

第一章 緒論

1.1 前言

我國軍用彈藥庫分佈密度為全世界之冠，許多彈藥庫裡更存放第二次世界大戰所存留下來的彈藥品，超過使用期限的彈藥比例更高，在過去五年之中，發生彈藥庫爆炸事件就有八起，累積傷亡的人數高達 9 死 12 傷(表 1.1)，其財產的損失更難以估計，為此，本研究希望能建立國軍彈藥貯存安全管理作業基準，以使將來彈藥貯存作業上能夠更臻完善。

表 1.1 國軍自民國 90 年起彈藥爆炸事件

90.04.05	聯勤第一彈藥庫新竹縣關西鎮的湳湖分庫，疑似於整修所拆解廠內進行 90 火箭彈底火拆除工作，過程中不慎發生爆炸，造成下士劉正方一度休克昏迷、林士程右手骨折破裂、二兵黃發祥左腳掌裂傷。
93.07.22	聯勤司令部金門彈藥庫黃磷彈悶燒，無人傷亡。
93.11.06	聯勤南部彈庫旗山整修所彈藥爆炸事件，造成少尉洪端隆、中士黃健哲及一兵楊武璋不幸罹難。
93.12.29	聯勤司令部金門彈藥庫爆炸，無人傷亡。
94.04.22	聯勤廢彈處理組員周弘偉在馬祖北竿尼姑山處理「75 無後座力彈」廢棄彈藥時，因不明因素自爆被炸死。
94.09.07	聯勤馬祖地支部南竿梅石廢彈庫房爆炸，無人傷亡。
94.09.09	軍備局生產製造中心 203 廠藥棉所在處理軍用硝化棉時，發生除酸機爆燃，士官長邱國珍、上士許明成死亡，上士蘇清國死亡。
95.05.10	聯勤南港彈藥庫一五五榴彈藥包爆炸二死二重傷。

資料來源：中華日報 95.05.11

1.2 研究背景與動機

國軍彈藥庫主要分佈在澎湖、花蓮、台東、台北、宜蘭、桃園、新竹、台南、屏東、高雄、台中、大金門、小金門、大擔等地區，全國約有 300 多個大大小小的軍火庫（圖 1.1）。由於台灣受限於土地因素，加上軍事用地取得不易，因此部份的彈藥庫更與大型社區相鄰，對此更應強化庫房之安全性及平時防災應變的能力。

國軍因戰備而產生之大量彈藥與廢彈，不僅佔用有限的貯存空間，而且均具有極高的危險性，貯存愈久，愈易變質；如何有效管理及利用現有處理能量，妥善的解決問題，減少意外的發生，是目前刻不容緩的工作。



圖 1.1 國軍 8 大彈藥庫位置圖

參考來源：蘋果日報 95.05.11

1.3 研究目標

北部地區現存有約 18 個彈藥貯存場所，加上近期發生在南港彈藥庫爆炸事件，更突顯其安全管理之重要性，若發生災害，除造成本身傷亡外，更威脅著附近居民生命與財產的安全。本研究係探討現行國軍彈藥貯存管理方式，針對歷年彈藥庫發生的意外事件進行分析，利用無線射頻辨識系統¹與工業安全的技術，透過風險管理來估算危害指數，提供管理者採取改善對策，以精進防災與救災效率，並為爾後彈藥貯存安全管理作業之參考。

1.4 研究步驟（圖 1.2）

1. 蒐集：針對國內近五年軍中發生彈藥貯存庫爆炸事件進行剪報、公開之文獻收集，並探討事故原因，加以分析與整理。
2. 訪談：與聯勤司令部彈藥處及軍備局中科院人員進行意見交換，並請教其對於彈藥貯存管理及防爆方式等相關對策之研討。
3. 文獻探討：探討整理下列領域之文獻
 - (1) 歷年來國軍彈藥爆炸事件案例探討
 - (2) 彈藥的危害分析及安全評估方法
 - (3) 彈藥貯存的防爆措施及防護方法
 - (4) 國內廢彈藥貯存管理方法
 - (5) 美軍彈藥貯存管理方法
 - (6) 國內火藥庫設置標準及相關法令探討
 - (7) 無線射頻辨識系統相關技術規範

¹ 無線射頻辨識系統 (RFID)：全名為 Radio Frequency Identification，中文稱為無線射頻辨識系統或無線射頻識別系統，RFID 技術從二次大戰即已開始使用於戰機的敵我辨識，舉凡物流、零售、醫療、運輸、安全、防盜、防偽、追蹤等等都可應用 RFID，也可以直接說 RFID 應用面無所不在前景看好，至少會是接下來 10 年內的明星產業。

4. 針對本研究的範圍加以分析、檢討，並根據以往災害的經驗，導入 RFID 系統管理，採取有效與合理的安全管理技術。
5. 分析比較現行彈藥庫管理作業與 RFID 系統管理作業之優缺點。
6. 進行貯存時的風險分析與建全的應變計畫，將災害的可能性降到最低。
7. 結論與建議：歸納綜合本研究之結論與建議。

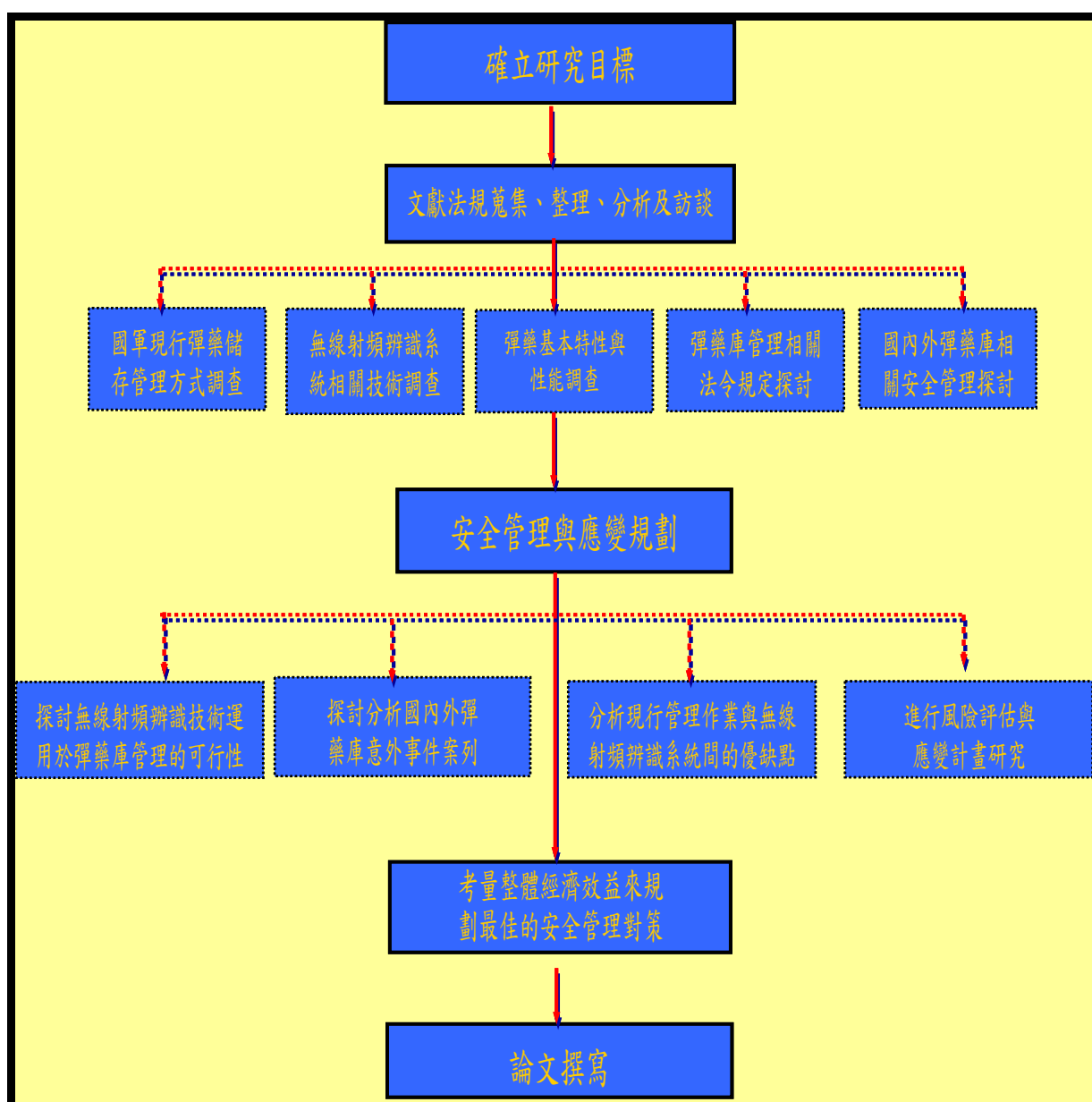


圖 1.2 研究步驟

1.5 論文架構（圖 1.3）

本研究主要藉由近年發生的彈藥貯存爆炸事件，來探討彈藥貯存安全管理與防爆措施，並採取有效防範對策，減少意外的發生，針對此目的，本研究的內容如下：

1. 第一章為緒論：對於研究背景、動機、目標與範圍做一簡單的介紹。
2. 第二章為文獻回顧：係針對火炸藥的基本特性、性能及國軍彈藥作業概況等做介紹。
3. 第三章為案例探討：分析過去彈藥庫爆炸的案例，並與國外彈藥爆炸事件肇因做比較。
4. 第四章為風險評估：探討採用適合的風險評估方法，來分析彈藥庫作業的風險，進行風險管理作業，以強化彈藥庫的安全管理與防護對策之可行性。
5. 第五章為彈藥庫管理應用 RFID 之探討：介紹 RFID 的基本觀念與特性，探討將其導入於彈藥庫儲作業的可行性，並與現行作業方式比較。
6. 第六章彈藥庫意外事件風險評估與應變：歸納第三、四、五章的分析結果，分析現行作業方式與 RFID 系統兩者間的風險程度，並探討最佳的安全作業管理模式。
7. 第七章結論與建議，對上述各章節歸納，並做全面性總結，建議本研究未來可繼續進行的方向。

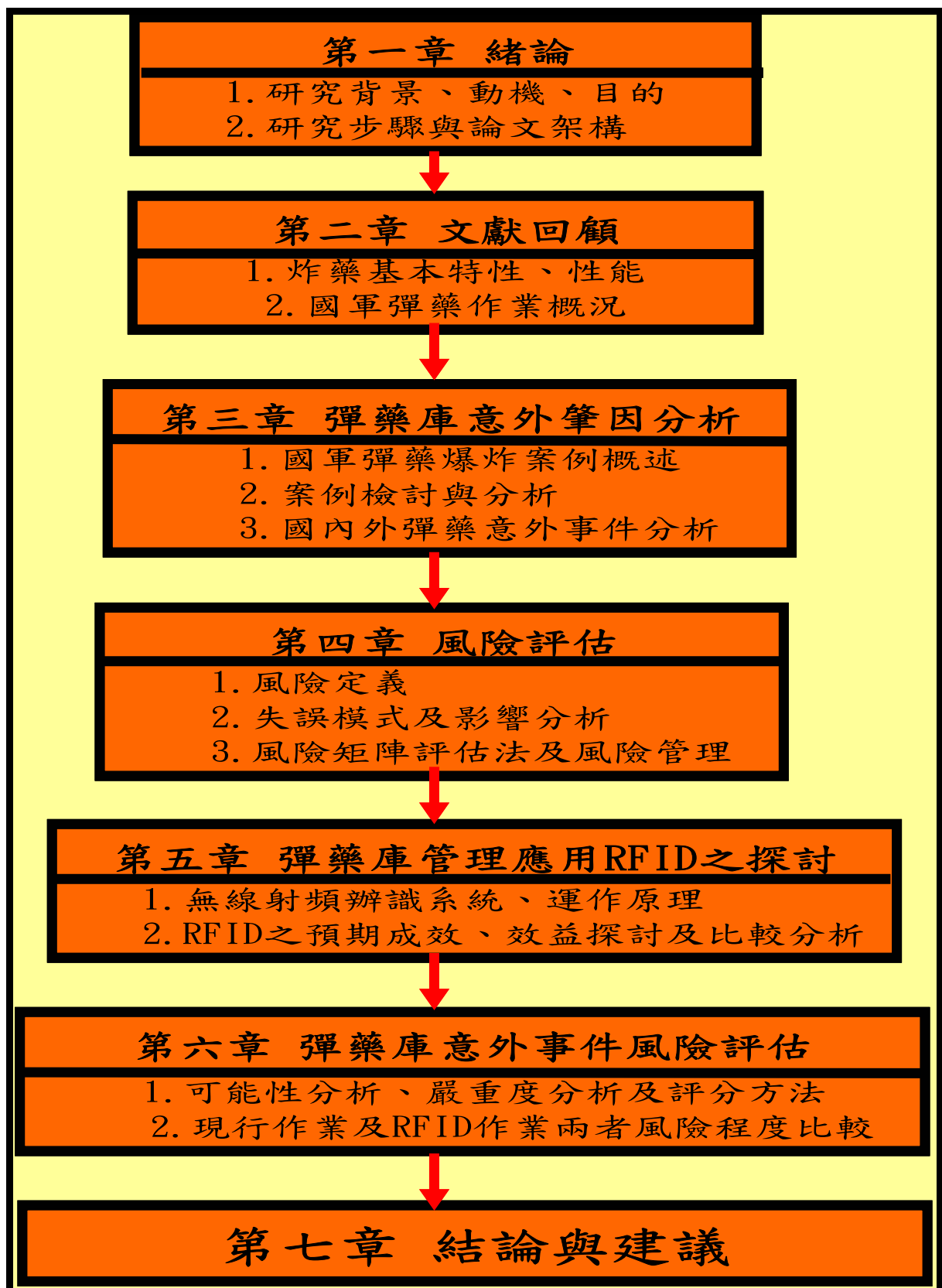


圖 1.3 論文架構

第二章 文獻回顧

彈藥為維持戰鬥力持續之重要因素，直接關係到作戰的成敗。若缺乏彈藥作業相關知識，易造成管理缺失及影響安全。本章將對火炸藥²的基本特性及彈藥作業概況來說明。期能對火炸藥及彈藥作業有初步的瞭解，以提高管理效率及正確的操作觀念。

2.1 炸藥基本特性

現代人普遍將炸藥運用於國防和工業上。除了軍事用途外，也可應用於礦物開採、隧道導坑作業、建築物拆除爆破等作業；均使用了大量的炸藥。由於炸藥與一般物質比較，具有爆炸三要素³的特點。因此在各項管理或操作上，更應注意其相關的基本特性，以確保安全。

2.1.1 物理安定性

炸藥物理安定性主要決定於炸藥的物理性質。影響安定性的主要因素有結塊、吸濕、滲油、耐水、揮發、凍結及老化等性質。分別說明如下：

1. 結塊性：係指粉狀炸藥在貯存時；失去鬆散性之狀態而變成結實的塊狀性能。而結塊會影響使用和降低爆炸能力。

²火炸藥：係包括炸藥（Explosives）、推進劑（Propellants）及煙火藥（Pyrotechnics）等三種。

³ 爆炸三要素：炸藥具有化學反應快、產生大量的熱和生成大量的高壓氣體等特點。

2. 吸濕性：係指炸藥能從周圍大氣中吸收水的能力，某些炸藥吸收水分後，即會失去爆炸能力。
3. 滲油性：係指炸藥在貯存過程中，能從本身成分中析出液體的性能。例如硝化甘油炸藥，容易產生滲油現象，因此在膠質炸藥⁴的表面附著敏感度較高的液體甘油炸藥，容易造成突然爆炸事故。
4. 耐水性：係指炸藥放在水中達一定的時間，仍能保持原有的性能，因此在進行水面下爆破作業時，必須使用防水性能佳的炸藥。
5. 揮發性：係指炸藥在貯存或使用中，逐漸揮發的過程，由於揮發作用而降低炸藥的爆炸性能。
6. 凍結性：係指低溫時；炸藥的凍結（通常指膠質炸藥）容易引起炸藥在保管及使用上的危險。
7. 老化性：係指膠質炸藥所固有的一種性能。會使炸藥的敏感度和爆速降低。

2.1.2 化學安定性

炸藥的化學安定性主要取決於化學性質。安定性高的炸藥，可以貯存很多年而不改變其原有炸藥性質和化學成分（不易氣化和分解）。某些化學安定性較低的炸藥，遇到高溫或貯存過久等外界因素的影響時，就會產生分解。由於化學分解反應時能放出熱量，因此較易導致彈藥庫的自燃爆炸事故。

⁴膠質炸藥：係指含有硝化甘油、硝酸胺、硝芳族化合物及硝化綿等成分。

表 2.1 炸藥的安定性

物理 安定性	結塊性	粉狀炸藥失去鬆散之狀態，變成結實塊狀性。結塊會影響使用和降低爆炸能力。
	吸濕性	炸藥從周圍大氣吸收水的能力，某些炸藥吸收水分即失去爆炸能力。
	滲油性	炸藥貯存過程中，從本身成分滲出液體的狀況。易造成突然爆炸事故。
	耐水性	炸藥放在水中一段時間，仍能保持原有性能，故進行水下爆破作業必須使用防水性能的炸藥。
	揮發性	炸藥在貯存或使用過程中，逐漸揮發而降低了炸藥的性能。
	凍結性	低溫時炸藥的凍結（通常指膠質炸藥），容易造成在保管和使用上的危險。
	老化性	膠質炸藥所固有的一種性能。會使炸藥的敏感度和爆速降低。
化學 安定性	安定性高	不易氣化和分解。可以貯存很多年而不改變其原有炸藥性質和化學成分。
	安定性低	遇到高溫、貯存過久等外界環境的影響時，就會產生分解。因此較易導致彈藥庫的自燃爆炸事故。

2.1.3 炸藥的敏感性

各種炸藥因成分不同，多少具有抵抗外界作用而不發生爆炸，此種能力的強弱，稱為「炸藥敏感性（Sensibility）」。換言之；炸藥於外界能量作用下，發生爆炸的難易程度，即稱炸藥敏感性。而激起炸藥爆炸轉化所需的能量愈小，則其敏感性愈大。因此在炸藥的操作與運用上，應對炸藥的敏感度有充分的瞭解，以達到安全目的。

炸藥必須靠外在力量才能爆炸，故造成爆炸所需最小的能量稱為起爆能。經由外界力量引起爆炸稱為「起爆」或「引爆」，不同種類的炸藥，需

要不同程度的起爆能。一般採用初始衝量或起爆能來激發爆炸作用。初始衝量為利用熱能、輻射能、機械能及另一種炸藥的能量等。

即使在設定狀態下的同種炸藥，起爆所需的能量大小（即敏感度大小）並非固定的量，它可能隨初始衝量形態和其傳遞作用給炸藥的性質不同而顯著變化。例如緩慢壓縮某些敏感度差的炸藥，即使在壓縮過程中作了很多功，當達到相當大的壓力時；也不一定會發生爆炸。但是在迅速撞擊的條件下，只要極小的能量就能引起這種炸藥的起爆。另外；初始衝量的大小和形態，對於爆炸過程和性質也有很大影響。例如某些條件下，熱能作用只能引起炸藥的燃燒，並不會產生爆炸。

炸藥對感受外界作用的能力，是由它的物理和化學性質的綜合表現所決定的。因為這些性質對於炸藥吸收能量的條件，以及它在各種起爆衝量作用下發生化學反應的條件具有重大的影響。

影響炸藥敏感度的因素如下（表 2.2）：

1. 溫度：溫度對炸藥所造成的敏感度影響很大。例如硝化甘油在接近 182℃ 時，細微的振動也會引起爆炸。
2. 密度：除含有鋁特質炸藥外（到最小值後便會回升），一般炸藥的敏感度會隨密度的增大而降低，硝銨炸藥更為明顯。
3. 物理狀態：相同炸藥處於不同的物理狀態，其敏感度就不一樣。例如通常壓縮過的硝化棉就比膠化的硝化棉較為敏感，膠化的硝化棉對火焰及雷管的爆炸不產生反應。
4. 結晶形狀和大小：晶體粒微小，對爆炸的敏感度較大。但是對衝擊的

敏感度則較小。一般而言；一級炸藥對晶體形狀要求很高，不同晶體形狀所造成敏感度差異甚大。而二級炸藥結晶形狀對炸藥的敏感度影響不大。

5. 附加物質：炸藥內摻入附加物質，對起爆敏感度的影響很大。摻入不同物質的性質，對敏感度也會有所不同。基於這一性質，製造者根據實務上的需要，發展出各種不同性質的混合炸藥。

表 2.2 炸藥的敏感性

溫度	溫度對炸藥所造成的敏感度影響是最大的。
密度	除含有鋁特質炸藥外（到最小值後便會回升）；一般炸藥敏感度會隨密度增大而降低。
物理狀態	不同的物理狀態，其敏感度就不一樣。例如壓縮過的硝化棉就比膠化的硝化棉較為敏感。
結晶形狀及大小	微小晶體對爆炸的敏感度較大，但對衝擊的敏感度較小。一級炸藥的晶體形狀所造成敏感度差異極大，而二級炸藥結晶形狀對炸藥的敏感度小。
附加物質	炸藥內摻入附加物質，對起爆敏感度的影響很大。摻入不同性質的物質，對敏感度也會不同。

2.2 炸藥的分類

廣義來說；能夠產生爆炸的物質均可稱為炸藥。因為某些物質在一般情形下不會爆炸，但是在特定的條件下卻是能夠爆炸。例如運用在軍事上的炮彈和火箭發射藥（如黑火藥⁵），一般狀況下是不會爆炸。但將它裝填到炮彈或子彈殼內用大威力的傳爆藥起爆，便可以發生爆炸，其特點是對火

⁵ 最早發明的炸藥是黑火藥，它是由硝酸鉀、硫黃和木炭等三種成分所組成。黑火藥極易點燃，故可廣泛使用於點燃各種炸藥、導火線及軍用的啞藥。三種成份若依不同比例配製，另有不同的用途，如可用於爆竹、釐火等。

焰的敏感度極高，遇火能迅速燃燒或爆燃。

由於炸藥的種類繁多，它們的成分、狀態及爆炸性質等各不相同，為了瞭解炸藥的本質與特性，一般分類的方法有下列幾種（圖 2.1）：

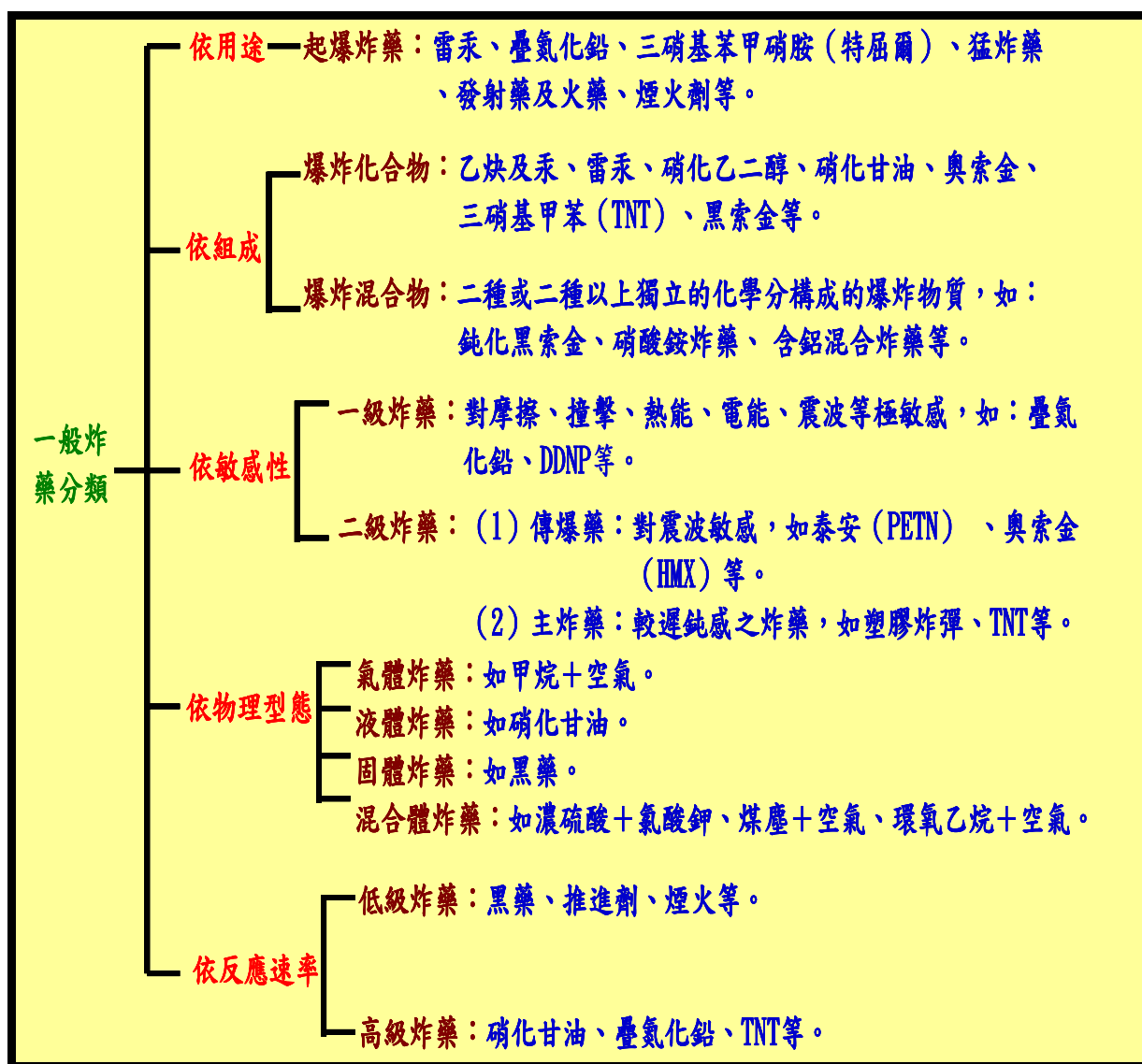


圖 2.1 炸藥分類

2.2.1 用途分類

通常依炸藥的使用特性可分為起爆藥、發射藥或火藥、猛炸藥以及煙火劑等四大類。

2.2.1.1 起爆炸藥⁶

起爆炸藥感度高⁷、爆炸成長時間短的特性。可用來製造各種起爆器材，故可作為初發炸藥（如雷管）。起爆藥能直接在外界作用下引起爆炸，而且又具有很大的化學安全性、壓縮性和鬆散性。

2.2.1.2 發射藥及火藥

主要用於發射子彈、炮彈及發射飛彈的燃料，也可運用於延遲藥和點火藥上。常用的發射藥或火藥，除了黑火藥之外，用得最多的乃是由硝化甘油及硝代纖維為主要成分，並加部分添加劑所膠化而成的無煙火火藥。

2.2.1.3 猛炸藥⁸

又稱次發炸藥，穩定性較起爆藥高，只有在相當強的外界作用下才會發生爆炸（通常用爆炸來引起產生爆轟⁹）。一旦起爆後，便具有極高的爆速和極強烈的破壞威力。因此常被運用在軍事和民間上的槍炮彈藥和爆破器材等。

2.2.1.4 煙火劑

一般由有機可燃物、氧化劑或金屬粉（如鉛粉）及少量黏合劑混合而成。軍事上主要利用其快速燃燒的特性，如照明彈中的照明劑，煙幕彈中的煙霧劑，燃燒彈中的燃燒劑等等。

⁶ 常用的起爆炸藥有雷汞 $\text{Hg}(\text{CNO})_2$ 、疊氮化鉛 $\text{Pb}(\text{N}_3)_2$ 、史蒂酸鉛 $\text{C}_6\text{H}(\text{NO}_2)_3\text{O}_2\text{Pb} \cdot \text{H}_2\text{O}$ 及特屈爾 $\text{C}_7\text{H}_5\text{N}(\text{NO}_2)_4$ 等。

⁷ 本文感度高係指在很弱的外界作用下：如摩擦、碰撞等機械作用下很容易引發爆炸

⁸ 常用的猛炸藥有 TNT、RDX、HNX 以及其他各類混合炸藥等。

⁹ 對於一定的爆炸物在特定的條件下，爆轟是以恆定的速度傳播，且爆轟速度超過該物質中聲速的傳播速度。

2.2.2 組成分類

又可分為爆炸化合物及爆炸混合物兩大類，分別說明如下：

2.2.2.1 爆炸化合物（單體炸藥）

這類炸藥大部份均為含氧的有機化合物，是相對地不穩性的化學系統，它們能引起局部或全分子的燃燒，在外界作用的影響下能夠發生快速的放熱反應，導致分子鍵的完全斷裂，所形成的原子或離子又形成新的熱力學上穩定的產物。

