

天体物理基础和方法丛书

X射线天体物理学

王绶琯 周又元 主编



科学出版社

内 容 简 介

本书全面深入介绍当前 X 射线天体物理研究的各个主要领域。一方面,它系统阐述 X 射线天文学与天体物理学的基础知识,包括 X 射线产生和转移机制,吸积物理的基本内容,X 射线天文卫星和探测器的结构以及数据的归算方法。另一方面,它分别介绍河内 X 射线天体物理和河外 X 射线天体物理的各个分支。本书由工作在第一线的专家分头执笔,以研究成果与基础理论相结合为其特色,介绍当代研究前沿为其目的。

本书可供我国天体物理学者,特别是活跃在 X 射线天体物理领域的教师、研究人员、研究生和大学生参考。

图书在版编目(CIP)数据

X 射线天体物理学/王绶琯,周又元主编. -北京:科学出版社,1999

(天体物理基础和方法丛书/王绶琯主编)

ISBN 7-03-007127-1

I. X… II. ①王… ②周… III. X 射线天文-天体物理学
IV. P172.2

中国版本图书馆 CIP 数据核字(98)第 34278 号

科学出版社 出版

北京东黄城根北街 16 号

邮政编码:100717

新蕾印刷厂印刷

新华书店北京发行所发行 各地新华书店经售

*

1999 年 10 月第 1 版 开本: 850×1168 1/32

1999 年 10 月第一次印刷 印张: 15 3/4

印数: 1—1 300 字数: 408 000

定价: 30.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换(北燕))

《天体物理基础和方法丛书》编委会

主编:王绶琯

编委:(按姓氏笔画)

卢矩甫 曲钦岳 李启斌 周又元
黄润乾

ALC 47.65

《天体物理基础和方法丛书》序

1978年,已故戴文赛教授在病榻上和几位同志倡议编写一套《天体物理学丛书》.这个倡议得到了天文界的积极响应和出版界的支持.当时“四害”已除,科学园地中严冰初破,万象春回.广大天文工作者怀着急切的心情整顿自己的队伍,重新投入到学科建设之中.文赛同志和大家意识到整顿的第一步应是重打基础.我们失去的这十年,正是国际上天文学突飞猛进的十年.随着这一时期射电、空间和地面天文实测手段的长足进步,重大天文发现接踵而来,理论物理学和天文学的学科渗透空前活跃.这一切给当代天文研究带来了一个面临飞跃的前景.面对这个前景,如何夺回十年动乱中失去的时间是我们当前两代天文工作者必须首先考虑的问题.于是,大家设想,在起步之际是否可以组织天文战线上的“老兵”,分头先就各人所长的学科领域,系统地更新知识,写成讲义,互教互学;并在此基础上整理成书,用以为源源加入天文队伍的“新兵”及时地搭桥铺路.书拟分两辑.这一辑侧重于理论天体物理学的重要分支和几个主要天文实测手段的技术和方法,读者对象为天体物理专业的研究生,当然也适于天文和有关物理学科的科研、教学工作者参考.

现在丛书各册即将陆续问世.几年来我们国家经历了拨乱反正,我国的天文工作者和全国人民步调一致,正抱着振兴祖国天文事业的志向,稳步登攀科学研究的崎岖道路.在这伟大的旅程中,我们将以这套丛书作为路旁岩石上的一方铭镌,记载着这一年代我国天文学的里程,并以此纪念我们的同志、本丛书许多作者的老师和朋友——为新中国天文建设事业殚竭心力,奋斗一生的戴文赛教授.

