

模擬機台運用於工兵機械操作訓練探討- 以挖土機為例

王姿文 少校

提要

- 一、探討現行挖土機操作上，所面臨到的種種訓練窒礙問題，若運用模擬機台是否可達到訓練成效。
- 二、針對國軍現行挖土機形式，瞭解其裝備諸元、性能及影響訓練之因素。
- 三、挖土機訓練限制因素及模擬機台各因素進行分析，提供採購之建議。

關鍵字：工兵機械、挖土機、模擬機台、操作訓練

前言

工兵具有逢山開路、遇水架橋之兵種特性，其工兵機械乃我工兵最具代表性的裝備，戰時可執行工事構築、便引道開設、各式作業地區整地等作業，平時可投入災害防救任務，在戰時工兵支援任務時，可開創最有利於作戰之優勢，但裝備戰力的發揮，需仰賴人員的專業操作，也就是說，除了兵種裝備的特殊性外，其專長人員的訓練培育才是根本戰力的來源，故運用模擬器(機台)結合訓練以提高訓練成效的概念因此而出現。本研究將透過模擬機台實施訓練分析，以提供未來採購參考。因無法實際進行研析並驗證

裝備效能，故本研究內容資料僅以目前可蒐集資料及文獻探討之。

模擬機台與實機操作訓練 模式與窒礙分析

一、模擬機台與實機操作訓練 模式簡介

挖土機與模擬機台主要均由上、下底盤、動臂、迴轉馬達、液壓系統及電子輔助系統等所組成；模擬機台為全電力驅動，一般以油液為工作介質，透過液壓缸及液壓馬達將液壓能轉換為機械能，執行挖掘等各項動作，除運行速度較慢外，餘和實機原理大致相同，屬於高仿真挖土機；相關諸元、性能分析如表 1、2。

表1 模擬機台與實機各項諸元比較

諸元	實機(以320DL挖土機為例) 	模擬機台(如圖2) 
長(M)	9.5	3.5
寬(M)	3.2	1.05
高(M)	3.1	2.1
最大作業半徑(M)	9.8	3
最大舉升高度(M)	9.5	2.3
下挖最大深度(M)	6.6	0.6
挖斗容量(M³)	1.04	0.001
整機重量(KG)	21,090	350
運行速度(KM/HR)	2.7~5.5	1.1

資料來源：作者自行彙整。

表2 模擬機台與實機各項性能比較

實機(以320DL挖土機為例) 	模擬機台 
引擎型式 CAT-C.6.4共軌式渦輪增壓 水冷式柴油引擎	額定電壓：220 V、額定頻率：50 HZ
馬力：138HP/1,800rpm	額定功率：1.5 KW
作業能量：125立方公尺/每小時	最大工作時間：8 H
土斗重量：706公斤	
迴旋半徑：3.3公尺	占地面積：旋轉60度占地5M²、旋轉90度占地10M²、 旋轉180度占地15M²、旋轉360度占地25M²
爬坡能力：30度	最高旋轉速度：3 R/M
耗油量：4加侖/每小時	額定功率：1.5 KW
液壓油箱容量：138L	液壓油箱容量：2L

資料來源：作者自行彙整。

(一)挖土機

運用在土木工程相當廣泛，包括戰時聯合機械作業任務及平時建築工程基礎開挖、河川疏濬工程均大量採用。挖

土機因搭配不同的附屬工具而有其用途，一般作業以附屬工具「挖土斗」為主，用於挖掘、清除、裝載、挖溝、整坡及整平作業；遇有特殊作業需求，

亦可更換附屬工具「油壓破壞剪」或「油壓破碎機」，用於拆除、夾取、剪斷及破碎作業，其用途相當多樣化¹。

(二)模擬機台

目前普遍運用於娛樂場所供親子娛樂所用，除動力來源為電力供給及無配置液壓行走馬達可進行位移動作外，其操作方式與動力機械挖土機大致無異，可進行挖掘、裝載、回填、壓實及運動體迴轉等動作。

(三)操作桿操作模式

實機及模擬機台之操縱桿均區分左、右操縱桿，用途為控制挖土機挖臂動作，(如圖 1)，實機操縱桿依出廠廠牌不同，可區分 H、M、Y 及 K 等 4 種操作模式，H、K 及 M 模式分別為廠牌日立、神戶及三菱英文開頭之縮寫，Y 模式則為 ISO 國際標準怪手操縱模式(如

