

古中國十字弓

古中國十字弓是結合凸輪與撓性傳動機構，應用彈力可發射利箭攻擊遠距離目標的武器。在春秋戰國時期，製造技術已經十分成熟，是古中國重要的武器之一。

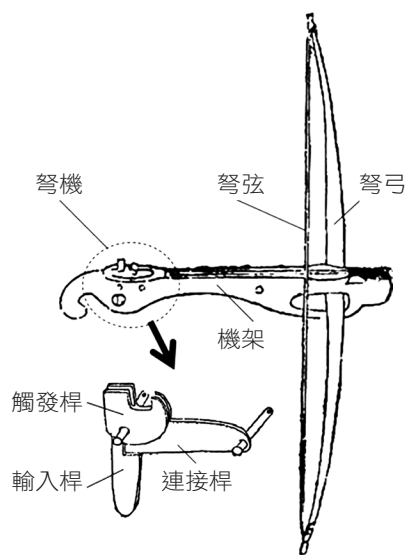
■ 蕭國鴻

歷史發展

原始弓箭的射擊原理是透過人力拉緊弓弦，使弓臂彎曲變形，同時儲存彈力，然後鬆開弓弦，弓臂馬上恢復原狀，並迅速釋放能量，把扣在弦上的箭大力地彈射出去。根據資料，古中國在舊石器時代（1,700,000-10,000 BC）遺址中，發現以石塊打製而成的弓箭頭。另外在新石器時代（10,000-2,100 BC）眾多遺址中，也廣泛發現以石塊或獸骨製作的弓箭頭，證明原始時期弓箭就已大量使用於狩獵或戰爭中。

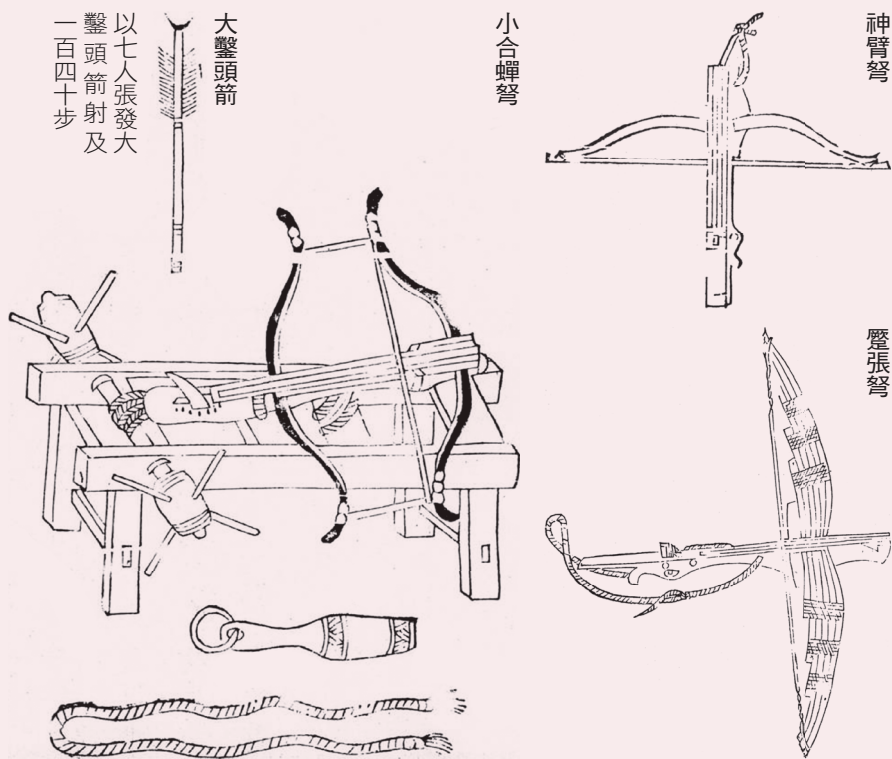
十字弓，古時稱為弩，是由原始弓箭進化而成。在原始弓箭上加入機架與弩機，藉由弩機勾住拉緊的弩弦瞄準與射擊，可以改良原始弓箭須由人力拉緊弓弦，不能長時間瞄準與射程不遠等的缺點。

