

进军万米深地：“地下珠峰”探宝藏



上天、入地、下海、登极是人类认识和探索自然的四大壮举。我国“深空”已实现航天器登月，“深海”已有载人潜水器抵达海洋最深处，登极也早已实现。那么，向“深地”进军意味着什么？我们为什么要到万米深的地下找油？怎样才能发现地层深处的油气资源？如何顺利把它们开采出来？

记者 于梅君

1 寻油找气

为啥要向深地进军

近年来，我国不断向地球深部进军，多次刷新“深地”开发纪录。

11月15日，在新疆塔里木盆地，中石化“深地一号”跃进3-3井，经过177天钻探，井深达到9432米，刷新亚洲最深井纪录。

地下9432米是什么概念？如果在地面，步行两小时可达到；如果垂直向上，比珠峰还高600多米；如果在海底，可贯穿大部分海洋地区。向地底钻探9000多米，需要穿越新近系、古近系、白垩系等9个地层。

作为入地的重要手段之一，钻井被视为深入地球内部的“望远镜”。按照国际通常标准，钻深4500米—6000米的井为深井，钻深6000米—9000米的井为超深井，超过9000米的井为特深井。

如果把地球的构造想象成鸭蛋，地壳就相当于一层薄薄的蛋壳，平均厚度33公里。目前人类探索地球的最深记录，是上世纪末前苏联在科拉半岛上掘出的12262米深井。但与6000多公里的地球半径相比，这点距离就好比在地球表皮上凿了个小坑，连“蛋壳”都没钻破。

油气勘探为啥要向地球深部进军？近年来，世界新增油气储量60%来自深部地层。深层、超深层也成为我国油气发现的主阵地，我国深层、超深层油气资源达671亿吨油当量，占全国油气资源总量的34%。

以塔里木盆地为例，这里是我国最大的内陆含油气盆地，仅埋深在6000至10000米的石油和天然气资源，就分别占总量的83.2%和63.9%，勘探潜力巨大。在其腹地的塔克拉玛干沙漠，深度超8000米的钻井目前有120口，6000米以上深井有1700多口，占全国超深井数量的80%以上，油气产量占比超过52%。

中国工程院院士郭旭升表示，“富煤贫油少气”是我国能源发展的现状。目前，化石能源仍是经济社会发展的重要资源，而我国83%的深地油气仍有待探明开发，向深地进军，是保障国家能源安全的必然选择。

2 如何“看见”

深埋地下的宝藏

在地下埋藏数千米的岩层，与地面岩层一样，有的像大山有的像平原，油气可能赋存在不同类型的圈层中，如何知道它们是否含有宝藏？

中石化西北油田工程技术管理部经理刘湘华介绍，物探是油气勘探开发的第一步。所谓物探，就是给地球做高清CT扫描，需要在目标区块设计一张大网，在不同网点制造高精度、可控的人造地震波，精准探测地下油气储层的位置、形状等，如果没有物探技术，就无法寻找油气，钻井便没有具体目标。

以顺北油气田为例，它位于塔克拉玛干沙漠腹地，地震波从出发到返回，要两次穿过像棉被一样的巨厚沙层，传播距离超过两万米，采集数据通常杂乱无章。科研团队经过大量实验和模拟数据，创新弱信号恢复技术，恢复了超深层地震信号，让千变万化的地下世界清晰呈现在眼前。

