

《国外机械工业基本情况》参考资料

# 石油钻采机械和长输管线

《石油钻采机械基本情况》编写小组

第一机械工业部情报所

## 出版说明

在毛主席无产阶级革命路线指引下，在党的十大精神鼓舞下，我国机械工业形势一派大好。广大革命职工，高举毛泽东思想伟大红旗，深入开展批林批孔运动，狠抓革命，猛促生产，巩固和发展了无产阶级文化大革命的丰硕成果，毛主席关于“中国人民有志气，有能力，一定要在不远的将来，赶上和超过世界先进水平”的伟大号召，正在胜利地实现。

“知彼知己，百战不殆”。为了介绍国外机械工业基本情况，我们组织有关单位，按机械工业各行业分别编写与出版一套《国外机械工业基本情况》参考资料。

毛主席教导我们：“……一切外国的东西，如同我们对于食物一样，必须经过自己的口腔咀嚼和胃肠运动，送进唾液胃液肠液，把它分解为精华和糟粕两部分，然后排泄其糟粕，吸收其精华，才能对我们的身体有益，决不能生吞活剥地毫无批判地吸收。”资本主义、修正主义国家的东西，必然打上资本主义的社会烙印和带有资产阶级的偏见。因此，在参考国外情况的过程中，必须遵照伟大领袖毛主席的教导，采取分析、批判的态度。

本册为石油钻采机械和长输管线国外基本情况部份，编写单位是：兰州石油机械研究所，兰州石油化工机器厂，兰州通用机器厂。

由于我们水平有限，编辑工作中定有不少缺点和错误，请读者批评指正。

第一机械工业部情报所

一九七四年

# 目 录

一、行业和企业情况 .....	1
(一) 前言 .....	1
(二) 美国 .....	1
(三) 苏联 .....	2
(四) 罗马尼亚 .....	2
二、产品概况 .....	3
(一) 国外石油钻采机械发展的特点 .....	3
(二) 石油钻机 .....	4
(三) 海洋钻井设备 .....	4
(四) 钻头 .....	5
(五) 井下动力钻具 .....	6
(六) 固井设备 .....	8
(七) 机械采油设备 .....	8
(八) 压裂、酸化设备 .....	9
(九) 修井设备 .....	10
(十) 国外长距离输油、输气管线发展的特点 .....	11
三、科研设计 .....	12
四、国际科技会议和展览会 .....	12
附表 .....	12
表1. 1930~1974年世界石油、天然气探明储量、产量及油、钢产量比例变化情况 .....	12
表2. 美国石油和钢产量比例变化情况 .....	13
表3. 苏联1913年以来石油和钢产量的比例 .....	14
表4. 世界燃料生产构成 .....	15
表5. 几个国家燃料消费构成 .....	15
表6. 美国、苏联石油工业发展速度 .....	16
表7. 美国、苏联1972年石油机械及石油工业装备水平 .....	16
表8. 美国各个不同原油产量时期的技术装备 .....	17
表9. 苏联各个不同原油产量时期的技术装备 .....	18
表10. 美国1950~1974年石油产量及采油技术装备 .....	18
表11. 美国1950~1973年天然气产量及采气技术装备 .....	19
表12. 美国1950~1972年钻井情况 .....	19
表13. 美国现有钻机概况 .....	20
表14. 美国1960~1972年油田机械及设备制造业概况 .....	20
表15. 美国长输管线发展情况 .....	21
表16. 苏联1950~1974年石油产量及采油技术装备 .....	21
表17. 苏联1950~1973年天然气产量及采气技术装备 .....	22
表18. 苏联1950~1973年钻井情况 .....	22

表19. 苏联 1950~1972 年石油钻采机械产量	23
表20. 苏联长输管线发展情况	23
表21. 罗马尼亚 1950~1972 年石油产量及采油技术装备	24
表22. 罗马尼亚 1950~1972 年天然气产量及采气技术装备	24
表23. 罗马尼亚 1950 年以来的钻井情况	25
表24. 罗马尼亚长输管线发展情况	25
表25. 日本的石油工业及其技术装备	26
表26. 西德石油开采和钻机生产情况	26
表27. 资本主义国家钻井机械出口额	26
表28. 美国石油钻采机械主要生产企业一览表	27
表29. 美国石油钻采机械主要生产企业概况	29
表30. 苏联石油钻采机械专业分工表	31
表31. 罗马尼亚石油钻采机械制造厂概况	31
表32. 罗马尼亚“五一”机械制造厂组织机构	32
表33. 罗马尼亚“五一”机械制造厂各车间的装备情况	33
表34. “五一”机械制造厂生产钻机所需外协的主要零部件	34
表35. 罗马尼亚德鲁柯维什蒂石油机械厂各车间装备情况	34
表36. 日本石油钻采机械制造厂情况	35
表37. 各国大、中型石油钻机的生产情况	37
表38. 世界各国 1967~1970 年旋转钻机台数及完成井数	37
表39. 各国三牙轮钻头生产和技术水平	38
表40. 美国和苏联金刚石钻头钻井指标	38
表41. 几个国家涡轮钻具生产情况	39
表42. 迪纳螺杆钻具性能参数	39
表43. 苏联电动钻具的系列参数	40
表44. 各国水泥车产品概况	41
表45. 各国抽油机产品概况	42
表46. 美、苏电动离心沉没泵的产品规格范围	42
表47. 美国水利活塞泵规格范围	43
表48. 各国压裂车产品主要参数和性能	44
表49. 苏联、美国最大压裂泵主要参数	44
表50. 苏联、美国酸罐车和酸化车主要参数和性能	44
表51. 美国修井机操作深度范围及台数	45
表52. 美国修井机产品概况	45
表53. 西德修井机产品概况	45
表54. 苏联修井机产品概况	46
表55. 罗马尼亚修井机产品概况	46
表56. 国外修井机技术发展概况	46
表57. 美、苏、英、西德 1970 年石油和天然气各种运输量所占的百分比	47
表58. 美国、苏联油、气管线的发展速度	48
表59. 不同管径管道输送天然气指标比较	48
表60. 苏联各种直径的输气管线长度	48

