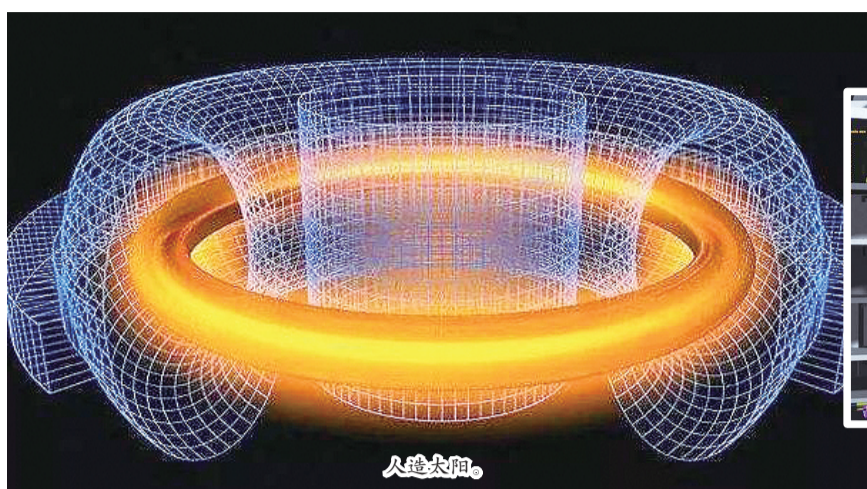


“人造太阳”：进军1亿摄氏度 为人类提供无限清洁能源

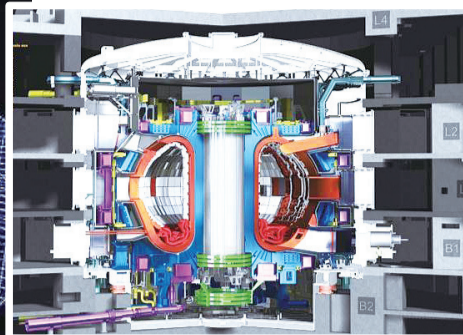


人造太阳。

把一团上亿度高温的等离子体火球，用磁场悬浮起来，跟周围的任何容器材料不接触。再对它加热、控制，进而实现“受控核聚变”……这就是人造太阳计划的基本原理，它还有个更专业的名字：国际热核聚变实验堆计划，简称“ITER”计划，旨在为人类提供可持久发展的清洁能源。它集结了包括中国在内的30多个国

家的顶尖科学家，是中国参与的最大国际合作项目，也是目前世界上最大的科学合作项目。

“人造太阳”研究进展如何？全国政协委员、中核集团西南物理研究院副院长段旭如3月9日表示，该院在建的我国新托卡马克装置——中国环流器二号M装置（HL-2M）建成后，等离子体参数将大幅度提高到近



堆芯水平，温度将超过1亿摄氏度。

“在高密度条件下，当等离子体温度达到1亿摄氏度以上，可使数目可观的粒子具有足够动能克服原子核间斥力而实现核聚变反应，产生可观的聚变能。为具备开展堆芯等离子体研究的条件，我国科学家正努力进军1亿度！”段旭如说。

2006年，核工业西南物理研究院的“人造太阳”（中国环流器二号A

装置），其等离子体电子温度达5500万摄氏度，是迄今为止国内装置达到的最高温度。目前的“人造太阳”内部，用的主要是氘，还没有加入氚，所以不会产生核聚变。“ITER将真正实现可控的氘氚核聚变反应，首次产生可观的聚变能，全世界的科学家都在努力确保它的成功，让人类能用上清洁能源。”段旭如说，预计ITER将产生50万千瓦的聚变功率。此前，核工业西南物理研究院和法国原子能委员会的科学家，在成都实验用一种新型天线将某种微波流到“人造太阳”实验研究装置（中国环流器二号A装置）中，探索突破“人造太阳”5500万摄氏度的临界值。

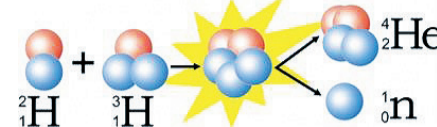
根据协议，中国对ITER的贡献比例约10%。段旭如表示，近10年来，通过参与ITER计划，加强国际合作，中国在可控核聚变领域的整体水平有了很大提升，部分技术达到国际领先水平。目前，国内聚变界在参加ITER建设的同时，正组织力量对聚变堆核心技术进行攻关。

