

# 圖解達文西機器人

從達文西手稿中發掘前所未見的機械裝置與自動機

馬力歐·泰迪 (Mario Taddei) ◎著

大同大學機械系暨研究所教授 賴光哲 教授◎審訂 甘錫安◎譯



L3  
LEONARDO

全彩  
珍藏版

圖解達文西機器人/馬力歐·泰迪 (Mario Taddei) 作；  
甘錫安譯。--初版。--臺北縣新店市：世茂，  
2011.1

面；公分。(科學視界；137)

參考書目：面

譯自：Leonardo da Vinci's Roberts

ISBN 978-986-6363-73-3 (精裝)

1. 達文西 (Leonardo da Vinci, 1452-1519) 2.  
學術思想 3. 機器人 4. 機械設計

448.992

99015601

## 科學視界 137

# 圖解達文西機器人

作者／馬力歐·泰迪 (Mario Taddei)

審訂／賴光哲

譯者／甘錫安 (內文)、簡秀如 (附錄)

主編／簡玉芬

責任編輯／謝翠鈺

特約編輯／林香婷

出版者／世茂出版有限公司

負責人／簡泰雄

地址／(231)台北縣新店市民生路19號5樓

電話／(02)2218-3277

傳真／(02)2218-3239 (訂書專線)、(02)2218-7539

劃撥帳號／19911841

戶名／世茂出版有限公司

單次郵購總金額未滿500元(含)，請加50元掛號費

酷書網／[www.coolbooks.com.tw](http://www.coolbooks.com.tw)

排版／江依瑋、楊永立

製版／辰皓國際出版製作股份有限公司

印刷／祥新印刷事業股份有限公司

初版一刷／2011年1月

定價／1200元

特價／899元

Leonardo da Vinci's Roberts

Copyright Leonardo3, [www.leonardo3.net](http://www.leonardo3.net), All rights reserved; Copyright 2011

Shy Mau Publishing Company

Complex Chinese language edition published in agreement with Leonardo 3  
through *jiaxi* books.co.ltd., Taiwan, R.O.C.

合法授權·翻印必究

Printed in Taiwan

# 圖解 達文西 機器人

從達文西手稿中發掘前所未見的機械裝置與自動機

馬力歐·泰迪 (Mario Taddei) ◎著

大同大學機械系暨研究所教授 賴光哲 教授◎審訂 甘錫安◎譯



Concept and mechanical philology |

Mario Taddei

Text |

Mario Taddei

With contributions by |

Massimiliano Lisa on pages 8-11, 16-42, 93-98,164-171, 236, 425-443

Editorial co-ordination |

Massimiliano Lisa

Graphic design, layout and 3D modelling |

Stefano Armeni, Francesca Bertolotti, Giuseppe Canino, Lucio Carsi, Andrea De Michelis, Emanuele degli Antoni, Emma Leonello, Luigi Monaldi, Mario Taddei

Physical models |

Alessandro Capelli, Mario Taddei, Alessandro Vivaldi

English translation |

Virginia Spencer

Copy-editing |

William S. Freilich, Maura Micheloni

Publisher |

Leonardo3 srl

[www.leonardo3.net](http://www.leonardo3.net)

First edition-September 2007 |

Copyright©2007 by Leonardo3-Italy

All rights reserved worldwide. This book, the text and the images cannot be reproduced in any form without the written authorization of the publisher. Any public display is also strictly prohibited.

The publisher is willing to settle any royalties that may be due for the publication of images from unascertained sources.

獻給我的兒子李奧納多和不分老少的所有「兒童」，  
他們和達文西一樣，對世界上的一切事物懷抱著好奇心，  
願意以開放的心胸玩賞和探索周遭的自然世界，  
不受文化限制和先入為主的觀念所影響。

## 推薦序 | Foreword

### 做一個現代的文藝復興人！ 大同大學機械系暨研究所教授 賴光哲

本書是作者馬力歐·泰迪的團隊繼其《圖解達文西天才發明》之後的另一鉅作。作者們活用現代的數值影像處理技術，將達文西的手稿重建、清理，使其恢復五百年前達文西繪製時的清晰度。作者們採用影像處理技術將手稿解構，進行不同草稿之間的超連結，設法發現真正隱藏在達文西手稿中的奧秘。

