

第十屆 科學史研討會彙刊

編輯委員：林聰益、劉廣定、李國偉、張嘉鳳、張澔、周維強

主辦單位

國際科學史與科學哲學聯合會科學史組中華民國委員會
中央研究院、張昭鼎紀念基金會

協辦單位

義守大學通識教育中心

2014 年 3 月 29-30 日

中華民國・臺北

Proceedings of the 2014 Conference on the History of Science

Editors: LIN Tsungyi, LIU Kwangting, LIH Kowei, CHANG Chiafeng, CHANG Hao, ZHOU Weiqiang

Sponsor

International Union of the History and Philosophy of Science,
Division of History of Science,
National Committee of the Republic of China
Academia Sinica
Chang, Chao-Ting Memorial Foundation

Co-sponsor

Center for General Education, I-Shou University

March 29-30, 2014
Taipei, Republic of China

誌 謝

本屆研討會彙刊 承蒙
中央研究院、張昭鼎紀念基金會
贊助出版，特申謝忱。

目 錄

會議緣起.....	張 潞.....I
編輯感言.....	林聰益... III
研討會議程.....	IV
收錄論文及摘要學者名錄.....	VI
專題演講	
「古代機構復原設計法」研發歷程	顏鴻森.....1
自然科學史研究所的學術拓展與轉變	張柏春.....3
論文	
技術史與科技考古	
圓的運用與變化：揭漁良渚製玉工藝的幾何構圖	沈建東....17
平七與鏹玉技術在宮廷的傳播	郭福祥....37
軍事史	
明後期鍛造大將軍炮的金相學研究案例	鄭巍巍、莊子哲雄、徐健、鍾祥玉、張建華....57
清代澎湖水師戰船及戰術運用	李其霖....85
中國古代「力」的概念及其相關知識	儀德剛、馮書靜...101
生物與農業	
《中西聞見錄》中海洋哺乳動物探究	陳德勤...113
臺灣製糖業發展史	劉昭民、劉有台...123
翻譯史	
《化學鑒原》增補內容來源考	黃麟凱、聶馥玲...135
《博物新編（二編）》初探	詠 梅...159

摘要集（依發表序）

解析李善蘭對《談天》的「刪述」	郭世榮... 171
朝鮮復刻《楊輝算法》(1275 年)與關孝和(1645?-1708)的修改	城地茂... 173
轉心瓶工藝技術及其發展	陳東和、黃千奇... 175
奇美博物館館藏黃銅製燈籠式座鐘的構造分析	
.....林聰益、林彥峯、陳羽薰、顏鴻森... 177	
性慾與養生：民國時期中西醫「節慾」的身體觀	皮國立... 179
臺灣免疫研製機構之發展與變異(1929-1939)	沈佳姍... 181
《本草綱目》中之物種觀點	賴伯琦... 183
孫思邈的服石觀初探	高小筑... 185
元代食治觀初探：以《飲膳正要》為例	游翠卉... 186
天行慾染蔓延通國：明清醫家對「楊梅瘡」的認識初探	林 佳... 187
清季西式槍砲的知識輸入：以《格林礮說略》與《格林礮操法》為例 周維強... 189	
清末渤海水雷防禦考	黃宇暘... 191
1843-1913 航空氣球在中國的印象與運用：以清代檔案與報刊為中心	
.....吳彥儒... 193	
中文烷烯炔名詞之探究	張 濩... 195
On Matteo Ricci's Mention of '38 端' in His <i>Qingkun Ti Yi</i>	
.....Micah ROSS (羅明德)、HSU Kuangtai (徐光台) ... 196	
附錄：第十屆科學史研討會籌備委員與學術委員名錄	197
Contents	198

會議緣起

十六、十七世紀時，由哥白尼(Nicolaus Copernicus, 1473-1543)、伽利略(Galileo Galilei, 1546-1642)、克卜勒(Johannes Kepler, 1571-1630)與牛頓(Sir Isaac Newton, 1643-1727)等人先後在天文與物理上的突破與成就，史稱科學革命。1759年被法國數學家達朗伯特(Jean-Baptiste le Rond d'Alembert, 1717-1783)，也是《百科全書》(*Encyclopédie*)的編輯之一，描述成一種波濤洶湧而無法抵抗的河水，衝破了由亞理斯多德千餘年來所建築的堤壩，從各個方向蔓延穿透了歐洲大地，改變了歐洲人的視野、心智與靈魂，進而讓歐洲的十九世紀蛻變為科學的世紀。同樣的，這股浪潮在十九世紀中葉時也開始席捲了中國。

清末戰爭的連續失利，使清廷瞭解到學習西方科學與技術的必要性。然而中國該如何開始進行？在傳統的政治社會制度束縛中，西方科學應由誰來引介？儒家文化扮演何種角色？這一連串的問題都有待中國知識份子的覺醒和主動解決。然而，在中國知識份子還來不及自我轉型前，西方科學與技術已開始敦促中國改變，並進一步引起中華文化與社會結構的連環改變。值得注意的是，在中國全面引進西方科學的同時，卻也促進了我們對於自身文明中科技歷史價值的探索，進而重新回顧與檢視中國傳統的科技與社會、宗教、經濟與教育等的歷程。

民國四十三年，李約瑟團隊出版第一冊《中國之科學與文明》，此書開啟了研究中國科學史之先河，其以西方科學史研究來檢視中國科學發展成就的「大滴定」理論也開始蔚為風潮，喚起了國人對於科學史研究的重視。在臺灣最值得重視的發展，是關注科學史研究的學者專家們，於民國七十一年成立了中央研究院科學史委員會（下稱科學史委員會）。不久之後，更申請加入國際科學史與科學哲學聯合會，組織臺灣科學史學者與專家們參與國際科學史的交流。在積極發展與國際接軌的同時，民國八十年，清華大學歷史研究所也在各界期盼中，成立以科學史為導向研究的科技組，成為臺灣推動科學史教學與研究最重要的學術單位之一。

科學史委員會於民國七十五年十二月十九至二十日，在臺北舉行第一屆科學史研討會，並在會後出版論文集，其後賡續不輟，至今已舉辦十屆研討會，並印行論文集。三十年來，臺灣的科學史專家與學者已在醫學史、數學史、科技與社會、生物學史、機械學史、軍事技術史等領域形成多元研究群體，並已有卓越的學術成就。以本次會議言，由三十一位學者發表二十七篇論文，除了歷史學者外，也有來自其他領域的學者專家，更有研究生的積極參與，充分反映出臺灣科學史研究多元發展，欣欣向榮的面貌。

第十屆科學史研討會舉辦時欣逢本會成立三十週年，回顧前輩學者的無私奉獻與傑出成就，在緬懷之際，我們願以推動與提昇科學史之研究自勉，期望能繼續促進國內科學史與相關領域之交流活動，並加強國際交流與擴大國際視野，締造科學史研究的下一個高峰。

張泊告

民國一〇四年八月三十日

編輯感言

民國一〇三年三月底所舉辦的「第十屆科學史研討會」在前任主委張澔博士的費心經營下，獲得了各界的好評。會後，本人即被推舉為主委，因交接之際事務繁忙，又訂下了要每年召開工作坊、建立通訊稿約及審稿制度，以及將大量的資料建置於官網上的指標，因此未能按例在同年底出版研討會彙刊。

有幸的是，我們在今年四月所舉行的「第一屆科學史典籍研讀工作坊」回響熱烈，《科學史通訊》的稿約和編輯委員會順利組織完成，並被收錄於「科學教育期刊文獻資料庫」(<http://w1.dorise.info/JCSE/>)，委員會的官網也進行改版。使得關注科學史研究的研究者、教師和學生，能夠便捷地了解本會三十餘年來在科學史領域的積極耕耘，並參與到委員會未來的學術活動裡。期盼這些工作的完成，能為推動科學史研究產生了一些新的助力。

研討會閉幕後，仍然有許多與會學者支持本次彙刊的編輯工作，踴躍提供並更新稿件，這些稿件經編輯委員劉廣定、李國偉、張嘉鳳、周維強等人細心審閱，又在執行編輯黃宇暘先生的辛勞編排，《第十屆科學史研討會彙刊》終於出版。全書共收錄論文十一篇，和其他十六篇摘要。其中部分論文的題目與目錄有所差異，係因會後與會學者的反饋，或使投稿人的最後題目略有修改，亦請讀者見諒。

作為科學史工作者團隊的一員，感謝所有學者和編輯團隊對於彙刊的辛勞付出。並期望本屆彙刊的出版能起拋磚引玉之效，吸引更多科學史的新血加入，以期迎來科學史研討會的下個黃金十年。

林聰益

民國一〇四年八月三十日

第十屆科學史研討會議程（3月29日）

中央研究院人文社會科學館 3月29日（星期六）	
09:00-09:20	報到
09:20-09:40	開幕、致歡迎詞
專題演講	
09:40-10:10	顏鴻森（國立成功大學講座教授） 「古代機構復原設計法」研發歷程
10:10-10:30	茶敘
【1-1場】主題：天文史 議程主持人：洪萬生	
10:30-11:50	徐光台：利瑪竇《乾坤體義》萬曆本的成書與刊印 Micah Ross、徐光台： On Matteo Ricci's Mention of '38 端' in His <i>Qingkun Ti Yi</i> 郭世榮：解析李善蘭對《談天》的“刪述” 城地茂：朝鮮復刻《楊輝算法》(1275)與關孝和(1645?-1708)的修改
11:50-13:30	大合影及午餐
【1-2場】主題：技術史與科技考古 議程主持人：李國偉	
13:30-14:50	沈建東：從玉器製作構圖法談良渚文化的古度 陳東和、黃千奇：轉心瓶工藝技術及其發展 郭福祥：平七與璇玉技術在宮廷的傳播 林聰益、林彥峯、陳羽薰、顏鴻森： 奇美博物館館藏黃銅製燈籠式座鐘的構造分析
14:50-15:10	茶敘
【1-3場】主題：醫學史（一） 議程主持人：徐光台	
15:10-16:10	皮國立：性慾與養生——民國時期中西醫「節慾」的身體觀 沈佳姍：臺灣血清疫苗研製機構之發展與變異(1929-1939) 賴伯琦：《本草綱目》中之物種觀點
16:10-16:30	休息
【1-4場】主題：醫學史（二） 議程主持人：劉士永	
16:30-17:30	高小筑：孫思邈的服石觀初探 游翠卉：元代食治觀初探——以《飲膳正要》為例 林佳：明清醫家對「楊梅瘡」的認識初探
17:30-19:30	晚宴（中研院福華哲思軒）

第十屆科學史研討會議程（3月30日）

中央研究院人文社會科學館 3月30日（星期日）	
專題演講	
09:00-09:40	張柏春（中國科學院自然科學史研究所長） 自然科學史研究所的學術拓展與轉變
09:40-09:50	休息
【2-1場】主題：軍事史（一） 議程主持人：劉廣定	
09:50-10:50	鄭巍巍、莊子哲雄、張建華： 明中期鍛造大將軍炮的金相學研究之案例 李其霖：清代澎湖水師戰船及其戰術 儀德剛、馮書靜：中國古代“力”的概念與相關力學知識的表述
10:50-11:10	茶敘
【2-2場】主題：軍事史（二） 議程主持人：郭世榮	
11:10-12:10	周維強：清季西式槍砲的知識輸入—— 以《格林礮說略》與《格林礮操法》為例 黃宇暘：清末渤海水雷防禦考 吳彥儒：航空氣球在中國的印象與運用(1843-1913)—— 以清代檔案與報刊為中心
12:10-13:30	午宴（學術活動中心中餐廳）
【2-3場】主題：生物與農業 議程主持人：毛傳慧	
13:30-14:10	陳德勤：《中西聞見錄》中海洋哺乳動物探究 劉昭民、劉有台：臺灣製糖業發展史
14:10-14:30	茶敘
【2-4場】主題：翻譯史 議程主持人：英家銘	
14:30-15:30	張 浩：中文烷烯炔名詞之探究 黃麟凱、聶馥玲：晚清科學譯著《化學鑒原》翻譯特點研究 詠 梅：《博物新編（二編）》初探
15:30-16:00	綜合討論及閉幕
賦歸	

收錄論文及摘要學者名錄（依姓氏筆畫序）

- 皮國立 中原大學通識教育中心歷史組助理教授
吳彥儒 國立臺灣師範大學歷史學研究所博士生
李其霖 淡江大學歷史學系助理教授
沈佳姍 中央研究院衛生與東亞社會研究計畫博士後研究員
沈建東 國立故宮博物院登錄保存處助理研究員
周維強 國立故宮博物院圖書文獻處副研究員
林彭峯 南臺科技大學機械工程系博士生
林 佳 國立臺灣大學歷史研究所碩士生
林聰益 南臺科技大學機械工程系教授
城地茂 日本國立大阪教育大學國際中心教授
徐光台 國立清華大學通識教育中心暨歷史研究所教授
高小筑 國立臺灣大學歷史研究所碩士生
張建華 山西省藝術博物館館長
張柏春 中國科學院自然科學史研究所研究員兼所長
張 澄 義守大學通識教育中心副教授
莊子哲雄 東北大學未來科學技術共同研究中心教授
郭世榮 內蒙古師範大學科學技術史研究院院長
郭福祥 北京故宮博物院宮廷部研究員
陳羽薰 南臺科技大學機械工程系碩士生
陳東和 國立故宮博物院登錄保存處助理研究員
陳德勤 野柳海洋世界獸醫部主任
游翠卉 國立臺灣大學歷史研究所碩士生
詠 梅 內蒙古師範大學科學技術史研究院副教授
馮書靜 內蒙古師範大學科學技術史研究院碩士生
黃千奇 國立故宮博物院研究助理
黃宇暘 國立政治大學歷史學系博士生
黃麟凱 內蒙古師範大學科學技術史研究院碩士研究生
儀德剛 內蒙古師範大學科學技術史研究院教授
劉有台 中華科技史學會會員
劉昭民 中央研究院科學史委員會委員
鄭巍巍 日本京都同志社大學
賴伯琦 大葉大學生物資源學系助理教授
聶馥玲 內蒙古師範大學科學技術史研究院教授
顏鴻森 國立成功大學機械工程學系教授兼副校長
羅明德 國立清華大學通識教育中心兼任助理教授

專題演講

「古代機構復原設計法」研發歷程

顏鴻森*

摘要

顏鴻森教授於 1980 年獲得博士學位後，即返臺在成功大學機械系任教迄今；教學專長為有關機械如何產生必要運動的「機構學」，研究專長為「機構設計」，如飛機起落架、車輛變速器、工具機自動換刀裝置等的設計。三十來年，在授課教學、學術研究、產學合作上，皆以機構學與機構設計為主，尤其是「創造性機構設計」及「古代機構復原設計」的研究。本演講說明自 1990 年以來，與「古代機構復原設計」研究主題結緣的思路背景、研發歷程、學術內容、成果應用、及心得感言。

人類發明機械的動機來自生活需要，機械的發明與改進，則帶動社會進步。十五世紀前的古中國，在機械工藝有相當成就，發明許多重要器械。由於古籍文獻記載不全及實物失傳，大多數的古機械原型已不可考，且有不少發明未流傳下來。瞭解古機械的歷史演變，可知其技術發展模式；而復原古機械的研究，可重建與展示當代機械技術水準。

以復原觀點言之，古中國的機械可分為有憑有據、無憑有據、有憑無據等三類。有憑有據者是指史料有記載且有真品傳世的古機械，如東漢丁緩的被中香爐。無憑有據者是指出土的古機械未在史料中找到相關記載，如秦陵的銅車馬。有憑無據者是指沒有真品留世但有史料記載的古機械，如北宋曾公亮《武經總要》的弓弩(有文有圖)，元朝郭守敬的大明殿燈漏(有文無圖)，河南汲縣出土戰國晚期銅鑑中有車輪的雲梯圖案(無文有圖)等。

顏教授自 1990 年起，研究發展出一套在學術上自成一家的「古代機構復原設計法」，用以系統化的推導復原出失傳或不完整古機械的機構。這套方法是，將研究零散史料所得到的特定知識及所引發的發散構想，收斂轉化為現代機構設計的設計規範與需求，據此合成出完整的一般化鏈與特殊化鏈圖譜，並應用機械演化與變異理論，產生所有符合史料記載與當代科技與工藝水平的復原設計，如張衡的候風地動儀(AD 132)、蘇頌的水輪秤漏裝置(AD 1088)、指南車、記里鼓車、古希臘的 Antikythera 機構(~150 BC)等。在

* 國立成功大學機械工程學系教授兼副校長。E-Mail: hsyan@mail.ncku.edu.tw

重要文獻尚未找到及物件真品尚未出土前，本方法提供科技史學家研究考證失傳或不完整古機械的重要工具與參考依據。

顏教授並將本系列研究成果，撰寫成“*Reconstruction Designs of Lost Ancient Chinese Machinery*”(Springer, 2007) 及 “*Mechanisms in Ancient Chinese Books with Illustrations*”(Springer, 2014)二本專書。

關鍵詞：機構學、古機械、創造/概念設計、復原設計、機械史

講者簡介



顏鴻森教授玉照

顏鴻森教授 1951 年生於臺灣彰化，1980 年獲美國 Purdue University 博士學位後，在成功大學機械系任教迄今，教學專長為機構學，主要研究領域為機構概念設計與古機械復原設計，指導 36 位博士生與 105 位碩士生畢業，發表 300 多篇學術論文，著有 12 本專書與 6 本專書專章，獲 53 件專利。

顏教授曾專職中技社機械工程師、成功大學機械系副教授、General Motors Research Labs. 資深研究工程師、State University of New York at Stony Brook 機械系副教授、國立科學工藝博物館館長、及大葉大學校長。曾獲多項學術獎勵與榮譽，如美國機械工程師學會(ASME) Mechanisms Conference 最佳論文獎& Fellow、國科會傑出研究獎、傑出人才講座、東元科技獎、教育部學術獎與國家講座、IFToMM Honorary Membership、機械工程學會機械工程獎章、及斐陶斐榮譽學會傑出成就獎。顏教授以蒐藏研究古早鎖具為嗜好，希望成為散文作家。

自然科學史研究所的學術拓展與轉變*

張柏春^{**}

20世紀90年代末以來，我國科學技術史研究在學科發展內在趨動與社會需求的雙重影響下，在研究方向、學術問題、研究方法與理論依據、科研活動形式、發展環境、國際合作與交流等方面經歷著一個轉變期，或者說轉型期。當前，中國科學院正在實施「創新2020」，要求各個研究所在「十二五」時期落實「一三五」，即明晰研究所的定位，組織三個重大科研突破項目，部署五個重點培育方向，實現「出成果、出人才、出思想」的目標。這促使我們深入思考學科發展與優化佈局等問題。¹本文僅以自然科學史研究所（以下簡稱為「自然科學史所」）為例，探討科技史學科在我國轉變的若干特點，就教於學界同仁。

一、拓展基本研究方向：從傳統到現代，從中國到世界

十幾年來，我國科技史研究面向學術前沿，不斷深化中國古代科技史研究，拓展中國近現代科技史與西方科技史等方向的研究，開創學科發展的新局面。

1、編著中國古代科技史總結性叢書與開展新專題研究

從國際範圍看，科技史做為一門學科，不斷與時俱進，百年間經歷了若干次轉變或轉型，學科史、思想史與社會史都曾成為學術研究的主流，國別史也受到重視。20世紀50年代科技史學科開始在中國的建制化。幾十年來，我國學者在古代重大發明發現、科技典籍、科技考古、科技通史等研究方面解決了許多重要學術問題，取得了一系列重大成果，形成了嚴謹求證、強調新史料與新觀點的學術傳統。

* 本文以「我國科技史研究的拓展與適應——以自然科學史研究所的轉變為例」為題，發表於《自然辯證法通訊》，第34卷第2期(2012)，頁103-109。

** 中國科學院自然科學史研究所所長

¹ 自然科學史研究所以中國科學院實施「創新2020」為契機，提出未來5—10年的發展規劃，優化科研佈局與人員結構，調整管理機制，組織重要科研項目。本文反映了作者在與同事們制訂規劃過程中的思考以及自然科學史研究所「十二五」規劃的部分內容。

中國科學技術傳統在世界文明史上佔有重要地位，因此，中國古代科技史在國際學術界是一個很有魅力的研究領域。我國科技史家以多年的內史專題研究積累為基礎，在 90 年代開始撰寫總結性的學科門類史叢書。最典型的是自然科學史所組織百餘名專家編著的 20 餘卷本「大書」，即科學出版社出版的《中國科學技術史》。這套學科史叢書代表著中國古代科技史研究的高水平，改變著國內以往主要依靠李約瑟的著作全面闡釋中國科技傳統的局面。

系統描繪古代科技傳統的叢書還有學科史或技術門類史的「大系」或「全集」，如《中國數學史大系》(10 卷)、《中國物理學史大系》(10 冊)、《中國天文學史大系》(10 卷)、《中國古代工程技術史大系》(16 卷) 和《中國傳統工藝全集》(14 卷) 等，後四項工作都是在中國科學院的支持下由自然科學史所組織實施的。《中國傳統工藝全集》屬於古代技術史研究領域的擴展。90 年代，自然科學史所還組織整理關於中國古代科技的基本文獻，影印出版多卷本《中國科學技術典籍通匯》，為學科發展做了一項重要的基礎工作。

大型叢書的編著決不意味著古代科技史研究的終結，而是預示著新探索的開始²。隨著國際交流的不斷擴大，我國科技史家越來越以全球視野審視古代科技在世界文明史中的角色，重新思考古代科技史的各種學術問題，如中國古代到底有哪些重要的發明創造。³20 世紀 80 年代興起的少數民族科技史研究在某種程度上已向科技人類學轉變。

2、規模化地開展中國近現代科技史研究與資料收集

改革開放以來，我國科技史研究領域擴展到近現代科技史。自然科學史所率先組織實施了若干項目，在 90 年代撰寫出《中國近現代科學技術史》和《中國近現代技術史》等論著。2000 年起，自然科學史所組織百餘名專家學者共同承擔中國科學院知識創新工程項目「中國近現代科學技術發展綜合研究」，採取學科史、科學社會史等研究方法，完成了《中國近現代科學技術史研究叢書》(47 冊)，⁴規模化地推動了不同風格的專題研究、綜合研究與資料整理工作。這一方向的研究已發展成一個重要的學科生長點，有力推動著國內科技史學科由傳統到現代的拓展⁵。

中國科學院扮演著科技國家隊的角色，其發展歷程是現代科技史的一個重要部分。科學院於 90 年代開始支持科技政策與管理科學研究所徵集院史資料，近年又支持自然科學史所開展科學院史稿和學部史等編研工作。《院屬單位簡史》和《人物傳》等部分

² 華覺明，〈古史常新：探索正未有窮期——中國古代科技史研究之我見〉，《中國科技史雜誌》，2010 年第 2 期，頁 230-233。

³ 華覺明，〈中國二十四五大發明〉，《世界博覽》，2008 年第 20 期，頁 58-63。

⁴ 《中國近現代科學技術史研究叢書》被著名科學史期刊《ISIS》連續刊文評介，有的分冊被譯成俄文出版。

⁵ 洪蔚，〈從傳統到現代，從中國到世界——訪張柏春所長〉，《科學時報》，2010.10.24，A1。

成果已經出版。院史研究已是中國近現代科技史方向的重要突破口之一。

中國近現代科技史方向需要不斷加深專題研究，系統開展學科史與社會史等研究，收集和整理各種文獻資料與實物資料。近年來，資料建設受到學界的重視，科技政策與管理科學研究所牽頭整理了科學家文集，組織了口述史工作，出版了《竺可楨全集》和《20世紀中國科學口述史》叢書等成果。不斷厚實學術基礎，將來才能撰寫出更加詳實、更加系統的學科史和通史等著作。

中外科技知識傳播史研究（或稱交流史）既是中國科技史方向的一個部分，也是世界科技史方向的一個部分。在今天的中國版圖範圍內，歷代都進行著跨地區、跨文化的科技傳播與互動，如沿著「絲綢之路」的技術與科學知識傳播。知識傳播史研究吸引了科技史與文化史等學科的學者。他們在西方科技向中國的傳播等方面取得了許多成果，並且在擴大學術視野。

3、開拓世界科技史研究與譯介國外研究成果

150 多年來，中國逐步由傳統農業社會向現代工業社會轉變，並常以西方的現代化國家為鑒。中國社會需要學界研究世界科學技術的發展及其與社會的互動關係。這也有助於研究中國科技史的學者拓寬國際視野。

國內學者翻譯了不少國外科技史論著，其中有薩頓（George Sarton）等名家之作，還有《技術史》、《劍橋科學史》、《愛因斯坦全集》等多卷冊的著作。這些譯著將科技史學科及相關的科學社會史、科學哲學、科學技術研究（STS）等學科或領域的經典論著與新作介紹給國內讀者，為科技史的學科建設與教學做出了重要貢獻，也促使國內學者關注科技史的理論研究。

譯著有獨特的價值，但未必都能清楚地闡釋國內關心的問題。我國學者可按照自己的興趣，研究世界科技的發展。自然科學史所在改革之初就建立近現代科技史研究室，重點研究西方科技史，30 多年來編著了《20世紀科學技術簡史》、《科學革命與卡文迪什實驗室》等論著，編譯了《愛因斯坦文集》。2010 年，研究所借中國科學院實施「創新 2020」之勢，積極籌劃以科技發展戰略與理論、科學文化、中外科技發展比較等為研究路徑，推動西方科技史研究，探究數學、物理學、化學、生物學、地學和技術科學等學科的歷史以及其他學術前沿問題與國人關注的問題，加速科技史學科由中國到世界的拓展。

4、發揮國內學術特長，展開中外科學技術的比較史研究

中外科技發展比較也是開拓世界科技史研究的一條路徑。李約瑟（Joseph Needham）就在《中國科學技術史》（*Science and Civilisation in China*）等論著中經常採用中外比較的方法，闡釋中國古代科學技術的特徵。席文（Nathan Sivin）和勞埃德（Sir Geoffrey E.

R. Lloyd) 曾合作撰寫關於中國與希臘科學比較研究的專著。⁶國內學者可以基於中國科技史研究的優勢和對世界科技史研究的開拓，從知識史、社會史、制度史與文化史等角度開展比較研究。2010 年 11 月自然科學史所設立中外科技發展比較研究中心。為彌補對國外研究的不足，該中心重視與國外高水平的專家和機構合作，將各自的優勢結合起來，以提升整體研究水平。

當然，研究西方科技史要求我們掌握更多的語種。近些年來，部分中青年學者不僅較好地掌握了英語，還選修了德語、法語、日語、俄語等語種之中的一個或幾個，甚至學習了拉丁語，為利用國外原始文獻和瞭解國外學者的研究成果創造了條件。

二、開闢交叉與應用研究方向：適應社會需求

經濟社會的快速發展與轉型對學術研究提出了許多新需求。近十幾年來，科技史界面向社會需求，開闢新的交叉與應用方向，形成多元化的格局。

1、認知傳統工藝與文物遺址，加強遺產保護的學術基礎

中國是文化遺產大國。文物、遺址與傳統工藝反映了一定時代和地域的物質文化與精神文化，也體現著古代的發明創造。國家文物局和學術界歷來重視文物與遺址等文化遺產的保護與研究，但過去卻輕視歷史傳承下來的傳統工藝這類文化遺產。自然科學史所在 80 年代就呼請政府支持調查、研究與保護傳統工藝，在 90 年代中期提出傳統工藝的研究項目計劃。該計劃被中國科學院批准為「九五」重大項目之後，近百名專家學者分門別類地調研傳統工藝，將技術史方法與科技考古、工藝美術、民俗學與人類學等學科的方法相結合，完成了《中國傳統工藝全集》。2004 年 12 月，中國科學院傳統工藝與文物科技研究中心在自然科學史所成立，為傳統工藝與科技考古的研究提供了一個多單位的聯合平臺。2005 年文化部將傳統工藝納入國家非物質文化遺產保護工程，2009 年表彰非物質文化遺產保護工作先進集體和先進個人。自然科學史所在被文化部表彰之列。

目前，我國學界對傳統工藝、文物和遺址所反映的古代重大發明創造的科學認知與文化認知還很不夠，在文物與遺址的真偽、年代、文化價值、性能與功效、材質、製作或建造工藝、相關知識的產生與傳播等方面有很多亟待解決的問題。科技史界應當抓住機遇，加強多學科的交叉研究，將理化檢測與分析、掃瞄成像技術、計算機技術等先進手段與歷史分析相結合，提取和解讀文獻、文物與遺址所凝結的信息，進行傳統工藝與器物的模擬實驗、數字化仿真、復原等研究，解決文物與遺址的認知問題，建設文化遺產數據庫，制訂鑒別與檢測的標準，為研究古代發明創造、保護文物與遺址、改進博物館陳列和制訂保護政策提供堅實的科學基礎。

⁶ G. E. R. Lloyd and N. Sivin. *The Way and the World: Science and Medicine in Early China and Greece*. New Haven: Yale University Press, 2002.

2、研究科技發展戰略及相關理論，參與國家思想庫建設

科學技術與社會的發展都屬於非常複雜的現象，然而，它們是可認識的、有跡可循的。科學和技術在不同的歷史階段具體表現出一些規律性特徵。不同國家發展的路徑、模式與階段等呈現出或大或小的差異。中國正在積極應對當今世界深刻變化帶來的挑戰，探索經濟社會可持續發展與創新型國家的模式，走新型工業化和現代化道路。科技史界有必要系統研究科技發展的規律性特徵，為把握發展大勢、建設國家思想庫與作出合理的戰略決策等提供歷史經驗。

1998 年中國科學院開始實施「知識創新工程」。院領導希望自然科學史所面向國家戰略需求，建設「科學史與科技宏觀戰略研究基地」。於是，自然科學史所有若干位學者於 1999 年轉向科技發展戰略研究。經過十多年的摸索，研究所以科技史學科為依托，開展了特色鮮明的戰略研究。比如，宏觀地闡釋科技發展的長時段特徵與規律，微觀地解析歷史案例，參與起草中國科學院的戰略研究報告。

2010 年自然科學史所按照科學院的部署，加強戰略研究團隊建設。是年 11 月科學院學部在該所設立「學部學科發展戰略研究中心」。該中心承擔了中科院與自然科學基金委員會委託的《2011—2020 年我國學科發展戰略研究報告·總論》的研究起草和其他任務。未來 10 年，自然學科史所將以決策與管理部門的任務為牽引，繼續研究科技發展戰略及相關理論⁷，綜合運用科技史學、科學技術研究、管理科學、科學計量學、創新理論與現代化理論等學科或領域的方法，合理闡釋科技發展的模式與動力機制、科技革命與國家現代化的關係、知識創造與制度及文化環境的關係、創新型人才的培養等問題，提出自己的理論觀點和有影響的諮詢建議。

3、研究科學文化，整合科學與人文

科學已成為現代社會的一種主導知識，然而，科學文化在中國的建設尚不充分。科技史與科學哲學在科學文化建設方面有獨特的優勢。自然科學史所在 2002 年組建科學文化研究小組，旨在彌合科學與人文之間的裂痕，或者說整合兩種文化。小組的科學文化研究可以理解為對一類亞文化的研究，或對科學的哲學、歷史學或社會學取向的研究，或科學的文化研究等。⁸

自然科學史所在 2004 年與科學院政策局（今規劃戰略局）共同創辦「張揚科學理性，倡導批判精神」的《科學文化評論》雙月刊，2009 年 12 月正式設立科學與文化研究中心。《科學文化評論》兩位主編在發刊詞中闡述了辦刊的緣由和理念，認為：「科學在當代學術王國中呈現出一派睥睨群雄的氣象」。「在傳統的人文知識領域應用科學工具和成果已成為不可抗拒的潮流」。「人類的社會與人文理念未能跟上科學與技術迅猛發展

⁷ 科技史理論研究是國內學界的弱項，比如，我國學者在自己擅長的中國科技史研究中較少地展開理論闡釋。可以預期，研究的理論化傾向有助於增強科技史論著的思想性。

⁸ 劉鈍、曹效業，〈發刊辭：追尋繆斯之夢〉，《科學文化評論》，2004 年第 1 期，頁 1-5。

的步伐，從而導致技術的盲目應用和一系列負面結果……這些又反過來對人文空間形成擠壓，導致工業社會中人的異化及對人文價值的蔑視。另外，科學在涉及人類精神活動與社會倫理等方面的局限性仍然無法逾越。」⁹

科學哲學、科學史、科普與新聞出版等領域的部分京滬學者也積極提倡科學文化研究，組織了系列的研討會。他們將科學文化視為「科學所滲入到人類一般思想之中的部分，表現在人類基本生存方式中的部分」¹⁰，欲進一步消除科學與人文的二元對立。他們主張從思想層面和社會實踐層面反思科學和技術的文化意義，尊重不同文化的價值，將多元文化觀落實和發展為多元科學觀，發展多角度、多層面的科學文化。這類觀點在學界引起了討論和爭議，有學者激烈批評他們對「科學主義」的反思。

以上這些應用研究方向以新的問題和思路，加速了科技史學科的拓展與轉型，增多了學術生長點，擴大了學科的影響。科技戰略與科學文化方向的開闢還帶動了西方科技史研究。戰略研究明顯提高了自然科學史所提出政策建議的能力，以及在科學院的顯示度。

事實上，科技史學科已形成多元化格局。研究成果不僅發表在《自然科學史研究》、《中國科技史雜誌》和《自然辯證法通訊》等國內主要發表科技史論文的期刊，而且還發表在《考古學報》、《歷史研究》、《自然辯證法研究》、《科學文化評論》、《科學與社會》、《科學學研究》、《中國農史》、《農業考古》、《中華醫史雜誌》、《工程研究》和《當代中國史研究》等多種國內期刊和部分國外期刊。

學科的健康發展在很大程度上取決於人才。隨著經濟社會的發展，我國科技史界應擴大學術共同體的規模，造就發展潛力大的青年人才，尤其是能夠走向世界的優秀青年學者。經驗表明，一名青年學生從讀研究生開始「坐」科技史學科的「冷板凳」，到成為獨擋一面年輕學者，大致需要八年左右的時間。

三、學術問題、研究方法與科研活動形式的轉變

科技史研究的問題與方法也在與時俱進地變化著。我國科技史學科開拓者們首先關注的學術問題包括：古代史上有哪些科技知識（有什麼），這些知識相當於現代的哪些學科門類（是什麼），發明和發現是哪些人完成的（是誰）？他們以現代學科體系為參照，整理和解析與科技有關的古文獻和考古資料，考證、闡釋與復原古代科技成就及人物的歷史貢獻，構建古代知識的學科門類史。與國際同行的新探索相比，這種研究範式

⁹ 劉鈍、曹效業，〈發刊辭：追尋繆斯之夢〉，《科學文化評論》，2004年第1期，頁1-5。

¹⁰ 柯文慧，〈對科學文化的若干認識——首屆「科學文化研討會」學術宣言〉，《中華讀書報》，2002年12月25日。

已顯現出明顯的局限性。¹¹

正如《自然科學史研究所「十二五」發展規劃綱要》所概括的，近三四十年來，國際科技史界「已不再將研究範圍局限於描述科技知識本身的演進，而是擴展到研究科學與技術的本質和發展規律，追溯知識的創造與傳播，探索科學技術的發展與社會、政治、經濟、文化等的複雜關係及相關的科技發展戰略問題。此學科還更多地借鑒哲學、社會學、人類學、認知科學和經濟學等學科的理論與方法，成為科學技術哲學、科學技術社會學和科技政策等相關學科的基礎並促進著這些學科的發展」。

我國科技史界已經關注「科學技術是如何被創造和傳播的」，「科學、技術、宗教、藝術、哲學、語言、自然環境、經濟與社會等要素之間是怎麼互動的」等問題，¹²嘗試新的研究視角、理論與方法，深入闡釋甚至重構科技史。比如，自然科學史所將在未來五到十年實施「科技知識的創造與傳播」研究項目，重點探討的問題包括：科學概念與理論的創造，技術發明與創新的產生，科學理論與經驗知識的關係，思維方式與知識表達，知識的傳播與重塑，知識的全球化，等等。

事實上，科技戰略等應用型的研究鼓勵學者們面對一些過去較少研討的問題，促進不同研究方法的交叉融合。比如，以若干國家為案例，將科學革命、技術革命與國家現代化這幾個學界與社會非常關心的問題聯繫起來，嘗試「科技革命與國家現代化」等國內過去未做或較少做的研究。¹³在研究基礎薄弱的情況下，這種作法過於大膽，卻符合時代對學術的需求。

當然，傳統的文獻研究、史實的考證與復原等工作還有很大的深化和改進的空間。比如，50卷本《中國科學技術典籍通匯》所收的基本文獻中，被點校、註釋過的只有《九章算術》、《考工記》、《王禎農書》、《天工開物》和《奇器圖說》等少部分典籍，被翻譯成外文的就更少了。可見，文獻的精細整理研究是一個亟待加強，而且應吸收新研究方法的重要基礎工作。

傳統上，科技史學科主要採取個人自由研究或導師帶學生做研究的工作模式，這大致符合人文社會科學研究的基本特點。依照這種模式，如果一名學者要解決跨學科的、涉及多語言的複雜問題，那麼，他就要積累相應的多學科背景，掌握不同的語言。這個要求比較高，甚至說是苛刻的。

為了克服單一學者的知識局限，解決跨學科、跨文化的科技史問題，國際上越來越重視採取團隊式的合作研究。規模較大的機構，特別是綜合性研究機構更便於發揮多學

¹¹ 當然，精深的文獻與考古資料研究以及古代知識的考證、闡釋與復原仍然是非常重要的基礎工作。這方面的工作不是過時了，而是要吸收新方法長期做下去。

¹² 張柏春，〈機遇、調整與發展—1997-2007年自然科學史研究所的學科建設與課題〉，《中國科技史雜誌》，2007年第4期，頁305-319。

¹³ 白春禮，〈新科技革命的拂曉〉，《中國科學報》，2012年1月1日，A9。

科與整合學術資源的優勢，組織團隊式的研究活動。例如，德國馬普學會科學史研究所（MPIWG）非常注重組織跨學科、跨文化的研究項目。根據實際需要，他們從國際學界選擇專業特長不同、掌握語言不同的學者組成團隊，將互補的個人專長凝聚為集體的綜合優勢，組織 workshop 式的集體研究活動，解決單一學者或小團隊不便解決或需要較長時間才能解決好的複雜問題。

「科學史研究具有個體腦力勞動的特點」，但自然科學史所「做為國家辦的一個科研機構，又不能完全放任自流，各自為政，還要發揮綜合性、多學科相互配合的集體優勢，接受上級交下來的一些任務或組織一些重大的科研項目，這樣才能說明單位存在的必要性」。¹⁴這個開放的研究所與國內外學者建立了良好的交流與合作關係，20 年來與國內專家共同承擔了一些重大科研任務，完成了《中國科學技術史》（「大書」）、《中國傳統工藝全集》和《中國近現代科學技術史研究叢書》等重要論著。不過，就整體而言，這些工作以獨立成卷的論著為單元，即圍繞卷或冊組成課題組，有些課題組只有一名成員，課題組之間的合作不夠充分。一個人數過百的研究所既要保護學者個人的學術興趣，支持自由研究，又要發揮團隊式合作的巨大潛力。自然科學史所曾與馬普學會科學史研究所共同組織團隊，在知識傳播史研究方面取得了成效。

在信息化的浪潮中，科技史學科越來越多地採用先進的信息技術與實驗手段。國際上很多從事科技史的研究、教學與展示的機構都開發了文獻與考古資料處理能力強的數字化研究工具。自然科學史所正在加強圖書館的數字化建設，營造以館藏典籍為基礎、服務功能強的數字化文獻平臺。同時，研究所還在建設一個綜合實驗室，以支持傳統工藝與科技考古等方向的模擬實驗及數字化仿真等工作。

四、學科發展環境的變化

中國科學院率先在上世紀 50 年代建立中國自然科學史研究室（自然科學史所的前身），開創了科技史學科在我國的建制化。自然科學史所曾歸口中國科學院的哲學社會科學學部、基礎科學局、政策局等部門。在哲學社會科學學部，它被當做一個特別的史學研究單元，主要研究中國古代科技史。在基礎科學局，它被視為一個比較另類的從事基礎研究的機構，研究領域擴展到近現代科技史。90 年代末改歸政策局領導之後，研究所先後開闢科技發展戰略、科學文化、傳統工藝與文物科技、中外科技發展比較等更加面向社會需求的研究方向，強化了思想庫功能。

除了中國科學院，科技部、國家文物局等政府部門也組織實施了涉及科學技術的文化工程，為科技史研究提供了機遇。科技部和有關部門在 1996 年啟動國家「九五」重點科技攻關項目「夏商周斷代工程」，2001 年起分階段啟動「中華文明探源工程」的預研和研究，組織考古學家、歷史學家、科技史家與文物保護專家等共同開展歷史紀年、文明起源及相關文物保護技術的研究。2006 年，國家文物局開始實施「指南針計劃——

¹⁴ 席澤宗，《科學史十論》（上海：復旦大學出版社，2003），頁 224。

中國古代發明創造的價值挖掘與展示」專項，重點支持與現存文物相關的考古和科技史等研究。2004 年中國加入聯合國教科文組織通過的《保護非物質文化遺產公約》。此後，文化部積極實施非物質文化遺產保護工程，這促進了傳統工藝的調查與研究。到 2011 年已有三批傳統工藝被列入國家級非物質文化遺產名錄。近年來，國家新聞出版總署組織編纂《中華大典》，其中數學、天文、物理與化學等典籍的編纂主要由科學史家承擔。國家自然科學基金與國家社會科學基金雖然未將科技史單獨列為其資助的學科，但偶爾也資助科技史研究項目。中國科學技術協會對中國科學技術史學會給予了多方面的支持，如委託該學會研究中國傳統工藝申遺與保護傳承對策。2010 年，中國科協啟動「老科學家學術成長資料採集工程」，促進了中國現代科技史的資料徵集與研究。

當然，政府部門提出的任務和項目設計也存在一些束縛學術研究的弊端。比如，國家文物局的「指南針計劃」比較輕視以古文獻為主要依據的研究，文物研究與文獻研究明顯脫節，制約著對古代發明創造的全面認識與展示。又如，國家新聞出版總署將經費投向出版社，而真正整理典籍或著書立說的學者們卻得不到應有的資助，致使出版物的學術質量打折扣，甚至裹足不前。國家非物質文化遺產保護工程在傳統工藝保護對象的選擇與價值判斷標準等方面還亟待改進和規範化。

面對不斷變化的社會環境，科學技術史界與其被動地「守攤兒」，不如主動調整學科佈局和發展思路。比如，1999 年 10 月，自然科學史所邀請中國科技大學、上海交通大學等多家機構的同行在北京香山聚會，共謀科技史學科發展戰略，討論學科的功能、生存、建設與前途等。2011 年 6 月，若干單位的專家在中國科技大學科技史系商討學科設置方案，議定向國務院學位辦建議在科技史一級學科之下設六個二級學科：科學史、技術史、農學史、醫學史、科技考古與遺產保護、科技與社會，以適應學術與教育事業的發展。專家們認為，還應當聯合科技哲學、科學社會學等「近親」學者，共同推進科技史在高校的發展。

自然科學史所在加強自身建設的同時，還積極推動科技史學科在高等院校的建制化，1999 年與上海交通大學合作創建國內第一個科學史與科學哲學系，與中國科技大學共建科技史與科技考古系。部分高校將科技史學科選做有特色的生長點，進行特別的扶持。迄今，海峽兩岸已有 30 多所高等院校設置了科技史研究與教學機構，其中包括南京農業大學中華農業文明研究院、北京大學醫學史研究中心、北京科技大學冶金與材料史研究所、內蒙古師範大學科學技術史研究院等多家機構擁有科技史學科博士學位授予權，廣西民族大學科技史系等 60 多家機構可培養科技史碩士研究生。這些機構都在擴展研究領域，適應學術與社會的發展。

五、國際化的進展

十幾年來，我國科技史界不斷擴大對外交流與合作，在國際學術共同體中發揮越來越重要的作用。首先，以中國科技史研究為優勢領域和突破口，與英國、德國、法國、美國、日本、俄羅斯等 20 多個國家或地區的科技史機構展開了廣泛的交流，合作形式包括學者互訪、青年學者出國深造、建立國際合作研究團隊等；其次，恢復國際科學史

與科學哲學聯盟科技史分部（IUHPS/DHST）的會員國身份，部分專家擔任多種國際組織的理事長、副理事長、理事或執委以及國際期刊編委、基金會評委等職務；再次，牽頭或參與組織國際中國科學史會議、國際東亞科學技術與醫學史會議、國際中國少數民族科技史會議和其它重要會議，在 2005 年成功組織了第 22 屆國際科學史大會。當然，我們在國際化方面尚有突出的弱項。比如，國際科學史研究院（IAHS）克諾布勞赫（Eberhard Knobloch）院長認為：「中國學者在國際上發表論著的數量與他們所做的研究還不相稱」。¹⁵我們期待青年學者肩負起歷史使命，積極用外文發表論著，讓國際同行充分瞭解我國科技史研究的重要成果，將我國科技史研究的國際化推向新階段。

自然科學史所將繼續與國際一流同行機構與學者開展多層次的合作，在若干優勢方向以中方為主組織國際合作計劃與研討活動，吸納海外專家加入中方團隊，鼓勵研究人員用外文發表論著，支持專家們到國際學術組織與機構任職。同時，加強人才培養的國際化，支持青年學者利用國內留學基金和國外獎學金等多種渠道出國深造，繼續邀請海外專家到研究所為研究生開課。

六、結語

15 年前，席澤宗院士在紀念建所 40 週年的文章中說：「衷心祝願自然科學史研究所在未來跨世紀的 10 年中，能有一個大的戰略轉變，舊貌換新顏，人才輩出，成果更輝煌！」。¹⁶十幾年的實踐表明，自然科學史所的確發生了一個戰略轉變，我國科學技術史學科也經歷著一個轉型期。

自然科學史所是國內最大的科技史研究機構，規模居世界同類機構的前三。它的轉變大致反映了我國科技史學科不斷拓展研究方向與積極適應社會需求的態勢。經過「從傳統到現代、從中國到世界」的拓展，它形成了以中國古代科技史、中國近現代科技史、西方科技史與科技哲學等為學科基礎研究方向，以傳統工藝與科技考古、科技發展戰略及相關理論、科學文化、中國科學院史、中外科技發展比較等為應用和交叉研究方向的基本佈局。

我國科技史界已經不局限於考證、闡釋與復原古代科技成就及構建學科門類史。不少學者更加注重認識科學技術的本質和發展規律，研究過去關注較少的學術問題，探索科學技術與經濟、社會、文化等的互動關係，思考科技發展戰略、科學與人文的整合。同時，科技史學者更多地借鑒哲學、社會學、科學技術研究、考古學、人類學、民俗學、科學計量學、認知科學和經濟學等學科的理論與方法，採用先進的信息技術與實驗手段，嘗試跨學科、跨文化的團隊式合作研究，思考科技史的重構。

科技史學科的轉變充分體現了學術與社會需求之間的互動。一方面，科技史學科研

¹⁵ 中國科學院自然科學史研究所科研處，〈中國科學院黨組副書記方新會見國際科學史研究院院長克諾布勞赫〉，《中國科技史雜誌》，2011 年第 3 期，頁 443-444。

¹⁶ 席澤宗，《科學史十論》（上海：復旦大學出版社，2003），頁 225。

究新的學術問題，並滿足社會需求，爭取發展機遇和空間，培育新的學術生長點，嘗試新的研究思路；另一方面，社會需求牽引著科技史學科的發展方向，甚至在某種程度上塑造著這個學科。如此，在「學科自主」與「適應社會」之間就形成了一定的張力。這種張力對科技史學科及其學術共同體的建設是挑戰，也是機遇。

講者簡介



張柏春教授玉照

張柏春教授 1960 年生於吉林省，1983 年畢業於內蒙古工學院，1989 年畢業於中國科學院自然科學史研究所，獲理學（科學技術史）碩士學位。1999 年獲中國科學院理學（科學技術史）博士學位。1990 年至今在中國科學院自然科學史研究所工作，現為中國科學院自然科學史研究所所長、研究員與博士生導師。1996 年以來，先後在德國柏林工業大學、德國馬普學會科學史研究所等機構從事科學技術史研究。1999 年底晉陞為中國科學院自然科學史研究所研究員。2001 年起擔任德國馬普學會科學史研究所在中國科學院自然科學史研究所的夥伴小組組長。曾任中國科學技術史學會常務理事及技術史專業委員會主任委員(2004-2008)、中國機械工程學會理事及機械史分會常務理事、中國農業歷史學會理事、國際機構與機器學聯盟（IFToMM）機構與機器史委員會執行委員、國際技術史委員會（ICOHTEC）會員等職。

論文

《第十屆科學史研討會彙刊》

(臺北：中央研究院科學史委員會，2015)，頁 17-36。

圓的運用與變化：

揭蘊良渚製玉工藝的幾何構圖

沈建東*

摘要

中國古代量度的發展，自信史時代商周以來才有遺留的量尺可供研究，而對信史之前的度量發展則無法推究，不過史前的度量這一秘密始終與器物製作相伴，只是向來未加注意而已。對於是否有製作前的構圖存在，筆者曾檢視及測量玉璜及玉石斧、玉飾等正面圖像的過程中，發現不但有些固定的圓徑數值重覆出現，而且作圖法也呈現規律特性，所以提出接圓構圖理論(2005)及模擬局部來迴旋截的實作(2005)，並取得初步的體認與成果，可進一步提供了解史前長江中下游地區在玉器構圖運用與製作技術上的古度量的研究與其技術的交流關係。

良渚文化是繼崧澤及馬家浜文化及江淮早期文化之後，稍晚的新石器時代中晚期文化層，其出土的玉石禮器已具一定的規模，製作精美，刻紋細膩。筆者研究良渚系列相關玉石器時發現，良渚玉石器的構圖與崧澤及馬家浜量度單位不同，亦造成玉石器形呈現形態的不同。當中也隱藏著工藝上度量的密碼，然而構圖的觀念，不但傳承早先文化的構圖理念，而且對於圓的運用，有著進一步的認知。

關鍵詞：良渚文化、蚩尤環、玉璜、接圓構圖理論

* 國立故宮博物院登錄保存處助理研究員

一、前言

史前江淮玉器製作研究是近年來開始被注重的課題，除從器型的分類及文化層的分期外，工藝製作技法的闡釋或討論，或多或少可做為當時技術水平的了解。針對玉器的製作，筆者以為存在著製作前的構圖階段，史前玉器製作有個特徵，便是規整的表現出器物的對稱外型及符合構圖時的「尺寸」，器物的邊緣符合一適當的圓弧，或由不同圓徑的弧所組成，就從工藝痕跡的觀察，不同弧徑的接點也可觀察到接點之處或崩損的現象。在研究構圖過程發現，整個構圖是以一初始圓開始，依玉材的大小範圍，透過圓徑及角度的變換，最後刻畫組合出器物的形狀，同時也以構圖的方式定出鑿孔處及旋截範圍，製作玉匠依圓心點及圓徑多少，進行筆者所提出的分段旋截，進行截割。

¹然作圖與截割可能是分工的，構圖的過程對史前古人可能是一種形而上的心智活動，掌握在特殊領悟的人；而玉匠則是精於鑽鑿截割，以忠實符合構圖所要求的尺度形狀。

在探究這些史前玉器時，本文針對良渚文化玉璜、玉鳥、冠形器、鐫式琮等進行構圖的分析，在進行構圖研究時有幾項可為認識古玉製作的切入觀點：

1、玉器或刻紋圖案有極高的對稱性，顯示存在構圖的過程。即對稱的器形形制可透過構圖而產生的。

¹ 沈建東〈院藏卑南耳飾玦的工藝研究〉，《故宮文物月刊》，22卷5期(2004)，頁32-42。後筆者曾從工藝製作的角度而設計旋截工具，將不規則玉片嵌於同厚度的木板中，依照玉片形狀大小，在此木板上進行適合構圖的刻劃，並將此板固定於旋轉慢輪上，將構圖中圓的半徑，當成旋截半徑，各圓的圓心當成旋轉中心，加以分段旋截。分段旋截的原理是以一刀頭（石英或瑪瑙，摩氏硬度 Mohs Hardness Scale 7，玉髓與瑪瑙在中國分布極廣，也利用最早的玉石之一，江浙地區也是玉髓和瑪瑙礦藏比較豐富的地區），經由研磨成薄片或尖錐刀狀，筆者稱之為截頭，以一固定圓心及可調適當半徑的橫桿組，加壓截頭於玉片上，而來回旋轉截割慢輪上的玉片；下壓施的力不必過大，可旋磨出一段弧形的切痕，進而旋透玉片。同時改變截頭距橫桿中央的距離，以及改變玉片構圖板上圓心點，對齊橫桿中心，進行不同弧度的連續來回轉磨，這些曲度的改變都是根據構圖所規劃出的定點而做徑的變化，以達到片形玉器所要表現的形狀。為了穩定截頭下壓時與旋轉盤轉動所造成截具傾斜及晃動截具的支撑方式，是將截頭活附於較富於彈性的長木條中，木條兩端皆固定於支撑架上，木條上找到旋轉盤軸心點並加以穿孔定點，通過這個軸心孔，可以插上竹木籤條來校正圓心是否置於軸心上，這樣的做法，使玉料板的定位（木板亦需固定於盤面）將更為方便及精確（仰韶文化半坡期已有使用轉輪製作陶器，但未找到轉輪。而長江下游跨湖橋遺址已發現似木製轉輪基座（待考），輪製陶器出現，說明運用旋轉盤技術的可行。此實驗已取得初步的成功，證實局部旋截可以將豐田玉（摩氏硬度 Mohs Hardness Scale 6-6.5）截出不同圓徑不同圓心所造成的連續不同弧度的截割曲面，也取得構圖與製作之間的關連性。

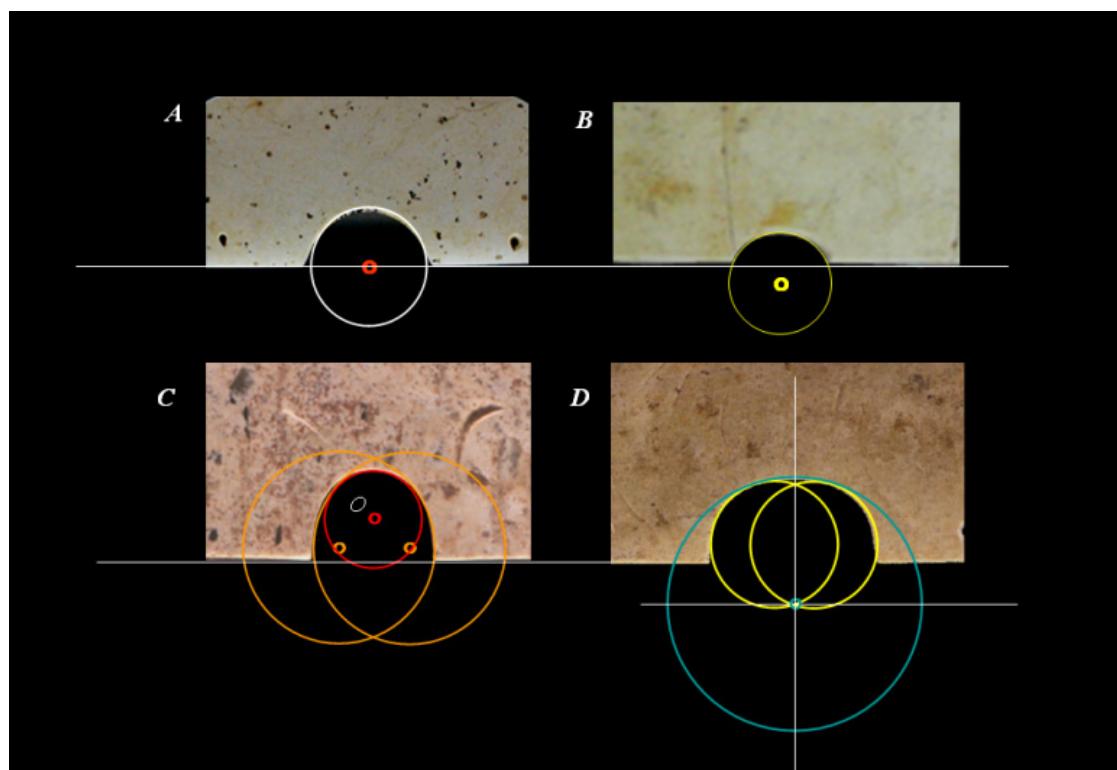
2、工匠欲完整保留構圖的圓徑尺度於作品之中。

3、構圖由一中心或筆者稱「初始圓」所開始衍生。

4、特定角度的分角線顯示，應對圓的相互位置加以進行「分角線」的定義，以逼進古人可能的認知。

二、玉璜的構圖及其思維

以出土器型的分類，璜有三類型，稱弧形璜、折角璜與扇形璜（鄧淑蘋，1992），筆者在這三類玉璜構圖的研究時發現其各有構圖的基本模式，通常璜身基本上以三段圓徑（兩同一異）所組成，兩邊之內外緣皆如此；璜的中孔也有不同的形式，如半圓、淺圓、過半圓及組合圓方式（圖一），其中淺圓則是良渚璜常見的模式；以良渚扇形璜而論，兩側弧邊在構圖時所用的兩圓所包覆璜外圓的範圍較多，且兩圓相交徑深，造成璜兩側向內急曲縮，相較於較早期長江中下游及崧澤文化之扇形璜而言，則璜身顯得較圓肥拙趣，這是良渚璜的特點。



圖一、中孔分類有 A 半圓式，B 淺圓式，C 過半圓式（通常還要處理兩個側圓，亦為組合方式），D 組合式（如同璜內外圓三個圓的組合方式）。又 D 型的相交兩圓若拉遠，甚至分離圓，則為了處理兩圓之間的下緣，則必須於中軸作接圓找到適當的圓心作更大的圓以形成曲度較平的下緣，這便是折角璜的作圖理念。（作者繪製）

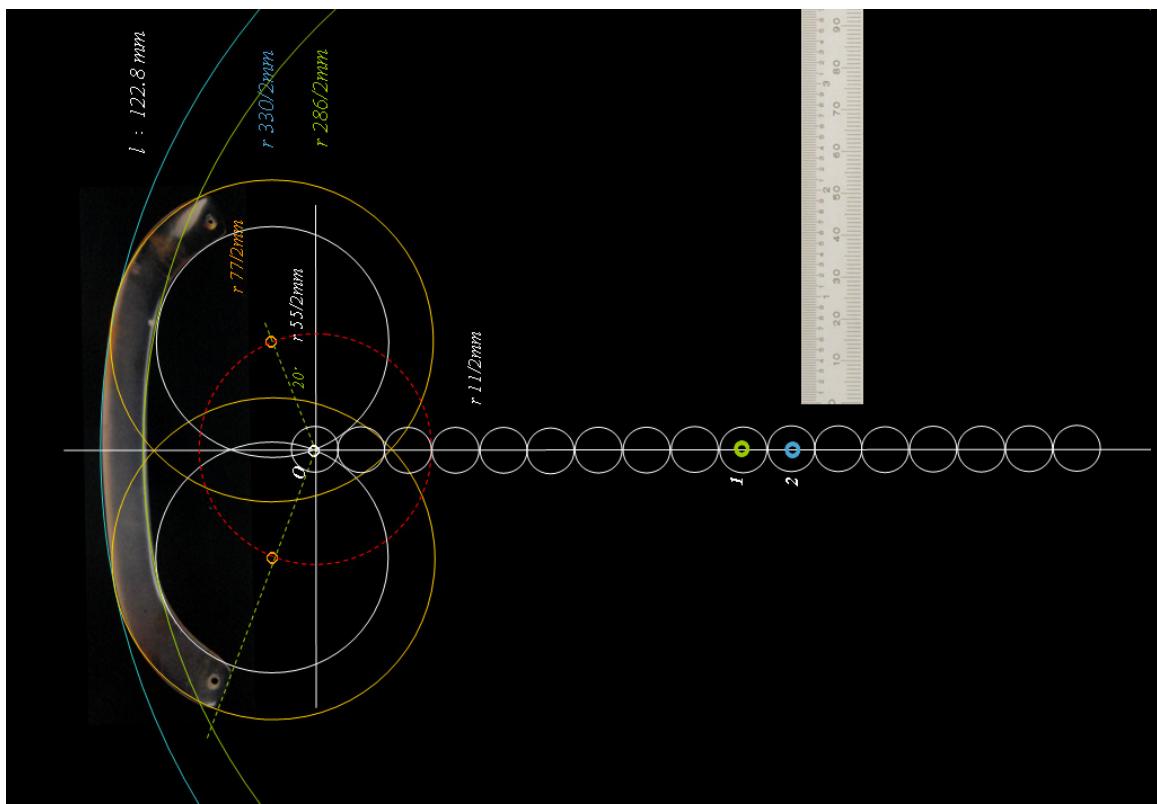
璜整器的構圖，可從一初始圓開始，初始圓常位於中孔下方，中孔位置是位於整器左右對稱的中軸上。璜的外緣通常是三組弧度所組成的，這三者的關係可藉由構圖呈現其規律特性，不同大小的圓是循著一規律倍數距離而畫圓的，即不論接圓的半徑或構圖上所有大小圓的圓徑度量，都遵守著基本量度的倍數關係。玉璜整器的構圖，以初始圓起，作一連串的同心圓，再以特定的分角線，定出兩相同側邊弧面的圓心及穿孔，中軸上再以往下接圓的方式²，找到中央弧面的圓心所在，這便是璜構圖的基本通則，在崧澤、馬家浜、大溪等文化出現的玉璜也是符合這構圖法的，只是良渚所用的初始圓的尺寸是與上述早期文化有所不同。筆者以為以 11 mm（或 5.5mm 以之乘倍數關係）可作為崧澤、馬家浜、北陰陽營、大溪文化度量的基本單位（不是最小單位），以 12mm（或 3mm 以之乘倍數關係）為系統的作為良渚文化度量的基本單位。³

以北陰陽營型的折角璜為例（圖二），其作圖過程為縱橫軸上取一中心作直徑 55mm 的圓，再從圓心 O 往兩邊向上作 20°兩對稱夾角線與此圓交於兩點，各為圓心，分別作直徑 55mm、77mm 的兩組同心圓，成為璜內外側的邊緣部分。由中心圓 O 作直徑 11mm 的小圓，並往下作小圓的接圓，在第九及第十接圓的圓心，分別以 286、330mm 為直徑作圓（切 55mm、77mm），正好可滿足璜內外圓的中間弧面。此件璜的構圖中，其分角線正好通過璜兩側之斜底，構圖十分完美而精準。

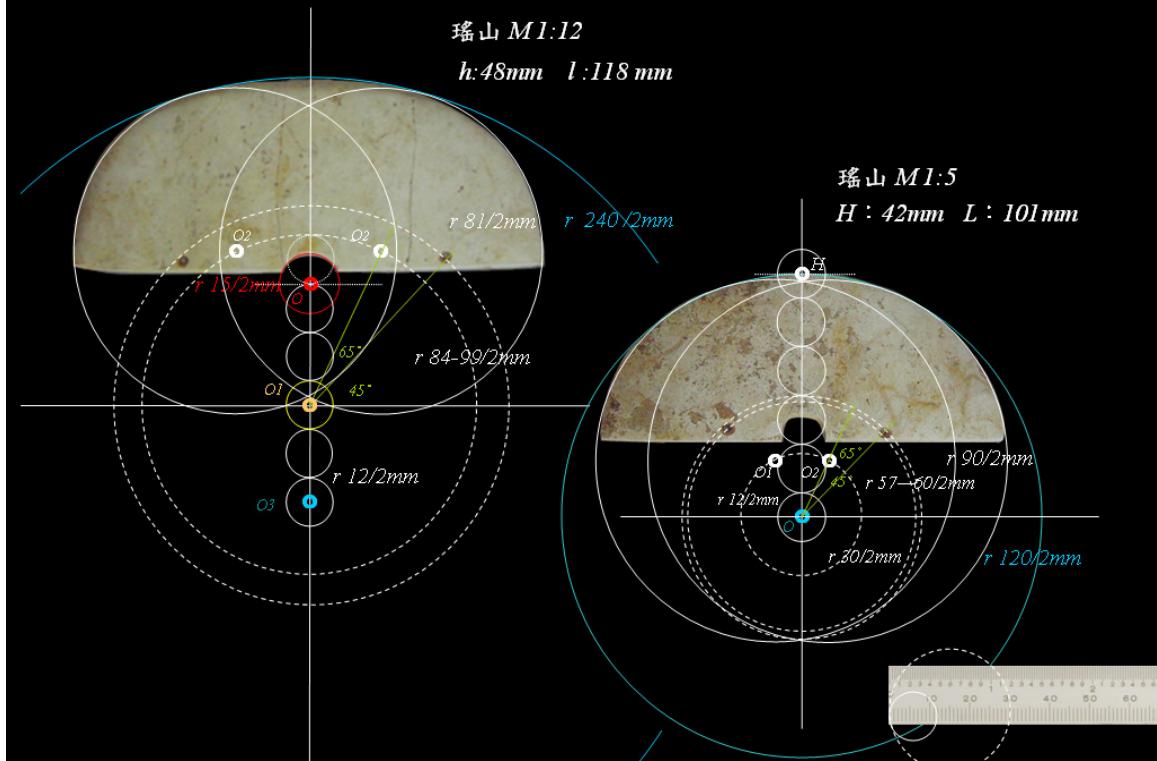
以瑤山出土兩件玉璜為例（圖三），圖左件以中軸初始圓作直徑 84mm 同心圓，並夾水平 65°分角線定出兩側之圓心 O₂，再以直徑 81mm 完滿包覆兩兩側；再以接圓方式，取 O₃ 為圓心，240mm 為直徑，畫出上緣兩側之中央銜接的弧面。圖右件以以中軸初始圓作直徑 30mm 同心圓，亦以夾水平 65°分角線定出兩側之圓心（O₁、O₂），再以直徑 90mm 完滿包覆兩兩側；再取初始圓心，以 120mm 為直徑，畫出上緣兩側之中央銜接的弧面。可注意的是這兩件玉璜的高度在考古出土報告的數據，分別是高 48mm 與高 42mm，因為他們都在 3mm 構圖系統下所選擇的尺度。而通常長度數據並不是 3mm 的倍數，那是因為長度是透過構圖（圓徑的大小及圓心所在角度）後所衍生三個相連的弧面所對應底面的長度，其登錄數值則較無工藝構圖上之意義。良渚時期的璜已無長條折角璜，都以「半璧」式的扇形璜為宗。

