

GRAVITATION

引力論

Charles W. MISNER

Kip S THORNE

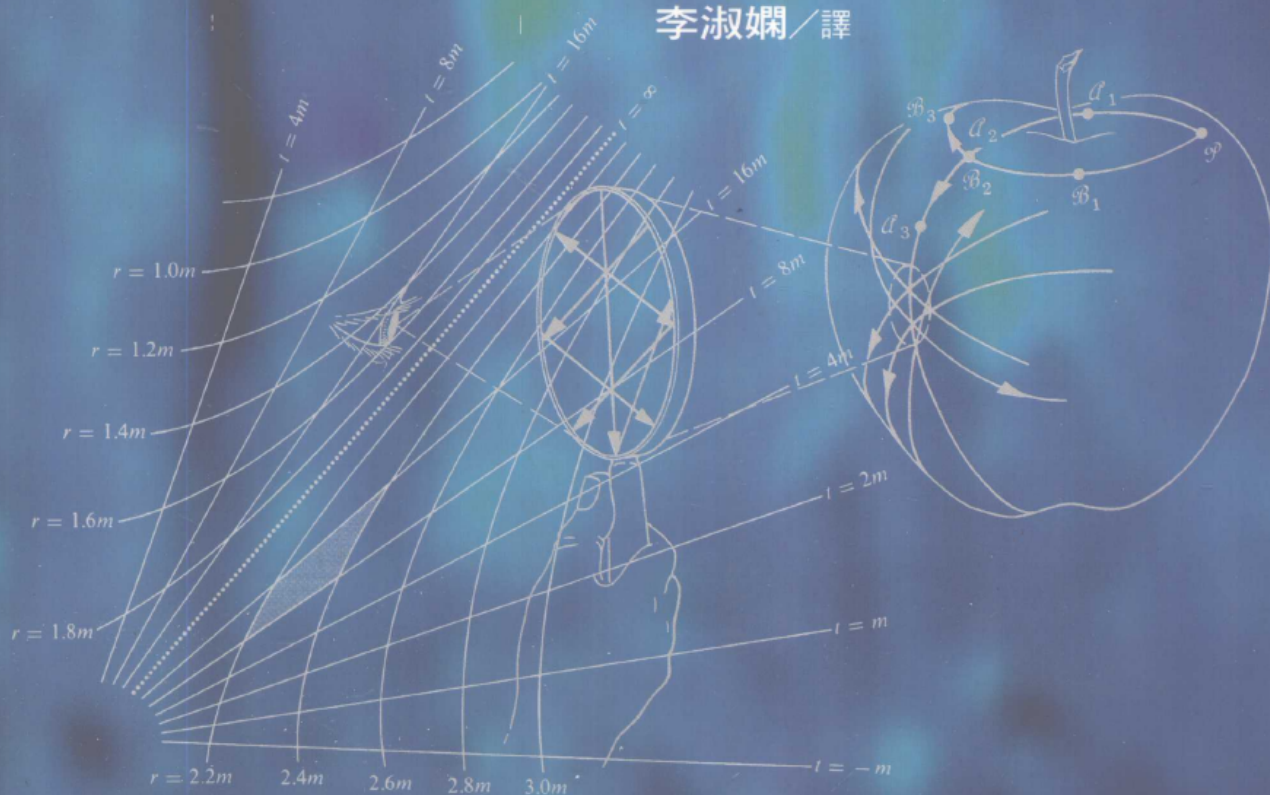
John Archibald WHEELER / 著

陳秉乾

馬 駢

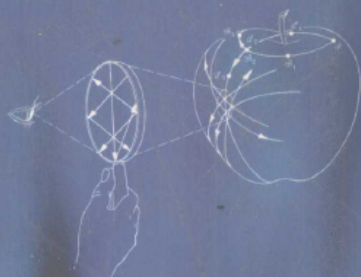
陳熙謀

李淑嫻 / 譯



引力論

GRAVITATION



ISBN 957-09-1133-6 (321)



