

国家重点基础研究发展规划项目

天体高能辐射的空间观测与研究^{*}

关 键 词 高能天体物理, 空间天文

1 首席科学家

李惕碛 中国科学院院士, 高能物理研究所研究员, 粒子天体物理重点实验室学术委员会主任, 清华大学物理系教授, 天体物理中心主任, 中国空间科学学会常务理事。1939 年 6 月出生, 1963 年毕业于清华大学工程物理系。

长期从事宇宙线和高能天体物理研究, 建立了目前国际通用的估计宇宙线向源-背景观测结果统计显著性的正确方法, 被称为李-马公式。从 20 世纪 70 年代开始倡议并组织开展了我国宇宙线和高能天体物理的实验研究, 提出了对象重建的直接解调方法, 建立了在时域上进行时间分析的时间尺度谱方法, 在宇宙线物理、高能天体物理和实验数据分析方法等领域取得一批重要成果。

2 科学内涵及意义

对于直接观测和研究天体高能过程, 硬 X 射线是一个关键性的波段。类星体和活动星系核辐射能量主要集中于硬 X 射线波段。宇宙 γ 射线暴也主要发生于硬 X 射线波段的高能爆发过程。这种巨大规模的能量向高能辐射剧烈转化的现象对现有的物理理论提出了严重挑战, 空间硬 X 射线观测是了解类星体能源和 γ 射线暴等宇宙高能爆发现象从而实现物理科学基本问题突破的一个重要途径。各种致密天体, 特别是黑洞系统提供了地面实验室不可能提供的强引力场。在黑洞系统的各种辐射中, 硬 X 射线是从最靠近黑洞视界的区域发出

的。所以, 空间硬 X 射线观测也是认证黑洞、研究强引力场中物理过程的一个重要途径, 可以为物理学寻求相对论和量子论的统一提供实验观测依据。

由于成像技术方面的困难, 迄今未能实现空间硬 X 射线成像巡天, 而一个新波段的巡天总能导致大面积的科学收获, 构成天文学发展中的一个里程碑。硬 X 射线是人类尚未实现巡天成像的最后一个重要波段。为克服硬 X 射线成像的技术困难, 我国学者创立了直接解调方法, 并提出了建造和发射世界最高灵敏度和最高分辨本领的空间硬 X 射线调制望远镜(HXMT) 的建议。该望远镜有能力实现人类历史上首次硬 X 射线成像巡天和对黑洞、中子星等高能天体的高灵敏定向观测, 发现一批重要的新天体和天体高能辐射新现象, 推进人类对天体极端物理条件下高能过程的了解, 从而实现我国在一个有战略意义的重大基础科学前沿的跨越性发展。

该项目在已完成球载 HXMT 研制和气球飞行实验的基础上, 将进一步完成星载 HXMT 的设计、工程样机的研制和地面测试, 完成卫星系统方案设计及可行性研究, 解决卫星工程的关键技术, 为卫星工程立项打下坚实的技术基础。为达到预期的科学目标, 必须在望远镜研制的同时, 建设高能天体物理数据库及分析软件系统, 以保证在卫星运行后能及时地从望远镜的观测数据中取得科学成果; 并在卫星上天前, 为我国学者开展高能天体物理前沿课题的研究, 提供必需的空间高能天文档案数据和分析软件条件。利用高能天体物理数据库提供的条件, 在望远镜研制的同时, 开展对当前高能天

^{*} 收稿日期: 2002 年 8 月 13 日

体物理若干重大问题的研究,取得一批重要成果,并为 HXMT 的观测和数据分析做好物理目标和研究队伍的准备。

3 研究进展及创新点

项目于 2000 年 4 月立项,由中国科学院和清华大学联合承担,中国科学院高能物理研究所、空间科学和应用研究中心以及清华大学物理系、工程物理系、精密仪器系、宇航中心、天体物理中心等单位参加。项目启动后,组织了一支能协同攻关的队伍并建立了能满足空间科学与工程要求的技术管理体制,承担研制任务的各单位之间建立了良好的合作关系,在工程管理系统建设、HXMT 研制规范文件的拟定和执行等方面取得了很大的进展,为高质量完成研制目标打下了良好的基础。

项目开展了 HXMT 研制和卫星方案设计工作。完成了调制望远镜研制任务分析,提出了对卫星系统的技术和界面要求;完成了望远镜系统的方案论证和设计,包括探测器、准直器、荷电粒子屏蔽和电子学系统的方案和设计;完成了探测器单体及其准直器研制;提出了对工程大系统和卫星的技术总要求和技术指标,形成卫星一体化设计初步方案,完成设计指标分配与论证。经过两年的项目实施,按计划完成了主要研究任务,达到了预定目标。前两年项目的进展表明,项目的科学意义重大,望远镜及卫星总体技术可行,若尽快立项实施卫星工程,将使我国在高能天文及相关国际前沿领域占据重要地位,并取得一批国际领先的科学成果。

