



愛因斯坦與數學大師哥德爾

沒有時間的世界



a World Without Time

The Forgotten Legacy of
Gödel and Einstein

帕利·尤格拉 Pallo Yourgrau 著 尤斯德、馬自恆 譯



愛因斯坦與數學大師哥德爾

沒有時間的世



a World Without Time

The Forgotten Legacy of
Gödel and Einstein

帕利·尤格拉 Palle Yourgrau 著 尤斯德、馬自恆 譯

沒有時間的世界——愛因斯坦與數學大師哥德爾／帕利·尤格拉 (Palle Yourgrau)
著；尤斯德、馬自恆譯。
-- 初版。-- 臺北市：商周出版：家庭傳媒城邦分公司發行，
2006〔民95〕 面；公分。-- (科學新視野；68)
譯自：A World Without Time: The Forgotten Legacy of Gödel and Einstein

ISBN 978-986-124-682-6 (平裝)

1. 時間

164.5

95009923

科學新視野 68

沒有時間的世界——愛因斯坦與數學大師哥德爾

原著者 / A World Without Time: The Forgotten Legacy of Gödel and Einstein
譯者 / 帕利·尤格拉 (Palle Yourgrau)
總編輯 / 尤斯德、馬自恆
責任編輯 / 楊如玉
 / 陳伊寧

發行人 / 何飛鵬
法律顧問 / 中天國際法律事務所周奇杉律師
出版 / 商周出版

城邦文化事業股份有限公司
台北市中山區民生東路二段141號9樓
電話：(02) 2500-7008 傳真：(02) 2500-7759
E-mail: bwp.service@cite.com.tw
發行 / 英屬蓋曼群島家庭傳媒股份有限公司城邦分公司
連絡地址 / 台北市中山區民生東路二段141號2樓
書虫客服服務專線：02-25007718・02-25007719
24小時傳真服務：02-25001990・02-25001991
服務時間：週一至週五09:30-12:00・13:30-17:00
郵撥帳號：19863813 戶名：書虫股份有限公司
讀者服務信箱E-mail: service@readingclub.com.tw
歡迎光臨城邦讀書花園 網址：www.cite.com.tw

香港發行所 / 城邦(香港)出版集團有限公司
香港灣仔軒尼詩道235號3樓 Email: hkcite@biznetvigator.com
電話：(852) 25086231 傳真：(852) 25789337

馬新發行所 / 城邦(馬新)出版集團 Cite (M) Sdn. Bhd. (458372 U)
11, Jalan 30D/146, Desa Tasik, Sungai Besi, 57000
Kuala Lumpur, Malaysia. Email: citecite@streamyx.com
電話：(603) 9056 3833 傳真：(603) 9056 2833

封面設計 / 李東記
打字排版 / 極翔企業有限公司
印刷 / 韋懋印刷事業有限公司
總經理 / 農學社
電話：(02)29178022 傳真：(02)29156275

■2006年7月14日初版

定價280元

A World Without Time by Palle Yourgrau

Copyright © 2005 by Palle Yourgrau

Complex Chinese translation copyright © 2006 by Business Weekly Publications, a division of Cité Publishing Ltd.

Published by arrangement with Basic Books, a member of Perseus Books Group through Bardón-Chinese Media Agency 博達著作權代理有限公司

Printed in Taiwan

All Rights Reserved.

著作權所有 翻印必究

ISBN 978-986-124-682-6

〈出版緣起〉

開創科學新視野

何飛鵬

有人說，是聯考制度，把台灣讀者的讀書胃口搞壞了。

這話只對了一半；弄壞讀書胃口的，是教科書，不是聯考制度。

如果聯考內容不限在教科書內，還包含課堂之外所有的知識環境，那麼，還有學生不看報紙、家長不准小孩看課外讀物的情況出現嗎？如果聯考內容是教科書佔百分之五十，基礎常識佔百分之五十，台灣的教育能不活起來、補習制度的怪現象能不消除嗎？況且，教育是百年大計，是終身學習，又豈是封閉式的聯考、十幾年內的數百本教科書，可囊括而盡？

