



● 作者/Andy Oppenheimer ● 譯者/童光復 ● 審者/楊宗興

生化戰的因應之道

The Heartlands of Chemical Warfare

取材/2015年11月德國軍事科技月刊(*Military Technology*, November/2015)



2015年8月，充滿化學物質的煙霧瀰漫在中國大陸天津港爆炸地區的周邊。(Source: Andy Oppenheimer)

化學攻擊和事故無論由是誰、或是什麼原因所造成，其因應作為都需要有正確的防護裝備及訓練，才能挽救生命並降低傷亡程度。作者認為，這才是準備因應化學戰時所該重視的核心問題。

恐怖主義風險相當大的一部分係來自於「化學、生物、放射性、核子」(chemical, biological, radiological, nuclear, CBRN，下稱化生放核)武器的攻擊。此類風險已經日益受到關注，因為有證據顯示，中東地區的動蕩已促使恐怖組織亟欲獲得、發展這種武器。

在中東地區，化生放核武器不僅對平民、也對

那些在多國作戰的部隊及特種部隊持續構成威脅，這些部隊主要係對抗所謂的「伊斯蘭國」(Islamic State, IS)。有關敘利亞(Syria)政府軍和伊斯蘭國發動「化學戰劑」(chemical warfare agent)攻擊的報導時有耳聞，敘利亞政府軍於2014至2015年間對其境內之叛軍控制地區投擲氯氣(chlorine)及氨氣(ammonia)桶裝炸彈；而伊斯蘭國據說也在2014年12月以氯氣彈轟炸代爾祖爾(Deir Ezzor)機場。敘利亞政府在2013年曾數次使用沙林(sarin)毒氣攻擊數以百計的平民，據信現已完全停用，不過交戰雙方仍在恣意使用氯氣相互攻擊。

伊斯蘭國：芥氣與氯氣

2015年8月上旬，美國官員調查了幾則有關伊斯蘭國對庫德族(Kurdish)戰士使用芥氣(mustard)戰劑的「可信報導」(credible reports)，獨立的資訊顯示，有化學武器(chemical weapon, CW)在伊拉克北部的馬克穆爾(Makhmour)小鎮附近遭到使用。據官員表示，8月12日對「庫德族自由戰士」(Kurdish Pesh-

merga)發射的迫砲彈或火箭攻擊並未導致大量的傷亡，但「傷者多出現了化學戰劑所造成的水疱」，其傷者人數不多，據報導也不甚集中。

官員們持續在調查芥氣戰劑的來源，還有在戰場上運送的方式。情報機構認為，伊斯蘭國至少儲備有小規模的芥氣戰劑，可能是於2014年襲擊巴格達(Baghdad)附近木塞納(Muthanna)的軍事設施時從庫存武器中所獲得。該設施庫存有2,500枚裝填了「神經戰劑」(nerve agent)的火箭，據說以「有效化學武器」(working chemical

weapons)的標準而言，其效能已然衰退且不甚穩定。不過，構成化學恐怖所需的標準並不需這麼高。

伊斯蘭國也可能曾在敘利亞北部的馬雷亞(Marea)攻擊中使用過芥氣化學武器，「無國界醫生」(Doctors Without Borders, MSF)組織透露，該團隊曾治療過某家庭的四口人，這些傷者在其住屋遭受迫砲襲擊後都出現過呼吸困窘和典型的水疱病徵。「敘利亞美國醫學協會」(Syrian American Medical Society, SAMS)也報告其曾收治過50名病患，症狀顯示他們都曾



近期在中東地區已出現使用核生化的衝突戰爭，因此聯軍部隊的防範作為便顯得格外重要。(Source: US Air National Guard/Paul Gorman)



據報導，伊斯蘭國使用氯氣作為武器，並且招募熟練的技術人員開發化學武器。(Source: Andy Oppenheimer)

接觸過化學物質。當地反叛軍說道，砲彈是從伊斯蘭國控制區朝東發射的。

2015年6月，澳大利亞外長比沙普(Julie Bishop)和其他人士也曾警告，伊斯蘭國正企圖招募訓練有素的技術人員，俾發展化學武器，同時亦與蓋達組織(al-Qaeda)及其他團體通力合作，因此很多消息皆需仰賴情報和目擊者報告，才能判斷出伊斯蘭國化學武器及其他化生放核的能力。

