



中国首颗 X 射线天文卫星“慧眼”背后的“灵魂人物”

李惕碛：科学路上的“少数派”

本报记者全晓书、喻菲、屈婷

他头发半白，身材瘦削，骨子里却常常要和西方主流的学术观点“唱唱反调”；他言语温和，还常常爱笑，自己也奇怪学生们为什么对他个个言怕；他衣着朴素，骑着一辆破旧的自行车在校园里穿梭，脑袋里却思考着宇宙起源和结局这样的大问题……

他就是中国科学院院士、中科院高能物理研究所研究员、清华大学教授李惕碛，中国首颗 X 射线天文卫星“慧眼”背后的“灵魂人物”。

“慧眼”全称硬 X 射线调制望远镜卫星(简称 HXMT)，于 15 日发射升空。为了这颗卫星能够立项，李惕碛奔走呼吁长达近 20 年。他的心中装着中国自然科学发展的大图景、大目标，这注定是一条不平坦的道路。

哲学的启发

大学时代形成的学习方法和思维习惯造就了李惕碛之后数十年科学研究的风格。他从不迷信任何学术观点，反而总是想要“挑挑毛病”。

生于 1939 年，李惕碛还在小学时，就被马克思主义哲学迷住了。

新中国成立之初，全社会都在普及马克思主义，一本名叫《学习》的杂志逐期介绍了马克思主义的启蒙读物《社会发展简史》，十来岁的李惕碛一下就被吸引住了：“原来人类社会的不同阶段都可以用科学理论来解释，这简直是不可思议！”

少年时代的震撼让这位科学家永生难忘。就是从那一刻起，哲学的种子在他心中深深扎根，成为他漫长而曲折的科学研究之路上的一道风景，一种指引。

中学时代，李惕碛被量子力学中的哲学争论所吸引，决定考大学时一定要学物理系。高中快毕业时，清华大学的工程物理系刚刚开办，主攻原子能科学技术，李惕碛义无反顾地选择了这个系：“第一，研究原子能，量子力学是基础，满足了我对前沿物理和哲学的双重兴趣；第二，当时以为可以去造原子弹，为中国人争气。”

1957 年，李惕碛步入了梦寐以求的清华校园，然而，“三年困难时期”也接踵而至。“大家都吃不饱饭。”为了理解复杂的社会现实，李惕碛花了大量的时间阅读哲学经典。

就在这段时间，李惕碛接触到影响他一生的书——列宁的《哲学笔记》。“这本书对我震动非常大。我也在读黑格尔、康德，但是列宁学习的方法跟我完全不一样。他在书上画了很多符号，有时写上‘胡说’，有时批注‘很好’，完全是在和作者进行平等的交流和争论。后来，我也学他的方法，在书上做笔记画符号，又呀呀惊叹号，我也用这个方法学习物理。”

大学时代形成的学习方法和思维习惯造就了李惕碛之后数十年科学研究的风格。他从不迷信任何学术观点，反而总是想要“挑挑毛病”。事实上，他的很多科研成果都是建立在挑战前人结论的基础上，例如在 1980 年代建立了银河伽马射线的统计模型，首次给出银河宇宙线产生高能伽马射线的定量估计，并指出国际普遍接受的 2CG 星表所发现的宇宙伽马射线点源约有一半是不真实的，经过多年的争论后，这一模型的正确性才被观测证实。

“我总想做一点新的东西，特别是做出跟西方主流不一样的东西，尤其是在长期的争论之后，最后证明我对了，这是特别让人愉快的事情。”李惕碛说。

发现新“大陆”

这是一个“野心勃勃”的空间科学计划：完成人类首次硬 X 射线成像巡天，发现大批黑洞，深入研究中子星和黑洞强引力场中的动力学和高能辐射过程。如果及时实现，中国将在一个重要的基础科学前沿实现跨越式的发展。

