

序一

近年來中國學術界對中華文明起源的認識，有了長足的進展。中華文明起源的研究中，考古發現不斷推陳出新，對我國歷史的文化淵源，以至世界古代文明出現等問題的探索，均意義重大，很受國際學界注目。在研究中華文明形成的過程中，我們重視分析其背景、原因、動力、機制，旨在揭示中華文明發展的特徵。眾所周知，古代世界文明形成的機制中，科學革命和技術革命的出現是十分重要的因素。

錢學森先生指出：“科學革命是人認識客觀世界的飛躍，技術革命是人改造客觀世界技術的飛躍，而科學革命、技術革命又會引起全社會整個物質資料生產體系的變革，即產業革命。”考古學一直重視古代文化中科學技術的突破。對古代科學技術的研究，考古學是最能發揮所長的學科之一。夏鼐先生把“Archaeology of Science and Technology”翻譯為科技考古學，或稱科技史。對此，他提出一些重要的觀點，很值得我們實踐。

第一：科技史的研究在很多方面依靠考古學的資料，也就是研究科技史必須充分利用考古學的發現。

第二：考古學在科技史的研究，同樣需要科技史專家的積極參與。

輪是人類科技中重大的發明，而輪軸機械更是機械科技的核心代表之一。自古以來，中國輪軸機械方面，有着很輝煌的成就。近年我國考古新發現輪軸機械的起源和發展，在新石器時代較早階段已對玉器、陶器、木器，以至青銅時代的金屬工藝的技術，起着重要的影響。2013年6月，我們在澳門共同召開了“澳門黑沙史前輪軸機械及相關問題國際會議”。這次會議結合了國際上考古與科技史的力量，共同探索了中國史前輪軸機械的出現和對中華文明起源的作用。

本次會議從與會學者單位的代表性來說，也是很引人注目的。國際上包括英國劍橋李約瑟研究所、法國巴黎第一大學、俄羅斯科學院新西伯利亞考古民族研究所。中國方面包括中國社會科學院、中國科學院、中國國家博物館、清華大學、北京大學、北京科技大學、山東大學、南京大學、四川大學、香港中文大學、香港大學；地方考古研究單位包括內蒙古、甘肅、遼寧、河北、陝西、安徽、浙江和臺灣等地。

本論文集共收二十二篇文章，為是次會議的結集。本書的結構，包括中國輪軸機械源流與應用系統論述，重點討論新石器、青銅時代玉石環玦穿孔的技術，並嘗試探索陶器、木器、青銅器與輪軸機械的關係。

第一部份的文章有五篇，包括中國輪軸機械歷史的演變、新石器時代玉作輪軸機械的源流、軸承旋轉機理和SEM顯微鏡的研究。專家比較一致認為，史前的石質軸承器是輪軸機械的核心部分，為輪盤與輪軸相結合處的連接紐帶。

第二部份和第三部份主題着重在玉作與輪軸機械的關係，共有十一篇文章，佔全書一半以上的分量。目前發現中國早期輪軸的軸承器，地域上有由北向南擴展的傾向。

在北方遼寧省查海和河北省北福地遺址，發現了距今約7000多年前的軸承器。距今5000多年前紅山文化中大型管鑽技術發達，專家估計應用了輪軸機械加工。近年內蒙古哈民遺址出土的大量玉器，穿孔均呈不規則圓形，十分有趣。哈民遺址年代相當於紅山文化的晚期。這可能暗示東北亞洲存在另一種非輪軸機械玉作的體系。

在南方淮河、長江流域，馬家浜、凌家灘等文化體系中，環玦連續生產技術顯著，其中製作與輪軸機械的關係，有待探索。嶺南以至臺灣方面，這裏是現今發現史前軸承器最豐富的地域。我們從臺灣曲冰技術研究指出，長達十多公分管狀素材和玉芯的套取工藝，同樣是輪軸機械生產最典型的例子。

第四部份的文章僅有四篇，包括陶器、木器和金屬製作與輪軸機械的關係。史前陶器輪軸機械的加工，也可以追溯到距今7000年。此後顯示出有由慢輪而快輪發展的過程。海岱地區在龍山文化時期，陶器輪製技術已達到巔峰的狀態。木器方面，從良渚文化階段卞家山遺址出土觚、盤、豆器物形態與結構，學者論證了輪軸機械對木器的加工。青銅器方面，據研究顯示商代陶範的製作、金屬切割、打磨和拋光等工藝，都和輪軸機械有着密切的關係。放眼世界，法國和俄羅斯學者提供的國外史前時期鑽孔技術的資料，為我們對中國地區輪軸機械特色的認識，提供了更寬廣的視野。

眾所公認，科學技術史中輪軸機械是機械科技的卓越代表之一。考古證實中國輪軸機械的起源，很可能是奠基於本土新石器時代的傳統文化。中國新石器時代玉器、陶器和木器使用輪軸機械加工，已成為牢不可破的事實。這個嶄新的認識，揭示了新石器時代輪軸機械在產業的應用上，促使了產品定形化、標準化，並使大量生產變為可能，從而引發了生產工具與工作者關係的變化，乃至於社會整體生產體系變革等一連串重大的問題，耐人尋味，值得進一步研究。

