

FENSILE SHIKONG ZHONG DE XIANGDUILUN JI YUZHOUJULUN

曹盛林 著

芬斯勒时空中的 相对论及宇宙论

北京师范大学出版社

WORLD BOOK CHINA DIVISION OF HANGZHOU JI FENGCHUAN

世界图书出版公司

1999

芬斯勒时空中的 相对论及宇宙论

陈维新 著 王 强 译

芬斯勒时空中的相对论及宇宙论

曹盛林 著

贺

北京师范大学

百年华诞！

天文系 曹盛林

2002.4.5.

北京师范大学出版社

• 北京 •

图书在版编目(CIP)数据

芬斯勒时空中的相对论及宇宙论/曹盛林著. —北京:
北京师范大学出版社, 2001.8
ISBN 7-303-05174-0

I. 芬… II. 曹… III. 相对论—宇宙学
IV. P159.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2001)第 056572 号

北京师范大学出版社出版发行

(北京新街口外大街 19 号 邮政编码: 100875)

出版人: 常汝吉

北京东方圣雅印刷有限公司印刷 全国新华书店经销

开本: 850mm × 1 168mm 1/32 印张: 16.625 字数: 417 千字

2001 年 8 月第 1 版 2001 年 8 月第 1 次印刷

印数: 1 ~ 1000 定价: 23.50 元





作者简介

曹盛林 1937 年 6 月 14 日生于重庆市, 1955 年高中毕业于重庆市第二中学, 1959 年毕业于四川大学物理系, 同年 9 月, 分配到航天部一院十三所任技术员从事惯性导航陀螺仪研制。

1978 年 10 月调来北京师范大学天文系, 从事相对论天体物理的教学科研. 在此期间发表有关论文百余篇。1992 年提升教授, 1997 年退休。

曹盛林文章目录 (中文部分)

- [1] 光速不变原理可以抛弃吗? 物理 Vol. 4 No. 3, 1973.
- [2] 类星体的光变函数和 Lamaitre 模型 华中师范学院学报 No. 3, 1979.
- [3] 光变幅度不大于 0.5 类星体的视星等-红移关系 天文学报 Vol. 21, No. 2, 1980.
- [4] 类星体红移的统计分析--类星体的哈勃图 科学通报 Vol. 25, No. 20, 1981.
- [5] 类星体红移的统计分析--类星体光度及其演化 科学通报 Vol. 26, No. 3, 1981.
- [6] 类星体光学波段连续谱的统计特性与 K 订正 天文学报 Vol. 21, No. 4, 1980.
- [7] 类星体吸收光谱形成机制的初步分析 北京师范大学学报 (自然科学版) No. 3-4, 1980.
- [8] 类星体色指数的 K 订正及双色图 科学通报 Vol. 26, No. 6, 1981.
- [9] 几个可能的类星体“团” 天体物理学报 Vol. 1, No. 3, 1981.
- [10] 宇宙密度扰动波及其可观测的遗迹--类星体红移分布中出现的一系列极大值 中国科学 Vol. 24, No. 8, 1981.
- [11] 类星体哈勃图的讨论 天体物理学报 Vol. 2, No. 4, 1982.
- [12] 类星体红移分布中的周期性与早期宇宙中的密度扰动 天文学报 Vol. 24, No. 3, 1983.
- [13] 球状中微子团成团时刻的分析 天文学报 Vol. 25, No. 3, 1984.
- [14] 类星体分布的一种三维分析 天文学报 Vol. 25, No. 4, 1984.
- [15] 星系起源和特征尺度 研究生院学报 Vol. 1, No. 2, 1984.
- [16] 宇宙大尺度系统的量子效应 北京天文台台刊 (副刊) No. 5, 1983.
- [17] 宇宙大尺度系统的量子效应--恒星尺度的量子效应 (同[16])
- [18] 史瓦西场中的超光速运动及其观测检验 (同[16]).
- [19] 可以作为宇宙结构特征的作用量 $h(s)$ 天文系统的角动量, 质量和两者的关系 中国科学 (A 辑) Vol. 27, No. 11, 1984.
- [20] 宇宙大尺度结构 天文学进展 Vol. 2, No. 4, 1984.
- [21] 超光速运动和河外射电源的超光速膨胀 北京师范大学学报 (自然科学版) 2, 1986.
- [22] 非径向超光速膨胀和观测检验 重庆建筑工程学院学报 1985.
- [23] 中微子静质量对星系特征尺度的影响 (同[22]).
- [24] 史瓦西场中的类空测地线及河外射电源的超光速膨胀 科学通报 22, 1986.
- [25] 相对论和超光速运动 I. 运动学部分 北京师范大学学报 (自然科学版) 1, 1987.
- [26] 相对论和超光速运动 II. 时空结构 北京师范大学学报 (自然科学版) 1, 1988.
- [27] 相对论和超光速运动 III. ds^4 不变下的动力学 北京师范大学学报 (自然科学版) 3, 1989.
- [28] 芬斯勒时空中的相对论和突变 云南工学院学报 1-2, 1990.
- [29] 三维空间中的焦散和宇宙大尺度结构 北京天文学会第五届年会文摘, 1990.
- [30] 关于早期宇宙演化的几何化 (同[29]).
- [31] 关于宇宙演化的时空模型 国际科技动态 3, 1991.
- [32] 现代宇宙学的观测基础 百科知识 1, 1994.
- [33] 宇宙学的现状与展望 90 年代天文学 1994.
- [34] 时空的对立统一 自然辩证法研究 vol. 10, No. 8, 1994.
- [35] 宇宙的大尺度结构 百科知识 4, 1995.
- [36] 日震 - 探索太阳之谜 百科知识 9, 1995.
- [37] 非理科专业开设天文选修课的体会 10, 1995
- [38] 芬斯勒时空中的宇宙演化, 北京师范大学学报 (自然科学版) Vol. 36, No. 4, 2000.
- [39] Voronoi 样本与 ACO 星系团样本的比较, (同[38])

