

“慧眼”十问

1 什么是硬X射线?

X射线,相信大家一定都不陌生,谁没拍过几张X光片呢? X射线的波长很短,约介于0.01-10纳米之间,要远远小于可见光的波长,所以不能被肉眼观测到。

科学家针对探测手段的不同,把X射线分成了硬X射线和软X射线。能量在20千电子伏(keV)以上的X射线,传统上被称为硬X射线;能量在10keV以下的,就被称作软X射线。

2 硬X射线如何探测?

如果我们把一台普通的光学望远镜对准X射线源,则根本无法获得其图像。这是因为X射线的波长极短,能量很高,所以它不会像可见光那样在镜面上发生反射或折射而聚焦成像,而是会像一粒粒“炮弹”一样,直接砸在镜面上或者穿透

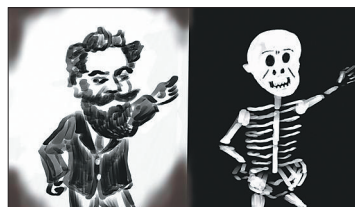
面而过,能量越高,“炮弹”的穿透能力就越强。

因为在X射线能段成像十分困难,西方科学家发明了编码孔径成像技术和掠射式镜面技术,但运用这两种方法制造的望远镜都十分复杂和昂贵。

3 中国科学家有啥妙招?

上世纪90年代初,中科院高能物理研究所李惕碚院士和他的同事吴枚研究员在不断探索中找到了一种新的算法,利用技术成熟、造价便宜的准直探测器(非成像探测器)的扫描数据,就能实现成像,被称作直接解调成像法。

4 “慧眼”只看硬X射线吗?



手绘图表现的是伦琴和X射线。

1993年,李惕碚院士正式提出了基于直接解调成像法的硬X射线调制望远镜的建议。“当时,这是非常好的一种设想。然而,从1993年提出想法到2011年真正立项,十八年过去了,科学前沿以及X射线探测技术都有了较大的变化,所以,我们对这颗卫星的研究目标和手段也进行了调整。”HXMT卫星首席科学家张双南解释说。

5 三种望远镜各有啥特点?

如前所述,“慧眼”安装了高、中、低能三种望远镜。虽然这三种望远镜各有特点,但它们都是准直型望远镜,大体上都由三个部分构成:准直器、探测器和电子学系统。准直器可以限制X射线的人射方向,以便进一步确定天体

源的方位;探测器会逐个对光子进行探测,过来一个光子,产生一个信号,其中包含入射光子的能量和时间等信息;电子学系统则把探测器产生的信号转化成普通仪器可以读懂的电信号,也就是脉冲信号。

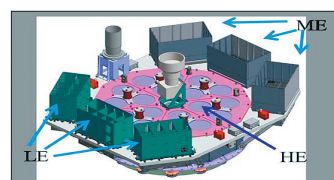
6 为啥探测面积越大越好?

镜面望远镜由于受到制造工艺的限制,一般面积比较小。而“慧眼”的探测面积很大,探测到的信号就会更多。

比如,一个面积较小的探测器一秒钟只能探测到大约10个光子,而光子数量

的涨落随时间的变化很大,在统计量这么低的情况下很难从光变曲线中发现什么规律或结构;如果探测器面积较大,一秒钟能探测到大约100个光子,误差就会变小,结构就更明显。

7 为啥视场越大越好?



HXMT卫星有效载荷示意图。

“慧眼”还具有视场很大的优势,可以在两天左右时间内完成对银道面的扫描。而镜面望远镜由于视场很小,扫描一片天区需要花费很长时间,所以一般只作定点观测。

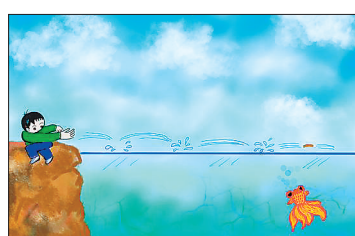
“我们知道,天空中有很多暂现源,毫无征兆地就爆发了,又会毫无征兆地消失,扫描观测可以有效监测,比较容易发现这些暂现源。”熊少林说。

8 太亮的源会晃瞎眼吗?

