

人工降(消)雨與軍事作戰
海軍上尉 蔡世樵、海軍上校 毛正氣
提 要：

一、中共氣象部隊於 2008 年北京奧運開幕式及 2009 年 60 周年國慶日，發射消雨火箭彈實施人工消雨作業，確保當日活動順利進行。

二、人工降雨原理為利用工具在雲霧厚度較大的中低雲中播散催化劑(碘化銀、乾冰、鹽粒、膨潤土及藻土等)，以增加雲中的凝結核數量及碰撞次數，達到降雨目的；而人工消雨原理與人工降雨相同，只是讓本來要下的雨提前下而已。

三、目前人工降雨的作業方式有三，一是在地面燃燒碘化銀，二是以高砲或火箭將催化劑打入雲層，三是利用飛機播撒催化劑。

四、人工降雨能有效降低敵方可見光、紅外線及照相等偵察器材的探測效果，降低其火力打擊精度，同時可形成暴雨，造成道路泥濘、洪水氾濫等現象，影響敵作戰行動；而人工消雨則可消除作戰空域中之雲體，以改善能見度，確保我方目視觀察、飛機起降等作戰行動安全，對軍事作戰之影響甚大。

關鍵詞：消雨火箭彈、碘化銀、人工降雨、人工消雨

壹、前言

隨著科學技術的發展和人類對天氣演變規律認識的不斷深化，人們已不滿足自己的行動被氣象條件所限制，而利用人工影響局部天氣的方法研製「氣象武器」，製造(消除)惡劣的天氣去戰勝對方。例如利用人工降(消)雨，造成道路泥濘、洪水氾濫去影響敵方軍事活動；人為加重乾旱，製造對方經濟的困難或誘發大範圍的火災等等，其中有的已用於實戰，並獲得成功。因此，在未來高科技戰爭中僅掌握制空權、制海權顯然不，作戰雙方必須盡力創造有利的氣象條件保障自己，設置不利的氣象條件限制對方，使用氣象武器掌握「制氣象權」，方能確保作戰的勝利。本文即針對利用消雨火箭彈等氣象武器執行人工降(消)雨之現況、原理，以及其對軍事之影響進行研究。

貳、人工降(消)雨執行現況

2008 年 8 月 8 日，北京奧運會開幕式上，在絢麗的煙火點亮北京城上空時，氣象專家實施了中共有史以來最大規模的人工影響天氣作業，將一條來自西南的暴雨雲帶「化作無形」，為開幕式的成功舉辦奠定了堅實的基礎。事實上，從 8 日 16 時到 23 時 39 分，北京氣象部門採用了火箭攔截的方式進行人工消雨，共在 21 個作業點持續發射了 1104 枚火箭彈，對進犯北京奧運會的雲雨帶進行催化消雲作業，有效解除了北京境內降雨的可能，確保奧運會開幕式順利進行。

2009 年 10 月 1 日是中共慶祝建國 60 周年國慶，為此特別舉辦了擴大之「二〇〇九」兵大典。中共過去十三次「二〇〇九」兵，有 10 次在雨中進行。當天早晨北京上空原有雨雲，部分地區下微雨，為了確保「二〇〇九」兵活動圓滿進行，北京氣象部門決定仿效北京奧運期間進行人工消雨。從 10 月 1 日 7 時 30 分開始，在北京、天津、河北及山西等地連續實施四次人工消雨作業，共發射了 432 枚火箭彈(如圖一)。「二〇〇九」兵進行時，北京萬里晴空，獲得明顯效果。

英國在人工降雨方面亦取得了非常好的成果，他們聲稱用人工方法可以控制半徑 5,000 公尺範圍內的晴雨天氣成功率達 93% 以上。這個方法是沿英國西海岸設置一系列電極，向大氣層輸入電能使對流層中鎂原子電離，產生一個靜電屏蔽層；然後透過調節系統調整其密度，則可決定高、低壓天氣系統的生成和消失，進而達到控制天氣的目的〔註一〕。

2010 年 4 月 2 日，我國為解決台灣南部地區旱象，經濟部、國防部及台灣大學聯合動了一波地空人工增雨作業，由空軍出動一架 C-130 型運輸機，飛行至水庫集水區上空進行約一小時的催化劑噴灑作業，同時由水利署動在曾文水庫的地面增雨站，點燃碘化銀增雨器進行地面催化下雨，這是首次從空中和地面，多管齊下實施人工增雨作業。但由於受到鋒面未如預期移動到雲嘉南上空的影響，本次作業未能順利造成降雨。