1963 年从清华工程物理系毕业后，李惕碛被分配到原子能研究所云南高山宇宙线观测站，就此走上了基础研究的道路。

1980 年，李惕碛第一次出国门，到英国做访问学者。“当时，国内刚刚才有计算机，我要跑到科学院计算所去做计算，程序要一个孔一个孔打到纸带上去；到了英国，电脑已经有操作系统了，还有机会接触到前沿的数据。”李惕碛回忆说。

面对这么好的条件，同时又和非常优秀的外国学者共事，李惕碛如饥似渴地学



▲ 4 月 6 日，李惕碛在清华大学接受新华社记者专访。 本报记者屈婷摄

习和工作着。不过，当节奏过于紧张时，他也找到了一种独特的排解压力的方式——看恐怖片。“当时，国内的恐怖片很少，国外的恐怖片，像吸血鬼、僵尸之类的，挺吸引人的，还能转移紧张感。”

不过，恐怖片的桥段只是这位“不接地气”的学者为数不多的一个“趣谈”，他的脑子里大部分时间都装满了各种各样的科学问题。从英国回来后，他开始认真思考，如何让中国在高能天体物理领域赶超世界前沿？

在他的推动下，中科院高能所开始尝试用高空气球搭载硬 X 射线探测器，到大气层之上进行观测。“美国一个气球上的硬 X 射线仪器要花几百万甚至上千万美元，而我们的球载探测器作为科学院的重点项目，也只获得几十万人的支持，怎么去和美国比？”李惕碛指出，在硬 X 射线这个波段天体观测成像尤为困难，这是造成探测器代价昂贵的主要原因。“硬件做不起，中国人想都不要想，这就逼着我们去创造新的成像方法。”

于是，李惕碛和自己在科学道路上多年的老搭档吴枚研究员一起，着手在数据处理方程的海洋中开辟新的航道，想利用现有的不能成像的仪器来实现成像。“我们俩差不多在同样的思路前进，整条思路都是我们互相讨论、互相补充形成的。”李惕碛说。

1992 年，李惕碛和吴枚正式建立了直接解调方法。与西方在上世纪 70 年代发展起来的复杂和昂贵的编码孔径成像技术相比，这种方法利用技术成熟、造价便宜的准直探测器(非成像探测器)的扫描数据，就可以实现高灵敏度和高分辨率的成像，技术优势十分明显。

1993 年，李惕碛提出了基于直接解调方法的硬 X 射线调制望远镜的设计。这是一个“野心勃勃”的空间科学计划：完成人类首次硬 X 射线成像巡天，发现大批黑洞，深入研究中子星和黑洞强引力场中的动力学和高能辐射过程。如果及时实现，中国将在一个重要的基础科学前沿实现跨越式的发展。

赤子的“牢骚”

“即使在欧美国家，基础研究也不容易受到重视，需要耐心地说服政治家和出资人。他勉励我们既要保持热情，又要有耐心，不要过于着急”

然而，让李惕碛没想到的是，从提出建议到正式立项，这一等就是 18 年。

在为项目奔走呼吁的漫长过程中，李惕碛坦诚自己“发了一些牢骚”，项目进度一拖再拖，科学新发现的机遇一窄再窄，一位科学家的满腔热忱都化作了无尽的焦急和遗憾。

“中国近代很落后，我们这一代人，受到钱三强、何泽慧、王淦昌等老一辈科学家很深的影响，真正希望推动中国的自然科学走向世界前沿。”正如李惕碛所言，他的牢骚里没有掺杂任何个人的恩怨得失。

2010 年，在王淦昌纪念文集首发式上，李惕碛在发言中深情地回忆起这位“两弹一星”的元勋对 HXMT 项目关心和垂问的往事，联想到王先生 1940 年就提出了探测中微子的实验方法却无法在中国实现，只