HXMT 的设计基础是我国学者首创的直接解调方法。通过近两年的项目实践以及方案论证、系统设计、关键部件研制和国内有关方面专家及德国、俄罗斯、意大利等外专家的评议表明,基于直接解调技术的 HXMT 是可行的。直接解调方法在取得国际学术界承认方面取得重要进展。与此同时,空间 HXMT 项目也日益引起国际空间科学界的重视。今年 7 月“环太平洋区域恒星天体物理会议”和 8 月国际天文学联合会“天体物理中的高能过程与高能现象会议”上介绍直接解调方法和 HXMT 项目的邀请报告,引起强烈反响。欧洲空间局、联合国教科

文组织于 7 月 1—12 日在意大利举行了“空间科学暑期讲习班”。讲习班邀请该项目首席科学家李惕碛院士担任教员。HXMT 的设计基础、我国学者首创的“直接解调方法”同“编码孔径成像”等经典方法一起被列为“成像方法”方面的课程。讲习班的“空间项目”部分安排介绍了美国钱德拉 X 射线天文台、欧洲 XMM-牛顿天文台,中国 HXMT 等 8 个最重要的空间高能天文项目。直接解调方法和 HXMT 项目以其创新性和重大的科学意义,引起各国与会学者和青年学生的强烈兴趣和高度重视。

在天体高能辐射过程研究中,强调理论与实验观测的密切配合,强调物理思想和研究方法的创新,注意充分利用国际空间高能天文开放数据和该项目高能天体物理数据库建设所提供的条件,取得了有重要科学意义的新成果。例如,应用直接解调方法分析 ROSAT 卫星的开放数据,发现了超新星遗迹 G54.1+0.3 弥散 X 射线结构和喷流存在的迹象,并在此基础上取得美国钱德拉 X 射线天文台的观测时间和数据,得到中子星周围高能粒子运动的清晰图像,发现了“牛眼”脉冲星,在超新星遗迹和脉冲星风的研究方面取得了有高显示度的成果;提出了活动星系核吸积盘物质团抛射形成 X 谱线的理论预言,并被钱德拉和牛顿 X 射线天文台的联合观测所证实;在 γ 射线暴模型和奇异星研究方面,取得重要成果;建立了直接在时间域上进行时变分析的时间尺度谱方法,为天体高能过程的研究提供了有力的新工具。

今年 7 月 9—10 日科技部组织物理、天文、空间技术和管理专家对项目进行了中期评估。评审组认为:项目开展以来,在项目专家组和首席科学家的领导下,做了大量的工作,根据项目的特点,制定了一系列有效的规章制度,对研究队伍进行了有效的组织,促进了年轻科研人员的培养和成长,开展了卓有成效的国际合作,完成了任务书规定的前两年研究任务。评审组希望,项目在未来三年应主要围绕 HXMT 的卫星立项开展工作,并强烈呼吁:尽快开展 HXMT 的卫星立项申请工作,希望科技部和各有关单位给予大力支持。

(相关图片请见彩插一)

国家重点基础研究发展规划项目

天体高能辐射的空间观测与研究



▲首席科学家李惕碚院士(前左)在向参加中期评估的专家介绍项目进展情况



▲中意HXMT研讨会会场



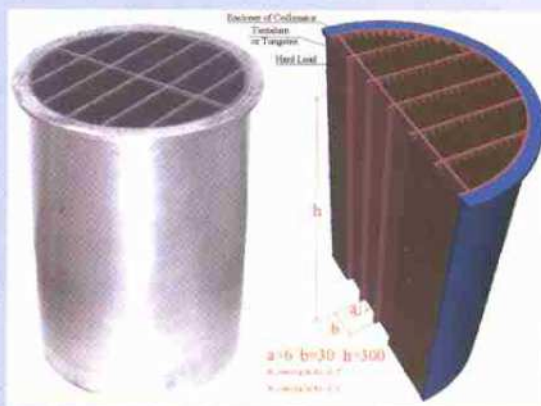
▲望远镜18个准直器安装结构图



▲HXMT探测器单体样品



▲空间硬X射线调制望远镜示意图



▲空间硬X射线调制望远镜准直器单体样品

(详细内容请见本期351页)