

消除廢液處理之研析



作者簡介

作者李兆華上士，畢業於陸軍專科學校專 1 期，化校士高班 98-2 期，曾任班長、副排長、區隊長，現任職陸軍化生放核訓練中心防護課程組教官。

提要

- 一、化生放核消除任務，無論在戰時或平時，目的均在於將污染危害降低或完全清(消)除，然就化生放核不同的污染物質，所使用的藥劑或消除方式不盡相同，所產生的污水亦不相同，故依據任務污染類型及使用的藥劑不同，區分不同的處理方式。
- 二、本文目的在於探討執行消除任務時，各污染類型產生之污水該如何處理及其放流標準為何，期能解決污水處理的難題。
- 三、在各式消除站中，各式消除裝備之消除能量與產生的污水量息息相關，透過準則驗證、教學研討及演訓實務經驗，驗證污水處理作法之可行性。
- 四、消除任務後，儲存之污水若未能如期交付相關部會或業者處理期間，化學兵偵消部隊應如何處理？藉由本文研究與探討之結果，提供部隊執行消除任務之參考。

關鍵字：消除任務、災害救援、污水儲存、污水處理

前言

化學兵偵消部隊除了戰時執行軍事作戰偵消任務以外，平時更肩負起天然災害後之環境消毒、或化生放核災害後之消除作業，無論是戰時支援消除任務或者平時救援消除任務，水源是不可或缺的；然而充足的水源供應下，相對產生大量污水。而污水收集後該如何處理，一直是教學研討的重要議題。依據各災害防救法業務計畫中提到，國防部負責災害期間之清消工作，而污水交由各相關部會或業者協調處理，但實際執行上恐緩不濟急，故藉此研析污水收集後續處置作為，提供化學兵部隊執行平時消除任務之參考。

消除任務區分

一、軍事作戰任務

當受支援地區遭受敵方具化、生、放、核之投射武器或蓄意釋放於特定場所，導致該地區之駐守部隊或居民有生命安全之疑慮時，例如地區、建築物人員及裝備遭危害物質污染時，藉由物理或化學的方法，將化生放核戰劑自物體表面消(移)除，即為消除作業，為化學兵部隊任務之一。

二、災害救援類型

全球暖化現象加劇，為因應日益嚴峻的大規模複合型災害。行政院自99年起，辦理全國災害防救演習；自100年起，全國災害防救演習與國防部萬安演習合併實施，以提升及落實各級部門災害防救機制運作¹。在各災害防救演習中，毒性化學物質災害、生物病原災害及輻射災害等，更是演習中的重要課題，其中化學兵部隊肩負起災害後之清消任務，身為化學兵的我們，更應與時俱進的了解及參與複合型災害所帶來的挑戰。

(一)毒性化學物質災害²

化學品之使用，已成為現代文明的一部分，並逐漸融入日常生活中。隨著化學品使用量增加，在毒性化學物質之製造、使用、貯存或運送等過程中，可能由於人為疏忽或專責人員及設備不足等原因，導致發生意外事故。而毒性化學物質之洩漏、火災或爆炸，對人體健康或環境均可能造成重大衝擊(如圖 1)。

對於毒性化學物質之管理，係依環保署主管之「毒性化學物質管理法」依程序公告列管。毒性化學物質災害，係以環保署依據「毒性化學物質管理法」公告列管之「毒性化學物質」所造成之災害為主。

圖 1 毒化災災害案例、演習



資料來源：消防局電子報，災防演習，www.macroview.com.tw (檢索時間：105年2月25日)

(二)生物病原災害³

造成疾病的原因包括物理性、化學性及生物性等三大因素。物理性與化學性因素，可藉由防護與消除毒性物質之暴露來加以控制；然而生物性因素，會因生物病原之繁殖、蔓延，或藉由接觸空氣、水或媒介物而傳播，或因感染源移動及環境因素，造成大規模傳染病流行疫情發生。生物病原的種類包含細菌、病毒、立克次體、真菌、原蟲、寄生蟲或蛋白質等。這些病原的生物學特性不同，引起病變的機制不同，所造成的疾病不同，當然其防治措施亦不同。

1 行政院災害防救辦公室頒，《災害防救白皮書》，民國 103 年 7 月，頁 114。

2 行政院環境保護署頒，《毒性化學物質災害防救業務計畫》，民國 99 年 2 月 8 日，頁 5。

3 行政院衛生福利部疾病管制署頒，《生物病原災害防救業務計畫》，民國 102 年 9 月，頁 9。

生物病原災害得以造成，除因疾病具傳染性外，尚有可能導因於其致病原及傳染途徑不易察覺、病例隔離管制難以執行，及社會大眾認知不足而引發恐慌，而災害規模亦會受上述狀況影響(如圖 2)。

圖 2 SARS 污染區消除作業



資料來源：國防部陸軍司令部印頒，〈核生化防護〉《國軍化學兵部隊執行抗 SARS 紀實》，(桃園：聯勤北部印製廠，2003)，頁 76。

(三)輻射災害⁴

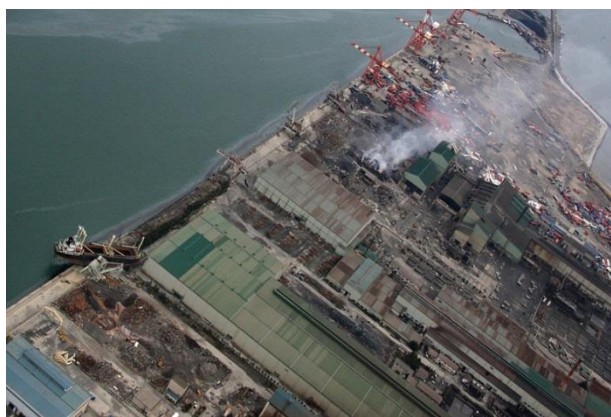
1. **放射性物質意外事件**：我國目前使用放射性物質之機關(構)約有九百餘家，應用範圍包括醫、農、工、研等，放射性物質之活度則有大至輻射照射廠之 $10^{15} \sim 10^{16}$ 貝克、醫用放射治療同位素之 $10^{13} \sim 10^{14}$ 貝克、工業用射源之 $10^{11} \sim 10^{13}$ 貝克、小至研究室內使用 $10^9 \sim 10^{10}$ 貝克之射源。輻射作業場所若不慎發生火災或其他意外災害，造成放射性物質洩漏或有洩漏之虞時，在無適當輻射警告裝置下，易使救災人員遭受曝露或污染，且國內外案例顯示，廢棄射源不慎被送至有熔煉爐之鋼鐵廠，則其可能被製成污染鋼鐵成品流入市面造成民眾曝露，或被高溫氣化造成廠區輻射污染。
2. **放射性物料管理及運送等意外事件**：放射性物料係指核子原料、核子燃料與放射性廢棄物，其管理可分為處理、貯存、運送與最終處置。目前國內並無核子原料與核子燃料之生產設施，這些物質皆是由國外進口，放射性廢棄物則為放射性同位素的使用與核子反應器設施運轉所產生，放射性物料管理及運送之意外事件。
3. **核子事故**：係核子反應器設施發生緊急事故，且核子反應器設施內部之應變組織，無法迅速排除事故成因及防止災害擴大，而導致輻射外釋或有外釋之虞，足以引起輻射危害之事故。
4. **輻射彈爆炸事件**：輻射彈是一種裝有傳統炸藥及放射性物質的爆裂物，例如將傳統炸藥與癌症治療用鈷 60 混合做成輻射彈，引爆後，放射性物

