之原因如下：

- 一、網板所在地面不平整，致四個端點不在同一平面上。
- 二、網板尺寸有誤差，不為精確之一公尺。
- 三、因像面遮蔽之故，網板遠端 a、d 兩點無法定位在與地面接觸之點，只能定位在網板上方端點，其中差距為網板之厚度。

端點定位誤差將導致整體座標系統之偏誤，且距離愈遠、誤差愈大，如圖 14 所示。在改良網格法的研究過程中，定位四個端點即可建立座標系統，的確較傳統方法更有效率，但經由前述測試發現端點定位誤差對測距變動過於敏感，因此，在決定網板端點座標前，應有調整校正機制，以確保測距品質。

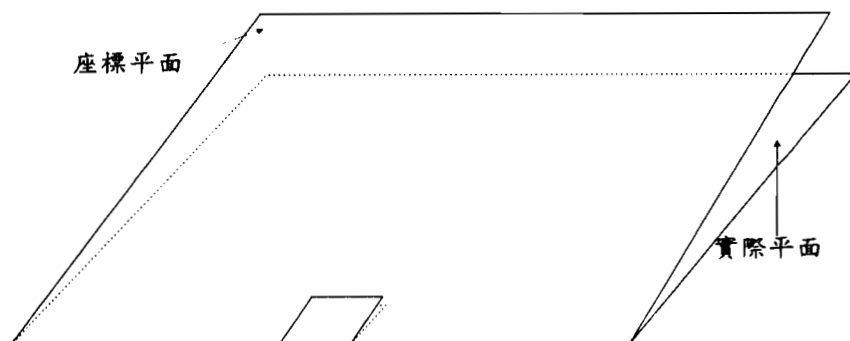


圖 14 網格座標與實際平面偏誤示意圖

3.2.2 待測點座標定位誤差

除網板端點外，對欲測距之各點座標定位誤差，影響測距精度屬於個別性，假設某一相片像點座標定位有誤差，僅造成該點測距之誤差，並不影響其他像點之測距結果。定位誤差的影響程度則與距離有關，相片像點座標定位誤差對測距精度的影響，以座標 y 值較為明顯，距離愈遠者，影響愈大，但點位距離較遠者，相片像點座標亦較難辨識，因此，注意照相品質、謹慎、精確地測定相片像點座標，是減少測距誤差的必要條件。

3.2.3 地面高程

網格法適用的條件為一平面，但在實際的事故現場中鮮有理想的平面，

路面上或多或少會有些高凸或凹陷，由於光線為直進，人類利用雙眼及經驗累積來判斷景深，而相片是由一個鏡頭所拍攝，在平面上並不容易判斷景深，因此，事故現場地面的高程差距為網格法測距的誤差來源之一，以圖 15 為例，M 點位於凸起之路面，N 點在凹陷的位置，在 L 點的高度拍攝相片，則 M 點的相片像點座標會落於 M' 的位置，N 點的座標落於 N' 的位置，造成 M' 點與原點距離大於 M 點，N 點與原點距離大於 N' 點，表示像點位置較平面為高者，測距結果會大於實際距離；反之則小於實際距離。

在現場操作時，處理人員可藉由提高攝影高度來降低地面高程之測距誤差，如圖 15，將攝影高度提高至 H 點，則 M 點相片像點座標定位於 M'' 點，N 點相片像點座標定位於 N'' 點，M'' 與 N'' 點均較靠近 M、N 點，亦即攝影位置較高之 H 點測距誤差較 L 點為小。在實務上的操作，攝影高度通常以攝影者的眼睛高度為上限，在使用網格法時，如提高攝影高度，可減少高程誤差。

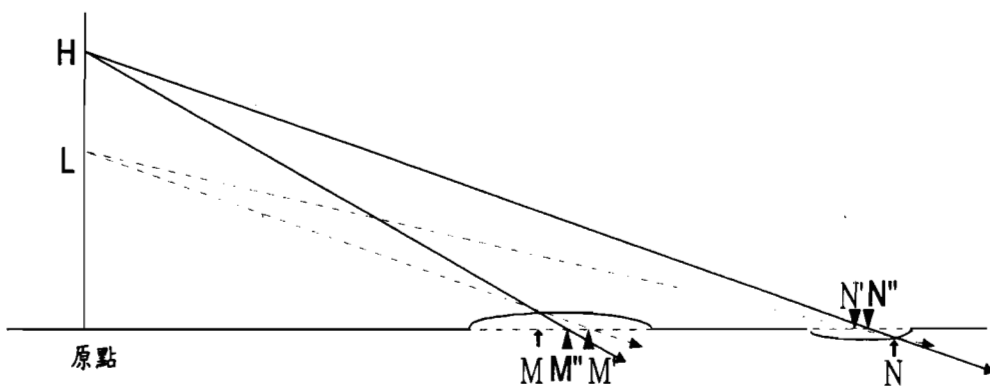


圖 15 攝影高度對測距誤差影響示意圖

3.3 網板端點座標之最佳化—尋優法

在使用改良網格法之現場，由於未設置控制點，僅網板為已知資訊，無法進行修正，因此，在現場選擇若干個控制點，由其分佈代表測試現場之空間平面(地面)，在量測網板端點座標與控制點相片像點座標後，代入測距公式，比較控制點之測距結果與實際距離，依表一(端點座標與測距變動關係表)調整端點座標，當控制點之測距誤差達到最小時，該組端點座標即為最佳化之座標設定。