01350



9 789570 911336

GRAVITATION

引力論

作者 / C. W. 麥思納
Charles W. Misner

K. S. 索恩
Kip S. Thorne

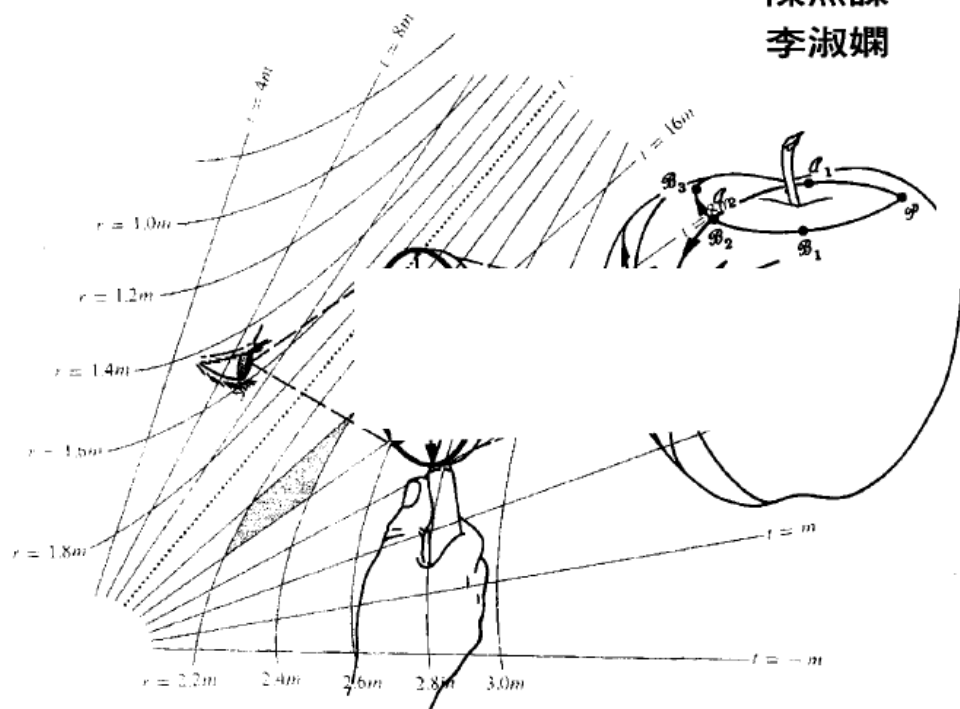
J. A. 惠勒
John Archibald Wheeler

譯者 / 陳秉乾

馬駢

陳熙謀

李淑嫻



國家圖書館出版品預行編目資料

引力論／李淑嫻等譯，--臺初版，--臺北市

：正中，民86

面：公分

含參考書目及索引

譯自：Gravitation

ISBN 957-09-1133-6(平裝)

1. 引力

321.1

86014121

引力論《大學用書》

作者◎C.W.麥思納·K.S.索恩·J.A.惠勒

譯者◎陳秉乾·馬駒·陳熙謀·李淑嫻

總編輯◎陳怡真

責任編輯◎呂佩俐

封面設計◎黃馨玉

發行人◎單小琳

出版發行◎正中書局股份有限公司

地址◎台北縣(231)新店市復興路43號4樓

電話◎(02)8667-6565

傳真◎(02)2218-5172

郵政劃撥◎0009914-5

網址◎http://www.ccbc.com.tw

E-mail:service@ccbc.com.tw

門市部◎台北市(100)衡陽路20號3F

電話◎(02)2382-1153·2382-1394

傳真◎(02)2389-2523

香港分公司◎集成圖書有限公司—香港九龍油麻地北海街七號

TEL: (852)23886172-3·FAX: (852)23886174

歐洲分公司◎英華圖書公司—14, Gerrard Street, London, W1V 7LJ U.K.

TEL: (0207)4398825·FAX: (0207)4391183

泰國分公司◎集成圖書公司—曼谷羅華力路233號

TEL: 2226573·FAX: 2235483

美國辦事處◎中華書局—135-29 Roosevelt Ave. Flushing, NY 11354 U.S.A.

TEL: (718)3533580·FAX: (718)3533489

日本總經銷◎光儒堂—東京都千代田區神田神保町一丁目五六番地

TEL: (03)32914344·FAX: (03)32914345

總經銷◎紅螞蟥圖書有限公司 TEL: (02)2795-3656·FAX: (02)2795-4100

行政院新聞局局版臺業字第0199號(9161)

分類號碼◎321.00.001(祥新)

出版日期◎西元1997年12月臺初版

西元2002年11月臺初版第2次印行

ISBN 957-09-1133-6

定價／1350元

版權所有·翻印必究 Printed in Taiwan

國際中文版授權 © W.H.FREEMAN and COMPANY PUBLISHERS

*Copyright © 1970 and 1971 by Charles W. Misner, Kip S. Thorne,

John Archibald Wheeler. Chinese language edition. All Right Reserved*.

Chinese language copyright © 1997 CHENG CHUNG BOOK CO., LTD.

