《天工開物》與《達文西筆記》：設計思考觀點的比較研究

陳歷渝、吳彥

Song, Ying-Xing's *Tiangong Kaiwu* and *Da Vinci's Notes* : A Comparative Research based on Design Thinking／Chen, Li-Yu, Wu, Yan

摘要

「設計思考」（Design Thinking）是一種「以人為本」的設計方法論，透過人的需求和感受，尋求解決各種議題的創新方案，同時也考量科技與商業運作的可能性。16、17 世紀的中國和歐洲，資本主義正在興起，科學革命和技術的迅猛發展，「設計思考」也逐漸的成熟。以宋應星《天工開物》和《達文西筆記》為代表的著作，一直影響當今的人文科學和文化，至今尚未見文獻探討二者間有關「設計思考」的異同。本文旨在分析《天工開物》與《達文西筆記》的歷史背景，從「洞見」、「觀察」、「同理心」分析二者「設計思考」的關鍵要素，評價二者「設計思考」方法之成就，為當今的設計實踐，探索「設計思考」解決問題和創新應用的方式。本文首先分析「設計思考」的定義與關鍵要素。其次，對比二者的歷史背景文獻，並探討二者在「洞見」、「觀察」、「同理心」三個設計思考關鍵要素的異同，通過歸納整理，總結二者在「設計思考」方法上的成就。

關鍵字：天工開物、達文西筆記、設計思考、以人為本、設計思考關鍵要素

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

壹、緒論

一、研究動機

宋應星《天工開物》和《達文西筆記》此二文件對科學技術有偉大的貢獻，使得許多生產技術沿用到近代，並且對當今的人文科學和文化形成深遠影響。有關科學與藝術之研究論述雖多，但未見探討兩者在「設計思考」上之異同。近年「設計思考」越來越受到歡迎，已被視為一個激勵人心的新範例，用於處理 IT、商業、教育和醫學等領域的問題，影響設計研究領域，需要有關於「設計思考」要素和方法探索。

二、研究目的

《天工開物》所處的時代與《達文西筆記》的時代相近，二者在科技、人文與藝術等方面一直影響至今，有關科學與藝術之研究論述也多。近年來歐美學者對於設計思考進行研究，認為「設計思考」是一種實用、創造性解決問題的方法，是以解決方案為基礎的思維形式，目的是產生建設性的未來結果。《天工開物》和《達文西筆記》中，二者的「設計思考」有其獨特的關鍵要素和方法特質，值得進行深入的探索與分析，做為為當今的「設計思考」研究的補充。本研究目的即在探討二者的「設計思考」關鍵要素，評價二者的「設計思考」方法之成就，為當今的設計實踐，尋找「設計思考」解決問題和創新中的應用方式。

三、研究方法

研究方法與步驟包括：搜集相關文獻、採用經常性比較法（Constant Comparative Method）[1]和主題分析法（Thematic Analysis）[2]、歸納結論與建議。運用貝瑞岱（G. Z. F. Bereday）[3]的比較教育研究的四階段：蒐集、描述、並排與比較方法進行論述（圖 1）。

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

[1] 經常性比較法（constant comparative method）指的是從所收集的資料中提煉資訊、加以比較、以形成類別的系統化歷程。

[2] 主題分析法（Thematic Analysis）是一種運用系統步驟觀察情境脈絡、文化或互動關係的訊息分析方式，也是一種看見、理出感覺使道理顯現的分析方法。「主題」代表文本中常出現的元素，包括主張、慣用語或情境脈絡下的意義，而「主題分析」即是將這些主題再現的過程。從訪談文本中，不斷重複出現且具有共通性的，就是我們要探尋的共同主題，所以整個分析流程是循著「整體—部分—整體」來回於文本與詮釋之間。

[3] 參見洪雯柔，《貝瑞岱比較教育研究方法之探析》，新北市，揚智文化事業股份有限公司，2000 年。

貳、以人為本的設計思考

設計思考是一種「以人為本」的設計方法論，透過人的需求和感受，尋求解決各種議題的創新方案，同時也考量科技與商業運作的可能性。以下從設計的定義、設計思考的定義及設計思考的要素進行討論：

一、設計的定義

「設計」的定義，簡單來說就是一種有目的的創作行為。德國的工業設計師 Bernd Loebach 在其著作《工業設計》（*Industrial Design*）一書中描述：「設計＝目的＋計畫」[4]。維克多・巴巴納克（Victor Joseph Papanek）在《為真實世界設計》（*Design for the real world*）中開場白就是「人人都是設計師」[5]。Guy Julier 在《設計的文化》（*The Culture of Design*）[6]一書中引用約翰沃克（John Walker）對設計的定義：

> 設計可以指一個過程（設計的行為或實踐）；或該過程的結果（設計，草圖，計劃或模型）;或是經由設計協助製作出的產品（設計商品）；或是指產品外觀或整體模式（我喜歡那件衣服的樣式）。[7]

二、設計思考的定義

「設計思考」（Design Thinking）顧名思義，是一個「以人為本」的解決問題的方法論。「設計思考」是設計者在設計過程中使用的創意策略[8]，也是一種可以用來考慮問題的方法，有辦法幫助解決這些問題，比專業設計實踐更廣泛，並且已經應用於商業和社會問題[9]。Richard Buchanan 在文章〈設計思考中的邪惡問題〉（“Wicked Problems in Design Thinking”）通過設計解決了難以解決的人類關切問題，將設計思考放在更廣闊的角度。[10]IDEO 的 CEO Tim Brown 曾在哈佛

