

通讯·资料

国际大陆科学钻探进展及我国的研究现状

杨天南 许志琴

(地质矿产部大陆科学钻探先行研究组,北京)

始于60年代的大洋钻探取得了举世瞩目的成就。其直接验证了板块构造理论,极大地推动了地球科学的发展。当地质学家们将该理论应用于大陆,以解决大陆动力学问题时却遇到了极大的困难,大陆的问题远比大洋复杂,因而到80年代,人们把更多的注意力投向大陆。而且,人类赖以生息的大陆与人类社会的生存与发展关系更为密切,大陆地质的复杂性决定一般的研究手段(地表地质及地球物理)很难弄清其动力学过程,大陆科学钻探应运而生。其一般在结晶岩中进行,要求全部取芯,全方位测试,因而难度极大。它不同于一般钻探,是集地球科学、管理科学、工程科学、经济学于一体的高科技系统工程。

1 大陆科学钻探取得的成就及发展趋势

1.1 大陆科学钻探30年

大陆科学钻探到现在已有30多年的历史,最早始于60年代的前苏联。60年代初,前苏联制定了“全苏地球深部研究及超深钻计划”,1960—1965年为计划准备阶段,1966年开始钻探,到80年代末共开工或完成18口钻井,其中科拉半岛SG-3号井为目前世界最深井(12262m)。前苏联的科学钻探侧重于基础地质及相关的资源与能源。

美国也是大陆科学钻探的最早发起国之一,早在60年代就提出过大陆钻探计划,但由于经费问题没能实施。1979年重新提出大陆钻探计划,并得到政府的支持。80年代中后期由23所大学成立“地球陆壳深部观测与取样组织(DOSECC)”。1985年该组织根

据科学家的建议提出一个包括29个孔位的大陆钻探计划,并开始逐步实施了9个项目,13个钻孔,共进尺13km。美国大陆科学钻探具如下特点:(1)初始计划宏大,但进展缓慢。(2)以浅钻为主,最大井深3.5km。(3)目的侧重于能源及地震、火山等灾害的防治。(4)与大陆动力学相匹配,重视综合研究。(5)受财政状况制约明显。

德国大陆科学钻探计划(KTB)始于1974年,1977—1985年为计划的立项、准备阶段(包括选址),1985年正式实施KTB计划。主孔于1994年10月12日终孔,井深9100m,井底温度280℃,是目前仅次于科拉超深井的世界第二深井。KTB虽然起步较晚,但成果卓著,几乎所有德国人均为此自豪。目前德国正与美国一起扮演着世界大陆科学钻探领导者的角色,KTB的技术将成为未来大陆科学钻探的依托。

法国、瑞典、加拿大、奥地利、瑞士、捷克和斯洛伐克、英国等也先后开展过一些大陆科学钻探活动(图1为大陆科学钻探分布图)。日本作为多地震的岛国,也已跃跃欲试,正积极开展科学钻探的前期准备工作。

1.2 大陆科学钻探的巨大意义及已取得的成就

30多年的大陆科学钻探实践取得了丰硕的成果,极大地改变了人们的认识,主要表现在:

(1)重新认识地壳结构、检验当代地学理论。目前几乎所有地壳结构模型都是建立在地球物理资料的基础之上,而且地球物理方法仍是认识深部的主要手段,因而地球物理资料的地质解释是否准确成了关键。令人遗憾的是,凡是地表地质及地球物理资料确定的、超过1500m的即定目标均未得到钻探的证实,

注:本文为地质矿产部大陆科学钻探先行研究项目的部分成果综述。

本文1995年4月收到,7月改回,郝梓国编辑。

如前苏联的科拉深钻、克里沃罗格深钻及萨阿特累深钻均未发现地球物理标定的界限或与之不符。这种情况对地球物理提出了严重挑战,如果将地球物理探测与科学钻探相结合,两种资料互相验证将大大提高地球物理资料地质解释的准确性。

科拉深钻前,人们认为大陆地壳与海洋地壳一样具双层结构,科拉深钻便选在上层地壳较浅部位开钻,但到目前超过预测深度 5km 的 12262m 深处仍未

发现划分上下地壳的康拉德面;德国 KTB 否定了地表地质推测的水平状构造,发现 8km 以下仍与上部一样含大量含矿热卤水,并证实地下深处仍有强磁场,从而对“居里面”的深度及成因提出质疑,发现钻孔底部是流动的软岩层;瑞典发现原先推测的水平状断裂为水平岩床,在这些新发现面前,德国科学家称,现行的教科书应该重写。

