

地下一万米!

人类打造深入地球的望远镜

5月30日上午,中国石油塔里木油田公司深地塔科1井开钻入地。深地塔科1井开钻,是中国深地工程的历史性时刻,旨在探索万米级特深层地质、工程科学理论,标志着我国向地球深部探测技术系列取得新的重大突破,钻探能力开启“万米时代”。

向地球深处探索

向地球深处探索并不是什么新鲜的想法,科学界对它的讨论已有数百年之久。早在17世纪,英国科学家罗伯特·胡克就设想过挖掘一条穿过地核的隧道作为新的旅行方式,并致函牛顿进行讨论。可惜后来两人交恶,这个设想就此搁浅。

19世纪,法国科学院的学者们又重新捡起这一想法,那是经典物理学的黄金时代,人们沉浸在物理学大厦即将完工的喜悦中,许多人乐观地认为本世纪或下世纪内人类就可以抵达地心。

阿瑟·柯南道尔爵士是这个美好幻想的坚定支持者之一。他笔下的大侦探福尔摩斯享誉全球,但除侦探小说外,柯南道尔还创作过一系列科幻小说。1929年,柯南道尔出版了《地球痛叫一声》,在这部小说里,柯南道尔将行星想象成海胆般有硬壳的生物,它们从遍布宇宙的“以太”中汲取养分;而查林杰教授打了一口八英里深(约12000米)的深井,穿过地壳抵达了地球母亲裸露的内脏。

再往前追溯,上一部出自名家之手、意图征服地心的科幻小说大概就得推到凡尔纳那篇《地心游记》了。无论柯南道尔还是凡尔纳,他们似乎都想不出什么办法克服横亘在人类与地心之间的最大障碍:地温梯度——每向下一百米,温度要升高2~3℃。以全球平均地温梯度每百米3℃计算,地下4000米处温度超过水的沸点,地下10000米处可达普通打火机火焰的温度,而地质学界普遍认为地心温度在6000℃以上。

钻探竞赛遇难题

二战结束后,冷战的大幕拉起,美苏两个超级大国在所有科技领域都展开了竞争。除了家喻户晓的星球大战计划、阿波罗计划以外,当年美苏的目光并不只是盯着星空,同样也投向了脚下的大地,1958年美国启动了莫霍计划(Project Mohole)——在大洋底开一口超深井,直达地壳与地幔的分界线——莫霍面。如果做成这件事,美国将成为第一个挖通地壳的国家!而得知消息的苏联也不甘落后,20世纪60年代初,苏联地球科学家制定了他们自己的超深钻井方案——俄罗斯莫霍计划(Russia Mohole),但进展并不迅速。

另一方面,美国原本计划用3亿美元完成莫霍计划,可惜事与愿违,随着钻井深度增加,工程师们真切感受到了地温梯度的威力,每前进一米,钻头都要经受更高温度的考验,金属能对付坚硬的岩石,但高温令它们变得脆弱柔软;此外,地层压力梯度是征服地心的又一巨大障碍,超深井的井壁承受着来自周围数千米厚的地壳的水平压力,这口井就像插进地球深处的一根脆弱蛋壳,怎样维持井壁不崩塌令工程师们费尽了心

思,他们甚至无法保证钻头向下垂直前进。

为抵抗地底深处的高温高压,钻头的材料、形状、锻造都需精心设计,造价不菲;另一方面,钻头虽然坚固,但磨损速度依旧惊人地快,有时仅仅掘进几十米就必须更换;为了维持井壁稳定,还要使用套管、钻井液,而每一样都不是便宜货……到1965年,美方的计划耗资已经超过1.15亿美元,高昂的费用令美国国会叫停了莫霍计划。

打造科拉超深井

美国人退出了,苏联人却没有放弃。1970年,在北极圈内的科拉半岛上,一项了不起的超级工程开始了——苏联人在列宁格勒州荒凉的旷野上竖起了一座郁金香般的金黄井塔,为了保障这里工作人员的正常生活,苏联人还在不远处建起了整整一个城市——扎波利亚尔内。

自1970年开始,至1990年结束,上千名工作人员在这里忙碌了二十年。1983年,科拉超深井抵达12000米深度。1989年,科拉超深井的SG-3钻孔抵达了地面以下12226米处,创造了当时无人可及的纪录。

