

以 AHP 探討整修所降低修製風險關鍵因素研究

林俞均¹ 周傑泰²

¹國防大學管理學院

²國防大學陸軍指揮參謀學院

摘要

隨著作戰型態多元化及非對稱威脅擴大，後勤支援任務日益複雜，彈藥修製作業所面臨的高壓、高溫及易燃易爆風險亦趨顯著。若無完善風險識別與控管，恐危及人員安全並中斷支援作業，影響戰力維持。為此，本研究運用層級分析法（AHP）建構彈藥修製風險評估指標，透過專家問卷彙整影響因素及相對權重，提供部隊實務強化依據。

研究結果指出，「人員訓練」為最關鍵構面，尤以「教育訓練」、「作業紀律」及「防險觀念」三指標權重最高，顯示專業素養與安全意識對降低風險至關重要。「機具妥善狀況」亦為高關鍵次準則，反映設備運作穩定性直接影響作業安全，現役設備老舊、保養不足問題亟需改善。綜合而言，本研究建議強化制度化訓練與安全文化，並加速設備現代化與完善維保機制，建構韌性且穩定之野戰後勤修製體系。

關鍵詞：彈藥修製、風險管理、層級分析法（AHP）、人員訓練、防護裝備

一、前言

我國自民國68年八二三砲戰結束後，即再無對外戰事發生，現今國軍所囤儲的彈藥主要供應戰訓與演練用途，且經過國防部組織調整，歷經精粹案、精進案等人員精簡，所以推陳的數量有限。彈藥作為國防資源的核心物資之一，其狀態直接影響軍隊的作戰能力與戰備狀態。在現代軍事作戰中，彈藥修製不僅是後勤維持的重要環節，還涉及到爆炸物處理的高風險操作。如果彈藥在修製過程中出現事故，不僅會造成大量的軍需損失，還會對後續作戰產生重大影響。

在現代軍事後勤體系中，彈藥修製（含保養、翻修、報廢與再利用處置）不僅為後勤維持的重要一環，亦涉及爆炸物

操作的高度風險行為，稍有不慎即可能釀成重大事故。根據劉建志（2017）研究指出，彈藥庫作業過程中，如安全管理機制不周延，極易因靜電、高溫或人為疏失造成火災或爆炸意外，其後果不僅危及人員安全，更可能使國軍戰備資源受到不可逆損失[1]。此外，王漢祥（2012）也於其研究中指出，國軍部分彈藥處理單位尚未全面導入職安衛管理系統，導致相關風險辨識與預防作為仍具不足[2]。

近年來亦曾發生多起與彈藥修製作業相關的意外事故。2023年7月24日，陸軍第六軍團基隆祥豐營區在執行彈藥技術檢查作業時，發生120迫砲不明原因爆炸，造成9人送醫，其中2人傷勢較重。此事件凸顯彈藥檢查作業中的潛在風險與安全管

理的重要性[3]。另莊啟磊與趙文成（2006）針對彈藥貯存安全管理進行研究，指出我國部分彈藥庫存在設施老舊、通風與溫濕調控不足等問題，建議導入風險管理機制與應變對策，以降低爆炸物儲存與修製作業過程中的潛在危險。可有效提升彈藥庫儲運作的安全性與可控性[4]。

因此，如何強化彈藥修製作業之安全管理機制，並從制度面與環境面降低風險發生率，已成為國防後勤管理亟需面對之課題。為此，本研究將以國軍彈藥庫所屬整修所為研究標的，採實證調查與專家評析方法，分析影響彈藥修製風險的關鍵因素，進而提出具體改進建議，以期降低作業風險率，並確保後勤支援體系對部隊戰力之有效支撐。

（一）研究動機：

彈藥修製為軍事後勤中最具風險的操作之一。由於彈藥屬爆炸性物質，修製過程稍有疏失，即可能引發重大事故，危及人員安全、設備運作，甚至影響軍事行動。高風險特性要求修製作業須兼具高度技術與系統化風險管理，以確保安全性。因此，如何有效降低彈藥修製風險，已成為軍事後勤管理的重要課題，亦構成本研究的主要動機。

近年來（民國108年至113年間），國軍發生多起彈藥修製及作業檢分意外，凸顯現行技術與管理機制存在風險。除技術人員專業知識與經驗為重要影響因素外，彈藥本身老化及設備維護不善亦是關鍵隱憂。許多修製設備因長期使用且缺乏更新，導致技術落後，增加修製過程的事故風險。因此，強化技術能力、更新設備並提升專業訓練，已成降低修製風險的核心挑戰。

彈藥修製過程涉及腐蝕彈藥拆解、老舊設備維修、爆炸性材料處理等高危環節，作業技術複雜且潛藏多重危險，亟需透過精確的風險辨識與控制策略，有效降低潛在事故。本研究期望運用科學方法，深入分析彈藥修製關鍵風險因素，並提出具體可行的改善方案。

軍事後勤需確保訓練與作戰所需彈藥之安全穩定供應，而有效的風險管理機制，是維持後勤穩定性的基礎。鑑於現有修製管理仍以經驗傳承為主，缺乏系統化量化分析工具，本研究希望藉由層級分析法（Analytic Hierarchy Process, AHP），建立完整風險評估架構，協助後勤部門依據風險程度合理分配有限資源，提升整體作業安全性。

技術人員的操作能力與設備現代化水準，直接影響彈藥修製作業的成功與否。隨著彈藥種類多樣化、技術裝備日益複雜，提升技術人員專業素質與加強實務訓練，成為降低事故率的關鍵。此外，針對老舊設備進行技術升級與定期維護，也是確保作業安全不可忽視的一環。

在資源有限的情況下，後勤部門難以對所有潛在風險進行平均配置與全面管控。因此，識別修製流程中最具關鍵性的高風險因子，並依據其影響程度優先配置資源，具有重要實務價值。本研究以 AHP 方法進行系統分析，期能為軍事後勤提供具體、科學化的決策依據，強化高風險環節之管控，進而全面降低彈藥修製作業事故發生率。

