臺大文史哲學報　第一百零三期
2025年5月　　頁41～76
臺　灣　大　學　文　學　院
DOI: 10.6258/bcla.202505_(103).02

方以智對西方天文學的接受、反省及其時代意義*

李　忠　達**

摘　要

方以智與明末天主教傳教士往來，對於西洋所傳入的天文學知識有濃厚的興趣。方以智樂於學習新知之餘，仍保持獨立反省與批判的能力。他面對歐洲中世紀天文學與神學混和的學說時，會通過驗算對利瑪竇等人傳播的理論和數據提出質疑；當他接觸歐洲科學革命的新典範伽利略、哥白尼、第谷學說時，也能欣賞其優點，納入自身的質測之學中。為了探明 17 世紀東、西方新、舊宇宙圖像的變動，以及明代中國對新學說的傳播與理解模式，本文擬從方以智學習西學的歷程著手，接著考察其對地圓說、水晶球宇宙、光肥影瘦論、三際與四行說等觀點的評析，深入理解其宇宙觀的變動與其在明清之際思想與科技史上的意義。

關鍵詞：方以智　地圓說　水晶球宇宙　光肥影瘦　三際說

2023.11..02 收稿，2024.12.19 通過刊登。

* 本文為國科會專題研究計畫「典範重構：明清思想史脈絡中的方以智天學思想」（MOST 110-2410-H-029-050-MY2）的成果之一。在此特別感謝匿名審查人提供之意見，深感本文寫作多有錯漏及不成熟之處，對未來改進方向啟發良多，謹此致上由衷謝忱。

** 東海大學中國文學系副教授。Email: budistdada@thu.edu.tw。

臺灣大學學術期刊資料庫

Fang Yizhi's Encounter with and Reflection on Western Astronomy and the Significance of His Thoughts during the Ming-Qing Transition

Lee, Chung-ta *

Abstract

During the late Ming dynasty, Fang Yizhi had extensive contact with Catholic missionaries and exhibited a strong interest in the astronomical knowledge introduced from the West. While eagerly embracing new knowledge, Fang maintained the capacity for critical thinking and self-reflection. When considering the medieval European theories that blended astronomy and theology, Fang employed verification-based calculations to challenge the theories and data disseminated by Matteo Ricci and his colleagues. When Fang encountered new paradigms developed by scholars of the European Scientific Revolution, such as Galileo, Copernicus, and Tycho Brahe, he appreciated their scientific merits and incorporated their theories into his own study of object-observation ("Zhi ce"). To investigate the transformations of old and new visual representations of the cosmos from both Eastern and Western perspectives in the 17th century, as well as to inspect the dissemination and interpretative models of new doctrines during the Ming dynasty of China, this paper begins by examining Fang's learning process of Western knowledge and then proceeds to investigate Fang's evaluations of various cosmological discourses, including the concept of Spherical Earth, the model of crystalline celestial spheres, the theory of Guangfei Yingshou, the Three-Region Theory, and the Theory of the Four Primordial Elements. This research deepens our understanding of the changes in Fang's cosmological views and the significance of his thoughts in the history of ideas and technology during the Ming-Qing transition.

Keywords: Fang Yizhi, spherical Earth, crystalline celestial spheres theory, Guangfei yingshou, the Three-Region Theory

* Associate Professor, Department of Chinese Literature, Tunghai University.
Email: budistdada@thu.edu.tw

臺灣大學學術期刊資料庫

一、前言

自利瑪竇（Matteo Ricci, 1552-1610）來華傳入天主教和科學新知，中國對整個世界的認知受到不小的衝擊。明末士人對這些知識感到興味盎然，而傳教士精準的數學計算和對天象的預測，更讓得他們學術傳教策略大獲成功，吸引到一批皈依者。方以智並非皈依者，但是他深深受到西學的許多新知所吸引。其中，天文學顯然是對方以智和當時整個思想界影響極其重大的一個領域。

明末傳入的西方天文學有兩種內涵，首先是在天主教神學語境中所闡述的宇宙觀，其次是屬於自然科學領域的天文學。[1]包含亞里斯多德（Aristotle, 384-322 BC）、阿奎那（Thomas Aquinas, 1225-1274）哲學和基督宗教倫理觀，改變了信仰天主教或親教士人的宇宙觀，並與傳統士人產生了根本性的分歧。[2]皈依天主教的徐光啟（1562-1633）曾指出利瑪竇的學說「略有三種：大者修身事天，小者格物窮理，物理之一端別為象數」。[3]第一種是宗教，第二種是自然科學，由於象數隸屬於物理之下，所以雖然序於第三，實際上仍是以前兩類為主。這代表明末士人認識到西學有宗教信仰和自然科學的兩面性；同時也表示他們依據中國固有的觀念系統，把理學、占星等內容整合到天文學的範疇之內。

方以智（1611-1671）與傳教士有親身接觸，對西學也有頗多探討，身處在兩種文化碰撞中，試著去理解和比較彼此學說的異同。由於方以智對天主教興趣和評價都不高，這裡也不準備討論。回顧過去學界探討方以智的西學時，經常讚揚他學習新知的開放心胸和自然科學上的成就。自從上個世紀的 50 年代侯外廬率先把方以智稱為「百科全書派大哲學家」[4]起，方以智在科學上的成就便

1 如艾儒略（Giulio Aleni）的著作中，便把天學與人學相對。參潘鳳娟，〈天學的對話：明末耶穌會士艾儒略與中國知識分子對宇宙論的討論〉，《哲學與文化》第 23 卷第 3 期（1996 年 6 月），頁 1431-1446。

2 參孫尚揚，〈論明末士大夫對天學的心態〉，《哲學與文化》第 21 卷第 10 期（1994 年 10 月），頁 934-943；祝平一，〈通貫天學、醫學與儒學：王宏翰與明清之際中西醫學的交會〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》第 70 本第 1 分（1999 年 3 月），頁 165-201；祝平一，〈劉凝與劉壎——考證學與天學關係新探〉，《新史學》第 23 卷第 1 期（2012 年 3 月），頁 57-104；蔡鐵權，〈東漸的天學：中國近代科學與科學教育的嚆矢〉，《浙江師範大學學報（自然科學版）》第 31 卷第 3 期（2008 年 9 月），頁 241-246。

3 明・徐光啟，〈刻幾何原本序〉，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》（香港：香港城市大學出版社，2001），上冊，頁 351。

4 侯外廬，〈方以智——中國的百科全書派大哲學家（上篇）〉，《歷史研究》1957 年第 6 期，頁 1-21、侯外廬，〈方以智——中國的百科全書派大哲學家（下篇）〉，

臺灣大學學術期刊資料庫

不斷被稱頌，幾無異辭。

這種評價當然是有根據的。方以智父祖、師友、子孫所共同形成的學術社群，相當熟悉天文、物理、數學、醫學、語言等學科，並且與明末天主教傳教士往來交遊，對西學抱持濃厚的興趣。方孔炤（1590-1655）撰有《崇禎曆書約》，方以智有《物理小識》和《通雅》，方中通（1634-1698）《數度衍》，還有王宣《物理所》、熊明遇（1579-1649）《格致草》等等，都能反映這股新興的研究風潮。[5]

不過，單純地讚賞方以智在學習西學的成功是不夠的。一來這種讚賞的背後可能隱含著把科學等同於進步的意識形態，讓我們的思考局限於單線目的論式的論述；二來是未免將明代中西文化相互碰撞的過程過度簡化。就方以智個人而言，固然能夠通曉西學是一項值得讚美的長處，但我們仍要追問，方以智對西學的理解在學習的歷程上有什麼前後期的差異？在西學東漸的脈絡中，他屬於全盤接受西學的西化派，還是抱持批判態度的學者？最後，方以智的宇宙觀是否因為對西學的接受，而拋棄或修改他原本相信的傳統中國學說？這牽涉到方以智究竟以什麼標準去理解和接受新知，重塑自身知識領域的界線。如果不能對於這個問題給予起碼的回答，恐怕我們現有的理解還是有不夠深刻之虞。

方以智自己曾經不只一次以「問郯」來比喻西學的價值。他在《物理小識》說：「天子失官，學在四夷，猶信」；[6]在〈參兩說〉說：「蓋嘗借泰西爲問郯，豁然表法」；[7]而講得最清楚的，或許是〈游子六天經或問序〉這段文字：

> 當明萬曆之時，中土化治，太西儒來，脬豆合圖，其理頓顯。膠常見者，駴以為異，不知其皆聖人之所已言也……子曰：「天子失官，學在四夷」，猶信。……資為郯子，不亦可乎！[8]

《歷史研究》1957 年第 7 期，頁 1-25。

5 這方面的論著，張永堂，《明末方氏學派研究初編》（臺北：文鏡文化事業公司，1987）；張永堂，《明末清初理學與科學關係再論》（臺北：臺灣學生書局，1994）已經做出重要的前行研究，對方以智接觸西士、西學的經歷和接觸過的書籍皆有整理。另外，張永堂在二書中討論《周易時論合編》的思想、方以智與熊明遇的交流、游藝的《天經或問》等著作，均為本文研究方以智西學的基礎。

6 清・方以智，《物理小識》（臺北：臺灣商務印書館，1968），卷 1，頁 18。

7 清・方以智著，張永義校注，《浮山文集》（北京：華夏出版社，2017），前編，卷 6，頁 208。

8 清・方以智著，張永義校注，《浮山文集》，後編，卷 2，頁 390。

臺灣大學學術期刊資料庫

據《左傳》紀載，「問郯」的典故發生在魯昭公時，屬國郯國的國君郯子來朝魯國。由於郯國祖先是東夷族的少昊，因此能詳細解說上古傳說時代少昊以鳥名官的掌故。孔子聽聞此事後，前往拜訪郯子，虛心求教。

「問郯」的掌故固然能被解讀成方以智虛心向西方學習，但是這段話中隱含的寓意應該被更謹慎地對待。首先是方以智說的，西學內容都是「聖人所已言」，所以不值得驚怪。這是一種西學內容為中國傳統所固有的說法，甚至有可能隱藏著、或進一步被詮釋成西學中源的觀點。其次，孔子雖然向郯子學習，但是整個「問郯」敘事的重點在於孔子的虛心向學，而不是高舉郯子的知識。孔子是主，郯子是從，雙方的主次關係是鮮明的。換言之，方以智並未像徐光啟等皈依天主教的士人一樣改宗西學，他的天文學知識建立在中國傳統的基礎上，西學只是提供他更多新的觀測資料和改進數學算法的參照對象而已。

儘管繼續鼓吹方以智在科學上的成就大概不會遭到太多的異論，但無論這種作法多麼具有吸引力，過度去脈絡化的理解仍然是不可取的。在這種背景下，本文希望以天文學為例，從兩個層面重新反思方以智對西學的學習和理解過程。首先是從方以智個人的學習經驗切入，更小心的定位他在每一人生階段的天文學知識水平，具體的說明「問郯」敘事中的西方天文學如何成為他的知識參照點。其次則是恢復明末清初中國接受歐洲天文學的脈絡，重新觀察在地圓說、水晶球宇宙體系、光肥影瘦說、冷熱溫三際說等課題的討論中，方以智的想法反映出那些中國傳統的宇宙概念，又是否在西學的影響下改變他對宇宙的認識。

二、方以智學習西方天文學的進程

方以智對西方天文學的理解不是在短時間內完成的。在這個過程中，他的理解或有成長，甚至進而產生反思和批評。以發生學的角度來說明這項進程，更能體現方以智個人學識上的變化。因此，本節擬將此歷程分為幾個不同階段，首先是幼年至青年時期，方以智開始接觸西方學說，和少數傳教士交流，始於萬曆四十七年（1619），終於崇禎十二年（1639）；其次是考中進士後寓居北京時期，因與湯若望（Johann Adam Schall von Bell, 1591-1666）結交而吸收大量西學知識，始於崇禎十三年（1640），終於崇禎十七年（1644）；最後則是明亡後流亡、出家，以迄於命終，始於順治二年（1645），終於康熙十年（1671）。方以智在這段時期編寫《物理小識》、《周易時論合編》，整理他所知的西學，並在著作中發表自己的意見。

幼年至青年時期，方以智對西學的開接觸始於九歲時隨父親方孔炤在長溪

臺灣大學學術期刊資料庫

見到熊明遇一事。容肇祖首先發現《膝寓信筆》的一條關鍵資料，提及方以智「幼隨家君長溪，見熊公則草談此事」；[9]隨後引用《物理小識》另一條資料：「萬曆己未，余在長溪親炙壇石先生，喜其精論」，[10]證明熊公乃是熊明遇。此後，學界確認年幼的方以智便曾向熊明遇學習西學，啟發他日後繼續從事自然知識的研究。[11]另外根據徐光台的考證，方以智在長溪讀到了熊明寓所著的《則草》一書，該書大量引用或改寫當時已出版的《泰西水法》《天問略》《渾蓋通憲圖說》《表度說》《簡平儀說》，和日後李之藻（1571-1630）所編的《天學初函》有許多內容相互重疊。[12]

