

核武對海軍艦艇威脅之研究

劉衛蒼 少校

提 要：

一、核子武器爆炸後產生爆震波、熱輻射、核射線及電磁脈衝等四種效應，由爆震波所產生之底湧可撕裂艦殼鋼板，並造成龍骨斷裂或彎曲，使艦船艙間進水，導致重大災害。

二、依美軍海域核子試爆記錄，水下核爆時不會觀察到核爆蕈狀雲，落塵分散於海水中；海面上空炸及水面核爆所產生含放射性污染之水蒸氣、泥漿及鹽類等物質，將隨風飄散形成下風危害區。

三、艦船上集體防護設計是最佳核生化防護方法。艦體內依防護需求規劃成不同等級防護區，以具過濾、吸附功能之獨立通風系統，保持船艙內正壓防護，可避免外界污染危害。

四、面對未來中共核子武器威脅，海軍應強化核生化中心作業能力、嫻熟防護具使用及加裝艦艇集體防護系統，以減低核武攻擊時人員傷亡及裝備損壞，確保戰力完整。

關鍵詞：爆震波、熱輻射、核射線、底湧、落塵預測、艦艇集體防護系統

壹、前言

核子武器是結束第二次世界大戰的終極武器，核子武器爆炸後可產生爆震波、熱輻射、核射線及電磁脈衝四種破壞威力，在有效半徑內，對人員、武器、裝備造成嚴重破壞。核子武器具有精神威脅大、有效範圍廣、毀滅性能強、防護較困難之特性，爆炸時在空氣中產生爆震波及水下震波產生底湧〔註一〕，能使數哩內艦艇及艦艇甲板操作人員遭受損傷。產生之落塵內含放射性污染之水蒸氣、泥漿及鹽類等物質，其中包含已分裂及未分裂之放射性物質，尤以水下炸所捲起原子雲底端之基浪以波浪方式迅速向四周湧出，內含有大量泥漿及水氣所造成之污染最為嚴重，飄散至艦艇各處造成人員傷害。而電磁脈衝將損壞通信電子裝備、精密武器射控系統及輪控系統等設備之功能，使船艦失去作戰能力。本研究針對核子武器前三項破壞威力對海軍艦艇之影響提出建議，以供相關單位參考。

貳、海域核子試爆記錄

1946 年美國為保持核武器的優勢，探明各型軍艦在核子時代的生存能力，於太平洋中部的比基尼環礁，進行了一次行動代號為「十字路口」的核爆試驗。比基尼環礁，地處北緯 11°5'、東經 165°5'，位於馬紹爾群島北緣，環礁本身由 23 個小島組成，距夏威夷西南約 4000 公里處，相對位置圖及島嶼外觀如圖一所示。美國海洋核子試驗計畫分為三部分，主要測試空炸、水面炸和水下炸三種海洋核爆所產生之毀傷效應。試驗中共徵集了 95 艘廢舊艦船，安置在比基尼環礁的不同水域，廢船上面並安裝了各種測試儀器及實驗動物進行實驗。此次試驗最後只完成空炸、水面炸，水下炸因故延至 1958 年另於瓦夫（Wahoo）試爆〔註二〕。

一、空炸試驗

1946 年 7 月 1 日首先試爆產量 23KT 代號「能力(Able)」的空爆核彈，由 B-29 在

空中投擲，在地面上空 158 米處引爆，由於它產生的火球並未觸及地面，而且多數放射性落塵也隨爆炸引起的上升氣流散去，所以對地面的污染很小，試驗很快順利結束，試爆照片如圖二所示〔註三、註四〕。

二、水面炸試驗

在淺水核爆試驗中，使用產量為 23KT 之原子彈，代號為「貝克（Baker）」，它被安放於水下 27.5 米的一個沉箱內，沉箱由鋼纜懸在一艘編號為 LSM—60 的兩棲登陸艇上，通過無線電引爆。試驗物件中有 40 艘艦船停泊於離零點 1.6 公里的範圍內，實驗用動物如白鼠及豬分別被安置在靠近零點的 4 艘船上。

