

深地塔科 1 井如何攀越万米之巅

上天不易，入地更难。地下的万米之旅可谓举步维艰，每一米都是巨大挑战，每一米都像是在无人区里凿出一条路，难度如同“反向探月”。

从 2024 年 3 月 4 日钻至万米，到如今深地塔科 1 井成功钻至井深 10910 米，上篇“未完待续”的万米之旅的故事后续如何？近一公里的路为何走了 300 多天？万米“长征”为何如此难走？塔里木石油人经历了什么？又是如何破岩深入的？



突降的大雪让深地塔科 1 井披上了银装。

地质构造极其复杂

深地塔科 1 井地处荒无人烟的塔克拉玛干沙漠腹地，面临特殊地表、特殊岩性、特殊流体、特殊地质体、特殊温压场等“五特”挑战，从地质条件到自然环境都堪称世界级难题。

工程技术面临极限挑战

钻达万米之下，自上而下要穿透 12 套完整地层层序，面临超高

温、超高压、超重载，高应力、高研磨、高污染，多套压力系统、多种复杂岩性等“三超、三高、两多”极限挑战。

中国石油自主研制了万米深钻十大技术利器

自主研制了全球陆上首部 12000 米自动化钻机，是万米深钻的“动力引擎”，可轻松吊起 2 列动车组，自动化作业减少人工重体力劳动 80%。

创新形成地质工程一体化设计技术，作为深地塔科 1 井的“大脑”，科学设计出井身结构“四梁八柱”，首次揭示应力—弱面控制井壁稳定机理。

创新形成高强度钻杆及安全管控技术，这是连接地面和井下的“能量纽带”，安全高效将破岩能量传至万米深层。

自主研制了超硬复合片及高端钻头，这是破碎深地极硬岩石的“铁齿铜牙”，全力保障钻井提速。

创新形成超高温水基钻井液体系，为万米深井钻进循环提供优质“血液”，在处理井下复杂时发挥了关键性作用。

创新形成恶性井漏防治技术，这是钻井液漏失的“止血剂”，关键技术全面自主可控，井漏预测准确率 83%，在 10288 米深处一次堵漏成功。

自主研制了高强度取芯成套工具，成为打开地球深部奥秘之门的“金钥匙”，拥有完全自主知识产权，首次获取万米以深层岩芯。

自主研制了移动式井场岩样测量成像系统，第一时间给万米之下地层做“活检”，及时发现油气显示、快速识别储层。

自主研发了超高温超高压测井仪器，这是洞察万米深地的“火眼金睛”，全球首次取得垂深超万米地层合格测井资料。

创新形成超深井固井关键技术与装备，这是铸造万米深井的“铜墙铁壁”，全井段固井质量良好。

深地塔科1井五大工程纪录

全球尾管固井最深

全球电缆成像测井最深

全球陆上钻井突破万米最快

亚洲直井钻探最深

亚洲陆上取芯最深



塔里木油田地质人员共同讨论调整钻井液配比。

6000 米

井深超过 6000 米，正式进入了超深层钻探。

挑战：钻至 6000 米深，破碎的岩石体积达 400 立方米左右，重达 800 多吨，堆积起来如同一座小山。如何把它们从六七公里深的井下搬到地面上来？

克难：研发“高悬浮、高润滑、高触变”高效清洁钻井液，提升钻井液的挟砂和悬砂能力。较常规钻井液能更加有效地保证井眼清洁，实现井底无淤积沉砂。



塔里木油田施工人员进行下套管作业。

7000 米

钻机和工程技术能力需承载起深层钻工具的“千钧之重”。

挑战：在 7856 米处固井作业期间，工程面临裸眼井段长、井漏阻卡风险高、大钩载荷重、施工时间长等难题，对技术和操作水平都是考验。

克难：攻关形成超高吨位大尺寸长裸眼复杂地层套管安全下入技术、窄安全密度窗口长裸眼全封固井技术。2023 年 10 月，成功将直径为 273 毫米、长 7856 米、总浮重达 580 多吨的套管下入地下设计井深，创下我国同等大尺寸套管下入最深、套管下入吨位最大等多项纪录。