表61. 1968~1970年美国油、气管线建设统计 .....	49
表62. 世界 1958~1970年用于长输管线的燃气轮机 .....	49
表63. 美国长输管线用燃气轮机增长情况 .....	49
表64. 美国输气管线用燃气轮机 .....	50
表65. 美国、苏联长输管线的技术发展水平 .....	50
表66. 罗马尼亚石油机械研究所组织机构 .....	51
表67. 美国石油钻采机械及长输管线科研学术机构概况 .....	51
表68. 苏联石油钻采机械及长输管线科研学术机构概况 .....	52
表69. 国际科技会议和展览会 .....	53

# 一、行业和企业情况

## (一) 前 言

1972年世界原油产量达25.98亿吨，比1962年增长1.16倍，比1950年增长4.1倍。在相同时期，世界钢产量只增长73%和2.29倍。石油工业发展速度一般也超过各国的工业平均发展速度。

在世界动力构成中石油和天然气的比重迅速上升。1970年石油已占41.7%，天然气占20.7%，油、气合计占62.4%，煤炭比重下降到35.3%。油、气在燃料、动力构成中的比例，美国为76%，苏联为59.3%，日本为73.2%，西德为58.5%，法国为61%，英国为59.6%。

近年来，石油化工发展迅速。1970年以石油和天然气为原料的化工产品全部有机化工产品中的比重，美国为95%，西德为88%，日本和英国为80%。以油、气为原料的合成氨已占合成氨总产量的81%以上。石油、化工对油、气的需要越来越大。

在世界上石油工业比较发达的国家，可分三类：一、采炼全面发展的国家，如美国、苏联、罗马尼亚等；二、以采油为主的国家，如中东的沙特阿拉伯、伊朗、科威特、伊拉克，北非的利比亚、尼日利亚、南非的委内瑞拉等；三、缺少油、气资源，以炼油为主的国家，如日本、英国、西德、法国、意大利等。本资料主要介绍采炼全面发展的国家的有关情况。

## (二) 美 国

美国1972年抽油井已达52万余口，原油产量5.32亿吨，建成输油输气管线约72万公里。全国有石油钻采机械制造企业360家，其中有8家能制造大、中型钻机，十多家生产采油设备，其余工业生产工具及配套零部件。石油钻采机械制造业从业人数3.8万人，其中生产工人2.5万人，发货额达到10亿美元。1971年平均每台钻机年进尺3.19万米。

由于探明石油可采储量只有50亿吨，储采比只有9.4，又因钻井速度提高，1972年钻机运转台数降为1956年的23%（其中旋转钻机台数为1956年的39%），1971年的总进尺为1956年的55%，钻井口数为45%。而干井比例逐年增加，1950年占35.4%，1960年占39.9%，1970年达到41.7%。

美国一方面发展技术比较先进的钻采设备，如钻井参数的测量、记录和自动控制已从单纯的钻压自动控制发展到多参数的自动记录和控制，试验成功了几个方案的起下钻机械化装置，发展了钻深3900米的新型全液压钻机，另一方面，仍然使用着十分落后的几百台顿钻钻机、和3台以蒸汽机为动力的钻机。

由于浅部地层的油气资源日趋枯竭，美国不得不向深部开采。钻深4800米以上的超深井钻机运转台数不仅没有减少，还略有增加，钻深4500米以上的超深井1971年比1960年增加了73%。1971年钻成一口8687米特超深井，1972年又钻成一口井达9159米。这是目

前世界上最深的两口井。美国最深油井 6879 米，最深气井 7182 米。

美国石油钻采机械制造企业的特点是由许多小厂生产专业化的零部件，如钻头、链条、大钳、卡瓦等，然后，由钻井公司自行成套。这些企业主要集中在得克萨斯、俄克拉何马、加利福尼亚等产油地区。

### (三) 苏 联

苏联从 1928 年开始着手建立石油机械制造业。最初都是兼业的。以后逐步专业化，1953 年原油产量达到五千万吨时，已建立了石油机械工业的完整体系。在巴库、格罗兹内、乌拉尔—伏尔加河等产油区都建立了石油机械制造厂，每年能够生产 400 台钻机，90 万个深井泵，2895 套涡轮钻具，苏联最主要的 5 月（3200 米）和 3 月（5000 米）钻机就是在五十年代前期发展起来的。

目前苏联石油和天然气可采储量已超过美国一倍以上，钻机台数也超过了美国。但是长输管线的总长度只有美国的七分之一。炼油能力落后于采油。由于采运炼互相脱节，石油开采速度已显著下降：从五十年代后期的年增长率 15~19% 跌到最近五年的 4.5~7%。

苏联二十年来钻井速度增加很小。钻机平均年进尺只有美国的三分之一；钻头平均进尺甚至有所下低，还不到 30 米/只。

### (四) 罗马尼亚

罗马尼亚的石油开采已有一百多年的历史，但石油钻采机械制造业的发展还是近廿年的事。

罗马尼亚解放以前，所有钻采机械都从西方进口。1944 年解放后开始使用苏联设备，并将几个修理厂加以整顿和扩大，制造一些钻井工具。1955 年前曾按苏联图纸生产 BY-40 钻机，后以苏联 5 月 钻机为基础，设计了 5 D-150 钻机，其中 3PN-465 三缸泥浆泵系罗自行设计，结构较好。1958 年，全部自行设计的 4LD-150 钻机试制成功。1958~65 年的七年中，陆续发展了 T-50、2DH-75、4DH-125、3DH-200、4DH-315 五种钻机。现已生产 400 吨（钻深 7000 米）以下各型钻机，正在试制 500 吨（钻深 8500 米）钻机。其它产品，如轻型钻机、修井机、防喷器、抽油机等，也有相应的发展。