由此觀之，方以智與熊明遇的相遇促成他繼續研讀西方傳入的自然科學著作，確無可疑。方以智不只是在《物理小識》中大量引用《格致草》[13]的篇章，

9 清・方以智，《膝寓信筆》，清・方昌翰輯，彭君華校點，《桐城方氏七代遺書》（合肥：黃山書社，2019），頁 462-463。

10 清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 3。容肇祖，〈方以智和他的思想〉，《容肇祖集》（濟南：齊魯書社，1989），頁 448。

11 如林慶彰，《明代考據學研究》（上海：華東師範大學出版社，2015），頁 489、490。羅熾，《方以智評傳》（南京：南京大學出版社，1998），頁 30。

12 徐光台，〈熊明遇與幼年方以智——從《則草》相關文獻談起〉，《漢學研究》第 28 卷第 3 期（2010 年 9 月），頁 259-290。

13 二書引用段落之對照，可製表展示如下：

《物理小識》篇名	頁數	《格致草》篇名	頁數
〈天象原理〉	1-3	〈原理恆論〉、〈原理演說〉	7-19
〈晝夜異〉	28-29	〈晝夜長短〉	87-88
〈節度定紀〉	30-31	〈節度定紀〉	115-118
〈南極諸星圖〉	31-32	〈附南極諸星圖說〉	410-411
〈南北風寒溫之異〉	34	〈南北風寒溫之異〉	322-323
〈雨徵〉	34-35	〈雨徵〉	313-314
〈凍成花鳥草木之形〉	37-38	〈凍成花鳥草木之形〉	316-318
〈野火塔光〉	41-42	〈野火〉、〈塔光〉	305-307、311
〈人身營魄變化〉	81-82	〈人身營魄變化〉	339-341
〈鹽〉	178	〈海鹽〉	283-284
〈召魔〉	285	〈召魔〉	363-364

表中《格致草》使用版本及頁碼，出自明・熊明遇著，徐光台校釋，《涵宇通校釋：格致草：附則草》（上海：上海交通大學出版社，2014）。需要補充的是，《物理小識》的〈圜體〉、〈九重〉、〈三際〉和談論日行、月相、宿度與大氣現象的多條文字，以及《通雅》考證天文、曆測的條目，內容與《格致草》有部分重疊；但是由於雙方文字不直接對應，也有可能是方以智抄錄自其他著作，故不列於表中。

臺灣大學學術期刊資料庫

他的《通雅》以及與父親方孔炤合編的《周易時論合編》[14]也大量引用該書內容。

不過，熊明遇和《格致草》對方以智的影響，不應該被過度誇大。首先是《格致草》文字出現在《物理小識》第一、二卷，集中在天文學、氣象學的內容，其分量在全書十二卷中僅占六分之一不到。而且，《格致草》的文字經常不是以定論的方式被引述，方以智通常會在同一條目中參考多條其他書籍的紀載，最後再下自己的判斷。熊明遇的西學對幼年方以智有啟蒙之功，《格致草》也是他知識領域的一部分基礎，但不能取代成年之後自主學習所增進的深度和廣度。

方以智二十四歲開始寓居南京，直到二十九歲鄉試中舉、三十歲中進士後才赴北京生活。在赴北京之前的這段時期，方以智閱讀過為數不少的西方天文學著作。首先，從《膝寓信筆》的記載可以得知他讀過李之藻所編的《天學初函》。《天學初函》分為理編（宗教）、器編（科學）兩編，共收書二十種。根據張永堂的統計，方以智僅引用過一次理編的宗教著作《七克》；器編著作引用極多，單單《職方外紀》就被《物理小識》引用超過六十次，熊三拔（Sabatino de Ursis, 1575-1620）《泰西水法》、《渾蓋通憲圖說》、《圜容教義》亦見引用。[15]《天學初函》之內容方面既包含天文學，也有數學、地理、生物、哲學與

14 徐光台考察《周易時論合編・圖象幾表》第 7 卷的內容，認為多半引用自王英明《曆體略》，但「似乎未發現有直接引自熊明遇《則草》或《格致草》的內容。」見徐光台，〈熊明遇與幼年方以智——從《則草》相關文獻談起〉，頁 284。細考之則不然，《周易時論合編・圖象幾表》第 7 卷中收錄的〈兩間質約〉有大量抄錄自《格致草》的內容，故列於表中作為補充。見清・方孔炤、方以智著，蔡振豐、李忠達、魏千鈞校注，《周易時論合編校注》（臺北：新文豐出版公司，2021），頁 413-422。《周易時論合編・圖象幾表》第 7 卷引用《格致草》的段落，可製表展示如下：

《周易時論合編》〈兩間質約〉段落	《格致草》篇名	頁數
「水氣凝質……百川匯焉」	〈海〉	280
「問：海何鹹……大地之下無不有鹽」、「問：鹹既生火……驗痕深尺」	〈海鹽〉	283-286
「問：潮汐……生氣在中也」	〈海潮汐〉	281-282
「海復為江乎……泉眼可徵」	〈江河〉	291-292
「凡山皆以石為體……山下出泉」	〈山泉〉	295
「日射地溫……如水發漚然」	〈風雲雨露霜霧〉	186-188
「雪花六出者……成摶則難」	〈雪〉	205-206
「雹何也……相激之徵乎」	〈雹〉	209-210

15 張永堂，《明末方氏學派研究初編》，頁 116-121。又，不只是《物理小識》引用《職

臺灣大學學術期刊資料庫

神學，可以說是當時西方學術在中國的大百科。

在《天學初函》之外，還有金尼閣（Nicolas Trigault, 1577-1628）《西儒耳目資》對方以智的聲韻學影響很大。這是他在南京時期獲得的書籍。[16]其他方以智讀過的著作，還有湯若望的《主制群徵》、利瑪竇《坤輿萬國全圖》。推測還有《名理探》、《辯學三筆》和《遠西奇器圖說》，總共有三十種以上。

另外，他在南京期間開始和傳教士交往。方以智《膝寓信筆》載：「頃南中有今梁畢公，詣之，問曆算奇器，不肯詳言，問事天則喜，蓋以《七克》為理學者也」。[17]文中的「梁畢公」指義大利籍耶穌會傳教士畢方濟（Francesco Sambiasi, 1582-1649）。此時為崇禎九年（1636），方以智二十六歲。[18]

方以智拜訪畢方濟，希望詢問的是遠西的「曆算奇器」，但是沒有得到滿意的答覆。畢方濟真正關心的是天主教的傳教事業，早在天啟四年（1624），他便曾撰寫《靈言蠡勺》，依據天主教義宣揚亞尼瑪（anima），亦即靈魂之意，並稱其為西方「費祿蘇非亞」（philosophy）中「最益」、「最尊」之學。[19]畢方濟還曾校訂同會孟儒望（João Monteiro, 1603-1648）所著之《天學略義》，該書所謂「天學」同樣是指天主造物、三位一體、耶穌受難等天主教教理。

這可以很好的解釋為什麼方以智向畢方際「問事天則喜」，因為傳教士的願望是說服中國士人皈依天主教信仰、接受西方的神學系統，至於曆算之學、鐘錶儀器都只是吸引中國人來接觸的媒介而已。方以智對天主教義始終不甚留

方外紀》，《通雅》也曾多次引用其內容。比如認識到地球「以地勢分五大洲」，分別是歐邏巴、利未亞（非洲）、亞細亞、南亞墨利加、北亞墨利加，這些譯名便是遵循《職方外紀》的用語。見清・方以智，《通雅》（上海：上海古籍出版社，1988），卷 11，頁 438。又如《物理小識》的〈水〉談及「西齊里亞」（西西里）、「度爾格」（土耳其）、「翁加黑亞」（烏克蘭），〈空中取火法〉談到幾墨得（阿基米德），〈堅木入水不朽〉談及墨是可（墨西哥）、利未亞之木，〈雞〉談到黑人國「馬挐莫大巴」……等，也是從《職方外紀》獲悉的新地理學知識。見明・艾儒略（Giulio Aleni）著，謝方校釋，《職方外紀校釋》（北京：中華書局，1996），卷 1-3，頁 1、49、87、96、105、114、132。

16 清・方以智，《膝寓信筆》：「今日得《西儒耳目資》，是金尼閣所著。字父十五，母五十，有甚、次、中三標，輕、濁、上、去、入五轉，是可以證明吾之等切。」見清・方昌翰輯，《桐城方氏七代遺書》，頁 453。

17 清・方昌翰輯，《桐城方氏七代遺書》，頁 463。

18 任道斌，《方以智年譜》（合肥：安徽教育出版社，1983），頁 76-77。

19 明・畢方濟（Francesco Sambiasi），《靈言蠡勺》，中國宗教歷史文獻整合編纂委員會編，《中國宗教歷史文獻集成》（合肥：黃山書社，2005），第 52 冊，頁 497。

臺灣大學學術期刊資料庫

意，和畢方濟的往來也沒有滿足他對西學的好奇。因此，方以智拜訪畢方濟一事的意義不應該被高估。

綜觀整個南京時期的方以智，一邊準備科考，一邊與復社成員遊宴唱和，日常流連在秦淮河畔，過著燈紅酒綠的公子生活。他學習天文、曆法的作品已經開始累積材料，但尚未經過整理及形成自身的意見。

或許更值得一提的是，方以智和復社友人形成一個對西學感興趣的學術社群。比如崇禎十五年（1642）孟儒望《天學略義》出版，[20]該書的校正人魏學濂（1608-1644）[21]是與方以智熟識的復社成員，同時也是著名的天主教徒。[22]包括復社父祖輩的東林黨人中，也有不少人跟傳教士關係匪淺。這代表著晚明士人與傳教士已經建立起不小的人際網絡，其中不只包含皈依天主教的信徒——比如《天學略義》的另一位校正人朱宗元——凡是對西學稍有興趣，或者只是在同儕驅力下共同參與活動的士人，都是潛在的對話對象。方以智混跡復社，自然替他創造與傳教士接觸的良好機會。

方以智學習西學的第二階段，始於崇禎十三年（1640）方以智考中進士，開始寓居北京。[23]當時他和北京的傳教士來往，最熟識者當屬湯若望。方以智在《物理小識》的〈礦水〉提及「道未公為余言之。崇禎庚辰（1640），進《坤

20 該書序言由張賡（1570-?）撰寫，故出版時間可從張賡生平事蹟得知。張賡與艾儒略合作多年，是明末積極翻譯和推廣傳教士著作的重要人物，地位僅次於聖教三柱石的徐光啟、李之藻和楊廷筠。參邱詩雯，〈張賡簡譜〉，《中國文哲研究通訊》第 22 卷第 2 期（2012 年 6 月），頁 125-140。

21 明・孟儒望（João Monteiro），《天學略義》，中國宗教歷史文獻整合編纂委員會編，《中國宗教歷史文獻集成》第 52 冊，頁 437。又，方以智贊魏學濂刺血上疏申冤、血書《孝經》二事云：「魏子一刺寫上疏白父冤，不衣華帛，不食兼味，不入青樓，其血書《孝經》，煌煌金石哉！」見清・方昌翰輯，《桐城方氏七代遺書》，頁 456-457。

22 參黃一農，〈忠孝牌坊與十字架——明末天主教徒魏學濂其人其事探微〉，《新史學》第 8 卷第 3 期（1997 年 9 月），頁 43-94。

23 方以智在北京時期努力學習天文學，除了受湯若望和西學的影響外，不應忽略黃道周（1585-1646）所產生的影響。此事因與西學無關，故附帶於此說明：當時方孔炤和黃道周當時同處監獄，在獄中論《易》，讓方以智大為驚嘆。黃道周善於用曆法來解讀《易》學，令方氏父子轉而投注精力在邵雍先天之學和與天文曆法結合的推步之術。代表這段時期學術成果的《曼寓草》收錄許多文章，廣泛涉及訓詁、聲音、文字、史學、經濟、醫藥、《易經》和天文學等，後來也分散收進了《通雅》和《物理小識》。方以智的《易》學融合天文曆算，重視象數，深受黃道周《易》學的啟發。這促成方以智一改過去詩文風雅的創作路線，轉向天文、曆法、經濟等實學。

臺灣大學學術期刊資料庫

輿格致》一書。」[24]方中通《陪詩》也曾說湯若望「與家君交最善」。[25]可見方以智與湯若望的交情匪淺，而且湯若望也不吝於分享西學中天文、物理、化學知識，大大滿足方以智的求知慾。

