

國立臺灣大學理學院海洋研究所



碩士論文

Institute of Oceanography

College of Science

National Taiwan University

Master Thesis

水下文化資產調查案例分析與比較研究

The Analysis and Comparative Study of
Geophysical Surveys for Underwater Cultural Heritage

羅書韻

Shu-Yunn Lo

指導教授：宋國士 博士

Advisor: Gwo-Shyh Song, Ph.D.

中華民國 110 年 2 月

February 2021



致謝

這段像大冒險一般的旅程，終於要抵達終點了。在出社會打滾好幾年之後，還能以全職學生的身份回學校讀書，對我而言真的是既奢侈又無比幸福。之所以能如此任性，都要歸功於身邊許許多多人們對我的照顧、包容和體貼。

其中，永遠對女兒想做的事無條件支持的老爸和老媽，謝謝您們在這期間對我的各種支援，無論是接收我的抱怨、在分身乏術時替我顧貓、讓我回家蹭飯、偶爾補貼一點金援等等，尤其是對我竟然不工作跑來當學生這件事完全不置一詞，真的十分感謝您們。

而讓我無後顧之憂全心學習的主力支持，則是我的指導教授宋國士老師。謝謝老師的經濟支援，讓我即便幾乎沒有工作也能維持生活。由於使用的資料相當龐雜，導致論文寫作時間比預估多一倍，篇幅也超乎預期。但即使逼近退休時限，老師也極少催促我。一直容許我用自己的方式完成論文，非常謝謝老師。

也謝謝研究室的中寧學姐、靚妤學姐、思杰學長、勁豪學長經常提供學習資訊，為我節省了許多搜尋資料的時間。謝謝我的同學陳翔，除了學習與研究上的資訊交流，還經常陪我聊各種八卦，讓我減輕了不少壓力。謝謝全球測繪的靜歆學姐、明龍學長，和您們討論總是能獲得許多有價值的訊息，獲益良多。

然後還要感謝好友小雨，總是在我最需要的時候拉我一把，謝謝你一直都在。小倩和 Barry，在論文寫作後期給你們添了許多麻煩，真是既抱歉又感謝。

最後是我的伴侶佑銓。這段時間裡，無論正面的還是負面的，我所有的情緒和狀態你都首當其衝，也常常需要在我無暇顧及時替我善後。終於要結束了呢！謝謝你的忍耐與支持。

寫到這裡，覺得獲得許多人幫助的自己真的相當幸運，謝謝所有向我伸出援手的人們。雖然過程中不盡然是愉快的事，無論如何，我完成了！

摘要




由於具備優秀的離岸風場開發條件，臺灣海峽成為近年綠能政策與風電相關產業發展的焦點。然而臺灣海峽長期做為水路運輸的要衝，頻繁的海上活動在這片海域留下了大量足跡，各項考古證據與歷史資料皆顯示此處可能藏有大量尚待發掘的人類活動遺存。因此，如何在闢建風場的同時兼顧無價的文化遺產，便是需要政府與開發單位共同深思的課題。

自 2015 年起，我國藉由水下文化資產保存法的發布，明文規定水域開發前需執行水下文化資產調查，以便保護潛在的古物。此舉雖使水下文化資產調查成為常態，但因與世界各國相比起步時間較晚，作業上仍存在許多需各方共同協調與合作解決的問題。

水下文化資產調查表面上是以探測技術為主，實際上卻是需要考古專長與探測專長結合的跨領域作業。綜觀過去的調查案例，經常可以發現事前的史料研究與現場探測工作幾乎是各自獨立。如此壁壘分明的情況看似是有效分工，實際卻衍生了許多問題。例如，水下目標物搜索的效益與對目標物的理解程度有關，具體且充足的背景資訊如目標物外觀型態、尺寸、材質等，以及潛在的熱區位置與範圍，在規畫搜索策略及資料判釋時都能成為重要依據，但多數案例的事前研究結果經常無法提供足量的資訊。再者，現行用於調查的探測技術在開發時皆不是以考古為目的，而是水文調查、地質探勘等的調查工具，可說在預設目標物的規模上就存在極大差異，也導致這些工具用於水下文化資產調查時有其限制，並非提高儀器解析度或測量密度就足以彌補，這一點是所有參與調查的人員都必須了解的。

本文旨在透過各國各式調查案例的研究與分析，嘗試整理與歸納具體可行的建議，以協助改善臺灣與周邊地區的水下文化資產調查成果。內容分為以下部分：探測技術、法令規章、各地調查範例與我國調查案例等。探測技術部分為現行調查工具的簡介，包含技術原理、調查用途與技術限制等資訊。法令規章彙整



了數個較早發展水下考古調查的國家法令，以觀察他國與我國法令在調查作業規範上的異同。各地調查範例蒐羅世界各地已發表的調查案例，並將之整理分類成較能做為探測依據的數種類型，再根據不同類型剖析其調查策略。我國調查案例則於我國相關法令發布前後各擇一例，除了介紹調查內容與方法，也試圖分析法令發布為調查作業帶來的影響。

本文嘗試以較易為一般大眾接受的文筆寫作，希望任何閱讀本文的讀者都能輕鬆的理解與掌握文中內容。

關鍵字：

水下文化資產、水下考古、水下目標物偵測、海洋地球物理調查、側掃聲納

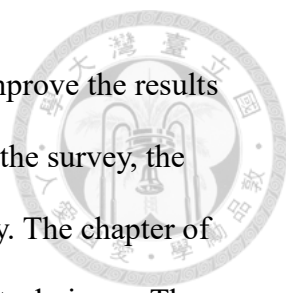
Abstract



Due to the potential energy of offshore wind field, Taiwan Strait has become the target of green energy policy and wind power industry. However, Taiwan Strait is rich in archaeological and historical human trace since the long history of maritime activities. Based on this situation, the first task of the government and the developers is how to build the wind field but not disturb any site, structure, or object of historical or archaeological significance.

In recent years, the Government of Taiwan has put considerable effort into the research and regulation related to Underwater Cultural Heritage (UCH). The Underwater Cultural Heritage Preservation Act, which follows the Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage announced by UNESCO in 2001, was published to set an official standard for development and management in 2015. Other related laws and regulations were soon announced later on. Even though the UCH survey is an essential part of the environment impact assessment in Taiwan, the results of the survey are usually unsatisfactory.

Although not designed for archaeological use, marine geophysical techniques such as side-scan sonar, multi-beam sonar, magnetometer, and sub-bottom profiler become the major tools used in the UCH survey. The powerful and interdisciplinary approach is accompanied by several problems. For example, it can be observed that desk-based research and the detection are usually separate. The result is, for most cases, the work of identification being difficult without enough background information applied from desk-based research. On the other side, the scale of artifacts is very different from geological structure. The huge difference sets a limit which cannot make up by increasing the resolution or sampling density on the ability of geophysical techniques in the UCH survey. It must be realized by all people who participate in the survey.

The logo of National Taiwan University (NTU) is located in the upper right quadrant of the page. It is a circular emblem with the university's name in Chinese characters around the perimeter and a central design featuring a bell and other symbols.

The aims of this study is to provide the suggestion that can help to improve the results of the UCH survey in Taiwan. The content includes the tools used in the survey, the related laws and regulations, the cases from Taiwan and other country. The chapter of tools may introduce the principle, the purpose, and the limit of these techniques. The part of laws and regulations may search and compare the related official documents from the government of Taiwan and other country. The overseas cases may be categorized according to different properties, and be analyzed in order to realize the methodology. One of the two cases from Taiwan was finished before the announcement of the laws. Besides the content and method of these survey, the influence of the laws is involved in the discussion.

Keywords:

Underwater cultural heritage, Underwater archaeology, Underwater object detection, Marine geophysical survey, Side-scan sonar

目錄



致謝	i
摘要	ii
Abstract.....	iv
目錄	vi
圖目錄	ix
表目錄	xiv
第 1 章 緒論	1
1.1 研究目的與架構	1
1.2 臺灣與周邊地區水下文化資產概要	3
1.3 水下考古調查工具與調查策略	6
1.3.1 側掃聲納	8
1.3.2 聲納測距系統	9
1.3.3 地層剖面儀	11
1.3.4 海洋磁力儀	13
1.3.5 其他種類探測技術	14
1.3.6 地質採樣技術	15
1.3.7 水下驗證作業	16
1.4 水下文化遺產調查作業指引彙整	18
第 2 章 各國水下文化遺產法令比較	20
2.1 國際組織協議	20
2.1.1 聯合國(United Nations)	20
2.1.2 歐洲地區	22
2.2 單一國家法令規範	23
2.2.1 英國	23



2.2.2	愛爾蘭	24
2.2.3	美國	24
2.2.4	中國	26
2.2.5	臺灣	26
2.2.6	澳洲	27
2.2.7	南非	28
2.3	各國法令與規範差異分析	29
第 3 章	各國水下考古調查案例分析	31
3.1	史前文化地貌	34
3.1.1	古地貌調查：Apalachee Bay, Florida, USA	34
3.1.2	史前人類遺存調查：Becher Bay, British Columbia, Canada	39
3.2	古文明地貌	43
3.2.1	古文明遺址：Abu Quir Bay, Alexandria, Egypt.....	43
3.3	歷史文化地貌	49
3.3.1	地區性變遷：Dunwich, Suffolk, England, UK	49
3.4	歷史沉船	53
3.4.1	一般沉船：Mombasa, Kenya.....	53
3.4.2	鐵磁性目標物：Atlit, Israel.....	58
3.5	二次世界大戰遺存	63
3.5.1	戰場遺跡及載具：Agropoli, Salerno, Italy	63
3.5.2	未爆彈(UXO)：Currituck Sound, North Carolina, USA	69
3.6	後期處理情形	75
第 4 章	臺灣及周邊地區調查案例分析	77
4.1	臺灣及周邊地區調查作業現況	77
4.2	過去調查案例	79
4.2.1	淡江大橋場址水下文化資產調查（2015 年）	79

4.2.2	北竿機場跑道擴建場址水下文化資產調查（2019年）.....	93
4.3	水下文化資產保存法及相關法令對調查作業的影響.....	111
第5章	討論與結論.....	114
5.1	水下文化遺產類型彙整.....	114
5.2	水下文化遺產調查方法彙整.....	117
5.3	我國水下文化資產調查相關建議.....	123
5.4	結論.....	125
	參考文獻.....	127
附錄一	各國水下文化遺產相關法規彙整.....	131
附錄二	調查作業與儀器探測技術規範比較.....	140
附錄三	我國水下文化資產調查相關法令條文.....	145



圖目錄



圖 1-1：水下考古調查現場作業流程。(臧振華 and 劉金源, 2009).....	6
圖 1-2：側掃聲納拖魚及控制器。.....	8
圖 1-3：側掃聲納測繪原理與影像判釋說明。(Plets et al., 2013).....	9
圖 1-4：單音束測深儀及測繪範例。.....	10
圖 1-5：多音束測深系統。.....	10
圖 1-6：變頻聲納主機及拖魚。.....	12
圖 1-7：單響爆炸器。.....	12
圖 1-8：德國 The Haithabu Wreck 的地層剖面影像。(Gregory and Manders, 2015)	13
圖 1-9：海洋磁力儀拖魚。.....	14
圖 1-10：LiDAR 的測繪原理及成果。(Shih et al., 2014).....	15
圖 1-11：TORI 的深海工作型 ROV。(台灣海洋科技研究中心).....	17
圖 1-12：MARTA AUV。(Allotta et al., 2015).....	17
圖 3-1：水下文化遺產類型。.....	31
圖 3-2：調查案例分析構成要素。.....	33
圖 3-3：Apalachee Bay 地理位置。.....	35
圖 3-4：古海岸線及古河道位置示意圖。(Faught, 2004a).....	36
圖 3-5：Aucilla River 河口沿岸地形模型。(Faught, 2004a).....	36
圖 3-6：J&J Hunt Site 調查成果。(Faught, 2004a).....	37
圖 3-7：Apalachee Bay 水下文化遺產調查（古地貌類型）工作流程簡述。.....	38
圖 3-8：Reef-netting 漁法配置示意圖。(Moore and Mason, 2012).....	39
圖 3-9：Becher Bay 位置及水深分布圖。(Moore and Mason, 2012).....	40
圖 3-10：Smyth Head 區域側掃聲納影像。(Moore and Mason, 2012).....	41
圖 3-11：Becher Bay 水下文化遺產調查（史前人類遺存類型）工作流程簡述。.....	42

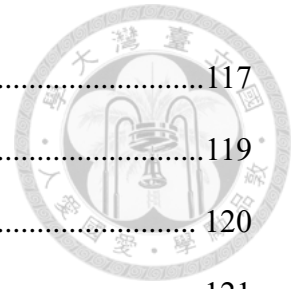
圖 3- 12： Abu Quir Bay 現況。(Goddio, 2007)	44
圖 3- 13： Abu Quir Bay 調查軌跡。(Hamouda et al., 2015)	44
圖 3- 14： Abu Quir Bay 區域 3D 地形圖。(Hamouda et al., 2015)	45
圖 3- 15： Abu Quir Bay 海床表層沉積物種類分布。(Hamouda et al., 2015)	45
圖 3- 16： 水下古城遺跡側掃聲納影像。(Hamouda et al., 2015).....	46
圖 3- 17： 水下古城遺跡部分區域影像。(Hamouda et al., 2015).....	47
圖 3- 18： Abu Quir Bay 水下文化遺產調查（古文明地貌類型）工作流程簡述。 48	
圖 3- 19： Dunwich 地理位置。(Sear et al., 2011).....	49
圖 3- 20： Dunwich 各年代地圖套疊成果。(Sear et al., 2011).....	50
圖 3- 21： St Nicholas' Church 遺跡。(Sear et al., 2011).....	51
圖 3- 22： Dunwich 水下文化遺產調查（歷史文化地貌類型）工作流程簡述。 ...	52
圖 3- 23： Mombasa 地理位置。(Quinn et al., 2007).....	54
圖 3- 24： Mombasa 調查區域示意圖。(Quinn et al., 2007).....	54
圖 3- 25： Mombasa Harbour 水道地形分布及部分河床地貌。(Quinn et al., 2007)	55
圖 3- 26： Santo Anto'nio de Tanna' 沉船影像。(Quinn et al., 2007)	56
圖 3- 27： Mombasa 水下文化遺產調查（一般沉船類型）工作流程簡述。	57
圖 3- 28： Atlit 地理位置。(Weiss et al., 2007).....	59
圖 3- 29： 調查工具及調查船移動軌跡。(Weiss et al., 2007).....	60
圖 3- 30： Atlit 磁力調查成果展示。(Weiss et al., 2007).....	61
圖 3- 31： 水下驗證部分成果。(Weiss et al., 2007).....	61
圖 3- 32： Atlit 水下文化遺產調查（鐵磁性目標物類型）工作流程簡述。	62
圖 3- 33： Agropoli 地理位置。(Passaro, 2010).....	63
圖 3- 34： 水下地電阻法(ERT)測量系統配置示意圖。(Passaro, 2010).....	64
圖 3- 35： 地電阻測量結果。(Passaro, 2010).....	65
圖 3- 36： 多音束海床測繪結果。(Passaro, 2010).....	66
圖 3- 37： 磁力調查成果。(Passaro, 2010).....	66



圖 3- 38：MKV 資料影像。(Passaro, 2010).....	67
圖 3- 39：Salerno Gulf 水下文化遺產調查（二戰遺存類型）工作流程簡述。.....	68
圖 3- 40：Currituck Sound 空照圖。(McDonald, 2008).....	69
圖 3- 41：磁力及電磁感應並行模組與裝置示意圖。(Bassani, 2008; McDonald, 2008).....	70
圖 3- 42：調查船航行軌跡。(Bassani, 2008; McDonald, 2008).....	71
圖 3- 43：磁力校正測試結果及實際施測成果。(McDonald, 2008).....	71
圖 3- 44：水下驗證及挖掘位置。(McDonald, 2008).....	72
圖 3- 45：Currituck Sound 水下殘留未爆彈調查工作流程簡述。.....	73
圖 3- 46：水下文化遺產調查基本作業流程。.....	76
圖 4- 1：臺灣及周邊地區水下文化資產調查現場作業流程。.....	78
圖 4- 2：淡江大橋主橋段預定施工位置。(龍門顧問有限公司).....	80
圖 4- 3：1884 年 10 月 8 日法軍淡水之役戰略圖。(Garnot, 1894).....	81
圖 4- 4：淡江大橋一案之水下目標物調查流程。.....	82
圖 4- 5：調查船航行軌跡。(全球測繪科技股份有限公司).....	83
圖 4- 6：全區水下地形調查成果。(全球測繪科技股份有限公司).....	85
圖 4- 7：全區水下地貌調查成果。(全球測繪科技股份有限公司).....	86
圖 4- 8：地層剖面調查成果。(全球測繪科技股份有限公司).....	87
圖 4- 9：全區磁力梯度分布情形。(全球測繪科技股份有限公司).....	88
圖 4- 10：南區水下地貌成果。(全球測繪科技股份有限公司).....	89
圖 4- 11：疑似目標物 No.26 初步判釋成果。(全球測繪科技股份有限公司).....	90
圖 4- 12：疑似目標物 No.26 形貌判釋。(全球測繪科技股份有限公司).....	90
圖 4- 13：疑似目標物 No.26 磁力調查結果。(全球測繪科技股份有限公司).....	92
圖 4- 14：疑似目標物 No.26 水下驗證光學影像紀錄。(龍門顧問有限公司).....	92
圖 4- 15：北竿機場跑道擴建預定施工位置。(全球測繪科技股份有限公司).....	94
圖 4- 16：北竿機場一案之水下目標物調查流程。.....	96

圖 4-17：初查多（單）音束水下地形調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	97
.....	97
圖 4-18：初查側掃聲納水下地貌調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	97
圖 4-19：初查水下地層剖面調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	98
圖 4-20：初查磁力探測調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	98
圖 4-21：全區水下地形調查成果。（全球測繪科技股份有限公司）	99
圖 4-22：全區側掃聲納水下地貌調查成果。（全球測繪科技股份有限公司）	100
圖 4-23：全區磁力梯度分布情形。（全球測繪科技股份有限公司）	101
圖 4-24：疑似目標物位置。（全球測繪科技股份有限公司）	102
圖 4-25：疑似目標物 No.8 側掃聲納影像。（全球測繪科技股份有限公司）	103
圖 4-26：複查多音束水下地形調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	104
圖 4-27：複查側掃聲納水下地貌調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	104
圖 4-28：複查水下地層剖面調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	105
圖 4-29：複查磁力探測調查軌跡。（全球測繪科技股份有限公司）	105
圖 4-30：疑似目標物 No.8 所在位置及多音束測量成果。（全球測繪科技股份有限 公司）	106
圖 4-31：疑似目標物 No.8 地層剖面探測及磁力測量成果。（全球測繪科技股份有 限公司）	107
圖 4-32：疑似目標物 No.8 複查側掃聲納影像。（全球測繪科技股份有限公司）	108
.....	108
圖 4-33：疑似目標物 No.8 影像比對。（全球測繪科技股份有限公司、福船文化 館）	109
圖 4-34：疑似目標物 No.8 水下驗證部分影像紀錄。（全球測繪科技股份有限公 司）	109
圖 4-35：北竿機場跑道擴建場址水下文化資產調查案成果彙整。（全球測繪科技 股份有限公司）	110

圖 5-1：水下文化遺產兩階段調查作業流程。.....	117
圖 5-2：古地貌類型調查流程。.....	119
圖 5-3：人類活動遺跡調查流程。.....	120
圖 5-4：一般沉船調查流程。.....	121
圖 5-5：鐵磁性目標物調查流程。.....	122



表目錄



表 1-1：水下考古調查可應用探測技術列表。.....	7
表 4-1：北竿機場初查 8 處疑似目標物位置及資料特徵。(全球測繪科技股份有限公司)	103
表 5-1：水下文化遺產類型及分類特徵一覽表。.....	115
表 5-2：我國水下文化資產調查現況與相應建議列表。.....	125
附錄表 1：英國相關法規列表。.....	131
附錄表 2：愛爾蘭相關法規列表。.....	132
附錄表 3：美國相關法規列表。.....	133
附錄表 4：中國相關法規列表。.....	135
附錄表 5：臺灣相關法規列表。.....	136
附錄表 6：澳洲相關法規列表。.....	138
附錄表 7：南非相關法規列表。.....	139
附錄表 8：我國文化部法令與美國 BOEM 參考規範比較。.....	140
附錄表 9：我國調查相關法令條文列表。.....	145

第1章 緒論



近年來，由於發展綠能成為世界趨勢，我國政府在相關政策與產業發展上投注了許多心力。其中，臺灣海峽因豐富的離岸風電發展潛能而成為綠能開發的重點場域，但這片海域自古即為海上交通要道，考古證據與歷史資料也顯示此處蘊藏大量尚未被發掘的人類文化資產，與此相關的環境評估作業因此倍受重視。

我國自 2015 年起逐年頒布水下文化資產調查相關法令與作業規範，然而多數的水下文化資產調查作業流程及成果仍不盡完善。相關調查普遍使用海洋地球物理調查技術來作業，如側掃聲納、多音束測深、磁力儀與地層剖面儀等，但這些技術最初並非為了考古目的而設計，因此衍生許多亟待解決與協調的難題，尤其是該如何選擇調查工具和安排施測流程。

1.1 研究目的與架構

本研究目的在通過參考世界各地的調查經驗，分析並歸納出通用的調查方案，最終提出適合臺灣及周邊地區且具體可行的建議，以協助改善水下文化資產調查成果並提升調查品質。

研究材料包含調查工具、各國相關法令、各地調查範例、我國實際調查案例。由於這些內容各自獨立但又彼此相關，因此資料收集與整理工作為分開進行，並於各個子項目獲得較有系統的成果後，再彙整為本研究的結論。

調查工具的研究主軸為蒐集現行所有被用於水下考古調查的各式儀器或探測技術，包含主流方法與尚在研究或發展階段的技術。由於調查需考慮遺跡所在環境條件、目標物特徵等諸多因素，通常會由多種儀器搭配使用以便所得資料可交互判釋，故希望藉由這部分的成果提供調查人員更多選擇，以提高調查效益。

各國相關法令的研究對象，以使用英語做為官方語言的國家為主。法律條文來源為各國立法單位公開的法律資料庫，以 Underwater Cultural Heritage 及其關

聯詞彙為關鍵字，從中搜尋與水下考古調查相關的法令規章。由於本文關注重點並非條文細節，法令分析以發布年代、立法目的、法令位階、是否存在技術規範等為依據，並與我國的水下文化資產調查相關法規略做比較。

各地調查範例的目標為全球已發表的水下考古調查案例。此部分研究的參考資料包含地球物理與考古領域的文獻資料與調查報告，經分析各個案例中相似的目標物特徵、調查方法後，再歸納為較具體的分類條件，並據此整理形成可供參考的水下文化遺產分類，及與各類別相應的調查基本方法與流程。

我國調查實例則以水下文化資產相關法令的發布為分界，呈現兩個分別於發布前後實施的調查案例，除了分析目前臺灣與周邊地區的作業情形，也透過比較兩者的異同，探討法令在執行層面對調查工作的影響。

本文的結論整合前述各部分研究的結果，依照不同的水下文化遺產類型提出相對應且適用於臺灣及周邊地區的調查流程與作業規畫策略，同時為促進調查品質提供數點建議，便於各界參考。



1.2 臺灣與周邊地區水下文化資產概要

「水下文化遺產(Underwater Cultural Heritage, UCH)」泛指沉於水中、與人類文明發展有關的任何遺存或殘跡，而聯合國教育、科學與文化組織於水下文化遺產保護公約(UNESCO, 2001)第 1 條第 1 項為其賦予了精確的定義：「所有具備文化、歷史或考古特徵的人類存在痕跡，其部份或全部曾經或仍淹沒於水下達 100 年以上。」這些痕跡包括：

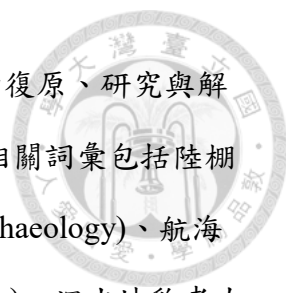
1. 遺址、建築、房屋、人造物與人類遺存，及與其關聯的考古與自然脈絡。
2. 船舶、飛機與其他載具的全部或部分，運載的貨物或承載物，及與其關聯的考古與自然脈絡。
3. 具有史前文化特徵的物件。

此定義不包含海底管線、纜線或任何設置於海底但仍在使用的裝置。

而我國於 2015 年發布水下文化資產保存法時，於第 3 條為「水下文化資產」一詞賦予的定義則為：「指以全部或一部且週期性或連續性位於水下，具有歷史、文化、考古、藝術或科學等價值，並與人類生活有關之下列資產。」所列包括：

1. 場址、結構物、建築物、器物及人類遺骸，並包括其周遭之考古脈絡及自然脈絡。
2. 船舶、航空器及其他載具，及該載具之相關組件或裝載物，並包括其周遭之考古脈絡及自然脈絡。
3. 具有史前意義之物件。

亦即我國定義之「水下文化資產」包含近百年內的物件，與國際公約之定義稍有不同。兩者定義雖有區別，於多數情況下仍可將兩者指涉之對象視為相同。本文後續將以「水下文化資產」指稱位於臺灣及周邊地區的調查案例。




而「水下考古學(Underwater Archaeology)」則是指有系統的復原、研究與解讀藏於海面下或內陸各種水體中的水下文化遺產的一門學問，相關詞彙包括陸棚考古學(Continental Shelf Archaeology)、海事考古學(Maritime archaeology)、航海考古學(Nautical archaeology)、沉船考古學(Shipwreck archaeology)、沉水地貌考古學(Submerged landscape archaeology)等(Bailey, 2016)。而與水下考古學相關的各種研究、調查與活動，通常就以水下考古稱之。

即使之前曾有零星的沉船被發現，水下考古是在水肺(Self-Contained Underwater Breathing Apparatus, SCUBA)出現之後才有了突破性的進展，約在1950年代後開始有大量沉船與沉水古港口設施有系統的被發現，此後相關活動與研究才較常被稱為水下考古。其後由於聲納、水下攝影等設備與探測技術的發展，為水下考古帶來了更多可能性。(Bailey, 2016)

臺灣由於四面環海，加上擁有多元的歷史與文化，在水下考古領域具有極大的潛力。這些水下遺存可能包括：

- 末次冰期期間人類活動與遷徙殘跡：由於全球海平面遠比現在低，冰期時的臺灣海峽大部分是與亞洲大陸相連的陸地。若能找到人類活動或居住的遺跡，就可以為當時的人類生活樣貌提供研究線索。
- 海平面上升後沉水的古人類聚落或活動遺址：由於多次海進海退使生活在沿岸的居民必須依照海岸線的變動遷徙，這些遷徙後留下的聚落遺跡可能還留存於水下。
- 海事遺跡：臺灣擁有豐富的海上貿易歷史，然而周邊水路也相當險惡，通商過程中不乏許多意外沉沒的商船。此外，多元的殖民歷史也在周遭海域留下許多海戰紀錄。這些古沉船可能都還留駐海底等待被發現。

過去我國國立歷史博物館曾受教育部委託，於澎湖將軍島海域執行搜索任務，使「將軍一號」成為我國首次由官方主持調查的古沉船調查計畫(羅聖宗, 2011)。而中央研究院也在文化部文化資產局的支持下，於2006年起於澎湖海域展開水下考古調查工作。



我國現行法令規範開發單位於水域開發利用前需實施水下文化資產調查，其目的在於搜索疑似水下文化資產，調查之結果用以提供中央主管機關及開發事業主管機關評估該水域是否可依開發單位原始規畫開發利用。本文中提供之各地調查範例多以水下考古，即遺跡本身為標的，與國內以開發為目的之調查案例稍有不同，箇中差異將於第 4 章開頭略為說明。



1.3 水下考古調查工具與調查策略

聯合國教育、科學與文化組織於水下文化遺產保護公約(UNESCO, 2001)附件規則第 4 條中，明確規範應以非侵入性、非破壞性方法執行水下文化遺產相關調查，此一規定使地球物理探測技術成為現今全球水下考古調查的主流使用工具。我國於 2016 年發布水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法時，也比照 UNESCO 將此規定納入（參考前述辦法第 7 條）。

目前常見的地球物理調查工具有側掃聲納、多音束測深、磁力儀與地層剖面儀等。由於不同儀器具有不同特性，調查中通常是以數種儀器相互配合施做，以便後續資料分析成果可以交互比對。施做的概略順序或流程可參考圖 1-1，但仍需依調查環境及目標物需求調整。

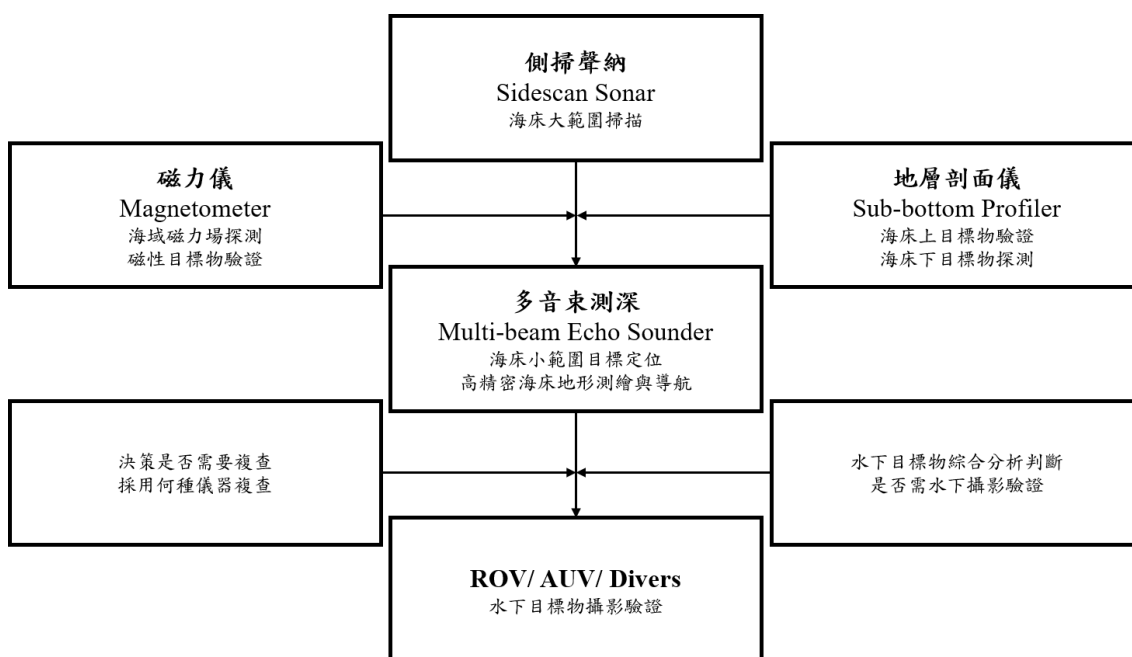


圖 1-1：水下考古調查現場作業流程。(臧振華 and 劉金源, 2009)

此流程僅供參考，實務上應依照需求斟酌增減調查項目。

因側掃聲納可以提供海床地貌的高解析測繪影像，非特殊情況下為調查的必備項目。除了前述常見工具外，也可視情況增加調查項目，或以其他功能性相似

的工具替代或補足部分調查資料。目前已知有實際應用案例的調查技術或工具可參考表 1-1，後續將就各種方法的操作原理、用途及限制等予以說明。

表 1-1：水下考古調查可應用探測技術列表。

調查種類	探測技術
地球物理遙測	單音束聲納測深儀 Single beam echo sounder
	多音束聲納測深儀 Multi-beam echo sounder
	地層剖面儀 Sub-bottom profiler
	側掃聲納 Sidescan sonar
	合成孔徑聲納 Synthetic Aperture Sonar (Ø degård et al., 2018)
	磁力儀 Magnetometer
	地電阻測勘法 Electrical Resistivity Tomography (Passaro, 2010)
	空載光達 Airborne Light Detection And Ranging (LiDAR)
地質採樣	岩心採樣 Coring
	海床沉積物採樣
水下驗證	水下攝錄影機
	人力潛水
水下載具	水下無人載具 Remotely Operated Vehicles (ROVs)
	水下自走式載具 Autonomous Unmanned Vehicles (AUVs)
	載人潛艇 Human Operated Vehicles (HOVs)



1.3.1 側掃聲納

側掃聲納是目前水下考古調查主要仰賴的調查工具。如同多數聲納系統的運作原理，側掃聲納透過接收聲波的反射訊號進行探測。反射訊號的強弱會使影像呈現亮部與暗部，接收回波的時間則代表反射位置與聲納的距離，藉此可以繪製出如同黑白照片的影像。由於能夠清楚映照出水下地貌景觀，側掃聲納影像成為尋找各種水下目標物的重要依據，在水下考古調查中能運用於搜索各類型裸露於海（河）床上的物件。由於與目標物距離越近，接收到的回波也越強，側掃聲納通常架設於拖魚上（圖 1-2 左），經由繫纜以後拖或底拖方式盡量貼近水底作業。聲波發射器通常裝置於拖魚兩側，因此拖魚正下方為無訊號區域。側掃聲納測繪原理及影像判釋說明可參考圖 1-3。



圖 1-2：側掃聲納拖魚及控制器。

左為 EdgeTech 4200，右為 EdgeTech 701-DL 聲納控制器。

雖然側掃聲納可以獲得高解析地貌影像，使用上仍有其限制。因回波為被物體反射的訊號，當反射面過小或過窄，就難以成像，亦即若聲波前進方向與長形或條狀物體方向平行，通常無法形成可被辨識的影像。克服此問題的方法是對同一目標物以不同方向測線重複施測，藉此獲得目標物較完整的外觀資訊。

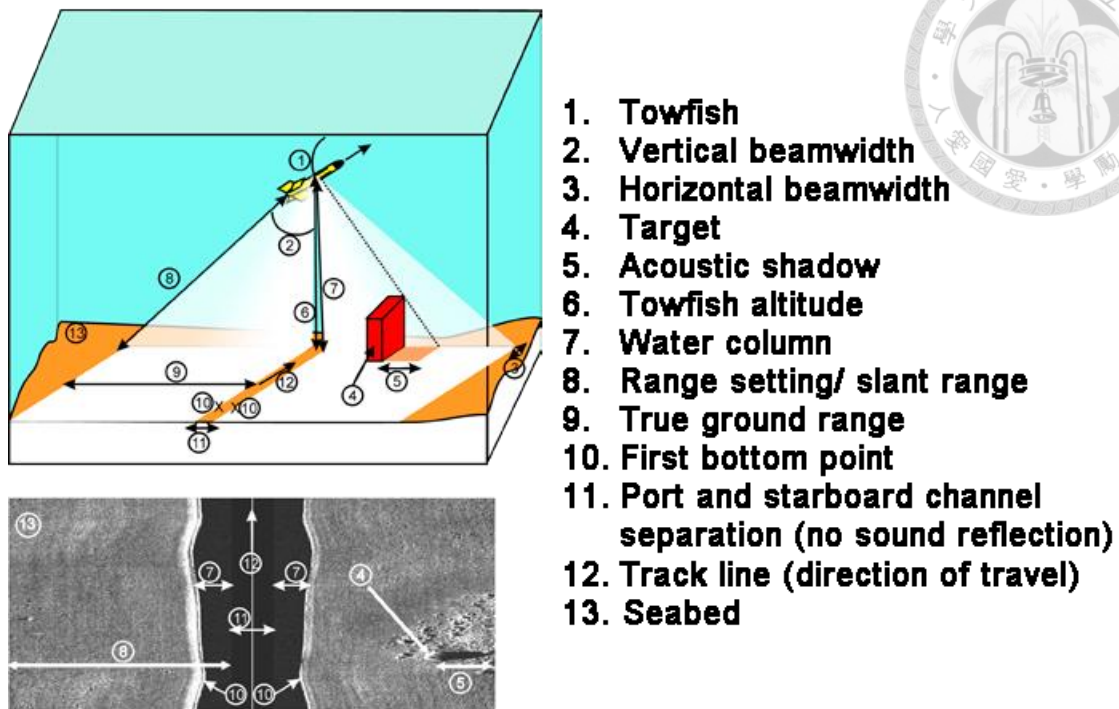


圖 1-3：側掃聲納測繪原理與影像判釋說明。(Pléts et al., 2013)

側掃聲納的聲源裝置於拖魚兩側，因此影像會朝兩側延伸，而正下方則無訊號，如圖中 11 標示位置。聲源發出訊號後，接收器會先收到水層回波（圖中 7），接著才是海底反射的第一筆訊號（圖中 10）。

1.3.2 聲納測距系統

聲納測距是水文調查技術的一種，以發出聲波並接收回波的方式測量水深。在不考慮其他因素的情況下，深度（距離）＝水中聲速×聲波走時÷2，即是聲納測距的基本原理。最早的測深聲納為單音束測深儀，利用單一音鼓做為聲源，發出聲波再以接收器接收回波並紀錄。測量時當船行經單一位置，可以獲得的數值（深度值）數量為 1。現在若有高解析水下地形的需求，則較常使用多音束測深系統（圖 1-5）。多音束測深系統的聲源為音鼓陣列，發出的聲波成扇形，其中包含許多波束，於單一位置可以獲得的數值數量大於 1。簡而言之，船行一段時間後，單音束測深獲得的資料為一條線上的深度分布（圖 1-4），多音束測深則可以獲得一個面的地形起伏資料。多音束測深系統除了多音束測深儀之外，還需配備船身姿態感應單元、電羅經、水中聲速計或聲速剖面儀，並需架設潮位站紀錄潮

位變化。由於測量的是水面到水底的距離，音鼓與接收器通常裝置於船的兩側或船底，搭配船上的 GPS 衛星定位系統，可以獲得包含精確位置資訊的地形資料，也能彌補後拖或底拖式儀器定位不精確的問題。在水下考古調查中，多音束測深系統也可以為規模夠大的目標提供 3D 建模資料。

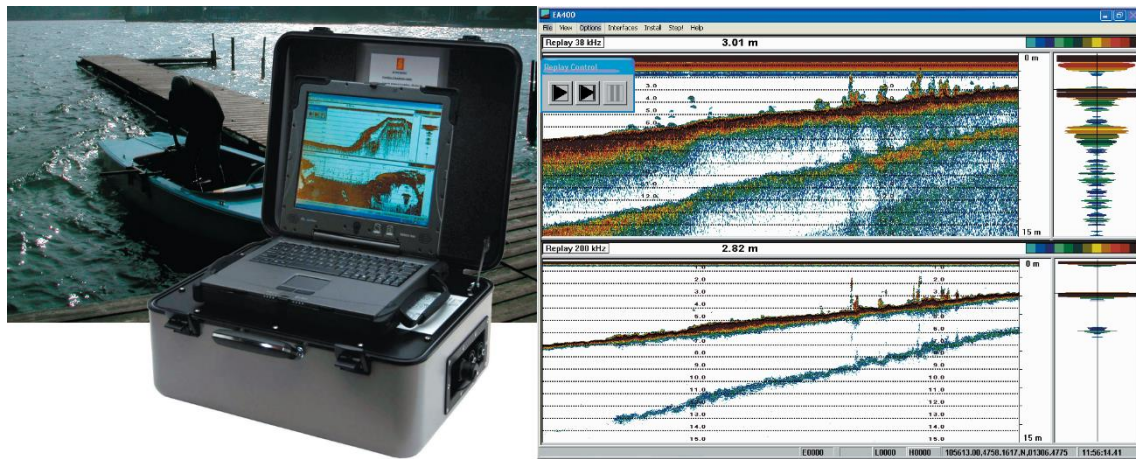


圖 1-4：單音束測深儀及測繪範例。
此為 Simrad EA 400SP 單音束測深儀。



圖 1-5：多音束測深系統。
左為 Reson Seabat 8125 音鼓，右為同型號主機。

雖然多音束測深系統能獲得解析度較佳的資料，但並非在所有情況下皆適用。由於發射的聲波束寬與距離成正比，在近岸或深度較淺的區域，多音束測深系統能獲得的資料與單音束測深儀差異不大。多音束測深系統的解析度越高，通常也代表儀器的體積越大，因此在近岸或深度較淺區域觸底損壞的風險越高。另外，雖然船速越慢可以獲得越精細的資料，但在開放水域作業時，須考量風浪、海流等許多環境影響因素，船速過慢會導致船身姿態不穩定，進而造成嚴重的資

料誤差。由於解析度受前述因素限制，公分級以下的目標物幾乎無法於測深資料上被辨識。



1.3.3 地層剖面儀

震波測勘是地層探測常用的方法之一。由於震波傳遞速度或路徑會受地層岩石性質影響，部分震波可繼續穿透地層前進，另一部分則經反射或折射後回到地表，震波測勘便利用此特性，透過接收震波回波並分析波中夾帶的屬性資訊（振幅、相位、頻率、走時、速度等）來建構地表下的地質構造樣態，並繪製成地層剖面影像。震波測勘依接收的回波形式，分為折射震測與反射震測，其中反射震測較常被用於調查地下構造。使用反射震測法的技術種類相當多，主要差異在於發出的震波頻率不同，被稱為地層剖面儀的測勘技術屬於其中較高頻的種類，具有穿透力較低但解析度較高的特性，適合淺層至近地表深度的地下構造探測。地層剖面儀依聲源形式及震波頻率不同，又可分為回聲探測儀(Pinger)、單響爆炸器(Boomer) (圖 1-7) 及變頻聲納(Chirp) (圖 1-6)。Pinger 的聲源為音鼓，放出的震波頻率較高、頻寬窄，對小於 100 公尺深度地層具有極佳的解析能力。Boomer 的聲源為感應線圈與金屬板，其頻率相對較低，但由於波長較長，可穿透深度也較深。Chirp 的聲源為音鼓，由於放出的震波為一串線性調頻訊號，可探測深度範圍較廣，是目前水下考古調查較常採用的探測技術。地層剖面儀通常以繫纜後拖於船尾，並以助沉器限制於某一深度範圍施測。在水下考古調查中，地層剖面儀多用於搜索可能被淺埋的目標物。



圖 1-6：變頻聲納主機及拖魚。

此為 EdgeTech 3100 變頻式震測儀，搭配 SB-216S、SB424 拖魚。



圖 1-7：單響爆炸器。

上左為震源，上右為 Octopus 360+ 震測收集系統，下為受波電纜。

雖然地層剖面儀可以輔助調查被掩埋物件（圖 1-8），但其限制相較其他探測技術更為嚴苛。由於原本設計用途是探測地下構造，為了具備一定程度的穿透能力，即使是 Pinger 的頻率也非常低，對相比地質構造小上許多的人造物件，辨識能力通常不佳。再者，構成人造物件的材質，其反射訊號通常難以和周遭環境的



反射訊號有所區隔，因此很難單獨利用地層剖面儀成功進行人造目標物探測。地層剖面儀在水下考古調查中，通常配合磁力儀同時或以相同測線作業，一旦磁力調查中出現異常訊號，便可與地層剖面調查結果交叉比對。

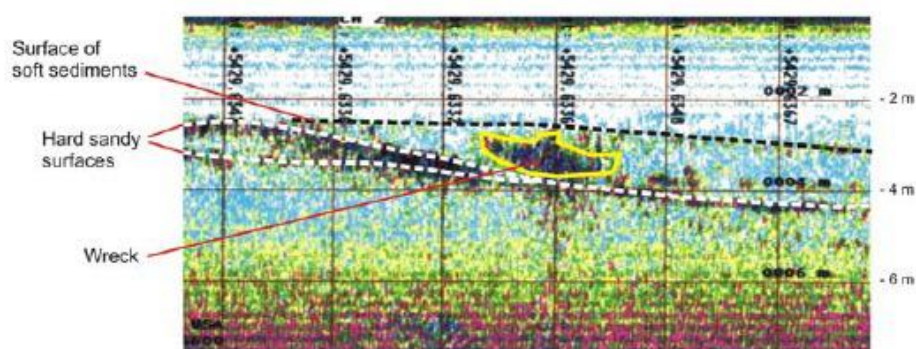


圖 1-8：德國 The Haithabu Wreck 的地層剖面影像。(Gregory and Manders, 2015)

此為相當清楚的地層剖面影像特例。Haithabu 為德文寫法，丹麥文寫為 Hedeby，當地由於擁有豐富的維京文化遺跡，被 UNESCO 列為世界文化遺產。

1.3.4 海洋磁力儀

磁力調查的前提是被探測對象的磁性與周遭環境有差異，具備能造成磁場變化的特性，且變化程度能被磁力儀探知，亦即只有具備鐵磁性的物件才能透過磁力調查搜索。磁力儀的種類很多，其中常用於水域調查的是歐氏效應磁力儀 (Overhauser magnetometer) (圖 1-9)，透過使質子強烈磁化並繞磁場旋進運動，進而測量其旋進頻率來測量磁場強度。藉由磁力儀獲得的資料為全磁場強度，全磁場強度值除了目標造成的磁力異常，也包含國際地磁參考場(International Geomagnetic Reference Field, IGRF)、高度與緯度造成的影響、日變化影響等，需經過修正才能獲得真正的磁力異常值。在水下考古調查中，磁力調查的目標物通常是近代沉船或其他載具、設備殘骸、未爆彈等。



圖 1-9：海洋磁力儀拖魚。

此為 Geometric G882 Cesium 型海洋磁力儀。

由於磁力調查僅能搜索具鐵磁性材質物件，而鐵器或含鐵物件出現在海上的歷史並不長，因此能被磁力儀找到的物件通常不具備歷史或考古價值，甚至經常出現海洋廢棄物。另一方面，磁場變異量會受儀器與磁體距離、磁體本身的重量等因素影響，在不確定目標物物理特徵的狀況下，磁力調查的成果相當有限。

1.3.5 其他種類探測技術

除了前述幾種目前在水下考古調查中普遍使用的搜索工具，為了彌補現行調查方法的不足，一些尚未普及的探測技術也在逐步發展中。

空載光達(Airborne Light Detection And Ranging, LiDAR)是利用雷射測距探測水下物體的技術，在水體濁度低的環境下也能用於測量水深。由於光達是從空中施測，具有不受海流與潮汐影響的優點，在近岸或淺水區也沒有觸底風險，可以做為無法使用聲納測深時的替代選項。光達的測距原理與聲納近似，獲得的測量資料成果也與聲納測深雷同，因此在水下考古調查中也可用於水下地形調查及提供定位資訊(Shih et al., 2014) (圖 1-10)。

然而光在水體中的穿透能力較低，入水後受散射現象影響會使能量大幅衰減，因此只能用於水深較淺的區域。此外，水的濁度、水面粗糙度等因素也會影響光達的測距能力。

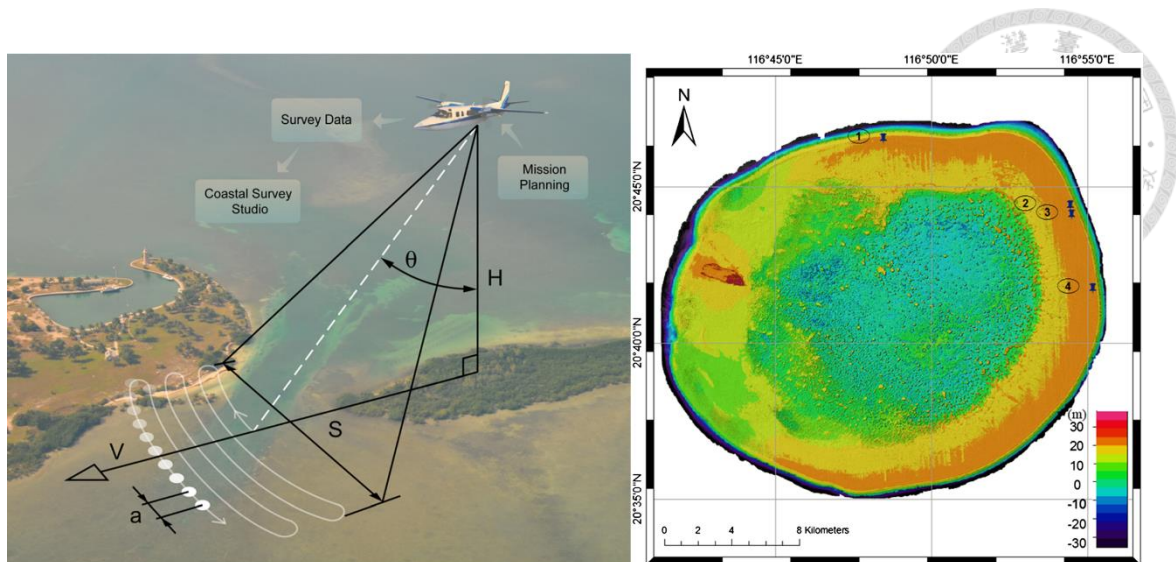


圖 1-10：LiDAR 的測繪原理及成果。(Shih et al., 2014)

圖右地形圖為以 LiDAR 測繪的東沙環礁地形分布圖。

地電阻測勘法(Electrical Resistivity Tomography, ERT)也是地球物理測勘常用的方法，屬於地電測勘法的一種。不同岩石具有不同的電阻率，此一性質可以用於分辨不同的岩體或構造，而地電阻測勘就是利用測量地層電阻率來推論地下地層或地質構造，常用於礦區、地下水、地熱調查等。將地電阻測勘用於水下考古調查(Passaro, 2010)是近年仍在發展的方法，同樣是利用不同材質擁有不同電阻率的特性來探測目標物。由於使用的前提是目標物與周遭環境的差異足以被測量儀器辨識，目前的調查案例多是以鐵磁性物件為目標物。

1.3.6 地質採樣技術

在水下考古調查中，使用地質採樣的目的是多半不是為了直接搜索目標物。在史前文化地貌類型的調查中，為了確認地層年代及目標地層的深度，會使用岩心採樣(Coring)配合定年法來輔助調查。岩心採樣常用的方法有震盪式岩心採樣(Vibra Corer)、重力岩心採樣(Gravity Corer)、活塞型岩心採樣(Piston Corer)、箱型岩心採樣(Box Corer)等多種。

已發掘的水下遺跡若是採取現地保存的方式留置，就需要對周遭環境及遺跡保存情形進行長期監測與評估。以監測為目的的水下考古調查，除了地球物理探

測項目外，通常也會增加海床表層沉積物採樣作業，以便觀察與紀錄周邊沉積環境的變遷情形。表層沉積物採樣方法包含抓泥器(Sediment Grab)、史密斯沉積物採樣器(Sampler)等。



1.3.7 水下驗證作業

於地球物理探測作業中發現的可疑目標物，若經判斷具有歷史或考古價值的
可能性較高，就需要以水下驗證進一步確認。目前水下驗證最常使用的方法是船
行至指定坐標後，由潛水人員攜帶水下光學紀錄設備、採樣設備或其他探測工
具，下潛至水底以影像、採樣或探測反應紀錄驗證可疑目標物型態。

除了人力潛水，由於水下載具的發展漸趨成熟，現在也能以水下載具攜帶相
關設備完成驗證工作。水下載具有水下無人載具(Remotely Operated Vehicles,
ROVs)、水下自走式載具(Autonomous Unmanned Vehicles, AUVs)、載人潛艇
(Human Operated Vehicles, HOVs)等多種，視其搭載的儀器或設備不同可以有各種
功能。ROV (圖 1- 11) 是以遠端遙控操作載具上的各種設備，進行探測、採樣、
影像紀錄等工作。由於 ROV 操作需經專業培訓，通常需與一整個 ROV 團隊配合
作業。AUV 依動力來源可分為無動力和自主推進兩類，可依循事先設定好的路徑
執行水下地形測量、地貌測繪、地質剖面調查等任務。目前已有相關研究嘗試將
掛載側掃聲納及光學攝影機的 AUV 用於水下考古調查 (圖 1- 12) (Allotta et al.,
2015)。



