

■ 实干兴邦英雄谱 ①①

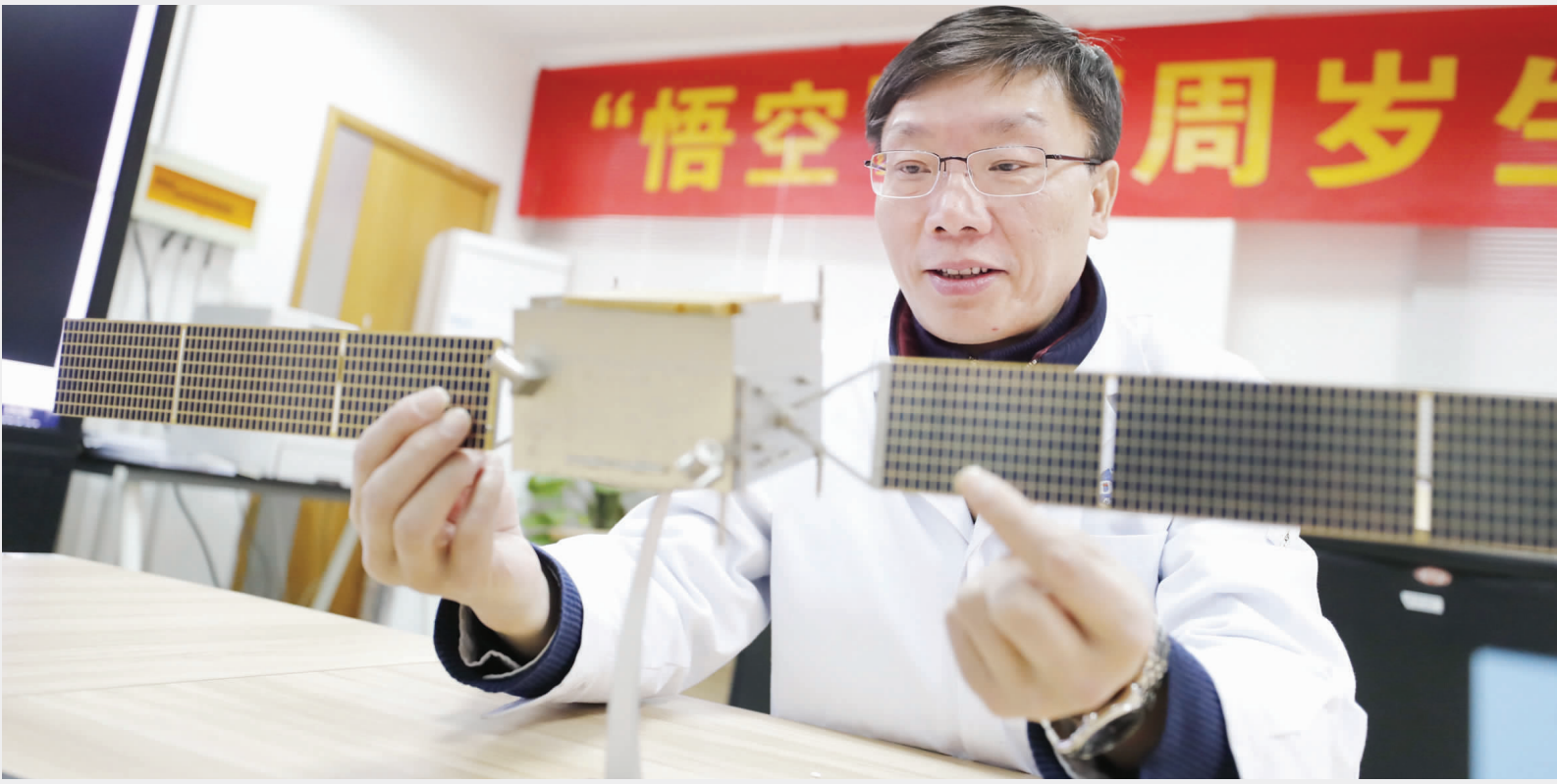
# “悟空”团队：为暗物质追梦二十载

本报首席记者 许琦敏

不知道从哪一天起，常进的名字和暗物质联系在一起。在公众的印象中，大概是从2015年12月17日8点12分那一刻，我国首颗暗物质粒子探测卫星“悟空”腾空而起开始的。其实对常进而言，这种联系，早在20年前就开始了。这源自一个“找到暗物质物理大门”的梦想。这共同的梦想，先后凝聚起了二百多人的科研队伍，将世界上首颗可以在TeV（10的12次方电子伏特）波段观测高能电子和伽马射线的科学卫星，送上了太空，为人类

