



軍事後勤

以空軍特種車輛維修及保養能量探討國軍車輛投資建案成本效益—以HTA-40牽引車為例

空軍少校 林汪駿、空軍中校 蘇園展

提要

現代國防亟需結合民間力量及導入企業管理作法方能建立自主現代化國防，而飛機牽引車作為機場地面牽引作業重要的特種車輛，主要用在軍用機場跑道、滑行道、廠庫以及相關飛機停放處所，實施飛機牽引或推頂等移動作業，在臺灣國防自主正式踏入新的里程碑的時候，科技亦不斷翻新，技術不斷進步的同時，空中的戰鬥機亦不斷地提升其功能，所配備的各式飛彈亦不斷的改朝換代，可是擁有如此高單價武器裝備的我們，又是用怎樣的車輛來進行裝備的拖曳與移動？飛機牽引車的發展經歷了機械傳動，液壓傳動到現在的純電力傳動，所因應的維保重點及要求也不斷的變化，現有部隊牽引車每年以特車維保費用針對非妥善牽引車辦理維修及保養，而針對部隊一些動輒20、30年起跳的空用地裝，每年花費的維保全額也逐年攀高，是否針對配套的裝備也可以逐步的汰換更新了，通過比較成本和效益的成果，尋求一個方案可將其效益無限的極大化，從表面上的分析邏輯看似簡單，實則包含了非常多重要的議題，例如是從何種角度考量各種不同的成本和效益？如何評估價錢的影響？如何決定或者處理不僅僅依靠技術支援，同一時間也必須具有專業規範的判斷。為簡單說明戰機牽引車成本的評估模式，必須先定義幾個與戰備整備直接相關的變數討論，包括我軍實施戰機恢復戰備的整備時間，油彈整補的整備時間等，畢竟空軍是以秒在計算作戰的軍種，倘若因牽引車妥善率的下降影響戰鬥機的油彈整補作業，畢竟牽引車是個不起眼但又不能沒有的特種車輛，正所謂牽一髮而動全身，說要一次性的全軍換補是不理想的，我認為可以研討牽引車的全壽期，於全壽期內將全軍牽引車分批全面換裝是最理想的狀況，不僅維持年度維修及牽引車的妥善率，更可將採購及維修費用平均數年，減少財政負擔，不僅僅可以逐步汰換舊式裝備，更可減少戰機一線待命部隊的壓力，可謂是兩全其美。

關鍵詞：牽引車、成本效益、戰機、電動。



壹、前言

隨著戰略思維之調整及國內科技水準的提升，現代國防亟需結合民間力量及導入企業管理作法方能建立自主現代化國防，而飛機牽引車作為機場地面牽引作業重要的特種車輛，主要用在軍用機場跑道、滑行道、廠庫以及相關飛機停放處所，實施飛機牽引或推頂等移動作業，無論在民用機場或軍用機場均有著其重要及不可替代性。

成本效益分析(Cost-Benefit Analysis，以下簡稱為CBA)是利用一種以經濟探討為主要方面的評估分析法，常被用來研究與探討，進而評估一項公共投資計畫是否符合要求；^{【註1】}近年來中共在龐大經濟潛力支持下，積極從事軍事變革與建軍整備工作，使其軍事能力質與量均獲得大幅提升。反觀本國亦積極辦理軍購武器裝備，加強備戰；觀察2019年應該是國軍近年來添購新式武器的大躍進，除了近期新聞強力報導空軍購得F-16V戰鬥機外，還有陸軍期盼多年的M1A2戰車，另外三軍統帥所推動的國機國造及國艦國造亦有顯著的進度，漢翔公司所研發的新式高教機(勇鷹)也於2019年9月24日正式出廠公布(如圖1)，也正式宣告臺灣國防自主正式踏入新的里程碑。但在科技不斷翻新，技術不斷進步的同時，空中的戰鬥機亦不斷地提升其功能，所配備的各式

飛彈亦不斷的改朝換代，可是擁有如此高單價武器裝備的我們，又是用怎樣的車輛來進行裝備的拖曳與移動？一個機隊所需要的除了飛機以外，還需要非常多的空地裝跟後勤支援，但幾乎所有裝備均需要拖曳車輛協助拖到定位，針對現有空用地



圖1 「國機國造」勇鷹原型機

裝及特種車輛普遍使用年限偏高，且飛機牽引桿是剛性的，考量其轉彎及瞬間扭力

資料來源：陳玉，〈首架國造高教機「勇鷹」出廠 蔡英文掛牌讚：國防航太大進步〉，《ETtoday新聞雲》，2019年9月24日，〈<https://www.ettoday.net/news/20190924/1542039.htm#ixzz6L6aP9Bq9>〉(檢索日期：西元2020年2月7日)。