核聚变的主要原料是氢的同位素

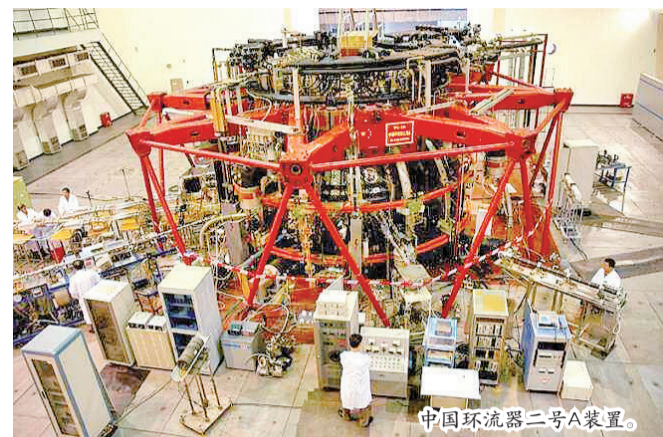
氘、氚。段旭如介绍：“1升海水中含有30毫克的氘，它全部聚变反应后产生的能量相当于300升汽油的能量。在地球上，海水大量存在，燃料非常丰富。要实现受控核聚变反应，必须达到上亿℃以上高温，以及足够高的密度等，如果因某种原因导致条件不能满足，聚变反应就会停止，因此它具有固有安全性。”

据了解，预计ITER将于2025年开始等离子体实验研究，ITER计划将验证核聚变能利用的科学技术可行性，这种清洁能源有望40年后逐步投入商用发电。

（钟达）



人造太阳可以释放巨大能量。



中国环流器二号A装置。

“嫦娥四号”月球探测器：将首次着陆月球背面



2013年12月成功着陆月球表面的“嫦娥三号”探测器模拟图。

“嫦娥四号”的奔月任务将分两步进行：第一步，今年上半年，向地月引力平衡点拉格朗日L2点发射“嫦娥四号”的中继卫星，以解决地面与月球背面的通信和测控问题；第二步，约半年后，发射“嫦娥四号”的着陆器和巡视器，对月球背面开展着陆巡视探测。这是中国探月工程又一次踏上征程，将书写人类探索月球的新篇章。国际权威学术期刊《自然》预测2018年全球科技大事件，嫦娥四号任务“榜上有名”。

“嫦娥四号”着陆月球背面，将是人类首次对月球背面进行着陆探测。我国将在“嫦娥四号”的中继卫星上搭载两颗小卫星，做射电干涉试验，探测宇宙“黑暗时代”。全国政协委员、中国科学院国家空间科学中心研究员吴季说。

永远以同一面朝向地球。人类在地球上不仅从未见过月球背面，通信信号也会被阻隔。地月拉格朗日L2点位于地球与月球的延长线上，距地面约45万千米。全国政协委员、中国航天科技集团五院党委书记赵小津说，在这个位置布置一颗中继卫星，既能“看到”月球背面，也能“看到”地球，可以将“嫦娥四号”着陆器和巡视器获取的科学数据传回地球，并通过中继卫星提供“嫦娥四号”软着陆及月面工作期间的测控支持。

此前，我国为了满足载人航天等任务的测控需求，发射了“天链一号”系列中继卫星，部署在距地面约3.6万千米的地球同步轨道。“嫦娥四号”中继卫星的用途和技术途径与之相似，轨道距离却远了十多倍，技术难度随之而来。此前有航天专家指出，相比地面口径可达数十米的天线，无论是

中继卫星还是“嫦娥四号”探测器，天线的口径都不可能太大，因而只能用窄波束天线实现较大容量的数据传输，这对天线的指向精度要求极高。

赵小津说，这颗中继卫星的研制是在“嫦娥四号”任务方案确定之后提出的，研制周期只有2年多时间，而且面临全新的轨道和任务要求。与其他中继卫星4年以上的研制周期相比，时间非常紧张。经过努力，五院科研团队攻克了地月拉格朗日L2点轨道设计与控制、远距离中继通信等关键技术，如期完成了研制任务，产品各项指标完全符合任务需求。