最後，這次澳門黑沙史前輪軸機械會議，發揮考古學、科技史兩方面的專家學者的協作。這是近年中華文明探源在科技史方面突破性的嘗試，也同樣是我國首次從考古學、科技史的角度，就輪軸機械起源召開的國際會議。

這次會議幸蒙澳門民政總署主辦和鼎力的支撐，共同主辦的還有中國社會科學院考古研究所、香港中文大學中國考古藝術研究中心、香港大學饒宗頤學術館。會議匯聚了國內外約三十多位的專家，對推動中華文明探源中輪軸機械角色深入的剖析，相信在日後會產生積極影響。最後，我們代表主辦單位向參與學者及籌辦此次會議各位工作人員、澳門基金會的支持，謹致衷心的感謝。我們懇切期待中國輪軸機械起源探索的會議，今後得以繼續召開，有利於對此課題進行長期和深入的研究。

中國社會科學院學部委員、考古研究所所長
王巍

香港中文大學中國考古藝術研究中心主任
鄧聰

Prólogo (1)

Em anos recentes, o sector académico da China tem feito progressos notáveis na compreensão da génese da civilização chinesa. No decurso das investigações sobre tema tão erudito, fez-se uma análise exaustiva dos antecedentes, factores contributivos, principais forças dinamizadoras e sistemas envolvidos, a fim de identificar os traços característicos do seu desenvolvimento. Para além disso, as revoluções científicas e tecnológicas tiveram naturalmente um papel muito importante na formação das civilizações do mundo antigo.

O Sr. Xia Nai apresentou algumas ideias substanciais no seu “Arqueologia da Ciência e da Tecnologia”, também conhecido por História da Ciência e da Tecnologia, as quais devemos pôr em prática.

(1): O estudo histórico da ciência e da tecnologia baseia-se, em muitos aspectos, na informação arqueológica, devendo fazer-se a melhor utilização possível dos seus achados.

(2): Ao utilizarmos a arqueologia para o estudo histórico da ciência e da tecnologia, é imprescindível contar com a participação entusiástica de peritos neste campo.

A roda foi uma invenção tecnológica importante da humanidade e as maquinarias rotativas são um dos pilares centrais da tecnologia de engenharia mecânica. Desde tempos antigos que a China tem registado um desenvolvimento notável em maquinaria rotativa e muito já se descobriu sobre as suas origens e progressos através de achados arqueológicos nos últimos anos. Na verdade, a maquinaria rotativa teve um impacto significativo na manufactura de peças de jade, na olaria e em peças de madeira do início do período Neolítico e também na tecnologia metalúrgica da idade do Bronze. Em Junho de 2013 realizou-se em Macau a “Conferência Internacional sobre Máquinas Pré-históricas de Roda Encontradas em Hac Sá, Macau, e Questões Relacionadas”. Tratou-se de um encontro de especialistas de todo o mundo em arqueologia e estudos históricos da ciência e da tecnologia, durante o qual os participantes dissertaram sobre o surgimento da maquinaria rotativa pré-histórica na China e as suas ligações à génese da civilização chinesa.

Os 22 ensaios coligidos neste volume são as dissertações apresentadas nessa Conferência. Estruturalmente, as dissertações apresentam a origem, desenvolvimento e aplicações da maquinaria rotativa na China, com grande ênfase na tecnologia de perfuração utilizada para abrir orifícios em anéis de jade e de pedra e em anéis com ranhura (jue) no período Neolítico e Idade do Bronze e bem como a relação entre a maquinaria rotativa e a manufactura de olaria e peças de madeira e de bronze.

De facto, a Conferência potenciou os esforços colaborativos de estudiosos e peritos em arqueologia e estudos históricos da ciência e da tecnologia. Foi uma tentativa pioneira de detectar as origens da civilização chinesa e a primeira conferência internacional alguma vez realizada na China sobre a localização das origens da maquinaria rotativa através de uma abordagem arqueológica, com recurso a referências da história da ciência e da tecnologia.

Em nome da organização, gostaria de manifestar a nossa maior gratidão a todos os estudiosos participantes e também todo o apoio prestado pela equipa que preparou a Conferência. Tencionamos realizar futuramente mais conferências sobre as origens da maquinaria rotativa, pois só assim poderemos aprofundar, a longo prazo, os nossos conhecimentos sobre esta matéria.

Director do Instituto de Arqueologia da Academia Chinesa de Ciências Sociais (CASS) e membro da Comissão Académica do CASS

Wang Wei

*Director do Centro de Arte e Arqueologia Chinesa da
Universidade Chinesa de Hong Kong*

Tang Chung

Foreword (1)

In recent years, academia has made extensive progress in researching the origin of the Chinese civilization. To identify the characteristics of its development, our research has intensively analyzed the background, contributing factors, driving forces, and systems involved in its formation.

Scientific and technological revolutions are widely known to have been instrumental in the rise of ancient civilizations. The late Mr. Xia Nai had offered significant perspectives on the archaeology of science and technology that should be put into practice by us today. He pointed out that studies of the history of science and technology rely greatly on archaeological data, and such research should thus make full use of archaeological discoveries. Similarly, archaeological studies of technological history require active participation by experts of the history of science and technology.

