

走近“松科二井”的“挖石探秘”

在中国的东北部，肥沃的黑土地绵延于此，一片广袤的平原——松辽盆地静卧在大小兴安岭和长白山脉的怀抱中，一座钻塔巍峨地矗立，高耸入云。伴随着机器的轰鸣声，这座亚洲国家组织实施的最深大陆科学钻井，攻克了长程取心、大口径取心技术和超高温钻井等重大技术难题，创造了深部钻探技术的四项世界纪录和两项重大突破，一米一米地向地球深部进军。



作为一个极不均匀和复杂的球体，要想在地球内部钻眼“挖石探秘”并非易事，对于已经完钻井深达 7018 米的超深井——“松科二井”来说，既要做到保证钻的井眼不能坍塌和崩裂，也要保证取出的深部岩心完好无缺，这是一件难度更大的事情。面对如此多的工程难点，使得“松科二井”的超深孔钻探技术和配套的钻探机具都面临着严峻的考验。

独辟蹊径，攻克技术难点

作为我国首例超 7000 米深的科学钻探工程，“松科二井”面临的挑战是在大直径井眼中高效钻进，如何创新超深井钻探技术成为重中

之重。

采用国内首创的大直径同径取心钻探工具，“松科二井”直接钻进一个大井眼，一次钻进至设计井眼直径，攻克了大直径取心钻头破碎岩石和粗大岩心抓取、携带出井等关键技术。如此一来，既省去了传统的“小径取心，大径扩孔”过程中的很多工序，避免了“小井眼到大井眼”钻进中的很多风险，也节约了大量的生产物资，获取的岩心样品实物量也比设计的多了 5 倍。



超大直径岩心

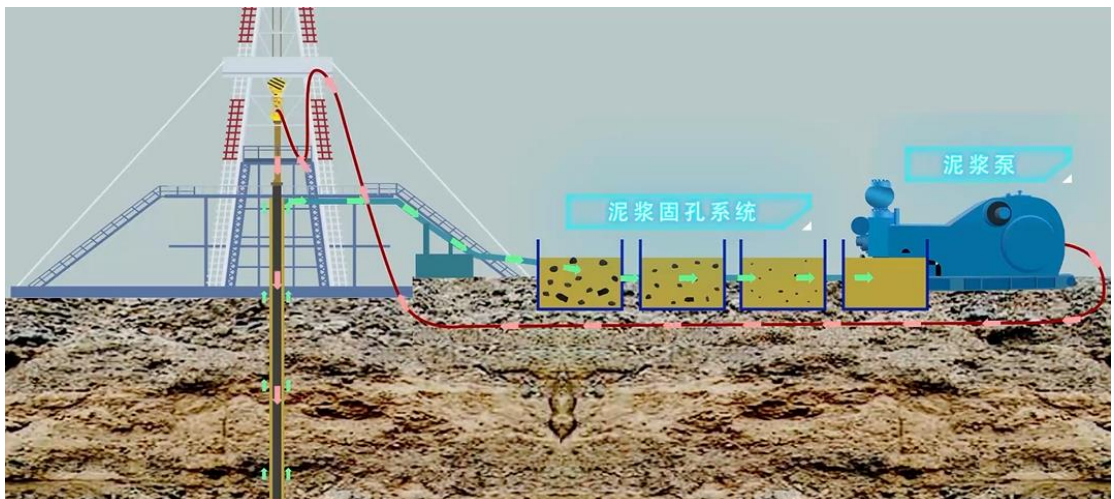
如何在取心技术上创新才能实现事半功倍的效果？在科学家们通过多次试验和技术的攻关后，最终在长钻程技术上实现了突破，把“松科二井”每次可连续的钻进深度从 10 米、20 米扩展到 30 米，并在 $\Phi 311\text{mm}$ 井段一次取心钻进深度超过了 30 米，创造了该领域的

