

在地下2400米探寻宇宙“微光”

——解码中国锦屏地下实验室

深冬的四川省凉山彝族自治州，寒风越过巍峨的锦屏山，吹打在雅砻江两岸。在锦屏山地下2400米处，一座牵引科技创新的大科学装置将助力科学家们去探寻宇宙“微光”。

12月7日，来自清华大学、上海交通大学等高校和科研院所的10个实验项目组，入驻中国锦屏地下实验室二期极深地下极低辐射本底前沿物理实验设施(简称“锦屏大设施”)。这标志着世界最深、最大、最“纯净”的极深地下实验室正式投入科学运行。

进军“深地” 仰望宇宙

“天高地迥，觉宇宙之无穷”，从古至今每每谈及宇宙，人类都充满好奇和向往。

在浩瀚宇宙中，小到一粒尘埃，大到山川湖海、日月星辰，都是可见的物质。暗物质探测是这些年来科学领域的前沿研究。

20世纪30年代，瑞士天文学家弗里茨·兹威基通过大量天文学观测和推导，首次提出暗物质的猜想。所谓暗物质是指人类肉眼看不到，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。

“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暗物质实验负责人岳骞告诉记者。

然而，暗物质与普通物质发生作用的几率极低，再加上无处不在的宇宙射线干扰，直接探测到它十分困难。“难度就像在嘈杂的足球场寻找一根针掉落的声音(暗物质碰撞信号)。”国投雅砻江公司锦屏地下实验室管理局局长李名川说。因此，一座能阻挡宇宙射线、实验环境辐射本底低的“纯净”实验室，成为探测暗物质的必要条件。

早在2002年，清华大学就启动了暗物质研究。由于当时国内没有实验条件，研究团队只能远赴韩国借用实验室进行实验。

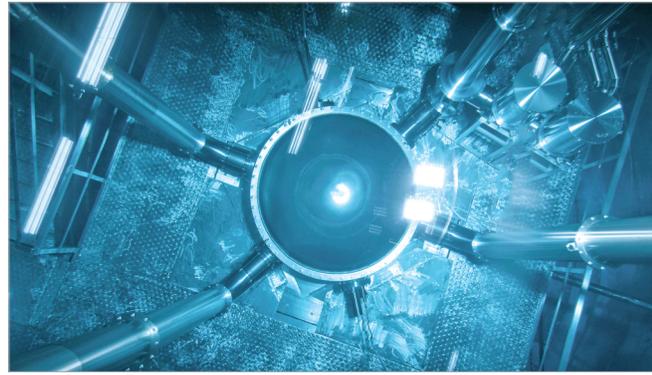
2008年8月，清华大学科研人员偶然看到“锦屏水电站两条埋深2400米的隧道贯通”的新闻，认为该隧道是绝佳的探测暗物质实验场所，便与雅砻江公司取得联系，希望利用锦屏山隧道共建我国第一座地下实验室。双方一拍即合。

2010年12月，锦屏地下实验室一期建成投运，填补了我国深地实验室的空白。这座4000立方米的实验室上方被2400米厚的大理岩覆盖，室内宇宙射线通量仅为地表的一亿分之一。“纯净”的实验环境、便捷的交通、完备的基础设施，为首批入驻的清华大学CDEX实验组和上海交通大学PandaX实验组开展暗物质探测提供了梦寐以求的绝佳实验条件。

随着实验室一期突破性成果不断涌现，科研团队对实验空间的需求越来越大。2020年，可用空间达33万立方米的实验室二期项目开工建设，并于2021年作为国家重大科技基础设施被列入国家



▲这是雅砻江畔，中国锦屏地下实验室所在的锦屏山隧道口(11月8日摄)。新华社记者 胥冰洁 摄



▲位于中国锦屏地下实验室二期的粒子和天体物理氙探测实验PandaX-4T实验装置(资料照片)。新华社发

“十四五”规划。

历经3年建设，如今的锦屏大设施已成为一个涵盖粒子物理、核天体物理、宇宙学、生命科学、岩石力学等多学科交叉的世界级开放共享实验平台，有望在暗物质、中微子等物理研究前沿领域取得突破性进展。

扎根“地心” 突破极限

锦屏地下实验室上方是绵延百里的锦屏山，奔腾的雅砻江在此被山体阻挡，形成一个巨大的“几”字弯。深地条件对科学研究是优势，对工程施工却是难啃的“硬骨头”。

没有任何经验可借鉴，锦屏地下实验室一、二期建设都是“摸着石头过河”。锦屏山隧道是世界上埋深最深的隧道之一，建设过程中多次遭遇高压大流量突涌水和岩爆，安全施工难度极大。经过多轮科学论证和技术攻关，建设者最终解决了诸多难题，并在原有交通隧道基础上先后扩挖建成了一、二期实验室。

值得一提的是，实验室二期建设不仅极大拓展了实验空间，还兼顾工程和科学双重属性，确保极深地下实验室最“纯净”。

如何做到最“纯净”？建设者将实验室建设标准细分为四个指标：极低氦气浓度、极低环境辐射、超低宇宙线通量、超洁净空间，开创性地实施了多项创新工法。以防水抑氦技术为例，因岩体不断释放的氦气会极大干扰深地实验，团队在11万平方米的洞室表面“涂”上10层、总厚度仅10厘米的特殊材料予以设防，“好比在洞室表面铺一层薄薄的鸡蛋