過去相關研究多著重於一般軍事風險管理或彈藥安全規範的探討，但較少針對彈藥修製過程中的具體風險因素進行系統

性量化分析。尤其運用 AHP 方法深入辨識各環節風險並提出優先處理建議的研究更為罕見。因此，本研究嘗試在現有文獻基礎上，補強彈藥修製風險管理的理論與實務間隙，期能為軍事後勤管理提供新的思考方向與改進建議。

(二)研究目的：

本研究旨在探討彈藥整修作業中降低修製風險的關鍵因素，並應用層級分析法（AHP）進行系統性評估，以提供軍事後勤部門在風險管理與資源配置上的決策參考。具體研究目的如下：

1. 建構彈藥整修作業中風險因素的層級分析架構，涵蓋人員技術（本職、經驗、訓練）、作業設備、彈藥包材等項目。
2. 設計並發放問卷調查彈藥庫技術人員（含未爆組），蒐集相關資料，進行量化分析，評估各風險因素之相對權重與影響程度。
3. 根據分析結果，提出具體的風險控制與資源配置策略，協助軍事後勤部門優化彈藥整修作業流程，提升作業安全性與效率。

透過本研究，期望能強化彈藥整修作業的風險管理機制，確保軍隊在訓練與作戰中獲得穩定且安全的彈藥供應，進而提升整體國防戰備能力。

二、文獻探討

(一)彈藥修製作業特性與風險分析

1. 彈藥修製流程介紹：

依據113年度彈藥修製指導計畫，為滿足國軍批號彈藥素質，依作戰區戰備存量需求，運用整修所(彈藥連)修製機具與能量，針對現有庫存6、7級品批號彈藥大口徑彈藥、空用炸彈、MK2手榴彈，105榴公厘榴彈與各式迫砲彈、外包裝及另件檢

整等作業，並運用修製兵力執行各項彈藥作業，以提昇整體維保層面。

其優先將現有庫儲(部隊繳回)零星老、小批號彈藥完成保養、整修併批，使修成彈併成符合戰備屯儲(或演訓射擊需求)批量，降低庫儲小批量，減輕庫儲管理負荷，並以周密之檢整機制，使完成整修(保養)彈藥達到合格品質標準[5]；其範圍包含：保養、整修更換、彈藥破壞處理及包材檢整等，提昇庫儲彈藥素質，滿足戰備演訓需求。而其中作業項目及執行內容分述如下：

2. 彈藥保養：

凡經檢查六級品者需正常保養，運用現有分裝式彈藥保養及野戰游修車執行保養作業，包括除繡，彈頭噴漆，引信塞塗黃油，擦洗滲漏，引信塞、彈帶護圈、彈帶護圈等之更換，包裝木箱、紙筒之修理更換，金屬鐵筒之保養整形及重噴漆，彈體及包裝重標誌。但不包括拆換另件。

3. 彈藥整修更換：

彈藥分庫責任範圍內素質不佳彈藥，舉凡庫儲自屯彈藥到受支援單位戰備彈藥，經上述彈藥技術檢查手段轉列7級品(待整修)之中口徑迫砲彈(81、120公厘及4.2吋迫砲彈)年度重大演訓所射擊彈藥，利用既有廠線檢整，包括整修換件之彈藥，（不包括正常保養工作），並需部份或全部更換另件，如更換引信、傳爆管、發射藥、點火筒、尾翼及藥筒整形，以恢復彈藥素質。

(二)風險

1. 作業風險管理(Operation Risk Management, ORM):

最先由美國空軍為了增進傳統危機管

理成效而發展出一套操作程序，能夠協助組織主動面對危險與潛在風險的分析工具，它不像舊式的風險管理僅在危險發生後才進行補救措施。ORM 是能夠提早對可能存在於任務之中的風險或潛在風險進行危險識別與風險控制，藉此能夠讓組織避免掉大部分的風險，為組織減少危險發生後所需耗費的成本。ORM 是一套運用六大步驟的分析工具，六大步驟又可分為：危險識別、風險評估、分析風險控制、風險控制決策、執行風險控制、監督與檢討[6]。

學者(2011)說明部隊許多職業災害的發生，都是因人員本身不安全的行為、無知或管理不當所產生。職業災害發生的原因及種類繁多，可以從職業安全衛生相關法規及文獻中歸納出原因皆為工作中「不安全環境」、「不安全行為」所致[7]。

荊世堦(2019)認為對部隊來說，危險性機械及設備種類繁多、數量龐大，其功能亦日趨複雜，舉凡軍中補給、保修、運輸、衛勤、彈藥等各項支援與勤務活動，若因製造、組裝、維修、操作、使用、材質老化或腐蝕等狀況，稍有不慎將會發生爆炸、碰撞等災害事故，然職業安全是透過各種安全防護措施來避免、消除或降低，應深植每位人員心中，如此方能防範傷亡事故的發生[8]。

2.風險評估 (Risk Assessment)：

是風險管理的一個重要過程。風險評估最大的問題是未知的風險，這是我們所忽略且最不容易去鑑別出來的。針對已知風險，不論是已知的已知風險，或是已知的潛在未知風險，經由適切的風險評估，我們便能依風險的高低來執行有所匹配的

風險控制措施，當這些控制措施若能做到有效 (Effective) 且可持續 (Sustainable)，我們便達做到了已知風險的管理。

翁瑞昭(2019)說明風險評估可以有一種或多種的方法，針對職業安全、職業衛生、製程安全等不同子領域的危害因素之風險評估，亦或是針對作業活動、製程、設備、區域等不同標目的風險評估，要使用一種風險評估方法一網打盡，或是選擇多種風險評估方法組合來形成一套系統性的風險評估策略，是須依據製程特性、風險複雜度、組織重視程度與資源可利用度，以及風險評估小組的專業與經驗等因素來作為考量。並沒有一種最好的風險評估方法，我們只能因應這些考量因素，選擇最適合當下的一種或多種風險評估方法組合，而且這樣的系統性風險評估策略是滾動可持續調整與改善的[9]。

