



“九五”国家级重点教材

# 石油钻采机械 概论

李继志 主编  
陈荣振

石油大学出版社

# 石油钻采机械概论

李继志 陈荣振 主编

石油大学出版社

## 图书在版编目(CIP)数据

石油钻采机械概论/李继志,陈荣振主编. —东营:  
石油大学出版社,2000.11  
ISBN 7-5636-1411-7

I.石… II.①李… ②陈… III.①石油钻井-机械  
设备②石油开采-机械设备 N. TE9

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2000)第 55421 号

## 石油钻采机械概论

李继志 陈荣振 主编

出版者:石油大学出版社(山东 东营,邮编 257061)

网 址:<http://sunctr.hdpu.edu.cn/~upcpres>

电子信箱:upcpres@sunctr.hdpu.edu.cn

印刷者:青岛星球印刷有限公司

发 行 者:石油大学出版社(电话 0546—8392563)

开 本:787×1092 1/16 印张:29 字数:741千字

版 次:2001年7月第1版第1次印刷 2003年6月第1版第2次印刷

印 数:1001~2000册

定 价:35.00元

# 前 言

随着我国高等学校教育改革的深入,石油高等院校原来的石油机械类专业已经更名为“机械设计制造及其自动化”或“机械工程及其自动化”专业,向着更宽广的专业方向发展。按照新制订的教学计划,石油高校机械类专业原来必修的传统专业课程“钻井机械设计”、“采油机械设计”不再设置,“石油工程流体机械”作为某些专业方向的必修课,一些主要介绍石油机械设备的其他必修或选修课程相应取消,取而代之的是一些通用性更强、涉及面更广的必修或选修课程。但是,作为石油高等学校的机械类专业,仍然应该把石油工业作为主要的服务对象,在培养目标上必须保持一定的石油专业特色,力争向石油工业输送更多、更优秀的机械工程技术人才。这些人才不仅要具备机械和控制等方面的知识、技术和技能,还必须了解其在石油工程中的应用范围和特点。因此,需要开设一门能够比较全面介绍石油钻井和采油工程基本知识,特别是石油机械设备全面概况的专业基础教育课程,并编写一本能够满足上述要求的新教材。

1992年石油大学出版社出版的教材《石油钻采设备及工艺概论》,在石油机械类专业的教学、指导学生专业实习和工程技术应用等方面,发挥了很好的作用,深受石油机械、钻井、采油及相近专业学生和现场工程技术人员的欢迎,并于1995年荣获中国石油天然气总公司石油高校优秀教材一等奖。从基本内容看,该教材比较适合新制订的专业培养计划的要求。事实上,石油高校曾经开设过的“石油钻采机械概论”或“石油机械概论”等课程,大多数就是选用该书作为基本教材。但该教材以实践性内容为主,不完全适合课堂教学,且篇幅过大,部分材料也需要更新、充实。为了满足新的教学要求,经中国石油天然气总公司推荐和国家教委批准,决定以《石油钻采设备及工艺概论》为基础,重新编写,并被列为“九·五”国家级重点教材。按照实际的内容和特点,新教材定名为《石油钻采机械概论》。

《石油钻采机械概论》保留了原教材的基本特色,同时对绝大部分内容重新作了编排、改写和补充。新教材的内容广泛,主要包括:

(1) 石油工程基本知识 本教材的第一章“钻井工程基本知识”,第二章“采油工程基本知识”,以及其他章节中的部分内容,简要介绍了石油钻井和采油的基本工艺知识,并导出实现主要工艺流程所必需的基本机械系统,目的是使读者对石油钻井和采油工程的全面情况初步建立起比较完整的概念,了解这些过程中主要石油机械设备所起到的关键作用。至于组成这些系统的主要设备的结构、工作原理和应用特点等,在后续章节中分别介绍。

(2) 通用机械在石油工程中的应用 石油机械设备家族中的许多成员,例如本教材的第四章“钻机驱动与传动”、第六章“石油矿场往复泵”、第七章“油田用离心泵”和第八章“石油矿场用压缩机”,以及其他章节中的“螺杆泵”、“仪表”等实质内容,都属于通用机械范畴。它们既是石油机械的核心部分,有其特殊性,同时又具有常见通用机械的共性。因此,在编写过程中都按照有关内容自身的理论和科学体系,重点阐述其工作原理、结构、特性、基本计算方法,同时注重紧密结合其在石油工程中的应用特点,以便读者既了解这些机械设备的内在本质,又可以学习基本的石油工程专业知识,为进一步的机械工程教育奠定必要基础。

(3) 典型的石油机械设备 石油机械设备中的另一些部分,例如第三章“石油钻机总论及其旋转设备”、第五章“起升系统”、第九章“机械采油设备”、第十章中的“多相流分离设备”和第十一章中的“钻采工具”等,虽然本质上都属于机械工程的范畴,同样以机械等方面的基础知识

为依据,但更偏重于在石油工程中的应用。它们也是石油机械设备的核心内容,基本上属于专用的石油机械设备,在非石油类书刊中比较少见。对于这些部分,本教材都做了比较全面的介绍,以加深读者对主要石油机械设备特殊性的认识,进一步增加对石油工程专业知识的了解。

(4) 海洋石油钻采工艺及设备 海洋石油勘探和开发是资金和高新技术高度密集的行业,正在蓬勃兴起。增编第十二章“海洋石油钻采工艺及设备”的目的,就是为了简要介绍海洋石油勘探和开发的情况,反映石油钻采技术及设备发展的新趋势,以便引起读者对海洋石油勘探开发和海洋石油钻采设备的关注和兴趣。