造成的靈活度及安全性較差，基此，故將牽引車的汰換及升級納入本文研討，期加強本軍建軍備戰的強度。

註1 張四明，〈成本效益分析在政府決策上的應用與限制〉，《行政暨政策決報》，第3期，2001年，頁45。



貳、戰機牽引車的能力與戰史中的運用

一、戰機牽引車的現在與未來在各國的運用成效

到了噴射引擎戰機時代(約60年代)，美國海軍開始裝備專屬的艦載戰鬥機專用牽引車，到現在的第五代戰鬥機，牽引車的技術已經算成熟了，而為何一開始使用的是吉普車，而不是貨車或卡車，因為戰機牽引車第一個特點，就是必須夠低；那為何美國人需要研發專用的戰機牽引車，首先車輛的速度不需要很快，但是牽引力必須要大，因為它們牽引的不僅僅是幾百公斤的貨物而已，除了要拖得動外，更要熬得住，因為飛機在沒有開車的狀態下，液壓系統內是沒有壓力的，所以專用的戰機牽引車才更彰顯其重要性。而基本上牽引車的演進，從初始由人力推動(甚至現在偶爾還有特殊狀況會使用)進步以普通



圖2 拖拉機

資料來源：猛禽天堂，〈為什麼印度造不出艦載牽引車，只用拖拉機？真相說出來你可能不信〉，《新浪網》，2018年3月8日，<https://k.sina.cn/article_6372066090_17bce032a001004bob.html?from=mil> (檢索日期：西元2020年2月25日)。



圖3 HARLAN HTA-40牽引車

卡車加裝牽引桿或一般拖拉機(如圖2)，還有

資料來源：痞客邦，〈空軍基地-2〉，《相簿列表》，2010年12月11日，<<https://burnquist.pixnet.net/album/photo/128534061>> (檢索日期：西元2019年12月25日)。



圖4 美空軍F-22戰機牽引作業

資料來源：大國之翼，〈拖拉機拉F-22戰機！美國造不出高大上的牽引車嗎？〉，《新浪軍迷圈》，2017年12月6日，〈<https://jmcmil.sina.cn/ttspider/doc-ifypnqvn0475279.d.html?cre=tianyi&mod=wpage&loc=6&r=0&doct=0&rfunc=0&tj=none&tr=4&wm=1>〉（檢索日期：西元2020年1月25日）。

部分國家使用，研發成專用牽引車（但使用傳動，換檔更加平穩，而現今軍事大國真正研發專用戰機牽引車具有成效的也只有美國與中國了，而我國現役執勤的HARLAN HTA-40（如圖3）、HTAB-40及MB-4也正是由美軍採購過來使用的，而美空軍F-22戰鬥機仍在使⽤（如圖4）。眾所周知，戰機在未啟動時，在地面的移動都需要牽引車的幫助，如果



圖5 人力牽引作業

沒有牽引車，就像圖5內所見蘇-35戰鬥機，剛降落便由12個地勤人員正用盡全力推著飛機

資料來源：永不磨滅的番號，〈這臺國產戰機牽引車比美國的還先進，印度看了都無地自容〉，《雪花新聞》，2018年9月2日，〈<https://www.xuehua.us/2018/09/02/%E8%BF%99%E5%8F%B0%E5%9B%BD%E4%BA%A7%E6%88%98%E6%9C%BA%E7%89%B5%E5%BC%95%E8%BD%A6%E6%AF%94%E7%BE%8E%E5%9B%BD%E7%9A%84%E8%BF%98%E5%85%88%E8%BF%9B%E7%BC%8C%E5%8D%B0%E5%BA%A6%E7%9C%8B%E4%BA%86%E9%83%BD/zh-tw/>〉（檢索日期：西元2020年3月14日）。



，俄羅斯人為什麼不用牽引車呢？牽引車雖小但研製難度極大。中國於本世紀初定型的01式牽引車曾使俄方專家大為驚駭。此後中國先後研發了各種型號的飛機牽引車，不僅超越了俄羅斯，更是領先了美國。我們也針對美國與中國戰機牽引車的演進加以研究探討，可別小看牽引車，製造難度可不小，對系統內的配件要求很高，俄羅斯就一直造不出像樣的牽引車。當俄羅斯空軍仍在使用普通卡車當作牽引車時，我國已經在使用美空軍HARLAN牽引車了（但也已經使用20餘年了），而中國航空母艦上裝備的為其第三代牽引車，具備起停平穩，各型號飛機公用一體化夾具等優點。在技術上處於領先地位。