(三)彈藥修製風險關鍵之探討

劉建志(2019)研究者於文獻指出，風險因素包括管理(人為操作失誤)、機具故障以及外部環境[10]。本研究在「彈藥修製風險之研究」文獻探討中，綜合各專家學者意見，彙整出影響作業層面及相關要素，並歸納所得成果為基礎，作為後續準則評估及權重因素之參考依據，相關探討主要層面及次級要素項目，並歸納表 1、2：

1.人員訓練：

葉智瑤(2017)在保修作業關鍵成功因素之研究中，提到保修連成功關鍵因素為修護士的熟練度佔第二順位，並說明對於保修工作，用心規劃管理，在專業領域強調：修護在職訓練、建立維修標準化、強

調維修能力、管制士對工作排程瞭解，故將人員訓練納入主層面運用[11]。

(1)作業紀律：

學者曹以明等人(2019)於安全管理關鍵因素之研究中，認為「工作紀律」為最重要之考量因素。有了紀律，才能在安全的環境下，達成預劃之工作進度；另「彈藥庫整修所」平日負責處理地區內各式待整修之彈藥，是將年久或失修之庫儲彈藥，以整修方式使其素質恢復為堪用，由於待整修彈藥均具有一定程度之危險性，在整修廠線內若無要求嚴謹之「工作紀律」，一旦發生意外，則廠線上工作之人員將首當其衝遭受傷害。故將作業紀律納入次要素運用[12]。

(2)教育訓練：

學者認為「人員訓練」是彈藥庫儲安全管理關鍵因素之一，訓練為現今國軍部隊所最重視之事項，在彈藥庫平時之人員訓練上，便會採取熟手、半熟手、生手這種分組方式來實施，訓練重點均不同，熟手多數採取案例宣教方式實施，以提醒熟手勿偷懶、按程序執行作業，對於半熟手及生手，便會採取較鉅細靡遺之教學方式，以使其能快速熟知各項注意事項及作業規定[13]。

另國際彈藥技術準則(IATG)(2021)受聯合國中述明，單獨的訓練不一定能保證個人能夠成功、安全地完成任務，培訓的結果更重要，個人完成任務的能力比投入的時間更重要。同樣，某人執行某項特定任務的時間長度並不一定意味著他們正在以最安全、最有效的方式完成這項任務。因此，一個人執行某項任務的能力是由他的綜合能力所決定的。知識、技能、經驗

和態度[14]。

(3)防險觀念：

研究學者方玉龍等人(2022)述明，國軍飛機外物預防防制，係為強化飛行安全維護機制的要素之一，而落實基地外物預防之作為，更可達到零飛安事件之目標之一。故將人員防險觀念納入次要素運用[15]。

2.維修設備：

簡逞瑩(2002)於我國勞工安全衛生人員對推動安全衛生管理成效之調查之研究文中，提到各種機械設施的保養維修制度，是減少非正常停工時間，延長其使用機械壽命，故將維修設備納入主層面運用[16]。

(1)機具妥善狀況(妥善與維護度)：

彈藥庫儲安全管理關鍵因素之評估選項中，專家多數認為「作業機工具」為最重要之考量因素。彈藥搬運及堆儲作業中，工具是否妥善，便成為從事彈藥作業人員首要考慮事項[17]。另 ISO 9001:2015(2017)說明指出設備發生故障是在所難免的，但確實做好故障的管理是奠定零故障的基礎，所以要去確實瞭解設備的特性，徹底瞭解設備，同時維修記錄要予以分類歸檔，並定期做彙總分析。故將妥善機工具納入次要素運用[18]。

(2)適用的裝備及工具(設施)：

學者們(2022)於作業安全中說明，不安全大都是人為之管理不良所造成，重視安全才會有安全，輕視危險就會有危險。作業相關人員，應先了解相關工作內容、作業區範圍、分工，並灌輸相關安全知識。用具選用不當、使用不當及檢查管理不善，導致災害事故。因此用具的選用、使用和管理上，千萬不可掉以輕心；為保持用具

之良好狀況，應定期實施自動檢查及維修保養，若有損傷、異常者，應即修補或廢棄不用，保持其功能有效狀態，達到預防災害發生之功效[19]。故將適用的裝備及工具納入次要素運用。

(3) 耗材的耐用性及供應性:

管理設施設備與運作環境中說明，各項設施設備平時即應依照規定予以保養維修，以維持廠房正常功能的運作，相關耗材也要定期更換，以確保各項器具的使用效率。同時對於故障與異常，要儘速妥善處理與解決，如圖1所示，設施設備維護工作包括日常檢查、保養維修、記錄管理、備品管理、異常管理等各項作業，是工廠營運不可或缺之工作[20]。

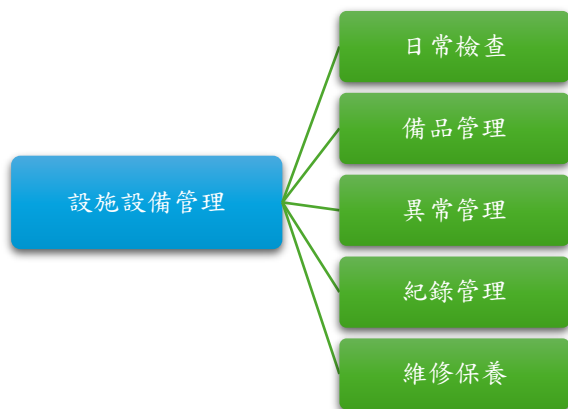


圖 1 設施設備維護工作

資料來源：參考樊國紀《如何依照 ISO 9001:2015 管理設施設備與運作環境》，工業技術研究院，頁3，20171016。

1. 安全的作業環境:

健康與安全管理系統的「職業健康與安全評估體系認證」(Occupational Health and Safety Assessment Series)。是國際標準化組織 (ISO) 發布的一項職業健康與安全管理體系標準，旨在幫助組織改善工作環境，減少職業傷害和健康風險。ISO 45001標

準的核心在於建立一個系統化的方法來識別和控制工作場所的風險，旨在提升員工的健康與安全，並減少事故和疾病的發生 (1)個人防護裝備 (PPE):