4 行政院原子能委員會頒，《輻射災害防救業務計畫》，民國 102 年 9 月，頁 4。

質會隨爆炸能量及風向四周散播，造成民眾與設施的污染，輻射彈威力大小取決於傳統炸藥形式與數量及放射性物質種類與強度。

5.境外核災：核能發電因具高經濟效益而大量為許多開發中及已開發國家使用，除我國外，在東亞使用核能發電之國家(地區)有日本、韓國、大陸地區。近年來大陸在快速發展經濟下，陸續在沿海各省興建核能電廠，其中鄰近我國之廣東、福建及浙江省就興建至少 8 座核能電廠；民國 100 年 3 月 11 日，東日本外海發生芮氏規模 9.0 地震並引發海嘯侵襲，造成福島、茨城、宮城及岩手等地方重大傷亡，其中位於福島縣之第一、第二核能發電廠並因而發生嚴重核子事故(如圖 3)。

圖 3 福島核電廠事故



資料來源：中時電子報，福島勇士用漫畫訴說和災後真相，www.chinatimes.comwww.macrovie.com.tw (檢索時間：105 年 2 月 25 日)

三、消除設施

(一)人員消除站

即當事件(故)發生時之地區，周遭人員遭危害物質污染時，可藉由消除物資產生之化學或物理的反應，迅速實施消(移)除，使其污染危害能儘速降低或消除，恢復原有功能。開設救援式人員消除站所需器材，計 T4-86 輕型消毒器 2 部、集水帆布、底部鐵架、伸縮鐵架、棚布、棧板、沉水馬達及發電機等；或以化安 100 人員消除車支援開設人員消除站(如圖 4~5)。

圖 4 人員消除站示意圖



著裝區	複偵區	沐浴區	脫卸區	初洗區
-----	-----	-----	-----	-----

圖 5 化安 100 人員消除車開設示意圖



資料來源：防護課程組教學資料。

(二)傷患消除站

即當事件(故)發生時之地區，透過檢傷分類，無立即生命安全且無法自由行動的傷患，可藉由消除物資產生之化學或物理的反應，迅速實施消(移)除，使其污染危害能儘速降低或消除，恢復原有功能。開設救援式傷患消除站所需器材，計 T4-86 輕型消毒器 1 部、集水帆布、底部鐵架、伸縮鐵架、棚布、棧板、運輸平台、沉水馬達及發電機等(如圖 6)。

圖 6 傷患消除站示意圖

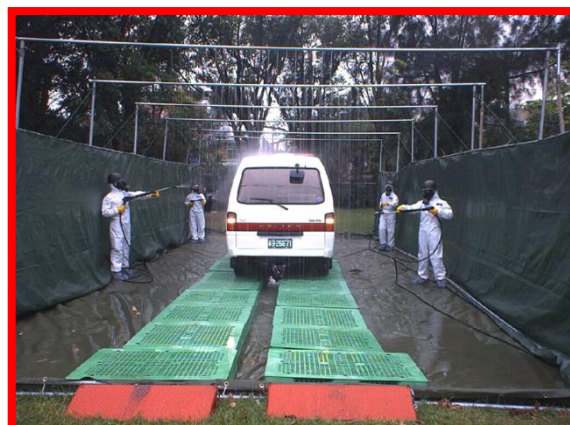


資料來源：防護課程組教學資料。

(三)車輛消除站

即當事件(故)發生時之地區，車輛遭危害物質污染時，可藉由消除物資產生之化學或物理的反應，迅速實施消(移)除，使其污染危害能儘速降低或消除，恢復原有功能。開設救援式車輛消除站所需器材，計 T4-86 輕型消毒器 2 部、集水帆布、底部鐵架、伸縮鐵架、棚布、棧板、沉水馬達及發電機等(如圖 7)。

圖 7 車輛消除站示意圖



資料來源：防護課程組教學資料。

(四)消除站作業需求

救援式消除站作業所需器具並非制式編制裝備，而是化學兵部隊依歷年重大災防演訓後，檢討不足或缺失部分，爭取經費逐步建置，其開設需求統計如表 1；現行使用之救援式消除站，開設時間、人力、機具及載具皆需要相當能量，且部隊人力持續精簡下，接續會面臨許多的執行面的問題，如器具頓重、載具空間有限、作業人力負荷過重、污水收集、缺乏運用彈性等，又因作戰區不同，化學兵部隊所開設的救援式消除站，也會有些許的差異，如何將所面臨的問題解決，是身為化學兵幹部的我們，應該加以探討改變，更能符合實需。

表 1 救援式消除站作業需求統計表

救援式消除站	開設時間	作業人數 (不含偵檢兵)	作業機具	作業器具
人員消除站	約 40 分鐘	12 員	輕消器×2 抽水馬達×1	集水帆布、底部鐵架、伸縮鐵架、棚布、棧板、清消器具等
傷患消除站	約 40 分鐘	14 員	輕消器×1 抽水馬達×1	集水帆布、底部鐵架、伸縮鐵架、棚布、棧板、運輸平台、清消器具等
車輛消除站	約 40 分鐘	14 員	輕消器×2 抽水馬達×3	集水帆布、底部鐵架、伸縮鐵架、棚布、棧板、清消器具等

資料來源：防護課程組資料整理。

四、消除作業裝備運用—以偵消連為例

偵消連連級配賦消除裝備，計重型消毒器 4 部、輕型消毒器 8 部、氣體消除機 4 部及配賦於偵消營營部的化安 100 人員消除車 2 部，各種救援式消除站配合複合型災害開設，其中消除任務後，較容易產生污水的裝備，為重型消毒器、輕型消毒器及化安 100 人員消除車(如表 2)，針對偵消連配賦之編裝消除裝備，運用在各種救援式消除站時應納入考量的因子，提出拙見及看法：

