

力攻深空深海深地重大关键技术 ③



# 探索大地蕴藏的奥秘

本报记者 温宝臣



## 我国深部探测 历史回顾

我国最早的深部探测起于20世纪50年代,是科学家实施的柴达木盆地地震剖面,后来在华北地区进行过深地震反射剖面试验。上世纪90年代初以来,经过多次国际合作掌握了深地震反射剖面 and 宽频地震观测技术。目前,我国地球物理学家,已在喜马拉雅山、秦岭、北祁连山、西昆仑山、天山、大别山等地区进行了深反射地震剖面探测,数据采集质量和处理解释已为国际同行认可,达到一流水准。其中,中美等合作的“青藏高原深地震探测”(INDEPTH,1992-2006)发现了印度地壳俯冲到亚洲地壳之下的精细结构和高原地壳中广布的流体引起举世瞩目。INDEPTH项目已经发展到第四阶段,参与的国家扩大到美、德、加,成为地球科学国际合作的典范。

“十五”期间,国土资源部设立了大型矿集区深部精细结构探测项目,目标是利用高分辨率反射地震、层析成像技术揭示大型矿集区的精细结构,从而寻找深部容矿层的分布,为寻找“第二成矿富集带”提供理论依据。在铜陵矿集区的试验结果表明,反射技术可以清晰地揭示出该地区的主要容矿层“五通组”(又称五通石英砂岩,时代属晚泥盆世,因五通山命名)的深部分布形态,层析成像技术可以有效揭示成矿岩体的空间形态。

“十一五”时期,我国深部探测迎来黄金发展时期。2006年1月,国务院发布《关于加强地质工作的决定》,其中明确提出“实施地壳探测工程,提高地球认知、资源勘查和灾害预警水平”,堪称中国地壳探测工程的转折点。2008年,中国“深部探测技术与实验研究”专项启动,中国正式加入“挺进地心”国家行列。

### 相关链接

#### 深部探测技术全面启动

2008年,作为国家地壳探测工程的培育性研究计划,“深部探测技术与实验研究”专项(简称深部探测专项—SinoProbe)在财政部、科技部的支持下全面启动。

该专项由国土资源部管理,中国科学院组织实施。深部探测专项的核心任务是:为“地壳探测工程”解决关键探测技术难点,研制深部探测关键仪器装备,集成深部探测技术方法,作好关键性技术准备。

专项围绕深部探测实验和示范设计了“两网、两区、四带、多点”的总体部署。“两网”即全国电磁参数标准网、全国地球化学基准网;“两区”即大华北综合探测实验区、华南综合探测实验区;“四带”即西秦岭中央造山带、青藏高原腹地、三江活动带、松辽油气盆地;“多点”即金川铜镍矿集区、罗布莎地槽探针(铬铁矿矿集区)、腾冲火山、大巴山前陆等。

据了解,专项设立九大项目,包括大陆电磁参数标准网实验研究、深部探测技术实验与集成、深部矿产资源立体探测及试验研究、地壳全元素探测技术与试验示范、大陆科学钻探选址与钻探试验、地应力测量与监测技术实验研究、岩石圈三维结构与动力学数值模拟、深部探测综合集成与数据管理以及深部探测关键仪器装备研制与实验。

#### 深钻装备研制进入新阶段



2011年中国首台万米大陆科学钻探钻机竣工仪式,标志着我国深部科学钻探装备研制进入新的发展阶段。据中国科学院院士李廷栋介绍,万米钻将在松辽盆地执行设计为亚洲最深的“松科2井”的科学钻探任务。

科学钻探是获取地球深部物质,了解地球内部信息最直接、最有效和最可靠的方法,是地球科学发展不可缺少的重要支撑,也是解决人类社会面临的重要资源、能源、环境等重大问题不可缺少的重要技术手段,被誉为人类的“入地望远镜”。目前全球仅有前苏联的“科拉超级钻探”达到过1.2万米以下的深度。

本版编辑 陈建辉 殷立春

### 资源勘查

#### 走向深部成必然

2011年7月,科技部公布“十二五”科学和技术发展规划,强调了对深海、深地、深空,以及南极、北极、青藏高原这“三深”、“三极”的科学考察,并提到了“中国发展的战略空间”的高度。随着“蛟龙”入海和神州系列飞船的上天,公众对深海和深空有了基本的了解。那么,究竟什么是深地?

