

## 暗物质粒子探测卫星： “首发星”携使命探秘宇宙暗物质

2015年底，中国科学卫星系列的首颗空间科学卫星——暗物质粒子探测卫星将带着寻找暗物质粒子的世纪使命升空，探寻宇宙射线起源并观测高能伽马射线。

► 记者 姜天海

在美国国家研究理事会宇宙物理学分会总结出的该领域“新世纪11个重大科学问题”中，“暗物质粒子的本质”以及“宇宙射线的起源”分列第1位和第6位。无论是欧洲核子中心的大型强子对撞机、国际空间站上的阿尔法磁谱仪，还是美国宇航局的费米太空望远镜，都在努力寻找这种神秘粒子的蛛丝马迹。

而2015年底，中国科学卫星系列的首颗空间科学卫星——暗物质粒子探测卫星将带着这项世纪使命升

空，寻找暗物质粒子，探寻宇宙射线起源并观测高能伽马射线。

“暗物质粒子探测卫星是目前观测能段范围最宽，能量分辨率最优的空间探测器，超过国际上所有同类探测器。”中科院国家空间科学中心主任吴季在接受《科学新闻》采访时表示。

作为空间科学先导专项的首发星，也是第一颗由中科院承担全部研制、生产工作的卫星，暗物质卫星的顺利完成、发射和运行将标志着中

院举起我国空间科学事业的大旗，在面向世界科技前沿、面向国家重大战略需求方面谱写下的新篇章。

### 弃暗投明并不易

当前是暗物质研究史上最激动人心的时代。暗物质卫星科学应用系统总师、中科院紫金山天文台研究员伍建曾在科普讲座中开玩笑道，连美剧《生活大爆炸》中的学霸“谢耳朵”都改行研究暗物质了。

何为暗物质？它是宇宙中最神秘的一份子。暗物质粒子相互之间以及与普通物质之间的作用非常弱，例如它们可以轻易穿过地球而不留痕迹，无论是在光照之下还是通过电磁波，它都不会“弃暗投明”，始终隐匿于茫茫宇宙之中。

宇宙中的万有引力定律明确证实了暗物质的存在，天文学家根据引力效应估计，暗物质和暗能量占了当今宇宙总能量密度的95%，甚至每一秒钟都有无数暗物质穿透人体，但它却从未被人直接观测到。可以说，它是隐藏最深、也是数量最庞大的“宇宙忍者”。



硅探测器正样件及研制团队。



科学家将暗物质比作“笼罩在 21 世纪物理学天空中的乌云”。国际上普遍认为，揭开暗物质之谜将是继日心说、万有引力定律、相对论及量子力学之后的又一次根本性科学变革。而未来的 10~20 年将是探测暗物质的黄金时代。

诺贝尔物理学奖获得者杨振宁曾指出，所谓暗物质、暗能量就是非常稀奇的事物，它们可能引出基本物理学中革命性的发展。诺贝尔物理学奖得主李政道也提出，在对暗物质暗能量的研究中，要运用“整体统一”的科学方法，这“应该是 21 世纪最重要的科学方法”。

既然暗物质雁过不留痕，那么人类如何证实暗物质的存在？

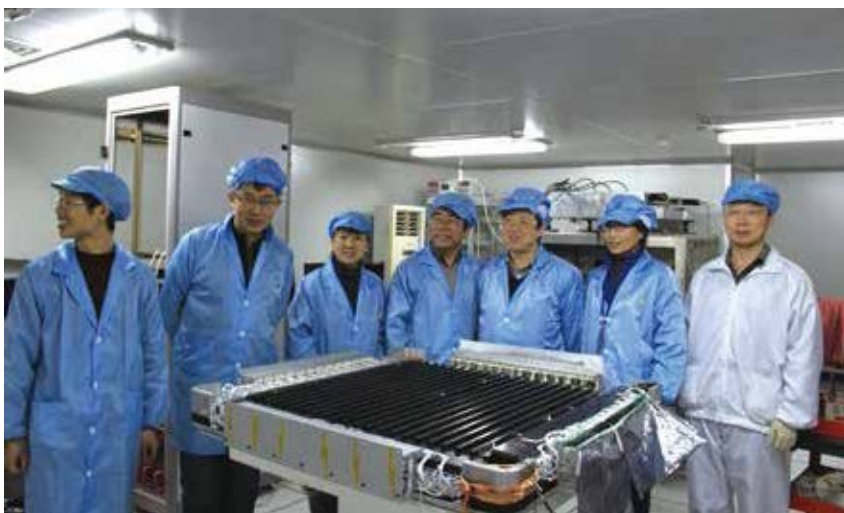
“目前暗物质粒子存在的证据都是通过引力的相互作用发现的，我们还尚未在实验室中探测到确定的暗物质信号。”暗物质卫星科学应用系统副总设计师、紫金山天文台研究员范一中告诉《科学新闻》。