壳”。工程完成后，经实测围岩释放的氦气含量99%被隔绝在实验空间外。

二期建设时期，锦屏大设施141项主要设备和建材的选用有极为严苛的标准。为尽可能满足科研要求，建设团队带上图册，到全国各地联系了数十家厂商寻求支持。“当时很多厂商反映‘工地远、用量小、产值低’，再加上辐射本底控制等闻所未闻的特殊要求，让人望而却步。”锦屏地下实验室管理局工程技术部主任工程师李宏璧说。

“好在一些充满情怀的厂家愿意和我们共克技术难题。”李宏璧介绍，为寻找低本底砂石骨料，中建三局锦屏大设施II标项目经理王伟牵头组建项目物资保障攻坚小组，走访调研、地质勘查8个省份，最终筛选出一家稳定供应商。

不少参与建设和科研的工作者将过去几年形容为“螺蛳壳里做道场、毛坯房里做实验”。有的工人因为在阴暗潮湿的地下环境施工，患上风湿性关节炎；有的因为在地下工作，体内缺乏维生素D……但这些困难都没有难倒参建锦屏大设施的建设者们，他们不断攻坚克难。

穿越“逆境” 抵达繁星

暗物质和暗能量被科学家们比作“笼罩在21世纪物理学天空中的两朵乌云”。为了不知何时才能闪现的一道“微光”，我国科学家从未停下探寻的脚步。

探测暗物质是国际竞争性项目，各国都在发力，时不我待。锦屏大设施建设正酣时，上海交大、中国原子能科学研究院等科研团队同步在施工现场的“裸洞”里潜心实验。“现阶段液氙探测暗物

质在国际上竞争激烈，我们要分秒必争。”PandaX团队的李帅杰说。

埋头苦干换来丰硕成果。十多年间，我国科学家在《自然》等权威学术期刊累计发表论文120多篇，一项成果获2022年度教育部自然科学一等奖，6人获得国家杰出青年基金。

2021年初，中国原子能科学研究院在3个多月时间内，完成锦屏深地核天体物理实验，研究成果在2021年中国科学院第二十次院士大会上，被列为“战略高技术领域取得新跨越”成果之一。我国也因此成为世界上第三个具备开展深地核天体物理研究的国家。

“不管最终能否找到暗物质，我们现在踏出的每一步都是在探索未知边界，每往前走一小步都是一个巨大的进步。”上海交通大学教授、PandaX实验发言人刘江来说。

清华大学CDEX实验组边实验边创新，完成了高纯锗探测器的更新迭代，并在筹建吨级探测器；上海交大PandaX实验组液氙探测器也实现了更新升级，未来计划建设30吨级甚至更大的探测器。

“中国已经在向科学大国迈进，基础研究投入持续增加，对科研工作者来讲是幸运的。”锦屏大设施工程指挥部副总指挥、清华大学工程物理系教授李元景感叹道。

“追光”之路，注定道阻且长。作为国之重器，锦屏大设施会承载更多深地实验。一批批科研工作者将以此为起点，去拥抱浩瀚星海，为人类未来打开更加广袤的空间。

新华社成都12月28日电
记者 杨三军 薛晨 邢拓 尚文意 胥冰洁

国内国际简讯

◆**京雄高速全线通车运营** 28日从交通运输部获悉，京雄高速公路北京五环至六环段当日顺利贯通。至此，京雄高速全线通车运营。京雄高速是北京连接雄安新区的直通高速公路，主线全长约97公里。

◆**2024年元旦假期全国口岸将迎出入境客流高峰** 国家移民管理局预测，元旦假期全国口岸将迎来出入境客流高峰，日

均出入境旅客将达到156万人次，较2023年元旦假期增长超5倍，为2019年同期的90%。预计出入境客流高峰将主要集中在2023年12月29日、30日和2024年1月1日、2日。

◆**积石山县高三学生全部进行异地安置复学** 28日从甘肃临夏回族自治州教育局获悉，灾后为了尽快恢复学校正常教学，积石山县高三学生将全部进

行异地安置复课复学。

◆**上海公园总数达832座** 从28日召开的上海市新时代文明实践公园建设工作总部署会上获悉，上海加快推进公园城市建设，今年新增城乡公园162座，至此上海各类公园数量达到832座。

◆**我国首次发现东北虎捕杀东北豹事件** 28日从东北虎

豹国家公园管理局获悉，近日，该公园珙春片区发现一具被啃食的东北豹残骸。经东北虎豹国家公园管理局、吉林省珙春市警方和国家林草局东北虎豹监测与研究组成的联合调查小组勘察判定，这是一起罕见的东北虎捕杀东北豹事件。

◆**特朗普参选资格案上诉至联邦最高法院** 美国共和党科罗拉多州中央委员会27日向

联邦最高法院递交申请，对科罗拉多州最高法院19日作出的关于前总统特朗普不具备在该州参选资格的裁决提出上诉。

◆**加沙地带南部一住宅遭袭至少20人死亡** 巴勒斯坦加沙地带卫生部门27日发表声明说，以色列军队当天袭击了加沙地带南部城市汗尤尼斯一处住宅，造成至少20人死亡、数十人受伤。均据新华社