本教材力求取材合理,广度和深度适中,既要传授主要的机械基础知识,扩大机械专业的知识面,更要结合石油工程的特点,反映石油钻采机械设备及其应用的全貌,以便为石油高校机械类专业进行石油特色教育提供必要的条件。石油工程和石油机械设备方面的内容广泛,鉴于基本的教学目的,也限于篇幅,本教材中不可能全面涉及,更深入的理论和实际内容也无法展开,只能寄希望于读者,请根据各自的需要,在后续课程或工作中继续学习。

本教材主要面向石油高等院校机械类专业的学生,既可做为课堂用教材,又可用于指导石油现场实践性教学;对于“石油工程”类专业的学生、石油现场和石油机械行业的技术人员,可做为培训和自学参考书。

本教材的第一、三、四章由陈荣振编写,第二、六、七、九章由李继志编写,第五、十一章由高学仕编写,第八、十章由刘猛编写,第十二章由徐兴平编写;全书由李继志、陈荣振主编;万邦烈教授主审。主审人对教材初稿进行了认真的审查,并提出许多宝贵的意见,石油教育界的著名专家陈如恒、赵国珍和方华灿教授对本教材的编写给予了热情的关怀和支持,石油大学(华东)“机械设计制造及其自动化”专业的其他教师及石油行业的许多同行,根据实际应用的经验,提出了十分有益的建议,在此一并致以衷心的感谢。编写过程中,参阅了有关的国家和行业标准,《石油机械》和《石油矿场机械》等刊物上的大量文章,以及许多工厂、院所提供的产品样本、说明书和鉴定材料,谨向给予帮助和支持的单位及个人致以诚挚的谢意。

由于水平有限,新教材仍难免有不足和不当之处,恳请广大读者和同行批评指正。

编 者

2000年10月

# 目 录

第一章 钻井工程基本知识 .....	1
第一节 石油地质常识 .....	1
第二节 钻井工艺概述 .....	8
第三节 常规钻井技术 .....	22
第四节 钻井技术的新发展 .....	26
第二章 采油工程基本知识 .....	36
第一节 自喷井采油 .....	36
第二节 机械采油 .....	43
第三节 油田增产工艺技术 .....	49
第四节 高新采油技术知识 .....	59
第五节 油、水井的维护与修理 .....	66
第六节 油气集输 .....	74
第三章 石油钻机总论及旋转设备 .....	80
第一节 石油钻机概述 .....	80
第二节 机械驱动钻机 .....	86
第三节 电驱动钻机 .....	92
第四节 地面旋转设备 .....	98
第五节 顶驱钻井系统 .....	108
第四章 钻机的驱动与传动 .....	122
第一节 概述 .....	122
第二节 柴油机驱动-机械传动 .....	126
第三节 柴油机-液力驱动与变矩器 .....	133
第四节 电驱动原理及设备 .....	145
第五章 起升系统 .....	160
第一节 起升系统工作原理 .....	160
第二节 钻井绞车 .....	165
第三节 刹车机构 .....	173
第四节 井架 .....	183
第五节 游动系统 .....	189
第六章 石油矿场用往复泵 .....	196
第一节 往复泵概述 .....	196
第二节 往复泵的流量分析 .....	198
第三节 往复泵的压头、功率和效率 .....	202
第四节 往复泵的工作特性曲线 .....	205
第五节 往复泵的结构及特点 .....	208
第六节 往复泵的易损件及配件 .....	225
第七章 油田用离心泵 .....	238

第一节	离心泵的基本知识	238
第二节	离心泵的理论基础	248
第三节	离心泵轴向力的平衡及密封装置	254
第四节	离心泵的装置特性与工况调节	262
第五节	离心泵的选择	267
<b>第八章</b>	<b>石油矿场用压缩机</b>	<b>270</b>
第一节	活塞式压缩机	271
第二节	螺杆式压缩机	277
第三节	离心式压缩机	288
<b>第九章</b>	<b>机械采油设备</b>	<b>299</b>
第一节	抽油机	299
第二节	抽油泵	312
第三节	抽油杆及辅助抽油装置	324
第四节	水力活塞泵	331
第五节	潜油电泵机组	338
<b>第十章</b>	<b>多相流混合输送与分离设备</b>	<b>345</b>
第一节	螺杆泵	345
第二节	油气集输常用设备	353
第三节	振动筛	359
第四节	旋流器	366
第五节	离心机	371
<b>第十一章</b>	<b>钻采工具及仪表</b>	<b>379</b>
第一节	钻具与石油管材	379
第二节	井口工具与井控设备	385
第三节	钻井仪表	396
第四节	采油和修井的井下工具	402
第五节	采油测量仪表	411
<b>第十二章</b>	<b>海洋石油钻采工艺及设备</b>	<b>423</b>
第一节	海洋钻井平台	423
第二节	海上钻井	429
第三节	海上采油	441
第四节	海洋结构物的环境载荷	450

# 第一章 钻井工程基本知识

石油和天然气是宝贵的能源和化工原料,它们埋藏在地下几百米、上千米甚至超过万米的岩层中。为了寻找油气藏,开采石油天然气,需要钻井,需要一整套俗称钻机的钻井机械及设备。

研究、设计、制造钻井设备,并使其随着钻井工艺技术的发展不断地改进更新,是石油机械工作者的任务。因此,我们需要学习有关钻井工程的一些基本知识,了解钻井工艺对设备的要求,掌握钻井设备的组成、工作原理、特点和发展概况。

