

工程機械整合控制與全球定位系統之應用

作者／蕭智忠士官長

◆提要

- 一、介紹目前工程機械土方工程技術(工程整合控制與全球定位系統)運用方法並探討整合運用於工兵機械作業與傳統機械作業之效能比較及評估，期使工兵機械在作業能力上可達迅速、精確地執行各項任務並以最精簡的人力發揮最大的戰力。
- 二、目前國軍工兵機械作業因循傳統作業方法在作業時間與效率上一直無法有效提升，僅能仰賴訓練作業熟練之作業手，然而國軍面臨精進案之組織改造工程，加上兵役役期縮減的影響，有鑑於此；如何運用尖端科技來提升作業能量實為刻不容緩的工作。
- 三、本研究針對目前世界所發展之工程機械整合控制與全球定位系統作為研究目標加以探討說明。

關鍵字：工程機械、土方工程技術、全球定位系統(GPS)、整合工程控制、工兵機械

一、前言

全球化競爭與日俱增，工程機械土方工程作業技術的發展也不斷創新，從機械式控制到微電腦控制系統甚至進步發展成為整合工程控制系統與全球定位系統搭配運用，在在表示現今工程機械在土方工程作業技術的精度與速度已能使用高科技來達到所要求的施工標準。反觀目前我國軍工兵機械的作業方式還是因循傳統的技術與方法，僅能仰賴編組的測量人員及操作純熟的技術人員實施作業，故在作業效率與作業標準上一直無法突破與有效提昇，然而國軍又面臨精進案組織改造工程與兵役縮減的政策影響，可預見未來人員銜接及技術傳承的困難因子，將使工兵機械作業問題更加雪上加霜，有鑑於此；如何運用尖端科技來減少人力需求並有效提昇作業效能實為刻不容緩的工作。

本研究主要介紹及分析整合工程控制系統與全球定位整合系統之各項儀器功能，以及應用於工兵機械之可行性評估並分析及將來配備後可帶來的預期效益，提供決策者投資該系統之參考，期能增進工兵機械操作人員之施工精度與時效，並減少量測人員之人力負荷，進而使工兵部隊能更精確執行各項土方工程任務並以最精簡的人力達到標準化的施工要求。

二、國軍工兵機械運用概況

目前我工兵部隊所使用的施工機具種類，依機械作業功能不同，可區分為

開挖機械如推土機【Earthmover】、挖土機【Excavator】、平路機【Grade】、多功能工兵車【Combat engineering tractor】等；土方裝載機具有裝土機【loader】、傾卸車【Dump car】、小山貓，以及其他輔助裝備如壓路機【Road Tampering roller】及空壓機【Compressor】等主要施工機具，對工兵部隊應用於施工、救援等任務助益良多，且在渡河、登陸、反登陸及城鎮作戰中均扮演極為重要的角色，例如：國軍九二一救災時，工兵機械發揮了應有的功能，無論在道路障礙排除、開設便道及便橋、危屋拆除、災後重建等^[1]，近年來工兵機械更應用於台灣各地區河道整治與疏濬工程，雖廣受好評；但基於精益求精的精神，分析各任務以往裝備施工現況及經驗，我工兵機械作業仍有精進空間，若能掌握工兵機械作業之窒礙因素並運用高科技儀器加以控制，必能達事半功倍之成效，也提供各戰場指揮官在複雜戰場環境中，清楚掌握各工兵機械之效能、施工精度及標準，成功達成所負任務。基於工兵機械作業的裝備種類及作業方式的選用必須依據地形、兵力、裝備、器材、作業時間、工程作業精度等因素，經由指揮官考量上述條件後，選定裝備實施運用，尤以工兵機械聯合作業更甚，根據工兵機械運用的原則，重點運用、統一指揮、彈性編組、兵力節約為基礎，分析目前工兵機械作業的窒礙因素，可得以下結果，供其參考：

- (一)地形：台灣地小人稠，地形主要為北部盆地，中部丘陵，南部平原，東部山區為主要分佈且城市密集，可供較大範圍實施工兵機械作業的地區較少且台灣居亞熱帶地區，雨季影響的範圍及時間頻繁且影響工程精度與進度甚劇，工兵機械的選用常因地形，施工方法及其運動方式而有所限制，因此如何克服在限定區域中實施高精度的工程，施工天將成為近年來工兵機械實施各項工程任務不可忽視的問題。
- (二)兵力：目前因國軍正實施精進案組織改造與兵役縮減等政策，可預見兵力將大幅縮減，對於工兵機械作業方式至今還是僅能依賴編組的量測人員及需高度技術純熟之作業人員的傳統方式，緊接而來的就是面臨人員銜接與技術傳承的嚴重課題，有鑑於此；如何運用尖端科技以因應精進案後專業技術人員嚴重短缺的困境，是未來將面對的挑戰。
- (三)裝備：工兵裝備要具備良好的性能必須仰賴健全的後勤，而工兵機械的保養是延長裝備壽限的基本條件，其中保養耗材的及油料的消耗是後勤經費支出的大宗，目前有許多先進的管理方式可有效減低消耗及延長裝備壽限，但若能以更有效的操作方式及最經濟施工方法來達成任務，不僅節省作業時間及油料消耗並可與後勤的各項管理措施

註1 陳雅雯，《工兵機械與民用工程機械支援城鎮戰之研究》，〈工兵半年刊 132 期〉，民國 97 年 4 月 25 日。

有相輔相成之效果。

- (四)器材：工兵機械操作的前置作業為標定任務範圍，量測經始施工地區，所需器材為標桿、測量儀器、道路錐等，若能有效節省前置作業的準備動作及器材標定經始作業，必能減少操作手等待時間及前置作業人員的有效運用，避免資源浪費。
- (五)作業時間：工兵機械操作手在操作熟練度上的認定除了需具備熟稔作業程序觀念，另一個關鍵的影響因素就是作業時間，近年來國軍陸續訂定了標準作業程序（Standard Operating Procedure）及相關風險管理規定來規範各項作業的程序、步驟、要領，但對於工兵機械作業的時間除了仰賴作業手的施工經驗外，無其他方法做更有效的突破，在作業時間的控制方面如能有效管制，不僅是開創了工兵機械作業上的新世代，更能提升工兵機械施工進度的管理手段。
- (六)工程精度：工程精度的控制，在工兵機械操作方面，由於過往國內的軍事研究大多集中於戰略、戰術、科技層面，對於「戰鬥機具支援」的相關研究甚為匱乏，尤以工兵機械作業為甚^[2]。對於工兵機械實施工程精度的研究更為稀少，針對工程精度控制的掌握是我不可忽視的重要課目。