另外還有含氮的硫化物和鹵化物（如 N_4S_4 ）等。它們容易在極小的機械作用下引發爆炸，一般不太使用此類爆炸物。但是也有不少含氧的吸熱爆炸化合物，它們可在爆炸條件下分解其組成元素，例如疊氮化鉛¹⁰；它在爆炸時會游離或分解氮及鉛，放出的能量等於疊氮化合時所生成的熱。

2.2.2.2 爆炸混合物

通常由二種（或以上）的獨立化學成分所組成的爆炸物質，這種炸藥的成分在化學上無任何關係，只要用簡單的物理方法就能將其分開。通常混合炸藥中，有含氧及含氧量不足或根本不含氧的三種情形存在，以產生完全氧化而燃燒。但是為了特殊目的要加入某些附加物，以提昇炸藥的爆炸性能、安全性能、物理力學性能以及抗高低溫性能等。一般混合炸藥大致上可分為氣體混合物、液體混合物和固體混合物三類。

¹⁰ 疊氮化鉛為爆發非常迅速，能隨即發生強烈爆炸破壞作用之製成品。

氣體爆炸及液體爆炸混合物；其能量密度小，不易儲存、運輸，在過去爆炸技術上較少運用。目前應用最廣泛的爆炸混合物是固體混合炸藥，它可以分為：

1. 普通混合炸藥：軍事上常用的純化黑索金¹¹（AIX-1）、鈍化 TNT/RDX 50/50 等各類B炸藥及工程技術上常用的硝酸銨炸藥都屬於此類。
2. 含鋁混合炸藥：加入鋁粉的目的在於增加爆炸反應的熱效應，以提高炸藥的爆炸威力。
3. 有機高分子黏結炸藥：此類炸藥主要以黑索金(RDX)、奧索金(HMX)或泰安(PETN)¹²為主體炸藥，用黏結性較好的少量附加劑進行黏接，以便改善炸藥的力學性能及安全使用等性能。
4. 特種混合炸藥：主要依軍事上特殊的要求而研究，如各種塑膠炸藥、彈性炸藥等。

2.2.3 敏感性分類（有關安全）

1. 一級炸藥（Primary Explosives）：對於熱能、電能、撞擊、震波、摩擦等均極敏感，如 DDNP、疊氮化鉛等。
2. 二級炸藥（Secondary Explosives）：又可分為：

¹¹黑索金（Hexogen），化學名環三亞甲基二硝胺（Cyclotrimethylene trinitramine），縮寫 RDX。係由 95% 的黑索金和 5% 的石蠟組成。

¹²黑索金、奧索金及泰安是一種比 TNT 更猛烈的炸藥，在加工過程中危險性極大

(1) 傳爆藥 (Booster Explosives)：對震波較為敏感，如 PETN、HMX 等。

(2) 主炸藥 (Main Charge)：屬於較不敏 (鈍) 感之炸藥，如塑膠炸藥、TNT 等。

2.2.4 物理型態分類

1. 固體炸藥：如黑藥

2. 液體炸藥：如硝化甘油

3. 氣體炸藥：如甲烷 + 空氣

4. 混合體炸藥：如環氧乙烷 + 空氣、煤塵 + 空氣、濃硫酸 + 氯酸鉀

2.2.5 反應速率分類 (有關威力)

1. 低級炸藥 (Low Explosives)：Detonation Rate $< 1,000\text{m/sec}$ ，如黑藥、推進劑、煙火藥等。

2. 高級炸藥 (High Explosives)：Detonation Rate $1,000 \sim 10,000\text{m/sec}$ ，如 TNT ($6,800\text{m/sec}$) 及硝化甘油 ($7,700\text{m/sec}$) 等。

2.3 炸藥爆炸性能

炸藥爆炸性能可以由炸藥的爆炸熱、爆溫、爆炸氣體、爆壓、殉爆距離及爆炸速度等方面來衡量。

1. 爆炸熱和爆溫：爆熱是爆炸時所釋放出的主要能量。爆炸時所產生的熱量就叫做爆熱¹³，為了方便進行各種炸藥比較，通常以 1 仟克炸藥的爆熱來表示 (kcal/kg)。爆炸後所形成的爆炸產物最高溫度即稱為爆溫，通常爆炸產物的溫度可達到 1,500~4,500℃。
2. 爆炸氣體和爆壓：爆炸物產生的氣體體積，稱為爆炸氣體量。一般爆炸氣體量可達 600~1,000 l/kg。而爆炸氣體產生的壓力，叫做爆壓，一般可達 10,000 ~ 100,000kg/cm² (表 2.3)。
3. 殉爆距離：表示在水平地面上由一個裝藥爆炸後，引起附近另一個裝藥的爆炸能力。此時兩個裝藥之間的最大距離即為殉爆距離。
4. 爆炸速度：炸藥爆炸後，由爆轟波¹⁴在炸藥內部傳播的速度，亦即炸藥的分解反應速度。

¹³ 爆熱係指 1 克分子量炸藥爆炸時所放出的熱量。

¹⁴ 爆轟波係指在炸藥中傳播的特殊形式的沖擊波，其速度和壓力是不變的。

表 2.3 通用猛炸藥的爆炸參數

炸藥名稱	密度 (g/cm^3)		爆速 (m/s)	爆壓 (kg/cm^2)	爆熱 (kcal/kg)	爆炸產物速度 (m/s)
	$\rho 1$	$\rho 2$				
特屈爾	1.59	2.12	6,900	193,000	1,690	1,725
黑索金	1.62	2.16	8,100	296,000	1,390	2,025
泰 安	1.60	2.13	7,900	255,000	1,400	1,975
梯恩梯	1.60	2.13	7,000	200,000	1,010	1,750

資料來源：曾傳銘著－工業火災爆炸防範實務

2.4 炸藥爆炸時的特徵

從力學角度上來說，炸藥是一種相對不穩定系統。它在外界影響下產生極速的放熱反應，同時生成強烈壓縮狀態的高溫、高壓氣體，並對周圍介質生成極強的爆炸衝擊波，而造成周圍建築物破壞、強烈的震動或使人員傷亡。

由上述爆炸現象可以知道，火花的出現是爆炸過程中的放熱，形成高溫而發光，爆炸在幾微秒之內完成，這說明爆炸過程是極為高速的。使用一個細小雷管即可將無限大包的炸藥引爆。例如將導爆索¹⁵以直線鋪設到7公里左右長度，只要在導爆索的一端用雷管引爆，一秒鐘內即可將7公里左右的導爆索炸完。這說明導爆索的爆速是每秒7,000公尺左右。同時也說明雷管引起炸藥爆炸後，炸藥中所產生的爆炸反應過程是能夠自動傳播。爆炸後所出現的煙霧；說明在爆炸過程有大量爆炸氣體或爆炸物產生。因氣體高壓極速向外膨脹而形成的沖擊波，亦會造成建築物受到震動或損壞。綜合上面所述，炸藥爆炸過程主要有三個要件，三者相互關聯，缺一不可。

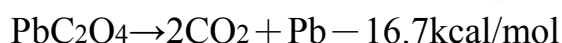
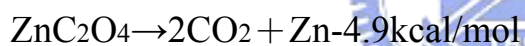
¹⁵ 導爆索係指一種像繩索一樣的爆炸物，其主要成分是黑索金。

表 2.4 爆炸過程三要件

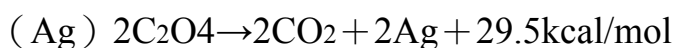
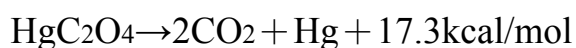
條 件	現 象	說 明
1	放熱性	反應過程中釋放出熱量，有放熱反應即構成爆炸過程的第一個要素。
2	高速度	放熱性高反應速度慢，不會構成爆炸，需配合快速的反應。此為爆炸過程的第二要素。
3	爆炸氣體	爆炸時產生的高溫、高壓氣體向外膨脹。過程中，由位能轉變為機械能或大量氣體的物理因現象。此為爆炸過程的第三要素。

2.4.1 放熱性

熱釋放是爆炸的第一必要條件。缺少這個條件，爆炸過程不可能產生。如果反應不伴隨有熱的釋放，那麼反應不可能進行，也不會出現爆炸的自動傳播。例如：



因為它的分解是吸熱反應，故不會發生爆炸，若



因為它的分解是產生放熱反應，故能產生爆炸。

由上述可知，即使是同一種化學物質，其反應是否具有爆炸性，決定於反應過程中是否能放出熱量，只有放熱反應，才具有爆炸性。要求以外

界能源維持其分解的物質，不可能具有爆炸的性質，而炸藥內部正好有使其本身分解的能量，再加上適當的條件因素後，即可引起爆炸。因此，反應熱是爆炸中一個最重要的特性。爆炸反應過程所放出的熱稱為爆炸熱，一般在工程技術中廣泛應用的常用炸藥爆炸熱約在 $900\sim 1,800\text{kcal/mol}$ 之間。

2.4.2 高速度

爆炸反應與一般化學反應的最大不同點是爆炸過程具有極快的速度。炸藥向最終的爆炸產物的轉變是在數十萬分之一到數百萬分之一秒內發生的，快速的能量釋放正是炸藥較一般燃料的優越之處。但是從相等重量的總能量貯藏來說，即使是能量最豐富的炸藥也比不過一般的燃料系統。

反應過程中的放熱性是爆炸的第一個必要條件。為什麼貯藏能量大的燃料只會燃燒，而不會爆炸，相反的貯藏能量少的炸藥卻能爆炸呢？其實因為一般化學反應雖然也是放熱性，但是許多普通反應放出的熱量比炸藥爆炸時放出的熱量大出許多，但是並未形成爆炸現象，其原因在於它們反應過程進行很慢，沒有反應速度。可是在炸藥爆炸時，不但有極高的反應速度，而且能達到高到無法比較的體積濃度和能量密度。例如煤的燃燒反應的放熱量為 $2,130\text{kcal/kg}$ ，苯燃燒的放熱量為 $2,330\text{kcal/kg}$ ，而硝化甘油的爆炸熱為 $1,485\text{kcal/kg}$ ，TNT 的爆炸熱只有 $1,010\text{kcal/kg}$ （表 2.5）。煤、苯和硝化甘油、TNT 的放熱量相差很大，後者 TNT 的放熱量還遠不如前者的煤和苯，可是前者反應所需的時間為數分鐘到數十分鐘，而後者反應的時間只需 $10^{-5}\sim 10^{-6}$ 秒，兩者反應時間相差數千萬倍，所以一般來說煤和苯等不易引起爆炸（特定條件下仍會引起爆炸）。因此，反應速度是爆炸現象的第二個必要條件。

表 2.5 某些炸藥和燃料混合物的爆炸熱和熱值

炸藥或燃料	炸藥或燃料混合物的爆炸熱 (kcal/kg)	炸藥或燃料	炸藥或燃料混合物的爆炸熱 (kcal/kg)
低氮硝化纖維(13.3%N)	1,040	特屈爾	1,095
硝化甘油	1,485	TNT	1,010
苦味酸	1,030	苯和氧的混合物	2,330
泰恩	1,403	碳和氫的混合物	2,130
黑索金	1,390	氫和氧的混合物	3,230

資料來源：曾傳銘著—工業火災爆炸防範實務

一般物質燃燒進行的很慢，這讓反應產物在過程中發生某種程度的膨脹，並放出能量通過熱傳導和熱輻射而嚴重地分散。由於這個因素，在燃燒產物中只能達到相當低的體積濃度或能量密度。

表 2.6 可得知炸藥爆炸所達到的能量密度要比一般燃料燃燒所達到的能量密度高數百倍至數千倍。正是這個原因，炸藥爆炸才具有巨大的能量功率和強烈的破壞作用。

表 2.6 某些炸藥和燃料混合物的能量體積密度

炸藥或燃料混合物	每升炸藥或燃料混合物的 能量體積密度 (kcal/l)
低氮硝化纖維素	1,350
硝化甘油	2,380
TNT	1,626
碳與氧的混合物	4.1
苯蒸氣與氧的混合物	4.4
氫與氧的混合物	1.7

資料來源：曾傳銘著—工業火災爆炸防範實務

爆炸的速度，一般是指爆轟波在炸藥中傳播的直線速度，如前面章節所說的，一根 7,000 公尺左右的導爆索，在其一端引爆後，在一秒鐘內即可傳播到另一端，即它的傳播速度為每秒 7,000 公尺左右，這個速度稱為

炸藥的爆速。一般常用炸藥的爆速大約在每秒數千公尺到一萬公尺左右。

2.4.3 爆炸氣體

炸藥在爆炸過程中常伴隨大量的氣態產物，當爆炸物在爆炸時產生的氣體體積，如表 2.7 所示；一公升炸藥爆炸時可以產生 995~1,180 公升的氣體產物，而且爆炸反應過程是在幾個到幾十個微秒之間完成，這意味著在爆炸瞬間，這樣大的體積被強烈的壓縮在原有體積之內，因而造成了數十萬個大氣壓的高壓，所以在爆炸時產生的高溫、高壓氣體要向外膨脹。這樣在膨脹過程中迅速實現炸藥內在由位能轉變為機械能或運動氣體動能的物理因素。

表 2.7 某些炸藥爆炸後產生爆炸氣體的體積

炸藥名稱	氣態產物的體積 (L)	
	每仟克炸藥	每升炸藥
低氮硝化纖維素 (硝化棉) 13.3%N	765	995
苦味酸	715	1,145
梯恩梯 (TNT)	740	1,180
黑索金 (RDX)	908	
特屈爾	760	
泰安 (PETN)	790	
硝化甘油 (NG)	690	1,105
奧索金 (HMX)	908	

資料來源：曾傳銘著—工業火災爆炸防範實務

從本節的討論清楚瞭解；具備上述三種要件的反應過程，才具有爆炸的性質。爆炸現象是一種以高速進行的能量，並能自動傳播化學反應過程，在過程中放出大量的熱能，並以極高的速度進行反應，最後產生大量的氣體。

2.5 爆炸的破壞類型

爆炸是一種劇烈的化學、物理變化，常會伴隨著發熱、光、壓力上升而造成缺氧和電離子等現象，具有很大的破壞作用。其主要破壞形式如下：


1. 震動作用：在爆炸破壞作用所能遍及的範圍內，爆炸力會產生使物體震動、搖晃的力量。
2. 衝擊作用：最初為正壓力，隨後又出現負壓力。爆炸物的數量與衝擊波成正比，壓力與距離則成反比。
3. 碎片作用：爆炸後會產生許多碎片飛散，所飛出的碎片可在相當大的範圍內造成傷害。一般碎片的飛散距離大約在 100~500 公尺內，但也要視碎片的重量大小而決定。
4. 火災作用：爆炸氣體擴散通常在爆炸瞬間完成，對一般可燃物而言還不至於造成火災，但爆炸熱能或殘餘的火源會點燃已損壞設備逸散出的可燃氣體或易燃液體蒸氣而造成火災，影響人員逃生與救援。
5. 毒氣作用：由於爆炸物在爆炸後，會產生大量的有毒物質，如一氧化碳、二氧化氮、甲醛等，對人體健康造成危害，亦會阻礙逃生及救援。

表 2.8 爆炸破壞類型

類 型	說 明
震動作用	使物體產生震動、搖晃或鬆散的力量
衝擊作用	正壓力結束後即出現負壓力。爆炸物數量與衝擊波成正比，壓力與距離成反比
碎片作用	爆炸讓結構、設備、裝置等產生許多碎片飛散，依碎片的重量大小，一般飛散的距離約在 100~500 公尺內。
火災作用	爆炸氣體擴散通常在爆炸瞬間完成，一般可燃物不至於造成火災，但爆炸熱能或殘餘的火源易點燃逸散出的可燃氣體或易燃液體蒸氣而造成火災
毒氣作用	由於爆炸物在爆炸後，會產生大量的有毒物質，如一氧化碳、二氧化氮、甲醛等

2.6 國軍彈藥作業管理模式

2.6.1 彈藥庫分類

- 
1. 彈藥基地儲備庫：通常每分庫每日可處理彈藥五百噸，包括清點、接收、分類、撥發、檢整等作業，並負責對各作戰區及外島彈藥基地支援，並視需要兼負地區彈藥直接支援。
 2. 野戰彈藥補給庫：負責所屬彈藥部隊之指揮、行政技術作業上之督導、補充彈藥補給點存量及對部隊直接支援。
 3. 野戰彈藥補給分庫：每日通常可處理彈藥五百噸，包括接收、分類、撥發、推儲及檢整等，編配於野戰彈藥補給庫或配屬適當之部隊。
 4. 未爆彈處理組：配屬或編配於彈藥野戰補給庫，負責責任區內未爆（廢）彈處理作業。

2.6.2 作業限制：

1. 人員限制：在不違背安全及效率情況下，應使用最少的人力、時間暴露於最少量之彈藥作業。在彈藥作業中（處理或測試），至少應設置一人位於安全區，以備發生意外時，可以發出警報，並協助實施救護。對於彈藥作業，應禁止在危險區附近實施。並禁止無關人員進入作業區中。彈藥工作地區、廠房最大作業量、容許人數等，均應於明顯處公告作業人員週知。
2. 混儲限制：彈藥需依據火炸藥量、敏感度、變質率、物理與化學特性予以分類。
3. 量距限制（表 2.9）：主要在減低彈藥因火災、爆炸所引起之危害與危險，以避免波及週邊彈藥庫或建築物，使損害降到最小限度。
4. 天候地形限制：野戰彈藥分庫開設作戰區彈藥庫或彈藥補給點，易受天候、地形障礙之影響，例如雨季對彈藥野戰儲存及搬運作業的影響更大。
5. 運輸能力限制：一般彈藥庫其運輸能力不足，對於接收及運送補給彈藥所需運輸工具，需依賴相關單位支援，除了安全上有顧慮的彈藥外。對於完成相關安全措施之彈藥，平時可採委外運輸，提高調儲作業效率。
6. 交通能力限制：彈藥庫應位於交通便捷地區，具備良好的補給線，以有效執行彈藥補給支援勤務，並能適時、適地、適質、適量獲得與供應彈藥，俾發揮戰力。

表 2.9 住宅及交通道路量距表

火炸藥淨重（磅）		距離（呎）	
超過	不超過	住宅	交通道路
0	1	40	25
1	2	50	30
2	5	70	40
5	10	90	55
10	20	110	65
20	30	125	75
30	40	140	80
40	50	150	90
50	100	190	115
100	200	235	140
200	300	270	160
300	400	295	175
400	500	320	190
500	600	340	205
↓	↓	↓	↓
14000000	15000000	12330	7400

資料來源：彈藥勤務教範

2.6.3 搬運方式

1. 人工搬運：一般在庫房中，不論設備如何完善，有時仍需以人力實施搬運，而人工搬運較不受天候、地形之限制。搬運時除應注意彈藥安全外，作業人員亦須注意本身的安全。常見的人工搬運有下列幾種方式：

- （1）雙手托抱法。
- （2）手提法。
- （3）臂挾法。
- （4）肩負法。
- （5）背負法。
- （6）抬運法。

(7) 傳遞法。

2. 機械搬運：依動力可分為汽柴油、電力和汽油電力式等三種。使用機械工具搬運可以達到快速、持久及經濟的效果。但是作業時應注意機械所產生的火花與漏電導致的爆炸意外。

2.6.4 作業管理

1. 無論何時處理火炸藥，在不影響作業前題下，必須建設局部限制標準，作業人員與軍品數量應保持最少量。
2. 彈藥作業人員應遵守火藥貯存及管理作業規定，以標準作業程序為基準，並遵守各項安全要求，包括人員及火炸藥限量、安全工具使用、作業順序、步驟等。
3. 彈藥搬運時應特別謹慎，不可滾轉、拖曳、丟擲、重放、堆移或相互碰撞等，更不可以使用掛鉤。
4. 使用之電氣設備應設置防爆、防火花型，並將線路以安全管路覆蓋。開啟或修理含彈藥之木箱時，均需使用不會產生火花之工具。庫房及修彈廠房均須裝置避電（雷）系統，以避免意外發生。
5. 搬運時若發現彈藥有洩漏現象，應立即停止作業，並將彈藥清除乾淨後，確認安全無虞後，才能繼續作業。
6. 存放彈藥或易燃物品之庫房，應禁止吸煙或使用明火。
7. 彈藥爆炸後易產生殉爆，故每棟彈藥庫房或修彈廠房，可視環境狀況，考量使用抗火材料或抗火結構。妥善的規劃安全距離、設置擋牆、隔火牆及消防設備等防護設施。

2.7 小結

彈藥作業規範中明確的指出了作業要旨，即「彈藥勤務為有效運用一切人力、機工具及設施，執行有關兵工彈藥補給、保修及其它相關技術勤務活動。其目的在求適時、適地、適質、適量支援各級部隊，達成作戰任務」。因此可以瞭解到彈藥作業對於作戰任務遂行的重要性。彈藥作業除了必須防範外來的能量破壞外，對於內部的管理；包含貯存、檢查、清點、運輸、保修、廢彈等處理作業時，人員更應該具備相關的基本知識，以提升作業效率及操作的安全的。



第三章 彈藥庫意外肇因分析

3.1 國軍彈藥爆炸案例概述

根據軍方統計；目前全台大大小小約有三百多個彈藥庫，其中以台北的南港分庫、土城分庫、桃園直坑尾分庫、新竹關西分庫、台中蕃社分庫、嘉義番路分庫、台南東山分庫及高雄縣旗山分庫等號稱全台八大彈藥庫。短短的二年時間內，國軍已發生多起彈藥庫爆炸事件，除了造成人員傷亡與家庭的悲劇外，更讓居住於彈藥庫週邊的民眾人心惶惶。本章針對過去曾發生的爆炸事件舉例介紹，並分析國內外歷年的爆炸意外，探討事件的肇因。



3.1.1 聯勤旗山整修所彈藥爆炸事件（案例一）

民國 93 年 11 月 6 日下午二時四十五分左右，位於高雄縣內門鄉永興村的聯勤彈藥庫旗山整修所內部突然傳出一聲巨響，雖然沒有引起火災及其它的連鎖反應，不過在整修所內作業的少尉排長洪端隆、中士黃健哲及一兵楊武璋受到爆炸波及，黃健哲及楊武璋當場被炸裂身亡，洪端隆雖然站在後方也身受重傷，經軍方緊急送往醫院救治後，仍因重傷不治。

旗山整修所發生的這一起彈藥爆炸意外，疑因可能砲彈存放時間過久，致使引信、火藥卡在彈內無法脫藥¹⁶，必須剔退彈藥，該三名官兵可能在處理廢棄彈藥搬運作業時，不慎撞擊而引發砲彈爆炸，故造成兩人當場死亡，一人送醫不治的悲劇發生。

¹⁶ 脫藥：廢彈多以此方式處理，即利用蒸氣、熱水將彈體內性質穩定的爆炸藥從固體轉為液態，流出與彈體分離。脫藥的前提是彈體內絕不能有不穩定、極易引爆的引信或雷管，因為稍經碰或高溫即會爆

3.1.2 南港彈藥庫爆炸事件（案例二）

民國 95 年 5 月 10 日下午一時十分左右，位於台北市、縣交界的聯勤司令部南港彈藥庫發生大爆炸，彈藥庫突然發出連珠炮般巨響，頓時天搖地動，由於爆炸威力強大，彈藥庫後方屋頂遭爆開，火焰直接衝向行政區二樓宿舍內，震碎玻璃，造成在屋內的二兵姜宗豪、方文斌當場炸死。當時二樓還有數名士官兵，雖然奮力逃生，但仍然分別受到輕、重傷。

位於汐止橫科路的南港彈藥庫內共有三十多座存放彈藥的庫房，爆炸的 B29 號庫房為半地下化結構，外有鋼筋水泥與覆土掩體，內存有一百多噸（約三萬七千七百多顆）的 155 榴彈發射藥¹⁷，這些都是屬第八級廢品¹⁸的彈藥。

聯勤司令季麟連表示，意外發生乃是存放發射藥的庫房，非砲彈操作的作業線。這些庫房都設於洞穴裡，溫度很低。發射藥自燃引發氣爆，可能是氣溫過高或發射藥成分變質所導致。



3.2 檢討與分析

3.2.1 案例一（圖 3.1）

1. 直接原因：搬運不慎導致 105 公厘戰防彈爆炸。

2. 間接原因：（1）不安全環境：未將拆解場所採取適當的防護措施。

（2）不安全行為：作業人員未依規定實施拆解作業及穿著適當的防護衣。

炸，再引爆彈體原有炸藥，後果不堪想像。

¹⁷ 發射藥是推送砲彈飛行的動力來源，火砲射擊時，先將砲彈置入砲膛內，再置入發射藥包，底火擊發後引燃發射藥，在砲膛內形成巨大壓力，迅速將砲彈往外推送。
發射藥比彈頭更危險，也更容易點燃，很容易因為儲存空間或通風不良，氣溫急驟升高而產生自燃爆炸現象。

¹⁸ 軍方將彈藥分為 1 至 8 級，第 1 級指剛生產的新彈藥，第 2 級是一到三年的彈藥，這兩級都可稱為「新品」；三到十年的彈藥依序為第 3 級至第 6 級，稱為「堪品」，經專業單位鑑定整理後仍可使用；十年以上的第 7 級與第 8 級稱為「廢品」，而第 8 級廢品須直接報廢銷毀。

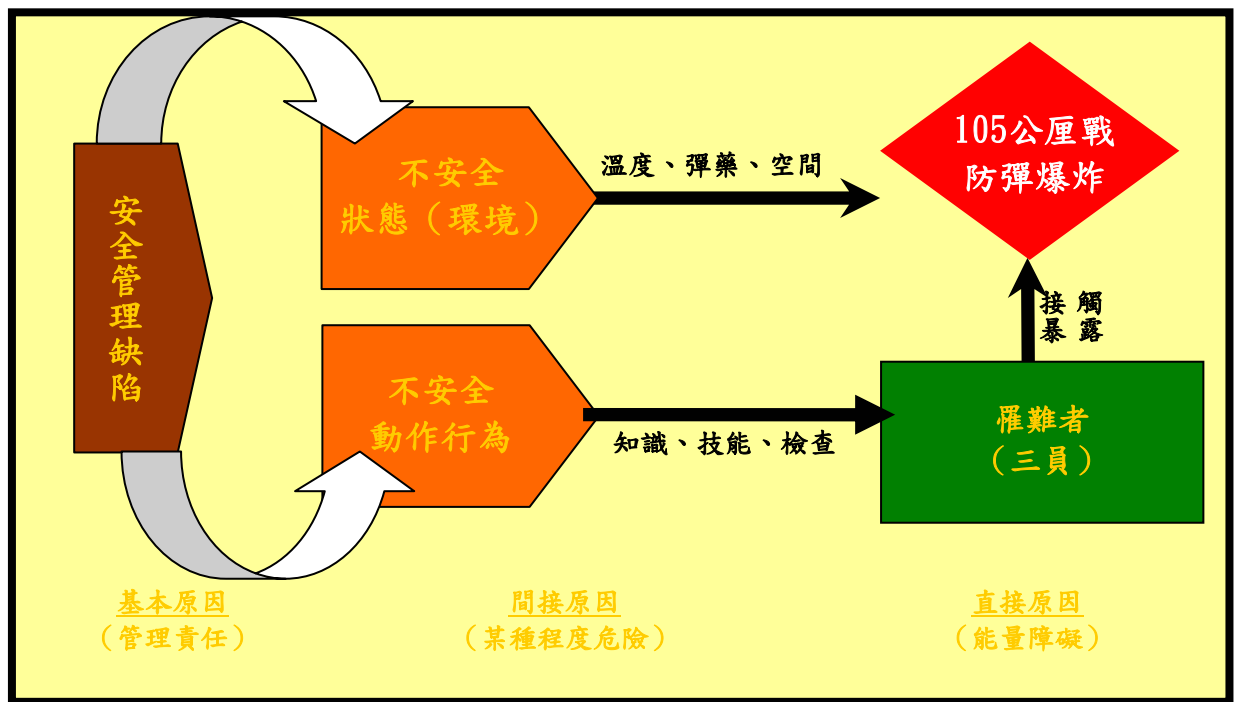


圖 3.1 災害分析圖

3. 基本原因 (圖 3.2): (1) 安全意識不足。

(2) 未實施安全教導及教育訓練。

(3) 未依作業標準實施作業。

(4) 未於現場設置監視 (督) 作業。

(5) 未適當配置工作人員。

(6) 未遵守作業步驟。

(7) 設備未加防護。

(8) 未實施自動檢查。

(9) 未於適當的工作空間處理拆解作業。

4. 預防及改善對策 (表 3.1)

