



□ 黄帅

大国重器新春坚守的背后

新春佳节，并非每个人都能拥有阖家团圆的幸福时刻，在一个个大学实验室背后，还有大量坚守在一线的奋斗者身影。我们不能忽视他们，更不能忘记他们，正是一个个看似普通的科研工作者的坚守，才创造了一个个非凡的成就，让大国重器的形象熠熠生辉。

在中山大学天琴中心的实验室里，一群科研工作者还在着力攻克难题，不论是光学平台镜片粘接实验还是冷气推进攻坚，都离不开他们的坚守。他们或许无法像其他人那样与亲人共享年夜饭，也没法时刻陪伴家人，却把时间和精力都花在了科研事业上，用在了对空间引力波探测的“中国方案”的研究上。与此同时，在四川凉山深处，中国锦屏地下实验室日夜不休，在地下2400米探寻宇宙的奥妙。它对于探测暗物质、推进宇宙物理研

究，正在发挥不可替代的作用。而在南海之滨，中国第一艘大洋钻探船“梦想号”也已顺利完成首次试航，它具备全球海域无限航区作业能力和海域1.1万米的钻探能力，将在国家能源安全保障与海洋强国建设的事业中扮演关键角色。

这些大国重器不仅凝聚着无数科研工作者的智慧与汗水，也孕育着未来与希望。在一线坚守的人们，不仅是国家科研事业的中坚力量，也让普通人看到了奋斗者的美丽姿态。这也是大国重器的非凡魅力所在——不仅是令人惊叹的前沿科技，也是让人赞叹的顽强斗志与坚定决心。

发展大国重器，离不开这些强大的精神力量。首先，就是“舍小家、为大家”的精神。从过去的“两弹一星”到如今

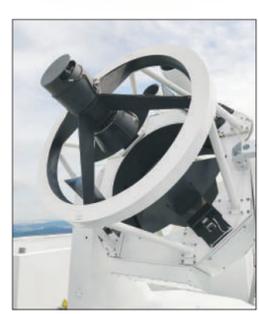
的“天问”“蛟龙”“神舟”“嫦娥”等上天入地的国之重器，背后都是很多人的默默耕耘，乃至为了国家的事业而牺牲个人利益，牺牲个人的利益，成就集体的荣光。在春节假期坚守在一线的科研人员，也写就了当代的传奇，充满浓厚的家国情怀。

再者，就是不畏艰险、勇攀高峰的奋斗精神。在攻克科研难题的路上，他们不知道要做多少次实验，面对多少次失败。无数事实已经证明，无恒产者，难以取得真经，缺乏志气者，更容易被困难击倒。但是，我们在这群可敬又可爱的奋斗者身上，看不到丝毫的抱怨或消沉，只有愈挫愈勇的顽强斗志，百折不挠的奋进精神。当然，还有愚公移山一样坚忍不拔的意志，对中国科学事业前景的巨大信心。它们呈现在

科学实验与技术研究的每一个细节上，也融汇在理论探索、实践创新等不同阶段的工作中。

这样的精神状态，令人钦佩，也引人神往。或许，很多人并没有从事科学事业的天赋，却可以从那些坚守者身上汲取向上奋斗的精神，获取源源不断的前行动力。正如古人云，“不积跬步，无以至千里，不积小流，无以成江海”，每日每夜的坚守，连续不断的追求，才让我们看到，每年一个又一个崭新的大国重器在世人面前亮相。

在真正的科研工作者看来，一年365天，并无明确的节假日之分，只有取得重大突破、诞生大国重器的时候，才是最值得庆祝的节日。相应地，给予他们足够的精神关怀与生活保障，尽可能为他们创造更好的科研环境与成长空间，也是极其必要的。也只有这样，面对未来，奋斗者坚守的力量才会更加稳固，前行的步伐才会更加稳健。



▲刘琳霞工程师在实验中。
◀1.2m激光测距望远镜。
中山大学天琴中心供图

中青报·中青网记者 林浩

2月初，中山大学珠海校区的校园里挂起了大红灯笼，大多数老师和同学们已陆续返乡过春节。在中山大学天琴中心的实验室里，有这样一群年轻人，他们在忙碌中度过龙年春节。

刘琳霞工程师就是其中的一员，她所负责的光学平台镜片粘接实验正在紧张进行中。作为实现空间引力波探测的核心组件，光学平台的研制是其中需要攻克的关键技术之一。

“光学平台需要粘接的镜片和组件分为几十个步骤，每一步都需要在洁净间中进行。特别是镜片的粘接，是将表面凹凸高度差不超过1%头发丝的玻璃片，在几秒钟内完成精准的定位和粘接，每一步粘接前的调试工作都要花费几天时间。”刘琳霞说，“实验过程中任何一个步骤的粘接精度达不到要求，前面所有的工作都会前功尽弃。”