中继卫星完成在轨测试后，我国计划在下半年发射“嫦娥四号”，让它降落在月球南极附近的艾特肯盆地。

“嫦娥四号”本是“嫦娥三号”的备份。不过赵小津表示，“嫦娥四号”的着陆方式、工作状态跟“嫦娥三号”有很大区别，性能上也有很大提升。

2013年12月，“嫦娥三号”成功降落在月球正面雨海北部区域。月球上的“一天”大约相当于地球上的28天，昼、夜各占一半，温差可达300摄氏度以上。为了熬过寒冷漫长的月夜，“嫦娥三号”采取了休眠策略，借助放射性同位素热源加两相流体回路技术维持体温，满足基本的能源需求，等到太阳出来再自主唤醒。“嫦娥四号”的能源方式更进一步，凭借同位素温差发电与热电综合利用技术，不仅能安然度过月夜，还能开展一些测量工作。

2014年1月，“嫦娥三号”带上月球的“玉兔”月球车出现异常，故障始终未能排除，让千万网友痛心不已。有了前车之鉴，科研团队对“嫦娥四号”巡视器进行了改进，增加了

可靠性。“我相信这次肯定不会出现同样的问题。”赵小津说。

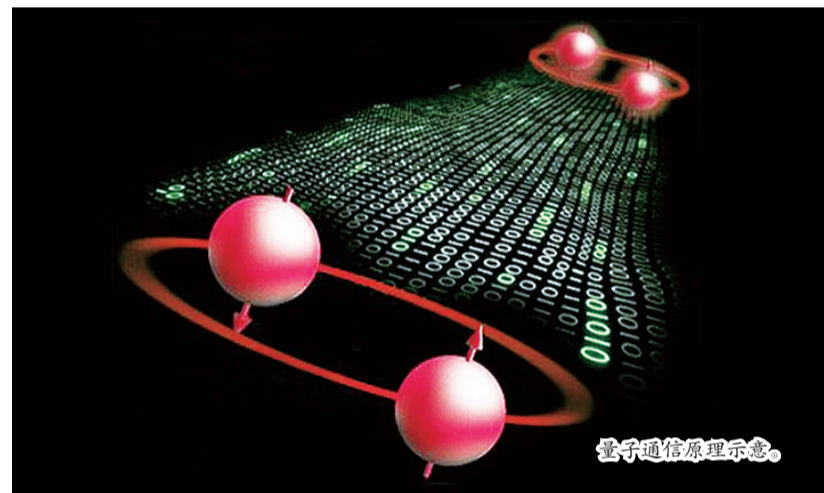
相比“嫦娥三号”任务，“嫦娥四号”将更深层次、更全面地科学探测月球地质、资源等信息，完善月球的档案资料。航天专家庞之浩认为，对月球背面进行区域性详查和清查十分重要。通过了解月球背面，对研究月球的起源和演变、调查月球地质和资源情况等具有重要作用；同时那里不受来自地球的无线电波干扰，是建造科研基地的理想圣地。

在我国探月工程三步走计划中，“绕、落”任务已经完成，下一步将发射“嫦娥五号”探测器，从月球采集2千克月壤带回地球。按照原本的计划，“嫦娥五号”应该在2017年底由“长征五号”火箭发射，由于此前“长征五号”遥二火箭发射失败，“嫦娥五号”任务也相应推迟。

赵小津说，目前“嫦娥五号”处于存储状态，发射时间还不能确定，要先等“长征五号”遥三、遥四火箭发射成功，确保火箭可靠性达到要求。如果一切顺利，“嫦娥五号”任务有望2019年实施。

赵小津介绍，目前科学家已经开始了探月四期工程的规划，希望国家能尽快立项。在四期工程中，希望能开展月球基地的建设，先由智能机器人操作，不断组装扩大，为载人登月奠定基础。未来，月球基地可以开展科学试验，也可以作为深空探测的中转站。“我们希望在2025年左右能开始月球基地的建设，2030年左右实现载人登月。这样的规划也是对探月三期工程的延续。”他说。（高翔）

量子通信：天地一体化量子保密通信网络



量子通信原理示意图。

据《科技日报》报道，全国政协委员、中科院院士、中国科技大学常务副校长潘建伟在“委员通道”接受记者采访时表示，量子通信原理上可以提供一种不能破解、不能窃听的安全信息传输方式，它在国防、政务、金融、个人信息保护等方面都起到了积极的作用。通过未来5~10年的努力，希望能够构建一个天地一体化的量子保密通信网络，来保护千家万户的信息安全。

在国家高度重视和大力支持下，“天地一体化广域量子通信技术团队”经过长达10余年的协同攻关，取得了天地一体化广域量子通信技术的重大突破。2017年，世界首条量子保密通信干线——“京沪干线”正式开通，结合“墨子号”卫星，中国和奥地利之间在国际上首次成功实现了距离达7600千米的洲际量子密钥分发，标志着天地一体化广域量子通信网络雏形已经形成。