放射性物質

報導指出，伊斯蘭國曾在2014年佔領摩蘇爾(Mosul)的數月間，從政府設施內擄獲了40公斤的鈾(uranium)化合物。此一報導警示了恐怖份子建造「輻射散佈裝置」(radiological dispersal device, RDD)炸彈的能力——自911蓋達組織攻擊事件開始，美國及其他政府的報告和簡報皆經常提到這種能力。但是，不同於蓋達組織的是，伊斯蘭國至少在兩個國家境內握有實際的領土，擁有財富、

武器，以及竊取來的資源，這對一個叛亂團體或恐怖組織而言皆是史無前例，它也正依據其極端反動的計畫在治理這些區域。使用此類物質的危險性，已然隨著中東與非洲國家的衰敗，還有不受控制地區的擴大而上升，據報導，近年來發生過數十起核爆炸器材遺失或遭竊的事件。

控制化生放核物質

氯氣並未被歸類為化學武器，在廣泛的工業用途上也不屬一般的化學物質——《化學武器公約》(Chemical Weapons Convention)禁止將其作武器使用，敘利亞在其庫存化學戰劑被銷毀前，於2013年就已簽署過該公約。伊斯蘭國在放棄或遭驅離出一個地區時都會以「非制式爆炸裝置」(IED)設置上百個詭雷；2015年，伊拉克部隊從伊斯蘭國手中收復了巴格達北面的提克里特(Tikrit)，遭發現的路邊炸彈中，有四分之一含有氯氣——結果造成了庫德族自由戰士及伊拉克「未爆彈處理」(explosive ordnance disposal, EOD)小組不少的損傷。

2015年5月，化武知名專家布列敦哥敦(Hamish de Bretton-Gordon)上校曾敦促英國政府要加強管制氯氣的銷售，並且警告，歸國的英籍「聖戰士」(jihadist)在國內發動化武攻擊的威脅正與日俱增。在英國，無需許可證就能購買到90噸的氯氣。布列敦哥敦警告，從家用冰箱的背面就可獲得那種經常用於製造炸彈的氯氣，只須透過剝離冰箱上的鋼瓶、再附上爆炸裝藥，便可輕易製成氯氣非制式爆炸裝置。2015年3月初，他就曾警示倫敦地鐵遭氯氣攻擊的可能性，他也表示，「實際上每一位返回美國或英國的聖戰士都一定會

伊斯蘭國可輕易獲得化生放核戰劑

恐怖組織伊斯蘭國具有獲取非常龐大資金的管道，使其在化生放核戰劑的相關物資採購及開發上，沒有什麼太大的障礙需要克服。根據《路透社》(Reuters)2014年10月的一項研究報告指出，由伊斯蘭國所控領土的資源，以及其所從事之非法活動，諸如綁架、勒索、走私等的獲利估計，伊斯蘭國擁有超過2兆美元的資產，而其年收入則高達29億美元。雖然這只是保守的估計，且其大部分資金多用於組織的維持及領土的控制，但還是有充足的資金，讓外界相信該組織有財力去策動化生放核計畫。

伊斯蘭國在伊拉克及敘利亞所掠奪的領土，為它提供了安全儲存區，使其有能力發展此類武器。當前，伊斯蘭國已控制了近50%的敘利亞，並且佔領了伊拉克北部許多領土。因此，該激進組織的成員不僅在前線戰鬥，而且，他們也掌管了伊拉克及敘利亞兩國境內幅員廣袤的領土。令人擔憂的是，有人還在伊斯蘭國所控制的摩蘇爾大學校園內、或在該組織的實際首都、位於敘利亞之拉卡城(Raqqah)的一些化生放核設施中，致力於開發這種武器。

「禁止化學武器組織」(Organisation for the Prohibition of Chemical Weapons, OPCW)的努力致使敘利亞的化生放核庫存武器變得陳舊過時，此舉雖值得稱讚，但目前還不清楚阿薩德(Assad)政權是否已經完全銷毀了這批庫存武器。因此，獲取敘利亞境內化生放核物質的管道仍然值得關注，畢竟還有許多存放化生放核物質的場所可能會遭到恐怖組織的竊取。例如，在2013年4月，激進份子就曾鎖定塞非拉(al-Safira)的化學設施，那是敘利亞化武計畫中一個關鍵的生產中心。過去幾年裡前往敘利亞和伊拉克的外國戰士，

