



中国科协学会学术部 编

新

观点新学说学术沙龙文集

34

高能天体物理中的热点问题



中国科学技术出版社

新观点新学说学术沙龙文集③④

高能天体物理中的热点问题

中国科协学会学术部 编

中国科学技术出版社

· 北 京 ·

图书在版编目(CIP)数据

高能天体物理中的热点问题/中国科协学会学术部编.
—北京:中国科学技术出版社,2010.1
(新观点新学说学术沙龙文集;34)
ISBN 978-7-5046-5026-9

I. ①高… II. ①中… III. ①高能天体物理学—研究
IV. ①P14

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2010)第 017340 号

本社图书贴有防伪标志,未贴为盗版

中国科学技术出版社出版
北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮政编码:100081
电话:010-62173865 传真:010-62179148
<http://www.kjpbooks.com.cn>
科学普及出版社发行部发行
北京市迪鑫印刷厂印刷

*

开本:787 毫米×1092 毫米 1/16 印张:10.5 字数:200 千字
2010 年 3 月第 1 版 2010 年 3 月第 1 次印刷
印数:1-2000 册 定价:18.00 元

主 编：冯长根
总 策 划：沈爱民 杨文志
专题主持：张 力 黄润乾
策 划：刘兴平 赵崇海

科学的本质是批判，交流的本质是质疑。新观点新学说学术沙龙系列活动旨在充分发挥学术交流作为原始创新的源头之一的作用，弘扬“敢于创新、勇于竞争和宽容失败的精神”，倡导自由探究，鼓励学术争鸣，活跃学术氛围，为科学家萌芽时期尚未获得主流认可的学术观点、理论以及灵感提供交流平台。该活动由中国科协学会学术部举办。

倡导自由探究

鼓励学术争鸣

活跃学术氛围

促进原始创新

序 言

由中国科协学会学术部主办,云南省科协、云南大学、中科院云南天文台联合承办的第34期新观点新学说学术沙龙于2009年7月18~19日在昆明举行。本届沙龙的主题是“高能天体物理中的热点问题”,参加沙龙研讨的有来自中科院高能物理所、北京大学等国内著名科研院所和高校的30余位专家学者,就当天体物理领域中的热点和前沿问题进行了充分的交流和探讨,使学术界对高能天体物理中的相关热点问题有了更深入的认识。

高能天体物理研究的是发生在宇宙天体上的高能现象和高能过程,涉及高能粒子的产生、加速、传播等。发生在这些天体上的高能物理过程不可能在地球上的实验室中实现,但所观测到的现象为人们研究极端条件下的物理过程提供了条件。近十几年来,随着地面大气切仑科夫探测器及空间X射线、伽玛射线探测器的不断投入使用,高能天体物理的研究有了飞速发展,特别是2008年Fermi伽玛射线空间望远镜成功升空,为将来的伽玛射线天文学的发展提供了极好的机遇。

目前,国内从事高能天体物理研究的科研人员较少,整体队伍相对薄弱,而当前又是国际高能天体物理研究飞速发展的重要时期。以“高能天体物理中的热点问题”为主题举办新观点新学说学术沙龙,通过中国科协的学术交流平台,汇聚国内相关领域的优秀人才,对高能天体物理中的前沿热点问题进行深入探讨,对于加强该领域学者之间的相互交流,促进新思想、新理论、新方法的产生和重大科学理论、科学方法的自主创新,对于加快青年创新型后备人才的培养,打破“科学的沉寂”,推动我国高能天体物理科学研究的发展,具有十分重要的意义。

本届沙龙邀请到中科院高能物理所、国家天文台、云南天文台及北京大学、中国科技大学、南京大学、广西大学和云南大学等科研院所和高等院校从事恒

星物理、活动星系核、黑洞物理、伽玛射线暴、脉冲星及脉冲星风云、宇宙线起源等不同学科方向的专家学者约 30 人参加了沙龙讨论。沙龙安排了 21 个主题发言,分别就恒星物理中存在的主要问题,伽玛射线暴、活动星系核及脉冲星等致密天体中高能辐射的起源和粒子之间的相互作用,黑洞物理、宇宙线起源等天体物理中的热点问题进行了研讨;此外,还对我国的地面和空间望远镜的优势及特色进行了讨论,包括世界上观测光谱效率最高的大天区面积多目标光纤光谱望远镜(LAMOST)对类星体的光谱观测及巡天计划、正在建设中的世界最大的射电望远镜 FAST 对脉冲星的可能探测以及我国第一颗空间天文卫星—硬 X 射线调制望远镜(HXMT)的进展及将开展的工作等。