[40] 非天文专业天文教学的几个问题, 河北师范大学学报, 2000 年。

[41] 负速度恰好是爱因斯坦理论预言的新检验, 北京师范大学学报 (自然科学版) Vol. 37, No. 1, 2001。

[42] 天文学和美学, 2001 年第五届海峡两岸天文推广教育研讨会论文集台北市天文协会。

著作 (曹盛林)

[1] 科普: 宇宙天体交响曲 华侨出版社 1995。

[2] 专著: 芬斯勒时空中的相对论及宇宙论 北京师范大学出版社, 2001。

List of publication (Cao Shengling)

[1] May the principle of Invariance of Light Velocity Be Abandoned? WULI (Physics), Vol. 4, No. 5, 1975.

[2] The Function of Visual Luminosity of QSOs and Lemaitre's Model, Journal of Huazhong Teacher College, No. 3, 1979.

[3] The Relation between Redshift and Apparent Magnitude of QSOs with Light Variation no Greater than 0.5^m , ACTA Astronomica Sinica, Vol. 21, No. 2, 1980.

[4] The Hubble Diagram of QSOs by Statistical Methods, KOXUE TONGBAO, Vol. 25, No. 9, 1980.

[5] A Statistical Analysis of QSOs' Redshifts— The Luminosity and Evolution of QSOs, KOXUE TONGBAO, Vol. 26, No. 5, 1981.

[6] The Statistical Character of Optical Continuous Spectrum of QSOs and K-Correction, ACTA Astronomica Sinica, Vol. 21, No. 4, 1980.

[7] The Formation Mechanism of Absorption Lines of QSOs, Journal of Natural Science of Beijing Normal Univ., No. 3-4, 1980.

[8] K-Correction of QSOs' Color Indices and Two-Color Diagram, KEXUE TONGBAO, Vol. 26, No. 7, 1981.

[9] Some Possible Clusters of Quasars, ACTA Astrophysica Sinica, Vol. 1, No. 3, 1981.

[10] Cosmic Density Wave and Its Observable Vestige, Scientia Sinica, Vol. 25, No. 1, 1982.

[11] The Periodicity in the Distribution of Quasar Redshifts and the Density Perturbation in the Early Universe, Astron. Astrophys., 106, 1982.

[12] A Discussion of the Hubble Diagram of QSOs, ACTA Astrophysica Sinica, Vol. 2, No. 4, 1982.

[13] The Periodicity in the Distribution of Quasar Redshifts and the Density Perturbation in the Early Universe, ACTA Astronomica Sinica, Vol. 24, No. 3, 1983.

[14] The Cosmic Density Wave and the Lemaitre Model Proceedings of the Third Naucel Grossmann Meeting on General Relativity, 1983.