參、人工降雨之歷史

1932 年諾貝爾化學獎的得主、美國化學家兼物理學家蘭茂爾(Lammermuir)，一生進行過無數的研究，但他在科學上實現的最大突破還是人工降雨。在獲得諾貝爾獎後，就和一群化學家共同進行了人工降雨的研究。在他的研究室裏保存著小小的人工雲，即充斥在電冰箱裏的水蒸氣，蘭茂爾一邊降低冰箱裏的溫度，一邊加入各種塵埃微粒進行降雨實驗。

1946 年 7 月，天氣異常炎熱，由於實驗裝置出了故障，裝有人工雲的電冰箱裡的溫度一直降不下來，蘭茂爾只好臨時用固態二氧化碳(乾冰)代替。當他把一塊乾冰放進冰箱裏，這時奇蹟出現了：水蒸汽立即變成了許多小冰粒，在冰箱裏盤旋飛舞，人工雲化為霏霏飄雪。這一奇特現象使他明白塵埃微粒對降雨並非對必要，溫度要將溫度降到零下 10℃ 以下，水蒸汽就會變成冰而降落下來。1946 年，一架飛機在雲海上飛行，蘭茂爾將乾冰撒播在雲層裏，30 分鐘後就開始了降雨，第一次真正的人工降雨獲得了成功。根據過冷雲層冰晶成核作用的理論，科學家們又發現可以用碘化銀(AgI)等做為「種子」，進行人工降雨，而且從效果看，碘化銀比乾冰更好。碘化銀可以在地上撒播，利用氣流上升的作用，飄浮到空中的雲層裏，比乾冰降雨更簡便易行。後來，美國通用電氣公司的本加特再針對蘭茂爾的人工降雨方法進行了改良，使人工降雨更加簡便易行。蘭茂爾在 1957 年去世時，終於滿意地看到人工降雨已發展成為一項大規模的事業。人工降雨的發明，標誌著氣象科學發展到了一個新的水準〔註二〕。

肆、人工影響降雨之類型

說般來，人工影響降雨分為三種類型，分別為：「人工消雨」、「人工降雨」及「人工搶雨」，其中人工消雨又分為「提前降雨」和「抑制降雨」兩種。「提前降雨」是在保護區上風方及周圍鄰近地區進行人工增雨作業，調節降雨的時間、空間分佈，使保護區無雨或小雨；「抑制降雨」則是過量播撒液氮和碘化銀，使雲體擴散，減弱降雨；換句話說，就是讓雨「提前下」或「憋著不下」。另外一種情況，則是當雲系移入某一區域時，利用人工降雨的方式，讓此區域下雨以紓解乾旱，但是卻讓另一個區域因而無雨可下，這就是所謂的「人工搶雨」。

伍、人工降雨原理與作業工具

一、人工降雨原理

雲是由水汽凝結而成；而雲的厚度以及高度，通常由雲中水汽含量的多寡、凝結核 (Condensation Nuclei) 的數目及雲的度所決定。一般來，雲中的水汽膠性態比較穩定，不易生降雨，而人工降雨就是要破壞這種膠性穩定態。通常人工降雨就是通過一定的手段，在雲霧厚度比較大的中低雲系中播撒催化劑 (碘化銀) 進而達到降雨目的：一是增加雲中的凝結核數量，有利水汽粒子的碰撞增大；二是改變雲中的度有利擾動並生對流。而雲中的擾動及對流生，將更加有利於水汽的碰撞增大，當空氣中的上升氣流承受不住水汽粒子的飄浮時，便生了降雨。世界上許多國家普遍使用碘化銀做人工降雨的催化劑，而中共則是採用乾冰和碘化銀穿插使用的方法。乾冰是由人工降雨飛機的艙底「漏斗」灑向雲層的，而利用碘化銀做催化劑時，可用火箭把碘化銀焰彈發射上去。那麼，催化劑噴灑入空中會不會影響人體健康或環境呢？分析表明，如果向一塊雲層中射入碘化銀微粒，並收集隨之生的降雨，這些雨水如由一人飲用的話，他所吸收的碘量與吃一個加鹽的雞蛋所吸收的碘量基本相等。

