

運用系統動力學探討軍事工廠小口徑彈藥生產策略——以5.56公厘槍彈為例

作者/林群政、林正益

審者/葉健忠、朱艷芳

提要

- 一、為持久遂行國土防衛作戰，勢必大幅增加各類傳統彈藥的戰備儲存量，因此在經常戰備時期，國軍彈藥生產工廠如何在現行生產作業程序（管理）及有限的國防預算資源下，尋求彈藥生產的最適方案，以達支援建軍備戰之目的。
- 二、本研究運用系統動力學方法，以系統性思維並透過國軍軍事工廠以往實際生產數據、文獻探討及領域專家研討，擷取關鍵變數，進而建構系統動力分析模型，以探討在現行彈藥生產運作模式下，生產人力、機具妥善與原料存量對生產之影響，進而提出改善生產政策之建議。
- 三、經由分析可知，在經常戰備時期，若要滿足持久作戰所需小口徑槍彈需求，適度調整銅片採購批量、時間或調整生產人力之間接工編配比率與提升生產機具妥善率，可在一定時間內將彈藥生產數量最大化。

關鍵詞：系統動力學、彈藥生產、戰備存量、生產人力

圖片來源：軍聞社



壹、前言

為有效提升後備戰力，國防部依整體防衛作戰需求，迄110年已編成2個步兵旅及1個後備部隊訓練中心，後續規劃增編3個步兵旅及2個後備部隊訓練中心；¹另依媒體報導，為蓄積後備戰力、強化動員能量，已於112年度編成計有新北市、新竹、臺中市、高雄市等8個後備旅；至113年度將再編成10個旅，²顯見未來武器及彈藥需求將大幅增加。

國防部於112年編列預算約4,151億元，³其中「作業維持」預算達1,337億元，相較去年增加25%，創下新高。其中陸軍司令部編列近80億「戰備彈藥及教育訓練用彈藥購置」之預算，幾乎是111年的4倍，其中委託生產製造中心製作傳統彈藥預算，相較111年亦提升逾2.4倍，合理推論國軍希望透過大幅增加各類傳

統彈藥的戰備儲存量，以利日後持久遂行國土防衛作戰。

由於臺灣縱深不足，一旦灘岸被突破，將立即進入城鎮戰階段，而機槍在城鎮街道、路口與橋樑等要點若配置得宜，則可發揮火力急襲與奇襲的殲敵效果，⁴而充足彈藥乃持續發揚火力之關鍵，故本研究將聚焦於傳統彈藥，以滿足持久作戰目標。

國軍傳統、通用性彈藥，係委由國防部軍備局生產製造中心第205廠（以下稱第205廠）產製，並依相關規定、程序籌料、生產與解繳軍種，惟該廠因配合高雄市政府都市運用規劃，⁵已將部分人力挪至遷廠作業，且尚須趕製「戰鬥個裝專案」，⁶短期內恐無力支應國軍數量龐大彈藥需求。據此，軍備生產主管機關勢必在現行生產作業程序（管理）及有限資源下，探討彈藥生產的最適方案，以達支援

- 1 中華民國110年國防報告書（國防部），民國110年10月，頁75-76。
- 2 吳書緯（民國112年5月12日），〈18縣市後備旅 明年底前全數編成〉，《自由時報》，〈<https://news.ltn.com.tw/news/politics/paper/1582383>〉（檢索日期：民國112年8月9日）。
- 3 112年度國防部所屬單位預算案書表（國防部），民國111年9月12日，頁37-38。
- 4 張國達，〈城鎮戰—排用機槍火力運用之研析〉，《步兵季刊》，276期，民國109年5月，頁4。
- 5 葛祐豪（民國111年5月31日），〈高雄205兵工廠遷建案 賴瑞隆：2023年底完成搬遷〉，《自由時報》，〈<https://ec.ltn.com.tw/article/breakingnews/3944410>〉（檢索日期：民國111年10月26日）。
- 6 孫建屏（民國108年2月19日），〈軍備局生製中心慰勉205廠假日加班同仁〉，《青年日報》，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1131799>〉（檢索日期：民國111年10月26日）。

建軍備戰之目的。

第205廠係我國唯一生產小口徑武器、彈藥之工廠，為使彈藥生產能結合施政計畫，滿足三軍需求，並達到充分有效運用工廠能量，均衡計畫生產之目的，其雖依循「國軍軍品生產作業規定」進行計畫性生產，⁷ 惟在現行作業體制下，仍偶有發生無法如期製繳軍品情事，更遑論短期內需生產大量彈藥。爰此，本研究目的如下：

- 一、從「人員」、「機具」、「原料」等面向，分析國軍軍事工廠（以下稱軍事工廠）生產彈藥之關鍵，並運用系統動力學研究其因果關係。
- 二、研析軍事工廠於經常戰備整備時期「生產人力」、「機具妥善」及「原料存量」對彈藥生產工作的需求因子及對生產形成的影響。
- 三、針對研究結果提出相關建議，以供後續彈藥生產策略調整之參據。

貳、文獻探討

一、彈藥獲得政策

依我國國防法第22條：「行政院所

屬各機關應依國防政策，結合民間力量，發展國防科技工業，獲得武器裝備，以自製為優先，向外採購應落實技術轉移，達成獨立自主之國防建設。國防部得與國內、外之公、私法人團體合作或相互委託，實施國防科技工業相關之研發、產製、維修及銷售。國防部為發展國防科技工業及配合促進相關產業發展，得將所屬研發、生產、維修機構及其使用之財產設施，委託民間經營」，⁸ 可知國軍係以尋求最適成本、最短期程及最大效益為獲得武器與彈藥之目標。

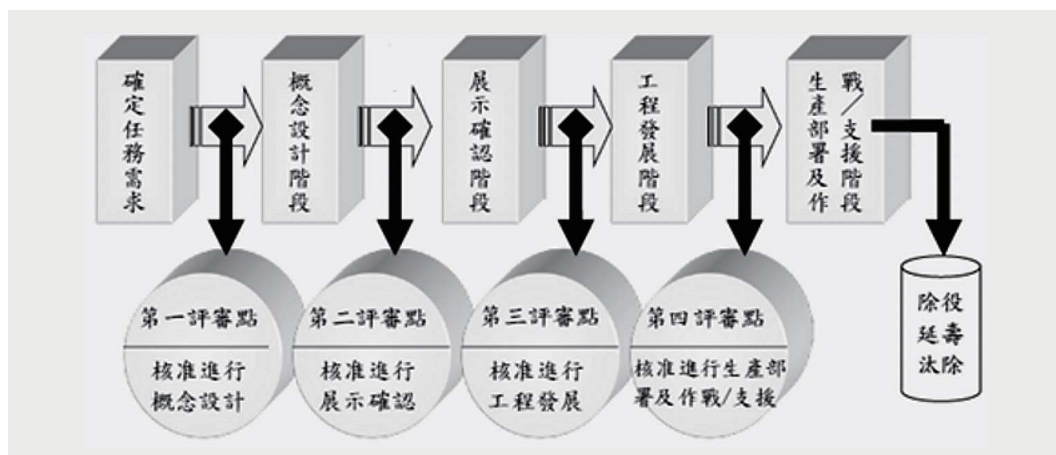
國軍武器系統可概分為「主要武器系統與裝備」與「戰備支援系統與裝備」，而獲得方式則分為研製（發）、研改、性能提升、合作及採購等五種，其中研製（發）系統發展與獲得可概分為「概念設計階段」、「展示確認階段」、「工程發展階段」及「生產部署及作戰/支援階段」等4個階段，在邁入下一階段前，設有4個評審點對各階段之工作結果實施評審（如圖一）。⁹