二、美共戰機牽引車發展現況之運用

現今軍事大國幾乎都有配備航空母艦，而其艦上又搭配艦載戰鬥機，且艦上甲板與機場跑道相比又更為狹小，因而牽引車更是配合航空母艦艦載戰鬥機甲板上不可或缺的一個重要角色，其車輛最主要功能是以最短的時間牽引起飛前或降落後的艦載戰鬥機順利轉移至起飛位置或停放位置，以便騰出甲板上最大空間，以利其他任務遂行，牽引車作為戰鬥機機動的空用地裝設備，跟汽車、輪船不同，飛機是無法自行完成倒車的，當戰機停放在待命區時，可能因所處環境無法啟動發動機並滑行至起飛區域，因此這時候牽引車就發揮作用了，有時，為了減少運行成本而關閉戰機發動機，也需要使用牽引車，也針對各國航空母艦戰機牽引車研討：中國「遼寧號」航空母艦甲板上除了殲-15等各種艦載戰鬥機之外，還有不少航空母艦甲板專用車輛（如圖6），它們主要用於彈藥運輸、艦載戰鬥機牽引等，以美國海軍為例，每一艘「尼米茲級」航空母艦

上均配備有2輛A/S32P-25型艦載的消防車和救援車，每次艦載戰鬥機起飛及降落的過程，消防車都必須要在飛行線的甲板上待命執勤，其特種車輛採用配有24V六缸水冷渦輪增壓的柴油發動機以及四輪傳動的底盤，而其轉



圖6 中共航空母艦艦載牽引車

向機是由一組獨立的液壓唧筒和轉向拉杆相互

資料來源：zz5bing，〈中國航母牽引車與美軍類似，印度仍是落後竟是小四輪（拖拉機）〉，《鐵血網》，2012年11月27日，〈https://bbs.tiexue.net/post_6431490_1.html〉（檢索日期：西元2020年3月5日）。



組成而成，經過駕駛以前輪的控制來執行轉向運動，而車輛的制動裝置則採用液壓，當駕駛鬆開油門踏板時，車輛會自動剎車；【註2】俄羅斯的航空母艦甲板車輛看起來非常老舊，有點像是舊式消防車直接上艦作業，跟美軍航空母艦上專業甲板消防車的



圖7 印度艦載牽引車

差距很大；印度海軍航空母艦上的甲板工作人員正利用牽引車準備移

資料來源：軍事深度，〈我國產航母第二代特種車已亮相，印度航母卻用拖拉機〉，《新浪軍事》，2018年5月24日，<<https://mil.sina.cn/sd/2018-05-24/detail-ihaysvix6705792.d.html?cre=tianyi&mod=wpage&loc=8&r=0&doct=0&rfunc=50&tj=none&tr=12>> (檢索日期：西元2019年12月27日)。

動一架艦載戰鬥機拖至定位，該艘航空母艦上所使用的牽引車實際上就是一輛拖拉機(如圖7)，實際上印度海軍使用的就是農用耕地的拖拉機，印度海軍這種奇葩的飛機牽引方式，著實讓人驚嘆。單從成本方面看，牽引車屬於特種車輛，需求量不大(僅就飛機拖曳使用)，對於這樣一款需求量極小的產品卻需要投入大量的經費去研製，所以它的成本是非常高的。一款全新的牽引車在整個研製周期的經費最低也會高達上億元，投入大但是產量低，所以成本自然就高，據說一輛和汽車差不多大小的牽引車造價高達4,000萬。這種虧本生意不是每個國家都可以承受的，也只有像美國、中國這樣的軍事大國才願意投入，在美國全面換裝五代戰機的影響下，現有的航空母艦目前使用的是A/S32A31型，牽引車在外觀的設計十分特殊，呈現低矮且扁平狀，為的就是方便讓其車輛在戰鬥的機身與機翼下活動，並更能有效的降低其車輛的重心，在實施牽引作業時能行駛的更加平穩；而且也從有桿牽引漸漸轉向無桿牽引，無桿式的牽引車取消了與飛機的連接桿，而是直接抱夾飛機前輪並托起前起落架，直接的減少了作業中的轉彎半徑及運作的距離，而且針對性的減少了以往對飛機輪軸產生向上的牽引力，間接地也減少了造成飛機的前輪磨損；【註3】中國空軍在

註2 前線觀察哨，〈中美俄印，航母艦載機牽引車大比拚，這次拖拉機都上了航母〉，《每日頭條》，2017年7月21日，<<https://kknews.cc/military/a8voklg.html>> (檢索日期：西元2020年3月20日)。

註3 新華社瞭望智庫，〈別小看了航母上的這些特種車，最後俄羅斯亮了〉，《每日頭條》，2015年4月26日，<<https://kknews.cc/zh-mo/military/8enmz9n.html>> (檢索日期：西元2019年12月27日)。



1980年以前並沒有專業的戰機牽引車，用來牽引戰機的車輛只是使用普通的卡車、貨車，也因為當時的戰機普遍不重，牽引殲6、殲7是綽綽有餘，甚至殲8也是可以負擔的，但是後續的Su-27，甚至到現在的殲20，其10至20噸