符 號 約 定 表

文 獻	g 符號	Riemann	Einstein	空 時
				四 維 指 標
Landau, Lifshitz (1962) 「類空約定」	+	+	+	拉 丁
Landau, Lifshitz (1971) 「類時約定」	-	+	+	拉 丁
Misner, Thorne, Wheeler (1973, 本書)	+	+	+	希 臘
Adler, Bazin, Schiffer (1965)	-	-	-	希 臘
Anderson (1967)	-	-	- b	希 臘
Bergmann (1942)	-	- a	-	希 臘
Cartan (1946)		-	-	
Davis (1970)	-	+	-	拉 丁
Eddington (1922)	-	+	-	希 臘
Ehlers (1971)	+	+	+	拉 丁
Einstein (1950)	-	+	-	希 臘
Eisenhart (1926)		+	-	
Fock (1959)	-	- a	-	希 臘
Fokker (1965)	-	-	+	拉 丁
Hawking 和 Ellis (1973)	+	+	+	拉 丁
Hicks (1965)		+	+	
Infeld, Plebanski (1960)	-	+	+	希 臘
Lichnerowicz (1955)	-	+	+	希 臘

McVittie (1956)	—	+	—	希臘
Misner (1969 a)	+	+	+	希臘
Moller (1952)	+	—	—	拉丁
Pauli (1958)	+	—	—	拉丁
Penrose (1968)	—	—	—	拉丁
Pirani (1965)	—	—	—	拉丁
Robertson, Noonan (1968)	+	+	—	拉丁
Sachs (1964)	±	+	+	拉丁
Schild (1967)	—	+	—	拉丁
Schouten (1954)		—	+	
Schroedinger (1950)	—	+	—	拉丁
Synge (1960 b)	+	+	—	拉丁
Thorne (1967)	—	+	+	希臘
Tolman (1934 a)	—	+	—	希臘
Trautman (1965)	—	—	—	拉丁
Weber (1961)	+	+	+	希臘
Weinberg (1972)	+	—	—	希臘
Weyl (1922)	—	+	+	拉丁
Wheeler (1964 a)	+	+	+	希臘

^a 置於各 **Riemann** 分量上的非常用指標對 $R_{\mu\nu\alpha\beta}$ 給予不同的符號。

^b 注意：它的 $\kappa < 0$ ，為引力常數之負值。

符 號 約 定

本書遵循「Landau-Lifshitz 類空約定」(LLSC)。下述各箭頭所標明之符號均為「+」。前表則指出其他作者採用之符號。

$$+g = -(\omega^0)^2 + (\omega^1)^2 + (\omega^2)^2 + (\omega^3)^2$$

g 符號
(第二列)

$$+ \mathcal{R}(\mathbf{u}, \mathbf{v}) = \nabla_{\mathbf{u}} \nabla_{\mathbf{v}} - \nabla_{\mathbf{v}} \nabla_{\mathbf{u}} - \nabla[\mathbf{u}, \mathbf{v}]$$

$$+ R^\mu_{\nu\alpha\beta} = \partial_\alpha \Gamma^\mu_{\nu\beta} - \partial_\beta \Gamma^\mu_{\nu\alpha} + \Gamma^\mu_{\sigma\alpha} \Gamma^\sigma_{\nu\beta} - \Gamma^\mu_{\sigma\beta} \Gamma^\sigma_{\nu\alpha}$$

Riemann 符號
(第三列)

$$+ R_{\mu\nu} = R^\alpha_{\mu\alpha\nu}$$

Einstein 和 Riemann
符號之商

$$+ \text{Einstein} = + 8\pi T$$

$$G_{\mu\nu} = R_{\mu\nu} - \frac{1}{2} g_{\mu\nu} R = + 8\pi T_{\mu\nu}$$

Einstein 符號
(第四列)

$$T_{00} = T(\mathbf{e}_0, \mathbf{e}_0) > 0$$

所有作者都同意此
「正能密度」符號

上述 **Riemann** 符號之選擇對於無坐標方法而言是方便的，例如上述曲率算符 $\mathcal{R}(\mathbf{u}, \mathbf{v})$ ，例如曲率2-形式 (14.19式)，以及矩陣運算 (練習14.9)。Ricci 和 Einstein 的定義連同上面選用的符號，使得它們對於具有正定度規之標準球的本徵值 (和 $R \equiv R^\mu_{\mu}$) 為正。

作者 J. A. Wheeler 專為中文版寫的前言

自從本書1973年問世以來，引力物理的進展充分說明了它是何等的重要。新效應的檢驗和老效應的更精確檢驗，都證實了 Einstein 理論的充滿活力的預言，這一理論從1915年起就久經論戰的考驗，但至今仍是標準的理論。有希望的努力是正在進行中的探索 and 測量旋轉質量所產生的迴轉引力，這個力與靜引力的關係正如磁與電的關係一樣。

Einstein 的理論告訴我們，引力並不是外來的、穿越空間傳佈的實體的力，而是空間曲率的表現，它還告訴我們，在全宇宙內黑洞是最簡單，最理想的質量負荷者。這樣，引力理論就把兩個表面上似乎相距很遠的領域聯繫起來了。一個是當今奇妙非凡的天體物理，它長於研究散布在天空各處的黑洞對氣體的吸積並確定其位置。另一個是以黑洞表面積量度的信息或熵。Einstein 把引力翻譯成幾何，開關了一個思維境界。黑洞物理把幾何翻譯成信息 - 理論的語言，開關了當今一個激動人心的新的思維境界。