在春秋時代（770-476 BC），十字弓已發展成熟，戰國時代（475-221 BC）更廣泛使用，並與弓箭、刀劍等格鬥兵器配合使用，發揮綜合作戰的效果。古中國最早具有弩機的十字弓出土於山東省曲阜市，可追溯至公元前6世紀。而有關弩的文獻記載，最早出現在春秋晚期的《孫子兵法》中。



陝西省西安市西漢（206 BC-AD 8）長安城遺址銅弩機
攝於北京首都博物館

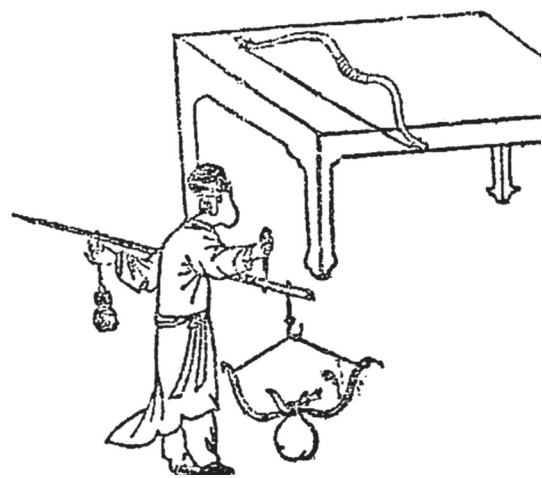
原始弓箭加入機架與弩機，進化而成十字弓。在戰國時代（475-221 BC），十字弓已經開始廣泛使用。



明朝茅元儀（AD 1594-1640）所著的《武備志》記錄了古中國各種十字弓類型，如單純用手張弦的神臂弩、手腳並用張弦的蹙張弩，以及借助絞車裝置張弦的床弩。

兩千多年以來，十字弓一直是古中國軍隊的重要武器。漢朝（206 BC-AD 220）時期，弩的設計製作已奠定良好基礎。魏晉隋唐時期（AD 220-960）軍事技術穩定發展，弩的構造和性能與兩漢大致相似，但仍有不少創新的設計，例如可以連續發射的連弩及射程達數百公尺遠的強弩。

宋朝（AD 960-1219）時弩的製作技術日趨完善，種類樣式與使用數量都達到巔峰。元朝（AD 1271-1368）時的弩則完全仿宋，並在軍隊的編制中設有弩軍單位，非常注重用弩作戰。明朝（AD 1368-1644）也大致承襲宋弩，但更著重可連續發射的連弩的製作與使用。



明朝宋應星（AD 1587-1666）所著的《天工開物》記錄使用桿秤直接量測弓弦的強度。

明朝中後期，由於火藥的發展，弩與弓箭不再是軍隊主要的射擊武器。惟清朝（AD 1644-1911）仍重視弓弩射擊，並以鐵製作各個機件，但有關弩的技術資料及使用弩的作戰文獻已不多見。