三、全球定位系統（GPS）與整合工程控制系統之簡介

GPS 在軍事上之應用已逐漸廣泛，最常見的就是飛機導航、艦艇導航、車輛導航等 3 種，飛機導航用於航路導引及進場降落；艦艇導航用於海上航路導引及進港引水；車輛導航則應用於道路導航或地面車輛跟蹤；其他應用包括電力、郵電、通訊等網路的時間同步、人員緊急救援定位、飛彈目標自動導引、火炮精準射擊、軍事工程上之測量及雷區布設經始等^[3]。隨著科技的發展，在土方工程施工方面也研發出配備於工程機械上的整合控制系統與全球定位系統的軟硬體並可搭配應用於各類工程機械，然而在國軍工兵機械的裝配上因資訊的短缺及經費的限制無法與民間施工機械同步性能提升，目前各類工兵機械的效能還是僅限定於原始設計，無法有效突破，希望透過本文簡介，使讀者瞭解到現在民間工程機械在科技上突破的最新發展動向，提供參考並針對如何整合現有技術能量與發展中的新科技，提升工兵機械的作業能量。

(一)工程機械整合工程控制系統架構與發展概況

註2 陳雅雯，《工兵機械與民用工程機械支援城鎮戰之研究》，〈工兵半年刊 132 期〉，民國 97 年 4 月 25 日。

註3李孟文，《GRS 之發展與運用-以美國 IGRS 為例》，〈陸軍學術月刊〉，民國 97 年 12 月，頁 125。

整合工程控制系統可區分為三大主要控制項目以及各式測量、監測儀器所組成，依序為施工量測控制界面，施工控制界面以及施工管理界面等三項（如圖 1）；圖中施工量測控制界面組成分別有雷射激光器、GPS 控制箱、雷射感應器、音納追蹤器四種，主要功能是依據所配賦各式儀器控制工程的量測精度，施工控制界面組成有高頻率接收天線、駕駛室控制電腦、LED 指引器等，主要功能為依據所配賦各式儀器引導控制及掌握目前工程進度，即時管理界面組成有無線網路環境架構，施工指揮所(基地站)及施工監控軟體，主要功能為依據所配賦各式硬體及軟體提供管理者即時施工訊息及監控管制。以下為各系統組成的主要功能、發展概況及相關應用。

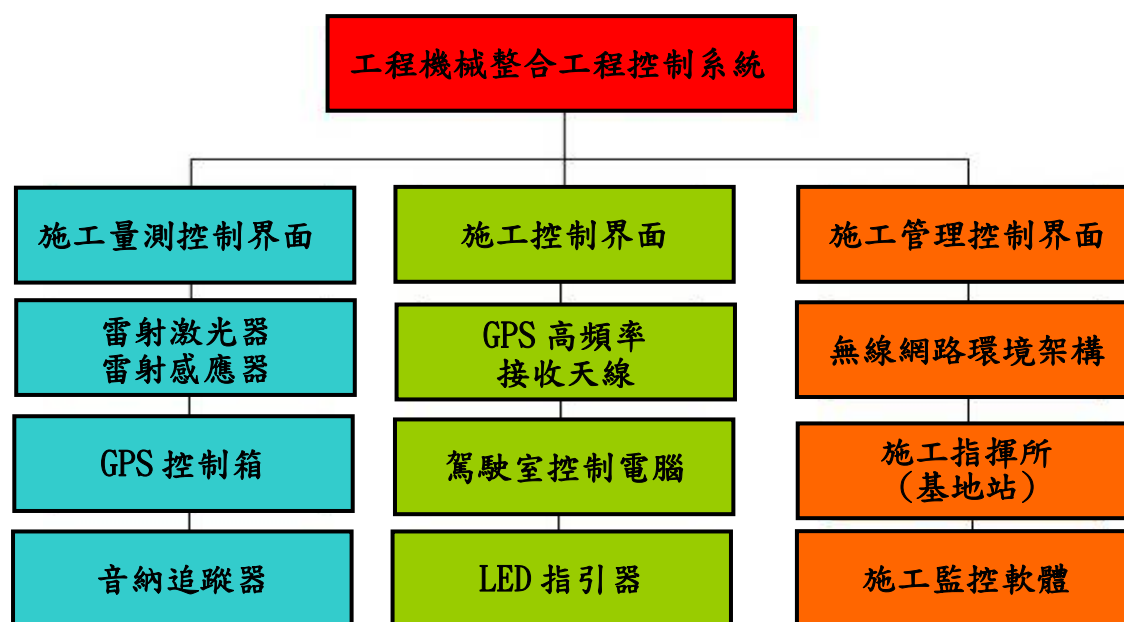


圖 1：工程機械工程整合控制系統組成圖

圖片來源：作者繪製

1. 施工量測控制界面各組成、功能、發展概況簡介

- (1) 雷射激光器：近年來國外雷射激光器應用於工程機械上技術已純熟普遍，主要配裝於挖土機及推土機的附屬工具上方，工作原理為接收裝備前方 GPS 雷射水平儀所發出之雷射訊號，方便裝備操作手可於駕駛室藉由水平控制顯示器得知目前施工參數及進度（如圖 2）；其效能為減少用於測量及坡度、高程檢查的時間，藉由高度控制以連續順暢保持鏟刀的高度，自動且快速滿足最嚴格的誤差要求，並且將關於施工地區的各项信息(斜面坡度，溝底深度)透過雷射激光器的接收，配合 GPS 及相關輔助設備的計算，將即時的訊息顯示於駕駛室中，所以即使在塵土飛揚、視線不佳或是夜間光源不足的施工條件上，操作手不僅可從接收顯示器中立即得到第一手資料，並可用最經濟的作業時間及精確操作步驟的完成任務，適用於推土機(如圖 3)、挖土機(如圖 4)。