林盈秀(2019)於護理人員安全處理抗癌危害藥品行為之模型分析中，提到護理人員對工作環境安全風氣感受和使用個人防護裝備感受是影響其採取安全防護措施的常見因素，故將個人防護裝備納入次要素運用[21]。

(2) 物理安全:

職業醫學繼續教育通訊(2021)於職場夜間工作安全衛生指引之研究文中，提到工作者安全健康危害因素之辨識及評估，為後續採行因應對策之重要依據，工作者於夜間從事工作可能面對的危險因子[22]。

ISO 9001:2015 解析之五說明員工與勞動主管機關這些利害關係人的需求，也會與環境有關，因為員工會希望一個健康安全的環境中工作，而勞動主管機關則要求企業或組織要符合職業安全衛生相關法規，所以一個適當的環境可以是人性與物理因素的組合[23]。

(3) 健康管理:

定期健康檢查對工作者是非常重要的，是瞭解工作者在就職之前、在職期間的身體健康變化、早期偵測疾病的重要依據，亦是判定是否為職業引起疾病很重要的證據。在現代工作環境中，工作者健康檢查扮演著重要的角色，不僅對個人健康負責，也有助於提高工作效率和減少生產力損失[24]，故將人員健康管理納入次要素運用。

表一主要準則指標相關文獻

學者	文獻摘要	相關因子
葉智瑤	修護在職訓練、建立維修標準化、強調維修能力及對工作排程瞭解	人員訓練
簡逞瑩	各種機械設施的保養維修制度，是減少非正常停工時間，延長其使用機械壽命	維修設備
國際標準化組織	在於建立一個系統化的方法來識別和控制工作場所的風險，	安全作業環境

資料來源：作者自行研究整理

表二次要準則指標相關文獻

學者	文獻摘要	相關因子
曹以明	若無要求工作紀律，一旦發生意外，工作之人員將首當其衝	作業紀律
曹以明	訓練為現今國軍部隊所最重視之事項，	教育訓練
方玉龍	外物預防防制，為強化飛行安全維護機制	防險觀念
劉建志	「作業機工具」為最重要之考量因素	機具妥善狀況
蘇子承	用具選用不當、使用不當，導致災害事故	適用的裝備
ISO 9001:2015	設備予以保養維修，耗材也要定期更換，	耗材的耐用性
林盈秀	防護裝備是影響安全防護措施的常見因素	個人防護裝備

職業醫學 繼續教育 通訊	安全健康危害因素之辨識及評估，為後續因應對策之依據	物理安全
侯怡岑	健康檢查，提高工作效率和減少生產力	健康管理

資料來源：作者自行研究整理

三、研究方法與設計

透過綜合分析國內外文獻資料，進行系統性的整理與歸納，建立研究理論的架構基礎，並據此擬定初步的影響因子。接下來，採用層級分析法（AHP），通過成對比較的方法量化專家對各影響因子的相對重要性，從而確定出各因子的權重。此過程能更精確地揭示各因子對研究目標的影響程度，進一步鑑別最具決策意涵的關鍵因素。

(一)層級分析法（AHP）

1971年 Thomas L. Saaty（匹茲堡大學教授）所發展出來，主要應用在不確定情況下及具有多數個評估準則的決策問題上。層級分析法（AHP）發展的目的是將複雜的問題系統化，由不同層面給予層級分解，並透過量化的運算，找到脈絡後加以綜合評估[25]。計算步驟如下，包括：

1.層級分析法（AHP）可以利用樹狀的層級結構，將複雜的決策問題在一個層級中區分為數個簡單的子問題，並且每個子問題可以獨立進行分析，這個層級中的子問題可以包含是任何類型的子問題，無論是有形的還是無形的，仔細計算的或者粗略估計的，理解清晰或模糊的，只要是用於最終決策的子問題都可以包括於此[26]。

2. 這個層級一旦建立完畢，決策專家會有系統地評估尺度針對每一個部分的相對重要性給予權重數值，其後建立成對比較矩陣，並求出特徵向量及特徵值，以該特徵向量代表每一層級中各部分的優先權，能提供決策者充分的決策資訊並組織有關決策的評選條件或標準 (criteria)、權重 (weight) 和分析 (analysis)，且能減少決策錯誤的風險性。

AHP 的評估尺度作為每一層級指標因素間的成對比較，基本劃分包括五項，即等強 (Equal Strong)、稍強 (Weak Strong)、頗強 (Strong)、極強 (Very Strong)、絕強 (Absolution)，並賦予名目尺度 1、3、5、7、9 的衡量值，另設四個尺度介於五個基本尺度之間，並賦予 2、4、6、8 的衡量值，共計九個尺度 [27]。將 n 個要素比較結果的衡量，置於成對比較矩陣 A 的右上三角型的數值 (主對角線為要素的自我比較，故均為 1)，而左下三角型部分的數值，為相對位置數值的倒數，即 $a_{ij}=1/a_{ji}$ 。

成對比較矩陣 $A = [a_{ij}]$

$$= \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

$$\text{舉例} = \begin{bmatrix} 1 & 3 & 1/2 & 6 \\ 1/3 & 1 & 1/6 & 2 \\ 2 & 6 & 1 & 9 \\ 1/6 & 1/2 & 1/9 & 1 \end{bmatrix}$$

3. 確定層級架構中各因素之總權重順序：透過特徵向量 (W_i) 方式得出特徵值 ($\lambda_{\max}$)，取得各層級因素的權重，即針對每個因素從比較中獲得的權重來權衡緊

接下一層的權重，為下面層級中的每個因素添加其加權值並獲得其整體權重，持續此權衡和相加的過程。本研究採用近似法「行向量平均值標準化法」以計算出較精確之結果。

$$W_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n \frac{a_{ij}}{\sum_{i=1}^n a_{ij}} \quad i, j = 1, 2, \dots, n \quad (2)$$