我國彈藥獲得來源則區分為「國外採購」及「研發自製」，後者囊括「研發」、「發展」及「自製生產」等三種工作

7 國軍軍品生產作業規定（國防部），民國96年3月12日。

8 同註1，頁149-157。

9 國軍主要武器系統與裝備獲得專案管理教則（國防部），民國109年1月，頁7-89。



圖一 武器系統獲得流程圖

資料來源：國軍主要武器系統與裝備獲得專案管理教則

項目，主要受武器系統之產品科技或技術成熟度影響。本研究探討之5.56公厘彈藥符合「戰備支援系統與裝備」定義，且已經歷概念設計、展示確認、工程發展等過程完成研製，現已屬於生產部署及作戰支援階段。

小口徑槍彈自18世紀發明以來，其材質、性能與生產製程已臻成熟，各國均有其自動化生產線，而第205廠產製多種小口徑槍彈，自然具備數條生產線，儘管部分機具已相對老舊，只要給予適切維保，仍能發揮效用。其中我國5.56公厘彈

藥即具備相當產能及優異品質，前國防部副部長張冠群上將即讚譽第205廠產製5.56公厘彈藥外銷國際市場，是臺灣之光。¹⁰故我國小口徑槍彈需求係以自製生產為主，若有產能或任務衝突，方輔以外購方式滿足軍種需求。

二、彈藥生產作業流程

為滿足建軍備戰所需，早期軍事工廠受政策保護，以不計成本方式進行生產，形成各軍事工廠僅重視短期損益，而忽略長期經營績效，¹¹往往需投入龐大的國家資源，品質卻不如預期。各軍事工

10 羅添斌（民國107年9月21日），〈軍品外銷國際 張冠群稱讚軍備局205廠「臺灣之光」〉，《自由時報》，〈<https://news.ltn.com.tw/news/politics/breakingnews/2558326>〉（檢索日期：民國111年11月11日）。

11 李萬貴，〈以資源基礎理論探討國軍軍事工廠資源配置策略與其經營績效關係之研究〉（國防大學資源管理研究所碩士論文，西元2000年），頁2。

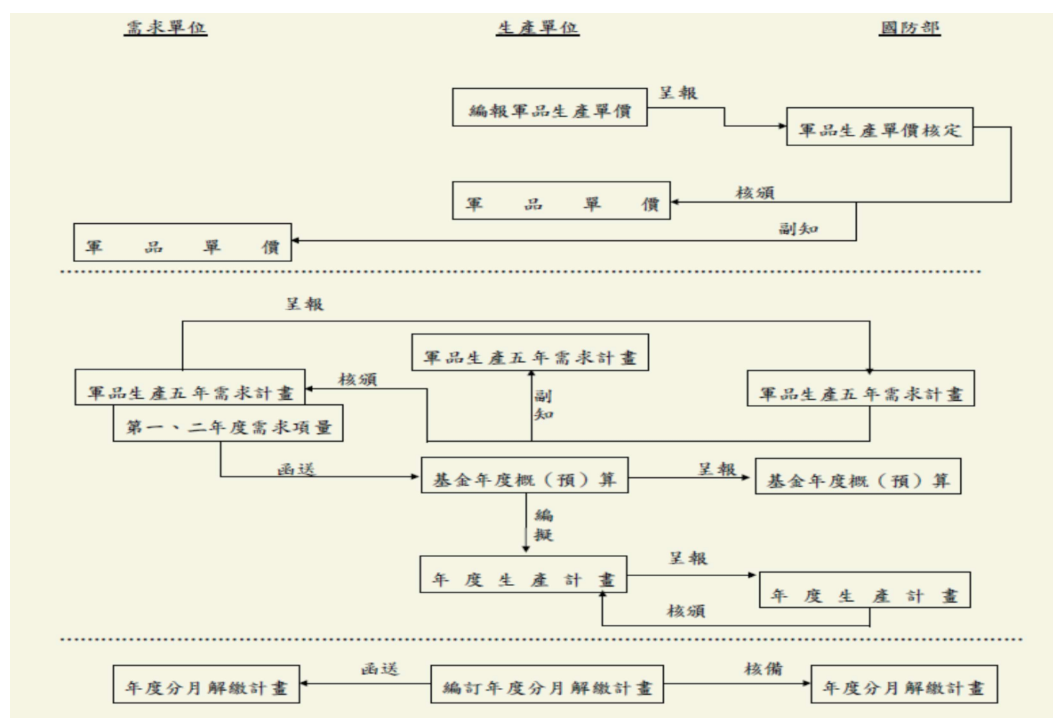
廠為提升軍品生產與品質效能，除陸續通過ISO品質認證外，亦自85年起以基金方式運營，期能發揮企業化生產經營之目的。目前係遵循96年頒發「國軍軍品生產作業規定」執行生產作業，以滿足三軍需要（如圖二）。

針對軍品生產作業規定主要程序之定義與要求，說明如下：

（一）軍事工廠（軍品生產單位）應於年度開始前15個月，將軍品單價分析資料呈報國防部，俟國防部核定

後，後續銷售則以部核單價簽署與計算價金。

（二）軍品需求單位依核定之軍品單價及五年施政計畫所列戰、訓需求，先行協調軍品生產單位後，編訂「軍品生產5年需求（建議）計畫」，於年度開始前10個月呈報國防部，軍品生產單位依前述計畫，與軍品需求單位完成協議後，按行政院訂頒「中央政府總預算附屬單位預算（非營業部分）編審辦法」之規定



圖二 軍品生產五年需求（建議）計畫作業程序圖

資料來源：國軍軍品生產作業規定

期程，編報年度生產（基金）概算及相關表格，呈報國防部轉陳行政院或相關部會審查。

（三）軍品生產5年需求（建議）計畫，主要係提供軍品生產單位預籌生產料件、產能調配、策編年度生產計畫之依據。

（四）軍品生產單位依核定之軍品生產5年需求（建議）計畫第一年項量、已定案委製品項及公、民營機構委製案等編訂年度生產計畫，併同已簽署之「委（承）製協議書」，於年度開始 1個月內呈報國防部核定。

（五）軍品生產單位，依核定之年度生產計畫及委承製協議書簽訂之解繳時程，督導各生產工廠依產能均衡原則，策編年度「分月解繳計畫」，並呈報國防部軍備局核備。

（六）軍品生產單位執行分月計畫時，因料件延宕、機具故障等因素，致無法按原計畫時程製繳者，應協調軍品需求單位同意後修訂委（承）製協議書，並依修訂期程製繳。

軍事工廠於簽署委製協議書後，即啟動內部生產整合程序，其中應用資訊系統管理軍品生產部分，已建置軍品生

產整合管理系統（FK），目前系統可整合生產、物料、品保、工程、主計、採購及差勤等管理子系統，各系統資訊已整合，可連線作業管理，並彙整相關資料產生管理資訊作業，供決策參考（如圖三）。¹²