達文西的手稿從文節整理的狀況判斷，可區分為兩大類型。一種是純粹的雜記，另一種是經過適當整理的騰清手稿。為使讀者深入瞭解達文西時代的機械技術水準，作者首先解說儼然就像現代機械原理專門論著的《馬德里手稿I》中的17種簡單機械要素與24種比較複雜的機構。為探究達文西的三種機械人——自走車、機器獅與機器士兵，作者深入探討大西洋手稿中的579r、812r、1021r、1021v與1077r等五頁中的素描內容，這五頁是代表性的純雜記手稿。這兩種不同類別的手稿分別代表達文西兩種不同的思考模式。閱讀本書，讀者不僅可從容仔細地觀看原尺寸大小的達文西手稿，更可經由作者的分析與引領，從而徹底了解達文西的思考方法與設計方法。

由於世界經濟環境的變遷，台灣正面臨產業轉型的重大瓶頸。生活在台灣的我們應致力於擺脫長久以來束縛我們獨立自由思考的各種障礙，發揮每個人的潛能，進行創新。達文西身處人類文化變革的關鍵時代，他隨身攜帶筆記本，透過素描與筆記培養其好奇心，鼓勵他自己自由自在地思考，探究各種新的機構與發明。我們應該效法達文西，加速各種知識的學習，提高我們創新思考的技巧。

本書作者為探究達文西的機器人，巨細靡遺地分析達文西的有關手稿，嘗試體驗達文西如何活用他自己所建立的「機械文法」，由簡單機械要素設計出動作複雜的各種機器人。由作者的解析，我們可掌握達文西如何活用他拿手的視覺語言，進行超文字化的全腦思考模式。詳讀本書，我們可以追尋達文西的創意軌跡，學習達文西如何進行創新思考的心靈模式，從而成為「現代的文藝復興人」！

# 前言

## Preface

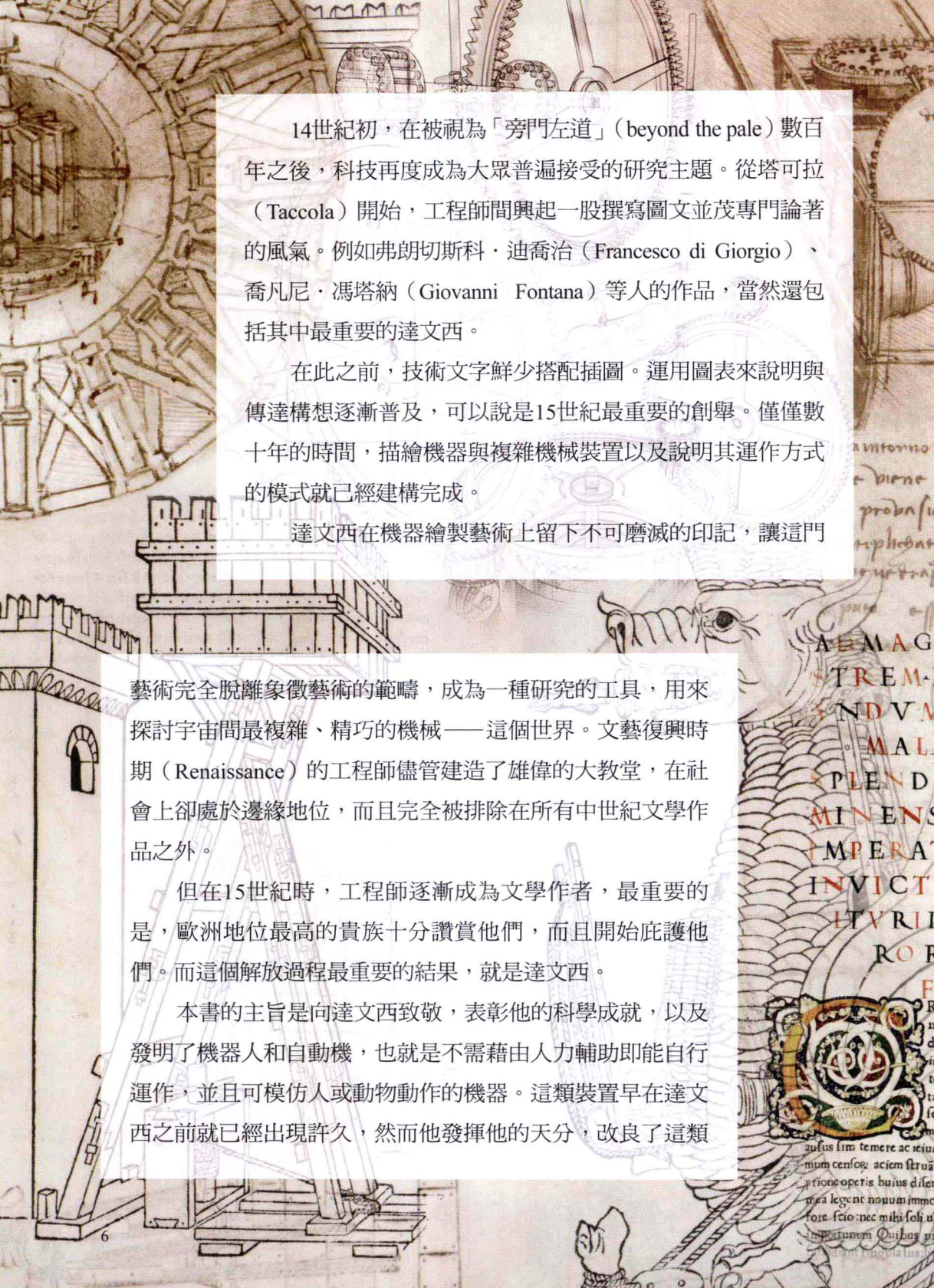
### 「知識是世界上最美好的東西<sup>(1)</sup>」 The greatest good of all is knowledge