國立臺灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

---

[4] Loebach, B.. *Industrial Design*. München: Verlag Karl Thiemig, 1976, p.1.
[5] Papanek, V.. *Design For The Real World*: *Human Ecology And Social Change*. London: Thames & Hudson, 1972, p.3.
[6] 蓋伊尤利爾（Guy Julier）著，鄭鬱欣、國立編譯館譯，《設計的文化》，臺北縣永和市，韋伯文化國際，2009 年，頁 62。
[7] Walker, John A. and J. Attfield. *Design History and the History of Design*. 1990, p.23.
[8] Visser, W.. *The cognitive artifacts of designing*. Mahwah, N.J: Lawrence Erlbaum Associates, 2006, p.264.
[9] Dorst, K.. *Frame Innovation: Create new thinking by design*. MA: MIT Press,2012, p.135.
[10] Buchanan, R.. “Wicked Problems in Design Thinking.” *Design Issues*, Vol 8. No.2, Spring, 1992, pp.5-21.

商業評論（Harvard Business Review）定義設計思考：「設計思考是以人為本的設計精神與方法，考慮人的需求、行為，也考量科技或商業的可行性。」[11]林榮泰對於設計思考的理解是：

> 「設計思考」是一種有系統的創新，從設計是有目的、有條件、合理化與創造性的綜合造型活動，講求「人與物」互動的「社會性」；到結合「物理機能」與「心理機能」的「合理活動」，營造「生活形態」，形成「生活文化」，達到「人性化」的生活環境。[12]

三、設計思考的要素

彼得・杜拉克（Peter Drucker）的名言，設計師的工作是：「化需要為需求」[13]。「以人為中心」是設計思考的關鍵，成功設計不可或缺的三大要素分別為：洞見（Insight）、觀察（Observation）和同理心（Empathy）[14]：

（一）洞見：從他人的生活中學習。洞見是設計思考的關鍵根源之一，它通常不是來自於龐大的量化數據，而應該來自於走進世界，觀察人們的真實經驗。領導學大師・班尼斯（Warren Bennis）認為要培養洞察力，需要從不同角度思考工作者所欲表達的概念，進而發揮協調整合的能力。[15]從設計進化成設計思考的過程，也就是從創造產品進化到分析人和產品的關係，進而推展到分析人和人之間的關係。

（二）觀察：看人們不做的，聽人們不說的。人類學家仰賴的是質性而非量性的觀察和測試，唯一可以真正瞭解人們的方法就是真的得走到她們中間去，去他們居住的場所、工作和玩耍的地方。在 Tim Brown 的〈設計思考改造世界〉一文中提到了「行為轉向」的概念，從觀察中萃取洞見，並利洞見激發靈感創造未來的產品。

（三）同理心：設身處地、感同身受。「同理心」（Empathy）是一個心理學概念，最早由心理學家、人本主義大師卡爾・羅傑斯（Carl Ransom Rogers）提

---

[11] Brown, T.. “Design Thinking”. *Harvard Business Review*, Vol.86. No.6, 2008, pp.84-95.
[12] 林榮泰，〈「交鋒」下的「設計思考」〉，《設計思考改造世界》，臺北，聯經出版公司，2010 年，頁 17-23。
[13] Brown, T.. *Change by Design :How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation*. NY: Harper Collins, 2008, p.39.
[14] 同上註，頁 77。
[15] Bennis, Warren G.. *On becoming a leader*. Mass.: Addison-Wesley, 1989, pp. 75-81.

出。「同理心」又叫做換位思考[16]。德國人赫爾曼・洛茲（Hermann Lotze）和羅伯特・費歇爾（Robert Vischer）創造了德語詞 Einfühlung，解釋為 feeling into「感覺到」[17] 。設計思考的任務是：將觀察轉譯成洞見，進而轉化成可以改善生活的產品和服務。洞見可以轉化為機會，從洞見到同理心，最後走向協同設計的新方式。[18]

叁、《天工開物》與《達文西筆記》的歷史背景

《天工開物》所處的時代與達文西筆記的時代相近，他們都在科學和藝術之研究論述眾多，以下對於《天工開物》和《達文西筆記》二者進行歷史背景的文獻分析和比較（表 1、表 2、表 3）。

一、成書年代，主要內容及編寫體例

（一）《天工開物》的成書年代，主要內容及編寫體例

成書年代：《天工開物》（南昌府，塗本）作者是明朝科學家宋應星，初刊於 1637 年（明崇禎 10 年）。記載了明朝中葉以前中國古代的各項技術。全書分為上、中、下 3 篇各裝 1 冊，印以竹紙。。

主要內容與編寫體例：《天工開物》是明代末期的代表作，討論了包括農業和手工業兩大領域的 30 項生產技術，它主要著眼於手工業，反映了中國明代末年出現資本主義萌芽時期的生產力狀況。上篇有 6 章，中篇有 7 章，下篇有 5 章。

（二）《達文西筆記》的成書年代，主要內容及編寫體例

成書年代：《達文西筆記》是義大利文藝復興時期的藝術大師達文西（Leonardo da Vinci, 1452-1519）生前留下大批的素描手稿, 手稿中約 13,000 頁的筆記與繪畫，內容混合藝術與科學的探索。梅爾齊（Francesca Melzi）在 1540-1550 年期間整理了達文西 18 本有關繪畫的筆記希望出版成書，但最後並沒

[16] Bellet, P. S., and M. J. Maloney. “The importance of empathy as an interviewing skill in medicine.” *The Journal of the American Medical Association*，Vol.266，No.13，1991, pp.1831-1832.
[17] Gallese, & Vittorio.“The roots of empathy: the shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity.” *Psychopathology*, Vol.36, No.4, 2003, pp. 171-180.
[18] 同註 13，頁 84-95。