「科學新視野系列」正是企圖破除閱讀教育的迷思，為台灣的學子提供一些體制外的智識性課外讀物；「科學新視野系列」自許成爲一個前導，提供科學與人文之間的對話，開闊讀者的新視野，也讓離開學校之後的讀者，能真正體驗閱讀樂趣，讓這股追求新知欣喜的感動，流盪心頭。

其實，自然科學閱讀並不是理工科系學生的專利，因為科學是文明的一環，是人類理解人生、接觸自然、探究生命的一個途徑；科學不僅僅是知識，更是一種生活方式與生活態度，能養成面對周遭環境一種嚴謹、清明、宏觀的態度。

千百年來的文明智慧結晶，在無垠的星空下閃閃發亮、向讀者招手；但是這有如銀河系，只是宇宙的一角，「科學新視野系列」不但要和讀者一起共享，大師們在科學與科技所有領域中的智慧之光；「科學新視野系列」更強調未來性，將有如宇宙般深邃的人類創造力與想像力，跨過時空，一一呈現出來，這些豐富的資產，將是人類未來之所倚。

我們有個夢想：

在波光粼粼的岸邊，亞里斯多德、伽利略、祖沖之、張衡、牛頓、佛洛依德、愛因斯坦、普朗克、霍金、沙根、祖賓、平克……，他們或交談，或端詳撿拾的貝殼。我們也置身其中，仔細聆聽人類文明中最動人的篇章……。

（本文作者為商周出版發行人）



〈導讀〉

天才的另一個世界

馬自恆

二十世紀初的三十年間，科學界發生了一串驚天動地的發現：愛因斯坦的相對論打破了人類幾千年來對所堅信的時間與空間的認知；海森堡的測不準原理與量子力學的發展，粉碎了真實世界的基礎。正當人們將最後希望放在數學與邏輯這個由人類創建出的理性架構上，哥德爾的不完備定理一把火將一切希望燒得一乾二淨。

在這期間，科學家們已手忙腳亂。而身為人類心靈導師的哲學家們，更是因為一切確定性的失落而絞盡腦汁，希望至少能將形而上學的教條和真實世界的一絲連結維繫住。那是個屬於天才的年代，天才們昂首向造物主嗆聲。將祂深藏於平凡面貌之下的祕密一一掘出。

今年是哥德爾百歲冥誕紀念。《時代周刊》在上世紀結束時選出二十世紀最具影響力的科學家與思想家，其中包括書中主角愛因斯坦、哥德爾、涂林與維根斯

坦。在本書中，可以看出這些巨人如何碰撞出智慧的火花照亮那個時代（同時也解釋了羅素與馮諾曼等人的光芒為何相對失色）。

哲學家眼中的哲學家

這本書以哥德爾的生平為主軸，詳細地描述了這位巨人的生活經歷與思想。同時也導入了數學、物理與哲學的時代思潮，並分析了不完備定理所造成的影響。但本書與許多有關哥德爾的書籍最大的不同，在於作者以哥爾德提出的宇宙模型為中心，深入探討哥德爾在哲學的嘗試與貢獻。作者尤格拉本身是一位哲學家（或者依他自己的說法，稱他為哲學教授較準確），毫無疑問地也是一位哥德爾的仰慕者。他以為歷史翻案的態度，在書中向「學院派」主流哲學社群提出不平之鳴，主張哥德爾在哲學上的成就被惡意忽視了。正是這充滿使命感的熱情，使本書不僅只是一本傳記，同時也是兩位哲學家情誼超越時空的見證。

許多人（包括我）或許認為作者某些見解不夠客觀，甚至有人會覺得書中對學術界最終的審判情緒化。但無可否認地，透過尖銳的質疑，作者讓讀者能夠更深刻

地體會哲學價值與標準，以及哲學家對這些價值的熱切與執著。比起類似主題的作品，這本書相當艱深，作者探討了許多相當深入的哲學概念與辯證過程，主要原因在於鋪陳最終章節的論證基礎；讀者或者可以體會他的苦心。