1946 年 7 月 25 日早晨 8 時 35 分引爆後，附近的海水立即被照得通明，火球內部的超高壓汽化物擴散到水面後，一道耀眼的閃光掠過天空，火球迅速消失。平靜的海面上隨即隆起一個巨大的白色水帽，表面光滑平坦，至少有 1.6 公里寬，在不到一秒鐘內就躍升到 1600 米高的空中。下面支撐它的是一根粗大的空心水柱，濃煙隨後從水帽中噴出與蕈狀雲完全不同，中空的水柱幾乎有 800 米寬，柱壁厚約 90 米，如圖三。水柱升起後它在海裏留下的空腔吸進了周圍海底大量的砂石，與放射性物質一起通過水柱被拋到濃雲之上，猛烈噴發出來。

從空中攝影可以看到，水下的衝擊波像迅速擴散的同心圓如圖四，立即傳遍整個礁盤。衝擊波還在海底鑿出了一個 200 平方米、9 米深的大洞，推走了 150 萬立方米的泥沙。

爆炸後約 10 秒鐘水帽開始下落，四周快中間慢，拋到空中的 200 萬噸海水直接砸向礁盤，激起了巨大的波浪和水氣，滾動的波浪中含有大量放射性物質。它捲過水面，洶湧而行，在 4 分鐘內已傳出 5 公里，很快就吞沒所有的試驗艦隻，使整個礁湖都沐浴在升騰的水霧中，如圖四。

「貝克」造出了當時人類所知最大的波浪。隨著成百萬噸水被拋上天空，海中形成一個巨大的空洞，周圍的海水沖進來填充它，產生此起彼伏的浪山。爆炸把能量傳給周圍的海水，它像大錘一樣敲擊著目標艦外殼，通過這種方式海水直接敲沉 9 艘艦船，其餘的也嚴重受損，船艦損壞情況如圖五。

三、水下炸試驗

美軍在比基尼環礁未實施深水核試爆，直到 1958 年在瓦夫（Wahoo）地方，行動為代號「硬餅乾（Hardtack）」，在水深 500 呎實施核爆，此次視為深水核試爆，試爆後

5.3 秒產生 900 呎水霧圓頂如圖六，產生熱空氣及水蒸汽充滿整個水霧圓柱，約 11.7 秒產生最高的 1700 呎煙雲如圖七，最後未產生核爆蕈狀雲，只有長 2.5 哩及寬 1000 呎之水霧如圖八，以初速 75 哩/小時向外擴張。

參、核爆爆震波及底湧之影響

核子爆炸之爆震波為核子爆炸後最主要的威力，在空炸及面炸時產生之爆震波威力較大，爆震波會使艦艇上暴露人員遭受損傷，對人員之殺傷半徑如表一〔註五〕。然而艦艇本身之設計對爆震損害具有很強的抵抗力，建造時其設計及所用材料，均以能承受強大壓力與張力為著眼，艦艇浮在水上可隨波逐流而不致因

艦身搖幌而遭受損害。然而水下炸之核爆會產生「底湧」，對艦體結構的影響較大如圖九。

若原子彈在水下 200 呎爆炸，此試爆視為水面炸，其底湧於 10 至 12 秒鐘形成，最初外張速度為每分鐘 1 哩，至炸後 4 分鐘，外張距離到兩哩半時，其速度就大為減少，而低於一般艦速，底湧整個持續時間約為 10 至 15 分鐘〔註六〕。以在比基尼環礁「貝克」核彈試爆為例，所產生之距離、最大浪高及時間之關係如表二〔註七〕。

核子爆炸時水下震波所產生之底湧與深水炸彈爆炸時相似，但核子爆炸的範圍較廣。水下震波能使數哩內的艦艇遭受損害，但損壞程度視核武產量與爆炸深度而定。艦艏方向與艦型對損害程度亦有相當影響，如艦艏正向或背向爆震波，遭受爆震的損害將較小。艦殼損傷大部分是鋼板撕裂或下凹，及龍骨斷裂或彎曲，鋼板撕裂將造成漏水或整個艙間進水。震波並將迅速傳遞至艦上各部分，使裝備遭受進一步損傷。如主機、鍋爐、管路系統、大軸容易遭受震動破壞，導致重大災害。一般來說艦艇上層建築如駕駛台、信號台為輕型結構，抗爆能力較差，易產生內凹和塌陷，因而是艦艇結構中的薄弱部位。