会议期间,来自不同研究领域和研究方向的专家学者们进行了充分的讨论和争辩,从不同的视角和立场对天体物理中的热点问题进行了交流,对如何解决相关物理问题提出了较好的建议和意见,对不同学科之间应如何开展合作研究提出了很好的建议。沙龙学术气氛活跃,学者们在宽松、自由、平等的氛围中对相关学术问题进行了广泛、深入的讨论,对高能天体物理中的相关热点问题有了进一步的认识。

全体与会学者对中国科协学会学术部搭建高水平的学术交流平台、对云南省科协领导对举办本期学术沙龙所给予的高度重视和大力支持表示衷心的感谢,一致认为此举将极大地促进我国天体物理领域科学研究的革命性突破和发展。

张 力 黄润乾

2009 年 7 月

目 录

双星演化中的两个问题	韩占文(2)
恒星物理中值得研究的问题	黄润乾(9)
致密天体研究的几个问题	韩金林(16)
关于活动星系核中心黑洞质量估计的系统偏差及其修正	袁为民(20)
脉冲星:基础研究与战略应用	徐仁新(27)
毫秒射电脉冲星的一种新的形成机制	李向东(34)
脉冲星磁层中波的传播效应	王 陈(44)
伽玛射线脉冲星高能辐射模型的几个问题	张 力(48)
伽玛暴的中心引擎	袁业飞(52)
对 Birkhoff 定理的理解、引力透镜的计算问题、物质向黑洞的 塌缩问题、“冻结星”问题、史瓦西度规的奇异性问题	张双南(58)
光变曲线 RMS 与光子流量	宋黎明(70)
黑洞吸积盘中心的热核燃烧与核合成	彭秋和(78)
伽玛暴中 X 辐射物理起源的多样性	梁思维(82)
伽玛射线暴的高能光子和粒子辐射	王祥玉(86)
AGN 的高能伽玛辐射机制问题	白金明(96)

太阳活动区物理的基本问题和有关理论模型在黑洞

吸集盘喷流研究中的应用	林 隽(99)
LAMOST 类星体研究	吴学兵(113)
暗物质研究和电子超出及其解释	毕效军(122)
时变观测应成为中国高能天体物理观测研究的主要发展 方向之一	卢方军(127)
X 射线双星中 SPL 态的 X 射线起源问题	王建成(135)
Blazars 中的对产生过程	王建民(139)
专家简介	(146)
部分媒体报道	(155)



会议时间

2009 年 7 月 17 日 上午 8:30 ~ 12:00

会议地点

昆明连云宾馆礼堂西四厅

主持人

张 力

张 力:

中国科协第 34 期新观点新学说学术沙龙现在开始,本次学术沙龙的主题是高能天体物理中的热点问题。主要针对发生在宇宙天体上的物理现象和物理过程进行研讨,对恒星物理、活动星系核、伽玛射线暴、脉冲星及超新星遗迹、暗物质等天体物理中的重大热点问题广泛深入的交流。通过中国科协的学术交流平台,汇聚国内相关领域的优秀人才,加强专家学者之间的相互交流,共同推动我国高能天体物理及恒星物理科学研究的发展。

双星演化中的两个问题

◎韩占文

我的报告主要是讨论双星演化中的两个问题。这次沙龙的主题是高能天体物理中的热点问题,我主要是研究恒星的,好像和高能没有多大关系,但是实际上还是有很大关系。因为恒星演化可以产生很多高能天体,比如伽玛暴、X射线双星、中子星等。我们的研究内容在高能天体物理中属于比较基础的方面。下面介绍双星演化中的一些热点问题,当然这也是一些很传统的问题。

我们知道,在天空中,大多数恒星都是成双成对的,比较极端点说,天空中近100%的恒星是双星,说得比较科学点,双星中会发生相互作用的大约占30%。双星演化可以产生非常多的有趣的天体,其中的一些产生高能辐射。从双星演化的简单示意图我们可以看到,双星演化可以产生Ia型超新星、X射线双星、伽玛暴、激变变星、软X射线源、中子星、黑洞等高能天体。通常双星演化的过程是很复杂的,现在我们先看看一些最基本的过程:双星由两个主序星构成,随着恒星演化,质量较大的恒星充满洛希瓣,发生物质交流。物质交流有两种可能性,一种是稳定的洛希瓣物质交流,这时会产生一个长周期的白矮星—主序星双星系统;另一种是动力学非稳定的物质交流,这时会产生公共包层。公共包层和里面的双星系统的转动不是同步的,公共包层的演化有两种可能性,如果双星轨道能量足够的话,公共包层会被抛射,产生一个短周期的白矮星—主序星双星系统;如果公共包层没法抛射,就会并合产生一个快速自转的中子星。

