

清末洋務運動時期蒸汽機譯著底本新考^{*}

張 濤^{**}

義守大學通識教育中心

摘 要

引進蒸汽機知識是洋務運動的首要任務之一。江南製造局翻譯的《汽機發軔》、《汽機必以》、《汽機新制》、《兵船汽機》與《汽機中西名目表》是清末介紹蒸汽機知識最完整與豐富的五本書籍。它們分別由偉烈亞力 (Alexander Wylie, 1815-1887)、徐壽 (1818-1884)、傅蘭雅 (John Fryer, 1839-1928)、徐建寅 (1845-1901) 與華備鈺 (生卒年不詳) 等合作完成。《汽機發軔》與《兵船汽機》的底本是英國皇家海軍軍官的教科書，顯現清政府強兵優於富國的思維。《汽機必以》內容豐富，涵蓋了海陸各式應用在輪船、火車、農業與工業的蒸汽機。至於《汽機新制》則名不符實，並無較新的內容。《汽機中西名目表》是按徐壽〈汽機命名說〉的構想而成，建立了輪機名詞的中文命名準則。

關鍵詞：洋務運動，《汽機發軔》，《汽機必以》，《汽機新制》，《兵船汽機》，《汽機中西名目表》

^{*} 本文為國科會專題計畫「自強運動：蒸氣機、鐵路與輪船知識之引進」(MOST 107-2511-H-214-001) 研究成果之一。

^{**} 作者電子郵件信箱：changhao1975@gmail.com

一、前言

蒸汽機作為近代交通、工業與軍事發展的核心技術，在富國強兵的思維下，自然也是清政府在洋務運動中急於引進的西方科技。雖然在此之前，《博物新編》與《格物入門》已經介紹了一些簡略的蒸汽機知識，但在洋務運動期間，比較完整的蒸汽機知識仍是由江南製造總局翻譯的《汽機發軔》、《汽機必以》、《汽機新制》與《兵船汽機》所引進的。這四本書的書名，從基礎到深入依序為：《汽機發軔》，似是蒸汽機入門書籍；《汽機必以》，應是人人必備的著作；《汽機新制》，介紹最新的蒸汽機知識；《兵船汽機》則是針對軍艦設計的蒸汽機刊物。除此之外，為使翻譯蒸汽機的相關用詞趨近一致，《汽機中西名目表》乃因應出版。然而當我們仔細分析這些書籍內容的時候，卻發現它們並非如書名看來如此循序漸進。《汽機發軔》是為英國皇家海軍軍官所設計的海洋蒸汽機教科書；《汽機必以》的內容豐富，從基本到應用，涵蓋領域廣泛，有基本物理知識，也詳述了蒸汽機與鍋爐之結構與功能，更介紹了蒸汽機在工業與交通上的使用；《汽機新制》是一本以數據為主體的參考書籍，書中詳述計算蒸汽機馬力的公式，記載各式鍋爐、閘門、活塞等大小尺寸，然並未介紹更新的蒸汽機知識；至於《兵船汽機》則比較名符其實，除了整理軍艦平時與戰時演練操作的內容外，還大量介紹當時最新的海洋蒸汽機知識與發展狀況。

探討清末蒸汽機知識引進時，不免提及 1866 年由左宗棠 (1812-1885) 在福州馬尾設立的福州船政局，此為中國近代第一個新式造船廠、鐵廠和船政學堂。張玉法從人事、財務、國防與外交的角度，剖析福州船廠的開創與發展。¹ 王憲群則是從蒸汽機知識的角度來解析福州船政局的變遷，強調在蒸汽機的知識體系中，工具機與工程繪圖是不可缺少的必備知識，並指出清末中國學習西方科技失敗的原因。² 不過在這篇精彩的論文中，作者卻沒有提到蒸汽機的相關書籍，如《汽機必以》、《汽機新制》、《汽機發軔》、《兵船汽機》；工程繪圖方面的著述，如《運規約指》、《周幕知裁》、《器象顯真》與《畫器須知》；工具機書籍，如《匠誨與

¹ 張玉法，〈福州船廠之開創及其初期發展〉，《中央研究院近代史研究所集刊》，2（臺北：1971），頁 177-225。

² 王憲群，〈蒸汽推動的歷史：蒸汽技術與晚清中國社會變遷（1840-1890）〉，《中央研究院近代史研究所集刊》，64（臺北：2009），頁 41-85。

規》與《制機理法》。我們的問題是，既然這些知識如此重要，清政府也翻譯了一些書籍，福州船政局是用哪些蒸汽機知識來發展它的造船廠與船政學堂？

孫磊與呂凌峰考證江南製造局出版的蒸汽機書籍底本，不過仍存在許多疑問，如論文提到，《汽機發軔》底本是由 Thomas John Main (1881-1885) 與 Thomas Brown（生卒年不詳）合著的 *The Marine Steam Engine* 1855 年第三版。同年，孫磊又提出《汽機發軔》的底本是 1860 年的第四版，³ 理由是，「其內容與第三版中的相應表格的內容有很好的對應關係，而明顯少於第四版中相應表格的內容。」⁴ 此論點非常薄弱，因此我們重新考證，提出用以翻譯《汽機發軔》的確切底本。

Gabriele Tola 透過傅蘭雅 (John Fryer, 1839-1928) 編譯的《金石中西名目表》、《西藥大成藥品中西名目表》、《化學材料中西名目表》與《汽機中西名目表》呈現其對於中文科學名詞的貢獻，並藉由探討意譯與音譯方法刻劃翻譯時所面臨的困難。然而在討論蒸汽機名詞時，卻遺漏了徐壽 (1818-1884) 所著的〈汽機命名說〉，這是一份極為關鍵的文獻。⁵ 如此一來，我們便無法確實觀察徐壽在蒸汽機名詞上的貢獻，自然也無法知道《汽機中西名目表》與其他三本名目表之間的差異，從而難以看清發展的全貌。

本文首先整理洋務運動之前引進的蒸汽機知識，接著解析江南製造局所翻譯的五本蒸汽機書籍，整理五書的重點與特色，探究其內容究竟有哪些獨到之處，又如何符合富國強兵的政策。最後，我們將比較這五本書的異同，並指出傅蘭雅翻譯這些蒸汽機書籍的重要性，以及引進這些科技知識所面臨的問題。

二、洋務運動之前的蒸汽機知識

洋務運動之前，傳教士在西方科學傳播扮演了最主要的角色，他們讓清政府及中國學者瞭解蒸汽機在英國工業革命、鐵路與輪船的重要性。蒸汽機是英國工業革命最重要的機械動力來源，這些發生在西方科技的里程碑故事，在 1841 年第一次鴉片戰爭之後陸續傳入中國。傳教士的工作是讓人相信上帝、信仰基督，清末的傳教士從明末耶穌會士那裡學來一些經驗，以天文與數學為媒介來傳教，十九世紀

³ 孫磊，《江南製造局蒸汽機譯著研究》（合肥：中國科學技術大學碩士論文，2011），頁 22-23。

⁴ 孫磊、呂凌峰，〈江南製造局蒸汽機譯著底本考〉，《或問》，20（吹田：2011），頁 39。

⁵ Gabriele Tola, *John Fryer and the Translator's Vade-mecum: New Perspectives on the History of Modern Chinese Scientific and Technical Lexicon* (Leiden: Brill, 2020).

初，更增加醫療服務為工具。⁶ 鴉片戰爭之後，西方傳教士更發現，中國知識分子對於西方科學的興趣，遠遠高於基督教義，所以他們就以科學輔助在中國的傳教工作。⁷ 例如，被視為傳教典範的英國傳教士合信 (Benjamin Hobson, 1816-1873)，除了醫學書籍外，還編譯了《博物新編》，介紹一些天文、物理知識，其中包括了蒸汽機、蒸汽火車頭與蒸汽輪船。事實上，1820 至 1860 年之間，蒸汽機書籍在英國非常暢銷，書商藉由出版蒸汽機相關書籍獲取龐大的商業利益；⁸ 而在物理⁹ 以及化學教科書中，¹⁰ 蒸汽機相關知識都是必備的內容。

《博物新編》中，合信簡要說明推動蒸汽機輪船的馬力觀念，「是故火輪船有二百力，三百力，一千力等號，二百力者，如駕二百馬之力，一千力者，如駕一千馬之力」。若是搭 1200 馬力的輪船，「每一時辰，能行一百零六里，曾在英國駛行埃及國，歷一萬二百里，只九日耳。」如此快速，「李白之千里江陵，視此猶為慢程。」除此之外，合信也介紹了英國鐵路發展與方便的狀況，「其絕快之車，每一時辰，能行四百二十里，盡一晝夜，共行五千零四十里，以萬里之路，只兩日之程，汽之為用大矣。」最後，他也描述蒸汽機在工業、農業與紡織上所帶來的效率與方便。¹¹

蘇格蘭傳教士韋廉臣 (Alexander Williamson, 1829-1890) 在《六合叢談》中更以〈格物窮理論〉為標題，倡導「國之強盛由於民，民之強盛由於心，心之強盛由於格物窮理」，「故曰心之強盛由於格物窮理」。文章描述蒸汽機帶動的紡織機經濟效益，中西方之所以有如此的差異，乃是由於科學發展所造成的結果：「倘一旦舍彼就此，人人用心格致，取西國已知之理，用為前導，精益求精，如此名理日出，準之制器尚象，以足國強兵，其益豈淺鮮哉？」¹²

雖然有反對的勢力，被視為中國第一所現代學校的北京同文館學生還是接受天文、數學、物理與化學等課程教育。《格物入門》是自然科學教科書之一，內容包

⁶ William Lockhart, *The Medical Missionary in China* (London: Hurst and Blackett, 1861), p. 3.

⁷ William A. P. Martin, "Western Science as Auxiliary to the Spread of the Gospel," *The Chinese Recorder and Missionary Journal*, 28 (1897), pp. 111-116.

⁸ Aileen Fyfe, *Steam-Powered Knowledge: William Chambers and the Business of Publishing 1820-1860* (Chicago: The University of Chicago Press, 2012), p. 10.

⁹ John William Draper, *A Text-Book on Natural Philosophy for the Use of Schools and Colleges: Containing the Most Recent Discoveries and Facts Compiled from the Best Authorities* (Cincinnati, OH: H. W. Derby, 1847), pp. 267-272.

¹⁰ John Lee Comstock, *Elements of Chemistry* (New York: Pratt, Woodford & Co., 1853), pp. 17-19.

¹¹ 合信，《博物新編》（上海：墨海書館，1855），卷1，頁28-33，引文見頁28、29。

¹² 韋廉臣，〈格物窮理論〉，《六合叢談》，6（上海：1857），頁3、5。

括了力學、氣體動力學、水力學、熱力學、光學、電磁學、天文學與化學等，作者是在同文館擔任教習多年的美國傳教士丁韞良 (William Alexander Parsons Martin, 1827-1916)。有關蒸汽機的歷史方面，書中先簡述紐科門 (Thomas Newcomen, 1664-1729) 蒸汽機運作的原理與缺點，然後引出瓦特 (James Watt, 1736-1819) 生平與成就，「至今所用火輪機關，仍瓦德之模式也。」¹³

這些描述讓中國讀者清楚知道，英國蒸汽機歷史中的英雄人物就是「瓦德」（瓦特），書中還刻印了他所改良的蒸汽機。除了簡述蒸汽機歷史外，《格物入門》也介紹了不同蒸汽機的運行原理，以及一些機件功能，同時也解釋了馬力大小的定義。¹⁴ 為了讓中國讀者更瞭解蒸汽機對工業發展的重要性，丁韞良也描述了蒸汽機在紡織工業、火車與輪船的歷史與現況。更重要的是，若中國能使用輪船來通商，不僅省時、不會耽擱時間，若是遇上飢荒，也可以將糧食運送到災區，若有盜匪騷亂滋事，又可以迅速派兵，立時撲滅亂事。按照過去的經驗，亂事與災情往往受限於徵兵與路途，後援無法即時支援，最後才釀成大災。¹⁵

三、翻譯館與譯者簡介

曾國藩 (1811-1872)、李鴻章 (1823-1901)、左宗棠等人在洋務運動中追求富國強兵的方法雖不盡相同，但他們希望學習西方蒸汽機、鐵路與輪船的內容卻大同小異。¹⁶ 早在 1843 年，魏源 (1794-1857) 在《海國圖志》中就寫道：西方人有戰艦、火器與養兵練兵之法三個長技，「則宜師夷長技以制夷」。¹⁷ 後由於海防的需求，朝廷對於蒸汽輪船的功能又有進一步的認識。海關總稅司李國泰 (Horatio Nelson Lay, 1832-1898) 也曾建議購買蒸汽輪船以攻剿太平軍，在平定太平天國內亂的過程中，清政府進一步認識蒸汽機輪船的威力與重要性。¹⁸ 在此期間，曾國藩命徐壽試造蒸汽船，1865 年試航，命名為「黃鵠號」。除了曾國藩之外，李鴻

¹³ 丁韞良，《格物入門》（北京：同文館，1868），卷 2，中章，頁 33。

¹⁴ 同前引，頁 38。

¹⁵ 同前引，頁 45。

¹⁶ 李國祁，〈清季自強運動前期國人對西方的認識與其改革思想〉，《國立臺灣師範大學歷史學報》，17（臺北：1989），頁 175-240。

¹⁷ 魏源，《海國圖志》（中國哲學書電子化計劃，<https://ctext.org/wiki.pl?if=gb&res=7>），卷 2，〈籌海篇三：議戰〉，頁 5。

¹⁸ 張玉法，〈福州船廠之開創及其初期發展〉，頁 177-225。

章與左宗棠都希望中國能自造船艦。在曾國藩與李鴻章的規劃下，建立了江南製造局，左宗棠也在 1866 年創辦了福州船政局，以便實現中國自造輪船的理想，同時培養海軍人才。

雖然江南製造局與福州船政局皆聘請了外國技師傳授製造知識，但是即便知道如何做，人們卻不明瞭其中的道理。因此希望透過翻譯書籍，確實了解更多的細節，也可以掌握其中的原理：

蓋翻譯一事，係製造之根本。洋人製器出於算學，其中奧妙，皆有圖說可尋。特以彼此文義扞格不通，故雖日習其器，究不明夫用器與製器之所以然。先從圖說入手，切實研究，庶幾物理融貫，不必假手洋人，亦可引申其說。¹⁹

透過翻譯書籍，除了能融會貫通外，更能將這些知識傳播到全國各地，而且這些書籍還可以作為教科書，對於國家的助益很大。

江南製造局成立之初，翻譯了四本書：《汽機發軔》、《汽機問答》、《運規約指》與《泰西採煤圖說》，這些書籍的出版，正顯示清政府富強政策中欲引進的西方科技。其中，有兩本書是蒸汽機書籍，即《汽機發軔》與《汽機問答》，可見清朝官員對於蒸汽機知識的渴望，認為吸收開採煤礦的技術迫在眉睫。比較特別的是《運規約指》，它是一本工程繪圖的書籍，也是製造蒸汽機的必備知識之一。

《汽機發軔》是由偉烈亞力與徐壽在 1871 年共同翻譯完成的。《汽機必以》則是由傅蘭雅與徐建寅（字仲虎，1845-1901）在 1872 年翻譯出版。《汽機新制》在 1873 年由傅蘭雅與徐建寅合作完成。《兵船汽機》則在 1894 年出版，由傅蘭雅與華備鈺（生卒年不詳）所翻譯。