X射线有一个特性:能量越高,光子数量越少;能量越低,光子数量越多。不过,不用担心,“慧眼”上的低能望远镜不会碰到这个问题。“聚焦型望远镜不适合观测强源,因为它会把所有X射线的光子都聚

到一点上,曝光量过大,所以一看太亮的源,就白茫茫一片。我们是准直型望远镜,可以把光子分散开,堆积率很低,所以看多亮的源,都不会晃瞎眼。”HXMT卫星有效载荷低能望远镜主任设计师陈勇说。

9 为什么要打“遮阳伞”?



掠射式镜面技术的原理和湖边打水漂十分相似。

中国航天科技集团公司第五研究院的研制人员在将各种X射线探测器安装到卫星平台上时,特别为中低能探测器设计了一把“遮阳伞”。

“这就好比一个人只有一件衣服,却要在南极和赤道都能生存下来。我们用这把‘遮阳伞’挡住阳光,实现低温工作环境,同时为高能探测器加热,并在高低温设备之间采取了隔热措施,从而解决了这一难题。”卫星热控副主任设计师、载荷热控主任设计师周宇鹏博士说。

10 如何观测伽马射线暴?

“慧眼”并没有为观测伽马射线暴增加和更改软硬件,使用的其实是高能望远镜主探测器中原本用于屏蔽本底X射线光子(特别是从望远镜后方入射的本底X射线光子)的碘化铯晶体。

正是由于这种“变废为宝”的创新设想,在200keV-3MeV(兆电子伏)能区,HXMT卫星监测伽马射线暴的有效观测面积相比以往的设备可提高十倍左右,而且在观测伽马射线暴时都不需要正对目标源,观测能谱随时间的变化非常好。

据新华社6月15日电

首颗X射线调制望远镜卫星发射成功

中国睁开“慧眼”洞见惊心动魄的宇宙

综合新华社甘肃酒泉6月15日电15日11时00分,我国在酒泉卫星发射中心用长征四号乙运载火箭,成功发射硬X射线调制望远镜卫星“慧眼”。这次发射还搭载了国内外3颗小卫星。

“慧眼”是我国首颗大型X射线天文卫星,设计寿命4年,承载高能、中能、低能X射线望远镜和空间环境监测仪,通过巡天观测、定点观测和

小天区扫描3种工作模式,能够实现宽波段、高灵敏度、高分辨率的X射线空间观测。

据介绍,卫星成功发射和正常运行后,将使我国在X射线空间观测方面具有国际先进的微弱变源巡天能力、独特的多波段快速光观测能力等,推动我国高能天体物理研究进入世界先进行列。

硬X射线调制望远镜卫星工程是

由国防科工局和中国科学院联合组织实施的空间科学项目。卫星、运载火箭分别由中国航天科技集团公司中国空间技术研究院、上海航天技术研究院研制,地面测控系统由西安卫星测控中心负责,中科院国家空间科学中心、遥感与数字地球研究所和高能物理研究所分别负责地面应用系统建设及卫星数据接收、处理、分发和科学应用。

空间科学之重器

“慧眼”重约2.5吨,载荷重量981公斤,其上同时安装了高、中、低能三组X射线望远镜,实际上是一座小型空间天文台

据中科院高能物理研究所研究员、卫星有效载荷总设计师卢方军介绍,这颗卫星首次实现了1-250keV的能区全覆盖,有利于从不同能段来观测和研究X射线天体的辐射机制。

“慧眼”的探测面积很大,尤其是高能望远镜的探测面积超过了5000平方厘米,是国际上同能区探测器中面积最大的。“面积越大,探测到的信号就会越多,就越有可能发现其他望远镜看不到的现象。”参与卫星研制的科学家熊少林说。