表 2 消除裝備運用需求表

消除裝備之運用				
消除裝備		輕型消毒器、水囊 (消除、污水收集) 偵消連編制：8 部	重型消毒器 (水源補給) 偵消連編制：4 部	化安 100 人員消除車 偵消營編制：2 部
消除站別	人員消除站	輕消器×2 (含運輸桶)	重消器×1	須考量戰備任務
		污水收集桶×1 (每桶：500 公升)	機動水源補給	
	傷患消除站	輕消器×1 (含運輸桶)	重消器×1	
		污水收集桶×1 (每桶：500 公升)	機動水源補給	
	車輛消除站	輕消器×2 (含運輸桶)	重消器×2	
		污水收集桶×2 (每桶：500 公升)	機動水源補給	

資料來源：作者整理製作

(一)水源補給

在各部隊現行之救援式消除站，大多還是以濕式消除為主，濕式消除則以良好及充足之水源為優先考量，所以開設消除站之位置，必選定於具充足良好水源附近且就近補充；若水源附近，無足夠之幅員開設消除站或超出汲水管線之負荷，僅能倚靠機動補水來維持消除任務遂行，於戰時軍事作戰任務以重消車執行水源補給；於平時災害救援協調相關單位執行水源補給，另外須清楚了解消除裝備之消除能量，才能有效掌握水源消耗時間及何時該準備水源之補給。

(二)污水收集

消除作業時產生大量之污水，一直是部隊所面臨的問題，從如何回收集

中污水、污水回收之儲放量、如何搬(載)運污水收集桶及交由哪些相關部會處理等，在解決這些實務上的問題之前，是否應該先思考，就污水所含之污染物質考慮回收之必要性。如有必要將污水回收，配賦於輕消器的運輸桶就扮演了非常重要的角色，部隊現行作法中，運輸桶提供了水源補及污水收集的功能，因配賦裝備數量有所限制，因此運用上必須詳加思考，以符合部隊支援時需。

若一個偵消連須同時開設人員、傷患及車輛消除站時，必須考量開設器材之妥善、水源補給的方式、污水產量及收集、編制人員的運用以及配合運用化安 100 人員消除車，以符合開設各類型消除站之實際需求，另隨時反映窒礙問題，尋求支援，以遂行消除站之開設作業。

消除廢液的來源、種類及成份

一、依災害救援類型決定消除藥劑及消除方法

(一)災害類型-毒化災

工業化學事故是指化學危險品在生產、儲存、運輸及使用過程中因某些意外原因，產生洩露或伴隨火災及爆炸等，而產生大量有毒化學物質，造成人員急性中毒或嚴重的環境污染。造成工業化學事故原因包括自然災害(突然停水、停電、爆炸及倒塌等意外)、反應器設計缺陷、設備老化、操作不當、保管不良及敵對分子破壞或戰爭因素。工業化學事故發生後，依化學事故應急救援(Chemical Accident Emergency Rescue, CAER)，即時控制危險源，避免化學事故對人民生命財產造成危害。針對發生毒化災時，選用消除藥劑及方法(如表 3)。

表 3 毒化災害消除藥劑及方法

災害類別-毒化災		
消除藥劑及消除方法		
消除站別	人員消除站	一、以軟毛刷儘可能刷除污染之固體物。 二、以 30℃ 之溫水作徹底清洗身體。 三、以溫肥皂水清洗口鼻部位。
	傷患消除站	一、以軟毛刷儘可能刷除污染之固體物。 二、以 30℃ 之溫水作徹底清洗身體。 三、以溫肥皂水清洗口鼻部位。 四、傷口須先以防水貼布黏著，避免接觸。
	車輛消除站	一、以清潔劑和水，徹底清洗車輛，產生之廢水應導入廢水處理場。 二、車輛外表以通用型吸收棉除污，吸收後置於合適密閉容器內。

資料來源：中部環境毒災應變中心之防災急救卡及災害應變卡。

(二)災害類型-生物病原災害

民國 92 年的 SARS 疫情事件使所謂的“生物病原災害”受到重視。當年 2 月至 6 月期間，全國有 346 名確定病例，其中 73 例為死亡病例。疫情帶給國內的影響甚鉅，對於各單位防疫緊急應變或是復原作業亦是前所未有的考驗，也造成可觀的經濟損失、社會心理的不安，各界也開始體認到嚴重傳染病疫情的影響並不亞於各項災害的影響。各項消除作業所需之消除物資歸納如表 4。

表 4 生物病原災害消除藥劑及方法

災害類別-生物病原災害		
消除藥劑及消除方法		
消除站別	人員消除站	一、肥皂及熱水淋浴。 二、75%酒精搓揉暴露皮膚 1-3 分鐘。 三、0.01~0.05%次氯酸鈉水溶液清洗暴露皮膚 10~15 分鐘。 四、0.3%硼酸水溶液清洗暴露皮膚 5 分鐘。 五、登革熱病毒：0.5%乙醛。 六、SARS 病毒：0.01%過醋酸。
	傷患消除站	一、肥皂及熱水淋浴。 二、75%酒精搓揉暴露皮膚 1-3 分鐘。 三、0.01~0.05%次氯酸鈉水溶液清洗暴露皮膚 10~15 分鐘。 四、0.3%硼酸水溶液清洗暴露皮膚 5 分鐘。 五、傷口須先以防水貼布黏著，避免接觸。
	車輛消除站	一、10%甲醛，噴灑靜置 2 小時。 二、大量熱水（100℃）徹底沖刷。 三、0.2%過醋酸或 500 mg/L 二氧化氯，噴灑靜置 1 小時。 四、有效氯含量 1000 mg/L 之含氯消毒劑，噴灑靜置 1 小時。 五、鼠疫及登革熱病毒：日光曝曬 5 小時。 六、登革熱病毒：0.5%乙醛。

資料來源：林泱蔚，〈核生化污染消除作業物資之研究〉《核生化防護半年刊》，第 83 期，(桃園：軍備局北部印製廠，民國 96 年 5 月 1 日)，p8、10、13。

(三)災害類型-輻射災害

輻射污染消除係一項具有高度危險之工作，目前國內大規模之輻射污染消除仍須仰賴化學兵部隊。已有許多消除技術被廣泛應用，包括酸洗、乾冰沖洗、人工擦拭、沖砂清洗、電解除除、超音波清洗、高壓水槍噴洗、真空吸取法、可剝塗料消除及化學消除劑消除方法等，化學兵考量任務、裝備及現況，以高壓水槍噴洗、人工擦拭、真空吸取法為主，較為部隊適用之作法整理如表 5。