² 沿縱軸而下，產生數個接圓，依照璜形曲度的不同，由這些接圓的圓心或圓底，可作為滿足內外邊緣圓弧的圓心。從整理的過程發現，這樣的圓心可落在第若干個接圓圓心及圓底點上。所用的接圓數愈多，璜形內外緣中段部分則愈平，相反的，璜形內外緣的彎曲度愈大。

³ 沈建東，〈長江流域史前玉璜製作工藝初探〉，《故宮文物月刊》，269 期(2004)，頁 66-79。



圖二、國立故宮博物院藏北陰陽營型玉璜之構圖。(作者繪製)



圖三、兩件瑤山玉璜，可以相似的構圖方法繪制。(作者繪製)

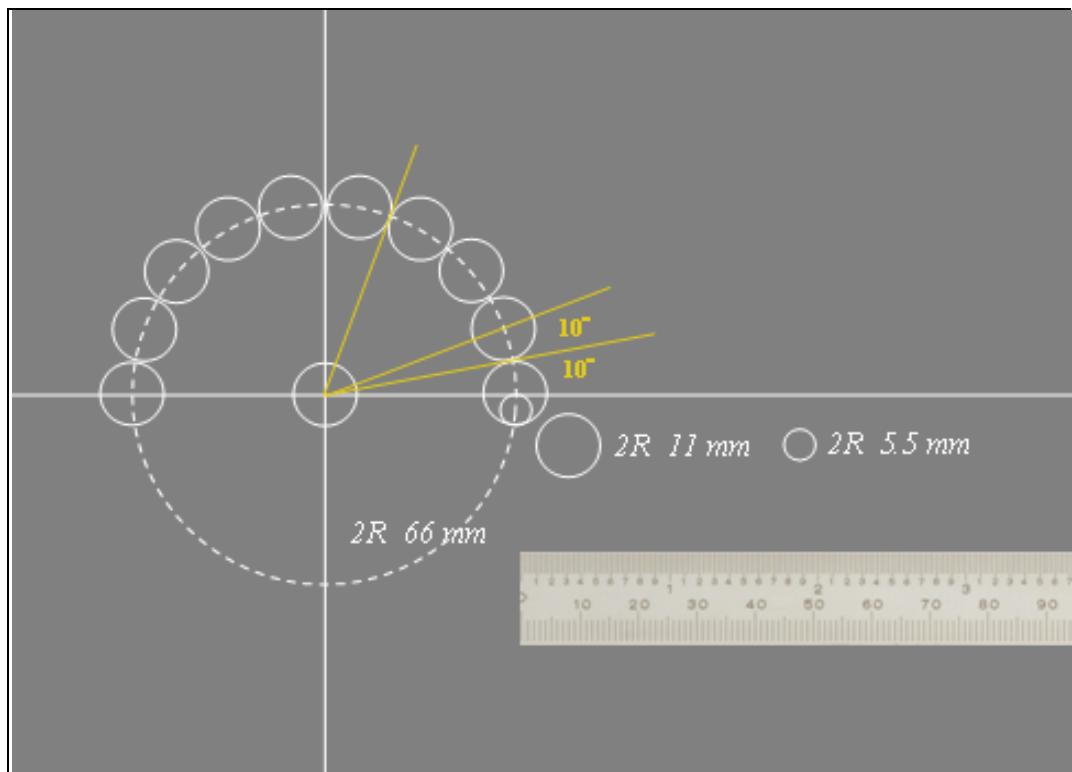
三、分角線與夾角的定義

筆者在處理各種璜的構圖時，發現夾角通常以 5° 的倍數角度關係出現，是巧合嗎？周漢以來所謂的度，是一種長度的想法，並非今日 360° 的概念，又從曆算上的日行一年，三百六十五又四分度之一，度的概念也是衍生於圓周長度截取量度的概念，想像太陽一天行一度以為圓周長的分度而已⁴。。。

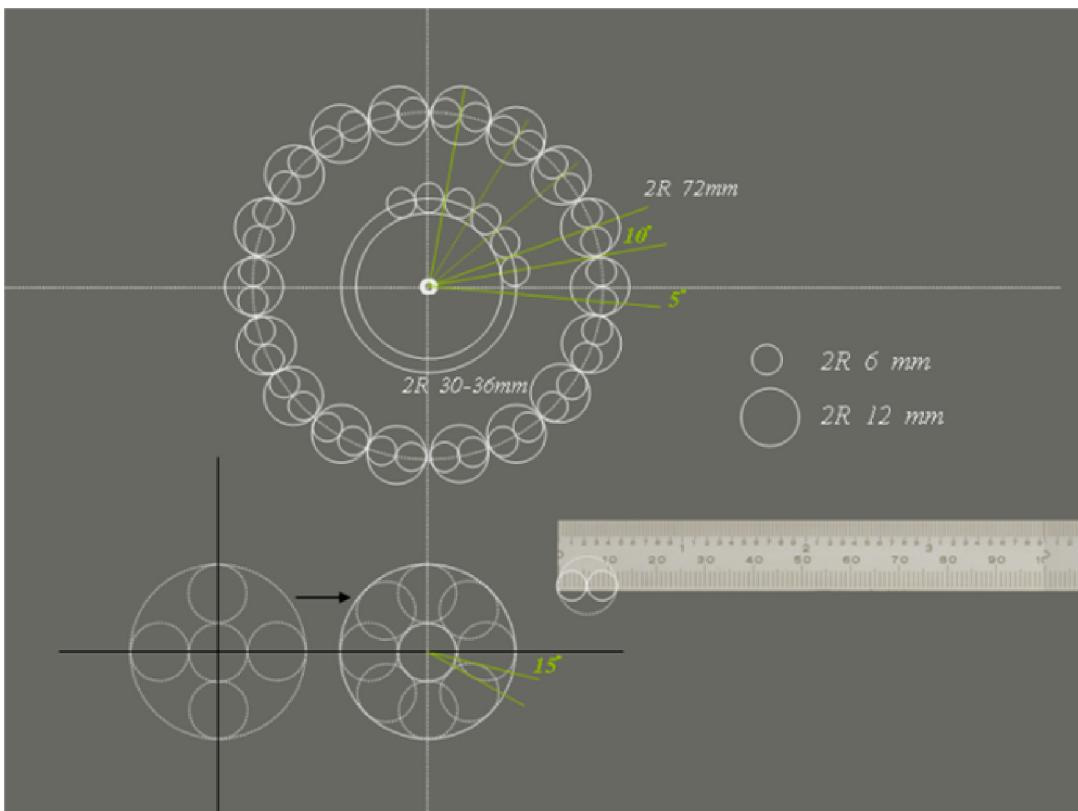
因此必須對這些出現的角度數質，應給予一個定義（見圖四）：設於 11mm（再分 5.5mm）系統下，以 66mm 為直徑的圓，上面可以串上（穿過圓心）11mm 的小圓共 18 顆，每一小圓半徑與中心所夾的「角」等於今 10° ，一個小圓直徑則為 20° 。如果圓周率以三來計，($66 \times 3 = 198$, $198 \div 11 = 18$) 數值是合理的，或者以 36 個 5.5mm 小圓，每個圓半徑與圓心夾 5° 。這就不難了解為何構圖時經常出現這種特定倍數的夾角了。也就是說，若以 11mm 做為崧澤等文化的基本圓，在 66mm 圓上串基本圓十八個，則從圓心向每一個串圓的圓心及串圓切點相連，每一個夾角是今 10° ，(同樣可以 5.5mm 串三十六個串圓則為 5° 或稱半個基本圓的徑度，因為古人不是以 5° 、 10° 來分角的。

那麼在 12mm（再析為 3mm）系統下（圖五），設以 72mm 為直徑的圓，上面可以串上（穿過圓心）12mm 的小圓共 18 顆，每一小圓半徑與中心所夾的角也等於 10° ，一個小圓直徑則為 20° 。如果圓周率以三來計，($72 \times 3 = 216$, $216 \div 12 = 18$) 數值也是合理的，或者 36 個 6mm 小圓，每個圓半徑與圓心夾亦為 5° 。所以不因尺度依據不同的影響，定義亦可成立。又知，當從構圖中初始圓起作同心圓數個，當中必有一個圓是符合可定義夾角的圓，以做為夾角度的選擇。這也是崧澤等文化與良渚文化器型構圖時，選取角度值相通的緣故。

⁴ 三百六十五度又四分度之一為日一回歸年所走的圓周長度，所謂度數非今所言之角度。明代王邦直著《律呂正聲》卷十，其中提到律合天度，云：「故以一日之行為一度，二十八宿計三百六十五度四分度之一，不過強為之度，以步日月五星行次而而已，分寸尺丈引，名為五度，分天為度者，殆亦度量之義也，一度廣二千九百三十二里七十一步二尺七寸四分四百八十七分分之三百六十二，周天共一百七萬九百一十三里也，經三十五萬六千九百七十一里，在天成度，在曆成日。……天本無度，因日之行，一晝一夜所躔闊狹，強名曰度。」度為弧長，釋之明矣。又多位學者已指出這一事實，如黃一農先生〈極星與古度考〉(《中國科技史論文集》，臺北，聯經，1995)。李國偉先生〈中國古代對角度的認識〉(《數學史研究文集》二，呼和浩特，1991)。關增建〈傳統 $365\frac{1}{4}$ 分度不是角度〉(《自然辨證法通訊》，11 卷 5 期(1989)，頁 77-79)。



圖四、11mm 系統以分角線與角度的定義。(作者繪製)

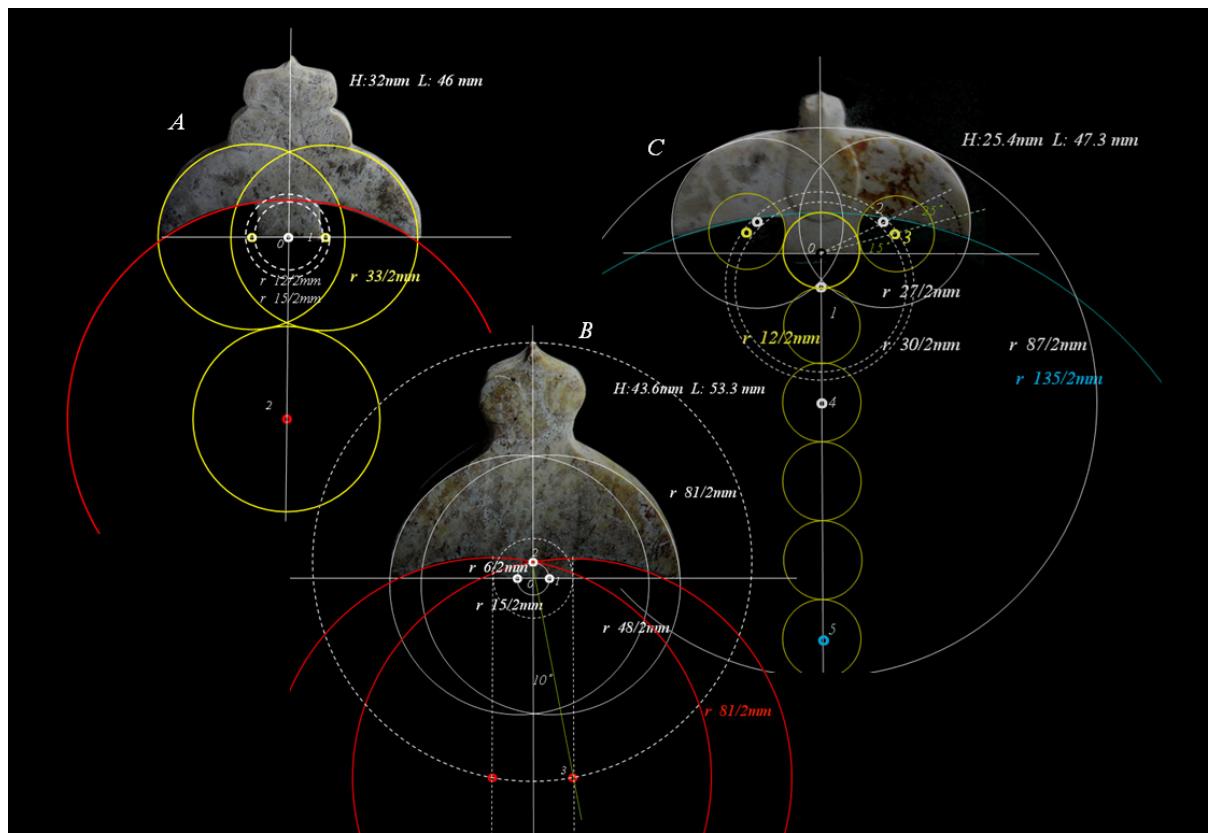


圖五、12mm 系統以分角線與角度的定義。(作者繪製)

四、玉鳥、冠形器、玉鉞的構圖方法

良渚文化以 12mm (3mm) 為古度量的系統，基本上構圖上仍是以崧澤等璜構圖的基礎上發展的，更進一步在鳥形飾及冠形器之類，並對於刻劃紋樣及需四面處理的玉斧、冠形器等工藝構圖予以應用。

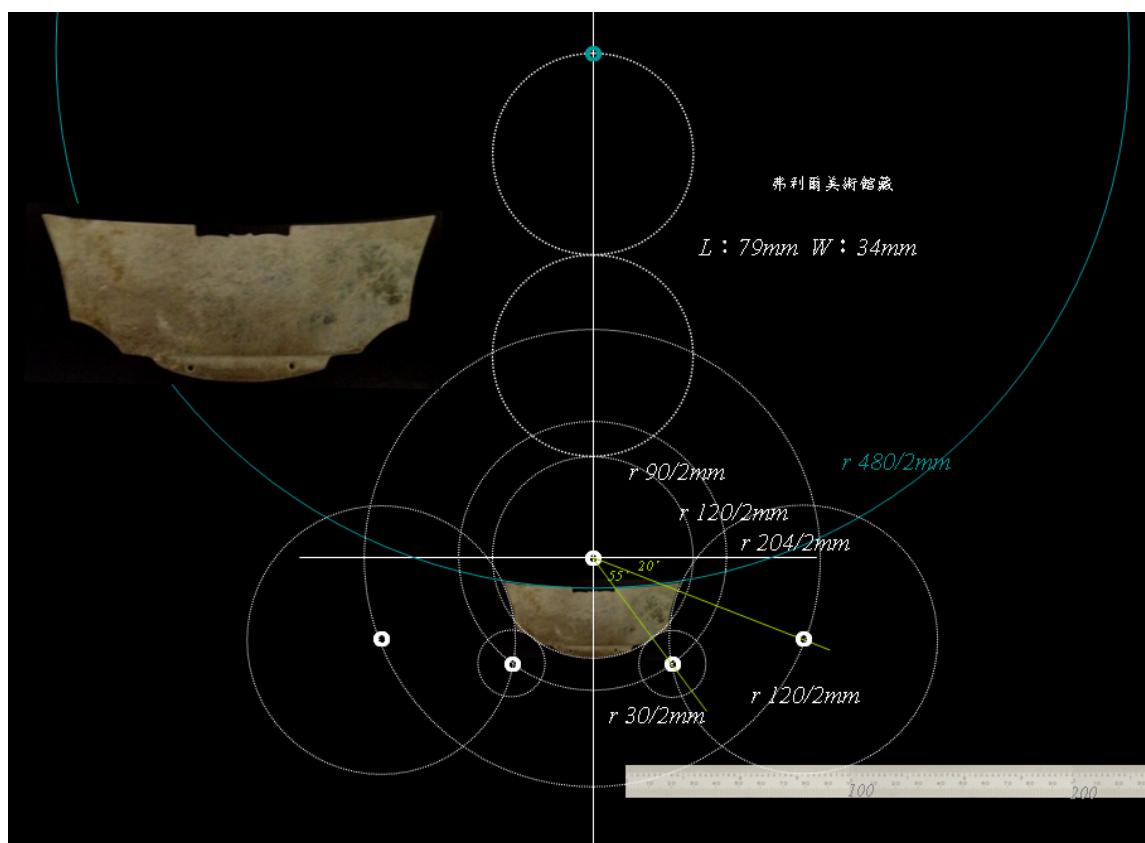
關於良渚玉鳥的工藝構圖，亦以璜構圖的觀念繪制。通常以兩組不同大小及不同圓心點來組成鳥兩翼的上下緣，鳥形有展翅、彊斂速飛之狀，皆決定於構圖的選取；又配合腹部或尾部的彎曲（或直尾尾短，彎尾尾長），則另行覓圓心繪之，然亦皆在對稱中軸上出發。鳥形器物件較小，做工或不易緻密，但仍可見到符合構圖之思維，圖中左上玉鳥，鳥翅的上緣為一組交圓，而鳥翅的下緣則為一圓弧所一次構成，這圓弧的圓心恰好位於兩交圓往下做一相同大小的接圓的圓心上（見圖三），這裡運用了簡易的接圓法來構圖。從圖所示良渚玉鳥構圖，可見一斑，不多贅述其構圖工法。



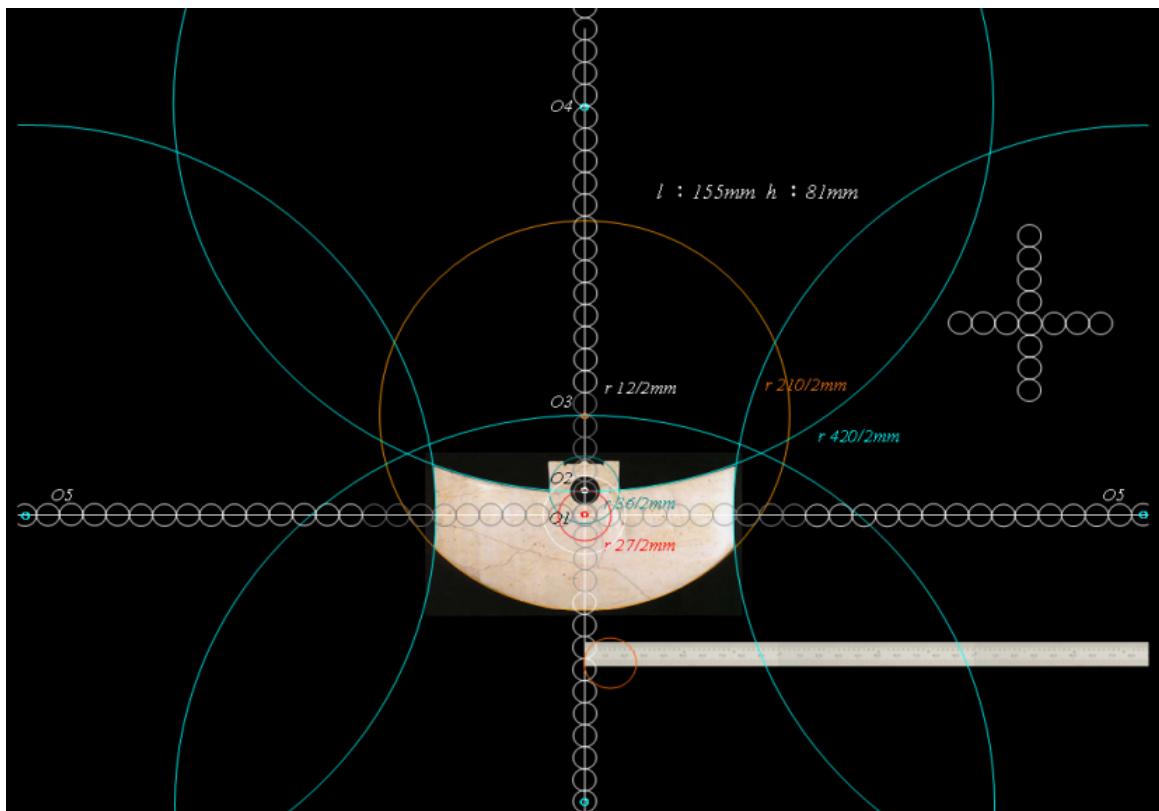
圖六、良渚玉鳥的構圖運用。A：瑤山 M2 出土。B：反山 M14 出土。C：反山 M17 出土。（作者繪製）

良渚玉器中有一類稱為冠型器者，其中亦有以構圖法處理冠形器的四外緣，因為他的外緣不是斜直，而是有彎度的。如弗利爾美術館藏的一件冠形玉飾，嚴格上說，有兩組對稱彎曲面及上下兩緣各一彎曲面，即六個弧面必須處理（圖七）。其構圖亦符合 3mm 系統，由初始圓 90mm 作與水平夾角 20° 及 55° 的夾角，覓得 120mm 及 204mm 直徑圓上的兩組圓心，每組圓心再以不同直徑的圓作圖，產生冠形器兩組不同的彎曲面。上緣的彎曲度則由接圓方式，覓得 480mm 直徑圓加以處理而成。這便是冠形器最多彎曲狀的構圖法，通長兩邊斜直，底面平直的冠形器則不必如此麻煩。

如果器物必須四面處理的，通常要考慮到縱橫軸的問題，也就是說初始圓繪出時，必結合中心縱軸及橫向軸的出現。畫璜時，只要縱軸及利用兩邊對稱即可，橫軸的用途不太明顯，至多在定物件的水平，有的構圖則出現璜底貼於水平軸上，但為數較少。臺北國立故宮博物院藏的良渚玉耘田器則運用了兩軸上取不同的四個圓心以一個 210mm 直徑圓及三個 420mm 直徑圓來處理四彎面（見圖八）。



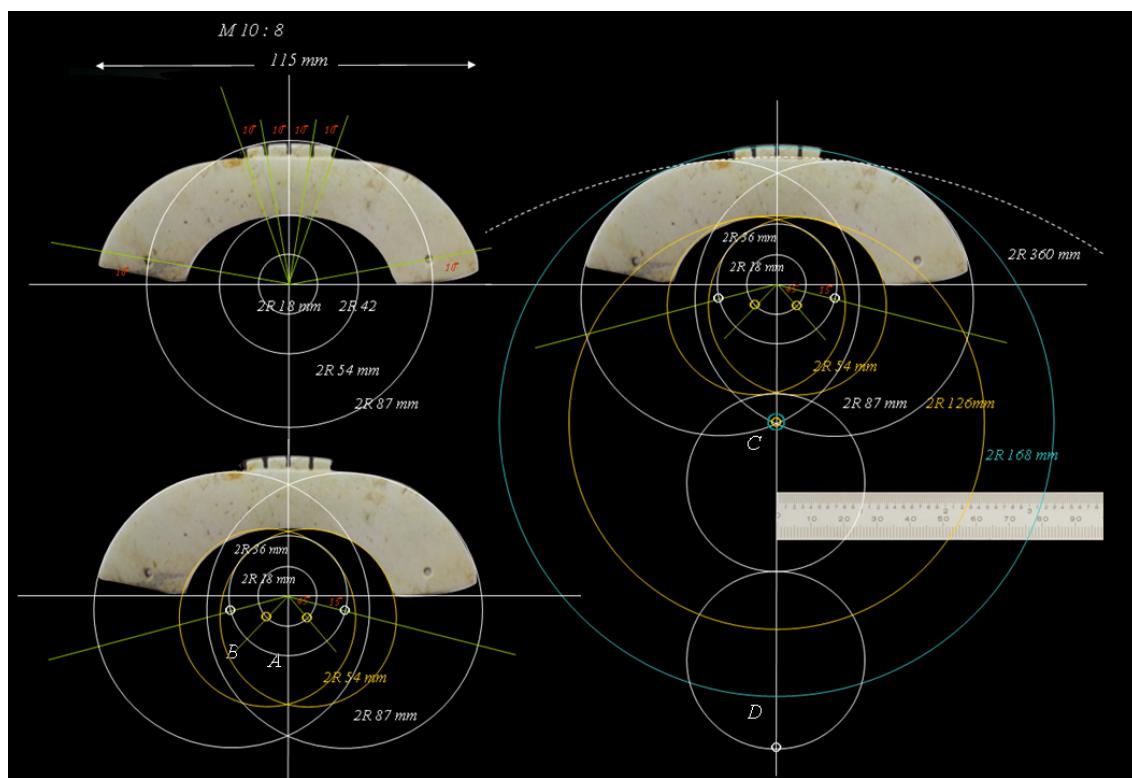
圖七、玉冠形器的構圖。（作者繪製）



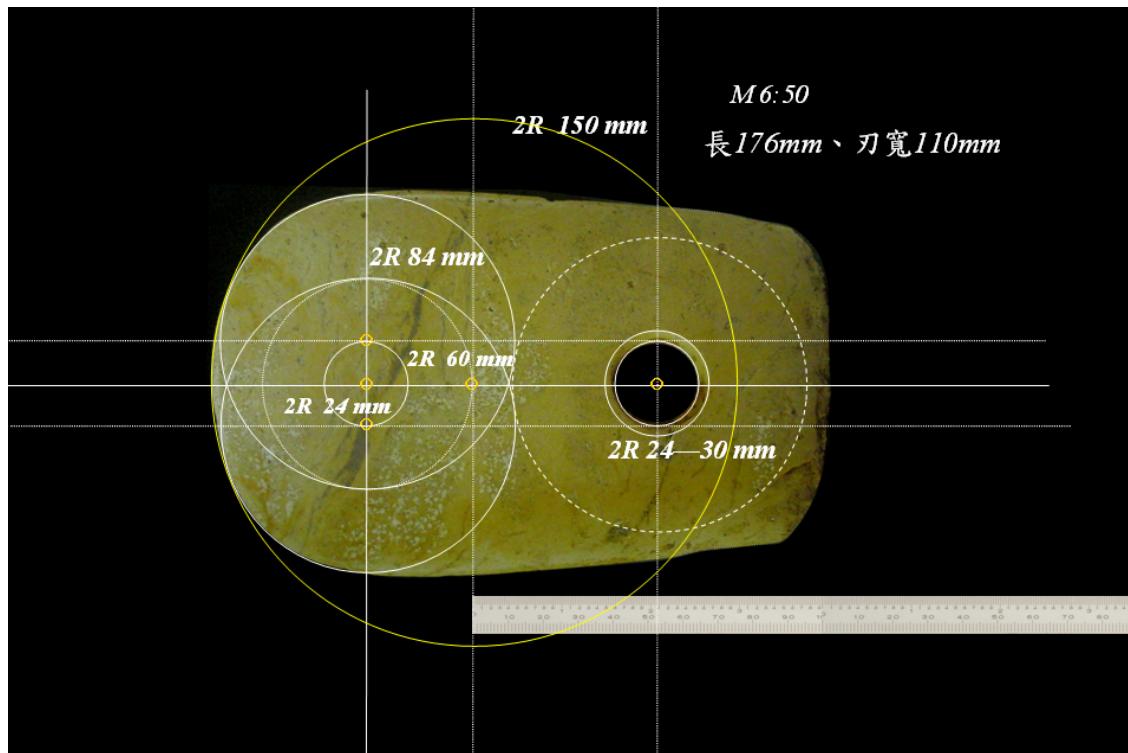
圖八、玉耘田器的構圖。(作者繪製)

安徽凌家灘文化出土的玉器中，有兩個系統，有的墓出土長條形的璜，是同於馬家浜、大溪、崧澤的 5.5mm 系統。出現扇形璜及有齒狀或裝飾突起的璜卻已如良渚 3mm 的系統，以一件上緣有四齒狀的璜為例（見圖九）；圖左上四齒突起與初始圓皆夾約 10° ，兩邊穿孔在同心直徑圓 87mm 與圓心夾 10° 上，圖左下以各夾 15° 及 45° 覓得 18mm、36mm 直徑圓上各兩組圓心，各以直徑圓 54mm、87mm 以處理璜的內外緣。圖右為結合左下及由下交點及接圓方式處理中間弧面並規範四齒的微曲範圍。

除了上述玉器運用構圖法則可以了解古人製作玉器的可能思維，同樣的構圖法也運用在斧鉞的製作上。以凌家灘一件玉斧為例（圖十），在中心軸取一 24mm 直徑圓，以圓兩側個為圓心，作直徑 84mm 的圓以符合斧的兩邊彎曲面。中間曲面則由同心直徑圓 60mm 與中央軸交點為圓心，以 150mm 直徑圓可以滿足彎曲面。鑽孔處亦可以以 84mm 直徑圓接圓以定圓心，孔為單向鑽，其斜度亦符合構圖 24-30mm 的範圍。從筆者對許多石玉斧構圖的瞭解，這類的構圖以一組對稱圓及一個較大的圓，以形成斧的刃面，是最常使用的構圖方式，而鑽孔位置與他們有構圖上的延接，有時斧底面也是有彎面的，則常可以大圓作反向接圓覓得圓心，再進行畫圓處理。



圖九、安徽凌家灘帶齒狀玉璜的構圖分析。(作者繪製)



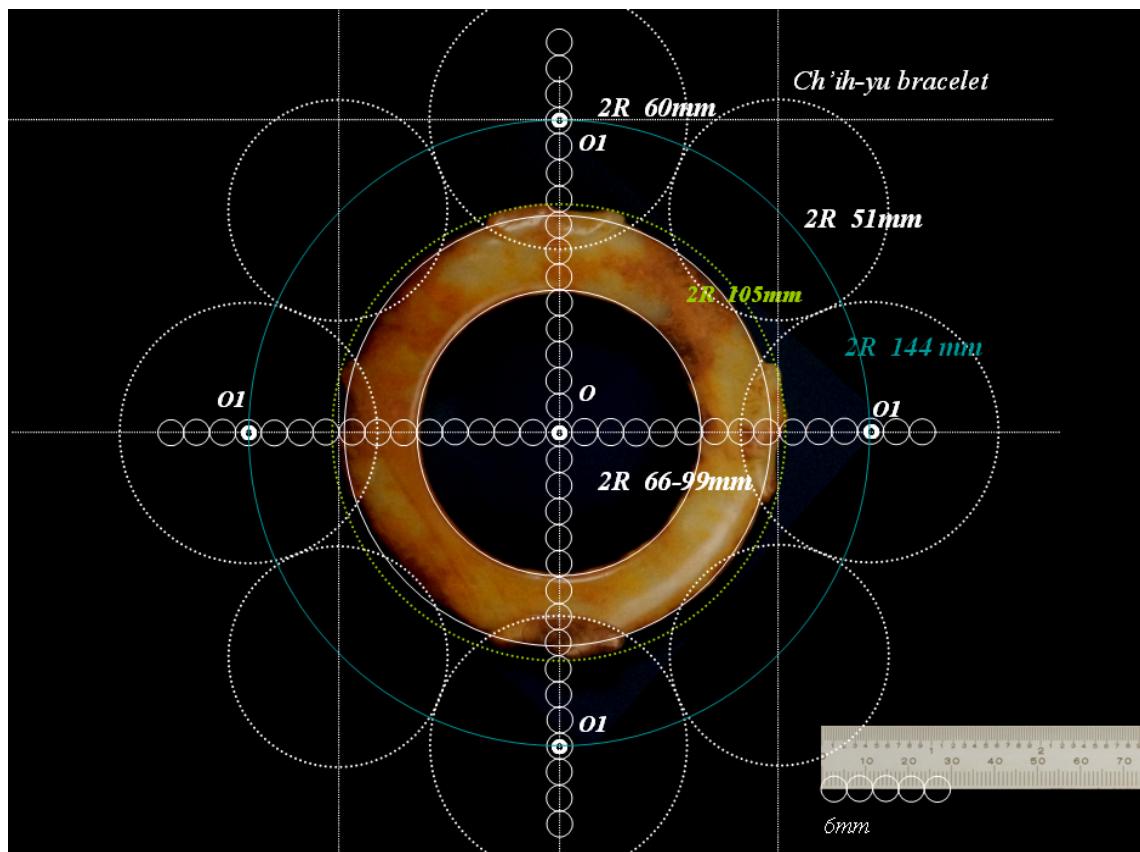
圖十、安徽陵家灘出玉斧亦以 3mm 系統進行類似璜的構圖。(作者繪製)

五、良渚玉器工藝如何多等分一個圓？

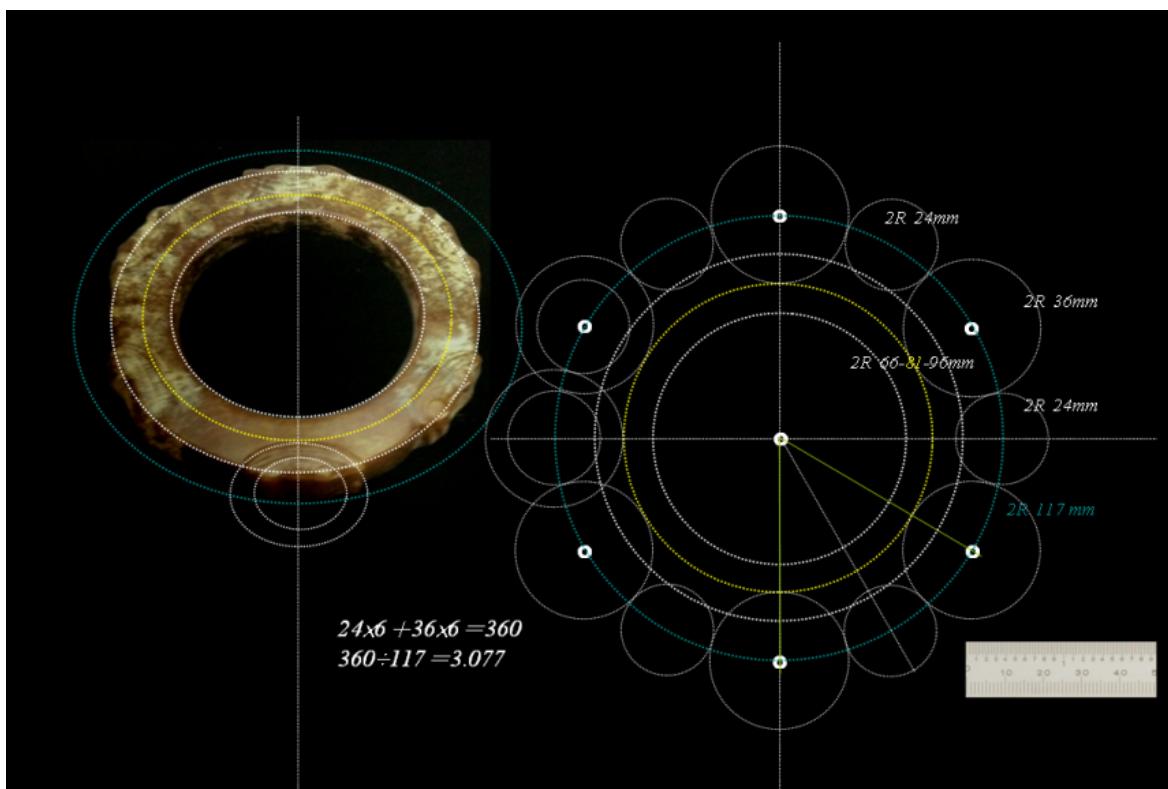
蚩尤環構圖過程所顯示的多等分圓概念

良渚文化玉器中的龍首紋玉鐲，即俗稱之「蚩尤環」，是良渚特有的淺浮雕飾玉鐲，目前所知龍首紋玉鐲有四、五、六等分圓飾於圓鐲上，其它如鐲式琮側面的紋飾有存在著等距分布的形態、玉圓牌上的圓飾也有均分圓牌之方式。不論是奇數個或偶數個圓飾，古人是如何將這些圓飾均等分布於周環之上？

以國立故宮博物院藏四龍首紋玉鐲為例（見圖十一），該鐲內至外環在直徑圓約 66-99mm 的範圍，若包含突起圓飾之厚度則在 105mm 範圍。圓飾為 60mm 直徑圓的局部，其圓心點落於同心直徑圓 144mm 上，皆是以 3mm 系統作圖所可以滿足的。同樣的在四個圓飾之間補滿 144mm 直徑圓的空位，則加上以 51mm 直徑圓四個，其圓心也在 144mm 圓周上，正好與四個圓飾串接。如此由圓飾大小及數目，可知不只是四分定位而已，同時以 60mm 及 51mm 各取半徑相加，即從大圓圓心至小圓圓心為一段，則 144mm 直徑圓可均分為八段了。所以可以規範出以兩組不等的圓各四個來進行四、八等分的任務。



圖十一、四等分蚩尤環的作圖。(作者繪製)

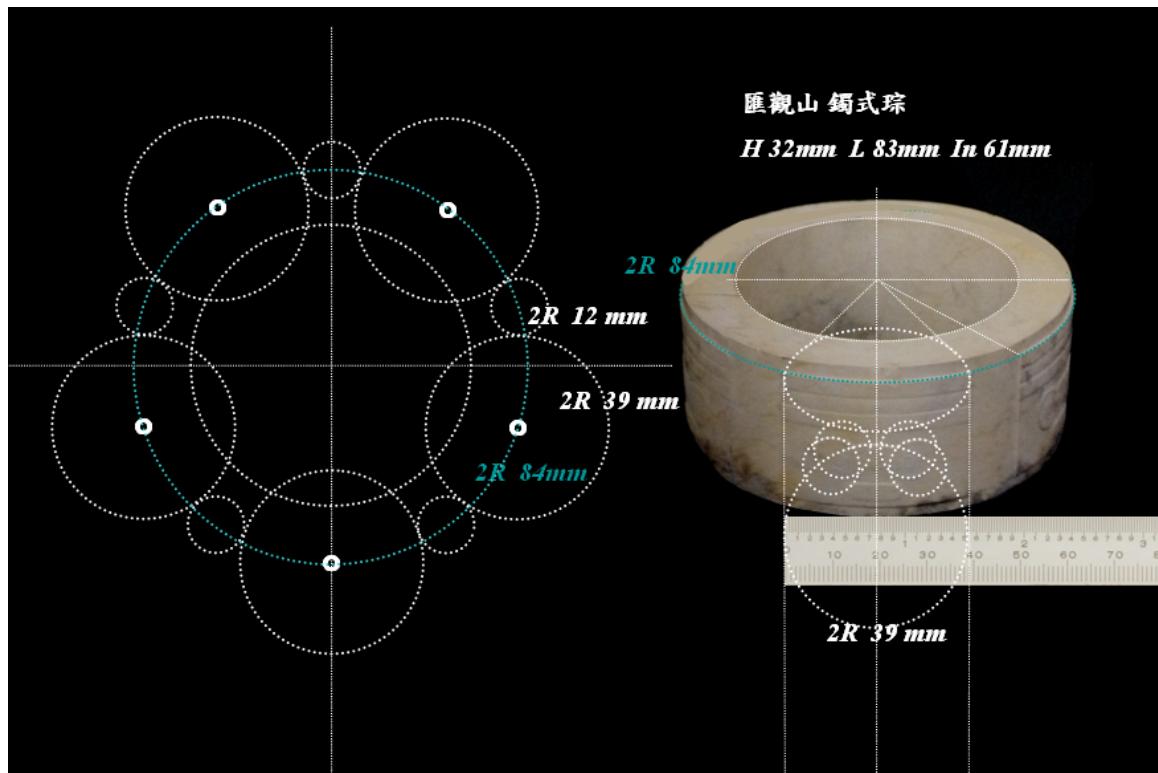


圖十二、六等分蚩尤環的作圖。(作者繪製)

六等分蚩尤環（見圖十二）以兩組 36mm、24mm 直徑圓各六個，在 117mm 直徑圓上串接而成。其數學式可寫成 $36 \times 6 + 24 \times 6 = 360$ ， $360 \div 117 = 3.0769$ 。這是周長與周直徑的比值，即 π 值。同樣上例的數學式： $60 \times 4 + 51 \times 4 = 444$ ， $444 \div 144 = 3.083$ 。可作為我們繪圖選擇圓組是否合宜之參考。

以良渚鐫式琮（圖十三）為例⁵，在 3mm 系統上，若要在環直徑 84mm 上五均分排列邊飾的作法，則依邊飾大小，視為圓飾，由上例的方法各串配兩組五個大小圓，本例即以一個 39mm 搭配一個 12mm 直徑圓，即可完成五等分的任務，若從大圓的圓心到小圓的圓心為選擇的區段，則是十等分之數。換句話說，大小圓的圓心點共同完成十等分的工作了。其數學式可寫成如下： $39 \times 5 + 12 \times 5 = 255$ ， $255 \div 84 = 3.0357$ 。

⁵ 李海編，《杭州古玉》，頁 40 提到：「其外側均勻分布五組凸起的長方面，凸弧面與鐫體一致……均勻分布五組神獸面紋。」這件匯觀山出土鐫式琮為五等分的實例，其他鐫式琮、琮以四塊凸出方形的四等分為常見。

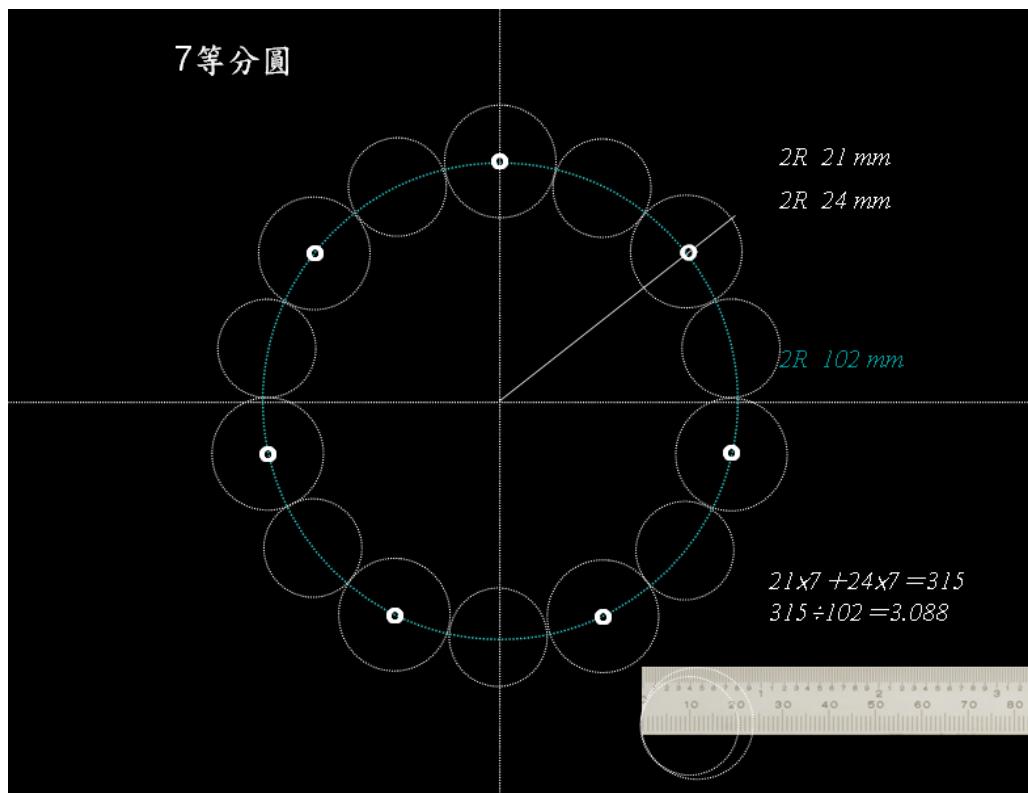


圖十三、鑄式琮五、十等分之實例。(作者繪製)



圖十四、圓牌上之三等分。(作者繪製)

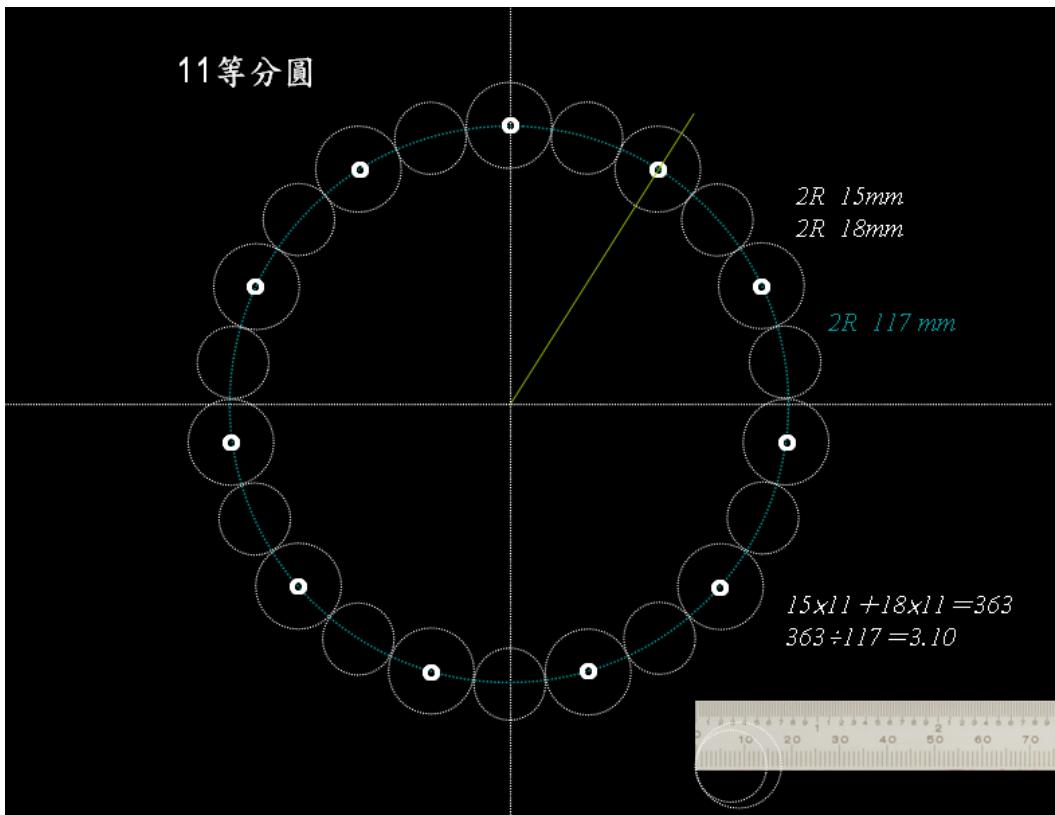
再以瑤山圓牌為例（圖十四），圓牌上均等分布三個圓飾⁶，取直徑圓 48mm 上作圓兩組，依圓飾大小一組為 30mm，兩圓飾之間一組 18mm 搭配組成。其數學式： $30 \times 3 + 18 \times 3 = 144$ ， $144 \div 48 = 3.0$ 。以兩組不同大小的圓來規畫等分的想法，基本上是依圓飾圖案的直徑長的觀察，及空處串以小圓符合 3mm 系統所完成的⁷。筆者以這樣的方式，也可進行七、十一、十三、十四、十六等分的作圓，整體圓徑控於 90-120mm 之間（3mm 之倍數）（見圖十五至十九）。換句話說，偶數等分及奇數等分對古代工匠已不是問題，奇數等分可變為偶數組圓進行等分，這是多等分圓的擴充模式；如果出土文物有出現七以上紋飾均等分布者，則亦在意料之中矣。又若將兩組大小圓的圓心算入，其實七等分已可視為十四等分，十一等分已可視為二十二等分，十三等分已可視為二十六等分，十四等分已可視為二十八等分，十六等分已可視為三十二等分了。由此可知，等分越多，所用的兩組圓數越多且徑越小，則 π 值也越接近 3.14，其數值也越精準。又知偶數等分圓除了左右對稱外，上下也是對稱的。奇數等分圓為左右對稱。這麼說來，奇數與偶數對古代工匠而言，都是「和諧」與「對稱」之數了。



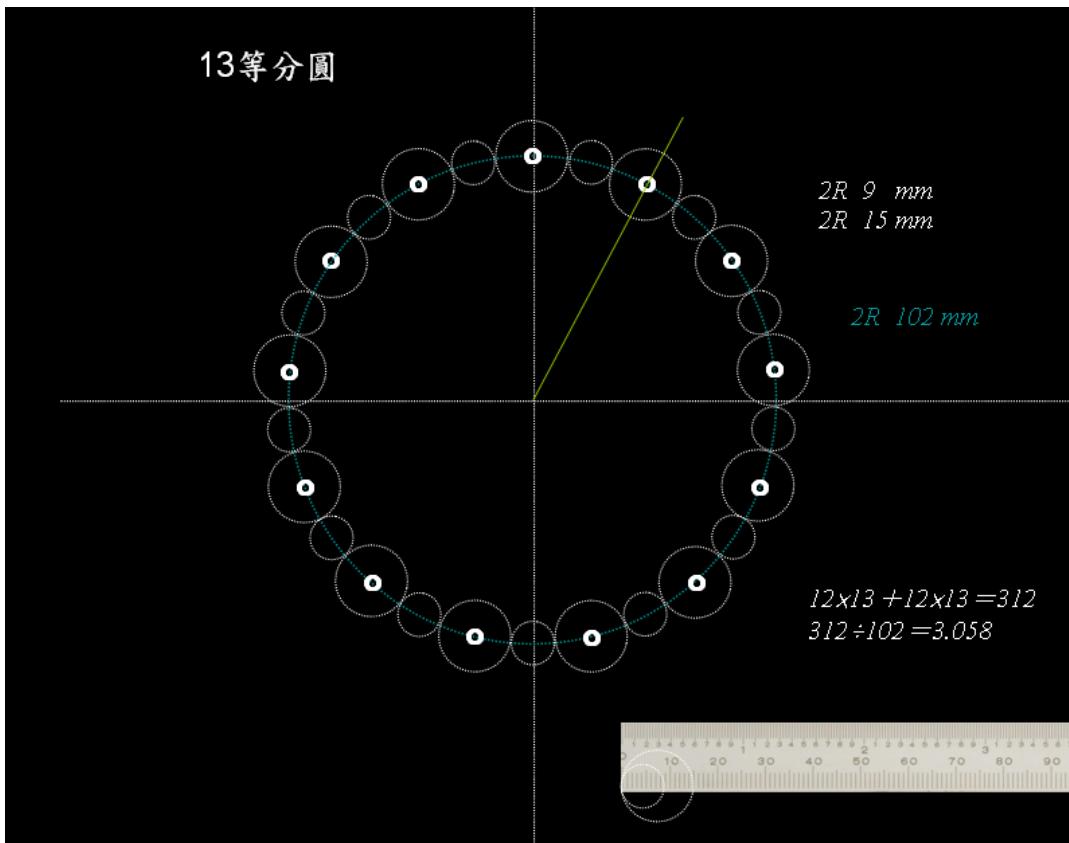
圖十五、七等分圓作圖法，兩組圓各七個串接。（作者繪製）

⁶ 有關圓牌上的龍首紋飾，參見方向明，〈良渚玉器紋飾研究之一——眼睛（球）的發端〉，收錄楊建芳師生古玉研究會編，《玉文化論叢 2》（北京：文物出版社，2009），頁 193-207。

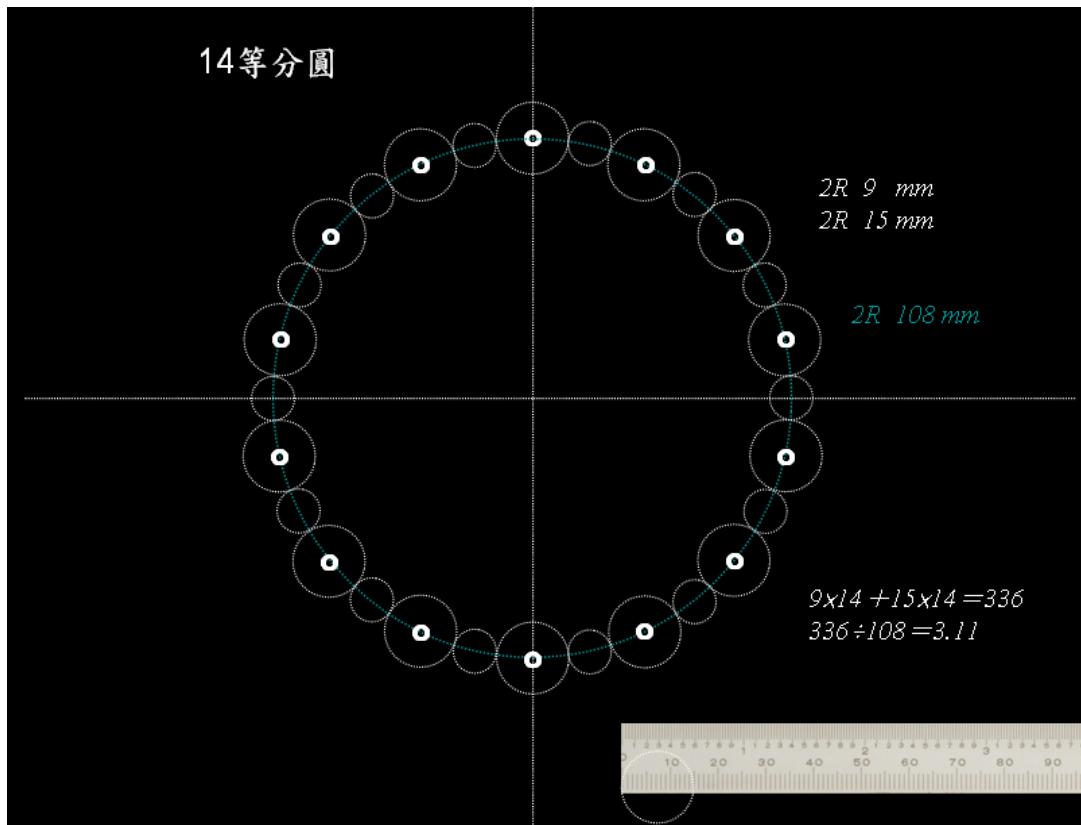
⁷ 單就瑤山出土為例除 M2:17 玉圓牌外，M11:59 玉圓牌、M11:94 玉璜及 M10:15 玉琮及柱形器等的紋飾，皆符合等分圓（四、八分為常見）的工法。參考浙江文物考古研究所，《瑤山》（北京：文物出版社，2003）。



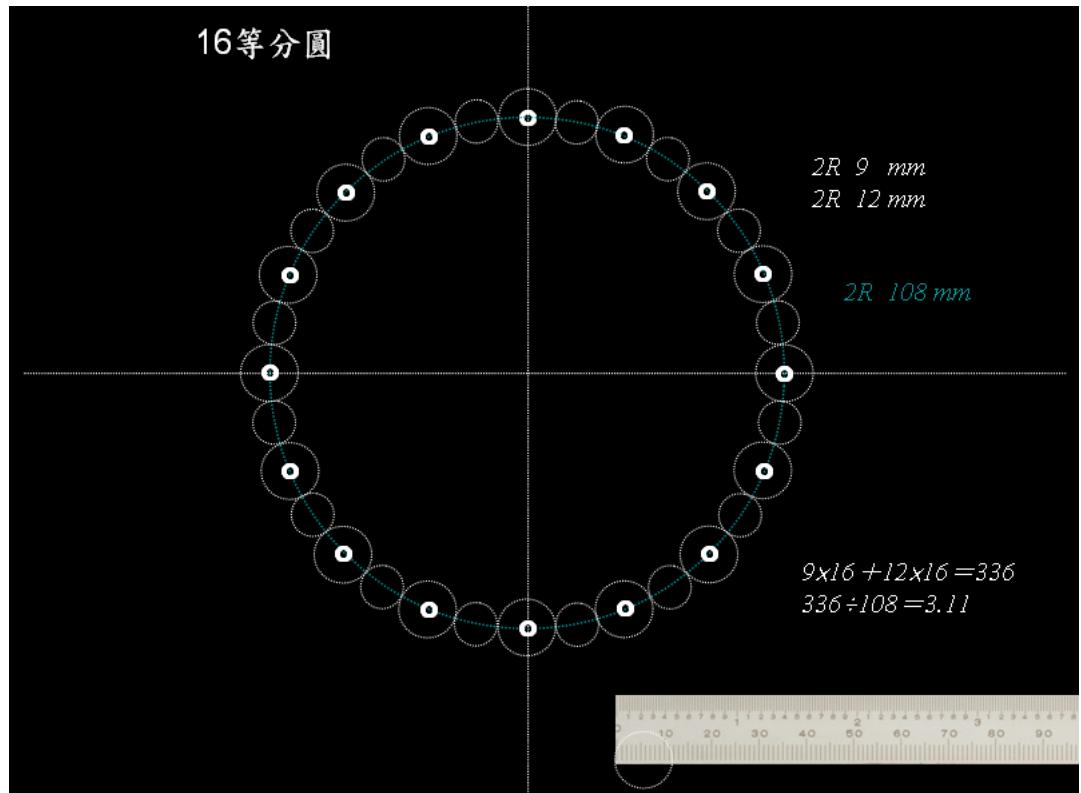
圖十六、十一等分圓作圖法，兩組圓各 11 個串接。(作者繪製)



圖十七、十三等分圓作圖法，兩組圓各十三個串接。(作者繪製)



圖十八、十四等分圓作圖法，兩組圓各十四個串接。(作者繪製)



圖十九、十六等分圓作圖法，兩組圓各十六個串接。(作者繪製)

六、結語

曲度紋飾精美的玉器，背後其實蘊藏著不簡單的構圖，從單一圓開始構思起，透過對稱、角度選擇、同心圓及接圓的變化，在有限的玉料上，進行著變化貫串的巧思，以完成作品的草稿，這些都使我們感覺到不可忽略史前玉器製作的嚴謹性及當時古人對構圖技巧的掌握。

從接圓理論及同心圓與角度的選擇所構成的構圖系統，可進一步了解古人玉器工藝製作前的設想思維，以助建構新石器時代中晚期基本圓的探討及增益對古度量發展史的研究，並且對畫圓之規及刻度之尺的演變關係，提供新的思索方向⁸。若以商周兩漢尺寸系統的發展來比較，新石器時代如崧澤及良渚等文化以圓為量測的方式，似乎可透露出由圓徑至直尺測量的演變過程。

透過本文的探究，知古人對角度的認識，以角度為圓周上串圓數多寡及串圓圓徑大小的概念，角度之為圓周長度間隔的意義在此；並且對任意等分圓的方法，與實際出土玉器結合，更可提供對幾何發展上新的思索方向。

古人取法於天地萬物，藉以製器，厚生利用，幾何圖形之運用其來有自⁹；然而單位圓是如何出現的？天地之明者，莫過於日月，取形於日月，蓋有圓基本尺度之認識乎？取法於日月運行，而知有周流而復始、生生不息之義？或云眼瞳之憑藉？婦人於骨木鑽孔時之甲痕乎？然由圓所產生之同心及左右對稱之觀念，實已蘊於新石器時代之際¹⁰。新石器時代的玉石製作，經過長時段的蘊釀及發展，下開商周玉器製作之風尚，愛玉之風至今獨稱於世界文明。然尺度之迭替、技術之改變，新石器時代以來，諸多文化的製玉技巧，或存或滅，缺此則不啻不識古人，更無由思古矣！

⁸ 「規和矩是平面幾何學所使用的工具…商代工藝進步的情行而論…使用規和矩這是極為可能…戰國時代的典籍，《墨子》、《孟子》、《荀子》、《莊子》、《周禮》等書，均提及規矩。」語見陳良佐，〈先秦數學發展及其影響〉，丙、幾何，收入《中國上古史待定稿》第四本之一章。

⁹ 郭書春提到：「出土的新石器時期的陶器大多為圓形或其他規則形狀，陶器上有各種幾何圖案，並通常有三個著地點，都是幾何知識的萌芽。」〈綜述〉《中國古代數學》（臺北：臺灣商務印書館，1994）頁2。又陳良佐〈先秦數學發展及其影響〉，丙、幾何，提到：「新石器時代的陶器，繪有圓、菱形、三角形、正方形等幾何圖案……已經從生活的實踐中產生了幾何概念。」

¹⁰ 引用人體自然度量及倍數關係之進位制已於周時出現，如《說文》云「周制，寸、尺、咫、尋、常、仞諸度量，皆以人體為法，」又如《說文》釋咫，「中婦人手長八寸，謂之咫，周尺也。」《國語：周語》云：「不過墨、丈、尋、常之間。」《說文》解「度人之兩臂為尋，八尺也。」仞亦作八尺，蓋一指廣度，一指深度。《小爾雅·廣度》：「尋，舒兩肱也，倍尋謂之常。」《說文》解「度五尺為墨，倍墨謂之丈。」又《公羊傳·僖公三十一年》：「肤寸而合」，何休注云：「側手為肤，案指為寸。」是以指為寸，以四指為肤。

參考資料

- 安徽省考古所編，《凌家灘玉器》，北京：文物出版社，2000。
- 浙江文物考古研究所，《瑤山》，北京：文物出版社，2003。
- 浙江文物考古研究所，《反山》，北京：文物出版社，2005。
- 杭州歷史博物館李海主編，《杭州古玉》，北京：文物出版社，2003。
- 鄧淑蘋，《新石器時代玉器圖錄》，臺北：國立故宮博物院，1992。
- 江伊莉、古方，《美國博物館藏中國早期玉器》，北京：科學出版社，2009。

On the Measurement System of Liangzhu Culture by Examining the Layouts of Its Jade Wares

SHEN Chientung*

Abstract

The study of China's ancient measurement systems is plagued by scarcity of artifacts. Only after the Shang and Zhou Dynasties when there were historical records, did we have unearthed rulers for study. As a result, we could not study the development of prehistoric measurement systems. However, clues to decipher prehistoric measurement systems were always there. We just ignored them. The measurements of artifacts are the clues. As to the artifact's design plans, the author has examined and measured a number of front images of semi-circular jade pendants (玉璜), jade axes and jade ornaments. We have found that several numbers have shown up over and over as the radii of arcs. Many layouts are also periodical. As a result, we presented the Inscribed Circle Construction Theory and the practice of Partially Repetitive Cutting Method (2005). The theories were found to be promising in our preliminary studies. They are promising starting points for further studies of the exchanges of jade ware layouts and manufacturing technologies in prehistoric mid-to downstream Yangtze River.

Liangzhu Culture, after Songze and Majiabang Cultures, was a more recent mid- to late-Neolithic layer of civilization. The ritual jade wares unearthed in Liangzhu were already much more matured in comparison with earlier artifacts. They were beautifully made with finely inscribed details. While studying the jade wares of Liangzhu, we have found that the layouts of Liangzhu's jade wares were different from those of Songze and Majiabang. They used different length units. As a result, jade wares unearthed from different sites were differently designed. Our findings have suggested that there are secrets hidden under the workmanship of these jade wares. However, the layouts of latter jade wares, could still inherit from earlier layouts.

Keywords: Liangzhu Culture, Ch`ih-yu Bracelet, Jade Pendants, Inscribed Circle Construction Theory

* Assistant Curator, Department of Registration and Conservation, National Palace Museum.

