

防衛作戰化學兵部隊運用研析

-以俄烏戰爭為例

作者簡介



作者戴志謙上校，畢業於國防大學理工學院化工科83年班、國防大學陸軍學院95年班、戰爭學院100年班、世新大學行政管理研究所94級，中華大學科技管理博士候選人，歷任排長、連長、營長、36群指揮官、國防部環保官、防衛部化學兵組長、陸軍司令部化學兵處副組長、組長，現任化訓中心副指揮官。



作者林昭安少校，畢業於陸軍官校99年班、陸軍學院109年班。歷任排長、連長、後勤參謀官，現任化訓中心戰支組教官。

提要

- 一、2022年2月24日，俄羅斯入侵烏克蘭，引發二戰以來歐洲最大規模武裝衝突。迄2023年5月中旬，不論是俄烏雙方在主戰武器、戰鬥人員都損失慘重，對國際更產生全球通膨嚴重。其中歐盟提供烏克蘭軍事、經濟、難民援助，還要準備烏克蘭戰後重建的龐大經費，形成巨大的財政壓力，這場戰爭存在許多值得國人省思和借鑑之處。
- 二、化學兵作為國軍戰鬥支援部隊之一部，從俄烏戰爭期間，有許多與化生放核威脅的危機發生。面對新型態的戰爭，使用核生化武器機率極低，但遭化生放核威脅極大，要如何實施化生放核威脅防護，是大家須面對的問題。
- 三、本文首先簡述俄烏軍事衝突有關化生放核威脅概況，接著比較烏克蘭與臺灣的化生放核安全環境；從借鑑烏克蘭抵抗俄羅斯的作為與成效，來探討我國化學兵於戰場上的最佳運用及未來兵科轉型的參考。

關鍵字：俄烏戰爭、化生放核威脅、防衛作戰

前言

2022年2月24日，俄羅斯以「特別軍事行動」入侵烏克蘭，引發二戰以來歐洲最大規模武裝衝突。俄烏戰爭的導火線主要是烏克蘭東部省分與其他地區的認同分裂、北約東擴引起俄羅斯的危機感、烏克蘭親俄政權於2014年垮臺，加上親歐政府採取一系列的去俄羅斯化，以及隨後爆發的克里米亞危機，使得

雙方嫌隙加深。¹

檢討雙方迄 2023 年 5 月中旬戰況，許多軍事專家認為俄軍戰事屬失利方；不但人員和武器裝備損失慘重，許多高階軍事領導人被狙殺，而且在許多戰場上嚴重挫敗。烏軍則有效制止俄軍的侵略，但烏國也被戰爭砲火嚴重摧毀，雙方都有巨大損失。俄羅斯入侵烏克蘭的戰事走向混亂膠著的僵局，這場戰爭牽涉範圍極廣，從經濟、軍事、外交等，許多國家都有間接性參與，本研究僅就軍事行動上作探討。

俄烏戰爭概述

一、戰爭緣起

俄羅斯與烏克蘭兩國之間的恩怨，概可區分遠因及近因，分述如下：

(一)遠因

在 1991 年，前蘇聯領導人戈巴契夫宣布蘇聯瓦解，烏克蘭獨立建國。然而由於烏克蘭西半部長期沒有受到俄羅斯統治，東半部則受俄羅斯影響較深，因此使得當地產生了親俄和親歐兩個派系，加劇了當地分裂。²

2014 年 2 月，烏克蘭透過彈劾，推翻了親俄派的亞努科維奇政權，並組織臨時政府，成了克里米亞危機的引爆點。一個月後，當地舉行了脫烏公投，得到 97.47% 的同意票，俄國總統普丁(Putin)也簽署法令，正式接受克里米亞加入俄羅斯聯邦，此爭議不斷擴大，進而導致了頓巴斯(Donbas)戰爭。³

克里米亞危機後，烏東頓巴斯地區中的頓內茨克(DPR)與盧甘斯克(LPR)(如圖 1)也效仿克里米亞發起公投，單方面宣布脫離烏克蘭。烏國政府為了維持領土完整而派兵鎮壓頓巴斯地區，隨後爆發頓巴斯戰爭，⁴自此以後兩國便因種族、經濟及領土等政治因素，持續了一連串混合戰⁵。

1 Wikipedia, "Prelude to the 2022 Russian invasion of Ukraine", <https://en.wikipedia.org/wiki/Prelude_to_the_2022_Russian_invasion_of_Ukraine>, 檢索日期 2022 年 10 月 15 日。

2 PeoPo 公民新聞，〈俄烏戰爭懶人包—歷史分歧下的悲劇〉，2022 年 2 月 27 日，<https://www.peopo.org/news/573650>，檢索日期 2022 年 12 月 15 日。

3 同註 2。

4 同註 2。

5 「混合戰」一詞，最早是由美國國防大學教授法蘭克霍夫曼(Frank G. Hoffman) 2007 年提出，是指融合傳統、政治、網路和不對稱作戰，搭配外交、法律、假訊息或干擾選舉等方式，達成政治目標，並可躲避後續責任和報復的新型戰爭模式。

圖 1 頓內茨克(DPR)與盧甘斯克(LPR)共和國



資料來源：卓冠齊、Nagao、陳博志，〈俄烏開戰 Day2 / 7 圖解釋烏俄衝突 俄軍入侵路線圖【圖解】〉《公視新聞網》，2022 年 2 月 25 日，〈<https://news.pts.org.tw/article/569182>〉(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。

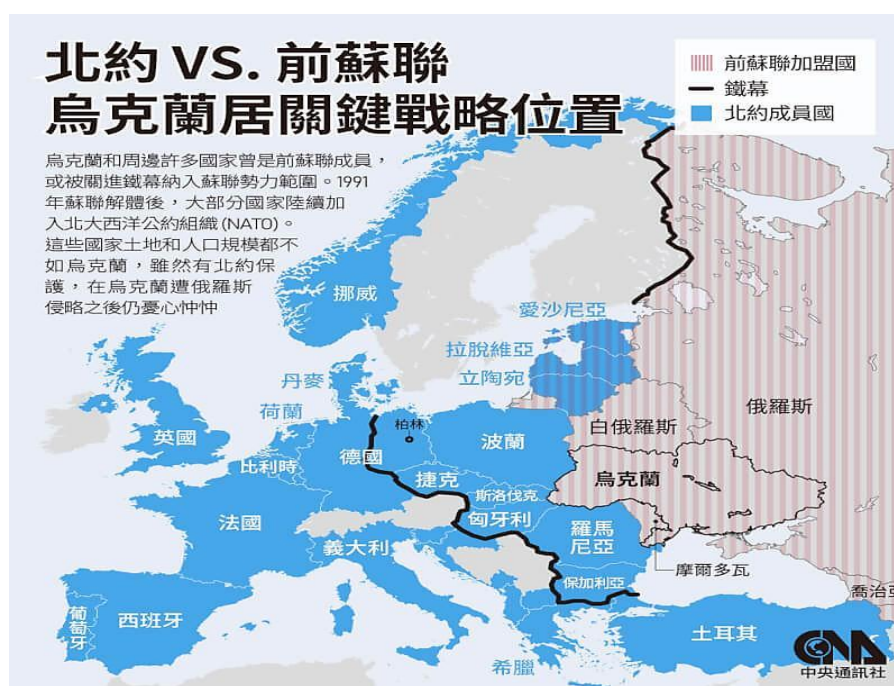
(二)近因

美國總統拜登自 2021 年 1 月上臺後對俄羅斯態度強硬，支持烏克蘭加入軍事性質的「北大西洋公約組織(North Atlantic Treaty Organization, NATO，簡稱北約)」，並同步增加對烏國政府的軍事援助。⁶烏國一旦加入北約，將成為和俄國接壤最長的北約國家(如圖 2)。烏克蘭是俄羅斯在歐洲勢力的必爭之地，一旦倒向北約，俄羅斯在歐洲的勢力發展即被封鎖。

2022 年 2 月 17 日，「頓內茨克(Donetsk)人民共和國」和「盧甘斯克(Lugansk)人民共和國」的民間武裝力量跟烏克蘭政府軍發生砲戰。2 月 19 日，烏克蘭政府表示，兩名烏克蘭士兵在與烏東民兵交火中死亡，對此俄羅斯軍方則聲稱，俄軍是射殺了從烏克蘭潛入俄羅斯的「破壞分子」，烏克蘭否認。後俄羅斯因頓巴斯地區問題，自 2 月 24 日起全面入侵烏克蘭。

6 ETtoday 新聞雲，〈一篇看懂！烏克蘭戰爭危機的來龍去脈〉，2022 年 2 月 23 日，〈<https://www.ettoday.net/news/20220223/2195235.htm>〉(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。

圖 2 烏克蘭戰略位置圖



資料來源：中央通訊社，〈俄羅斯攻烏克蘭 戰況發展、國際反應一次看〉，2022 年 2 月 24 日，〈https://www.cna.com.tw/news/aopl/20220224_5010.aspx〉(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。

二、戰爭經過

(一)第一階段作戰經過(2022 年 2 月 24 日~3 月 25 日 - 軍事入侵)

2 月 21 日，俄羅斯進行「特別軍事行動」，包括裝甲部隊的軍隊進入兩地區展開「維和行動」。俄軍除發動大規模空襲，陸路分北、東及南三路進行(如圖 3)。其中，俄軍在 3 月初還占領了歐洲最大的核電廠-扎波羅熱(Zaporizhzhia)核電廠，美國國務卿安東尼·布林肯(Antony John Blinken)指責俄羅斯利用該核電廠作為對烏克蘭軍隊發動襲擊的軍事基地，也就是核盾牌。⁷

3 月 25 日，俄羅斯國防部宣稱「第一階段的特殊軍事行動」結束，俄軍從基輔附近撤兵，烏克蘭隨即光復被俄軍侵占的北方領土。本階段是俄軍希望以最快速度取下基輔，推倒烏克蘭執政政府。在事前準備不足、後勤供給與各軍配合都乏力的情況下，此階段在 3 月底以俄軍退出基輔一線、集中攻打烏克蘭東部頓巴斯(Donbas)地區作結束。⁸

7 BBC NEWS 中文，〈烏克蘭戰爭：國際原子能機構警告扎波羅熱核電站「完全失控」〉，2022 年 8 月 5 日，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-62436734>〉(檢索日期：2022 年 12 月 14 日)。

8. 葉德豪，〈俄烏戰爭八個月：冬天來臨前進入「第四階段」〉《香港 01 新聞網》，2022

圖 3 俄羅斯入侵烏克蘭路線及地點



資料來源：同圖 1。

(二)第二階段作戰經過(2022 年 4 月 19 日~9 月 30 日 - 大規模軍事行動)

俄羅斯宣布從 4 月 19 日起，戰爭進入第二階段，俄軍「特別軍事行動」第二階段的任務是全面控制頓巴斯地區和烏克蘭南部地區。俄軍將主要兵力調配到烏克蘭東部頓巴斯和烏克蘭南部沿岸，加緊圍攻烏克蘭南部沿岸大城市馬力波(Mariupol)。⁹俄羅斯將戰術調整，集中火炮數量、精準空中飛彈等戰力，對烏軍防禦陣地、後勤設施、訓練中心與物資集中地進行轟炸，由於俄軍具有兵(火)力優勢，進展順利。至 7 月底，幾乎控制盧甘斯克與頓內茨克兩個獨立國的屬地。¹⁰

9、10 月烏軍在烏南地區發起反攻，並攻擊南部赫爾松(Kherson)，另一方面則在東北哈爾科夫(Kharkiv)收復數千平方公里土地，中斷俄方對頓內茨

年 11 月 1 日，〈https://www.hk01.com/article/829202?utm_source=01articlecopy&utm_medium=referral〉(檢索日期：2023 年 5 月 13 日)。

9.The New Lens 關鍵評論，〈俄烏戰爭第二階段：烏克蘭不再是單純的防守方，得面臨挑戰更大的收復失土任務〉，2022 年 5 月 4 日，〈<https://www.thenewslens.com/article/166320>〉(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。

10.胡敏遠，〈烏俄戰爭-美國的盤算與挑戰〉《青年日報》，2022 年 9 月 24 日，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1534939&type=forum>〉(檢索日期：2023 年 5 月 12 日)。

克北線的補給，又開展了對盧甘斯克的反攻。再加上烏軍襲擊克里米亞大橋的挑釁行動，俄軍在 10 月上旬開始以導彈和無人機，密集攻擊烏克蘭供電設施。¹¹本階段因俄軍仍保有相對的空中與砲兵火力優勢，且持續對烏軍壓制攻擊，雙方戰事推進僵持不下。

(三)第三階段作戰經過(2023 年 10 月 1 日~迄今 - 持久作戰)

10 月後，烏克蘭全境的天氣已漸有冬意，晚上溫度都跌至攝氏 6、7 度。自 10 月 10 日開始，烏國共計超過 200 處供電設施受襲，為防止俄軍的作戰企圖，歐美國家向烏國提供防空系統。¹²綜上分析，俄羅斯將會把針對歐洲的能源戰以另一種形式施加於烏克蘭身上。寒冬之下，雙方戰線難有推進。

2023 年 2 月 24 日俄烏戰爭屆滿一年，俄羅斯總統普丁發表國情咨文演講，說明「特別軍事行動」的最新近況、現階段的評估及未來的計畫與目標。普丁也宣布暫停參加美俄《新削減戰略武器條約》(New START)，並且已經就恢復核試爆做好準備。¹³各界關注這場衝突是否可能透過和平談判來化解。烏克蘭總統澤倫斯基 24 日表示「不接受」與俄羅斯談判。¹⁴從俄烏領導人談話可看出，雙方仍在為自己的理念堅持。

三、俄烏戰爭中的化生放核威脅

(一)俄羅斯質疑美國於烏克蘭設置生物實驗室¹⁵

2022 年 3 月時美國國務次卿盧嵐(Victoria Nuland)在聯邦參議院外交委員會聽證會直接被詢問烏克蘭有無生物武器，而盧嵐承認烏克蘭境內有「生物研究設施」。而俄國外交部則在 3 月 6 日推文指出，烏克蘭的實驗室正在開發生物武器。但美方表示否認，並表示這是俄羅斯正在編造虛假的敘述，以

11同註 8。

12同註 8。

13陳祖傑，〈普丁發表國情咨文演講稱「西方一直試圖撕裂俄國土地」〉《公視新聞網》，2023 年 2 月 21 日，〈<https://news.pts.org.tw/article/623904>〉(檢索日期：2023 年 5 月 12 日)。

14黃凡甄，〈俄烏戰爭周年！澤倫斯基怒嗆：不接受談判〉《中時新聞網》，2023 年 2 月 25 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230225000905-260408?chdtv>〉(檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。

15.Olga Robinson, Shayan Sardarizadeh and Jake Horton, "Ukraine war: Fact-checking Russia's biological weapons claims", BBC NEWS, 15 March 2022, 〈<https://www.bbc.com/news/60711705>〉, on 20 Dec.2022.