渠等所扮演的角色，亦需受到關注。伊斯蘭國吸引了超過2萬名的外國人加入，此一成就，其它激進組織皆難能望其項背。那些外籍聖戰士中有些人曾於大學就讀，這將為伊斯蘭國提供大量的——具備開發及使用化生放核武器所需的科技知識——人才庫。

例如，在2014年8月，一名與伊斯蘭國並肩作戰的突尼西亞物理大學學生，其筆記型電腦中就被發現存有如何培養「淋巴腺鼠疫」(bubonic plague)，以及如何將之武器化的文件。許多反恐人士都擔心，有這種背景的人可能會成為伊斯蘭國組織的代理人，透過訓練後便有能力策劃出這類攻擊。在完訓後，他們甚至可能會返回自己的祖國執行攻擊行動。

恐怖組織獲取化生放核武器的興趣始終未減。有足夠的資訊顯示，伊斯蘭國至少已握有一個初步的化生放核計畫。所幸，要獲得足以殺死數百人、更不用說是數千人的化生放核武器能力，對於伊斯蘭國而言仍是一項巨大的挑戰。蓋達組織過去曾試圖獲得這種武器，但其成效有限，因為反恐勢力已在全球投入了大量資源，就是要防範恐怖組織有任何突破。目前的證據顯示，奉行原教旨路線(Salafi)的聖戰組織仍無法策劃出大規模的化生放核武器攻擊，渠等充其量只能生產出較適合小型攻擊、未加工的化生放核戰劑。因此，恐怖組織仍將繼續採取傳統的攻擊手段。不過，與此同時，憑藉其龐大財力、成功的老手招募，以及在伊拉克和敘利亞境內可獲得化生放核物質，伊斯蘭國顯然已提高執行大規模化生放核武器攻擊的機率。大規模化生放核武器攻擊，不是「是否」、而是「何時」會發生的問題，所以反制策略必須備妥到位。



簽訂化生放核聯合投資計畫的最後一份合約

2015年10月2日，「荷蘭應用科學研究院」(TNO)防務暨安全部門主任黑弗格(Henk Geveke)代表該院，與「歐洲防衛局」(European Defence Agency, EDA)副局長古斯(Rini Goos)簽訂了「化生放核聯合投資」(Joint Investment Programme CBRN, JIP CBRN)計畫中14個化生放核防護工程的最後一份合約。

該份合約旨在推動名為「消毒後生化接觸風險評估」(RACED)的工程，旨在強化物資或設備感染化學或生物戰劑時的「消毒」流程。該工程將會特別考量「要消毒到什麼樣的程度才算乾淨？」這樣一個複雜的科技問題。

這項「消毒後生化接觸風險評估」工程將評估消毒的流程，最終產生原型工具，俾協助作戰指揮官們儘量降低消毒後的暴露風險，並且協助渠等判斷和評估消毒的效度、人體感染的殘存危害，以及採取其他步驟的必要性。「消毒後生化接觸風險評估」工程係由荷蘭應用科學研究院領導來自四個歐盟成員國及挪威的一些夥伴團隊所推動：挪威「國防研究所」(FFI)、葡萄牙「化學和生物技術研究所」(ITQB)、「食品科學與生物防禦實驗室」(LBDB)、「奧地利醫療科

技中心」(ACMIT)、「國防實驗室」(ADL)、比利時「皇家軍事學校」(RMA)，以及捷克「國家核化生防護研究院」(SUJCHBO)。該項工程係歐洲防衛局「化生放核聯合投資」(JIP CBRN)計畫中14項工程之一，屬A類計畫，由12個歐盟成員國及挪威共同資助，預算約為1,200萬歐元。它是歐洲防衛局對「歐洲框架合作」(European Framework Cooperation)的貢獻，也是「歐盟執委會」(European Commission)與歐洲防衛局攜手將民間及國防相關研究活動最大化的整合。

該「化生放核聯合投資」計畫協定是在2012年3月，由各國部長級代表簽署，並於2012、2013年共舉行兩次招標，涵蓋了化生放核領域內的各種研究與技術項目，諸如對化學戰劑的遙距偵測、對生物戰劑的點偵測、未知樣品的處理、化生放核架構的模型建構與模擬、消毒、防護設備，以及感測器網路互聯等。第一次招標有七個工程項目，其中一個項目已經完成。在2015年，「生物型」(Biotype)項目已成功地隨著驗證裝置的完成而結案，這種以晶片技術整合成的生物感測裝置，能對抗體實驗室的空中生物威脅進行點偵測。