現行我國海軍艦艇對核爆底湧所採取之防禦措施如下：〔註八〕

一、嚴格執行物質防險情況

物質防險情況之嚴格實施，不僅為艦船平時在港、航行、或作戰時發生災害之最大保障，亦為防禦落塵感染及底湧衝擊至艦艇內艙之最重要手段。平時在港時為丙級防險需將標示有 、 、X 裝置關閉保持基本管制措施；出港航行時為乙級防險，除上述關閉外另將標示有 Y 裝置關閉，以維持航行時管制措施。作戰時除 、X、Y 關閉外，另需將 Z 裝置關閉；在核生化狀況時 、X、Y、Z、W 均需關閉。

二、噴灑系統之使用

海水噴灑系統利用海水噴霧裝置，於核爆後至落塵終止期間開啓，使水霧掩蓋艦艇上層建築、各砲位及上甲板重要部位，如使用得當可使 95% 的落塵或底湧無法沾染到艦上。海水噴灑系統之防禦標誌為 ，開啓與否一定要依艦長或指揮官之命令行之。

三、採取緊急迴避行動

艦長接獲瞭望報告獲知核子武器爆炸，應即以最高速率遠離火球或水柱，並最好採上風方向行駛。假設爆炸後，艦艇在距表面零點僅 1 哩之嚴重損害區，如不計爆震及熱輻射損害，艦艇能以 20 哩速率迅速逃避，能在 4 分鐘航至距表面零點 3 哩之外。此後使艦速快於底湧外張速率，此時艦上人員如獲有適當保護及海水系統沖洗，底湧侵襲之危害當可避免。

肆、核爆之熱輻射效應

核爆之熱輻射將造成極高之表面溫度，使物質焦裂甚而起火燃燒，或使人員是暴露之皮膚遭受一、二級或三級灼傷，亦可能造成暫時或永久性失明及網膜灼傷等症狀，熱輻射對暴露人員之殺傷半徑如表三〔註九〕。

在核子武器爆炸中高熱與起火燃燒為造成裝備損害之因素，隨空中爆炸而起的熱輻射，將襲擊數哩至數十哩內未經掩護的任何目標。當侵襲任何暴露表面時，部分會被吸收並立即變成熱能，由於核爆之輻射能量幾乎在炸後數秒內全部放出，故任何暴露目標或物質，其表面所吸收熱能沒有足夠時間傳導至內部，因此核爆之熱輻射將造成極高之表面溫度，而使物質焦裂甚至起火。

核爆起火可依其來源分為主要與次要兩類，主要火源是由熱輻射直接點燃紙張、衣物、木料等易燃物品而起火，次要火源是由爆震而造成的其他起火源，如爐灶倒塌、瓦斯或其他燃油管路破裂及電路短路等。從比基尼環礁核子爆炸試驗中，證明熱輻射並非造成船艦損害的重要因素，因海軍艦艇外表實際上都具有良好的防火性能，但也可能在嚴重爆震損害後，因汽油或彈藥等易燃物品造成次要火源損傷。

伍、核射線之影響

核爆瞬間產生之加馬射線具有高穿透力，會隨落塵將放射性質點飄落至艦艇各處，使感染人員人體組織遭受破壞，甚至死亡，早期核射線對暴露人員之殺傷半徑如表四〔註十〕。

陸、放射性落塵之影響

落塵之形成主要是核子武器爆炸時，武器本身所產生炸後產物與爆震尾風攜向空中之地面感應塵土，在海面上則為水氣、泥漿及鹽類，混合而成原子雲，當此雲停止上升後，由於溫度降低，乃凝結為微粒，並隨風逐漸飄落地面涵蓋廣大地區，此種飄降微粒具有甚高之放射性，即稱落塵，而其涵蓋地區則稱為落塵地區，尤以原子雲底端之基浪內含落塵濃度最高，影響最為嚴重。

一、落塵來源

(一)未分裂原料

核子武器爆炸後，仍有部分原料未能參與連鎖反應而未分裂並散佈於落塵中，此部分原料即稱未分裂原料，能釋放出阿伐粒子，會造成人員體內劑量。

(二)分裂產物

核子武器爆炸後，分裂較重的超鈾元素成為較輕的元素，此種超鈾元素皆以一種或多種同位素狀態出現，且具有放射性，能放出 α 與 β 射線。

(三)中子活化產物

係指地面土壤中元素及其他物質，在海上即是水中泥漿、鹽類，遭核爆後初發射線之中子活化形成放射性同位素，能釋放出阿伐、貝他及加馬射線。

二、影響落塵形成之因素如下

(一)武器產量：落塵與武器產量成正比，產量愈大，落塵愈多。

(二)武器設計：核子武器有分裂與融合兩種原料，若由分裂性原料製成落塵中輻射性強，若由融合性原料製成則輻射性較弱，故分裂產量與總產量比，決定核武器落塵輻射性之強弱，亦直接影響落塵之多寡。