圖 1-11：TORI 的深海工作型 ROV。(台灣海洋科技研究中心)
後方甲板上的兩個白色貨櫃為 ROV 控制室。

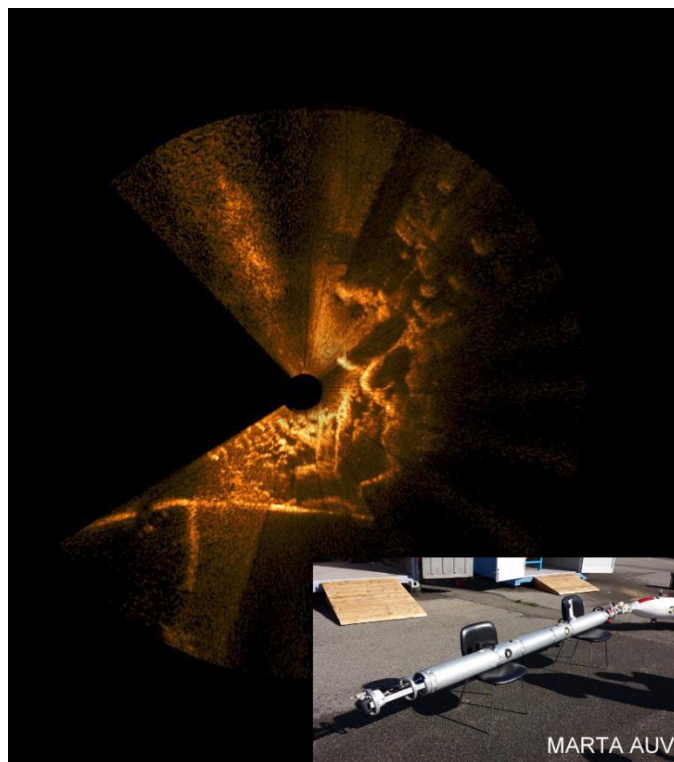


圖 1-12：MARTA AUV。(Allotta et al., 2015)

MARTA 是義大利佛羅倫斯大學研究團隊研發的 AUV 模組，圖中的側掃聲納嵌合影像為 MARTA 在以色列 Caesarea Harbour 遺跡的測繪成果。



1.4 水下文化遺產調查作業指引彙整

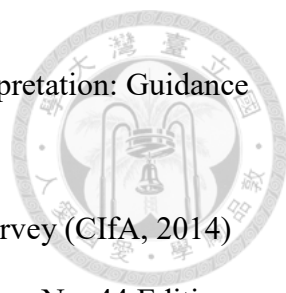
由於 UCH 調查與研究是一門須跨領域整合包括考古、地質、地球物理等知識範疇的學問，且當前作為主要調查手段的水下地球物理調查技術，最初並非設計供考古目的使用，因此不論法令規範如何，都需要初步的調查原則或說明以供不同領域的參與者互相學習與對話。本節中所列文獻不屬於法令或制式規範，而是由專業機構出版的水下考古調查指引手冊或作業標準，可視為本文之延伸參考資料。這些文獻的內容主軸各不相同，以下區分為水下考古通則、地球物理探測技術、水下考古挖掘與遺跡監測等 4 個類別。

水下考古通則類別文獻為剛開始接觸水下文化遺產調查者提供較全面的介紹，可做為入門的學習參考資料，列舉如下：

- Manual for Activities directed at Underwater Cultural Heritage: Guidelines to the Annex of the UNESCO 2001 Convention (UNESCO, 2013)
- SASMAP Guideline Manual 1: Guidelines to the process of underwater archaeological research (Manders and Gregory, 2015)
- SASMAP Guideline Manual 2: Best practices for locating, surveying, assessing, monitoring and preserving underwater archaeological sites (Gregory and Manders, 2015)

地球物理探測技術類別文獻主要介紹可於水下文化遺產調查中運用的探測工具，包含儀器原理、特性、探測資料類型與範例等，屬於參與調查人員必須具備的基礎知識。相關文獻列舉如下：

- Manual on Hydrography (Publication C-13) (IHB, 2005)
- Review of Standards and Protocols for Seabed Habitat Mapping (MESH, 2007)
- Geophysical Survey in Archaeological Field Evaluation (English Heritage, 2008)

- 
- Marine Geophysics Data Acquisition, Processing and Interpretation: Guidance Notes (English Heritage, 2013)
 - Standard and Guidance for Archaeological Geophysical Survey (CIFA, 2014)
 - IHO Standards for Hydrographic Surveys Special Publication No. 44 Edition 6.0.0 (IHB, 2020)

水下考古挖掘類別文獻的關注議題為水下考古挖掘作業要點。由於文物或遺跡挖掘出水的過程可能影響周邊環境，甚至削弱或破壞遺跡結構，通常會避免採取此種調查方法。若特殊情況下必須進行挖掘，則可參考所列文獻並審慎評估後再行作業。相關文獻列舉如下：

- Guidelines for the Conduct of Benthic Studies at Aggregate Dredging Sites (CEFAS, 2002)
- Archaeological Damage from Offshore Dredging: Recommendations for Preoperational Surveys and Mitigation During Dredging to Avoid Adverse Impacts (US MMS, 2004)

遺跡監測類別文獻的內容為如何對採取現地保存措施的遺跡進行長期監測與評估。相關文獻如下：

- Marine Monitoring Handbook (JNCC, 2001)

第2章 各國水下文化遺產法令比較



水下文化遺產保存的推動與國家政策趨勢息息相關，因此本章中羅列國際上較常引用的協議文件，以及各先進國家與此相關的法律規章（截至 2020 年 7 月），並與我國現行的水下文化資產法令略做比較，以為參照。


2.1 國際組織協議

現今世界各國的水下文化遺產相關規範大多源於聯合國公約，其中也不乏未簽署但認同其理念，並據此訂定國內法令或規範者。除了聯合國，由於歐洲地區在水下文化遺產調查、管理與維護方面發展甚早，因此先於聯合國公約發布前數年即出現供歐洲國家參照的正式協議與法令，在此一併討論。

2.1.1 聯合國(United Nations)

聯合國發布的相關規範主要出現於兩處，其一是海洋法公約(the United Nations Convention on the Law of the Sea, 1982)，其二則是由聯合國教育、科學文化組織(United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization, UNESCO)發布之水下文化遺產保護公約(the UNESCO Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage, 2001)。

海洋法公約（簡稱 UNCLOS）包含過去聯合國召開的三次海洋法會議決議內容及 1982 年於第三次會議中決議的公約條文，其中有關水下文化遺產的內容列於 1982 年決議條文第 149 條及第 303 條。第 149 條要求組織成員國應保存及冊列其領土內所有具考古或自然歷史意義的發現物，以保障全人類的福祉。第 303 條則規範組織成員國對海洋中考古或歷史物件的管理與維護義務，並於第 4 點說明此條文與其他國際協議或規則互不牴觸。



由於 UNCLOS 僅有簡單且籠統的規範，顯然不足以解決各地水下文化遺產的存續問題，且第 303 條第 4 點中容許更詳盡的規範與其並列，因此於 2001 年衍生特別針對水下（涵蓋各種水域）文化遺產訂定的水下文化遺產保護公約（下稱 UNESCO 2001 Convention）。


UNESCO 2001 Convention 中明確定義了「水下文化遺產¹」(Underwater Cultural Heritage, UCH)一詞，並提供可以保障遺產存續的最低標準，及鼓勵各成員國發展更高規格的標準。UNESCO 2001 Convention 包含主要條文及附錄兩部分，主要條文羅列基本原則及責任歸屬，附錄則訂定科學性標準以便在進行對遺產有潛在影響的活動時可供遵循。UNESCO 並另行訂定水下文化遺產保護公約操作綱領(Operational Guidelines for the Convention on the Protection of the Underwater Cultural Heritage)，為公約條文提供更詳細的說明。

而在規畫水下文化遺產調查時，通常優先參考的條文包含附錄第 4 條、第 31 條。附錄第 4 條要求任何針對 UCH 進行的活動需以非破壞性的技術或調查方法為之，第 31 條則規範調查報告應包含的要素，並依據主文第 19 條第 2 點及操作綱領的說明公開遺產調查基本資料。

其他較常被提及的國際協議還有國際文化紀念物與歷史場所委員會 (International Council on Monuments and Sites, ICOMOS)於 1996 年大會中簽署的水下文化遺產保護與管理條約(Charter on the Protection and Management of Underwater Cultural Heritage)。

¹ Underwater Cultural Heritage 一詞中譯參照 UNESCO 水下文化遺產保護公約操作綱領公告簡體中文版本。

2.1.2 歐洲地區



European Convention on the Protection of the Archaeological Heritage (Revised) (ETS No.143, 1992)常稱 Valletta Treaty，是 1969 年歐洲理事會(Council of Europe)考古遺址保護協議(ETS No.66)的修訂版。此修訂版協議中增加考古遺跡 (Archaeological Heritage)一詞的解釋，將結構、建物、建築群、已開發遺址、可移動物件、各種形式的紀念物與相關文字等均納入定義，並明訂遺跡存在範圍涵蓋陸地及水下，是早期對 UCH 有所規範的國際協議。

而歐盟(European Union)於 1985 年發布環境影響評估指令(Environmental Impact Assessment Directive, EIA Directive 85/337/EEC)後歷經三次修正，1997 年修正版(97/11/EC)為配合聯合國跨環境影響公約(the UNECE Espoo Convention)進行的第一次修正，其中將文化遺跡納入評估項目，由此文化遺跡成為環境影響評估必須考量的因素，並由於環境影響評估理念的推行，自歐洲地區推廣至全球。



2.2 單一國家法令規範

各國 UCH 相關法令的立法背景不盡相同，但早期即有初步規範的國家，通常是迫於猖獗的非法打撈問題而開始重視此議題，也有部分法令是源於個案，例如美國為保護鐵達尼號而制定的法律。此處列出各國內容中提及 UCH 的法律命令，或雖未提及但法令本身為其他相關法之法源依據或參考者，並以中央政府公開之法規資料庫顯示名稱及內容為主。

另需提及，此處所列國家除了南非，其餘諸國均沒有簽署 UNESCO 2001 Convention（截至 2020 年 7 月），僅以認同其協議精神並據此推展國內相關政策之態度參與，以上說明供參考。

2.2.1 英國

在英國，與 UCH 相關、由國會通過的法令分為全國通用的法律與各行政區範圍內適用的地區性法律。其中，1973 年的 Protection of Wrecks Act 是最早通過的法令，旨在賦予政府權力以保護全境各地歷史性沉船遺跡。後續數年國會陸續通過了 Ancient Monuments and Archaeological Areas Act (1979)、Protection of Military Remains Act (1986)、Merchant Shipping Act (1995b) 及 Marine and Coastal Access Act (2009)。

地區性法律中，最早發布的是施行於北愛爾蘭地區的 Historic Monuments and Archaeological Objects (Northern Ireland) Order (1995)，其他同位階法還有適用蘇格蘭地區的 Planning (Listed Buildings and Conservation Areas (Scotland)) Act (1997)，以及適用英格蘭地區的 National Heritage Act (2002)。特別的是，National Heritage Act (2002) 是 1983 年母法的增修條文，內容明確將英格蘭地區內所有水



下遺跡都納入規範中，此舉讓 English Heritage²在保護與管理 UCH 時有了足夠的法源依據。

2.2.2 愛爾蘭

目前愛爾蘭的自然與文化遺跡保護政策，主要源於 1930 年的 National Monuments Act 以及其後陸續發布的增修條文（至 2014 年），這些法令促使文化與遺跡主管機關³為保護考古遺跡設立了各式專責單位（統一稱為 National Monuments Service）。

愛爾蘭境內與海岸遍布許多水下遺跡，包含各年代沉船與兩次世界大戰期間沉沒的交通載具，但 1930 年的母法並沒有特別提及 UCH。因此，增修條文 National Monuments (Amendment) Act (1987)增加了針對 UCH 調查與挖掘的相關規範，並使 National Monuments Service 中增設了 UCH 的專責單位 Underwater Archaeology Unit，主要職責為列冊與管理境內水下遺跡，尤其是沉船。

2.2.3 美國

現行美國與 UCH 相關的法規中，有不少位階屬於法律(Act)，且發布時間都早於 UNESCO 2001 Convention。其中，年代最久遠的是古物法 Antiquities Act (1906)，此法直到 1974 年都是美國國內唯一有刑罰的自然與文化遺跡保護法令，其生效區域涵蓋美國的經濟海域，因此海洋考古資源也屬於規範目標，但真正應

² English Heritage 中譯為英格蘭文化遺產組織，由英國文化部支持的非政府機構，其創立是源於 1983 年 National Heritage Act 母法，是英格蘭境內歷史與文化遺跡的最主要管理單位。

³ 此指 Department of Culture, Heritage and the Gaeltacht。

用於海事領域是由於 1993 年的 *Lathrop v. Unidentified, Wrecked & Abandoned Vessel*⁴判例。

較特別的法規還有為了因應鐵達尼號(R.M.S. Titanic)打撈問題而促成立法的 R.M.S. Titanic Maritime Memorial Act (1986)，此法也讓美國與英國、加拿大、法國等關注鐵達尼號的國家共同簽署了國際合作協議 International Agreement Concerning the Shipwrecked Vessel R.M.S. Titanic，並促使美國國家海洋與大氣總署(National Oceanic and Atmospheric Administration, NOAA)為達成國際合作研究目的，特別制定了針對鐵達尼號相關搜索與研究的工作綱要（即下文提及的 NOAA Guidelines）。

目前美國法令中，屬於行政命令位階者包括 Guidelines for Research, Exploration and Salvage of RMS Titanic (2001) of NOAA、Archaeological Survey and Evaluation for Exploration and Development Activities (2005) of BOEM、Archaeological Resource Reports and Surveys (2005) of BOEM。其中，Archaeological Resource Reports and Surveys 是美國內政部海洋能源管理局(Bureau of Ocean Energy Management, BOEM)依據 Outer Continental Shelf Lands Act (1953) 制定的作業準則，內容詳列水域開發前考古資源調查及結果報告的必要內容、調查方法規範等等，是與我國文化部水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引較相近的他國法令。

其他相關法規尚有 Coastal Zone Management Act (1972)、National Marine Sanctuaries Act (1972)、Archaeological Resources Protection Act (1979)、Abandoned Shipwreck Act (1987)、National Marine Sanctuaries Act per amendment (1992)、National Maritime Heritage Act (1994)以及 Sunken Military Craft Act (2004)。

⁴ *Lathrop v. Unidentified, Wrecked & Abandoned Vessel* 判例指涉 Randy Lathrop 主張根據海事法中打撈相關規定，其應擁有 1983 年於佛羅里達州 Cape Canaveral National Seashore 發現之沉船遺跡及相關物件的所有權，為此對佛州州政府提起訴訟。



2.2.4 中國

中國於 1982 年即發布中華人民共和國文物保護法，並於 1989 年依據此法訂定專為 UCH 適用的下位法令中華人民共和國水下文物保護管理條例。中國現行與 UCH 相關的下位法令有：

- 中華人民共和國水下文物保護管理條例(1989)
- 關於外商參與打撈中國沿海水域沉船沉物管理辦法(1992)
- 中華人民共和國文物保護法實施條例(2003)

中華人民共和國水下文物保護管理條例由其條文來看，訂定條例的主要用意在於維護中國對領海與境內 UCH 的所有權與管理權，提及保護 UCH 的內容比例較少，與 UNESCO 2001 Convention 的精神稍有不同。

需額外說明的是，UCH 於 UNESCO 官方文件中譯為「水下文化遺產」，符合原文辭意，然而相比中國法令中的「水下文物」與我國法令中的「水下文化資產」，其定義有些許差異，需於對照參考時稍加留意。

2.2.5 臺灣

臺灣早在 1982 年及 1984 年即分別發布文化資產保存法及其施行細則，但在不屬於聯合國教科文組織成員國的情況下，遲至 2015 年才正式針對 UCH 發布水下文化資產保存法，並於隔年發布其施行細則，條文細節則陸續以相關辦法詳加規定，此形式與其他國家通常以法律(Act)的層級來規範有所不同。這些相關辦法包括：

- 水下文化資產保存教育推廣鼓勵辦法(2016)
- 水下文化資產保護區劃設及管理辦法(2016)
- 水下文化資產專業人才培育辦法(2016)
- 水下文化資產審議會組織辦法(2016)，2018、2019 年增修
- 水下文化資產獎勵補助辦法(2016)

- 水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法(2016)，2020年修正
- 以水下文化資產為標的之活動管理辦法(2016)
- 涉及海床或底土活動通知及管理辦法(2016)



文化部於 2017 年再依據水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法訂定屬於行政命令位階的水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引，供實施調查作業時參考。現行由政府機關正式公告的調查作業標準於世界各國並不多見，在此特別提及。

2.2.6 澳洲

澳洲的 UCH 相關法令在 2018 年有了顯著的進展。澳洲全境水域存在為數眾多的歷史沉船，因此國會於 1976 年即發布了 Historic Shipwrecks Act，是澳洲最早與水下遺跡有直接相關的法律。在 UNESCO 2001 Convention 之後，由於國際社會對 UCH 保護的高度重視，促使政府逐步研擬與推展相關政策（例如 2010 Australian Underwater Cultural Heritage Intergovernmental Agreement），而國會也在歷經數十年後通過替代 Historic Shipwrecks Act (1976) 的法律 Underwater Cultural Heritage Act (2018)，與做為過渡期銜接兩項法律的配套法 Underwater Cultural Heritage (Consequential and Transitional Provisions) Act (2018)，配套法中除了宣告舊法失效，也間接增修了與 UCH 相關的其他海洋法規。

新法中規範環境主管部門(Minister for the Environment)需依法發布實施細節說明（近似於施行細則），由此衍生的相關法令包括：

- Underwater Cultural Heritage Rules (2018)
- Underwater Cultural Heritage Act 2018 (Protected Zones) Declaration Instrument (2019)

前者涉及與 UCH 相關之活動規範，後者則是闡明遺跡的保護與管理措施，以此使整套法令更加完善。



2.2.7 南非

南非不僅是 UNESCO 2001 Convention 簽署國，更於 2015 年將批准書送交聯合國存放，是全球少數該公約經國內批准生效的國家。由於地理位置優異，南非過去便是連通歐、亞、非三大洲海上交通的必經之地，也因此擁有相當多元的文化與豐富歷史。然而，相較其具備的 UCH 蘊藏潛能，南非在相關法令的發展卻晚於世界各國。關於文化遺跡保護最早的法律是 1969 年發布的 National Monuments Act，著重保存西方殖民時期之前的當地文化及沿岸海事活動遺跡，並於 1979 年再發布修正法(the amended Act)以拓展保護目標範圍至殖民時期的文化遺存，但兩者都沒有就水下遺跡提出特別的保護規範。

直到 1989 年，由於 Environment Conservation Act 的出現將開發前環境影響評估納入法令規範，才開始逐步推展對 UCH 的保護與管理措施。其後，又陸續發布 National Environmental Management Act (1998)及增修法 Protected Areas Amendment Act (2009)、National Heritage Council Act (1999)、National Heritage Resources Act (1999)、World Heritage Convention Act (1999)，完善了對海事考古及水下遺跡的相關規範。其中，National Heritage Resources Act 促使南非遺跡資源管理局(South African Heritage Resources Agency, SAHRA)的設立，南非的海事遺跡及 UCH 至此有了專責的官方管理單位。



2.3 各國法令與規範差異分析

綜觀本章所列法令，由於立法背景不同，各國的水下文化遺產相關法令都有些差異。因法令條文細節分析並非本文寫作目的，此處僅就其立法目的、法令位階等相對於我國法令現況概略進行分析。為便於觀察及比較，將文中收錄之法令以列表方式呈現於附錄一，可與此節論述內容交互參看。

雖然現今世界各國立法皆以 UNESCO 2001 Convention 為指標，但實際上各國發布相關法令的時間許多都遠遠早於 2001 年，而這些國家也多數參與了促成該公約的 2001 年 UNESCO 大會。從歷史背景來看，這些國家大部分擁有悠長的水域活動歷史，其境內與周邊水域蘊藏的水下文化遺產就已知數量而言即相當豐富，吸引水下尋寶人士趨之若鶩，自然由此衍生出不容忽視的文物違法打撈及跨國走私問題，基於歷史文化保存與環境保護的考量才趨使國會立法加以遏止。諸如美國的 Antiquities Act (1906)、英國的 Protection of Wrecks Act (1973) 及中國的中華人民共和國水下文物保護管理條例(1989)，在立法時都有類似的考量。與此相比，近年才完成立法的我國對水域文物與遺跡的重視起步較晚，但由於世界各國已累積豐富的經驗與法令基礎，致使我國擁有相對充足的資源得以借鑒，也使得法令規範相對完善。由於因應國內相關問題的迫切程度不同，影響了法令發布的時間，此為各國因立法目的不同造成的差異。

由附錄一列表進一步觀察各國 UCH 相關法令在位階上的分布，會注意到許多國家現行法令多數屬於法(Act)，相較我國法令多以辦法（法規命令層級）呈現，位階是比較高的。從法律的層次來看，位階除了彰顯效力的高低，也代表條文內容的具體程度，越下位則數量越多、規範越詳盡。就此觀點而言，我國法令在位階上的分布差異，等同我國立法機關認為較鉅細靡遺的規範在對 UCH 的保護措施上有其必要，且更進一步以行政命令方式直接規範了 UCH 的調查方法，然而他國立法機關則認為其國內沒有如此迫切的需求。由於法令規範具有強制性，越具體則其保障越周全，同時也形成更多限制，而相對抽象的條文則能在不

違法的情況下為執法者與被規範者保有部分彈性。以需要技術的 UCH 調查而言，則關乎執行者可否以自身專業判斷與調整調查計畫的自主彈性。

關於世界各國是否需要低位階法令以獲得更充足的保障，又或者確有需求但暫未立法，仍有待商榷。而我國在相關法令實施後，究竟對實際調查作業帶來了怎樣的影響，此一部分的分析將會於第四章呈現。

筆者於章節 2.2.5 介紹我國水下文化資產相關法規時，曾提及水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引為文化部依照水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法第七條制定之行政命令，其中規範調查流程、測量工具及測量標準等，十分詳盡。此類以行政命令直接規範調查方法之法令形式，目前僅發現美國 BOEM 制定的 Archaeological Resource Reports and Surveys 與我國較為相近，條文細節比較可參閱附錄二兩國規範比較表。值得關注的是，BOEM 的規範雖是依法制定，卻也在條文中直接聲明除了法律規定事項須強制遵守且可能有刑責，其餘內容皆為不具有強制效力的建議，也容許以其他規範內沒有提及但具備同等效益的方法替代，相對而言給予執行者較大的自主彈性。另一項較明確的不同之處是調查的依據標準，我國文化部的規範要求測量水準皆需符合 IHO 特等或 1a 等級標準，BOEM 的規範則在不同測量項目中提供較精細的建議標準。由於 BOEM 的業務權責包含能源開發、開發環境評估等，於制定建議標準時是以其地球物理調查成果足以輔助評估能否開發或繼續開發的前提來設計，並期待調查成果能夠為評估者提供全面的環境資訊。由於我國現行調查多以開發為目的，考量不同測量儀器具有不同特性，建議參考美國 BOEM 之作法為個別項目訂定更為適切的測量標準。

第3章 各國水下考古調查案例分析



聯合國教科文組織水下文化遺產保護公約(UNESCO, 2001)將水下文化遺產定義為：「所有具備文化、歷史或考古特徵的人類存在痕跡，其部份或全部曾經或仍淹沒於水下達 100 年以上。」根據此定義及其細節，可將水下文化遺產概分為沉水地貌與沉船兩種類型。為使調查人員於調查策略規畫及後續資料判釋時有所依據，而參考各國迄今發表之調查案例，以其調查目標再細分，如圖圖 3-1 所示。

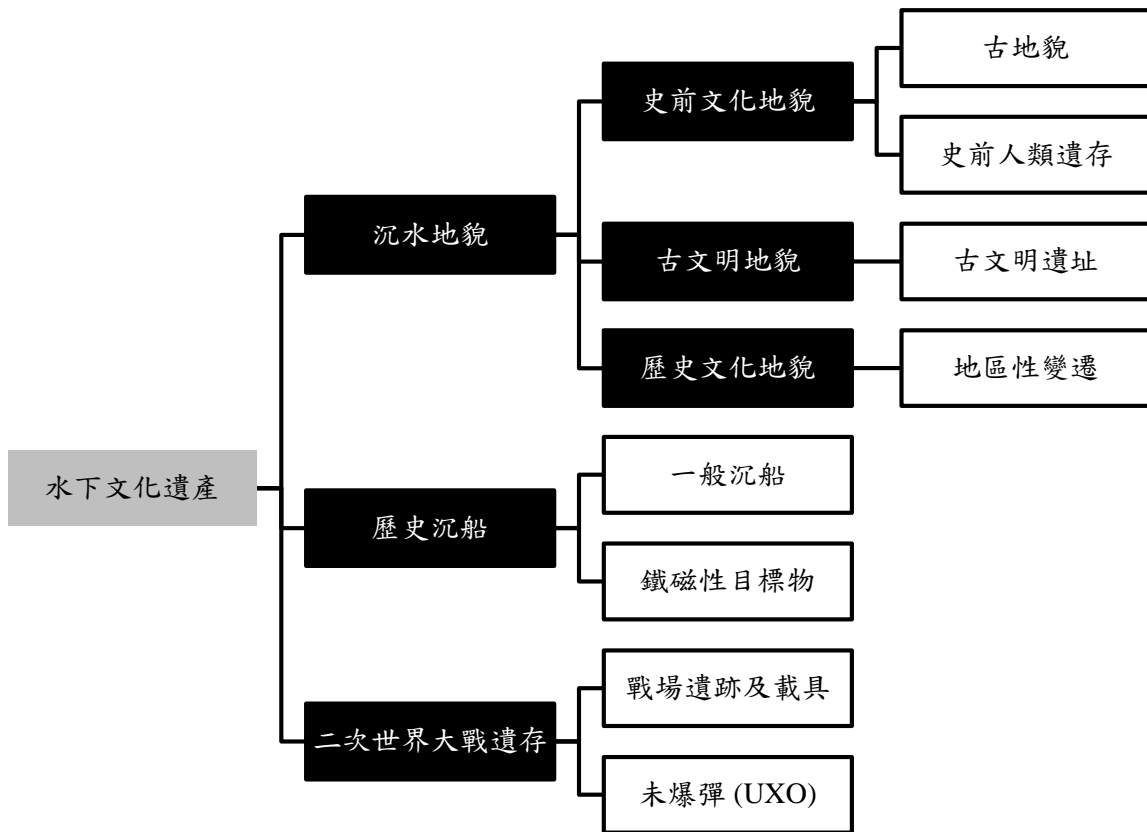


圖 3-1：水下文化遺產類型。

依據各國已發表之調查案例區分，實際案例可能包括但不限於所列舉之分類，或於單一調查中包含一種以上的目標物類型。

各分類細項的分類依據不同，說明如下：



4. 沉水地貌(Submerged Landscape)：此類文化遺址涵蓋目標範圍非常廣，因此根據遺址年代(Flatman et al., 2005)及不同的調查目的再行細分，最終歸納出以下類型

甲、史前文化地貌(Prehistoric Cultural Landscape)：遺址年代橫跨自人類出現至距今 8000 年前，以調查史前時代人類與環境互動的遺跡為主。研究範圍涵蓋當時的環境及生物資訊，這些地域多為在遠古時曾是陸地並有人類活動，但於某個時期被水淹沒而留存下來的痕跡(Flatman et al., 2005)。由調查目標可分為「古地貌」及「史前人類遺存」兩類。前者調查目標物包括古海岸線、古河道等自然景觀，後者則聚焦於人類活動遺跡。

乙、古文明地貌(Ancient Cultural Landscape)：年代劃分自距今 8000 年至 1000 年間，以具有各地古文明相關特徵的人類活動遺跡、古聚落或城鎮遺址為主要調查目標。

丙、歷史文化地貌(Historic Cultural Landscape)：年代劃分自距今 1000 年至 100 年間，調查內容著重各地區域性的變遷歷史，由於自然或人為因素而使人類聚落受海平面上升影響被淹沒，在水下留存時間達 100 年以上。

5. 沉船(Submerged Wreck)：此類型為與海事考古相關的研究議題，主要調查目標為在海上活動期間遭逢意外而沉沒的船隻，包括不敵惡劣天氣而沉沒的貿易船、參與海戰時被擊沉的戰船等。調查時間範圍可追溯至人類最早開始航海的年代，目標物件包含船體本身及其相關物件，如運載貨物、船錨等，依構成船體的材質分為「一般沉船」與「鐵磁性目標物」，選用的調查工具依照目標材質有所不同。

6. 第二次世界大戰遺存(Battle Remains of The Second World War)：於第二次世界大戰（1939 年至 1945 年）期間各國爆發海上軍事衝突後的殘留遺跡，包括戰場及各種軍事武裝設備殘骸，依調查目的概分為「戰



場遺跡及載具」(如潛艇、軍艦、武器等)，及「未爆彈(UXO)」兩類。此類型調查除了文化保存目的，也有廢油料及彈藥污染等與環境、安全相關之考量。

本章將依前述遺產類型，分別舉例介紹世界各地已公開發表之調查案例，並著重描述其調查策略、選用工具、流程設計及其相應之成果展示等，以茲參考。為了有效統整不同學術領域與不同類型的調查案例，此處的討論將聚焦於以下三個面向(圖 3-2)：

- 調查目標：討論要點包括目標是什麼？有哪些主要特徵(外觀形狀、尺寸、組成材質……)？這些特徵會造成哪些種類的資料異常？
- 調查區域：哪裡是調查地點？調查範圍如何界定？調查的面積大小？如果需調查的區域很多、範圍很大、位置很分散，如何定義調查的優先順序？
- 調查方法：針對此類目標，可以選擇的調查工具有哪些？施測流程如何安排？

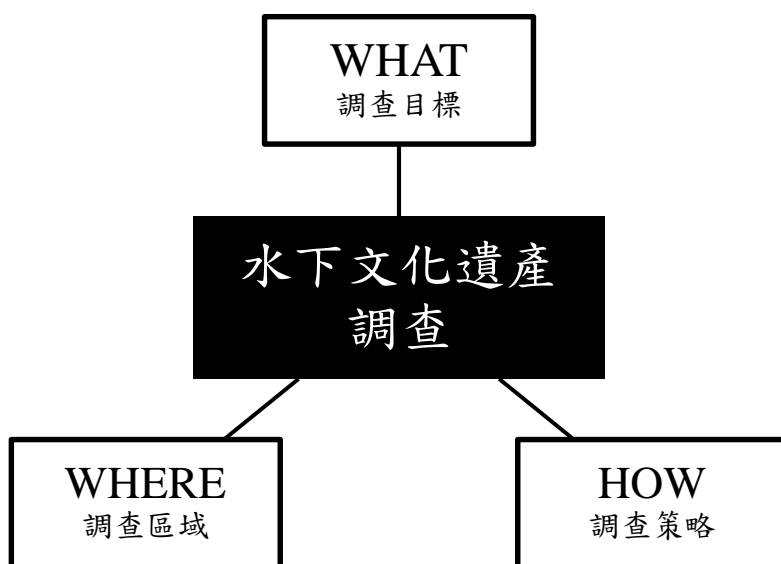


圖 3-2：調查案例分析構成要素。

由於調查案例涵蓋不同領域且種類繁雜，為便於統整，本文將由此三個面向切入討論。



3.1 史前文化地貌

「史前文化地貌」於水下考古領域討論的範疇，約略從更新世至最近一次冰河極大期，討論內容則主要針對在低海平面時期人類聚居的古地貌(Bailey, 2016)及史前人類活動遺跡。由於史前人類高度依賴環境生存，人類的聚居或遷徙與環境改變息息相關，其活動情形可以與當時的環境變化跡證相互參照，因此這部份的研究對象包含許多非文化(non-cultural)的數據，包括海平面上升、區域性或地區性的板塊活動、陸地抬升、沉積層序及長期或短期的氣候變遷等(Flatman et al., 2005)。

Faught (2014)依據其多年於美國佛羅里達州從事水下文化資產調查之經驗，歸納出水下史前文化地貌調查應考量以下幾個面向：

- 一、建模：利用現有已知的相關陸上地貌、文化及海平面高度變化紀錄來重建該遺址可能的樣貌。
- 二、遙測：利用各種水下聲學裝置或其他辨識工具進行遙測。
- 三、取樣：利用鑽取岩心、挖掘等方式獲取現場沉積物樣本。
- 四、分析：利用沉積物樣本分析其中是否包含人類活動的證據。

以下將分別介紹「古地貌」及「史前人類遺存」兩種不同類型的調查案例。

3.1.1 古地貌調查：Apalachee Bay, Florida, USA

佛羅里達州為美國少數臨海的行政區之一，由於多年來持續有史前文化遺址被發現，佛州也擁有相對完備的水下文化資產規範與管理策略。其中，位於西北部的 Apalachee Bay 緊鄰墨西哥灣，前人的研究結果顯示該地區約於更新世晚期(late Pleistocene)至全新世中期(middle Holocene)出現人類活動(Driskell, 1996; Faught, 2004a, b; Neill, 1958)，並可能於距今一萬年前(10,000BP)開始使用船隻(Erlandson, 2002, 2001; Josenhans et al., 1997)。另外，北美的古印地安人(Paleoindian)於新仙女木期如何經由該地進行長途遷徙，一直是考古領域希望釐清



的問題。因此，詳細調查當地現已沉水的史前地貌，搜索其上是否存有古印地安 Clovis 文化的相關特徵，可能會為這些事件帶來進一步的證據。(Faught, 2004a, b)

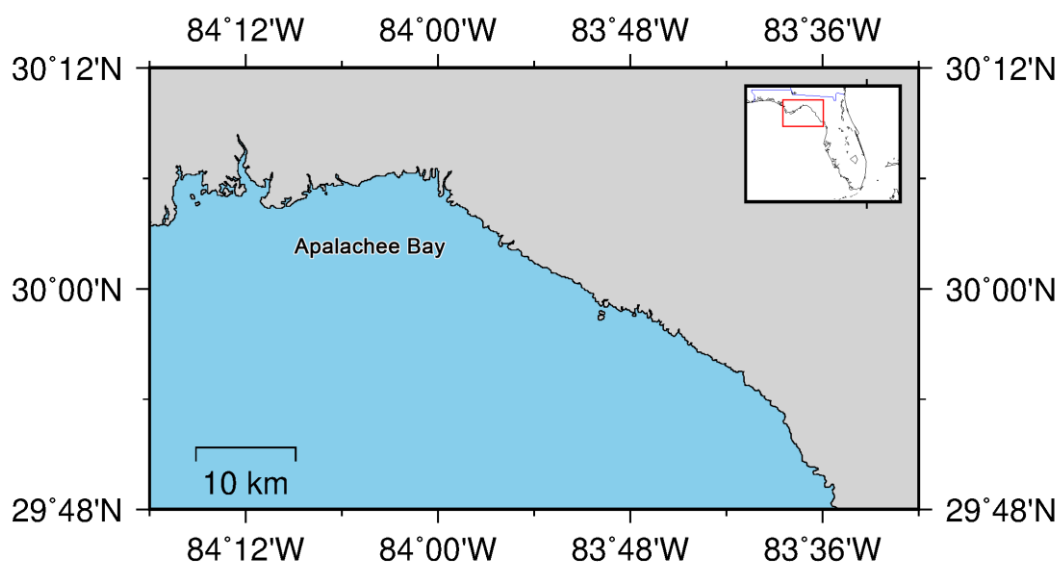


圖 3-3：Apalachee Bay 地理位置。

Faught (2004a)自 1986 年起於 Apalachee Bay (圖 3-3) 執行水下史前文化地貌調查工作，並於 2004 年發表之文章中說明其工作方法及部份調查成果，本文引述該篇文章部份內容並摘要如下。

為了縮小最終搜索的範圍，此研究的調查目標包含了古海岸線、古河道及史前文化遺跡。透過劃定古海岸線及古河道的位置，可將搜索區域限制於沿古河道至古海岸線之間的海床，提升調查效率。古海岸線的位置依據當地的沉積物碳同位素定年分析結果，推算目標年代約為距今兩萬年(20,000BP)間(Ballard and Uchupi, 1970; Garrison, 1992)，並比對陸上相關考古研究，估計水深 40 公尺處應為目標年代(新仙女木期)之古海岸線位置(圖 3-4) (Faught and Donoghue, 1997)。

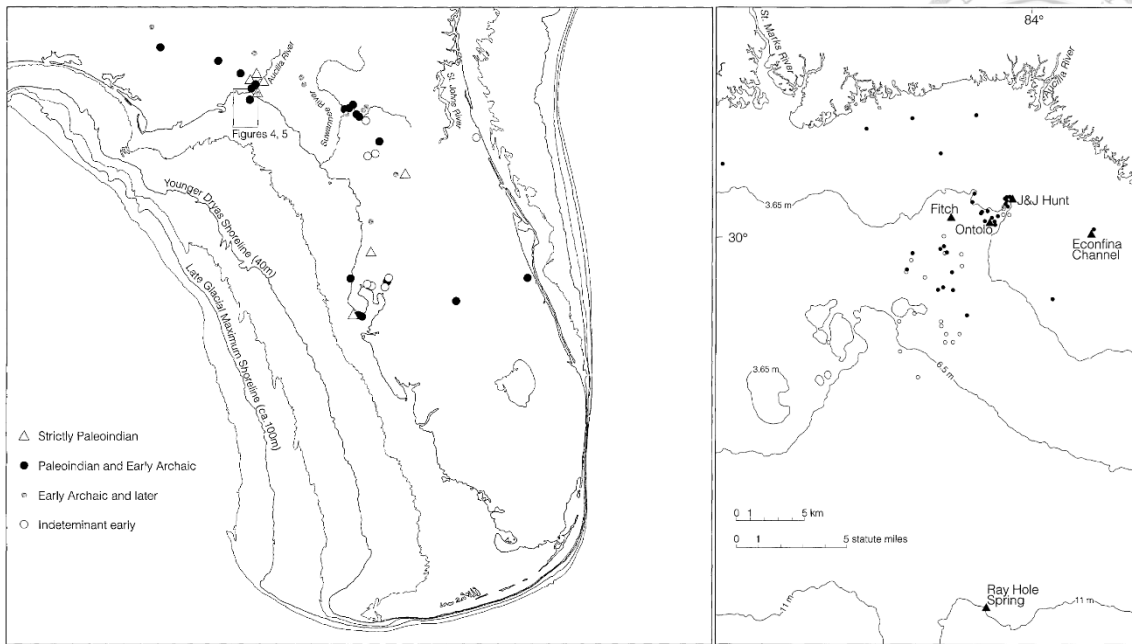


圖 3-4：古海岸線及古河道位置示意圖。(Faught, 2004a)

左圖中標示 160、100、60、40、20 公尺等深線位置，水深 40 公尺處為目標新仙女木期古海岸線位置。右（左圖標示 Figures 4, 5 處）為目標河道 Aucilla River 出海口及沿岸等深線分布。兩圖中標示三角形、圓形處均為已知或疑似是古印第安文化遺址之地點。

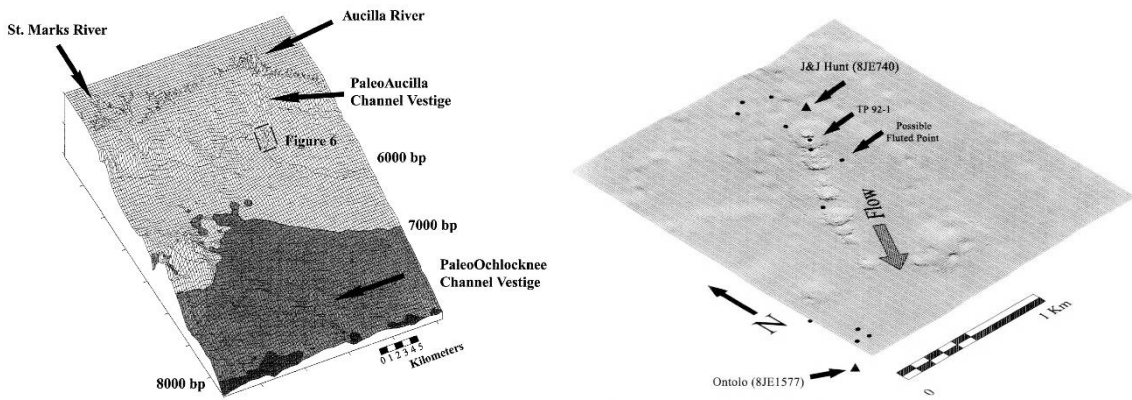


圖 3-5：Aucilla River 河口沿岸地形模型。(Faught, 2004a)

此模型以內插等方法將 NOAA 於該區域測得之水深值加以演算而成，左為古海岸線位置示意圖，右（左圖標示 Figure 6 處）為 J&J Hunt Site 周遭區域地形模型。

進一步整合陸上已發表的研究成果，可發現許多遺址集中分布於 Aucilla River 河口附近，由此推測在 Aucilla River 的古河道，其河畔區域存在相近文化遺址的可能性很高，因此確定古河道的位置就能有效縮減調查範圍。此研究中利用源自美國大氣與海洋總署(NOAA)的水深資料，透過軟體演算重建該地區沿岸地

形模型（圖 3-5），以此方法搜索可能的古河道位置，並據此規畫將 Aucilla River 河口至新仙女木期古海岸線之間、沿古河道的河濱區域為主要調查區域。

調查作業初期是利用人力進行地貌調查，以船隻緩慢拖曳持光學設備的潛水員實施海床攝影，後期則以地球物理調查方法實施大範圍地貌遙測，大幅提升了調查效率。選用工具包含地層剖面儀與側掃聲納，前者除了提供海床下沉積物資訊，也可以同時搜索全部或部份被掩埋的人造物；後者則能有效率地取得大範圍海床地貌影像。圖 3-6 為其中一處調查地點 J&J Hunt Site 的側掃聲納嵌合 (mosaic) 影像，仔細觀察可以發現中央區域有與周遭自然景觀不太一致的影像。

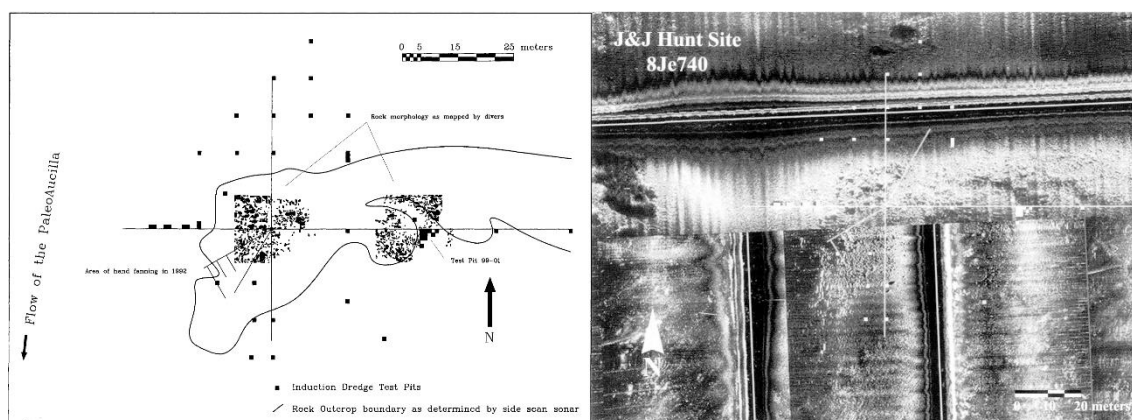


圖 3-6：J&J Hunt Site 調查成果。(Faught, 2004a)

左為岩心採樣位置示意圖，右為該區域的側掃聲納影像。

後續針對遙測的調查結果，將幾處疑似為遺址的地點列為優先調查目標，並接續執行潛水採樣作業，包含水下光學攝影及沉積物採樣。沉積物採樣以震盪式岩心(vibra-coring)、挖泥等方式進行，以便經由分析後可進一步確認地層剖面中呈現的沉積物資訊。若在光學影像中判定疑似有人造物留存的地點，再以徒手挖掘方式嘗試取得遺跡殘骸，或使其露出以便觀察。J&J Hunt Site 為此研究中獲得重要成果的其中一處遺址，該地點除前述遙測、岩心採樣資料，也於潛水作業中取得了一部分出水文物。

觀察 Apalachee Bay 調查案例，可大致將其調查流程分成四個工作階段，如圖 3-7。事前研究與評估工作包括收集現有資料進行分析，並依據分析結果建構

現場環境的可能樣貌。此案例應用的現有資料為在 Apalachee Bay 近岸海床沉積物的碳同位素定年數據、海床水深值，以及鄰近區域考古遺址分布的情形與研究成果，由此獲得環境模型，並將調查範圍縮小至較有可能發現遺址的熱點區域，如此可更有效率地執行後續現場調查工作。現場調查主要以遙測技術大範圍掃描，但因此案例的目標物體積有較大機率小於遙測儀器解析度，最終仍須以人工潛水方式搜索，顯示水下史前文化遺跡調查仍存在許多困難與限制。

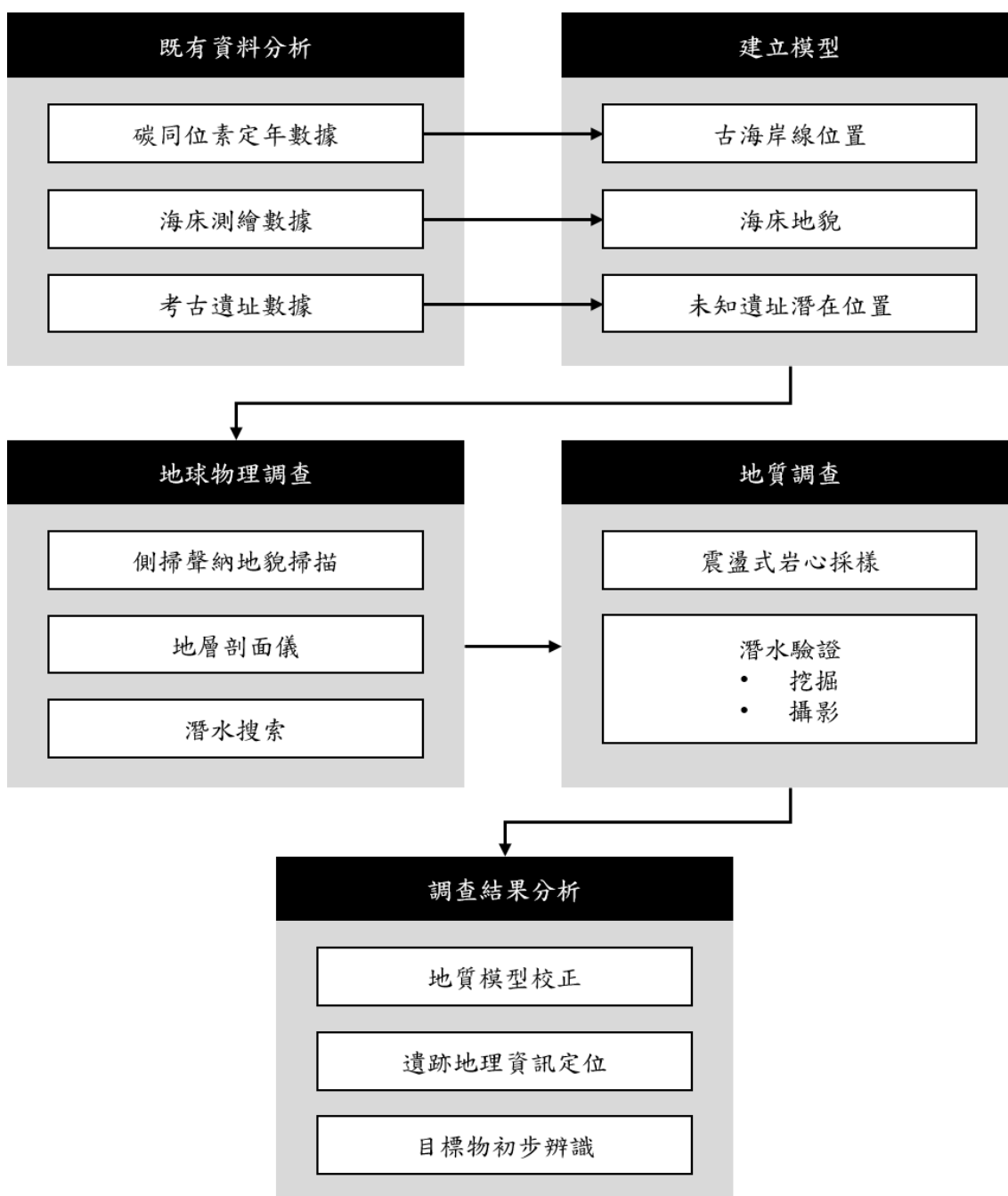


圖 3-7：Apalachee Bay 水下文化遺產調查（古地貌類型）工作流程簡述。



3.1.2 史前人類遺存調查：Becher Bay, British Columbia, Canada

前述美國佛州 Apalachee Bay 案例，為一長期執行大範圍地貌調查的經典實例。接下來介紹一個針對明確目標實施小範圍調查的案例。

Reef-netting 是一種北美原住民使用的特殊捕魚方法，目前只有在溫哥華島、聖胡安群島等地區發現相關遺跡。這種捕魚法在施作時會將兩艘獨木舟順著水流互相平行排列，並在中央間隔處張起漁網，等待鮭魚群隨水流游經漁網便立即將漁網拉起收集漁獲。為了將船隻和漁網固定不動，需事先將四組錨石堆下放到海床上（如圖圖 3-8）。每組錨石堆由十至十二塊石頭組成，間隔 15 至 35 公尺排列成矩形。由於適合施作的漁場必須符合條件（水深、水流方向等等），通常在選定位置後就會長期使用。從目前發現的遺址中，可觀察到錨石堆累積的情形以及其排列特徵。

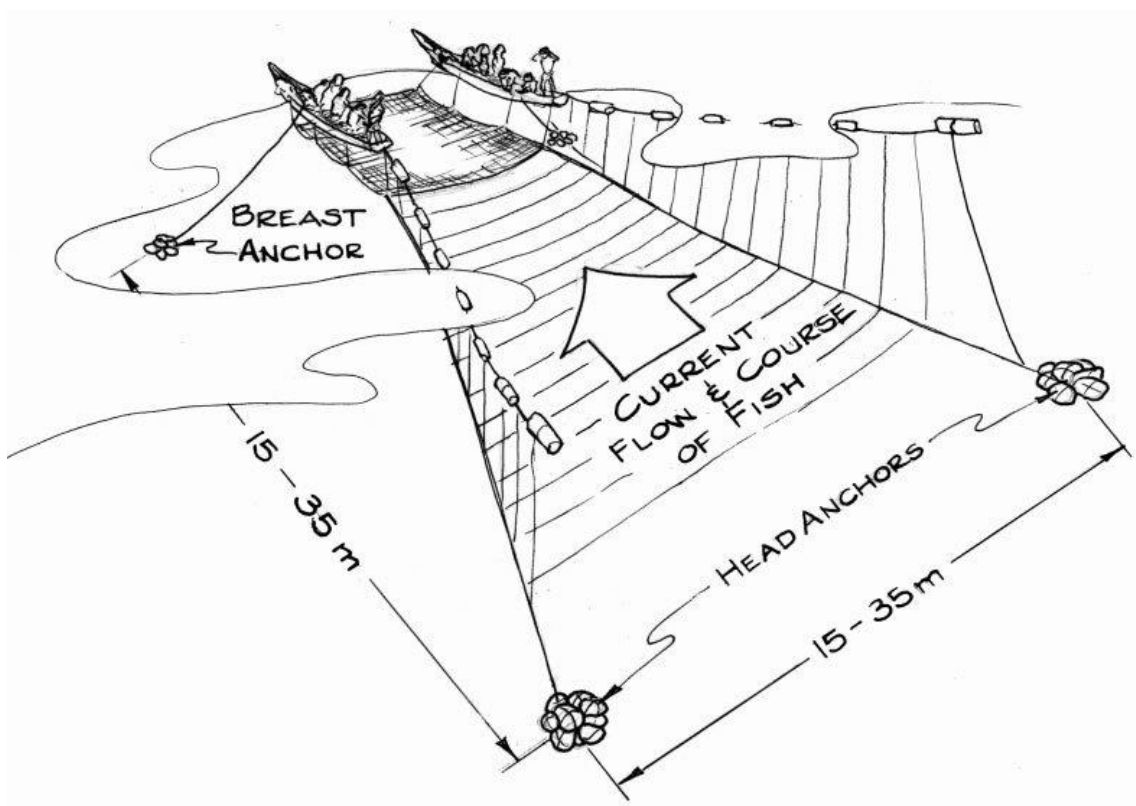


圖 3-8：Reef-netting 漁法配置示意圖。(Moore and Mason, 2012)