现在我们来讲其中的两个问题,一个是物质交流是不是稳定,即物质交流的稳定性判据问题。物质交流是不是稳定决定了双星演化的最终结局,可能形成一个长周期的双星系统,也可能形成一个短周期的双星系统,甚至一个单星。另外一个问题是公共包层的演化,这是一个多少年来一直没有解决的问题。人们做了各种各样的处理,包括各种数值模拟,过去几十年一直在做这方面的工

作,但是一直没有解决。公共包层的演化会决定是产生一个短周期的双星系统,还是并合产生一颗单星。我们现在的研究工作试图对这两个问题的解决作一些贡献。关于物质交流是不是稳定,以前采用的是多方模型,现在我们采用的是“真实的”恒星模型。但是,以前正常恒星结构演化模型没法计算恒星的物质交流是不是稳定的,我们想重新做一个“非正常”的快速物质转移的模型。以前在研究公共包层的演化时,不管用什么方法,包括数值模拟,其结果都不是很确定,这里面有两个问题,一个是核的定义,如果核的定义不同,关系到的能量相差很大,有时会差几个量级,这将引起很大的偏差。所以我们现在想把这个核的定义搞清楚。另一个问题是包层结构的计算。

我们现在正在做的模型是恒星物质快速损失模型。正常的恒星演化方程有四个,即质量守恒方程、流体静力学平衡方程、产能方程和能量传输方程。在恒星快速物质转移的时候,如果用这几个方程去求解,恒星演化模型是做不下去的。所以在发生物质快速转移的时候,我们假定恒星中热没有流动,即是一个绝热过程,在这种假设下产能方程和能量传输方程换成了熵方程和化学丰度方程,即假定在恒星发生物质交流的时候熵轮廓和化学丰度轮廓保持不变。

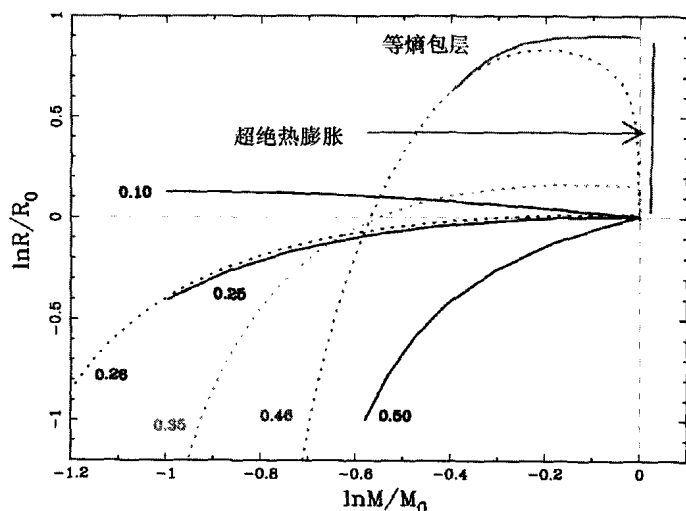


图1 一个太阳质量的恒星绝热损失物质时的半径响应

图1是我们最新的一个结果,这里面横坐标是质量的对数,从右到左质量

在损失, M_0 是恒星初始质量。纵坐标表示恒星的半径与初始半径的比值, 从上到下半径在下降。恒星随着质量的变化半径在变化, 这个图表示一个太阳质量的恒星的变化, 图上标 0.5 这条线表示核质量占整个质量的 50%, 0.25 表示核质量占的比例为 1/4。在图中同时也给出了以前利用多方模型给出的结果, 用黑实线给出。从这里面可以看出, 当一颗红巨星的核质量占恒星总质量的 0.1 时, 损失物质会使恒星半径变大, 随着恒星的演化, 当核质量占整个质量的 50% 时, 物质损失, 半径反而变小, 这是以前多方模型普遍采用的结果。但在我们“真实的”恒星演化模型, 结果却完全不同。在核占的比值比较小的时候结果和多方模型还比较接近。当核的质量比较大的时候, 在真实模型里面, 当物质开始损失的时候, 半径不是下降而是增加, 当有很大一部分质量损失以后, 半径才开始下降。