表 5 輻射災害消除藥劑及方法

災害類別-輻射災害		
消除藥劑及消除方法		
消除站別	人員消除站	一、用真空吸塵器清潔。 二、用溫水（35-40℃）及肥皂水對暴露皮膚沖洗 3 分鐘。 三、嚴重者，可用 4% 高錳酸鉀溶液敷於污染部位(俟此溶液乾涸)重覆 2 次，最後再以 4% 亞硫酸氫鈉溶液擦拭。
	傷患消除站	一、用真空吸塵器清潔。 二、用溫水（35-40℃）及肥皂水對暴露皮膚沖洗 3 分鐘。 三、傷口須先以防水貼布黏著，避免接觸藥劑。
	車輛消除站	一、用真空吸塵器清潔。 二、使用移動式空壓機將可剝式高分子均勻噴灑於污染部位，再小心剝除，收集於廢料收集袋中。 三、使用有機溶劑、腐蝕劑、複合劑及磨蝕物質。 四、水中添加適當的消除劑(洗衣粉、界面活性劑、碳酸鈉、EDTA 等)，調整溫度(60-70℃)，增加消除效果。

資料來源：黃嘉慶，〈輻射污染偵消作業民間代用物資裝備之研究〉《核生化防護》第 79 期，(桃園：聯勤北部印製廠，民國 94 年 3 月 1 日)，pp58-65。

二、各類型災害消除後之產物

舉近年發生化生放核事件(故)為例，藉案例發生的時空背景，發生時間、事發起因、傷亡情形、處置作為及事後復原等來加以思考，近年化生放核事件(故)整理如表 6，是否須執行消除任務，及執行消除作業期間會產生哪些含污染物質的污水如表 7。

表 6 近年發生化生放核之事件（故）整理

案例說明		
災害類別	毒化災	1. 104 年 1 月 17 日位於屏東縣一般事業廢棄物處理廠發生爆炸事故，廠內廢油裂解爐加熱精煉時，因不明原因爆炸起火。 危害分析：甲苯(Toluene)，CAS No. 108-88-3，為無色澄清液體，甲苯之蒸氣可能造成頭痛、疲勞、暈眩、眼花、麻木、噁心，高濃度則抑制中樞神經系統，會導致無意識及死亡。 2. 103 年 10 月 11 日基隆市中正路某冷凍廠發生火警，火點位於 1 到 7 樓表面鐵皮和建築水泥中間的泡棉夾層，事故原因疑似電線設備老舊，引發保溫層燃燒。 危害分析：氨氣為一種無色氣體，有強烈的刺激氣味，接觸時可能有凍傷及腐蝕等危險特性。

	生物病原災害	1.SARS：民國 92 年的 SARS 疫情事件，當年度 2 月至 6 月期間，全國有 346 名確定病例，其中 73 例為死亡病例。 2.登革熱：民國 99 年，全球登革熱疫情，根據世界衛生組織統計，東南亞多個國家病例數也創新高，我國集中在南部四個縣市，截至當年 12 月 23 日，共計 1,684 例確診。 3.諾羅病毒：民國 102 年初，依據衛福部統計，每週有近萬人，腹瀉到醫院急診，同年度在英國也有 3 千多例確診，延燒至全球。
	輻射災害	1.民國 96 年 10 月 3 日，放射線照相檢驗設備於新竹市遭竊，設備內含一枚 19 Ci Ir-192 射源，於當年 11 月 15 日接獲通報發現高劑量輻射異常物，由核研所運回並安全儲存。 2.民國 100 年 9 月 26 日，於工作完畢後返回公司途中，遺失放射線照相檢驗設備，內含一枚 18 Ci Ir-192 射源，通報原能會並呼籲民眾，於當年 10 月 1 日尋回查確。

資料來源：環保署網站-毒化災案例分析、衛福部疾管署簡報資料(生物病原災害)、行政院原能會簡報資料(輻射意外事故與傷害)。

表 7 消除後之產物說明

消除後之產物		
災害類別	毒化災	1.污染源，例：腐蝕性酸、腐蝕性鹼、氫氟酸、四氟化碳等。
		2.消除藥劑，例：多以肥皂水、溫水為主，特殊毒化物使用具效果的藥劑。
		3.污水，例：固體污染物、表面粉塵等。
	生物病原災害	1.污染源，例：細菌、病毒、毒素等。
		2.消除藥劑，例：酒精、次氯酸鈉、甲醛、乙醛等。
		3.污水，例：表面粉塵等。
	輻射災害	1.污染源，例：Ir-192、Cs-134、Cs-137 等。
		2.消除藥劑，例：高錳酸鉀、亞硫酸氫鈉、有機溶劑等。
		3.污水，例：表面粉塵等。

資料來源：作者依行政院衛生署緊急醫療應變中心防災急救卡及災害應變卡整理製作。

消除廢液的處理

一、各式消除裝備之消除能量

(一)T4-86 輕型消毒器

依據 98 年陸軍化學兵學校準則驗證項目，輕消器執行人員沐浴消除時，壓力設定為 8 公斤/平方公分，運輸桶水量為 250 公升，綜合兩次驗證結果取平均值，於 10 分 57 秒時(約 11 分鐘)，水源消耗完畢，壓力設定越大，出水量則越大(最大可達 2,500 公升/小時)。按驗證結果計算，若開設救援式人員、傷患消除站時，任務時間以一小時為例，以單具 T4-86 輕型消毒器之能量，須要將近 1,500 公升水源，相對產生污水量即約 1,500 公升之污水，若開設救援式車輛消除站時，壓力設定為 25 公斤/平方公分，任務時間以一小時為例，以單具 T4-86 輕型消毒器之能量約需要 2,350 公升水源，接近最大出水量，其消除能量整理(如表 8)。

(二)沉水馬達

沉水馬達取代原本動力噴灑器於消除站之擺設位置，除大小重量外，另外考量動力噴灑器之方便性及功能性，因而選擇僅有送水功能的沉水馬達，但使用上仍有其限制因素，例如需要電源供應、流量無法調整或吸水量須達一定水位，才能靠水來降溫等。市售的沉水馬達規格相當多種，規格取決於價格，因此部隊若需更換或補足，應考量作業所需及經費允許，依市售沉水馬達規格、參演部隊經驗及教學驗證研討等，每分鐘約 150 公升之流量，換算一小時流量即可達到約 9,000 公升，其消除能量整理(如表 8)。

(三)化安 100 人員消除車

依據 102 年陸軍化學兵學校防護組準則驗證項目，化安 100 人員消除車執行人員消除時，清水儲水櫃容量 1,000 公升，若 9 個噴口同時供水，僅能供應約 27 分鐘且執行 54 人次之消除作業，若任務時間以一小時為例，需要將近 2,220 公升之水源，相對產生污水量即約 2,220 公升，而污水收集櫃 1,100 公升，收集的能量也只有將近半小時的儲存量，若開設時間延長，超出污水收集櫃之儲存量，後續污水處理便成為部隊執行任務的窒礙問題，其消除能量整理(如表 8)。