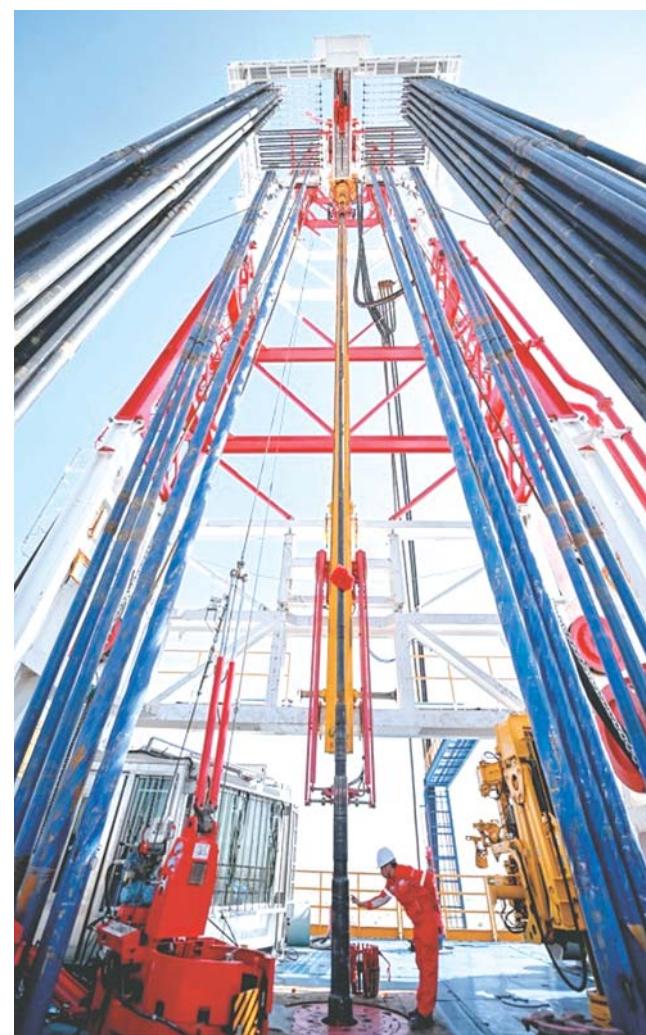
另一个难题是超深层装油的“房间”上面，有多期次的火山喷出岩浆，形成500米至700米厚的火成岩，地震波穿越火成岩时，发生了干涉现象，回到接收器后，形成复杂的信息。

科研团队通过建立地层和断裂带的数据模型，剔除杂乱无章的信号，将超深层的断裂识别精度，从30米提高到15米，从而得到地下真实的影像，相当于有了更先进的探地“望远镜”，不仅能看清深不可测的“地下珠峰”，而且影像十分“高清”。

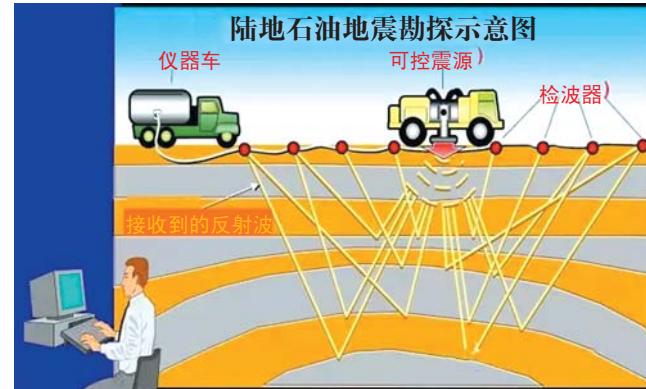
从找油到采油，如何高精度钻探？这离不开两大技术，一个是物探，就相当于千里眼、顺风耳，另一个是像“贪吃蛇”一样的高精度随钻技术，可以“指哪打哪”。

中石化西北油田石油工程技术研究院院长刘练介绍，首先要用物探技术建立一个地层的数字平行空间。通过随钻仪器定位，钻头钻到哪里，科研团队就要在这个地层的“元宇宙”中标识出来，相当于钻头在数据地图中的导航系统。在黑暗的地下世界，如果钻头偏离位置，需要“导航系统”重新规划轨迹，帮助钻头钻至油气藏。

此外，科研人员采用高温石英、钛合金等航天耐高温材料，研发出国内首套抗温200℃、耐压207兆帕的高精度随钻测量仪器，实现了地下近万米深度“指哪打哪”，地质靶点命中率达到100%。



在塔里木盆地，“深地塔科1井”开钻，开启我国“万米深井”时代的序幕。



探索发现

岩芯：开启资源宝藏的“金钥匙”

“深地川科1井”的开钻，还带着一项重要的科研任务，那就是在地下万米获取岩芯。岩芯是一种通过特殊钻井工艺，从井下钻取出的岩石样品。

在西南地区最大的岩芯库岩芯样本中，有些岩石形成于几亿年甚至几十亿年前，若想真正了解地下油气特征，这是最直观、最实际的数据。这个建于2003年的岩芯库，库内10列钢质货架的8320个货位，可存放岩芯近20万米。

中国石油西南油气田勘探开发研究院分析实验中心主任王丽介绍，目前，库内存放岩芯1395口井，总长约7.68万米，相当于8座珠穆朗玛峰的高度，这7万米岩芯，就是最直观、最宝贵的第一手资料。我们的油气就储存在这地下几千米的岩芯中，就像一座巨大的地质资料“藏经阁”。