罗马尼亚石油钻采机械制造业的特点：

1. 大多数产品已经定型、形成系列，成批生产。
2. 以“五一”机械制造厂为骨干，生产钻机，全国十多个小厂配合分工生产零部件。
3. 进口了重大加工设备，如“五一”厂从英国、西德进口了人字齿加工机床，从法国、意大利进口了制造钻头的程序控制机床；德鲁柯维什蒂石油机械厂从西德、奥地利进口了制造阀门与钻杆接头的专用机床；布拉索夫液力机械厂从西德、瑞士进口了制造涡轮转变矩器的精密机床（西德 HRF500H 卧式仿形铣床，瑞士 Nassovia 立式双轴仿形铣床，瑞士 ST-100 卧式仿形铣床）及从奥地利进口了变矩器试验装置。

4. 铸锻能力较强。1966 年三个主要专业厂共有电炉 10 台（5 吨 2 台、3 吨 6 台、15 吨 2 台）。据罗方 1973 年 4 月介绍，“五一”厂的铸钢能力已达 1 万吨/年，铸铁 4000 吨/年，

锻件—1.5万吨/年。

5. 出口石油钻采机械。从1960年至65年，罗马尼亚向国外输出的钻机近400台，其中4500米钻机14台，3000米——200台，2000米——80台，1100米——78台，此外，修井机：22台，固井设备：220台，抽油机：1100台，防喷器：1400台，三牙轮钻头：20万个。“五一”机械厂的产品有60%出口。1973年生产的6万只钻头，有3.5万只出口28个国家。

罗马尼亚石油钻采机械产品的水平：

钻机主要以柴油机为动力，用链条并车传动，大部分电机采用三级液力变矩器，采用A型井架，有完整的气控系统，钻机动力较大，参数比较先进，最大泵压已达350大气压。1966年一般链条使用寿命6000小时，已接近西德链条的质量。但钻机中个别关键零部件，如八排链条，还不能制造，依靠进口。

其它钻采机械有的比较先进。如闸板防喷器的壳体按长方形高压容器计算和电测应力实验相结合，得出趋于等强度的结构，使产品重量轻、尺寸小、承压高。又如13<sup>5</sup>/<sub>16</sub>”×700双闸板防喷器与美国的莎非(Saffer)和卡麦隆(Cameron)公司的同类产品比较，高度降低34%和49%，重量减轻56%和48%。密封喷射式钻头正在试制，有三种型号已经小批生产。但有的产品还比较落后，如压裂车的动力机还靠进口，功率较小，而且不能用于酸化作业，水泥车及钻机柴油机的制造质量不好，有的曲轴断裂。

注：本节及其它关于罗马尼亚石油钻采机械的数据和资料，凡未注明资料来源者均取自：

(1)《中罗石油机械技术座谈总结》，座谈小组，1973年4月。

(2)《罗马尼亚石油钻采机械》(出国参观考察报告)，中国科技情报所，1966年6月

## 二、产 品 概 况

### (一) 国外石油钻采机械发展的特点

国外生产石油钻采机械的国家有美国、苏联、罗马尼亚、西德、奥地利、日本、法国、英国、意大利等十几个国家，其中美国、苏联、罗马尼亚等国家的钻采机械制造业具有独立的和完整的体系。其它国家多按外国专利制造部分钻采设备和工具、配件等。

国外钻采机械发展的特点是：

1. 产品系列化。罗马尼亚已发展了起重量为50至500吨的9种石油钻机(500吨钻机正在试制)，最大钻深能力为8500米；苏联新制定的钻机系列共分7级，起重量为50至250吨，最大钻深能力为9000米，苏联新制定的抽油机标准系列规定有9种基本规格和11种变型规格。

2. 研制新型钻采机械。美、苏都在试验全液压自动化钻机；美、法、苏都在研制柔杆钻机；美国和苏联都在研究高速磨粒喷射钻井设备；美国新发展的三缸单作用泥浆泵比同功率的双缸双作用泵重量减轻 $\frac{1}{3} \sim \frac{1}{4}$ ，美国研制的全液压修井机、盘管修井机、连续抽油杆设



备已在矿厂试验应用；美、苏研制了新型容积式液力钻具等等。

3. 提高现有产品的机械化自动程度。如在钻机和修井机上配备钻杆、油管起下机械化设备。在固井、压裂设备上配备自动计量控制系统等。

4. 新型动力机械和传动部件的采用。美国在超深井钻机上已试验采用燃气轮机直流发电动力系统 and 可控硅整流动力系统。在固井、压裂、修井设备上也开始试验燃气轮机的应用，以便提高性能，减轻重量。涡轮变矩器、电磁刹车、盘式离合器已经推广使用。

5. 发展海洋钻采机械。1970年，世界上已有75个国家进行着海洋石油地质勘探，其中有45个国家的浅海进行着石油勘探，有24个国家的浅海已经采油，海洋井口已达2万口，当年钻井1828口，采油量约4亿吨，占世界石油总产量的17.4%，预计到1980年海上石油产量可占世界石油总产量的30~40%。

## (二) 石油钻机

石油钻机的基本部件是绞车、井架、天车、游车、大钩（有些游车和大钩合成一体，称为游车大钩）、水龙头、转盘和泥浆泵。钻机上的动力设备，常用的是柴油机直接驱动和柴油机经涡轮变矩器驱动，此外还有工业电源驱动和柴油机发电机驱动型式，国外已开始超深井钻机上采用燃气轮发电机驱动型式和交流电可控硅整流系统。根据动力设备的不同而采用不同的传动设备，如并车机构、减速机构、变速机构等。此外，整套钻机还应包括钻台、底座、机房、棚架等金属结构以及泥浆系统、辅助电源系统、压缩空气系统及控制系统等辅助设备。钻机上应配备的工具具有大钳、卡瓦、吊卡、方钻杆、防喷器等。

