

明清獨特複合金屬砲的興衰*

黃一農**

國立清華大學歷史研究所

摘 要

至遲於萬曆四十八年（1620），明人開始仿鑄歐洲的前裝滑膛銅砲。此後二十多年與清軍交戰的過程中，明朝工匠陸續融入南方較發達的鑄鐵工藝以及北方已有逾百年傳統的鐵心銅體佛郎機子銃製法，造出品質絕佳的「定遼大將軍」砲。稍後，清朝也利用投降漢人工匠成功量產出結構類似的「神威大將軍」砲。這些複合金屬砲比銅砲更輕更省，且可強化砲管的抗膛壓能力，其品質應在世界居領先地位。然而，此一先進製法卻在清朝定鼎之後長期的平和狀態中遭到遺忘。道光二十年（1840）掀起的鴉片戰爭，迫使清廷重新大量造砲。此波新砲追求厚重，並令複合金屬技法再度風行，製出「耀威大將軍」等萬斤重砲。惟因其砲管內壁不夠勻稱，材質亦較西砲為差，仍無力面對西方列強的挑戰，紅夷火砲在中國也終於隨著稍後線膛砲的崛起而走入歷史。本文除介紹筆者過去十多年來所獲見的 48 門深遭學界忽視的明清複合砲外，並嘗試勾勒出此類特殊砲種的「文化傳記（cultural biography）」。

關鍵詞：軍事史，技術史，物質文化，複合金屬砲，火砲

* 此研究乃國科會計劃「十六、七世紀傳至亞洲之歐洲火砲研究」（NSC 96-2411-H-007-003-MY3）之成果，並受清華大學增能計畫「近代東西文明之遭遇與衝撞」之支持，特此誌謝。文中許多技術相關概念，非常感謝新竹清華大學材料科學工程學系葉均蔚教授以及北京科技大學冶金與材料史研究所孫淑雲教授的提示與說明。所引筆者先前已出版之論文，均可自本人網站（<http://hss.nthu.edu.tw/~ylh/>）全文下載。

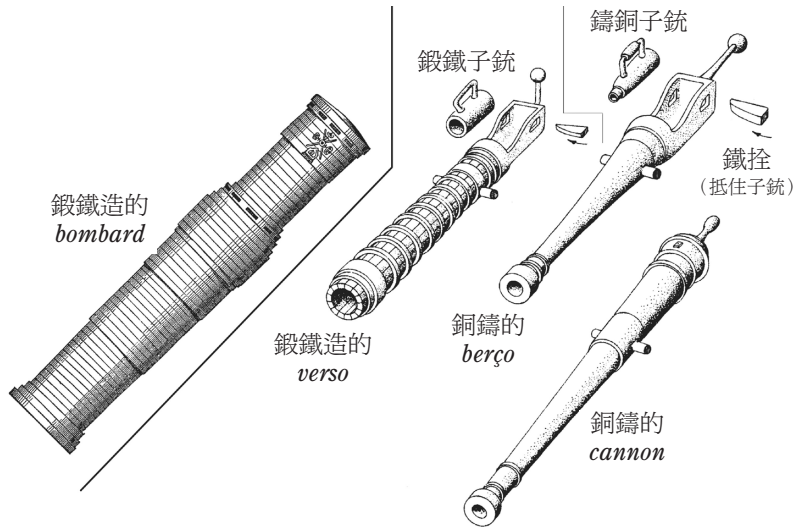
** 本文作者電子郵件信箱：ylhuang@mx.nthu.edu.tw

一、前言

自十五世紀末葉以來，「大航海時代」中以葡萄牙和西班牙為首的歐洲國家，開始透過其堅船利砲影響美洲、非洲以及亞洲許多緊鄰大洋的地區。先前歐洲已出現許多口徑超過 30 cm 的前膛裝填式 bombard 砲，此種砲是將熟鐵 (wrought iron) 先鍛打成長條形，^(註 1) 再箍起來焊接成圓管。^(註 2) 惟因其既笨重且裝填費時，故自十五世紀後期開始，轉而生產用熟鐵鍛造而成的小型後膛裝填式火砲 (breechloader，西班牙人稱之為 *verso*)，每門母銃附數門子銃 (chamber)，^(註 3) 事先裝好彈藥，發射後可立即抽換。但由於鍛造法十分費時費工，且鐵砲在海船上容易生鏽，膛炸時還易裂成碎片傷人，遂於十六世紀初又出現較輕的青銅鑄後膛裝填式火砲，葡萄牙人名之為 *berço*，其內徑約 5 cm，砲重約 150 kg，發射 1 lb 重之彈，每門母銃配備 4 門子銃，有效射程約 600 m，最快每半分鐘可發射一發。^(註 4) 然因當時機械的製造精度不夠，導致膛內火藥的爆炸力量常從母、子

1. 西方古代製造 wrought iron (鍛鐵或熟鐵，指含碳量小於 0.25% 之鐵，依其碳含量的高低相當於現在的極軟鋼、軟鋼及半軟鋼) 的方法有二：早期的「塊煉法 (bloomery)」是用木炭在爐中加熱鐵砂，當溫度接近 1,150°C 左右，礦石中的氧化鐵會還原成金屬鐵，產生疏松多孔的塊煉鐵 (bloomery iron)；此時，若將塊煉鐵自爐中移出，加以鍛打，即可擠出大部分的雜質，並打進適量的碳，以增加其硬度，但此法的產量不高。十五世紀以後，則出現「間接法 (indirect)」，先用高爐使溫度加高到 1,150°C 之上，令鐵砂熔煉成流體狀態，產出生鐵或稱鑄鐵 (cast iron；含碳量約為 3-5%)，由於液態的生鐵與雜質彼此密度不同，故在倒出冷卻時可以較易分離；接著，以另一精煉爐 (finery) 將生鐵再度加熱，並運用氧化環境把生鐵中的碳轉化成二氧化碳，即可產出低碳的 wrought iron；此法因工序較易，逐漸取代塊煉法。西方現存的 bombard 鐵砲大多採用塊煉法，但少數亦出自間接法。中國在西漢中期就已使用炒鐵 (puddling iron) 技術發明了間接法，該法先將生鐵熔成流態後，再用木棍持續攪拌，使生鐵中所含之碳元素不斷氧化，如此，就可得到低碳的 wrought iron。雖然 wrought iron 的強度及硬度可能不及生鐵，但較具韌性和延性，也較容易焊接和鍛造。參見 Robert D. Smith & Ruth Rhynas Brown, *Bombards, Mons Meg and Her Sisters* (London: The Trustees of the Royal Armouries, 1989), pp. 98-102；華覺明，《中國古代金屬技術：銅和鐵造就的文明》(鄭州：大象出版社，1999)，頁 380-385。
2. Robert D. Smith & Ruth Rhynas Brown, *Bombards, Mons Meg and Her Sisters*, pp. 7-9.
3. 明人邱濬 (1420-1495) 有云：「自古中國所謂礮者，機石也，用機運石而飛之致遠爾。近世以火藥實銅鐵器中亦謂之礮，又謂之銃……今礮之製，用銅或鐵為具，如筒狀，中實以藥，而以石子塞其口，旁通一線用火發之。」由於中國古代對「銃」、「砲」、「炮」、「礮」、「煩」等字的用法，並無明確區分，筆者在行文中，除引用原始文獻外，將儘量只使用「砲」或「銃」兩字，且將所討論的火砲侷限在非個人火器 (重量大於 20 lb)。參見邱濬，《大學衍義補》(臺北：臺灣商務印書館，《景印文淵閣四庫全書》鈔本，成化二十三年成書)，卷 122，頁 11；Joseph Needham, *Science and Civilisation in China, vol. 5, pt. 7: Military Technology; the Gunpowder Epic* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1986), p. 292.
4. John Vogt, "Saint Barbara's Legion: Portuguese Artillery in the Struggle for Morocco, 1415-1578," *Military Affairs*, 41.4 (1977), pp. 176-182.

銃的間隙外洩，此故，銅鑄的前裝滑膛火砲（muzzleloading smooth bore cannon）在十六世紀前期逐漸引領風潮，並在該世紀末葉令後膛裝填的火砲開始從歐洲各國的海船淡出。^{（註5）}至十六世紀末葉，因航海需求益增，且銅價遠高於鐵，鑄鐵砲才日益普及。^{（註6）}



圖一：十五、十六世紀的歐洲火砲。其中銅鑄的 cannon，長約 2 m；但鍛鐵造的 bombard，則未依比例圖示，其長往往有逾 5 m 者^{（註7）}

中國雖然是火藥甚至火砲的發明國，但自明朝統一以來，長期的安定與和平，令火器的設計或製造均無太大進展，反倒因「大航海時代」的興起，而接觸到歐洲已後來居上的火砲。1498年（明弘治十一年），葡國探險家達加瑪（Vasco de Gama, 1460–1524）發現從歐洲到印度的新航路，直抵印度西南岸的古里（Calicut）；1510年（正德五年），佔領印度西岸的臥亞（今譯果阿；Goa），並繼續沿海岸往南發展；1511年，更奪取滿刺加（今馬六甲），自此對原先以中國為中心的東南亞國際秩序產生嚴重衝擊。^{（註8）}赴海外發展的華人應至遲在正德（1506–

5. 此段參見 John F. Guilmartin, Jr., *Gunpowder and Galleys: Changing Technology and Mediterranean Warfare at Sea in the 16th Century* (Annapolis: Naval Institute Press, 2003), pp. 168–171.

6. Adrian B. Caruana, *The History of English Sea Ordnance 1523–1875, Vol. 1: 1523–1715, the Age of Evolution* (Rotherfield: Jean Boudriot Publications, 1994), pp. 48–50.

7. 改繪自 John F. Guilmartin, Jr., *Gunpowder and Galleys: Changing Technology and Mediterranean Warfare at Sea in the 16th Century*, p. 170; Robert D. Smith & Ruth Rhynas Brown, *Bombards, Mons Meg and Her Sisters*, p. 26.

8. 廖大珂，〈滿刺加的陷落與中葡交涉〉，《南洋問題研究》，115（廈門：2003），頁 77–86。

1521) 中葉左右, 即親見葡萄牙人所使用的 *berço* 砲, 並名之為佛郎機銃, ^(註 9) 但此一新型火器當時尚未在中國普及。正德下半葉, 因盜賊四起和宸濠叛亂, 令佛郎機銃很快就在閩粵和江西一帶流傳。^(註 10) 嘉靖 (1522–1566) 以後, 更因要防範「南倭北虜」的侵擾, 而使佛郎機銃逐漸變成明軍的制式火器。嘉靖二年 (1523) 起, 軍器局陸續發造大、中、小樣佛郎機銅銃, 至於鐵佛郎機銃的鑄造, 則始自嘉靖四十年。^(註 11) 據嘉靖末年的統計, 遼東各城總共配置了各式佛郎機銃 1,443 門, 其中至少有 549 門為銅銃; 而戚繼光 (1528–1588) 在其《紀效新書》中, 亦曾提及佛郎機銃有長達 9 尺 (明清 1 尺約合 32 cm) 者。^(註 12)

明人首度接觸歐洲製的前裝滑膛火砲, 不會遲於十七世紀初。萬曆四十七年 (1619), 明軍於薩爾滸之役大敗, 為求在武備上有所突破, 遂由協理京營戎政黃克纘 (1550–1634) 主導, 聘請曾在馬尼拉協助西班牙人鑄砲的閩籍工匠於次年仿鑄「呂宋大銅砲」, 惟因品質不佳, 未能在天啓元年 (1621) 的瀋遼之役中力挽狂瀾。接著, 天主教官員徐光啓 (1562–1633) 透過教中人士的幫忙, 嘗試直接自澳門引進西洋製前膛裝填砲和砲師, 揭開近代中國學習西方物質文明的第一課。^(註 13) 迄崇禎年間, 除陸續將打撈自東南沿海歐洲沈船的西洋大砲解京外,

9. 佛郎機 (又名佛朗機、佛狼機、狼機等) 原為法蘭克人 (Franks; 曾於第五世紀入侵西羅馬帝國, 佔據今法國北部、比利時和德國西部等地, 建立中世紀早期西歐最強大的基督教王國) 之對音, 但又常被狹義地指葡萄牙人。此詞波斯人作 *Farangī* 或 *Firingī*, 阿拉伯人作 *Al-Faranj*, *Ifranjī*, *Firanjī*, 錫蘭人作 *Parangi*, 南印度人作 *Parangi*, 暹羅人作 *Pharang*。使用時略帶貶意, 如印度社會就將佛郎機人 (當地乃指葡萄牙人或印度出生的葡裔) 歸類為低賤之種姓; 此與葡萄牙人稱呼伊斯蘭教徒為摩爾人 (Moors) 的情形相近。當時中東和亞洲之人大多用出處來命名 *berço*。印度莫臥兒 (Mughal) 帝國的第一位皇帝 Zahirud-din Muhammad Babur (1483–1530), 在敘述奠定其開國基業的 Panipat (1526) 之役時, 聲稱曾得力於一種被稱作 *firingī* 的火砲, 應就指的是此種後膛裝填砲。參見戴裔煊, 《〈明史·佛郎機傳〉箋正》(北京: 中國社會科學出版社, 1984), 頁 1; Henry Yule, *Hobson-Jobson: A Glossary of Colloquial Anglo-Indian Words and Phrases, and of Kindred Terms, Etymological, Historical, Geographical and Discursive* (London: J. Murray, 1903), pp. 352–353, 582; Zahirud-din Muhammad Babur, *Babur-nama*, trans. Annette Susannah Beveridge (New Delhi: Munshiram Manoharlal, 1998; originally published in 1922), pp. 369, 473–474, 670; G. N. Pant, *Mughal Weapons in the Bābur-nāmā* (Delhi: Agam Kala Prakashan, 1989), pp. 160–162.
10. 李斌, 〈關於明朝與佛朗機最初接觸的新史料〉, 《九州學刊》, 6.3 (臺北: 1994), 頁 95–100; 周維強, 〈佛郎機銃與宸濠之叛〉, 《東吳歷史學報》, 8 (臺北: 2002), 頁 93–127。
11. 李東陽等撰, 申時行等重修, 《大明會典》(臺北: 新文豐出版公司, 景印萬曆間刊本), 卷 193, 頁 2–3。
12. 參見李輔等修, 《全遼志》(臺北: 藝文印書館, 《四部分類叢書集成·遼海叢書》鉛印本, 嘉靖四十五年成書), 卷 2, 頁 67–69; 有馬成甫, 《火砲の起原とその傳流》(東京: 吉川弘文館, 1962), 頁 520–581。
13. 黃一農, 〈明末薩爾滸之役的潰敗與西洋火砲的引進〉, 《中央研究院歷史語言研究所集刊》, 第 79 本, 第 3 分 (臺北: 2008), 頁 377–415。

閩粵等地亦因冶鐵技術較發達，^(註 14) 而擁有量產此種新型武器的能力。^(註 15)

許多學者在研究十六、七世紀歐洲火砲技術傳華史時，常誤以為中國一直只停留在模仿抄襲的層次。^(註 16) 事實上，以冶鐵見長的明朝，在接納歐洲較先進的設計後，也曾激盪出新的製砲技術，並於明末造出全世界品質最高的鐵心銅體砲，惟此法並未能在明清中國得到足夠認同，也未能在近代學界引發應有重視。^(註 17) 過去十餘年來，筆者曾多次赴國內外實地調查各種現存火砲，本文將首度結合文物與文獻，有系統地介紹這類複合金屬砲 (composite-metal cannon)，並追索其在華的發展興衰，且與其它國家類似的技術進行比較分析，希望能為近代軍事史、科技史或物質文化史開創新的研究視野。

二、明末製造的複合金屬砲

(一) 嘉靖年間的鐵心銅體佛郎機子銃

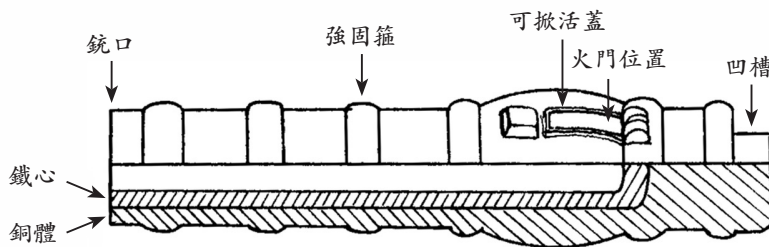
中國現存的佛朗機銃實物中，有編號至一萬七千多號者，通常每門配有子銃 5 或 9 具，然而，迄今僅十多具子銃尚存，除銅鑄者外，5 具是鐵心銅體（內壁之鐵管應為鍛造，外壁則為鑄銅，鐵心較銅體略薄；見表一），^(註 18) 此與歐洲以鍛鐵或鑄銅單一金屬製造的情形頗異。在這 5 具鐵心銅體子銃當中，有 4 具由工部的兵仗局製造，用於中樣佛郎機銅銃上。其火門均有可掀閉之活蓋，可避免

-
14. 閩粵地區因使用木炭煉鐵，避免因煤中含硫所導致鑄鐵品質低落的現象，故所鑄之砲冠絕全國。參見李弘祺，〈中國的第二次銅器時代：為什麼中國早期的炮是用銅鑄的？〉，《臺大歷史學報》，36（臺北：2005），頁 1-34。
 15. 黃一農，〈明清之際紅夷大砲在東南沿海的流布及其影響〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》，第 81 本，第 4 分（臺北：2010），頁 768-832。
 16. 如見 Keith Krause, *Arms and the State: Patterns of Military Production and Trade* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1992), pp. 48-52; Nicola Di Cosmo, "Did Guns Matter? Firearms and the Qing Formation," in Lynn Struve ed., *The Qing Formation in World-Historical Time* (Cambridge, MA: Harvard University Asia Center, 2004), pp. 121-166.
 17. 先前只有少數文章零星提及此法，如 Donald B. Wagner, "Chinese Monumental Iron Castings," *Journal of East Asian Archaeology*, 2.3-4 (2000), pp. 199-224；黃一農，〈歐洲沉船與明末傳華的西洋大砲〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》，第 75 本，第 3 分（臺北：2004），頁 573-634。
 18. 王兆春，〈中國科學技術史：軍事技術卷〉（北京：科學出版社，1998），頁 197-204；劉旭，〈中國古代火藥火器史〉（鄭州：大象出版社，2004），頁 106-116；成東、鍾少異，〈中國古代兵器圖集〉（北京：解放軍出版社，1990），頁 240；楊豪，〈遼陽發現明代佛郎機銅銃〉，《文物資料叢刊》，7（北京：1983），頁 173-174。

風雨吹散或打濕引火藥；(註 19) 在火門前後各有幾道隆起的強固箍，尾端有凹槽可供鐵拴 (wedge) 插入固定之用，(註 20) 以避免發射後子銃因後座力而跳出 (圖一及圖二)。其中僅第 5 號的母銃尚存，長 91 cm，內徑 4 cm，上刻「嘉靖二十二年造，年例勝字三百六號……」之銘文。

表一：明代鐵心銅體的佛郎機子銃

| 編號 | 鑄造年份 | 內徑 (cm) | 全長 (cm) | 重量 (kg) | 銘文內容 | 收藏或出處 |
|----|--------------|---------|---------|---------|------------------------------------|----------------|
| 1 | 嘉靖十二年 (1533) | 2.6 | 29.5 | 4.65 | 勝字貳千肆佰伍拾壹號，佛郎機中樣銅銃，嘉靖癸巳年兵仗局造，重玖斤肆兩 | 中國歷史博物館藏 |
| 2 | 嘉靖十二年 (1533) | 2.6 | 29.5 | 5.00 | 勝字貳千柒佰貳拾貳號，佛郎機中樣銅銃，嘉靖癸巳年兵仗局造，重拾斤 | 中國歷史博物館藏 |
| 3 | 嘉靖二十年 (1541) | 2.7 | 29.3 | 4.25 | 勝字陸千貳佰柒拾肆號，佛郎機中樣銅銃，嘉靖辛丑年兵仗局造，重捌斤捌兩 | 1978 年 遼陽出土 |
| 4 | 嘉靖二十年 (1541) | - | - | 4.75 | 勝字陸千肆佰肆拾參號，佛郎機中樣銅銃，嘉靖辛丑年兵仗局造，重玖斤捌兩 | 1978 年 遼陽出土 |
| 5 | 嘉靖廿二年 (1543) | 3.5 | 23.0 | - | 勝字十七號 | 北京首都博物館藏 |



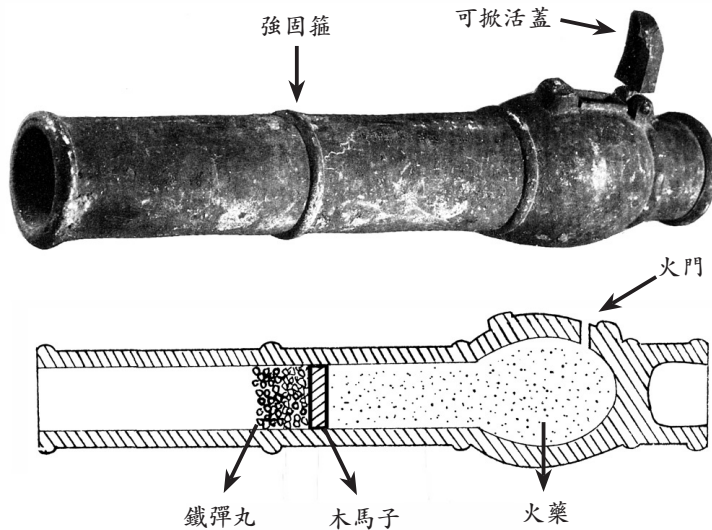
圖二：明代中樣佛郎機銅銃所用的子銃 (註 21)

19. 有學者認為此活蓋乃傳自安南，參見李斌，〈永樂朝與安南的火器技術交流〉，收於鍾少異主編，《中國古代火藥火器史研究》（北京：中國社會科學出版社，1995），頁 147-158；Laichen Sun, “Chinese-style Firearms in Southeast Asia: Focusing on Archaeological Evidence,” in Michael Arthur Aung-Thwin and Kenneth Hall eds., *New Perspectives on the History and Historiography of Southeast Asia: Continuing Explorations*. (London: Routledge, 2011), in print.

