

全国石油钻采机械行业技术情报网

石油钻井机械论文集

国家机械委兰州石油机械研究所

一九八七年七月



200480194



32447

前言



00305716



1986年10月,全国石油钻采机械行业技术情报网钻井机械组召开“钻井机械综合技术情报交流会”,会上宣读的14篇文章得到与会代表的好评。为了使这些文章能够更广泛地为全网服务,经过1986年10月全国石油钻采机械行业技术情报网组长工作会议研究,决定将这些文章汇集出版。

《论文集》的出版目的是为情报网各成员单位的领导以及情报、科研、设计、制造与使用等部门的工程技术人员提供钻井机械最新发展资料,作为参考,以促进我国石油钻井机械的发展。

《论文集》的全部文章,主要来源于“综合技术情报交流会”的文章,此外,为了进一步充实《论文集》的内容,另增补了一些有关文章。

《论文集》共收集21篇文章,按内容分为五个部分:一、钻采设备综合分析;二、石油钻机;三、泥浆泵与泥浆循环系统;四、井下动力钻具与钻头;五、标准与可靠性。

《论文集》中的文章,在作者的大力支持下,大多数在会后进行了删简、改动和充实。《论文集》从1987年1月开始编审准备工作,首先向作者发函询问修改原稿情况,接着作者寄来了文章修改稿,在编审过程中发现一些问题,又与作者联系,最后定稿。

《论文集》由兰石厂张连山同志任主编兼技术校对,兰石所吴选茂和兰石厂张岳任副主编。

编辑、出版《论文集》,由于经验不足,不可避免的存在一些缺点与不当之处,敬请批评与指正。

编者

1987年4月

目 录

钻采设备综合分析

我国石油钻采机械与工业发达国家发展水平的对比分析·····	张阳春 (1)
-------------------------------	---------

石油钻机

积极发展我国的新型石油钻机·····	张连山 (5)
国外沙漠钻机及其配套设备调研·····	张西成 (12)
沙漠环境对钻井设备的要求·····	韩吟蕉 (16)
陆地丛式钻机·····	剪占鳌 (20)
浅海钻机及运载工具的特点与发展·····	邵如吉 (24)
自走式钻机·····	张连山 (26)
石油钻机成套浅谈·····	陆淑敏 (33)
泡沫流体钻井及装备使用上的一点看法·····	安秋田 (38)

泥浆泵与泥浆循环系统

关于三缸泵性能方面几个问题的讨论·····	李继志 (40)
国内外钻井泵技术状况及发展动向·····	刘镇定 (46)
三缸泵液力端工作状态的研究·····	丁建报 (54)
泥浆泵液力端易损件现状·····	孙 伟 (69)
活塞失效的研究分析·····	姚 敏 (72)
泥浆泵空气包强度分析·····	秦志强 (77)
灌注泵在我国发展中的几个问题·····	张仲良 (82)
胜利油田三级净化系统研制和发展情况·····	郑甘桐 (89)
国内外泥浆固相控制设备发展现状和展望·····	胡辛禾 (94)

井下动力钻具与钻头

发展井下动力钻井, 加快石油开发速度 ·····	姜义忠 (101)
--------------------------	-----------

聚晶金刚石切削块钻头	吴绍玄 (109)
------------------	-----------

标准与可靠性

如何采用API标准	王惠霖 (114)
可靠性概念及其在石油机械中的重要性	赵 众 (122)

我国石油钻采机械与工业发达国家 发展水平的对比分析

国家机械委兰州石油机械研究所 张阳春

一、“六五”期间的发展概况

我国石油钻采机械产品的技术水平、制造水平、研究开发能力、产品质量和品种在“六五”期间有了较大的发展和提高,整个石油钻采机械行业的面貌发生了显著的变化。据1985年的不完全统计,我国已能成批生产:钻深1500米、3200米、4500米钻机,300型固井水泥车,500型酸化压裂车,30吨和50吨修井机,140、150、160、200马力履带式通井机,16吨以下各级抽油机,C、D、K级抽油杆,25、35及70兆帕采油(气)井口装置,21和35兆帕的液压控制防喷器及各种钻采工具等石油钻采设备。另外,还研制成功了:2000米车装与块装钻机,6000米直流电驱动钻机,190系列新型钻机动力柴油机,八参数钻井仪,SJD80I数字测井仪,综合录井仪,聚晶人造金刚石取芯钻头,350型大排量、400I型固井水泥车,500型固压车、固井管汇车与仪表车,1050型压裂车,仿BJ607T型混沙车,80吨修井机,12型、16型前置式抽油机,增距式抽油机,异向曲柄抽油机和链条抽油机,用于边远地区单井采油高滑差率节能电机,寿命两年以上泵效提高30%左右的 $\phi 57$ 、 $\phi 70$ 毫米无衬套长筒抽油泵, $\phi 83$ 、 $\phi 95$ 毫米大直径抽油泵和软柱

塞抽油泵,160、200、210、250、320、425、550方/日电动潜油泵,单作用30、60方/日、双作用100、200、300、500、1000方/日水力活塞泵,9吨/时和11吨/时稠油开采注蒸汽锅炉与蒸汽吞吐技术装备,内外波纹式预应力隔热油管稠油开采装备以及天然气发动机等产品。

上述产品中,大、中型钻机、地震钻机、96道和120道数字地震仪、柴油机、泥浆泵、抽油机、抽油杆、牙轮钻头等产品实现了更新换代。地震勘探、中深井的喷射钻井、固井、修井、机械采油、稠油开采等六项技术装备基本成套。地震钻机、大中型钻机、泥浆泵、牙轮钻头、柴油机、修井机、修井井下工具、钻井打捞工具、抽油机、抽油泵、抽油杆、水力活塞泵、电潜泵等十三项产品已初步形成系列。ZJ45和ZJ32钻机、牙轮钻头、修井机、抽油机、抽油杆、抽油泵、蒸汽锅炉、波纹式预应力隔热油管、部分易损配件等已接近或达到世界先进水平。抽油机、抽油杆、泥浆泵、吊环及其他钻机部件等11项产品已被授权在产品上使用API美国石油学会会标。吊环、注水泵两项产品荣获国家金质奖,9项产品荣获国家银质奖,66项产品获部优质产品称号。泥浆泵、三牙轮钻头、抽油机、抽油杆等产品已进入国际市场,在美国、日本、加拿大等国受到