圖 2)，而模擬機台與目前國軍通用操作模式-Y 模式相同，可分別控制 8 個動作如表 3。



挖土機操作桿



模擬機台操作桿

圖1 實機及模擬機台操縱桿位置圖
資料來源：1.陸軍司令部，《陸軍挖土機操作手冊(第二版)》(桃園：陸軍司令部，西元2015年9月)。2.作者自行拍攝。

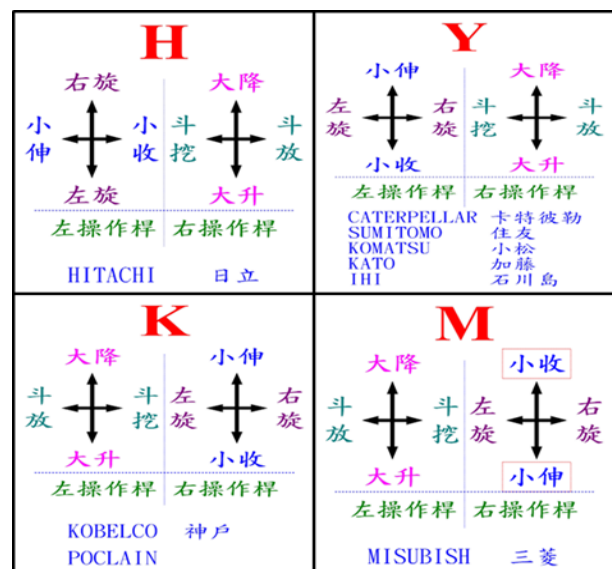


圖2 各項挖土機大廠操縱桿控制說明圖
資料來源：陸軍司令部，《陸軍挖土機操作手冊(第二版)》(桃園：陸軍司令部，西元2015年9月)。

表3 操作桿Y模式控制動作

右操作桿動作	右操作桿動作
向前推：大臂上升	向前推：二臂向前
向後推：大臂下降	向後推：二臂向後
向左推：土斗內收	向左推：機身向左旋轉
向右推：土斗外翻	向右推：機身向右旋轉

資料來源：作者自行彙整。

¹ 陸軍司令部，《陸軍挖土機操作手冊(第二版)》(桃園：陸軍司令部，西元 2015 年 9 月)，頁 1-6~1-16。

(四)作業方式比較

挖土機與模擬機操作雖有部分相同地方，但作業方式依截然不同，本次探討以基礎

操作基礎訓練為主，以下針對挖土機與模擬機作業方式實施比較及分析如表 4。

表4 作業方式比較

作業項目	挖土機	模擬機台	分析
挖掘作業 	可執行	可執行	1.運用挖臂及挖土斗，反覆做出挖開、掘起連續動作訓練。 2.模擬機台可執行基礎挖掘作業訓練。
裝載作業 	可執行	無法執行	1.運用挖土斗將鬆散物料掘起，裝卸至運輸車輛上之訓練。 2.模擬機台為單一機台作業，無配合運輸車輛上之訓練。
挖溝作業 	可執行	可執行	1.運用挖掘成寬溝及窄溝之訓練。 2.模擬機台可執行基礎挖溝作業訓練。

作業項目	挖土機	模擬機台	分析
整坡作業 	可執行	可執行	1.挖土機作業區域常遇坡面地形，可將坡面壓實並做出斜面坡度，具有防止土石流失及工程美觀的功用。 2.模擬機台可執行基礎整坡作業訓練。
拆除作業 	可執行	可執行	1.實施建築物拆除作業時，破壞牆面或樓板結構。 2.模擬機台可將原挖斗部分改裝成槌球，可模擬執行拆除作業。
地面整平作業 	可執行	可執行	1.在作業區域內實施挖掘移土、填土整平作業。 2.模擬機台可執行基礎地面整平作業訓練。
破壞剪斷作業 	可執行	無法執行	1.將牆面混凝土夾碎、剪斷樑柱鋼筋等作業方式。 2.模擬機台目前尚無破壞剪式，且作業能量較無法負荷。
破碎作業 	可執行	無法執行	1.實施碎裂或拆除建築物鋼筋混凝土牆，反覆捶擊物體，使目標物產生碎裂效果。 2.模擬機台目前尚無破碎機式，且作業能量較無法負荷。

資料來源：作者自行彙整。

二、訓練作業中常見之窒礙問題

目前在工兵機械操作訓練上，還是以實體機械操作訓練為主，且供練習之機具有限，並無法一次滿足所有參訓員進行操作，導致影響教學品質、進度之因素，從天候、場地、人為等方面實施分析。