为了在规定的节点前按精度要求完成实验任务，实验室的老师和学生都放弃了周末和假期的休息时间。

像刘琳霞这样坚守在科研一线的师生还有很多，是他们对理想信念的坚守，对科研报国的热忱，使天琴计划得以顺利推进。

“我们团队近期的一个研究重点是如何提高天琴引力波数据分析的实时性。”中山大学天琴中心副教授胡一鸣介绍，天琴的一个重要观测对象是大质量黑洞的合并。

近年来，许多国际同行的研究表明，在这些宇宙中的“巨无霸”合并时，可能会发出转瞬即逝的电磁信号。将天琴的引力波探测与电磁波观测相结合，可以全方位、立体式地感知黑洞合并的瞬间，进而有望解答黑洞起源、引力本质等众多核心科学问题。而这一切的成立依赖于引力波数据分析的实时性。

胡一鸣说，天琴绕地轨道的选取使得引力波数据可以快速、实时地传输到地面，问题的瓶颈就在于如何快速、实时地完成对数据的分析。如果沿用传统方法，这一过程耗时良久，往往需要在超级计算机上运行数天之久。但在天琴团队的共同努力下，他们已经可以做到在小时量级内重新分析结果。

据了解，天琴有望提供大量无法通过其他探测手段获取的信息，对于揭示大质量黑洞的起源与其他探测历史、宇宙膨胀、引力与黑洞本质等都有非常重要的意义，并有可能发现目前无法预料的新物理，将对天文学、物理学研究产生显著的推动作用。

天琴计划的开展需要攻克一系列关键核心技术，将能够推动我国高精度空间探测载荷及卫星技术跨越式发展，其技术进步在地球重力场测量等方面有重要的应用，具有重大的战略价值。

目前，天琴中心卫星平台技术研究所的师生仍在继续进行项目的推进。中山大学天琴中心特聘研究员刘建平告诉中青报·中青网记者，在寒假期间，团队依然保持科研不间断，坚持实验测试与组会讨论，确保项目进度的稳步推进。空间引力波探测任务对超静超稳卫星平台提出了前所未有的苛刻要求。课题组成员们静心钻研，分工协作，“我们会继续努力，全力推进卫星平台相关技术的研究、测试与验证，助力天琴早在太空奏响引力波的乐章”。

天琴计划是中国科学院院士罗俊于2014年提出的空间引力波探测计划。该计划预期于2035年前后在约10万公里高的地球轨道上，部署3颗全同卫星构成边长约为17万公里的等边三角形星座，建成空间引力波天文台，打开0.1mHz-1Hz的引力波探测窗口，回答宇宙大质量黑洞起源等重大科学问题，为人类揭开更多宇宙奥秘。

据介绍，天琴计划按照“0123”技术路线图推进关键技术进步和保障引力波探测任务的实现。各阶段的数字代表需要发射的卫星数量。

具体来说，第“0”步，进行月球激光测距实验，研制新一代激光测距反射器，新建激光测距台站；第“1”步，“天琴一号”技术试验卫星于2019年12月20日成功发射，实现我国空间引力波探测核心技术量级提升，并在国内首次利用国产卫星数据获得全球重力场模型；第“2”步，“天琴二号”技术试验卫星完成关键技术地面验证，预计于2026年前后发射双星进行在轨试验；第“3”步，“天琴三号”引力波探测卫星项目相关工作顺利推进，完成对天琴主要科学目标的第一轮评估，解决地月系重力场的潜在影响等问题。