(三)爆炸方式：炸高可決定落塵量之多少。

(四)天候因素：

1.風為落塵飄落決定性因素。風向決定落塵飄落方向及範圍，風速決定落塵地區遠近，風速愈大，涵蓋地區愈遠。

2.雪及雨加速落塵之降落，會使很小地區形成很大的輻射強度，尤其地勢低處為然。

(五)陸上核子武器爆炸所產生含有土壤之落塵，會受土質硬度及組成而影響，如土質硬度愈低，落塵量愈多，及土質中含有易捕獲中子的元素愈多，落塵之放射性愈高。

三、落塵預測

落塵預測圖調製可於炸前落塵預測，或於核武爆炸後接獲核子觀測報告做為炸後落塵預測。其所用比例尺可依實際需要而定，並不必與風向圖所用之比例尺相同，惟必須與地圖之比例尺相同。海上深水核爆不會產生原子蕈狀雲，因所產生放射性物質皆分散於水中，所以無落塵飄散之擴散。然而海上空炸及水面炸，依美軍「核子污染迴避」(FM3-3-1)準則，落塵預測圖調製與陸上核爆時方法相同，並無其他方法，因海上核爆所產生含有放射性污染之水蒸氣、泥漿及鹽類等放射性物質，與陸上核爆所產生之放射性塵土及水滴皆屬氣溶膠會隨大氣層流動分散至各處，可延用原有陸上核爆落塵預測圖調製方法，使用 M5A2 簡易落塵預測方法及詳細落塵預測等方法。

柒、艦艇核生化集體防護

水面炸、水下炸之落塵危險性較空炸為大。水下炸後，激浪與水滴落塵將放射性粒子帶至艦艇各處，因而使艦體結構、裝備、港口及沿岸設施均感染放射性，造成操作人員遭受輻射污染的危險。

世界各國海軍為加強核生化防護，研製艦艇集體防護系統，以大幅提升在核生化戰爭中存活率。集體防護系統的研究設計始於 60 年代中期，該系統的開發設計以德國最早，繼而英國及美國也相繼投入研究設計，俄羅斯的水面艦艇也從 60、70 年代的個體防護改為集體防護。美國在 80 年代開始設計建造第一艘核生化集體防護系統之神盾級導彈驅逐艦(DDG-51)，並納入爾後艦艇設計之規範。

集體防護系統主要目的是要提供乾淨的空氣，以保護艦艇人員免受核生化戰劑危害，並維持一定的通風能力。艦船設計首先要考慮集體防護區，對防護區要實施密閉，同時要採取正壓通風（艙內壓力高於外界壓力）。另每個密閉區都有獨立的通風系統，並分級設置過濾吸附器，以對抽入的外界染毒空氣加以濾除及淨化。艦艇集體防護系統的要求〔註十一〕如下：

一、良好之封閉技術

封閉艙室的建築結構密封性能要好，門、窗、艙口蓋均要採取密閉措施，用氣密門代替傳統的水密門。要保證密閉艙內造成的淨壓力值至少要與外界氣流形成的動壓力值相等，且艙內正壓值應保持在 500Pa；此外建築結構外露表面必須堅固，以抵禦核爆震波之壓力。

二、良好之核生化過濾技術

核生化過濾技術是集體防護系統的核心技術。集體防護系統的成功與否，關鍵在

於該技術的效果。對核生化過濾技術的要求是平戰結合，持久耐用。平時能為艦員提供良好的環境條件，保證 CO₂ 濃度不超過允許值，有充足的氧氣供給；戰時保證對放射性落塵、以蒸氣和氣溶膠形式出現的生物戰劑及化學戰劑提供有效的防護；同時向空調通風系統提供足量的淨化空氣，以維持密閉艙室所需的正壓。