好评，为国家创外汇2282万美元。上海第二石油机械厂采用引进技术制造的井口装置11次在埕北油田中标。在海上石油开发方面，我国依靠自己的力量，设计和建造了各种平台18座。工作水深40米的自升式钻井装置，已通过了挪威船级社的检验。此外，还试制了2.5万吨单点系泊油轮、双体钻井船“勘探一号”和我国第一座半潜式钻井平台“勘探三号”。

“六五”期间通过对石油钻采机械行业的基本建设和技术改造，加强和充实了石油钻采机械的科研测试基地，增强了对石油钻采机械的科研测试能力，提高了石油钻采机械的制造工艺水平，使石油钻机的测试能力从原来的3200米以下，提高到对4500米和6000米钻机主要部件及相应的其他钻采设备进行性能测试。并能用电子显微镜对石油钻采机械进行材料的微观结构分析。另外，“六五”期间还制订了一批石油钻采设备标准，其中相当一部分标准参照或等效采用了API标准，使我国石油钻采机械产品的标准化水平有了较大的提高。现在，我国石油钻采机械行业已经形成了一个专业化的科研、设计和制造体系。全国已有五个石油钻采机械研究和设计所，五十多个专业制造厂和近二百个兼业厂。已形成了以兰州为主的钻机和采油设备制造基地；以西安、宝鸡为主的勘探仪器、钻井设备和钢管制造基地；以上海、江苏、浙江为主的钻采配件制造基地；以济南为主的钻采专用发动机制造基地；以江汉、四川为主的钻头和采油设备配件制造基地；以黑龙江、吉林为主的油田设备供应基地。这六大制造基地每年可生产各种钻机100台左右、抽油机4000台左右、柴油机500台左右、各种配件4万吨左右。近几年来，兵器工业部和其他军工部门实行保军转民方针，组织了一大批工厂兼业生产油田机械设备和各种配件，增强了制造能力，促进了新

产品的开发和产品质量的提高。现在我国自己生产的石油设备和配件，不论是数量上还是品种上，都已占需要量的90%左右。

二、与工业发达国家发展水平的对比分析

我国现有162种主要石油钻采设备，相当于国外发达国家五十年代水平的有22种，占13.6%；相当于六十年代水平的有91种，占56.2%；相当于七十年代至八十年代初水平的有49种，占30.2%。以上数字表明，我国现在仅有的162种主要石油钻采设备中，还有近70%的产品是国外发达国家五、六十年代的水平。许多急需产品至今尚属空白，还不能满足我国石油工业迅速发展的需要。主要差距表现在以下几个方面：

1. 标准化水平低

产品标准化水平的高低直接反映和影响产品本身质量和水平的高低。国外发达国家的石油钻采设备之所以具有世界先进水平，主要是因为他们都制订有先进水平的产品标准。据不完全统计，美国在钻采设备方面约有130种标准，而我们仅有50种产品标准。尤其是美国的API标准体系比较完整，在世界上影响很大，具有很高的权威性。国际市场要求石油机械产品须符合API标准。据统计，全世界有四十几个国家和地区的厂商在石油机械产品上取得使用API会标许可证，其中仅抽油机1983年就达123家。我国石油钻采设备标准化工作，从七十年代后期才开始较系统地开展，我国石油钻采设备完整的标准化体系还未建立起来，许多产品还未制订出标准。石油钻采设备的标准化、系列化、通用化水平目前还相当低。

2. 技术水平低

我国石油钻采机械技术水平低主要表现在：钻机驱动、传动方案落后，结构陈旧，

产品效率低,耗能大,性能参数不能适应现代钻采工艺发展的要求,部件载荷储备系数过小,材料性能差,防腐技术、制造工艺、产品检测、试验技术与手段落后等。如AC-AC驱动方案钻机,国外已经较少见到或看不到了,可是在我国还很多。五十年代的皮带传动钻机,我国还占70%。相反,当今世界驱动形式最好的SCR驱动钻机,国外早在1970年就开始广泛使用,而我国则刚研制成功。大庆130型钻机,采用16根E型V带传动,传动效率实际上不到90%,国外采用窄V联带传动,带轮的宽度可减小一半,传动效率可达96~98%。另外塔式井架,国外陆地钻机中早已淘汰,而我国目前仍在大量使用,准备更新塔式井架的A型井架又是罗马尼亚六十年代仿制美国的井架结构。气举采油中使用的气举阀,结构陈旧,性能较差。我国钻采机械使用的金属与非金属材料,品种规格太少,仅用几种铬钼合金钢,而美国钻采设备应用的合金钢约有百种以上。非金属材料,我国目前只能采用传统的工程材料。目前我国钻采机械的制造工艺与发达国家之间的差距很大,如电动潜油泵等产品,新出的样机,性能接近国外水平,但批量生产以后,质量就得不到保证,特别是热加工的工艺水平相当低。

3. 自动化水平低

国外早在七十年代就把当今世界最新技术——计算机、微处理机技术和各种仪表,广泛应用于钻采设备中,不但使钻井、采油效率最高、成本最低、事故最少、设备使用更合理,而且实现了高度的自动化,大大减轻了操作人员的劳动强度。美国一台大中型钻井设备,每班操作人员只需5~6人,A10-32型自动化钻机,在极恶劣的气候环境条件下,只需一人在控制室内遥控操作,安全可靠,消除了繁重的体力劳动。而我国的钻采设备中计算机、微处理机技术,至今还

很少应用。钻井起下钻立根排放、上卸扣等作业,我国大多数还是靠手工操作,强度很大。而国外已有成套的起下钻作业机械化装置,没有二层台作业工,全部起下钻作业只要三人操作,有的已用电子计算机控制,提高了速度和效率,而且也降低了钻井成本。