The wheel is an important scientific invention in human history, and rotary machinery is one of the core components of mechanical engineering and technology. Since ancient times, China has made remarkable achievements in the use of rotary machinery. In recent years, new archaeological finds have revealed much about its origin and development. There is evidence that rotary machinery has made significant impact on jade, pottery and lacquerware production technologies in the early Neolithic, and metallurgy in the Bronze Age. In June 2013, we held the International Conference on Prehistoric Rotary Technology and Related Issues at Macao, joining archaeological and history of science and technology expertise from around the world. Our participating scholars together discussed the emergence of prehistoric rotary machinery in China and its relationship to the origin of the Chinese civilization.

The 22 essays collected in this volume are the papers presented at the Conference. Structurally, the Conference Proceeding covers systematic discourses on the origin, development and applications of rotary machinery in China. It includes a focused discussion of Neolithic to Bronze Age jade ring and slit ring perforation technology, and attempts to explore the relationships of rotary machinery to pottery, lacquerware, and bronzeware production.

This conference was a groundbreaking attempt in recent investigations of the origin of the Chinese civilization. Capitalizing on the collaborative efforts of archaeologists and science and technology historians, it was the first international conference held in China to investigate the origin of rotary machinery through both perspectives.

On behalf of the organizers, we would like to extend our heartfelt gratitude to all the participating scholars and those who have offered support during the preparation of the Conference. We look forward to holding conferences on the origin of rotary machinery of China again in the future, as it is conducive to undertaking long-term and in-depth studies on this subject.

Member of the Chinese Academy of Social Sciences,
Director of Institute of Archaeology, CASS

Wang Wei

Director of Centre for Chinese Archaeology and Art of
the Chinese University of Hong Kong

Tang Chung

序二

2013年6月，應澳門民政總署和香港中文大學中國考古藝術研究中心的邀請，我有幸出席了“澳門黑沙史前輪軸機械及相關問題國際會議”。在參會之前，我雖拜讀了鄧聰先生有關澳門黑沙史前遺址石質軸承器發現的研究論文，但對其學術意義還是缺乏清晰的認識。及至參加了會議、觀摩了實物、並赴遺址現場參觀後，我對這項研究工作的學術價值才算有了一些較深入的體會和認識，大致可歸為如下三個方面：