二、人工降雨催化劑

目前，人工增雨使用的催化劑通常分為三類：第一類是可以大量生凝結核的碘化銀等成核劑，第二類是可以使雲中的水分形成大量冰晶的乾冰等製冷劑，第三類是可以吸附雲中水分變成較大水滴的鹽粒、膨潤土及藻土等吸濕劑。碘化銀、乾冰等是適用於冷雲度低於 0°C 的催化劑；而鹽粒、膨潤土及藻土等，是只適用於暖雲溫度高於 0°C 的催化劑。後者屬於鹼性物質，對增雨設備、農作物都有一定的腐蝕作用，所以，目前主要是對冷雲實施人工增雨。碘化銀在人工降雨中所起的作用在氣象學上稱作冷雲催化。碘化銀只要受熱後就會在空氣中形成極多極細 (只有頭髮直徑的百分之一到千分之一) 的碘化銀粒子，1 公克的碘化銀可以形成幾十萬億個微粒，這些微粒會隨氣流運動進入雲中，在冷雲中生幾萬億到上百億個冰晶。因此，用碘化銀催化降雨不需飛機，設備簡單、用量很少、費用低廉，可以大面積推廣；除了人工降雨外，碘化銀還可以用於人工消雲霧、消閃電、削弱颱風、抑制冰雹等。人工方法可促成雲層生雨雪；但由過冷卻水滴組成冷雲時，由於沒有冰晶，很難有降雨；如果在雲中製造適量的冰晶，就會破壞雲的穩定結構，有可能生降雨。基於這一原理，可以通過飛機或高砲在雲中引入乾冰等製冷劑，利用局部雲體劇烈冷卻而生冰晶，或者引入碘化銀等人工冰核，由人工冰核生冰晶〔註三〕。南方夏季出現的大塊積雲屬暖雲，一般很難降雨，為了改變雲滴譜分佈的均勻性，以利於重力碰撞過程的進行從而導致降雨，常在雲中播撒吸濕性物質，如食鹽、尿素及硝酸銨等。

三、人工降雨作業工具

當空中的雲無法有足的降雨時，用飛機、高砲或火箭彈等工具，把乾冰、食鹽或化鈣、碘化銀等撒播到雲中，就達以人工增雨。乾冰等冷卻劑，會使雲度顯著下降，使細小的水滴冰晶迅速增多加大，迫使它下降形成降雨；食鹽等吸濕性強的凝結劑，使雲滴增大為雨滴降下來；碘化銀等結晶劑，能生大量的人工冰核，這些人工冰核在適宜的條件下，可參與雲中的降雨微物理過程，使更多的水汽和雲滴轉化為降雨。還有利用高砲、火箭向雲層轟擊生強大的衝擊波，使雲滴與雲滴發生碰撞，合併增大成雨滴降下來。飛機、高砲和火箭是把催化劑播撒到雲中常用的人工增雨作業工具，高砲和火箭是在彈頭和彈體裝填適量碘化銀，從地面發射到雲內適當部位後爆炸播撒或沿火箭彈道噴撒。在飛機上噴撒碘化銀焰霧的方法，一種是在機艙遙控懸掛在機翼下的特製儀器，使從中噴出的碘化銀丙溶液燃燒；另一種是遙控發射懸掛在機翼下的特製碘化銀焰彈。在飛機狀也可以向雲中播撒小顆粒的乾冰或液氮等冷卻劑或吸濕性粒子，人工製造冰晶或大水滴，促使更多的雲水轉化為降雨。

陸、人工消雨原理

所謂的人工消雨，主要是在即將影響本地的降雨雲系的上風方位，進行一定規模的連續催化作業，設法改變自然雲的降雨態或過程。人工消雨並不是讓雨「化為烏有」，而是讓它提早下，或是「憋著」不下，要不就「請」它去別處下。人工消雨的原理其實和人工降雨一樣，只不過是讓本來要在需要避雨的區域下的雨提前下而已。一般而言，人工消雨有兩種方式，一是在需要消雨區域上風方向大約 60 至 120 公里左右的位置，一旦發現哪塊雲要下雨，就使用人工降雨的方法，讓雨水提前降落，如此，需要防雨的區域自然也就是晴空萬里了；二是在目標區上風方，通常大約是 30 至 60 公里的距離，往雲層裡超量播撒冰核，使冰核含量達到降雨標準的 3 至 5 倍，冰核數量多了，一個冰核吸收的水分就少，無法形成足大的雨滴，也就是讓雨「憋著不下」。此外，氣象專家還可通過向雲層發射大量催化劑，使雲層中的雨滴「長不大」，等雲飄過避雨區域才下雨，這樣也可起到人工消雨的作用。

