



普通高等教育“十一五”国家级规划教材

石油钻采机械概论

第2版

SHIYOU ZUANCAI JIXIE GAILUN

李继志 主编
万邦烈 主审



中国石油大学出版社

等教育“十一五”国家级规划教材

石油钻采机械概论

第2版

主编 李继志

主审 万邦烈

中国石油大学出版社

图书在版编目(CIP)数据

石油钻采机械概论/李继志主编.—2版.—东营:
中国石油大学出版社,2009.12

ISBN 978-7-5636-2994-7

I. ①石… II. ①李… III. ①油气钻井—钻机—高等
学校—教材②采油机械设备—高等学校—教材 IV.
①TE922 ②TE93

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2009)第 241067 号

书 名:石油钻采机械概论
主 编:李继志

责任编辑:袁超红 秦晓霞

封面设计:赵志勇

出版者:中国石油大学出版社(山东 东营 邮编 257061)

网 址:<http://www.uppbook.com.cn>

电子信箱:shiyoujiaoyu@126.com

印刷者:沂南县汇丰印刷有限公司

发 行 者:中国石油大学出版社(电话 0532—86981532,0546—8392563)

开 本:180 mm×235 mm 印张:32.75 字数:711 千字

版 次:2011年6月第2版第1次印刷

定 价:50.00 元

前 言



PREFACE

石油高等学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专业,这体现了石油机械类专业在向着更宽广的方向发展。按照新的教学计划,原来必修的石油机械传统专业课程——钻井机械设计、采油机械设计和石油工程流体机械等——不再作为专业的必修课;一些介绍石油机械设备的课程也相应取消,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,以石油工业为主要服务领域的基本方针不会改变,应该力争向其输送更多合格的机械工程技术人才。这些人才不仅要具备机械工程和控制工程等方面的知识、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,即在人才培养目标上应该始终保持鲜明的石油行业特色。由此可见,有必要开设一门能够传授石油工程基本知识和石油机械设备概况的专业基础教育课程,以对石油高等学校机械类专业的学生进行必要的石油特色教育。

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》,是以1980年校内铅印教材《石油钻采工艺基础及设备》为蓝本,在总结12年教学经验的基础上编写而成的。该教材在石油机械类专业的课堂教学、专业实习指导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年获得了原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,该教材能够适应石油高校中机械工程类专业培养计划的要求,石油高校开设的石油钻采机械概论或石油机械概论等课程大多选用该书作为基本教材。1997年经原中国石油天然气总公司推荐和原国家教委批准,决定以《石油钻采设备及工艺概论》为基础进行第一次修订,教材更名为《石油钻采机械概论》,并被原国家教委确定为“九五”国家级重点教材,于2001年7月出版。2005年12月申请对该教材进行第二次修订,2006年获教育部批准,并被列为普通高等教育“十一五”国家级规划教材。

新编《石油钻采机械概论》更新的部分主要是:第一,将原教材中的第一章和第二章合并为一章,组成石油工程基本知识,并对其中的内容进行了重新编排、适度精简和更新。第二,增加了第十一章石油机械的控制与测量,重点介绍气动、液压、电动控制以及自动测

量技术在典型石油机械中的应用情况和主要特点,目的是适应石油机械教育和石油科技向自动化、信息化方向发展的需要。第三,对保留的各章节的内容进行了筛选、删除或精简,广泛收集近十年来新发展的主要石油机械设备资料并适当编入教材,包括交流变频钻机、复合驱动钻机、液压钻机、液压驱动往复泵、直线电机抽油机、长环形齿条抽油机等。

新编《石油钻采机械概论》力求在内容上更加丰富全面,努力反映石油教育和科技发展的最新趋势,并在逻辑上更符合教学要求、编排上更为合理、印装方面更精益求精。新编教材的基本特色是:

(1) 石油工程技术与机械设备前后呼应。在教材第一章以及其他章节的相关内容中都简要介绍了石油钻井工程和采油工程的基本工艺流程,并导出实现工艺流程所必需的主要机械系统及主要设备,从而使读者能够对石油钻井和采油的全过程建立比较完整的概念,了解石油工程中主要机械设备所担负的任务,启发读者有目标地学习和探索相关知识。至于组成这些系统的主要机械设备的结构、工作原理和应用特点等,后续各章节中将分别予以介绍。海洋石油的勘探和开发正在蓬勃兴起,它是资金和新技术高度密集的行业。教材第十二章中简要介绍了海洋石油勘探和开发的情况,以便读者可沿此思路进一步作深入的探索。

(2) 石油机械与通用机械相互融合。在教材内容的选取上,力争将通用机械的基本原理融入石油机械的特殊应用之中。凡属于通用机械的,如动力系统、传动系统、起升系统、往复泵、离心泵、压缩机、螺杆泵、仪表等,都保持有关内容自身的理论和科学体系,重点阐述工作原理、结构、特性、基本计算方法,使读者了解一般机械的基本知识和内在本质,扩展视野,为进一步的机械工程教育和实践能力的培养奠定必要基础;同时,作为石油机械中的一部分,又紧密结合其在石油工程技术中的特殊作用、应用特点和基本设计要求,引起读者关注。石油机械中的主要内容虽然本质上都属于工程机械的范畴,但更偏重于在石油工程中的应用,属于专用的石油机械设备,如石油钻机、旋转设备、机械采油设备、多相流分离设备、钻采工具等,在非石油类图书资料中比较少见。对于这些部分,教材中都作了比较全面的介绍,以加深读者对主要石油机械设备特殊性的认识,增进对石油工程技术知识的了解。至于石油机械的控制与测量,更是石油工程技术、石油机械与通用机械、现代信息工程技术相互融合和应用的典型范例。