钻机一方面要满足钻井所需的大功率、大起重量、高泵压、高强度、长寿命等要求，另一方面在结构上还要便于安装、拆卸和转移，以适合不同自然地理条件下的作业，例如整体搬运、大块搬运、小块搬运等。因此在钻机的设计上不断有新的改进和变型。目前钻机的主要问题是起下钻作业的机械化、自动化程度低，需要繁重的体力劳动。近年来钻机上趋向增加一些机械化、自动化项目，如动力大钳、动力卡瓦、立根排放机构、自动送钻设备和泥浆自动控制设备等。

为了彻底解决起下钻作业的机械化、自动化问题，国外多年来曾从事某些新型钻机的研制工作，如全液压自动钻机、柔杆钻机等。例如美国正在试验钻深能力4000米的ADM-1型和ADM-2型全液压自动钻机；苏联设计了钻深4000米的КГБУ-125型全液压自动钻机；美国正在试验钻深3050米的柔杆钻机；法国和苏联合作用杀杆设备曾钻到2330米深度。但到目前为止，这些类型的钻机仍处于试验阶段，尚未正式投产。

## (三) 海洋钻井设备

国外现有500多套海洋钻井设备。\* 海洋钻井设备包括两大类，即固定式和移动式。固定式有栈桥、固定平台、人造岛三种形式。一般固定平台需要几千吨钢材，英国在北海弗特斯油田建造四个固定平台，每个平台总重量达4.8万吨，可钻27口井。有的固定平台可钻32口

\* 关于国外的海洋钻井设备数量，各个资料差别很大。

井。移动式中有可沉式、自升式、半潜式平台和钻井船四种。半潜式装置的稳定性较钻井船好，对于水深的适应性广，最有前途。到1973年底，西欧北海16个新的大型钻井装置中，有13个是半潜式。但半潜式装置移动性能低、耗钢量大、造价高，例如日本从美国引进技术制造的“白龙二号”半潜式装置，排水量1.65万吨，可钻9000米，耗用钢材6800吨。

海洋钻机和陆地钻机没有明显区别，但多为深井和超深井钻机，而且多为柴油机电传动，有时要求在同一地点打多眼井的特殊井架或特殊钻机撬座移位设备，采用大直径转盘，便于向海底下沉特殊井口设备。

在海洋钻井平台上钻定向斜井方面，据说苏联在里海上使用涡轮钻具钻到2904米时可偏斜1181米。目前斜井偏角最大可达50度。

## (四) 钻 头

国外生产钻头较多的国家有美国、苏联、罗马尼亚、法国、意大利、日本、加拿大、瑞典、瑞士、英国和西德，其中的法国和瑞典以生产金刚石钻头著称。

### 1. 三牙轮钻头

三牙轮钻头是钻头中使用最广泛的一种，在美国和苏联都占90~95%以上。十年内，三牙轮钻头出现了许多新结构。

(1) 喷射式钻头。美国每年生产70万只钻头中，有75~80%是喷射式钻头。喷射式钻头比普通钻头，在软地层进尺可提高0.5~1倍，钻速可提高15~30%；在硬地层进尺可提高13~28%，钻速可提高14~21%。

(2) 密封滚动轴承钻头。美国1964年成批生产，日本于1969年成批生产，意大利等国也开始成批生产。进尺和钻速可提高30~50%。

(3) 密封滑动轴承钻头。美国于1968年试制成功，现已成批生产。平均进尺可比普通钻头提高一倍。

(4) 硬质合金齿钻头，特别是喷射式硬质合金齿密封滑动轴承钻头，可以达到很高的钻井指标。如美国有一个钻头进尺达到3660米。

对于钻头制造工艺各国都在致力改进。

普通三牙轮钻头的牙齿一般是铣削成型。据苏刊称莫斯科石油化学与天然气工业学院和列宁机械制造厂曾研究用热轧法代替铣齿法来加工牙轮。所试制的190毫米钻头，牙轮制造成本降低12.7%，制齿劳动生产率提高25倍，轧制齿的寿命比铣制的寿命提高27%。用轧制法生产更大的钻头更为有利。德罗戈贝奇钻头厂已决定用轧制法生产243~295毫米钻头。1969年试制的Y243TH轧齿钻头，每个钻头节约金属2.5公斤。

意大利钻井工具公司流水线上多采用多刀多头半自动机床，罗马尼亚从法国进口了11台Codicop专利Progress Joms Jomson程序控制半自动车床，用来车牙掌及牙轮的轴承滚道。苏联斯维尔特洛夫机器制造设计、工艺研究院设计的牙掌加工自动线已在上谢尔基钻头厂投入使用。它完成五道工序：①铣牙掌角度侧面、②钻中心孔、③钻弹子孔、④粗车轴颈、⑤精车轴颈与滚道，年产量13600个钻头，两班操作，每班一个工人。全苏矿山机械制造设计、工艺研究院(ВНИПТИРГОМАШ)为上谢尔基钻头厂设计了初加工牙掌用的十工位组合机床和六工位机床，据称可提高劳动生产率5~7.5倍。