偉烈亞力是一位著名的漢學家，於 1847 年抵達上海，1857 年創辦了《六合叢談》。在洋務運動之前，該雜誌是傳播西方科學最重要的刊物之一。在西方天文、物理與數學的傳播上，偉烈亞力扮演著先鋒者的角色。²⁰ 除了與宗教有關的著作，偉烈亞力在文獻學、自然科學、語言文字學、歷史學與地理學等方面共有八十

¹⁹ 薛福成編，《曾文正公奏疏》（中國哲學書電子化計劃，<https://ctext.org/wiki.pl?if=gb&res=969447>），卷 10，〈輪船工竣並陳機器局情形疏〉，頁 14。

²⁰ 韓琦，〈傳教士偉烈亞力在華的科學活動〉，《自然辯證法通訊》，2（北京：1998），頁 57-70。

多種中西文著作。²¹

徐壽於 1867 年進入江南製造局，開始翻譯工作。他在化學翻譯上特別有成就，與傅蘭雅合譯了《化學鑑原》、《化學鑑原續編》、《化學鑑原補編》、《化學考質》與《化學求數》等書。他還曾按《博物新編》書中內容進行一些化學實驗，然而所有資料均在太平天國之亂中遺失。²² 他的科學成就受到王韜（1828-1897）稱讚：「雪村巧妙絕倫，制器造物，可造西人之室。」²³ 除此之外，他亦研發建造了中國第一艘蒸汽輪船「黃鵠號」。²⁴ 透過傅蘭雅的協助，他還向愛爾蘭物理學家田大里（John Tyndall, 1820-1893）請教了一些中國古代樂器的聲學問題，進行一段中西國際學術交流。²⁵ 田大里的光學、電學以及聲學的書籍被江南製造局翻譯成中文。

1868 年，傅蘭雅應聘到江南製造局翻譯館，1876 年創辦了中國第一份科學雜誌《格致彙編》，直到 1896 年才辭去上海的工作，前往美國加州柏克萊大學擔任東方語言暨文學系的第一位 Agassiz 教授。²⁶ 在江南製造局翻譯館長達二十八年的工作期間，所翻譯的書籍近百部。²⁷ 他對於中文科學術語的編譯與統一工作不遺餘力。他深信，中文一樣可以成為科學語言，創新的名詞只要一直被使用就能沿用下來。²⁸ 儘管受到很大的質疑與反對，但他與徐壽創造單一音譯字的化學元素名詞，大部分沿用至今。²⁹

徐建寅在翻譯化學、冶金、蒸汽機、軍事與醫學等科技書籍之前，就與他的父親徐壽參與了「黃鵠號」輪船的建造。比較特別的一點，是他在 1879 年擔任駐德

²¹ 胡優靜，〈英國漢學家偉烈亞力的生平與學術交往〉，《漢學研究通訊》，25.2（臺北：2006），頁 39-48。

²² John Fryer, "Science in China," *Nature*, 24 (1881), pp. 9-11.

²³ 王韜著，方行、湯志鈞整理，《王韜日記》（北京：中華書局，1987），頁 134。

²⁴ 白廣美、楊根，〈徐壽與「黃鵠」號輪船〉，《自然科學史研究》，3（北京：1984），頁 284-290。

²⁵ "Acoustics in China," *Nature*, 23 (1881), pp. 448-449.

²⁶ Agassiz 講座教授職位是以紀念捐贈人 Jean Louis Rodolphe Agassiz (1807-1873) 為名，他是瑞士出生的美國自然學家與地質學家。Doris Sze Chun, "John Fryer, The First Agassiz Professor of Oriental Languages and Literature, Berkeley," *Chronicle of the University of California*, 7 (2005), pp. 1-18.

²⁷ 王揚宗，〈江南製造局翻譯書目新考〉，《中國科技史料》，16（北京：1995），頁 1-18。

²⁸ John Fryer, "Scientific Terminology: Present Discrepancies and Means of Securing Uniformity," in *Records of the General Conference of the Protestant Missionaries of China. Held at Shanghai, May 7-20, 1890* (Shanghai: American Presbyterian Mission Press, 1890), pp. 531-551.

²⁹ Chang Hao, "What's in a Name: A Comparison of Chinese and Japanese Approaches to the Translation of Chemical Elements," *ChemTexts*, 4 (2018), pp. 1-12.

參贊，³⁰ 到德國考察軍火與造船工業，不僅參觀了克卜鹿 (Krupp) 鐵廠製造槍炮的過程，³¹ 也到柏林東南邊的銅廠參觀，³² 更訪問了伏耳鏗 (Vulcan) 鐵廠。李鴻章借重他在蒸汽機輪船與槍炮製造的知識，協助駐德國公使李鳳苞 (1834-1887) 訂購定遠號及鎮遠號鐵甲戰艦。這次的中德軍事交易被稱為德國在國際市場上的一場勝利 (Ein Sieg Deutschlands auf dem Weltmarkts)。³³

1890 年華備鈺進入江南製造局，³⁴ 正是準備開始翻譯《兵船汽機》的時候，也是《汽機中西名目表》出版的時間。華備鈺應該參與了《汽機中西名目表》最後的收尾工作，如此一來，既可以作為自己日後翻譯的依據，亦可結束拖延多年的出版進度。除了《兵船汽機》外，他還與傅蘭雅共同翻譯了工具機的《制機理法》。如同江南製造局大部分的中國翻譯者，華備鈺來自於江蘇省。但在這二十五名譯者中，只有二人生卒年與字號不詳，其中一位就是華備鈺。³⁵

四、江南製造局之蒸汽機著作

雖然在洋務運動之前傳教士已讓中國人知道，蒸汽機、鐵路與輪船如何在西方國家創造財富，以及這些技術的重要性，然而想要學習這套富強的知識，需要更完整有系統的書籍，所以江南製造局翻譯了一些蒸汽機書籍，如《汽機必以》、《汽機新制》、《汽機發軔》與《兵船汽機》，相較於北京同文館與益智書會等機構的出版品，這四本書是將西方蒸汽機知識傳入清末中國最完整與豐富的文獻。以下是徐維則 (1867-1919) 與顧燮光 (1875-1949) 在《增版東西學書錄》對這四本書籍的簡單介紹與評價：

《汽機發軔》：「先論汽機公理，末論真理，中論機件，論行船、泊船及兵船所司事，大旨與《必以》相同，此於水面所用之汽機尤加詳。」

³⁰ 〈駐德二等參贊徐君仲虎出洋行期〉，《萬國公報》，562（上海：1879），頁 12。

³¹ 徐仲虎，〈閱克鹿卜廠造炮記〉，《格致彙編》，4.5（上海：1881），頁 14-15。

³² 徐仲虎，〈煉銅鑄銅板鑄銅管抽銅管焊銅管各法〉，《格致彙編》，3.11（上海：1880），頁 14-15。

³³ “Ein Sieg Deutschlands auf dem Weltmarkts,” *Export*, 4 (1882), S. 33-35.

³⁴ 齊君，〈近代“筆受”譯員群體探析——以江南製造局翻譯館為中心的考察〉，《歷史教學》，22（天津：2017），頁 46-53。

³⁵ 張芳，〈江南製造局翻譯館的蘇籍譯員群體特徵探析〉，《江蘇第二師範學院學報》，34.3（南京：2018），頁 82-87。

《汽機必以》：「汽機之制愈出愈精，此書所論諸法頗詳。首卷言造機公法，乃推論其理，講此學者最宜深究，與《發軔》參觀。」

《汽機新制》：「書中論水陸所用各機件，宏纖具載，記大小尺寸數目，皆薈萃諸人製造試驗之盡善者著之，然非明斯學者驟觀未易悉其理，若近年改良之新法，宜另採編以補之。」

《兵船汽機》：「專言理法及近今合用之式於汽機，源流與舊式汽機概置不論，詞從淺近，算去深奧，專為便管理兵船之用。」³⁶

這些描述固然讓我們知道這四部譯作的彼此差異，但更多具體內容卻不得而知，以下解析這四本書的內容。此外，我們還會探討《汽機中西名目表》的出版。在洋務運動之前，中文科學名詞尚未統一，亦缺乏科學名詞對照表或字典，對於準備引進西方蒸氣機知識的傅蘭雅與徐壽而言，如此狀況將影響翻譯的準確、品質與效率。若沒有統一的科學名詞作為翻譯基礎，科學知識就很難被系統化、快速地引進。《汽機中西名目表》的刊行促成了江南製造局引進更完整的西方蒸氣機知識，下文亦將一併討論此書。

(一)《汽機發軔》

《汽機發軔》一書於 1868 年開始翻譯，1871 年由江南製造局出版，³⁷ 是清政府最早出版的蒸汽機專著。此書由偉烈亞力口譯，徐壽筆述，它的英文底本被認為是 Thomas John Main 和 Thomas Brown 共同著作的 *The Marine Steam Engine: Designed Chiefly for the Use of the Officers of Her Majesty's Navy*。³⁸ Main 當時擔任英國皇家海軍學院的數學教授，Brown 則是英國皇家海軍總工程師。³⁹

《汽機發軔》與 *The Marine Steam Engine* 兩者目錄之比較，如表一。

³⁶ 徐維則、顧燮光編，《增版東西學書錄》，收入王韜、顧燮光等編，《近代譯書目》（北京：北京圖書館出版社，2003），卷 2，〈工藝第八〉，頁 149-150。

³⁷ 傅蘭雅，《汽機中西名目表》（上海：江南製造總局，1890），英文序，頁 1。

³⁸ 參孫磊、呂凌峰，〈江南製造局蒸汽機譯著底本考〉，頁 39。

³⁹ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine: Designed Chiefly for the Use of the Officers of Her Majesty's Navy* (London: Hebert, Cheapside, 1855), title page. 本文引用該書 1855、1860、1865 三個版本，引用時將於書名後標示出版年，以示區別。

表一：《汽機發軔》與其底本目錄比較

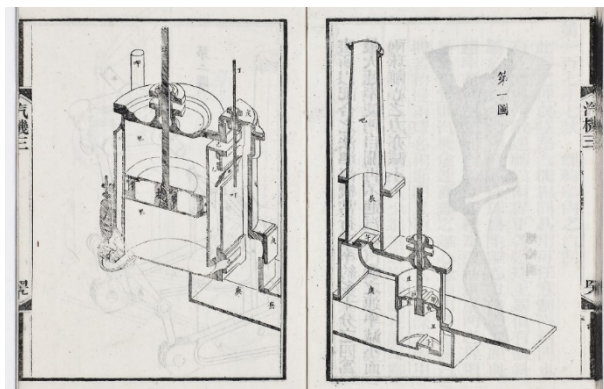
書名	《汽機發軔》	<i>The Marine Steam Engine</i>
目錄	卷一：汽機公理	Introductory Chapter
	卷二：鍋爐	Chapter II. The Boiler
	卷三：汽機事件	Chapter III. The Engine
	卷四：汽機分類	Chapter IV. ⁴⁰
	卷五：整理汽機條例	Chapter V. Getting up the Steam
	卷六：行船條例	Chapter VI. Duties to Machinery When under Steam
	卷七：兵船要事	Chapter VII. Duties to Machinery during an Action, or after an Accident
	卷八：泊船餘事	Chapter VIII. Duties to Engine, etc., on Acting in Harbor
	卷九：汽機算理	Chapter IX. Miscellaneous

如同 Main 與 Brown 於書名所標示，這本書是為了英國皇家海軍編寫的教科書。書中前四卷是蒸汽機知識的介紹，後四卷則是軍艦操作手冊。

第一卷「汽機公理」，主要介紹一些基本物理與熱力學論，包括蒸汽、水、熱量、溫度、溫度計、高溫計 (pyrometer)、傳導、比熱、燃燒原理、氧化、熱量計 (calorimeter)、輻射、氣體膨脹與沸點等基本知識。第二卷是「鍋爐」，內容有海洋與陸地鍋爐之差異、煙管鍋爐、船中蒸汽機鍋爐數目、蒸汽箱、炮船鍋爐、排氣管、進氣管、安全閥與連通閥等。第三卷「汽機事件」，則介紹蒸汽機的定義、蒸汽機的各項原理、瓦特之前的蒸汽機、Newcomen 蒸汽機、單動蒸汽機、雙動蒸汽機、海洋蒸汽機、橢圓活塞與側杆蒸汽機。第四卷的標題為「汽機分類」，主要介紹不同原理的蒸汽機，包括單動蒸汽機、雙動蒸汽機、高壓蒸汽機，除此之外也介紹了數種當時知名的蒸汽機，如 Gorgon、Fairbairn、Maudslay 雙橢圓蒸汽機、Boulton 和 Watt 的正行蒸汽機等。⁴¹ 書中所刻繪的蒸汽機插圖就是英國軍艦 Bee 號的解剖圖，如圖一。

⁴⁰ 底本無此章節標題。

⁴¹ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine: Designed Chiefly for the Use of the Officers of Her Majesty's Navy* (London: Longman, Green, Longman, Roberts and Green, 1865).



圖一：《汽機發軔》中的英國海軍 Bee 號蒸汽機解剖圖⁴²

第五卷之後是有關軍艦操作相關事宜。第五卷「整理汽機條例」，內容為鍋爐加水、加熱時需先注意鍋爐水位、盛煤燃燒之法、加速產生蒸汽法、產生蒸汽後檢查事項、注意噴水孔阻塞、詳察水銀漲表與汽缸不可留有水等。第六卷「行船條例」，內容與船隻的保養、檢查與維修有關，包括測水玻璃管壅塞、運動汽機換鹹水、鍋爐含鹽分上限、清洗灰爐禁用潑水方式、汽缸洩漏、汽閥洩漏與凝水器洩漏等。第七卷「兵船要事」，則是戰事之前的準備與戰時遭遇問題，如煙通為礮彈所擊、進汽管或添水管被礮彈所擊、礮彈擊壞蒸汽機之半、螺輪被擊、船體漏水與煙管為礮彈或其他原因而損壞等。第八卷「泊船餘事」，內容包括吹出鍋爐之水、去盡餘水遏熄餘火、修整輪軸使合直線、安置軸檔使汽閥得宜、鍋爐生鏽、修補鍋爐、齒輪加油與汽管結冰等。第九卷為「汽機算理」，即蒸汽機用煤、功率與船隻行駛距離等相關計算，如蒸汽機功率、計算蒸汽機實際馬力、發動機的馬力、用煤比例、求凝水器內適宜之溫度、煤質之優劣、煤之質體與輪船適合之煤等。

整本書的特色如同作者所說，是為在軍艦服務的軍官所寫，所以從第五卷到第八卷的內容與軍艦蒸汽機操作息息相關。如在第五卷教導如何啟動蒸汽機，其中提到加水進鍋爐的注意事項，指出若是沒有經驗的話，很多人會將煮鍋爐的水當作在家裡煮開水般，先將水裝滿，然後點火。然而在考量經濟與安全的情況下，輪船鍋爐的煮水在方法上必須按部就班：第一次加鍋爐水的時候，在到達煙道或管道上方的水位高度時點火，如此蒸汽上升最快，而且確保鍋爐的安全。當水位達到它們上

⁴² Ibid., p. 134.