表 8 消除裝備能量

消除能量(依流量量多寡)				
消除裝備		輕型消毒器 (壓力影響流量)	沉水馬達 (流量無法調整)	化安 100 人員消除車
除站別 救援式消	人員消除站	約 1500 公升/小時	約 9000 公升/小時	約 2220 公升/小時
	傷患消除站	約 1500 公升/小時	約 9000 公升/小時	
	車輛消除站	約 2350 公升/小時	約 9000 公升/小時	

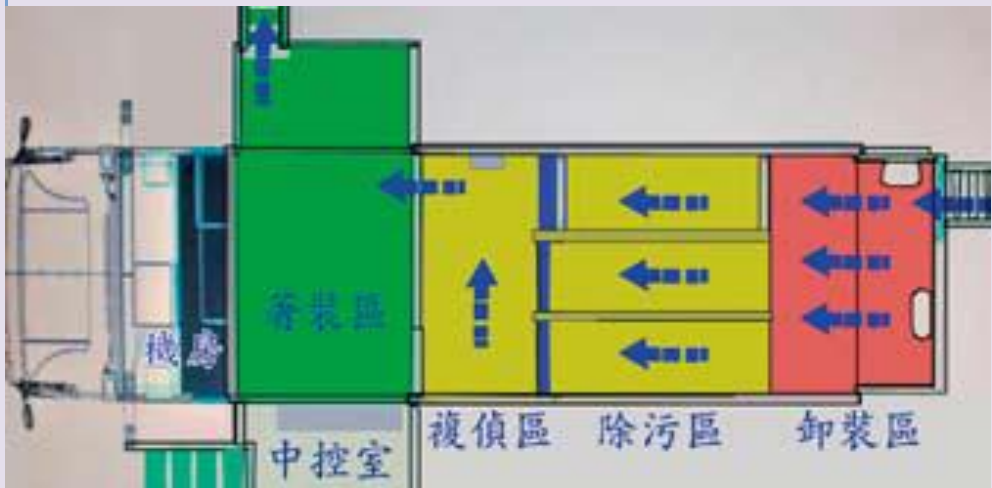
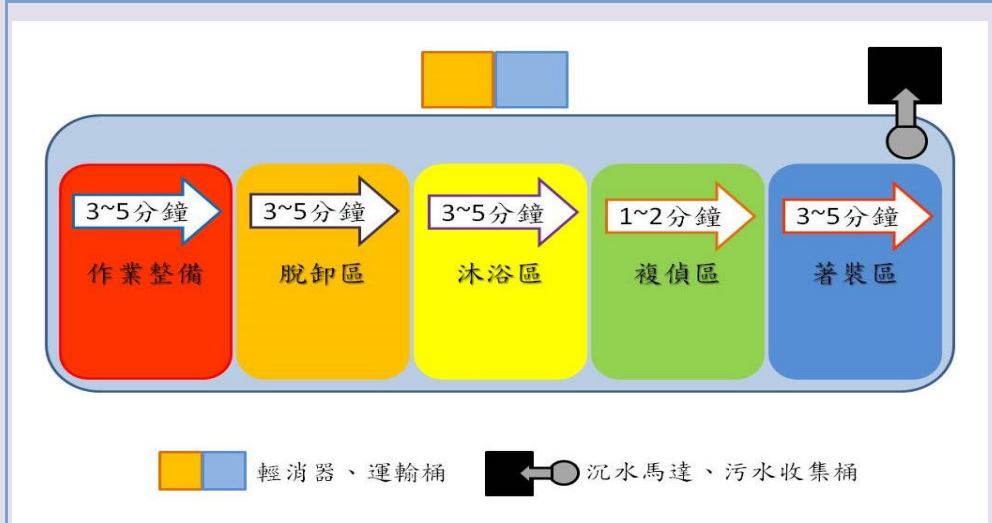
資料來源：作者整理製作。