意大利钻头工具公司采用气体渗炭法，在淬火加热时用气体保护，防止滚道表面脱炭和氧化，因而淬火后不需磨削加工。罗马尼亚有一条热处理和化学热处理的自动线。

苏联古比雪夫钻头厂用电液控制实现磨削过程自动化，用金刚石成型砂轮同时磨削各滚道，据称，磨一只牙轮 1.5 分钟，磨牙掌的效率可以提高 2~3 倍，光洁度由  $\nabla 6\sim 7$  提高到  $\nabla 8\sim 7$ ，径向公差由 0.1 毫米降为 0.05 毫米。罗马尼亚从意大利进口了 8 台 NOVA 双砂轮轴程序控制半自动磨床（磨滚道）和从法国进口了 2 台 Progress cridin TC-12 型程序控制半自动车床（加工锥螺纹）。

罗马尼亚几条自动线承担了钻头生产 60% 的工作量。

意大利钻井工具公司生产的技术经济指标如下：\*

年产量	2.2 万只	机床 38 台
职工总数	172 人	其中：生产机床 28 台
生产工人	130 人	每只钻头加工工时：
生产工人劳动生产率	169 只/人·年	普通三牙轮钻头 12 小时
一付模具可锻牙掌数	2500 只	硬质合金齿钻头 23 小时

资料来源：1. 《石油机械近期发展概况》兰州石油机械研究所，1972年10月；

2. 《来华技术座谈资料，意48，三牙轮钻头》，中国科技情报所，1972年12月；

3. 《出国参观考察报告，罗马尼亚石油钻采机械》，中国科技情报所，1966年6月；

4. 《Хим. и Нефт. Машиностроение》1968, №9, P 25; 1968, №12, P 34; 1969, №10, P 23等。

## 2. 金刚石钻头

金刚石钻头近年来使用逐渐增加。最初只用于极硬的研磨性极大的地层，近年来在钻凿软地层也获得好的结果。虽然金刚石钻头的成本比牙轮钻头高十倍，但因进尺比牙轮钻头高几十倍，使用后可回收金刚石 50% 以上，采用金刚石钻头仍然是合适的。尤其配合涡轮钻具钻深井更为有效。美国在 1968 年使用了 1450 个金刚石钻头。法国金刚石钻头进尺占总进尺的 20%。

有些国家开始了用人造金刚石制造钻头，苏联宣称乌克兰超硬材料研究所的人造金刚石钻头，试验钻进五千多米，平均进尺 277 米，而用天然金刚石在同样条件下平均进尺只有 248 米。

## (五) 井下动力钻具

目前世界上在旋转钻井中获得工业应用的井下动力钻具有液力驱动和电驱动两类，前者如涡轮钻具和螺杆钻具，后者为电动钻具。

### 1. 涡轮钻具：

涡轮钻具以苏联应用最早并发展的比较迅速。目前，它已拥有适于浅井、深井，软、硬地层，可带金刚石钻头和牙轮钻头的涡轮钻具以及用于取心和斜井的专用钻具。从 1956 年起涡轮钻井进尺在苏联始终占全部钻井进尺的 75~85%，其最大井深已超过 6000 米。在海洋生

\* 模具及工夹具由外厂订货

产井中有95~98%的方向井是用涡轮钻具钻凿的。

五十年代中期涡轮钻井方法开始引起西方的重视并引入西欧和美国。法国的尼赫匹克(NEYRPIC)公司、西德的萨尔兹吉特(SAIZGITTER)公司及奥地利特劳兹尔(TRANZI)公司相继发展了与苏联T12M型及TC型相类似的涡轮钻具。然而,由于当时采用涡轮钻具进行钻井与转盘钻井相比未见十分显著的经济效果。因此直至六十年代期间涡轮钻具在这些国家只用于钻鼠洞、方向井、金刚石钻头钻井及钻硬地层等。

从国外的情况表明,涡轮钻具必须向低转速大扭矩发展才能扩大使用范围以适应不同钻头、不同井深和地层快速钻井的需要。围绕这一目标国外特别是苏联近期进行了一系列研究,出现了一些新型涡轮钻具,概括起来有:

- (1) 低速多节涡轮钻具;
- (2) 带有低速降压涡轮的涡轮钻具;
- (3) 以滚动轴承代替橡胶轴承的涡轮钻具;
- (4) 带有可更换的支承节的涡轮钻具。

## 2. 螺杆动力钻具

螺杆动力钻具是泥浆驱动的正排量式井下动力钻具,或称容积式静液式井下动力机。它的特点是扭矩与压力降成正比,转速与流量成正比。这样,钻头上扭矩之变化可直接通过地面泵的压力变化进行观察。

这种钻具最早是美国迪纳钻具公司(DYNA-DRILL CO)研制的,被称为迪纳钻具。目前已成批生产。其规格有5"、6<sup>1</sup>/<sub>8</sub>"、7<sup>3</sup>/<sub>4</sub>"三种尺寸。自1962年以来,这种钻具多次在矿场进行试验,证明是在陆地和海洋钻斜井和定向井的良好工具,深度可达5400米以上,1966年以后这种钻具用途进一步扩大到金刚石钻头钻垂直井。

苏联钻井技术研究院毕尔米分院于1966~1969年间研制了Д1-170型螺杆钻具,它与迪纳钻具之区别主要是采用了九头螺杆转子。这样可较单头螺杆转子大大提高其输出轴之扭矩值。初步工业试验证明了其原理上之优点。但也反映出总效率较低,只有45%。主要是由于要保证转子和定子间高压与低压端之密封必须有一定过盈配合,从而造成较大的机械摩擦损失。

螺杆钻具的寿命主要决定于易损件转子和定子的寿命,而这与使用时所用的泥浆介质的参数,特别是其含砂量有很大关系。Д1-170在试验中平均寿命目前仅为31小时。

## 3. 电动钻具

目前工业上获得采用的是有杆电动钻具。这种钻具也以苏联发展得比较成熟。美国、法国等国家近来在软管钻机上也相继试验了电动钻具。

采用电动钻具带动钻头工作有不少优点。它效率高、适合钻深井,控制比较灵活,易于自动化,可随时测得井下参数。但电动钻具本身结构复杂,制造困难,井场维护与拆装修理麻烦,需有充足电源才能应用,特别是在结构上目前平均寿命不超过40小时,故未能广泛采用。苏联采用电动钻井量约占全部钻井量的1%左右。