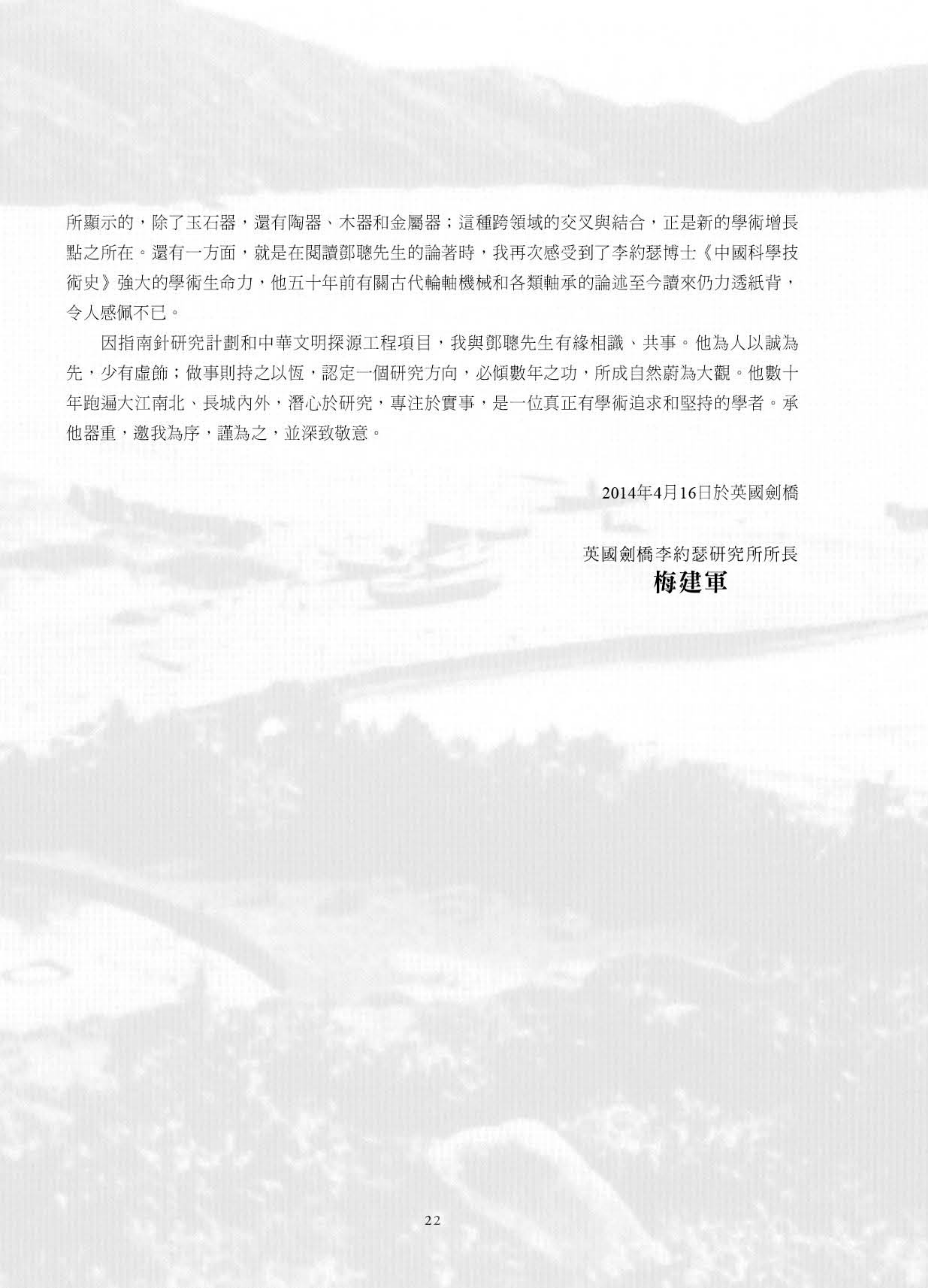
一是在研究視角上所展現的全球意識。這不僅體現在與會的學者中包括了法國和俄羅斯的學者，其論題涉及到了地中海和北亞地區，更體現在這一學術命題本身具有世界性的意義。對澳門黑沙史前遺址出土的石質軸承器的認識過程相當曲折，從最初稱之為“環砥石”，到“轆轤軸承器”的轉變，充分說明了研究視角的重要性。其實在黑沙遺址出土石質軸承器之前，類似的石器在中國大陸和東亞其它地區早有發現，在考古報告中通常被稱作“鑽頭”、“研磨器”、“石鑽頭”、“礪石鑽”和“手持握的小型砥石”等，可見一般都被視作鑽孔所用的石質工具。鄧聰先生的不凡之處在於，他沒有把眼光局限在澳門及其周邊，而是把目光放遠到整個亞洲以至世界。他首先注意到日本學者寺村光晴提出的“尖軸”的概念，從而把這類石器與轆轤機械聯繫起來；他也注意到，由於缺乏相關旁證，日本學界始終存在“鑽孔具”和“轆轤具”兩種見解而未有定論，從而意識到石器出土時的伴出物及其空間關係等對確定其用途其實有着至關重要的作用。這樣他回過頭來重新細緻考察黑沙遺址及其出土遺物，尤其是環玦毛坯、水晶石片和水晶質石芯這樣一些關鍵的伴出物及其空間分佈特徵，從而令人信服地推定這是一處使用轆轤軸承器的玉石作坊遺址。更引人矚目的是，他由遼寧興隆窪遺址出土的大量精美的玉玦，推斷“轆轤軸承器”在中國的出現還應更早，可以上推至西元前6000年前；進而通過比較東西方早期文化和文明的物化特徵及其差異，提出“轆轤軸承器”可能最早出現在世界的東方，因為“最早的史前玉文化，由於崇拜精準的正圓形環狀玉器，這種價值觀的形成，孕育出輪軸機械的發明”。

二是在研究方法上力求多學科的交叉與結合。澳門黑沙史前輪軸機械這一學術命題的提出已經展現了一種多學科的思路，最突出的就是考古與科技史的結合。在這方面，鄧聰先生可謂有備而來。他之前做樹皮布的研究，已經橫跨了考古、科技史、民族學和社會學等多個學科，如今做轆轤軸承器的研究，對機械技術史的涉入更是當仁不讓。關於中國古代機械技術史的研究，早有劉仙洲先生的《中國機械工程發明史》，近有陸敬嚴、華覺明先生主編的《中國科學技術史—機械卷》，但鄧聰先生引用最多的還是1965年出版的李約瑟博士的名著《中國科學技術史》物理卷工程技術分冊（第四卷第二分冊），這是因為李約瑟以他獨到的中西深度比較的視角，最早系統論述了古代軸

承及其在轉動機械發展中的關鍵意義，不僅包括西亞西元前4千紀陶輪上的軸承，也包括中國西元8世紀天文觀測儀器上的鋼製軸承。李約瑟也是最早關注滾柱軸承（roller-bearings）在中國發生的學者。鄧聰先生深刻領會了軸承在旋轉機械發展中的關鍵意義，這是他能夠突破既有的研究格局，將澳門黑沙出土的石器判定為“轆轤軸承器”的原因。而這一判定隨即將中國使用滾柱軸承的歷史上推了數千年，譜寫了中國以至世界機械技術史的新篇章。