此為根據同類型遺跡調查結果重建的 Reef-netting 漁法作業模型。



Moore and Mason (2012)根據前人研究與目擊者情報，於 Becher Bay 針對可能存在 Reef-netting 遺址實施調查。他們列出以下三個面向，來確立目標特徵必須滿足的條件。

- 一、地貌：岸邊有面積適當的沙灘、水深介於 2 至 15 公尺、水中能見度高、潮流流速小於 5 節等。
- 二、遺跡外形：符合前述以數塊石頭堆疊成錨石堆的形貌。
- 三、物件排列方式：鄰近數公尺內可觀察到其他石堆且排列近似矩形。

調查範圍為 Juan de Fuca 海峽北側鄰近 Becher Bay 處及部份 Becher Bay 水域 (圖 3-9)，包含過去曾有目擊情報的地點 Smyth Head 與一部分沒有調查過的 Bedford Island 周邊區域。

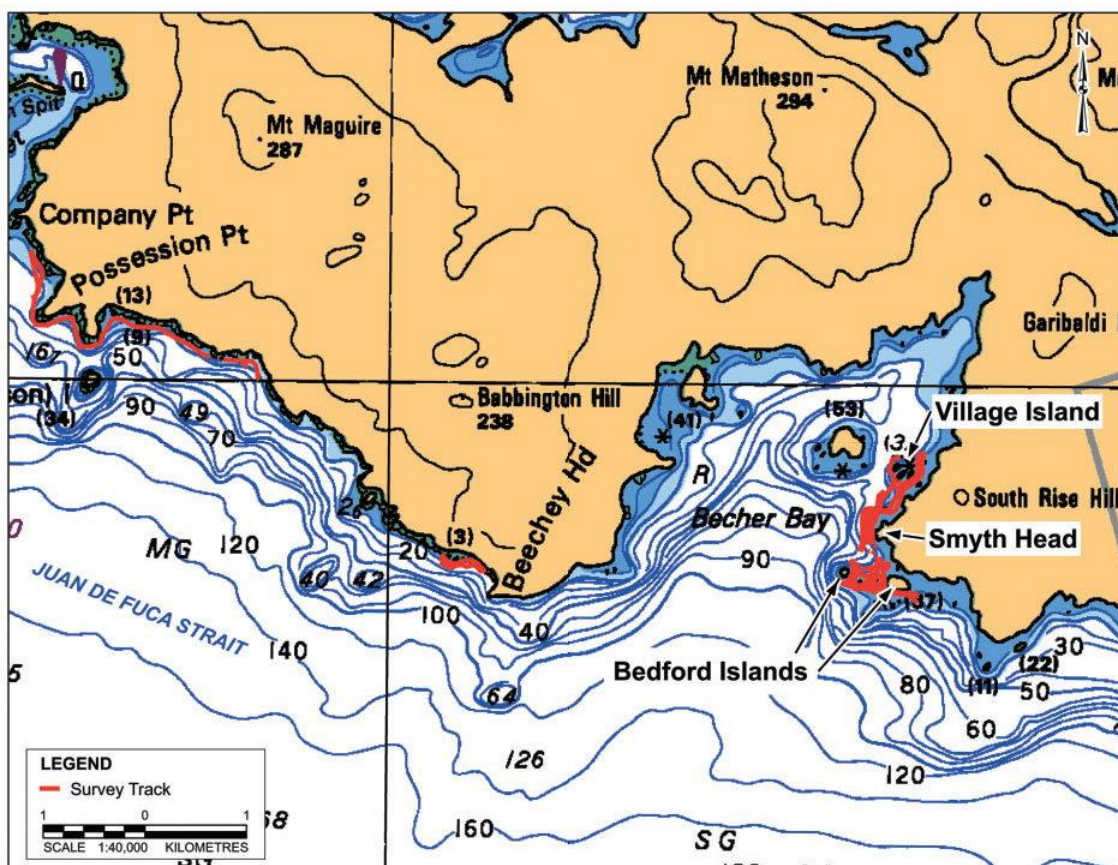


圖 3-9：Becher Bay 位置及水深分布圖。(Moore and Mason, 2012)

紅線為調查船航線。

此調查使用的調查工具包含 DGPS (差分定位)、單音束測深儀 (水深測量) 及側掃聲納儀 (地貌調查)，水上作業耗時約三小時，共計完成約 8.3 公里的海岸線調查。其中較特別的是，海床地貌調查同時使用兩部側掃聲納儀來進行，一部固定於調查船船身一側，配合 GPS 衛星定位系統以低頻率持續提供解析度較低但定位較精確的海床影像，另一部則裝置於拖魚上，以後拖方式提供近海床的高解析度影像。

調查結果包含 Smyth Head 區域的目擊情報確認及 Bedford Island 周邊區域的遺跡搜索，兩者的側掃聲納影像中都觀察到了與 Reef-netting 遺跡相似的特徵。圖 3-10 為 Smyth Head 區域的部份影像，紅圈處可清楚看到排列成矩形、形狀規則的疑似人造物件。此調查成果與預期相符，屬於相對成功的調查案例。

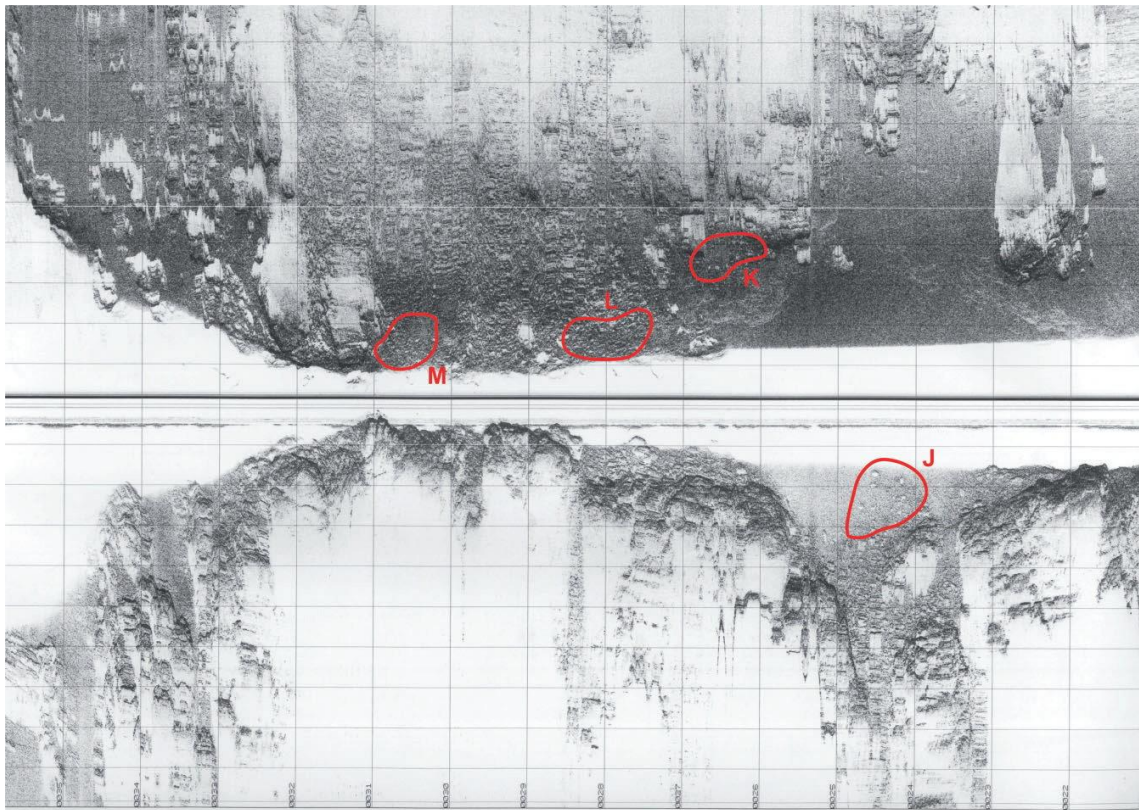


圖 3-10：Smyth Head 區域側掃聲納影像。(Moore and Mason, 2012)

影像中辨識為 Reef-netting 遺跡的地點以紅線標示遺跡範圍。

Becher Bay 調查案例與其他案例相比較為單純，除了相關遺跡研究資料相當充裕，也由於目標定義清楚且結構簡單，使其在側掃聲納影像上非常易於識別。

調查流程可概述如圖 3-11，為地球物理技術應用於水下文化遺產調查的標準作業流程，常見於一般以開發為導向的調查規畫，但相較於其他以考古為目的的調查案例，在尚未有進一步推論或解釋的情況下，此結果的考古意義與價值相對較為薄弱。

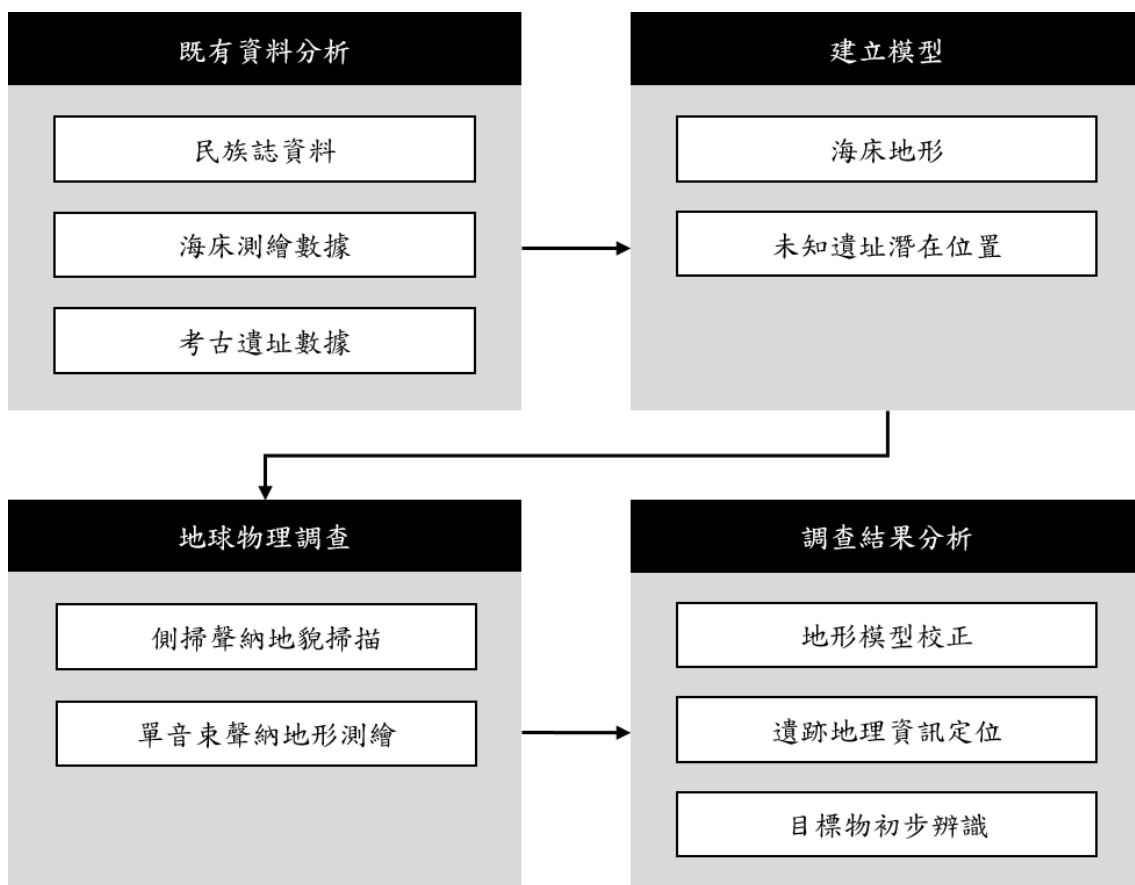


圖 3-11：Becher Bay 水下文化遺產調查（史前人類遺存類型）工作流程簡述。



3.2 古文明地貌

古文明地貌類型的調查案例，其目標年代大致介於距今 8000 年至 1000 年之間，並具有與世界各地古文明相關的特徵，多數擁有古老的文字紀錄，使此類調查能依據相對可信的資料來縮減搜索範圍。此類型調查除了做為古文明研究的參考資料，其成果最終訴求通常希望推論至該古文明的興衰過程，並了解興衰背後的原因，這些原因也可能與地區性的板塊活動、短期或長期的氣候變遷等自然因素有關(Flatman et al., 2005)。此類型考古調查於全球較知名的案例有印度的 Gulf of Cambay、埃及的 Abu Quir Bay、保加利亞的 Nessebar 等。

3.2.1 古文明遺址：Abu Quir Bay, Alexandria, Egypt

Abu Quir Bay 位於尼羅河三角洲西岸，是介於 Abu Qir 村與尼羅河口的羅賽塔市(Rosetta)之間的港灣。這個地方在歷史上經歷過數次的政權更迭，包括古埃及王朝、希臘城邦的托勒密王朝、羅馬共和國等。Abu Qir 村東邊現存有古城 Canopus 的部份遺跡，而古城的東部區域根據記載已被海水淹沒，現成為 Abu Quir Bay 重要的水下文化遺產。Canopus 以東還有另一座古城，名為 Heraklion，它因為與托勒密王朝最後一任女王，即埃及豔后克麗奧佩特拉七世(Cleopatra VII Philopator)有密切關聯而廣為人知。這兩座水下遺跡的詳細位置於近二十年才被確認，近年來也持續進行考古挖掘與城鎮模型重建等作業，是目前埃及相當著名的水下考古地點。

Heraklion 與 East Canopus 的遺跡位置如圖 3-12 所示，深度約為水下 5 至 7 公尺，歷年的調查顯示兩座古城與海岸線間存在可追溯至希臘時代與早期阿拉伯時代的渠道(Stanley et al., 2004)。Abu Quir Bay 自希臘時代至近代的沉陷過程已在過去的調查結果中逐步釐清，因此 Hamouda et al. (2015)於該地區施作的水下調查，主要目標為分析 Abu Quir Bay 海床底質與進一步搜索水下遺跡、拓展遺跡復原範圍。

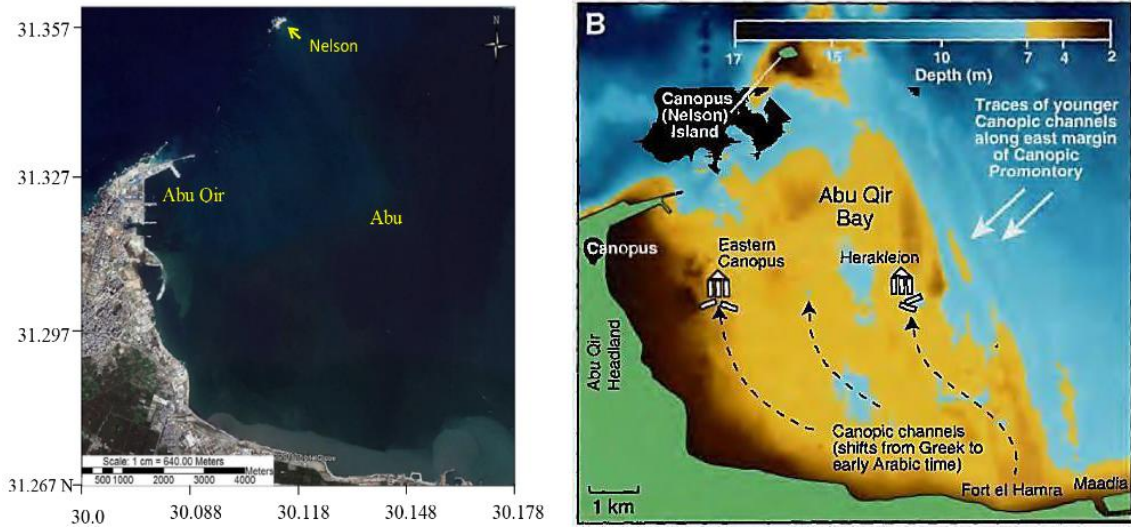


圖 3- 12：Abu Qir Bay 現況。(Goddio, 2007)

左為地理位置示意圖，右為過去調查獲得的該地海床地形與遺跡相對位置示意圖。

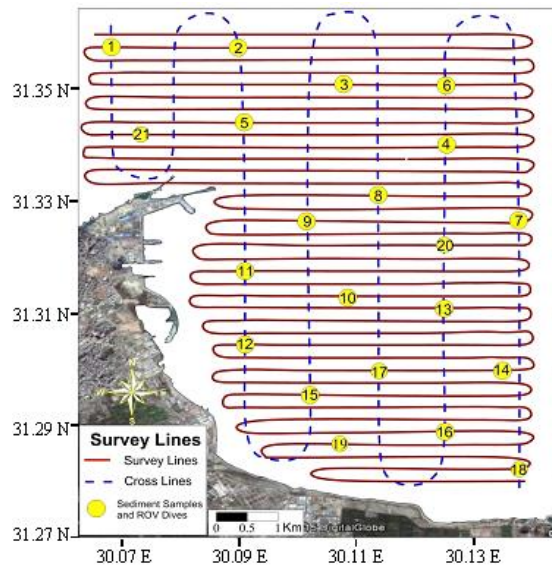


圖 3- 13：Abu Qir Bay 調查軌跡。(Hamouda et al., 2015)

紅線為調查船航線，藍線為檢測線，ROV 下潛採樣地點則以黃圈標示。

調查區域及航線規畫如圖 3- 13 紅線所示。此調查使用的工具包括單音束測深系統、側掃聲納海床地貌調查，並挑選幾處地點以搭載攝影系統的水下無人載具(ROV)執行下潛搜索、攝影與沉積物採樣任務，如上圖標示黃圈處，並將樣本交由實驗室進行後續分析。

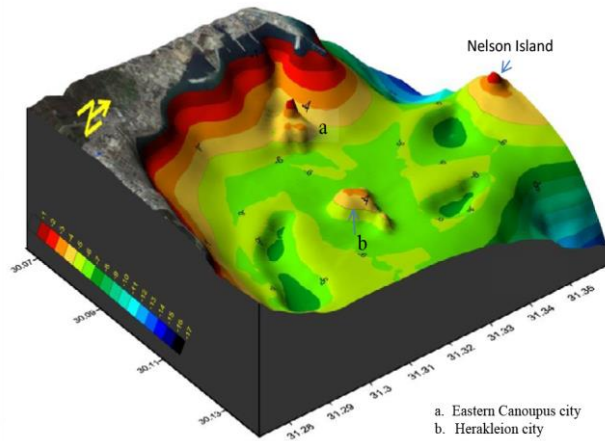


圖 3- 14：Abu Quir Bay 區域 3D 地形圖。(Hamouda et al., 2015)

此圖為以單音束水深測量結果繪製的立體圖。

單音束水深調查結果如圖 3- 14。此海灣水深介於 2 至 14 公尺，在 3D 模式下可以清楚觀察到海灣中有兩處明顯的隆起，其中標示 a 處為古 East Canopus 位置，標示 b 處為 Heraklion 位置。兩座古城在歷史紀錄中為十分靠近陸地的海島，是古時該地區海上對外貿易的大門，此調查結果可說相當符合史籍的描述。

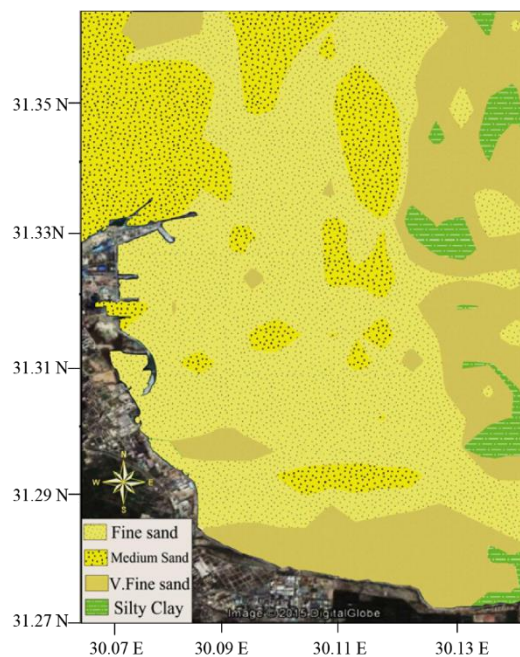


圖 3- 15：Abu Quir Bay 海床表層沉積物種類分布。(Hamouda et al., 2015)

此區域沉積物以粒徑大小分類，總共歸納出四種主要型態：中砂、細砂、極細砂、粉砂質黏土。

此調查的底質分析為綜合解釋聲學調查與沉積物樣本分析的結果如圖 3-15。當發射的聲波接觸到光滑、均質且泥狀底質時，回波的角度會較小、訊號具有很窄的波峰，根據此一特性可將回波分類，但此方法仍須搭配沉積物採樣才能較精準解釋一地區的沉積物分布情形。此調查結果將該地區沉積物依其粒徑大小區分為中砂、細砂、極細砂、粉砂質黏土（分布面積細砂>極細砂>中砂>粉砂質黏土）。這些與沉積環境相關的資訊，可以在規畫水下遺產管理措施時成為重要的參考資料。

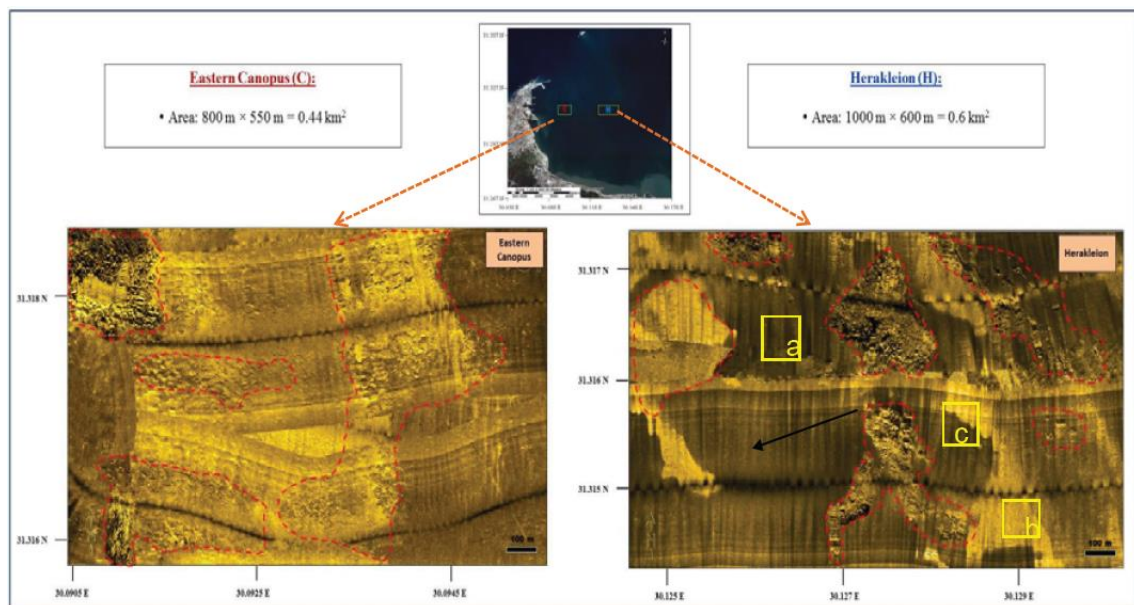


圖 3-16：水下古城遺跡側掃聲納影像。(Hamouda et al., 2015)

圖為兩座古城與周遭區域的影像，紅色虛線圍起的部分可大致辨識為非自然生成的地貌。

由於兩座遺跡被發現後，在管理政策尚未成熟前就經歷了數次洪水與地震災害，導致上游大量土石進入海灣，連帶影響了考古作業的進度，對遺跡的影響也難以估計。Herakleion 與 East Canopus 遺跡的重建任務仍在持續進行中，除了對環境進行長期監測，也希望能更加拓展對遺跡的認知。圖 3-16 為此調查獲得的側掃聲納嵌合影像，陰影表示回波訊號較弱之處。紅色虛線圍起處為遺跡裸露的範圍，可觀察到人為造成的構造特徵，與自然環境下的地貌特徵不符，標示黃框 a、b、c 處則非人造物，僅為回波訊號特徵不同的沉積物。

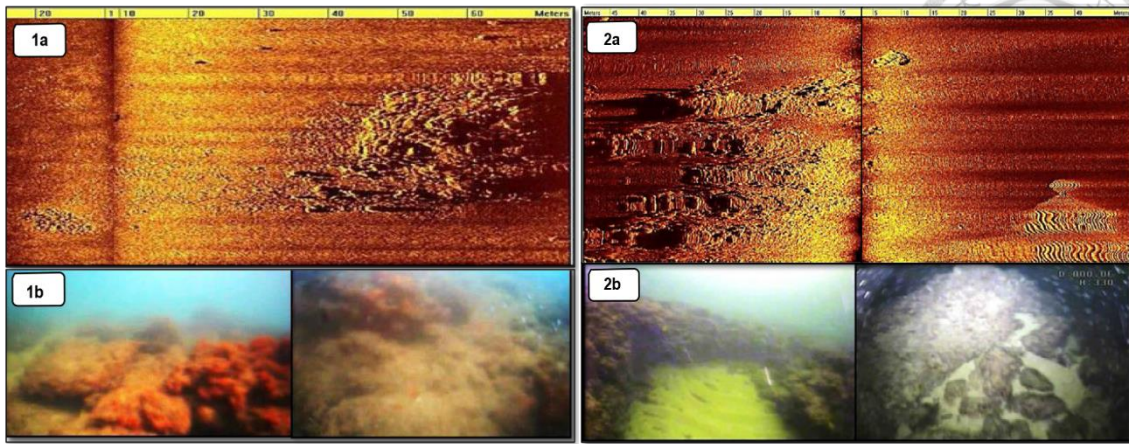


圖 3-17：水下古城遺跡部分區域影像。(Hamouda et al., 2015)

1 為 East Canopus 區域 (a.側掃聲納影像 b.可見光影像)，2 為 Heraklion 區域 (a.側掃聲納影像 b.可見光影像)。

圖 3-17 呈現遺跡部分區域的側掃聲納影像與 ROV 可見光影像。由 East Canopus 側掃聲納影像 1a 中觀察到疑似人為造成的已損毀結構，後續於 ROV 可見光影像 1b 驗證為石灰岩質與木質的建築殘骸。由 Heraklion 側掃聲納影像 2a 中觀察到弧狀人造結構，後續於 ROV 可見光影像 2b 驗證中推測此構造原本可能為圓柱狀的人為建築。

Abu Quir Bay 自發現後就因其歷史重要性成為世界知名的水下文化遺跡，歷年來累積了為數不少的調查與研究紀錄，故在此處執行的調查作業，其任務目標多為海岸管理與長期監測導向。調查流程可概述如圖 3-18，其中利用聲學資料比對 ROV 沉積物採樣是主要調查成果，可用以完善當地地質環境模型，並做為規畫管理策略的參考。側掃聲納影像及水深值分布則可比對過去資料，藉此觀察當地沉積動力的長期變化。

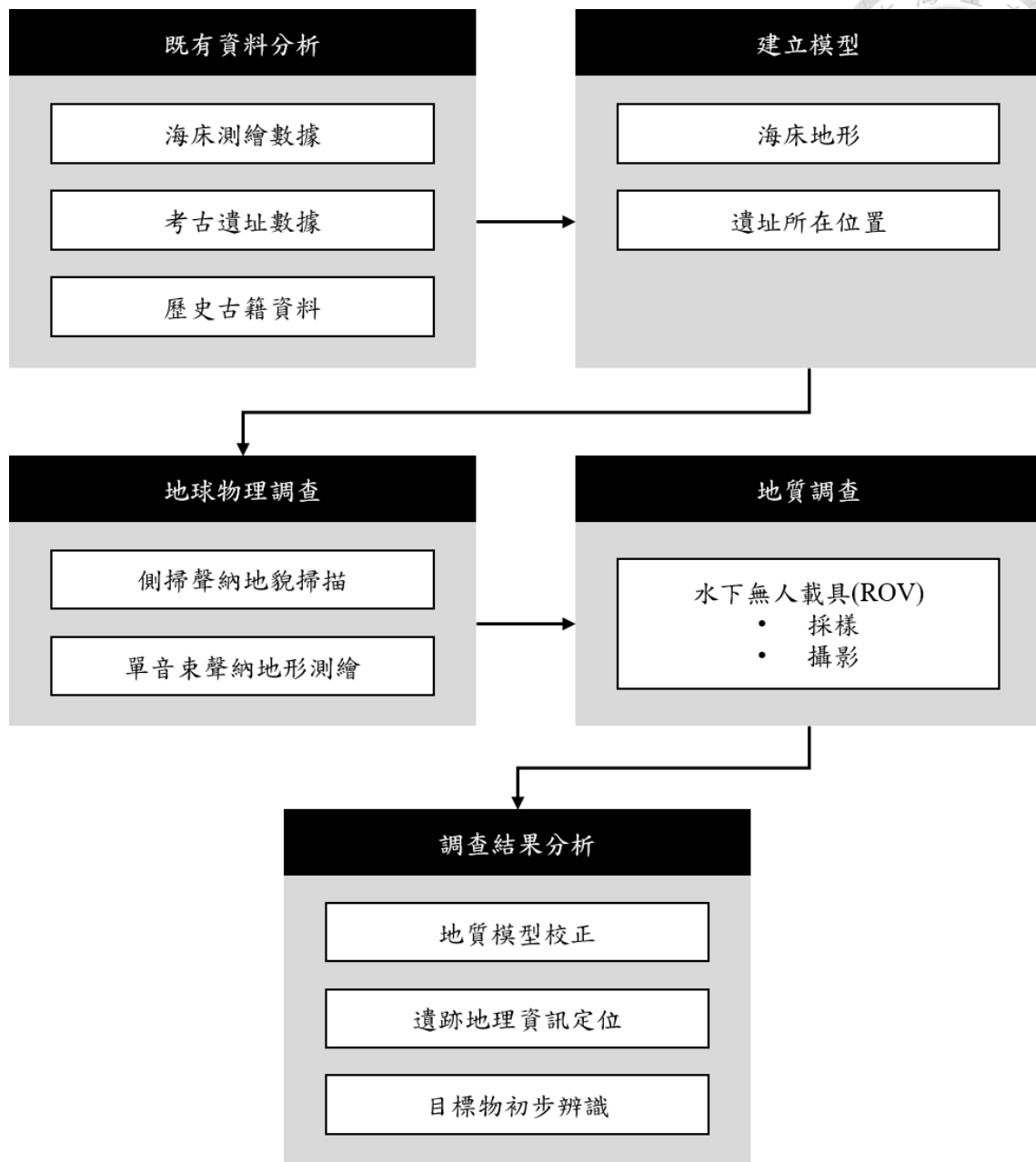


圖 3-18：Abu Qir Bay 水下文化遺產調查（古文明地貌類型）工作流程簡述。



3.3 歷史文化地貌

此類型的研究範疇著重於近 1000 年的人類歷史，研究資料包括載有文字、圖像的史籍，甚至是口述歷史、傳聞等，主要研究目標為地區性的變遷歷史，並探究影響變遷的因素。這些影響因素可能包括短期的氣候變化、急性的氣象事件、突發的劇烈板塊活動，或者人為變遷因素如戰爭、經濟、交通發展等對地區造成的影響(Flatman et al., 2005)。

3.3.1 地區性變遷：Dunwich, Suffolk, England, UK

Dunwich (圖 3- 19) 於歐洲中世紀時期為貿易與漁業興盛的重要港口，由於人口密集，相比其他地區有較為詳盡的變遷歷史紀錄、古地圖及人口普查資料。當地在過去由於經濟衰退、捕魚方式改變使商業活動量大減等因素，導致許多建築無法修繕而傾頹，又受到多次風暴侵襲，使沿岸區域坍塌、土地遭海水入侵，最終使部分城鎮淹沒於水下。

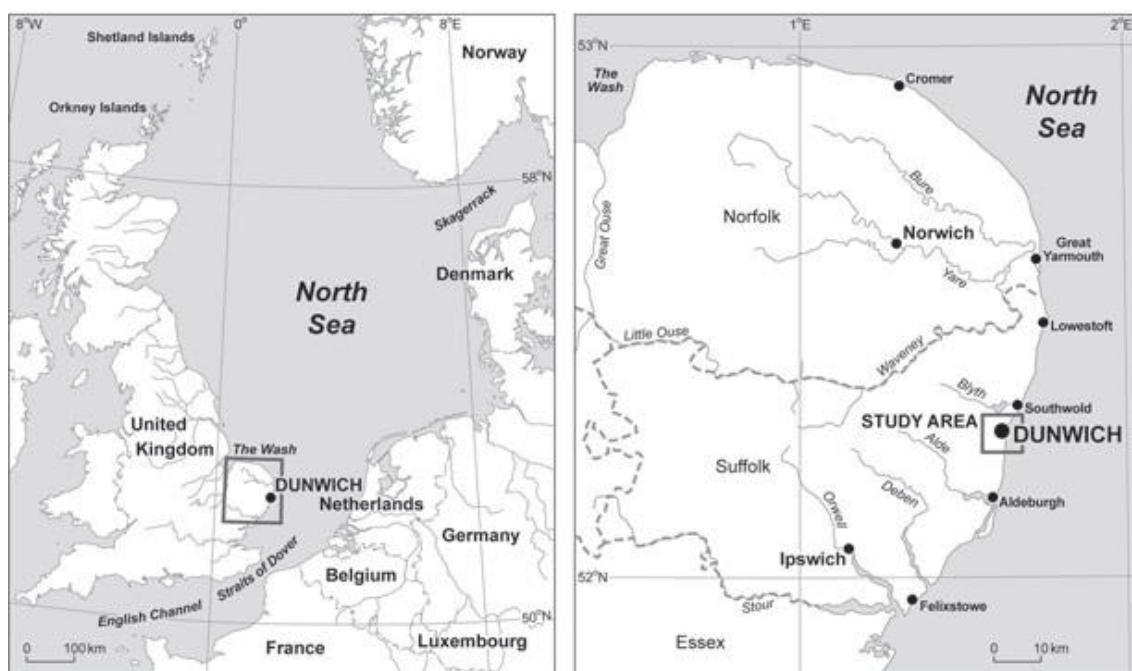


圖 3- 19：Dunwich 地理位置。(Sear et al., 2011)

過去海上貿易的交通要道路經此地，因此曾經是經濟繁榮的港都。

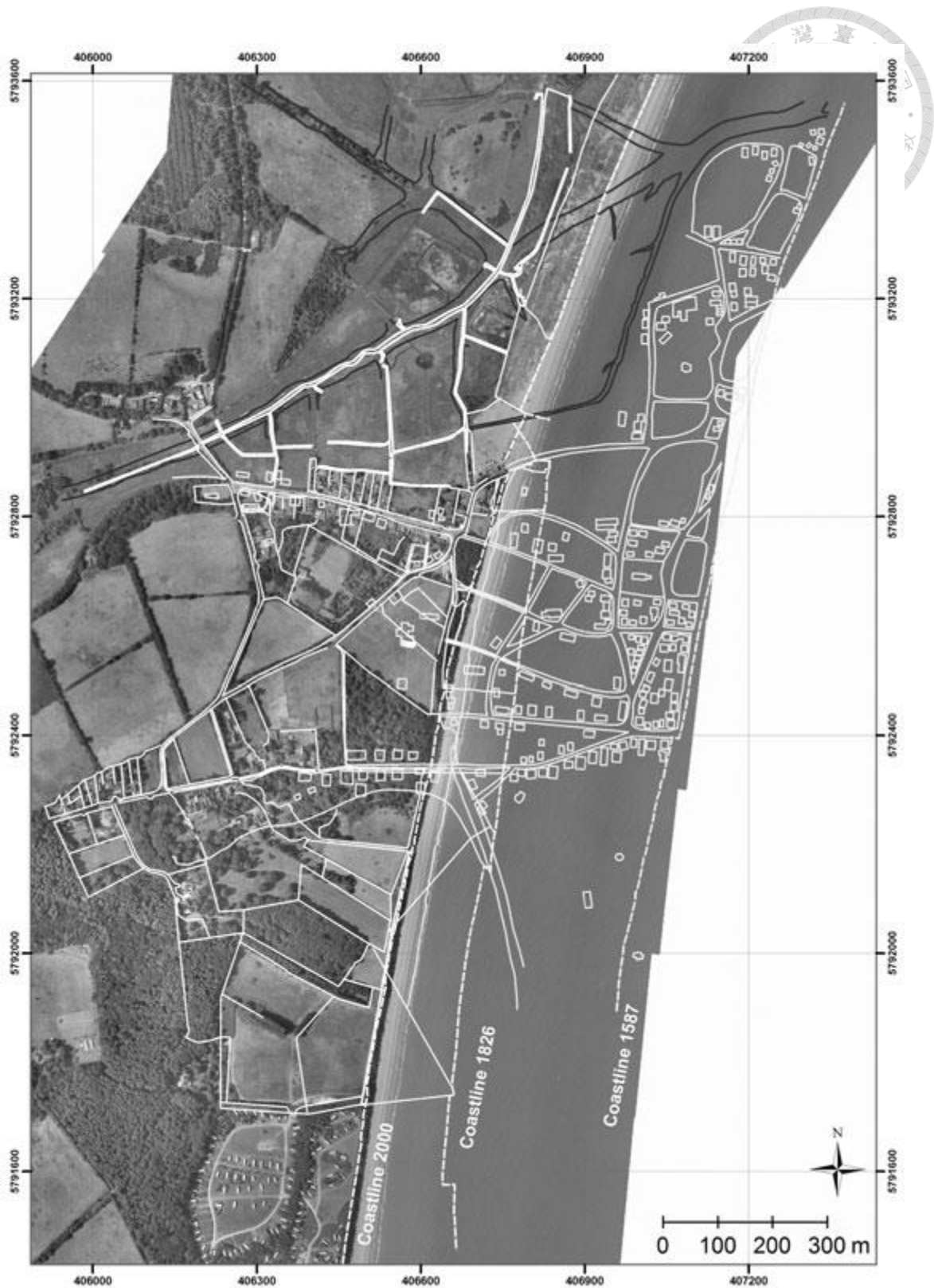


圖 3- 20 : Dunwich 各年代地圖套疊成果。(Sear et al., 2011)

此圖分別呈現西元 1587 年、1826 年及 2000 年等不同年份的海岸線位置，根據計算結果與實際位置誤差約數十公尺。

Sear et al. (2011)參考當地史籍與古地圖資料，以地球物理探勘法於 Dunwich 實施水下地貌調查。他們比對宗教建築數量與海水侵蝕事件數量、人口變遷、稅收等統計資料，並參考英格蘭中世紀歷史後，推測這些數據的變化與經濟衰退相關。調查目標鎖定為幾處在紀錄中較大型的宗教建築，並利用不同年代的古地圖與現代地圖，經校正後結合為可供水下調查參考位置的導航地圖，即圖 3-20。

調查使用工具包含側掃聲納、多音束測深系統及地層剖面儀。側掃聲納執行調查範圍全域的海床地貌掃描，為尋找標的建築的主要依據；多音束測深則提供水深資料以建立 3D 地形模型；地層剖面儀可獲得海床下沉積物資訊，並探查是否有被掩埋或半掩埋的目標物件。

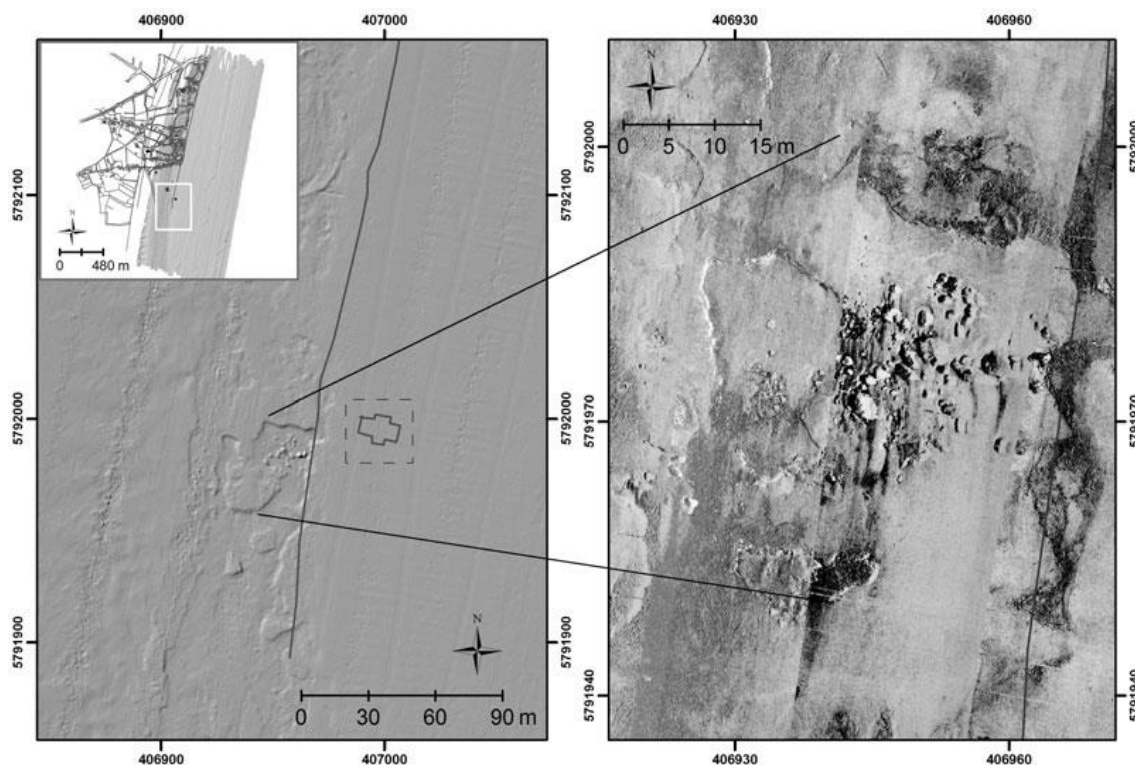


圖 3-21：St Nicholas' Church 遺跡。(Sear et al., 2011)

圖 3-21 為其中一處遺址 St Nicholas' Church 調查結果。左為多音束測深地形圖套疊古地圖，可觀察到遺跡實際所在位置與作為導航的古地圖標示位置，兩者有約 40 公尺的距離誤差，但依然可證明導航地圖確有其效益存在。右為側掃聲納結果，可以觀察到疑似為人造物的地貌輪廓。

此案例展示了針對定點文化遺跡的完整調查流程，如圖 3-22。事前作業參考當地歷史紀錄、考古研究資料及地質調查數據，歸納出港都大致的興衰歷程及影響因素，並相對精確地模擬遺址的潛在位置。相對完善的事前作業並搭配選擇合適的遙測工具，可大幅提高現場測量工作的效率，減少需要複查的作業範圍，並增加搜索到目標物的可能性。最後揀選適當地點進行水下驗證，就能取得較好的調查成果，也有助於後續考古價值評估工作。

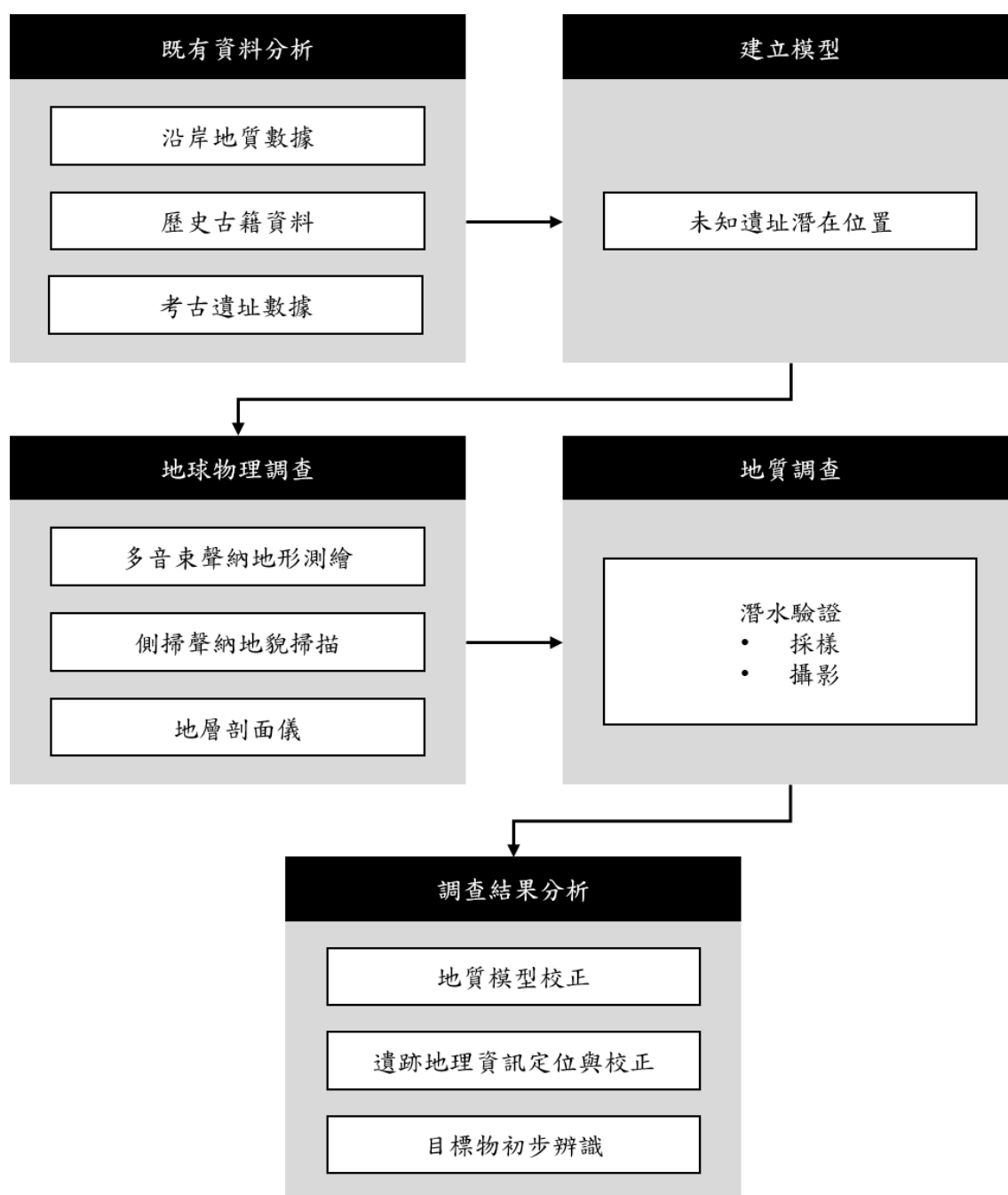


圖 3-22：Dunwich 水下文化遺產調查（歷史文化地貌類型）工作流程簡述。



3.4 歷史沉船

受限於地球物理遙測儀器的解析度限制，現今以地球物理方法施行的水下考古調查，其成果絕大多數都屬於沉船類別。相較於其他目標類別，沉船體積相對較大、外型較易於辨識，在保存良好的情況下，也可能在其內部或周遭環境中發現關聯物件，例如船載貨物、船錨等。在搜索技術於實際施測場域仍無法達到公分級的限制下，經由沉船尋找小型物件是相對可行的方式之一。

調查方法根據目標物構成材質而定，若包含鐵磁性物質可配合磁力測量、地電阻測量等方式增加目標被成功辨識的機率。

3.4.1 一般沉船：Mombasa, Kenya

Mombasa (圖 3-23) 由於地處非洲、阿拉伯及印度的中間地帶，自古就是海上貿易的交通樞紐，具有十分悠久的港灣城市歷史，也保存了非洲濱海 Swahili 文化的典型特徵。該地從 11 世紀開始出現密集的海外貿易紀錄，進出口交易對象包括印度、中國、波斯灣諸國等，歐洲方面則主要出現於 16 世紀葡萄牙人抵達 Mombasa 港之後。

過去在 Mombasa 港及近岸區域實施的調查紀錄中，已經發現為數不少且有歷史保存價值的沉船案例。Quinn et al. (2007) 因此於當地施行詳細的水下地球物理調查，希望建構詳細的海床地貌資料及自然環境演進歷程，並對水下沉船與文化遺跡進行量化、觀察與評估工作。

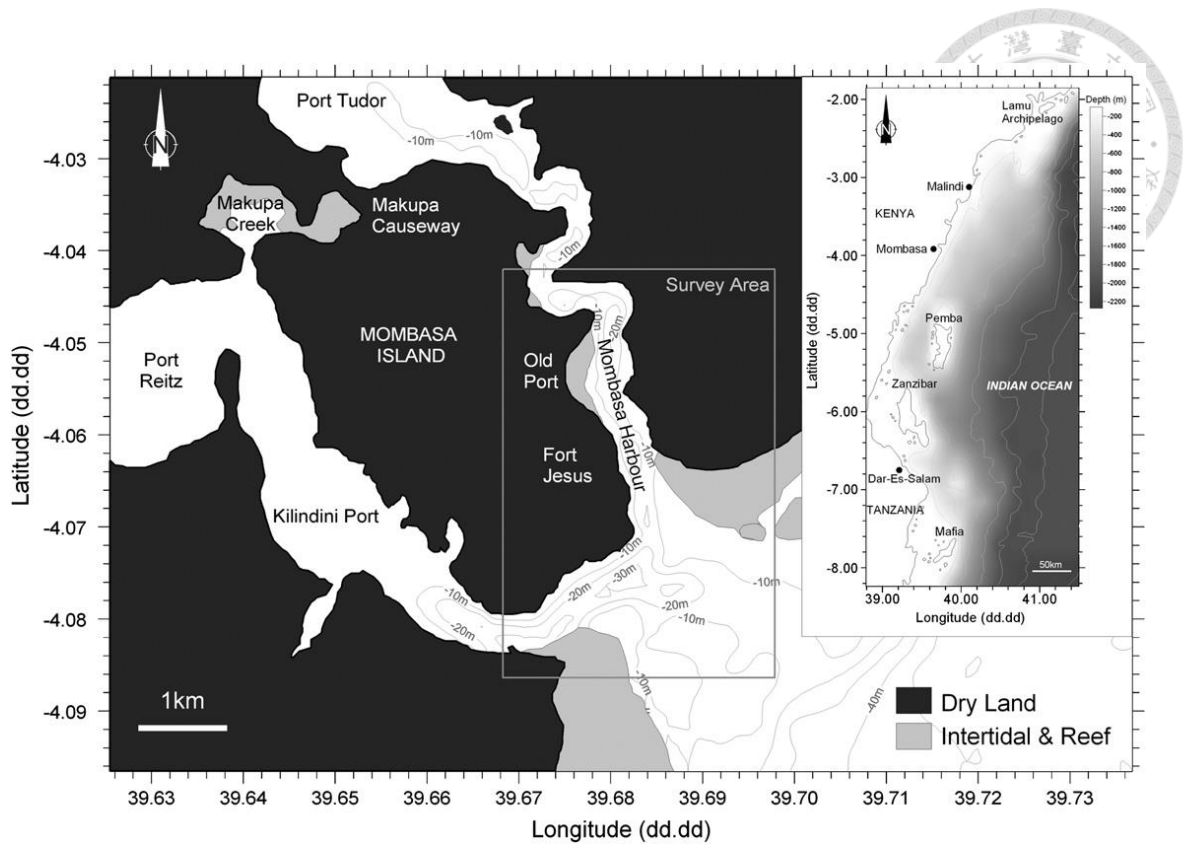


圖 3- 23：Mombasa 地理位置。(Quinn et al., 2007)