20. 參見程子頤，《武備要略》（《四庫全書》景印崇禎五年刊本），卷 2，頁 7-8。

21. 改繪自成東、鍾少異，《中國古代兵器圖集》，頁 239。

圖二中，佛郎機子銃的活蓋與明初銅手銃的設計幾乎雷同，事實上，兩者的整體外形、內徑和操作原理均十分相近（圖三）。（註22）此故，自嘉靖二十二年（1543）起，工部軍器局奉命每年將105副手把銅銃或碗口銅銃改造成適用的中樣佛郎機子銃。（註23）



圖三：明代之手銃及裝填示意圖（註24）

（二）崇禎元年的「捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲」

北京八達嶺特區的中国長城博物館藏有崇禎元年（1628）所造的前裝滑膛紅夷型火砲一門（圖四），內徑為7.8 cm，長170 cm，重420 kg，從砲口可見其管壁為鐵心銅體，有準星和照門，砲耳斷落其一，砲身上有三道箍，火門原設計有防風雨用的活蓋，現已失落，砲尾有便於搬運之鐵環。此砲原露天置於長城上，至1995年始由八達嶺特區文管科移交中國長城博物館。先前學者將銘文誤釋成：「崇禎戊辰年兵仗局鑄造，捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲。頭號節裏銅發煩砲

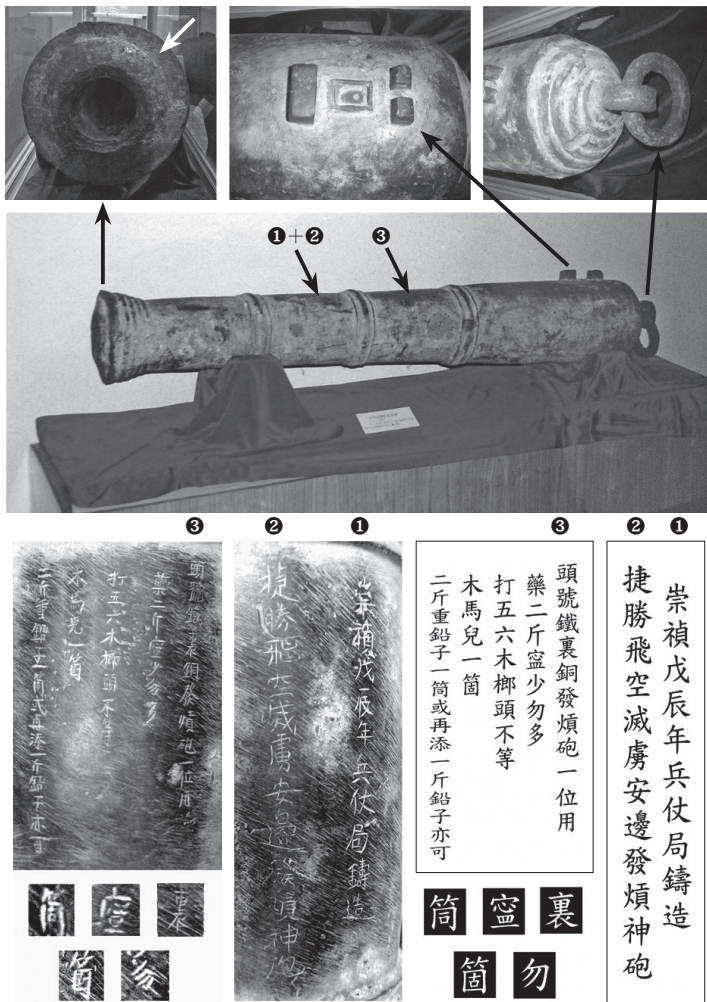
22. 有馬成甫，《火砲の起原とその傳流》，頁122-141；王兆春，《中國科學技術史：軍事技術卷》，頁154-156。

23. 李東陽等，《大明會典》，卷193，頁2-3。

24. 改繪自成東、鍾少異，《中國古代兵器圖集》，頁231。

一位，用藥二斤口少分口，打五、六榔頭不等，木馬子一箇，二斤重鉛子一箇，或再添一斤鉛子亦可。」並衍稱此砲除發射一枚鉛彈外，在砲口處還裝填一枚以銅爲殼的爆炸彈。(註 25)

筆者在該館馬威瀾先生的協助下，嘗試重新檢視此砲，發現先前對銘文的辨讀和解釋均出現訛誤。查在第二節砲身上所陰刻的「崇禎戊辰年兵仗局鑄造」以及「捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲」兩句，字跡頗異。至於第三節砲身上所陰刻之



圖四：中國長城博物館藏「捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲」

25. 參見成東、鍾少異，《中國古代兵器圖集》，彩版 29；成東，〈明代後期有銘火炮概述〉，《文物》，4（北京：1993），頁 79-86。

「頭號鐵裏銅發煩砲一位，用藥二斤，罌少勿多，打五、六木榔頭不等，木馬兒一箇，二斤重鉛子一箇，或再添一斤鉛子亦可」字樣，字跡又與前兩者不同。當中之「罌」字，筆者原先誤釋作「宜」，^(註 26)但經放大後，清晰可現字中的「心」部和「四」部。

由於此砲之銘文均為陰刻，且從其字跡不同之事實判斷，似應分三階段次第所刻。疑「崇禎戊辰年兵仗局鑄造」字樣是在完工之後未久就刻上，惟因通常此應以陽刻的方式在冶鑄過程中一體成型，知當時鑄砲之舉似乎頗為匆促。又，此砲被封為「捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲」，所加八字徽號較天啓六年（1626）寧遠大捷時痛擊後金的西洋製大砲不遑多讓，後者之一受封為「安國全軍平遼靖虜大將軍」，因知此發煩神砲理應立下頗大戰功，始能獲賜長達八字之徽號（字數愈長愈尊榮），且此應為明廷所賜，否則不會使用「滅虜」二字。^(註 27)至於第三節砲身上敬缺末筆的「罌」字，應是避清道光帝旻寧的名諱，^(註 28)疑該五行涉及用彈用藥的敘述或是道光朝以後所刻，惟原先「滅虜安邊」的意涵，則已轉換成了針對掀起鴉片戰爭的英國。

此砲內層的鐵心，在銘文中被稱作「鐵裏」。^(註 29)發射時，先裝入火藥，並用木榔頭敲打五、六下，令藥粉塞緊，再放入扮演活塞功能的木馬兒（或稱「木馬子」），^(註 30)最後裝填小鉛子，期望能以霰彈的方式殺傷敵方人馬，原理頗類明初之手銃（圖三）。

綜前所論，知兵仗局曾於崇禎元年新鑄一批發煩神砲，發交各邊關使用，中國長城博物館現藏乃其中形制最大者（所謂的「頭號」）。^(註 31)此應非明朝第一

26. 黃一農，〈紅夷大砲與皇太極創立的八旗漢軍〉，《歷史研究》，4（北京：2004），頁 74-105。

27. 「安國全軍平遼靖虜大將軍」封號見於《明熹宗實錄》（臺北：中央研究院歷史語言研究所，1962，《明實錄》景印舊鈔本，其餘各朝明實錄同此），卷 69，頁 20。依照體例，「捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲」受封之事亦應見諸實錄，惟因崇禎朝實錄均已亡佚，故其事不明。查在崇禎二年的「己巳之役」中，後金攻入關內，三年五月，明軍圍攻遭後金佔領的遵化、永平、灤州和遷安四城，大貝勒阿敏等大敗，棄城逃回關外，而在此一明朝稱作「遵永大捷」的戰役中，紅夷砲曾在攻堅時發揮大用，不知前述發煩神砲是否於此時立下大功？參見黃一農，〈紅夷大砲與皇太極創立的八旗漢軍〉，《歷史研究》，頁 74-105。

28. 參見李清志，〈古書版本鑑定研究〉（臺北：文史哲出版社，1986），頁 218-219。

29. 筆者在〈紅夷大砲與皇太極創立的八旗漢軍〉一文中，亦循先前學者之說，將「鐵裏」誤釋為「鐵裏」。

30. 有學者認為木馬子乃受安南影響，參見李斌，〈永樂朝與安南的火器技術交流〉，收於鍾少異主編，〈中國古代火藥火器史研究〉，頁 147-158；Laichen Sun, "Chinese-style Firearms in Southeast Asia: Focusing on Archaeological Evidence."

31. 筆者先前在〈紅夷大砲與皇太極創立的八旗漢軍〉一文中，將「頭號」誤釋為這批砲的第一門。

次鑄此型砲，因天啓六年三月曾發送「頭號發煩三位、二號九位……」至山海關；七年二月亦發送「頭號發煩砲三位、二號發煩砲六位、鐵裏安邊神砲六十位、鐵裏虎蹲神砲六十位……」至皮島；^(註 32) 迄崇禎後期，明軍在松山、錦州、塔山等戰略要地均配置有發煩砲。^(註 33) 查山西平定縣亦曾於 1995 年在固關內古長城下，發現一門天啓七年銅砲，上刻有「……勇發煩神砲，頭號鐵裏銅發煩神砲一位。用藥二斤，盞少勿多，打五、六木榔頭不等，木馬兒一箇，二斤重鉛子一箇，或再添一斤鉛子亦可」等字，此與中國長城博物館所藏者文字多同，詳情待考。^(註 34)

鍾方在道光二十一年（1841）所撰的《砲圖集》中有云：

本朝製發煩砲，鑄鉄爲之，前奔後豐，底如覆笠，重自三百五十觔至四百五十觔，長自四尺三寸至四尺九寸，用火藥自八兩至十二兩，鉄子自一觔至一觔八兩。不鏤花文，隆起四道。旁爲雙耳，載以雙輪車，轆長六尺九寸，輪九輞十八輻，通繫以朱。當軸兩轆上處，有月牙窩以承砲耳。此項砲位內，亦有明天啓、崇禎年鑄造者。^(註 35)

知天啓、崇禎年間鑄造的紅夷型發煩砲，仍有一些留存至清末，但多爲鑄鐵所製，而非鐵心銅體，且從其重量（350–450 斤）和長度（4.3–4.9 尺）判斷，知鍾方所見要較「頭號發煩砲」爲小。

質言之，發煩神砲的設計或受佛郎機子銃的啓發，兩者同爲鐵心銅體，只不過尺寸不一，且前者是口小腹大（所謂「前奔後豐」）的紅夷砲外型。^(註 36) 由於天啓七年二月發送至皮島的火器中，尙包含「鐵裏安邊神砲六十位、鐵裏虎蹲神砲六十位」，^(註 37) 從「鐵裏」之字面判斷，兩者很可能也是鐵心銅體；亦即，

32. 《明熹宗實錄》，卷 69，頁 5；卷 81，頁 9。

33. 郭美蘭選譯，《崇德七年奏事檔》，收入故宮博物院明清檔案部／中國第一歷史檔案館編，《清代檔案史料叢編（第十一輯）》（北京：中華書局，1984），頁 1–15。

34. 此見 <http://www.pd.gov.cn/Article.asp?NewsID=589>，惟其所辨識的銘文有誤，已參照前文對「捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲」之研究試改。

35. 鍾方，《砲圖集》（北京大學圖書館藏鈔本，成書於道光二十一年），卷 2，無頁碼。感謝北京大學陳昱良同學協助抄寫此書內容。

36. 嘉靖間已出現重約 500 斤的「銅發貢」，惟其並非紅夷型的火砲。參見胡宗憲，《籌海圖編》（臺北：臺灣商務印書館，《景印文淵閣四庫全書》鈔本，嘉靖四十一年成書），卷 13，頁 35。

37. 《明熹宗實錄》，卷 81，頁 9。

類似的製砲法在明末或許比想像中要普遍的多。崇禎十三年，保定長城的茨溝營就安設有「大鐵裏銅將軍二位」。(註 38)

雖然明人在嘉靖年間即已量產鐵心銅體的佛郎機子銃，但類似「發煩神砲」般的大型銅鐵複合砲實在罕見。它巧妙利用青銅熔點（約 1,000°C）低於鑄鐵（1,150–1,200°C）的現象，於鐵胎冷卻後再以泥範鑄造法或失蠟法製模，(註 39)並在鐵胎上澆鑄銅液；即可透過外銅凝固冷卻時的收縮（shrinkage）作用，而增加砲體的抗膛壓強度。(註 40) 換句話說，鐵心銅體的設計將可擁有重量輕、韌性佳以及安全性高等優點，且較純銅砲便宜、耐磨損，又較純鐵砲易散熱。(註 41)

(三) 崇禎十年左右鑄造的複合鐵砲

明人所創獲的鐵心銅體鑄砲技術，在崇禎後期出現變體，製出內層是熟鐵、外層為生鐵的複合砲。北京德勝門箭樓上即尚存一門（圖五），其陽刻銘文只可勉強辨識出「天字肆號」和「欽命總監中西二協軍門御馬監太監□□□」兩行字。查北京首都博物館亦藏一門砲，上刻「密鎮捐助天字第五號西洋砲，總監中西二協御馬監太監鄧希詔、總督薊遼等處兵部右侍郎張福臻、分監中西二協御馬監太監杜勛、巡撫順天等處都察院御史吳阿衡，崇禎十年五月吉日……」字樣，(註 42) 從兩者編號連續一事判斷，箭樓之砲很可能亦是在崇禎十年左右於薊鎮的中西二協所鑄。前述的鄧希詔於崇禎九年八月起擔任「監視中西二協」，協助應付甫侵入關內的清兵；十二年八月，時任「薊鎮總監」的鄧氏以「封疆失事」遭

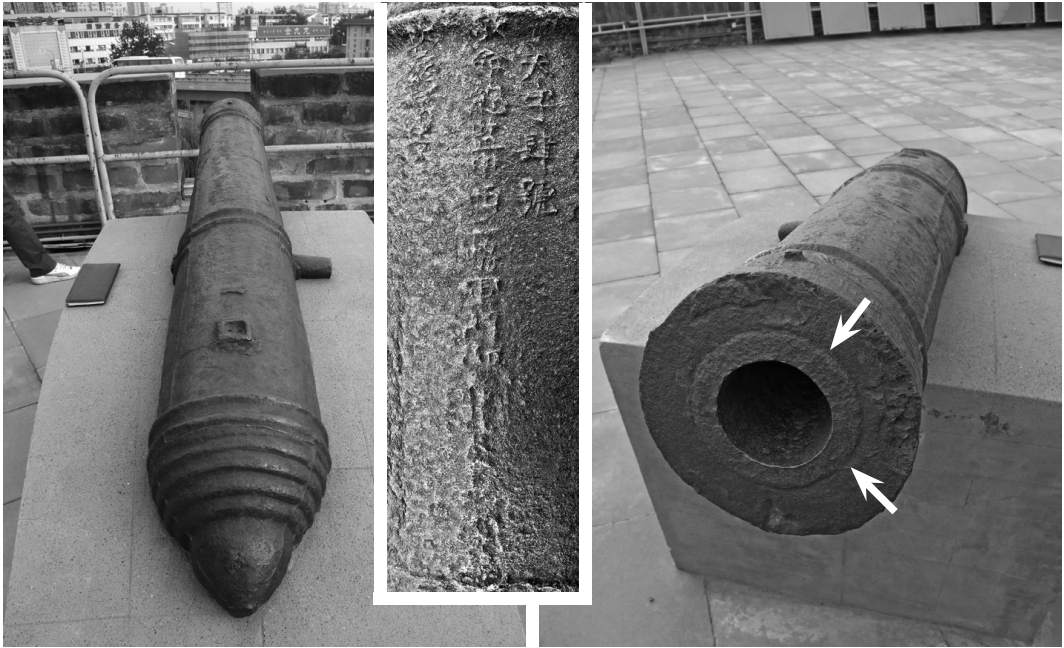
38. 參見李光濤編，《明清史料》（臺北：中央研究院歷史語言研究所，1962–1999），癸編，第 3 本，頁 206。

39. 孫淑雲主編，《中國古代冶金技術專論》（北京：中國科學文化出版社，2003），頁 213–227。

40. 參見 Serope Kalpakjian & Steven R. Schmid, *Manufacturing Engineering and Technology* (London: Prentice Hall, 2001, 4th ed.), p. 256.

41. 當時在中國的銅價較貴，如崇禎前期銅每斤約值八分銀，而最好的閩鐵每斤約值一分二厘，相差 6–7 倍。又，早期銅砲和鑄鐵砲在膛炸時最大的不同是：銅砲通常會先出現裂紋，再鼓起，最後才裂開；鑄鐵砲則多在無預警的情形下就膛炸，且會出現碎片傷人的情形。此外，鐵製內管也較不易磨損。另一方面，因抗膛壓能力增強，故亦有可能鑄造較薄（也就是說較輕、較省）之砲。參見茅元儀，《石民四十集》（《四庫禁燬書叢刊》景印崇禎間刊本），卷 7，頁 10；卷 67，頁 17；William Rostoker, “Troubles with Cast Iron Cannon,” *Archeomaterials*, 1.1(1986), pp. 69–90; Adrian B. Caruana, *The History of English Sea Ordnance 1523–1875, Vol. 1: 1523–1715, the Age of Evolution*, p. xvii; Donald B. Wagner, “Chinese Monumental Iron Castings,” *Journal of East Asian Archaeology*, pp. 199–224.

42. 劉旭，《中國古代火藥火器史》，頁 112。



圖五：北京德勝門箭樓的「天字肆號」複合鐵砲

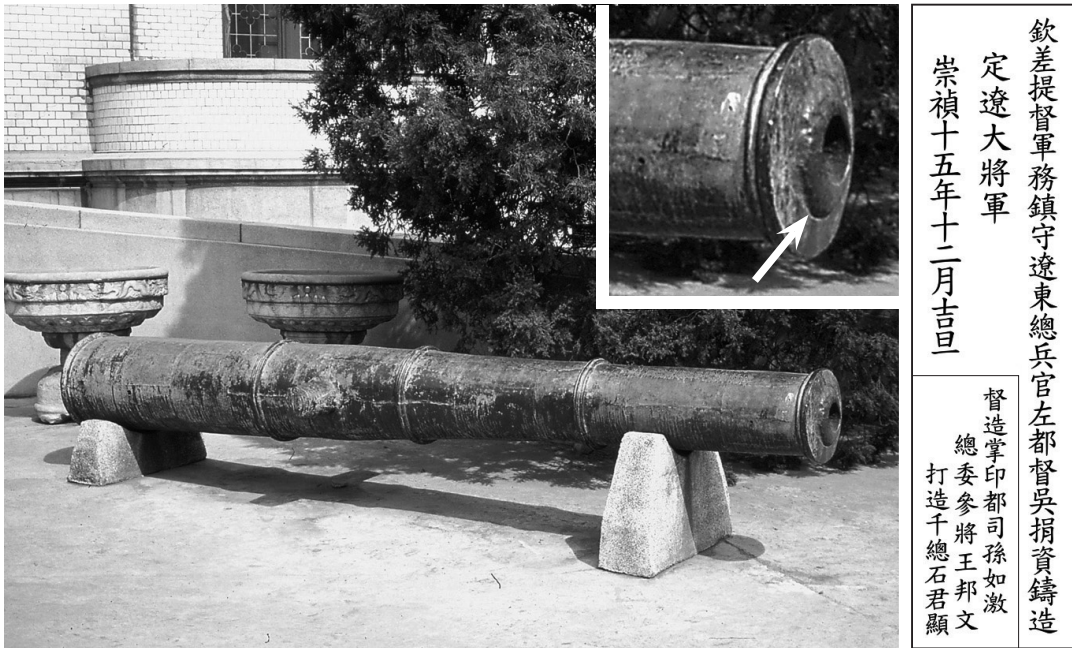
棄市。(註⁴³)由於筆者未見「天字第五號西洋砲」，不知其是否亦為複合鐵砲。

此砲應經兩次鑄造型，內層砲管為抗膛壓能力較強的熟鐵，外層則是定型能力較強的鑄鐵，並利用外層鑄鐵熔點較內層熟鐵低的現象鑄成，令內膛具有較好的韌性。

(四) 崇禎十五年的「定遼大將軍」

筆者曾於 1996 年在瀋陽的遼寧省博物館見到一門鐵心銅體砲（圖六），砲身長 382 cm，砲口內徑 10.2 cm、外徑 35 cm，重約 2,500 kg，陰刻之銘文為「欽差提督軍務鎮守遼東總兵官左都督吳捐資鑄造，定遼大將軍，崇禎十五年十二月吉旦，督造掌印都司孫如激，總委參將王邦文，打造千總石君顯」。查李約瑟 (Joseph Needham, 1900–1995) 在 1952 年訪問遼博前身的東北博物館時，不僅見到此砲，還詳細描述了另一門更大的「定遼大將軍」，稱其砲身長 12 ft、內徑

43. 《崇禎實錄》（臺北：中央研究院歷史語言研究所，1962，《明實錄》景印舊鈔本），卷 9，頁 288–289；卷 12，頁 367；張廷玉等，《明史》（北京：中華書局，1974 年點校本），卷 252，頁 6514。



圖六：遼寧省博物館藏「定遼大將軍」

5 in，知當時似存在至少兩門由遼東總兵吳三桂於寧遠捐資鑄造的「定遼大將軍」。(註 44)

崇禎十四年七月，洪承疇調集十三萬大軍，欲解錦州之圍。八月，明清兩軍在松山城外會戰，明軍大潰，五萬餘人被殺，吳三桂逃回寧遠，洪承疇坐困松山，祖大壽則仍被圍於錦州。吳三桂雖為敗兵之將，但因無人堪用，且吳氏又是洪承疇門下及祖大壽外甥，遂晉升吳三桂為提督，在寧遠統籌遼東軍務，「主客援兵皆聽提調」。(註 45) 十五年二月，松山食盡，洪承疇降清；三月，祖大壽亦降。十一月，清軍從墻子嶺分道突入關內，破薊州，趨真定、河間。(註 46) 閏十一月，奉命察理真定府所屬各州縣城守事宜的兵科給事中時敏，要求眾人應「詰姦飭備」，他題稱：

44. 李約瑟誤讀銘文，認為該砲是由一名為「吳捐資」者所鑄造。參見 Joseph Needham, *Science and Civilization in China*, vol. 5, pt. 7, p. 394；劉韞，〈明定遼大將軍砲：吳三桂固守寧遠抗清的物證〉，《遼海文物學刊》，1（瀋陽：1994），頁 120-122。筆者感謝早稻田大學的江場山起先生提示劉文，惟該文所錄引的銘文頗多訛誤。

45. 中央研究院歷史語言研究所編，《明清史料》，乙編，第 4 本，頁 360。

46. 此段參見劉鳳云，《吳三桂傳》（蘭州：蘭州大學出版社，2000），頁 20-41。

道臣張經遂以臣言傳示大小將吏，一齊奮起，各捐火藥、神器無算，有捐大砲至三十尊、火藥至二千斤者……道臣復捐助二百金，州臣（農按：指定州知州唐鉉）捐助三百金，積貯米豆、草束以爲士民倡，士民捐助亦復累至數千，賊來軟困可望支持。（註47）

當時從中央以迄地方之官民均被要求或受鼓勵捐貲以充實軍備，（註48）可見明廷的財政已明顯遭遇嚴重困難。吳三桂或即是在此一變局下，主動或被動地捐造「定遼大將軍」若干門，希望能稍挽頹勢。

（五）崇禎十五年山西製的複合鐵砲

素有「煤海鐵府」美譽的山西長治縣，其城隍廟現亦藏有一門由熟鐵和生鐵構成的複合砲。此乃知縣顏習孔於崇禎十五年所造，其砲口外層之生鐵已脫落。（註49）

（六）崇禎年間山東製的複合鐵砲

山東濟南市博物館外有一門複合鐵砲，上陽刻「崇禎」和「山東」等字，至於負責督造的中軍副將之名，則已漫漶難辨。感謝淡江大學歷史系何永成教授提供此一攝於2001年之照片（圖七）。

三、清初製造的鐵心銅體砲

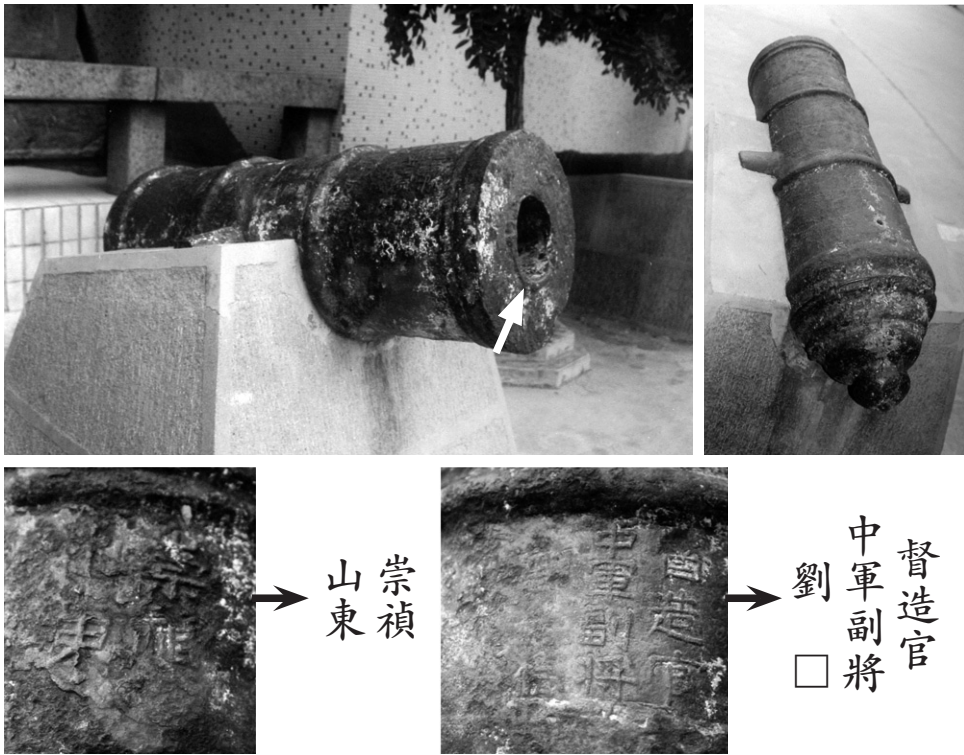
（一）崇德八年的「神威大將軍」

崇德七年（1642）八月，或許爲了因應烏真超哈甫擴編成八旗，皇太極命梅勒章京馬光輝、孟喬芳率八旗各一名甲喇章京，以及鑄砲牛泉章京金世昌（金世祥？）、王天相等，往錦州鑄砲。或因進度不如預期，八年十一月再命固山額真劉之源、吳守進以及梅勒章京金維城、曹光弼率人赴錦州督造，遂於十二月完