平七與鏤玉技術在宮廷的傳播*

郭福祥**

摘要

乾隆時期是中國玉器製作史上的巔峰階段。這一巔峰的出現是由許多因素決定的，諸如清政府對新疆玉源地的完全掌控保證了原料的充足供應，宮室苑囿的建設使高檔陳設品需求增加等等，其中技術的保障是不可或缺的。乾隆時期一直從南方各地尤其是蘇州選拔好手玉匠服務於宮廷，這些南方玉匠將成熟的製玉技術通過日常的技術諮詢或有組織地人員培訓等方式，將所掌握的製玉技術逐漸滲透傳播到宮廷。通過他們，北京宮廷和地方在製玉技術方面充分融合，提高了北京宮廷玉器製作的技術水平。但由於材料的缺失，對於南方製玉工匠在北京宮廷傳授玉器製作技術的詳細情形，難有具體而清晰的瞭解和感知。鏤玉匠平七材料的發現，恰恰為我們提供了一個極好的範例。本文以清宮檔案為依據，對過去學術界極少關注的宮廷鏤玉技術的實踐活動進行全面論述，填補了中國玉器史在這方面的研究空白。

關鍵詞：乾隆帝、宮廷、蘇州、平七、鏤玉技術、傳播

* 本文為筆者《乾隆與蘇州玉器》研究的部分成果，受到香港「利榮森紀念交流計劃」的資助，特此感謝。並已發表於《故宮博物院院刊》，2014年第3期，頁6-21。

** 北京故宮博物院宮廷部研究員

乾隆時期是中國玉器製作史上的巔峰階段。這一巔峰的出現是由許多因素決定的，諸如清政府對新疆玉源地的完全掌控保證了原料的充足供應，宮室苑囿的建設使高檔陳設品需求增加等等，其中技術的保障是不可或缺的。學術界對於乾隆時期的玉器製作歷史和藝術成就的研究已經相當充分，對此一時期玉器製作技術的發展也多有論述。儘管如此，筆者發現對乾隆時期一些有影響的玉器製作技術的相關問題似乎還沒有引起研究者的充分關注，值得進一步研究。鏟玉技術便是其中之一。

關於乾隆時期的鏟玉技術，筆者在 2008 年北京故宮與德國馬普學會科學史研究所的合作項目《宮廷與地方技術交流史》成果中曾對蘇州玉匠平七在宮廷傳授鏟玉技術的情況有過討論。¹ 另外，徐琳在《中國古代治玉工藝》一書中亦稍有提及。² 但由於材料有限，有關的討論並不充分。

承香港「利榮森紀念交流計劃」的資助，筆者有幸從 2013 年 10 月起到臺北故宮博物院進行為期六個月的交流和研究。那是 10 月 23 日，為盡快熟悉情況，在圖書館閱覽室拜訪了莊吉發教授。莊教授極為熱心，得知筆者的研究計劃需要查閱院藏相關清代檔案時，當即引領到善本閱覽室，指導如何通過網上系統檢索院藏數位檔案。當時作為示範，輸入「玉器」一詞作為檢索條件，居然有五十條相關檔案。其中一條蘇州織造官全德關於玉匠平七的奏折引起了筆者的注意，當即將這份檔案打印出來。以此件檔案為線索，經過一段時間的爬梳，居然又發現了不少新的材料。沒想到初來臺北故宮就有此收穫，機緣巧合，正可謂「眾裡尋他千百度，驀然回首，那人卻在燈火闌珊處」。這些新材料的發現，不但彌補了以上論述的缺失，使蘇州玉匠平七在宮廷傳授鏟玉技術活動的面相得以更為形象和完整的呈現，而且也使我們對宮廷和蘇州之間在玉器製作方面的密切關係有了更為全面更為具體的認識和理解。本文即以這些清宮檔案為依據，對乾隆宮廷玉器製作中的鏟玉技術進行討論。不當之處，敬希方家指正。

一、玉器製作工藝中的鏟玉技術

中國古代製玉技術一直都是通過工匠之間的口傳心授得以傳承的，具體工藝流程方面的文獻記載極為稀少。早期文獻中的「如切如磋，如琢如磨」、「他山之石，可以攻玉」等等雖是相當具體的玉器製作方法，唯言辭簡略，時代久遠，其中細節難以確知，更遑論具體的步驟和工具。直到明朝末年宋應星撰《天工開物》，才對琢玉方法進行簡要介紹，並繪製插圖（圖一），製玉技術始有圖像可供參考。

¹ 郭福祥，〈宮廷與蘇州——乾隆宮廷裡的蘇州玉工〉，載《宮廷與地方——十七至十八世紀的技術交流》（北京：紫禁城出版社，2010），頁 169-220。

² 如：「除了砣機以外，清代也有專做某項活計的特殊工具，鏟床就是其中的一種。……這些專門的『鏟玉匠』，如平七、朱雲章等都是外來高手，活計檔中常記載讓小玉匠向他們學習『鏟做活計』。」參見徐琳，《中國古代治玉工藝》（北京：紫禁城出版社，2011），頁 144-145。

光緒十七年（1891），受英國人布捨爾（S.W.Bushell）之請，李澄淵在實際調查的基礎上，繪製了《玉作圖說》十二幀，有圖有說，將傳統的玉器製作工藝分解為搗沙、研漿、開玉、扎砣、沖砣、磨砣、掏膛、上花、打鑽、透花、打眼、木砣、皮砣等十三個工序，詳細介紹了一件玉雕作品從璞玉成為精美之器的過程。值得注意的是，該圖說在每幀表現操作場景的主圖下面，還附繪有相應的工具樣式，標注出部件的名稱，大大強化了該圖說的技術份量。這套圖說被完整地收錄於由布捨爾和昆茲（G.F.Kunz）編輯1906年出版的西方最早專門研究中國玉器的 *Investigations and Studies in Jade*³一書中，是迄今為止關於中國古代玉器製作工藝流程最為詳盡的圖像資料。

李澄淵《玉作圖說》反映的是晚清民間玉器作坊最基本的製玉過程，除少數幾道工序外，所製玉器多由一人獨立操作完成，是家庭式玉器作坊的真實寫照。其中的第四圖「扎砣圖說」、第五圖「沖砣圖說」和第七圖「掏膛圖說」對於器皿類器物製作而言是至關重要的步驟。

扎砣和沖砣是依據設計稿對玉料進行切割，再去其稜角，形成所要製作的玉器外部形狀的過程，也就是通常所說的做坯。基本操作為「用浸水紅沙將去淨石皮原玉截成方塊或方條，再料其材以為器，用沖砣磨之，以成其器之胎形。」「用浸水淨紅沙以沖削其方條玉稜角，故名沖砣。玉之稜角既去，器形既成。」做坯時通常使用的工具為扎砣和沖砣，李澄淵在圖說中畫出了非常具體的圖像。扎砣「用木作軸，用鋼作圓盤，邊甚薄，似刀，名之曰扎砣。」是專門用於切割之具，附有小鐵錘和小鐵砧，當扎砣不平時即隨時修理。沖砣「用四五分或二三分厚鋼圈，圈內橫以厚竹板，再以紫膠接在木軸頭上。」用於打磨玉料稜角，做出器形。

掏膛則是製作器物的內膛，「掏膛者，去其中而空之謂也。凡玉器之宜有空膛者，應先鋼捲筒以掏其膛，工完，玉之中心必留玉梃一根，則遂用小錘擊鋼鑿，以振截之，此玉作內頭等最巧之技也。至若玉器口小而膛宜大者，則再用扁錐頭有彎者，就水細沙以掏其膛。」從圖和說明文字來看，這一工序中需要兩種特別的工具，即「鋼捲筒」和「彎子」。鋼捲筒即「管鑽」，中空，在捲筒外壁有透溝二三道，以便於水和解玉砂進入，有粗細不同的規格，用於掏挖出直上直下的內膛。彎子即「彎砣」，用細勁的金屬製成，呈弓形或螺旋形，其彎曲度和長短可以根據需要製作，用於掏挖口小裡大的內膛。掏膛時一般是先用鋼捲筒打出垂直的鑽孔，去掉中心的鑽芯，然後再根據內膛的大小用彎子慢慢剔除。

上述製作玉器皿如盤、碗、杯、盅等外身和裡膛的加工方法一直延續下來，廣為玉工採用。但這種傳統的外身切削和內膛掏挖方法費力耗時，精細繁瑣，往往成為製作盤、碗、杯等類器皿最為耗費工時的工序，從以下檔案記載可見一斑。乾隆三十年（1765）

³ 該書於1906年編號發行100套，多贈給各大圖書館和博物館，個人收藏極為希見，近幾年各拍賣公司偶有拍賣。本文使用的圖片即源自於香港佳士得拍賣公司2007年11月27日的拍賣圖錄。

蘇州織造為宮廷製做了四件玉碗，其所奏報的工時和費用如下：「計開青玉大碗四件，各高三寸五分，口面五寸八分。每件做坯六十七工，打鑽、叨膛九十一工，做細六十三工，光玉匠四十一工，鐫刻年款四字做四工。以上每件做二百六十六工，每工銀一錢五分四厘，共銀四十兩九錢六分四厘。」⁴每件玉碗所用二百六十六工時中，做坯和掏膛便用去一百五十八工時，竟佔到整個製作工時的五分之三。很顯然，在盤、碗、杯、盅等玉器皿的製作過程中，這一工序就成為決定工期快慢的關鍵。

乾隆時期宮廷玉器的製作空前繁盛，數量巨大。大致從乾隆四十四年起，便大規模地製作宮廷祭祀使用的玉質宴盤、碗、盅、碟、瓶等器物。如果繼續採用上述傳統的製坯和掏膛方法，勢必會影響製作的進度。於是，從江南地區成熟的製玉工藝中發明出來的高效率的鏟玉技術便走進了宮廷的視野。

所謂鏟玉技術，是替代上述傳統做坯和掏膛方法而發明的新技術，即利用機械鏟床快速加工製作容器類玉器的裡膛和外身，主要著眼點在於製作玉容器的毛坯，具有操作方便，容易控制，規格整齊劃一，器壁厚薄均勻的優勢。這種玉器鏟製技術的細節在玉器製作文獻中少有記述，但從乾隆時期的造辦處活計檔中可以得到非常清晰的脈絡。「鏟玉匠」出現在具體的活計製作過程中，配備有專用的鏟床及其配套工具，並定期向蘇州索取相應材料。在乾隆後期清宮玉器製作中，與上述做坯和掏膛步驟相對應的工序似乎被車鏟所取代，大大提高了工作效率和製作速度。

鏟玉技術從出現到成熟的歷史過程現在還不甚清楚。但這種高效率的玉器鏟製技術在江南出現有其歷史的必然性。至少明代以來，江南地區百工技藝極為發達，各類手工技藝高手雲集，相互切磋，相互交流。當時其它種類的材質如象牙和木器等的雕刻經使用了鏟製技術，玉匠將這一技術移植到玉器製作中，極有可能是鏟玉技術產生的路徑。可以肯定的是，乾隆時期的江南地區尤其是蘇州的玉器製作行業中已經有人掌握了相當嫻熟的鏟玉技術，這對於分工本來就已經極為細密，但又亟需改進技術提高效率的清宮玉器製作而言無疑具有很強的吸引力。將成熟的地方技術直接移植到宮廷中來，招募各地身懷絕技的工匠服務於宮廷，這是清代宮廷各種工藝製作通常採用的方式，通過這種方式，宮廷可以快速擁有某項技術並達到相當高的水準。鏟玉技術也不例外。

平七就是在這樣的背景之下受召來到北京宮廷，授徒傳技，使鏟玉技術得以在宮廷之內扎根立足。有些戲劇性的是，平七鏟玉手藝被負責為宮廷徵召玉工的蘇州織造官員以及乾隆皇帝發現，竟是與一件玉石走私大案有關。

⁴ 周南泉，〈論空前發達的清乾隆朝玉器〉，《故宮文物月刊》，104期(1991)，頁100-119。

二、查辦高樸私販玉石，平七浮出水面

乾隆四十三年（1778）九月十六日，新疆烏什辦事大臣永貴的一道參劾奏折送到乾隆手中，奏折中寫道：「葉爾羌阿奇木伯克公品級色提巴爾第派人向奴才永貴密呈回字文書，經簡譯看得，內稱皇上施隆恩，將伊補放葉爾羌阿奇木伯克。自五月二十六日到任以來，得悉侍郎高樸貨買物品不付貨價，卻由部眾攤派支付。採挖玉石時，多派工夫，隱藏所得玉，串通給予江南商人。」⁵乾隆帝聞報大怒，下令嚴查，由此揭開了當時轟動全國的高樸玉石走私大案。

高樸有著顯赫的身世。他的祖父高斌生前拜文淵閣大學士，官至江南河道總督。父親高恆一直供職內務府，官至總管內務府大臣。姑姑則是乾隆帝寵愛的慧賢皇貴妃。伯父高晉以監生起家官至兩江總督，高晉的兒子廣興也官至總管內務府大臣，另一子廣厚則出身進士，官至湖南巡撫。高氏一族也與乾隆內府的經濟收入關係密切，高斌曾派任蘇州織造，高恆當過揚州兩淮鹽政。皇親國戚，勢大位顯，且善於為宮廷斂財，使得乾隆帝對高氏家族頗為重用。高樸也很得乾隆帝歡心，是乾隆帝著力造就栽培的對象。乾隆三十七年（1772）被破格提擢為都察院左副都御使，乾隆四十一年（1776）派駐南疆葉爾羌，任辦事大臣，成為地方大吏。但可惜的是，高樸到葉爾羌後沒有約束自己，反而滋生貪念，利用為皇帝置辦貢玉的機會，大肆收受下屬賄賂，向當地回人索取玉石，私行販賣，撈取好處。距葉爾羌四百餘里的密爾岱山為新疆和田玉的主產區之一，乾隆平定回部後，為防止民間私采，下令封禁。高樸到任後，以嚴防回人涉險營私為名，奏請乾隆隔年一次，對密爾岱山玉石進行開採，除將色潤而完整的上好玉石送至京師外，其餘玉石允許商民領票認買。期間高樸額外私自役使三千六百多名回人民工進山采玉，苦累回眾，嚴重影響回眾生計。所得玉石被其隱藏，並串通商人運到江南私賣，漁利甚多。

乾隆帝接到永貴奏折，認為所揭發之事多為事實，立即命大學士阿桂等查抄高樸在京家產，嚴審其親信家人。命永貴將高樸翎頂拔去，嚴加訊查，一旦審實，就地正法。命各地將為高樸運送物品和玉石的家人李福、常永以及與高樸合夥販賣玉石的商人張鸞、趙鈞瑞等緝拿歸案。最終高樸在葉爾羌被正法，屍骸棄置荒野，不准攜回內地。為其運送販賣玉石到蘇州的家人、商人、辦事員也都被處斬。部分地方督撫以及江南各關監、織造官員亦因失察放行高樸家人和同夥商人運賣玉石而紛紛自行議罪，罰交議罪銀兩。

6

⁵ 中國第一歷史檔案館編，《乾隆朝懲辦貪污檔案選編》第一冊（北京：中華書局，1994），頁373。

⁶ 該案詳情參見周軒、齊清順，〈乾隆帝與新疆高樸玉石案〉，載《新疆大學學報（社會科學版）》第29卷第2期；賴惠敏：《從高樸案看乾隆朝的內務府與商人》，載《新史學》13卷1期；中國第一歷史檔案館編，《乾隆朝懲辦貪污檔案選編》第一冊。

在該案中，與高樸合夥的山西商人張鸞是高樸私采玉石的主要販賣者之一。張鸞早年在甘肅經商，因到新疆買賣，發現玉石經營能獲得高利，於是就專門從事玉石販運生意。高樸獲得玉石後，就讓張鸞幫他運到蘇州銷售，講好賣玉所得二人七股分紅，高樸得五股，張鸞得二股。⁷張鸞和高樸家人李福於乾隆四十二年十月帶著高樸的玉料九十塊計兩千八百餘斤，以及張鸞自己的玉料五十一塊計一千二百斤，離開葉爾羌，一路打著高樸的官銜旗號，暢通無阻，四十三年三月到達蘇州。憑著張鸞熟絡的關係網絡，很快就將高樸的六十二塊玉料以十二萬六千六百餘兩的價格售出，剩下的二十八塊玉料中，兩塊找人製作玉器兩件，兩塊鋸開後石性太重無法做玉器，其餘二十四塊五百四十七斤因玉色平常，每斤作價四兩共二千一百九十兩，於張鸞和李福應得的股銀內抵算，玉則存於張鸞家中。這樣，高樸的九十塊玉料最後共賣出十二萬八千八百五十九兩銀子。⁸清算後李福帶著高樸應得銀兩及會票、期票、玉器等沿運河北上，準備送往北京。而張鸞則繼續留在蘇州處理剩餘的玉料，張鸞對自己的玉料有充分的自主權，將自己的五十一塊玉料存下了十塊，賣出了二十四塊，十七塊則找人成做玉器。⁹到九月二十六日張鸞被抄家時，從其家中共搜出了玉器十二件、玉料大小三十九塊，計重八百一十三斤、零星碎玉二百四十九斤、碧玉一塊、大小玉子十七件。此外還有發給玉匠正在製作的玉器九十二件。¹⁰

從檔案中查抄張鸞玉石的記錄來看，為了獲得最大的利益，作為玉石商人的張鸞對自己玉料的處理非常多元化。遇有合適的價格即可出手，以盡快收回本金。囤積玉料，以待更高的價格。更為讓人想不到的是，這些玉石商人居然可以自找玉匠將自己的玉料做成玉器銷售，「張鸞將抵算玉料同自己帶回之料做成玉器，並有交存匠作尚未完成做各件」¹¹，直接參與到蘇州的玉器製作領域，這些玉器成品通過商業網絡銷售到全國各地，其獲得的利潤可能比單純的買賣玉料又要高得多。

張鸞將十七塊玉料僱用玉匠製作玉器，數量多達九十餘件，這也是很可觀的數字。按照當時的辦案程序，張鸞發給玉匠正在成做的玉器也必須追繳，如此承攬這些玉器製作活計的玉匠也被捲入到該案之中。而承攬這項活計的玉匠正是本文的主角鏟玉匠平七和他的弟弟平八。就這樣平七和平八進入了辦案者的視線之內。

筆者從清代相關檔案中見到的蘇州方面最早關於平七的記載就是本文開始提到的那件奏折。該奏折藏於臺北故宮博物院，是當時的蘇州織造官全德於乾隆四十三年十一月二十八日具奏摺件的錄副。奏折中說：「奴才全德跪奏，為奏聞事。乾隆四十三年十一月二十四日接奉十九日上諭：昨楊魁處解送張鸞家玉器、玉料到京呈覽云云。欽此。」

⁷ 《乾隆朝懲辦貪污檔案選編》第一冊，頁 435。

⁸ 《乾隆朝懲辦貪污檔案選編》第一冊，頁 436。

⁹ 《乾隆朝懲辦貪污檔案選編》第一冊，頁 558。

¹⁰ 國立故宮博物院編，《史料旬刊》第十九期（臺北：國風出版社，1963），楊魁摺。

¹¹ 《乾隆朝懲辦貪污檔案選編》第一冊，頁 428。

奴才當即面詢舒文，據稱：傳詢平八，原籍嘉興縣人，平七系伊胞兄，素工玉匠手藝。平八在蘇州開張玉器店，平七現在嘉興原籍。其張鸞之整套鏹成玉器系伊胞弟兄攬做。」

12

此時全德到達蘇州接掌蘇州織造職印才剛剛 4 天，對相應的事項還不太熟悉。一個月前的十月二十二日，前任蘇州織造舒文因「高樸家人在蘇州半年有餘，售賣玉石並乘坐大船用高樸官銜旗號，連檣北上，舒文置若罔聞，徇情故縱，不行據實參奏，實屬負恩昧良，罪無可逭」，而被革去織造監督之任，仍以白身在蘇州織造烏林達上行走贖罪。所有蘇州織造員缺即著全德補授。¹³全德於十月二十四日跪請聖訓後的當天便東裝就道，南下蘇州，一個月後的十一月二十四日到達蘇州，立即接掌蘇州織造關防。¹⁴全德剛一上任，馳遞而來的上諭便擺在了他的面前，因此才有面詢前任織造舒文，向其瞭解平七、平八兄弟情況的事。從全德的奏折來看，舒文在此之前就已經對平七兄弟的情況有了相當的瞭解，而獲得這些信息的途徑很明顯是來自於查辦張鸞販玉案件過程中張鸞的口供，並通過張鸞的口供找到平八本人核實瞭解到的。從舒文提供給全德的情況中可知，兄弟兩個雖然籍貫是嘉興縣，但他們憑借玉器製作手藝在蘇州立足，開設玉器店，承攬玉器製作活計，他們的根基還是在蘇州。而且通過他們為張鸞鏹做的玉器，也使當時的蘇州織造官對他們二人的手藝水平有了瞭解。那麼，平七和平八又是怎麼為遠在京城宮廷中的乾隆皇帝所知的呢？

三、涉案玉器透露消息，平七北上宮廷

清宮造辦處是專門為宮廷製造器用的機構，下設有諸多作坊，彙集了眾多技藝精湛的工匠。其中的玉匠按照來源和管理方式的不同，大致包括從上三旗佐領內挑選的家內玉匠、從民間臨時招募的外雇玉匠和由各關監織造選送的南匠玉工。起碼在乾隆時期，南匠玉工多由蘇州織造選送。選送的程序通常情況下都是乾隆帝根據造辦處玉匠的現狀直接通過相關人員傳諭蘇州織造承辦揀選玉工事宜，由於蘇州織造官員對玉工的情況和宮中的要求非常清楚，使得他們能夠在眾多的蘇州玉工中比較準確地篩選出「好手玉匠」送往北京。玉工到達北京宮廷後，造辦處還要對其進行「試看」，也就是把要做的玉器活計發給其試做，以檢驗其技術的優劣。合格的蘇州玉工在技術上基本可以達到「好手」的標準，再呈報給乾隆帝決定其去留。據現存活計檔的不完全統計，乾隆時期造辦處經

¹² 全德，〈奏報遵旨挑選玉器藝匠平七、平八二人解送張鸞家玉器玉料到京呈覽〉，《軍機處檔奏摺錄副》，022006 號，乾隆四十三年十二月十三日。國立故宮博物院藏，

¹³ 《乾隆朝懲辦貪污檔案選編》第一冊，頁 555。

¹⁴ 國立故宮博物院編：《宮中檔乾隆朝奏摺》第 45 輯（臺北：國立故宮博物院，1986），頁 685。〈全德奏恭報到任摺〉。

過蘇州織造徵調的玉工多達 18 批次，近 40 人。¹⁵

以上是宮廷從蘇州揀選玉匠至宮中服務的通常程序，實際上每一個玉工被徵召的情況隨著時間和情事的變化也會有所不同。他們是如何被蘇州織造的官員知曉並上達宮廷的？在南匠玉工到達北京之前，蘇州織造是如何操作的？由於檔案和文獻的缺乏，我們很難有具體清晰的瞭解。正是因為發生了高璞玉石走私大案，平七和平八兄弟兩個因為給張鸞製作玉器而牽連進此案中，才使我們有機會通過平七的例子瞭解北京宮廷通過蘇州織造徵召玉匠的一些細節。

乾隆四十三年九月二十六日，江蘇巡撫楊魁根據訪查結果，將正在蘇州的張鸞緝拿歸案，並將張鸞蘇州的家資查抄，獲得大量玉器和玉料，經清點造冊後，查封解送內務府。這些玉器和玉料解送到京後，於十一月十八日進呈乾隆皇帝御覽。乾隆皇帝不愧是懂玉的人，對玉器的觀察也細緻入微，他馬上發現其中的玉盤採用成套鏟製的製作方法很特別，與傳統的加工工藝完全不同，禁不住讚歎「其法甚巧」。於是就有了第二天的一道上諭：「昨據楊魁處解送張鸞家玉器、玉料到京呈覽。內有玉盤系整套鏟成者，其法甚巧。詢之在京所有玉匠，皆雲不能。據稱蘇城只有平七、平八二人專門做此，其法不肯傳人，等語。此等玉匠，雖有不傳之秘，但既系工作圖利，在蘇在京大概相仿。且知奉朕旨選送，自更欣然樂從。著傳諭舒文，即於此二人內挑選一人，妥為資送來京，其應用做玉器具，並令其檢齊隨帶，勿任其托故推避。將此隨楊魁之報發往，並諭令全德知之，欽此。」¹⁶通過乾隆帝的此道上諭，我們可以獲得不少進一步的信息：其一，鏟玉是與傳統的製坯、掏膛工藝完全不同的技術，兩種方法製作的玉器之不同即使乾隆皇帝也能明顯地感覺到。其二，鏟玉技術在當時還是一種不傳之秘，能夠熟練掌握的人寥寥無幾。在此之前，北京方面甚至完全不知道鏟玉技術的存在。其三，乾隆皇帝的想法反映出宮廷對於地方技術和專有技術的基本態度。不管什麼樣的技術和資源，只要宮廷有需要，就會想方設法地取得。在皇權的絕對權威之下，形成了宮廷攝取地方和民間技術資源的強制性和高高在上的態勢。其四，乾隆皇帝獲取玉工信息的渠道，除了蘇州織造官的訪查之外，在宮中服務的蘇州玉工也是重要的途徑。

乾隆皇帝的此道上諭十一月二十四日前即已到達蘇州，蘇州織造方面便緊鑼密鼓地動作起來。新官全德立即向前任蘇州織造官現任蘇州織造庫使的舒文瞭解平七、平八的情況，然後又親自當面詢問平八的意見，同時派人到嘉興縣傳喚平七到蘇州，以便挑選。四天以後，也就是十二月二十八日，全德將辦理情況以「俟平七傳到即挑選資送由」專折向乾隆皇帝匯報。奏折寫到：「奴才當即面詢舒文，據稱傳詢平八，原籍嘉興縣人。平七系伊胞兄，素工玉匠手藝。平八在蘇州開張玉器店，平七現在嘉興原籍。其張鸞之整套鏟成玉器系伊胞弟兄攬做。當經告以奉旨選送之語，平八欣然樂從。現在差人往嘉興傳喚平七，俟其到來，於此二人內挑選一人，令其帶齊做玉器具，即日專遣家人妥為

¹⁵ 郭福祥，《宮廷與蘇州——乾隆宮廷裡的蘇州玉工》。

¹⁶ 中國第一歷史檔案館編，《乾隆朝上諭檔》第九冊（北京：檔案出版社，1991），頁 451。

資送進京，不致任其推避遲誤等語。奴才隨即傳詢平八，口稱手藝小民，得以進京當差，甚是體面，實在歡欣情願。除俟平七到來，即行挑選，妥為資送外，理合先行奏聞。謹奏。」¹⁷全德奏折的敘述明白生動。乾隆自己看上了平七、平八兄弟的手藝，聖明天子的意願如何敢違拗，平七兄弟看家吃飯的本事儘管不願傳人，面對聖上的召喚，也不得不「欣然樂從，歡欣情願」，而感到「甚是體面」了。平七被發現徵召的過程也向我們展示了蘇州織造徵選玉工到宮廷的真實情境。

該折於十二月十三日經乾隆御覽，硃批只有一個「覽」字，可以推斷此時平七還沒有到達北京。但是，按照全德奏折的講述，平七應該很快就會到蘇州，權衡之後，平七入選。當乾隆皇帝披覽全德奏折的時候，平七想必已經在赴京的路上了。

四、秉持絕技一載辛勞，平七宮中授藝

平七到達蘇州後，蘇州織造官全德很快便決定讓平七應召赴京。由於鏹製技術的特殊性，鏹製玉器時必須由兩個人同時操作鏹床，全德極有可能是接受了平七兄弟的建議，又選取了另外一名玉匠朱雲章和平七一起北上。

平七和朱雲章最早出現在內務府造辦處活計檔中的時間是乾隆四十四年正月初十日。「正月初十日，額魯裡傳旨：新到鏹玉匠平七、朱雲章二人現鏹做一件活計，著分為二處，各鏹做活計一件，打砂子配家匠幫做。再沈耀祥、李均章並家內小匠役俱著學鏹做活計。欽此。」¹⁸從此條檔案來看，平七和朱雲章是按照乾隆皇帝的要求，帶著鏹製玉器的工具到達北京的，而且一進入造辦處就被安排鏹製一件玉器活計。很顯然，乾隆皇帝徵召平七進京的初衷就是讓他在宮內傳授鏹玉絕技，培訓鏹玉工匠，因此從一開始就作出了具體安排。上述乾隆的諭旨是在平七和朱雲章到京沒幾天後發出的，除了將平七和朱雲章分為二處分別鏹做活計外，還特別從家內玉匠中挑選人員作為他們的助手，同時指示讓沈耀祥、李均章和其他家內小匠役向他們學習鏹玉技術。

平七很快便進入了角色。作為此次鏹玉技術的主要傳授者，在到達北京一個月之內，平七就分別開列了兩份所需物料、工具和設備的清單。

第一份清單于正月十七日經當時負責內務府事務的尚書忠勇公福隆安奏准行文蘇州織造籌辦。「據鏹匠平七聲明，需用傢伙、寶砂，交蘇州織造全得辦造，送來應用。數目清單一件，交鄂勒裡轉奏，奉旨：知道了，欽此。計開：長一尺二寸寬九寸鏹條鐵皮五十張；原條鐵絲一百五十把，每把重十兩；過眼鐵絲五十把，每把重十兩；大小砂

¹⁷ 全德，〈奏報遵旨挑選玉器藝匠平七、平八二人解送張鸞家玉器玉料到京呈覽〉，《軍機處檔奏摺錄副》，022006 號，乾隆四十三年十二月十三日。國立故宮博物院藏。

¹⁸ 中國第一歷史檔案館、香港中文大學文物館合編：《清宮內務府造辦處檔案總匯》第 42 冊（北京：人民出版社，2005），頁 666，乾隆四十四年二月「如意館」。以下引此書簡稱《總匯》。

鑽五十個，隨樣；徑一尺二寸千它二十個；千它木軸四根；徑三寸至六寸帶木碗鏟軸八根，尾釘要齊全；喇叭頭木軸六根，要檀木；寶砂二千斤。」蘇州織造於六月初八日將上述所需工具和物料送到北京，交造辦處如意館。¹⁹這裡的「它」為「砣」的異寫，即是製作玉器的砣具。

第二份工具清單于二月初八日交由如意館負責置辦。「據鏟玉匠平七聲明應用傢伙單，計開：坐凳八個、榆木鏟床四副、山口四個、向牌四個、長砂圈四個、線麻繩四斤、鐵鹽盤八個、細鐵絲四斤、鐵釘四十個、銅盆四個、小鐵鏟四個、松香四斤、土粉二斤、檀木軸四根、大小鐵鏟四個、大小鐵砧子二個、矩尺一副、鐵鉗子大小二把、鐵剪大小二個、三寸見方杉木長三尺四塊。」²⁰

兩份清單所列的工具和物料很顯然是平七用來培訓鏟玉工匠的。從四副榆木鏟床和八個坐凳的工具數量分析，平七是在為至少四組八個學徒訂製所需的設備，就好像是在組建一個設備完善的鏟玉工場。平七分配給如意館和蘇州織造承做工具的差異是值得關注的。由如意館製作的都是凳、鏟床、山口、向牌、鐵盤、銅盆、鐵鏟、鐵釘、鐵砧等一些通用型的傢俱，而由蘇州織造置辦的鏟條鐵皮、過眼鐵絲、大小砂鑽、千它、千它木軸、尾釘齊全的帶木碗鏟軸、喇叭頭木軸、寶砂等都是技術性很強的專業工具和材料。以北京造辦處的技術力量，未必不能勝任專業工具的製作任務。但平七仍將專業工具交由蘇州織造置辦，不以千里之遙為遠，這起碼反映出平七自己對兩地技術的認知和感覺。從中也不難看出乾隆時期製玉技術的中心所在和技術流動傳播的方向。

平七在如意館的鏟玉技術培訓工作進行得十分順利，乾隆皇帝對培訓的進展也給予充分關注。到九月二十七日太監鄂勒裡再傳乾隆諭旨：「啟祥宮學鏟玉匠已會，著平七回南。」經過造辦處官員郎中保成和庫掌福慶的調查瞭解，認為培訓還有未完之項，平七還不能離開，於是便上奏乾隆：「鏟玉匠等現在雖會鏟裡堂，其外身做法尺寸尚未熟練，請旨將平七再留數月，俟學鏟玉匠等學會外身做法時再令伊回籍」，乾隆帝同意「明春再著平七回籍」。²¹

抑或是出於對平七和朱雲章一年來培訓工作的認可和體恤，乾隆皇帝又改變了主意，兩個月以後的十二月初四日通過太監鄂勒裡傳旨：「鏟玉匠平七、朱雲章俟啟祥宮放年假時，不必進啟祥宮，加恩著伊回籍。欽此。」²²

按照清代的慣例，每年歲尾，一年諸事多處理完畢，各級官員都要舉行封印儀式，準備歡度新春佳節。至來年正月，再舉行開印儀式，各項事務恢復常態。期間即是所謂的年假。而宮中封印的具體時間一般由欽天監選擇吉日進行，也就是宮中人等年假的開

¹⁹ 《總匯》第 42 冊，頁 619，乾隆四十四年二月「行文」。

²⁰ 《總匯》第 42 冊，頁 666，乾隆四十四年二月「如意館」。

²¹ 《總匯》第 42 冊，頁 711，乾隆四十四年十月「如意館」。

²² 《總匯》第 42 冊，頁 590，乾隆四十四年十二月「記事錄」。

始。這一年造辦處年假的開始時間可能是十二月二十一日，因此郎中保成在這一天向如意館傳達了平七回籍的旨意。從乾隆四十三年十二月初平七離開蘇州北上，到此時離京回籍，歷時整整一年。

在這一年當中，平七和朱雲章在如意館內為造辦處培養了一批熟練掌握鏹玉技術的玉匠，基本上可以滿足宮廷鏹製玉器的需要。鏹玉技術作為家族專有絕技而秘不傳人的狀態被打破，最終作為宮廷工藝技術的一部分為宮廷所掌握。

五、平七對清宮鏹玉技術的影響

一項技術從此地到彼地的轉移和傳播，不僅僅是相關知識和概念的傳遞，還必須考慮到該項技術在轉移後是否在新的環境中得到切實的應用，穩定地延續下去，這也是評估此次平七向宮廷傳授鏹玉技術成效的重要指標。通過現存史料的排比，平七此次到宮廷傳授鏹玉技術，對宮廷後來鏹玉技術的承續、材料供應、工具使用等都產生了直接而深遠的影響。

平七對清宮鏹玉技術的影響可以通過以下兩個方面得到證實：一是專用鏹玉寶砂供應的成例化；二是專用鏹玉工具置辦的成例化。

前面已經提到過，乾隆四十四年平七在到達北京一個月之內分別開列了兩份所需物料、工具和設備的清單，其中發給蘇州置辦的一分清單中就包括寶砂二千斤。平七為什麼專門向蘇州討用寶砂呢。造辦處十二月二十一日的奏折給出了明確的回答：「經造辦處謹奏，查乾隆四十四年正月因鏹玉匠平七鏹做玉盤、碗，所領寶砂性軟，難以鏹做器皿。經奴才等奏明，交蘇州辦送寶砂二千斤交內應用。查啟祥宮自乾隆四十四年正月至十一月底止，除現鏹玉盤、碗等器二十件外，陸續鏹得呈進過玉碗九件、玉盤二件、小件玉器活計三十件，統計用過蘇州送來寶砂一千三百斤零，現存寶砂六百九十餘斤，明春鏹做玉盤、碗、小件活計尚不敷用，理合奏明，飭交蘇州織造全德，照交過寶砂樣再辦二千斤送來應用。謹此奏聞等因，於四十四年十二月二十一日具奏，奉旨：知道了，欽此。」²³這裡的「寶砂」就是通常所說的解玉砂，是玉器製作中不可或缺又消耗較大的材料，造辦處原有寶砂太軟，不能作為鏹玉的介質，必須定期向蘇州調取行用。根據平七開出的寶砂二千斤的數量，造辦處定期向蘇州織造調取，第一次是乾隆四十四年正月，第二次是乾隆四十四年十二月，第三次是乾隆四十七年四月²⁴，此後形成定例。乾

²³ 《總匯》第 44 冊，頁 4，乾隆四十五年二月「行文」。

²⁴ 《總匯》第 45 冊，頁 403-404，乾隆四十七年五月「行文」：「初一日接得郎中保成、庫掌福慶押帖內開：乾隆四十四年十一月奏明，除用存寶砂六百九十餘斤，因不敷用，交蘇州織造全德照交過寶砂樣辦二千斤送內應用。自乾隆四十四年十二月至四十七年四月底止，除現鏹做鋤做白玉大碗等器十二件外，呈進過盤、鍾、碟十九件，小件活計六十五件，用過寶砂一千九百九十餘斤，現存寶砂六百九十餘斤，與現接做活計尚不敷用，交蘇州織造四德照交過

隆時每隔二到三年，嘉慶時每隔一年即向蘇州織造調取寶砂二千斤。

到乾隆五十年（1785），平七同一份清單中開列的「鏟鐵皮」、「千它」也用完，於是在這一年造辦處在向蘇州調取寶砂時又增加了新的內容。「再查四十四年正月經奏明，蘇州送到鏟鐵皮五十張，長一尺二寸，寬九寸、千它二十個，逕一尺二寸，今已陸續用完，並請交四德照交來尺寸辦鏟條鐵皮五十張、千它二十個，送內應用，等因。於乾隆五十年五月初七日交太監鄂魯裡轉奏，奉旨：知道了，欽此。於五十一年正月十九日蘇州送到鏟條鐵皮五十張、千它子二十個，本坐京家人送交如意館收訖。」²⁵與調取寶砂一樣，此後也形成了造辦處定期向蘇州行文置辦鏟玉工具的定例，尤其是「鏟條鐵皮」、「千它二十個」兩項必不可少，週期與寶砂一致，同時具奏行文。表一是中國第一歷史檔案館所藏的《各作成做活計清檔》中記載的造辦處於乾隆五十三年（1788）以後定期向蘇州織造行取寶砂和工具的情況。

表一：乾隆、嘉慶時期如意館向蘇州織造行取鏟玉寶砂和工具情況

編號	記錄時間	行取情況	出處
1	乾隆五十三年五月	乾隆五十年五月初七日奏明，除用存寶砂三百五十斤，因不敷用，交蘇州織造四德交過寶砂樣辦二千斤，送內應用。於五十一年六月送到寶砂二千斤，連前共寶砂二千三百五十斤。查自乾隆五十年五月至五十三年四月底……，用過寶砂一千九百三十斤，現存寶砂四百二十斤。與接做活計不敷應用，請交蘇州織造四德照交過寶砂樣再辦二千斤，送內應用。再查蘇州送到長一尺二寸，寬九寸鐵皮五十張、徑一尺二寸千它二十個，今已陸續用完，並請交四德辦鐵皮五十張、千它二十個，送內以備應用等因，於乾隆五十三年五月繕寫摺片交太監鄂魯裡轉奏，奉旨：知道了，欽此。	《總匯》第 50 冊頁 593-594，乾隆五十三年五月「行文」。
2	乾隆五十七年二月	乾隆五十三年五月初一日經奏明，向蘇州織造要來寶砂二千斤，長一尺二寸寬九寸鐵皮五十張、徑一尺阡它二十個，成做活計俱已陸續用去，現止存寶砂一百二十三斤，與接做活計不敷應用，請旨交蘇州織造徵瑞辦寶砂二千斤、鐵皮五十張、阡它二十個、鏟活計鐵絲一百把，送內以備應用。於五十七年二月三十日交太監鄂魯裡轉奏，奉旨：知道了，欽此。於五十七年閏四月二十五日蘇州送到鐵皮五十張、阡它二十個、鐵絲一百把，呈進交如意館訖。	《總匯》第 53 冊頁 207，乾隆五十七年三月「行文」。
3	乾隆六十一 年（嘉慶元	乾隆五十七年二月三十日經奏明，向蘇州織造要來寶砂二千斤、長一尺二寸寬九寸鐵皮五十張，阡它二十個，鏟活鐵系（絲）一百把，成做活計俱	《各作成做活計清檔》微卷號 154

寶砂樣再辦二千斤，送內應用等因。於乾隆四十七年四月三十日交鄂魯裡轉奏，奉旨：准向蘇州織造四德要用，欽此。」

²⁵ 《總匯》第 48 冊，頁 262-263，乾隆五十年九月「行文」。

	年)二月	已陸續用完，僅存寶砂一百二十餘斤，接做活計不敷應用。請旨交蘇州織造徵瑞辦寶砂二千斤、鐵皮五十張、阡它二十個、鑄活絲油系（絲）一百把，送內以備應用。於六十一年二月三十日具奏，奉旨：准向蘇州要用，欽此。	盒，乾隆六十一年三月。
4	乾隆六十三年（嘉慶三年）五月	嘉慶元年二月三十日經奏明，向蘇州織造要來寶砂二千斤、鐵皮五十張、阡它二十個、鑄活鐵絲一百把，成做活計俱已陸續用去，現存寶砂一百二十餘斤，接做活計不敷應用。請旨交蘇州織造全德辦寶砂二千斤、厚鐵皮長一尺二寸寬九寸五十張、阡它二十個、徑過五寸鐵砂鑽十個，各長一尺八寸、徑過四寸鐵砂鑽十個，各長一尺八寸、大小它子一千卷個，送內以備應用等因，繕寫摺片，於嘉慶三年五月初七日具奏，奉旨：准向蘇州要用，欽此。	《各作成做活計清檔》微卷號 155 盒，乾隆六十三年五月。
5	嘉慶十一年七月	嘉慶九年七月十六日經奏明向蘇州織造要來寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，成做活計俱已陸續用去，現存寶砂一百二十餘斤，接做活計不敷應用。請旨：交蘇州織造舒明阿辦寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，送內以備應用等因，於嘉慶十一年七月初五日繕寫摺一件，交太監劉得意具奏，奉旨：准向蘇州織造舒明阿要用，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶十一年七月，「檔房行文」。
6	嘉慶十三年閏五月	嘉慶十一年七月初五日經奏明向蘇州織造要來寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，成做活計俱已陸續用完，現存寶砂一百二十餘斤，接做活計不敷應用。請旨：交蘇州織造舒明阿辦寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，送內以備應用。於嘉慶十三年閏五月二十二日繕寫摺清單一件，交太監劉得意具奏，奉旨：知道了，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶十三年六月，「檔房行文」。
7	嘉慶十五年七月	嘉慶十三年閏五月二十二日經奏明向蘇州織造要來寶砂二千斤、鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個成做活計，俱已陸續用完，現存寶砂一百二十餘斤，接做活計不敷應用，請旨交蘇州織造和明照例辦寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，送內以備應用，於嘉慶十五年七月十五日繕寫清單一件，交太監福祿具奏，奉旨：知道了，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶十五年七月，「檔房行文」。
8	嘉慶十七年七月	嘉慶十五年七月十五日經奏明向蘇州織造要來寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，成做活計俱已陸續用完，現存寶砂一百二十餘斤，接做活計不敷應用。請旨：交蘇州織造和明照例辦寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，送內以備應用，於嘉慶十七年七月十二日繕寫清單一件，交太監福祿具奏，奉旨：知道了，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶十七年八月，「檔房行文」。

9	嘉慶十九年十月	嘉慶十七年七月十二日經奏明向蘇州織造要來寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，成做活計俱已陸續用完，現存寶砂一百二十餘觔，接做活計不敷應用。請旨：交蘇州織造阿爾邦阿辦寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，送內以備應用，於嘉慶十九年十月初三日繕寫摺片一件，交太監劉得意具奏，奉旨：知道了，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶十九年十月，「檔房行文」。
10	嘉慶二十一年六月	嘉慶十九年十月初三日經奏明向蘇州織造要來寶砂二十斤、厚鐵葉二千張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，成做活計俱已陸續用完，現存寶砂一百一十餘觔，接做活計不敷應用。請旨：交蘇州織造阿爾邦阿辦寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個、見光皮它二十個，送內以備應用，於嘉慶二十一年六月二十五日繕寫清單一件，交太監劉得意具奏，奉旨：知道了，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶二十一年閏六月，「檔房行文」。
11	嘉慶二十三年十二月	嘉慶二十一年六月二十五日前經奏明向蘇州織造要來寶砂二千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個，成做活計俱已陸續用完，現存寶砂一百二十餘觔，接得活計不敷應用。請旨：交蘇州織造嘉祿辦寶砂三千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個、見光皮它二十個，送內以備應用，於嘉慶二十三年十二月初八日繕寫摺片一件，交太監劉得意具奏，奉旨：知道了，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶二十三年十二月，「檔房行文」。
12	嘉慶二十五年七月	嘉慶二十三年十二月初八日經奏明向蘇州織造要來寶砂三千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個、見光皮它二十個，成做活計俱已陸續用完，現存寶砂一百二十餘觔，接得活計不敷應用。請旨：交蘇州織造嘉祿辦寶砂三千斤、厚鐵葉二十張、鐵它大小五百個、鐵鉗它五十個、鐵砂鑽二十個、見光皮它二十個，送內以備應用，於嘉慶二十五年七月十四日繕寫摺片一件，交太監劉得意具奏，奉旨：知道了，欽此。	《各作成做活計清檔》，嘉慶二十五年七月，「檔房行文」。

從表中可以發現，乾隆和嘉慶時期造辦處向蘇州織造方面調取的物料、工具非常有規律，前後承續，高度一致。而且到嘉慶時期甚至造辦處每次給蘇州織造調取寶砂和置辦工具的行文都幾乎一模一樣，無論是格式還是內容都呈現出程式化的特點，這種行文的程式化很明顯意味著相關的製作已經成為常態化例行必辦的活計項目。可以看出自平七在宮廷傳授璇玉技術一年以後，宮中的璇玉技術一直承續著平七的技術傳統。上述寶砂和璇玉工具傳辦的成例化表明在乾隆和嘉慶時期平七所傳授的璇玉技術在宮廷之內得到了切實的應用。這也顯示出蘇州玉工在製玉技術傳播中的重要作用以及對宮廷製玉技術的深遠影響。

六、乾隆帝與鏟玉技術之實踐

平七在宮廷傳授鏟玉技術的同時，也伴隨著乾隆皇帝對鏟玉技術實踐的推動。在內務府造辦處活計檔中，我們發現了大量有關乾隆皇帝命令鏟做玉器活計的記錄，顯示出他對這種新的玉器製作技術的興趣和認知，並加以推動的過程。

乾隆四十四年正月初九日，「員外郎四德、五德來說，太監厄勒裡傳旨：傳與全德、舒文，交蘇州現做宴盤、宴碗、鐘，亦照旋做之法鏟做，又省材料，可以多得，欽此。」

26

這是一條相當重要的材料。此時平七剛剛到達造辦處並開始鏟做玉器。「又省材料，可以多得」一語道出了乾隆皇帝關注並推動鏟玉技術在宮廷玉器製作中應用的初衷，想必乾隆皇帝已經和平七有過接觸，詢問過鏟玉技術的具體細節，對鏟玉的優勢已經有了一定的認識。在這裡，乾隆皇帝只是指示蘇州織造而不是其它別的地方將成做的盤、碗等用鏟玉法鏟做，完全是掌握鏟玉技術的平八還在那裡的緣故。這是乾隆帝第一次明確指示造辦處以外的地方使用鏟玉法製作活計，蘇州後來為宮廷製作的玉盤、碗、碟、鍾等器皿極有可能多是採用鏟玉法製作的。儘管平八沒有北上宮廷，但他仍擺脫不了為宮廷服務的命運。

而在北京宮廷中，平七和朱雲章在教授家內玉匠和學手玉匠鏟玉技術的同時，也為宮廷製作相應的活計。乾隆皇帝對鏟玉似乎很著迷，在平七等到達北京之前，就已經作了相當的準備，甚至有可能讓造辦處的玉匠先行試驗。四十三年「十二月二十二日，太監鄂魯裡交山料玉四十七塊、青玉子二塊，重三百八十三觔十四兩，傳旨：交啟祥宮分別等次畫樣呈覽，欽此。隨將山料玉石內挑得四塊，做群膳碗一件、點心高頭盤一件、看盒鍾二件、果鍾一件、大酒鍾一件，遵旨：交造辦處。將先交出應旋盤、碗、鍾、碟做得時，再接鏟此項。欽此。」²⁷此項活計於四十四年正月十二日發給如意館成做，並明確指示使用鏟玉技術，這是在宮廷內最早的成批鏟製玉器的實踐。

平七等到達北京後，乾隆皇帝更是不斷下達鏟製玉器的指示，表二是造辦處《各作成做活計清檔》中記載的乾隆四十四年如意館在乾隆授意下鏟製玉器的具體情況。

表二：乾隆四十四年造辦處如意館鏟製玉器活計情況

編號	記錄時間	交辦時間	鏟製活計內容	出處
1	二月初八	正月初十日	太監鄂魯裡交：山料玉三十一塊、青玉子二塊，共重四百四十五斤四兩，傳旨：交啟祥宮分別等次畫	《總匯》第42冊頁656，乾

²⁶ 《總匯》第42冊，頁602，乾隆四十四年正月「行文」。

²⁷ 《總匯》第42冊，頁654，乾隆四十四年正月「如意館」。

			樣呈覽，欽此。隨挑出山料玉三塊，內一塊重七十五斤，畫點心高頭盤二件、蘇糕鮑螺碗一件、小菜碟二件；一塊重三十二斤，畫群膳碗一件、佛手果鍾一件；一塊重三十八斤，畫群膳碗一件，呈覽奉旨：留啟祥宮鑄做，欽此。	隆四十四年二月「如意館」。
2	二月初八	正月十二日	太監鄂魯裡交：山料玉三十七塊，共重九百二十斤，傳旨：交啟祥宮分別等次畫樣呈覽，欽此。隨挑出山料玉三塊，內一塊重一百三十七斤，畫像耳漢瓶一件；一塊重七十斤，畫酒膳盤三件、小菜碟二件；一塊重四十六斤，畫群膳碗二件，呈覽奉旨：象耳漢瓶交兩淮鹽政伊齡阿成做，宴盤、碗、碟留啟祥宮鑄做，欽此。	《總匯》第 42 冊頁 655，乾隆四十四年二月「如意館」。
3	二月初八	正月十三日	鄂魯裡傳旨：啟祥宮鑄做玉盤、碗打砂鑽看，造辦處將鑽心打得，交啟祥宮鑄做，欽此。	《總匯》第 42 冊頁 663，乾隆四十四年二月「如意館」。
4	四月十一 日	三月二十九 日	將四十三年十一月二十二日交來青白玉盤三件、玉盤坯一件，今將玉盤坯鑄得，取下盤裡腔鑽心一件，擬做拱璧。	《總匯》第 42 冊頁 686，乾隆四十四年四月「如意館」。
5	四月十一 日	三月二十九 日	將正月初四日遵旨交下木碗樣一件，著挑玉鑄做碗二件。欽此。	《總匯》第 42 冊頁 686，乾隆四十四年四月「如意館」。
6	五月十八 日	五月初八日	將鑄得青白玉外洗裡堂得碗一件，將外洗擬做碗一件，畫紙樣一張，碗裡堂未鑄得鑽心，擬做小菜碟一件，畫得紙樣一張，呈覽，奉旨：照樣准做，欽此。	《總匯》第 42 冊頁 695，乾隆四十四年五月「如意館」。
7	五月十八 日	五月初九日	將鑄得淮關進到鑽心，青白玉碗一件得鑽心一件，將鑽心擬做小碟一件，畫得紙樣一張，呈覽，奉旨：照樣准做，欽此。	《總匯》第 42 冊頁 696，乾隆四十四年五月「如意館」。
8	十一月初 二日	十月十八日	將鑄做大酒中一件，裡堂取出鑽心一件，擬做素杯一件，在玉上畫得墨道，隨紙樣一張，酒鍾外身仍鑄做，交太監鄂魯裡呈覽，奉旨：照樣准做，欽此。	《總匯》第 42 冊頁 720，乾隆四十四年十一月「如意館」。
9	十一月初 二日	十月二十日	鑄做青白玉小碗，裡堂取出鑽心一件，擬做小碗一件，畫得紙樣一張，碗外身仍鑄做，交鄂魯裡呈覽，奉旨：照樣准做，小碗心取出時再畫樣呈覽。欽此。	《總匯》第 42 冊頁 725，乾隆四十四年十一月「如意館」。

從上表不完全的記載來看，乾隆四十四年可以說是乾隆皇帝對鑄玉技術投入精力和關注最多的一年，所鑄製的器物種類包括玉盤、玉碗、玉碟、玉酒鍾等，正是這一時期

需求量極大的品種。在這一年中，僅造辦處啟祥宮內如意館「自乾隆四十四年正月至十一月底止，除現鏹玉盤、碗等器二十件外，陸續鏹得呈進過玉碗九件、玉盤二件、小件玉器活計三十件。」²⁸完成的鏹製玉器數量多達 40 餘件。而此後隨著鏹玉工匠學習過程的完成，操作熟練程度不斷提高，鏹製的活計也越來越多，「自乾隆四十四年十二月至四十七年四月底止，除現鏹做鋤做白玉大碗等器十二件外，呈進過盤、鍾、碟十九件，小件活計六十五件。」²⁹完成鏹製玉器數量更高達 84 件。「自乾隆四十七年至五十年三月底止，除現鏹做白玉碗、鋤做皮糙玉蒼龍觥、青白玉寶等器十二件外，陸續呈進過玉瓶、盤、碗等器大小件活計三百四十八件。」³⁰數量之大，為前所未有的。

除了前述乾隆皇帝諭令蘇州織造在製做宴盤、宴碗、鍾等器物照旋做之法鏹做之外，從清宮活計檔的記載可知，鏹玉技術亦為其它為宮廷製作玉器的地方工匠所掌握。乾隆六十一年（嘉慶元年）二月「十五日，接得員外郎福慶等押帖，內開二月十二日太監鄂魯裡交青玉奶茶碗一件、鍾一件，傳旨：交如意館挑玉，照交下碗、鍾各配做六十件，欽此。隨挑得綠玉子二塊、山料玉十六塊，計重一千二百三十四斤，在玉上畫得粉道，交太監額魯裡呈覽，奉旨：著將碗一件、鍾一件交兩淮鹽政蘇楞額，照原樣鏹做，得時刻款，一併發來，欽此。於二年三月二十七日兩淮送到玉奶茶玩六十件、鍾六十件，原樣二件，呈進，交廣儲司訖。」³¹這說明至少在嘉慶元年，揚州兩淮鹽政僱用的玉工已經利用鏹玉技術為宮廷製作玉碗等器皿，而且效率極高，在一年之內竟將一百二十件器物全部完成。至此，為宮廷製作玉器最主要的三個機構造辦處如意館、蘇州織造、兩淮鹽政都全面掌握了鏹玉技術，並應用到玉器製作實踐之中。

經過幾年的推動，鏹玉技術得以在宮廷扎根，成為清宮玉器製作技術的重要組成部分，並通過此項技術製作了大量玉器器皿，這一局面的形成與乾隆皇帝對鏹玉技術的著力推動是分不開的。

七、結語

蘇州鏹玉匠平七於乾隆四十四年正月到達北京宮廷，經過整整一年的服務，為宮廷培養了一批掌握了鏹玉技術的工匠，並利用此技術製作了大量宮廷所需的宴碗、盤、碟、鍾等器皿。期間鏹玉這種原本屬於民間的私家絕技為宮廷所掌握並利用，豐富了宮廷玉器製作技術的內容。平七在北京宮廷的技術培訓只是檔案記載下來的一個特例，而且幸運的是其歷史過程可以得到比較全面的還原，這對宮廷玉器歷史研究而言不能不說是一件幸事。通過此一事件，不但使我們更為深入地瞭解和認識宮廷玉器生產製作的真實圖

²⁸ 《總匯》第 44 冊，頁 4，乾隆四十五年二月「行文」。

²⁹ 《總匯》第 45 冊，頁 402-403，乾隆四十七年五月「行文」。

³⁰ 《總匯》第 48 冊，頁 262-263，乾隆五十年九月「行文」。

³¹ 中國第一歷史檔案館藏，《各作成做活計清檔》微卷號 154 盒，乾隆六十一年二月「行文」。

景和面貌，甚而對宮廷技藝和技術的特性及其與民間技藝和技術的互動關係也會有所認知。

從某種程度而言，宮廷藝術可視為同時代藝術的代表和最高水平。其中原因除了宮廷諸多的政治、經濟優勢外，對民間技藝和技術的善加利用亦為重要因素。清宮造辦處集合了當時全國最優秀的工匠，將各地富有特色的技藝囊於其中。清宮造辦處不單單是成做宮廷御用器具和技術實施的場所，同時也是技術彙集和傳播、交流的場所。而清宮眾多的工藝技術相當多地來自於以蘇州為中心的江南地區，這些技藝是如何進入宮廷的視野，進而成為宮廷技藝的一部分，蘇州鏟玉技術向宮廷的傳播提供了一個極好的範例。

與普通玉匠不同的是，平七是擁有獨門技藝的工匠。這使我們注意到，由於宮廷和民間處於截然不同的位置，它們對於保有某項技藝的態度也是截然不同的。在民間，家族內部相承的絕藝秘技是個人和家族獲得生計的獨佔性資源，當然不願意外傳，不願與人分享。而宮廷為了獲得符合自己品味和要求的產品，必須要有技術的強力支持，這些技術絕大多數來自於民間。一旦雙方有所交集，民間技藝的獨佔性也就受到了挑戰，此時政治權力就會發生作用，重心往往會偏移向宮廷一方。乾隆皇帝通過蘇州織造調取平七到北京傳授技藝，就是這種模式的形象演示。僅僅是因為「既系工作圖利，在蘇在京大概相仿」這樣簡單的理由，平七兄弟的家傳絕技的秘密性和獨佔性便被剝奪。當他從北京回到蘇州的時候，北京宮廷和蘇州的鏟製玉器製作已經展開。幾年以後揚州兩淮鹽政也利用此技術鏟製了大量玉碗和玉鐘。原來只有他和弟弟二人才擁有的鏟玉技術在一定程度上已經變成公共技術的一部分，秘不示人的家族絕技已經不復存在。

平七在北京服務一年後，並沒有和其他應召的玉工一樣繼續留在宮廷，成為御用工匠，而是加恩回籍，回復到原來的狀態。他真的能回復到原來的狀態嗎？站在宮廷的角度，平七的宮廷之行使造辦處的玉器製作技術更為豐富和完滿，但站在平七的角度，可以說是赤裸裸的剝奪。這和同時期西方宮廷對那些擁有專有技藝的工匠之權益給以相當的尊重相比，確有著天壤之別。這也為我們關於中西宮廷之間工藝技術和工匠的比較研究提供了進一步思考的維度。不過，這已經不是本文討論的議題了。

Qi PING and the Transmission of Technique for Lathing Jade in the Qing Court

GUO Fuxiang*

Abstract

Jade carving in China reached its another peak during the Qianlong reign (1736-1795). The emergence of the peak was determined by various factors, such as the Qing government's gaining tight control of jade sources in Xinjiang which ensured an adequate supply of raw jade. Another reason was the demand for luxury furnishings increased with the construction of royal palaces and gardens. Among those factors, the development of jade carving workmanship is essential. During the Qianlong era, the officials constantly selected master jade craftsmen from areas south of the Yangtze River, such as Suzhou, to serve in the royal workshops in Beijing. Those craftsmen disseminated their techniques to the court by technical consultation and personnel training. Thus, local jade carving techniques were integrated into the techniques in the royal workshops. It helped to improve the technical level of jade carving in the court. Due to lack of information, it was difficult to gain a specific and clear understanding about the details how the craftsmen from areas south of the Yangtze River imparted their techniques in Beijing. The discovery of archives relevant to Qi Ping, a craftsman from Suzhou, provided an exemplification. Based on archives of the Qing Court, a comprehensive discussion of the transmission and application of technique for lathing jade in the Qing court was made in this paper, which had rarely been discussed before. I hope it could be helpful for filling the gap in this aspect in the study of Chinese jade history.

* Curator, Palace Museum, Beijing

明後期鍛造大將軍炮的金相學研究案例

鄭巍巍^{*}、莊子哲雄^{**}、張建華^{***}、徐健^{****}、鍾祥玉^{*****}

摘要

明後期鍛造火炮的興起是明代火炮技術發展的特點之一。對於鍛造火炮在明後期戰爭中的使用，以及火炮的鍛造技術，部分學者做了初步的挖掘和研究。然而，火炮的金屬組織研究至今沒有受到足夠的重視，火炮的金相組織和化學成份分析等領域的研究，至今仍有很大的空間。由於古文獻對鍛造技術的記錄有限，僅僅依賴對文獻的解讀，很難詳細了解鍛造火炮技術的細節。本研究嘗試通過對明後期鍛造的大將軍炮的金相組織分析和金屬成分分析，評價鍛造火炮的金屬質量，并嘗試從上述分析結果詮釋製造工藝的一些細節。

本研究以保存並展示在山西藝術博物館的明後期鍛造大炮作為研究對象，對其金相組織和化學成分進行了分析，評價火炮材質，並詮釋在製造工藝的一些細節。

對火炮取樣時，使用手攜式研磨機，在炮口和炮尾選定兩個點研磨，并收集研磨下來的粉末用於化學成分分析。然後在同樣的兩個點做鏡面拋光，觀察其金相組織。除此之外，在火炮的炮口方向數第四個炮箍上取了一小塊切片，在實驗室做了 SEM 和 EDX 觀察。炮口和炮尾兩個點的化學成分如下：碳：0.16-0.26 mass%，硫：0.05-0.18 mass%，磷：0.18-0.20 mass%，硅：0.07-0.23 mass%。炮箍樣品的化學成分是：碳低於 0.02mass%，硫：0.07mass%，磷：0.26mass%，硅：0.55mass%，錳：0.04mass%，氧：1.37mass%，鋁：0.02 mass%。火炮的金相組織顯示其晶粒大小不均。結合從炮身採樣粉末的化學成分來判斷，其金相大部份為鐵素體，一部分是珠光體（碳素量是 0.16mass% 時，估算珠光體占 11%，而碳素量是 0.26mass% 時，珠光體的比例為 25%）。因在炮身打磨和鏡面拋光的效果不夠好，從現場拍攝的金相組織照片中無法分辨鐵素體和珠光體。

* 日本京都同志社大學

** 東北大學未來科學技術共同研究中心教授

*** 山西省藝術博物館館長

**** 東北大學

***** 山西省藝術博物館

炮籠的金相組織顯示鍛造過程形成的層夾雜物。通過使用掃描電鏡和 X 射線光電子能譜儀對樣品中的夾雜物進行分析研究，定性的評價火炮的鍛造質量。夾雜物的成分分析提示的信息，可更深入的了解並驗證古文獻對鍛造工藝的記錄，並彌補其記錄不詳等不足之處，更全面的了解和評價那個時代的火炮的鍛造技術。

本研究嘗試通過明代鍛造火炮研究案例來說明金屬材料研究方法的重要性，以及這種方法對理解古文獻記錄技術的幫助。

關鍵詞：鍛造火炮、金相組織、掃描電鏡、X 射線光電子能譜儀、化學成分、夾雜物、製造技術

一、序言

鍛鐵是冶金技術中的一個重要部分，對農業、經濟、軍事的發展起了重大作用。鍛造大砲從其材質精煉到鍛造的工藝反映出古代鍛鐵技術的特點。本文以明後期的一門鍛造大將軍砲為案例，通過分析金相組織和夾雜物，了解其工藝過程。本文在進入金相分析之前，首先簡述火砲技術發展的階段和“舍鑄務鍛”以了解鍛造大將軍砲在火砲史出現的時期和產生的背景。接著列舉了鍛接技術的基本史料，提出有待了解的問題點，作為金相解析分析的鋪展。

(一) 火砲技術的發展階段

中國的火砲製造技術經歷了青銅砲鑄造、鐵砲鑄造、鍛造等階段。在各個階段都有出土的火砲實物來旁證該時代的製造技術。比如最早金屬管火砲可以追溯到元代，出土火砲有被認為是 13 世紀後期製造的黑龍江半拉城子青銅火銃¹和 1298 年大德二年的有銘青銅火砲²。永樂時期明廷製造了大批量的青銅火銃³，青銅火器進入了鼎盛時代。現保存在 Woolwich 博物館的十四世紀的鑄鐵火銃⁴展示鑄鐵火銃時代的開端，明早期出土的鑄鐵火銃⁵，則敘述火銃的製造開始由青銅時代向鑄鐵時代的過渡。1377 年洪武十年大砲⁶的製造則預示火砲製造向大型鑄鐵火砲發展的趨勢。然而，由於鑄鐵質量不過關，

¹ 魏國忠，〈黑龍江省半拉城子出土的銅火銃〉，《文物》，1973 年 11 期，頁 52-54。

² 鍾少異、齊木德道爾吉、王兆春、楊泓，〈內蒙古新發現元代銅火銃及其意義〉，《文物》，2004 年 11 期，頁 65-67。

³ 有馬成甫，《火砲の起源とその傳流》(東京：吉川弘文館，1962)，頁 117-124。

成東，〈明代前期有銘火銃初探〉，《文物》，1988 年 5 期，頁 68-79；王兆春：《中國軍事科技通史》(北京：解放軍出版社，2009)，頁 74-78。

⁴ Joseph Needham, *Science and Civilization in China, Vol.5:Chemical and Chemical Technology. Part7: Military Technology: The Gunpowder Epic*(Cambridge: Cambridge University Press,1986), pp.297-299.