4. 可靠性差

我国钻采机械可靠性差主要表现在:主机与零部件寿命较低,与国外发达国家相比,差距比较大。美国钻机的机械维修时间,一般占总生产时间的2~3%,所有设备的大修期,均在五年以上,使用寿命在十年以上,而我国钻机的维修时间,一般占总生产时间的5~10%。美国钻机用柴油机,大修周期不小于2.4万到3万小时,而我国新生产的12V-190柴油机,只有1到1.5万小时。国外钻机链条使用寿命可达2万小时,我国生产的链条使用寿命只有4310小时,新研制的链条,现场使用寿命为6000~9375小时。几年来生产的三缸单作用泥浆泵,通过鉴定批量生产,并投入油田使用的近500台,在使用500~1000小时之后,失效频率急剧上升。电动潜油泵美国平均检修周期4~8年,苏联为3~4年,我国生产的样机使用寿命达2.5年,但批量生产的只有200小时左右。目前,我国钻采机械的可靠性总的来说,尚处在心中无数的状态,大多数产品缺乏定量的统计与科学的试验研究,仅靠定性直观而言。总之,可靠性之差是惊人的。

5. 适应性差

我国石油钻采设备与国外工业发达国家产品比较,由于许多产品没有制订出完整的标准系列,没有成套性系列产品,在同一级钻采设备中变型产品很少,所以,我国石油钻采设备严重的存在着型号、规格不全,品种不足。长期以来,许多生产厂家只能向用户提供唯一的一种型式的钻采设备,品种非

常单一，根本不能适应在各个领域、各种不同地区环境条件和地下条件勘探、开发、钻井、采油的需要。我国领域辽阔，全国平原、山区、沙漠、沼泽、浅滩、近海、深海都埋藏着丰富的石油。我国东西部勘探井，井深大多数在3000米以上，需要3000米以上的钻采设备。而大庆油田钻调整井及二连、新疆开采稠油层，需要1000~2000米钻机，但我国钻深2000米以浅与3000米以上钻机明显不足，与实际需要形成矛盾，所以，不得不用钻深能力为3200米的大庆Ⅰ、Ⅱ型钻机去钻2000米以下的浅井和4000~4500米的深井。这样，一方面延长了建井周期，另一方面不但降低了钻井速度，同时使钻机在超负荷下运转降低了钻机性能。至今，我国还没有能适应沙漠、浅滩、沼泽等特种地区勘探开发的石油钻采设备，也没有适应斜井、丛式井的斜井钻机、丛式井钻机和8000米以上的深井钻机。采油设备，由于没有合适的高效车装修井机、大功率酸化压裂成套机组和电动潜油泵等急需设备而不得不依赖进口。

6. 成套性差

美国可以根据用户需要提供各种形式的成套钻采设备，具有高度灵活、形式多样的成套性。而我国由于型号、规格、品种少，产品型式单一，主、辅机配套设备不能同步发展。一套新钻机，油田一般要用半年到一年时间，才能把配套设备配齐投产。由于组织协调和统筹安排不力、工艺与设备分家等原因，形成了制造厂只知道生产主机，但由于辅助系统无人统筹规划，安排生产，最后是产品不配套，不能形成成套的生产能力。如防喷器及液压控制系统，从1972年就开始研制，后来陆续生产了几种尺寸和压力等级的产品，但由于与其配套的液控节流管汇、钻具内防喷工具和泥浆监控系统没全面安排研制生产，致使井控技术装备一直不能形成能力正常发挥作用，最后出现了有防喷器还

发生井喷事故的现象。成套的钻井井口装置，应包括井口设备、防喷设备、井控系统装置、固控系统装置（固控系统装置还包括泥浆筛、泥浆液面控制、除沙、除泥、除气器及加重配制系统），但上述成套钻井井口装置，目前尚未成龙配套。另外，70兆帕以上的深井大型酸化压裂成套机组还没过关，80吨以上的修井机还没有定型，车装钻机、SCR驱动钻机、气举采油、热采设备、各种钻采仪表等配套用的高速柴油机、阿里逊传动箱、大型专用特车底盘、窄型三角胶带、发电机、电动机、轴承、液压元件、大功率气体压缩机等重要配套设备，不是没有合适的产品可以选用，就是质量不过关，至今油田专用特种作业车装设备多数不适用，影响了油田的开发速度。此外，还有钻井用钢丝绳新品种没有开发，近平衡压力钻井所需的工艺装备、节流压井管汇还不配套，三缸单作用钻井泵的灌注系统还没有解决，特别是海滩、沙漠、沼泽、高原地带的勘探和开发所需的机械设备，基本上还是空白。由于我国石油钻采设备的成套性差，所以也拖了我国石油工业发展的后腿。



积极发展我国的新型石油钻机

兰州石油化工机器厂 张连山

一、前言

目前,世界石油与天然气的勘探与开发有了很大发展。1985年全世界已探明石油储量为959亿吨,天然气储量为98.4万亿立方米。年产原油26.74亿吨,天然气1.775万亿立方米。共有868252口生产井。世界海上年产原油7.56亿吨,天然气3523.7亿立方米,海上有372个油田、27171口油井。1986年5月,世界海洋钻机在用有394台,闲置264台,在途11台,新建41台。

估计全世界最大可开采石油资源为2460亿吨,按目前开发速度仍可以开发30~50年。

近年来,由于钻井技术的不断发展,可以在任何困难环境地区、各种地质条件下进行钻井。石油钻机也适应钻井技术的发展,先后出现了各种新型石油钻机,例如:沙漠钻机、丛式井钻机、斜井钻机、柔杆钻机、半自动化钻机、自动化钻机、自走式钻机、封闭式钻机、台阶式钻机、城市钻机、直升飞机吊运的钻机、低噪音钻机、地震水域钻机、海洋钻机、浅海和海滩钻机等等。这些新型石油钻机,适应各种特殊的地质、地理条件,满足不同钻井工艺需要,在勘探与开发石油资源方面发挥了很大作用,做出了应有的贡献。

