

# 空间科学需要持续发展

我国计划在2015~2016年陆续发射4颗科学卫星。为什么要发展我国的空间科学研究？这4颗卫星是为了研究哪些科学问题？空间科学先导专项科学卫星工程常务副总指挥、中科院国家空间科学中心主任吴季研究员就此接受了《科学世界》等媒体的采访。

记者/方晨 图/中科院国家空间科学中心

## 我国空间科学需要可持续发展

**记者：我们为什么要花这么多钱做空间科学？**

吴季：这其实和我们国家做其他研究是一样的。一个大国，哪怕是一个发展中国家，需要在基础科学方面有布局、有投入。因为基础科学是所有其他技术科学的基础，基础学科的突破对其他学科都有带动作用。这种作用是潜移默化的，对国家未来的发展能起到带动作用。

空间科学花的钱比较多。它虽然是研究基础科学，但是所需要的支撑体系特别多，例如需要科学卫星、运载火箭、发射场、测控、地面支撑和科学应用等六大系统。因为我们是一个发展中国家，所以这方面的发展有一个过程。我们要把大量的国防、国民经济发展方面的需求放在前面，所以在国家还不是很富裕的时候，有限的航天投入基本上都是投入在应用卫星上。只有在近些年，才能够在航天经费里面拿出一笔钱来支持空间科学，发展科学卫星。特别是这两年，这方面的投入又有了增长，中国科学院“空间科学先导专项”立项的4颗卫星，要在今明两年陆续发射。

尽管如此，我国国家在空间科学领域投入的百分比依然很低。有人说一个五年计划航天经费投入约100亿，其中有多少投入到空间科学？不到10%。相比之下，美国宇航局（NASA）每年有180~190亿美元的民用航天投入，其中用于科学卫星（不包含载人航天的科学实验）的就占到50亿美元，将近30%。欧洲空间局（ESA）也有将近30%的投入是用于科学卫星。为什么其他国家这么重视？因为

空间科学是基础科学的前沿，前沿不投入，你就会发现自己落后于别人。重大的发现都是在科学前沿，在前沿每走一步都可能突破。因此，这些发达国家对基础研究的重视是持续性的。

自古以来就是这样。文艺复兴时期，虽然那个时候也不是很富裕，但是对基础科学的推动很大。现在人类社会的发展之所以这么快，就是由于科学和技术的推动作用。科学技术的基础就是科学，有了原理的突破才有技术的实现。所以我们国家在这方面要想做一个大国，特别是中国人要想做一些创新的东西，现在就应该加大基础科学方面的投入。空间科学是其中一个重要的方面。

**记者：国家应该如何提供一个持续的支持？**

吴季：我们现在正在规划中，在“十三五”规划中继续支持空间科学先导专项，让这个计划延续下去。但我们更希望国家有一个专门的部门承担这个职责，在这个部门的常规预算里面包括一个固定的百分比，专门用于空间科学。这个百分比随着我们国家的GDP增长，每个五年计划都会滚动增长。但目前，我们国家还没有这样的部门和经费。现在都是以项目的形式来申请，项目结束了还得再申请，并不是一个持续的国家计划。

那么美国是怎么做的？在NASA的预算中有一定百分比的经费是专门用于行星探测的，逐年积累起来就是一笔很大的经费。这样就可以很好地制定长期探测规划，比如先去土星，再去天王星，再去冥王星，等等。美国的探测器现在已经飞到了冥王星。我们现在月球探测进行了这么



吴季，中科院国家空间科学中心主任，空间科学先导专项卫星工程常务副总指挥。国际空间研究委员会（COSPAR）副主席，国际宇航科学院（IAA）院士，美国电气与电子工程师学会（IEEE）会士，中国空间科学学会副理事长。

多次，其实要是有一笔行星探测的经费，持续支持5年或者10年，科学家就会布局得更好。例如可以从现在开始布局更远的行星探测。太阳系这么多个行星系统，还有很多非常有意思的天体人类还没有探测过。

虽说实现起来不容易，但空间科学对空间技术的带动非常大，而且能为人类带来很多新的知识。这需要一个长期的可持续的规划，各个探测项目之间一定要有联系，而不是做成一个一个单独的政绩工程。这是科学问题，不是政治问题。在国家的持续支持之下，我们可以更好地做未来规划，更好地论述我们中国人应该去哪儿，应该做什么，先做什么，后做什么。

