

國立交通大學

工學院產業安全與防災學程

碩士論文

彈藥貯存安全管理與應變對策之研究



Study on the Safety Management and Emergency Response
Strategies of Ammunition Storage

研究生：莊啟磊

指導教授：趙文成 教授

中華民國 九十六 年 七月

彈藥貯存安全管理與應變對策之研究

學生：莊啟磊

指導教授：趙文成 博士

國立交通大學工學院產業安全與防災學程（研究所）碩士班

摘要

近年來國防部推動兵力整建計畫，先後實施「精實案」與「精進案」兩大政策。面對龐大的組織與人力調整要求下，如何確保部隊品質與設施安全，將是國軍未來最重要的課題。由於台灣地狹人稠，在軍用土地取得困難與人口密度逐年上升情形下，部份軍事設施緊鄰大都會區；再加上近兩年彈藥庫爆炸事件頻傳，更凸顯出彈藥貯存管理和庫儲設施的諸多問題。因此；建立一套安全的彈藥貯存管理機制，是刻不容緩工作。



本論文係參考歷年來幾件重大的彈藥庫爆炸意外事故；分析、檢討其作業環境與管理制度上的缺陷，並利用無線射頻辨識系統（RFID）與風險管理等技術，建立安全的管理模式與應變對策，讓從事彈藥作業人員於搬運、貯存、拆卸、清點等作業時，達到本質安全為目的。期能全面提高彈藥處理作業效率與安全，使國人對國軍彈藥處理作業給予高度的肯定。

關鍵字：兵力整建、精實案、精進案、無線射頻辨識系統、風險管理、本質安全

Study on the Safety Management and Emergency Response Strategies of Ammunition Storage

Student : Chi-lei Chuang

Advisor : Wen-chen Jau, Ph.D.

Master's program, (Graduate Institute) of Industrial Safety and Disaster Prevention,
National Chiao Tung University

ABSTRACT

In the military buildup plan, the Ministry of National Defense has implemented two major policies, the Armed Forces Refining Program and the Armed Forces Streamlining Program. How to ensure the quality of armed forces and safety of facilities under such large organizational and manpower regulation will be the most important topic to the national troops. Because of limited land and dense population in Taiwan, and due to the fact of difficulty in obtaining land for military use and the increase of population density, some military facilities are located near metropolis. In addition, the frequent occurrences of explosion in ammunition depots in the recent two years, the problems of ammunition storage and management, as well as warehouse facilities, are calling for more attention. Therefore, it is urgent to establish a set of management mechanisms for safety in ammunition storage.

This paper referred to the major explosions of ammunition depots in the recent years, analyzed and reviewed the flaws in the operational environment and management system, and used RFID and risk management technologies to establish safe management model and emergency responding strategies, so that ammunition operators can achieve intrinsic safety during transporting, storage, disassembly, and checking. It is expected to improve the overall efficiency and safety in ammunition processing, so that the public can have higher opinion on ammunition processing handled by the national troops.

Keywords: military buildup, Armed Forces Refining Program, intrinsic safety
Armed Forces Streamlining Program, RFID, risk management,

誌 謝

本論文能夠順利完成，感謝恩師趙文成博士兩年來的指導，恩師在學術研究上的造詣精深，教導學生發現問題與解決問題的方法，在此致上學生最誠摯之謝忱。

在論文口試及初試時，承蒙交通大學彭德保博士、海洋大學黃然博士、台北市勞工局勞動檢查處王書龍博士及交通大學陳俊勳博士、中科院徐志華博士、內政部建築研究所雷明遠博士等，對本論文所提供之寶貴意見與指導，使本研究更臻完善，在此對各位老師特致上最深的謝意。

本研究期間，感謝後令部黃宗興中校、中科院系制中心鄭旭裕先生、陸軍43 炮指部陳仕恆士官長等所提供的寶貴參考資料，使資料收集得以順利完成，讓我能對國軍彈藥庫管理作業有基本的認知與瞭解。