打开了一扇观测宇宙的新窗户。“悟空”上天两年多，平均每天传回500万个高能粒子的信息。在浩瀚宇宙中，宇宙粒子的能量越高，数量越稀少，观测到的难度也就越大。常进和他的团队成员们，就在这里面挑选出值得关注的高能粒子。去年11月30日，他们在英国《自然》杂志在线发表了“悟空”上天530天所获得的观测结果，引起了国际高能物理学界的轰动。

从1997年“搭便车”参与美国宇航局在南极开展的ATIC（先进薄电离量器）气球项目，到“悟空”获得世界上最精确的宇宙高能电子数据，常进让中国在暗物质物理领域，完成了一次漂亮的“弯道超车”。不过，他很清楚，即使在天上找到了暗物质粒子存在的疑似证据，也还需要地面直接探测和加速器实验等加以多角度验证。“我只做好我的事情。”或许就是这份简单、执着，使常进承受住巨大的压力，得以张望到宇宙新窗口外的旖旎风景。



常进让中国在暗物质物理领域完成了一次漂亮的“弯道超车”。 本报记者 袁婧摄

## 只要“悟空”在天上，新发现就会源源不断

就在去年12月17日，“悟空”在太空飞行已满两年。当天，课题组特地定制了一个以“悟空”遨游太空为造型的蛋糕，还唱了“生日快乐”为它庆生。当时“悟空”正在飞越中国上空。或许在500公里的晨昏太阳同步轨道上，它也感知到了地面队友们的祝福。

作为“悟空”的首席科学家，常进经常被问：如果“悟空”没有找到暗物质粒子，怎么办？他总是回答：“既然打开了新窗口，即使看不到绿树红花，也会有蓝天白云。”面对一片未知的宇宙，处处都是见所未见的风景，又何必拘泥于暗物质粒子这一点呢？

在南京市市中心，毗邻鼓楼公园和南京大学，坐落着中国科学院紫金山天文台的鼓楼办公室。由于仙林大学城的新园区落成，大部分实验室和部门已搬迁到那里。整幢大楼里，只有“悟空”团队还坚守着。接收数据，他们一天也舍不得落下。

走进卫星监控实验室，一条“‘悟空’两周生日快乐！”的红色横幅十分醒目。就在去年12月17日，“悟空”在太空飞行已满两年。当天，课题组特地定制了一个以“悟空”遨游太空为造型的蛋糕，还唱了“生日快乐”为它庆生。

当时“悟空”正在飞越中国上空。或许在500公里的晨昏太阳同步轨道上，它也感知到了地面队友们的祝福。

这颗卫星的设计寿命为三年，是不是意味着它已经走过了三分之二的“生命历程”？常进的同事、暗物质粒子卫星科学应用系统总师伍健一边摆弄办公桌上的“悟空”模型，一边说：“这颗

卫星的质量真心好，现在看来，超预期服役几年没啥问题。只要‘悟空’在天上，新发现就会源源不断！”他的言语中，充满了欣慰。

自从长征二号丁运载火箭送入预定轨道，完成各项在轨测试之后，“悟空”就开始了宇宙高能粒子的捕获工作。每天经过地球南北两极飞行15圈，平均95分钟飞完一圈。一天之中，它会有5次经过中国境内，就在飞越地面基站的大约十分钟内，将收集到的数据传输到地面。这些数据在北京飞控中心进行初步处理后，再传到南京的卫星监控大厅。

在这个监控大厅里，有10台电脑，每一台都有自己的任务。

“这台电脑负责科学指令的注入。”常进走进实验室，全身都透露出自如，瞬时进入与“悟空”天人相融的状态。“悟空”在天上要执行很多任务，有的是上天前就编制好的程序，但更多的则需要科学家根据情况，一周两次发指令进行调整。

有一台电脑可以实时看到“悟空”飞行的位置。“现在它在太平洋的上空。”暗物质卫星团队成员李翔指着屏幕说，别看它在屏幕上要好几分钟才会留下一段轨迹，其实它的飞行速度每秒有近8千米。飞到不同的地

方，它接收宇宙高能粒子的概率也不一样：赤道附近由于地磁场较强，遮挡住了宇宙线对地球的侵袭，所以接收到宇宙线的几率小一些；在南北极附近，地磁场较弱，大量宇宙高能粒子得以靠近地球，撞入大气层的就形成了壮丽的极光，“悟空”在这里的收获会大一些。