**记者：在人才、技术方面，我们和国外的差距有多大？**

吴季：人才和技术，特别是探测技术，这方面我们和发达国家之间的差距是在逐渐

缩小的。特别是我们有了自己科学卫星系列计划以后，差距会进一步缩小。

但是，即使是在没有自己的计划时，我们也并不是在等待。我们的科学团队一直在分析国外的数据，参加国外的计划。比如我们实施自己的“双星计划”之前，科学团队实际上是参加了ESA的一个计划——星簇计划（CLUSTER计划）。我们参加别人的计划，科学研究工作做得还是不错的，但是区别就在于，如果你有自己的计划，你可以按照自己的思想来设计，而不是别人设计好了，你来用别人的数据。如果有了自己的计划，可以把最好的成果拿到自己的手里。

“双星计划”作为中国第一个真正意义上的科学卫星计划，是一个对外开放的国际合作计划，其中有50%的探测仪器是国外提供的，50%是我们自己生产的。这两颗卫星16台探测仪器，比较复杂的都是欧洲提供的，当时我们没有能力做复杂的仪器。但是自“双星计划”以后，里面所有复杂的仪器我们现在都能做。也就是说只要有了自己的探测计划，就可以发展。我们正在征集新的项目。在征集“十三五”项目的过程中，我们欣慰地看到很多载荷都是中国自己为主研制的，而且有所创新。以硬X射线卫星、量子卫星、暗物质卫星为例，就我们所做的事情来讲，我们必须是世界第一的，至少在某几项指标上，我们一定是比别人好的。

如果你要全面地说我们的技术能力是不是跟国外还有差距，肯定还是有的，但是从总体来说有一个从跟踪到并行甚至到领先这么几个阶段。现在我们很多都在并行，个别的领先，绝大部分至少跟踪是没问题的。所以从技术水平来讲，差距不是太大。

当然，还有一方面就是运载、卫星、测控等通用航天技术。我们对中国的通用航天技术还是充满信心的，我们在这方面的一些领域甚至还有优势。

## 今明两年要发射4颗科学卫星

**记者：这几颗科学卫星是怎么选定的？**

吴季：现在准备发射的4颗星，基本是“九五”、“十五”、“十一五”提出的计划。“十二五”期间，我们有公开公正的程序进行评选。对于未来的项目，我们现在采取的方式是公开征集，也就是从科学家团队里面

征集建议。建议征集到了以后，有一个公开的评审、遴选过程。遴选时重点考虑两个方面：第一是科学产出的重大性，即是不是重大前沿？第二是考虑它的带动意义，即是不是能广泛地带动科学领域的发展，带动更多的科学家参与数据分析？然后还有科学可行性、技术可行性、经费可行性分析。从“十三五”开始，科学卫星计划从征集到科学产出的管理都会逐步采用上述国际通用的管理程序。

原则上，我们希望我们的计划能覆盖空间科学领域的各个学科，例如空间天文、空间物理/环境、太阳物理、空间地球科学、微重力科学、空间生命科学等方面。但是我们不可能一下支持那么多。我们选择的项目一定是世界首创的，代表着我国的科学水平。

**记者：这些科学卫星有哪些重大的技术突破？**

吴季：在遴选立项的时候，特别要保证技术可行性，也就是说认为基本可行的才会立项。立项以后又经过方案设计，在方案设计中就要把关键技术突破。

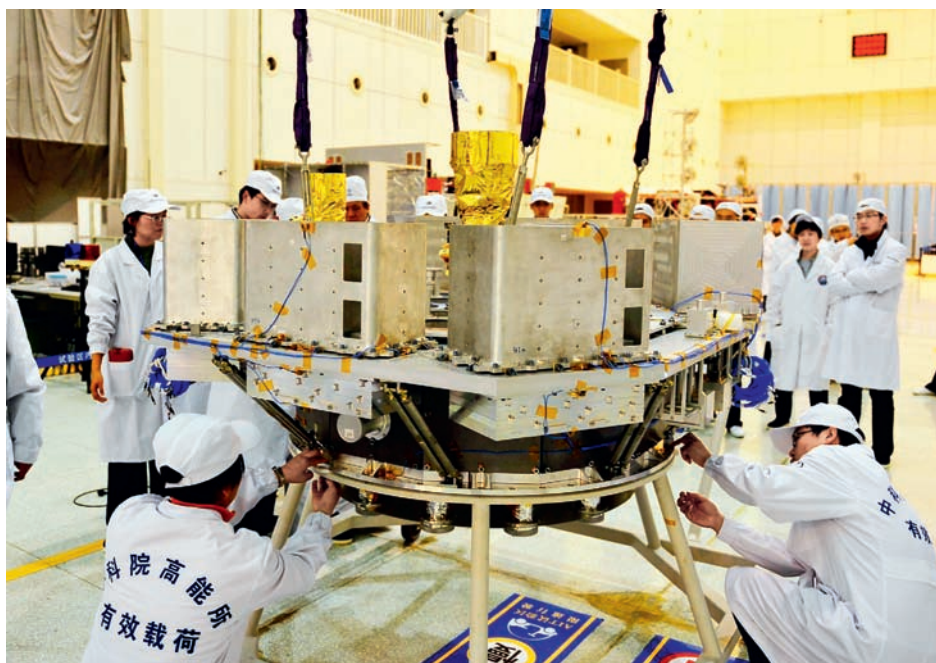
例如在暗物质卫星技术上，一个挑战是它的结构设计比较复杂。科学载荷1.4吨，中心探测器的密度跟铁一样，非常重。所以当时我们就选择了一个卫星方案，这个卫星平台只有300多公斤，也

