

全球測繪科技股份有限公司

宜蘭縣立蘭陽博物館建築基地  
烏石港遺址濕地與周邊  
地質偵測調查案

結案報告（初稿）

蘭陽博物館  
LANYANG MUSEUM



全球測繪科技股份有限公司

2008/5/28

## 目錄

目錄.....	I
圖目錄.....	II
1 簡介.....	2
1.1 計畫目的.....	2
1.2 烏石港歷史簡介.....	4
2 非水域地電測量工作報告.....	6
2.1 施工規劃.....	6
2.2 探測原理.....	8
2.3 探勘方法.....	10
2.4 探勘儀器.....	11
2.5 資料處理與解析.....	11
2.6 施測成果.....	16
2.7 結論.....	29
2.8 工作調查日誌.....	34
2.9 現地工作照片.....	35
3 水域高解析反射變頻聲納測量工作報告.....	37
3.1 施工規劃.....	37
3.2 探測原理.....	37
3.3 探勘方法.....	38
3.4 探勘儀器.....	39
3.5 資料處理與解析.....	39
3.6 施測成果.....	39
3.7 結論.....	47
3.8 工作調查日誌.....	49
3.9 現地工作照片.....	53
4 結論.....	55

## 圖目錄

圖 1-1 左右兩河流域分布圖說明了西勢大溪在 1900 年以前的變遷。橫貫東西流域較粗的水域為東勢大溪，其北方的河流在古時統稱為西勢大溪（包括貫穿宜蘭市的宜蘭河），圖中可明顯看到，在烏石港時期（1796-1878）以及頭圍港時期（1878-1924）流域的不同，與本計畫有關的烏石港位在頭城老街的北方區域，那些原有的河川都已消失。也因此，在頭圍港時期，烏石港之文明向南遷移至頭圍港。.....	3
圖 1-2 水域測量區域衛星影像圖（修改自 GOOGLE MAP 網站資料）.....	3
圖 1-3 測區附近地質圖。.....	4
圖 1-4 烏石港想像圖-石港春帆（林正芳「烏石港的春帆」）.....	5
圖 2-1 烏石港溼地調查測區位置圖。.....	7
圖 2-2 電阻率與對應岩性關係圖.....	8
圖 2-3 直流電阻法使用四極排列施測示意圖.....	9
圖 2-4 （上）電阻率影像剖面探測二極排列之儀器配置（下）測量電極之自動更替，C1 為探測電流極，P1 為探測電位極。.....	13
圖 2-5 地電阻影像剖面探查溫奈-施蘭柏吉排列（WENNER-SCHLUMBERGER ARRAY）施測示意圖... ..	13
圖 2-6 地電阻影像剖面探查現地施工示意圖.....	14
圖 2-7 全測線半展距—視電阻率曲線排列圖.....	15
圖 2-8 二維數值模擬方法流程示意圖.....	15
圖 2-9 測線位置配置圖（紅色標示區域為礁石（出露岩盤））。.....	20
圖 2-10 測線 L1 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖（下圖）.....	21
圖 2-11 測線 L2 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖（下圖）.....	22
圖 2-12 測線 L3 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖（下圖）.....	23
圖 2-13 測線 L4 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖（下圖）.....	24
圖 2-14 測線 L5 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖（下圖）.....	25
圖 2-15 測線 L6 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖（下圖）.....	26
圖 2-16 測線 L7 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖（下圖）.....	27
圖 2-17 舊河道電阻率模型（上圖）；模擬成果圖（下圖）.....	28
圖 2-18 測線 L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7 柵狀立屏圖.....	30
圖 2-19 舊河道（航道）推估圖.....	31

圖 2-20 依舊航道繪製烏石港石港春帆想像圖 (1)。 ..... 32

圖 2-21 舊航道繪製烏石港石港春帆想像圖 (2)，遠方為龜山島。 ..... 33

圖 3-1 施工示意圖。 ..... 38



# 宜蘭縣立蘭陽博物館建築基地烏石港遺址濕地與周邊地質偵測調查案

## 1 簡介

### 1.1 計畫目的

嘉慶元年（1796），頭城（或稱頭圍）為當時開墾的第一個聚落，宜蘭溪北的主要河川名稱為西勢大溪，在它北方包括宜蘭河在內所有的河川，匯集在頭城北方之烏石港出海。當時因陸運不便，水運成了最主要的運輸方式，以烏石港為門戶的頭城聚落，便成為宜蘭對外交通的要衝，貨物吞吐的集散地，成為當時宜蘭最重要的聚落。

光緒四年（1878），因洪水為災，西勢大溪河道南移，改由打馬煙出海，通往烏石港的河道淤塞，自此烏石港時期結束。船隻改由打馬煙進出，此地改稱為頭圍港（參見圖 1-1）。光緒十八年（1892）的一場洪水，使本來從宜蘭下渡頭折向東北流的河水改道流向東南，使頭圍港無法與中上游水源相接，水量漸小而河道日漸平淺，致使航運功能漸衰微。另宜蘭河流域的貨物改由新的出海口—東港進出，失去這塊腹地的頭圍港，重要性亦不若以往，自 1924 年起，台北宜蘭鐵路通車，頭圍港廢港，頭城的歷史地位不再。

蘭陽博物館所欲興建的場址位置為古時烏石港周邊的濕地，而這個地區正是烏石港時期海運的集散地，也因此建地場址區地底可能具有一些歷史文明之遺跡，宜蘭縣政府為維護歷史遺跡，因此本計畫案以非挖掘、非破壞性之測量設備，偵測地面至地底 10 公尺以內地質與土壤，對調查之結果提出相關之分析與說明，以提供蘭陽博物館後續工程規劃與執行時之參考。

測量區域為大至東北北走向狹長型區域，其地理位置座落台二線東側之蘭陽博物館工程基地與烏石港之間，其中水域部分長約 400 公尺，寬約 80-50 公尺不等。在地質圖中顯示，整個測量區域主要坐落在現代沖基層上，其陸側的山丘地屬乾溝層，以硬頁岩為主。

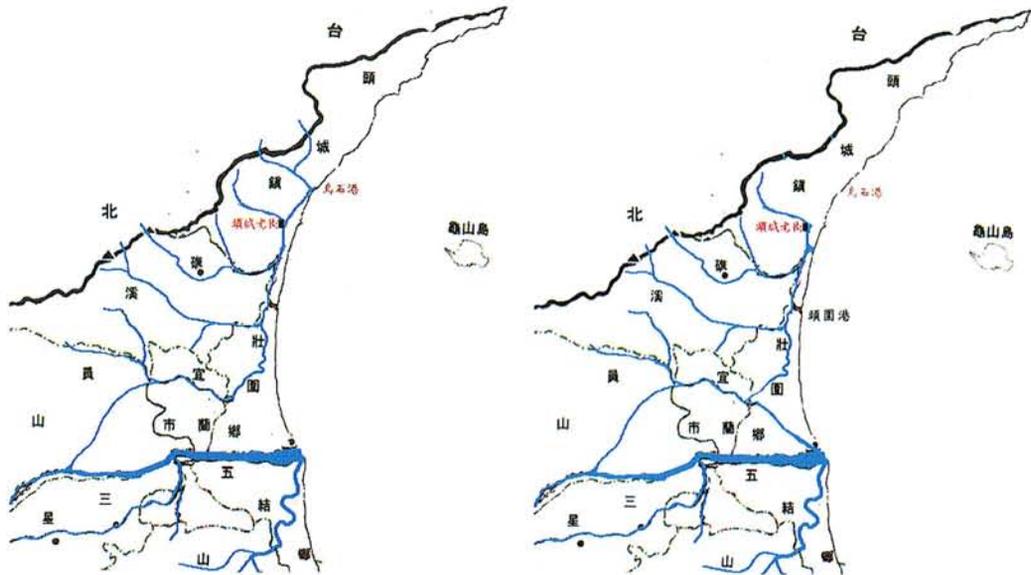


圖 1-1 左右兩河流域分布圖說明了西勢大溪在 1900 年以前的變遷。橫貫東西流域較粗的水域為東勢大溪，其北方的河流在古時統稱為西勢大溪（包括貫穿宜蘭市的宜蘭河），圖中可明顯看到，在烏石港時期（1796-1878）以及頭圍港時期（1878-1924）流域的不同，與本計畫有關的烏石港位在頭城老街的北方區域，那些原有的河川都已消失。也因此，在頭圍港時期，烏石港之文明向南遷移至頭圍港。



圖 1-2 水域測量區域衛星影像圖（修改自 Google Map 網站資料）

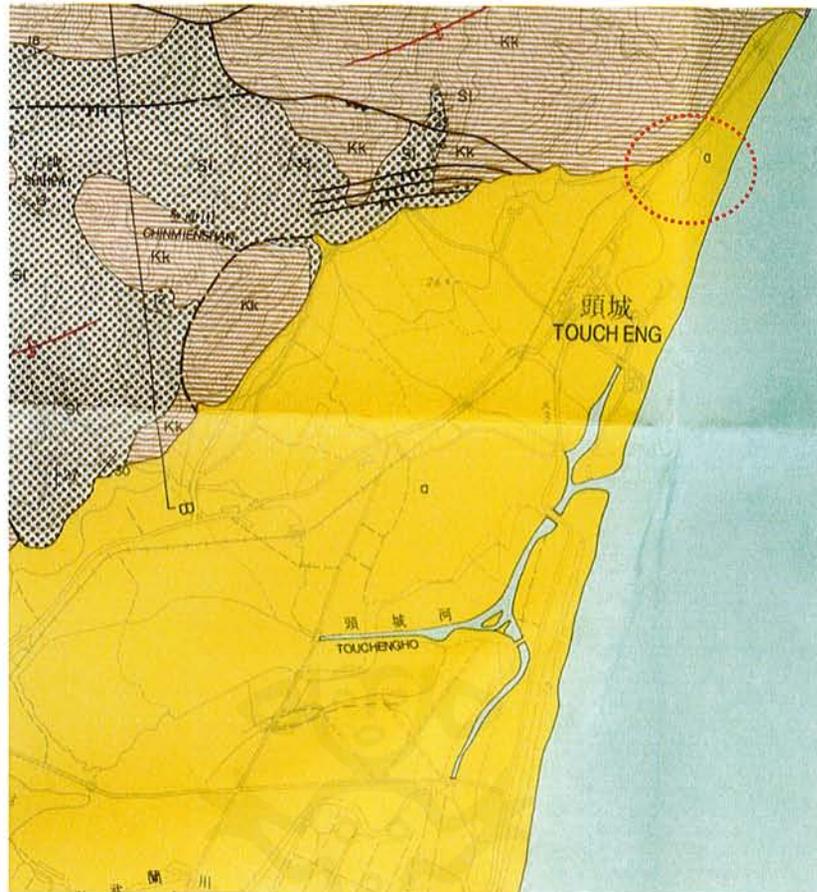


圖 1-3 測區附近地質圖。  
其中紅色虛線表示該測區位置，主要坐落在現代沖基層上，其陸側的山丘地屬乾溝層，以硬頁岩為主。(修改自中央地調所地質圖)

## 1.2 烏石港歷史簡介

烏石港最早的名稱又叫蛤仔灘港，其因船隻自海中沿著河道進港時，矗立港中的礁石林立且呈現烏黑色，便以「烏石港」稱之。烏石港位於宜蘭北端，因地利之便而成為貨物進出的貿易港，道光六年（1826年），烏石港正式開港，成為蘭陽重要的通商口岸，船楫雲集，「石港春帆」用以形容當時港口的榮景。但由於為沙岸地形的河港，又多礁石，加上東北季風及海水飄沙的關係，形成「口窄礁多，僅容小舟」的現象，因此大型郵輪無法出入，清代多以帆船為主要船隻。

光緒四年（1878年），爆發山洪，大量淤泥堵塞港道，使原於烏石港出海的宜蘭河之出海口與河道皆往南移。光緒九年（1883年），一艘美國大型角板船由於誤判航道，在港外觸礁沈沒，堵塞港口，使得原本逐漸淤積的烏石港失去航運功能與價值。光緒十八年（1892年）一場大洪水改變西勢大溪河道，改由東港入海，烏石港無河流入海及泥沙淤積，至此完全喪失港口通運功能（林正芳「烏石港的春帆」，博物館電子報，第23期，2006年12月）。

經過百餘年的淤積，現為半鹹半淡水池，三塊礁石矗立於沼澤中，形成豐富的溼地生態環境。民國八十年（1991年），政府重建烏石港為大型遠洋漁港與海上旅遊據點，於民國九十二年完工。行政院於民國八十九年（2000年）核定在烏石漁港區興建蘭陽博物館，蘭陽博物館將烏石港遺址納入園區景觀設計，同時符合烏石港都市計畫區域的完整規劃。

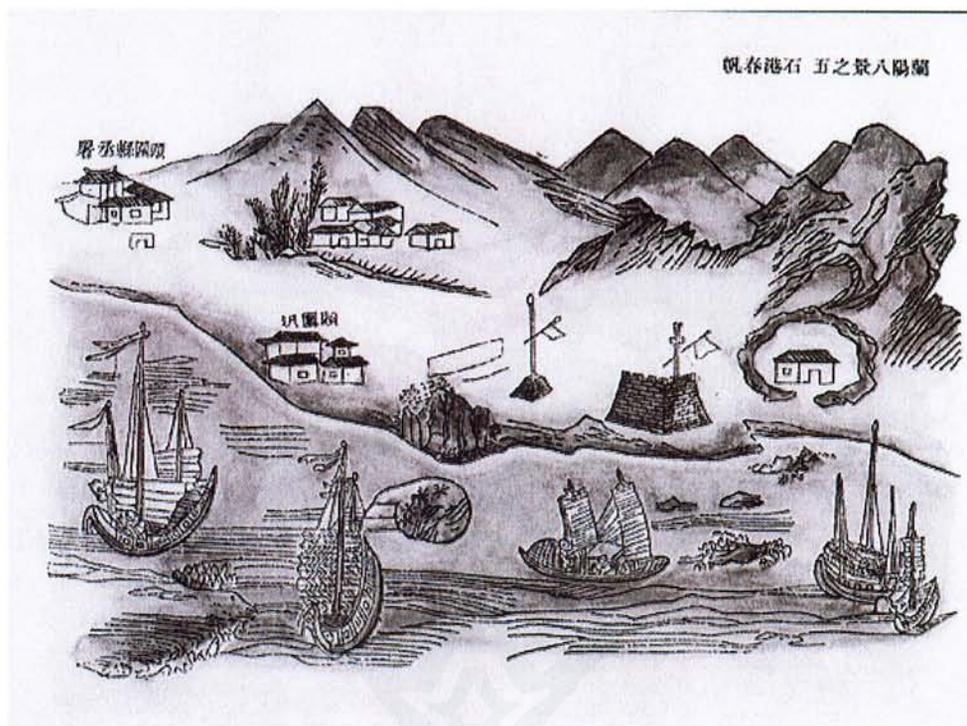


圖 1-4 烏石港想像圖-石港春帆（林正芳「烏石港的春帆」）

## 2 非水域地電測量工作報告

### 2.1 施工規劃

烏石港遺址溼地原為宜蘭河出海口，遺址內堆積的地層材料受海水影響而有較低的電阻率，此特性將使部份地球物理探勘方法（如透地雷達等）的探測深度受到極大的限制，恐無法達到規劃中調查深度需達 20 公尺的需求。另外一般陸上震波測勘（折射震測或反射震測）因使用系統之震波頻率及波長特性，其解析能力也恐無法反應舊址內地底可能的文物。而清朝年間的海上交通船楫應多為木造，較少磁性材料，因此推估電磁或金屬探測也恐無明顯異常反應。根據以上遺址內地層材料特性及地球物理各種探測方法優點缺點評估，規劃本次陸上遺址調查以地電阻影像剖面探測法較能達到預期調查目的。

本次調查工作於現地施作時分為二個階段，陸測位置如圖 2-1。首先在調查範圍內（港澳段港口小段、頭城鎮拔雅林段武營小段）進行較大範圍的調查，分別配置測線 L1、L2、L3、L4 及 L5，再依初步探查成果佈設追蹤測線分別為測線 L6 及 L7，施測總長度為 1,069 公尺。