47. 中央研究院歷史語言研究所編，《明清史料》，乙編，第5本，頁454。

48. 如同月禮部尚書率同屬捐貲300兩，尙膳監和司禮監官員各捐30和50兩，眞定府的將吏士民也被要求「各捐帑篋，以奠封疆」。參見李光濤編，《明清史料》，辛編，第9本，頁827、832-833。

49. 劉鴻亮、孫淑雲、張建雄，〈鴉片戰爭前後中國複合層火炮技術的初步研究〉，待刊稿，感謝劉鴻亮博士提示。



圖七：濟南市博物館所藏崇禎複合鐵砲

工，該批鐵心銅體砲被命名為「神威大將軍」。(註 50)

筆者曾在北京見到尚存的 4 門（表二及圖八），其中藏於首都博物館的一門，上刻有滿漢蒙文「神威大將軍，大清崇德八年十二月 日造，重三千六百斤」字樣。故宮午門外左掖門前現亦置有兩門，為中國國家博物館所有，分別以滿漢蒙文陰刻「神威大將軍，大清崇德八年 月 日造，重四千斤」和「神威大將軍，大清崇德八年十二月 日造，重三千七百斤」等字，後者原在西華門內。此外，北京故宮博物院還有一門，其砲身陰刻有「大清崇德八年十二月 日造，重三千九百斤」等文字，但無「神威大將軍」之名，有四道箍（前述各門均為六道）。(註 51)

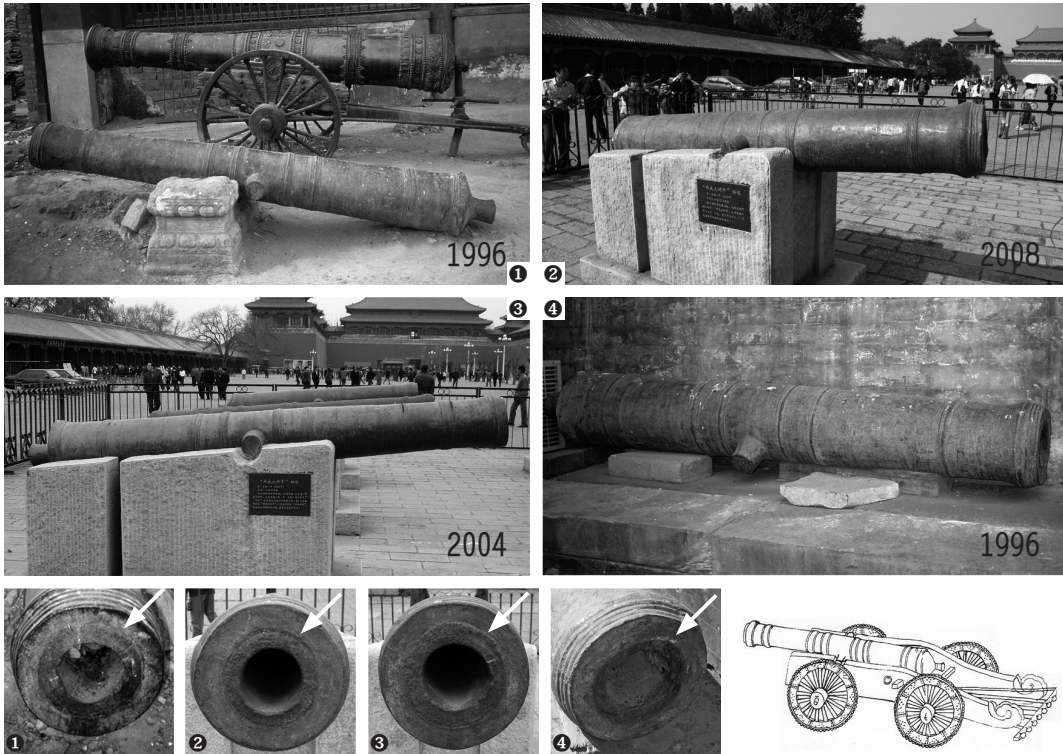
50. 黃一農，〈紅夷大砲與皇太極創立的八旗漢軍〉，《歷史研究》，4，頁 74-105。

51. 先前相關之記述，參見成東、鍾少異，《中國古代兵器圖集》，頁 261；王兆春，《世界火器史》（北京：軍事科學出版社，2007），頁 282；楊泓等，《中國軍事百科全書：古代兵器分冊》，頁 163；王育成，《火器史話》（北京：中國大百科全書出版社，2000），頁 140-141；胡建中，〈清代火砲〉，《故宮博物院院刊》，2（北京：1986），頁 49-57。

表二：現存崇德八年製造的「神威大將軍」

| 編號 | 內徑 | 砲口厚度 | | 底徑 | 砲長 | 砲重 (斤) | 收藏單位 |
|----|------|------|-----|------|-----|-----------|-----------|
| | | (銅體) | 鐵心) | | | | |
| 1 | 13.0 | 6.3 | 3.5 | 48 | 264 | 3900 | 北京故宮博物院 |
| 2 | 13.0 | 5.4 | 3.6 | 41.5 | 266 | 3700 | 北京中國國家博物館 |
| 3 | 13.0 | 4.0 | 4.5 | 42 | 299 | 4000 | 北京中國國家博物館 |
| 4 | 14.5 | 4.9 | 3.0 | - | - | 3600 | 北京首都博物館 |

* 各砲諸元僅為約略值，長度單位為 cm，尙待詳測。



圖八：筆者所攝現存的 4 門「神威大將軍」（編號見表二）以及《砲圖集》的插圖（右下）

惟當時究竟鑄成幾門「神威大將軍」？文獻中所記不一：在《八旗通志初集》的馬光輝傳中，稱其「竅實工料，于正礮三十位之外，多鑄五位，並鑄鐵子二萬四千」；同書的柯永盛傳中，則稱他與馬光輝往錦州鑄造「紅衣礮二十位，鐵子

二萬四千」。(註 52) 由於康熙二十二年 (1683) 時查得八旗尚有 23 門破裂的「神威大將軍」，(註 53) 再加上現存完好的 4 門，知原先鑄成之砲應最可能為 35 門。

乾隆《皇朝禮器圖式》中繪有此次所鑄「神威大將軍」及其砲車之圖，並詳記其形制曰：

鑄銅爲之，前弁後豐，底少斂，長八尺五寸，不鏤花文，隆起四道，面鑄「神威大將軍」，右鑄「大清崇德八年十二月日造，重三千八百觔」漢文，受藥五觔、鐵子十觔，載以四輪車，通槩朱，橫梁承礮耳，轆長一丈五寸，輪各十有八輻，轆間加直木二，外出端加橫木，鐵鑲九以挽之。(註 54)

此書雖將「神威大將軍」均繫於「崇德八年十二月」，且定其重為 3,800 斤，但現存該型砲的重量和長度並不一致，銘文之上也有無月份者。《砲圖集》卷二中所記之「隆起六道」、「重三千七百觔」等數據，即與此不同。

在光緒元年 (1875) 編纂的《皇朝兵制考略》中，記八旗當時配備有 3 門大鐵心砲，分別是正黃旗所存之 3,700 斤重者以及正紅旗所存之 3,600 斤和 3,800 斤重者，其長同為 8.5 尺，用藥均為 4.75 斤，彈重 9.5 斤，這些應即是「神威大將軍」。(註 55)

從現存 4 門「神威大將軍」形制的顯著差異，知當時很可能為測試此種新鑄法的效益，而造了各種不同大小比例的砲。由於此 4 門在砲口的管厚與內徑之比 (1:1.3 至 1:1.9)，明顯小於當時一般鐵砲 (約為 1:1)，知該砲種可以鑄的較輕，運載時也因此較易，其中內徑為 13.0 cm 之砲，並未著意節省工料，經與傳統設計相較，它一方面減少前膛管壁的厚度，但同時亦將後膛增厚，理論上，對在後膛點火爆炸的砲而言，此砲應可更耐用。

52. 鄂爾泰等，《八旗通志初集》(臺北：學生書局，景印乾隆四年刊本)，卷 172，頁 18-19；卷 181，頁 11。

53. 參見南懷仁，《熙朝定案》，收入韓琦、吳旻校注，《熙朝崇正集·熙朝定案(外三種)》(北京：中華書局，2006)，頁 150。雖疏中或依砲之外殼泛稱此為「崇德八年所鑄銅紅衣砲」，惟因該年所量產的紅夷砲似僅「神威大將軍」，故將兩者相繫。

54. 允祿等，《皇朝禮器圖式》(《景印文淵閣四庫全書》鈔本)，卷 16，頁 8。

55. 翁同爵，《皇朝兵制考略》(北京：學苑出版社，《清代兵事典籍檔冊匯覽》景印光緒元年刊本)，卷 5，頁 9、12。

(二) 順治三年的多層複合金屬砲

筆者於 2008 年 12 月在上海臨江公園內陳化成紀念館外見到此砲，由於砲身上下顛倒，其陽刻的銘文不易辨讀，勉強可釋出「欽差提督蘇松常鎮等處地方總兵官口、欽差總督糧儲提督軍務巡撫口、巡按蘇松等處監察御史口、提督中軍右協副總兵官詹督造。都司張珍、鑄匠項梅、口匠項楊，大清國順治叁年叁月吉旦造」等字。查順治三年三月，擔任欽差提督蘇松常鎮等處地方總兵官的應是吳勝兆，^(註 56)任欽差總督糧儲提督軍務巡撫江寧等處地方都察院右副都御史的是土國寶，^(註 57)任蘇松巡按御史的是趙宏文，^(註 58)至於提督中軍右協副總兵官，則或是詹世勳。^(註 59)

此砲共有三層金屬鐵，最內層厚約 1.8 cm，中層厚 2.2 cm，外層厚 9 cm (圖九)。從砲口到底圈長 214 cm，尾部相當厚重，長約 58 cm。砲口內徑約 13 cm、外徑 38 cm。此砲或是分三次模鑄成，當時應已發現多層金屬砲管比單層砲管較耐膛壓，否則不會費時費工，自找麻煩。

(三) 順治十五年的複合金屬砲

順治十五年六月，浙閩總督李率泰為對抗占領盤石衛和樂清縣（俱屬浙江溫州府）的鄭成功軍隊，下令趕鑄紅夷大砲，其用料和規制留有詳細之資料，曰：

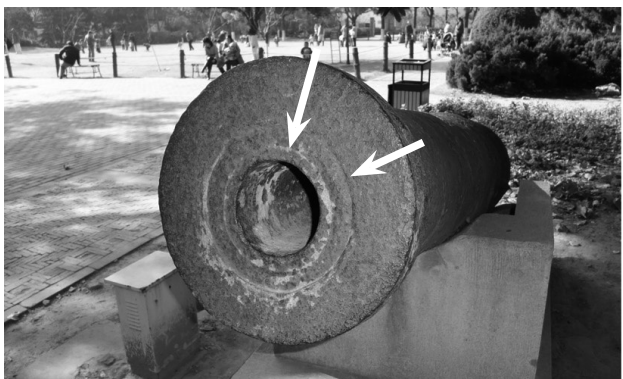
將新鑄大砲十位……又城守營舊存砲一十五位……傳取火藥四萬五千斤……並大砲子七千五百出……本司隨開工蓋造澆砲房三間，先集各匠，每匠日給工食銀八分，在局預備大砲模塑，并打造熟鐵砲心、底盤、井心、夾架等項。隨據各屬陸續解到鐵、炭，開爐鑄成大砲十位，共計用過生廢鐵四萬二千八百八十斤……每砲一位，鑄淨計重三千零八十八斤，法身長一丈二尺……先將新鑄大砲十位鎔鑄砲子，每位三百出，

56. 《清世祖實錄》（北京：中華書局，1986；下文各清朝實錄均用此本），卷 22，頁 193；卷 24，頁 207；卷 32，頁 269。

57. 宋權等撰，《皇清奏議》（《續修四庫全書》景印民國影印本），卷 2，頁 13。

58. 《清世祖實錄》，卷 17，頁 150；卷 26，頁 225。

59. 《清世祖實錄》，卷 29，頁 242。



大清國順治叁年叁月吉旦造
 督造 都司張珍
 鑄匠項梅
 匠項楊
 欽差提督蘇松常鎮等處地方總兵官
 欽差總督糧儲提督軍務巡撫
 巡按蘇松等處監察御史
 提督中軍右協副總兵官詹

圖九：上海陳化成紀念館的順治三年複合鐵砲

共三千出……每百出鑄淨重五百一十五斤。(註 60)

至同年十一月共鑄成鐵砲 10 門，平均重 3,080 斤，長 12 尺 (384 cm)，用 5.15 斤 (6.8 lb) 鐵彈，內徑約 10 cm，(註 61) 旋即剝磨光潔並試放。由於文獻中記載這批砲的製法乃先打造熟鐵之砲心，再以生鐵模鑄外層之砲管，知其應為複合金屬砲。

此批新砲的砲身比例與當時重量相近的英國製大蛇銃相比，顯得較長、口徑也較小。(註 62) 由於每門砲配搭 1,800 斤火藥和 300 發鐵彈，知每發準備了 6 斤

60. 中央研究院歷史語言研究所編，《明清史料》，丁編，第 3 本，頁 228-231。

61. 由彈重推估內徑時，設遊隙 (windage) 為 0.25 in。參見 O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline* (London: C. Hurst & Co., 1970), p. 267.

62. 英國內戰時所用的大蛇銃 (culverin)，重 4,000 lb，長 335 cm，內徑為 12.7 cm，長徑比約 26.4，遠小於此砲之 38.4；參見 O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*, p. 272。又，中歐砲種的對譯，請參見孫元化，《西法神機》(北京中國科學院自然科學史研究所圖書館藏光緒二十八年刊本，天啓二、三年間成書)，卷下，頁 22-23；A. R. Hall, *Ballistics in the Seventeenth Century* (London: Cambridge University Press, 1952), p. 167.

火藥，雖然其中一部分將用作火門的點火藥，但仍遠高於明清時期許多大砲「以一摧二」的藥彈比 1:2。^(註 63) 惟查十七世紀之西方砲學書籍，知許多發射 7 lb 鐵彈的小型砲，其藥彈比往往相當接近 1。^(註 64) 亦即，此砲抗膛壓能力應高過平常之銅砲或鐵砲。此故，其砲口厚度（可能小於 6 cm）可以較通常來得小，^(註 65) 且即使「以一摧一」，亦可不虞膛炸。

(四) 康熙中葉鑄造的鐵心銅砲

《清朝文獻通考》記康熙二十四年鑄出鐵心銅砲 85 門，其規制為：「各長五尺八寸，重一百斤至一百二十斤，鉛子重四兩五錢至五兩。」^(註 66)《欽定大清會典圖》詳述曰：

鐵心銅礮，前弁後微豐，口如螺旋。重一百十斤，長五尺六寸。青綠色，不鏤花紋，隆起六道。載以四輪車，轆長一丈二尺一寸，轆端橫木加鐵鑲六，餘如「神威大將軍」礮車之制。^(註 67)

鍾方在《砲圖集》中有云：

先鑄鋼鐵筒為心，後鑄銅皮。前弁後豐，底如覆笠。各重一百一十觔，長五尺六寸。不鏤花文，通髹以漆，隆起五道，近口為照星，旁為雙耳。砲後底隆起，上有斗道。用火藥二兩五錢，鉛子五兩。載以四輪，車如凳形，中貫鐵機，以鐵鑿承砲耳，施四足，橫直皆楔以木，後加斜木撐（農按：意為支撐）之。足施鐵輪四，輪各八輻，左右推挽惟所宜。

63. 如鍾方在《砲圖集》卷 5 中有云：「舊砲設若不知用火藥分量，先將合砲膛鐵子用秤稱準。如二觔鐵子，必用火藥一觔，此舊例『以一摧二』之說。斯已定之良模，萬無一失也。」

64. 孫元化，《西法神機》，卷下，頁 18；湯若望授，焦勗述，《火攻挈要》（臺北：藝文印書館，《百部叢書集成·海山仙館叢書》本，崇禎十六年成書），卷下，頁 7；O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*, pp. 269–272.

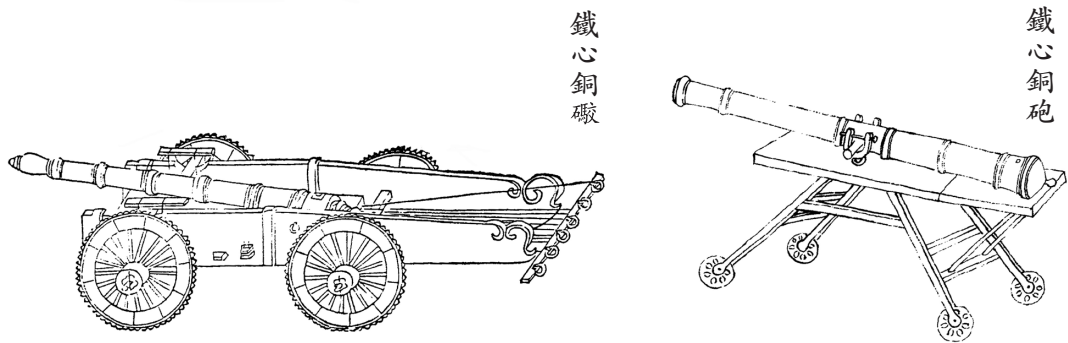
65. 此砲的平均外徑可由 Hogg 所提供的公式粗估為約 27 cm，由於筆者所見明清複合金屬砲的底徑與內徑比通常大於 3.2，得砲口厚度應小於 6 cm。參見 O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*, p. 266.

66. 張廷玉等，《清朝文獻通考》（臺北：臺灣商務印書館，景印《十通》本，乾隆五十二年成書），卷 194，頁 6588。

67. 托津等纂，《欽定大清會典圖》（臺北：文海出版社，《近代中國史料叢刊三編》景印嘉慶二十三年刊本），卷 69，頁 18。

係康熙二十九年造。(註 68)

似乎當時曾分別於康熙二十四年和二十九年兩度鑄造鐵心銅砲，形制大同小異。前引文最主要的差別在砲車，構造較繁者可能是用於校閱等正式場合，較簡者則或用於實際戰場。



圖十：《欽定大清會典圖》(左) 以及《砲圖集》(右) 中的鐵心銅砲

雖然這些鐵心銅砲均只不過是百餘斤重的小砲，其規制完全無法與四十多年前所鑄的「神威大將軍」相提並論，但其輕巧耐用的特質，卻頗適合行軍野戰。康熙二十九年，厄魯特蒙古準噶爾部酋長噶爾丹內犯，撫遠大將軍福全率兵敗之，清軍當時即至少配備鐵心砲 5 門。(註 69) 三十五年，康熙帝御駕親征大敗噶爾丹時，所攜帶的火砲中似乎亦包括一批新鑄的鐵心銅砲。(註 70) 此型火砲在咸豐、同治朝仍用於軍中。(註 71) 光緒間編纂的《皇朝兵制考略》一書，記有當時八旗所存之砲位，稱各旗均配置小鐵心砲 10 門，各重 110 斤，長 5.6 尺，用藥 2.4 兩、彈重 4.8 兩，(註 72) 應即指此。

68. 鍾方，《砲圖集》，卷 2，無頁碼。

69. 《清聖祖實錄》，卷 147，頁 618；卷 148，頁 638。

70. 嵇璜等，《清朝通志》(《十通》本，乾隆五十二年成書)，卷 41，頁 6986。

71. 《清文宗實錄》，卷 92，頁 249；《清穆宗實錄》，卷 288，頁 983。

72. 翁同龢，《皇朝兵制考略》，卷 5，頁 1-17。

四、鴉片戰爭之後製造的複合金屬砲

(一) 道光年間山海關的複合鐵砲

2004年，秦皇島市山海關區南涂莊村民在村北長城內側農田中挖出一門鐵砲，此砲為前裝滑膛式，通長365 cm，內徑為11.5 cm，底部直徑50 cm，砲身的金屬明顯分內、外兩層。從砲口至砲體中間部位的鑄鐵外層已崩缺，僅存內層之熟鐵砲膛，該部分的外徑為25 cm，亦即，內層的管壁約6.8 cm厚。砲身未見銘文，可能原在砲外層之崩落處。(註73)

此砲表面銹蝕嚴重，有三道隆起的箍，右側砲耳已斷落，砲身後部之上端有銅質的點火孔，該銅孔與鑄鐵之砲管結合緊密。雖然此複合砲內膛的韌性較傳統鐵砲較佳，但因鑄鐵性脆，較不耐撞擊及拉張力，因此外層容易因發砲時的振動及膨脹而迸裂，其技法遠遜於鐵心銅體的智慧，但也有可能是受限於經費短絀。

山海關地區遺留的明清古砲很多，其製法大多是一次鑄造成型。類同於南涂莊複合鐵砲之製法者，目前已知只有一門原先放在石河口砲臺（今山海關老龍頭西）之砲，該砲於20世紀50年代被北京中國人民革命軍事博物館調走，現置於館前廣場一側（圖十一），砲身上之銘文為「紅衣將軍，重六千觔，吃藥十觔，吃鉄子二十觔」，並鑄有「道光二十一年正月 日造」字樣，砲口處明顯可見內外兩層之砲體，通長289 cm，內徑14.5 cm，砲口內層熟鐵壁厚4.8 cm，外層鑄鐵壁厚8.5 cm，底徑62.5 cm。

查道光二十年十二月，署直隸總督訥爾經額為防備英軍北犯，增築大沽、海口等砲臺之工事，並議鑄5,000斤和7,000斤大砲各10門，惟因「現屆嚴寒，斷難施工」，故預計在「交春天氣融合」時趕工開鑄；據訥爾經額指出，當時各鎮營舊存之鐵砲，「大半刷膛鏽損，多不堪用」，且均屬中小砲，以部署最佳的天津南北兩岸為例，共安設6,600和7,000斤大砲各1門，4,000餘斤大砲3門，500

73. 此節參見劉麗、王雪農，〈山海關長城腳下出土的大鐵砲〉，中國長城網（http://www.chinagreatwall.org/detail/news_detail.jsp?info_id=1100217521&cust_id=greatwall），2006年9月1日下載。



圖十一：道光二十一年製造的「紅衣將軍」

斤至 2,000 餘斤者亦不過 55 門。(註 74) 二十一年 (1841) 正月，英船多艘出現在秦王島 (今秦皇島市，位於山海關西) 海面，清廷震動。(註 75) 二月，奉旨在秦王島、石河口等處安砲設營，當時因滿洲營和綠營可用之砲位不敷分設，曾命訥爾經額將新鑄銅砲酌撥五、六門運送山海關。(註 76) 前述重約 6,000 斤的「紅衣將軍」，或亦是在此一時空背景下安設在石河口的，以加強京畿海防。

由於南涂莊出土鐵砲之工藝、形制和質地，均與前述之「紅衣將軍」相似，故疑其亦為同一時期鑄造。從南涂莊鐵砲砲體前端略向下彎曲的變形判斷，砲口似曾遭封堵引爆，其事有可能發生在光緒二十六年 (1900) 英軍於「庚子之變」攻佔山海關之時。

(二) 道光二十一年的「平夷靖寇將軍」

上海地區已知出土多門「平夷靖寇將軍」(見表三)：1975 年，在市區光明中學基建工程出土者，其砲身後段破損，兩砲耳尚存，殘長 217 cm，上陽刻有「道光二十一年十月 日，平夷靖寇將軍。兵部尚書兩江總督牛鑑、兵部侍郎江

