

# 應用圖形技術改進都市計畫樁清理補建資料處理之研究

## 第一章 前言

### 第一節 研究緣起

都市之建設過程分為三個階段，第一階段為規劃設計，亦即就一定地區內有關都市生活之經濟、交通、衛生、保安、國防、文教、康樂等重要設施，作有計畫之發展，並對土地使用作合理之規劃工作，其規劃結果記載於計畫書及計畫圖，作為實施之依據。第二階段為樁位測定，也就是依據都市計畫書、計畫圖及已知之三角點、導線點、水準點測定道路中心樁、都市計畫範圍界樁、公共設施用地界樁、土地使用分區界樁位置，並據以製作都市計畫樁位圖及樁位坐標表，作為各項建設的依據。第三階段為都市建設，乃依據都市計畫樁位置施工開闢各項公共設施、修築道路及建築線指定工作。由此可知，都市計畫樁之測定、管理及維護與都市建設密不可分。

目前我國各鄉鎮市區，大部分已實施都市計畫，並依照主要計畫及細部計畫測定都市計畫樁，但由於都市計畫樁釘樁測量由都市計畫單位辦理，地籍測量則由地政單位辦理，兩者間各自獨立作業，都市計畫圖與地籍圖無法相戶一致情形時有所聞，加上各項建設施工頻繁，已測定完竣之樁位損毀、滅失情形十分嚴重，不僅辦理都市計畫公共設施用地逕為分割測量作業困難，也影響都市之建設，因此如何使都市計畫樁釘樁測量與地籍測量成果一致，並建立都市計畫樁管理維護機制，已成為都市建設不容忽視的課題。

為使都市計畫樁與地籍逕為分割成果得以相互一致，地籍測量實施規則第一百九十條規定都市計畫範圍內，辦理地籍圖重測時，該管縣市政府建設、工務機關，應事先檢測都市計畫樁位置

，並將樁位及其坐標資料列冊點交地政單位，俾配合地籍圖重測辦理樁位聯測及逕為分割測量作業。惟建設、工務機關常因人力及儀器設備不足，無法即時配合辦理，因此大部分多委由土地測量局代為辦理。在都市計畫樁清理、聯測、補建過程中，涉及大量的資料處理及計算，包含樁位坐標建檔與檢核、遺失樁位的坐標推算、街廓點位計算及各種成果圖表的繪製與列印等等，均可藉由電腦來輔助處理。內政部土地測量局為提升工作效率，已於民國八十一年開發完成現行使用之「都市計畫樁清理補建系統」，協助工作人員推算遺失樁位的坐標及繪製樁位圖，惟該系統係於個人電腦 MS-DOS 作業環境所開發，無法在現行視窗作業環境使用，且採用文字操作介面模式，使用上較不具親和力，而繪製樁位圖時又須藉由 AutoCAD 軟體進行編修，在軟體購置成本之考量下無法提供各作業人員使用。為因應現行作業環境的需求，爰研究將該版都市計畫樁清理補建系統改為 Windows NT 版本，除維持現有系統計算處理功能外，另規劃採用圖形操作介面，並增加成果圖的編修功能，藉由透過圖形使用介面（GUI）及螢幕立即的顯圖方式，方便使用者發現錯誤並進行各種計算操作，以提高作業效率。

## 第二節 研究目的

本研究之主要目的乃是以現階段軟硬體設備環境與相關技術為基礎，參照目前既有的都市計畫樁清理補建系統之功能，進行操作介面的全面重新設計，並且增強資料處理計算的能力及圖檔編製的功能，預期達到操作使用的便利性及資料處理的正確性，提昇都市計畫樁清理補建作業的效率，其研究重點如下：

### 一、檔案架構設計：

除都市計畫樁坐標檔需「土地登記複丈地價地用電腦作業系統」轉入使用，仍使用原有資料格式外，控制點、街廓點、參考點、控制點連線、街廓連線、參考線等點、線資料

儲存格式及其索引資料，均配合系統架構重新規劃，以利資料的管理維護。

## 二、操作使用模式規劃：

系統操作使用模式配合視窗作業系統特性，改採圖形顯示為主，文數字資料顯示為輔的操作環境，即時將各類型的點、線等圖形資料顯示於電腦螢幕，並提供圖形化的操作功能以取代傳統文字輸入模式，即在螢幕上以滑鼠點選圖形代替鍵盤輸入，以增加系統操作時的方便性及作業的效率，達到系統易學易用的目的。