我国在第七个五年计划期间,计划打井32000口,总进尺7000万米,平均井深为

1900~2200米。准备打各种类型井,例如:定向井、丛式井、陆地井、海洋井、海滩井、沙漠井、稠油井、科研井、复杂地层井等等。要完成上述任务,必然需要各种新型石油钻机。本文试图介绍国外新型石油钻机,结合我国具体情况,建议积极发展我国的新型石油钻机。

二、沙漠钻机

目前,世界上沙漠和沙漠化的土地约有4700多万平方公里,并在继续不断地发展着。我国沙漠已有130多万平方公里,占全国土地面积的13.3%,其中包括新疆、内蒙古、甘肃、宁夏、陕西、山西、河北、辽宁、吉林、黑龙江等10个省207个县市。

地震勘探表明,在沙漠地下蕴藏着丰富的石油与天然气资源,为此,加速发展沙漠地区石油勘探与开发将是我国石油工业发展的一个重要环节。

早在三十年代就利用现有陆地钻机在沙漠地区钻井,但是这些设备不能更好地满足沙漠地区环境与钻井工艺需要,后来又研制了专门用于沙漠地区钻井的沙漠钻机。

六十年代初,在中东、北非的沙漠地区进行了相当规模的勘探与开发。例如:沙特阿拉伯、阿布札比、卡塔尔、阿依马角、科威特、埃及和利比亚等国家和地区都进行了沙漠钻井与开发石油。因为沙漠地区地理环

境、地质构造不同，要求使用的沙漠钻机也与一般钻机有所不同。

沙漠钻机最大特点是钻机移运性，因为沙漠地区没有超高超宽的限制，钻机可以大块成组进行拖运，目前采用低压加宽重型轮胎组移运钻机取得了较好的经济效果。井架绞车底座机组，在井架放倒后，用专门拖车进行整体拖运，其余机组也放在拖车上移运，这种移运钻机方法，拆卸、移运、安装时间与所用的车次，只有陆地钻机的三分之一。

其次，沙漠钻机的工作环境、地貌地理条件比较困难，沙漠钻机要适应这些困难条件进行正常钻井。沙漠地区地面覆盖着松软的砂层，地面承压低，砂的流动性较大，地貌不固定，经常随风变化，这给沙漠地区交通运输带来许多困难。必须有专门的沙漠运输车。另外气温变化较大，夏天地面温度可达 72°C ，冬季最低可达 -33°C ，酷热、严寒对机器设备与人均是不利的。沙漠地区缺水，植物不生长，也给钻井带来许多困难。

所以沙漠钻机要有很好的耐热、耐寒能力，要有良好的防砂密封设备、过滤设备，以确保钻机正常使用。一般钻机是不能在沙漠上打井的。

我国早在五十年代就开始在沙漠地区进行勘探。六十和七十年代也先后进入沙漠，做了一定数量的工作。新疆塔里木盆地中的塔克拉玛干大沙漠是世界四大沙漠之一，经勘探表明，在沙漠下面石油蕴藏量极为丰富，开发远景十分可观。在“七五”期间，我国准备在该地区打25口井，一般井深为5700~6300米，达到探明储量10亿吨，年产2000万吨原油的能力。准备先后动用五台钻机在该地区打井，探明后，将有大量钻机要上。目前尽管国外钻机价格下降，但是沙漠钻机每台仍需2850万美元，价格太贵。为此，要立足于国内，立即动手研制，待3~4年发现大油田，将满足对钻机的需要。

三、斜井钻机

斜井钻机从地面开始就以一定的倾斜角（一般与铅直线夹角为 $0\sim 45^{\circ}$ ），打出一口斜直井或斜定向井。斜井钻机是开发浅油层的较好钻机。

1966年，美国为了开发秘鲁海岸石油资源，Belco公司第一个使用了斜井钻机，取得了较好的经济效益。

用斜井钻机打井，比一般钻机水平位移大50%，钻井成本减少50%。钻井速度快，占用井场面积小，经济效益显著。

斜井钻机用途广泛，可用于陆地、海洋、海滩上钻定向井与丛式井。例如加拿大东北钻井公司的“斜钻1号”，在南美洲、加勒比海等地区已经成功的钻完500口井。在每个海上平台可打21口井。用斜井钻机打井，井下角度可达 90° ，也就是可以钻成一口水平井。在井深较浅的情况下，其他钻机很难钻成这种水平井。

斜井钻机可以开发城市、建筑物下面的石油资源。也可以开发沼泽、下陷地带、河流、湖泊以及其他复杂环境条件与不同地貌下面的石油与天然气资源。

斜井钻机还可以打地热井，开发地下热能资源。斜井钻机也可以在老油田打加密井，大幅度提高原油产量。所以，斜井钻机与一般钻机相比较，具有用途广泛、适于开发浅油层、经济效益好等特点。

近年来，国外斜井钻机发展很快。加拿大、美国、英国、伊朗等国家都用斜井钻机打井。其中加拿大制造与使用斜井钻机较多。实践证明：斜井钻机是目前开发浅油层的理想钻机。

我国许多油田都有浅油层，有待进一步勘探与开发，一些老油田要打加密井，提高原油产量。例如，大庆油田、辽河油田、河

南油田、胜利油田、新疆油田等地区，根据油田开发需要，均要打斜井和加密井。为此，我国曾一度设法引进，并与国外厂商进行了接触。但是由于种种原因，到目前为止，尚不能引进。基于这种情况，建议我国应及早研制斜井钻机，以满足我国石油工业发展的需要，填补这一空白。

目前，我国已经具备了研制斜井钻机的条件。有一大批强有力的科研、设计队伍，历年来在研制钻机方面积累了许多丰富经验；具备了相当大的加工制造能力，有完整的协作配套系统；我国各油田培养了一批优秀的使用操作人员；这些都是研制斜井钻机的有利条件。另外斜井钻机的技术难度并不是不可攻下的难关，只要我们一抓到底，必然会成功，那时候，斜井钻机将为我国开发油田作出更大的贡献。