能无奈地“让别人去做”，两代科学家面临科学机遇丧失时同样的心痛是那么令人动容。

李惕碛也从老一辈科学家身上汲取了克服困难的勇气和韧劲。不管是学术争议，还是经费得不到落实，他从来没有放弃过。而文革期间，我国高能实验物理的重要奠基人张文裕先生的一番教诲让他铭记至今：“先生用自己的经历说明，即使在欧美国家，基础研究也不容易受到重视，需要耐心地说服政治家和出资人。他勉励我们既要保持热情，又要有耐心，不要过于着急。”

HXMT 卫星终于在 2011 年正式立项，之后历经 5 年艰辛，最终研制成功。虽然已从研制工作一线退下，李惕碛谈到发射上天时，连说自己很紧张，“就像当年放气球一样，每一次发射之前都很紧张。”

随着国外硬 X 射线望远镜陆续升空，HXMT 卫星已经失去了很多新发现的机遇，但是李惕碛对这颗卫星仍然寄予很大的期待：“它还是建立在直接解调的新方法的基础上，而且比起当年的设计，功能大大扩展了，目前是这个领域里能量范围最宽、分辨率最好的望远镜，很有希望获得重要的结果。”

“深刻”的严师益友

“很多大物理学家在方程还没有解出来的时候，就能洞见到结果大概是什么样子，这就叫深刻。时间长了，就能体会到他的深刻”

在争取 HXMT 立项的过程中，围绕这颗卫星的需要，许多李惕碛的学生先后被派遣出国学习、交流、取经，他们回国后分别承担起卫星各个关键部分的设计和研制重任。这一点也让他倍感欣慰：“在这么长的研制过程中，一支非常好的技术和科学队伍成长起来。”

不过，这个团队里几乎每一位他的学生，提到“李老师”，第一个反应就是“害怕”。

“我们怕他，主要是觉得自己还不如老师勤奋努力，在他面前感到惭愧。”HXMT 卫星有效载荷总设计师卢方军说。

“他那么大了年纪了，平常走得比你你还晚，事情做得比你你还快，大年初一一个人就跑到办公室开始工作了，你说你压力大不大？”HXMT 卫星地面应用系统副总设计师宋黎明谈到严师，不由回想起一则往事，“有一次讨论，我说，目前在数据处理这个领域，我们可能是国内做得最好的。他马上把我批评了一通，认为把眼光放在国内标准太低了，要到国际上去争第一。他对我们要求非常高，不允许我们有半点骄傲。”

李惕碛对此也有所耳闻。“可能，我和他们除了谈天谈物理，很少闲扯，显得不太平易近人吧。有一次，我问一个学生关于她的一个同学的婚恋传闻，结果惹得那个学生惊讶：李老师，你也关心这种八卦呀？好像我完全不食人间烟火似的。”

李惕碛和老搭档吴枚常常因为学术问题上的分歧，吵得不可开交，隔着几间办公室都能听到。虽然争论起来互不相让，但在吴

枚看来，李惕碛是一个深刻的人。“他像很多大物理学家一样，在方程还没有解出来的时候，就能洞见到结果大概是什么样子，这就叫深刻。”

吴枚不爱听学术报告，而李惕碛听完后，三言两语对吴枚一讲，就能把他的注意力吸引过来。“他能从纷繁复杂、众说纷纭之中找到要害，并知道从哪里突破。这就好比在地里刨白薯，他等于是把白薯刨出来、洗干净，搁在我面前，我当然一看就知道这是好东西。”吴枚说，“我们合作得多，很多东西都是受他的启发。”

敢挑战爱因斯坦

经过数年的酝酿，对于宇宙的构成、起源、演化及归属问题，李惕碛给出了完全不同的回答

HXMT 卫星团队出色地担负起工程组织、望远镜研制和科学系统建设任务，这也使李惕碛在最近十余年有机会腾出手来跟踪宇宙学的进展。

2003 年，美国探测宇宙微波背景辐射的卫星 WMAP 发布了宇宙组分：暗能量 73%、暗物质 23%、普通物质 4%。当学界为宇宙学从此成为“精确科学”而欢欣鼓舞时，李惕碛则根据多年实验观测工作的经验，发现其中存在系统误差。在重新分析了 WMAP 的原始数据后，李惕碛于 2009 年公布了新的结果：暗能量 68%，暗物质 27%，普通物质 5%。然而，挑战权威的代价是，这个结果在国内外专业刊物上都发表不了，只能放到网上。2013 年 3 月，欧空局宣布了性能远高于 WMAP 的微波背景卫星 Planck 得到的宇宙组分：暗能量 68.3%、暗物质 26.8%、普通物质 4.9%，与李惕碛的结果几乎完全相同。