## 三、都市計畫樁位圖編製功能設計：

配合都市計畫樁位成果圖的特性，開發一個圖形編輯的作業環境，提供樁位圖自動產生及圖形搬移、刪除、新增、文字註記等編修功能，並且配合現有的繪圖機、雷射印表機等輸出設備，設計圖形展繪輸出的功能。

## 四、點位計算演算法推導：

資料處理的計算式，需配合電腦的特性，儘可能避開因數字溢位導致精度降低或特殊狀況導致錯誤的情況，因此演算法需配合各種狀況予以變化設計，使發生錯誤的機率降至最低。本次研究將針對樁位坐標推算部分所使用的演算方式逐一檢討分析，並就效能較低部分重新推導演算方法，使能有較佳之求解能力並縮短推算的時間。

## 五、應用系統開發：

本次研究除了改進現行系統功能不足部分，並計畫針對研究結果開發視窗版應用程式，供後續都市計畫樁清理補建作業使用，期能藉由現有電腦軟硬體技術，開發易學且方便使用的程式，提高電腦在都市計畫樁清理補建作業的應用層次。系統開發計畫採物導向程式設計方法為之，除更新檔案資料結構和系統內部資料處理架構外，系統程式儘可能以物件化、模組化來撰寫，藉著修改物件或增加物件功能，以方便日後系統維護或功能擴充。

## 第二章 研究方法與過程

研究方法採比較法，即依照現使用程式功能重新開法新視窗版程式，並逐一比較其成果的正確性及資料處理效率，以開發一個效率高且符合實際作業需要的應用系統。其研究過程包含工作平台的選定、數學計算式的推導、資料庫規劃、操作介面設計、及應用程式開發等，茲就研究過程分別說明如下：

### 一、工作平台的選定：

工作平台的選定，在不購買其他軟硬體設備的前提下規劃，故執行新系統所需軟硬體設備基本需求，以土地測量局現使用最低階之個人電腦、作業系統及印表機、繪圖機為準，其基本需求如下：

#### (一) 個人電腦需求：

- (1) CPU 等級為 Pentium-200 (含) 以上。
- (2) 主記憶體 32MB (含) 以上。
- (3) 磁碟容量 2GB (含) 以上。
- (4) MS Windows NT Workstation 4.0 中文版或更新版本作業系統。

#### (二) 繪圖機、印表機等週邊設備需求：

本系統架構在 Windows 作業系統之上，對於雷射、噴墨、點陣式印表機的操作使用，可直接透過 Windows 作業系統支援，故只要具有驅動程式之印表機均可使用。而土地測量局目前所使用之筆式繪圖機，因缺乏完善的 Windows 驅動程式，需另以該繪圖機支援之繪圖語言撰寫程式，供繪圖作業使用。

### 二、數學計算式之推導：

針對現行使用系統所使用的直線與直線交點、直線與圓弧交點、圓弧與圓弧交點、圓心半徑計算、單曲線計算、複

曲線計算、反向曲線計算、道路截角計算等數學計算式，蒐集測量相關書籍收錄的數學計算方法，並參考電腦浮點運算特性，予以歸納推導出較適宜的求解方式，並儘量避免電腦計算上所可能引發的問題，如浮點數溢位、除數為 0 或趨近於 0 等狀況。

### 三、資料庫規劃：

資料庫是整個系統的核心，資料檔的架構及相互關聯是否嚴謹，影響資料搜尋及處理效率。現行資料以傳統資料檔方式儲存，在傳統 DOS 作業環境執行效能尚可，但缺乏圖形資料的規劃，故新系統資料庫的規劃除應考量資料處理效率外，尚需因應圖形操作的方便性，增加各種控制點、都市計畫樁、樁位連線、街廓連線、參考線等資料分類及分群管理檔案，使系統資料更趨完整。另根據系統需求就各項資料的載入、輸出、存取、新增、刪除等，進一步設計各資料檔及其索引檔結構，並兼顧記憶體的有效管理及搜尋效率，研究設計簡潔而強固的系統存取核心。