1. 雷射激光接收顯示器
2. GPS 雷射水平控制系統
3. 快拆型 360 度水平控制顯示器

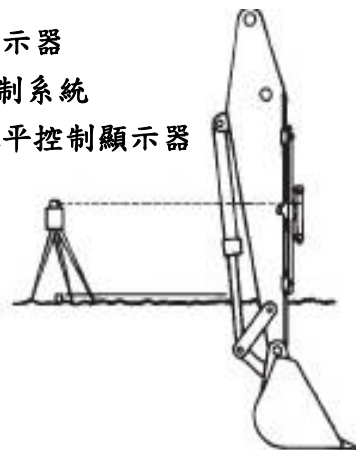


圖 2：雷射激光器工作原理圖

圖片來源：ALG 工程控制系統司產品目錄



圖 3：推土機配裝 LR410 型雷射激光接收器實體圖

圖片來源：Trimble 公司產品目錄



圖 4：挖土機配裝 Spectra LR60 雷射激光接收器實體圖

圖片來源：Trimble Spectra Precision Laser 公司產品目錄

(2) GPS 控制箱及雷射感應器:GPS 控制箱必須配合雷射激光接收器或雷射感應器共同使用，其功能具備有雙 LED 坡度電子顯示及一個 3D 圖形子母螢幕，技術數據轉換介面操作簡單，內建軟體功能強大；例如裝配於挖土機駕駛室中的 GPS 控制箱(如圖 5) 搭配設計於大臂、二臂以及土斗的三具雷射感應器（如圖 6），即可藉由技術數據的輸入，達到精確的挖掘要求，另外還有專為平路機、推土機進行側坡刮平作業所設計之功能（如圖 7、8），配備之後進行陡峭的斜坡不再對操作手形成威脅，對於施工地區不同的坡度變化，只要前置作業將參數設定完成，操作手不用等待量測人員的作業時間，即可藉由所接收的數據與現有地面結合，進行即時雙向且精確的機械作業。



圖 5：CB410 型 GPS 控制箱實體圖
圖片來源：Trimble 公司產品目錄

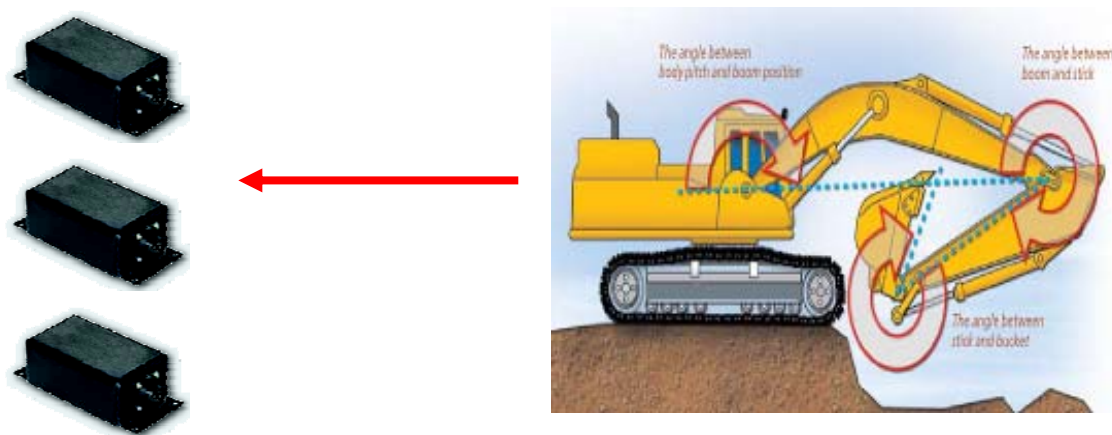


圖 6：挖土機附屬工具雷射感應器實體圖
圖片來源：Trimble 公司產品目錄



圖 7：平路機 GPS 控制箱及內建軟體圖
圖片來源：Trimble 公司產品目錄



圖 8: CB420 型推土機 GPS 控制箱實體圖
圖片來源：Trimble 公司產品目錄

- (3) 音納追蹤器：音納追蹤器(如圖 9)安裝於平路機、推土機的剷刀上方，只需一處對照地形的技術參數，如路邊的排水溝、基準線或以施工過的路面作為高程參考，使用音納追蹤器內建系統程式可輕易將計劃施工地點中不同角度及彎道與技術參數吻合，並以最經濟的作業循環，減少機械往返次數且精確定坡，可有效避免操作手的疲勞操作，節省油料、保養耗材及測量人員的需求。

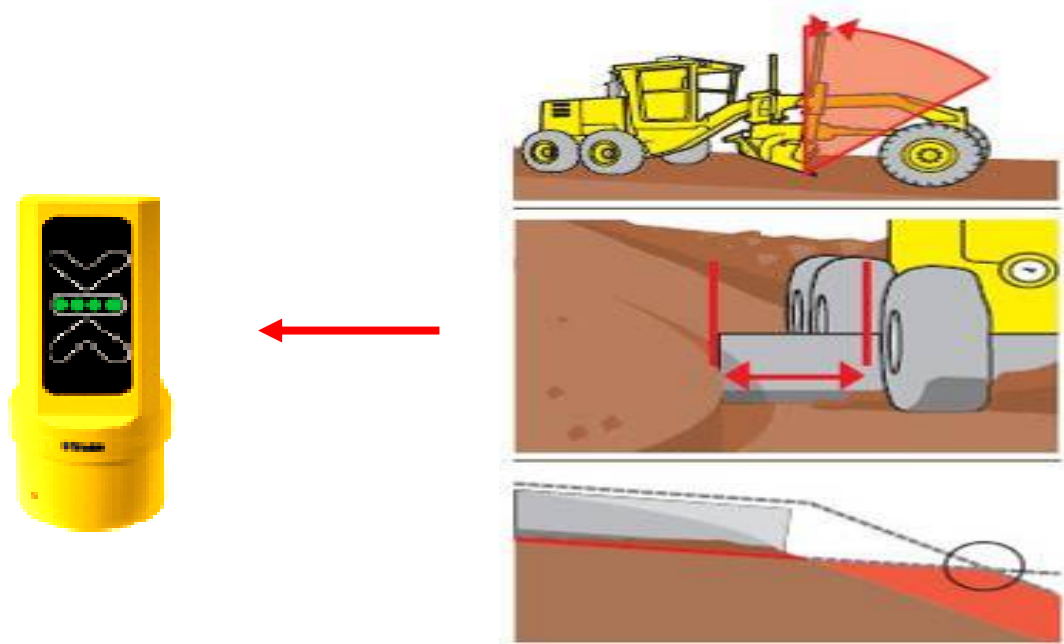


圖 9：ST300 型音納追蹤器實體圖
圖片來源：Trimble 公司產品目錄

2. 施工控制界面各組成、功能、發展概況簡介

- (1) GPS 高頻率接收天線：整合 GPS 接收器和天線的高科技儀器(如圖 10)，具有堅固外殼及攜帶方便的特色，專為困難地形的土方工程環境所設計，內建軟體可每秒多次即時計算施工的確切位置及角度，並將現地的位置及設計高程進行比較，即時精準的計算出工程人員所設計的挖方或填方，雙天線的搭配可強化計算的精確度，且不用再透過分站點的資訊傳輸，直接可與基地站進行即時雙向溝通，最後將數據以剖面圖、斷面圖或技術數據的型式顯示於駕駛室的顯示器上，使裝備操作人員於施工時不斷的接收新的資訊隨時調整目前的施工方法以及控制施工的進度，此儀器於外界的土方工程已廣泛運用並深獲好評。