哥德爾的故事結局往往難免帶些悲劇色彩：老友凋零、缺乏學術成就（哥德爾的問題在於他不願輕易發表）、身體與精神的病態（以相當沒有尊嚴的面貌呈現）。但本書最後卻是由作者捍衛哥德爾的滔滔雄論帶上高潮，這樣的收尾相信可以使讀者感到一絲寬慰。

形式數學與實證主義的時代思潮

書的前半段一方面敘述了實證主義的起源與茁壯，另一方面介紹了數學界經過發覺平行公設獨立於歐氏幾何之外的震撼，以及康托對無限提出的嶄新觀點之後，形式主義與集合論的發展，夾雜著各種企圖重建數學基礎的爭論。正當哲學家與數學家爭論不休的同時，愛因斯坦的相對論與量子力學的快速進展一方面打亂了哲學家的世界觀，另一方面卻以數學為工具發掘出令人驚嘆的物理真理，使得數學家之

間雖然意見不一，但對數學的信心大增，因此對數學本質的探討也就愈發迫切。這樣的背景，激發出實證主義的思潮，另一方面，也促使希爾伯特致力推動形式系統，希望將數學以最明確的方式呈現。而弗雷格與羅素企望以集合論將數學和邏輯接軌。

形式主義也好，集合論也罷，它們是數學家試圖建立數學規範所做的努力。它們可被視為「後設數學」^①，但要將其上綱到哲學層次再加以批判就有欠公平。實證論也類似，雖然它毫無疑問地是哲學的一支，但與其說它試圖像其他哲學派別提供一個世界觀，倒不如說它爲了防止哲學思想遭濫用而提出嚴謹的科學方法，扮演哲學警察的角色。它提出「可被證偽」的標準至今都還是捍衛科學淨土的利器。前一陣子有人高價販賣「能量水」，宣稱它有神奇功效，但它的「能量」卻無法以現代任何科學儀器測出。在「磁場」、「能量」充斥的台灣社會，實證論有極大的發展空間。

① 本書一概將以「meta-」爲首之詞譯爲「後設」。在其他地方或許譯爲「元」。它帶有「超越」、「包含」的意思。例如 meta-mathematics 指的是研究數學的數學。只有常見的 metaphysics 譯爲「形上學」。

不完備定理的哲學思想

本書後半段大部分是探討在哥德爾的不完備定理發表之後所引發的哲學效應。

不像是「相對論」與「測不準原理」時常被不相干的人放在莫名其妙的論證中，「不完備定理」確實有廣泛的哲學意涵。任何系統只要無法確定自我指涉能被排除，就可能不完備。不完備定理推演出的各式各樣解讀方式中，有爭議性低的，如涂林的停機定理，可以讓我們了解要保證一個龐大的軟體沒有漏洞，幾乎是不可能苛求的。這有某些正面的意義，至少對軟體業者而言，他們可以堂而皇之地使用者協定中加入不為軟體造成損害負責的條款（當使用者選擇回答「我願意」後，就該有自求多福的心理準備）。

哥德爾認為法律系統不可能完備，因為立法規則本身就是法律。他也試圖以人腦與機械計算工具之異同，論證唯物論難以成立。接下來，內格爾（Ernest Nagel）與紐曼（James Newman）、哈夫斯塔德（Douglas Hofstadter）、彭羅斯（Roger Penrose）等人也在這個主題上反覆辯論。可以確定的是，短期內難有共識。霍金

也引用不完備定理，論證宇宙可能不存在終極定理（特別指的是弦論）。

不完備定理的證明

書中有關哥德爾不完備定理的證明有些複雜。如果一時看不懂也不必氣餒，畢竟當中國第一位引進西方現代邏輯學的導師金岳霖先生聽到哥德爾大名時表示想買本書看看，「他的學生沈有鼎對金先生說：『老實說，您看不懂的。』」金先生聽了先是『哦哦！』兩聲，然後說：『那就算了。』」②這個七十年前的故事雖然透露出不完備定理在當時是對智識的嚴格考驗（回頭看來，除了馮諾曼，沒人能第一眼就充分了解定理意涵，即便哥德爾本人也未能完全掌握），但另一方面，經過了學者長期努力將證明簡化，這問題並不那麼高不可攀。我們就先提出個比手劃腳式的證明，試著給讀者墊墊肚子。

