

中国工程院院士孙友宏： 矢志钻探技术 刷新中国深度

院士访谈

◎本报记者 宗诗涵 陈瑜

今年是中国极地考察40周年。第40次南极科学考察队已圆满完成考察任务并顺利返回，目前科研人员正在对此次考察成果进行后续研究。

在此次科考活动中，中国工程院院士、中国地质大学(北京)校长孙友宏前往冰盖进行钻探位置踏勘及钻探装备检查。科考期间，孙友宏团队成员首次成功进入麒麟冰下湖区域，并圆满完成了多项冰下湖钻探选址调查工作。

“上天、入地、下海、登极，一代代钻探人承古人之创造，开时代之生面，钻出了中国深度，达到了中国高度。”孙友宏日前在接受记者采访时说，未来3年，中国将采用自主研发的冰下湖清洁取样探测装备开展麒麟冰下湖钻探工作，此举有望使中国成为继美国和俄罗斯之后，第三个成功获取冰下湖钻探样品的国家，进一步彰显中国在极地科考领域的实力。

从图纸到实物

记者：您能简单介绍下什么是钻探以及我国钻探技术发展历程吗？

孙友宏：钻探作为地质研究、资源调查和科学探测等领域的关键技术，是目前唯一能够直接获取地下实物信息的手段。

从手工凿井到人力冲击钻，再到机械顿钻，直至自动化钻探，我国钻探技术的发展跨越了从数米到超万米的深度差异。钻探技术应用领域现已拓展到深地深海深空探测、战略性矿产资源勘探、重要资源能源开发、重大基础设施施工、大型地质灾害治理等各个层面。

记者：您是如何与极地钻探结缘的？
孙友宏：我的极地钻探之旅，缘起我的学习经历。大学时期，我的导师、吉林大学教授张祖培邀请了他的老师——俄罗斯圣彼得堡矿业大学教授库德里亚诺夫来给我们作报告。库德里亚诺夫分享的7次南极科考经历以及俄罗斯在南极取得的科研成果，让我对那片神秘的冰雪大陆产生了浓厚兴趣。

从那时起，我便立志投身极地科考，为我国在该领域的发展贡献力量。多年来，我带领团队不断努力。过去，我们只能在黑板上向学生展示极地钻探的理论和设备图纸。现在，我们能够把这些图纸变成实物，再把实物带到极地，进行实地钻探。

记者：去年，您首次前往南极冰盖进行钻探位置踏勘及钻探装备检查。这次经历让您有哪些不同的感受和发现？

孙友宏：2023年11月底到12月初，我有幸随第40次中国南极科考队前往中山站。这是我从事南极研究10多年以来，首次踏上这片冰雪世界。

这次南极之行，我们团队肩负两项核心任务。首先，我们与俄罗斯团队共同在南极拉斯曼丘陵实施冰下地质钻探取样项目，确定了钻探地点，成功检验了团队自主研发的南极冰下地质钻探装备，确保其功能与性能符合预期，并据此制定了详细的钻探施工方案。其次，我们空中考察了位于南极伊丽莎白公主地区区域的麒麟冰下湖位置，体验了南极极端恶劣的气候条件，包括高寒、强风暴等。这些经历为我们未来为麒麟湖钻探进行技术研发与装备研制提供了重要的参考。

记者：与大陆科学钻探相比，极地科

学钻探有什么特殊性？

孙友宏：极地科学钻探与大陆科学钻探确实存在诸多不同。大陆科学钻探主要面对的是高温、高压、高地应力等环境挑战，而极地科学钻探则主要应对极端的低温环境。同时，极地科学钻探的地层多为冰层，与坚硬的岩石地层相比，冰层更脆，这对钻探工艺与装备提出了不同需求。此外，极地地区地理条件特殊，带来极地运输和后勤保障方面的困难，对钻探装备的性能和重量提出了新要求。

无论是大陆科学钻探还是极地科学钻探，取样难度都非常大，获得的样品对于了解地球的形成环境和演化历史有极高的科研价值。

记者：此前对冰下湖的研究主要借助冰雷达等间接手段。您认为通过钻探取样的方式开展极地科学研究有什么优势？

孙友宏：冰下湖钻探是开展冰下湖研究的主要技术手段，也是获取冰下湖样品和原位观测的唯一技术手段。目前，我们团队在极地钻探技术研发方面取得了显著进展，研发出了针对不同目标的钻探装备。