记者在采访中了解到，天琴计划基础研究设施已全部建设完成，布局形成了“一个中心+三个台站”，为天琴计划的实施提供有力保障。

在太空奏响引力波的中国乐章

在地下2400米探寻宇宙极致

中青报·中青网见习记者 刘胤衡
记者 王鑫昕

今年春节是中国锦屏地下实验室二期于2023年12月交付使用后的第一个春节。正逢新春佳节，许多科研工作者仍然驻守于此。

和一般实验室不同，它位于四川省凉山彝族自治州锦屏山内部，2400米埋深下，是世界最深、最大、最“纯净”的极深地下实验室。

“为了探寻暗物质，我们日夜不休。”中国锦屏地下实验室清华大学牵头的CDEX暗物质实验组研究人员景明坤说。

暗物质是什么？

“我们对于宇宙中95%的东西还摸不着头脑，暗物质研究是人类认识和了解宇宙的新出发点。”清华大学工程物理系教授、CDEX暗物质实验组负责人、中国锦屏地下实验室物理科学部主任岳寿解释，暗物质指的是人类肉眼看不到，且使用天文望远镜和电磁学手段观测都无法捕捉到的物质。

尽管这道“微光”不知道何时才能出现，但当前，暗物质研究已经成为粒子物理学、宇宙学、天文物理学等学科的前沿课题。

国投集团雅砻江公司项目管理工程师李宏壁解释，辐射在人们生活的环境中无处不在，“如果在日常环境中开展暗物质探测，难度不亚于在人声鼎沸的足球场寻找一根绣花针落地的声音”。想要直接探测到暗物质，十分困难。

一座能阻挡宇宙射线和自然环境辐射的实验室，成为探测暗物质的必要条件。

2008年，雅砻江公司为水电工程而建设的锦屏山隧道贯通。清华大学的科研人员从新闻中了解到，这一隧道长17.5公里，上方被约2400米的大理岩所覆盖。正是他们一直在寻找的绝佳科研场地。双方一拍即合，同意在隧道里共建我国第一座地下实验室。

2010年12月，中国锦屏地下实验室一期建成投运，其室内宇宙射线通量仅为地表的一亿分之一，填补了我国深地实验室的空白。

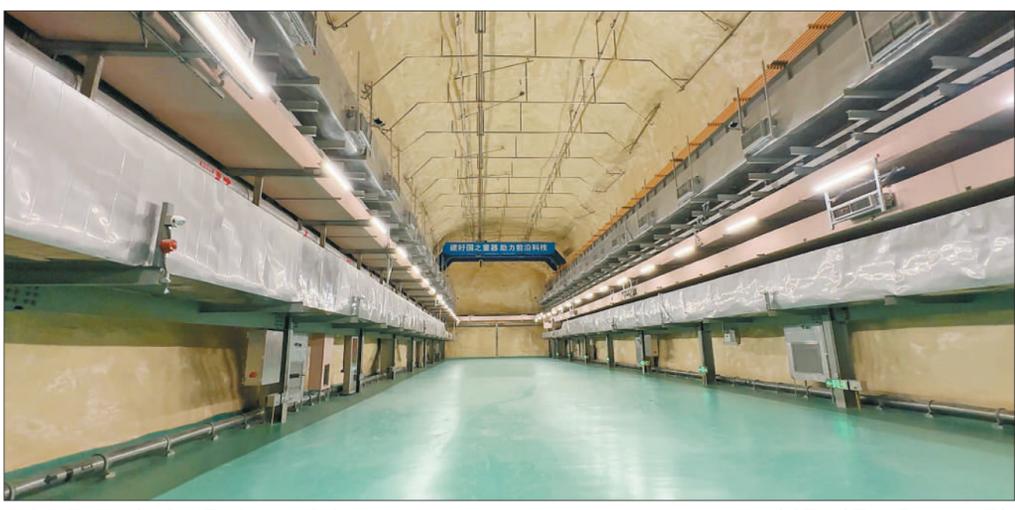
多年来，在此进行科研的清华大学、上海交通大学、中国原子能科学研究院等科研团队不断突破，取得了多项国际前沿的成果，他们对于空间的需求也越来越大。

2020年，由清华大学作为法人单位，雅砻江公司作为共建单位、基于中国锦屏地下实验室二期建设的“十三五”国家重大科技基础设施项目“极深地下极低辐射本底前沿物理实验设施”（以下简称“锦屏大设施”）项目开工建设，次年更是被列入国家“十四五”规划。

深地条件虽然有利于探索前沿科技，但对工程建设却是不小的挑战。

李宏壁介绍说，锦屏山岩体内的地下水水量大、渗透性强，各个洞室还分布着许多不规则的渗漏点。岩体自身与岩壁还会渗水，持续析出氧气，“这是一种有较强放射性的气体，会对实验装置造成干扰”。