世界纪录，随后又在 $\Phi 216\text{mm}$ 井段一次连续取心的钻进深度达到 41.69 米，再次刷新了世界纪录。创新性地应用长钻程技术，不仅减小了工人的劳动强度，压缩了钻井施工周期，而且极大地节约了综合成本，更为以后的超深井工程开辟了新技术支撑。

同时，为了保证大直径岩心出井后能够被完整地 从岩心筒中取出，“松科二井”的科学团队利用水力出岩心技术与工程现场的液压拆装台架辅助的机械出心技术，保证了近 4100 多米岩心完整、原状出筒，为地学研究提供了一套优质丰富的岩心实物资料。

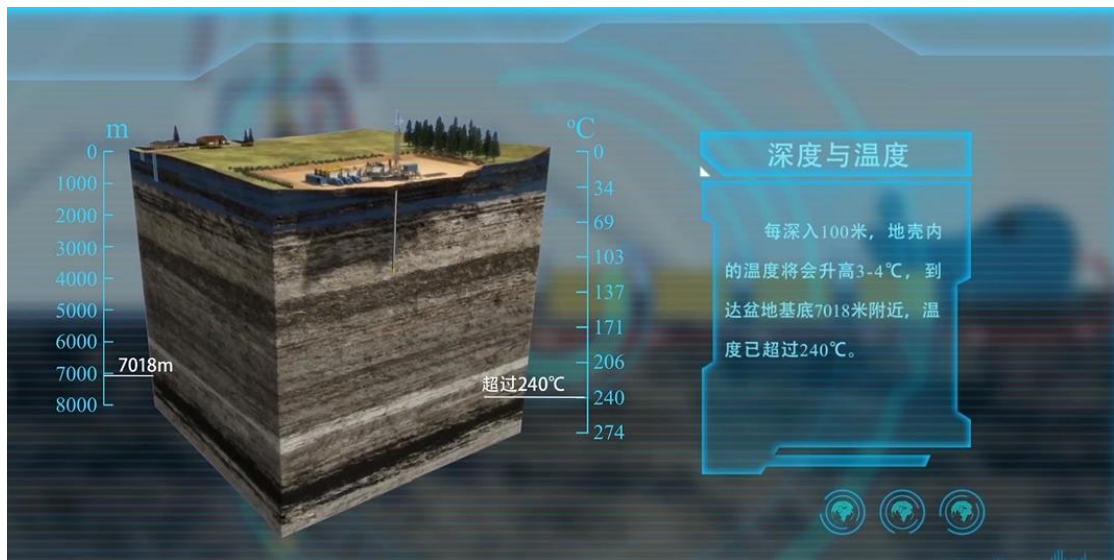
创新“泥浆”配方，在高温中继续“凶猛”

“松科二井”完钻井深达 7018 米，在超深井向下连续钻进过程中，既要保证上部井眼完好且不坍塌，也要让钻头“咬碎”的岩渣从井底顺利排出，还要保证高速转动的钻头不会因为发热而提前报废，这些都得依靠“泥浆”即钻井液来实现，它就像人的血液一样，在钻眼过程中从地面到井眼最底部不停的循环、净化，传递水动力、冷却并润滑钻具，携带和悬浮岩屑，维护井眼周围井壁的稳定。