圖8 中共航母專用牽引車

的負重，不僅僅卡(貨)車的牽引力不足，煞車也不行，動不了也停不住，因此對戰鬥機的起

資料來源：永不磨滅的番號，〈這臺國產戰機牽引車比美國的還先進，印度看了都無地自容〉，《雪花新聞》，2018年9月2日，〈[https://www.xuehua.us/2018/09/02/%E8%BF%99%E5%8F%B0%E5%9B%BD%E4%BA%A7%E6%88%98%E6%9C%BA%E7%89%B5%E5%BC%95%E8%BD%A6%E6%AF%94%E7%BE%8E%E5%9B%BD%E7%9A%84%E8%BF%98%E5%85%88%E8%BF%9B%E5%BC%8C%E5%8D%B0%E5%BA%A6%E7%9C%8B%E4%BA%86%E9%83%BD/zh-tw/](https://www.xuehua.us/2018/09/02/%E8%BF%99%E5%8F%B0%E5%9B%BD%E4%BA%A7%E6%88%98%E6%9C%BA%E7%89%B5%E5%BC%95%E8%BD%A6%E6%AF%94%E7%BE%8E%E5%9B%BD%E7%9A%84%E8%BF%98%E5%85%88%E8%BF%9B%E5%BC%8C%E5%8D%B0%E5%BA%A6%E7%9C%8B%E4%BA%86%E9%83%BD/)> (檢索日期：西元2020年1月10日)。

落架、機體結構和機載設備，種種都是傷害，可知道那都是動輒數億的戰鬥戰具，即使是軍事大國也無法承受的意外損失；經過這樣的刺激，中國也於1988年開始著手新一代戰機的專用牽引車的設計研發，到了1992年，首輛戰機專用牽引車「01式戰機牽引車」(如圖8)正式定型了，一輛高度1.5公尺、寬2公尺，單人操作的電動車，卻可以完成從殲10戰鬥機到伊爾-76大型運輸機等大小機種的牽引作業。

三、民航機牽引車發展概況及運用

針對常規民用客機牽引車的限制就沒這麼嚴苛了，車體可以造的比較大，主要技術難點在於抱輪舉升系統，正因飛機與汽車、船艦不同的是無法倒車，為了減少其運行成本需求，且受限於大型客機對於牽引力及制動力的要求，牽引車的體型與質量都較為大型，目前世界上最大型的飛機牽引車是專門為空中巴士A-380打造的GOLDHOFER AST-1X，但與飛機相比還是個「小朋友」，鑒於近年來環保意識抬頭，隨著電池技術不斷發展提升，在牽引車方面也有大廠家朝向電動化趨勢推出純電動牽引車，而本國桃園機場為了服務大型客機，且依據民航局頒布規定，自106年起，移機作業必須使用無拖桿抱夾式牽引車，為了提升地勤服務的完整性及現行裝備無法操作大型民用客機狀況下，桃園航勤公司斥資7200萬元，以每輛3,600萬元的價格向德國GOLDHOFER公司採購兩輛超大型無拖桿牽引車投入機場服務，也成為了桃園機場有史以來最為昂貴的地



勤裝備，且新型拖車具有馬力大、無段變速、操作簡單等特色，並搭配新穎設計的快速操作抱夾、引擎式自動滅火系統、機腹防撞感應裝置及轉向過度閃光燈等先進配置，大大提高人員作業安全。

四、小結

戰機牽引車是空軍這個軍種非常重要的輔助作業裝備，主要作業於滑行道、機庫堡及場面上各個地區的調運移動，其車輛技能牽引又能頂推，可幫助修護人員把戰鬥機精確移動到相應的作業位置，現今研發的戰機牽引車是一種集合了機、油、液三位一體的高端技術產物，現行的底盤大多數是以四輪驅動以及四輪轉向，加上全液壓助力的轉向系統，而基本的要求除了穩定性及可靠性以外，更重要的就是安全性，^{【註4】}無論是操作人員的安全或者是裝備的安全，因此不僅軍事大國持續改進車輛的適用性及安全性外，民間大廠也持續針對全球的飛行安全不斷的提升牽引車品質。

參、車輛維保及投資建案成本效益探討

一、戰機牽引車維保歷年分析比較

飛機牽引車作為重要的空用地裝車輛，不管在軍用或民用的領域中都擁有不可替代的地位，依據國軍民用型車輛保養修護管理規定，為明確律定國軍民用型車輛保修制度，有效運用民間維修廠所具備的修護能量，於合約規範內落實執行國軍車輛一般定期與不定期的保養修護，並減少浪費公帑及人員因僥倖心態衍生違法結報之情事發生，以確保裝備妥善，達成後勤支援之目的，除使用單位確實執行保養作業外，各單位應確依規定於核定之合約廠實施修護，交修，修成檢驗等作業均依作業規定辦理，而民用型特種車輛均依年度施政工作計畫及預算編製作業手冊共同性費用編列標準，編列車輛維修費用，而牽引車報廢規定亦明確說明(1)單次修繕金額達該車新購價65%以上(2)燃油超過原廠規定40%以上的消耗而無法改善(3)近3年維護費，每年平均超過該車型新車採購價格20%以上，即可辦理報廢。^{【註5】}以空軍第二聯隊為例，檢討106年至今年，本軍飛機拖引車維修經費(如表1)，自106年使用率佔特車維保經費約50%外，從107年起計算迄今年度7月份，均高達75%以上，顯見牽引車的妥善率對於空軍聯隊的重要性，檢討後亦發現牽引車零件老化現象越發嚴重。隨著航空