由表一端點座標與測距變動關係表中發現，提高端點 a 或 c 之座標 y 值或降低端點 b 或 d 之座標 y 值，均會造成 Dx 向右偏移(增加)，同樣的變動方向，有許多不同的調整方式，在調整端點座標時，實難以正確選擇應調整之端點與變動量，因此，本文以「尋優法」方式來決定端點調整之最佳化，尋優作業以測距程式為基礎，故仍以 Excel 開發，操作原理及說明如下：(如圖 16)

- 一、於現場選擇 3 個控制點，點位分佈以能代表事故現場空間平面為原則，勿選擇極端位置，如過遠、過近或太側邊等，並量測控制點之空間相對座標。其他操作同前述網格法說明。
- 二、量測網板端點與控制點相片像點座標，在測距前先進行網板端點座標調整，調整時需輸入項目為：網板端點與控制點座標、控制點空間相對座標(Dx,Dy)與端點調整間距值 r，依實際操作經驗，端點調整間距初始值可設定為網板 a,b 兩端點距離之 1/100。
- 三、尋優作業會依所給定之調整間距，將四個端點座標 x 值與 y 值逐一加減，連同原有之座標，共有 33 組端點座標之調整組合，如 $a(x,y) \dots a(x-2r,y) \dots a(x-r,y) \dots a(x+r,y) \dots a(x+2r,y) \dots$ 等，續對相同之控制點相片像點座標以測距公式逐一進行測距，測距結果與控制點空間相對座標進行評估，當各控制點測距誤差之總和最小者，將該組座標輸入原座標格位，重複進行調整作業，直到最小誤差和所在之端點座標值為原座標(第一組座標)，該組座標即為調整間值為 r 之狀況下所求得之最佳解。
- 四、縮小調整間距為 $r/2$ ，重複上述步驟求取最佳解，當縮減間距 3 次至 4 次後所求得之最佳解，即可視為尋優作業之最佳化端點座標，因調整間距太小將增加作業時程，對改善測距結果亦無顯著影響。
- 五、將最佳化之端點座標與其他待測點之座標輸入測距程式，所得的測距結果最符合控制點所構成之空間平面。但控制點的量測會增加現場人員的工作時程，但有助於提昇測距精確度，作業人員需面臨取捨(trade-off)的問題，如果測距距離較遠、精度需求較高，則應先以尋優法調整網板端點座標。