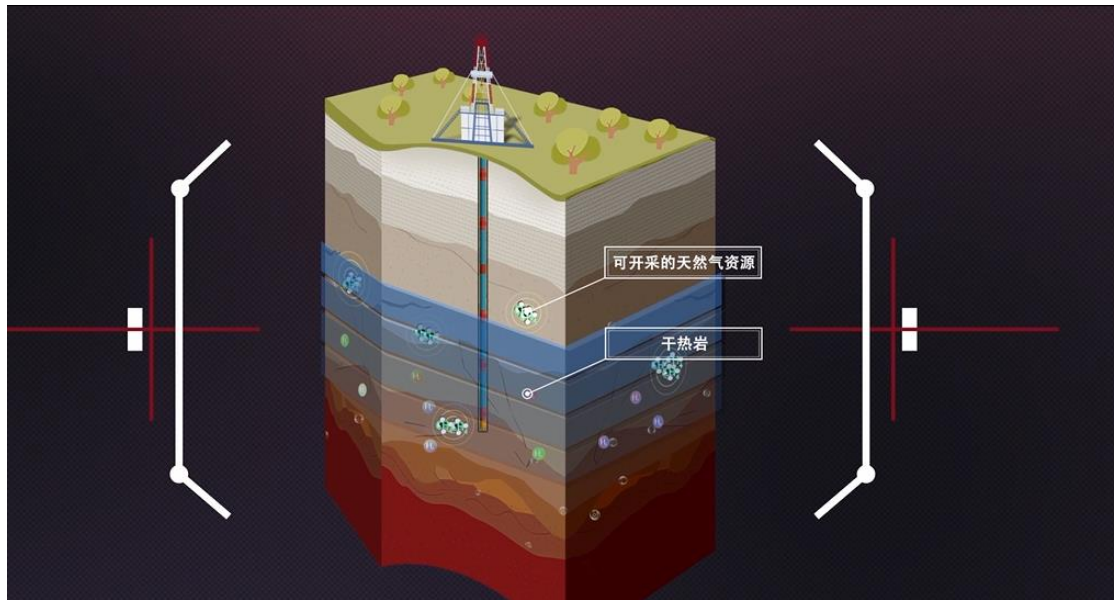
在钻进的过程中，钻井越深，温度越高，钻井液的技术难度越大。

“松科二井”每往下钻进 100 米，温度会升高 3—4℃，钻到孔底的时候温度已超过 240℃，通过反复的研究和实验，科学家们研发出的新型钻井液配方，经受住了井底 240℃以上温度的考验，刷新了我国应用的最高温度记录。



探寻干热岩，接受来自“母亲”的温暖

在“松科二井”钻探的过程中，证实了松辽盆地深部凹陷带沙河子组和火石岭组（3350 米以深）地层中存在有利的页岩气层系，完整地揭示了深部页岩气资源的潜力在地层 4400—7018 米的深度地层范围内，发现了 150℃—241℃高温干热岩体和两层高放射性异常岩层，热流值为 84 毫瓦/平方米，这一发现展示了松辽盆地良好的地热开发应用潜力。



目前对干热岩的开发利用主要是发电，利用干热岩发电技术可大幅降低温室效应和酸雨对环境的影响，且不受季节与气候制约。据科学家们的保守估计，地壳中的干热岩（通常指 3—10 km 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，若能开采出 2%，就相当于我国 2010 年全国一次性能耗总量（32.5 亿吨标煤）的 5300 倍。来自“松科二井”的发现，印证了我国干热岩地热资源的开发利用前景。

“松科二井”项目的推进，建立起我国地层对比的“金柱子”，创建了完整的松辽盆地陆相层标准剖面，为发展我国区域性和全球地层对比研究提供了重要的陆相“标尺”；同时，“松科二井”建立了松辽盆地演化新模式，揭示了松辽盆地深部地质构造特征，发现了古大洋板块俯冲、聚合的深部证据，构建了盆地早期基底双向汇聚、后期伸展反转的陆地盆地演化新机制，为松辽盆地成因再认识及深层油气勘探提供了理论指导。

从挖井探秘到万米科钻，人们对地球内部的好奇心有增无减，为

了揭开地球内部的神秘面纱，探索地心深处的万千奥秘，科学钻探的道路任重道远。但随着更多万米、超万米科学钻探等项目的深入推进，距离打开探索地球深部的通道会更加无阻，到那时，我们会更贴近地倾听地球母亲的“心跳”。

（曹龙龙 王稳石 王莉 郭俊丽）

联合出品：

中国地质调查局勘探技术研究所

中国地质调查局科普办公室（中国地质调查局地学文献中心）