湯若望是在崇禎三年（1630）被耶穌會從西安調任北京，負責改曆的工作。由於徐光啟在前一年上奏修曆，接獲皇帝敕命依西法進行曆法改革，因此亟需天文學人才。原本擔任修曆工作的重要學者李之藻和鄧玉函（Johann Schreck, 1576-1630），不巧在修曆開始後一年內去世，於是湯若望和羅雅谷（Giacomo Rho, 1593-1638）才會調到北京。

湯若望繪製大量星圖，在多項測量和計算數據上採用了第谷（Tycho Brahe, 1546-1601）的宇宙體系，同時也多次引用哥白尼（Nicolaus Copernicus, 1473-1543）的學說和測算數據。[26]第谷體系雖主張太陽繞行地球，但其他行星則繞太陽運動，是一種折衷型的天文體系。第谷累積長年的觀測數據，加上他對天體運行的計算非常精準，導致耶穌會士在與中國天文學家的競賽中屢戰屢勝。這不僅給予傳教士進入北京權力核心的機會，西方天文學比中國傳統曆法更加精準這點，也讓大批中國士人大開眼界。

由湯若望編譯，再由徐光啟、李天經（1579-1659）分五次進奏的工作成果，就是《崇禎曆書》。徐光啟死後，湯若望一肩扛起修曆的任務，他在崇禎曆法改革上盡力之深，幾乎無人可比。甚至到清初順治年間採用西法改曆，自此後兩百年間欽天監的工作實際上掌握在傳教士的手中，湯若望居功厥偉。[27]

---

24 清・方以智，《物理小識》，卷 7，頁 170。

25 清・方中通，《陪詩》，卷 2，國家清史編纂委員會主編，《清代詩文集彙編》（上海：上海古籍出版社，2010），第 133 冊，頁 83。

26 傳教士進入中國時，適逢哥白尼日心說問世，舊有的托勒密地心說即將被新典範所取代。不過，由於羅馬教廷的禁令，以及哥白尼學說在計算上不夠精確的缺點，傳教士仍然選擇介紹在 17 世紀相對優秀的第谷體系。哥白尼日心說固然更為符合太陽系運行的真貌，但這是現代人的後見之明，不能據此貶抑第谷天文學在當時的價值。見李約瑟（Joseph Needham）著，陳立夫主譯，《中國之科學與文明》第 5 冊「J 耶穌會士時期」（臺北：臺灣商務印書館，1985），頁 434-442；江曉原，〈論耶穌會士沒有阻撓哥白尼學說在華傳播〉，《學術月刊》2004 年第 12 期，頁 101-110。

27 關於耶穌會士傳入之天文學內容及崇禎改曆的歷史，參李約瑟，《中國之科學與文明》第 5 冊「J 耶穌會士時期」，頁 421-460，以及薄內清著，杜石然譯，《中國的天文曆法》（北京：北京大學出版社，2017），第 7 章，頁 111-121。又，《崇禎曆書》經歷過多次重編和改名。《崇禎曆書》初編完成後，在明末未及刊行。清朝初年，湯若望重編為《西洋新法曆書》，康熙朝又由南懷仁（Ferdinand Verbiest，1623-1688）改為《新法曆書》，最後在乾隆朝以《新法算書》為名收入《四庫全書》

臺灣大學學術期刊資料庫

湯若望在認識方以智之前，已經有十年負責改曆工作的經歷，而且在他進入曆局以前，已經完成好幾項西方天文學著作的譯介。首先是天啟年間描述如何計算日食和月食的《交食說》，以及介紹伽利略（Galileo Galilei, 1564-1642）以望遠鏡觀測星象的《遠鏡說》。[28]方以智在著作中不只一次提到伽利略以望遠鏡觀測金星有朔望弦晦、[29]銀河雲漢為「細星之光」；[30]同時，日食的形狀和分秒等天象，都可以藉望遠鏡作出精準觀測。[31]這不僅在中國前所未聞，在歐洲也是天文學史上的重大突破。方以智很有可能就是在與湯若望的往來中，了解到全世界最新的天文學發展。

方以智在與湯若望的往來中獲益匪淺，讓他對西方天文學的認識有相當大的進步。方以智年僅九歲時向熊明遇學習，有許多尚未通曉之處，以至於他在南京時期自云閱讀李之藻的《天學初函》「多所不解」。[32]而與畢方濟結識時，畢方濟又不肯多談曆算與儀器，方以智的疑惑始終沒有得到確切的解答。而湯若望因工作所需，每日從事精密的天象觀測和曆法計算，同時並不避諱討論相關問題，對於方以智來說不啻是西學的寶庫；而對於湯若望而言，方以智是新科進士，文化、社會地位高，未來可能有很大的影響力，而且對天學感興趣，也是耶穌會學術傳教方針之下高度適切的人選。倘若方以智有皈依的可能性，或許能繼徐光啟之後為天主教傳教事業再豎立一道穩固的支柱。

考湯若望傳播的學說，其中包含天主教教理、亞里斯多德哲學，和純自然科學的內容。湯若望曾編譯《主制群徵》一書，取材自耶穌會神學家勒西烏斯

中。關於《崇禎曆書》不同版本的比較，見祝平一，〈《崇禎曆書》考〉，《明代研究》第 11 期（2008 年 12 月），頁 133-161。

28 望遠鏡傳入中國之經過及其影響，參孫文杰、唐延柯、蓋寧、張同杰、趙永恒，〈明末伽利略望遠鏡傳入中國探賾〉，《德州學院學報》第 36 卷第 4 期（2020 年 8 月），頁 1-6、11；石云里，〈明末首部望遠鏡專論《遠鏡說》補考〉，《安徽師範大學學報（自然科學版）》第 41 卷第 4 期（2018 年 7 月），頁 307-313；王廣超、吳蘊豪、孫小淳，〈明清之際望遠鏡的傳入對中國天文學的影響〉，《自然科學史研究》第 27 卷第 3 期（2008 年 7 月），頁 309-324。

29 方以智云：「西國近以望遠鏡測太白，則有時晦，有時光滿，有時為上下弦。」見清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 20。

30 方以智云：「雲漢，細星之光也。……西學以窺天鏡窺之，皆為至細之星。」見清・方以智，《通雅》，卷 11，頁 440。

31 方以智云：「以盆水映漏，與以遠鏡塞漏中，畫紙以觀日食所食之分秒畢形。……有謂遠鏡照物，百十步內，其大數倍。」見清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 26。

32 清・方昌翰輯，《桐城方氏七代遺書》，頁 462。

臺灣大學學術期刊資料庫

（Leonardus Lessius, 1554-1623）著作《論靈魂不滅》（*De animi immortalitate*）、《論神的智慧》（*De providentia numinis*）。該書闡述天主教神學，透過宇宙萬物有秩序的運行，並在自然界中各自扮演不同的腳色，論證此一世界必定有一偉大之造物主。以天象為徵，太陽的光照化育「如此安排恰當，亦可思主制之妙矣！舉一太陽，月與諸星皆可類推。」[33]我們無法確定方以智是否曾經聽湯若望講解相關內容，但他已經知道《創世紀》的大洪水和諾亞方舟故事，對天主教教義或許有少部分的知識。然而方以智向來對神學不甚措意，並且認為西學長於質測而不善通幾，[34]即便在詮釋水晶球宇宙的九重天說時，也不取神學而以傳統的於穆不已之天來做解釋。關於這點，下文會再詳述。這裡只希望強調，方以智從湯若望處認識到的西學，有諸多內容可能不見載於文獻，但仍是他西學知識的重要背景。而湯若望對於方以智的重要性，絕不應被低估。

另外，這並不意味著方以智在西學和天文學層面的知識已經進入完成階段，僅僅是相對於幼年至青年期有顯著的進展。綜觀方以智一生，均未撰寫有系統的西學著作，看法散見於多部著作中。他對許多西學的意見，需要等晚年許多著作出版時才算有一定論。

明亡之後，方以智對西學的研究進入最後一個階段。在此時期，他著手整理過去的札記，編撰《物理小識》、《通雅》、《周易時論合編》，西方天文學方面的知識也進入整理和反省的階段。與西學關聯最深者，自然屬於《物理小識》。根據蔣國保的考證，這部著作的初稿固然是在北京時期末尾的 1643 年撰成，但後續共花了方以智二十多年的時間，大幅度增補各種內容之後，於 1664 年由于藻出資刊印。可以說《物理小識》是方以智中晚年用力甚深的代表作之一。[35]作為《物理小識》前兩卷的天文、曆法、氣象、占候內容，自然也在這數

33 清・湯若望（Johann Adam Schall von Bell），《主制群徵》，卷上，中國宗教歷史文獻整合編纂委員會編，《中國宗教歷史文獻集成》第 52 冊，頁 407。

34 質測和通幾是方以智提出的重要方法學。早期學者如侯外廬簡單將質測定義為科學，通幾定義為哲學；蕭萐父從啟蒙思潮出發，主張此說與培根的歸納法有相通之處；蔣國保則承繼蕭萐父的論述，強調質測與通幾的方法論意義，並與培根、笛卡爾的哲學方法論進行類比。見蔣國保，〈質測與通幾的現代詮釋〉、〈質測與通幾之學的方法論意義〉，《方以智與明清哲學》（合肥：黃山書社，2009），頁 63-77、135-149。整體來說，方以智認為西學長於質測，重視的是西學對自然現象的觀察和紀錄；所謂的拙於通幾，則是反映他對天主教神學的輕視。方以智認為神學對理的解釋太過淺薄，不及於《易》學。

35 蔣國保，〈《物理小識》著作考〉、〈《物理小識》著作續考〉，《方以智與明清哲學》，頁 419-427。

臺灣大學學術期刊資料庫

十年間不斷的增長。

方以智與波蘭籍的耶穌會傳教士穆尼閣（Jan Mikołaj Smogulecki, 1610-1656）結識，也發生在此時期。入清之後，方以智流亡嶺南，又在廣西度過數年歲月。順治九年（1652）返鄉，次年為了避禍而出家，閉關南京天界寺，與穆尼閣結識。穆尼閣在順治三年（1646）入華，又於順治九年至十年依照艾儒略（Giulio Aleni, 1582-1649）指示前往南京傳教，和方以智閉關時間重疊。穆尼閣的年齡和方以智相仿，與其子方中通有私交。方以智的《物理小識》中，甚至有許多條記載直接徵引穆尼閣的說法。凡是稱「穆公曰」、「穆先生」，均指穆尼閣之言，可以證明方以智與穆尼閣有直接的接觸和討論。最重要的是，在諸多傳教士當中，穆尼閣是少數欣賞哥白尼學說，在中國的熱心傳播哥白尼學說的人。《物理小識》稱穆尼閣有「地游」之說，不僅是穆尼閣主張日心說、地繞日運行的證據，同時也是方以智認識哥白尼學說的珍貴紀錄。[36]

除了《物理小識》的記載之外，還有其他旁證可以說明方以智與穆尼閣因為天文學而結交。有學者指出，薛鳳祚（1600-1680）從穆尼閣學習，翻譯《天步真原》一書，該書是最早期引介哥白尼學說到中國的重要文本，同時也包含部分占星術的內容。《天步真原》的宇宙體系與第谷體系大不相同，一方面這是受到比利時天文學家蘭斯貝格（Philip van Lansberge, 1561-1632）《永恆天體運動表》（*Tabulae Motuum coelestium perpetua*）理論的影響，另一方面則顯示出薛鳳祚對第谷體系的不滿和對老師穆尼閣的信賴。只要把穆尼閣體系中地球與太陽的位置對調，與哥白尼的日心體系就是等價的。[37]《天步真原》書前所冠的序文如下：

36 引證穆尼閣之段落，見《物理小識》，卷 1，〈九重〉：「穆公曰：道未精也。我國有一生明得水星者，金水附日，如日暈之小輪乎，則九重不可定矣」；〈歲差乃星度與日周差而歲實無差〉：「穆公曰：地亦有遊，欲據一歲之測而定之乎？欲明其理，理則如此。蓋從前止以經星宿天而日周之，不知經星亦自行於靜天，而靜天不可見，故無悟者」；卷 2，〈地游地動也〉：「穆先生亦有地游之說，地中多空氣行其中，各方小動，亦常事也，重則地陷山移」；卷 9，〈柏〉：「穆公云：孛露有樹生脂，膏極香烈，名拔爾撒摩。傅諸傷損，一日夕肌肉復合，塗痘不瘢，以塗屍千年不朽壞。」見清・方以智《物理小識》，頁 19-20、23、52、222。