本章内容分为四节。

(1) 石油地质常识 一般性介绍油气成因,油气藏形成的地质条件及探查方法,油、气物理性质及我国油气资源的分布概况。

(2) 钻井工艺概述 介绍常规钻井,即钻直井的钻井方法、钻井工艺过程、钻井参数、井斜及其控制等方面的基本知识和定向井的概念。

(3) 常规钻井技术 简要介绍几种常规钻井技术的基本概念和特点,如喷射式钻井、平衡压力钻井、常规定向钻井的造斜方法与工具等。

(4) 钻井技术的新发展 介绍几种跨世纪的油气钻探新技术及对钻井设备的要求,如欠平衡钻井、深井超深井钻井技术、水平井技术与导向钻具、小井眼钻井技术及钻机和井下钻井系统,连续柔管钻井技术及设备等。

## 第一节 石油地质常识

### 一、地壳

#### 1. 地壳的组成

地球自生成至今已有 45~60 亿年,平均半径为 6 371 km。地球内部可分为地核、地幔和地壳三个同心排列的圈层,如图 1-1 所示。各圈层物理状况可参见表 1-1。

表 1-1 地球内部各圈层物理状况

圈层	深度/km	密度/(g·cm <sup>-3</sup> )	压力/MPa	温度/℃
地壳	33	2.7~2.9	900	15~1 000
地幔	2 900	3.32~5.66	136 800	1 500~2 000
地核	6 371	9.71~16	360 000	72 000

地壳厚度各处并不相等。最厚处达 70~80 km,最薄处只有 5~6 km,平均为 33 km。

地壳由岩石组成,岩石依成因的不同可分为火成岩、变质岩和沉积岩三大类。

(1) 火成岩 又名岩浆岩,是高热的岩浆冷凝后形成的岩石,呈块状,无层次,致密而坚硬,如花岗岩、玄武岩、正长石等。

(2) 沉积岩 火成岩、变质岩和早期形成的沉积岩,经风吹、雨打、温度变化、生物作用等被剥蚀、粉碎、溶解形成碎屑物质及溶解物质,再经风力、水流、冰川、海洋搬运至低凹处沉积下



来,越积越厚,经压实、固结而形成了沉积岩。沉积岩有层次、孔隙、裂缝和溶洞,并有各种古代动植物残骸遗迹形成的化石。

(3) 变质岩 沉积岩或火成岩在地壳内部的物理化学因素如高温、高压、岩浆的风化等影响下,改变了原来的成分和结构,变质成为新的岩石,如石灰石变质为大理石等,称变质岩。

石油和天然气生成在沉积岩中,绝大多数储藏在它的孔隙、裂缝和溶洞里。而在火成岩和变质岩中则很少有石油和天然气存在。

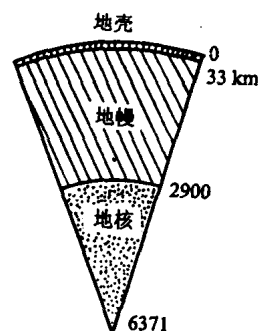


图 1-1 地球的内部结构示意图

## 2. 沉积岩种类及特点

沉积岩可分为砂岩、泥岩、石灰岩三种。

(1) 砂岩 普通的砂粒被泥质或石灰质胶结成为砂岩。依颗粒直径不同可分为以下几种:

砂岩名称	砾石	粗砂岩	中砂岩	细砂岩	粉砂岩
颗粒直径/mm	>1	0.5~1	0.25~0.5	0.1~0.25	0.01~0.1

砂岩具有孔隙,可以储存油、气、水等流体。岩石孔隙体积与岩石总体积之比称孔隙度。由于岩石存在孔隙,在压力作用下能通过油、气、水,这种性质称为岩石的渗透性。砂岩(孔隙大)和灰岩(裂缝发育)都是渗透性好的岩石。

(2) 泥岩 普通的颗粒直径小于 0.01 mm 的泥土经成岩作用而形成。呈块状的称泥岩。泥岩呈薄片层状的称为页岩。富含石油质的页岩称油页岩,可以提炼石油。

(3) 石灰岩 石灰岩俗称石灰石,主要成分为碳酸钙,呈块状,致密而坚硬。由于地壳的运动作用和地下水的侵蚀,常有裂缝和溶洞,石油和天然气即储存其中。

## 3. 地质构造

由于地壳发生升降、挤压褶皱及水平移动,使原来一层层平铺着的沉积岩发生变形,形成地壳的各种构造。

(1) 背斜构造 是指岩层向上弯曲的褶曲,其核部地层比外圈地层老,如图 1-2 所示。

(2) 向斜构造 是指岩层向下弯曲的褶曲,其核部地层比外圈地层新,如图 1-3 所示。

(3) 单斜构造 岩层向单一方向倾斜,如图 1-4 所示。

(4) 断层 岩层因地壳运动而断裂,在断裂两侧的岩层发生了显著的相对位移,这种断裂称为断层。

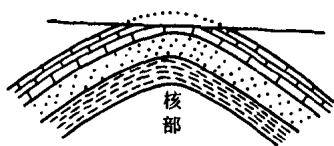


图 1-2 背斜构造



图 1-3 向斜构造

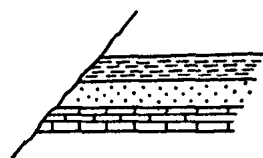


图 1-4 单斜构造

## 二、石油的化学组成和物理性质

石油是在地壳中所形成的可燃有机矿物,具有流动性,成分极为复杂。

### 1. 石油的元素组成

石油主要由碳、氢两种元素组成,碳约占 80%~88%,氢约占 10%~14%,石油中还含有少量的氧、硫、氮,约占 0.3%~7%。

石油中若碳、氢元素含量高,且碳/氢值低,则油质好;若氧、硫、氮元素含量高,则油质相对较差。

### 2. 石油的化合物组成

石油中碳、氢、氧、硫、氮等元素,一般都是以化合物形式存在。分为两大类:一类是烃,即碳氢化合物,是石油主要组成部分,约占 80%以上。另一类是含有氧、硫、氮的化合物,或称为非烃化合物。氧、硫、氮三种元素在石油中含量虽然很少,但它们的化合物在石油中的含量(质量)有时可达 30%,不利于石油的开采、炼制和加工。

