

~~~~~  
**技術報告**  
~~~~~

什麼是「導線」？

史天元¹

摘要

導線是由量測邊、角，而呈一線形圖形之量測方式。由已知點逐步擴展至未知點，訂定未知點位置或方向。導線常用於控制網形之佈設，但不限於控制。例如在地籍測量及土地開發案中，導線測量常應用於坵塊面積之量測。「導線」由英文「Traverse」翻譯而得，日常使用之「導線」相關的名詞中，由於字義之模糊性，常有混淆之處，尤其是分類為「展開導線」、「閉合導線」與「附合導線」等時。本文由「Traverse」之字義出發，探討其涵意，再繼而討論中文譯名。由於中文「導」字之意涵，有所謂「水準導線」之名稱。究其原理，「高程控制網」、「水準控制網」、「水準環路」應為更適當之名稱。

Abstract

A traverse is surveying method composed of angular and distance measurements. It is a series of consecutive lines whose ends have been marked in the field and whose lengths and directions have been determined from observations. It could be measured from known stations gradually extended into the unknowns, providing either coordinates, or directions. Traverse is frequently used for establishing control network, but not limited to. In the boundary surveying, traverse with the fence lines is a common practice. The Chinese term for traverse is “Dao-Hsian”. While this is a perfect translation, there are confusions in its meaning. Particularly, when categorized into “Open”, “Closed”, “Linked”, confusions arises from the translation. This article looks into the meaning of “traverse” first. Then, the translated terms in Chinese are discussed. Besides, the use of the Chinese term equivalent to “Leveling traverse” is discouraged.

¹交通大學土木系教授

前言

平面測量中最基本之觀測量，可大分為五類(Ghilani & Wolf, 2008)：

- 1.水平角
- 2.垂直角
- 3.斜距
- 4.垂距
- 5.水平距

除此之外，方向角(Bearing)與方位角(Azimuth)亦是常用之基本觀測量。雖然，方向角與方位角可以視之為特殊的水平角，在組成角度之相交兩個邊中，其中一個邊是參考基準方向；但是在導線測量中，方向角與方位角之誤差傳播性質與兩方向線間夾角十分不同。

三維空間中，由於製圖基準之差異，點位之坐標與其所展示之圖形，

常以「位置」(平面)與「高程」區分。平面位置之訂定，當然以「水平角」與「水平距」為主要觀測量。在現今廣泛使用之全測站經緯儀(Total Station，亦稱全站儀)作業中，「水平距」或由「斜距」與「垂直角」化算得到，但在平面座標計算中多已化算為「水平距」。

平面測量中，求取點位關係時，多依賴基本之幾何圖形，由邊、角組合成之觀測量，達成求取未知座標或關係之目的。圖 1 所示為常見之簡單定位圖形，三角三邊等為複合性圖形，則未包括在內。史惠順(1978)第一章中尚包含兩直線相交、支距、等其他圖形，因與本文所將討論之導線關係略遠，故不在此進一步討論。