最後要感謝父母親對我的教養之恩，以及妻子蕙蘭的包容與支持，讓我個人能夠在事業及學業上得以無後顧之憂的為國軍盡一己之力，故僅以此論文獻給我親愛的妻子及在天之靈的父母親，並與曾提攜我、關心我及鼓勵我的人分享此份榮耀。

目 錄

	頁次
中文摘要	ii
英文摘要	iii
誌謝	iv
目錄	v
表目錄	viii
圖目錄	ix
第一章 緒論	1
1.1 前言	1
1.2 研究背景與動機	2
1.3 研究目標	3
1.4 研究步驟	3
1.5 論文架構	5
第二章 文獻回顧	7
2.1 炸藥基本特性	7
2.1.1 物理安定性	7
2.1.2 化學安定性	8
2.1.3 炸藥的敏感性	9
2.2 炸藥的分類	11
2.2.1 用途分類	12
2.2.1.1 起爆炸藥	13
2.2.1.2 發射藥及火藥	13
2.2.1.3 猛炸藥	13
2.2.1.4 煙火劑	13
2.2.2 組成分類	14
2.2.2.1 爆炸化合物	14
2.2.2.2 爆炸混合物	14
2.2.3 敏感性分類	15
2.2.4 物理型態分類	16
2.2.5 反應速率分類	16
2.3 炸藥爆炸性能	17
2.4 炸藥爆炸時的特徵	18
2.4.1 放熱性	19
2.4.2 高速度	20
2.4.3 爆炸氣體	22
2.5 爆炸的破壞類型	23
2.6 國軍彈藥作業管理模式	24

2.6.1	彈藥庫分類.....	24
2.6.2	作業限制.....	25
2.6.3	搬運方式.....	26
2.6.4	作業管理.....	27
2.7	小結.....	28
第三章	彈藥庫意外肇因分析	29
3.1	國軍彈藥爆炸案例概述.....	29
3.1.1	聯勤旗山整修所彈藥爆炸事件.....	29
3.1.2	南港彈藥庫爆炸事件.....	30
3.2	檢討與分析.....	30
3.2.1	案例一.....	30
3.2.2	案例二.....	33
3.2.3	國內與國外彈藥意外事件肇因分析.....	36
3.3	小結.....	38
第四章	風險評估	42
4.1	風險定義.....	42
4.2	風險分析的方法.....	43
4.3	關鍵性作業辨識.....	48
4.3.1	暴露頻率.....	49
4.3.2	嚴重度.....	49
4.3.3	損失發生的機率.....	50
4.4	評估的內容與項目.....	51
4.4.1	事故暴露頻率分類表.....	52
4.4.2	事故嚴重性分類表.....	53
4.4.3	發生機率評分.....	54
4.4.4	風險矩陣評估法.....	55
4.5	風險管理.....	56
4.6	小結.....	57
第五章	彈藥庫管理應用 RFID 之探討	58
5.1	無線射頻辨識系統.....	58
5.2	運作原理.....	59
5.3	RFID 應用於彈藥庫儲管理之預期成效.....	63
5.4	彈藥庫儲管理作業導入 RFID 系統之效益探討.....	65
5.5	比較分析.....	72
5.6	小結.....	77
第六章	彈藥庫意外事件風險評估與應變	78
6.1	分析程序與預期成效.....	78
6.1.1	事故分析（危害辨識）.....	79
6.1.2	暴露率分析.....	79

6.1.3	發生率分析.....	79
6.1.4	嚴重度分析.....	79
6.1.5	危害等級評分.....	80
6.1.6	預期成效.....	80
6.2	事故分析.....	80
6.3	評分方法.....	81
6.4	風險計算.....	83
6.5	研究結果分析.....	91
6.6	小結.....	95
第七章	結論與建議.....	96
7.1	結論.....	96
7.2	建議.....	98
參考文獻	100
附錄一	火藥庫設置期限及設置標準.....	104
附錄二	火藥庫庫房儲存爆炸物應行遵守及注意事項.....	111