強度與射程

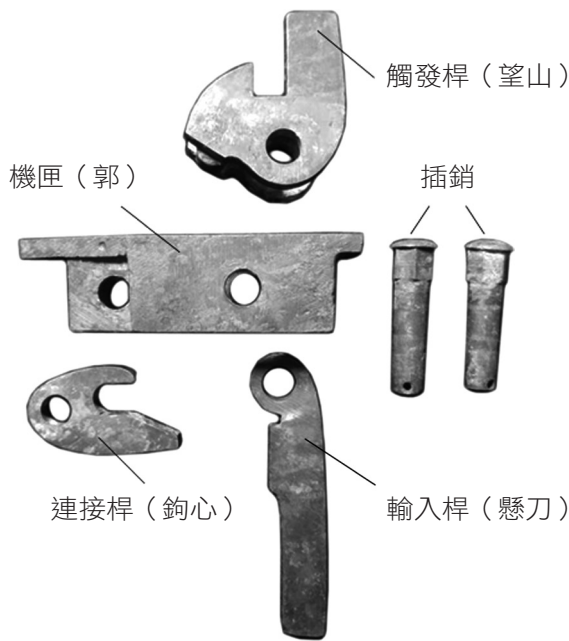
根據弩弦強度與拉弓張弦的方式，十字弓可以分為單純用手、手腳並用、借助機械裝置 3 種類型，並以張弩所需的力來定義弩的強度。檢測時，採取懸垂重物的方法，也就是把弩弓倒掛，在弓弦上懸掛重物，直到弩弓張滿為止，然後測量重物的重量，就是張弦所需的力。有時也可直接使用桿秤，把弓弦掛在秤鉤上，以懸垂重物直接量測。

戰國之後，以石為弩的強度計量單位，並把弩分成 1 石、2 石、3 石、4 石、5 石、6 石、7 石、8 石、10 石及 12 石 10 個級別。其中，1 石合 4 鈞，1 鈞合 30 斤。從戰國至漢朝，1 斤大概相當於今日的 250 公克，因此，2 石的弩需要 60 公斤的力量才能拉滿弦。由此可知，若只用雙手張弦，必須是孔武有力的人才能完成任務。3 石以上的弩，須以手腳並用的方式才能上弦。

人力無法直接張啟的弩，必須以絞車、槓桿等機械裝置協助。再者，3～6 石弩的射程在 120～200 步，1 步合 6 尺，1 尺約 23 公分，因此，6 石弩的射程約有 300 公尺，12 石弩的射程則可達 600 公尺遠。

組成與製作

十字弓是一種利用彈力發射利箭，射擊遠距離目標的武器，由機架、弩臂、弩弦及弩機所組成。機架以堅木製作，鑽有孔洞、缺口及箭槽，分別安裝弩機、弩弓



弩機是十字弓的核心裝置，其組成主要包含機匣（古時稱郭）、輸入桿（古時稱懸刀）、觸發桿（古時稱望山）、連接桿（古時稱鉤心）及兩根插銷。（圖片來源：攝於湖北省保定市達觀齋）

及箭。弩弓是複合弓，使用數片不同性質的木材、角、骨及筋組合而成，並在表面塗漆防腐，有些還附有精緻美觀的銅飾或玉飾，強度超過一般原始手持弓。

弩弦多採用筋條、絲繩或腸衣製作。機架上裝設的弩機屬於凸輪機構，是十字弓的核心裝置，用於勾住拉緊的弩弦。射手完成拉弓後，須放置弓箭並托握機架進行瞄準與射擊。由於弩機可使射手穩定地瞄準目標，射箭的準確度因此大為提升。

弩機的組成主要包含郭（機匣）、懸刀（輸入桿）、望山（觸發桿）、鉤心（連接桿）及兩根插銷，大多以青銅製作，各個零件尺寸精確且具有交換性。弩機透過機架、輸入桿、觸發桿及連接桿巧妙的幾何形狀及運動學的關係，勾住弩弦及儲存弩弦的能量。射



在明朝中後期之前，弩與弓箭一直都是軍隊主要的射擊武器。（圖片來源：種子發）

擊時，藉由手指扣壓輸入桿，帶動連接桿與觸發桿轉動，進而釋放弩弦及發射弓箭。

根據構造與功能，十字弓的發展可以漢朝（206 BC-AD 220）為界，分為前後兩個階段。漢朝之前的弩機沒有機匣，因此弩機的機件直接安裝在木製機架上。漢朝之後的十字弓則有兩個重要改良設計，其一是增加銅製的機匣，其二是弩機的望山增設標示射程參考的刻度表。機匣成匣狀，兩面有孔，與弩機各機件和機架上的孔對應，可用插銷連成一體。由於弩機機件先安裝在銅製的機匣內，再放入機架的方式，比直接把機件裝在木製機架可提供更高的張力，弓箭的射程因此大為提升。