### 四、操作介面設計：

為配合 Windows NT Workstation 4.0 中文版作業系統多工、圖形化介面的特性，故新系統操作介面規劃採用 Windows NT 作業系統提供的 Win32 API ( application programming interface ) 為核心，以方便進行圖形化的設計。另為避免當資料量大時，繁複的資料計算將影響圖形顯示速度，規劃增加點、線資料與顯圖範圍的交集運算功能，先篩選掉顯示範圍外的點、線資料，節省部分圖形繪出的時間以增加系統效率。

### 五、應用程式開發：

舊版都市計畫樁清理補建系統係採構化程式設計方法以 FORTRAN 程式語言開發完成，由於對於視窗作業環境所提供的工具較少使用不便，因此新系統規劃改採 C++ 物件導向程式語言開發，規劃設計點、線、弧、資料儲存管理、繪

圖功能、記憶體管理、檔案操作等物件，其中除繪圖功能與作業系統有直接相關，直接呼叫作業系統所提供之 API 函式外，其他的物件均儘可能以標準 C++ 語言格式撰寫，並且呼叫標準的 C / C++ 函式，以方便日後系統維護及物件程式碼的共享或移植。

### 第三章 研究發現

- 一、每一都市計畫樁有兩組坐標資料（一組為清理補建前的坐標，一組為清理補建後的坐標），土地測量局現使用的系統將樁位的新舊坐標放在同一筆資料錄，如將兩組坐標分開儲存，其資料結構與控制點坐標資料相同，只要設計一點位資料維護的物件模組，即可應用於不同形態的點位坐標維護，故選擇將新舊坐標分開儲存各自獨立管理，在使用操作上可保有較大的彈性，亦方便程式撰寫與維護。
- 二、都市計畫樁點號係依計畫分別編列，假如地籍圖重測作業範圍跨越二個以上的都市計畫區，則都市計畫樁點號可能發生重複，現使用系統必需先將重複點號其中一點重新編號方能處理，易造成點號與原都市計畫樁成果表及樁位圖不符之疑義，為解決此一問題，新系統將檔案區分為不同群組（Group）存放，將不同都市計畫區樁位成果及其所關聯的連線資料設定為不同的群組，即可處理點號重複的問題，並可隨時載入不同群組資料互相套疊應用，增加了系統的使用彈性，也預留了系統未來的擴充性。
- 三、依據內政部訂定測量基準，投影後的都市計畫樁縱坐標與橫坐標分別為七位整數三位小數與六位整數三位小數，即其有效位數分別為 11 位與 10 位，經檢視現使用系統原始程式，發現交點計算、圓心半徑計算等基本幾何計算均須使用乘法或除法運算，以  $X \times Y$  為例，其有效位數為 21 位（11+10），但由於坐標係以雙倍精度實數儲存，有效位數僅達 15 位，即執行一次乘法運算，第 15 位以後之數值將由電腦自動予以進位或捨去，影響計算精度。為降低浮點溢位的風險，保有較佳的計算精度，新系統在撰寫相關的數學計算式時，會視情況將坐標值先行平移（ $X$ 、 $Y$  坐標分別減去一常數值），取得