證明其在烏克蘭的入侵行動是正當的。

2022 年 9 月 9 日由俄羅斯召集的《禁止生物武器公約》第五條正式磋商會議在日內瓦結束。美國和烏克蘭在 89 個國家的代表團面前，反駁了俄羅斯關於美國在烏克蘭開發生物武器和生物實驗室的錯誤說法。美國和烏克蘭解釋了他們在公共衛生設施、生物安全和疾病監測方面的合作和美國的援助，強調了此類活動如何符合並進一步支持《生物武器公約》的規定，參與簽約國在這方面肯定並支持美國。¹⁶

(二)俄軍占領烏克蘭扎波羅熱(Zaporizhzhia)核電廠

2022 年 3 月 4 日凌晨，俄羅斯在全面入侵烏克蘭後第二週接管了扎波羅熱核電廠。俄烏兩國部隊之間的戰鬥在埃涅爾戈達爾鎮(Enerhodar)附近的核電廠，而核電廠其中一個建築物著了火，隨之引起全歐洲的關注 (如圖 4)。而在事故發生的當下，核電廠的 6 個核反應爐當中，有 1 個正在運行，最終狀況並未有任何受損。¹⁷

自 7 月中旬起，俄軍被指責從該設施向附近地帶開火，讓各國對扎波羅熱核電廠的安全擔憂加劇。烏克蘭尼科波爾市(Nikopol)市長亞歷山大·薩尤克(Alexander Sayuk)指出該市經常遭到俄軍砲擊(相關位置如圖 5)，而俄軍因藏身於核電廠，因此他們將不會受到襲擊。烏克蘭試圖通過使用具有針對性的「神風無人機」(kamikaze drones)進行打擊，但由於擔心擊中核反應爐風險，導致其軍隊無法使用西方國家提供的多管火箭系統回擊。

16. NED PRICE, "Conclusion of Article V Formal Consultative Meeting under the Biological Weapons Convention", U.S. Embassy & Consulates in Russia, 2022 年 9 月 13 日, https://ru-usembassy-gov.translate.google.com/conclusion-of-article-v-formal-consultative-meeting-under-the-biological-weapons-convention/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc, 檢索日期 2023 年 2 月 26 日。

17. 賴昀, 〈俄軍占領烏克蘭境內歐洲最大核電廠扎波羅熱, 稍早火勢已撲滅、核輻射未外洩〉《上報》, 2022 年 3 月 4 日, 〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=139066〉(檢索日期: 2022 年 12 月 17 日)。

圖 4 核電廠配置及遭砲擊地點示意圖

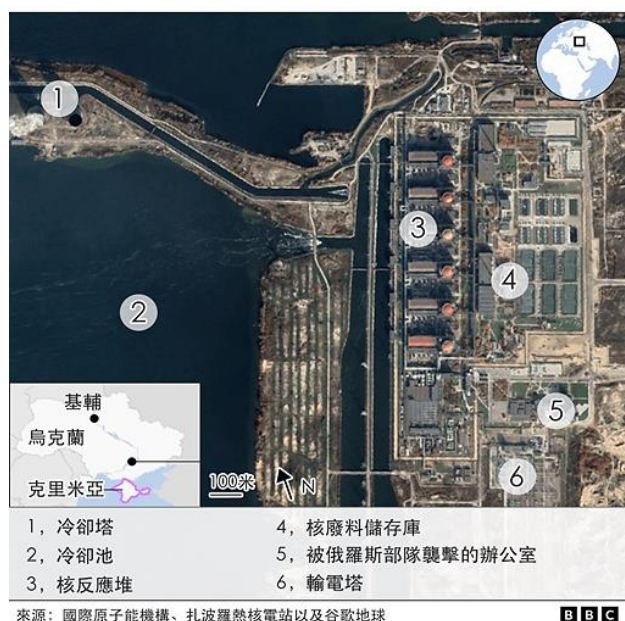


圖 5 扎波羅熱核電廠位置圖



資料來源：BBC NEWS 中文，〈扎波羅熱：俄羅斯占領下的烏克蘭核電站到底有多危險？〉，2022 年 8 月 10 日，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-62477340>〉，(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。

8 月 26 日核電廠外因為砲彈引發的火災，切斷供電電線，這是該核電廠營運近 40 年來首次切斷與全國電網的連結。斷電使得反應爐冷卻系統無法運作，帶來風險。8 月 27 日，烏克蘭國家核電公司在社群媒體上發文表示，俄軍反覆轟炸扎波羅熱，砲轟導致「核電廠設施受損，提高氫氣外洩、放射性物質四濺和發生火災的危險。」

核電廠於 9 月進入所謂的冷停爐狀態，此後一直保持停爐狀態，但俄羅斯在衝突期間重啟核電廠設施，則事故可能會再次上升。儘管烏克蘭的其他核電廠距離戰火較遠，但這些核電廠發生事故的風險無疑更高。¹⁸

(三)烏克蘭化學工廠遭俄軍空襲

2022 年 3 月 21 日凌晨烏克蘭東北部蘇梅(Cyba)一間化學工廠，因俄軍不斷轟炸，突然發生氨氣外洩事故。當地官員證實，這起事件是俄方發動空襲導致廠區受損。因風向原因，外洩氣體飄向俄羅斯控制區域，而非蘇梅市

18. JAMES M. ACTON, "The Ukraine War's Lingering Nuclear Power Danger", Carnegie Endowment for International Peace, 2023 年 2 月 21 日, 〈https://carnegieendowment.org.translate.goog/2023/02/21/ukraine-war-s-lingering-nuclear-power-danger-pub-89080?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc〉 (檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。

中心，因此俄國國防部反指控是烏克蘭的民族主義份子製造的意外，蓄意挑釁，目的是誣告俄羅斯發動了化武襲擊。¹⁹

6月25日俄軍對北頓涅次克工業區及利西昌斯克(Lysychansk)兩座城市發動砲擊及空襲，其中擊中位在北頓涅次克的阿佐特(Azot)化工廠及附近幾座村落，有數百名平民受困其中，死傷人數不詳。²⁰

俄烏戰爭持續一年多來，除上述兩則報導外，目前尚無其他有關化工廠遭空襲的新聞，但就上述內容分析，戰爭中要確實區分戰鬥區及非戰鬥區是非常困難的，非戰鬥區往往因戰爭的不可控性，波及百姓，造成人員傷亡。

(四)烏克蘭指控俄軍使用無人機投放化學武器

據烏克蘭國民衛隊表示，馬力波 (Mariupol) 市在 2022 年 4 月 11 日晚上 10 時左右，遭俄羅斯一架無人機投放未知物質，受害者們出現呼吸衰竭等症狀，烏軍認為很可能是化學武器。²¹ 4 月 18 日，烏克蘭東北部城市托斯提也納市(Trostianets)市長波瓦(Yuriy Bova)表示，俄軍撤出烏國北部蘇梅地區後，在當地發現有化學物質的殘骸。波瓦在「烏克蘭國家通訊社」發布談話中表示：「我們在比爾卡村(Bilka)發現沙林和其他物質等化武殘骸，還有裝填藥劑的安瓶。」²²

烏克蘭海軍在 12 月 4 日的 Facebook 社群中，指責俄羅斯對烏東地區的烏克蘭軍隊使用違禁化學武器，聲稱俄羅斯從無人機上投下了氯化苦手榴彈，這種化學物質在第一次世界大戰期間被開發為毒氣使用。惟這些報導無法得到證實，俄羅斯方面也沒有立即做出反應。²³

19 陳毓麟，〈烏克蘭蘇梅化工廠遭轟炸竟爆氨氣外洩事故〉《臺視新聞網》，2022 年 3 月 21 日，〈<https://news.ttv.com.tw/news/11103210037300N/amp>〉(檢索日期：2022 年 12 月 19 日)。

20 陳又嘉，〈烏東「亞速鋼鐵廠翻版」化工廠遭俄軍砲彈擊中，數百受困平民生死未卜〉，《上報》，2022 年 6 月 25 日，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=147803〉(檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。

21 王佩翊，〈俄軍疑在馬力波使用化武！烏克蘭指控：多人呼吸衰竭〉《Ettoday 新聞雲》，2022 年 4 月 12 日，〈<https://www.ettoday.net/news/20220412/2227582.htm>〉(檢索日期：2022 年 12 月 20 日)。

22 中央社，〈烏克蘭：北部發現化武痕跡驚見沙林和藥劑安瓿〉《聯合新聞網》，2022 年 4 月 18 日，〈<https://udn.com/news/story/122663/6247486>〉(檢索日期：2022 年 12 月 20 日)。

23. RFE/RL's Ukrainian Service, "Kyiv Claims Russia Used Banned Chemical Weapo

綜上分析，國際上雖有聯合國大會通過的《禁止化學武器公約(The Chemical Weapons Convention, CWC)》，但在這次戰爭中，仍可見俄烏雙方互指控對方使用化學武器，突顯化武在作戰行動中非常有效，可用於恐嚇。

(五)俄軍使用白磷彈

2022 年 5 月 15 日，在 Telegram 軟體上流傳一段影片，畫面疑似是位於烏克蘭馬力波的亞速鋼鐵廠疑似遭到俄羅斯軍隊白磷彈攻擊²⁴(如圖 6)。另 2023 年 3 月 14 日法新社也報導在烏克蘭東部的查西夫亞爾鎮(Chasiv Yar)，遭俄軍使用白磷彈攻擊。白磷彈在日內瓦公約及其附加議定書被列為違禁武器，烏克蘭指控俄羅斯自開戰以來，多次使用白磷彈進行軍事攻擊，俄軍對此說法表示否認。²⁵

圖 6 亞速鋼鐵廠疑似遭到俄羅斯軍隊白磷彈攻擊畫面



資料來源：同註 25。

2022 年 9 月 20 日，烏克蘭國會議員赫里舒克(Roman Hryshchuk)在推特(Twitter)發布一段空拍影片，指控位於頓內茨克州的奧澤恩鎮(Ozerne)，遭俄軍動用鋁熱劑燃燒彈攻擊，多處民宅被燒毀(如圖 7)。烏國指出俄軍使用的是 9M22S 鋁熱劑燃燒彈，多以白磷、鋁熱劑、凝固汽油彈等作為燃燒劑，雖然對單一打擊目標影響有限，卻是一種廣域型武器，由鎂製成的外殼在高溫下，會迅速點燃並爆炸，溫度超過攝氏 2,400 度，足以在幾秒內燒穿鋼鐵、

n”，Radio Free Europe/Radio Liberty,2022 年 12 月 4 日，〈<https://www.rferl.org/a/ukraine-russia-banned-chemical-weapon/32161182.html>〉(檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。

24.張君堯，〈俄軍使用磷彈？亞速鋼鐵廠受「白色明亮攻擊」畫面曝〉《聯合新聞網》，2022 年 5 月 16 日，〈<https://udn.com/news/story/6809/6315804>〉(檢索日期：2022 年 12 月 24 日)。

25.林俞彤，〈俄軍違規使用白磷彈轟炸烏克蘭前線〉《中天新聞網》，2023 年 3 月 16 日，〈<https://tw.news.yahoo.com>〉(檢索日期：2023 年 5 月 13 日)。

混凝土，若接觸到人體，將對平民造成毀滅性傷害。²⁶

圖 7 俄軍疑似使用鋁熱劑燃燒彈攻擊平民



資料來源：同註 26。

綜上分析，據 1980 年日內瓦公約明定含磷武器為禁止對平民使用的燃燒武器，但在此戰爭中，烏克蘭多次指控俄羅斯違反使用化學武器，儘管俄羅斯均否認，但戰爭中參戰雙方違反人道公約可能性是存在的，必須要謹慎。

(六)俄羅斯指控烏克蘭使用髒彈

2022 年 10 月底時，俄羅斯國防部長蕭依古(Sergei Shoigu)向法國和英國表達俄方對於烏克蘭使用「髒彈」(Dirty Bomb)攻擊的擔憂，俄羅斯總統普丁在 10 月 27 日演說時，再度宣稱「俄羅斯知道(烏克蘭)正在準備所謂的髒彈攻擊」，還強調烏方有意先發動髒彈攻擊後，再嫁禍給俄羅斯。²⁷

俄羅斯指控烏克蘭製造所謂的「髒彈」，聯合國核子監督機構國際原子能總署在 11 月 1 日表示已開始在烏國展開獨立調查。而德國之聲則經由反向圖片搜索交叉比對，證實俄羅斯外交部推文中的證據是一張標有「Radioaktivno」(放射性)字樣的塑料袋照片中數張都是假的、是故意操縱。²⁸