接觸這類訓練，亦清楚如何運用氯氣及其他毒性化學物質去製造恐怖武器。」

在2014年及2015年初就可漸漸觀察到，恐怖份子的戰術有著明顯的變化——甚或是刻意的改變——其攻擊正朝著更小型、更致命的方向發展。網際網路，尤其是社群媒體，已然成為聖戰士和其他極端份子招募新血的主要管道。在眾多的

親伊斯蘭國「推文」(Tweet)中，就有一個「推特」(Twitter)帳戶曾號召要用「化學汽車炸彈」攻擊正在訪問印度的美國總統歐巴馬(Barack Obama)。

這可能是不具化生放核實力的恫嚇與宣傳，就如美國麻州大學羅威分校(University of Massachusetts-Lowell)恐怖主義安全研究中心(Center for Terrorism and Security Studies)的布隆(Mia

Bloom)於2015年1月時所述，「這些團體並沒有能力發動大規模襲擊。目前這些只是他們自發性行為。」但是她也補充道，「渠等正在網路上公佈炸彈的製造方法——詳細說明各種攻擊方式的手冊」——這應會讓所有關心恐怖攻擊的人士，注意到部署應急化生放裝置的可能性。

核子網路攻擊

網際網路也是恐怖主義、犯罪及破壞活動的主要工具。2015年5月初，「國際原子能總署」(International Atomic Ener-

gy Agency, IAEA)秘書長天野之彌(Yukiya Amano)曾警告，全球核子設施持續面臨著網路攻擊威脅：「網路攻擊，不論是否已遂，其相關報告幾乎每天都有。單單去年一年，就發生過好幾起專門針對『核能電廠』及其設施的惡意程式隨機攻擊。」

根據「聯合國毒品及犯罪問題辦公室」(UN Office on Drugs and Crime)的最新報告，此類威脅近幾年來正在逐漸成長，特別是在那些法律漏洞及安全弱點容易被罪犯利用的開發中國家。2014年12月，南韓核能電廠的電腦系統遭到入侵，

據說駭客來自其日益好戰的北方惡鄰朝鮮民主主義人民共和國——好在核子控制系統並未遭到攻擊。

防毒面罩的需求

對化武攻擊的防護有賴防毒面罩及快速消毒包的供應，還有使用方法的基本訓練。2014年中，布列敦哥敦上校在敘利亞境內，協同一些當地及國際災難救濟的非政府組織，建立了一套培訓計畫，藉著提供平民因應化學攻擊所需的裝備和訓練，來解決保護平民的需求。該裝備計畫明定，要為各醫療

診所配備一套基本的氣體偵測系統，以及逃生頭罩和個人消毒設備。

敘利亞的50至100公斤氯氣桶裝炸彈，可造成約200公尺長、100公尺寬的順風危害區。其產生令人生畏的黃綠色滾滾濃煙和「消毒劑」(disinfectant)氣味，實際上可使它比那些諸如沙林及VX等無色無嗅的高端神經戰劑更容易被偵測、規避。此外，氯氣的



針對化武攻擊的防護，端賴平時紮實之基本訓練。(Source: US Air National Guard/Charles Delano)



FOCUS

專題報導 / 反恐制變

影響力只能持續短短幾分鐘，若是一切防範工作都到位，它的危害性就可以被降低——一旦其在擁擠的捷運系統或其他公共場所中被驅散，也就不會造成隨後的驚恐。

保護平民、並確保能逃避毒性攻擊或危害的一個有效方法，就是使用「逃生頭罩」(escape hood)。「雅芳NH15」(Avon NH15)逃生頭罩可提供呼吸道、眼睛和顏面部至少15分鐘的化生放核防護——時間足夠自污染區撤離。這些頭罩不需事先的操作訓練，因此非常適合平民使用——也適合第一線應變人員及軍人使用。