(2)探究岩石圈动力学及演化过程,如岩石圈中

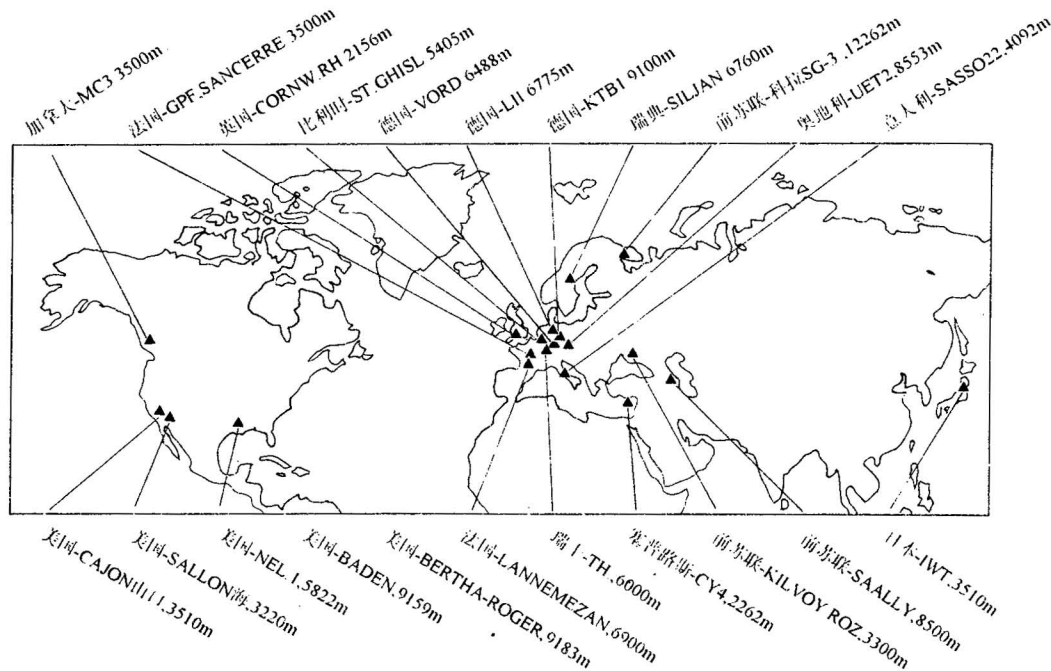


图 1 世界大陆科学钻探分布图

Fig. 1 Distribution map of global continental scientific drilling sites

的应力分布、应力来源,各类地质单元(造山带,加积楔,前、后陆盆地,盆-山体系,外来地体,隆升-伸展构造,大型滑脱构造等)的形成及动力学过程。

(3)了解地下深部化学作用、物理作用过程,为人类解决当前面临的矿产资源短缺、能源危机、环境保护、灾害防治等问题提供全新的地学知识。现代地球科学发展已届上百年,但人们对地质作用的很多过程仍知之甚少,如矿产的形成过程、地震的发震机理、火山爆发的控制因素、盆地的形成过程及碳氢化合物的生成与迁移、地下岩石圈中流体的分布及对各种地质作用过程的影响及地质过程对环境的制约等。这些问题的解决将极大地提高人类对地球的认识,从而加快

合理利用地球资源,提高预防灾害及环境恶化的能力。而这些问题的解决,离开科学钻探是不可能的。前苏联、德国、美国的科学钻探在这方面取得了突出的成果。如前苏联在科拉深钻中研究了矿化作用;德国的 KTB 研究了地壳中的流体;美国在地震应力分布、火山机制、盆地成因等方面取得了重大成果。

(4)科学钻探对其他学科的发展也将起到极大的推进作用,其中对生命科学的影响最大。一般认为,地表岩石的浅部,即植物根部为生物圈的底界,向下不会延伸很大。但目前科学钻探已证实,在地下 2—3km 深处,200—300℃ 条件下仍有生物存在。美国及前苏联的钻井中已发现这种微生物,这就为生命科学提出

了很多问题:生物圈的底界究竟在哪里?这些微生物对生命的起源及演化有什么意义?其对人类疾病有什么影响等。另外,对物理学、化学等也将产生很大的影响,众所周知,一般的物理学、化学仅研究特定条件下的作用过程,深部钻探揭示的物理、化学过程将大大拓展两学科的研究范畴。科学钻探还能丰富人们对气候变化的认识,世界科学钻探的实践雄辩地说明了这点。

(5)科学钻探除了具科学意义外,还有很大的经济意义。科拉超深钻已在钻孔中发现铜镍矿,据称开采可收回全部深钻投资。乌克兰的深钻在钻孔中发现无机成因石油,为深部能源的开发创造了前景。美国已在利用科学钻探开发干热岩能源。另外科学钻孔还可作为核废料的储存地及高温、高压合成实验舱,瑞典在该方面作出了成就。

(6)科学钻探还能推动钻探及相关技术的发展。科学钻探要求极高的钻探技术,如高强度钻杆、钻头、钻进的防斜、纠斜技术、不提钻绳索取芯技术、高性能、多用途、不污染样品的钻井液等。同时,科学钻探对随钻测井技术也是个挑战,测井仪的尺寸、抗恶劣条件的性能、测井数据的传送与处理等都需研制开发。另外,科学钻探也能促进计算机技术的发展,德国的 KTB 技术就是明证。