方約一兩英吋時，即停止讓水流入，直到鍋爐內達到充分高溫，⁴³ 因冷鐵的激冷作用不利於煤的有效燃燒。這種情況就如同十九世紀時許多人的經驗，在即將熄滅的火上放入大量低溫的煤，會將尚有復燃趨勢的火撲滅：「此即多添冷煤，而火熄滅之理，人人其知者也。」⁴⁴

第六卷中，又提到軍艦行駛中處理煤灰燼的方法。無論蒸汽輪機中使用的是何種煤，每四個小時均需定時將灰燼從灰坑中取出，這是一種例行工作。因為如果大量的灰燼留在灰坑中，就會吸收空氣中的氧氣，佔據空間，進而阻礙風的進入，而讓火勢變小。當時，有一些船隻常向灰坑中潑水以冷卻灰燼，導致短時間內底部的破壞。這是一種錯誤的做法，因為灌入的水馬上蒸發留下的鹽分將迅速氧化底盤。此舉造成的傷害，就是鍋爐大約在十八個月內便需要更換新的灰坑底部。這種錯誤的操作常發生在此前十年或二十年，作者認為，當時的工程師還沒有現在的經驗與知識，故往往做出錯誤的操作：⁴⁵「灰膛潑水尚有一弊，因發出之氣遇爐柵下面而冷，水凝鐵上，鏽成皮而脫剝也。」⁴⁶

作為皇家軍艦的教科書，自然該具備戰爭發生時各種狀況的處置方法與步驟，如第七卷所舉實例，即提到鍋爐被礮彈擊穿時的各項急救方法：

礮彈擊通鍋爐盛水之處，熱水必暴噴，須開火艙地板諸口，使水瀉入滕水，隨取船而預備之鐵樁墊於火艙以便添煤。若只擊損一鍋爐，而漲力大於空氣之抵力，則使放出萍門，再開吹水塞，爐火用推後之法，而關煙扇門與風門，至放盡鍋爐之汽，自不推水暴噴，而遲遲流出，其流出之力，依水面在孔上之高低，不過潺湲而已。若彈進鍋爐容汽之所，設漲力僅等於空氣，則機艙無恙。惟漲力比空氣抵力甚大，則有傷人之患。修補之法，可用板一塊蓋其孔，以撐木對船邊撐之，板與鍋爐之罅，用厚布漬透鉛漆墊之。⁴⁷

既然有戰時軍艦面臨各項問題的處置方式，在沒有戰事的平日，自然也有不少準備工作，就如中國人常說，「養兵千日用在一時」，在平時能做好準備，戰時才

⁴³ Ibid., pp. 166-167.

⁴⁴ 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》（上海：江南製造總局，1871），卷5，頁2。

⁴⁵ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), p. 196.

⁴⁶ 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，卷6，頁6。

⁴⁷ 同前引，卷7，頁5。

能有備無患。第八卷提到平時保養鍋爐的方法。因為濕氣會對鐵造成傷害，所以不使用鍋爐的時候，應該完全乾燥，或者應該讓鍋爐保持大量的水。由於內部蒸汽管、進料管等中的銅溶液，經常與濕氣一起被帶到鍋爐的底部，故每隔一段時間必須生火加熱以便讓鍋爐乾燥；亦可以使用煤焦油、紅鉛、牛油等材料作為塗料來防止氧化，因許多角落難以深入，所以此法常常被忽視。作者建議將每噸淡水加入三磅的肥皂後，倒入空鍋中，再打開排氣龍頭，讓水流到管道的頂部，這樣氧化反應就會暫停。在水面以上的部分，如蒸汽箱與煙道等，則應塗上肥皂和亞麻油，可將每加侖的油混合二磅的肥皂，在鍋爐尚未充滿水之前塗抹，此方法後已被證明為有效：⁴⁸

但此有難道之處，不如滿水之法，將軟肥皂熔於熱淡水內，傾入空鍋爐，乃開吹水塞門，就水漫過煙管之上，使膩質散粘於各處，亦免電侵。每水一噸，用肥皂三磅，如汽櫃、煙喉等處。應用胡麻油和軟肥皂敷內面，每油一駟倫，用肥皂二磅，於水未滿之前敷之，沸之散去其氣，氣質最易侵鐵也。⁴⁹

除此之外，書中也提到艦上軍紀管理的問題。作者寫到，無論出於任何目的打開鍋爐，都不應允許司爐（火夫）將橡木或木片隨身攜帶到鍋爐中坐下，因其離開時可能出自疏忽而將橡木或木片遺留在那裡。這些木片停留在管路中，將形成沉積，導致絕熱效果，且容易淤積鍋爐底部，隨水流進入管道，最後將其完全堵塞。另外，一艘船修好後，應該仔細地檢查鍋爐，任何可能留在裡面的東西都要盡量從泥洞門 (mud-hole door) 取出來，⁵⁰ 舉例而言，由麻料製成的物品應特別留意，因為含鈣物質似乎對該材料具有特殊的親和力。眾所周知，司爐會把他們骯髒的機艙衣服放在鍋爐裡煮淨，這是絕不被允許的，因為衣服可能會漂流並堵塞管道：

開視鍋爐，禁止火夫等，將雜物攜進鍋爐作橈，狼籍於煙管之間而忘取，留為積穢之根。……火夫有時將汙衣置於鍋爐內煮淨，此必嚴禁，

⁴⁸ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), pp. 280-281.

⁴⁹ 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，卷8，頁22-23。

⁵⁰ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), p. 278.

或致阻塞通水管也。⁵¹

這些發生在英國海軍艦艇上的問題，自然也可能發生在清朝海軍，例如北洋艦隊亦曾出現在砲門上曬衣服的問題，⁵² 應可引以為鑑。書中最後的附錄，二位作者整理了英國皇家海軍螺旋輪、明輪與炮艇的馬力、製造商、汽缸半徑、螺距、螺徑與每分鐘轉數等相關資料。當時最大的螺旋輪馬力是 1350 匹，共有三艘，分別是 Fawcett 公司的 Agincourt 號、Maudslay & Field 公司的 Minotaur 號與 Northumberland 號。⁵³ 至於英國皇家明輪軍艦最大馬力只有 800 匹，由 Maudslay & Field 公司承造，其次是 Penn & Son 公司製造的 600 馬力的 Victoria & Albert 號。⁵⁴ 至於《汽機發軔》底本的考證，Bennett 首先提到 John Thomas Main 所著的 *Manual of the Steam Engine*，⁵⁵ 但沒有出版年及出版地。孫磊等人考證是 1855 年及 1860 年版，此項考證被鄧亮、Gabriele Tola 和 Wang Hsien-ch'un 等人接受，⁵⁶ 但從 1855 年、1860 年及 1865 年的版本逐一考證，我們發現，《汽機發軔》的底本應是 1865 年的第五版。表二是這三個版本附錄中英國海軍蒸汽明輪之馬力與船名順序。毫無疑問，表單上的軍艦資料隨版本而更新，有些記錄在 1850 年版的船隻，1860 年版已經不在了，如 Acheron 號；而有的在 1855 與 1860 年存在的，在 1865 年已經退役，如 African 號。只有 1865 年版的船名與馬力和《汽機發軔》的登錄完全符合，而 1855 年版與 1860 年版則是有所差異。

我們同時發現英國皇家明輪在每次版本更新的資料，螺旋輪也會出現同樣的更動，三版的船名與馬力的比較，如表三，也只有 1865 年版與《汽機發軔》符合。

至於砲艇方面，1855 年版並無此資料，1860 與 1865 年版也有所不同，⁵⁷ 但

⁵¹ 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，卷 8，頁 21。

⁵² 洪桂己，《近代中國外譯與內奸史料彙編：清末民初至抗戰勝利時期（一八七一——一九四七）》（臺北：國史館，1986），頁 185。

⁵³ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), pp. 383-389.

⁵⁴ Ibid., p. 389.

⁵⁵ Arthur Andrin Bennett, *John Fryer: The Introduction of Western Science and Technology into Nineteenth-Century China* (Cambridge, MA: Harvard University Press, 1967), p. 106.

⁵⁶ 鄧亮，〈江南製造局科技譯著底本新考〉，《自然科學史研究》，35.3（北京：2016），頁 287；Gabriele Tola, *John Fryer and the Translator's Vade-mecum*, p. 96; Wang Hsien-Ch'un, *Western Technology and China's Industrial Development: Steamship Building in Nineteenth-Century China, 1828-1895* (New York: Palgrave Macmillan, 2022), p. 100.

⁵⁷ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine: Designed Chiefly for the Use of the Officers of Her Majesty's Navy* (London: Longman, Brown, Green and Longmans, 1860), p. 381; Thomas

1865 年版的清單與《汽機發軔》相同。根據上述三份資料的考證，我們確定《汽機發軔》的底本是 *The Marine Steam Engine* 的 1865 年第五版，而非 1855 或 1860 年版。我們相信，除了以上的附件表格的考證外，各版書中內容應該也有所差異，一樣可以比較證明。

表二：《汽機發軔》中英國海軍蒸汽明輪與西文底本不同版本之比較

船名 1855 ⁵⁸	馬力	船名 1860 ⁵⁹	馬力	船名 1865 ⁶⁰	馬力	船名 《汽機發軔》 ⁶¹	馬力
Acheron	160	Adder	100	Adder	100	鴨特而	一〇〇
Adder	120	Advice	100	Advice	100	鴨特倍司	一〇〇
Advice	80	African	90	Alberta	160	阿爾北	一六〇
African	90	Alben.	100	Alecto	200	亞立克杜	二〇〇
Alben	100	Alecto	200	Antelope	260	安得樂	二六〇
Alecto	200	Antelope	260	Ardent	200	挨定脫	二〇〇
Antelope	260	Ardent	200	Argus	300	挨而果司	三〇〇
Ardent	200	Argus	300	Asp	50	挨司不	五〇
Argus	300	Asp	50	Avon	160	挨文	一六〇
Asp	50	Avon	160				
Avon	170						

表三：《汽機發軔》中英國海軍蒸汽螺輪與西文底本不同版本之比較

船名 1855 ⁶²	馬力	船名 1860 ⁶³	馬力	船名 1865 ⁶⁴	馬力	船名 《汽機發軔》 ⁶⁵	馬力
Agamemnon	600	Aboukir	400	Aboukir	400	挨部幾而	四〇〇
Ajax	450	Adventure	400	Achilles	1250	押吉里司	一二五〇

John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), p. 390.

⁵⁸ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1855), p. 381.

⁵⁹ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1860), p. 375.

⁶⁰ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), p. 388.

⁶¹ 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，卷 10，頁 35。

⁶² Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1855), p. 385.

⁶³ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1860), p. 375.

⁶⁴ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), p. 383.

⁶⁵ 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，卷 10，頁 27。

(二)《汽機必以》

《汽機必以》譯自英國蒲而捺 (John Bourne, c. 1813-?) 所著的 *A Catechism of the Steam Engine in Its Various Applications to Mines, Mills, Steam Navigation, Railways, and Agriculture: With Practical Instructions for the Manufacture and Management of Engines of Every Class*。這本書介紹了數十種蒸汽機在工業、交通上的各種應用，從 1847 年到 1868 年共發行了十二版，除了在美國發行外，還被翻譯成德文、法文和荷蘭文。作者 John Bourne 出版了不少蒸汽機著作，其書籍受到很大的肯定與好評，⁶⁶ 是一位多產且賣座的作家。⁶⁷ 表四是《汽機必以》與 *A Catechism of the Steam Engine* 的章節對照表。

1865 年出版的第十一版，被認為是《汽機必以》的西文底本，⁶⁸ 比較二書目錄可發現兩點不同：底本第七章被挪置為中譯本的卷十一；底本的 Introduction 被挪置為中譯本的附卷。若按 1865 年的底本，《汽機必以》的附卷是第一部分，換句話說，傅蘭雅將底本第一部分與第二部分互換。在這版本中，Bourne 將各種蒸汽機最新資訊放在第一部分，這也是新版中嶄新的內容。對於舊讀者而言，可以從這個變動馬上認識到最新的蒸汽機發展，但對於新的讀者而言，則有前後顛倒的感覺——最近蒸汽機的發展與使用，屬於應用型的內容，應該被編輯在後面，而基礎部分應該放在前面。

《汽機必以》的卷首「論造機公法」，包括了蒸汽機分類、真空之性質與使用、自由落體速度、向心力、單擺、機械力、摩擦力與材料應變力等。第一卷「論汽機諸式」，主要介紹蒸汽機種類，包括各式鍋爐與蒸汽機介紹與使用。第二卷「論熱燒汽」，介紹潛熱的定義、比熱、燃燒之義、燒煤需要的空氣量、燒煤轉化

⁶⁶ Edgar C. Smith, *A Short History of Naval and Marine Engineering* (Cambridge: Cambridge University Press, 1937), p. 142.

⁶⁷ 除了這本書外，Bourne 還著有以下書籍：*Handbook of the Steam-Engine: Containing All the Rules Required for the Right Construction and Management of Engines of Every Class*、*A Treatise on the Screw Propeller, Screw Vessels and Screw Engines, as Adapted for Purposes of Peace and War*、*Recent Improvements in the Steam Engine: Containing Descriptions of the More Important Modern Engines*、*A Practical Treatise on Mechanical Engineering: Comprising Metallurgy, Moulding, Casting, Forging, Tools, Workshop Machinery, Mechanical Manipulation, Manufacture of the Steam-Engine* 等。另外，他還編輯了 *A Treatise on the Steam-Engine in Its Various Applications to Mines, Mills, Steam Navigation, Railways, and Agriculture with Theoretical Investigations Respecting the Motive Power of Heat and the Proper Proportions of Steam-Engines*，並與 Robert Armstrong 合著了 *The Modern Practice of Boiler Engineering, Containing Observations on the Construction of Steam Boilers* 一書。

⁶⁸ 孫磊、呂凌峰，〈江南製造局蒸汽機譯著底本考〉，頁 33-48。

表四：《汽機必以》與其底本目錄比較

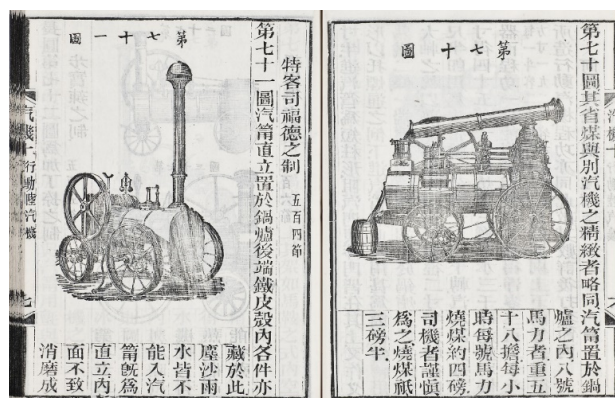
書名	《汽機必以》	<i>A Catechism of the Steam Engine</i>
目錄	卷首：論造機公法	Catechism of the Steam Engine
	卷一：論汽機諸式	I: General Description of the Steam Engine
	卷二：論熱燒汽	II: Heat, Combustion and Steam
	卷三：論用自漲力	III: Expansion of Steam and Action of the Valves
	卷四：論汽機能力	IV: Modes of Estimating the Power and Performance of Engines and Boilers
	卷五：論鍋爐尺寸	V: Proportion of Boilers
	卷六：論汽機尺寸	VI: Proportion of Engines
	卷七：論汽機善式	VIII: Constructive of Details of Engines
	卷八：論船體行水	IX: Steam Navigation
	卷九：論船機成式	X: Examples of Engines of Recent Construction
	卷十：論陸地汽機	XI: On Various Forms and Applications of the Steam Engine
	卷十一：論製造鍋爐	VII: Constructive of Details of Boilers
	卷十二：論造機司機	XII: Manufacture and Management of Steam Engines
	附卷：論續增新制	Introduction to Catechism of the Steam Engine