王绶琯

1982年12月,北京

前 言

现代天文学的重大突破来自全波段天文观测的兴起。首先是第二次世界大战后射电天文登上科坛,激动人心的结果源源涌现。突出的如 60 年代的四大天文发现——类星体、微波背景辐射、脉冲星和天体有机分子,它们的出场对当代天文发展的巨大影响已众所周知。射电天文的发现极大地启发了对天体非热致辐射的研究,把注意力引到了天体的高能过程。高能过程的研究使人们对天文世界的理解发生了质的变化,而直接研究高能过程则有赖于对天体高能光子辐射的观测。于是,70 年代天文学迎来了 X 射线观测的兴旺时期。其标志是能在太空长期工作的 X 射线天文卫星的运作和 X 射线天体物理的成果源源不断。如果列数 70 年代的天文发现,完全可以与 60 年代的四大发现媲美。无疑 X 射线脉冲星应列首选。其他如 X 射线暴的发现,星系团和活动星系核的 X 射线辐射的研究,X 射线背景的测定和分析等,都是当时在 X 射线天体物理学上的重要开拓。

X 射线辐射是天体高能现象最重要的表征之一。目前观测所及的 X 射线天体,遍及天文世界的各个层次:从太阳、恒星,到星系、星系团,直到最远的类星体和呈现为弥漫 X 辐射的“宇宙背景”。X 射线可以发生在 $10^6 \sim 10^9 \text{K}$ 的高温等离子体中,如恒星冕,致密天体的吸积盘,超新星或恒星风产生的激波区,星系团引力势约束的星系际气体等等;它还可以由某些非热致过程引起,包括同步加速辐射(如含有活动中央星的超新星遗迹)和逆康普顿辐射(如活动星系核)。高温或高能粒子的存在是 X 射线产生的条件。研究天体的 X 射线辐射使我们的研究对象从一般天体转向高能天体,从天体中“一般区”转向“活动区”。这正是当前天体物理学发展的重要趋势之一。X 射线辐射机制的研究还导致对天体的一

种重要产能方式的重视,使吸积理论成为当代理论天体物理的一大支柱,为致密天体的深入观测和研究提供了向导.总的说来,目前高能天体物理的发展方兴未艾,X射线天体物理正处在这种发展的核心.

X射线天文学创始于1962年的火箭实验.当时发现了第一个宇宙X射线源和弥漫的宇宙X射线背景.1971年“自由号”卫星的发射被公认为X射线天文发展的一个里程碑.它是能长久在大气层外稳定工作的第一个X射线天文卫星.它发现了一批X射线源,尤其突出的是发现了X射线脉冲星.X射线天文学的第二个里程碑是HEAO-II卫星(或称“爱因斯坦天文台”)的投入工作.这是第一个具有X射线聚焦系统的天文设备,具备前所未有的灵敏度和成像能力.这个卫星发现了成千个X射线源,提供了当时最重要的实测X射线天文资料.1990年发射的ROSAT卫星性能较之爱因斯坦天文台又好一层,将在低能区完成X射线巡天,并在更深尺度上获得数以万计的X射线天体的样本.Ginga和ASCA卫星则把中能X射线波段研究推入新的阶段,并开始了X射线谱线研究的新时期.到目前,尽管X射线天文的观测质量还不及地面上光学和射电天文观测,但是X射线辐射已成为全面研究天体演化史、研究宇宙的结构和形成不可缺少的方面.X射线天文手段不断换代,90年代末人们期待着以AXAF(Advanced X-ray Astrophysical Facility)为代表的一系列X射线天文卫星进入轨道.这些设备的灵敏度较之今日将又有数量级上的提高,在成像分辨率和能谱分辨率上都将达到或超过现今地面光学天文手段.可以设想,当这些手段加入当代天文学对高能领域的开拓,上述几个研究前沿上的突破将可望而又可及,学科上这种巨大的吸引力正促使广大天体物理学家投入更大的力量把握理论研究和实测研究上的线索,进入X射线天文开拓的前列.