圖 10：MS980 型 GPS 高頻率接收天線實體圖
圖片來源：Trimble 公司產品目錄

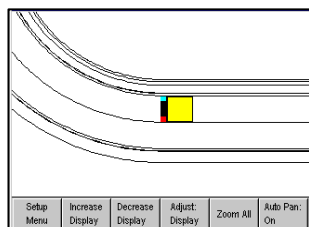
(2) 駕駛室專用電腦：設置於壓路機駕駛室中的雙向數據專用電腦(如圖 11)可藉由 GPS 高頻率接收天線即時接收由現場指揮人員或設計工程師在基地站所更新的技術參數資料，內容包括道路設計、所需高程、背景圖檔等並於幾極短的時間內就可將新的數據顯示於駕駛室的專用電腦螢幕上，操作手接收更新數據資料後進行調整機械操作方式，可有效解決以往等待的時間及重新經始量測的步驟。

Fill Left	0.512 m
Fill Right	0.627 m
Design Elev	15.769 m
Tilt	+2.0°
Pitch	-1.0°
Blade: Left	Element: None
	H. Offset: 0.000m
	V. Offset: 0.000m
	Sideslope: Out
	Design: SampleDC

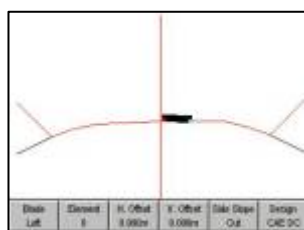
數據顯示模式一

Northing	704823.351 m
Easting	288926.981 m
Elevation	15.257 m
Station	13.019 m
CL Offset	-1.649 m
Setup Menu	Increase Display
	Decrease Display
	Adjust Display

數據顯示模式二



施工背景顯示模式



施工斷面顯示模式



圖 11：壓路機駕駛室專用電腦實體圖

圖片來源：Trimble 公司產品目錄

(3)LED 指引器：設置駕駛室操縱桿前方或鏟刀唧筒上方，藉由控制箱及專用電腦的信號，藉由 LED 燈號顯示，讓操作手可以不用注視電腦螢幕上所顯示的數據即可獲得目前附屬工具的位置及操作方向，是減輕作業手疲勞操作的好幫手(如圖 12)。

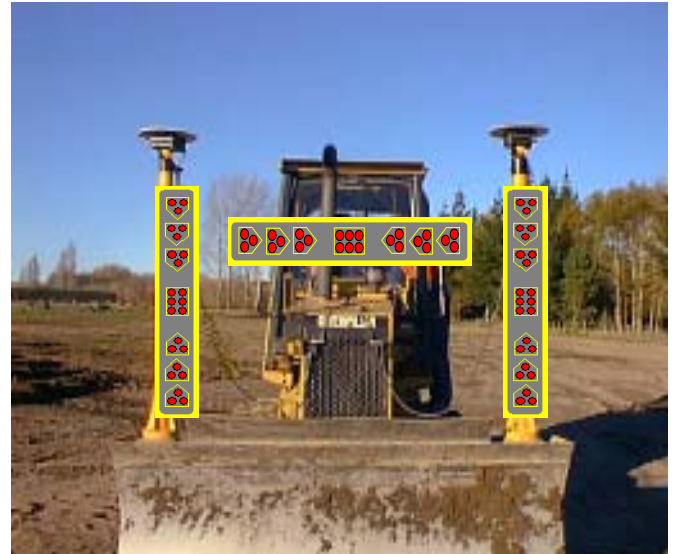


圖 12：LED 指引器實體圖實體圖
圖片來源：Trimble 公司產品目錄

3. 即時管理控制界面各組成、功能、發展概況簡介

(1)無線網路環境架構：無線網路環境建置於基地站內（如圖 13），下圖中由左至右共區分為三大主要作業區塊並擁有電子資訊同步進行，相互校正且即時傳輸的功能，第一作業區塊為量測人員地理資訊模組作業區，內容配備乙台網路集線器，兩台資訊密碼保護的軍事地理模組資訊系統伺服器及一員電腦操作手所組成，第二作業區塊為主要機械控制工作站，內容配備大型液晶螢幕乙台，筆記型電腦乙部含鍵盤及滑鼠，通用序列匯流排控制集線器乙台，快取記憶體讀取器兩台，高速度的網路列表機乙台，高速網路路由器乙台以及一員負責施工機械控制的電腦作業員所組成，第三作業區塊為 GPS 參考點及廣播站，內容配備兩台高速無線路由器以及一台網路集線器所組成；此網路環境中各作業區工作流程分別為第一作業區內的軍事地理模組資訊系統伺服器負責分配作業區電腦的 IP 位置以及統一管理機械控制工作站中所有整理上傳的數據資料並儲存該任務的地理資訊參數。第二作業區內負責接收、處理施工機具上 GPS 即時回傳的地理資訊並且同時掌握施工機械在施工地點的進度控制以及施工精度控制等工作。第三作業區內的兩台無線路由器分別同時上傳工作站內施工指揮官或工程設計者的施工資訊並且同時接收裝備上 GPS 所傳回之訊號，這樣的作業方式讓工作站內的三個作業區形成一個無線網路環境架構。

