

什么叫超深井?说法不一。一是以井深超过6000米者为超深井;其二认为以井深多少米称多少米深井为宜。

超深井除了探查油气田外,还可了解地壳深部构造、物质成分、深部固体矿产分布状况和分布规律,这对于勘探固体矿床有着非常重要的意义,苏联科拉半岛的超深井钻进就是例证。

一、世界超深井概况

美国自1938年打出了第一口深4573米的井以来,世界各国相继打出了许多口超深井、仅用来探查油气田,深度超过4600米的深井已达260口。罗尼亚1960~1978年打了150口深度超过4000米的井,目前正在钻进8000米深井,计划打10000米的超深井。奥地利打的最深油井已达6842米。联邦德国打出了6468米的深井。民主德国最深井达到8006米。意大利打出了几口5000~6500米的深井。我国在1976~

1979年间打出了二口超深井,其深分别为6016米和7002米。此外法国、墨西哥、加拿大、智利和委内瑞拉也都打出了5000米以上的深井。

但是,深度大于6000米的超深井以美国和苏联最多。美国的超深井逐年增多,井深也在增大。1978年打的604口井中有59口井的平均深度为6450米。7000~9000米以上深度的超深井数目也在增加,最深的井为9583.2米。第二次世界大战后,苏联进行了4500米以上的深井钻进。1963年在格罗兹内含油区打出了5500米的超深井。1976年在乌克兰完成了7500米的超深井钻进。苏联超深井钻进虽起步较晚,但发展较快,与美国的差距逐步缩小,技术经济指标也在接近。

目前苏联正在钻进设计深度为15000米的超深井,其中科拉半岛的超深井已经打到12300米,是目前世界上最深的超深井。这口井是在结晶岩石中钻进的,取得了大量的地质资料,在1540~1800米深处发现了有工业价值的铜镍硫化矿,开采这个矿就可收回整个钻井的全部成本,在世界地质界引起了强烈的反响。第二口设计深度15000米的超深

使之逐渐符合客观实际,并改正后面验证或检查工程的位置。对施工钻孔还应选择井下物探化探工作,以便取得更多信息,来解释已有的物化探异常,甚至提供深部或横向上是否有另外的异常等新情况。

七、注意研究不同类型隐伏矿的基本成矿条件

不同类型的隐伏矿具有各自的产出条件。在寻找隐伏矿时要分析所要寻找隐伏矿的产出特点,加强与之密切有关的地质条件的研究。例如,如果隐伏矿仅赋存于某个层位或某个岩性段,则应特别注意含矿层位或岩性段的纵横变化,以推断可能含矿部位的比较可靠的空

液有关的矿床,特别应注意研究蚀变矿化分带……等等。由于对寻找不同类型隐伏矿所要解决的问题不同,因而所选择的工作方法也应各异。

总之,要提高寻找隐伏矿的效率,一方面应该深化对工作地区地质情况及其演化发展历史的认识,同时对国内外各种主要类型矿床的特点、成矿条件等要十分熟悉。这样才能根据工作地区的地质条件,发现可能具有某种矿床远景的靶区,也可进一步筛选出应该寻找的矿床类型,并根据工作研究程度,有针对性地采取必要的进一步的普查工作,包括区域性地质、物探化探工作,这样将会收到良好的结果。

(地矿部地矿司)

并在阿塞拜疆油气区钻进,现已打到8300米。第三口设计深度 15000 米的超深井拟在乌拉尔地区斯维尔德洛夫斯克附近钻进,即将开钻。苏联计划还要打十几口这样的超深井,以便查明苏联境内的地壳深部构造、了解深部矿产分布状况,以满足国民经济建设对各种矿产储量的需求。

二、超深井的主要技术经济指标

表示钻井工作经济效益和技术水平的主要指标是经济钻速、钻头进尺和每米钻井成本。以美国为例,全年总钻井工作量为33~39万米,平均井深为6450~6650米,钻头进尺1971年为62.8米,1978年为 150 米,增长1.4倍,钻头消耗数由1971年的106个减少到1978年的43个,钻井成本大为增加,井深6450米比井深 5224 米(深度增加 23%)钻井成本增加了67%。取得上述较好技术经济指标的原因是由于钻头工作大大改善,钻井工艺改进,因而经济钻速提高了。每米钻井成本随井深的增加而提高,主要是由于钻井条件恶化、钻井设备、工具和材料消耗随之增加所致。

由于苏联的含油气地层的岩石和地质条件比较复杂,平均井深比较大,目前的经济钻速和钻头进尺还不如美国高。在科拉半岛结晶岩中钻进的 11500 米深度超深井,取得了满意的效率和质量。其技术经济指标为:平均经济钻速 96 米/台月,机械钻速 1.8 米/小时,回次进尺 7.2 米,岩心采取率40.1%,井斜小于1°/1千米。生产时间在时间平衡中占89.3%,处理事故占 6.7%,停滞占 4%。同时这一深井有很大的科学试验性质,为深入了解与研究深部地质