针对冰层钻探，我们研发的装备能够精准采集冰芯。这些冰芯如同地球的“气候记录器”，记录着过去的气候变迁。通过分析冰芯，我们能够洞察大气中二氧化碳浓度的历史变化，揭示地球气候演变规律。同时，冰芯中的尘埃和气泡内的气体成分，为我们了解火山喷发、森林大火等历史事件提供了宝贵线索。

冰下岩石钻探取样的意义更加深远。岩石样品是了解南极大陆地质构造、形成年代及演化过程的珍贵资料。通过分析这些样品，我们能够揭开地球古环境与古气候的神秘面纱，为地球科学研究提供新视角。

冰下湖钻探研究同样具有不可估量的价值。例如，南极麒麟湖等封闭湖泊可能保存着数百万年前的原状湖水。这些湖水就像“时光胶囊”，封存着湖泊演化的历史信息。通过研究这些湖水，我们能够了解湖泊的演化过程，探索生命起源和演化的奥秘。

极地冰下湖研究不仅有助于我们深入了解地球本身，还为探索地球外其他星球是否存在生命提供重要参考。例如，对于那些拥有冰盖的星球，我们可以通过研究冰下湖来推测其冰下可能存在的生命形式。

从跟跑到领跑

记者：近年来，我国钻探技术主要在哪些方面取得了进步？

孙友宏：我记得1983年上大学时，我们使用的钻探装备大多是仿照苏联制造的，教科书上的理论知识也主要源自苏联。

从事钻探行业40余载，我深感我国钻探技术的进步是全方位的。无论是钻探工艺还是装备，都实现了创新和飞跃。

在钻探工艺方面，我国经历了从提钻取心到绳索取心，再到反循环连续取心技术的变革。提钻取心需要把整个钻具全部从钻孔中提上来才能取得岩心，效率较低。后来，我们引入了绳索取心技术，显著提高了取心效率，也大大降低了钻探的劳动强度。现在，反循环连续取心技术的应用，使得我们可以在钻进过程中实时传输岩屑(心)至地表，实现边钻边取的高效作业。

在钻探装备方面，我国实现了从机械式、液压式，到自动化、智能化再到井口无人化的跨越。最初的钻探装备操作费力，效率低下。随着技术的不断发展，



孙友宏院士 田晶娟摄

现在的钻探装备不仅操作便捷，而且显著提升了钻探作业的安全性和效率。

记者：您认为目前我国的钻探技术达到什么水平？

孙友宏：新中国成立后，经过几代钻探人的努力，我国钻探技术取得了长足进步，但要全面达到国际领先水平还需时日。

在某些特定的研究领域，如南极钻探领域，我国的技术与装备已经与国际先进水平比肩，冰下湖清洁取样探测装备等甚至处于国际领先水平。

以极地钻探技术为例。上世纪80年代，我国在极地钻探技术方面还是空白。到了90年代，为了进行冰川和冰盖取样，我国引进了国外的浅层冰钻装备。到本世纪初，我国才开始计划在南极开展深冰钻探。俄罗斯、美国、丹麦和日本等国家在该领域起步较早，技术也比较领先。

在科技部、自然资源部、国家外专局、国家自然科学基金委等部门和单位的支持下，我们积极组建研发团队，开始了对南极钻探技术的系统研发。

经过约15年持续努力，我们取得了一些成果，研发了系列极地冰钻装备，某些钻探工艺和方法达到国际先进水平。来自德国、丹麦、智利、俄罗斯等国家的研究团队也与我们合作，采用我们研发的设备进行钻探。

比如，在冰下湖清洁取样方面，为了确保取样过程无污染，我们研发了全新的技术方法。传统的钻探取样方法需要采用钻井液来维持孔壁的稳定性，但这样会导致湖水样品被污染，而我们研发的可回收式自动钻探取样探测器(RECAS)相当于一个在冰中作业的机器人。潜入冰下前，它会先在地面对自身进行消毒和净化，确保无污染；潜入冰下后，它会自动钻进，钻开冰层，进入湖水取样，然后自动返回，实现封闭式无污染取样。