原坐標尾數部分計算，將浮點溢位的情形降至最低，俟計算完成後在加上原減去常數值，將坐標回復至平移前位置，如此即可獲得較精確的計算結果。

- 四、現使用系統都市計畫樁坐標檔及連線檔係以 ASCII 文字格式儲存，使用者可使用文書編輯軟體予以更新，易造成資料不對應情形，影響系統運作。新系統點位坐標、連線關係等基本資料以 Binary 二進位模式取代 ASCII 文字模式，除可節省檔案儲存空間，並可避免資料遭到任意篡改，另都市計畫樁坐標、街廓點坐標、樁位連線及街廓連線資料，各自分開儲存，當資料載入電腦時，系統會利用點名將相關聯的點、線、弧資料組成一個群組，以方便管理（系統可同時管理多個群組），並分別依點位名稱、連線名稱進行排序，採用二分搜尋法來加快資料的搜尋速度。
- 五、由於新系統新增多個資料檔，為方便資料庫管理，利用資料陣列結構搭配索引陣列，設計成一改良型式的串列結構（Linked List）來儲存資料，對於資料的搜尋、新增、刪除等處理效率，均有令人滿意的結果，對於儲存資料之記憶體的管理維護也較為簡潔，此外各類型的點、線、弧資料均獨立分開存入個別的串列中，可以使資料的處理簡單明確，降低系統的複雜度及避免產生不易偵查的錯誤（Bug），在設計後續的計算功能、查詢功能、資料處理功能等等時，也將更為容易。
- 六、現使用都市計畫樁清理補建系統所提供樁位計算，提供輸入樁位坐標與曲線要素相互比對檢核及固定某些樁位坐標或曲線要素據以推算其他樁位坐標與曲線要素功能，使構成該曲線道路之都市計畫樁與曲線要素相互一致。為達此一目標，原有系統針對不同的條件組合，分別推導其計算模式並據以撰寫程式因應，作業十分繁瑣，本次研究改以測量平差的觀點，當條件數（曲線要素、樁位坐標）多於未知數（欲求解的樁位坐標）時，均可利用坐標變分法及條件平差的模式進



行解算，使用者可依實際需要設定固定的條件，再依最小二乘法的原理輔以加權的方式來求解，提供了一個較為彈性求解方法，相同的程式碼用於單曲線、複曲線、反向曲線均可適用，是否適用於三次拋物緩和曲線（縱貫鐵路）、克羅梭曲線（快速道路及高速公路）、雙葉線（交流道）、正弦半波緩和曲線（高鐵）等的求解，亦值得進一步深入研究。

- 七、土地測量局現行都市計畫樁位圖繪製，係先將資料轉出為一標準交換格式後，再於 AutoCAD 軟體下撰寫 LISP 程式進行成果圖編輯出圖，所需軟體購置費用相當大，且不易推廣至各地政事務所使用，為使系統不需搭配套裝軟體即可獨立作業，需另行開發成果圖編修及繪製功能，另發展一演算法，萃取出實體字的外緣線，將文字改成中空字後再繪出，取代舊系統外掛中文字型。
- 八、本系統雖然是針對都市計畫樁清理補建作業而設計，但是系統內部核心對於點、線資料的運算處理則是採一般性的方式，處理過程中只使用最基本的資料，包括點位名稱、點坐標以及由點位名稱所構成連線名稱，故對於其他須處理點、線資料的作業，針對其基本的點、線資料架構及作業特性，修改資料存取物件並新增處理功能便可發展出適合該作業的新系統，可大幅縮短系統開發的時程。
- 九、本系統新增之成果圖編輯功能，可視為一單獨的子系統，其功能為提供一個編修圖檔的環境，供使用者進行圖檔編修及繪製成果圖。當執行編修圖檔的作業時，圖檔上所有的圖形如文字註記、各種型式的點、各種型式的線、表格等等，每一樣均是一種個別的物件，目前系統所能支援處理的圖形物件，如文字註記、文字表格等是屬於一般性的物件，而各類型樁位、線、曲線表等則是都市計畫樁清理補建作業中專屬的物件，未來如有不同的作業需進行圖形編修作業或繪製的工作，只需要針對該作業中系統尚未支援的圖形物件加以開發支援，此編圖子系統便可應用於該作業之上。

## 第四章 效益分析

本研究最終目標是開發一套視窗版都市計畫樁清理補建系統，提供土地測量局及臺灣省各地政事務所辦理地籍圖重測區都市計畫樁清理補建作業使用，經過一年來的努力，新版程式已開發完成，除維持原系統所提供的功能外，另提供易於操作的圖形化介面及成果圖編修功能，經測試結果，新系統在便利性及功能性均較舊系統為佳，有助於地籍圖重測區都市計畫樁清理補建資料處理作業之執行，其具體效益如下：

### 一、操作簡單化，提升作業效率：

舊版都市計畫樁清理補建資料處理系統，未提供即時顯圖功能，樁位間的相對位置、樁位的連線關係是否正確，需由繪圖機展繪後始能得知，新版系統在圖形環境下操作，處理結果能即時在螢幕上顯示，使用者亦可利用滑鼠點選螢幕上點、線資料進行查詢、檢核，以及早發現錯誤並立即予以更正，作業效率大幅提升。