李惕碛说：“从 WMAP 和 Planck 的数据，我们还得到了一个更重要的结果：微波背景温度分布的四极矩在误差范围内为零，它表明极早期宇宙几乎不存在温度和密度涨落。这不但与建立在广义相对论基础上的大爆炸宇宙学不相容，也完全违背了量子场论对于真空涨落的预期。”

这一次，李惕碛要挑战的是以爱因斯坦、霍金为代表人物的宇宙学标准模型。在这个深入人心的主流模型中，宇宙诞生于一次大爆炸，将在不断地加速膨胀中最终走向大撕裂。“爱因斯坦在提出广义相对论的时候，只知道有物质，不知道有暗能量，整个宇宙只有相互吸引的力，没有相互排斥的力，所以他创造的广义相对论的引力理论适用于黑洞这样的天体系统，却不能用于描述宇宙。”

经过数年的酝酿，对于宇宙的构成、起源、演化及归属问题，李惕碛给出了完全不同的回答。不过，他指出，这种新的模型是否正确，还需要天文观测来检验，按照现在的发展态势，五到十年之内应当可以判定谁是谁非。

人类实现“超越爱因斯坦”的目标需要持续的努力。“在中国，从发展高空气球到发射空间天文卫星，这个过程汇聚了两代人近 40 年的努力。现在，通过 HXMT 项目成长起来的研制和科学队伍，以及他们取得的空间探测器国产化的优异成绩，也是我们实现最终的科学目标的可贵基础。”李惕碛说。

我国首艘 AIP 潜艇服役以来，他 10 多年“零失误、零差错”，保障潜艇完成首次极限深潜、首次远航等 50 多次重大任务，安全续航数十万海里。

他只有初中文凭，却被聘为海军潜艇学院教授。海军潜艇部队 AIP 专业人才，多是他的学生。

他提出多项技术革新，不仅为每艘潜艇节约维修经费，还为后续潜艇的设计建造提供了有益参考。

他，就是海军东海舰队某潜艇支队二级军士长、AIP 专业技师肖海生。他先后两次荣立二等功，7 次获全军优秀士官人才奖，被国家、军队和海军表彰为“全国青年岗位能手”“爱军精武标兵”“军事训练标兵”，被誉为操纵中国潜艇 AIP 系统第一人。

主动从军士长降格为轮机兵

那年，我国首艘 AIP 潜艇艇队组建。这型艇水下待机时间更长、隐蔽性更强。

已担任轮机班长、军士长，曾在两型常规潜艇服役的肖海生主动报名。战友劝他仔细考虑：去了，就要从军士长降格为轮机兵……

肖海生执意报名，成为学习最刻苦的“新兵”。每天从清晨到半夜，他从不放过丝毫学习机会，最终以全优的成绩通过考核，被任命为中国海军首位 AIP 技师。

这年 7 月，艇队首次独立加注某燃料。

当时温度近 40 摄氏度，肖海生摘下作训帽，戴上护目镜，顶着烈日，按照流程图连续操作数小时，在太阳暴晒下，肖海生头皮深感刺痛。当晚，他满是“头皮屑”，搓哪儿掉哪儿。

