

“瞄准世界科技前沿”之能源科技⑩

让干热岩上绽放美丽中国

本报记者 张保淑

近日，随着国土资源部一则关于我国非常规能源发展前景的新闻向外界发布，一种名为“干热岩”的新型地热资源又一次进入人们的视野。

很多社会公众可能对这一名词颇感陌生，对这一新型资源更是不甚了解。干热岩究竟是一种什么样的地热资源？与常规能源和其他类型地热资源相比，它有什么特点？其在中国和世界的储藏量和开发前景如何？在中国，何时能实现商业化运作，进入寻常百姓家？这些无疑是人们普遍关注的问题。

绿色 稳定 高效

干热岩对很多人来说是个新鲜词，但是对其的试验研究和开发利用已经有了40多年的历史。中国地质大学地球科学学院教授李德威介绍说，干热岩作为一个概念，有不同的界定，目前比较认同的定义是“一种不含水或蒸气、埋深为3-10公里、温度为150-650℃的致密热岩体。”

干热岩的形成与地球的结构有关。我们知道，地球是由地壳、地幔和地核组成的，地核的半径大概在3500公里左右，而地核是由铁和镍这样一些金属，在7000多摄氏度形成的炽热的熔浆，其热量向上传导，穿过地幔会接近到地壳，而地壳不含水等流体或者

流体极少的岩石层就会获得高温能量，就形成了干热岩。李德威指出，干热岩有广义和狭义之分，前者着眼于其形成的科学原理，后者则强调其作为地热能发电的经济性和可行性，将其范围进一步缩小，定位为相对容易开发的地下8公里深以内、温度为200-350℃等类型的岩石。中国地质科学院水文地质环境地质研究所研究员王贵玲持有类似看法，他指出，从理论上说，随着地球向深部的地热增温，任何地区达到一定深度都可以开发出干热岩，因此干热岩又被称为是无处不在的资源。但就现阶段来看，由于技术和手段等限制，干热岩资源专指埋深较浅、温度较高、有开发经济价值的热岩体。

干热岩形成原理决定了它是一种丰富的可再生能源。其开发过程不仅可以做到安全、环保，而且高效节能。就发电而言，只需在初期钻井时投入，之后就可靠自身能量运转。此外，与太阳能和风能相比，干热岩产生的地热能更加稳定；应用领域更加广泛，不仅可以发电而且可以拓展至栽培、养殖业等领域。

储量丰富 开发挑战大

关于干热岩能源的储量，王贵玲介绍说，保守估计地壳中干热岩（3-10公里深处）所蕴含的能量相当于全球所有石油、天然气和煤炭所蕴藏能量的30倍。他援引麻省理工学院2006年报告的数据，只要开发3500-7500米深度2%的干热岩资源储量，能量就将达到美国2005年全年能源消耗总量的2600倍。中国地质调查局以同样的方法评价了我国陆区干热岩资源潜力，3-10公里深处干热岩资源总量相当于860万吨标准煤，按2%的可开采资源量计算，相当于我国2010年能源消耗总量的5300倍。从事矿产勘查及评价研究工作的河北省煤田地质局田兰兰曾撰文分析了中国高温岩体干热岩地热资源储量的地区分布。该文指出，中国东部地区地壳薄，有利于开发传导型

地热，东部沿海地区如广东、福建等省区位于太平洋板块边缘，是地热利用的有利地区。西藏南、滇西、川西属喜马拉雅地热带，有资料介绍钻2000米即可获得200℃的高温热水，是地热能最有利地区。钻探勘查表明其他地区如松辽盆地与渤海湾盆地等干热岩资源储量也很丰富。

人类对干热岩资源的开发利用试验始于上世纪70年代。王贵玲介绍说，1974年，美国在新墨西哥州启动了世界上第一次利用干热岩资源的项目，随后在国际能源署协调下，英国、法国、德国和日本相继加入该计划，进行了开创性的工程研究，取得了相当有价值的成果。英国、日本、瑞典、德国等之后也启动了本国的干热岩项目。

中国干热岩研究启动较晚，但发展很快。“十二五”期间，国土资源部、中国地质调查局安排开展了全国地热资源调查评价工作，同时启动了我国干热岩资源的研究寻找工作。之后，分别在福建、广东、海南、湖南等省份开展了区域地质调查与深部地球物理勘查。2015年5月，设计深度4000米的干热岩资源勘查深井在福建漳州市清泉林场开钻，这是中国地质调查局实施的中国第一个干热岩资源勘查深井。勘查表明，漳州干热岩地热能资源储量丰富，开发地热发电前景广阔。今年9月，勘查人员在青海共和盆地3705米深处钻获236℃的高温干热岩体，这是中国首次钻获温度最高的干热岩体，以该