一位努力不懈、永不滿足的完美主義者，著手進行了這麼多不同的計畫，其中有些沒有完成。瓦薩里（Vasari）在《藝術家列傳》中提到，達文西（Leonardo da Vinci）普受景仰，但也經常遭到誤解。許多年來，他接受委託的繪畫工作先是進度越來越慢（例如〈最後的晚餐〉（*Last Supper*），後來往往半途而廢（例如〈伊甸園中的亞當和夏娃〉（*Adam and Eve in the Garden of Eden*）、〈安吉里之戰〉（*Battle of Anghiari*）、〈梅杜莎頭〉（*Head of Medusa*）或〈賢士來朝〉（*Adoration of the Magi*）等），最後甚至根本沒有動手繪製（例如伊莎貝拉·德埃斯特（*Isabella d'Este*）委託的〈聖母〉（*Madonna*）和〈基督〉（*Christ*））。

直到19世紀，才有極富慧根的評論家解開這個謎團。達文西的人生使命是瞭解大自然，他試圖洞察自然的奧秘，以及推論出自然定律。1499年，他將畫筆交給學生，從此躋身科學家之列，致力於解決自然界中層出不窮的問題。歷史學家艾得蒙多·索爾密（Edmondo Solmi）曾經提到：「1513年，他心中的藝術家死去，科學家隨之誕生，而且非常清楚自己的價值。」但另一方面，由於他表達構想的方式十分特別，所以我們可以說達文西是藝術型的科學家；或者由於他的工作和繪畫的方式，我們也可以說他是科學型的藝術家。其實比較正確的說法應該是——他是藝術家和科學家兩者的融合。而這一點正是達文西與眾不同之處。

---

<sup>(1)</sup> 《提福茲歌手稿》，2r。



14世紀初，在被視為「旁門左道」(beyond the pale)數百年之後，科技再度成為大眾普遍接受的研究主題。從塔可拉(Taccola)開始，工程師間興起一股撰寫圖文並茂專門論著的風氣。例如弗朗切斯科·迪喬治(Francesco di Giorgio)、喬凡尼·馮塔納(Giovanni Fontana)等人的作品，當然還包括其中最重要的達文西。

在此之前，技術文字鮮少搭配插圖。運用圖表來說明與傳達構想逐漸普及，可以說是15世紀最重要的創舉。僅僅數十年的時間，描繪機器與複雜機械裝置以及說明其運作方式的模式就已經建構完成。

達文西在機器繪製藝術上留下不可磨滅的印記，讓這門

藝術完全脫離象徵藝術的範疇，成為一種研究的工具，用來探討宇宙間最複雜、精巧的機械——這個世界。文藝復興時期(Renaissance)的工程師儘管建造了雄偉的大教堂，在社會上卻處於邊緣地位，而且完全被排除在所有中世紀文學作品之外。

但在15世紀時，工程師逐漸成為文學作者，最重要的是，歐洲地位最高的貴族十分讚賞他們，而且開始庇護他們。而這個解放過程最重要的結果，就是達文西。

本書的主旨是向達文西致敬，表彰他的科學成就，以及發明了機器人和自動機，也就是不需藉由人力輔助即能自行運作，並且可模仿人或動物動作的機器。這類裝置早在達文西之前就已經出現許久，然而他發揮他的天分，改良了這類