### 二、檢查工具化，降低耗材需求：

舊版都市計畫樁清理補建資料處理系統，建檔及計算結果需列印報表或繪製參考圖反覆檢查更正，新版系統提供及時顯圖功能，相關檢查修正作業均能於電腦上直接處理，大幅降低報表列印及繪圖次數，報表紙、色帶、繪圖紙、墨水等耗材使用量相對降低。

### 三、流程單純化，方便資料處理：

新系統係針對都市計畫樁清理補建作業之特性而開發，圖形操作介面使用便利功能完整，不需搭配其他軟體即可獨立運作，使資料處理能在同一作業環境下完成，流程簡化易於資料處理。

### 四、功能完整化，降低建置成本：

舊版都市計畫樁清理補建系統為求樁位成果圖美觀清楚，在繪圖前須先將資料轉入 AutoCAD 系統編修，建置一套系統即需購置一套 AutoCAD 系統搭配使用，而新版系統成果圖檔編修功能係自行開發，不需搭配市售軟體即可獨立作業，建置於土地測量局十個測量隊、二十個工作站及臺灣省九十六個地政事務所，約可節省 AutoCAD 購置成本約一千一百萬元，同時可節省各單位各別開發所需費用。

五、介面人性化，易於訓練推廣：

提供圖形及選單式的操作介面，系統功能及資料同時顯示於電腦螢幕，可利用滑鼠點選或鍵盤輸入方式執行各項功能，省去記憶操作指令的困擾，當資料異動時，畫面隨即更新，讓使用者立即看到處理結果並驗證所執行的動作是否有錯誤，方便使用者自行學習，易於推廣應用。

六、資料群組化，易於管理維護：

本系統中以群組的方式來儲存管理點線資料，同一群組中的點、線資料，依照其類型被儲存於副檔名 .T00、.T01、...、.T04 的檔案中，同一群組的資料檔案使用相同的主檔名，可利用檔案複製、刪除、更名等方式管理群組資料檔，以發揮靈活使用的特性，例如複製資料檔並更改主檔名可複製出一新群組、刪除某一資料檔可達到點或線資料的整體移除、更改檔名可達到資料暫時隱藏的目的等等，另配合群組的載入、移除功能，可進行多個不同群組管理操作，方便進行資料的套疊、查詢、檢視。

## 第五章 改進建議

- 一、本次研究所開發的視窗版都市計畫樁清理補建系統，係針對現行作業實際需要而設計，目前系統功能以樁位計及點、線等圖形資料為主，未來可進一步的研究由街廓線組成使用分區資料，使功能更加完善。
- 二、本次研究所開發的視窗版都市計畫樁清理補建系統所提供處理曲線道路計算的功能，包含單曲線、複曲線及反向曲線等，至緩和曲線（如克羅梭曲線、三次拋物曲線等）由於種類繁多計算複雜，未來宜配合實際作業需要進一步研究開發，使系統功能更加完備。
- 三、土地測量局主管業務須應用各類測量資料處理，各系統在處理點線資料方面十分雷同，且基本幾何計算均可共用，宜規劃建置共用的物件資料庫及計算功能函式庫，以節省系統的開發時間，確保資料計算成果的一致性，應為未來努力的方向。本次開發完成的系統，儘量以物件化、模組化的方式設計，預留了系統功能增強的空間，而開發完成的物件，可在未來發展其他系統時引用，只須在針對物件功能不足之處加以補強，即可提供類似作業使用。

## 參考文獻

- |                 |          |        |
|-----------------|----------|--------|
| 都市計畫樁測定工程作業手冊   | 台灣省政府地政處 | 八十年三月  |
| 都市計畫樁測定及管理辦法    | 內政部      | 八十八年六月 |
| 都市計畫樁清理補建系統操作手冊 | 台灣省政府地政處 | 八十八年五月 |
| 電腦繪圖的數學基礎       | 儒林       | 七十二年   |
| 電腦繪圖初步          | 儒林       | 七十四年   |