在成對比較矩陣 A 乘以所求得之特徵向量 W_i ，可得到一個新向量 W'_i ，再求算兩者之間之平均倍數即得 $\lambda_{\max}$ 。

$$A = \begin{bmatrix} 1 & a_{12} & \cdots & a_{1n} \\ 1/a_{12} & 1 & \cdots & a_{2n} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ 1/a_{1n} & 1/a_{2n} & \cdots & 1 \end{bmatrix} * \begin{bmatrix} W_1 \\ W_2 \\ \vdots \\ W_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} W'_1 \\ W'_2 \\ \vdots \\ W'_n \end{bmatrix} \quad (3)$$

$$\lambda_{\max} = (1/n) * (W'_1/W_1 +$$

$$W'_2/W_2 + \cdots + W'_n/W_n) \quad (4)$$

4. 各層級因素間的權重計算得出後，須進行一致性檢定。由於決策者主觀的判斷，難免出現不一致的狀況，學者 Saaty 建議就成對評比進行「一致性檢定」，包含一致性指標 (Consistency Index, C.I.) 與一致性比率 (Consistency Ratio, C.R.) 兩種數值 ≤ 0.1 作為可接受誤差範圍內的判斷標準，若滿足條件則表示問卷結果的一致性，當 C.I. 值趨近於 1，表示該次評比為隨機產生，當 C.I. 值愈趨近於 0，則表示一致性愈高。原則上， $C.I. \leq 0.1$

是可接受的範圍，若 $C.I. > 0.1$ ，則表示該評比結果不一致，需要重新評比；另 $C.R.$ 愈小，表示該矩陣愈符合遞移性，愈適合運用 AHP 找出關鍵因素[28]。

$$C.I. = (\lambda_{\max} - n) / (n - 1) \quad (5)$$

$$C.R. = C.I. / R.I. \quad (6)$$

其中 $R.I.$ (Random Index) 稱為隨機指數，與矩陣階數有關，可依據矩陣階數查出對應之 $R.I.$ 值，如表三。

表三隨機指數表

階數	1	2	3	4	5
R. I	0.00	0.00	0.58	0.90	1.12
階數	6	7	8	9	10
R. I	1.24	1.32	1.41	1.45	1.49

資料來源：參考 Saaty, R. W. "The analytic hierarchy process—what it is and how it is used." *Mathematical Modelling*, 9 (3), pp.161-176, 1987。

最後則是將各階層之要素的相對權數加以整合，以求算整體層級的總優先向量，根據上述過程的結果，即得出關鍵因素對應於決策目標的優先順序，以做出最終決策。

(二)訪談對象與問卷設計

1.訪談對象

訪談人員選擇具備相關專業背景與實務經驗的專家，包括實際從事彈藥修製作業、所屬所別督管幹部、曾經擔任陸勤部或中心彈藥計畫參謀管制官之人員，其中決策階層1員，軍事院校教官階層2員、管理階層5員，共計8員。

2.問卷設計

本研究採用層級分析法 (AHP) 作為

主要分析工具，經由文獻收集與彙整，探討國內外學者在作業人員、作業環境及設施管理等領域的研究成果，以研擬降低彈藥修製風險的關鍵因素。以半開放式專家問卷訪談的方式，藉由各專家歷年工作經驗，針對各層級因素進行確認或建議增刪及修改，以作為下一階段設計層級分析架構之依據。

(三)層級架構之建立

本研究經前述文獻探討，歸納整理相關學者問卷建議之後，作為建構「探討整修所降低修製風險關鍵因素」之評估指標的主要來源。擬定層級架構，主準則為「人員訓練」等三項次，次準則為「作業紀律」等九項次，據以建立層級架構如圖2。

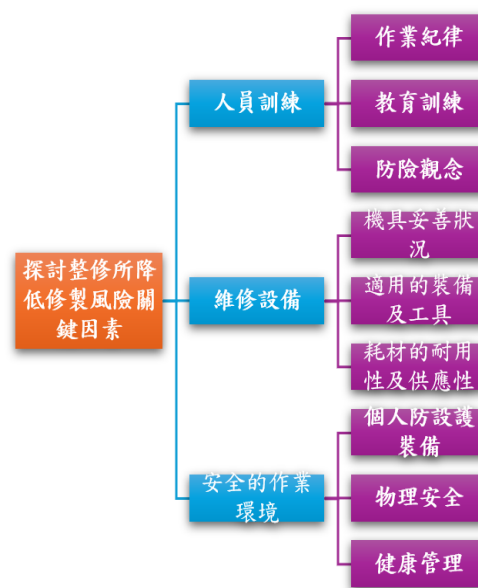


圖2「整修所降低修製風險關鍵因素」

AHP 層級架構圖

資料來源：作者自行研究整理

第2階段問卷的設計與調查，並根據受測者的填答結果，運用 Expert Choice11軟體進行 AHP 層級分析。此分析將計算各構面及準則的相對權重，找出影

響整修所降低修製風險的關鍵因素，並進一步提出具體可行之實務建議。研究成果將聚焦於「人員訓練」、「維修裝備」及「安全作業環境」等三大面向，藉由強化上述關鍵構面，期能有效提升作業安全水準，降低修製過程中潛在的危安風險，作為後續政策擬定與作業改善之參考依據。

四、研究結果分析

本研究採用層級分析法（AHP）來探討降低彈藥修製風險的關鍵因素之研究。藉由問卷回收後，採用套裝軟體 Expert Choice 11 進行資料分析，並依問卷結果輸入資料，計算出各構面及準則間之權責值大小，相關結果如實證分析章節所述。

（一）問卷分析：

1. 受訪者選定

本研究旨在探討降低彈藥修製風險之關鍵因素，並以陸勤部、後訓中心、彈藥庫、地支部及整修所等單位具備實務經驗之相關人員為問卷對象。受測者多具有長期執行或督管彈藥修製作業之經驗，能對「人員訓練」、「維修設備」、「安全的作業環境」三項主準則及「作業紀律」等九項次準則，進行專業認知與權重評定。藉由問卷調查與分析，歸納各構面與準則間之相對權重指標，期能提供後勤管理單位在政策擬定、作業規範與風險管控等方面之決策參考。