有完成。[19]

主要內容與編寫體例：達文西共留下一萬三千頁左右的筆記和素描，主要可分為大西洋手稿、溫莎手稿、阿朗戴爾手稿、佛斯特手稿、馬德裡手稿、巴黎手稿、哈默手稿、提福茲歐手稿與鳥類飛行手稿等。[20]達文西把這些筆記主要分成 4 個主題：繪畫科學、建築學、機械學以及人體解剖學。[21]

表 1 《天工開物》與《達文西筆記》成書年代、主要內容及編寫體例的比較分析

項目	宋應星《天工開物》印本	《達文西筆記》	比較結果
成書年代	1637 年（明崇禎 10 年）	1452-1519 年間	相近
主要內容	農業和手工業生產兩大領域的 30 項生產技術。	達文西共留下 1 萬 3 千頁左右的筆記和素描，主要可分為大西洋手稿、溫莎手稿、阿朗戴爾手稿、佛斯特手稿、馬德里手稿、巴黎手稿、哈默手稿、提福茲歐手稿與鳥類飛行手稿等	顯著差異
編寫體例	一書原分作 18 卷，上篇有 6 章，中篇有 7 章，下篇有 5 章	四個主題：1. 繪畫科學。2. 建築學。3. 機械學。4. 人體解剖學	部分相同

（陳歷渝、吳彥製表，資料來源：宋應星著，潘吉星譯，《天工開物》，臺北，臺灣書房，2009 年。卡洛·佩德瑞提（Pedretti, C）著，游懿萱譯，《達文西的機械》，臺北縣，世茂出版社，2009 年。）

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

二、圖文特色，發展成就及學術貢獻

（一）《天工開物》的圖文特色，發展成就及學術貢獻

[19] 達文西（Vinci, L. d）著，鄭福潔譯，《達文西的筆記本：繪畫是怎麼回事》，臺北，網路與書出版，2007 年。

[20] 卡洛・佩德瑞提（Pedretti, C）著，游懿萱譯，《達文西的機械》，臺北縣，世茂出版社，2009 年。

[21]達文西（Vinci, L. d）著，鄭福潔譯，《達文西的筆記本：繪畫是怎麼回事》，臺北，網路與書出版，2007 年。

圖文特色：《天工開物》全書有 18 章，全書約 6 萬 2 千字，並附有 123 幅插圖，描繪了 130 多項生產技術和工具的名稱、形狀、工序[22]。每章首都有「宋子曰」一段作為引言，從古代古籍中找出 2 字組成的詞來命，對該章內容作提要性敘述，接下來是正文，各章正文末尾附以有關插圖。

表 2 宋應星《天工開物》——佳兵第十五；達文西《裝備鐮刀的戰車》（Battle chariots armed with scythes），《十字弓術語和定義》（Crossbow Terminology and Definitions）

	宋應星《天工開物》印本	達文西筆記
兵器相關		
資料來源：http://blog.sina.com.cn/s/blog_c04d3a690102v1of.html；https://www.pri.org/stories/2013-08-29/rare-leonardo-da-vinci-sketches-display-venice; https://www.duitang.com/blog/?id=95613274&next=95613312，2017 年 11 月 25 日瀏覽。		

發展成就及學術貢獻：明代末期，由於社會生產力的提高和商品經濟的發展，當時的中國也有資本主義的初起，表現在社會經濟結構和農工業的生產中。宋應星放眼祖國大地，胸懷南北河山，對國民經濟各領域都有所觸及。如此全面的技術著作，為中國有史以來至有明時代所僅見。門類較多，技術範圍較廣，包含了我國古代農業、手工業的各主要部門。它對中國古代農業方面和手工業生產方面的各項技術進行了系統地總結，構成了一個完整的科學技術體系，許多生產技術一直沿用到近代。[23]宋應星注重時間、空間和比例等數量關係；填補了其他古籍中對金屬冶煉和造紙等部分的記載。宋應星是世界上第一個科學地論述鋅和銅鋅合金（黃銅）的科學家。「物種發展變異理論」，比德國沃爾弗（Caspar Friedrich Wolff, 1733-1794）的種源說要早 100 多年。煉鋅方法在世界上宋應星是第一個

[22] 宋應星著，潘吉星譯，《天工開物》，臺北，臺灣書房，2009 年。
[23] 許麗雯，《教你看懂天工開物》，臺北，高談文化，2005 年。

記載的，還有挖煤中的瓦斯排空和巷道支扶，化學變化中質量守恆道理等等的記錄，都比國外先進或早得多。保存了不少的機械工程史料，對後人研究中國機械工程史有極大的助益。宋應星的見解是化學反應中質量守恆思想的萌芽，比羅蒙諾索夫（Lomonosov，Mikhil Vasilievich, 1711-1765）早了 100 多年，這是我們中華民族對人類科學寶庫的一個貢獻。

（二）《達文西筆記》的圖文特色、發展成就及學術貢獻

圖文特色：《達文西筆記》都為筆記和素描形式表達，內容囊括繪畫科學、建築學、機械學以及人體解剖學。達文西筆記有兩大特點：一是筆記以密語反方向書寫。另一個特色就是以詳盡的文字佐以無與倫比的精細素描，達文西認為「你把它描寫得越細緻，就會把聽者的思想搞得越糊塗」。[24]要理解人體的結構，最好的方法不是閱讀文字而是圖像閱讀。[25]《達文西筆記》圖文敘述並無固定格式，完全使用圖形構圖，時而按順序陳列。圖面表現有內部細節與結構說明圖，除了文字說明之外，還有符號、運算公式和速寫效果圖等。