註4 博覽軍事，〈中國航母必不可少的幫手--飛機牽引車〉，《壹讀》，2017年6月22日，〈<https://read01.com/J4dKgL.html#.Xqr23KgZPZ>〉(檢索日期:西元2019年10月20日)。

註5 國防部空軍司令部，〈空軍第二戰術戰鬥機聯隊民用型車輛保養維修作業程序〉《國防法規資料庫》，107年6月1日，頁7。



業的不斷發展，無論是飛機的數量、體積抑或是質量，都是不斷的提升，完全沒有下降的趨勢，因為對牽引車的要求也只有越來越高，因此

不論操作方式、動力驅動系統、傳動技術及結構也都是不斷的變革發展；飛機牽引車的發展經歷了機械傳動，液壓傳動到現在的純電力傳動，所因應的維保重點及要求也不斷的變化，現有部隊牽引車每年以特車維保費用針對非妥善牽引車辦理維修及保養，而針對部隊一些已逾20、30年的空用地裝，每年花費的維保金額也逐年攀高，未來應針對配套的裝備逐步汰換更新，而不是再辦理研改了，後續將就成本效益部分加以說明。

表1 飛機牽引車年度維修經費統計表

空軍第二聯隊飛機牽引車年度維修經費統計表					
年度	特車維保費	年度配賦	牽引車維保費總和	牽引車比例	備考
106	1,000,000		492,565	49.2%	
107	1,000,000		880,288	88%	
108	1,000,000		784,065	78.4%	
109	1,670,000		1,338,250	80.1%	迄7月

資料來源：本研究整理

二、投資建案成本效益

國軍的軍事投資建案要求中，不外乎於精進系統分析作業，加強成本估算作業能量，使預算能有效的審查與分配，以求完備軍事建案品質與規劃，避免浪費國防預算，將有限的公帑發揮最大效用，而軍事建案中以「系統分析」為重，其是透過「精實、科學、公平、公正」的原則，針對有限的國防資源進行規劃管理及運用，而如何透過調查、統計、科學分析等方法，精算建案的「成本效益」，使產出與投入比達到最大化，^{【註6】}有效提升投資效益也是重要的課題；為達成國軍武器裝備成本分析作業目的，建立武器裝備成本估算作業準據，以利執行國軍成本估算作業，以下茲就相關部分加以敘述：^{【註7】}

- (一) 成本作業概念：為能熟悉成本分析作業，針對成本作業之整體概念，包含壽期成本重要定義、如何進行資料蒐整、武器系統資料庫架構及如何進行資料分析等相關知識加以敘述律定。
- (二) 估算理論與方法：包含成本估算作業所需理論之種類、估算方法，估算作業步驟及其他考量事項，致力於系統化及合理化之推估模式，支持有效率、有效能的國防資源配置決定。
- (三) 作業機制與實務：說明國軍武器裝備成本分析與估算成本資料具體運用範疇

註6 陳建興，〈軍事投資建案講習 精進系統分析〉，《青年日報-國防焦點》，2016年5月10日，<<https://www.ydn.com.tw/News/86251>> (檢索日期：西元2020年1月12日)。

註7 國防部頒行，〈國軍武器裝備成本分析要綱〉《國防部-專業-計畫-3》，107年12月19日。



，說明在現行作業機制下與全壽期下各階段的關係及備案分析方法所扮演之角色對成本分析決策之重要性。

另依據國軍武器裝備成本分析要綱說明，國軍武器裝備成本的分類方式依成本習性(Cost Behavior)，便可區分為下列數種分類方式；會隨著不同的數量變動而發生在裝備或者戰力的成本有不同的數值情形，而其中可分為變動成本、固定成本及混和成本：【註8】

(一)變動成本(Variable Cost)：在一個固定的數量範圍內，會隨所採購的產出數量之增減而呈現的成本具備以下所述特性：

1. 變動成本的總金額與數量的增加，會形成正比的變化。
2. 變動成本是一固定的金額。
3. 變動成本在規定的範圍內是會有變動性。
4. 容易歸屬在發生的部門。
5. 負責的部門可以控制其變動成本的發生。

(二)固定成本(Fixed Cost)：在一個固定的數量範圍內，不會隨所採購的產出數量之增減而呈現的成本具備以下所述特性：

1. 變動成本的總金額與數量的增加，不會產生正比的變化。
2. 固定成本會因為採購的數量增加而減少。
3. 在攸關範圍(Relevant Range)內金額是固定的。
4. 會按原始的管理決策及方法，依規定分配至各採購單位。