調查目標為 Mombasa Harbour 及周邊區域。

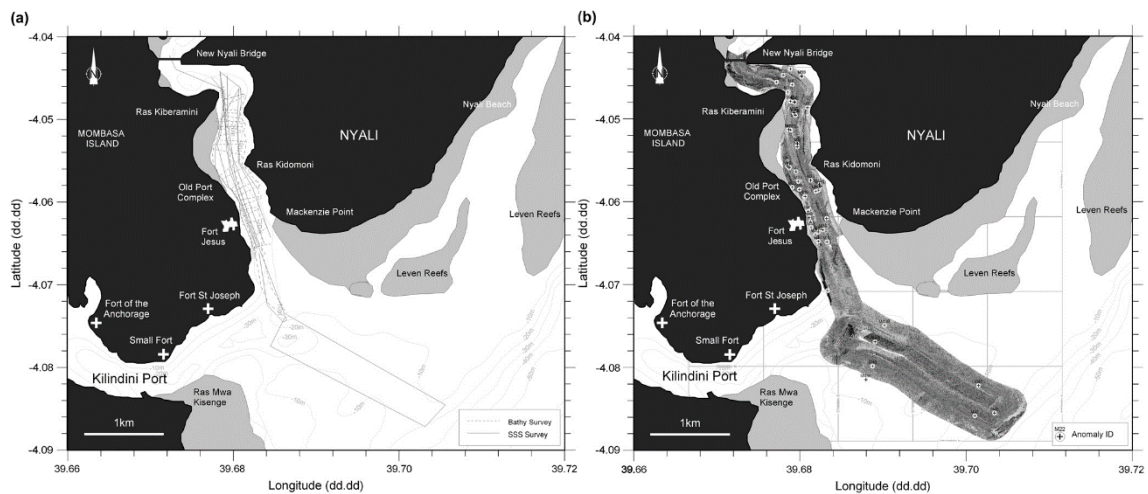


圖 3- 24：Mombasa 調查區域示意圖。(Quinn et al., 2007)

(a)為不同調查工具的測線規畫，(b)為側掃聲納嵌合影像合併調查地理位置示意圖。

調查範圍如圖 3- 24 (a)所示，虛線為單音束測深調查測線，實線為側掃聲納地貌調查測線，這個區域也包含過去已確認有沉船遺跡的地點。此外另有實施磁力調查，但受限於該地磁場較弱，使磁力測量效果不彰，故相關結果並未呈現於

已發表的文章中。側掃聲納資料經處理及辨識後，總共找出 49 處在影像上呈現異常的位置，並挑選其中幾處實施潛水調查。

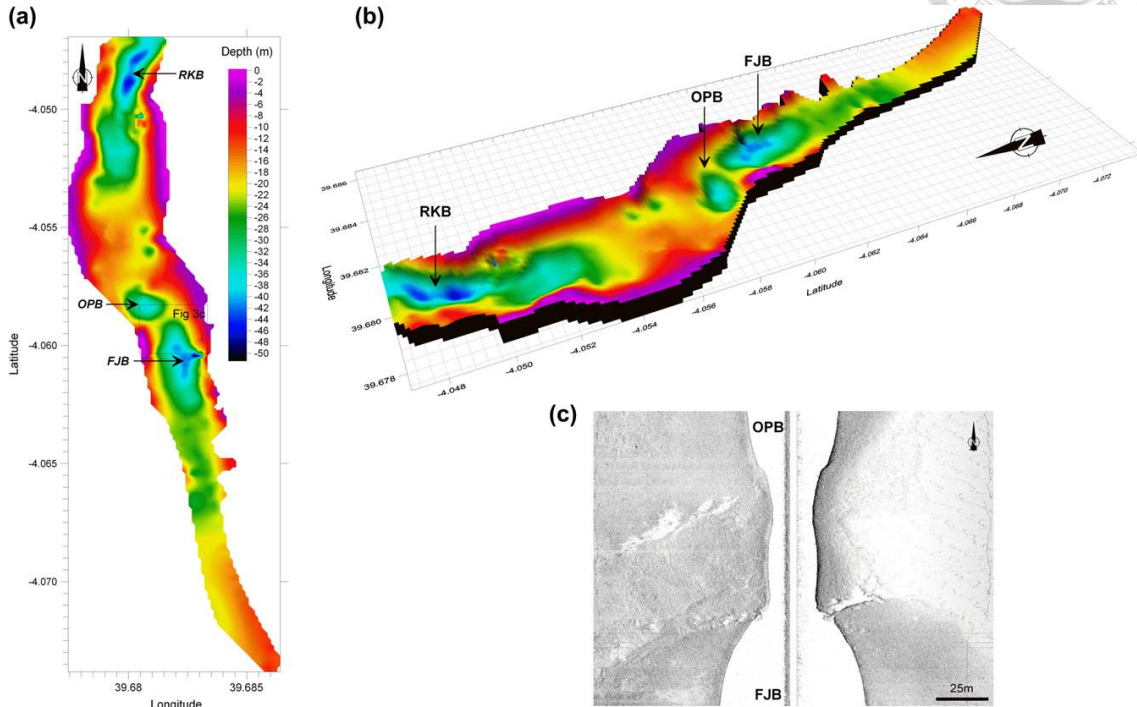


圖 3- 25：Mombasa Harbour 水道地形分布及部分河床地貌。(Quinn et al., 2007)

(a)、(b)為單音束測得之水深地形圖，(c)為側掃聲納取得的凹陷 OPB 至 FJB 間地貌影像，除了海床表面特徵，也可藉由影像變形程度觀察地形起伏的趨勢。

此次調查的主要成果為單音束測深及側掃聲納資料。測深資料用於建構該區域的水下地形，找出較明顯的地形特徵，並可藉此推論其流體動力及沉積環境的大致樣貌。圖 3- 25 為鄰 Ras Kiberamini (RKB)、Old Port (OPB)至 Fort Jesus(FJB)水底地形測繪結果，(a)、(b)分別為 2D、3D 地形模型，其中觀察到三處明顯的凹陷，這些凹陷的成因與周圍底質、潮流的流速與流向、沉積與侵蝕速率等環境因子相關，在水下考古調查中主要用於後期進行遺跡保存難易度評估或環境長期監測的參考資料。圖 3- 25 (c)為側掃聲納在其中兩處凹陷之間紀錄到的影像，作為判斷海床地貌與底質的輔助資料。

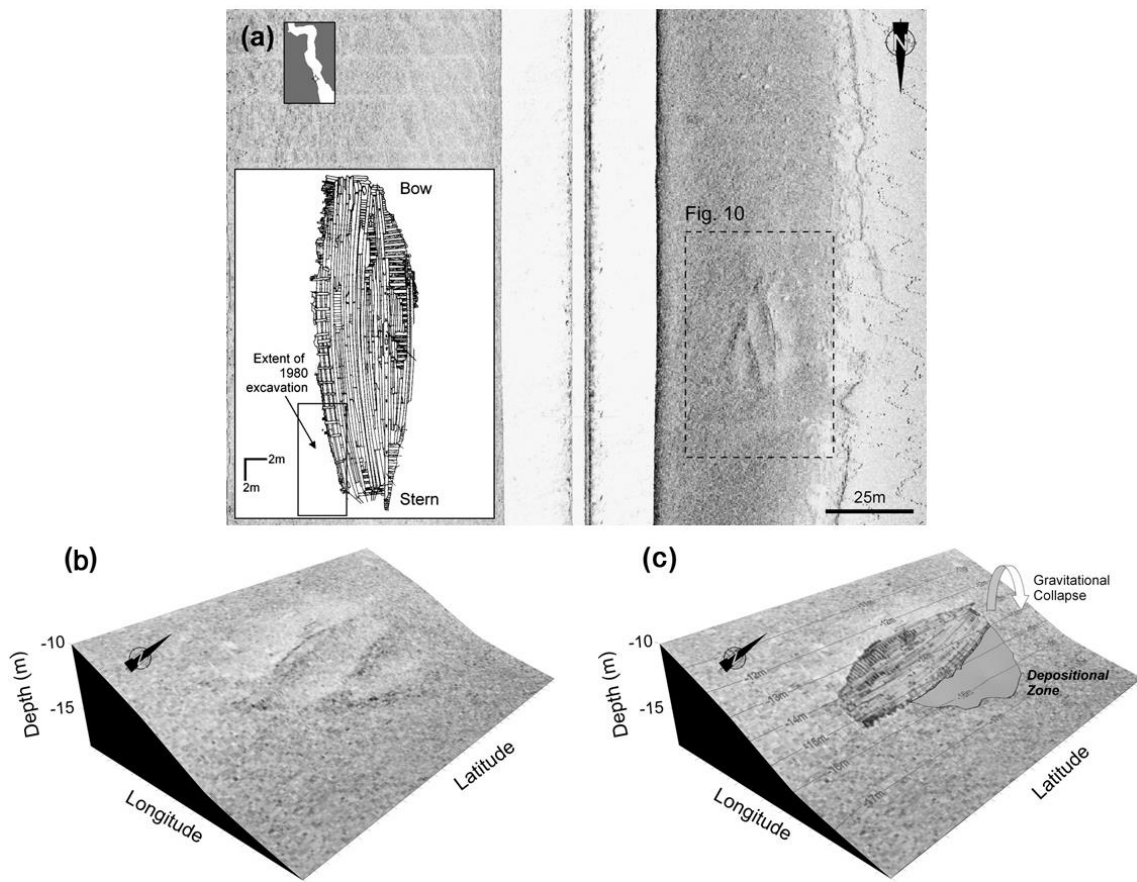


圖 3-26：Santo Antonio de Tanna 沉船影像。(Quinn et al., 2007)

該沉船於先前的調查中判斷為 1697 年沉沒於此的船隻，遺址位置鄰近 Fort Jesus。

圖 3-26 為該區域其中一處沉船遺址 Santo Antonio de Tanna 的側掃聲納影像，為原先已有調查紀錄並於 1980 年曾初步挖掘過的遺址。此次再調查除了監測其結構完整程度，也希望了解該處遺址的形成模式。圖 3-26 (a) 為此調查取得的影像，可大致辨別出船體的部份輪廓，其他部份則可能受到沉積物掩埋無法觀察，是典型的歷史沉船側掃聲納影像。圖 3-26 (a) 左側為沉船的歷史資料圖像，方框標示出 1980 年挖掘的部份，但沉船實際的姿態應為該圖像垂直旋轉 180 度後呈現的姿態，如圖 3-26 (c) 所示。由於影像中出現兩個明顯的 V 字形，推測船體可能有部份受重力作用坍塌。

此案例為目前較常見的沉船遺跡調查，兼具研究遺跡形成模式與環境監測目的。遺跡搜索以側掃聲納為主要工具，配合測深系統觀察當遺跡存在時地形會如

何改變，最後透過水下驗證確認目標及其狀態。大致的工作流程如圖 3-27，可視為一般沉船調查較常採用的作業程序。

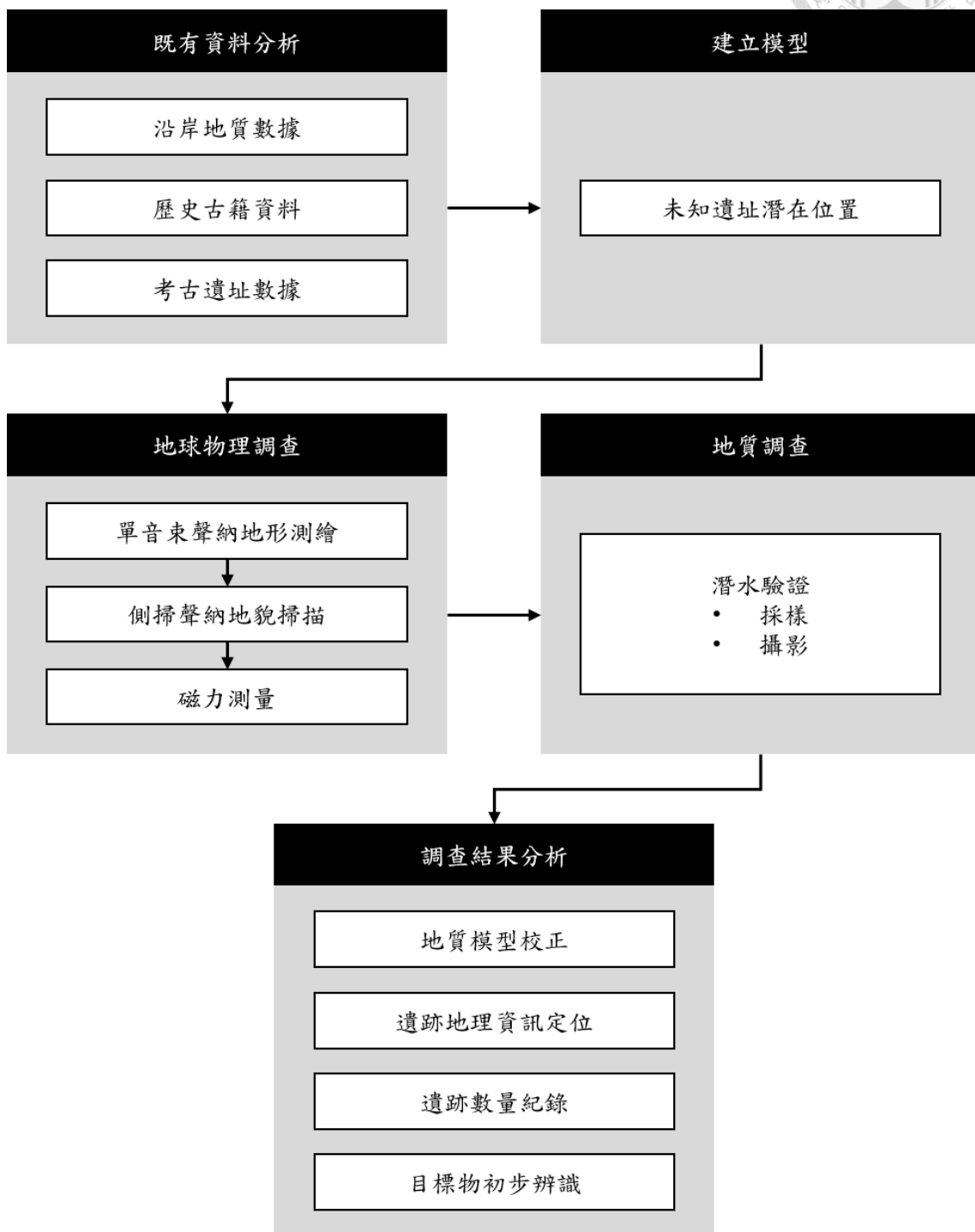


圖 3-27：Mombasa 水下文化遺產調查（一般沉船類型）工作流程簡述。



3.4.2 鐵磁性目標物：Atlit, Israel

水下鐵磁性目標物搜索被廣泛地運用在各個領域，舉凡環境評估、工程建設維護、災難事件搜索等。儘管考古目的是此類調查的重點項目，實際上能以此方法發現的考古物件卻僅佔極小比例，其中部分原因是由於鐵磁性材質物件大量出現在海上或空中的歷史並不長，另一方面能夠找到的也多數是不具考古意義或價值的海洋垃圾。鐵磁性目標物偵搜技術以磁力測量為主，但基於前述理由，磁力測量在水下考古領域能夠發揮的空間並不多。本文中呈現的調查案例為失事飛機偵搜，但調查過程中也一併發現了古文明時期的物件，故在此予以討論。

Weiss et al. (2007)於以色列 Atlit 鎮附近海濱實施的調查，主要目的為搜尋一架 1960 年墜落於此區域的 T-6 德州佬式教練機(T-6 Texan/SNJ/Harvard)。飛機結構多由不具鐵磁性的材質構成，但引擎有部分鐵磁性材質的組件。同類型的引擎展件目前保存於以色列空軍博物館 (Israeli Air Force Museum)，因此商請博物館協助提供測試樣本以調查該種引擎可能引起的磁力反應。

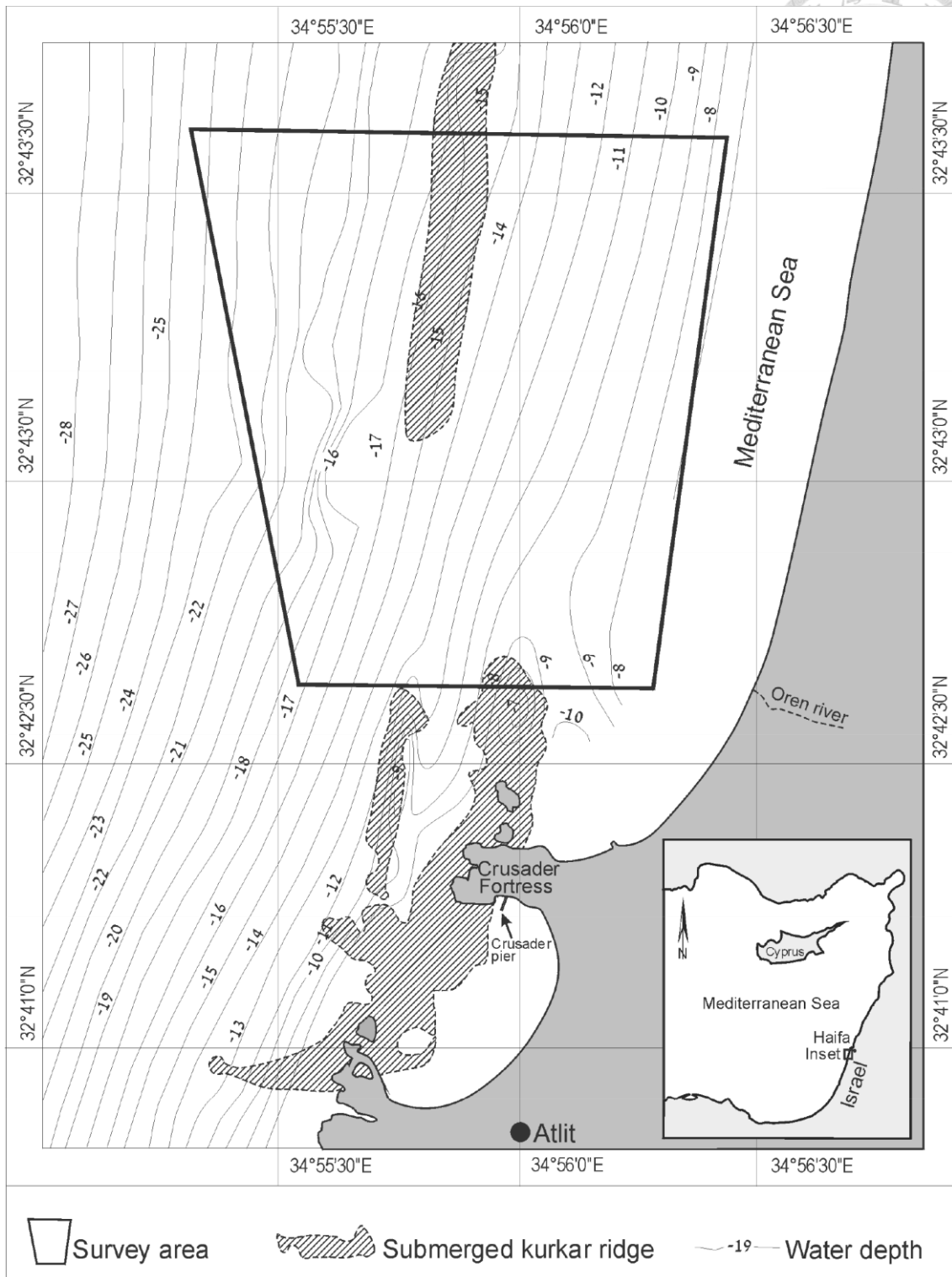


圖 3-28：Atlit 地理位置。(Weiss et al., 2007)

粗黑框圍起的區域為此調查的搜索範圍。

調查地點位於以色列的地中海沿岸，自海法往南約 15 公里，施測水域距離 Atlit 鎮約 1 公里，調查區域如圖 3-28 黑框標示的範圍。以色列國境內的地中海沿岸擁有非常豐富的水下文化遺產資源，包括為數不少的沉船、獨木舟等，也曾

發現晚前陶器新石器時代(Late Pre-Pottery Neolithic age)至晚銅石並用時代(Late Chalcolithic age)的遺址（距今 8000 至 5200 年），以及青銅器時代中期(Middle Bronze age)（距今 4000 至 3500 年）的人為構造與船隻等史前文化遺存。研究證據顯示當地過去曾經歷海平面上升事件，淹沒了大部分位於低窪地區的文化遺存，使這個地區具有龐大的水下遺產賦存潛能。

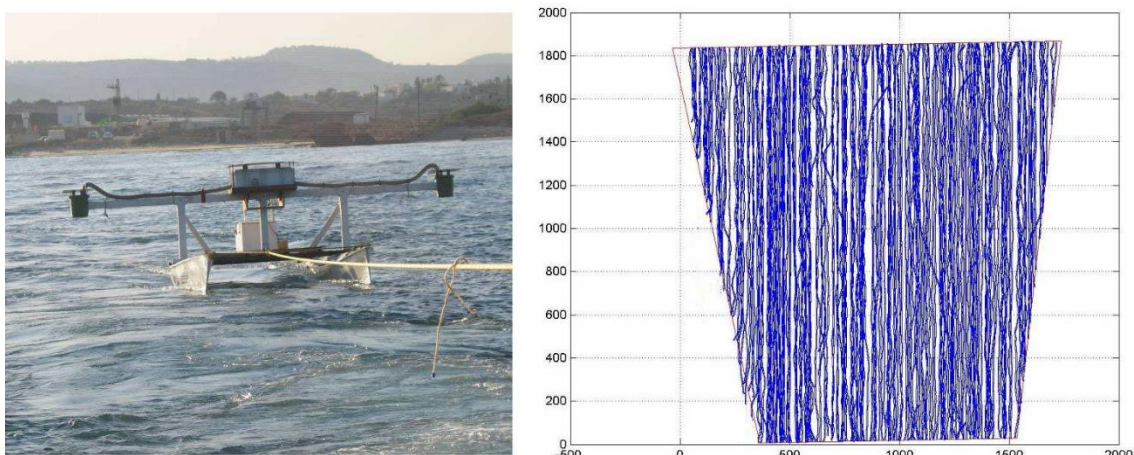


圖 3-29：調查工具及調查船移動軌跡。(Weiss et al., 2007)

左為裝置磁力儀的後拖載具，右為實際調查的測線分布。

此調查使用的偵搜工具為磁力測量技術，以一具光子泵送式磁力儀量測全磁場強度。為了避免磁力干擾，磁力儀被架設在以非磁性物質建置的載具上，使用表拖方式拖行於船體後方 40 公尺處，以降低船隻行進碎浪造成的影響。由於磁力測量值修正需考慮地球磁場變化，另於距離調查區域 5 公里內的沿岸區域架設陸上基站，以紀錄地球磁場隨時間的變化量。調查區域約為 1.8 公里寬、2 公里長，水深介於 7 至 25 公尺，因此規畫測線間距 10 公尺，調查船實際的測線軌跡如圖 3-29 所示。

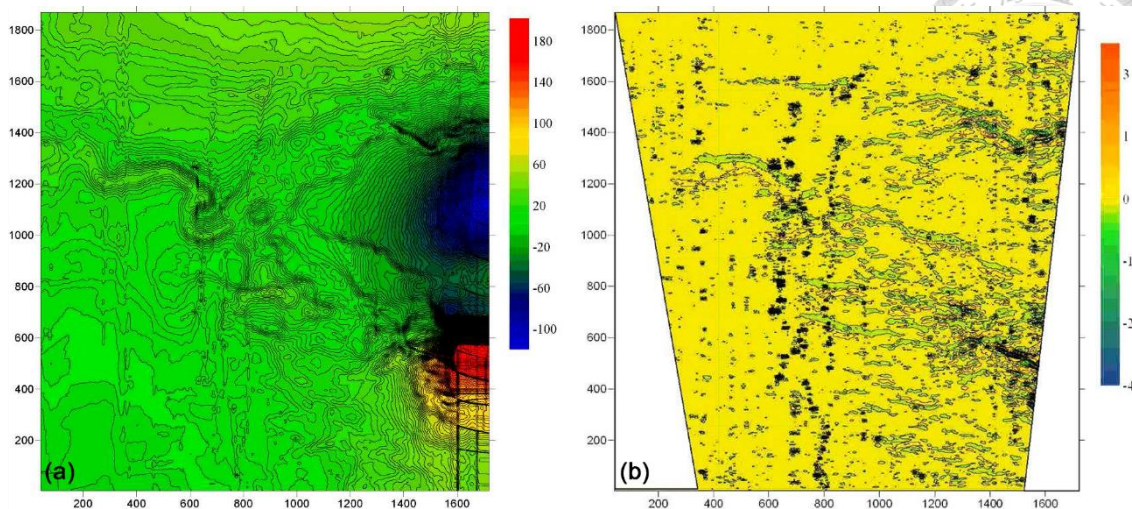


圖 3-30：Atlit 磁力調查成果展示。(Weiss et al., 2007)

(a)為全區磁力異常值分布，(b)為(a)經濾波修正的結果。

圖 3-30 (a)為經過修正的磁力測量結果，但考量長波長造成的異常值可能大過目標物產生的磁力值，因此再經濾波修正，獲得的結果為圖 3-30 (b)。仔細比較兩張圖後，可以發現原本被掩蓋的、相對較小的異常區域因此可以突顯出來。最終經分析後，在此調查區域總共發現 59 處異常，並選擇數個異常處以潛水方式進行現場驗證。

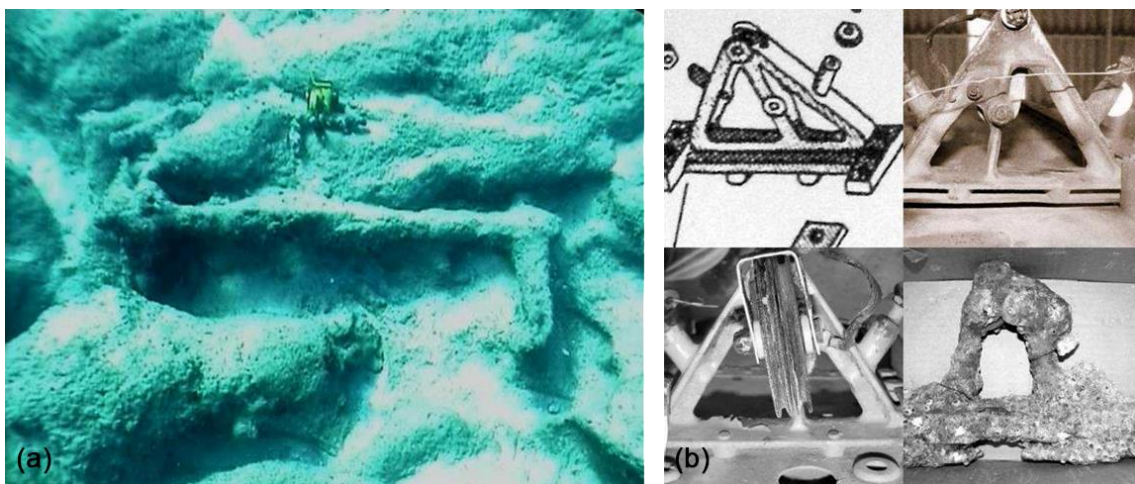


圖 3-31：水下驗證部分成果。(Weiss et al., 2007)

(a)經鑑定後被認為是 5 世紀船錨，(b)為失事飛機的部分殘骸。

水下驗證以攝影和現場挖掘、打撈方式進行，部分受到沉積物掩埋的目標物另需配合金屬探測器進行搜索。圖 3-31 (a)為其中一處異常的驗證結果，經後續調查，確認影像中物件為 5 世紀拜占庭帝國時期遺留的鐵製船錨。圖 3-31 (b)為



打撈出水的一部分物件，經事後比對，確認應為目標失事飛機的部分殘骸，由其構造判斷可能屬於飛機尾翼的組件。

此案例為水下磁力調查的示範案例，工作流程大致如圖 3-32 所示。由於磁力值會受到目標物質量、與儀器的距離而有所不同，若希望提高調查效率，應在事前作業時先行確定預想目標物可能造成的磁力異常值範圍，例如此案例中以同類型物件來模擬距離對磁力值的影響。磁力測量在水下文化資產調查中用於搜索被掩埋的鐵磁性目標物，通常會再配合側掃聲納以觀察海床地貌變化，若目標物裸露於地表則可將兩組資料互相比對，增加搜索的成功率。

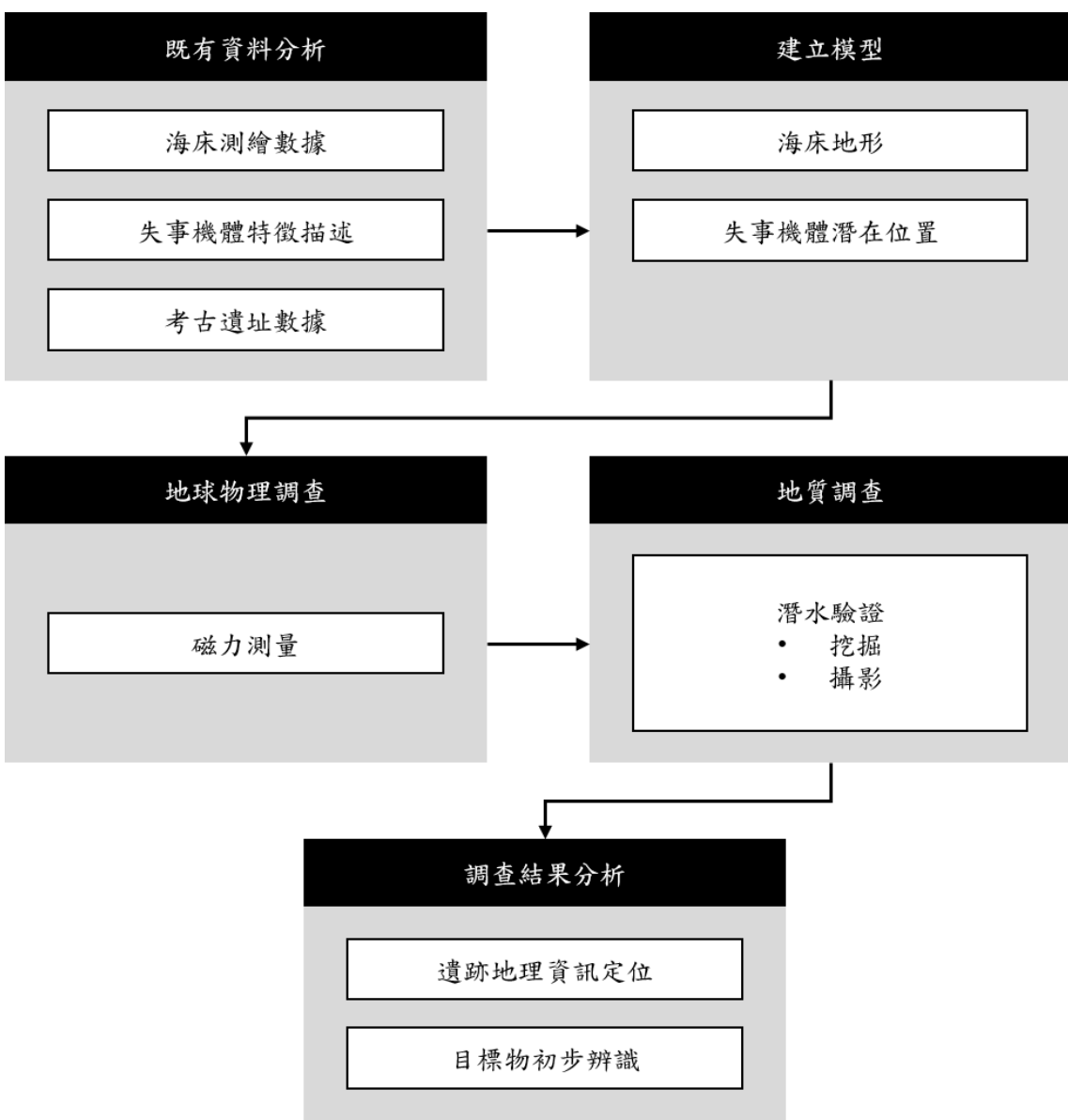


圖 3-32：Atlit 水下文化遺產調查（鐵磁性目標物類型）工作流程簡述。



3.5 二次世界大戰遺存

與二戰相關的水下史蹟研究，其範圍涵蓋文化、安全及環境議題，主要目的包括保存這場人類史上最大規模軍事衝突的相關史蹟、搜索未爆彈，與評估沉沒艦艇的潛在廢油料污染影響(Emesiochel et al., 2018)。此類型雖不符合 UNESCO 對水下文化遺產存續需達百年以上的定義，但鑑於此戰役在歷史上意義重大，UNESCO 仍將其相關遺存視為水下文化遺產。

3.5.1 戰場遺跡及載具：Agropoli, Salerno, Italy

薩萊諾灣（圖 3-33）位於義大利薩萊諾省，是於上新世至更新世期間形成的盆地。西元 1943 年 9 月 9 日，同盟國聯軍在此處對德軍發動奇襲，即對二戰局勢產生關鍵影響的「薩萊諾登陸戰(the Salerno landing operations)」，又稱「雪崩作戰(Operation Avalanche)」。最終因奇襲失敗，大量隸屬英軍和美軍的船艦、坦克等在薩萊諾灣沉沒，這些殘骸在近 20 年間陸續被發現。此外，過去也曾在鄰近地區發現希臘羅馬時期的神廟遺址，顯示當地可能尚存具重要歷史價值的遺跡。

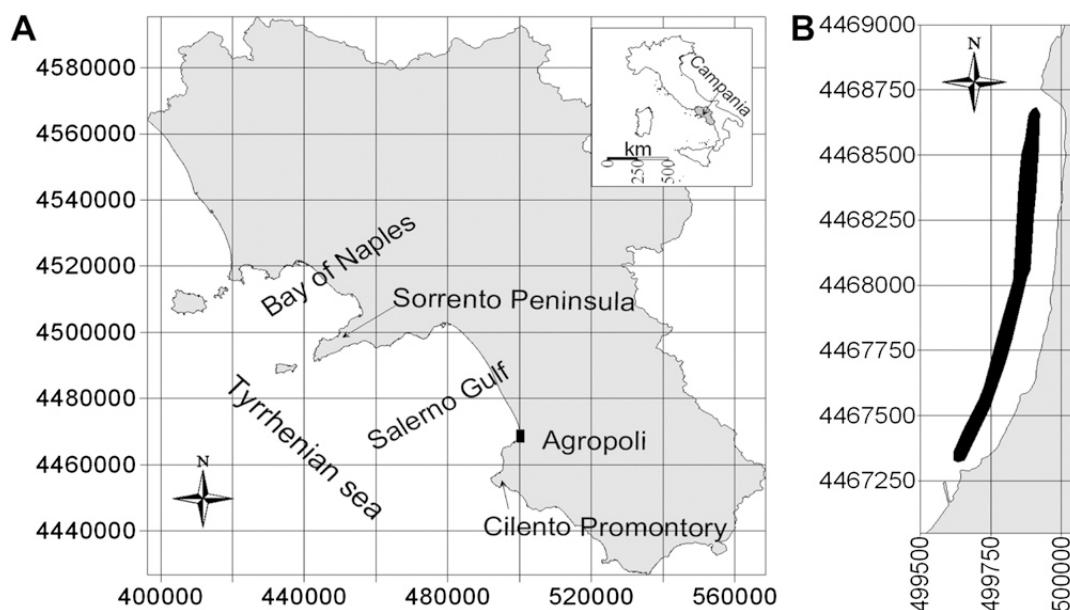


圖 3-33：Agropoli 地理位置。(Passaro, 2010)

A 為位置圖，B 中塗黑處為此調查的搜索範圍。

為了有效管理當地水下文化遺產，Passaro (2010)於薩萊諾灣近岸處以水下地球物理技術實施地貌調查。因該區域可能存有二次大戰相關、具鐵磁性材質構造的沉沒艦艇或戰場遺跡，調查中使用的測量技術包括多音束測深、磁力測量及水下地電阻測量法，最後再以潛水方式驗證前述測量的結果。

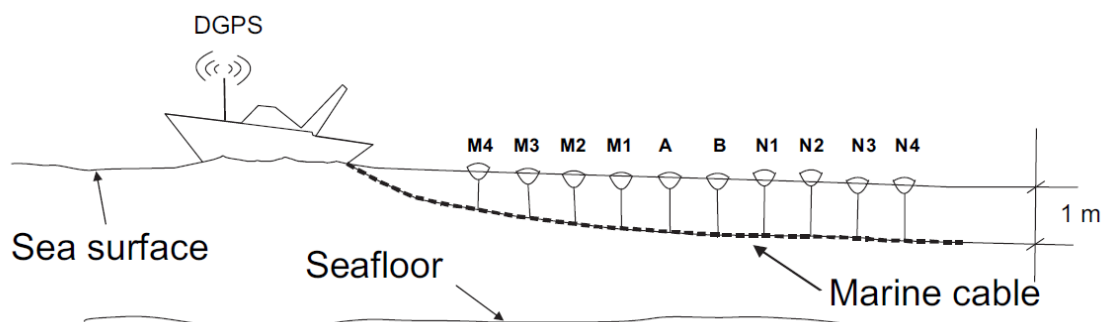


圖 3-34：水下地電阻法(ERT)測量系統配置示意圖。(Passaro, 2010)

電極以電纜後拖於船尾，A、B 為電流極，M、N 為電位極。

近代沉船由於船殼材質通常包含具有鐵磁性的物質，因此在搜索時除了常見的聲納探測方法，還可以視目標物被掩埋的可能性加入磁力測量或地電阻法 (Electrical Resistivity Tomography, ERT) 配合使用。由於環境及設備操作的限制，地電阻法在鹹水區域應用的實例目前仍相當少見。此調查選擇的區域為近岸極淺水區（深度 1 至 4 公尺），地電阻測量系統配置如圖 3-34 所示，於船後拖曳 2 公尺的電纜，深度固定於水面下 1 公尺，並於電纜上以溫奈法(Wenner Array)等間隔排列漂浮式電極，中央兩電極為電流極，電流極兩側各設置四電位極，以獲得地層由淺至深的視電阻率，再取水平兩點間垂直資料繪圖，即可得到此兩點間的視電阻率剖面圖(Resistivity Image Profiling, RIP)。

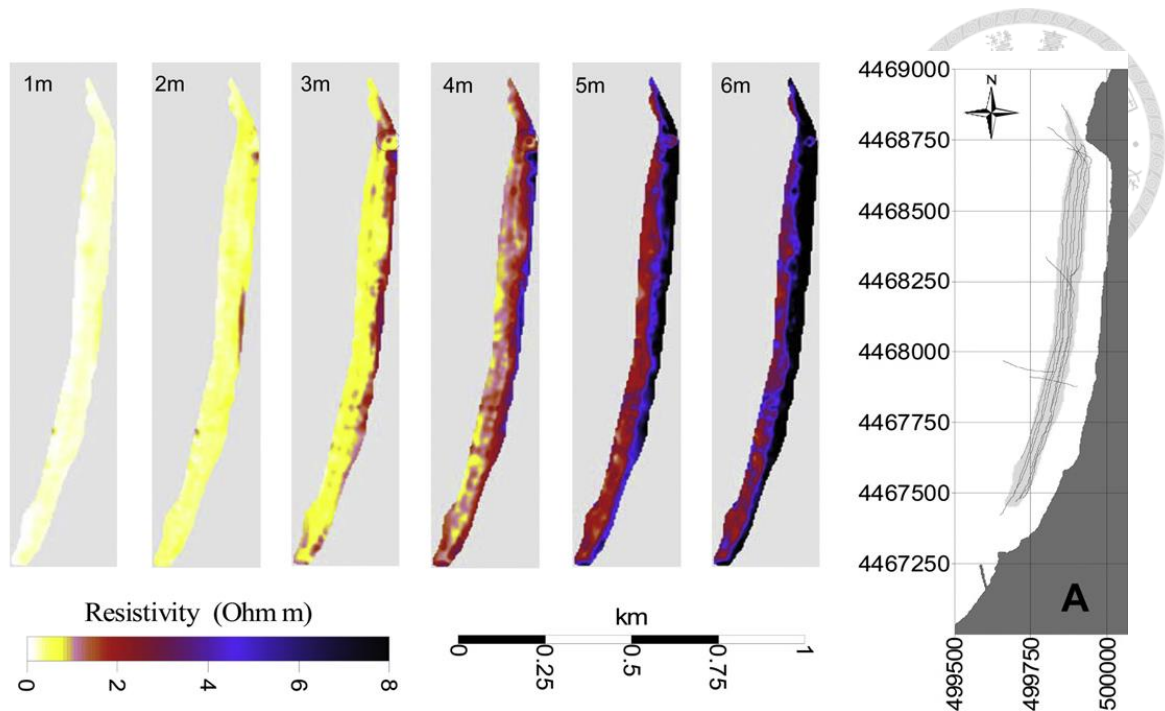


圖 3- 35：地電阻測量結果。(Passaro, 2010)

左為不同深度的電阻值分布，右為地電阻調查測線。

由於該施測模式在電阻及海床中間存在水層，因此水深 1 公尺獲得的資料多為水的視電阻率，隨深度增加逐漸接觸到海床及地表下構造。圖 3- 35 右為地電阻調查測線，圖 3- 35 左則呈現整個調查區域於水面下 1 公尺至 6 公尺深度的視電阻率分布圖。經觀察後發現，深度 3 公尺、4 公尺圖面上，北端處有較明顯不自然的異常值，此處異常在後續驗證時確認為目標沉船。

多音束測深結果如圖 3- 36，A 為測線，B 為全區域水深分布。比對視電阻率出現異常的位置後，在該處發現與周圍環境不一致的異常地貌，如圖 C 所呈現的不規則突起，異常範圍在圖 D 中以虛線畫出，與實線畫出的視電阻率異常範圍差異不大。由於沉船輪廓不完整，推測船體可能有部份被掩埋於沉積物中。

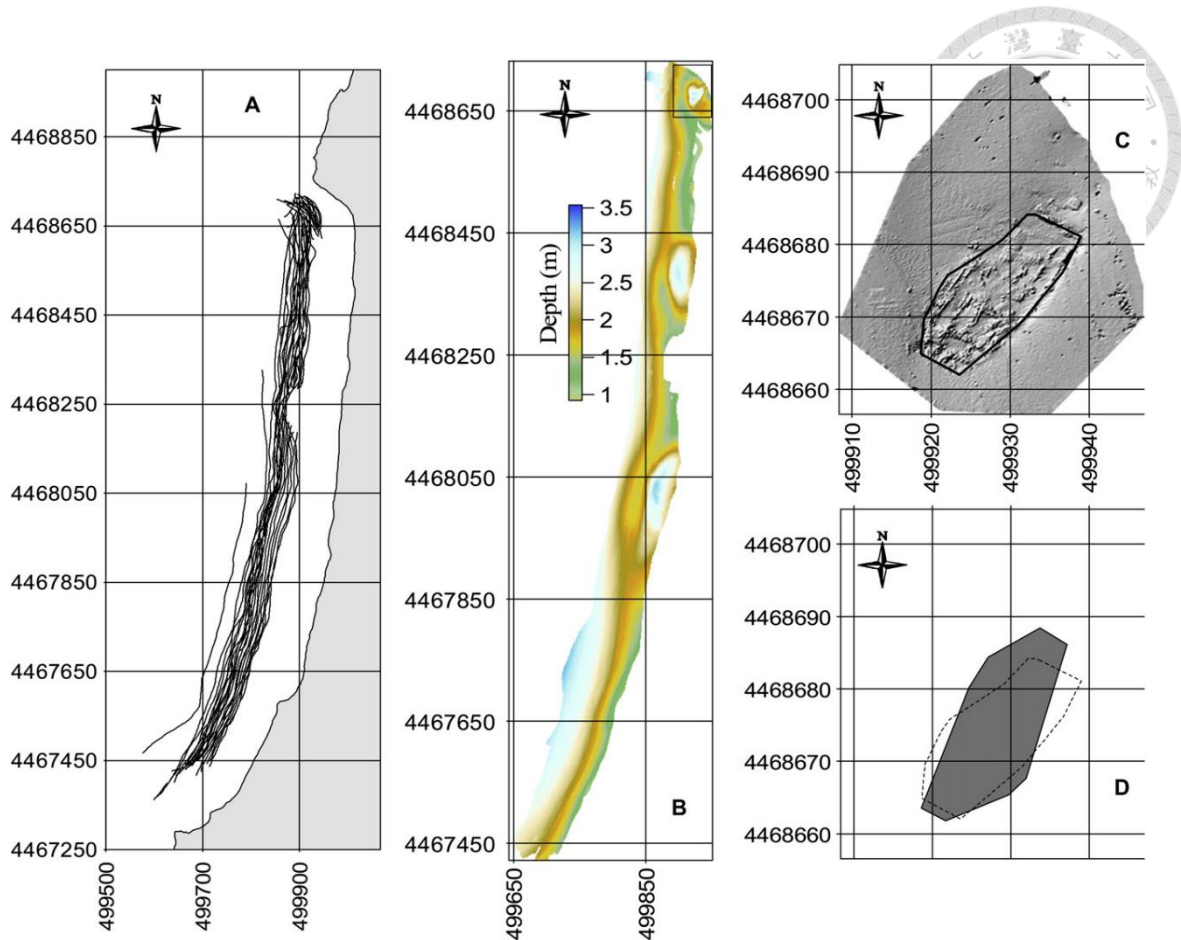


圖 3-36：多音束海床測繪結果。(Passaro, 2010)

A 為調查測線，B 為全區海底地形，上方以方框標示異常區塊，放大檢視如 C，可觀察到不自然的地貌特徵，D 為異常範圍標示。

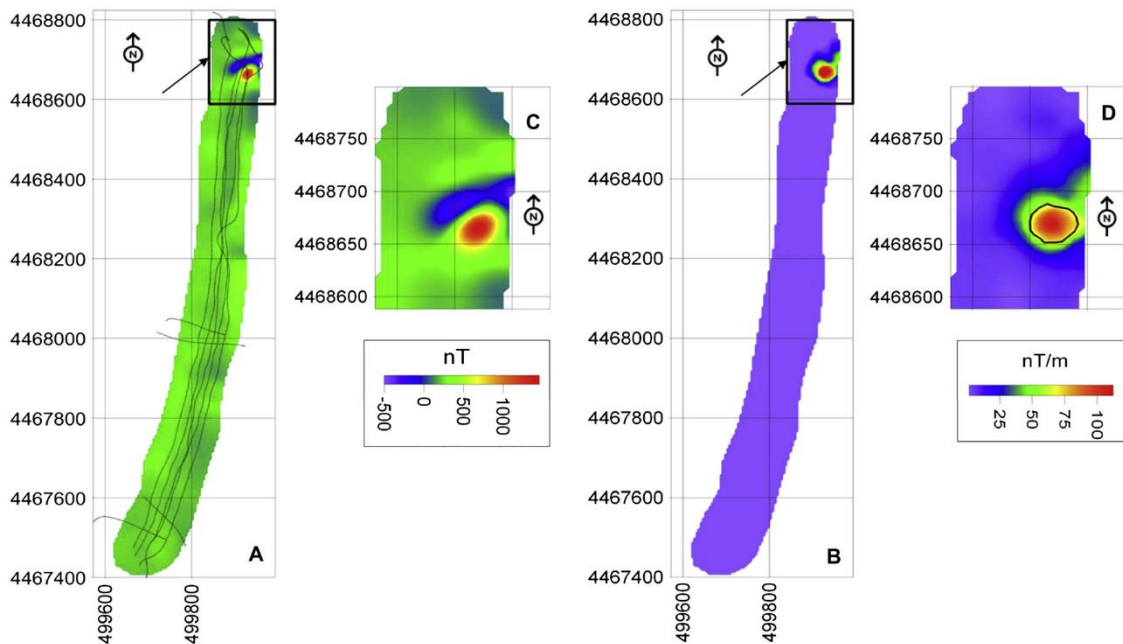


圖 3-37：磁力調查成果。(Passaro, 2010)

A 為全區磁力異常值分布，B 為磁力梯度分布。

磁力測量的結果如圖 3-37，同樣在調查區域北端觀察到異常值，此異常由梯度圖觀察相對明顯。因此，根據梯度圖畫出異常範圍，並與視電阻率異常範圍共同標示於圖 E 中，可以發現兩組數值異常區域是互相重疊的。

將歷史紀錄與測量結果比對，再經潛水員水下驗證後，判斷這艘沉船是一艘坦克登陸艇 MKV(Landing Craft, Tank, Mark V) (圖 3-38)，為二戰期間服役的軍艦之一。



圖 3-38：MKV 資料影像。(Passaro, 2010)

此案例的工作流程概要如圖 3-39。二戰的歷史由於紀錄相對完善，比起其他類型的水下文化遺跡擁有較多資料供參考，因此詳盡的事前作業對調查成果幫助極大。另外，此案例的特別之處為以磁力測量搭配水下地電阻法的方式施測，總共取得測深、磁測及電阻測量等三組資料供交互比對，理論上能夠提高搜索到目標物的機率。地電阻法在水域的應用目前仍尚未普及，未來若相關技術足夠彌補其限制，可望成為水下遺跡調查的有效工具之一。

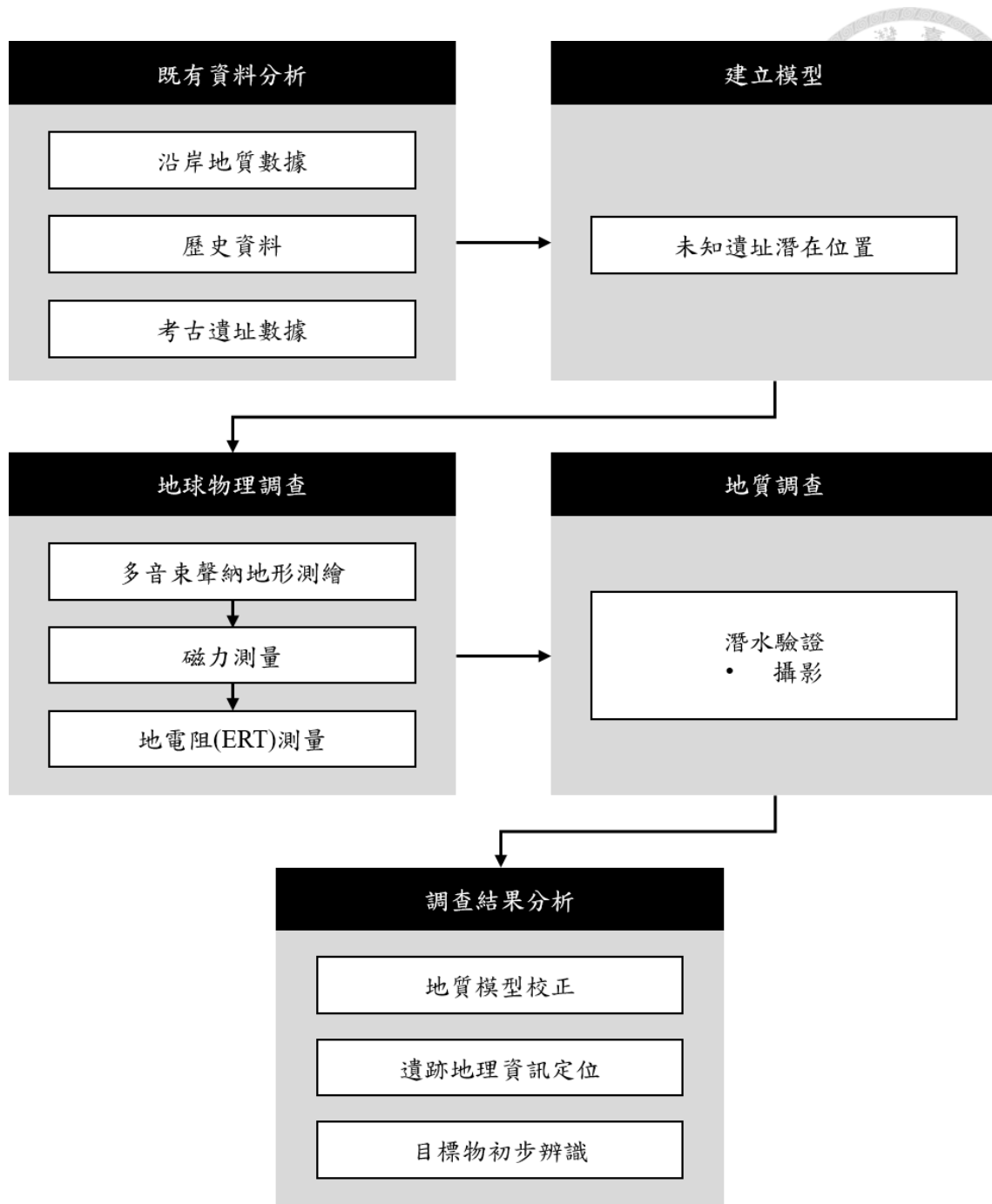


圖 3- 39：Salerno Gulf 水下文化遺產調查（二戰遺存類型）工作流程簡述。



3.5.2 未爆彈(UXO)：Currituck Sound, North Carolina, USA

位於美國北卡羅萊納州的 Currituck Sound (圖 3-40)，約從百年前即有火藥及未爆彈污染的歷史，於二戰期間此地設有軍工廠及彈藥儲存庫。因此，自 1980 年起當地政府開始於該區域實施未爆彈調查及清理行動。必須特別說明的是，由於未爆彈偵搜為風險較高的調查作業，目前相關的水下調查報告相對較少，相關調查技術仍持續發展中。本文中展示之案例(McDonald, 2008)即為未爆彈偵搜技術測試範例，隸屬美國官方環境安全技術檢驗計畫(Environmental Security Technology Certification Program, ESTCP)。