“慧眼”的视场也很大,约两天即可完成对银道面的扫描,有利于监测暂现源。“对于一个已知源,当然也有可能取得新发现,但对于一个新的源,新发现的概率当然会更大。”熊少

林说。

“慧眼”是建立在中国科学家李惕碚和吴枚提出的直接解调成像方法之上的准直型望远镜,因此它还具有观测亮源的优势。

据低能望远镜主任设计师陈勇介绍,X射线能量越低,光子数量就越多。“在观测低能段亮源时,聚焦型望远镜会把所有X射线光子都聚到一点上,导致曝光过度,只能看到白茫茫一片;而我们的望远镜可以把光子分散开,看多亮的源,都不会晃瞎眼。”

特别值得一提的是,在“慧眼”首席科学家张双南的建议下,在不增加和更改软硬件的前提下,只要对探测器工作高压做适当调整,高能望远镜主探测器中原本用于屏蔽本底X射线

光子的碘化铯晶体就可用来观测伽马射线暴了。这一创新设想将“慧眼”的观测能区进一步推高到3MeV。

来自中国航天科技集团公司五院的卫星副总设计师倪润立说,根据这颗卫星的科学目标,研制人员为它制定了巡天观测、小天区观测和定点观测等多种工作模式。

研制人员还为中、低能探测器设计了一把“遮阳伞”。“高能探测器的温度要在18摄氏度左右,而中、低能探测器的温度却可能低至-80摄氏度或-40摄氏度。这就好比一个人穿同一件衣服,却要在南极和赤道都能生存下来。‘遮阳伞’就是为了实现低温工作环境。”卫星热控副主任设计师周宇鹏说。

活捉黑洞、脉冲星

由于“慧眼”有较大的视场,对银河系巡天是它最重要的使命。“我们预期会发现一些新的黑洞和中子星。”

张双南说,尽管其他国家已发射的同类卫星开展过巡天观测,但绝大多数X射线源都是变源,会不定期发生剧烈的耀发,不是一两次巡天就能发现的,因此“慧眼”将反复开展巡天扫描,及时探测银河系内天体源的耀发。

“天上黑洞、中子星那么多,但是现在还没有一个被彻底搞明白,所以会不断有卫星来观测它们。”张双南说。

神秘莫测的黑洞还隐藏着很多秘密。“黑洞能产生X射线等各种辐射,还

有可能产生高能宇宙线以及强烈的喷流。它们究竟在干什么?现在人类只有二三十个黑洞的样本,能发现更多当然好,对已发现的黑洞我们也希望研究得更清楚,找到黑洞只是开始。”张双南说。

据他描述,黑洞有时很“冷静”,有时很“暴躁”。当它“发脾气”时,产生的X射线流强特别高。国外的卫星适合看“安静”的黑洞,而“慧眼”特别适合看“暴躁”的黑洞和中子星。

“我们还不知道有些黑洞

‘发脾气’,所以我们希望对银河系的黑洞和中子星做比较详细的普查。”张双南说。

此外,“慧眼”还要给宇宙中诡异的中子星(脉冲星)“把把脉”。“我们还不清楚中子星的内部是什么。它们具有超强的引力场、电磁场和核密度,可谓极端物理的天然实验室。通过研究中子星的X射线,我们可以测量其表面的磁场强度,研究高密度、强磁场下物质的性质。”张双南说。

期待意外发现

人类已探测到几次引力波,但科学家急切想找到与引力波相对应的电磁波信号,这也是“慧眼”的一项重要使命

熊少林说,目前引力波事件的定位精度还很差,如果在其发生的同时或者相近时间,在其相同位置发现电磁信号,联合分析引力波信号和电磁信号会获得更多关于爆发天体的信息。一些科学家怀疑伽马射线暴很可能是引力波事件的电磁对应体。

张双南说:“已经发现的引力波还没有一个找到电磁对应体。如果只有一个波段观测,往往信息是不完整的,所以我们非常希望看到引力波产生时也有X射线、伽马射线或其他波段的信号,这些熟悉的电磁波信号能帮助我们更好地认识引力波。”