三、空調通風技術要求

空調通風技術為核生化過濾分系統的配套技術，其要求是保證各密閉艙內均勻送風，以確保各密閉艙室所需的正壓，滿足密閉艙室設備，特別是電子設備所需的環境條件，保證密閉艙室工作人員的舒適，即保證人與設備所需的溫濕度、潔淨度。集體防護系統的空調通風系統與普通空調通風系統不同，其送風系統要滿足艙室 500Pa 正壓，送風量與產生之噪音須同時考量。另在密閉增壓區域內，還要考慮泄壓裝置，使超壓值維持在合適的範圍內。

四、自動控制與監測技術要求

可自動進行氣密門開關、核生化污染度、超壓值及各種氣體含量的監測警報，能自動控制氣密門及抵抗爆震波衝擊、開停空調通風分系統、核生化過濾分系統，以自動調節控制對密閉區之正壓值、溫濕度、二氧化碳及氧氣濃度。

捌、艦艇泊港及海上航行核生化防護戰術作為〔註十二〕

一、艦艇泊港時

(一)攻擊前之行動

1. 加強各類情資偵蒐並做詳細之研析判別。
2. 地區後勤支援單位應儘速恢復艦艇之機動作戰能力。
3. 具機動之艦艇應即完成疏散，並利用沿岸海角地形或島嶼有利地形進行疏散，以減輕損傷。
4. 配合地區防空火力，加強對敵來犯方位之火砲準備工作。
5. 艦體完成核生化防檢措施，人員依照規定進入掩蔽部位，並採取防護措施。

(二)攻擊後之行動

1. 地區核生化中心應完成落塵預測或下風危害圖之繪製，並分發各單位。
2. 地區偵消區隊應即對碼頭實施偵檢、消除作業，艦艇單位則對艦體實施偵檢、消除作業。
3. 立即檢討戰損狀況，並回報地區指揮部。
4. 協調地區後勤支援單位，儘速對受損之艦艇實施搶救作業，俾利儘速恢復機動力。
5. 人員損傷應儘速治療及後送醫療單位，並回報指揮部及補充人力。

二、艦艇海上航行時

在核子攻擊中迴避為主要的戰術行動，最適當的防禦部署應為不超過一艘艦艇被擊沉或受到嚴重的損壞，可分核子武器攻擊前、中、後所採取之行動來探討：

(一)攻擊前之行動〔註十三〕

1. 加強對海、空觀察及偵蒐，各類情資作詳細之研析判別。

- 2.採主動先制之要旨，摧毀或癱瘓敵核生化作戰能力。
- 3.採用各種戰術手段迷惑、擾亂敵人，設置各種假目標遂行欺敵，選擇好預備目的地，卻經常變換和轉移，使敵人摸不清，抓不到攻擊目標。
- 4.對敵人雷達、天線、無線電、紅外線等系統實施干擾。
- 5.做好攻擊及律定各艦隊機動迴避措施之準備。
- 6.艦隊指揮官對艦隊之疏散，在兼顧敵空中及潛艦之威脅下，應有效掌握部隊，使能適時集中，在統一指揮下遂行作戰。
- 7.艦艇實施各部位加強固定，完成核生化特級防檢，搬移危險物品，及備便各偵檢、防護、損管器材。
- 8.支隊核生化中心應就各項情資研判，及相關地理區域、氣象資料等，繪製落塵預測圖分發所屬部隊。
- 9.編隊支隊指揮官應發布艦隊疏散後重新編隊之會合點，該位置之方向係在編隊中心有效落塵風之上端，其距離約等於污染區直徑與編隊直徑之和。編隊會合點位置選定時考慮因素如下：
 - (1)有效落塵風之方向及強度。
 - (2)預期中之核子武器能量。
 - (3)潛艇威脅。
 - (4)重新編隊預計需要之時間。
 - (5)部隊需要航行之方向。
 - (6)在該情況下可接受之染毒率及總染毒量。
 - (7)序列內其他編隊之位置。
 - (8)由於侷限水域、或特殊任務，如兩棲作戰或水雷作戰等形成之航海上的限制。