“我们所谈‘深地’和‘深部’概念基本可以重合,但究竟多深才算是深地,不可一概而论。从地球认知的角度,地表以下的部分都可以叫深地。从金属矿产资源的角度,1000米至5000米就可以算作深部,而在石油天然气开采方面的深地大约在8000米至地下万米。地球物理学谈论的深地涉及的部分更广,从5000米到地心都可以算作深地。”中国地质科学院深部探测研究中心主任陈宣华解释。

实际的深地研究主要集中在地壳部分(地壳平均厚度35公里),这一层主要由坚硬的岩石组成。近年的钻探结果表明,在深达3公里以下时,每深入100米温度升高2.5℃,到11公里深处温度已达200℃甚至更高。既然,地质条件如此复杂,那么我们为什么还要进行深地科学考察?

“深部探测的原因很多,但首要的是国家的资源保障问题。我国已经进入资源能源高速消耗期,国家经济发展和建成小康社会都需要能源的支撑。”“深部探测技术与实验研究”专项技术负责人、中国科学院院士李廷栋告诉记者。来自工信部数据显示,2012年进口原油2.85亿吨,对外依存度达到了58.7%,已经超过50%的能源预警线。此外,中国铁矿石的进口数量也呈现逐年攀升的趋势。能源安全成为制约我国经济可持续发展的最大瓶颈,而地表或浅层矿产发现的机会越来越小,资源勘查走向深部成为必然。

“汶川地震和玉树地震给百姓带来巨大的生命和财产损失,教训惨痛。地质灾害的频发要求深部探测揭示地质灾害成灾机理和过程,为高精度的预警预报提供理论依据。”李廷栋补充说,“目前我们对地下空间的利用仅仅在地铁、停车场等层面,未来我们很可能在北京、上海等土地资源稀缺的特大城市中见到‘地下城’。另外,核废料等放射性物质的存储也需要开拓地下空间,这些想法的实现必须通过深部探测为其提供地质理论的依据。”

资源短缺凸显,地质灾害频发等诸多因素,使开展深部探测工程诉求日益强烈。



自2008年开始,中国“深部探测技术与实验研究”专项启动,揭开中国入地计划的序幕。专项自实施以来,完成了青藏高原、华南—中央造山带、华北和东北等四条超深地深地深地剖面,在我国东部长江中下游和南岭成矿带开展的矿集区立体探测卓有成效。(资料图片)

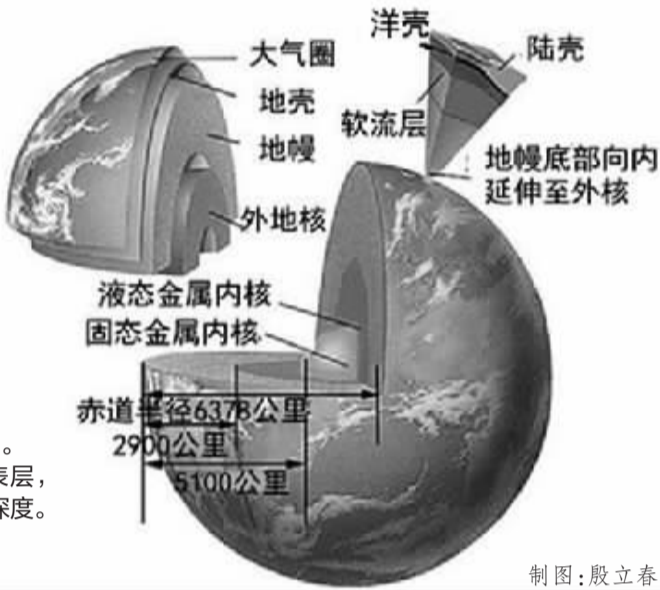
1864年科幻小说作家凡尔纳发表科幻小说《地心游记》,描写了黎登布洛克教授三人按照前人的指引,由冰岛的斯奈弗火山口下降,经过三个月的旅行,历尽苦难,最后由于岩流的冲击,又从中海西西里北部的斯多伦波利岛上的一个火山口回到了地面的故事。如今,随着各国对地球深部探测,人类对地球内部的了解将从科幻小说逐渐走向现实。