电动钻具之发展趋势与涡轮钻具一样在性能上向低速大扭矩发展。结构上是提高其工作可靠性,即提高其使用寿命。其中最重要的是提高密封在振动与泥浆条件下之工作可靠性。

1966~1967年前苏联的电动钻具主要是改进原有电钻结构,提高其工作可靠性,后又重新制定了新系列。

## (六) 固 井 设 备

固井是油、气井在钻井过程中为加固井壁而采取的一种技术措施，包括从套管中注入水泥浆并使之返回到套管和井壁之间的环形空间的一定高度。水泥凝固后对套管起保护作用，它对于保证安全钻井及完井后的安全生产都有很重要的意义。成套的固井设备一般由水泥车、下灰车（或水泥搅拌机）、散装水泥罐车、管汇、井口附件等组成。

### 1. 水泥车

美国的水泥车一般装有两台或一台固井、压裂通用的三缸单作用泵。双泵水泥车一般都采用两台柴油机单独驱动，个别也有一台单独驱动，一台由汽车发动机驱动的。此外并发展有燃气轮机驱动的水泥车。罗马尼亚水泥车是单台三缸泵，用柴油机单独驱动。苏联水泥车多采用单台双缸双作用泵。

国外水泥车的发展趋势是：（1）大排量、高压、高功率。如美国水泥车总功率最大为 670 马力，额定最大排量达 120 升/秒，最高压力至 1400 大气压。（2）自动控制，包括压力、排量、累计排量及比重的连续指示记录仪表的采用。

### 2. 运灰车

运灰车用于运送散装水泥至井口水泥储罐，以储备固井所需足够数量的水泥。美国的运灰车多为双储罐，前后储罐都有气动下灰装置，载运型式有车装及半拖挂两种。苏联的相应设备为水泥搅拌机，储罐中装有螺旋输送机，兼有运送、储灰、搅拌三种用途。在运送水泥时，重量限制到 8 吨，当作储罐使用时，可以装载 20 吨水泥。

### 3. 水泥罐车

水泥罐车用来在井口储备足够的水泥，以便固井。美国的罐车一般包括 4 个储罐，总容量 38 米<sup>3</sup>，装在半拖挂车上，一般带有气动下灰装置，只用来储藏水泥，不用来运送水泥。苏联无相应产品，但其水泥搅拌机可当作储罐使用。

## (七) 机 械 采 油 设 备

在油井开采过程中，地下油源逐渐消耗，而使油井不能继续维持自喷生产，就必须采取机械使井底原油重新获得能量而采至地面。

机械采油法有三种基本型式：即有杆抽油、无杆抽油和气举法。目前，国外机械采油设备仍以有杆设备为主。如美国 80% 为有杆抽油，15% 为气举，其余 5% 为无杆抽油。

### 1. 有杆抽油设备：

成套的有杆抽油设备，包括地面驱动装置（游梁式抽油机、液压式抽油机、无游梁抽油机等）、井底工作机（抽油泵）及能量传递装置（抽油杆）。

生产游梁式抽油机的国家有罗马尼亚、苏联、美、英、西德、意大利等国。罗、苏、美都制订有抽油机标准系列，英、西德、意大利是按照美国 API 标准生产的。美国 API 标准规定的抽油机型号有 93 种，最大悬点载荷 19.4 吨，减速器最大扭矩达 21000 公斤-米。其大型抽油机多采用空气平衡。苏联抽油机标准规定的基本型号有 9 种，变型型号有 11 种，共 20 种，最大悬点负荷 20 吨，减速器最大扭矩 12000 公斤-米。

除游梁式抽油机外，美国和苏联都发展无游梁抽油机和液压抽油机。苏联有三种型号的无游梁抽油机。最大一种悬点负荷为12吨，冲程为5米。美国生产的液压抽油机最大的光杆负荷达15.8吨，冲程达12.2米。液压抽油机由于效率低，设备较复杂、易出故障等原因，因而没有做为发展重点。

## 2. 无杆抽油设备主要有下列几种型式，水力活塞泵、电动离心沉没泵、振动泵等。

### (1) 电动离心沉没泵

苏联“Боран”工厂生产的电动离心沉没泵的品种按排量有十种：20、40、80、100、130、160、250、350、500、700（米<sup>3</sup>/天）；按型号尺寸有35种。

美国在三十年代前后开始对电动离心沉没泵进行研究和试验工作，目前制造电动离心沉没泵的有雷达（Reda Pump Co），拜伦杰克逊（Byron Jackson Inc）、油管线（Oiline Pumps, FMC Co等公司）。

### (2) 水力活塞泵

苏联虽然在四十年代就已经开始对水力活塞泵进行研究，但近期没有新的发展。美国在三十年代前后开始对水力活塞泵进行了研究和试验工作。水力活塞泵在六十年代中发展较快，型式较多。目前美国制造水力活塞泵的有科贝（Kobe Inc）、阿姆科（Armco）、约翰森法格（Johnson-Fagg）等公司。

有杆抽油需用大量抽油杆。抽油杆在蚀腐介质中、交变载荷下工作，极易损坏。美国1971年有杆抽油井维护费用中有2/5耗于抽油杆的损坏上。抽油杆损坏，有56%发生在杆体，44%发生在接头连接处。苏联1954至64年发生在螺纹断裂的事故占抽油杆事故的比例由25%提高到50%。据分析，认为这是由于螺纹结构与美国1926年的标准略同，极易在根部不全扣处断裂。为此，苏联在螺纹上进行了研究，设计了具有卸载槽的由螺纹向杆件平端的过渡形式，并纳入深井泵抽油杆及其接头的国家标准。同时在制造上采用了滚压螺纹工艺。苏联舒米特机器制造厂在1965~66年采用了高频加热抽油杆端部的工艺。