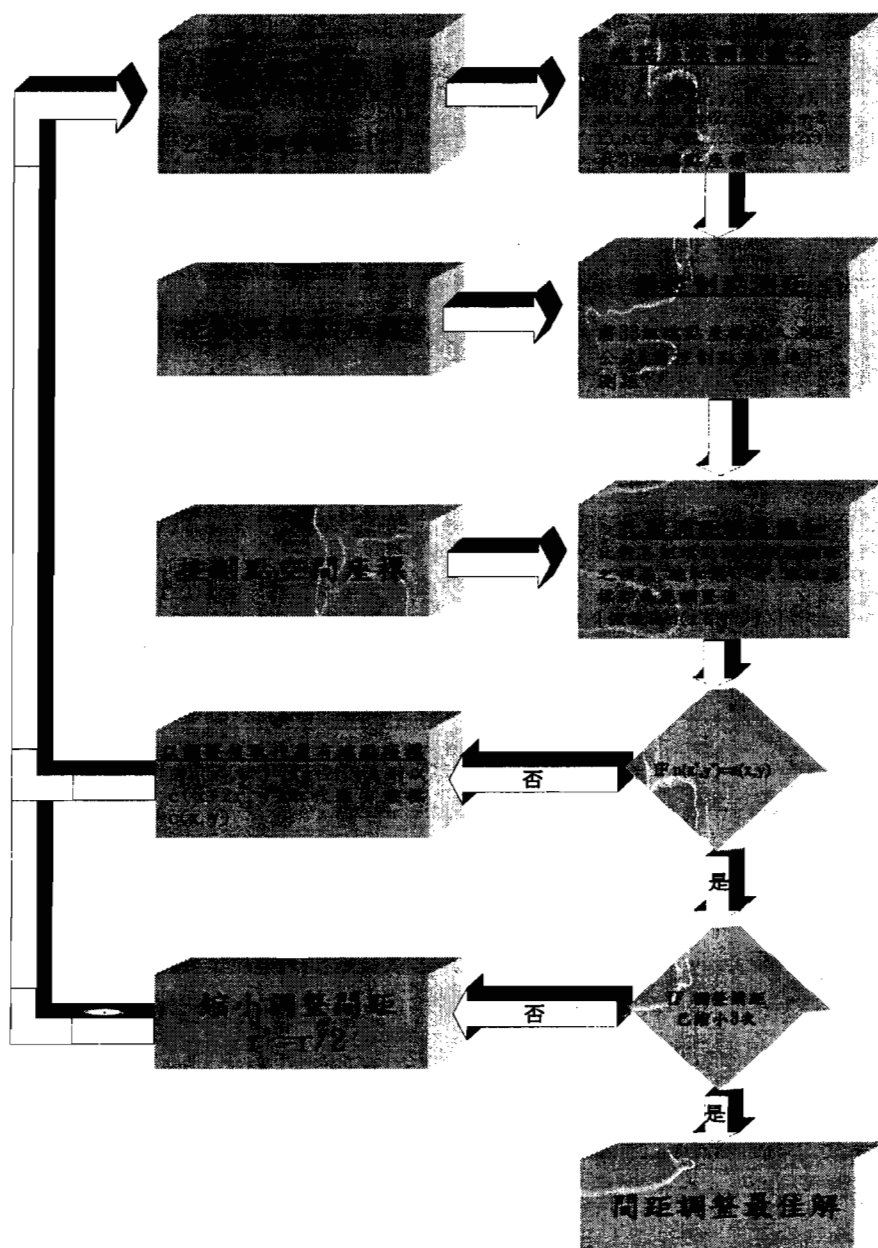


圖 16 以「尋優法」調整網板端點座標流程圖

3.4 誤差因子分析—動態測試

本節測試「鏡頭焦距」、「攝影高度」與「攝影角度」等三個項目，每個

項目再區分三種狀況，每種狀況拍攝三張相片，底片感光度為 ASA-100，另網板端點由四個標示牌替代，以利定位。測試相片均以 3×5 吋沖印，以 300dpi 掃描數化，以「小畫家」測定相片像點座標，代入測距公式進行各項分析。

由於每一測試項目中均有三組測距資料，由於每個點位的測距誤差(單位為公尺)有正負之分，故以每個點位測距誤差之平方值，以單因子變異數分析(ANOVA)方法，檢定三組資料之測距誤差是否有所差異，如果有顯著差異者，再以 t 分配來檢定任二組資料間之測距誤差是否有顯著差異，藉以分析評估各攝影條件下對測距的影響情形。

3.4.1 鏡頭焦距

在鏡頭焦距方面，計使用標準鏡頭(50mm)、中距鏡頭(70mm)與廣角鏡頭(28mm)等三種鏡頭各拍攝三張相片，如圖 17、圖 18、圖 19，其攝影高度、角度、位置均不變(攝影高度 1.5 公尺、攝影角度 10 度、攝影位置距原點 4 公尺)，由於鏡頭焦距不同，所涵蓋之攝角亦不同，在實驗場地 25 個點位中，廣角鏡頭可涵蓋所有點位，故三張相片計測得 75 個點位，使用標準鏡頭，三張相片計測得 72 點，使用中距鏡頭，三張相片計測得 57 點。每張相片經測距後，再使用「尋優法」調整端點座標測距，每張相片以三個相同點位為控制點，結果分析如下：

- 一、相片像點座標測定時，廣角鏡頭因景深拉長，故距離較遠之像點較為模糊，不易定位，而中距鏡頭則有壓縮景深之效，遠距點位仍容易辨識。
- 二、中距鏡頭之 RMSPE 最大，廣角鏡頭之 RMSPE 最小，標準鏡頭次之，但較接近廣角鏡頭(如表二)。
- 三、經調整端點之測距誤差大幅減少，改善率均在 84%以上，表示端點定位未臻理想，幸而控制點所構成之平面與實際地面頗為接近，故均能有顯著之改善。
- 四、使用單因子變異數分析(ANOVA)方法，將不同焦距之三組資料進行檢定(如表三)，在顯著水準為 0.05 情況下，不同之鏡頭焦距對測距誤差有顯著差異。經再以 t 檢定(如表四)將三組資料兩兩比較，發現中距鏡頭拍攝之測距誤差均顯著大於標準與廣角鏡頭，而廣角與標準鏡頭之測距誤差則無顯著差異。



圖 17 標準鏡頭測試相片

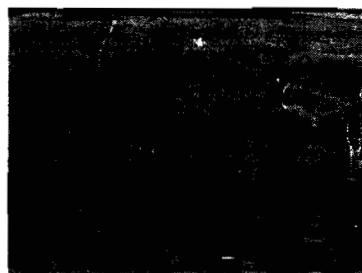


圖 18 中距鏡頭測試相片

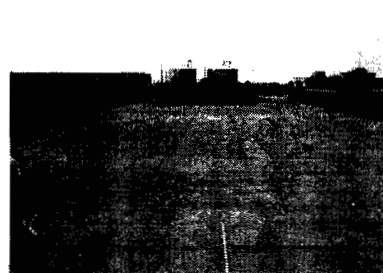


圖 19 廣角鏡頭測試相片

表二、鏡頭種類與測距誤差比較表

RMSPE	50mm	70mm	28mm
端點未調整	6.026%	8.977%	5.680%
端點調整	0.731%	1.375%	0.736%
改善率	87.869%	84.683%	87.042%
量測點位數	72	57	75

表三、鏡頭焦距與測距誤差變異數分析表(ANOVA)

鏡頭種類	個數	總和	平均數	變異數		
50mm	72	0.003852	5.350E-05	1.332E-08		
70mm	57	0.010778	1.891E-05	2.064E-07		
28mm	75	0.004059	5.412E-05	6.112E-09		
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	7.516E-07	2	3.758E-07	5.8300	0.003457	3.040824

註： $\alpha=0.05$ ，當 F 值大於臨界質(P-值 <0.05)，則為顯著，應拒絕 $H_0: \mu_1=\mu_2$ 。

表四、鏡頭焦距與測距誤差 t 檢定分析表

項目	28mm	28mm	50mm
	50mm	70mm	70mm
t 統計量	-0.039	-2.527	-2.437

註： $\alpha=0.05$ ， $t^* = \pm 1.978$ ，若 $|t| > t^*$ ，則為顯著，應拒絕 $H_0: \mu_1=\mu_2$ 。