### 3. 石油的组分组成

根据石油成分被不同溶剂选择溶解及被介质选择吸附的特点,将石油的组成成分性质相近的组,称为“组分”,每个组分内包含性质相似的一部分化合物。

(1) 油质 油质为碳氢化合物组成的、淡色粘性液体,是石油的主要组成部分。油质含量高,石油质量相对较好。

油质中含有石蜡,是一种熔点为 37~76℃的烷烃,呈淡黄色或黄褐色。石蜡含量高时石油易凝固,油井易结蜡,不利于开采。

(2) 胶质 胶质主要成分是碳氢化合物,但氧、硫、氮含量增多,一般为粘性或玻璃状的固体物质。石油中胶质含量少,约为 1%,是渣油的主要成分。

(3) 沥青质 沥青质比胶质含碳氢化合物更少,含氧、硫、氮化合物更多,为黑色固体物质。

胶质和沥青质称为石油的重组分,是非碳氢化合物比较集中的部分。石油中胶质、沥青质含量高时,石油质量变差。

(4) 碳质 碳质以碳元素状态存在于石油内,含量很少,称残碳。

### 4. 石油的物理性质

石油的物理性质包括颜色、密度、粘度、凝固点、溶解性、荧光性等。

(1) 颜色 石油一般呈棕色、褐色或黑色,也有无色透明的凝析油。胶质、沥青质含量愈高,颜色愈深。因此,石油颜色越淡,质量越好。

(2) 密度 标准条件下(20℃,0.101 MPa)每立方米原油质量,单位为 t/m<sup>3</sup>(吨/米<sup>3</sup>)或每立方厘米原油质量,单位为 g/cm<sup>3</sup>(克/厘米<sup>3</sup>),原油密度一般在 0.79~0.95 g/cm<sup>3</sup>。

标准条件下原油密度与 4℃纯水密度的比值称原油相对密度,或称比重,常用符号  $D_4^{20}$  表示,原油比水轻,其比重小于 1。

(3) 粘度 地下采出的石油在提炼前称原油。原油流动时分子间产生摩擦阻力,用粘度表示其大小。粘度小者,流动性好。

原油粘度用符号“ $\mu$ ”表示,单位为 mPa·s(毫帕·秒),1 毫帕·秒=1 厘泊。

在地层条件下测得的原油粘度叫地层粘度,地层粘度大于 50 mPa·s、比重大于 0.92 的原油称为稠油。

(4) 凝固点 原油失去流动性的温度或开始凝固时的温度称为凝固点。原油中含蜡少,重组分含量低者凝固点低,利于开采和集输。凝固点在 40℃以上的原油称为凝油。

(5) 溶解性 石油难溶于水,但易溶于有机溶剂。石油可与天然气互溶,溶有天然气的石

油,粘度小,利于开采。

(6) 荧光性 石油在紫外线照射下会发出一种特殊的光亮,称为石油的荧光性。借助荧光分析可鉴定岩样中是否含有石油。

(7) 导电性 石油为非导电体,电阻率很高,这种特性成为电法测井划分油、气、水层的物理基础。

表 1-2 列出我国部分油田石油物性和组分含量。

表 1-2 我国几个油田石油物性和组分含量

油田	比重/ $D_{4}^{20}$	粘度/mPa (50 C)	凝固点/C	油质/%	胶质/%	沥青质/%	碳质/%
大庆	0.860 4	23.79	23	28.7	15.9	1	3.1
江汉	0.858 0	14.67	28	13.9	17.5	1	3.85
玉门	0.863 4	12.85	10	10	22.17	5.82	5.0
胜利 X 井	0.894 1	56.6	31	14.5	25.0	<0.05	6.4

### 三、天然气的化学组成和物理性质

天然气也是在地壳中生成的一种可燃有机矿物,是以气态碳氢化合物为主的可燃混合气体。通常所说的天然气是指油田气和气田气。

#### 1. 天然气的化学组成

天然气主要成分为甲烷( $\text{CH}_4$ )、乙烷( $\text{C}_2\text{H}_6$ )、丙烷( $\text{C}_3\text{H}_8$ )和丁烷( $\text{C}_4\text{H}_{10}$ ),其中甲烷含量可达 80%以上。此外还含有少量的二氧化碳( $\text{CO}_2$ )、一氧化碳( $\text{CO}$ )、硫化氢( $\text{H}_2\text{S}$ )及氮( $\text{N}_2$ )、氧( $\text{O}_2$ )、氢( $\text{H}_2$ )。

天然气中,乙烷以上的烃称为重烃,依重烃含量将天然气分为干气和湿气两种。

干气中甲烷含量达 95%以上,但含有 5%~10%以上乙烷、丙烷、丁烷等重烃。湿气常与油共生,是油田或气田中的气。

#### 2. 天然气的物理性质

天然气无色,有汽油味,可燃。天然气物理性质指其密度、粘度和溶解性。

(1) 密度 天然气密度在  $0.6\sim 1.0\text{ g/cm}^3$  之间,湿气含重烃多,密度大于干气。

(2) 粘度 气体粘度是气体内部摩擦阻力的表现,天然气粘度与其组成、压力和温度有关,计量单位是  $\text{mPa}\cdot\text{s}$ (毫帕·秒),如某天然气  $0^\circ\text{C}$  时的粘度为  $0.12\times 10^{-4}\text{ Pa}\cdot\text{s}$ ,即为  $0.012\text{ mPa}\cdot\text{s}$ 。