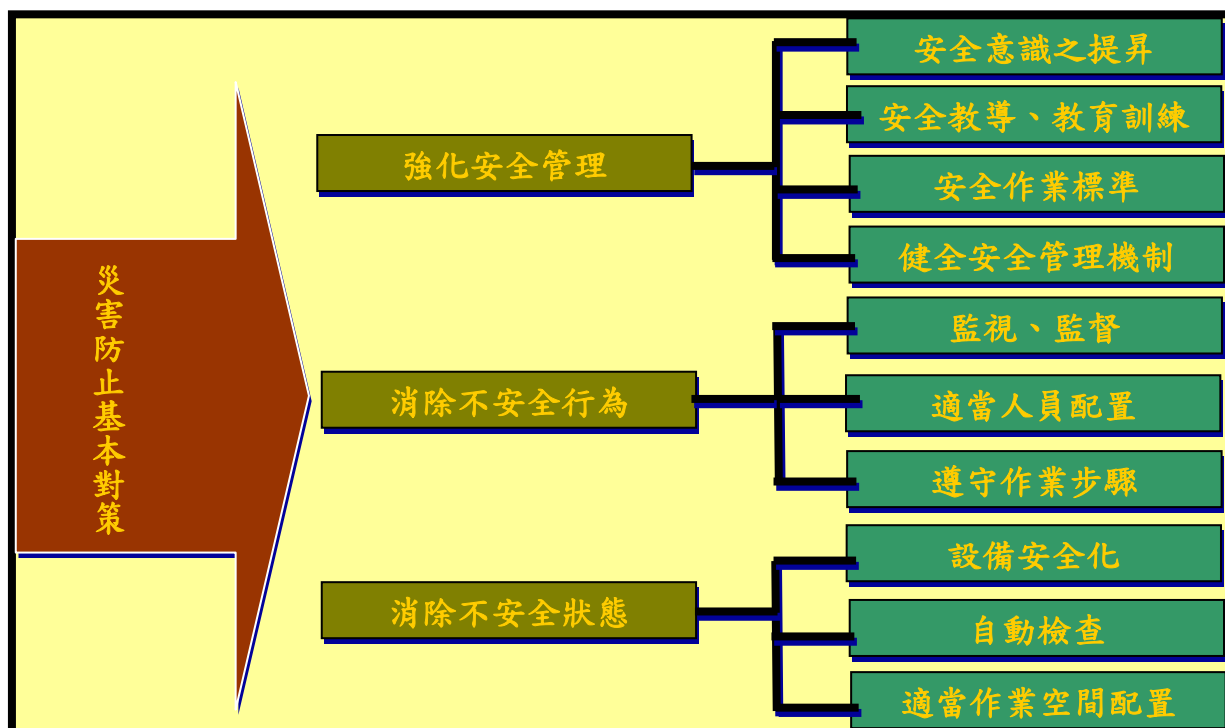


圖 3.2 災害防止基本對策圖

表 3.1 案例一預防及改善對策

項次	事故狀況	預防及改善對策
管理面	1. 未訂定標準作業程序。 2. 未對作業人員實施適當教育訓練。 3. 缺乏作業安全意識。 4. 單位管理鬆散，未落實督導管理。	1. 訂定彈藥處理標準作業程序。 2. 對於新進或在職人員應實施教育訓練。 3. 工作場所明顯處設置安全標語、作業守則，提升個人的安全意識。 4. 定期或不定期的實施安全觀察及工作分析，發現錯誤立即改正。
行為面	1. 作業現場未設置適當的監視人員，作業人員處理步驟錯誤。 2. 作業人員搬運方式錯誤，例如拋、丟接等。 3. 未穿著適當的防護具。	1. 彈藥作業時，現場應有經驗技術人員在旁指導。 2. 依作業規範實施正確的搬運，嚴禁拋、丟接或嘻鬧。

		3. 穿著適當的防護具，使用前並檢查其防護具是否有缺陷。
狀況（環境） 面	1. 現場未置備適當的防護具。 2. 實施作業前未對機械、設備、工具及環境溫度進行檢查。 3. 作業空間未妥善規劃，導置搬運時碰撞彈藥。	1. 作業現場置備防護具。 2. 處理作業前對各項機械、設備、工具進行檢查，並隨時偵測作業場所溫度，必要時實施通風等降溫措施。 3. 空間應依作業流程，妥善佈置機械或設備，並保持適當的作業及走道寬度。

3.2.2 案例二（圖 3.3）

1. 直接原因：第八級品射藥自燃氣爆。

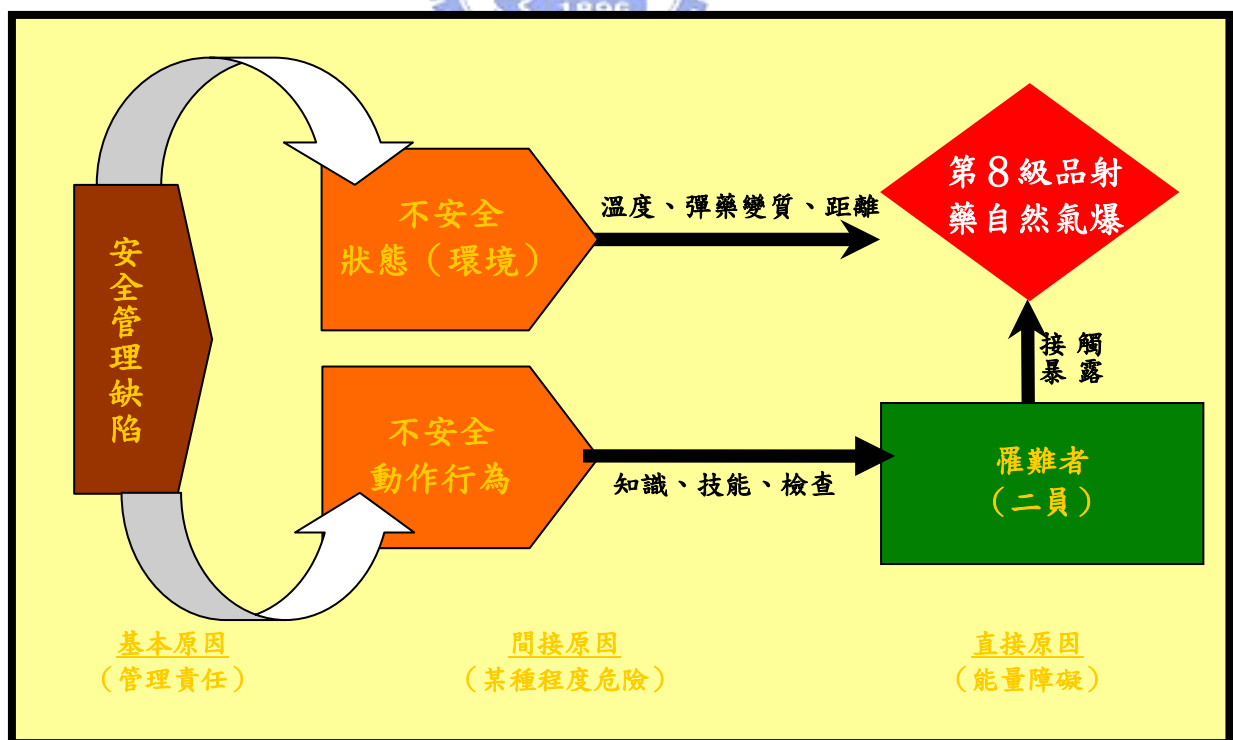


圖 3.3 災害分析圖

2. 間接原因：(1) 不安全環境：庫房溫度過高與發射藥變質。

(2) 不安全行為：未實施自動檢查及採取通風降溫動作。

3. 基本原因（圖 3.4）：(1) 安全意識不足。

(2) 未實施安全教導及教育訓練。

(3) 未依作業標準實施作業。

(4) 未實施作業環境測定。

(5) 未有適當安全距離。

(6) 未遵守作業步驟。

(7) 未設自動監視系統及警報裝置。

(8) 未實施自動檢查。

(9) 未實施通風換氣及降溫措施。

4. 預防及改善對策（表 3.2）

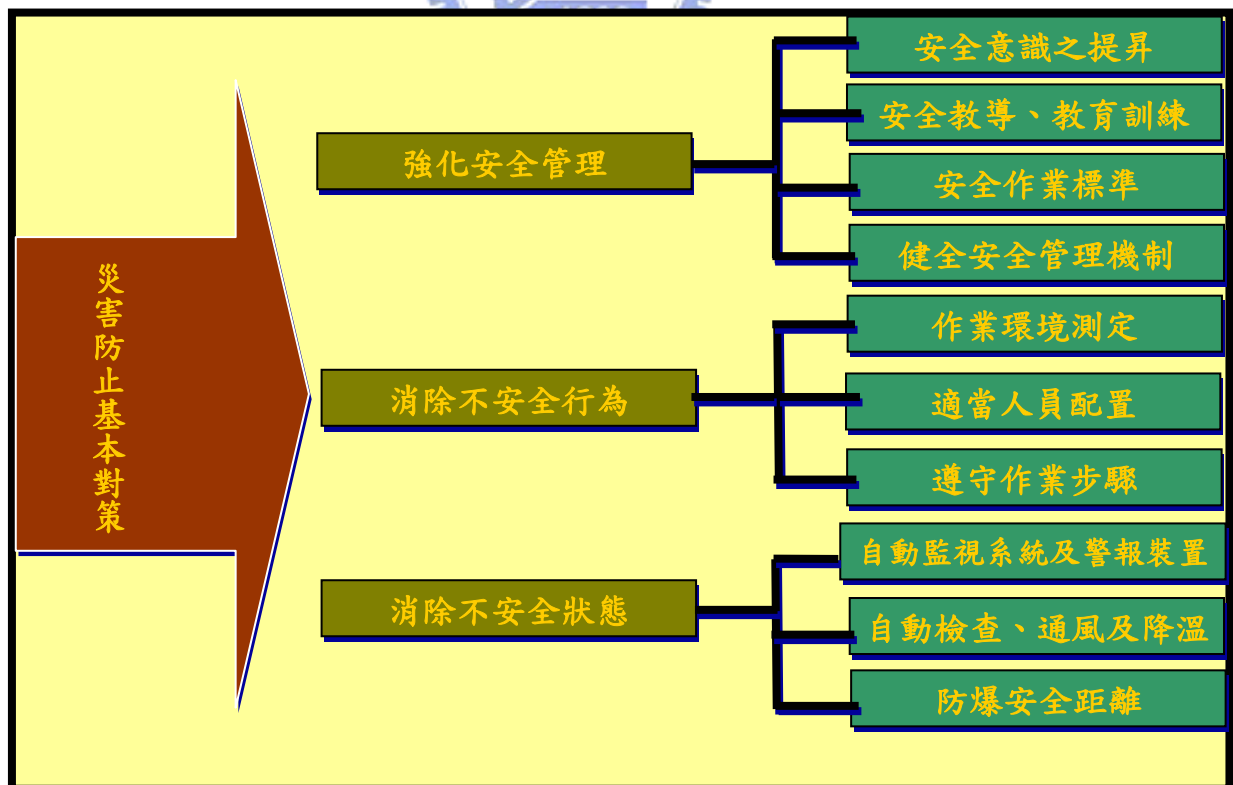


圖 3.4 災害防止基本對策圖

表 3.2 案例二預防及改善對策

項次	事故狀況	預防及改善對策
管理面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未訂定標準作業程序。 2. 未對作業人員實施適當教育訓練。 3. 缺乏作業安全意識。 4. 單位管理鬆散，未建立安全管理機制。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 訂定彈藥處理標準作業程序。 2. 對於新進或在職人員應實施教育訓練。 3. 工作場所明顯處設置安全標語、作業守則，提升個人的安全意識。 4. 落實各項安全規範，定期或不定期的實施安全觀察及工作分析，發現錯誤立即改正。
行為面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未掌握庫房溫度狀況。 2. 彈補士未能及時反映庫房狀況。 3. 未實施彈藥庫房內溫度測定。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 每日應記錄彈藥庫溫度狀況。 2. 彈補士應隨時注意庫房溫度狀況。 3. 每日定時測定庫房溫度，當超過標準溫度時，應立即實施灑水及通風等降溫措施。
狀況（環境）面	<ol style="list-style-type: none"> 1. 未對環境溫度進行監控。 2. 作業空間未實施通風換氣，導致溫度過高。 3. 彈藥庫（作業區）與行政區未保持適當安全距離。 	<ol style="list-style-type: none"> 1. 除了人力每日定時檢查溫度外，現場可以設置自動監控系統，隨時掌握庫溫。 2. 空間應並保持通風良好，並設置降溫設施。 3. 應依量距表規定保持適當距離，或採取其它防護措施。

3.2.3 國內與國外彈藥意外事件肇因分析

軍用彈藥由於本質特性敏感，極易因外在因素及防制處理不當而造成危害。從古至今；不論是國內外，有關彈藥之製造、運輸、儲存等意外事故均層出不窮。而現代武器中裝填之爆炸物對熱及震波仍頗敏感，如果外在能量刺激相當時，立即能產生快速反應，危及人員與設備安全。圖 3.5 為 1907 年～1993 年間，美、英、法¹⁹等國有報告之彈藥庫意外事故與災害統計分析。由下圖可以得知；因衝、碰、撞及掉落（509 次）所引發意外的次數最高，但大多數意外肇因係由於戰爭所引起居多。其次為未遵守規定（71 次）為意外之次要主因。

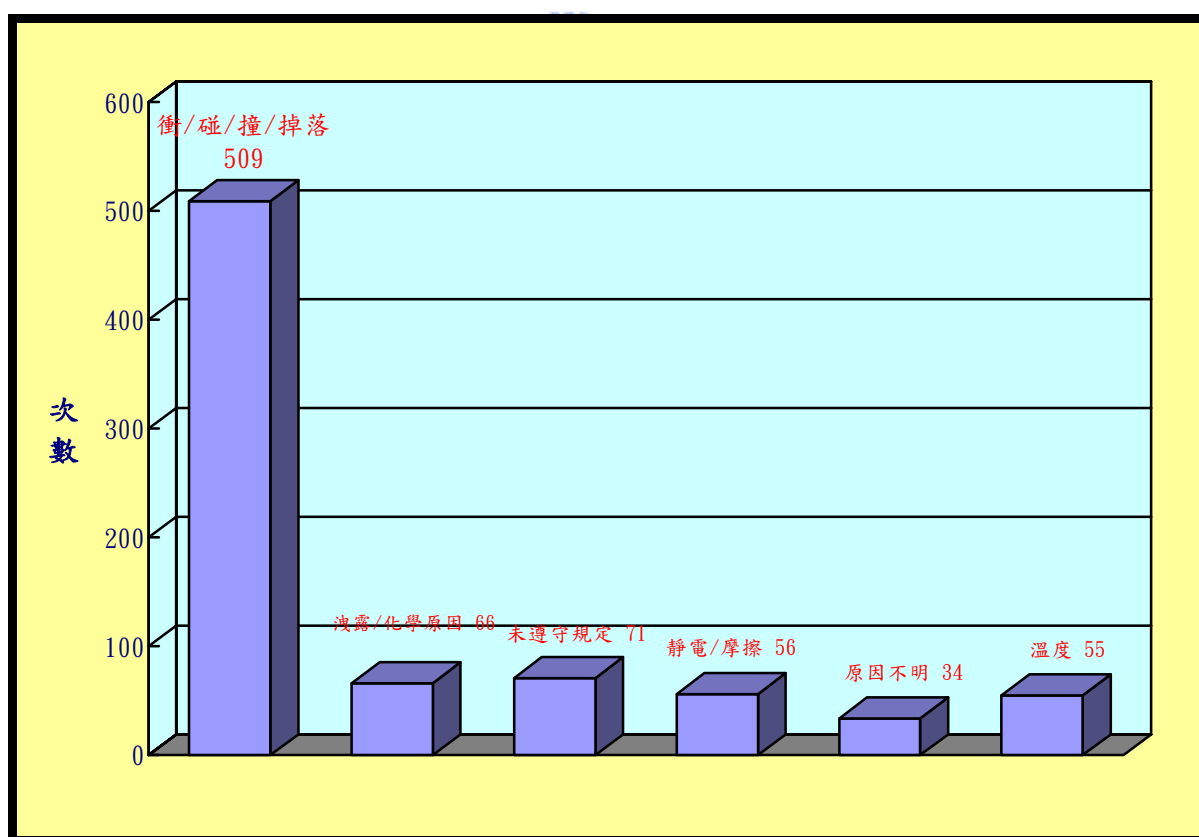


圖 3.5 美、英、法有報告之彈藥意外事件肇因分析圖（1907~1993）

¹⁹ 1907~1989 年間，美國火炸藥生產工廠中有 385 次意外事故中，以摩擦、撞擊、靜電、熱及永熱性化學反應為意外的主因。1973~1989 年間，法國在 285 次意外事故中，以機械力影響（衝擊、摩擦、碰撞）為最大，而化學原因所造成的人員傷害最嚴重。而 1983~1993 年間英國在 121 次意外事故中，以摩擦（60 次）及衝/碰/撞（24 次）時所造成的意外最高。

圖 3.6 說明我國在 1958 年～2006 年間彈藥意外事件的肇因分析，未遵守規定事故最高，佔全部事件的 50% 以上，衝/碰/撞/掉落則次之。

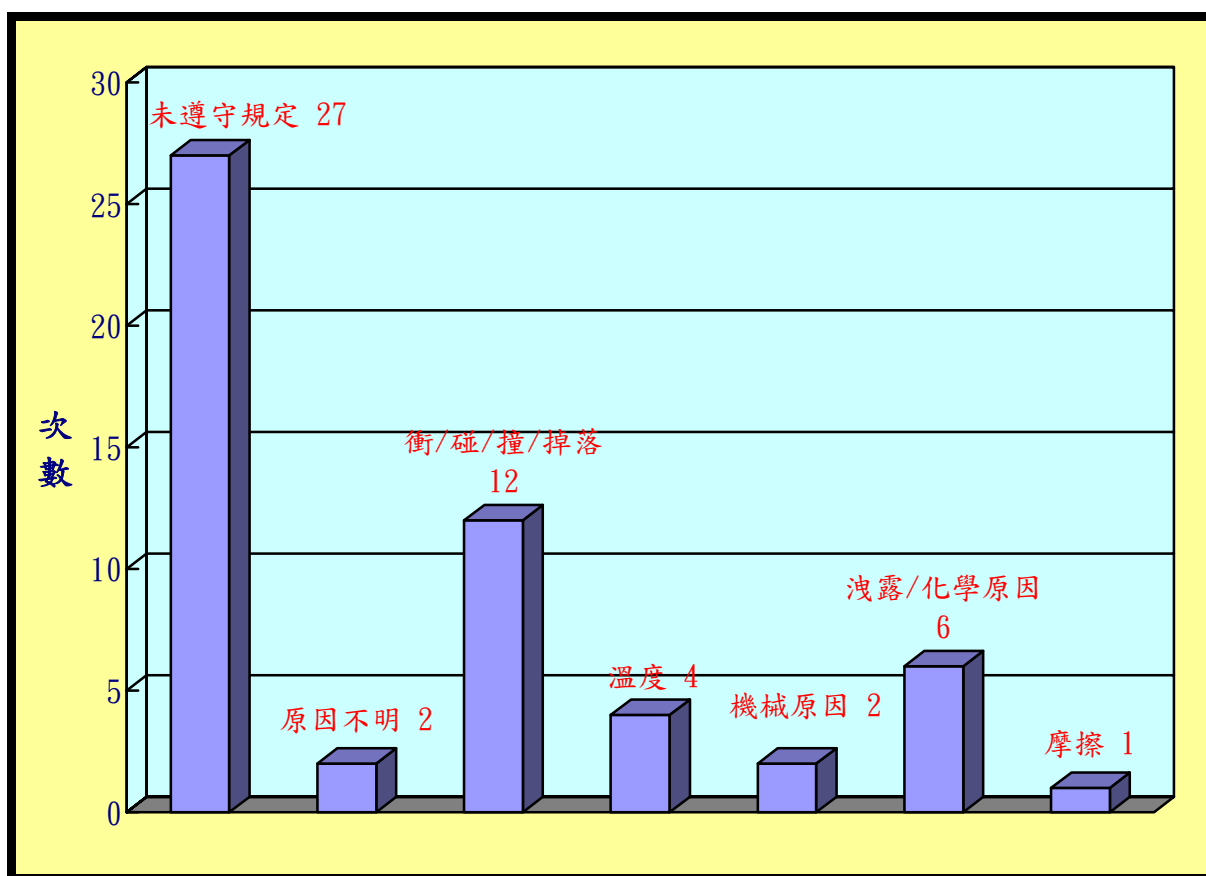


圖 3.6 我國彈藥意外事件肇因分析圖 (1958~2006)

相互比較美、英、法三國與我國肇因分析後；可以瞭解國外嚴重的彈藥傷亡事件均較我國為低，雖然分析比較的年代、背景不同，但說明了國內、外彈藥意外原因均是由「不安全行為」及「不安全狀況」所造成（圖 3.7）。況且意外的原因並不會因時間、空間及環境的不同而有所改變。

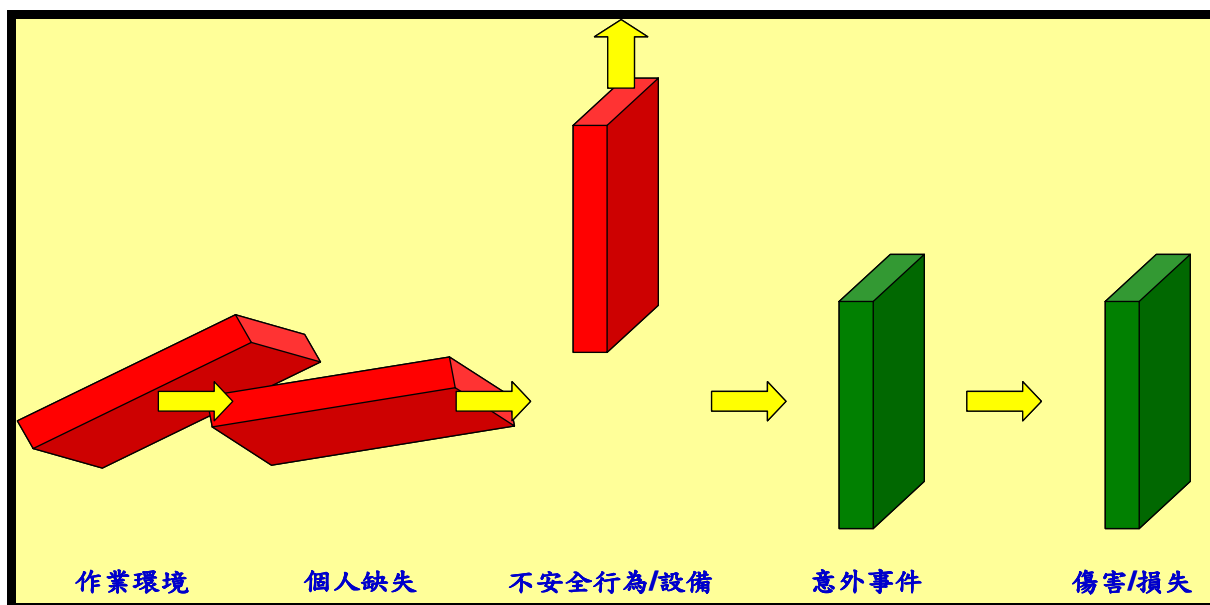


圖 3.7 Heinrich 模型圖（骨牌理論）

上述因素為一種固定的邏輯順序，如同一個系列的骨牌，當第一張滑倒了，整列的骨牌也會跟著倒。而意外僅是系列中的一個因素，如果在這個系列中，能夠消除其中一個不利的因素，則傷害就不會發生。惟要消除上述骨牌的其中一個因素，就彈藥作業而言，應改進作業人員不安全行為及不安全的狀況，此即為彈藥作業安全的工作重點。讓意外尚未形傷害事故之前，我們應尋求預防及補救途徑，掌握不安全的行為及不安全的狀況，如此才能防止事故的發生。

3.3 小結

透過前面的案例與國內外彈藥意外肇因分析說明後，規劃彈藥貯存安全管理機制是重要的議題。因此建議可以由下列幾點來進行分析，讓管理者清楚每件工作的詳細步驟、方法、內容及作業規範，而將每件工作中可能存在的潛在危險及危害，事先加以預知，並經過協調、溝通，討論出最佳的行動方案與工作方法，以有效控制災損（表 3.3）：

1. 人的方面：不安全的主體是人，客觀的才是機械設備或環境。作業官兵的知識、經驗、意願、操作技術、身體狀況、精神狀況、疲勞程度、人際關係、親子關係等，都是造成人為失誤的主要因素。
2. 方法方面：作業流程中的工作程序、步驟、方式都是影響工作安全的重要因素。處理彈藥作業時；應訂定標準作業程序，並依程序操作，以確保安全。
3. 機械方面：作業中所需使用的各項機械、設備、器具與工具等，有無安全裝置，是否為本質安全、有無維護保養或定期檢查，都需要列入考量範圍。彈藥處理作業必須注意人員與化學品適當隔離、人員與操作設備間相互配合，採取適當的防護措施或在獨立、密閉的空間中實施作業。
4. 材料方面：作業中所需處理火炸藥的原、物料、材料等，均需在物質安全資料表上列明其物理性、化學性、安定性、反應性及應變處置措施等。
5. 環境方面：作業場所佈置、安全狀況、安全標示、照明條件、危險物及有害物標示等，都是影響作業安全的重要因素。因此；定期實施作業環境測定、設置自動警報裝置、消防滅火設施、監控庫房的溫、濕度及實施通風換氣等，都可以有效降低意外的發生。

表 3.3 彈藥作業安全分析

項目	分析內容
人的方面	作業人員對於彈藥處理作業的相關知識、經驗、操作技術熟練程度、身體、精神狀況、人際關係、家庭狀況等都納入分析。
方法方面	保養、拆解、清點等作業的工作程序、步驟及操作方法等。對各項處理彈藥作業時，可訂定標準作業程序，並依正確的程序操作。
機械方面	各項作業中所需使用的機械、設備、器具與工具等。有無安全裝置或防護設施，是否為本質安全。彈藥處理時必須注意人員與危險物品適當隔離。人員與操作設備間相互配合，採取適當的防護措施或於獨立、密閉的空間中實施作業。
材料方面	作業中所需處理火炸藥的原、物料、材料等，均需在物質安全資料表上列明其物理性、化學性、安定性、反應性。讓作業人員於作業前實施與工作內容有關的教育訓練，並具備對原物料外洩時能夠採取適當措施的知識與技能。
環境方面	作業場所環境的佈置；如安全狀況、安全標示、照明條件、危險物及有害物標示等，都是影響作業安全的重要因素。定期實施作業環境測定、設置RFID監測系統、自動警報裝置、消防滅火等設施，全時監控庫房的溫、濕度及實施通風換氣等，都可以有效降低意外的發生。

國防部在 95 年編列了一千五百萬作為「改善彈藥庫儲及修彈廠線」和
二千二百三十八萬採購「未爆彈防護裝具」，如下表 3.4 所示：

表 3.4 94~95 年彈藥處理預算編列概要

項 目 \ 年 度	94 年預算	95 年預算	增減數
改善彈藥庫儲及修彈廠線	0	1500 萬	1500 萬
未爆彈防護裝具採購	0	2238 萬	2238 萬
彈藥保養整修所需料件	1 億 6091.2 萬	1 億 1890 萬	—4201.2 萬
彈藥驗證及檢修	1 億 7014 萬	9987.2 萬	—7026.8 萬
廢彈處理	2 億 9239.9 萬	1 億 5165.7 萬	—1 億 4074.2 萬

資料來源：中國時報 95.05.11

但這對全國大大小小的彈藥庫來說，只是杯水車薪而已。面對彈藥庫
貯的管理作業，應多花點心思，投入更多的防災技術，以提升作業與管理
安全，保障服役官兵與週邊百姓安全，才是根本的解決之道。



第四章 風險評估

4.1 風險定義

什麼是風險？依據 Webster 新字典的定義：風險是傷害、損毀（損失）的機會或損失的可能性程度。換言之，風險可定義為造成人員傷亡或財產損失的可能性²⁰。風險包含兩個基本要素：