三是在合作與交流中力行“求同存異”的學術精神。把澳門黑沙遺址出土的石器判定為“轆轤軸承器”，無疑是非常超前的一種學術見解。這一見解在給中國各地的類似發現提供全新的解讀視角的同時，也遭遇了挑戰甚至質疑。在“澳門黑沙史前輪軸機械及相關問題國際會議”上，有不少學者表達了與鄧聰先生的見解不盡相同的看法。比如郭素秋教授認為黑沙的石器不是軸承器，而應是“軸心”或軸本身，在旋轉輪盤與“軸心”之間，還應有帶孔石片構成的“軸承”；黑沙石器最特別之處是兩端均有旋轉磨痕，而且是同軸的旋轉，也正因此，在鄧聰先生復原其旋轉機械的示意圖中，黑沙石器是置於旋轉輪盤和固定的木軸之間的，自身可作水準旋轉，也只有在此類復原使用中，黑沙石器的功能才稱得上是“軸承”，與李約瑟博士論述過的“滾柱軸承”有異曲同工之妙。問題在於中國大陸很多遺址所出的石器，不少僅有一端帶有旋轉磨痕，應是承接木質輪盤的，這樣的石器整體應是固定的，其作用就是支撐軸，其一端的旋轉磨痕應是輪盤旋轉造成的。馮立昇教授認為，在石器本身不做旋轉運動的情況下，其功能就不是機械工程嚴格意義下的“軸承”了。再比如吳衛紅先生報告的安徽凌家灘遺址出土的“石鑽”，雖然兩端均有旋轉磨痕，但其中軸並不同一，顯然與黑沙石器的功用是不太一樣的，加上石器上還可見到繩索捆綁的痕跡，兩端各有一個突起的“鑽頭”，給人感覺用作“石鑽”的可能性似乎更大一些。更複雜的情形則是孫周勇先生報告的陝西周原遺址玉石作坊所出大量的小“石鑽”，從出土的環玦半成品上，可以辨析出玦孔被敲、鑽的過程。這些發現表明，一端或兩端帶有旋轉磨痕的石器的功用較為複雜，可能存在多種情形，似不宜一概歸為旋轉機械的元件，如“軸心”或“軸承”，還應考慮其它的可能性，比如“鑽頭”。正是因為有這樣一些暢所欲言的、有針對性的、深入的討論，使得“澳門黑沙史前輪軸機械及相關問題國際會議”異常成功，有些生動的切磋和觀點砥礪的畫面至今仍歷歷在目，令人記憶猶新。

作為從事中國古代金屬技術史的學者，我是第一次參加這樣的學術會議，深感受益良多，倍受啟發。一方面，這次會議促使我系統考察了先秦時期輪軸機械在金屬製作及加工中的應用問題，發現這實在是現有研究中的一個空白點，有不少值得注意的遺跡現象，有待深入地探索和研究。另一方面，我認識到如輪軸機械這樣的工程技術，其實是橫跨多個技術領域的，正如這次會議報告內容



所顯示的，除了玉石器，還有陶器、木器和金屬器；這種跨領域的交叉與結合，正是新的學術增長點之所在。還有一方面，就是在閱讀鄧聰先生的論著時，我再次感受到了李約瑟博士《中國科學技術史》強大的學術生命力，他五十年前有關古代輪軸機械和各類軸承的論述至今讀來仍力透紙背，令人感佩不已。

因指南針研究計劃和中華文明探源工程項目，我與鄧聰先生有緣相識、共事。他為人以誠為先，少有虛飾；做事則持之以恆，認定一個研究方向，必傾數年之功，所成自然蔚為大觀。他數十年跑遍大江南北、長城內外，潛心於研究，專注於實事，是一位真正有學術追求和堅持的學者。承他器重，邀我為序，謹為之，並深致敬意。

2014年4月16日於英國劍橋

英國劍橋李約瑟研究所所長
梅建軍



Prólogo (2)

Tive o privilégio de ser convidado pelo Instituto para os Assuntos Cívicos e Municipais da RAEM e pelo Centro de Arte e Arqueologia Chinesa da Universidade Chinesa de Hong Kong, para participar em Junho de 2013 na “Conferência Internacional sobre Máquinas Pré-históricas de Roda Encontradas em Hac Sá, Macau, e Questões Relacionadas”. Através das dissertações dos estudiosos, fiquei a conhecer melhor aquela temática, bem como a sua importância em termos académicos, o que se pode resumir nos seguintes três aspectos.

Primeiro, as perspectivas adoptadas nos diferentes estudos denotam um sentido de globalidade, pois trata-se de trabalhos de investigação conduzidos por estudiosos de várias partes do mundo, incluindo a França e a Rússia, cujas pesquisas têm coberto territórios que se estendem desde o Mediterrâneo ao Norte da Ásia.

Em segundo lugar, as metodologias de investigação utilizadas assumiram uma postura multidisciplinar, fosse por cruzamento de dados ou por concepção de pesquisas combinadas. Quanto à teoria proposta relativa à maquinaria rotativa pré-histórica descoberta em Hac-Sa, em Macau, trata-se já de um tipo de abordagem multidisciplinar que coloca a ênfase no conhecimento interdisciplinar da arqueologia e na história da ciência.

Em terceiro lugar, os investigadores e peritos trabalharam todos dentro de um espírito de estudiosos, concedendo espaço para as diferenças de opinião ao mesmo tempo que procuravam terrenos comuns durante a sua colaboração e troca de ideias. Trata-se sem dúvida de uma proposição muito avançada (ousada) definir os aparelhos de pedra descobertos em Hac Sá como sendo “rolamentos rotativos”.