(3) 溶解性 天然气溶于石油和水,且更容易溶于石油。

### 四、油气生成

自 17 世纪以来油、气的成因一直是石油地质界研究的课题。经长期探索,逐渐形成了石油是由沉积岩中分散有机物质生成的认识。到 19 世纪 60 年代形成“晚期生油理论”,认为:石油是沉积岩中不溶有机物质,称为干酪根。

古代生物遗体,在合适的地质、生物环境与条件下,发生一系列复杂的分解、聚合反应,首先转化成一种不溶有机物质,分散于沉积岩中。这类物质称为干酪根,也称为沉积有机质,是生

成石油、天然气的母质,又称为石油母质。

干酪根由碳、氢、氧、硫、氮等元素组成,按氢/碳和氧/碳比不同分成三种类型:Ⅰ型,腐泥型;Ⅱ型,腐泥-腐植型,又称为中间型;Ⅲ型,腐植型。

古代菌藻类和各种水生低等植物,富含类脂物和蛋白质,在适宜的环境条件下,形成Ⅰ型干酪根(腐泥型),是生成油的主要物质。

古代陆源高等植物,富含木质素和碳水化合物,在适宜环境条件下形成Ⅲ型干酪根(腐植型),是生成天然气的主要母质。

生油母质,在适宜的环境条件下(还原环境、生物化学作用、无机催化剂作用以及适宜的温度、时间),经过进一步转化便可生成石油和天然气。

石油天然气也可通俗地认为是由古代生物遗体在适宜的自然环境和地质条件下生成的。

古代陆地上的动、植物遗体,被水流带到内陆湖泊、海湾盆地,与原来水中的生物一起混同泥沙沉积下来形成有机淤泥,已形成的淤泥又被后沉积的泥沙层覆盖,和空气隔绝处于缺氧还原环境。随着岁月流逝,有机淤泥中的有机物质经过一系列复杂的物理化学变化,就转变成石油或天然气。

## 五、油气藏与油气田

### 1. 油气藏

有机淤泥中的有机物质,在成岩过程中逐渐转化成石油或天然气,此有机淤泥层称为生油层。

生油层中分散存在的石油或天然气,当遇有适宜的圈闭地质构造时,便发生运移和聚集,形成油气藏。油气藏是同一圈闭内具有同一压力系统的油气聚集。凡储存的油、气量较多,在当前的技术条件和经济条件下,具有开采价值的油气藏称为工业油气藏。

聚集油、气的构造称为储油构造,由不渗透的岩层把聚集的油、气圈闭起来。依储油构造类型,其所聚集的油气藏可分为三大类。

(1) 构造油气藏 由如图 1-5 所示的背斜储油构造,以及图 1-6 所示的断层遮挡储油构造等所圈闭的油气聚集,称为构造油气藏。

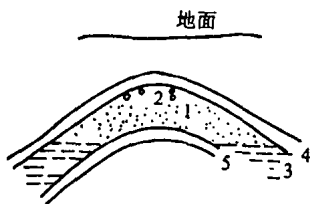


图 1-5 背斜储油构造

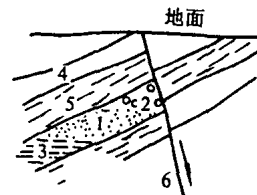


图 1-6 断层遮挡储油构造

1—油;2—气;3—水;4—不渗透泥岩盖层;5—不渗透泥岩底层 1—油;2—气;3—水;4—砂岩;5—泥岩;6—不渗透断层

(2) 地层油气藏 由如图 1-7 所示的地层超覆储油构造及图 1-8 所示的地层遮挡储油构造等所圈闭的油气聚集,称为地层油气藏。

(3) 岩性油气藏 由岩性圈闭所聚集的油气称岩性油气藏,如图 1-9 所示,其特点是油源是单一的,油气是原生的。

圈闭中只聚集储存石油和水的叫油藏;圈闭中只聚集储存天然气的叫气藏。圈闭中石油和天然气同时聚集储存的叫油气藏。

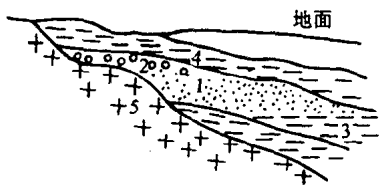


图 1-7 地层超覆储油构造

1—油;2—气;3—水;4—泥岩;5—变质岩基底

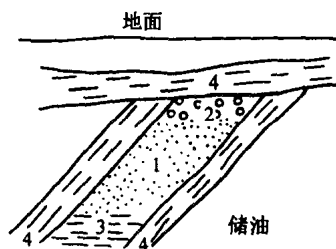


图 1-8 地层遮挡储油构造

1—油;2—气;3—水;4—不渗透岩层

## 2. 油气田

从石油地质意义上说,油气田是指单一局部构造、同一面积内油藏、气藏、油气藏的总和。若该局部构造范围内只有油藏称油田,只有气藏称气田。同一油气田可以是一种类型的油气藏,也可以是多种类型的油气藏。