量子通信是利用量子比特作为信息载体来传输信息的通信技术，可在确保信息安全、增大信息传输容量等方面突破经典信息技术的极限。量子通信有两种最典型的应用，一种是量子密钥分发，另一种是量子隐形传态。量子密钥分发克服了经典加密技术内在的安全隐患，是迄今为止唯一被严格证明是原理上无条件安全的通信方式，可以从根本上解决国防、金融、政务、商业等领域的信息安全传输问题。

这项高科技已经为60周年国庆阅兵、党的十八、十九大、纪念抗战胜利70周年阅兵等国家重要政治活动提供了信息安全保障。中国银保监会行业监管信息报送、中国人民银行人民币跨境收付信息管理系统、中国工商银行网上银行数据异地灾备系统、阿里巴巴商业数据加密传输等等，用的都是量子保密通信技术。

潘建伟介绍说，在量子通信技术的研发过程中，首先要面对的是制

备单个光量子的技术难题。他举了一个非常形象的例子，来解释这一关键技术难题：一个普通的15瓦左右的灯泡每秒辐射出的光子数可达百亿亿个，想要实现单个光量子的制备就如同在这百亿亿个光子发射出来的瞬间捕捉到其中的某一个，技术难度可想而知。另一个难题是单光子的探测。单个光子已经是光能量的最小单元，能量是非常微弱的，需要发展出非常精密和高效的单光子探测技术。具备了单个光量子的制备和探测能力后，才能够实现安全的量子通信。这仅仅指的是地面上的量子通信，而要实现量子卫星与地面的星地通信难度更可想而知。

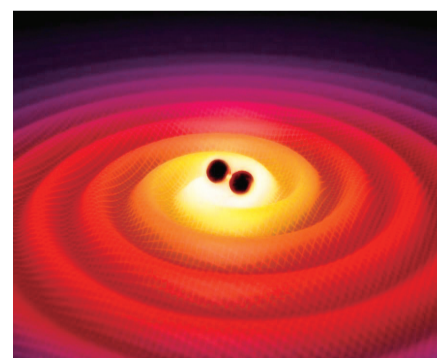
“简单地讲几件事情，你会大致明白究竟有多难。”全国人大代表、“墨子号”卫星发射总指挥、中科院上海分院院长王建宇细数了“墨子号”卫星的种种难关，“举个例子，要从1000千米的高度把一个个光子发射到地面站，这就好比在万里高空高速飞行的飞机上，同时向地面两个旋转的投币口细长的储蓄罐扔进一个个硬币。储蓄罐的投币口是细长的，相当于光的偏振，它是方向的，硬币要把方向对好才能扔进去，而且不是扔一个，要两边同时都扔才行。”根据计算，一根火柴划一下大概有 10^{17} 个光子，而卫星地面站的探测能力，相当于在地球上的人不用任何仪器，要发现在月亮上有人划了一根火柴。“此外，还要在每秒一亿个光子里面，搞明白我们探测到的是第几个光子，这些光子都是排好队的，抓一个就要知道它是第几个，这样才能用来做密钥。而这对于量子通信的诸多难题而言，只是非常简单的一个小细节。”王建宇说。

这个领域国际竞争非常激烈。为此，我国进一步发力。国家发改委最近正式启动国家广域量子保密通信骨干网络建设项目，计划通过10年左右的努力，建成面向“一带一路”、服务国家战略需求、规模最大、技术最先进的总里程约3.5万千米的量子保密通信互联网。“我国在‘十三五’期间，要在量子信息科技领域实施重大科技项目，同时组建新型国家实验室。通过全国相关科技力量的协同创新，我们非常有信心继续领跑世界。”潘建伟说。（吴长锋）

“阿里计划”：原初引力波观测台5年内可运行

在引力波探测领域，中国不是旁观者，而是重要的参与者。全国政协委员、中国科学院高能物理研究所研究员张新民介绍，目前，我国引力波探测天地“两路并进”：一是太空探测引力波，包括中科院提出的“太极计划”和由中山大学领衔的“天琴计划”；二是地面探测引力波，包括中科院高能物理研究所主导的“阿里计划”——探测原初引力波，以及国家天文台主持的贵州500米口径球面射电望远镜FAST项目——通过脉冲星计时阵探测引力波。