發展成就及學術貢獻：達文西被視為文藝復興時期迄今最偉大的工程師、人文主義學者及藝術家。他將幾何學原理應用於繪畫上，宣明繪畫科學的基礎即為「點、線、面、形」，同時強調「視覺」的重要性，發展出著名的透視學辨析，精闢界定出 3 種不同的透視形式。在比例、構圖、明暗深淺等方面，達文西也本著科學精神與詳實體現自然的使命，他畫的更多是哲學和他個性的表達。[26]學術貢獻歸納以下：1. 貼近人文議題的哲學思想 2. 跨領域知識技術整合研究。3. 完全遵循自然法則，量化和幾何對自然視覺的分析精確化做出了貢獻。4. 運用觀察歸納演繹與數學統計建構知識的精確性。5. 設計倫理道德觀，強調人的責任和永續發展。

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

表 3《天工開物》與《達文西筆記》的圖文特色、發展成就及學術貢獻的比較分析

項目	宋應星《天工開物》印本	《達文西筆記》	比 較 結

[24] 曾麗珍，《一個橋樑書的新願景: 從圖像到文字閱讀的教學研究》，臺北，秀威出版，2009 年，頁 36。
[25] 達文西（Vinci, L. d）著，鄭福潔譯，《達文西的筆記本：繪畫是怎麼回事》，臺北，網路與書出版，2007 年。
[26] 同上註。

			果
圖文特色	描繪了 130 多項生產技術和工具的名稱、形狀、工序。每章首都有「宋子曰」一段作為引言，從古代古籍中找出二字組成的詞來命名，對該章內容作提要性敘述，接下來是正文，各章正文末尾附以有關插圖。	以詳盡的文字佐以無與倫比的精細素描，筆記以密語反方向書寫，須藉鏡像才能讀到正確的文字。達文西筆記圖文敘述並沒有無固定格式，完全使用圖形構圖，時而按順序陳列。圖面表現有內部細節與結構說明圖，除了文字說明之外，還有符號、運算公式和速寫效果圖等。使用透視圖技法的插圖寫實清晰，多種表現形式盡在一張圖中。	顯著差異
發展成就	《天工開物》是世界上第一部關於農業和手工業生產的綜合性著作，被法國漢學家儒蓮稱為「技術百科全書」。	達文西被視為文藝復興時期迄今最偉大的工程師、人文主義學者及藝術家。	相近
學術貢獻	對中國古代農業方面和手工業生產方面的各項技術進行了系統地總結。世界上第一個科學地論述鋅和銅鋅合金（黃銅）的科學家。「物種發展變異理論」，比德國卡弗·沃爾弗（Caspar Friedrich Wolff,1733-1794）的種源說要早 100 多年。煉鋅方法在世界上宋應星是第一個記載的，還有挖煤中的瓦斯排空和巷道支扶，化	1. 貼近人文議題的哲學思想 2. 創新發明物件眾多。跨領域知識技術整合研究。 3. 完全遵循自然法則，量化和幾何對自然視覺的分析精確化做出了貢獻。 4. 運用觀察歸納演繹與數學統計建構知識的精確性。 5. 設計倫理道德觀，強調人的責任和永續發展。	部分相同

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

	學變化中品質守恆道理等等的記錄，都比國外先進或早得多。宋應星的見解是化學反應中品質守恆思想的萌芽，比羅蒙諾索夫（Lomonosov，Mikhil Vasilievich,1711-1765）早了 100 多年。		
資料來源：宋應星著，潘吉星譯，《天工開物》，臺北，臺灣書房，2009 年。達文西（Vinci, L. d）著，鄭福潔譯，《達文西的筆記本：繪畫是怎麼回事》，臺北，網路與書出版，2007 年。			

陳歷渝、吳彥製表

三、二者在科學文化史中的地位

宋應星和達文西都處在歷史大變革的時代，社會、經濟和科學文化產生巨大變動。史學家把 16、17 世紀的中國稱為「天崩地解」的時代，認為該時代的思想家具有「別開生面」的特色。這些新情況的出現無疑促進了科技的發展，從而使明代有不同於前代的特點[27]。《天工開物》是瞭解中國古代科學技術成就的重要文獻，宋應星以尊重實際、破除迷信的觀念著書，是該著作的價值所在。文藝復興時期人們將實踐與哲學思想結合，達文西推動了科學與社會進步，使得藝術與科學為人們所認識。視覺圖像確實在促進文化發展方面起到了積極的作用[28]。達文西開創的自然科學中，數學尤其是幾何學的應用，是從科學到哲學而到美學的一個過程。

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

肆、《天工開物》與《達文西筆記》的設計思考要素

宋應星的《天工開物》和《達文西筆記》都遵循著非常明確的「設計思考」邏輯，「設計思考」顧名思義，是一個「以人為本」的解決問題的方法論，透過從人的需求出發，並創造更多的可能性。就「設計思考」的本質而言，其所涉及的問題包含了藝術、科學、文化、社會、環境等因素，「設計思考」不可或缺的

[27] 同註 22。

[28] Kemp, M.. *Seen/Unseen: Art, Science, and Intuition from Leonardo to the Hubble Telescope*. Oxford: Oxford University Press, 2006.7.