37 參肖德武，〈薛鳳祚：在中西天文學的交匯點上〉，《山東科技大學學報（社會科學版）》第 12 卷第 1 期（2010 年 2 月），頁 9-16。馬佰蓮、孫世明，〈鎔各方之材質，入吾學之型範——薛鳳祚科學觀探微〉，《山東科技大學學報（社會科學版）》第 12 卷第 1 期（2010 年 2 月），頁 1-8。

臺灣大學學術期刊資料庫

> 古人知不落有無之有即無也，體道而以藝藏身者往往然矣。天地間可見者皆不可見者，象數即虛空，猶全樹之為全仁也。聖人因天地之表而表之，謂之法。天地即渾沌之表法也，卦爻即太極之表法也，七曜五行之表法即於穆不已之天。道形無形，無無形，微顯、道器何間焉？儀公講不踰之道，而游曆象之器，成務以前民用。聖人深望後人之實學精義者，垣之、一行，代不屈指。地上知能成大願力，法至今日愈變愈密，問郯猶信，專綴犁然。海島金魚之星、緯線距度之正、最高象限之測、三角比例之算，瀛海泥丸質之脬豆，旁羅碧落如數米鹽，豈不大補開闢，容撓所未有哉！愚益以徵代明錯行之無息也，有開必先之日新也，日星為紀、月以為量之已成而明也。《天步真原》豈惟《周髀》賴之，言性與天道之專科者，可以知所補矣！苾馱散漢知題。[38]

文中的「儀公」指薛鳳祚，字儀甫。雖然這篇序文沒有冠上作者姓名，但是據石云里考察該文文末的作者自題、文章的語言風格，以及「全樹全仁」、「不落有無之有即無」、「象數即虛空」等概念來判斷，這篇序文幾乎可以確定出自方以智的手筆。[39]換言之，方以智不但在南京與穆尼閣、薛鳳祚均有接觸，同時閱讀過兩人合作翻譯的《天步真原》，為其寫作序文。

事實上，方以智曾經在《通雅》討論古今中外論「歲差」問題時，曾經大篇幅引用過《天步真原》，云：「中歷不及西士者，凡有數種」，分別牽涉到經星度差、黃道十二宮之宮分、月將之差、二十四節氣、算數推步之法、測景之法等六項問題。在每一項問題上，西學均勝過中學。最後結論云「何以西曆推其經緯，更真於日月耶！」[40]從這些證據看來，方以智不但讀過《天步真原》，而且確實接受了書中的一些觀點。不過，穆尼閣待在南京時間不長，順治十年（1653）他受到朝廷的延攬前往北京，隨後三年左右的時間遠赴東北、雲南、河南、廣州等地傳教，最終逝於肇慶。因此，穆尼閣與方以智只有數個月往來時間。

綜觀方以智在明亡之後的經歷，他對西學知識的吸收量與北京時期相比有

38 清・穆尼閣（Jan Mikołaj Smogulecki）、薛鳳祚譯編；褚龍飛、朱浩浩、石云里校注，《天步真原校注》（合肥：中國科學技術大學出版社，2018），頁 4-7。

39 石云里，〈《天步真原》的神祕序文〉，《廣西民族學院學報（自然科學版）》第 12 卷第 1 期（2006 年 2 月），頁 23-26。

40 清・方以智，《通雅》，卷 11，頁 448-449。

臺灣大學學術期刊資料庫

所減少。方以智與傳教士的往來，除穆尼閣外也罕見紀錄。方以智此時期將許多精力投注在《物理小識》、《周易時論合編》、《通雅》的整理和編寫上，對西學的接受進入反省和著作的階段。另外，方以智在此時期的學術重心還放在《藥地炮莊》、《東西均》、《易餘》、《冬灰錄》、《浮山志》等書的編寫上，這些書籍的哲學性強，或者是出家後身為禪師的說法語錄，或者是地方志，與西學關聯度較低。因此可以說，方以智此時期花費許多時間反省舊學，並結合中、西學說做出總結和評定。

方以智畢竟不是以數學、天文學為職業的疇人，他的學習歷程多半是以《天學初函》以及其他西學書籍為發端，再參考傳教士的解說而來。他的天文學水平固然高於一般士人，但並未長期從事觀測和實驗工作。這不意味著他不可能提出有價值的觀點，也不是要貶抑他在天文學上的成就，只是方以智對西學的吸收必然較為分散和零碎，無法與《崇禎曆書》這類規模龐大的系統性著作相提並論。他的興趣並沒有放在開創新的理論上，而是針中國古代未曾聽聞的新知和更精確的觀測技術，用作傳統學說的補充。這呼應著方以智「問郯」比喻中對中國古代聖人的信心，也反映出西方天文學頂多只是部分鬆動、而非全盤更新他的宇宙觀。

三、新舊過渡間的宇宙觀

接下來應該繼續追問的是，究竟方以智對那些西方天文學的新知感到興趣？其原因何在？這些觀點是否真正改變了方以智的宇宙觀？以下將挑選幾項明末最重要的天文學課題，分別討論之。

（一）地圓說

首先值得討論的課題非地圓說莫屬。中國古代沒有真正意義上的地圓說，不論蓋天說、渾天說，或星體處在無限大的空間中，由大氣推舉而浮動的宣夜說，都沒有肯定地球是一球體。對明朝的中國人來說，地球是圓體的說法是革命性的。李之藻在奏請朝廷翻譯西方天文學著作的時候，於疏文中列舉十四項中國前所未有的天文新知，首要的第一項就是「天包地外，地在天中，其體皆圓，皆以三百六十度算之」[41]的地圓說。

相對的，地圓說是西方天文學的基礎。早在希臘時代，亞里斯多德就提出

41 明・李之藻，〈請譯西洋曆法等書疏〉，明・陳子龍編，《皇明經世文編》，卷 483，《續修四庫全書》集部第 1662 冊（上海：上海古籍出版社，2002，影印明崇禎平露堂刻本），頁 471。

臺灣大學學術期刊資料庫

三項論證，證明地球為圓體。第一，越往北走，北極星角度越高，越往南走則越低；第二，海上的船隻靠近時，會先看到海面上出現桅杆，其後才能看到船體；第三，月食的時候，遮蔽月亮的陰影是圓形，可見擋住太陽光線的地球也是圓形。其後，影響西方天文學上千年的托勒密（Claudius Ptolemaeus, 100-168），其同心圓式的宇宙架構也預設地球是圓形。雖然從後見之明來看，地心說是不符實情的假說，一直要等到哥白尼提出日心說，才打破這個局面；不過，傳教士將地圓說連同地心說的宇宙體系介紹入中國時，仍然引發很大的震撼。

利瑪竇發現中國士人受到早期古籍如《周髀算經》等書的傳統影響，往往以「天圓地方」的模型來認識宇宙。這樣的認知框架很難容納歐洲當時觀測到的地理新知，於是利瑪竇開始繪製新的世界地圖，透過地圖、《乾坤體義》《渾蓋通憲圖說》等科學著作對士大夫傳播地圓說，獲得巨大的成功。另外，他在 1602 年的《坤輿萬國全圖》中說明耶穌會士由大西洋浮海來到中國的路線，展示這條海上航線是建立在地圓說的基礎之上。至於「天圓地方」觀，利瑪竇則是在漢文著作做出哲理化的解釋：「謂地為方者，語其德靜而不移之性，非語其形體也」。[42]在重新詮釋中國傳統宇宙觀的同時，避免傷害《周髀算經》等古籍的地位。在利瑪竇之後，傳教士紛紛著書傳播地圓說，如熊三拔《表度說》有「地本圓體」說、[43]《簡平儀說》有「論地為圓體」一節；[44]除此之外，陽瑪諾（Emmanuel Diaz, Junior, 1574-1659）的《天問略》、艾儒略的《職方外紀》、傅汎際（Franscisco Furtado, 1587-1653）的《寰有詮》等書，都有對地圓說做出不同程度的解釋和宣傳。

地圓說在士大夫群體中引發的迴響有很多種。完全接受地圓說的人以徐光啟、李之藻、楊廷筠、王英明為代表；接受地圓說，但是主張中國古已有之的觀點者，有葉向高（1559-1627）、熊明遇、方以智、梅文鼎（1633-1721）；完全持反對態度者則有楊光先（1597-1669）、王夫之（1619-1692）。[45]對本文

42 明・利瑪竇（Matteo Ricci），《乾坤體義》，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》，下冊，頁 602。

43 明・熊三拔（Sabatino de Ursis），《表度說》，王雲五主編，《四庫全書珍本十二集》第 139 冊（臺北：臺灣印書館，1973），頁 4。

44 明・熊三拔（Sabatino de Ursis），《簡平儀說》，王雲五主編，《四庫全書珍本十二集》第 139 冊，頁 23。

45 另外還有一知半解而中西理論並存者，如劉獻廷、丁柔克等人。參林金水，〈利瑪竇輸入地圓學說的影響與意義〉，《文史哲》1985 年第 5 期，頁 28-34；陳美東、陳暉，〈明末清初西方地圓說在中國的傳播與反響〉，《中國科技史料》第 21 卷第

臺灣大學學術期刊資料庫

而言比較重要的是，熊明遇主張「天地皆圓體」，而委婉的詮釋傳統說法為：「天覆地載，自位言也；天圓地方，自德言也」。[46]隨後方以智《物理小識》也完全肯定了這一項「遠西之說」：

> 天圜地方，言其德也；地體實圜，在天之中。喻如脬豆，脬豆者，以豆入脬，吹氣鼓之，則豆正居其中央。或謂此遠西之說。愚者曰：黃帝問岐伯：「地為下乎？」岐伯曰：「地，人之下，天之中也。」帝曰：「憑乎？」曰：「大氣舉之。」邵子、朱子皆明地形浮空，兀然不墜。以世無平子、沖之、一行、康節諸公耳。孔子曰：「天子失官，學在四夷」，猶信。世士不考，相傳地浮水上，天包水外，謬矣！地形如胡桃肉，凸山凹海。自徐玄扈奏立曆局，而《崇禎曆書》今成矣。老父以學者從未實究，故作〈崇禎曆書約〉。[47]

方以智用脬豆來比喻地圓。脬是膀胱，把一粒豆子放入脬中之後，將開口束緊，只留一絲空隙向內吹氣，使豆浮起，此一豆飄在脬中的形象便類似於圓地在天中之象。方以智又在《藥地炮莊》云：「萬國、六合吹脬豆而後徵也」；[48]《東西均・所以》云：「地在天中，如豆在脬，吹氣則豆正脬中，故不墜」。[49]對此說完全接受。尤其是脬豆被氣所吹起而飄起，正好對應理學家地形浮空之說。這使得方以智相信地圓說是中國古代所固有的觀念。

其實，中國古代的宇宙觀是由宣夜說的無限空間，加上渾天說的天球運動兩者合成的。渾天說經常把宇宙比喻成蛋黃處於雞蛋之中，被蛋白包覆，最外層的蛋殼則代表天球之壁，與地圓說確實十分類似。不過，這不必然表示地球已經被視為圓球了。地圓說遇到的最大難題是，如果地球是圓形，球體下方的人類是如何向下站立，而能牢牢的吸附在顛倒過來的地面，不至於傾斜、摔倒和墜落？因此，中國古代並不特別主張地球是球體。方以智在受到西方觀念影

1 期（2000 年 3 月），頁 6-12；曹一，〈由清代筆記看西方地圓說在中國傳播困難之原因〉，《廣西民族大學學報自然科學版》第 16 卷第 1 期（2010 年 2 月），頁 40-44。

46 明・熊明遇著，徐光台校釋，《涵宇通校釋：格致草：附則草》，頁 20。

47 清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 18-19。

48 清・方以智著，蔡振豐、魏千鈞、李忠達校注，《藥地炮莊校注》（臺北：國立臺灣大學出版中心，2021），卷 9，頁 946。

49 清・方以智撰，龐樸注釋，《東西均注釋》（北京：中華書局，2016），頁 309。

臺灣大學學術期刊資料庫

響後，清楚的意識到「地居天之正中，故人以各立之地為下，不知其彼此顛倒也」、[50]「居如蟻之遊，大氣鼓之，各以足所履為下，首所向為上」。[51]這已經脫離了天地有絕對上下關係的古代宇宙觀，並且用更加立體的方式來觀察人類所生存的空間。雖然當時還無法理解萬有引力的概念，只能用氣的吹拂來解釋此一現象，但相較於中國古代宇宙學說來說，已經是一種改進。

方以智並沒有意識到他的觀點已經和宣夜說加渾天說的傳統有所區別。他引用《黃帝內經素問》、邵雍（1012-1077）、朱熹（1130-1200）等人為例，主張地浮氣中使其不墜是中國古代便有的看法，這也是重申了熊明遇的見解。不過，熊明遇吸收了亞里斯多德的宇宙論後，藉此批判古代的天學和朱熹等宋儒的自然學說，因此主張傳統的格致知識是有問題的、待考據的對象。[52]方以智卻不然，朱熹、邵雍和其他古典文獻都是他在討論西學時取證的文本，主要用意在佐證其說，而非批判。