## (八) 压裂、酸化设备

压裂、酸化都是油、气井增产措施，压裂是在油层的渗透率降低或天然的渗透率较差时，将高压的液体打入地层内，造成人工裂缝或扩展地层的原始裂缝，并用支撑剂（砂子或其它固体颗粒）填充裂缝，在近井眼地带造成高渗透区域。从而提高井的油气产量。酸化是向井内注入酸液，利用酸对地层的浸蚀作用，提高油层的渗透率而增加油、气产量。压裂、酸化有时不能截然分开。最近的发展是用酸液进行压裂，这种方法常较单纯的压裂或酸化具有更好的效果。

压裂、酸化设备包括压裂车（或酸化压裂车）、混砂车、酸罐车等。其它还配备专门的配料装置、管汇和仪表等。

压裂、酸化的发展历史虽然较短，但由于增产效果显著，所以发展较快。

苏联压裂设备有两套，一套由2AH-500压裂车、3ПА混砂车、4ЦР罐车和AY-5型井口附件组成；另一套由4AH-700压裂车、Ц-100型混砂车、1БМ-700型管汇车和1AY-700型井口附件组成。酸化则采用ЦР-20型酸罐车或АЗИМАНЦ-30А型酸化车。美国制造压裂、酸化设备的公司有四家，型号繁杂。在进行大型压裂时使用1000~1200马力，1200~1400大气压压裂车，总功率达9000~10000马力。进行大型酸化时，用15个泵车，共15000马

力，一次注酸 277 吨。

### 1. 压裂车（或酸化压缝车）：

随着压裂、酸化工艺越来越趋于强化，国外压裂车或酸化压裂车也都朝着高功率、高压、大排量方向发展，同时还要求重量轻、移运性好。为了达到此目的，除了采用柴油机驱动压裂泵外，在美国定型产品中也有采用燃气轮机驱动的。美国压裂车最高压力至 1400 大气压，最大总排量至 146 升/秒，总功率至 1400 马力，泵的总液功率至 1200 马力。个别型号还带有桨叶搅拌器和离心灌注泵。

美国、苏联都有专用的酸化车。

罗马尼亚只生产一种压裂车。

### 2. 混砂车

混砂车是往压裂液里混合支撑剂的设备。各国的混砂车型式不完全一样，苏联较早设计的混砂车 3A 型是混砂和运砂装置合在一起，但实践说明这样设备的砂罐容量不能满足一次压裂的要求，所以后来设计的 II—100 型混砂车是单纯的混砂装置。（与 700 压裂车配套）美国哈利伯顿、道威尔、司徒华德公司都生产带添加剂连续配料器的混砂车。最高混砂速度可达 265 升/秒。

3. 酸罐车：配合酸化压裂车使用。

4. 管汇车：用于压裂车或水泥车到井口装置之间的连接。车上装有高压集管、吸入集管、带有活动接头及快速接头的连接管和悬臂吊车等。苏联的 15M 型管汇车，最大工作压力 700 大气压，吊车最大起重量 400 公斤。

5. 仪表控制车。压裂、酸化设备的另一发展趋势是自动控制。美国哈利伯顿公司发展的一套压裂自动控制装置，其关键部件为比例分配器，用涡轮式流量计和重表控制混合比。比例分配器的传感元件能自动控制和调节压裂液的支撑剂的流入量以保持规定的混合比。泵的流量另外控制。仪表系统包括井口压力、井口液功率、液体比重、注入流量和累计流量，可以在距离井口、比例分配器、泵和储罐 30 米以外的地方操纵。

## （九）修井机械

修井机械用于井下设备维修和井身的修理工作，以保持井下设备正常操作或恢复油井的产量。因此修井机械一般应能起下油管、抽油杆、井底泵及其它井底工具。完整的修井设备还包括循环或注入机械，以及旋转钻具用的机械。

国外生产修井机的国家主要有：美国、苏联、罗马尼亚、西德等国，目前国外传统修井机产品结构型式无多大变化，但产品机械化、自动化程度发展较快，如动力钳、动力卡瓦和动力卡盘、动力水龙头、起下自动化、自动液压修井机等。近年来由于新的修井工艺不断出现，主要有：（1）小直径管柱修井法；（2）不压井修井装置；（3）连续小直径修井法；（4）海上修井等，新设备也随之不断出现和发展。

国外大型修井机多与小井眼钻机及浅井钻机通用，可选配相应的泥浆泵组或给出带泵轴头。产品装运有车装、自走、半拖、全拖、履带式拖拉机装等型式。其中履带式拖拉机装修井机适用于沼泽地区和崎岖不平地区。一般轻型修井机多为车装。大型修井机则多为自走式或为半拖、全拖型式。修井机的井架除少数折叠式之外，多为伸缩式，大型修井机一般多为

桁架结构伸缩式，而轻型修井机多配备桅杆伸缩式井架（单桅杆或双桅杆）。绞车有单滚筒或双滚筒。大型修井机亦可选带水刹车，传动则根据不同情况或为齿轮——万向轴，或为链条传动，带或不带涡轮变矩器。

据1965年统计，美国约有7200台修井机从事修井作业，起重量10~130吨，修井深度可达7000米，此外还研制了全液压自动修井机、盘管修井机、海洋修井机等。新试制的最大产品为80吨级的。罗马尼亚生产80吨以下的修井机。西德生产75吨以下的修井机。