我們是否可以認為有三個物理時代？第一個時代，從 Galileo 的拋物線、Kepler 的橢圓算起，這是運動沒有得到解釋的時代？第二個時代，從 Newton 的力學、Maxwell 的電動力學以及 Einstein 的幾何動力學一直延續到現代電動力學和弦理論，這是定律沒有得到解釋的時代？而正在到來的第三個時代，它具有某種比運動比定律更深刻的東西作為核心概念，即信息本身？

Cartan 揭示出的 Einstein 理論的結構所給予的推進是無以倫比的，它促使我們去思考，物理定律是建立在某種比物理定律更深刻的事物之上的，這種考慮，在第15章中表述為，在一個小的三維區域中能量 - 動量的總和由該區域邊界上的轉矩（與曲率有關）之和給出。這個結構利用了「一個三維區域的二維邊界的一維邊界自動為零」的原理。顯然，自然界不需要大、小齒輪，或錯縱複雜的接線圖或精緻的結構。在電動力學、色動力學及弦理論中，自然界又令人驚異地兩次以上同樣地使用了「邊界的邊界是零」（1-2-3和2-3-4）的原理。這使我們相信，當我們認識到宇宙是多麼奇特時，我們也正開始懂得宇宙是多麼簡單。

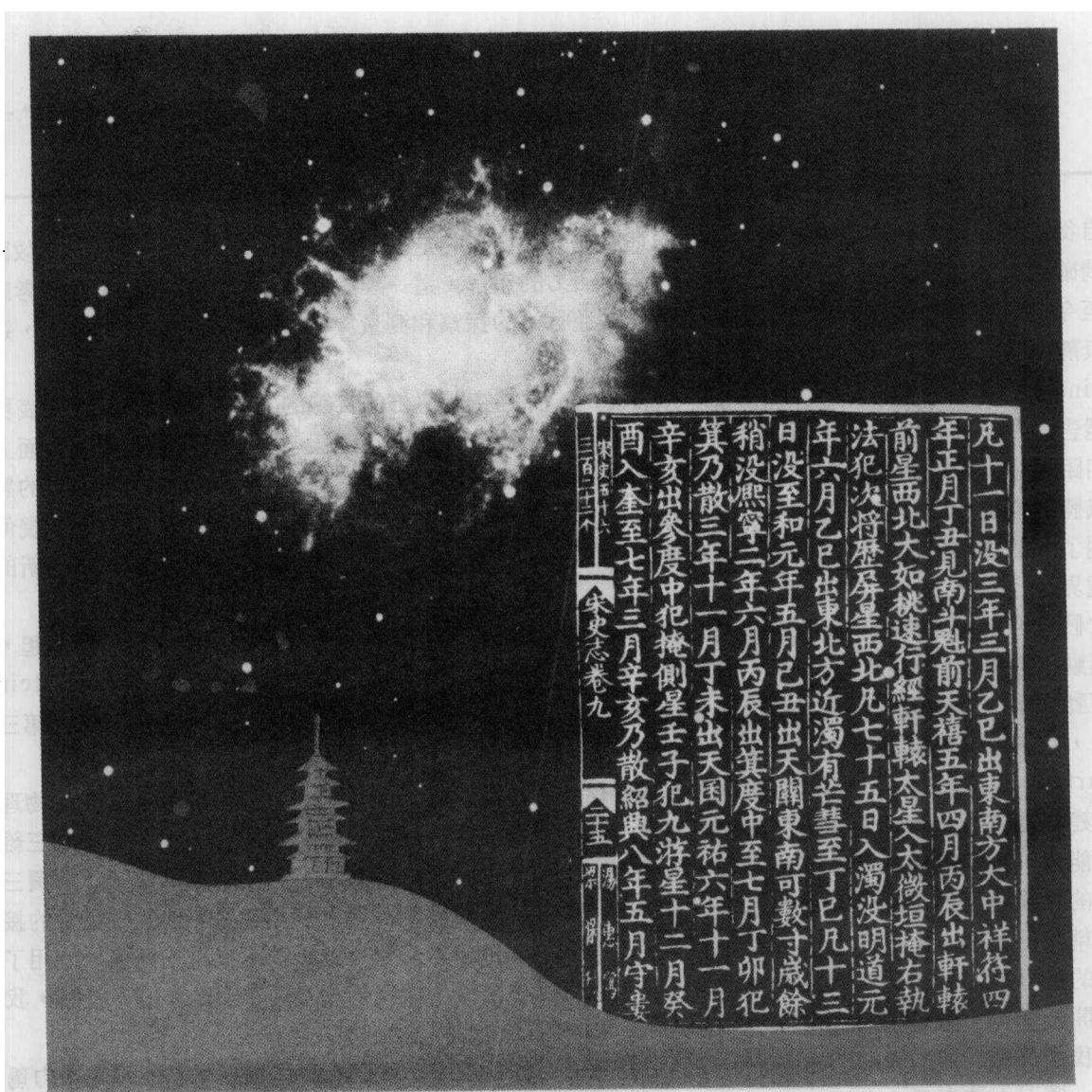
在我們沉思於這些大問題的同時，我們還利用引力從太空中，從鑽孔裏發掘新材料，利用引力駕馭潮汐，導引入造衛星。多麼偉大的課題，何等漫長的歷程！