而且，方以智對西方地圓說背後的細緻區別，也不甚清楚。以氣的概念為例，若依照亞里斯多德的理論，地球（Earth）與月天之間為四元素所構成的「月下域」（sublunary sphere），土（earth）外為氣（air），氣之外為火，火之外才是日、月、金、木、水、火、土七曜。至於方以智所謂「大氣所舉」的「氣」是充斥宇宙間的物質，若要比較，應當更接近於亞里斯多德虛擬的第五元素「以太」（aether）。這凸顯出中、西學說之間畢竟不能精準的對應，而在兩種文化剛開始對接的時候，難免有這種近似於格義的現象出現。

（二）水晶球宇宙觀

水晶球式的宇宙體系是第二項從西方傳入，而中國古代從未出現過的想法。這種觀點的發源最早可追溯到希臘時代，柏拉圖（Plato, 427-347 BC）首先提出兩重圓球式宇宙論，將世界分為地球域（terrestrial area）和天域（celestial area）；隨後亞里斯多德將宇宙建立為同心圓式的結構，把天域分為月亮、水

50 清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 19。

51 清・方以智，《通雅》，卷 11，頁 438。

52 熊明遇對宋儒自然知識屢有批評。如在雹的生成問題上，熊明遇批評宋儒的「蜥蜴生雹」和「龍過則雹」說，可見他「不再是面對以占星氣或占候的方式來看自然現象，反而改採亞里斯多德自然哲學中四行的運動原理來解說空際的變化，並據此而考證中國傳統的自然知識」。見徐光台，〈西學傳入與明末自然知識考據學：以熊明遇論冰雹生成為例〉，《清華學報》第 37 卷第 1 期（2007），頁 146。在宇宙生成說上，熊明遇批判朱熹的「天旋如磨」和「地者，氣之渣滓」等說，見徐光台，〈明末清初西方世界地圖的在地化：熊明遇「坤輿萬國全圖」與熊人霖「輿地全圖」考析〉，《清華學報》新第 46 卷第 2 期（2016 年 6 月），頁 335。

臺灣大學學術期刊資料庫

星、金星、太陽、火星、木星、土星八重天。

在十二世紀以後，歐洲的經院哲學家把天主教教義與亞里斯多德哲學整合起來，主張地球位於整個宇宙的中心，從內到外依照同心圓的方式一層層向外展開。前幾重天域的次序與亞里斯多德時代相同，但在土星天外又增加恆星天（Firmanent）、宗動天（Primum mobile）、永靜天（Empyrean heaven）。恆星天顧名思義，即恆星星辰所在之處。宗動天是無星帶，西方天文學相信宗動天雖無星體，但是恆動不息，並且具有帶動底下多層諸天左旋運動的功能。至於永靜天則是上帝的居所。永靜天與其說是天體中的一環，不如說是為了運算方便而虛擬的天域，當永靜天被設定為永不變動時，所有天體都可以根據它與靜天的相對關係來計算其運行度數。由於歲差問題，有的中世紀學者還會再設定一層歲差天。因此水晶球體系有九到十二層不等的多種說法，在中世紀的天文學中佔有統治性的地位，並且被天主教會欽定為正統學說。

當傳教士在萬曆年間來華後，受到中世紀天文學的影響，也在中國傳播水晶球體系宇宙觀。羅明堅（Michele Ruggieri, 1543-1607）《天主實錄》、高母羨（Juan Cobo, 1546-1592）《辯正教真傳實錄》最早講述十重天的水晶球體系。在此之後，利瑪竇根據羅馬學院老師克拉維（Christoph Clavius，1538-1612）的著作《天球論注解》（*In Sphaeram Joannis de Sacro Bosco Commentarius*），接連在《乾坤體義》、《兩儀玄覽圖》、《坤輿萬國全圖》中介紹水晶球宇宙體系。[53]萬曆三十年（1602）利瑪竇勸說李應試皈依，促使李應試次年刊刻《兩儀玄覽圖》，依照天主教義標出第十一重天作為天堂所在，後續更刺激出〈乾坤體圖〉、陽瑪諾《天問略》的〈十二重天圖〉、王英明《曆體略》的〈九重天圖〉和王宏翰《乾坤格鏡》的〈十二重天圖〉。[54]至於利瑪竇《坤輿萬國全圖》所繪之〈九重天圖〉（圖 1），[55]則是九重天說的代表。

方以智最早應是從熊明遇處獲悉水晶球宇宙說，[56]日後他又在《通雅》云：

53 參李約瑟，《中國之科學與文明》第 5 冊「J 耶穌會士時期」，(1)中國和水晶球說的消失，頁 423-431；孫承晟，〈明末傳華的水晶球宇宙體系及其影響〉，《自然科學史研究》第 30 卷第 2 期（2011 年 4 月），頁 170-187。

54 徐光台，〈利瑪竇、李應試與《兩儀玄覽圖》〉，《漢學研究》第 30 卷第 4 期（2012 年 12 月），頁 133-167。

55 明・利瑪竇，《坤輿萬國全圖》，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》，上冊，頁 228。

56 熊明遇《則草》的〈定天重數〉收有一幅〈九重天圖〉，方以智幼年很可能已有接觸。見明・熊明遇著，徐光台校釋，《涵宇通校釋：格致草：附則草》，頁 431。

臺灣大學學術期刊資料庫

> 至利西江入中國而暢言之：自地而上為月天、水天、金天、日天、火天、木天、土天、恒星天，至第一重為宗動天，去地六萬四千七百三十二萬八千六百九十餘里。地心至月天四十八萬二千五百二十餘里。地球周九萬里，日輪大于地球百六十五倍又八分之三，大于月輪六千五百三十八倍又五分之一，而地球大于月者三十八倍又三分之一。諸曜各以例推之。此九層相包如蔥頭，日月星辰定在其體內，如木節在板，因天而動，而天體本明通透如琉璃，毫無限隔也。恒星分為六等，其第一等大于地球一百零六倍又六分之一，次者漸減，此以自然之數度推之。[57]

文中的利西江即是利瑪竇。上面這段引文並非對利瑪竇著作的直接引用，無法確認出處為何。不過《通雅》在此段文字之下，自「地與海本是圓形」，中間述及利瑪竇航海至大浪山，再云地球分五大洲，最終云「大約各州有百餘國」，[58]整段文字大體上應改寫自利瑪竇《坤輿萬國全圖》。[59]換言之，方以智是直接研讀利瑪竇的著作，而非經由他人的轉介。

上段引文說明的是九重天的次序，以及七曜天體的大小差異。文中所謂「恒星分為六等」，指的也是天體大小的等級，而非亮度。[60]接下來方以智也根據利瑪竇之說考證七曜的運行周期。由於這套宇宙體系仍以地球為宇宙中心，因此下面所說明的公轉周期，都是以天體圍繞地球運轉而言的：

> 月天二十七日三十一刻行一周，水天三百六十五日二十三刻行一周，金天三百六十五日二十三刻行一周，日天三百六十五日二十三刻五分行一周，火天一年五百二十一日九十三刻行一周，木天十一年三百一十三日七十刻行一周，土天二十九年一百五十五日二十五刻

57 清・方以智，《通雅》，卷 11，頁 437-438。

58 同上註，卷 11，頁 438-439。

59 明・利瑪竇，《坤輿萬國全圖》，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》，上冊，頁 217-219。

60 依照亮度而分六等星，最早是由希臘天文學家喜帕恰斯（Hipparkhos, 約 190-120 BC）所提出的。他根據肉眼可觀測的恆星，按照亮度分為六等，亦即視星等（apparent magnitude）。不過可見光的頻譜非常有限，加上各恆星與地球距離不同，因為視星等也不等於恆星發光的強度。喜帕恰斯的理論後來影響了托勒密，且因托勒密《天文學大全》的星表完全與其相同，導致他被第谷批評為抄襲。

臺灣大學學術期刊資料庫

> 行一周，經星天四萬九千年行一周，宗動天一日一周。所謂靜天，以定算而名。所謂大造之主，則於穆不已之天乎！[61]

從現代科學知識來說，水星、金星因為與太陽相對靠近，其光芒又經常為太陽所掩蓋，若站在地表觀測，實難發現兩星繞太陽公轉的周期。這裡的水星、金星運行周期都與太陽相同，其實是 17 世紀尚未突破觀測條件的限制，才會誤認為三顆星體等速運行。

方以智雖然大體上接受諸天高下的差別，但很敏銳的發現水晶球體系還是有可疑之處的。他比較過不同版本的西方天文學著作，發現各家說法都不一致。首先是他受到穆尼閣轉介哥白尼學說的啟發，察覺「金、水附日，如日暈之小輪乎，則九重不可定矣」，亦即金星天和水星天的運行周期既然與太陽相等，很可能與太陽歸屬同一層，而沒必要分出三層天球。又因為《格致草》以恆星天七千年一周、宗動天四萬九千年一周；利瑪竇《渾蓋通憲圖說》又以四萬九千年為歲差一周，與上段文所云宗動天一日一周的設定截然不同，不禁要批評它們「不已自相矛盾耶！」[62]

由此觀之，方以智並沒有真正接受水晶球宇宙體系。水晶球體系之所以引起中國士人莫大的反響，是由於古代中國的學說沒有這麼清晰而具體的宇宙結構，而水晶球系統以幾何上的完美秩序，屢屢讓中國人驚嘆宇宙竟然可以如洋蔥般層層剝開，又有如水晶琉璃般晶瑩剔透。另外，中國古代典籍中，《楚辭・天問》的「圜有九重」和揚雄《太玄經》的「天有九天」等說法，似乎都在數字上與西方的九重天能夠呼應。這使得中國士人在傳統學說的基礎上，更容易接納這種說法。可是，當傳教士將水晶球宇宙帶入中國時，這套理論在歐洲已經走向沒落。中世紀的天文學開始讓位給伽利略、第谷、哥白尼代表的新天文學。傳教士帶進中國的天文學呼應這股潮流，從湯若望、羅雅谷接手編寫《崇禎曆書》時，水晶球宇宙說就被拋棄了。方以智與湯若望熟識，自然不可能對

61 清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 19。另外，《周易時論合編・圖象幾表》中也有描述天體的運轉周期，可是數字與《物理小識》並不一致，若排除刊刻錯誤的可能性，最明顯的差異是「列宿天二萬四千四百年一周」，與此處「經星天四萬九千年行一周」相差超過一倍。見清・方孔炤、方以智著，蔡振豐、李忠達、魏千鈞校注，《周易時論合編校注》，頁 399。這種差異存在兩種可能，首先是該書根據的底本不同，導致數據差異有明顯落差；第二是該篇先由方孔炤編成，其數據計算方式原本就與方以智有異。無論是何種情形，基於落差過大的緣故，本文暫不視為方以智所為，並於注中說明。

62 清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 20。

臺灣大學學術期刊資料庫

此毫無所悉。

如果要討論水晶球宇宙說之於方以智的意義，絕不是一種被肯定的真知灼見，而是作為古代和近代宇宙觀的過渡媒介，讓他開始熟悉以幾何形態去思考宇宙的結構。不同版本的諸天周期儘管充滿矛盾，仍提供方以智批判和反省西方理論的機會。《物理小識》所載西方天文學中，不少條目就是以早期利瑪竇等傳教士宣揚的水晶球宇宙為基礎進行重新驗算。計算結果發現這些說法有很多錯誤，因而方以智做出西學不可輕信的結論。以下將討論的「光肥影瘦」說，就是《物理小識》中的著名案例。

（三）光肥影瘦論

「光肥影瘦」是方以智為了探討太陽與地球相對大小而提出的解釋。所謂的光肥，指的是在地球上觀測太陽的時候，看到的太陽圓面會比實際的太陽更大。而「影瘦」則是指太陽光在往地球和月亮等較小天體照射時，地球和月亮遮蔽陽光而出現的陰影會變小。這裡牽涉到數學和光學上的合理性。但是首先要觀察的是，方以智如何從利瑪竇的理論中發現問題：

> 利瑪竇曰：地周九萬里，徑二萬八千六百六十六里零三十六丈，日徑大於地一百六十五倍又八分之三距地心一千六百零五萬五千六百九十餘里。木星大於地九十四倍半距地一萬二千六十百七十六萬九千五百八四里餘，土星大於地九十倍又八分之一距地二萬五百七十七萬零五百六十四里餘，火星大於地半倍距地二千七百四十一萬二千一百里餘。金星小於地三十六倍又二十七分之一距地二百四十萬六百八十一里餘，月小於地三十八倍又三分之一距地四十八萬二千五百二十二里餘，水星小於地二萬一千九百五十一倍距地九十一萬八千七百五十里餘。經星有六等，皆大於地，以遠故望之小耳。[63]