(三)混和成本(Mixed-Variable Cost)：亦稱為半變動成本，兼具上述兩種的特性，在攸關範圍之內，其金額是固定，如果超過數量範圍時，則因為產量而增加成本，例如水、電費及電話費等，每月除基本(合約)費用外，超出部分每單位則另行計價。

三、小結

成本效益分析(Cost Benefit Analysis，以下簡稱CBA)是針對一項計畫或方案，被用來探討其經濟可欲性(economic desirability)，此方法是利用一種以經濟探討為主要方面的評估分析法，常被用來研究與探討，進而評估一項公共投資計畫是否符合要求；也就是從一個社會即是一個整體(society as a whole)的論點，用來比較或是考量其有關的所需成本以及所獲利益，進而推算一個獲利淨值較大的方法或者是方案，提供上位者可以參考後而進行相對重大

註8 國防部頒行，〈國軍武器裝備成本分析要綱〉《國防部-專業-計畫-3》，107年12月19日，附錄1。



的決策。自從1930年，美方政府已經開始將CBA使用在洪水控制得計畫評估，直到今日CBA已經成為政府相關單位分析專案時的喜好方式之一。我方在民國87年修正的預算法第34條明文規定，重要公共工程及重大施政計畫，應先行製作選擇方案及替代方案之成本效益分析報告，並提供財源籌措及資金運用之說明，始得編列概算及預算案，並送立法院備查；^{【註9】}追溯CBA的歷史，最早開始是美國聯邦政府利用其水資源計畫的評估，為求提供給政府在施行決策上的一個優先參考方案。1920年末期的河川暨海港法(River and Harbor Act of 1927 and 1928)，授權給美國陸軍的兵工團(Army Corps of Engineers)對美國境內相關重要河川，為了完成整治計畫而分析進行所需成本的評估，也為以後的經濟性評估分析造就了一個分析方式原形，^{【註10】}因此到了1960年代時期，CBA的使用才慢慢流傳到美國境外的區域。英國政府首先引進使用CBA，用在國內交通運輸計畫的成本分析，倫敦和伯明罕之間的鐵路建造計畫便是一個成功且顯著的案例。接著在1967年的英國政府白皮書，也正式將CBA的應用放到了國營事業的方案評估上；^{【註11】}後續踏入了1980、90年代，因為政府在經濟活動的角色不斷擴大；不僅僅是公共的支出在國內生產毛額的明顯比例成長，同時各種聯邦管制機構的活動力也不斷的增強，不斷的介入了包含健康衛生、公共安全和環境保護等專案，因此需要借用CBA的必要性，用來實施這些管制措施的評估。而依我國的演進來看，在民國87年時，準備要正式寫入預算法的要求之前，我國其實也有不少使用CBA用來評估分析的案例，不管是政府單位自主推動的，或者以委託的方式來研究的案例比比皆是。交通部運輸研究所79年曾經執行《台灣西部幹線多軌化成本效益分析》，為了探討國內西半部是否需要轉變其運輸功能，並且專案研究多軌化方案運量的未來走向，研究結果發現運輸多軌化對國家經濟效益並不特別具有幫助，而讓政府更能確定國家決策。^{【註12】}綜上所述，CBA已經成為一種專案決策的評估方法，尤其是對於公共投資這類大型計畫，在無法立即做出決定時，顯現出其重要性。大多數的大型投資規劃不是短時間可以產生顯著的效果，而且產生出來的成本和收益是階段性的；也就是說各種不同的成本以及成果收割是在不同的時間點上。因此CBA的基礎理論與實際運作，仍然具有許多進步的空間，但是各方鋪天蓋地而來質疑，可能是針對於這項方法在原始觀點上的誤解所造成；單純的覺得CBA只要依照