[15] The Exponential Law for Superluminal Expansion of Quasar 3C273, (see [14]).

[16] A Possible Explanation for Superluminal Expansion of Quasar 3C273, (1983).

[17] the motion the Hyper-Light-Velocity in the Schwarzschild Field and the Contrast with Observations, (1983).

[18] An Analysis on the Coustering Time of the Relic Neutrinos, ACTA Astronomica

Sinica, Vol. 25, No. 3, 1984.

[19] An Analysis on the Three Dimensional Distributions of QSOs, ACTA Astribinuca Sinica, Vol. 25, No. 3, 1984.

[20] The Origin and Characteristic Scales of Galaxies, Journal of Graduate School, Vol. 1, No. 2, 1984.

[21] Quantum Effects of Large Scale Systems in the Universe, Publication of Beijing Observatory (Supplement), No. 5, 1983.

[22] Quantum Effects in the Systems of Stellar Scale, (see [21]).

[23] The Motion of the Faster-Than-Light in the Schwarzschild Field and Its Controntation to Observations, (see [21]).

[24] Characteristic Actions About the Structure of the Universe—The Angular Momentum-mass Relation of Astronomical Systims, Scientia Sinica (series A), Vol. 28, No. 8, 1985.

[25] The Large-Scale Structure of the Universe, Progress in Astronomy, Vol. 2, No. 4, 1984.

[26] Super-Light-Speed and Superluminal Expansion of Extragalactic Radio Sources, Journal of Natural Science of Beijing Normal University, No. 2, 1986.

[27] Non-Radial Superluminal Expansion and the Contrast with Observations, Chongqing Jianzhu Gongcheng Xueyuan Xuebao, 1985.

[28] The Infouence of the Massive Neutrino on Characteristic Scale of Galaxies, (see [27]).

[29] Characteristic Actions h(s) n the Structure of the Universe, Astrophys. Space Sci. 166, 1985.

[30] The Origin and Characteristic Scale of Galaxies, Astrophys. Space Sci. 116, 1985.

[31] The Super-Light-Speed Motion in the Schwarzschild Field and the Contrast with Observations, Journal of Graduate School, Vol. 3, No. 2, 1986.

[32] The Spacelike Curve in the Schwarzschild Field and Superluminal Expansion of Extragalactic Radio Sources, KEXUE TONGBAO, 22, 1986.

[33] Super-Light-Speed and Superluminal Expansion of Extragalactic Radio Sources, ABSTRACTS of Contributed Papers 11th GRG, 1986.

[34] The Theory of Relativity and Super-Light-Speed I. Kinematical Part, Journal of Natural Science of Beijing Normal University 1, 1987.

[35] The Theory of Relativity and Super-Light-Speeds II. Structure of Spacetime, Journal of Natural Science of Beijing Nounal University 1, 1988.

[36] The Theory of Relativity and Super-Luminal-Speeds, Astrophys. Space Sci. 145, 1988.

[37] Superluminal Expansion of Extragalactic Radio Sources and Relativity Theory, Proceeding the Third China-Japan Workshop on Galaxies, 1987.

[38] The Study of Cosmic Constant H_0 , (see [37]).

[39] The Catastrophe Changes in the Theory of Relativity, Proceeding 5MG Perth, Australia, 1988.

[40] The Thory of Relativity and Super-Light-Speeds III. Dynamics on the ds^4 Invariant, Journal of Natural Science of Beijing Normal University 3, 1989.

[41] Theory of Relativity in the Finsler Spacetime and Satastrophe, Proceedings of