機器，不僅令當時的人們十分讚嘆，既使今日看來也仍然令人相當驚奇。就像本書這類書名中帶有「機器人」的書籍，經常會讓我們立刻想到達文西發明了許多自動機，然而我們對這些機器卻一無所知。

事實上這些想法都是我們自己創造的，因為我們的想像力十分渴望受到激發。依據目前已知的文件來看，我們可以說達文西確實曾經設計及打造了數具機器人。這些自動裝置能執行某些工作、模仿動物的動作，完全不需要人類的輔助。儘管我們不能確定達文西是否曾經設計其他自走車或機器人，但確實有明確的證據可以證明。

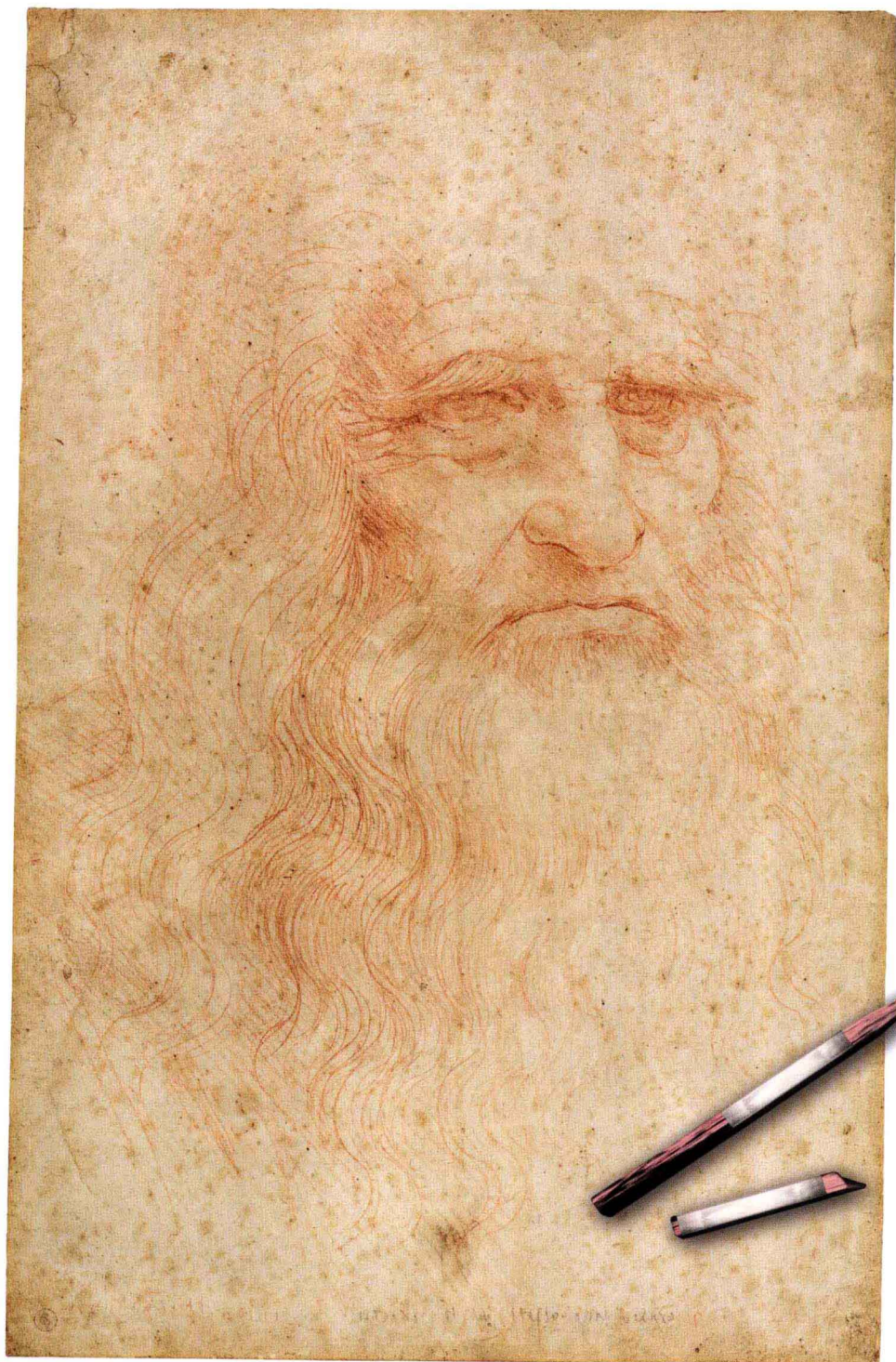
現在我們有草圖、筆記和一些其他觀察者的描述，因此

這不是虛構的傳說，而是實際存在的東西。無論如何，在接下來的內容中，將有許多東西可以滿足我們的想像。

達文西最重要的目標，就是盡量做到清楚簡潔。達文西在繪製、解釋和展示他的科學發現和設計，以及撰寫文字說明時所秉持的原則，就是簡潔扼要地表達。他在用字遣詞方面的精確習慣，源自於他習慣精確思考，厭惡不夠清晰的事物。因此，連他的機械化和自動化設計方案，也是以最少的功夫、最精簡的構造、獲取最佳的結果為目標。就和大自然本身一樣，「自然界的所有活動都採取最短的可能路徑<sup>(2)</sup>。」

*(Every natural action is performed in the shortest possible way.)*

(2) 《原稿》G·74v。



# 目錄

## Content



推薦序   Foreword	4	第4章 > Chapter 4	
前言   Preface	5	機器獅	162
緒論   Introduction	10	The mechanical lion	
		達文西這具自動機設計只有文字說明留存下來，沒有一張草圖。儘管如此，我們還是將它做了出來。	
第1章 > Chapter 1		第5章 > Chapter 5	
自動機與機器人	14	是穿著鎧甲的武士，	
Automata and robots		還是機器士兵？	234