考慮兩個問題，第一個是有名的「騙子悖論」，也就是當一個人說「我現在正

②見劉福增的「殷海光與台大」。收錄於《殷海光學紀》，賀照田編選，上海三聯書店出版，二〇〇四年，三六五頁。



在說謊」時，這句話是真是假？第二個問題是，假設你弄到一張好玩的光碟，裡頭有個程式，你在電腦中執行它，它會要求你隨便輸入一個句子，然後說出一段有趣的故事。玩著玩著，某一次你輸入了一句話，電腦卻沒反應。到底是該一直等下去，還是可以判定程式永不會終止？這個問題也就是現代電腦創造者涂林所解答的著名的「停機問題」。

騙子悖論的標準答案是「無法判定」，理由是它經由「自我指涉」故意製造了矛盾。是否說謊這回事要根據一句話來判定，而「我現在正在說謊」正是一句話，一個包含本身概念的定義（自我指涉）無法被分析。^③類似這樣的詭論不勝枚舉。人們不斷試圖繞過這障礙，直到羅素針對集合論提出他的悖論後，大家才終於知道自我指涉無法克服，只能避開。於是羅素與懷海德就寫了一部大作，嚴格規定出算術系統的架構，剔除自我指涉。但哥德爾就是中規中矩地依循這個架構，製造出一個新的悖論。換言之，羅素找到了禍根，而哥德爾證明禍根既無法被消滅也躲不掉。

我們用停機問題作為不完備定理的替身，試著體會哥德爾證明的精髓。粗淺地說，涂林證明了停機問題不可解的技巧與哥德爾解不完備定理相同。拜電腦普及之

賜，我們可以去除一些繁瑣細節（但當年涂林可沒有任何實際電的腦操作經驗，他憑的是自己腦中想像的電腦而做到的。而且他既不懂什麼是電腦中的檔案，更沒見過光碟。他用的證明技巧和哥德爾一樣，來自康托偉大的「對角線證明法」）。回到前面的光碟。假使張天師宣稱他寫了個程式H，能夠判定一個程式針對某種輸入是否會停止，只要我們將程式及輸入分別建立在一張光碟中的「程式」與「輸入」兩個檔案中，放進他的電腦，H就會顯示「停」或「不停」的答案。「輸入」檔中可以存任何資料，或許本身也是個程式。那麼我們也可以要求他將H稍做修改，當「輸入」是個程式而且以本身，也就是「輸入」檔為輸入做出判定為「停」時，故意讓程式原地空轉，否則就讓它停止。我們稱這個奇怪的程式為Q。再將Q當成資料燒進一張光碟，「程式」檔中存一份，「輸入」檔中也存一份。把這張光碟交給張天師，看H會做出什麼判定。如果判定為「停」，表示以Q為程式同時Q也是輸入時程式會停，但根據Q的定義，它表示H在面對「輸入」（這時是Q）是程式，

③ 德福林（Keith Devlin）在《笛卡兒，拜拜！》一書中，以情境邏輯對騙子悖論提出了解答。為了不把事情弄複雜，我們暫且忽略情境邏輯。

而且以自身為輸入時不會停！這裡產生了矛盾。而當H判定不停時，Q以Q為輸入又必須停！又矛盾。

如果讀者覺得這個證明看來怪怪的，不必原地空轉。完全看懂它是權利不是義務。它有點像是將「甲、乙兩人，甲說乙從沒一句實話，乙說甲從沒一句謊話」這樣的悖論，實實在在地用可被電腦執行的程式寫出來。最關鍵的地方在於「程式本身就是資料」！對於今日使用過電腦的人們，這是個很容易被接受的事實，但在涂林的時代，這是劃時代的概念。中研院院士劉炯朗教授曾多次和我們這些（相對來說）年輕的朋友談論現代電腦發展過程中偉大的創見，名列榜首的永遠是「將程式當資料貯存」的概念。涂林被尊為現代計算機之父的最主要原因之一，也正是因為這概念已經隱含在他所發明的涂林機之中。否則嚴格地說，現代計算機的藍圖來自存在已久的機械式計算器，而非涂林機這個數學模型。