次日，肖海生递交了一份《某燃料高温加注注意事项》，对地面温度、人员着装等逐一规范，细到护目镜松紧度。这份耗尽心血撰写的注意事项，至今仍沿用。

前几年，由于 AIP 专业没有高级士官编制，肖海生即将转业。某地方单位找到他，许以高额年薪，并允诺为他专门组建一个分公司。

“现在正是部队需要我回馈的时候，我不能当逃兵！即使转不了高级士官，作为一名编外战士，我也会安心在部队干！”最终，肖海生作为特殊人才，留转为高级士官。

一次，厂家将某核心部件吊出舱室返厂维修，理由是达到了理论使用期限。肖海生不解：实际使用没有故障，为何不能延长使用期限？

自此，他在专家的帮助下对部件进行升级或改造，反复试验，比对和分析试验数据，成功将这个核心部件的使用期限作了提升，不仅提升了潜艇水下待机时间，还为每艘潜艇节约大量维修经费。

“零失误、零差错”是怎么练成的？

AIP 系统决定潜艇水下续航力，运转如何影响战斗胜负甚至生死。

我的战位一失万无，绝不可“掉链子”！肖海生暗暗发誓。

一次，某艇组织专项试验，某阀门垫片被某燃料冲击损坏，燃料瞬间弥漫舱室。若不及时处理，遇到静电会带来灾难性后果。

肖海生迅速戴上防冻手套、护目镜，拽开盖板从两米高的铁梯滑下，顺手将盖板反盖，冲向“烟雾区”。

“盖板反盖，意味着把危险留给自己。”让机电长马颖佩服的是，“烟雾”中看不到阀门，肖海生却能凭着记忆，在数十个阀门中准确拧死某个根阀，成功化解危情。

追求万无一失，练就了肖海生“零失误、零差错”的硬功。

战友刘道海说：“每次出航备品备件，肖海生制订的预案就长达几十页，细到一个垫片。”

那年，某艇组织 AIP 某核心部件极限使用和大气环境监测试验。一天，某设备出现故障，肖海生一连维修数十个小时，吃在战位上、睡在战位上，瘦了不止一圈。由于劳累过度，他鼻血直流，拿起纸塞住接着干。由于空调关闭，置身高温舱底，肖海生的衣服湿了又干，干了又湿……

试验进行到关键阶段，肖海生发现某处管路“结霜”，当即判定为微漏点。

若不处置，舱室气压将不断攀升。如何处置没有先例，肖海生沉思良久，首创“冰封疗法”成功堵住了漏点，确保了试验的顺利进行。

推出魔鬼训练，锻炼新兵

燃油过滤器拆装，是 AIP 专业的基本功，各组件顺序、尺寸、规格分类错一不可。为了练就大家心到、眼到、手到的硬功，肖海生推出魔鬼训练，逼着大家练到胳膊发酸手抽筋，直到大家形成肌肉记忆，闭着眼睛也能把燃油过滤器拆解再组合，拆装速度提升多倍。

新兵赵艺系统网络图学得“一团糟”。肖海生不厌其烦带着他将整个图细化分解为多个部分，陪着他利用零碎时间对每部分进行回忆画图，熟练掌握各部分后，又逼着他把整个图图画出来。这种“拼凑式”教学法，不仅加深了赵艺对系统网络的理解，而且大幅缩短了培养周期。

“对战友，肖海生既有责任心，也有耐心。”艇长贾佑琛说。

新兵刘杰文化基础差，肖海生制订“先实操后理论”学习计划，安排刘杰住在艇上陪着他练，3 个月后刘杰独立值更，1 年后随艇出海。

“一个人浑身是铁，也打不了几根钉。”肖海生说。

肖海生利用业余时间将故障原因、排除方法、常见隐患等制作成 PPT 课件，每周组织专业学习和交流，为后续艇队培养多名技师和班长。10 多年来，他立足 AIP 岗位，在实践中总结梳理经验，撰写论文、拟制方案、建章立制等，多部教材通过评审并下发部队使用。

(代宗锋、宛敏武、吴登峰) 新华社浙江宁波电

战位一失万无，他做到「零失误零差错」

记中国潜艇 AIP 系统第一人、二级军士长肖海生