(7)建立大陆动力学实验室。大陆科学钻探并非一孔之见,可据此建成野外实验室,对地球动力学过程进行长期、动态的观测。

总之,大陆科学钻探不仅仅研究岩石圈,还研究水圈、生物圈,不仅涉及了地质科学,还涉及了生物学、物理学及化学,不单了解过去,还需观测现在,探索未来。

1.3 大陆科学钻探的发展趋势

正是由于如上的重大意义,科学钻探已引起越来越多的重视,同样由于其高技术要求及高投入,大陆科学钻探无可争议地成了高科技大科学工程,世界经济合作与发展组织(OECD)发起的大科学论坛将大陆科学钻探列为继航天之后的第二大主题。1993年在德国波斯坦召开的大陆科学钻探暨管理者会议上,与会科学家发起成立国际大陆科学钻探计划的倡议,我国为八大筹备国之一,目前已有越来越多的国家加入到大陆科学钻探的行列中来。大陆科学钻探正步入国际大合作的时代。

2 我国大陆科学钻探的研究现状

在国际大陆科学钻探蓬勃发展的情况下,地质矿

产部科技司于1991年组织专家开展中国大陆科学钻探先行研究,经过三年的系统研究,取得了很大进展:系统了解了国际大陆科学钻探的现状及进展、取得的重大成就,以为我用;了解了先进国家的科学钻探技术;论证了我国开展大陆科学钻探的必要性及可行性;系统评估了我国的钻探技术、测井技术及实验测试技术;开展了选址预研究,确定了选址原则及部分地区为预选地并论述了可能的科学意义;探讨了我国开展大陆科学钻探研究的战略原则及组织形式等。

国家科委于1995年5月组织了一次基于大陆科学钻探先行研究成果的、以大陆动力学及大陆科学钻探为主题的科学讨论会,与会科学家经过热烈讨论,对大陆动力学及大陆科学钻探取得了共识,根据大陆科学钻探先行研究结果及科学会议结论,我们取得的主要认识如下:

2.1 我国开展大陆科学钻探的必要性及可行性

大陆科学钻探的主要目的是为下一世纪准备有关大陆动力学的知识,为解决目前面临日益严重的矿产资源、能源、环境保护、灾害预防服务。我国是地质大国,但同样也面临着能源、资源、环境、减灾等社会问题,这些问题的解决有赖于人们对地球动力学的认识,大陆科学钻探是加深地球动力学认识必不可少的工具。在我国开展大陆科学钻探不单是必要的,而且应加紧实施。

大陆科学钻探先行研究组织钻探及测井、测试专家对我国的技术现状进行了论证,认为我国实施5000m以浅的科学钻探不存在钻探技术问题,我国现有的测井技术尚难符合要求,但经过引进与改进,可以研制出符合要求的测井技术。至于实验室技术,则需要统一调配与管理,我国现有的实验室设备已基本能满足要求。因而,我国近期开展5000m以浅的科学钻探是完全可行的。

2.2 关于战略原则

考虑到我国的国情及世界大陆科学钻探的经验,宜采取先浅后深,循序渐进的原则,近期目标在2005年前施行5000m以下的科学钻探,争取2020年前实施超过10000m的超深钻。

2.3 关于我国大陆科学钻探的初步选址

大陆科学钻探先行研究组织地学专家举行了两次研讨会,并根据专家们的意见提出10大选址,其位置及可能的意义如表1所示。

对于近期目标,我们趋向于将胶南-大别造山带作为优先选区,理由在于该区为世界第三大柯石英发

现区,其超高压带的规模世所罕见,已引起广泛关注, 高原,该区号称世界第三极,具有复杂的地质演化过程,堪称世界陆陆碰撞造山带的精华,为研究大陆动力学提供了极好的场所,进行科学钻探意义是显而易见的。这两个地区均受世人瞩目,是研究大陆动力学的极好的野外实验室。

表 1 中国大陆科学钻探初步选区

Table 1 Initial selected regions for Chinese continental drilling

序 号	选 区	科 学 意 义
1	京津唐张地区	中国最古老陆核,地震监测与预报
2	胶 南	元古代结合带,超高压变质带,郯庐断裂,多金属矿产
3	大 别	古老变质基底,超高压变质带
4	三 峡	危险地质作用,生态环境及扬子板块基底
5	东秦岭(南阳盆地西缘)	中国南北板块结合带
6	四川龙门山	前陆逆冲带,薄皮构造,石油
7	四川攀西	古裂谷、地震带、多金属矿产
8	甘肃金川	多金属矿产
9	山东胶北	金矿
10	江南古陆东侧	南中国板块基底,中国东部大陆增生,太平洋边缘构造演化
11	青藏高原	前陆逆冲叠覆构造,地热及隆升机制
12	阿尔金山	大规模走滑断裂,岩石圈剪切作用与青藏高原增生关系等

=====