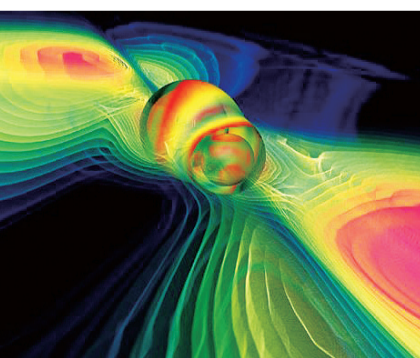
2017年12月13日，中国科学院高能物理研究所牵头、国内多家科研单位参与的中美合作项目“阿里原初引力波探测实验”（简称“阿里计划”）正式启动——在海拔5250米高度的西藏阿里，一座世界上最先进的、用于探测原初引力波的望远镜将于5年内建成并开始观测。西藏阿里是地球上迄今为止唯一一个可以实现北天区原初引力波观测的地点。张新民说：“智利和南极的观测站都已经建成，对南半球可见天区进行了观测，但它们是无法观测北半球的可见天区的。”由于地理环境的限制，我国西藏与格陵兰岛是北半球两个可能的CMB观测台址，但格陵兰岛自然条件苛刻，观测设施建设成本高昂，科学家们将目光对准了西藏阿里，“阿里计



划建成后，将与南极、智利台址协同实现全覆盖。”

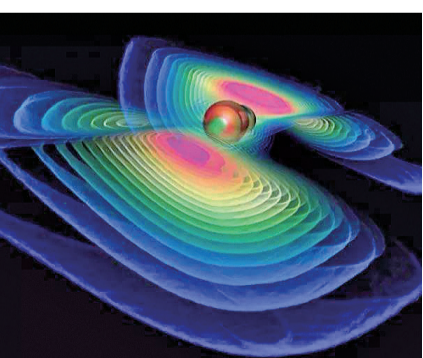
张新民透露：“项目进展顺利，一期观测台主体工程基本完工。原初引力波是宇宙开端产生的引力波，蕴含着宇宙起源的奥秘。我们希望给出一张北天区宇宙微波背景辐射极化最好的天图。”阿里计划包括阿里一号、二号的研究与相关的科学研究，以及与美国合作，参加南极观测实验。通过阿里计划的实施，将我国原初引力波探测实验带入国际前沿。

过去10余年间，宇宙学步入精确宇宙学时代。2017年诺贝尔物理学奖颁给激光干涉引力波天文台（Laser Interferometer Gravitational-Wave Observatory, LIGO）合作组织的3位主要成员雷



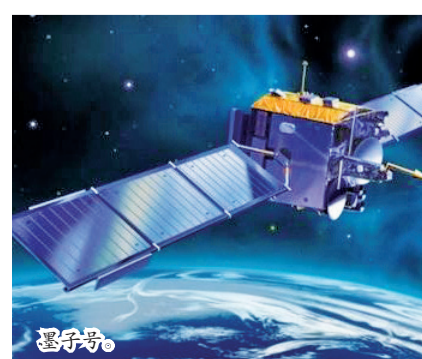
纳·韦斯、巴里·巴瑞希和吉普·索恩。雷纳·韦斯今年初访华时说：“‘阿里计划’会成为中国科学的典范。中国利用西藏特殊的地理条件，建造一台国际共享的设备，全世界都应该知道中国在这样做的事。”

原初引力波，顾名思义，就是宇宙原初时期产生的引力波。科学家们发现，引力波极其微弱，只有在类似黑洞合并等天体物理起源事件和宇宙形成早期剧烈的量子涨落，才可能产生能够被探测到的引力波。中国科学技术大学教授蔡一夫说：“探测原初引力波，有利于研究暴胀这样一个极高能标的早期宇宙动力学过程。同时，原初引力波通常起源于极早期宇宙时空的量子涨落，对其进行研究有助于推进人们对量子引力等基本物理问题的理解。”



建设望远镜只是探测原初引力波的第一步，之后依然面临很多困难。蔡一夫说：“我们实验测量的将是宇宙微波背景辐射，也就是CMB的偏振信号，原初引力波就藏在这里。但有些信号在138亿年的漫长历史当中会被各种天体因素所‘污染’，我们的一个重要科学任务就是从复杂的天图中抽丝剥茧，剔除可疑信号，提炼出原初引力波信号。”

阿里计划的开展不仅将提高我国在国际宇宙学、天文学、高能物理学界的地位和声望，还可以有力推动我国低温超导探测技术发展。张新民说：“通过中美合作，将极大提高我国在超导微波探测器、超低温制冷系统、探测器聚焦平面制备与检测等方面的技术水平。”（梁坤）



墨子号。