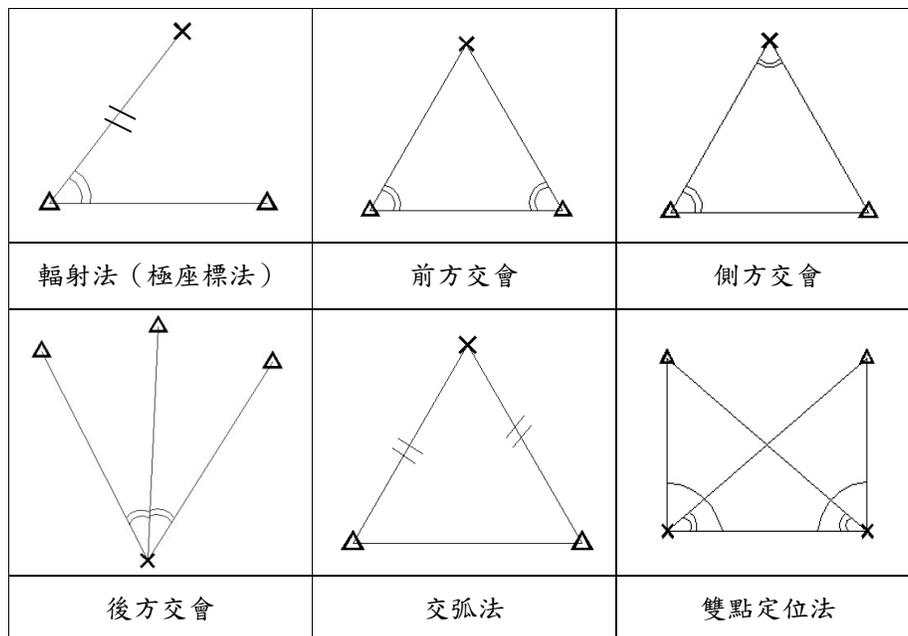


圖 1 幾種簡單定位圖形

「導線」是由量測邊、角，而呈現一線形圖形之量測方式。由已知點逐步擴展至未知點，訂定未知點位置

或方向。就基本圖形而言，就是輻射法的一種延伸。也就是，以輻射法訂定一點後，再由該點設站、重複施行

輻射法。「導線」之應用十分普遍，但是在種類名稱中，常有一些略有涵義不清楚之處。本文由導線原文字義出發，意圖做一釐清，以期有助於基礎測量教學之進行。

導線(Traverse)字義

「導線」之對應英文為「Traverse」，究其定義，「Traverse」乃指延伸、跨越、擴展向未來。由其原始定義衍生，「Traverse」有許多應用。而就導線與測量而言，導線乃指一線狀的圖形，由邊、角組成。由Yahoo(2009)網際字典，「Traverse」之中文解釋如下。

vt. (及物動詞 transitive verb)

橫渡、橫越、越過、穿過。traverse the ocean 橫渡重洋；橫貫、橫跨、交叉、沿...來回移動、在...來回走動、全面研究、詳細討論、反對、妨礙、阻止

【律】否認,反駁

vi. (不及物動詞 intransitive verb)

橫越、橫過、(橫向)往返移動、轉動、在軸上旋轉、The gun traverses smoothly、砲筒旋轉自如。

作Z字形攀登、(滑雪中)橫線下坡

n. (名詞 noun)[C][U]

越過、穿過、橫越、橫越的路線、橫斷物、橫樑、橫軸、通廊、樓廂、(城牆、壕溝等的)護牆、障礙物、Z字形攀登、Z字形滑降[C]

【律】否認,反駁

【數】橫切線

a. (形容詞 adjective)

橫貫的、橫過的、交叉的、雙幅窗簾的、

ad. (副詞 adverb)

橫過、越過、穿過、交叉著

所以，就字義而言，「Traverse」有穿越森林、跨越河流、通過高山、邁向前方的意涵。而對本文探討主題更有義意的，「Traverse」有著「邊」與「點」組成之概念。Random House (1997)針對導線之測量方向之應用解釋如下：

12. Survey. a series of intersecting surveyed lines whose lengths and angles of intersection, measured at instrument stations, are recorded graphically on a map and in numerical form in data tables. Cf. **closed traverse.**

也就是：

12. 測量. 一系列相交的測量線段，其邊長與各交點之角度於交點設儀器觀測，觀測成果以圖或數值方式記錄。例如：閉合導線

詳細的定義，可在包含RandomHouse (1997)、Webster (1913, 2005)，等網際字典中發現。而更直接的定義亦可見於各式測量學教科書，如 Ghilani & Wolf (2008)中。本文英文摘要第一、二句，便是組合 Ghilani & Wolf (2008)的敘述。

屆此，由「Traverse」翻譯所得之「導線」的涵義已很清楚。而「經緯天地、肇始測量」，測量人員由已知之地出發，無論是向山區挺進、或是經由河川、「跨越」各種地形、邁向未知之線狀圖形測量，就是「導線」。