3.4.2 攝影高度

攝影高度係指鏡頭中心點與地面之距離，分為 1.2 公尺、1.7 公尺與 2.2 公尺等三種高度各拍攝三張相片，如圖 20、圖 21、圖 22，其他攝影條件固定為：鏡頭焦距 50mm、攝影角度 10 度、攝影位置距原點 4 公尺)。1.2 公尺與 1.7 公尺二組相片均測得 72 個點位，2.2 公尺之相片則涵蓋所有點位，三張相片計測得 75 個點位。每張相片經測距後，以三個相同控制點使用「尋優法」調整端點座標測距，結果分析如下：

- 一、攝影高度不同，網板的成像亦不同，攝影高度較低者，相片中的網板較為寬扁；攝影高度較高，則網板成像較方正，對消失點位置與整體座標系統有明顯不同。
- 二、在網板端點調整與未調整之二項測距結果，均以攝影高度 1.2 公尺之 RMSPE 最大，1.7 公尺與 2.2 公尺之 RMSPE 較低，且兩者相近。(如表五)
- 三、經調整端點座標後，測距誤差大幅減少，改善率均在 85%以上，效果顯著。
- 四、以每個點位測距誤差之平方值，使用單因子變異數分析(ANOVA)方法，將不同攝影高度之三組資料進行檢定(如表六)，在顯著水準為 0.05 情況下，攝影高度對測距誤差有顯著差異。
- 五、經再以 t 檢定(如表七)將端點座標調整後之三組資料兩兩比較，發現攝影高度 1.2 公尺之測距誤差顯著大於 1.7 公尺與 2.2 公尺者，而高度 1.7 公尺與 2.2 公尺之測距誤差則無顯著差異。

在 3.2.3 節中曾探討提高攝影高度，可降低地面高程所造成之測距誤差，在本節實驗中，亦獲得證實。但在一般的事務現場攝影時，欲提高攝影高度似有所困難，多以攝影人員眼睛高度為上限。



圖 20 攝影高度 1.2 公尺



圖 21 攝影高度 1.7 公尺



圖 22 攝影高度 2.2 公尺

表五、攝影高度與測距誤差比較表

RMSPE	1.2M	1.7M	2.2M
端點未調整	5.998%	5.093%	5.115%
端點調整	0.899%	0.662%	0.622%
改善率	85.011%	87.001%	87.840%
量測點位數	72	72	75

表六、攝影高度與測距誤差變異數分析表(ANOVA)

鏡頭種類	個數	總和	平均數	變異數		
1.2M	72	0.005817	8.08E-05	1.18E-08		
1.7M	72	0.003156	4.38E-05	6.56E-09		
2.2M	75	0.002898	3.86E-05	2.43E-09		
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	7.680E-08	2	3.84E-08	5.588129	0.004303	3.03767
組內	1.484E-06	216	6.87E-09			
總和	1.561E-06	218				

註： $\alpha=0.05$ ，當 F 值大於臨界質(P-值<0.05)，則為顯著，應拒絕 $H_0: \mu_1=\mu_2$ 。

表七、攝影高度與測距誤差 t 檢定分析表

項目	1.2M	1.2M	1.7M
	2.2M	1.7M	2.2M
t 統計量	3.047	2.314	0.471

註： $\alpha=0.05$ ， $t^* = \pm 1.976$ ，若 $|t| > t^*$ ，則為顯著，應拒絕 $H_0: \mu_1=\mu_2$

3.4.3 攝影角度

攝影角度係指鏡頭中心軸線之俯角，分為 10 度、13 度與 17 度等三種角度各拍攝三張相片，如圖 23、圖 24、圖 25，其他攝影條件固定為：鏡頭焦距 50mm、攝影高度 1.5 公尺、攝影位置距原點 4 公尺)，每一組三張相片各測得 72 個點位。每張相片經測距後，再以三個相同控制點使用「尋優法」調整端點座標測距，結果分析如下：

- 一、攝影角度不同，相片中網板的成像相仿，主要差別為網板所在相片之位置不同，攝影角度較小者，相片中的網板位置較高；攝影角度較大者，則網板位置較低，每張相片之消失點相對位置與整體座標系統則無明顯差別。
- 二、攝影角度以 17 度與 13 度之 RMSPE 較大(均約 6%)，10 度為 4.871%；調整網板端點座標後測距結果，以攝影角度 13 度之 RMSPE 較大(1.067%)，其次為 17 度(0.97%)，10 度之 RMSPE 最低(0.88%)。(如表八)
- 三、經調整端點後，測距誤差大幅減少，改善率均在 81%以上，改善效果顯著。
- 四、以每個點位測距誤差之平方值，使用單因子變異數分析(ANOVA)方法，將不同攝影角度之三組資料進行檢定(如表九)，在顯著水準為 0.05 情況下，攝影角度對測距誤差並無顯著差異，以 t 檢定(如表十)將三組資料兩兩比較，三組攝影角度資料間之測距誤差均不顯著。