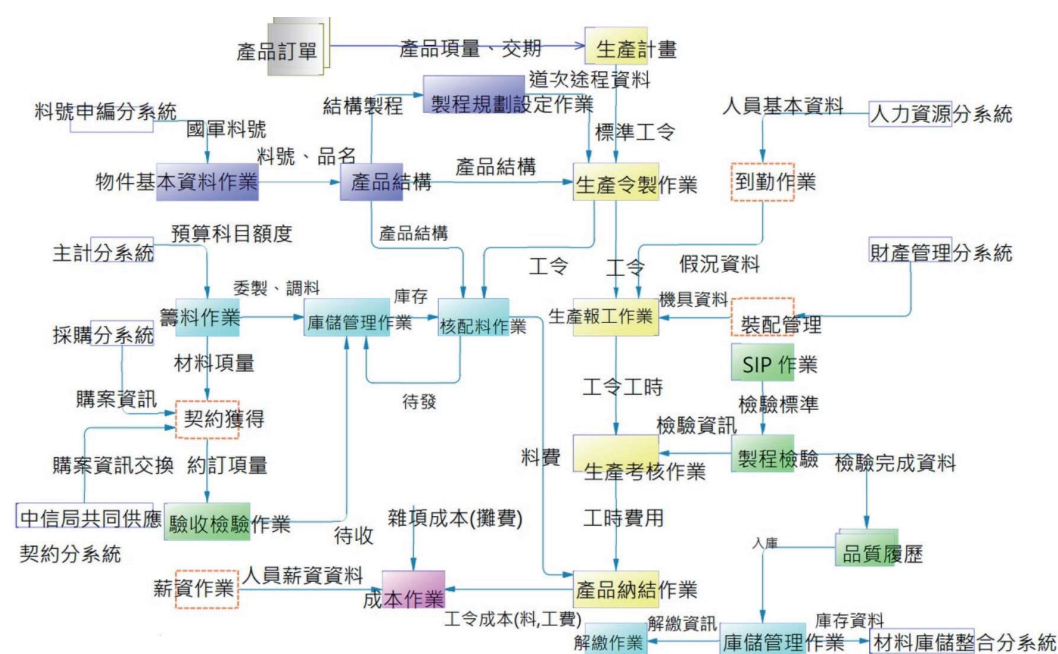
三、彈藥生產關鍵成因與問題

彈藥生產管理係以科學方法對各生產要素，包括人（工人和管理人員）、機（機具、工具）、料（原物料）、法（加工、檢測方法）、環（環境、法規）等進行合理有效的計畫、組織、協調和控制，而軍事工廠為求提升競爭力，陸續向民間企業引進與學習應用管理方法，其中「全面品質管理」更是軍事工廠早期推行之重點項目，如第205廠於1994年即通過ISO 9001品質系統評鑑，為國軍生產工廠最先取得品管認證之軍事工廠。

對軍事工廠而言，存在價值在於研發與生產軍種建軍備戰所需軍備，故如何如期、如質製繳符合軍種要求之軍品乃至關重要，而第205廠雖為國軍唯一彈藥研發及生產專業工廠，然受國軍軍事組織及兵力調整規劃影響，員額大幅縮編，在有限的人、物力及資源下，生產管理面臨問題如次：

（一）軍事工廠生產原物料雖有安全存

12 中科院系製中心，《軍品生產整合管理系統維護書》，（臺北市：中科院資管中心，民國103年12月），頁1。



圖三 軍品生產整合管理系統作業流程圖

資料來源：軍品生產整合管理系統維護書

量概念，惟依規定一般原物料以不建立安全存量為原則，¹³且實務上，為免遭上級檢討2年未動用料之違失責任，多未先期辦理原物料預籌作業，常致生產初期有無料可用窘境。

(二)國軍在經歷組織調整及兵力精簡後，總工作量並未隨之精減，反而

重新轉嫁於留用人員，致使許多人員服役期滿後，不願留營繼續貢獻專業能力，形成人力缺口。¹⁴

(三)第205廠彈藥生產機具部分為二戰時期(1940年)製造之美式槍彈生產機具，屬轉盤形式(Dial Type)機具，機況已相當老舊，¹⁵該廠復於1990年代向國外購入建置5.56公

13 國軍生產及服務作業基金生產作業原、物料暨成品管理作業手冊(國防部)，民國96年3月12日，頁126。

14 王孟麟，〈非營利組織的組織變革對員工及組織績效影響之研究—以國軍精粹案為例〉(玄奘大學企業管理學系碩士班碩士論文，西元2013年)，頁2。

15 輕兵器彈藥設計技術手冊(聯勤第205廠)，民國75年，頁343。

厘彈藥自動化生產線，雖彈藥生產品質深獲國內、外肯定，¹⁶惟多數機具機齡已逾30年，保養維護日趨不易。

第205廠廠史最早可追溯至清朝末年李鴻章建立之金陵製造局，迄今已逾百年，其主要任務與價值雖係生產軍品，惟囿於軍事機構身分，須遵守三軍的種種管制與管理制度，生產營運不如民間廠商具備彈性，因此衍生原料備料不足、人力缺口與機具老舊等問題，故本研究透過成因分析，以精進現行彈藥生產流程及尋求彈藥生產之最適方案。

參、研究方法與設計

本研究之研究方法主要係以系統動力學為基礎，並利用系統動力學質化（著重於回饋環路）模型與量化模擬實驗，針對第205廠5.56公厘彈藥生產線之關鍵影響因素進行動態模擬，相關數據係由該廠實況取得，另無法精確量化之變因則透由訪談該廠資深主管及現場工作人員，瞭解相關作業流程，據以推估相關經驗值，藉此完整定義各項數據

相互影響之權重，作為本研究實驗相關參據。

一、系統動力學（System dynamics）

系統動力學是一套不同於以往的研究思考方法，透過建立系統動力學模型，提供系統問題的解決之道，其主要特點係對動態系統反直覺行為的深入瞭解，並透過行為背後的結構性原因以解釋為何行為產生如此的變化。

系統動力學模式結構的主要元件主要包括「積量」（level）、「率量」（rate）、「輔助變數」（auxiliary）及「流量」（flow）等，積量表示真實世界中可隨時間遞移而累積或減少的事物，其代表某一時點環境變數的狀態，為模式中資訊的來源，其中包括可見的（如存貨水準、人員數等）與不可見的（如認知負荷的水準或壓力等）；而率量表示某個積量，在單位時間內量的變化速率，可單純地表示增加、減少或淨增加率，是資訊處理及轉換成行動的地方；輔助變數在模式中有三種涵意，為資訊處理的中間過程、參數值、模式的輸入測試函數，其中，前兩種涵意可視為率量變數的一部分。

而因果回饋圖（Causal-Loop

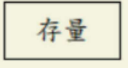
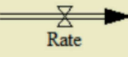
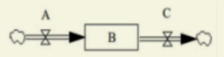
16 朱明（民國107年1月16日），〈軍備局子彈產生的積碳較多易卡彈 問題在「土炮生產設備」〉，《上報》，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=1&SerialNo=33476〉（檢索日期：民國111年11月16日）。

Diagram) 是系統動態模型的基礎，主要用以表示系統變數間的因果回饋關係。其動態模式的基本元件包括積量（存量，Stock）、率量（流量，Rate）及輔助變數（Auxiliary）（如表一）。

二、研究假設

本研究以第205廠5.56公厘彈藥生產線為對象，探討國軍彈藥生產管理作為，至最終產出彈藥滿足軍種需求之過程，期間系統的相互因果關係，並運用模式模擬建構，提出彈藥生產最適化策略改善與建議，以供管理者決策之參考。

表一 系統動力學基本元件圖示定義表

名稱	符號	說明
輔助變數 (常數)	C	輔助變數為協助描述模式之參數值，可以實體或抽象來表示之，也可以是輸入與輸出的資訊變數。
因果關係	A $\xrightarrow{\quad}$ B 因果鏈 A $\xrightarrow{+}$ B 正向因果鏈 A $\xrightarrow{-}$ B 負向因果鏈	1. A變數與B變數間存有因果關係，起點A為因，終點B則為果。 2. A變數越大，B變數也越大，當A變數增加時，將導致B變數增加。 3. A變數越大，B變數卻越小，當A變數增加時，將導致B變數減少。
因果回饋 關係環路	 因果回饋環路  正向因果回饋環路  負向因果回饋環路	1. 2個或2個以上，具有因果關聯組成的閉合環路；當系統中有A與B兩變數，其中A變數發生變化時，B變數受影響亦發生變化，此種變化係由A引起B因果關係之環路描述。 2. A、B變數互為相關的因果，形成順時針環路，而環路內無負號(-)，或具有偶數個負號(-)，此因果環路稱之為正向因果回饋環路，具自我增強效果。 3. A、B變數互為相關的因果，形成順時針環路，其環路內有1個或單數個負號(-)，此因果環稱為負向因果回饋環路，具自我調節效果。
積量(存量)	 存量	積量(存量)為在任何一時間點，流入與流出之差額累積，會因率量的流入或流出而改變累積狀態。
率量(流量)	 Rate	率量為積量的流入或流出值，係單位時間內存量的變化量(單位量/單位時間)。
動態流程圖		將變數轉為積量和率量，並串連成動態關係。

資料來源：本研究整理

在戰時如何有效達成軍需整體動員與生產係另一複雜研究課題，故本研究範圍假定於承平時（經常戰備時期）之彈藥生產狀況，排除戰時生產彈藥之眾多不可抗因素，並假定生產命令發布後，並無重大變故（民眾陳抗、大停電等）致影響生產情況。