- the Third Mathematics, Physics and Mechanics Meeting of China, 1990.
- [42] The Theory of Relativity and Super-Luminal-Speeds II. Theory of Relativity in the Finsler Spacetime, *Astrophys. Space Sci.* 174, 165-171, 1990.
- [43] Catastrophe of Spacetime in the Early Universe, International Confon Primordial Nucleosynthesis and Evolution of Early Universe, Univ. Tokyo, Sanjo Conf-Hall, Tokyo, Japan Sep., 4-8, 1990 Editors K. Sato & J. Audouze Kluwer Academic Publishers, 1990.
- [44] Catastrophe and Cosmology in Finsler Spacetime, *High Energy Astrophysics: Compact Stars and Active Galaxies*, Editor Li Qibin World Scientific Oct., 19-23, 1990.
- [45] Geometrized about the Evolution of the Early Universe, The Fifth Meeting of Beijing Astronomical Society 1990.
- [46] Caustics in the 3-Dimension Space and the Large Scale Structure of the Universe, (see [45]).
- [47] The Spacetime Model about the Evolution of the Universe, *International Academic Developments* 3, 38, 1991.
- [48] The Theory of Relativity and Super-Luminal-Speeds III. The Catastrophe of the Space-Time in the Finsler Metric, *Astrophys. Space Sci.* 190, 303-315, 1992.
- [49] The Theory of Relativity and Super-Luminal-speeds IV. The Catastrophe of the Schwarzschild Field and Superluminal Extragalactic Radio Sources, *Astrophys. Space Sci.* 193, 123-140, 1992.
- [50] Caustics and Formation of Galaxies, *Publications of the Beijing Astronomical Observatory*, 23, Oct. 95-102, 1992.
- [51] The Redshift of Extragalactic Objects and Hubble Diagram, (see [50]), 77-81. (Qu Jinlu, Lu Hong, Cao Shenglin)
- [52] Multi-Level and Two-Component Feature in the Large Scale Distribution of Galaxies, (see [50]), 72-76, and HEBEI SHIFAN XUEYUAN XUEBAO 2, 1993. (Lu Hong, Qu Jinlu, Cao Shenglin)
- [53] Gravitational Formation of Astrophysical Jets, *Proceedings of the 6th Guo ShouJing Workshop Accretion and Jets in Astrophysics* Wuhan, China 3-7, Nov. 1992, Editor in chief: Li Qibin.
- [54] Caustics and Formation of Galaxies, *Proceedings 4th MPG-CAS Workshop on High Energy Astrophysics and Cosmology 1993*, 193-203. Editor G. Borner and T. Buchert.
- [55] The Theory of Relativity and Super-Luminal-Speeds V. The Evolution of the Universe on the Finsler Space-Time, *Astrophys. Space Sci.* 208:191-203, 1993.
- [56] Finsler Metric, Catastrophe of Spacetime and Relativistic Theory, The Second William Fairbank Conference on Relativistic Gravitational Experiments in Space & Related Theoretical Topics, 13-16 December 1993 Hong Kong Polytechnic.
- [57] The Evolution of the Universe on the Finsler Spacetime, (see [56]).
- [58] The Theory of Relativity on the Finsler Space-Time, *Chinese Journal of Systems Engineering and Electronics*, vol. 6, No. 4, 239-252, 1995.
- [59] Energy Dependence of Profile Width in Short Gamma-Ray Bursts *Chinese Physics Letters* Vol. 14 No. 10, 797, 1997.
- [60] The Evolution of the Universe Based on Finsler Spacetime, *The Proceeding of the Fourth International Workshop on Gravitation and Astrophysics*, Editors Liao Liu, Jun Luo, Xinzhou Li and Jongping Hsu, World Scientific, 2000.

前 言

20 世纪 60 年代初期,随着天文观测的一系列重大发现,广义相对论逐渐又引起了人们的兴趣。“相对论天体物理”(relativistic astrophysics)这一术语随之而出现。类星体的奇特性质,使人们自然地想到:为理解这类天体,广义相对论可能会起决定性的作用。在类星体之后,相继又有其它重要的天文发现,其中特别是中子星及宇宙微波背景辐射的发现,使相对论天体物理围绕致密天体和宇宙论迅速地发展起来,成为一个非常广泛而丰富的研究领域。

为什么广义相对论会在天体物理学中起着如此重要的作用?这是由天体物理研究对象的固有特征所决定的。这些特征主要表现在以下几个方面。

1. 巨大的时间和空间尺度

天文距离是以光年或秒差距(pc)为“单位”的。目前观测到的最遥远的天体距离为 100~200 亿光年。如此大的空间尺度又带来了巨大的时间尺度。这体现在两方面:其一是这些遥远的天体被我们接收到的乃是 100~200 亿年前由它们所发出的光;另一方面,比较不同距离尺度(从而也就是不同年代)的相同天体,可判断:这些天体在宇宙中的生存寿命亦应以“亿年”为单位。由于天体具有非常长的寿命,因此也就有利于人类对其作长期的反复观测,使很多极微弱的效应能在长时期内得以充分累积,而成为具有决定意义的观测判据。从这个意义上说来,天体物理绝不是简单地把理论物理的结果用以解释观测到的天文现象,天体物理本身就是为直接建立新物理理论提供坚实的观测依据。物理学发展的历史本身也证实了这一点。