⁵ 史寶珍，〈鎮江出土的明代火器〉，《文物》，1986 年 9 期，頁 91-94；王兆春，《中國軍事科技通史》(北京：解放軍出版社，2009)，頁 166-172，談及竹節砲和牛腿砲以其特徵，推測製造年代。

⁶ 有關洪武大砲的先行研究：周緯，《中國兵器史稿》(北京：三聯出版社，1957)；胡振祺，〈明代鐵砲〉，《山西文物》，1982 年 1 期；劉旭，《中國古代火砲史》(上海：上海人民出版社，1987)；成東、鐘少異，《中國古代兵器圖錄》(北京：解放軍出版社，1990)；楊泓主編，《中國軍事百科叢書—古代兵器分冊》，(北京：軍事科學出版社，1991)；王兆春，《中國火器史》，(北京：軍事科學出版社，1991)；王兆春，《中國軍事科技通史》(北京：解放軍出版社，2009)；鄭巍巍，〈明代初期的火砲技術和制度初探〉，*Global Studies of Doshisha University, Vol.2* (2012), 頁 41-68。Thomas T. Read, “The Early Casting of Iron, a Stage in Iron Age Civilization,”

火砲發射時容易爆裂，從而使得青銅火銃的數量再度呈現上升趨勢，如成化年間青銅火銃的製造號碼最大至貳千貳伯捌拾貳號，⁷嘉靖以及萬曆初期明廷亦製造了大批量的青銅砲，⁸出現了所謂的青銅器的第二青銅時期。⁹嘉靖後期至萬曆中期戰事頻繁，如嘉靖大倭寇、萬曆三大征，由於明代財政狀況日益低下，青銅火砲造價昂貴，這一時期出現了大批鍛鐵火砲，亦即「舍鑄務鍛」現象，¹⁰最具代表性的火砲有葉公砲、滅虜砲、威遠砲。歐洲早期火砲也採用熟鐵鍛造和銅鑄，¹¹十六世紀前期，隨著葡萄牙船隻進入東亞，帶入的火器全部為銅鑄或鍛造，其中以佛郎機最為代表。¹²明後期鍛造火砲的盛行，與西洋鍛造砲的傳來不無關聯。明末面對後金威脅與內部民變，明廷對火器的倚重愈發明顯，曾一度從廣東沿海的歐洲沉船中打撈重型前裝滑膛火砲紅夷大砲，¹³其威力遠超過前述的鍛造大砲。此後，明軍在薩爾滸之役幾乎全軍覆沒，在徐光啓等的倡導下仿製鑄造紅夷大砲，鑄鐵大砲取代鍛鐵砲而在明末戰爭中發揮重要的作用。

以上簡單地敘述了元明時代火砲製造經歷的幾個階段。火砲發展一方面有各歷史時期內部戰亂以及外部文化衝擊下技術交流的影響，而另一方面，更直接的反映了各時代青銅和鋼鐵技術的水平。本研究側重於嘉靖後期至萬曆中期以鍛造火砲為主流的舍鑄務鍛階段，通過詳細分析一門這一時期鍛造大砲的金相組織等，在了解其鍛造技術工藝的基礎上，結合資料記載進一步解讀技術上的一些細節問題。

(二)「舍鑄務鍛」的背景

有關明後期舍鑄務鍛的背景，對葉夢熊等應用熟鐵砲的史學資料學界已經有比較深入系統的挖掘，從一定程度詮釋明後期應用熟鐵砲的戰事、種類、數量等具體的情形，並且詳細梳理了鍛造技術的相關史料。¹⁴為便於說明脈絡，在此簡要重述。

GR(1934),24:544；Goodrich, L. Carrington, “Note on a few Early Chinese Bombards”, *ISIS*, 1944, 35: 211; Sarton, G, “Query No.105. A Chinese Gun of +1378?” *ISIS*, 1944, 35:177.

⁷ 成東，〈明代前期有銘火銃初探〉，《文物》，1988年5期，頁78。

⁸ 成東，〈明代後期有銘火銃初探〉，《文物》，1993年4期，頁80。

⁹ 李弘祺，〈中國的第二青銅時代—為什麼中國早期的砲是用青銅鑄的？〉，《臺大歷史學報》，第36期(2005.12)，頁1-34。

¹⁰ 鄭誠，《明代後期的火器與築城》（北京：中國科學院自然科學史研究所博士論文，2012年5月），頁33-77。

¹¹ 有馬成甫，《火砲の起源とその傳流》（東京：吉川弘文館，1962），頁335-469，歐洲早期火砲的事例參考。

¹² 周維強，《佛郎機銃在中國》（北京：社會科學文獻出版社，2013）。

¹³ 黃一農，〈歐洲沈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》，七十五本三分(2004)，頁573-633。

¹⁴ 鄭誠，《明代後期的火器與築城》（北京：中國科學院自然科學史研究所博士學位論文，2012年）。

萬曆二十五年(1597)前後，副總兵王鳴鶴在《帷間問答》中提出：

夫火器之用，無間古今，無間攻守，其種實多，如發熒，即神機，大將軍，二將軍，三將軍，威猛無敵，破敵可成血路，攻城可使立碎。古惟銅鐵鑄成者，自廣東葉軍門始以熟鐵打造，較鑄者遠矣。¹⁵

趙士楨(1553-1611)在《神器譜或問》亦提出的疑問：

或問，近日大小神器，易銅為鐵，捨鑄務鍛，猶然不堪，此何以故？¹⁶

文献中提出了由鑄鐵砲向鍛鐵砲的轉折及其原因，即鑄鐵砲不堪其用。對此，有學者嘗試從火藥效力的角度來論述從粒狀，粉狀火藥對火砲發射威力的影響，挖掘了明代開始火藥製粒的史料。¹⁷同時對明代熟鐵火器製造工藝，熟鐵冶煉技術的文獻，先行研究做了較全面的梳理，¹⁸對務鍛的具體技術有一定的了解。

(三) 務鍛技術研究中遺留的疑問

那麼，對明代的鍛造技術，仍存在那些疑問呢。鍛造火砲工藝從大的分類看有兩個階段，精煉熟鐵和鍛造砲筒，其他還有旋銑砲膛等技術，在此不做論述。對精煉熟鐵工藝，各種文獻中有多種記述。如《神器譜》「神器雜說」曰：

製銑須用福建鐵，他鐵性燥，不可用。煉鐵，炭火為上。北方炭貴，不得已以煤火代之，故逆炸常多。鐵在爐時，用稻草戳細，雜黃土，頻洒火中，令鐵尿自出。煉至五火，用黃土和作漿，入稻草浸一二宿，將鐵放在漿內，半日取出再煉，須煉製十火之外。生鐵十斤，煉至一斤余，方可言熟。¹⁹

以《祝融佐理》〈錐擊鐵銑說〉曰：

用鐵以福建為上，煉鐵以炭火為上。煉鐵至五火，用黃土和作漿，入稻草，浸一二宿，將鐵放在漿中半日，取出再煉至十火。荒鐵十斤，煉至三斤為熟。²⁰

在《火攻挈要》〈製造狼機鳥銑說略〉有如下記述：

¹⁵ 馮應京輯，《皇明經世實用編》，(收入《四庫全書存目叢書》，萬曆三十一年刻本)，《四庫全書存目叢書》史部第267冊，卷16，頁54a(324)。

¹⁶ 趙士楨，《神器譜或問》，(收入《玄覽堂叢書》，國立中央圖書館出版)，第八十六冊。

¹⁷ 鑄鐵砲和鍛鐵砲為甚麼未能充分發揮效力？這與火砲的結構設計、內膛的加工工藝以及士兵的操作技能都有密切的關係，因涉及範圍太廣，本文對此不作討論。

¹⁸ 《神器譜》(1598)鳥銑製造法，《利器解》(1600)威遠砲製法多受矚目。熟鐵冶煉技術則多集中于《武編》、《湧幢小品》、《神器譜》、《天工開物》、《廣東新語》、《春明夢餘錄》、《火攻挈要》(1643)、《武備志》。

¹⁹ 趙士楨，《神器譜》(《玄覽堂叢書》影印萬曆二十六年刻本)，〈神器雜說〉，頁24b-25a。

²⁰ 何良燾，《祝融佐理》，上海圖書館藏道光抄本。

大銑宜用銅鑄，小銑宜用鐵打，其鐵用閩廣者佳，但打銑全在煉鐵極熟，卷筒全要煮火極到……煉鐵炭火為上，但北方炭貴，無奈用煤，燒鐵在爐，時用稻草剷細，搥好黃土，憑洒火中，令鐵汁自出。煉至五火，用黃土和水佐漿，入細稻草，浸一二宿，將鐵放在漿內，泡沃半日，取出再煉至十火之外。必須生鐵十觔，煉至一觔之時，方可言熟。²¹

熟鐵煉就之後的鍛造工藝，如下記載如《天工開物》中記述：

凡鐵性逐節粘合，塗上黃泥於接口之上，入火揮槌，泥淳成柵而去，取其神氣為媒合，膠結之後，非灼紅斧斬，永不可斷也。²²

精煉後的熟鐵如何鍛造砲筒？如《祝融佐理》〈錐擊鐵銑說〉：

先較成銑者若干，分作九節，節者一尺二三寸。闊照銑口空徑，周牆定數，仍記前後厚薄斤兩派定，每節先打鐵刺八片，合成鐵瓦四塊。然後用口徑鐵棒長三尺，將鐵瓦圍上，左右包裹如筍殼。要燒極熟，先打中節，兩頭調打。以鐵棗過之，口撞擊之，有缺處補之，多處鑿之，待後平接，又用鐵撞，即於火內接撞。²³

《守圉全書》(1636)〈火攻要言〉這樣描述鍛造火砲的過程：

打熟鐵大砲，須用煉鐵打成瓦，第一層厚五六分，卷成筒，二層三層四層，加厚至兩寸為止。²⁴

總結上面的記述可知，打造火砲時首先將精煉的熟鐵打成八片，合成鐵瓦四塊，像竹筍葉般圍在中子外面，燒至極熱，鍛打使鍛接面熔合。如此作業至砲長。一層鍛接完後，在外面層層重疊鍛接累計四層至兩寸厚。可見每片的厚度大約半寸。《祝融佐理》和《守圉全書》中未詳細提及鍛接面的詳細工藝，其鍛接面應如《天工開物》錘鍛所描述，「塗上黃泥於接口之上，入火揮槌，泥淳成柵而去」，這樣才能使鍛接面熔為一體。

從整個工藝看，火砲用材質的熟鐵精煉有如下鍵詞：「黃泥和水作漿」，「入細稻草、浸泡」，「令鐵汁自出」，「泥淳成柵而去」。而鍛接工藝中亦需要塗抹「黃泥」。那麼，古代鍛造工藝中，為甚麼使用黃泥漿和稻草？黃泥漿為甚麼和細稻草相配使用？「鐵汁自出」和「泥淳成柵而去」這一現象如何產生？黃泥漿和細稻草又發揮了怎樣的功效？

²¹ 湯若望授、焦勸述，《火攻掣要》(海山仙館叢書本，《中國科學技術典籍通彙 技術卷》，第五冊)，卷上，頁 25a-b(1294)。

²² 宋應星，《天工開物》，卷十，〈錘鍛〉。

²³ 何良燾，《祝融佐理》，上海圖書館藏道光鈔本。

²⁴ 韓霖，《守圉全書》(《四庫禁毀書叢刊補編》第 32 冊)，卷 3 之 2，頁 51(609)。

對黃泥漿的功效，有學者認為是用黃泥漿作為造渣溶劑，²⁵有學者認為是和氧化鐵皮形成低熔點液態硅酸鹽，被擠出接縫。²⁶有學者針對這樣的研究現狀總結說：「前人的解釋不一，或認為是幫助氧化；或認為係造渣溶劑，并避免過度氧化。後說近是，黃土成分不詳，化學反應過程仍不明瞭。」²⁷可見學界對這一問題雖有關注，多數停留在推測的程度，缺少實證研究。

作為歷史文獻研究的輔助手段之一，²⁸本研究嘗試從金屬學研究的角度，通過一例明代鑄造火砲材質的案例研究，在詳細分析鑄造大砲的金屬成分和金屬組織的基礎上，調查夾雜物的成分和構成，以及稻草和黃泥在鑄造過程中發揮的效應，以現代材料解析手段來解讀鑄造工藝中這些至今仍未深入探討的一些細節問題。

二、研究對象

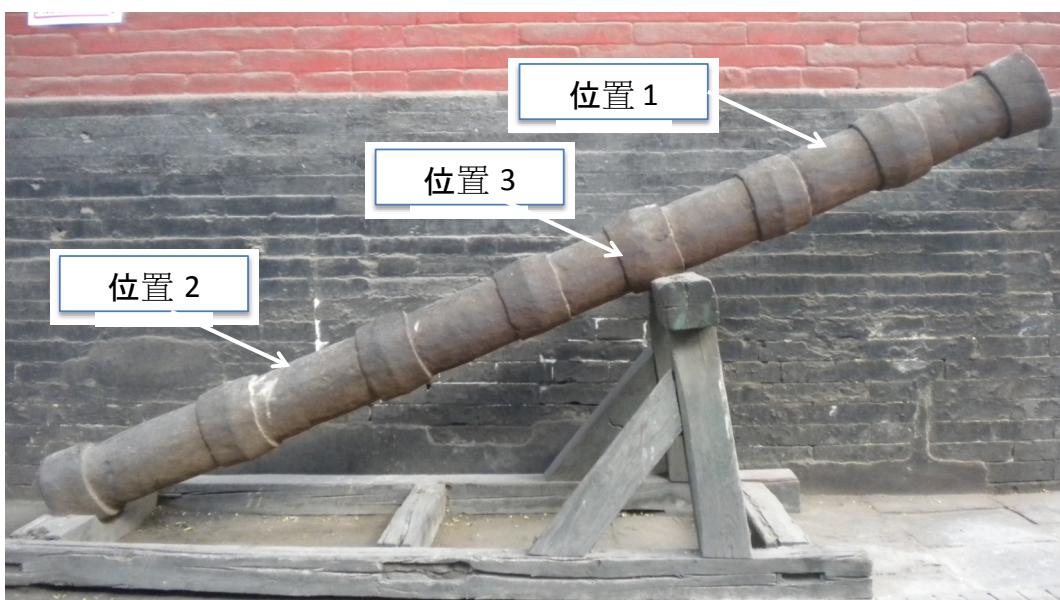


圖 1 明後期的大將軍砲

圖 1 所示的大將軍砲現展示在山西藝術博物館，砲身長 2.6m，外徑 20cm，內徑 9.5cm，砲身有 8 道箍，屬前裝式滑膛砲。從砲身外觀看，留有明顯的鍛造痕跡。在砲身上有 8 個鐵箍，砲箍亦屬鍛造，部分砲箍有層狀剝落。砲身沒有銘文，因此確切的製造年代不詳。根據砲身長度與內徑比可推斷，此砲應是佛郎機和鳥銃傳入明代之後，明人有了砲

²⁵ 何堂坤，《中國古代金屬冶煉和加工工程技術史》（太原：山西教育出版社，2009），頁 577。

²⁶ 楊寬，《中國古代冶鐵技術發展史》（上海：上海人民出版社，2004），頁 283。

²⁷ 鄭誠，《明代後期的火器與築城》（北京：中國科學院自然科學史研究所博士學位論文，2012 年 5 月），頁 71。

²⁸ 周維強博士亦強調在火器研究中，應用輔助學科方面還有很大的發展空間。

身長而射程遠的概念後製造的，如鄭若曾強調腹長與射程以及發射力度的關係：「夫透重鎧之利，在腹長。腹長，則火不泄，而送出勢遠有力」。²⁹據資料介紹，此砲是與洪武十年大砲、萬曆二十二年長身多箍砲、崇禎十一年紅夷砲，以及未鑄年款的牛腿砲等，在拆除太原南城牆時發現的。³⁰部分學者認為牛腿砲與牛鞭砲同屬明初製造的火砲。從上述同時出土的火砲的年代來推測，此砲應為萬曆至崇禎年代的製品。並且，在明後期舍鑄務鍛的時期，葉夢熊曾把薊鎮配備的佛郎機子銃改裝為長六尺(192cm)前裝熟鐵砲，³¹其長度與圖1的鍛鐵大砲非常接近。此砲極有可能是明後期鍛造的熟鐵砲之一。

那麼，那一時期是否具備在地方鍛造火砲的可能性呢？由於明代對火器製造管理異常嚴格，火器一般由內府統一製造、調發、使用。³²火器的製造由內府兵仗局掌管，在外不許成造。如《續文獻通考》有曰：

凡火器，係內府兵仗局掌管，在外不許成造。其銅鐵手把銃，碗口銃，邊關奏討及添造，必須鎮守巡撫等官共同會議，該用數目明白，奏准鑄造給用。³³

然而自十五世紀中期至十六世紀初期始終存在一些特例。如在宣府邊沿，楊洪(1381-1451)曾請朝廷允許自造兵器以應急。

凡軍器皆然惟火器最要，朝廷恐其傳習者多，不許邊方自造。然京庫關領者多有不堪而臣前在獨石，亦蒙朝廷許以自造，乞如前例自造應用。³⁴

楊一清(1454-1530)記《放演火器事》有曰：

中國製禦夷狄，惟火器最長……近年虜人不甚畏之。惟大將軍二將軍三將軍，諸銃力大而猛……市鐵募工於固原鑄造，如二將軍式，分發邊城營堡各數枚，俟賊大舉入寇，攻城札營，以此擊之。當不戰而退，後邊城所在肄習，用以為常。³⁵

根據以上的案例或許可以推測，在成化年間，宣府等邊塞要地已經出現了市鐵募工

²⁹ 鄭若曾撰，李致忠點校，《籌海圖編》(北京：中華書局，2007)。

³⁰ 胡振祺，〈明代火砲〉，《山西文物》，1986年5期，頁57。

³¹ 鄭誠，《明代後期的火器與築城》，(北京：中國科學院自然科學史研究所博士學位論文，2012年5月)，第二章，舍鑄務鍛。

³² 「武庫掌戎器、符勘、尺籍、武學、薪隸之事。凡戎器，守衛邊鎮有征行，准諸司移工部請給，火器請內府。凡使人出邊關，必驗勘合。凡制敕調兵，必比堪合。堪合皆出內府。」孫承澤，《春明夢餘錄》(臺北：臺灣商務印書館，19??)卷42，〈兵部〉一，頁804。

³³ 《續文獻通考》(臺北：臺灣商務印書館，1983-1986，《景印文淵閣四庫全書》)，卷166，〈兵考〉，頁3074。

³⁴ 陳子龍等編，《皇明經世文編》，卷57，〈楊穎國武襄公奏疏·邊備五事〉，頁453-454。

³⁵ 陳子龍等編，《皇明經世編》，卷118，〈石淙文集〉五，頁1128。

自造火器的現象。在地方出現危機或緊急情況下，經批准後允許市鐵募工自造火器。本研究對象的鍛鐵大砲極可能就是在這樣的背景下，在鐵礦和煤炭資源均較豐富的山西地區由地方軍隊市鐵募工而打造的。

三、大將軍砲的取樣步驟

下面介紹大將軍砲取樣過程以及方法。為減小對砲身的磨損，作為一個嘗試，我們選擇砲口和砲尾兩個位置對其進行原位觀察，在所選位置表面打磨直徑 1 cm 左右的圓形，進行鏡面拋光後，直接在砲身上觀察其金相組織。並收集研磨下來的粉末進行化學成分分析。其具體步驟如下所述。

為了比較砲身不同位置化學成分和的金相的異同，本試驗在砲身選擇砲口和砲尾兩個位置進行觀察。砲口處選擇在從砲口端開始的第二與第三個箍之間（位置 1），砲尾處則選擇在接近砲尾的藥室附近（位置 2）。在大砲表面，對這兩點進行研磨、拋光、腐蝕後，使用光學顯微鏡觀察其金相組織。

在所選擇的觀測點，使用回轉式研磨機（Emax Evolution, NAKANISHI）和超高速鋼砂輪（Tx 06 Minitor Co., Ltd）研磨表面，使之光滑。同時用磁鐵吸附研磨下來的粉末，用於化學成分的分析。根據收集粉末的重量和研磨面積可計算出研磨深度，也就是金相組織觀察面距表面的深度。計算結果如表 1 所示。其中位置 2 研磨了兩次。

表 1：各觀測點的粉末重量和研磨深度

粉末		粉末重量(g)	研磨深度(mm)	觀察面深度 (mm)
大將軍砲	位置 1 (砲口)	0.25	0.18	0.18
	位置 2 (砲尾)	0.22	0.16	0.28
		0.16	0.12	

表面研磨平整後，使用回轉式研磨機逐次打磨表面至 2000 號水砂紙，最後用鑽石研磨膏 $1/2\mu\text{m}$ ，拋光直至觀測面成為鏡面。

拋光完成後，使用脫脂棉浸透 4% 的硝酸酒精侵蝕液輕輕擦拭表面，對表面進行蝕刻，以便觀測金相組織。

使用便攜式光學顯微鏡(DG-3 x , SCALAR 社製，倍率 25 倍~200 倍)觀測金相組織，並且記錄金相照片和放大倍數。

完成金相組織觀察後，在觀測點最接近水平的位置，使用便攜式肖氏硬度計（Hard Scope, Imai Testing Machine Mfg Co., Ltd. Japan）測試其硬度。測試十次取其平均值。由於現場觀測的精度有限，在藝術博物館的許可和協助下，在從砲口端數的第 4 個箍的邊

緣部（圖 1 位置 3）切取了一微小塊狀樣品，並對此樣品進行了組織觀察和局部化學成分分析以及測試維式硬度（Vickers' Hardness）。

對從砲身研磨的粉末以及切取的微小塊狀樣品進行了化學成分分析。對碳和硫分別按照 JIS G1211・3，JIS G1215・4 標準，採用燃燒、紅外線吸收方法，使用堀場製作所的 EMIA-320V 裝置進行分析。

硅、磷、鐵、錳、鉻化學成分分析依據 JIS G1258・1 標準，採用 ICP 等離子發光分光分析法，使用島津製作所的 IPS-7510 裝置進行分析。含氧量使用惰性氣體溶解—紅外線吸收法進行分析。

如前所述，對從圖 1 位置 3 處切取的微小塊狀樣品進行了局部化學成分分析。用附帶能譜儀（EDX）的掃描電子顯微鏡（SEM）和 X 射線光電子能譜（XPS）進行詳細的金相組織觀察和化學成分分析。SEM 分析所使用的裝置為日立公司的 SU70，EDX 分析所使用的設備為 EDAX 公司的 Genesis APEX2。分析條件為，電子束加速電壓 20V，使用設備的附帶軟件 Genesis Imaging/Mapping Version 6.41J 分析。XPS 裝置使用 Ulvac-phi “Quantum 2000”，X 射線照射直徑 100 μm 。為清潔樣品表面，使用 0.5kVAr 離子束濺射一分鐘。

四、分析結果

（一）大將軍砲的金相組織觀察和化學成分

圖 2 (a) 是在現場觀察的砲口處的金相組織，圖 2 (b) 為大將軍砲尾部觀測點的金相組織。因砲尾處觀測點的研磨深度較大，為 0.28mm，而砲口處觀測點的研磨深度較小，為 0.18mm（如表一所示），因而砲尾處的觀測表面比較清晰，而砲口處的研磨表面仍存留一定數量的鐵鏽斑。砲口及砲尾的金相組織呈現鐵素體（ α -Fe），晶粒為等軸晶粒，晶粒尺寸不均勻。砲口處的鐵素體粒徑平均約 180 μm ，砲尾處的鐵素體粒徑平均約 400 μm 。晶界呈平直狀態。

從表面的研磨痕跡可以觀察到，圖形中白色部分的晶體表面的磨痕較少，黑色部分的晶體表面磨痕較多。留下的磨痕較少的白色部分晶體，說明其硬度較高，可以推測是珠光體。而留下磨痕較多的黑色晶體，說明其硬度較低，則可推測是鐵素體。

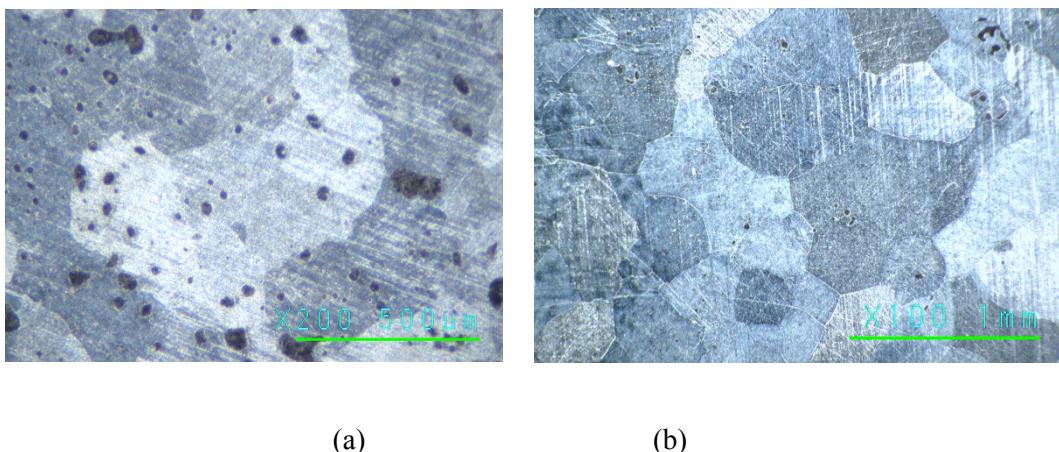


圖 2 現場觀察的大將軍砲金相組織 (a) 砲口 (位置 1) (b) 砲尾 (位置 2)

表 2 給出了不同位置大將軍砲的化學成分。砲口 (位置 1) 和砲尾 (位置 2) 處的碳含量分別為 0.16% (質量百分比, 下同), 0.18-0.26%, 均在鍛鐵的標準含碳量範圍。砲籠 (位置 3) 處的含碳量低於 0.02%, 屬純鐵, 質地較柔軟。砲口 (位置 1) 處含硅量 0.23%, 砲尾 (位置 2) 處為 0.07-0.10%, 砲籠 (位置 3) 的表面含硅量較高 0.55%, 三個位置的含磷量數值較接近, 分別為砲口 (位置 1) 0.20%、砲尾 (位置 2) 0.18%、砲籠 (位置 3) 0.26%。砲籠 (位置 3) 經多次鍛打後, 含磷量和含硅量保持在比較高的數值。這應該與鍛造過程中鍛接面塗抹的“黃泥”成分有關。有關這一點, 結合後續的 EDX 分析結構, 將在最後的討論做詳細介紹。砲口 (位置 1) 和砲尾 (位置 2) 的含硫量分別為 0.18%、0.12%, 砲籠 (位置 3) 的含硫量則更低, 只有 0.07%, 這表明熔鐵礦時使用的燃料是木炭。³⁶

為進一步確認鍛鐵的脫碳軟化程度, 我們進行了硬度測試。在位置 3 處切取的微小樣品的中心部選取夾雜物相對少的兩點, 分別加載荷 0.3kg, 其維氏硬度值分別為 120 和 118。這個數值是鐵素體的典型硬度值。火砲籠部的材料經多次鍛打脫碳而形成幾乎純鐵。前述的籠部碳素量值低於 0.02%, 也顯示材料為純鐵, 即鐵素體組織。

³⁶ 對宋元明清的出土文物分析結果顯示, 鐵的含硫量低於 0.1mass% 時, 使用木炭熔鐵礦, 含硫量高於 0.4% 時, 使用煤炭熔鐵礦。黃維、李延祥、周衛榮、劉宇生, 〈川陝晉出土宋代鐵錢硫含量與用煤煉鐵研究〉, 《中國冶金史論文集》(北京:科學出版社, 2012)第四輯, 頁 462-473。根據這個研究結果可推測, 大將軍砲鍛造用鐵塊是以木炭為原料熔鐵礦石而得到的。

表 2 大將軍砲的化學成分 (mass%)

取樣位置	深度	C	Si	P	S	Mn
砲口 (位置 1)	表面	0.16	0.23	0.20	0.18	0.03
	深層	NA	NA	NA	NA	NA
砲尾 (位置 2)	表面	0.18	0.10	0.18	0.12	< 0.01
	深層	0.26	0.07	0.18	0.05	< 0.01
砲箍 (位置 3)	表面	< 0.02	0.55	0.26	0.07	0.01

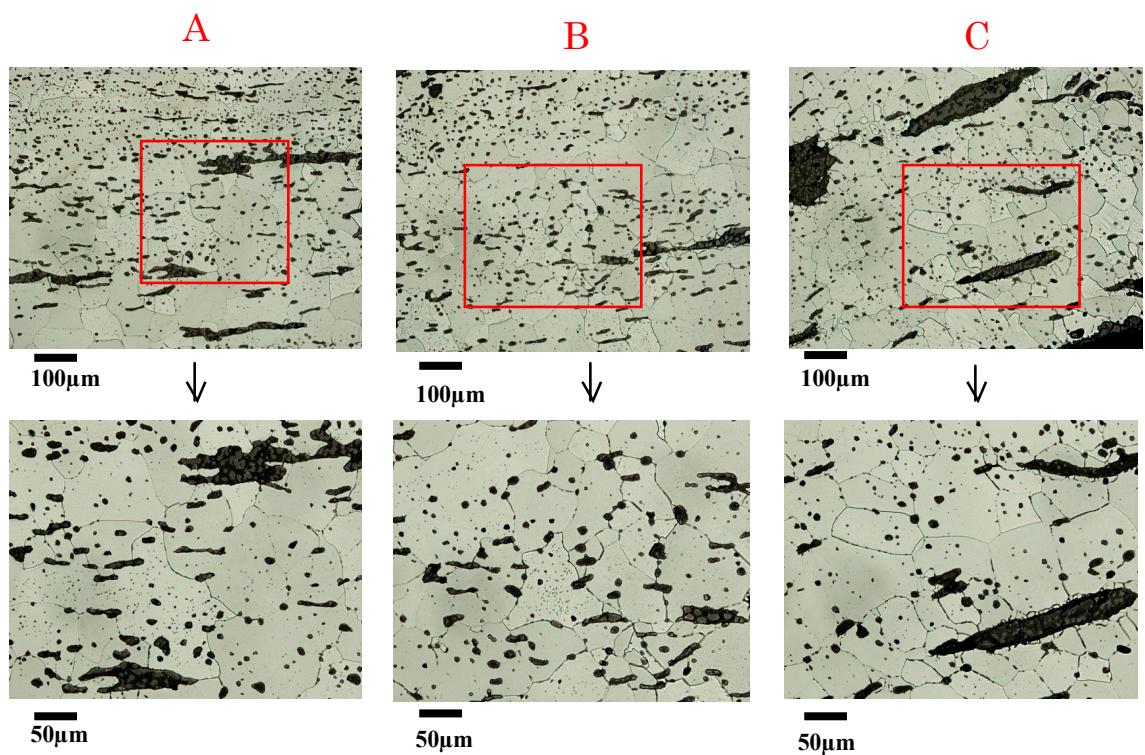


圖 3 位置 3 靠近鍛造表面不同區域 (A、B、C) 的金屬組織放大圖。

下圖為上圖紅方框的放大圖

圖 3 細出了位置 3 (砲籠) 微小樣品靠近鑄造表面處不同區域的金相組織。下圖為上圖所選區域的放大圖。照片平行於鑄造方向，上部為鑄造面。從金相圖中可以觀察到，如上方低倍金相所示，越靠近表面的部分，夾雜物的密度較高，呈層狀分布，鐵素體的晶粒較小，這種現象在區域 A 尤為明顯。區域 C 的高倍金相照片顯示樣品中間部分晶粒增大，並且組織中有大片的夾雜物。

圖 4 顯示了位置 3 (砲籠) 微小樣品中遠離鑄造表面不同區域的低倍和高倍金屬組織圖。區域 D 接近樣品的中心，夾雜物較少，晶粒較大，可觀察到很多細微的夾雜物。區域 E 夾雜物較多，尤其是晶粒的邊界有條狀夾雜物。從區域 D 和 E 的金相均可觀察到等軸晶粒。

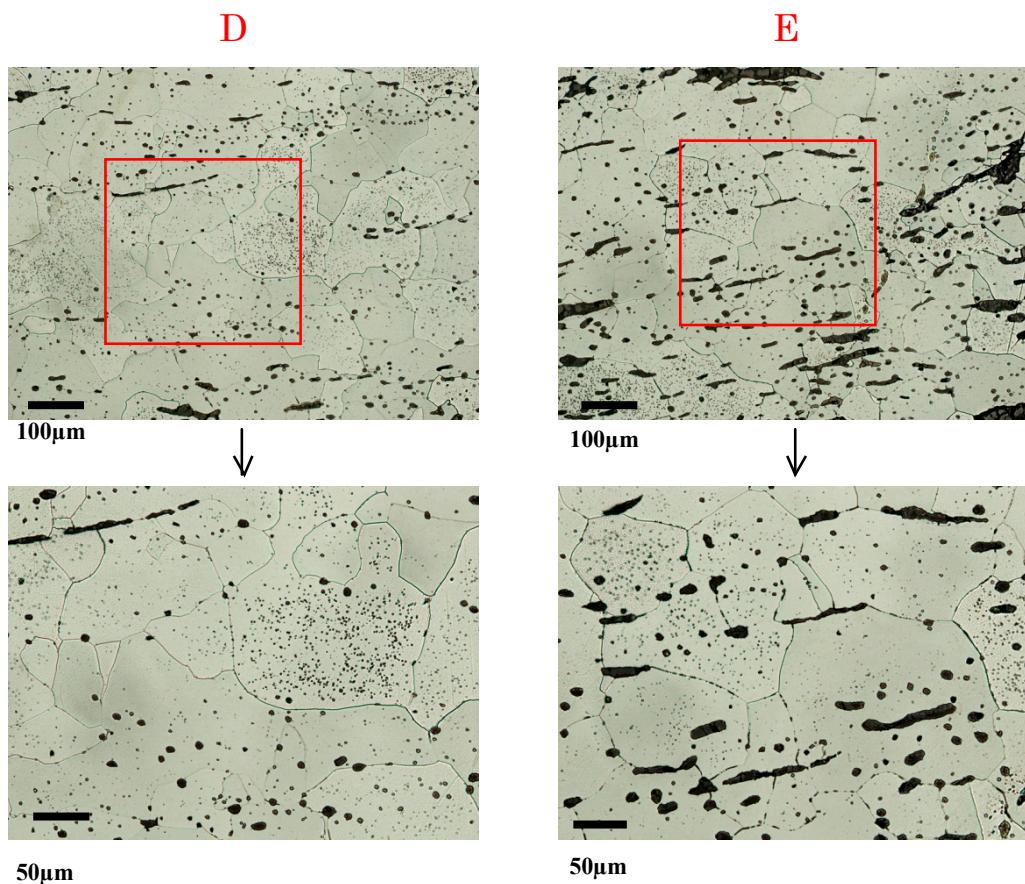


圖 4 位置 D、E 點的低倍和高倍金屬組織放大圖

從圖中可以看出砲籠的金相組織為鐵素體。組織中存在大量的等軸晶粒，斷面的晶粒度不均。晶粒較大的部分可能是鑄造過程中再結晶形成的。砲籠的材料斷面的層狀組織顯著，這是鑄造表面形成的氧化物經反複折疊、鑄造後，在材料內部形成了層狀夾雜物，是鑄造的一個顯著特徵。從圖中可以發現兩種夾雜物：一種是帶狀氧化物夾雜物，另一種是材料內部細微的夾雜物。鑄造表層的氧化物呈層狀分布，晶粒為等軸晶，而沿夾雜物延伸方向沒有觀察到結晶的變形。另一個特徵是，沿晶界形成了連續的碳化物。

等軸晶粒是材料被加熱至紅熱溫度進行鍛造時再結晶而形成的。熱鍛過程中再結晶的形成，此過程也促進了沿晶界的夾雜物的形成。

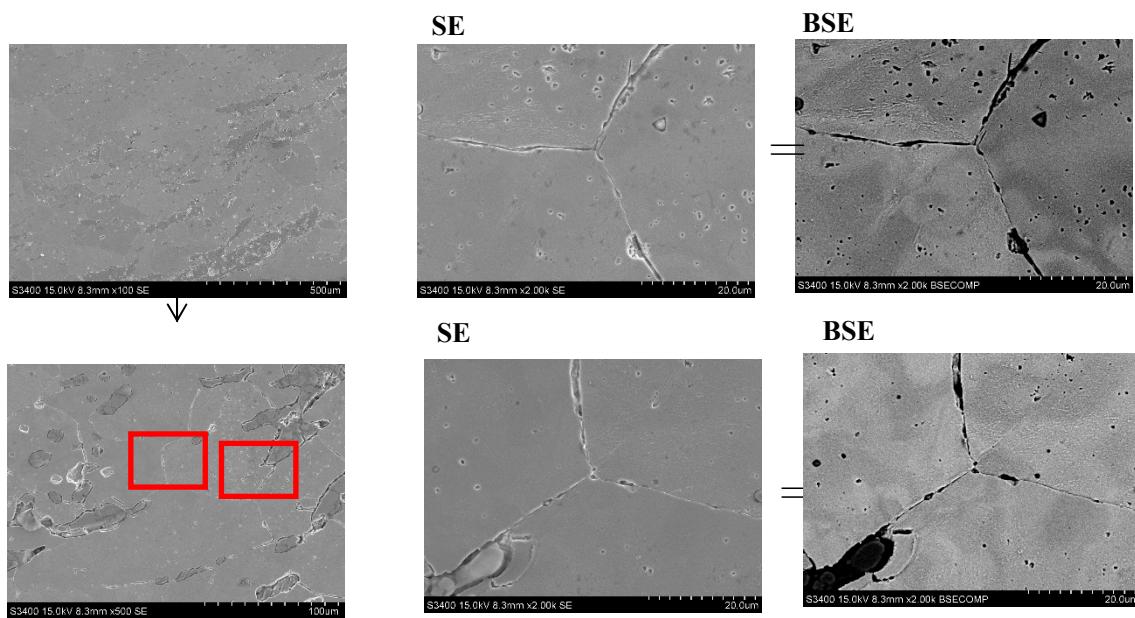


圖 5 晶粒以及晶粒內的夾雜物

圖 5 細出了 SEM 的二次電子 (SE) 像和背散射電子 (BSE) 像。圖 5 右側給出了兩個紅色方框的 SE 和 BSE 高倍圖像。從 SE 圖像和 BSE 圖中可明顯看出，夾雜物的分布有兩種，即晶粒內分布的細小夾雜物和沿晶界形成的夾雜物。同樣，從圖 5 也可以觀察到，晶粒的晶界交叉線呈 120 度分布，這是熱鍛或加熱過程中再結晶後形成的，這種晶粒狀態比較安定，使得鐵質變得柔軟。

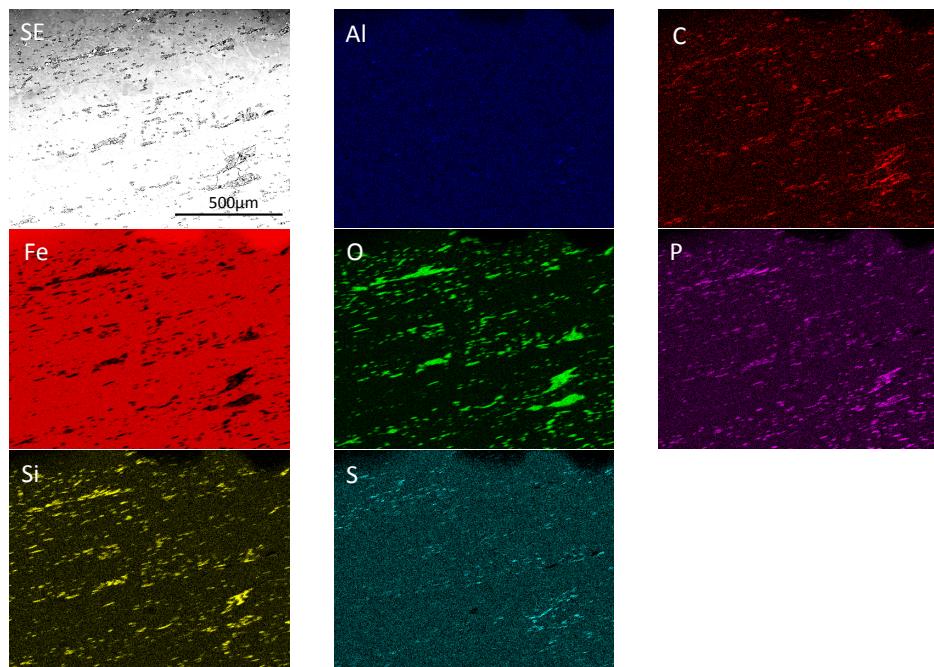
(二) EDX 解析結果

EDX 分析可以幫助我們了解材料中各元素的分布狀態，由此分析夾雜物中可能包含哪些化學元素，它們的分布狀態。而後借助 XPS 分析，分析夾雜物中諸元素的化學狀態，從而判斷夾雜物的成分。這些信息有助於我們科學地解釋古代傳統的鍛造工藝中的一些細節問題，如將團鐵浸泡泥水和麥稈為何有助於鍛造，鍛接表面塗黃泥的成分在鍛造過程中對夾雜物形成的影響。

圖 6 是大將軍砲位置 3 (砲籠) 微小樣品的低倍元素分布圖。從 SE 圖可看出，夾雜物呈層狀分布。從能譜中可以看出夾雜物處主要為碳、氧、磷、硅。並且磷和硅幾乎在同一位置並存，夾雜物以外的位置分布很少。碳和硫也幾乎分布在同一位置。應該注意的是由於圖 6 的放大倍數較低，不能確定元素在夾雜物中的具體分布情況，因此需借助高倍局部放大圖進一步確認。

圖 7 紹出了晶粒內一個夾雜物的形貌以及元素分布情況。圖中可以看出，在夾雜物的右上邊緣分布少量的鋁，碳主要分布在夾雜物的中部和左下部。鐵分布在夾雜物邊緣。

磷的濃度較高處硅的濃度較低，反之亦然。濃度分布的位置不重合。硫分布在夾雜物的邊緣的位置，推測以硫化鐵的形式存在。氧和夾雜物的分布幾乎重疊，在有夾雜物的位置，除一小部分缺欠位置，几乎都可以觀察到氧的分布。仔細觀察可以發現，夾雜物內部的顏色濃淡不均。濃度較高的部位，有未經氧化的鐵殘留在其中，濃度較低的部分則有較多的碳分布在其中。



11

圖 6 大將軍砲位置 3 微小樣品低倍能譜面掃描分析結果

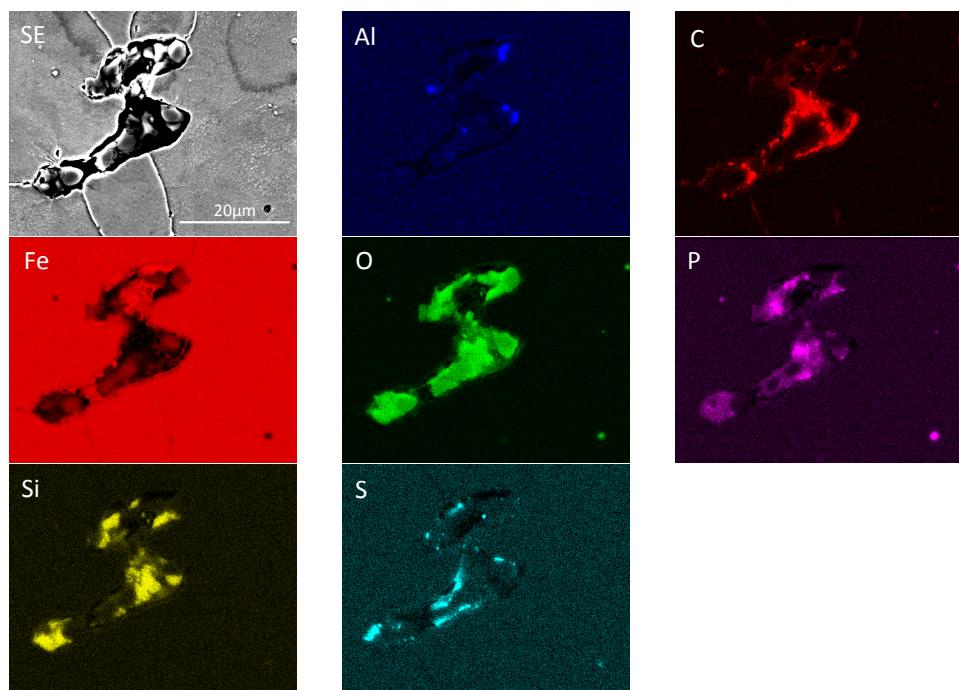


圖 7 大將軍砲位置 3 微小樣品高倍能譜面掃描分析結果

由上述結果可以看出，材料中存在的夾雜物成分很複雜而且多種夾雜物共存。為了進一步研究夾雜物中元素的分布和含量，我們對位置 3 微小樣品中夾雜物的不同位置進行了元素成分和含量的定性和定量分析。圖 8 和圖 9 紿出了不同位置的形貌以及對應的能量譜線。從圖 8 中可以看出來夾雜物大致有兩種。通過能量譜線可以看出淺色的夾雜物（圖 8 中點 1）主要含有鐵和氧。而深色的夾雜物（圖 8 中點 2）成分較為複雜，除了鐵和氧之外，還檢測出矽和磷。

對點 2 位置進行進一步觀察可以發現，深色夾雜物中仍然含有兩種灰度不同的夾雜物。如圖 9 所示，顏色最深的夾雜物（點 3）含磷量較高，而矽的含量較低。而顏色較深的夾雜物（點 4）矽含量很高，而磷含量很低。此外這兩種夾雜物均含有大量的氧和一定含量的鐵和碳。

表 3 紿出了圖 8 和圖 9 中四個點各元素的院子百分含量。

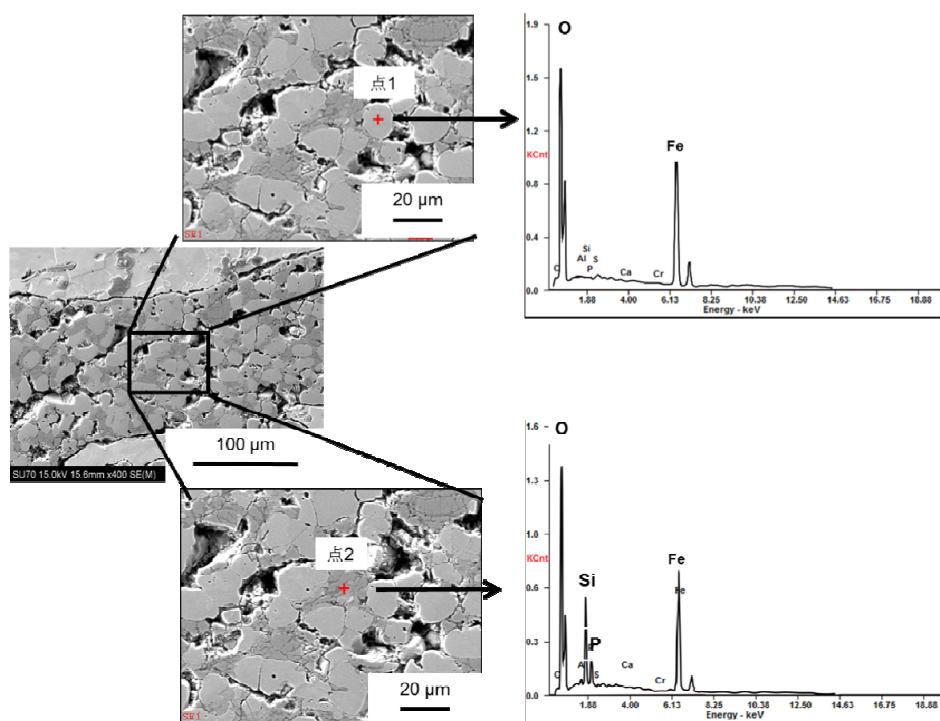


圖 8 位置 3 微小樣品中夾雜物中不同夾雜物的形貌及能量譜線

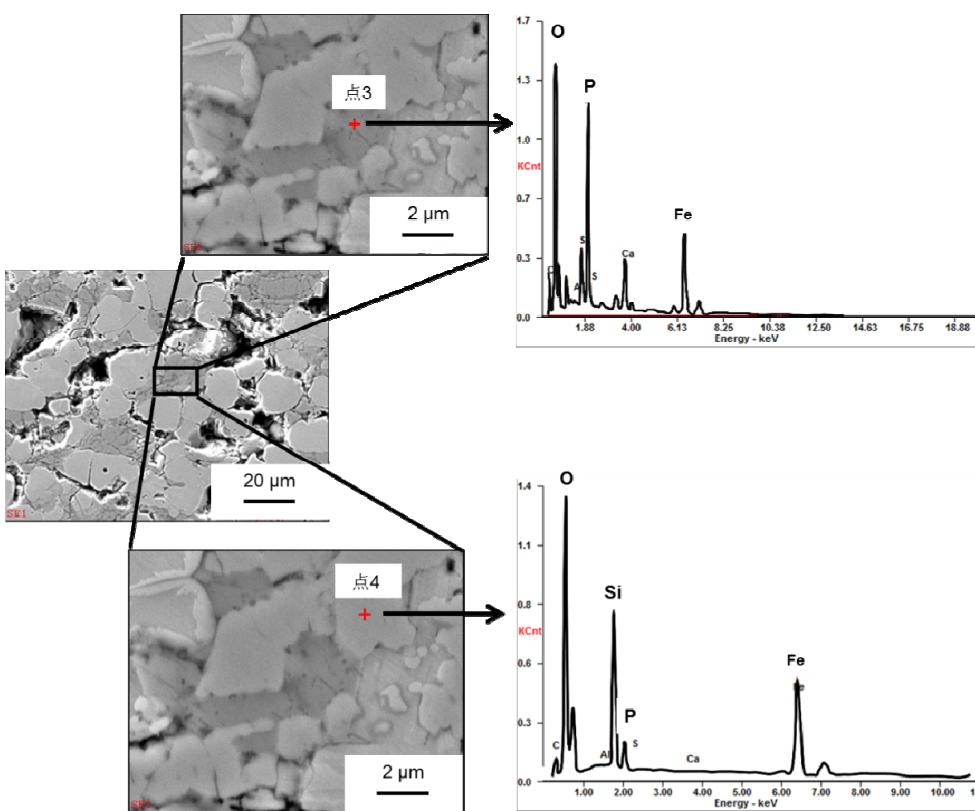


圖 9 圖 8 中點 1 處的不同位置的形貌及能量譜線

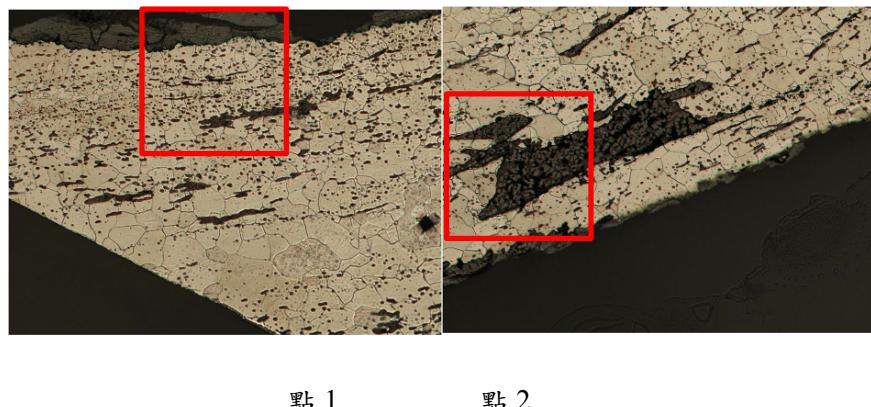
表 3 圖 8 和圖 9 中不同位置的夾雜物中各元素的百分含量 (mass%)

元素	點 1	點 2	點 3	點 4
碳	05.47	04.99	22.90	17.68
氧	46.17	49.54	46.70	47.88
鋁	00.70	00.80	00.27	00.44
硅	00.31	09.40	02.80	11.46
磷	00.22	03.35	10.73	02.19
硫	00.19	00.20	00.02	00.12
鈣	00.13	00.37	03.54	00.15
鐵	46.74	31.35	13.04	20.07

由上述成分分析可推測夾雜物可能由下述化合物構成：由氧、磷、硅、鐵形成的非特定化合物，由鐵、氧形成的鐵的氧化物，由鐵、硫形成的硫化鐵，由鐵和磷形成的鐵的磷酸鹽，由鐵和硅形成的鐵的硅酸鹽。而且在夾雜物內部，磷和硅的濃度分布位置不重合，說明在鐵的磷酸鹽和鐵的硅酸鹽分別由來源不同的物質而形成的。由鋁、氧形成的少量的鋁的氧化物。

在這個 EDX 分析中無法確定各化合物的化學狀態，因此下面進行 XPS 分析，進一步確定各化合物的化學狀態。

(三) XPS 解析結果



點 1 點 2

圖 10 XPS 分析結果

在這一節我們選擇樣品中含有夾雜物較少位置點 1，夾雜物較多的位置點 2（如圖 10 所示），進行 XPS 分析，其結果分別如圖 11—圖 14 所示。

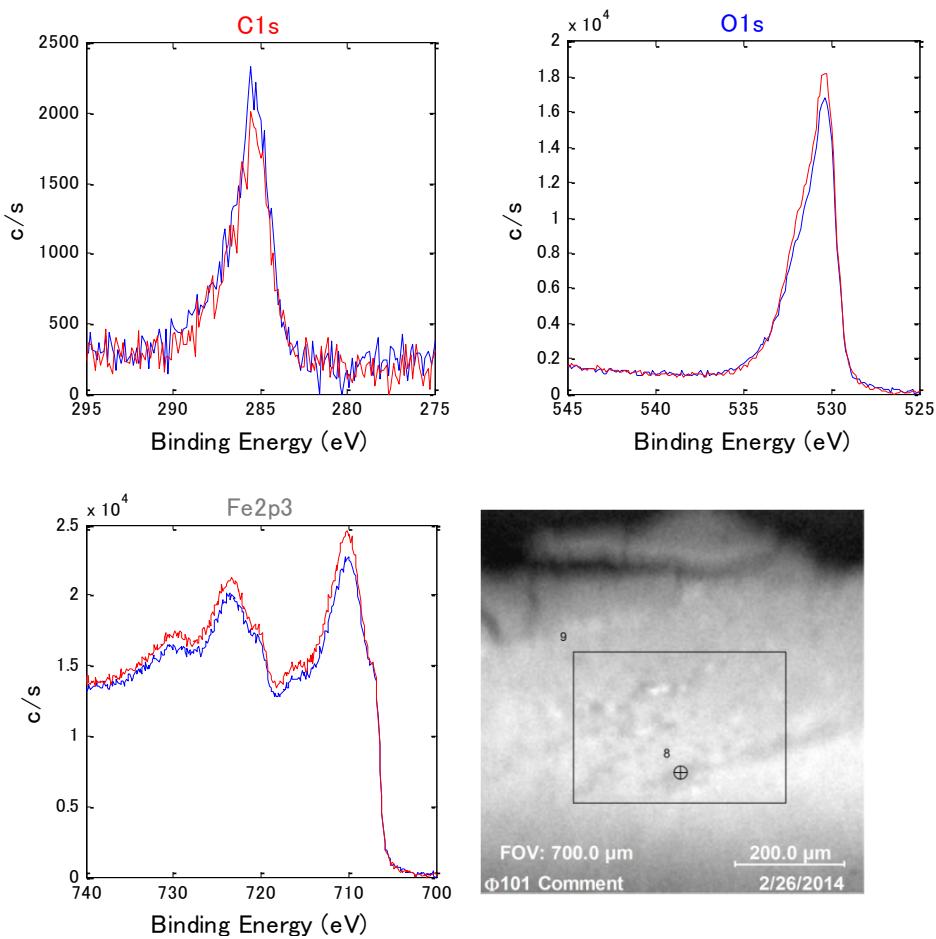


圖 11 點 1 的 XPS 解析結果之一

圖 11 中的紅色曲線是圖框中①位置的解析結果，藍線是方框微小區域的解析結果。從圖形看藍線和紅線幾乎吻合，說明點的解析結果和微小區域內的解析結果基本一致，因此對一點的解析結果有代表性，可反應點附近微小區域的實際狀況。根據 XPS 峰值可以得知下述氧化物的存在³⁷：峰值 283.9 eV 對應 Fe3C，峰值 707 eV 對應單質鐵，鐵的 2p3/2 峰主要在 710-711 eV，這個峰可能對應四氧化三鐵 (708.2 - 711.4 eV)，氧化亞鐵 (709.4 - 710.7 eV)，以及氧化鐵 (710.8 eV)。此外，在 707 eV 處仍能檢測出一個小峰，此峰對應於單質鐵。

圖 12 是對鋁、矽和磷的化學狀態分析：峰值 72.8 eV 對應鋁 Al，峰值 99 eV 對應矽 Si，峰值 103.5 eV 附近對應二氧化矽，峰值 130 eV 對應單質磷，峰值 133.7 eV 對應磷酸鐵。鋁和矽的結合能較高，可確定以鋁矽複合氧化物的形式存在。磷的結合能高於單質能，可確定和其他元素形成化合物的狀態存在。沒有發現對應硫的明顯峰值。

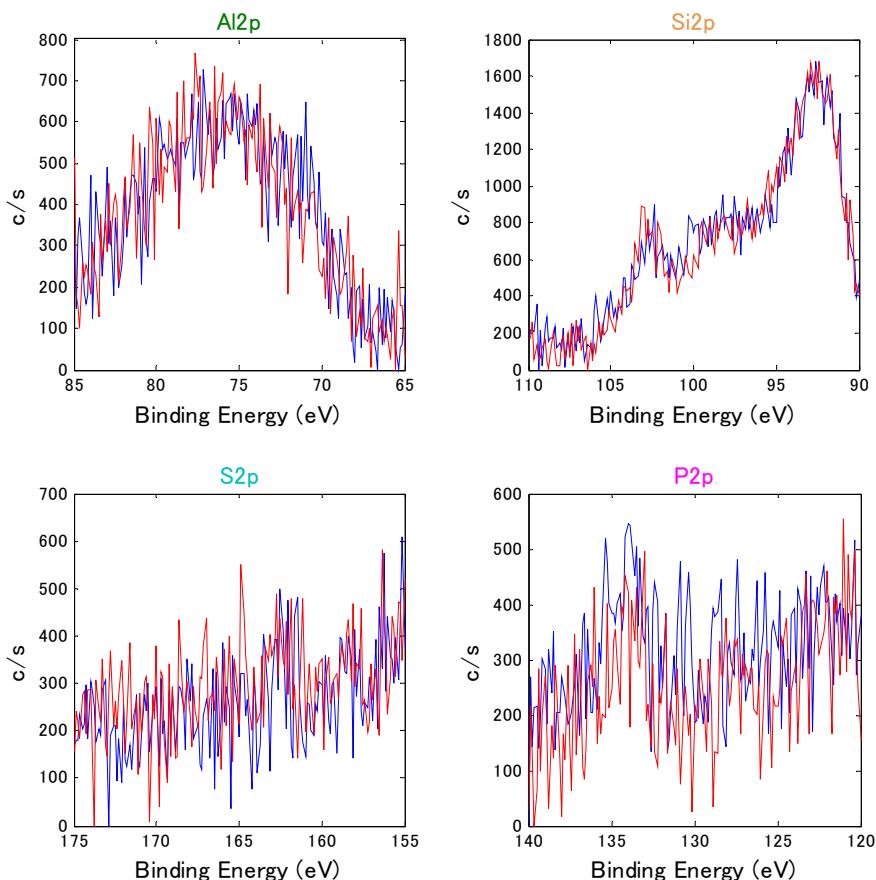


圖 12 點 1 的 XPS 解析結果之二

³⁷ 峰值推斷依據：NIST XPS Database <http://srdata.nist.gov/xps/> 以及 Ulvac-phi inc., MultiPak 9.4.0.7 Database

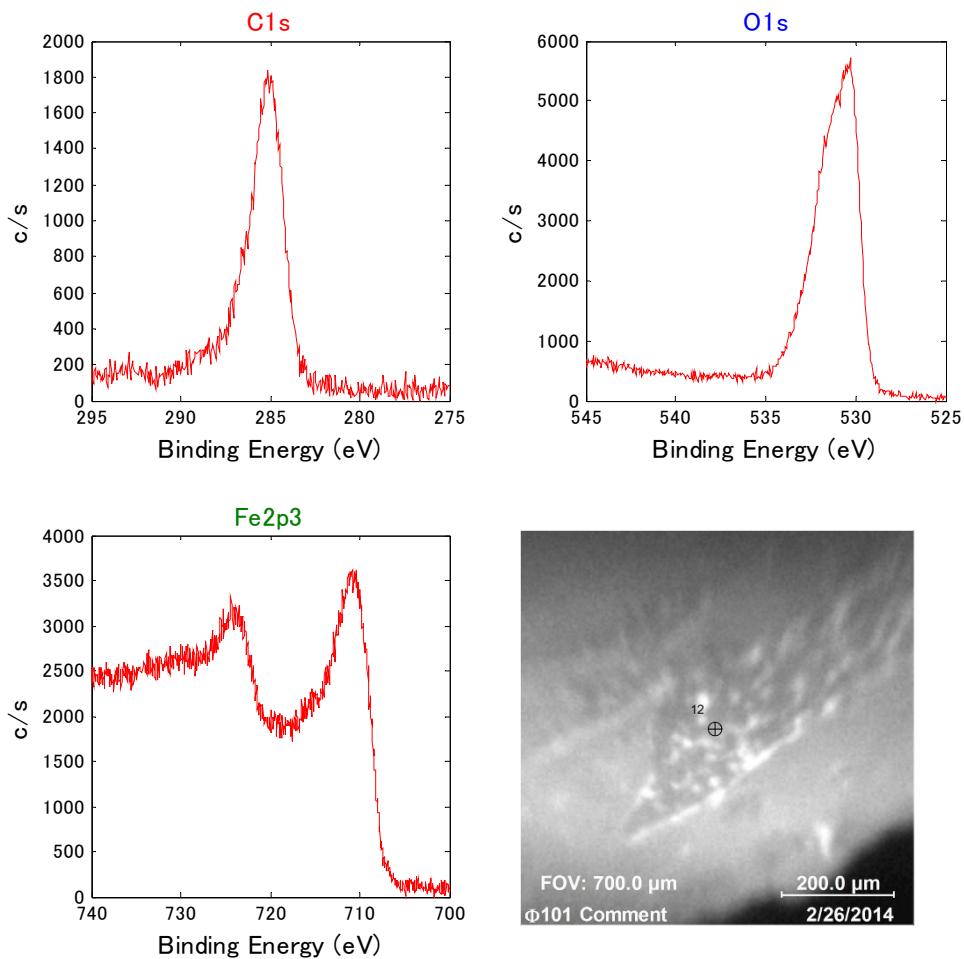


圖 13 點 2 的 XPS 解析結果之一

圖 13 是對點 2 以夾雜物為中心的解析結果。沒有觀察到 707eV 峰值，因此不存在單質鐵。峰值 710eV 附近對應三氧化二鐵。沒有觀察到對應 Fe₃C 的明顯峰值。圖 14 對磷和硫的解析，沒有觀察到對應硫的明顯峰值，而峰值 134eV 可推斷是鐵的磷酸鹽，如 FePO₄。