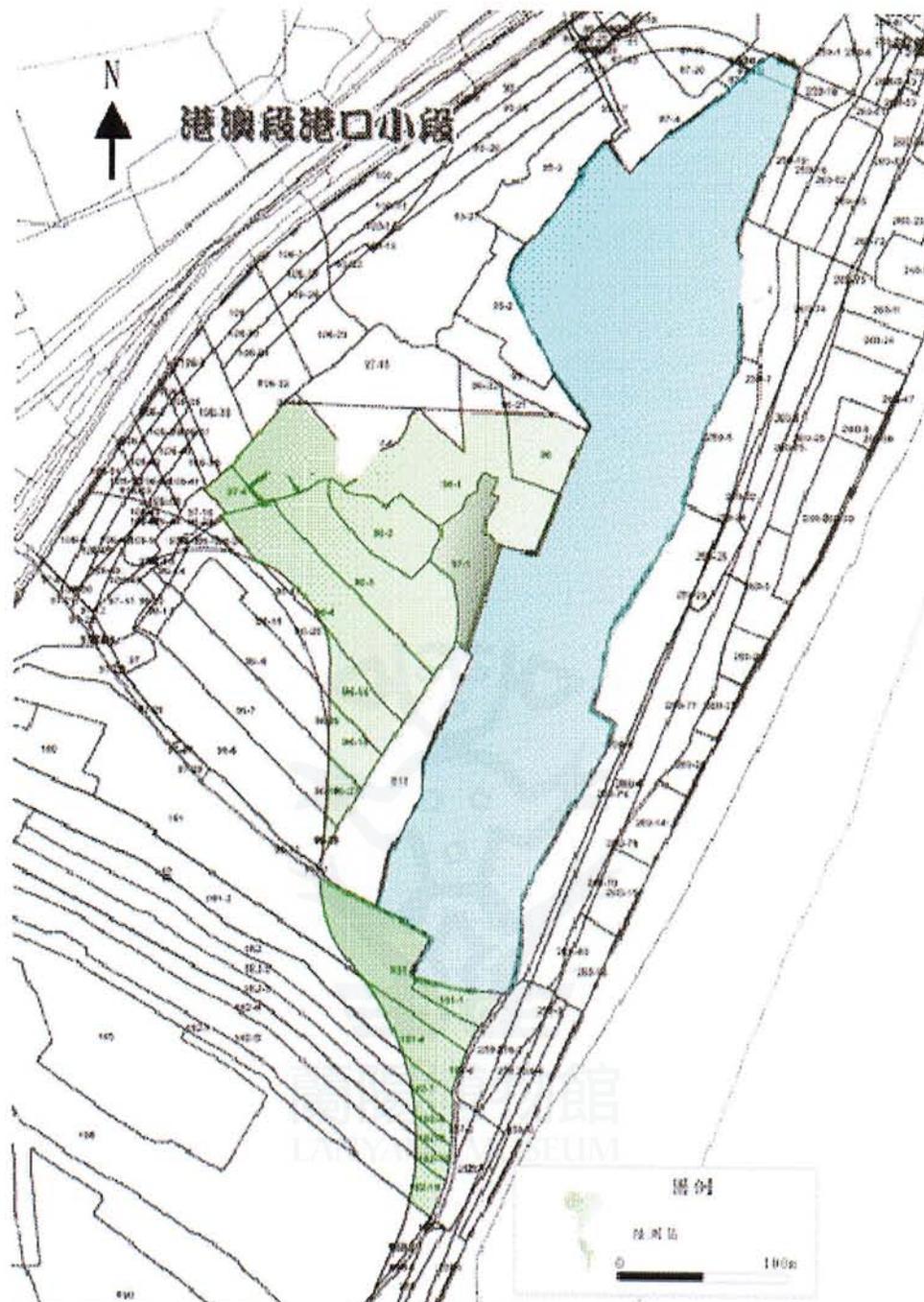


圖 2-1 烏石港溼地調查測區位置圖。

## 2.2 探測原理

地層的電阻率與地層組成礦物、顆粒度大小、組織以及地層之含水量與鹽度有關。其中與地層的顆粒度大小、含水量及水的鹽度關係較重要。因此可用地層的電阻率來研判地層的岩性、含水量及含鹽度，或探測地層內的異常構造。圖 2-2 為一般電阻率與不同地層材料間的對應關係。

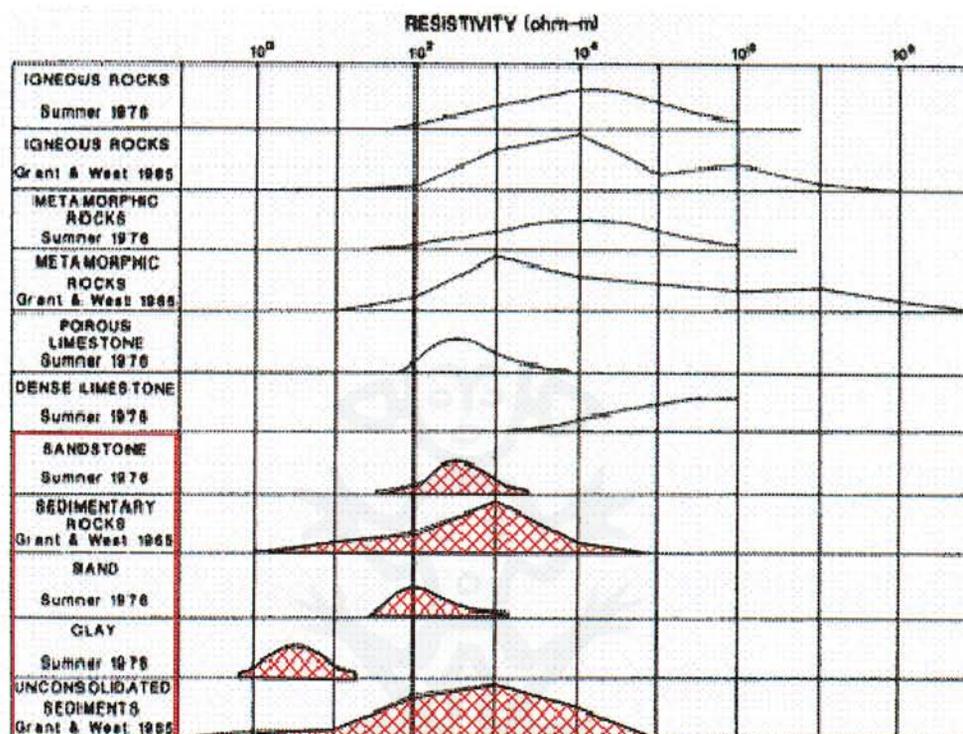


圖 2-2 電阻率與對應岩性關係圖

二維電阻法探測，依電流極與電位極幾何位置不同而有不同的排列方式，常見的排列方式有“偶極-偶極陣列 (Dipole-Dipole array)、溫奈陣列 (Wenner array)、溫奈-施蘭柏吉陣列 (Wenner-Schlumberger array 後文簡稱 W-S)、極-偶極陣列 (Pole-Dipole array) 及二極陣列 (Pole-Pole array 後文簡稱 P-P) 等。本次調查為掌控地層電阻率水平及垂直變化反應的靈敏度，除使用二極陣列，並以溫奈-施蘭柏吉陣列、極-偶極陣列等不同電極排列輔助探測結果。適合探查未知之地質構造或垂直與水平地質構造並存地區。

地電阻探測施測示意如圖 2-2，是以直流或低頻交替直流電，流經一對電極稱為電流極 (圖中的 A 與 B) 通入地下，電流流經地層建立電場，在地表上用另一對電極稱為電位極 (圖中的 M 與 N) 測得其間的電位差。此電位差與通入地下的電流強度、電極間的相對位置及各地層的導電性有關。

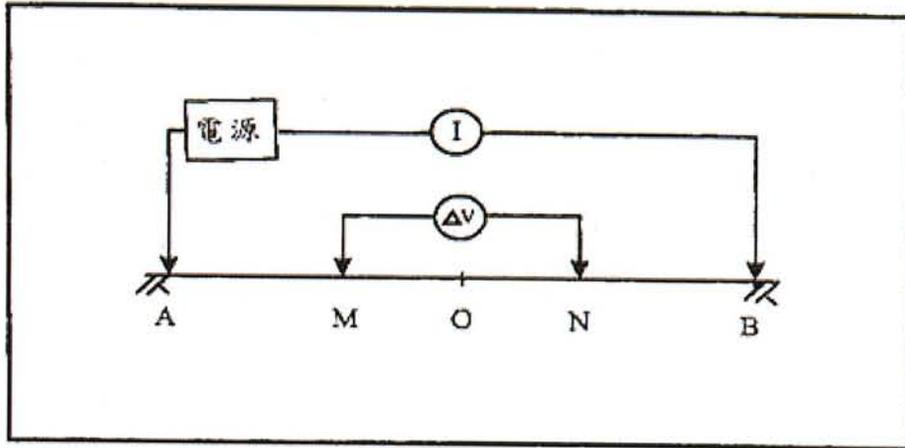


圖 2-3 直流電阻法使用四極排列施測示意圖

在一電性均質厚度無限大的地層，各物理量間之關係如下式：

$$\Delta V = \frac{\rho I}{2\pi} \left\{ \left[ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right] - \left[ \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right] \right\}$$

式中 $\Delta V$ ：為電位極間的電位差

$\rho$ ：為地層的電阻率

$I$ ：為通入地下的電流強度

$AM, BM, AN$ 及 $BN$ 為電流極至電位極的距離

上式可改寫成：

$$\rho = K \frac{\Delta V}{I}$$

$$K = 2\pi \left\{ \left[ \frac{1}{AM} - \frac{1}{BM} \right] - \left[ \frac{1}{AN} - \frac{1}{BN} \right] \right\}^{-1}$$

因此若測得 $\Delta V, I$ 及電流極與電位極的距離即可算出此均質厚度無限大的地層的電阻率。但地層實際上並非均質且厚度為無限大，因此依上式算得的電阻率稱為「視電阻率」(apparent resistivity)，寫成

$$\rho_a = K \frac{\Delta V}{I}$$

視電阻率通常不代表地下各地層之實際電阻率，而是代表在此種電極排列情形下所有地層導電性之綜合效應。電流極展距愈大，電流穿入愈深，其效應愈接近下部地層的性質，因此在探測中將電流極展距逐次加大，可逐次測獲由淺至深的地層反應訊號，探測之資料經分析與解釋可求得地下由淺至深各地層之電阻率分布。

### 2.3 探勘方法

電阻率影像剖面探測是將測點以等間距排列在一直線上，測點間距小，有高密度的探測資料以分析地層的電阻率分布。

二極電極排列是四極架構，C1 與 C2 為電流極，P1 與 P2 為電位極。其排列方式是將四支電極中之一支電流極 C2 與一支電位極 P2 分別置於遠處並固定不動，且彼此相距甚遠（見圖 2-4 上），此二電極稱為遠電極。另兩支電極 C1 與 P1 插置在探測剖面之地表上，稱為測量電極，施測時在欲探測位置的一條直線上以等間距列置多支電極，依次作為 C1 電流極與 P1 電位極之用（見圖 2-4 下）。施測時先以第 1 支做 C1 電流極，第 2 支、第 3 支...第 N+1 支逐次做 P1 電位極，就可以測得以第 1 支電極為 C1 電流極之由淺而深的地層訊號。接著改以第 2 支電極為 C1 電流極，第 3 支、第 4 支...第 N+2 支逐次做 P1 電位極，如此就可以測得以第 2 支電極為 C1 電流極之由淺而深的地層訊號，以此方式逐次改變 C1 與 P1 極位置而測得整個剖面的訊號。N 稱為探測的層數，N 越大測得越深，通常以  $Na$  為探測深度， $a$  為相鄰電極之距離。

溫奈-施蘭柏吉排列 (Wenner-Schlumberger Array)。施測示意如圖 2-5，其中  $a$  為電極間距， $Z_e$  為探測深度，C1,C2 為電流極，P1,P2 為電位極， $n$  為 C1-P1 (或 C2-P2) 距離與 P1-P2 距離的比。探測步驟如下：

1. 電位極間距為  $a=1*a$ ， $n=1$  施測時由測站 1 (C1)，2 (P1)，3 (P2)，4 (C2)，測站 2,3,4,5,.....依次分別量測至最後測站。
2. 電位極間距為  $a=1*a$ ， $n=2$  施測時由測站 1 (C1)，3 (P1)，4 (P2)，6 (C2)，測站 2,4,5,7,.....依次分別量測至最後測站。
3. 電位極間距為  $a$ ， $n=3$  施測時由測站 1 (C1)，4 (P1)，5 (P2)，8 (C2)，測站 2,5,6,9,.....依次分別量測至最後測站。
4. 依次增加  $n$  值施測至  $n=6$ 。改變電極間距，如上述步驟依序繼續施測。
5. 電位極間距為  $a=3*a$ ， $n=1$  施測時由測站 1 (C1)，4 (P1)，7 (P2)，10 (C2)，測站 2,5,8,11,.....依次分別量測至最後測站。
6. 電位極間距為  $a=3*a$ ， $n=2$  施測時由測站 1 (C1)，7 (P1)，10 (P2)，16 (C2)，測站 2,8,11,17,.....依次分別量測至最後測站。
7. 電位極間距為  $a=3*a$ ， $n=3$  施測時由測站 1 (C1)，10 (P1)，13 (P2)，22 (C2)，測站 2,11,14,23,.....依次分別量測至最後測站。
8. 依次增加  $n$  值施測至  $n=6$ 。改變電極間距，如上述步驟依序繼續施測。

9. 當電位極間距為  $a=5*a$  時，如上述步驟依序由  $n=1, n=2, n=3...$  繼續施測直至最後測站。

探測資料須經品質檢查，去除離奇資料點後再做資料解釋。離奇資料點大多由電磁干擾所致。在背景雜訊高的地方偶爾出現較大的雜訊，造成離奇資料。有些離奇資料是由地質因素或地下的異常物造成，須經適當修正或去除不用。探測資料通常計算成視電阻率， $\rho_a = 2\pi rV/I$ ； $r$  為 C1 至 P1 的距離， $V$  為訊號電壓， $I$  為通入地層之電流強度。探測結果通常以視電阻率擬似剖面 (Apparent resistivity pseudosection) 展示。它是以二測量電極之中點為橫軸，測量電極之間距為縱軸位置標示視電阻率的剖面。

電阻率影像剖面探測之資料解釋使用二維逆推法。逆推解釋程式之順演使用有限元素法 (Finite-element method) 做數值計算。逆演使用平滑限制最小平方法 (Smoothness-constrained least-squares method) (Loke and Barker, 1996)。資料解釋程式將地形一併納入元素區塊，消除地形效應修正的困擾。順演與逆演作多次疊代運算達到結果收斂至穩定。

## 2.4 探勘儀器

本探勘使用法國 IRIS 公司製造的 SYSCAL PRO 地電阻探測儀施測。該儀器輸出最大電壓為 1000 V 交替式直流電，最大電流 2.5 A (安培)，最大功率 250W，訊號靈敏度達  $1\mu V$ ，並具訊號疊加功能，可將不良資料去除。本儀器有電腦功能，可做程式化控制施測，資料不良會重複施測，斷訊會發出警示，並在面板上出現錯訊顯示。圖 2-6 為地電阻影像剖面探測現地施工示意圖。

## 2.5 資料處理與解析

野外所收錄之探測資料於解析前須經品質檢查，以去除異常資料點，提高資料解析品質。野外作業時，偶爾出現的訊號異常，有可能係因當地屬於背景雜訊高的區域，或由於局部地質變異 (近地表異常材料等因素) 或劇烈地形變化所造成，須經適當修正或去除。在地形變化不大或地層較為均質的測區，可以觀測之 ( $\Delta V/I$ ) 相對於測站位置繪製成電壓降曲線作為資料品質控制，或依各測站於測線上之相對位置，繪製全測線之半展距—視電阻率曲線圖 (圖 2-7；又稱垂直測深曲線)，以檢視資料品質或去除異常點。圖 2-7 所繪為各測點位置的垂直測深曲線，縱軸表示半展距，橫軸則為測點位置 (或稱測線里程)，每一測點位置所繪之曲線則以半展距相對於觀測視電阻率依固定比例繪製，並依地形與測線方向排列。由所繪製之圖中可發現，局部線段有異常劇烈且呈單一事件的視電阻率變化 (圖 2-7 中圓圈所標示處)，此皆可歸類於訊號異常而必須去除，以免影響資料解析品質。

所有野外收錄資料經品質檢查後，將依現地施測參數計算成視電阻率，以視電阻率擬似剖面（**Apparent resistivity pseudosection**）展示。它是以兩測量電位極之中點位置（即測點位置或稱測線里程）為橫軸，測量電流極一半間距為縱軸位置標示之視電阻率剖面，其代表野外實際觀測記錄，以作為資料解析時與數值模擬結果所得理論值比較之基礎。

本次地電阻影像剖面法探測資料之解析，係使用二維數值模擬方法求取最適成果剖面；本法包含逆推模擬（**inverse modeling**）與正演模擬（**forward modeling**）兩大部分，其中逆推模擬係使用平滑限制最小平方法（**Smoothness-constrained least-squares method**；Loke and Barker, 1996）進行野外觀測值推導地下電性地層參數組態分布模式之計算，而正演模擬則使用有限元素法（**Finite-element method**）針對逆推模擬所得之地下地質模型做理論響應值之計算，並與實際觀測值比對，比對後所獲得之均方根誤差（**Root-Mean-Square error**；**RMS**）若不符合設定要求，則利用兩者間資料點均方根誤差分布特性，推求得模型參數改變量，重新進行另一次的逆推與正演模擬（圖 2-7）。資料解析建模時可將地形一併納入元素區塊，以有效減低地形效應修正的困擾。順演與逆演作多次疊代運算，直至模型計算之理論視電阻率與野外觀測資料所得之視電阻率差值均方根誤差收斂至穩定方視為獲致可接受成果。