Charles W. Misner

Kip S. Thorne

John Archibald Wheeler

1986年 5 月29日



蟹狀星雲 (NGC 1952)，1054年7月超新星之遺迹，這一事件是宋朝國家天文臺（司天監）在開封觀測和記錄的。迄今900年間，爆發的碎片已向外運動了約三光年，即碎片之運動速度約為光速的 $1/300$ 。1934年，Walter Baade 和 Fritz Zwicky 預言超新星爆發應產生中子星。在1968年發現的第一批半打脈衝星中，有一個就在蟹狀星雲的中央。它每秒脈動30次，對此，當今除中子星自轉外，別無可以接受的解釋。本照片所示之中國歷史記載列舉了北宋觀測到的異常天文現象，它引自1340年首次出版的宋史志卷九第五十六的「天文志」。按本圖剪輯之標準記錄照片是從大英博物館董事會複製的，非經他們允許，不得翻印。

蟹 狀 星 雲 圖

我們把這本書，
獻給我們的同胞。
他們熱愛真理，
節衣縮食，
付出捐稅，饋贈禮品。
還不時派遣，
他們中間的成員，
作為獻身的僕從，
來推進這項研究工作——
研究我們的「家」
陌生而美妙的宇宙。
揭開它的奧秘！
顯出它絕妙的單純！

序

本書是引力物理學（Einstein 的「廣義相對論」或「幾何動力學」）的教科書。貫穿這個題目，本書提供了兩個階段。初階致力於關鍵的物理概念。它只需要矢量分析和簡單的偏微分方程為數學準備。它適用於三年級或四年級水平或研究院中的一學期課程；並且，作者認為，它構成了引力理論必不可少的核心，這是每個攻讀物理學的高年級學生都應當學習的。對本書中包含的初階內容，都在其每一頁的上角外側以灰色 1 畫出輪廓^①，由此讀者一眼即可辨出初階的有關章節。在目錄中，為了同樣目的，在有關的節、框或圖號旁畫一條灰色槓。

本書的其餘部分把初階擴展到高階。作為加深部分的材料，請讀者和教師選擇高階中他們最感興趣的那部分內容。除幾章外，讀者只需學過前面初階的內容，即可理解高階的任何一章。這些例外，凡在高階每章開始之處，或在一章內每從初階過渡到高階之處，都以「附帶聲明」明確的詳加說明。

全書（初階的全部內容與高階的全部內容之和）是為研究生水平的嚴格的全年課程設計的，雖則許多講授全年課程的教師可能寧願採取較為從容的速度而略去高階的某些材料。全書試圖給予讀者在引力物理學方面的能力，可與一般電磁學哲學博士所具有的能力相比擬。當學生獲得此種能力時，他知道在平直空時中的物理學定律（第1—7章）。他能夠預告量級。他還能應用現代微分幾何的主要工具作計算（第8—15章），並且能夠在各種有關的精度水平上作出預告。他懂得物理學的 Einstein 幾何之輪廓（第16—22章）。他知道當今最偉大的有趣應用：脈衝量和中子量（第23—26章）；宇宙論（第27—30章）；Schwarzschild 幾何和引力坍縮（第31—34章）；以及引力波（第35—37章）。他查究了 Einstein 理論的實驗檢驗（第38—40章）。他將能閱讀有關微分幾何的現代數學文獻，以及刊載在物理學和天體物理學雜誌上的有關幾何動力

^① 中文版只在目錄中加上黑色黑線，表示初階內容，其餘的為二階內容，不每頁標明。

學及其應用的最新文獻。如果他希望超出場方程，四個主要應用及檢驗的範圍，他可在本書的末尾（第41—44章）找到廣義相對論中若干前沿課題的簡要述評。在此處提到的這些課題中，超空間和量子幾何動力學得到了特別的關注。從這些章可以辨明當今所追索的某些突出的物理理論題以及研究路線。