哥德爾為了達到相同的目的就更加辛苦了。他的工作並未引入了萬用計算機的概念（當時也沒有這個概念），把羅素與懷海德書中算術系統的邏輯式子編成數字，而利用數字本身就是邏輯運算的單元製造出矛盾。由於停機問題將不完備定理

以最具體的方式呈現出，因此哥德爾看到了涂林對停機問題的證明時十分振奮，而對於另一位邏輯學家丘奇提出抽象數學的等價理論相對地冷漠。

完美的人只存在於童話世界

書中作者對天文學大師霍金針對哥德爾宇宙提出的「時序保護假說」說法頗有微詞。但他或許誤解了霍金的本意。著名邏輯學家戴維斯（Martin Davis）談到哥德爾宇宙時說：「很自然地，這種世界經不起科幻小說中常見時光旅行的考驗。比方說，一個人是否有可能回到過去，把自己年幼時的祖父母殺了？哥德爾出人意表地提出了非哲學的解答，指出因為所需燃料太多，所以這種旅行不可行。」^④

霍金提出時序保護假說是為了避免時光旅行所可能產生因果錯亂的悖論，並非只針對哥德爾的宇宙。它先封殺了矛盾發生的可能，畢竟因果律是最基本的邏輯規律。如果因果律都靠不住，我們又如何有把握推導出這種結論的過程中所用到的邏

④ Martin Davis, *The Universal Computer*, w.w. Norton & Company, 2000, P.134.

輯是可靠的？

本書作者尤格拉在以哥德爾使徒的角色捍衛其哲學成就的奮戰中，或許忽略了某些細節。現實世界對於心智敏銳的人而言，其荒謬的程度並不下於童話世界（或者說卡夫卡的世界）。哥德爾認為童話世界比真實世界更確切，或許這就是他在生活上與思想上，都傾向選擇將他的世界建立在自我設定的一組律法之上。書中羅提（Richard Rorty）對柏拉圖的貼切評語也適用於哥德爾：「我們仍然努力地試圖分辨出什麼是認真的話，什麼只是笑話。」或許是對哥德爾哲學主張較持平的看法。

科學與哲學是亦敵亦友的兩個領域。哲學的品味（即使有時是病態的）有助於加深追尋特定科學目標的信念。但如愛因斯坦明白地指出，科學家應該是哲學的機會主義者。他在一九〇五年發表的狹義相對論，將時空限定於特定條件下的測量值，是實證主義者從天下掉下的禮物。而同一年發現的布朗運動機制，又是對不願接受原子模型的極端實證主義者的一記重拳。愛因斯坦本人不但示範了如何做一名成功的機會主義者，也提供了一項負面教材——他的實在論觀點使他在面對新興的量子力學上的判斷一敗塗地。不僅他對上帝丟骰子嗜好的判斷失了準頭，最後與兩

位同事共同提出的愛波羅詭論（EPR Paradox），給不願意碰觸「實在界」問題的哥本哈根學派丟下個大難題。沒想到在貝爾（John Bell）指出驗證的可能性後，實驗結果再次將勝利的果實送給量子力學。愛因斯坦不單招來庸人自擾之譏，連光速不可超越的理論都受了一場虛驚。愛因斯坦畢竟還是栽在哥本哈根學派這極端投機主義者的手中。

哥德爾似乎從未成為投機主義者，他的不完備定理本身便具有強烈的哲學意涵，也是他在不疑處有疑的人格特質極致的發揮。從一組條件或是公設中顛覆出令人意外的結果，似乎是他與試圖將他歸為心智異常（神經病的較含蓄說法）的平凡世界無言的競賽。只要有一名觀眾衷心為他喝采，他就不算失敗；尤格拉就是這名觀眾。這名觀眾最終也忘我地投入，從一組檢驗哲學家的標準出發，企圖顛覆出與學院派哲學相悖的結論——哥德爾是一位不折不扣的哲學家。

（本文作者為中央研究院資訊科學研究所副研究員）