岩芯忠实地反映地质构造，通过对不同地域、不同地层中岩芯样本的分析，最终找到油气的踪影，如同“穿地镜”，让人们通过它而望穿地下千米地层。

王丽介绍，岩芯能真实反映地下地层的时代，了解油气层的开采状况，就像开钻的“川科1井”，它的井深将达到10520米，取出的岩芯，将对四川盆地的地质勘探开发起到巨大的支撑作用。

3 地下10000米： 充满困难的数字

俗话说，上天难，入地更难。可能有人不解，所谓“入地”，不就是往地下挖吗，这有什么难的？其实，说起来简单，做起来却很难。

首先，地球表面有坚硬的岩石阻隔，要持续向下开凿，需要消耗巨大的人力物力。其次是温度，钻探深度每下降100米，温度就会升高1-3摄氏度，这对于挖掘设备的破坏是十分严重的。最后是压力，地壳深部的岩层会受到四面八方各种压力。当钻探深入地下取出岩芯后，形成的钻孔很容易受到周围压力作用，从而垮塌、变形，让之前的努力付诸东流。

从地面到万米地下，其间更要跨越“万重山”，面临高压、高温和狭小空间的核心难题。我国目前已钻出多口9000米深井，那么，从9000米到10000米，究竟还有多远？

中国工程院院士罗平亚表示，从9000米到10000米，虽然距离只有十分之一的增加，但这是一个质的变化，在技术上更需要质的进步。入地万米，不仅要承受200℃的高温，1700倍于大气压的高压等挑战，还将面对井漏、卡钻、地层垮塌等困难，每前进1米，钻探难度都呈几何级数增加。

以科拉半岛钻探为例，从1970年开凿，到1983年就已达到了12000米。但是，从12000米到12262米，短短的262米却耗时整整十年。纵观历史，人类花了将近4000年时间，深入地球内部的距离还不到地球半径的2‰。

4 我国51天内 连续开钻两口万米深井

四川盆地和塔里木盆地是我国两个最丰富的深层油气盆地，在四川盆地，更有超八成以上的石油埋藏在6000米以下的超深地层。

今年5月30日，在新疆塔里木盆地，“深地塔科1井”开钻，设计深度为1.11万米，奏响了我国开启“万米深井”时代的序幕。

7月20日上午，四川盆地第一口万米深井——“深地川科1井”，在四川广元市剑阁县开钻，设计井深10520米。

仅隔51天，我国连续开钻两口万米深井，面临哪些困难？又能为我们带来哪些收获？

“深地塔科1井”位于塔克拉玛干沙漠腹地，经过几亿年地壳运动，塔里木盆地的地层变得支离破碎，其构造被地质学家比作“一摞盘子摔碎了，又被踢了几脚”；入地万米，将面对超过200℃的高温、1700倍大气压的高压。极端环境中，钻杆“像面条一样柔软”，其表面压力，相当于“在指甲盖上站了一头大象”。

“深地塔科1井”使用的钻机，是我国自主研制的、全球首台12000米特深井自动化钻机，载重提升能力由三四百吨提高到最大900吨，相当于同时吊起150头成年大象。设计钻井周期为457天，将成为全球第二口陆上垂深超万米的井，也将创造全球万米深井钻探用时最快纪录。

而设计井深达10520米的“深地川科1井”，要穿越25套地层，最极端时还要面对138兆帕压力的冲击——相当于在指甲盖上停着一辆1.3吨重的汽车。这也是全球难度最大、四川盆地第一口万米科探井。

为什么要再上青天的四川盆地开辟一条“地下新蜀道”？专家介绍，随着多年来持续大规模勘探开发，四川盆地浅层、难度小的层系已相应开发完善。如果在8000米、9000米地层仍找到大规模油气藏，那么以后就可以在四川盆地超深层进行大胆勘探。

万米地下究竟有什么？万米之下气的组分是什么？水的组成是什么？地质会发生什么变化？这是人类需要共同探索的秘密。

与普通油气井不同的是，“塔科1井”和“川科1井”这两口万米深井，除了寻找油气资源，还肩负着探索6亿年前地球演化、生命起源和气候变迁等重任，向深地进军，探索地球奥秘，成为科学发展的必然趋势。

正如中国石油西南油气田公司勘探事业部副经理丁伟所说，“实施万米深地探索工程，是比肩探月工程的‘国之重器’。”