圖 3-40：Currituck Sound 空照圖。(McDonald, 2008)

圖中 Ostrich Bay 為此調查目標區域。

未爆彈種類繁多，不同目標物在測量結果中呈現的差異很大，因此在搜查前需要事先定義目標物的可能特徵。較精確的定義通常需由歷史資料獲得，據此列



出當地可能出現的彈藥種類，並確認其材質為鐵金屬外殼或複合材質（部份為鐵），描述其外型及尺寸大小，最後再以這些特徵定義目標未爆彈造成的磁力異常值範圍或感應電位差值區間。

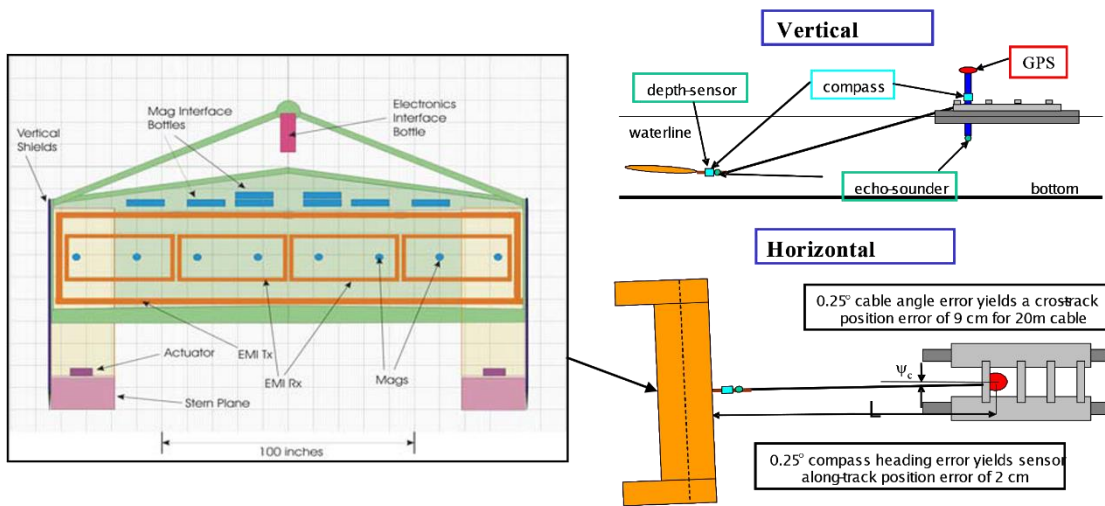


圖 3-41：磁力及電磁感應並行模組與裝置示意圖。(Bassani, 2008; McDonald, 2008)
此系統為調查期間開發的測量模組，用於同時進行磁力與電磁感應測量，不同儀器的裝置間隔經過設計，如左圖，以避免互相干擾。測量時載具以底拖方式連結調查船，如右圖。

現今未爆彈偵搜技術主要有磁力測量及電磁感應法(Electromagnetic Induction, EMI)，後者又分為頻率域(Frequency Domain Electromagnetic Induction, FDEM)與時間域(Time Domain Electromagnetic Induction, TDEM)兩種，未爆彈調查中多使用時間域法。此案例中發展的調查系統為合併磁力測量及 TDEM 法之未爆彈偵搜模組，以底拖方式施作。儀器配置如圖 3-41 所示，並搭配單音束聲納同時測量調查區域水深。

由於 McDonald (2008)僅呈現磁力測量結果，故在此不針對 TDEM 法多做討論。調查施作航線如圖 3-42 所示，橘色線區域之航線間距為 4 公尺，黃色線區域則因地形較複雜，使用較小的船隻掛載 2 至 3 具磁力儀施作。

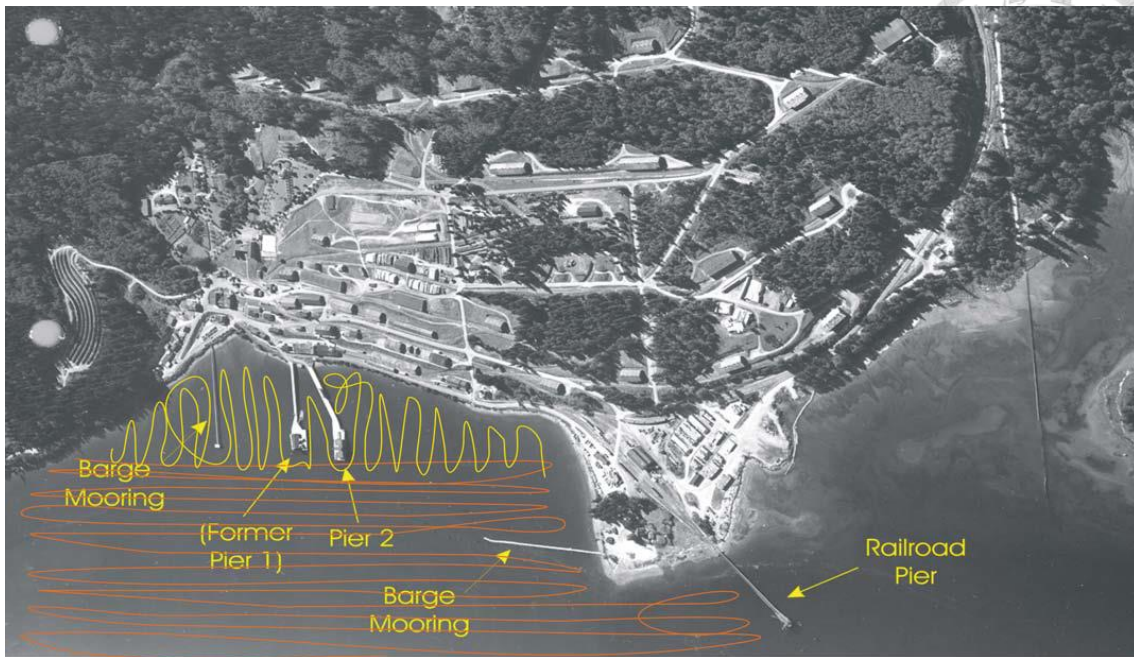


圖 3- 42：調查船航行軌跡。(Bassani, 2008; McDonald, 2008)

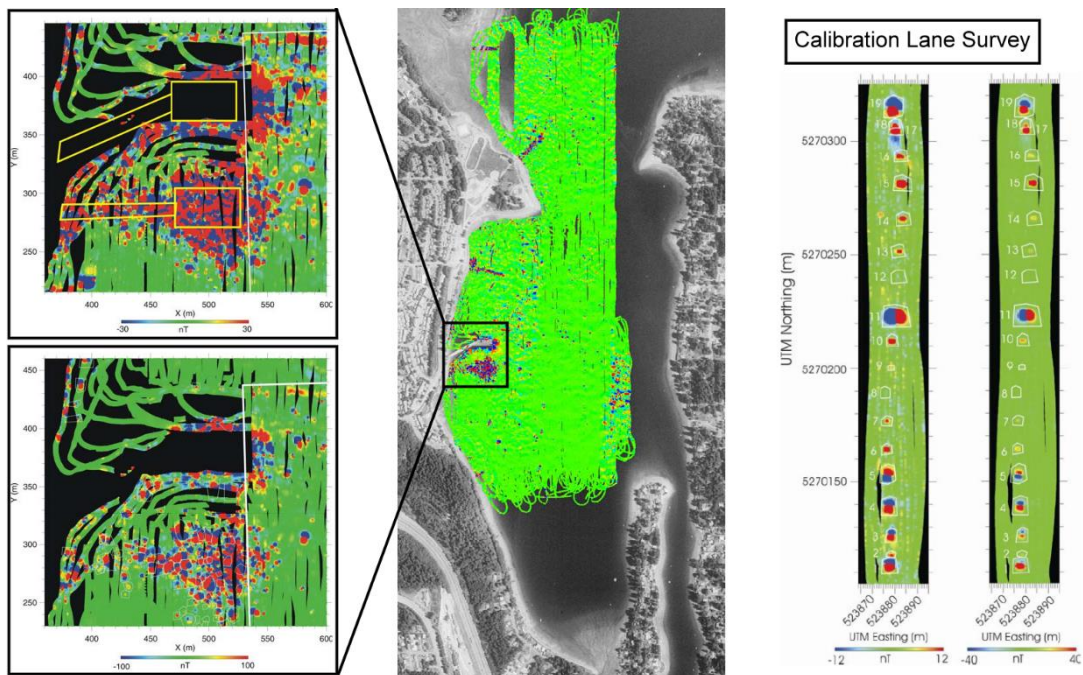


圖 3- 43：磁力校正測試結果及實際施測成果。(McDonald, 2008)

右圖為校正測試，左圖為正式施測。

施測結果如圖 3- 43 所示。為了進行儀器校正，McDonald (2008) 團隊於該海岸其他區域布置數個已知目標物，並大致成直線排列，如圖 3- 43 右，兩圖為調整不同磁力異常值區間後呈現的結果。此結果除了校正儀器數值，也可進一步確認同類型目標物在測量結果上呈現的異常區間大致落在哪個範圍。圖 3- 43 左為



正式的磁力測量施測結果，將局部區域放大觀察，調整異常值區間後，可看到在不同區間下呈現的結果，如何調整則視目標物可能造成的異常值範圍而定。

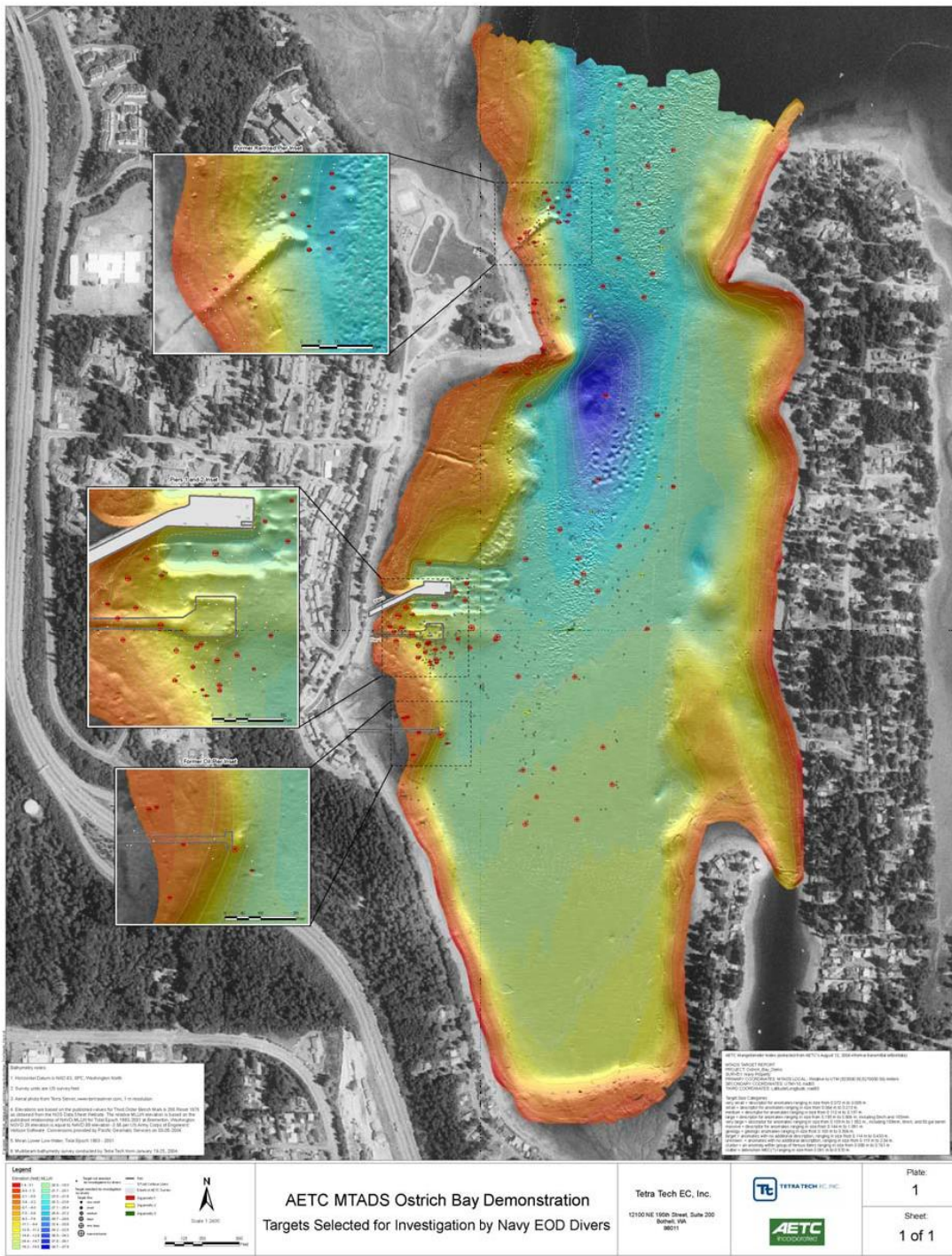


圖 3- 44：水下驗證及挖掘位置。(McDonald, 2008)
底圖為單音束測繪地形成果，標示紅點處為水下驗證地點。



圖 3-44 為單音束測深結果，標示紅點處則為該次偵搜後執行潛水觀察的地點。此部份調查主要是為了驗證磁力測量的結果，並選取須進一步挖掘的目標物位置，以光學攝影或 X 光攝影方法加以驗證。

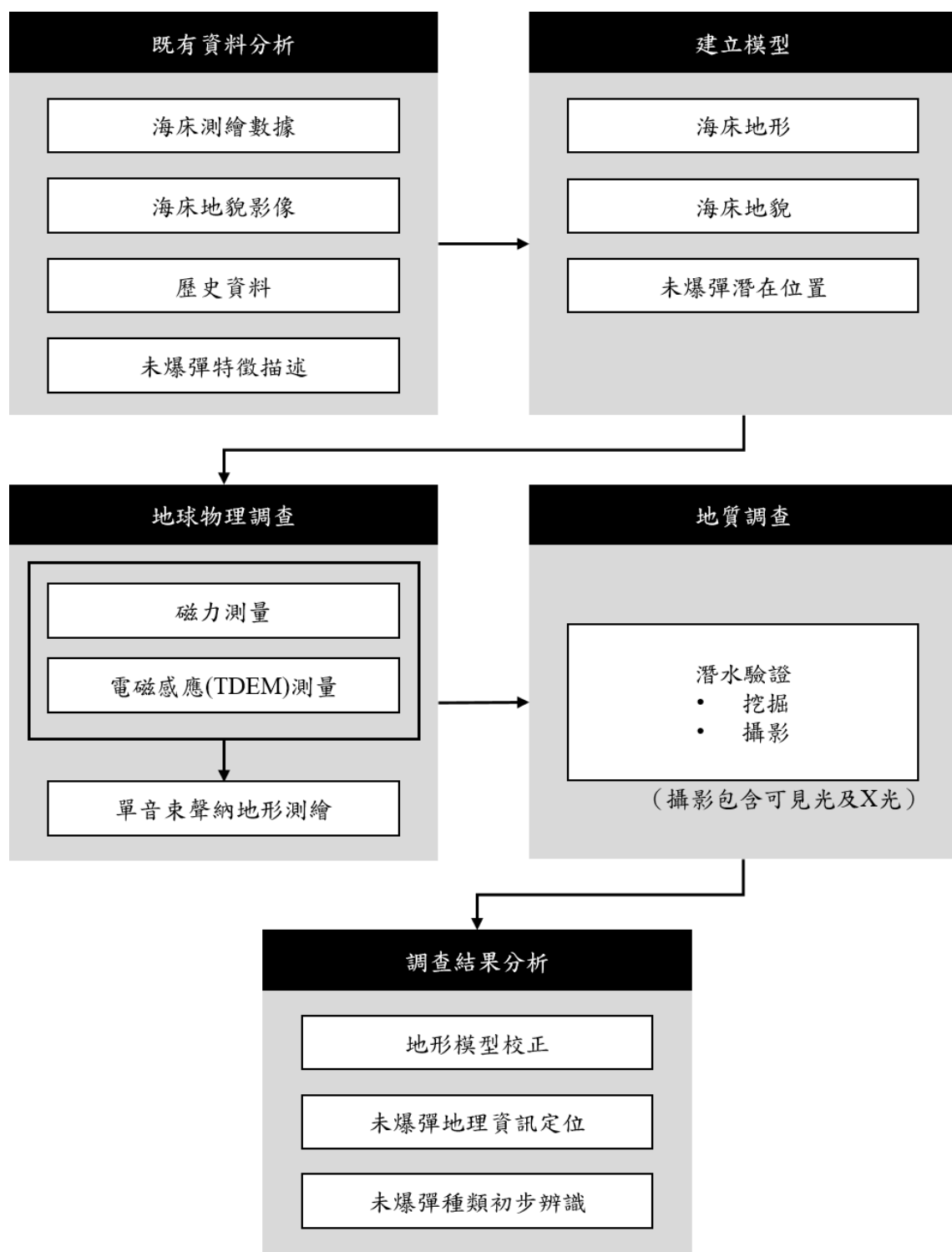


圖 3-45：Currituck Sound 水下殘留未爆彈調查工作流程簡述。

未爆彈搜索屬於高危險性的調查作業，無論於陸地或水域施測都相當困難，需有專業人士參與作業。圖 3-45 為此案例的粗略作業流程，僅供參考。Simms et al. (2004)針對規畫未爆彈偵搜著有專文指引，內容詳述如何定義未爆彈特徵、如何運用地球物理技術進行搜索等，可供參酌。





3.6 後期處理情形

隸屬歐盟的 SASMAP 計畫(Development of Tools and Techniques to Survey, Assess, Stabilise, Monitor and Preserve Underwater Archaeological Sites)匯集參與計畫學者與專家的經驗，編寫了提供水下考古調查作業參考的工作指引(Gregory and Manders, 2015; Manders and Gregory, 2015)，並於其中提出一套完整的作業流程，如圖 3-46。此作業流程將所有工作概分為四個階段：事前研究與評估、現場調查與測量、考古重要性評估、保存與管理。本章呈現的調查案例著重於前兩個階段，探討事前作業應包含哪些面向，以及不同類型的調查通常選用哪些工具、如何安排合適的施測流程。而現場作業完成後，其調查成果尚需尋求考古領域的專家合作進行判釋與評估。

考古判釋與評估工作包含考古價值評估與保存需求評估兩個部分。不具有文化代表性、過於殘破無法辨別或復原，或僅僅只是古老的海洋垃圾等諸多因素，都可能使搜索到的物件不必然具備歷史意義。然而，調查資料的數據處理與分析工作主要由地球物理與地質領域的技術人員負責，因此仍然需要具備相關歷史與考古知識的人員來協助判釋。而如何整合不同領域的資訊與意見，就是這個階段的重要議題。

最後的遺跡保存評估階段，則是要提供當地行政決策者在訂定管理策略時的參考資料。現行的保存方式分為現地保存與挖掘出水兩種，由於文物出水後會立刻面臨保存與維護的難題，通常在原環境許可時會優先選擇現地保存，目前世界各國在處理水下文化遺產保存問題時多採用相似的管理策略。而在確認遺跡以保存方法管理後，仍需定期監測保存環境的異變，以保障遺跡安全。若是因原環境不適宜而需要挖掘，則要透過震波測勘技術進一步了解底質結構組成，藉此判斷應該使用何種挖掘方法以策安全。

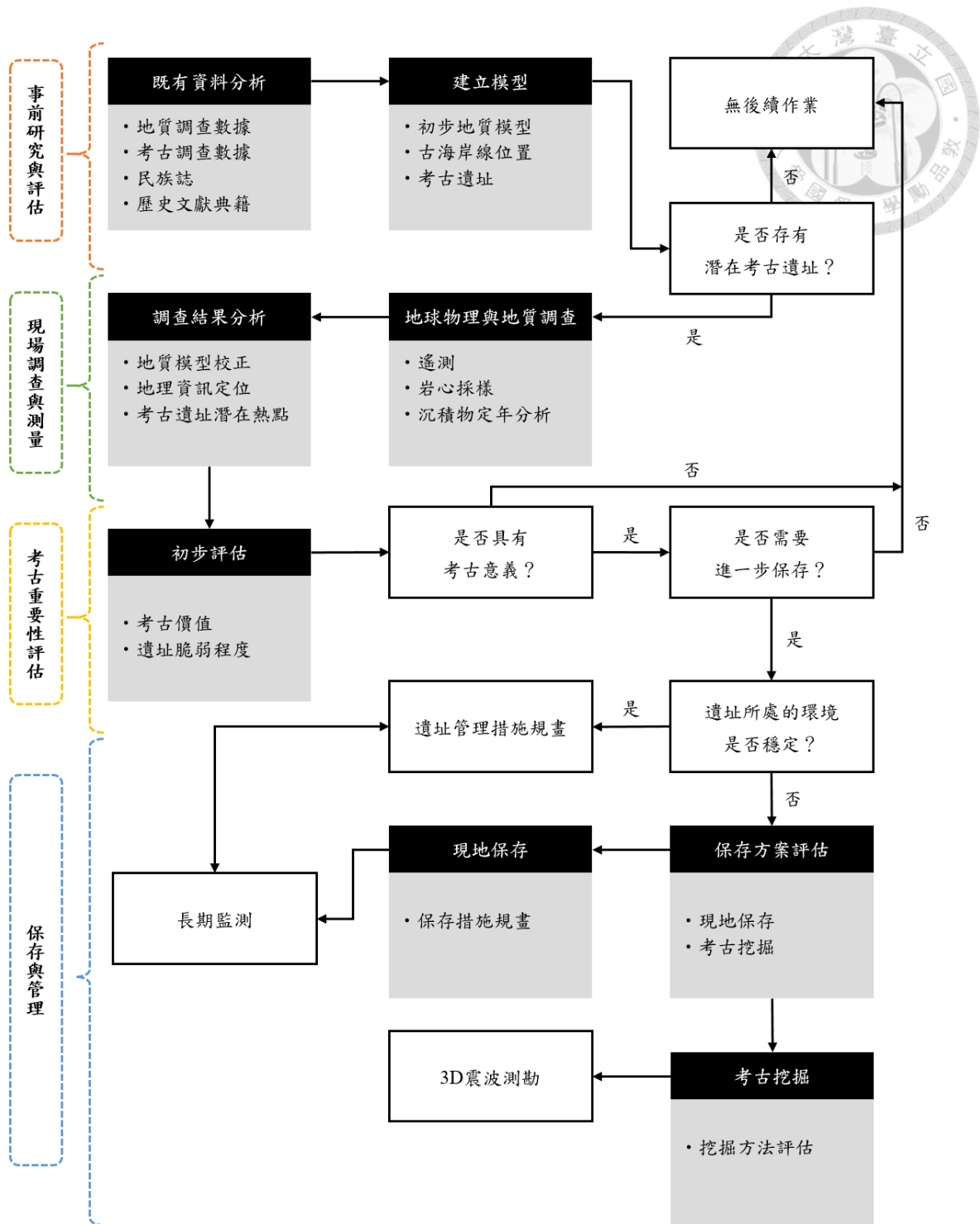


圖 3-46：水下文化遺產調查基本作業流程。
 參考 Gregory and Manders (2015)重新編譯繪製。

第4章 臺灣及周邊地區調查案例分析



與前述其他國家之調查案例相比，我國多數的水下文化資產調查在調查目的上有所不同。前述案例多從調查某一地區的考古意義出發，因此多會在事前透過各種資料彙整以鎖定考古目標物潛在熱區，也就是先建立當地考古模型後，再針對較可能存在目標物的地點執行調查，也有許多為已知目標存在或可能存在而進行的調查，即真正意義上的考古調查。我國的案例則多源於開發需求，為了避免受開發影響致潛在的水下文化資產受損，並排除預定開發區可能存在考古目標物此一目的而進行事前調查，即為搜索潛在目標而實施的疑似水下文化資產標的調查。除了前述差異外，後者通常由開發單位執行，調查範圍僅限於預定開發區域周遭，能夠取得的資料較少，可以說其調查成果從最初就受到限制。

由於我國的水下文化資產調查相關法令實施僅數年，相關工作也都還處於適應及調整階段，因此本章除了介紹各個案例的調查策略、調查流程及成果等相關資訊，也會比較法令實施前後調查作業上的差異，並進一步探討法令為水下文化資產調查帶來的影響。

4.1 臺灣及周邊地區調查作業現況

我國水下文化資產保存法中，與水下文化資產相關的條文為第9條與第13條，第9條明定涉及水域之開發或利用前需先執行水下文化資產調查，第13條則規範發現疑似水下文化資產時，需停止可能造成影響的活動並立即通報主管機關。由前述兩項條文衍生的實際執行辦法便是水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法，為目前臺灣及周邊地區的水下文化資產調查的主要依據。更詳細的作業流程和使用探測儀器種類，則需參照文化部頒布之水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引進行，並依前述辦法於調查前後將相關資料送文化部審查。

前述指引的內容，可依其規範對象概分為作業流程規範及探測儀器標準兩部分。作業流程規範是於前述辦法提及的行政作業程序之下，增加規定調查必須包



含初查、複查兩個階段。初查需對預定開發區域進行全區普查，並經過資料判釋後標記疑似目標物，再對疑似目標物所在位置及周邊區域進行複查，如圖 4-1。

詳細流程記載於前述指引之附件二。

與探測儀器相關的規定中，則包含必須施作的測量項目及要通過文化部審查所需的儀器精度最低標準。必須項目共有側掃聲納、水深測量、磁力測量、地層剖面儀等，並搭配水下攝影或錄影驗證。測量標準則依不同測量項目個別訂定，但皆要求必須滿足國際水文測量組織(International Hydrographic Organization, IHO) 水文測量特等或 1a 等級。IHO 水文測量標準的繁體中文譯文記載於前述指引之附件一。

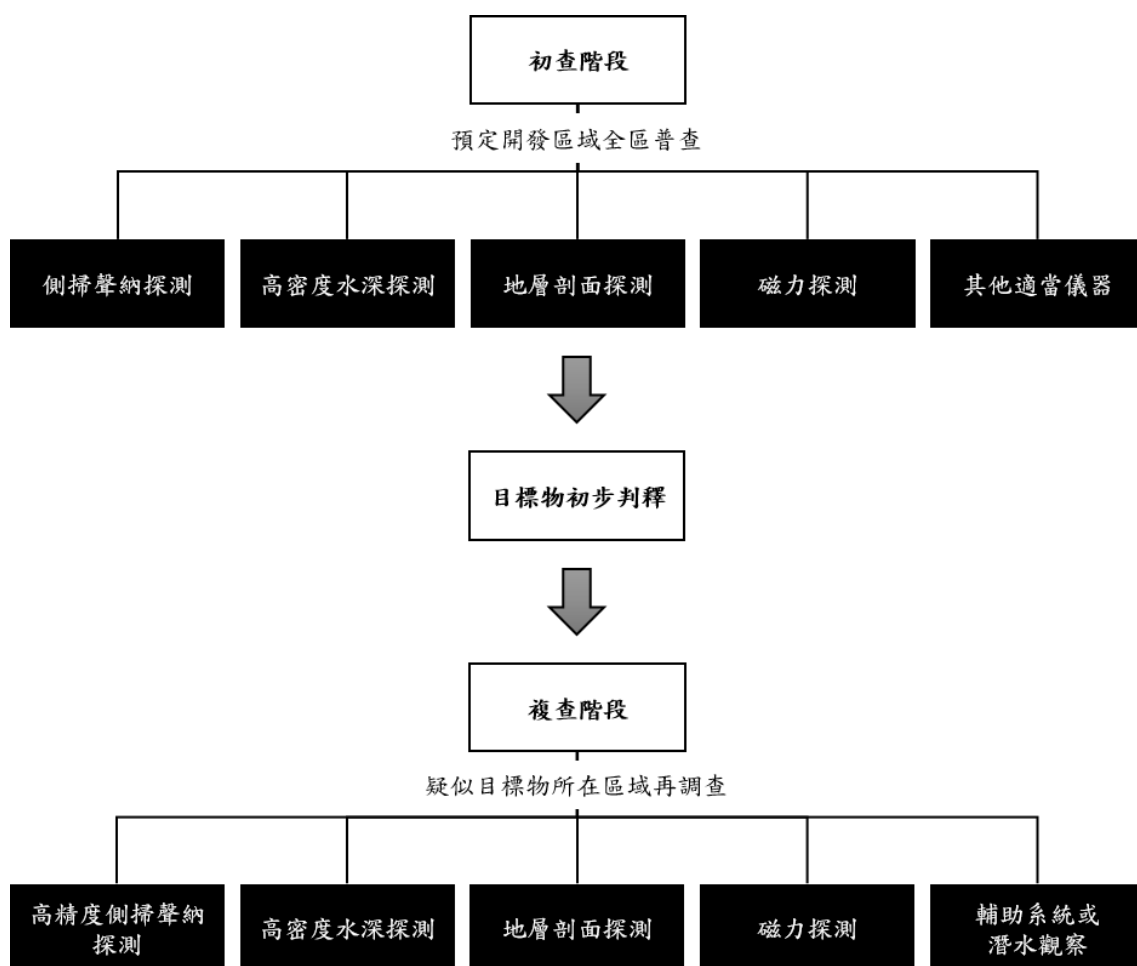


圖 4-1：臺灣及周邊地區水下文化資產調查現場作業流程。
依據水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引附件二重製。



4.2 過去調查案例

如同 4.1 之說明，由於水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法及文化部水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引的頒布，使調查作業自法令頒布起便需依照法定的流程作業，為現場工作帶來了相當程度的改變。以下將呈現兩個於臺灣及周邊地區施作的調查案例，除了探討其調查方法外，由於兩例實施調查的時間點分屬法令公告前與公告後，故也會就法令造成的兩者差異加以分析，進一步討論現行法令對實際調查作業產生的影響。

4.2.1 淡江大橋場址水下文化資產調查（2015 年）

預計於 2024 年完工的新北市淡江大橋，規畫橋樑總長約 980 公尺，主橋段橫跨淡水河口並預定設立橋墩柱 6 至 8 處。由於淡水河口自古即為水路交通要道，鄰近地區也存在多處考古遺跡，為避免影響可能存在於水下的歷史遺跡或文物，有必要對預定施工地區進行調查，評估工程的潛在影響並設計保護措施。

該案例之調查工作由龍門顧問有限公司及全球測繪科技股份有限公司合作進行，前者負責歷史文獻蒐集與分析，後者則承攬水下物理調查作業及後續資料處理、判釋等相關工作。

淡江大橋主橋段預定位置自八里挖子尾至淡水油車口，因此規畫調查範圍為橋樑中心線向兩側延伸各 125 公尺、面積約 30 公頃之水域，如圖 4-2 所示。透過文獻與資料搜尋，獲得與該地區相關的既有資料包含歷史文獻與古籍、鄰近區域之考古調查成果及過去地形地質調查數據，並整合為該地區的初步背景資訊。

經由前述工作，得知淡水河口區域近百年來其侵淤現象大幅受到人為因素影響，諸如上游水庫興建、河道整治與砂石開採等，致使河口環境顯著變遷，尤其輸砂量減少削弱堆積作用，使得沿岸沙洲縮減(張菀文, 2002; 鄧國雄, 1985)，河道寬度也有所變化(李錫堤 et al., 1998)。



圖 4-2：淡江大橋主橋段預定施工位置。(龍門顧問有限公司)
圖中粉色區塊為調查區域，該區域範圍長約 1.2 公里、寬約 0.25 公里。

在歷史考據部分，依據史籍所載得知 1884 年清法戰爭時，清軍在淡水河口河道最窄處布防，障礙物包括載石沉船、水雷等，經比對後推測該處防禦工事現今的大致位置與淡江大橋主橋段預定施工地點相近（如圖 4-3），不排除存在部份重疊的可能性。故此，經評估後將 1884 年清法戰爭視為該次調查的主要歷史事件，並以其相關遺存為主要調查目標。

經由史籍所載，判斷目標物可能包含砲彈、沉船、海纜等。淡水河口為 1884 年清法戰爭的主要戰場，除了兩軍交火時造成的各式戰爭遺留，如軍艦、槍砲殘骸，也可能有清軍為布防埋設的水雷。此外，該地區過往即有為數眾多的船隻熙來攘往，也可能有人為或意外等因素沉沒的船隻殘體留存。另根據文獻紀錄⁵，此處附近可能是日據時期日人架設的海底電纜入海位置，因此也將海底電纜列為搜索目標。

⁵ 見於《臺灣交通要覽》(1900)中〈大日本帝國臺灣電信線路圖〉。

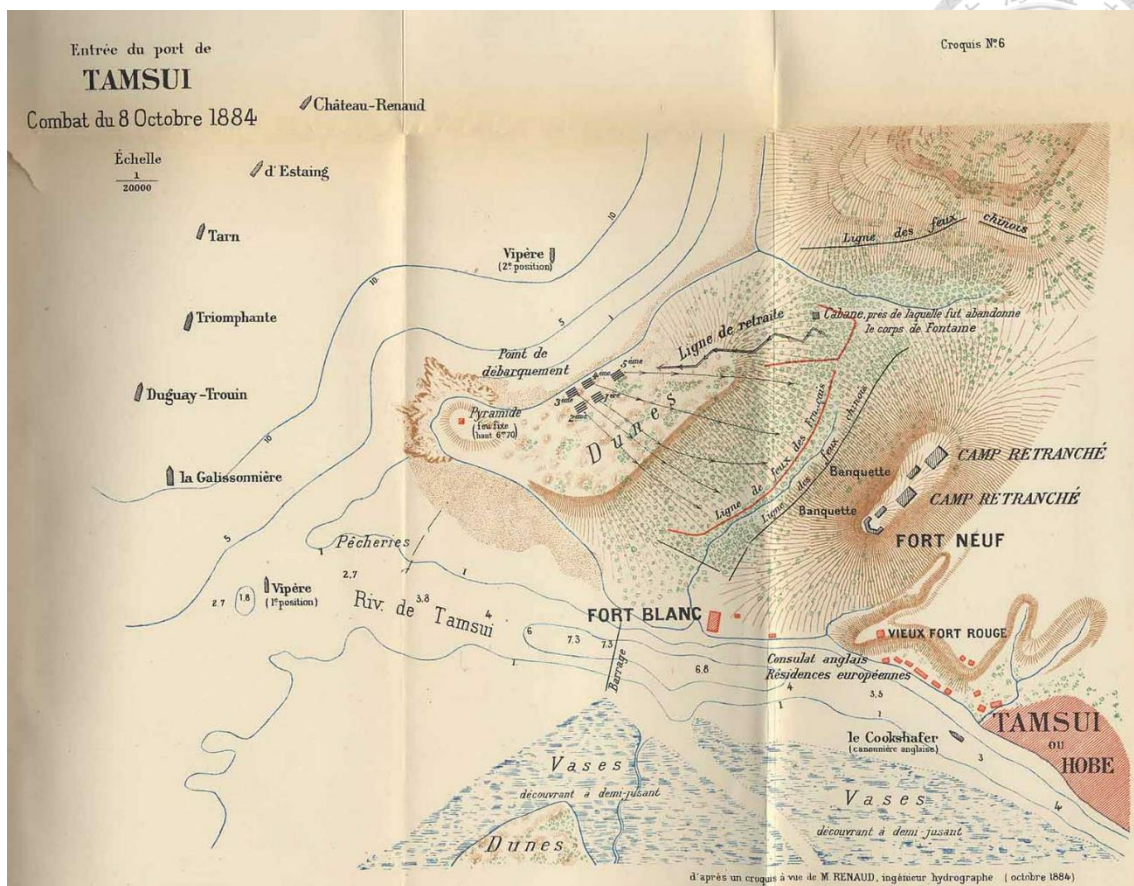


圖 4-3：1884 年 10 月 8 日法軍淡水之役戰略圖。(Garnot, 1894)

淡水之役又被稱作滬尾登陸戰，為 1884 年清法戰爭的其中一場戰事。圖面由 Eugène Germain Garnot 繪製。

調查方法分為水下地球物理調查及後續水下驗證兩個階段。水下地球物理調查使用的儀器包括多音束測深系統、側掃聲納、地層剖面儀及海洋磁力儀，分別用以取得水下地形資料、水下地貌資料、地層剖面資料、調查區域磁場分布及磁力異常值分布情形。各項儀器在操作配置上，僅有多音束測深系統固定於船身，並配合 GPS 衛星定位系統收集即時定位資料，其餘儀器則以繫纜方式後拖於船尾，並於施測時在安全範圍內盡量貼近海床。施測流程如圖 4-4 所示，圖 4-5 則呈現調查船進行各項測量時的航行軌跡，但不包含磁力調查。所得資料經數據處理後，再接續進行綜合判釋，最終成果包含在調查數據中呈現異常之位置標示，以供水下驗證工作參考使用。該項調查於 2015 年 3 月施測，所有測量工作分批於 4 個工作日內完成。



圖 4-4：淡江大橋一案之水下目標物調查流程。

地球物理調查依照變頻式聲納、側掃聲納、海洋磁力儀、多音束測深系統之順序循序測量，另增加變頻式聲納及單響爆炸器之並行測量，以補強該區域由淺至較深部地層剖面的完整資料。最終成果經判釋後將物件位置及特徵資訊提供水下驗證人員參考。

須另提及的是，由於該區域地質環境主要為砂質及泥質組成，為補全地層剖面由淺層至較深層之資訊，經考量後增加單響爆炸器之調查，以增強對地層的穿透能力。

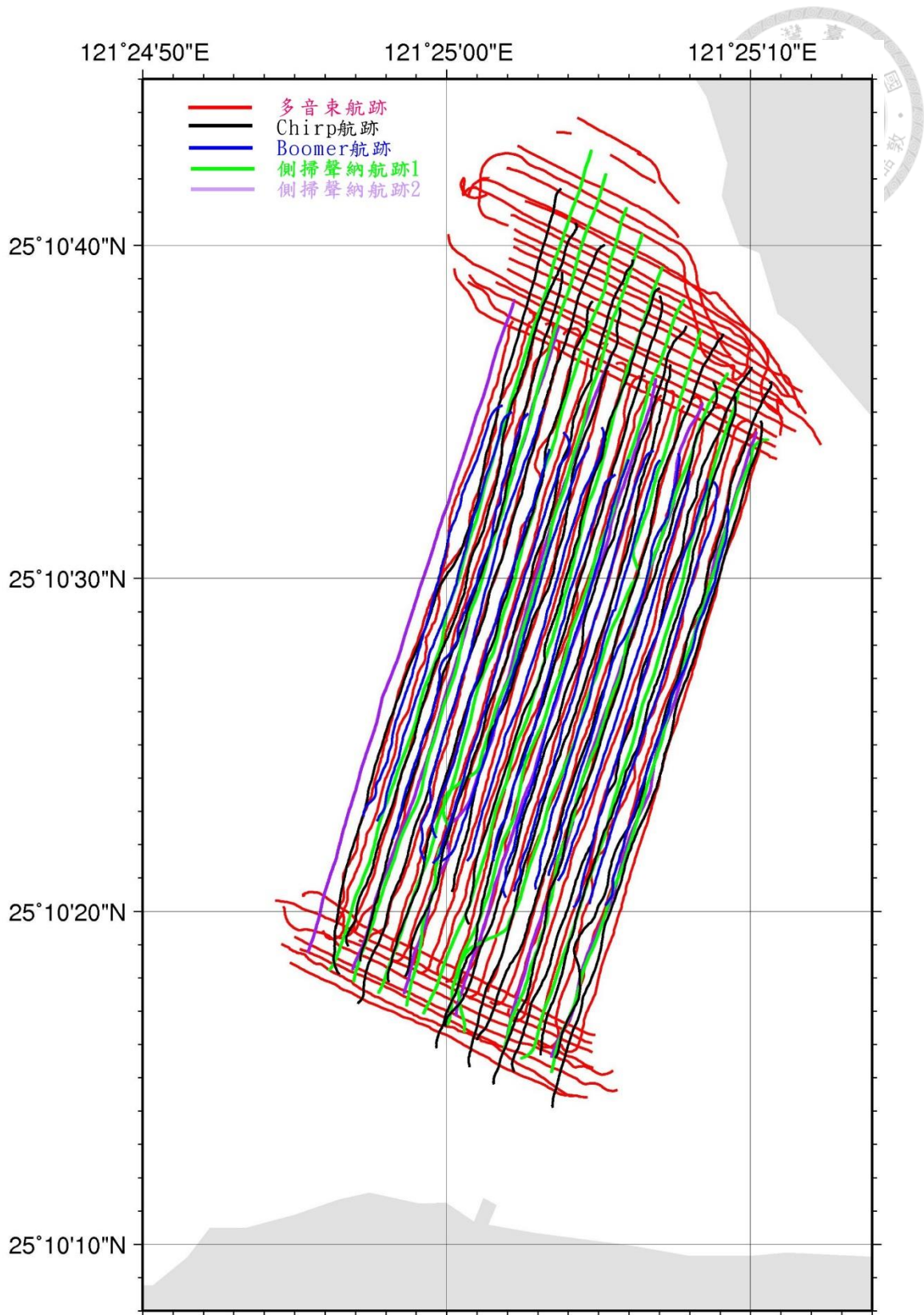



圖 4-5：調查船航行軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)

多音束水下地形調查軌跡為紅色，水下地層剖面調查包含變頻聲納（黑色軌跡）及較低頻的單響爆炸器（藍色軌跡），側掃聲納地貌調查則因施測時間不同分為第 1 次（綠色軌跡）及第 2 次（紫色軌跡）。



淡江大橋主橋段全區域之調查成果如圖 4-6、圖 4-7、圖 4-8、圖 4-9。圖 4-6 為多音束水下地形調查成果，可觀察淡水河口在該時間點的地形分布情形。由圖得知，河道北岸河床呈較明顯的堆積現象，南岸則相對侵蝕較多。宋國士 et al. (2001) 曾於 2000 年調查淡水河口地形，並比對 1921 年之歷史紀錄，發現南岸過去曾有較大面積的堆積地形，顯見南岸近百年來有較嚴重的侵蝕現象，而主河道則有向南偏移的情形。再將圖 4-6 比對 1884 年的地形（圖 4-3），彼時水深最深處達 7.3 呎（約 13 公尺），目前則僅有約 8.5 公尺，可知與過去相比水深變淺。

圖 4-7 為側掃聲納獲得之水下地貌調查成果，並標示前述多音束調查測得之水深分布。經過影像判釋，總計標示了 22 處疑似目標位置，包含 34 個疑似目標物。然而，從水深調查得知北岸為堆積作用旺盛的區域，若有百年前的古物則遭沉積物掩埋的可能性較高，無法直接從側掃聲納影像辨識，需再配合地層剖面資料才能判斷。

圖 4-8 為變頻式聲納發射器獲得之地層剖面調查成果。圖左為船行走之實際測量軌跡，總計測得 17 條測線，其中 T06、T08、T10 最靠近淡江大橋預定建築位置，詳細剖面成果展示於圖右。由呈現的影像判斷，1884 年時的河床在北岸應位於現今河床下方約 4 公尺深處，而在南岸則未受現代沉積物覆蓋。

圖 4-9 為全區域磁力梯度分布狀況，為磁力儀獲得之調查結果經資料修正而得。由圖可見河道北岸及接近中央位置有幾處較明顯的磁力異常分布，顯示可能存在具強磁性目標物。為便於比對，圖中另以紅色數字標示於側掃聲納調查成果中發現的疑似目標物位置，用以判斷哪些目標物可能為磁性物質。

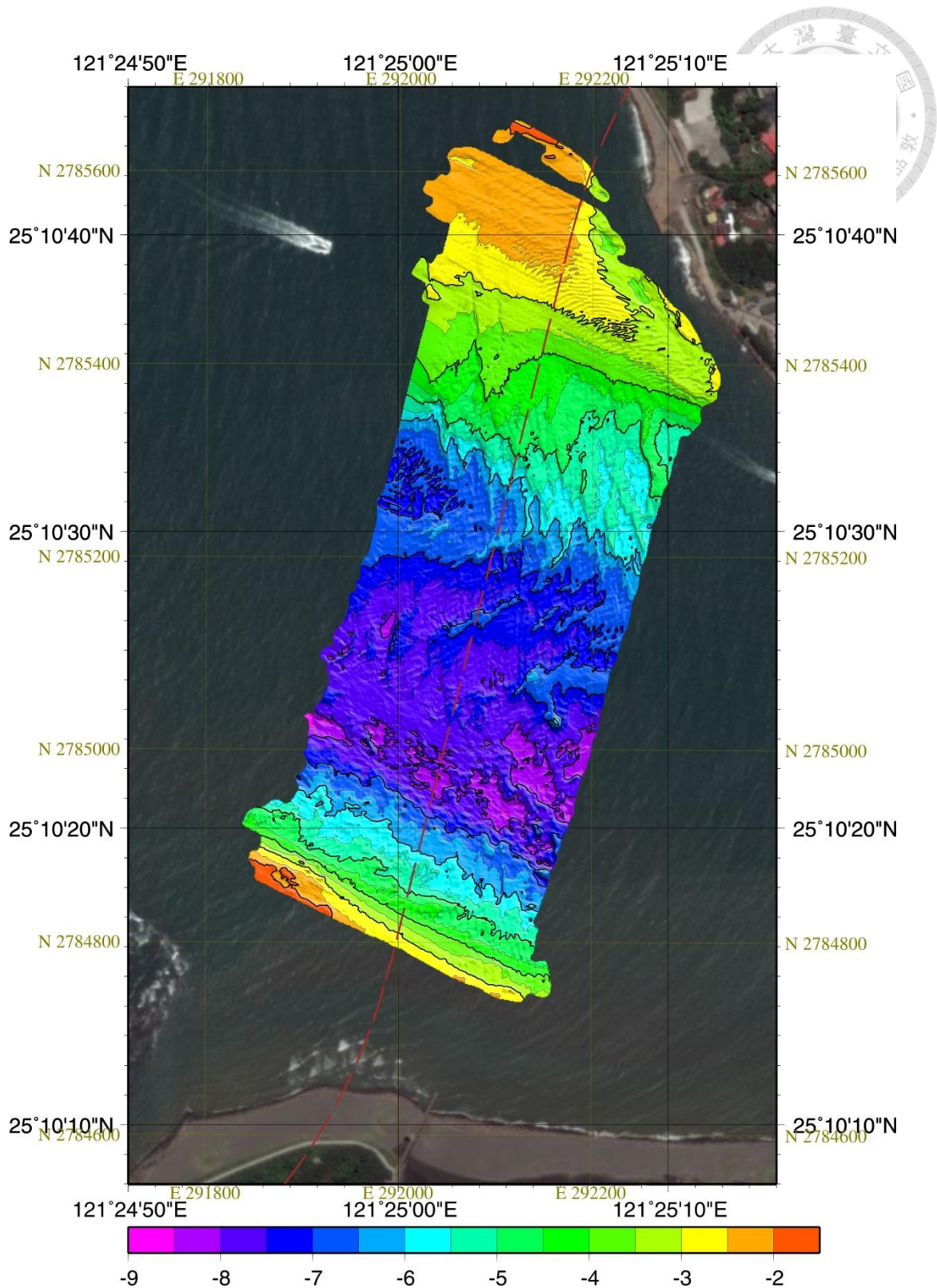


圖 4-6：全區水下地形調查成果。(全球測繪科技股份有限公司)

圖以多音束測深系統測得之水深值繪製。觀察圖面可以發現，此區北岸的堆積情形較為顯著，甚至出現大範圍的堆積沙丘，南岸則相對有較嚴重的侵蝕情形。

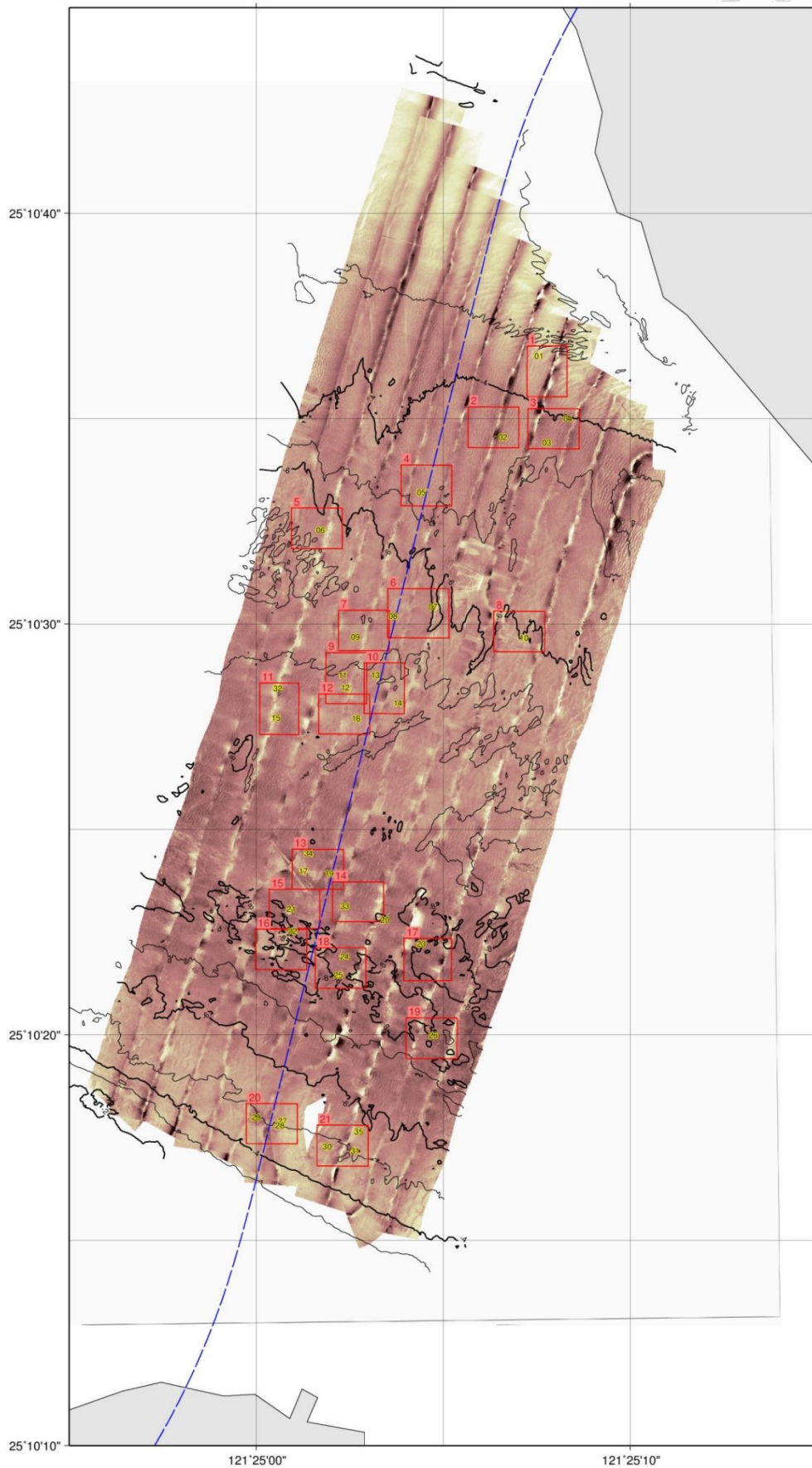


圖 4-7：全區水下地貌調查成果。(全球測繪科技股份有限公司)