(一)天候因素

1.雨季

機械作業場訓練所需土方占整體作業面積約 80%，若雨量過大導致土壤含水量過多，易使輪型及履帶裝備作業時陷於泥濘地，且附屬工具沾黏土壤致無法進行裝載，此時訓練場地就必須調整至水泥地基上實施無負載操作訓練，若為雷雨伴隨打雷時，人員、裝備（物品）容易遭雷擊致傷損而有危安顧慮，則須調整至室內空間授課，此時授課內容僅能以原則講解或填寫表格練習等輔助項目來替代，對操作訓練進度上有一定程度之影響

2.熱浪

連續高溫對戶外授課可能會造成健康或生命威脅，尤其對患有心血管疾病等高危險群人員影響甚鉅，目前台灣對氣溫超過攝氏 36 度時，即發布高溫訊息，提醒民眾避免長時間曝曬於陽光下，本軍對

高溫訓練是運用危險係數來調整課程進度，當危險係數大於 40 以上時，人員即調整至陰涼處授課。

3.乾旱

機械作業場乾旱所造成影響，主要有土地乾裂、土壤凝結性及含水性降低，土壤體積變小(粉狀)，懸浮在空氣中，易造成人員呼吸系統影響，粉塵重量輕，被風吹起，造成大面積沙塵，裝備進氣系統容易過髒，要加強清潔次數。

(二)場地因素

1.鬆軟場地

操作訓練若遇大雨導致場地泥濘、鬆軟時，勢必影響人員行走安全、機具重心不穩傾倒及機具部分零件生鏽損壞之風險因子存在，訓練期程也因此受到影響，後續也將花費更多時間實施保養。

2.堅硬場地

挖土機堅硬履帶於水泥地或柏油路面上移動時，除應先申請道路許可證，可於履帶上加裝防護橡膠塊，否則將會磨損刮刨地面，易造成場地凹陷、龜裂，影響路基及履帶壽命。

(三)人為因素

訓練班隊多以生手為主，因未具基礎操作能力、指揮手勢識別能力，故於訓練初

期，較常出現因操作生疏不熟練而衍生的風險問題，舉凡藉由操作桿可控制的 8 項動作，在操作不熟悉的情況之下，會出現撞擊、夾傷、翻覆、感電及落石等意外風險。

(四)維保因素

挖土機若遇定期、不定期保養或損壞維修時，除授課裝備減少，或以其他機型取代，訓員都需重新適應及熟悉，勢必將會壓縮練習操作時間，進而影響授課進度及學習成效。

三、模擬機台使用效益評估

(一)天候因素

1.實機

挖土機訓練採實機操作為主，針對開挖作業、裝載作業、回填作業及壓實作業等訓練重點，但若遇雷雨天候，考量訓練危安因素，立即停止作業，導致無法進行授課練習，無法有效發揮訓練成效，達到預期訓練效益。

2.模擬機台

不受天候因素影響，可於室內、鋼棚或專案教室予以施訓，既可維護訓練安全，亦可確保訓練時數不受影響。

(二)訓練因素

1.實機

在操作方面，挖土機不

論在執行開挖、裝載、回填或壓實作業，均較模擬機台符合實際作業需求。

2.模擬機台

雖模擬機台操作模式同實體挖土機，但因受限於供電系統無法任意移動，挖掘效益遠不如實機，故模擬機台僅適合運用於初期熟裝訓練上。另在人員機具比例方面，模擬機台體積小於挖土機，機台數量較能滿足人數上的需求，若進行操作訓練時，可一次施訓人員較多，在訓練效益上優於實體機具訓練。

(三)環境因素

1.實機

近年環保意識逐漸抬頭，對空氣及噪音汙染尤為重視，挖土機作動時所產生的空氣汙染(如表 5)及噪音可達 102dB 至 109dB 不等(如表 6)，不僅對環境會造成一定程度的影響，操作人員長期處於高壓環境下工作，亦會造成身體傷害。