本书为适应我国天体物理工作者的需要,对当前X射线天体物理研究的各个主要领域提供及时的、比较全面深入的介绍.本书首先用一定篇幅系统阐述X射线天文学与天体物理学的基础

知识,包括 X 射线产生和转移的机制,吸积物理的基本内容,X 射线天文卫星和探测器的结构以及数据的归算方法. 然后分别介绍河内 X 射线天体物理学和河外 X 射线天体物理学的各个分支. 最后是一些展望. 各章由工作在第一线的专家分头执笔,以保证内容的准确和跟上研究前沿. 书中各章出自不同专家的手笔,风格和特色会有差别. 我们没有试图抹平和统一各章在篇幅和特色上的差异,而是在统一的总体蓝图上保持特色,以使读者能沿着作者的思路进入问题的探究.

编撰本书的初衷是对 X 射线天体物理学(也包括一部分 X 射线天文学)的研究现况作比较全面的学科综述,希望对我国天体物理工作者、特别是活跃在 X 射线天体物理领域的研究人员和研究生提供有用的参考. 如果能在使用和批评中见证本门科学在我国加速发展,使对本书的内容很快要求刷新,则将带给编者以最大的满足.

编者感谢王宜、李惕碚、邹振隆等同志的支持和有益建议. 本书主要内容源自各位专家的研究工作,这些研究得到中国科学院天文委员会和基础局,国家自然科学基金,国家科委攀登计划,国家教委博士生导师基金的支持. 在此一并致谢.

王绶琯 周又元

目 录

第一章 总论	周又元 王绶琯	(1)
§ 1.1 X 射线天体物理学在当代天文学和物理学中的地位		(1)
1.1.1 当代天文学与 X 射线天文学		(1)
1.1.2 X 射线天文学的重要性		(3)
1.1.3 X 射线天体物理学的研究将推动物理学的发展		(4)
§ 1.2 X 射线天体物理学发展简史		(5)
§ 1.3 X 射线天体物理学中的一些基本物理过程		(7)
1.3.1 带电粒子与电磁场的相互作用		(7)
1.3.2 X 射线的光电吸收		(9)
1.3.3 光子与光子相互作用及电子对的产生		(11)
§ 1.4 X 射线天体物理学中的重要科学问题		(13)
第二章 X 射线的发射机制和辐射转移理论		
	陈军锋 尤峻汉	(18)
§ 2.1 引言		(18)
§ 2.2 X 射线的发射机制和源谱		(19)
2.2.1 光学厚热平衡气体的黑体辐射, 吸积		(20)
2.2.2 韧致辐射(自由-自由跃迁)		(22)
2.2.3 回旋辐射与回旋发射线		(33)
2.2.4 同步辐射(磁韧致辐射)		(38)
2.2.5 逆康普顿散射		(48)
§ 2.3 X 射线辐射的转移机制		(56)
2.3.1 概述		(56)
2.3.2 $kT_e \ll m_0c^2, k\nu \ll m_0c^2$ 情况推广的 Kompaneets 方程		(61)
2.3.3 推广的 Kompaneets 方程的数值求解		(68)
参考文献		(74)
第三章 X 射线天文观测的设备、技术与方法	马宇蓓	(76)
§ 3.1 引言		(76)
§ 3.2 高能光子与物质的相互作用		(78)