2. 問卷調查與回收

在 AHP 專家問卷調查法中，文獻並未對問卷樣本數設定嚴格標準，惟其分析結果需通過一致性檢驗，方具備客觀性與代表性。依 Saaty 所提出一致性比率公式： $C.R. = C.I. / R.I.$ ，其中當一致性比率（Consistency Ratio, C.R.） ≤ 0.1 ，即

表示受訪者判斷具一致性，所得結果可作為後續權重分析依據。本研究採用 AHP 專家問卷調查方式，邀請具彈藥修製或後勤業務經驗之專業人員進行填答，問卷對象涵蓋以下單位以陸勤部(2員)、後訓中心(1)、彈藥庫(8員)、地支部(2員)、整修所(17員)為研究訪談對象，總計為22員。

（二）分析問卷結果

本次問卷藉由30位受訪者意見，並依據層級分析法（AHP）之調查方法，作為研究資料基礎。問卷設計涵蓋三大構面：「人員訓練」、「維修設備」與「安全的作業環境」，並細分多項評估準則，旨在探討影響彈藥修製風險之關鍵因素。問卷結果經由統計軟體 Expert Choice 11 進行資料處理與分析，透過成對比較法建構判斷矩陣，並計算各構面與準則之相對權重值。根據受訪者判斷結果，可歸納出各因素間相對影響程度，亦即指出在降低彈藥修製風險方面，哪些構面與準則為最具關鍵性的考量因素；研究結果如下述內容所示：

1. 主準則分析：

就「人員訓練」、「維修設備」、「安全的作業環境」三大構面，分析其影響彈藥修製風險之關鍵因素，經成對比較矩陣計算出來的一致性比率值 $C.R. = 0.000034 < 0.1$ ，符合一致性比率之要求，此結果可視為是合理的。

研究結果顯示人員訓練之關鍵因素，其權重值達0.441，而維修裝備又比安全的作業環境為重要，其權重值為0.282，亦與葉智瑤在2015年研究中得知人員訓練與彈藥修製風險具有正向顯著影響結果相符。

此結果反映出人員的專業技能、標準作業程序的熟悉度及應變能力，對於降低彈藥修製風險有著至關重要的影響。因此，優先強化人員培訓體系，透過定期訓練、技術認證及模擬演練，提升作業人員的專業能力與風險意識，進而降低彈藥修製作業風險。

2.次準則之權重分析：

(1)人員訓練分析：

就「作業紀律」、「教育訓練」、「防險觀念」等三個次準則，考量影響人員訓練的因素，經成對比較矩陣計算出來的一致性比率值 $C.R.=0.068<0.1$ ，符合一致性比率之要求，此結果可視為是合理的。

研究結果顯示，「人員訓練」在次準則中具有最高影響力，其中「教育訓練」權重值為0.38，居於首要地位；其次為「作業紀律」，其權重值為 0.338；最後為「防險觀念」權重值為 0.282。

在人員訓練構面中，認為提升教育訓練可有效增強專業能力與風險意識，進而提升作業安全性與標準化作業程序（SOP）的落實程度，教育訓練的高權重顯示，持續優化培訓內容與方式，是提升整體作業表現的核心策略。作業紀律的重要性僅次於教育訓練，顯示維持良好的紀律可確保培訓內容在實際作業中被確實執行。若缺乏紀律，即使教育訓練成效良好，仍可能因執行力不足而影響安全性與作業效率，進而提高彈藥修製作業風險。

(2)維修設備層面中：

就「機具妥善狀況」、「適用的裝備」、「工具及耗材的耐用性」等三個次準則，考量影響技術與可靠性的因素，經成對比較矩陣計算出來的一致性比率值

$C.R.=0.034<0.1$ ，符合一致性比率之要求，此結果可視為是合理的，

研究結果顯示，「維修設備」在次準則中具有最高影響力，其中「機具妥善狀況」權重值為0.442，居於首要地位；其次為「適用的裝備」，其權重值為 0.387；最後為「工具及耗材的耐用性」，權重值為 0.170。

在維修設備構面中，「機具妥善狀況」被視為影響彈藥修製風險之關鍵因素，其所具備之核心能力，顯示其對作業風險具有高度影響力。若設備狀況不良，不僅可能導致維修作業中出現故障、操作失誤，亦易引發維修品質不穩定等問題，進而提升整體作業的安全風險與營運成本。由此可知，維持機具妥善性不僅為維修管理的重要目標，更為降低彈藥修製作業風險之關鍵策略。因此，建立完善的設備管理與保養制度，確保機具處於良好運轉狀態，實為確修製作業穩定運行之首要任務。

(3)安全的作業環境層面中：

就「個人防護裝備」、「物理安全」、「健康管理」等三個次準則，考量影響技術與可靠性的因素，經成對比較矩陣計算出來的一致性比率值 $C.R.=0.0024<0.1$ ，符合一致性比率之要求，此結果可視為是合理的。

研究結果顯示，「安全的作業環境」在次準則中具有最高影響力，其中「個人防護裝備」權重值為0.507，居於首要地位；其次為「健康管理」，其權重值為 0.306；最後為「物理安全」，權重值為 0.187。

在安全的作業環境構面中，「個人防護裝備」被視為影響彈藥修製風險之關鍵

因素。其核心功能在於提供作業人員足夠的物理性與化學性防護，有效降低爆炸物處理、拆卸與修復過程中潛在的職業傷害風險。若缺乏完善的個防裝備，將可能導致操作失誤、人員傷亡或事故擴大等情形，進而嚴重影響作業安全與效率。因此，建立完整之防護裝備配置標準、定期檢查機制與配戴教育訓練，實為提升修製作業安全性與降低風險的必要措施。

3.綜合各因素之重要性分析：

完成第三層各準則綜合分析權重中得到，經成對比較計算出來的一致性比率值 $C.R.=0.00002 < 0.1$ ，符合一致性比率之要求，此結果可視為是合理的。整體權重以教育訓練技術為最重要關鍵因素，權重值為0.188，其次為作業紀律，權重值為0.167，第三為防險觀念，權重值為0.140，而第四與第五分別為機具妥善狀況與個人防護裝備，權重值分別為0.120及0.118。