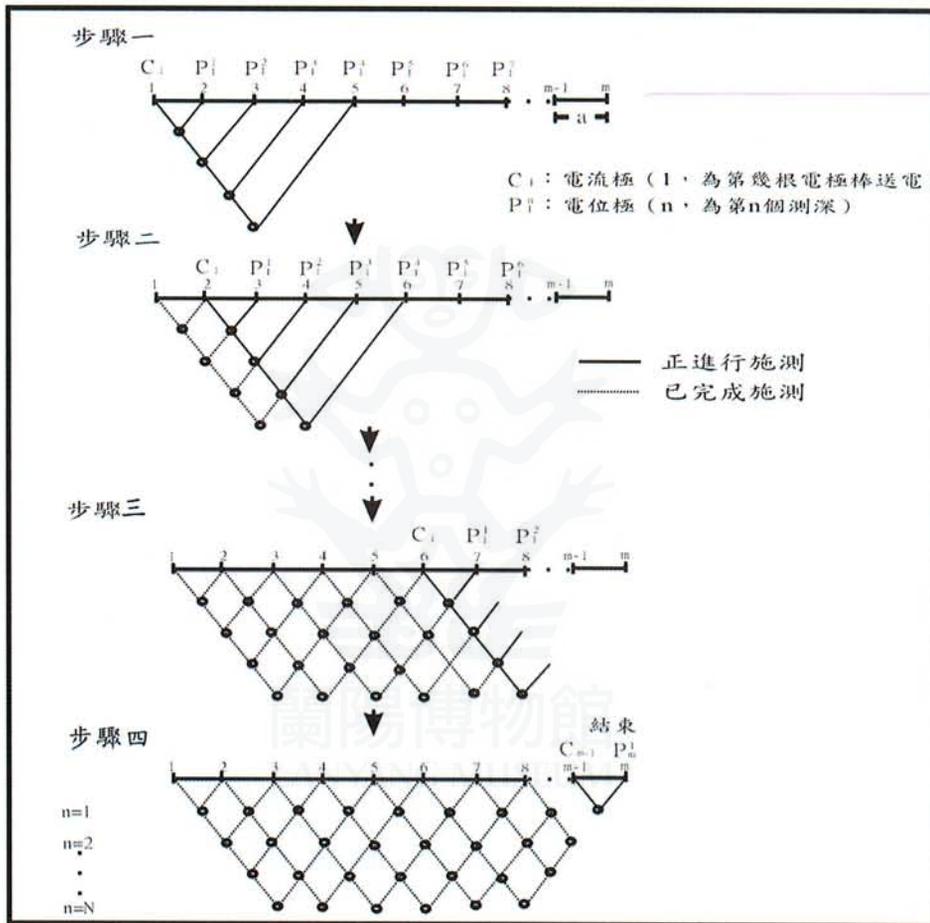
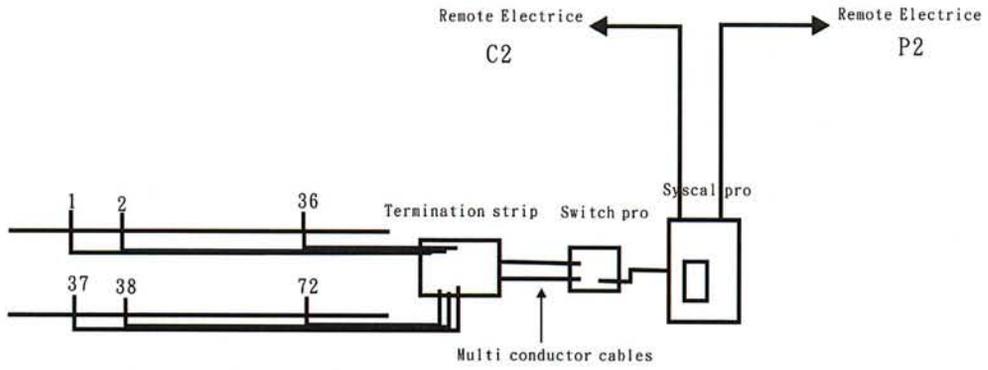


圖 2-4 (上) 電阻率影像剖面探測二極排列之儀器配置 (下) 測量電極之自動更替,  $C_1$  為探測電流極,  $P_1$  為探測電位極。

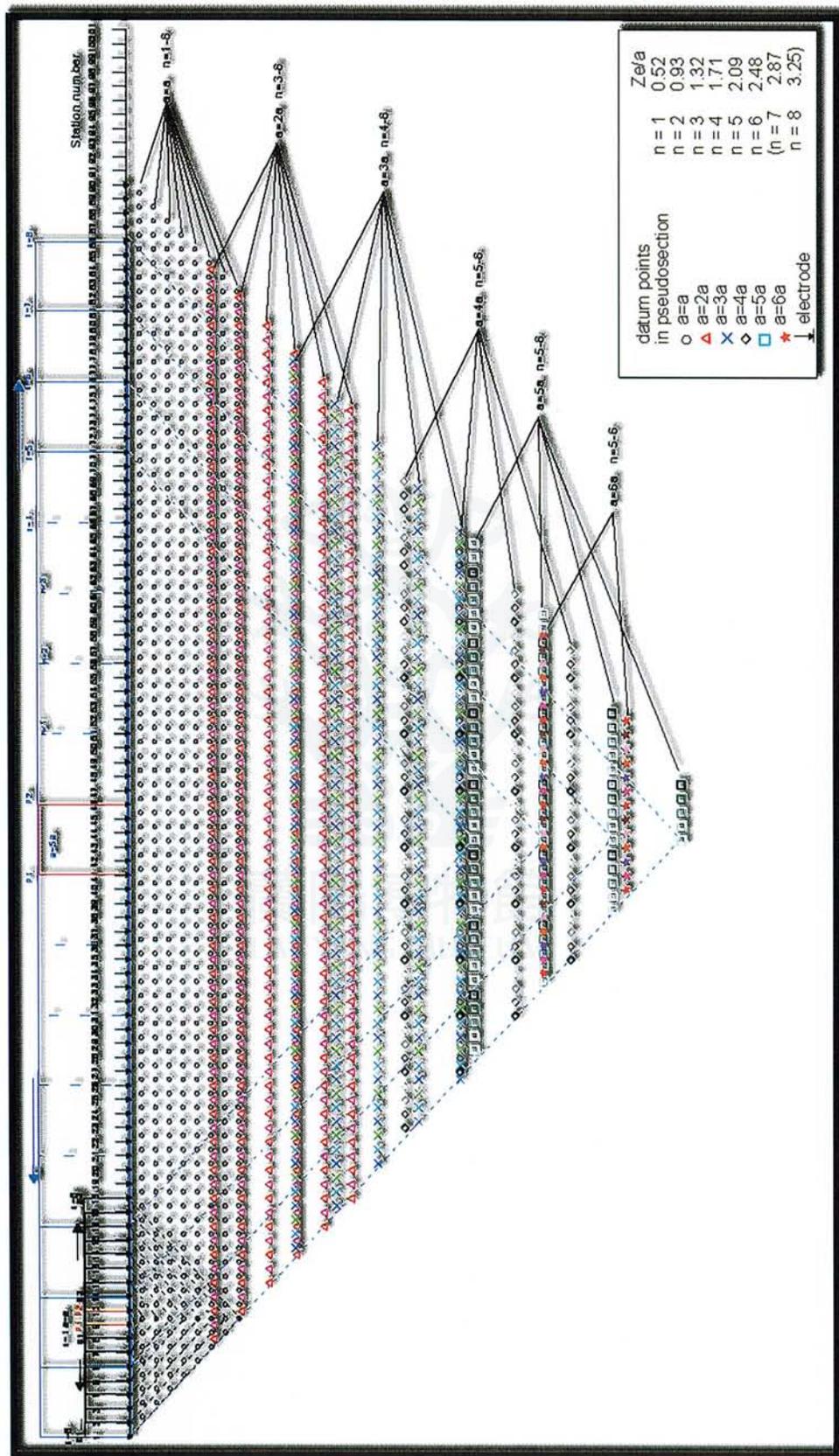


圖 2-5 地電阻影像剖面探查溫奈-施蘭柏吉排列 (Wenner-Schlumberger Array) 施測示意圖

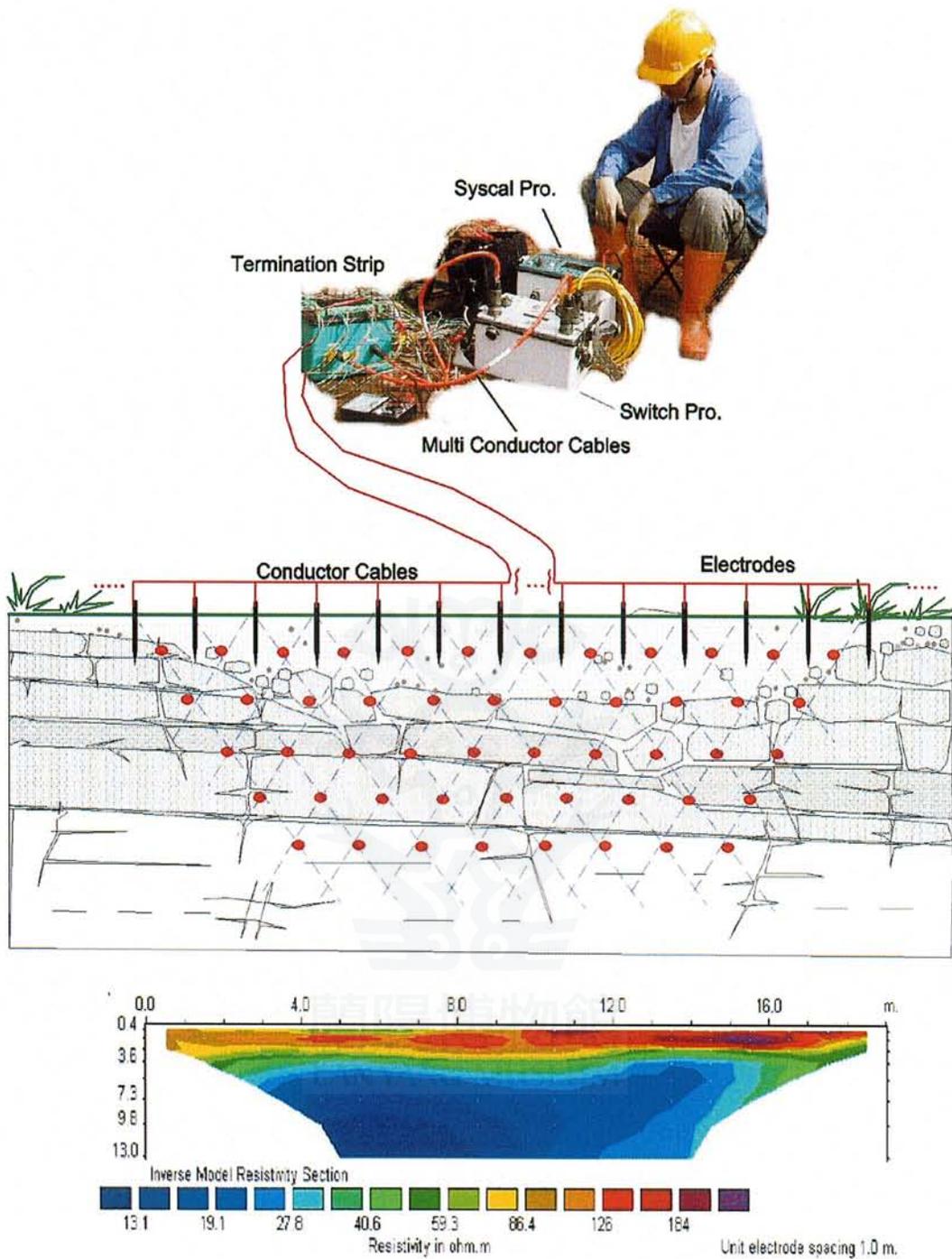


圖 2-6 地電阻影像剖面探查現地施工示意圖

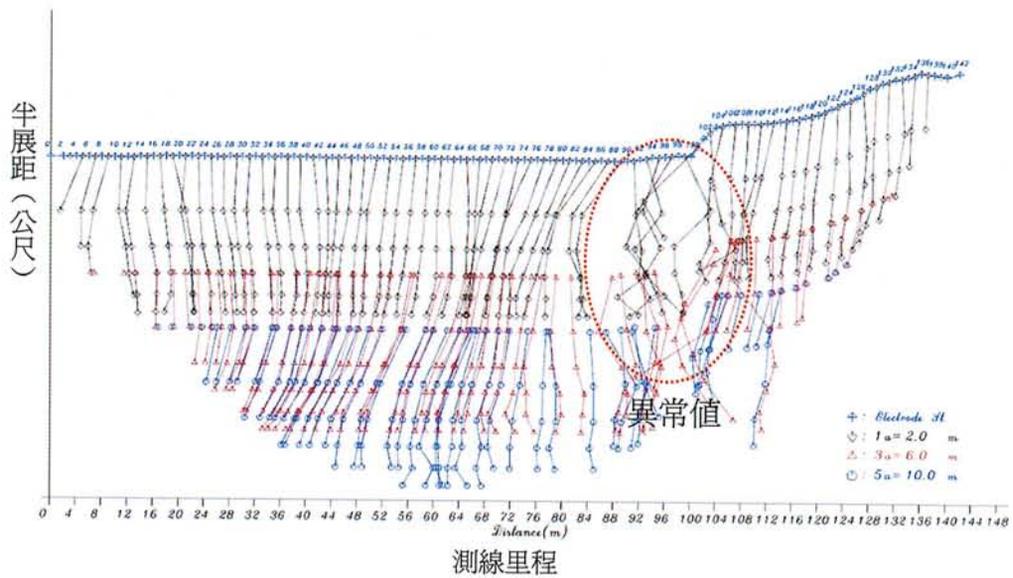


圖 2-7 全測線半展距—視電阻率曲線排列圖

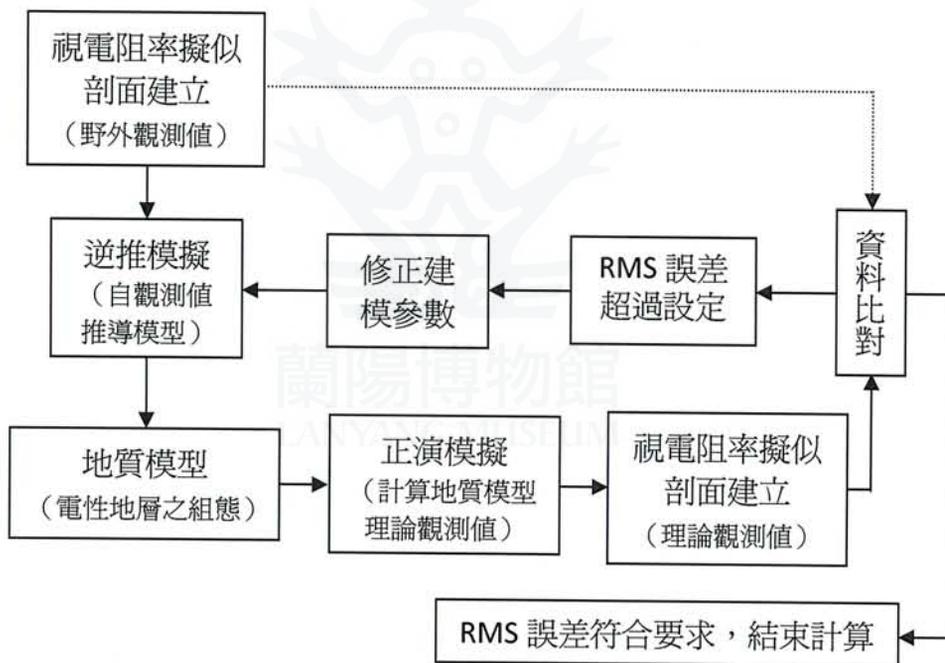


圖 2-8 二維數值模擬方法流程示意圖

## 2.6 施測成果

本次地電阻影像探測區域為港澳段港口小段、頭城鎮拔雅林段武營小段，分兩階段探測，共完成七條地電阻影像剖面，編號分別為 L1、L2、L3、L4、L5、L6 及 L7，測線起訖點座標、電極間距及測線長度如表 2-1 所示。各測線位置如圖 2-9 所示。

### 第一階段探測

#### A 港澳段港口小段

測線配置為 L1、L2、L3，探測成果如下：

##### (一) 測線 L1

測線範圍包含陸域（0-110 公尺）與水域部份（110-159 公尺）。圖 3-2 為測線 L1 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）與地質解釋圖（下圖）。茲將電阻率特徵與對應地層特性分述如下：

1. 砂/粉土/黏土層：電阻率約 40-85 ohm-m，為沖積層主要地層。
2. 砂/礫層：於測線距離 57-148 公尺，深度約 5-12 公尺，厚度約 7 公尺。電阻率約 95-115 ohm-m。
3. 岩盤：電阻率大於 100 ohm-m，深度約 5-20 公尺。

測線距離 21-49 公尺，電阻率形貌近似河流向下、向兩側侵蝕所呈現之 U 型分佈。研判可能為舊河道（航道）位置，河道沉積物電阻率約 35-50 ohm-m，顯示沉積顆粒細，局部區域可能輕度含鹽。

##### (二) 測線 L2

圖 2-11 為測線 L2 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）與探測成果地質解釋圖（下圖）。茲將電阻率特徵與對應地層特性分述如下：

1. 砂/粉土/黏土層：電阻率約 40-85 ohm-m，為沖積層主要地層。
2. 砂/礫層：於測線距離 141-201 公尺，深度約 5-10 公尺，厚度約 5 公尺。電阻率約 95-115 ohm-m。
3. 岩盤：電阻率大於 100 ohm-m，深度約 1-22 公尺。

測線距離 82-141 公尺，電阻率形貌近似河流向下、向兩側侵蝕所呈現

之 U 型分佈。研判可能為舊河道（航道）位置，河道寬度較寬，可能向兩側侵蝕的速度快所致，河道沉積物電阻率 15-50 ohm-m，顯示沉積顆粒細，局部區域可能輕度含鹽。

### (三) 測線 L3

1. 測線分佈於水域中，圖 2-12 為測線 L3 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）與探測成果地質解釋圖（下圖）。茲將電阻率特徵與對應地層特性分述如下：
2. 砂/粉土/黏土層：電阻率約 40-85 ohm-m，為沖積層主要地層。
3. 砂/礫層：於測線距離 94-124 公尺，深度約 5-10 公尺，厚度約 5 公尺。電阻率約 95-115 ohm-m。
4. 岩盤：電阻率大於 100 ohm-m，深度約 0-18 公尺。其中在測線距離 33-36 公尺附近岩盤突出，此與水域中測線上出露之岩盤（小烏石）可以得到岩性比，測線距離 49-82 公尺，電阻率形貌近似河流向下、向兩側侵蝕所呈現之 U 型分佈。研判可能為舊河道（航道）位置，河道沉積物電阻率 15-50 ohm-m，顯示沉積顆粒細，局部區域可能輕度含鹽，此外於測線距離 54-57 公尺呈現，深度 1.5-3.5 公尺，厚度約 2 公尺的電阻率異常區。

## B 頭城鎮拔雅林段武營小段

測線配置為 L4、L5 探測成果如下：

### (一) 測線 L4

測線範圍包含陸域（0-27 公尺）與水域部份（27-97 公尺）。圖 2-13 為測線 L4 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）與探測成果地質解釋圖（下圖）。圖中可知，測線範圍內電阻率約 60-80 ohm-m，研判地層組成為砂/粉土/黏土。測線範圍內並無舊河道（航道）的電阻率形貌。