26陳彩梅，〈驚人 12 秒曝！俄軍狂燒彈「天降火雨」，2000℃ 恐融化烏民骨頭〉《蕃薯藤新聞網》，2022 年 9 月 22 日，〈<https://n.yam.com/Article/20220922925044>〉(檢索日期：2022 年 12 月 24 日)。

27周子馨，〈俄烏開戰 250 天再現危機？俄控烏欲射「髒彈」成動核藉口〉《TVBS 新聞網》，2022 年 10 月 31 日，〈<https://news.tvbs.com.tw/world/19464971>〉(檢索日期：2022 年 11 月 24 日)。

28德國之聲，〈德國之聲事實核查／指烏克蘭製造「髒彈」俄羅斯「證據」不足〉《聯合新聞網》，2022 年 10 月 28 日，〈<https://udn.com/news/story/122663/6722684>〉(檢索日期 2022 年 12 月 24 日)。

(七)北約組織及俄羅斯實施核武演習

北約組織在 2022 年 10 月 17 日起展開代號「堅定正午」(Steadfast Noon)核嚇阻軍事演習，演習持續到 10 月 30 日，共有 14 國參演，其中包括美軍具備核打擊能力的 B-52「同溫層堡壘」(B-52 Stratofortress)遠程戰略轟炸機，在比利時、北海和英國上空進行飛行訓練，以演練動用美國部署在歐洲的核彈；北約官方強調，演習是計畫內的年度演習，與當前烏克蘭危機無關，目的在維持北約核能力安全有效，但演習期間將不會動用作戰武器。²⁹

而美國在 10 月 25 日亦證實俄羅斯在年度的「雷霆(Grom)演習」中使用核武力量(如圖 8)，包括試射可搭載核彈頭的導彈。俄羅斯在 10 月 26 日起展開入侵烏克蘭後首度核武軍演-「雷霆」戰略核武部隊演習，普丁總統以視訊方式全程觀看核演訓，期間俄方表示成功試射多枚可搭載核彈頭的洲際彈道飛彈(ICBM)。³⁰

圖 8 俄羅斯核武部隊進行演習，圖為亞爾(Yars)洲際彈道飛彈



資料來源：同註 30。

俄烏戰爭化生放核威脅分析

俄烏戰爭迄今已逾一年，有關各項武器運用、認知作戰、外交談判等都是所有軍事專家觀察的面向，但有關化生放核威脅與防護並沒有專家特別作說明分析，故本研究嘗試以內容分析法，從報章媒體剖析俄烏有關化生放核威脅分

29.陳成良，〈北約「核威懾」軍演登場！美軍出動 B-52 遠程轟炸機〉《自由時報》，2022 年 10 月 17 日，〈<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4092270>〉(檢索日期：2022 年 12 月 27 日)。

30.曹正仁，〈「雷霆」戰略核武軍演 普丁總統全程觀看〉《中天新聞網》，2022 年 10 月 27 日，〈<https://ctinews.com/news/items/q6xV15kGa7>〉(檢索日期：2022 年 12 月 27 日)。

析，並提供參考。

一、戰場上核生化武器運用會造成環境長期性的破壞

俄羅斯一再威脅要使用核武器、化學武器和其他大規模殺傷性武器。如果發生這種情況，不可否認的是，將對烏克蘭環境將造成長期性的破壞。環境媒體《Grist》報導，在人口密集的城市交戰，風險尤高，因砲火可能會意外擊中脆弱地點。國際特赦組織危機與環境負責人理查德·皮爾斯豪斯(Richard Pearshouse)認為在戰爭中刻意破壞民用基礎設施，是違反戰爭法的。他指出像烏克蘭東部到處都是工廠，例如冶金廠、化工廠、發電廠和廢棄礦山，在這些地點附近作戰，可能會產生劇毒汙染，當地人民除了人道主義危機外，還要面臨健康風險。³¹

烏克蘭是全球重要的糧食出口國，玉米、小麥、大麥和葵花籽油都占關鍵地位。砲彈落在良田，可能含有有毒爆炸性化學物質，例如 TNT(俗稱黃色炸藥)等。烏克蘭受災最嚴重的地區在南部和東部，也是土壤最肥沃的地區。地雷或導彈、軍用車輛的燃料、爆炸燃燒產生的物質會在土壤留下化學汙染，有害物質將會轉移到農作物上。除了土壤，空氣跟水也同樣遭受汙染。根據聯合國環境規劃署(United Nations Environment Programme, UNEP)及合作夥伴的報告，這場戰爭中，核電廠、儲油槽、煉油廠、天然氣設施與管線、礦場和化工廠等設施均遭到攻擊，油品與有毒化學品接連釋出，有的跑到空中，有的流入土地，進而汙染地下水。³²

在地景方面，烏克蘭軍方在黑海港口城市敖德薩(Odessa)附近至少一個海灘上布設了地雷，以防止兩棲登陸。蛇島(Snake Island)發生過激烈砲擊的地方，當地生物和地景多樣性可能已經被永久性的破壞。³³

從上述方面了解對戰爭對被侵入國的環境破壞非常巨大，應謹慎思考戰爭的價值是否僅為取得勝利。

31.姜唯，〈烏克蘭核安危機不只車諾比，外媒盤點俄烏戰爭的環境代價〉《環境資訊中心》，2022年3月3日，〈<https://e-info.org.tw/node/233480>〉(檢索日期：2023年5月13日)。

32.陳文姿，〈一年砲火數十年難平 俄烏戰爭飛彈有毒殘留物滲入土壤與地下水〉《環境資訊中心》，2023年2月24日，〈<https://e-info.org.tw/node/236185>〉(檢索日期：2023年2月28日)。

33同註32。

二、生物實驗室作為戰爭開始的藉口

俄羅斯於 2022 年 2 月入侵烏克蘭前，其外交使團開始散布美國正在利用烏克蘭的實驗室(如圖 9)開發生物武器。3 月 11 日，聯合國安理會應俄羅斯要求召開會議，商討烏克蘭生物武器問題。俄羅斯表示，掌握文件顯示烏克蘭境內有最少 30 個生物實驗室，進行與炭疽、霍亂等有關的生物實驗，指責美國國防部支持烏克蘭進行生物武器項目。³⁴美國主張依 1972 年《禁止生物武器公約》協議的第十條條款，美國向各國提供的援助類型，要求與其他國家或國際組織合作，發展和應用細菌學(生物學)領域的科學發現，以預防疾病或其他和平目的使用。³⁵美國重申，烏克蘭沒有生物武器項目，亦沒有由美國支持的生物武器實驗室。美國駐聯合國大使格林菲爾德(Linda Thomas-Greenfield)批評，俄羅斯的意圖很清楚，俄方會使用化學戰劑或生物戰劑，作為栽贓嫁禍事件的一部分，又或用來支持戰術性軍事行動。³⁶

圖 9 美國政府在烏克蘭土地上運營和資助的生物武器實驗室位置圖



資料來源：opindia news, "Are US-run biological labs in Ukraine one of the reasons behind Russia invasion? Read how Russian govt had raised 'bioweapons' alarm " ,2022 年 2 月 24 日，
< <https://www.opindia.com/2022/02/russia-ukraine-invasion-biowe>

34.羅保熙，〈美俄信息戰：輿論漩渦中心的生物實驗室〉《香港 01 新聞網》，2022 年 3 月 15 日，〈https://www.hk01.com/article/746694?utm_source=01articlecopy&utm_medium=referral〉(檢索日期：2023 年 1 月 7 日)。

35. John Parachini，〈Debunking Russian Lies About Biolabs at Upcoming U.N. Meetings〉，United Press International，2022 年 9 月 22 日，https://www.rand-org.translate.google/blog/2022/09/debunking-russian-lies-about-biolabs-at-upcoming-un.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc(檢索日期：2023 年 2 月 7 日)。

36.同註 35。

apons-labs-patrushev-putin-wuhan-coronavirus/〉(檢索日期：2023年1月7日)。

從上述分析，雖然外界目前難以看清「生物武器」說法的真偽，究竟真的是美國企圖透過生物武器「意圖種族滅絕俄裔斯拉夫族」、或是俄羅斯為後續的軍事部署還是其他，至少目前可以推斷俄羅斯藉由發布假消息，誤導國際視聽，讓俄軍入侵烏克蘭軍事行動有正當理由。

三、戰爭中大規模使用無人機執行軍事行動

這次戰爭中與以往最大不同，就是俄烏雙方都大量使用空中無人載具於戰場，其中包括伊朗製造的 Shahed-136 無人機(如圖 10)，俄羅斯 2022 年 9 月中旬以來，一直在使用這些無人機。烏克蘭指責俄羅斯使用無人機攻擊基輔的民用目標，這些無人機運用在攻擊前排徊在目標上方裝滿爆炸物在撞擊時引爆。³⁷

圖 10 伊朗製造的 Shahed-136 無人機



資料來源：同註 37。

烏克蘭的主要軍用無人機是土耳其製造的 Bayraktar TB2(如圖 11)。它大約有一架小型飛機那麼大，機上裝有攝像頭，並且可以裝載光制導炸彈。對烏克蘭來說，這是典型不對稱作戰，能夠擴展其有限的力量。它們能一直有效地定位敵方目標並引導砲火射向他們。³⁸

37.BBC NEWS,“How are 'kamikaze' drones being used by Russia and Ukraine?”,2022 年 10 月 18 日,〈<https://www.bbc.com/news/world-62225830>〉(檢索日期：2023 年 1 月 10 日)。

38.同註 37。

圖 11 土耳其製造的 Bayraktar TB2 無人機



資料來源：同註 37。

然而更換軍用無人機的成本很高—例如一架 Bayraktar TB2 的成本約為 200 萬美元。因此，烏克蘭也使用小型商業機型，例如 DJI Mavic 3(如圖 12)，售價約為 1,700 英鎊。這些商用無人機可以配備小型炸彈。它們主要用於發現敵軍和指揮攻擊。

圖 12 DJI Mavic 3 商用無人機



資料來源：同註 37。

烏克蘭沒有俄羅斯那麼多彈藥，因此運用商用無人機來發現目標和直接砲火。但商用無人機的威力遠不如軍用無人機。DJI Mavic 的總飛行距離只有 30 公里，最長只能飛行 46 分鐘。³⁹烏克蘭將無人機的運用化為空中之眼，進行戰況直播，並透過雷達、AI 人工智慧技術掌控敵方座標，軍隊在不用很靠近的狀況下，就能從後方以大砲精準射擊。而同時具備偵察、打擊功能的無人機，

³⁹同註 37。

可直接攻擊目標，或採用自殺型攻擊摧毀敵方陣營等，這些都是在俄烏戰爭中被廣泛使用的戰術(如圖 13)。⁴⁰

圖 13 無人機應用想像圖



資料來源：同註 40。

無人機的優勢在於滯空時間長，飛行高度高，在我方掌握制空權後，無人機可在敵方盤踞區域進行大範圍的詳細查察，及時以機載武器對敵方防禦據點、火炮陣地、油庫、彈藥庫、指揮所或正在移動中的小部隊逕行打擊，之前在亞美尼亞與阿塞拜疆的戰爭中就展現了無人機在現代戰爭中的威力。⁴¹

對軍力弱小的國家而言，若戰機數量明顯跟敵對國家不對稱，就必須藉由大量無人機來補足戰力缺口，尤其是在兵源短缺的情況下。俄烏戰爭運用無人機的新啟示，縱使雙方兵力懸殊，但若能善用無人載具，仍可改寫現代戰爭的面貌。

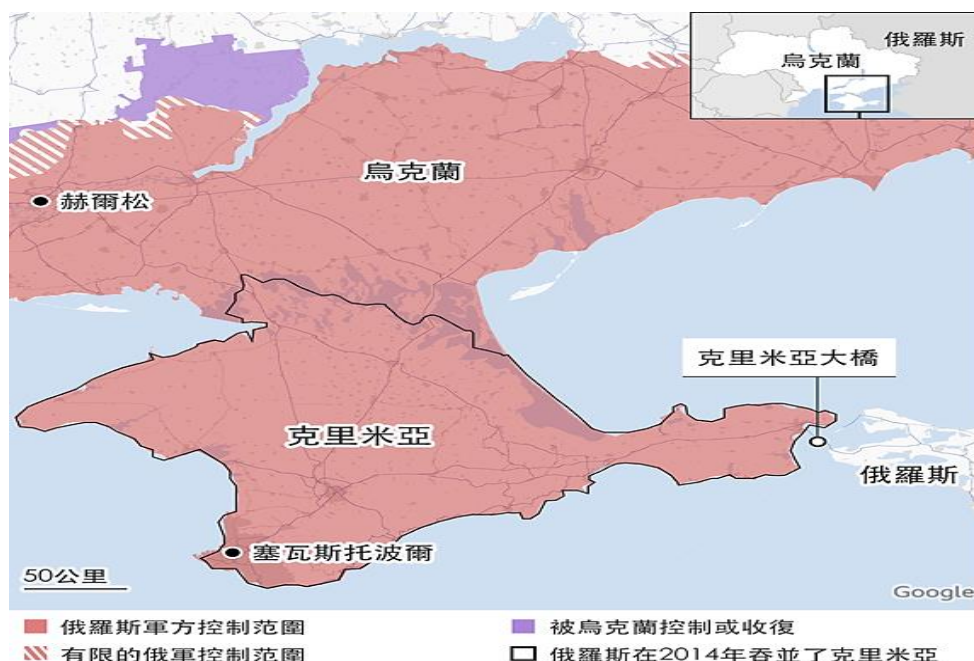
四、關鍵基礎設施遭大規模導彈襲擊

40. 盧佳柔，〈俄烏戰爭轟出無人機金脈-臺廠優勢一把抓動手淘金〉《鏡周刊電子版》，2022年9月8日，〈<https://www.mirrormedia.mg/story/20220902ind002/>〉(檢索日期：2023年1月10日)。