3.2.1	作用概率与吸收系数	(78)
3.2.2	光电效应	(81)
3.2.3	康普顿效应	(82)
3.2.4	电子对产生	(83)
3.2.5	小结	(84)
§ 3.3	X 射线探测器	(84)
3.3.1	气体探测器——正比计数器	(85)
3.3.2	半导体探测器和 pn-CCD	(89)
3.3.3	闪烁探测器	(92)
3.3.4	微通道板(MCP)探测器	(96)
§ 3.4	空间 X 射线的定位和成像观测	(97)
3.4.1	准直型探测器和向源背景观测方法	(97)
3.4.2	软 X 射线成像观测	(99)
3.4.3	调制型成像技术	(104)
	参考文献	(111)
第四章 X 射线天文数据的归算方法.....		马宇蓓(113)
§ 4.1	引言	(113)
§ 4.2	观测量及其特点	(114)
4.2.1	能量分辨和能量响应矩阵	(115)
4.2.2	空间定位和点扩散函数	(115)
4.2.3	时间分辨能力	(116)
4.2.4	本底和背景	(116)
§ 4.3	数据——FITS 格式	(117)
§ 4.4	向源背景观测模式下的源通量和显著性.....	(119)
§ 4.5	谱分析.....	(120)
4.5.1	最小二乘拟合和 χ^2 检验.....	(120)
4.5.2	常规的入射谱模型	(121)
4.5.3	拟合参数的置信区间	(124)
§ 4.6	X 射线辐射的时变特性	(126)
4.6.1	光变曲线和光变现象的相关分析	(126)
4.6.2	脉动高能辐射的搜寻技术	(126)
§ 4.7	X 射线源的空间定位和成像	(131)
4.7.1	直接成像型望远镜的观测数据处理	(131)
4.7.2	编码孔径成像方法	(132)
4.7.3	扫描观测数据的直接解调成像	(134)

参考文献	(136)
第五章 致密天体周围的吸积过程..... 卢炬甫	(137)
§ 5.1 基本图像	(137)
5.1.1 吸积——高效释能机制	(137)
5.1.2 双星中的物质转移与吸积盘的形成	(140)
5.1.3 活动星系核中的吸积过程	(143)
§ 5.2 经典薄吸积盘	(146)
5.2.1 基本方程组	(147)
5.2.2 主要特征	(150)
5.2.3 时间尺度与稳定性问题	(152)
§ 5.3 吸积柱	(156)
§ 5.4 厚吸积盘	(160)
5.4.1 两种厚盘	(160)
5.4.2 超爱丁顿光度	(161)
5.4.3 其他重要特征	(165)
参考文献	(168)
第六章 太阳的 X 射线辐射	张和祺 徐永煜 (169)
§ 6.1 引论	(169)
6.1.1 一般特征	(169)
6.1.2 研究历史	(170)
§ 6.2 太阳 X 射线辐射	(172)
6.2.1 宁静日冕 X 射线辐射	(173)
6.2.2 活动区 X 射线辐射	(179)
6.2.3 耀斑 X 射线辐射	(182)
§ 6.3 太阳 X 射线耀斑	(184)
6.3.1 耀斑特征	(184)
6.3.2 脉冲耀斑和缓变耀斑	(193)
§ 6.4 耀斑模型	(201)
6.4.1 热辐射和非热辐射	(201)
6.4.2 非热电子	(204)
6.4.3 非热模型和热模型	(206)
§ 6.5 耀斑研究小结	(209)
参考文献	(217)
第七章 X 射线脉冲星	乔国俊 徐仁新 (220)

§ 7.1 引言	(220)
§ 7.2 X 射线脉冲星的主要观测特征及一些简单分析	(225)
7.2.1 X 射线脉冲星	(225)
7.2.2 脉冲轮廓	(226)
7.2.3 脉冲周期	(227)
7.2.4 X 射线谱	(230)
7.2.5 X 射线脉冲星的分类	(233)
§ 7.3 质量的测定	(235)
§ 7.4 X 射线光度和吸积	(238)
7.4.1 X 射线光度的简单估计	(238)
7.4.2 吸积引起中子星转动的加速和减速	(239)
§ 7.5 密近双星的演化	(243)
7.5.1 一般说明	(243)
7.5.2 密近双星演化类型	(244)
7.5.3 准守恒假定下大质量 X 射线双星的形成	(245)
7.5.4 大质量 X 射线双星演化的结局	(248)
§ 7.6 X 射线脉冲星的长周期问题	(249)
§ 7.7 爆发型 X 射线脉冲星: GRO J 1744—28	(252)
参考文献	(255)
第八章 γ 暴的 X 射线辐射和 X 射线暴	陆埏 (256)
§ 8.1 γ 暴的主要特征	(257)
§ 8.2 γ 暴的 X 射线辐射	(265)
§ 8.3 康普顿卫星发现引起的风暴	(271)
§ 8.4 重复爆发现象	(276)
8.4.1 I 型 X 射线暴	(276)
8.4.2 II 型 X 射线暴	(277)
8.4.3 软 γ 射线重复暴	(277)
8.4.4 硬 X 射线暴	(278)
§ 8.5 γ 暴的 X 射线、光学和射电余辉的发现	(281)
§ 8.6 γ 暴的理论认识	(286)
参考文献	(290)
第九章 激变变星的 X 射线辐射	张忠勇 陈建生 (294)
§ 9.1 引言	(294)
§ 9.2 非磁激变变星的 X 射线辐射	(295)