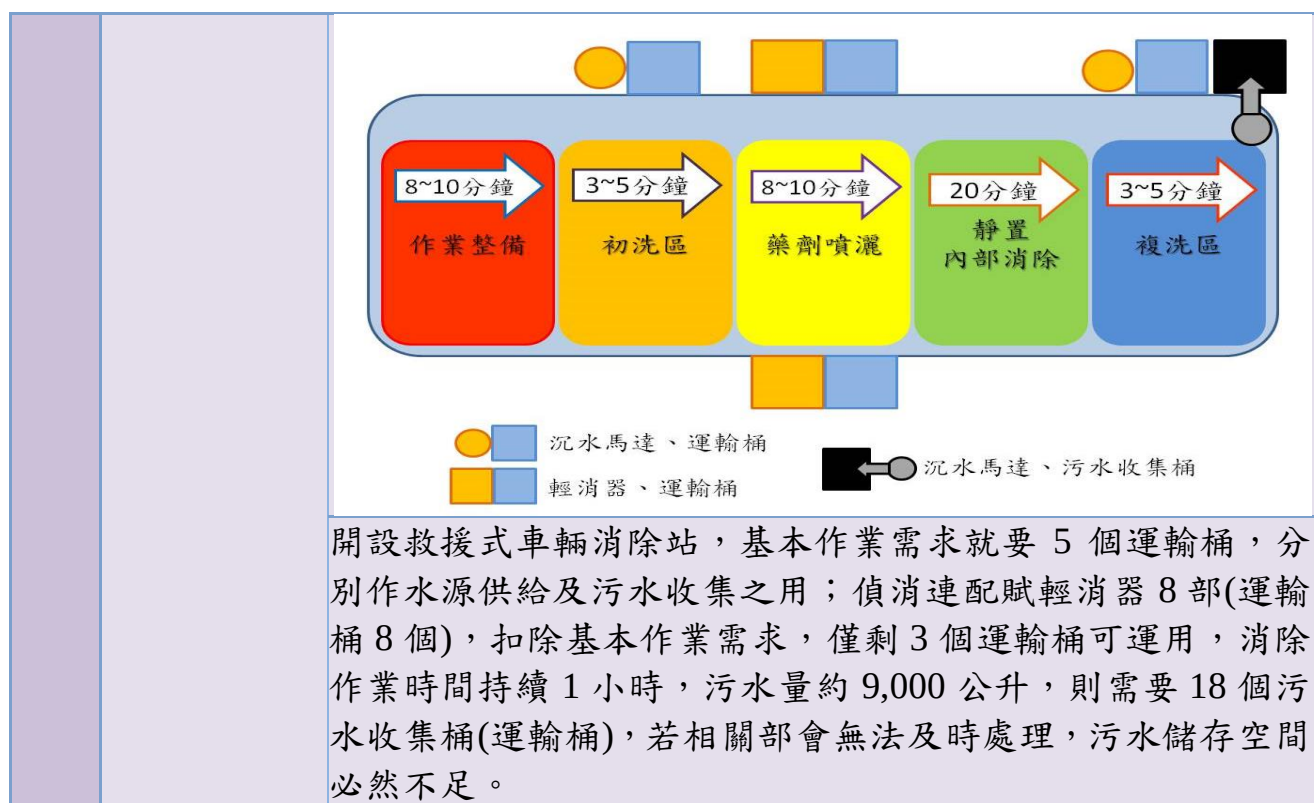
二、消除作業產生之污水量

預估消除作業會產生多少污水量時，應優先考量消除裝備的消除能量，依消除能量預估作業期間所需清水量，擺放足夠數量之運輸桶，以確保水源能順利供給；再者考量消除過程中等待的時間應予以扣除，但若消除作業持續開設達數小時，消除裝備實際噴灑之持續時間，以持續作業 1 小時作業量計算，必也會產生相當可觀的污水量；最後考量消除裝備持續作業所帶來的污水量，是否有足夠的儲放空間(運輸桶)，部隊現行作法皆以運輸桶來儲存污水，所以運輸桶的數量直接影響污水儲存量，若污水儲存量超過部隊所能負荷時，任務便無法順利遂行；另外須注意消除站中，會產生污水的區域及消除對象，停留在各區域的時間也會影響污水的產生量。依據參演部隊經驗及教學驗證研討，將各消除站配置、消除裝備需求、各區停留時間、污水產量及運輸桶需求數，整理說明如表 9。

表 9 消除污水產生量統計表

污水產生量(實際噴灑之持續時間：1 小時)			
消除裝備	輕型消毒器 ◎給水	沉水馬達 ○給水●抽水	消除污水 產生總量
救援式消除站別 人員消除站 (救援式)	◎初洗區◎沐浴區 產生約 3000 公升	● 抽水約 3000 公升	約 3000 公升 需要 6 個運輸桶
	開設救援式人員消除站，基本作業需求就要 3 個運輸桶，分別作水源供給及污水收集之用；偵消連配賦輕消器 8 部(運輸桶 8 個)，扣除基本作業需求，僅剩 5 個運輸桶可運用，消除作業時間持續 1 小時，污水量約 3,000 公升，則需要 6 個污水收集桶(運輸桶)，若相關部會無法及時處理，污水儲存空間必然不足。		

人員消除站 (化安 100)			
以化安 100 人員消除車開設人員消除站，消除作業時間持續1小時，需要約 2,220 公升之水源，相對產生污水量約 2,220 公升，而污水收集櫃 1,100 公升，污水收集的儲量只有將近半小時，則需要 2 個污水收集桶(運輸桶)。			
傷患消除站	◎沐浴區 產生約 1500 公升	● 抽水約 1500 公升	約 1500 公升 需要 3 個運輸桶
			
	開設救援式傷患消除站，基本作業需求就要 2 個運輸桶，分別作水源供給及污水收集之用；偵消連配賦輕消器 8 部(運輸桶 8 個)，扣除基本作業需求，還有 6 個運輸桶可運用，消除作業時間持續 1 小時，污水量約 1,500 公升，則需要 3 個污水收集桶(運輸桶)。		
車輛消除站	◎◎藥劑噴灑區 產生約 4700 公升	○初洗區○複洗區 產生約 18,000 公升 ●抽水約 9000 公升	約 9000 公升 需要 18 個運輸桶



資料來源：作者整理繪製

三、消除作業任務前整備

(一)消除任務前之整備

- 1.掌握受支援地區周邊污水運送儲存業者：任務期間整理備妥此項資料，以避免執行任務期間各相關部會協調出現斷層，能預先判斷情況，先行報備並連絡相關業者，以解決污水收集桶儲量不足之問題，以北部地區為例，整理相關污水運送業者(如表 10)。

表 10 北部地區污水運送、儲存業者一覽表

北部地區污水運送、儲存業者一覽表				
項次	業者名稱	地址	連絡電話	備註
1	永興衛生工程行	基隆市愛三路 11 號	02-24220000	
2	一乙衛生工程行	基隆市南榮路 309 號	02-24271122	
3	達新衛生工程	台文山區興隆路四段	02-23679854	
4	一信衛生工程行	新北市新莊區中平路 110 巷 17 號 11 樓	0955-520701	
5	快通衛生工程行	新北市新莊區新莊路 649 巷 15 弄 3 號	02-22010808	
6	乙元衛生工程行	新莊區萬安街 60 巷 3 號	02-2203770	

7	大發衛生工程行	桃園市桃園區林森路 103 巷 31 弄 4 號	03-3617000	
8	一流衛生工程行	桃園市文康街 130 號	03-3368888	
9	一六八衛生工程行	桃園市廣福路 660 巷 28 號	03-3678080	



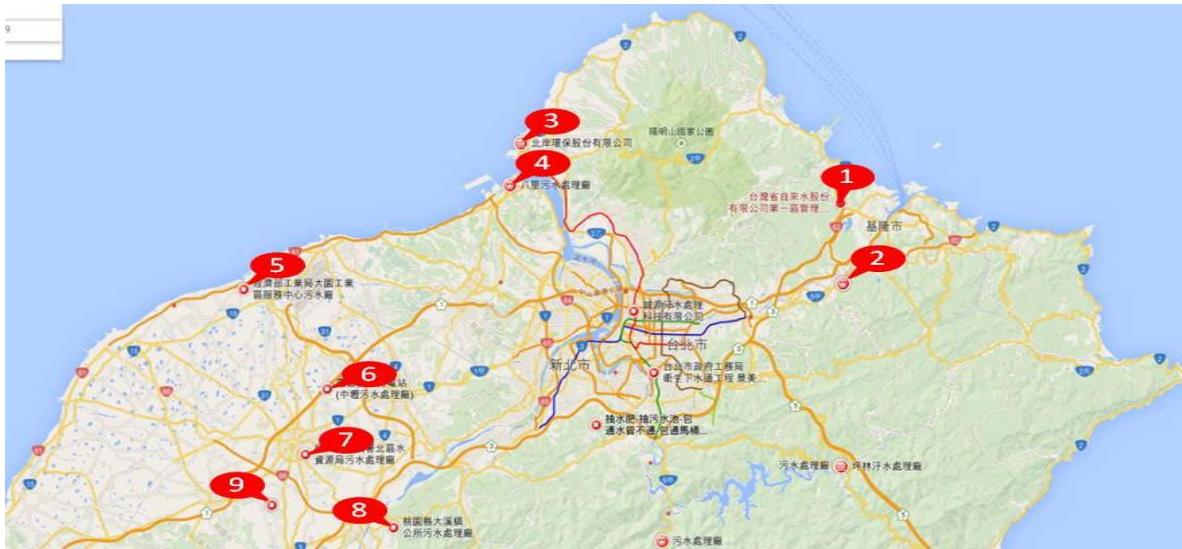
資料來源：作者整理製作

2.掌握受支源地區周邊污水處理廠：任務期間整理備妥此項資料，以避免執行任務期間各相關部會協調出現斷層，能預先判斷情況，先行報備並連絡相關業者，以解決污水收集桶儲量不足之問題，以北部地區為例，整理相關污水處理業者(如表 11)。