圖中紅色方框為疑似目標物的所在位置，藍色虛線為淡江大橋預定行經的位置。

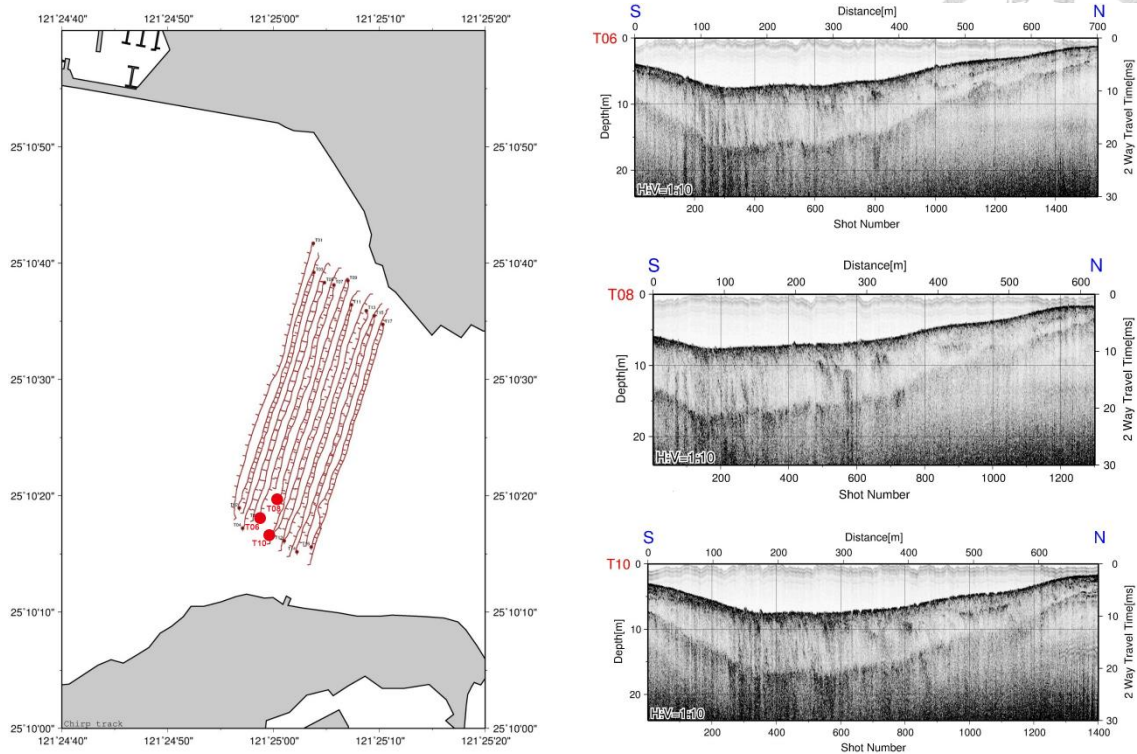


圖 4-8：地層剖面調查成果。(全球測繪科技股份有限公司)

此為以變頻式聲納獲得之成果，圖左為調查船實際測量軌跡，其中標示最接近淡江大橋預定地的
3 條測線 T06、T08 及 T10，並將剖面成果展示如圖右。

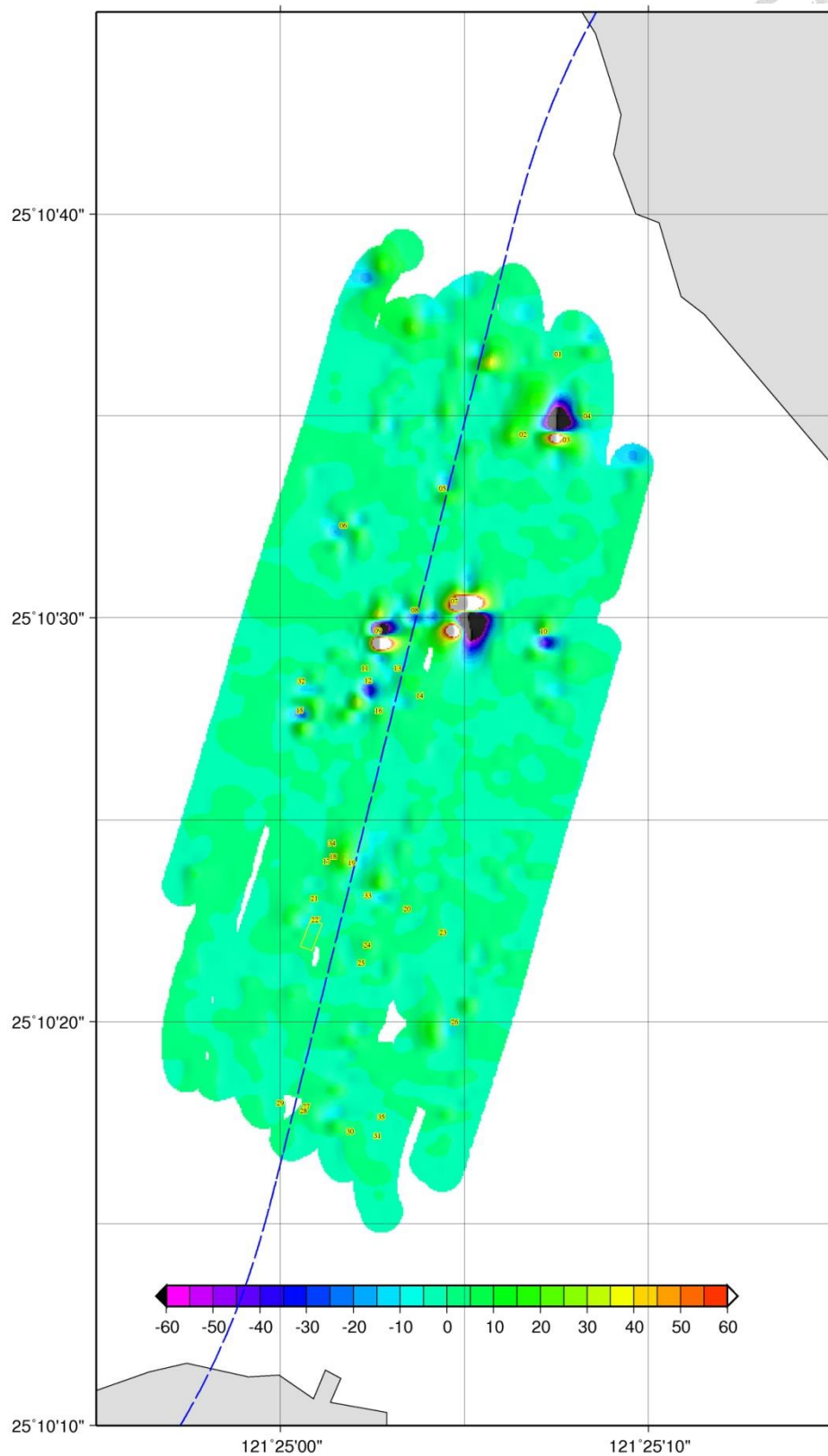


圖 4-9：全區磁力梯度分布情形。(全球測繪科技股份有限公司)

此為經資料修正獲得之成果，磁力異常之量值變化以不同顏色標示，詳細可參考圖下方彩色條。

藍色虛線為淡江大橋預定行經位置。



後續對疑似目標物的水下驗證工作，則依據淡江大橋橋墩建設對目標物的潛在影響程度來進行，包括接近橋墩預定位置、形狀與大小顯著且位於底床上等條件。驗證方式以垂放水下攝影機、潛水人員水下攝影等為之，潛水人員並配備探棒以進行底質探測，總計對 11 處疑似目標物進行驗證。

以下目標物說明範例節錄自疑似目標物 No.26 之判釋與水下驗證結果。該疑似目標物位於河床偏南岸區域，如圖 4-10 所示，並於側掃聲納影像、地層剖面影像及磁力調查成果中均呈現異常，所在地點位於水深約 8.23 公尺、距離淡江大橋橋墩預定位置約 102 公尺處。

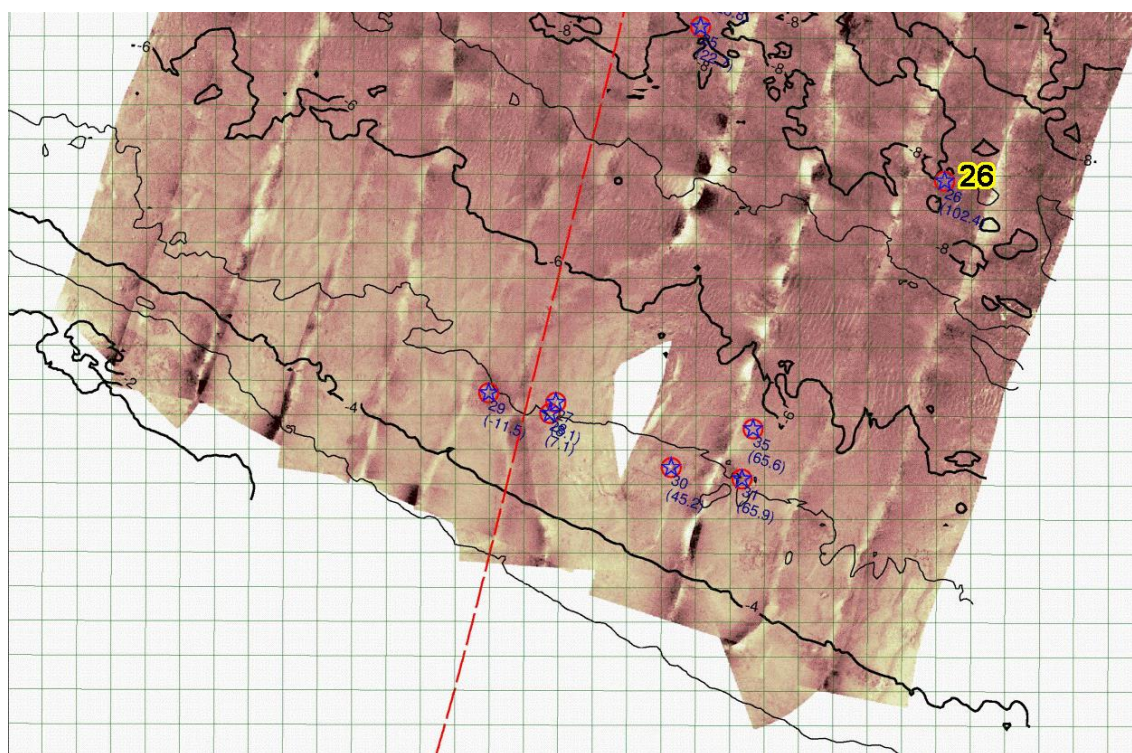


圖 4-10：南區水下地貌成果。(全球測繪科技股份有限公司)
疑似目標物 No.26 於側掃聲納影像影像上的位置如圖中所標示。

圖 4-11 呈現 No.26 的側掃聲納影像及地層剖面影像。No.26 在側掃聲納影像中顯現的外觀輪廓近似橢圓狀，海床上不自然的凹凸表面疑似為其受外力支解後碎散的船艙。由於 No.26 在影像中沒有造成太長的陰影，經比對地層剖面調查結果，判斷該疑似目標物可能部分受沉積物掩埋。

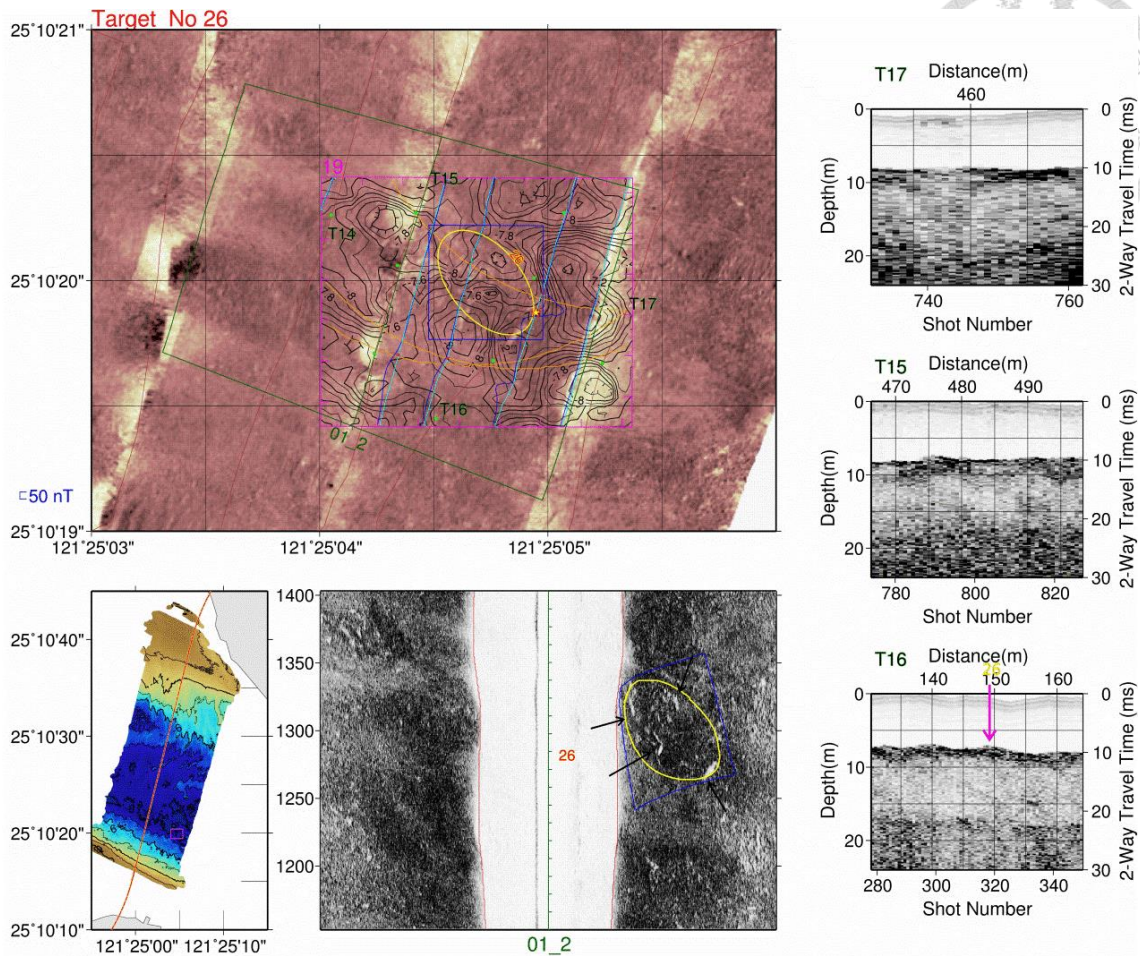


圖 4-11：疑似目標物 No.26 初步判釋成果。(全球測繪科技股份有限公司)

圖左為側掃聲納影像，疑似沉船的影像輪廓範圍如黃色橢圓圈起處；圖右為地層剖面影像，No.26 露出地表的部分可由 T16 測線的影像觀察到。

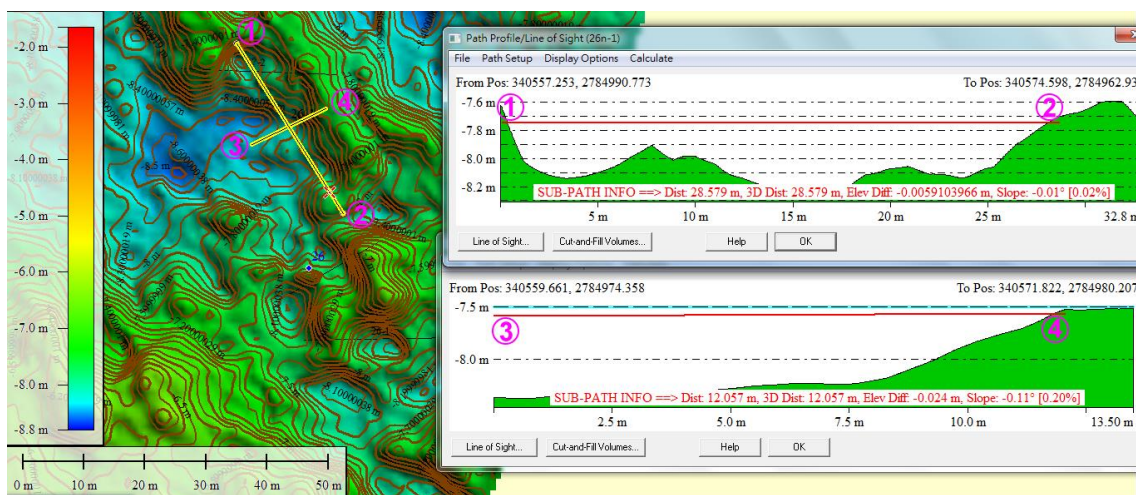


圖 4-12：疑似目標物 No.26 形貌判釋。(全球測繪科技股份有限公司)

此圖底圖為該疑似目標物所在位置的周邊地形圖，圖中以黃色直線於該位置標示兩條剖面①②、③④進行觀察，剖面①②水深分布如圖右上，剖面③④如圖右下。由此形貌輪廓推測，No.26 的外型可能長約 27.5 公尺，寬約 7.5 公尺。




圖 4-12 的底圖為 No.26 周邊環境水深資料調查成果。一般而言，目標物的形貌、尺寸等外觀信息，可以透過其於側掃聲納影像上顯現的亮區、拖曳出的陰影面積來推算。倘若目標物的尺寸或規模在公尺級以上，也可比對該位置的地形起伏數據來輔助驗證推算結果。經由觀察圖 4-12 中地形的起伏情形，可發現該目標物位於一處小型凹地的邊緣，合理推測該處凹地的成因是由於目標物的存在改變周圍水流的流速與流向，進而影響泥沙的堆積位置。圖 4-12 於 No.26 的所在位置選取兩條互為交錯的剖面以便觀察。剖面①②沿目標物橢圓輪廓的長軸方向切分，地形呈現兩側高、中央低的明顯凹陷形狀，由兩側間隔距離推算 No.26 的長度約為 27.5 公尺。剖面③④沿目標物橢圓短軸的方向切分，剖面的右側地勢較高，由此推論右側應為水流的來向，在遭遇阻擋時造成泥沙堆積；剖面向左延伸後，在約 7.5 至 5 公尺處有微幅的突起，由此判斷此處應為目標物另一側的所在位置，故從此處和剖面右側的間隔距離，推算 No.26 的寬度約為 7.5 公尺。

圖 4-13 呈現目標物 No.26 的磁力調查結果。在數條行經該區域的調查測線中，編號 29(Mag_29)測線顯示有較強的磁力反應，其磁力異常波形如圖 4-13 上圖。由經驗公式推算，可造成此種異常幅度的磁體，其組成可能包含約 1 噸重之鐵磁性物質。

由於在先行地球物理調查中，各個項目的資料判釋成果皆顯示疑似目標物 No.26 有極高機率屬於近代沉船，有必要接續進行水下驗證以確認目標物形貌。圖 4-14 為水下驗證階段取得的光學影像紀錄，可見到該處存在牡蠣堆、石塊、木材、經過燃燒的廢木料與漁網等，經由這些關聯物件推測，該目標物過去可能為一艘作業用漁船，或與漁業相關的船隻。然而，在缺乏參考資料佐證的情況下，無法判斷此目標物是否具有考古或歷史價值。

此一針對淡江大橋建設預定場址執行水下文化資產調查的案例，雖經評估具有潛在水下文化遺存的可能性，但無法於調查中確認發現物的考古或歷史文化價值。部分於地層剖面上較深處出現徵象的地點，由於未發掘而無法驗證，但推測屬於現代遺留的可能性較高。

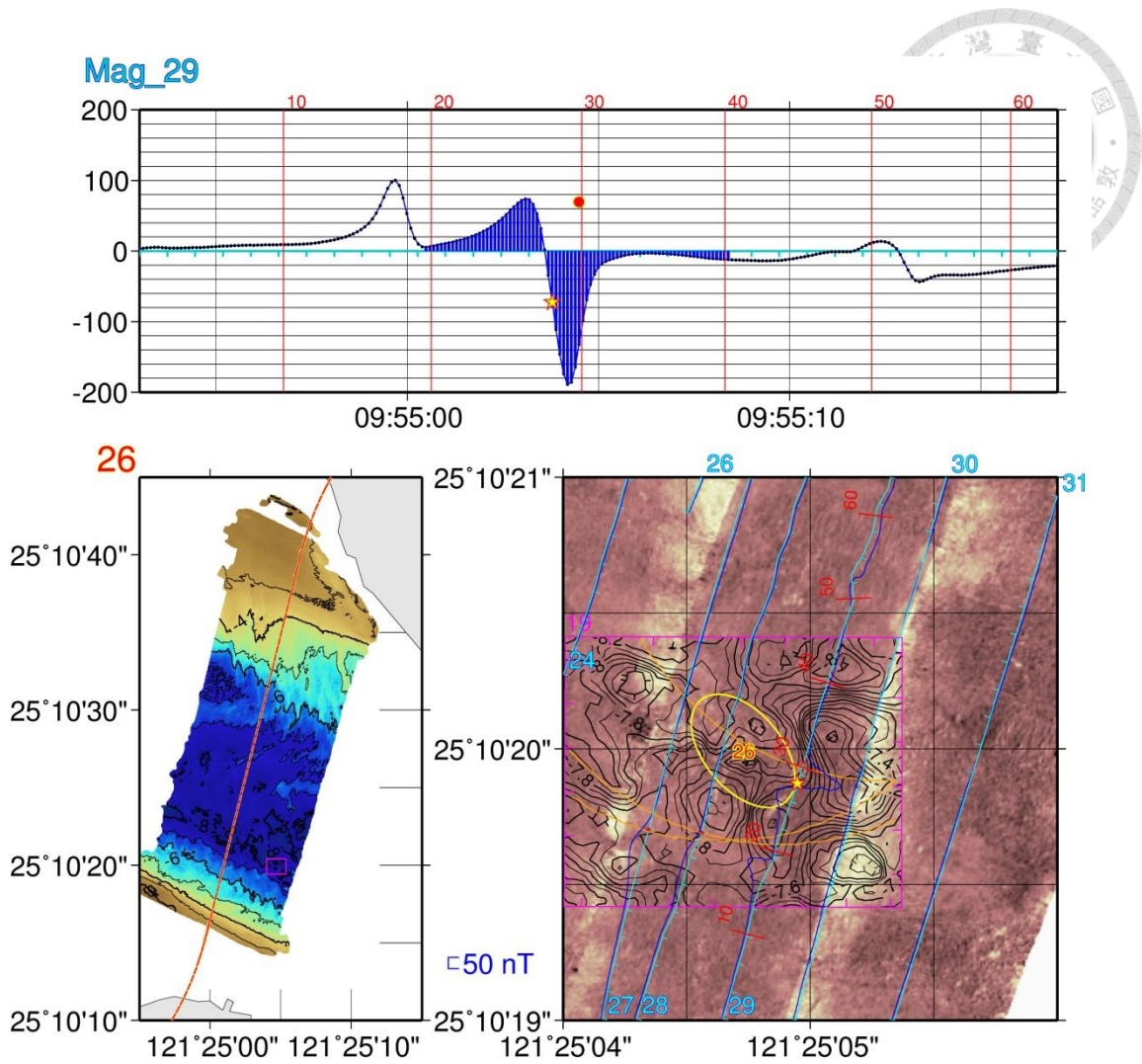


圖 4-13：疑似目標物 No.26 磁力調查結果。(全球測繪科技股份有限公司)

由測線編號 29 的測量數據中，發現該處顯現磁力異常反應。

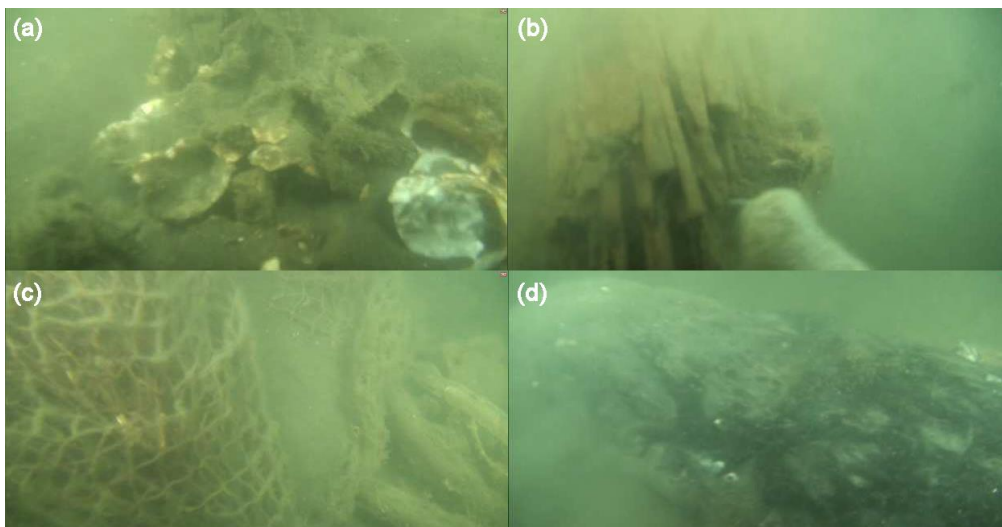


圖 4-14：疑似目標物 No.26 水下驗證光學影像紀錄。(龍門顧問有限公司)

(a)為牡蠣堆，(b)為廢木料，(c)為廢棄繩索、漁網與木料等，(d)為長約 30 公尺、寬約 5 公尺的大型廢木料。

4.2.2 北竿機場跑道擴建場址水下文化資產調查（2019年）

北竿機場坐落於連江縣北竿鄉，與南竿機場同為來往馬祖地區主要仰賴的空運建設。然而受地形限制影響，當地航班常迫於天候條件不得不取消，長期導致馬祖地區空中旅運效能不佳。為了提升空運效能及增進飛航安全，有必要評估現有機場環境並加以改善。相關改善方案由民航局與連江縣政府提出，其中，機場跑道擴建工程為延伸現有跑道以增設跑道安全區之規畫，由於現有土地面積不足，需以自陸地往海域填築人工堤防之方式增加可用面積。因馬祖地區過去為閩浙一帶海上貿易的中介站，周遭海域也有數筆沉船紀錄，未免此一涉及海床底土的工程對潛在的水下文化遺跡造成影響，需於事前進行水下文化資產調查以確認該水域水下遺存情形。

相關調查工作包含水下地球物理探測與驗證作業。水下地球物理調查與數據分析工作由全球測繪科技股份有限公司執行，歷史文獻蒐集與水下驗證工作則由龍門顧問有限公司負責進行。

遵照水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法第六條規範，調查之地理範圍需由預定開發區域範圍向外延伸至少 500 公尺，因此該案例規畫的調查範圍為北竿機場跑道預定擴建區域之邊界座標朝外延伸 500 公尺後，於此範圍內涵蓋的水域，大致調查區域範圍如圖 4-15 所示。

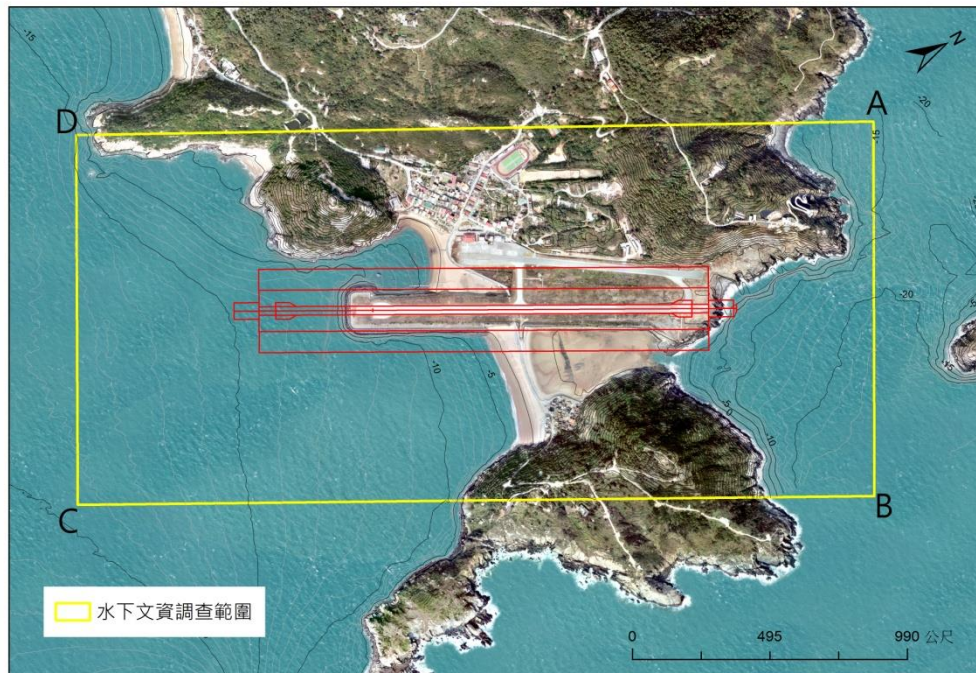
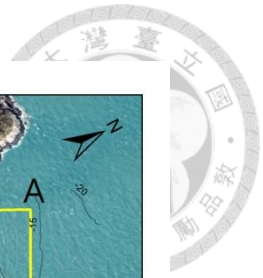


圖 4-15：北竿機場跑道擴建預定施工位置。(全球測繪科技股份有限公司)
黃色方框內區域為依現行法規朝外延伸 500 公尺後規畫之調查範圍。

過去考古調查成果顯示，馬祖地區的人類活動歷史可以追溯至約西元前 6000 至 5000 年(楊雅心, 2014)，但較明確的文字紀錄則見於宋代以降，如北竿舊稱「下竿塘」即記載於宋代梁克家所著《三山志》一書。其後馬祖地區與中國沿岸往來日漸頻繁，當時仰賴的海上交通工具以中國福建福州地區盛行的麻纜船為最大宗。麻纜船又稱錨纜船，為長約 14 公尺的風帆動力船，其原寸復原件現存於福州三坊七巷福州文化館（見圖 4-33）。而馬祖居民舊時多以漁為業，早期使用的漁船常見為因應當地環境而設計的定置網漁船如冬艚、扳罾⁶等。明清時代海上水師引進西式戰船，常見船隻樣式包含烏船、趕罾船⁷等。馬祖地區較重要的歷史紀錄還包括明代中國與琉球遣使通商的航運線，該航線行經馬祖周邊海域，當時使者搭乘的船隻為大型帆船冊封舟⁸，以及 17 世紀荷蘭東印度公司的亞洲航運

⁶ 相關船隻模型可見於馬祖民俗文物館。

⁷ 相關敘述於施琅《靖海記事》與陳良弼《水師輯要》中均有記載。

⁸ 見於周煌《琉球國志略》。

線(Jean-Pautledge, 2017)。另外，各大新聞資料庫中目前也可搜尋到數筆現代沉船或船難資料，如 1967 年北竿白沙港駁船海難⁹。

綜上所述，此案具有歷史與考古價值的調查目標包括舊時的交通船、漁船、戰船遺存等，也可能搜尋到現代沉船殘骸。

調查作業遵照〈水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法〉第七條及〈水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引〉相關規定安排，流程需分為初查與複查兩階段進行，施做儀器需包含規定中列出的所有項目且需符合 IHO 特等或 1a 等級標準。初查階段施做項目包括水深測量、側掃聲納探測、地層剖面調查及磁力測量，以取得調查範圍全區詳細的測量資料。為有效掌握區域內地形與地貌資訊，優先進行多音束測深與側掃聲納項目。水下地形調查主要使用多音束測深系統，但於近岸深度小於 5 公尺處，基於觸底風險及測量效益改以單音束測深機施測。地層剖面調查使用可提供淺層高解析度地層資訊的變頻聲納，並規畫與磁力調查相同的測線以配合海洋磁力儀取得之磁力資料，可進行交叉比對。複查階段參考初查發現之可疑目標物位置，縮小範圍以相同項目再測，並於多音束測深與側掃聲納項目以加密測線、磁力探測與地層剖面項目以放射狀測線等方式提高測線疊合率，增加發現疑似目標物的機會。詳細調查作業流程如圖 4-16 所示。

⁹ 參考馬祖日報新聞資料庫(<http://data.matsu-news.gov.tw/>)。



圖 4-16：北竿機場一案之水下目標物調查流程。

作業流程及調查項目均需符合法規要求，複查後並需再進行水下驗證及取得光學影像紀錄。



初查階段於 2019 年 2 月進行，各測量項目施測期間的航行軌跡如圖 4-17、圖 4-18、圖 4-19、圖 4-20，所有調查工作分批於 2 個工作日內完成。

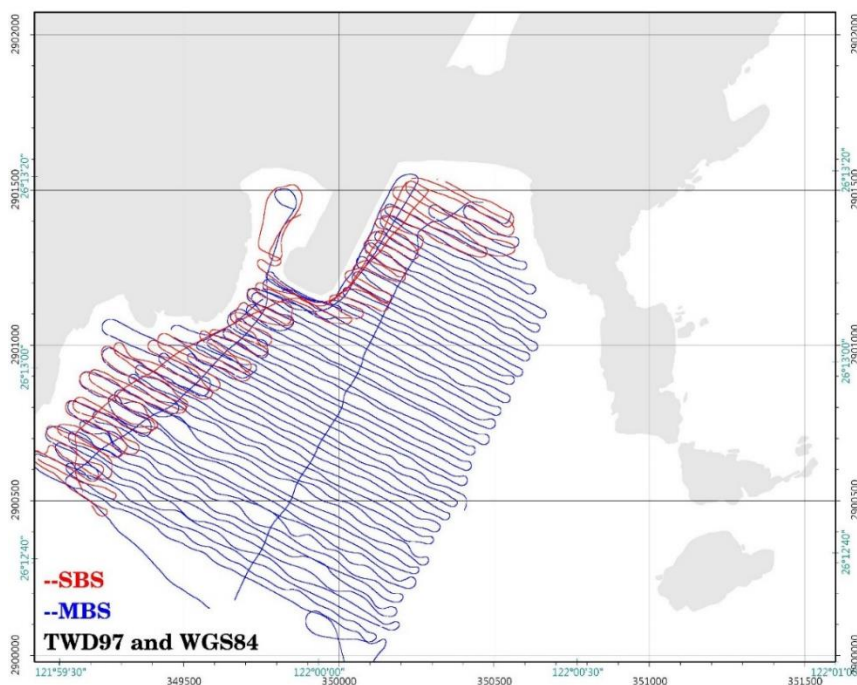


圖 4-17：初查多（單）音束水下地形調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)
藍色為多音束測深系統航行軌跡，紅色為加測單音束測深儀之航行軌跡。

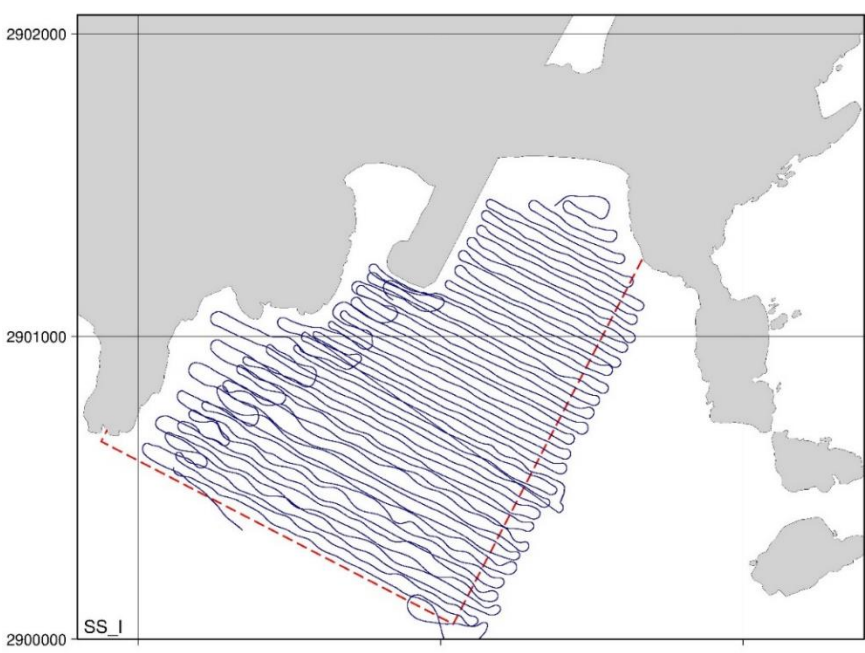


圖 4-18：初查側掃聲納水下地貌調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)
在該次調查中，側掃聲納與多音束測深系統的測量作業為同一時間進行。紅色虛線方框為該次調查區域範圍標示。

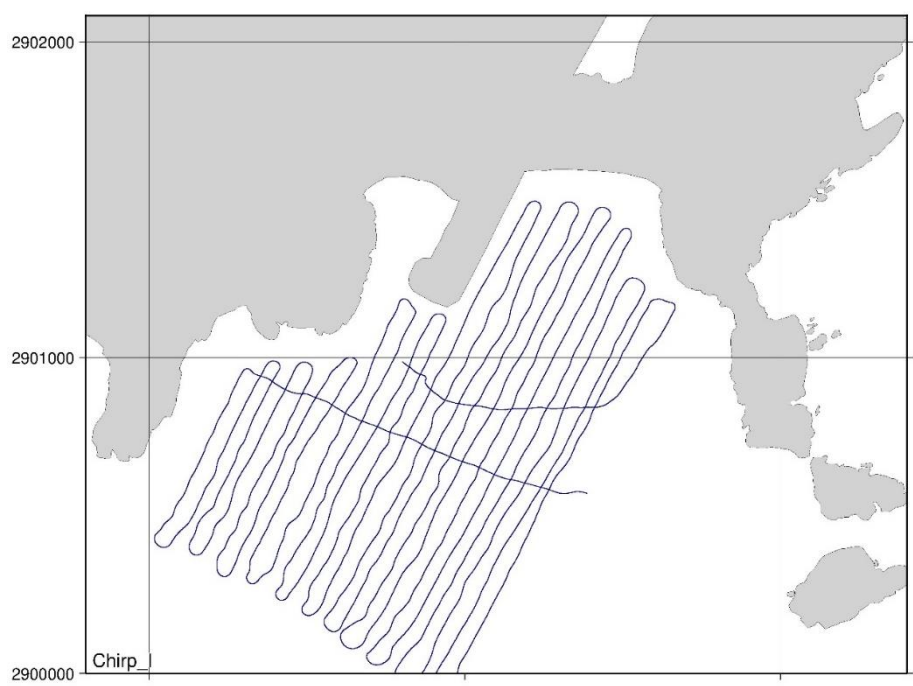


圖 4-19：初查水下地層剖面調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)

該次調查中使用的地層剖面儀為變頻聲納，對砂質和泥質沉積物有較佳的穿透力，有利於搜索在淺層沉積物中被掩埋的目標物。

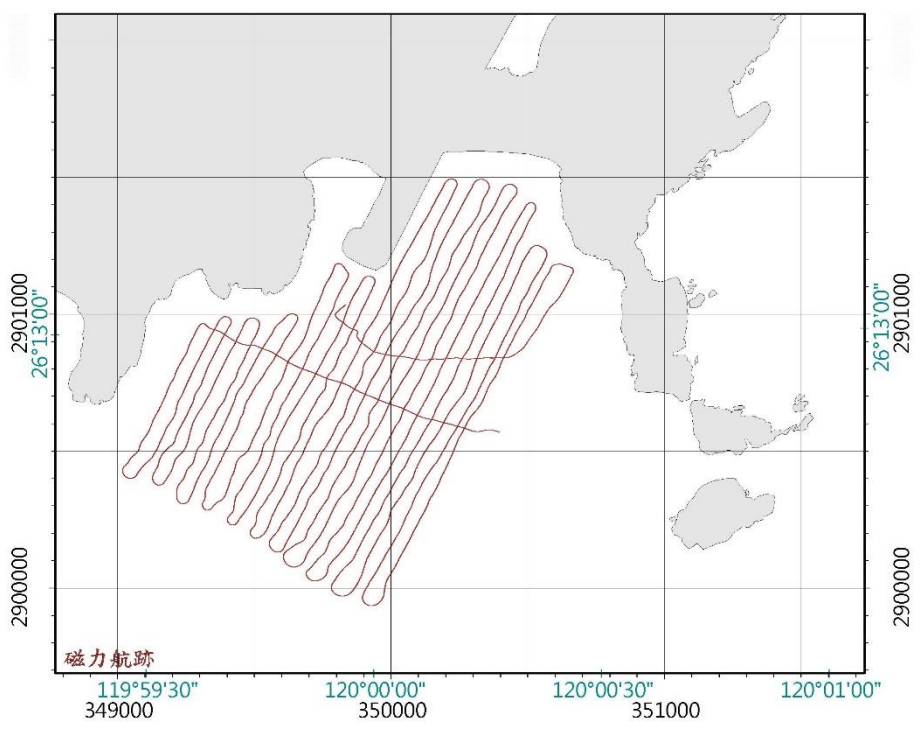


圖 4-20：初查磁力探測調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)

磁力測量與地層剖面調查同時進行，以便兩者資料可交叉比對。

北竿機場跑道擴建工程場址初查之調查成果詳見圖 4-21、圖 4-22、圖 4-23。圖 4-21 為整合多音束及單音束測量結果而得之水下地形分布圖，由圖面觀察可知，預定施工區水域範圍內並未發現較顯著的地形特徵，而水深值分布則顯示該區域北端深度變化較大、坡度較陡，水深較南端深。

圖 4-22 為側掃聲納獲得之水下地貌嵌合影像，經由逐步分析後剔除魚群、波浪等非目標物影像、噪音雜訊以及礫石、魚礁、沙波等地貌特徵影像，再根據是否具有直線條、明顯船型或聲波陰影，或影像中出現異樣特徵如明顯凹陷、周邊沉積物呈現流星狀拖曳尾等，選取疑似目標物並進一步判斷是否需複查。圖 4-22 的判釋結果發現多處疑似目標物，其位置於圖中以藍色星星符號標示。

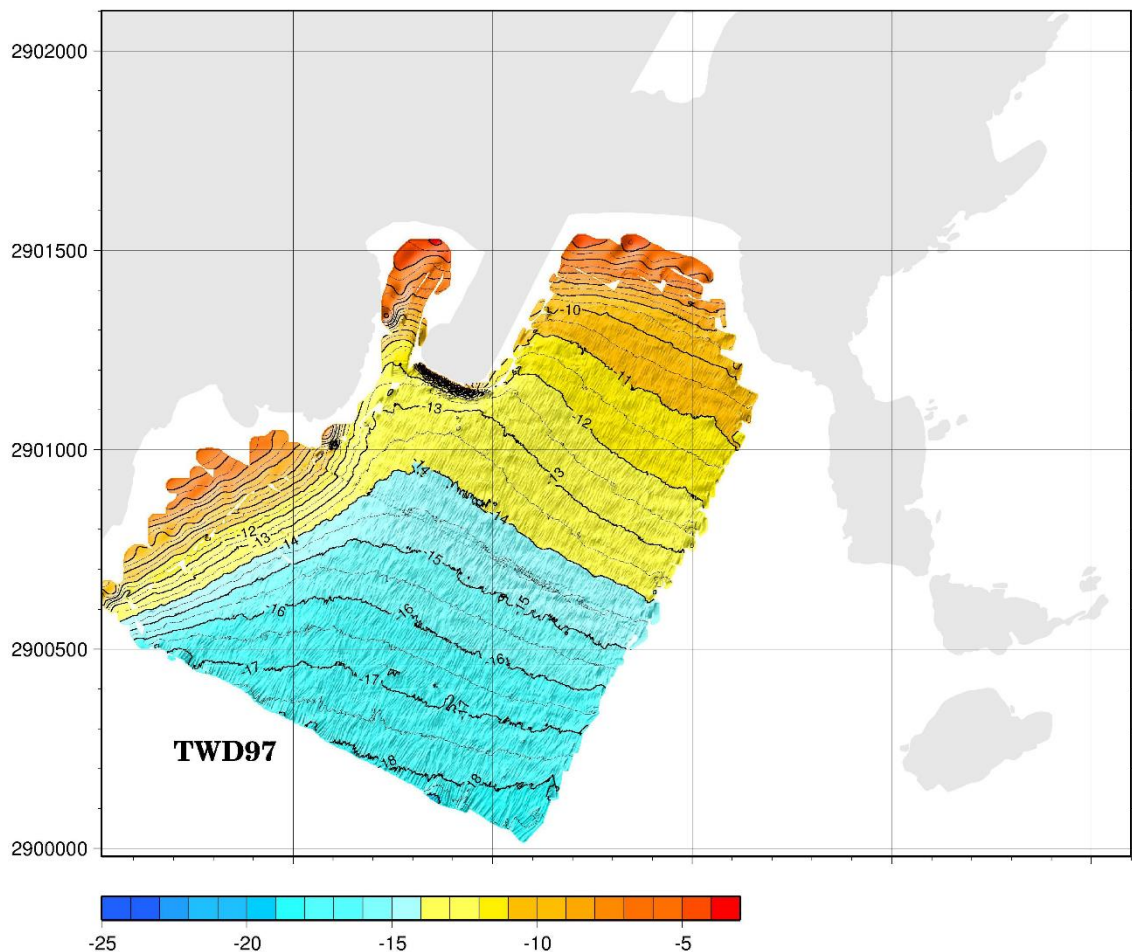


圖 4-21：初查水下地形調查成果。(全球測繪科技股份有限公司)

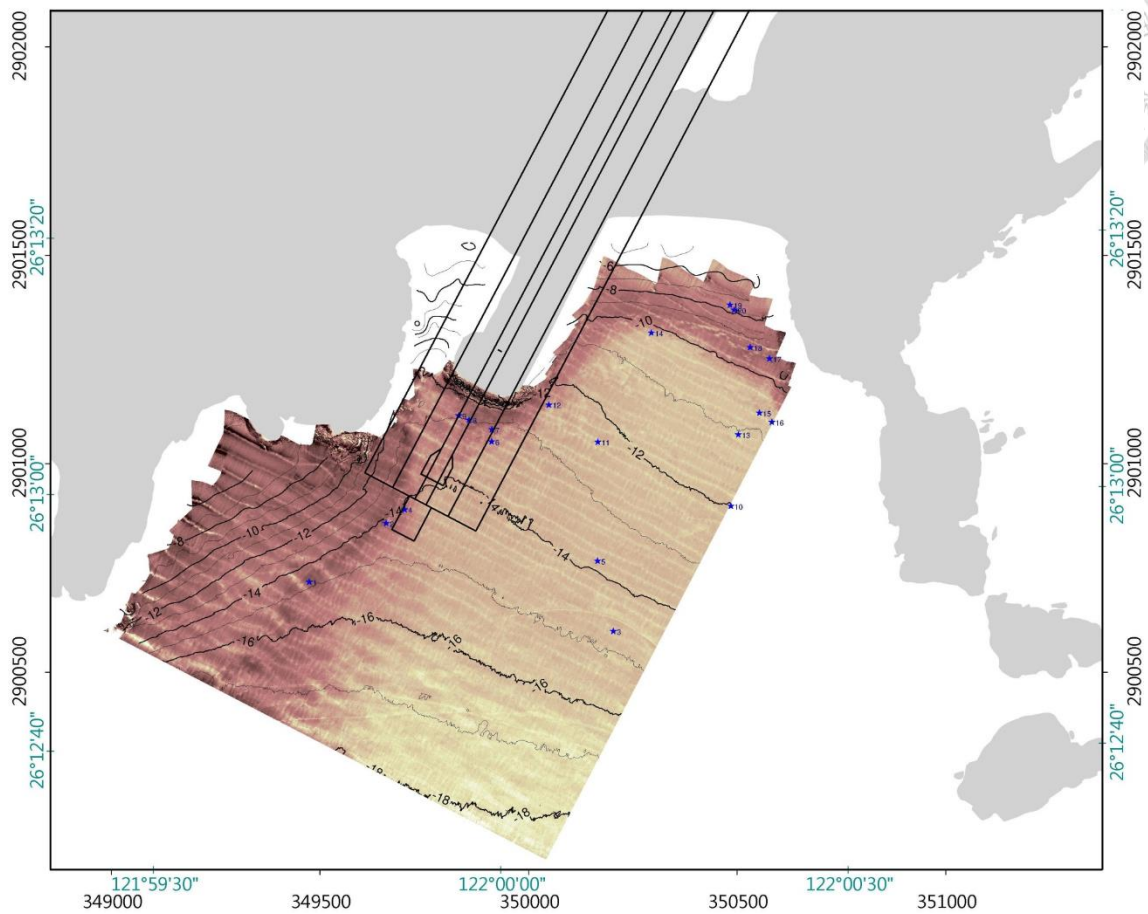


圖 4-22：初查側掃聲納水下地貌調查成果。(全球測繪科技股份有限公司)

跑道擴建預定施工區域如黑色圖示，資料經判釋後認為存在疑似目標物的地點以藍色星星標示。

圖 4-23 為磁力異常值測量結果。初步觀察異常值變化情形，可以發現並沒有出現小範圍較明顯異常的狀況。進一步比對該區域下方的火成岩分布，也觀察到磁力變化與岩體分布較為一致，由此推測此處磁力梯度變化應是由地質環境造成。另一方面，從地層剖面探測結果中，並未發現較特殊的反射訊號，無法由此推斷是否確有被掩埋之疑似目標物存在。

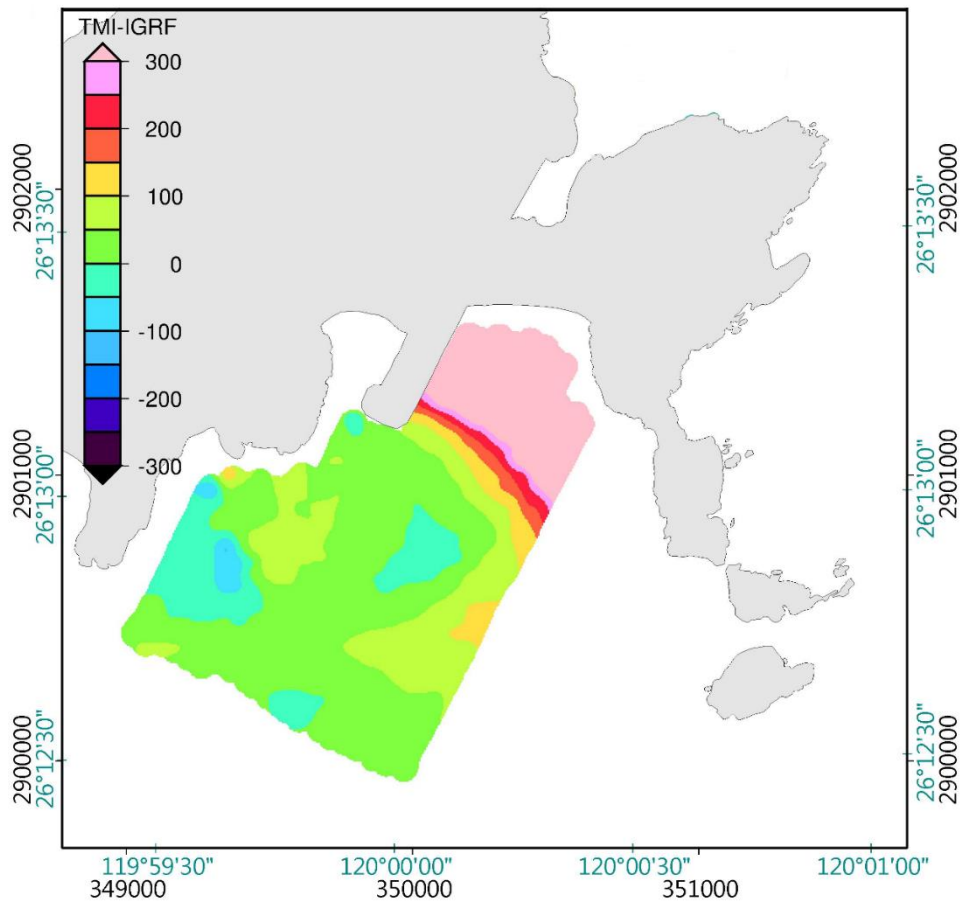
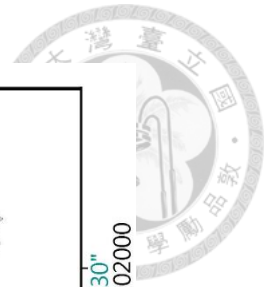