41. 蔡翼，〈從俄烏衝突談無人機作戰〉《亞洲週刊》，2022年4月4日，〈<https://www.yzzk.com/article/details/%E6%96%B0%E6%80%9D%E7%B6%AD%E5%8F%8A%E5%85%B6%E4%BB%96%E5%B0%88%E6%AC%84/2022-14/1648697244230/%E5%BE%9E%E4%BF%84%E7%83%8F%E8%A1%9D%E7%AA%81%E8%AB%87%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E4%BD%9C%E6%88%B0>〉(檢索日期：2023年1月11日)。

2022 年 10 月 8 日連接克里米亞與俄羅斯本土的唯一橋樑克里米亞大橋(如圖 14)發生了爆炸。克里米亞大橋對俄羅斯具有重要的戰略意義，在俄烏衝突中，該橋是俄軍人員、軍事裝備和後勤的關鍵補給線。克里米亞大橋發生爆炸後(如圖 15)，俄羅斯迅速採取強烈報復行動，對烏克蘭全境進行入侵以來的最大規模和最高烈度的導彈襲擊和空襲。俄軍這一波對烏克蘭遭到導彈及其他武器空襲的城市和地區達到十多個，連首都基輔也未能倖免，而且俄軍後續的導彈襲擊至今也沒有停止。⁴²

圖 14 克里米亞大橋戰略位置圖



資料來源：BBC NEWS，〈克里米亞大橋爆炸：普丁指責烏克蘭實施「恐怖主義行為」〉，2022 年 10 月 10 日，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-63197098>〉(檢索日期：2023 年 1 月 12 日)。

42 美國之音，〈俄羅斯稱對烏克蘭基礎設施發動了新的大規模空襲〉，2022 年 10 月 17 日，〈<https://www.voacantonese.com/a/russia-says-it-launched-major-attack-on-ukrainian-infrastructure-101722/6793019.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 12 日)。

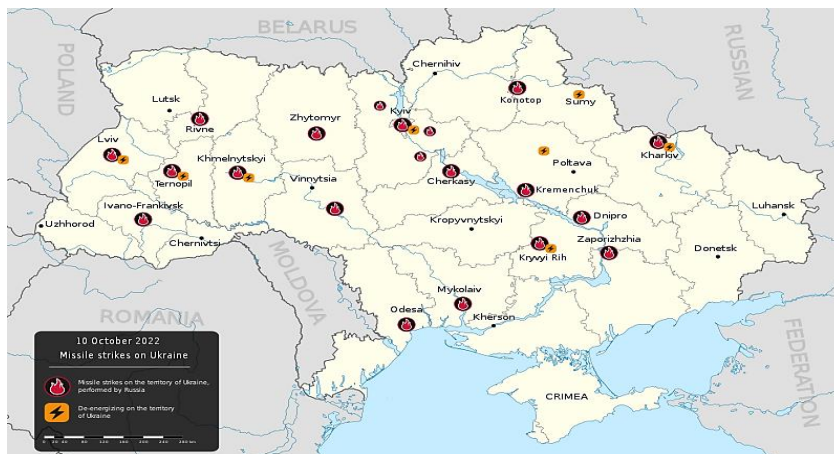
圖 15 克里米亞大橋爆炸前後(2022 年 10 月 7 日與 8 日對比)圖



資料來源：BBC NEWS，〈克里米亞大橋在巨大爆炸後恢復部分通車：大橋為何重要〉，2022 年 10 月 9 日，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-63190100>〉(檢索日期：2023 年 1 月 12 日)。

俄羅斯總統普丁指出，俄軍的目標是烏克蘭「能源、軍事指揮與通訊機構」，烏克蘭總統澤連斯基 10 月 18 日在其社群軟體推特發文表示，俄羅斯在過去一週內摧毀了烏克蘭近三分之一的發電站(如圖 16)。俄國防部同日則宣佈對烏克蘭基礎設施的空襲將會持續。⁴³俄軍大規模空襲代表戰爭顯著升級，這也讓一直不願向烏克蘭提供最新軍事技術的歐美國家備感壓力。

圖 16 2022 年 10 月 10 日導彈襲擊烏克蘭狀況圖



資料來源：維基百科中文版，〈2022 年 10 月 10 日導彈襲擊烏克蘭〉，〈<https://zh.wikipedia.org/wiki/2022%E5%B9%B410%E6%9C%8810%E6%97%A5%E5%B0%8E%E5%BD%88%E8%A5%B2%E6%93%8A%E7%83%8F%E5%85%8B%E8%98%AD>〉(檢索日期：2023 年 1 月 12 日)。

43 澎湃新聞，〈俄大橋被炸、烏大幅喪失供電能力，雙方進入基礎設施之戰〉，2022 年 10 月 22 日，〈<https://big5.cctv.com/gate/big5/news.cctv.com/2022/10/22/ARTIEzoxd5mSEmSecFDGcVhD221022.shtml>〉(檢索日期：2023 年 1 月 12 日)。

就上述分析，基礎設施和軍事目標不一樣。軍事目標有能力自我保護，攻擊破壞困難；基礎設施則分布廣泛，難以防護，破壞後對民生經濟的損害也更大。烏克蘭關鍵基礎設施遭俄羅斯大規模導彈襲擊，造成電站損壞，可藉以切斷大型雷達站等設施運作，在化生放核威脅的影響方面，就是大面積停電、停水，化工廠無法運作而產生爆炸，恐造成化學災害。另核電廠也因停電，核反應爐運作失當致造成核輻射外釋，核子事故的安全令人擔憂。

五、俄羅斯將核武器當作談判籌碼

在俄羅斯繼續對烏克蘭開戰之際，北約組織 2022 年 10 月 17 日開始了其在西北歐舉行的長期計畫年度核演習，演習是在 2 月俄羅斯入侵烏克蘭之前計畫的，未因俄烏戰爭而停止。俄羅斯 10 月 26 日舉行自己的年度核力量(Nuclear Forces)演習。演習內容包括排練試射多次可搭載核彈頭的彈道飛彈和巡弋飛彈，以及對核武攻擊的反應等。雷霆演習對美國及其盟國構成潛在挑戰，因為在俄羅斯入侵烏克蘭後，威脅將用核武捍衛俄國，讓局面變得複雜不明。

依據《新削減戰略武器條約》(New START)，俄羅斯進行核飛彈試射之前，有義務提前通知包括美國在內等有簽署條約的國家⁴⁴，由於俄羅斯總統普丁威脅要動用核武器，美國及其盟國面對的挑戰是必須確保能夠區分俄方演習與真實動武間的差別，對美國與其盟友帶來挑戰。⁴⁵如果這一威脅成形，專家們認為莫斯科會使用比戰略核武器當量小的戰術核武器，可能由短程伊斯坎德爾彈道導彈(Iskander)發射。專家評估，俄羅斯已將其戰略核彈或遠程核彈頭部署在地面、導彈、轟炸機和潛艇上(如圖 17)。⁴⁶

44 Phil Stewart and Idrees Ali, “Moscow still has not notified U.S. about expected nuclear drills, U.S. official says”, Reuters, 2022 年 10 月 18 日，〈<https://www.reuters.com/world/europe/moscow-still-has-not-notified-us-about-expected-nuclear-drills-us-official-says-2022-10-17/>〉(檢索日期：2023 年 1 月 16 日)。

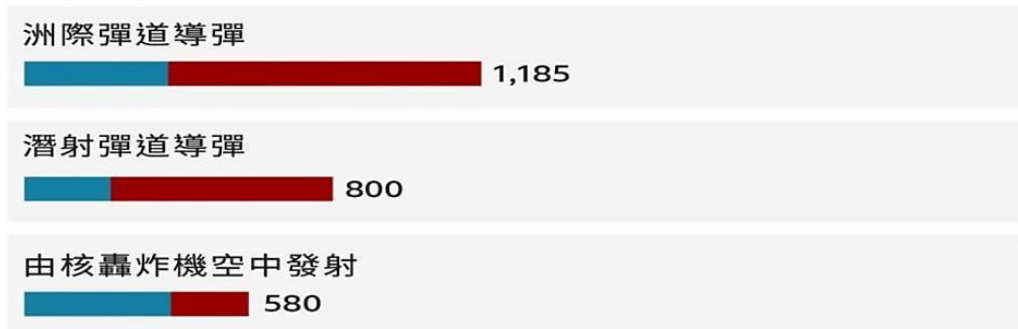
45. Barbara Starr, “NATO and Russia to hold long planned exercises of nuclear force as tensions over Ukraine remain high”, CNN News, October 16 2022, 〈<https://edition.cnn.com/2022/10/16/politics/nato-russia-exercises/index.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 16 日)。

46. 法國廣播電臺 RFI，〈北約有言在先-動用核武俄羅斯遭殃〉，2022 年 10 月 3 日，〈<https://www.rfi.fr/tw/%E4%B8%AD%E5%9C%8B/20221002-%E5%8C%97%E7%B4%84%E6%9C%89%E8%A8%80%E5%9C%A8%E5%85%88-%E5%8B%95%E7%94%A8%E6%A0%B8%E6%AD%A6%E4%BF%84%E7%BE%85%E6%96%AF%E9%81%AD%E6%AE%83>〉(檢索日期：2023 年 1 月 16 日)。

圖 17 俄羅斯的戰略核武器

俄羅斯的戰略核武器

■ 儲存中 ■ 基地或海上部署



資料來源：BBC News 中文網，〈烏克蘭戰爭和普丁「核威脅」：俄羅斯和各國的核武器現狀〉，2022 年 9 月 26 日，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-60599049>〉(檢索日期：2023 年 1 月 16 日)。

自從俄烏戰爭爆發以來，俄羅斯就不斷有意無意的展現俄國的核武能力。人類戰史從未使用戰術核武，如果俄軍要開先例，有多種方式可以選擇，包括飛彈發射與火炮射擊。俄軍如果跨越紅線，將徹底改變俄烏戰爭的型態。

六、俄羅斯指控烏克蘭使用「髒彈」來合理化升級衝突的行動

2022 年 10 月 23 日，《俄羅斯衛星通訊社》引述俄羅斯國防部長蕭依古與美、英、法、土耳其等國部長的談話，指稱基輔準備在烏克蘭境內引爆「髒彈」，目的是為了栽贓俄羅斯使用大規模殺傷武器，從而引發全球反俄運動。⁴⁷

在俄羅斯聲稱烏克蘭局計畫使用一枚髒彈之後，聯合國核監督機構專家檢查了烏克蘭的兩個核設施地點。國際原子能機構(IAEA)總幹事拉斐爾·格羅西(Rafael Grossi)表示，將尋找所謂的髒彈(一種放射性爆炸裝置)的證據。不論國際原子能機構調查的結果為何，並不重要，俄國的目的是轉移焦點，製造混亂，耗費國際成本。⁴⁸

俄羅斯為何提出烏克蘭使用「髒彈」？烏克蘭表示俄羅斯提出這樣的主張，

47.吳宗翰，〈「假旗行動」或「反假旗行動」？俄羅斯指控烏克蘭企圖使用「髒彈」的資訊操作〉《上報新聞》，2022 年 11 月 3 日，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=2&SerialNo=157947〉(檢索日期：2023 年 1 月 22 日)。

48.Polina Ivanova, "Vladimir Putin Rejects Claims Russia Intends to Use Nuclear Weapons in Ukraine", Financial Times, October 28, 2022, 〈<https://reurl.cc/oZLYvD>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

為虛假行動，以藉口升級其對鄰國的戰爭。⁴⁹美國智庫戰爭研究所(ISW)表示，俄羅斯國防部長可能試圖減緩或暫停西方對烏克蘭的軍事援助，並可能在散布恐慌的呼籲中削弱北約組織。⁵⁰「髒彈」當其常規炸藥引爆時，這種物質會在空氣中飛散。它不須要像核彈那樣含有高度精煉的放射性物質。相反，它可以使用來自醫院、核電廠或研究實驗室的放射性材料(如圖 18)。這比核武器更便宜、製造速度更快。例如，它們也可以放在車輛後部。由於放射性沉降物會導致癌症等嚴重疾病，因此這種炸彈會在人群中引起恐慌。爆炸區周圍的大片區域也必須撤離，以進行淨化或完全廢棄。

圖 18 製造髒彈的可能來源

Making a dirty bomb

1 Source
eg hospital
equipment



2 Radioactive
material
extracted



3 Radioactive
material placed
with conventional
explosives



資料來源：BBC News, “What is a ‘dirty bomb’ and why is Russia saying Ukraine could use one?”, 2022 年 10 月 25 日，〈<https://www.bbc.com/news/world-63373637>〉

綜上分析，歐美國家對俄羅斯指控烏克蘭使用髒彈的說法抱持懷疑，其理由因這不是俄羅斯第一次聲稱將在烏克蘭使用某種假訊息宣稱使用大規模殺傷性武器。俄羅斯希望凍結衝突和一系列外交活動，包括呼籲在聯合國安理會舉行會談，俄羅斯的目的可能正在尋找任何藉口舉行會談，同時加強其在戰場上的地位。⁵¹

49. Brad Lendon, “What is a dirty bomb and why is Russia talking about it?”, CNN news, 2022 年 10 月 25 日，〈<https://edition.cnn.com/2022/10/25/europe/dirty-bomb-russia-ukraine-explainer-intl-hnk/index.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

50. ISW, 2022 年 10 月 24 日，〈<https://twitter.com/TheStudyofWar/status/1584304801495814144>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

51. The Guardian, “What are dirty bombs and why is Russia talking about them?”, 2022 年 10 月 25 日，〈<https://www.theguardian.com/world/2022/oct/25/what-are-dirty-bombs-russia-ukraine>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