四、丛式井钻机

丛式井是比较先进的钻井技术，早在四十年代加拿大在冷湖地区采用了丛式井开发重油田。美国、苏联、荷兰等国家也采用了定向井与丛式井钻井技术，与此同时也生产了丛式井钻机。

丛式钻井降低钻井成本，缩短钻井周期。占用井场面积小，对于耕地紧张地区非常重要。还可节约资金，缩短移运搬家时间，减少修路与建筑费用与周期。丛式井用途广泛，可在岸上打井开发浅海、海滩油田，控制断层，可以开发沼泽、湖泊、建筑物下面的石油资源。可以进行测钻，打救援井等等。丛式井可以提高油井原油产量，钻井速度快，便于滚动开发，先打直井，再打定向井。钻机布置灵活，使用方便。

目前，美国、苏联等国家，研制了丛式井钻机。苏联为开发西西伯利亚油田研制了БУ3000-ЭУК丛式井钻机，钻井深度

2200~3200米，该钻机具有以下特点：

1.能够在地面承压能力小或下陷地带钻井。

2.采用高功率绞车与泥浆泵，采用接长的立根，采用加长的方钻杆，为给钻头定向采用了无级定位转盘。所以钻井速度快，钻机年进尺可达10.1万米。

3.井场内，从一个井位移向另一个井位，用液压缸推动，2~8小时就可以完成。

经过使用证明：丛式井钻机钻井速度快，移运时间减少二分之一到三分之一。

我国定向井与丛式井钻井技术也有了很大发展。1984年我国钻丛式井248口。1985年我国已有100个定向钻井队。全年大庆、辽河、大港、胜利、中原、华北、江苏、江汉、四川、新疆等13个油田打丛式井318口（不包括海洋合作井）。1985年，我国完成4000米以上的定向井4口，3000~4000米井61口。完成了184个井丛，其中14个井丛打2口井，38个井丛打3口井，17个井丛打4口井，15个井丛打5口井。大庆油田的龙15—20丛式井，最多达9口井。

我国在“七五”期间准备打5000口定向井、丛式井，是“六五”期间的5.5倍，将扩大到150~200个钻井队，所以丛式井将在我国有很大发展。

我国各油田也改装了一些钻机，用于打丛式井，例如辽河油田，用ZJ-45钻机打丛式井，两个液缸推动钻机移动井位。江苏油田用大庆I型钻机打丛式井，在动力与传动部分不动的情况下，只移动井架、绞车、底座，可在2×2米正方形四角处打四口丛式井。大港油田，用F320型钻机打丛式井，把钻机置于导轨上面的托盘上，用液缸推动钻机移动。宝鸡厂也研制了可移动式丛式井底座。

目前兰州石油化工机器厂正在研制

ZJ45D-C型丛式井钻机,是比较适合我国国情的钻机,钻井深度4500米,SCR电驱动,是比较先进的成套钻机,建议加快研制,以满足我国钻定向井与丛式井钻井需要。

五、浅海、海滩钻机

我国东部沿海一带有着14000公里长的海岸线,有着较宽的浅海与海滩地带。在这地区蕴藏着丰富石油与天然气资源,有待我国进一步勘探与开发。

我国从莱洲湾到辽东湾一带,包括胜利、大港、辽河油田,石油地质储油构造向海中沿伸,具有很好地发展前景。胜利油田已经发现了弧东油田,并打出千吨油井,是我国近年来发现的最大油田之一。

胜利、大港、辽河地区海滩平坦,水深0~2米地区占有相当大的比例,最大潮差2~5米。冬季冰期三个月,沿岸堆冰1~3米,最高达8米。大港、辽河海滩还有淤泥,深达1.7米。

目前,国外开发浅海、海滩石油资源,广泛采用着移动式坐底钻井船。在钻井时沉箱充水,坐在沙底上;移动时排除沉箱的水,自动浮起拖航或者自航。我国引进了浅海坐底式钻井船,使用证明是较好的。我国还研制与使用了“胜利1号”坐底式钻井船,“胜利2号”正在建造之中。

尽管自升式钻井船不能用于浅海,但近年来研制一种用于浅海钻井的自升式钻井船,桩脚较短,体积较小,吃水较浅,用于浅海钻井具有一定的经济效果。

近年来,利用气垫原理,研制与应用了气垫钻井船。七十年代,为开发北极地区石油资源,使用了载重100~250吨非自航重型气垫船。后来,美国又研制了载重为300吨的气垫钻井船,还有一条100吨工作船与它

相配套。该钻井船气垫高度6.3英尺,腾空高度5.5英尺。八十年代又研制了带有明轮推进装置的自航气垫钻井船。1981年,美国建造由两条船组成的气垫钻井船,气垫压力为1.5磅/英寸²。苏联也建造了载重量40吨气垫钻井船,用它移运钻机,可从海岸一直拖到北冰洋,中间不需拆装更换其他运输设备。

开发浅海、海滩也可以采用在人工岛、栈桥、海堤上打井方法。加拿大采用在人工岛上打井的方法较多,过去是固定式的,现在已改为活动可移动式结构,还可以重复使用。早期在浅海钻井就采用栈桥,后来由于栈桥影响运输,用的就不多了。筑海堤,在海堤打井也是开发浅海与海滩的另一种方法,但是这种方法主要是填砾石土方,费用高,周期长。近年来,为了开发北极寒冷地区石油资源,还采用了人工冰岛钻井方法。将海水喷成雾状,形成冰球落到冰面上,堆成冰岛并使之沉入海底,可在这个人工冰岛上打定向井与丛式井。

在浅海与海滩钻井,运输工具也是一个重要问题。目前,国外广泛采用着两栖车运输。两栖车可以在沼泽地面、海滩地面上行驶,也可以在海中漂浮行驶,用于不同工作条件的地震、运输与施工等等。