由此可見，夾雜物則是由鐵的氧化物，硅的氧化物和磷的氧化物形成三元夾雜物共晶氧化物。

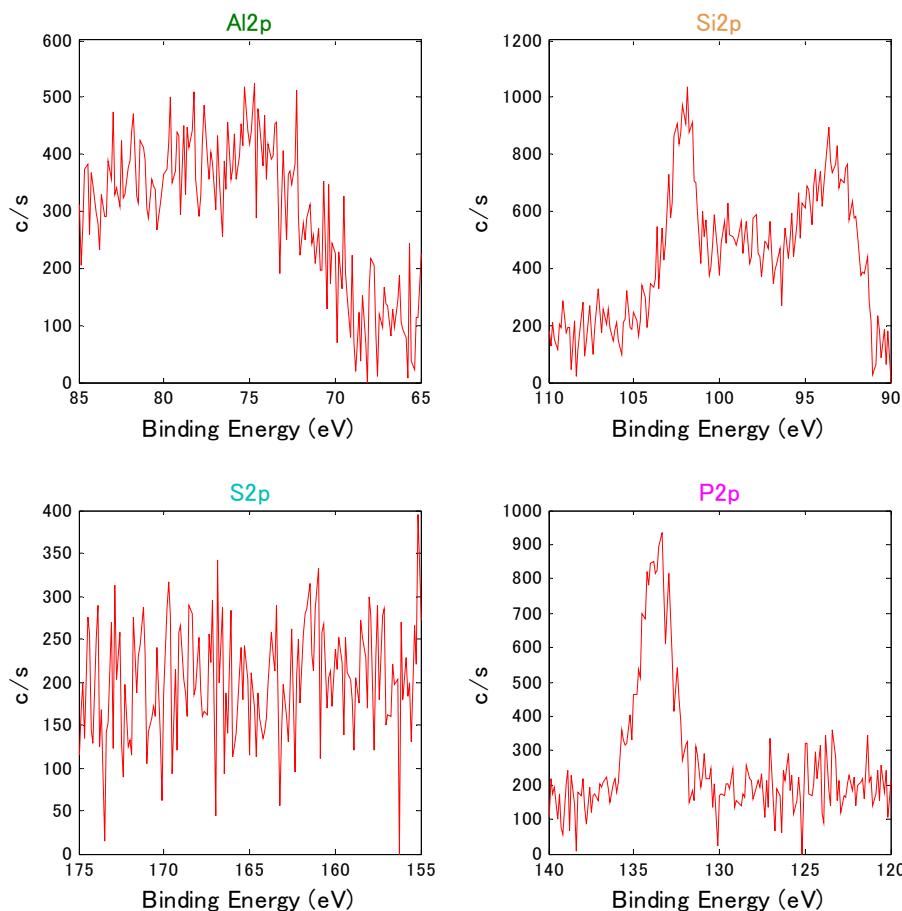


圖 14 點②XPS 解析結果之二

(四) DSC 分析結果

將從大將軍砲籠（圖 1 中位置 3）取下的樣品利用 Netsch DSC 404C 型高溫差示掃描量熱儀（DSC）進行分析，以探究材料在升溫和降溫過程中發生的相變過程。測試溫度範圍是從室溫升溫到 1300°C，升溫速率為 5°C/分鐘。DSC 測試結果如圖 15 所示。從圖中可以看出，在升溫過程中出現了三個吸熱峰，分別是 772°C、911°C 和 1278°C。772°C 這個峰對應的是居里點。根據大砲的化學成分分析結果可知，該材料碳含量極低，類似於純鐵，因此，911°C 這個吸熱峰可能對應於鐵素體向奧氏體轉變的溫度。另外，金相組織分析表明，材料中含有較多的夾雜物，EDX 和 XPS 分析的結果表明這些夾雜物是由鐵的氧化物、硅的氧化物和磷的氧化物形成三元夾雜物共晶。這種三元共晶物的熔點在 900°C 附近³⁸。因此，這個吸熱峰也可能對應於這種三元共晶物的熔化過程。在 1278°C 也觀察到一個吸熱峰，這個溫度與鐵的氧化物的熔點接近³⁹，由此可見這個吸熱

³⁸ 深川智機、岡田光、富士川尚男，〈Si 添加熱延鋼板の高圧水によるデスケーリング性に及ぼすPの影響〉，《鉄と鋼》，83(1997)5，頁 19-26。

³⁹ 深川智機、岡田光、富士川尚男，〈Si 添加熱延鋼板の高圧水によるデスケーリング性に及ぼす

峰可能對應著鐵的氧化物的熔化。

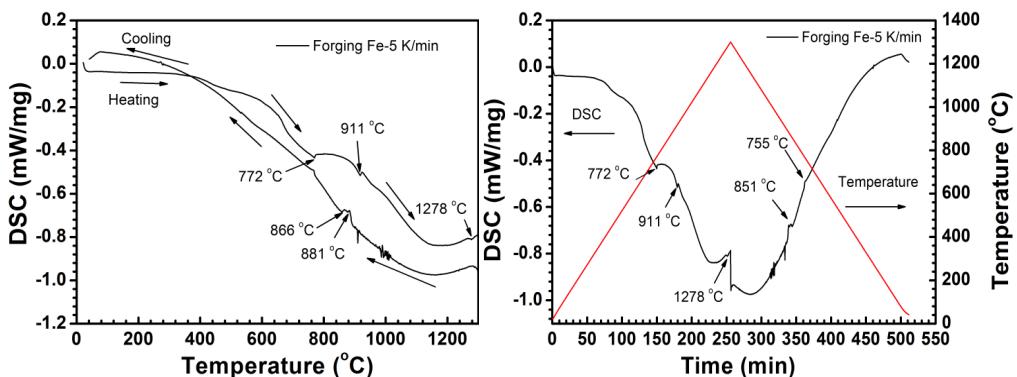


圖 15 大將軍砲位置 3 微小樣品高溫 DSC 分析結果

(五) 討論&結論

金屬加工的工藝主要分為鑄造和鍛造兩大類。鑄造是將金屬(鐵，銅等)加熱熔化，澆入鑄型後待其冷卻成型的加工方法，如梵鐘的鑄造，火砲的鑄造。鍛造則是用鐵錘等對金屬坯材施壓使其產生塑形變形，消除材質內部空隙，使結晶細微，材質精細的加工方法。如古代的農具、刀劍等兵器的加工廣泛採用這一方法。鍛造技術自誕生以來，鍛鐵因其純淨的材質和韌性，就與武器的製作產生了密切的關聯，如在刀劍的製作中體現的百鍊鋼技術。兵器，因對其性能的高度要求，其製作中反應了那個年代的鋼鐵技術所能達到的高水準。

本文討論用鍛造方法製造火砲的相關工藝問題。火砲的鍛造可大致分為精煉熟鐵和鍛造砲筒兩個階段，兩個階段都涉及到排除夾雜物的操作。如序言中所述，鍛造火砲用材質精煉時，首先將鐵放入爐中加熱，時而將剁細的稻草與黃土混合後，洒入火中……煉至五火，用黃土和水調成泥漿，放入細碎稻草後浸一二個晚上，然後將鐵放入其中浸泡半日，取出後再煉。這裡所說的「煉」有燒煉和鍛鍊雙層含義，在紅熱的鐵塊上撒泥漿和稻草，取出鍛打一次當為「一煉」，如此作業重複五次為「五煉」，在鍛打過程中不斷排除雜質，從而將「生鐵十斤，煉至一斤余」。砲筒鍛造中，片與片的逐節粘合，以及如竹筍般層與層之間的鍛接面均需「塗上黃泥於接口之上，入火揮槌，泥滓成桿而去」。在鍛造砲筒時，為使鍛接面粘合，須「塗上黃泥於接口之上，入火揮槌，泥滓成桿而去，取其神氣為媒介，膠結之後」。可見在兩個重要階段，都有使用黃泥漿和草灰或黃泥的工藝。

黃泥漿和草灰一起使用的原因是一個令人感興趣的問題。從對古代文獻的調查中我們發現黃泥漿和草灰最初是用於陶瓷表面的釉油。泥漿的成分主要是二氧化矽，而草灰的成分中也含有大量的二氧化矽，加熱至 1300°C 時，它們與陶瓷粘土中的長石等成分發生化學反應而形成液態的玻璃質，在隨後的冷卻過程中形成透明的玻璃質並凝固在陶

す P の影響》，《鉄と鋼》，83(1997)5，頁 19-26。

瓷表面。目前很難調查古代草灰的成分，但是在日本，至今小川窯仍生產陶瓷過程中使用的天然的藁灰，其成分如下： CaO 3.0%、 MgO 1.9%、 SiO_2 85.3%、 MnO 0.8%、 P_2O_5 3.2%、 Al_2O_3 1.2%、 $\text{K}(\text{Na})\text{O}$ 3.8%、 Fe_2O_3 0.6%。⁴⁰此藁灰的成分對我們研究中國古代的鍛造技術有一定的參考作用。

鍛造過程中，鐵塊在爐中加熱至紅熱後取出鍛打成鐵板，為煉成熟鐵，需要反複摺疊鍛打成材質「極熟」的小片，用以鍛造火砲。紅熱鐵板表面在空氣中被氧化而形成氧化鐵膜層。對表面無垢的純鐵板折疊後鍛造時，在 900°C 左右的溫度即可以鍛接在一起。而當鐵板的表面形成氧化鐵的膜層時，即使在高溫下，鍛接面也難以熔合在一起，因此需要所謂的鍛接劑。古文書中描寫的稻草和泥漿正是起到了鍛接劑的作用。稻草在爐中或紅熱的鐵板表面燃燒成灰，稻草灰和泥漿中的主要成分二氧化硅和相當於造渣劑的其他成分，與鐵板表面的氧化鐵膜層產生化學反應形成夾雜物，氧化鐵在 1,300 度熔化，二氧化硅也在同樣溫度下熔化，形成液態的玻璃質，帶著一部分夾雜物呈液態流出，也就是古文中所謂「鐵汁」和「泥滓成枵」排出。沒有被完全排出的部分則在折疊鍛打後殘留在金屬內部，這就是我們的金相圖中觀察到的層狀夾雜物。古人憑經驗利用藁灰的熔解溫度與氧化鐵的熔解溫度基本相同的特點，將陶瓷技術中的藁灰和泥漿等反應形成玻璃質的現象成功用於鍛造中。

通過對大將軍砲進行金相分析，我們觀察到大量層狀分布的夾雜物。EDX 成分分析結果顯示，夾雜物的成分中包括鐵、氧、硅、磷等，而從 XPS 分析結果進一步推斷出來雜物由鐵的氧化物、⁴¹硅的氧化物和磷的氧化物組成的複雜的三元硅酸鹽和磷酸鹽共晶化合物，這是一種低熔點的共晶化合物。DSC 分析結果表明在 911°C 附近存在一個吸熱峰，這與文獻中報導的此類三元共晶化合物的熔點十分接近。這種低熔點化合物在鍛造過程中會不斷熔化，形成液體而排出，從而提高材料的鍛接性能。

有關硅和磷的來源，不排除鐵礦本身包含硅和磷成分的可能性，成分分析結果表明磷以磷的氧化物形式和硅的氧化物並存。由此可推斷硅和磷有可能是在鍛造過程中與外部物質反應而進入夾雜物的。在精煉和鍛造過程中，紅熱的鐵板從爐中取出後，其表面亦氧化而形成氧化鐵膜層，塗抹黃泥和稻草灰（稻草在高溫下立刻燃燒成灰）後，氧化鐵與泥漿和稻草灰中的二氧化硅等反應形成低熔點的硅酸鹽和磷酸鹽三元共晶，去除氧化鐵膜層，促進鍛接面的熔合，提高鍛造性能。且形成的三元共晶可阻止氧化鐵膜層的進一步氧化。這補充了學界認為的黃泥漿作為造渣溶劑的觀點⁴²，與學界提出的黃泥漿

⁴⁰ <http://ogawagama.com/index.html>

⁴¹ 因鐵的氧化物有幾種形式，目前的數據尚不能明確判斷夾雜物中存在其中之一或數種同時存在，因此使用鐵的氧化物這一表達形式。後續的硅和磷的氧化物也是同樣的道理。

⁴² 何堂坤，《中國古代金屬冶煉和加工工程技術史》（太原：山西教育出版社，2009），頁 577。

與氧化鐵皮形成低熔點液態硅酸鹽，在鍛造過程中被擠出接縫，從而提高鍛接性能⁴³的觀點相一致，且進一步證實夾雜物中另含有有助於降低熔點的磷酸鹽，屬三元硅酸鹽和磷酸鹽共晶化合物。

通過 EDX 和 XPS 分析，觀察到金屬組織中存在大量夾雜物，夾雜物的主要成分是鐵的氧化物與硅酸鹽和磷酸鹽的低熔點三元共晶。黃泥漿和稻草中包含的二氧化矽和磷成分促進低熔點三元共晶的形成，提到鍛接的性能。DSC 分析結果證明了大將軍砲中含有的這種三元共晶會降低鍛造金屬的熔點，從而提高鍛接性能，易於鍛造。黃泥漿何稻草中包含的二氧化矽和磷成分促進低熔點三元共晶的形成，提高了鍛接的性能，且形成的三元共晶可阻止氧化鐵膜層的進一步氧化。因此，本文從金屬材料學的角度證實了古人在鍛造加工過程中加入泥漿和稻草的科學合理性。

冶金和製陶都是一種高溫物理化學過程，在人類的早期生產技術中兩者有較為密切的關係。對古代冶金與製陶的關係學界已有共識，如製陶技術的發展，使人們掌握了高溫技術。陶鑄泥型技術的產生，受到過陶器成型技術的許多影響。製陶過程中有許多物理化學變化，高溫可創造新型物質的事實，在思想上會給人們很多有益的啟示。⁴⁴陶瓷表面的釉油的熔化溫度，與夾雜物中氧化鐵的熔化溫度恰好接近這一事實，大概是古人憑藉生產中的經驗將其用於鑄造技術的起源。釉油技術何時開始用於鍛造技術中，目前尚未考證。對技術的深入研究和探討，令我們看到早起技術之間的連動和相互影響。

在日本刀劍史上分為舊刀期和新刀期兩個階段。慶長期（1596-1615）年以後製造的刀劍稱為新刀期。舊刀期向新刀期的過渡原因學界一般認為是與天文時代（1532-1554）千種、出羽等地方國產商業鋼的出現，以及南蛮鐵、大陸熟鐵的傳來有關。新刀期刀劍的材質均一，與舊刀期日本地方特有的材質有所不同。然而從天文時期舊刀期結束至慶長時期新刀期開始之間，在刀劍製造上有六十年的空白期，其原因一直是刀劍研究史上的一个疑問。對新舊期刀劍材質的分析結果表明，舊刀期的材質中含有足夠的造渣劑，在鍛造過程中即使不使用粘土和藁灰，低溫下反覆錘鍛即可製造。而新刀期使用的商業鋼材質中不含有造渣劑，按照傳統的鍛造方法無法進行刀劍的製作，因而需要鍛接劑。粘土與藁灰的組合用於鍛造技術也正是在慶長時期。因而推測新舊刀劍期商業鋼的導入是刀劍鍛造工藝中開始使用粘土與藁灰作鍛接劑的契機⁴⁵。慶長時期的日本刀劍鍛造工藝中開始使用粘土與藁灰作鍛接劑與明代的鍛造技術是否有交流有待考證。

本研究通過火砲的金屬組織分析從現代工學的角度驗證古文獻中對鍛造工藝中黃泥和草灰這一鍛接劑的描述，此研究使我們亦了解到這一小小的工藝自古以來與陶冶技術的發展有密切的關聯，伴隨人類文明的發展延續使用至今。在現代社會中，去除鋼鐵

⁴³ 楊寬，《中國古代冶鐵技術發展史》（上海：上海人民出版社，2004），頁 283。

⁴⁴ 何堂坤，《中國古代金屬冶煉和加工工程技術》，（太原：山西教育出版社，2009），頁 37-39.

⁴⁵ 山内裕子，〈慶長期前後に日本刀の地鉄が変化した要因について～藁灰・粘土汁がもたらした技術変革～〉，舞草刀研究會，《舞草刀研究紀要第二十二号》（2015 年 6 月）。

板表面氧化層依然使用同樣的原理，儘管鍛接劑的成分已非純天然而是由人工調整的成分在內。這一鍛接劑在明代中日技術交流中是否扮演了一個角色，也是今後有待研究的課題。

謝辭

感謝山西博物院王平對採樣多提供的協助，感謝東北大學未來科學技術研究中心的丹野昌利研究員在 EDX 以及 XPS 分析中提供的幫助。北京科學技術大學韓汝玢教授對本文提出的寶貴建議，以及自然科學史研究所研究員鄭誠博士在本文的修改過程中給予的幫助再此一併表示衷心的感謝。

主要引用書目

傳統文獻

- 馮應京輯，《皇明經世實用編》，《四庫全書存目叢書》，萬曆三十一年刻本。
- 趙士楨，《神器譜或問》，《玄覽堂叢書》，國立中央圖書館出版。
- 趙士楨，《神器譜》，玄覽堂叢書影印萬曆二十六年刻本。
- 何良燾，《祝融佐理》，上海圖書館藏道光抄本。
- 湯若望授、焦勸述，《火攻挈要》，《海山仙館叢書》本，《中國科學技術典籍通彙》。
- 宋應星，《天工開物》，臺北，臺灣商務印書館，1964。
- 鄭若曾撰，李致忠點校，《籌海圖編》，北京：中華書局，2007。
- 何良燾，《祝融佐理》，上海圖書館藏道光鈔本。
- 韓霖，《守圉全書》，《四庫禁毀書叢刊補編》。
- 孫承澤撰，《春明夢餘錄》，臺北：臺灣商務印書館，四庫珍本，1983。
- 王圻撰，《續文獻通考》，臺北：臺灣商務印書館，1983-1986，景印文淵閣四庫全書。
- 陳子龍等編，《皇明經世文編》，北京：中華書局，1962，崇禎間平露堂刻本。

近人著述

- 周緯，《中國兵器史稿》，北京：三聯出版社，1957。
- 有馬成甫，《火砲の起源とその傳流》，東京：吉川弘文館，1962。
- 劉旭，《中國古代火砲史》，上海：上海人民出版社，1987。
- 王兆春，《中國火器史》，北京：軍事科學出版社，1991。
- 王兆春，《中國軍事科技通史》，北京：解放軍出版社，2009。

成東、鍾少異，《中國古代兵器圖錄》，北京：解放軍出版社，1990。

楊泓主編，《中國軍事百科叢書—古代兵器分冊》，北京：軍事科學出版社，1991。

楊寬，《中國古代冶鐵技術發展史》，上海：上海人民出版社，2004。

何堂坤，《中國古代金屬冶煉和加工工程技術史》，太原：山西教育出版社，2009。

北京科技大學冶金與材料史研究所，《中國冶金史論文集》，北京：科學出版社，2012。

周維強，《佛郎機銃在中國》，澳門：社會科學文獻出版社，2013。

鄭誠，《明代後期的火器與築城》，北京：中國科學院自然科學史研究所博士論文，2012。

魏國忠，〈黑龍江省半拉城子出土的銅火銃〉，《文物》，1973年11期，頁52-54。

成東，〈明代前期有銘火銃初探〉，《文物》，1988年5期，頁68-79。

成東，〈明代後期有銘火銃初探〉，《文物》，1993年4期，頁80。

史寶珍，〈鎮江出土的明代火器〉，《文物》，1986年9期，頁91-94。

胡振祺，〈明代鐵砲〉，《山西文物》，1982年1期，頁57。

李弘祺，〈中國的第二青銅時代－為什麼中國早期的砲是用青銅鑄的？〉，《臺大歷史學報》，第36期(2005.12)，頁1-34。

黃一農，〈歐洲沈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，七十五本三分，2004，頁573-633。

鄭巍巍，〈明代初期的火砲技術和制度初探〉，*Global Studies of Doshisha University*, Vol.2 (2012)。

深川智機、岡田光、富士川尚男，〈Si 添加熱延鋼板の高圧水によるデスケーリング性に及ぼすPの影響〉，《鉄と鋼》，83(1997)5，頁19-26。

山内裕子，〈慶長期前後に日本刀の地鉄が変化した要因について～藁灰・粘土汁がもたらした技術変革～〉，舞草刀研究会，《舞草刀研究紀要第二十二号》，(2015年6月)。

Joseph Needham. *Science And Civilization In China, Vol.5:Chemical and Chemical Technology. Part7: Military Technology: The Gunpowder Epic.* Cambridge: Cambridge University Press, 1986.

Thomas T. Read, “The Early Casting of Iron, a Stage in Iron Age Civilization,” *GR*(1934,)24:544.

Goodrich, L. Carrington, “Note on a few Early Chinese Bombards”, *ISIS*, 1944, 35: 211.

Sarton, G, “Query No.105. A Chinese Gun of +1378?” *ISIS*, 1944, 35:177.

Metallurgical Analysis of a Forged Cannon in Late Ming Dynasty

ZHENG Weiwei and SHOJI Tetsuo, XU Jian, ZHONG Xiangyu^{*}, ZHANG Jianhua^{**}

Abstract

Forging technology is one of the most important processes in fabrication of various metallic products, which play an important role on agriculture, industry and military. Cannons made by forging are typical products representing a level of forging technology. In this study, a forged cannon is of concern and is the one preserved and displayed at Shanxi Province Art Museum estimated to be fabricated in late Ming Dynasty. The microstructure and chemical composition analysis are carried out to examine the metallurgical feature of the cannon with a special emphasis on a product quality.

The microstructural analysis was performed on site by use of a portable type grinding and polishing tools for metallurgical examination on the two locations of the cannon. Chemical analysis was also performed on the grinding powder collected during the metallurgical preparation. In addition to this examination, a small piece of sample was taken from the 4th ring of the cannon, and detailed microstructural analysis by SEM and EDX was performed on this sample. The chemical composition of the cannon analyzed by the powder collected at 4th ring is as follow: C: 0.16-0.26 mass%, S: 0.05-0.18 mass%, P: 0.18-0.20 mass%, Si: 0.07-0.23 mass%. While the chemical composition of the sample extracted from the 4th ring are as follow: C < 0.02 mass%, S: 0.07 mass%, P: 0.26 mass%, Si: 0.55 mass%, Mn: 0.04 mass%, O: 1.37 mass%, Al: 0.02 mass%.

The microstructure of cannon observed shows a large variation in grain size, mixture of large grains and fine grains. Considering the carbon content analyzed by grinding powder of the two locations, the microstructure should be mostly ferrite and pearlite where estimated fraction of pearlite microstructure is 11% for 0.16 mass% carbon content, and 25% for 0.26

^{*} Frontier Research Initiative (FRI), Tohoku University

^{**} Shanxi Province Art Museum

mass% carbon content, respectively even though an actual measurement of ferrite content and pearlite content was not possible, because the quality of the surface polished of on-site measurement was not good enough to distinguish pearlite phase and ferrite phase.

The microstructure examination on the sample extracted from the ring of cannon shows much better microstructure and clearly demonstrated a layer structure including oxides formation, from which some information on forging process can be evaluated qualitatively. In addition to the above microstructure examination, EDX and XPS analysis was performed on the sample to evaluate the chemical composition in details and chemical state of oxide inclusions taken into the metal matrix during the forging process. It is found that oxides are consisted with various types of oxides where the chemical compositions are specific to each oxide. It is worthwhile to note that some oxide blocks are formed with various oxides where contents of Fe, Si, P and O are different. These microstructures are typical on eutectic microstructure where two or more phase is formed dependently in a fine scale mixture. Hence, there are typically P enriched oxides, Si enriched oxides and iron dominant oxides. Based upon the literatures, it can be reasonably expected to use straw ash and mud water during the forging process. Straw ash was spread on the heated iron surface during the forging and folding and repeated again and again. Also the heated iron surface was coated by the mixture of mud and water to minimize an oxidation of surface of products and this mud could also be folded into iron matrix during a forging. Hence, sources of P and Si to form mixed oxide with iron is attributable to those straw ash and mud. These complex eutectic oxides can have a low melting temperature and can be squeeze out from metal matrix, which can be considered as a tear drop during a forging and recorded in the literatures. The formation of low melting oxides eutectic can play an important role in forging process in the sense of impurities or inclusion elimination and also binder during a forging process. This observation of microstructure and evaluation of the forging technology can help the understanding of the cannon production procedure in comparison with the records in the Ming documents, which may not be enough to understand the cannon forging technology. This paper demonstrates the significance of the approach by material science methodology, which can provide much new information to help the understanding and explanations of the ancient technology written in the ancient document.

Key word: forged cannon, iron, microstructure, EDX analysis, XPS analysis, chemical composition, inclusion and oxide, oxide eutectic, phase with a low melting temperature, manufacturing technology, straw ash, mud water

清代澎湖水師戰船及戰術運用

李其霖*

摘要

臺灣是中國東南沿海的屏障，澎湖則是橫渡臺灣海峽航線的必經之路，所以澎湖在濱海要汎的戰略上極具重要性。此外，澎湖也是臺灣與福建間之橋梁，即成為了海防的重要防禦區域，是為兵家必爭之地。清初於澎湖設水師副將，領有戰船三十六艘，兵丁二千名統籌澎湖防務，維護海疆安全。然而澎湖海域遼闊，島嶼星羅棋布，僅有的戰船及兵丁數量要防衛碩大區域，實是力有不逮。因此如何選擇布防地點及規劃巡哨方式，即成為澎湖防務策略的第一要務。除此之外，該地區的沿海防禦，如水師，砲臺，關城和戰船，都必需有堅強的防衛。以及各式戰船的編制是否得宜，亦將影響防務策略能否順利推行。本文將就這些因素進行分析及探討，以了解清廷在防務策略的運用及實施情形是否符合海防規劃。

關鍵詞：清代、臺灣、澎湖、水師、戰船、海洋史、軍事史、科技史

* 淡江大學歷史學系助理教授

一、前言

澎湖是臺灣的外海屏障，位於泉州與臺灣航道之間，山形平行，東西約 15 里、南北約 20 里，周圍小島羅列，有 64 島以上，¹澎湖海域水勢分東西流，²附近礁石、漩渦多，行船須注意，船舶於此區域常容易發生船難。澎湖群島中以媽宮、西嶼、頭北港、八罩、四澳，在北風時可以停泊船隻，若南風不但有山有嶼可以寄泊，風浪較為平靜，黑溝、白洋皆可暫寄。³

《澎湖廳志》載「隋大業中，遣虎賁陳稜略地至澎湖；元末置巡司，屬同安縣兼轄；明洪武五年墟其地，遷其民於泉、漳間。嘉靖四十二年，設巡檢司，旋罷。明末海寇、外寇屢為巢穴」。⁴明朝對澎湖的經營並不積極，嘉靖年間，設巡檢之後又裁撤。萬曆以後，彭湖成為海寇及西方夷人的避風場所，如萬曆二年，海寇林鳳經彭湖至臺灣。⁵

萬曆中期，許孚遠（1535-1604）擔任福建巡撫期間（1592-1598）建議，在澎湖諸嶼修築城池，⁶其目的是為加強對澎湖一地的防務，因為澎湖有許多港口及島嶼，所屬海域可停泊大型帆船。天啟年間，在澎湖地區築城設兵防守，設遊擊，把總，統兵 3,000 人，築礮臺以守。⁷於澎湖設防，符合戰略規劃。顧祖禹認為福建外海島嶼最險要者有三，如彭湖，蓋其山周遭數百里：「隘口不得方舟，內澳可容千艘，往時以居民恃險為不軌，乃徙而虛其地，馴至島夷乘隙，巢穴其中，力圖之後而復為內地，備不可不早也」。⁸澎湖海域遼闊，島、澳可以設戰船防守，維護海疆安全。

入清以後，澎湖海防之重要性並未改變，反而愈顯重要，鴉片戰爭、中法戰爭，澎湖都是重要的防衛區域之一。劉銘傳寫給皇帝的奏摺即載到：

¹ 明、清時期對於澎湖群島所轄之各島嶼實施數量並不明確，有 30-60 島之說，目前澎湖縣所轄島數包含礁石等等共有 90 多島。

² （清）俞昌會，《防海輯要》18 卷，《清代兵事典籍檔冊彙覽》（北京：學苑出版社，2005，光緒 11 年星沙明遠書局刻本），卷 5，頁 18a。

³ （清）陳倫炯，《陳資齋天下沿海形勢錄》，《清代兵事典籍檔冊匯覽》（北京：學苑出版社，2005，咸豐間銅活字本），頁 3b-4b。

⁴ （清）林豪，《澎湖廳志》（臺北：臺灣銀行經濟研究室，1958），頁 51。

⁵ 《明神宗顯皇帝實錄》（臺北：中央研究院歷史語言研究所，1966），卷 30，萬曆 2 年 10 月辛酉，頁 731。

⁶ 《明神宗顯皇帝實錄》，卷 284，萬曆 23 年 4 月丁卯，頁 5265。

⁷ （清）張廷玉，《明史》（臺北：鼎文書局，1980），〈志〉，卷 91，頁 2246。

⁸ （清）顧祖禹，《讀史方輿紀要》130 卷（上海：古籍出版社，1997，《續修四庫全書》），卷 95，〈福建〉1，頁 15b-16a。

臣到臺一年，縱觀全局，澎湖一島，非獨全臺門戶，實亦南北洋關鍵要區，守臺必先守澎，保南北洋亦須以澎廈為筦鑰。澎廈駐泊兵輪，設防嚴密，敵船無能停泊，萬不敢懸軍深入，自蹈危機。此澎廈設防，實關全局，非僅為臺灣計也。姑就澎湖而論，若云設防，要當不惜重資，認真舉辦。縱兵船一時難集，陸兵不過三千，必須多購大礮，堅築礮臺，製辦水雷，聚薪屯粟。計買礮築臺諸費，約需五十萬，全非一、二年不能竣事。若漫圖敷衍，不如不防，既節數營兵餉之需，亦免臨事覆軍之累。進退遲速，伏候聖裁。此防務之不容緩者也。⁹

由此可見，無論是明代或清代的地方官員以及中央官員，他們都一致認為澎湖是鞏固東南沿海地區最重要的水師防衛基地，也是臺灣最好的屏障。

二、澎湖水師的設置

明朝雖於澎湖設置水師，但卻不長期駐防。萬曆二十五年（1597），新設彭湖遊兵，以名色把總統領，統兵 850 名。¹⁰雖在彭湖設遊兵，但秋冬兩季就將遊兵撤回泉州。萬曆三十年（1602），荷蘭東印度公司（Vereenigde Oost-Indische Compagnie 1602-1799）派遣第一支艦隊到遠東，由指揮官韋麻郎（Wijbrant van Warwijck）負責執行到中國的任務。¹¹後來輾轉到了澎湖，乘明朝軍隊回防時佔領澎湖，隨即築城並停留了四個多月。當時澎湖為明朝轄區，浯嶼欽依把總¹²沈有容（1557-1628）來年帶兵至澎湖，發現澎湖已被荷蘭人所據，遂曉之以理，希望荷蘭人離開澎湖，荷蘭人在評估雙方軍力之後，認為目前力量難以跟明朝軍隊抗衡。在雙方溝通之下，達成協議，荷蘭人願意撤離。離開之前，明朝官員建議荷蘭人可以去淡水，¹³韋麻郎也贈送沈有容銅銃及銃彈，然而沈有容只接受了銃彈。¹⁴荷蘭人雖然沒能在澎湖建立據點，為了達到貿易目的，韋麻郎並沒有因此作罷，反而是以三萬兩來賄賂當時的福建稅監高棟，¹⁵雖然如此，最終還是沒能

⁹ (清)劉銘傳，《劉壯肅公奏議》(臺北：臺灣文獻委員會，1995)，卷二〈謨議略〉，〈條陳臺澎善後事宜摺〉，頁 146。

¹⁰ (清)顧炎武，《天下郡國利病書》(臺北：廣文書局，1979)，〈福建〉，頁 77b。

¹¹ Leonard Blussé 著，莊國土、程紹剛譯，《中荷交往史 1601-1989》(北京：路口店出版社，1999)，頁 37。

¹² 「欽依把總」：嘉靖 42 年，各水寨指揮照都指揮行事，名為欽依把總；各衛歲輪指揮一員領衛所軍，往聽節制。(清)周凱，《廈門志》(臺北：臺灣省文獻委員會，1993)，卷 3，頁 80。有關欽依把總問題可參見何孟興，《浯嶼水寨：一個明代閩海水師重鎮的觀察》(臺北：蘭臺出版社，2002)，頁 100。

¹³ 中村孝志著，許粵華譯，《荷蘭時代臺灣史研究》上卷(臺北：稻鄉出版社，1997)，頁 176。

¹⁴ (明)沈有容，《閩海贈言》(南投：臺灣省文獻委員會，1994)，卷 2，〈卻西番記〉，頁 38。

¹⁵ 《明神宗顯皇帝實錄》，卷 440，萬曆 35 年 11 月戊午，頁 8361-8362。

達成在中國貿易的任務，然而，此種手法與葡萄牙人如出一轍。

清朝水師依軍政系統分八旗水師與綠營水師，八旗水師主要以維護駐地安全，巡防為輔，不分內河及外海；綠營水師因統籌直省水師營務，部分地區分內河水師、長江水師及外海水師。清代設有綠營外海水師之處，北起遼東，南至瓊州，亦即整個海岸線皆有設置。本文討論範圍是綠營浙、閩、粵外海水師。

綠營水師隸屬「綠營」¹⁶系統。綠營兵是在明清之間的戰爭中發展起來的，除歸附和招降的明軍外，主要來自招募。¹⁷綠營的主要任務是鎮戍，其編制，皆據鎮戍需要制定，原則是「按道里之遠近，計水陸之衝緩，因地設官，因官設兵，既聯犄角之聲援，復資守御之策應」。¹⁸

清朝水師與明朝水師編制上不同，明朝無論在中央或地方，皆沒有一個專統水師的官員，這也成為水師是否得以發展的一個重要因素。Bruce Swanson 認同此種看法。¹⁹John L. Rawlinson 指出清朝的水師，有兩個系統，不相互管轄。²⁰清朝在中央雖然沒有一專統官員，地方則有專職的「水師提督」²¹負責每個直省的指揮與管理。依規制：「提督負責統轄本標官兵及分防營汛，節制各鎮，閱軍實、修武備，課其殿最，以聽于總督」。²²提督成為一省中最高的綠營兵長官。

康熙二十三年（1684）清朝將臺灣納入版圖，設臺灣鎮總兵官，鎮標中、左、右三營各設遊擊以下等官，設臺灣協副將、移漳州城守協副將駐澎湖。²³臺灣鎮總兵官駐劄

¹⁶ 綠營：因部隊所使用的旗幟為綠色，始稱綠營。（清）托津，《欽定大清會典事例·嘉慶朝》（臺北：文海出版社，1991），卷 35，頁 5a 載：「國初定八旗之色，以藍代黑、黃、白、紅、藍，各位於所勝之方，惟不備東方甲乙之色。及定鼎後，漢兵令皆用綠旗，是為綠營」。清代檔案、文書皆稱此軍事組織為「綠營」或「綠旗」。

¹⁷ 中國軍事史編寫組，《中國歷代軍事制度》（北京：解放軍出版社，2006），頁 491。

¹⁸ 中國軍事史編寫組，《中國歷代軍事制度》，頁 492。順治 3 年 2 月，淮揚總督王文奎〈建立江北綠營揭帖〉。

¹⁹ Bruce Swanson, *Eighth Voyage of the Dragon: A History of China's Quest for Seapower.*, Annapolis: Naval Institute Press, 1982. pp. 56-57.

²⁰ John Lang Rawlinson, *China's struggle for naval development 1839-1895.*, Cambridge, Mass: Harvard University Press, 1967. p. 7.

²¹ 按：水師提督全名為「水師提督軍務總兵官」，提督為直省綠營的最高長官，部分直省提督分陸路提督及水師提督。提督需受總督、將軍的節制。以明代來看，明代此階級官員為都指揮使司，都指揮使，晚期亦稱提督。見《最新清國文武官制表》，《續修四庫全書》（上海古籍出版社，1997，南京圖書館藏清末石印本），卷 2，頁 71a

²² （清）永瑢，《歷代職官表》（臺北：中華書局，1966），卷 56，頁 11a。

²³ （清）崑岡，《大清會典事例·光緒朝》（北京：學苑出版社，2005，清道光間刻本），卷 550，〈兵部〉9，〈臺灣綠營〉，康熙 23 年，頁 124-1。

臺灣府，管轄本標三營、臺灣水師協、滬尾水師營，聽福州將軍、閩浙總督、福建水師提督節制。²⁴澎湖設水師協副將，駐澎湖媽宮市，遊擊二員，左、右營俱駐內海娘媽宮，守備二員，分防八軍、西嶼二汛；千總四員，二駐本營、二防嵵裏大北山二汛；把總八員，五駐本營、三分防媽祖澳、八軍、西嶼各汛；經制外委十四員，額外外委六員。²⁵光緒十二年（1886），澎湖副將與海壇鎮總兵對調，將澎湖水師協副將改為總兵，²⁶駐紮澎湖媽宮汛，統轄本標左、右二營，左營兼中軍外海水師遊擊一人，中軍守備一人、千總一人、把總四人、外委二人。右營外海水師都司一人、千總一人、把總二人、外委二人。

²⁷

初設的澎湖水師人員共有兵二千人，哨船三十六隻。28分駐十三處防汛地，左營防汛分別為媽宮澳新城東汛、時裏汛、文良港汛、風櫃尾汛、八罩將軍澳汛、挽門汛、水垵汛。右營防汛分別為媽宮澳新城西汛、西嶼內塹汛、外塹汛、小門汛、北山汛、吉貝汛。29澎湖水師隸屬於臺灣鎮管轄，福建水師提督得以節制澎湖水師。

三、澎湖戰船的設置與種類

戰船制度建立之後，如何的維護及管理則是主政者必須認真規劃之事。清代戰船的管理，中央與地方各司其職。清代戰船制度的管理，由中央制定法令，地方負責執行。清初，尚未大量製造戰船時，戰船數量不多，因此對戰船的維護更加小心。在中央，戰船制度的擬定由兵部負責，戰船的興建由工部佐理，地方則由各督、撫、提、鎮及以下等官呈報。

清代水師戰船的制定程序，大部分都由地方的水師部隊將領，在操駕之後，發現戰船之優劣時，再向中央建議改造，在中央各部討論之後依議執行，中央鮮少針對戰船制度直接下達旨意，這與中央長期缺乏對戰船業務熟稔人員有很大的關係。對於戰船的維護及管理，順治初年規定：

武職看守戰船，損壞二船者，降二級留任；三、四船者，降二級調用；五六船者，降四級調用；七船以上者，革職。該督、撫、提、鎮仍不時委副、參等官巡查。其官兵所乘之船，若未戰以前，既戰以後，閒住之時，即交

²⁴ (清) 明亮、納蘇泰，《欽定中樞政考》72卷（上海：上海古籍出版社，1997），〈綠營〉卷1，〈營制〉，頁20b。

²⁵ (清) 穆彰阿，《大清一統志》(臺北：臺灣商務印書館，1966)，卷424，頁8338。

²⁶ 連橫，《臺灣通史》(臺北：臺灣文獻委員會，1992)，卷13，〈軍備志〉，頁336。

²⁷ (清) 崑岡，《大清會典事例·光緒朝》，卷593，〈綠旗營制〉4，〈澎湖鎮外海水師總兵官〉，頁661-2。

²⁸ (清) 杜臻，《澎湖臺灣紀略》(臺北：臺灣文獻委員會，1993)，〈武員〉，頁41。

²⁹ (清) 胡建偉，《澎湖紀略》(臺北：臺灣文獻委員會，1993)，〈汎防〉，頁126-129。

督戰官看守，統兵大員不時委員巡查，如有損壞，俟凱旋日，將看守官亦照前例議處。³⁰

因為戰船數量不多，惟恐戰船因各種人為因素導致毀損，所以由中央制定嚴格的法令約束地方官員。康熙十四年（1675），再度重申此項管理機智，並將地方監督層級提升到各地大將軍、將軍、參贊大臣等。³¹戰船一旦有所損壞，各地方文職、武職官員，將受到嚴厲的處罰。

為了加強對戰船的管理，在官員的建議之下，對戰船實施編號刊刻，如此在管理上更為方便。康熙五十二年（1713），議准：「各營艦犁、趕繒等船，於船頭、船尾，刊刻某營、某鎮、某號捕盜船名」。³²其目的除了讓水師官弁不敢隨意妄為之外，也便於對戰船的管理。在此項制度實施成效達到要求的情況之下，清廷更進一步對操舟人員及巡、哨船的管理工作，推動相同的管理模式。康熙五十三年，規定各營哨船刊刻某營、某字、某號舵工、水手等，各給與腰牌，書寫年貌、姓名、籍貫。³³戰船、巡、哨船及船上官弁都列冊登記之後，管理單位即可隨時掌握狀況，這對戰船及人員的管理及監督則更為確實。然而，轄有水師的各督、提、鎮、協等，為了管理方便，除了於船身刊刻部隊名稱之外，亦設置戰船編號。

從戰船的編號即可以看出該地戰船之數量。福建地區的水師建置最久，各鎮、協、營戰船數量最多，除了各部隊自行制定船隻編號之外，他們也妥善運用編號來命名。《金門志》載：各營戰艦編號，海國萬年清、金湯永固紀等字。³⁴「海國萬年清」是福建水師提標中、左、右、前、後營各編號所集。戰船的編號除了可以掌握戰船資訊之外，亦有激勵效果。其他各營亦照此種方式命名，如金門鎮標左營、金門鎮右營、閩安協左營、海壇鎮右營、銅山營、烽火營、海壇鎮左營、閩安協右營、左營番號為「金湯永固紀慶安瀾」；臺灣與澎湖則由澎湖協左營、澎湖協右營、臺灣水師協標中營、臺灣水師協標左營、臺灣水師協標右營組成「綏寧平定澄」部隊。因此澎湖協左營之戰船編為「綏」字號，澎湖協右營則編為「寧」字號。但道光以後為了避諱皇帝名字，故把「寧」字改為「鞏」字號。

清代戰船在尚未規定刊刻部隊戰船名稱之前，該管鎮、營番號之前，無論戰船及巡、哨船亦多有彩繪。如常在船頭繪上眼睛，船身及船尾繪製各種圖案。這

³⁰ (清) 崑岡，《大清會典事例·光緒朝》，卷 631，順治初年，頁 1181-1-118-2。

³¹ (清) 崑岡，《大清會典事例·光緒朝》，卷 117，康熙 14 年，頁 507-2。

³² 清國史館編，《皇朝兵志》276 卷(臺北：國立故宮博物院藏，清內務府朱絲欄本)，第 248 冊，〈兵志〉6，〈軍器〉4，頁 3b。

³³ (清) 盧坤，《廣東海防彙覽》42 卷，《清代兵事典籍檔冊匯覽》(北京：學苑出版社，2005，清道光間刻本)，卷 12，〈方略〉1，頁 40b-41a。

³⁴ (清) 林焜熾，《金門志》(南投：臺灣省文獻委員會，1993)，卷 5，〈兵防志〉，國朝原設營制，附錄，頁 95。

種船隻的彩繪狀況，也形成一項特色。但這對於緝私、捕盜是否有加強成效的作用，或者會產生負面效果，則有不同的爭論。乾隆二十一年（1756），兩廣總督楊應琚（?-1767）建議，為了使沿海巡、哨船更容易分辨，規定將該船通身染紅色，大書白字，編刻某府、州、縣第幾號巡役某人等船，鐫刻船尾兩旁。³⁵但這樣的政策似乎只在廣東一帶執行，並沒有延用到全國各地。乾隆四十七年（1782），江南提督保寧（?-1808）奏言：各營大小巡船俱係彩畫龍虎，及各種海獸，詢之水陸各員，咸稱以壯觀瞻，并以分營船、民船之別，由來已久。但設立巡船目的是巡查匪類，如能與一般民船一樣，則隱匿性佳，如果彩繪則容易讓盜匪發現，如此便不容易緝捕之。³⁶其所言也不無道理，戰船與巡、哨船不同，戰船的任務是作戰，對象有可能是人數龐大的海寇；巡、哨船的任務為查緝沿海走私及維持治安，類似於現今海巡及警察人員的巡視。海寇通常是化整為零，藏匿在各種船舶之中，如果這些巡船特意突顯他們與眾不同，那將讓這些想做奸犯科之人及早做好防範。³⁷然而，清廷最終做出禁止巡船彩繪的規定。乾隆四十九年，規定：「各省戰船准用彩繪，以壯觀瞻，至巡船原為改裝，密緝盜賊之用，應概照民船油飾，不准彩繪以資巡緝」。³⁸此後，巡、哨船即不再彩繪，與民船的形態相同。但《欽定中樞政考》記錄的時間為乾隆四十九年，這顯然有誤，早在保寧奏報之後，朝廷即已下令巡船不准彩繪了，因此巡、哨船不准彩繪的時間規定是在乾隆四十七年。

船舶的行駛是否便捷，亦為管理機制之一，戰船、巡、哨船，主要是維護海上安全，如果官方的戰船速度比不上民、商船或海寇船，那戰船的設置將無所作用。然而，清廷在戰船的製造上，並不是以速度及武器配備做為興建準則，清代中期以前，壓制官船以外的船隻，在行駛速度上不能超越官船。因此規定，民、商船不能頭巾插花。乾隆十四年（1749），浙江定海鎮總兵官陳鳴夏（?-1758）認為，在戰船上加裝頭巾、插花，有助於增加船速。陳鳴夏奏言：「海洋憑虛御風，全憑帆力，故大篷之旁加插花，桅頂之上加頭巾，風力猛，船行尤速」。朝

³⁵ (清)盧坤，《廣東海防彙覽》42卷，卷12，〈方略〉1，頁42a-42b。

³⁶ (清)盧坤，《廣東海防彙覽》42卷，卷12，〈方略〉1，頁42b-43a。《廣東海防彙覽》記載，建議巡船不彩繪者為「江南提督孫」，此記錄有誤。乾隆47年擔任江南提督者為圖伯特保寧（?-1808），於乾隆實錄載道：「向來大小巡船，俱彩畫龍虎，及各種海獸，以壯觀瞻。查設立巡船緝盜，自當改裝密緝，方能物色擒拏，若繪畫絢采，反令奸徒見知避匿。請通行各省，除戰船准用彩畫外，所有內外洋面水陸各營，大小巡船，一概不許彩畫，祇用油飾」。《高宗純皇帝實錄》，卷1170，乾隆47年12月丁丑，頁697-2。

³⁷ 清朝對於巡、哨船是否彩繪亦爭論許久，最後禁止彩繪，其外型與其他民、商船相同。但比較現今，世界各國對於巡防人員的裝備則特意突顯，如警車、船舶等等，都與民間所用大相逕庭。這是否代表時代的不同，認知亦不同，則存在許多討論空間。

³⁸ (清)明亮、納蘇泰，《欽定中樞政考》72卷，〈綠營〉卷40，〈營造〉，頁40a。

廷評估後，認為加裝頭巾、插花之配備立意佳。遂於乾隆十七年（1752），將此項建議覆准實施，但部分地區，因船型及山形水勢各有不同，因此江南省沙唬、巡快等船；福建省艦、船船因重量輕，已便易駕駛，毋庸製備；廣東省虎門協營，其所處地方因海道迂迴，砂礁錯雜，不必製備。加裝頭巾、插花之配備雖然提升水師戰船速度，但卻抑制戰船技術的研發，也限制民船功能的精進，這也是清代戰船無法精進的原因之一。

澎湖地區屬外洋水師，因此戰船的編制主要是外洋戰船為主，種類主要是趕繒船及艦船，沿海區域所編制的小船在澎湖不復見。乾隆朝時期編制戰船三十六艘，趕繒船有2艘，澎湖左營及右營各轄有十艘。十六艘艦船亦由澎湖水師協左、右營各轄八艘。

表一 澎湖戰船分布表（乾隆朝）

船型	數量	所屬單位	地點	數量	備考
趕繒船	20	澎湖協左營	媽宮汛	10	
		澎湖協右營	媽宮汛	10	
艦船	16	澎湖協左營	媽宮汛	8	
		澎湖協右營	媽宮汛	8	

資料來源：《大清會典則例·乾隆朝》（臺北：臺灣商務印書館，1983），卷 115，頁 1797-1798。

（清）陳壽祺，〔同治〕《福建通志》（臺北：華文書局，1968，同治十年重刊本），卷 83，頁 38b-52a。

乾隆中晚期之後，因為東南沿海地區海盜熾盛，海盜船比起清代水師戰船更為精進，無論船舶速度、船舶結構或船舶裝備都有過之而無不及。因此清廷加緊興建新式戰船，方能壓制海盜。嘉慶年間大量建造的同安船，亦成為澎湖水師戰船的主力了。趕繒船與艦船的配置及數量則漸漸減少中。從表二得知，在嘉慶朝時，澎湖所配置的三十四艘水師戰船中，同安船多達三十一艘，趕繒船只剩一艘，艦船也僅止兩艘了。

表二 澎湖戰船分布表（嘉慶朝）

船型	總數量	所屬單位	地點	數量	備考
同安船	31	澎湖協左營	媽宮汛	16	
		澎湖協右營	媽宮汛	15	
趕繒船	1	澎湖協右營	媽宮汛	1	
雙篷船	2	澎湖協左營	媽宮汛	1	

		澎湖協右營	媽宮汛	1	
--	--	-------	-----	---	--

資料來源：(清)托津，《欽定大清會典事例·嘉慶朝》，卷 575，兵部，軍器，頁 28a-28b。

道光朝以後，澎湖水師戰船所配置的數量略顯減少，由三十四艘減為二十三艘，減少了十一艘戰船，佔戰船數量三分之一。戰船的減少，使得澎湖的防務增加許多漏洞，無法確實。

表三 道光初期澎湖戰船駐防區域表

水師營 名稱	各營 戰船類型	駐防地點	戰船 數量	備考
澎湖水師協 標左營	綏字號 戰船	麟里汛、新城、媽宮汛、良文 港汛、捲門、水埯、將軍澳	7	
澎湖水師協 標右營	寧字號 戰船	媽宮、新城、西嶼、小門、北 山、吉貝、外塹	16	道光元年，奉文避諱，改為輩字號。

資料來源：《臺灣采訪冊》(南投：臺灣省文獻委員會，1993)，〈全臺軍制條目〉，頁 157-161。

道光初期尚有戰船二十三艘，但至鴉片戰爭前只剩十八艘(表四)，減少五艘。大同安梭戰船之數量分別於澎湖水師左、右營皆只有配置一艘。其餘皆以中、小同安梭為多。即便此時的大同安梭戰船皆非英軍戰船之敵手，³⁹但於澎湖水師配置的數量還是相當之少。

表四 鴉片戰爭前澎湖各營戰船種類、數量統計

戰船類型 水師營	大同安梭	中、小同安梭	大白底船	小白底船	總數
澎湖水師協標 左營	1	9			10
澎湖水師協標 右營	1	7			8

資料來源：(清)姚瑩，《中復堂選集》(南投：臺灣省文獻委員會，1986)，〈臺灣水師
船礮狀〉，頁 62。

³⁹ 無論戰船的數量，火砲的配備，皆不如英軍。清軍最大之戰船，其噸位尚不如英軍之外級軍艦，清軍安砲數量最多之戰船只相當於英軍安砲最小之軍艦，各方面條件相差甚遠。茅海建，《天朝的崩潰——鴉片戰爭再研究》(北京：三聯書店，2005)，頁 39-40。

四、沿海防衛戰術的運用

巡洋會哨是水師重要職責之一，目的是巡察匪類，維護漁船及商船安全，以靖海疆。巡洋會哨目的在組織成網，以剝奪匪類的活動空間。清隨明制，無論陸師、水師皆施行會哨制度。清廷入關後始定水師章程：

順治初年定沿海督、撫、提、鎮嚴飭官弁及內地所屬地方官，將海盜立法擒拏務期淨盡，如果無海盜，令該管各官按季具結申詳督、撫、提、鎮報部，儻出結之後此等海盜，經別汛擊獲，供出從前潛匿所在，將供出之該管汛口地方官降二級調用。⁴⁰

順治年間，水師制度尚未健全，此時巡洋目的以緝捕海盜為主。按照水師布防的位置和力量劃分一定的海域為其巡邏範圍，設定界標。再規定相鄰的兩支巡洋船隊按期相會，交換令箭等物，以防官兵退避不巡等弊端，確保海區的安全。⁴¹至乾隆朝，朝廷對水師巡哨定出規則：

會哨各營，凡交界毗連，一切遠近鄰汛，無分畛甸，惟按里數，概令多訂日期，分派將弁，各帶目兵，梭巡。會哨，每一會，必交旗為據，每一旬，即飭通報查考。⁴²

陸路及外洋的巡哨目的皆同，兵丁藉著巡哨可防杜奸逆為亂。巡哨路線各省皆有定制，哨與哨之間的會哨，則以交旗做為憑證，藉以防止不依規定巡哨之官弁因循苟且。清代的巡哨制度至康熙二十八年（1689），方有較明確規定，議准：「水師總兵官俱應親身出洋，督率官兵巡哨，違者照規避例，革職」。⁴³外洋巡哨是水師官兵的重要職責之一，總兵官是一鎮的最高指揮官，⁴⁴由總兵官親自督率官兵巡哨更顯慎重。

水師的巡防會哨有總巡、分巡之分，總巡是指各鎮水師總兵官每年定期巡洋制度，分巡是指由都司、守備擔任的巡防任務。⁴⁵無論是總巡或分巡都規定各級官弁必需親自

⁴⁰ (清)托津，《欽定大清會典事例·嘉慶朝》，〈兵部〉，卷 509，〈綠營處分例〉，〈巡洋〉，頁 1a。

⁴¹ 王宏斌，《清代前期海防：思想與制度》（北京：社會科學文獻出版社，2002），頁 73。

⁴² 《高宗純皇帝實錄》，卷 179，乾隆 7 年 11 月乙酉，福建汀州鎮總兵黃貴奏，頁 318-2-319-1。

⁴³ (清)托津，《欽定大清會典事例·嘉慶朝》，〈兵部〉，卷 510，〈綠營處分例〉，〈外海巡防〉，頁 1a。

⁴⁴ 按：「總兵官」名稱的出現，最早始於宋朝，但歷朝總兵官功能及職權皆不同。清代的總兵制度承襲明代，但清代在未入關前，於天命 5 年（1620）即有總兵的稱號出現，惟此時只是銜，使用的對象亦即以滿人為主。綠營成立之後，總兵官位階在提督之下，鎮守一方，擁兵數千人，至萬餘人不等。

⁴⁵ 王宏斌，《清代前期海防：思想與制度》（北京：社會科學文獻出版社，2002），頁 73。

執行。雍正以前，水師官兵巡哨區域以該直省為主，雖有越省巡哨，但實施時間不長。因此，兵丁對他省水域完全不熟悉，如遇敵人，無法越界緝捕，這將讓敵人逃逸。有感於此，遂將巡哨範圍擴大，以便官弁在操帆駕駛時能更加熟稔附近海域。

嘉慶五年（1800），在巡洋會哨的制度上，於總巡之上新增一統巡，並針對巡洋帶領者及職務代理者有更清楚的界定。

各營水師人員，按季巡洋，以總兵為統巡，親身出洋，督率將備巡哨，以副將參將遊擊為總巡，都司守備為分巡，儻總兵遇有緊要事故，不能親身出洋，止准以副將代統巡。副將遇有事故，偶以參將代之，不得援以為常，其餘遊擊都司，均不准代總兵為統巡。都司守備，不准代副參遊擊為總巡。千總、把總，不准代都守為分巡。目兵不准代千把外委為專汛。派員出洋，責令統巡總兵專司其事，按季輪派，一面造冊送部，一面移送督撫提督查覈。如於造冊報部後，原派之員，遇有事故不能出洋，應行派員更換者，亦即隨時報明，出具印甘各結。⁴⁶

嘉慶以後的巡洋，因增加一統巡，使得洋面的巡防時間更為綿密，這對海疆治安的維持有很大的幫助。

在會哨地點的挑選方面，閩浙地區因為實行時間較長，對會哨地點的確認亦是行之有年，閩浙總督喀爾吉善、福建水師提督李有用、原任浙江提督吳進義奏：

海洋會哨，必擇安穩島澳，寄碇避風。今議於涵頭港、鎮下關、銅山大澳、大洋山、九龍港、沙角山、等處令閩浙兩省鎮臣，會集巡哨。但海洋風信靡常，不必限定兩月一次，遇會哨之期，先遣標員前往指定處所等候，如兩鎮未能同時並集，即先後取具印文繳送，總以上下兩鎮，必赴指定之地為準，違誤立參。至分巡洋汛，相去本非甚遠，可一月會哨一次。⁴⁷

會哨地點的確認，足以彰顯當地的重要性，持久下來亦會讓會哨官弁更了解水域狀況。但是，會哨的時間，必需配合風信及潮汐，再考慮當時天候因素，在種種無法由人為來掌控的因素之下，時常發生該水師官弁無法在規定時間內，到達會哨地點。

在福建的巡洋會哨方面，其進行的時間乃在領有臺灣之後。康熙五十六年（1717）覆准：

福建省臺灣、澎湖、兩協副將，歲率三船親身出洋，總巡各本管洋面，兩協、遊、守分巡各本汛洋面。海壇、金門二鎮，各分疆界為南北總巡，每歲提標撥出十船，以六船歸巡哨南洋總兵官調度，四船歸巡哨北洋總兵官調度，其臺、

⁴⁶ (清)托津，《欽定大清會典事例·嘉慶朝》，〈兵部〉，卷510，〈綠營處分例〉，〈外海巡防〉，頁12a-12b。

⁴⁷ 《高宗純皇帝實錄》，卷418，乾隆17年7月壬戌，頁474-2。

澎二協副將，金門、海壠總兵官，均於二月初一起九月底止，期滿撤回，至各營分巡官兵，挨次更換，如遇失事，各照例題參。⁴⁸

澎湖因位於金門鎮與臺灣鎮之間，因此巡洋會哨時必需兼顧此二區域。戰船巡洋會哨時間，於每年二月起至九月底止，澎湖水師協副將坐駕兵船四隻出洋，在於左、右兩營所轄洋面總巡；自二月起至五月底止，兩營遊擊各帶兵船四隻出洋，在於本轄洋面分巡；自六月起、至九月底止，兩營守備各帶兵船四隻出洋，在於所轄各洋面梭織哨捕。十一月、正月係單月分，兩營遊擊各帶兵船四隻出洋輪巡；十月、十二月係雙月分，兩營守備各帶兵船四隻出洋輪巡。⁴⁹

為了落實巡洋會哨實際上之功能，在會哨時，兩隻不同水師部隊於海上會哨，必須交換旗幟確認會哨完成。因此，換旗巡防會哨成為水師定例。澎湖地區將備出洋巡哨，每月於初二日在南勢左右兩營交界之花嶼洋面兌旗會哨，十六日在北勢左右兩營交界之島嶼洋面兌旗會哨。⁵⁰

會哨的地點，由媽宮澳開駕，向西至西嶼頭，巡內塹、外塹，復收回西嶼頭。從大果葉登岸，二里，左為緝馬灣、右為小果葉。八里至小池角，四里至大池角，十五里至小門汛，四里至合界頭橫礁，三里至竹篙灣，仍回至大果葉登舟。由內港駕至北山瓦硐港，寄碇登岸。四里至通梁，三里至後寮，二里至大北山之頂瞭望。北為吉貝嶼，欲赴吉貝，須出吼門往北，但吼門水道窄而且險，在大烈、小烈二嶼之中，舟行過此，舵工非十分熟練者不能；若逆流、逆風，則未可駕駛。瓦硐港四里至大赤嵌，一里至小赤嵌，三里至港仔東，二里即崎頭、東南二里至鎮海澳，三里至港尾，二里至城前，仍回至瓦硐港登舟。從吼門出洋，收入內塹寄泊，駕回媽宮港，又由媽宮港開船出四角仔嶼，往南經雞籠嶼、桶盤嶼、虎井嶼，順風兩潮水可以直抵八罩金雞嶼，入挽門汛，往西南一里許，至網垵澳，南為半坪等嶼，西南為大嶼，西北為花嶼、草嶼、貓嶼、網垵，半里許至甕菜堀，北四里至花宅，四里至水垵，復回挽門汛。汛東隔小港，一里許為將軍澳，澳與挽門東西對峙，臨海有石山頗高，可以望船，因名為船篷嶼。向北為金雞嶼，在將軍澳後有馬鞭嶼，由挽門登舟出船路礁嶼，往東南大洋，至東吉、西吉等嶼，回轉向北，直往文良港；經鎖管港、豬母落水、時裏汛，復經雞籠嶼、八四角仔嶼港口，回至媽宮港。⁵¹戰船巡防的地點已經遍及澎湖地區重要的海防區域，這對於澎湖的海防安全已能鞏固。但道光朝之後因戰船數量減少，現有戰船已經無法分擔巡防任務，因此海防安全已受到影響。

⁴⁸ (清)托津，《欽定大清會典事例·嘉慶朝》，〈兵部〉，卷509，〈綠營處分例〉，〈外海巡防〉，頁3b-4a。

⁴⁹ (清)胡建偉，《澎湖紀略》(臺北：臺灣文獻委員會，1993)，〈汛防〉，頁129。

⁵⁰ (清)胡建偉，《澎湖紀略》，〈汛防〉，頁129。

⁵¹ (清)胡建偉，《澎湖紀略》，〈汛防〉，頁129-131。

五、結語

清代澎湖水師戰船設置主要以巡洋、會哨來形成一防衛網絡。初期水師戰船數量尚足以擔任巡洋會哨任務。但道光朝以後，戰船數量明顯減少，因此在巡洋方面顯得力有不逮。因此水師防衛戰術也由積極轉保守。防衛的區域只剩澎湖本島及西嶼，其他周邊的島嶼幾乎都放棄。

在戰船配置的種類方面，由清代初期的趕縉船、鋤船轉變為嘉慶朝以後的同安船。但在自強運動之後的自製鐵甲船或向國外採買的戰艦並不配置於澎湖水師。澎湖水師還是以舊式戰船為主。這樣的戰船武力結構無法應因當時的外國勢力，海防勢必受到嚴重挑戰。

徵引資料

- 《明神宗顯皇帝實錄》，臺北：中央研究院歷史語言研究所，1966。
- (明) 沈有容，《閩海贈言》，南投：臺灣省文獻委員會，1994。
- 《大清會典則例·乾隆朝》，臺北：臺灣商務印書館，1983。
- 《高宗純皇帝實錄》，北京：中華書局，1986。
- (清) 俞昌會，《防海輯要》18卷，《清代兵事典籍檔冊彙覽》，北京：學苑出版社，2005，光緒11年星沙明遠書局刻本。
- (清) 陳倫炯，《陳資齋天下沿海形勢錄》，《清代兵事典籍檔冊匯覽》，北京：學苑出版社，2005，咸豐間銅活字本。
- (清) 陳壽祺，〔同治〕《福建通志》，臺北：華文書局，1968，同治十年重刊本。
- (清) 林豪，《澎湖廳志》，臺北：臺灣銀行經濟研究室，1958。
- (清) 張廷玉，《明史》，臺北：鼎文書局，1980。
- (清) 顧祖禹，《讀史方輿紀要》130卷，《續修四庫全書》，上海：古籍出版社，1997。
- (清) 劉銘傳，《劉壯肅公奏議》，臺北：臺灣文獻委員會，1995。
- (清) 顧炎武，《天下郡國利病書》，臺北：廣文書局，1979。
- (清) 周凱，《廈門志》，臺北：臺灣省文獻委員會，1993。
- (清) 托津，《欽定大清會典事例·嘉慶朝》，臺北：文海出版社，1991。
- (清) 永瑢，《歷代職官表》，臺北：臺灣中華書局，1966。

- (清) 姚瑩，《中復堂選集》，南投：臺灣省文獻委員會，1986。
- (清) 明亮、納蘇泰，《欽定中樞政考》72卷，上海：上海古籍出版社，1997。
- (清) 穆彰阿，《大清一統志》，臺北：臺灣商務印書館，1966。
- (清) 杜臻，《澎湖臺灣紀略》，臺北：臺灣文獻委員會，1993。
- (清) 胡建偉，《澎湖紀略》，臺北：臺灣文獻委員會，1993。
- (清) 盧坤，《廣東海防彙覽》42卷，北京：學苑出版社，2005，《清代兵事典籍檔冊匯覽》，清道光間刻本。
- (清) 林焜熾，《金門志》，南投：臺灣省文獻委員會，1993。
- 清國史館編，《皇朝兵志》276卷，臺北：國立故宮博物院藏，清內務府朱絲欄本。
- 《最新清國文武官制表》，上海古籍出版社，1997，《續修四庫全書》，南京圖書館藏清末石印本。
- 《臺灣採訪冊》，南投：臺灣省文獻委員會，1993。
- 何孟興，《浯嶼水寨：一個明代閩海水師重鎮的觀察》，臺北：蘭臺出版社，2002。
- 中村孝志著，許粵華譯，《荷蘭時代臺灣史研究》上卷，臺北：稻鄉出版社，1997。
- 中國軍事史編寫組，《中國歷代軍事制度》，北京：解放軍出版社，2006。
- 連橫，《臺灣通史》，臺北：臺灣文獻委員會，1992。
- 茅海建，《天朝的崩潰——鴉片戰爭再研究》，北京：三聯書店，2005。
- 王宏斌，《清代前期海防：思想與制度》，北京：社會科學文獻出版社，2002。
- Blussé, Leonard 著，莊國土、程紹剛譯，《中荷交往史 1601-1999》，北京：路口店出版社，1999。
- Rawlinson, John Lan. *China's Struggle for Naval Development 1839-1895*. Cambridge: Harvard University Press, 1967.
- Swanson, Bruce. *Eighth Voyage of the Dragon: A History of China's Quest for Seapower*. Annapolis: Naval Institute Press, 1982.