這種逃生頭罩也內含在「雅芳防護公司」(Avon Protection)新推出的「化生放核」(CBRN)物質暨「有害物質」(Hazmat)背包中——即「CRS15實用包」(CRS15 practical kit)，密封在小背包內的還有手套、防護衣，以及人攜式消毒品，這讓使用者可在重大事件中迅速應對所有可能的化生放核狀況。它對位於化生放核高威脅地區的企業總部、使館的工作人員，以及工業化學、石油、與天然氣市場的日常維護工作及災難狀況也同樣適用。

即效式化學解毒劑

為因應化學戰劑，解毒劑和其他緊急醫療是



雅芳NH15逃生頭罩。

(Source: Andy Oppenheimer)

救命的關鍵，必須能在高威脅區中廣泛、迅速地獲得。「緊急生物解決方案」(Emergent BioSolutions)公司於2015年8月推出了一種名為「EMERGARD」之耐用、軍用等級的自動注射裝置，可將解毒劑自行注射於肌肉內，能降低某些化學戰劑的傷害。其設計係可在軍事環境中運輸、儲存及操作，並且能透過化學防護裝具成功執行注射。目前正待美國「食品及藥物管理局」(Food and Drug Administration, FDA)的批准，該公司於2015年第4季將其首

批製品交付給數個訂購的國家。

新式的化生放核防護衣包括「安塞爾」(Ansell)公司的「TRELLCHEM VPS CV-ET」氣密衣，根據英國的《政府商營勤務》(Crown Commercial Service, CCS)協議，該公司將提供售後「緊急服務」(emergency service)。參與競標的防護衣必須通過抗「硫芥子氣」(sulphur mustard)的「真人模擬測試」(Man-In-Simulant Test, MIST)——以評估整套防護衣的抗穿透力與抗滲透力。據稱，TRELLCHEM防護衣聲稱可有效抵抗化學物質且耐用性高，適用於第一線應變人員、有害物質應變小組，以及工業用戶——猶記諸如中國大陸天津化學災害這類的意外事件。該服裝的材質是由橡膠及多層化學物質組成，多方測試證明，它對所有已知化學物質的防護力可長達8小時以上，

並且符合歐盟標準的下限。

火箭承載加熱型機動彈藥

與此同時，「通用動力軍械和戰術系統公司」(General Dynamics Ordnance and Tactical Systems, GD-OTS)，亦正在化生放核防護的戰略前線，開發出一種新的彈藥概念，俾銷毀化學和生物戰劑。該公司已獲得美空軍所提出「火箭承載加熱型機動彈藥」(Heated and Mobile Munitions Employing Rockets, HAMMER)一紙價值720萬美元的合約，這項計畫要用數百枚重2.4公斤、以火箭推進的火球，去摧毀地下掩體及武器儲藏設施，目的是要將化學和生物戰劑燒成灰燼。

這些「動能火球燃燒劑」(kinetic fireball incendiaries)是藉由907公斤重的BLU-109B「碉堡剋星炸彈」(bunker-busting bomb)來投射，它可穿透厚1.8公尺的鋼筋混凝土。該彈藥的設計不是要去壓垮碉堡，而是要防止那些將被銷毀的戰劑發生意外洩漏。「通用動力軍械和戰術系統公司」在接下來的9個月內，將要展示三項基本的次系統功能：彈射(ejection)、點火

(ignition)及疏散(dispersal)；其他的合約項目還包括整個系統的靜態「雪橇測試」(sled testing)。

美空軍已進一步與「立方全球防務公司」(Cubic Global Defense)簽訂了後續合約(使總經費達到1,980萬美元)，俾支持

「空軍研究實驗室」(Air Force research laboratory, AFRL)之人因「情監偵」(ISR)部門。此項新的發展還包括，立方公司將會持續提供解決方案，俾改善美空軍反制化生放核武器擴散，並且提高其生存力的相關任務計畫。



法國化生放核第2「龍騎兵」(Dragon)團的偵察小組，帶著「英國氬電子公司」(Argon)AP4C-SIM型化學偵測模擬器及SS2型輻射測量儀，前往演習釋放場，測量模擬的化學及放射釋放量。(Source: Andy Oppenheimer)



FOCUS

專題報導 / 反恐制變

立方全球防務公司掌管情報服務的首席副總裁貝流士(Chris Bellios)表示,「我們試圖找出反制化生放核武器擴散的先進方案及程序,以獲得最佳的反應和救援,這對我們軍方的合作夥伴與本公司而言,都是一項重要任務。隨著初期投資的成功,合約金額上限提高證明了立方公司的優質