正在进行的暗物质探测可分为三类：加速器探测，主要探测设备是欧洲核子中心的大型强子对撞机；地下直接探测，美国、欧洲以及我国正展开激烈的竞争；以及空间间接探测。

而中科院即将发射的暗物质卫星就采用第三种间接探测方式，希望能够找到暗物质粒子，探寻宇宙射线起源，同时观测高能伽马射线。

### 暗物质星领先国际

作为空间科学先导专项首批确定的五颗科学卫星之一，暗物质卫星的



塑料闪烁体探测器正样及研制团队。

主要任务是通过探测宇宙中高能粒子的方向、能量以及电荷大小来间接寻找和研究宇宙中的暗物质粒子。

据暗物质卫星首席科学家、中科院紫金山天文台研究员常进介绍，该卫星的有效载荷属于大型空间高能设备，共包含近 8 万路电子学信号通道，是迄今为止观测能断范围最宽、能量分辨率最优的暗物质粒子卫星探测器。

具体来讲，卫星有效载荷主要由四个粒子探测器组成：中科院近代物理研究所研制的塑料闪烁体探测器，其主要功能是测量入射粒子的电荷数；中科院高能物理研究所负责研制的硅径迹探测器，其主要功能是测量入射粒子的方向；中国科学技术大学与紫金山天文台研制的电磁量能器，其主要功能是测量入射粒子的能量并区分入射粒子的种类（尤其是质子与电子）；紫金山天文台研制的中子探测器，其主要功能是区分粒子种类。

“暗物质卫星的探测器在电子宇宙射线、伽马射线的能量分辨率世界

领先，并且探测器的最高工作能段显著高于阿尔法磁谱仪和费米太空望远镜。”范一中指出。

暗物质卫星有望区分 ~100 GeV-1TeV 能区中的电子宇宙射线能谱超出的暗物质起源或者是天体物理起源；开辟空间探测 1-10 TeV 的电子宇宙射线的新窗口；发现 TeV 电子宇宙射线源；并在暗物质粒子产生的伽马射线谱搜寻方面取得世界领先的成果。

国际上目前在太空开展暗物质间接探测研究的主要是阿尔法磁谱仪和费米望远镜。

阿尔法磁谱仪利用磁场使正负电子偏转，从而能分辨正负电子的能量和方向，但是受限于可以发射升空的磁场强度大小，其测量的能量谱段为 ~1TeV。费米探测器与之相当。

吴季介绍，中科院研制的暗物质卫星对高能粒子的探测方法不同于阿尔法磁谱仪，“它虽然不能区分粒子的电极性，但是它的确可以探测能量极高的粒子，并在能量分辨率方面超

过现有其他设备，此外暗物质卫星不仅做到了能量谱段的高覆盖，而且探测面积很大，使得其捕获稀少高能粒子的能力大幅度增强”。

### “大块头” “小空间”

谈及暗物质卫星的研制难关，诸多亲历者均提到了卫星载荷的“大块头”和卫星上的“小空间”。

“暗物质卫星的有效载荷重达1.4吨，而整颗卫星的总重量约为1.9吨，载荷平台质量之比达2.8，是中国首次做出这么重、载荷平台比这么大的载荷。主要质量都集中在载荷上，这对卫星平台设计者来说，是个巨大的挑战。”范一中回忆起当时整个团队最头疼的问题。