在太空中捕获高能粒子需要一双“火眼金睛”。“悟空”配备了目前世界上最强的高能粒子捕获设备：有世界上最长的BGO（锗酸铋）晶体为核心制成的BCGO量能器，为“悟空”获得世界上最纯净的数据奠定了基础；有分辨率很高的塑料探测器和硅阵列探测器，以及中子探测器。“悟空”探测器的能量观测动态范围可达100万倍——这相当于同时看清一个有着姚明身高的人，以及他身上的每一个血液细胞。

不过，最让常进感到开心的，是他的研究生王远鹏优化设计软件的那一台电脑。“本来我们每天要安排五六个人值班，监控数万个参数，现在一个软件就可以替代。”他说，现在每天大家只需通过软件，看一下自己负责的模块是否工作正常就行了，如果有问题，就在微信群里提出，很快就能解决——每天早晨五六点，只要在家打开电脑，

就能接收下一轨数据。

不过万无一失有事，即使三更半夜，团队成员也会随叫随到。卫星刚上天不久，突然某一天夜里12点软件报警，灵敏传感器的信号出现异常，大家都紧张起来，跑来商讨对策。后来才知道，这只是这个芯片复位重启了。“这不得不赞一下中国科大封常青教授设计的芯片。”常进说，由于添加了特殊的防护电路，这些原先只能在实验室使用的芯片，即使在太空中受到高能粒子轰击，也能重启坚持工作——如今已复位十几次还工作正常，“听说后来卫星上的很多芯片都用了这种设计。”

平均每天接收到500万个粒子，下传数据量有13GB。去年11月底发表在中国科学院院刊上的论文，用了前530天的数据，常进得意地扬了扬嘴角说：“后面还有更多的发现！”在去年的那篇文章里，“悟空”团队宣布：在1.4TeV（万亿电子伏特）的超高能量处，电子数量突然出现了增加，而更高能段又迅速减少。至今没有一个理论可以对此作出解释。

“今年，还会有更好的结果出来。数据积累越多，有新发现的可能性越大。”他说，没有什么新发现是可以预期的，不要做太多预设，限制了发现新风景的可能性。

## 科学没有捷径，“只是我们比别人更能吃苦”

常进出生在江苏泰兴的农村，那里的年人均收入只有两万元，一颗卫星的投入就相当于上万户农民的年收入。他父亲去世前，最担心的就是常进把卫星搞砸了——让这么多农民都白干了，那国家一定会把这个“胆大包天”的儿子抓起来的。

在中国科学院和《自然》杂志为“悟空”成果举行的新闻发布会上，《自然》科研中国区科学总监印格致博士赞誉该发现“有潜力改变我们看待宇宙的方式”，并感谢“悟空”团队将论文投给了《自然》。中科院院长白春礼表示，“悟空”发现的异常信号，如果最后证实是来自暗物质粒子，自然是改变世界的发现，但如果不是，那可能是更令人兴奋的发现。

在全世界的瞩目面前，常进想做的只有一件事——赶紧回到实验室做数据分析。他觉得，这才是一个科学家对得起国家给的科研经费所应该做的。

常进出生在江苏泰兴的农村，那里的年人均收入只有两万元，一颗卫星的投入就相当于上万户农民的年收入。他父亲去世前，最担心的就是常进把卫星搞砸了——让这么多农民都白干了，那国家一定会把这个“胆大包天”的儿子抓起来的。

就算为了让父亲安心，常进也得小心翼翼、踏踏实实做项目，更何况他的身后还有200多人的团队。然而，比这一切更重要的是，用了纳税人这么多钱，来满足自己的好奇心和梦想，就要担起责任，用好每一分钱。对他来说，这个机会的得来太不容易了。

在中国科大近代物理系，常进感兴趣的就是高能物理。探测高能粒子有三条途径：宇宙空间、地下装置、加速器。所以，毕业后，常进就进了紫金山天文台空间天文实验室。

上世纪八九十年代，我国空间天文基本处于一穷二白的状态。紫台的空间天文实验室最低潮时，队伍从几十人缩小到不足十人，还年龄偏大、知识老化。怎么办？常进想来想去，只有看外国人怎么办。