### (二) 測線 L5

圖 2-14 為測線 L5 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）與探測成果地質解釋圖（下圖）。藍色虛線為地下水水位面，圖中可知，地下水水位面上電阻率約 95-115 ohm-m，地下水水位面下電阻率約 60-80 ohm-m，研判地層組成為砂/粉土/黏土。測線範圍內並無舊河道（航道）的電阻率形貌。

## 第二階段探測

由第一階段探測成果推測在調查區之港澳段港口小段內有舊河道（航道）的跡象，及在河道中有局部電阻率異常的分佈，因此本階段探測以第一階段舊河道之延伸性及測線 L3 電阻率異常區的分佈範圍為重點調查目的。測線配置為 L6、L7，探測成果如下：

### **(一) 測線 L6**

測線分佈於水域中，圖 2-15 為測線 L6 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）與探測成果地質解釋圖（下圖）。茲將電阻率特徵與對應地層特性分述如下：

- 1.砂/粉土/黏土層：電阻率約 35-85 ohm-m，為沖積層主要地層。
- 2.砂/礫層：於測線距離 160-204 公尺，深度約 3-7 公尺，厚度約 4 公尺。電阻率約 95-115 ohm-m。
- 3.岩盤：電阻率大於 100 ohm-m，深度約 21-23 公尺。

測線範圍內並無舊河道（航道）的電阻率形貌。

### **(二) 測線 L7**

依據第一階段探測，以測線 L1、L2、L3 剖面之舊河道中心點連線為測線方向，測線範圍包含陸域（0-76 公尺）與水域部份（76-142 公尺），圖 2-16 為測線 L7 地電阻影像剖面探測成果圖（上圖）與探測成果地質解釋圖（下圖）。圖中可知測線距離 0-90 公尺，深度約 1.5-10 公尺，電阻率約 15-50 ohm-m，為河道沉積物，沉積顆粒細，局部區域可能輕度含鹽。此外測線距離 90-92 公尺呈現，深度 1.5-3.5 公尺，厚度約 2 公尺的電阻率異常區。測線距離 90-142 公尺電阻率約 40-75 ohm-m，為砂/粉土/黏土層，岩盤深度約 10-15 公尺。

## 舊河道電阻率數值模型

為輔助探測成果分析，於野外工作結束後，對測線 L3 電阻率異常區及舊河道的解析能力，進行二維數值模擬，模型電極間距 3 公尺、測線長度 132 公尺，模型電阻率依據測線 L3 探測成果配置，如模型圖 2-17 中所示。模型電阻率異常區位置，位於測線距離 54-57 公尺，深度 1.5-3.5 公尺；河道範圍位於測線距離 49-82 公尺。由模擬成果圖中可知電阻率異常區與舊河道位置之逆推結果與模型配置吻合度高，藉此增加對資料品質的掌控能力。

表 3-1 測線起訖點座標 (TWD67)、電極間距及測線長度一覽表

測線 編號	起點座標		迄點座標		電極間 距 (M)	測線長 度 (M)
	E	N	E	N		
L1	333269.5	2751600.9	333336.6	2751456.7	3	159
L2	333339.0	2751664.0	333302.2	2751454.2	3	213
L3	333388.5	2751587.6	333327.4	2751470.5	3	132
L4	333283.1	2751408.1	333383.2	2751376.3	3	105
L5	333254.5	2751363.7	333337.7	2751299.6	3	105
L6	333459.7	2751640.7	333375.9	2751444.8	3	213
L7	333276.3	2751569	333409.0	2751518.5	2	142



蘭陽博物館  
LANYANG MUSEUM



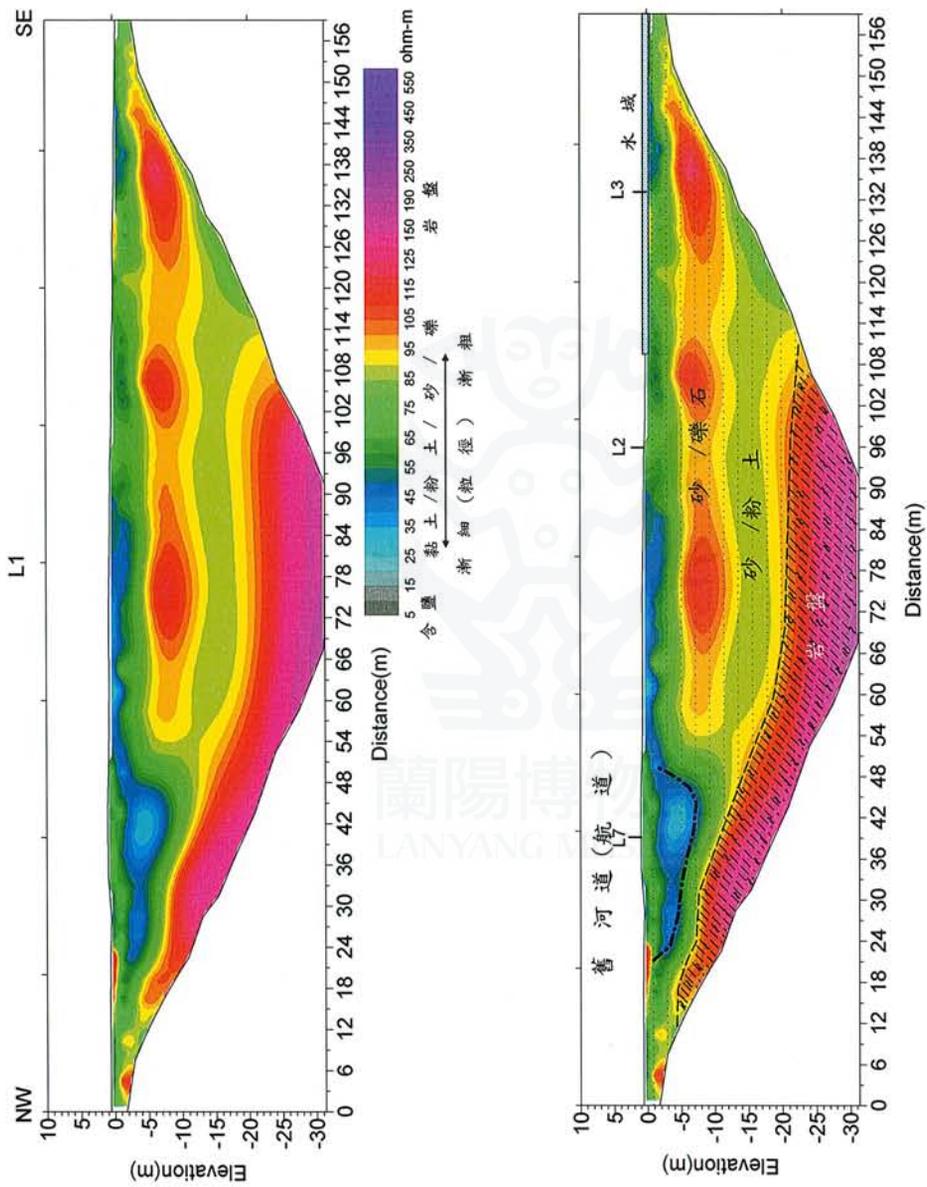


圖 2-10 測線 L1 地電阻影像剖面探測成果圖 (上圖)；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖 (下圖)

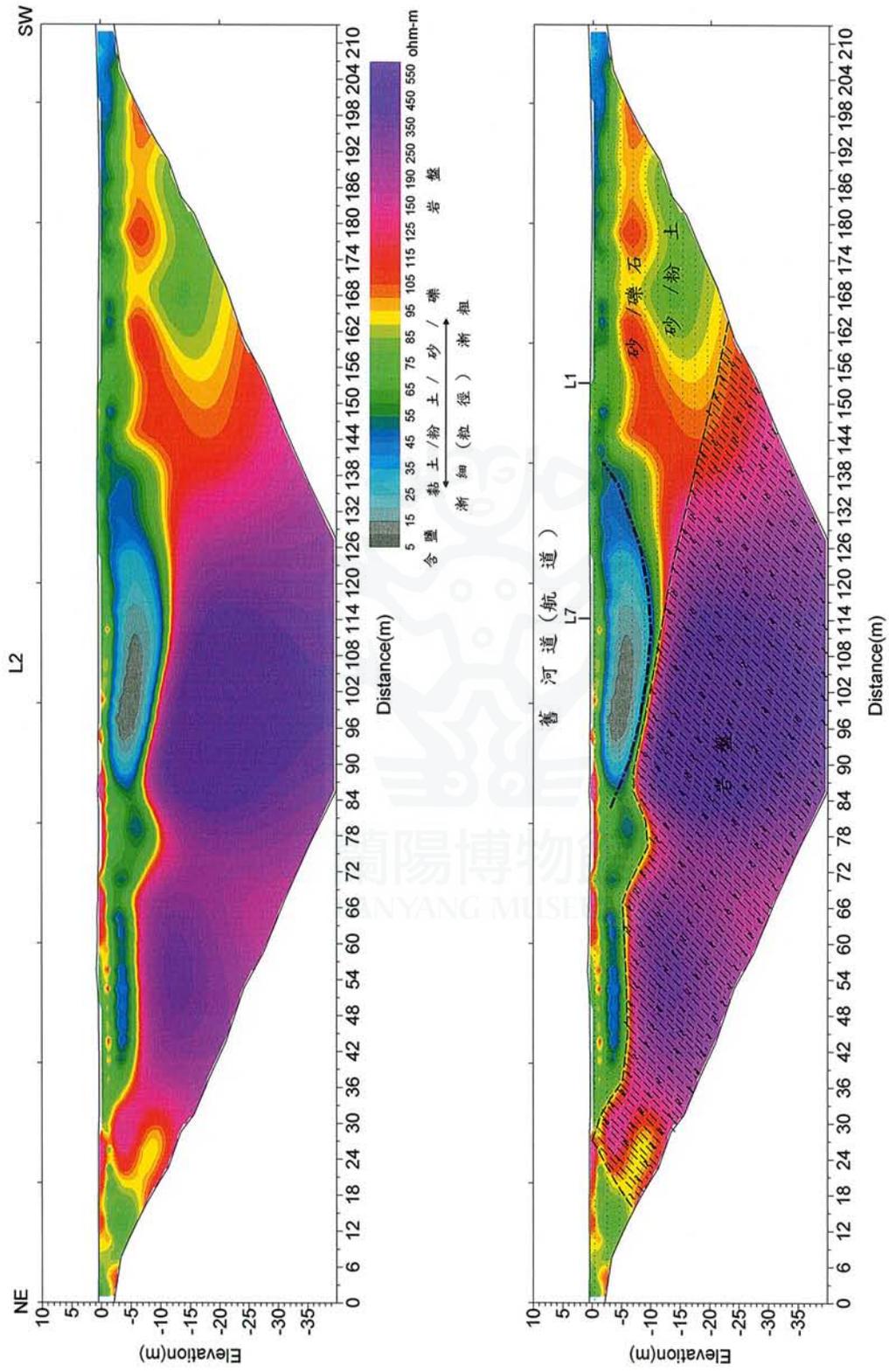


圖 2-11 測線 L2 地電阻影像剖面探測成果圖 (上圖); 地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖 (下圖)

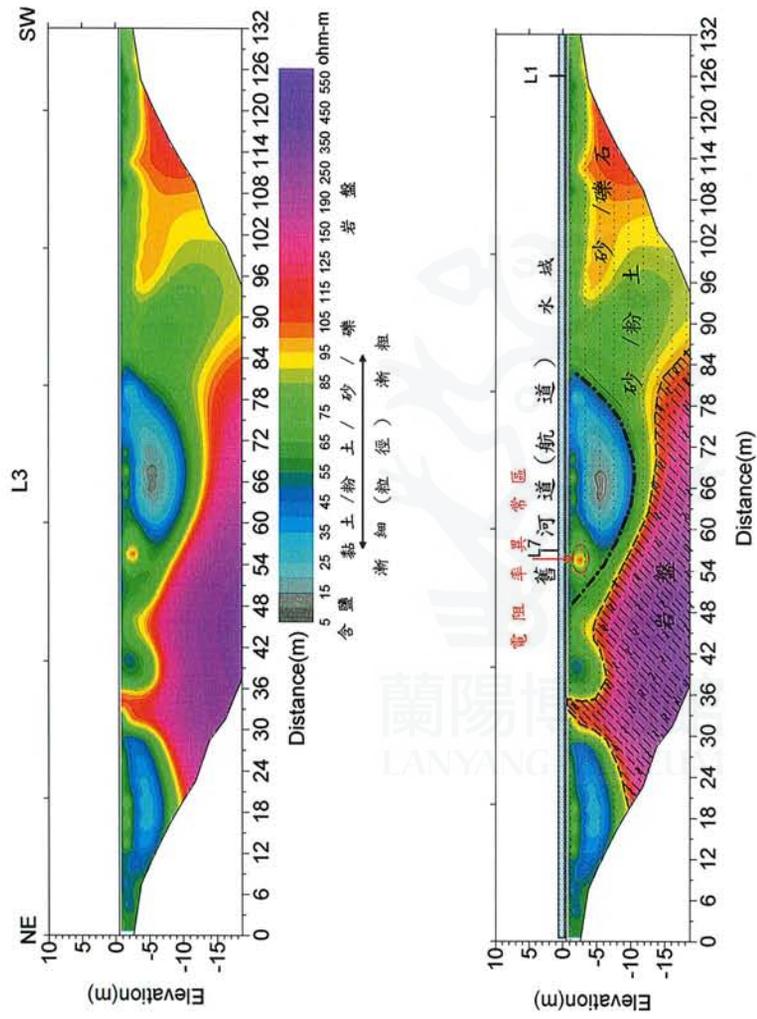


圖 2-12 測線 L3 地電阻影像剖面探測成果圖 (上圖); 地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖 (下圖)

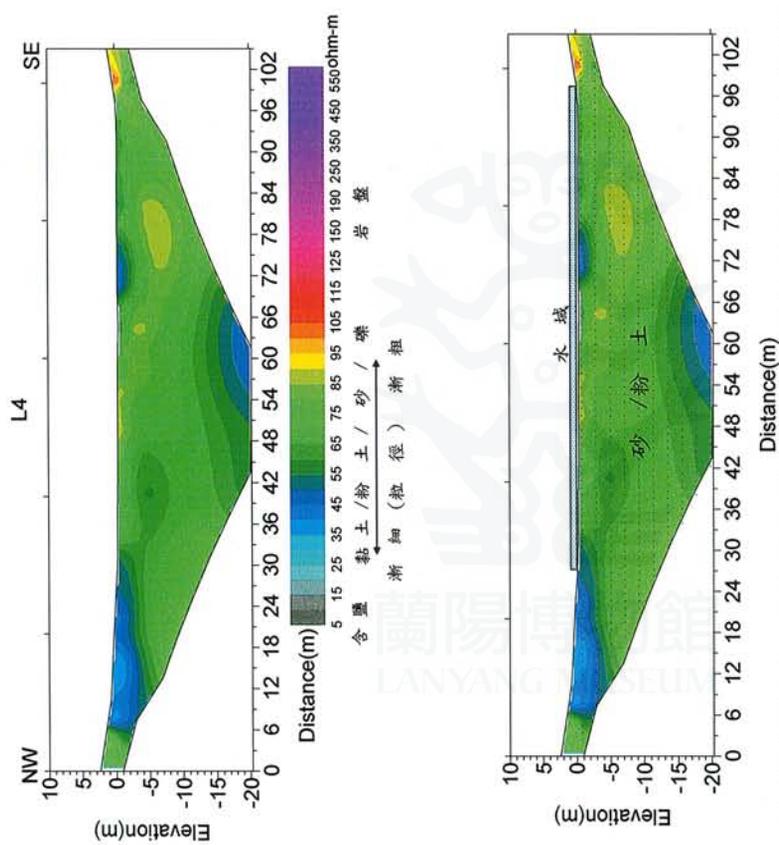


圖 2-13 測線 L4 地電阻影像剖面探測成果圖 (上圖)；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖 (下圖)

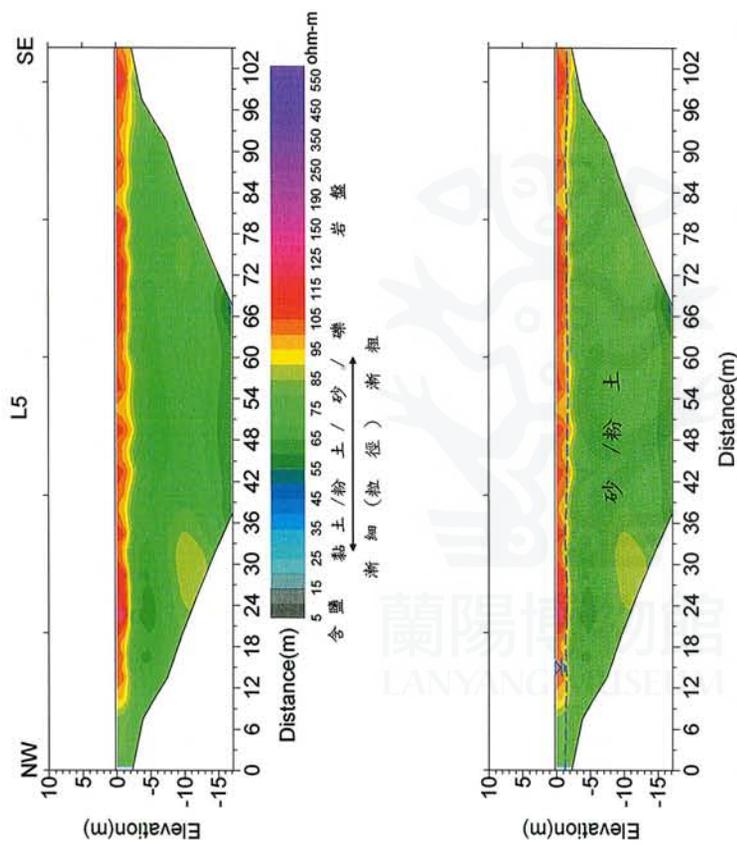


圖 2-14 測線 L5 地電阻影像剖面探測成果圖 (上圖)；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖 (下圖)

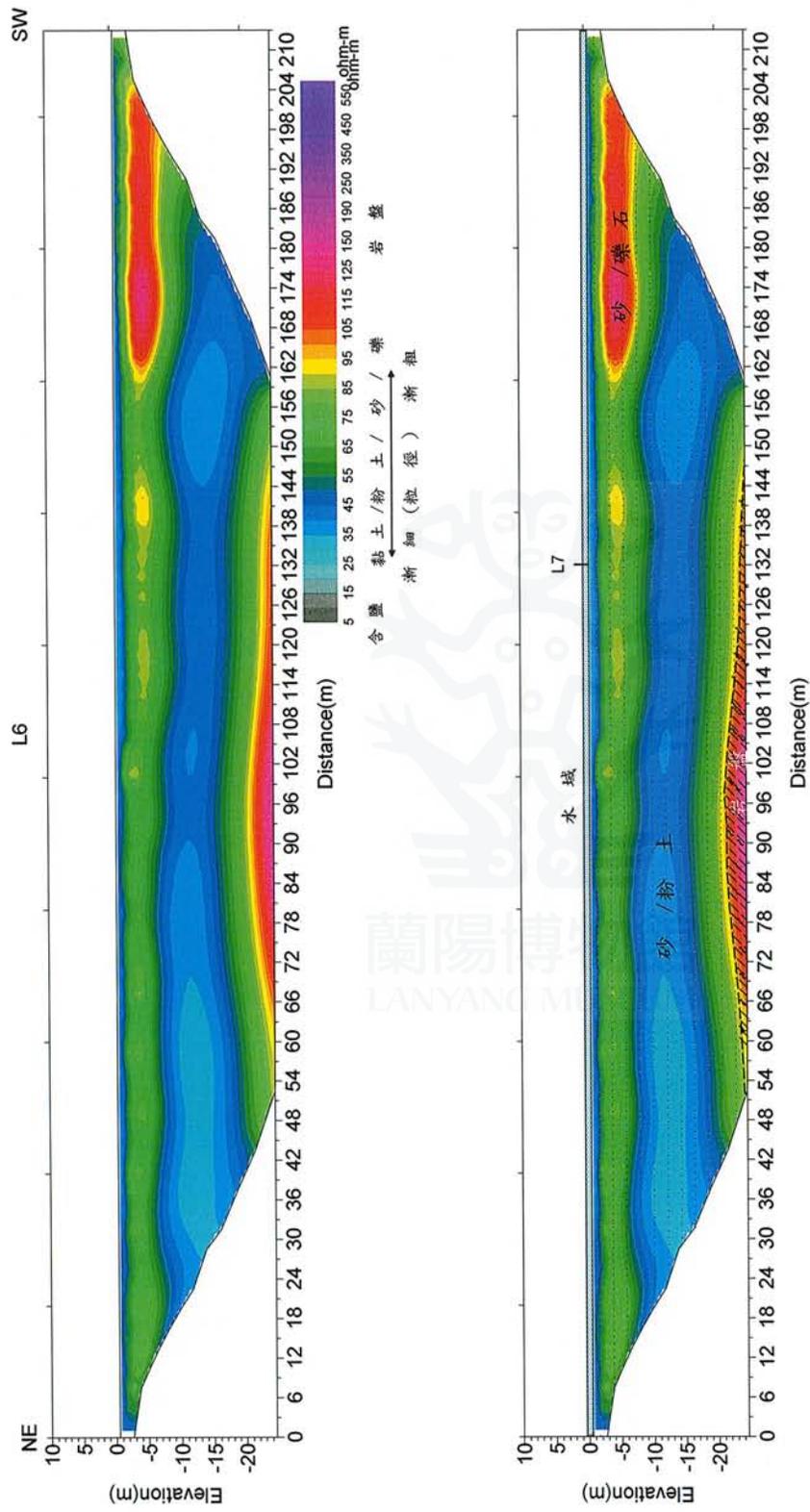


圖 2-15 測線 L6 地電阻影像剖面探測成果圖 (上圖); 地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖 (下圖)

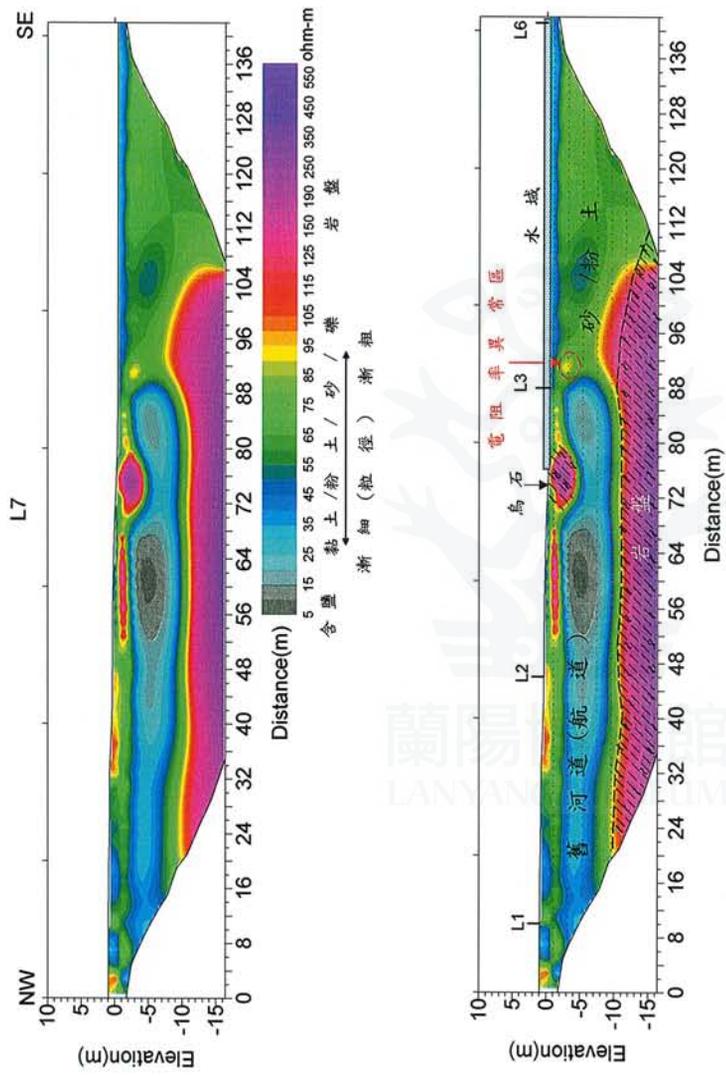


圖 2-16 測線 L7 地電阻影像剖面探測成果圖 (上圖)；地電阻影像剖面探測成果地質解釋圖 (下圖)

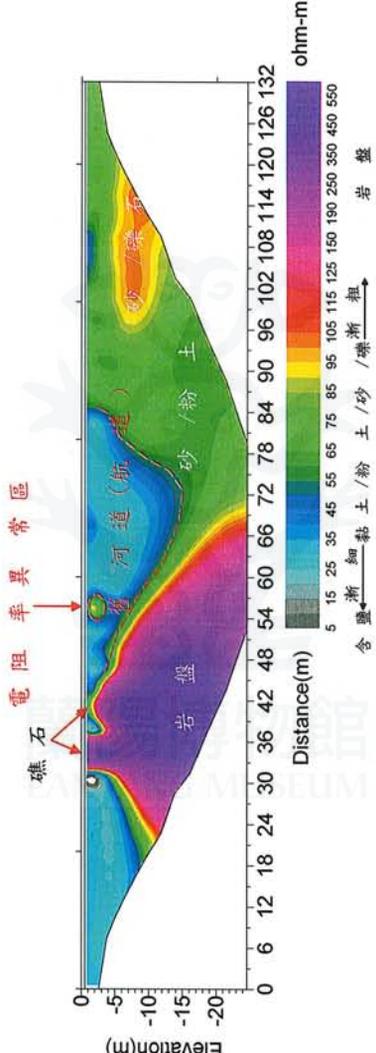
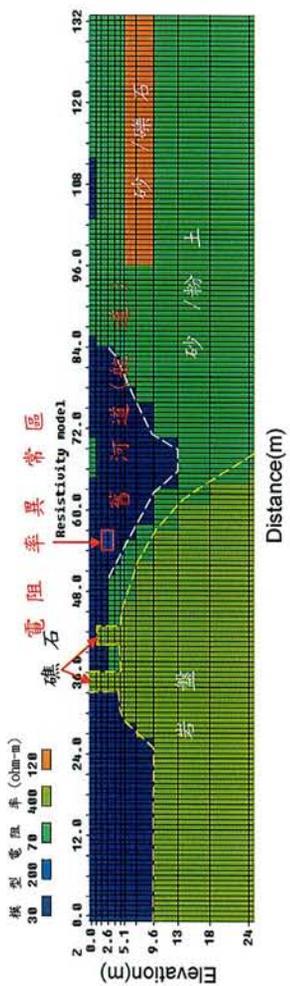


圖 2-17 舊河道電阻率模型 (上圖); 模擬成果圖 (下圖)

## 2.7 結論

將本次各測線成果剖面依測線相關位置繪製如圖 2-18 之測區柵狀立屏圖，圖中顯示測線交接處地層、舊河道（航道）及電阻率異常區之對應關係良好，測線 L1、L2、L3、L6 含砂/礫高的地層疑似為土石流堆積而成。由各測線河道範圍及位置推估舊河道（航道）形貌如圖 2-19。

綜合本次陸域部份地電阻影像剖面探測成果可以獲致如下結論：

一. 綜合測線 L1、L2、L3、L4、L5、L6 及 L7 電性地層特徵研判，測區岩盤面之上大多以砂/粉土/黏土的沖積層為主，其中 L1 測線距離 57-148 公尺、L2 測線距離 141-201、L3 測線距離 94-124 公尺、L6 測線距離 160-204 公尺夾有厚度約 4-7 公尺砂/礫層；岩盤深度 1-23 公尺，測線 L4、L5 於深度範圍內無岩盤電阻率特徵，顯示岩盤面往調查區東南側加深。

二. 綜合兩階段探測，由各測線電阻率形貌研判測區存在舊河道（航道），範圍及位置如下：

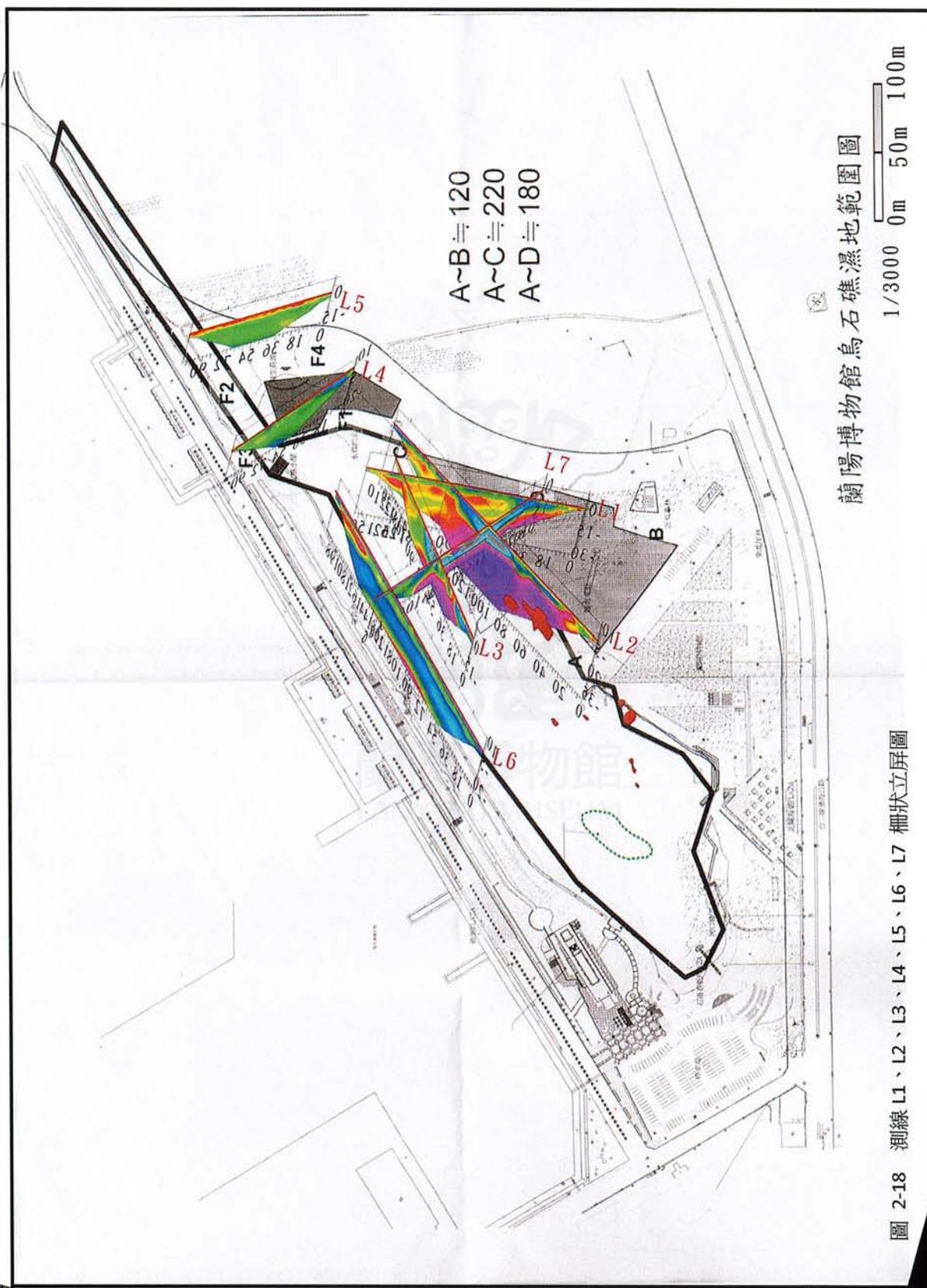
1. 測線 L1：測線距離 21-49 公尺。
2. 測線 L2：測線距離 82-141 公尺。
3. 測線 L3：測線距離 49-82 公尺。
4. 測線 L7：測線距離 0-90 公尺。

測線 L4、L5、L6 於剖面中無舊河道（航道）之電阻率形貌。

三. 由第二階段探測 L7 測線可知，舊河道於測線距離約 90 公尺後並無明顯向海延伸，在 L6 測線也無舊河道跡象，推測舊河道可能在此處轉彎（向北），或此處即為舊海岸線（港口）。

四. 測線 L3（測線距離 54-57 公尺）與測線 L7（測線距離 90-92 公尺），呈現與河道沉積物不同的電阻率，為電阻率異常區。此處洽位於烏石礁區與舊航道、港口（本次調查成果）附近，研判可能為崩落的巨型岩塊或沉船。

五. 將本次調查成果之舊航道、烏石礁區並參考文獻記載烏石港石港春帆榮景繪製如圖 2-20 及圖 2-21 烏石港想像圖，圖 2-21 遠方小島為龜山島”狀似把守著烏石港的門道”（宜蘭縣社會學院網站-烏石港的過去與未來，蘭陽技術學院助理教授，張文義）。