為增加質性模型效度，經與專家研討後，繪製彈藥生產質性因果環路圖，研討內容包括彈藥委製作業流程、生產機具狀況、生產操作人力及原物料庫存運用等情形，並確認各變數間之因果回饋關係與適切性等問題。

(一) 彈藥需求檢討與委製作業對彈藥生產數量之關係

後勤支援目的在適時、適地、適質、適量提供作戰部隊維持所需能量，本「後勤為先」之真義，於經常戰備整備時期依各作戰區之作戰構想，以機動作戰思想

為主導，完成各部隊基本攜行量補實、初期戰損及後續作戰期間所需彈藥整備，以利掌握致勝先機。¹⁷國軍當前軍事戰略係「防衛固守，重層嚇阻」，然防衛作戰在長期對峙狀況下，如彈藥戰備存量過高，則將因推陳困難而變質，形成浪費；反之，如存量過低，則不符「戰略持久、戰術速決」之作戰指導，故需依預判作戰期程及消耗率，並考量戰時生產能量及外購獲得之可靠性及所需時間，據以決定存量基準而建立適當彈藥戰備存量。¹⁸各軍種司令部平時除負責修訂戰備彈藥存量基準外，尚須依國防部核定「存量基準」與年度教育訓練彈藥需求，檢討戰備與教育訓練用批號彈藥短缺品項辦理籌補事宜。即彈藥存量需求檢討係比較需要量與現有量，如需要量大於現有量，其差額即為短缺數，應依其差額籌補（如表二）。

表二 彈藥存量需求與需要量彙整表

名稱	計算公式（方式）
全軍彈藥 存量需求	1. 全軍需要量＝全軍戰備存量＋全軍年度訓練實際需要量。 2. 全軍戰備存量＝各軍種地面部隊彈藥存量＋海軍專用批號彈藥戰備存量＋空軍專用批號彈藥戰備存量。 3. 地面部隊彈藥戰備存量＝戰備武器×（攜行基準＋補給日量×補給日份×彈種配賦％）。
作戰彈藥 需要量	各部隊作戰彈藥需求＝（武器數×第一日消耗）＋武器數×（作戰天數－1）×後續各日平均消耗量。

資料來源：批號彈藥補給作業手冊

17 陸軍後勤教則（國防部），民國109年8月10日，頁1-1-4。

18 批號彈藥補給作業手冊（國防部），民國95年11月16日，頁1-3。

本研究將第205廠小口徑彈藥委製生產機制作為研究標的，現行委製需求產生係由各單位依每年上、下半年之械彈特別清點及武器數量清點，並配合計算各式武器使用彈藥之應有戰備數量，函送陸軍後勤指揮勤部（以下稱陸勤部）辦理彈藥籌補作業。國防部則藉演習時機，驗證相關參數後，管制陸勤部辦理彈藥戰備存量籌補作業。

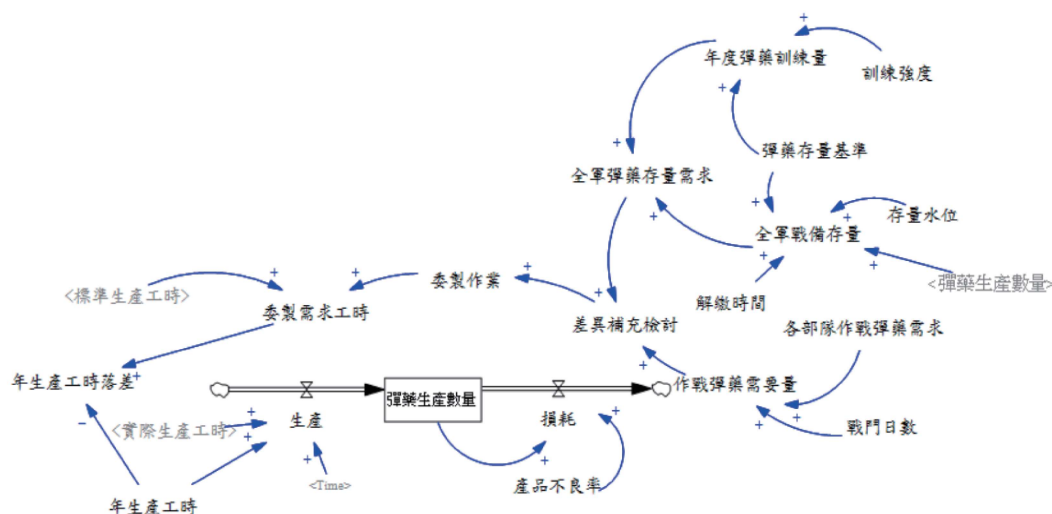
此外，第205廠曾向媒體展示其槍彈的自動化生產線，並表示該廠於95至98年間，承製美軍於伊拉克戰爭期間所需之步槍彈，且任務結束迄今，仍持續為美方代工生產商用型步槍彈。¹⁹以每日工作

時數16小時（雙班生產）及年平均工作日250天計算（365天扣除11天法定假日與104天例假日），可推估彈藥標準工時為每小時31,250顆。

以下為本研究之彈藥需求檢討與委製作業對彈藥生產數量之關係因果回饋路圖（如圖四）。

（二）彈藥生產人力與生產工時之關係

當檢討彈藥存量需求後發現需要量大於現有量，陸勤部即啟動委製作業，由第205廠將已定案之委製品項編訂年度生產計畫，續邀請相關單位召開生產分工整備會議，會中針對五大技資整備、工令下達及料件存量檢討與籌補；製造單



圖四 彈藥需求檢討與委製作業對彈藥生產數量之關係因果回饋環路圖

資料來源：本研究整理

19 大紀元（民國104年6月4日），〈臺代工美彈藥 205兵工廠持續供貨中〉，《大紀元時報》，〈<https://www.epochtimes.com/b5/15/6/4/n4450436.htm>〉（檢索日期：民國111年11月8日）。

位則依工令執行領料、製作，並由報工人員運用FK資訊系統依每日產品產製實況執行報工，俾利精準呈現製作進度及有效掌握工時。²⁰

軍事工廠的人力係由軍職及聘雇人員組成，勤務以行政業務及產研工作為主，且任務特性不同於一般部隊須全天候留守，按規定每人每日工作時數為8小時，²¹然為精準呈現工作實況，需再依是否直接參與生產，將工作人員分為直

接工（各產線、機具的操作人員）與間接工（輔助生產人員，如軍官幹部、各班督領士官長、行政人員、維修人員等），另為瞭解人力與工時用於何處，作為差異因素改善或提列停工損失費用之依據，可依照「軍品生產整合管理系統」、工作內容屬性，將人力工時進行分類（如表三）。²²

本研究依第205廠近年產品管理報告內相關資料，彙整彈藥生產人員工作時數（如表四）。

表三 工時分類說明表

項次	分類	項目	說明
一	生產工時	額造、代造、責造。	生產額造、代造、責造產品所需工時。
		自用料。	生產非額造、代造、責造之單位自用料件及與生產直接相關等所需工時。
二	業務工時	維護工時。	製造單位機具檢整所需工時報工，配合產品生產工時之機具檢整、工具與量具校正等作業所耗工時。
		研究實驗、售後服務及其他。	執行研發案、試製案、售服案所需工時或火工作業督導、檢驗及庫儲工時。
三	非生產工時	政治教育、病、休、事、公假及其他。	莒光日政治教育課程、集會、環境整理、生產管制、生產作業教育訓練、各類休假、值勤值日、所耗工時。
四	損失工時	其他。	停電停工、機器故障、缺料待工所耗工時。