人们通常所说的大庆油田、胜利油田、四川气田等则主要是从地理意义上或指行政管理单位而言。实际上,它们内部含有多个地质意义上的油田或气田。

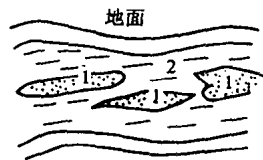


图 1-9 岩性圈闭储油构造

1—被圈闭的油砂层;2—不渗透泥层

## 六、我国的含油气盆地

在漫长的地质历史时期内,不断下沉接受沉积的地区称为沉积盆地。

具有油气生成和聚集条件,并发现具有工业油气藏的沉积盆地称为油气盆地。

我国富含油气资源,含油气盆地约有 50 个。其中主要的有:松辽盆地、渤海湾盆地、塔里木盆地、准葛尔盆地、鄂尔多斯盆地、四川盆地和海域含油气盆地。

(1) 松辽盆地 松辽盆地位于我国东北部,包括东北三省,面积 26 万平方公里,是我国最大的含油气盆地之一。大庆油田位于松辽盆地内,年产原油超过 5 000 万吨。

(2) 渤海湾盆地 渤海湾盆地包括北京市、天津市、河北省、山东省和河南省、辽宁省一部分及渤海海域全部,面积近 20 万平方公里。是我国目前仅次于松辽盆地的含油气区。胜利、大港、辽河、任邱和渤海等油田位于此盆地内,年产原油总量超过 5 000 万吨。

(3) 塔里木盆地 塔里木盆地位于新疆南部地区,面积约 56 万平方公里,是我国最大的盆地。该盆地生油层多,但直到目前勘探程度还较低,根据“稳定东部,开发西部”的方针,正处于加强勘探和综合研究开发中。

(4) 准葛尔盆地 准葛尔盆地位于新疆境内天山北部,面积约 13.4 万平方公里,是我国大型含油气盆地之一,独山子等油田位于该盆地内。

(5) 鄂尔多斯盆地 鄂尔多斯盆地位于我国黄河河套地区,面积约 33 万平方公里,长庆油(气)田位于该盆地内。

(6) 四川盆地 四川盆地位于四川省东部及重庆市,面积 19 万平方公里,四川盆地内已发现了许多油气田,主要是气田。四川油田位于该盆地内,主要生产天然气。

(7) 我国海域含油气盆地 我国海域辽阔,渤海、黄海、东海的海域总面积达 360 万平方公里。大陆架宽广,水深 200 m 以内的大陆架达 130 万平方公里。经过普查和勘探,已发现了 6 个大型含油气盆地:渤海盆地、南黄海盆地、东海盆地、珠江口盆地、北部湾盆地和莺歌海盆

地。我国沿海油气资源很丰富,估计储量达数百亿吨,目前正在加紧进行海上油田的勘探和开发,海上石油产量目前已超过1 000万吨,具有广阔的勘探开发前景。

## 七、油气勘探

要找到地下的油气藏,就要进行油气的勘测与探查。

油气勘探方法和技术,随着生产经验的积累和科学技术的进步,得到不断发展和完善。目前进行油气勘探的主要方法和技术有4种,即地面地质法、地球物理法、遥感技术和钻探法。

### 1. 地面地质法

直接观察地表的地质现象,寻找是否有露在地面的“油气苗”,研究岩石、地层情况,分析地下是否有储油构造。在边远新区进行地质调查时,这种方法仍可发挥一定作用。

### 2. 地球物理法

地球物理法自诞生之日起就始终和最新的技术成就相关联,是一种应用高新技术的勘探方法,包括地球物理勘探和地球物理测井。

(1) 地球物理勘探 人们已知不同岩石具有不同的物理性能,如密度、磁性、弹性等。在地面上利用多种专用的精密仪器进行测量,了解地下地质构造情况,判断是否有储油构造,即地球物理勘探法。

地球物理勘探法包括重力勘探、磁力勘探、电法勘探和地震勘探。近年来,不断吸取物理、数学、地学、电子学和计算机技术发展的最新成就,地震勘探技术得到了迅猛发展,成为地质油气勘探的一种主要方法。地震勘探既能在地表条件恶劣、地下地质条件复杂的新区寻找新的油气资源,也能在老油区寻找后备储量、提高采收率,已成为降低勘探风险,提高开发效益的现代化技术手段。

(2) 地球物理测井 地球物理测井在油气勘探和开发领域都发挥着重要作用,是油气勘探、开发中采用的一种高新技术手段。通俗地说,地球物理测井,是采用专用的测井仪器,如数控测录系统等,沿井眼自上而下测录地层的各种物理性能曲线,应用解释技术对测井曲线进行综合分析解释,以正确地识别地层,了解地层含油、气、水的情况,为寻找油气藏和开发油气田提供科学依据。

### 3. 油气遥感技术

航空、航天技术的发展,油气勘探的迫切需求,使遥感技术在油气勘探方面得到了研究、开发与良好的应用,并逐步发展成为一种经济、迅速、有效的油气勘探方法。

遥感技术能提供宏观真实和形象的信息。遥感信息以数字、图象形式记录了地面不同物体的光谱特性。油气资源遥感就是根据被记录的电磁波特性的差异,来判别含油气盆地内地质体或地质现象的属性,地质体的结构及其组合关系。对裸露区,可获得直接地质信息;对覆盖区,可获得深部的间接地质信息。

对油气遥感信息进行处理可得到油气地质遥感图象,对油气地质遥感图象进行处理和解释,可寻找油气资源。

油气遥感技术的发展,形成了两种油气资源探测方法。

(1) 间接找油法 利用遥感图象进行目视地质构造解释,推断沉积盆地的地质构造,寻找油气聚集区。

(2) 直接找油法 地下如有油气,地表会出现烃类微渗漏,可直接从遥感图象上提取、识别油气信息,预测油气藏。

## 4. 钻探法

钻探法,就是打井找油气。在地质法、地球物理法和遥感法已初步查明的储油构造上钻井,以确切探明地下是否有油、气及油、气、水的分布。

# 第二节 钻井工艺概述

石油钻井是一项系统工程,涉及到石油地质、油田化学、岩石力学、钻井机械与工具的现代设计技术,以及电子技术、计算机技术与人工智能等在钻井测量及自动化、智能化钻井方面的应用。