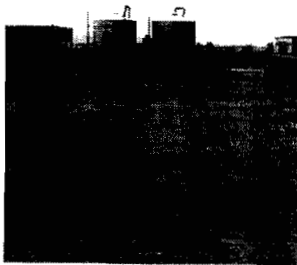


圖 23 攝影角度 10 度

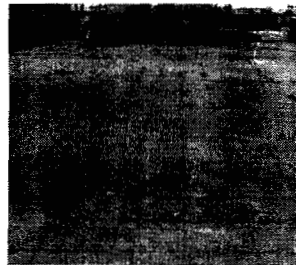


圖 24 攝影角度 13 度

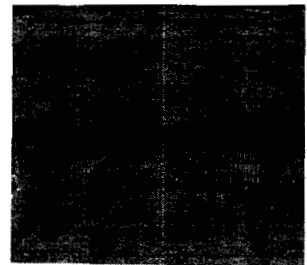


圖 25 攝影角度 17 度

表八、攝影角度與測距誤差比較表

RMSPE	10 度	13 度	17 度
端點未調整	4.871%	6.039%	6.070%
端點調整	0.880%	1.067%	0.970%
改善率	81.934%	82.332%	84.020%
量測點位數	72	72	72

表九、攝影角度與測距誤差變異數分析表(ANOVA)

鏡頭種類	個數	總 和	平均數	變異數		
10 度	72	0.005575	7.74E-05	1.47E-08		
13 度	72	0.008085	0.000114	1E-07		
17 度	72	0.006773	9.41E-05	1.67E-08		
變源	SS	自由度	MS	F	P-值	臨界值
組間	4.760E-08	2	2.38E-08	0.545117	0.580584	3.038465
組內	9.256E-06	213	4.37E-08			

註： $\alpha=0.05$ ，當 F 值大於臨界質(P-值 <0.05)，則為顯著，應拒絕 $H_0: \mu_1=\mu_2$ 。

表十、攝影角度與測距誤差 t 檢定分析表

項目	10 度	13 度	17 度
	13 度	17 度	10 度
t 統計量	-0.911	-0.491	0.797

註： $\alpha=0.05$ ， $t^* = \pm 1.977$ ，若 $|t| > t^*$ ，則為顯著，應拒絕 $H_0: \mu_1=\mu_2$

肆、實例驗證

4.1 實例一

一、事故現場

本案為 A3 事故，二輛自小客車於台中市南屯區惠文路與文心一路口發生追撞事故。惠文路與文心一路口均為雙向二車道，路口設置三色號誌。

二、現場作業

本案處理員警係以車輪與車角噴漆定位，於現場選擇 3 個控制點，由於近端車輛(1 車)噴漆點位較明顯，故僅於遠方車輛與控制點放置定位標示牌，網板位置放置於 1 車後方，量測控制點與網板端點 B、C 之距離，照相後完成網格測距之現場作業。

另使用經緯儀取得兩輛事故車輛車角定位點之角度、距離與高程等資料，但事後取得警繪現場圖始發現員警以車輪位置標繪，故網格測距還原時，以車輪位置進行還原，並與警繪現場圖比較。

現場相片(如圖 26)以 3×5 吋沖印,解析度 300dpi 全彩模式掃描成 JPG 圖檔,以「小畫家」定位網板端點與控制點相片座標,轉貼至 Excel 測距公式,再以「尋優法」調整網板端點座標。依現場相片測定 42 個點位,以還原車角、車輪、中央分向線、快慢車道分隔線、停止線與人行穿越道等車輛與道路設施,以 Excel X-Y 散佈圖轉貼至 Visio,還原結果如圖 28,警繪現場圖如圖 27 所示。