註9 張四明，〈成本效益分析在政府決策上的應用與限制〉，《行政暨政策決報》，第3期，2001年，頁47。

註10 張四明，〈成本效益分析在政府決策上的應用與限制〉，《行政暨政策決報》，第3期，2001年，頁48。

註11 張四明，〈成本效益分析在政府決策上的應用與限制〉，《行政暨政策決報》，第3期，2001年，頁49。

註12 張四明，〈成本效益分析在政府決策上的應用與限制〉，《行政暨政策決報》，第3期，2001年，頁50。



經濟的觀點切入、就會對決策產生巨大的影響力，這些錯誤觀念是必須得一步步加以矯正。首先，經由成本和效益的比較來看，追求的只是一種效益極大化的方案，而非最大化；其次，我們一定要了解CBA雖然是從經濟判斷分析的基礎想法上出發，但卻不是一種完全利用經濟觀點的分析；最終，以不斷的批評及反向思考的角度下切入發現，「人」往往是影響CBA結果的最大因素。就像是當有時面對某些自我意識強烈的人，一直反對將萬變的人性納入考量的時候，不管是任何的分析方法，都將在「人」的面前變的一無是處。對此，為了培養對未來可行政策的分析人才時，不僅僅要賦予不同面向的思維加強訓練，同時更要開闊其更加宏觀的視野，才算是完全準備加入從事CBA的訓練工作。最後針對現行各國較知名的牽引車製造商予以分析(如表2)，三大知名廠家均提供針對不同噸數的機型可使用的牽引車，畢竟一輛牽引車的研發不是幾百萬即可，這還不包含先期研發投入及後續生產成本，畢竟我國不算是軍事大國，真正使用的數量也不及美、中兩國的十分之一，而且可針對本軍需求而進行採購，並完成年度保修經費精算，畢竟製造商已有多年的經驗，只要我國確實做好評估，並逐年汰換，不僅可維持牽引車的高妥善率，並可確定其車輛屆期汰換的時間，預先編列預算辦理車輛採買，無論建軍備戰方向為何，都可無縫接軌完成戰備整備。

表2 全球知名牽引車製造商彙整表

全	球	知	名	牽	引	車	製	造	商	彙	整	表
製造廠商	商家簡介							商家網址		國家		
Goldhofer	Goldhofer飛機牽引車以無牽引桿為主，相比傳統有牽引桿的飛機牽引車，無牽引桿飛機牽引車更靈活、更安全、也更高效。							https://www.goldhofer.com/		德國		
TLD	TLD致力於航空地面裝備的設計、組裝、銷售和售後服務，已有60年歷史，是行業的龍頭企業，TLD為客戶提供全線的航空地面設備，設計簡單、可靠、易維護，不斷以最高標準精心設計適應客戶需要的裝備。							https://www.tld-group.com/		法國		
HARLAN	HARLAN牽引車的重量在3,000到20,000磅之間，產品遍布80多個國家/地區，用於碼頭、機場、倉庫、醫院、遊樂園和其他需要搬運重物的地方。HARLAN確保所有產品的卓越品質和有競爭力的價格，已成為客戶可靠性、耐用性和優良品質所依賴的製造來源。							https://www.harlan-corp.com/		美國		

資料來源：本研究整理。



肆、我國戰機牽引車使用及精進分析

一、我國戰機牽引車使用

本國HTA-40牽引車於現今特種車輛裝備算是最早服役的，大約於1970末期時開始服役，配合各空軍聯隊實施戰鬥機牽引作業及各式空用地裝拖曳作業，無論是刮風下雨、豔陽晴天，只要飛機需要實施訓練、警戒或其他各式各樣的任務執行，總會看見牽引車的身影；不管是拖著飛機跑來跑去，亦或是拖著修護人員需要的空用地裝到各機庫堡，忙碌的身影總是不間斷，而裝備的妥善更直接影響到任務的遂行。

二、戰機牽引車精進分析

時代不斷進步，科技也與時俱進，大國們的戰機牽引車也都慢慢的進化中，其中又包含了四輪轉向、動力傳動、電動化及無桿化：四輪轉向顧名思義就是四個車輪都能轉向的牽引車，主要優點便是能更靈活的轉向能力，更方便在狹小的空間操作，進一步提高了車輛在狹窄通道中的機動性和作業能力，同時具有轉彎半徑小、行駛更靈活、行駛安全和平穩等優點，因此具有強大的競爭力；而牽引車的發展經歷了機械傳動、液壓傳動到現今較為環保的電力傳動，而現有使用的牽引車多數以液壓傳動為主，因機械傳動的牽引車具有駕駛操作時會有換檔衝擊，傳動系統功率損耗及輪胎磨損過大等缺點，隨著迅速發展的液壓技術，無論是無級變速範圍以及動力的制動性，更進步的過載保護模式以及不間斷地變換輸出動力，使其成為世界各國牽引車主要使用的傳動方式；但隨著工業技術的發展速度，以及不可逆的能源短缺問題和化工汙染環境，已成為全球持續發展的關鍵因素之一，混合動力系統成為現今的首選技術，因飛機牽引車負載質量大，速度較低，因此液壓驅動混合動力技術成為最合適的驅動方法，但電動化具有能量轉換效率高、噪音小、無廢氣排放和控制方便等優點，隨著燃油價格不斷上漲，電動化的優勢更加明顯體現出來；綜觀中國發展的新型無桿牽引車，無桿牽引車是一種不需要牽桿連接即可完成牽引和頂推戰機的新型地面保障裝備，僅靠其自身所特有的升舉裝備，先將飛機前起落架提升、固定到牽引車上，實施對飛機的牽引及頂推作業，一人即可完成。無桿飛機牽引車由於其特有的優點，越來越受到使用者的歡迎。為確保安全，該牽引車有行車制動、停車制動及液壓動力制動三套獨立的制動系。牽引車後輪液壓馬達上裝有鼓式行車制動器，它由齒輪泵供油，由腳踏板式制動閥控制，踩下制動踏板完成制動。由於採用可逆向傳遞動力的液壓驅動系統，因此系 自身