1995年起，国际高能物理界开始发展高能电子、伽马射线的观测方法。常进敏锐地感觉到，中国可能在这个全球刚起步的领域，实现科学上的“弯道超车”。

1997年，美国宇航局在南极开展了一个名为ATIC（先进薄电离量器）的气球探测项目，来观测宇宙线。他就立刻给项目首席科学家发邮件，建议探测高能电子。

“当时，他们觉得我的想法太疯狂，一口回绝了我。我用了一年多反复验证、证明，说服他们。”常进回忆，美国同行曾经要他在一天内把想法变成程序算出来，他几乎36小时没合眼，终于编出程序，用准确的计算结果说服了美国同行，“说实话，我们没钱，也未必比人家更聪明，但能吃苦，就凭这点，我们才有了今天。”

就这样，一个中国的普通研究员，不出一分钱，在一个国外研制的探测器和主导的项目上，取得了整个项目最好的结果：宇宙高能电子流量在0.3-0.8TeV能量区间，超过预计流量。

这个发现让全世界的物理学家都激动不已：普通的宇宙线“源”产生不了那么多的高能电子，那么超出的那部分从哪儿来？很可能来源于暗物质。

暗物质是一种因宇宙中存在有理论无法解释的现象而假想出的物质，它不带电荷，不与电子和光子发生作用，

能够穿越电磁波和引力场，是宇宙的重要组成部分。

研究表明，暗物质占宇宙的25%，暗能量占70%，而我们通常“可见”的物质只占5%——可以说“暗”的一面主宰着宇宙，但人类迄今尚未找到直接证据。因为暗物质在湮灭之前是“不可见”的，只有湮灭时才能观测到它。而且ATIC观测到的高能电子能谱“形状”与暗物质粒子湮灭非常相似。

只是，ATIC的电子观测精度还不够高，还不足以完全排除超出的流量可能来自近地的其他“特殊天体”。即便如此，这也是人类第一次直接探测到来自于这类“特殊天体”的高能电子。

这条曲线就这样挑动了常进的心弦。怎样才能放一个更大、更精确的仪器上天去探测？

机会在2005年来临了。中国科学院空间科学与应用研究中心主任吴季来到紫台，常进一把把他拉进自己办公室，给他看那条奇特的曲线，并对他说：“让我造一个更大的仪器，放到太空，我一定能断定它是不是暗物质湮灭产生的高能粒子！”

2011年，中国科学院启动空间科学先导项目，暗物质粒子探测卫星成为首批立项的五个项目之一。

四年做出一颗卫星，常进带着团队“撸起袖子拼命干”，“没日没夜”几乎成了常态。忙到他记不清到底有哪些重大节点，忙到项目结束时团队骨干住进了医院——“这活儿实在太累了！”

科学，从来没有捷径可走。美国造一颗卫星，从开始研制到最后上天，往往需要十几年时间。凭什么中国四年可以造完？这不是“拼命干”就能做到的。其实，在“悟空”立项之前的约十年时间里，常进参与载人航天、嫦娥工程，了解造卫星、干航天的基本知识，也锻炼了队伍、储备人才。也在那段时间里，他做了一颗小型的暗物质粒子探测器，搭载在实践九号卫星上，完成了很多技术的检验。

“如果没有这十年，我们不可能只用四年将‘悟空’送上天。”他很清醒，“悟空”能上天，更重要的是国家经济发展了，实力雄厚了，才有做卫星的机会。上世纪七八十年代，紫台与中国科学院高能物理研究所也曾想合作造一颗卫星，但因国家实力不足，项目中途下马。

即使有了十年积累，做起来仍然要面对无数技术难关，还有各种紧急情况需要应对。常进印象最深刻的一次，是2013年5月，项目组决定将卫星的硅阵列探测器交付给更有经验的国外团队来做。这样一来，仪器的很多参数都必须修改，整星上的其他仪器也要随之变动。当时，牵涉到仪器制造的很多单位都要翻篇重来。但他们都没有怨言，以最快的速度进行调整。

因为有着同一个梦想，大家都感觉在同一艘船上，常进感觉，这个团队花费在管理上的精力只有10%——设计卫星总体的，不会来干涉仪器研制，尽量以科学家的需求为导向，整个团队四年从来没有红过脸。正是对团队的感恩，当记者采访常进时，他一再叮嘱记者要突出自己的这个团队！

## 找到暗物质？人类连门都还没摸到！

“我只做好自己该做的事情。”常进再一次重复这句话。这句听起来很平常的话隐含了他的多少期盼和希望，可能连他自己也说不清。做卫星的时候，再辛苦他没有流过泪。可卫星发射之后，他却流了好多次眼泪，最难忘的有三次。