他认为,寻找引力波电磁对应体极为重要。“慧眼”有200keV至3MeV能区面积最大的伽马暴探测器,是目前国际上最好设备的10倍,预计一年可观测到近200个伽马暴,在今后引力波电磁对应体的搜寻中有可能取得一锤定音

的效果。

“如果能发现引力波的电磁对应体,这将成为‘慧眼’最精彩的科学成果。”张双南说。

“我们的望远镜会发现很多我们以前不知道的现象,甚至是全新的天体,我们对此非常期待。但它最终有什么样的发现,现在谁也不知道,天文研究中最有趣的发现都是意外的。”张双南说。

推动中国空间科学发展

这根来之不易的太空望远镜凝聚了几代科学家的智慧与心血,将带动中国天文学研究整体发展,实现空间科学重大突破

中科院院士顾逸东认为,中国空间科学与国际先进水平相比还有较大差距,应争取经过15至20年的努力,使中国空间科学进入世界先进行列。

“我对中国发展空间科学印象深刻,近两年发射的暗物质粒子探测卫星、量子卫星以及未来的发射计划都显

示出中国有能力并致力于发展科学。”帕马说。

意大利航天局资深科学家保罗·焦米说,中国未来的空间科学卫星将更为复杂,更具有竞争力,这些卫星与地面科学设施必定使中国成为空间科学知

识的重要生产者。

科学家将提供300多数据产品

据新华社甘肃酒泉6月15日电(记者全晓书 喻非 屈婷)中国首颗X射线天文卫星“慧眼”于15日成功升空入轨。卫星发射上天,科学研究才真正开始。

观测时巡天、定点两不误

作为一个小型空间天文台,HXMT卫星向中国的天文学家全面开放。

“2016年,我们面向全国征集了第一轮核心科学观测提案,得到了积极响应,共征集到90份观测提案,提出的总观测时间近7年,远远大于卫星4年的设计寿命。”HXMT卫星地面应用系统副总设计师屈进禄说。

在科学评估和遴选的基础上,卫星地面应用系统已编制完成了第一年观测计划。观测计划决定了“慧眼”在天上的观测目标和时间分配。

据屈进禄介绍,第一年,卫星将用30%-40%的时间进行巡天观测,剩下的时间则进行定点观测。

“我们把银道面分成了19个天区,望远镜扫描一个天区需要2个多小时,如果不考虑对太阳规避,两天就可以完成对银道面的一次扫描。”屈进禄说。

而定点观测,就是盯着一个目标源进行观测。屈进禄说,定点观测的目标分为两大类,一类是已知源,包括被采纳的科学提案中提到的观测目标;另一类是暂现源,暂现源既有可能是曾经爆发过的已知源,也有可能是新发现的天体源。

数据服务向国际看齐

“慧眼”发射入轨后第2天将陆续对科学仪器加电,开始为期10天的整体功能测试,然后进行为期140天的仪器性能测试、在轨标定观测和试观测,计划于今年11月进入常规科学观测。

据卫星地面应用系统副总设计师宋黎明介绍,HXMT卫星在轨观测提案的提出者和为HXMT卫星项目作出贡献的国内外专家共同组成了科学观测研究团队,是卫星观测数据的优先用户,按照国际惯例将享有观测数据所有权一年;之后,数据将向所有人开放。

“一方面,我们要把和仪器相关的参数写进分析软件,告诉用户探测器的能区、面积、性能、工作状态等等;另一方面,我们还要把标定结果做成一个标定数据库,供用户使用,以便他们在此基础上开展后续的数据分析工作。”宋黎明说。

此外,卫星地面应用系统还将提供300多种符合国际标准的数据产品。“国际上已经有了一整套的天文数据分析流程和软件,这就要求我们向国际看齐,把观测数据加工处理成具有通用格式的数据产品。至于从这些数据产品中提取能谱、光变曲线等信息,继续进一步的分析,那就是科学家们要做的事情了。”宋黎明说。