74. 中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》(天津：天津古籍出版社，1992)，第 2 冊，頁 675-677；第 3 冊，頁 74-76。

75. 中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》，第 3 冊，頁 62-71。

76. 《清宣宗實錄》，卷 346，頁 273；卷 347，頁 280。

蘇巡撫梁章鉅、提督江南全省軍門陳化成督造，蘇松太兵備道巫宜禔督同」等字（見圖十二）；^{（註 77）} 1980 年，吳淞砲臺遺址又出土 3 門，其一現置於上海寶山區海濱街道塘後路 109 號的吳淞古砲臺上，均陽刻「大清道光二十一年五月 日，平夷靖寇將軍」等字。^{（註 78）} 2005 年 11 月，塘後路 86 號某海軍營區內再出土了 2 門「平夷靖寇將軍」，現暫存於上海海軍博覽館中。^{（註 79）}

「平夷靖寇將軍」為複合金屬砲，內膛可能是熟鐵或低碳鋼，經金相（metal-

表三：中國現存的「平夷靖寇將軍」

| 編號 | 內徑 (cm) | 砲口外徑 (外膛 內膛) | 底徑 (cm) | 砲長 (cm) | 淨重 (kg) | 附 註 |
|----|------------|-----------------|------------|------------|------------|---|
| 1 | 11.5 | 29.5 (5.7 3) | - | - | - | 1975 年出土，現歸上海市歷史博物館，2008 年借上海臨江公園內陳化成紀念館展出。 |
| 2 | 15 | 47 | 57.6 | 298 | 3,500 | 1980 年出土，可能現置於上海寶山區的吳淞古砲臺。 |
| 3 | 11 | 35 | 44.6 | 274 | 2,500 | 1980 年出土，可能現置於上海寶山區的吳淞古砲臺。 |
| 4 | 11 | 51 (15 5) | 43 | 254 | - | 1980 年出土，現置於北京中國人民革命軍事博物館外。 |
| 5 | 13 | - | - | 270 | - | 2005 年出土，現藏上海海軍博覽館。 |
| 6 | 13 | - | - | 270 | - | 2005 年出土，現藏上海海軍博覽館。 |
| 7 | - | - | - | - | - | 2002 年在廣西南寧舉辦的「中國人民解放軍陸海空三軍大型兵器展」中曾展示，砲身塗有防鏽漆，現藏單位不詳。 ^{（註 80）} |
| 8 | - | - | - | - | - | 道光二十一年造，藏廣東虎門的鴉片戰爭博物館內。 |

* 各砲諸元的長度單位為 cm。

77. 周學軍，〈上海市歷史博物館建設中的探索精神〉，《中國博物館》，1（北京：1996），頁 71-76。

78. 孫維昌，〈上海地區發現的抗英戰役大炮〉，《南方文物》，4（南昌：1999），頁 107-110。

79. 感謝寶山區文物保護管理所的林杰先生提供此一資料。

80. 參見 <http://www.doule.org/school/lzsf/site/bingqizhan.htm>; http://www.nanning.gov.cn/2256/2004_7_20/2256_28134_1090294861169.html



圖十二：上海陳化成紀念館藏「平夷靖寇將軍」及陳化成肖像

lography) 分析後，確定外層為灰口鐵 (gray cast iron)。(註 81) 道光二十二年五月，英軍於第一次鴉片戰爭後期攻陷吳淞砲臺，陳化成力戰陣亡。此批砲應曾參戰，但未能發揮預期效果。(註 82) 英國軍官 Arthur Cunynghame 曾於稍後過訪被摧毀的砲臺，據其描述，臺上原有許多銅砲，因是貴重金屬，故均已被擄至英船之上；至於鐵砲，英軍或將火門封死，或將砲耳敲掉，以破壞其攻擊力。他還指出，這些鐵砲並非全由單一金屬製成，有的砲管內層是熟鐵，外層則是生鐵。

81. 灰口鐵為生鐵中性能較好的一種，含碳量約 3%，含矽約 2%，因斷面呈深灰色而得名。此砲之金相分析乃根據劉鴻亮等，〈鴉片戰爭前後中國複合層火炮技術的初步研究〉。感謝劉鴻亮博士提供此砲金相分析之結果。

82. 中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》，第 5 冊，頁 420-421；茅海建，〈1842 年吳淞之戰新探〉，《歷史檔案》，3（北京：1990），頁 84-91。

(註 83) 疑 Cunynghame 所見很可能就是新部署於吳淞砲臺的「平夷靖寇將軍」。

英軍在吳淞之役從各砲臺擄獲約 250 門砲，其中 42 門為銅砲，最大者可發射 24 lb 砲彈，但大多是較小口徑之砲，其中半數所發射的砲彈小於 6 lb。雖然清廷裝備了不少新鑄的大砲，(註 84) 但與英砲的威力相比，仍有相當差距。(註 85) 當時吳淞砲臺上的裝備新舊雜陳，甚至還動用了兩、三百年前明代製造的古砲！(註 86)



① 振遠將軍 兼護兩江總督署江蘇巡撫部院程喬采 督造
 ② 蘇松太兵備道王 珣 督同 漕右營遊擊 王 顏以煥 監造
 徐州府知府 縣知縣

(三) 道光二十一年的「振遠將軍」

筆者於 2008 年在上海臨江公園內陳化成紀念館外見到一門「振遠將軍」砲，該館說明牌上稱其為 1993 年 4 月出土於吳淞塘後路西砲臺遺址。此為三層之複合金屬鐵砲，砲口內徑約 11.5 cm、外徑 32 cm，最內層厚約 2.5 cm，中層厚 1.7-2.2 cm (圖十三)。從砲口到底圈長 249 cm，底徑 45 cm，尾部長約 22 cm。其製法或與同館所藏順治三年之三層複合鐵砲相似 (見前文)。

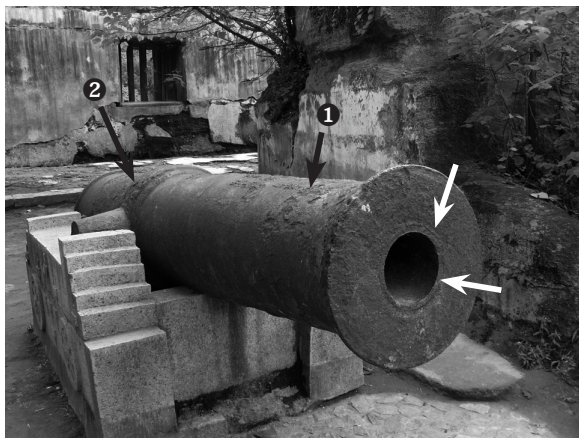
83. Arthur Cunynghame, *An Aide-de-camp's Recollections of Service in China, A Residence in Hong Kong, and Visits to Other Islands in the Chinese Seas* (London: Richard Bentley, 1853), pp. 72-73.

84. 上海地區從道光二十一年起就積極鑄砲，其中 4000 至 6000 斤的鐵砲至少有 22 門，8000 斤的銅砲有 8 門；參見茅海建，〈1842 年吳淞之戰新探〉，《歷史檔案》，3，頁 84-91。

85. 英軍在砲身設計、鑄造工藝、彈藥質量、火砲操作、射擊精度和射速等技術關鍵之處均優於清軍。參見劉鴻亮，〈第一次鴉片戰爭時期中英雙方火炮的技術比較〉，《清史研究》，3 (北京：2006)，頁 31-42。

86. 此段參見 William Dallas Bernard, *Narrative of the Voyages and Services of the Nemesis, from 1840 to 1843; and of the Combined Naval and Military Operations in China* (London: Henry Colburn, 1844), pp. 358-359; Arthur Cunynghame, *An Aide-de-camp's Recollections of Service in China, A Residence in Hong Kong, and Visits to Other Islands in the Chinese Seas*, p. 73.

◀圖十三：
上海陳化成紀念館外
的「振遠將軍」



▶圖十四：
江陰小石灣砲臺公開陳
列的「耀威大將軍」



②
計重一萬斤
吃藥二百四十兩
配彈四百八十兩
曹臣昇
梅在田
許文治
承辦
爐頭
毛文治
許鑒堂

①
道光二十三年十一月
耀威大將軍
江蘇撫部院 孫 壁
署兩江總督部堂 文 崇
江蘇 布政司 文 崇
江寧 布政司 文 崇
飭造 江蘇管理砲局莫 載 武友怡
盛綬章 監鑄

查負責督造「振遠將軍」砲的程喬采，於道光二十一年正月奉命暫行兼護兩江總督印信，並會同陳化成籌畫長江出海口等地之防務；是年十二月，實授江蘇巡撫。（註 87）知此砲應為道光二十一年鑄造。

（四）道光二十三年的「耀威大將軍」

筆者於 2007 年在江陰市郊鵝嘴鼻公園內的小石灣砲臺舊址見到 3 門「耀威大將軍」，其中兩門封藏，不供一般民衆參觀，至於公開陳列的一門（圖十四），據其上的銘文指出，乃道光二十三年由署兩江總督壁昌、江蘇巡撫孫善寶、江蘇布政使文柱以及江寧布政使崇恩飭造，並由江蘇管理砲局莫載、武友怡、盛綬章監鑄，砲重 10,000 斤，吃藥 240 兩，配彈 480 兩。該砲通長 343 cm，內徑 18 cm，尾徑 70 cm。從砲口處我們可明顯發現此砲為複合金屬，內層或為厚約 1.8 cm 的熟鐵，外層則為厚約 15.2 cm 的生鐵。

87. 《清宣宗實錄》，卷 345，頁 251-252；卷 364，頁 562。

據江陰博物館的唐漢章先生記述，迄今在大、小石灣古砲臺共分別出土 2 門及 4 門「耀威大將軍」；目前有 3 門置於小石灣，1 門在江陰博物館新館，另 2 門在江陰黃山南麓江陰博物館老館。砲長 330–354 cm，砲口外徑 50.5–57 cm（內管厚約 1.7–1.8 cm，外管厚約 15.2–17.4 cm），內徑同為 18 cm，均配彈 480 兩，用藥 240 兩。砲身上僅有一道加強箍，位於砲耳處，其寬度約與砲耳直徑同。砲身上的銘文大同小異，分別記於道光二十三年九月、十一月和十二月竣工，除一門現置於江陰博物館新館內者標重 8,000 斤外，餘均為 10,000 斤。（註 88）又，南京博物院外亦陳列有一門同年十一月製造的萬斤重「耀威大將軍」，砲口內徑為 18.5 cm，砲長 346 cm，內管厚約 1.2–1.8 cm。（註 89）

查兩江總督耆英於道光二十三年三月被任命為欽差大臣，辦理江浙通商事宜，其職改由福州將軍璧昌署理。雖然耆英於該年十月回任兩江總督，（註 90）但因該批「耀威大將軍」砲乃由璧昌全程負責督造，而銘文刻上相關人員名字的目的，本在將來銓敘戰功或追究膛炸之責時有所依據，故有些砲雖在耆英回任後始竣工，但仍繫以璧昌之名和其原官銜。

第一次鴉片戰爭後，清廷開始對包含長江口在內的沿海防務進行亡羊補牢。（註 91）道光二十二年十二月，上諭曰：

江陰縣鵝鼻嘴迤北沙洲，既為長江最要門戶，准其將京口現存戰船十二隻，撥往鵝鼻嘴，派署副將汪士遠挑配弁兵，嚴督訓練，暫事巡防。其京口協副將，自應仍復舊制，駐守江陰，以資巡防……茲發去《演礮圖說》原本一冊，重訂《演礮圖說》一冊，小銅礮及礮架式樣四匣，著耆英祇領，悉心覈酌，何者可安置陸路，何者可安置船上。儘屬得用，即不拘銅鐵，按式鑄造，總以鎔鍊精熟，施放有準為要。（註 92）

88. 唐漢章，〈江陰小石灣古砲臺發掘〉，《江陰文博》，1（江陰：1993），頁 11–14；唐漢章，〈黃山砲臺出土的古砲〉，《無錫文博》，2 期增刊（無錫：1998），頁 9–10。筆者感謝徐華根和唐漢章兩位先生熱情協助拍攝古砲照片，並提供測量數據。

89. 參見楊仁江，〈臺灣地區現存古礮之調查研究〉（臺北：內政部，1991），頁 90、93。感謝李華彥同學與吳賀博士提供實測資料和照片。又，金相分析可見劉鴻亮、孫淑雲，〈鴉片戰爭時期中英鐵砲材質的優劣比較研究〉，《清華學報》，38.4（新竹：2008），頁 563–598。

90. 趙爾巽等，《清史稿》（北京：中華書局，1976 年點校本），卷 19，頁 690–691。

91. 季雲飛，〈鴉片戰爭後清政府「防務善後」述論〉，《軍事歷史研究》，2（上海：2000），頁 87–94。

92. 《清宣宗實錄》，卷 387，頁 960。

二十三年正月，又諭：

江蘇江面鵝鼻嘴等處，南北相去僅寬五六里至七八里不等，若能築臺設礮，演習精熟，實堪斷其來路。至江北添鑄礮位，著照所議採買湖北生鐵，即在河口設局委員鼓鑄，務須多為儲備，尤當煎煉加工，庶施放有準，方為適用。斷不准草率偷減，仍成虛設。(註 93)

五月，再諭：

據壁昌奏「勘明鵝鼻嘴、圖山關及北固山一帶江面形勢，指定設防處所，繪圖呈覽」一摺，朕詳加披閱，所擬尚屬周備，惟江面遼闊，處處可通舟楫，礮城孤峙沙洲，能否足資防禦？其鵝鼻嘴等處傍山礮城，是否扼全江之險要？可期聲勢聯絡，保障沿江城邑。著壁昌會同孫善寶、尤渤、李湘棻，再行詳察形勢，妥議具奏……其應需礮位，仍著酌量設局開鑄。(註 94)

均強調江陰的鵝嘴鼻為戰略重地，須築臺設防，並指示應開局鑄造大砲，且發下丁拱辰所著的《演礮圖說》一書供參考。銘文中提及的「江蘇管理砲局」，或即當時成立之臨時機構。(註 95)

這批「耀威大將軍」砲應就是在此一氛圍下，由莫載、武友怡、盛綬章三人監鑄，其中領銜的莫載，是順天監生，時任編制外的試用府經歷，他當時還負責鑄造另一批「振武將軍」鐵砲，標重為 5,000 斤。(註 96) 道光二十三年，壁昌沿長江邊修築砲臺 15 座，自鵝鼻嘴起，歷大、小石灣，迄黃山，編列起自日字號，止於姜字號，共配置江蘇管理砲局所鑄的「耀威大將軍」及「振武將軍」砲數十門。(註 97) 莫載於事成之後獲壁昌題請獎勵，二十三年九月，內閣奉上諭曰：

93. 《清宣宗實錄》，卷 388，頁 978。

94. 《清宣宗實錄》，卷 392，頁 1039。

95. 道光二十年六月，因英軍騷擾江浙海面，故在上海和崇明兩處派員設局，「供支兵糈，並製造軍裝、火藥、礮位」，江蘇管理砲局或即是在此時成立。參見中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》，第 7 冊，頁 414。

96. 大石灣古砲臺曾出土 2 門「振武將軍」，全長 270-280 cm，口徑 12-12.5 cm，配彈 240 兩，用藥 120 兩；參見唐漢章，〈黃山砲臺出土的古炮〉，《無錫文博》，2 期增刊，頁 9-10。

97. 唐漢章，〈天塹鎖鑰江陰黃山砲臺〉，《江陰文博》，2（江陰：2002），頁 15-18。

江蘇礮局委員試用府經歷莫載，捐資鑄造鐵礮並鐵彈、礮架等項，經該督等驗試合用，自應量予鼓勵。莫載著免補本班，留於江蘇以知縣儘先補用。此項工價免其造冊報銷，該部知道，欽此。(註 98)

不過，莫載要等到二十七年才補授署金匱知縣，(註 99) 卻又因「品行卑鄙，聲名平常」、「疲玩誤公」，同年九月即遭革職。(註 100)

江蘇揚州的史可法紀念館還藏有一門道光二十三年的複合鐵砲，亦是由製造「耀威大將軍」的同一批官員負責的。其砲尾已殘，殘長 291 cm，砲口外徑 56.5 cm，內徑 20.2 cm，底徑 72 cm。銘文有「計重一萬二千斤，吃藥三百二十兩，配彈六百四十兩」等字。(註 101) 此或是現存明清自製滑膛砲中最重的一門。

(五) 咸豐年間大沽口砲臺的複合鐵砲

咸豐十年(1860)，英國軍醫 George Banks 在天津大沽口砲臺上發現兩門已崩破的鐵砲(圖十五)。第一門砲長 291 cm，底端直徑為 60 cm，砲口外徑為 39 cm，經其檢視崩缺處後，判斷它的製法如下：內壁是由長的熟鐵條鍛合而成，每根寬約 2.5 cm、厚 1.3 cm，在砲口處終結成唇狀；圍繞著內壁，則用厚 2.5 cm、寬 7.6 cm 的熟鐵環網綁，彼此亦相互鍛合；再往外，則澆鑄一層鑄鐵，在砲口處厚 7 cm，砲尾更厚，以構成一般紅夷火砲之外型。第二門砲長 292 cm，底端直徑為 64 cm，砲口外徑為 41 cm，其結構較簡單，只將熟鐵之環鍛合後，就以鑄鐵澆鑄。George Banks 認為這兩門破砲相當古老，他猜測有可能出自十七世紀甚或更早，但他並未提及有無銘文，也未提出定年的具體論據。(註 102) 筆者懷疑此砲或與前述道光二十一年「紅衣將軍」類似，均為鴉片戰爭時期所製造的。

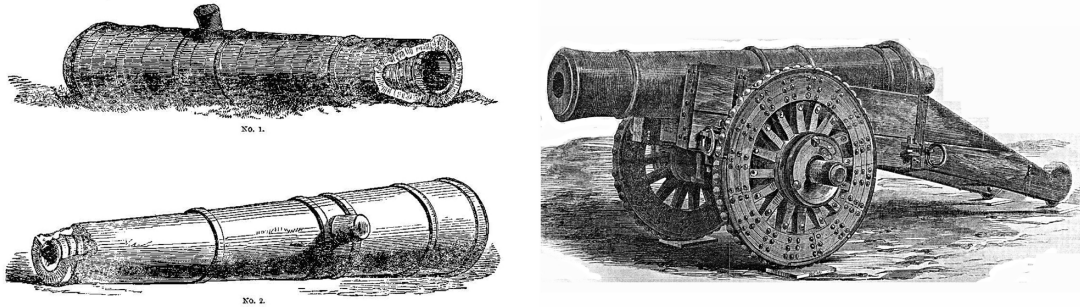
98. 中國第一歷史檔案館編，《嘉慶道光兩朝上諭檔》(桂林：廣西師範大學出版社，2000)，第 48 冊，頁 497。

99. 斐大中等修，秦緝業等纂，《無錫金匱縣志》(臺北：成文出版社，《中國方志叢書》景印光緒七年刊本)，卷 15，頁 62。

100. 《清代起居注冊：道光朝》(臺北：聯合報文化基金會國學文獻館，1985)，第 87 冊，頁 50745；《軍機處檔摺件》，臺北國立故宮博物院藏第 078945 號。

101. 參見劉鴻亮等，〈鴉片戰爭前後中國複合層火炮技術的初步研究〉。此砲原藏揚州博物館，經筆者聯絡後得知現已移交史可法紀念館。

102. George Banks, "Chinese Guns," *Illustrated London News*, 1082 (1861), p. 325.



圖十五：1860年英人在大沽口砲臺所見的兩門殘破複合金屬砲（左）以及同型砲所用之砲車（右）^{（註 103）}

今大沽口「威」字南砲臺遺址上尚有 3 門複合金屬砲，均打撈自海底，鏽蝕嚴重，未見銘文。據筆者 2008 年 10 月的實地探查，其中最大者正由北京的中國文物研究所進行維護，長 296 cm，內徑 9.4 cm，砲口內層的熟鐵管厚約 2.9 cm，外層鑄鐵管厚約 7.2 cm（圖十六最右）。^{（註 104）}查此砲臺於光緒二十七年（1901）根據與八國聯軍所簽的「辛丑條約」遭拆毀，這 3 門砲或即是因此被敲掉砲耳後棄入海中。



圖十六：大沽口砲臺所藏的 3 門複合鐵砲

103. 參見 Ian Heath, *Armies of the Nineteenth Century: Asia, 2: China* (Guernsey: Foundry Books, 1998), p. 54. 此書稱圖下之砲乃鐵心銅體，長約 11.5 ft、內徑 8 in、重 5,965 kg，是 1860 年 8 月被英軍載運返國的兩、三百門戰利品（其中有 22 門乃形制相近的純銅砲）之一。

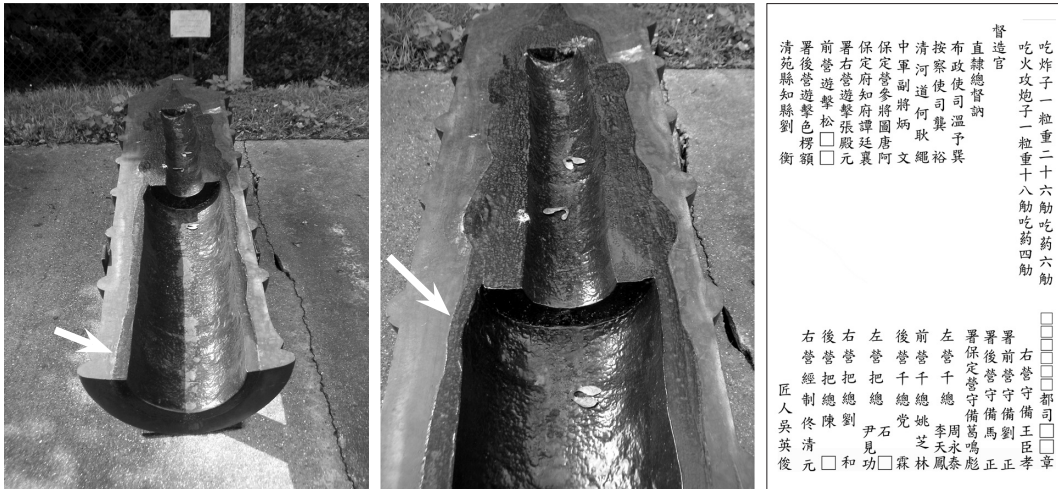
104. 金相分析可見劉鴻亮、孫淑雲，〈鴉片戰爭時期中英鐵砲材質的優劣比較研究〉，《清華學報》，38.4，頁 563-598。

(六) 道光二十八年的鐵心銅體砲

位於英國倫敦郊區 Woolwich 的皇家火砲博物館 (The Museum of the Royal Artillery)，收藏有超過 750 門各式各樣的火砲，最早起自 1338 年。此地的收藏見證了大英帝國過去數百年的擴張史，它不僅有英國軍隊歷來所使用的一些重要砲種，更有許多英軍自世界各地擄獲的戰利品。

其中編號為 #2/244 之中國榴彈砲 (howitzer)，因其特殊的銅鑲鐵心結構，於 1867 年被英人縱剖成一半，以研究其內部構造，另半邊現已下落不明。砲之內徑為 23.4 cm，砲口處的鐵心厚 2.8 cm，銅壁厚 7.5 cm，砲管的後端有圓柱形藥膛，長 71 cm，直徑為 11.4 cm (見圖十七)。(註¹⁰⁵) 僅存的半邊管壁上陰刻有直隸總督訥爾經額等二十幾位督造官員以及匠人吳英俊之名，但未見砲名和鑄造年月，或恰在已佚失的另半邊砲管上。然而，我們仍可從各官之任職年限，概略判斷此砲的鑄造時間。

查道光二十年八月，大學士仍署直隸總督的琦善，奉派為欽差大臣，赴廣東查辦英人對東南沿海的騷擾，遂調陝甘總督訥爾經額署直隸總督；二十一年正



圖十七：英國皇家火砲博物館藏 #2/244 鐵心銅體殘砲及其上之銘文

105. 筆者曾於 2005 年應該館 Matthew Buck 先生的邀請，親赴當地進行訪查。另參見 J. P. Kaestlin, *Catalogue of the Museum of Artillery in the Rotunda at Woolwich: Part 1 Ordnance* (Manchester: Her Majesty's Stationery Office Press, 1970), p. 33.

