

Hist 5506B：中國上古科學史專題：石器及玉器工藝學

期末題目

《史前轆轤旋轉機械研究存在的困難和研究前景》

許卓俊

MAPCH

1155026712

前言

近年的研究發現，新石器時代約公元前六千年左右，輪軸機械很可能已在中國使用，並在中國玉文化的發展中起著巨大的推動作用。上世紀九十年代環珠江口環玦作坊的發現，對中國玉器工藝技術的研究起了深遠的影響，其中關於旋轉機械轆轤的研究更成為了研究的焦點，在中華文明探源中，轆轤機械在陶器、玉器、木器、甚至青銅器的研究中都起著重要的作用。究竟轆轤機械是否真的存在？何時出現？有何實質證明？轆轤機械的結構如何？如何操作？如何影響中國玉文化的發展？。本文嘗試就轆轤旋轉機械研究的出現、其重要性及近年的研究發現作一簡略介紹，並就證明轆轤旋轉機械存在的困難和研究前景提出一點看法。

轆轤旋轉機械的出現及其重要性

一般相信舊石器時代的人類已懂得鑽木取火，先民用手或用繩子拉動圓木條作軸心，藉旋轉運動及摩擦力產生熱力生火。用雙手合掌鑽木取火，甚或使用弓鑽等用繩子帶動軸心轉動的簡單機械是不能向同一方向不斷轉動的，此種運動被柴爾德(V. Gordon. Childe)稱為部份的旋轉運動(Partial rotary motion)，而真正的旋轉運動是指器物可在同一方向不受任何約束的自由旋轉運動(Ture rotary motion)。據研究發現早在一百多萬年前的手斧(Hand axe)文化中，人類已使用部份旋轉的簡單工具。¹ 而真正的旋轉輪軸機械-以木石製作的轆轤，相信到了新石器時代的早中期才出現。東亞地區，以中國為代表可能在新石器時代較早的階段，已使用真正的旋轉機械並影響史前木工、陶工以至後期的青銅器技術發展。史前玉器作料主要使用的是軟玉，是種堅硬的素材，其交織纖維顯微結構甚為堅韌。要在玉料上鑽孔，難度甚大。如僅以部份的旋轉運動進行，其切割效率甚低。事實上在新石器晚期中國出現大量琮、璧等帶孔的禮器。其鑽孔深度及精確要求並非簡單的部份旋轉運動機械所能處理。到青銅時代。由嶺南至東南亞的玉文化均極為昌盛，軟玉、石英、環玦等主要依賴旋轉運動生產的環狀飾物在各遺址大量出土(圖 1)，這些製品如無高效率的真正的旋轉輪軸機械輔助是絕對無法完成的。

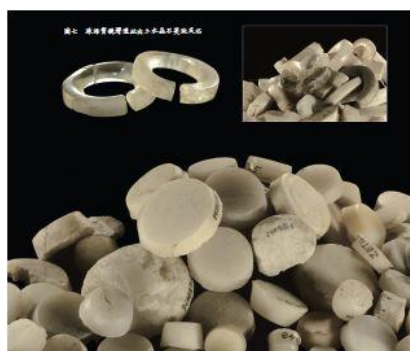


圖 1：環狀飾物在各遺址大量出土

¹鄧聰〈中華文明探源與轆轤機械的發現〉，《澳門黑沙玉石作坊》，澳門特別行政區民政總署文化康體部，2013年，頁295。

環珠江口環玦作坊的發現

近年環珠江口(港、珠、深地區為主) 地區發現 20 多處環玦飾物作坊的遺址。1995 年在澳門黑沙發掘出一處年代約 4000 年前的石英及水晶環玦飾物的作坊遺址。玉器作坊是指生產玉器的遺址，其中包括製作玉器的遺跡設施，玉器完成品、半製成品、原料及各種加工工具。作坊的研究不僅可以探索玉器製作的程序，以了解人類智力及手足協調的發展，還可認識當時人力的組織與分工，及玉器生產與玉器消費的關係所在。澳門黑沙遺址除出土不少環玦製品外，還發現一種橢圓形的礫石，長軸兩端各有一處乳凸，乳凸周圍有因高速旋轉而形成的光澤及線痕。(圖 2)²礫石最初被誤認為打磨環玦內沿的一種礪石。後來經鄧聰教授的深入研究，³發現這可能是一種輻輳機械的軸承部分，作用在減少輪軸與輪盤間的摩擦力，令輪盤轉動更輕巧靈活，也是一種支持和約束軸旋轉或擺動的機械零件，是旋轉機械中最重要部件。香港大嶼山的白芒和珠海的寶鏡灣等地也發現了一系列和輻輳機械相關的設施。據鄧聰教授估計，⁴在 4000 多年前環珠江口地區使用的是一種以輻輳為軸心的旋轉機器，主要用作環玦的管鑽穿孔，據估計操作時旋轉盤在輻輳軸上以單一方向轉動，帶動固定其上的玉石毛坯，玉工以竹管狀物套在毛坯上施壓，藉著轉盤旋轉的動能、竹管和石英沙漿的摩擦進行鑽孔(圖 3)。⁵環珠江口地區的環玦穿孔旋轉機器的發現，為管鑽穿孔技術和中國科學技術史研究提供了重要的線索和資料。