从五十年起,两栖车开始用于石油勘探与开发。目前,小型两栖车可载重22吨,对地面的承压为0.35吨/米²。大型两栖车上面配有65吨起重吊,2立方米挖掘机,可以起吊,还可以挖砂。目前,两栖车有带浮筒履带式和低压宽轮胎两种型式。有时宽型履带拖拉机也可以在水深0.4~0.8米处行驶。

我国现在缺乏0~2米移动式浅海、海滩钻井船与相应的运输工具。为此,建议引进或研制0~2米移动式浅海钻井船;研制0~2米浅海物探作业轻型运载设备;研制载重量30~50吨气垫钻井船;改进现有运输工具和研制新型运输工具,以适应我国开发

浅海与海滩石油资源的需要。

六、新型钻井用动力水龙头

新型钻井用动力水龙头是一种新式钻井设备，它把动力置于水龙头上面，与游动系统一起上下移动，省去了转盘与方钻杆驱动钻柱旋转的设备，从而改变了现有转盘钻井的工艺流程，提高了钻井时效、降低了钻井成本。

新型钻井用动力水龙头，在五年前还处于研制与试验阶段，由于近五年来动力水龙头研制成功并在使用中收到较好的经济效益，所以发展很快。到1986年3月，美国已有100多台钻井用动力水龙头在钻井。挪威、法国也在制造动力水龙头，美国VARCO、Bowen、B.J公司均制造动力水龙头。根据技术预测，钻井用动力水龙头是今后的发展方向。

动力水龙头钻井有以下优点

1. 转盘钻井方法，由于方钻杆长度关系，每次钻进深度只能是一个单根（30英尺，9米），而动力水龙头钻井法，没有方钻杆，不受方钻杆长度限制，每次钻进深度为一个立根（90英尺，27米）。所以可以减少三分之二接单根操作与时间，减轻了工人体力劳动，减少了钻杆与钻机的磨损与损坏。

2. 动力水龙头钻井，省去了转盘、方钻杆、鼠洞，也消除了将方钻杆入鼠洞或从鼠洞中抽出方钻杆的操作。可以加快钻井，减少事故，确保操作安全。

3. 动力水龙头钻井，对打定向井、丛式井是很有利的。由于减少了单根拆装次数，不仅可以减少测斜时间，而且还有利于保持井底马达的造斜方位，加快钻井。

4. 转盘钻井法，在起下钻时，不能马上旋转钻具和循环泥浆，这在复杂地层中起下钻，很容易造成卡钻。动力水龙头钻井，在

起下钻的任一位置，均可以很快旋转钻具和循环泥浆，可以进行上提反扩孔和下放扩孔，减少卡钻事故，避免因之而来的打捞作业。

5. 动力水龙头钻井，在起下钻过程中，如果遇到井喷，可以遥控接上水龙头，用高压泥浆控制井喷。动力水龙头增加了处理事故的灵活性与机动性，能更好地满足钻井工艺需要。

6. 动力水龙头钻井，改善了取岩芯程序，提高了取芯质量。可以在90英尺（27米）立根长度内连续取芯，不仅提高了取芯率，而且也提高了取芯质量，减少取岩芯的起下钻次数。

7. 节约泥浆。这在深井钻井时非常重要，因为深井泥浆价格昂贵。

8. 动力水龙头钻井，可以节约四分之一钻井时间。如果工人操作熟练时，还可以节约更多的时间，加快钻井速度。

实践证明：动力水龙头钻井，提高了钻井效率，缩短了钻井周期，降低了钻井成本，减轻了工人体力劳动，避免了许多人身、设备、钻井事故，提高了钻井与取芯质量。是目前较先进的钻井设备和较好的新型钻井方法，也是提高钻井技术的较好设备。

目前，在国内尚未研制的情况下，建议组织人员，立即动手开展研制动力水龙头。根据技术分析，我们认为研制成功的可能性是很大的。

1) 动力水龙头是一个独立的部件，与钻机本身部件并没有直接关联与影响，只是在井架内固定着两条承受动力水龙头反扭矩的导轨。所以不仅可以单独研制用于新研制钻机，而且可以用于现有的老钻机。

2) 兰石厂500短吨水龙头已经研制成功，拿来可用。GE-752型直流电机也有货源。齿轮减速箱已有成功经验。我国已研制

成功液动大钳。所以研制动力水龙头，有可靠的技术基础，是成功关键。

所以，我们认为：当前研制动力水龙头，在人力、物力以及技术基础方面是具备的，应当加速发展我国的钻井用动力水龙头，这样可使我国的钻井技术向前推进一步。

七、现代最佳石油钻井设备

目前在世界范围内，存在着各种各样的钻井设备，在不同环境、地理条件、地层进行钻井，开发地下的石油与天然气资源。

人们经常在想，目前石油钻井设备，哪些是较先进的，哪些组合使用最好，这也是搞钻井设备的人员所关心的问题。

根据国外石油钻井设备的技术发展，我们认为，现代最佳石油钻井设备由以下11个部分组成：

1. SCR电驱动钻机

这种钻机适应性强，工作性能先进，钻井效率高，速度快，质量好，操作方便、灵活、可靠，使用经济性好，节约能源，布置灵活，简化传动，是目前世界上公认的最好驱动方案。

2. 动力水龙头钻井（前面已讲过）

3. 带有盘式刹车的绞车

4. 钻头自动给进器

不仅减轻工人体力劳动，而且给进钻压波动较小，钻井质量高，速度快，最大进尺可提高50%，机械钻速可提高50%，提高取芯率和取芯质量，提高钻头的使用寿命。所以国外大多数钻机均配备了钻头自动给进器，钻井是很方便的。

5. 移动式丛式井底座

近年来，丛式井在国内外发展很快，井场内的移动3~5米，要有专门的移动式丛式井底座。

6. 大功率三缸泵

喷射式钻井、井下动力钻具钻井，深井钻井都需要大功率三缸泵。近年来，美国Oilwell公司研制了新型高压三缸泵，适用于深井钻井，在可靠性方面有所提高。目前，美国最大的三缸泵，传动功率达2000马力，由DRECO、EWCO公司生产。