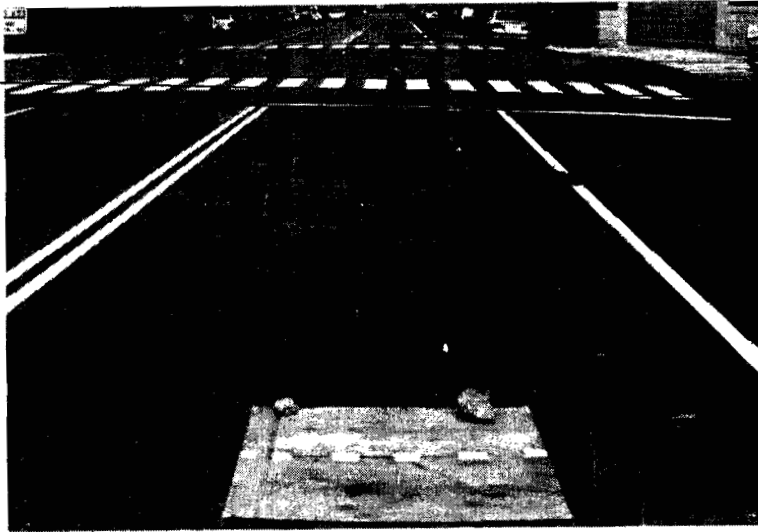


圖 26 實例一網格測距現場相片

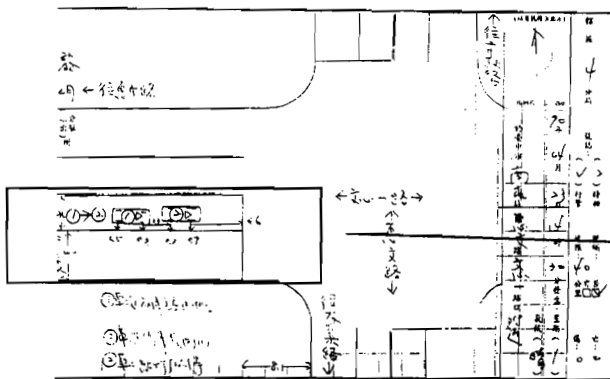


圖 27 實例一警繪現場圖

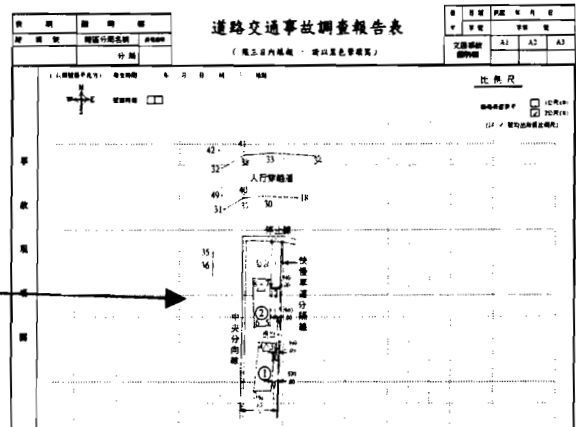


圖 28 實例二網格測距還原圖

四、網格測距還原圖與警繪現場圖比較分析如下：

- (一) 1 車右後輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖為 0.5 公尺，網格測距還原圖為 0.57 公尺。
- (二) 1 車右前輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖與網格測距還原圖均為 0.3 公尺。
- (三) 1 車右前輪與 2 車右後輪垂直距離：警繪現場圖為 3.3 公尺，網格測距還原圖為 3.26 公尺。
- (四) 2 車右後輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖為 0.9 公尺，網格測距還原圖為 0.94 公尺。
- (五) 2 車右前輪與快慢車道分隔線中點距離：警繪現場圖為 0.9 公尺，網格測距還原圖為 0.94 公尺。
- (六) 2 車右前輪與停止線中點距離：警繪現場圖為 4.6 公尺，網格測距還原圖為 4.57 公尺。

五、本例在主要測繪項目中，警繪現場圖與網格測距還原圖均相當接近，在網格測距還原圖中，停止線右側與人行穿越道左側，有明顯彎曲現象，係由於現場路面向兩側傾斜(弧面)，在本車道約略為一斜面，但仍適用網格法，同向慢車道與對向車道則分屬不同平面，因此，在人行穿越道左側(第 31、32、37、38 點)像點定位時，測距結果均較實際距為短。幸而此一現象只需在相片上依本車道之行人穿越道下緣劃上延伸線，如圖 26 所示，將第 31、37 點座標調整至延伸線上(相片座標 y 值增加)，測距後移至第 49、40 點位置。而人行穿越道上緣第 32 與 38 點，亦可調整至第 42 與 41 點位置。經調整後，人行穿越道明顯接近直線，有效改善還原品質。

4.2 實例二

一、事故現場

本案為 A3 事故(財損事故)，現場位於台中市南屯區公益路與大觀路口，肇事車輛為營小客(1 車)與自小客(2 車)，1 車由大觀路南向北行駛至該路口，與東向西行駛之 2 車發生事故。公益路為雙向四車道，路中設置分向島，大觀路則為雙向二車道，路口設置警告號誌，公益路為閃光黃燈，大觀路則為

二、現場作業

本案處理員警係以車輪位置噴漆定位，且現場無遺留煞車痕或其他跡證，隨後於現場選擇 3 個控制點，由於噴漆點位相當明顯，故僅於控制點放置定位標示牌。為求待測點集中於相片範圍內，網板放置於 1 車左側，隨後量測各控制點與網板端點 B、C 之距離，相機使用標準鏡頭(50mm)，取景時儘量將網板下緣與取景框保持平行，照相後即完成網格測距現場作業。

另使用經緯儀(Total Station)取得兩輛事故車輛 8 個定位點之角度、距離與高程等資料，作為現場各點位之標準數據。由於單張相片涵蓋現場範圍有限，如圖 29 現場相片主要資訊為事故車輛位置、停止線、車道線與外側之快慢車道分隔線，故由相片中取得該等資訊之相片像點座標，以網格測距後，使用 Excel X-Y 散佈圖轉貼至 Visio 處理，還原結果如圖 31，警繪現場如圖 30，分析如下：

- (一)由於事故車輛以車輪定位，故還原圖內事故車輛四個角落亦為車輪位置，而非車角位置，故車輛長寬比例與警繪現場圖不同。
- (二)本例警繪現場圖以垂直法定位，而網格測距則以網板建立之座標系統，求得各點位之相對距離關係，兩者不易有共同之數據資料可供比較，故以網格測距還原後，在圖面上與警繪圖相同位置直接量測距離。Visio 測距物件可設定為頁面比例，自動顯示出兩點間之距離。比較兩者測距結果如下：
 1. 外側快車道寬度：警繪圖與網格測距還原圖均為 3.3 公尺。
 2. 2 車右後輪(第 8 點)與快慢車道分隔線距離：警繪圖為 2.6 公尺，網格測距還原圖 2.63 公尺。
 3. 2 車右後輪(第 8 點)與停止線(中點)距離：警繪圖為 0.5 公尺，網格測距還原圖 0.54 公尺。
 4. 1 車右前輪(第 4 點)與 2 車前輪軸(第 5,6 點直線)垂直距離：警繪圖為 2 公尺，網格測距還原圖為 1.95 公尺。
 5. 1 車右後輪(第 3 點)與二車左側(第 5,7 點直線)垂直距離：警繪圖為 1 公尺，網格還原圖為 0.93 公尺。
 6. 1 車右後輪(第 3 點)與 2 車前輪軸(第 5,6 點直線)垂直距離：警繪圖為 0.4 公尺，網格測距還原圖為 0.31 公尺。
 7. 2 車右前輪(第 6 點)與快慢車道分隔線之延伸線垂直距離：警繪圖