資料來源：第205廠產品報工作業規定

表四 彈藥生產人員工作時數狀態表

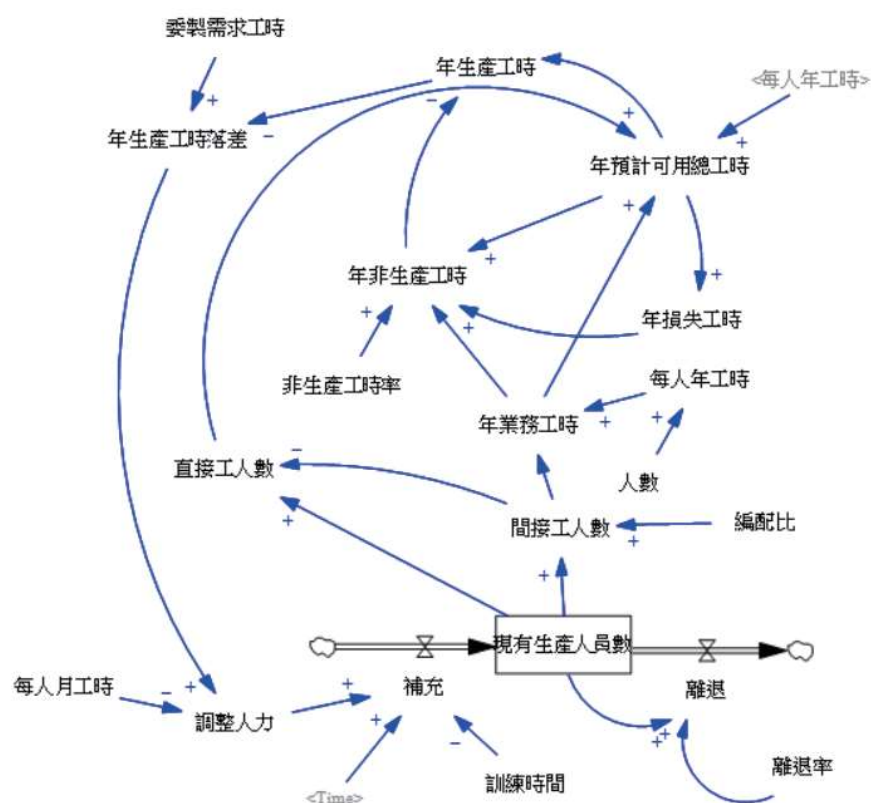
現有生產人員數	約30員
編配比（間接工佔生產人數的比例）	31%
每日生產作業時數	8小時
非生產工時比率（如政治教育課程、環境整理）	4.48%

資料來源：本研究整理

20 第205廠產品報工作業規定（第205廠），民國111年8月11日，頁3-4。

21 國軍內部管理工作教範（國防部），民國109年8月18日，頁2-10。

22 同註20。



圖五 彈藥生產人力與生產工時之關係因果回饋環路圖

資料來源：本研究整理

以下為本研究之彈藥生產人力與生產工時之關係因果回饋環路圖(如圖五)。

(三) 生產機具妥善率與生產機具數量對工時之關係

軍事工廠彈藥自動化生產機具建置迄今已逾30年，部分機具零件面臨消失性商源問題，不易維持機具妥善率，為確保產品順利生產、銷售、提供各項研發

與技術服務，依「國防部軍備局生產事業購建固定資產作業規定」得以整體規劃、統籌重點運用原則，支應固定資產建設、改良、擴充。²³首先，需求單位應依未來發展、營運需求、單位財力，擬訂「購建固定資產3年投資需求計畫」，復由計畫部門召開目標年度「購建固定資產投資計畫審查會議」完成「年度購建固定

23 國防部軍備局生產事業購建固定資產作業規定(國防部)，民國110年10月16日，頁1。

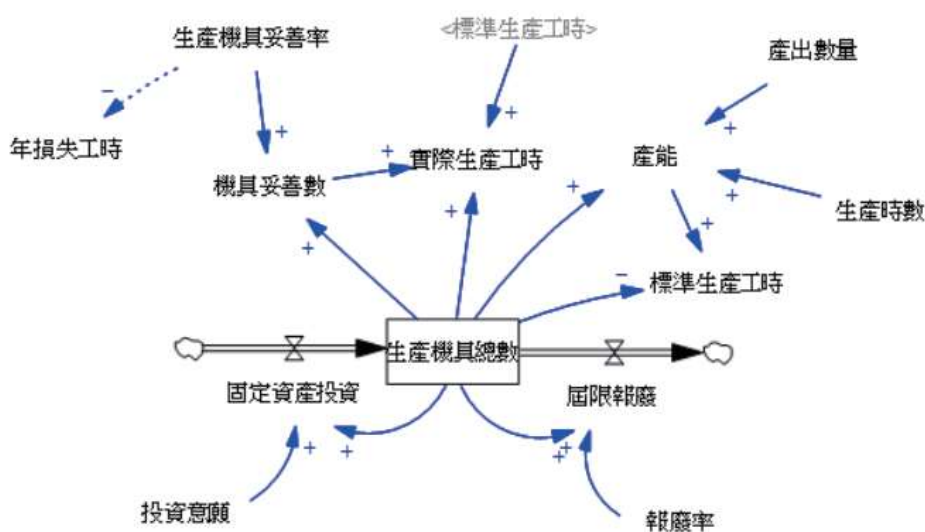
資產投資計畫」，其中投資金額5,000萬以上計畫或個案，須於目標年度18個月前完成各項投網計畫併系統分析報告，報請國防部核定；未達5,000萬計畫或個案，則於目標年度15個月前呈報生產製造中心審查是否投資，俟審查通過，軍事工廠應於目標年度執行前，完成詳細工作計畫及核定採購計畫，並於目標年度開始即辦理招標、採購作業，通常決定投資後，至少需耗時2年方可獲得新裝備。

以下為本研究之生產機具妥善率與生產機具數量對工時之關係因果回饋環路圖（如圖六）。

（四）銅片存量檢討、領用與獲得對待料工時之關係

軍事工廠於委製訂單簽署後，即由工務管理單位於FK資訊系統依軍品訂單下達工作命令，物料管理單位旋即針對軍品訂單所需料件（含外購件及自製件原料）檢討庫存量，並確認有無待用料可支應，不足量則辦理採購，同時依工令配料表完成核配料作業，製造單位則據以向庫房辦理料件領用生產。²⁴

而5.56公厘彈藥生產所需原物料多達百種（含各式油料、化學料、金屬料及包裝材料等），其中銅片成本佔彈藥料費



圖六 生產機具妥善率與生產機具數量對工時之關係因果回饋環路圖

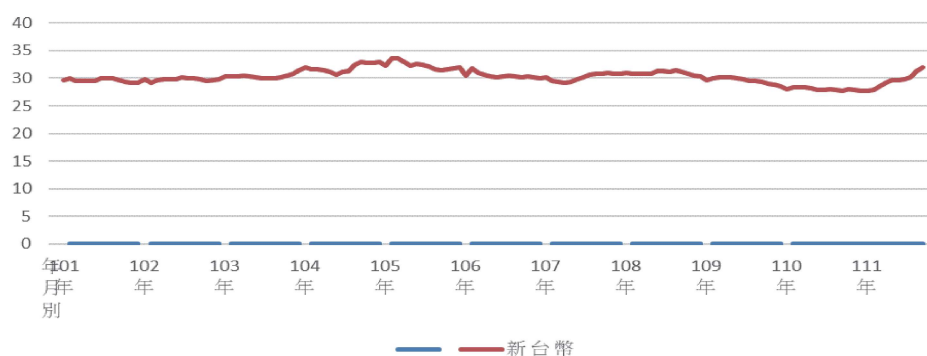
資料來源：本研究整理

24 同註15。

25 採購電解銅購案規劃評估報告（國防部），民國101年3月20日，頁6。

總成本達到54%，²⁵顯見銅片為生產彈藥重要原料。本研究即以銅片作為彈藥生產原物料之代表標的，然臺灣並無重大礦產及能源，所需重要物資均須仰賴進口獲得，且政府為顧及國內廠商經營環境需要，對新臺幣匯率常適時採取一定