服務,以及與美國空軍夥伴關係的持續發展。我們試圖找出反制化生放核武器擴散的先進方案及程序,以獲得最佳的反應和救援,這對我們軍方的合作夥伴與立方公司本身而言,都是一項重要任務。」

根據「空軍研究實驗室」的「概括性機關公告」



在確認遭到攻擊後,任務的重點應該放在有效的應變措施。污染製圖(包括人和財產)、傷亡處置,以及迅速消毒等行動都應快速進行,方能減少可能的生命損失。以前視紅外線系統公司的FIDO C2型戰劑顯影噴霧直接噴灑到物體表面,就可找出化學戰劑的明確污染位置,這對神經毒劑(G-與V-系列)和硫芥子氣(HD)特別有效。

在噴灑後五分鐘內,若有區域被發現已遭化學污染或需進一步消毒時,該裝置便會發出警報提醒操作者。FIDO C2能夠讓消毒作業變得更有重點且效率更高,亦可降低三至五倍的消毒成本。(Source: Andy Oppenheimer)

(Broad Agency Announcement, BAA)，此份為期五年的初始合約要求立方公司要在俄亥俄州來特－帕特森(Wright-Patterson)空軍基地，針對短期和長期的化生放核科技，進行研究、測試、評估、及分析。

在其他地區，「前視紅外線系統公司」(FLIR Systems)也獲得了合約，以繼續提供美國國防部處理核子、生物、及化學狀況的「徒步偵察成套器具特種裝備」(dismounted reconnaissance sets, kits, and outfits, DR SKO)計畫。這紙價值5,110萬美元的合約，係五年期「不定期/不定量」(indefinite delivery/indefinite quantity, IDIQ)合約下的第二次「全量生產」(full-rate production)訂單，它也包含了該公司的整合式化生放核武器威脅反應系統及其相關零件與服務。

這套「徒步偵察成套器具特種裝備」系統，整合了化生放核武器的偵測、識別、採樣、檢驗，以及個人安全包，這使軍事人員得以進行現場評估和災後處理任務。這份合約的預期交付日期會落在2016年4月至9月

之間。

原名「聯合核生化偵察系統增量二型」(JNBCRS2)的「徒步偵察成套器具特種裝備」計畫，係美國國防部的一個聯合軍種提案，聚焦化生放核武器威脅的偵測系統、並適用全軍及民事支援小組。

2008年迄今，該計畫保護了人員免於化生放核的危害，也提供了對化生放核武器威脅的偵測、識別、採樣、消毒、標誌及危害報告。

2014年4月，前視紅外線系統公司獲得了美國國防部全量生產的決策支持；同時也得到陸軍一紙1,230萬美元的訂單，展開了「徒步偵察成套器具特種裝備」系統的「初期少量生產」(low-rate initial production)，以及580萬美元的相關計畫管理與後勤工作經費。

天津慘遭化學災害蹂躪

除了衝突地區外，化生放核物質也會導致工業災難而造成大規模的污染。在2015年8月12日，位於中國大陸北京以東120公里處的天津工業港，儲存化學危險品的倉庫在連續爆炸中

灰飛煙滅，造成至少100名消防員喪生，另有700多名人員受傷。

結果造成數以噸計的毒性工業化學物質外洩——包括700噸原本儲存在設施內的「氰化鈉」(sodium cyanide)，並造成災後的天津港猶如歷經相當於千噸級核爆後的場景。劇毒的「氰化氫」(hydrogen cyanide)也在空氣中被檢測到超過安全指標。據推測，在消防員用水救災時可能已無意間加劇了爆炸的災情，因為水會與儲存在現場、具有揮發性、諸如「電石」(calcium carbide)及「甲苯二異氰酸酯」(toluene diisocyanate)之類的毒性工業化學物質產生反應，這也是一種致癌物。無論恐怖份子發動攻擊、政府力、或是由於安全警覺鬆懈及疏忽所造成，因應化學攻擊都需要正確的防護裝備及訓練，才能挽救生命並降低傷亡程度。

作者簡介

Andy Oppenheimer係英國化生放核及反恐領域的分析家，也是《德國軍事科技月刊》的定期供稿者。

Reprint from *Military Technology* with permission.