2.模擬機台

模擬機台動力來源採電力驅動，可杜絕內燃機引擎燃燒燃料所產生的廢氣及噪音，可有效降低空氣及噪音汙染。

(四)維保因素

1.實機

表5 施工機具空氣汙染物排放量推估表

施工階段	施工機具	機具數量	空氣汙染物排放係數(公斤/日/部)				
		(部)	一氧化碳	碳氫化合物	氮氧化物	硫氧化物	懸浮微粒
整地工程	推土機	3	0.94	0.33	3.43	0.022	0.45
	挖土機	3	0.94	0.33	3.43	0.008	0.31
	壓路機	2	0.83	0.18	2.36	0.004	0.14
	平路機	1	0.41	0.11	1.95	0.005	0.17
	傾卸卡車	15	4.9	0.52	11.33	0.028	0.7
	雜項	12	1.84	0.42	4.6	0.009	0.38
	排放量合計 (公斤/日)		103.29	15.29	252.4	0.63	17.79
	排放強度 (公克/秒/平方公尺)		$1.0 \times 10^{-0.5}$	$1.5 \times 10^{-0.6}$	$2.4 \times 10^{-0.5}$	$6.1 \times 10^{-0.8}$	$1.7 \times 10^{-0.6}$

資料來源：空氣汙染物擴散模擬成果，<https://www.most.gov.tw/most/attachments/1b2b38c9-743f-4d34-b77e-58558e59d794>，檢索日期：西元2022年5月10日。

表6 施工機具空氣汙染物排放量推估表

營建工程類別	施工機具	額定輸出(kW)或規格	聲功率位準dB(A)
土方工程	挖土機（標準型）	未滿55Kw	102
		55kW以上，未滿103kW	107
		103kW以上，未滿206kW	107
		206kW以上	109
	挖土機（低噪音型）	未滿55Kw	99
		55kW以上，未滿103kW	104
		103kW以上，未滿206kW	106
		206kW以上	106

資料來源：機具聲功率音量位準，
<https://law.moj.gov.tw/LawClass/LawGetFile.ashx?FileId=0000081971&lan=C>，檢索日期：西元2022年5月10日。

依國軍現行補保作業程序，以軍(一、二級)、商(三級以上)維雙向併行，若損壞項目屬三級以上商維權限，則需運用經費予以修復，故於短時間內欲完成檢修較為無法掌握，且相關保修經費均屬高單價，在年度修繕經費有限的情況

下，則會對訓員施訓品質造成直接影響。

2. 模擬機台

模擬機台裝備成本較低，可大量引進提供統一或個別施訓，保養及維修容易且可於短時間內完成，對訓練品質影響較小。

四、小結

現階段挖土機操作訓練上所面臨到的窒礙因素，大多都以機具數量無法一次滿足訓員需求，且如遇裝備進廠保養、定期檢修亦或其他不可抗拒之因素，導致訓練無法如期進行時，會嚴重影響訓練品質及成效，倘若以模擬器的概念運用於訓練上，則可補足因以上因素所造成的訓練落空狀況，在硬體設施、人機配比、裝備妥善、保修效能上較具有優勢。

國內外機台應用之比較

一、他國機台之介紹

(一)中國大陸

當今世界工業產值最高國家，許多機械製造、遊樂設備公司，針對各式模擬機台實施開發、設計、生產到銷售，出產相當多元化之產品，如挖土機、推土機、裝土機等機台(如圖3)，並且遠銷至東南亞、中東及歐美國家；該國挖土機模擬器為全液壓電動，具有旋轉、伸縮液壓臂等實機全部功能，可調節設備速度、可設定旋轉或靜止等模式，目前除一般挖斗機台較普遍外，另有出產抓夾式、吊車式等機台(如圖4)，將原挖斗部分改裝成爪子、槌球及磁鐵吸盤，可訓練



圖3 各式模擬機台

資料來源：濟寧微裝遊樂設備有限公司，
<https://www.11467.com/jining/co/72098.htm>，檢
索日期：西元2022年6月5日。



圖4 抓夾、吊車式模擬機台

資料來源：濟寧微裝遊樂設備有限公司，
<https://www.11467.com/jining/co/72098.htm>，檢
索日期：西元2022年6月5日。

針對目標物夾取、放置、破壞或吊起之動作，達到如實機破壞、拆除訓練之效果。雖目前主要普遍用於遊樂設備上，供成人及兒童皆可使用，培養腦部及四肢之協調能力，如用於人員作業訓練上，亦可達到相同的訓練效果。