这项技术是我们的一项重要创新，也标志着我国在极地钻探技术领域实现了从技术跟跑到技术领跑的转变。

但在大型热水钻技术等领域，我们仍需努力追赶。目前我们正在积极研发，力求在这些领域取得突破。

从深地到深空

记者：我国钻探技术目前已经在“入地”和“登极”等多个领域取得了显著成果。未来钻探技术的发展方向是什么呢？

孙友宏：在“入地”方面，2009年，我们开始研发“地壳一号”万米大陆科学钻

人物档案

孙友宏，中国工程院院士，中国地质大学(北京)党委副书记、校长，中国第40次南极科学考察队队员。长期从事大陆和极地科学钻探、陆域水合物和海洋水合物钻采等研究，主持研发了中国“地壳一号”万米大陆科学钻探钻机、极地冰下湖可自动回收钻探取样装置等，以第一获奖人获国家技术发明奖二等奖2项，以第一发明人获发明专利授权59件。

2018年，“地壳一号”钻井深度达7018米，创造了亚洲国家大陆科学钻探新纪录。十年磨一“钻”，我国拥有完全自主知识产权的“地壳一号”攻克了高转速全液压顶驱系统、高精度自动送钻系统和起下钻自动排管系统等一系列关键技术难题。这一成果也标志着中国成为继俄罗斯、德国后，世界上第三个掌握地下万米钻探技术的国家。

在“登极”方面，我们组织研发了冰下基岩钻、深冰芯钻和冰下湖钻等多套极地科学钻探装备。尤其是针对南极冰下湖清洁钻探的技术要求，我们变革性地提出采用底部钻具热融钻进、顶部钻孔冻结闭合的热融钻探方式进行无污染钻探取样，解决了南极冰下湖无污染钻探采样和观测技术难题，填补了我国南极冰下湖探测技术与装备的空白。

未来科学钻探技术的发展将呈现多元化和深度化趋势。在“上天”方面，我国已经开始布局深空探测，在月球、火星等星球钻探取样将成为新的研究热点。而在“下海”方面，随着“梦想号”钻探船投入使用，我国在大洋钻探领域将迎来新的发展机遇。

记者：在深空钻探和深海钻探方面，您需要解决哪些技术难题？

孙友宏：深空钻探的环境极为特殊，可能面临温度变化、真空、低重力以及尘暴等极端条件。在这样的环境下，钻探装备的可靠性、稳定性和遥控操作的精准性都至关重要。因此，我们需要研发出能够适应这些极端环境的钻探装备和技术，确保在无人操作的情况下顺利进行钻探取样。

深海钻探则主要面临海面风浪、海中洋流、海底地层复杂多变等问题。钻探装备需要具备强大的抗风浪、抗洋流能力以及稳定的海底作业能力。同时，我们还需要保障深海环境下数据的实时传输和处理，确保钻探过程的安全性和有效性。

记者：您曾经说过，核心技术突破需要长时间的积累和努力。您认为应对“上天、入地、下海、登极”等极致挑战的关键是什么？

孙友宏：我认为关键是要有明确的研究目标、持久的耐力和不畏艰难的精神。首先，我们必须有一个清晰明确的研究目标，这样才能集中精力进行有针对性的攻关。其次，突破核心技术往往需要长时间的积累和反复试验，因此我们要有足够的耐心和毅力去应对各种困难和挫折，乃至失败。最后，面对未知的挑战和困难，我们不能退缩或放弃，而是要有勇往直前的勇气和必胜的决心。只有这样，我们才能在前进的道路上取得更大的突破和进展。

热点追踪

专家呼吁： 医理工协同助力肿瘤诊疗

◎本报记者 沈唯

“我国BNCT设备的技术水平与国外基本处于同一起跑线，具有完全自主知识产权。”中国科学院院士、中国科学院高能物理研究所研究员陈和生在近日举行的第五届医学物理促进医疗器械行业发展论坛上说。此次论坛上，多位专家作主题报告，展示了近年来在医学物理研究助力下，我国肿瘤诊疗等领域大型医疗设备研发成果和多种新兴放疗技术。

近十几年来，强流质子加速器的发展，带动基于加速器的硼中子俘获治疗(BNCT)技术进入快速发展期。陈和生认为：“我们要抓住机遇，实现BNCT设备和靶向药物国产化。”

BNCT是一种结合新型放射与药物的精准放疗方法，尤其适用于治疗脑胶质瘤、黑色素瘤等，且具备扩展到多种癌症类型的应用潜力。与其他放疗手段相比，BNCT所需的治疗次数更少，可大大减轻病人负担和医院压力。

陈和生认为，研发高效硼中子靶向药物是BNCT发展的关键。要通过构建新型递送体系、开发新的含硼化合物、探索新型BNCT联合治疗体系等途径，让硼中子靶向药物具备更高的肿瘤聚集比，靶向更多类型的肿瘤。