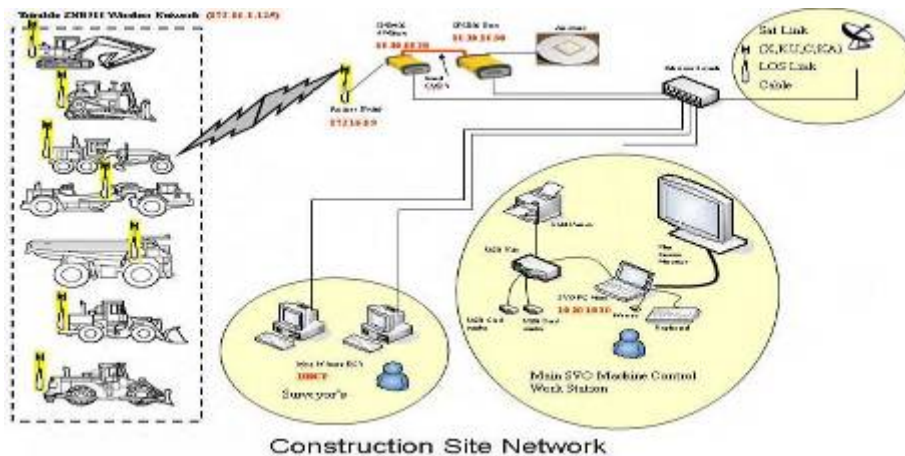


圖 13：無線網路環境配置圖

圖片來源：Joint Rapid Airfield Construction (JRAC) 2007 Technology Demonstration

- (2) 施工指揮所(基地站)：指揮所開設於行動貨櫃內(如圖 14)，主要配備以電子化即時監控系統與高頻率接收天線組合（如圖 15），計劃項目的規劃(如圖 16)與即時控制與傳達都在此實施，指揮官只要在機械控制工作站的作業電腦上就可監控所有計畫區內工兵機械的作業進度與下達最新指令給各作業手，對於作業時間與工區內往返的後勤運動均可有效縮短，相較於傳統指揮所有重大的進步與突破。



圖 14：美軍專案指揮所開設與高頻率接收天線配置圖

圖片來源：Engineer Research and Development Center (ERDC), USACE

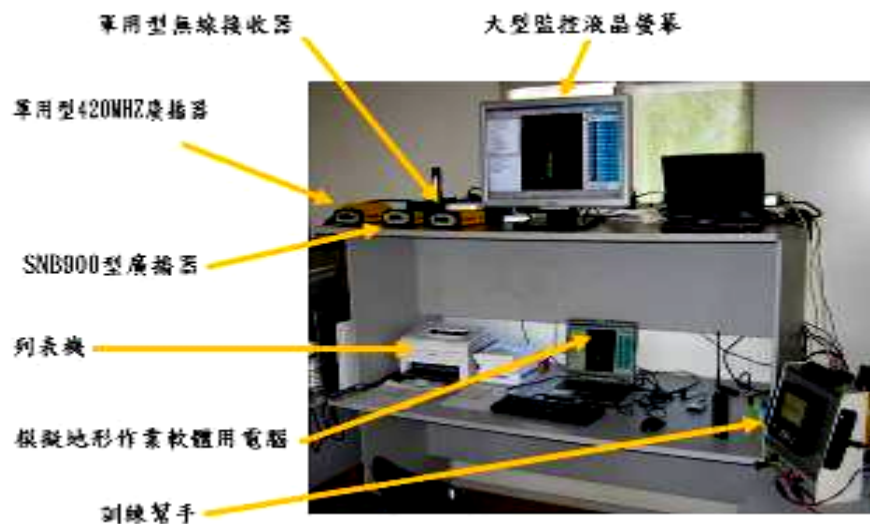


圖 15：施工指揮所內機械控制工作站内配置圖

圖片來源：Engineer Research and Development Center (ERDC), USACE



圖 16：美軍專案任務區域規劃軟體設計圖

圖片來源：Joint Rapid Airfield Construction (JRAC) 2007 Technology Demonstration

- (3) 施工監控軟體：此軟體安裝於機械控制作業站的作業電腦內，程式的設計可同時監控 23 部配裝工程整合系統的施工機械(如圖 17)，可透過無線路由器接收各地區施工機械即時的地理資訊，並藉由此一施工監控軟體整合來自不同施工地區的地理資訊後，讓施工指揮所內的指揮官或工程設計者能夠即時控制施工進度亦或是實施精度的校正。



圖 19：美軍 JRAC 專案演習機場跑道構造實況圖

圖片來源：Joint Rapid Airfield Construction (JRAC) 2007 Technology Demonstration



圖 20：美軍 JRAC 專案任務急造機場跑道完工圖

圖片來源：Joint Rapid Airfield Construction (JRAC) 2007 Technology Demonstration

四、整合工程控制系統應用於推土機、平路機、挖土機作法簡介

整合工程控制系統裝配於推土機上共區分八項基礎原件(如圖 21)、配備於平路機上共三項基礎元件(如圖 22)；美軍在 JRAC 的專案任務開始前先將推土機、平路機、挖土機、壓路機等工程機械，空投至 JRAC 計劃場地並完成整合工程控制系統之配裝動作及指揮所之開設，RTK 分站人員定位以及資料接收(如圖 23)等動作，待整備工作完成後依據 JRAC 計畫內容，指揮所及 RTK 資訊廣播站內的指揮官及施工設計人員立即提供雙向即時的施工資訊至各施工場地之工兵機械 GPS 控制箱或專用電腦顯示器上，各機械作業手依循顯示的施工資訊開始實施本次賦予之工兵機械任務（如圖 24）；其中各機械作業手在 GPS 控制箱或專用電腦顯示器所看到的資料型態區分為 3D 圖資顯示型（如圖 25）及數據顯示

型（如圖 26）兩種，3D 圖資顯示型以地形圖示配合顏色顯示於監控螢幕中，讓作業手可迅速的依據顏色的變化了解作業進度(如圖 27)，同時指揮所內的也同步接收即時作業進度並依據施工狀況隨時指派或校正施工任務；此資料顯示型式通常使用於推土機及壓路機等初步或簡易的大型土方工程。數據顯示型的資料通常以四項分格畫面顯示，各分格畫面控制的資料內容大致為坡度控制、深度控制、土方量、作業半徑及作業方向等，作業手可藉由調整 GPS 控制箱或專用電腦顯示器的螢幕功能切換按鍵獲取適當的即時作業資訊畫面以利完成作業；此資料顯示型式較適合使用於挖土機於開設危險區域如斷壁、河床(如圖 28)或是要求高精度標準的平路機刮平鋪散等（如圖 29）施工作業。