蘭陽博物館烏石礁濕地範圍圖

圖 2-18 測線 L1、L2、L3、L4、L5、L6、L7 柵狀立屏圖



圖 2-19 舊河道 (航道) 推估圖

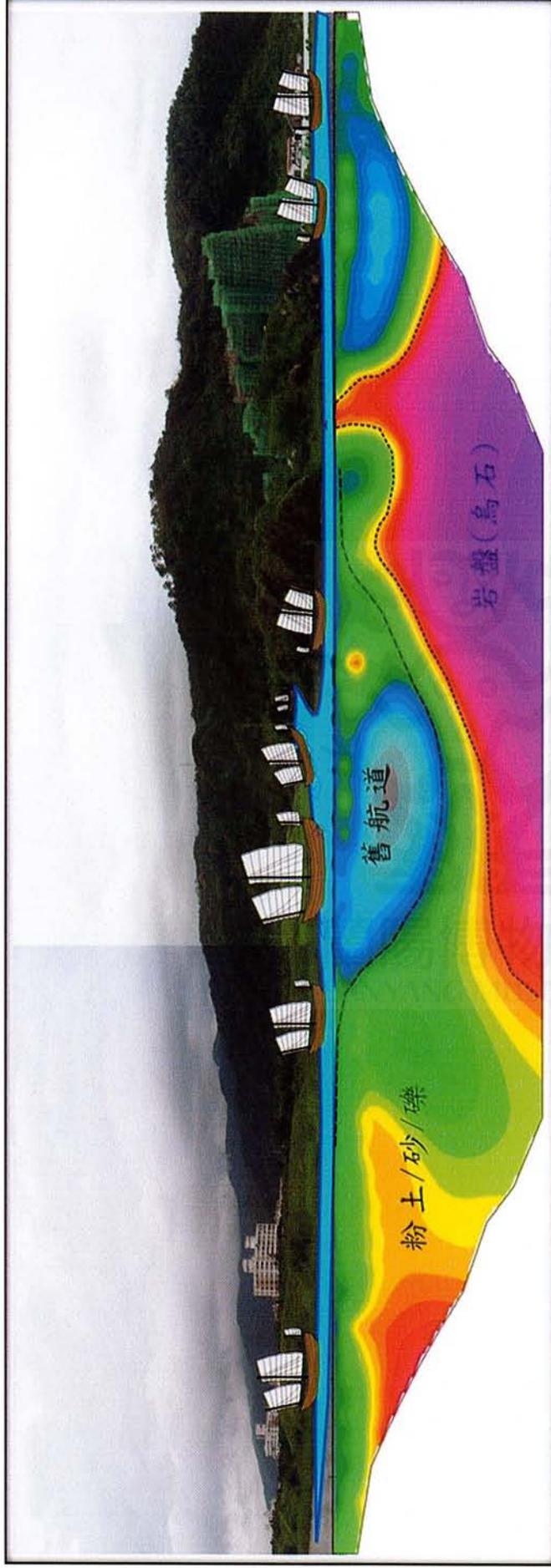


圖 2-20 依舊航道繪製烏石港石港春帆想像圖 (1)。

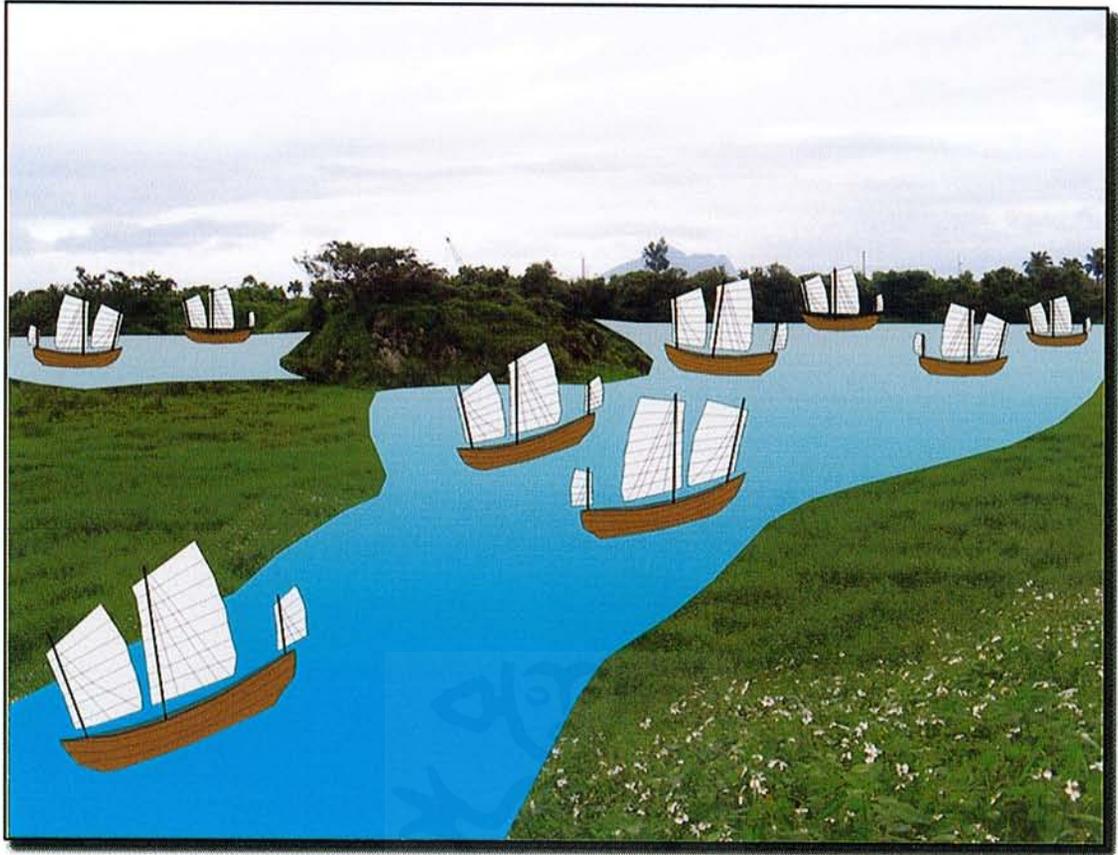


圖 2-21 舊航道繪製烏石港石港春帆想像圖 (2)，遠方為龜山島。

蘭陽博物館  
LANYANG MUSEUM

## 2.8 工作調查日誌

### 蘭陽博物館建築基地烏石港遺址濕地與週邊地質偵測調查地電測量

日期	施工人數	施做項目	工程進度	備註
2008/03/14	2	場地勘查	瞭解工作環境及現地狀況	
2008/03/17~24	4	儀器整備		
2008/03/1~31	2	文獻蒐集		
2008/04/01~7	3	工作規劃		
2008/04/09	8	地電阻影像	第一階段-港澳段港口小段	
2008/04/10	7	地電阻影像	第一階段-拔雅林段武營小段	
2008/04/11	2	資料處理		
2008/04/14	2	資料處理		
2008/04/15	2	資料處理		
2008/04/16	10	地電阻影像 透地雷達試驗	第二階段-港澳段港口小段	
2008/04/17	2	資料處理		
2008/04/18	2	資料處理		
2008/04/21	5	地電阻影像	烏石礁石區異常追蹤	
2008/04/22	2	資料處理		
2008/04/23	2	資料處理		
2008/04/24	2	資料處理		
2008/04/25	2	資料處理		
2008/04/28	2	資料處理		
2008/04/29	3	報告撰寫		
2008/04/30	3	報告撰寫		
2008/05/01	3	報告撰寫		

## 2.9 現地工作照片



照片 1:記錄人員與電探儀



照片 2:電極棒植入地表



照片 3:測線佈設作業



照片 4:測線佈設作業



照片 5:測線佈設作業



照片 6:測線佈設作業



照片 7:測線佈設作業



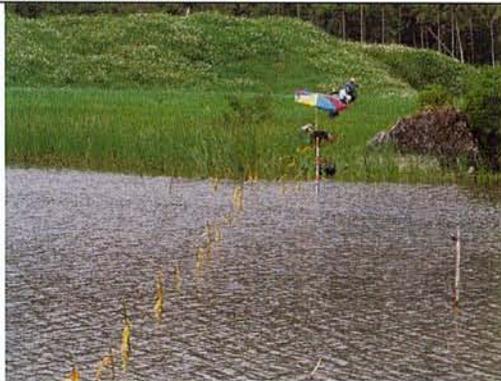
照片 8:測線佈設作業



照片 9:測線佈設作業



照片 10:測線佈設作業



照片 11:測線佈設作業



照片 12:現地作業



照片 13:測線佈設作業



照片 14:現地作業



照片 15:現地作業



照片 16:現地作業

### 3 水域高解析反射變頻聲納測量工作報告

#### 3.1 施工規劃

烏石港遺址溼地原為宜蘭河出海口，遺址內沼澤淤泥不利船隻移動，因此必須採用人力撐篙的方式移動船隻，其活動能力受限於水深過淺的條件。因此於航線的規劃上，除了在水域內規畫約 10 公尺的航線間距進行測量，但是該實際的航跡需要依據當地的水深來決定，也就是當水域過淺無法移動船隻（擱淺之虞）則必須繞道而行，以顧及資料品質與儀器、人員之安全。

#### 3.2 探測原理

一般在非破壞的水下地層測量方法，則以地球物理中的震測法為主要的選擇。而震測方法種類繁多，其種類的發展住要依據不同的測量目的與效率。

在本測量區域內當水深淺的時候，利用高頻聲納去了解水底下的沉積物結構為惟一可用來觀察是否有掩埋物或者泥質厚度的方法。

測區水深較淺時，水層的厚度就決定了所使用的聲納應該發射的頻率及週波數，目的是要讓有足夠的能量向底發射然後遇到反射層能有足夠的能量被接收，然後予以展示所遇到的水床下目標物的形態。當水深太淺時，頻率就不能夠太高，發射的聲波週波數也不能太多，也因此會使得發射的能量變的太低而毫無任何的穿透力。這時候，為了解決這個問題，在淺水的區域都使用高頻的變頻聲納，它的頻率都落在 10kHz 以上，也就是說，它的波長為十多公分，也因此，本聲源的解析度會變得較佳。

但是，10kHz 以上的頻率，它沿著聲波線上面衰減的速率很快，因此，必須要加大它的發射週波數以滿足發射能量的需求。也利用發射聲波的非定頻的性質，使得聲波在時間域上會顯現地較為狹小，地層的解析度也會加大。

由陸上的地電測量，我們了解池下的軟泥沉積層厚度多大於數公尺，而且在所謂的古河道位置，其深度有十公尺左右，因此，在水中使用聲納測量時會滿足穿透力的需求，變頻聲納似乎變為惟一的選擇，但是，由於變頻聲納必須發射一長串的變頻聲納，其長度必須維持在幾個毫秒以上，才能夠有所謂的穿透能量，這些條件將受限於受測地區的水深範圍，如果本調查區的水深厚度的大小，其結果必定會使變頻聲納的資料品質大打折扣。

大致上，變頻聲納的特性是利用一個寬頻率的變幅、變頻聲源，以連續發射聲波在水中與淺層地層內傳遞，並在向下傳遞的過程中，如果遇見不同密度的介質層，則會發生反射現象，此反射訊號會折回並在接收器內紀錄。

並且藉由接收主機連續接受，經果訊號強度與波形的檢核工作來增加訊號的辨識率，剔除雜訊，以獲得高解析的震測剖面訊號，用以對比相異密度地層或目標物。

原有變頻聲納之設計為較深水域測量使用，配合本計畫現場工作之需求，特別將原有的底拖聲納，利用兩個固定橢圓形浮球固定於聲納拖體兩側，並在淺水域不適合利用弦外機的狀況下，採用人工方式以撐篙移動船隻。在船隻的選擇也特別採用吃水淺的舢舨，利用吊車將其吊掛於測量水域內進行測量，作為工作人員與主要儀器的水面載具。

在儀器架設中，除了利用浮球將聲納拖浮於水面上，為了獲得較佳的測量定位效果，特別 GPS 天線盤固定於聲納上方，以實際的天線收錄位置來標定震測採樣位置，來降低定位上的誤差。

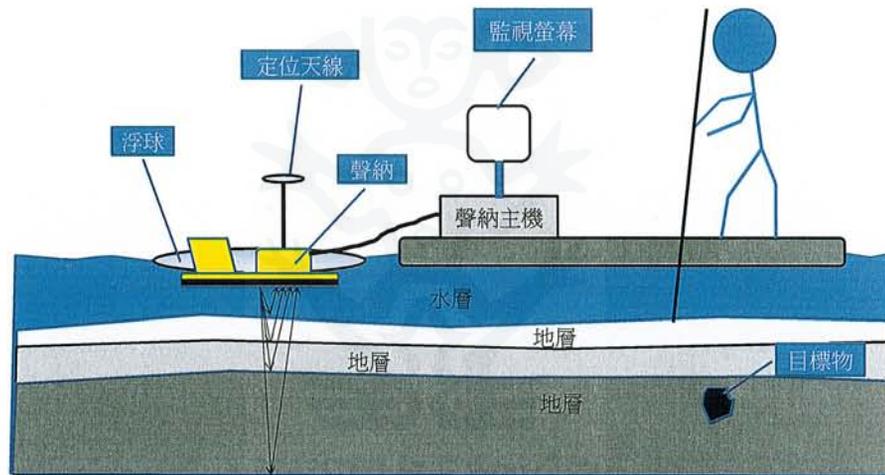


圖 3-1 施工示意圖。

聲納於舢舨後方拖行，並在聲納兩側固定浮球以防止聲納下沉撞底。並同時將訊號傳遞到舢舨上的控制與收集主機，由工作人員即時觀測資料品質。

### 3.3 探勘方法

本案所使用的震測震源為變頻聲納發射器，其發射器發射頻寬最廣，故經解迴旋後，其對地層的解析能力最佳，但發射器在波浪運動影響下會造成解迴旋不良而失去其對地層的解析力，也因此其發射器必須在水中很穩定地前進，且必須離目標層在數公尺之內，其效果會最佳。另外因發射頻率較高，故對粗質沈積包括礁岩海床雖不具有任何穿透力，只對泥質或未壓密的軟砂層沈積的穿透力最好。

作業時，我們必須把聲波發射及接受器（另稱拖魚）放置在水中距離水床數公尺遠，藉發射一串長度的 2k-15kHz 的頻率域內的聲波，在發射後，幾乎同時去接收其反射訊號。這串反射訊號在處理器內會利用已知形狀的發

射波形，做解迴旋處理，然後重新編寫成 SEG-Y 的震測資料。在測量同時，收集電腦會將資料儲存在磁碟內，另外反射的訊號會依序排列顯示在電腦螢幕上，形成所謂的反射震測剖面供操作者參考監視。

在作業同時，定位的 GPS 訊號會同時記錄在震測的資料內，也因此，在作業完成後，我們可以將存在磁碟的資料一併帶回辦公室予以處理並將資料展示成所謂的反射震測供報告使用。

### 3.4 探勘儀器

本案使用美國 EdgeTech 公司製造的 X-star 數位變頻震測儀，拖魚型號為 SB-216S。該儀器頻率範圍為 2-16kHz，穿透力在粗砂中可達 6 公尺，泥層中可達 80 公尺。

### 3.5 資料處理與解析

現場收集震測資料需要經過下列之資料處理方可獲得地層訊號之意義：

1. 資料轉換：現場利用 Xstar 由磁帶將資料收錄於內，在實驗室內可以利用原有的磁帶資料於 Xstar 系統直接展示與處理資料，為了增加處理效率，需要將磁帶內的資料，利用程式於工作站內逐次並逐檔的每個震測測點資料轉換於硬碟內，並利用網路將轉換完成的 SEG-Y 震測資料格式傳到到其他工作電腦。
2. 剖面資料處理：將轉換後的 SEG-Y 資料格式，再利用 Triton 公司出品的專業震測資料處理軟體 SB-interpret 進行處理。其中包含定位資料較正、影像強度增益、資料展示、泥層厚度辨識、以及目標物標示。
3. 繪圖：將上述的剖面資料，依據其空間位置與航跡的分布，逐條以固定方向將震測某面展示，並標訂說明該疑似目標物的位置繪製成平面與剖面圖。

### 3.6 施測成果

在 5 月 8 日的測量中，總共完成的測線見圖 3-10，其中我們把展示較佳的測線放在圖 3-2，這些圖共有水池東西向的短測線和南北向的長測線共 12 條，其編號分別為 1-1、1-2、1-3、1-4、1-5、1-6、3-1、3-2、4-1、4-2、5-1、5-2。在這些剖面，它的位置都偏在水池的西側較深處，在東邊因為水深很淺，船隻無法到達，主要是利用陸測的方法測量該處的地層資料。另外，有一個從南向北的長測線，其編號為 1-1、1-2、1-3、5-1、5-2，這條測線也因水池的水深偏在整個水池的西側。

在這些剖面圖上，我們可以看到水深都在 1 公尺以內，甚至有些只有 20-30 公分深，也因此，這種深度限制了變頻聲納的功能。在使用變頻聲納上，我們可以用的最高頻為 15kHz，這種聲波的波長為 10 公分，但是變頻聲納必須發射一長串的聲波，以達到應有的能量長度，我們使用的 X Star 系統，它的最短發射聲串時間為 20 毫秒，也因此，15kHz 的聲納在發射 20 秒的漣波時，其總長度為 4 公尺，因此，在水深 1 公尺的水池內進行，在單一漣波還未發射完整時，即已達到水池底部，而會破壞了整個的聲串，造成變頻聲納的解析度，其穿透力大量下降。也因此，我們在圖上無法完整看到整個表面土層的分佈狀況。

再利用地電阻探勘的章節中，我們得出在水池中的表層約有 1 公尺上下的軟泥，然後其下方有 6-7 公尺的砂質層（在所謂的古河道帶，砂質層會被 10 公尺厚的泥層所取代）。也因此，我們的資料只能微微看到最表層 1 公尺上下的最薄沈積層，也就是在地電阻探勘所得到的軟泥層，但是進一步往下，我們的資料則因水層太淺而無法得知在再往下的沉積層的特性及分布。

圖 3-3~圖 3-6 共有水池東西向的短測線和南北向的長測線共 31 條，其編號分別為 3, 4, 5, ...32。這次的測勘是因為 5 月 8 日之資料受限於水深的影響所進行的第二次測量，在這次的測量中，我們使用了不同的控制聲源電腦及處理單元，想要看是否能因水深過淺，所造成的效應會予以改良。

它們的結果由圖 3-3~圖 3-6 可見，其成果更差，這也是因為在施測當時，水池水位降的比 5 月 8 日時更多，也因此，可以看到在剖面上，音鼓面和水池上部的軟泥互相摩擦所造成的機械性雜訊。可想而知，這些成果更不足以解釋在水池內軟泥層的分佈，也不能夠進一步去擴大說明或證明，利用地電所得到的成果。或者，我們無法使用聲納的成果去描繪水池內主要軟泥層的分佈，甚至較厚的位於所謂古河道區的泥層位置。

也因此，在本計畫中，利用變頻聲納想了解本調查區域水池範圍內的土層分布，進而了解是否有所謂的水下地質或地理遺跡，例如：是否有所謂的古河道，也就是說，在烏石港時期，因 1878 年水災造成河道淤塞及遷移，這個被淤塞的河道位置是無法由變頻聲納所探得。如想進一步了解在第二章結論中所推測之河道範圍，本報告建議需再全區進行地電探勘（因為整個水池的深度都允許人員進入測量）。本調查報告也因預算限制，地電探勘成本較高，而無法整區改變使用地電探勘方式處理。

但是，由本報告之第二章應已探得在烏石港時期被水災填淤的河道位置，這個結論值得再用別的方法去予以詳細定位及探勘。在本章所使用的變頻聲納，它的調查結果在本計畫中，雖對地層厚度的探勘有所限制，但是，

結果中仍然能顯示出一些訊息，這些訊息主要為被埋在淺層下方的一些大型目標物，這些目標物的體積及位置，聲納結果所表現出來的結論，比利用地電的影像來的較好。

在第二章結論中，地電影像顯示出在古河道出口靠海位置，有一個影像異常，該處恰位於烏石礁區與舊航道、港口附近，研判可能為崩落的巨型岩塊或沉船。該異常區的大小，在地電影像之反應約只有 2-3 公尺，它的深度及厚度為 2-3 公尺。我們從變頻聲納的影像在同一位置也有明顯的目標反應，見圖 3-7，另外，在濕地的南測，大烏石東南方約 25 公尺處，有一明顯的連續反射面落在水深 3 公尺處，其大小約有 1 公尺寬，厚度不知，但是它的反射強度很明顯，它的位置也正和陸上電測的異常區相同。