就有制動功能。

三、小結

而牽引車經歷了有桿牽引到慢慢發展無桿牽引、從傳統式的機械傳動進步到液壓式傳動的發展過程，而未來將朝向著電力傳動方向發展。實際使用表明，新型無桿式牽引車可直接牽引多種飛機，調動飛機時靈活、迅速；該車微動性能優異、制動性能良好，可在行駛進程中連續改變行駛速度；操作簡單、對接飛機方便、作業安全可靠，能滿足內、外場飛機牽引的所有作業功能；傳統的電動牽引車制動系採用人力液壓制動，其工作原理是駕駛員的腳推動制動總泵（相當於操縱手動液壓泵，操縱力大，並且操縱力的大小與液壓力成正比），制動總泵出來的液壓油流向制動器上實現制動。人力液壓制動明顯的缺點是：操縱力較大，操作者容易疲勞。液壓動力制動的工作原理是駕駛員的腳推動制動總泵（相者於操縱流量控制閥，操縱力非常小，並且操縱力與液壓力無關），使液壓油經制動總泵流向制動器實施制動採用液壓制動，操縱力小，操縱舒適，制動安全可靠。

伍、結論與建議

一、結論

綜上而論，通過比較成本和效益的成果，尋求一個方案可將其效益無限的極大化，從表面上的分析邏輯看似簡單，實則包含了非常多重要的議題，例如是從何種角度考量各種不同的成本和效益？如何評估價錢的影響？如何決定或者處理不僅僅依靠技術支援，同一時間也必須具有專業規範的判斷。其次雖然是在以經濟進行分析的基礎邏輯之上，卻又並非只是一種單純的分析法。不同的議題下充斥著不同利害的關係人和多面向的價值處理難度，分析不能只靠經濟效率的評估變成政策推薦的依據，還應該全面性的考慮社會公平性和政治可行性等存在的不同意義產生的不同變數。譬如多數的社會救助計畫在沒有考慮分配效果之前，根本就無法通過考驗，或者勉強採行也將使社會總和的福利減少；然而，當納入各種成本和效益的分配問題，權衡其他社會價值的重要性並經過加權處理之後，某些計畫也取得正式採行的合理基礎。

二、建議

因此，以現在中華民國的國防政策考量上，除積極執行裝備國造計畫外，相關配合的空用地裝及特種車輛部分是否以可用件延壽方式持續服役，抑或是同步升級以配合現在裝備及戰術需求殊值探討，茲就建議事項分述如后：



- (一)我國尚無配置航空母艦，無須投入高昂的經費研究艦載牽引車，只需以現有各國使用裝備辦理採購，且以現有每年維修費用評估及裝備年齡相比下，是否需投入大量金錢維持裝備妥善，並艱難的尋找商源及材料，不諱言的大膽假設，裝備隨著時代的進步，不斷往高科技的發展，上述狀況均不斷加諸在駕駛及修護人員身上，為簡單說明戰機牽引車成本的評估模式，必須先定義幾個與戰備整備直接相關的變數討論，包括我軍實施戰機整備的整備時間，油彈整補的整備時間等，畢竟空軍是以秒在計算作戰的軍種，倘若因牽引車妥善率的下降影響戰鬥機的油彈整補作業實為不妥，然而牽引車是種雖不起眼但又不能沒有的空用地裝，正所謂牽一髮而動全身，說要一次性的全軍換補恐未必可行，可以由牽引車的全壽期予以研討，於全壽期內將全軍牽引車分批全面換裝是最理想的狀況，不僅維持年度維修及牽引車的妥善率，更可將採購及維修費用平均分配於數年內執行，減少財政負擔，不僅僅可以逐步汰換舊式裝備，更可減少戰機一線待命部隊的壓力，可謂是兩全其美。
- (二)舊式的裝備維修上遇到的瓶頸只會逐漸增加，必須面對維修人員技術的缺乏、零附件逐漸的停產、單品的價格不斷的提高、裝備損耗的次數增加及妥善率的壓力，針對此類消失性商源的狀況，能否由別的方式替代，是值得認真思考的。國內積極推動國防自主，無論是中科院、工研院及民間廠商，均有著頂尖且流暢的產業鏈，除了金屬3D列印技術漸趨成熟，亦有客製化的相關零附件生產，均能大幅度增加商源的需求，降低採購的價格，也可以提高國防自主的比例，不失為未來可行方向。

作者簡介

空軍少校 林汪駿

學歷：中正理工學院專科92年班、空軍航空技術學院後勤參謀軍官班100年班、空參院正規班109年班。經歷：補給官、汽車排長、運輸官、分隊長。現職：空軍第二聯隊基勤大隊車輛中隊少校副中隊長。

空軍中校 蘇園展

學歷：中正理工學院85年班、空軍航空技術學院通信電子參謀軍官班91年班、國防大學空軍指揮參謀學院101年班、國防大學管理學院資訊管理學系碩士。經歷：陸電官、通參官、分隊長、研究教官。現職：國防大學空軍指揮參謀學院中校教官。