三大要素分別為：洞見 、觀察和同理心。以下就以「設計思考」三大要素對《天工開物》和《達文西筆記》進行分析研究。

一、設計思考中的洞見

「洞見」又稱做「洞察力」，是設計思考的關鍵根源之一，來自於走進世界、觀察人們的真實經驗。《天工開物》的成書是生產現場的實地調查所得，具有直觀的生動性和真實性的特點。[29]宋應星注意從一般現象中發現本質。[30]宋應星主張對事物的考察要用「試見」和「試驗」的方法，如他對麥子的開花就進行過仔細觀察，作出了「江南麥花夜發，江北麥花晝發」的科學結論。其對未經自己親自檢驗的事物和現象，往往持謹慎保留的態度。[31]。

縱觀達文西留下的科學和藝術遺產，其中貫穿不變的是他不竭的「好奇心」，展現了非常強烈的「洞見」（洞察力），從中發掘其單純的本質[32]。達文西的繪畫得先弄清楚相關的知識以後，才開始以哲學般的思考去繪畫。[33]達文西從多方面對促進微觀世界標準觀念的形成作出了巨大貢獻。他縱觀微觀世界的運轉，動搖了一些有關的假說。

二、設計思考中的觀察

「觀察」是設計思考非常關鍵的方法，看人們不做的，聽人們不說的。宋應星注重實踐並且基於自身的「觀察」,通過「調查」和「試驗」從事寫作。《天工開物》是生產現場的實地調查所得，尤其記述了當時工農業生產中許多先進的科技成果。除了文字的說明外，還附有 200 多幅的插圖，把各種器具的製造過程巨細靡遺的畫出來。插圖的應用是在當時能夠使得讀者瞭解當時勞動者的形象和操作過程。這種細緻的觀察，萌發了生物進化的思想理論。

「觀察大自然萬物，以萬物為師」是達文西遵循的法則。在達文西眼中，觀

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

[29] 劉知幾，「中國的狄德羅——宋應星」，網址 https://market.cloud.edu.tw/content/senior/history/tc_dm/history/person/techn/techn04.htm（2017 年 11 月 25 日瀏覽）

[30] 李以章、雷毅，〈論宋應星的科學成就〉，《華東師範大學學報》27 卷 3 期，1988 年，頁 104-109。

[31] 畢尚、華風，《百位世界傑出的發明家》，北京，中國環境科學出版社學苑音像出版社，2006 年。

[32] 布倫．阿特列（Bulent Atalay）著，牛小婧、鄒瑩譯，《數學與蒙娜麗莎》，時報文化出版，2007 年。

[33] 達文西（Vinci, L. d）著，鄭福潔譯，《達文西的筆記本：繪畫是怎麼回事》，臺北，網路與書出版，2007 年。

看真實的事物和現象，是知識的唯一來源。達文西指出：「畫家與自然競賽，並勝過自然」，達文西不只是單純依靠視覺，僅把眼睛當成是一台攝影儀器。[34]達文西將「看」視為一種理解，是「分析心智的作用」。[35]他用的方法是：仔細的觀察、從不同的觀點來重複測試觀察，畫出圖形與現象，成為所有人均可看見的「事實」，並加上簡要的注釋。[36]達文西以觀察者位置確定實際感覺的透視法，真實的描繪出觀察到的事物，如《伯利恒之星及其他花朵》（圖 2）。對達文西來說，觀察和描繪是完美的組織者，自然界中類似的形式和力量的組織也會呈現出來。[37]

三、設計思考中的同理心

設計思考中的「同理心」，重點是設身處地和感同身受。《天工開物》作者宋應星在序言中寫道：「此書於功名進取毫不相關也！」 為了大眾幸福著想，為了保存傳統精華，宋應星開始從古書尋找資料，親自參與嘗試各種生產作業與調查工作，向工人請教各種生產的技術，並把所有的心得全部融合貫通。

維克多・巴巴納克（Victor Papanek）在其《為真實的世界而設計》（*Design for the real world*）一書中提出設計倫理的重要性，設計師需要考慮的是人的真實需要、人道主義、社會公平以及人與自然、社會之間的關係。[38]達文西曾說:「人是一切的準則，而心正是人的一切」。他渴望對萬物更進一步的瞭解，達文西完全意識到微觀世界的觀念會帶給自然中的人們責任的定義。達文西參與的水利工程（圖 3），特別是義大利佛羅倫薩周邊拓寬河道的計劃，是他將人類發明裝置視作與自然和諧運作的最好例證。[39]

伍、《天工開物》與《達文西筆記》設計思考的方法

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

[34] 達文西（Vinci, L. d）著，戴勉譯，《達芬奇論繪畫》，上海，人民美術出版社，1979 年，頁 216。

[35] 馬丁・肯普（Martin Kemp）著，王惟芬譯，《達文西的真實世界》，臺北，五南圖書出版股份有限公司，2015 年。

[36] 達文西（Vinci, L. d）著，何政廣譯，《達文西：全能的天才畫家》，臺北，藝術家出版社，1999 年。

[37] 郭錦輝，《看得見的・看不見的：藝術、科學和直覺——從達・芬奇到哈勃望遠鏡》，上海，上海科學技術文獻出版社，2009 年。

[38] Papanek, V.. *Design For The Real World*: *Human Ecology And Social Change*. London: Thames & Hudson,1972, pp. 43-53.