本节概略介绍常规钻井(通常指钻直井)的钻井方法、钻井工艺过程、钻井参数、井斜及其控制等方面最基本的知识和定向钻井的概念。

## 一、钻井方法

从地面钻一孔道直达油气层,即钻井。井的示意图如图 1-10 所示,图中分别标明了井口、井身、井壁、井底及井径、井段和井深。钻井的实质就是要设法解决破碎岩石和取出岩屑、保护井壁、继续加深钻进方面的问题。

人类通过长期的生产实践和科学研究,创造了两种有工业实用价值的钻井方法,即顿钻钻井法和旋转钻井法。

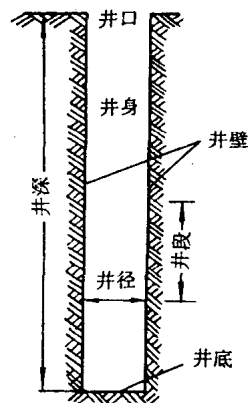


图 1-10 井的示意图

### 1. 顿钻钻井法

顿钻钻井法又称冲击钻井法。相应的钻井设备称顿钻钻机或钢绳冲击钻机。其设备组成及工作原理如图 1-11 所示。

周期地将钻头提到一定的高度向下冲击井底,破碎岩石。在不断冲击的同时,向井内注水,将岩屑、泥土混成泥浆,等井底泥浆碎块积到一定数量时,便停止冲击,下入捞砂筒捞出岩屑,然后再开始冲击作业。如此交替进行,加深井眼,直至钻到预定深度为止。

用这种方法钻井,破碎岩石、取出岩屑的作业都是不连续的,钻头功率小、效率低、速度慢,远不能适应现代石油钻井中优质快速打深井的要求,代之而起的便是旋转钻井法。

### 2. 旋转钻井法

旋转钻井法包括地面驱动转盘旋转钻井和顶部驱动钻井法及井下动力钻具旋转钻井法。

(1) 转盘旋转和顶驱旋转钻井法 转盘旋转钻井法的设备组成和工作原理如图 1-12 所示。

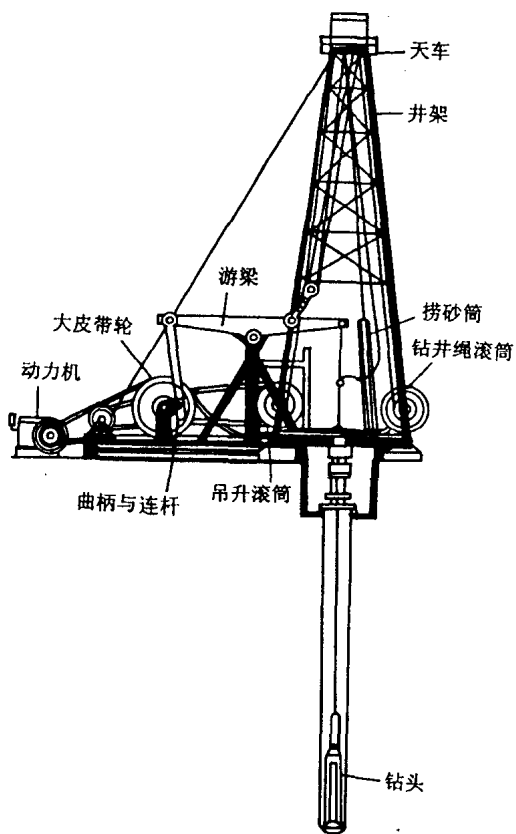


图 1-11 顿钻钻井示意图

井架、天车、游车、大钩及绞车组成起升系统,以悬持、提升下放钻柱。接在水龙头下的方钻杆卡在转盘中,下部承接钻杆柱、钻铤、钻头。钻杆柱是中空的,可通入清水或钻井液。工作时,动力机驱动转盘,通过方钻杆带动井中钻杆柱,从而带动钻头旋转。控制绞车刹把,可调节由钻柱重量施加到钻头上的压力即俗称钻压的大小,使钻头以适当压力压在岩石面上,连续旋转破碎岩层。与此同时,动力机驱动钻井泵,使泥浆经由地面管汇→水龙头→钻杆柱内腔→钻头→井底→环形空间→泥浆净化系统,进行钻井液循环,以连续带出被破碎的岩屑并保护井壁。

钻杆代替了顿钻中的钢丝绳,钻头加压旋转代替了冲击。所以,转盘旋转钻井法破碎岩石和取出岩屑都是连续的,克服了冲击钻井的缺点,提高了钻井效率。

80年代研究开发了顶驱钻井系统,首先成功地应用于海洋钻机,目前已迅速扩展用到陆地深井、超深井钻机上,呈现良好的发展前景。顶驱钻井系统的设备组成、工作原理将在第三章第五节中介绍。

(2) 井下动力钻具旋进钻井法 从顿钻到转盘钻,是钻井方法上的一次革命。但

随着钻井深度的增加,钻杆柱在井中旋转不仅要消耗过多的功率,且容易引起钻杆折断事故,这就促使人们朝钻杆不转或不用钻杆的方向去寻求驱动钻头的方法。将动力装置放到井下去,从而诞生了井下动力钻具旋转钻井法。目前常用的井下动力钻具有涡轮钻具和螺杆钻具两种。

① 涡轮钻具钻井 图 1-13 是涡轮钻具结构组成示意图。它下接钻头,上接钻杆柱。工作时,钻井泵将高压钻井液经钻杆柱内腔泵入涡轮钻具中,驱动转子并通过主轴带动钻头旋转,实现破岩钻进。