塔里木油田科研人员时刻关注井底岩屑等内容。

8000 米

超过 8000 米的深度，已经接近从地表到珠穆朗玛峰峰顶的距离。

挑战：井底温度超过 150 摄氏度，压力突破 100 兆帕，地层温度和压力超过部分常规钻井工具额定抗温抗压极限，发生井下井漏、溢流、易斜等风险也随之增加。

克难：通过地层实钻、测井等资料，对地层做“核磁共振”，依托伽马能谱等测录井新工具、新技术，实现现场综合录井随钻信息可

视化、掉块归位井段精准化、地质小层对比微观化，擦亮了探视下部地层温压、岩性、地质构造认识的“眼睛”。



在深地塔科1井，国产钻头与国外钻头同台竞技。

9000 米

井深超过 9000 米，就进入了特深层钻探，多种复杂岩性交错，研磨性极强。

挑战：地层软硬交错，有用手一搓就碎了的石膏岩，还有硬度仅次于金刚石的燧石，对钻头切削齿冲击的损伤非常严重。靠近地表的中浅层，一天最多能打 600 米，而在万米以深，棱角分明的钻头平均进尺不过 30 米，就会磨损得近乎光滑，极端情况下每天钻探进尺不过 10 米。

克难：基于对岩石特性的认识，强化钻头攻关选型、齿形排列分布，研发兼备攻击性、抗冲击、抗研磨的新型混合布齿钻头，以此来

适应不同岩性的地层。此时，深地塔科 1 井已经使用了 29 只钻头，其中 28 只都是国产钻头，证明我国自主生产的钻头可以满足钻探万米的需求。



在 10910 米成功完钻后，塔里木油田甲乙方员工们合影庆贺。

10910 米

2025 年 1 月 5 日，深地塔科 1 井在地下 10910 米成功完钻。

万米钻探技术由“追赶者”成为“引领者”，连续钻穿 12 套不同岩性和压力层系的地层，最终与 5 亿多年前的岩石相遇，奠定中国石油在万米深地工程技术领域的国际领先地位。

挑战：地下井况极端恶劣。井下温度最高已达到 220 摄氏度左右，达到食用油的沸点；压力更是高达 145 兆帕，相当于在指甲盖的面积上停着一辆 1.4 吨重的汽车，超过绝大多数钻井工具的额定温压极限。

岩层极其致密难钻。从地表钻到万米，用时 279 天；而从 10000 米到完钻井深的“最后一公里”，却耗时 300 多天，日均向深地前进不到 3 米，钻探难度前所未有。

钻工具面临极限挑战。超高吨位、超大扭矩的钻具在狭小的空间中高负荷运转，致使井下管柱产生剧烈振动，钻具随时都有可能疲劳失效。

地层压力系统极其复杂。万米以深钻遇漏失层、盐水层、垮塌层、油气层，压力系统复杂，安全密度窗口窄，压力控制面临巨大挑战。

克难：油田主导并联合多家企业协同攻关，形成万米特深层高温高压钻井关键技术系列，让一大批国产顶尖技术设备“出战”万米，深地产业链的自主性和安全性得到极大提升。

创新万米特深井防斜打直与轨迹控制技术，让钻头“指哪打哪”，确保在万米深地“打得直”。

攻克万米特深难钻地层高效钻井技术，设计高抗冲击、抗研磨、抗涡动的非平面齿混合布齿 PDC 钻头，确保复杂难钻地层“钻得深”。

研发抗 220 摄氏度抗高温水基钻井液体系，有效应对“三超”叠加恶劣工况，实现井底沉砂“捞得净”。

突破万米特深井钻工具研制及安全管控技术，钻杆抗拉强度提升至 942 吨，钻柱整体抗扭强度提升 30%，实现极端恶劣井况“顶得住”。

打造特深层长裸眼多压力系统尾管固井技术，研发超高温超重载高压尾管悬挂器，实现特深、长裸眼、多压力系统地层“固得稳”。

攻关万米特深井高温高压难钻地层取芯技术，全面提升取芯工具

强度、抗冲蚀、抗高温高压能力，实现万米深地岩芯“取得出”。

“云上”支撑再升级，钻完井远程管控支持中心（DROC）提供全方位全过程数字化感知与支持，实现近千里之外 15 类装备、299 项参数“看得准”。