柒、人工降 (消) 雨之條件

形成降雨要有兩個條件，一是雲中要有充足的水汽，二是要有適當多的凝結核，因此，人工降 (消) 雨的方法就是向雲中引入人工凝結核。一般是採用飛機、火箭、高砲、氣球和在上升氣流區地面燃燒碘化銀等手段，把催化劑送入雲中。飛機一般飛到 6,000 公尺左右高度穿雲播撒催化劑，火箭、高砲則直接轟擊雷雨雲適當部位，利用彈頭裝載碘化銀送入雲中，而氣球則下掛碘化銀焰彈，升入雲中 0°C 層以上燃燒，把催化劑釋放出來。溫度在 0°C 以上的暖雲一般使用吸濕性物質如鹽粉、尿素及化鈣等，使雲中水汽變成大水滴下落成雨。對於度低於零度的冷雲則播撒人工冰核碘化銀等，或者播撒乾冰、液體氮氣等，使冷雲中冰晶數量增加而提高降雨效率。

人工降 (消) 雨是要有充分的條件的。一般自然降雨的生，不僅需要一定的宏觀天氣條件，還需要滿足雲中的微物理條件，比如， 0°C 以上的暖雲中要有大水滴； 0°C 以下的冷雲中要有冰晶，沒有這些條件，天氣形勢再好，雲層條件再好，也不會下雨。然而，在自然的情況下，這種微物理條件有時就不具備，有時雖然具備但又不充分；前者根本不會生降雨，後者則降雨很少。此時，如果人工向雲中播撒人工冰核，使雲中生凝結或凝華的冰水轉化過程，再借助水滴的自然碰撞過程，就能使降雨生或使雨量加大。催化劑在雲中起的作用，是使本來不會生的降雨得以生，已經生的降雨強度增大。

捌、人工消雨之作業方式

狀工消雨作業的大致流程，首先要對天氣況及其變化趨勢進行細緻的觀測和預測，確定是否存在降雨的可能。如果發現有降雨的可能，則需要進一步瞭解本次天氣系統對本地的可能影響趨勢，何時、何地可能生降雨。之後就要針對擬保護地區製定人工消雨方案，一有作業條件，則立即動飛機或地面火箭和高砲等設備進行作業。如果是受移動天氣系統的影響，則在擬保護地區的上游地區進行人工增雨作業，讓本地未來的可能降雨在其上

游地區提前降到地面，進而達到擬保護地區減緩或消除降雨的目的；如果是局部雲系發展生降雨，則需對目標雲系進行過量冰核播撒作業，充分「爭食」雲中的水分，使雲滴很難長大成為雨滴降落到地面，達到減弱或消除降雨的目的。

一、以地面碘化銀燃燒爐進行催化作業

碘化銀燃燒爐依靠山區向陽坡，利用某時段常有的上升氣流將碘化銀輸送入雲。這種方式的優點是經濟、簡便，其明顯的缺點是難以確定催化劑入雲的劑量。主要適合於經常有地形雲發展、交通不便的山區。

二、以高砲和火箭為主之地面作業

由於增程焰劑砲彈和焰劑火箭的研製成功，可將催化劑在合適的時段按需要的劑量輸送到雲的合適部位。其缺點是雖已有車載火箭裝備，可在一定範圍移動，但相對於飛機，其機動性仍差，只適合於在固定目標（如為水庫增水）作業，特別適合在對於飛機飛行安全有威脅的對流雲中進行催化作業。

三、飛機催化作業

飛機催化作業的面比較寬，可以根據不同的雲層條件和需要，選用暖雲催化劑及其播撒裝置或製冷劑及其播撒裝置（如乾冰、液氮），也可掛載碘化銀燃燒爐、掛載飛機焰彈發射系統（如圖二）。還可裝載探測儀器進行雲微結構的觀測和催化前後雲巨集、微觀態變化的追蹤監測。不過不是所有的雲都可以用來「播雨」的，一般說來低雲族中的雨層雲和層積雲，或中雲族中的高層雲較為適宜；少雲或者晴空條件下，就不能進行飛機人工增雨。飛機機身兩側裝有噴管，噴射高燃燒的碘化銀，氣體的碘化銀進入冷雲以後，通過冷卻凝集成大量極為細微的粒子，它們的晶體結構與自然冰晶非常相似，並且可以吸附雲層中的水滴，使雲中的水滴集結形成更多的冰晶，增加雲中的冰晶濃度。