利瑪竇的說法來源於《乾坤體義》。方以智和易堂九子之一的邱邦士討論過天文與《易》學，在《物理小識》中也引用邱邦士的驗算對利瑪竇數據提出質疑。邱邦士認為，如果依照利瑪竇的主張，地面至地心的距離為 14318 里又 18 丈，故地球直徑為 28636 里又 36 丈。太陽大於地球 165 又 3/8 倍，故可求得第一個太陽直徑數值約為 4735752 又 5/9 里。接下來再來驗算太陽直徑的數值是否準確。由《物理小識》提供的利瑪竇數據可知太陽距離地球 16055690 里，故可求

63 同上註，卷 1，頁 24。

臺灣大學學術期刊資料庫

得水晶球體系中的太陽天直徑約為 3211 萬里，周長約 1 億零 87 萬里。再依照 360 度來計算，太陽天每一度為 100870000 ÷ 360，約等於 280194.4 里。由每 0.5 度距離為太陽直徑，可知太陽直徑為 14 萬里。[64]

這些數值的矛盾在於，由太陽比地球大 165 倍多來計算，太陽直徑應有 473 萬里；而以太陽天度數換算出的太陽直徑為 14 萬里，兩者差距極大，其中必然有誤。而且，即使取太陽直徑為 14 萬里，也只有地球直徑 28636 里又 36 丈的四倍多，遠遠不及於 165 倍的數字。

再者，如果以生活常識來判斷，燈的火焰如果離手指半寸以內，則滾燙難耐；火焰有拳頭大小的話，三寸以內都焦灼不堪；至於野火燒到車輪大小，則三尺以內都炙熱到無法靠近。可見以火焰大小的三倍距離之內，灼熱程度都是不可能忍受的。而假設如利瑪竇所言，太陽直徑約 473 萬里，太陽距離地球又僅約 1605 萬里，則地球約處在太陽火焰大小的三倍距離之內，注定要被烤成焦土了。[65]

方以智既然對利瑪竇的數據的有所懷疑，便提出光肥影瘦說來解釋為什麼太陽不可能比地球大 165 倍。《物理小識》云：

> 愚者曰：前言日輪之大倍於離地之空，此算日離地三倍，足以破之矣。……皆因西學不一家，各以術取捷算，於理尚膜，詎可據乎？細考則以圭角長直線夾地於中，而取日影之盡處，故日大如此耳。不知**日光常肥，地影自瘦，不可以圭角直線取也**。何也？物為形礙，其影易盡。聲與光常溢於物之數，聲不可見矣，光可見，測而測不準也。屋漏小罅，日影如盤。嘗以紙徵之，刺一小孔，使日穿照一石，適如其分也。手漸移而高，光漸大於石矣。刺四、五穴，就地照之，四、五各為光影也。手漸移而高，光合為一，而四、五穴之影不可復得矣。光常肥而影瘦也。[66]

為什麼日光會大於光源本體，而地影會小於遮蔽的全長呢？這是一個光學上的

64 以上數據根據《物理小識》所載邱邦士計算結果。同上註，卷 1，頁 24-25。不過，邱邦士計算太陽天每一度僅 27 萬餘里，太陽直徑 13 萬餘里，數值較小，不夠準確，故本文已作出修改。

65 以上根據《物理小識》所載熊人霖之意見。同上註。熊人霖（1604-1666），字伯甘，即熊明遇之子。

66 同上註，卷 1，頁 25。

臺灣大學學術期刊資料庫

問題。從生活經驗來想，如果山寺在夜間懸掛一盞燈火，行人從遠處遙望都能看見，而且視覺上會看到燈火斗大。但是，這並不代表燈焰本身的體積大，只是一種視覺上的效果。關鍵在於，光線並不永遠以直線傳遞，當光線遇到障礙或進入不均勻的介質時，會產生繞射現象（Diffraction）。太陽光或月光照射大氣層的時候，會出現繞射而生出光圈，就是基於同樣的原理。所有的波都有繞射現象，方以智在文中提及人躲在障礙物後面一樣可以聽到聲音，就是因為聲波也有繞射作用。光有波的性質，自然也會發生繞射現象。因此方以智說「物爲形礙，其影易盡。聲與光常溢於物之數」，他用聲音繞射來比擬光線會滲透到障礙物後陰影的說法是正確的。

方以智把大氣造成光線繞射的現象稱為「氣暎差」，並引用魏樸之語云：「空中皆氣，江海水浮射之，其專綴之算影皆不直也。置錢於盌，遠立者視之不見；注水溢盌，錢浮於水面矣。此猶日未出而水光浮，日初出而不熱之理也。」因此，在計算光線距離時，必須考慮到「清蒙差」才能算得準確。故同一條文字後還有小字注引揭暄云：「地上浮游之氣日少而夜多，豎少而橫多，千差則蒙中有清，清中有蒙，蒙差少而清差多，要在算者之自得於心也。」[67]回頭看看利瑪竇著作計算日大於地的倍數時，都是「以圭角直線取」，也就是假設日光照射過程可以用完美的幾何圖形反映，這種忽略現實物理規律的算法，就是造成利瑪竇錯算的主因。

日光繞射現象還可以在日環蝕中得到驗證。《交食曆指》是湯若望所撰、羅雅谷校訂的天文學著作，是《崇禎曆書》的其中一部份，恰能代表第二代傳教士引進新天文學的成果。該書考察日環蝕中，月球阻擋在太陽和地球之間，卻不能完全掩蓋太陽光芒。但是依照月亮周徑大小來看，月亮陰影的周徑顯然不能大於太陽的周徑。因此，其中必有不合理之處。借用付邦紅、儀德剛所繪之圖（圖 2），[68]可以說明其義。

圖中的甲是地心（B），乙是月球，丙是日心，巳是人類在地表的觀測點（A）。該論述的主旨，即日光在地球大氣被折射向內而侵入月影，使得理應處於月球陰影中的人能夠看見太陽的金環。因此，光線實際上行經的路線為 C-A、D-A，而非 EA、FA 的直線連線；然而這就使人很容易誤將太陽的直徑算成 EF，而不是真實的 CD。實際上用地心和太陽連線的夾角 BC 和 BD 才能推算出太陽的真實直徑，與 E、F 無涉。方以智「光肥影瘦」的觀點與《交食

67 同上註，卷 1，頁 4-5。

68 付邦紅、儀德剛，〈試析「光肥影瘦」說的理論來源〉，《內蒙古師範大學學報（自然科學漢文版）》第 36 卷第 6 期（2007 年 11 月），頁 731。

臺灣大學學術期刊資料庫

曆指》如出一轍，這不禁讓我們猜測他是否曾研讀《崇禎曆書》，或者跟湯若望討論過此一課題，而不是完全自創出光肥影瘦說？

最後一項問題是，方以智在光肥影瘦論所做的實驗，究竟有沒有證明光線繞射現象？方以智以屋頂縫隙的日光為光源，以地上石塊為衡量基準，他準備了一張白紙，紙上刺穿一孔，舉起來介於光源和石頭之間，紙張高度則調整到日光穿透過後恰好涵蓋石頭的範圍。接著把紙片舉高，會發現日光不只照到地上的石頭，範圍還向外擴大。如果把紙上刺出四、五個孔，日光穿透之後會在地上照出四、五個亮斑。但是把紙片提高之後，亮斑逐漸擴大，最後所有亮斑會融合成一個大光斑。方以智認為，這就證明了光肥而影瘦的原理。

如果方以智的實驗是一種小孔衍射（即繞射）的實驗，那麼「光肥影瘦」說就可能具有光波動的理論雛形。不過，近期的研究指出，方以智的實驗是針孔成像，而非光線衍射。因為要觀察到光的衍射現象，小孔直徑必須小於千分之一毫米。而且由此形成的衍射條紋亮度非常低，在方以智粗糙的實驗條件下不可能觀察得到。[69]要把方以智的實驗說成是小孔衍射，未免名不符實。

方以智看到利瑪竇在數學邏輯上的錯誤，因而從日光繞射的經驗中尋找解釋。這種不輕易相信任何假說和結論，自行提出創新解答的態度，在科學的進步上具有重大的意義。不過，誘發方以智疑問的根源，是早期傳教士所傳播的中世紀天文學，而非湯若望、羅雅谷所引進的新天文學。方以智對西學的批判性接受，更準確地來說應該是對亞里斯多德、托勒密所統治的中世紀天文學不滿意，而藉助中國古代既有的知識以及第谷、哥白尼等人新天文學說的啟示來做出修正。

（四）三際、四行歸於一氣論

如果說地圓說是方以智毫無保留接受的新知，水晶球宇宙和光肥影瘦論表現出他對中世紀天文學的批判性反省，那三際和四行說反映的就是第三種情形：格義式的理解西方天文學。更有意思的是，這種格義不是起於方以智，而是利瑪竇為了方便中國人理解西方天文學和氣像學的理論，主動做出的格義學說。當利瑪竇的說法中國人吸收，甚至進一步發揮之後，就形成了方以智所闡述的三際、四行歸於一氣論。

四元行論和溫冷熱三際論（利瑪竇譯為「三域」）是以亞里斯多德學說為基礎，用以解釋雲霧雨露、霜雪冰雹等月下天大氣現象的理論。這兩套學說和

69 王永禮、胡化凱，〈方以智「光肥影瘦」說的實驗研究〉，《自然科學史研究》第21卷第4期（2002年10月），頁332-337；陳崇斌，〈「光肥影瘦」的光學機理〉，《廣西民族大學學報（自然科學版）》第13卷第1期（2007年2月），頁35-37。

臺灣大學學術期刊資訊庫

水晶球宇宙結合在一起，反映出多層天球之下、作為人類生存空間的地上世界的結構。利瑪竇《乾坤體義》借用老師克拉維《天球論注解》的圖式，繪出宇宙圖式為〈三域圖〉（圖 3）。[70]

在地球表面與十一重天之間的界域，就是溫、冷、熱三際。依照希臘人的宇宙觀，月下世界由土、水、氣、火四種元素構成，人類腳下所踏的大地為土，地表的江河湖海為水，人類可活動和呼吸的空間為氣，最上層靠近天球的一層則是火。四元素的相互激盪和重新組合，造成世上萬物的誕生和消滅。[71]月上的宇宙由以太構成，因此與四元素無涉。如果把地表到火元素以下的區域分成三層的話，最下一層因為能吸收太陽的光熱，溫度和暖，是為暖際；最上一層因宇宙一層層推動下方天球旋轉，使熱力像下傳導，並且又受到太陽的直接照射，因此極其灼熱，是為熱際；中間一層遠離太陽又不靠近地表，無法吸收熱能，因此溫度極寒，是為冷際。

由於中國古代對大氣現象的觀察經驗雖多，理論性的探討卻較少見，因此四行和三際說一旦傳入便引起人們相當大的興趣。熊三拔《泰西水法》除了介紹三際說，還解釋了濕潤的雲氣上升到冷際會凝結成雨，以及雪花為何是六瓣的情形。傅汎際《寰有詮》認為土氣升到最高會被火所焚燒，這些著火的土元素向下墜落，便出現隕石、流星和彗星等現象。[72]因其高度不超過 260 里，故月下天的氣層上限亦即 260 里。此後，高一志（Alfonso Vagnoni, 1566-1640）的《空際格致》，南懷仁的《坤輿圖說》、《驗氣圖說》和《靈台儀象志》等書也都有介紹三際說。[73]

有意思的是，在這整套宇宙和大氣學說被傳譯到中國的過程中，陰陽的概念被加了進來。這顯然不是歐洲固有的觀念，而是為了方便中國人理解而附加的格義式說明。利瑪竇說：「若南北二極之下，因違遠太陽者，陰氣盛，則上下熱暖處窄而中寒冷處廣；若赤道之下，因近太陽者，陰氣微，則反然，二熱

70 明・利瑪竇，《乾坤體義》，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》，下冊，頁 619。

71 四行說傳入中國的過程與反響，參徐光台，〈明末西方四元素說的傳入〉，《清華學報》新第 27 卷第 3 期（1997 年 9 月），頁 347-380；徐光台，〈明末清初中國士人對四行說的反應——以熊明遇《格致草》為例〉，《漢學研究》第 17 卷第 2 期（1999 年 12 月），頁 1-30。

72 關於傳教士對彗星成因的解釋，以及中國士人的反應，可參考徐光台，〈異象與常象：明萬曆年間西方彗星見解對士人的衝激〉，《清華學報》新第 39 卷第 4 期（2009 年 12 月），頁 529-566。