The Warships and Strategies in Penghu of the Qing Dynasty

LEE Chilin*

Abstract

Taiwan is southeast coast barriers, Penghu is the only way which must be passed to the route. Penghu is a very important strategic coastal military district, and strategically a very important. Penghu is the bridge between Taiwan and Fujian, here were often points of battle. In early time, Penghu set up a Navy Regional Vice Commanders(副將) of the Qing Dynasty, Which features 36 warships, two thousand soldiers defense coastal. However, there are so many vast expanse of seas and islands in Penghu. How little warships and soldiers to defend this area is insufficient. Consequently, the area's coastal defenses, such as the navy, batteries, forts and warships, were reinforced. Whether the proper preparation of the kinds of warships, will also affect the smooth implementation of the defense strategy. This article will discuss the coastal defense strategies on this important transformation to Penghu's maritime defenses.

Keywords: Qing Dynasty, Taiwan, Penghu, Navy, Warships, Maritime History, Military History, History of Science

* Assistant Professor, Department of History, Tamkang University.

中國古代「力」的概念及其相關知識^{*}

儀德剛^{**}、馮書靜^{***}

摘要

「力」是一個極具抽象的概念，它在中國古代最早見於殷商時期的甲骨文。隨著歷史文化的變遷，由「力」組成的詞語成百上千且其內涵日益豐富，用法也十分靈活。儘管古人善用形象化的表述或類比方法如以鳥的奮飛、以重釋力、人筋的發力形為等去理解內涵日趨豐富的多種多樣的力，但究其本意還是指人力、畜力、風力等較為具體直觀的自然力，並終因固守以人為本的思維方式而錯失歸納出力與運動的本質關係。本文以古文獻為基礎，梳理「力」的概念及其內涵演變，並闡述其所反映的中國古代力學經驗和知識進化的文化傳統。

關鍵詞：中國古代、力、概念、力學史

* 本文轉載自《自然辯證法通訊》，第 36 卷第 5 期(2014.10)，頁 52-57、126。

** 內蒙古師範大學科學技術史研究院教授

*** 內蒙古師範大學科學技術史研究院研究生

中國古代「力」的詞義靈活多變，不易被抽像或量化成為一門獨立的理論體系--力學，正如李志超所言「原始的人力、畜力不能用來構造精確的科學，這種力多歧義、多變化，難於比較研究。」¹其實如何認知從人力或畜力演進到現代物理學意義上的「力」本是一個複雜的科學探索過程，這個過程直到十六世紀才由西方物理學家們完成，並給出了「力」一個相對準確的物理學定義。中國早在春秋戰國時期，對於力的認識已有一定文字積累，其中《考工記》對實用力學知識的記述，代表了古人對諸如物體的滾動、箭矢的飛行、物體的沉浮等現象的認知；而《墨經》中對一些樸素的理論力學知識的論述，也反映古人對諸如時空與運動、重心與平衡、簡單機械原理等方面進行了理論性的粗淺概括。延續這兩方面的知識傳統，先賢們雖歷經千年卻仍然沒有能突破陳規而完成對力本質的定義。

在中國古代文化中，「力」最早見於殷商時期的甲骨文「」。爾後「力」的字形和字義在歷史長河中不斷發展演變，其內涵涉及到社會、政治、經濟、文史哲、天文、物理等多個領域的文化理念。「力」的字形演化可見下表²：

									
乙 八八九三	力册 父丁觚	中山王鼎	詛楚文	说文 力部	老子 甲一六	孙子 一三九	史晨碑	熹·公羊 宣六年	

該表反映出「力」乃是從具體形象的圖形到抽象符號，再到概括性文字的發展過程。從文字的長期發展過程可以看出，其原始字形和意義都有所堙沒，要逐一識別出來殊非易事。然而先秦學者卻並沒有因此而放棄對「力」的本質、概念變化及其思想文化淵源等不同層面的探究：如墨家學說言「力，刑之所以奮也」；社會政治領域講「力」乃「權力、勢力」也；教育領域云「力，勤也」即努力學習之意（《荀子·勸學》言：「真積力久則入」，楊倞註：「力，力行也。誠積力久，則能入於學也」）；經濟領域謂「力」乃「物力、財力」；生產實踐中「力」即「自食其力、勞力」等意。這些鑒釋均有一定的時代背景和文化語境，鄒大海認為先秦學者把「力」作為一個寬泛且普遍存在的概念去解釋物質世界的各種現象，但就是沒有抽離出理論的或公式化的力學知識。³明清以降，隨西方力學體系的傳入，古人又以中國本土化的語言去翻譯西方近代力學知識而努力工作，這個過程也正是先賢們對相關術語解釋的糾結到逐步釋懷的科學探索過程。為此阿梅龍論述了「重學」和「力學」在中西方力學知識中的本意及相關術語的翻譯過程，闡述了西學中源說對西方力學知識在中國傳播的影響。⁴縱觀前人的研究，揭示中國古人探索自然之力是如何具體到有一定物理學內容的方法及過程依然不甚明瞭，本文以古文獻為

¹ 李志超，《天人古義：中國科學史論綱》（鄭州：大象出版社，1998），頁 103。

² 漢語大字典編輯委員會，《漢語大字典》（成都：四川辭書出版社，1986），頁 364。

³ Zou Dahai. *The Concept of Force (li 力) in Early China*, Preprint 313 of Max-Planck Institute for the History of Science, 2006, pp.11-35.

⁴ Iwo Amelung. *Weights and Forces: the Reception of Western Mechanics in Late Imperial China*, pp. 197-232.

基礎結合一定的認知理論，梳理中國古代「力」概念的產生及其內涵演變，並闡述其反映的中國古代力學經驗和知識進化的文化傳統。

一、古人對「力」概念的形象描述

關於漢字形體構造，有六書的說法：象形、指事、會意、形聲、轉注、假借。前四種是造字之法，至於轉注和假借，則是用字之法。象形是文字創造初期最基本的原則，象形文字以圖畫為基礎，但圖畫不等同於文字。原始社會的圖畫常常是畫一樣東西或是表述一件事情，而不是簡單地表示一個概念，更沒有固定的讀音；直到圖畫表示的概念固定了，線條簡化了，成為形象化的符號，而且和語言裡的詞發生了聯繫，有了一定的讀音，才成為文字。王力講：「文字學家主要是憑字形來辨別本義，這是因為漢字是屬於表意體系的文字，字形和意義有密切的關係，分析字形有助於對本義的瞭解。」⁵我們依此來探討「力」字的起源問題，上可追溯到公元前13--11世紀的殷商時期。甲骨文中，「力」寫作「」。甲骨文作為象形字，僅就文字圖形所描述對像來說，其解釋界限很寬泛，沒有高度抽象和明確的定義。同時圖畫文字具有寫實性質，它能夠自己說話，表達出事情的全部。⁶如「」用形狀像耒耜一樣的勞動工具，來表達勞動的全部過程，而勞動則需要人或動物的體力，這即是上古時期人們對「力」的表述。隨著其字形的演化，人們逐漸賦予「力」除「勞力、體力」以外，如古今典籍中常見的有「效力、力援、鼎力、活力、力透紙背、力爭上游、同心協力、法力、神力、足力、心力、馬力、筋力」等豐富內涵。

古文獻中，最早對「力」做出解釋的乃是《墨經》。《經上》：「力，刑之所以奮也。」《經說上》：「力：重之謂，下與重、奮也。」⁷有學者因《墨經》一文前後相鄰幾條內容屬於倫理、生理、心理，而懷疑該條所論是否為物理上的力概念。如張純一言，《經》文依次連第，均有脈理，上自「仁」至「勇」十四條均屬倫理，一下「生」、「臥」、「夢」、「平」四條均屬生理或兼心理；此條介於此間，不得專以物理為釋，然亦不能外乎物理。⁸又如徐克明雲，該條『力』是指體力，而不是指物理學上的一般的力。⁹相對於張純一的模稜兩可和徐克明的否定觀點，諸多學者堅持該條經文是對力的定義。如洪震寰明確講，不論從《經》文意思看，或從《經說》把力與重聯繫起來看，都可以證實此條確屬客觀的力概念，是物理的。¹⁰而且多數學者從物理視角對此進行了探究。在對上面兩條文字的解讀中，諸學者對「刑」、「奮」、「重」、「與」的理解以及《經說》的斷句存在不

⁵ 王力主編，《古代漢語》，（北京：中華書局，2012），第一冊，頁160-169。

⁶ [德]J.E.利普斯著，汪寧生譯，《事物的起源》（貴陽：貴州教育出版社，2010），頁174-194。

⁷ 高亨，《墨經校詮》（北京：科學出版社，1958），頁13。

⁸ 張純一，《墨學分科》（上海：定廬，1923）。

⁹ 徐克明，〈墨家物理學成就述評〉，《物理學史》，1973年5期(1)，頁52。

¹⁰ 洪震寰，〈《墨經》力學綜述〉，《科學史集刊》，1964年第7期，頁29。

同看法。他們均認為「刑」借用「形」，古字通用，然對「形」的理解又各執己見。錢臨照、洪震寰、戴念祖、方孝博、李祖錫都以為「形」是形體、物體；錢寶琮、徐克明、武際可認為「形」指身體、人體，而不是物體；且錢寶琮和徐克明都認同《經》文中的力是體力；此外，王仙洲認為「形」指物體的運動狀態。¹¹

同時，諸學者對「奮」字的解讀也是莫衷一是。錢臨照將「奮」作運動解，並解釋《經》文：「力是使得物體運動的。反言之，物體之所以能動，要加以外力。」¹²洪震寰雲，按『奮』描寫動態含義盡豐，計有三：(1) 動也，振也，發也（分別見於《易傳》、鄭《注》、《廣雅釋言》、《史記集解》）；(2) 迅也（見於《禮記·樂記·注》）；(3) 起也、翬也（分別見於《淮南子》鄭《注》、《說文》）；據此，《經》文意即：力是形體由靜而動，動而愈速及由下升上的原因。（[10, p.30]）錢寶琮言，「奮」的本義是翬、大飛，引申義是體力勞動¹³；指出「力是使得物體運動的原因」，並非《墨經》本意；並在「形」指人的軀體理解基礎上，釋《經》文謂：「人有所動作必須運用體力」。同時，方孝博指出墨經作者用「奮」字而不是「動」字，並非偶然，「奮」與「動」意雖近而實有很大區別。方孝博進一步解釋，「動」是「運動」，是相對於靜止說的；「奮」則是「運動的變化」，就是由靜止狀態變為運動狀態，是具有加速度的運動；因此，《經》文意謂：力才是物體運動狀態發生變化的原因，也就是物體獲得加速度的原因。¹⁴同樣，李祖錫在前人觀點的基礎上，提出「奮」即「飛」的意思，引申為「運動的變化」，並解釋「力，重之謂」為「力是重量的一種稱謂，物體由於受重力作用而具有重量。」¹⁵李氏認為經文是在討論力的概念，即「力是使物體運動狀態發生改變的原因」，指出這同牛頓力學對力的認識是一致的，並認為《經說》是對經文的舉例說明，講「物體下落是由於重力產生的運動的變化，物體上舉是由於向上作用的力克服物體的重量所產生的運動的變化。」現在看來李祖錫的解說有些拔高，經文中的「力」尚未達到牛頓力學定律的高度。

此外，戴念祖認為「奮」原意指鳥類展翅飛翔，延伸為狀態的改變。武際可言「奮」是舉的意思，《經》文意為「力是身體舉物向上」；並認為這裡只有靜力學沒有運動。¹⁶然而，徐克明雲，「舉重，奮也」即舉重，是克服阻抗之意；「奮」原意是鳥張大翅膀從田野裡飛起，同「舉重，奮也」是一致的，引申為克服阻抗；且認為鳥和人一樣都是借助於自身體力克服重力的阻抗。（[9],p.52）另外，王仙洲講，『奮』字是由靜到動、由慢到快的意思，明確含有加速度的意思；（[11], p.39）並解釋《經》文謂「力是物體由靜到

¹¹ 王仙洲，〈中國古代力學的主要成就〉，《青島教育學院學報》，2001年6期(2)，頁39。

¹² 錢臨照，〈古代中國物理學的成就——論墨經中關於形學、力學和光學的知識〉，《物理通報》，1951年1期(3)，頁98。

¹³ 錢寶琮，〈《墨經》力學今釋〉，《科學史集刊》，1965第9期，頁66。

¹⁴ 方孝博，〈墨經中的數學和物理學〉（北京：中國社會科學出版社，1983.7），頁51。

¹⁵ 李祖錫，〈試析《墨經》中有關力學原理的論述〉，《安徽大學學報（自然科學版）》，1984第1期，頁80-81。

¹⁶ 武際可，〈力學史〉（上海：上海辭書出版社，2010.7），頁2。

動、由慢到快做加速運動的原因。」王仙洲對「奮」的理解，前半句有道理，然後半句將其拔高到「加速度」之意，有些不妥。在當時的歷史條件下，儘管古人有動靜變化、運動快慢變化的意識，但是在科學抽象思維模式尚不發達的情況下，古人並未抽離出「加速度」的概念，因而對「奮」的加速度理解顯然有些拔高。

筆者愚見，《經》文條目中「刑」以「刑，剗也。從刀開聲」¹⁷來講，其為形聲字，造字本義為「刑罰，懲罰」，後人將其假借為「形」。假借的意義和本義是不相干的([5], p.99)，「刑」具有「形」的含義，只是借用，而不是從本義引申而來。《增韻·青韻》：「形，體也。」可知，古人認為「形」指形象、形體。《說文解字》言：「奮，翬也。從奮在田上。《詩》曰：『不能奮飛。』」([17], p.77)可見，「奮」原指（鳥類）大飛、高飛、疾飛。又見《廣雅·釋言》：「奮，振也。」([2], p.550)《廣雅·釋詁一》：「振，動也。」([2], p.1879)同時，《廣雅·釋詁一》言：「奮，動也。」([2], p.550)由此看來，「奮」的另一種解釋即「動」。《說文解字》言：「動，作也。從力，重聲。𢂔，古文動從𢂔。」([17], p.292)根據「動」的造字法：從力，重聲，即形聲字，可知，「動」源於「力」、「𢂔」。《說文解字》又言：「𢂔，乍行乍止也，從彳，從止。」([17], p.39)即慢步行走，走走停停。由此可見，「動」乃指運動，與力有關。根據此連帶關係可知，「奮」即「鳥振動翅膀奮飛」、「運動」，且與力相關。那麼，從字面意思來講，《經》文「刑」即「形」，可指形象或場景之意，則《經上》謂「力」，即用來形象地表達鳥振動翅膀奮飛或運動的原因。」古人對「力」的抽象概念無法準確表達，而藉以鳥振翅飛翔的視覺衝擊來形象地、富有藝術效果的表達他們對「力」的認知，並非對其下定義。因而，《墨經》採用具體思維的表達方式，以形象化的、極具視覺衝擊的場景來表達抽象概念「力」。

同樣，諸學者對於《經說》的校釋也存在頗多說法。首先，以「重」來說，錢臨照理解為「重量、重力」，他認為《經說》是在說明「物體的有重量，是力的表現之一。物體只能下落，或被上舉，皆重力表現之動作也。」([12], p.98)錢寶琮也認為「重」指重量，同時認為《經說》說明了「力」與「重」的關係，「力」與「重」用同一單位來衡量；並釋《經說》：「人運用體力高舉有相當重量的物體。能舉起的物體有多重說明他的『力』有多大。」([13], p.66)洪震寰則言，「重」指重物；力與重量，名異實同，物體有重亦即受力，故必下墜，故曰：「力：重之謂；下。」([10], p.30)徐克明同樣認為「重」指重力，且指出「重之謂下」即重力的屬性是方向朝下。

筆者認為愈是古老的社會，離開專業化的概念或術語便愈遙遠。與《墨經》幾乎同一時期的《考工記·栗氏為量》言：「其耳三寸，其實一升，重一鈞。」可以看出，「重」在當時指「重量」，單位為「鈞」。《經說》：「力，重之謂。」闡述「力」與「重」之間的一種關係，即重是力的一種表現形式，只是「力」抽象，「重」具體且在生產生活實踐中常見，由此推斷，古人用「重」表達「力」不無道理。此外，「重」在當時還有份

¹⁷ [漢]許慎撰，[宋]徐鉉校定，《說文解字》（北京：中華書局，1998 重印）。

量較大，同「輕」相對之意。見《墨經·經說下》：「舉之則輕，廢之則重，非有力也。」([7], p.22)此處說明「力」與「重」在當時並不完全等價，因此《經說》：「下與重，奮也。」進一步反映「力」與「重」的不等價關係。

其次，至於《經說》中的「與」字解讀，可歸納為兩類：一類「與」照讀；一類破「與」為「舉」。再則，對於《經說》斷句及校釋也頗有不同。針對「與」照讀如張純一、魯大東、伍非百、鄧高鏡等，斷句為「力：重之謂。下與重，奮也。」他們的解釋也相類。如魯大東云：「凡物質形體之有重，以其受有吸力之所致也，故曰『力，重之謂』。下者，謂物體既受吸力而生下墜之現象，此下墜與重物，是運動量（奮）之所以發生也。」([10], p.29)讀「舉」者，如范耕研、譚戒甫、曾昭安、錢臨照等，斷句為「力：重之謂。下、舉，重奮也。」諸解釋亦相近。如錢臨照言：「物體的有重量，是力的表現之一。物體之能下落或被上舉皆重力表現之動作也。」([12], p.98)王仙洲亦言「物體的重量也就是一種力，物體下墜、上舉都是基於重的作用，也就是用力的表現。」([11], p.39)然孫詒讓、顧愬生、欒調甫、戴念祖、胡化凱斷句為「力：重之謂下，舉重，奮也。」且孫氏云：「凡重者必就下，有力則能舉重以奮也。」¹⁸另有，高亨詒釋《經說》：「所謂力者，重之發於形體者也。故曰：『重之謂。』形體有此力之重，乃能舉物之重，舉物之重即是奮。故曰：『下舉重，奮也。』下舉重謂自下舉重也。」([7], p.43)分析斷句方法，筆者比較贊同「力，重之謂下。舉重，奮也。」

此外，東漢許慎言：「力，筋也。像人筋之形。治功曰力，能圉大災。」([17], p.291)許慎將「力」形象地描述為「筋」。同時，他又言：「筋，肉之力也。」([17], p.91)宋育仁云：「筋以束骨，故人力在筋。然不得離肉言之，故從肉。筋者，人身之物；取於竹者，所謂『遠取諸物』。」([2], p.2968)而且《太平御覽》人事部一十六引《說文》作：「筋，體之力也，可以相連屬作用也。」¹⁹由此可見，古人非常善於形象思維，用具體的「筋」即附著在骨頭上的韌帶來表述「力」的客觀存在，同時，說明人們在當時已經認識到「筋」是能使人或物發力的載體。古人在生產、生活中已經認識到「力」與人或動物的肌肉、韌帶運動的關係，並將它們結合在一起互相解釋對方，這也是古人長於具體思維的表現。

從上文分析中，不難看出，在中國古人的思維中，「力」是形象具體的，既可以用振翅欲飛的鳥來形象處理，也可以用「重」來相互解釋，還可以用人「筋」來體會。然而古人對「力」的把握尚未達到近代物理高度，更未對其進行抽象的物理定義。「力」在物理中準確的矢量定義，需要等到笛卡爾的解析幾何確立之後，在伽利略、牛頓等人的努力下才逐漸確定下來。

二、古人對「力」的類化抽象描述

¹⁸ 張純一，《墨子集解》（成都：成都古籍書店複製，1988.9），頁280。

¹⁹ [宋]李昉等撰，《太平御覽》·人事部一十六·筋。

古人在描述力學現象時，無一例外地都未明確地講到力的方向問題。這與中國的傳統意識有關，在以儒家思想為正統思想的引導下，人們的研究中心是「人」，而非「物」，甚至有時「吾」與「非吾」都不分，因此，人們在解決物體受力的方向問題時，則採用另外一種方法，即創造新的詞語「掣、引、收」等來描述力的方向。此外，這種以人為中心的思想，促使古人在對自然現象描述時，總要自覺不自覺地與自身聯繫在一起，用類比或打比方的方式表達他們的觀點或認識。由此可見，中國古代未能出現經典力學知識，與我們的傳統文化是密切相關的。儘管有這樣的傳統思想文化，但是並不影響古人對生活和生產實踐中有關「力」現象的描述。

《孟子·告子下》言：「有人於此，力不能勝一匹雛，則為無力人矣；今日舉百鈞，則為有力人矣。」此處「無力」、「有力」之力均指人的力量、力氣，並以其具體作用效果——勝一匹雛、舉百鈞——來形象的說明力量、力氣的大小。《荀子·子道》云：「雖有國土之力，不能自舉其身，非無力也，勢不可也。」這裡的「力」也指力量、力氣、體力，同時反映「力」與「勢」的關係，即有力而無勢（有利條件）一樣不可成事。儘管這兩段文字的主旨均借用具體事例來表達他們對「不勝」和「弗為」的觀點；但是在描述人的力量、力氣、體力大小的同時或多或少體現了古人對施力物（人）、受力物（百鈞重物）的認識。同時，古人認識到在「自舉其身」時，自己既是施力者，又是受力者，而且即使有大力士的力氣，也不能自舉其身，此處看似矛盾，實際反映古人對內力與外力作用效果不同的樸素認識。

《淮南子·主術》曰：「故積力之所舉，則無不勝也；眾智之所為，則無不成也。……力勝其任，則舉之者不重也；能稱其事，則為之者不難也。」「積力」即合力，這裡「積力」與「眾智」類比，突顯合力的作用效果「無不勝」。然而古人在此默認積力大於分力，且並未說明積力的方向與大小關係問題，即各分力的方向一致或不同會影響合力大小及方向，會產生不同的作用效果。明代茅元儀云：「合力者，積眾弱以成強也。今夫百鈞之石，數十人舉之而不足，數人舉之而有餘，其石無加損，力有合不合也。故夫堡多而人寡者必並，並則力合，力合則變弱為強矣。」²⁰戴念祖言，茅元儀以力學現象說明軍事道理；合力的概念在當時是眾所周知的；《武備志》中未進一步涉及力的方向問題。²¹茅元儀以人的力氣、力量的大小聚合類比軍事力量的寡眾之分，突出合力力量大的特點。戴念祖講，這裡沒有給出力的方向，筆者認為這到不必勉強，《武備志》和《淮南子》一樣，原本都不是力學著作，僅是引用生活實踐中的「力」現象更直觀形象的說明軍事力量合併的重要性及眾智的能力之大。古人認識到「積力、合力」，然並未對其進行細分方向，可見，當時人們對力的認知尚未達到精緻的、科學的理論分析。《淮南子·兵略》謂：「假之筋角之力，弓弩之勢，則貫兜甲而徑於革盾矣。」用現代物理知識解釋「筋角之力」，則表現的是「筋、角」材料的物理性質，即彈力。當然，古人的認識尚未達到這種高度，但是人們的思維和認識往往離不開與自身生產和生活密切相關的

²⁰ 茅元儀，《武備志卷》，卷一百十四。

²¹ 戴念祖，老亮著，〈中國物理學史大系〉，《力學史》（長沙：湖南教育出版社，2000），頁170。

具體對象，因此他們在生活實踐中能觀察、注意到「筋角之力」這種現象，並發現借助此力和「弓弩之勢」可達到穿甲破盾的效果。同時，可以看出，古代人們粗陋的社會歷史實踐和有限的自然科學知識，限制了他們對周圍世界的深層次認識；這些局限，使古人只能認識客觀事物的現象，而不能深入地認識現象背後的本質。

《九章算術·方程》言：「今有武馬一匹，中馬二匹，…… 答曰：武馬一匹力引二十二石、七分石之六；中馬一匹力引十七石、七分石之一；下馬一匹力引五石、七分石之五。」²²如果說前文所講述的「力」尚未表現出明確的物理意義，那麼此處所講的「力」正合近現代物理學之力，並且給出力在當時的單位「石」。可以推斷，東漢時期人們對「力」的物理意義認識逐漸清晰，並賦予其單位「石」。另外，《考工記·弓人》云：「量其力，有三鈞。」這裡「力」的單位為「鈞」；近兩個世紀之後，明朝宋應星也講到：「凡造弓，視人力強弱為輕重。上力挽一百二十斤，過此則為虎力，亦不數出；中力減十之二三；下力及其半。」²³此處「力」的單位為「斤」。可見，古人對「力」的物理意義的認識延綿不斷，並在特定的語境中將其量化，借用「重」的單位「石」、「鈞」、「斤」等。

在中國古代，人們無論是對「力」的形象描述，還是對其作用效果的類化抽像描述，均沒有給其一個數量化或公理化的抽像定義，這與古人的知識結構、思維方式及其處理問題的方法有關。古人的類化抽像思維與現代科學意義上的抽像思維還有一定的距離，它的基本要素還不是概念，而是在形象思維活動中，經過各種各樣的聯想、類比活動產生的意與境、客觀世界與主觀情思相統一的知覺意象基礎上所形成的、帶有社會性的、類化了的意象。²⁴尤其是在一個以算術為主，缺乏幾何模型的知識背景或思維模式下，中國古代未能產生像西方近代力學這樣的公理化、數量化的科學知識也不足為憾。每種文化體系都有其各自的特點，我們應以包容之心來待之，尊重不同文化的發展。

三、結 語

中國古人不擅長抽像思維，然而人們的形象思維非常活躍，這源於中國古代豐富多彩的人文知識。中國古代的文字記載多是哲理性的，其反應的古人思想未有顯著的「我」與「非我」之別；古人即使在討論自然界中物理的或力學的現象時，都是以人為中心，而非物。同時，古人在探索大自然現象中形成的直觀思維，在對「力」的認知過程中無不體現。人們無論是對「力」的形象描述，還是對「力」的類化抽像描述，都是採用直觀的、形象化的方式表達。由於古人在探究自然知識中缺乏邏輯思維，只是借助直觀思維發現自然現象中與「力」相關的很多問題，但未能根據邏輯推理得出解決問題的方法，

²² 李繼閔，《《九章算術》導讀與譯注》（西安：陝西科學技術出版社，1998），頁 657。

²³ 宋應星，《天工開物》，卷三。

²⁴ 參考張浩，《思維發生學：從動物思維到人的思維》（北京：中國社會科學出版社，1994），頁 3。

因而沒有提出或抽離出「力」及其相關的理論化定義。可見，在這樣一種注重人事而不注重探究自然現象邏輯關係的傳統文化中，中國古代學者們是很難給出具有現代物理學定義的「力」的概念。

儘管我們不應該用西方近代科學的思維，更不應該用現代科學的邏輯去評判中國古代自然科學，尤其是中國古人對「與力相關的知識」認識，但是我們可以嘗試用思維發生學的知識去竭力探索和呈現古人的思維方式和解決問題的方法及其思想。因此，我們不僅要探討古人做了什麼，描述了哪些現象，而且要追溯他們在當時的行為根源，即為什麼。

參考文獻

- 漢語大字典編輯委員會，《漢語大字典》，成都：四川辭書出版社，1986。
- ZouDaHai. *The Concept of Force (li 力) in Early China*, in Preprint 313 of Max-Planck Institute for the History of Science, 2006, pp.11-35.
- Iwo Amelung. *Weights and Forces: the Reception of Western Mechanics in Late Imperial China*. pp.197-232.
- 王力主編，《古代漢語》第一冊，北京：中華書局，2012。
- [德]J.E.利普斯著，汪寧生譯，《事物的起源》，貴陽：貴州教育出版社，2010。
- 高亨，《墨經校詮》，北京：科學出版社，1958。
- 張純一，《墨學分科》，上海：定廬，1923年。
- 徐克明，〈墨家物理學成就述評〉，載《物理學史》，1973年第5期(1)，頁52。
- 洪震寰，〈《墨經》力學綜述〉，載《科學史集刊》，1964年第7期，頁29。
- 王仙洲，〈中國古代力學的主要成就〉，載《青島教育學院學報》，2001年第6期(2)，頁39。
- 錢臨照，〈古代中國物理學的成就——論墨經中關於形學、力學和光學的知識〉，載《物理通報》，1951年第1期(3)，頁98。
- 錢寶琮，〈《墨經》力學今釋〉，載《科學史集刊》，1965年第9期，頁66。
- 方孝博，《墨經中的數學和物理學》，北京：中國社會科學出版社，1983.07。
- 李祖錫，〈試析《墨經》中有關力學原理的論述〉，載《安徽大學學報（自然科學版）》，1984年第1期，頁80-81。
- 武際可，《力學史》，上海：上海辭書出版社，2010.7。
- [漢]許慎撰，[宋]徐鉉校定《說文解字》，北京：中華書局，1998重印。
- 張純一，《墨子集解》，成都：成都古籍書店複製，1988.09。
- [宋]李昉等撰。《太平御覽·人事部一十六》，筋茅元儀，《武備志》。
- 戴念祖，老亮著，《中國物理學史大系·力學史》，長沙：湖南教育出版社，2000。
- 李繼閔，《《九章算術》導讀與譯注》，西安：陝西科學技術出版社，1998。
- 宋應星，《天工開物》。
- 張浩，《思維發生學：從動物思維到人的思維》，北京：中國社會科學出版社，1994.03。

The Concept of "Force" and Its Relevant Knowledge in Ancient China

YI Degang^{*}, FENG Shujing^{**}

Abstract

In ancient China, force appeared as early as in the inscriptions on bones or tortoise shells of the Shang Dynasty and became a highly abstract concept. With the evolution of History and Culture, hundreds of thousands of words were made up of “force”, whose connotation was increasingly rich and whose usage became very flexible as well. The ancients were good at understanding the rich connotation of diverse forces in the way of pictorial presentation or analogy methods, such as the birds of flying, power of muscle or explaining force by weight and so on. However, the original intent of force also referred to specific intuitive forces of nature: labour power, animal traction, wind power, for example. And eventually, the ancients blundered away generalizing the nature of the relationship between force and movement, because of persisting in the way of people-oriented thinking. This paper, on the basis of ancient literature, teases out the concept of “force” and the evolution of its connotation. Besides, the paper discusses the force, which reflects the ancient Chinese experience in mechanics and the cultural tradition of the evolution of knowledge.

Keywords: The ancient China; force; The concept; History of force

^{*} Institute for the History of Science and Technology, Inner Mongolia Normal University

^{**} Graduate Student, Institute for the History of Science and Technology, Inner Mongolia Normal University

《第十屆科學史研討會彙刊》

(臺北：中央研究院科學史委員會，2015），頁 113-121。

《中西聞見錄》中海洋哺乳動物探究

陳德勤^{*}

摘要

《中西聞見錄》是西方傳教士於 1872 年在中國創辦的雜誌，共印刷 36 期，主要在於宣傳基督教的道德觀念，並雜錄各國新聞，同時也刊載了西方科技知識，兼附插圖，便讀者可汲取西方科學新知。其中也有海洋哺乳動物報導如：日新居士（張德彝）在〈瑞典鯨魚〉文章中提到在瑞典首都斯德哥爾摩看到鯨魚展示，並敘述該鯨魚之大，並可入魚腹參觀；在〈鯨傷電纜〉文章中提到印度外海，鯨魚纏繞海底電纜以致造成電報通訊中斷消息。該期刊對於各國至北極探險有多篇敘述，在〈探訪冰洋〉中，英國探險船開航至北緯八十度未見任何人煙，只見到鴻雁、熊、鹿，該文提到熊是指北極熊；〈探覓北極〉則稱美國探險船航向北緯八十二度，為冰所困，部分船員乘小舟離開探險船，在冰天雪地中求生，嚴寒的極地天候下，船員靠捕獵海熊（北極熊）及海馬（海象）維生；英國醫生德貞在〈鏡影燈說〉的報導中，很詳細提到早期幻燈機使用原理，是利用白臘油及鯨魚油做燃料，當作燈源，藉由鏡片放大圖像，做為影戲之用；在〈捕鯨考略〉中，則介紹英美捕鯨事業沒落主因。本文揭示許多以往較為人忽視，或文章語焉不詳處，並加以還原歷史真相，並了解西方世界如何利用海洋哺乳動物。

關鍵詞：海洋哺乳動物、鯨魚、海象、北極熊（海熊）

* 野柳海洋世界獸醫室主任，本會委員。

一、前言

《中西聞見錄》是由美國長老會丁隸良牧師 (W. A. P. Martin, 1827-1916) 創辦於北京，是一份月刊，由一八七二年八月至一八七五年八月共出版三十六號，在各期所見出版有關科技專文，以當時在北京傳教艾約瑟牧師(Rev Joseph Edksin)，包爾騰牧師(Rev John Shaw Burdon)，貞德醫師(John Budgen MD)，其中亦有在同文館任教的中國的數學家李美蘭，以及其他一些中國的投稿人，各期內容包括有天文、地理、數學、物理、化學、醫學、生物和世界各國的近聞，除刊載文章外，還附有插圖，圖文並茂，使得文中講解的知識更為生動，這份雜誌由廣學會散發，在當時頗有影響。¹筆者在此期刊中找尋到一些有關海洋哺乳動物報導，並加以整理，並試著找出其原始出處，發現有些與事實不符，或語焉不詳處加以補充或因時代不同，所用名詞加以說明，以還原歷史真相，更加了解西方世界如何看待這些海洋哺乳動物。

二、日新居士在瑞典見到藍鯨標本

在該期刊十六號有日新居士寫的〈瑞典鯨魚〉文章：「瑞典國京城司鐸火木積骨院內有一大鯨皮，其骨抽出支以其臟腑挂於壁上，皮長六丈五尺，寬二丈二尺以木架支撑，宛然一屋內設几案盆鏡等物，其口如門長五尺餘，滿口毛如棕葉腥，尚有臭之氣、牙邊以跳板通於樓梯，出入魚口，其腹可受六七人，詢之此魚出自北海，因觸翻大船數隻，有智者出以千人設法擒之，乃得是皮。」²讓筆者好奇是日新居士何人？經查資料始知作者是張德彝(1847 年—1918 年)字德明，漢軍鑲黃人，祖籍福建，出生於北京，在十五歲(同治元年，1862)時，憑著自己的學習成績考上了當時中國第一所外語學校---北京同文館，是這所學校僅有的十名學員之一。後經三年苦讀，以優異的成績畢業，曾任光緒皇帝的外語老師，他一生出國八次，曾任翻譯、參贊、並擔任駐英大使，共度過 27 年，每次出國，皆寫下詳細日記，依次成輯《航海述奇》、《再述奇》、《三述奇》至《八述奇》約兩百萬字。³筆者在《航海述奇》中找到作者在 1866 年以同文館英文班學生隨官員斌椿遊歷歐洲各國見聞回國後，他寫出此書，詳細記載了他的觀察見聞。

該書記載在同治五年五月二十四日(西曆 1866 年 7 月 6 日)他們抵達瑞典，在其五月二十八日(西曆 7 月 10 日)的日記中，記載當日上午至皇宮晉見國王胞弟，隨即轉往積骨樓(博物館)對該處做一番介紹：「又至積骨樓，所儲獸骨，皆以鐵條支起，其狀如生。有大魚頭長丈許，獸腿骨亦有長丈餘者，亦有生於石內者。蓋此骨皆自山壑海隅間尋出者。」

¹ 浩然，〈教士辦報介紹西方科技〉<http://www.christianweekly.net/1999/ta1768.htm> (瀏覽 2015.03.20)

² 日新居士，〈瑞典鯨魚〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，第十六號，頁 4

³ 百度，〈張德彝〉<http://baike.baidu.com/view/1660920.htm?fr=aladdin>(瀏覽 2015.02.18)

或雲古多巨獸，其形亦奇，死於山內海邊，久則化為石矣，古樹亦然……」⁴經查閱相關資料進行比對該博物館是位於施德哥爾摩(張德彝譯為司鐸古木，Stockholm)的自然歷史博物館(瑞典文 *Naturhistoriska Riksmuseet*，英文為 *Sweden Museum of Natural Science*)早年隸屬瑞典皇家科學院，該院派出許多人至世界各地蒐集標本，並於 1786 年對公眾展示，1819 建成該博物館，此博物館在自然歷史學家安德斯史貝拉曼(Anders Erikson Sparrman)及動物學家史溫尼爾森(Sven Nilsson)是該館早年重要創始及傳承者。⁵在張德彝日記中提到大魚頭長丈許，應指的是鬚鯨頭骨，作者並對許多動物骨骼化石做出描述，然而他未提到大鯨魚皮之事。

在該日記五月二十九日(西曆 7 月 11 日)才提到大鯨魚皮事情：「二十九日丁亥，早乘雙馬至一處，見一大鯨皮，其骨抽出，支以鐵條，臟腑挂於壁上，皮長六丈五尺，寬二丈二尺，以木架支撑，宛然一屋，內設几案盆鏡等物，其口如門，長五尺餘，滿口毛如棕葉腥，尚有臭之氣、牙邊以跳板通於樓梯，出入魚口，其腹可受六七人，古人曾謂寧赴江流葬於江魚之腹，余謂魚腹僅能受一人，謂之大魚，此腹受六七人，不更大哉，詢之，此魚出自北海，因觸翻大船數隻，有智者出以千人設法擒之，乃得是皮。」⁶

張德彝在《航海述奇》隔了七年後在《中西聞見錄》發表〈瑞典鯨魚〉文章，實則是把上兩篇日記合而為一，作者所提至一處，應非指的斯德哥爾摩自然博物館，而是另有他處，至於他所描述該鯨魚滿口毛如棕葉，是鯨鬚特徵，而非齒鯨，且體長之大，此應為鬚鯨，此為何種鯨魚？在何展出？都沒有答案。

然而在同一時期，在接近挪威的瑞典第二大城哥特堡自然歷史博物館(Göteborgs Naturhistoriska museum)，卻有展示藍鯨標本，藍鯨(Blue whale, *Balaenoptera musculus*)，屬於鬚鯨亞目，被認為是地球上生存過的體型最大的動物，體長超過 33 公尺，體重達 200 噸以上，其身軀瘦長，背部是青灰色的，不過在水中看起來有時顏色會比較淡。

此鯨是在 1865 年 10 月 29 日擋淺在哥特堡南方 Nåset 外海，體長 16 公尺，並被漁民捕殺並賣給哥特堡自然歷史博物館，該館奧古斯都·馬倫(August Wilhelm Malm)館長，帶領同仁對藍鯨作解剖，並將內臟泡在酒精甘油中，以備日後研究或展示用，當年十二月馬倫館長開始組裝一個實體大小以木架為內襯鯨魚標本，把皮膚貼於模型外面，並將全身分割成四個部分以利組裝展示，頭部是雕刻複製品做成的，並在頸部附加絞鍊，可調整嘴巴張開程度，並可進入腹部參觀，腹部設計像會客廳，內有長凳並鋪地毯，牆壁貼者藍色平文細布，馬倫館長不知道該鯨是藍鯨，以為是新物種，就以他妻子名字命名

⁴ 張德彝，〈航海述奇·歐美環遊記〉，鍾書河編《走向世界叢書》第一冊，長沙，岳麓書社，1985，頁 545。

⁵ http://en.wikipedia.org/wiki/Swedish_Museum_of_Natural_History (瀏覽 2015.1.5)

⁶ 張德彝，〈航海述奇·歐美環遊記〉，鍾書河 編《走向世界叢書》第一冊，長沙，岳麓書社，1985，頁 546。

Balaenopteracarolinae(Malm whale)，該博物館在當時是世界上唯一藍鯨展示地方。

1866 年 6 月 15 日在瑞典首都斯德哥爾摩舉辦歐洲藝術及工業展覽(Konst-ochindustriutställningen)，奧斯卡(Oscar)王子及勒維莎(Lovisa)王妃，親臨現場，哥德堡自然歷史博物館把藍鯨標本帶至該會場展示。⁷張德彝於 7 月 11 日在日記所記載至某處參觀大鯨魚皮，應該就是指該展覽會場，所以他沒有用積骨院字眼，在時間上也相吻合，解開筆者心中之疑惑。

三、鯨魚被海底電纜纏繞

在該期刊第十六號介紹印度新聞，題目為〈鯨傷電纜〉，敘述在印度接近紅海口於六月間海底電線突然中斷，致電報訊號消失，經派船隻前往處理，找到斷裂之處，使用人力欲將斷落電纜拉起，但十分吃力，似乎有重物壓住，經使用船上機械操作，始拉起電纜線，並發現鯨魚纏繞在電纜線，海底電纜並非完全沉入海底，有些懸在石中，鯨魚經過摩擦電纜線，致將電纜弄斷，鯨越想掙脫纏繞越緊，終致窒息而亡，鯊魚群起而攻擊吞噬，該文提及海底電線偶有斷落，有因船隻下錨因素或是海浪撞擊，但被鯨魚所傷，實為罕見。⁸

此明顯為外電報導，筆者試圖找尋當年有關此新聞資料，找尋到 1873 年 7 月 8 日 H.Izaak Walton 先生在當時屬於印度(現為巴基斯坦)喀拉蚩(Kurrache)報導此事：在喀拉蚩至瓜達爾(Gwadur)300 英里距離海底電纜電報線於 7 月 4 日夜晚突然失去功能，電報公司派出電報修復船 Amber Witchy 由 Bishop 船長及機電工程專家 Henry Manee 帶領下出發，電纜斷落處距離喀拉蚩 120 英里海上，船隻於 6 日下午兩點抵達事故現場，當時天候起大霧，但收起斷落電纜線拉起前面 250 公尺電線作業都很順利，但到了 30 至 70 曜(1 曜約 829 公尺)深度時，有強烈阻抗反映，似乎纏繞到大石，當吊出水面發現是一隻鯨魚尾部被電纜纏繞兩圈半，鯨魚身軀有部分被鯊魚及其他魚類啃食，該鯨尾部長達 12 公尺，它的身體佈滿了藤壺，船員將鯨魚綁好固定，並繼續做修復電纜作業時，在船隻不遠處可見到一群鯨魚在嬉戲，並用身體去摩擦船隻纜繩。⁹

在以往鯨魚專業書籍，都有提及鯨魚海豚潛水深度，亦有提到抹香鯨在水深 1415

⁷ The MalmWhale,NaturalHaistry Museum

Göteborgs <http://www.preservedproject.co.uk/the-malm-whale-natural-history-museum-goteborg/>
(瀏覽 2015.01.22)

⁸ 佚名，〈印度近事 鯨傷電纜〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，十六號，頁 23。

⁹ H.Izaak Walton Strong story *The Sydney Morning Herald* Friday 14 November 1873 p 5 Article
<http://trove.nla.gov.au/ndp/del/article/13326551?searchTerm=whale india 1873&searchLimits=>
(瀏覽 2015.01.24)

公尺被電纜纏繞喪命，但未提及發生時間、地點，¹⁰在此次找尋資料過程中，讓我如臨現場看到鯨魚被電纜纏繞整個過程。

四、北極寒帶遇見北極熊、海象

該期刊有多篇北極探險報導，有提及海洋哺乳動物，其中在該雜誌十三號〈美國近事探覓北極〉報導美國北極探險船開至北緯八十二度十六分時，為冰所困，至隔年夏天，冰雪融化才可開船，但因浮冰甚多，船隻前進速度緩慢，忽有兩冰山來襲，隨時有人船俱毀，船上 19 名人員攜帶食物行李，乘兩艘舢舨離去，以避冰山造成船毀人亡，其餘人員仍留在探險船上，在此同時兩冰山行突然開，探險船加速前進順利突圍，而在冰上十九人欲返回大船，但被浮冰及冰山所阻隔，無法再回大船，他們壘冰為房，抵禦風雪，獵捕海馬、海熊以充饑，並攜著舢舨慢慢向南行，到四月間行走到北緯五十三度，此處素有獵海馬之船出沒，不數日果有大船經過，這些十九名隊員全數獲救，無一人受傷，返回美國，文尾提及在北緯八十度以上，地屬荒落不毛，土地上只有苔衣小草，入夏有南方有飛來鳥禽，獸僅有熊兔之屬。¹¹在該雜誌第十七號〈探訪冰洋〉提到英國北極探險船行至北緯八十度，「路經似鼻子山(即尖峰也)大島，杳無人煙，僅有鴻雁、熊、鹿而已……」¹²，在這兩段文章中提到的熊或冰熊是指著北極熊，北極熊(學名：*Ursus maritimus*)是在北極裡生長的熊，其活動範圍主要在北冰洋附近，而最南則可以在有浮冰出沒的地方找到牠們(現時找到牠們的最南點為加拿大的詹姆士灣)，而最北可以在北緯 88 度找到牠們，牠們住在北極點，牠是陸上最龐大的肉食動物。牠擁有極厚的脂肪及毛髮來保暖，其白色的外表在雪白的雪地上是良好的保護色，而且牠可以在陸上及海上捕捉食物，因此牠能在北極這種極嚴酷的氣候裡生存。¹³

該文章所提的海馬為何物？現今稱海馬，是屬於小型魚類，海龍科(*Syngnathidae*)海馬屬(*Hippocampus*Rafinesque, 1810)，身長約 5-15 公分，因頭部彎曲與體近直角而得名，分別產於北緯 30 度與南緯 30 度之間的熱帶和亞熱帶沿岸淺水海域。地理範圍雖廣，但他們只是疏落而狹長地分布於沿岸水域，大多數品種主要在大西洋西部和西太平洋地區出沒。¹⁴然文中所提海馬者的是何物？經查證在北極寒帶能生存海中及陸地哺乳類僅剩海象，海象科 (*Odobenidae*) 是食肉目鰭足亞目下的一科，海象科僅有海象一種。主要生活於北冰洋海域；由於海象可作短途旅行，所以在太平洋和大西洋都有其蹤影。通常群

¹⁰ 大隅清治，〈抹香鯨可深入三千公尺深水底〉，《鯨豚博物學》，臺北，大樹文化事業公司，2000 ，頁 214-218 。

¹¹ 佚名，〈美國近事 探覓北極〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，13 號，頁 27-28 。

¹² 佚名，〈英國近事探訪冰洋〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，17 號，頁 19-20 。

¹³ 維基，北極熊 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8C%97%E6%A5%B5%E7%86%8A>(瀏覽 2015.02.04)

¹⁴ 維基，海馬 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E9%A6%AC>(瀏覽 2015.01.30)

居於大的浮冰或海岸附近，它有一對長達 30-80 公分獠牙，除了可在海底挖掘甲殼類，並且利用獠牙固定浮冰或岩石爬出水面，拉丁語中海象（*Odobenus rosmarus*）是指用牙齒走路的海馬，¹⁵筆者在博物新編第三集有一幅海馬圖，該圖畫的是海象，有一對獠牙露出，並在註名動物生活在冰上，並題字：「海馬齒如象，可做器」，¹⁶解開了海馬是何種動物之迷惑。

五、捕鯨業沒落

在歐美捕鯨為重要事業，鯨脂可提煉鯨油，做不同用途使用，如：機械潤滑、路燈照明，在該期刊第九號英國醫師德貞(John Budgen MD)寫的〈鏡影燈說〉中介紹初期攝影放映機-鏡影燈(magic lantern 又稱魔術燈)的原理，利用凹凸鏡使圖片放大，並利用燈焰光線，將影像投影在布幕或牆壁上，起初為兒童觀賞之用，後加入天文、地理、格致諸學，成為有力教學用具，該燈用燃料是「白臘油或鯨魚油……」。¹⁷在該雜誌第 33 號〈捕鯨考略〉提及英國捕鯨船在嘉慶十七(1812)年，有 143 艘捕鯨船，捕獲鯨魚 1980 尾，平均每艘船捕獲 13.84 尾，到了道光四(1824)年，捕鯨船 111 艘，捕獲鯨魚 761 尾，平均每艘船捕獲 6.85 尾，道光十四(1834)年捕鯨船降至 76 艘，至道光二十四(1844)年捕鯨船降至 34 艘，捕鯨頭數只剩 125 尾，平均每艘船捕獲量只剩 3.67 尾，至光緒元(1875)年英國捕鯨船僅剩十餘艘；同一時期美國捕鯨業也走入衰廢，該文分析捕鯨業衰退原因與過度捕鯨，鯨魚的繁殖速度比不上撲殺速度，導致族群量下降，另者是石油發現，取代以往要以鯨油為主要燃料問題，使得捕鯨業走入沒落。¹⁸現今環保觀念改變，朝向保護海洋哺乳動物，與當年過度捕鯨不可同日而語。

六、結論

在研讀《中西聞見錄》讓筆者見識到當時有大量西方科技訊息傳入中國，更讓筆者體會到許多訊息需要再查證，否則會與事實有差異，如張德彝寫的在瑞典看到鯨魚標本文章，文尾提及該鯨魚是被千人捕獲，經查證該藍鯨是擋淺，筆者找出張德彝當年日記，發現他把不同日期兩篇日記混和變成該文章，在追蹤該鯨魚標本時，明明是在瑞典第二大城哥特堡展出，為何張德彝會在首都斯德哥爾摩看見鯨魚？且他特別註明是至一處，而非在積骨院(博物館)，經找尋許多資料才把它為何會在斯德哥爾摩出現原因找出，更佩服哥特堡自然歷史博物館奧古斯都·馬倫館長，除了將藍鯨做成科研探討，並很有生意腦筋，將標本分成四部分，以便利運輸至各地，並且可進入鯨腹內參觀，此為很有創

¹⁵ Louise Spilsbury, Warlus, *Living in the Wild: Sea Mammals Ser.* (Heinemann-Raintree, 2013), p. 15.

¹⁶ 合信，〈象論〉，《博物新編》第三集，1872，東京，老皂館，頁 5。

¹⁷ 德貞，〈鏡影燈說〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，第九號，頁 11-13。

¹⁸ 佚名，〈捕鯨略考〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1875，第三十三號，頁 18。

意賣點，至今此藍鯨標本仍在該博物館展出；在讀鯨魚被水底電纜纏繞死亡文章，筆者藉由網路找尋早年報紙搜索引擎找到鯨魚被電纜纏繞這條新聞，還原當時發生事情，讓筆者體會到要善用網路資源來找尋資訊重要性，該雜誌有許多篇幅報導歐美各國前仆後繼前往北極探險，每個國家至北極考察出發點不一樣，有些為了擴展領土，有些想找出通往美洲捷徑，然有時付出慘痛代價，有些船隻發生船難，全員覆沒，有些被浮冰或冰山所困，長期無外援助，只得捕些獵物維生，其中北極熊及海象屬於海洋哺乳動物，讓這些探險隊員得以充飢，不致於餓死，等待其他船隻經過而獲救，因時代不同，在明清時稱之海馬，就是現今所稱海象，在英國人合信編的《博物新編》第三集就有畫出海象並註明其為海馬，讓筆者體會不同時代同字均需小心查證，否則會被迷惑，而誤解文章意義；在〈捕鯨略考〉很明顯看出，英國捕鯨船在 1812 年有 143 艘，捕獲鯨魚 1980 尾，到了 1844 年捕鯨船僅剩 34 艘，捕鯨頭數僅剩 134 尾，由此數據看出鯨類被過量捕殺，導致族群量迅速萎縮，在美國亦有同樣問題，加上石油發現取代以鯨油當燃料及潤滑劑，導致捕鯨業衰退，筆者在往後日子將繼續找尋東西方交流中帶來的海洋哺乳動物資料，藉由此了解當時社會環境對此等動物看法及對待。

參考文獻

傳統文獻

- 英國 合信，《博物新編》第三集，東京，老皂館，1872。
- 德貞，〈鏡影燈說〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，第九號。
- 佚名，〈美國近事 探覓北極〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，第十三號。
- 日新居士，〈瑞典鯨魚〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，第十六號。
- 佚名，〈印度近事 鯨傷電纜〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，第十六號。
- 佚名，〈英國近事探訪冰洋〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1873，第十七號。
- 佚名，〈捕鯨略考〉，《中西聞見錄》，北京，施醫院，1875，第三十三號。
- 張德彝，〈航海述奇·歐美環遊記〉，鍾書河編《走向世界叢書》第一冊，長沙，岳麓書社，1985。

近人論著

- 大隅清治
2000 《鯨豚博物學》，臺北，大樹文化事業公司
- Spilsbury, Louise
2013 Warlus, Living in the Wild: Sea Mammals Ser.Chicago,Heinemann-RaintreePublisher

網路資訊

- 1999 浩然，〈教士辦報介紹西方科技〉，《基督教週報》1819 期
<http://www.christianweekly.net/1999/ta1768.htm> (瀏覽 2015.03.20)
- 百度，張德彝 <http://baike.baidu.com/view/1660920.htm?fr=aladdin> (瀏覽 2015.02.18)
- H.Izaak Walton Strong story *The Sydney Morning Herald* Friday 14 November 1873 p 5 Article
[http://trove.nla.gov.au/ndp/del/article/13326551?searchTerm=whale india 1873&searchLimits=\(瀏覽 2015.01.24\)](http://trove.nla.gov.au/ndp/del/article/13326551?searchTerm=whale india 1873&searchLimits=)
- The MalmWhale,NaturalHaistory Museum

Göteborgshttp://www.preservedproject.co.uk/the-malm-whale-natural-history-museum-goteborg/

(瀏覽 2015.01.22)

Wikipedia, Swedish Mseum of Natural History

http://en.wikipedia.org/wiki/Swedish_Museum_of_Natural_History(瀏覽 2015.1.5)

維基，北極熊 <http://zh.wikipedia.org/zh-tw/%E5%8C%97%E6%A5%B5%E7%86%8A>(瀏覽

2015.02.04)

維基，海馬 <http://zh.wikipedia.org/wiki/%E6%B5%B7%E9%A6%AC>(瀏覽 2015.01.30)

A Study of Marine Mammals From *THE PEKING MAGAZINE*

Richard CHEN*

Abstract

The Peking Magazine was established in China by western missionaries in 1872. There were totaled 36 issues. The purpose of this Magazine was to promote Christian moral ideas. It also recorded news from different countries and western technology with illustrations so that the readers could understand the progress of western technology. There were reports on marine mammals as well. For example, Buddhist practitioner Ri-Shing (Zhang Te-Yi) in his article "Whale in Sweden" mentioned that he saw a whale exhibit in Capital of Sweden. He described the greatness of the whale that he could even walk around inside the body of the whale. In the article titled "Whale Breaking-off Cables", the author documented how a whale near Indian open waters got tangled with sea cables which caused interrupt of the telegraph communications. The Magazine also covered many stories on North Pole expeditions. The article "Expedition in the Icy Ocean" recounted an English expedition vessel that headed to 80 degree north latitude and found only geese, bears and moose there without a trace of any human inhabitation. "Exploring North Pole" otherwise recorded an American expedition vessel trapped by the ice when it sailed to 82 degree north latitude. Sailors sailed away from the vessel and struggled to survive by hunting and consuming polar bears and walrus in the world of snow and ice. Dr. John Dudgeon, an English medical doctor, described very detailed in his article "The Theory of shadow light from the Mirror" how he utilized paraffin oil and whale oil as source of lighting. "Research on Whaling" introduced the cause of downfall on whaling. The author of this study tried to do a further research. For those were being overlooked or not speaking clearly, the author made an effort to restore the historical truth and understand how the western world utilize these marine mammals.