就是围绕这个载荷进行卫星平台的一体化的设计。这么重的载荷和火箭连接起来，这个结构设计合理不合理？所以我们通过不断试验，修改设计方案，最后解决了。像这样的风险在方案阶段都考虑到了。

**记者：目前国际上有没有和我们类似的暗物质探测卫星？**

吴季：现在，国际上可用来开展暗物质研究的空间计划主要有国际空间站上的阿尔法磁谱仪和费米探测器。阿尔法磁谱仪利用磁场使正负电子偏转，从而可以分辨出正负电子和它们的能量及到达方向。但是受限于可以发射升空的磁铁的大小，其测量的能量谱段上限为600GeV左右，目前力争进一步提升到800GeV。费米探测器所覆盖的能谱段还不如阿尔法磁谱仪。

暗物质卫星对高能粒子的探测方法与阿尔法磁谱仪不同，它虽然不能区分粒子的电极性，但是可以探测能量极高的粒子，设计指标为10TeV，并在空间分辨率方面超过现有其他计划。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，使得其捕获稀少的高能粒子的能力很强。卫星有效载荷质量1.4吨，整星质量1.9吨，载荷平台比达到2.8。其中，最重的设备是能量测量装置——BGO晶体，大小为60厘米×60厘米×60厘米，其中有数百根晶体棒横竖分层排列，当粒子打上后，根据那些发光的晶体来



硬X射线调制望远镜整体吊装现场



判断粒子到达的方向。为什么只有中国人能做出这样的卫星？因为我们有很好的晶体生产能力，这么长的BGO晶体，只有中科院上海硅酸盐所能做出来。

### 记者：暗物质探测卫星和地下探测暗物质的实验有什么不一样？

吴季：地下的实验，据我所理解是直接探测，而在空间是间接探测。地下实验室是要直接捕获暗物质粒子，实际上就是探测暗物质粒子与其他物质碰撞后产生的相关信号。之所以建在地下深处，是为了要把宇宙射线等会产生的干扰屏蔽掉。但是暗物质能不能与其他物质产生碰撞，看到的信号是不是暗物质碰撞的结果，现在也还有争论。暗物质卫星探测的则是暗物质粒子之间相互碰撞湮灭后所产生的明物质高能粒子，这种暗物质粒子湮灭的物理机制在国际上是一种比较认可的物理模型。地下探测和暗物质卫星利用的是完全不同的机理和技术手段。

### 记者：实践十号卫星要开展什么样的研究？

吴季：实践十号是我国科学卫星系列中唯一的返回式卫星，是开展微重力科学和空间生命科学研究的、高效、短期、综合空间实验平台，也是科学卫星系列中继暗物质粒子探测卫星之后，拟发射升空的第二颗卫星。

我们做地球观测的照相机，原来都是使用胶卷，现在都是CCD，都是数字的了。用胶片的时候要获得拍摄的图像，就

需要返回式卫星把胶片带回来。返回式卫星的技术比较成熟，而且比较便宜。虽然现在的资源观测等得到的都是数字信息，不需要带回胶片了，但是做微重力科学、生命科学研究还需要回收实验材料。

比如一株植物，在有重力的环境中是向上生长，接受阳光，但是在微重力的情况下，植物会怎么生长？在太空中开展这样的实验，除了照相以外，我们还希望把标本收回来。再如半导体晶体的生长，在有重力的情况下，其三维不是均匀的，但是到了空间以后，会长得很均匀，可以长得很长，我们也希望把在太空中生长出来的晶体带回来。实践十号返回式卫星将开展19项科学实验，其中有11项要收回，有8项可以不用收回。卫星的返回舱7天后就返回了，留轨舱继续工作，工作的时间与电池的电量有关。这颗卫星不能有太阳能电池板，否则就会产生振动，对科学实验有影响。