1. 人的傷亡或財產的損失。
2. 事件或活動發生的機率。

通過第 1 點及第 2 點的說明後，我們可簡單歸納如下（圖 4.1）：

● 風 險 = 可能性 * 嚴重度

$$[\text{損失/年}] = [\text{次/年}] * [\text{損失/次}]$$

● 降低風險：預防—降低頻率（可能性）

消減—減低後果（嚴重度）

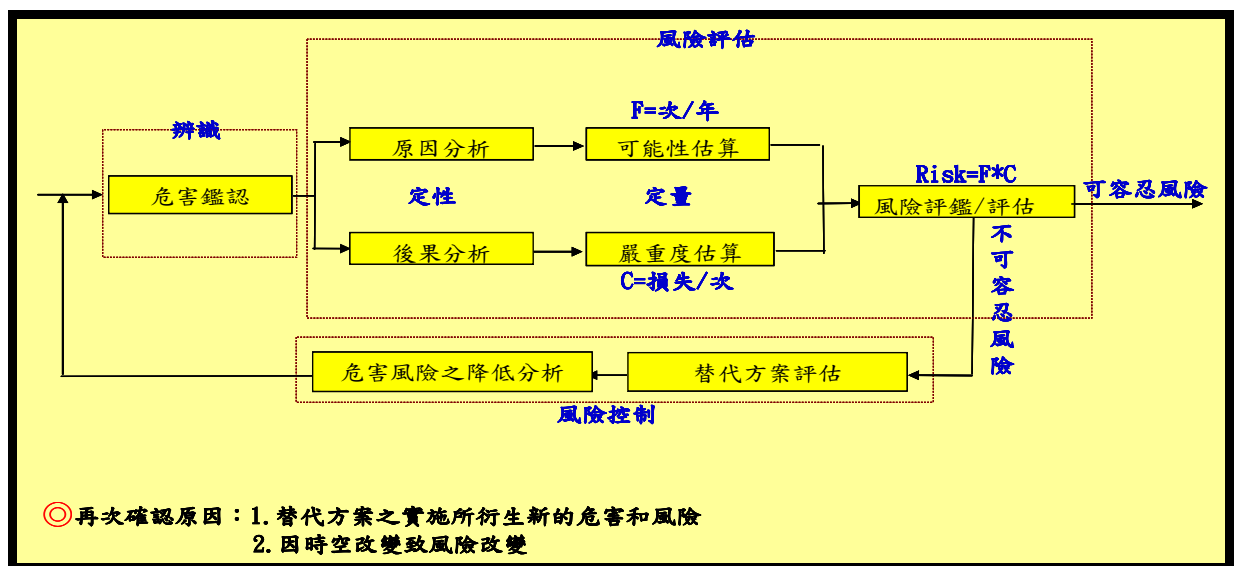


圖 4.1 風險控制系統圖

²⁰ 可能性係指造成傷亡損失的某個事件、活動發生的機率。

4.2 風險分析的方法

彈藥在貯存、拆解或搬運等作業時；仍潛在著許多危害，可能因溫度、碰撞、衝撞、掉落、洩露、化學變化或人為因素等而造成意外。職業安全衛生管理系統規範（OHSAS 18001:1999）第【4.3.1】節對危害辨識、風險評估及風險控制之規劃，有詳細的要求標準。故國軍彈藥作業可參考其規範，建立與維持適當的評估程序，以持續辨識危害、評估風險及實施必要的控制方式。評估程序如下：

1. 例行性或非例行性活動：包括每日的作業、清點、維修、測試、新建、臨時性作業等。
2. 人員、廠商及訪客進入營內之活動：所有在營區內的人員，包括作業官兵、承包商、訪客。
3. 工作場所中所使用的各項設施：廠內所有的製程、設施設備等。
4. 設定安全衛生目標時，應確認已考慮風險評估的結果與風險控制的效果。並將這些資訊文件化，隨時保持更新。

辨識危害及風險評估的標準方法包括：

1. 單位的規模、性質及週期定義：評估方法非硬性要求，只須依據單位的規模性質、製程或作業特性等加以考量選擇。週期的定義為製程/作業的生命週期，從規劃、設計、安裝建造、試運轉、正式作業、變更修改、停止運作等各階段的風險評估。
2. 確保此方法是主動的而非被動的：應找出評估作業中可能潛在的危害，而非事件發生後才去調查檢討。

3. 提供風險之分類及辨識的資訊：為評估結果的風險程度，可進而解釋為量化風險，即一般考慮的頻率（frequency）與嚴重度（Severity）。並將所得結果分級後，加以消除或控制風險。

4. 操作經驗及使用風險控制方法能力一致：一方面指評估須由對作業熟悉或對製程之設計或操作有經驗的人員參與，而且評估內容需符合作業現場實務。另一方面亦與先前所提到的評估方法不作規定有關。

5. 提供決定設施的要求、訓練需求的辨識或作業管制的建立資訊：

即建立以風險為基準（Risk-Based）的安全衛生計畫，以決定廠內各設備設施的工程改善。人員工作上的認知、提升技能訓練等規劃，建立管理措施或改進管理標準的依據。

6. 提供必要性措施的監督資訊，確認實施的有效性及適時性：

針對風險評估結果之追蹤與稽核，為了維持其有效和適時性，應定期進行評估，對於作業變更、製程修改等，建立起安全審查的機制。

因此，一般風險評估方法以作業或製程特性為主要選擇依據。如果該作業為連續製程、管線系統、自動控制系統等，則採用工作場所導向模式。若屬於批式製程、裝配作業、維修作業等，則採用作業步驟導向模式，如下圖 4.2 所示：

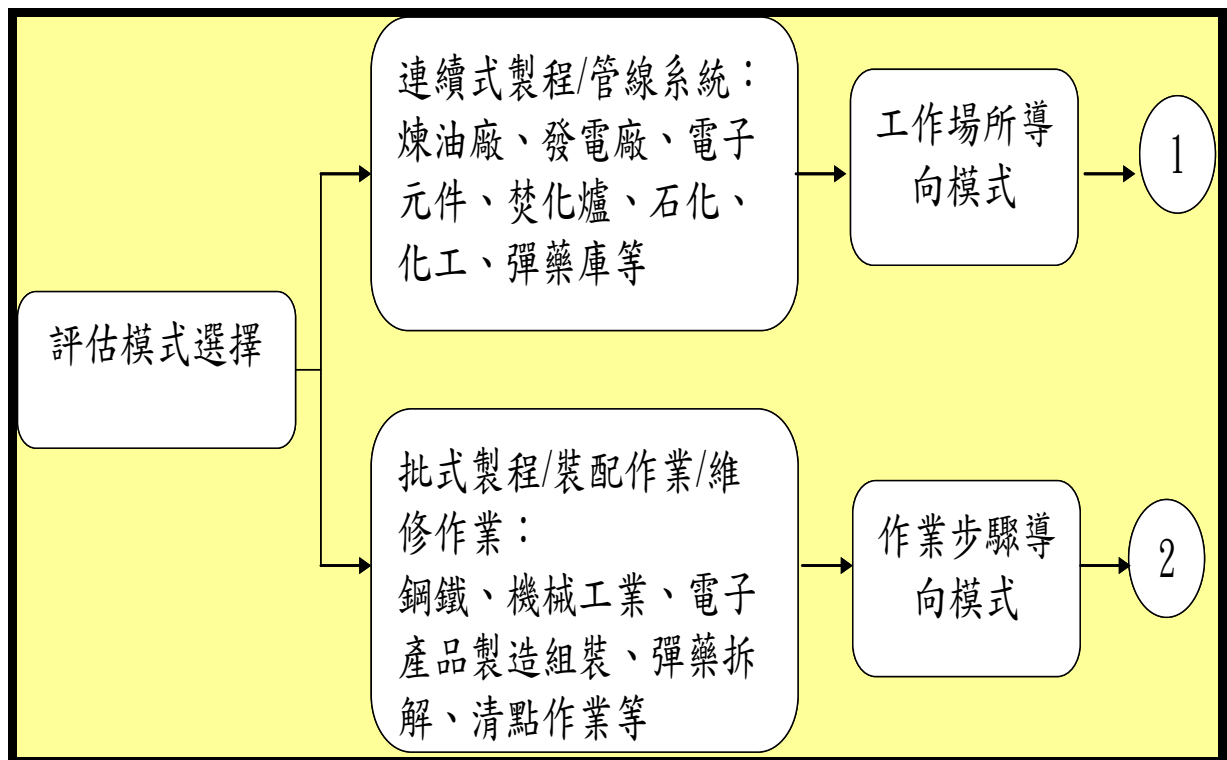


圖 4.2 風險評估模式

一般視其作業型態或製程複雜性，常運用的分析方法有（表 4.1）：

1. 初步危害分析：為系統最初所做的分析作業，簡單易行，能瞭解該系統是否需要更進一步的深入分析，常在研究或製程設計階段使用，未能量化或分級危害。
2. 失誤模式與影響分析：強而有力的危害分析。評估作業設備可能失效或不當操作所造成影響的分析方法。分析人員能對各系統可能發生的各種故障有所瞭解，並作為改善系統或作業方式的基礎資料。
3. 檢核表：簡單易懂，依據分析與檢查項目的不同，針對系統各階段之安全需要進行初步查核，由於屬於問卷方式的分析，故無法量化或分級危害。
4. 危害與可操作性分析：系統化、全面化，惟需透過管線與設施圖來分析，故通常在製程設計階段、操作運轉或停用

階段實施，無法考慮到危害性高而發生機率低的事件。

5. 失誤樹分析：同時具有定性與量分析的功能，除了在研究發展階段外，均可使用的分析方法，分析者需具備分析的技術，較費時及費力，而且不易取得故障率或人為失誤率。
6. 事件樹分析：常用於製程設計和操作階段，並能提供預測事故發生後的不良後果，例如火災、爆炸、有害物洩漏的後續影響等。對於延時事件不易處理，無法進行深度且詳細的分析。

表 4.1 風險分析方法

方 法	說 明
初步危害分析 (Preliminary Hazard Analysis, PHA)	PHA 應用於早期設計規劃階段所為之環境危害分析，以及早找出潛在問題加以改善。
失誤模式與影響分析 (Failure Mode & Effect Analysis, FMEA)	FMEA 是評估製程中設備可能失效或不當操作之途徑及其影響的分析方法。
檢核表分析 (Checklist)	採取問答方式將欲檢核的問題列出，基本上可分成開放式、封閉式及混合式三種基本的類型。
危害與可操作性分析 (Hazard and Operability Analysis, HAZOP)	HAZOP 以製程偏離為分析導向，基本的進行模式是由幾個不同背景的专业人員以一種創造性、系統性方式相互交換意見，並將所得到的結果整合起來。
失誤樹分析 (Fail Tree Analysis, FTA)	失誤樹分析是一種將各種不欲發生之故障情況（製程偏離、反應失控等），以推理及圖解，逐次分析的方法。
事件樹分析 (Event Tree)	事件樹分析往往配合失誤樹分

Analysis, ETA)	析，作為頻率分析的輔助工具，其邏輯與失誤樹相反，由起始事件發展不同類的事件後果，以邏輯圖形分析出來。
----------------	--

因此，每種分析方法各有其適用的階段，否則事倍功半。在各種作業系統壽命週期中實施的時機如下（表 4.2）：

表 4.2 製程各階段之風險分析方法

階段 分析方法	研究 發展	制程 設計	工程 設計	施工 建造	操作 運轉	停工 或 廢置
PHA	V	V				
FMEA		V	V	V	V	
檢核表	V	V	V	V	V	V
HAZOP		V			V	V
FTA		V	V	V	V	V
ETA		V	V	V	V	V

經由上述的說明，本研究在評估彈藥庫作業風險，將參考鋼鐵作業風險評估模式，採用作業步驟導向方式來進行（圖 4.3）：

1. 列出職務項目，並進行各職務的作業清點。
2. 進行作業安全分析（job safety analysis, JSA）。考慮作業潛在危害的嚴重度、暴露頻率、發生機率等，並決定風險等級。
3. 作業步驟導向式的評估模式亦分為兩階段，在完成初步 JSA 後即可進行風險排序，再依據單位內的政策、目標、人力資源等因素決定關鍵性的作業，即某一風險等級數以上的作業。
4. 針對這些作業，檢討其作業步驟，並進行關鍵性作業步驟分析。
5. 逐年再評估關鍵性作業，或降低可接受的風險等級數，即增加關鍵

性作業的數量，並進行其作業步驟分析。

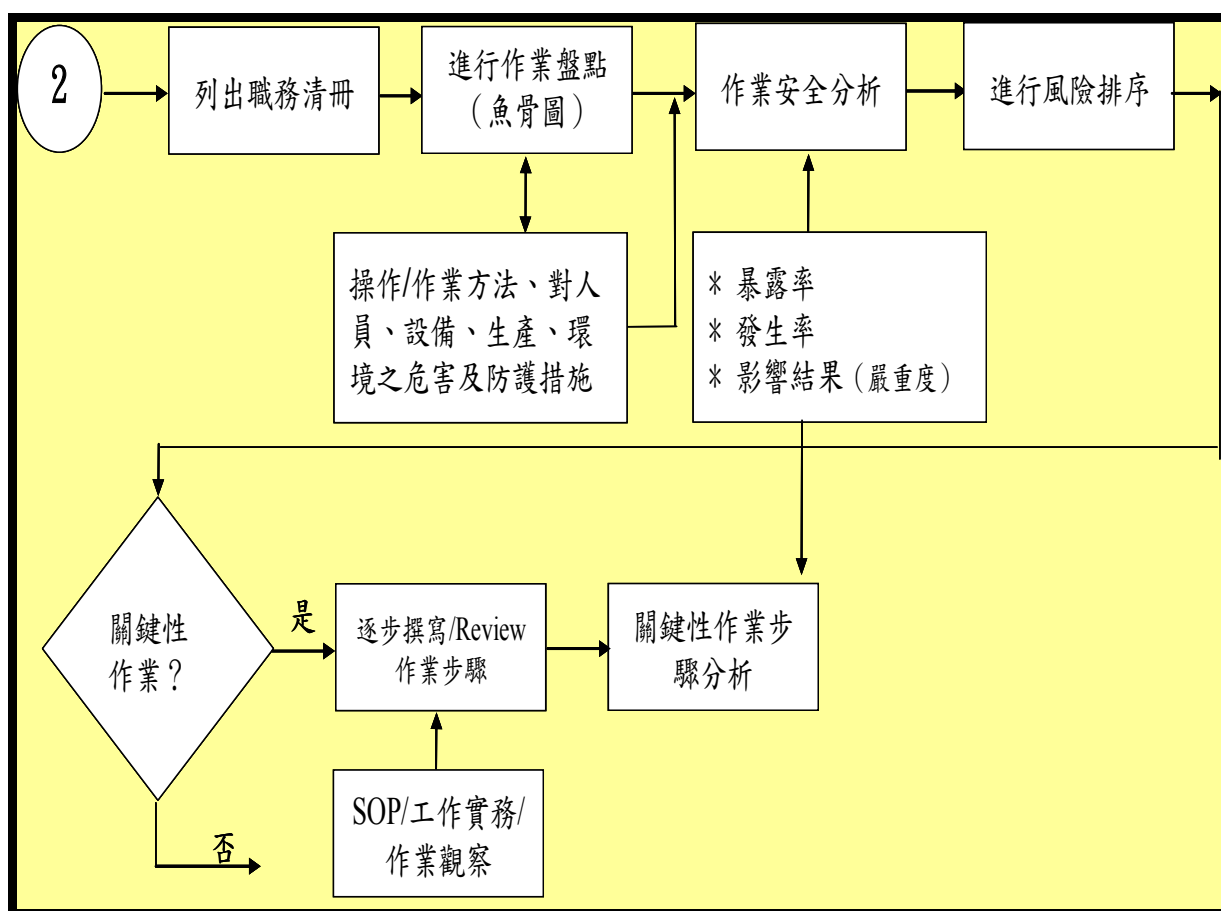


圖 4.3 作業步驟導向模式

4.3 關鍵性作業辨識

如何辨別關鍵性作業？我們可以從下面幾個觀點來考量：

1. 如果此項作業執行不適當會造成什麼危害？
2. 如果此項作業執行不適當，於作業完成後會造成什麼危害？
3. 這些危害會有多嚴重？造成的成本、品質、製程損失有多大？其它部門、週邊社區、人員是否會受到影響？
4. 危害重複發生的頻率有多高？通常將單位時間內此項工作被執行的次數與其可能發生意外事故的機率來做判斷。

我們可以利用三個量化的指標來判別某些作業項目是否為關鍵性作業，以增加其客觀性。這三個考量點即是：危害暴露頻率 (Frequency

of exposure)、嚴重度 (Severity) 與損失發生 (Probability of loss) 的機率。

4.3.1 暴露頻率

危害暴露頻率可以依表 4.3 的方式來考量。分析人員依其每項作業的暴露率設定點數，點數越高則代表危害性越高，以彈藥庫每日的清點作業為例，其作業需二人實施清點，每天必須執行二次，則其危害暴露頻率指標即為 2。

表 4.3 危害暴露頻率評估表

每項作業執行人數 (直接影響)	每人每天作業執行次數		
	少於一次	一至二次	二次以上
1	1	1	2
2~3	1	2	3
4 人以上	2	3	3

4.3.2 嚴重度

分析人員依作業狀況來設定，例如以 0、2、4、6 等四個點數來代表一作業可能造成危害的嚴重度，點數越高則代表危害性越高。

0：不會造成人員傷亡、職業病、製程、環境及財產損失低於 x 元。

2：人員無損失工時；僅輕微傷害，製程、環境及財產損失介於 x 元至 y 元間。

4：損失工時；且人員傷害，製程、環境及財產損失介於 y 元至 z 元間。

6：人員永久失能，製程、環境及財產損失超過 z 元。

由上述之定義我們可以發現嚴重度不只可從人員傷害來考慮，製程中斷、財產與環境損失也應考量。另外，上述中之 x、y、z 值可依單位彈

藥貯存及處理規模大小自行定義，對於處理量大的營區而言，可相對高一點，範圍拉大一點，而小型彈藥庫則可以相對的減少。

4.3.3 損失發生的機率

例如以-1、0、1 三個點數來表示：

-1：低（假設每年少於一次）。

0：中（假設每年一至二次）。

+1：高（假設每年二次以上）。

損失發生機率點數決定可以從下面幾個方面來考量：


1. 危害性：例如可能接觸有害化學物質毒性、機器設備的危險性等。
2. 困難性：例如作業技巧之困難度。
3. 複雜性：例如拆解彈藥的複雜程度。

到底指標值應設定為多少才算是關鍵性作業？這可以依廠庫的特性與人力、經費自行加以定義。將上述三個指標，暴露率、嚴重度及損失發生機率的加總，即為此項作業之整體危害指標（假設為 0~10）。例如某彈藥處理作業共有一百多個作業項目，其中點數高於 8 的有十項，點數介於 5 至 8 的有二十項，低於 5 的有七十項，因此在成本、人力考量下，可將關鍵性作業指標定在 8 以上（含），如此第一階段需執行關鍵性分析及管制的作業數目約為十項，等到此十項作業分析完成後，則可再降低指標值，將次要危害作業納入。

4.4 評估的內容與項目

由於彈藥在貯存、清點、拆解或搬運等作業時，仍潛在著許多危險，可能會因溫度、碰撞、衝撞、掉落、洩露、化學變化或人為因素等而造成意外。故面對彈藥作業可能面臨到的風險，本研究將採用較普遍、方法較簡易、技術較成熟的風險矩陣法(Risk Matrix)來進行分析。當評估分析後，則需要針對風險度高且影響大範圍的項目加以防範或改善，讓意外發生的機會及損失降到最低。

由於只要進入彈藥庫內，就一定會有風險。因此；對於作業上的每一個設備、系統等，管理者或分析者必需制定詳細的操作規範、標準作業程序、相關替代方案、作業人員的訓練、異常發生時的緊急應變程序等。所以分析應包括以下幾個項目（圖 4.4）：

- 
1. 作業內容及設備風險的認知。
 2. 分析發生異常的原因。
 3. 分析發生異常所影響的程度。
 4. 評估作業內容、設備發生異常的可能性。
 5. 針對各項分析的結果作判斷，並評估風險的重要性。
 6. 針對分析結果採取改善方案或預防措施時，需將風險的不確定性納入考量，以作出最合適、最符合成本的決策。

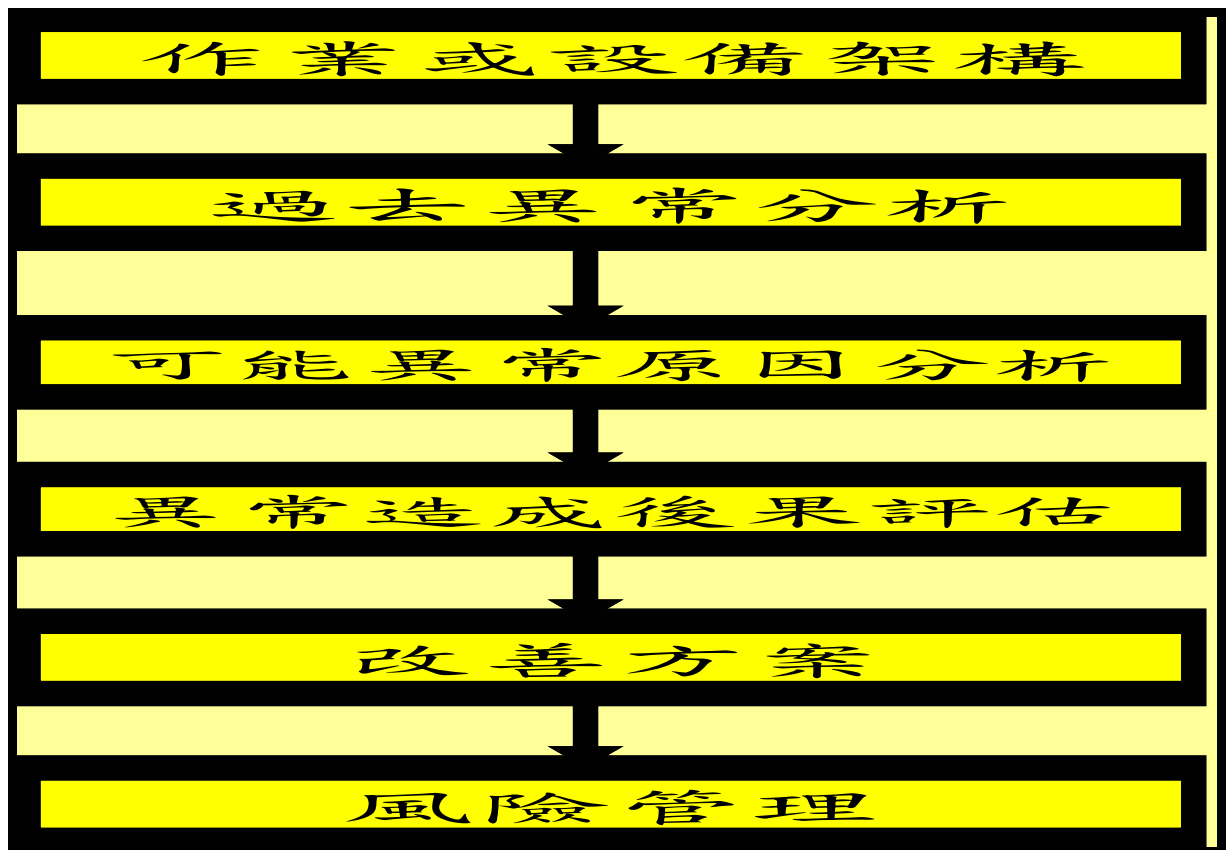


圖 4.4 風險評估流程圖

4.4.1 事故暴露頻率分類表

我們以鋼鐵作業風險評估為例，鋼鐵工業的製程包含重型的窯爐、高溫作業、高壓氣體、管線系統、連續式的流程、批式的加工作業等。由於經過實際的工業實務驗證和試評後，發展出適合於各種操作型態或作業的風險評估參考模式。表 4.4 分別將鋼鐵作業可能發生的意外頻率分為以下五個等級：

- 1 級經常的：定義為預期發生頻率為每日一次以上。
- 2 級可能的：定義為預期發生頻率為每週一次以上。
- 3 級也許的：定義為預期發生頻率為每月一次以上。
- 4 級稀少的：定義為預期發生頻率為每年一次以上。
- 5 級極少的：定義為預期發生頻率為每五年一次以上。

表 4.4 後果可能性分級

等級	可能性分類	事件發生頻率	評分
1	經常的	每日一次以上	10
2	可能的	每週一次以上	7
3	也許的	每月一次以上	3
4	稀少的	每年一次以上	1
5	極少的	每五年一次以上	0.5

4.4.2 事故嚴重性分類表

表 4.5 分別考慮到人員傷亡、財產損失及環境影響等三種控制目標，評估時選取其中最嚴重的因素作為衡量的基準，然後來決定最嚴重 A 及到最輕微 E 級的排列。在等級依嚴重性列舉 A、B、C、D、E 等五級：

A 級：定義為重大。

B 級：定義為高度。

C 級：定義為中度。

D 級：定義為低度。

E 級：定義為可忽略的。



表 4.5 後果嚴重性分級

等級	嚴重性	人員傷亡	財產損失	評分
A	重大	立即死亡	損失金額 > 3 億新台幣以上	100
B	高度	永久失能	5 仟萬 < 損失金額 < 3 億新台幣	40
C	中度	暫時失能	3 仟萬 < 損失金額 < 5 仟萬新台幣	20
D	低度	輕度傷害	1 佰萬 < 損失金額 < 3 仟萬新台幣	10
E	可忽略	無明顯傷害	損失金額 < 1 佰萬	1

4.4.3 發生機率評分

表 4.6 分別考慮到軟、硬體設施對意外事件所發生的機率，依發生機率分為下列五個等級：

1. 非常可能。
2. 較可能。
3. 可能。
4. 不太可能。
5. 幾乎不可能。

表 4.6 危害發生機率評分

發生機率	評分
非常可能：無防護設施，或發生機率為 1/1,00	10
較可能：只有個人的防護設施，或發生機率為 1/1,000	6
可能：設置簡單的防護設施，或發生機率為 1/10,000	4
不太可能：設置雙重防護設施，或發生機率為 1/100,000	2
幾乎不可能：設置多重防護設施，或發生機率為 1/1,000,000	0.5

透過以上表格的建立，對於作業中可能發生事故的頻率與後果，能得到量化參數。參考上述頻率和後果兩項因素的風險等級後，在進行彈藥作業風險評估時，亦可將火炸藥的操作量與人員的暴露等級兩項因素納入考量。將整個彈藥作業的風險進行風險排序，其指數可供實施風險管理之參考（圖 4.5）。