资料和矿床分布情况,提供了一个宝贵的场所。

三、超深井的井身结构

一口超深井的井身结构设计合理与否,关系到该井能否成功地钻到设计深度;钻进中能否保持良好的技术经济指标;以及成井后是否可靠耐用。

美国钻井工作量最大的三个州的井身结构(如表 1)。

由表 1 可见,美国基本上是采用四层管子的结构。苏联与美国情况类似,但设计单位倾向于标准化。有关设计部门提出的方案(见表 2)。

近年来苏联在设计超深井井身结构时采用活套管保护外层套管的磨损,取得良好的效果。科拉半岛超深井就是以直径 214 毫米一径钻进和下一层活套管的方法进行的。具体结构是:920毫米钻头开钻,钻进 40 米后下720毫米套管至井底,套管外空间灌注水泥固定。向井内下直径245毫米的活套管,然后以直径214毫米涡轮钻具钻进。裸眼钻进5000多米时,发现1800米深处开始塌井,将井扩大到394毫米,用直径325毫米套管下至2000米深处,再下直径 245 毫米活套管,此后以直

表 1 美国三个州的井身结构表

方 案	管 柱	得克萨斯州		路易斯安那州		俄克拉何马州	
		钻孔直径 (毫米)	钻进深度 (%)	钻孔直径 (毫米)	钻进深度 (%)	钻孔直径 (毫米)	钻进深度 (%)
I	导向管	508	158	508	45	508	12
	井口管	340	2200	340	1200	340	466
	第一层中间套管	244	3400	244	4500	244	4260
	第二层中间套管	178	3740	178*	4650~5400	178*	4770
	第一层过滤管	127	4400	—	—	127	5200
	第二层过滤管	73	4800	—	—	—	—
II	导向管	508	472	760	60	760	12
	井口管	340	2790	508	180	508	610
	第一层中间套管	244	3790	340	1200	273	3650
	第二层中间套管	178	4950	244	3900	193*	5730
				178*	5100	127	6100
				127	6000		

* 为下入的尾管

径214毫米钻进，一直钻到目前的12300米。

四、超深井钻进规程和洗井液

目前各国钻进超深井都用回转方法，其

均地热梯度为 $1.6\sim 2.0^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 。超深井钻进时地层压力异常高，层压异常系数在 $1.2\sim 2.1$ 内变化，有的井内达到2.28。美国俄克

拉何马州一钻井中的层压异常系数达到了2.41。

超深井钻进中由于岩石地质条件复杂，常常发生意外情况，如冲洗液漏失、井喷、井壁岩石稳定性受到破坏、卡钻等。各国因此对冲洗液予以充分的重视。为了保持洗井液的良好性能和规定参数，使用了多种粘土和化学处

表 2 苏联有关设计机构井身结构方案表

机 构	方 案	钻 进 参 数							
		钻孔直径 (毫米)	钻进深度 (米)	钻孔直径 (毫米)	钻进深度 (米)	钻孔直径 (毫米)	钻进深度 (米)	钻孔直径 (毫米)	钻进深度 (米)
阿塞拜疆钻井 科研所	1	425	250	298	3000	219	5000	146	7000
	2	527	200	349	1500	244	4500	168×146	7000
	3	425	250	273	3500	193	5500	114	7000
全苏钻井技术 科研所	1	425	1000	298	3000	219	5000	146	7000
	2	349	500	244	3500	168	5000	102	7000
	3	457	500	349	3000	244	5000	168	7000
	4	476	500	349	3000	244×300	5000	168	7000

中包括转盘钻进和涡轮钻具、电钻等井底发动机钻进方法。苏联在采用上述钻进方法中，其80%的钻井工作量是用高转数涡轮钻具完成的。美国主要是采用低转数转盘钻进，这可能是由于转盘钻进时钻井技术经济指标比涡轮钻进时为高所致。苏联Cr-1井在3005~4968米深处使用这两种钻进方法的钻井规程和技术经济指标对比资料(见表3)说明了这一点。苏联之所以采用涡轮钻进主要是出自减小功率传递损失、改善井内钻杆应力状态和减小管材的磨损、消耗的考虑。

超深井钻进时井底温度较高。美国在一口深2469米的井中的井底温度为 317°C 。苏联境内地热梯度值在 $0.6\sim 6.6^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 范围内变化，平均为 $2.65^{\circ}\text{C}/100\text{米}$ 。科拉半岛结晶岩中9000~10000米深处温度为 185°C ，平

理剂。在美国有一百多家公司提供了廿余种商品粘土和十余种加重剂(重晶石、铝矿石、方铝矿等)。为了降低冲洗液的粘度，不少厂家提供了众多的丹柠酸盐、腐植酸盐、木质磺酸盐、磷酸盐以及降低失水量的处理剂、乳化剂、润滑添加剂、耐磨添加剂和消泡剂等。苏联也大量使用粘土、白垩、岩粉、食盐、各种矿物、有机物和液体等造浆材料，同时采用多种加重剂、失水量降低剂、粘度降低剂、消泡剂、结构形成剂、耐热添加剂、碱性调节剂、润滑剂等，品种达120种以上，保证了各种环境下钻进的顺利进行。