表 1 歷史上曾使用髒彈事件一覽表

年份	事件
1996	自車臣的叛亂分子在莫斯科的伊茲邁洛沃公園安放了一枚裝有炸藥和銫 137 的炸彈。銫是從癌症治療設備中提取的。
1998	車臣情報部門發現並拆除了一枚放置在車臣鐵路線附近的髒彈。
2002	與基地組織有聯繫的美國公民帕迪拉(Jose Padilla)因涉嫌策劃骯髒彈襲擊而在芝加哥被捕被判處 21 年徒刑。
2004	英國國民和基地組織成員巴羅特(Dhiren Baro)在倫敦被捕，隨後因在美國和英國策劃恐怖襲擊而被判入獄 30 年。
備考	2002 及 2004 年兩起事件嫌疑人帕迪拉和巴羅特(Dhiren Baro)在被捕之前都沒有開始組裝炸彈。

資料來源：同圖 18。

俄烏戰爭與臺澎防衛作戰化生放核威脅比較

一、作戰中化生放核威脅危害對環境汙染影響大

自古以來就一直使用化學、生物、放射性或核(CBRN)武器。使用的例子包括戰爭(第一次世界大戰和兩伊戰爭)、種族衝突(對伊拉克庫爾德人和敘利亞使用化學武器)、恐怖主義(在東京地下釋放沙林、美國炭疽信件)和暗殺(蓖麻毒素，鈾-210)。此外，CBRN 事件還包括和平時期操作期間的意外釋放，許多 CBRN 事件響應原則可以應用於其他危險物質(HAZMAT)事件。此類武器的影響可能對作戰區域的環境產生一系列影響。⁵²

作戰期間一般思維將化生放核威脅產生的危害視為對軍事人員造成傷害或死亡的威脅，對設備和關鍵地形造成汙染的威脅，以及對軍事能力退化的普遍威脅。對民用財產或環境的損害很少在作戰思維中被重視，除非可能是在供水或運輸路線可能受到汙染方面。然而，由於正常的人類生活須要使用自然資源，因此破壞或汙染自然環境的化生放核威脅產生的危害事件最終可能對人類健康和安全構成威脅，尤其是通過食物鏈、水甚至建築材料的汙染。因此，化生放

52 Bland,S.A.(2014).Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Casualty Management Principles. In Conflict and Catastrophe Medicine (Springer, London), pp.747-770.

核威脅危害必須認真面對及重視。⁵³

我們從世界銀行(WorldBank)取得世界各國的人口和面積(取最新的 2021 年數據)。烏克蘭國土面積為 57 萬 9,400 平方公里⁵⁴，人口數為 4,379 萬 2,855 人⁵⁵，人口密度(人/平方公里)為 75.62。⁵⁶臺灣國土面積為 3 萬 6,197 平方公里，人口數為 2,319 萬 8,133 人⁵⁷，人口密度(人/平方公里)為 640.88，臺灣的人口密度與烏克蘭相較為 8.4 倍，另臺灣人口集中在西部地區，顯見臺灣人口稠密度非常高。

俄羅斯舉兵侵略烏克蘭，讓人們見識到戰爭的殘酷，面對化生放核威脅，若此場景發生在臺灣，臺灣土地因戰事產生的汙染影響會非常大。臺灣地區核電廠密度高，另各縣市工業區、科學園區密集，此類工業集中之區域多使用大量的化學物質，尤其電子產業常在製程中應用強酸、強腐蝕等化學物，一旦發生災害，亦可能隨當時氣象條件，造成汙染區域的擴散與危害(如表 2)。

表 2 戰爭產生的化生放核威脅危害對環境汙染一覽表

威脅型態	環境影響
放射性物質	核外釋產生的核災害，這類事件會釋放出大量的放射性物質，在土壤、水源和空氣中傳播，對生物多樣性和生態系統造成長期影響。對人類健康的影響包含癌症、遺傳疾病等，另災後須要長時間處理及長期監測，對環境威脅極大。
生物疫病	戰爭中除作戰雙方使用生物戰劑外，也可能因人員、家畜大量死亡，在水源和空氣中傳播，產生傳染性疾病，導致生態系統破壞。這些

53 Dan Kaszeta, “CBRN Hazards to the Natural Environment” ,euro-security&defence, 〈<https://euro-sd.com/2020/03/allgemein/16515/cbrn-hazards-to-the-natural-environment/>〉(檢索日期：2023 年 1 月 18 日)。

54 Ukraine Data,The worldbank,〈https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.TOTL.K2?end=2020&locations=UA&name_desc=true&start=1961&view=chart〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

55 Ukraine Data,The worldbank,〈<https://data.worldbank.org/country/ukraine?view=chart>〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

56 民視新聞網，〈出逃烏克蘭破 300 萬人！難民痛罵普丁「希特勒」〉，2022 年 3 月 17 日，〈<https://www.ftvnews.com.tw/news/detail/2022317I04M1>〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

57 中華民國內政部統計處，內政統計查詢網，〈<https://gis.ris.gov.tw/dashboard.html?key=B05>〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

	疫病影響須要合適疫苗、消毒與隔離等措施，才能恢復生態系統。
有毒化學物質	有毒化學物質會對土壤、水源和大氣造成汙染。導致植物死亡、土壤和水源的變質、空氣汙染等，這些物質可能在環境中累積，對生物多樣性和生態系統造成長期的影響，另外對人類健康造成的危害包括致癌作用、神經毒性、免疫毒性等。
重金屬汙染	戰爭中面臨的除了飛彈、砲彈及子彈威脅外，許多軍品都屬鐵製品，在戰場上因大量累積，對土壤及水源產生重金屬汙染，包含鉛、鉻、鎘等。會影響植物和生物生長及繁殖，也會汙染食物鏈，導致生物重金屬累積，對人類身體健康產生危害，這些影響須採土壤重金屬修復、生物技術修復等治理措施。

資料來源：作者自製。

綜合上述分析，就臺灣地區的地理因素來看，一旦發生有關化生放核威脅危害時，所面對的反應時間以及災害範圍，都將是極為嚴峻的考驗。

二、生物疫病風險防治不易管控

2022年3月6日俄羅斯國防部宣布在軍事行動中發現了由美國資助在烏克蘭境內實施的軍事生物計畫(如圖 19)，且根據繳獲的文件顯示，烏克蘭和美國有可能違反了《禁止生物武器公約》，即利用合成生物學方法增強微生物的致病性。儘管美國堅決否認俄羅斯的指控並稱這是「不實消息」，但他們承認了烏克蘭生物實驗室的存在。美國國防部官員、「生物協同計畫」項目負責人羅伯特·波普受訪時表示，俄烏衝突已危及烏克蘭境內與美國有關的實驗室，一旦戰火波及，將有可能造成實驗室存放的高危病原洩露，造成周邊病毒感染。⁵⁸

生物疫病對於臺灣的影響可大可小，小至因土石流災情而導致的飲用水汙染問題，大至日前全球 COVID-19 每日確診人數超過百萬人次的可觀數字。而根據生物疫病的不同，對於群眾健康及健康體系的直接及間接影響也不同。

58 劉瑞思，〈觀點投書：烏克蘭被曝助美造毒，伊拉克戰爭前一幕又重演〉《風傳媒》，2022年3月19日，〈<https://www.storm.mg/article/4245957>〉(檢索日期：2023年1月23日)。

圖 19 美國在烏克蘭開展的生物實驗計畫文件



資料來源：同註 58。

根據我國近年生物病原災害事件之防治經驗，對於新興傳染病防治，應變體系除須要良好之硬體運作模式與架構，亦須從實質面充實進行防疫人員培訓，提升應變體系之軟體能力，完備生物病原災害防救體系，未來如何完備及提升生物病原災害應變體系，將成為重要之新興課題。

三、化工廠稠密易使有害物質外釋

俄烏戰爭開打四個月後，俄羅斯未能占領首都基輔以來，目標東移。作為俄羅斯攻占盧甘斯克地區道路上的一座工業樞紐-北頓內茨克已成為俄軍火力集中的目標。為了阻止俄軍占領，烏克蘭武裝人員試圖將北頓內茨克化工廠建成一座類似於亞速鋼鐵廠的堡壘。這一化工廠是烏克蘭最大的化學品生產基地之一。北頓內茨克化工廠內建設有各種化工設施和設備，的確能夠為據守在此的烏軍提供一些天然防護。而俄軍出於對化工廠化學物品洩漏的忌憚，也不至於使用遠程火炮進行猛攻。⁵⁹

基本上，石化工廠在原料儲存、製程設備等都可能產生危害因子，包括腐蝕、氣體外洩等問題，往往會產生火災、爆炸、中毒和缺氧等事故。更因石化工廠大多長年不斷運轉，且在無法隨時停機、定期檢修的情況下，其本身所隱

59 香港文匯網，〈烏克蘭擬用「第二個亞速鋼鐵廠」拖住俄軍？〉，2022年6月15日，〈<https://www.wenweipo.com/a/202206/15/AP62a93ad7e4b033218a5231a0.html>〉（檢索日期：2023年1月22日）。

藏的風險程度自然較其它行業高出許多。倘若廠內、外發生災害，通常難以對石化危險物質直接進行滅火，隨著大量高度危害性的化學物質迅速外洩擴散，容易衍生許多災後問題，除了直接造成人命傷亡及財物損失外，更嚴重衝擊大自然環境和農漁產業生態。⁶⁰臺灣的地理位置與烏克蘭比較，臺灣化工廠林立，且與住宅區距離很近，若化工廠爆炸，造成人命傷亡及財物損失影響甚鉅。

四、核電廠輻射外釋安全空間受限

臺灣目前啟用的核能電廠共有三座，核能電廠的電力產生是利用核子反應器設施，其設施是指裝填有適當安排的核子燃料，而能發生可控制的原子核分裂自續連鎖反應的裝置及其相關附屬廠房與設備。核子反應器設若發生緊急事故，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跟防止災害之擴大，而造成(或有可能造成)放射性物質外釋，足以引起輻射危害的事故，就稱為「核子事故」。⁶¹

一般來說，核子事故不會瞬間發生，而是有時序性、階段性的。核子事故依其可能的影響程度，可分為「緊急戒備事故、廠區緊急事故、全面緊急事故」。若事故程度提升到「全面緊急事故」階段，也就是發生核子反應器設施爐心嚴重惡化或熔損，並可能喪失圍阻體完整性或有發生熔毀之虞，而必須執行核子事故民眾防護行動。民眾應依各級災害應變中心人員之引導及管制疏散。

依照原能會核子事故緊急應變法的緊急應變計畫區劃分規定，三座核能電廠「緊急應變計畫區」均訂為:以電廠為中心周圍半徑 8 公里的區域。⁶²這樣安全距離是否足夠?回顧 2011 年 3 月 11 日本大地震引發福島第一核電廠核輻射外洩，日本政府最初宣布核電廠半徑 3 公里內民眾必須疏散，半徑 10 公里內民眾必須待在家中掩蔽，隨著外洩的輻射劑量不斷增加，災情越來越嚴重，疏散範

60 黃古彬、樓振宇，〈由全球石化工廠災例探討其危害分析與防災策略〉《城市發展半年刊》(高雄市政府)，第十八期，2015 年 3 月，頁 53-69。

61 行政院原子能委員會，〈緊急應變-什麼是輻災-核子事故-核子事故分類〉，2022 年 6 月 29 日，〈https://www.aec.gov.tw/%E7%B7%8A%E6%80%A5%E6%87%89%E8%AE%8A/%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%98%AF%E8%BC%BB%E7%81%BD/%E6%A0%B8%E5%AD%90%E4%BA%8B%E6%95%85--5_39_3558.html〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

62 行政院原子能委員會，〈公告「核一、二、三廠緊急應變計畫區」〉(原能會 95 年 7 月 17 日會技字第 0950020117 號公告)，2006 年 07 月 19 日，〈<https://www.aec.gov.tw/newsdetail/board/1131.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

圍擴大為半徑 20 公里，這個區域內禁止任何人逗留，而掩蔽範圍則達到半徑 20 至 30 公里，該區域的民眾則須在屋內避難。整體疏散人數估計超過 20 萬人。⁶³

檢視臺灣三座核電廠，核一、二廠之主要聯外道路為臺 2 線及臺 2 甲線或其他山區道路，核三廠主要聯外道路臺 26 線省道，這些道路假日經常性大塞車，現有公路疏散能量不足，將嚴重影響疏散時間，若臺灣發生核災事故，其疏散時之道路壅塞及人潮湧現，如何建立有效疏散能量是未來重要的考驗項目。

五、髒彈恐攻造成民眾心理恐慌大

2022 年 3 月 6 日，Al Arabiya 網站報導稱，俄羅斯媒體周日援引一位未具名消息人士的話說，烏克蘭接近製造核武器，即使用鈾的「髒彈」。⁶⁴而根據《每日星報》等英媒報導，烏克蘭國科院核電廠安全研究所(ISPNPP)主任諾索夫斯基(Anatolii Nosovskiy)向《科學(Science)》期刊表示，車諾比的監測實驗室放射性資源如果失竊，其放射性同位素、放射性廢料被用於製造「髒彈」，恐將導致大片區域都有被污染的風險。⁶⁵

髒彈的危害範圍有限，透過直接釋出的輻射或吸入、攝入放射污染物，對特定區域和當地人口帶來影響。它的主要目的可能是在人群中製造恐慌，而非徹底的大規模殺戮。獨立機構美國核子管理委員會(U.S. Nuclear Regulatory Commission)認為髒彈不是大規模毀滅性武器，而是「大規模騷亂武器」，其中造成污染和引發焦慮是主要目標。這意味只有在爆炸現場附近的人，才會曝露於會立即導致嚴重疾病的輻射量。在較廣泛的範圍裏，受污染的灰塵、食物或飲水則將構成健康風險。⁶⁶