(二)攻擊中之行動

一般海軍艦艇愈下層甲板對爆震波，熱輻射及初發射線效應都能提供相當防護，艦艇所採取的方法如下：

- 1.艦艇於海上遭受核子武器攻擊時，應立即採取迴避運動。
- 2.開啓核生化噴灑沖洗系統，使露天甲板以上建築全部被水霧所籠罩，全艦噴灑系統如正常操作，可移去 80%至 85%的落塵沾覆。
- 3.完成核生化防檢，全艦各部門水密門、艙口蓋及標示之各裝置均應關閉，無孔蓋或話筒之裝置一律以帆布嚴密包裹。
- 4.有足夠之預警情況下，露天甲板上之人員應撤離至水線以下之深層艙間。
- 5.核子武器爆炸閃光初始，暴露於甲板艙外之人員應採取防護措施如下：
 - (1)立即帶上防毒面具。
 - (2)緊閉雙眼，以手掩面，並於最佳掩體後方臥倒。
 - (3)當閃光及熱感消失後應立即抓牢艦上堅固物，以防「震波」侵襲。
- 6.如核武爆炸發生於編隊之內或對編隊有危害之附近時，各艦應立即採取行動，毋需等待戰術指揮官之命令，艦長應依照下列規定操縱艦船：
 - (1)使用最大速率遠離炸點，並儘量逆風行駛，遠離落塵或底湧威脅。

(2)為有效駛離落塵區，在落塵下風之船隻，應採取與落塵風向成 45 度至 90 度之夾角航行如圖十所示，至於確實之航向應依照艦船航速及落塵風速而定。

(三)攻擊後之行動

1.核爆後偵檢消除作業

(1)開啓射線偵檢器量測射線強度並記錄，繪製落塵對數圖分析偵檢、消除時機及衰減率大小，以提供人員外出作業停留時間之參考及恢復部分通風之依據。

(2)由於核爆時有爆震、熱輻射、底湧等現象，皆可對人員產生傷害，因此核爆幾分鐘後，急救人員應即瞭解全艦各部位是否有人員傷亡，並執行緊急救護及後送醫療作業。

(3)偵檢作業必須在人員劑量不超過「人員劑量限值」下完成，偵檢原則以角落、縫隙處、纜繩、帆布等區域為主，如偵測到有物質感染輻射，應予以隔離並標示。

(4)消除作業依據落塵對數圖由射線中心判定消除作業時機，消除原則由高至低、由前至後、由中心至兩舷，並對標示感染區域做徹底消除動作。

2.在疏散期間，各艦必須顧及潛艇威脅，以及該地區內核子爆炸之效應。

3.萬一在遠距離發生核子爆炸時，指揮官如認為需要，應運動編隊以離開落塵可能區。

4.離開落塵區後，應前往指定之集合點。護航船隻在駛往會合點途中，應屏衛其附近之後勤補給艦船前往會合點。

5.除非指揮官有其他指示外，則第一艘抵達會合點之艦艇，即自動成為編隊嚮導艦。

6.重新集合船團之行動，應遵照指揮官之前命令行事。

7.為使指揮官於核子攻擊後，能衡量其部隊之戰鬥效率，所有艦艇必須報告該艦之作戰效能。

玖、結語

隨著科學技術的發展，核生化武器和載具的改進，有能力使用核生化武器的國家不斷增加，雖兩岸之間直接核戰爭的可能性已大大地減少，但在未來的局部衝突和海戰中遭遇核生化武器的可能性仍然存在。核生化武器對海上的打擊目標主要是大型艦艇，若台海發生戰爭美軍介入時，其航空母艦戰鬥群即可能是主要目標；另外，攻擊的目標也可能為海軍基地、港口及沿海重要目標，以切斷敵方海上交通線及後勤支援，使敵方癱瘓，以利後續登陸作戰。

海軍在未來台海戰爭中扮演重要的角色，肩負維護台海對外航運暢通，阻敵對我之海上封鎖或武力進犯，針對可能遭中共核子武器攻擊之威脅，我海軍應有之作為如下：

一、強化核生化中心作業能力

海軍各任務支隊及艦艇應成立「核生化中心」，可設置於旗艦之戰情中心內，負責核落塵預測圖調製、射線劑量計算、人員撤離掩蔽路線位置圖、艦內、外監測站位置、消毒站配置及人員除污動線圖規劃。

二、爛熟防護具使用

防護面具與防護衣是個人防護之主要裝具，須人人熟悉佩戴及穿著之要領，俾能在核生化狀況下，確保生命安全，保持戰力。

三、定期艦隊核生化防護操演訓練

艦隊定期對所屬艦艇實施海上航行或是陸上泊港之核生化防護操演，建立標準行動準據，藉由演訓過程驗證及修訂程序，俾能在遭受核生化攻擊時採取最適當之防護行動，大幅降低人員傷亡及裝備損壞。