以我們觀測到的反射物件大小，幾乎很難相信它是屬於文獻記載中，封閉烏石港的沉船，但是我們在它的北方發現一些叢聚的小反射訊號落於該異常處 150 公尺處（圖 3-8），如果這些反射目標屬於沉船的各處的尖點，代表在這個區域是否真有一個大型物被掩埋。在陸測的地電資料 L3 測線上，我們可以看到相向的異常點，以及在它的北邊有較硬的物質座落在較淺的位置（該章解釋為硬岩盤的淺部），這個目標物是否為文獻中的沉船，本計畫建議需予以進一步檢測。該物件的向北延伸處也並無任何地電測線資料予以證明。

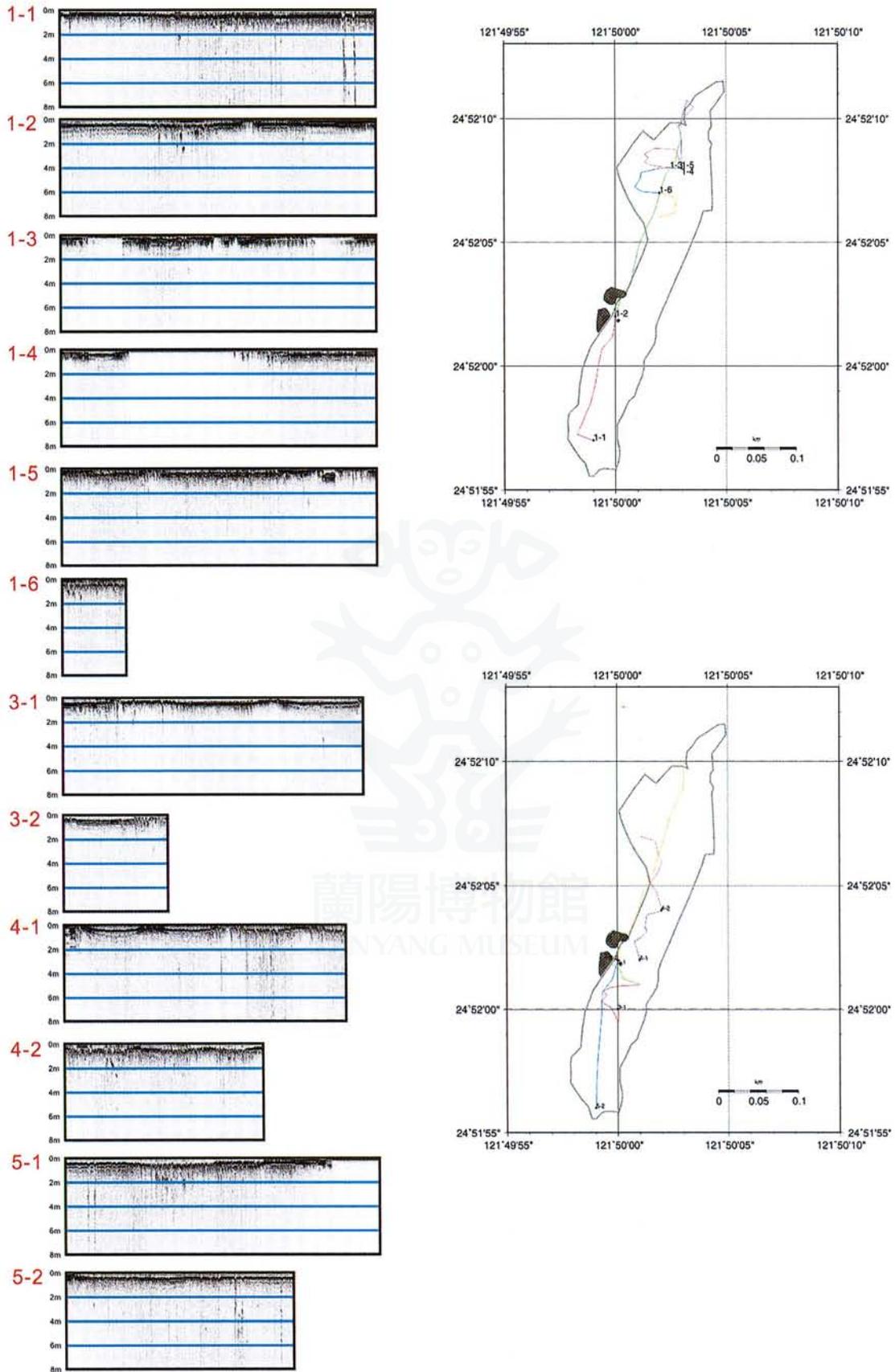


圖 3-2 5 月 8 日的測量中所完成的測線以及剖面展示圖。

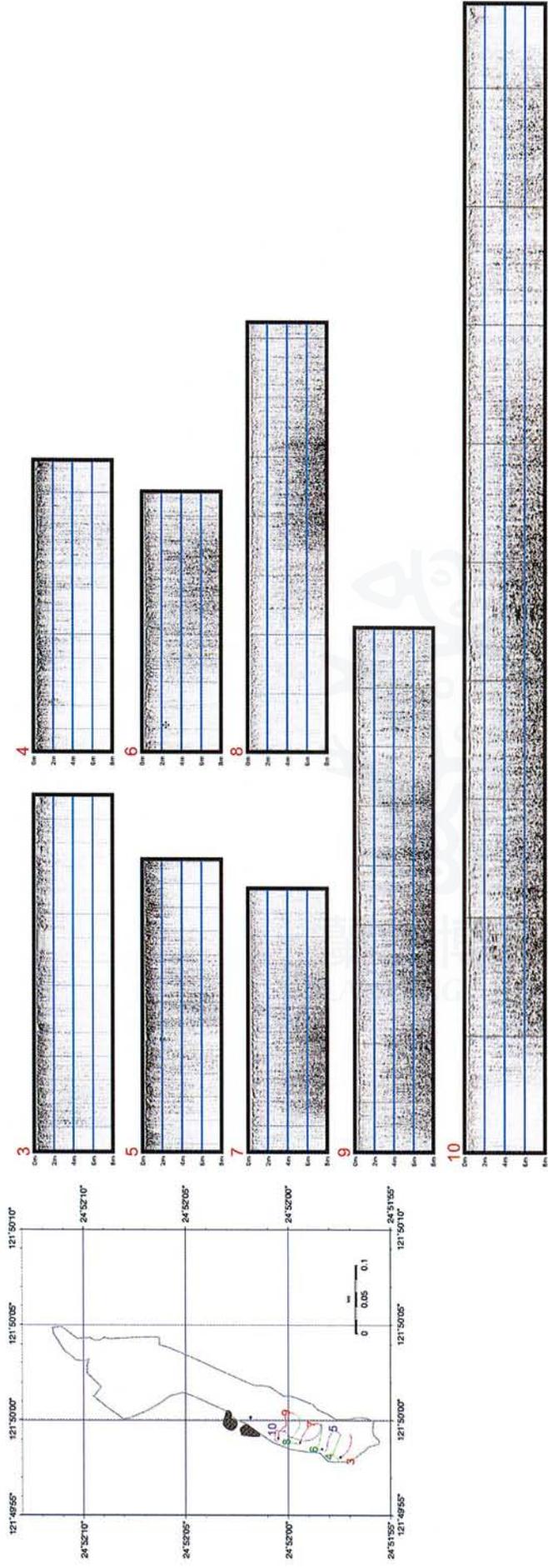


圖 3-3 5 月 16 日的測量中所完成的測線以及剖面展示圖 (一)。

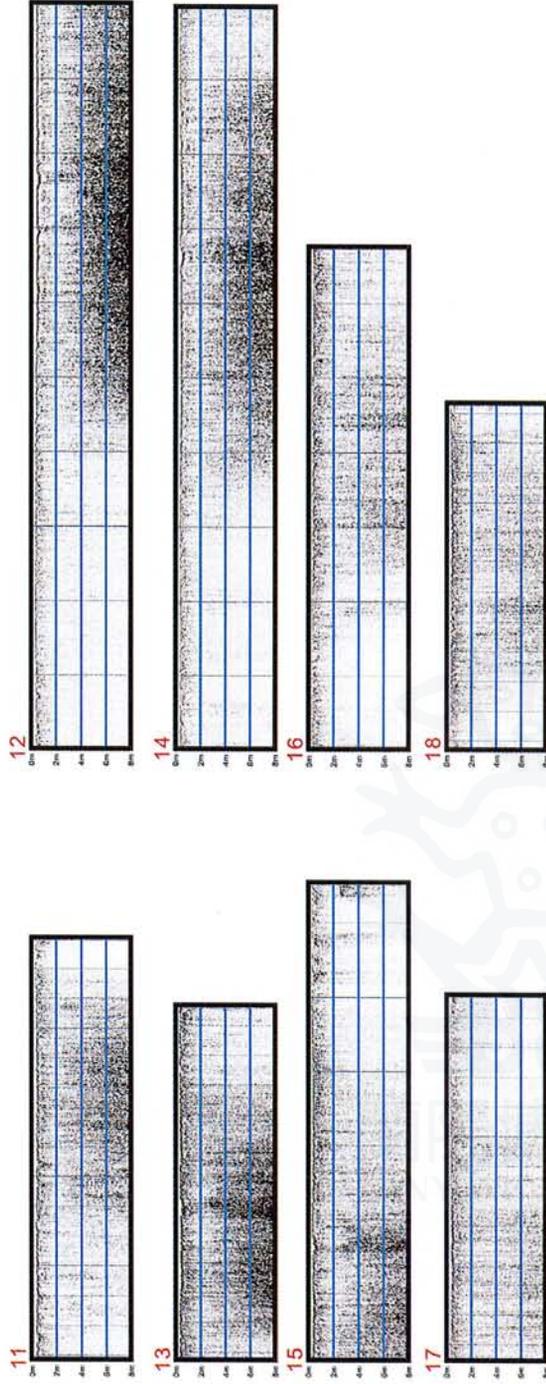
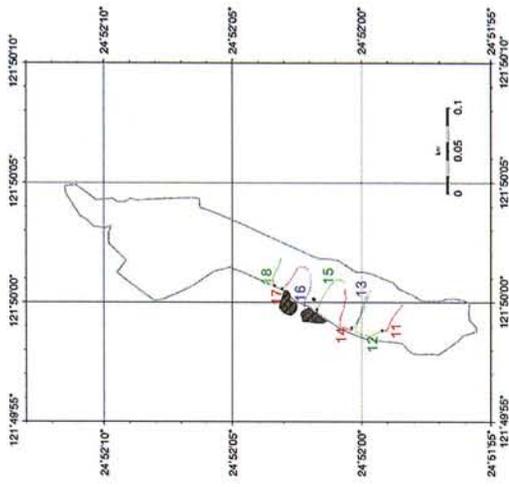


圖 3-4 5 月 16 日的測量中所完成的測線以及剖面展示圖 (二)。

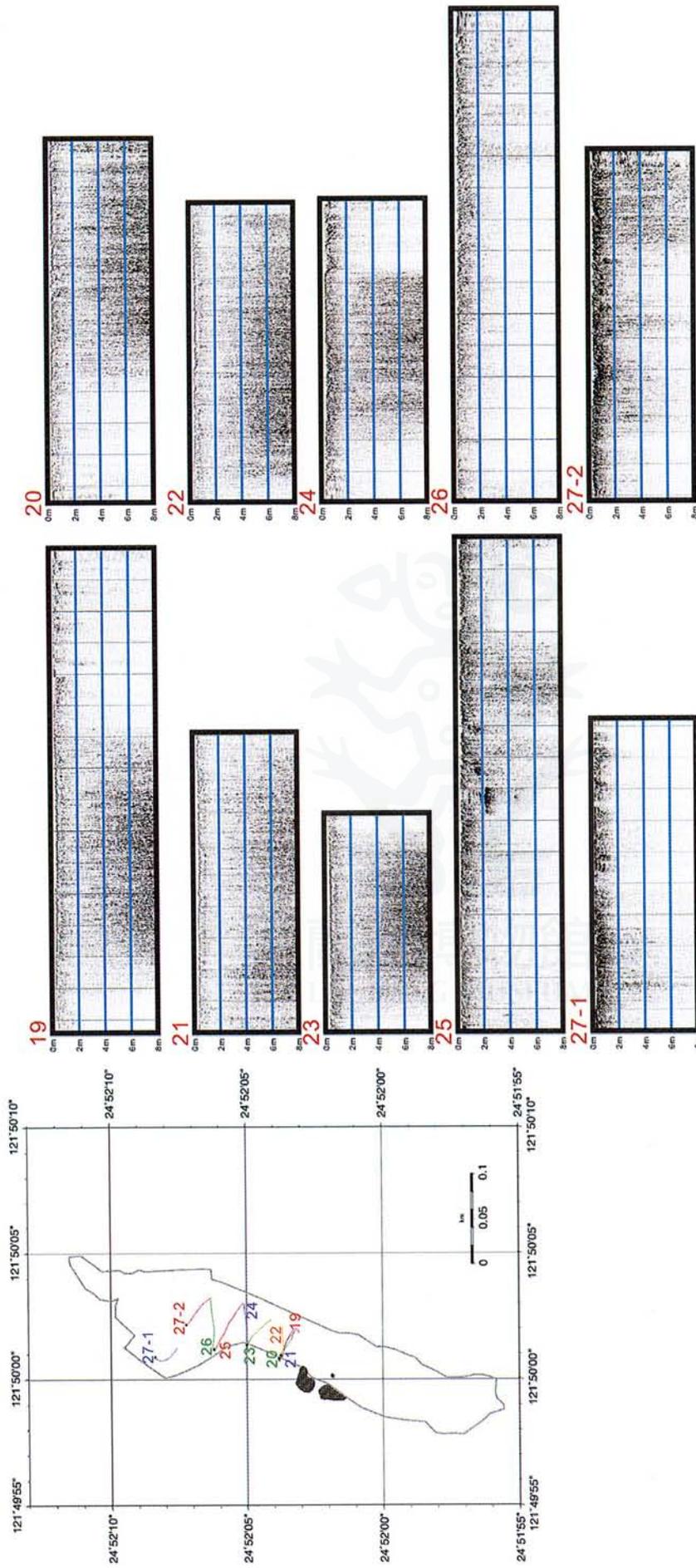


圖 3-5 5 月 16 日的測量中所完成的測線以及剖面展示圖 (三)。

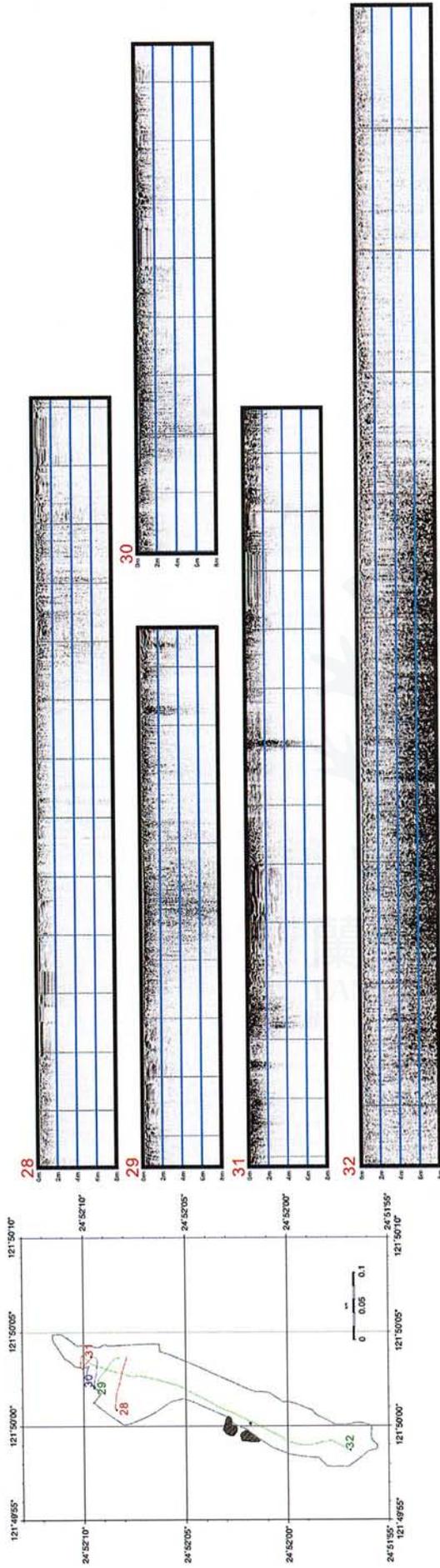


圖 3-6 5 月 16 日的測量中所完成的測線以及剖面展示圖 (四)。

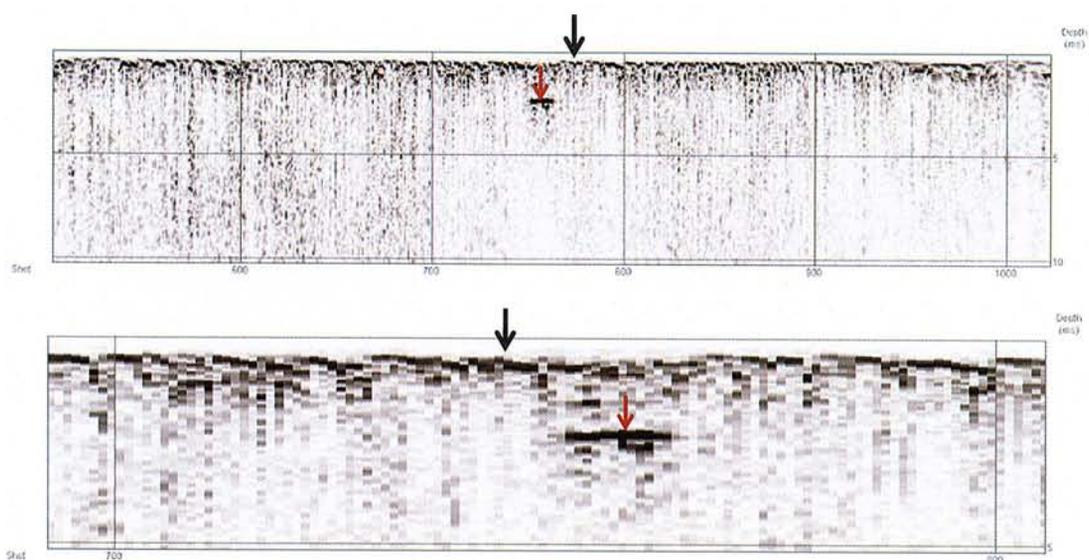


圖 3-7 上圖為濕地南測疑似沉船的強反射影像，標示如同其他圖形。下圖為放大圖，黑色強反射影像寬度 1.4 公尺，厚約 30 公分，在影像上連許反射出現在 1.8 公尺處。