§ 9.3 磁激变变星的 X 射线辐射	(299)
9.3.1 偏振星的 X 射线辐射	(300)
9.3.2 中介偏振星的 X 射线辐射	(303)
§ 9.4 新星的 X 射线辐射	(305)
§ 9.5 结论	(309)
参考文献	(310)
第十章 超新星遗迹、射电脉冲星的 X 射线辐射	
..... 汪珍如	(312)
§ 10.1 著名的中国超新星 SN1054 和蟹状星云	(312)
§ 10.2 超新星	(315)
§ 10.3 超新星遗迹和它的分类	(323)
§ 10.4 壳层型超新星遗迹的演化	(328)
§ 10.5 类蟹状星云型超新星遗迹的演化	(334)
§ 10.6 壳层型超新星遗迹的 X 射线辐射	(340)
§ 10.7 类蟹状星云型超新星遗迹的 X 射线辐射	(345)
10.7.1 类蟹状星云型超新星遗迹的形态和 X 射线辐射	(345)
10.7.2 类蟹状星云型和混合型超新星遗迹的 L_X - E 关系	(348)
§ 10.8 几个特殊超新星遗迹的 X 射线辐射	(350)
10.8.1 CTB109	(350)
10.8.2 SS433	(352)
10.8.3 IC443	(355)
§ 10.9 X 射线中心亮的非蟹状星云型超新星遗迹	(360)
§ 10.10 射电脉冲星的 X 射线辐射	(362)
参考文献	(370)
第十一章 球状星团的 X 射线源	程福臻 (378)
§ 11.1 球状星团的 X 射线巡天	(380)
§ 11.2 X 射线谱和时变特征	(381)
§ 11.3 是大质量黑洞吗?	(386)
§ 11.4 X 射线双星的证认	(390)
§ 11.5 潮汐俘获形成说	(394)
§ 11.6 演化模型	(396)
§ 11.7 河外星系 M31 中的球状星团 X 射线源	(397)
参考文献	(398)

第十二章 正常星系的 X 射线辐射 潘炼德(402)

§ 12.1 旋涡星系及不规则星系 (403)

12.1.1 离散的亮源 (403)

12.1.2 其他 X 射线辐射源 (404)

12.1.3 X 射线辐射与其他波段辐射的关系 (405)

§ 12.2 星暴星系及核外流 (407)

12.2.1 特殊星系中的星暴活动 (407)

12.2.2 星暴核及核外流 (408)

§ 12.3 椭圆星系及透镜状星系 (409)

12.3.1 热的星际介质及冷流 (410)

12.3.2 早型星系的质量 (412)

§ 12.4 正常星系的 X 射线谱及正常星系对宇宙 X 射线背景的 贡献 (413)

12.4.1 正常星系的 X 射线谱 (413)

12.4.2 正常星系对宇宙 X 射线背景的贡献 (414)

参考文献 (415)

第十三章 星系团的 X 射线性质

..... 周又元 王绶琯 徐海光(419)

§ 13.1 X 射线天体物理在星系团研究中的地位 (419)

13.1.1 用 X 射线研究星系团的目标 (419)