根據本研究 AHP 分析結果，綜合權重如表4所示，在各項主準則中，以「人員訓練」構面中的「教育訓練」獲得最高權重，為專家普遍認為對降低彈藥修製風險最具關鍵影響力之因素。該準則強調，透過制度化與持續性的教育訓練，能有效強化作業人員之專業技能與安全意識，進而降低作業過程中因知識不足或操作不當所導致的風險。

其次，「人員訓練」構面中的「作業紀律」亦被認為是影響彈藥修製風險的重要因素。嚴謹的作業紀律有助於確保作業程序標準化、執行一致性，能有效減少人為疏失與流程偏差所造成的潛在危害。

第三為「人員訓練」構面中的「防險觀念」。具備正確的風險防範意識，有助

於提升人員對潛在危害的辨識能力與應變處置反應，進一步強化整體修製作業的安全防護層級。

綜上所述，「人員訓練」構面所涵蓋的教育訓練、作業紀律與防險觀念，皆為降低彈藥修製風險之關鍵要素，顯示人力素質與行為管理在彈藥維修安全中占有舉足輕重的地位。

表四整修所降低彈藥修製風險關鍵因素整體層級權重及排序表

主準則	次準則	因素權重	因素排序	整體權重	整體排序
人員訓練層面 0.441	作業紀律	0.338	2	0.167	2
	教育訓練	0.380	1	0.188	1
	防險觀念	0.282	3	0.140	3
維修設備層面 0.282	機具妥善狀況	0.443	1	0.120	4
	適用的裝備	0.387	2	0.105	6
	工具耗材的耐用性	0.170	3	0.046	8
安全的作業環境層面 0.277	個人防護裝備	0.507	1	0.118	5
	物理安全	0.187	3	0.044	9
	健康管理	0.306	2	0.071	7

資料來源：本研究作者整理

五、結論

隨著戰場型態的快速演進與科技技術的推陳出新，彈藥修製作業的風險控管與作業安全愈發受到重視。透過本研究導入層級分析法（AHP），系統性分析影響彈藥修製風險之各項關鍵因素，得以釐清在複雜作業流程中，哪些構面與準則對整體安全最具實質影響。

（一）研究結論

1. 主準則層分析結果

本研究透過層級分析法（AHP）進行專家問卷統計與權重計算，針對彈藥修製作業之風險影響因素進行系統性排序與比較。在主準則層中，以「人員訓練」構面權重最高，顯示其在風險控管中的關鍵地位。人員訓練不僅關乎基本技能的養成，更直接影響彈藥檢整、拆解、裝配及處置等高風險作業流程的安全性與標準化程度。缺乏充分訓練的人員，容易因操作知識不足或風險辨識能力薄弱，導致程序錯誤、誤觸引爆機構或作業環境失控，進而引發作業事故或重大損害。因此，持續性、系統化且情境模擬式的教育訓練計畫，是提升作業現場安全防護力與修製作業穩定性的重要基礎。

2. 次準則層分析結果：

在次準則層級分析中，經由專家權重評估與一致性檢定，以「教育訓練」為最具關鍵性之次準則，其權重高達0.188，超越其他準則顯著。此結果凸顯於彈藥修製高危作業現場中，「教育訓練」能夠強化人員對彈藥結構、性能特性及操作標準的理解，有助於正確執行檢修、拆裝、保養等高風險步驟，避免因認知不足導致作

業偏差或意外事故，尤其在涉及高爆性、感應性強之彈藥品項（如引信、底火、炸藥裝填物）操作時，教育訓練能提升作業人員辨識危險徵候、採取正確防範措施的能力，顯著降低爆炸、燃燒或誤觸危害事件的發生機率，對於確保整體修製作業安全性具有關鍵作用。

其次為「作業紀律」，此準則強調則確保人員能嚴格依循標準作業程序（SOP）進行操作，減少作業隨意性及制度漏洞，尤其在涉及高爆危害源作業時更顯重要，作業紀律之強化，能有效防止因程序遺漏、操作擅自變更或人為鬆懈而引發的安全事件，並促進現場作業環節間的標準化協同，進而提升作業效率與事故應變反應速度。此外，良好的作業紀律亦有助於建立持續改善機制，透過紀律化執行與異常回饋，加速修製流程的風險滾動修正與最佳化。