7. 采用无毒性油基泥浆和密闭泥浆固相控制系统

无毒性油基泥浆，对油层污染较少，可以提高钻具和钻头的使用寿命，不发生卡钻事故，对人没有损害，所以国外采用较多。

目前，国内外均很重视泥浆固相控制系统的应用效果。因为泥浆中的固相含量对钻井质量、速度以及易损件寿命均有很大关系。密闭泥浆固相控制系统，节约用水，节约泥浆，适合于各种恶劣工作条件使用，具有较好的经济效益。

8. 铝合金钻杆

苏联制造的世界上最大的15000米钻机，大钩负荷只有400吨，就是考虑采用铝合金钻杆。如果用钢质钻杆，大钩负荷应为800吨。铝合金钻杆弹性强，壁厚，在泥浆中浮力也大，钻杆阻力小。钻杆轻，提升负荷小一倍，车辆运输钻具也方便。铝合金钻杆耐磨损，是钢质钻杆允磨量的两倍。铝合金钻杆抗 H_2S 、 CO_2 和有机酸腐蚀能力强。尽管目前铝合金钻杆成本高一些，但是上述优点综合结果经济效益还是很高的。

9. 随钻测量系统与钻井仪表

一般钻井方法，是据根据地面测得参数控制钻井，由于地面测得参数与井底真实工况参数相差较大，特别是深井相差更大，往往使钻井并不是处于较好的工况参数钻井。为此，要测量井底工况参数，产生了随钻测量系统。这种系统及时反映井底工况参数的变化，便于以最高的钻井速度和质量进行钻井。

目前, 钻井仪表发展也很快, 不仅使钻井更加合理化, 也为钻机自动化提供了良好条件。

10. 井下动力钻具

目前, 井下动力钻具主要有涡轮钻具和螺杆钻具。主要特点是钻井速度快, 提高钻头进尺, 是打定向井、丛式井的较好动力钻具。

11. 高速PDC钻头

PDC钻头是一种新型高效能钻头, 提高钻速达50%以上, 提高钻头使用寿命4~5倍。每口井至少可以节约200~300万美元。

上述组合而成的现代最佳石油钻井设备, 钻井工作性能先进, 钻井速度快, 钻井质量好, 安全可靠, 降低钻井成本, 提高经济效益, 最大限度地满足钻井工艺需要。

八、加速发展新型石油钻机

我国在“七五”期间, 根据石油勘探发展的需要, 不仅要打更多的井, 而且要打各种类型井, 所以需要各种类型的钻机。目前, 在石油钻井设备方面, 一方面可以引进, 一方面可以研制。

目前, 尽管国际市场石油钻机萧条, 但是, 引进费用仍很高。例如, 一台沙漠钻机引进费用2850万美元, 价格仍然很贵。所

以, 要发展我国石油工业, 自行研制钻井设备也不能不列为主要地位。

上面谈到的六种设备, 是我国应当积极发展的新型石油钻机, 应当根据计划需要, 全国统一规划安排人力、物力, 进行钻机承包。采取厂、所、院校联合研制的办法, 组成专门的研制组, 根据轻、重、缓、急, 在适当时间安排研制。例如, 沙漠钻机, 目前新疆塔里木盆地正在勘探, 根据地震勘探石油储量喜人, 估计在三年后可以大上, 从现在起就应当安排研制, 三年后就可以提供沙漠钻机。

研制我国的新型钻机, 必须打破机械部与石油部的界限, 搞横向联合, 才能尽快发展起来。目前, 我国的研制、设计力量比较雄厚, 制造设备、技术、力量也相当强, 使用单位具有丰富的实践经验, 这是非常好的有利形势。我们应当充分调动各单位的积极性, 合理安排, 充分发挥各单位的特长与作用, 必然会研制出我国的新型钻机。

先进的钻井技术要靠先进的钻井设备来实现, 先进的钻井设备的不断革新, 反过来又促进了钻井技术的发展。我们坚信, 研制的新型石油钻机, 必将在我国的钻井技术方面发挥更大的作用, 并把钻井技术水平向前推进一步。

(上接第20页)

Pillar) D-8 柴油机, 这也要17.5万美元。

总的来说, 一台沙漠钻机的总成本比一般同样能力的陆地钻机要多花180万美元。

尽管开始沙漠钻机成本很高, 但由于钻机分块大, 拆卸和安装方便, 可使移运时间和车次大大减少, 从中可弥补因沙漠设备特殊而造成的成本增加。有一位承包商说, 沙漠钻机的成本仅比陆地钻机高10~20%。

参考文献

1. "Rig design overcomes desert conditions" WORLD OIL October 1981

2. "Drilling in the desert an evolution of rig design" WORLD OIL September 1981

3. "DESERT DRILLING" Drilling-DCW September 1976

4. "Desert drilling takes special care" Drilling Contractor July 1980

5. "Water supply is critical for desert drilling" Drilling Contractor July 1980

6. "Specially designed desert rig reduces move time" WORLD OIL OCTOBER 1978.

国外沙漠钻机及其配套设备调研

新疆石油管理局钻井工艺研究所 张西成

一、沙漠钻机发展概况

中东、北非以及我国青海、新疆戈壁沙漠地带都发现有石油。为了开采石油与天然气，必须采用与之相适应的技术与方法。大约在本世纪三十年代到五十年代之间，就有普通机械驱动钻机投入沙漠进行沙漠钻井作业。这种普通钻机采用链条传动，绞车和柴油机底座采用箱式结构，泥浆循环系统和各种储罐是根据钻机功率大小进行配备，拆开组件的宽度一般限制在2.4米，长度为8~9米。

由于沙漠地区环境不同，采用普通陆地机械驱动钻机钻井，在完井后，如果将钻机拆成小组件，用卡车搬到井位，常常导致卡车轮胎的快速磨损，在疏松的沙面上，又往往下沉，不仅搬迁困难，而且拖延时间，提高钻井费用。正是由于高昂费用激发人们去研究和制造沙漠钻机。