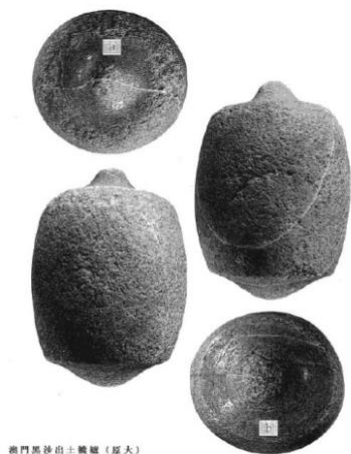


圖 2：澳門黑沙遺址出土輻輳軸承

²鄧聰〈環珠江口考古之崛起——玉石飾物作坊研究舉隅〉，《珠海文物集萃》，香港：中國考古藝術研究中心，2000 年。頁 48。

³鄧聰〈史前玉器管鑽輻輳機械的探討〉，《中國社會科學院古代文明研究中心通訊》，2002 年第三期，頁 49-50。

⁴鄧聰〈東亞史前管鑽技術試釋〉，《史前琢玉工藝技術》，台北：台灣博物館，2003 年。頁 153。

⁵鄧聰〈中華文明探源與輻輳機械的發現〉，《澳門黑沙玉石作坊》，澳門特別行政區民政總署文化康體部，2013 年，頁 313。



圖 3：澳門黑沙輓轆軸承出土情況和輓轆旋轉機械示意圖

中國近年對管鑽技術的研究亦有不少發現，如浙江省一帶的馬家濱文化(距今約 5000 年前)已發現其中一些環玦飾物是以玉芯加工而成，這表示當時以同一材料通過管鑽技術連續加工的技術已十分成熟。據鄧聰教授估計，珠江三角洲如寶鏡灣的管鑽技術從可能是承襲自長江流域的玉器文化傳統。⁶

研究的局限與困難

古代機械基本以木結構為主，木質易於腐朽，難以保存，遺物在遺址難以發現。要證明旋轉機械真正存在並被使用，十分困難。近年玉器管鑽技術的研究，有了不少新發現，特別是對管鑽穿孔痕跡與測定，提出了不少理論和解釋，如錐狀孔的形成(與管鑽磨耗有關)、管鑽透孔為何出現台階痕或螺旋紋(機械旋轉時的晃動及管鑽磨耗有關)。環珠江口環玦飾物作坊的遺址雖提供了不少輓轆機械存在和操作的資料，並發現了實質的輓轆承軸。但就輓轆機械來說，其他的重要部件如管鑽、輪盤及整台機械結構等皆未有發現或未能確認。就算以民族學調查資料作佐證亦十分缺乏。沒有轉盤的製造材料、大小、形狀、構造及重量，我們難以推測輓轆機械如何構成及聯接，所能提供的動能(質量及旋轉速度)及切割效率。此外像如何在轉盤上固定玉坯亦無法定案。另一般相信鑽頭有實心鑽及空心鑽(管鑽)兩種，並以木、角、骨甚至竹等易於腐朽的物料製成，故鮮能保存至今。我們無法確定鑽頭的形狀，大小，厚薄、製作材料及透穿能力，只能通過遺留在成品上的鑽痕作推測。此外對於輓轆機械的整體結構我們迄今亦只能推測，究竟輓轆的玉坯是否真如陶器生產般以豎軸運轉或像木工車床或現代砗輪般以橫軸運轉，我們均無實質證據。至於如何固定管鑽及加壓，如何能在管鑽過程中不斷地輸送磨砂及潤滑質(水或其他油料?)等皆有待進一步的發現和研究。

此外對於輓轆機械的實際操作我們還是處於一個臆測的情況，轉盤如何推動，以人力、畜力或水力？以手推動或以腳推動？單人或二人操作甚至多人合作？如何分工推動轉盤及操作鑽頭、加水加砂？作坊輓轆機械以單台操作或以多台分鑽孔大小及精確要求聯合運作？深孔以一次鑽穿或對鑽而成？其他鑽孔輔助工具如測