綜合上述新聞，俄烏戰爭初期階段，雙方都指控對方擁有核生化武器，也

63 iThome，〈災難衝擊評估報告：臺灣如果發生福島核災等級事件必須淨空半座臺北城〉，2022 年 5 月 13 日，〈<https://www.ithome.com.tw/news/91794>〉(檢索日期：2023 年 1 月 22 日)。

64 壹讀新聞網，〈烏克蘭在製造「核髒彈」！俄媒：很快就會擁有核武器〉，2022 年 3 月 7 日，〈<https://read01.com/e6k3gee.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

65 張寧捷，〈車諾比放射物失竊，恐被製成「髒彈」炸出輻射數公里〉《ETtoday 新聞雲》，2022 年 3 月 29 日，〈<https://www.ettoday.net/news/20220329/2218516.htm>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

66 劉文瑜，〈俄烏衝突新焦點 全球聞之色變的髒彈是什麼？〉《中央社》，2022 年 10 月 25 日，〈<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202210250094.aspx>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

有跡象運用在戰場上，經過戰爭數月後的現在的觀察，俄烏兩國目前都未實際在戰場上使用核生化武器，但其消息發布，除對兩國人民造成心理恐慌外，也讓各國緊張。臺灣尚未遇過恐攻事件，有鑑於此現象，若民眾對於未來恐怖攻擊的各種恐嚇或警訊，是否會引起恐慌，應是我們要正視的問題。

防衛作戰化生放核威脅化學兵部隊運用

一、防衛作戰化生放核威脅安全意涵

2022 年 10 月 16 至 22 日召開的中國共產黨第二十次全國代表大會(簡稱中共二十大)，決議將「堅決反對和遏止臺獨」寫入黨章，即便習近平在開幕時的工作報告中，仍強調爭取以和平統一的方式解決臺灣問題，但在不承諾放棄使用武力的前提下，未來臺海局勢持續維持緊張的態勢，看來無可避免。面對中共未來可能對臺的武力行動，臺灣該如何因應是接下來無可迴避的問題，但現階段來說，如何避免軍事衝突的發生還是首要目標。⁶⁷

回顧 2022 年 8 月 2 日美國眾議院院長裴洛西(Nancy Pelosi)炫風來臺，引起全球媒體矚目。在裴洛西離臺後不久，中國人民解放軍於 8 月 4 至 7 日在臺灣周圍海域與空域實施軍事演習與實彈演練。這是繼 1996 年臺海危機後，中國對臺武力脅迫的另一次新臺海危機。⁶⁸此次演習在臺灣的北部、南部和東部進行，包含導彈襲擊、戰機和艦船穿越臺灣海峽中線，在前四天的演習中發射了 11 枚短程彈道導彈，中國軍艦、戰鬥機和無人機在臺灣周圍進行了廣泛的機動。⁶⁹

綜合上述，研究者研判臺澎防衛作戰化生放核威脅危害區分「作戰初期、中期及後期」等三階段；作戰初期面對的化生放核威脅，研判可能因電力中斷癱瘓或電腦遭駭客入侵破壞，造成電腦運作錯誤，產生自來水廠自動投放氯錠過量，造成水質汙染；或者核電廠的燃料棒無法降溫，造成核子事故狀況。作

67 聯合報鳴人堂，〈邁入習近平的獨霸時代(下)：面對出兵威脅，臺灣應該如何應對〉，2022 年 10 月 25 日，〈<https://opinion.udn.com/opinion/story/10763/6713012>〉(檢索日期：2023 年 2 月 1 日)。

68 聯合報鳴人堂，〈邁入習近平的獨霸時代(上)：面對出兵威脅，臺灣應該如何應對〉，2022 年 10 月 24 日，〈https://opinion.udn.com/opinion/story/10763/6710854?from=udn-referralnews_ch1008artbottom〉(檢索日期：2023 年 2 月 1 日)。

69 Reuters, "China announces fresh military drills around Taiwan", 2022 年 8 月 8 日，〈<https://www.cnbc.com/2022/08/08/china-announces-fresh-military-drills-around-taiwan.html>〉(檢索日期：2023 年 2 月 1 日)。

戰中期面對可能為導彈誤擊化工廠，造成有毒汙染區域；或利用白磷彈特性，造成人員燒燙傷。作戰後期可能面對因環境衛生條件變差，產生大規模傳染疾病或環境汙染等(如表 3)。為預防上述狀況發生，各化學兵部隊應就任務區域實施化生放核威脅場域調查，做好整備，因應不時之需。

表 3 國軍於作戰期間化生放核威脅階段一覽表

劃分	威脅場域	威脅狀況
作戰初期	自來水廠	電力中斷癱瘓或電腦遭駭客入侵破壞，造成電腦運作錯誤，產生自來水廠自動投放氯錠過量造成水質汙染。
	核電廠	電力中斷癱瘓或電腦遭駭客入侵破壞，造成電腦運作錯誤，產生燃料棒無法降溫造成核子事故狀況。
	化工廠	電力中斷癱瘓或電腦遭駭客入侵破壞，造成電腦運作錯誤，產生化學氣體管路增壓爆管產生爆炸。
作戰中期	化工廠	敵軍導彈因國軍制電磁權干擾，北斗衛星無法導引誤擊化工廠造成有毒汙染區域。
	各作戰場域	敵軍利用白磷彈，造成人員燒燙傷。
作戰後期	各作戰場域	環境衛生條件變差，產生大規模傳染疾病。
		環境衛生條件變差，造成環境汙染。

參考來源：作者自製。

二、化學兵於防衛作戰各階段運用

防衛作戰時化學兵運用目的在降低敵化生放核武器攻擊所造成損害，俾利我軍戰力確保及防衛作戰任務遂行。因此，應基於任務，考量作戰地區化生放核環境、敵化生放核武器威脅與可能行動及我軍防護能力，來執行化生放核防護作為，使與防衛作戰相結合，以利作戰任務達成。⁷⁰

(一)戰備整備階段

本階段屬於作戰初期，此前偵消部隊應已完成各作戰區內化生放核兵要調查，落實戰場經營，對地形、交通狀況及可獲取之消除作業資材，充分妥切規

70 張瑞軒，〈防衛作戰化學兵不對稱作戰運用方式探討〉《陸軍化生放核半年刊》，第 11 1 期，2021 年 5 月，頁 9。

劃運用。並隨時掌握作戰期間之天氣、水源等影響作業重要因素，才能確保支援任務順利執行。⁷¹運用各式警報器，結合國軍各旅級化生放核威脅預測與防護預警系統，與所屬營、連級構成綿密警報網，才能對關鍵設施及各級部隊實施早期預警。⁷²煙幕部隊則針對重要指揮所、雷達站等重要防護目標，依照聯戰作戰計畫命令，施放煙幕來遮蔽上級指揮官所望區域。

(二)應急作戰階段

本階段屬於作戰中期，隨著戰況演進，此階段可能伴隨著發生了蓄意或意外之化生放核威脅；偵消部隊依令前至支援消除作業地區，開設人員、軍品、車輛消除設施，協力主戰部隊恢復有生戰力；抑或設置預警警報網，持續監控戰場環境安全；階段性任務結束後，部隊儘速完成整補保持機動待命，以利隨時支援作戰區消除任務。

煙幕部隊依聯戰作戰命令支援機動打擊部隊、以煙幕掩護後備部隊占領陣地或以煙幕反制敵空中光電導引武器打擊岸置飛彈及砲兵部隊等，採集中管制彈性運用方式，併用陣地與機動發煙，初期以遮蔽海岸線、改變地貌為主，隨狀況發展掩護部隊機動、重要基地與使敵就殲或戰力無法增長；甚至設置野戰急造縱火裝置於灘岸陣地前緣，阻敵於灘岸使我打擊部隊能順利遂行作戰。

(三)全面作戰階段

本階段屬於作戰中期，國軍的防禦強度將接近飽和，偵消部隊持續依令執行任務，對敵可能誤擊之化工廠或核電廠之下風危害區域範圍中，在重要機動道路先行預選消除站開設位置，必要時須建議整合作戰區內偵消分隊(排或班)、陸戰隊化學兵連等能量，以發揮最大作業能量。煙幕部隊亦持續依令支援反空(機)降任務、反擊部隊行動、橋樑、重要設施或實施欺敵偽煙，遮蔽敵眼，降低我軍戰術行動風險。

(四)作戰後復原階段

本階段屬於作戰後期，國軍各部隊本階段應著力戰力整補、戰場環境復原等工作。因作戰期間使用武器、飛機和車輛等汙染環境，對環境產生影響。另

71 陸軍司令部，《陸軍化學兵部隊指揮及參謀作業教範(第二版)》(桃園：國防部陸軍司令部，民國 105 年 11 月)，頁 4-6。

72 同註 71，頁 9-10。

大規模的車輛移動可能對敏感景觀和地質多樣性的廣泛物理破壞，密集使用爆炸彈藥亦然。在城市地區使用爆炸性武器會產生大量碎片和瓦礫，這可能會造成空氣和土壤污染。對輕工業和環境敏感的基礎設施(如水處理廠)的破壞也可能造成污染。能源供應的損失可能產生對環境有害的反響效應，關閉處理廠或泵送系統，或者可能導致使用污染更嚴重的燃料或家用發電機。另作戰後也可能會產生或丟棄大量軍用廢料，包含清除地雷和戰爭遺留爆炸物可能導致土壤退化和地下水局部污染，使從事這些工作的人面臨急性和慢性健康風險。⁷³

本階段偵消部隊重點應著重在環境消除上，對居民密集區環境開設消除站，另同時整合作戰區內偵消分隊(排或班)、陸戰隊化學兵連等能量，以發揮最大作業能量。煙幕部隊則協助偵消部隊，使用消毒器對局部人員、車輛、裝備及場域實施消毒作業，降低環境污染。

俄烏戰爭化生放核威脅危害之啟發與建議

從俄烏戰爭雙方運用化生放核威脅之啟發，研究者認為計有「戰爭中產生的化生放核威脅極大」、「核生化武器均為俄烏雙方指控的要素」、「國際原子能總署會關注核電廠是否變成戰爭的籌碼」及「化生放核防護在戰爭中對軍民都至為重要」等四項，對於臺灣可能面臨化生放核威脅的風險，研究者提出以下建議事項：

一、培養多裝使用能力

近年隨國軍組織調整、兵力精簡下，化學兵部隊人力與戰鬥部隊相較之下，編制及人數都較為低階及精簡。自 2020 年 1 月起嚴重特殊傳染性肺炎(COVID-19)疫情在全球迅速擴散後，逐漸變成一場全球性大瘟疫。臺灣本土 COVID-19 疫情肆虐，化學兵總是全副武裝，冒著風險到各處消毒，在疫情高峰期間，偵消部隊每日大兵力執行消毒任務，常會超過任務負荷。為使偵消部隊持續且有效支援消除作業，以滿足部隊實需，煙幕部隊可增加消除裝備專長訓練及簽證，培養多裝使用能力，增加各化學兵群任務執行的靈活性。

二、強化立即支援能力及整合作戰區支援能量

73 Doug Weir, "How does war damage the environment?", Conflict and Environment Observatory, 2020 年 6 月 4 日, <<https://ceobs.org/how-does-war-damage-the-environment/>> (檢索日期：2023 年 2 月 6 日)。

化學兵平時負責國軍化生放核防護、執行反恐及重大災害防救任務；戰時進行化生放核防衛作戰，並執行輻射偵測、戰劑偵檢及生物的戰劑後送、消除、危害判斷，也執行煙幕掩護、縱火等任務。核生化事件具有高度危險性與發生時間、地點的不確定性，一旦發生災害，會危害民眾生命財產安全及社會國家安定。故各化學兵群、營、連等各級部隊，應強化立即出動執行任務之能力，俾達迅速到達任務位置執行任務。

表 4 臺灣化生放核威脅預防及因應相關法令及作業規範一覽表

類別	相關法令及作業規範	中央主管機關
化學	毒性及關注化學物質管理法	行政院環境保護署
生物	傳染病防治法	衛生福利部
	緊急醫療救護法	衛生福利部
輻射	核子事故緊急應變法	行政院原子能委員會

參考資料：1.作者自製。

- 2.《毒性及關注化學物質管理法》、《傳染病防治法》、《緊急醫療救護法》、《核子事故緊急應變法》，全國法規資料庫，〈<https://law.moj.gov.tw/>〉，檢索日期：2023 年 2 月 10 日。

在作戰區支援能量部分，目前各作戰區均有化學兵部隊；在海軍部份，有海軍陸戰隊化學兵連；在空軍部份，各機場有偵消分隊。在全面作戰階段，化學兵部隊面對可能發生的化生放核威脅，必須以軍事為主全兵力投入執行。其他部隊面臨非軍事性或個別性的化生放核威脅，例如化工廠毒化物洩漏意外、水質汙染等，即可以支援執行，降低化學兵部隊任務負荷。

三、落實關鍵基礎設施實地演練

國家關鍵基礎設施(Critical Infrastructure, CI)係指公有或私有、實體或虛擬的資產、生產系統以及網絡，因人為破壞或自然災害受損，進而影響政府及社會功能運作，造成人民傷亡或財產損失，引起經濟衰退，以及造成環境改變或其他足使國家安全或利益遭受損害之虞者。因此 CI 的防護是國家生存發展與國家安全維護非常重要的一環。⁷⁴

74 國土安全政策會報網站，〈國家關鍵基礎設施安全防護指導綱要〉，2022 年 9 月 7 日，<https://ohs.ey.gov.tw/Page/6C4A1386ACBA6734>，檢索日期 2022 年 10 月 23 日。

為達成國家關鍵基礎設施安全防護目標的企圖，要有能夠降低關鍵基礎設施運作中斷事故的影響程度與時間之能力；具備有效的耐災韌性，應落實關鍵基礎設施實地演練，強化其對於運作中斷事故的預防、容受、調適與快速復原的能力(相關分類如圖 20)。