月，英人陷廣東虎門，訥爾經額奉命駐天津，督辦海防；二月，獲授直隸總督；直至咸豐二年正月，始陞任協辦大學士。(註 106) 而直隸督標中軍副將炳文於二十八年四月陞授大名鎮總兵官，(註 107) 劉衡於二十八年二月調補清苑縣知縣，(註 108) 因知此砲很可能是鑄成於道光二十八年二至四月間。由於當時太平天國尚未正式起事，故該加強軍備之舉，較可能是因應二十七年二月英國偷襲虎門砲臺之後的情勢。(註 109)

此砲上刻有「吃炸子一粒，重二十六觔，吃葯六觔；吃火攻炮子一粒，重十八觔，吃葯四觔」等文字，所稱之「炸子」，應最可能是空心爆炸彈，內置具殺傷力的碎磁和鐵稜等；而「火攻炮子」則或是空心燒夷彈（見附錄一）。

咸豐三年三月，為克復甫被太平軍攻佔的揚州，上諭：

逆匪盤踞揚州，環城築壘，層層遮護，我兵雖屢次獲勝，總不能直搗巢穴。該大臣已飛咨訥爾經額，即派都司馬正，將現存瓶子、噴礮及火攻子、炸子，並酌帶營匠，趕緊前往。又調三江營大礮來營，一俟礮位運到，即督飭各營將弁，乘勢進攻。總宜設法，出賊不意，迅圖克復郡城。(註 110)

此時訥爾經額已陞授大學士，而所提及奉命攜帶「火攻子」和「炸子」（同 #2/244 所用之砲彈）增援的都司馬正，其名亦見於 #2/244 砲之銘文上，只不過他當時還只是署後營守備。直至清末，清廷一直視前述之空心爆炸彈為「軍營中不可多得」之火攻利器，且嚴令「不得將製法漏洩」，以免「利器反為賊有」。(註 111)

此砲內有一長 71 cm 的圓柱形藥膛 (chamber)，內徑較砲膛 (長 84 cm) 為小，其制早在明末時即已由耶穌會士傳華。(註 112) 龔振麟嘗在其序刊於道光二十三年的《鑄礮鐵模圖說》中，對藥膛的設計有詳細的描述，曰：

106. 趙爾巽等，《清史稿》，卷 18-20，頁 679-726。

107. 此見道光二十八年四月之〈兵部為補授總兵事〉，收入中研院史語所藏內閣大庫檔案第 162912-001 號。

108. 此見道光二十八年二月三日之〈吏部為奉上諭劉衡調補清苑縣知縣事〉，收入內閣大庫檔案第 162977-001 號。

109. 中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》，第 7 冊，頁 778-781、802-803。

110. 《清文宗實錄》，卷 89，頁 205。

111. 《清穆宗實錄》，卷 47，頁 1268；卷 77，頁 582。

112. 此種設計或仿自西方，稱之為「底窄推彈式」；參見孫元化，《西法神機》（鄭州：河南教育出版社，《中國科學技術典籍通匯·技術卷》景印光緒二十八年刊本，天啓二、三年間成書），卷上，頁 11。

礮膛內須置藥膛（原注：藥膛徑小於礮膛徑二分許），底圓口微敞，如茶盃裏面底形（所重在底圓，萬不可平）。開火門須於緊挨藥膛之極底處，則無後坐之虞，此工匠最難措手處，略不經心，為其所誤，雖製作精細，亦為廢物矣（開火門法，銅鐵各異：銅礮于鑄成後，用尺內外比量極準，以鑽開之。鐵礮先用熟鐵纏絲，打成火門管聽用，俟鑄時安穩泥心胎之際，將火門管置于心胎尖上，極正極準，而後范金傾鑄即成矣）！（註 113）

龔氏建議藥膛內徑最好是砲膛的 80% 左右（此砲是 48%），且藥膛底端應收尾成半圓形的「屈凹圓樣式」（此砲為平底的「屈底平正式」），（註 114）並將火門開於藥膛極底處（此砲未見與火門相連的通道，應恰在已佚失的另半邊砲管上），以避免火藥引燃時產生額外的後座力。由於此砲所用藥彈之重量比（6:26 或 4:18）較清前期大砲常用的 1:2 小甚多，知當時的火藥品質應已有甚多改進。（註 115）

龔振麟乃於道光二十一年秋冬之際為因應英軍的入侵而奉命在浙江造砲，他採用鐵模鑄法，是中國當時最好的鑄砲專家，曾撰成圖說進呈御覽且刊傳；二十三年，該書又再度校勘出版。（註 116）然而，當訥爾經額督造新砲時，相關官員以及實際負責的匠人吳英俊，似均未參考龔氏書中之規制。

查訥爾經額於道光二十一年署直隸總督時，雖曾有督造 6,000 斤重「紅衣將軍」複合金屬砲的經驗，我們卻發現 #2/244 砲的品質頗差：其內層的鐵心不僅厚度不一，在藥膛周圍且出現多處類似蜂窩的瑕疵（見圖十七）；（註 117）尤其，內膛的管壁頗不平直，令火藥爆炸之氣體甚易從隙縫外洩。亦即，當時雖重拾明

113. 轉引自魏源，《海國圖志》（《續修四庫全書》景印光緒二年刊本），卷 86，頁 9。

114. 此兩種砲膛底部的設計，參見孫元化，《西法神機》，卷上，頁 10。

115. 依照現藏廣西宜州的光緒十六年「造藥程式」碑所記，廣西提督陳階平要求煉製火藥每臼應用硝八觔、磺粉一觔一兩、炭粉一觔六兩攪合，其重量比約為 76.6%：10.2%：13.2%，此與目前工業用黑火藥所用比例 75%：10%：15% 已相當接近。此藥可將鳥鎗的射程從 120 弓（1 弓 = 1.6 m）提高至 160 弓。道光二十三年，陳氏更成功仿製西洋火藥，將鳥鎗射程再提升至 240 弓。筆者感謝廣西民族大學容志毅教授提供「造藥程式」碑之照片；另參見劉鴻亮，〈第一次鴉片戰爭時期中英雙方火炮發射火藥的技術研究〉，《福建師範大學學報（哲社版）》，4（福州：2007），頁 111-118。

116. 韋及，〈鐵模鑄砲的首創者：龔振麟〉，《金屬世界》，6（北京：1997），頁 28。

117. 此或因製砲的泥模未完全乾燥，故在澆上鐵液後，易出現水氣，而形成蜂窩狀的管壁。參見丁拱辰，《演礮圖說輯要》（韓國首爾大學奎章閣藏道光二十四年以後之副刻本），卷 3，頁 11；黃一農，〈奎章閣明清軍事史重要文獻過眼錄〉，《奎章閣》，第 33 集（首爾：2008），頁 235-239。

末鐵心銅體的特殊鑄法，但鑄造精度卻是不進反退。此故，道光二十三年五月試驗盛京新鑄之大砲時，即發現「適用致遠」者，不過六成，且其中 6 門「礮身裂縫，內膛不平，難以演放」，各承辦官員遂奉旨應賠鑄修理。(註 118)

在 #2/244 旁邊另有一門遭縱剖的鐵心銅體砲，其編號為 #2/245，未見銘文，底部無藥膛，內膛的管壁亦頗不平直（見圖十八），砲之內徑為 14 cm，長 269 cm，鐵心厚 5.6 cm。前述兩砲之製法，應均是先以熟鐵環纏繞於軸芯之上，外再用鐵環焊接，最後才澆鑄最外層的銅體。(註 119) 它們同是 1860 年英軍在大沽口砲臺一役的戰利品，(註 120) 英國軍官 A. B. Tulloch (1838–1920) 曾描述其第一印象曰：

這些安放在高大砲架上的六、七噸重銅砲，整體置於笨重且無法吸納後座力的木製磨盤砲車上，透過底盤中央的大型木質樞心，它們即可轉動。為避免銅體在發射時過熱，這些銅砲的內壁均襯以鐵管，此較 Pal-liser 少校的發明要提前好些年。(註 121)



圖十八：英國皇家火砲博物館藏 #2/245 鐵心銅體殘砲

118. 《清宣宗實錄》，卷 392，頁 1045。

119. J. P. Kaestlin, *Catalogue of the Museum of Artillery in the Rotunda at Woolwich: Part 1 Ordnance*, p. 33.

120. 英軍當時共將擄獲的兩、三百門砲運回國，其中最大的鐵心銅體砲通長 351 cm，內徑 20 cm，重 5,965 kg。參見 Ian Heath, *Armies of the Nineteenth Century: Asia, 2: China*, p. 54.

121. Alexander Bruce Tulloch, *Recollections of Forty Years' Service* (London: William Blackwood & Sons, 1903), p. 112.

其中所提及的「磨盤砲車」，詳見龔振麟的〈樞機礮架新式圖說〉。(註 122)

英人之所以解剖中國砲，其時代背景或與線膛砲 (rifled artillery) 的普及關係密切。膛線概念的出現早在十八世紀中葉，但要歷經一個世紀之後，技術條件才臻於成熟，它是古代火砲與近代火砲的重要分水嶺。為使砲彈能夠擁有較大爆炸力，火砲專家開始考慮體積較圓球更大且有助於克服空氣阻力的圓錐形砲彈。而為解決受力不均勻且在空中會翻滾的困擾，歐美各國的火砲專家乃從 1846 年起競相研製螺旋線膛砲。1856 年，由 William G. Armstrong (1810–1900) 所製造的後裝線膛砲，更成為英軍野戰砲的標準配備之一，此因這型砲的射擊精度高、射程遠、射速快、重量輕、不易膛炸、威力亦大。(註 123)

1860 年，英軍在第二次鴉片戰爭攻打塘沽地區時，發射 12 lb 圓錐形砲彈的 Armstrong 砲即為攻擊主力，其淨重僅 8 cwt (= 406 kg，約為發射 12 lb 球形彈之滑膛砲的 44%)，口徑 3 in，長 7 ft，射程約 2,300 m，令清軍幾無招架之力。(註 124)

然因當時歐美各國均擁有大量舊式滑膛砲，為充分利用這些現存裝備，遂萌生各種改裝的想法。1862 年，英人 William Palliser (1830–1882) 發明將滑膛砲加襯刻有螺旋線膛之鍛鐵內管的方法 (內徑將因此縮小 1–2 in)，(註 125) 可知英人當時或正進行一系列實驗，測試在砲管內壁加襯各種材質之內管的效果。據皇

122. 其文有云：「磨盤礮架須選極堅、極燥之木為之 (原注：榆、槐、樟、柳皆可，惟松、杉、楓不可用)……其機巧在一樞心 (即圖中磨弧頭中心)。兩滑車 (即轆木所藏鐵輪) 配合時，務須度取礮身輕重之中心，以轆木上承礮耳處為準則，下佈樞心滑車為犄角勢，使輕重持平 (此最要者，總在礮耳之前後，輕重相勻，不特運用輕捷，而施放時，亦無坐跳之弊)。雖重至萬觔，以一人之力，即可旋轉輕捷，指揮如意。」轉引自魏源，《海國圖志》，卷 87，頁 12。

123. Armstrong 砲的製法乃先鑄出具膛線之內管，次用熱脹冷縮原理依次在其上緊箍一至數層套筒，如此即可承受較大的膛壓。所用砲彈外部有一層軟的薄鉛，令該彈之橫切面較內徑稍大，裝填時即可使砲彈緊緊「咬住」膛線，讓遊隙值趨近於零。此段參見 Frank E. Comparato, *Age of Great Guns: Cannon Kings and Cannoneers Who Forged the Firepower of Artillery* (Harrisburg: The Stackpole Co., 1965), pp. 18–21.

124. Charles Callwell & John Headlam, *History of the Royal Artillery from the Indian Mutiny to the Great War, Volume I (1860–1899)* (Woolwich: Royal Artillery Institution, 1931), pp. 145–150; Robert Swinhoe, *Narrative of the North China Campaign of 1860* (London: Smith, Elder & Co., 1861), pp. 84–105; Wally Ruffell, "The Armstrong Gun, Part 2: The RBL Armstrong 12-pr Field Gun," (<http://riv.co.nz/rnza/hist/arm/arm2.htm>)

125. Frank E. Comparato, *Age of Great Guns: Cannon Kings and Cannoneers Who Forged the Firepower of Artillery*, p. 208; Austin C. Carpenter, *Cannon: The Conservation, Reconstruction and Presentation of Historic Artillery* (Devon: Halsgrove Press, 1993), pp. 125–127.

家火砲博物館內部現存的備忘錄記載，差不多在 #2/244 和 #2/245 遭剖開的同時（1867 年），有一門內含鐵心的十七世紀荷蘭砲亦被縱剖。^{（註 126）}從時間的先後順序判斷，Palliser 之法顯然並未受到該兩門被解剖清砲之啓發，而中國雖早在約兩個世紀之前，即已發明用套箍法製出複合金屬砲，惜卻未能普及。

(七) 咸豐四年河南製造的複合鐵砲

筆者近檢 1999 年至韓國調查古砲之照片，發現首爾的陸軍士官學校軍事博



圖十九：韓國陸軍士官學校軍事博物館所藏的兩門複合鐵砲，以及圖左之砲的銘文

126. 感謝 Matthew Buck 先生的提示。

物館亦藏有兩門複合鐵砲（圖十九上），惜當時尚不知其特殊意義，故未留下詳細數據。今查文獻資料，知兩者均為咸豐四年（1854）所鑄，圖左之砲通長 215 cm，內徑 10 cm，有銘文曰：「收字號，大清咸豐四年春月吉日，河南軍需總局製造紅衣礮。重叁仟觔，膛口徑大三寸，母炮用藥五十兩，合膛鐵子五十四兩。承造官祥符縣師長怡，監造官張嗣藝。」圖右為「生」字號，鑄於咸豐四年四月，通長 213 cm，內徑 13.5 cm。（註 127）

由於清廷「向來用兵地方，例准設立軍需專局」，（註 128）知此二砲應是河南軍需總局為應付聲勢日盛的太平軍，而命師長怡（咸豐三、四年之交曾短暫知祥符縣）鑄造的，（註 129）很可能在 1894–1895 年的甲午戰爭中在朝鮮被日軍擄獲。

(八) 咸豐年間的銅鐵複合砲

英國皇家火砲博物館尚藏有 #2/238 以及 #2/239 兩門鐵心銅體砲，內徑 3.2 cm，長 94 cm，重為 39 kg 和 34.5 kg，（註 130）銘文記載：「候選前彰德府知府戴鸞翔捐造」、「吃子五兩、葯三兩五」。經用磁鐵檢視後，發現內管襯有不到 1 mm 的極薄鐵心。

由於此砲內筒之鍛鐵鐵心甚薄，疑其應是先模鑄出銅體，次將青銅之外筒加



圖二十：咸豐年間戴鸞翔捐造的 #2/238 銅鐵複合砲

127. 趙仁福，《韓國古火器圖鑑》（漢城：大韓公論社，1974），頁 66–67；이강칠（李康七），《한국의 화포（韓國之火砲）》（首爾：軍事博物館，2004），頁 186–187。後書所辨識之銘文多處有誤。

128. 《清文宗實錄》，卷 73，頁 953–954。

129. 沈傳義修，黃舒昺纂，《祥符縣志》（傅斯年圖書館藏光緒二十四年刊本），卷 3，頁 13。

130. J. P. Kaestlin, *Catalogue of the Museum of Artillery in the Rotunda at Woolwich: Part 1 Ordnance*, p. 32.

熱，使其產生膨脹，再把內筒嵌入。隨著砲身的冷卻，外筒會不斷向內緊縮，欲恢復至原先的尺寸，但內筒卻阻止其收縮，如此，外筒便可緊緊裹住內筒。而因鐵心甚薄，知其目的應不在節省用銅，主要或為減少火炮發射時銅管內壁易過熱且遭磨損的困擾。

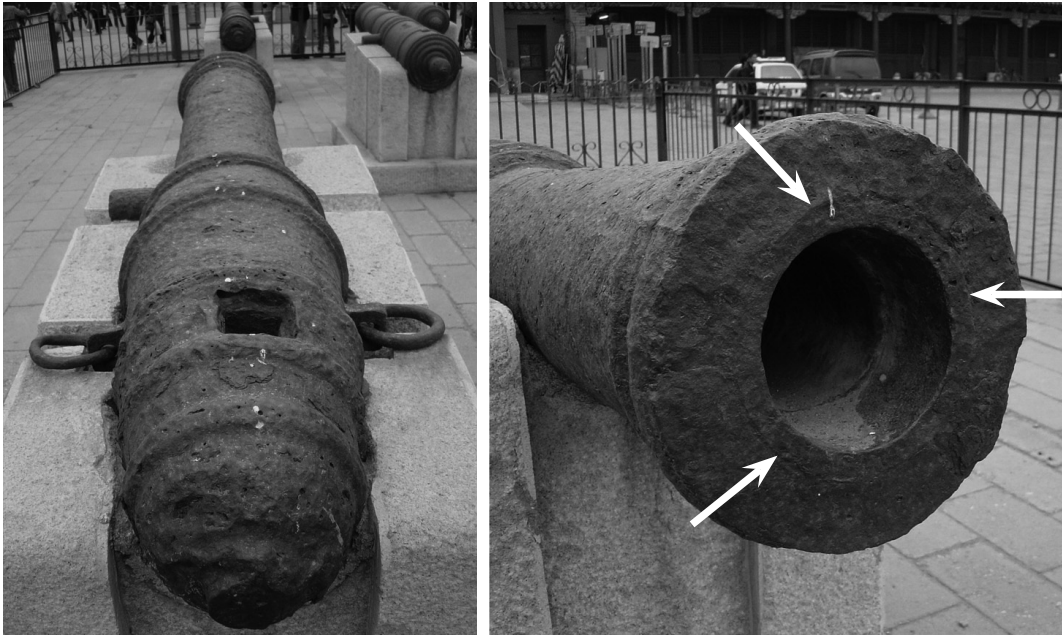
查戴鸞翔於道光三十年六月因京察保送而被陞授河南彰德府知府；咸豐五年十二月，因其所屬安陽等縣發生「刁民聚眾毆官，並夥搶官員寓所銀錢」等案，而遭撤任，但仍留河南，另行補用；七年十二月，則因「河南辦理軍需暨防勦出力」，而以道員的身分獲賞花翎；八年十二月，以「河南軍營出力」，升敘有差；稍後，入欽差大臣勝保幕中，協助其督辦陝西軍務；同治二年正月，因在軍營舞弊，遭革職查辦。^(註 131) 知此型砲應是咸豐六、七年間所鑄。

(九) 其他複合金屬砲

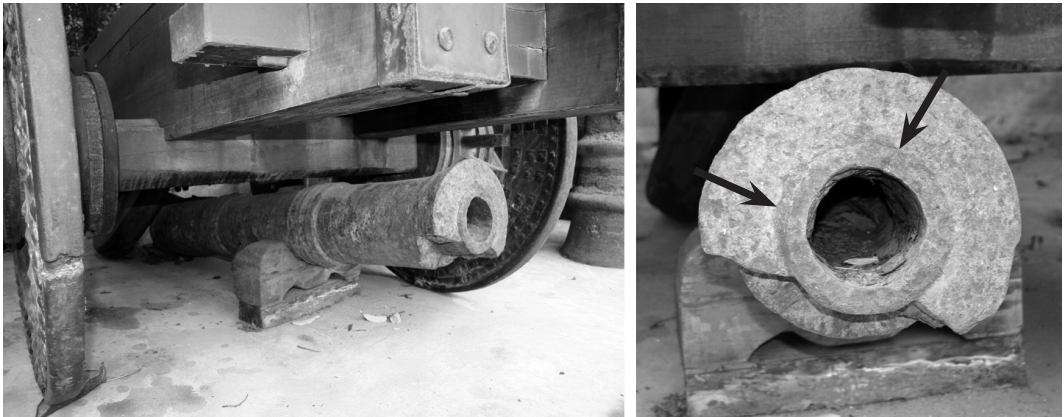
前文共提及 44 門現存之明清時期製造的複合金屬砲，主要分成鐵心銅體和鐵心鐵體兩種類型。2008 年，北京科技大學的孫淑雲教授與劉鴻亮博士完成一迄今規模最大的中國古砲調查工作，他們在北京、天津、山東蓬萊、江蘇南京、鎮江、揚州、浙江杭州、鎮海、福建泉州、廈門、廣東廣州、佛山、虎門、韶關、廣西梧州等地的 29 個市、縣博物館、砲臺文管所，先後調查了 348 門鐵砲，共發現複合砲 18 門，其中未見於前文討論的，尚有無紀年砲 3 門：廣東虎門鴉片戰爭博物館藏雙層鐵體子母砲兩門、^(註 132) 故宮午門前之複合鐵砲一門（圖二十一）。此外，筆者還曾在山東濟寧博物館外見到一門砲口外層迸裂的複合鐵砲（圖二十二）。亦即，中國現存的複合金屬砲至少還有 48 門，此一數字肯定還會陸續增加。

131. 《清文宗實錄》，卷 12，頁 191；卷 74，頁 960；卷 185，頁 1068-1069；卷 242，頁 753；卷 272，頁 1217；《清穆宗實錄》，卷 49，頁 1339-1340；卷 54，頁 11-13。

132. 劉鴻亮等，〈鴉片戰爭前後中國複合層火炮技術的初步研究〉，感謝劉鴻亮博士提示。



圖廿一：北京午門前之複合鐵砲，長 209 cm，內徑 17 cm



圖廿二：濟寧博物館藏複合鐵砲

五、其他國家的複合金屬砲

(一) 印度

中國並不是古代唯一會製造複合金屬砲的國家，印度所造的此類砲已知現存

者即至少有 12 門（見表四），^{（註 133）}最早的可追溯至 1537–1554 年間的 Gujarat（當時位於印度西北部之獨立蘇丹國），現藏英國倫敦的皇家火砲博物館，結構是鐵心銅體。其法是在鍛鐵砲管上再澆鑄銅液，以強化管身，並節省銅的用料。