⁶鄧聰〈東亞史前管鑽技術試釋〉，《史前琢玉工藝技術》，台北：台灣博物館，2003 年，第 145 頁。

量鑽孔深度及直徑的量規是否存在？輻輳機械除鑽孔外，有否應用於其他玉器工序的加工，如玉原料的切割、打磨及拋光等？這些關於史前工藝發展的問題均仍待解答。

研究前景

如前段所述，史前輻輳旋轉機械的研究存在着不少困難，還有不少迷團待解，但亦正顯示這方面的研究空間很大，前景廣闊。筆者認為今後研究可聚焦在下列方向-

遺跡考古研究-近年玉器遺跡作坊的發現對史前輻輳機械的研究提供不少證據，這方面的研究方興未艾，相信在不久的將來將有更多的作坊遺址被發現。澳門黑沙的軸承發現提高了大家在這方面的敏感度，相信在未來遺址能發現其他輻輳機械的遺存，如車坑、車軸、輪盤、管鑽等的機會很大。玉器作坊是先民聚落的一部份，發掘面積將來如能盡量擴大，涵蓋先民生活的遺跡和遺物作科學比較，相信有助這方面的研究。此外如能發展和應用其他新的研究方法，如鄧聰教授的平面空間分析⁷，成品/廢品鑽痕的微觀分析、建立全中國、東南亞甚至全球的考古發現電子資料庫供學者作比較研究等。如能再結合其他學科，如人類學的民俗研究作為旁證。相信可對輻輳機械的具體面貌有更深的認識。

史前輻輳機械體系的傳承研究-據學者近年的研究⁸，黃河、長江流域可能在 7000 年前已使用輻輳機械，而用於玉器製作上，可能約在 6000 年前左右。到距今約 5000 年前的長江馬家濱文化已發現了石製的輻輳軸承。珠江三角洲如寶鏡灣(約於 4000 年前) 已有成熟的管鑽技術。東南亞如越南長晴玉作坊遺址都有輻輳機械的踪跡。從出土製品的特徵、承軸形態和時間的序列來比較，我們有理由相信這些不同地區體系發展出來的史前輻輳機械是一脈相承的，也可視為玉文化製作技術的擴散。但這方面仍有不少問題待解，如中國輻輳機械是否自行發展或源自國外？最初的起源地和時間為何？為何擴散方向只由北方沿海岸向東南擴散？各地方體系如何聯系和傳承？以目前的發現，有否足夠證據完全排除各地區體系能獨立發展出自己的輻輳機械？這方面的研究尚在起步階段。

史前玉器製作技術系統研究-輻輳機械輔助鑽孔固然是玉器製作工序中重要的一環，但玉器製作技術系統的整體研究亦至為重要。玉器的生產工藝研究應涵蓋選料、採料、運料、設計，生產 (使用各類生產機械按工序分工)及成品的測量品檢等工序。製作技術的整體研究，有助我們掌握先民聚落如何組織、應用、發展及傳A各種玉器製作技術。這對於全面了解玉器文化的發展有很大的幫助。

⁷鄧聰〈中華文明探源與輻輳機械的發現〉，《澳門黑沙玉石作坊》，澳門特別行政區民政總署文化康體部，2013年，頁311-313。

⁸鄧聰〈東亞史前管鑽技術試釋〉，《史前琢玉工藝技術》，台北：台灣博物館，2003年。頁156。

小结

史前轆轤機械的出現、發展及應用標誌着人類工藝技術發展的突破，更對玉器文化在中國及東南亞昌盛發展起着重大的推動作用。了解轆轤機械發展有助我們明白先民聚落的智力發展和對物質世界的認識及改變的能力。雖然這方面的研究還在起步的階段，但近年的考古發現，特別是玉器作坊和轆轤軸承的發現，給我們提供了不少具體線索和證據，更啓發了研究人員在這方面的興趣和注意力。盡管研究的道路還有待開發和平整，但相信在不久的將來，我們可在路上奔馳並看到明媚的前景。

2014 年 4 月
(4,200 字)

主要參考文獻

1. 鄧聰〈東亞史前管鑽技術試釋〉，《史前琢玉工藝技術》，台北：台灣博物館，2003年。
2. 鄧聰〈中華文明探源與輓轡機械的發現〉，《澳門黑沙玉石作坊》，澳門特別行政區民政總署文化康體部，2013年。
3. 鄧聰〈環珠江口考古之崛起——玉石飾物作坊研究舉隅〉，《珠海文物集萃》，香港：中國考古藝術研究中心，2000年。
4. 鄧聰〈史前玉器管鑽輓轡機械的探討〉，《中國社會科學院古代文明研究中心通訊》，2002年第三期，頁49-51。
5. 趙丕成，《切磋琢磨—玉器》，(上海：上海科技出版社，2007)。
6. 邱福海，《古玉簡史第一冊—史前篇》，(香港：天地圖書，1993)。
7. 楊伯達主編，《中國玉器全集(上)》，(河北：河北美術出版社，2000)。
8. 楊虎、劉國祥、鄧聰：《玉器起源探索》，(香港：中國考古藝術研究中心，2007)。