化學兵煙幕部隊具有隱真示假、模糊敵軍感官，並能以低成本方式產生戰場迷霧干擾、遮蔽敵人標定或導引武器，達到高度消耗敵軍，嚇阻與遲滯其行動之能力，在敵運用飛彈或無人機對我國國家關鍵基礎設施實施攻擊時，煙幕部隊可運用煙幕實施掩護可有效降低導引武器擊中目標機率，進而提高關鍵基礎設施遭毀損可能性。

圖 20 關鍵基礎設施領域分類



資料來源：〈「國家關鍵基礎設施防護」的重要性〉《臺灣風險分析學會 2017 年特別刊》，2017 年 9 月 14 日，〈<https://sra-taiwan.firebaseio.com/>〉(檢索日期：2023 年 1 月 20 日)。

表 5 臺灣防衛作戰時期可能面臨化生放核威脅關鍵基礎設施一覽表

名稱	協調機關	領域	威脅可能
能源	經濟部	電力	1.引爆核電廠造成輻射外洩。 2.破壞火力發電廠造成許多黑煙蔓延以及毒物氣揮發。
		天然氣	故意洩漏天然氣造成有毒物質外洩，使天然氣不完全燃燒造成缺氧。
		水資源	1.於水庫或河川上游圖放有毒物質。 2.於地下水或下水道投放有毒物質。 3.特工人員對民眾發放含有毒物質之飲品。

交通	交通部	陸運	1.透過陸上運輸私放有毒物質。 2.派出具備輻射能力之陸上載具。
		海運	1.透過海上運輸私放有毒物質。 2.派出具備輻射能力之海上載具。
		空運	1.空中無人機投放有毒物質。 2.透過空中運輸私放有毒物質。 3.派出具備輻射能力之空中載具。
醫療	衛生福利部	疾病管制	1.改造病毒造成擴散。 2.改造蟲的基因造成傳染病傳播。 3.空氣中釋放高傳染病毒。 4.培養出高傳染性病毒並造成傳播。 5.駭入醫院電腦造成輻射醫療用品外洩。
科學園區與生物科技園區	國家科學及技術委員會	科學園區	1.破壞科學園區工廠造成重金屬汙染。 2.破壞科學園區工廠造成毒物外洩。 3.於科學園區投放髒彈。
		生技園區	1.破壞生技園區造成毒物外洩。 2.於生技園區投放髒彈。 3.蓄意釋放含有毒物之實驗室。 4.偷取生技園區資料基因改造有毒物。 5.研究改造生技園區之毒物並釋放。
政府機關	各機關辦公室	機關場所	1.投放含炭疽粉劑之包裹。 2.於政府機關投放髒彈。 3.於政府機關投含高輻射物品之包裹。

資料來源：1.作者自製。

2.國土安全辦公室，行政院國土安全政策會報、相關法令，

<https://ohs.ey.gov.tw/Page/DB226D9B2B5852F3>，檢索日期
2022 年 10 月 30 日。

四、完成作戰區可用物資及化生放核威脅場域調查

因應臺灣可能遭中共犯臺風險考量，化學兵部隊應完成任務所需關鍵物資儲備現況調查。戰爭如果以各種型態發生，無論是圍或打，都要做足準備，最重要的第一點是替代性裝備，可執行任務不間斷；第二是煙幕油料及消毒藥劑，以達精進與強化「平時協力災害防救、戰時支援軍事作戰」之目標。化學兵各

部隊為作戰所需之物資，除了透過每年申請軍需動員物資外，更要調查作戰區內可能取得之位置及場所，取得民間可供獲得之物資品項。

在威脅場域調查部分，各作戰區化學兵部隊均依規定建立地區重要防護目標之救援手板及反恐資料夾，但對化生放核災害在不同規模下所可能引發之衝擊，尚無充足之資訊與標準可供決策者參考，以做為救災與整備措施擬定之依據。因此各部隊應詳實調查支援地區有關化生放核威脅危害可能產生的損害程度，調查範圍包含分析氣象產生效應、確認環境不確定性、人為因素造成影響及災情環境情資獲得等項次，與氣象條件及對整體救援任務達成之各項因素，並以時間為優先考量因素，選定可立即動員抵達區域，均屬相關協助救援範圍；據以建立相關救災環境中有關地形資料，具體描述可能對救援能力與行動所產生影響，並有效確認通行性、收容量、窒礙區域與重要救援目標等；⁷⁵俾使部隊在接獲支援命令時夠迅速反應。

五、測考方式採實戰化，作戰環境仿真鑑測

自 2012 年中共領導人習近平就任以來就不斷地推動軍隊改革。在一系列改革中，除軍隊領導體制、組織編裝、後勤保障、軍民融合等，最重要的就是強調「實戰化訓練」。2021 年 1 月初，中共頒布的「2021 年軍事訓練命令」中即顯示軍事訓練著重實戰訓練，以提升戰備準備、聯合指揮與聯合專業訓練、新裝備和部隊訓練，以及作戰體系的整合訓練。⁷⁶為提升部隊臨戰效能。國軍有別於過去定點、特定姿勢射擊，於 2023 年 1 月份起開始全面實施實戰化射擊訓練，運用戰鬥射擊障礙板，模擬城鎮作戰場景，透過多種姿勢、掩體射擊，有效強化接戰能力。⁷⁷

化學兵部隊的實戰訓練於 2017 年即結合基地訓練實施，以煙幕部隊為訓練對象，結合所屬作戰區重要目標，採實地、實距離、實裝、實作方式，驗證部隊長時間、大面積發煙的氣象測候、指揮通信、油料補給、裝備維修及狀況處

75. 龐廣江，〈戰場情報準備運用於化生放核災害作業模式之探討〉《核生化防護半年刊》，第 92 期，(桃園：軍備局 401 印製廠，民國 100 年 10 月)，頁 1-20。

76. Kevin McCauley，章昌文譯，〈共軍軍事訓練強化與改革之路〉《國防譯粹》，第四十八卷第十一期，2021 年 11 月，P78-81。

77. 游凱翔，〈實戰化射擊訓練擬明年全面實施—總統花蓮視導成效〉《中央通訊社》，2022 年 9 月 6 日，〈<https://www.cna.com.tw/news/aip/202209060077.aspx>〉(檢索日期 2023 年 2 月 10 日)。

置等。經多年的實際驗證，除完成天氣資料、作業數據外，對士官兵的支援作業能力提升許多。

考量偵消部隊的專業性，現在仍採移地進訓測考中心實施基地訓練，未來偵消部隊建議在基地訓練期間，進入測考中心後，於教練階段，可於桃園地區例如「大溪中庄調整池週邊、新屋永安海濱公園、八德大湳公園、石門水庫南苑生態公園」等大地區實施實戰化訓練，透過陌生場域，考驗偵消部隊長的指揮及部隊偵檢、消除的作業能力，以達訓練實戰化成效。

結語

俄烏戰爭中，專家學者在軍事方面討論的都是軍事手段及武器運用，對於戰場安全環境，尤其是化生放核威脅產生的環境破壞少有討論，化學兵在戰場中屬於戰鬥支援部隊，面對戰場上的化生放核威脅應積極思考應處作為，本研究即以俄烏戰爭中化生放核威脅，分析臺澎防衛作戰中化學兵部隊運用，提供未來可能的戰場環境各項支援作為參考。

從地理條件分析，烏克蘭是內陸國，有大半邊接壤波蘭，因此可透過陸上運輸獲取武器裝備，但臺灣是海島國，海峽天險雖然是優勢，卻也是兩面刃；臺灣更必須強化軍事防護能力，應在平時就開始經營臺灣本身的「戰爭資源」，確保後勤補給無虞。俄烏戰爭對臺灣建軍備戰的啟發，戰爭前期會有物資匱乏、交通紊亂等問題；因此要如何維持有序的生活，從交通指揮、物資發放、戰傷急救等，須有高度專業防救與危機應變能力；這是我國可以借鑑之處。

從俄烏戰爭發現，俄羅斯與烏克蘭雙方除實體戰火，也透過各種假訊息認知作戰，而「認知」要能成為作戰重點，就是要找到「對的人」進行傳播，尤其化生放核威脅對政府、軍隊及民眾來說，不單是實際面對時的防護作為，在心理上更是會產生恐慌及緊張感；通訊在戰時若遭截斷失去即時澄清機會，將導致民眾恐慌、不信任化學兵部隊執行化生放核防護的能力。

我國位處於災害發生極頻繁的高風險區域內，因此我們化學兵應發揮化生放核領頭羊的角色，帶領環保署、衛服部、原能會等公部門以戰時化生放核威脅的角度來思考化生放核防護這個議題、以俄烏戰爭關心化生放核威脅可能的災害風險、進而能夠在緊急災難時能夠擔綱重要角色，為民眾、為臺灣土地做出貢獻。

參考文獻

一、官方文件

1. 行政院原子能委員會，〈緊急應變-什麼是輻災-核子事故-核子事故分類〉，2022 年 6 月 29 日，〈https://www.aec.gov.tw/%E7%B7%8A%E6%80%A5%E6%87%89%E8%AE%8A/%E4%BB%80%E9%BA%BC%E6%98%AF%E8%BC%BB%E7%81%BD/%E6%A0%B8%E5%AD%90%E4%BA%8B%E6%95%85--5_39_3558.html〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。
2. 行政院原子能委員會，〈公告「核一、二、三廠緊急應變計畫區」〉(原能會 95 年 7 月 17 日會技字第 0950020117 號公告)，2006 年 07 月 19 日，〈<https://www.aec.gov.tw/newsdetail/board/1131.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。
3. 中華民國內政部統計處，內政統計查詢網，〈<https://gis.ris.gov.tw/dashboard.html?key=B05>〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。
4. 黃古彬、樓振宇，〈由全球石化工廠災例探討其危害分析與防災策略〉《城市發展半年刊》(高雄市政府)，第十八期，2015 年 3 月。
5. 陸軍司令部，〈陸軍化學兵部隊指揮及參謀作業教範(第二版)〉(桃園：國防部陸軍司令部，民國 105 年 11 月)。
6. 國土安全政策會報網站，〈國家關鍵基礎設施安全防護指導綱要〉，2022 年 9 月 7 日，<https://ohs.ey.gov.tw/Page/6C4A1386ACBA6734>，檢索日期 2022 年 10 月 23 日。

二、書籍期刊

1. 蔡翼，〈從俄烏衝突談無人機作戰〉《亞洲週刊》，2022 年 4 月 4 日，〈<https://www.yzzk.com/article/details/%E6%96%B0%E6%80%9D%E7%B6%AD%E5%8F%8A%E5%85%B6%E4%BB%96%E5%B0%88%E6%AC%84/2022-14/1648697244230/%E5%BE%9E%E4%BF%84%E7%83%8F%E8%A1%9D%E7%AA%81%E8%AB%87%E7%84%A1%E4%BA%BA%E6%A9%9F%E4%BD%9C%E6%88%B0>〉(檢索日期：2023 年 1 月 11 日)。
2. 盧佳柔，〈俄烏戰爭轟出無人機金脈-臺廠優勢一把抓動手淘金〉《鏡周刊電

- 子版》，2022 年 9 月 8 日，〈<https://www.mirrormedia.mg/story/20220902ind002/>〉(檢索日期：2023 年 1 月 10 日)。
- 3.劉瑞思，〈觀點投書：烏克蘭被曝助美造毒，伊拉克戰爭前一幕又重演〉《風傳媒》，2022 年 3 月 19 日，〈<https://www.storm.mg/article/4245957>〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。
- 4.張瑞軒，〈防衛作戰化學兵不對稱作戰運用方式探討〉《陸軍化生放核半年刊》，第 111 期，2021 年 5 月。
- 5.游凱翔，〈實戰化射擊訓練擬明年全面實施 - 總統花蓮視導成效〉《中央通訊社》，2022 年 9 月 6 日，〈<https://www.cna.com.tw/news/aip/202209060077.aspx>〉(檢索日期 2023 年 2 月 10 日)。
- 6.龐廣江，〈戰場情報準備運用於化生放核災害作業模式之探討〉《核生化防護半年刊》，第 92 期，(桃園：軍備局 401 印製廠，民國 100 年 10 月)。
- 7.Kevin McCauley，章昌文譯，〈共軍軍事訓練強化與改革之路〉《國防譯粹》，第四十八卷第十一期，2021 年 11 月。

三、報章網路

- 1.Peopo 公民新聞，〈俄烏戰爭懶人包—歷史分歧下的悲劇〉，2022 年 2 月 27 日，<https://www.peopo.org/news/573650>，檢索日期 2022 年 12 月 15 日。
- 2.ETtoday 新聞雲，〈一篇看懂！烏克蘭戰爭危機的來龍去脈〉，2022 年 2 月 23 日，〈<https://www.ettoday.net/news/20220223/2195235.htm>〉(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。
- 3.BBC NEWS 中文，〈烏克蘭戰爭：國際原子能機構警告扎波羅熱核電站「完全失控」〉，2022 年 8 月 5 日，〈<https://www.bbc.com/zhongwen/trad/world-62436734>〉(檢索日期：2022 年 12 月 14 日)。
- 4.葉德豪，〈俄烏戰爭八個月：冬天來臨前進入「第四階段」〉《香港 01 新聞網》，2022 年 11 月 1 日，〈https://www.hk01.com/article/829202?utm_source=01articlecopy&utm_medium=referral〉(檢索日期：2023 年 5 月 13 日)。
- 5.The New Lens 關鍵評論，〈俄烏戰爭第二階段：烏克蘭不再是單純的防守