蒸汽之水量等。第三卷「論用自漲力」，則是估算蒸汽機、鍋爐功率和性能的數學公式。第四卷「論汽機能力」，詳述了馬力之義、鍋爐與蒸汽機之功率、求功率之法與測驗諸器等。第五卷「論鍋爐尺寸」，包含加熱與火爐面、測量熱率與散熱率、近代海洋鍋爐、發動機的破裂、鍋爐之強力與鍋爐爆炸等內容。第六卷「論汽機尺寸」，列舉氣泵、冷凝器、冷熱水泵、飛輪、陸用蒸汽機之優勢、海洋和陸用發動機之優勢。第七卷「論汽機善式」，介紹水泵、各式船用蒸汽、汽缸、活塞、汽閥、空氣泵、凝水器、龍頭、水管、螺輪、螺軸、明輪與明輪軸。第八卷「論船體行水」，內容包括水阻力、水阻力實驗、明輪之結構與操作、螺輪之結構與操作、螺輪與明輪比較、各式螺輪比較、螺絲尺寸、螺輪與明輪組合。第九卷「論船機成式」，介紹擺動明輪蒸汽機、直式螺輪蒸汽機等。第十卷「論陸地汽機」，主要介紹蒸汽機在紡織、磨粉與農業機械之應用。第十一卷「論製造鍋爐」，介紹陸用鍋爐、海洋鍋爐等。第十二卷「論造機司機」，內容包括蒸汽機的製造、蒸汽機裝配、船用鍋爐管理、陸用鍋爐管理與發動機管理。⁶⁹ 同年，江南製造局還出版了《汽機必以附卷》。

⁶⁹ 傅蘭雅、徐建寅，《汽機必以》（上海：江南製造總局，1872）。

《汽機必以》是一本比《汽機發軔》更基礎的蒸汽機書籍。這本書的特色是透過問答方式，介紹與蒸汽機相關之基本科學知識與蒸汽機在各領域的最新應用，再加上豐富生動的刻圖，讓蒸汽機更具生活性與時代性。例如在蒸汽機歷史的部分，書中除了介紹經典的瓦特蒸汽機與 Stephenson 的蒸汽火車頭外，Bourne 還介紹了一般書籍比較少提到的大不列顛號 (Great Britain) 輪船的蒸汽機、Rennie 擺動海洋蒸汽機與 John Penn 直接主動船用螺桿蒸汽機 (direct active marine screw engines)。⁷⁰

《汽機必以》最特別之處，就是介紹當時蒸汽機在各領域的使用，在第十卷中，Bourne 整理了在鐵路、輪船、農業、民生、冶金與礦業等不同款式的蒸汽機。如在移動式農業蒸汽機就介紹了 Ransomes & Sims 公司移動式蒸汽機、Clatton & Shuttleworth 公司的移動式蒸汽機、Crosskill 移動式農業蒸汽機、Garrett & Son 公司的移動式蒸汽機、Bach 公司的移動式蒸汽機、Turner 公司的移動式兼農業蒸汽機、Hornsby & Son 的移動式蒸汽機與 Tuxford & Son 公司的移動式蒸汽機（如圖二）。有關這些移動式農業蒸汽機的效率如何，英國皇家農業學會 (Royal Agricultural Society) 做了一項調查，以 Clayton & Shuttleworth 公司所設計的移動式蒸汽機為例，該公司於 1849 年獲得二等獎後，逐年改進運作蒸汽機的效率，至 1855 年時，部分蒸汽機產生動力每馬力只需要 3.5 磅的煤。⁷¹



圖二：Hornsby & Son 與 Tuxford & Son 公司所設計的移動式蒸汽機⁷²

⁷⁰ John Bourne, *A Catechism of the Steam Engine in Its Various Applications to Mines, Mills, Steam Navigation, Railways, and Agriculture: With Practical Instructions for the Manufacture and Management of Engines of Every Class* (London: Longman, Green, Longman, Roberts, and Green, 1865), pp. 72-80.

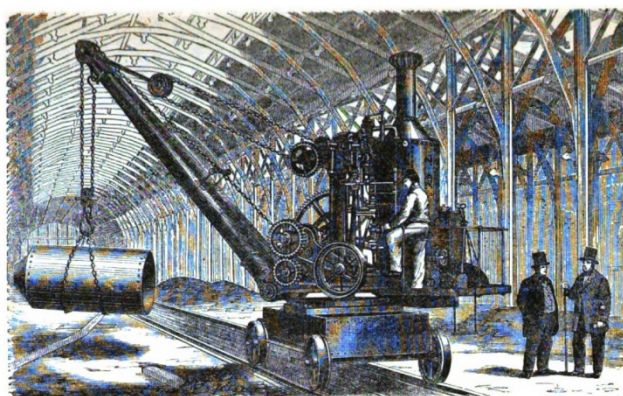
⁷¹ Ibid., p. 461.

⁷² 傅蘭雅、徐建寅，《汽機必以》，卷 10，頁 6-7。

至於固定式農業蒸汽機的售價，機器每馬力的價格因大小而異。四馬力蒸汽機的成本從每馬力 33 到 35 英鎊不等；十馬力蒸汽機，每馬力在 22 至 27 英鎊之間；一臺三十馬力的蒸汽機，每馬力約 19 英鎊，這個價格包括鍋爐在內。⁷³ 這些固定式蒸汽機能夠節省人力，其「汽機功能」如：「打麥、轉磨、起水、鋸木、剪草等機俱可運動，更將其餘汽蒸熟牲畜之食，並可燂乾各物，建造之事，常以運動起水、打樁、掉灰、做磚、起重等機。」⁷⁴

附卷「論續增新制」更將這本書的特色發揮到極致，繼續補充當時各領域最具代表性的蒸汽機。如 Chaplin 蒸汽起重機 (steam crane)，在 1862 年英國舉行的萬國工業博覽會 (Great Exhibition) 已經參與了事前的準備工作（如圖三）：

起重汽機，近時皆用以起落船內之貨物，棹甫林所造者式如圖三十九。英國博物院修改之時，起重運重俱用此機，全機能與所起之重物相稱，架心有柱，汽機與鍋爐並起架斜桿，可四面旋轉，桿可伸縮長短，旋轉起落行動俱用汽機之力。⁷⁵



圖三：Chaplin 蒸汽起重機參與萬國工業博覽會的建設工作⁷⁶

除了起重機外，這部分還介紹了在冶金與鋼鐵工業非常關鍵的蒸汽鎚。其構想來自於瓦特，後於 1838 年由 James Nasmyth (1808-1890) 製作成功，但操作上仍有

⁷³ John Bourne, *A Catechism of the Steam Engine*, p. 492.

⁷⁴ 傅蘭雅、徐建寅，《汽機必以》，卷 10，頁 14。

⁷⁵ 同前引，附卷，頁 40-41。

⁷⁶ John Bourne, *A Catechism of the Steam Engine*, p. 89.

不少缺點，最後由 Robert Wilson (1803-1882) 在 1853 年改良成功。⁷⁷ 除了 Nasmyth 的蒸汽鎚外，書中還介紹了 Condie 3.5 與 6 英擔蒸汽鎚、Carrett & Marshall 自動 (self-acting) 蒸汽鎚、Thwaites & Carbutt 鍛造用蒸汽鎚與 Rigby 蒸汽鎚，如圖四所示。蒸汽鎚是由鍛鐵製作而成。在 Sheffield 城市的 John Brown 公司就向 Thwaites & Carbutt 訂製了 18 把鎚子，其中最大的鎚子重達 15 噸。當時聲名大噪的 Bessemer 鋼鐵公司，在製鋼過程中，通常需要 5 英噸、8 英噸和 12 英噸的鎚子。⁷⁸ 有關蒸汽鎚在鋼鐵廠的操作與使用，比較詳細的描述如下：

至以熟鐵，制為條片等類，昔人亦不過用人力錘之，然終病其不速，今人更造軋鐵汽機，以剛礪二具，一上一下，將熟鐵置其間，機行礪轉，鐵隨壓力而引之，隨引隨長，如欲機薄，則以油敷鐵面折之，乃更軋之，更折更軋，至於五倍十倍，可成紙薄，更有隨軋隨畫如刀裁者，方圓大小粗細，皆於制礪時作為各式，故一經運軋，悉能如式也，即如鐵路轍跡，可以軋成，而凡鐵之鬆散者，亦可藉軋而堅，然恐鐵熱有傷剛礪，必須旁置水管，時以流水灌之，以防過熱之弊。⁷⁹

蒸汽鎚在西方工業上非常重要：「汽錘為西國常有之物，間有大廠內有五十噸重之汽錘，所有極大砲、極大船，若無此器則不能造成之，可見設立此法者大有益於人。」⁸⁰ 而且在開發鐵的商業價值方面，蒸汽鎚被視為工程技術和能力的奇蹟，無疑比現代任何其他機械發明帶來更大的貢獻。⁸¹ 可以說，蒸汽鎚比其他任何方法都更徹底地革新了鋼鐵加工藝術。⁸²

「論續增新制」的最後則談到蒸汽機消防車，介紹了 Merryweather & Son 公司出產的消防車。1863 年 7 月在水晶宮 (Crystal Palace) 舉行了消防車博覽會，共有六家公司參與。為了驗證各公司所設計的消防車的效能，舉行了兩次測試。第一

⁷⁷ John Bourne, *Introduction to Catechism of the Steam Engine* (London: Longman, Green, Longman, Roberts, and Green, 1865), p. 91.

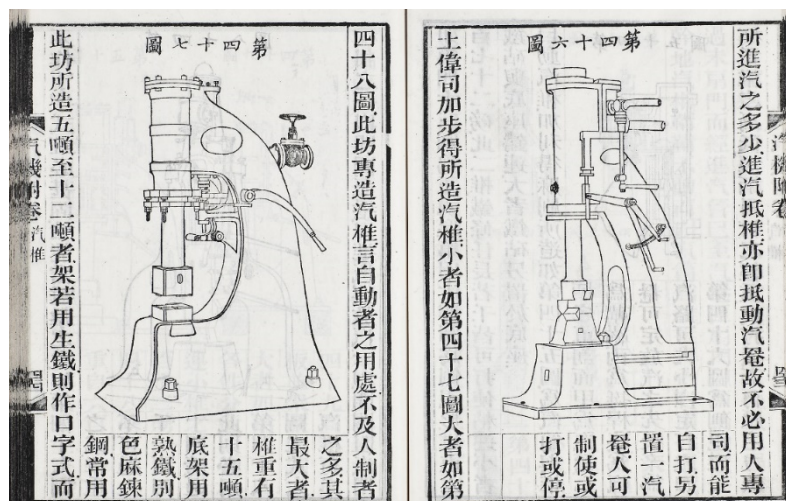
⁷⁸ Ibid., p. 97.

⁷⁹ 丁韞良，〈泰西制鐵之法〉，《中西聞見錄》，5（北京：1872），頁 17。

⁸⁰ 〈汽錘畧論〉，《格致彙編》，1.1（上海：1876），頁 9。

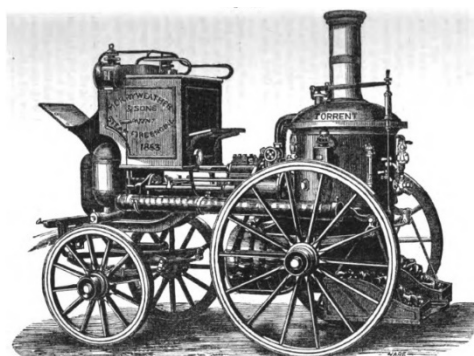
⁸¹ William Chambers & Robert Chambers, *Chambers's Encyclopaedia*, vol. 9 (Philadelphia: J. B. Lippincott & Co., 1875), p. 105.

⁸² John Timbs, *Wonderful Inventions from the Mariner's Compass to the Electric Telegraph Cable* (London: George Routledge & Sons, 1868), frontispiece.



圖四：Carrett & Marshall 自動蒸汽鏈與 Thwaites & Carbutt 鍛造用蒸汽鏈⁸³

次試驗，是在蒸汽機尚未熱機時，將 1,000 加侖的水輸送到 67 英尺遠的水箱中。第二項試驗，則是在蒸汽已經啟動的情況下，進行相同的工作，看誰以最快速度完成工作目標。最後，競賽結果由 Merryweather & Son 生產的 Sutherland 消防車獲得首獎。該公司生產的另一款 Torrent 型消防車（圖五），不僅參與實際救火工作，且獲得很好的成效，亦在 1864 年 7 月荷蘭舉行的消防車國際博覽會中獲得銀牌。⁸⁴



圖五：Merryweather & Son 公司生產的 Torrent 型消防車⁸⁵

⁸³ 傅蘭雅、徐建寅，《汽機必以》，附卷，頁 43-44。

⁸⁴ John Bourne, *Introduction to Catechism of the Steam Engine*, pp. 229-237.

⁸⁵ *Ibid.*, p. 233.

如同 Bourne 在該書序中所言，《汽機必以》收集了蒸汽機最新和最有價值的資訊，大量展示各種蒸汽機的最新進展，目的是讓讀者熟悉最新的改進與發展。書中木刻圖的數量超過舊版不少，顯示作者關注過去十年的工程最新活動，也收集了最新發明和重要發展的訊息。⁸⁶

對於中國讀者而言，在基本科學知識有限與科學術語不足的情況下，繪圖成為一種不可取代的溝通語言，一種傳遞知識的利器，也是最方便的文字，更是有助於快速理解的翻譯手法，在有些地方更能顯示它的說服力與豐富性，甚至超越清末中國人對於蒸汽機的想像。另外一方面，如此圖文並茂的書籍，描繪出英國各式最新蒸汽機的發展與使用，這種具有速度、效率、力量的蒸汽機所創造出的富強榮景，也讓清政府對於蒸汽機富國強兵形成一個更清晰的圖像與願景。

(三)《汽機新制》

《汽機新制》的底本是英國海洋蒸汽機工程師 Nicholas Procter Burgh (1834-1900) 所著的 *Pocket-Book of Practical Rules for the Proportions of Modern Engines and Boilers for Land and Marine Purposes* (London: E. & F. N. Spon, 1864)。⁸⁷

從 Burgh 所寫的書籍來看，他不僅是一位多產且暢銷的蒸汽機作者，而且還是一位非常具有實務經驗的工程師。1859 年他設計了 Burgh's steam engine 就申請獲得專利。⁸⁸ 若是從江南製造局出版的蒸汽機譯書時間順序看來，《汽機新制》相對於《汽機發軔》與《汽機必以》，應該包含更多蒸汽機的新發展或新理論。然而這本書並沒有介紹任何更新的蒸汽機內容，完全名不符實。它的內容如同英文底本書名所示，就是一本袖珍型實用有關蒸汽機配件尺寸大小的書籍。原書並未標明章節，傅蘭雅將它編譯為八卷，表五是《汽機新制》與底本兩書篇章的對應。

⁸⁶ Ibid., preface, p. viii.