地区2%作为可开采资源量计算，折合的标准煤为2016年全国能源消耗的3倍。

能源转型新机遇

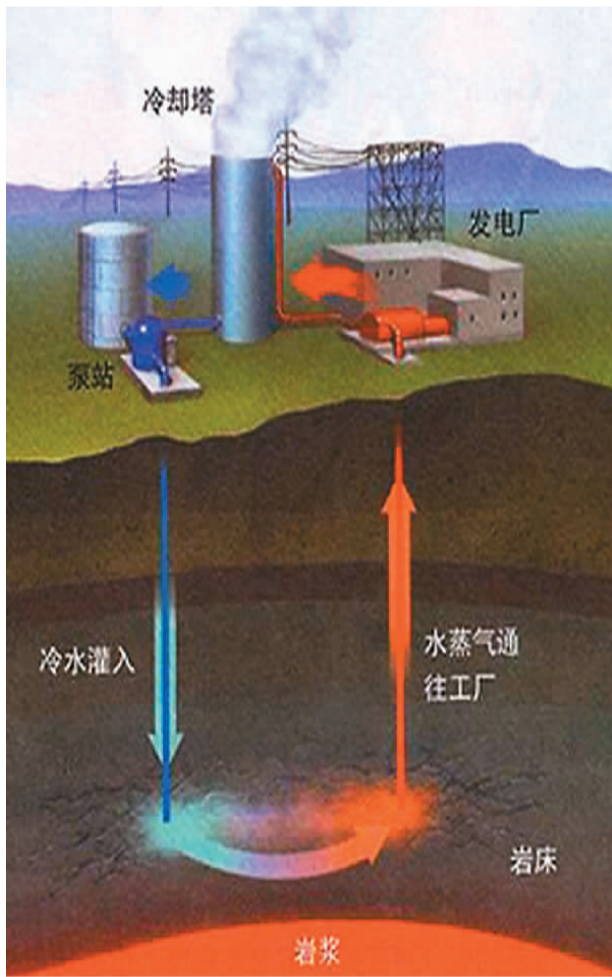
今年7月底，国家863计划“干热岩热能与综合利用关键技术研究”项目顺利通过验收，这表明，经过3年攻关，中国在干热岩靶区定位技术与工程测试技术研究、开发实验模拟平台和相关材料等方面获得了关键技术支撑。对此，王贵玲指出，在肯定相关科技领域取得突破性进展的同时，也要看到，随着对干热岩研究的开展和实验性开发，很多相关科学和工程问题也逐渐凸显出来。他认为目前面临的最关键问题包括资源靶区定位技术、水力压裂储层改造等。

所谓资源靶区定位就是如何高效找准优质干热岩资源。王贵玲指出，这需要依托大地热流图，但目前相关数据不全，特别是缺少地温随深度变化的数据。水力压裂改造技术是干热岩开发的核心技术，包括高温高压条件下的深钻技术、水力压裂技术、裂隙系统监测等方面。王贵玲认为要在新型前沿钻的研发和降低成本方面继续下功夫。干热

岩开发水力压裂方面，王贵玲认为，必须解决目前压裂的效果和裂隙系统发展难以预测的问题。

11月下旬召开的全国地热资源调查评价研讨会上传递的信息表明，我国干热岩勘查与开发力度将进一步加大。特别值得注意的是，会议提出“要坚决打好京津冀地热资源调查评价科技攻坚战”，重点在“雄安新区”等地区，探明深部地热储层地质结构，为京津冀地区地热规模化、可持续高效利用提供支撑。而在近期召开的雄安新区地热勘查开发学术研讨会上，多名专家认为，雄安新区中深层和浅层地热资源十分丰富，加强资源调查评价、理论与技术创新，有望建成地热能开发利用的全球样板。王贵玲在会上对雄安新区优质地热资源给予高度评价，认为具有埋藏浅、温度高、水质好、易回灌等特点。