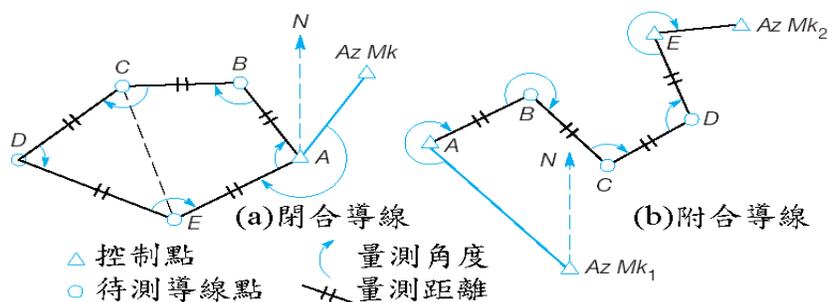


圖 2 閉合導線(a)與附合導線(b) (Ghilani & Wolf, 2008)

數學方面之約制，並非一定有兩個控制點，或一個已知點及一個已知邊。如圖三所示，在圖形中，三角形表示已知點，X 表示未知點，箭頭表示一個已知方向。圖 2(a)與圖 2(a)一樣，均為閉合導線。根據定義，閉合導線之起始點與終結點應為相同。由此定義而言，圖 3(b)並非閉合導線。但是，圖 3(b)導線之起始邊與終結邊相同。故其觀測之角度和產生一角度閉合約制，而此約制與閉合導線相同。以圖 3(b)為例，四個內角(或其偏角、右旋角)均為觀測量。比對附合導線，附合導線之角度約制條件中包含起始邊與終結邊之方位角，而非純然

由觀測量組成。亦因此，附合導線之角度約制受到已知點坐標精度之影響。此一差異，使得閉合導線計算時，可直接以角度和進行角度約制平差。圖 3(b)所示之附合導線亦具有此特性，而其他附合導線則需計算方位角差值，方式略有不同。雖然，閉合導線可依附合導線方式計算，使用相同表格。但是，對針對閉合導線所設計之計算表格，以折角和進行角度平差者，圖 3(b)亦適用。

圖 3(c)中，沒有已知點，故計算時需假定一個坐標系。假設坐標系後，其計算等與圖 3(a)相同。

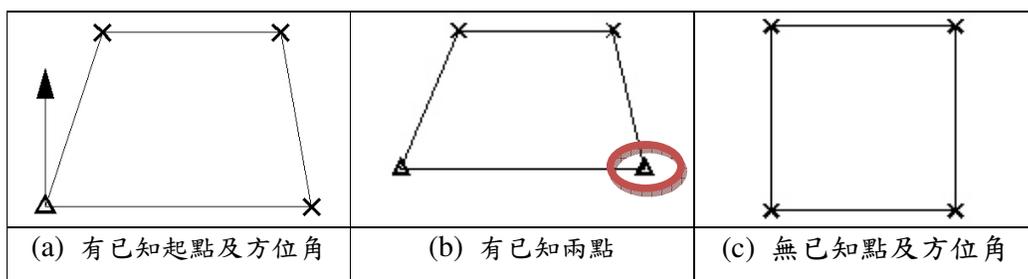


圖 3 角度閉合之導線

(1)附合導線 (Linked Traverse)

附合導線之常規定義，為連接兩個已知點之導線，在各已知點之方位角為已知。附合導線為閉合、附合、自由三者中，圖形最理想者。

有多餘觀測、可以平差、具有檢核能力。由語意而言，附合導線為稱呼由一已知點與一已知方向，「附合」到另一已知點與一已知方向者。圖 2(b)為一以兩個已知點為起

終點，而此兩起終點各有一使用另一已知點所定義之參考方向。史惠順(1978)中使用之對應英文名稱為「Connected Traverse」，邢治宇(2009)則使用「Connecting Traverse」，雖有不同，但均可與附合導線相對應、理解。

陸國勝(1993)擴充附合導線之常規定義至包含其他約制條件，而根據已知量之分布，圖 4(a)為由兩已知點，附合到兩已知點，前述定義中之方位角可由計算得到。(b)為由兩已知點附合到一已知點。陸國勝(1993)稱圖 4(b)為「僅有一個連接角的附合導線」，如導線起、終兩點均無已知方位角，陸國勝(1993)稱為「未測連接角的附合導線」。但是根據「附合導線為由一已知點附