Na minha qualidade de estudioso da tecnologia metalúrgica da China antiga, foi a primeira vez que assisti a este tipo de encontro académico, o qual se revelou muito inspirador e me permitiu ganhar novos conhecimentos. Por um lado, no decurso das minhas investigações sistemáticas sobre a aplicação da maquinaria rotativa na metalurgia da China pré-Qin, para ser apresentada neste encontro, reparei que era uma área de estudo muito descuidada pelos investigadores. Na verdade, há muitos aspectos significativos que requerem mais pesquisa e estudos mais aprofundados. Mas por outro lado acabei por perceber que a tecnologia de engenharia relacionada com a maquinaria rotativa é na realidade transdisciplinar, pois tanto era utilizada na manufactura de peças de jade e de implementos de pedra, como na olaria, peças de madeira e objectos metálicos. Uma tal abordagem interdisciplinar e a combinação de várias competências marca um novo progresso na investigação e nos estudos temáticos. Por fim mas não o menos importante, ao ler os artigos do Sr. Tang Chung senti, uma vez mais, a vitalidade académica e a riqueza de recursos que se encontram na obra “Ciência e Civilização na China”, do Dr. Joseph Needham. As informações sobre as antigas maquinarias rotativas e os vários tipos de rolamentos compiladas por Needham há mais de meio século são ainda hoje impressionantes e muito eruditas. As suas contribuições académicas são certamente merecedoras do nosso respeito e admiração.

Tive ocasião de conhecer e trabalhar com o Sr. Tang Chung no projecto de investigação sobre a bússola e no decurso das investigações sobre as origens da civilização chinesa. Sinto-me extremamente honrado por ter sido convidado por ele a apresentar este Prólogo, o que demonstra a alta consideração que revela por mim.

*Director do Instituto de Investigação Needham
de Cambridge, UK*

Jianjun Mei

Foreword (2)

In June 2013, I had the privilege to be invited by the Civic and Municipal Affairs Bureau of Macao SAR and the Centre for Chinese Archaeology and Art of The Chinese University of Hong Kong to attend the International Conference on Prehistoric Rotary Technology and Related Issues at Macao. During the Conference, I gained much insight into the underlying academic values of this research topic; this could be roughly summarised into the following three aspects.

Firstly, global awareness is evident in the research perspectives presented at the conference. Not only are there scholars from France and Russia involved, whose works are conducted in the Mediterranean and North Asia, but also it is apparent that the discussion subject has global significance by nature.

Secondly, the research results presented are noticeably the result of multidisciplinary methodologies and collaborations. The proposed conference topic itself shows a multidisciplinary course of thought. The most evident is the synthesis of archaeology and the history of science and technology.

Thirdly, there is a scholarly spirit to embrace differences while finding common ground. Defining the stone tool found in Hac Sa, Macao, as a rotary bearing is undoubtedly a progressive stance.

As a researcher of the technological history of metallurgy in ancient China, it was enlightening to attend such an academic meeting for the first time. The Conference compelled me to systematically investigate the application of rotary machinery in pre-Qin metalwork production and processing. It made me realise that this area of study is very underdeveloped, and that there are various archaeological features that deserve attention. Further investigation is to be anticipated. I also came to understand that engineering technology—such as that involved in rotary machinery—transcends technological areas. The collection of studies on jades, pottery, lacquerware, and metalware in this volume are evidence. Such a cross-disciplinary approach is exactly how we make new academic progress. Finally, while reading Prof. Tang Chung’s papers, I once again felt the admirable academic vitality of the late Prof. Joseph Needham’s *Science and Civilisation in China*. Though written half a century ago, Needham’s discourses on ancient rotary machinery and various types of bearings are still exceptionally penetrating today.

I first met and collaborated with Prof. Tang in the National Research Project on Compasses and the Origin of the Chinese Civilisation Project. It is my great honour to be invited by him to offer a foreword out of his high regard for me.

Director of Needham Research Institute,
Cambridge, UK

Jianjun Mei

編後記二

輪軸機械的起源

為推進澳門黑沙玉石作坊的深入研究，2013年6月18日－19日我們在澳門召開“澳門黑沙史前輪軸機械及相關問題國際會議”，編輯出版了本論文集，對澳門民政總署文化康體部鼎力的支持，各位專家學者寵賜鴻文，謹此致以誠摯的感謝。

澳門是蓮花寶地。國學大師饒宗頤盛讚澳門黑沙玉作坊是寶中之瑰寶。我在1995年和2006年間，兩次親手發掘了澳門黑沙遺址，誠如佛家所言人生難得，三生有幸，對曾協助我們在澳門工作的老師、朋友們，謹致衷心的感謝，長銘五中。

澳門黑沙遺址發掘，從而證實4000多年前石英、水晶環玦作坊聚落的存在，確實是我始料不及。在1995年第一次發掘的28平方米範圍內，我們從新石器時代晚期文化層中，確認環玦生產活動面的存在。1995年探方內的中心點，竟然就是輪軸機械轆轤軸承器出土的位置，以此作為圓心三米半徑圓周範圍內，環玦製品、工具等空間組合狀況，成為證明軸承器功能最關鍵的考古證據。軸承器在探方中心位置的出土，機緣巧合，匪夷所思。2006年，我們再在1995年探方周圍，擴方發掘一百平方米範圍內，更清楚地確認了1995年軸承器出土的周圍，就是旋轉機械使用核心的區域。據此，我們初步對東亞地區近百年以來史前軸承器的發現，做了綜合系統的考察。