五、超深井钻井设备与工具

(一) 钻机

美国钻井设备无标准系列，也不生产整套钻井设备，钻井公司根据各钻机制造厂家生产的各个部件如绞车、钻塔、转盘、基座等技术性能进行选择配套，以便达到最好的经济效益。钻井设备的类型、尺寸、牌号十分繁杂。最近帕克钻井公司设计出了直径216毫米，钻进深度为15000米的成套设备。其钻塔高度为47.58米，基座宽度为12.19米，大钩起重量为1000吨，配套有转盘，许用静载荷为1000吨，钻井载荷为437吨；水龙头起重量为750吨；绞车功率为5000马力，14绳

表 3 钻井规程和技术经济指标比较表

规程参数和技术经济指标		涡轮钻进	转盘钻进
钻头载荷	千牛	100~140	180~220
钻头转速	转/分	—	40~60
冲洗液量	升/秒	36~48	36~42
立管压力	兆帕	15~18	10~12
钻头平均进尺	米	5.00	12.70
平均机械钻速	米/小时	1.90	0.74
回次钻速	米/小时	0.38	0.47

滑车系统；配套有4个防喷器。

苏联生产成套钻井设备，其主要技术特性列于表4。

表 4 苏联钻井设备主要技术特性

参 数	By— 125	By— 160	By— 200	By— 250	y— 15000
起重量 (吨)					
额定起重量	125	160	200	250	—
最大起重量	200	250	320	450	400
使用114毫米钻杆时的钻井深度 (米)	4000	5000	6500	8000	15000
转盘转台许用静载荷 (吨)	450	450	450	450	450
转盘转台通孔直径 (毫米)	560	560	560	760	760
水龙头静态起重量 (吨)	250	250	450	450	450
水泵出口最大压力 (兆帕)	25	25	32	32	40
水泵最大排量 (升/秒)	90	90	135	135	253
钻塔距地板的高度 (米)	42	42或53	53	54	58
塔板与地面水平的距离 (米)	4.5	4.5	5.5	5.5	—

(二) 钻头

超深井钻进中使用不同形式的钻头，如牙轮钻头、刮刀钻头、片式钻头、铣刀式钻头、金刚石钻头等。其中以牙轮钻头使用最多。美国 and 苏联使用牙轮钻头类型多达700种和300种。美国三牙轮钻头所钻进尺为钻井总工作量的95%以上，苏联也大体如此。美国牙轮钻头按美国石油学会和国际钻井承包商协会的分类法进行生产。苏联与美国牙轮钻头的结构、型号、尺寸和材质大致相同。钻头技术经济指标也比较接近。美国三牙轮钻头总进尺为1374米时的钻头平均进尺为275米，苏联总进尺为1303米时的钻头平均进尺为260米。

(三) 钻杆

(上接第4页)

现有生产和在建的国营矿山企业，应该积极做好必要的准备工作，准备好补办采矿登记手续所必需的图件和文字材料，包括经核定的矿区范围图，该图应在地形地质底图上以座标标出开采范围、崩落区范围和整个矿区范围，矿产资源开发利用的有关资料，包括矿山的沿革简况、储量利用、采矿回采率、矿石贫化率（含矸率）、选矿回收率、主

美国主要根据转盘钻进来考虑钻杆，钻杆接头为焊接型，钻杆尺寸和类型按美国石油学会标准制造，以钢钻杆为主，分别由四家公司制造、提供。钻杆技术特性（见表5）。

苏联钻杆有钢和铝合金制造，外径为60~168毫米，壁厚有三、四种规格，采用Д、K、E、Л和M等牌号钢材制造。此外还使用了铝合金钻杆。科拉半岛超深井钻进时使用的铝合金钻杆类型是：6000米以内深度（井温 $T < 100^{\circ}\text{C}$ ），采用 01953—Al—Zn

表 5 美国钻杆技术特性

钻杆外径 (毫米)	钻杆壁厚 (毫米)	钢材牌号
73.0	9.19; 6.45	D、E、X
88.9	9.35; 11.40; 6.65	D、E、X
101.6	8.38; 8.56; 9.65; 6.88	D、E、X
114.3	10.92; 12.70	D、E、X
127.0	9.19; 12.70	D、E、X
139.7	9.17; 10.54	D、E、X

—Mg—Cu系合金；9500米以内深度（井温 $T < 150^{\circ}\text{C}$ ），采用 Д16T—Al—Cu—Mg系合金；13000米以内深度（井温 $T < 200^{\circ}\text{C}$ ），采用 AK4—1—Al—Cu—Mg—Ni系合金。

(武汉地质学院北京研究生部)

要有用成分和伴生组分回收利用情况等；矿山企业主管部门和地方政府会签的核定矿界意见书。为获得上述材料，首先要核实与划定矿区范围。核定矿区范围应该以国家批准的总体设计所确定的开采范围和国家批准的原初步设计或后期改扩建设计所确定的范围为依据；解放后由人民政府或其它人民政权机构正式接收的生产矿山，批准接收的矿区范

(下转第22页)