2. 大质量、高密度

我们知道,在人们已发现的四种基本相互作用中,只有电磁力和引力相互作用是长程力,而作为天体宏观整体而言,正、负电荷总是相互抵消的,磁单极至今仍未发现,因而在大时空尺度的天体间电磁相互作用是不显著的,唯独引力在天体间起着主导作用.它一方面维持星系间的平衡,另一方面又支配着星体内部的发展和演化.引力坍缩的结果,必然使天体成为高致密的.而已观测到各种爆发过程又使致密天体重新弥漫于星际空间,为下一代星体的形成打下了物质基础.

3. 天体物理中经常遇到高速运动天体,同时在星系间存在加速过程

类星体发现以来,已确认有数十个类星体及其它活动星系核内存在有超光速分离现象,其分离速度大到十倍甚至数十倍光速.在这些分离过程中有明显的加速膨胀过程或减速过程.而近几年来又在银河系内也观测到了两颗具有超光速膨胀的天体.观测中也发现大量亚光速的喷流现象和其中的加速过程.

这些特点都决定了广义相对论必将在天体物理中起十分重要的作用.作为天体物理学的重要领域的宇宙论本身就是在广义相对论的基础上,使之逐步由单纯的哲学思辨发展成为一门十分活跃的科学前沿分支.

科学发展的历史表明,一个成功的理论是来源于科学实验和科学观测,随着观测事实的累积,一方面使理论得到更广泛的证实,另一方面必然会暴露出理论的局限性,从而迫使理论朝着更深刻和更普遍的方向发展.所谓更普遍就是要求新理论能概括更多的观测事实,从而扩大了理论的适用范围,但在旧理论的适用条件下,必然能返回到旧理论所能描述的全部特征.这也是衡量一个理论正确与否的重要判据之一.

相对论,面对牛顿理论的困难,一方面发展了同时性的相对性

观念,使牛顿力学所依据的伽里略时空变换,扩展成罗伦兹变换,建立了描述时空相对性质的时空结构,从而导致电磁和机械力相互作用下,对坐标相对变化保持一致的狭义相对论.另一方面又把狭义相对论中平直的闵柯夫斯基时空扩展成为弯曲的黎曼时空,从而有效地发展了引力理论.它不仅克服了牛顿引力理论的困难,而且为研究天体及宇宙整体性质及演化提供了有利武器.以致今天有人宣称,与相对论或 DNA 相比,未来科学的一切都将显得极为苍白.科学发现的伟大时代已经一去不复返了;现有的科学知识,差不多已是科学所能认知的一切.甚至宣称:科学在描述世界方面已经取得的成就是如此辉煌,以致于将来的科学探索已不可能给出更多的内容了.按这种论调相对论就不可能再发展了!但正是相对性的宇宙论模型本身,今天又提出了对相对论自身的挑战,诸如“奇点”的存在、时空起源的存在及天体的“视”超光速膨胀现象.它们一方面是由相对论模式给出的必然描述,另一方面又直接破坏了相对论建立时所依据的基本前提!在物理实验室,人们基于反常色散理论,利用激光脉冲在可逆转介质中的传递特征成功地得到超过真空中光速 c 传递的激光脉冲.正如《自然》杂志(Nature)评论员文章指出的那样:“教科书上说没有什么可以比光传递更快,甚至光本身.新的实验表明这种说法不再正确.”本来是一片大好的晴空,又笼罩了一些“小小的乌云”!这些小小乌云会不会预示着物理学发展史的新的急风暴雨的来临呢?而急风暴雨之后必然会使物理学的成就达到新的辉煌.