## (十) 长距离输油、输气管线

石油和天然气一般靠铁路、油轮和管线运输。近年管线运输发展很快，原因是：一、成本低，其运输费用只有铁道运输的费用1/3。如果管径加大，运费更低，例如距离1000公里左右，用 $\phi 900$ 的管线，运费与三万吨级的油轮相似；二、埋在地下不易被破坏；三、管线建设的速度比铁路快，投资比铁路少。

国外长输管线发展的特点和趋势如下：

### 1. 发展大口径、长距离、高压力管线。

一条 $\phi 1016$ 输气管线的基建投资，比 $\phi 508$ 管线虽高1.4倍，但输运量却提高5.9倍，单位投资和运输费用分别降低65和50%。根据苏联计算，用 $\phi 2520$ 管子，输送压力75大气压，比用 $\phi 1020$ 管子，输送压力55大气压，不仅单位投资、用钢量和运输费用都可降低一倍，而且可把输送量提高8~9倍。所以，苏联把增大口径和机泵功率、提高螺旋焊管的强度作为管线建设重要的技术政策。

苏联已于1968年建成 $\phi 1220$ 的输气管线，并于1970年在秋明地区建了长100公里的 $\phi 1420$ 的输气管线，还打算建一条秋明——莫斯科 $\phi 2520$ 长2500公里的输气管线，年输1000亿米<sup>3</sup>。荷兰也铺设了 $\phi 1220$ 的输气管线。美国原有管线的管径都比较小，现最大管径已达 $\phi 1067$ ，正在从阿拉斯加经加拿大向美国中部铺设 $\phi 1220$ 的输油、输气管线。现在国外最长的输油管线是苏修吹嘘的所谓“友谊管线”，长4665公里，直径最大为1020毫米，日输原油16.8万米<sup>3</sup>；最长油品管线是从美国休斯顿到纽约的卡隆尼尔管线，长4578公里，直径最大914毫米，日输12.7万米<sup>3</sup>；最长的输气管线长3700公里。

### 2. 加大增压机、泵组功率

随着管径增大，压缩机站和泵站的功率不断提高。1~2万马力的燃气轮机——离心压缩机组已使用较多。苏联宣称已制成用于输气的3.2万马力的燃气轮机——离心压缩机组。它同5700马力的机组比较，单位投资可节约2/5，操作费用可节约3/10。最大机组的输气能力达到250万米<sup>3</sup>/时。苏联也为大口径输油管线生产了5000米<sup>3</sup>/时，7000米<sup>3</sup>/时，效率为86~90%的输油泵，还在研制排量为1.25和1.8万米<sup>3</sup>/时的输油泵。美国已采用了单机功率6.27万马力的燃气轮机——离心压缩机组。

### 3. 管线管理自动化

国外油气管线自动化和遥控技术，大都由电子计算机和微波通讯相结合的程序控制系统。以实现远程管线自动控制和事故报警。横贯加拿大东西部的输气管线，全长2300公里，有55个压气站和145个计量站，输气量260亿米<sup>3</sup>/年，全线管理人员210人，总控制室每班3人，值班人员随时可用电视机观察全线任何一个观察点的情况。1968年，美国有41%原油管线



泵站和71%油品管线泵站全部自动遥控。苏联从1970年才开始用计算机控制一条管线。

#### 4. 海底管线日益增多

随着海上油气田的不断开发，水底管线日益增多。英国从北海气田铺设了 $\phi 711$ 长138公里的海底输气管线，日输气能力为1560万立方米，相当于英国天然气消费量15%，以后将提高到2550万米<sup>3</sup>/日。苏联为了在里海铺设海底管线，向荷兰买了海上铺管船。1971年美国在墨西哥湾专门试验用铺管船铺设海底管线。海底铺管的投资，一般为陆地铺管投资的2~5倍。

#### 5. 非金属管的应用有所增长

国外很注意研究用非金属材料，如塑料、予应力钢筋混凝土等，代替钢材制造管和储罐，其中尤以塑料管线发展较快。到1971年，美国用塑料制配输气管线的总长度达6.43万公里。新建输气管线（包括配气管线）中，塑料管的比例年年增长，1970年为21.2%，1971年为24.9%，1972年为27%。1971年美国曾用直径914毫米的聚乙烯管线铺设一条长约1.1公里的海底管线。据称，塑料管比钢管轻，韧性大，生产和安装成本几乎低一半。

### 三、科 研 设 计

罗马尼亚石油机械研究所现有350人，组织机构见表66。“五一”机械制造厂有技术人员750~850人，其中设计人员180人；德鲁柯维什蒂石油机械厂1966年设计科有50人，工艺、锻冶两科有110人。

苏联石油机械研究机构和研究范围见表67。

### 四、国际科技会议和展览会

国际科技会议和展览会情况详见表69。

### 附 表

表1 1930~1974年世界石油、天然气探明储量、产量及油、钢产量比例变化情况

年 份	石 油		天 燃 气		钢 产 量 (亿吨)	油/钢
	储量(亿吨)	产量(亿吨)	储量(亿米 <sup>3</sup> )	产量(亿米 <sup>3</sup> )		
1930	—	1.9	—	—	0.95	2
1939	63.4	—	19850	902		
1949	102.2	—	51000	1759		
1950	128	5.2			1.896	2.74
1951	140	5.8				
1952	160	6.1				
1953	182	6.5				
1954	213	6.8			2.343	2.77
1955	255	7.6			2.73	2.78
1956	304	8.5				
1957	359	8.8				
1958	369	8.9				
1959	355.9	10.1	74400	3543	3.05	3.32
1960	369.0	10.5	74600	4684	3.466	3.02
1961	384.8	11.2	204300	5054	3.512	3.16
1962	416.4	12.2		5522	3.602	3.49
1963	453.6	13.1		6036	3.886	3.49
1964	474.6	14.1	250500	6582	4.379	3.22
1965	506.8	15.1	254200	7051	4.589	3.3