表 11 北部地區污水處理業者一覽表

北部地區污水處理廠一覽表				
項次	業者名稱	地址	連絡電話	備註
1	自來水股份有限公司大武崙工業區污水處理廠	基隆市武訓街 58 號	02-24310849	
2	坪林污水處理廠	新北市坪林區北宜路八段 6 號	02-23583839	
3	北岸環保股份有限公司	新北市淡水區濱海路三段 601 號	02-28058637	
4	八里污水處理廠	新北市八里區博物館路 90 號	02-26191987	
5	大園工業區污水處理廠	桃園市大工路 51 號	03-3860643	
6	中壢污水處理廠	中壢區松江北路 137 號	03-4523346	

7	水利署北區污水處理廠	桃園市苑平街 11 號	03-4711694	
8	大溪鎮公所污水處理廠	桃園市大溪區坑底小段 386-1 號	03-3871154	
9	平鎮工業區污水處理廠	桃園市工業三路 14 號	03-4696123	



資料來源：作者整理製作

(二)消除任務中之作為

1. **協調聯絡：**除可聯絡受支援地區周邊的污水運送處理業者外，另可協調工兵部隊之野戰淨水裝備，「ROWPU-3000 型淨水裝備」此裝備配賦 52 工兵群 2 部、53 工兵群 1 部、54 工兵群 2 部及工兵訓練中心 2 部；「機動式淨水裝備(MROWPU)」，此裝備配賦工兵部隊 3 部，各軍團工兵群 1 部(如圖 8~9、表 12)，除可於戰時開設給水站，提供作戰人員、裝備及野戰醫療等所需各項用水外，於平時重大災害發生時，立即投入支援救災，提供救災人員及民眾所需飲用水；不論戰時軍事作戰或平時災害救援，化學兵部隊開設消除站時，能協助水源補充，另外可將消除污水回收，透過淨水裝備將污水淨化並重複消除使用，但如何運用及使用限制是需要詳加探討的。一般市售淨水器以濾心過濾時，就分層設了許多道的濾材，才能符合國家訂定的飲用水標準，然而此淨水裝備即是一台大型淨水器，並非所有的水源都能完全淨化，必須探究濾心的材質及過濾的限制，才能在各式支援任務上，突顯裝備價值；以配賦於工兵部隊的淨水裝備，「ROWPU-3000 型淨水裝備」與「機動式淨水裝備(MROWPU)」，依操作手冊及準則內容，提列其限制說明(如表 13)。

圖 8 ROWPU-3000 型淨水裝備



圖 9 機動式淨水裝備(MROWPU)



資料來源：陸軍野戰淨水裝備操作手冊，1-2、1-3 頁

表 12 淨水裝備產水性能表

淨水裝備產水性能表			
項次	水源種類	每小時產水量	備註
1	地面淡水	4,000 加侖(約 15,000 公升)	
2	地下水	3,000 加侖(約 11,000 公升)	
3	海水	2,000 加侖(約 7,500 公升)	
4	化生放核污染水	2,000 加侖(約 7,500 公升)	

資料來源：陸軍野戰淨水裝備操作手冊，1-14 頁。

表 13 化生放核消除污水淨水限制說明表

化生放核消除污水淨水限制說明表				
項次	水質項目	限值	單位	備註

1	水溫	4~40	°C	攝氏溫度
2	濁度	150 以下	NTU	國際標準濁度單位
3	含氯量	0.2 以下 ⁵	ppm	百萬分之一
4	細菌	1,000,000 以下 ⁶	CFU/100ml	每 100 毫升水樣在濾膜上所產生之菌落數
5	化學戰劑	10 以下	ppm	百萬分之一
6	放射性物質	3.7×10^3 以下 ⁷	貝克(Bq)	每秒自發衰變 1 次

附註：1. 「ROWPU-3000 型淨水裝備」與「機動式淨水裝備(MROWPU)」，均未隨裝配發管型過濾器活性碳濾心，因此不可使用含氯量超過 0.2ppm 之水源，否則將會導致 RO 膜濾心損壞。

2. 「ROWPU-3000 型淨水裝備」與「機動式淨水裝備(MROWPU)」，均須在配發管型過濾器活性碳濾心後，方能具備化生放核污水淨化之能力。

資料來源：陸軍野戰淨水裝備操作手冊，1-26~28 頁。

2. 污水回收：依消除連編制之輕消器 8 部，配賦 8 個運輸桶，每部給水的裝備(輕消器、沉水馬達)皆需要一個水源供給的運輸桶，以開設車消站為例，就需要 5 個運輸桶(給水*4、抽水*1)，僅剩 3 個備援運輸桶。當污水量大於運輸桶 500 公升又無法即時處理時，就必須使用備援運輸桶作儲存之用。依消除污水產生量統計所示，以產生量最少的傷患消除站來探討，消除作業持續開設時間為一小時，將產生出 1,500 公升的污水，就需要 3 個運輸桶，因此掌握並妥善運用編制裝備為任務期間之首要。

3. 儲放運送：污水完成收集後，應妥善加蓋，避免溢出造成二次污染，另可在污水收集桶上做污染物之標示(化、生、放、核)，提供後續處理人員參考運用。收集後須協調相關部門即時處理；污水若無法即時處理，如須搬運，則儲放在運輸桶內之污水，重量接近 500 公斤，在搬運上極為困難，可預先放置於棧板上便於協調運送。

(三)消除任務後之處理

1. 符合放流水標準：依據行政院環境保護署環署水字第 1030005842 號令修正發布第二條之條文，公共污水下水道系統處理設施之放流水標準，其水質項目及限值列舉如表 14，但特定業別、區域另定有排放標準者，於此不作探討。