為 2.5 公尺，網格測距還原圖為 2.66 公尺。

(三)綜合前項第(5)、(6)點分析結果，發現警繪圖與網格測距還原圖差距較大者為 1 車與 2 車之相對位置，故以經緯儀測距結果，計算 1 車右後輪(第 3 點)與 2 車左側(第 5,7 點直線)垂直距離為 0.93 公尺；1 車右後輪(第 3 點)與 2 車前輪軸(第 5,6 點直線)垂直距離為 0.34 公尺，網格測距還原圖均較接近正確值。

(四)前項第(7)點測距差異因無經緯儀測距資料可供比對，可能的因素為快慢車道分隔線之點位較遠，以網格測距有所誤差，致產生偏斜。



圖 29 實例二網格測距現場相片

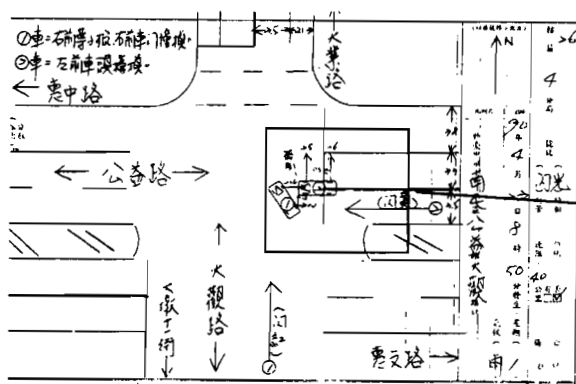


圖 30 實例二警繪現場圖

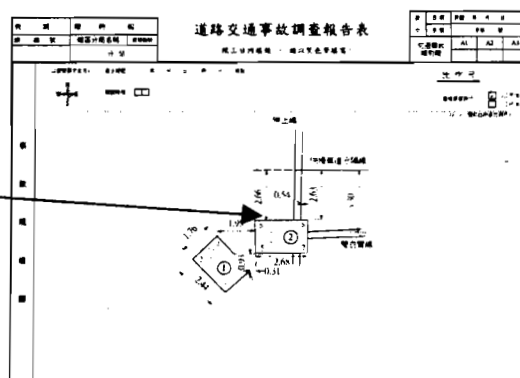


圖 31 實例二網格測距還原圖

伍、結論與建議

由前述各節說明及實例測試，可歸納下列之結論與建議：

5.1 結論

- 一、網格法係以平面圖解方法，由相片座標還原空間相對座標，受到許多誤差因素影響，測距精度絕無法與雷射測距儀、經緯儀等測量工具相比，但由於現場圖的精度要求並非甚高，現場處理時程又不容許過長，因此，本文針對傳統網格法的缺失，提高測距精度並改善操作方法，員警處理交通事故時，只需在現場前方放置一塊一公尺之正方形網板，連同現場一併攝入，即可從現場相片推算空間距離，彌補現場量測之闕漏或不足。本方法不致增加現場處理人員之負擔，亦不需要大幅變更處理作業流程，並以低廉的成本滿足實務需求，使現場相片內之重要資訊，得以事後還原，更是其他現場量測方法所不及。
- 二、網格法現場作業，不同的攝影條件，對測距精度有不同的影響程度，在不同的實驗測試，使用廣角(28mm)或標準鏡頭(50mm)，測距結果優於中距鏡頭(70mm)；攝影高度較高者(1.7 與 2.2 公尺)，測距結果優於較低者(1.2 公尺)；而攝影角度的變動對測距則無顯著影響。因此，使用網格測距最佳的攝影方式為：使用標準或廣較鏡頭，以直立或以物品墊高攝影位置，將網板底部與相機視窗下緣保持平行，拍攝網板與所欲還原之現場範圍。
- 三、在還原作業者，相片像點座標定位偏差與地面高程為測距的影響因素，距離愈遠者，對測距結果變動愈大，故對於事故現場較遠或較模糊之跡證，應使用定位標示板以增加像點定位精確度。而地面高程會影響待測點在相片中之成像位置，造成測距誤差，在一般的事故處理程序中，處理員警無法得知各待測點之高程，但可藉由提高攝影高度，減少高程誤差。
- 四、網板端點座標的定位誤差對測距結果影響較大，為測距品質不穩定之主要因素之一，由於網板端點的變動會造成整個測距座標系統的改變，本文在事故現場主要量測區域內增加 3 個控制點，由控制點所構成之平面代表實際空間平面(地面)，以「尋優法」調整端點座標為最佳化，以提昇

測距精度。在實驗場地多次實驗中，測距誤差多在 5%至 7%之間，經以「尋優法」調整網板端點，各次實驗之測距誤差均降低為 0.6%至 1.3%之間，改善效果相當顯著。