目前人工消雨的影響力是比較有限的。對範圍小、強度弱的降雨天氣過程會取得比較理想的效果，但遇上強降雨天氣過程，就目前的技術手段，還達不到人工消雨的效果。

玖、WR-1B型增雨防雹火箭作業系統簡介

WR-1B型增雨防雹火箭作業系統是目前經中共國家唯一認定的火箭作業系統（如圖三），中共在2008年奧運開幕式與2009年國慶日均採用此系統進行人工消雨作業。

它採用中共「中國氣象科學研究院」BR-91-Y型高效碘化銀焰劑，生含碘化銀的複合冰核氣溶膠，具有極高形成凝結核之能力，其性能指標高於美國的相關品。一顆火箭彈攜帶催化劑中含0.5克碘化銀，1克碘化銀在10℃時可形成約 1.8×10^{15} 個凝結核，比高砲彈彈攜帶的1克碘化銀成核率高個數量級。在射角85度時，最大射高超過8公里，射角56度時，4公里以上高度的最大有效射程達8公里，比高砲覆蓋面積大。火箭發射架有8個定向架，一分鐘可連續發射枚火箭，播撒區域半徑6公里以上，一分鐘可播撒活化冰核數比高砲本個數量級，影響區域比高砲大3個數量級，且不含爆炸物品，工作過程不生碎片，火箭上的保險裝置保證火箭彈在運輸、存放中的安全。採用降落傘式安全著陸系統，減少火箭殘骸落地速度，無染，使用維修簡便。

這套系統除了「增雨」，還有「防雹」的功能。雲層中的水汽碰到凝結核後會形成水滴下落，如果遇到低層上升氣流，水滴會結冰並被托上雲層。再次下落，如果再遇低層和上升氣流，又會結冰並被再次送上雲層。如此反覆，冰雹就會「愈長愈大」，直至最後上升氣流無法承受其重量，它就會落到地面。這個時候，同樣可以利用催化劑，當高砲將大量碘化銀等催化劑集中快速送到雲層中，會在雲中形成大量的凝結核。這樣，本來因凝結核過少易形成大冰雹的雲層，由於突然出現大量凝結核，冰雹就不易「長大」，而當冰雹的直徑在5公釐以下時，也就無法對地面構成危害了。

火箭發射前必須按照有關操作規程嚴格檢，重點注意：一、發射點附近無易燃易爆物品，二、現場人群離火箭30公尺以上，三、按要求測量電阻，並看連線是否正常連接。

拾、人工降（消）雨對軍事作戰之影響

一、降雨現象對軍事作戰之影響

狀氣層中含有水汽、水滴、冰晶和各種懸浮物質，時常處於一種不穩定的態之中，只要掌握了這些不穩定因素的變化規律，就可以使用較少的能量去引發和催化它們，即形成一種使天氣生變化的觸發機制，天氣中的不穩定因素就會生較大的能量轉換。而大氣層中這種能量轉換的結果，就會導致某些地區、某些空間天氣、氣候的變化。如果利用人工控制的手段使天氣發生變化，並且按照有利於自己、不利於敵人的方向發展，就能對敵說造成各種危害，達到一定的軍事目的。分類明如下：

（一）雨水會對裝備及人員造成諸多影響，例如降低可見光、紅外線及照相等偵察器材的探測效果，干擾破壞無線電通信，限制雷達效能導致影響火砲和導彈發射，並使人員在露天活動受到限制等，甚至會滲透到露天的機電設備，造成油漆而加速裝備腐蝕。

（二）降雨現象會造成環境能見度降低，使艦船航行受到限制〔註四〕。

（三）利用人工製造惡劣天候可以有效隱蔽我方的作戰行動，使敵方難以探測到目標的真實位置和行動方向，降低其火力打擊精準度。

（四）利用人工降雨的方法可增加敵對國或敵人活動地區的降雨量，形成大雨、暴雨、造成道路泥濘、洪水氾濫等，以影響敵人的作戰行動，使敵人的作戰物資變質，影響其戰場使用，甚至造成洪水氾濫，傷人毀物、沖道路橋樑，使敵人交通中斷、補給困難、機動受限，這就是「人造洪暴武器」。為了增大暴雨的破壞成分，還可以在暴雨中滲入有毒的化學物質，使敵方人員和武器受腐蝕或中毒。