常进团队特地定制了一个以“悟空”遨游太空为造型的蛋糕。

科学家早就发现，如果仅仅依靠宇宙中可见的物质和能量，整个宇宙根本不可能维持现在的状态，银河系的旋转速度也应该比现在慢得多。

暗物质存在的最早证据来源于对矮椭圆星系旋转速度的观测。现代天文学通过引力透镜、宇宙中大尺度结构形成、天文观测和膨胀宇宙论研究都表明了它的存在。2007年5月，约翰斯·霍普金斯大学天文学家小组利用哈勃太空望远镜，探测到了位于遥远星系团中呈环状分布的暗物质。这被认为是迄今为止证明暗物质存在的最强有力的证据。

从宏观上来看，暗物质的存在已经基本为物理学界所公认，但从微观上来看，人类迄今还不知道暗物质是什么，究竟包含多少种粒子，它们的特性究竟是怎样的。国际粒子物理学界将每年10月31日定为“国际暗物质日”，以激励科学家对其进行探索。

暗物质和暗能量，是漂浮在现代物理学大厦顶上的两朵乌云。拨云见日，必将给人类带来一场划时代的变革。就像百年之前的量子理论一样。

可是，暗物质迄今没有一个准确的理论预言，来指导实验物理学家寻找暗物质粒子的明确方向。理论物理学家提出了上百个模型，但暗物质究竟是哪一个大家心里没底。

“找到暗物质，人类连门在哪里都还没摸到！”常进说，很多基本粒子，

例如中微子的发现，都有一些天才理论物理学家进行了预言，还给出了详尽的计算，给它们画出了精确的“肖像”。然后实验物理学家设计出了探测到它们的方法。像中微子的探测方法，就是已故中国科学院院士、中国科学院高能物理研究所研究员王淦昌先生的贡献。这非常关键，就好比知道哪里去撒网、要捕怎样的鱼。尽管现在没有明确的方向，但常进还是做了一张迄今世界上最大的网，漫天撒网去寻找暗物质。

“悟空”究竟能发现什么？常进只是保持期盼。也许没有定向，才能发现更多。“我只做好自己该做的事情。”常进再一次重复这句话。

这句听起来很平常的话隐含了他的多少期盼和希望，可能连他自己也说不清。做卫星的时候，再辛苦他没有流过泪。可卫星发射之后，他却流了好多次眼泪，最难忘的有三次。

第一次流泪是看到“悟空”传回的数据绘制出的伽马射线天图。当时常进正在火车上，一看到图，眼泪就止不住流了下来——这证明了200多人四年的工作没白做，他最大的担心放下了。

第二次流泪是在一次国际学术会议上，看到日本同行数据的时候。在基础科学的竞争中，只有第一，没有第二。日本有一颗暗物质粒子卫星比“悟空”早上天几个月，常进十分担心被日本同行拔了头筹。当他看到日本同行的数据

时，这担心放下了——中国的探测数据肯定会比日本的好！

第三次则是在一位团队骨干被送进医院的时候。“真是太累了！”他说，做卫星真是如履薄冰。前些日子，日本发射了一颗X射线卫星上天，就因为发错一个指令，导致卫星解体。

这六年来，团队中的每个人都承担了巨大的压力。然而，压力之下，也促使人成长。令常进欣慰的是，这支团队中的不少年轻人已经可以独当一面。比如，好几个技术能手去了另一颗太阳探测卫星的团队担任设计师；还有几位去了四川锦屏山，参与PandaX暗物质探测项目的升级。

除了利用“悟空”传回的数据做科研，常进又有了探测暗物质更多的想法。“天上从来不会掉馅饼。”这是常进的另一句口头禅。科研的前期积累、技术储备，都是抓住机遇的必要条件。他已经开始派年轻人去国外学习新技术，同时也开始招募相关人才。

“但人才真的不好招！”常进说，现在最不好找的人才还是懂仪器设计的人，“中国人很少有研制仪器的，因为发论文更容易回国当教授，而做仪器则似乎总是配角。”但在他看来，只有懂仪器又懂物理的跨界人才，才是空间科学项目最需要的。他希望我国的人才培养导向可以有所改变，让各式各样的人才都能自由生长，才能为未来出现的国家重大任务需求储备更多良才。



去年11月，常进和他的团队在英国《自然》杂志发表了“悟空”上天530天观测结果，引起了国际高能物理学界的轰动。 本报记者袁婧摄