⁸⁷ 除了這本書以外，Burgh 還著有以下書籍：*Rules for Designing Constructing & Erecting Land & Marine Engines & Boilers*, *Modern Screw Propulsion*、*Practical Illustrations of Land & Marine Engines*、*Modern Engineering*、*Link-Motion & Expansion-Gear, Practically Considered*, *Modern Marine Engineering*、*Pocket-Book on Compound Engines*、*The Slide Valve Practically Considered*、*A Practical Treatise on Boilers and Boiler-Making*、*A Practical Treatise on Modern Screw-Propulsion*、*A Treatise on Sugar Machinery* 和 *The Indicator Diagram: Practically Considered*。

⁸⁸ Patent Office, *Abridgments of Specifications Relating to the Steam Engine. Part I. A.D. 1618-1859*, vol. 2 (London: Office of Patents for Invent, 1871), pp. 1628-1629.

表五：《汽機新制》與其底本目錄比較

書名	《汽機新制》	<i>Pocket-Book of Practical Rules</i>
目錄	第一卷：大抵力汽機	High-Pressure Engine
	第二卷：槓桿汽機	Beam Engine
	第三卷：汽機	Marine Screw Engines
	第四卷：搖簫汽機	Oscillating Engine
	第五卷：諸門	Valves
	第六卷：陸鍋爐船鍋爐	Land Marine Boilers
	第七卷：雜件	Miscellaneous
	第八卷：汽機成式	Proportions of Engines Produced by the Rules

如表五所示，《汽機新制》整本書的內容就是介紹高壓蒸汽機、槓桿蒸汽機 (beam engine)、海洋螺旋蒸汽機、搖擺蒸汽機、汽閥、陸地船用鍋爐與 200 匹馬力螺旋蒸汽機的大小尺寸。其中高壓蒸汽機中汽缸尺寸的內容如下：

汽缸橫剖面積等於號馬力數乘九至七。汽缸內徑等於橫剖面之平方根乘一·一二八三。活塞全厚等於汽缸內徑四分之一。行程 (stroke) 等於汽缸內徑乘二。

汽缸內兩端空隙等於汽缸內徑三十分之一。汽缸口接蓋處之內徑等於汽缸內徑加八分寸之一至十六分寸之三。汽缸內長等於行程加活塞全厚加兩端空隙。

挺桿之徑等於汽缸內徑六分之一至七分之一。⁸⁹

《汽機新制》一書並無任何插圖，整本書幾乎就是鍋爐、閥門、活塞與汽缸等配件名詞，對於不熟悉蒸汽機知識的讀者而言，其實是毫無助益的。再加上，中國讀者沒有機械製圖的觀念，其實很難理解這些長度、厚度、直徑、半徑、寬度、深度等數字的意義。也許是在時間緊迫的狀況下，為了完成清政府交付的任務，就找一本比較容易翻譯但內容卻不易理解的書籍，以便交差了事。

⁸⁹ 傅蘭雅、徐建寅，《汽機新制》（上海：江南製造總局，1873），卷 1，頁 6；Nicholas Procter Burgh, *Pocket-Book of Practical Rules for the Proportions of Modern Engines & Boilers for Land & Marine Purposes* (London: E. & F. N. Spon, 1864), pp. 16-17.

(四) 《兵船汽機》

《兵船汽機》在甲午戰爭前一年由江南製造局出版，它的底本是 Richard Sennett (1847-1891) 所著的 *The Marine Steam Engine, A Treatise for the Use of Engineering Students and Officers of the Royal Navy* (London: Longmans, Green & Co., 1885)。作者姓名被翻譯為息尼德，他是當時英國海軍總工程師、英國皇家海軍德文港 (Devonport) 總工程師第一助手、皇家海軍造船及輪機工程師學院研究員、機械工程學院會員、海軍造船學院會員和皇家海軍學院輪機講師。如此重要的職位與經歷，在十九世紀末英國依然是海軍強權的狀況下，他的海洋蒸汽機著作不僅萬眾矚目，且具有權威性。不過他在 1891 年僅五十三歲英年早逝，這本受歡迎的教科書則由當時擔任英國海軍部資深工程師檢驗師 (Senior Engineer Inspector at the Admiralty) 及皇家艦隊機械檢驗師的 Henry J. Oram (1858-1939) 繼續編輯出版，到 1924 年共出版十四版。⁹⁰

英文底本有六部分，共二十八章，傅蘭雅按底本章節順序翻譯，表六是《兵船汽機》與西文底本章節的對應比較。

表六：《兵船汽機》與其底本目錄比較

書名	《兵船汽機》	<i>The Marine Steam Engine</i>
目錄	卷一：論船汽機公法	PART I. INTRODUCTORY
	第一章：船汽機源流	I. Early History and Progress of Marine Engineering
	第二章：船汽機功力與功益	II. Work and Efficiency
	第三章：熱之性情	III. Nature and Properties of Heat
	第四章：水加熱法	IV. Application of Heat to Water
	卷二：論鍋爐	PART II. THE BOILER
	第五章：燒煤省煤法	V. Combustion of Coal and Economy of Fuel
	第六章：鍋爐排列法與其功益	VI. Arrangement and Efficiency of Boilers
	第七章：鍋爐需配各件	VII. Fittings and Mountings of Boilers
	第八章：鍋爐鏽壞與耐久	VIII. Corrosion and Preservation of Boilers
	卷三：論汽	PART III. THE STEAM
	第九章：汽之功益	IX. Efficiency of the Steam

⁹⁰ Richard Sennett & Henry J. Oram, *The Marine Steam Engine, a Treatise for the Use of Engineering Students, Young Engineers, and Officers of the Royal Navy* (London: Longmans, Green & Co., 1924).

表六：《兵船汽機》與其底本目錄比較（續）

書名	《兵船汽機》	<i>The Marine Steam Engine</i>
目錄	第十章：令汽之自漲功益加增之法	X. Methods of Increasing the Expansive Efficiency of Steam
	第十一章：合抵力汽機	XI. Compound Engines
	第十二章：汽之凝水	XII. Condensation of Steam
	卷四：論汽機行動各件	PART IV. THE MECHANISM
	第十三章：制汽門並各種自漲汽門以及相配各器	XIII. Regulating and Expansion Valves and Gears
	第十四章：汽閘與其相配各件	XIV. Slide-Valves and Fittings
	第十五章：起行器與進推器	XV. Starting and Reversing Gears
	第十六章：氣筒與其相配各件	XVI. Cylinders and Their Fittings
	第十七章：凝水櫃與其相配各件	XVII. Condensers and Fittings
	第十八章：轉動各器	XVIII. Rotatory Motion
	第十九章：大小合抵力並大中小和抵力汽機	XIX. Details of Compound and Triple Expansion Engines
	卷五：論動船輪	PART V. THE PROPELLER
	第二十章：動船之事	XX. Propulsion
	第二十一章：功力係數與其曲線	XXI. Coefficients and Curves of Performance
	第二十二章：明輪	XXII. Paddle-Wheels
	第二十三章：螺輪	XXIII. Screw-Propellers
	卷六：論船汽機雜事	PART VI. GENERAL
	第二十四章：漲力表與自記漲力圖	XXIV. The Indicator and Indicator Diagrams
	第二十五章：起水阻水暨滅火各法	XXV. Pumping, Watertight and Fire Arrangement
	第二十六章：副汽機與其相配附件	XXVI. Auxiliary Machinery and Fittings
	第二十七章：管理與看守汽機之事	XXVII. Care and Management of the Machinery
	第二十八章：造船汽機所用各材料	XXVIII. Materials Used in Construction

《兵船汽機》的第一卷內容有船舶蒸汽機歷史、船舶蒸汽機的功與效率、熱的性質與水的加熱。第二卷包括燒煤節省法、鍋爐排列與其效益、鍋爐之配件與安

裝、鍋爐鑄壞與耐久。第三卷有蒸汽之效能、提高蒸汽膨脹效率的方法、複合蒸汽機、蒸汽之冷凝。第四卷有調節和膨脹閥和齒輪、滑閥及其配件、啟動和倒車檔、汽缸及其配件、冷凝器和配件、轉動各器、複合和三重膨脹蒸汽機。第五卷有推進力、性能係數和曲線、明輪船與螺旋槳船。第六卷有膨脹指標和指標圖、防水和防火裝置、輔助機械及配件、機器的保養與管理和建造蒸汽機之材料。附卷共有六章，有複合發動機理論指標圖、軸上扭轉力矩的幾何表示、蒸汽機往復運動之慣性、英國貿易委員會關於機械和鍋爐規則摘錄、Lloyd 鍋爐規則與英國皇家海軍學院考題。⁹¹

《兵船汽機》的西文底本是為英國皇家海軍軍官與輪機學生所設計編寫的教科書，除了基本的物理、化學、力學與熱力學外，另外一部分是實務的軍艦航行操作與訓練內容，整本書的重點，就是探討各式蒸汽機、鍋爐、汽缸、汽閥、活塞、推進器、凝水器等與它們的零主件，透過當時最新的發展研究報告與實驗分析，讓讀者知道蒸汽機的發展現況。如在第一章輪船蒸汽機的歷史，提到英國皇家海軍在 1827 年首次引入蒸汽機。1832 年，軍艦 *Rhadamanthus* 號就配備了 Maudslay 所設計的側置式 (side-lever) 蒸汽機和煙道 (flue) 鍋爐，具有 220 匹馬力。到了 1845 年，*Terrible* 號代表了當時最好的一艘蒸汽機戰艦，高達 2000 馬力，速度大概在 10 節左右。1885 年所建造 *Renown* 和 *Sanspareil* 號，速度可到達 18 節，至少都在 12000 匹馬力以上，⁹² 這時蒸汽機馬力要比 1865 年的時候成長約十倍。⁹³

至於當時被認為最有前景的複合式 (compound engines) 與三重膨脹蒸汽機 (triple expansion engines)，Sennet 對此特別著墨。這兩種蒸汽機不僅能增強馬力，又能節省燃料，且較能保護機件。美國紐約的 Emery 工程師對於名為 Bache 的船隻進行單一與複合式蒸汽機的實際測試比較，發現複合式蒸汽機更經濟、更有效地實現高膨脹率，複合式蒸汽機在減速時還能節省燃煤的用量，⁹⁴ 如《兵船汽機》書中所述：「汽機多用自漲倍數，在合抵力者較單抵力者，更能得大功益，則減合抵力汽機之速，更能節省。」⁹⁵ 至於三重膨脹蒸汽機的研究結果，蘇格蘭工程師 Alexander Carnegie Kirk (1830-1892) 設計的這款蒸汽機要比複合式蒸汽機節省百分

⁹¹ 傅蘭雅、華備鈺，《兵船汽機》（上海：江南製造總局，1894），附卷，頁 25-50。

⁹² Richard Sennett, *The Marine Steam Engine, a Treatise for the Use of Engineering Students and Officers of the Royal Navy* (London: Longmans, Green & Co., 1885), pp. 12-18.

⁹³ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), p. 383.

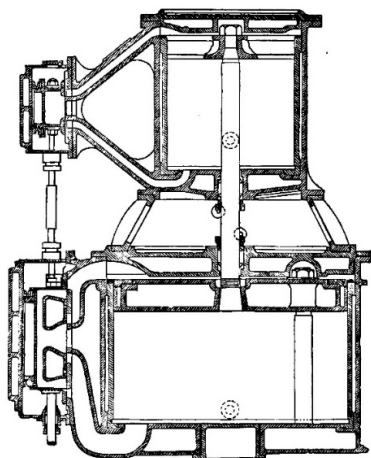
⁹⁴ Richard Sennett, *The Marine Steam Engine*, p. 205.

⁹⁵ 傅蘭雅、華備鈺，《兵船汽機》，卷 3，頁 38。

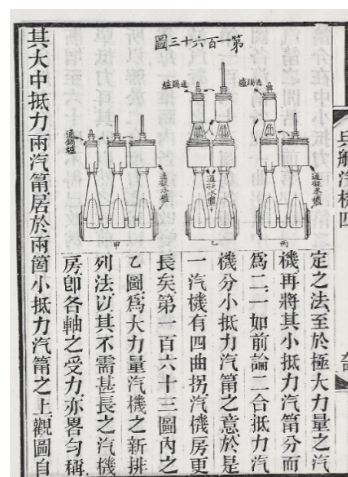
之二十的煤量：⁹⁶

三合抵力汽機之有益，已試得實在憑據。常有將二合抵力與三合抵力汽機配於同式之船，以行同路，則三合抵力汽機往往省煤百分之二十。此說皆由各船主燒煤細帳中錄出，足以取信。⁹⁷

之後，Sennet 又在第十九章詳述複合式與三重膨脹蒸汽機的細節。⁹⁸ 這一章是在 1885 年版中唯一增加的內容，由於時間倉促，Sennet 沒有時間進行太多的修改。⁹⁹ 在這章節中，他說明了這兩種蒸汽機的運作原理、設計圖樣與現階段發展狀況。1867 年 Maudslay 公司為英國皇家海軍天狼星號 (Sirius) 設計安裝了複合式蒸汽機，雖然它的重量比其他蒸汽機重，卻能節省百分之二十五的煤料。除了天狼星號外，快速派遣船 (Fast dispatch vessels) Iris 號與 Mercury 號也同樣安裝了複合式蒸汽機。¹⁰⁰ 複合式蒸汽機高低壓汽缸如圖六所示，其中一種三重膨脹蒸汽機如圖七。



圖六：複合式蒸汽機之高低壓汽缸¹⁰¹



圖七：其中一款三重膨脹蒸汽機¹⁰²

⁹⁶ Richard Sennett, *The Marine Steam Engine*, p. 205.

⁹⁷ 傅蘭雅、華備鈺，《兵船汽機》，卷 3，頁 36。

⁹⁸ Richard Sennett, *The Marine Steam Engine*, pp. 331-347.

⁹⁹ Ibid., preface, p. viii.

¹⁰⁰ Ibid., p. 334.

¹⁰¹ Ibid., p. 333.

¹⁰² 傅蘭雅、華備鈺，《兵船汽機》，卷 4，頁 94。

更有趣的是，最後 Sennett 以設計現代戰艦需考慮機械規格之主要規範來結束本章，這是一份建造一萬二千馬力雙螺輪鐵甲戰艦相關規格細節合同。規格條文共有七十二項，從戰艦的馬力、汽缸、活塞、汽閥、啟動裝置、連杆、曲軸、螺旋槳軸系、轉俚與離合機、艙管、主冷凝器、輔助冷凝器、迴圈發動機和泵與橡膠閥門等尺寸、大小、重量、材料，與保固期的時間，甚至包括了水雷、槍炮金屬的成分都有詳細的說明，¹⁰³ 以下是部分規範內容：

一 實馬力○兩螺輪之汽機，彼此不相統屬，各配倒置直立氣笛三箇，每副汽機顯實馬力六千，兩副汽機其顯實馬力一萬二千，於造成後出海試四小時，必以能顯此力為度，然後不閉挑煤艙門，使鍋爐內並不強加風力，再以海內試行，仍歷四小時，亦必以能顯實馬力八千為度。

其全重除六十四七十兩矣內各件之重不計外，如鍋爐汽機與其所需水數以及本合同載明之各件合計，不得過一千一百噸。

二、氣笛（汽缸）○大抵力氣笛徑畧四十三寸，中抵力氣笛徑畧六十二寸，小抵力氣笛徑畧九十六寸。推路各為四尺三寸，試得實馬力一萬二千時，其每分時之轉數畧為九十五次。

.....