“未来，我们要使BNCT设备成为普惠型医疗设备，降低造价和运维成本，实现稳定高效运行，治疗更深部位肿瘤，为保障人民健康作出重要贡献。”陈和生说。

除了BNCT、FLASH放疗方法也是论坛上多位专家聚焦的话题。2014年，有国外学者发现，将放疗的剂量率提高约10000倍，癌组织能照常被杀死，对正常组织的副作用却会大幅减小。这种现象被命名为FLASH效应，利用这一现象开展的治疗被称为FLASH放疗。中国工程物理研究院研究员吴岱在报告中介绍，FLASH放疗是当前物理、化学、生物和肿瘤治疗学的重要交叉研究方向，这项革命性技术有可能将1个月的疗程缩短至1天。

“电子、质子、光子、重离子的FLASH效应先后被发现，为我国放疗高端医疗装备相关产业带来前所未有的机遇，也为我国自主技术创新提供了全新赛道。”吴岱认为，FLASH放疗前景广阔，对国民经济发展具有重大意义。我国应积极开展基础研究，推动相关技术进步，并为我国赢得在该领域的国际话语权。

空间分割放疗(SFRT)的发展同样受到关注。传统放疗通过均匀照射整个肿瘤区域进行治疗，容易对正常组织造成辐射损伤。SFRT指的是在照射肿瘤区域时，医学物理师让放疗剂量不均匀分布，从而突破常规放疗中正常组织耐受性的限制，有效治疗大体积、放射抵抗或复发性肿瘤。

“设备和技术的突破，带来了放疗方法的进步。医学物理师作为具有理工背景的临床工作者，可以起到转化、协同的作用，把临床痛点变成科学问题，同时把技术突破转化为临床应用。”中国生物医学工程学会医学物理分会主任委员、北京协和医院放疗科研究员邱杰在致辞中表示，期待医理工协同碰撞出的火花，让更多“中国制造”投入到临床当中。

玉米种质创新 关乎国家粮食安全

◎本报记者 马爱平

“玉米种质改良与创新利用，已成为确保我国种源自主可控的重要途径。”在近日召开的第一届玉米种质改良与创新利用研讨会上，国家玉米产业技术体系首席科学家李新海说。

种质是农作物的遗传物质，包括种子、果实、营养繁殖器官等。玉米是我国第一大粮食作物，玉米种质创新关乎国家粮食安全。“由于玉米起源于中美洲，缺少遗传多样性一直是我国玉米种质创新的重要障碍。”李新海说。

为克服这一障碍、加快种质创新的步伐，在全国范围内开展协作显得尤为重要。“这是一项需要长期坚持的工作。有很多基础性工作要做，包括种质资源的收集、精准鉴定以及优异材料创制等。”李新海说。

如何高效利用这些种质资源？“挖掘优良基因或者鉴定优异等位变异，已成为种质资源高效利用的关键技术路径。”中国农业科学院作物科学研究所所长周文彬介绍，目前该所已牵头完成了3万多份种质资源的收集和鉴定工作，发掘与创制出一批高产优质、耐逆抗病、耐密抗倒、宜机收的玉米优异资源与新品种。

对于更好利用玉米种质资源，中国作物学会玉米专业委员会主任李建生建议，对种质资源进行深入的遗传评估和表型鉴定，明确其遗传特性和优势，为实现育种目标提供科学依据；建立科学的创新标准，确保创新种质能实际应用于生产，成为优良杂交种的父本或母本等。



图为在山东省临沂市郯城县郯城街道，农民正在晾晒收获的玉米(无人机照片)。

新华社发(张春雷摄)



图为中国地质调查局大洋钻探船北部码头(无人机照片)。

新华社发(梁春鹏摄)

致青年科技人才

在这个充满挑战和机遇的时代，我希望你们要有自信，相信自己的能力和潜力，勇敢地探索未知世界、挑战科学难题、攀登科技高峰。同时，我也希望你们能自持，耐得住寂寞，坐得住冷板凳，不要急功近利，要有“十年磨一剑”的精神。此外，希望你们弘扬科学家精神，为科学、为科研、为理想而奋斗。要有为国家为民族奉献的情怀，将个人的发展与国家的前途命运紧密结合起来。最后，我希望你们珍惜这个时代的机遇，抓住每一次机会去展示自己的才华和实力。相信在不久的将来，你们一定能够成为支撑国家科技事业发展的栋梁之材。

——孙友宏