操作，經檢視101至111年美元對新臺幣匯率換算走勢圖（如圖七），其波動區間達新臺幣6元；另由我國基本金屬供需情勢發展監控平臺發布之銅金屬量價走勢圖可知，銅價易受國際政經環境情勢影響，價格波動大（如圖八），²⁶且銅片採



圖七 新臺幣對美元匯率走勢圖

資料來源：本研究整理



圖八 國際銅價交易走勢圖

資料來源：我國基本金屬供需情勢發展監控平臺

26 財團法人金屬工業研究發展中心，〈LME銅現貨每日收盤價（美元/公噸）〉，《我國基本金屬供需情勢發展監控平臺》，〈<https://chart.metaltrade.tw/cu/ndomestic/1/10y/>〉（檢索日期：民國111年11月28日）。

購數量越大，廠商所需付出擔保費用與承受銅價及匯率波動風險越大，導致投標意願降低及訪商價格抬高，故為能順利獲料、降低銅片平均採購成本及分散風險，實務上均採分批量方式採購銅片。²⁷ 以下為本研究之銅片存量檢討、領用與獲得對待料工時之關係因果回饋環路圖（如圖九）。

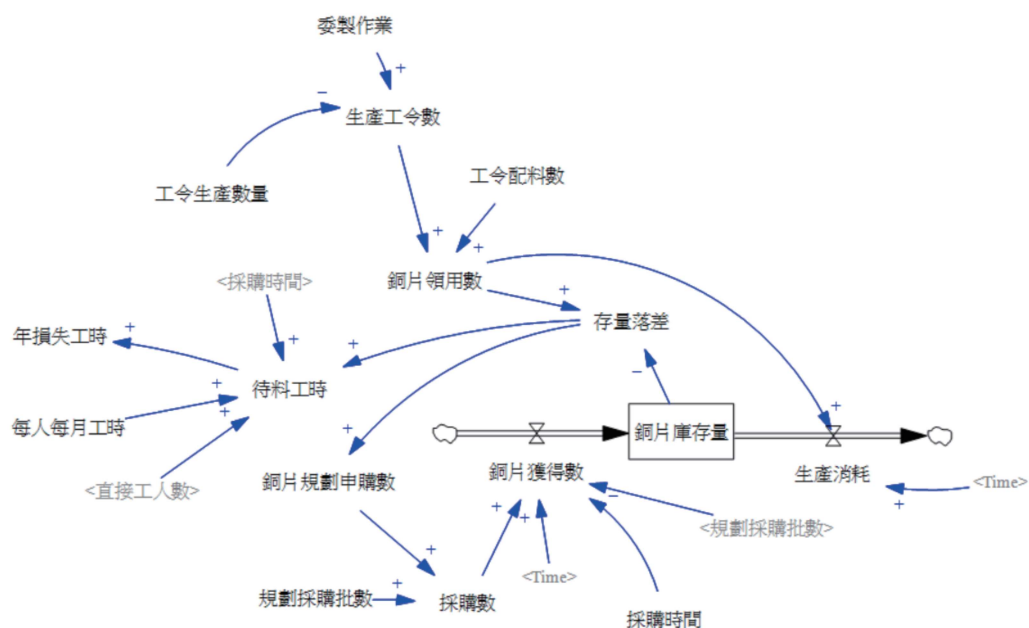
綜合上述各項質性因果回饋環路關係，可瞭解彈藥生產機制與各相關變數間，環環相扣的因果關係，其錯綜複雜

關係建構彈藥生產運作總因果回饋環路圖。後續將此作為發展其動態模式建構之依據（如圖十）。

肆、研究結果與分析

一、系統分析

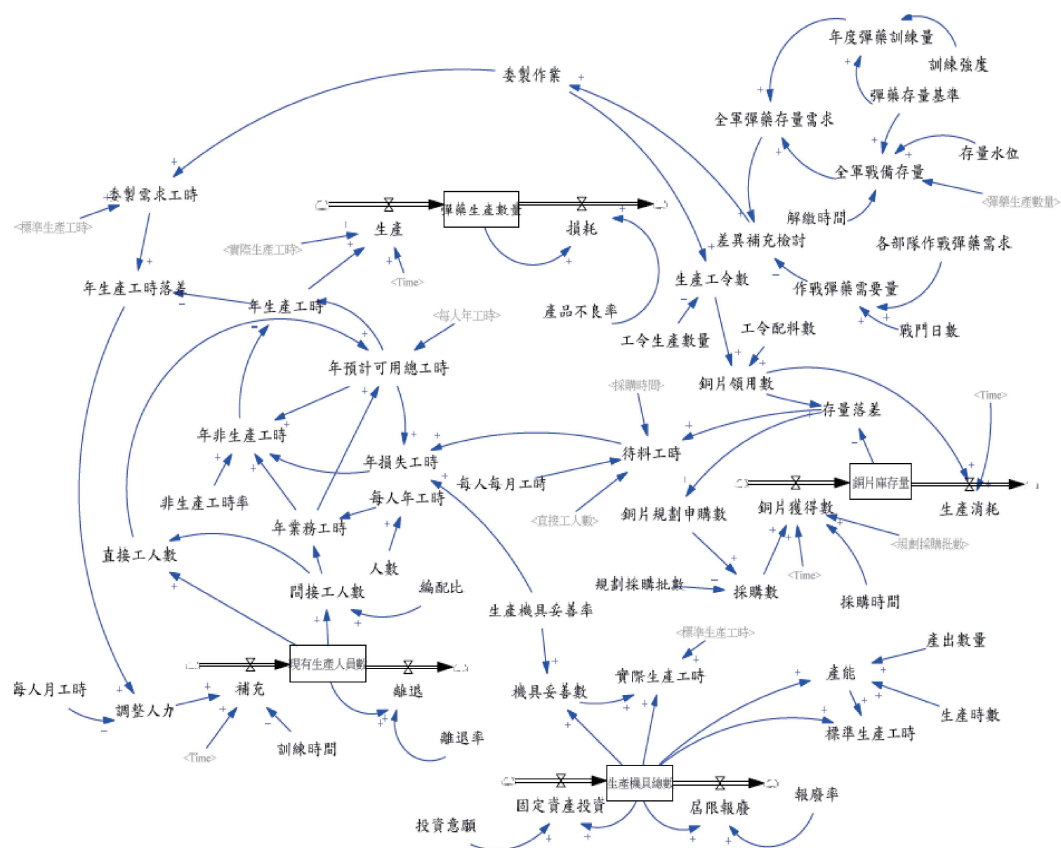
為評估本研究所建構的「彈藥生產運作總因果環路圖」是否符合實際狀況，利用Vensim DSS軟體執行研究模型檢查，經驗證結果顯示本研究建構之結