[39] 郭錦輝，《看得見的・看不見的：藝術、科學和直覺——從達・芬奇到哈勃望遠鏡》，上海，上海科學技術文獻出版社，2009 年。

「設計思考」是一個「以人為本」的解決問題的方法論。在宋應星《天工開物》和《達文西筆記》中貫穿自然設計法則，他們認為自然之本質即為萬物之本質，而全部宇宙即是和諧。

一、以人為本的方法論：自然設計法則

宋應星的哲學思想，確切地說是自然哲學思想。《天工開物》開篇就圍繞自然界萬物起源及其發展變化展開，強調人要和自然相協調，並且人力要與自然力相配合。[40]《天工開物》乃以「巧奪天工」、「開物成務」二句古詞結合而成書名。自然界本身的各種資源就是「天工」；經由人類的努力與創發，所形塑的各種物質即為「開物」。總而言之是說明人只要有豐富的知識與技能並且努力付出，就能生產各種甚於天然的人工物品。[41]

文藝復興前的人文與自然，發展到文藝復興達到所謂革命性的高峰。達文西的一生熱衷思考研究大自然的現象，包括分析人類身體結構與生物植物的外觀。他是這樣描述自然的：「大自然由無窮因組成,非蒼白的經驗可知」[42]達文西堅持以經驗來判斷自然法則是這個潮流的先驅。達文西認識到自然是擁有巨大力量的合作者，如果我們無視它的存在，粗魯地違背它的自然意願，將它隨意擺佈，自然將成為我們的死對頭[43]。以其鳥類飛行器發明為例，展現了對自然法則的服從。（圖 4）。

二、定性與定量的研究手段：科學藝術交會

定性與定量的研究方法的轉向，是科學文化的標誌。「數學家是要確實把握，才能看到一些用心靈的眼睛才能看得見的東西」[44]。從《天工開物》和《達文西筆記》中都可以看到科技與藝術的交會，並顯示出有向實證科學轉換的可能性，都用具體數據加以說明。[45]例如〈丹青・朱〉中，介紹了用水銀和硫黃調製取朱砂（硫化汞）時，硫化汞的質量超過了歷來水銀的質量，宋應星提出了「出數借

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

[40] 宋應星著，潘吉星譯，《天工開物》，臺北，臺灣書房，2009 年。
[41] 同上註。
[42] 達文西（Vinci, L. d）著，彭嘉琪譯，《跨領域的奇想天才：達文西思緒集》，新北市，八旗文化，2016 年，頁 136。
[43] 同註 39。
[44] 姚珩、餘建鑫，〈伽利略強調的是實驗方法或理論思維？〉，《科學教育月刊》235 卷 12 期，2011 年，頁 9-11。
[45] 畢尚、華風，《百位世界傑出的發明家》，北京:中國環境科學出版社學苑音像出版社，2006 年。

硫質而生」的獨特見解。該書一大成就、近代科學以其數學化而與中世紀訣別。[46]

達文西這樣談論理論和實踐：「知識是帥，實踐是兵」。[47]正是各個學科知識的相輔相成和完美結合，造就了達文西的偉大成就；科學與藝術的調和與二者間廣泛的相交影響，正是達文西典範的精髓。[48]達文西對於定量的研究源於對科學的類比方法的實踐，《研究樹的分支系統中截面積的等量性》（圖 5），對於樹枝的植物莖幹等量分佈，顯示了達文西把注意力投向尋找自然工程所有的動態和靜態變現的均衡和諧。開創的自然科學中，達文西嘗試量化和幾何學的應用，尤其是對橫跨整體和部分引起共振的數學模式的探尋。達文西同時也是個出色的數學家，他曾為 15 世紀最具領導地位的數學家路卡帕西歐利（Luca Pacioli, 1445-1517）的數學論著中繪製幾何圖形，他的成就不單是藝術領域，而是他將藝術的地位提升到和科學相當的地位，讓畫家不再只是畫匠，而是一門真正的學問。[49]

三、哲學為導向的設計倫理：技術哲學思想

《天工開物》是在一種先進而又有特色的技術哲學思想的指導下寫成的，強調人工開發萬物的技巧和人的主觀能動性。其技術哲學思想指的是人與天（自然界）相協調，人工與天工（自然力）相配合，通過技術從自然界中開發出有用之物。宋應星在發展萬物生成及演變的自然哲學時，把他的哲理與科學技術緊密結合起來，用《天工開物》中所述 30 種技術過程的實例來支持並解釋他的哲學思想。在《天工開物》的序中，宋應星開宗明義地說：「天授地載，物數號萬，而事亦因之曲成而不遺，豈人力也哉了」，這種強調自然界是不依賴於人的意志而客觀存在、強調人對自然界的能動作用，正是唯物論的基本觀點。[50]在《天工開物》作城一卷中：「或假人力，或由天造」但他已從哲學上指明了生物是從無生物轉化的，這一轉化過程是「天工」（自然力）完成的。《乃服》的第一句即「人

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

[46] 宋應星著，潘吉星譯，《天工開物》，臺北，臺灣書房，2009 年。
[47] 達文西（Vinci, L. d）著，彭嘉琪譯，《跨領域的奇想天才：達文西思緒集》，新北市，八旗文化，2016 年，頁 136。
[48] 布倫・阿特列（Bulent Atalay）著，牛小婧、鄒瑩譯，《數學與蒙娜麗莎》，時報文化出版，2007 年。
[49] 郭錦輝，《看得見的・看不見的：藝術、科學和直覺——從達・芬奇到哈勃望遠鏡》，上海，上海科學技術文獻出版社，2009 年。
[50] 宋應星，百度百科，網址 https://baike.baidu.com/item/%E5%AE%8B%E5%BA%94%E6%98%9F（2017 年 11 月 25 日瀏覽）

類是萬物之靈」，表明了人類行為的作用。其中「天孫機抒，傳巧人間。從本質而見花，因繡濯而得錦」借神話傳說中的織女傳給了人機巧，但重點仍在於人的能力才織成了美麗的花布。《天工開物》所講的多半是人們「巧奪天工」的生產實踐和科技研究創造，為研究明朝的社會生產提供了寶貴的資料。[51]宋應星所進行的科學研究方法是人類科技啟蒙階段的較高水準。宋應星秉承關懷人文議題的哲學思想，設計思考上專精於實地觀察記錄視覺經驗和圖文歸納，跨領域知識技術整合見聞，橫跨多項學術領域研究。破除當時坊間流言迷信，運用觀察歸納演繹與數學統計建構知識的正確性。值得稱道的是，宋應星在學術上對自己要求極嚴，有高尚的科學美德。[52]