七十二保用期○全船機器之造法，式樣材料工程皆須上等者，又必照合同，將各件詳細查驗試用後再由承造廠家，保其連用十二箇月不壞。¹⁰⁴

這份規格充分展示出做為英國海軍總工程師眼光獨到之處，讓讀者可以知道當時最好蒸汽機鐵甲戰艦的藍圖，不僅只是擁有號稱一萬兩千匹馬力的蒸汽機，還需要最具經濟與效率的高中低三汽缸，汽缸材料必須採用惠特沃斯流體壓縮鋼 (Whitworth fluid compressed steel)，它是被槍械製造商認可為上乘品質的材料；鍋爐鋼材使用西門子馬丁法 (Siemens-Martin process) 冶煉而成，它與 Bessemer 被認為是最好的兩種煉鋼方法。¹⁰⁵ 至於蒸汽機的鑄鋼件應滿足以下條件，抗拉強度 (tensile strength) 不低於每平方英寸 28 英噸，在 8 英寸長度上的伸長率至少為 10%。相同金屬的 1¼ 英寸棒材，能夠在不大於 2½ 英寸的半徑上，以 90 度角

¹⁰³ Richard Sennett, *The Marine Steam Engine*, pp. 348-381.

¹⁰⁴ 傅蘭雅、華備鈺，《兵船汽機》，卷 4，頁 95-130。

¹⁰⁵ K. C. Barraclough, "The Development of the Early Steelmaking Processes—An Essay in the History of Technology," Ph.D. Dissertation (Sheffield: University of Sheffield, 1981), p. 298.

冷彎而不斷裂。¹⁰⁶ 對於研讀此書的學生而言，這無疑是將蒸汽機軍艦知識融會貫通最好的考試題目之一，對於想向國外訂購軍艦的清政府也具有很高的參考價值，甚至可作為一份現成的採購合同，「以知新法之巧妙」。¹⁰⁷

(五)《汽機中西名目表》

若單是分析《汽機中西名目表》的序言，可能會忽略了徐壽對中文蒸汽機名詞的貢獻，甚至會讓人誤以為這全是傅蘭雅的成就。書的序言提到，這本書出版的目，就是讓中文蒸汽機名詞一致。《汽機發軔》、《汽機必以》與《汽機新制》在十多年已經翻譯出版，現在要翻譯《兵船汽機》，「恐前後名目或有互異」，因而出版此書。¹⁰⁸

但是在我們發現徐壽所著的〈汽機命名說〉後，可以確定在中文蒸汽機名詞的發展中，他的努力至為重要。雖然在 1890 年《汽機中西名目表》出版之前，徐壽即已去世，但是整個中文蒸汽機名詞的翻譯是由他一手規劃，甚至大部分名詞皆是由他翻譯。他是近現代中國第一艘蒸汽船的建造者，對於蒸汽機的構造與運作，自然比其他翻譯者有更深切的認識與體會，在此狀況下，著手建立一套中文蒸汽機名詞系統，相對得心應手。

既然引進蒸汽機知識是如此的重要，而且蒸汽機書籍在洋務運動早期已經翻譯出版了，何以《汽機中西名目表》卻比其他三本科學名目表的出版時間都晚？徐壽的去世自然是主因之一，這讓出版工作處於一個群龍無首的狀況。再加上，這本書的翻譯原則與其他三本書截然不同。簡單而言，《金石中西名目表》(1883)、《化學材料中西名目表》(1885) 與《西藥大成藥品中西名目表》(1887) 都是以音譯名詞為主，即大部分的礦物、藥物與有機化合物都是按英文發音來翻譯的，如在《金石中西名目表》中的 alabaster (阿拉巴司得、鈣養硫養三) 和 albite (阿勒倍得、鋁鉀鈉矽養二)；¹⁰⁹《化學材料中西名目表》的 acetamide (阿西他阿美弟) 與 acetone (阿西多尼)；¹¹⁰《西藥大成藥品中西名目表》的 quinine (雞那以西

¹⁰⁶ Richard Sennett, *The Marine Steam Engine*, pp. 348-381.

¹⁰⁷ 傅蘭雅、華備鈺，《兵船汽機》，卷 4，頁 95。

¹⁰⁸ 傅蘭雅，《汽機中西名目表》，中文序，頁 1。

¹⁰⁹ 傅蘭雅，《金石中西名目表》（上海：江南製造總局，1883），頁 1。原本音譯名詞來自瑪高溫 (Daniel Jerome Macgowan, 1814-1893) 與華蘅芳 (1833-1902) 所翻譯的《金石識別》，傅蘭雅修改部分音譯字，並以化學式作為中文翻譯名詞。

¹¹⁰ 傅蘭雅，《化學材料中西名目表》（上海：江南製造總局，1885），頁 1。

尼)與 quinidine (雞那以弟尼)。¹¹¹

《汽機中西名目表》的翻譯方法與原則與前三者截然不同，其他三本是由傅蘭雅規劃的，而中文蒸汽機名詞則是徐壽一手制訂而成。當中國沒有與西方相同或相似的名詞時，徐壽所採取的方法是按中國文字形成的原則來進行：

輪機為中國所無，既無其器，即無其名，今欲課無責有，自當按器命名。命名之例，假借為多，次則指事會意，事無可指，意不能會，則用象形。¹¹²

雖然傅蘭雅的翻譯方法，意譯優先於音譯，¹¹³ 但事實上，音譯名詞的比例也不少，甚至在有些地方，傅蘭雅還將音譯視為最好的方法，如《化學材料中西名目表》與《西藥大成藥品中西名目表》都出現過的 quincine、quinidia、quinine 等名詞，由於這些有機藥物具有類似的性質，他認為若是採取意譯，反倒帶來困擾。而徐壽則不將音譯法列入考慮。

更重要的是，徐壽讓我們更清楚瞭解，蒸汽機名詞是如何形成：

鍋爐固閉水氣，蓄力既大，有吞吐運動者，名曰汽笛。汽笛之旁，突起平臺，面列長方孔，三名曰汽孔，在前為前汽孔，在後為後汽孔，中為出汽孔。汽孔孔上有活蓋，名曰汽罈，汽罈往復前後兩孔，更番隱現出，汽孔常隱不現也。汽罈之外，固束進汽者，名曰罈匣。汽笛之內，為汽所冲激而進退者，名曰鞴。其外周護以鋼圈，厚薄得輓硬之宜，寬窄稱鞴之厚，名曰護環。內用簧數處，使與笛體密切也，此單環也。若雙環，則以單環之度中分之，於合縫內，再加鋼環以助挺力，其體三角，其用則簧，名曰環簧，鞴中心固裝圓梗，名曰挺桿，於笛蓋中心，作圓孔為挺桿所進退也。¹¹⁴

另外，徐壽也讓我們知道「汽機」的起源：「輪船初進中國之時，因內燃以

¹¹¹ 傅蘭雅，《西藥大成藥品中西名目表》（上海：江南製造總局，1887），頁1。

¹¹² 徐壽，〈汽機命名說〉，《格致彙編》，1.6（上海：1876），頁6。

¹¹³ John Fryer, "Scientific Terminology: Present Discrepancies and Means of Securing Uniformity," in *Records of the General Conference of the Protestant Missionaries of China*, pp. 531-551.

¹¹⁴ 徐壽，〈汽機命名說〉，頁6。

火，外轉以轉，即呼曰火輪船。其機即相沿，曰火輪機。今按此，乃以水氣運機，當名曰汽機輪船，或省曰汽機船，再省曰輪船，機則名曰水氣機，省曰汽機。」¹¹⁵

從上面的分析，我們可以知道徐壽在中文蒸汽機名詞上的成就被長期忽視或錯誤理解。¹¹⁶ 另外一方面，我們也注意到，傅蘭雅非常用心，他並非只是將西方書籍後面的索引整理出來，還將西文書籍中他認為重要的名詞列出來，而這些名詞常常沒有出現在這些西文底本中。有了這份更詳細的中西名目表作為依據，就更能確保每一個英文名詞在每一次出現的中譯是相同的，這樣就能避免翻譯的誤差與錯誤。如表七中，我們整理西文底本索引的前面五個名詞，除了 *Sennet* 書中的第一字以外，《汽機中西名目表》增加的其他四個名詞，都不在這些書籍的索引中。

有些中文蒸汽機的相關名詞，如壓力、空氣、鍋爐、火爐、馬力、螺距、阻力與真空，並非第一次出現在《汽機中西名目表》，但有了這份中西名目表，自然就能將這些名詞更廣泛地傳播。除了上述名詞外，另有五個重要蒸汽機譯名的沿革值得多加注意，如 *boiler*、*cylinder*、*furnace*、*valve* 與 *piston*，它們分別被徐壽翻譯為鍋爐、氣笛、爐、舌門／汽罨與鞴／汽餅，從譯詞的演變便可看到徐壽對蒸汽機名詞的影響。*Boiler*，除了鍋爐的譯名外，也被譯為汽鍋。*Cylinder* 後來被翻譯為氣缸、¹¹⁷ 汽缸，¹¹⁸ 與氣笛很類似。*Furnace* 被翻譯為爐，與火爐很相似。*Valve* 被翻譯為閥、汽閥、¹¹⁹ 氣閥，¹²⁰ 乍看似與舌門、汽罨不同，卻有共同之處，即都有一個與門相關的意思，甚至氣門這個名詞至今仍被使用。這五個譯名中，最大的變化就是活塞，在《汽機中西名目表》中，*piston* 被翻譯為鞴與汽餅，¹²¹ 徐壽將鞴與鞴兩個字合成為一譯名。¹²² 我們發現，活塞這個名詞早在十九世紀前就已經出現，¹²³ 而活塞與鞴這兩個名詞也一直被使用到二十世紀的四〇年代。¹²⁴

¹¹⁵ 同前引。

¹¹⁶ 如在 *Gabriele Tola* 的 *John Fryer and the Translator's Vade-mecum* 就完全沒有提到徐壽的〈汽機命名說〉。

¹¹⁷ 〈工業——狄色爾引擎說〉，《協和報》，3（北京：1913），頁7。

¹¹⁸ 顧紹衣，〈最近之高速武裝飛行機〉，《東方雜誌》，6（上海：1917），頁117。

¹¹⁹ 蘊華，〈怎樣開火車龍頭〉，《科學畫報》，5（上海：1947），頁307。

¹²⁰ 〈風閘中的雙方阻氣閥和放氣閥 TUBE〉，《崇實》，9（上海：1931），頁2。

¹²¹ 傅蘭雅，《汽機中西名目表》，頁37。

¹²² 李文、戴吾三，〈“鞴”譯名考源〉，《哈爾濱工業大學學報》（社會科學版），4（哈爾濱：2004），頁36-39。

¹²³ 〈中外新聞〉，《上海新報》（上海），1868年11月24日，第2張第1頁。

¹²⁴ 漆義齡，〈活塞環 (Piston Ring)〉，《江西公路》，8（南昌：1948），頁25；李金沂，〈鞴漲圈之製造〉，《中國工程學會會刊》，6（北京：1943），頁89-94。

表七：《汽機中西名目表》前五個名詞與四本西文底本索引的比較

Main & Brown	Bourne	Burgh	Sennet	Fryer
Air-pump	Accidents in steam vessels, proper preparation for	High-pressure engine	Absolute pressure	Absolute pressure
Air-pump double-acting	Admiralty rule for horse power	Cylinder	Absolute temperature	Absolute zero
Air-pump amount power consumed by	Adhesion of wheels of locomotives to rails	Cross-head or connecting pin	Adiabatic curve	Absorption of heat
Air-pump bucket, annular	Agricultural fixed engines; prices of	Connecting rod	Adjustable linking-up gear	Accelerated piston, pressure required
Angel of screw, to find	Agricultural engines, portable; prices of	Crank and Shafts	Air-blast in funnel	Accelerated motions

五、討論與結論

《博物新編》和《格物入門》是在洋務運動之前和初期廣為流傳的書籍。兩書中蒸汽機的內容應該來自於英文物理教科書，¹²⁵《格物入門》要比《博物新編》的內容更豐富些。與江南製造局的書籍相比，兩書內容就如同新聞或科技新知報導，有趣易懂；而江南製造局所翻譯的蒸汽機書籍不僅更具專業性，內容更豐富、深入，也更具整體性。

藉由本文的分析與比較可發現，江南製造局的前四本蒸汽機書籍中，除了《兵船汽機》名符其實外，其餘三本書相對而言，既不符合中文書名，更不符合英文底本標題。以這四本書互相比較而言，《汽機必以》應該是比《汽機發軔》更入門的書籍，一來，《汽機必以》的內容不僅涵蓋陸式與海洋蒸汽機，還介紹了應用在工業與農業上的各式蒸汽機，更廣泛、詳細地介紹了蒸汽機中各機件的製作與組合。

¹²⁵ Neil Arnott, *Elements of Physics; or Natural Philosophy, General and Medical: Written for Universal Use, in Plain or Non-Technical Language; and Containing New Disquisitions and Practical Suggestions* (Philadelphia: Lea & Blanchard, 1841), pp. 204-211.

而西文《汽機發軔》是為英國海軍軍官設計的教科書，除了基本的蒸汽機知識外，大部分內容是非常實務的軍艦航行管理知識。《兵船汽機》提供了比《汽機發軔》更豐富、先進的輪船蒸汽機知識。至於《汽機新制》基本上並無任何最新的蒸汽機知識，書中大部分內容是尺寸大小，且內容是最少的。從以上的分析，我們可以說，清廷對於強兵的需求勝於富國的需要，其中《汽機發軔》與《兵船汽機》著重於軍艦管理與操練，只有《汽機必以》才更廣泛地介紹蒸汽機的製造。這種強兵的思維，很清楚地反映在《格致彙編》的發刊詞：

而外原以制器為綱領，而制器之中又以輪船為首務，故新譯汽機發軔，所以明汽機之致用，能用必期能造，如汽機信度、汽機必以、汽機新制，乃虛體實體之權度，機括門筭之肯綮也。¹²⁶

傅蘭雅是引進西方蒸汽機知識的關鍵人物，他不僅參與了其中三本書籍的翻譯，還編輯了《汽機中西名目表》，試圖建立一套蒸汽機科學術語系統。向國外購買書籍的重要工作亦是由傅蘭雅負責。如《汽機發軔》的底本是在 1868 年 3 月 18 日訂購，《汽機必以》的底本購於 1868 年 7 月 30 日，至於《汽機新制》的底本則在 1870 年 1 月 18 日。除了這三本書以外，傅蘭雅也訂購了這三書作者的其他書籍，如 Main & Brown 的 *Questions on Steam Engine*、Bourne 的 *Steam Engine*、¹²⁷ Burgh 的 *Rules for Designing Constructing & Erecting Land & Marine Engines & Boilers, Modern Screw Propulsion* 與 *Practical Illustrations of Land & Marine Engines Modern Engineering*。雖然翻譯哪些領域的書籍需要符合清朝政府的政策需求，但在當時清廷外語與專業不足的狀況下，最後挑選翻譯的書單，應該仍取決於傅蘭雅的建議與想法上。

另外一方面，這些透過傅蘭雅訂購書籍的內容，無庸置疑可以代表清政府在富國強兵政策下想引進的西方科技知識。富國強兵中，強兵優於富國，而強兵之中，造船是當務之首，除造船知識外，也要有蒸汽機知識，有了船，當然也少不了航海知識，因此從 1868 年到 1870 年之間共訂書三次，至少採購了二十本以上有關這類內容的書籍。如 Raper 的 *The Practice of Navigation and Nautical Astronomy*、

¹²⁶ 〈格致彙編序〉，《格致彙編》，1.1（上海：1876），頁 1。

¹²⁷ 書單並沒有詳細的書名，Bourne 有兩本與蒸汽機有關的書籍：*Handbook of the Steam Engine* 與 *Recent Improvements in the Steam Engine*。請參考 Arthur Andrin Bennett, *John Fryer*, p. 74.