合至另一已知點」之基本定義，(c)為由一已知點及一已知方位角附合到一未知點但具有方位角，則不是「附合導線」。

圖 2(b)與圖 4(a)為一般使用之標準型式，雖然以陸國勝(1993)所描述之概念而言，擴張後附合導線之約制條件變化，並非僅限定於圖 4(a)，亦非限於圖 4 所列，可以隨使用情況調整。但是，由於導線之多餘觀測數並不多，標準型式亦僅有三。因此，大多數之教科書中，如史惠順(1978)、邢治宇(2009)、陸軍官校(1983)均未涵括如圖 4(b、c)之介紹。目前國內測量相關規範中亦未見類似圖形之說明，於使用時，需詳加考量。

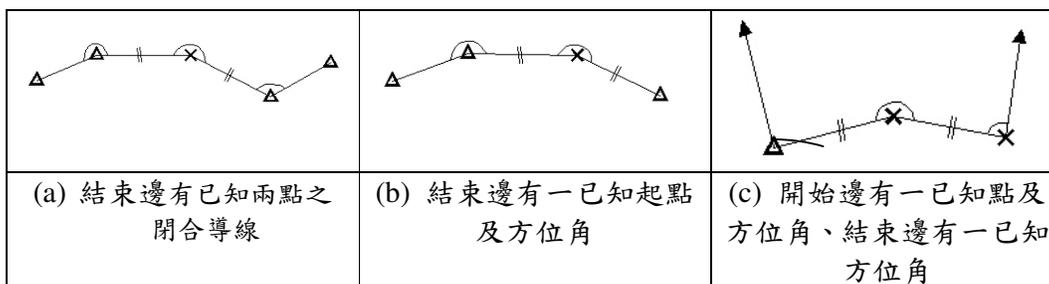


圖 4 附合導線

(2)自由導線(Open Traverse, Free Traverse)

自由導線為由一個已知點及一個已知方位角起始之圖形為線狀的測量。該方位角可以為由已知座標或其他已知量經計算得到，或由直接觀測獲取，如使用真北儀、羅盤儀、天文觀測。沒有檢核條件，沒有圖形上之多餘觀測，無法平差，亦無法自我檢核。如圖 5(a)，觀測量：角：1，邊：2，未知數為 4，故沒有多餘觀測量。圖 5(b)，觀測

量：角：2，邊：2，未知數為 4，故仍沒有多餘觀測量。就圖形而言，自由導線為開放(Open)、就數學而言，沒有約制，故為「自由」。也因如此，稱之為「開放導線」，以表示另一端不具約束，亦為適合的名詞。「自由」或「開放」，造成學生誤解之機會應不大。不過，「開放」多少亦具有圖形之意涵，雖或較「展開」為少，但是「自由」則具有完全為「約制」面之涵義。

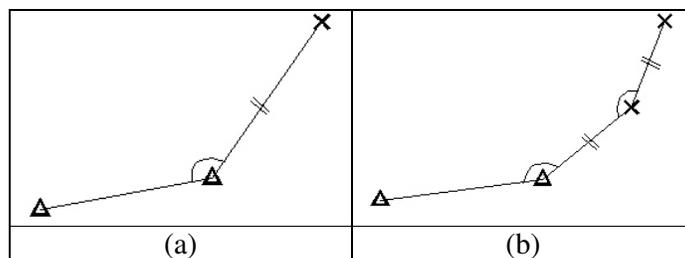


圖 5 自由導線

由於缺少檢核條件，自由導線通常為實際作業上所不受建議者。但應用於細部測量時或檢驗細部製圖圖籍資料時，頗為方便。故其應用仍所在多有。只是使用時之精度與可靠度之考量必須納入規劃分析。精度可以由誤差傳播推算，可靠度則因圖形與約制之限制，自由導線不具有可靠度。