73 三際說傳入中國的過程與士人的反響，參孫承晟，〈明清之際西方「三際說」在中國的流傳和影響〉，《自然科學史研究》第 33 卷第 3 期（2014 年 9 月），頁 259-271。

臺灣大學學術期刊資料庫

煖處廣而寒冷處窄」。[74]原本這裡只是借用陰陽學說來輔助說明赤道和南北極溫度差異，但很快中國士人就以中國的氣論來理解整套四行和三際說。如方以智這麼說：

> 三際者，近地為溫際，近日為熱際，空中為冷際也。日光蒸地，火收地中，火必出附天而止，天火同體、水地相比也。**一氣升降，自為陰陽**。氣出而冷際遏之，和則成雨，如飯蒸之餾，遇蓋而水滴焉。陽亢則為風，陽欲入而周旋亦為風。初起之雲，則飯甑之氣也，飄散不收，或騰或霧，夜半陰氣清肅而上則為霧，結則為霜。雨上冷凝為霰，霰墜猛風拍開，成六出片，則為雪。陽氣伏陰氣之內不得出，爆開則為雷。火氣發越，適映雲際，其光疾甚，閃爍曰電。夏月火氣鬱蒸，沖濕氣而銳起，升高至冷際之深處，驟沍為雹。愚者曰：黃帝五運篇曰：「風寒在下，燥熱在上，溼氣在中，火遊行其間」，此至語乎！日所到則煖，日去則冷，一氣為陰陽而自相盤旋者也，三際概耳。[75]

在方以智的理解裡，三際不過是一個輔助性的理論框架，實際上所有大氣現象都是一氣的流行變化。地表吸收太陽熱力，故有陽氣潛藏；陽氣噴發升上天際，即成為周旋的風雲或飄散的霧。遇到冷際而凝結之後，便形成霜、霰和雪。陽氣爆發為雷，火氣發越為電。火氣上升速度過快，進入冷際深處而驟然凝結，便形成雹。如此一來，所有大氣現象都是陰陽二氣的變化，而陰陽二氣又不過是構成整個宇宙的一氣的不同型態而已。

方以智可能沒有意識到，他的三際為一氣變化的理論，大幅度的把西方學說簡化到可能失去本來面目的程度。在中國的語境中，整個宇宙都是由氣所構成，因此當三際說被解釋成一氣變化之後，其範圍就從月下天的大氣現象擴張到多層天球。而且，由於陰中伏陽、陽中有陰，陰陽二氣可相互轉換，這使得三際失去了明確的界線，更不可能如《寰有詮》一樣將三際的邊界定義為 260 里高。方以智保留下三際說為大氣做出分層的概念，這一點確實有幫助他將大氣現象解釋得比中國古代學說更有系統，但對背後理論的探討則未超出陰陽五行學說的架構。

74 明・利瑪竇《乾坤體義》，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》，下冊，頁 618。
75 清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 20-21。

臺灣大學學術期刊資料庫

另外，土、火、氣、水四元素各有固定的屬性和居處，乾、濕、冷、熱四元情的相互結合，則能創造出四種本性迥異的元素出來，並藉此解釋大氣、地表和地下各種自然現象的變化。利瑪竇《乾坤體義》繪有〈四元行圖〉（圖 4），[76]用以表示這些元素的組合關係。

傳教士在闡述四行說的同時，還附帶一層批判中國五行說和佛教地、水、火、風四大元素說的意涵。[77]可是，一旦方以智用一氣變化來簡化四行說，這些對元素不同性質及其相互組合的探討便落空了，而希臘四行說、中國五行說和佛教四大說也被單純當成東、西方對一氣變化所作的不同分類來看待。方以智在《物理小識》描述他對四行說的看法：

> 問：「中國言五行，泰西言四行，將何決耶？」愚者曰：「豈惟異域！邵子嘗言水、火、土、石，而略金、木矣。地藏水、火，分柔土、剛土為土、石也。朱隱老曰：四為體、五為用。金石同體，言金而石隱矣。周子尊水、火在上，次表中土，下乃列金、木焉。金、木者，從土中生出者也。今所據者，地之五材也。金為土骨，木為土皮是也。水為潤氣，火為燥氣，木為生氣，金為殺氣，以其為堅氣也，土為沖和之氣，是曰五行。《黃帝》曰：『六合之內，不離於五。』既言五運，又分六氣，不參差乎？播五行於四時，非用四乎？《易》曰『一陰一陽之謂道』，非用二乎？謂是水、火二行，可也；謂是虛氣、實形二者，可也。虛固是氣，實形亦氣，所凝成者，直是一氣，而兩行交濟耳。又況所以為氣而宰其中者乎？神不可知，且置勿論。但以氣言：氣凝為形，蘊發為光，竅激為聲，皆氣也。而未凝、未發、未激之氣尚多，故概舉氣、形、光、聲為四幾焉。」[78]

事實上，五行說自邵雍提出水、火、土、石說以後，有不少學說延伸、發揮以四元為體、五行為用的想法。這些學者包含邵伯溫、祝泌、張行成、胡廣、黃

76 明・利瑪竇，《乾坤體義》，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》，下冊，頁 613。

77 傳教士批判五行說的企圖是具有顛覆性的。因此，反天主教的士人經常針對這點來進行攻擊，而對西方學說友善的士人往往採取調和會通的立場。方以智無疑是會通論者的其中一員。參王皓，〈明清之際士人階層對西洋氣象學的容受芻議〉，《思想與文化》第 27 輯（2021），頁 274-292。

78 清・方以智，《物理小識》，卷 1，頁 10-11。

臺灣大學學術期刊資料庫

畿、朱隱老。利瑪竇不接受陰陽五行說，便運用這條以四為體、以五為用的思想脈絡來批判五行說，並銜接希臘哲學的四行說。[79]方以智對整個辯論的脈絡應該有所掌握，但最終採取更偏向形上學的方式，統攝所有的說法。對他來說，邵雍、朱隱老的四體五用說，甚至利瑪竇的四行說，都能夠成立；但是，其理論成立的基礎，建立在四、五可以被繼續化約為水火或陰陽二行，而二行還可以繼續化約為一氣的變化。既然所有現象都是一氣的變化，那麼要分類成兩行、四行、五行都可以接受，並沒有本質上的差異。方以智在此展現出他意欲集成古今學說的態度，既引用邵雍、朱隱老，又引用《黃帝內經素問》和《易經》，最後把所有不同時代、不同學派的理論統合起來，化約為「直是一氣」。不論是陰陽，還是虛實，連同萬物的形體、光芒、聲音都只是氣的變化。

若從方以智對四行說的評述來看，他對西方學說的理解並不恰當。不過，這不僅要歸因於中國固有知識體系的影響，也是拜利瑪竇等早期傳教士的格義式解說所賜。方以智不是唯一一個對西方學說有所誤解的人，而與其討論理解的正確與否，更重要的或許是在東西方文化接觸交流的時候，我們是否從方以智的案例上看清楚兩種宇宙的認識框架如何碰撞、激盪，而產生意料之外的結果。

四、結論

17 世紀是一個變動劇烈的時代。歐洲的科學革命已經啟動，天文學屢屢刷新人們對宇宙的認知，在中世紀統治數百年的舊學說逐一準備走下神壇。通過天主教傳教士的努力，這些新知被帶到了中國。利瑪竇等第一批傳教士把亞里斯多德、托勒密的天文學傳播開來，而湯若望、羅雅谷等第二代之後的傳教士則利用第谷、哥白尼的天文學革新中國曆法，從此主宰欽天監長達二百年的時間。中國古代的宇宙觀受到前所未有的震撼，儘管不是所有的傳統學說都喪失了自身的地位，但西方天文學帶給中國許多肉眼難以察覺的變化，在士人求知若渴的吸收新知時，默默撬動他們對整個宇宙的想像。

把方以智放在這個脈絡下，我們終於對於他如何學習和面對西方天文學，有一個比較完整的觀察視角。方以智吸收西方新知的管道，和其他中國士人別無二致。漢文典籍的流通是西洋新知傳播的第一個關鍵媒介，利瑪竇的著作和

79 參徐光台，〈四元為體與五行為用——從邵雍《皇極經世》到利瑪竇《乾坤體義》的歷史轉折〉，孫江主編，《亞洲概念史研究》（北京：商務印書館，2018），第 4 卷，頁 189-218。

臺灣大學學術期刊資料庫

李之藻編寫的《天學初函》，是文化水平較高的士人閱讀的重要文獻。這也構成方以智了解西方天文學的基礎。

傳教士和中國士人的積極接觸和交遊，儘管這些往來隱藏著傳教和說服士人皈依的目的，仍然獲得眾多士人的興趣和好感。西方的學說在這些交流中，默默地影響到參與其中的中國士人。畢方濟、湯若望、穆尼閣和方以智的直接往來，是這條傳播路徑的極佳例證。

中國士人自主的學習和溝通，也是西洋學說傳播的管道。熊明遇及其著作的《格致草》、王英明與《曆體略》、薛鳳祚與《天步真原》，或者可以加上邱邦士、熊人霖、魏學濂、揭暄、游藝、梅文鼎，還有方以智的兒子方中通、方中履，都是這個交流新知的士人社群一員。在這些不能忽略的時代和文化脈絡下，方以智能夠把西方的天文學提升到較高的水平，並不只是他一人的成就，而是所有明末清初東西方知識社群和書籍流通的結果。

更具體從方以智討論過的天文學課題來看，除了地圓說因觀測證據充足，較無疑義之外，刺激他不斷反思的學說，有相當大比例來自於第一代傳教士所宣揚的中世界天文學。水晶球的宇宙體系、地球與太陽的直徑比例、三際說和四行說，無一不帶有中古時期的理論特點。方以智能夠持批判性眼光看出它們的缺失，固然是他的眼光卓著；不過，他也藉助湯若望等第二代傳教士編寫的《崇禎曆書》，吸收歐洲新天文學的知識，來質疑舊天文學的錯誤。

不論方以智是有意識或者無意識，他確實把握到以全世界為尺度的天文學創新。他開始以更為立體的角度來思考人類所生存的地球，他掌握到以幾何方式建構整個宇宙圖像的技巧，了解如何計算天體的度數和距離，甚至對於光學也產生自己的獨特理解。但是也很遺憾，方以智並沒有超越他的時代太多。方以智在著作中並未對《崇禎曆書》為代表的新天文學有更多的介紹和反省，他的《物理小識》、《通雅》和與父親合作編寫的《周易時論合編》，多半仍停留在轉介和批評第一代傳教士著作的內容，甚至有時候會因為牽涉到中國固有的觀念系統，而出現後退的現象。方以智用氣論來解釋所有大氣現象和天體的運行，導致對自然現象的解釋變得更為模糊，就是這種退轉的案例。

17 世紀的宇宙圖像正在劇烈的變動，而方以智肯定參與到了開頭的一段過程。不過，東西方文化的碰撞，還有很多認知上的框架沒有那麼容易打破。如果說這段歷程有什麼意義的話，清代許多士人接續在方以智等愛好自然科學的學者之後，繼續關注天文、曆算、數學的發展，間接促成重視實證和觀測的學術風氣，或許已經證明作為開路先鋒的方以智等人功不可沒。