西方的科學思想淵源甚早，其傳統來自於希臘時期理性的「自然哲學」。文藝復興時期人們將實踐與哲學想結合。自然為藝術家的繆思，也稱為科學家的靈感來源。達文西的自然哲學觀是：「自然是最好的導師，向自然學習，不要只是互相學習」。[53]舍溫・努蘭在《達・芬奇》（*leonardo da Vinci*）一書中是這樣描寫他的「歷史上好奇心最強的人」。[54]引用達文西的哲學箴言：「引發行動的力量，是所有生命的起因」。[55]表明了達文西的自然哲學觀。達文西認識到自然是擁有巨大力量的合作者，每件事物都應該依照「必要之法」的規則製造出來。[56]

陸、結論

「設計思考」是一個「以人為本」的解決問題的方法論，宋應星《天工開物》和《達文西筆記》為代表的著作，一直影響當今科技和文化的各個層面。在其中貫穿始終的「設計思考」是本研究關注重點，透過分析《天工開物》與《達文西筆記》歷史背景，探討二者的「設計思考」關鍵要素，評價二者的「設計思考」方法之成就後，提出主要結論如下：

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

一、《天工開物》與《達文西筆記》皆為時代的產物

[51] 畢尚、華風，《百位世界傑出的發明家》，北京，中國環境科學出版社學苑音像出版社，2006年。
[52] 同註 50。
[53] 布倫・阿特列（Bulent Atalay）著，牛小婧、鄒瑩譯，《數學與蒙娜麗莎》，時報文化出版，2007 年，頁 89。
[54] 舍溫・努蘭（Sherwin B. Nuland）著，謝晗曦譯，《達・芬奇》，北京，生活・讀書・新知三聯書店有限公司，2016 年，頁 30-31。
[55] 達文西（Vinci, L. d）著，陳淵秋譯，《達文西筆記》，臺中，晨星，2007 年，頁 156。
[56] 同註 49。

《天工開物》所處為中國明代末期，《達文西筆記》所處的為西洋文藝復興時期，封建制度正逐漸瓦解伴隨著資本主義興起，隨之而來的是科學革命和技術的迅速發展。此時期正值從古代和中世紀向近代階段過渡的大轉變時期，近代科學的啟蒙思潮和新的精神不約而同地在歐洲和中國出現，這是歷史大變革的時代契機。《天工開物》是宋應星在生產現場的實地調查所得，主要記錄農業和手工業生產兩大領域的 30 項生產技術和科技成果；達文西則在繪畫、音樂、建築、數學、幾何學、解剖學、生理學、動物學、植物學、天文學、氣象學、地質學、地理學、物理學、光學、力學、發明、土木工程等領域都有顯著的成就。達文西筆記是其思考記錄，涉及了繪畫科學 、建築學 、機械學 和人體解剖學 4 個學科。《天工開物》和《達文西筆記》兩者都具有科技技術上的獨創性，許多發明在當時是超前的，具有近代科學文化啟蒙學的代表性。

二、二者設計思考的關鍵要素：洞見、觀察、同理心

《天工開物》和《達文西筆記》都注重實踐並基於自身的「觀察」、「調查」和「試驗」從事寫作，具備了現代設計中「設計思考」的關鍵要素：「洞見」、「觀察」、「同理心」。因為他們所具備的「設計思考」關鍵要素，使得他們向科學界提供了新的思想和精神。兩者的圖文表現形式皆透過文字與圖案紀錄呈現，「設計思考」也因此逐漸的成熟。宋應星為了保存傳統精華，親自參與嘗試各種生產作業與調查工作。基於自身的「觀察」從一般現象中發現本質，主張對事物的考察要用「試見」和「試驗」的方法。「觀察大自然萬物，以萬物為師」是達文西遵循的法則，縱觀達文西留下的科學和藝術遺產，其中貫穿不變的是他不竭的「好奇心」，渴望對萬物更進一步的瞭解，探索自然的奧妙與人類的心靈。

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

三、二者在設計思考方法上的貢獻

「設計思考」是一個「以人為本」的解決問題的方法論，《天工開物》和《達文西筆記》貫穿始終的「設計思考」設計方法，能為當今的設計界和實務界提供有用參考，包括：1.以人為本的方法論：自然設計法則。2.定性與定量的研究手段：科學藝術交會。3.哲學為導向的設計倫理：技術哲學思想。