13.1.2 光学星系团与 X 射线星系团 (420)

13.1.3 星系团是强 X 射线发射天体 (421)

§ 13.2 X 射线星系团的证认 (422)

§ 13.3 星系团 X 射线辐射的一般性质 (423)

§ 13.4 X 射线连续谱 (424)

§ 13.5 X 射线谱线 (427)

§ 13.6 X 射线辐射的空间分布 (428)

13.6.1 X 射线强度分布的轮廓 (428)

13.6.2 星系团的 X 射线成像和团内气体的状态 (430)

§ 13.7 星系团中心区的气体结构 (432)

13.7.1 星系团 X 射线亮度在中心区的过剩 (432)

13.7.2 星系团的团内气体 (433)

13.7.3 星系团中心的冷流 (434)

13.7.4 冷流存在的观测证据 (434)

13.7.5 势能分布的等级结构	(436)
参考文献	(440)
第十四章 活动星系核的 X 射线辐射	周又元(442)
§ 14.1 活动星系核 X 射线探测的手段和成就	(442)
§ 14.2 类星体 X 射线光度与光学光度以及射电光度的关系	(445)
§ 14.3 软 X 射线谱	(447)
§ 14.4 活动星系核的中能 X 射线谱	(455)
14.4.1 观测结果	(455)
14.4.2 发射机制	(456)
§ 14.5 活动星系核大蓝包的性质	(461)
14.5.1 活动星系核大蓝包的统计特性	(462)
14.5.2 大蓝包的形状	(464)
§ 14.6 活动星系核的铁 $K\alpha$ 线	(469)
参考文献	(477)
第十五章 展望与结语.....	周又元 王绶琯(479)

第一章 总 论

周又元 王绶琯

§ 1.1 X 射线天体物理学在当代天文学 和物理学中的地位

1.1.1 当代天文学与 X 射线天文学

当代天文学的发展是从第二次世界大战后 1945 年开始的,至今已经过 50 多年了.回首当代天文学的发展历史,可看出它的明显特征.而这些特征在 X 射线天文学中表现尤为突出.

第一,当代天文学具有空前的发展速度并取得惊人成就.天文学是古老的科学,它持续和稳定地发展了数千年.近 50 年它的发展进入了高速阶段.经典天文学的设备和仪器换代周期往往是百年至少也要数十年,而当代天文学换代周期缩短到十年甚至几年.这在 X 射线天文学中更为突出.例如第一代 X 射线卫星自由号(Uhuru)上天在 1970 年,而具有成像 X 射线望远镜的第二代卫星爱因斯坦天文台(亦称高能天文台二号,HEAO-2)发射在 1978 年.当代天文学中重大发展和突破性进展的事件往往是几年就会出现一次甚至几次.射电天文的发展造就了 60 年代的四大天文发现.X 射线天文学进入卫星观测时代则出现了能与 60 年代四大天文发现相比的 70 年代的重大天文发现.例如,X 射线双星的发现,X 射线暴的发现,星系团 X 射线强度和谱的研究,活动星系核作为强 X 射线源的特征论证,X 射线背景谱的确定等.

第二,造就当代天文学发展的基础是和平的环境和强大技术支持.当代天文学发展与二次世界大战结束以后有较大范围较长

时间的和平时代以及技术高度发展和空前繁荣时期紧密相关. X 射线天文学与空间技术的进步、物理探测仪器改善以及电子学技术和计算机技术的发展分不开. X 射线天文学更是当时发展起来的 X 射线望远镜的精细加工, 成像 X 射线计数器的制成, 优质探测晶体的获得, X 射线 CCD 技术的成功的结果.