(二)日本 Komatsu

小松集團(Komatsu)是世界上知名的工程機械製造廠，該公司雖無量產模擬機台，卻在日本當地小松觀光工廠裡，擺設兩類型小型挖土機



圖5 PC09挖土機模擬機台

資料來源：http://toku-world.com/cn/stock/mini_excavator/1039，檢索日期：西元2022年4月20日。



圖6 PC01挖土機模擬機台

資料來源：<http://komatsunomori.jp/event/968/>，檢索日期：西元2022年4月20日。

模擬機台(如圖 5、6)作為名眾參觀時，可以實際體驗及操作，使民眾能快速瞭解機械操作原理。

其中 PC01 模擬機台屬於縮小版挖土機，其相關性能與實機挖土機相近，且體積小、重量輕，可於運用狹窄空間範圍作業；另於 2022 年



圖7 PC01E挖土機模擬機台

資料來源：<http://kcsj.komatsu/>，檢索日期：西元2022年4月20日。

Komatsu 與 Honda 共同研發 PC01E 電動微型挖土機(如圖 7)，PC01E 是 PC01 傳統動力挖土機的電動款，配備便攜式可快速更換電池，可避免作業期程延長，且無安裝發動機，減少了廢氣及噪音，在維護及保養上也相對減少。

(三)英國 JCB

JCB 世界五大工程機械、農業製造公司之一，為歐洲主要的工程機械製造商，雖無量產出產模擬機台，但在英國當地 Diggerland 主題樂園裡，設置許多工兵機械相關器材，在挖土機方面，使用了 8018 型挖土機(如圖 8)，提供參觀民眾作為體驗，並將挖斗部分更換為吊鉤或爪子，透過遊樂、達成任務方式實施操作，達到寓教育樂之效果，若用於訓練上，亦可讓半熟手熟悉實機，以可銜接較大型實機操作。

二、本國模擬機台之規劃

(一)人力規劃

訓員在完成裝備各部諸元介紹，使其具基本機械作動概念認知後，即進行模擬機台操作，其主要目的在建立訓員基礎操作技能，熟悉挖土機操作桿控制機台相對應動作，以利爾後實機訓練時能有效鏈結操作要領，提高訓練作業效率，並減少不當損耗。

(二)場地規劃

運用鋼棚或專案教室，採區塊分站方式施訓，區分為挖掘作業、裝載作業、回填作業及壓實作業等訓練專區，人員採輪替式換組，以熟悉各類別作業，提升訓練效益。



圖8 JCB 8018型挖土機資料來源：Diggerland 主題樂園官網，
<https://www.facebook.com/Diggerland>，檢索日期：西元2022年4月20日。

(三)裝備規劃

目前已知國內可提供此模擬機台之廠商為「動力育樂-桃園大溪」及「宇宏育樂-台中太平」等 2 家，提供租賃及買賣等方案，並提供定期及不定期保養檢修服務(如表 7)，相較於中國製機台雖價格較為昂貴，但考量國防安全、運送費用及後續保養問題，購買國內廠商建置機台成本較優於國外。

表7 模擬機台廠商比較表

	動力育樂	宇宏育樂
建置成本	購買：單台 25萬-28萬（新臺幣）	購買：單台 18萬-20萬（新臺幣）
	租賃：首日2萬元，次日起每日計價3000元（新臺幣）	租賃：首日1萬元，次日起每日計價2000元（新臺幣）
動力來源	電能(220V)驅動液壓泵	電能(220V)驅動液壓泵
操作人數	1人	1人
附屬設備	遮陽板：有 防護網：有 安全帶：有	遮陽板：無 防護網：無 安全帶：無
保養檢修	基本保養：3000元/次 損壞檢修：視損壞項目而定	基本保養：2000元/次 損壞檢修：視損壞項目而定

資料來源：作者自行整理。

三、小結

探究英國、日本及中國等國家，對於模擬機台主要用於遊樂設備上，在教學訓練上普遍以模擬器或實機教學，反觀，因目前我參訓學員人數眾多且多為生手、訓練時間為短暫速成，如以模擬機台作為初步訓練，購置成本、維修經費等方面將遠低於購置模擬器或實機，運用於教育訓練上能提供更安全且便利的操作方式，能防止學者在不良的作業環境受到傷害，且提升更多元之作業能量與方式。

結語

近年工兵部隊因組織兵力結構調整，為了達到量小、質精、戰力強的目標，人裝資源逐漸精簡，每一位官兵、每一

部裝備都是無比珍貴的戰力，故在訓練整備上，應思考如何避免無謂的訓練損耗，並有效提高訓練成效。

依據國內外挖土機進行作業發生的工安意外，其發生原因大都以人為缺失為主要因素，機械故障因素造成的意外反之較少，因此落實有效率的操作訓練，方為當前最需要重視的一環。

未來若引進模擬機台運用於教育訓練上，期可達到降低訓練風險、減少裝備損耗成本、提高訓練成效及鞏固既有戰力之目的，雖目前還是以操作傳統機械為主要訓練方式，但相信未來會運用科技模擬設備，逐步加入訓練的一環中，達到零危安、高效能的目標。