臺灣大學學術期刊資料庫

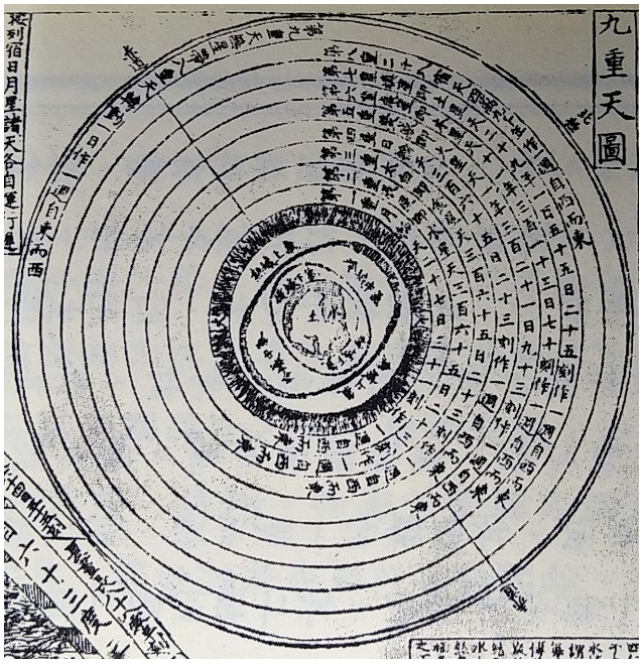


圖 1 利瑪竇《坤輿萬國全圖》〈九重天圖〉

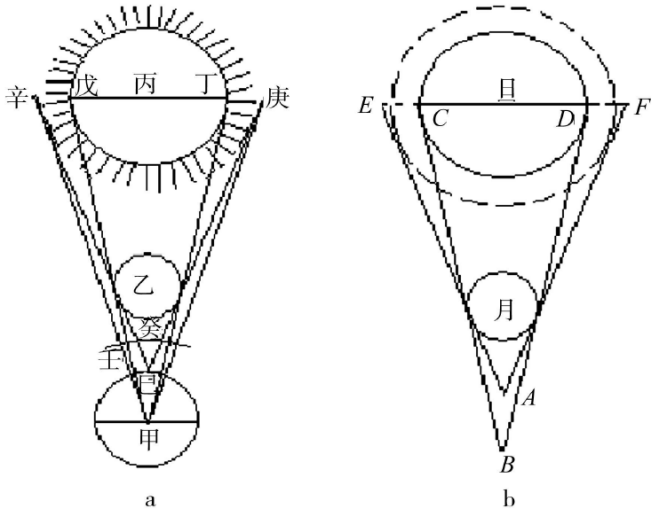


圖 2 《交食曆指》日環蝕光線繞射現象示意圖

臺灣大學學術期刊資料庫

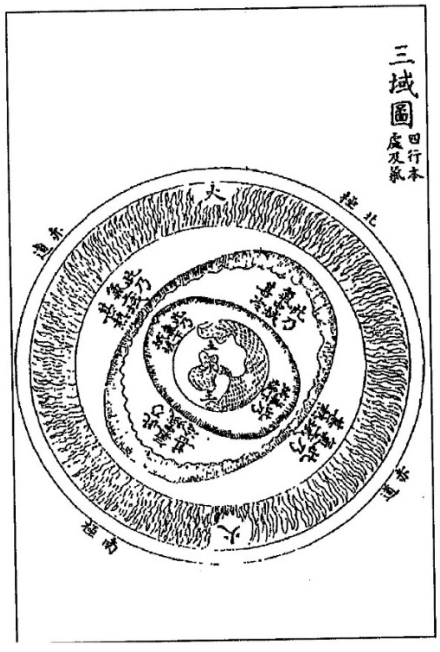


圖 3 利瑪竇《乾坤體義》〈三域圖〉

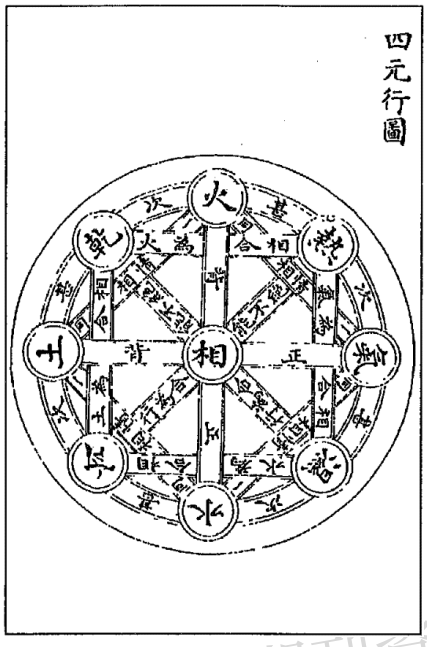


圖 4 利瑪竇《乾坤體義》〈四元行圖〉

臺灣大學學術期刊資料庫

引用書目

一、傳統文獻

明・艾儒略（Giulio Aleni）著，謝方校釋，《職方外紀校釋》，北京：中華書局，1996。

明・利瑪竇（Matteo Ricci）著，朱維錚主編，《利瑪竇中文著譯集》，香港：香港城市大學出版社，2001。

明・孟儒望（João Monteiro），《天學略義》，周燮藩主編，中國宗教歷史文獻整合編纂委員會編，《中國宗教歷史文獻集成》第 52 冊，合肥：黃山書社，2005。

明・畢方濟（Francesco Sambiasi），《靈言蠡勺》，周燮藩主編，中國宗教歷史文獻整合編纂委員會編，《中國宗教歷史文獻集成》第 52 冊，合肥：黃山書社，2005。

明・陳子龍編，《皇明經世文編》，《續修四庫全書》集部第 1662 冊，上海：上海古籍出版社，2002，影印明崇禎平露堂刻本。

明・熊三拔（Sabatino de Ursis），《表度說》，王雲五主編，《四庫全書珍本十二集》第 139 冊，臺北：臺灣印書館，1973。

———，《簡平儀說》，王雲五主編，《四庫全書珍本十二集》第 139 冊，臺北：臺灣印書館，1973。

明・熊明遇著，徐光台校釋，《涵宇通校釋：格致草：附則草》，上海：上海交通大學出版社，2014。

清・方中通，《陪詩》，國家清史編纂委員會主編，《清代詩文集彙編》第 133 冊，上海：上海古籍出版社，2010。

清・方孔炤、方以智著，蔡振豐、李忠達、魏千鈞校注，《周易時論合編校注》，臺北：新文豐出版公司，2021。

清・方以智，《物理小識》，臺北：臺灣商務印書館，1968。

———，《通雅》，上海：上海古籍出版社，1988。

清・方以智撰，龐樸注釋，《東西均注釋》，北京：中華書局，2016。

清・方以智著，張永義校注，《浮山文集》，北京：華夏出版社，2017。

清・方以智著，蔡振豐、魏千鈞、李忠達校注，《藥地炮莊校注》，臺北：國立

臺灣大學學術期刊資料庫

臺灣大學出版中心，2021。

清・方昌翰輯，彭君華校點，《桐城方氏七代遺書》，合肥：黃山書社，2019。

清・湯若望（Johann Adam Schall von Bell），《主制群徵》，周燮藩主編，中國宗教歷史文獻整合編纂委員會編，《中國宗教歷史文獻集成》第 52 冊，合肥：黃山書社，2005。

清・穆尼閣（Jan Mikołaj Smogulecki）、薛鳳祚譯編，褚龍飛、朱浩浩、石云里校注，《天步真原校注》，合肥：中國科學技術大學出版社，2018。

二、近人論著

王永禮、胡化凱，〈方以智「光肥影瘦」說的實驗研究〉，《自然科學史研究》第 21 卷第 4 期，2002 年 10 月，頁 332-337。

王皓，〈明清之際士人階層對西洋氣象學的容受芻議〉，《思想與文化》第 27 輯，2021，頁 274-292。

王廣超、吳蘊豪、孫小淳，〈明清之際望遠鏡的傳入對中國天文學的影響〉，《自然科學史研究》第 27 卷第 3 期，2008 年 7 月，頁 309-324。

付邦紅、儀德剛，〈試析「光肥影瘦」說的理論來源〉，《內蒙古師範大學學報（自然科學漢文版）》第 36 卷第 6 期，2007 年 11 月，頁 728-733。

石云里，〈《天步真原》的神祕序文〉，《廣西民族學院學報（自然科學版）》第 12 卷第 1 期，2006 年 2 月，頁 23-26。

———，〈明末首部望遠鏡專論《遠鏡說》補考〉，《安徽師範大學學報（自然科學版）》第 41 卷第 4 期，2018 年 7 月，頁 307-313。

任道斌，《方以智年譜》，合肥：安徽教育出版社，1983。

江曉原，〈論耶穌會士沒有阻撓哥白尼學說在華傳播〉，《學術月刊》，2004 年第 12 期，頁 101-110。

李約瑟（Joseph Needham）著，陳立夫主譯，《中國之科學與文明》，臺北：臺灣商務印書館，1985。

肖德武，〈薛鳳祚：在中西天文學的交匯點上〉，《山東科技大學學報（社會科學版）》第 12 卷第 1 期，2010 年 2 月，頁 9-16。

林金水，〈利瑪竇輸入地圓學說的影響與意義〉，《文史哲》1985 年第 5 期，頁 28-34。

林慶彰，《明代考據學研究》，上海：華東師範大學出版社，2015。

邱詩雯，〈張賡簡譜〉，《中國文哲研究通訊》第 22 卷 2 期，2012 年 6 月，頁 125-140。

臺灣大學學術期刊資料庫

侯外廬，〈方以智——中國的百科全書派大哲學家（上篇）〉，《歷史研究》1957 年第 6 期，頁 1-21。
———，〈方以智——中國的百科全書派大哲學家（下篇）〉，《歷史研究》1957 年第 7 期，頁 1-25。
孫文杰、唐延柯、蓋寧、張同杰、趙永恒，〈明末伽利略望遠鏡傳入中國探賾〉，《德州學院學報》第 36 卷第 4 期，2020 年 8 月，頁 1-6、11。
孫尚揚，〈論明末士大夫對天學的心態〉，《哲學與文化》第 21 卷第 10 期，1994 年 10 月，頁 934-943。
孫承晟，〈明末傳華的水晶球宇宙體系及其影響〉，《自然科學史研究》第 30 卷第 2 期，2011 年 4 月，頁 170-187。
———，〈明清之際西方「三際說」在中國的流傳和影響〉，《自然科學史研究》第 33 卷第 3 期，2014 年 9 月，頁 259-271。
容肇祖，《容肇祖集》，濟南：齊魯書社，1989。
徐光台，〈明末西方四元素說的傳入〉，《清華學報》新第 27 卷第 3 期，1997 年 9 月，頁 347-380。
———，〈明末清初中國士人對四行說的反應——以熊明遇《格致草》為例〉，《漢學研究》第 17 卷第 2 期，1999 年 12 月，頁 1-30。
———，〈西學傳入與明末自然知識考據學：以熊明遇論冰雹生成為例〉，《清華學報》第 37 卷第 1 期，2007，頁 117-157。
———，〈異象與常象：明萬曆年間西方彗星見解對士人的衝激〉，《清華學報》新第 39 卷第 4 期，2009 年 12 月，頁 529-566。
———，〈熊明遇與幼年方以智——從《則草》相關文獻談起〉，《漢學研究》第 28 卷第 3 期，2010 年 9 月，頁 259-290。
———，〈利瑪竇、李應試與《兩儀玄覽圖》〉，《漢學研究》第 30 卷第 4 期，2012 年 12 月，頁 133-167。
———，〈明末清初西方世界地圖的在地化：熊明遇「坤輿萬國全圖」與熊人霖「輿地全圖」考析〉，《清華學報》新第 46 卷第 2 期，2016 年 6 月，頁 319-358。
———，〈四元為體與五行為用——從邵雍《皇極經世》到利瑪竇《乾坤體義》的歷史轉折〉，孫江主編，《亞洲概念史研究》，北京：商務印書館，2018。
祝平一，〈通貫天學、醫學與儒學：王宏翰與明清之際中西醫學的交會〉，《中央研究院歷史語言研究所集刊》第 70 本第 1 分，1999 年 3 月，頁 165-201。
———，〈《崇禎曆書》考〉，《明代研究》第 11 期，2008 年 12 月，頁 133-161。

臺灣大學學術期刊資料庫

———，〈劉凝與劉壎——考證學與天學關係新探〉，《新史學》第 23 卷第 1 期，2012 年 3 月，頁 57-104。

馬佰蓮、孫世明，〈鎔各方之材質，入吾學之型範——薛鳳祚科學觀探微〉，《山東科技大學學報（社會科學版）》第 12 卷第 1 期，2010 年 2 月，頁 1-8。

張永堂，《明末方氏學派研究初編》，臺北：文鏡文化事業公司，1987。

———，《明末清初理學與科學關係再論》，臺北：臺灣學生書局，1994。

曹一，〈由清代筆記看西方地圓說在中國傳播困難之原因〉，《廣西民族大學學報自然科學版》第 16 卷第 1 期，2010 年 2 月，頁 40-44。

陳美東、陳暉，〈明末清初西方地圓說在中國的傳播與反響〉，《中國科技史料》第 21 卷第 1 期，2000 年 3 月，頁 6-12。

陳崇斌，〈「光肥影瘦」的光學機理〉，《廣西民族大學學報（自然科學版）》第 13 卷第 1 期，2007 年 2 月，頁 35-37。

黃一農，〈忠孝牌坊與十字架——明末天主教徒魏學濂其人其事探微〉，《新史學》第 8 卷第 3 期，1997 年 9 月，頁 43-94。

潘鳳娟，〈天學的對話：明末耶穌會士艾儒略與中國知識分子對宇宙論的討論〉，《哲學與文化》第 23 卷第 3 期，1996 年 6 月，頁 1431-1446。

蔡鐵權，〈東漸的天學：中國近代科學與科學教育的嚆矢〉，《浙江師範大學學報（自然科學版）》第 31 卷第 3 期，2008 年 9 月，頁 241-246。

蔣國保，《方以智與明清哲學》，合肥：黃山書社，2009。

羅熾，《方以智評傳》，南京：南京大學出版社，1998。

藪內清著，杜石然譯，《中國的天文曆法》，北京：北京大學出版社，2017。

臺灣大學學術期刊資料庫