圖 21：推土機整合系統八大原件配置圖

圖片來源：Joint Rapid Airfield Construction (JRAC) 2007 Technology Demonstration

1. GPS 高頻率接收天線
2. GPS 監控顯示器
3. LED 指引器



圖 22：平路機整合系統三大原件配置圖

圖片來源：JONES BROS INC. Introduction of 3D Technology & Machine Control Systems

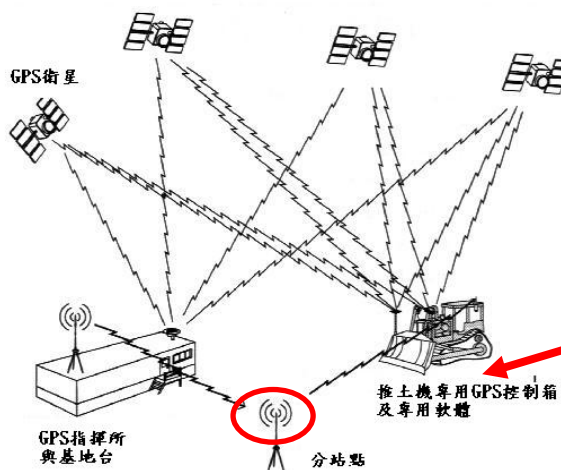


圖 23：分站點人員定位及資料接收示意圖

圖片來源：Engineer Research and Development Center (ERDC), USACE



圖 24：各機械作業手依據顯示器數據作業示意圖

圖片來源：Engineer Research and Development Center (ERDC), USACE

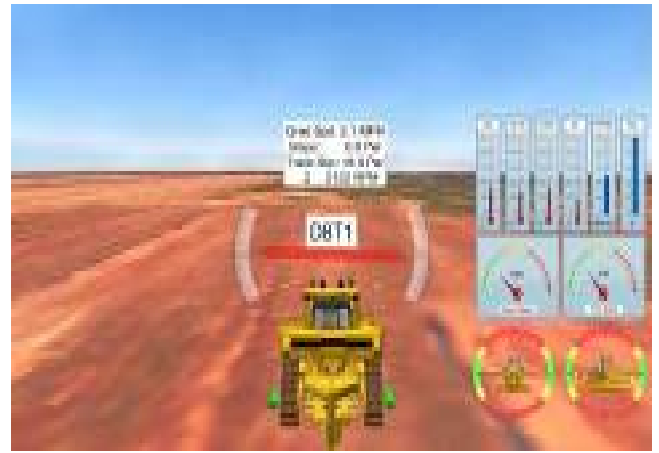
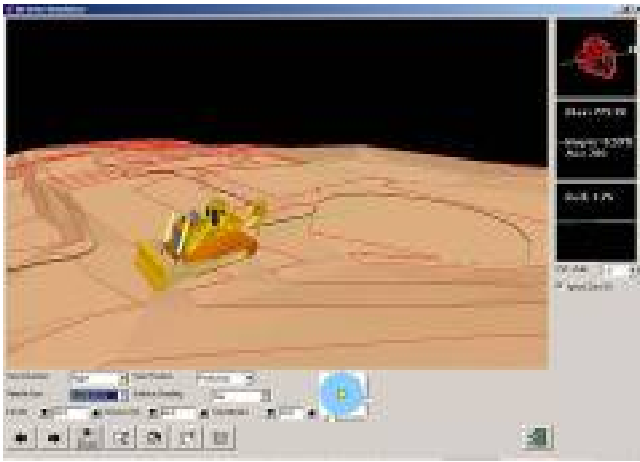


圖 25：裝備雙向資訊傳輸 3D 圖資監視器

圖片來源：Joint Rapid Airfield Construction (JRAC) 2007 Technology Demonstration

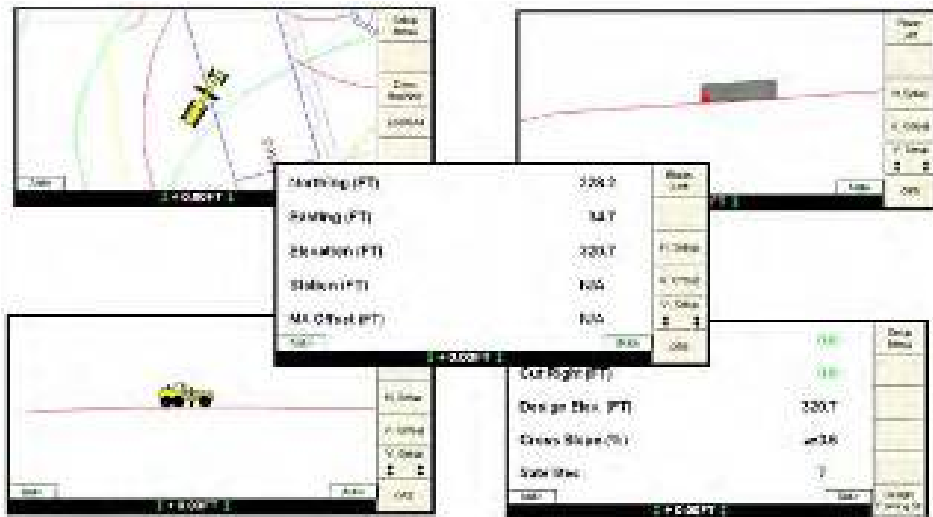


圖 26：裝備雙向資訊傳輸數據顯示型監視器

圖片來源：Engineer Research and Development Center (ERDC), USACE

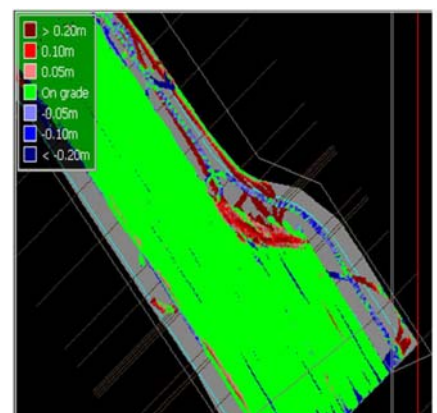
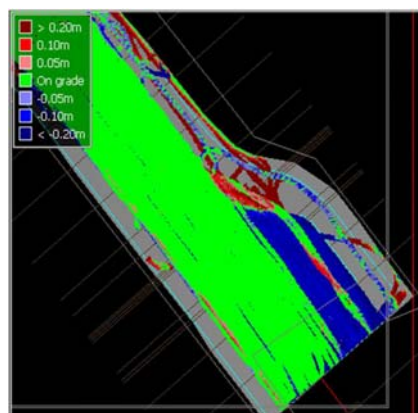
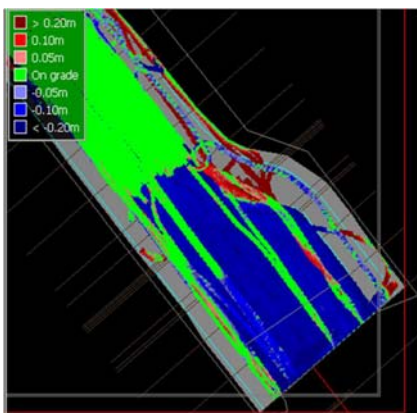