（二）建議

為進一步提升彈藥修製作業的整體安全性與風險管控能力，並建構制度化、標準化與可持續的安全機制，建議未來可從下列幾個面向進行強化與推動：

1. 強化教育訓練機制，提升操作人員專業素養

(1) 建立制度化教育訓練課程，針對不同職級與工項設計差異化培訓內容。

(2) 導入實作與模擬演練，提高作業人員的臨場應變能力與風險判斷力。

(3) 實施定期測驗與再認證機制，確保技術與知識更新同步。

2. 落實作業紀律，建立標準作業流程

(1) 推動標準作業程序（SOP）全面導入，確保作業一致性與可追溯性。

(2) 建立違規回報與改善制度，強化紀律

管理與自主管理文化。

(3)引入行為安全觀察（Behavior-Based Safety, BBS）制度，鼓勵正向行為與持續改善。

3.強化防險觀念教育，培養風險辨識與應變能力

(1)透過教育訓練、案例分享與災害模擬演練，提升人員風險意識。

(2)建立修製作業風險矩陣，協助人員辨識高風險環節並預作準備。

(3)鼓勵主動通報異常現象，建立橫向溝通與快速反應機制。

4.完善防護裝備配置，建立管理與維護機制

(1)依工項風險高低，訂定個人防護裝備之最低配備標準。

(2)建立定期檢查、汰換與維修制度，確保裝備有效性與完整性。

(3)強化配戴教育訓練與習慣養成，避免人為疏忽造成防護失效。

5.建立健康管理與安全文化推廣制度

(1)導入職業健康檢查與作業輪調制度，減少長期暴露風險。

(2)推行作業區域健康指標監控與通風改善計畫，維持安全作業環境。

(3)結合安全日宣導、標語設計與定期宣導課程，營造正向安全文化。

6.推動持續改善與風險再評估機制

(1)對修製流程進行定期風險再評估，確保管理措施與時俱進。

(2)蒐集作業數據，建構風險預警系統，提前預防潛在事故。

(3)鼓勵跨單位協作與經驗交流，建立知識共享平台，促進整體安全管理效能提升。

參考文獻：

- [1]劉建志，〈彈藥庫儲安全管理關鍵因素之研究〉，（義守大學工業管理學系碩專班），201706。
- [2]王漢祥，〈國軍彈藥處理危安機制之探討〉，（元智大學管理在職碩專班），2012。
- [3]《陸軍司令部彈藥勤務通報（第二部）》（桃園市：國防部陸軍司令部）104號，民國104年。
- [4]莊啟磊與趙文成，〈彈藥貯存安全管理與應變對策之研究〉，（國立陽明大學工學院產業安全與防災學程），2006。
- [5]國防部陸軍司令部，《陸軍司令部113年度彈藥修製指導計畫》，（桃園龍潭，國防部陸軍司令部），頁1，2024。
- [6]鄭榮郎 Cheng, Jung-Lang／作者現為正修科技大學工管系副教授，品質月刊．55卷04期 | 期 |，201904。
- [7]林豐賓、劉邦棟，《勞動基準法論，修訂5版》（臺北：三民書局），頁237，2011。
- [8]荊世璵，〈國軍人員對職業安全認知、態度及行為之探討：風險管理〉，（陸軍後勤季刊），頁97，2019年8月。
- [9]翁瑞昭，〈化工製程的系統性風險評估實務：論著與譯文〉，（工業安全衛生月刊，頁60）201803。
- [10]劉建志，〈彈藥庫儲安全管理關鍵因素之研究〉，（義守大學工業管理學系碩專班），201706。
- [11]葉智瑤，〈保修作業關鍵成功因素之研究—以六軍團所屬保修連為例〉，（陸軍後勤季刊），201902。
- [12]曹以明、劉建志、林鄉鎮，〈探討國軍組織精簡後彈藥庫儲安全管理關鍵因素之研究〉，（黃埔學報第七十六期），2019。
- [13]同註8。
- [14]The International Ammunition Technical Guidelines (IATG) are copyright-protected by the United Nations，〈Ammunition management personnel competences〉，(Third edition March 2021)。
- [15]方玉龍、張廷柏、鍾玉萍，〈飛機外物預防防制探討〉，（空軍軍官雙月刊第224期_(224).0003），202206。
- [16]簡逞瑩，《我國勞工安全衛生人員對推動安全衛生管理成效之調查》。臺北：文化大學勞工安全研究所碩士論文，200207。
- [17]同註8。
- [18]樊國紀。《如何依照 ISO 9001:2015 管理設施設備與運作環境》，工業技術研究院，20171016。
- [19]蘇子承、王啟東，《起重吊掛用具及作業安全》，海裕鋼索企業有限公司、中華產業機械設備協會，202201。
- [20]同註10
- [21]林盈秀，《護理人員安全處理抗癌危害藥品行為之模型分析》，國立臺灣大學醫學院博士班，2019。
- [22]職業醫學繼續教育通訊《職場夜間工作安全衛生指引》，勞動部職業安全衛生署110年11月30日勞職衛字第1101060521號函訂定，2021。
- [23]同註17
- [24]侯怡岑，《您健檢了嗎？》，勞工健檢權益指南，中山醫職業衛生護理中心

檢索日期：113 年10 月 29 日。

[25]Saaty, Thomas L.; Peniwati, Kirti. Group Decision Making: Drawing out and Reconciling Differences. Pittsburgh, Pennsylvania: RWS Publications. ISBN 978-1-888603-08-8(2008)。

[26]Saaty, Thomas L. (June 2008). "Relative Measurement and its Generalization in Decision Making: Why Pairwise Comparisons are Central in Mathematics for the Measurement of Intangible Factors – The Analytic Hierarchy/Network Process" (PDF). Review of the Royal Academy of Exact, Physical and Natural Sciences, Series A: Mathematics (RACSAM) 102 (2): 251–318. doi:10.1007/bf03191825. Retrieved 2008-12-22.

[27]<https://www.wikiwand.com/zh-hant/articles/層級分析法> - Wikiwand 檢索日期：113 年11 月 12 日。

[28]Saaty, R. W. "The analytic hierarchy process—what it is and how it is used." Mathematical Modelling, 9 (3), pp.161-176, 1987。

A Study on Key Factors in Reducing Maintenance Risks at Ammunition Overhaul Facilities Using Analytic Hierarchy Process (AHP)

Yu-Chun Lin¹, CHIEH TAI CHOU²

**¹ National Defence Management College, National Defense University
Taiwan, R.O.C**

² National Defense University Army Command And Staff College

Abstract

As the nature of warfare diversifies and asymmetric threats intensify, logistics support missions have become increasingly complex. Ammunition maintenance and repair operations face growing risks associated with high pressure, high temperatures, and flammable or explosive materials. Without effective risk identification and control, these hazards may endanger personnel safety and disrupt support operations, ultimately compromising combat readiness.

To address these challenges, this study employs the Analytic Hierarchy Process (AHP) to develop a risk assessment framework for ammunition maintenance and repair. Through expert questionnaires, key influencing factors and their relative weights were identified, providing a practical basis for strengthening risk management in military units.

The findings indicate that "personnel training" is the most critical factor, with "education and training," "operational discipline," and "risk awareness" ranking highest among the indicators. This underscores the importance of professional competence and safety awareness in mitigating risks. The condition of "equipment and machinery" also emerged as a key sub-criterion, highlighting how the operational reliability of tools directly impacts safety. The study points to aging equipment and insufficient maintenance as urgent issues requiring attention.

In conclusion, the study recommends enhancing institutionalized training and promoting a robust safety culture, while accelerating equipment modernization and improving maintenance systems to establish a resilient and stable field logistics repair framework.

Key words : Ammunition Maintenance, Risk Management, Analytic Hierarchy Process (AHP), Personnel Training, Protective Equipment