科学的生命力就在于它能面对新的观测事实,不断地发展和完善自己的结构和框架.爱因斯坦有一次在评价自己的相对论时说过:“(它)肯定会让位给另外的理论,虽然其具体的理由我们目前尚无法臆测,我相信深化理论的进程是没有止境的.”那么时空的对称性质需要进一步扩展吗?时空的对称性质可能进一步扩展吗?怎样才能既保持已有的对称性质的前提下进一步扩展时空

的对称性质呢？扩展了的时空性质又能给物理学发展带来什么影响呢？本书正是面对这些挑战，试图探索时空对称性的新的扩展及由此而引起的新的物理规律。

我们从时序的相对性原理出发，把通常的闵柯夫斯基时空度规 ds^2 扩展成为具有更大对称性的芬斯勒时空度量 ds^4 ，利用芬斯勒几何中的三个基本不变量——希尔伯特形式、基本张量和嘉当张量，把时空的突变性质引入芬斯勒度规函数定义下的时空结构，从而自然地时空创生、宇宙的暴胀和热大爆炸的性质赋予特定的几何形式。同时使相对论中的“奇点”显示出新的物理性质：双尖点表述的时空特定的突变形式，这种突变形式赋予视界以新性质，并自然地描述了活动星系核的超光速膨胀及亚光速膨胀及喷射现象，也给超新星爆发提供一个有效起爆机制。特别有趣的是：在芬斯勒几何理论中，嘉当张量是描述一个芬斯勒时空结构对黎曼时空偏离程度的几何量，一个嘉当张量为零时的芬斯勒时空就是黎曼时空。而嘉当张量在力学上相当于应力张量，它表明：当一个时空结构偏离黎曼结构时就有某种“相互作用力场”作用于时空使之回到黎曼（或平直的闵柯夫斯基）状态；从这个意义上说平坦的闵氏空间和弯曲的黎曼空间同样可以视为时空的基态。从几何图像上，嘉当张量可理解为相对黎曼球面（或平面）的扭变。更有意义的是如果能求出一定芬斯勒时空结构形式下嘉当张量的具体形式，并与宇宙中其它相互作用加以比较，这或许是建立统一场论的新的有效途径。我们发现，如果利用四次齐次代数形式定义芬斯勒时空度量函数，引出的嘉当张量将是一个六次代数多项式，它可通过李代数 SU_6 表示。适当调整齐次项系数可以得到能用 SU_3 、 SU_4 、 SU_5 、 O_8 和 O_{10} 所加以表示的代数式。它们恰好表述了三维空间内的五种基本突变类型；这从某种意义上反映了芬斯勒空间结构所具有的突变性质，也表现了利用嘉当张量所描述的相互作用的短程特征。

在 20 世纪初出现的两个富于革命性的物理理论:量子理论和相对论;从数学上,它们各自存在一个特有的问题:量子力学中的算符通常是不可对易的;而相对论中的时空度规是非正定的.量子力学的发展表明,算符的非对易性非但不是理论的缺陷,恰恰是其精华所在.而度规的非正定性是否会进一步揭示相对论的某种内在的物理本质呢?简单地把度规限制在正定范围是否把相对论最实质的东西人为地抛弃了呢?人们不应该严肃地再考虑这个问题吗?

理论不是一成不变的教条,相反,它们仅是前人通过他们的有限实践总结出的近似规律.科学史表明,这些规律确实具有相当的普适性.但随着人类认识的深化,必然会暴露出它们的局限性.如何准确地发现理论的局限性,再将理论推广到一个新的领域这无疑是科学发展的重要环节.科学的生命力在于不断创新地发展,可以说科学停止了创新之时,就是科学消亡之日.科学史也表明这些发展往往总是更远离人类的直觉,而使人们一时难以接受的.现代理论物理学中,常把物理学中的对称性化分为时空对称性和内部对称性,我们的研究表明:通过芬斯勒几何中发展起来的方法完全有可能将所谓的内部对称性归结为时空的高阶对称性所赋予的特征.

本书的基本思想是在执行国家自然科学基金的五个项目[①突变理论和天体物理学中的突变过程的研究(批准号:1870604);② γ 爆谱的产生机制和源区物理特性及中子星内部结构的子课题:关于时空突变及其宇宙学意义的研究(批准号:18973003);③芬斯勒时空中的宇宙演化(批准号:19.73002);④分析宇宙大尺度结构的镶嵌模型(批准号:19473004);⑤芬斯勒时空中的相对论及其在天体物理学中的应用(批准号:19873004)]和国家攀登计划项目(1992~1997):天体剧烈活动的多波段观测和研究中逐步形成的,主要内容已发表在 *Astrophysics and Space Science* 杂志上的

五篇系列论文中。本书中的许多内容已多次在本系的本科生及研究生中讲授，当然这些理论、观点尚待进一步研究和完善。本书的出版希望能得到同行及专家的批评与指正。