介紹達文西時代前後的自動機：從古埃及到第一次世界大戰。		Knight in armor or robot soldier ?	
		《大西洋手稿》中的856r、1077r、1021r和1021v，為我們帶來新的發現。	
第2章 > Chapter 2		後記   Afterword	420
動力與機械裝置	32	附錄一   Appendix 1	
Forces and mechanisms		達文西的生平	428
探索《馬德里手稿 I》的內容，是文藝復興時期第一份、也是最完整的機械學專門論著。		Leonardo's life	
		附錄二   Appendix 2	
第3章 > Chapter 3		相關人名索引	432
自走車	80	Index of proper names	
The self-propelling cart		附錄三   Appendix 3	
科學界從1905年就開始研究達文西這個構想。2005年，第一具可運作的原型機問世，但仍有許多疑問有待探討……		參考書目	446
		Bibliography	

# 諸論

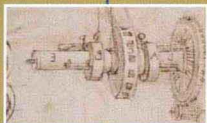
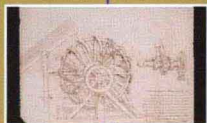
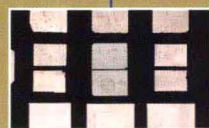
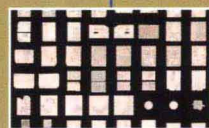
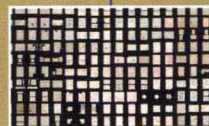
## Introduction

### 達文西考古學

#### Da Vinci's archeology

大家都聽說過達文西這位藝術家、科學家，以及無人能比的奇才。有人說世界上的一切幾乎都是他發明的，包括飛機、自行車和自走車等等。據說他的偉大畫作〈蒙娜麗莎的微笑〉(Mona Lisa)和〈最後的晚餐〉中隱藏著外人難以理解的奧秘……有人這麼說，看來也彷彿如此，但我們真的能這麼確定嗎？