木工是中國古代技術中最出色的工藝之一。我們估計新石器時代的輪軸機械，主要是木工製作，而輪盤與軸木之間，使用石質的軸承，以減少輪盤與軸頂間的摩擦。李約瑟在《中華科學文明史》一書，“輪和齒輪，踏板和槳”章節中，曾提到滾珠軸承、滾柱軸承和滾動軸承的幾個概念。據我們研究顯示，如1995年澳門出土的軸承，軸承自體很可能是水平旋轉。正如李文杰先生正確的指出，這種軸承的摩擦本質，是屬於滑動摩擦，而不是滾動摩擦。

我們希望指出，寶鏡灣、黑沙、東灣、深灣等軸承自體旋轉的事實，是很值得我們注意的。寶鏡灣和東灣滾動軸承的外型，在使用過程中，已向球體形狀發展。摩擦力學上如何從滑動摩擦轉變到滾動摩擦的過程，肯定是今後中國軸承歷史研究的關鍵所在。

在中國遠古陶、木、玉工上，轆轤機械的使用和發明究竟扮演了怎樣的角色？哪種工藝是轆轤機械最主要的誘發因素？當然，對於此千古之謎目前是難有定論的。

目前的資料顯示，東亞地區社會上環狀玉器製作，可能是誘發輪軸機械出現最主要的因素。迄今所見，俄羅斯阿爾泰Denisova出土30000多年前似玉的環狀手鐲，其精美渾圓，令人驚訝。亞歐大陸舊石器時代晚期約20000－10000年前，出現大量的石、骨、陶製的圓餅狀飾物，大部分的中心都帶有小圓孔。圓餅狀飾物上明顯有從中心向四周放射光芒的刻畫紋，似乎是太陽崇拜的一種表現。至於8000年前興隆窪文化中約6公分接近正圓的玉環，代表了東亞環玦玉文化的鼻祖，其時已可見石質軸承的出現。天圓地方古老的思想，都可能植根於中國玉文化。玉文化為中國新石器時代最尖端的科學。

李約瑟說：“中國的機械工程技術在西方的工程技術仍處於相對原始的狀態時，就已經達到了一個非常高的發展階段。”是次澳門黑沙史前輪軸機械國際的會議，肯定了李約瑟識斷之卓越。

香港中文大學中國考古藝術研究中心主任

鄧聰

Epílogo (2)

As Origens da Maquinaria Rotativa

A “Conferência Internacional sobre Máquinas Pré-históricas de Roda Encontradas em Hac Sá, Macau, e Questões Relacionadas” realizou-se, nos dias 18 e 19 de Junho de 2013, para incentivar projectos mais ambiciosos e aprofundados sobre a oficina de lapidaria da jazida de Hac Sá em Macau, com a publicação de um volume com as respectivas actas. Estamos muito gratos pelo generoso apoio aos Serviços Culturais e Recreativos do IACM, bem como a todos os peritos e estudiosos, cujos trabalhos de investigação e descobertas contribuíram para melhorar os nossos conhecimentos nesta matéria.

As escavações na jazida de Hac Sá produziram provas arqueológicas da existência de um povoado com uma oficina de lapidaria, destinada à produção de anéis de quartzo e de cristal e anéis de ranhura e que dataria de há 4 mil anos. Nas primeiras escavações realizadas em 1995, os achados da camada cultural do alto Neolítico, num terreno de 28m², provaram a existência de actividades de lapidação. No centro de um poço foram descobertos rolamentos de pedra de maquinaria rotativa e uma das provas arqueológicas mais significativas para ilustrar as funções destes rolamentos foi um conjunto de ornamentos de anéis e anéis de ranhura, bem como ferramentas de trabalho e a própria disposição do terreno, numa área de 3 metros de raio de círculo, no centro do poço.

Nas escavações realizadas em 2006, numa área de 100m² imediatamente adjacente ao poço escavado em 1995, tomou-se evidente que a área periférica, onde os rolamentos foram descobertos em 1995, era o local primário, onde estava instalada e funcionava a maquinaria rotativa. Com base nestas descobertas, realizámos uma investigação preliminar, mas sistemática e abrangente, sobre os rolamentos pré-históricos descobertos na região da Ásia oriental ao longo dos últimos séculos.

A marcenaria é uma das mais notáveis tecnologias chinesas da antiguidade. Acreditamos que a maquinaria rotativa do Neolítico fosse sobretudo construída com madeira, com um rolamento de pedra montado entre a roda e o eixo de madeira para reduzir o atrito entre a roda e a extremidade do eixo. Além disso, os nossos estudos revelam que os rolamentos descobertos em Macau em 1995 são possivelmente capazes de rotação horizontal.

É interessante notar que os rolamentos descobertos em Baojingwan, em Zhuhai, em Hac Sá, em Macau e em Tung Wan e Sham Wan em Hong Kong, são capazes de auto-rotação. E com o uso, os rolamentos de rolo encontrados em Baojingwan e Tung Wan tendem a ganhar uma forma esférica. Mas no estudo histórico dos rolamentos chineses, o ponto fulcral é esclarecer como é que o atrito de rolamento se transformava em atrito de fricção.