圖九 銅片存量檢討、領用與獲得對待料工時之關係因果回饋環路圖

資料來源：本研究整理

27 同註18。



圖十 彈藥生產運作總因果環路圖

資料來源：本研究整理

構具有一定邏輯合理性與效度（如圖十一）。

二、策略模擬分析

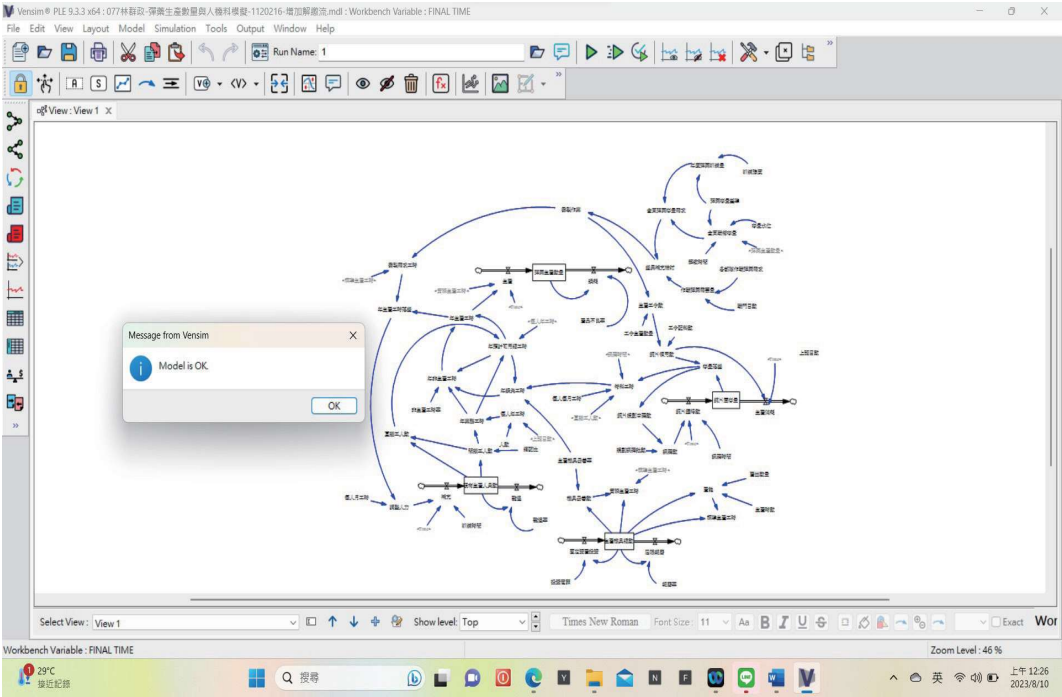
（一）調整銅片庫存量對彈藥生產數量影響分析

觀察銅片庫存量調整對彈藥生產數量的影響，調整銅片庫存量對「銅片庫存量」積量、「銅片獲得數」率量、「生產消耗」率量，及「規劃採購批數」、「採購

時間」、「銅片規劃申購數」、「銅片領用數」、「存量落差」、「待料工時」、「工令配料數」、「生產工令數」等8個關鍵因子影響下，將從「規劃採購批數」、「採購時間」、「待料工時」及「銅片規劃申購數」分析趨勢情況。

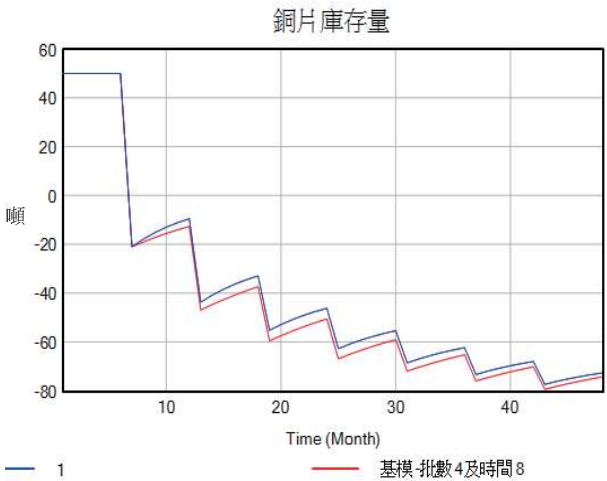
以「採購時間」為8個月及「規劃採購批數」為4批作為基模，當模擬「規劃採購批數」調整至2批時，可發現銅片庫存

運用系統動力學探討軍事工廠小口徑彈藥生產策略－以5.56公厘槍彈為例



圖十一 Vensim軟體結構邏輯合理性及效度驗證

資料來源：本研究整理



圖十二 規劃採購批數對銅片庫存量之影響

資料來源：本研究整理

量不足的情況較基模改善（如圖十二）；若「採購時間」減少為5個月時，發現銅片庫存量不足情況較基模更佳（如圖十三）。由此可知縮減採購時間將提高銅片庫存數；另「規劃採購批數」大小亦將影響銅片庫存量。

此外，銅片庫存狀況對「彈藥生產數量」之影響，可從本研究建構動態系統中觀察銅片庫存量與「銅片領用數」之間的關係。在動態系統中，其變數間的因果關係為

存量落差，落差越大則「待料工時」與「銅片規劃申購數」越大；然「彈藥生產數量」與「待料工時」具有因果關係，當「待料工時」下降時，年損失工時亦減少，彈藥生產數量自有上升之趨勢。

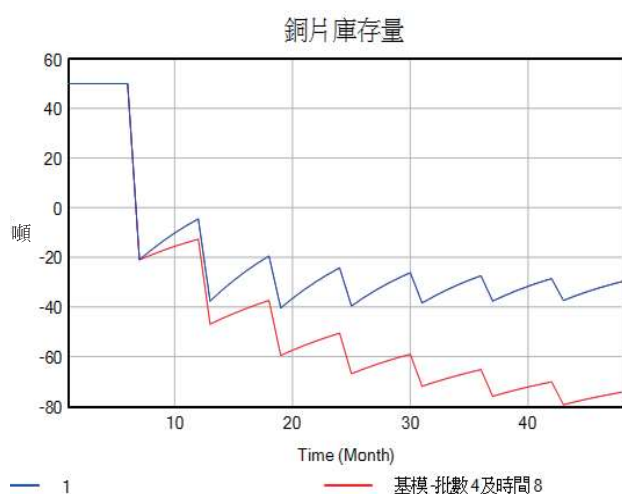
本研究進行銅片庫存狀況對「彈藥

生產數量」情況的影響試驗發現，縮短採購獲得時間雖能改善銅片庫存量不足情況，但要對彈藥生產數量產生影響，則採購獲得時間至少要縮短至6個月，且採購獲得時間越短，彈藥生產數量越大（如圖十四）。另一變數「規劃採購批數」減少，亦對銅片庫存量不足

情況具有助益，惟因各項因果關係間延遲效應的影響，規劃採購批數為2批以上，則不影響彈藥生產數量（如圖十五）。

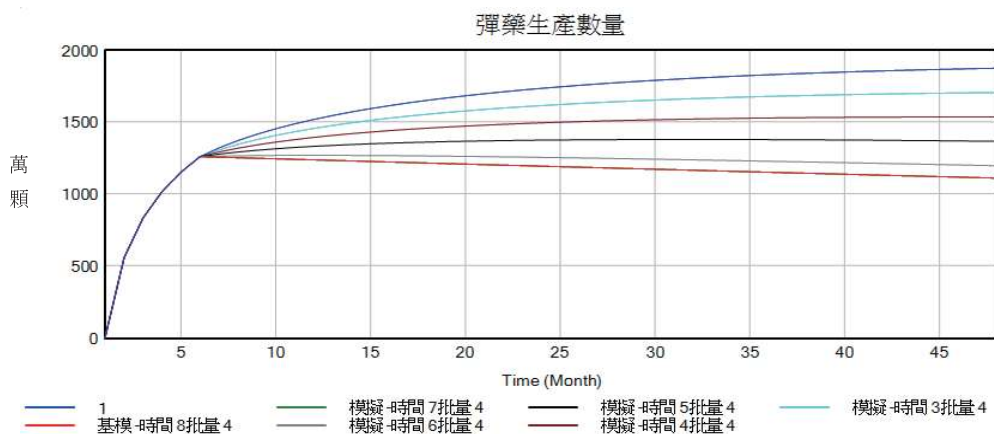
（二）調整間接工編配比率與生產機具妥善率對彈藥生產數量影響分析

觀察間接工編配比率與生產機具妥善率對彈藥生產數量的影響，計有「年業務工時」、「年損失工時」、「年非生產工



圖十三 採購時間對銅片庫存量之影響

資料來源：本研究整理



圖十四 採購獲得時間關鍵因子調整影響彈藥生產數量分析

資料來源：本研究整理

時」、「年生產工時」、「實際生產工時」等5個關鍵因子，將從「年非生產工時」及「彈藥生產數量」分析趨勢情況。

以「間接工編配比率」為31%及「生產機具妥善率」為75%為基本模式，當模擬「間接工編配比率」調整為25%時（如

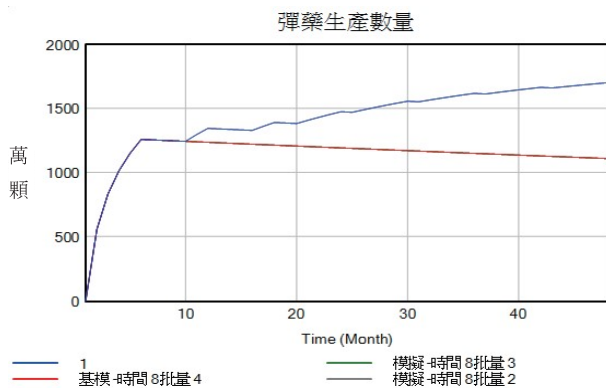
圖十六），可發現年非生產工時較基模數據為低，若再增加「生產機具妥善率」為85%，可知生產機具妥善率對彈藥生產數量的影響較間接工編配比率關鍵（如圖十七）。