雄安新区是继深圳经济特区和上海浦东新区之后又一具有全国意义的新区，其设立被称为“千年大计、国家大事”。今天，支撑其发展的绿色能源路线已经初步显现出来，而“建成地热能开发利用的全球样板”则彰显了地热能将在其中扮演的重要角色。可以预见，将会有越来越多的中国城市借鉴雄安新区地热经验，加速向绿色转型。而干热岩作为一种新型地热资源，其勘查开发技术的进步将会推动其商业化进程，进而有望助力能源结构变革，为建设天蓝、水绿的美丽中国作出贡献。



中国是“人造太阳”项目典范

——访国际热核聚变实验反应堆计划组织总干事比戈

新华社记者 林小春 郭一娜

国际热核聚变实验反应堆计划(ITER)组织总干事比戈6日宣布，这一世界最大的“人造太阳”项目已完成一半的建设工作。比戈在华盛顿接受新华社记者专访时高度评价中国贡献，认为中国起到了“真正的典范”作用。他对美国政府可能不会全部兑现出资承诺表示担忧。

ITER是目前全球规模最大、影响最深远、国际科研合作项目之一，至今已建设10年，旨在模拟太阳发光发热的核聚变过程，探索核聚变技术商业化的可行性。欧盟、中国、美国、日本、韩国、印度和俄罗斯共同资助这个项目，其中欧盟出资约45%，其他6方各承担约9%，最终目标是在2050年前后实现核聚变商业应用。

11月28日，中国科技部在北京召开“ITER十年——回顾与展望”研讨会，宣布从2008年至2017年，中国承担的ITER采购包制造任务已全部落实。此外，在中国参与ITER的带动下，国家磁约束核聚

变能发展研究共部署119个项目，总计安排经费约40亿元人民币。

比戈高度评价中国发挥的作用：“中国的贡献很大，积极性很高，政府充分支持。迄今，中国一直按时按规格需求交付创新型的特定组件。所以，中国是ITER项目建设真正的典范。”

“显然，目前世界获得能源的方式是不可持续的。”比戈说，“我们需要有创新性的替代技术，为世界提供巨大、可预测且可持续的能源供应。现有新能源存在断续性和分散性等问题，而它（聚变能）正是新能源的补充。”

与目前的核电站通过原子核的裂变反应发电不同，ITER通过原子核的聚变反应产生能量。核聚变的特点是零碳排放、环境可持续，但释放的能量巨大，聚变燃料能提供1万吨煤炭提供的能量；聚变燃料可从海水中提取，几乎用之不尽；即便聚变反应受到干扰，反应堆也可安全

关闭，由于燃料用量很少，一次只要2到3克，也不用担心发生堆芯融化等事故。

比戈介绍说，ITER至2025年阶段的最新总预算为200亿欧元（约合236亿美元），迄今已用掉近一半的资金。作为总干事，比戈表示自己的主要任务就是让7个参与方齐心协力，按时交付各自负责建造的组件。“这就像一个乐高玩具，如果有一块积木少了，整个项目就要受阻。”

除美国之外的ITER的6个参与方现已同意在2018年年中之前承诺支持最新预算。比戈说：“但美国一直没有这么做，他们还需要更多的讨论，所以我来到华盛顿，准备会见一些高层官员，向他们解释50%进度完成的意义，争取获得一些支持，让美国能按时提供他们负责建造的组件。”

比戈承认：“如果美国没有按时提供资金……这会破坏整个项目，我们将无法在2025年完成建设任务。”他希望美国政府把ITER项目放在高优先级位置。



近日，前来广西北海市出席第九届北海教育周活动的联合国教科文组织协会世界联合会主席迪伦德拉·巴特纳吉和印度新德里普斯特林代尔学校校长生对北海市中等职业技术学校进行考察，了解感受“一带一路”文化城市学校非物质文化遗产教育成效。

李君光摄

西南政法大学成立人工智能法学院

新华社重庆12月7日电（记者柯高阳）机器人拥有人格权吗？无人驾驶汽车发生交通事故，应当由谁来承担责任？西南政法大学6日挂牌成立人工智能法学院，针对人工智能领域的法律和伦理问题进行研究。

“随着新技术的不断发展，人工智能将对包括法律行业在内的诸多领域带来革命性的影响。”西南政法大学校长付子堂表示，世界首个“机器人律师”已在美国上岗，现代法律体系必须应对人工智能所带来的新的风险，由此产生的诸多法律与伦理问题有待研究。

付子堂介绍，西南政法大学为此成立了人工智能法学院、人工智能法律研究院，同时联合科大讯飞等人工智能企业，成立讯飞语音语言联合实验室和3D视觉识别联合实验室，对人工智能时代法律人才的培养模式和新的技术问题等进行研究。