De acordo com os dados existentes, a produção de artefactos de jade em forma anelar pelas sociedades da Ásia oriental podem ter sido o principal factor que ditou o surgimento da maquinaria rotativa. Até ao momento, o mais antigo é uma bracelete de uma beleza espantosa, de material tipo jade e perfeitamente redonda, que foi descoberta em depósitos da gruta Denisova, na zona de Altai da Rússia, e que data de há 30.000 anos. Na Eurásia, no Paleolítico superior, com uma antiguidade entre 10.000 a 20.000 anos, foi descoberta uma quantidade maciça de ornamentos redondos em forma de torta feitos de pedra, ossos e argila, com a maior parte deles a apresentar uma pequena perfuração central. Os anéis de jade com ranhura, descobertos na jazida da cultura Xinglongwa na China, datando de cerca de 8.000 anos, têm 6 cm de diâmetro, procuravam apresentar uma forma perfeitamente circular, representam a cultura mais antiga destes artefactos

de jade na Ásia oriental e terão dado origem à invenção dos rolamentos de pedra. Talvez o antigo conceito chinês de “céu redondo e terra quadrada” estivesse enraizado na sua cultura do jade, que foi o ramo ‘científico’ mais sofisticado do período Neolítico da China.

Joseph Needham disse uma vez que “Numa época em que a tecnologia de engenharia no Ocidente estava ainda no seu estágio primitivo, a tecnologia de engenharia mecânica da China já atingira um alto grau de desenvolvimento”. A Conferência Internacional sobre Máquinas Pré-históricas de Roda Encontradas em Hac Sá permitiu firmar esta brilhante visão e audaciosas propostas.

*Director do Centro de Arte e Arqueologia Chinesa da
Universidade Chinesa de Hong Kong*

Tang Chung

Afterword (2)

Origin of Rotary Machinery

The “International Conference on Prehistoric Rotary Technology and Related Issues at Hac Sa, Macao” was held on 18-19 June, 2013, to inspire in-depth research of the lapidary workshop unearthed at Hac Sa site, Macao. The conference was followed by the editing and publication of these proceedings. We are very grateful to the generous support of the Department of Cultural Activities and Recreation of the Civic and Municipal Affairs Bureau (IACM) and to all the experts and scholars whose research works and findings have greatly contributed to our understanding of the discussed issues.

The excavations at Hac Sa site had revealed a lapidary workshop that produced quartz and crystal rings and slit rings more than 4,000 years ago. A 28m² grid was excavated in the first excavation conducted in 1995, and evidence of ring and slit ring production activities was found in its late Neolithic cultural layer. Incredibly, a stone bearing was excavated at the center of this grid. The most crucial archaeological evidence of its function was the spatial context of the ring and slit ring products and production tools found within a 3m radius of the stone bearing. In 2006, we excavated an additional 100m² surrounding the 1995 excavation area. The new excavations confirmed with further clarity that the area surrounding the excavated stone bearing was the principal location where the rotary machinery was used. Based on these findings, we have made a comprehensive and systematic preliminary investigation of prehistoric bearings that were found in East Asia during the last hundred years.

Woodworking is one of the most outstanding ancient Chinese crafts. We believe that Neolithic rotary machinery was largely made of wood, with a stone bearing affixed between the wheel and the axle to reduce friction. Our studies further revealed that the bearing unearthed at Hac Sa in 1995 likely itself underwent horizontal rotation.

It is worth noting that the bearings found at Baojingwan site (Zhuhai), Hac Sa site (Macao), Tung Wan site and Sham Wan site (Hong Kong) rotated during use, too. Furthermore, the roller bearings found at Baojingwan and Tung Wan began to turn spherical over the course of use. The tribological study of how technologies that rely on sliding evolved to those that rely on rolling is certainly pivotal in future research of the history of Chinese bearings.

The extant data suggests that the production of jade rings was the main cause for the emergence of rotary machinery in East Asia. Fragments of a stunningly beautiful and rounded jade-like bracelet were unearthed from Denisova Cave in Altai, Russia. It was found in a cultural layer dated to over 30,000 years ago. During the Upper Paleolithic approximately 20,000-10,000 years ago, a large number of disc-shaped ornaments made from stone, bones and clay appeared in Eurasia. The majority of these ornaments have a small perforation at the center. Xinglongwa culture is the earliest jade ring and slit ring culture found in East Asia approximately 8,000 years ago. Its slit rings are approximately 6cm in diameter, and near perfect circles. We have been able to identify stone bearings from as early as then. Perhaps the ancient Chinese philosophy of “round heaven and square earth” was rooted in its jade culture. After all, the most sophisticated technology of Neolithic China was applied to its production of jades.

Joseph Needham once said, “At the time when engineering technology of the West was still in its primitive state, the mechanical engineering technology of China had already reached a very high level of development”. This international conference on prehistoric rotary technology was indeed an affirmation of his brilliant insights and daring propositions.

Director of Centre for Chinese Archaeology and
Art of The Chinese University of Hong Kong

Tang Chung