### 记者：这些实验在空间站或者空间实验室是不是也都可以做？

吴季：我们国家的空间站正在建设，所以至少在2020年之前，大部分载荷资源都会用于建设，不会给科学实验提供几百千克的载荷。而我们现在的返回式卫星科学载荷有六百多千克。研究微重力的科学家也需要有自己的数据，这完全可以利用返回式微重力卫星。我们在立项的时候，和载人航天的项目做过一次协调，返回式卫星的任务和载人航天是不重复的。

### 记者：量子通信实验在地面上也做过很多次，这次为什么要拿到空间去做？

吴季：在地面上的实验，传递的距离比较受限制。在地面上验证贝尔不等式的实验已经做了，但是近距离的，还有一些争议。到空间做实验，就是要把一对纠缠的光子拉得特别远，超过1000公里。这个实验如果能做成功，对基础科学会有很大的影响，所以非常值得做。

量子科学实验卫星技术很复杂，在它飞行的过程中，携带的两个激光器要分别瞄准两个地面站，向两个方向同时传输纠缠量子对。为了让穿越大气层后光子的“针尖”仍能对上地面接收站的“麦芒”，在飞行的过程中要始终保证精确对准，跟踪要达到相当高的精度，这也是国际上从来没有人做过的。我们的研制团队已经在地面上做过模拟仿真实验，但还是要到真正上天以后才知道最终成功与否。这也是很大的技术挑战。

量子科学实验卫星的科学目标非常前沿，国际上都想做这方面的研究。日本现在准备做一个单方向的量子密钥传输，加拿大也计划做一个单方向的量子传输试验。欧洲在地面上已经将量子纠缠分发做到了接近100公里。但是在空间的量子科学实验，我国将是第一个。

## 资源共享与国际合作

### 记者：如何充分利用4颗空间科学卫星的资源？

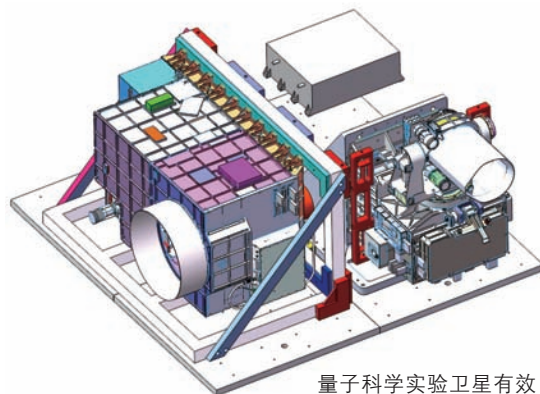
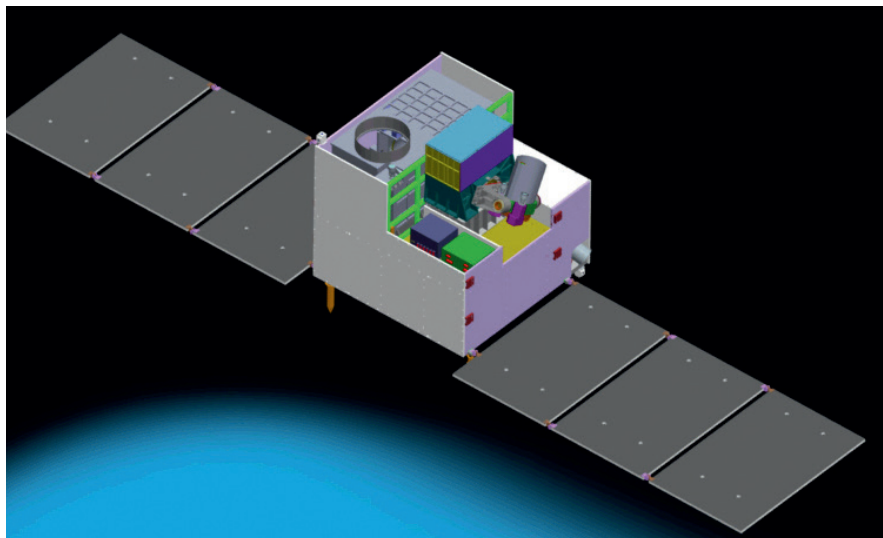
吴季：我们从2013年就开始讨论数据政策，原则是尽早开放数据，用的人越多越好。我们一般要求一年后开放共享。