当然,如果纯粹只是向着地心挖掘,意义不大。科研钻探除了追求深度之外,更重要的是取得岩心样本。岩石在漫长的时光里会变得像黏土一样柔软,在地质学家眼里,这些花纹是地壳的自白书,它们讲述着寂静的大地深处发生的故事,讲述着温度与压力的变化规律,讲述着矿物熔融与结晶的历程。当时的苏联科学家希望这些知识能够告诉我们怎样寻找矿床、地球内部的物质怎样运动,乃至地球从何而来。超深井是指向地球内部的望远镜,通过它的“镜头”,我们能窥见沧海桑田变化的历史。当年苏联人希望能够打出世界上第一口抵达地幔的深井!他们将材料力学利用到了极致,苏联的钻头经受了高温高压的考验,不停地掘进向下。

也许是深入地壳12000米这件事听起来太过科幻,以致围绕科拉井塔传出了许多谣言:网上甚至可以找到所谓的“地狱录音”。但事实是,许多地质参数以深度为自变量绘图后都会得到一条漫长的曲线,这些根据科拉超深井取得的岩心与地质资料编制的图表,可能是人类历史上至今为止记录深度最深的地质表格。

揭开脚下的秘密41991年苏联解体后,科拉超深井项目随之终止,15000米的目标也变得遥不可及。2008年,卡塔尔的阿得辛油井掘进抵达12289米深度,首次打破科拉超深井SG-3钻孔的纪录;2011年,俄罗斯库页岛的OdoptuOP-11油井达到12345米深度;2022年10月20日,阿联酋阿布扎比国家石油公司宣布了创造新纪录的UZ-688井,井深15240米,再次打破最深纪录。然而,若考虑到海拔、井壁并不垂直等因素,科拉超深井的SG-3钻孔依旧是人类世界里离地心最近的地方。

更重要的是,这两口“后来居上”的超深井都是石油生产井,而非钻探井,它们不以取得岩心为目的,对地质学的贡献远远无法与科拉超深井相提并论。在柯南道尔的《地球痛叫一声》中那口井的深度是约128000米,与半个世纪后科拉超深井的成就相去不远,如此巧合实在令人遐想。

有地质学家表示,如果把地球看成是个鸡蛋,经过美国与苏联几十年的努力,我们连蛋壳都没钻透。抵达莫霍面至今是地质学家的一个梦,今天我们已拥有了飞出太阳系外的探测器,但对脚下的大地依旧知之甚少。

冷战落幕后,由于汲取了苏联的教训,各国在科技研发方面越来越注重效益与实际收获,而非追求政治上的象征意义。耗资巨大的超深井计划在世界范围内都进入了平稳发展的阶段,苏联人那种十年狂飙突进1万米深度的盛况多半是不会再现了。

所以,人类对地球深部的认知还是非常浅的。但是,钻井工作者们从未停止向地球深部的努力探索。

这不仅仅是为了油气资源,而是因为地下藏着许许多多人类尚未未知的“秘密”。相信随着钻井技术的不断突破,人类可以窥探到更多地球深处的原貌,攀登上更高的科学高峰。

深探“中国速度”

5月30日,我国首口万米科学探索井——深地塔科1井,在新疆塔里木油田开钻。深地塔科1井位于塔克拉玛干沙漠腹地,沙雅县境内,设计井深超过10000米,自上而下将钻遇塔里木盆地13套地层。塔里木盆地对标全球13项钻完井的工程难度指标,比如说高温、高压、砾石层的厚度、盐层的厚度与套损、盐水压力的系数,高含硫等这7项指标属于世界级的难题,它都名列第一。

目前,国际上的科探井主要有三类。第一类是国际大陆钻探计划,主要是探索大陆深部结构,地壳内部热量、物质和流体的迁移规律等;第二类是国际大洋发现计划,主要是探索地球海底组成结构、地球生命起源、地球圈层相互作用,并推进深海钻井技术发展;第三类是超深层油气勘探开发。

中国石油塔里木油田油气工程研究院院长冯少波表示,深地塔科1井肩负着科学探索与油气发现两大任务,这口井取得突破以后,对于保障国家能源安全具有重大战略意义,对于抢占科技制高点具有重大实践意义,对于寻求油气资源规模具有重大现实意义。

目前,全球总共钻探万米深井67口,其中48口是近10年完成,主要由美国、俄罗斯等国家实施。但是陆上垂深超万米井只有1口,即科拉SG-3井。深地塔科1井使用的钻机,是我国自主研发的,全球首台12000米特深井自动化钻机,深地塔科1井设计钻完井周期为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。

据新华社、央视、《科技日报》

828米



目前世界最高建筑:
哈利法塔

6400米



普通热气球的升限高度

>10000米



深地塔科1井目标深度

11800米



民航客机的升限高度

12226米



科拉超深井SG-3钻孔抵达深度