（三）小結

針對上述Vensim DSS 軟體系統推導之趨勢數據分析對彈藥生產運作之影響及發展趨勢，提出以下策略分析：

1. 運用銅片庫存量控制策略

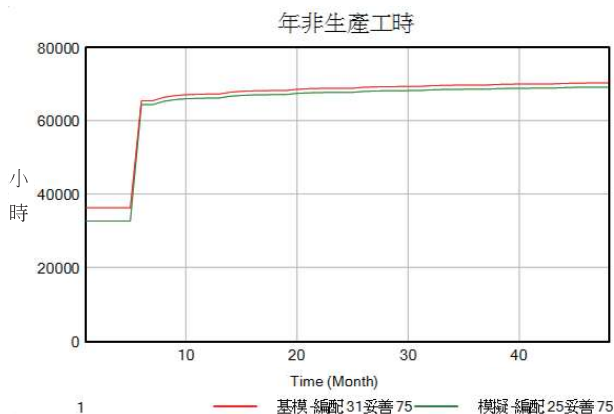
藉由調整「規劃採購批數」及「採購時間」等銅片庫存量控制的關鍵因子，分析銅片領用存量落差、待料工時、彈藥生產數量之影響趨勢，可知若不考慮銅價變化，從原政策減少規劃採購批數，甚至一次採購到位時，對銅片庫存量及彈藥生產數量均有正向助益。



圖十五 採購批量大小關鍵因子調整影響

彈藥生產數量分析

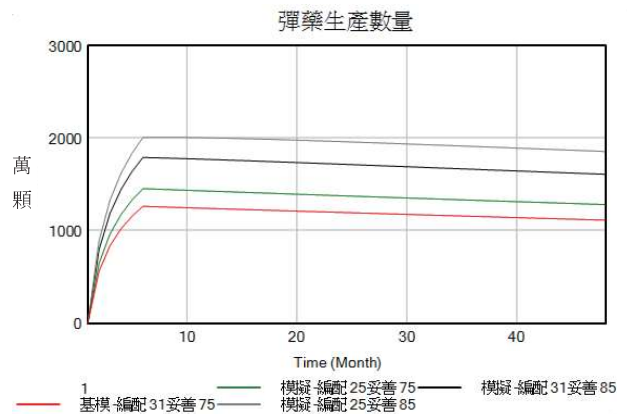
資料來源：本研究整理



圖十六 間接工編配比率關鍵因子調整影響

年非生產工時分析

資料來源：本研究整理



圖十七 調整間接工比率及生產機具妥善率

對彈藥生產數量之影響

資料來源：本研究整理

2. 調整人力及生產機具策略

藉由調整「間接工編配比率」、「生產機具妥善率」等生產人力及生產機具的關鍵因子，分析年非生產工時、彈藥生產數量之影響趨勢。可知從原政策調降間接工編配比率及調升生產機具妥善率時，對彈藥生產數量有正向改善趨勢。

3. 致力降低產品不良率

產品不良率高將直接造成彈藥生產數量的損耗，在相同生產時間的條件下，產品不良率較低的情況，可產生較大的彈藥數量。

人數比例為31%、生產機具妥善率為75%，而間接工肩負機具修護工作，不直接從事生產作業，故適度縮減間接工比例的同時，參與生產的直接工人數上升，可降低年非生產工時；此外，年非生產工時與生產機具妥善率具有因果關係，當機具妥善率越高，則年非生產工時越低，並間接提高年生產工時，帶動彈藥生產數量。

(三) 深化專業生產知能

專業軍事工廠均訂有相關品管機制，避免產出瑕疵品，尤其5.56公厘彈藥屬連續性生產製程，稍有不慎，便會產生大量廢品；爰此，單位須訂定相關標準作業程序及每日工作檢核表，俾為生產人員據以執行，否則將影響產品不良率控制之成效，肇致彈藥生產損耗情況攀升。因此，深化生產人員專業本職學識及要求遵守生產紀律的專業態度，方能降低錯誤發生，提高彈藥生產效率，以有效支援作戰任務需求。

伍、結論與建議

一、結論

(一) 適度提高銅片安全存量與採購批量

銅片為生產5.56公厘彈藥最關鍵之原料，惟囿於銅價變化，軍事工廠基於成本考量、保管場地與避免呆料情況，一般僅維持少量庫存，遇有訂單時，方檢討以分批量方式採購進貨生產，造成生產待料工時上升之情況；依研究顯示，提高安全存量與採購批量，有助降低待料工時，進而提高彈藥生產數量。

(二) 調整生產人力之間接工編配比例與生產機具妥善率

研究中設定間接工人數占所有生產

二、建議

(一) 強化採購作業效率、縮短銅片獲得期程

銅片價格在單粒彈藥所佔比例甚高，且受國際行情影響波動大，故軍事工廠為平抑成本，一般均分批進行採購；另國軍財務採購金額達新臺幣5,000萬以上屬國防部權責，需逐級審核後方可續行開決標及履約作業，造成獲料時程

過長之情形，故在符合法規且財力許可情況下，應致力建造適當庫儲空間亦或利用開口式契約等方式，要求銅片供應商平時即產製相當數量銅片，俾有生產需求時，省去採購延遲時間，降低待料工時，以提升彈藥生產數量，有效支援生產任務需求。

國內主要以進口電解銅做為原始銅料，再由業者加工成銅製品提供至下游廠商（如家電、電子電機等產業）。戰時若受到海空封鎖，除須設法突圍向主要出口國（智利、印尼、加拿大）採購外，國內仍可藉由回收廢銅加工轉製成電解銅使用，並落實每年自強演習，驗證軍需物資徵購徵用程序，確保戰時銅片獲得無虞。

（二）落實生產人員訓練、優化間接工編配比

軍事工廠擔負研產各式彈藥、武器之重責，惟囿於生產人力有限，且需滿足各軍種需求之前提下，小口徑彈藥生產線僅維持基本生產人力，為遂行彈藥生產任務，俟接獲生產命令後，方由其他生產單位調整人力支援；然生產能力的高低取決於生產人員專業技能與務實的訓練，若平時即予給予員工彈藥生產相關訓練，則可大幅減少人力調整所需訓練時間，除確保生產品質外，亦可儘快投入生產作業，俾利彈藥生產任務遂行；另間接工編配之比例將間接影響年

非生產工時，為優化間接工編配比率，可於修護故障機具時，派遣資深人員搭配新進人員，結合生產機具修護實作訓練，執行故障維修作業，期能全面兼顧訓練與各項修維任務，以提升修護技術能力，保持機具妥善，進而確保彈藥生產優勢。

（三）加強機具修護作為，提升生產機具妥善

生產機具係彈藥生產之關鍵，生產機具故障不僅增加維護成本，亦將延宕彈藥生產任務，甚至嚴重影響彈藥品質，故須加強修護人員對生產機具保養基本認知及故障處理作業程序，並適時採購替換老舊生產設備，以提升生產機具妥善率，確保彈藥生產任務遂行。

作者簡介

林群政中校，國立高雄第一科技大學機械與自動化碩士畢業。聯合後勤學校軍品生產管理正規班94年班、國防大學戰略班112年班。曾任參謀官、所長、副主任，現為軍備局獲得管理處後勤參謀官。

作者簡介

林正益備役上校，國防大學戰略研究所碩士畢業。空軍學院指參班98年班。曾任中隊長、大隊長、主任教官，現為自由業。