不过根据项目的不同，也有特例，比如量子科学卫星。量子科学是专项实验，这个项目的设计就是要验证贝尔不等式，验证完了，项目目标就达到了，因此就没有过多纠结于什么时候公开数据，重点是要把任务完成。

还有一个特例就是暗物质卫星，因为谁最先把数据整理出来，谁最先发现了在高能量谱段有新的物理现象，谁就最先实现了突破。但是，这颗卫星除了这个科学目标之外还有其他的科学目标，可以作为天文台研究宇宙射线的起源。因此我们提倡尽早开放数据，用于做宇宙射线研究。当然，根据不同



暗物质卫星欧洲核子研究中心宇宙线测试现场



量子科学实验卫星有效载荷总装示意图

量子科学实验卫星示意图

科学目标的设定，数据开放的时间也会做相应调整。但是总体来说，我们还是希望尽早开放，让更多的人使用好数据。

**记者：未来的国际合作中，中国科学家将起到什么样的作用？**

吴季：国际合作有几种形式，一种形式是由一个国家来主导，其他国家参与，比如说“双星计划”是中国提出的计划，但是ESA大规模参与。“双星计划”作为一个独立计划，又和ESA的“星簇计划”开展了两个系统间的合作，多点探测地球空间。

在未来的科学项目当中，我们准备立项的几个计划全部是开放的。谁愿意投入一个或多个载荷我们都欢迎。当然还有一种情况，就是我们和其他国家的空间机构联合立项，共同推动，例如我们刚刚和ESA联合遴选出的“太阳风-磁层相互作用全景成像卫星计划”（SMILE），这个计划由于其独特的探测方式和蕴涵的全新科学突破，从13个任务建议中脱颖而出，成为继2003年“双星计划”后，又一大型空间探测国际合作项目。

由谁来主导，关键是要看由哪个国家的政府来立项。如果我国政府立项，又秉持开放的态度，那就是由我们主导，其他国家来参与。如果政府没有那么多钱来支持立项，比如只支持一个载荷，我们只能去搭载别人的卫星，那就是别人主导，我们参与。具体一个项目，谁主导谁不主导并不代表国家的强弱。代表国家强弱的是国家独立立项的项目有多少。只要是国家立项的项目，一定是别人没做过的课题。版式设计/李晴

## 空间科学先导专项

2011年1月，空间科学战略性先导科技专项正式立项。总体目标是：在最具优势和最具重大科学发现潜力的科学热点领域，通过自主和国际合作科学卫星计划，实现科学上的重大创新突破，带动相关高新技术的跨越式发展，发挥空间科学在国家发展中的重要战略作用。

空间科学先导专项在“十二五”期间开展了硬X射线调制望远镜卫星、量子科学实验卫星、暗物质粒子探测卫星和实践十号返回式科学实验卫星4个空间科学卫星工程任务的研制，同时部署了空间科学背景型号和空间科学预先研究项目，为下一个五年计划及更长远空间科学发展奠定了基础。下面列出了4颗卫星的科学目标。

**硬X射线调制望远镜卫星（HXMT卫星）：**实现宽波段X射线（1KeV~250KeV）巡天，发现被尘埃遮挡的超大质量黑洞和未知类型天体，研究宇宙硬X射线背景辐射的性质；通过观测黑洞、中子星、活动星系等高能天体，分析其光变和能谱性质，研究致密天体和黑洞强引力中物质的动力学和高能辐射过程；探索利用X射线脉冲星实现航天器自主导航的技术和原理。

**量子科学实验卫星（量子卫星）：**进行星地高速量子密钥分发实验，并在此基础上进行广域量子密钥网络实验，以期在空间量子通信实用化方面取得重大突破；在空间尺度进行量子纠缠分发和量子隐形传态实验，开展空间尺度量子力学完备性检验的实验研究。

**暗物质粒子探测卫星（暗物质卫星）：**通过在空间高分辨、宽波段观测高能电子和伽马射线寻找和研究暗物质粒子，在暗物质研究这一前沿科学领域取得重大突破；通过观测TeV以上的高能电子及重核，在宇宙射线起源方面取得突破；通过观测高能伽马射线，在伽马天文方面取得重要成果。



**实践十号返回式科学实验卫星（实践十号卫星）：**开展空间科学实验，研究、揭示微重力条件和空间辐射条件下的物质运动及生命活动规律，取得创新科技成果。

实践十号返回式科学实验卫星在总装测试中  
摄影/陈益宸