表 目 錄

表 1.1	國軍自民國 90 年起彈藥爆炸事件.....	1
表 2.1	炸藥的安定性.....	9
表 2.2	炸藥的敏感性.....	11
表 2.3	通用猛炸藥的爆炸參數.....	18
表 2.4	爆炸過程三要件.....	19
表 2.5	某些炸藥和燃料混合物的爆炸熱和熱值.....	21
表 2.6	某些炸藥和燃料混合物的能量體積密度.....	21
表 2.7	某些炸藥爆炸後產生爆炸氣體的體積.....	22
表 2.8	爆炸破壞類型.....	24
表 2.9	住宅及公共交通道路量距表.....	26
表 3.1	案例一預防及改善對策.....	32
表 3.2	案例二預防及改善對策.....	35
表 3.3	彈藥作業安全分析.....	40
表 3.4	94~95 年彈藥處理預算編列概要.....	41
表 4.1	風險分析方法.....	46
表 4.2	製程各階段之風險分析方法.....	47
表 4.3	危害暴露頻率評估表.....	49
表 4.4	後果可能性分級.....	53
表 4.5	後果嚴重性分級.....	53
表 4.6	危害發生機率評分.....	54
表 4.7	風險矩陣.....	56
表 4.8	風險危害等級.....	56
表 5.1	主動式與被動式標籤比較.....	60
表 5.2	標籤功能分類.....	60
表 5.3	各類標籤比較.....	62
表 5.4	各類標籤使用範圍.....	63
表 5.5	含 RFID 標籤的溫度感測器介紹.....	70
表 5.6	現行彈藥庫管理模式與 RFID 管理模式比較.....	72
表 6.1	暴露機率評分.....	81
表 6.2	危害發生機率評分.....	82
表 6.3	危害影響結果（程度）評分.....	82
表 6.4	風險危害等級.....	83
表 6.5	風險估算效益分析（一）.....	86
表 6.6	風險估算效益分析（二）.....	88
表 6.7	風險估算效益分析（三）.....	90
表 6.8	綜合效益分析.....	93

圖 目 錄

圖 1.1	國軍 8 大彈藥庫位置圖.....	2
圖 1.2	研究步驟.....	4
圖 1.3	論文架構.....	6
圖 2.1	炸藥分類.....	12
圖 3.1	災害分析圖.....	31
圖 3.2	災害防止基本對策圖.....	32
圖 3.3	災害分析圖.....	33
圖 3.4	災害防止基本對策圖.....	34
圖 3.5	美、英、法有報告之彈藥意外事件肇因分析圖（1907~1993）.....	36
圖 3.6	我國彈藥意外事件肇因分析圖（1958~2006）.....	37
圖 3.7	Heinrich 模型圖（骨牌理論）.....	38
圖 4.1	風險控制系統圖.....	42
圖 4.2	風險評估模式.....	45
圖 4.3	作業步驟導向模式.....	48
圖 4.4	風險評估流程圖.....	52
圖 4.5	分析流程圖.....	55
圖 4.6	風險管理系統圖.....	57
圖 5.1	RFID 系統基本架構圖.....	59
圖 5.2	彈藥庫整合 RFID 系統之架構圖.....	66
圖 5.3	30 mm 圓型 RFID 標籤.....	68
圖 5.4	圓型標籤點構成無線網路.....	68
圖 5.5	固定與手持式讀取器.....	69
圖 5.6	含 RFID 標籤的溫度感測器.....	71
圖 5.7	溫度監控畫面.....	71
圖 6.1	彈藥庫作業可能發生之事故分析.....	80
圖 6.2	清點作業流程.....	84
圖 6.3	清點作業風險等級.....	84
圖 6.4	溫溼度檢查作業流程.....	86
圖 6.5	高溫風險等級.....	87
圖 6.6	拆解作業流程.....	89
圖 6.7	未按作業規定拆解的風險等級.....	89
圖 6.8	風險控制.....	94