其實，實際情況要比我們的想像來得複雜許多，也和我们經常以過度簡化的方式描述它們時所呈現的「表象」

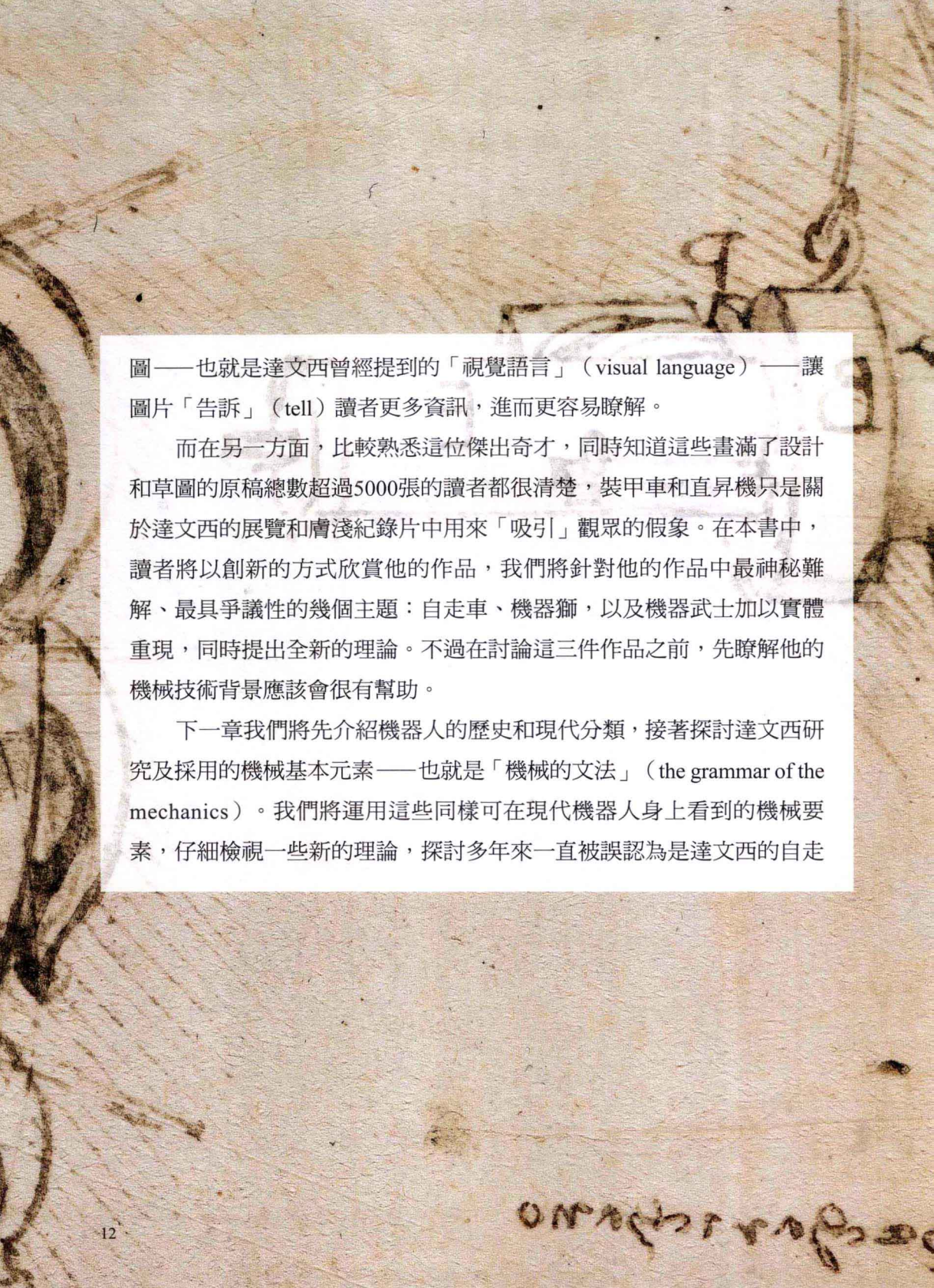


(picture) 大不相同。

這本書適合所有的人閱讀，即使是只知道達文西可能曾經發明自行車，但想更深入瞭解的讀者，也能有所收穫。這些讀者很快地就會發現，真正隱藏在草圖中的奧秘其實完全不同；而且大多數人看不出來的東西，往往更重要、更引人入勝，並且更為複雜。極少有研究人員真正去深入瞭解 (got inside) 達文西的作品，而確實認真深入研究的書籍不僅不容易尋找，讀起來也不輕鬆。這類書籍大多只是單純地呈現他的草圖，再附加一些文字說明而已。