圖 27：3D 彩色地形圖資進度控制顯示型監視器

圖片來源：Engineer Research and Development Center (ERDC), USACE

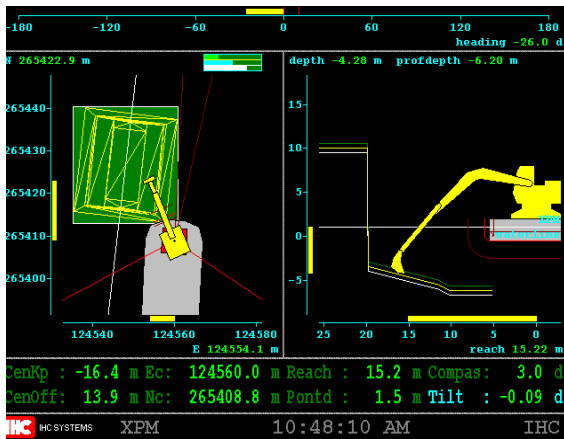


圖 28：挖土機實施河床作業示意圖

圖片來源：IHC 挖土機產品目錄

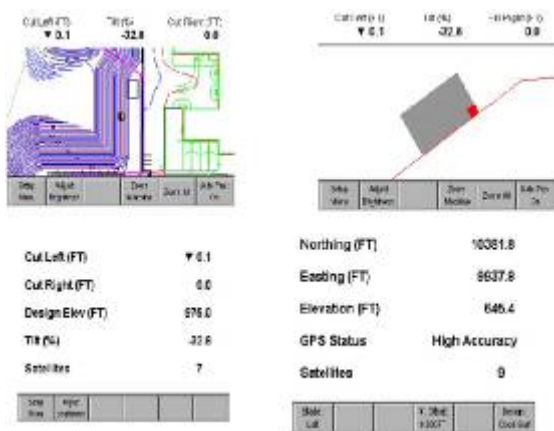


圖 29：平路機刮平鋪散精密作業示意圖

圖片來源：JONES BROS 公司簡報資料. Introduction of 3D Technology & Machine Control Systems

五、整合工程控制系統應用於提升工兵機械效能之比較與評估

(一)傳統施工作業流程與整合工程控制系統施工流程之比較

傳統施工作業流程與整合工程控制系統流程分析比較（如圖 30），分析比較結果可得知傳統工程施工作業中，黃色重複施做的作業循環方塊中在施工流程裡為多餘的步驟且仍有精進的空間，若使用整合工程控制施工系統在同樣的施工環境中只需四個流程，因整合工程控制施工不僅可自動產生現場坐標並轉換參數，縮短傳統流程的人力計算時間，並無須重複人工放樣且節省打樁花費，同時可使用於多區域、多目標同時施工，也不需要太多的控制點，另外精確度高且對於惡劣環境、天候、晝夜限制等都可輕易克服，因此在國軍邁向科技化、精銳化的新里程碑過程中，如何提升工兵機械科技化以收事倍功半之成效，也是我們未來可精進的方向。