- 五、在實證測試中，使用網格測距現場操作所需時間甚短，事故現場還原品質亦符實務需求，在肇事車輛等主要測繪項目中，警繪現場圖與網格測距還原圖均相當接近，一般而言，距原點較近的點位，網格測距還原精確度較優於警繪現場圖，距離較遠者，則易受地面高程或定位誤差影響測距結果。
- 六、由於單張相片涵蓋範圍有限，通常無法攝取整個事故現場，且網格測距範圍亦有所限制，尚無法以網格法取代現行測繪程序。在實務的運用上，應著重於現場跡證相關位置的還原，對於處理人員量測錯誤或未予量測之重要跡證，網格測距提供了補救的機會，有助於事故重建與肇事責任鑑定。

5.2 建議

本文在網格法的改善與實務運用上，已獲致初步的成果，但在操作上及後續發展仍有下列建議：

一、改善網板設計

網板端點定位的精確度，對整體測距座標系統影響甚大，正確的端點位置，應是網板下緣與地面接觸之點(假設地面平坦)，但實際在測定端點座標時，上方端點(A、D)因網板厚度而遮蔽應測點位，故多定位於網板上緣，理想之網板應以薄而硬之材質，較薄者可減少端點遮蔽，易於定位；較硬者則不易因地面不平整而影響端點定位。較精確之網板定位配合「尋優法」調整，可得到較好之測距還原品質。

二、減少高程誤差

地面高程亦為造成測距誤差的重要因素，尤其距離愈遠，誤差愈大，雖然提高攝影高度，可減少高程影響，但實務上仍以處理人員直立高度為上限，改善效果有限，未來如配發交通事故處理車，可研議設置可升降之攝影設備，將大幅減少高程誤差，增加網格測距適用範圍。

三、增加還原作業效率

本文係運用 Excel、Visio、「小畫家」之現有功能，以完成還原作業之簡

便方法，各項操作雖不複雜，但效率可進一步改善，後續研究可使用適當之程式軟體，整合還原作業項目，強化資料處理界面，如以滑鼠游標取得相片像點座標值，取代人工記錄；測距後以指定點位之空間相對座標(Dx,Dy)自動產生線段，無須手動繪製。

四、後續研究方向

(一)多張相片之結合

網格測距經研究改良後，對事故現場之還原能力已大幅提昇，但由於單張相片無法涵蓋全部事故現場，目前尚無法以網格法取代現行測繪程序，後續研究可針對兩張或多張網格測距相片進行結合，擴大測距範圍，進而還原完整之事故現場圖，網格測距將更具實用價值。

(二)二張相片之疊合

在同一地點對同一事故場景，於車輛移置前後各拍攝一張相片，以二個相同影像點之座標加以轉換，可將兩張相片還原之現場疊合，可釐清跡證與車輛移置前後之相關位置，對肇因研判工作更有助益。

參考文獻

- 1.王文麟，肇事鑑定技術發展沿革與新趨勢之評析，交通部運輸研究所委託，民國 86 年 1 月。
- 2.內政部警政署刑事警察局，檢警聯繫會議決議彙編，民國 87 年。
- 3.內政部警政署，道路交通事故處理工作檢討報告，民國 89 年 2 月。
- 4.蘇志強，交通事故偵查理論與實務，民國 86 年 10 月。
- 5.內政部警政署，道路交通事故處理手冊，民國 89 年 11 月。
- 6.陳高村，道路交通事故處理與鑑定，中央警察大學，民國 85 年 5 月。
- 7.前台灣省政府警政廳，交通警察實務手冊，民國 86 年。
- 8.王瑩瑋，以單張影像攝影測量方法還原肇事現場之研究，成功大學交通管理科學研究所博士論文，85 年 6 月。
- 9.龔健彬，運用非測量性相機、桌式掃描器進行近景攝影測量之研究，交通大學土木工程學系碩士論文，87 年 6 月。
- 10.郭友中，應用電腦輔助繪圖與影像處理在完整汽車肇事鑑定作業程序上之研究，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，81 年 6 月。

- 11.陳文志，肇事現場三度空間投影行為之研究，成功大學交通管理科學研究所碩士論文，84年6月。
- 12.王聖鐸，近景攝影測量中人工標點的自動辨識與定位，成功大學測量工程研究所碩士論文，87年6月。
- 13.史天元，近景攝影測量之解析解法，成功大學航空測量研究所碩士論文，685月。
- 14.潘國才，近景攝影測量測定結構物變位之研究，成功大學航空測量研究所碩士論文，73年5月。
- 15.陳光照，MATCH-T應用於近景攝影測量三維量測之研究，成功大學航空測量研究所碩士論文，73年5月。
- 16.羅孝賢、楊進彥，汽車行車紀錄器應用於交通管理之研究，中華民國運輸學會第十五屆學術論文研討會，89年12月。
- 17.Baker, J. Stannard & Frick, B. Lynn, The Traffic Accident Investigation Manual, Northwestern University Traffic institute, Evanston, Illinois 60204, 1986.
- 18.River, R. W., Traffic Accident Investigation Handbook, ISBN 0-398-03917-8, 1980.
- 19.Hyzer, W. G., Perspective Grid Photography, in imaging Technique in Research and Development, Lakewood Publication, New York NY 10016, July 1985.
- 20.Whitnall, J., Unimpeachable Witness: The Grid, Close-Range Photogrammetry & Surveying: State-of-the-Art: Development the Art of Application, Proceedings of a Workshop held as part of American Society of Photogrammetry, American Congress on Surveying & Mapping, Fall Convention, September 9-14, 1984.

(91/06/11 收稿，91/09/05 第一次修改，91/09/25 定稿)