這本書是一個全新的出發點。我們嘗試使用更容易理解的說明方式，還搭配了800多張以往從未發表過的插

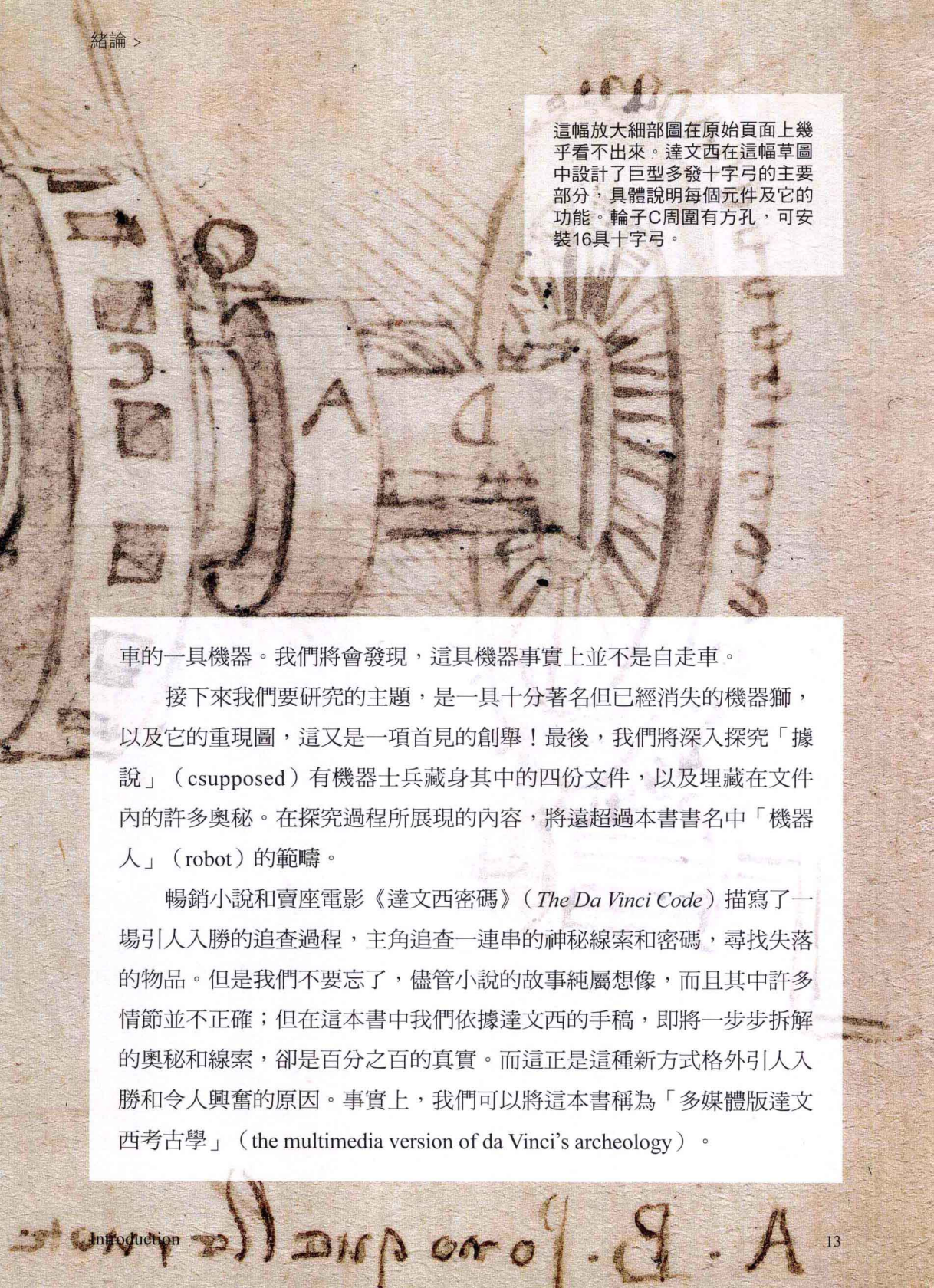




圖——也就是達文西曾經提到的「視覺語言」(visual language)——讓圖片「告訴」(tell)讀者更多資訊，進而更容易瞭解。

而在另一方面，比較熟悉這位傑出奇才，同時知道這些畫滿了設計和草圖的原稿總數超過5000張的讀者都很清楚，裝甲車和直昇機只是關於達文西的展覽和膚淺紀錄片中用來「吸引」觀眾的假象。在本書中，讀者將以創新的方式欣賞他的作品，我們將針對他的作品中最神秘難解、最具爭議性的幾個主題：自走車、機器獅，以及機器武士加以實體重現，同時提出全新的理論。不過在討論這三件作品之前，先瞭解他的機械技術背景應該會很有幫助。