第三, 当代天文学的主要特征是走向全电磁波段的观测与研究. 当代天文学比经典天文学在接收设备的灵敏度, 角分辨本领, 谱仪的能量分辨本领, 时间的分辨本领以及观测频段的扩展这些方面都有很大的提高. 这些仪器性能改善都使通过观测获得天体的信息增多. 对于 X 射线天文学除了前三者以外, 更突出表现在时间分辨本领要求与波段扩展到天体的高能辐射区. 经典天文学往往处理整个天体目标或是热辐射区, 因此其随时间的变化很慢. 当从可见光波段走出后, 在射电和 X 射线波段, 探测天体可瞄准其部分非热致发射区, 以及运动和辐射变化极快的天体 (如秒及毫秒周期的自转中子星). 这必然要求大大提高探测设备的时间分辨本领. 脉冲星和毫秒脉冲星的发现是在射电波段提高时间分辨率的重大的成果. 光学辐射区为光年尺度的类星体和赛弗特星系用中能 X 射线探测器可检测其中心光分尺度的非热致辐射区. 这是 X 射线探测器时间分辨率达到秒级的结果. 但是当代天文学在上述 5 种性质改善中最注目的是波段的扩展, 从可见光扩展到现今的从射电到高能 γ 射线波段其频率宽度增大了 10^{23} 倍. 如果全波段中能检测到的信息几乎与波段无关, 则这信息量的增长将是不可想像的. 就如现今全波段观测那样的不均匀, 处理全波段天体带来的新的认识也足以令人满意了. 在全波段中 X 射线波段不仅波段宽, 处于重要位置, 而且探测较易, 因此多波段天文学中 X 射线天文更受重视.

第四, 当代天文学与物理学科间的交流和相互作用更多更强. 当代天文学更多和有目的地重视物理规律在天体环境中的应用, 特别注重与理论物理学的交流. 同时, 现代天体物理学也重视对物理规律的检验与发展, 特别是在地球实验室中不能实现条件下物

理规律的推广和创立. 这些极端条件包括极低温, 极高温, 极低物质密度, 极高物质密度, 极强引力场, 极强磁场, 特殊条件下处于电离状态的粒子系统, 包括只参与弱相互作用不参与电磁相互作用中性粒子为主构成的暗物质系统等. X 射线天体物理也以处理这种极端条件下的强引力场中辐射为特色, 建立了黑洞天体物理学并发展了黑洞物理学. 我们将在 1.1.3 节中进一步详述这种交流与作用.

1.1.2 X 射线天文学的重要性

(1) X 射线天文学和天体物理学是当代全电磁波段天文学的重要组成部分. 其重要性表现在三个方面. 其一, 在天文学走向全电磁波段观测的历程中, 重要的一步是空间天文学的兴起. 当 60 年代地面天文学已覆盖了可见光和射电波段以及近红外某些区段后, 70 年代空间天文学兴起和发展直接的结果是带来了 X 射线天体物理学的令人吃惊的发现和诱人的理论解释. 它是空间天文学发展的里程碑, 也是当代天文学向全电磁波发展的主要诱导. 其二, 它是高能天体物理学的主要组成. 比之 γ 射线天文学, X 射线天文学有流量大, 背景小, 探测仪器设备小, 更易与地面光学和空间天文的结果对比研究的优点. 如果发射源是热致的, 其发射区温度可高达 10^6K 以上, 是可见光和紫外天文研究对象的扩张. 如果发射源是非热致的, 则可直接反映天体中的高能过程. 其三, 它与致密天体物理学紧密相关, 是现今致密天体物理研究的最主要方法. 致密天体物理的最重要特征是强引力效应. 一方面它是现代引力理论的重要检验场所, 另一方面它是开展天体中吸积过程研究的主要方面, 发展吸积天体物理的一个重要源泉.

(2) X 射线天文学是当代天文学最激动人心的范畴之一. 当代天文学的研究和进展几乎没有不在一定程度上被 X 射线天体物理学影响.

(3) X 射线天体物理学涉及到当代物理中最困难的课题. 首先是黑洞问题. 黑洞是广义相对论在强引力条件下的预言. 它的证