導線名稱探討

由於中英文不同之故，「導線」相關之名詞一直有著一些混淆的多樣性，謹整理數種測量學相關教材，略述如表一。其中，管晏如(1994)、焦人希(1995)、等，均先以圖形分兩類，閉合(Closed)與展開(Open)，再將展開導線依約制方式分類。陸軍官校(1982、1983)與王潤璞(1976)則僅就圖形分類。有趣的是，對於 Open Traverse 之體會，各書並不一致。Ghilani & Wolf (2008)與 Anderson & Mikhail (2000)說明 Open Traverse 時，均指符合終結點為未知點條件之導線，因此 Open Traverse 應為沒有約制之導線，亦即「自由導線」，或史惠順(1978)中所述之「展開導線」。是否不同名詞僅

存在中文教材中？Bannister, et al. (1993)使用數學約制做第一層分類，閉合(Closed)與不閉合(Unclosed)，然後閉合導線又依其圖形分為 Closed loop traverse (閉合環形導線)與 Closed line traverse (閉合線形導線)。Benton & Taetz (1991)則使與 Ghilani & Wolf (2008)與 Anderson & Mikhail (2000)相近之方式分類，先依數學約制方式，分為 Open Traverse 與 Closed Traverse，再依圖形將 Closed Traverse 分為 Loop Traverse 與 Connecting Traverse。國內、外基礎測量學教材甚多，表一所列僅為以方便性考量所蒐集之部分，預期其他書籍之變異性應不限於所舉列者。

(1)自由導線與展開導線

就圖形而言，不是封閉的(closed)圖形，便是展開(open)，如圖 6 所示。由於封閉圖形所形成者為一多邊形，更又稱「多邊形導線 (Polygonal Traverse)」。其實由圖形而言，嚴謹的說：圖 2(a)是閉合至相同已知點之閉合導線，圖 2(b)是閉合至相同已知邊。由定義而言，圖 2(b)是附和導線，但是就角度閉合差性質觀點而言，圖形依然閉合。

表 1 名詞對照

	Closed Traverse	Linked Traverse	Open Traverse
史惠順(1978)	閉合導線	附合導線	展開導線
尹鍾奇(1973)	閉合導線	附合導線	展開導線
邢治宇(2009)	閉合導線	附合導線	展開導線
李瑞清(1998)	閉合導線	附合導線	開展導線
陸軍官校(1982、1983)	閉合導線	展開導線	展開導線
王潤璞(1976)	閉合導線	開展導線	開展導線
焦人希(1995)	閉合導線	展開導線	開放導線
管晏如(1994)	閉合導線	展開導線或附合導線(open traverse, connecting traverse)	自由展開導線(free open traverse)
陸國勝(1991)	閉合導線	附合導線	---
Anderson & Mikhail(2000)	Closed loop traverse	Closed traverse	Open traverse
Bannister, et al. (1993)	Closed loop traverse	Closed line traverse	Open traverse
Benton & Taetz (1991)	Loop Traverse	Connecting Traverse	Open Traverse
Ghilani & Wolf (2008)	Closed polygon traverse	Closed link traverse	Open traverse

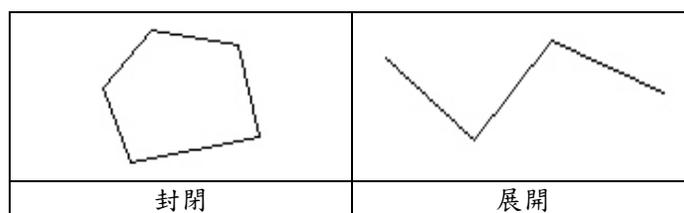


圖 6 圖形封閉與展開

導線分類時，在中文裡，「開放」、「展開」、「自由」常有混同之狀況。針對此一問題，本人建議將「圖形」與「約制」分開論述。在高職或其他基礎平面測量教育中，闡明此一原則。而如一定要簡化，建議使用「閉合」、「附合」與「自由」三個名稱，以免滋生困擾。如果使用「展開導線」此一名稱，因有圖形與數學之不同涵義，較容易產生混淆。或許，「展開導線」可保留為僅指「圖形」上為展開。