下一章我們將先介紹機器人的歷史和現代分類，接著探討達文西研究及採用的機械基本元素——也就是「機械的文法」(the grammar of the mechanics)。我們將運用這些同樣可在現代機器人身上看到的機械要素，仔細檢視一些新的理論，探討多年來一直被誤認為是達文西的自走



這幅放大細部圖在原始頁面上幾乎看不出來。達文西在這幅草圖中設計了巨型多發十字弓的主要部分，具體說明每個元件及它的功能。輪子C周圍有方孔，可安裝16具十字弓。

車的一具機器。我們將會發現，這具機器事實上並不是自走車。

接下來我們要研究的主題，是一具十分著名但已經消失的機器獅，以及它的重現圖，這又是一項首見的創舉！最後，我們將深入探究「據說」（csupposed）有機器士兵藏身其中的四份文件，以及埋藏在文件內的許多奧秘。在探究過程所展現的內容，將遠超過本書書名中「機器人」（robot）的範疇。

暢銷小說和賣座電影《達文西密碼》（*The Da Vinci Code*）描寫了一場引人入勝的追查過程，主角追查一連串的神秘線索和密碼，尋找失落的物品。但是我們不要忘了，儘管小說的故事純屬想像，而且其中許多情節並不正確；但在這本書中我們依據達文西的手稿，即將一步步拆解的奧秘和線索，卻是百分之百的真實。而這正是這種新方式格外引人入勝和令人興奮的原因。事實上，我們可以將這本書稱為「多媒體版達文西考古學」（the multimedia version of da Vinci's archeology）。

# 自動機與機器人

## Automata and robots

### 介於虛構和真實之間

#### Halfway between myth and reality

自動機（automata，源於希臘文的automatos或self-propelling）是人類以人工方式複製生物動作的嘗試結果。自動機的歷史相當悠久。希臘神話中曾為奧林帕斯（Olympus）眾神打造武器的火神與金屬工藝之神赫菲斯托斯（Hephaestus），就曾以黃金製作機器女僕，並且發明了能自己行走的三腳凳<sup>(1)</sup>（self-propelling tripods）。

西元前520年，保薩尼阿斯（Pausanias）曾經描寫神話中的代達羅斯（Daedalus，是一位純熟的工匠）所製造的自動機<sup>(2)</sup>。另外，品達爾（Pindar）、提亞納地區的阿波羅尼奧斯（Apollonius of Tyana）以及卡西烏斯·狄奧（Cassius Dio）等人，也曾經提到會動的神像。傳說阿契塔（Archytas of Tarentum，西元前400年）發明了螺絲和滑輪，另外還製作了機器鳥<sup>(3)</sup>（a mechanical bird）。

古希臘時代（西元前323年~西元31年），科技和知識進展得十分迅速，尤其是埃及的托勒密王朝<sup>(4)</sup>。托勒密王朝在亞歷山大城設立了圖書

<sup>(1)</sup> 《伊里亞德》（*Iliad*）第12卷，V，509-515節。

<sup>(2)</sup> 《希臘志》（*Description of Greece*）保薩尼阿斯，第3卷，第4章。

<sup>(3)</sup> 出自拉丁作家與評論家格利烏斯（Aulus Gellius）的描述（第10卷，第12章）。德國學者史密特（Schmide）曾經試圖仿製這具機械鳥。這具機械鳥可能是一隻木頭鴿子，內部中空，充滿壓縮空氣，同時具有以平衡錘控制的開閉閥。將這隻鳥放在樹上後，開啟氣閥，壓縮空氣噴出使機械鳥跳起，看起來就像鳥從樹枝上「飛」到另一根樹枝。到達另一根樹枝後，氣閥可能自動關閉，也可能是操作者藉由平衡錘關閉，讓機械鳥停下。如此重複運作，直到壓縮空氣用完為止。另外，據說阿契塔可能比阿基米德更早發明滑輪和螺絲。

<sup>(4)</sup> 托勒密王朝（Ptolemaic dynasty，托勒密1世~托勒密十五世）統治埃及的時間為西元前305~30年間，也就是羅馬人征服埃及之前。





圖1.1 安提基瑟拉 (Antikythera) 裝置的部分放大圖。這具裝置是西元80年左右希臘人製作的古代天文計算機，1902年由海綿潛水人在沉船殘骸中發現。許多人認為它是目前考古工作中發現最重要的人工製品。這具裝置由30枚齒輪組成，構造相當複雜。這具裝置（據說是以青銅製成）能以相當高的精密度顯示天文現象。