二、人工降（消）雨應用於軍事作戰之實例

在現代戰爭中，美國是最早將人工降雨運用在軍事用途的國家。六〇年代中期，美軍在越南戰場愈陷愈深，取勝的希望遙不可及，一個主要因素是當時北越靠胡志明小徑為南方的戰線提供了足的補給。1971年4月，美軍為了改善在越戰戰場的處境，利用飛機在越南胡志明小徑上空施放了1391枚人工降雨催化彈，造成北越大雨滂沱、山洪氾濫，沖道路、橋樑，交通中斷，使北越的軍事行動困難，原一星期通過胡志明小徑達2000餘輛物資運輸車輛驟減至不到900輛，直接導致數十億美元的損失，且造成百萬人死亡〔註五〕。

另外，美軍也曾經研究使用的一種化學藥品對雲層進行特殊處理，使雲層生酸雨，使對方用來導引地空導彈的雷達設備淋到此酸雨後，就無法進行正常運轉。人工消雨除了可以利用於直接影響敵人作戰行動外，也可以利用控制上游的天氣，給下游敵對國和敵軍配置地區製造長時間的乾旱，以削弱敵人的戰鬥力，破壞敵人的生存

環境〔註六〕。美國中央情報局和國防部曾於1970年，對古巴實施了代號為「藍色尼羅河」的氣象戰演習，對古巴的上游雲層播撒碘化銀，使帶雨雲層在到達古巴前先把雨降下來，造成了古巴反常的乾旱天氣，嚴重影響了古巴境內的農作物生長，使糖類作物的生沒有完成預定的指標〔註七〕。另外，利用人工消雨的方法，可消除作戰空域中的雲體，以提高和改善空中的能見度，保證我方目視觀察、飛機起飛、著陸和航行等作戰行動的安全，在短時間之內為我方的作戰行動，創造一個良好的戰場天氣。

拾壹、結語

隨著科技的快速發展，人工控制天氣愈來愈有可能實現，並且將為有經濟實力與技術水準的國家所掌握；但「水能載舟，亦能覆舟」，利用人工控制天氣可以造福人群，也可以造成災難，目前人類已經可以探測、預報惡劣天氣現象，如果又能控制其發展及運動的方向，勢必將主導戰爭的成敗，成為戰場上戰勝敵方的重要關鍵。面對中共持續擴充軍備及遠程攻擊武器的威脅，國軍應依「早期預警、快速反應、有效反制」的戰備整備目標，持續加強對大氣與海洋戰場環境參數之掌握，精進發展各項數天氣預報模式，深入研究各項武器裝備與惡劣環境適應性之關聯，如此方能將大氣與海洋戰場對軍事作戰裝備之影響降至最低，以可恃戰力，達成我「有效嚇阻，防衛固守」之戰略目標，確保國家安全。

＜參考文獻＞

- 一、中共船舶重工集團公司編著，《海軍武器裝備與海戰場環境概論》，海洋出版社，2007年11月。
- 二、焦國力主編，《環境武器新世紀武器裝備叢書》，中共國防工業出版社、冶金工業出版社，2001年1月。
- 三、張軍等編著，《軍事氣象學》，氣象出版社，2005年7月。
- 四、桂瑞華，〈未來戰爭與環境武器對我防衛作戰之影響〉，《海軍學術雙月刊》，民國95年10月，第40卷，第5期。
- 五、王義發，〈從現代作戰中論氣象支援之重要性〉，《空軍學術月刊》，第516期。
- 六、葉文欽，〈論氣象與軍事運作之關係〉，《國防雜誌》，第12卷，第8期。
- 註一：焦國力主編，《環境武器新世紀武器裝備叢書》，中共國防工業出版社、冶金工業出版社，2001年，頁70。
- 註二：張軍等編著，《軍事氣象學》，氣象出版社，2005年，頁205。
- 註三：焦國力主編，《環境武器新世紀武器裝備叢書》，中共國防工業出版社、冶金工業出版社，2001年，頁66。
- 註四：中共船舶重工集團公司編著，《海軍武器裝備與海戰場環境概論》，海洋出版社，2007年11月，頁455。
- 註五：焦國力主編，《環境武器新世紀武器裝備叢書》，中共國防工業出版社、冶金工業出版社，2001年，頁66。
- 註六：桂瑞華，〈未來戰爭與環境武器對我防衛作戰之影響〉，《海軍學術月刊》，第40卷，第5期，2006年10月，頁12。
- 註七：焦國力主編，《環境武器新世紀武器裝備叢書》，中共國防工業出版社、冶金工業出版社，2001年，頁59。