無論物理系，天體物理系或數學系，越來越多的學生（在追求廣義相對論時，總是希望不限於單純的對話。他們渴望獲悉敘述清晰的廣義相對論主要論文。他們希望知道他們自己應該怎樣去「搖動廣義相對論情報泵的手柄」。很多大學用一系列 Einstein 標準的1915年幾何動力學課程作為回答。這真是 Maxwell 標準的1864年電動力學的鮮明對照！1897年，當 Einstein 在蘇黎世作學生時，甚至有半數歐洲大學都不把電動力學列入教學日程！¹ Einstein 的一個同班同學說：「我們徒然地等待着對 Maxwell 理論的解釋」，「最感失望的是 Einstein²，因為他認為電動力學是「當時最迷人的課題」³——這正是今天許多學生對 Einstein 理論的評價。

就花費時間贏得承認而言，使人們從 Maxwell 理論想起 Einstein 理論。甚至遲至1904年，在像 William Thomson, Kelvin 爵士這麼偉大的研究者所寫的書中，竟然還出現這樣的話：「所謂『光的電磁理論』，迄今為止對我們並無幫助，……依我看，倒不如說它倒退了一步……在我看來，對此有一點似乎是可以理解的，但我並不認為是可以採納的……即在垂直於傳播的方向上應當有電位移。」⁴ 大西洋電纜的首創者終於對 Maxwell 電動力學作出了極為豐碩的貢獻——從測量的單位和原理，以至金屬引導波的理論——這是否正因為他自己對此課題早先就遇到了很多困難呢？因此，當今研究 Einstein 幾何動力學的許多人應該滿懷希望！由於二十年代的一些重大進展：從 Kelvin 的電纜到 Marconi 的無線電，從 Rutherford 和 Bohr 的原子到高頻電路的新技術，產生了對 Maxwell 理論正確性的普遍信任。懷疑減少了，信任等導致應用，應用又導致信任。

許多人在開始接受廣義相對論時也很遲緩，因為它似乎絕少應用。今天 Einstein 理論引起許多人的興趣也正因為它具有廣泛的應用。已經不再限於注意三個著名而又貧乏的實驗：引力紅移，太陽造成的光線彎曲，以及水星近日點的繞日運動。雷達測距與廣義相對論的結合，正在一步一步地把老一代的太陽系天體力學轉變為具有新的精度水平，新的效應和新的前景的全新課題。1968年所發現的脈衝量，除了1934年預言過的中子星外還沒有找到其它可以接受的解釋，中子星的中心密度極高（ $\sim 10^{14}$ 克/厘米³），對此 Einstein 的質

¹ G. Holton (1965)。引文可在書目（本書末）中查到。

² L. Kolbros (1956)。

³ A. Einstein (1949 a)。

⁴ W. Thomson (1904)。

量估計與 Newton 的估計相差達百分之十至百分之百。並且，有關進一步的密度增加以及最終的連續引力坍縮，Newton 理論一無可言。與此相反，Einstein 的標準，1915年幾何動力學在1939年已預言了完全坍縮天體，即「凍結（3 的）星」或「黑洞」的性質。1966年已有詳細的數字計算描述具有白矮星核的一恆星坍縮而形成這種天體的過程。今天，發現第一個黑洞的願望正成為推動下述幾個研究項目的重要力量：旋轉怎樣影響黑洞的性質？黑洞形成時將產生何種形式的引力輻射脈衝？當伴星氣體堆積在通向黑洞的路上時將產生什麼樣的X射線譜？⁵所有這一切研究以及其他研究都是建立在 Einstein 場方程的 Schwarzschild 標準的1916年靜態和球對稱解基礎上的，它在1960年才第一次在現代的意義上得到了真正的了解，並在1963年推廣至具有角動量的黑洞。

幾何動力學（與電動力學相比！）就這個詞的全部含義而言，超出了相對論在太陽系的檢驗和應用的範圍，超出了脈衝星、中子星和黑洞的範圍，超出了幾何靜力學（與靜電學相比！）和穩態幾何學（與穩恒電流產生的磁場相比！）的範圍。Einstein 的偉大概念在這裏比任何其它地方都更出色而明白：空間的幾何是具有自由度，具有其自身動力學的新的物理實體。Einstein 在1918年預言，空間幾何的形變可以把能量從一處輸送到另一處。今天，感謝 Joseph Weber 的發起，建起了這種引力輻射的探測器，並用來給出能以選定頻率通過地球的能流上限。以前從未有人認識到，可以期望這麼多種重要的引力輻射過程。正以前所未有的巨大興趣探測這種新型信號，並用以診斷遠方的種種事件。前所未有的推動力，推動着不只一個實驗室提高儀器的靈敏度，直到使引力輻射成為對宇宙的一個常用的新窗口。