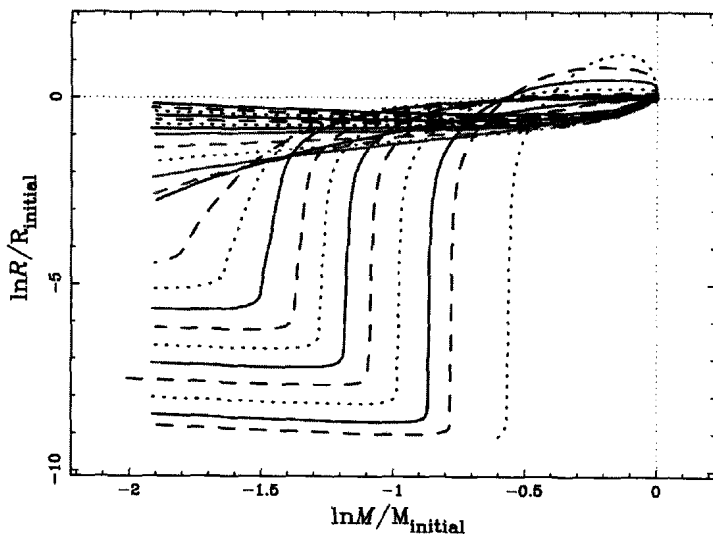


图2 恒星半径与质量损失关系

图2是一个太阳质量的恒星在不同演化阶段快速损失物质时, 恒星半径随着质量丢失而发生的变化。恒星分别处在主序阶段和红巨星阶段。该图显示的结果与多方模型完全不同。从这里我们可以看到, 对于一颗红巨星来讲, 物质交流刚开始的时候, 它的半径会变大。但是当一部分物质丢失以后, 物质损失反而使恒星的半径变小, 之后出现一个平台。所以, 我们可以得到恒星物质



损失和半径的变化关系,并和其洛希半径相比较,从而判断物质交流是否稳定。同时,我们还可以得到恒星的核的具体位置。

这样,我们可以解决天文上的很多问题。比如现在宇宙中发现有很多特殊恒星,用以前的模型都没有办法解释它们的形成,但是用我们这个模型很多问题都可以解决。又比如,如果知道某一类天体的轨道周期,通过该研究我们又可以比较精确的知道核的边界,就可以得到公共包层演化的结局。我这里给出的是一个太阳质量恒星演化的情况,相对比较简单。如果是大质量的恒星,演化情况要复杂得多。在以前的模型中通常是一个核加一个外壳,然后是公共包层的演化,这样会产生很多矛盾,比如说能量之间的比例等。我们的模型可解决以前的矛盾。通过我们的这些工作,还有助于解决天体工作中的许多其他问题。具体是哪些问题,现在还不清楚,要等模型完全做好以后,才会有一个比较清晰的概念。

黄润乾:

这个模型中心还是氢燃烧吗?

韩占文:

在演化的不同时期是不同的。可能是氢燃烧,也可能中心是简并的氦核,外边是氢的包层,氦还没有燃烧,也可能是中心氦燃烧。

彭秋和:

你刚才讲公共包层的演化,我想问一下,标准 Ia 型超新星,按照标准的模型就是白矮星吸积,而且过去没有考虑它的公共包层。但是公元 1006 年的超新星,古书中有记载,过了 10 年再现,1016 年又有记载。前几年有个观点,爆炸时候产生 X 射线、紫外线,爆一次后物质追上原来的星风物质,然后激发,让光学再现。这个观点发表了,当时我听了他的 2006 年的报告,我觉得虽然是 Ia 型超新星,没有公共包层,但是也可能也有。所以我想问一下,你这里有没有考虑这个演化。

韩占文:

Ia 型超新星要产生爆炸,白矮星要从伴星吸积物质,物质增加到钱德拉质量极限。但是在这个过程当中,吸积过程按照以前的模型物质吸积速率不能太高也不能太低,太低了以后,白矮星质量不但不增加反而会减少。只能按照一个临界吸积率来吸积,多余的被吹跑。所以你刚才说的,它外面是有一层很厚的星风,爆炸的时候,冲击波赶上前面抛出去的星风产生了一些物理过程。

黄润乾:

我还有一个问题,你讲的是双星,一颗星的物质大量流到另一颗星。这个模型是讲主星质量流出去的一个模型,你应该还要考虑另外一颗星接收大量物质的一个模型,这颗星会膨胀得非常快,瞬间充满了洛希瓣,变成了相接了,那就完全是另外一个系统。

韩占文:

这确实是 Ia 型超新星遇到的一个困难。如果物质转移速率刚好,可以产生 Ia 型超新星。实际很多情况往往不可能这样,往往是比较大,这个白矮星,因为不可能接纳那么多物质,膨胀变成一颗巨星,产生公共包层,可能 99% 的 Ia 型超新星都产生不了。日本的专家发明了一种光学厚的星风模型,按照恒星演化的新物质不透明度表,由于铁不透明度的峰值,会产生光学厚的星风,就是多余物质被星风吹跑,形不成公共包层。这是一个最基本的假设。现在所有的模型都依赖于这个假设给出来的,如果没有这个假设,就像黄润乾老师所说的,会产生公共包层,没有 Ia 型超新星。到现在为止,观测上还没有什么证据,所以一定要需要这个假设。

黄润乾:

我认为这个模型最有用的还是用在单星的 AGB 星,因为物质大量丢失,瞬间丢失了,瞬间从往白矮星走,外壳丢掉,因此这个模型就是用熵公式去掉其他的,可能适用于 AGB 的演化模型。它没有伴星,没有接受它的星,你的这个模型算出了什么?

韩占文:

与物质交流稳定性判据有关。因为物质交流是否稳定,要看洛希瓣半径的变化、恒星半径变化,看它们的相对变化。我们这个模型给出的就是恒星半径的变化,随着物质交流的一个变化,如果恒星半径增长速度比洛希瓣半径快,会产生非稳定的物质交流,这时会产生公共包层。按照我们的模型计算,刚开始物质交流是不稳定的,过一会儿又稳定了,这是以前从来没有人想过的,这样有可能解释一些特别的天体。以前的模型,物质交流要么是稳定产生长周期的双星,要么是不稳定产生短周期的双星,我们现在介于两者中间的状态,一开始不稳定,后来稳定了,产生中等周期的状态。

黄润乾:

不管怎么讲,想个什么办法形成星风,它把角动量带走了,大量角动量被带走了,两个星马上就要合并,就是一个公共包层。即使是另外一个星,不是膨胀,但是星风带走这个角动量,就要靠近,所以这个办法很难。

韩占文:

你讲的是 Ia 型超新星的情况。刚才说的是稳定的还是非稳定物质交流,有可能出现第三种情况,先非稳定,后稳定,利用这样的模型计算,有可能有助于解释一些特殊的现象。能不能计算一下,这个星风到底能不能产生。

王永久:

接着黄润乾老师的话题,你们讲的是一个太阳大小质量的恒星,如果这个恒星质量再大一下,要考虑广义相对论效应,质量在往下落的情况下就会带来广义相对论的质量亏损,这个质量亏损是广义相对论特有的效应。这样算起来,如果质量比太阳质量大一些,这个问题必须考虑。这是我想到的一个问题。另外一个问题,就是流体力学模型,因为它的引力场很强,在恒星物质过程当中,也要有广义相对论的流体力学那套公式,包括三个计算,可能会带来一些修正。

韩占文:

我觉得这是个很好的问题,在天体上很多问题都不清楚,比如说在恒星演化里面,做了很多简化的假设。

王永久:

因为广义相对论是非常准确的,包括你刚才质量的限制,广义相对论给出来是很严格的。

韩占文:

在恒星里面多东西是没法做的,实际上里面有一些参数,里面也有一个对流混合的参数。我们把模型计算结果和观测结果进行对比,对这些参数进行定标,但是定标以后,得到对流参数 $\alpha = 2$ 的模型,但是并不代表这个对流的参数真的就是 $\alpha = 2$ 。没有考虑的各种因素,像你说的广义相对论效应,可能实际上都在参数里面。

王永久:

你讲的都是太阳这种质量的,但是再大一点呢?

韩占文:

这个是天体物理一个特点,好多不确定因素,很多效应比这种不确定因素要小。不可能每个因素都考虑。

黄润乾:

给你提供一个建议,你这个模型非常有意义,将来应该是行星状星云形成的非常好的模型,而且是可以解释行星状星云的两个核。我认为,这个不论是单核还是双核都非常好。