至十七世紀下半葉，複合金屬砲更在印度達到顛峰，莫臥兒帝國的 Aurangzeb（r. 1658–1707）皇帝為因應各地連續戰爭的需要，製造了許多重砲，其中雖

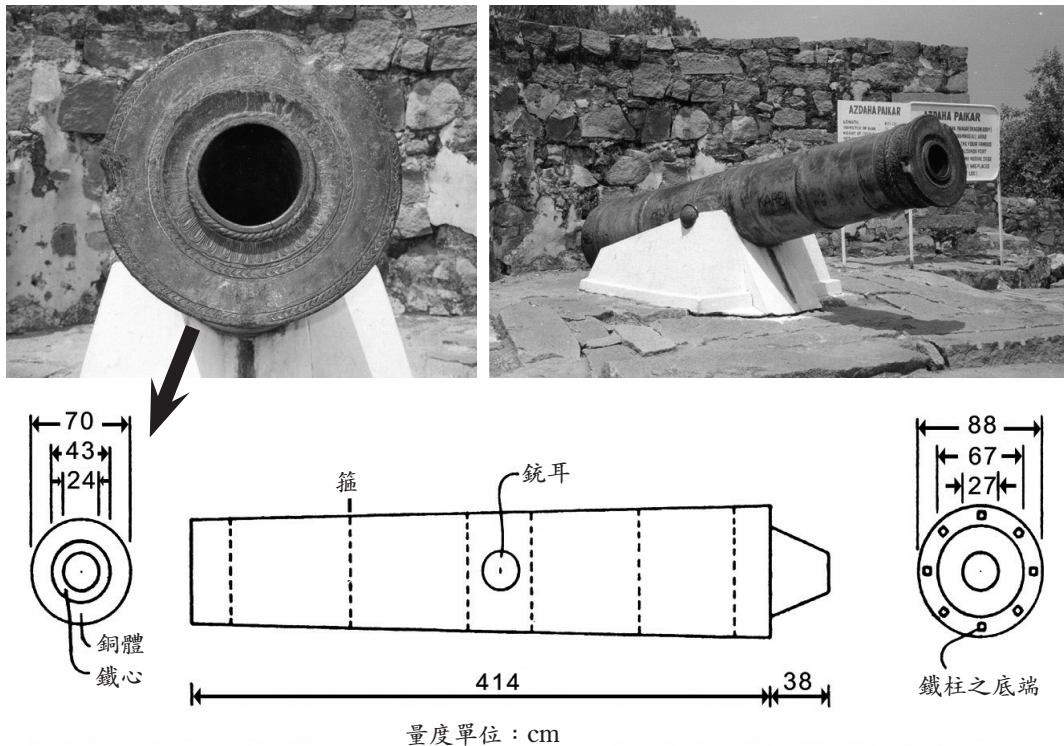
表四：現存已知印度製造之銅鐵複合金屬砲

| 砲名（鑄造年份） | 砲長 (cm) | 外徑 (cm) | 砲口 內徑 (cm) | 銅體 / 鐵心 | 彈重 (kg) | 用藥 (kg) | 現藏地點 |
|-----------------------------------|------------|------------|------------------|------------|------------|------------|-------------------------------------|
| ?(1537–1554) | – | – | – | 6 | – | – | Royal Artillery Historical Trust |
| <i>Tope Azdaha Paikar</i> (1660) | – | – | – | 7.3 | – | – | Parenda fort |
| <i>Tope Malik-i-Maidan</i> (1665) | – | – | – | 5 | – | – | Parenda fort |
| <i>Tope Qila Kusha</i> (1666) | 325 | 38 | 18 | – | – | – | Golconda fort |
| <i>Qila Shikan</i> (1660s) | – | – | – | 6 | 7.5 | 2.5 | Daulatabad |
| <i>Fath Raihbar</i> (1672) | 486 | 70 | 26 | – | 33.5 | 11.1 | Golconda fort |
| <i>Dushman Kob</i> (1673) | 477 | – | – | – | – | – | Golconda fort |
| <i>Azdaha Paikar</i> (1674) | 452 | 70 | 24 | 1.4 | 33.5 | 11.0 | Golconda fort |
| <i>Tope Zafarbaksh</i> (1674) | 447 | 60 | 23 | – | – | – | Fort William |
| <i>Atish Bar</i> (1679) | 518 | 48 | 18 | – | 12.5 | 4.2 | Golconda fort |
| <i>Fathjang</i> (1696) | – | – | – | – | – | – | Narwar fort |
| ? (?) | – | – | – | 1.4 | – | – | Indore Museum |

133. 下文中有關各式火砲之討論，均請參見 R. Balasubramaniam, *The Saga of Indian Cannons* (New Delhi: Aryan Books International, 2008), pp. 168–172, 235–250; Iqtidar Alam Khan (ed.), *Gunpowder and Firearms: Warfare in Medieval India* (New Delhi: Oxford University Press, 2004), pp. 96–97, 110–111; R. Balasubramaniam & Pranab K. Chattopadhyay, “Zafarbaksh: The Composite Mughal Cannon of Aurangzeb at Fort William in Kolkata,” *Indian Journal of History of Science*, 42.2(2007), pp. 205–221; R. Balasubramaniam, “*Fath Raihbar*: The Massive Bronze Cannon at Petla Burj of Golconda Fort,” *Indian Journal of History of Science*, 42.3 (2005), pp. 409–429. 據筆者 2009 年 5 月 3 日與 R. Balasubramaniam 教授的私人通信，他剛發現 *Fath Raihbar* 亦為複合金屬砲。

以銅砲為主，但現存已知至少有 10 門為銅鐵複合砲（見表四）。其中一名為 *Azdaha Paikar*（其意為「龍體（Dragon Body）」）者，是 1674 年由匠師 *Muhannad Ali Arab* 監製。其最內層砲管乃由一或數片厚約 1.3 cm 的長方形鐵板繞著圓柱型的心軸捲成；接著，沿著管身以 7.0 cm 粗的圓形鐵環一圈圈繞在其外以收緊內管；最後，則以脫蠟法將銅液澆鑄在鐵心之外。此砲的尾端可見八根均勻分佈之鐵柱所留下的痕跡，其目的或是讓管身與砲尾的結合能更堅固。

此砲上有許多銘文和徽識，砲長 452 cm，砲口之內徑為 24 cm、鐵心厚 9.5 cm、銅體厚 13.5 cm、外徑 70 cm，底徑 88 cm（見圖二十三），總重約 17,000 kg（其中鐵佔 3,300 kg）。銘文指稱使用 33.5 kg 重之砲彈，裝填火藥 11 kg。由於 33.5 kg 重之石質球彈，其直徑約為 28.3 cm，超過砲之內徑，因知此砲應使



圖廿三：印度複合金屬砲 *Azdaha Paikar*（1674）之示意圖（註 134）

134. 筆者感謝 R. Balasubramaniam 教授同意使用其所攝製的圖檔。

用鐵彈或鉛彈，其直徑約為 17.7–20.7 cm，所產生的遊隙值（windage，指砲管內徑與彈徑的差值）遠大於同時期的歐洲火砲（通常是 0.6 cm）。（註 135）加上此砲所用火藥與鐵彈之重量比約為 1:3，亦較歐洲大砲常見之 1:2 值小得多，（註 136）可以想見當時印度砲的威力可能遠遜於同型之歐洲砲。由於印度城堡的建築格外堅固，（註 137）故用這些砲轟擊城池的效果常不如預期，如 Aurangzeb 在 1687 年攻打 Golconda（位於印度東南沿海）時，雖配備了不少大型火砲（含銅鐵複合砲），但歷經七個半月的圍城，最後還是靠賄賂城中權要才賺開大門。

另一門名為 *Tope Zafarbaksh*（其意為「賜勝者（Victory Bestower）」）的複合金屬砲，現位於加爾各答的威廉堡（Fort William），是 Aurangzeb 於 1674 年命匠師 Mathura Das 監製。其鐵心結構與 *Azdaha Paikar* 略異，最內層的砲管乃由 13 片略帶弧形的鐵板（厚約 3.5 cm）鍛接而成，長度大致與砲管等同，再沿著管身以至少兩層的圓形鐵環箍緊內管，最後則將銅液澆鑄在鐵心之外。經細查砲身上的一處破洞，發現管壁的主要構成是鐵，只有最外一小層為銅。（註 138）

Aurangzeb 統治期間所造各砲的大小，在十七世紀下半葉世界各國中應位居領先群，長度甚至可達 518 cm。其製砲技術精湛，在砲身上除了銅、鐵的不同色澤可供辨識外，往往看不出明顯接縫，此應是融通印歐兩大傳統的結果：內管的製法乃印度已發展至極端成熟的鍛鐵工藝，外管則納入歐洲先進的鑄銅技術。

中、印兩國十七世紀所製複合砲最大的差別在鐵心，中國因很早就出現使用耐火材料的橢圓形豎爐，且有以水力驅動的鼓風裝置，故製砲時乃採取較簡便的鑄造法。當時印度則尚未能充分掌握鑄鐵技法，（註 139）但亦以其精緻的鍛造工藝走出另一條路。雖然鍛造法較費工費時，質地則較鑄鐵堅固，只不過令管壁保持勻直的技术門檻頗高。亦即，當時印度所造的複合砲，主要看中其承受較高膛壓的能力，而非着眼於有效節省昂貴之銅料。又，疑當時印度人可能還無法確切

135. O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*, p. 72, 76.

136. O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*, p. 271.

137. Jean Deloche, "Gunpowder Artillery and Military Architecture in South India (15–18th Century)," *Indian Journal of History of Science*, 40.4 (2005), pp. 573–595.

138. R. Balasubramaniam & Pranab K. Chattopadhyay, "Zafarbaksh: The Composite Mughal Cannon of Aurangzeb at Fort William in Kolkata," *Indian Journal of History of Science*, pp. 205–221.

139. Iqbal Ghani Khan, "Metallurgy in Medieval India: 16th to 18th Centuries," in Aniruddha Roy & S. K. Bagchi eds., *Technology in Ancient and Medieval India* (Delhi: Sundeep Prakashan, 1986), pp. 71–91.

掌握複合砲的優點，否則，應可使用較多火藥以增強砲彈的爆發力，或以同樣經費製造更多門銅體管壁較薄（但抗膛壓能力仍佳）的複合砲，而沒有必要一味追求厚重。

(二) 荷蘭

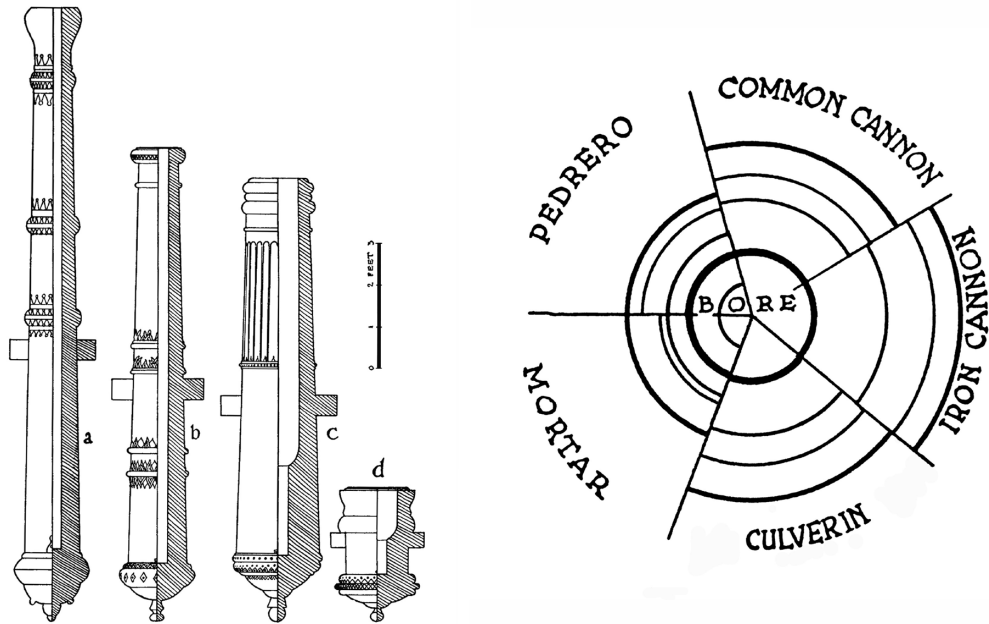
1629年，荷蘭東印度公司的巴達維亞號（*Batavia*）在澳大利亞沉沒。自1963年起，該沈船地點陸續發現21門鐵砲及5門銅砲，此外，還有2門被稱為 *mignon* 的複合金屬砲。這兩門複合砲形制相近，現一歸私人收藏，一在西澳大利亞博物館（Western Australian Museum），後者全長228 cm，內徑14.7 cm，重約847 kg。經研究人員縱剖後者之砲管後，發現其結構相當複雜：最內層是由銅鍛打捲成，外以6條長鐵板縱向緊密包裹覆蓋，再用30個連排的熟鐵圈橫向順著管身纏緊鐵板。這些鐵圈的寬度均約為6 cm，但厚度不同：最接近砲口的鐵圈厚2.4 cm，接下來的10圈各厚1.6 cm，再來的6圈各厚3.2 cm，最後的12圈各厚5.6 cm。砲的最外層為銅殼，中間澆填鉛錫合金（熔點為190°C），尾珠（cascable）則主要是由黃銅構成。同船其它四門擁有相似內徑的銅砲，重量幾乎是此複合砲的兩倍。（註140）

Mignon 之所以成爲一種分類，主要或在凸顯其特殊的物質結構：既非銅砲，亦非鐵砲。（註141）但它在形制上，應最接近 *pedrero*（或作 *cannon petriero*, *canon perior*），比大蛇銃或大鳩銃（*cannon*）要粗短，管壁相對較薄（見圖二十四），且爲避免膛炸，很少發射較重的鐵彈。（註142）通常管末有圓柱型或鐘型之藥膛，由於藥膛的口徑多較砲膛內縮，此令藥膛所在處的管壁變厚，增強了此砲

140. 此段參見 Jeremy N. Green, "The Armament from the *Batavia*. 1. Two Composite Guns," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 9.1(1980), pp. 43–51; Ian D. Macleod & Neil A. North, "Conservation of a Composite Cannon *Batavia* (1629)," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.3 (1982), pp. 213–219.

141. 1630年左右，荷蘭東印度公司規定其所屬最大之船隻上，應裝備24門鐵砲、6門銅砲以及2門 *mignon* 砲；參見 Jeremy N. Green, "The Armament from the *Batavia*. 1. Two Composite Guns," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 9.1, pp. 43–51.

142. 該 *mignon* 砲的頸部和砲耳的壁厚均比大蛇銃或大鳩銃的對應值小許多，此與 *pedrero* 的特徵最接近。又，不計藥膛的話，*mignon* 砲的管身約爲內徑之10倍，而 *pedrero* 砲則通常是8–12倍。參見 Albert Manucy, *Artillery through the Ages: A Short Illustrated History of Cannon, Emphasizing Types Used in America* (Washington: United States Government Printing Office, 1949), pp. 32–41; Tomaso Moretti, *A Treatise of Artillery, or, Great Ordinance* (London: William Godbid, 1673), pp. 19, 35–37.



圖廿四：不同砲種的形制及其管身之厚度變化。左圖從左至右分別是 a. 大蛇銃，b. 大鳩銃，c. *pedrero*，d. 飛彪銃（mortar）。右圖從正上方順時針方向分別是大鳩銅銃、大鳩鐵銃、大蛇銃、飛彪銃、*pedrero*，最內之粗圓代表砲管之內徑，往外之三條弧線分別表示在砲頸、銃耳以及點火孔處之管壁厚（註 143）

抗膛壓的能力，這應是為彌補其管壁較薄所做的特殊設計。

前述 *mignon* 砲內管所用之纏繞或鍛接的工藝相當粗糙，原因應是為減少花費或增加產量，然透過鉛錫合金的焊接作用，其整體結構仍十分堅固，否則不會安置在巴達維亞號的船尾（通常此處擺設的多是船上最大或最好的砲）。（註 144）

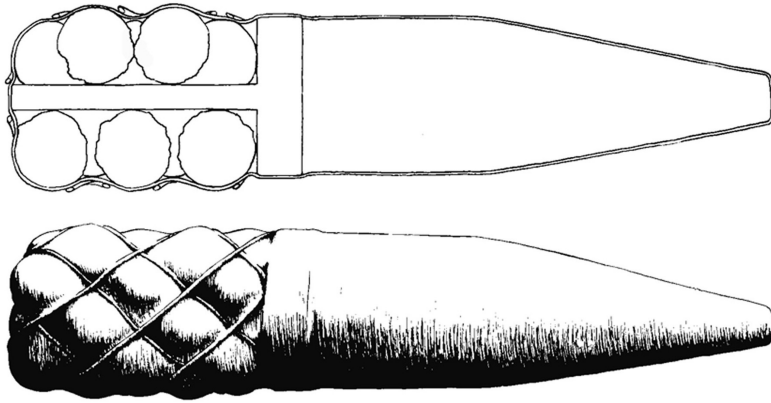
依照前述 *mignon* 砲之內徑推算，它應使用重約 10 lb 的球形石彈，然因十六世紀中葉以來，在歐洲用人工切磨球形石彈的成本日益增高，（註 145）故配給

143. 改繪自 Albert Manucy, *Artillery through the Ages: A Short Illustrated History of Cannon, Emphasizing Types Used in America*, pp. 33–38.

144. John F. Guilmartin, Jr., “The Cannon of the *Batavia* and the *Sacramento*: Early Modern Cannon Founding Reconsidered,” *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.2 (1982), pp. 133–144.

145. John F. Guilmartin, Jr., *Galleons and Galleys* (London: Cassell & Co., 2002), pp. 175–176; John F. Guilmartin, Jr., “The Cannon of the *Batavia* and the *Sacramento*: Early Modern Cannon Founding Reconsidered,” *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.2, pp. 133–144.

有可能較困難。查該砲內壁有明顯縱向之刮痕，此應是裝填非球形砲彈所造成，(註 146) 疑該砲主要乃使用內裹多枚較小石彈（無必要磨圓，其總重量略近於球形石彈）的葡萄型彈藥筒（*grape shot cartridge*），為便於操作，底部還附加了與藥膛形狀相近的藥包（見圖二十五）。(註 147) 亦即，*mignon* 砲的功能或已從早期的破船裂帆，轉成在近距離殺傷敵船人員。(註 148) 到 1630 年代，則因鑄鐵砲更為便宜耐用，且功能亦較不受侷限，*mignon* 砲遂遭淘汰。(註 149)



圖廿五：葡萄型彈藥筒示意圖（註 150）

雖然我們很少有機會經由砲體解剖具體看到像前述 *mignon* 一樣的複合金屬結構，但在十六世紀前半葉所造的砲中，偶亦可見類似情形：內壁是用鐵板捲成圓柱形後加以焊接，外用長鐵條緊密包裹覆蓋，再順著管身次第把燒紅的鐵圈套在其外，並澆水冷卻以箍緊鐵條，有時還會於縫隙間澆鑄鉛液。(註 151) 此外，

146. Ian D. Macleod & Neil A. North, "Conservation of a Composite Cannon Batavia (1629)," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.3, pp. 213–219.

147. 此處裝彈的方式乃參據 Tomaso Moretti, *A Treatise of Artillery, or, Great Ordinance*, pp. 68–69.

148. John F. Guilmartin, Jr., "The Cannon of the *Batavia* and the *Sacramento*: Early Modern Cannon Founding Reconsidered," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.2, pp. 133–144.

149. Richard Barker, "Bronze Cannon Founders: Comments upon Guilmartin 1974, 1982," *The International Journal of Nautical Archaeology*, 12.1 (1983), pp. 67–74; J. B. Kist, "The Dutch East Company's Ships' Armament in the 17th and 18th Centuries: An Overview," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 17.1 (1988), pp. 101–102.

150. 改繪自 H. L. Peterson, *Round Shot and Rammers* (Harrisburg: Stackpole Books, 1969), p. 28.

151. O. F. G. Hogg, *English Artillery 1326–1716* (London: Royal Artillery Institution, 1963), pp. 9–12; J. Bar-to Arnold, III & Robert S. Weddle, *The Nautical Archeology of Padre Island: The Spanish Shipwrecks of 1554* (New York: Academic Press, 1978), pp. 244–247.

在以磁鐵探測葡萄牙沉船 *Sacramento* 號（1668）上的兩門荷蘭砲（分別造於 1622 及 1634 年）以及兩門英國砲（十六世紀中葉造）後，亦可發現其銅體砲身之下均有鐵的成分存在，惟出現的位置不一。（註 152）又，筆者 2008 年在荷蘭阿姆斯特丹國立博物館（Rijksmuseum）見到一門 1615 年鑄造的船砲，其管身雖主要為銅體，但也含有錫、鉛和鐵等成分。（註 153）非洲西岸的佛德角群島（Cape Verde Islands）所撈起的一門十七世紀砲（圖二十六）、英國皇家火砲博物館所藏的 #2/209 砲以及 Grand Bahamas 所打撈之十七世紀沉船砲，亦出現類似之複



圖廿六：
非洲佛德角群島所撈起的一門十七世紀（荷蘭製？）複合金屬砲，通長 107 cm，內徑 7.5 cm

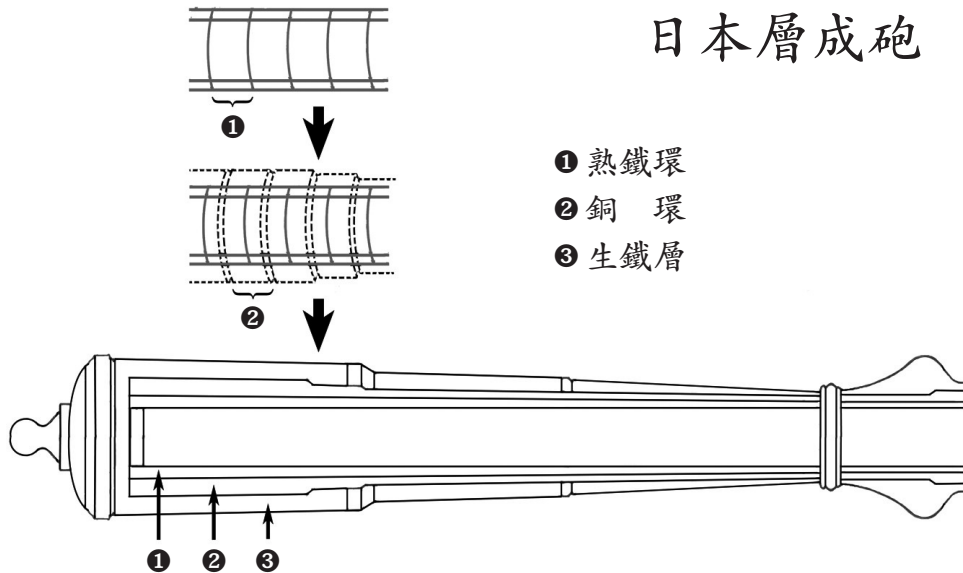
152. John F. Guilmartin, Jr., "The Cannon of the *Batavia* and the *Sacramento*: Early Modern Cannon Founding Reconsidered," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.2, pp. 133–144.

153. 此砲被置於入口處，內徑為 12.9 cm，砲口厚度 6.2 cm，是由 Gerrit Coster 在阿姆斯特丹鑄造，惜無機會詳細研究，僅能摘錄說明牌上之敘述。又，Coster（或作 Koster）乃十七世紀阿姆斯特丹著名的鑄鐘及鑄砲家族，巴西 Itaparica 島附近海域曾打撈出一門由 Assuerus Koster 於 1634 年所造之砲，英國打撈出的 *Mary* 號上也有門砲是 Gerard Koster 造於 1660 年。參見 Ulysses Pernambucano de Mello, "News: Brazil," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 6.2 (1977), p. 171; Peter W. J. McBride, "The *Mary*, Charles II's Yacht: 2. Her History, Importance and Ordinance," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 2.1(1973), pp. 61–70.

合金屬結構。(註 154) 因知歐洲各國在由鑄銅砲和鑄鐵砲全面取代鍛鐵砲的過程中，或曾多方嘗試複合金屬的製造法，且其複合的方式具有多樣性。

(三) 日本

十九世紀中葉，日本亦出現以複合金屬製造的「層成砲」(圖二十七)，該砲是由上益城郡(位於九州的熊本縣)的增永三左衛門所設計，嘉永七年(1854)鑄成。砲的最內層為長 15.2 cm、厚 3 cm 的熟鐵環，用之組成 257.5 cm 長的砲身；接著用長度相近的銅環接裝於其外層，但位置與內環相錯；最外則澆鑄 1.5–3 cm 左右厚度的生鐵。(註 155) 由於美國海軍准將培里(Matthew Perry, 1794–1858)於 1853–1854 年兩度率領艦隊抵日，並強迫日本打開對外貿易大門，故此砲的出現，很可能與鴉片戰爭以後清朝複合金屬砲的大量製造如出一轍，是爲了因應西力東漸的時代氛圍。然而，日本「層成砲」曾否量產及其影響程度爲何，則尚待進一步研究。



圖廿七：十九世紀日本製造的「層成砲」

154. *Sotheby's Auction Catalog: Important Clocks, Watches, Scientific Instruments and the Arqueonautas Collection of Marine Archaeology*. Held on December 19, 2000 in London, p. 184.