- 方，得面臨挑戰更大的收復失土任務〉，2022 年 5 月 4 日，〈<https://www.thenewslens.com/article/166320>〉(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。
- 6.胡敏遠，〈烏俄戰爭-美國的盤算與挑戰〉《青年日報》，2022 年 9 月 24 日，〈<https://www.ydn.com.tw/news/newsInsidePage?chapterID=1534939&type=forum>〉(檢索日期：2023 年 5 月 12 日)。
- 7.陳祖傑，〈普丁發表國情咨文演講稱「西方一直試圖撕裂俄國土地」〉《公視新聞網》，2023 年 2 月 21 日，〈<https://news.pts.org.tw/article/623904>〉(檢索日期：2023 年 5 月 12 日)。
- 8.黃凡甄，〈俄烏戰爭周年！澤倫斯基怒嗆：不接受談判〉《中時新聞網》，2023 年 2 月 25 日，〈<https://www.chinatimes.com/realtimenews/20230225000905-260408?chdtv>〉(檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。
- 9.Olga Robinson, Shayan Sardarizadeh and Jake Horton, "Ukraine war: Fact-checking Russia's biological weapons claims" , BBC NEWS,15 March 2022,〈<https://www.bbc.com/news/60711705>〉,on 20 Dec.2022.
- 10.NED PRICE, "Conclusion of Article V Formal Consultative Meeting under the Biological Weapons Convention" , U.S. Embassy & Consultation Russia , 2022 年 9 月 13 日，https://ru-usembassy-gov.translate.goog/conclusion-of-article-v-formal-consultative-meeting-under-the-biological-weapons-convention/?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc，檢索日期 2023 年 2 月 26 日。
- 11.賴昀，〈俄軍占領烏克蘭境內歐洲最大核電廠扎波羅熱，稍早火勢已撲滅、核輻射未外洩〉《上報》，2022 年 3 月 4 日，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=139066〉(檢索日期：2022 年 12 月 17 日)。
- 12.JAMES M. ACTON, "The Ukraine War' s Lingerin Nuclear Power Danger" , Carnegie Endowment for International Peace, 2023 年 2 月 21 日，〈https://carnegieendowment-org.translate.goog/2023/02/21/ukraine-war-s-lingerin-nuclear-power-danger-pub-89080?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc〉(檢索日期：2023

年 2 月 26 日)。

- 13.陳毓麟，〈烏克蘭蘇梅化工廠遭轟炸竟爆氨氣外洩事故〉《臺視新聞網》，2022 年 3 月 21 日，〈<https://news.ttv.com.tw/news/11103210037300N/amp>〉(檢索日期：2022 年 12 月 19 日)。
- 14.陳又嘉，〈烏東「亞速鋼鐵廠翻版」化工廠遭俄軍砲彈擊中，數百受困平民生死未卜〉《上報》，2022 年 6 月 25 日，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=3&SerialNo=147803〉(檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。
- 15.王佩翊，〈俄軍疑在馬力波使用化武！烏克蘭指控：多人呼吸衰竭〉《Ettoday 新聞雲》，2022 年 4 月 12 日，〈<https://www.ettoday.net/news/20220412/2227582.htm>〉(檢索日期：2022 年 12 月 20 日)。
- 16.中央社，〈烏克蘭：北部發現化武痕跡驚見沙林和藥劑安瓿〉《聯合新聞網》，2022 年 4 月 18 日，〈<https://udn.com/news/story/122663/6247486>〉(檢索日期：2022 年 12 月 20 日)。
17. RFE/RL's Ukrainian Service, "Kyiv Claims Russia Used Banned Chemical Weapon", Radio Free Europe/Radio Liberty, 2022 年 12 月 4 日，〈<https://www.rferl.org/a/ukraine-russia-banned-chemical-weapon/32161182.html>〉(檢索日期：2023 年 2 月 26 日)。
- 18.張君堯，〈俄軍使用磷彈？亞速鋼鐵廠受「白色明亮攻擊」畫面曝〉《聯合新聞網》，2022 年 5 月 16 日，〈<https://udn.com/news/story/6809/6315804>〉(檢索日期：2022 年 12 月 24 日)。
- 19.林俞彤，〈俄軍違規使用白磷彈轟炸烏克蘭前線〉《中天新聞網》，2023 年 3 月 16 日，〈<https://tw.news.yahoo.com>〉(檢索日期：2023 年 5 月 13 日)。
- 20.陳彩梅，〈驚人 12 秒曝！俄軍狂燒彈「天降火雨」，2000°C 恐融化烏民骨頭〉《蕃薯藤新聞網》，2022 年 9 月 22 日，〈<https://n.yam.com/Article/20220922925044>〉(檢索日期：2022 年 12 月 24 日)。
- 21.周子馨，〈俄烏開戰 250 天再現危機？俄控烏欲射「磷彈」成動核藉口〉《TVBS 新聞網》，2022 年 10 月 31 日，〈<https://news.tvbs.com.tw/world/19464971>〉(檢索日期：2022 年 11 月 24 日)。

- 22.德國之聲，〈德國之聲事實核查 / 指烏克蘭製造「穢彈」俄羅斯「證據」不足〉《聯合新聞網》，2022 年 10 月 28 日，〈<https://udn.com/news/story/122663/6722684>〉(檢索日期 2022 年 12 月 24 日)。
- 23.陳成良，〈北約「核威懾」軍演登場！美軍出動 B-52 遠程轟炸機〉《自由時報》，2022 年 10 月 17 日，〈<https://news.ltn.com.tw/news/world/breakingnews/4092270>〉(檢索日期：2022 年 12 月 27 日)。
- 24.曹正仁，〈「雷霆」戰略核武軍演 普丁總統全程觀看〉《中天新聞網》，2022 年 10 月 27 日，〈<https://ctinews.com/news/items/q6xV15kGa7>〉(檢索日期：2022 年 12 月 27 日)。
- 25.姜唯，〈烏克蘭核安危機不只車諾比，外媒盤點俄烏戰爭的環境代價〉《環境資訊中心》，2022 年 3 月 3 日，〈<https://e-info.org.tw/node/233480>〉(檢索日期：2023 年 5 月 13 日)。
- 26.陳文姿，〈一年砲火數十年難平 俄烏戰爭飛彈有毒殘留物滲入土壤與地下水〉《環境資訊中心》，2023 年 2 月 24 日，〈<https://e-info.org.tw/node/236185>〉(檢索日期：2023 年 2 月 28 日)。
- 27.羅保熙，〈美俄信息戰：輿論漩渦中心的生物實驗室〉《香港 01 新聞網》，2022 年 3 月 15 日，〈https://www.hk01.com/article/746694?utm_source=01articlecopy&utm_medium=referral〉(檢索日期：2023 年 1 月 7 日)。
- 28.John Parachini，〈Debunking Russian Lies About Biolabs at Upcoming U.N. Meetings〉，United Press International，2022 年 9 月 22 日，https://www.rand-org.translate.goog/blog/2022/09/debunking-russian-lies-about-biolabs-at-upcoming-un.html?_x_tr_sl=en&_x_tr_tl=zh-TW&_x_tr_hl=zh-TW&_x_tr_pto=sc(檢索日期：2023 年 2 月 7 日)。
- 29.BBC NEWS, "How are 'kamikaze' drones being used by Russia and Ukraine?" ,2022 年 10 月 18 日, 〈<https://www.bbc.com/news/world-62225830>〉(檢索日期：2023 年 1 月 10 日)。
- 30.美國之音，〈俄羅斯稱對烏克蘭基礎設施發動了新的大規模空襲〉，2022 年 10 月 17 日，〈<https://www.voacantonese.com/a/russia-says-it->

launched-major-attack-on-ukrainian-infrastructure-101722/6793019.html〉(檢索日期：2023 年 1 月 12 日)。

- 31.澎湃新聞·〈俄大橋被炸、烏大幅喪失供電能力，雙方進入基礎設施之戰〉，2022 年 10 月 22 日，〈<https://big5.cctv.com/gate/big5/news.cctv.com/2022/10/22/ARTIEzoxd5mSEmSecFDGcVhD221022.shtml>〉(檢索日期：2023 年 1 月 12 日)。
- 32.Phil Stewart and Idrees Ali, "Moscow still has not notified U.S. about expected nuclear drills, U.S. official says" , Reuters, 2022 年 10 月 18 日，〈<https://www.reuters.com/world/europe/moscow-still-has-not-notified-us-about-expected-nuclear-drills-us-official-says-2022-10-17/>〉(檢索日期：2023 年 1 月 16 日)。
- 33.Barbara Starr, "NATO and Russia to hold long planned exercises of nuclear forces as tensions over Ukraine remain high" , CNN News, October 16 2022, 〈<https://edition.cnn.com/2022/10/16/politics/nato-russia-exercises/index.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 16 日)。
- 34.法國廣播電臺 RFI·〈北約有言在先-動用核武俄羅斯遭殃〉，2022 年 10 月 3 日，〈<https://www.rfi.fr/tw/%E4%B8%AD%E5%9C%8B/20221002-%E5%8C%97%E7%B4%84%E6%9C%89%E8%A8%80%E5%9C%A8%E5%85%88-%E5%8B%95%E7%94%A8%E6%A0%B8%E6%AD%A6%E4%BF%84%E7%BE%85%E6%96%AF%E9%81%AD%E6%AE%83>〉(檢索日期：2023 年 1 月 16 日)。
- 35.吳宗翰·〈「假旗行動」或「反假旗行動」？俄羅斯指控烏克蘭企圖使用「髒彈」的資訊操作〉《上報新聞》，2022 年 11 月 3 日，〈https://www.upmedia.mg/news_info.php?Type=2&SerialNo=157947〉(檢索日期：2023 年 1 月 22 日)。
- 36.Polina Ivanova, "Vladimir Putin Rejects Claims Russia Intends to Use Nuclear Weapons in Ukraine" , Financial Times, October 28, 2022, 〈<https://reurl.cc/oZLYvD>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。
- 37.Brad Lendon, "What is a dirty bomb and why is Russia talking about

it?” , CNN news,2022 年 10 月 25 日,〈 <https://edition.cnn.com/2022/10/25/europe/dirty-bomb-russia-ukraine-explainer-intl-hnk/index.html> 〉
(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

38.ISW·2022 年 10 月 24 日·〈 <https://twitter.com/TheStudyofWar/status/1584304801495814144> 〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

39.The Guardian, “What are dirty bombs and why is Russia talking about them?” ,2022 年 10 月 25 日, 〈 <https://www.theguardian.com/world/2022/oct/25/what-are-dirty-bombs-russia-ukraine> 〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。

40.Bland,S.A.(2014).Chemical, Biological, Radiological and Nuclear (CBRN) Casualty Management Principles. In Conflict and Catastrophe Medicine (Springer, London).

41.Dan Kaszeta, “CBRN Hazards to the Natural Environment” , euro-security&defence, 〈 <https://euro-sd.com/2020/03/allgemein/16515/cbrn-hazards-to-the-natural-environment/> 〉(檢索日期：2023 年 1 月 18 日)。

42.Ukraine Data, The worldbank, 〈 https://data.worldbank.org/indicator/AG.LND.TOTL.K2?end=2020&locations=UA&name_desc=true&start=1961&view=chart 〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

43.Ukraine Data,The worldbank, 〈 <https://data.worldbank.org/country/ukraine?view=chart> 〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

44.民視新聞網·〈出逃烏克蘭破 300 萬人！難民痛罵普丁「希特勒」〉·2022 年 3 月 17 日·〈 <https://www.ftvnews.com.tw/news/detail/2022317104M1> 〉(檢索日期：2023 年 1 月 23 日)。

45.香港文匯網·〈烏克蘭擬用「第二個亞速鋼鐵廠」拖住俄軍?〉·2022 年 6 月 15 日·〈 <https://www.wenweipo.com/a/202206/15/AP62a93ad7e4b033218a5231a0.html> 〉(檢索日期：2023 年 1 月 22 日)。

46.iThome·〈災難衝擊評估報告：臺灣如果發生福島核災等級事件必須淨空半座臺北城〉·2022 年 5 月 13 日·〈 <https://www.ithome.com.tw/news/>

91794〉(檢索日期：2023 年 1 月 22 日)。

- 47.壹讀新聞網，〈烏克蘭在製造「核髒彈」！俄媒：很快就會擁有核武器〉，2022 年 3 月 7 日，〈<https://read01.com/e6k3gee.html>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。
- 48.張寧健，〈車諾比放射物失竊，恐被製成「髒彈」炸出輻射數公里〉《ETtoday 新聞雲》，2022 年 3 月 29 日，〈<https://www.ettoday.net/news/20220329/2218516.htm>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。
- 49.劉文瑜，〈俄烏衝突新焦點 全球聞之色變的髒彈是什麼？〉《中央社》，2022 年 10 月 25 日，〈<https://www.cna.com.tw/news/aopl/202210250094.aspx>〉(檢索日期：2023 年 1 月 21 日)。
- 50.聯合報鳴人堂，〈邁入習近平的獨霸時代(下)：面對出兵威脅，臺灣應該如何應對〉，2022 年 10 月 25 日，〈<https://opinion.udn.com/opinion/story/10763/6713012>〉(檢索日期：2023 年 2 月 1 日)。
- 51.聯合報鳴人堂，〈邁入習近平的獨霸時代(上)：面對出兵威脅，臺灣應該如何應對〉，2022 年 10 月 24 日，〈https://opinion.udn.com/opinion/story/10763/6710854?from=udn-referralnews_ch1008artbottom〉(檢索日期：2023 年 2 月 1 日)。
- 52.Reuters, "China announces fresh military drills around Taiwan" ,2022 年 8 月 8 日,〈<https://www.cnbc.com/2022/08/08/china-announces-fresh-military-drills-around-taiwan.html>〉(檢索日期：2023 年 2 月 1 日)。
- 53.Doug Weir, "How does war damage the environment?" ,Conflict and Environment Observatory,2020 年 6 月 4 日, 〈<https://ceobs.org/how-does-war-damage-the-environment/>〉(檢索日期：2023 年 2 月 6 日)。