漢弩的望山由先秦的弧形改為直體，增加高度並在表面標有刻度，射擊時，可隨著目標距離的不同，從望山選擇合適的

刻度進行瞄準。這種帶有刻度的望山，與現代步槍瞄準裝置（表尺）的作用相似。加裝射程刻度表可以提高射箭的準確度，使射手更容易命中目標。漢朝之後，各朝代的十字弓與弩機的構造大致相似，只是尺寸更大，射程也更遠。

射擊過程

十字弓的射擊過程包含調整弩機、拉弩弦、置箭及射箭 4 個步驟。以下根據實際射箭的操作方式，說明十字弓的射擊過程。

調整弩機階段—這時的弩弓與弩弦暫時靜止不動，透過輕撥觸發桿，使得輸入桿、連接桿及觸發桿形成相互固定的狀態，是拉弦之前的準備。當拉動弩弦瞬間，就進入下一階段。



十字弓的射擊過程包含調整弩機（左上）、拉弩弦（右上）、置箭（左下）及射箭（右下）4個步驟。

拉弦階段—十字弓須以手或機械裝置協助拉弦，這時弩機的各個機件暫時靜止不動。當弩弦拉至弩機的望山上，就進入下一階段。

置箭階段—當射手把弓箭放置於箭槽後，就可瞄準目標，準備發射弓箭。當輕扣輸入桿的瞬間，就進入下一階段。

射箭階段—藉由扣壓輸入桿使得連接桿與觸發桿轉動，進而釋放弩弦。透過弩弓與弩弦的彈力，弩弦帶動弓箭發射。直

到弓箭射出，弩弓與弩弦恢復到原始位置，完成一次射箭的循環。

展示與推廣

十字弓構造巧妙，弩機各個機件的形狀與尺寸設計精準，使其達到可以鉤住弩弦與釋放弩弦的功能。它的操作過程對於一般民眾具有很高的吸引力，若能打造實際射箭的環境，讓民眾親身體驗射箭的樂趣，應可有效提高民眾對於古中國十字弓的認識。

若能思考過去的成就，擷取過去的知識，或許能夠溫故知新，從古人的智慧中產生新的靈感，進而創造出更理想可行的設計。



民眾在開放式典藏庫中進行古中國十字弓射箭體驗

科學工藝博物館開放式典藏庫於 2009 年建置完成，內部分為「文物入庫流程」、「文物典藏」及「大型文物與檢視維護」3 區。採用「看得見的蒐藏」展示模式，是結合蒐藏、研究、展示及教育功能的新措施，可傳達「科技文物典藏」的觀念，讓民眾了解博物館蒐藏與研究運作概念，讓長久處於隱蔽狀態的蒐藏庫房，變身為大眾近距離體驗與研究藏品的空間。

由於開放式典藏庫具備上述特色，因此特別在典藏庫中打造可供射箭的場域。透過對古中國十字弓的基礎研究、構造分析及尺寸合成，實際設計製作仿古十字弓，搭配可透視內部構造的電腦動畫解說及現場導覽的圖文內容說明，讓民眾藉由各種不同的展示方式，進一步了解古中國十字弓。

古機械復原是以當時的工藝技術，重新建構古機械裝置。復原的裝置可展示當時機械工藝技術的水準，也是連結古代機械史與現代機械史的鑰匙。隨著今日各種產品不斷地推陳出新，對於功能與性能的要求也越來越高，若能思考過去的成就，擷取過去的知識，或許能夠溫故知新，從古人的智慧中產生新的靈感，進而創造出更理想可行的設計，達到古為今用的目的。

蕭國鴻

科學工藝博物館蒐藏研究組