155. 所莊吉，《火繩銃》(東京：雄山閣，1989)，頁 191–192。附圖改繪自嘉永七年的〈入筒大煩之圖〉。

六、結論

十七世紀初葉，閩粵之人開始在東南亞接觸到歐洲較先進的前裝滑膛式火砲，當時西方海船上以鑄銅砲最為普遍，鍛鐵砲已漸落伍，而成本較省的鑄鐵砲則正風行，故當擁有深厚銅鐵鑄造傳統的中國開始仿製西砲時，就直接跳過了鍛造的階段。萬曆四十八年（1620），協理京營戎政黃克纘首先延攬 14 名福建同安工匠至京鑄成 28 門「呂宋大銅砲」，這批砲匠應有人曾在馬尼拉受雇於西班牙人的鑄砲廠，但或因未能掌握關鍵性技術和設計，此次努力並未獲預期效果。然而，東南沿海鑄造西式火砲的風潮已起。天啓四年（1624），欽差福浙都督俞咨臯成功仿鑄多門紅夷鐵砲。崇禎年間，閩粵地區所仿製的這類鐵砲已可量產。

明朝工匠除單純模仿西方的銅砲或鐵砲外，亦曾嘗試從本土的特殊工藝出發，尋求新的突破。有助於強化砲管抗膛壓能力的鐵心銅體結構，就是其中最突出者。中國現存已知最早的鐵心銅體火器，應是嘉靖十二年（1533）由兵仗局在北京所製造的佛郎機子銃。至遲天啓七年，此一製法更被用於較大型的傳統火砲，量產出「鐵裏安邊神砲」和「鐵裏虎蹲神砲」等武器。差不多同一時間，兵仗局更進一步仿歐洲前膛裝填式火砲的設計，鑄出大型的「頭號鐵裏銅發煩砲」。此後，相關技術仍持續發展，吳三桂於崇禎十五年在寧遠捐貲鑄成的「定遼大將軍」，應就是有明一代的顛峰之作。此砲在技術上是以歐洲的火砲設計做為基礎，再融入中國南方較發達的鑄鐵工藝，並受到北方已有近百年傳統之鐵心銅體製法的啓發。

然而，諷刺的是，雖然技術已趨近成熟，明廷的財政卻瀕臨破產，無力大量製造此種新型火砲。耶穌會士湯若望（Adam Schall von Bell, 1591–1666）即嘗於崇禎末年慨歎曰：「彼（農按：指清軍）之人壯馬潑、箭利弓強，既已勝我（指明軍）多矣，且近來火器又足與我相當……目前火器所貴西洋大銃，則敵不但有，而今且廣有矣！我雖先得是銃，奈素未多備，且如許要地，竟無備焉！」^{（註 156）}

156. 湯若望授，焦勗述，《火攻挈要》（臺北：藝文印書館，《百部叢書集成》景印道光間刊本，崇禎十六年序刊），卷上，頁 3–4。

相對地，滿人雖原無冶鐵之傳統，但因遼東本多鐵礦，且冶鍊所需的木炭和煤炭亦不匱乏，遂自天命年間（1616–1626）起，在投誠或擄獲之漢族及朝鮮匠人的協助下，開始逐步建立煉鐵工業。^{（註 157）}天聰五、六年（1631–1632；崇禎四、五年）間，先鑄出「天祐助威大將軍」鐵砲 7 門，更於崇德八年（1643；崇禎十六年）在錦州一舉鑄成 35 門鐵心銅體的「神威大將軍」，此數接近當時清朝全國所擁有大小紅夷砲之半，^{（註 158）}且各砲之噸位和質地均遠超過先前，令原本就已經所向多捷的清軍更是如虎添翼。

從萬曆四十七年的薩爾滸之役至順治元年（1644）的滿清入關，遼東和京畿有長達二十五年時間是處於明清交戰的最前線，各役的規模、相隔密度與地理的集中度，可能均是同時期世界其它地區所難以比擬。^{（註 159）}兩陣營均竭盡最大努力引進新型武器並尋求改進，遂先後採用由漢人工匠開發的鐵心銅體砲管設計，分別鑄出「定遼大將軍」和「神威大將軍」，其品質有可能在世界居領先地位。

惟複合金屬之砲管並非中國的專利，至遲在十六世紀中葉，印度和歐洲應亦已出現，只不過因其鑄鐵工業尚未成熟，故發展的方向異於中國。如印度 Gujarat 蘇丹於 1537–1554 年間所造之一門砲，即是在鍛鐵內管外澆鑄銅體；1629 年沉沒之荷蘭巴達維亞號上的 *mignon* 砲，則是將銅、鐵、鉛、錫等金屬以鍛造和鑄造兩法混合製成。此外，荷蘭也曾於十七世紀前半葉出現兩種與複合金屬砲相關的專利。^{（註 160）}

但在歐洲各國，或因鍛造的人工成本日益增高，且 *mignon* 類之複合金屬砲製程繁複，故在經濟因素的考量下並未持續發展。而在印度，因技術純熟的鍛鐵工匠或仍較易取得，且為因應莫臥兒皇帝 Aurangzeb 頻繁征戰之需要，故於十

157. 如努爾哈赤即曾於天命八年指派張秉益在鐵匠聚集的石城（今遼寧省鳳城東北）擔任「精煉鐵百總」，並任命王之登為「精煉鐵參將」，以整合相關的人力與物力。參見叢佩遠著，佟冬主編，《中國東北史》（長春：吉林文史出版社，1998），卷 4，頁 1026–1038。

158. 黃一農，〈紅夷大砲與皇太極創立的八旗漢軍〉，《歷史研究》，4，頁 74–105。

159. 十七世紀上半葉，世界其它地區的戰事乃以三十年戰爭（1618–1648）和英國內戰（1642–1646，1648–1651）的規模最大，但明清在遼東的對戰以及清軍的五次長驅入關，絕對是不遑多讓，雙方動輒出動逾十萬兵力。參見孫文良、李治亭、邱蓮梅，《明清戰爭史略》（瀋陽：遼寧人民出版社，1986），頁 44–437；R. Ernest Dupuy & Trevor N. Dupuy, *The Harper Encyclopedia of Military History* (New York: HarperCollins Publishers, 1993, 4th ed.), pp. 583–597, 602–607.

160. Jeremy N. Green, "The Armament from the *Batavia*. 1. Two Composite Guns," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 9.1, pp. 43–51.

七世紀下半葉還陸續製造許多大型的複合砲。至於明清兩朝，雖在鼎革之際出現多種製法之複合金屬砲（如管壁有熟鐵心、生鐵體者，亦有生鐵心、鑄銅體者，更出現三層之複合鐵砲），但或因戰事倥傯之際恐無暇具體評估其優越性，導致較費工費錢的複合砲未能普及。

康熙十二年（1673），三藩亂起，耶穌會士南懷仁（Ferdinand Verbiest, 1623–1688）開始奉旨鑄砲，他在宮廷中原本從事治曆的工作，^{（註 161）}並無冶鑄的相關經驗，故他很可能是參酌西書上所載之法，且因大清的物力豐阜，故所鑄大多是製法較簡便的銅砲。康熙二、三十年間，清廷雖曾數度鑄造鐵心銅砲，但均為便於行軍野戰的百餘斤小砲。清朝在底定三藩和收服臺灣之後，則因長期處於和平狀態，故不再積極製造重型火器，也不發展砲學。^{（註 162）}

歷經一個半世紀的沈寂後，清廷始為應付第一次鴉片戰爭所掀起的危機而重新大量製砲。南從閩粵，北迄山海關，沿海各省均積極加強軍備。為求超越十七世紀的火砲，此波新砲追求厚重，^{（註 163）}而明末原已成熟的複合金屬製法，因可增加砲管的抗膛壓能力，遂再度被啓用。惟因中國原本領先的冶鐵技術，在入清以後一直停滯不前，甚至不進反退，^{（註 164）}相對於西方而言，造砲品質往往十分粗糙，砲管內壁通常不夠勻稱，鑄鐵品質欠佳，遊隙值也較大。中國自製的前裝滑膛砲，雖在道光朝後期再掀高潮，然因歐洲強權的火砲技術與時俱進，即使是清軍新鑄成的「耀威大將軍」等複合金屬重砲，仍無力面對第二次鴉片戰爭

161. 黃一農，〈清初欽天監中各民族天文家的權力起伏〉，《新史學》，2.2（臺北：1991），頁 75–108。

162. 黃一農，〈紅夷大砲與明清戰爭：以火砲測準技術之演變為例〉，《清華學報》，26.1（新竹：1996），頁 31–70。

163. 如道光二十一年（1841）在大沽南北各砲臺上即有 10,000 斤之砲；二十二年曾於廣東鑄造重達 13,000 斤的銅砲 10 門；咸豐六年（1856），製成 8,000–10,000 斤的「武威制勝大將軍」銅砲 10 門；七年，英軍在廣東虎門的穿鼻砲臺掘出多門重達 5,000 kg、長 13 ft 的清朝製巨砲；八年，清軍從天津至海口共安設 12,000 斤的銅砲 4 門、10,000 斤的銅砲 10 門。參見中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》，第 7 冊，頁 15；茅海建，〈大沽口之戰考實〉，《近代史研究》，6（北京：1998），頁 1–52；崑岡等修，劉啓端等纂，〈欽定大清會典事例〉（《續修四庫全書》景印光緒二十五年石印本），卷 894，頁 789；Laurence Oliphant, *Narrative of the Earl of Elgin's Mission to China and Japan in the Years 1857, '58, '59* (New York: Harper & Brothers, Publishers, 1860), p. 45.

164. 如道光十五年在虎門新鑄的 59 門大砲（多為 6,000 和 8,000 斤重）中，竟有 10 門膛炸，經檢查砲身後，發現「渣滓過多，膛內高低不平，更多孔眼」，炸碎的鐵塊上甚至「週身孔眼，形似蜂房，並有空洞，內有貯水四碗者」。又，欽差大臣琦善於道光二十年奏稱：「從前所鑄之礮甚不精良，現就其斷折者觀之，其鐵質內土且未淨，遑問其他。故連放數次後，礮已發熱。」參見關天培，《籌海初集》（臺北：華文書局，《中華文史叢書》景印道光十四年刊本），卷 3，頁 36–38、66–87；中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》，第 2 冊，頁 744–745。

的挑戰。紅夷火砲也終於在歷經兩百多年的仿製與改進之後，隨著線膛砲的崛起而走入中國歷史。

另一方面，鋼鐵工業的精進亦讓複合砲在西方喪失競爭力。十八世紀末葉，英國所製之砲不僅鑄鐵的品質已大幅提高，^(註 165)且常是先鑄成實心鐵管，再以機械銹出勻稱的內膛，此法不僅精度較高，且成本僅需傳統模鑄法的 1/10。^(註 166)1856 年，美國北軍軍官 Thomas J. Rodman (1815–1871) 更發明一種鑄造鐵砲之新法，該法採用中空的模式，並在其中導入冷卻水，如此，即可使砲管自內向外漸次凝固，所鑄之砲因而可以更大（內徑可超過 50 cm），且耐用程度更可達到先前的十幾倍。^(註 167)

複合金屬砲本是第二次鴉片戰爭以前中國土地上技術最先進的火砲，但吊詭的是，它幾乎從之前所有相關專著中缺席。本文嘗試整合浩瀚文獻中的零散記載，以及筆者過去十餘年來對現存大量古砲所進行的實地勘察，努力從物質文化的角度勾勒出複合金屬砲的「文化傳記 (cultural biography)」。^(註 168)不僅首度重現該砲種在中國三百多年間的演變過程和多樣性，並從技術、效能和成本等角度切入，以理解此特殊製砲法的興頹變化及其最終遭淘汰的歷史因素。或因複合金屬砲的品質十分突出，它在明清兩朝曾被賦予如「捷勝飛空滅虜安邊發煩神砲」、「定遼大將軍」、「神威大將軍」、「平夷靖寇將軍」、「振遠將軍」、「耀威大將軍」等名稱，由於絕大多數古砲並無賜號，顯示其在時人心目中的崇高地位。而砲身上斑駁銘文所浮現的官匠姓名和製造年月，在文獻的對照下，亦讓古砲在歷史長河中的「生命史」更加真實與清晰。

最後，我們或可借用生物學中遺傳與育種 (genetics and breeding) 的概念嘗試進一步理解複合砲的起落興衰：兩個可以相互雜交的亞種通過育種的手段有

165. Richard Hayman, *Ironmaking: The History and Archaeology of the Iron Industry* (Stroud, Gloucestershire: Tempus Publishing Ltd., 2005), pp. 39–45.

166. 清朝要到同治七年 (1868) 才採用整體鑄法銹製滑膛砲。參見 Melvin H. Jackson & Carel de Beer, *Eighteenth Century Gunfounding* (Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1974), pp. 50–52, 72–74, 137–139；曾國藩，《曾文正公奏稿》（《續修四庫全書》景印光緒二年刊本），卷 33，頁 6。

167. W. Johnson, “T. J. Rodman: Mid-19th Century Gun Barrel Research and Design for the U. S. Army,” *International Journal of Impact Engineering*, 9.1 (1990), pp. 127–159.

168. Igor Kopytoff, “The Cultural Biography of Things: Commoditization as Process,” in A. Appadurai ed., *The Social Life of Things: Commodities in Cultural Perspective* (Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1986), pp. 64–91. 感謝新竹清華大學中文系陳珏教授的提示。

機會產生新物種，若該新物種的生存和繁殖能力均明顯提高，具有進化上的適應意義，則謂之雜種優勢（true heterosis），先前人類對金魚、水稻、玉米等所做的品種培育，即是典型案例；但若該新物種只出現某些器官或能力的增大，其生存和繁殖能力並未增進，則被視為假雜種優勢，或稱作雜種旺勢（hybrid luxuriance），無生殖能力的騾（馬與驢之混種）即是著名個案。（註 169）

不同地區複合砲所出現的多樣性製造模式，常是不同技術傳統中的優質成分相互融通的結果。明末在接觸歐洲前裝滑膛鑄銅砲之設計後，閩粵地區先與當地發達的鑄鐵工藝結合，成功仿製出紅夷鐵砲，當這些新型火器因明清間的長期對抗而出現在遼東和京畿後，又陸續與北方原有的鐵心銅體技術雜交出新的砲種：「頭號鐵裏銅發煩砲」、「定遼大將軍」和「神威大將軍」等。這些中國的複合金屬砲雖曾在戰場上發揮相當正面的作用，但因其製程較為繁瑣，終只能於歷史長河中如曇花一現，無法形成風潮，並在清前期中國社會長達一百多年的平和狀態中遭到遺忘。也就是說，其出現應較近似雜種旺勢的現象。至於十七世紀荷蘭和印度所製造的複合金屬砲，則是結合了鍛鐵和鑄銅兩工藝的優質基因，但亦因未能持續保持技術優勢及經濟效益，而於稍後遭淘汰。

史學中還有一些問題也可用前述生物學的育種觀念有效解釋：如新石器時代不同文化圈在中國各地興起，以華夏族為主體的中原地區，因被燕遼、陝北內蒙草原、甘青、長江中游、山東等文化區環繞，且具有極強的開放性與凝聚力，遂能博採衆長，奠定燦爛悠久的中原文明，此應屬真正的雜種優勢現象。（註 170）同樣地，禪宗的出現亦是如此：南北朝時，印度僧人菩提達摩（?-536）來華，提倡「不立文字，直指人心」的法門，再經慧能（638-713）等融入道家莊子等思想，遂發展為中國化的禪宗。亦即，前述遺傳與育種的概念，或許可以提供我們一個較容易理解的解釋平台，用來思索並比較文明交流史中的許多課題。

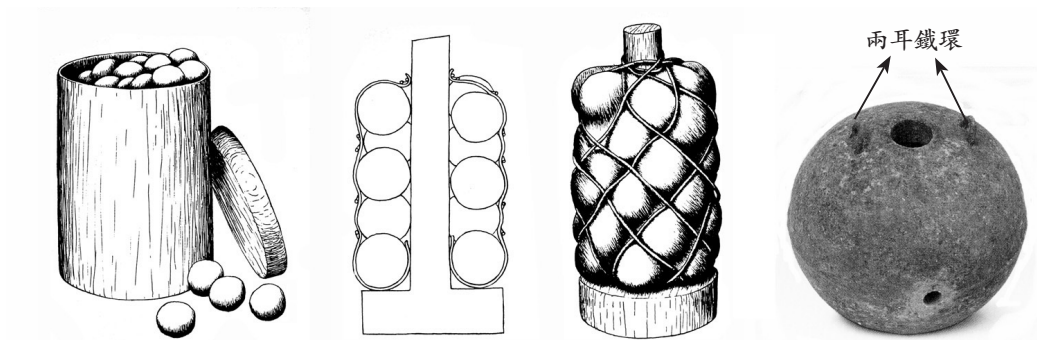
己丑端午定稿於新竹脈望齋

169. 參見 Verne E. Grant, "Hybrid," *The Encyclopedia Americana on CD ROM* (Danbury: Grolier, c. 1997). 感謝新竹清華大學生命科學系曾晴賢教授提示相關觀念。

170. 參見陳良佐，〈從生態學的交會帶（ecotone）、邊緣效應（edge effect）試論史前中原核心文明的形成〉，收入臧振華編，《中國考古學與歷史學之整合研究》（臺北：中央研究院歷史語言研究所，1997），頁 131-159。感謝新竹清華大學歷史所陳良佐教授提示有關雜種優勢文化的概念。

附錄：道光年間清軍所使用的空心爆炸彈

清朝在康熙年間所製的「威遠大將軍」砲，已使用空心爆炸彈，其制曰：「生鐵彈，重二、三十斤，大如瓜，中虛仰穴，兩耳鐵環。其法先置火藥于鐵彈內，次用螺螄轉木纏火藥撚，裹（裹？）以朝鮮貢紙，插入竹筒，入于彈內，下留藥撚一、二寸以達火藥，上留藥撚六、七寸于彈外，餘空處亦塞滿火藥，以鐵片蓋穴口，外用蠟封固……臨時施放，先點彈口火藥撚，再速點火門烘藥。」（註 171）惟此種新型砲彈似乎未能普及，主要藏諸清宮武庫（圖二十八）。（註 172）左宗棠曾於同治十二年（1873）在陝西見到此種早期遺留的砲彈，遂慨歎曰：「見在鳳翔府城樓尚存有開花礮子二百餘枚……使當時有人留心及此，何至島族縱橫海上數十年，挾此傲我，索一解人不得也！」（註 173）



圖廿八：霰彈筒（左）、葡萄彈（中）和清宮所藏之空心爆炸彈（右；直徑 23 cm）（註 174）

直到鴉片戰爭期間，英軍普遍使用空心爆炸彈，其強大殺傷力始引發清人重視與仿製。英國皇家火砲博物館所藏 #2/244 的清朝製火砲上，刻有「吃炸子一

171. 張廷玉等，《清朝文獻通考》，卷 194，頁 6588。

172. 胡建中，〈清代火炮（續）〉，《故宮博物院院刊》，4（北京：1986），頁 87-94。

173. 左宗棠，《左宗棠全集》（上海：上海書店，1986，景印光緒十六年刊本），書牘，卷 13，頁 40。

174. 改繪自 H. L. Peterson, *Round Shot and Rammers*, p. 26; 徐啓憲主編，《清宮武備》（香港：商務印書館，2008），頁 197。其中葡萄彈木質底座之實物，可參見 Jens Auer, "Fregatten Mynden: A 17th-century Danish Frigate Found in Northern Germany," *The International Journal of Nautical Archaeology*, 33.2 (2004), pp. 264-280.

粒，重二十六觔，吃藥六觔；吃火攻炮子一粒，重十八觔，吃藥四觔」等銘文，其中 26 斤之「炸子」，重量相當於直徑為 15.8 cm 的實心鐵球，^(註 175) 然因該砲的內徑為 23.4 cm，故一重 26 斤的實心鐵球將遠遠達不到合口的要求。再者，若此「炸子」為霰彈筒 (cannister) 或葡萄彈 (grape shot)，其重量通常應不輕於合口之實心球型鐵彈 (以直徑 21 cm 估計，約重 61 斤)。^(註 176) 因知 26 斤重之「炸子」應最可能是殼厚約 2-3 cm 的空心彈，內置具殺傷力的碎磁和鐵稜等；而該砲所用 18 斤重之「火攻炮子」，則或是空心燒夷彈，內置易燃物，殼厚約 1-2 cm；^(註 177) 兩彈內部應均有火藥，在射至敵營時會炸開。

原任廣東巡撫 (道光二十二年正月至十二月任) 的梁寶常，嘗敘述廣東所造的空心彈曰：

廣東所造大礮子，多用空心，模大質輕。又有將空心礮子煉成熟鐵，分成兩開，中納碎鐵、火藥，仍舊扣合，無異尋常礮子。至出礮則一觸即行炸裂，四面飛擊，一礮可得數礮之用。^(註 178)

道光二十三年七月，上諭大學士穆彰阿曰：

演放礮位，原以備臨敵制勝；若平時祇習虛文，臨陣安得實用。且恐為時過近，出數較多，易於刷大礮口，損壞礮位。著梁寶常於每年春、秋二季，親往督操，每位不得過五出，如果校閱認真，自不至荒疏技藝……所奏「空心礮子炸裂飛擊」一條，亦恐無裨實用，緣礮子既出礮口，空中炸開，飛擊何處，並無定準。即如暎夷善於用礮，其所用炸礮，亦多有不能炸擊者。^(註 179)

175. O. F. G. Hogg, *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*, pp. 265-266.

176. 當時砲彈直徑與砲管內徑之比約為 0.9；參見魏源，《海國圖志》，卷 88，頁 12。又，霰彈筒乃圓柱形，其外殼多以金屬薄片捲製，內置大量的小鐵彈丸，空隙則填以鋸木屑；至於葡萄彈內之彈丸，通常較霰彈筒內者為大，外則以鐵環、帆布、或繩網包裹而成，後有一圓柱木塊或金屬底板，以將彈丸推出砲口後四散殺傷敵人。惟因這兩種砲彈沿砲管方向的長度常大於橫切面的直徑 (與砲之內徑相近)，且空隙不多，故其重量往往超過合口的實心圓球鐵彈。

177. 如空心彈內不置物的話，26 斤重之「炸子」，殼厚不超過 3.5 cm；而 18 斤重之「火攻炮子」，殼厚不超過 2.3 cm。

178. 中國第一歷史檔案館編，《鴉片戰爭檔案史料》，第 7 冊，頁 186。

179. 《清宣宗實錄》，卷 394，頁 1076。

對新任山東巡撫梁寶常提出督操大砲相當具體的指示，要求每砲每季發射不得超過五次，以避免「刷大礮口，損壞礮位」。惟道光帝對英軍所使用的「空心礮子」，評價不高，認為其彈著點無法控制，且常出現不能炸裂的情形。

道光二十四、五年，署陝甘總督林則徐在青海平亂時，曾由江蘇候補知府黃冕協助以泥模創鑄「空心彈子」，林氏嘗奏曰：

封口礮子一項，向來俱用實鐵彈，於致遠攻堅已屬得力，但一礮只斃一賊，多亦不過數賊而止。臣曾見洋礮有空心彈子之法，名為炸彈；因密授匠人做法，即在臣行署督令試鑄。虛其中而留一孔，此中半裝火藥，雜以尖利鐵稜，仍將其孔塞住，納於礮口，將孔向外。一經放出，其火力能到之處，彈子即必炸開。彈內之藥，用礮較多，可以橫擊一、二百步，其彈子炸成碎鐵，與內貯之鐵稜皆可橫衝直撞，穿肌即透，遇物即鑽，一礮可抵十數礮之用。（註 180）

黃冕所鑄之「空心彈子」其形橢圓，有如鵝卵，內置「尖利錐刀、碎磁」及「毒藥」，重量與實心球彈略同；清軍可能自此才開始普及空心爆炸彈。（註 181）

二十六年五月，道光帝諭軍機大臣等曰：

訥爾經額奏「製造火攻礮子及炸礮子二器，現已演練精熟，擬多為製造存庫備用，仍於春、秋二操演放，以資考覈」等語，所造甚好，著照議製造備用……惟每歲操演時，祇須裝填尋常礮子，或但用火藥，總期施放習熟，臨事可資得力，無庸裝用炸裂礮子，以歸簡易而藏妙用，將此諭令知之。（註 182）

知訥爾經額在督造此砲之前，已能製造「火攻礮子」及「炸礮子（應同於銘文上所稱之炸子）」。然道光帝似乎習慣過度干涉軍事訓練的細節，如其在此諭中即命砲手在例行練習時，無須動用空心爆炸彈，而只需裝填平常之實心球彈，「以歸簡易而藏妙用」，設若如此，何能要求砲手掌握此種新型砲彈的性能，遑論從實作中尋求改進！