宇宙的膨脹是對 Einstein 幾何動力學的全部檢驗中最重大的檢驗，而宇宙論則是各種應用中最重大的應用。早在宇宙膨脹被觀測到（1929年）之前很多年，理論就預言了它，在當時，這一預言甚至連作者自己都覺得太荒誕而不敢相信。在 Hubble 得出膨脹的短時間尺度所造成的紛亂面前，不願各種「理論」（「穩恒態」、「連續創造」）對這種短時間尺度的歡迎和運用，標準的廣義相對論堅決地堅持長的時間尺度，數十年之後，天體物理才發現（1952）Hubble 的距離和時間尺度是錯誤的，必須擴充五倍以上。與近至 1958 年根據天體物理學證據推演得出的宇宙平均質量-能量密度相差三十倍左右，現在，Einstein 理論與過去一樣論證應有更高的密度，宣布「迷失物質之謎」，並鼓勵天體物理學在年復一年的不斷搜索中，去發現在星系間空間中物質存在的新迹象。在原始宇宙火球輻射發現之前十七年，廣義相對論就預言了它，並且甚至還預報了它現在溫度的近似值。這一輻射帶來了早先宇宙的信息，當時的宇宙比今天宇宙的線性尺度小一千倍，體積小十億倍。1963年發現的類星體提供

⁵ 1973年4月，有重要的迹象表明天鵝座 X-1 和其他緻密 X 射線源可能是黑洞。

了較近時代宇宙的更為詳盡的信息，該宇宙之線度為今日宇宙的四分之一到二分之一。這些天體不僅僅是照耀遠處和過去的燈塔，它們還告訴我們用其它方法無從得知的有關宇宙和星系的演化階段。它們以宇宙中任何其它地方無從比擬的速率輸出能量。它們以驚人的方向性拋出物質。在光譜的微波波段和可見光波段，它們表現出令人迷惑的不同的隨時間變化。較大尺度的類星體，較小尺度的近在手邊的銀河核心，宣布了對廣義相對論的挑戰：幫助澄清這些奧秘吧！

如果說 Einstein 幾何動力學的大量應用吸引了許多年輕的天體物理學家去研究它，那麼，同樣的吸引力還招來了物理界中關心物理宇宙論、實驗廣義相對論、引力輻射、以及由超密物質組成之物體的性質的那些人。研究此課題的另一動力，是期望 Einstein 激動人心的幾何動力學作為物理學的機器，此處暫且不談，因為我們希望在本書的每一章中都談到它。

為什麼要寫一本新書？廣義相對論的新應用及其非凡的物理興趣，使早年最出色的教科書，其中甚至包括 Wolfgang Pauli 在21歲時所寫的關於這個題目的偉大論文全都過時了。此外，微分幾何的觀點已經變化，使之與局限於早期教科書中傳統張量運算訓練的學生隔絕了。對於這些學生來說，既難於或不可能閱讀他們現代數學同事的著作，也難於或不可能對友善的幫助者解釋他的物理問題的數學含義。為了在我們三個學院中盡到我們對學生的責任，除了給予新的解釋外，別無他法，這種新的解釋以建立對此課題的堅實能力為目的，使其數學現代化，指向當今最有興趣的物理學和天體物理學的應用，並且，因深信自然界的優美和單純而得到鼓舞。

Charles W. Misner

Kip S. Thorne

John Archibald Wheeler

1972. 9. 4

譯 後 序

當我終於結束這本書的最後一個字的校訂時，我長長地舒了一口氣，爲我的朋友們，也爲我自己。看來，我們十數年的堅持不懈的努力不至於付諸東流。

中國古代有「十年磨一劍」的故事，誰料想在當今會有「十年譯一書」的故事呢？

中國大陸各高等學校，在停止正常教學科研十年之後，於1977年重新開始恢復招生，到1980年代初，剛剛招齊了各年級的學生，各類課程也得以正式開課，此時我從北京外文書店「內部影印部」買到這本厚書。在書的正文開始之前的扉頁上，赫然印著木刻版的中文，那是「宋史志卷九」中的一頁。九百多年之前，宋朝國家天文臺（司天監）的中國天文學家，準確細緻而生動地記載了一些異常的天文現象。近代的天體物理，認證了其中的一些客星是超新星的爆發。至今，在國際天文界，這些超新星遺迹仍然沿用當時的年代來命名；而那些中國古代的記錄在科學研究中也仍然有不可取代的價值。此事深深地打動了我。

1981年的金秋，本書作者之一，John Archibald Wheeler 教授訪問中國，在中國各大學做了一系列精彩演講。他的演講和風趣的答問在北大引起我的興趣，而在中國系統講授廣義相對論的書並不太多，我們決定翻譯此書。