涡轮钻具钻井的地面设备与转盘钻相同。但钻杆柱是不转动的,节约了功率,磨损小,事故少,特别适用于定向井和水平井。

涡轮钻具转速偏高,不易配用牙轮钻头,若采用聚晶金刚石切削块钻头(PDC 钻头)及在 PDC 钻头基础上发展起来的、热稳定性更好的巴拉斯钻头(BDC 钻头),可在高速旋转和高温下钻井。因此,PDC 和 BDC 钻头的出现,以及近年来钻测技术的发展,为涡轮钻具的应用开辟了广阔的前景。

② 螺杆钻具钻井 螺杆钻具是一种由高压钻井液驱动的容积式井下动力钻具。钻井液驱动(螺杆)转子在衬套中转动,带动装在它下端的钻具破岩钻进。单螺杆钻具结构如图 1-14 所示。

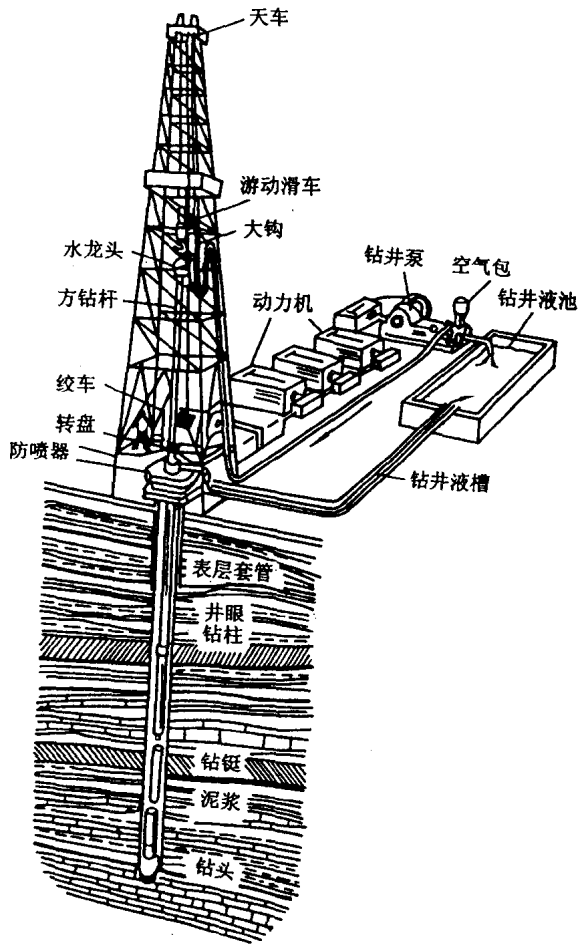


图 1-12 转盘旋转钻井示意图



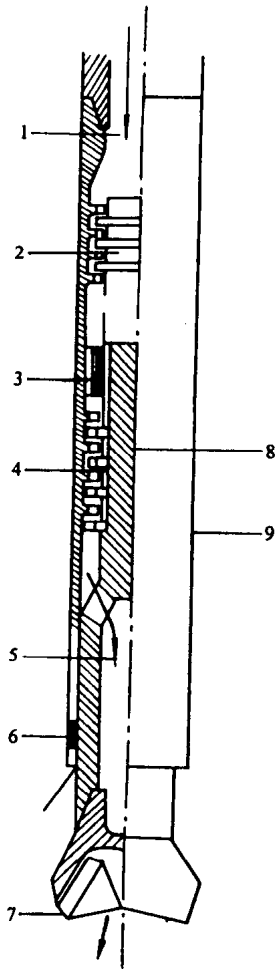


图 1-13 涡轮钻具结构示意图

1、5—钻井液；2—止推轴承；3—中间轴承；  
4—涡轮；6—下轴承；7—钻头；8—主轴；9—外壳

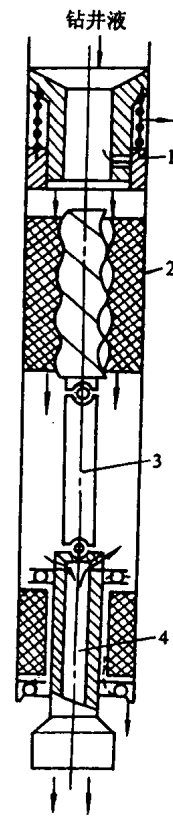


图 1-14 螺杆钻具结构示意图

1—旁通阀；2—单螺杆马达总成；  
3—万向轴总成；4—传动轴总成

螺杆钻具钻井，钻杆柱也是不转动的，特别适用于定向井、水平井和其他特种作业钻井。小尺寸螺杆钻具，用于小井眼和超深井钻井。

螺杆钻具结构简单，工作可靠；能提供大扭矩、低转速的特性。适于配用普通牙轮钻头，也可配用金刚石钻头，可提高钻头进尺和使用寿命，这些性能优于涡轮钻。因此，螺杆钻具也是一种钻定向井、水平井、深井的很有发展前途的井下动力钻具。

### 3. 试验研究中的新钻井方法

目前钻井深度已超过万米。旋转钻钻井法导致钻井机械及设备愈来愈庞大和复杂。因此，近些年来，人们一直试图利用现代科学的最新成就，开辟破碎和清除岩石的新途径，积极探索和试验新的钻井方法。新提出的钻井方法大致可分为：熔化及气化法、热胀裂法、化学反应法和机械诱导应力法 4 类。

这些方法的共同特点是，摒弃了用钻头加压旋转破碎岩石的原理，如试验成功，必将引起钻井方法和钻井工艺技术方面的重大变革。