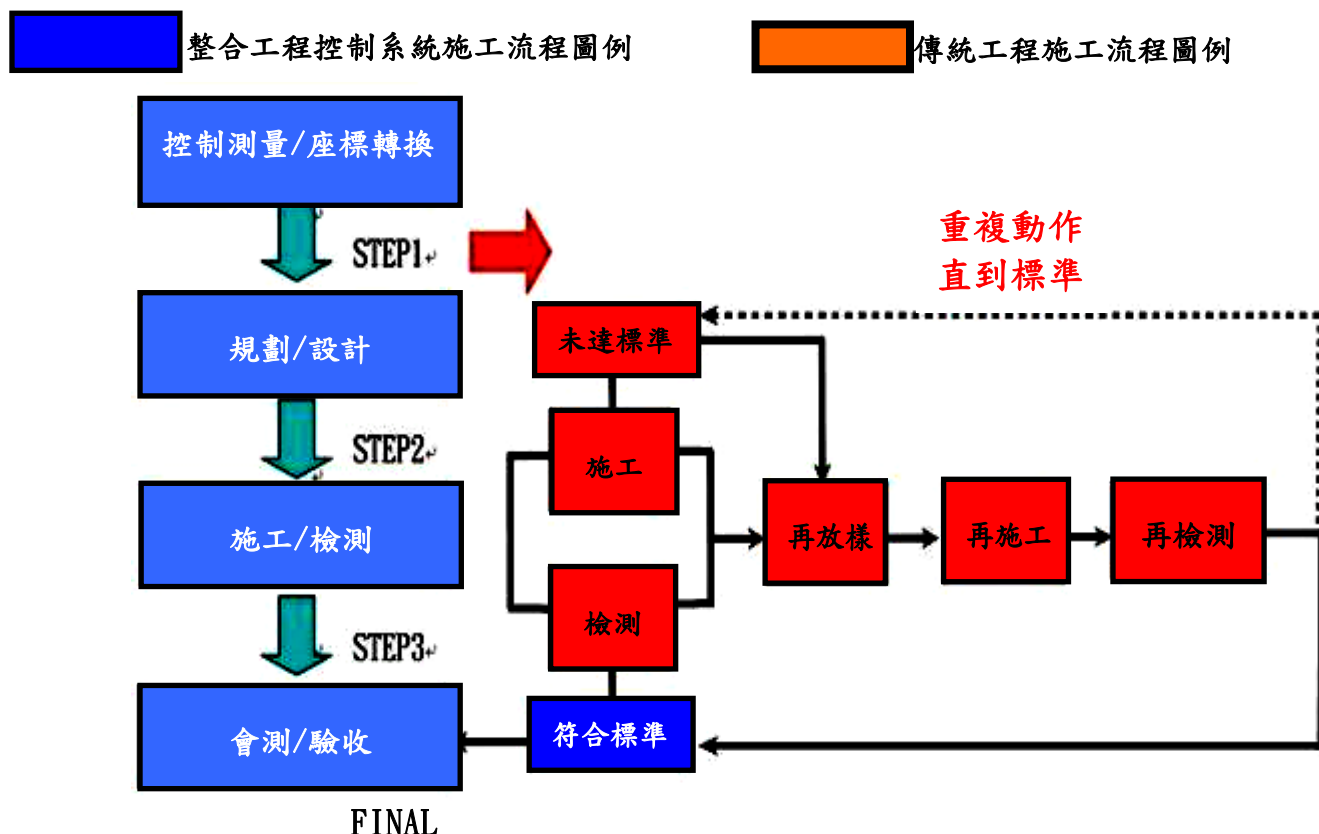


圖 30：傳統工程與使用整合工程控制系統施工作業流程分析比較圖
圖片來源：作者繪製

(二)整合工程控制系統應用於提升工兵機械效能之評估

地面戰鬥，需依賴車輛實施戰術機動；亦需挖掘戰壕，構築地障以遲滯、誘迫或拒止敵軍，遂行反機動作戰，當然更急需構築陣地以發揚火力增加存活率，工兵機械無疑是戰壕構築的首要選擇，目前我工兵機械大多數均無裝甲防護能力實施敵火下作業的條件惡劣，因此只能仰賴快速機動作業及減少暴露於敵火下的機會，以增加裝備操作人員的生命安全，再者；戰壕的構築，除了裝備相對敵情的掌握外，構築精度的要求也不可輕忽，若精度控制未能達阻絕之效，將嚴重影響作戰之成敗，欲改善以上缺點，使用科技化儀器提升工兵機械性能，是新一代國軍正在邁向科技化的必要過程。接下來藉由探討傳統機械構築與整合工程控制系統於戰車掩體構築之作法與評估如后；在無敵火條件下構築一座制式規格長 950CM、寬 403CM、高 100CM 的 M60 A3 戰車半遮蔽掩體(圖 31)^[4]，以未搭配工程控制系統的推土機實施構築，並搭配兵力作細部修飾檢整，整個作業時間需 45 分鐘以上，若單憑人力構築則需 113.5 時/人才可完成。依據澳洲布雷斯本的山繆先生所研究的自動定位系統一文中顯示，GPS 定位系統應用於重型機械的公佈數據中，搭配整合工程控制系統後作業效能約可提百分之

註4 周冠維，《工事教範》，〈陸軍司令部印頒〉，民國 91 年 9 月 25 日，頁 4-86。

三十的情況下^[5]，推土機構築制式規格的 M60A3 戰車半掩體，應用整合工程控制系統並搭配兵力修整，整個作業時間僅需約 13.5 分鐘，若採用這套系統，對我工兵工事掩體構築時間及工兵機械性能提升是一大突破，另在戰力保存上更有相當大的助益。

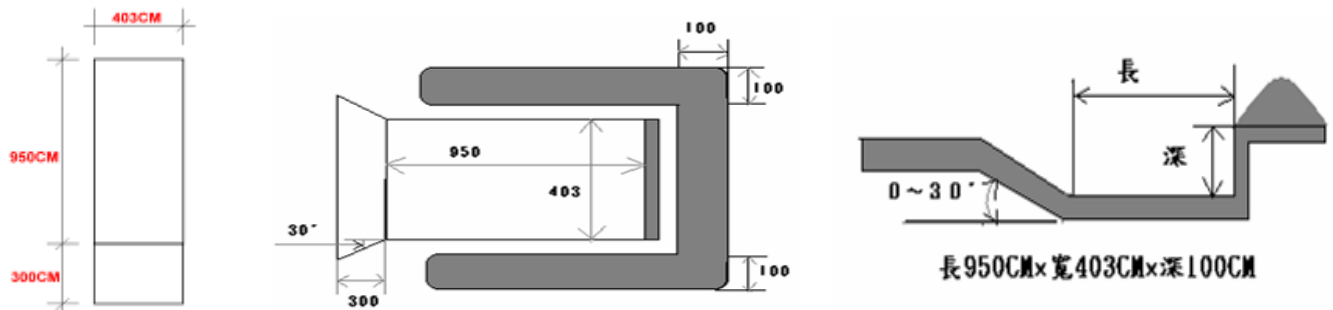


圖 31：M60A3 戰車半遮蔽掩體示意圖

圖片來源：工事教範,4039 條,頁 4-86

六、結語

工欲善其事，必先利其器，尤其在工兵兵力精簡後欲達成工兵之多重任務，則機械化、縮短作業時間、減少作業兵力、獨立完成作業、節省後勤資源的損耗，是目前工兵機械性能提升較為急迫且必須的主要因素。因此工兵機械之更新刻不容緩，冀望我工兵幹部能念茲在茲，對工兵機械之研究戮力盡心，並加強對部隊勤訓精練，以增強工兵機械操作能力，達成本島防衛任務，以確保我復興基地之精實壯大。

註5 C. Seymour，〈Applications for GPS on Shovels and Excavators〉，〈Automated Positioning Systems〉，頁 4。

參考資料

1. 陳雅雯，《工兵機械與民用工程機械支援城鎮戰之研究》，〈工兵半年刊 132 期〉，民國 97 年 4 月 25 日。
2. 李孟文，《GRS 之發展與運用-以美國 IGRS 為例》，〈陸軍學術月刊〉，民國 97 年 12 月，頁 125。
3. 周冠維，《工事教範》，〈陸軍司令部印頒〉，民國 91 年 9 月 25 日
4. C. Seymour，《Applications for GPS on Shovels and Excavators》，〈Automated Positioning Systems〉
5. Trimble 公司產品目錄
6. ALG 工程控制系統公司產品目錄
7. Spectra Precision Laser 公司產品目錄
8. AGL_machine_control_電子手冊
9. IHC xpm Excavator Position Monitor 產品目錄
10. Engineer Research and Development Center (ERDC)，USACE， Joint Rapid Airfield Construction (JRAC) 2007 Technology Demonstration.
11. Bret Also Brooks，Application of 3D GPS control technology in construction Machine，guidance.
12. Leica，DigSmart3D GPS excavator Graders，guidance.

作者簡介

蕭智忠士官長，現為工兵學校機械組教官

學歷：工兵學校技勤常備士官班 35 期、工校士高班 8 期、陸軍專科學校士官長正規班 24 期、私立文藻外語學院德文系。

經歷：助教、教官。