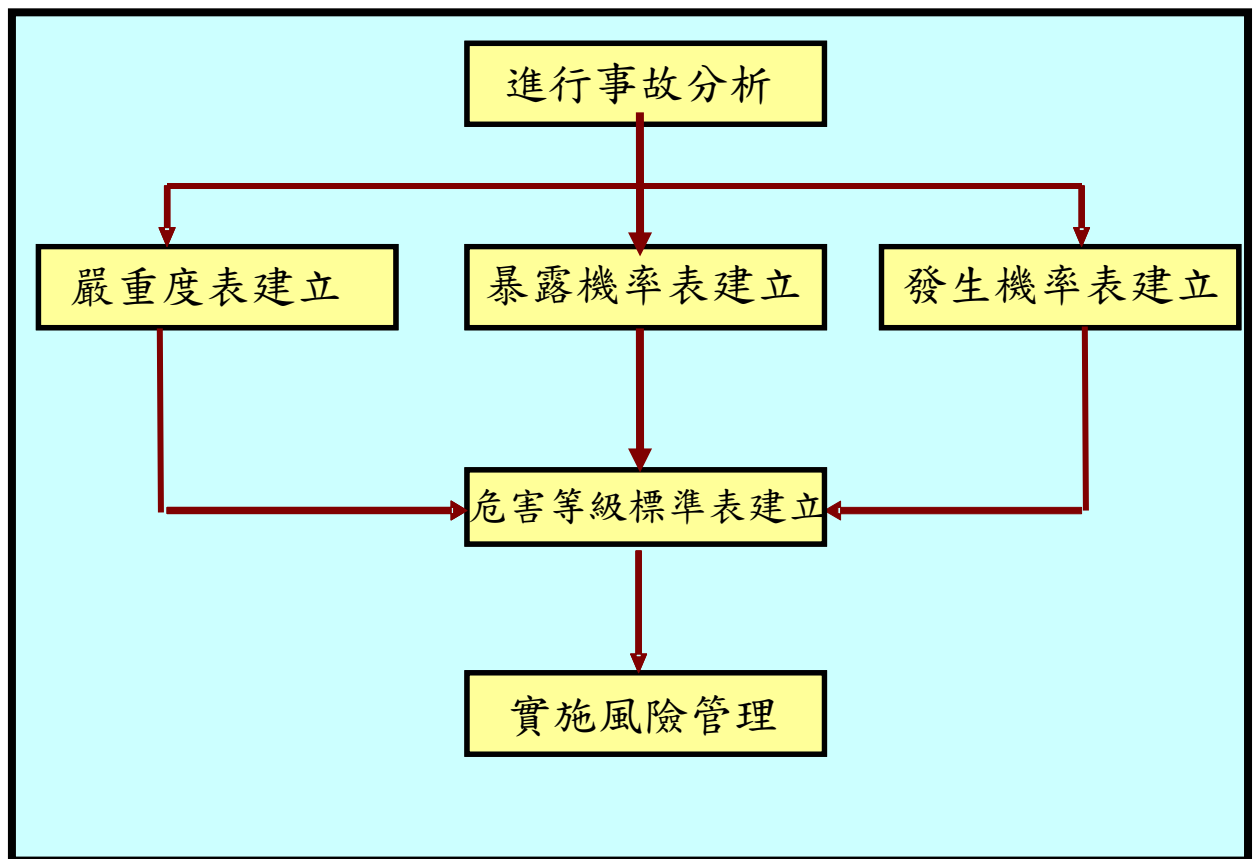


圖 4.5 EIS 分析流程圖

4.4.4 風險矩陣評估法

決定可能性與嚴重性兩項指標後，採用風險矩陣方法來進行分析（表 4.7），交叉考慮不同「頻率」與「後果」組合下的風險，依照矩陣的型式換算出其風險值（4.8）。以作為評估鋼鐵作業一旦發生異常時，可能對廠內所造成之風險大小及影響標準。如為重大等級的風險，表示是不可接受的風險（unacceptable risk），應立即進行改善；高度級的風險，應在合理的期程內進行改善工作；中度以下的風險，則需考慮管理面、作業標準、設備防護狀況、經濟因素等，以決定是否改善或改善的程度，將風險降至可接受的程度。

表 4.7 風險矩陣

嚴重性 \ 可能性	1	2	3	4	5
A	重大風險	重大風險	高度風險	中度風險	可忽略風險
B	重大風險	高度風險	中度風險	低度風險	可忽略風險
C	高度風險	中度風險	低度風險	低度風險	可忽略風險
D	中度風險	低度風險	低度風險	低度風險	可忽略風險
E	可忽略風險	可忽略風險	可忽略風險	可忽略風險	可忽略風險

表 4.8 風險危害等級

風險評分	風險等級	參考建議
>5000	第 1 級：非常高風險	立即採取改善或應變對策
2000~4999	第 2 級：高度風險	優先執行細部的評估後決定改善方案
700~1999	第 3 級：中度風險	考慮採取改善措施
20~699	第 4 級：低度風險	考慮公司政策後決定是否改善
<20	第 5 級：可接受風險	可接受

除了上述風險矩陣有 3×3、4×4 及 4×5 的分類外，也有分五等、六等甚至於七等的風險矩陣（國際核安事故分級為 0~7，共八級）。

4.5 風險管理

風險管理（risk management）亦是管理風險，亦即將管理的方法應用於風險的分析、評估及決策的整個過程中。風險管理主要的目的有三：

1. 控制並使風險減至可接受的程度。
2. 降低風險決策的不確定性。
3. 提高人員（例如作業、管理人員及社區民眾）對風險決策的信心。

因此，完成系統或設備的評估後，將所有評估結果作有效的管理，應立即改善的風險就必須著手改善，可接受風險雖能被接受，但仍存在某種程度的風險，應持續改善。風險管理包括危害分析、風險評估及管理控制

的程序（圖 4.6），所以風險管理的最後目的就是要控制風險在可接受的程度之下，以達到保護作業人員及設施，防止民眾傷亡和環境的衝擊。

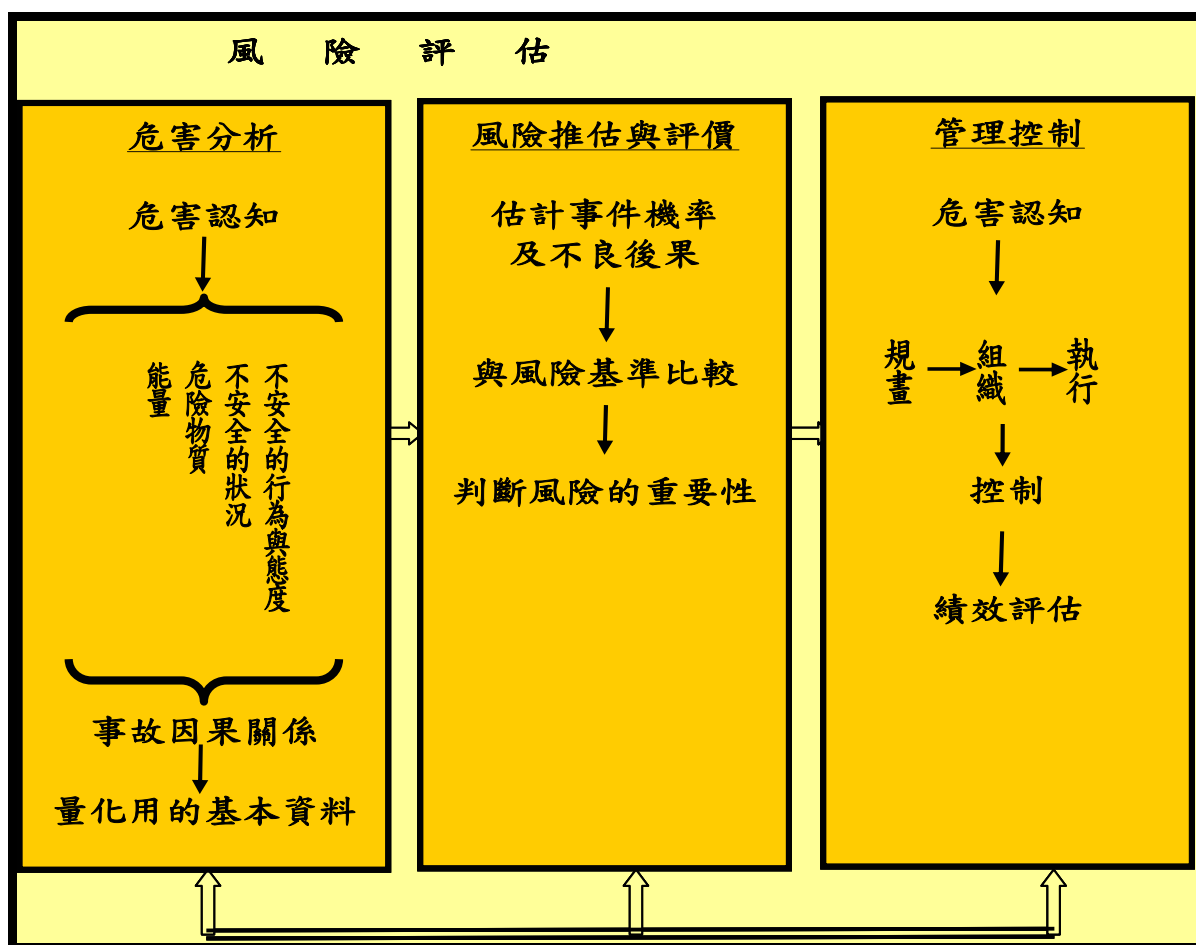


圖 4.6 風險管理系統圖

參考來源：黃清賢著，危害分析與風險評估

4.6 小結

透過風險矩陣的方式，我們能將彈藥庫可能產生的風險加以量化，獲取較客觀的數據。根據評估結果來採取改善措施，考量其風險的不確定性，讓管理者能做出最符合成本效益的決策。較詳細的分析計算將在第六章舉例說明。

第五章 彈藥庫管理應用 RFID 之探討

軍用彈藥種類繁多複雜，若因作業或管理上的疏失易對單位、社會、環境造成極大的傷害及影響，而隨著 RFID 所運用的範圍越來越廣，本章將介紹無線射頻辨識技術（RFID）的基本概念，並藉由系統的耐環境、可重覆讀寫、非接觸式、有效範圍內可同時讀取多筆資料等特性，進一步探討該技術應用在彈藥安全管理的方向，以提供未來彈藥貯存管理作業之參考。

5.1 無線射頻辨識系統（RFID）

無線射頻辨識系統（Radio Frequency Identification，簡稱 RFID），中文名稱繁多，像是感應式電子晶片或是聰明晶片（SmartChip）、近接卡、感應卡等等，是屬於一種利用無線射頻電波來傳送識別資料的非接觸式自動識別技術。該技術主要是將無線射頻技術的晶片嵌入物品中來儲存資訊，並透過無線的方式讓物品可以被自動偵測並記錄。該技術主要有以下幾項特色：

1. 資料重覆讀寫：因 RFID 標籤屬於電子式，因此可以不受限制次數的新增、修改或刪除標籤內所儲存的資料。
2. 資料容易辨識：傳統的條碼讀取器需在近距離而且沒有物體阻隔的條件下，直接照射在條碼上的掃描光源才可以判讀。但 RFID 標籤只要在無線電波的有效範圍內，不必直接接觸即可傳遞訊號。

3. 資料儲存量大：傳統條碼的容量最多不超過 3000Bytes；而 RFID 標籤最大的容量可達數 Megabytes。
4. 資料重覆使用：傳統條碼常隨著商品的壽命而結束，RFID 標籤因為本身資料是電子式，所以可以重覆讀寫，反覆的使用。
5. 資料同時讀取：條碼閱讀器一次只能讀取單一資料，而 RFID 標籤的辨識器可同時讀取數個 RFID 標籤內的資料。
6. 資料的安全性：RFID 標籤所儲存的資料可用加密的方式來保護，安全的措施使其較不易被偽造及篡改。

5.2 運作原理

基本上 RFID 系統主要是由三個部分所組成；無線射頻標（Transponder or RF Tag）、讀取器或接收器（Reader or Transceiver with decoder）及應用程式等三部份，如下圖 5.1 所示：

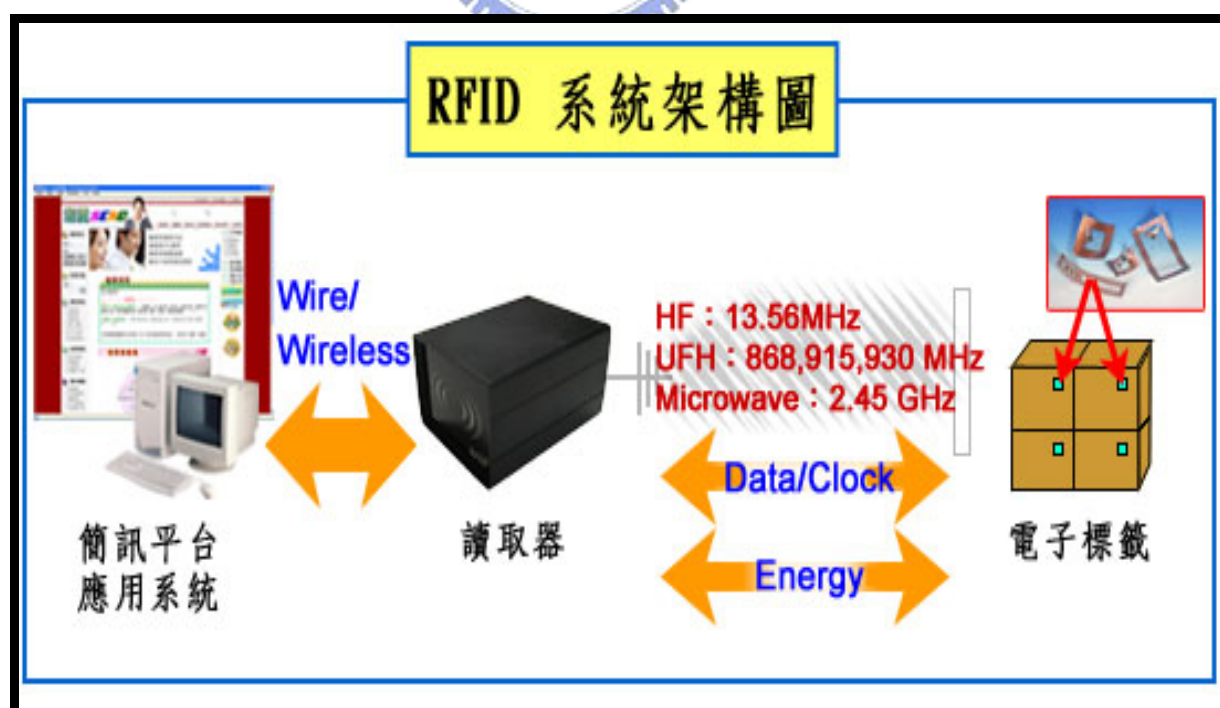


圖 5.1 RFID 系統基本架構圖

參考來源：財團法人工業技術研究院無線辨識科技中心

1. 電子標籤 (Tag)：通常以有無電池來區分為被動式和主動式兩種類型

(表 5.1)。被動式 Tag 是接收讀取器所傳送的能量，轉換成電子標籤內部電路操作電能，不需外加電池；可達到體積小、價格便宜、壽命長以及數位資料可攜性等優點。另外依標籤的功能分類如下表 5.2 所示。

表 5.1 主動式與被動式標籤比較

項目	主動式標籤	被動式標籤
記憶體	64k~228k bits	64~8k bits
距離	約 5~100 公尺	3 公尺以下
電源	附加電池	電磁感應或微波
體積	大	小
重量	約 50~200 公克	約 0.5~5 公克
壽命	約 2~7 年	可達 10 年
價格	約台幣 640~2,300 元	約台幣 20~350 元
技術成熟度	低	高

表 5.2 標籤功能分類

分類	說明
Class 0 (只供讀取)	此為最基本的標籤，製造商在生產時已將 EPC ²¹ (Electronic Product Code) 碼植入標籤的晶片中，編碼後無法變更。
Class 1 (可寫一次)	生產時不會植入任何資料，由購買者自行透過編碼器植入數據一次。
Class 2 (重覆讀寫)	可供重覆讀寫的被動式標籤，除儲存貨品編碼外；可加入更多的資料，如有效日期、產地及其它參考編號等，由於寫入的數據較多，故記憶體容量也較大。

²¹ 在台灣以「產品電子編碼」稱之，它可以是任何物件 (Objects) 的標準編碼，適合以 RFID 標籤來承載，結合網際網路的環境與資訊科技，連接物件與電腦成一網絡，促成雙方相互溝通。EPC 科技的實際操作起於將 EPC 碼存放在標籤中，隨著物品的移動，沿途讀碼器 (Reader) 發射無線電波感應物品上的標籤，後端系統便展開資料的查詢與存取。

Class 3 (內設感應器)	此類標籤有 Class 2 的讀寫功能外，亦包含感應器。能偵察溫度、氣壓、動向等環境數據。由於標籤需要偵測感應效能，多為半主動或主動式。
Class 4 (天線)	標籤本身含有電池，如同一個天線。能夠發出訊息與其它標籤進行訊號傳遞，不須經過其它讀取器，但實際應用的案例不多。

2. 讀取器 (Reader)：利用高頻電磁波傳遞能量與訊號，電子標籤的辨識速率每秒可達 50 個以上。可以利用有線或無線通訊方式，與應用系統結合使用。

3. 工作原理：以被動式標籤來說，當電腦應用程式命令讀取器讀取標籤資料，隨後讀取器便發射內含指令之無線電波訊號。當標籤內的天線接收到無線電信號後，標籤內電路便從中產生電源，取得指令，而根據指令取出識別碼資料。接著，標籤透過內部天線，將調變過且內含識別碼的資料反射無線電波傳送至讀取器。此時，讀取器經過解調變之處理，便可取得標籤識別碼的資料，並傳給電腦應用程式處理。透過上述程序，即完成資料讀取與辨識。

4. 工作頻率：目前標籤使用的頻率（表 5.3）與範圍（表 5.4）有四種，分別為 134KHz 以下（低頻）、13.56MHz（高頻）、860MHz~960MHz（超高頻）、2.45GHz（微波）。

(1) 低頻：標籤讀取距離數公分至數十公分，讀取資料速度慢。但該頻段應用的產品範圍也最廣，在國際中都是開放的，不涉及法規解禁及執照申請的問題，且標籤不易受到周圍金屬與水份的影響。目前應用的範圍有動物晶片、門禁、追蹤系統、汽車晶片及防盜鎖等。

(2) 高頻：標籤讀取距離有數公分至一公尺，不過在絕大部份的國家

中也不受限制，在大多數的環境中都能正常運行（金屬品與水環境除外），所以是被高度接受的頻段。目前應用範圍有電子防盜系統、悠遊卡、智慧卡、病患識別、物品追蹤、行李管理、圖書館及 ISM²²。

（3）超高頻：標籤中的感應距離最長，但礙於頻段涉及各國電信法的規範，較難制定國際間統一的標準。例如美國使用 915 MHz 附近頻段，歐洲使用 868MHz 附近頻段，日本使用 950~956MHz 頻段，我國則使用 922~928MHz。此頻段的標籤較易受到金屬與水氣影響。目前應用範圍有物流管理、物品追蹤、庫存清點、運輸管控及道路電子收費等。

（4）微波：標籤的特性與超高頻段標籤差異不大。由於標籤的讀取距離較短，對於追蹤較大型或堆疊於棧板上的物品，易因角度或距離的關係；形成接收產品資訊的困難，目前已漸漸被超高頻段系統所取代。主要應用的範圍有物流管理、物品追蹤、庫存清點、運輸管控、道路電子收費等。

表 5.3 各類標籤比較

工作頻率	頻段	最大讀取距離	優點	缺點
134KHz 以下	低頻	<60 cm	應用廣、金屬及水氣干擾低	讀取範圍小、讀取速度慢
13.56MHz	高頻	10 cm~1m	應用廣、溼氣影響低	訊號易受馬達及開關電源干擾
860MHz~960MHz	超高頻	1m~20m	感應距離最長、通信範圍高於其它標準	易受溼氣影響、標籤間太靠近易產生頻差
2.45GHz	微波段	約 1m	讀取範圍高、	普及率不高、

²² ISM (Industrial Scientific Medical)：供工業、科研及醫療用途之頻段。

			可用微帶天線 製作小型讀取 器及標籤	、實作複雜、 不易穿透障 礙物
--	--	--	--------------------------	-----------------------

表 5.4 各類標籤使用範圍

工作頻率	應用範圍
134KHz 以下（低頻）	動物晶片、門禁、追蹤系統、汽車晶片及防盜鎖等。
13.56MHz（高頻）	電子防盜系統、悠遊卡、智慧卡、病患識別、物品追蹤、行李管理、圖書館等。
860MHz~960MHz（超高頻）	物流管理、物品追蹤、庫存清點、運輸管控、道路電子收費等
2.45GHz（微波段）	物流管理、物品追蹤、庫存清點、運輸管控、道路電子收費等。

5.3 RFID 應用於彈藥庫儲管理之預期成效

無線射頻辨識技術的應用已趨成熟，所能應用的範圍廣泛，軍事上可將系統導入後勤補保、軍品管制、人員識別、營區安全等作業中。面對國軍彈藥品的種類繁多複雜，彈藥的處理與管理上的疏失皆會對社會造成極大的傷害與影響。以下說明整合 RFID 技術於彈藥庫監控與管理之成效：

1. 人員作業方面：

利用系統認證與識別證結合，即可將現有資料採用電子化，免除建立紙本資料的麻煩與失誤，一來可以快速有效的核校作業人員身分，縮短辨證程序及時間，二來可減少人力及繕寫錯誤之機會，大幅提升人事管理機制效率。同時，透過 RFID 系統依其作業屬性，設定各級庫管人員進、出庫房、領用彈藥權限，並全時紀錄人員對於該系統登出、登入紀錄。配合國軍現行彈藥庫管理規定，相信可大幅提昇各類彈藥庫儲管理安全性，降低

庫管人員填寫管制表冊及各項紙本的困擾。

2. 彈品管理方面：

現行的彈藥管制作業，大都利用人工及種類繁多的表格來實施清點作業，配合上級不定時的督導抽查機制來加以監督、管控。在現行國軍人員逐年精減而工作量增加的情形下；易造成人力作業的效率不彰，也相對提高人為疏失或遭有心人士竊取軍品的風險。因此，在彈藥品製造之源頭端，可優先將主要零料件、彈藥本身或包裝上黏貼金屬用標籤，並把相關資訊寫入標籤中。便可利用架設在庫房的讀取器或手持式讀取器讀取標籤，獲得所有庫房內存放物品的資料，包括名稱、種類、數量、價錢、保養紀錄、使用紀錄及報廢年限等。可以大量節省人工清點的時間和降低清點錯誤的機率。當彈藥數量增、減時；管理人員可以透過監控系統在第一時間就知道，縮短危機處理的時間。日後當系統部屬擴展至全軍時，便能結合後勤補保系統，發揮最大的效益，提升作戰能力與機動性。

3. 庫儲溫度方面：

我國屬於海島型氣候，故有高溫、高濕、多颱風及豐雨的特性。庫儲環境易受溫度影響而產生諸多不良變化，包括材料變形、絕緣特性降低、電器系統短路、建築結構強度減弱、物理與化學性質改變、彈藥高溫熱解、潮濕水解、自動催化爆燃等因素，使得武器功能衰退，導致彈藥變質而肇生意外事件。

採用附有 RFID 的環境感測功能之感測器，對彈藥庫環境的溫度進行監控。全時紀錄彈藥庫儲環境之相對溫、濕度，除減少人力需每天入庫抄寫記錄溫、濕度數據外，更可以最少的人力來監控管制所有庫儲設施溫、濕度。例如當某庫發生火災或溫度異常時，利用無線傳輸之特性，便能即時掌握情況加以處理，大幅提升彈藥庫儲環境之妥善與安全性，同時節省作

業時間，增加效率。

4. 門禁管制方面：

識別證導入 RFID 系統後，可即時比對出入營門之人員與車輛資料，大幅縮短辨證程序及時間，識別證上亦可建立個人的照片或指紋資料，同步比對是否為正確的持卡人，以避免滲透人員冒用闖入營區。另一方面對於衛哨勤務也能加以稽核，除了自動統計衛哨值勤狀況；也能對哨兵的移動做控管，落實衛哨勤務與查哨機制，減少人為弊端、提升營區整體的安全。

主管或值日官更可以透過 RFID 系統即時監控所有人員的動向與工作狀態，並依人員層級劃分其活動範圍與可通過之門禁系統，查核進出的歷史資料，即時掌握營區各種突發的狀況。

5. 教育訓練建立方面：

利用 RFID 技術建立「彈藥安全資料表」資料庫，將彈藥性能、諸元、構造、化學性質、安定性、反應性及洩漏預防措施等予以紀錄。並依專家、技術人員、保養（修）操作者之經驗及知識進行整合與分享，讓每位作業人員透過資料庫，能立即得知彈藥品之特性，除減少新進人員的訓練時間，對管理之彈藥品更具有充分之知識與處理技術。

5.4 彈藥庫儲管理作業導入 RFID 系統之效益探討

現行國軍彈藥管理作業及營區的安全防護均採用人工方式作業，管理上除了需花費眾多的人力外；更需消耗更多的時間，很容易因個人的疏忽或環境因素而導致意外災害的發生，影響營區及週遭社區民眾的安全。本節將利用 RFID 系統的特性，將其導入運用於人員身份辨識及彈藥庫儲清點與管理，整合 RFID 技術與國軍網路自動化技術，讓彈藥庫從門禁管制到庫房作業得以完全 e 化。圖 5.2 為本研究所建構一套整合 RFID 技術之營區監控與彈藥庫貯管理系統的模型，可以說明如何將 RFID 技術應用於彈藥庫各

本構圖係由 1. 門禁管理；2. 彈藥庫管理及 3. 監控管理等三大部分所架構而成。各系統利用網路相互連接，並透過一部伺服器來管理，將即時資訊傳送至監控中心（管理者）或使用者。

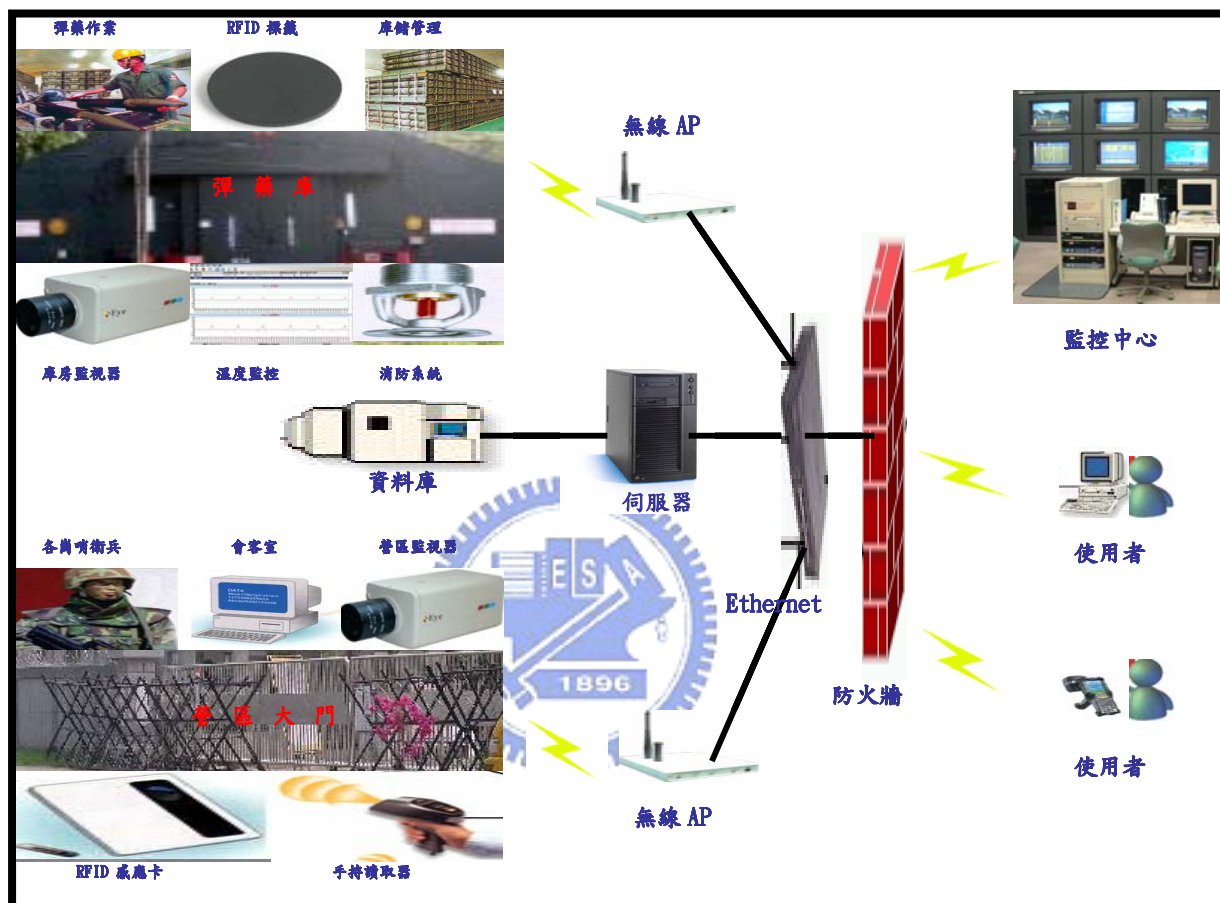


圖 5.2 彈藥庫整合 RFID 系統之架構圖

(1) 我們在營區門口設置 RFID 門禁管制系統。系統管理者將所屬人員的身分識別碼 (ID) 及個人資料建立在伺服器的資料庫中。系統啟動後，進、出營區大門人員配掛 RFID 的識別卡片，經門口讀取器掃描後，系統將卡片中的 ID 與資料庫中的資料進行比對，若資料正確；則營門開啟，同時系統會記錄並在監控中心與會客室的介面