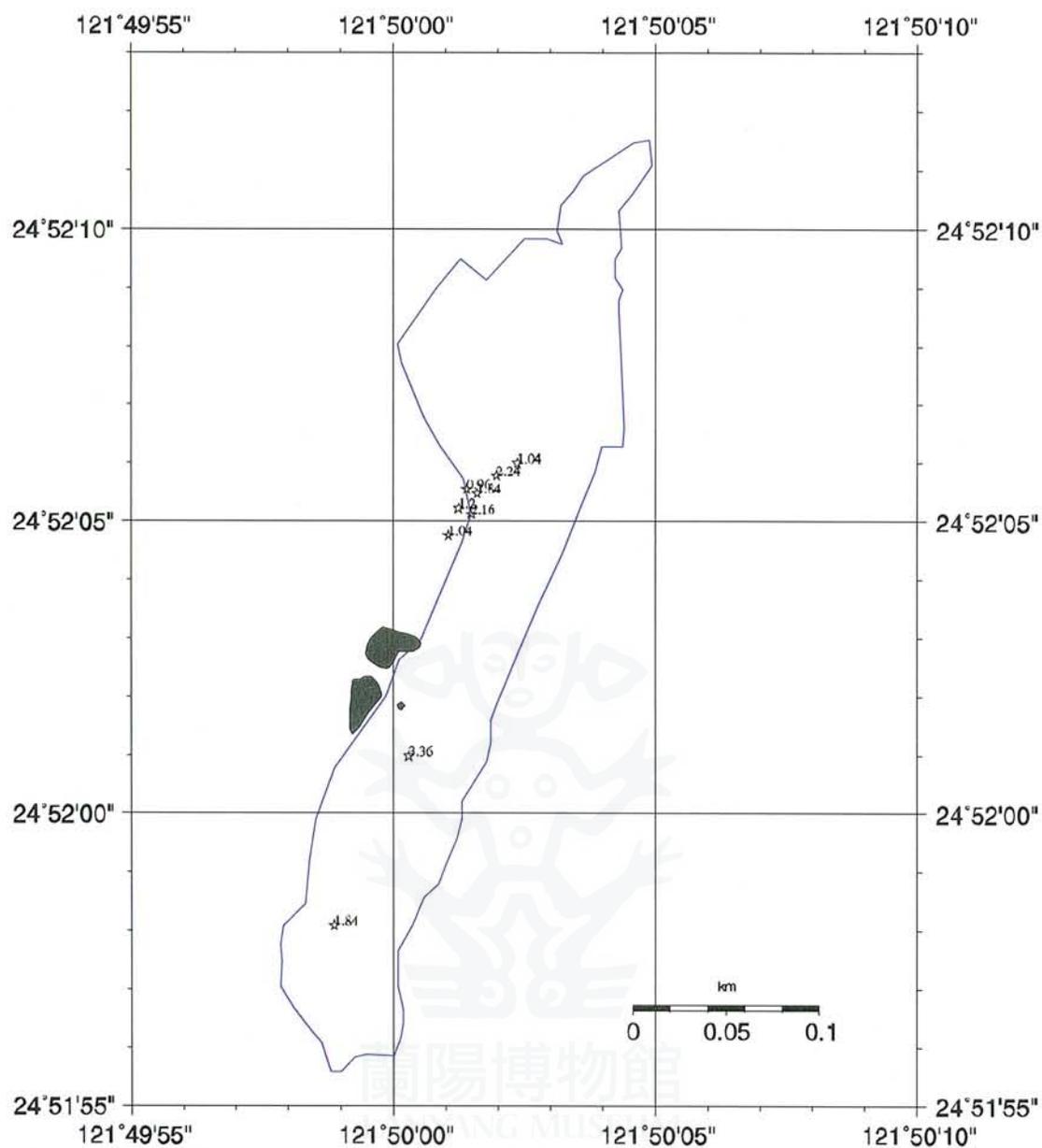


圖 3-8 疑似物體分布圖，北測群落分布約 7 個獨立物體，應為烏石（硬頁岩）的群聚分布，與水面上的烏石根部。大烏石東南測與南側各有以個獨立明顯的反射出現，其中尺度以最南測，深度 1.8 公尺的物件最為明顯。

### 3.7 工作調查日誌

#### 蘭陽博物館建築基地烏石港遺址濕地與週邊地質偵測調查 反射變頻聲納測量工作

日期	施工人數	施做項目	工程進度	備註
2008/03/10	2	場地勘查	了解工作環境及現地狀況	
2008/03/20-30	4	儀器整備		
2008/03/11-30	2	文獻蒐集		
2008/04/01-7	2	工作規劃		
2008/04/08-15	2	船隻整備	淺水用測量船隻需使用小型舢板	
2008/04/30	4	變頻聲納測量	1. 檢視調查水池的深淺範圍。 2. 調整拖魚施放的可行性。	本次測量測線見圖 3-9。
2008/05/01-05	3	資料檢視		
2008/05/06-07	3	儀器整備		
2008/05/08	4	變頻聲納測量	1. 首次正式作業。 2. 資料定位不良。 3. 水深太淺，資料穿透力不夠。	本次測量測線見圖 3-10。
2008/05/09-10	3	資料檢視		
2008/05/10-13	3	儀器整備		
2008/05/14	4	變頻聲納測量	作業當天儀器架設後，發覺定位埠溝通不良，放棄作業。	
2008/05/15	3	資料檢視		
2008/05/16	4	變頻聲納測量	1. 補足合約規定之航線數目。 2. 更換資料處理器，試圖解決穿透力不良之問題。 3. 水深較 5/8 時更淺。資料品質未提昇。	本次測量測線見圖 3-11。
2008/05/17-18	3	資料檢視	水深過淺，變頻聲納在本調查區調查的效果不良。	
2008/05/18-26	3	資料處理	針對部分航線去觀察是否可發覺一些大型掩埋物。	
2008/05/18-26	2	報告撰寫		



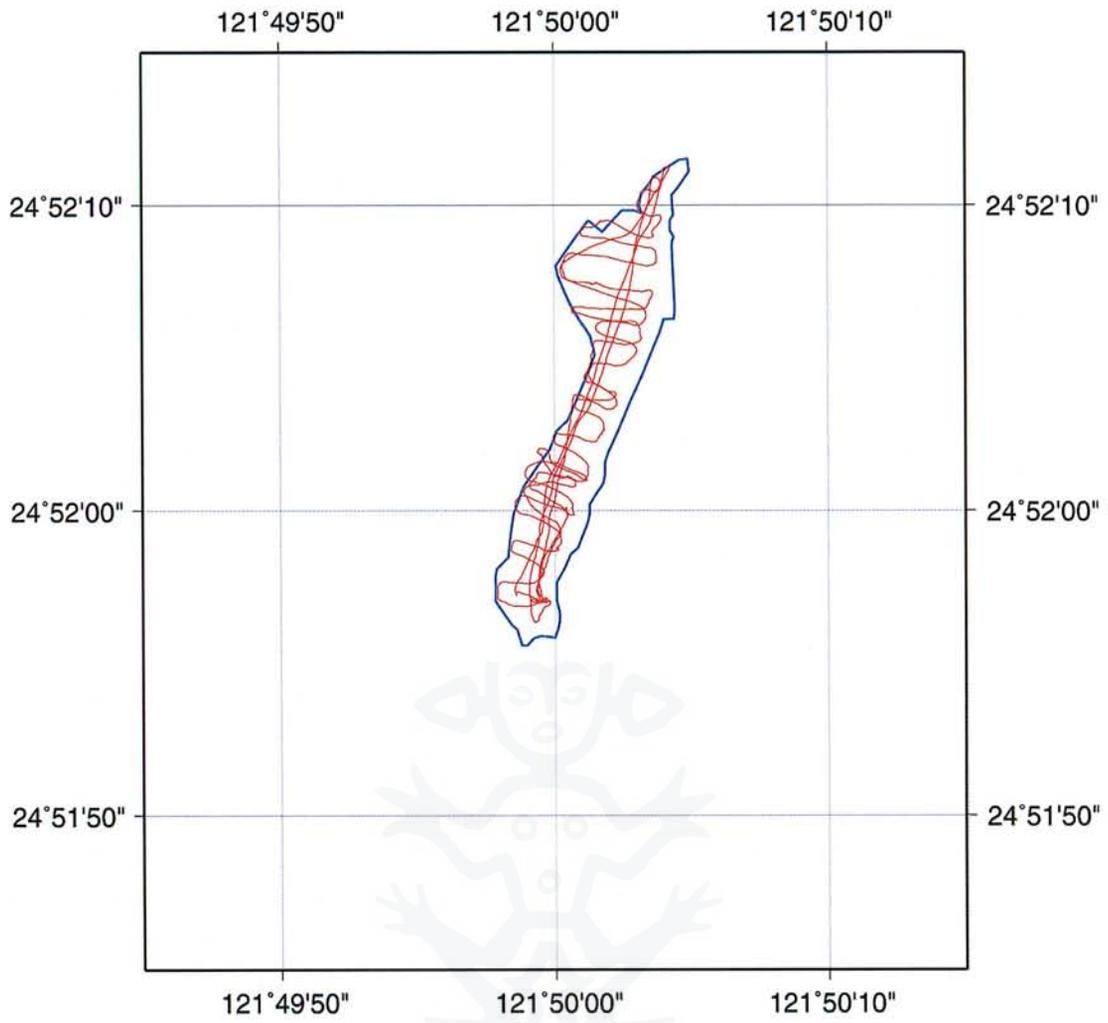


圖 3-10 第二次測量實際測量航跡。

蘭陽博物館  
LANYANG MUSEUM

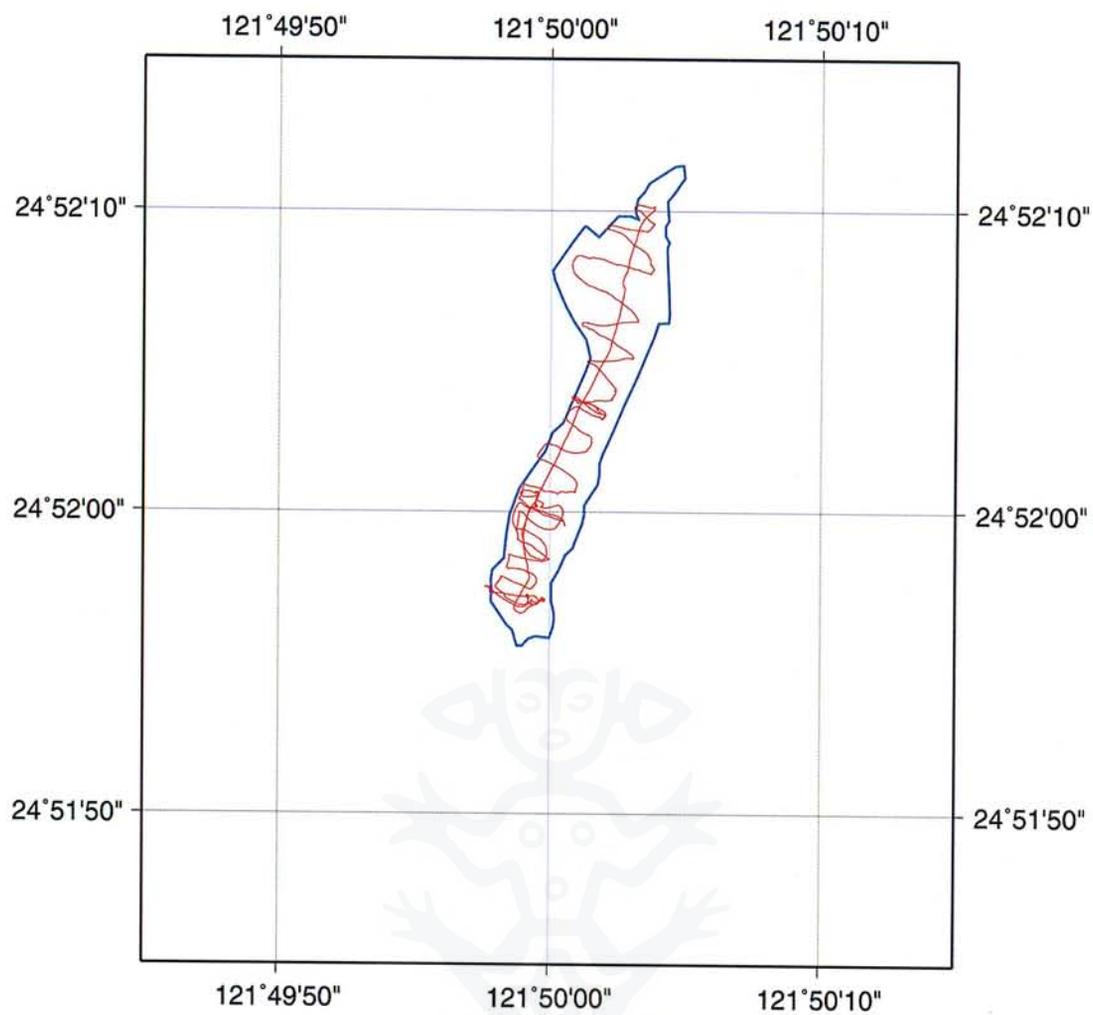


圖 3-11 最後一次測量實際測量航跡。

蘭陽博物館  
LANYANG MUSEUM

### 3.8 現地工作照片

	
<p>照片 1：底拖式變頻聲納。</p>	<p>照片 2：現場作業。</p>
	
<p>照片 3：聲納主機與螢幕。</p>	<p>照片 4：聲納主機與螢幕架設狀況。</p>
	
<p>照片 5：現場作業。</p>	<p>照片 6：現場即時回傳資料畫面。</p>
	
<p>照片 7：現場作業。</p>	<p>照片 8：聲納主機與工作人員。</p>



照片 9：現場作業。



照片 10：底拖式聲納後拖於船後。



照片 11：現場作業。



照片 12：現場作業。



照片 13：水深過淺，人力拉動船隻。



照片 14：水深過淺，人力拉動船隻。

## 4 結論

綜上所述，本案調查結論如下：

- 一、本次陸域部份地電阻影像剖面探測成果得知測區岩盤面之上大多以砂/粉土/黏土的沖積層為主，岩盤面往調查區東南側加深。
- 二、由各測線電阻率形貌研判測區存在舊河道（航道），範圍及位置如下：
  - 測線 L1：測線距離 21-49 公尺。
  - 測線 L2：測線距離 82-141 公尺。
  - 測線 L3：測線距離 49-82 公尺。
  - 測線 L7：測線距離 0-90 公尺。
  - 測線 L4、L5、L6 於剖面中無舊河道（航道）之電阻率形貌。
- 三、舊河道於測線距離約 90 公尺後並無明顯向海延伸，在 L6 測線也無舊河道跡象，推測舊河道可能在此處轉彎（向北），或此處即為舊海岸線（港口）。
- 四、水域震測剖面圖上，可以看到水深都在 1 公尺以內，甚至有些只有 20-30 公分深，因而限制了變頻聲納的功能，造成其穿透力大量下降。也因此，我們無法藉由震測調查結果完整看到整個表面土層的分布狀況，只能微微看到最表層 1 公尺上下的最薄沈積層，也就是在地電阻探勘所得到的軟泥層，但是進一步往下，則因水層太淺而無法得知在再往下的沉積層的特性及分布。
- 五、如想進一步了解在第二章結論中所推測之河道範圍，本報告建議需再全區進行地電探勘（因為整個水池的深度都允許人員進入測量）。本調查報告也因預算限制，地電探勘成本較高，而無法整區改變使用地電探勘方式處理。
- 六、變頻聲納調查結果在本計畫中，雖對地層厚度的探勘有所限制，但是，結果中仍然能顯示出一些訊息，這些訊息主要為被埋在淺層下方的一些大型目標物，這些目標物的體積及位置，聲納結果所表現出來的結論，比利用地電的影像來的較好。
- 七、地電阻測量之測線 L3（測線距離 54-57 公尺）與測線 L7（測線距離 90-92 公尺）處，呈現與河道沉積物不同的電阻率，為電阻率異常區。此處恰位於烏石礁區與舊航道、港口（本次調查成果）附近，

研判可能為崩落的巨型岩塊或沉船。該異常區的大小，在地電影像之反應約只有 2-3 公尺，它的深度及厚度為 2-3 公尺。我們從變頻聲納的影像在同一位置也有明顯的目標反應。

- 八、在第七點中所觀測到的反射物件大小，似乎並非是文獻記載中封閉烏石港的沉船，但是在其北方 150 公尺處存在一些叢聚的小反射訊號，如果這些反射目標屬於沉船的船桅等構造之尖點，代表在這個區域可能有一個大型物被掩埋。在陸測的地電資料 L3 測線上，我們可以看到相向的異常點，以及在它的北邊有較硬的物質座落在較淺的位置，這個目標物是否為文獻中的沉船，本計畫建議需予以進一步檢測。該物件的向北延伸處也並無任何地電測線資料予以證明。
- 九、在濕地的南測，大烏石東南方約 25 公尺處，有一明顯的連續反射面落在水深 3 公尺處，其大小約有 1 公尺寬，厚度不知，但是它的反射強度很明顯，它的位置也正和陸上電測的異常區相同。