而且，探测器的整体架构非常复杂。有42000路电子学读出电路，168路高压电源，接近8万路探测器通道数。如此复杂的探测器，超过我国地面最复杂的加速器实验（北京谱仪），探测器能量分辨比国际同类探测器高3倍以上。

“提到四颗科学卫星的关键技术研发，在暗物质卫星技术上最大的挑战就是它的结构设计比较复杂。”吴季表示，当时大家心里都比较没底。他接着说道，为了这个1.4吨的“大铁疙瘩”，科研团队全面地考虑了卫星平台的设计和结构合理性，在载荷旁边增加舱板形成一体化设计，进行与火箭的连接和支撑。

“毕竟这是第一次，我们怕它把卫星平台震坏了，所以在设计、方案、关键技术阶段进行了多次的修改设计和加强，考虑到各方面的风险。”他说。

但也正是这个结构复杂的“大块头”，却要将自己笨重的身躯塞进约1立方米的狭小空间之内，技术难度超过了我国目前所有的上天高能探测设备。这就要求设计紧凑和各种线缆排布的密集，但紧凑又会带来信号干扰以及热控难度的增加。

为了确保工程的质量和进度，暗物质卫星团队废寝忘食，涌现了许多的感人事迹。

2012年在欧洲核子中心进行的载荷电性件束流测试对于卫星的有效载

荷总体是不折不扣的“大考”。为了第一时间掌握探测器的工作状态并及时解决出现的问题，载荷总体的郭建华副总师在“大考”前三天一直呆在实验现场，总休息时间不到8个小时。最终他们克服了各种困难完成了束流测试，并被列入欧洲核子中心认可试验名录。

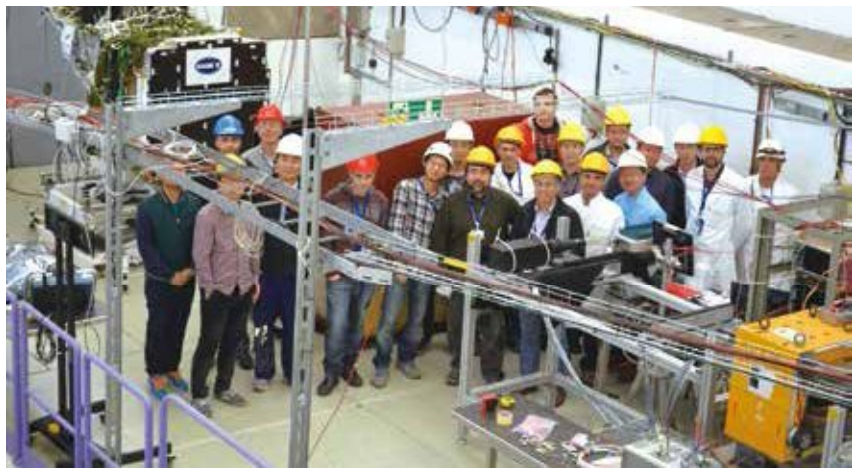
科学应用系统的藏京博士自2011年加入项目以来，为了赶工程进度经常加班到半夜，往往就在办公室凑合睡一宿，几乎放弃了所有的节假日。而且，为了工作能够更加专注，四年间，他的妻儿都一直生活在山东老家。

据了解，暗物质卫星的整个仪器研制团队以及在欧洲核子中心的束流测试队伍达100余人，其中包括20余名瑞士、意大利的国际同行。中科院国家空间科学中心承担了数据管理分系统的研制，中科院微小卫星工程中心负责研发卫星平台，紫金山天文台、中国科大承担探测器物理数据处理软件开发。

也正是这个庞大工程团队的紧密合作，使得暗物质卫星得以在今年5月29日就顺利完成所有载荷的正样交付，现已完成发射星总装。

“暗物质粒子探测卫星直接面向国际重大科学前沿问题，力争实现重大的科学产出，并为我国的后续暗物质粒子空间间接探测奠定坚实基础。”范一中最后表示，对世界而言，暗物质粒子探测卫星的顺利完成、发射、运行将标志着中国正式加入到竞争激烈的空间科学、探索的大国行列中，并为世界空间天文研究注入了新的活力与动力。■

（责编：倪伟波）



初样鉴定件在欧洲核子中心进行束流试验。