上顯示該員的單位、姓名與進出營門的時間。若掃描後資料錯誤；則在連續讀取幾次後，系統會顯示警告訊息，提醒會客室的值日官注意，以防止有心人士混入。

- (2) 管理者（或會客室）可以利用系統對各衛哨點加以稽核。當衛哨兵交接值勤時，讀取器能自動掃描衛兵所配掛的 RFID 識別卡片，系統比對後將資料傳送至管理者。管理者可以對衛哨值勤狀況（如人員姓名、到勤時間等）加以掌握，此時；系統也會自動統計值勤狀況，以供日後查詢。另外；對崗哨衛兵的移動範圍能做有效控管，以防止擅離崗位或失職的情事發生。
- (3) 透過架設的監視器，系統能將營區內、外的訊息傳送至管理者，分析及記錄資料，以利管理者即時掌握營區的各種突發狀況，並做出正確的戰情回報與應變對策。
- (4) 當外賓或廠商來訪時；管理者可以將到訪人員資料建立於資料庫內依層級或工作範圍設定可通過之門禁系統與活動範圍，利用附有 RFID 標籤的洽公證或停車證，能監控進入營區內的所有人員的動向與工作狀況，以確保廠庫內的安全。
- (5) 軍品、裝備進出營區大門，RFID 系統可以讓大門管理者（值日官）僅需手持移動式讀取器；便可將物品名稱、數量等做有效的管制與監控，除了可以避免人工查驗所造成的疏失外，亦可有效減少人力與時間的浪費，提升清點的可靠性與準確性，大幅降低軍品或裝備外流的可能性。

2. 彈藥庫管理部分：

- (1) 假設圖 5.2 的彈藥庫房為混凝土所構築，面積 300 坪的半地下化貯庫，存放約有 500 噸的 155 公厘榴彈。以 30 mm 圓型的標籤(圖 5.3)，

佈建於整個庫內，構成無線感應點。讓整個彈藥庫內形成一個無線網路（圖 5.4）。



圖 5.3 30 mm圓型 RFID 標籤

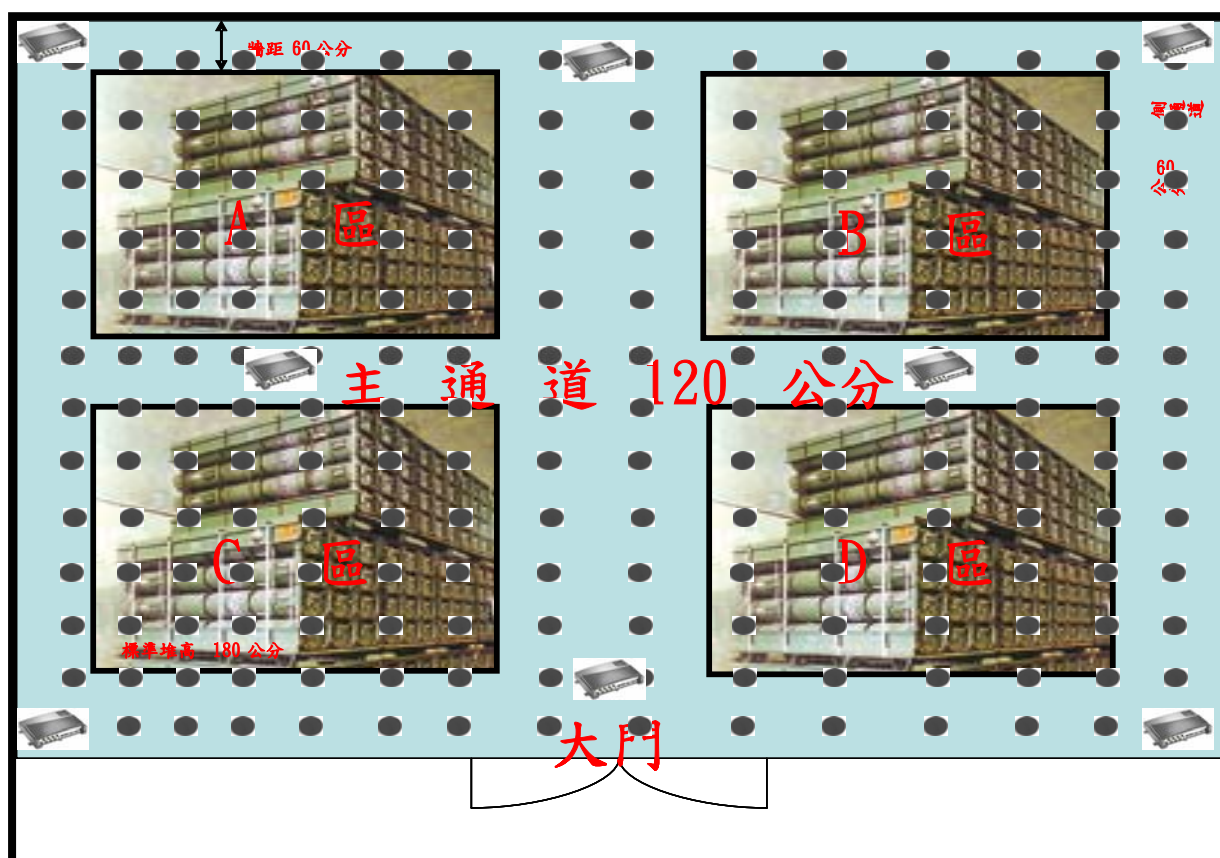


圖 5.4 圓型標籤點構成無線網路

(2) 於彈藥本身、彈藥箱裝上 RFID 標籤，在庫內適當位置架設 RFID 讀取器。將彈藥品名、財產 ID、數量、品項說明等相關資訊建立在

伺服器的資料庫中，當進行彈藥清點時，作業人員只需透過固定的讀取器，或利用手持式讀取器來完成讀取標籤 ID，如圖 5.5 所示：



圖 5.5 固定與手持式讀取器

如此將可大幅減少人工清點時間與清點錯誤的機率。作業人員在不需要打開或搬運彈藥箱的情況下，即可快速完成清點與資料比對的動作。獲取箱內存放的彈藥名稱、種類、數量、保存年限、使用記錄等資訊。作業人員減少移動或搬運的機會，就可以避免發生碰撞的危險。

- (3) 採用含有 RFID 標籤的溫度感測器（表 5.5），如圖 5.6 所示；主動式 RFID 標籤透過讀取器可感測彈藥庫內的環境狀況，諸如：溫度、溼度、電壓、電流、煙霧及異常事件等進行監控。並傳回終端系統，並結合消防系統與警報設施，隨時監控環境改變的數據。透過系統將偵測到的溫度數據（圖 5.7）傳回監控中心，當彈藥庫內發生溫

度過高、火災或藥品外洩時，管理者便能即時掌握情況並加以處理，以確保作業人員安全，防止災害擴大。

表 5.5 含 RFID 標籤的溫度感測器介紹

項目	主 動 式
說明	使用主動式 RFID 標籤後，透過固定式的讀取器可量取環境溫度，並傳回後端系統，監控人員可隨時了解庫房的溫度狀況，省去彈補士每隔一段時間必須進行溫度記錄作業，即使不進入庫房內也可以感測。
功能	<ol style="list-style-type: none"> 1. 使用者可編程序的監測溫度，並決定記錄間隔與監測溫度的範圍。 2. 電子式溫度記錄，有時間與日期標誌，儲存記憶。 3. 低成本。 4. 所有的電子功能皆整合於單一晶片內(ASIC)。 5. 全程時間/溫度數據紀錄。
使用 頻率	通訊距離 13.65MHz 頻帶，符合 ISO15693
應用 範圍	對於溫度控制要求度高的產品，例如生鮮食品、肉類、蔬果、花卉、藥品管理、血液管理及各種化學藥劑、化學品、爆裂物、彈藥庫的管理等。
量測 對象	溫度、溼度、壓力

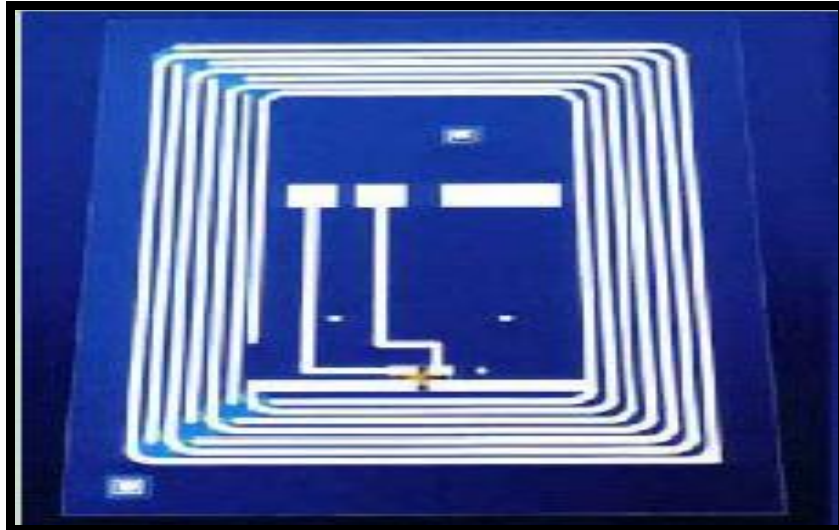


圖 5.6 含 RFID 標籤的溫度感測器

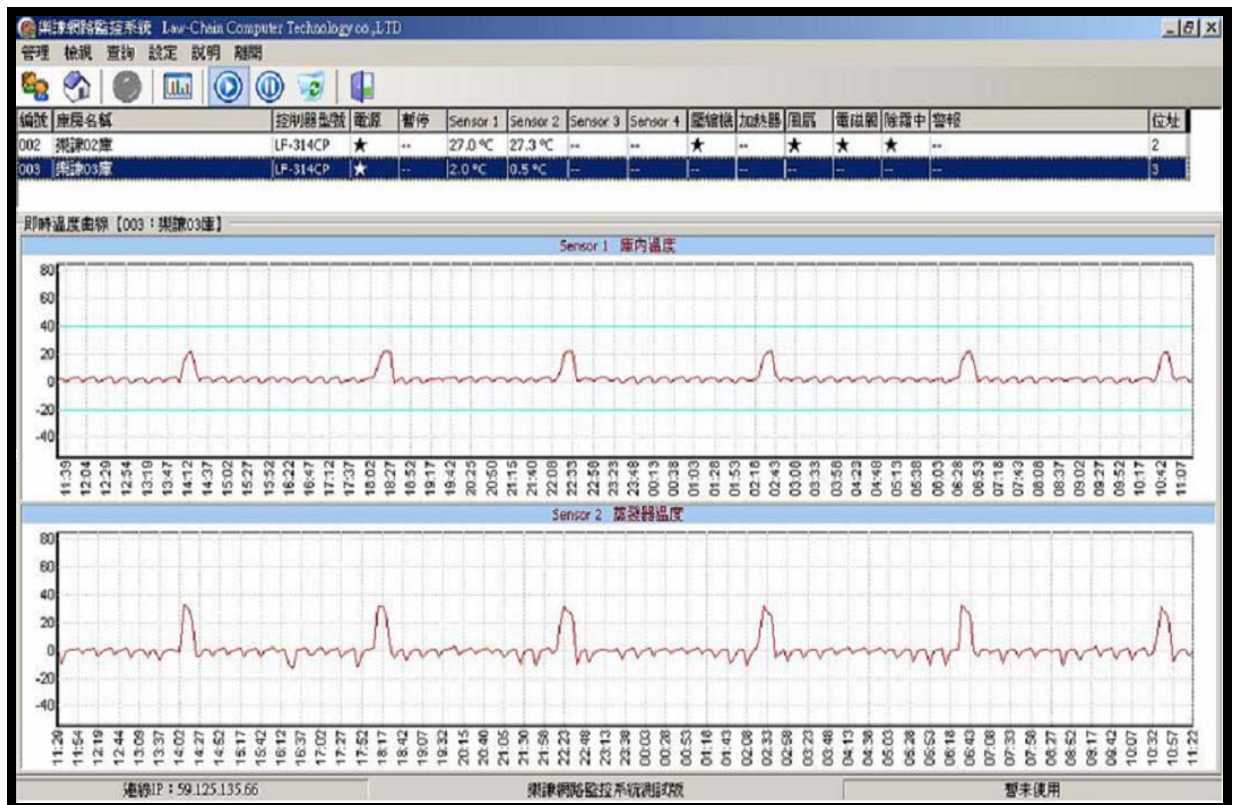


圖 5.7 溫度監控畫面

(4) 彈藥、零料件或軍品補給時，系統能自動追蹤並記錄物品內容、入庫及出庫的資訊，並於系統中顯示現有的庫存狀態，自動執行和完成管理決策。管理者取得正確即時性的資料，能對庫存或移動的彈

藥進行追蹤、記錄及定位。日後當系統部署擴及至全軍時，結合後勤補保系統，便能對全軍的軍品流用做調配及管制，發揮最大的效益。

- (5) 作業人員進行彈藥保養或拆解作業，庫房門口讀取器將讀取人員的 ID 及彈藥上的 RFID 標籤，系統便會記錄什麼人，什麼時間，什麼彈藥搬出等資訊，有效落實維修保養及管制記錄，減少人工及紙本繕寫記錄的時間。若有非法人員欲攜出彈藥或零料件時，系統便會啟動警報訊號，讓管理者能即時反應，以避免軍品外流、攜械逃亡或盜賣的情事發生。

3. 監控管理部分：

系統將營區內、外的即時訊息傳至伺服器的資料庫中，透過系統：

- (1) 我們可以系統建立「彈藥安全資料表」於資料庫中，將彈藥性能、諸元、構造、化學性質、安定性、反應性及洩漏預防措施等予以記錄。並依專家、技術人員、保養（修）操作者之經驗及知識進行整合與分享，讓每位使用者透過資料庫，能得知彈藥品之特性，對管理之彈藥品更具有充分之知識與處理技術，充分減少新進人員的訓練時間。
- (2) 能夠掌握人員的動向與作業實況，讓管理者或使用者能對營區及彈藥庫內的異常狀況採取適當的處理，將災害發生的機率或損失降至最小，確保營區整體安全。

5.5 比較分析

綜合上節所述，可以將現行彈藥庫管理作業與導入 RFID 系統作業後之差異做比較，其分析結果如下表 5.6 所示：

表 5.6 現行彈藥庫管理模式與 RFID 管理模式比較

項目	現行管理	採用 RFID 管理
人力配置	每座彈藥庫設置 2 員彈補士。	每座彈藥庫設置 1 員彈補士或無需設置。
彈藥作業	清點、搬運、貯存、領用等作業時，需填寫種類繁多的表格，除了浪費人力、時間外，易因疏忽而發生危險。	清點、搬運、貯存、領用等作業時，使用者可以快速取得箱內軍品訊息，有效節省人力清點的時間與降低清點錯誤的機會。
後勤補保	軍品補給或保養時，不易掌握軍品或零料件的動向，且需花費較多的人力及時間來作業。	使用者可以取得即時及正確的軍品料件資訊，並進行追蹤、記錄及定位彈藥品的移動。
溫度監控	採用人工方式來記錄彈藥庫內溫、濕度，無法即時反映庫內溫度異常狀況。	系統能隨時監控彈藥庫的溫、濕度及環境狀態，並自動統計及記錄溫度。
消防系統	系統通常於狀況發生後才能啟動（火災、煙等），易釀成爆炸事件，錯失反應時機。	結合警報器、監視器、溫度與消防系統。當異常發生時（如庫內溫度過高，系統會自動灑水來降低溫度），管理者能做出適當反應。
軍品資訊	新進人員無法獲得彈藥品最新資訊，需透過教育訓練來達成。	新進人員透過系統查詢彈藥品最新資訊，例如彈藥的拆解、步驟、操作說明等，避免浪費人力及時間。
門禁管制	需花費人力、時間來進行識別及填表作業，易因疏忽造成滲透成功或軍品外流的機會。	系統能自動辨識、比對並記錄進出人員，降低有心人士混入或軍品外流的機會。
成本費用	約 3,000~4,000 萬	約 2,100~2,500 萬

1. 就人力配置比較分析：

依目前彈藥庫的作業規定，每座彈藥庫應配置二員彈補士，並負責該座彈藥庫的維護與管理，彈補士由現階中、下士擔任，以義務役的下士來說，每個月約 12,500~14,500 之間（含加給），中士皆為志願役別，每個月約 37,000~39,000 元間（含加給），另外保險費部分為 9,900 元。假設一座彈藥庫分配二名義務役下士，每月薪餉以 13,000 元來計算，每年每人約需支付 275,500 元薪餉（含年終、加給及保險等），二名彈補士則要支付逾 50 萬的薪餉。若是配置志願役別的彈補士，所花費的人事成本將更高。

若導入 RFID 系統管理，每座彈藥庫可配置乙員或無需配置，由於彈補士的作業方式改由電腦系統來處理，可以結省人事成本外，更能提升工作效率與降低失誤率。

2. 就彈藥作業比較分析：

現行的彈藥管理作業機制，均利用種類繁多的表格來管控，或人力清點、搬運等方式實施，並配合上級的定期或不定期抽查來加以監督。這樣的作業方式不但效率不高、耗時外，也容易因人為因素而導致意外災害，例如人員清點時；因移動彈藥（箱）不慎碰撞或掉落而導致爆炸事件。

若導入 RFID 系統管理，現場作業人員只要透過手持式讀卡機，便能夠快速且正確的對箱內彈藥的種類、性質、特性與數量作辨別與清點，有效減低搬運或移動時發生危險的機率。系統監控作業人員的動向與實況，讓管理者對異常狀況能採取適當措施，避免肇生災害，更能提升後勤管理效能。



3. 就溫度監控比較分析：

由於台灣氣候的關係；年平均相對濕度高達 80% 以上，庫貯場所易因濕害而降低裝備的妥善率。目前庫房均由彈補士每日定時記錄溫、溼度及相對濕度。但是仍然無法對彈藥庫的環境進行全時監控。

若導入 RFID 系統管理，系統全時記錄彈藥庫儲環境之相對溫、濕度，節省人力需每天入庫抄寫溫度的工時，並且降低彈藥變質的機率，大幅提升庫儲環境安全與軍品的妥善率。

4. 就消防系統比較分析：

現行彈藥庫房均依規定配置消防管線、消防水、消防沙、滅火器等消防設施。彈藥庫房原本就屬於高危險性工作場所，當異常狀況發生時；伴隨而來的是爆炸事件，管理者無法有效反應。

若導入 RFID 系統管理，系統能結合警報器、監視器與消防系統，並配合溫度監控系統來構成防護網，例如庫房內溫度異常時；溫度監控即將訊息傳至警報及消防系統，並自動啟動撒水設施，降低庫房內的溫度，監視器即時將現場訊息傳回監控中心，讓管理人員增加反應時間，做出正確的危機處理，避免災害發生。

5. 就軍品資訊比較分析：

彈藥作業人員需要花費一段時間與完整的教育訓練，並取得合格證書才能正式上線工作。現行兵役役期的縮短，當作業人員熟悉彈藥庫各項作業時，可能將屆滿役期，很容易造成經驗及技術傳承的困難。

若導入 RFID 系統管理，可以建立「彈藥安全資料表」資料庫，將彈藥基本資料；例如性能、諸元、構造、化學性質、安定性、反應性及洩漏預

防措等。並依專家、技術人員、保養（修）操作者之經驗及知識進行整合與分享。可有效減少對新進人員訓練所花費的時間及人、物力，更可以提升作業人員對彈藥的處理知識與技術。

6. 就門禁管制比較分析：

大門衛兵利用人員的識別證及填寫表格來達到管制的目的。在人員休假或差勤的情形下，每人一日至少需輪值二~三次的衛哨勤務，加上每日進、出營區門口人員繁多且雜，很容易降低人員的注意力與警覺性，造成管理上的缺陷。

若導入 RFID 系統管理，系統將所屬人員的身分識別碼（ID）及個人資料建立在伺服器的資料庫中。當人員、車輛、軍品進、出時，系統將資料傳送會客室的值日官，資料庫中的資料進行比對。當衛哨兵交接值勤時，系統自動比對人員資料後傳送至會客室，以掌握衛哨值勤的狀況（如人員姓名、到勤時間等）。當外賓或廠商來訪時；管理者可以事先將到訪人員資料建立於資料庫內，並依層級或工作範圍設定可進入的工作場所與活動範圍，以降低洩密的風險，保障廠庫內、外的安全。

7. 就成本費用比較分析：

以新建構彈藥庫房來說；一座面積 300 坪的半地下化空彈藥庫，包含通風、消防、監測系統設備等，所需費用 2,000 多萬，若再加上每年人事、維護費用的開銷，彈藥庫的費用就高達 3,000~4,000 多萬。若發生爆炸意外，所需支付的損失與賠償費用，更是難以估計。

若導入 RFID 系統管理，可以大幅減少上述各項成本的支出。RFID 標籤每個單價約為 NT40~70 元，讀卡機與天線每套約 NT8~10 萬元，資訊、消防、溫控及通風等系統的建置約 NT80~160 萬元，總金額約需 2,100~2,500

萬。除了可以結省近一半的費用外；更可以減少意外發生或避免災害的擴大，對人員及財產的保障更是無價。

5.6 小結

目前國軍預劃將彈藥庫全面採半地下化方式；屆時各彈藥分庫實施整建，所花費的金額勢必相當龐大。若能導入 RFID 系統於彈藥庫，只需增加或修改系統，花費少許的費用，將可大幅提升作業績效、便利性、正確性與安全性。

因應現階段組織調整的政策，RFID 系統運用於彈藥庫作業上，對人員、財產、裝備的管理實為一大助力。也讓國軍的彈藥庫管理邁向現代化、科技化。



第六章 彈藥庫意外事件風險評估與應變

彈藥勤務的內容包括兵工彈藥（不含飛彈）補給、保修及其它相關技術勤務活動。其目的在於適時的支援各級部隊，以達成作戰任務。由於彈藥為危險的軍品，如果作業時處理不當，極可能導致嚴重的災害。輕則造成人員傷亡，重則波及附近居民安危。故無論儲存、檢查、搬運、運輸、撥發、保修、射擊、廢彈及未爆彈處理等，尤須特別注意安全。

鑑於目前國軍彈藥作業並未實施相關的風險評估。本章節將歸納第三章（彈藥庫意外肇因分析）、第四章（風險評估）與第五章（彈藥庫管理應用 RFID 之探討）所探討的內容分析量化。並參考鋼鐵廠的風險評估數據，來模擬彈藥庫作業的危害數值，其主要目的為提供基本的風險等級估算，透過分析結果來比較現行作業與行政、工程改善，及構建 RFID 系統後，三者間的危害等級的高低。實際評估數據可由分析者視現場作業狀況，自行設定風險大小、等級、機率及嚴重程度數值。

6.1 分析程序與預期成效

因為彈藥作業屬於高度危險場所，只要進行作業就一定會有風險存在。本研究利用矩陣法評估彈藥作業的風險分析，依各種作業型態來進行評估後，可得到量化的數據，並針對數據來判定其風險度高低及影響範圍，加以防範或改善。將能有效降低異常處理時間及預防災害的發生，將損害降到最低。本分析方法至少應包括下列幾個要項：

1. 事故分析（危害辨識）
2. 暴露率分析
3. 發生率分析

4. 嚴重度分析

5. 危害等級評分

6.1.1 事故分析（危害辨識）

一般彈藥勤務的內容包括兵工彈藥補給、保修及廢彈處理²³等相關技術勤務活動。我們主要目的在尋找各種作業可能造成傷害的潛在因子，加以分類，列出工作場所中的危害。並利用魚骨圖的方式來細分事故原因，並作為計算的參考基準。

6.1.2 暴露率分析

將進入彈藥庫場所的多寡，概略的區分其發生頻度，依實際作業需求，劃分連續作業、經常作業、偶爾作業、少有作業等，點數越高，所代表的危害性越高，例如以每日進入彈藥庫實施清點作業為例，暴露作業場所的頻率越高，相對其危害暴露率評分就越高。

6.1.3 發生率分析

發生機率及點數決定，可以從彈藥作業的危害性、設備系統、環境性及複雜性來考量。例如無使用防護具的工作者，遠比使用防護具的工作者風險要來得高。防護功能越完備，相對危害的風險就越低。

6.1.4 嚴重度分析

嚴重度除了可以從人員傷亡程度來考慮外；製程中斷、財產與環境損失也可以納入考量的範圍。而財產數據可由分析人員依彈藥庫規模、設備（施）規模自行定義，對於大規模彈藥庫，相對要定高一點，並拉大範圍，而小規模彈藥庫則相對減少。

²³ 廢彈處理方式：包含爆毀法、燒毀法、拆毀法、脫藥法、銷毀爐銷毀法及委外境外處理等六種方法。

6.1.5 危害等級評分

利用上述分析所得的乘積，可得到全部設備及作業的風險排序，以利判斷該項作業的風險程度，並依等級來進行各項行政管理或工程管理等改善措施，以增加其客觀性、合理性、正確性。

6.1.6 預期成效

本研究將彈藥管理作業上可能面臨的風險，利用風險矩陣的方法，結合現行管理模式、行政或工程改善模式、RFID 系統模式等進行估算，針對三者的作業風險、環境風險、工作效率、安全性能、成本及整體效益等做綜合性的分析。所獲得的結果不僅為各模式間的差異外，並可驗證 RFID 系統應用於彈藥庫管理作業上的具體成效。

6.2 事故分析

本研究歸納彈藥庫作業可能發生之事故如下（圖 6.1）：

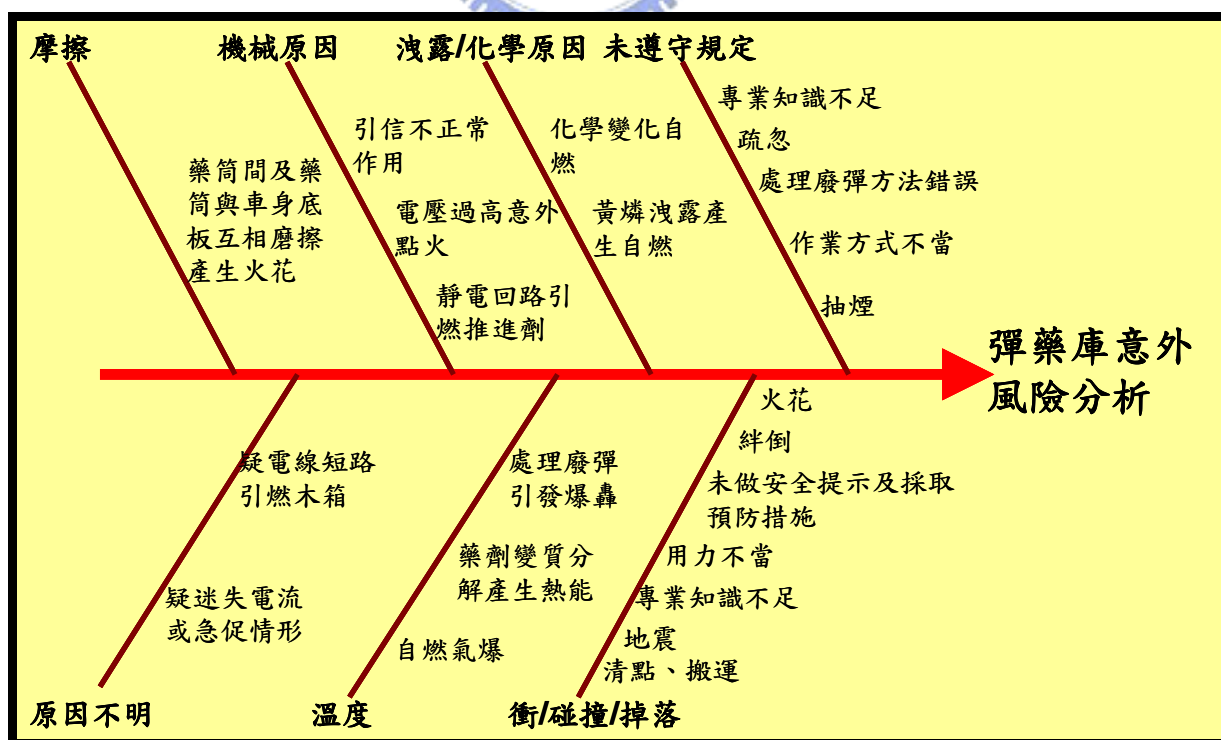


圖 6.1 彈藥庫作業可能發生之事故分析

由魚骨圖分析中可以發現可能之異常原因不外乎是未遵守規定、衝撞、碰撞、掉落、洩露及溫度等因素，只要其中一個分支環節有任何的閃失，可能會造成嚴重的後果與損失。

6.3 評分方法

1. 風險定義為工作/作業潛在危害之頻率及其後果(嚴重度)的組合指標。

$$(\text{風險}) = (\text{頻率}) \times (\text{嚴重度})$$

$$(\text{頻率}) = (\text{暴露機率}) \times (\text{發生機會})$$

2. 暴露機率指單位時間作業次數，發生機會為介於 0 與 1 之間的或然率。

$$(\text{風險}) = (\text{暴露機率}) \times (\text{發生機會}) \times (\text{影響結果})$$

3. 綜合上述三項指標；加以研判彈藥庫作業方法及本標準風險是否可接受或不可接受，是否要提出管理方案，工程方面的改善或進一步檢討作業方式等。茲將三項指標分析定義如下：