钻机搬迁就成为设计沙漠钻机主要依据之一。无论采用沙漠卡车搬迁，还是装在滑撬上或拖车上牵引，都需要考虑轮胎。钻机组件重量致使在沙面上运行的卡车轮胎没有足够的漂浮性，使卡车的底梁埋入沙地，无法搬迁。为了解决这个问题，Kenworth公司等研制了沙漠漂浮轮胎，可使钻机组件在沙漠地带搬迁。这就产生了五十年代中期第一代沙漠钻机。

六十年代，沙漠钻机的制造和应用进入

发展时期，逐步形成三种型式沙漠钻机，第一种是在1962~1964年间，Mobil Libya石油公司在美国制造并运往Sahera沙漠12号租借区的“沙漠主人”，于1963年8月17日钻完第一口井，到1964年12月31日已钻完11口井，钻机搬迁10次，得到良好的经济效益。第二种是阿尔及利亚国营石油公司(Sonatrach)从美国钢铁国际有限公司购买的四台大型车拖钻机，是当时世界上最大的车拖钻机之一。其中有一台Oil well公司840-E型钻机，三台Oil well公司E-2000'S型钻机，从1967年夏天开始陆续完成了四台钻机装配，并运往Sahera沙漠，由Alfor操作。另外，阿布札比石油公司于1965年改造了两台钻机，其中一台N-130撬装柴油机电动钻机，主要考虑了钻机在搬迁过程中便于装卸大的钻机组件。第三种是新型整体式沙漠钻机，由法国先锋石油公司于1965年左右研究，Dresser公司的Ideco分公司在德克萨斯州的Seaumont制造厂组装的，先运往法国，然后送到阿尔及利亚，用于沙漠钻井作业。这种沙漠钻机主要用于快速搬迁和深井钻井。

七十年代，沙漠钻机的演变主要在于钻机本身的改进、完善、集装化。例如底座、井架、绞车、柴油机和传动装置、发电机组都是集装的主要单元，搬迁组件已经减少到10~12件，可以大大减少搬迁时间，提高经济效益。沙漠钻机的最大改进就是钻机搬迁组合件的集装化。

沙漠钻机的发展史是不断改进试验的历史。沙漠钻机技术与其他技术不同，它的成功不是来自实验室的结果，而是来自于现场实践所积累的经验。

二、沙漠钻机结构及其配套设备

1. 车拖沙漠钻机

美国Oil well公司840-E型钻机是阿尔及利亚国营石油公司Sonatrach从美国钢铁国际公司购买的，目的在于车装钻机能够进入阿尔及利亚沙漠深处，为北非国家钻探石油资源。

840-E型钻机，配有142英尺(43.3米) Leec Moore双拖车桅式井架，公称承载能力100万磅(453.6吨)，大钩负荷75万磅(340.2吨)。井架底座还带有竖立附加部分，高20英尺(6.1米)，宽25½英尺(7.8米)，长36英尺(11米)，安装在支撑能力为1.6万磅(7.3吨)并带有八个29.50×25号轮胎的悬架上，底座能够承受70万磅(317.5吨)套管负荷和40万磅(181.4吨)钻杆负荷。猫头绞车和A-27½转盘安装在底座上。另外还有拖装绞车，两台Oil well公司1400-P型泥浆泵，六台Caterpillar公司D398TA柴油机及其配套的通用电气公司生产的电机组，振动筛、泥浆罐和泥浆混合装置等均装在滑撬上。此外，还配有一个72人生活30天的野营房。

Sonatrach E-2000'S型钻机有150英尺(45.7米)高的塔式井架，公称承载能力为133万磅(603.3吨)；Oil well公司电动猫头绞车和转盘，其驱动装置安装在底座上。该钻机配有一台Oil well公司A27½英寸转盘，一台EMD312EW 7 M动力机组，两套Caterpillar公司D379柴油机交流发电机组，两台Oil well公司1400-P型泥浆泵，

一台E-2000型绞车。

车拖沙漠钻机要求配备长7500英尺(2286米)、直径1½英寸(34.9毫米)、6×19的夹心钢丝绳。美国虎牌旋转钻井钢丝绳长16000英尺(4876.8米)、直径9/16英寸(14.3毫米)、6×7、镀锌。

阿布札比石油公司改装的N-1320型钻机，底座高18英尺(5.5米)，井架公称承载能力为100万磅(453.6吨)，钻台以上高度142英尺(43.3米)，钻台宽30英尺(9.1米)，长40英尺(12.2米)，可容纳转盘、绞车、动力分配控制器和两台750马力(551.6千瓦)电动机。钻机设备总重量(不包括钻杆)为550吨。该钻机还配有Caterpillar公司D398柴油机，分别带动600马力(441.3千瓦)直流发电机，用于驱动绞车和EMSCO公司D-1000型泥浆泵和500吨的转盘。底座宽30英尺(9.1米)，长40英尺(12.2米)。

泥浆循环系统配备两台D-1000型泥浆泵，总排量为1400加仑/分(88.2升/秒)，泵压为3000磅力/英寸²(20.7兆帕)。两个泥浆罐，一个可容890桶(127立方米)，另一个可容600桶(95立方米)。还有离心机、搅拌器、除砂器、除气器等设备。

Santa Fe钻井公司从事沙漠钻井已有三十多年的历史。该公司于1963年组装一台大型车拖沙漠钻机，配有NSCO公司110型绞车，可钻井深4400米，目前在沙特阿拉伯进行1800~2000米井的钻井作业。

2. 整体式沙漠钻机

法国先锋石油公司设计，美国Dresser公司制造的整体式沙漠钻机，主要用于阿尔及利亚地区快速搬家和深井作业，该钻机是电驱动，采用新型井架和底座，适应安装较多的防喷器，A型桅杆式井架高124英尺(37.8米)，钻台高20英尺(6.1米)。EDS-2500型绞车由两台752-W型电动机齿轮驱动，每台1000马力(735.5千瓦)。