地球深部既是重要的战略空间,又蕴含着丰富的资源,还是

重大地质灾害的策源地。我国国土面积辽阔,其深部情况不得而知。2011年7月公布的中国“十二五”科学和技术发展规划中,强调了对“三深”、“三极”的科学考察。科技部部长万钢在1月19日举行的全国科技工作会议上表示,2013年将力攻深空、深海、深地等领域的重大关键技术,不断拓展中国发展的战略空间。“深地”概念逐渐走入公众视野。2008年开始,我国“深部探测技术与实验研究”专项启动,揭开了中国挺进地心的序幕。



科学钻探被誉为人类的“入地望远镜”。目前,全球深部钻探还停留在地球表层,最深的记录是由前苏联创造的12千米的深度。人类走向地心尚待时日……



制图:殷立春

### 国际竞争

#### 深入地下显身手

早在20世纪七八十年代,国际社会就开始了地球深部的探测。以美国20世纪70年代开始的大陆反射地震探测计划COCORP(The Consortium for Continental Reflection Profiling)为标志,各国以地壳和岩石圈结构为目标的探测行动至今已持续40余年。

COCORP是美国于20世纪70年代末运用多道地震反射剖面技术系统探测大陆地壳结构的先锋。COCORP将石油勘探的近垂直反射地震技术发展至穿透地壳甚至岩石圈的深地震反射技术,在深度和精度上达到了前所未有的程度,开辟了探测地球深部的新纪元,首次揭示出北美地壳

的精细结构,并在落基山等造山带下发现一系列油田。COCORP的成功带动了20多个国家的深地震探测计划。地球透视镜计划(Earth Scope)是美国继COCORP计划之后的第二轮地球探测计划,将对北美大陆地区的地球构造、地质演化进行全方位地研究。

欧洲各国联合开展“欧洲探测计划”,完成了横穿欧洲的地学断面,通过横穿阿尔卑斯造山带深地震反射剖面,建立了碰撞造山理论和薄皮构造理论。

加拿大1984年-2003年岩石圈探测计划(LITHOPROBE)证实了30亿年前即发生与板块构造有关的地质作用,对古老

岩石圈板块碰撞和新地壳形成过程进行了重大修正,揭示了若干大型矿集区的深部控矿构造的反射影像,使加拿大的地球科学研究走在了世界的前列。

澳大利亚实施国家四维地球动力学探测计划(AGCRC,1992-2000)和“玻璃地球”计划,在研究岩石圈结构的同时开展了成矿带地壳精细结构探测,为研究成矿理论和资源评价提供了强大的技术支撑。

由此可以看出,科学技术发展到今天,已经远远超出了地球表面这薄薄的一层。深部探测使加拿大和澳大利亚在最近20年来始终保持着世界资源勘探大国的地位。国际经验表明,要了解地球结构与组成,建立地球动力学,实现成矿理论的创新,查明油气储藏与矿产资源的赋存规律和地质灾害发生机制,必须从深部地质着手,对整个岩石圈进行不同层次探测。

### 后来居上

#### 我国加快深部探测

李廷栋告诉记者,“与国外相比,我国的深部探测起步比较晚。过去我国结合矿产资源勘探、地震预防等做了一些探测研究,但大都零零散散,不够系统,因此技术和成果比较落后。”