以圖 5 (a)之圖形與約制而言，其名可稱為「輻射法」或「光線法」，亦

可稱為「僅一個待定點之自由導線」。以圖 5 (b)之圖形與約制而言，其名可稱為「具有兩個連續待定點之自由導線」，或「具有兩個導線邊之自由導線」。「已知邊是否為導線邊」？由於已知邊不需量距，故不宜列入導線邊數目之計算。其實，由於「約制」情況可以相當多變，而導線本身亦屬「角、距」組成圖形之一種特例。將導線一併列入座標幾何(Coordinate Geometry)，視之為一種邊角圖形，可能更為恰當。配合圖形與約制，而創造多種名稱，應對基礎測量教學有礙。

(2) 「導線」之應用與形式

由前所述，「導線」只是一類測量所使用的幾何圖形名稱，雖然常應用於控制測量中，但是「導線」之應用不限於控制測量。在地籍測量之坵塊測量中，便常用到導線測量測取由界址點所包含之面積。李瑞清(1998)除在第五章圖根測量時描述「導線測量」方法外，第七章「界址測量」中，於圖解法中描述有「圖解導線法」，於數值法中，亦有「導線法」。此一實務作業方式，Ghilani & Wolf (2008)亦描述導線於「boundary Survey」(邊界測量、亦即界址測量)有良好應用。

綜上所述，雖然「導線」測量之中文名稱之「導」，有「指導」之意涵，其義與「必須應用於控制測量」方可稱為導線，應亦有所差別。因此，

使用於細部測量或檢核時，使用之「導線」仍為導線。

Ghilani & Wolf (2008)描述了多種導線，其中輻射導線(Radial Traverse)尤其可以說明導線為邊角組成之意涵。圖 7(a)為單主測站輻射導線、圖 7(b)為雙主測站輻射導線。而圖 7(a)實際上即為圖一中之輻射法，不具有多餘觀測，亦不受建議使用。圖 7(b)則於每一未知點均有兩個多餘觀測量。

查國內外測量學教科書，在國內之教材中，以本人所搜尋之書籍而言，未有在導線分類中敘述「輻射導線」者。但是 Ghilani & Wolf (2008)與 Anderson & Mikhail (2000)則均對「輻射導線」有所敘述。

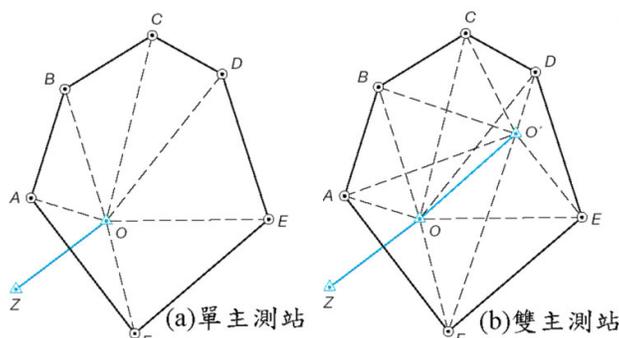


圖 7 輻射導線(Ghilani & Wolf, 2008)

(3) 「水準導線」與「水準環路」

隨同導線之平面測量作業，如有觀測垂直角、量測儀器高、及覘標高，亦可同步獲得高程資訊。在光學儀器時代之視距測量，以及電子儀器時代的全測站儀 EDM 測量，均可獲得三角高程。此時，「導線」本身便提供三維座標。而同時亦符合導線之意涵，故其使用名稱，殊無疑義。可是，若以逐差水

準測量所得之線狀分佈網，是否仍適合稱為「水準導線」？則似有爭議空間。

回顧「三角高程」之英文名稱，Ghilani & Wolf (2008)與史惠順(1978)均使用「Trigonometric Leveling」，亦即「三角水準」。以此推論，以「水準導線」表示逐差水準測量所得之線狀分佈亦應可以。但是「水準環路」、「水準網」