180. 魏源，《海國圖志》，卷 87，頁 6。

181. 魏源，《海國圖志》，卷 87，頁 7。

182. 《清宣宗實錄》，卷 429，頁 382。

引用書目

一、傳統文獻

- 《內閣大庫檔案》，中央研究院歷史語言研究所藏。
- 《明清史料》，臺北：中央研究院歷史語言研究所，1962-1999。
- 《明實錄》，臺北：中央研究院歷史語言研究所，1962，景印黃彰健校勘之舊鈔本。
- 《軍機處檔摺件》，臺北國立故宮博物院藏。
- 《清代起居注冊：道光朝》，臺北：聯合報文化基金會國學文獻館，1985。
- 《清實錄》，北京：中華書局，1986。
- 丁拱辰，《演礮圖說輯要》，韓國首爾大學奎章閣藏道光二十四年（1844）以後之嗣刻本。
- 中國第一歷史檔案館編，《嘉慶道光兩朝上諭檔》，桂林：廣西師範大學出版社，2000。
- ，《鴉片戰爭檔案史料》，天津：天津古籍出版社，1992。
- 允祿等，《皇朝禮器圖式》，臺北：臺灣商務印書館，《景印文淵閣四庫全書》鈔本，乾隆三十一年（1766）校補成書。
- 左宗棠，《左宗棠全集》，上海：上海書店，1986，景印光緒十六年（1890）刊本。
- 托津等纂，《欽定大清會典圖》，臺北：文海出版社，《近代中國史料叢刊三編》景印嘉慶二十三年（1818）刊本。
- 宋權等撰，《皇清奏議》，上海：上海古籍出版社，《續修四庫全書》景印民國影印本。
- 李東陽等撰，申時行等重修，《大明會典》，臺北：新文豐出版公司，景印萬曆間（1573-1619）刊本。
- 李輔等修，《全遼志》，臺北：藝文印書館，《四部分類叢書集成·遼海叢書》鉛印本，嘉靖四十五年（1566）成書。
- 沈傳義修，黃舒曷纂，《祥符縣志》，中央研究院傅斯年圖書館藏光緒二十四年（1898）刊本。
- 邱濬，《大學衍義補》，《景印文淵閣四庫全書》鈔本，成化二十三年（1487）成書。
- 南懷仁，《熙朝定案》，收入韓琦、吳旻校注，《熙朝崇正集·熙朝定案（外三種）》，北京：中華書局，2006，康熙間（1662-1722）成書。
- 胡宗憲，《籌海圖編》，《景印文淵閣四庫全書》鈔本，嘉靖四十一年（1562）成書。
- 茅元儀，《石民四十集》，《四庫禁燬書叢刊》景印崇禎間（1628-1644）刊本。
- 孫元化，《西法神機》，鄭州：河南教育出版社，《中國科學技術典籍通匯·技術卷》景印光緒二十八年（1902）刊本，天啓二、三年間（1622-1623）成書。
- 翁同爵，《皇朝兵制考略》，北京：學苑出版社，《清代兵事典籍檔冊匯覽》景印光緒元年（1875）刊本。
- 張廷玉等，《清朝文獻通考》，臺北：臺灣商務印書館，景印《十通》本，乾隆五十二年（1787）成書。
- ，《明史》，北京：中華書局，1974年點校本。
- 郭美蘭選譯，《崇德七年奏事檔》，收入故宮博物院明清檔案部／中國歷史第一檔案館編，《清代檔案史料叢編（第十一輯）》，北京：中華書局，1984。
- 嵇璜等，《清朝通志》，《十通》本，乾隆五十二年（1787）成書。
- 裴大中等修，秦縉業等纂，《無錫金匱縣志》，臺北：成文出版社，《中國方志叢書》景印光緒七年（1881）刊本。

- 曾國藩，《曾文正公奏稿》，《續修四庫全書》景印光緒二年（1876）刊本。
- 湯若望授，焦勗述，《火攻挈要》，臺北：藝文印書館，《百部叢書集成》景印道光間刊本，崇禎十六年（1643）序刊。
- 程子頤，《武備要略》，《四庫禁燬書叢刊》景印崇禎五年（1632）刊本。
- 鄂爾泰等，《八旗通志初集》，臺北：學生書局，景印乾隆四年（1739）刊本。
- 趙爾巽等，《清史稿》，北京：中華書局，1976年點校本，民國十六、七年（1927-1928）先後初刊。
- 齊思和等編，《第二次鴉片戰爭》，上海：上海人民出版社，1978-1979。
- 鍾方，《砲圖集》，北京大學圖書館藏鈔本，成書於道光二十一年（1841）。
- 魏源，《海國圖志》，《續修四庫全書》景印光緒二年（1876）刊本。
- 關天培，《籌海初集》，臺北：華文書局，《中華文史叢書》景印道光十四年（1834）刊本。
- Banks, George. "Chinese Guns," *Illustrated London News*, 1082 (1861), p. 325.
- Bernard, William Dallas. *Narrative of the Voyages and Services of the Nemesis, from 1840 to 1843; and of the Combined Naval and Military Operations in China*. London: Henry Colburn, 1844.
- Cunynghame, Arthur. *An Aide-de-camp's Recollections of Service in China, A Residence in Hong Kong, and Visits to Other Islands in the Chinese Seas*. London: Richard Bentley, 1853.
- Moretti, Tomaso. *A Treatise of Artillery, or, Great Ordinance*. London: William Godbid, 1673.
- Oliphant, Laurence. *Narrative of the Earl of Elgin's Mission to China and Japan in the Years 1857, '58, '59*. New York: Harper & Brothers, Publishers, 1860.
- Swinhoe, Robert. *Narrative of the North China Campaign of 1860*. London: Smith, Elder & Co., 1861.
- Tulloch, Alexander Bruce. *Recollections of Forty Years' Service*. London: William Blackwood and Sons, 1903.
- Yule, Henry. *Hobson-Jobson: A Glossary of Colloquial Anglo-Indian Words and Phrases, and of Kindred Terms, Etymological, Historical, Geographical and Discursive*. London: J. Murray, 1903.

二、近人論著

- 王兆春，《中國科學技術史：軍事技術卷》，北京：科學出版社，1998。
- ，《世界火器史》，北京：軍事科學出版社，2007。
- 王育成，《火器史話》，北京：中國大百科全書出版社，2000。
- 成東，〈明代後期有銘火炮概述〉，《文物》，4，北京：1993，頁79-86。
- 成東、鍾少異，《中國古代兵器圖集》，北京：解放軍出版社，1990。
- 李弘祺，〈中國的第二次銅器時代：為什麼中國早期的炮是用銅鑄的？〉，《臺大歷史學報》，36，臺北：2005，頁1-34。
- 李清志，《古書版本鑑定研究》，臺北：文史哲出版社，1986。
- 李斌，〈關於明朝與佛朗機最初接觸的新史料〉，《九州學刊》，6.3，臺北：1994，頁95-100。
- ，〈永樂朝與安南的火器技術交流〉，收入鍾少異主編，《中國古代火藥火器史研究》，北京：中國社會科學出版社，1995，頁147-158。
- 周維強，〈佛郎機銃與宸濠之叛〉，《東吳歷史學報》，8，臺北：2002，頁93-127。
- 周學軍，〈上海市歷史博物館建設中的探索精神〉，《中國博物館》，1，北京：1996，頁71-76。
- 季雲飛，〈鴉片戰爭後清政府「防務善後」述論〉，《軍事歷史研究》，2，上海：2002，頁87-94。
- 所莊吉，《火繩銃》，東京：雄山閣，1989。

- 胡建中，〈清代火炮〉，《故宮博物院院刊》，2，北京：1986，頁 49-57。
- ，〈清代火炮（續）〉，《故宮博物院院刊》，4，北京：1986，頁 87-94。
- * 茅海建，〈1842 年吳淞之戰新探〉，《歷史檔案》，3，北京：1990，頁 84-91。
- * ———，〈大沽口之戰考實〉，《近代史研究》，6，北京：1998，頁 1-52。
- 章 及，〈鐵模鑄炮的首創者：龔振麟〉，《金屬世界》，6，北京：1997，頁 28。
- 唐漢章，〈江陰小石灣古炮臺發掘〉，《江陰文博》，1，江陰：1993，頁 11-14。
- * ———，〈黃山炮臺出土的古炮〉，《無錫文博》，第 2 期增刊，無錫：1998，頁 9-10。
- ，〈天塹鎖鑰江陰黃山炮臺〉，《江陰文博》，2，江陰：2002，頁 15-18。
- 孫文良、李治亭、邱蓮梅，《明清戰爭史略》，瀋陽：遼寧人民出版社，1986。
- 孫淑雲主編，《中國古代冶金技術專論》，北京：中國科學文化出版社，2003。
- * 孫維昌，〈上海地區發現的抗英戰役大砲〉，《南方文物》，4，南昌：1999，頁 107-110。
- 徐啓憲主編，《清宮武備》，香港：商務印書館，2008。
- 陳良佐，〈從生態學的交會帶（ecotone）、邊緣效應（edge effect）試論史前中原核心文明的形成〉，收入臧振華編，《中國考古學與歷史學之整合研究》，臺北：中央研究院歷史語言研究所，1997，頁 131-159。
- 華覺明，《中國古代金屬技術：銅和鐵造就的文明》，鄭州：大象出版社，1999。
- 黃一農，〈清初欽天監中各民族天文家的權力起伏〉，《新史學》，2.2，臺北：1991，頁 75-108。
- * ———，〈紅夷大砲與明清戰爭：以火砲測準技術之演變為例〉，《清華學報》，26.1，新竹：1996，頁 31-70。
- * ———，〈紅夷大砲與皇太極創立的八旗漢軍〉，《歷史研究》，4，北京：2004，頁 74-105。
- * ———，〈歐洲沉船與明末傳華的西洋大砲〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》，第 75 本，第 3 分，臺北：2004，頁 573-634。
- ，〈明末薩爾滸之役的潰敗與西洋火砲的引進〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》，第 79 本，第 3 分，臺北：2008，頁 377-415。
- ，〈奎章閣明清軍事史重要文獻過眼錄〉，《奎章閣》，第 33 集，首爾：2008，頁 235-239。
- ，〈明清之際紅夷大砲在東南沿海的流布及其影響〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》，第 81 本，第 4 分，臺北：2010，頁 768-832。
- 楊仁江，《臺灣地區現存古礮之調查研究》，臺北：內政部，1991。
- 楊 豪，〈遼陽發現明代佛郎機銅銃〉，《文物資料叢刊》，7，北京：1983，頁 173-174。
- 廖大珂，〈滿刺加的陷落與中葡交涉〉，《南洋問題研究》，3，廈門：2003，頁 77-86。
- 趙仁福，《韓國古火器圖鑑》，漢城：大韓公論社，1974。
- 劉 旭，《中國古代火藥火器史》，鄭州：大象出版社，2004。
- 劉鳳云，《吳三桂傳》，蘭州：蘭州大學出版社，2000。
- * 劉鴻亮，〈第一次鴉片戰爭時期中英雙方火炮的技術比較〉，《清史研究》，3，北京：2006，頁 31-42。
- ，〈第一次鴉片戰爭時期中英雙方火炮發射火藥的技術研究〉，《福建師範大學學報（哲社版）》，4，福州：2007，頁 111-118。
- 劉鴻亮、孫淑雲，〈鴉片戰爭時期中英鐵砲材質的優劣比較研究〉，《清華學報》，38.4，新竹：2008，頁 563-598。
- 劉鴻亮、孫淑雲、張建雄，〈鴉片戰爭前後中國複合層火炮技術的初步研究〉，待刊稿。
- 劉麗、王雪農，〈山海關長城腳下出土的大鐵砲〉，中國長城網，<http://www.chinagreatwall.org/>

- detail/news_detail.jsp?info_id=1100217521&cust_id=greatwall, 2006年9月1日下載。
- 劉 韞,〈明定遼大將軍炮：吳三桂固守寧遠抗清的物證〉,《遼海文物學刊》,1,瀋陽：1994,頁120-122。
- 戴裔煊,《《明史·佛郎機傳》箋正》,北京：中國社會科學出版社,1984。
- 叢佩遠著,佟冬主編,《中國東北史》,長春：吉林文史出版社,1998。
- 有馬成甫,《火砲の起原とその傳流》,東京：吉川弘文館,1962。
- 이강칠 (李康七),《한국의 화포 (韓國之火砲)》,首爾：軍事博物館,2004。
- Arnold, J. Barto, III & Robert S. Weddle. *The Nautical Archeology of Padre Island: The Spanish Shipwrecks of 1554*. New York: Academic Press, 1978.
- Auer, Jens. "Fregatten *Mynden*: A 17th-century Danish Frigate Found in Northern Germany," *The International Journal of Nautical Archaeology*, 33.2, 2004, pp. 264-280.
- Balasubramaniam, R. "Fath *Raihbar*: The Massive Bronze Cannon at Petla Burj of Golconda Fort," *Indian Journal of History of Science*, 40.3, 2005, pp. 409-429.
- . *The Saga of Indian Cannons*. New Delhi: Aryan Books International, 2008.
- Balasubramaniam, R. & Pranab K. Chattopadhyay. "Zafarbaksh: The Composite Mughal Cannon of Aurangzeb at Fort William in Kolkata," *Indian Journal of History of Science*, 42.2, 2007, pp. 205-221.
- Barker, Richard. "Bronze Cannon Founders: Comments upon Guilmartin 1974, 1982," *The International Journal of Nautical Archaeology*, 12.1, 1983, pp. 67-74.
- Callwell, Charles & John Headlam. *History of the Royal Artillery from the Indian Mutiny to the Great War, Volume I (1860-1899)*. Woolwich: Royal Artillery Institution, 1931.
- Carpenter, Austin C. *Cannon: The Conservation, Reconstruction and Presentation of Historic Artillery*. Devon: Halsgrove Press, 1993.
- Caruana, Adrian B. *The History of English Sea Ordnance 1523-1875, Vol. 1: 1523-1715, the Age of Evolution*. Rotherfield: Jean Boudriot Publications, 1994.
- Comparato, Frank E. *Age of Great Guns: Cannon Kings and Cannoneers Who Forged the Firepower of Artillery*. Harrisburg: The Stackpole Co., 1965.
- Deloche, Jean. "Gunpowder Artillery and Military Architecture in South India (15-18th Century)," *Indian Journal of History of Science*, 40.4, 2005, pp. 573-595.
- Di Cosmo, Nicola. "Did Guns Matter? Firearms and the Qing Formation," in Lynn Struve ed., *The Qing Formation in World-Historical Time*. Cambridge, MA: Harvard University Asia Center, 2004, pp. 121-166.
- Dupuy, R. Ernest & Trevor N. Dupuy. *The Harper Encyclopedia of Military History*. New York: HarperCollins Publishers, 1993, 4th ed.
- Grant, Verne E. "Hybrid," *The Encyclopedia Americana on CD ROM*. Danbury: Grolier, c.1997.
- Green, Jeremy N. "The Armament from the *Batavia*. 1. Two Composite Guns," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 9.1, 1980, pp. 43-51.
- Guilmartin, John F., Jr. "The Cannon of the *Batavia* and the *Sacramento*: Early Modern Cannon Founding Reconsidered," *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.2, 1982, pp. 133-144.
- . *Galleons and Galleys*. London: Cassell & Co., 2002.
- . *Gunpowder and Galleys: Changing Technology and Mediterranean Warfare at Sea in the*

- 16th Century. Annapolis: Naval Institute Press, 2003.
- Hall, A. R. *Ballistics in the Seventeenth Century*. London: Cambridge University Press, 1952.
- Hayman, Richard. *Ironmaking: The History and Archaeology of the Iron Industry*. Stroud, Gloucestershire: Tempus Publishing Ltd., 2005.
- Heath, Ian. *Armies of the Nineteenth Century: Asia, 2: China*. Guernsey: Foundry Books, 1998.
- Hogg, O. F. G. *English Artillery 1326–1716*. London: Royal Artillery Institution, 1963.
- . *Artillery: Its Origin, Heyday and Decline*. London: C. Hurst & Co., 1970.
- Jackson, Melvin H. & Carel de Beer. *Eighteenth Century Gunfounding*. Washington, DC: Smithsonian Institution Press, 1974.
- Johnson, W. “T. J. Rodman: Mid-19th Century Gun Barrel Research and Design for the U. S. Army,” *International Journal of Impact Engineering*, 9.1, 1990, pp. 127–159.
- Kaestlin, J. P. *Catalogue of the Museum of Artillery in the Rotunda at Woolwich: Part 1 Ordnance*. Manchester: Her Majesty’s Stationery Office Press, 1970.
- Khan, Iqbal Ghani. “Metallurgy in Medieval India: 16th to 18th Centuries,” in Aniruddha Roy & S. K. Bagchi eds., *Technology in Ancient and Medieval India*. Delhi: Sundeep Prakashan, 1986, pp. 71–91.
- Khan, Iqtidar Alam, (ed.). *Gunpowder and Firearms: Warfare in Medieval India*. New Delhi: Oxford University Press, 2004.
- Kist, J. B. “The Dutch East Company’s Ships’ Armament in the 17th and 18th Centuries: An Overview,” *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 17.1, 1988, pp. 101–102.
- Kopytoff, Igor. “The Cultural Biography of Things: Commoditization as Process,” in A. Appadurai ed., *The Social Life of Things: Commodities in Cultural Perspective*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1986, pp. 64–91.
- Krause, Keith. *Arms and the State: Patterns of Military Production and Trade*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1992.
- Macleod, Ian D. & Neil A. North. “Conservation of a Composite Cannon Batavia (1629),” *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 11.3, 1982, pp. 213–219.
- Manucy, Albert. *Artillery through the Ages: A Short Illustrated History of Cannon, Emphasizing Types Used in America*. Washington D. C.: United States Government Printing Office, 1949.
- McBride, Peter W. J. “The *Mary*, Charles II’s Yacht: 2. Her History, Importance and Ordnance,” *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 2.1, 1973, pp. 61–70.
- Mello, Ulysses Pernambucano de. “News: Brazil,” *The International Journal of Nautical Archaeology and Underwater Exploration*, 6.2, 1977, p. 171.
- Needham, Joseph. *Science and Civilisation in China, vol. 5, pt. 7: Military Technology; the Gunpowder Epic*. Cambridge, UK: Cambridge University Press, 1986.
- Peterson, H. L. *Round Shot and Rammers*. Harrisburg: Stackpole Books, 1969.
- Rostoker, William. “Troubles with Cast Iron Cannon,” *Archeomaterials*, 1.1, 1986, pp. 69–90.
- Ruffell, Wally. “The Armstrong Gun, Part 2: The RBL Armstrong 12-pr Field Gun,” <http://riv.co.nz/rnza/hist/arm/arm2.htm>.

Sotheby's Auction Catalog: Important Clocks, Watches, Scientific Instruments and the Arqueonautas Collection of Marine Archaeology. Held on December 19, 2000 in London.

Smith, Robert D. & Ruth Rhynas Brown. *Bombards, Mons Meg and Her Sisters*. London: The Trustees of the Royal Armouries, 1989.

Sun, Laichen. "Chinese-style Firearms in Southeast Asia: Focusing on Archaeological Evidence," in *New Perspectives on the History and Historiography of Southeast Asia: Continuing Explorations*, eds. Michael Arthur Aung-Thwin & Kenneth Hall. London, UK: Routledge, 2011, in print.

Vogt, John. "Saint Barbara's Legion: Portuguese Artillery in the Struggle for Morocco, 1415-1578," *Military Affairs*, 41.4, 1977, pp. 176-182.

Wagner, Donald B. "Chinese Monumental Iron Castings," *Journal of East Asian Archaeology*, 2.3-4, 2000, pp. 199-224.

三、網路資料

<http://www.doule.org/school/lzsf/site/bingqizhan.htm>.

http://www.nanning.gov.cn/2256/2004_7_20/2256_28134_1090294861169.html.

<http://www.pd.gov.cn/Article.asp?NewsID=589>.

<http://ylh.theweb.org.tw>.

(說明：書目前標示*號者已列入 selected bibliography ◦)

Selected Bibliography

- Huang, Yi-Long. "Hongyi Dapao yu Ming Qing Zhanzheng : yi Huopao Ce Zhun Jishu zhi Yanbian wei Li (Cannon and Wars in China in 1600–1900: A Case Study on the Targeting Techniques Introduced from Europe)," *Qinghua Xuebao (Tsing Hua Journal of Chinese Studies)*, 26.1, 1996, pp. 31–70.
- . "Hongyi Dapao yu Huangtaiji Chuangli de Baqi Hanjun (European Cannons and Huangtaiji's Creation of an Ethnic Han Army)," *Lishi Yanjiu (Historical Research)*, 4, 2004, pp. 74–105.
- . "Ouzhou Chenchuan yu Ming Mo Chuan Hua de Xiyang Dapao (Import of Great Ordnance from European Shipwrecks in Late-Ming China)," *Zhongyang Yanjiuyuan Lishi Yuyan Yanjiusuo Jikan (Bulletin of the Institute of History and Philology)*, 75.3, 2004, pp. 573–634.
- Liu, Hongliang. "Di Yi Ci Yapien Zhanzheng Shiqi Zhong Ying Shuangfang Huopao de Jishu Bijiao (Performance Differences of Chinese and British Cannons during the First Opium War)," *Qingshi Yanjiu (Studies in Qing History)*, 3, 2006, pp. 31–42.
- Mao, Haijian. "1842 nian Wusong zhi Zhan Xintan (A New Study on the Battle of Wusong in 1842)," *Lishi Dangan (Historical Archives)*, 3, 1990, pp. 84–91.
- . "Daguko zhi Zhan Kaoshi (An Examination of the Battle of Daguko)," *Jindaishi Yanjiu (Modern Chinese History Studies)*, 6, 1998, pp. 1–52.
- Sun, Weichang. "Shanghai Diqu Faxian de Kang Ying Zhanyi Dapao (Newly Discovered Cannons Which were Used in Combat against British Forces in Shanghai Area)," *Nanfang Wenwu (Relics from South)*, 4, 1999, pp. 107–110.
- Tang, Hanzhang. "Huangshan Paotai Chutu de Gupao (Ancient Cannons Unearthed at Huangshan Battery)," *Wuxi Wenbo (Studies on Archaeology and Museum at Wuxi)*, 2 (special issue), 1998, pp. 9–10.

The Rise and Fall of Distinctive Composite-Metal Cannons Cast During the Ming-Qing Period

Huang, Yi-long

Institute of History
National Tsing Hua University

Abstract

No later than 1620, the Chinese of the Ming Dynasty started to cast muzzle-loading smooth bore bronze cannons following European models. After two decades of effort, the Ming army was able to manufacture in 1642 high quality “Dingliao grand general” cannons, which combined the advantages of advanced cast-iron technology developed in southern China and iron-bronze composite barrels invented in northern China more than a century before. Later on, Han craftsmen in the Qing army also began to mass-produce cannons with a similar structure, the “Shenwei grand general” cannons, in 1644. The quality of these composite cannons was considered unsurpassed in the 17th century because they were not only lighter and cheaper than bronze cannons, but their barrels could also endure stronger explosive pressure. Yet, this advanced cannon-casting technology was forgotten in the long peaceful period after Qing’s unification of China.

The Qing army was forced to cast cannons in large quantities when the First Opium War erupted in 1840. Composite-metal technology became valued again, and cannons that weighed as heavy as six tons, such as the “Yaowei grand general,” were made. However, because the inner barrels were not homogeneous and the metal quality was unsatisfactory, these new cannons were no match against Western artillery, and the Qing army could not resist the Western invasion. Although muzzleloading smooth bore cannons reached their peak in the mid-19th century, they finally faded from history because of the rise of rifled artillery. This article will introduce forty-four extant Ming-Qing composite-metal cannons which have been neglected by historians, as well as attempt to compare them with similar cannons in the Netherlands and India.

Key words: military history, history of technology, material culture, composite-metal cannon, artillery

(收稿日期：2009.1.5；通過刊登日期：2009.4.23)