此書取材豐富，旁證博引，翻譯有相當的難度；我們每人又都有繁重的教學科研任務，但工作進程順利。1986年完成主要部分的初稿，Wheeler 教授爲中文版寫了前言，北京高等教育出版社欣然接受出版，1988年該出版社的理論物理編輯楊再石先生已對本書的上冊約50萬字作完編輯加工及製圖的準備，預期第二年見書。

第二年是多事的1989，北京高等教育出版社正式退稿，繼之我離開了中國，離開了我從事33年教學的北京大學。

在我和我的丈夫方勵之離國的第一站，英國劍橋大學的校園裏，正中書局總經理黃肇珩來訪，當她知道這個故事後，熱情接受出版此書。我們的朋友

湯敦序博士，不辭勞苦也不怕可能遇到的麻煩，把 100 多萬字足有十磅重的譯稿，輾轉從中國大陸悄悄帶出，直接送到劍橋我們的住處。

經歷一年多的奔波遷徙，當我們安定下來，我正對譯稿作最後的統一校改定稿時，正中書局告訴我有關新近提出的智慧財產權的問題。我能夠理解正中書局面臨的難處。

其實，在我們決定譯此書時就明確地知道，儘管這是一本極有價值的科學專著，一本極佳的教材，但它的銷量是極有限的。它已經培育了幾代有志於研究宇宙奧秘的人，它也將以人類智慧的一個時期的記錄而流傳下去，但讀者卻是可數的。簡言之：這是一本好書，但不是一本賺錢的書。

1981年 Wheeler 教授剛知道我們要譯此書時就激動地說：「我非常高興我們的書有機會用中文出版，這是我們的光榮，因為世界上有最多的人口使用中文或說華語」。1991年我訪問馬里蘭大學（University of Maryland），當 Misner 教授知道我正在為此書中文版努力，他興奮之餘把他的新著又送給我。爲了推進此書的順利問世，1993年 Wheeler 教授不顧高齡來往於幾位著者和原出版公司之間，最後得到一致同意。三位著者一致簽署，授權正中書局出版我們所譯的本書中文版；原美國出版公司 W. H. FREEMAN AND COMPANY 極其友好地表示：遵照幾位原著者的意願，授權正中書局出版由我們所譯的 GRAVITATION 中文版，且免去本應給公司的版稅。

在各國維護自身合理且合法利益的商業競爭中，這是一個例外。然而，在國際科學界，例外的事時有發生，因爲，在人類的這個群體中，還有更高的原則與追求。

Wheeler 教授在得知此書終將面世時，問過我：「中國大陸的學生和學者能看見或買到這個中文版嗎？」我毫不猶疑地回答：「一定能！」因爲我相信世界的進步潮流，而中國人必然在此潮流之中。科學發端於人類理性的交融，她需要自由的思想，自由的交流，她屬於全人類；她使人類生活得更智慧，更有尊嚴也更加文明，使世界更美好。當今的信息發展爲交流插上了翅膀，沒有任何力量能阻隔它。

此書經過如此長的歷程，終於能和讀者見面，要感謝所有幫助過我的朋友。尤其是三位原著者 Charles W. Misner 教授，Kip S. Thorne 教授，John Archibald Wheeler 教授，感謝 W. H. Freeman and Company 公司，感謝湯敦序博士。

還要特別提到的是，在這本譯作幾近夭折時，正中書局熱情接下它，幾年來歷任編輯勤懇認真地對它加工。爲了讀者在閱讀中查找方便，每一頁都比照原文格式排版。這在譯作中並不多見。如今，這本名著能以現在的風貌呈現在讀者面前，正中書局以及爲它辛勞的編輯是功不可沒的。在此一併致謝。

最後，我祝願：不要再重覆我們的故事。

引 力 論

目 次

第一篇 空時物理學 1

第一章 幾何動力學概要 3

- §1. 1 | 蘋果的寓言 3
 - §1. 2 | 帶坐標和不帶坐標的空時 5
 - §1. 3 | 失重 13
 - §1. 4 | 帶坐標和不帶坐標的局域 Lorentz 幾何 19
 - §1. 5 | 時間 23
 - §1. 6 | 曲率 29
 - §1. 7 | 物質對幾何的效應 37
-

第二篇 平直空時中的物理學 45

第二章 狹義相對論基礎 47

- §2. 1 | 概論 47
- §2. 2 | 幾何客體 48
- §2. 3 | 矢量 49
- §2. 4 | 度規張量 51
- §2. 5 | 微分形式 53
- §2. 6 | 梯度和方向微商 59
- §2. 7 | 幾何客體的坐標表述 60
- §2. 8 | 離心機和光子 63
- §2. 9 | Lorentz 變換 66
- §2.10 | 碰撞 69

第三章 電磁場 71

- §3. 1 | Lorentz 力和電磁場張量 71
- §3. 2 | 普遍意義下的張量 74