Keywords: marine mammals, whale, walrus, polar bear

《第十屆科學史研討會彙刊》

(臺北：中央研究院科學史委員會，2015），頁 123-133。

臺灣製糖業發展史

劉昭民^{*}、劉有台^{**}

摘要

臺灣本來沒有甘蔗和蔗糖之生產，明末清初，國人自福建、廣東渡海來臺，從事軍事活動和經濟活動時，始自中國大陸傳來甘蔗和蔗糖之生產技術，但是蔗糖之生產技術是沿襲傳統的家庭式糖廍，不但規模很小，而且產量有限。日人據臺之後，根據臺灣中南部和東部地區冬半年溫暖乾燥，夏半年炎熱多雨之氣候特性，大量引進夏威夷的甘蔗品種，大規模種植甘蔗，並大量建造製糖工廠，以石灰法等方法大量生產蔗糖，並以密如蛛網的五分車運送甘蔗和蔗糖，使蔗糖和米從此成為臺灣最重要的農產品。臺灣光復後，國民政府繼續經營蔗糖之生產，直到西元2003年始宣告結束。本文將臺灣製糖業的發展，分成糖廍生產時期、蔗糖工廠大量生產時期、繼續維持生產時期等三部分，分別說明。

關鍵詞：蔗糖、糖廍、石灰法製糖、製糖工廠

^{*} 本會委員

^{**} 中華科技史學會會員

一、前言

製造蔗糖是我國固有的生產技術，根據我國農業發展史的研究，早在南北朝時代(六世紀)《齊民要術》上就已經記載說：

「甘蔗，榨取汁，煎而爆之，既凝如冰，……時人謂之石蜜……。」¹

說明它是經過甘蔗取汁曝曬、火煎、冷凝等步驟製成的，已具備有製造砂糖的初步技術。到了唐太宗時代，曾遣人到印度中部摩揭陀國學習製造結晶砂糖的技術，回國後在揚州開設糖坊，並進而創造用滴漏法製造白糖的技術，使蔗糖品質明顯提高。

到了明代，我國先民的製糖技術更加進步，宋應星在《天工開物》〈甘嗜〉篇(圖 2)中，有系統地總結了當時我國甘蔗製糖的技術，詳述製糖的步驟和技術，並已有凝冰、白霜、紅砂三品，製糖的方法如圖 1 和圖 2 所示。由此可見，蔗糖之生產在我國已有悠久的歷史。到了明末萬曆崇禎年間，閩粵發生饑荒，閩粵先民數萬人移來臺灣，並將甘蔗之種植方法和蔗糖之生產技術帶到臺灣來。本文將就臺灣在明末清初，研習中國傳統的家庭庭院式糖廍，日人據臺以後的大規模生產時期，臺灣光復之後，繼續維持生產時期等三部分，分別說明。

二、明末清初糖廍時期

關於明末清初國人製糖用的甘蔗和製糖之糖廍，六十七氏在《番社采風圖考》中有說明，該書甘蔗條和糖廍條上分別敘述說：

「甘蔗，以尾節為種，自孟春插種，至秋冬成熟。大者甘蔗味青甘，小者甘蔗可以研糖。」

「糖廍，臺郡各邑田土肥厚，宜植蔗；俱係居民耕種，而番社不能。砍糖，自九月間至來年四、五月方止。商人販賣內地江浙各處，實臺灣大生意也。」²

糖廍係山形棚(見圖 3 及圖 4)內置石轆，以牛力榨蔗取汁，並有土瓦厝，置孔明鼎熬糖，蔗汁用數個(五個)孔明鼎強火加熱熬糖，並去除鍋上浮渣，且需不斷攪拌，以防蔗汁沉澱導致焦黑，見圖 5³。

關於當時甘蔗種植和製糖情形，雍正年間的《赤崁筆談》也有描述說：

「十月內，築廍屋，置蔗車，雇募人工，動廍砍(製)糖。上園每甲可煎烏糖六、七

¹ 賈思勰，533~544：《齊民要術》，引自諸錫斌等合撰，2006 年出版之《古今農業史話》P.70。

² 六十七氏，1744：《番社采風圖考》，《臺灣文獻叢刊》，P.32。

³ 康原，2005：《新活水》〈蛻變中的臺灣糖業〉，P.26~27。

十擔，白糖六、七十擔；中園下園只四、五十擔。……每廊用十二頭牛，日夜砍糖，另四頭牛載蔗到廊，又二牛負蔗尾以飼牛。一牛配園四甲，或三甲餘。每園四甲，現插蔗二甲，留二甲，遞年更易栽種。廊中人工：糖師兩人，火工兩人，車工兩人，牛婆兩人，剝蔗七人，採蔗尾一人，看牛一人，工價逐月六、七金。」⁴

由此可知清初糖廊及蔗園的工作情形，費時費人力且耗物力，相當辛苦。不但規模很小，而且產量比較有限。當時的土生種甘蔗，計有竹蔗、紅甘蔗、蚋蔗、紅蚋蔗、竹蚋蔗……等，每公頃農地的蔗產量只有 2~3 萬公斤左右。

三、日據時代大規模生產時期

日本地處溫帶氣候區和寒帶氣候區，不能生產甘蔗，稻米亦一年只能一穫，而臺灣地處熱帶和副熱帶區適合稻米和甘蔗生長，所以日人就採取工業日本，農業臺灣的殖民政策，採取新渡稻造的「糖業改良意見書」為藍本，以及獎勵方法十一項，在 1901 年於橋仔頭設立第一家製糖工廠(見圖 6 和圖 7)，1903 年又公布「糖業組合規則」規定糖業由政府經營，並成立「臺灣糖務局」，全權管理糖業，1905 年又發布「製糖廠取締規則」，獨佔甘蔗之種植和蔗糖生產之一切業務，於是夏半年炎熱多雨，冬半年溫暖少雨的臺灣中南部以及臺灣東部、東南部適合甘蔗生長收穫之地區，便大量生產甘蔗(見圖 8)，並由日人在各地紛紛設立製糖工廠和製糖株式會社，社長武智直道(見圖 9)，統攬蔗糖之生產運輸業務。到 1935 年臺灣的製糖工廠多達 49 家，株式會社有十個，1939 年，年產蔗糖 142 萬噸，無論工廠密度或年產量都在當時世界第三位。

在大規模生產蔗糖之同時，日人對甘蔗之運輸方面，起初架設輕便軌道，以人力搬運甘蔗(見圖 10)，後來大事建設軌距 0.672 公尺之五分車，而且全長逾三千公里，蔚為奇觀。

在製糖技術方面，日人在 1902 年橋頭糖廠最早使用石灰法製糖，其目的是使糖漿蒸發鬆散，才不致變焦，才能成為紅糖，首先把蔗汁加熱，並加入石灰乳，使蔗汁中之蛋白質凝固，中和有機酸，以及利用等電點之作用，將蔗汁的蛋白質、膠質、脂肪酸、蔗臘等形成一種複雜成分的絮狀物，經過靜置一段時間後，此絮狀物逐漸凝聚沉降，並將蔗汁中之懸浮物及泥沙雜質全部沉澱在下層，上層即是清晰之蔗汁，使用石灰法詳細製紅糖流程圖如圖 12 所示 1~40。1918 年又用碳酸法製白糖和冰糖。1937 年使用濃汁亞硫酸法製糖。

在研究發展方面，1932 年，中央研究所設立糖業試驗所，從事甘蔗栽種和製糖技術之研究，也設有氣象觀測站，研究氣候對甘蔗品種栽培之影響，在甘蔗新品種方面，早在 1896 年，就從夏威夷引進玫瑰竹(Rose Bamboo sugarcane)和拉漢奈(Lahaina sugarcane)

⁴ 黃叔璥，1736：《赤崁筆談》四卷，在《臺海使槎錄》一書內。

新品種，於 1902 年起，大量推廣所引進的品種(並增加引進印尼之大莖爪哇種蔗)，並結合加強灌溉和使用肥料等措施，可見日人對甘蔗和製糖技術方面之改進，曾煞費苦心。⁵

四、臺灣光復後，繼續維持生產時期

第二次世界大戰末期，臺灣成為美國盟軍空襲的對象，臺灣的製糖工廠和酒精工廠，也都成為美國軍機轟炸破壞的對象，直到 1945 年的戰爭期間，臺灣一共有六座製糖工廠全毀，二十一座製糖工廠半毀，七座輕微損傷，幾乎無一倖免，以致臺灣光復後整整花費七年時間才恢復原來面貌，繼續生產甘蔗和蔗糖，並逐漸改採臺灣糖業試驗所金子昌太郎所育成之「F108 品系」⁶。直到民國九十年左右，因國際上競爭，糖價有時十分低迷，以致蔗糖生產業不再受重視，而走上轉型、停產的命運(迄 2003 年，最後一家仁德製糖廠也停工了)。

五、結論

由本文之敘述和分析，可知臺灣本來沒有甘蔗和蔗糖之生產，明末清初，國人始自福建、廣東渡海來臺，從事軍事活動和經濟活動時，始自中國大陸傳來甘蔗之種植和蔗糖的生產技術，生產蔗糖的方式傳統家庭式(屋內)糖廍，不但規模很小，而且產量有限。

1894 年中日發生甲午戰爭，清廷戰敗，臺灣割讓日本以後，始採取工業日本，農業臺灣的殖民地經濟政策，派遣大批農業專家來臺全力推廣種植甘蔗，引進夏威夷品種(稱為玫瑰竹和拉漢奈)，大量生產甘蔗，製造方式是使用石灰法，濃汁亞硫酸法、碳酸法等製糖技術，使臺灣蔗糖年產量達 142 萬噸，居世界第三位。

臺灣光復後，曾整整花費七年的時間，才使戰爭破壞的糖廠恢復生產，直到 2003 年始因各種因素而結束蔗糖之生產，臺灣蔗糖工業之生產也走入歷史。

六、致謝

承蒙前臺糖公司旗山製糖廠化驗課長鍾英二先生熱心指導，並賜供製糖方法資料，使本文得以完成，謹此致謝。

⁵ 關錦鐘，1993：〈1840~1945 臺灣技術發展簡述〉一文。《中國科技史料》第 14 卷第 1 期，P.9~P.12。

⁶ 楊彥騏，2001：《中央日報·歷史長河》，民國九十年八月九日。中央日報副刊。



圖 1：《天工開物》〈甘嗜〉篇中所記載的享糖製法。

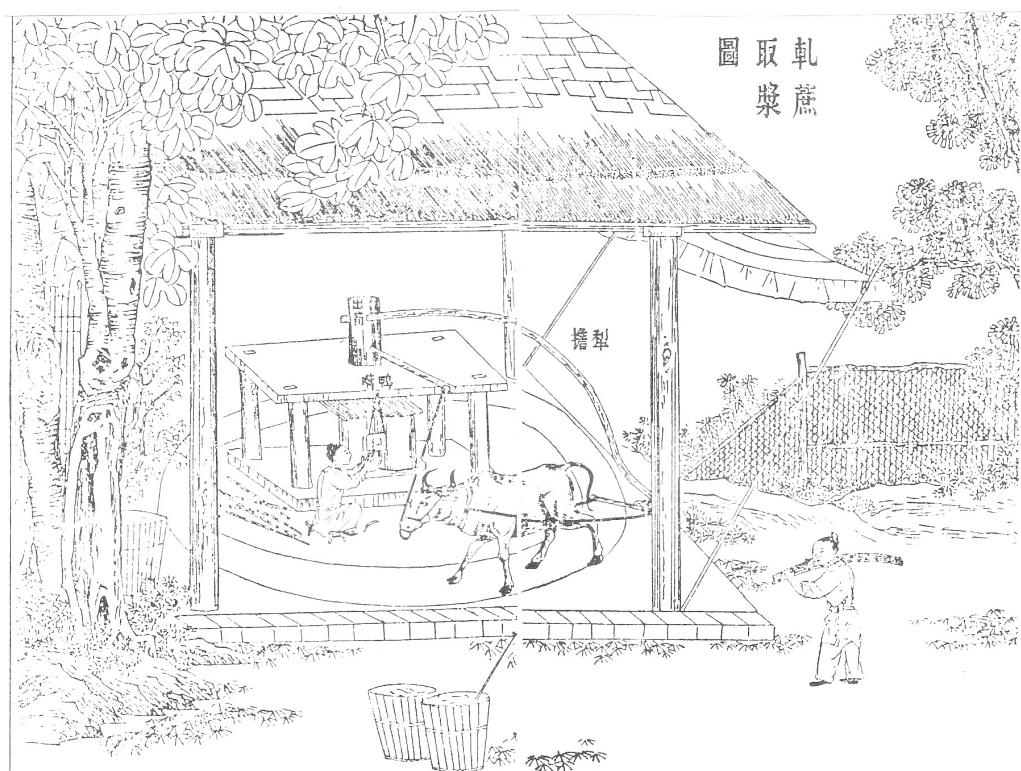


圖 2：《天工開物》〈甘嗜〉篇中所繪壓榨甘蔗製糖的方法



圖 3：《番社采風圖考》一書中的糖廊和甘蔗說明，中央的山形棚即糖廊。



圖 4：清初的糖廊外觀，左邊山形棚置石轆，以牛力榨蔗取汁，右邊土瓦厝內有孔明鼎熬糖(2005 年 11 月出版之《新活水》第三期，〈蛻變中的臺灣糖業〉一文，P.26)。

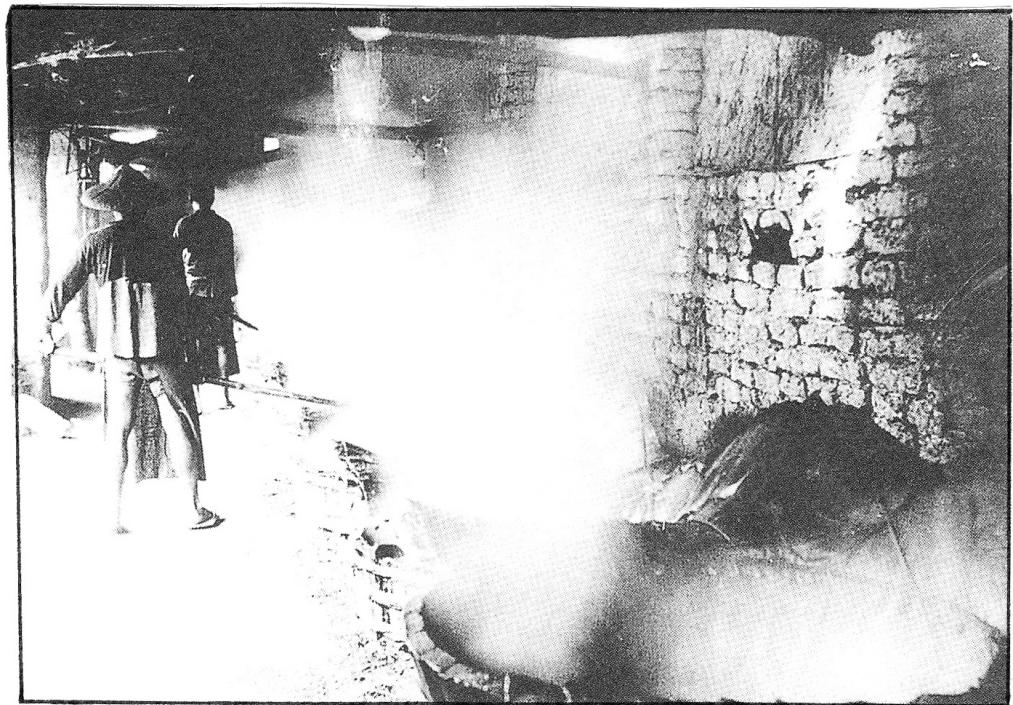


圖 5：在糖廂內部熬糖情形(2005 年 11 月出版之《新活水》第三期，〈蛻變中的臺灣糖業〉一文，P.27。)

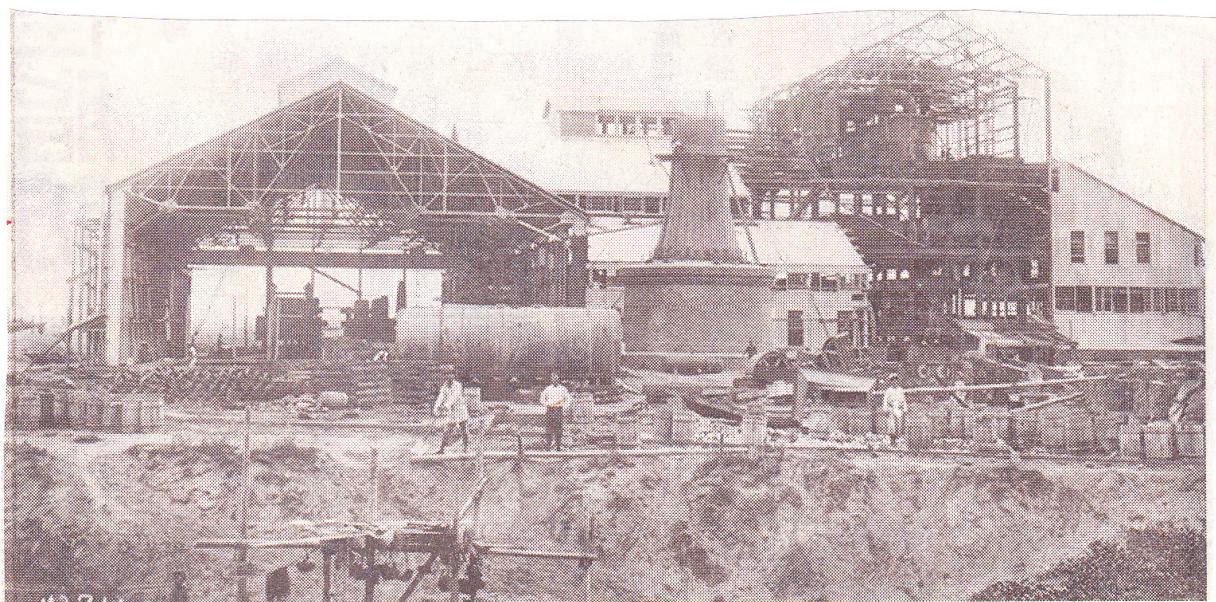


圖 6：臺灣第一座新式製糖廠—橋頭糖廠外觀(2010 年 12 月 27 日《中國時報》第六版，風雲一百年大事記)

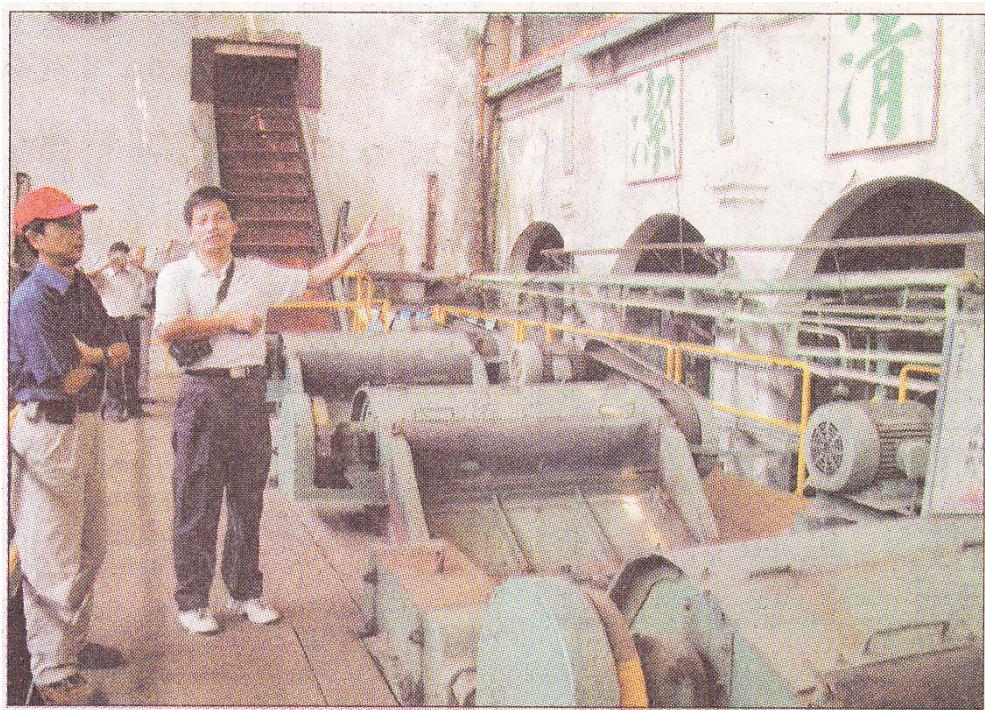


圖 7：建於 1901 年的橋頭糖廠甘蔗壓榨機(2015 年 9 月 18 日中國時報)



圖 8：1902 年代，日人的製糖株式會社出動牽引機大規模開墾蔗田。(2004 年嘉義縣政府出版之《嘉義縣政》季刊第七期)。



圖 9：臺灣日據時代製糖業先驅—武智直道(2006 年 5 月 26 日《中國時報》〈大臺北萬象〉版)。



圖 10：臺灣日據時代初期曾架設輕便軌道，以人力搬運甘蔗(2005 年 11 月出版之《新活水》第三期，〈蛻變中的臺灣糖業〉一文，P.25)。



圖 11：臺灣日據時代後來以五分車運載甘蔗(出處同圖 10，P.31)。

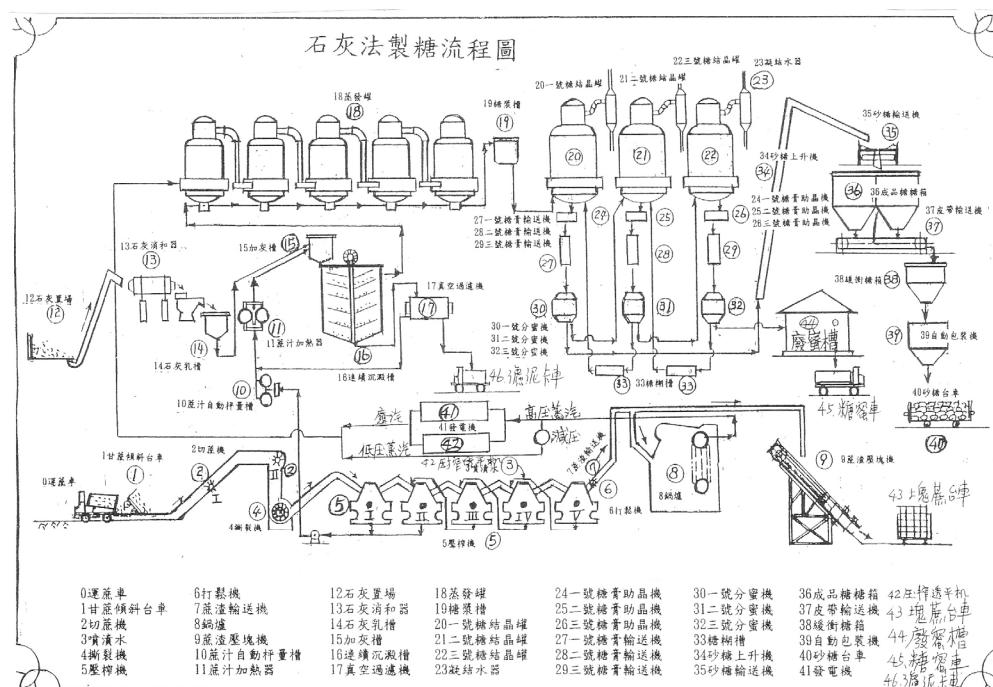


圖 12：石灰法製糖流程圖(嘉義縣六腳鄉蔗埕文化園區提供)

參考圖書及文獻

¹⁰ 賈思勰，533~544：《齊民要術》，引自諸錫斌等合撰，2006年出版之《古今農業史話》。

宋應星，1637：《天工開物》〈甘嗜〉篇。

六十七氏，1744：《番社采風圖考》，《臺灣文獻叢刊》，P.32。

¹⁰ 黃叔璥，1736：《赤崁筆談》四卷，在《臺海使槎錄》一書內。

康原，2005：《新活水》〈蛻變中的臺灣糖業〉，P.26~27。

¹⁰ 關錦鐘，1993：〈1840~1945 臺灣技術發展簡述〉一文。《中國科技史料》第14卷第1期，P.9~P.12。

¹⁰ 楊彥麟，2001：《中央日報·歷史長河》，民國九十年八月九日。中央日報副刊。

The History of Sugar-Producing in Taiwan During 400 Years

LIU Zao-Ming*, LIU Yu-Tai**

Abstract

The ancient Chinese in Taiwan (include Japanese during 1845-1945) have paid much attention to research into the sugar-producing since late Ming dynasty.

The purpose of this paper is to make a brief introduction of these knowledge concerning the period of family-type sugar works, lime-using sugar mill, and maintaining producing.

Keywords: Sugar-producing, family-type sugar works, lime-using sugar mill.

* The Committee of History of Science, Academic Sinica

** Member of CAHS

《第十屆科學史研討會彙刊》

(臺北：中央研究院科學史委員會，2015)，頁 135-157。

《化學鑒原》增補內容來源考^{*}

黃麟凱^{**}、聶馥玲^{***}

摘要

通過對比《化學鑒原》及其底本 *Wells's Principles and Applications of Chemistry*(1858)，發現該書在翻譯過程中有內容的更新與增補。更新增補內容主要來源於《化學鑒原補編》的底本 *Chemistry, Inorganic and Organic, with Experiments and A Comparison of Equivalent and Molecular Formulae*(1867)。該研究表明《化學鑒原》較原著更好地體現了新的化學知識，且與《化學鑒原補編》的對應內容有一定互補性。

關鍵詞：化學鑒原、韋而司、徐壽、傅蘭雅、化學鑒原補編、底本、比較

^{*} 本文轉載自《自然科學史研究》，第 33 卷第 2 期(2014)，頁 158-172。

^{**} 內蒙古師範大學科學技術史研究院碩士研究生

^{***} 內蒙古師範大學科學技術史研究院教授

《化學鑒原》，英國韋而司撰，傅蘭雅口譯、徐壽筆述，1871年江南製造局出版。該著作系統的引進了當時西方無機化學知識，是中國第一本無機化學教材。¹徐壽與傅蘭雅在《化學鑒原》的翻譯過程中首創了以西文首音或次音譯元素名、以偏旁區別元素大致類別的單形聲字元素命名法，這一原則為之後的化學元素定名工作奠定了基礎，也成為現代化學命名原則的重要參考。《化學鑒原》對晚清翻譯、傳播化學知識產生了重要作用。

同時本的調整、刪減與根據《傅蘭雅譯著考略》記載，《化學鑒原》譯自1858年版的 *Wells's Principles and Applications of Chemistry*² (以下簡稱 *Chemistry*)。有些學者曾對此存有疑議³，但隨著相關研究的進一步開展⁴，有研究發現了譯本在1858年初版的 *Chemistry* 基礎上有所增補，但大都只提及增補的元素，未說明其增補來源^[5-6]。也有研究指出《化學鑒原》的元素表來源於《化學鑒原補編》)的底本⁷。上述研究均為釐清《化學鑒原》的翻譯內容打下了基礎。通過漢譯本《化學鑒原》⁸與1858年版 *Chemistry*⁹的對比研究發現，二者之間除上述提及的元素不同之外，還存在其它差異。本文在比對上述兩部著作的同時參考了《化學鑒原補編》及其底本，探討了《化學鑒原》增補內容及其來源問題。

1 《化學鑒原》底本 *Chemistry* 及其作者概述

《化學鑒原》底本完整的書名是 *Wells's Principles and Applications of Chemistry: For the Use of Academies, High-School, and College*，如圖1所示。作者韋而司 (David Ames Wells, 1828.6.17-1898.11.5，如圖2所示)，生於美國馬薩諸塞州斯普林菲爾德，是一名工程師、教科書作家和經濟學家 (《化學鑒原》卷首將其誤寫成英國人)。1851年韋而司畢業於哈佛大學羅倫氏科技學院，同年被任命為該學院助理教授，並在勞倫斯中學擔任

¹ 韋光. 初探洋務運動時期中國近代化學教育的發展. 化學教育, 2012, (8): 69-72. 徐振亞. 徐壽父子對中國近代化學的貢獻[J]. 大學化學, 2000-2, 15(1): 58-62.

² A. A. Bennett. John Fryer: *The Introduction of Western Science and Technology into Nineteenth-Century China*. The East Asian Research Center Harvard University, 1967: 86.

³ 王揚宗. 關於《化學鑒原》和《化學初階》. 中國科技史料, 1990, 11(1): 84-88.

⁴ 汪廣仁主編. 中國近代科學先驅徐壽父子研究北京: 清華大學出版社, 1998: 370.

⁵ 趙匡華主編. 中國化學史近現代卷[M]. 南寧: 廣西教育出版社, 2003: 20.

⁶ 徐振亞. 傅蘭雅與中國近代化學[J]. 北京化工大學學報(社會科學版), 2001,(2): 55-64.

⁷ 張皓. 在傳統與創新之間十九世紀的中文化學元素名詞. *Chemistry. The Chinese Chem. Soc. Taipei*, 2001, 59(1): 51-59.

⁸ 徐壽，傅蘭雅. 《化學鑒原》. 上海: 上海日新社, 1901.

⁹ David Ames Wells. *Wells's Principles and Applications of Chemistry*. New York: Ivison & Phinney, 321 Broadway, 1858.

化學和物理學講師。韋而司除編寫了 *Chemistry* 之外，還編寫了自然哲學 (*Wells's Natural Philosophy*) 和地理學 (*Wells's First Principles of Geology*) 等方面的教科書。¹⁰ 1858 年由韋而司編寫的 *Chemistry* 在紐約和芝加哥出版，此書在當時的美國十分流行，作為教科書曾被發行過十餘版。

Chemistry 全書 25 章，分為三個部分，如表 1 所示。第一部分是自然哲學，共 4 章內容，主要介紹了與化學作用有關的熱、光、電及各種相互作用力等基礎知識。其後韋而司的另一部自然哲學著作——*Wells's Natural Philosophy*¹¹也包含有這部分內容。第二部分是無機化學，共 11 章。介紹了化學體系的總則、非金屬、拉瓦錫燃燒理論、金屬、攝影術等。第三部分，共 10 章，是有機化學部分。介紹了有機體的性質、有機化合物的分解、常見的動植物有機物等。從篇幅來看，無機部分佔到了 *Chemistry* 全書的三分之一左右。

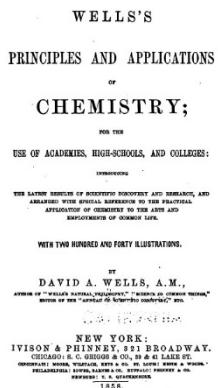
圖 1 1858 年版 *Chemistry* 封面

圖 2 刊登在《大眾科學》月刊上的韋而司肖像

表 1 *Chemistry* (1858) 目錄

自然哲學	第 1 章 化學作用中重力、凝聚力、粘著力和毛吸引力的聯繫	第 2 章 热(熱源、熱傳遞、熱影響)
	第 3 章 光(光的本質和來源、光的特性)	第 4 章 電

¹⁰ Dumas Malone. Dictionary of American Biography (Vol.19)[M]. New York: Charles Scribner's Sons, 1936: pp.637-638.

¹¹ David Ames Wells. Wells's Natural Philosophy[M]. New York, Chicago: Ivison, Blakeman, Taylor & Co, 1863.

無機化學	第 5 章 化學哲學體系總則	第 6 章 非金屬元素
	第 7 章 燃燒	第 8 章 金屬元素
	第 9 章 鹼金屬	第 10 章 鹼土金屬
	第 11 章 土金屬	第 12 章 玻璃和陶器
	第 13 章 普通金屬或重金屬	第 14 章 貴金屬
	第 15 章 攝影術	
有機化學	第 16 章 有機體的性質	第 17 章 植物基本原理
	第 18 章 自然分解和有機化合物	第 19 章 酒精和它的衍生物
	第 20 章 植物酸	第 21 章 有機鹼
	第 22 章 有機著色原理	第 23 章 油、脂肪和樹脂
	第 24 章 植物的營養和生長	第 25 章 動物組織和產品

大體上說，除第 15 章攝影術之外，《化學鑒原》翻譯了 *Chemistry* 無機部分的全部內容，但沒有完全按照原著的體例翻譯，而是將 10 個章節的內容翻譯為 6 卷，410 節，並以當時已知的 64 種元素為主線，各節按照「根源—取法—形性—化合物」大體結構安排，介紹了各種元素及其化合物的制取方法、性質、用途等。

對比兩書的無機部分發現內容上有差異，有刪減、增補，也有順序上的調整，還有將原著個別章節內容的拆分等。具體調整、拆分及其一些詳細的差異將另文探討，下面主要針對能夠說明增補來源的差異進行分析。

2 《化學鑒原》與底本 *Chemistry* 的差異

作為一部譯著，內容應當與原著基本相同。但通過我們的對照發現，《化學鑒原》

不僅增補了部分知識，而且與底本 Chemistry 在化學元素名稱、元素符號、分劑數¹²等重要知識上存在較大差異。

2.1 元素表的不同

(1) 《化學鑒原》新元素的增補

《化學鑒原》卷一第三節「原質之數」中說：「萬物之中原質，人所已知而且有憑驗者其得六十四種。」與之相對應的 Chemistry 第五章第 250 節「Elements」中說「The number of elements at present fully recognized by chemists is sixty-two.」（現在化學家已經發現的有 62 種元素）兩者元素數量明顯不同。多數文章已指明這一差別，即《化學鑒原》刪掉了 Il、Pe 兩種已經證明不存在的元素，增補了鉻(今譯鉻)、銻、鉑(今譯鉑)、鉕四種元素。

(2) 元素表內容的差異

通過對《化學鑒原》「中西名元素對照表」¹³與 Chemistry 元素表的詳細對照發現，兩者在元素名稱、元素符號和分劑數上也存在較大差異，如表 2 所示。

表 2 《化學鑒原》與 Chemistry 元素內容對照表

Chemistry 元素表			《化學鑒原》中西元素對照表			
元素名稱	符號	分劑	中文元素名	英文元素名	符號	分劑
Antimony(Stibium)	Sb	129	銻	同	同	122
Boron	B	10.9	硼	同	同	11
Chromium	Cr	26.7	鉻	同	同	26.3
Copper	Cu	31.7	銅	Cuprum	同	31.8
Didymium	D	(無)	鏑	同	同	48

¹² 譯者將 Chemistry 中的「Equivalents」譯作「分劑」，指當量，但不確切，和原子量概念相混淆。因原著是 1858 年出版，在 1860 年卡爾斯魯厄會議之前，當時原子量尚未取得一致意見。見參考文獻[5]

¹³ 《化學鑒原》的元素表並無此名，此處沿用前人研究，如《初探洋務運動時期中國近代化學教育的發展》、《徐壽父子對中國近代化學的貢獻》中的用法。見參考文獻[1]、[2]。

Erbium	E	(無)	鉕	同	同	122.6
Glucinium	G	6.9	鉻	Glucinium	同	同
Gold (Aurum)	Au	98	金	同	同	196.7
Iron	Fe	28	鐵	Ferrum	同	同
Lantanium	La	36	鋨	Lanthanum	同	同
Nickel	Ni	29.6	鎳	同	同	29.5
Niobium	Nb	(無)	鈮	同	同	98
Platinum	Pt	98.7	鉑	同	同	98.6
Rhodium	R	52.2	銠	同	Ro	同
Strontium	Sr	44	鋇	同	同	43.8
Tungsten (wolfram)	W	94	鈦	Wolframium	同	92
Zinc	Zn	32.5	鋅	同	同	32.8
(無)			銫	Caesium	Cs	133
(無)			銔	Indium	In.	(無)
(無)			鉇	Thallium	Tl	204
(無)			鉕	Rubidium	Rb	85.3
Ilmenium	Il	(無)	(無)			
Pelopium	Pe	(無)	(無)			

從表 2 中可以看出，兩書中除去 6 種元素（銫，銻，鈮，鉤，Il，Pe）之外，還有 17 種相對應的元素在內容上不同程度地存在差異。其中，13 種元素的分劑數不同，如 Sb、B、Cr 等；5 種元素的英文名稱不同，如銅 (Copper- Cuprum)，鉻 (Glucinium-Glucinum)，鐵 (Iron- Ferrum)，鎢 (Wolfram- Wolframium) 等；還有「銳」元素的元素符號 (R-Ro) 不同。

2.2 《化學鑒原》正文中的增補

晚清科學譯著中刪述現象較多，即譯著不是逐字逐句翻譯原著，而是存在對原著內容的省略或概述的現象，《化學鑒原》也存在類似的情況。但這裡需要強調的是，譯本《化學鑒原》正文中存在較多的增補內容，對於一部譯著而言這種情況是少有的。其中《化學鑒原》卷五（上）鐵元素部分，增補內容最多，有整節的增補，也有某一知識點或某一段落的增補。

（1）整節內容的增補

Chemistry 第十三章第一部分「鐵」共有 17 個小節，《化學鑒原》卷五（上）共有 19 個小節。其中有刪減，也有增補，整節增補內容如表 3。

表 3 《化學鑒原》卷五（上）與 Chemistry 小節的對應關係表

《化學鑒原》卷五上	Chemistry 第十三章第 1 部分「鐵」對應的小節
*第 294 節「賤金」	沒有對應小節
第 295 節「鐵之根源」	第 565 小節「Natural History and Distribution」
*第 296 節「形性」	沒有對應小節
第 297 節「鐵與養化合之質」	第 566 小節「Compounds of Iron with Oxygen」
第 298 節「鐵養」	第 567 小節「Protoxyd of Iron, FeO」
第 299 節「鐵二養三」	第 568 小節「Sesquioxyd of Iron, Fe ₂ O ₃ 」
第 300 節「鐵養三」	第 570 小節「Ferric Acid, FeO ₃ 」
第 301 節「鐵三養四」	第 569 小節「Black, or Magnetic Oxyd of Iron, Fe ₃ O ₄ 」
第 302 節「鐵硫，即自然銅」	第 572 小節「Bi-Sulphuret of Iron, FeS ₂ 」

*第 303 節「鐵養炭養」	沒有對應小節
第 304 節「鐵養硫養」	第 573 小節「Protosulphate of Iron」
*第 305 節「鐵與綠氣之質」	沒有對應小節
第 306 節「鐵礦」	第 571 小節「Ores of Iron」
*第 307 節「鐵之用」	沒有對應小節
*第 308 節「英國鍊泥鐵礦法」	沒有對應小節
*第 309 節「生鐵」	沒有對應小節
*第 310 節「熟鐵」	沒有對應小節
*第 311 節「鋼」	沒有對應小節
*第 312 節「熟鐵又法」	沒有對應小節
刪減部分	第 574—581 小節

《化學鑒原》卷五（上）增補 10 小節（標有*號的部分），刪減原文 8 小節。在 10 個增補小節中，第 294 節「賤金」對第五卷進行了概述，其餘 9 個增補小節分別介紹了鐵的性質與用途，碳酸鐵、氯化亞鐵和三氯化二鐵，英國提煉泥鐵礦的方法，以及生鐵、熟鐵和鋼的冶煉過程。刪減部分主要是原文中鐵的應用、鑄鐵、鋼、鋼的化學組成、鋼的特性等內容。除此之外，《化學鑒原》卷五（上）共有插圖 15 副，其中 13 副為譯者增補。

（2）部分內容的增補

《化學鑒原》卷五（上）第 306 節「鐵礦」介紹了 8 種鐵礦石，而底本中的對應部分第 571 小節「Ores of Iron」只介紹了 3 種鐵礦石（如表 4）。

表 4 《化學鑒原》第 306 節與 *Chemistry* 的內容對照表

第 306 節「鐵礦」	第 571 小節「Ores of Iron」對應的內容
1. 黑鐵礦	1. The magnetic, or black oxyd
2. 紅鐵礦	2. The specular iron, or red iron ore
*3. 鏡面鐵礦	沒有對應的內容
*4. 棕色鐵礦	沒有對應的內容
*5. 炭養鐵礦	沒有對應的內容
6. 泥鐵礦	3. Clay-iron stone
*7. 黑層鐵礦	沒有對應的內容
*8. 硫鐵礦	沒有對應的內容

《化學鑒原》第 306 節「鐵礦」所介紹的鐵礦種類比英文原著多 5 種（表 4 中標有 * 號的部分），即便是相對應的 3 種鐵礦石，譯文中的內容也比英原文更加豐富。例如 *Chemistry* 第 571 小節中關於黑鐵礦的部分，原文只介紹了黑鐵礦的色澤、產地及鐵礦的含鐵量。譯文不僅包括上述全部內容，還增補了「黑鐵礦質內幾全為鐵三養四」的知識，說明黑鐵礦的成分是四氧化三鐵，結尾部分「鐵砂亦屬此等，惟多雜鑠養三」，補充說明鐵砂也產於黑鐵礦。

3 《化學鑒原》增補內容的來源

1869 年徐壽與傅蘭雅開始翻譯 *Chemistry*，其後不久又以英國化學家蒲陸山 (Charles Loudon Bloxam, 1831. 3. 23-1887. 11. 28) 所著的 *Chemistry, Inorganic and Organic, with Experiments and a Comparison of Equivalent and Molecular Formulae*¹⁴ (以下簡稱

¹⁴ Charles Loudon Bloxam. *Chemistry, Inorganic and Organic, with Experiments and a Comparison of Equivalent and Molecular Formulae*[M]. London: John Churchill & Sons, New Burlington Street, 1867.

Inorganic and Organic) 為底本，翻譯了《化學鑒原續編》和《化學鑒原補編》[3]。《續編》的主要內容為有機化學，《補編》為無機化學。

由於《化學鑒原》與《補編》翻譯時間較為接近，譯者又相同。加之王揚宗曾指出「1869年底《鑒原》的《補編》或《續編》已譯出六卷。」¹⁵也就是說，在翻譯《化學鑒原》時，譯者已經瞭解 *Inorganic and Organic* 一書的內容。因此，《化學鑒原》增補內容的來源考證首先考慮的即是《補編》及其底本。下面分別將《化學鑒原》增補內容與 *Inorganic and Organic* 及《補編》進行對比研究，以釐清增補內容的來源。

3.1 《化學鑒原》增補內容與 *Inorganic and Organic*

Inorganic and Organic 的作者蒲陸山生於英國沃裡克郡梅裡登，1845年進入皇家化學學院，師從著名化學家霍夫曼 (Dr August Wilhelm Hofmann, 1818-1892)，隨後成為其助手，1870年任倫敦國王學院化學教授。1854年，蒲陸山與阿拜爾(F. A. Abel) 合作出版了 *Handbook of Chemistry, Theoretical, Practical and Technical* (1867)。該書經蒲陸山單獨修訂後，將書名改為 *Chemistry, Inorganic and Organic, with Experiments and A Comparison of Equivalent and Molecular Formulae* 在倫敦出版。該書是英國當時最有名的化學教科書之一，共 11 版。蒲陸山去世後，由他的兒子 Arthur George Bloxam 和 Samuel Judd Lewis 擔任主編於 1923 年出版了該書的最後一版。¹⁶

《補編》的底本是 1867 年初版的 *Inorganic and Organic*。下面將首先對《化學鑒原》增補內容與 *Inorganic and Organic* 的相應內容進行對比，以考證增補內容的來源。

3.1.1 《化學鑒原》元素表更新內容來源

參照上文提到的《化學鑒原》與 *Chemistry* 元素表的不同之處（見表 2），從元素種類、英文名稱、分劑數、元素符號四個方面，將《化學鑒原》與 *Inorganic and Organic* 中的元素進行對照。

(1) 元素種類

Inorganic and Organic 中的「非金屬與金屬元素表」（見圖 3）介紹了當時已知的 64 種元素的英文名稱，其中包括了表 2 所示的《化學鑒原》比 *Chemistry* 多出的 4 種元素：銫 (Caesium)，銦 (Indium)，鉿 (Thallium)，鉕 (Rubidium)。

¹⁵ 王揚宗. 晚清科學譯著雜考[J]. 中國科技史料, 1994, 15(4): 32-40.

¹⁶ The Charles Loudon Bloxam Papers[B]. The British Library, 2006.

The Non-Metallic Elements are (15)

Oxygen.	Sulphur	Fluorine.
Hydrogen.	Selenium.	Chlorine.
Nitrogen.	Tellurium.	Bromine.
Carbon.	Phosphorus.	Iodine.
Boron.	Arsenic.*	
Silicon.		

The Metals are (49)

Resium. Rubidium. Potassium.	Aluminum. Glucinum. Zirconium.	Zinc. Nickel. Cobalt.	Copper. Bismuth. Lead.	Mercury. Silver. Gold.
Sodium.	Thorinium.	Iron.	Thallium.	Platinum.
Lithium.	Yttrium.	Manganese.	Tin.	Palladium.
Barium.	Erbium.	Chromium.	Titanium.	Rhodium.
Strontium.	Terbium.	Cadmium.	Tantalum.	Ruthenium.
Calcium.	Cerium.	Uranium.	Molybendum.	Osmium.
Magnesium.	Lanthanum. Didymium.	Indium.	Tungsten.	Iridium.
	Niobium.		Vanadium.	
			Antimony.	

圖 3 *Inorganic and Organic* 中的非金屬與金屬元素表

(2) 英文名稱

Inorganic and Organic 中「實用重要金屬和非金屬元素表」(見圖 4) 介紹了 39 種實用重要元素的英文名稱及元素符號，其中還包含有 11 種金屬元素的英文傳統名稱。結合圖 3 和圖 4，分別在這兩個元素表中找到了表 2 所列舉的《化學鑒原》與底本英文名稱不同的 5 種元素中的 4 種 (Glucinum 和 Cuprum, Ferrum, Wolframium)。只有「Lanthanum」(銀)在圖 3 的「非金屬與金屬元素表」中對應的英文名稱是 Lanthanum，與《化學鑒原》不同。進一步查看 *Inorganic and Organic* 第 204 小節中 Lanthanum 的部分 ([12], 293 頁)，也沒有發現「Lanthanum」一詞。

Non-Metallic Elements of practical importance (13).

Oxygen, O	Sulphur, S	Fluorine, F
Hydrogen, H	Phosphorus, P	Chlorine, Cl
Nitrogen, N	Arsenic, As	Bromine, Br
Carbon, C		Iodine, I
Boron, B		
Silicon, Si		

Metallic Elements of practical importance (26).

Potassium, K (<i>Kalium.</i>)	Cadmium, Cd
Sodium, Na (<i>Natrium.</i>)	Uranium, U
Barium, Ba	Copper, Cu (<i>Cuprum.</i>)
Strontium, Sr	Bismuth, Bi
Calcium, Ca	Lead, Pb (<i>Plumbum.</i>)
Magnesium, Mg	Tin, Sn (<i>Stannum.</i>)
Aluminum, Al	Titanium, Ti
Zinc, Zn	Tungsten, W (<i>Wolframium.</i>)
Nickel, Ni	Antimony, Sb (<i>Stibium.</i>)
Cobalt, Co	Mercury, Hg (<i>Hydrargyrum.</i>)
Iron, Fe (<i>Ferrum.</i>)	Silver, Ag (<i>Argentum.</i>)
Manganese, Mn	Gold, Au (<i>Aurum.</i>)
Chromium, Cr	Platinum, Pt

圖 4 *Inorganic and Organic* 中的實用重要元素表

(3) 分劑數

Inorganic and Organic 中「實用重要元素化合重量表」(見圖 5) 介紹了 39 種實用重

要元素的分劑數，表 2 所示《化學鑒原》與其底本分劑數不同的 13 種元素中有 10 種元素都可以在圖 5 內找到(如圖 5 中標記的部分)。另外 3 種(Didymium, Erbium, Niobium)沒有包括在該圖中，而且在 *Inorganic and Organic* 對應內容第 203、第 204、第 296 小節([12]，293 頁，393-394 頁)，也沒有找到這 3 種元素的分劑數。

*Combining Weights of the practically important Elements.**

Aluminum	Al	18.7	Copper	Cu	31.8	Phosphorus	P	31.0
Antimony	Sb	122.0	Fluorine	F	19.0	Platinum	Pt	98.6
Arsenic	As	75.0	Gold	Au	196.7	Potassium	K	39.0
Barium	Ba	68.5	Hydrogen	H	1.0	Silicon	Si	14.0
Bismuth	Bi	210.0	Iodine	I	127.0	Silver	Ag	108.0
Boron	B	11.0	Iron	Fe	28.0	Sodium	Na	23.0
Bromine	Br	80.0	Lead	Pb	103.5	Strontium	Sr	43.8
Cadmium	Cd	56.0	Magnesium	Mg	12.2	Sulphur	S	16.0
Calcium	Ca	20.0	Manganese	Mn	27.5	Tin	Sn	59.0
Carbon	C	6.0	Mercury	Hg	100.0	Titanium	Ti	25.0
Chlorine	Cl	35.5	Nickel	Ni	29.5	Tungsten	W	92.0
Chromium	Cr	26.3	Nitrogen	N	14.0	Uranium	U	60.0
Cobalt	Co	29.5	Oxygen	O	8.0	Zinc	Zn	32.8

* The combining weights given in this list, though sufficiently correct for all practical purposes, are not in all cases absolutely exact. The small fractions have been omitted, in order that the numbers may be more easily retained in the memory.

圖 5 *Inorganic and Organic* 實用重要元素化合重量表

此外，在《化學鑒原》增補的 4 種元素中，有 3 種元素(Caesium, Thallium, Rubidium)標明了分劑數(見表 2)。這 3 種元素在圖 5 的「實用重要元素的化合重量表」中均無記載，但在 *Inorganic and Organic* 第 190 小節「General review of the group of alkali-metals」([12]，274-275 頁)中有 Caesium 和 Rubidium 的分劑數 133 和 85.3，在第 260 小節「Thallium」([12]，360-361 頁)有 Thallium 的分劑數 204，它們與《化學鑒原》中所列完全相同。

(4) 元素符號

《化學鑒原》中有些元素的符號與其底本不同，如 Rhodium (銨)，底本中的元素符號是 R，而在《化學鑒原》中是 Ro (見表 2)。在 *Inorganic and Organic* 第 301 小節「Rhodium」([12]，400 頁)發現 Rhodium (銨)的元素符號是 Ro，與《化學鑒原》中的該元素的符號相同。同樣，《化學鑒原》增補的四種元素也分別在 *Inorganic and Organic* 第 189、第 208、第 260 小節找到了對應的元素符號 Cs 和 Rb、In、Tl。

綜上所述，通過元素的對照發現，《化學鑒原》與 *Inorganic and Organic* 介紹的元素種類相同。《化學鑒原》其與底本不同的 21 種元素(17 種內容上存在差異，4 種新元素)，除了「Lanthanum」的英文名稱不同¹⁷，以及 Didymium、Erbium、Niobium¹⁸的對應分劑數沒有找到之外，其餘都在 *Inorganic and Organic* 找到了對應內容。由此推斷，《化學鑒

¹⁷ 在 Charles Loudon Bloxam 和 Sir Frederick Augustus Abel 所著 1854 年出版的 *Handbook of Chemistry, Theoretical, Practical and Technical* 中找到了「Lanthanum」的英文書寫格式，推測《化學鑒原》中「Lanthanum」的英文名稱參照了其它化學書籍。

¹⁸ Didymium、Erbium 以及 Niobium 的分劑數，則可能是來源於其它化學書籍。

原》「中西名元素對照表」與底本的不同之處主要來源於 *Inorganic and Organic*。

這裡應該特別說明的是，張浩指出「《化學鑒原》的元素表是來自於 1867 年在倫敦出版的 *Bloxam's Chemistry: Chemistry, Inorganic and Organic, with Experiments*」[8]。通過對照發現，兩者之間存在差異，如有些元素的分劑數不同（如表 5），氟的元素符號也不同¹⁹，而 *Inorganic and Organic* 中的分劑數更接近於元素週期表。由此得出，《化學鑒原》元素表是在翻譯 *Chemistry* 的基礎上參照了 *Inorganic and Organic*，但不是照錄。

表 5 《化學鑒原》與 *Inorganic and Organic* 分劑數差異表（部分）

元素名稱	分劑		
	《化學鑒原》 中西名元素對照表	<i>Inorganic and Organic</i> 實用重要元素的化合重量表	元素週期表 ²⁰
磷	32	31	31
矽（硅）	21.3	14	14
鉀	39.2	39	39
錳	27.6	27.5	27.5
鋁	212	210	209

3.1.2 《化學鑒原》增補內容的來源

既然《化學鑒原》元素表參照了 *Inorganic and Organic*，那麼其正文中的增補部分可能也來自於此。因此，我們首先具體對照了增補內容最多的《化學鑒原》五卷（上）與 *Inorganic and Organic* 鐵元素部分 ([12], 300-325 頁)。

（1）增補插圖的來源

《化學鑒原》五卷（上）共有 15 副插圖，比底本多 13 副插圖。具體情況如表 6 所示。

¹⁹ 《化學鑒原》「中西名元素對照表」中，氟的元素符號是「Fl」；「實用重要元素表」中，氟的元素符號是「F」。

²⁰ 元素週期表的矽、錳的分劑數為原子量 28、55 除 2。

表 6 《化學鑒原》五卷（上）增補插圖表

《化學鑒原》卷五（上）	增補插圖名稱	增補插圖數量
第 308 節「英國鍊泥鐵礦法」	「第一百二十」	1
第 310 節「熟鐵」	「第一百二十一」至「第一百二十九」	9
第 311 節「鋼」	「第一百三十」	1
第 312 節「熟鐵又法」	「第一百三十一」至「第一百三十二」	2

增補的 13 副插圖中，有 9 副插圖在 *Inorganic and Organic* 找到了對應插圖（如表 7）。

表 7 《化學鑒原》增補插圖與 *Inorganic and Organic* 插圖對照表

《化學鑒原》增補插圖	<i>Inorganic and Organic</i>	
	對應插圖	所在小節
「第一百二十」	「Fig.229」	第 212 小節
「第一百二十一」至「第一百二十五」	「Fig.230」—「Fig.234」	第 214 小節
「第一百二十六」至「第一百二十九」	沒有對應插圖	
「第一百三十」	「Fig.235」	第 215 小節
「第一百三十一」	「Fig.236」	第 216 小節
「第一百三十二」	「Fig.237」	第 217 小節

(2) 增補正文的來源

第一，《化學鑒原》卷五（上）共有 19 個小節，比底本多出 10 個增補小節。除了第 294 節「賤金」是譯者概括的內容之外，其餘 9 個增補小節中有 8 個小節都在 *Inorganic and Organic* 找到了對應內容²¹（如表 8）。

表 8 《化學鑒原》卷五（上）與 *Inorganic and Organic* 的內容對應表

《化學鑒原》卷五（上）	<i>Inorganic and Organic</i> 鐵元素部分	
	對應小節	對應情況
296. 形性	218. Chemical properties of iron	缺少鐵的物理特性介紹
303. 鐵養炭養	沒有對應小節	
305. 鐵與綠氣之質	221. Perchloride of iron	內容一致
307. 鐵之用	211. Metallurgy of iron	內容一致
308. 英國鍊泥鐵礦法	212. English process of smelting clay iron-stone	內容一致
309. 生鐵	213. Cast-Iron...	內容一致
310. 熟鐵	214. In order to convert cast-iron into bar-iron...	內容一致
311. 鋼	215. Steel...	表格「Tempering of Steel」中 缺少 3 項內容 ²²
312. 熟鐵又法	216. Direct extraction of wrought-iron from the ore 217. Extraction of iron on the small scall	內容一致

²¹ 《化學鑒原》第 303 節「鐵養炭養」在 *Inorganic and Organic* 中沒有對應內容。

²² 鎖鑽，刺刀與細鋸並針，鋸。

此外，我們發現《化學鑒原》增補內容中的個別物理常數前後不一致。如第 296 節「形性」的開篇部分，介紹了鐵的物理特性，其中包括鐵的比重是 7.8（增補自其它書籍），然而在第 307 節「鐵之用」中，又有「重率與水相較若一〇與七七」，即鐵的比重為 7.7（與 *Inorganic and Organic* 相同）。一本書中鐵的比重就有兩種數值，由此也可為《化學鑒原》在翻譯時參照了不同的化學書籍提供佐證。

第二，《化學鑒原》第 306 節「鐵礦」介紹的 8 種鐵礦石（比底本多 5 種）與 *Inorganic and Organic* 第 210 小節介紹的 8 種鐵礦石基本相同，具體對應情況如表 9 所示。

表 9 《化學鑒原》 第 306 節「鐵礦」與 *Chemistry* 和 *Inorganic and Organic* 對照表

《化學鑒原》 第 306 節「鐵礦」	<i>Chemistry</i> 第 571 小節「Ores of Iron」	<i>Inorganic and Organic</i> 第 210 小節
黑鐵礦	1. The magnetic, or black oxyd	Magnetic iron ore (成分，鐵砂的介紹)
紅鐵礦	2. The specular iron, or red iron ore	Red haematite (鎔煉，含鐵量)
*鏡面鐵礦	沒有對應的內容	Specular iron ore
*棕色鐵礦	沒有對應的內容	Brown haematite
*炭養鐵礦	沒有對應的內容	Spathic iron ore
泥鐵礦	3. Clay-iron stone	Clay iron-stone (產地，含鐵量)
*黑層鐵礦	沒有對應的內容	Blackband
*硫鐵礦	沒有對應的內容	Iron pyrites

從表 9 中可以看出，第 306 節增補的 5 種鐵礦（有*標記部分），在 *Inorganic and Organic* 第 210 小節都有對應內容。且 3 種鐵礦（無*標記部分）中增補的知識點也能在 *Inorganic and Organic* 中找到對應內容（表中括號部分）。因此，《化學鑒原》第 306 節「鐵礦」是譯者在 *Chemistry* 基礎上參照了 *Inorganic and Organic* 增補而成的。

綜上所述，通過內容的對照發現，除了 4 副增補插圖以及 1 個增補小節等少量內容之外，《化學鑒原》卷五（上）增補內容大部分在 *Inorganic and Organic* (1867) 中都有

對應內容。*Inorganic and Organic* 的第二版是在 1872 年，而《化學鑒原》的刊行時間是 1871 年，因此排除參照新版本的可能。

3.2 《化學鑒原》增補內容與《化學鑒原補編》

《補編》譯自 1867 版 *Inorganic and Organic* 的無機部分（第 1—415 頁）[3]，1882 年江南製造局出版²³。全書共六卷，附錄一卷。該書以介紹 64 種元素及其化合物為主，內容比《化學鑒原》更為詳細，書中還增補了 1875 年發現的鎵元素。

上述研究表明，《化學鑒原》的增補內容大部分在 *Inorganic and Organic* (1867) 中有對應內容，但在《補編》中只能找到相對較少的對應部分。

(1) 更新的元素對照

由於《化學鑒原》「中西名元素對照表」已經介紹了 64 種元素的英文名稱及元素符號（包括增補的 4 種元素的英文名稱及元素符號，銅、鉻、鐵、鎢的英文名稱以及銠的元素符號），《補編》只翻譯了底本 *Inorganic and Organic* 中元素的分劑數，而元素的英文名稱及元素符號沒有再出現。說明《化學鑒原》增補的內容直接來自 *Inorganic and Organic*。

(2) 正文增補內容對照

Inorganic and Organic 鐵元素部分共有 13 個小節（第 210—222 小節），《化學鑒原》翻譯了其中的 9 個小節（見表 8），《補編》翻譯了 6 小節（如表 10），二者相重複的部分有 3 個小節，對應 *Inorganic and Organic* 的 211, 218, 221 小節，如表 11 所示。《化學鑒原》中翻譯的另外 6 個小節（底本的 212—217 小節），其內容較為詳盡，《補編》沒有再次提及。而底本的 210、219、220 三小節，《化學鑒原》沒有翻譯，《補編》則完整翻譯了這部分內容，這種內容上的互補體現了「補編」之意，也說明《化學鑒原》這部分增補內容直接來源於 *Inorganic and Organic*。

表 10 《補編》與 *Inorganic and Organic* 鐵元素部分對應關係表

《補編》卷五	<i>Inorganic and Organic</i> 對應小節
「鐵」	210. Iron
「煉鐵之理」	211. Metallurgy of iron
「鐵之形性」	218. Chemical properties of iron

²³ 王揚宗. 江南製造局翻譯書目新考[J]. 中國科技史料, 1995, 16(2): 3-18.

「鐵與氧合成之質」	219. Oxides of iron
「鐵二氯三」	
「二鐵一氯三輕養」	
「吸鐵礦」	
「鐵氯」	
「鐵氯硫養」	220. Protosulphate of iron
「鐵氯」	221. Perchloride of iron

表 11 《化學鑒原》卷五（上）與《補編》重複小節對應表

《化學鑒原》卷五（上）	《補編》重複小節	<i>Inorganic and Organic</i> 對應小節
296. 「形性」 ²⁴	「鐵之形性」	218. Chemical properties of iron
305. 「鐵與綠氣之質」	「鐵二氯三」	221. Perchloride of iron
307. 「鐵之用」	「煉鐵之理」	211. Metallurgy of iron

²⁴ 開篇鐵的物理特性介紹在 *Inorganic and Organic* 中沒有對應內容，對應部分從「遇燥空氣不改變」開始。

(3) 譯文對照

上述對比研究表明，《化學鑒原》與《補編》有重複內容，而且重複部分應均源自 *Inorganic and Organic*，下面以《化學鑒原》和《補編》源自同一段原文為例，說明二者的譯文差異。

Inorganic and Organic 第 211 小節「Metallurgy of iron」中的一段：

Although possessing nearly twice as great tenacity or strength as the strongest of the other metals commonly used in the metallic state, it is yet one of the lightest, its specific gravity being only 7.7, and is therefore particularly well adapted for the construction of bridges and large edifices, as well as for ships and carriages. It is the least yielding or malleable of the metals in common use, and can therefore be relied upon for affording a rigid support; and yet its ductility, when heated, is such that it admits of being rolled into the thinnest sheets and drawn into the finest wire, the strength of which is so great that a wire of 1/10th inch in diameter is able to sustain 705 pounds, while a similar wire of copper, which stands next in order of tenacity, will not support more than 385 pounds.

《補編》「煉鐵之理」中的對應翻譯：

能任之牽力極大，而重率則小，不過七.七，故造橋造船為最便質，既堅硬難令其變形，故以抵托重物為最穩，加熱則易於引長，與扎薄又可抽成極細之絲。若論牽力，則絲徑十分寸之一，能懸七百 五磅之重而不斷，鐵絲之外銅絲亦牢，同徑之絲能任三百八十五磅。

《化學鑒原》第 307 節「鐵之用」中的對應翻譯：

其重率以水相較，若一 與七七，於重金內為略輕，而堅固則遠勝別金焉，所以房屋車船橋樑之類皆宜之，其性足以任重也。熱時可引長打薄，故作極薄之皮、極細之絲，別金之所不及。銅絲雖韌，然徑十分寸之一者，任牽力之斷界，止得三百八十五磅，而同徑之鐵絲，斷界得七百 五磅。

這段內容介紹了鐵的比重、用途、韌性等，且其中的物理常數完全一致，兩段譯文雖然在行文上不盡相同，但應出自同一原文。相對而言，《補編》在翻譯上更加貼近原文，《化學鑒原》則略有出入。同一英文段落的不同譯文也說明《化學鑒原》增補的內容直接來自 *Inorganic and Organic*。

需要補充說明的是，《化學鑒原》與《補編》除了互補性之外，在內容上還具有一定的統一性。

首先，兩書都以「分劑數」這一概念表示元素的相對質量。

Inorganic and Organic 鐵元素部分共 13 小節，其中 12 小節或由《化學鑒原》增補，或由《補編》翻譯，只有第 222 小節「Equivalent and atomic weights of iron」二書均沒有翻譯。該節主要介紹了鐵元素的分劑數與原子量，以及採用原子量時原子式的書寫形

式等。也就是說這裡已經引入了新的表示元素質量的方法——原子量。也許是為了與《化學鑒原》表示元素質量的方式保持一致，《補編》沒有翻譯這部分內容，而是沿用了「分劑數」這個概念。但是考慮到後續新知識的接受與傳播，譯者又在《補編》附卷中補充了分劑數與原子量之間的區別及換算。²⁵

其次，兩書中元素的分劑數數值保持盡可能的統一。

《補編》中除了矽元素的分劑數與底本 *Inorganic and Organic* 不同之外，其餘都完全相同。《補編》中矽元素的分劑數是 21，底本 *Inorganic and Organic* 中是 14，相差甚遠，但與《化學鑒原》21.3 較為接近。由此推測，譯者翻譯《補編》時雖然大部分劑數採用了底本 *Inorganic and Organic* 的數值，但這些數值與《化學鑒原》的差異不大，如磷、鉀、錳、鋁（見表 5），而對於分劑數差異很大的矽元素而言，為了前後譯著中元素分劑數盡可能統一，《補編》使用了與《化學鑒原》較接近的數值。

上述《化學鑒原》與《補編》在某些重要概念及化學常數上盡可能保持一致的思想也反應在後續編著的《化學材料中西名目表》²⁶中，該書序言指出「後雖新法²⁷盛行，而本局已刻化學諸書，均依舊法²⁸。如今改用新法，則前後不應。恐誤學者，故仍前分劑，以歸一律。」

4 小結

1869 年，傅蘭雅和徐壽開始翻譯《化學鑒原》，當時正值化學界新舊交替之時，知識更新十分迅速，作為底本的 *Chemistry* (1858) 在內容上已顯陳舊，因此兩人在翻譯過程中，不得不參照 *Inorganic and Organic* 等化學書籍來補充新的知識。這也能很好的解釋了為什麼在翻譯有機化學部分時，沒有選擇 1858 年版 *Chemistry* 繼續翻譯，而是選擇了 1867 年版的 *Inorganic and Organic* 作為新的底本。由此可以看出譯者傳播西方化學知識時的良苦用心。

通過本文的對比研究，發現《化學鑒原》有較多內容的增補與更新，而且大多來源於《補編》的底本 *Inorganic and Organic*。同時也發現《化學鑒原》與《補編》在某些內容上有統一性和互補性。

最後，還有兩點需要說明：

²⁵ 《補編》附卷以「重分劑」指代前六卷中的分劑數，以「體分劑」指代原子量。

²⁶ 徐壽，傅蘭雅. 化學材料中西名目表[M]. 江南機器製造總局, 1883.

²⁷ 即「atomic weights」，原子量。

²⁸ 即「equivalents」，《化學鑒原》將其譯作「分劑」，指當量，但不確切，和原子量概念相混淆。

相對 *Chemistry* 而言，*Inorganic and Organic* 中的分劑數更接近於元素週期表。譯者先前翻譯《化學鑒原》時，其分劑數雖然參照了 *Inorganic and Organic*，但是仍以翻譯 *Chemistry* 為主。為何只是部分參照，選擇標準又是什麼，這些問題有待進一步討論。

2 · 《化學鑒原》鐵元素部分增補了 13 幅插圖，儘管對應的正文增補內容主要來源於 *Inorganic and Organic*，但其中 4 幅插圖並沒有找到相應出處。對照增補內容與 *Inorganic and Organic* 時發現，表「Composition of Cast-iron」標有「Compiled from Percy on Iron and Steel」的腳注 ([12], 307 頁)，即原英文表格彙編自 *Percy on Iron and Steel*，在傅蘭雅 1868 年的訂書單中 ([3], 74 頁)，查到了 *Percy's Metallurgy*(3 vols.) 的記錄，據此推測此 4 幅插圖或許來源於 *Percy's Metallurgy*。由於尚未找到原本進行對照，該觀點有待進一步考證。

致謝：本文的完成受到郭世榮教授組織的《化學鑒原》讀書討論班的許多啟發，特別是郭世榮教授提供了《化學鑒原》分劑數與底本差異的信息，在此感謝為本文提供所有幫助的人！

參考文獻

- A. A. Bennett. *John Fryer: The Introduction of Western Science and Technology into Nineteenth-Century China*. The East Asian Research Center Harvard University, 1967.
- Charles Loudon Bloxam. *Chemistry, Inorganic and Organic, with Experiments and a Comparison of Equivalent and Molecular Formulae*. London: John Churchill & Sons, New Burlington Street, 1867.
- David Ames Wells. *Wells's Natural Philosophy*. New York, Chicago: Ivison, Blakeman, Taylor & Co, 1863.
- David Ames Wells. *Wells's Principles and Applications of Chemistry*. New York: Ivison & Phiney, 321 Broadway, 1858.
- Dumas Malone. *Dictionary of American Biography (Vol.19)*. New York: Charles Scribner's Sons, 1936.
- The Charles Loudon Bloxam Papers*. The British Library, 2006.
- 王揚宗，〈江南製造局翻譯書目新考〉，《中國科技史料》，16 卷 2 期(1995)，頁 3-18。
- 王揚宗，〈晚清科學譯著雜考〉，《中國科技史料》，15 卷 4 期(1994)，頁 32-40。
- 王揚宗，〈關於《化學鑒原》和《化學初階》〉，《中國科技史料》，11 卷 1 期(1990)，頁 84-88。
- 汪廣仁主編，《中國近代科學先驅徐壽父子研究》，北京：清華大學出版社，1998。
- 韋光，〈初探洋務運動時期中國近代化學教育的發展〉，《化學教育》，8 期(2012)，頁 69-72。
- 徐振亞，〈徐壽父子對中國近代化學的貢獻〉，《大學化學》，15 卷 1 期(2000.2)，頁 58-62。
- 徐振亞，〈傅蘭雅與中國近代化學〉，《北京化工大學學報（社會科學版）》，2 期(2001)，頁 55-64。

徐壽，傅蘭雅，《化學材料中西名目表》，江南機器製造總局，1883。

徐壽，傅蘭雅，《化學鑒原》，上海：上海日新社，1901。

張澔，〈在傳統與創新之間十九世紀的中文化學元素名詞〉，《Chemistry. The Chinese Chem. Soc. Taipei》，59卷1期(2001)，頁51-59。

趙匡華主編，《中國化學史近現代卷》，南寧：廣西教育出版社，2003。

A Study on Some Sources of the Chinese Chemical Translation *Huaxue Jianyuan*

HUANG Linkai*, NIE Fuling**

Abstract

Based on a comparison of the *Huaxue Jianyuan* with its original English texts, Wells' *Principles and Applications of Chemistry*(1858), this study discovers that some contents were updated and some new contents were added in the process of translation of the *Huaxue Jianyuan*. The updated and added contents are mainly extracted from another English text of Charles Loudon Bloxam's *Chemistry, Inorganic and Organic, with Experiments and a Comparison of Equivalent and Molecular Formulae*(1867), which was also translated into Chinese entitled *Huaxue Jianyuan Bubian*. The fact shows that the translation work *Huaxue Jianyuan* is more advanced than its original texts in the introduction of the new chemical knowledge. Moreover, the two translation *Huaxue Jianyuan* and *Huaxue Jianyuan Bubian* are complementary with each other.