Grantham 的 *Iron Ship-Building: With Practical Illustrations*、Russell 的 *The Modern System of Naval Architecture*、Rankin 的 *Modern Engines and Power Generators*、Alban 的 *The High-Pressure Steam Engine*、Fairburn 的 *Treatise on Iron Ship Building: Its History and Problems*、Fincham 的 *An Introductory Outline of the Practice of Ship Building* 和 Tredgold 的 *The Steam Engine*。¹²⁸

引進西方科技知識，除了語言翻譯的問題外，度量衡的轉換也是其中一種無形且複雜的系統問題。如在《汽機發軔》物體機械性質的表格中，英文是按字母排序的，¹²⁹ 這種方式對中文自然不是很適合的方法，偉烈亞力與徐壽將它重新安排成比較適合中文使用的順序，¹³⁰ 即按常用的材料，如：水、水銀、銅與鐵，如表八所示。在表格中，同時使用了尺、寸、磅與噸等單位，磅與噸可以理解為英鎊與英噸，但是若將中國的長度單位尺與寸理解成英制單位，就很容易造成錯誤。而且清代中國並無統一的度量衡制度，若使用中國度量衡無法發展科學，因為西方度量衡不是採取英制就是公制，若是使用西方度量衡，不論是英制或公制，可能都是費時費力，緩不濟急。

表八：《汽機發軔》與西文底本材料順序之比較

Mechanical Properties of Materials	物質重率表
Air (atmospheric)	空氣
Ash	純水
Beech	海水
Birch (common)	水銀
Ditto (American)	水銀
Bismuth (cast)	鉍 模鑄
Box (dry)	黃銅 模鑄
Brass (cast)	黃銅 絲
Ditto (wire-drawn)	銅 模鑄

基本上，我們對於這四本書的翻譯品質給予絕對的肯定，若要提出任何批評的話，那就是在《汽機發軔》中，修改了已知半徑的周長與圓面積的對照表，使這份中文表格處於完全無用之地；原因在於英國蒸汽機的機件中，很多機件尺寸的大小

¹²⁸ Ibid., pp. 73-81.

¹²⁹ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), pp. 363-366.

¹³⁰ 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，卷 10，頁 16-19。

都不是整數，如 $\frac{1}{8}$ 、 $\frac{1}{4}$ 、 $\frac{1}{2}$ 、 $\frac{5}{8}$ 與 $\frac{7}{8}$ 等數字，¹³¹ 但在中文表中，卻都只是從 1 到 100 的整數，¹³² 如圖八。換句話說，這些附件在計算功率、溫度、用煤等相關計算就沒有任何參考資料可遵依。

Circumferences and Areas of Circles of given Diameters.

Diam.	Circum.	Area.	Diam.	Circum.	Area.
			3 in.	9'4248	7'0686
$\frac{1}{8}$	3927	0122	$\frac{1}{8}$	9'8175	7'6699
$\frac{1}{4}$	7854	0490	$\frac{1}{4}$	10'2102	8'2957
$\frac{3}{8}$	11781	1104	$\frac{3}{8}$	10'6029	8'9462
$\frac{1}{2}$	15748	1963	$\frac{1}{2}$	10'9956	9'6211
$\frac{5}{8}$	19635	3068	$\frac{5}{8}$	11'3883	10'3206
$\frac{3}{4}$	23562	4417	$\frac{3}{4}$	11'7810	11'0447
$\frac{7}{8}$	27489	6013	$\frac{7}{8}$	12'1737	11'7932
1 in.	31416	7854	4 in.	12'5664	12'5664
$\frac{1}{8}$	35343	9940	$\frac{1}{8}$	12'9591	13'3640
$\frac{1}{4}$	39270	12272	$\frac{1}{4}$	13'3518	14'1863
$\frac{3}{8}$	43197	14848	$\frac{3}{8}$	13'7445	15'0331
$\frac{1}{2}$	47124	17671	$\frac{1}{2}$	14'1372	15'9043
$\frac{5}{8}$	51051	20739	$\frac{5}{8}$	14'5299	16'8001
$\frac{3}{4}$	54978	24053	$\frac{3}{4}$	14'9226	17'7205
$\frac{7}{8}$	58905	27611	$\frac{7}{8}$	15'3153	18'6655
2 in.	62832	31416	5 in.	15'7080	19'6350
$\frac{1}{8}$	66759	35465	$\frac{1}{8}$	16'1007	20'6290
$\frac{1}{4}$	70686	39761	$\frac{1}{4}$	16'4934	21'6475
$\frac{3}{8}$	74613	44302	$\frac{3}{8}$	16'8861	22'6907
$\frac{1}{2}$	78540	49087	$\frac{1}{2}$	17'2788	23'7583
$\frac{5}{8}$	82467	54119	$\frac{5}{8}$	17'6715	24'8505
$\frac{3}{4}$	86394	59396	$\frac{3}{4}$	18'0642	25'9672
$\frac{7}{8}$	90321	64918	$\frac{7}{8}$	18'4569	27'1085

徑	周	面積	周徑面積表
一	三	七	辛
二	六	一	
三	九	四	
四	一	六	
五	二	八	
六	三	一	
七	四	四	
八	五	七	
九	六	一	
十	七	四	
十一	八	八	
十二	九	一	
十三	一	五	
十四	二	九	
十五	三	三	
十六	四	七	
十七	五	一	
十八	六	五	
十九	七	九	
二十	八	三	
二十一	九	七	
二十二	一	一	
二十三	二	五	
二十四	三	九	
二十五	四	三	
二十六	五	七	
二十七	六	一	
二十八	七	五	
二十九	八	九	
三十	九	三	
三十一	一	七	
三十二	二	一	
三十三	三	五	
三十四	四	九	
三十五	五	三	
三十六	六	七	
三十七	七	一	
三十八	八	五	
三十九	九	九	
四十	一	三	
四十一	二	七	
四十二	三	一	
四十三	四	五	
四十四	五	九	
四十五	六	三	
四十六	七	七	
四十七	八	一	
四十八	九	五	
四十九	一	九	
五十	二	三	
五十一	三	七	
五十二	四	一	
五十三	五	五	
五十四	六	九	
五十五	七	三	
五十六	八	七	
五十七	九	一	
五十八	一	五	
五十九	二	九	
六十	三	三	
六十一	四	七	
六十二	五	一	
六十三	六	五	
六十四	七	九	
六十五	八	三	
六十六	九	七	
六十七	一	一	
六十八	二	五	
六十九	三	九	
七十	四	三	
七十一	五	七	
七十二	六	一	
七十三	七	五	
七十四	八	九	
七十五	九	三	
七十六	一	七	
七十七	二	一	
七十八	三	五	
七十九	四	九	
八十	五	三	
八十一	六	七	
八十二	七	一	
八十三	八	五	
八十四	九	九	
八十五	一	三	
八十六	二	七	
八十七	三	一	
八十八	四	五	
八十九	五	九	
九十	六	三	
九十一	七	七	
九十二	八	一	
九十三	九	五	
九十四	一	九	
九十五	二	三	
九十六	三	七	
九十七	四	一	
九十八	五	五	
九十九	六	九	
一百	七	三	

圖八：《汽機發軔》與其西文底本周長與面積表之比較¹³³

比較中譯本與西文底本，我們發現，這四本譯著幾乎完全按照西方底本翻譯完成，基本上將西方比較好的、比較重要的、比較完整的蒸汽機知識翻譯成中文。然而我們認為，從某一角度而言，清末的中國學者與學生卻無法有效吸收這些知識，因為這些書籍是按西方條件與需求而設計的，並未考量中國學生的條件與需求。清政府雖然知道自己需要哪些蒸汽機知識，然而中國並不像西方具備基本的物理與化學知識，也沒有相關的工業。再加上，在科舉制度下國家基本上對於學習西方科學

¹³¹ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), pp. 367-379.

¹³² 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，卷 10，頁 21-22。

¹³³ Thomas John Main & Thomas Brown, *The Marine Steam Engine* (1865), p. 359; 偉烈亞力、徐壽，《汽機發軔》，附卷，頁 20。

相當消極，既無像西方一樣的教育系統，也缺少一套完整的學習科學系統與環境。可以想像，這是一個相當尷尬的時刻，清政府當然無法只翻譯一些中國人比較容易或可以理解的蒸汽機知識，強敵當前，需要像《汽機發軔》與《兵船汽機》一般的軍艦知識。若是只翻譯《格物入門》一類的基礎蒸汽機知識，自然無法符合需求。而當時許多清朝大臣仍認為，中國人才濟濟，短時間內就能夠吸收這些翻譯書籍的知識，這種思維可能是學習西方科學最大的障礙之一。

雖然江南製造局翻譯出不錯的蒸汽機書籍，但福州船政學堂卻無法使用這些書籍。學堂成立之初雖聘請外國教師教授造船與航海知識，但外國教師不懂中文，自然不可能使用這些書籍，又因為沒有中國教師可以教授這些內容，這些翻譯書籍便毫無用武之地。洋務運動中根本的問題之一，就是如曾國藩、李鴻章與左宗棠等主持洋務的官員，認為只要請幾位外國技師來教授西方科技，就能學會西方技術，他們對西方技術不了解也沒興趣去了解。洋務派大臣中，雖然有些人也想學習西方製造槍炮與船艦的技術，然受限於儒家的威權地位，終無法擺脫中國傳統文化與思想的思維框架。¹³⁴

其實這種情況也發生在江南製造局，即使江南製造局翻譯了科技書籍，但外籍教師或技師因不懂中文而不使用：「局內有數書，館已設多年，教習造船或造船汽機或兵戎等法，惟不用局中所刊之書，蓋教習者不通華文，以西文教授。」¹³⁵ 換句話說，當授課的外籍教師不懂中文的時候，這些書籍便很難在課堂中使用。

福州船政學堂成效有限的原因，即學習西方科技並不需要中國教育系統中最優秀的人，也存在於北京同文館。當北京同文館成立之際，是否讓學生學習自然科學一事，曾在清廷高官間引起激烈的辯論。正反兩派爭議的關鍵，就是學習自然科學是否符合儒家思想的價值觀，最有趣的一點是，不論贊成或反對的一方，都以儒家當作標準。贊成的一派認為，學習科學符合儒家核心價值；反對的一派則認為，這完全不符合儒家的中心思想。從某一個角度而言，不論是贊成或反對的一方，其實都存在一種想法，只是程度不一，亦即：學習天文、算學的人，只要由工部與欽天監甄選一般工匠學習即可，不應該招收「讀孔孟之書，學堯舜之道」的科甲正途官員入館學習。¹³⁶ 在科舉制度的社會價值觀下，中國父母親總是希望孩子從小就能

¹³⁴ 李恩涵，〈左宗棠的經世思想〉，《中央研究院近代史研究所集刊》，12（臺北：1983），頁1-12。

¹³⁵ 傅蘭雅，〈江南製造總局翻譯西書事略〉，《格致彙編》，3.5（上海：1880），頁9。

¹³⁶ 潘振泰，〈清季「天文算學館」籌設爭議中的保守性思想分析〉，《國立政治大學歷史學報》，33（臺北：2010），頁117-153。

熟讀四書五經，寒窗苦讀十年，然後上京赴考，最後能金榜題名，光宗耀祖，學習自然科學在當時毫無前途可言。在這樣的思維下，洋務運動的成果當然非常有限。

清政府在三十多年時間裡，按照中國傳統的儒家價值觀來學習西方科技，雖沒有造出想要的蒸汽機，在建設鐵路與造船方面也成果有限，追求富強的目標遠不如預期。然而中日甲午戰爭考驗了強兵政策的成績，這次戰爭的結果，讓中國人重新調整學習西方科技的思維與心態。這些在洋務運動期間翻譯的專業蒸汽機書籍，後來又重新收入在《富強齋叢書》、《格致叢書》以及《西學通考》，流通數量固然有限，卻成為翻譯日文書籍的基礎與參考，而且是日譯書籍出現之前最好的知識來源，因為這些書籍不僅西文底本是當時很有質量的暢銷書籍，且是由最傑出的翻譯者所完成，更是當時最先進而內容豐富的蒸汽機書籍。

（責任校對：廖安婷）

引用書目

一、傳統文獻

- 〈工業——狄色爾引擎說〉“Gongye: Dise'er yinqing shuo”，《協和報》*Xiehebao*，3，北京 Beijing：1913，頁 5-7。
- 〈中外新聞〉“Zhongwai xinwen”，《上海新報》（上海）*Shanghai xinbao*（Shanghai），1868 年 11 月 24 日，第 2 張第 1 頁。
- 〈汽錘畧論〉“Qichui luelun”，《格致彙編》*Gezhi huibian*，1.1，上海 Shanghai：1876，頁 8-9。
- 〈風閘中的雙方阻氣閥和放氣閥 TUBE〉“Fengzha zhong de shuangfang zuqifa he fangqifa TUBE”，《崇實》*Chong shi*，9，上海 Shanghai：1931，頁 2-5。
- 〈格致彙編序〉“Gezhi huibian xu”，《格致彙編》*Gezhi huibian*，1.1，上海 Shanghai：1876，頁 1-2。
- 〈駐德二等參贊徐君仲虎出洋行期〉“Zhu De er deng canzan Xu jun Zhonghu chuyang xingqi”，《萬國公報》*Wanguo gongbao*，562，上海 Shanghai：1879，頁 12。
- 丁韞良 William Alexander Parsons Martin，〈格物入門〉*Gewu rumen*，北京 Beijing：同文館 Tongwenguan，1868。
- ，〈泰西制鐵之法〉“Taixi zhi tie zhi fa”，《中西聞見錄》*Zhongxi wenjianlu*，5，北京 Beijing：1872，頁 13-17。
- 王 韜 Wang Tao 著，方行 Fang Xing、湯志鈞 Tang Zhijun 整理，〈王韜日記〉*Wang Tao riji*，北京 Beijing：中華書局 Zhonghua shuju，1987。
- 合 信 Benjamin Hobson，〈博物新編〉*Bowu xinbian*，上海 Shanghai：墨海書館 Mohai shuguan，1855。
- 李金沂 Li Jinyi，〈韃靼漲圈之製造〉“Goubei zhangquan zhi zhizao”，《中國工程學會會刊》*Zhongguo gongcheng xuehui huikan*，6，北京 Beijing：1943，頁 89-94。
- 韋廉臣 Alexander Williamson，〈格物窮理論〉“Gewu qiongli lun”，《六合叢談》*Liuhe congtao*，6，上海 Shanghai：1857，頁 3-5。
- 徐 壽 Xu Shou，〈汽機命名說〉“Qiji mingming shuo”，《格致彙編》*Gezhi huibian*，1.6，上海 Shanghai：1876，頁 6-8。
- 徐仲虎 Xu Zhonghu，〈煉銅鑄銅銅板鑄銅管抽銅管焊銅管各法〉“Lian tong zhu tong tongban zhu tongguan chou tongguan han tongguan ge fa”，《格致彙編》*Gezhi huibian*，3.11，上海 Shanghai：1880，頁 14-15。