圖 4-23：初查磁力梯度分布情形。(全球測繪科技股份有限公司)

由於磁力資料及地層剖面成果中並未發現具體的異常特徵，因此初查階段的成果判釋主要依據資料為側掃聲納影像，並配合水深值分布情形篩選出較可能為目標物的位置進行複查。

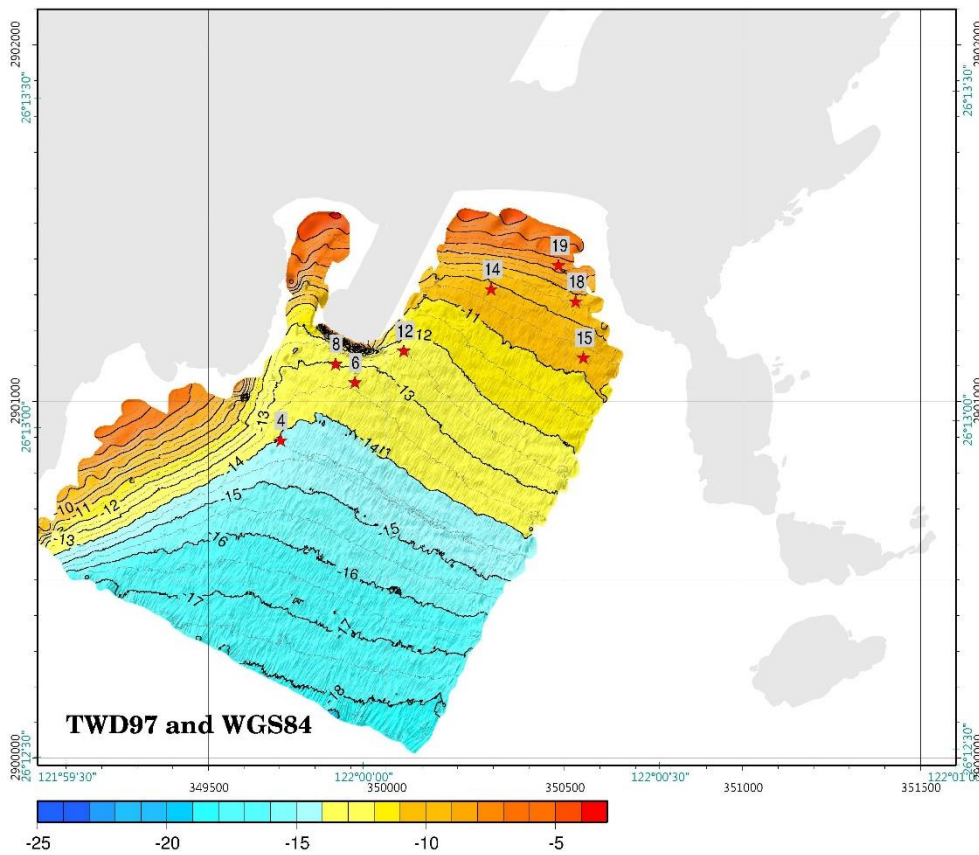


圖 4-24：疑似目標物位置。(全球測繪科技股份有限公司)

由初查成果分析，全區共計 8 處疑似有目標物存在，這些有複查需求之疑似目標物位置於圖中以紅色星星標示。

初查階段經資料綜合判釋後，選取了 8 處於側掃聲納影像中外觀具備前述影像判斷特徵，且於水深資料中出現明顯突起或凹陷的位址，於複查階段進行更詳細的調查。8 處疑似目標物概略位置如圖 4-24 所示，初查判定依據之特徵則列於表 4-1。圖 4-25 呈現其中一處、疑似目標物 No.8 的側掃聲納影像，做為範例。

表 4-1：北竿機場初查 8 處疑似目標物位置及資料特徵。(全球測繪科技股份有限公司)

目標物編號	WGS-84		側掃聲納	高密度水深	地層剖面	磁力探測	初判
	經度	緯度					
4	119° 59'51.938"	26° 12'58.627"	突起物	突起	剖面無發現	無磁力異常	影像特殊表現周邊地形凹陷
6	119° 59'59.483"	26° 13'03.855"	突起物	突起	剖面無發現	無磁力異常	船型
8	119° 59'57.556"	26° 13'05.555"	突起物	突起	剖面無發現	無磁力異常	船型
12	120° 00'04.457"	26° 13'06.706"	凹陷	凹陷	剖面無發現	無磁力異常	影像特殊表現
14	120° 00'13.367"	26° 13'12.249"	突起物	突起	剖面無發現	無磁力異常	直線條紋
15	120° 00'22.625"	26° 13'05.942"	突起物	突起	剖面無發現	無磁力異常	船型
18	120° 00'21.887"	26° 13'11.062"	突起物	突起	剖面無發現	無磁力異常	影像特殊表現
19	120° 00'20.176"	26° 13'14.375"	突起物	突起	剖面無發現	無磁力異常	聲波陰影明顯

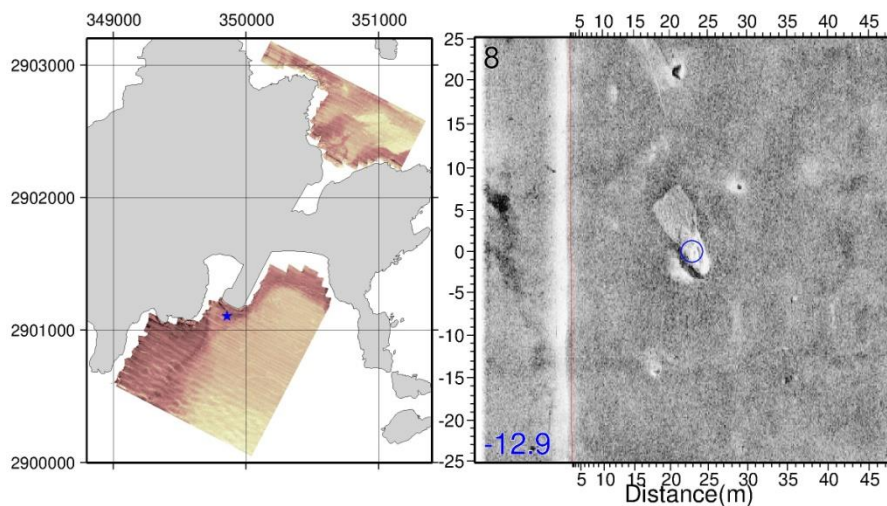
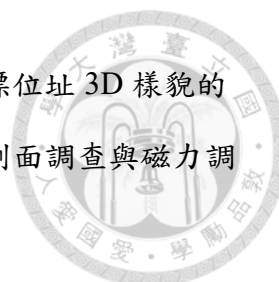


圖 4-25：疑似目標物 No.8 側掃聲納影像。(全球測繪科技股份有限公司)

影像外觀呈現不屬於自然景觀的直線條，初步判斷其輪廓近似船型。

複查階段同樣於 2019 年 2 月進行，針對圖 4-24 標示的 8 處位址密集測勘。測量項目包含高密度水深測量、高精度側掃聲納探測、地層剖面調查與磁力測量，並依測量結果以攝影方式進行水下驗證作業。各測量項目施測期間的航行軌跡如圖 4-26、圖 4-27、圖 4-28、圖 4-29，所有調查工作分批於 2 個工作日內完



成。此階段水深測量以較高的密度施做，可以輔助提供建構目標位址 3D 樣貌的資訊；地層剖面資料同樣以輔助磁力測量結果為主，因此地層剖面調查與磁力調查為同時進行，並以對角線方向之放射狀測線施做。

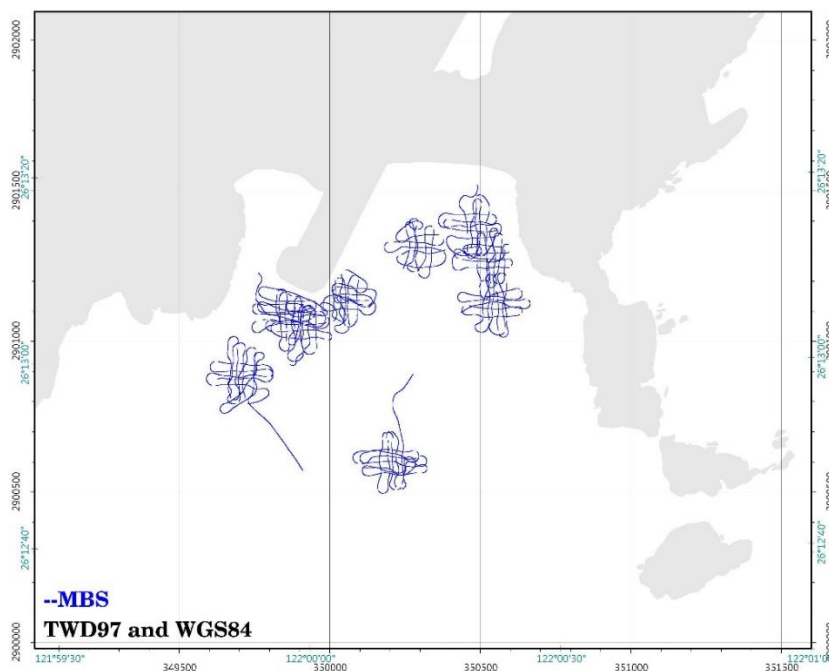


圖 4-26：複查多音束水下地形調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)
此階段針對 8 個疑似目標物所在位置，以不同方向、加密測線等方式再測量。

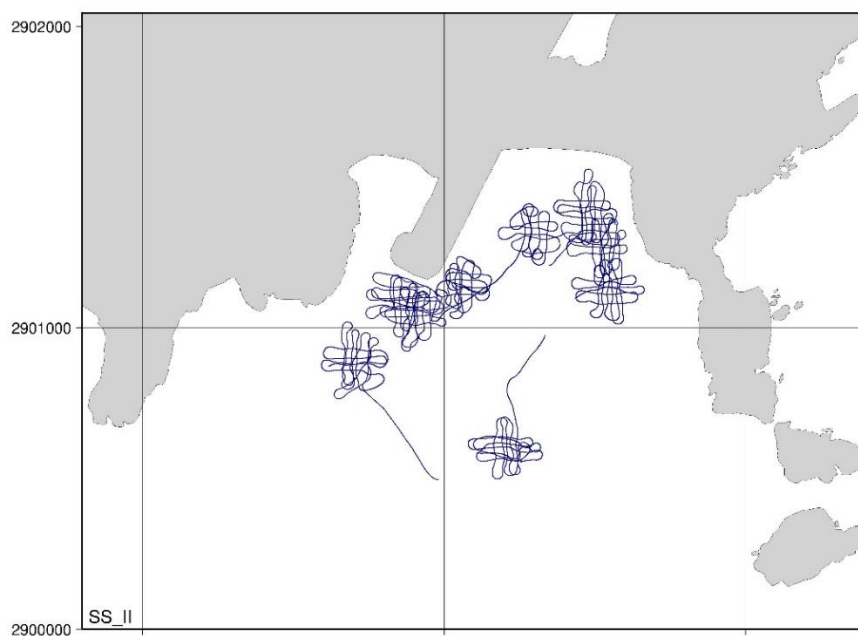


圖 4-27：複查側掃聲納水下地貌調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)
此階段針對 8 個疑似目標物所在位置，以不同方向、加密測線等方式再測量。

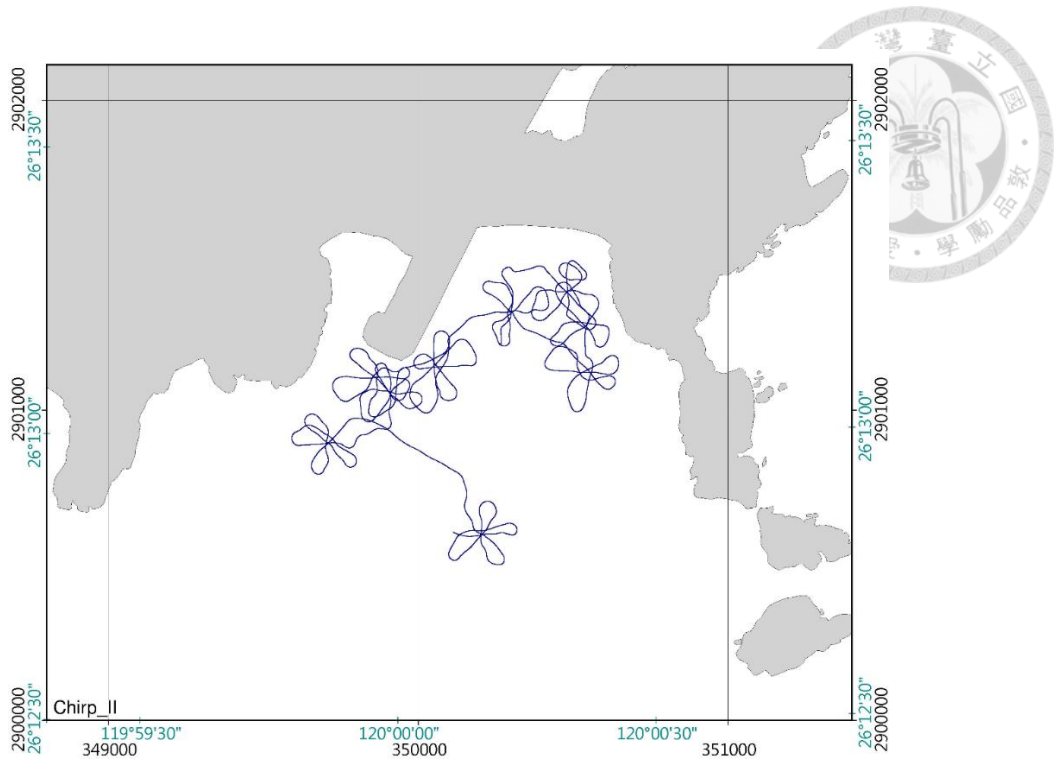


圖 4-28：複查水下地層剖面調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)

地層剖面探測作業與磁力調查同時進行，針對 8 個疑似目標物所在位置，以放射狀交叉測線方式複查。

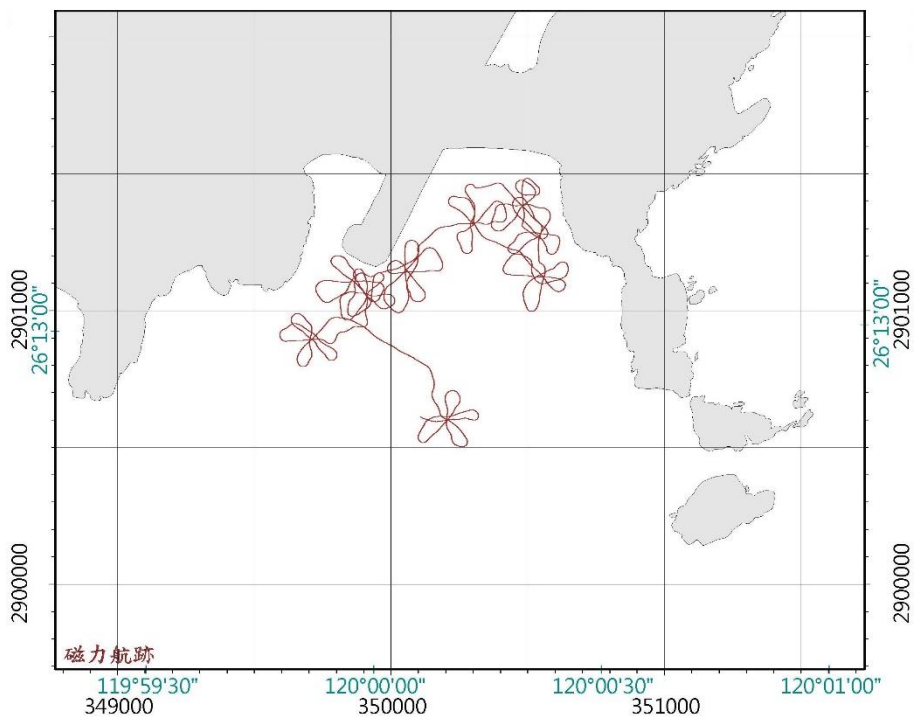


圖 4-29：複查磁力探測調查軌跡。(全球測繪科技股份有限公司)

磁力測量與地層剖面探測作業同時進行，針對 8 個疑似目標物所在位置，以放射狀交叉測線方式複查。

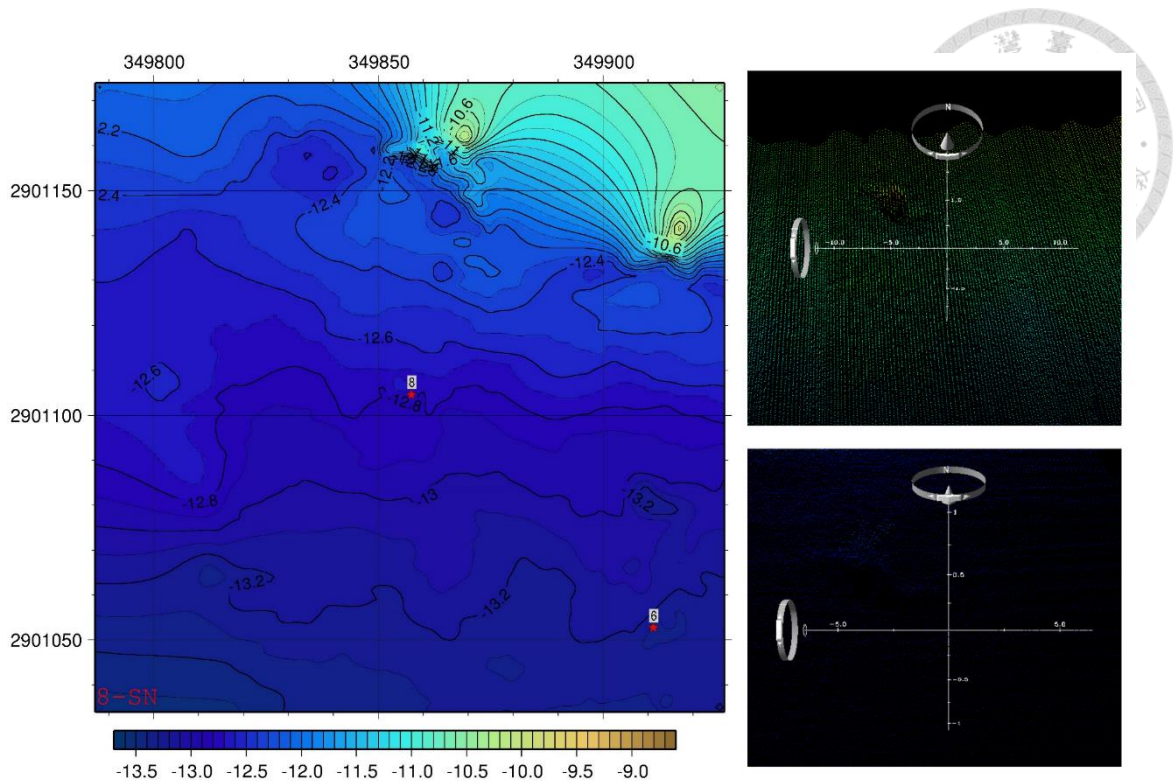


圖 4-30：疑似目標物 No.8 所在位置及多音束測量成果。(全球測繪科技股份有限公司)

圖左為水深分布圖，右上為東西向點雲圖，右下為南北向點雲圖。

圖 4-30、圖 4-31、圖 4-32 展示疑似目標物 No.8 複查階段調查成果，包含多音束測深、地層剖面、磁力測量及側掃聲納測勘資料。

圖 4-30 為 No.8 所在位置水深測量成果，除了水深分布圖，也提供不同方向的點雲圖以便觀察。

圖 4-31 為地層剖面及磁力調查綜合成果展示，將兩種資料並列呈現。圖左上為測量位置示意圖，左下為測線軌跡，此目標物判釋使用其中 4 條測線的資料進行評估，每條測線均在圖右以單一張圖呈現。圖右為地層剖面及磁力組圖，左側縱軸為深度，單位為公尺，以震波感應器所在位置為基準；上端橫軸為剖面對應震測炸點位置，下端橫軸為距離，以該條測線起點位置為基準，單位均為公尺。地層剖面圖中另行繪製藍色曲線為磁力異常值分布曲線，異常數值參考右側另行繪製的藍色縱軸，單位為 nT。疑似目標物 No.8 的水平位置，於地層剖面圖中以粉色縱線及數字 8 標示。

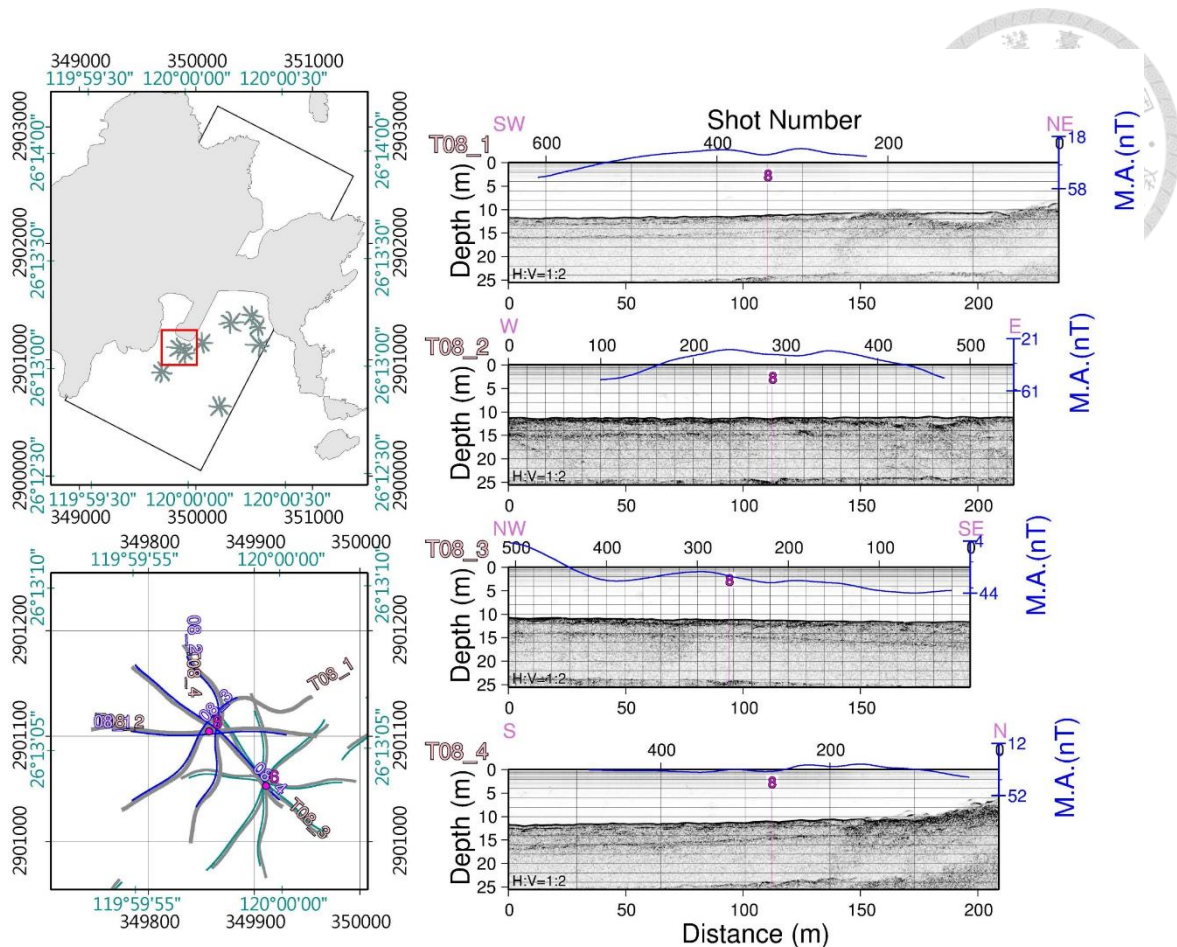


圖 4-31：疑似目標物 No.8 地層剖面探測及磁力測量成果。(全球測繪科技股份有限公司)
圖左上為測量位置示意，左下為行經該處之測線軌跡，判釋 No.8 所使用的測線資料標示於圖中。
圖右為地層剖面組圖，磁力異常值分布另行以藍色曲線繪製於圖中。

圖 4-32 為側掃聲納測勘成果，疑似目標物 No.8 影像判釋採用行經該區域的其中 4 條測線資料，分 4 組圖呈現。圖中排為測線位置示意，以紅色線標示，鋸齒方向代表測線右舷。圖右排為該測線影像中囊括該目標物的影像片段，目標物位置以紅圈標示，橫軸及縱軸分別代表水平與垂直距離，單位皆為公尺。疑似目標物 No.8 影像判釋採用的 4 條測線，其中編號 1 測線方向為東向西，編號 2、3 測線為西向東，編號 5 測線為北向南。觀察 4 組測線影像，皆可大致辨識出船型輪廓，且具有扁平的船身、一端具備方形艙室等特徵，根據側掃聲納映出的影像大小，估算其尺寸長約 10 公尺、寬 4 公尺。

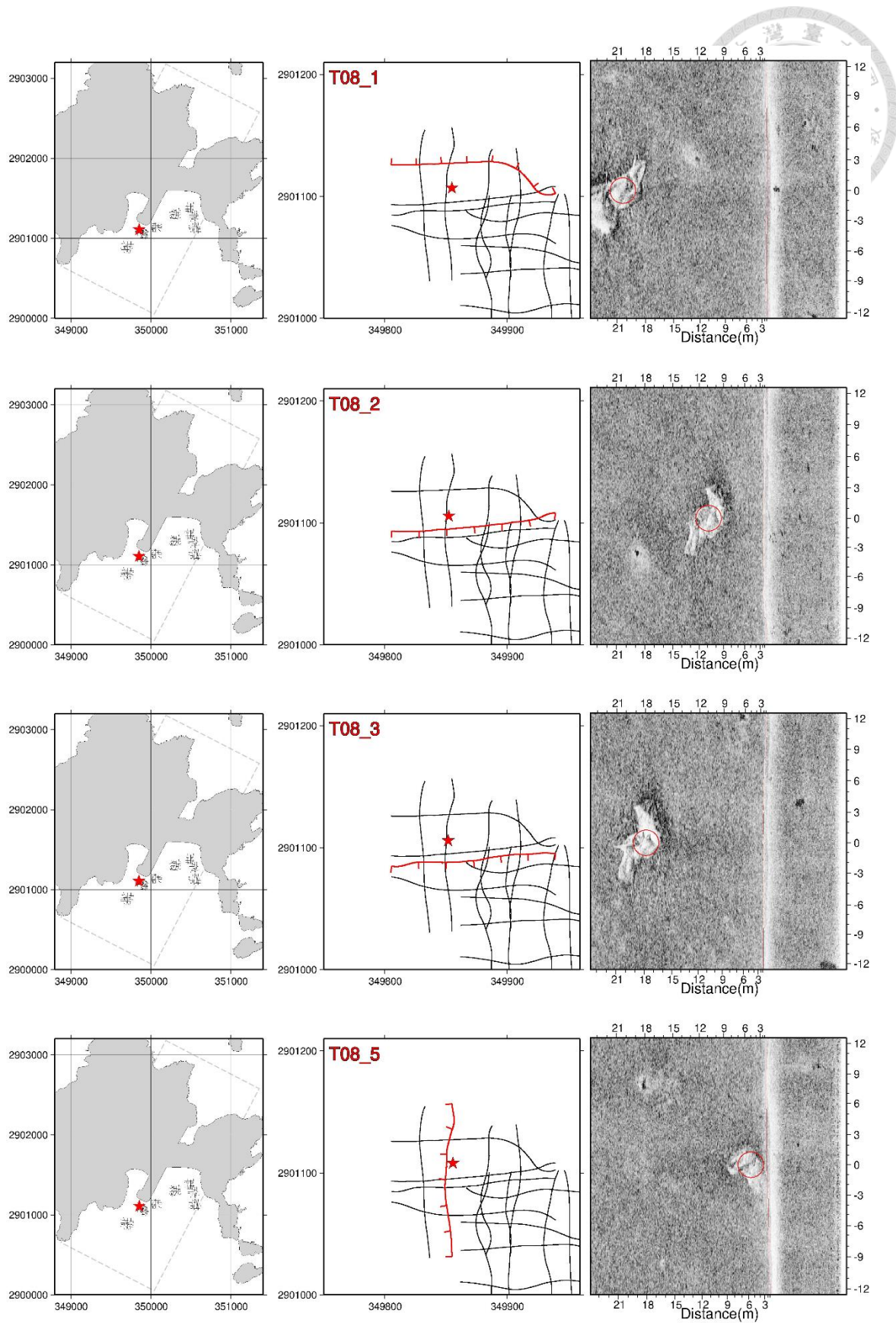


圖 4-32：疑似目標物 No.8 複查側掃聲納影像。(全球測繪科技股份有限公司)
 此圖展示其中 4 條測線影像，編號 1、2、3 為東西向測線，5 為南北向測線。

經與歷史資料比對，疑似目標物 No.8 船體型態及尺寸與舊時中國福建地區常見的麻纜船相仿，故而推測 No.8 極有可能為麻纜船的一種，如圖 4- 33。No.8 於後續水下驗證階段取得的光學影像紀錄如圖 4- 34，由驗證人員目測後回報的結果可確認該目標物為沉船，然因作業當日水中濁度偏高，於能見度不佳的情況下無法清楚紀錄船隻實際型態。

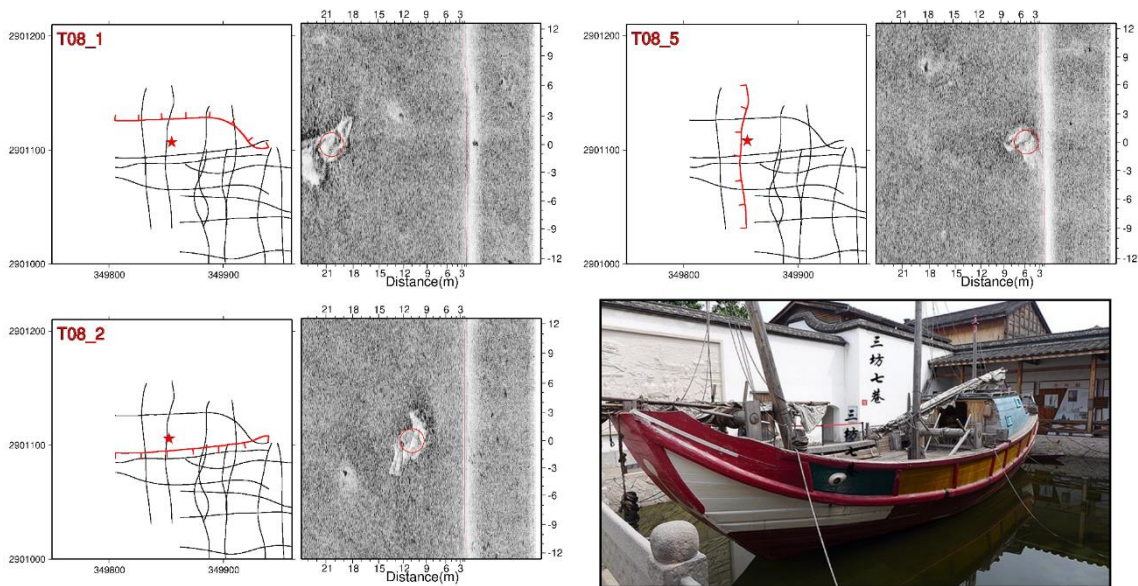


圖 4- 33：疑似目標物 No.8 影像比對。(全球測繪科技股份有限公司、福船文化館)
No.8 的側掃聲納影像清楚映出船體型態，其特徵及尺寸皆與舊時福建地區盛行的麻纜船相近。圖右下為原寸復刻的舊式麻纜船，現存於中國福建省福州市內的三坊七巷文儒坊福船文化館。



圖 4- 34：疑似目標物 No.8 水下驗證部分影像紀錄。(全球測繪科技股份有限公司)
由於能見度不佳，無法確認疑似目標物的完整形貌。

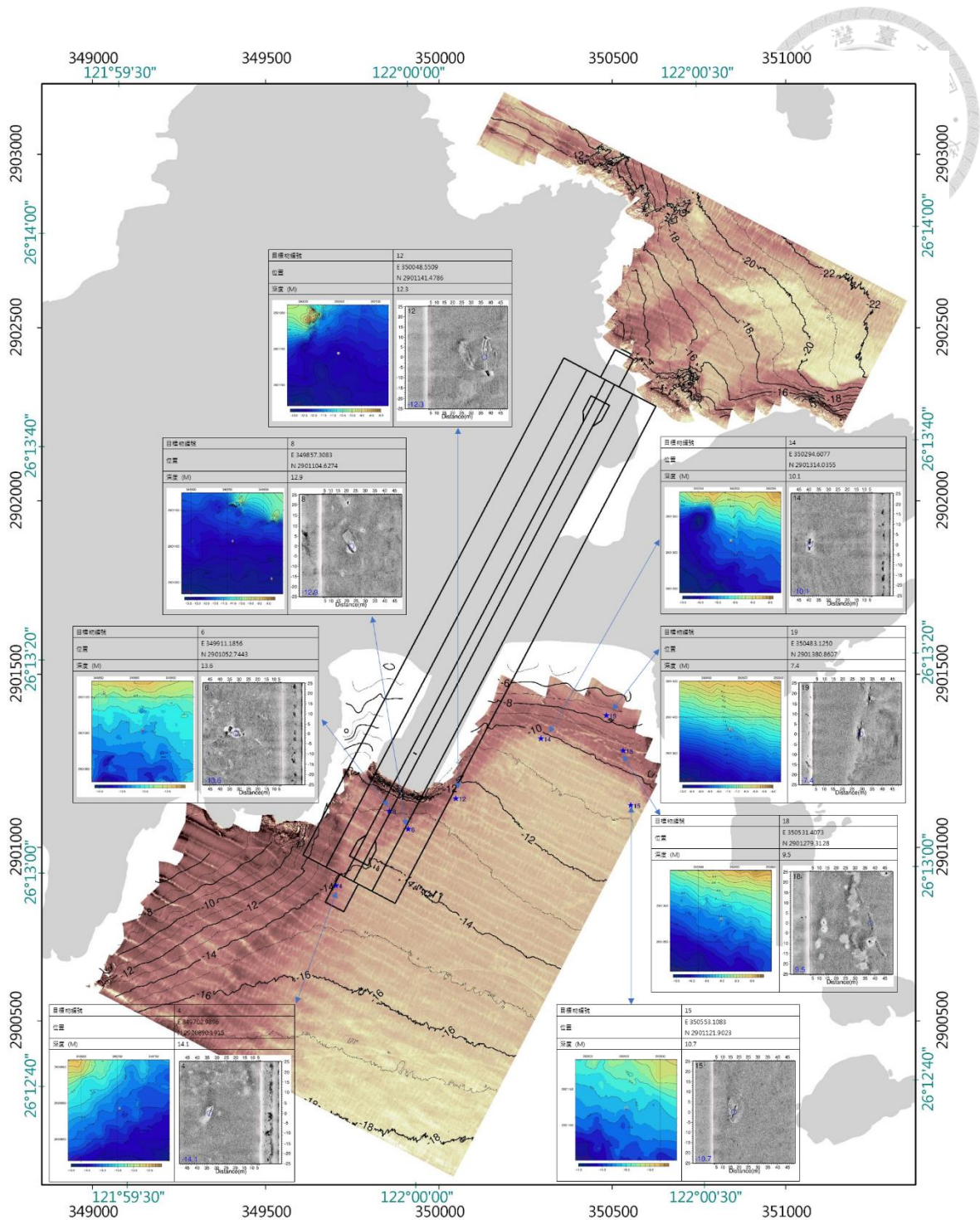


圖 4-35：北竿機場跑道擴建場址水下文化資產調查案成果彙整。(全球測繪科技股份有限公司)
疑似目標物複查共 8 處，其中編號 4、6、8 疑似為沉船。

此案例針對北竿機場跑道擴建可能影響的範圍區域進行水下文化資產調查，調查結果顯示預定擴建區域存在幾處疑似沉船的目標物件，全案調查成果彙整如圖 4-35。由於水下驗證階段無法清楚辨識疑似目標物型態，是否為具有考古或歷史價值的物件需由主管機關進一步確認。



4.3 水下文化資產保存法及相關法令對調查作業的影響

同前 4.1 所述，現行與水下文化資產調查相關法令包括：水下文化資產保存法第 9 條與第 13 條、水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法（下稱相關辦法）、文化部水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引（下稱文化部技術指引）。本章 4.2 所提馬祖北竿機場水下文化資產調查，便是於法令公告後依法執行之案例。由於法令實施後對調查作業帶來許多影響，在此希望就受影響之處略做討論。唯需注意相關辦法於 2020 年 5 月 1 日發布部分修正條文，而本章引用案例施行年度為 2019 年以前，因此討論內容會以修正前條文為主。為便於討論，將相關法令條文列於本文附錄三，可與此處討論內容互相參看。


現行法令除了直接規範調查現場，對於事前作業也有相關規定，這些事前作業規定敘明於相關辦法第 4 條、第 5 條及第 6 條。第 4 條為規畫調查前應先查詢預定調查區域是否已有相關資料，避免因重複調查導致資源浪費。此條文於 109 年修正時，將部分條文移至第 6 條並以更詳細的文字敘明，強化了規範的效益。第 5 條規定參與調查人員需具備兩年以上相關工作經驗，並於 109 年修正條文中進一步將調查人員分為水下文化資產判釋、水下探測技術兩類，調查單位需聘有此兩類人員且均應具備兩年以上經驗。第 6 條要求調查前應提交調查計畫書予主管機關審查，並規範計畫書應包含之內容。此條文於 109 年修正時增加規範應包含第 4 條的查詢內容，且若查詢結果已確認無需再次調查，可視同調查已完成。修正條文另增加規定計畫書中需有開發區的水下文化資產相關文獻並標示已知敏感區，可望增進往後調查的效益。

與調查現場直接相關的規定則見於相關辦法第 6 條、第 7 條及第 11 條。第 6 條規定調查範圍應包含預定開發區及其邊界向外延伸 500 公尺以內的區域，109 年修正條文增加規範延伸範圍以不逾我國領海外界為原則。由實際層面來看，此條文擴大了需要調查的範圍，相比過去的調查案例提升了較高的調查成本，但就考古目的而言，則能對擴充水下文化資產資料庫有所助益。第 7 條限制調查僅能



使用非侵入性、非破壞性探測方式，且為文化部技術指引的主要依據，相關討論將於下段說明。第 11 條則要求調查期間若發現水下文化資產或疑似水下文化資產，應即通報主管機關，主管機關並應設置保護措施。

相關辦法第 7 條第 2 項要求主管機關（此指文化部）訂定探測方式之技術指引，由此衍生的規範涵蓋了調查使用的探測技術種類、測量標準及調查流程，屬於建議性作法。探測技術必須包含側掃聲納探測、多（單）音束水深探測、磁力探測及地層剖面調查，複查需再增加水下光學驗證項目，在港口、河口、淺灘或陸域水域可使用其他種類儀器，但需經文化部同意。測量標準於平面定位皆要求需達到 IHO 水文測量特等或 1a 等級，其餘標準依各測量項目訂定。調查流程則規範應含初查、複查兩階段，若於初查階段發現目標物，則應於複查階段針對疑似目標物所在區域，以多方向、增加測量密度之方式再測所有測量項目。由於前述探測技術種類為目前各國水下文化資產調查常備項目，因此文化部技術指引發布後，對測量項目的影響與過去案例差異不大，然而其訂定的測量標準依據為 IHO 水文測量，是否適用於搜索疑似水下文化資產仍待商榷。IHO 水文測量標準常做為水深測量依據，而特等或 1a 等級要求則適用於有高度船舶航行安全需求的水域，如港口及其周邊水域。但以開發為目的、為搜索疑似水下文化資產而執行的調查，其資料品質與成果應以足夠提供開發事業主管機關與開發單位判斷此處是否存在疑似目標物、是否同意開發、是否需修改原訂開發計畫等需求為主，而非做為判定目標物價值評估之基準。由於將前述測量項目應用於搜索人造物件有其測量限制，較為建議的作法是在考量儀器測量限制的前提下，為疑似水下文化資產之調查訂定可滿足前述需求的標準。而複查階段需再測之項目，則應交由調查單位依據初查結果是否發現目標物來評估。本章 4.2.1 淡江大橋 2015 年實施的主橋段施工場址調查中，由於測量結果已符合資料判釋需求，各調查項目皆只需執行一次調查，後續複查則安排水下驗證。4.2.2 北竿機場跑道擴建場址調查，則於初查及複查階段皆執行所有項目調查，但部分項目在初查階段即未呈現顯著之資料特徵（參考表 4-1）。細究各項調查的明確用途，側掃聲納探測為現行世界



各地水下文化遺產調查的主力調查工具，可呈現精細的海床地貌，於兩階段調查皆執行實屬必要。多音束水深測量於水下文化遺產調查中除了地形測量、輔助提供衛星定位資料，也可做為建構目標物 3D 形貌的主要依據，但並非所有調查都需 3D 建模資訊，且目標物件的外觀是否具有 3D 建模的效益也難以一概而論。

磁力探測近年多用於近代沉船調查與未爆彈探測，這些案例中要尋找的多為已知目標物，即以現有資訊可大致描述其物理特徵，如材質、外觀、尺寸、重量等，可據此推測其造成的磁力異常值範圍，因此磁力探測在目標物未知的情況下效益十分有限。地層剖面多用於尋找被淺埋的目標物，但要在地層剖面上辨識出歷史或考古物件相當困難，也需考量這些物件是否能造成足供辨識的反射訊號。在北竿機場的調查案例中，調查成果所得的 8 處可疑目標物，其判釋的主要依據皆為側掃聲納影像，而在兩階段中磁力與地層剖面調查的結果皆未能發現明顯異常部分。針對未能於初查中顯現資料特徵的項目是否需於複查階段再測，建議應由調查單位視個案狀況再行安排。

相關辦法第 7 條於 109 年修正條文刪除第二項規定，截至目前（2020 年 12 月）文化部技術指引暫未公告修訂。

第5章 討論與結論



本文於前述章節中蒐羅了各國現行水下文化遺產相關法令與各式調查案例，並嘗試分析及討論。除了對現有資料的彙整，也為這些內容提供中文的簡要介紹，便於使用中文的調查人員能夠較輕鬆的閱覽這些資訊。以下將綜合前述研究成果，並據此提出較具體的調查策略建議，以供參考。

5.1 水下文化遺產類型彙整

本文第3章依據2001年UNESCO水下文化遺產保護公約對水下文化遺產(Underwater Cultural Heritage, UCH)的定義，將UCH依目標物特徵概分為八種類型，並為各個類型舉出相對應的實際調查案例。現將各類目標物與其特徵大致歸類，如表5-1，以便調查執行人員參看。

古地貌、史前人類遺存、古文明遺址及地區性變遷為沉水地貌類型下細分出的四個子類，主要以年代區分，時間越接近現代，相關歷史或文字紀錄存在的機率越高，可供考據的資料也會較多。古地貌、史前人類遺存兩者為史前文化地貌再以目標物型態細分，前者著重調查史前人類可能活動的自然地貌，後者則以尋找人類活動留下的遺跡為主。我國現有調查案例中，屬於沉水地貌類型的水下文資產調查可以參考日月潭水下地貌研究成果(梁中寧, 2015)。

沉船類型則是依船體或運載物品材質能否引起磁力反應，分為一般沉船及鐵磁性目標物兩類，後者可經由磁力儀探測尋找。若目標物遭沉積物掩埋，可配合地層剖面儀一併調查。

二次世界大戰相關遺存雖不滿足現行UCH定義，但具有重大歷史意義，屬於較特殊的類別。由於相關調查部分涉及環境污染與安全議題，因此分為戰場遺跡及載具與未爆彈兩類，前者主要保存二戰相關史蹟，以及評估沉沒載具的廢棄燃油污染問題，後者的目的則為未爆彈搜索與清除，需會同相關領域專家協助調



查，作業也相對複雜。與其他 UCH 類型調查不同的是，在二戰相關遺存類型的調查中，磁力儀扮演非常重要的角色。

表 5-1：水下文化遺產類型及分類特徵一覽表。

特徵	水下文化遺產類型							
	沉水地貌				沉船		二次世界大戰	
	古地貌	史前人類遺存	古文明遺址	地區性變遷	一般沉船	鐵磁性目標物	戰場遺跡及載具	未爆彈
年代	人類出現~距今 8000 年		距今 8000~1000 年	距今 1000~100 年	-	-	-	-
文字紀錄/歷史資料	無	無	多數有	有	有	有	有	有
目標物規模	-	不固定	公尺級以上	公尺級以上	公尺級	公尺級	公尺級	公分級
目標物型態	自然地貌	聚落或遺留物	城鎮或建築	城鎮或建築	船體或運載物	船體或運載物	軍用相關殘骸	單一物件
側掃聲納影像	可能有	有	有	有	有	有	有	可能有
多/單音束聲納探測	可能有	無	有	有	有	可能有	有	可能有
磁力反應	無	無	無	無	無	有	有	有
震波訊號/地層剖面	有	無	可能有	可能有	可能有	可能有	可能有	無
沉積物採樣	適用	不適用	可能適用	可能適用	不適用	不適用	不適用	不適用
適用調查流程	古地貌		人類活動遺跡		一般沉船	鐵磁性目標物		

UCH 依據類型不同，對探測儀器的訊號反應也不一致，因此有各自適用的調查流程，各類調查流程將於下節 5.2 中詳細說明。古地貌、史前人類遺存兩類，調查極為困難，通常仍會以側掃聲納調查為主，輔以地層剖面儀的資料，在實際調查作業中也可能會將古地貌調查結果做為尋找史前人類遺存的參考資訊，或是合併調查，因此這兩類適用古地貌類型調查流程。古文明遺址與地區性變遷兩類，其規模小至人造結構，大至城鎮，因此不僅可使用側掃聲納調查，也足以經由多音束測深系統被辨識，適用一般人類活動遺跡調查流程。一般沉船類別為目前數量最多的調查案例，視情況可選擇不同調查工具搭配使用。鐵殼船及二戰相

關遺存由於材質可經由磁力調查被辨識，適用以磁力儀為主要工具的鐵磁性目標物調查流程。





5.2 水下文化遺產調查方法彙整

本文於第三章曾介紹歐盟 SASMAP 計畫針對水下考古調查提出的作業流程（詳見圖 3-46），共將所有工作概分為四個階段：事前研究與評估、現場調查與測量、考古重要性評估、保存與管理。現於臺灣及周邊地區實施的調查案例多為以開發為目的之疑似水下文化資產先行調查，僅涉及前兩個作業階段，故此兩階段是本文的探討重點。

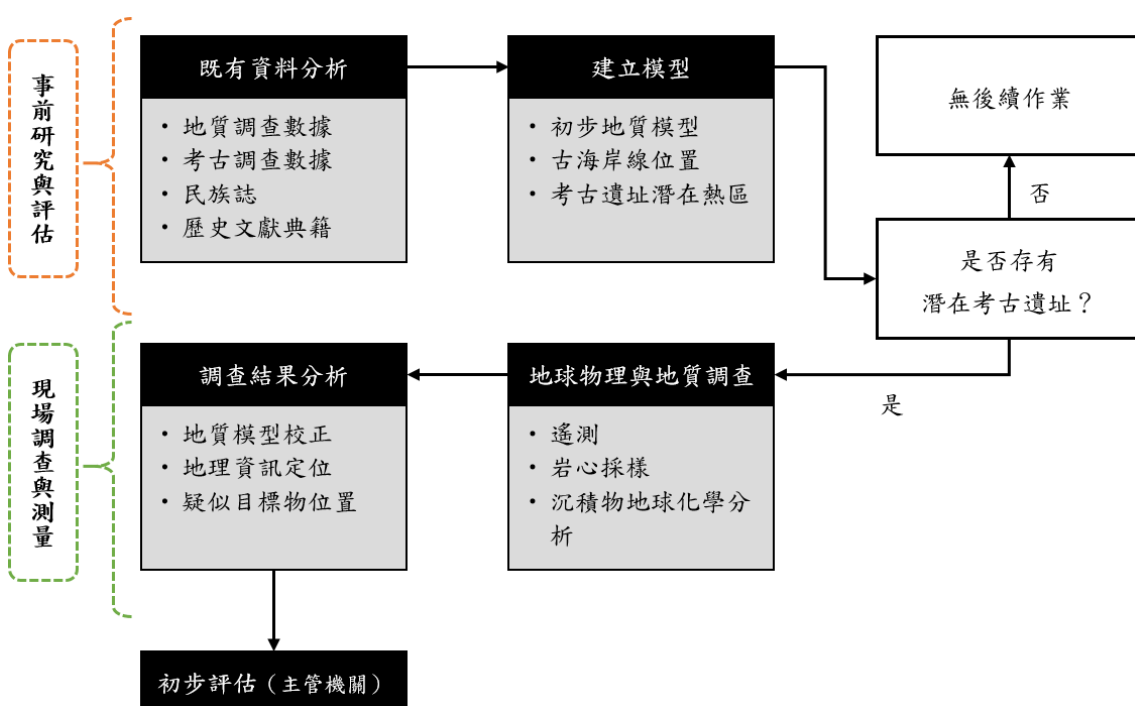


圖 5-1：水下文化遺產兩階段調查作業流程。

兩階段調查作業流程如圖 5-1 所示。事前研究與評估為針對預定調查地區蒐集各式既有資料，統整與分析後進而依據這些資訊建構當地可能的歷史樣貌，包含潛在目標物形貌、所在位置等，藉此確認預定調查區域是否有機率存在目標物熱區，若確認為有，再接續對潛在熱區執行調查。完善的事前研究與評估作業，有助於降低現場作業成本，並提高調查的總體效益。



現場調查與測量則為依據環境狀況與目標物型態、性質，選擇能提高搜索成功率的調查工具，並規畫合適的調查計畫後再行作業。獲得調查數據後，需經資料分析與人工判釋，才能產出成果並提供給主管機關。

由於調查工具的選擇，會依照目標物規模、外觀、材質等特徵而有所不同，因此不同類型的目標物有其適合的調查流程。以下根據本文前述所有案例的分析結果，提出四類水下文化遺產調查流程，做為參考。

第一類為古地貌類型，調查流程規畫如圖 5-2。由於調查目標為年代久遠的史前文化地貌，通常缺乏可供考證的史料，搜索難度較高，有時需配合地質調查方法如岩心採樣、地球化學分析等輔助縮小調查範圍，因此將其調查流程獨立歸為一類。

第二類為人類活動遺跡類型，調查流程規畫如圖 5-3。此類遺跡通常規模較大，可用一般地物調查工具搜索。多音束測深系統的探測資料在此類調查中可以協助建構遺跡的 3D 樣貌，用於調查的效益相較其他類型為佳。由於遺跡被發現後，除了部分小型文物可能出水保存，多數會採取現地保存的方式留置遺跡，因此會同時對周圍環境沉積物進行採樣，以便了解此地沉積環境並規畫持續監測與維護的方案。

第三類為一般沉船類型，調查流程規畫如圖 5-4。此處將一般沉船定義為船體不含鐵質、不會影響周圍磁場變化，以致無法以磁力儀進行探查。現行調查方法多以側掃聲納配合多（單）音束測深系統輔助定位，側掃聲納影像為目標物最主要的判釋依據。若目標物有被掩埋的可能，可搭配使用地層剖面儀，但通常反射訊號不明顯，較難與周遭環境區隔以致判釋困難。