Keywords: *Huaxue Jianyuan*, David Ames Wells, Xu Shou, John Fryer, *Huaxue Jianyuan Bubian*, original, comparison

* Graduate Student, Institute for the History of Science and Technology, Inner Mongolia Normal University

** Professor, Institute for the History of Science and Technology, Inner Mongolia Normal University

《第十屆科學史研討會彙刊》

(臺北：中央研究院科學史委員會，2015），頁 159-167。

《博物新編（二編）》初探^{*}

詠 梅^{**}

摘要

通過文獻調研和比較研究方法，考察清末人士容兆倫於 1876 年在日本出版的自然科學普及讀物《博物新編（二編）》以及其刊刻、內容來源等。結果表明，《博物新編（二編）》為補充英國傳教士合信（B. Hobson，1816-1873）《博物新編》中未涵蓋的自然科學基礎知識而在日本出版的書籍。《博物新編（二編）》可能是滿足了當時日本人借助漢譯科學書籍學習西方科學的需求。容兆倫其人很可能是在中國最早在海外出版科技類書籍之人，而本書則可能是中國人最早編著的普及近代科學知識的書籍。

關鍵詞：博物新編（二編）、容兆倫、日本、科學傳播

* 本文轉載自《西北大學學報（自然科學版）》，第 44 卷第 1 期(2014.02)，頁 156-159。

** 內蒙古師範大學科學技術史研究院副教授

一、《博物新編（二編）》的由來

本人在做中日近代物理學交流史博士論文時發現了這部《博物新編（二編）》，此書是由清末人士容兆倫編著，在日本出版的自然科學普及書籍。目前，學術界所公認的是，清末漢譯自然科學書籍都是由外國人士口譯、中國合作者筆述形式合作完成的或是由熟練掌握漢語的外國傳教士獨立翻譯的，由中國人獨立完成翻譯西方自然科學書籍 20 世紀初才出現。因此，此書在中國科學史上具有重要意義。

《博物新編（二編）》的書名來自於英國傳教士合信（B.Hobson，1816—1873）編譯的《博物新編》。合信《博物新編》是一部涉及物理、化學、天文、地理、動植物、機械原理等多學科，內容豐富的科學普及性讀物，是中國當時影響最大的介紹自然科學知識的讀物之一。1855 年在廣州首刊，同年又由上墨海書館印行，共三集。《博物新編》出版後很快傳到日本，1861 至 1864 年間由開成所（幕府建立的洋學學校）訓點翻刻，1864 年又再次被訓點翻刻。以後出現了多種便於一般民眾順利閱讀和理解的註解本和日譯本，成為日本學習西方科學的重要啟蒙性書籍。《博物新編》還曾在明治初年被用於日本沼津兵學校預科學生的教材。本人曾梳理出《博物新編》在日本出版的 15 種不同版本²³⁰。

由於當時漢譯自然科學書籍《博物新編》在日本的影響巨大，加之日本維新改制、科學啟蒙等原因自然科學啟蒙書籍社會需求激增，一些冠以《博物新編》的書籍不斷出版。如明治 8 年（1875）青山堂出版的《博物新編後集》、明治 2 年（1869）尚古堂出版的《博物新編遺補》（小幡篤次郎譯）等書籍。馮立昇等在《中日科技交流史》²³¹中指出：「由於《博物新編》的巨大影響，一些並非直接來自合信著作的書也冠以『博物新編』的名稱——如《博物新編補遺》、《博物新編紀聞》等」²³²。

值得一提的是，不僅日本學者受《博物新編》的影響陸續出版了冠以「博物新編」的書籍，中國廣東南屏（今珠海市南屏鎮）人容兆倫也在日本出版了《博物新編（二編）》（4 集、5 集）。

²³⁰ 詠梅，《中日近代物理學交流史研究（1850-1922）》（北京：中央民族大學出版社，2013）頁 45。

²³¹ 關捷，〈日本與中國近代歷史事件〉，馮立昇，牛亞華《中日近代科技交流》（北京：社會科學文獻出版社，2006），頁？。

²³² 八耳俊文將此兩種書算入《博物新編》不同版本，不過，其內容是否來自合信的《博物新編》尚有待考證。

二、容兆倫《博物新編（二編）》刊刻情況

《博物新編（二編）》刊刻情況如下。

《博物新編（二編）》（4—5集），容兆倫，東京：大角豐次郎藏板，明治8年（1875）版權許可，明治9年（1876）刊，2冊。

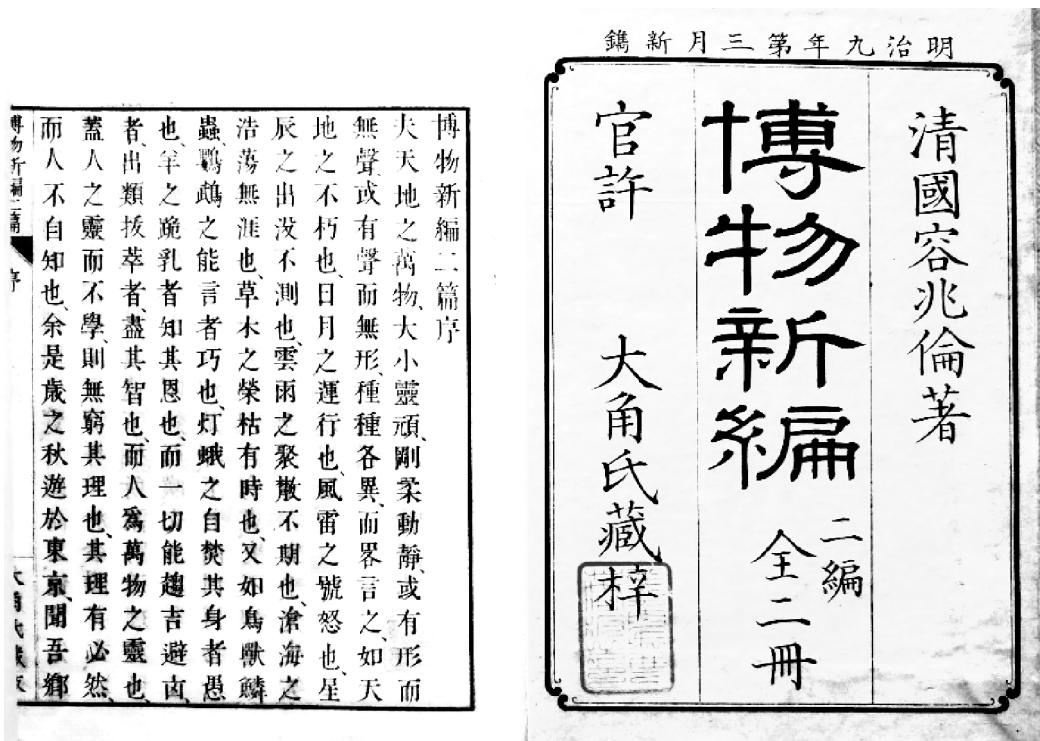


圖1 容兆倫《博物新編（二編）》（4-5集）封面

書籤題名「博物新編」，書名頁「博物新編二編」等（見圖1）版心「博物新編二篇 4集 頁碼 大角氏藏版」，單魚尾。

著者是在日本的中國人容兆倫。容兆倫，生卒年不詳，字槐圃，廣東香山縣人。書首為明治8年（1875）清朝南屏人紹雲的《博物新編二篇序》，序文如下：

「餘是在歲之秋遊於東京，聞吾鄉人容兆倫先生博聞多覽，餘踵訪之。他日先生攜其博物新編數千言，而辱示於餘，閱其文，窮盡事理，無微不精，無遠不極，所謂窮道理於目前，視萬物於掌上。餘喟然而歎，先生之多才多藝，非博學之士，其能如是耶。至若前刊博物新編，雖無所不備，而其事理之窮盡，究不如是編。將以傳諸於世，無使其湮沒，不亦宜乎。先生笑曰，子可以與之言矣，故而志之。」²³³

²³³ [清]容兆倫，《博物新編（二編）》（東京：大角豐次郎藏板，1876），〈序〉。

由此可知，容兆倫 1875 年已經完成了書稿。紹雲認為他的書比合信的《博物新編》還要好。紹雲如此感歎的博學多才的容兆倫是何許人物呢？與清末「留學生之父」容閎（1828—1912）是同鄉同姓，二人是否有關係？尚待考證。

於 1876 年即在日本出版科技類普及書籍，容兆倫其人很可能是中國最早在海外出版科技類書籍之人，而本書則可能是中國人最早編著的普及近代科技知識的書籍。國內還沒有見到對此書的任何評價。2011 年 3 月筆者在日本購置此書。

容兆倫《博物新編（二編）》第 4 集內容為：人類總論、雨論、雲霧論、雪雹露霜論、洋海論、波浪論、河論、湖論、泉論、島論、山原論、平原論、高原論、冰山論（目錄中缺）、水土比較大小論、地洞地裂論、地震火山論、槓桿論、輪軸論、滑車輪、螺絲論（目錄中缺）、斜面論、尖劈論；第 5 集內容為：草木略論、化學略論、人體略論。包括了地理學、力學、化學、植物學、人體解剖學等。共 50 頁，每頁二十行，每行 24 字，共 24000 字，附圖精美，敘述言簡意賅。以漢字敘述，加入了日語訓點，並在漢字術語旁加入了英文術語的片假名，這很可能是為滿足當時日本國人借助漢譯科學書籍，學習英文科學書籍需要而編譯出版的。

目前日本國立國會圖書館、國立公文書館、築波大學、東書文庫、學習院大學、慶應義塾大學、玉川大學、東京大學、東京理科大學、名古屋市蓬左文庫、三重大學、京都府立綜合資料館、高知縣立牧野植物園存等都收藏有此書。

三、《博物新編（二編）》內容分析

《博物新編（二編）》中物理學內容只有槓桿、軸、斜面、螺絲、劈、滑輪等簡單機械，配有插圖，見圖 2。²³⁴八耳俊文猜測此書底本是 Chambers 的《國民百科》(Information for the people)²³⁴，但沒有給出具體理由。

²³⁴ [日]八耳俊文，《漢譯西學書與 19 世紀日本的出版文化》，東北亞歷史財團編，《東亞的知識交流與歷史記憶》·2009·頁 34-45。

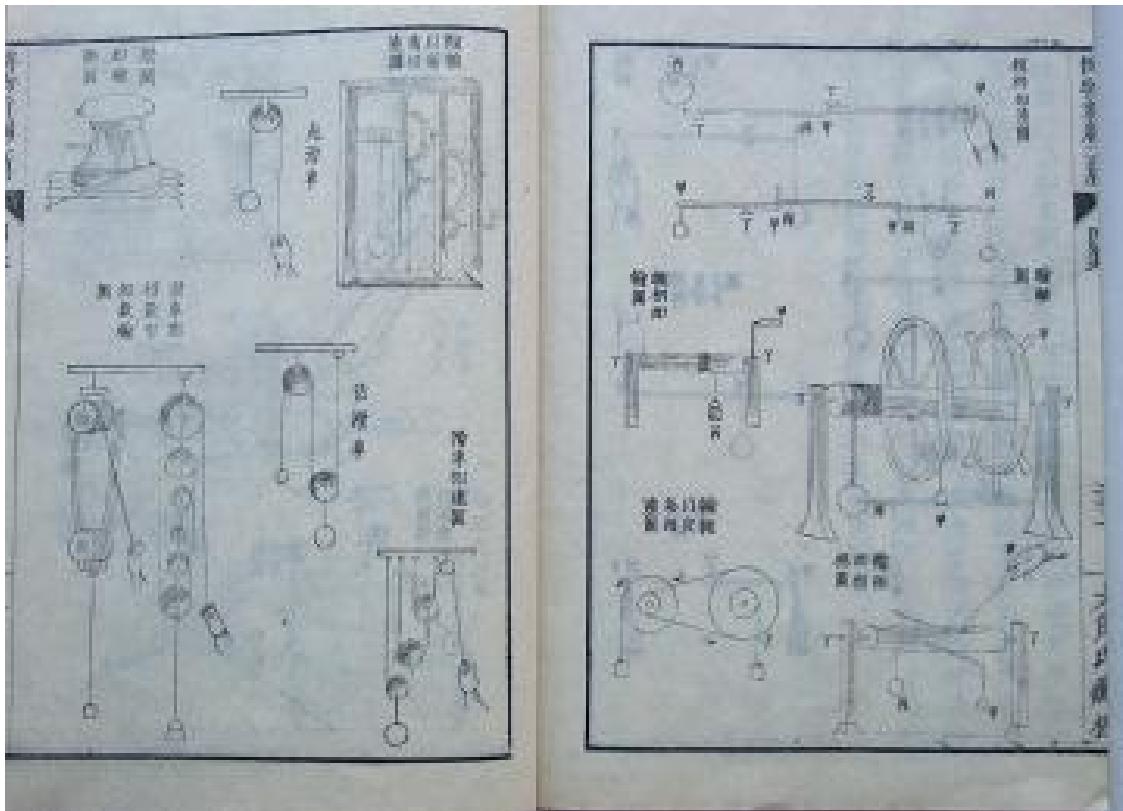


圖 2 《博物新編二編》簡單機械圖

現以定滑輪為例分析其內容及其知識程度。

「滑車亦轉輪也，外加繩索，以起重物。有定、活之分。定者不能移動，活者可以上下移動。」

定滑車：凡以定滑車起物不能省力也。因於輪上繞以繩索此頭懸物彼頭用力，重物若干分兩，需用若干力也。蓋重物與用力均倚於一輪之上，不如輪軸之用力，輪重物倚於軸也，設若軸與輪大小相等，亦無所省力惟重物籍之有倚，人力漸施得耳。」[3]4

它給出了定滑輪不能省力、不能移動等特點，但沒有說明其改變方向的特點。書中簡單機械內容並沒有超出《重學淺說》(1859)之內容，兩書名詞術語有所不同，如《重學淺說》為「定滑車」，而《博物新編二編》為「兜滑車」。

《博物新編（二編）》中化學內容只有十個條目，簡單介紹了元素的概念、元素的發現史、65 種元素分為金屬和非金屬，5 種氣體（養、輕、淡、綠、弗）、2 種流體（汞、溴）和 58 種固體。化學能（量化力）、化學力（化力）、化合能、化合物、化學變化、物質不變原理、氧化、化學反應、物質質量等，並配備有元素表（原質總目），如圖 3

博物新編				原質總目			
字母	數	字母	西母	字母	數	字母	西母
鐵	百、十、	Fe		養	十、	O	
銅	百、十、	Cu		輕	一、	H	
鉛	百、十、	Pb		淡	十、	N	
銀	百、十、	Ag		炭	二、	C	
鎘	百、十、	Na		綠	三、	Cl	
鋨	百、十、	K		礦	四、	I	
鍊	百、十、	Ca		礦	五、	S	
汞	百、十、	Hg		熒	六、	P	
鍔	百、十、	Zn		弗	七、	F	
錫	百、十、	Sn		溴	八、	Br	
銁	百、十、	Al		玻	九、	Si	
錳	百、十、	Mn		硼	十、	B	
鎂	百、十、	Mg		矽	十一、	Se	
鋁	百、十、	AS		矽	十二、	Te	
鎘	百、十、	Sb		矽	十三、		
銻	百、十、	Bi		矽	十四、		
銻	百、十、	Ba		矽	十五、		
鎘	百、十、	Cr		矽	十六、		

博物新編				原質總目			
字母	數	字母	西母	字母	數	字母	西母
鏽	二、十、	Co		鎬	三、十、	CO	
銅	二、十、	No		金	三、十、	All	
銅	二、十、	Mo		鉑	三、十、	Pt	
鑄	二、百、	Os		鎔	三、十、	Ni	
銠	二、百、	Ru		鈮	三、十、	Pd	
銠	二、百、	Ta		鈦	三、十、	Ti	
鉗	二、百、	Tn		鈷	三、十、	W	
鉗	二、百、	V		鈷	三、十、	U	
鉗	二、百、	X		鈷	三、十、	Sr	
鉗	二、百、	Zr		鈷	三、十、	Li	
鑄	二、百、	In		銅	三、十、	CS	
鑄	二、百、	Rb		銠	三、十、	Ir	
鉗	二、百、	Ti		銠	三、十、	Ca	

圖 3 《博物新編（二編）》元素表

將《博物新編（二編）》中化學內容與《化學初階》（1871）、《化學鑒源》（1871）比較，其內容並沒有超出後者，《博物新編（二編）》中列出的 63 種元素表與《化學初階》（1871）基本相同，如圖 4，只是有些刊刻錯誤，如把 Mo、Nb、Th、Y 等元素符號（西字母）寫成「把 No、Mo、Tn、X」，將「鉢」誤寫為「鉏」等，所以可以斷定《博物新編（二編）》中的化學內容來自《化學初階》（1871）。

原質總目			
字華母	數	字西母	數
鐵	Po	養	O
銅	Gu	輕	H
鉛	Pb	淡	N
銀	Ag	炭	C
鉻	Na	綠	C1
鋅	K	碘	I
鋁	Ca	礦	S
汞	Hg	熒	P
錫	Zn	熒	F
鍍	Sn	弗	Br
錫	Al	溴	Si
鉛	Mn	玻	B
		璃	Se
		硒	Te
鎂	Mg	非金之類	
氯	As		
硫	Sb		
鉛	Bi		
鉻	Ba		
鉻	Cr		

原質總目			
字華母	數	字西母	數
鎬	Ge	金	Co
鉛	Mo	鉑	Au
銅	Nb	鈷	Pt
鋅	Os	鎳	Ni
鋁	Ru	鉻	Pd
汞	Ta	鉻	Ti
錫	Th	鉻	W
鍍	V	鎳	U
錫	Y	鎳	Sr
鉛	Zr	鋰	Li
鉻	In	銅	Cs
鉻	Rb	鋅	Ir
鉻	Tl	鋅	R
鉻		鋐	Cd
鉻		鋐	D
鉻		鋐	E
鉻		鋐	G
鉻		鋐	Ia

圖 4《化學初階》元素表

《博物新編（二編）》內容與合信《博物新編》內容比較來看，《博物新編（二編）》中對雨、雲霧、雪雹露霜、洋海、波浪、河、湖、泉、島、山原、平原、高原、冰山、水土比較大小、地洞地裂、地震火山等自然地理基礎知識和槓桿、輪軸、滑車、螺絲、斜面、尖劈等簡單機械知識以及草木、人體等生物知識是合信《博物新編》中未涉及的內容。合信《博物新編》初集介紹了地氣論、熱論、水質論、光論和電氣論；二集分為天文略論、地球論、晝夜論、行星論、日離地遠近論、日體圓轉論、地球行星論、眾星合論；三集分為鳥獸略論介紹了猴、象、犀牛、虎、獅、豹、犬、熊、馬、駱駝、獸、哺乳類的胎生魚、鷹、無翼禽、涉水鳥等。合信《博物新編》化學元素有 56 種。容兆倫將此書命名為《博物新編（二編）》4 集、5 集是想以此書補充合信《博物新編》中未涵蓋的自然科學基礎知識。

四、結論

容兆倫《博物新編（二編）》並非其專著，而是其根據早期出版漢譯自然科學書籍《重學淺說》、《化學初階》等編著的自然科學普及性讀物。其科學史上的意義有以下幾點。1、《博物新編（二編）》內容正好補充了合信《博物新編》中未涵蓋的自然科學基礎知識。這不僅表示容兆倫對於以上書籍的內容諳熟，也驗證了清末自然科學書籍的傳播和影響力。2、《博物新編（二編）》能夠在日本出版，說明清末漢譯自然科學書籍在日本之受歡迎，這些漢譯自然科學書籍可能是滿足了當時日本人借助漢譯科學書籍學習西方科學。3、容兆倫其人很可能是中國最早在海外出版科技類書籍之人，而本書則可能是中國人最早編著的普及近代科學知識的書籍。

1876 年中國人在日本出版《博物新編（二編）》，很可能與當時中日人員交流頻繁有關。日本自 1868 年明治維新開始，在「富國強兵」方針下資本主義獲得迅速發展。為了在貿易上獲利，於 1871 年中日兩國簽訂了《中日修好條規》，正式建立了外交關係，並互開口岸，加強通商貿易，互派外交官員、互設公使館與領事館。在此政治關係影響下，兩國官員、學界人員交流頻繁，認識不斷加深。容兆倫是廣東香山縣南屏人（今珠海市南屏鎮），這裡離當時葡萄牙治理的澳門僅一江之隔，得風氣之先，很多人有機會到澳門學習西學。如容閎（1828－1912）就是此地人，他進入英國傳教士馬禮遜在澳門開辦的預備學堂。因此，筆者猜測已經學習過西方科學知識的容兆倫，在中日交流頻繁的年代，就著天時地利人和的條件，身赴日本，出版著作。

A Elementary Reasearch on *Bo Wu Xin Bian*(second comiplation)

YONG Mei*

Abstract

In this paper, methods employed include documentation and comparative analysis .The writer investigated publiation and source of content and so on about *Bo Wu Xin Bian (second comiplation)* that was natural science popular book in late Qing Dynasty , and written by Rong Zhaolun of late Qing Dynasty in 1876, while was published in Japan. The results suggest that *Bo Wu Xin Bian (second comiplation)* has provided us with supplemental the basics of natral scenice knowledge that *Bo Wu Xin Bian* didn't cover, which was written by He Xin(B.Hobson, 1816-1873). It was published in Japan .Maybe, it was to meet the demand of Japanese who learned west science knowledge by traslations from China.It was possible that Rong Zhaolun was the first one who published science books abroad.While the book was the earliest compiled books by Chinese which was the popularization of knowledge of modern science.

Keywords: *Bo Wu Xin Bian (second comiplation)*, Rong Zhaolun, Japan, Science Communication

* Associate Professor, Institute for History of Science and Technology, Inner Mongolia Normal University.

摘要集

解析李善蘭對《談天》的「刪述」

郭世榮*

摘要

晚清科學譯著的翻譯方法、翻譯理論、技術處理與水準，直接關係到西方科技知識在中國的傳播方式、傳播速度和本土化過程，也關涉到中國科學的近代化歷程。為了對晚清科學著作的翻譯情況有一個整體的理解和認識，首先應該研究和解決的問題是：譯著中表現出來的翻譯方法與理論，對術語的提煉與選擇，對科學概念的表述方式，對原文的取捨與刪補，在翻譯過程中對西方新知識與中國固原有知識的結合，以及翻譯中存在的問題。進而討論這些著作的翻譯水準與品質、譯者的翻譯思想及其在翻譯過程中的技術處理、以及譯者知識結構對翻譯的影響等問題，並且通過比較研究說明這些著作的翻譯方式的異同，譯者群體在當時有什麼樣的交流，不同學科對翻譯的影響，這些著作的翻譯對後續翻譯工作的影響和作用，等等。通過這些研究，可能對第二次西學東漸之始的科學翻譯工作有一個全面、系統、深入的理解。

李善蘭(1811-1882)與幾位傳教教士合作翻譯的科學著作開啟了晚清西學東漸的序幕，對晚清科學發展產生了極為重大的影響，這是學界公認的事實。在 19 世紀中期開始的第二次西方科學東傳之初，李善蘭與傳教士共同翻譯的著作佔有主要地位，他們所介紹的科學知識對當時的中國學者來說都是嶄新的。這些著作中的大部分知識比明末清初傳譯的知識艱深，很多科學概念、術語、運算式都是第一次用漢語表達，翻譯十分艱難。李善蘭的工作為後來的翻譯奠定了良好的基礎，成為科技翻譯的樣板，其科學譯著自然是研究晚清科技翻譯的第一個重點。

1852—1859 年間，李善蘭在上海墨海書館與傳教士共同翻譯 8 部科學著作，譯完並出版的 7 部中有 6 部分別署名“李善蘭筆受”或“李善蘭筆述”，惟《談天》18 卷署名有異與此。《談天》據英國天文學家侯失勒(John F. W. Herschel)的《天文學綱要》(*Outlines of Astronomy*)第 4 版譯成中文，譯者署“偉列亞力口譯，李善蘭刪述”。那麼，李善蘭是如何“刪述”的？刪節的原則是什麼？“刪述”有什麼影響？本文試圖通過對比研究英文底本與漢文譯本來回答這些問題。

* 內蒙古師範大學科學技術史研究院院長

An Investigation to LI Shanlan's "As Told to and Abridged by" for the Book *Tantian*

KUO Shirong*

Abstract

The method, philosophy, treatment, and quality of the translation of scientific works into Chinese during Late Qing period (roughly the turn of the 20th century) determined Western knowledge's means and speed of spreading and degree of localization in China. To form an overall understanding to Late Qing's scientific translation, we must figure out their method and philosophy of translation, determine and selection of jargons, the way to describe concepts, omittance and addition to the original text, the integration of Western knowledge into the Chinese knowledge framework, and other translational problems. Then we may investigate the translated works' quality of translation, translator's idea about translation and used techniques and how the translator's knowledge framework affected his translations. From comparisons of the works, we may learn the different ways of translation, the interactions among translators, translated works' impacts on each academic disciplines and future translations, etc. By answering these questions, can we have a complete, systematic and deep understanding to the translations of the second wave of the introduction of Western knowledge into China.

It is widely accepted that the books translated by LI Shanlan (1811-1822) and several missionaries opened the doors for Western knowledge to enter China and greatly affected the course of Late Qing development of science. LI and missionaries' works played a major role in the early days of the second coming of Western knowledge. Much of the knowledge introduced by them was novel to Chinese scholars. Much of the knowledge introduced was more advanced than the knowledge introduced between the 17th and 18th century. Many of the concepts, jargons and mathematical expressions were translated into Chinese for the first time which was very difficult. LI's works, as guides to future translators, created a solid foundation for future translations. Needless to say, his work was the top choice in the study of Late Qing's technological translations.

From 1852 to 1859, LI worked with missionaries in Shanghai to translate 8 science books. Six among the seven published works were signed "As Told to LI Shanlan" or "Penned by LI Shanlan". However, the signature on the 18 volumes of "*Tantian*" was different from the others. "*Tantian*" was a translation of British astronomer John F. W. Herschel's *Outlines of Astronomy*, 4th edition. The translation was contributed as "As Interpreted by Alexander Wylie and Abridged by LI Shanlan". How did LI abridge the book? How did he determine which part to omit? How did his omittance affect the work? Here we compare the English original and the Chinese translation texts to answer these questions.

Keywords: LI Shanlan, scientific translation, late Qing dynasty, *Tantian*

* Institute for the History of Science and Technology, Inner Mongolia Normal University

朝鮮復刻《楊輝算法》(1275 年)

與關孝和(1645?-1708)的修改

城地茂*

摘要

《楊輝算法》(楊輝、1275 年)是元朝在北京定都之後，在南宋的都城杭州出版的數學專書。從時代的角度來看是宋元時期的數學專書，或許是由於在南中國出版，因此與其他的數學專書不同。意即，並不是專精天文學的北中國數學或「天元術」(建立高次方程式方法)的數學專書。而是為了協助南中國其繁榮的經濟活動講解商業數學的數學專書。是解高次方程式的「開方術」(高次方程式的解法)、及被稱為「方陣」(「幻方」)經常運用計算的數學專書的入門書就是《楊輝算法》。

李氏朝鮮(1392-1910)為了推廣數學教育，使用北中國數學的入門書《算學啟蒙》(朱世傑，1299 年)、南中國數學的入門書《楊輝算法》和《詳明算法》(安止齋·何平子、1373 年)等作為教科書以實施數學教育。《算學啟蒙》和《楊輝算法》是講解解高次方程式的重要書籍，但在中國已經失傳。而朝鮮於 1433 年在慶州復刻《楊輝算法》100 本。從《算學啟蒙》的銅活字本留存於日本筑波大學來看，《楊輝算法》應也是銅活字本。而現存的《楊輝算法》在臺灣、日本僅有 5 冊被確認的珍稀古籍，全為木板本。這些書可能因萬曆朝鮮之役(1592-1598)朝鮮的古教育制度遭到破壞，戰後為了重建數學教育而復刻的。由於 5 冊都有亂頁的現象，部分還有錯誤。其他還有將「河圖」與「洛書」顛倒位置的失誤，可推測這些不是官方印刷的。

日本的數學家關孝和(1645?-1708)於 1661 年學習《楊輝算法》，修改其中的亂頁。日本的和算家也從中學習，對「翻積法」(高次方程式的解法)「方陣」產生極大的影響。長久以來，《楊輝算法》被認為是珍稀古籍，只有少數的和算家能學習，但這次透過在韓國延世大學圖書館的調查，發現《楊輝算法》的木板本及修改亂頁後的手抄本，瞭解了《楊輝算法》超忽預料散布於各地。此外，朝鮮的修改與關孝和的修改不同，並從中獲知修改亂頁的版本已不存在。

關鍵詞：《楊輝算法》、關孝和、李氏朝鮮、世宗

* 日本國立大阪教育大學國際中心教授

Korean Edition of *Yang Hui Suanfa*(Yang Hui, 1275) and Its Proofreading by SEKI Takakazu (1645?-1708)

Shigeru JOCHI*

Abstract

The Yang Hui Suanfa (Yang Hui, 1275) was one of the most popular mathematical arts in the Song dynasty although the Yuan dynasty was already established at Beijing. It was a mathematical art at the Song and Yuan dynasties, however, it was published at Hangzhou, the center of Southern Chinese culture, therefore it was quite difference with other Northern Chinese mathematical arts in the Song and Yuan dynasties. That is to say, Yang Hui did not study the astronomical mathematics or not the “Tianyuan-Shu” method (the Heave and Elements method) for solving astronomical questions, studied commercial mathematical questions which supported Southern Chinese economy. Thus Yan Hui studied the “Kai Fang-ha” method (solving methods for higher degree equations), the magic squares and so on using calculating ability. Therefore historians of mathematics decided that the Yang Hui Suanfa was the mathematical introductory book.

In the Yi dynasty (1392-1910) in Korea, Korean mathematicians used Northern Chinese mathematical introductory book of Suanxue Qimeng (Zhu Shijie, 1299) and used Southern Chinese mathematical books of Yang Hui Suanfa and Xiangming Suanfa (An Zhizhai and He Pingzi, 1373) at Korean university.

The Suanxue Qimeng and Yang Hui Suanfa were introduction books for solving higher degree equations, but there were already destroyed in China. Then Korean government republished one hundred copies of Yang Hui Suanfa at Gyeongju in 1433 by Sejong the Great (1397–1450, r. 1418–1450). Because Tsukuba University has the copper printed version of Suanxue Qimeng in Korea, thus the original Korean edition of Yang Hui Suanfa was also the copper printed version probably. The Yang Hui Suanfa Korean edition are remained only five copies books in Japan and Taiwan now, and all of them are the wood block printed version, are not the copper printed version. The original copper printed version of Yang Hui Suanfa was probably destroyed during Japanese invasions of Korea (1592-1598). After the war, Korean mathematicians republished the wood block printed version of Yang Hui Suanfa, however, it had some mistakes, especially the 3 degree magic square in the wood block printed version was named “Hetus”, not “Luoshu”.

Japanese mathematicians of Seki Takakazu (1645?-1708) studied the Yang Hui Suanfa in 1661, then corrected mistakes of Korean wood block printed version. Before our studies, the Yang Hui Suanfa was very rare book, few Japanese mathematicians studied it, but through our studies at Yonsei University in Seoul, there are some copies of Yang Hui Suanfa in Korea. In that time, there were some copies of Yang Hui Suanfa in Japan and Korea, some Japanese mathematicians also studied it and influenced on the studies of solving method of higher degree equations and magic squares.

Keywords: the *Yang Hui Suanfa*, Seki Takakazu, Yi Dynasty in Korea, Sejong the Great

* Professor, Osaka Kyoiku University, Japan.

轉心瓶工藝技術及其發展

陳東和*、黃千奇**

摘要

乾隆時期燒造多種轉心或轉旋瓷器，包括轉足碗、轉心瓶、轉旋筆筒、冠架等，這一類奇巧的轉心瓶類瓷器其製作技術向為陶瓷學界所關心。從套瓶及走馬燈的概念發展而來，轉心瓶瓷器類型多元，其製作工序複雜者，經常結合各類燒造技術及機械工藝，包括釉上、釉下彩、鏤雕、刻劃、內外瓶接合、轉動機構等。其困難者經常在於內外瓶之燒造結合或黏合，特別是支配旋轉關鍵的頸部與底座，必要能設計良好的轉動機構、精確的楔合尺寸及燒造溫度。惟轉心瓶常因其珍貴而未能拆卸之因素，並無法一一探究其內部結構和材料特性。本研究從藉由現代X光透視及電腦斷層掃描影像技術對幾件轉心瓶類瓷器之檢視出發，並基於前人研究的基礎上，再探轉心瓶之製造工藝技術及其發展脈絡。

關鍵詞：轉心瓶、轉足碗、洋彩、琺瑯彩、X光電腦斷層掃描

* 國立故宮博物院登錄保存處助理研究員

** 國立故宮博物院研究助理

Techniques of Revolving Vases of the Qianlong Reign

CHEN Tungho*, HUANG Chienchi**

Abstract

The exquisite revolving vases of Qianlong reign (1736-1795), inspired probably from double-layer vases and revolving lanterns, having long been issues of interest, contain different varieties, including revolving bowl, revolving bottle, revolving brush holder, revolving hat stand, etc. The complex process of manufacturing these kinds of porcelains combines usually different techniques such as firing, underglazing, enameling, piercing and jointing, along with rotating mechanism. The very difficulties encountered are to precisely control firing temperature and accurately assemble the base and the inner and outer vases in order to assure that the revolving mechanism works. Due to the precious and undetachable character of the revolving vases, it is hard to investigate their inner structure and fabrication techniques in detail. In this work, based on our recent X-ray CT imaging analysis and the former studies elsewhere, the techniques of the revolving vases/bowls and their context of production are re-examined.

Keywords: revolving vase, revolving bowl, yangcai, enamel, X-ray computed tomography

* Assistant Curator, Department of Registration and Conservation, National Palace Museum.

** Research assistant, National Palace Museum.

奇美博物館館藏黃銅製燈籠式座鐘的構造分析

林聰益*、林彥峯**、陳羽薰***、顏鴻森****

摘要

據史料紀載，13世紀的歐洲已有使用機械鐘的紀載，14世紀開始有較多機械鐘的使用紀錄。當時的機械鐘屬於大型機械鐘，大多安裝於教堂或鐘塔上，因此，大部分居民倚賴著鐘塔所傳出來的鐘聲，以滿足生活中的計時需求。到了15世紀，小型機械鐘因為使用的家庭少，鐘錶製造商也不敢貿然投入生產，所以造價昂貴，僅供貴族、富裕家庭擁有，同時製造機械鐘的材料也開始採用黃銅。除此之外，對於機械鐘的計時精度要求也越來越高，因此不少科學家與鐘錶匠投入改良機械鐘，日誤差也因此逐漸縮小。

17世紀機械鐘已成為歐洲普及的計時器，大多數的家庭都擁有小型機械鐘。而適合於家庭室內使用的小型機械鐘種類繁多，從形制來說，當時有燈籠式、鳥籠式和床柱式等。其中燈籠鐘的機芯構造與1370年的De Vick時鐘相似，分為兩大部分，前半部為走時系統，其採用錨狀擒縱調速器，並控制後半部報時系統的啟動。燈籠鐘則掛於壁上，以重力驅動，燈籠鐘的機芯框架是由4根圓柱、上下機板與3片直立黃銅板所組成，鐘殼前方是鐘盤，鐘殼左右側各有一門可開啟，鐘頂有一圓頂鐘碗，搭配報時系統可按時敲響，本文主要以奇美博物館館藏黃銅製燈籠式座鐘為例，對其進行構造分析。

關鍵詞：機械鐘、燈籠鐘、構造分析

* 南臺科技大學機械工程系教授

** 南臺科技大學機械工程系博士生

*** 國立成功大學機械工程學系博士生

**** 國立成功大學機械工程學系教授

A Structural Analysis to a Brass Lantern Clock Collected by the Chimei Museum

LIN Tsungyi*, LIN Wenfeng**, CHEN Yuhsun***, YEN Hongsen****

Abstract

The earliest historical record has shown that mechanical clocks were used in Europe as early as the 13th century. Since the 14th century, records regarding mechanical clocks began to increase. Most of the mechanical clocks then were so large that they were installed on towers. People then relied on hearing the hourly sound of the bells to satisfy their needs for measuring of time. In the 15th century, craftsmen began to use brass to make clock parts. However, very few people had the need to buy miniature clocks that clock makers did not want to produce them in quantity. As a result, miniature clocks were so expensive that only wealthy families could afford them. To meet the growing demand for more accurate measurement of time, many scientists and clock makers began to develop more accurate mechanical clocks.

By the 17th century, mechanical clocks became a very important means of telling time in Europe and many households had their own miniature clocks. Miniature clocks suitable for household uses were lantern, birdcage and bedpost types. The mechanism of lantern clocks is similar to the De Vick clock of 1370 which consists of two parts. The anchor escapement controlled going train controls the activation of the striking train. The lantern clock is installed on the wall and driven by gravity. The clock structure consists of four columns, two mechanical panels and three brass vertical panels. The front of the clock is the clock face. The right and left sides of the front are two access openings that can be opened. The top of the clock is a bell which can be rung by the strike train. Here we analyze the structure of a brass lantern clock collected by the Chimei Museum.

Keywords: mechanical clock, lantern clock, structural analysis

* Professor, The Department of Mechanical Engineering, Southern Taiwan University of Science and Technology(STUST)

** Doctoral Student, STUST

*** Doctoral Student, Department of Mechanical Engineering, National Chengkung University

**** Professor, Department of Mechanical Engineering, National Chengkung University

性慾與養生：民國時期中西醫「節慾」的身體觀

皮國立*

摘要

人類有自然之性慾，乃繁衍後代之正常生理本能，不過，一但不知節制、荒唐縱慾的結果，卻將會導致許多疾病之產生，或是使即將痊癒的疾病再度復發，而對養生有害。這樣的想法，很早就存在於中醫的歷史知識當中。民國以來，社會變遷迅速，城市化、商業化的結果，使得人們對性的觀念更加開放，也更容易迷失於聲色犬馬、燈紅酒綠的花花世界中。此時，原本應該是站在論爭對立面的中醫與西醫，卻不約而同的站出來呼籲「節慾」的重要性。中醫的節慾身體觀，很自然的與既有的養生概念相結合，而西醫論述節慾概念時，竟同時借用、轉化了許多中醫傳統腎虧、遺精的身體觀，並且導入了新的科學話語，例如泌尿系統疾病、青春期性衝動和精神疾病等方面的知識；相對的，西醫的疾病觀也影響了中醫的某些看法。本文試圖論述這段中西醫共同營造、建構出二十世紀上半葉中國人在性慾和養生方面的各種內在知識的連結，也可以說它展現了另一種中西醫身體觀在近代的匯通。

關鍵詞：性慾、節慾、腎虧、衛生、身體觀

* 中原大學通識教育中心歷史組助理教授

Libido and Health Cultivation: The Physical Concepts of “Asceticism” in Chinese and Western Medicine during the Republic of China Period

PI kuoli*

Abstract

Libido is a natural instinct of human beings, as well as a normal physical instinct to give birth to offspring. However, if people fail to control libido and indulges in it, many diseases may be developed and the diseases which are going to be cured may relapse, which are detrimental to health cultivation. Such a concept has been developed in the historical knowledge of traditional Chinese medicine. During the Republic of China period, the rapid changes in society, urbanization and commercialization have led to people's openness to sexuality. However, people may thus easily get lost or indulge themselves in the fast-paced world of sensual pleasures. As a result, Chinese medicine and western medicine, who should stand against each other, share the same opinion and appeal for the importance of “asceticism.” The physical concept of asceticism in Chinese medicine is naturally combined with the existing concept of health cultivation. When promoting the concept of asceticism, western medicine also accentuates the physical concepts of impotence and nocturnal emission in traditional Chinese medicine and introduces the new terms in the aspects of urinary system diseases, adolescent sexual impulses and mental illness. Similarly, the concepts of western medicine also affect certain concepts of Chinese medicine. This study intends to investigates the links among various internal knowledge in the aspects of asceticism and health cultivation in Chinese in the first half of the 20th century jointly developed and established by Chinese and western medicine, which reflect the shared physical concepts between Chinese and western medicine.

Keywords: libido, ascetic, renal deficiency, hygiene, ideas of body

* Assistant Professor, Center for Education, Chung Yuan Christian University.

臺灣免疫研製機構之發展與變異(1929-1939)

沈佳姍*

摘要

人體用血清疫苗在臺灣，1900年已對2萬人以上進行鼠疫疫苗實驗、應用。1916年，臺灣的臺灣總督府中央研究所衛生部開始正式生產暨販賣血清疫苗等製劑，隨後再加上1918~1922年間發生的極大規模傳染病疫情，使疫苗在臺灣被廣泛地應用，此後並且成為重要的防疫方法。很明顯的案例是，1919~1920年亞洲霍亂爆發期間，僅兩年，臺灣即有大約300萬住民接種霍亂疫苗，而全臺灣的住民人口僅約400萬人。此後，臺灣對疫苗相關物品的研究和製造量都快速地升高。1937年，臺製疫苗再次發生很大的變化。即1937年擬定建立臺灣總督府中央研究所衛生部士林支所，目的是擴大疫苗製造質量，增加製造乾燥疫苗，白喉類毒素和其他各種變性毒素。當士林支所在1939年完工，約同時，整個中央研究所改組、解散，衛生學部和士林支所轉變成熱帶醫學研究所，並且進一步改隸於臺北帝國大學。

而在此1937~1939年的中央研究所改組和擬制士林支所之前，是1936年中央研究所衛生部首長更替和臺北帝國大學醫學部成立；以及1929-1930年間，一代人物的相繼逝世、臺日時局轉換，和研究所衛生部的人事頻繁更動。

本研究即運用「人流」的視角，論證以上的所有變化很大一部分都來自於對疫苗的需求；而且在此表面理由之外，它也深刻受到東京大學和北里柴三郎（1853-1931）兩派競爭的影響。

關鍵詞：臺製疫苗、預防接種、傳染病研究所、中央研究所、熱帶醫學研究所

* 中央研究院衛生與東亞社會研究計畫博士後研究員

Development and Changes in the Organized Immunology System in Taiwan (1929-1939)

SHEN Chiasan*

Abstract

As early as 1900, there were more than 20 thousand people injected with the plague vaccine when Taiwan had serious outbreaks of plague. After the Health Department of the Central Institute of the Taiwan Governor began to manufacture and sell vaccines officially in 1916, followed by tremendous epidemics from 1918 to 1922, numerous types of vaccines were widely used in Taiwan and became an important epidemic prevention policy thereafter. One of the obvious examples was that during Asiatic cholera pandemic outbreaks in 1918-1919, Taiwan had about 3 million people injected with the cholera vaccine in those two years alone, out of a total resident population of only about 4 million people. Thereafter, the amount of research on and manufacture of these items grew rapidly.

In 1937, another great change occurred for Taiwan-made vaccines. Construction of the Shihlin Branch of the Health Department was planned in order to expand the products and manufacture new types of vaccines like dried vaccines, diphtheria toxoids, and antitoxins. By the time it was completed in 1939, the entire Central Institute of the Taiwan Governor was broken up, and the Health Department and the Shihlin Branch were converted into the Institute of Tropical Medicine (TM), becoming a branch of the Taipei Imperial University. In addition, before the restructuring of the entire Central Institute of the Taiwan Governor and proposal to build the Shihlin Branch in 1937~1939, the head of the Health Department was replaced, and the Medicine Department of the Taipei Imperial University was established in 1936; furthermore, as the old generations successively passed away, the current political situation changed, and the officers of the Institute changed extensively in 1929-1936.

This paper uses ‘personnel flow’ to demonstrate that all those changes mentioned above were largely due to requirements from vaccines on the surface, but also deeply influenced by the competition between Tokyo University and Kitasato Shibasaburou (1853-1931)’s faction in Japan.

Keywords: Taiwan-made vaccine, Vaccination, National Institute of Infectious Disease, the Central Research Institute of Taiwan Governor, the Institute of Tropical Medicine

* Postdoctoral Fellow of RCHSS, Academia Sinica.

《本草綱目》中之物種觀點

賴伯琦*

摘要

明代李時珍所著之《本草綱目》，可謂是中國十六世紀針對中醫草藥集大成之重要著作。王世貞曾在明朝萬曆年版本之序中說道：「實性理之精微，格物之通典，帝王之秘錄，臣民之重寶也。」

《本草綱目》的編寫是以《經史證類備用本草》為藍本，首先以正名為綱，在分目列於綱之下，與西方生物分類學之界、門、綱、目、科、屬、種之分類階層，若言相似，實不相同。在《本草綱目》中，李時珍將共將藥物分為十六部：水、火、土、金石、草、穀、菜、果、木、服器、蟲、鱗、介、畜、禽、人，期中包括自然的物質，如：水、火、土、金石，多為化學之特定物質組成，但卻被李時珍區分為多種不同屬性的物質，何其然？何其所以然？

由於《本草綱目》中所記載的生物與物質，數量龐大，本文冀希以「動物」部分，即「蟲、鱗、介、畜、禽」為對象，據以分析李時珍在此書中所呈現之「物種觀點」，並同時與生物科學中之物種概念進行比對分析，探討李時珍之編類邏輯與其系統，以呈現中國歷史中偉大著作之《本草綱目》所蘊含的自然世界之生物觀，是何風貌。

關鍵詞：本草綱目、李時珍、物種觀點、物種概念

* 大葉大學生物資源學助理教授

Species Idea of *Pen-tsao-Kang-mu*

LAI Bo-Chi G.*

Abstract

One of the most important work of collective Chinese medicine in 16th century should be known as *Pen-tsao-Kang-mu*(本草綱目) by Li, Shih-chen(李時珍) in Ming(明)dynasty. It was praised as “to understand the rule of reality, to illustrate the universality of objects, to discover the mystery of world, and to emphasize necessity of people” by Wang, Shih-chen in Ming as well.

The writing plan of *Pen-tsao-Kang-mu* is based on the work of *Ching-shin-Cheng-lei-Fei-chiu-Pen-tsao* (經史證類備急本草). First, The Class is to define the category of objects, and then the divisions under Class are Orders. It seems similar to the Class, Order, Family, Genus and Species in biological taxonomy, but it is not entirely. In *Pen-tsao-Kang-mu*, Li, Shih-chen divide the medicines into 16 volumes: water(水), fire(火), earth(土), gold and stone(金石), herb(草), grain(穀) vegetable(菜), fruit(果), wood(木), cloth(服器), worm(蟲), scale(鱗), shell(介), animal(畜), bird(禽) and folk(人), including the natural materials, such as water, fire, earth, gold and stone. Those different chemicals are identified as several types of medicines by Li, Shih-chen. How to identify? And why?

Because of the biological records of *Pen-tsao-Kang-mu* are of a large number, this article would like to focus on the worm, scale, shell, animal and bird to analyses the species idea of the work by Li, Shih-chen. Furthermore, this article will compare the species idea of Li, Shih-chen with the species concepts in Biology to investigate the logic of classification applied in the *Pen-tsao-Kang-mu*.

Keywords: *Pen-tsao-Kang-mu*, Li, Shih-chen, species idea, species concepts

* Assistant Professor, Department of Bioresources, Da-Yeh University.

孫思邈的服石觀初探

高小筑*

摘要

本文以《備急千金要方》與《千金翼方》為中心，探究唐初醫者孫思邈的服石觀。其次，孫氏曾提出「寧食野葛，不服五石」之說，對皇甫士安以來的服石現象與風氣提出批判，本文亦將討論之。此外，孫氏曾以礦石入藥，本文也將舉例說明之。

SUN Simiao and His Conceptions of Mineral Drugs

KAO Hsiaochu*

Abstract

This paper aims at exploring the conceptions and application of mineral drugs in the Qianjin Baiji Yaofeng and Qianjin Yifang, which were composed by Sun Simiao, in the early Tang dynasty. I would also like to examine how and why Sun criticized the phenomenon of taking mineral drugs to achieve longevity at that time. Besides, I will discuss those mineral prescriptions in Sun's texts.

* 國立臺灣大學歷史研究所碩士生

* MA student, Department of History, National Taiwan University.

元代食治觀初探：以《飲膳正要》為例

游翠卉*

摘要

本文以忽思慧《飲膳正要》為中心，分析此書的內容與觀念，探討元代食療醫學觀與實踐，進而研究蒙古的飲食文化，及其如何受到中國食療的影響。

《飲膳正要》作者忽思慧曾任飲膳太醫，他預設的讀者或以皇室成員或貴族為主，故其與食療相關的內容，具有濃厚貴族及蒙古文化色彩。該書涉及本草、醫療、食物宜忌、飲食方法與蒙古飲食文化內涵，亦承襲傳統本草醫籍中對於動、植物與性、味的觀念，且體現中國傳統「藥食同源」概念。因此，透過研究《飲膳正要》，並與其他的食療醫籍相互對照，將更能深入了解當代的食療概念，與漢蒙本草及飲食文化之異同與融合。

Food Therapy in the Yuan Dynasty: A Case Study on the *Yinshan Zhengyao*

Tsui-hui YU*

Abstract

The paper aims at exploring the *Yinshan Zhengyao*, which was composed by Hu Sihui in the Yuan Dynasty. This text contains both pharmaceutical and dietetic conceptions and methods. However, previous studies have not thoroughly examined it. Therefore, in this paper, I would like to discuss the idea and practice of food therapy and its culture of the Mongol, and the Chinese influence on that of the Mongol.

* 國立臺灣大學歷史研究所碩士生

* MA student, Department of History, National Taiwan University.

天行慾染蔓延通國： 明清醫家對「楊梅瘡」的認識初探

林 佳*

摘要

十六世紀初，一種「古方不載」的疾病自嶺南向中國各地蔓延。雖其別名甚多，這種使人皮表「腫突紅爛、狀如楊梅」的惡疾，最為人知的名稱即「楊梅瘡」。傳統醫家對於生殖器官的各種瘡瘍本不陌生，然而，在明清醫者的筆下，由於「徵瘡之症古無專家」與「細考經書古未言及」，於是醫者在積極提出治法之餘，紛紛論述新疾病產生的原因。面對一種新的疾病，傳統醫學如何因應？以何種方式將其置入既有的知識體系當中？又如何解釋新疾病的發生？本研究即以楊梅瘡為例，探究此一過程。同時，本文亦將討論醫者如何將楊梅瘡和風土、慾望、性與性別相連，觀察醫學知識與社會文化之間相互的影響。

* 國立臺灣大學歷史研究所碩士生

Understanding a New Disease: A Case Study on the Yangmei Chuang in Ming-Qing China

LIN Chia*

Abstract

In the early sixteenth century, an unknown disease from the southern China was said to widely spread. It was later identified as the yangmeichuang (syphilis), which was primarily transmitted by sexual contact and caused skin ulceration, erosion, and reddish papules, because the shape of its lesion resembled that of *Myrica rubra* (Chinese bayberry). Apart from providing various treatments, the Chinese medical experts were particularly interested in its etiology and ways of transmission. Therefore, in this paper, I would like to examine the varied classification and conceptions of etiology of yangmeichuang in the Ming-Qing medical literatures. Moreover, yangmei chuang was not only associated with excessive sexual drive, but also with gender issue and local environment. Thus I will also delve into these aspects to explore the influence of culture on constructing medicinal knowledge.

* MA Student, Department of History, National Taiwan University.

清季西式槍砲的知識輸入： 以《格林礮說略》與《格林礮操法》為例

周維強*

摘要

格林砲是第一種成熟的後膛連發槍砲，由美國人格林(Dr. Richard Jordan Gatling, 1818-1903)在 1861 年發明，1865 年以後才開始對美國以外的地區販賣輸出，並授權歐洲的公司生產。同治末年，此砲經容閎引進中國，透過外購和自製，逐漸發展成為清季陸海軍的重要武器。容閎曾於 1874 年撰寫《格林礮說略》，刊載於《教會新報》中，稍後並由江南製造局傅蘭雅口譯，徐建寅筆述，翻譯《格林礮操法》，於 1880 年刊行。以往研究清末西譯兵書者較不注意此二書，本文擬從文獻對照分析出發，對照美國陸軍檔案文獻，考察《格林礮說略》與《格林礮操法》兩書的知識來源，並對其內容價值進行述評。

關鍵詞：格林砲、容閎、《格林礮說略》、《格林礮操法》、西譯兵書

* 國立故宮博物院圖書文獻處副研究員

The Introduction of Knowledge about Western Firearms: Amplified by the Publication of Gatling Guns

ZHOU Weiqiang*

Abstract

The Gatling gun is the first practical rapid-fire breech-loading machine gun. It was invented in 1861 by Dr. Richard Jordan Gatling (1818-1903) of the United States. Only after 1865, the gun was exported to places outside the U.S. and licensed to be built by some European companies. During the final days of Tongzhi's reign (1861-1875), this weapon was introduced to the Chinese by Yung Wing (容閎). Gradually, the Gatling guns became a vital weapon in Qing army and navy's arsenal by importing and manufacturing. In 1874, Yung Wing had written *A Brief Introduction to the Gatling Guns* (《格林礮說略》) which was published in *The Church News* (《教會新報》). Latter, John Fryer (傅蘭雅, 1839-1928), translator of the Kiangnan Arsenal (江南製造局), to interpret a book orally as told to Xu Jianyin (徐建寅, 1845-1901). That book, under the title *A Field Manual to the Gatling Guns* (《格林礮操法》), was published in 1880. Scholars of Qing era military book translations usually pay very little attention to these two books. This article begins with a literature survey of the U.S. army's archive. We shall determine what are the sources of the two books, then we may evaluate their qualities in translation and values to the importation of knowledge.

Keywords: *Gatlin gun, Yung Wing, A Brief Introduction to the Gatling Guns, A Field Manual to the Gatling Guns, military manuals translated into Chinese*

* Associate Curator, Department of Rare books and Documents, National Palace Museum.

清末渤海水雷防禦考

黃宇暘*

摘要

清季渤海沿岸具有保護畿輔的戰略意義，其防禦設置實為北洋海防的核心，水雷作為海岸防禦中一項低成本高效能的靜置兵器，可用來嚇阻敵船入侵，因此逐漸被主持北洋防務者視為岸防利器。為了掌握西方水雷這種新兵器的技術與軍事應用，江南製造局陸續繙譯了《防海新論》與《水雷秘要》等涉及西方水雷製造和應用的軍事書籍，增長了時人對近代水雷的認識。爾後北洋防務在李鴻章的主導下不僅開設水雷學堂以訓練專才，更於大沽、旅順與威海衛等渤海沿岸的海軍基地專設水雷營以防禦要衝。本文試圖探討以下主題：晚清渤海沿岸使用的西式水雷是如何由引進至應用？同時代普法戰爭與南北戰爭中防禦者使用水雷的經驗是否影響了主持渤海防務者的海防思想？本文試以透過晚清海防主政者的函稿、奏議與翻譯兵書，來釐清渤海沿岸防禦中對水雷的應用與其知識體系的根源，藉此管窺西方水雷傳入中國的歷程與應用於渤海防務之全貌。

關鍵詞：水雷、渤海、李鴻章、《防海新論》、西譯兵書

* 國立政治大學歷史學系博士生

The Naval mine defence system in Bohai during Late Imperial China

HUANG Yuyang*

Abstract

The strategic significance of Bohai during Late Imperial China is to protect the capital of China. The coastal defense of Bohai is the main core of beiyang's coastal defence. Naval mine has used to one of the low cost but high quality weapon in the coastal defense action, it could deter the threaten from numbers of enemy warships during the war. Therefore, Li Hongzhang and other Beiyang defense officers are used this weapon as the main munitions for coastal water. When the translation of military books of naval mine user guide like A Treatise on Coast-Defence and Torpedoes spread from Western to China, it enhanced the knowledge of naval mine for the people at that time. Li Hongzhang was not only set up the school of naval mine to train the specialist thereafter, also established the naval torpedo station in the naval base of Taku, Lüshun and Weihaiwei on the coast of Bohai to protect these major junctures. In addition, how did the western naval mine import to China and then deploy to use in the coast of Bohai during Late imperial China? Did the experience of using naval mine from the defenders in Franco-Prussian War and American Civil War also impact the idea of people who in charge of the coast defenses in Bohai? This article is trying to clarify the source of the operation and knowledge system of naval mine through the letters, archives and western military text from translator and officer who worked in navy at the end of Late Imperial China in the defence system of coast in Bohai, also through import progress and operation technique of the western naval mine in China and thereby study the defence system in Bohai during Late Imperial China.

Keywords: Naval mine, Buhai, Li Hongzhang, *A Treatise on Coast-Defence*,
translated military books

* Doctoral Student, Department of History, National Chengchi University.

1843-1913 航空氣球在中國的印象與運用： 以清代檔案與報刊為中心

吳彥儒*

摘要

氣球是讓人類實現翱翔天際的重大發明，它不僅激發人類對航空發展的無限想像，深入市井小民的生活文化之中，更有軍事、氣象、娛樂等高度實用價值。清道光二十三年(1843)，魏源《海國圖志》已載錄西方使用氣球航行的「飛船」，而後《博物新編》、《申報》、《點石齋畫報》、《時報》等報刊陸續報導西方航空氣球的發展。時人從文字敘述中，發起對航空氣球各種用途的想像，其中的技術發展與中西文化衝擊，值得深入探究。在氣球引入中國後，有識之士注意到氣球是中國必須掌握的航空技術，積極投入研發。而後在中法戰爭、甲午戰爭與日俄戰爭中，西方列強用行動驗證氣球在戰場上的軍事價值，促使清朝政府在天津武備學堂培養氣球技術人才，陸軍部更設立氣球隊與陸軍進行聯合操演。然而，航空氣球在晚清航空發展的歷程中，到底為近代中國帶來多少科技新知與想像？清朝政府又是如何從認識、理解到應用這項航空技能？本文將試以清代檔案與報刊，探查晚清的官方與民間對西方航空氣球認知印象的演變，及對此項航空技術的學習與發展。

關鍵詞：氣球、飛舟、飛艇、航空史

* 國立臺灣師範大學歷史學研究所博士生

1843-1913 Imagination and use of air balloons in China: base on Qing Archives and Press

WU Yanru*

Abstract

Air balloon is for men to achieve important inventions of flying, which not only stimulate the human imagination on development of aviation, culture of life of ordinary citizens, military, weather, entertainment, and high utility value. In 1843, Wei Yuan's “Illustrated Treatise on Nations Across the Sea” (*Hai-kuo t'u-chih* 海國圖志) has recorded Air balloons used in the West. Then the “Natural philosophy” (*Bowu xinbian* 博物新編), “*Shun Pao*” (申報), “*Dianshizhai Pictorial*” (點石齋畫報), “*Eastern Times*” (時報) and other newspapers and periodicals have been reported in the West develop air balloons. People through narratives, imagine air balloons of various uses, the technical development and Sino-Western cultural shock, worthy of further investigation. After the air balloon into China, People recognize the importance of this aviation technology. Western countries verify that the air balloon with the action at the Sino-French War, Sino-Japanese War, and Russo-Japanese War battlefield in military value, it prompted the Government of the Qing dynasty training air balloon troops in Tianjin Military academy, and Department of the army in military exercise drills use the air balloon troops. However, the air balloon in the late Qing dynasty in the aviation history of the development of, and exactly how much technology and imagination in modern China? How is the Qing government understanding it how to apply the aviation? This article will use the archival documents of the Qing dynasty and the press, probe in late Qing dynasty official and popular impression of Western air balloon cognitive evolution, and the learning and development of aviation technology.

Keywords: air balloon, blimp, airship, aviation history

* Doctoral Student, Department of History, National Taiwan Normal University.

中文烷烯炔名詞之探究

張 浩*

摘要

烷、烯、炔這三個中文有機名詞，是由科學名詞審查會在 1921 年所議決下來，不僅是中文有機名詞最早的文化之一，也是少數義譯的有機名詞，也是科學名詞審查會少有的成就之一。這三個名詞的形成是以火旁來表示煙類易燃的性質，加上它們碳原子能被取代的狀況，即以「完」「希」及「夬」所組合而成。

關鍵詞：有機名詞、飽和煙、不飽和煙、有機命名

A Study into the Chinese Terms for Alkane, Alkene, and Alkyne

CHANG Hao*

Abstract

In 1921 the General Committee on Scientific Terminology decided on three organic terms for the translation of alkane, alkene, and alkyne - namely, 烷、烯、炔. These three terms not only mark the beginning of many accomplishments into the translation of organic chemical terms by the General Committee on Scientific Terminology, but they are also among the first few descriptive terms. The combination of Chinese characters chosen show, firstly, the fire radical, indicating the inflammable property of the chemicals, combined with a character corresponding to the condition of the valencies of the carbon atoms, whether saturated or unsaturated.

Keywords: organic nomenclature, saturated hydrocarbon, unsaturated hydrocarbon, alkane, alkene, alkyne

* 義守大學通識教育中心副教授

* Associate Professor, Center for General Education, I-Shou University.

On Matteo Ricci's Mention of '38 端' in His *Qingkun Ti Yi*

Micah ROSS (羅明德) *、HSU Kuangtai (徐光台) **

Abstract

The *Sikù Quánshū* 四庫全書 reproduces a copy of the *Qiánkūn Tiyi* 乾坤體義 by Matteo Ricci 利瑪竇 (1552-1610). This text marks a critical moment for the introduction of Western astronomy to China, but the astronomy which is introduced requires some clarification. In the rough explanation of planetary motion, Ricci explains retrogradation by reference to 38 端. The text by Ricci seemingly attributes this cosmological model to Ptolemy (fl. 150). Ptolemy advanced several tallies for the number of deferents, equants and epicycles: 29, 34, 41 – but not 38. Neither does Ricci's count agree with the Aristotelian models of 47 or 55 homocentric circles. Rather, Ricci cites the cosmological model which Averroës (Abu al-Walid Muhammad ibn Ahmad ibn Rushd, 1126-1198) introduced in his commentary to the homocentric model by Aristotle in Metaphysics XII. Although Averroës reports a total of 38 celestial spheres, his enumeration of these spheres denies an epicycle to the Sun and lists only 37 spheres. Thus, the earliest report of Western astronomy in China presents a misreading of an Arabic commentary to an abandoned cosmological tradition, rather than a simple report of Ptolemaic astronomy.

Keywords: Late Ming, Matteo Ricci, *Qiánkūn Tiyi*, Ptolemy, Averroës,
Western astronomy of planetary motion, 38 端

* Post Doctor, Center for General Education, National Tsing Hua University, Hsinchu.

** Professor, Center for General Education, National Tsing Hua University, Hsinchu.

第十屆科學史研討會籌備委員與學術委員名錄

籌備委員會

劉廣定 國立臺灣大學化學系榮譽教授

李國偉 中央研究院數學研究所研究員

張 潞 義守大學通識教育中心副教授

周維強 本會執行秘書

國立故宮博物院圖書文獻處副研究員

學術委員會

劉廣定 國立臺灣大學化學系榮譽教授

李國偉 中央研究院數學研究所研究員

洪萬生 國立臺灣師範大學榮譽教授

林聰益 本會主任委員

南臺科技大學機械系教授

張 潞 義守大學通識教育中心副教授

Proceedings of the 2014 Conference on the History of Science

Editors: LIN Tsungyi, LIU Kwangting, LIH Kowei, CHANG Chiafeng, CHANG Hao, ZHOU Weiqiang

Contents

Preface	CHANG Hao	I
Agenda of Conference		III
List of Scholars.....		V
Lecture		
Reconstruction Designs of Lost Ancient Chinese Machinery		
YAN Hongsen		1
Expansions and Changes of the IHNS' Studies in the History of Science and Technology		
ZHANG Baichun		3
Essays		
On the Measurement System of Liangzhu Culture by Examining the Layouts of Its Jade Wares		
SHEN Chientung		17
Qi PING and the Transmission of Technique for Lathing Jade in the Qing Court		
GUO Fuxiang		37
Metallurgical Analysis of a Forged Cannon in Late Ming Dynasty		
ZHENG Weiwei and SHOJI Tetsuo, XU Jian, ZHONG Xiangyu, ZHANG Jianhua		57
The Warships and Strategies in Penghu of the Qing Dynasty		
LEE Chilin		85
The Concept of "Force" and Its Relevant Knowledge in Ancient China		
YI Degang, FENG Shujing		101
A Study of Marine Mammals From <i>THE PEKING MAGAZINE</i>		
CHEN Richard		113
The History of Sugar-Producing in Taiwan During 400 Years		
LIU Zao-Ming, LIU Yu-Tai		123
A Study on Some Sources of the Chinese Chemical Translation <i>Huaxue Jianyuan</i>		
HUANG Linkai, NIE Fuling		135

A Elementary Research on Bo Wu Xin Bian(second compilation)	
YONG Mei	159
Abstracts	171
An Investigation to LI Shanlan's "As Told to and Abridged by" for the Book <i>Tantian</i>	
..... KUO Shirong ... 171	
Korean Edition of <i>Yang Hui Suanfa</i> (Yang Hui, 1275) and Its Proofreading by	
SEKI Takakazu (1645?-1708)	Shigeru JOCHI ... 173
Techniques of Revolving Vases of the Qianlong Reign	
..... CHEN Tungho, HUANG Chienchi ... 175	
A Structural Analysis to a Brass Lantern Clock Collected by the Chimei Museum	
..... LIN Tsungyi, LIN Wenfeng, CHEN Yuhsun, YEN Hongsen ... 177	
Libido and Health Cultivation: The Physical Concepts of "Asceticism" in Chinese	
and Western Medicine during the Republic of China Period..... PI kuoli ... 179	
Development of and Changes in the Organized Immunology System in Taiwan (1929-1939)	
..... SHEN Chiasan ... 181	
Species Idea of <i>Pen-tsao-Kang-mu</i>	LAI Bo-Chi G. ... 183
SUN Simiao and His Conceptions of Mineral Drugs	KAO Hsiaochu ... 185
Food Therapy in the Yuan Dynasty: A Case Study on the <i>Yinshan Zhengyao</i>	
..... Tsui-hui YU ... 186	
Understanding a New Disease: A Case Study on the Yangmei Chuang in Ming-Qing China	
..... LIN Chia ... 187	
The Introduction of Knowledge about Western Firearms: Amplified by	
the Publication of Gatling Guns	ZHOU Weiqiang ... 189
The Naval mine defence system in Bohai during Late Imperial China	
..... HUANG Yuyang ... 191	
1843-1913 Imagination and use of air balloons in China: base on Qing Archives and Press	
..... WU Yanru ... 193	
A Study into the Chinese Terms for Alkane, Alkene, and Alkyne	CHANG Hao ... 195
On Matteo Ricci's Mention of '38 篇' in His <i>Qingkun Ti Yi</i>	
..... Micah ROSS, HSU Kuangtai ... 196	
Members of 2014 Conference on the History of Science Preparatory	197
Contents	198

國家圖書館出版品預行編目(CIP)資料

科學史研討會彙刊. 第十屆 / 黃宇暘執行編輯. -- 初版. -- 臺北市 : 中研院科學史委員會, 民 104.09

214 面 ; 公分

ISBN 978-986-04-6090-2(平裝)

1.科學 2.歷史 3.文集 4.中國

309.207

104019754

書名：第十屆科學史研討會彙刊

編輯委員：林聰益、劉廣定、李國偉、張嘉鳳、張瀠、周維強

執行編輯：黃宇暘

出版者：中央研究院科學史委員會

地址：115 臺北市南港區研究院路 2 段 128 號

印刷：全信影印屋（臺北市大安區新生南路三段 76 巷 12 弄 13 號）

網站：<http://quanxin.myweb.hinet.net>

開本：297×210mm

字數：122 千字

版次：民國一〇四年(2015)九月初版

I S B N 978-986-04-6090-2 (平裝)