要获得地球深部的精细结构,国际上一般采用深反射地震,用人工地下“放炮”来模拟“地震波”,通过追踪岩石圈和断层对“震波”的不同反射信号,了解数十公里地下的结构,相当于给地球深层做一个“CT”。有了“CT”,地壳的肌理就一清二楚了。这方面美国已经累计完成6万多公里的反射地震剖面,而我们国家在没开展深部探测之前还不到5000公里,差距之大可见一斑。

自2008年开始,中国“深部探测技术与实验研究”专项启动,揭开中国入地计划的序幕。这个耗资11亿,集合了12位院士、200多名研究员以及上千名科研人员的中国地壳深部探测工程,希望从深层次了解中国人关心的一系列重大问题:从我国三级阶地地貌成因到油气蕴藏、矿产分布,一

直到青藏高原的扩展还将在四川盆地产生何种地质变动。

专项自实施以来,完成了青藏高原、华南—中央造山带、华北和东北等四条超深地震反射剖面,在我国东部长江中下游和南岭成矿带开展的矿集区立体探测卓有成效。适应我国地质地貌条件和地壳—岩石圈结构特征,初步形成了具有不同层次、不同尺度、不同精度探测空间组合的深部探测技术方法体系;自主研发的关键深部探测仪器设备获得重大突破,建立了各具地质特色的探测试验基地,为下一步开展地壳探测工程的组织实施奠定了必要的技术基础。

“‘深部探测专项’是‘地壳探测工程’的培育性启动计划。”陈宣华告诉记者,“深部探测专项”将为“地壳探测工程”进行技术和人才准备,包括研制关键探测技术和装备,在关键地区进行试验。“‘深部探测专项’与‘地壳探测工程’在时间上顺延,研究内容一脉相承。”

李廷栋说:“地壳探测工程才是终极目

## 走向地质强国的机遇

□ 温宝臣

了油田,苏联在超深钻中发现了深部油气和矿化显示。尽管如此,相对人类太空探测行动和影响,人类对其所赖以生存的地球却是知之甚少。从目前的科技发展水平来看,解决人类资源环境的根本出路是立足地球本身,其他星球可能在相当长的时期还“爱莫能助”。联合国将2008年定为“国际行星地球年”,并战略的高度提出:进军我们最后的前沿——地下的物质与结构,呼吁加深对地

球深部的探测和认知。我国的深部探测起步晚,技术和成果至今相对落后。在地球深部资源探测方面,中国已有固体矿产勘探开采的深度大都小于500米。随着我国工业化、城镇化速度加快,对能源的需求急速增长,地表或浅层矿产发现的机会越来越小。现实迫切需要开辟能源与重要矿产资源的“第二矿带”。与此同时,我国地质条件复杂,是地质灾害的多发国。汶

川地震、玉树地震给人们带来的生命和财产损失巨大。开展深部研究,摸清地球的“脾气”和“禀性”,掌握它的脉搏和肌理,提高对地质灾害的高精度预报,最大限度地减少因灾害带来的损失,已经成为现实需求。因此,开展深部研究势在必行。

开展深部探测与科学群钻计划,是我国占据国际地球科学前沿、使中国从地质大国走向地质强国的机遇。

地球是目前人类惟一的生存家园,它为人类提供了生活所必需的粮食、水和各种能源资源。工业革命以来,人类对地球资源的开采利用以前所未有的速度增加,资源的可持续供应面临着严峻的考验。与此同时,火山喷发、地震和海啸等自然灾害也时刻威胁着人类的生存与发展。通过深部探测,了解地下的物质构成、结构和动力学过程,不仅是人类对自然奥秘的追求,更是人类获取资源、守护自身安全的基本需要。

从二十世纪七八十年代起,很多发达国家相继启动了深部探测计划,试图揭开地球的“隐私”,并获得了意想不到的发现。美国在落基山等造山带下发现