5 游泳池含氯量須在 0.5ppm~1.0ppm 間，0.2ppm 以下表示水質需求需高於游泳池的水質。

6 放流水標準中，大腸桿菌菌落數為 300,000CFU/100ml 以下，以大腸桿菌為標準之原因，在於大腸桿菌容易存活且檢驗較簡易。

7 2011 年 11 月檢測福島核電廠之四號機前的海底污泥，一公斤的輻射量高達 160 萬(1.6×10^6)貝克。

2.符合游離輻射防護安全標準：依據行政院原子能委員會游離輻射防護安全標準，第十四條之規定：含放射性物質之廢水排入污水下水道，須符合之規定，以每年排放 3 氙、14 碳及其他放射性物質之總活度或每月排放特定放射性物質總活度與排水量之比值，其規定說明及限值如表 14。依照放流水標準及游離輻射防護安全標準，參考水質項目、放射性物質總活度及限值之規定，加以探討消除污水之處理，不僅增添了基礎學識，還能納為部隊之實務經驗。

3.處理放流：了解化生放核事件(故)之類型，掌握事件(故)之污染物質，清楚消除藥劑作用及成份，預估作業時產生之污水量，就能依據放流水標準及游離輻射防護安全標準，納入準備會議中研討污水回收處理之必要性，符合法規標準者，放流至公共污水下水道，未符合法規標準者則聯絡污水運送儲存業者及污水處理廠進行處理，聯絡處理時需特別注意，民國 104 年 5 月 1 日起，污水處理須加收水污費，因此必須與相關部會報備，爭取經費或者由相關部會統籌，以減少支援部隊之負擔。

表 14 水質項目及限值一覽表

水質項目及限值			
適用範圍：公共污水下水道系統，流量＜250,000 公升/日			
項目	最大限值	項目	最大限值
溫度	攝氏 38℃(5 月－9 月) 攝氏 35℃(10 月－4 月)	氫離子濃度指數	pH6.0-9.0
總氮	15	懸浮固體	50
總磷	2	化學需氧量 COD	150
生化需氧量 BOD	50	大腸桿菌群	300,000 CFU/100ml
³ 氙總活度	1.85×10 ¹¹ 貝克/年	¹⁴ 碳總活度	3.7×10 ¹⁰ 貝克/年
其他放射性物質活度加總 (每年)	3.7×10 ¹⁰ 貝克/年	特定放射性物質 總活度/排水量 (每月)	總活度與排水量比值不得超過游離輻射防護安全標準，附表四之二規定。
備註	僅列舉部分內容，未註明單位之項目：毫克／升		

資料來源：依據行政院環保署放流水標準及行政院原能會游離輻射防護安全標準，作者整理製作

(四)綜合分析與建議

開設消除站之作業需求，除了作業人員整備及制式(非)裝備建置外，還必須要有良好及充足的水源作為後盾，相對產生的污水也應該要能及時處理，以減輕化學兵偵消部隊在撤收復原階段之負擔；另觀我國於民國 104 年第 1 季時面臨水庫缺水困境，北部地區更在第 2 季時實施第 3 階段限水政策，水資源的匱乏已經不是天方夜譚，因此若能在水源供給及污水處理兩端建立關連性，讓水資源能重複於消除任務中所利用，倘若無法重複利用的水源，在經過處理後能符合法規所規定之放流水標準，則予以放流至公共污水下水道中，如此便能解決消除站開設時，水源供給的限制及污水處理的難題。

1. **建置大型水櫃：**開設消除站位置，必選定於具充足良好水源附近，以就近補充；若水源附近，無足夠之幅員開設消除站，超出汲水管線負荷，僅能倚靠機動補水來維持消除任務遂行，於戰時軍事作戰任務以重消車執行水源補給，於平時災害救援協調相關單位執行水源補給；以工兵部隊最新購置淨水裝備為例，「機動式淨水裝備(MROWPU)」配賦的 20 噸機動配水設備即有 20,000 公升的儲水量，能滿足同時間開設人員、傷患及車輛消除站持續作業達一小時以上，因此若能建置大型水櫃滿足任務作業量，以大型水櫃為基準，按消除站開設要領(風向)，部署成綜合型消除站，便於指揮及運用。
2. **初級處理設備：**消除污水處理之目的，期望降低消除污水中的污染物質含量，以符合放流水標準或重複利用於消除作業；以工兵部隊最新購置淨水裝備為例，「機動式淨水裝備(MROWPU)」購置金額約 1,400 多萬元。此裝備淨水之目的為戰時開設給水站提供作戰人員、裝備及野戰醫療等所需各項用水外，於平時重大災害發生時，立即投入支援救災，提供救災人員及民眾所需之飲用水，為達飲用水之標準，淨水機制、程序及濾材經費，必也提高許多；但就消除作業需求則不需要如此高的標準，過濾效能取決於濾材的材質、孔徑等，效能越好金額越高，因此若經初步處理後，可以符合放流水標準或重複消除作業用水，探討其作法之可行性。

結語

化學兵部隊的消除任務，不論是戰時支援消除任務或者平時災害救援消除任務，執行上都會碰到很多的問題，藉由每一次的部隊參演訓經驗及教學驗證研討，如器具頓重、載具空間有限、作業人力負荷過重、污水收集、缺乏運用彈性等，如何將所面臨的問題解決，是身為化學兵幹部的我們，應該加以探討改變的，更能符合部隊實需。

參考資料

化生放核防護半年刊第 101 期

- 1.行政院災害防救辦公室頒，《災害防救白皮書》，民國 103 年 7 月。
- 2.行政院環境保護署頒，《毒性化學物質災害防救業務計畫》，民國 99 年 2 月 8 日。
3. 行政院衛生福利部疾病管制署頒，《生物病原災害防救業務計畫》，民國 102 年 9 月。
- 4.行政院原子能委員會頒，《輻射災害防救業務計畫》，民國 102 年 9 月。
- 5.中部環境毒災應變中心之防災急救卡及災害應變卡。
- 6.曹君範，〈核生化防護〉《國軍化學兵部隊執行抗 SARS 紀實》，(桃園：聯勤北部印製廠，2003)。
- 7.林泱蔚，〈核生化污染消除作業務資之研究〉《核生化防護半年刊》，第 83 期，(桃園：軍備局第 401 印製廠，96 年 5 月 15 日)。
- 8.黃嘉慶，〈輻射污染偵消作業民間代用物資裝備之研究〉《核生化防護半年刊》，第 79 期，(桃園：聯勤北部印製廠，94 年 3 月 1 日)。
- 9.國防部陸軍司令部頒，《陸軍野戰淨水裝備操作手冊》。
- 10.辛毓民、吳權恩合著，〈日本福島 311 核災回顧與省思〉《核生化防護半年刊》，第 93 期，(桃園：軍備局第 401 印製廠，101 年 5 月 31 日)
- 11.TM-10-4610-232-34，Capter1，Special Limitations on Equipment，2007。
- 12.AFH-10-222，Contingency Water System Installation and Operation，2011。