- _____, 〈閩克鹿卜廠造炮記〉“Yue Kelubu chang zao pao ji”, 《格致彙編》 *Gezhi huibian*, 4.5, 上海 Shanghai: 1881, 頁 14-15。
- 徐維則 Xu Weize、顧燮光 Gu Xieguang 編, 《增版東西學書錄》 *Zengban Dongxixue shulu*, 收入王韜 Wang Tao、顧燮光 Gu Xieguang 等編, 《近代譯書目》 *Jindai yishu mu*, 北京 Beijing: 北京圖書館出版社 Beijing tushuguan chubanshe, 2003。
- 偉烈亞力 Alexander Wylie、徐壽 Xu Shou, 《汽機發軔》 *Qiji faren*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1871。
- 傅蘭雅 John Fryer, 〈江南製造總局翻譯西書事略〉“Jiangnan zhizao zongju fanyixishu shilue”, 《格致彙編》 *Gezhi huibian*, 3.5, 上海 Shanghai: 1880, 頁 9-11。
- _____, 《金石中西名目表》 *Jinshi Zhongxi mingmu biao*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1883。
- _____, 《化學材料中西名目表》 *Huaxue cailiao Zhongxi mingmu biao*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1885。
- _____, 《西藥大成藥品中西名目表》 *Xiyao dacheng yaopin Zhongxi mingmu biao*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1887。
- _____, 《汽機中西名目表》 *Qiji Zhongxi mingmu biao*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1890。
- 傅蘭雅 John Fryer、徐建寅 Xu Jianyin, 《汽機必以》 *Qiji biyi*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1872。
- _____, 《汽機新制》 *Qiji xinzhizhi*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1873。
- 傅蘭雅 John Fryer、華備鈺 Hua Beiyu, 《兵船汽機》 *Bingchuan qiji*, 上海 Shanghai: 江南製造總局 Jiangnan zhizao zongju, 1894。
- 漆義齡 Qi Xiling, 〈活塞環 (Piston Ring)〉“Huosaihuan (Piston Ring)”, 《江西公路》 *Jiangxi gonglu*, 8, 南昌 Nanchang: 1948, 頁 25。
- 薛福成 Xue Fucheng 編, 《曾文正公奏疏》 *Zeng Wenzheng gong zoushu*, 中國哲學書電子化計劃 Zhongguo zhhexueshu dianzihua jihua, <https://ctext.org/wiki.pl?if=gb&res=969447>。
- 魏源 Wei Yuan, 《海國圖志》 *Haiguo tuzhi*, 中國哲學書電子化計劃 Zhongguo zhhexueshu dianzihua jihua, <https://ctext.org/wiki.pl?if=gb&res=7>。
- 蘊華 Yun Hua, 〈怎樣開火車龍頭〉“Zenyang kai huoche longtou”, 《科學畫報》 *Kexue huabao*, 5, 上海 Shanghai: 1947, 頁 306-307。

- 顧紹衣 Gu Shaoyi, 〈最近之高速武裝飛行機〉“Zuijin zhi gaosu wuzhuang feixingji”, 《東方雜誌》 *Dongfang zazhi*, 6, 上海 Shanghai: 1917, 頁 111-118。
- “Acoustics in China,” *Nature*, 23, 1881, pp. 448-449.
- “Ein Sieg Deutschlande auf dem Weltmarkts,” *Export*, 4, 1882, S. 33-35.
- Arnott, Neil. *Elements of Physics; or Natural Philosophy, General and Medical: Written for Universal Use, in Plain or Non-Technical Language; and Containing New Disquisitions and Practical Suggestions*. Philadelphia: Lea & Blanchard, 1841.
- Bourne, John. *A Catechism of the Steam Engine in Its Various Applications to Mines, Mills, Steam Navigation, Railways, and Agriculture: With Practical Instructions for the Manufacture and Management of Engines of Every Class*. London: Longman, Green, Longman, Roberts, and Green, 1865.
- _____. *Introduction to Catechism of the Steam Engine*. London: Longman, Green, Longman, Roberts, and Green, 1865.
- Burgh, Nicholas Procter. *Pocket-Book of Practical Rules for the Proportions of Modern Engines & Boilers for Land & Marine Purposes*. London: E. & F. N. Spon, 1864.
- Chambers, William & Robert Chambers. *Chambers's Encyclopaedia*, vol. 9. Philadelphia: J. B. Lippincott & Co., 1875.
- Comstock, John Lee. *Elements of Chemistry*. New York: Pratt, Woodford & Co., 1853.
- Draper, John William. *A Text-Book on Natural Philosophy for the Use of Schools and Colleges: Containing the Most Recent Discoveries and Facts Compiled from the Best Authorities*. Cincinnati, OH: H. W. Derby, 1847.
- Fryer, John. *Records of the General Conference of the Protestant Missionaries of China. Held at Shanghai, May 7-20, 1890*. Shanghai: American Presbyterian Mission Press, 1890.
- _____. “Science in China,” *Nature*, 24, 1881, pp. 9-11.
- Lockhart, William. *The Medical Missionary in China*. London: Hurst and Blackett, 1861.
- Main, Thomas John & Thomas Brown. *The Marine Steam Engine: Designed Chiefly for the Use of the Officers of Her Majesty's Navy*. London: Hebert, Cheapside, 1855.
- _____. *The Marine Steam Engine: Designed Chiefly for the Use of the Officers of Her Majesty's Navy*. London: Longman, Brown, Green and Longmans, 1860.
- _____. *The Marine Steam Engine: Designed Chiefly for the Use of the Officers of Her Majesty's Navy*. London: Longman, Green, Longman, Roberts, and Green, 1865.
- Martin, William A. P. “Western Science as Auxiliary to the Spread of the Gospel,” *The Chinese Recorder and Missionary Journal*, 28, 1897, pp. 111-116.

- Patent Office. *Abridgments of Specifications Relating to the Steam Engine. Part I. A.D. 1618-1859*, vol. 2. London: Office of Patents for Invent, 1871.
- Sennett, Richard. *The Marine Steam Engine, a Treatise for the Use of Engineering Students and Officers of the Royal Navy*. London: Longmans, Green & Co., 1885.
- Sennett, Richard & Henry J. Oram. *The Marine Steam Engine, a Treatise for the Use of Engineering Students, Young Engineers, and Officers of the Royal Navy*. London: Longmans, Green & Co., 1924.
- Smith, Edgar C. *A Short History of Naval and Marine Engineering*. Cambridge: Cambridge University Press, 1937.
- Timbs, John. *Wonderful Inventions from the Mariner's Compass to the Electric Telegraph Cable*. London: George Routledge & Sons, 1868.

二、近人論著

- 王揚宗 Wang Yangzong, 〈江南製造局翻譯書目新考〉“Jiangnan zhizaoju fanyi shumu xin kao”, 《中國科技史料》 *Zhongguo keji shiliao*, 16, 北京 Beijing: 1995, 頁 1-18。
- 王憲群 Wang Hsien-chun, 〈蒸汽推動的歷史：蒸汽技術與晚清中國社會變遷 (1840-1890)〉“Zhengqi tuidong de lishi: zhengqi jishu yu wan Qing Zhongguo shehui bianqian (1840-1890)”, 《中央研究院近代史研究所集刊》 *Zhongyang yanjiuyuan jindaishi yanjiusuo jikan*, 64, 臺北 Taipei: 2009, 頁 41-85。doi: 10.6353/BIMHAS.200906.0041
- 白廣美 Bai Guangmei、楊根 Yang Gen, 〈徐壽與「黃鵠」號輪船〉“Xu Shou yu ‘Huanghu’ hao lunchuan”, 《自然科學史研究》 *Ziran kexueshi yanjiu*, 3, 北京 Beijing: 1984, 頁 284-290。
- 李文 Li Wen、戴吾三 Dai Wusan, 〈“韞韞”譯名考源〉“‘Goubai’ yiming kaoyuan”, 《哈爾濱工業大學學報》(社會科學版) *Ha'erbin gongye daxue xuebao (shehui kexue ban)*, 4, 哈爾濱 Harbin: 2004, 頁 36-39。doi: 10.16822/j.cnki.hitskb.2004.04.007
- 李恩涵 Lee En-han, 〈左宗棠的經世思想〉“Zuo Zongtang de jingshi sixiang”, 《中央研究院近代史研究所集刊》 *Zhongyang yanjiuyuan jindaishi yanjiusuo jikan*, 12, 臺北 Taipei: 1983, 頁 1-12。doi: 10.6353/BIMHAS.198306.0001
- 李國祁 Lee Kuo-chi, 〈清季自強運動前期國人對西方的認識與其改革思想〉“Qingji Ziqiang yundong qianqi guoren dui xifang de renshi yu qi gaige sixiang”, 《國立臺灣師範大學歷史學報》 *Guoli Taiwan shifan daxue lishi xuebao*, 17, 臺北 Taipei: 1989, 頁 175-240。doi: 10.6243/BHR.1989.017.175

- 洪桂己 Hong Gui-ji, 《近代中國外譯與內奸史料彙編：清末民初至抗戰勝利時期（一八七一—一九四七）》*Jindai Zhongguo waidie yu neijian shiliao huibian: Qingmo Minchu zhi kangzhan shengli shiqi (1871-1947)*, 臺北 Taipei: 國史館 Guoshiguan, 1986。
- 胡優靜 Hu Youjing, 〈英國漢學家偉烈亞力的生平與學術交往〉“Yingguo Hanxuejia Weilie Yali de shengping yu xueshu jiaowang”, 《漢學研究通訊》*Hanxue yanjiu tongxun*, 25.2, 臺北 Taipei: 2006, 頁 39-48。
- 孫 磊 Sun Lei, 《江南製造局蒸汽機譯著研究》*Jiangnan zhizaoju zhengqiji yizhu yanjiu*, 合肥 Hefei: 中國科學技術大學碩士論文 Zhongguo kexue jishu daxue shuoshi lunwen, 2011。
- 孫 磊 Sun Lei、呂凌峰 Lü Lingfeng, 〈江南製造局蒸汽機譯著底本考〉“Jiangnan zhizaoju zhengqiji yizhu diben kao”, 《或問》*Waku mon*, 20, 吹田 Suita: 2011, 頁 33-48。
- 張 芳 Zhang Fang, 〈江南製造局翻譯館的蘇籍譯員群體特徵探析〉“Jiangnan zhizaoju fanyiguan de Suji yiyuan qunti tezhen tanxi”, 《江蘇第二師範學院學報》*Jiangsu di er shifan xueyuan xuebao*, 34.3, 南京 Nanjing: 2018, 頁 82-87。
- 張玉法 Chang Yu-fa, 〈福州船廠之開創及其初期發展〉“Fuzhou chuanchang zhi kaichuang ji qi chuqi fazhan”, 《中央研究院近代史研究所集刊》*Zhongyang yanjiuyuan jindaishi yanjiusuo jikan*, 2, 臺北 Taipei: 1971, 頁 177-225。doi: 10.6353/BIMHAS.197106.0177
- 齊 君 Qi Jun, 〈近代“筆受”譯員群體探析——以江南製造局翻譯館為中心的考察〉“Jindai ‘bishou’ yiyuan qunti tanxi: yi Jiangnan zhizaoju fanyiguan wei zhongxin de kaocha”, 《歷史教學》*Lishi jiaoxue*, 22, 天津 Tianjin: 2017, 頁 46-53。
- 潘振泰 Pan Jen-tai, 〈清季「天文算學館」籌設爭議中的保守性思想分析〉“Qingji ‘Tianwen suanxue guan’ choushe zhengyi zhong de baoshouxing sixiang fenxi”, 《國立政治大學歷史學報》*Guoli zhengzhi daxue lishi xuebao*, 33, 臺北 Taipei: 2010, 頁 117-153。doi: 10.30383/TJH.201005_(33).0003
- 鄧 亮 Deng Liang, 〈江南製造局科技譯著底本新考〉“Jiangnan zhizaoju keji yizhu diben xin kao”, 《自然科學史研究》*Ziran kexueshi yanjiu*, 35.3, 北京 Beijing: 2016, 頁 285-296。
- 韓 琦 Han Qi, 〈傳教士偉烈亞力在華的科學活動〉“Chuanjiaoshi Weilie Yali zai Hua de kexue huodong”, 《自然辯證法通訊》*Ziran bianzhengfa tongxun*, 2, 北京 Beijing: 1998, 頁 57-70。

- Barracough, K. C. "The Development of the Early Steelmaking Processes—An Essay in the History of Technology," Ph.D. Dissertation, Sheffield: University of Sheffield, 1981.
- Bennett, Arthur Andrin. *John Fryer: The Introduction of Western Science and Technology into Nineteenth-Century China*. Cambridge, MA: Harvard University Press, 1967.
- Chang Hao. "What's in a Name: A Comparison of Chinese and Japanese Approaches to the Translation of Chemical Elements," *ChemTexts*, 4, 2018, pp. 1-12. doi: 10.1007/s40828-018-0065-0
- Chun, Doris Sze. "John Fryer, the First Agassiz Professor of Oriental Languages and Literature, Berkeley," *Chronicle of the University of California*, 7, 2005, pp. 1-18.
- Fyfe, Aileen. *Steam-Powered Knowledge: William Chambers and the Business of Publishing 1820-1860*. Chicago: The University of Chicago Press, 2012.
- Tola, Gabriele. *John Fryer and the Translator's Vade-mecum: New Perspectives on the History of Modern Chinese Scientific and Technical Lexicon*. Leiden: Brill, 2020. doi: 10.1163/9789004443211
- Wang Hsien-ch'un. *Western Technology and China's Industrial Development: Steamship Building in Nineteenth-Century China, 1828-1895*. New York: Palgrave Macmillan, 2022.

New Research on the Original Versions of Translated Works on Steam Engines Introduced during the Westernization Movement in the Late Qing Dynasty

Chang Hao

Center for General Education
I-Shou University
changhao1975@gmail.com

ABSTRACT

Introducing the knowledge of steam engines was one of the primary tasks of the Westernization Movement. The Kiangnan Arsenal's translations *Qiji faren* 汽機發軔, *Qiji biyi* 汽機必以, *Qiji xinzhì* 汽機新制, *Bingchuan qiji* 兵船汽機, and *Qiji Zhongxi mingmu biao* 汽機中西名目表 are the most complete and comprehensive introductions to knowledge regarding steam engines produced in the late Qing Dynasty. They were completed by Alexander Wylie (1815-1887), Xu Shou 徐壽 (1818-1884), John Fryer (1839-1928), Xu Jianyin 徐建寅 (1845-1901) and Hua Beiyu 華備鈺 (?-?) respectively. In particular, the original texts of *Qiji faren* and *Bingchuan qiji*, which were textbooks for the officers of the Royal Navy of the United Kingdom, advance the view that having a strong army is better than being a rich country. The *Qiji biyi* is rich in content, covering all kinds of steam engines used in ships, trains, agriculture and industry. As for the *Qiji xinzhì*, its title is slightly misleading in that there is no new content. The *Qiji Zhongxi mingmu biao*, which provides a set of naming guidelines for Chinese steam engine terms, was based on Xu Shou's "Qiji mingming shuo 汽機命名說."

Key words: the Westernization Movement, *Qiji faren* 汽機發軔, *Qiji biyi* 汽機必以, *Qiji xinzhì* 汽機新制, *Bingchuan qiji* 兵船汽機, *Qiji Zhongxi mingmu biao* 汽機中西名目表

(收稿日期：2022. 9. 13；修正稿日期：2023. 2. 1；通過刊登日期：2023. 3. 7)