“防水抑氧”成为施工的大难题。



1月31日，四川凉山，中国锦屏地下实验室二期实验场。

本文图片均由中青报·中青网见习记者 刘胤衡/摄



1月31日，四川凉山，中国锦屏地下实验室，科研人员正在进行实验。



2月1日，四川凉山，中国锦屏地下实验室所在的锦屏山。



1月31日，四川凉山，中国锦屏地下实验室一期实验室。

如今，走入锦屏大设施，11万平方米的洞室表面已经被一层米黄色的特殊材料所覆盖，像是覆上了一层光滑的乳胶，但仍保留了岩壁原先凹凸不平的触感。

“凹凸排水板、土工膜、无纺布、喷涂总凝层……”中建三局锦屏大设施项目总工程师谭雷已经能准确复述实验室“墙壁”所使用到的特殊材料，“就像是在岩壁上铺了一层薄薄的鸡蛋壳”。

“防水抑氧”的目标，被分解为洞室上的三层结构：防排水层、保护层和装饰层。谭雷介绍，工程完成后，经过测试，围岩释放的氧气，有99%被隔绝在实验空间外。

谭雷表示，“鸡蛋壳”与常规的隧道施工工艺十分不同，他们并没有在洞壁的基础上进行二次衬砌，使得原本可能会达到30-40厘米的结构，减少到了10厘米。

之所以如此设计，是为了尽可能满足实验设备对面积的需要。李宏壁表示，如今，锦屏大设施的实验空间相较于一期宽敞很多，有8个约1000平方米的实验空间，如果采用传统结构施工，面积会小很多。

此外，实验室是一个追求极致“纯净”的特殊环境，项目建设的各种材料，都需要满足低本底辐射的要求，即环境中原本就存在的放射性物质所产生的辐射应处于较低水平。

以施工最常使用到的水泥为例，李宏壁告诉中青报·中青网记者，建设初期，因为没有符合要求的品牌，整个项目停工待料了7个月。“虽然各式各样的水泥都有，但施工前我们测试了市面上能买到的水泥，95%都不符合低本底辐射的要求”。

景明坤的工作台上，摆满了用圆形罐子装着的建筑材料样品，他负责对工程可能使用到的物质进行本底检测，“周围天然的岩石辐射本底已经足够低，因此我们要求，建筑材料至少低于周围岩石辐射本底的三倍值”。

李宏壁介绍，为了让水泥辐射对实验的影响降到最低，雅砻江公司和清华大学与中建三局、水电五局等单位，联合攻关各种技术难题，最终研发出一款符合实验室建设要求的水泥，“花了7个月时间，终于解决了这一问题”。

但这并不是终点。李宏壁说，水泥研发成功后，运送来的每一车水泥成品，还是要经过严苛的检测，只有确保水泥的放射性水平符合要求，才能使用。“合格率相当高，200车水泥中大约会有1车不合格，且大多是运输环节的问题，而不是研发、工艺环节的问题”。

“螺蛳壳里做道场”是这些实验室建设者们最大的感受。

李宏壁算了一个数：在锦屏大设施建设过程中，和水泥一样，对各项指标有着严格要求的设备和建材，共有141项。

2015年毕业后，景明坤来到锦屏地下实验室，他深知探寻暗物质的不易，由于暗物质与普通物质反应率很低，目前的实验所使用的高纯锗探测器，一直等着暗物质主动来“撞”。“我们像是在‘守株待兔’。”景明坤说。

岳寿教授表示，在十几年的坚持中，尽管他们没有找到暗物质，但正一步步靠近真相。

持续十多年的努力，终有成果。在锦屏地下实验室的科学家们，于《物理评论快报》等物理学顶级期刊累计发表论文120多篇，其中多项物理成果国际领先。

对宇宙的探索，更不止于暗物质。

锦屏地下实验室管理局副总工程师申满斌介绍，锦屏大设施将形成33万立方米的洞室空间，在这里将打造包括暗物质、粒子物理、核天体物理、深地医学、深度岩石力学等在内的多学科交叉的综合研究平台。

未来，越来越多的“追光者”，将在这里拥抱科学的无限大海。



扫一扫 看视频

中青报·中青网记者 武欣中

在“梦想号”上放飞梦想

不久前试航成功的中国第一艘大洋钻探船“梦想号”，春节期间静静地停靠在船坞内，橙白相间的船体宽厚、稳重，位于船体中后部的钻井架格外引人注目。

长179.8米，宽32.8米，总吨位约3.3万吨的“梦想号”，装备有全球最先进的钻探系统，具备海域1.1万米的钻探能力，建成后，将成为全球最先进的大洋钻探船，为中国发起新一轮国际大洋钻探工程提供重要装备技术保障。