- (1) 暴露機率評分表 (表 6.1)：

表 6.1 暴露機率評分 (*為本研究舉例數值)

作業狀況 *	評分 *
連續作業 (平均每日一次以上)	10
經常作業 (平均每週一次以上)	5
偶爾作業 (平均每月一次以上)	3
不常作業 (平均每季一次以上)	2
少有作業 (平均每年一次以上)	1
非常少有 (每三年一次以上)	0.5

將人員暴露於彈藥庫次數進行評分；例如每日必須入庫清點彈藥時，其暴露於危險的工作場所風險度增加，則評分為 10 分。若使用 RFID 系統時，透過系統即可清點正確數量，可減少於彈藥庫的暴露機率，故此項可

列為少有作業（1 分）或非常少有（0.5 分）。

（2）危害發生機率評分表（表 6.2）：

表 6.2 危害發生機率評分（*為本研究舉例數值）

預期發生機率*	評分*
無使用防護設施、未遵守規定的情況下或每週發生一次	10
只使用個人防護裝備情況下或每月發生一次以上	5
除使用個人防護裝備外，對物質洩露、化學變化、高溫等設置偵測器或每季發生一次以上	3
設置多重的防護設施（監視系統、消防系統、溫控系統等）、機械、摩擦等情況下或每年發生一次以上	2
建構 RFID 系統或五年內才會發生一次	0.5

將彈藥庫的作業環境或狀況進行評估，例如當作業人員只攜帶個人防護具時，評分為 5 分，每週內會發生一次易外事故或傷害（如：割傷、擦傷等）時，則評分為 10 分。若使用 RFID 系統時，危害發生的機率則降低，評分為 0.5 分。

（3）危害影響結果（程度）評分表（表 6.3）：

表 6.3 危害影響結果（程度）評分（*為本研究舉例數值）

作業狀況*	評分*
非常重大災害（死亡三人以上）或損失＞新台幣五億元	100
重大災害（死亡一人）。其損失＞新台幣一億元	50
高度災害（重傷）或損失＞新台幣一千萬元	15
中度災害（輕傷）或損失＞新台幣一百萬元	6
輕度災害（極小影響）或損失＞新台幣十萬元	3
虛驚事故或損失＜新台幣一萬元	1

將事件所造成的結果依損壞程度評分；例如搬運彈藥時不慎掉落，並未造成爆炸，可將其列為虛驚事故（1 分）。

4. 彈藥庫不可能只有單一危害源，可能存在多種危害型態，故進行評估作業時；將「危害發生機率評分」與「危害影響結果評分」欄內最嚴重者，列為該作業之代表指標。

5. 風險危害等級（表 6.4）：將風險大小程度評分。由前述三項評分所得乘積結果越高者，所代表的風險也越高。並依事件找出其關係，作為以後彈藥庫管理作業改善之參考。

表 6.4 風險危害等級（*為本研究舉例數值）

危害評分*	風險等級	改善建議
>4000	第 1 級：極高度風險	立即採取改善或應變對策
1000~3999	第 2 級：高度風險	優先執行更細部的評估後，決定改善方案
100~999	第 3 級：中度風險	採取行政管理或工程改善
10~99	第 4 級：低度風險	視經費預算決定改善程度或採取行政管理
<10	第 5 級：可接受風險	可忽略

6.4 風險計算

利用上節所設定的風險參數，我們根據過去發生事故的經驗，列舉三個可能會肇因意外的彈藥作業。並將範例區分為現行作業模式、行政與工程改善後模式，與導入 RFID 系統模式，評估這三個模式對彈藥庫作業間潛在風險的差異性。

計算範例一：清點作業流程（圖 6.2）與風險等級（圖 6.3）

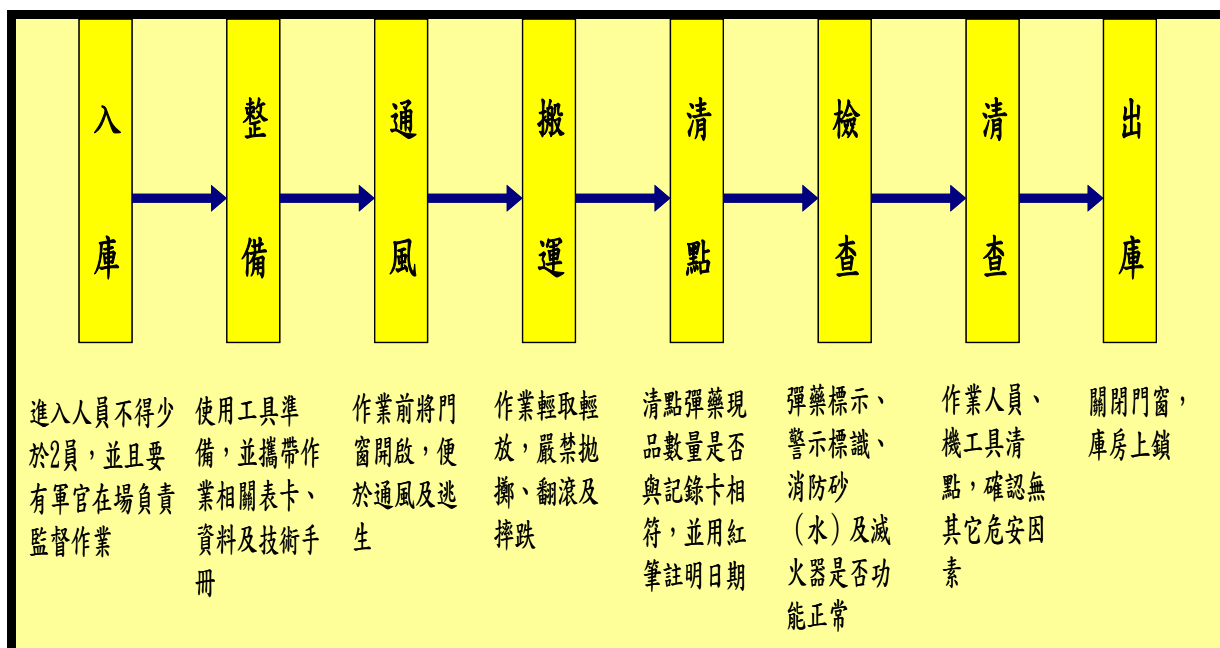


圖 6.2 清點作業流程

1. 現行模式：

暴露機率	發生機率	影響結果	危害評分	危害等級
10	5	50	$10 \times 5 \times 50 = 2500$	第二級 高度 風險

2. RFID模式：

暴露機率	發生機率	影響結果	危害評分	危害等級
3	0.5	3	$3 \times 0.5 \times 3 = 4.5$	第五級 可接受 風險

圖 6.3 清點作業風險等級

1. 現行模式：

- (1) 該作業為彈補士每日需入庫進行的工作，以清點記錄彈藥的數量及庫房內狀況。所以如表 6.1 評為連續作業，暴露等級為 10 分。
- (2) 該作業為人工作業，雖然要求作業人員穿戴個人防護器具，由於個人護具使用不確實或搬運時可能掉落。所以如表 6.2 評為 5 分。
- (3) 由圖 6.1 分析風險，不安全的因素可能包括撞擊、未使用防護具、作業方法不當等，均可能造成作業人員嚴重的傷亡。所以如表 6.3 評為重大災害，嚴重度等級為 50 分。
- (4) 風險是頻率和嚴重度的乘積，所以此作業風險評分是 2500 分。由表 6.4 可評估風險等級是第 2 級（高度風險）。

2. RFID 模式：

- (1) 該作業彈補士於特別清點或異常狀況時才入庫工作，平時透過系統即可記錄彈藥的數量及庫房內狀況。所以如表 6.1 評為偶爾作業，暴露等級為 3 分。
- (2) 該作業為人工作業，由於系統能監控個人作業實況，並能整合庫房內各防護系統，故危害機率降低。所以如表 6.2 評為 0.5 分。
- (3) 假設將 RFID 系統使用於案範中，則不安全的環境或狀況將能有效的預防與控制。所以如表 6.3 評為輕度以下的災害，嚴重度等級為 3 分。
- (4) 風險是頻率和嚴重度的乘積，所以此作業風險評分是 4.5 分。由表 6.4 可評估風險等級是第 5 級（可接受風險）

3. 表 6.5 為兩者間的風險估算效益比較：

表 6.5 風險估算效益分析（一）

項目	範例一		
	清點作業的風險等級		
可能風險說明	清點 105 公厘戰防彈，作業人員誤觸彈裝藥引發爆炸		
作業模式	現行管理模式	現行管理模式實施行政或工程改善後	RFID 管理模式
暴露機率 評分 (A)	10	10	3
發生機率 評分 (B)	5	3	0.5
危害程度 評分 (C)	50	3	3
風險評分 (A)×(B)×(C)	2500	90	4.5
風險等級	第二級 (高度風險)	第四級 (低度風險)	第五級 (可接受風險)

計算範例二：溫溼度檢查流程（圖 6.4）與風險等級（圖 6.5）

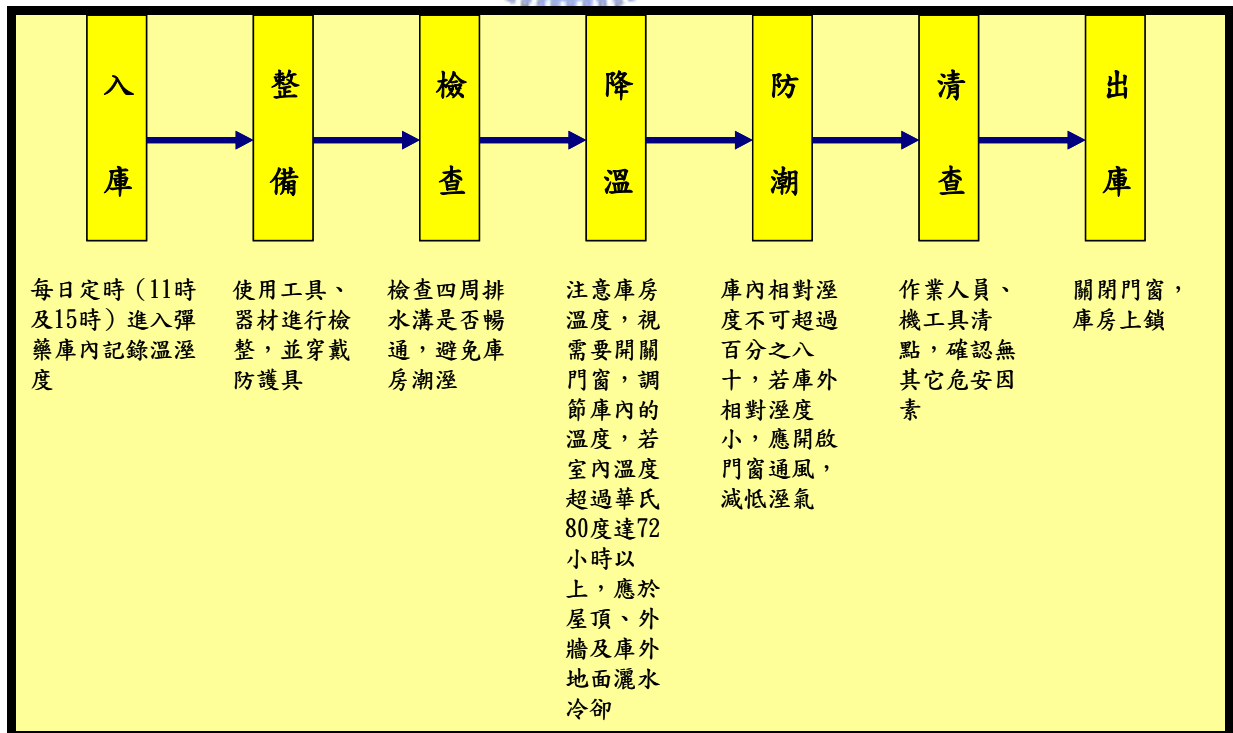


圖 6.4 溫溼度檢查作業流程

1.現行模式：

暴露機率	發生機率	影響結果	危害評分	危害等級
10	4	100	$10 \times 4 \times 100 = 4000$	第一級 極高度 風險

2. RFID模式：

暴露機率	發生機率	影響結果	危害評分	危害等級
1	0.5	1	$1 \times 0.5 \times 1 = 0.5$	第五級 可接受 風險

圖 6.5 高溫風險等級

1. 現行模式：

- (1) 該作業為彈補士每日需入庫進行的工作，以記錄庫房內的溫度狀況。所以如表 6.1 評為連續作業，暴露等級為 10 分。
- (2) 由於環境氣候的關係，加上通風設備故障，或系統無法偵測溫度變化等因素。所以如表 6.2 評為 4 分。
- (3) 由圖 6.1 分析風險，不安全的因素可能包括高溫、發射藥變質、通風換氣及未實施自動檢查等。所以如表 6.3 評為非常重大災害，嚴重度等級為 100 分。
- (4) 風險是頻率和嚴重度的乘積，所以此作業風險評分是 4000 分。由表 6.4 可評估風險等級是第 1 級（極高度風險）。

2. RFID 模式：

- (1) 系統可自動偵測及記錄彈藥庫的環境溫度，除非系統故障或進行保養，否則彈補士不需每日入庫統計溫度狀況。所以如表 6.1 評為少

有作業，暴露等級為 1 分。

(2) 由於系統整合庫房內各項防護系統，如溫控系統、消防系統、監視系統等，故危害機率降低。所以如表 6.2 評為 0.5 分。

(3) 假設將 RFID 系統使用於範例中，則不安全的環境或狀況將能有效的預防與控制。所以如表 6.3 評為輕度以下的災害，嚴重度等級為 1 分。

(4) 風險是頻率和嚴重度的乘積，所以此作業風險評分是 0.5 分。由表 6.4 可評估風險等級是第 5 級（可接受風險）

3. 表 6.6 為兩者間的風險估算效益比較：

表 6.6 風險估算效益分析（二）

項目	範例二 高溫的風險等級		
	庫儲八級品射藥自燃氣爆引發鄰近房舍火災		
作業模式	現行管理模式	現行管理模式實施 行政或工程改善後	RFID 管理模式
暴露機率 評分 (A)	10	10	1
發生機率 評分 (B)	4	2	0.5
危害程度 評分 (C)	100	3	1
風險評分 (A)×(B)×(C)	4000	60	0.5
風險等級	第一級 (極高度風險)	第四級 (低度風險)	第五級 (可接受風險)

計算範例三：拆解作業流程（圖 6.6）與風險等級（圖 6.7）

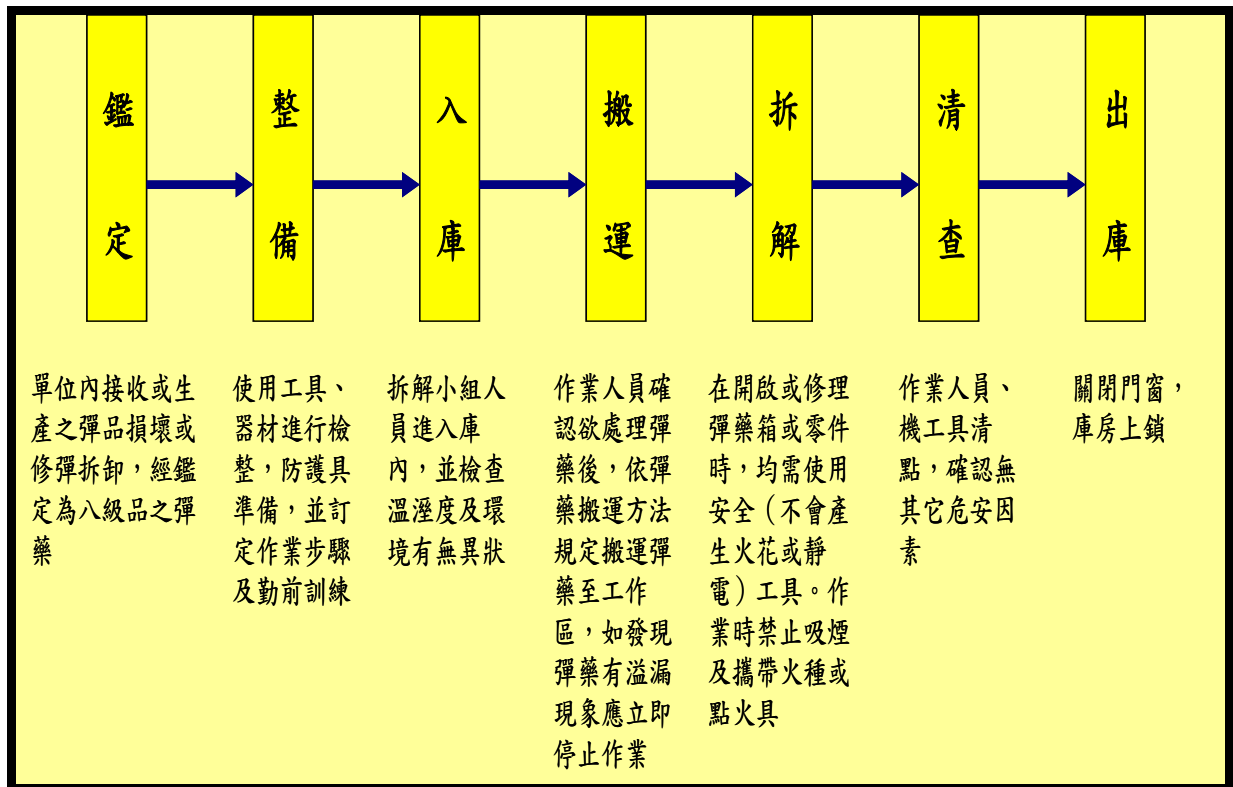


圖 6.6 拆解作業流程

1.現行模式：

暴露機率	發生機率	影響結果	危害評分	危害等級
5	10	50	2500	第二級 高度 風險

2. RFID模式：

暴露機率	發生機率	影響結果	危害評分	危害等級
5	0.5	3	7.5	第五級 可接受 風險

圖 6.7 未按作業規定拆解的風險等級

1. 現行模式：

- (1) 該作業為彈補士執行報廢發射藥拆卸任務，故進入彈藥庫房領取彈藥至工作區作業。所以如表 6.1 評為經常作業，暴露等級為 5 分。
- (2) 由於彈補士未遵守拆卸作業的標準程序，再加上未穿著防護具等，所以該作業存在多種危害型態，故取其最嚴重者。所以如表 6.2 評為 10 分。
- (3) 由圖 6.1 分析風險，不安全的因素可能包括疏乎、專業知識不足、作業方式不當等，造成爆轟意外，導致人員傷亡。所以如表 6.3 評為重大災害，嚴重度等級為 50 分。
- (4) 風險是頻率和嚴重度的乘積，所以此作業風險評分是 2500 分。由表 6.4 可評估風險等級是第 2 級（高度風險）。

2. RFID 模式：

- (1) 系統可自動監控彈補士領取彈藥的狀況，並記錄之。所以如表 6.1 評為經常作業，暴露等級為 5 分。
- (2) 由於系統整合作業場所內各項防護系統，如溫控系統、消防系統、監視系統等，監控中心能對人員的作業情況掌握，故危害機率降低。所以如表 6.2 評為 0.5 分。
- (3) 假設將 RFID 系統使用於範例中，則不安全的環境或狀況將能有效的預防與控制。所以如表 6.3 評為輕度以下的災害，嚴重度等級為 3 分。
- (4) 風險是頻率和嚴重度的乘積，所以此作業風險評分是 7.5 分。由表 6.4 可評估風險等級是第 5 級（可接受風險）

3. 表 6.7 為兩者間的風險估算效益比較：

表 6.7 風險估算效益分析（三）

項目	範例三		
	未按作業規定拆解的風險等級		
可能風險說明	作業人員執行拆解作業時，於作業程序錯誤引發爆炸		
作業模式	現行管理模式	現行管理模式實施行政或工程改善後	RFID 管理模式
暴露機率 評分 (A)	5	5	5
發生機率 評分 (B)	10	2	0.5
危害程度 評分 (C)	50	6	3
風險評分 (A)×(B)×(C)	2500	60	7.5
風險等級	第二級 (高度風險)	第四級 (低度風險)	第五級 (可接受風險)

6.5 研究結果分析

總而言之；所使用的風險分析方法，必須能明顯鑑別出作業中各種不同的操作，或作業之潛在風險的高低，這樣才能有效地協助我們制訂後續的風險控制工作，降低作業所會帶來的風險。以下將對風險估算的結果做綜合性的分析（表 6.8）：

1. 現行管理模式：

- (1) 作業人員容易因個人的因素；例如疏忽、專業知識不足、技術不熟練等導致意外發生。故作業風險很高。
- (2) 環境監控需靠人員來記錄，作業人員暴露於危險場所的機率增加。
每棟彈藥庫配置二員彈補士，無法掌握即時的環境動態。故環境風險高。

- (3) 彈藥的管制作業，均需投入大量的人力及時間來完成。容易發生人為的疏失或故意而造成彈藥品外流的情形。故工作效率很低。
- (4) 系統無法提供彈藥庫環境的安全狀況，各防護系統均是獨立作業，不易預防災害，發生意外的風險相對提高。故安全性能很低。
- (5) 人事費用的支出及意外發生後的賠償問題等，故成本花費很高。
- (6) 彈補士暴露於彈藥庫房的次數與時間頻繁，加上人工作業效率不彰、防護系統功能有限，故整體效益較低。

2. 行政或工程改善模式：

- (1) 落實人員的專業教育、工作守則及作業規範等，可以降低人員發生失誤或意外的風險。故作業風險尚可接受。
- (2) 強化防護設施、採用密閉或隔離作業等。可減少作業人員暴露於危險場所的機率。有效降低風險。故環境風險尚可接受。
- (3) 加強人員考核、工作安全分析、自動檢查等，可以減少人為的疏失，提升工作效率，降低危發生的風險。故工作效率尚可以接受。
- (4) 提升防護設施的性能，設置高科技、高敏感度的監控系統，可以有效提升彈藥庫環境的安全性能，降低危害發生的風險。故安全性能尚可。
- (5) 需花費龐大的費用來改善設施，才能達到降低風險的效果。故成本花費較高。
- (6) 雖然利用行政管理或工程改善的方式，可以將風險降低於可接受的範圍內，但需額外投入人力與物力，故整體效益來說尚可。

3. RFID 管理模式：

- (1) 可以減少彈補士進入彈藥庫的頻率，作業人員暴露於危險場所的機會降低，故作業風險甚低。
- (2) 系統能監控環境實況，若作業程序、步驟或溫度產生變化時，管理

者可以適時的給予作業者提示，降低搬運時可能會造成的風險。故環境風險甚低。

(3) 系統可以全程掌人員的作業實況，可以大幅提升工作效率與減少失誤發生的機會。。

(4) 能結合監視、溫控、警報、消防系統等，強化彈藥庫的防護能力。故安全性能很高。

(5) 系統可有效降低災害的發生與損失，故無需另外增加人力或經費改善設施。故花費成本最低。

(6) 採用 RFID 管理模式可有效降低各方面的風險，又能提升彈藥作業的安全性、便利性、經濟性與防護性，使人員與軍品的損失降至最小，故整體的效益最高。

表 6.8 綜合效益分析

項 目	現 行 管 理 模 式	行政或工程改善	R F I D 管 理 模 式
作業風險	高	尚可	低
環境風險	高	尚可	低
工作效率	低	尚可	高
安全性能	低	尚可	高
花費成本	高	高	低
整體效益	低	尚可	高

經由風險估算效益分析後，我們可以利用簡單的計算方式，取得作業風險的量化數據，並比較三者之間的差異性。由圖 6.8 可以歸納下列幾點：

1. 發生率、暴露率及嚴重率越高，發生爆炸意外的成份即越高。
2. 不安全行為及狀況是造成高風險的最主要因素。
3. 三個項目中，只要能降低或減少其中一項機率，風險的等級隨之降低。
4. 將現有作業內容，妥善的實施行政管理或工程改善後，意外風險即能夠降至中、高度以下的風險。
5. 建構 RFID 系統後，彈藥作業所面臨的風險，可大幅降至可接受的程度。
6. 相較於現行管理方式，RFID 系統能有效執行彈藥庫安全管理作業，減少許多人力、物力及經費上的支出，更能提升整體彈藥庫的安全。
7. 實施作業安全分析時，應先將較高的風險因子改善，並依難易程度、經費的多寡等進行改善。只要發生率、暴露率或嚴重率其中的數值降低，事故發生機率即降低。

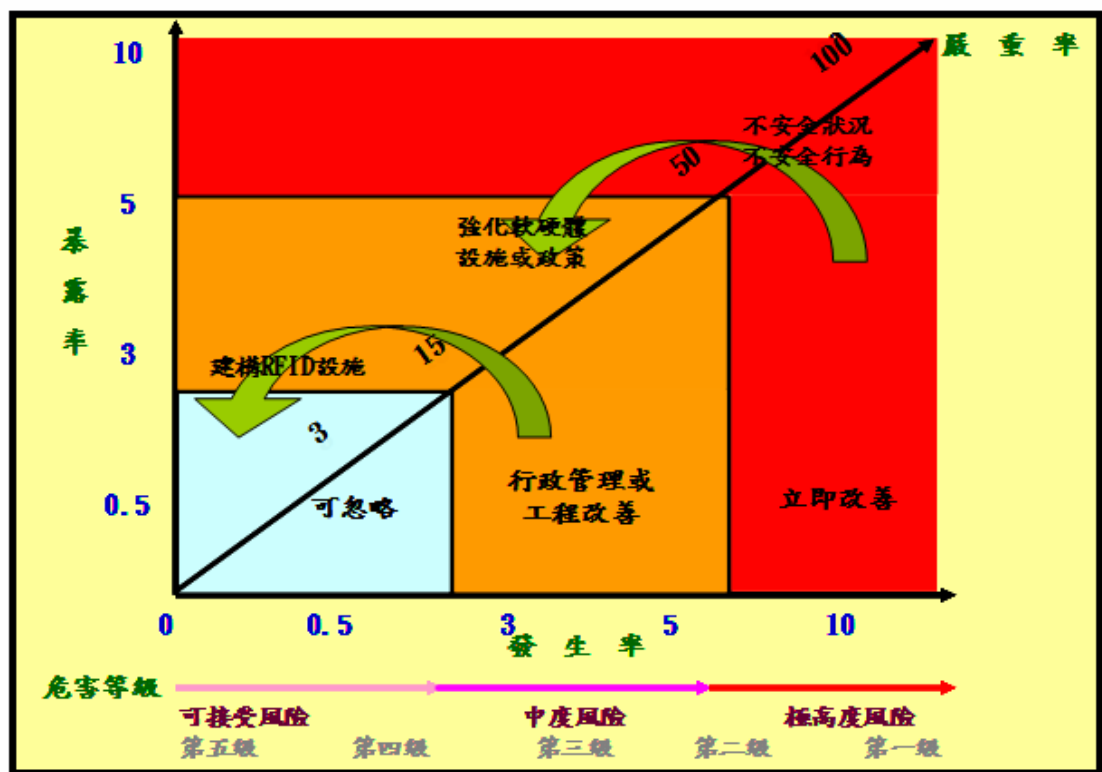


圖 6.8 風險控制

本分析僅實施基本的作業項目估算，尚無考量細項的操作與設備因素，故在分析上較為保守。

6.6 小結

第二章曾經提到爆炸物由於反應快、能量輸出快、作功效率高。因其具有高敏感度、反應快、作功效率高的特性，所造成的危害也相對嚴重。故建立適當的安全制度、安全評估、危害預防、災害應變等安全工作就十分重要。

本章將彈藥庫作業可能的風險進行分析估算。分析比較現有彈藥庫與RFID系統兩者間的風險差異。RFID系統能有效降低現行彈藥管理作業的風險。未來數位化科技的投入，對整體彈藥後勤管理作業，更能有系統的掌握效益。配合著風險分析的結果，更能強化單位災害應變的機制，提升災害預警的能力。