參考書目

中文論著

卡洛・佩德瑞提（Pedretti, C）著，游懿萱譯，《達文西的機械》，臺北縣，世茂出版社，2009 年。

李以章、雷毅，〈論宋應星的科學成就〉，《華東師範大學學報》27 卷 3 期，1988 年，頁 104-109。

宋應星，《天工開物》，潘吉星譯，臺北，臺灣書房，2009 年。

林榮泰，〈「交鋒」下的「設計思考」〉，《設計思考改造世界》，臺北，聯經出版公司，2010 年，頁 17-23。

舍溫・努蘭（Sherwin B. Nuland）著，謝晗曦譯，《達・芬奇》，北京，生活・讀書・新知三聯書店有限公司，2016 年。

馬丁・肯普（Martin Kemp）著，王惟芬譯，《達文西的真實世界》，臺北，五南圖書出版股份有限公司，2015 年。

畢尚、風華，《百位世界傑出的發明家》，北京：中國環境科學出版社學苑音像出版社，2006 年。

洪雯柔，《貝瑞岱比較教育研究方法之探析》，新北市，揚智文化事業股份有限公司，2000 年。

姚珩、餘建鑫，〈伽利略強調的是實驗方法或理論思維？〉，《科學教育月刊》235 卷 12 期，2011 年，頁 9-11。

布倫・阿特列（Bulent Atalay）著，牛小婧、鄒瑩譯，《數學與蒙娜麗莎》，時報文化出版，2007 年。

郭錦輝，《看得見的・看不見的：藝術、科學和直覺——從達・芬奇到哈勃望遠鏡》,上海，上海科學技術文獻出版社，2009 年。

許麗雯，《教你看懂天工開物》，臺灣，高談文化，2005 年。

達文西（Vinci, L. d），《達文西的筆記本：繪畫是怎麼回事》，鄭福潔譯，臺北，網路與書出版，2007 年。

達文西（Vinci, L. d）著，陳淵秋譯，《達文西筆記》，臺中，晨星，2007 年。

達文西（Vinci, L. d），彭嘉琪譯，《跨領域的奇想天才：達文西思緒集》，臺灣，八旗文化，2016 年。

達文西（Vinci, L. d）著，何政廣譯，《達文西：全能的天才畫家》，臺北，藝術家出版社，1999 年。

達文西（Vinci, L. d）著，戴勉譯，《達芬奇論繪畫》，上海，人民美術出版社，

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

1979 年。

曾麗珍，《一個橋樑書的新願景：從圖像到文字閱讀的教學研究》，臺北，秀威出版，2009 年。

外文論著

Bellet, P. S., and M. J. Maloney. “The importance of empathy as an interviewing skill in medicine.” *The Journal of the American Medical Association*, Vol.266, No.13, 1991, pp.1831-1832.

Bennis, Warren G.. *On becoming a leader*. Mass.: Addison-Wesley, 1989, pp. 75-81.

Brown, T.. *Change by Design: How Design Thinking Transforms Organizations and Inspires Innovation.* USA: Harper Business, 2009, pp.84-95.

Buchanan, R. “Wicked Problems in Design Thinking.” *Design Issues*, Vol 8, No.2, Spring,1992, pp.5-21.

Dorst, K.. *Frame Innovation: Create new thinking by design*. MA: MIT Press, 2012.

Gallese, & Vittorio. “The roots of empathy: the shared manifold hypothesis and the neural basis of intersubjectivity.” *Psychopathology*, Vol.36, No.4, 2003, pp. 171-180.

Julier, Guy. “The culture of design.” *International Journal of the Legal Profession*, Vol. 3, No.3, 2011, pp. 301-313.

Kemp, M.. *Seen/Unseen: Art, Science, and Intuition from Leonardo to the Hubble Telescope*. Oxford: Oxford University Press, 2006.7.

Loebach, B.. *Industrial Design*. München: Verlag Karl Thiemig,1976.

Papanek, V.. *Design For The Real World*: *Human Ecology And Social Change*. London: Thames & Hudson,1972.

Visser, W.. *The cognitive artifacts of designing*. Mahwah, N.J.: Lawrence Erlbaum Associates, 2006.

Walker, John A. and J. Attfield. *Design History and the History of Design*. Longdon: Pluto Press,1990.

其他（網路資料）

宋應星，https://baike.baidu.com/item/%E5%AE%8B%E5%BA%94%E6%98%9F

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts

（2017 年 11 月 25 日瀏覽）
宋應星《天工開物》天工開物——佳兵第十五，
http://blog.sina.com.cn/s/blog_c04d3a690102v1of.html（2017 年 11 月 25 日瀏覽）
達・文西，《裝備鐮刀的戰車》（Battle chariots armed with scythes），
https://www.pri.org/stories/2013-08-29/rare-leonardo-da-vinci-sketches-display-venice （2017.11.25 瀏覽）
達・文西，《十字弓術語和定義》（Crossbow Terminology and Definitions），
https://www.duitang.com/blog/?id=95613274&next=95613312（2017 年 11 月 25 日瀏覽）
達・文西，《伯利恒之星及其他花朵》（star of bethlehem），法國巴黎研究院，1508 年，
https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3AVinci%2C_Leonardo_Da_-_Ornithogalum_（Star_of_Bethlehem）.jpg） （2017 年 11 月 25 日瀏覽）
達・文西，《樹枝中相等橫截面區域的水平面》（*Drawings of Water Lifting Devices*），法國巴黎研究院，1480-1482 年，
https://commons.wikimedia.org/wiki/File%3ALeonardo_da_vinci%2C_Drawings_of_Water_Lifting_Devices.jpg ） （2017 年 11 月 25 日瀏覽）
達・文西，《飛行器的機翼設計》（Design for the Wings of a Flying Machine），法國巴黎研究院，1500-1505 年，
https://simple.wikipedia.org/wiki/Leonardo_da_Vinci#/media/File:Ailes_battantes_Luc_Viatour.jpg（2017 年 11 月 25 日瀏覽）
達・文西，《研究樹的分支系統中截面積的等量性》（Studies of Equalities of Cross-sectional Areas in the Branching of a Tree），法國巴黎研究院，1500 年，
https://i.pinimg.com/originals/d7/31/1a/d7311a18b5c843378dc735a890e35b52.jpg） （2017 年 11 月 25 日瀏覽）
劉知幾，「中國的狄德羅——宋應星」，
https://market.cloud.edu.tw/content/senior/history/tc_dm/history/person/techn/techn04.htm （2017 年 11 月 25 日瀏覽）

國立台灣美術館
National Taiwan Museum of Fine Arts