四、加裝艦艇集體防護系統

艦艇集體防護設計是防護核生化武器之最佳方法，過濾污染空氣提供乾淨無虞之空氣，此設計均已納入先進國家之海軍艦艇建造要求。反觀我國海軍之主力作戰艦多數無此系統，建議可先對船上重要艙房加裝局部核生化過濾系統，防止有毒氣體及化學、生物和放射性懸浮粒子進入艙房。

<參考資料>

壹、書籍

一、中文

- 1.國防部陸軍司令部，「核子與輻射事件應援作業手冊」，民國97年4月8日，第1版。
- 2.國防部作戰參謀次長印，「落塵預測」，民國58年5月30日。
- 3.海軍總司令部，「海軍艦隊核生化防護手冊」，民國89年11月。
- 4.海軍總司令部，「海軍核生化防護教範」，民國91年6月。
- 5.海軍總司令部，「海軍核生化通用裝備操作手冊」，民國91年6月。
- 6.陸軍總司令部譯印，「美陸軍—核子意外事件感染管制」，1996年7月。

二、西文

- 1.Glasstone, Samuel and Philip J. Dolan eds. The Effects of Nuclear Weapons. 3d ed. Washington, DC: US Government Printing Office,1977.
- 2.United States Marine Corps, FMFM 11-8, NBC Contamination Avoidance, 4 May 1987.
- 3.United States Marine Corps, FM 3-4,NBC Protection, May 1992.
- 4.United States Marine Corps,FM 3-100,NBC Operations,MARCH 2003.
- 5.United States Marine Corps, FM 3-5,NBC DECONTAMINATION, July 2000.

貳、期刊

一、中文

- (一)朱春來，「水面艦艇集體防護系統」，艦船科學技術，第3期，2001年。
- (二)劉為子，「美國海軍艦艇集體防護系統(CPS)的發展研究」，船艦防化，第27期，2001年。

二、西文

- (一)Keller,J.B.,1958,Surface Waves on Water of Non-Uniform Depth,Journal of Fluid Mechanics,4,607.
- (二)Johnson,G.W.,1960,Peaceful Nuclear Explosion :Status and

Promise,Nucleonics,18,No.7,49.

(三)Steiger,W.R.,S.Matsushita, 1960, Photographs of the High Altitude Nuclear Explosion TEAK,Journal of Geophysical Research,65,545.

參、網址

一、<http://navy.mnd.gov.tw>

二、<http://zh.wikipedia.org>

三、<http://www.nmmst.gov.tw>

四、<http://www.renminbao.com>

五、<http://mil.news.sina.com.cn>

六、<http://nuclearweaponarchive.org>

七、<http://www.cddc.vt.edu/host/atomic/nukeffct/enw77b2.html>

註釋：

註一：底湧會使艦艇外殼損傷，大部分是鋼板撕裂、下凹，及龍骨斷裂或彎曲。

註二：資料來源：http://www.renminbao.com/rmb/article_images/2005-11-27

註三：資料來源：<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Able1.jpg>\

註四：資料來源：<http://nuclearweaponarchive.org/Usa/Tests/Able2.jpg>\

註五：資料來源：海軍艦隊核生化防護手冊附表一，海軍總司令部，2000年11月。

註六：The Effects of Nuclear Weapons. 3d ed. Washington, DC: US Government Printing Office, 1977.p287

註七：The Effects of Nuclear Weapons. 3d ed. Washington, DC: US Government Printing Office, 1977.p287

註八：「海軍核生化防護教範」，海軍總司令部，2002年6月，頁7-8

註九：「海軍艦隊核生化防護手冊」附表二，海軍總司令部，2000年11月。

註十：海軍艦隊核生化防護手冊附表三，海軍總司令部，2000年11月。

註十一：朱春來，「水面艦艇集體防護系統」，艦船科學技術，2001年第3期，2001年，頁37-39。

註十二：海軍艦隊核生化防護手冊，海軍總司令部，2000年11月，頁3-35。

註十三：海軍艦隊核生化防護手冊，海軍總司令部，2000年11月，頁3-32至3-34。