第七章 結論與建議

本研究主要是針對近年發生的彈藥庫（製造、搬運、貯存、拆解、整修、報廢作業等）意外事件，利用職業災害調查方式，分析意外的肇因，並採用 RFID 技術、風險評估等方法來探討，以強化整體彈藥庫的安全管制作為。綜合整理分析的結果，分別提出本研究的結論與建議：

7.1 結論

1. 火炸藥種類繁多，用途不盡相同，要求之敏感性亦有所差異，其危險性也有所區別。當火炸藥及敏感化學品在運輸、搬運、庫貯與應用之過程中，可能因受到撞擊或掉落而產生分解反應，造成意外災害。
2. 不論是物理或化學爆炸，都是一種突發而劇烈的巨大能量釋放過程。爆炸會產生爆風波與爆風，而爆風吹動物體所產生之動態壓力與爆風波本身之靜態壓力都是造成人員及財物損失的主因。
3. 本研究發現我國彈藥庫爆炸意外肇因，均是由於「不安全行為」及「不安全狀況」所造成，其中又以「未遵守作業規定」為最高，顯示我國作業人員對於紀律的鬆散、操作上的疏忽與專業知識的不足，而導致意外發生。
4. 本研究分析發現，無線射頻技術（RFID）的導入，能提升國軍管理層面的效益。如彈藥武器管理系統、人員辨識系統、庫貯門禁系統以及後勤物流管理等，藉此將可精進人員及軍品管理的成效，進而提升國軍整體戰力。
5. 從本研究分析得知，無線射頻技術（RFID）的導入，除了強化彈藥庫本

身的防護能力，透過溫度監控設施，可以全時記錄庫房的相對溫、濕度，以降低彈藥品本身變質所發生的危險性。

6. 從事安全管理目的，除了防止災害發生，其實質的目的是在創造安全的作業環境（即控制任何不必要之損失），故基於此立場，除了加強防範意外事故外，更應思考意外狀況發生時，加以推估構思其因應對策，擬定合適之應變計畫，以提昇單位之防救災能力。
7. 本研究內容所建立的的安全的管理機制，除了確保彈藥庫安全與增進工作效率外，對國軍整體的形象更有下列的幫助：

(1) 有形上：

- ①以配置二名義務役彈補士來說，每年須支付 55 萬元的薪資，運用 RFID 系統來進行管理，僅設置一名彈補士即可，可大幅降低人事成本費用 50% 以上。
- ②作業人員於清點、搬運、補給等作業時，能透過系統的功能，快速取得所需的彈品資訊，有效減少失誤減及時間的浪費，提升整體工作效率。
- ③系統能有效達到防災預警作為，確保裝備的安全性，使軍品損失或被竊的機會降低，並能減少人員傷亡與災害擴大，使庫存管理更安全。
- ④新進人員可以利用系統查詢彈藥品的相關資訊，例如拆解、操作、動作要領等，可以減少訓練人員所花費的人、物力，更可以增進作業人員對彈藥處理知識與技術。
- ⑤目前一座面積 300 坪的半地下化彈藥庫，所需費用高達 3,000 萬~4,000 萬間，評估 RFID 系統後，將可有效降低成本費用 40% 以上。

(2) 無形上：

- ①利用工作安全分析，讓管理者能清楚工作場所潛在的危險，訂定正確作業規範，實施教育訓練來強化作業官兵的安全意識。
- ②實施風險評估可以將作業的項目予以分析，並得到量化的數據。針對該項作業內容的風險程度來進行適當的措施，將災損降低，適時、適切的改善作業條件，創造出零災害的作業環境。
- ③一個安全的作業環境；除了確保作業人員的安全，對營區週邊百姓的生命與財產將更有保障。藉此也可以獲得民眾對彈藥庫管理的高度認同感與支持。

8. 彈藥作業是一項具有危險性及技術性的工作。其執行成效不但關係個人及單位的安全，影響所及攸關國軍建軍備戰、武器火力之發揮，其重要性可想而知。身為彈藥作業人員應隨時充實本職學能，發揮精益求精之精神，確保作業安全。
9. 本研究希望提供決策單位，在彈藥管理作業上能精進防災與救災效率，並對曾經從事彈藥處理工作而付出的官兵同仁，致上最高的敬意。

7.2 建議

1. 彈藥為維持國軍戰力之主要項目，故不能因人、事而立即中止或改變。在維護彈藥之量與質同時，應兼具政策執行面的考量，應以循序漸進的方式謀求改善。
2. 在國軍進行軍事事務革新的同時，面對兵源役期的短縮，除應加強人員的專業教育及安全督導外，對拆卸引信、底火等較具危險性零件之拆卸，應嚴格要求選用訓練合格之熟手擔任。
3. 配合國軍正全面籌建半地下化彈藥庫的同時，建議能將 RFID 系統導入彈藥庫作業上，以提升彈藥儲存安全，強化管理效能。

4. 考慮所有軍品於製造時即嵌入 RFID 標籤。當軍品移交給各軍種或庫房時，即可對軍品有效之全壽期管理，並提高其管理效率及儲存安全。
5. 技術面上；RFID 易受金屬雜訊干擾，及水分影響接收靈敏度。這方面的問題有待未來加強研究，並實作之，以克服 RFID 在金屬或水環境的障礙。
6. 目前國防部中科院已於 2005 年加入 RFID 的研發行列，希望能將 RFID 技術導入國防軍備中。相信在不久的將來，當 RFID 技術更成熟、運用範疇更廣泛之後，RFID 技術一定會為國軍帶來更多的便利性，提升國防戰力。
7. 本研究在進行風險分析的估算時，並未考慮到彈藥庫作業更細項的工作程序，但在實際的分析中，細部的工作程序分析卻十分重要，所以未來的研究方向可討論分析整體作業的細部程序。



參考文獻

1. 曾傳銘，工業火災爆炸防範實務，揚智文化事業股份有限公司，民國 89 年 1 月。
2. 張一岑，防火與防爆，揚智文化事業股份有限公司，民國 90 年。
3. 林國雄，仇敏，防火防爆工程，全威圖書有限公司，民國 90 年 9 月。
4. 郭晃佑，「國軍廢彈藥處理作業研析」，聯合後勤季刊，第 4 期，民國 95 年 4 月。
5. 錢樵清，「無線射頻辨識應用於軍械及庫儲運管先導實驗研析」，聯合後勤季刊，第 6 期，66~80 頁，民國 95 年 8 月。
6. 「防火防爆測試技術研討會」，行政院勞工委員會勞工安全衛生研究所與中山科學研究院第四研究所主辦，民國 83 年 1 月。
7. 陳聖一，「爆炸物危害分析及安全評估」，新新雙月刊，第 26 卷，第 5 期，中山科學研究院，民國 87 年 9 月。
8. 中華民國工業安全衛生協會，勞工安全管理師，中華民國工業安全衛生協會，民國 95 年 9 月。
9. 馬正義，「RFID 應用於空軍戰備之探討」，國防雜誌，第 20 卷，第 8 期，國防大學，民國 94 年 10 月。
10. 傅旭昇譯，「後勤資訊之分享」，國防譯粹(臺北)，第 32 卷，第 3 期，民國 94 年 3 月。
11. 鄭同伯，「美國防部如何使用主動式 RFID」，網路通訊(臺北)，第 161 期，民國 93 年 12 月。
12. U.S. military enlist RFID for war effort, Transportation &

Distribution, 12 June, 2003.

13. U.S. Military to Issue RFID Mandate, RFID Journal, 15 Sept, 2003.
14. Jonathan Collins, DOD Publishes DFAR Amendment for RFID, RFID Journal, 22 Apr, 2005.
15. <http://www.mnd.gov.tw/> 中華民國國防部。
16. <http://www.appledaily.com.tw/AppleNews/index.cfm> 蘋果日報。
17. <http://www.rtc.itri.org.tw/> 財團法人工業技術研究院無線辨識科技中心。
18. <http://www.regalscan.com.tw/> 帝商科技。
19. 陳聖一、張方堉、黃振家，「爆炸性物質危害事故之探討」，火藥技術，第 12 期，民國 85 年 12 月。
20. 蔡永銘，現代安全管理，揚智文化事業股份有限公司，民國 91 年 10 月。
21. 王世煌，工業安全風險評估，揚智文化事業股份有限公司，民國 91 年 9 月。
22. 鄭達緯，「從拆卸彈藥意外事件談彈藥整修與採購」，陸軍後勤季刊，第 1 期，民國 83 年。
23. 黃秋勇，「彈藥整修作業之檢討與精進」，陸軍後勤季刊，第 7 期，民國 84 年。
24. 黃清賢，危害分析與風險評估，三民書局股份有限公司，92 年 3 月。

25. 吳進榮，「全方位 RFID 彈藥庫存管理」，物流技術與戰略，第 15 期，57~61 頁，民國 94 年 6 月。
26. 楊政儒，「RFID 在含水及金屬環境中的應用 PART I 金屬篇」，物流技術與戰略，第 19 期，63~65 頁，民國 95 年 2 月。
27. 楊政儒，「RFID 在含水及金屬環境中的應用（一）含水篇」，物流技術與戰略，第 20 期，92~93 頁，民國 95 年 4 月。
28. 鄭俊年，「無線射頻辨識標籤的量產製造技術」，機械工業，第 285 期，70~82 頁，民國 95 年 12 月。
29. 謝家興，李政儒，劉立，吳啟誠，「運用 RFID 提升使用高危險藥物之安全性」，藥學雜誌，第 83 期，138~145 頁，民國 94 年 6 月。
30. 余顯強，「無線射頻識別技術之應用與效益」，中華民國圖書館學會會報，第 75 期，27~36 頁，民國 94 年 12 月。
31. 程彥鈞，「RFID 技術之應用實務」，電子月刊，第 135 期，240~249 頁，民國 95 年 10 月。
32. 洪敏雄，「RFID 之技術探討與軍事應用」，國防雜誌，第 21 卷，第 5 期，170~182 頁，民國 95 年 10 月。
33. 蕭亞洲，「軍品導入無線射頻技術之探討」，國防雜誌，第 21 卷，第 6 期，139~147 頁，民國 95 年 12 月。
34. <http://www.ugrid.com.tw/> 優格網科有限公司。
35. <http://www.idmstore.com/> IDM 科技網購。
36. <http://www.law-chain.com.tw/index.html> 樂謙電腦科技股份有限公司。

37. <http://www.iek.itri.org.tw/Home/Home.aspx> 財團法人工業技術研究產業經濟與趨勢研究中心（IEK）。
38. <http://www.cnnic.com.tw/> 知磊科技股份有限公司。
39. 成曉琳，宋明倫，「軍事結構之防護設計介紹」，國防雜誌，第 20 卷第 7 期，36~41 頁，民國 94 年 8 月。
40. 彈藥勤務教範，聯合後勤司令部彈藥處。



附錄

附錄一

火藥庫設置期限及設置標準

【經濟部中華民國 95 年 6 月 1 日經礦字 09502780780 號、內政部
中華民國 95 年 6 月 1 日台內營字第 0950819910 號令】

- 第 一 條 本標準依事業用爆炸物管理條例（以下簡稱本條例）第二十二條第四項規定訂定之。
- 第 二 條 火藥庫分為平房式及坑道式；其炸藥最大儲存量，平房式不得超過一百公噸，坑道式不得超過四十公噸。
- 第 三 條 申請火藥庫設置或變更，應檢具下列書件向中央主管機關為之：
- 一、使用爆炸物之地點、火藥庫位置及安全距離圖。
 - 二、建築配置構造圖（平面、立面及剖面圖）及施工說明。
 - 三、建庫用地之土地使用證明書件，在坑道內設置坑道式火藥庫時，應附該坑口土地使用證明書件。
 - 四、儲存爆炸物種類及數量。
 - 五、工程承攬合約書或需使用爆炸物期限證明文件。
 - 六、火藥庫興建工程起迄日期。
- 第 四 條 直轄市或縣（市）主管機關於中央主管機關審核火藥庫設置或變更申請案件之會勘時，得就設置或變更地點之治安、消防及其他相關事項，審核有無違反主管法令之情事。
- 第 五 條 爆炸物儲存高度應在一·八公尺以下，火藥庫庫房高度自地板至天花板應在二公尺以上，庫內面積至少應保留百分之三十作為通道之用。
- 第 六 條 炸藥類應與雷管類分別庫房儲存；兩庫相鄰時，其庫間安全距離，以存放雷管庫房之儲存量換算成炸藥當量後，依附表一辦理。
- 前項存放於雷管庫房之炸藥以外爆炸物，其換算炸藥當量之計算基準如下：
- 一、火藥二公噸等於炸藥一公噸。
 - 二、爆劑五公噸等於炸藥一公噸。
 - 三、普通雷管或電雷管一百五十萬發等於炸藥一公噸。

- 四、導爆索五萬公尺等於炸藥一公噸。
- 五、導火索十四萬公尺等於炸藥一公噸。
- 六、非電雷管一百二十五萬發等於炸藥一公噸。
- 七、導爆管五千萬公尺等於炸藥一公噸。

第 七 條

平房式火藥庫應依其炸藥儲存量計算其自庫房外壁起對各類設施之安全距離；火藥庫設於爆炸物製造工廠境界範圍內者，其對其他廠房之安全距離亦同；其安全距離依附表二辦理。

前項各類設施種類如下：

- 一、第一類設施：指國家古蹟建築物或特殊重要建築物。
- 二、第二類設施：指飛機場、港口、碼頭、發電廠、變電所水庫壩址、油槽或氣槽。
- 三、第三類設施：指鐵路、火車站、公園、市街房屋、村莊、學校、醫院、戲院、寺廟、教堂、運動場、工廠、工地、礦場、公墓或骨灰（骸）存放設施。
- 四、第四類設施：指國、省、縣或鄉道。

火藥庫與前項各款設施間依第十條設有土堤、擋牆或具有天然掩護體，經中央主管機關核准者，其安全距離得減半計算。

第 八 條

平房式火藥庫之設置位置、構造及設備，應依下列規定：

- 一、庫房應選擇無崩塌及淹水之虞之乾燥地點。
- 二、庫房四周排水設施良好，且為鋼筋混凝土或鋼筋混凝土加強磚構造之平房構造。
- 三、庫壁為鋼筋混凝土者，厚度應在十五公分以上；其為鋼筋混凝土加強磚者，厚度應在二十四公分以上。
- 四、庫房入口應設兩道防盜門扉並加鎖，外側門扉使用厚度三公釐以上之鐵板或鋼板製作，內側門扉為木製。
- 五、須採光及加強通風者，得於庫房從外壁地板面起二公尺以上之處設置長寬各三十公分以上之庫窗至少三個，每十公分以下間隔設直徑一公分以上之鐵條，並護以鐵線網。
- 六、依庫房大小，從外壁地板面起三十公分以上之處設置長寬各二十公分以上之通風孔至少三個，每五公分以下間隔設直徑一公分以上之鐵條，並護以鐵線網。
- 七、庫房內面應設天花板、壁板及地板，並不得露出鐵類或易生火花之其他金屬類；其地板至天花板高度應達二公尺以上。但具有防潮、防熱及防撞設施者，得免裝設。

- 八、庫房應裝設避雷裝置，避雷針針端與庫簷連線及避雷針垂線之交角應在四十五度以內；避雷針應用直徑十二公釐以上之銅棒，並應與避雷針導線及接地板接續之；避雷導線應用截面四十一平方公釐以上之銅線，接地板應用銅板，其接地電阻應在十歐姆以下。
- 九、庫房內不得施設照明設備，周圍八公尺範圍內不得存放可燃性物品。
- 十、庫房四周應築排水溝、設圍牆或有刺鐵絲網，並應加設柵門及防盜功能完善之設施；其防盜設施之電源線應埋設地下，圍牆或有刺鐵絲網之高度應達一·八公尺以上，有刺鐵絲網每二公尺至三公尺應有水泥柱或鐵柱支撐，鐵絲網之密度應得以阻絕外人侵入為度。
- 十一、看守房及炸藥、雷管庫房外應備置乾粉滅火器二十磅各二支以上。
- 十二、庫房門兩側應懸掛嚴禁煙火及手機請關機之警語。
- 十三、應在距庫房三十公尺以內及看守人能監視範圍內設置看守房，其應為鋼筋混凝土或鋼筋混凝土加強磚之構造。

第 九 條

- 坑道式火藥庫之設置位置、構造及設備，應依下列規定：
- 一、庫房應選擇岩磐堅固、地表無建築物及人群聚集之地下坑道內設置。
- 二、庫房四周岩磐厚度應依附表三規定。
- 三、庫房應為鋼筋混凝土或鋼筋混凝土加強磚建造之堅固防潮構造，並設有通風設施；地質條件良好、岩磐強度足資自撐而安全無慮者，得以水泥塗敷，並設壁板。
- 四、庫房內面應設天花板、壁板及地板，並不得露出鐵類或易生火花之其他金屬類；其地板至天花板高度應在二公尺以上。
- 五、庫房入口應設兩道防盜門扉，並加鎖，外側門扉使用厚度三公釐以上之鐵板或銅板製作，內側門扉為木製；坑道入口應加設鐵條或鋼條製造之防盜柵門，並加鎖。
- 六、庫房內不得設置電氣設備；庫房外坑道施設照明設備時，應使用防爆型電燈及自動斷電器。
- 七、看守房應設於坑口兩旁。但因受地形限制者，得自坑口起算三十公尺以內之可監視範圍內設置。

第 十 條

- 炸藥庫與雷管庫間應設擋牆或具天然掩護體；擋牆得為泥土堆築、木架填土、磚石構築或鋼筋混凝土，各種擋牆或天

然掩護體之趾部距火藥庫外壁趾部距離應在一公尺至五公尺之間，擋牆或天然掩護體掩護之長度應使雷管庫與炸藥庫之邊緣不能通視，並應依下列規定：

一、土堤擋牆：

- (一) 堤頂寬度應在一公尺以上，高度至少與火藥庫頂齊。
- (二) 土堤坡度四十五度以下。
- (三) 土堤地基及構築應堅實穩固，表土敷種草皮保固。

二、木架填土擋牆：

- (一) 堤頂寬度應在一公尺以上，高度至少與火藥庫頂齊。
- (二) 擋面坡度在五十度至五十五度。
- (三) 架構內以泥（沙）土填實；填充泥土有沙混合者，泥土之比率不得少於百分之五十。

三、磚石（磚石砌水泥）擋牆：

- (一) 堤頂寬度應在一公尺以上，高度至少與火藥庫頂齊。
- (二) 堤頂至堤趾成垂直。
- (三) 地基以混凝土補強使堤身穩固。

四、鋼筋混凝土擋牆：

- (一) 堤頂寬度應在五十公分以上，高度至少與火藥庫頂齊。
- (二) 堤頂至堤趾成垂直。
- (三) 地基以混凝土補強使堤身穩固。

五、天然掩護體：

- (一) 堤頂寬度應在一公尺以上，高度至少與火藥庫頂齊。
- (二) 坡度四十五度以下。
- (三) 表土敷種草皮保固。

第 十 一 條

火藥庫興建完竣後，直轄市或縣（市）主管機關於會同查驗時，得就下列事項提供意見：

- 一、特定點線資料。
- 二、防竊設施。
- 三、消防安全設備。
- 四、其他有關安全及消防事項。

第 十 二 條

火藥庫設置登記證有效期限最長以五年為限。

第 十 三 條

火藥庫設置登記證有效期限屆滿一個月前，得檢附下列文件向中央主管機關申請展延並換發登記證：

- 一、工程合約書或工期展延證明文件。
- 二、火藥庫設置單位同意書。
- 三、其他相關文件。

申請換發登記證時，因礦業權展限、工程展延或火藥庫用地

續租辦理中，提出證明文件者，得予核發登記證，但有效期限最長以一年為限。

第 十四 條 火藥庫因環境變遷致安全距離不合規定者，應即報中央主管機關核減儲存量，並將火藥庫設置登記證送請變更。

第 十五 條 本標準自發布日施行。

附表一 炸藥庫與雷管庫庫間安全距離基準表

炸 藥 儲 存 量	最 低 安 全 距 離
五〇〇公斤	六公尺
五〇〇公斤以上未滿一〇〇〇公斤	九公尺
一〇〇〇公斤以上未滿二〇〇〇公斤	一二公尺
二〇〇〇公斤以上未滿四〇〇〇公斤	一五公尺
四〇〇〇公斤以上未滿六〇〇〇公斤	一八公尺
六〇〇〇公斤以上未滿八〇〇〇公斤	二一公尺
八〇〇〇公斤以上未滿一萬公斤	二三公尺
一萬公斤以上未滿二萬公斤	二五公尺
二萬公斤以上未滿三萬公斤	三二公尺
三萬公斤以上未滿四萬三〇〇〇公斤	四一公尺
四萬三〇〇〇公斤以上未滿六萬三〇〇〇公斤	四九公尺
六萬三〇〇〇公斤以上未滿八萬六〇〇〇公斤	五六公尺
八萬六〇〇〇公斤以上未滿十萬公斤	七二公尺

附表二 火藥庫與各類設施間最低安全距離基準表

炸藥儲存量	與各類設施間最低安全距離			
	第四類設施	第三類設施	第二類設施	第一類設施
未滿一〇〇公斤	一〇〇公尺	一〇〇公尺	一〇〇公尺	三八〇公尺
一〇〇公斤以上未滿五〇〇公斤	一〇〇公尺	一〇〇公尺	一二八公尺	六四〇公尺
五〇〇公斤以上未滿一〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一〇〇公尺	一六〇公尺	八〇〇公尺
一〇〇〇公斤以上未滿二〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一〇二公尺	二〇四公尺	一〇二〇公尺
二〇〇〇公斤以上未滿三〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一一六公尺	二三一公尺	一一五四公尺
三〇〇〇公斤以上未滿四〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一二七公尺	二五四公尺	一二七〇公尺
四〇〇〇公斤以上未滿五〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一三八公尺	二七六公尺	一三八〇公尺
五〇〇〇公斤以上未滿六〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一四五公尺	二九〇公尺	一四五四公尺
六〇〇〇公斤以上未滿七〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一五三公尺	三〇六公尺	一五三〇公尺
七〇〇〇公斤以上未滿八〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一六〇公尺	三二〇公尺	一六〇〇公尺
八〇〇〇公斤以上未滿九〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一六六公尺	三三三公尺	一六六四公尺
九〇〇〇公斤以上未滿一萬公斤	一〇〇公尺	一七四公尺	三四八公尺	一七四〇公尺
一萬公斤以上未滿一萬二〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一八三公尺	三六六公尺	一八三一公尺
一萬二〇〇〇公斤以上未滿一萬五〇〇〇公斤	一〇〇公尺	一九八公尺	三九六公尺	一九八〇公尺
一萬五〇〇〇公斤以上未滿二萬公斤	一〇九公尺	二一八公尺	四三六公尺	二一八〇公尺
二萬公斤以上未滿二萬五〇〇〇公斤	一一七公尺	二三四公尺	四六八公尺	二三三九公尺
二萬五〇〇〇公斤以上未滿三萬公斤	一二五公尺	二四九公尺	四九八公尺	二四八六公尺
三萬公斤以上未滿四萬公斤	一三七公尺	二七四公尺	五四八公尺	二七三六公尺
四萬公斤以上未滿五萬公斤	一四八公尺	二九六公尺	五九二公尺	二九六〇公尺
五萬公斤以上未滿六萬公斤	一五七公尺	三一四公尺	六二八公尺	三一四〇公尺
六萬公斤以上未滿七萬公斤	一六五公尺	三三〇公尺	六六〇公尺	三三〇〇公尺
七萬公斤以上未滿八萬公斤	一七三公尺	三四六公尺	六九二公尺	三四六〇公尺
八萬公斤以上未滿九萬公斤	一八〇公尺	三六〇公尺	七二〇公尺	三六〇〇公尺
九萬公斤以上未滿十萬公斤	一八六公尺	三七二公尺	七四四公尺	三七二〇公尺

附表三 坑道式火藥庫與圍岩或覆蓋層厚度基準表

炸藥儲存量	圍岩或覆蓋層最低厚度
未滿一〇〇〇〇公斤	四公尺
一〇〇〇〇公斤以上未滿二〇〇〇〇公斤	六公尺
二〇〇〇〇公斤以上未滿三〇〇〇〇公斤	八公尺
三〇〇〇〇公斤以上未滿四〇〇〇〇公斤	一〇公尺
四〇〇〇〇公斤以上未滿五〇〇〇〇公斤	一一公尺
五〇〇〇〇公斤以上未滿六〇〇〇〇公斤	一二公尺
六〇〇〇〇公斤以上未滿七〇〇〇〇公斤	一三公尺
七〇〇〇〇公斤以上未滿八〇〇〇〇公斤	一四公尺
八〇〇〇〇公斤以上未滿九〇〇〇〇公斤	一五公尺
九〇〇〇〇公斤以上未滿一萬公斤	一六公尺
一萬公斤以上未滿一萬二〇〇〇〇公斤	一七公尺
一萬二〇〇〇〇公斤以上未滿一萬四〇〇〇〇公斤	一八公尺
一萬四〇〇〇〇公斤以上未滿一萬六〇〇〇〇公斤	一九公尺
一萬六〇〇〇〇公斤以上未滿一萬八〇〇〇〇公斤	二〇公尺
一萬八〇〇〇〇公斤以上未滿一萬九〇〇〇〇公斤	二一公尺
一萬九〇〇〇〇公斤以上未滿二萬公斤	二二公尺
二萬公斤以上未滿二萬五〇〇〇〇公斤	二四公尺
二萬五〇〇〇〇公斤以上未滿三萬公斤	二六公尺
三萬公斤以上未滿三萬五〇〇〇〇公斤	二八公尺
三萬五〇〇〇〇公斤以上未滿四萬公斤	二九公尺

附錄二

火藥庫庫房儲存爆炸物應行遵守及注意事項

【經濟部礦務局民國 95 年 5 月 25 日礦局輔一字第 09500038470 號函】

- 一、火藥庫庫房四周鐵絲網範圍境界內，應禁止非相關人員進入。
- 二、庫房內不得儲存爆炸物以外之物品及紙盒、木箱等空包裝材料。
- 三、紙箱、空木箱、內襯紙、塑膠袋、紙盒及藥支包裝紙等爆炸物用餘包裝材料，應檢查其確無殘留藥末後，即予易地焚燬，不得移作他用。
- 四、庫房內儲存之爆炸物，應分類設置爆炸物登記卡，懸掛於火藥庫庫房內明顯位置，並保持完整之收發紀錄。
- 五、進入庫房內，除手電筒外禁止攜帶一切燈火、照明器具或無線電通訊設備等。
- 六、爆炸物應按其種類及進庫先後分堆存放，箱上標誌向外，堆間留有通路，並遵守先進庫先撥用之原則。
- 七、爆炸物應保持包裝完整，倘有破損者及已開啟之零箱，應即恢復其完整，並予標示，放置於同堆之外側，優先撥用。
- 八、火藥庫應注意通風並備置溫度計及濕度計，每日詳細記錄溫濕度；庫房內溫度倘超過攝氏三十七·五度（華氏一百度）達二十四小時以上時，應即採取外壁及庫頂灑水或其他降低庫內溫度之安全措施。
- 九、雷汞、疊氮化鉛及重氮二硝基酚等起爆藥，應加淨水百分之二十至四十，使其浸濕，內外包裝之間並充填木粉或其他防震物。
- 十、四硝化異戊四醇等敏感傳爆藥，應加淨水百分之四十浸透，禁止乾品存庫。
- 十一、硝甘炸藥倘有硝化甘油滲出，污染包裝外箱或庫房地面時，應即用

硫磺泥（硫磺二份、碳酸鈉一份及水四份）吸收及用乾布擦拭，再以溫水清理乾淨，並將擦拭布及硫磺泥一併易地燒燬之。

十二、黑色火藥等粉狀藥之包裝應保持緊密，避免散落，倘有散落，應即清理乾淨。

十三、苦味酸嚴禁使用錫鉛以外之金屬容器裝儲，並避免與鉛、鐵等金屬接觸。

十四、堆放硝甘炸藥時，各箱應每隔三十至六十天定期翻動一次，以免硝化甘油滲漏。

十五、雷管之包裝紙盒或木箱，應保持完整牢固，避免受熱、受震，發料時以原封整盒為原則。

十六、導爆索應儲存於炸藥庫庫房內。

十七、裝儲爆炸物應用木製、紙製、塑膠製或其他不導電材料製之專用堅固容器；其內側不得有鐵或其他金屬之突出物。

十八、已變質不堪使用或需廢棄之爆炸物，應隔離儲存，並依事業用爆炸物管理條例第二十三條規定辦理。

十九、搬移爆炸物時，應謹慎小心，避免強烈震動、撞擊或磨擦。