第四類為鐵磁性目標物類型，調查流程規畫如圖 5-5。此類調查以磁力儀為主要調查工具，但目標物以外的多數近代海洋廢棄物也會造成磁力異常，因此與側掃聲納影像交叉比對，才能正確判釋疑似目標物。調查前應先了解目標物件各項特徵，如外觀、尺寸、重量等，才能發揮磁力儀的最大效益。

古地貌類型水下文化遺產調查流程



圖 5-2：古地貌類型調查流程。

適用目標為古自然地貌及史前人類遺跡等史前文化地貌，視調查目標以地質調查方法輔助搜尋。

人類活動遺跡類型水下文化遺產調查流程



圖 5-3：人類活動遺跡調查流程。

適用目標為古文明遺址及地區性變遷等規模較大的遺跡，一般調查方法皆可用，通常會一併調查遺跡所在環境以提供可規畫保存方案的資訊。

一般沉船類型水下文化遺產調查流程

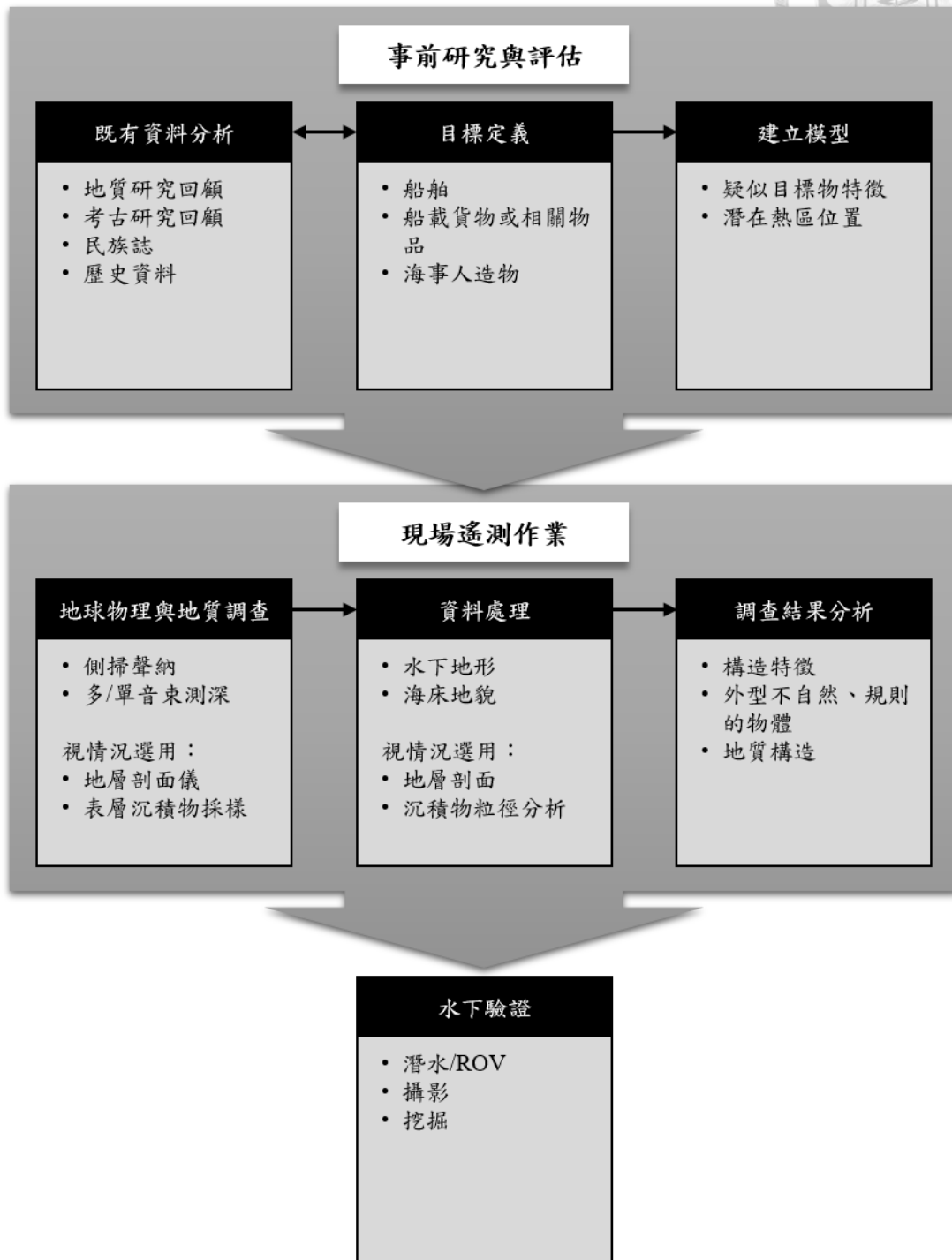


圖 5-4：一般沉船調查流程。

適用目標為不具鐵質船殼或運載物的一般沉船，一般調查方法皆可用。

鐵磁性目標物類型水下文化遺產調查流程

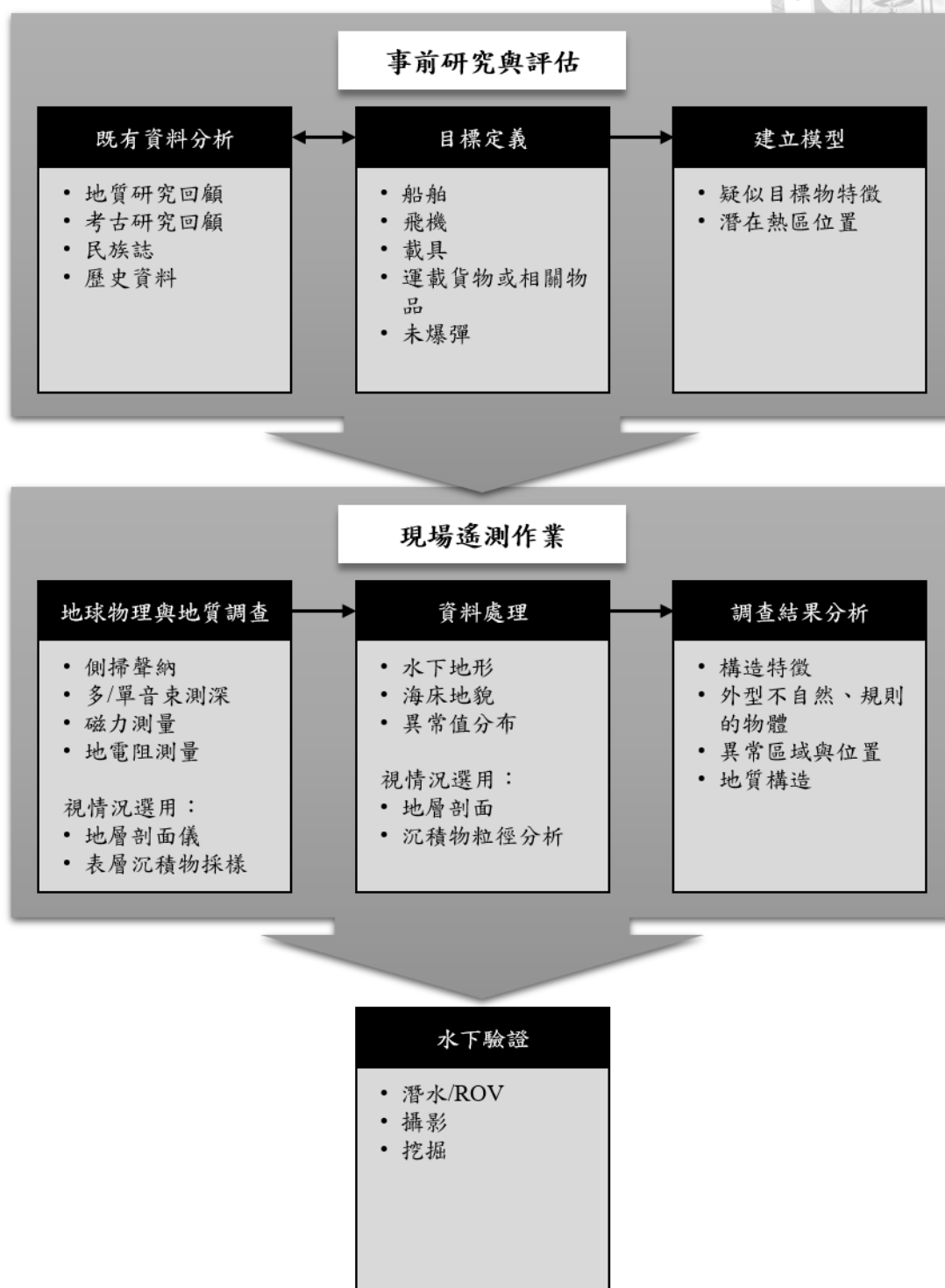


圖 5-5：鐵磁性目標物調查流程。

適用目標為任何具鐵磁性、可造成環境磁場磁力異常的目標物，作業時配合磁力儀進行調查。

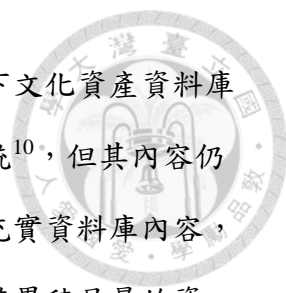


5.3 我國水下文化資產調查相關建議

目前於臺灣與周邊地區執行的水下文化資產調查作業，皆需符合我國現行法令規範，然而這些規範僅強調儀器與調查的精密度，對作業流程於初、複查階段皆需執行所有種類調查的說明也過於簡略，無法滿足實際現場作業的需求，對於提高調查效益與降低作業成本也無所助益。另外，由於水下考古為一門跨領域合作的學問，參與調查的人員往往在自身領域十分專業，卻對合作對象的領域知識所知甚少，如此壁壘分明的狀況易導致彼此溝通困難，此一現象無論在立法、行政、審查或是研擬調查策略時都可以見到，是亟需法令輔助的重要議題。有鑑於此，提高對調查事前研究與評估階段的重視，與對調查團隊實施跨領域知識與技能培養，將是未來我國水下文化資產調查與研究需要專注努力的方向。

我國現行法令中，僅於水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法第 4 條及第 6 條涉及 Desk-Based Research，即應於調查前進行事前研究與評估作業，但未對相關工作內容明確定義。然而，透過觀察世界各地的調查案例，可以發現此階段的工作對於後續調查成效影響極大。因此，主管機關於審查開發單位呈遞之調查計畫時，應確實要求內容需包含相關辦法第 6 條第二項第六款所載內容。這些內容包括但不限於下列項目：由考古或歷史專業人員製作的預定調查區域歷史脈絡說明、潛在目標物及其特徵（外觀型態、尺寸、材質等）、預定調查區域與周邊區域現存遺跡位置與可能存在遺跡的位置資訊、預定調查區域內遺跡潛在熱區（敏感區域）標示等。

在調查流程設計上，文化部技術指引要求複查階段仍應對疑似目標物區域執行所有種類之調查，但由現行調查成果觀察此作法之效益甚小，相關說明已呈現於本文 4.3。建議調查方法的制定應交由調查單位依目標物需求實際評估，選擇搜索效益最高的探測工具，以節約調查成本與時程，避免人力與資源浪費。此外，主管機關也應委託研究機構實施側掃聲納與其他水下考古常用探測工具的效益分析研究，並提供有科學依據的效益量化指標，以利調查單位參考。



此外，為避免重複調查造成資源耗損，建構便於查詢的水下文化資產資料庫也有其必要。文化部文化資產局雖已建置水下文化資產查詢系統¹⁰，但其內容仍相當簡陋，對想查詢相關資料的民眾也並不友善。建議應積極充實資料庫內容，並完善查詢系統，以減輕主管行政作業與調查單位的負擔。倘若累積足量的資料，也可進一步將其中較完整的內容開放予一般民眾，以提升普羅大眾對水下文化資產的認知與重視。

在調查團隊的專業培訓部分，應當為參與調查人員辦理跨領域知識與技術相關訓練，亦即要求考古領域人員應具備對探測儀器及其限制的基本認知，而探測技術人員與水下驗證作業人員也應了解考古基礎知識，並對預定調查區域的歷史背景及搜索目標有初步認識。主管機關也應協助促進不同領域之間的互相交流，而不僅僅只限於專業領域培育，才能確實增進調查效益。

¹⁰ 文化部文化資產局水下文化資產查詢系統 <https://nuwchgis.boch.gov.tw/portal/home/index.html>



5.4 結論


本研究旨在為臺灣及周邊地區水下文化資產調查提供具體可行的建議，以協助改善調查流程及促進調查成果品質。文中簡要介紹現行調查常用測量技術及其限制，並彙整各先進國家當前的調查相關法令，就其立法目的、法令位階等與我國法令進行比較與分析，再蒐集世界各地之調查實例，依調查目標分類與分析其調查流程，進一步歸納整理成可供參考的流程方案。由各項研究結果歸納所得之現況觀察與具體建議事項詳列於表 5-2，以供參考。

表 5-2：我國水下文化資產調查現況與相應建議列表。

編號	我國調查現況	建議事項
1	事前評估與研究作業所提供之資訊不足以因應資料判釋需求。	主管機關應確實要求調查計畫書包含水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法第 6 條規範之所有內容。
2	為開發目的之疑似目標物環境評估調查，其測量標準依據 IHO 水文測量標準。	應以調查成果足供相關事業主管機關及開發單位評估為主要訴求，於考量測量儀器限制之前提下制訂較適切的標準。
3	疑似目標區於初查結果中未顯現資料特徵的測量項目，於複查時仍需執行。	應由調查單位依初查結果評估個別測量項目是否需於複查階段再測。
4	現有調查成果資訊難以查詢，易導致重複調查造成資源耗損。	應盡速完善現有之水下文化資產查詢系統，並開放予社會大眾查詢。
5	參與調查的不同領域專業人員，彼此缺乏交流與溝通。	應為調查參與人員實施跨領域知識與技術培訓，並協助促進不同領域間之交流合作。

另於研究與寫作過程中，因水下考古此門學問的跨領域特性，致使筆者在資料搜索及統整時皆遭遇一定程度的障礙，故將觀察到的幾點狀況敘述於此，供後續研究者參考。

為探討各國是否存在與我國文化部公告水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引類似的行政命令形式作業規範，筆者嘗試從各種管道搜尋相關資料，最後發現美國的 Archaeological Resource Reports and Surveys 是目前內容最相近的規範。然而，制定該規範的主管機關為美國 BOEM，其權責與環境開發相關，與我



國文化部的權責性質完全不同。從我國與美國的例子，可發現由於水下文化遺產調查的跨領域性質，使此項業務難以被界定應歸屬哪一類主管機關辦理，各國對此的認知也不盡相同。此一現象導致即便各國存在相關行政命令，也難以被查找與比對。因此，釐清此業務在各國歸屬的主管機關會是往後從事相似研究最優先但十分困難的任務。

而在世界各地現有的水下考古案例中，同樣能發現由不同領域學者主導的調查，其調查成果有顯著的落差。擁有地球物理探測技術背景的學者，在調查流程的安排上相對合理，資料判釋也較為精確，但通常無法對結果提供較深入的說明與闡釋。專長考古或歷史研究背景的學者，則在調查流程、探測工具等方面的策略規畫明顯難以周全，也因使用調查儀器的成效不彰，獲得的資料成果通常差強人意，必須以大量人力執行潛水調查作業補足，但其事前研究與評估作業卻相對完善，能夠較精確的定義目標，並透過建立較完整的當地考古或歷史模型以標示目標潛在位置。此一現象突顯了跨領域交流與合作的重要性，畢竟事前作業與現場調查兩者相輔相成，若希望提升調查效益，勢必要設法加以改善。

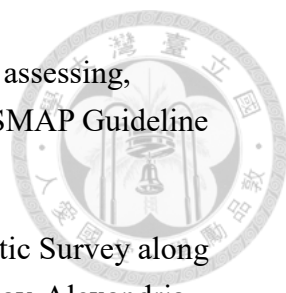
我國的水下文化資產調查與研究相較世界各國起步較晚，目前也仍處於逐步推廣精進的階段，期望本研究的成果能為此一領域的未來發展略盡棉薄之力。

參考文獻



期刊文獻

- Ballard, R. D. and Uchupi, E.: Morphology and Quaternary history of the continental shelf of the Gulf Coast of the United States, *Bulletin of Marine Science*, 20, 547-559, 1970.
- Driskell, B. N.: Stratified late Pleistocene and early Holocene deposits at Dust Cave, northwestern Alabama, *The Paleoindian and Early Archaic Southeast*, 1996. 315-330, 1996.
- Emesiochel, C., Jeffery, B., Kimura, J., McKinnon, J., Ngirmang, S., Takahashi, A., Van Tilburg, H., and Viduka, A. J.: Safeguarding Underwater Cultural Heritage in the Pacific: report on good practice in the protection and management of World War II-related underwater cultural heritage, *International Journal of Nautical Archaeology*, 47, 495-496, 2018.
- Erlandson, J. M.: Anatomically modern humans, maritime voyaging, and the Pleistocene colonization of the Americas, *The first Americans: the Pleistocene colonization of the New World*, 27, 59-92, 2002.
- Erlandson, J. M.: The archaeology of aquatic adaptations: paradigms for a new millennium, *Journal of Archaeological Research*, 9, 287-350, 2001.
- Faught, M. K.: Submerged Paleoindian and Archaic Sites of the Big Bend, Florida, *Journal of Field Archaeology*, 29, 273-290, 2004a.
- Faught, M. K.: The underwater archaeology of paleolandscapes, Apalachee Bay, Florida, *American Antiquity*, 69, 275-289, 2004b.
- Faught, M. K. and Donoghue, J. F.: Marine inundated archaeological sites and paleofluvial systems: examples from a karst-controlled continental shelf setting in Apalachee Bay, Northeastern Gulf of Mexico, *Geoarchaeology: an international journal*, 12, 417-458, 1997.
- Goddio, F.: The Topography and Excavation of Heracleion-Thonis and East Canopus (1996-2006), *Underwater Archaeology in the Canopic Region in Egypt*, 1. Oxford, 2007.

- 
- Gregory, D. and Manders, M.: Best practices for locating, surveying, assessing, monitoring and preserving underwater archaeological sites, SASMAP Guideline Manual, 2, 2015.
- Hamouda, A., El Gendy, N., El Gharabawy, S., and Salah, M.: Acoustic Survey along Heraklion and East Canopus Ancient Greek Cities, Abu Quir Bay, Alexandria, Egypt, *Journal of Earth Science & Climatic Change*, 06, 2015.
- Josenhans, H., Fedje, D., Pienitz, R., and Southon, J.: Early humans and rapidly changing holocene sea levels in the queen Charlotte islands-Hecate strait, british Columbia, Canada, *Science*, 277, 71-74, 1997.
- Manders, M. and Gregory, D.: Guidelines to the process of underwater archaeological research, SASMAP Guideline Manual, 1, 2015.
- Moore, C. D. and Mason, A. R.: Demonstration Survey of Prehistoric Reef-Net Sites with Sidescan Sonar, near Becher Bay, British Columbia, Canada, *International Journal of Nautical Archaeology*, 41, 179-189, 2012.
- Neill, W. T.: A stratified early site at Silver Springs, Florida, *Florida Anthropologist*, 11, 33-52, 1958.
- Ødegård, Ø., Hansen, R. E., Singh, H., and Maarleveld, T. J.: Archaeological use of Synthetic Aperture Sonar on deepwater wreck sites in Skagerrak, *Journal of Archaeological Science*, 89, 1-13, 2018.
- Passaro, S.: Marine electrical resistivity tomography for shipwreck detection in very shallow water: a case study from Agropoli (Salerno, southern Italy), *Journal of Archaeological Science*, 37, 1989-1998, 2010.
- Plets, R., Dix, J., and Bates, R.: *Marine Geophysics Data Acquisition, Processing and Interpretation: Guidance Notes*, 2013. 2013.
- Quinn, R., Forsythe, W., Breen, C., Boland, D., Lane, P., and Omar, A. L.: Process-based models for port evolution and wreck site formation at Mombasa, Kenya, *Journal of Archaeological Science*, 34, 1449-1460, 2007.
- Sear, D. A., Bacon, S. R., Murdock, A., Doneghan, G., Baggaley, P., Serra, C., and LeBas, T. P.: Cartographic, Geophysical and Diver Surveys of the Medieval Town Site at Dunwich, Suffolk, England, *International Journal of Nautical Archaeology*, 40, 113-132, 2011.

Shih, P. T.-Y., Chen, Y.-H., and Chen, J.-C.: Historic Shipwreck Study in Dongsha Atoll with Bathymetric LiDAR, *Archaeological Prospection*, 21, 139-146, 2014.

Stanley, J.-D., Goddio, F., Jorstad, T. F., and Schnepf, G.: Submergence of ancient Greek cities off Egypt's Nile Delta-A cautionary tale, *GSA TODAY*, 14, 4-10, 2004.

Weiss, E., Ginzburg, B., Cohen, T. R., Zafrir, H., Alimi, R., Salomonski, N., and Sharvit, J.: High resolution marine magnetic survey of shallow water littoral area, *Sensors*, 7, 1697-1712, 2007.

宋國士, 溫良碩, 劉康克, and 劉佩琨: 淡水河口區水下地形, *臺灣海洋學刊*, 39, 135-159, 2001.

臧振華 and 劉金源: 台灣水下考古的啟動: 近年來澎湖海域水下考古調查, 《海洋臺灣—教育文化與海洋法政》, 財團法人台灣研究基金會, 國立臺灣海洋大學, 2009. 158-183, 2009.

會議論文

Allotta, B., Costanzi, R., Ridolfi, A., Pascali, M. A., Reggiannini, M., Salvetti, O., and Sharvit, J.: ACOUSTIC data analysis for underwater archaeological sites detection and mapping by means of autonomous underwater vehicles, 2015, 1-6.

Bassani, C.: SAIC marine unexploded ordnance (UXO) survey system, 2008, 1-10.

Flatman, J., Staniforth, M., Nutley, D., and Shefi, D.: Submerged cultural landscapes, 2005.

Garrison, E. G.: Recent archaeogeophysical studies of paleoshorelines of the Gulf of Mexico, 1992, 103-116.

專書論著

Bailey, G. N.: Underwater Archaeology. In: *Encyclopedia of earth sciences series*, Harff, J., Meschede, M., Petersen, S., and Thiede, J. (Eds.), Springer Netherlands, Dordrecht, 2016.

Faught, M. K.: Remote Sensing, Target Identification and Testing for Submerged Prehistoric Sites in Florida: Process and Protocol in Underwater CRM Projects. In: *Prehistoric Archaeology on the Continental Shelf*, 2014.

楊雅心 (Ed.): 地理志, 連江縣政府, 2014.

調查報告

McDonald, J.: UXO Detection and characterization in the marine environment, Science Applications International Corporation 2008.

Simms, J. E., Larson, R. J., Murphy, W. L., and Butler, D. K.: Guidelines for planning unexploded ordnance (UXO) detection surveys, US Army Engineer Research and Development Center, 2004.

李錫堤, 黃俊鴻, 劉進金, 蔡榮君, 林書毅, and 洪國華: 林口台地及其鄰接海岸地形變遷與地貌復原可行性探討, 國立中央大學應用地質研究所, 1998.

學位論文

張菀文: 淡水河口地形變遷之研究, 2002. 地理環境資源學研究所, 國立臺灣大學, 台北市, 1-85 pp., 2002.

梁中寧: 日月潭的地形地貌及淤積形態研究, doi: 10.6342/ntu.2015.02263, 2015. 海洋研究所, 國立臺灣大學, 1-105 pp., 2015.

其他

鄧國雄: 淡水河系下游河道變遷研究. In: 地理學研究, 國立台灣師範大學地理學系, 1985.

羅聖宗: 將軍一號的故事. In: 科學發展, 2011.



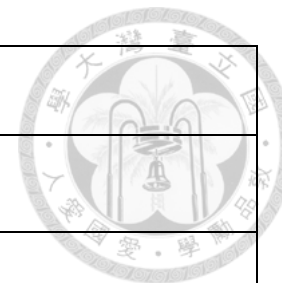


附錄一 各國水下文化遺產相關法規彙整

本表格僅收錄本文第 2 章所提國家之法規。由於各國法規制度多有差異，又本文非探討法律專文，所載恐有疏漏，尚祈海涵與指教。收錄法規依其位階共分為法、法規命令、行政規則等三種，前兩者為立法機關頒布，詳細內容可見於各國法規資料庫中，後者為行政主管機關頒布，詳細內容通常需至各機關網站搜尋。由於各國與水下文化遺產業務相關的行政主管機關不盡相同，查找行政規則時需優先釐清該項業務歸屬於哪個機關辦理，但這項工作也需對該國家行政體系具備相當程度的認知，因此實際執行時確有其難處。

附錄表 1：英國相關法規列表。

國家	英國	法規資料庫	https://www.legislation.gov.uk/
中文名詞	法	法規命令	行政規則
英文名詞	Act	Rules /Regulations	Guideline /Directions
適用範圍	法規名稱（公布年度）		
全國	The Protection of Wrecks Act (1973)		
	The Ancient Monuments and Archaeological Areas Act (1979)		
	The Protection of Military Remains Act (1986)		



	The Merchant Shipping Act (1995b)		
	the Marine and Coastal Access Act (2009)		
北愛爾蘭地區	Historic Monuments and Archaeological Objects (Northern Ireland) Order(1995a)		
蘇格蘭地區	The Planning (Listed Buildings and Conservation Areas (Scotland)) Act (1997)		
英格蘭地區	the National Heritage Act (2002)		

附錄表 2：愛爾蘭相關法規列表。

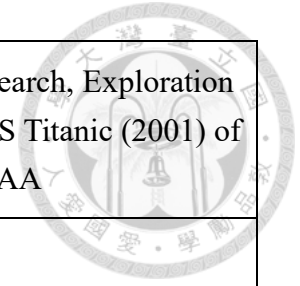
國家	愛爾蘭	法規資料庫	http://www.irishstatutebook.ie/
中文名詞	法	法規命令	行政規則
英文名詞	Act	Rules /Regulations	Guideline /Directions
適用範圍	法規名稱 (公布年度)		
全國	National Monuments Act (1930)		
	National Monuments (Amendment) Act (1987)		

附錄表 3：美國相關法規列表。

美國法律分為聯邦法與州法，本表僅列出聯邦法中與水下文化遺產相關的法律。

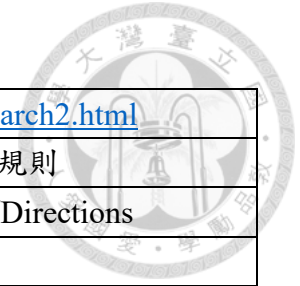


國家	美國	法規資料庫	https://coast.noaa.gov/oceanlawsearch/#/search https://www.boem.gov/regulations-and-guidance	
中文名詞	法	法規命令		行政規則
英文名詞	Act	Rules /Regulations		Guideline /Directions
適用範圍	法規名稱（公布年度）			
全國	Antiquities Act (1906)			
	Outer Continental Shelf Lands Act (1953)			
	Coastal Zone Management Act (1972)			
	National Marine Sanctuaries Act (1972)			
	Archaeological Resources Protection Act (1979)			
	R.M.S. Titanic Maritime Memorial Act (1986)			
	Abandoned Shipwreck Act (1987)			
	National Marine Sanctuaries Act per amendment (1992)			
	National Maritime Heritage Act (1994)			



			Guidelines for Research, Exploration and Salvage of RMS Titanic (2001) of NOAA
	Sunken Military Craft Act (2004)		
			Archaeological Survey and Evaluation for Exploration and Development Activities (2005) of BOEM
			Archaeological Resource Reports and Surveys (2005) of BOEM

附錄表 4：中國相關法規列表。



國家	中國	法規資料庫	http://search.chinalaw.gov.cn/search2.html
中文名詞	法	法規命令	行政規則
英文名詞	Act	Rules /Regulations	Guideline /Directions
適用範圍	法規名稱 (公布年度)		
全國	中華人民共和國文物保護法(1982)		
		中華人民共和國水下文物保護管理條例(1989)	
		關於外商參與打撈中國沿海水域沉船沉物管理辦法(1992)	
		中華人民共和國文物保護法實施條例(2003)	

附錄表 5：臺灣相關法規列表。



國家	臺灣	法規資料庫	https://law.moj.gov.tw/Index.aspx https://www.moc.gov.tw/submenu_257.html
中文名詞	法	法規命令	行政規則
英文名詞	Act	Rules /Regulations	Guideline /Directions
適用範圍	法規名稱 (公布年度)		
全國	文化資產保存法(1982)		
		文化資產保存法施行細則(1984)	
	水下文化資產保存法(2015)		
		水下文化資產保存法施行細則 (2016)	
		水下文化資產保存教育推廣鼓勵辦法(2016)	
		水下文化資產保護區劃設及管理辦法(2016)	
		水下文化資產專業人才培育辦法(2016)	
		水下文化資產審議會組織辦法(2016)	
		水下文化資產獎勵補助辦法(2016)	
		水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法(2016)	

			文化部水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引(2017)
		以水下文化資產為標的之活動管理辦法(2016)	
		涉及海床或底土活動通知及管理辦法(2016)	



附錄表 6：澳洲相關法規列表。



國家	澳洲	法規資料庫	https://www.legislation.gov.au/Home
中文名詞	法	法規命令	行政規則
英文名詞	Act	Rules /Regulations	Guideline /Directions
適用範圍	法規名稱 (公布年度)		
全國	Historic Shipwrecks Act (1976)		
	Protection of Movable Cultural Heritage Act (1986)		
	Underwater Cultural Heritage Act (2018)		
		Underwater Cultural Heritage Rules (2018)	
		Underwater Cultural Heritage Act 2018 (Protected Zones) Declaration Instrument (2019)	
	Underwater Cultural Heritage (Consequential and Transitional Provisions) Act (2018)		

附錄表 7：南非相關法規列表。



國家	南非	法規資料庫	https://www.gov.za/documents/acts
中文名詞	法	法規命令	行政規則
英文名詞	Act	Rules /Regulations	Guideline /Directions
適用範圍	法規名稱 (公布年度)		
全國	National Monuments Act (1969)		
	National Monuments Amendment Act (1979)		
	Environment Conservation Act (1989, Repealed)		
	National Environmental Management Act (1998)		
	World Heritage Convention Act (1999)		
	National Heritage Resources Act (1999)		
	National Heritage Council Act (1999)		
	Cultural Laws Second Amendment Act (2001)		
	National Environmental Management: Protected Areas Amendment Act (2009)		



附錄二 調查作業與儀器探測技術規範比較

此附錄旨在呈現我國與美國水下文化遺產調查作業於技術規範上的差異。由於兩國制定規範的主管機關性質不同，且美國的規範中大部分內容屬於無法律強制力的建議事項，因此雖然規範的技術項目多有雷同，箇中差異卻顯而易見。

附錄表 8：我國文化部法令與美國 BOEM 參考規範比較。

國家		臺灣	美國
主管機關		文化部	BOEM
規則名稱		水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引	Archaeological Resource Reports and Surveys
公布年度		2017	2005, 2020/6 重發
法規依據		水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法(2016)	Outer Continental Shelf Lands Act (1953)
作業流程規範		需包含初查、複查兩階段	無相似建議
作業技術 規範	平面定位 精度	不同測量項目個別敘明規範，需符合 IHO 特等或 1a 等級標準	統一建議： 水深 < 200m (656 feet) 誤差容許 ±5m 水深 ≥ 200m (656 feet) 誤差容許 ±15m 建議水深 > 91m (300 feet) 時在拖魚上使用聲學定位裝置
	測線間距	不同測量項目個別敘明規範	統一建議： 水深 ≤ 200m (656 feet) 間距 50m (164 feet) 水深 > 200m (656 feet) 間距 300m (984 feet)

國家	臺灣	美國
主管機關	文化部	BOEM
規則名稱	水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引	Archaeological Resource Reports and Surveys
側掃聲納	<p>頻率 $\geq 100\text{kHz}$</p> <p>初查覆蓋率 100%</p> <p>依水深調整斜距 50 ~ 200m</p> <p>複查須多方向測線、頻率 $> 100\text{ kHz}$、更小側掃斜距</p> <p>紀錄目標物偵測應符合 IHO 特等或 1a 等級</p> <p>航速 ≤ 4 節</p> <p>大地基準 TWD97 或 WGS84</p> <p>資料格式 .JSF、.XTF 或其他</p>	<p>建議使用底拖式雙頻道雙頻率側掃聲納</p> <p>測線間距 50m (164 feet)，建議頻率 300 ~ 500kHz</p> <p>測線間距 300m (984 feet)，建議頻率 $\geq 100\text{kHz}$</p> <p>覆蓋率 100%</p> <p>離底高度為斜距 10 ~ 20%</p> <p>精查建議頻率 $\geq 500\text{kHz}$</p>
水深測量	<p>多音束或單音束（水深 $< 5\text{m}$）</p> <p>初查測線配合側掃聲納，複查須多方向測線、增加密度</p> <p>航速 ≤ 5 節</p> <p>現地潮位校正、聲速校正、船隻姿態修正、測深系統檢校</p> <p>大地基準 TWD97 或 WGS84</p> <p>高程基準 TWVD2001</p> <p>資料格式 (x, y, z)</p>	<p>應使用船身姿態紀錄單元（特別針對 Heave）</p> <p>應於調查前後測量聲速剖面並校正聲速</p>

國家	臺灣	美國
主管機關	文化部	BOEM
規則名稱	水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引	Archaeological Resource Reports and Surveys
磁力測量	<p>精度 < 2nT</p> <p>測線配合側掃聲納 須 IGRF、日變化修正 複查須多方向測線 資料格式 ASCII</p>	<p>水深 < 200m (656 feet)，建議使用 proton precession magnetometer 或 cesium total field magnetometer</p> <p>離底 ≤ 6m (20 feet)，應裝置深度感測器</p> <p>精度 ≤ 1 或 1nT</p> <p>取樣間隔 ≤ 1s</p> <p>背景噪訊 ≤ 3 γ</p> <p>Recording scales ≤ 1,000 γ /100 γ full scale</p>
地層剖面儀	<p>泥質沉積穿透深度 < 100m，砂質沉積穿透深度 < 10m，垂直解析度 < 50cm</p> <p>複查須多方向測線 資料格式 SEG Y</p>	<p>Bandwidth 1.5 ~ 4.5kHz</p> <p>泥質沉積垂直解析度在深度 15m (50 feet) ≤ 1 foot</p>
水下攝影	<p>必要時在複查階段進行影片拍攝規格：</p> <p>視訊系統採 NTSC 規格</p> <p>影片解析度 1280*720 dpi 以上</p> <p>影音檔案格式 mp4/avi/mov/mpeg</p> <p>數位攝影照片拍攝規格：</p> <p>影像解析度 3600*2400 dpi 以上</p> <p>影像檔案格式 JPG</p>	無相似建議

國家	臺灣	美國	
主管機關	文化部	BOEM	
規則名稱	水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引	Archaeological Resource Reports and Surveys	
	其他	經同意可於港口、河口、淺灘及陸域之水域探測使用其他水面或空中載具以及其他適當儀器或方法	可使用 ROV、AUV、水下攝影、潛水、遙控或載人潛艇、岩心採樣等輔助技術
			作業技術規範載於 Appendix No. 2
地圖格式規範	比例	數位側掃聲納嵌合影像視範圍大小提供足以提供內含物比例尺之圖幅	1:12,000，磁力異常或側掃聲納影像異常處 1:6,000
	間隔	無相似規範	152-meter (500-foot)
	投影方式	無相似規範	須註明
	格線標示	無相似規範	長度標示間隔 5 inches 經緯度標示間隔 60 秒
	提交檔案格式	不同測量項目個別規範	PDF、DWG
	資訊內容	側掃聲納嵌合影像目標物標示、複查水深圖目標物標示、多音束測深與側掃聲納探測所記錄目標物比對	基本資料、水深、磁力與側掃聲納影像異常處標示、正在開發及預定開發作業地點標示
			地圖格式規範載於 Appendix No. 1
其他	無相似規範		建議和其他海床或底質調查同時進行，可接受以其他目的進行但可供辨識目標物的調查數據 (P6)
	無相似規範		在告知並獲得許可時可以其他調查方法或計畫代替 Appendix No. 2 建議內容 (P6C)
	無相似規範		不可以 3D 震測資料代替高解析度側掃聲納數據 (P6C)

國家	臺灣	美國
主管機關	文化部	BOEM
規則名稱	水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引	Archaeological Resource Reports and Surveys
	無相似規範	若在淺水域風險調查中發現任何疑似考古跡證，需立即暫停作業於距目標區域 1000 feet 處，並於發現後 48 小時內立即通知 BOEM (P7)
	無相似規範	除了法令規範條款外，其餘建議事項沒有法令強制性 (P7)
	水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法第八條	Appendix No. 1 建議調查報告內容與格式

附錄三 我國水下文化資產調查相關法令條文



為配合本文 4.3 討論內容故製作此表，表中僅列出與調查作業直接相關的條文，以便與後續討論互為參照。

附錄表 9：我國調查相關法令條文列表。

水下文化資產保存法	
第 9 條	<p>應進行環境影響評估之開發行為，或政府機關（構）與公營事業機構於策定或核定涉及水域之開發、利用計畫前，應先行調查所涉水域有無水下文化資產或疑似水下文化資產，如有發現，應即通報主管機關處理。</p> <p>前項開發、利用之範圍與認定、調查與處理方式及程序，由中央主管機關會同相關目的事業主管機關定之。</p>
第 13 條	<p>任何人發現疑似水下文化資產時，應即停止該影響疑似水下文化資產之活動，維持現場完整性，並立即通報主管機關處理。但為避免緊急危難或重大公共利益之必要，得不停止該活動，並應於發現後立即通報主管機關處理。</p> <p>前項疑似水下文化資產如已出水者，應立即送交主管機關處理。</p> <p>主管機關接獲第一項通報後，得採取下列措施：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、限制或暫停該水域特定範圍內影響該疑似水下文化資產全部或一部之活動。 二、進行必要之調查、研究及其他相關水下工作。 三、於發現地所涉水域內劃設暫時保護區。 <p>前項第三款暫時保護區，準用第二十八條至第三十三條規定；其期間以二年為限，但必要時得延長一次，期滿失其暫時保護區之效力。</p> <p>主管機關依第三項規定採取之措施，於必要時得請求海岸巡防機關依其職權協助之。</p>
水域開發利用前水下文化資產調查及處理辦法	
第 4 條	<p>開發單位、政府機關（構）或公營事業機構實施水下文化資產調查前，應先行向主管機關查詢開發、利用行為或計畫所涉水域之水下文化資產相關資訊；其無相關調查資訊者開發單位即應進行調查。</p>
	<p>109 年修正條文：</p> <p>開發單位、政府機關（構）或公營事業機構實施水下文化資產調查前，應先行向主管機關查詢開發、利用行為或計畫所涉水域之水下文化資產相關資訊。</p>
第 5 條	<p>開發單位、政府機關（構）或公營事業機構得自行或委由專業機關（構）或法人進行所涉水域之水下文化資產調查。</p> <p>前項所定調查專業機關（構）或法人，應聘有具二年以上經驗水下考古、水下探測技術之專業人員。</p>
	<p>109 年修正條文：</p>

	<p>開發單位、政府機關（構）或公營事業機構得自行或委由專業機關（構）或法人進行所涉水域之水下文化資產調查。</p> <p>前項所定調查專業機關（構）或法人，應聘有下列各款人員：</p> <p>一、水下文化資產判釋人員：曾從事水下文化資產調查、研究、發掘或其他相關工作，累計達二年以上經驗。</p> <p>二、水下探測技術人員：曾從事以專業潛水、遙感探測、磁力測量、水下聲學、水下光學、水下載具及其他非侵入性、非破壞性探測方式之水下探測工作，累計達二年以上經驗。</p>
<p>第 6 條</p>	<p>開發單位、政府機關（構）或公營事業機構於進行水下文化資產調查前，應將調查計畫，送主管機關審查。</p> <p>前項調查計畫，應包括下列各款事項及文件資料：</p> <p>一、法規依據。</p> <p>二、開發利用行為或計畫之目的、內容及其範圍。</p> <p>三、調查之地理範圍外界線經緯度。</p> <p>四、調查區域之歷史及環境資料。</p> <p>五、符合前條第二項調查機關構或法人之資格文件。</p> <p>六、調查規畫包括方法、技術、測線及時程。</p> <p>前項第三款所定地理範圍，包括開發、利用所涵蓋區域及其周緣向外延伸至少五百公尺之範圍。</p> <p>109 年修正條文：</p> <p>開發單位、政府機關（構）或公營事業機構於進行水下文化資產調查前，應將調查計畫，送主管機關審查。</p> <p>前項調查計畫，應包括下列各款事項及文件、資料：</p> <p>一、申請開發單位、政府機關（構）或公營事業機構名稱及其代表人。</p> <p>二、受委託調查之專業機關（構）或法人與其聘有前條第二項各款人員之資格證明文件及簽章。</p> <p>三、法規依據。</p> <p>四、開發利用行為或計畫之目的、內容及其範圍。</p> <p>五、調查之地理範圍外界線經緯度。</p> <p>六、開發區域水下文化資產相關文獻資料及標示敏感區域。</p> <p>七、調查規畫，其內容包括方法、技術、測線及時程。</p> <p>八、第四條查詢結果所得相關資訊。</p> <p>前項第五款地理範圍，包括開發、利用所涵蓋區域及其周緣向外延伸至少五百公尺之範圍，並以不逾領海外界限為原則。</p> <p>經第四條查詢結果所得相關資訊足認其已無需再進行調查者，其調查計畫得免記載第二項第二款、第五款及第七款事項，並經主管機關審查同意後，得視為已完成調查；其無相關資訊或資訊不足者，開發單位、政府機關（構）或公營事業機構應即依第一項審查通過之調查計畫進行調查。</p>

<p>第 7 條</p>	<p>水下文化資產調查得視個案之海床及水底地形狀況，以專業潛水、遙感探測、磁力測量、水下聲學、水下光學及水下載具等非侵入性及非破壞性之探測方式為之。</p> <p>前項探測方式之技術指引，得由主管機關公告。</p> <p>109 年修正條文： 水下文化資產調查得視個案之海床及水底地形狀況，以專業潛水、遙感探測、磁力測量、水下聲學、水下光學及水下載具等非侵入性及非破壞性之探測方式為之。</p>
<p>第 8 條</p>	<p>開發單位、政府機關（構）或公營事業機構完成水下文化資產調查後，應檢具調查報告、水下文化資產調查基本資料表如附表及原始資料，送請主管機關審查。</p> <p>前項調查報告，應包括下列各款項目：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、法規依據。 二、開發利用行為或計畫之目的及其內容。 三、調查水域之地理範圍外界線之經緯度。 四、調查機關構或法人、主持人及專業人員之相關資料。 五、調查水域之環境及歷史文獻資料。 六、調查方法及技術。 七、調查過程及紀錄。 八、調查結果。發現疑似水下文化資產者，其目標物之狀況及對開發、利用計畫之影響評估。 九、開發、利用計畫有無替代或修正方案及建議事項。 <p>主管機關應於收件後二個月內審查完成，未能於所定期間內處理終結者，得於原處理期間之限度內延長之，但以一次為限。</p> <p>109 年修正條文： 開發單位、政府機關（構）或公營事業機構應依第六條審查通過之調查計畫，進行水下文化資產調查，並於完成調查後，檢具調查報告、水下文化資產調查基本資料表（如附表）及原始資料，送主管機關審查。</p> <p>前項調查報告，應包括下列各款項目：</p> <ol style="list-style-type: none"> 一、申請開發單位、政府機關（構）或公營事業機構名稱及其代表人。 二、受委託調查機關（構）或法人與其聘有第五條第二項各款人員之資格證明文件及簽章。 三、法規依據。 四、開發利用行為或計畫之目的及其內容。 五、調查之地理範圍外界線經緯度。 六、開發區域水下文化資產相關文獻資料及標示敏感區域。 七、調查方法及技術。 八、調查過程及紀錄。



	<p>九、調查結果。發現疑似水下文化資產者，其目標物之狀況及對開發、利用計畫之影響評估。</p> <p>十、開發、利用計畫有無替代或修正方案及建議事項。</p> <p>主管機關應於收件後二個月內審查完成，未能於所定期間內處理終結者，得於原處理期間之限度內延長之，但以一次為限。</p>
第 9 條	主管機關得邀請學者專家組成小組審查調查計畫及報告等書件，並得邀請開發單位、政府機關（構）或公營事業機構、調查計畫主持人或專業人員列席說明。必要時，得派員或委由專業機關（構）到場查證。
第 10 條	開發單位、政府機關（構）或公營事業機構完成之調查報告，主管機關審查後應復知審查結果，並敘明進行開發、利用行為時，發現水下文化資產或疑似水下文化資產者，應即依本法第十三條規定通報主管機關。
第 11 條	開發單位、政府機關（構）或公營事業機構於進行水下文化資產調查時，發現水下文化資產或疑似水下文化資產者，應即通報主管機關。 主管機關接獲前項通報後，得依本法第十三條第三項至第五項規定採取保護措施。

水下文化資產調查作業與儀器探測技術指引 ※節錄自中華民國 106 年 7 月 14 日文投資局物字第 10630072061 號

二	<p>水下文化資產調查作業說明</p> <p>水下文化資產調查作業，包括本辦法第六條調查前應將調查計畫，送主管機關審查；第七條調查方式則依本技術指引為之；第八條完成調查後應檢具調查報告、水下文化資產調查基本資料表及原始資料，送請主管機關審查；以及第九條必要時，得派員或委由專業機關（構）到場查證等。</p> <p>開發前水下文化資產調查，須委由專業團隊先進行初步調查，以全覆式之側掃聲納調查，並加上高密度水深探測、磁力及地層剖面探測，及其他適當儀器調查再進行比對。如比對發現疑似水下文化資產（以下簡稱目標物），須以提高解析度及資料密度方式，在目標物區域執行高精度側掃聲納探測、高密度水深探測、磁力及地層剖面探測，必要時可增加利用水下載具及輔助系統如攝影、潛水探測等以判斷目標物特性進行複查，並對其疑似水下文化資產之狀況說明，並提出對開發、利用計畫之影響評估，以及其替代或修正方案及建議事項後，提送調查報告書至主管機關進行審查。</p> <p>開發前應依主管機關之要求，對水下文化資產之處理狀況進行調查。變更開發計畫，應對變更開發範圍進行水下文化資產調查，調查方法同前述開發前之調查。開發、利用階段中如有發現目標物者，應依本辦法第十條即通報本部處理。</p>
三	<p>水下文化資產調查技術規範及資料繳交格式</p> <p>水下文化資產調查作業中，有關側掃聲納及高密度水深測量之規範係依據國際水文組織水文測量標準（International Hydrographic Organization (IHO) Standards for Hydrographic Surveys）特等或 1a 等級之最低標準訂之。詳如附件一。</p> <p>（一）側掃聲納（Side Scan Sonar, SSS）探測</p> <p>初步調查階段需對計畫開發區進行全覆式海床目標物搜尋。</p>



採用 100 kHz 或更高聲納頻率。

沿測線側掃範圍可依水深調整其斜距 (Slant Range) 兩側各 50~200 公尺。

紀錄目標物偵測應符合 IHO 特等 (特徵物大於 1 公尺) 或 1a 等級 (水深 40 公尺內, 特徵物大於 2 公尺; 超過 40 公尺, 特徵物大於 10% \times 水深) 之標準。

施測時最大以不超過航速 4 節為原則。

平面定位應符合 IHO 特等 (2 公尺) 或 1a 等級 (5 公尺 + 5% \times 水深) 之標準。

如有發現目標物, 在複查階段需對目標物再以多方向測線, 並以頻率高於 100 kHz, 更小側掃斜距, 涵蓋目標物範圍進行探測。

大地基準為 1997 臺灣大地基準 (TWD97) 或 World Geodetic System 84 (WGS84) 坐標基準。

提供數位側掃聲納嵌合 (Mosaic) 影像 (視範圍大小提供足以提供內含物比例尺之圖幅), 並將目標物標於嵌合圖中。

提供各航線分段式影像圖之解釋。

提供目標物複查區域調查影像及解釋。

提供各測線側掃聲納數位資料 (格式 .JSF、.XTF 或其他) 與原始觀測資料以及足夠檢驗之說明 (如潛水攝影)。

(二) 高密度水深探測

以多音束測深系統 (Multi-beam Echo Sounder, MBES) 或單音束測量 (水深淺於 5 公尺區域)。

平面定位應符合 IHO 特等 (2 公尺) 或 1a 等級 (5 公尺 + 5% \times 水深) 之標準。

在初步調查階段 MBES 海床測深及海床上目標物探測的測線, 需配合側掃聲納之規畫, 若能全覆蓋更佳。

測深精確度應符合 IHO 特等或 1a 等級之標準 $\pm \sqrt{a^2 + (\text{水深} \times b)^2}$, 特等 $a=0.25$ 公尺、 $b=0.0075$; 1a 等級 $a=0.5$ 公尺、 $b=0.013$ 。

施測時最大以不超過航速 5 節為原則。

量測須經現地潮位校正、聲速校正、船隻姿態修正與測深系統檢校。

大地基準為 TWD97 或 WGS84, 高程基準為 2001 臺灣高程基準 (TWVD2001)。

如有發現目標物, 在複查階段需再對目標物以多方向測線及增加測深資料密度之複查方式探測, 涵蓋目標物範圍進行。並將目標物標示於水深圖中。

提供多音束測深與側掃聲納探測所記錄目標物之比對。

提供各測線高密度水深測量數位資料 (格式 (x, y, z)) 及原始觀測資料, 與足夠檢驗精確度及目標物之資料說明。

(三) 磁力探測

在初步調查與複查階段執行磁力探測, 其測線須配合側掃聲納規畫測線。

平面定位應符合 IHO 特等 (2 公尺) 或 1a 等級 (5 公尺 + 5% \times 水深) 之標準。

磁力儀之儀器準確度應小於 2 nT (γ)。

	<p>須經國際地磁參考場 (International Geomagnetic Reference Field, IGRF)、日變化等修正。</p> <p>提供足以涵蓋目標物範圍調查之資料及解釋。</p> <p>如有發現目標物，在複查階段需再對目標物以多方向測線方式探測，涵蓋目標物範圍進行探測。</p> <p>提供足以涵蓋目標物範圍數位資料 (格式 ASCII) 與原始觀測資料及圖說。</p> <p>(四) 地層剖面儀 (Sub-Bottom Profiler, SBP) 調查</p> <p>在初步調查與複查階段執行地層剖面儀探測，其測線須配合側掃聲納規畫測線。泥質沉積穿透小於 100 公尺深，砂質沉積小於 10 公尺深。</p> <p>垂直解析度應小於 50 公分。</p> <p>平面定位應符合 IHO 特等 (2 公尺) 或 1a 等級 (5 公尺 + 5%*水深) 之標準提供目標物調查影像及解釋。</p> <p>如有發現目標物，在複查階段需再對目標物以多方向測線方式探測，涵蓋目標物範圍進行探測。</p> <p>提供足以涵蓋目標物範圍測線含定位之高解析地層剖面數位資料 (格式 SEGY) 與原始觀測資料及足夠檢驗之資料說明。</p> <p>(五) 水下攝錄影作業</p> <p>必要時在複查階段進行水下攝錄影作業。</p> <p>影片拍攝規格：</p> <p>視訊系統：採 NTSC (National Television Standards Committee) 規格。</p> <p>影片解析度：1280*720 dpi 以上。</p> <p>影音檔案格式：mp4/avi/mov/mpeg 等通用型影片格式。</p> <p>數位攝影照片拍攝規格：</p> <p>影像解析度：3600*2400 dpi 以上。</p> <p>影像檔案格式：JPG。</p> <p>(六) 其他適當儀器調查</p> <p>於港口、河口、淺灘及陸域之水域探測得以其他水面或空中載具以及其他適當儀器或方法，經本部同意後為之。</p>
四	水下文化資產調查作業流程如附件二 ¹ 。

¹ 參考附件二重繪圖 4-1。