相較可能更為理想。因為，「水準導線」是否為「具有以水準測量方式獲取高程之導線」，因此同時具有三維座標。還是「僅以水準測量方式獲取高程，並無平面位置座標」？

結語

「導線」為一常用測量方式，應為測量學之基礎教學內涵。但是，其名稱之使用常有所爭議。經過字義與應用之分析，建議將圖形與約制分別列類描述導線之分類。圖形可以有封閉(閉合)、與展開。約制上，亦可有封閉(閉合)、與自由(開放)。若必須合併使用，建議採用**閉合導線**、**附合導線**、**自由導線**，三種類別名稱。本文無意就此提供一次定論，但願就所知分析，或許可做為建立共識之基礎。

審視導線教學之背景，導線為邊角圖形之一種特例。王潤璞(1976)、尹鍾奇(1973)、史惠順(1978)、李瑞清(1998)、邢治宇(2009)、陸軍官校(1982、1983)、焦人希(1995)、管晏如(1994)等書中均僅使用常規式之附合導線定義，其實有重要的「化繁為簡」之目的。如果在一簡化之描述系統下，追求各式數學周延性之擴充，可能並非適合。而就名詞應用而言，「僅有一個連接角的附合導線」、「未測連接角的附合導線」，表達並非清楚直接。而若延續此一擴充，由一已知點及一已知方位角附合到一未知點但具有方位角之圖形(圖 4(c))，則不是「附合導線」，更讓人有著玩弄文字之感。執此之故，本文建議在初等測量教學中，保持常規「附合導線」定義，各種多變、複雜之圖形，留待整體性之邊角測量教學中處理。

致謝

本文承蒙立德大學邱仲銘教授、中央大學陳良健教授、內政部國土測繪中心林世賢先生指正，使本文論述較為周延，謹此致謝。本文作者承蒙香港理工大學陳永奇教授指點思考方向，指出教學目的考量之重要，更由衷感激，謹此致謝。

參考文獻

- 1.王潤璞，1976。測量學，個人出版。
- 2.史惠順，1978。平面測量學(上冊)，國立成功大學。
- 3.尹鍾奇，1973。應用大地測量學，滄海出版社。
- 4.李瑞清，1998。地籍測量(上冊)，個人出版。
- 5.邢治宇，2009。導線測量，
staffweb.ncnu.edu.tw/hyshin/class/survey/chapter/ch5.doc，最近查詢：2009-04-01。
- 6.焦人希，1995。施工測量學，科技圖書有限公司。
- 7.張芝生、張元旭、曾正雄，2003。測繪學辭典，國立編譯館主編出版，鼎文書局總經銷。
- 8.管晏如，1994。測量學，友寧出版社。
- 9.陸軍官校，1982。地形學(下冊)，陸軍軍官學校。
- 10.陸軍官校，1983。地形學測量篇，陸軍軍官學校。
- 11.陸國勝，1993。測量學，測繪出版社。
- 12.Anderson, J.M., and E.M. Mikhail, 2000. Surveying, Theory and Practice, Seventh edition, McGraw-Hill International.
- 13.Bannister, A., S. Raymond, and R. Baker,

1993. Surveying, 6th ed., Longman Scientific & Technical.
14. Benton, A.R., and P.J. Taetz, 1991. Elements of Plane Surveying, McGraw-Hill International Edition.
15. Webster, 1913. Definition of Traverse from dictionary.net, Webster's Revised Unabridged Dictionary, <http://www.dictionary.net/traverse>, 最近查詢：2009-04-01。
16. Webster, 2005. traverse - Definition of traverse at YourDictionary.com, Webster's New World College Dictionary, <http://www.yourdictionary.com/traverse>, 最近查詢：2009-04-01。
17. Ghilani, C.D. and P.R. Wolf, 2008. Elementary Surveying, An Introduction to Geomatics, 12th edition, Pearson International Edition.
18. Random House, 1997. Traverse: meaning and definitions, <http://dictionary.infoplease.com/traverse> 最近查詢：2009-04-01。
19. Yahoo, 2009. Traverse, <http://tw.dictionary.yahoo.com/search?ei=UTF-8&p=TRAVERSE>, 最近查詢：2009-04-01。