从2019年参加“梦想号”钻探系统的可行性研究、初步设计及系统选型、广州海洋地质调查局的青年技术骨干黄芳飞已经与“梦想号”相伴同行5个年头。作为建造组的技术骨干，他见证了“梦想号”从初期规划到推进实施的全过程。

跟踪设备到货进度、督促春节期间生产安排、开展安全巡检……中青报·中青网记者近日在“梦想号”上见到黄芳飞时，他一如以往在项目现场忙碌着。

钻采区域内，各种钻采设备紧凑有序地分布在主甲板、月池

和钻台等多个区域。黄芳飞自豪地介绍，配备钻探系统的“梦想号”投入使用后，可以满足不同科考钻探任务的需求。

从小在广东湛江海边长大，黄芳飞与大海有着不解之缘。2007年从西南石油大学毕业后，黄芳飞入职中海油服钻井事业部，成为海上石油钻井平台的一名工程师。这期间，他参与了981海洋石油平台项目的建造和运营，在一线工作中积累了丰富的深水钻井理论和实践经验。加入广州海洋地质调查局之后，黄芳飞作为工程技术骨干参与了我国首次海域天然气水合物试采工程，并参与工程方案设计、实施和关键技术攻关等工作。

2019年起，黄芳飞被抽调参加“梦想号”大洋钻探项目，作为建造组的一名技术骨干，他的主要任务是落实钻控系统核心指标验证，参与大洋钻探技术攻关及协助生产准备等。

工程刚开始时，项目面临着大洋钻探装备及工艺体系空白、动力定位钻井船整装设计建造经

验欠缺等很多不利因素和技术阻碍。可以说，前进的每一步都非常艰难。黄芳飞坦言，面临巨大的困难和挑战，他们采用科研技术攻关与借鉴成熟钻井平台建造经验相结合的方式，联合设计院、船厂和国内知名企业共同攻关，不断推进解决钻采系统建造的技术难题，保证了项目的顺利实施。

一步步艰难探索，一遍遍打磨细化，首次试航成功后的“梦想号”已顺利从预备阶段转入调试阶段。黄芳飞和他的同事也将迎来新的挑战。

众所周知，人类赖以生存的地球由地核、地幔和地壳组成，很久以来，人类的活动和探索仅限于地壳的表层。钻探地幔成了地球科学领域的重大挑战，而地壳和地幔之间的边界被称为莫霍面，一直是人类探索地幔的最大障碍。早在20世纪60年代，外国科学家就开始尝试钻穿莫霍面进入地幔，但这一直目标至今未能实现。“梦想号”的建成和投入使用，让科学家从海上钻穿莫霍面到达地幔的科学梦想有了实现的可能。

参与可燃冰试采工程和“梦想号”大洋钻探项目，让黄芳飞更加坚定了自己的职业发展道路。在个人兴趣、科研需求和工作需要的共同驱动下，2021年，他如愿成为中国石油大学（北京）的一名博士研究生，边学习、边工作、边科研，他深刻感受到学习服务科研、科研服务生产、生产推进科研和学习的“产、学、研”有机融合的重要性，并从多角度审视科研创新的研发与落地，不断优化调整主攻方向，最终选择将钻探技术面临的重大科研难题作为自己的课题方向。

“作为一名从事海洋地质调查的青年科技工作者，参与‘梦想号’钻探船的建造是我人生之中最宝贵的经历，让我有机会接触最前沿的大洋钻探技术，也更系统了解了钻井船舶设计和深水钻探设备的发展方向。”黄芳飞说，希望继续在“梦想号”钻探船上参与科考项目工程实施，把自己的“梦想”与“梦想号”钻探船结合在一起，不断攻关前沿关键技术，在大洋钻探工程上贡



黄芳飞 受访者供图

献自己的一分力量。

据媒体报道，目前，“梦想号”开展深海钻探配套的钻探保障船、码头、岩心库均已建成并投入使用，其中，我国首次建成的深水科考码头将为“梦想号”运营提供强大岸基支持。

钻透莫霍面，相当于为地球科学研究开启一扇全新的大门，对从事这一领域探索的科学家来说，这是最渴望实现的梦想，或许不用了多久，“梦想号”就会从这里起航，载着黄芳飞和海洋地质探测科学家的共同梦想，驶向湛蓝的深海。



扫一扫 看视频