(3) 理论与实际相结合。本教材不同于理论专著,未对相关的理论问题作深入的展开和探讨;也不同于一般的资料性著作,只选取了部分具有代表性的、能够对读者有所启发的内容。教材中的主要内容都保持了自身的理论和科学体系,虽然比较简要,但也可以使读者学到系统的知识,还便于进行课堂教学;教材中紧密结合生产实际且比较充实的资料,也可使读者学之有物。本教材之所以受到石油机械厂和油田工程技术人员的喜爱,广泛用作技术参考书并被作为技术再教育的专用教材,正是因为其具有比较丰富的技术内容。

(4) 遵循教学规律。本教材所述理论的广度和深度适中,力求取材合理。经过数次修订和30年的使用实践,表明其能够给予读者较完整的石油钻采工程及机械设备的理论

知识和实践知识,实践性和针对性强,特别有利于读者感性知识、实践能力和求知欲的培养,既能传授基本的机械基础知识,又可反映现代石油钻采机械设备及其应用的全貌,在一定程度上弥补了取消石油钻采工艺和主要石油机械专业课程所造成的知识缺失。教材在内容的编排上力求贯彻由浅入深、循序渐进和重点突出的原则,符合科学性、逻辑性和教学规律。全书图文并茂,语言通畅,适合作为石油高校相关专业机械工程教育的基础性教材。

石油工程和石油机械设备的内容深广,每个方面都包含着极其深刻和广泛的科学内涵,鉴于教学目的及学时的要求,也限于篇幅,教材内容中不可能全面涉及,更深入的理论和实际内容也无法展开,读者可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学校机械类专业的学生,可作为课堂用教材或用于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,本教材也可作为培训和自学参考书。

本教材第一、第五、第六、第八章由李继志教授编写,第二、第三、第十一章由齐明侠教授编写,第四、第十章由高学仕教授编写,第七、第九章由刘猛教授编写,第十二章由徐兴平教授编写。全书由李继志教授担任主编,万邦烈教授主审。审阅人对教材初稿提出了许多宝贵的建议,石油教育界的著名专家陈如恒、赵国珍和方华灿教授,中国石油大学(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,对本教材的编写给予了热情的关怀和支持,并根据实际应用的经验提出了十分有益的建议,作者在此向他们致以衷心的感谢。教材编写过程中参阅了有关的国家和行业标准,《石油机械》、《石油矿场机械》、《石油钻采工艺》和《液压与气动》等刊物,以及许多工厂、院所提供的产品样本、说明书、鉴定材料、专利和研究生毕业论文等大量资料,在此谨向给予帮助及支持的单位和个人致以诚挚的谢意。

从1980年的校内铅印教材《石油钻采工艺基础及设备》到1992年公开出版的《石油钻采设备及工艺概论》和2001年出版的《石油钻采机械概论》,陈荣振教授作为主要编写人和主编者之一,为本教材的形成、发展和逐步完善付出了辛勤的劳动和才智,做出了重要的贡献,在此谨表示深切的怀念。

由于水平有限,新修订的教材中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
2010年8月

目 录



CONTENTS

第一章 石油工程基本知识	1
第一节 石油、天然气常识	1
第二节 常规钻井工艺过程.....	9
第三节 钻井技术新发展	23
第四节 采油工艺技术	35
第五节 油田增产及油、水井维修技术.....	46
第六节 高新采油技术知识	59
第七节 油田油气集输	65
第二章 石油钻机总论及旋转设备	72
第一节 石油钻机概述	72
第二节 机械驱动钻机	77
第三节 电驱动钻机	83
第四节 其他类型钻机	90
第五节 地面旋转设备	93
第六节 顶驱钻井系统.....	100
第三章 石油机械的动力传动与特性	108
第一节 石油钻机用柴油机.....	108
第二节 石油钻机液力传动装置.....	114
第三节 柴油机驱动钻机工作特性.....	120
第四节 电驱动钻机工作特性	129
第四章 石油钻机的起升系统	143
第一节 起升系统工作原理.....	143
第二节 井架及底座.....	149

第三节	游动系统	155
第四节	钻井绞车	159
第五节	绞车制动系统	167
第五章	石油矿场用往复泵	181
第一节	概 述	181
第二节	往复泵的参数和特性	183
第三节	往复泵的结构和特点	194
第四节	液压驱动及其他类型的往复泵	206
第五节	往复泵的易损件及配件	220
第六章	油田用离心泵	230
第一节	离心泵的工作原理与结构	230
第二节	离心泵的基础理论	241
第三节	离心泵轴向力的平衡及密封装置	248
第四节	离心泵的装置特性及工况调节	255
第七章	石油矿场用压缩机及天然气输送	265
第一节	天然气管道工程中的场站及输送设备	266
第二节	活塞式压缩机	268
第三节	螺杆式压缩机	275
第四节	离心式压缩机	287
第八章	机械采油设备	300
第一节	游梁式抽油机	300
第二节	无游梁式抽油机	307
第三节	抽油泵和抽油杆	320
第四节	井下抽油设备	335
第五节	采油井口及辅助装置	348
第九章	多相流输送及分离设备	355
第一节	螺杆泵的工作原理、结构与应用	356
第二节	油气集输常用设备	363
第三节	振动筛的工作原理、结构与应用	369
第四节	旋流器的工作原理、结构与应用	377
第五节	离心机的工作原理、结构与应用	382
第六节	井下油水气分离设备	388
第十章	石油钻采工具及仪表	394
第一节	钻具与石油管材	394

第二节	井口工具与井控设备·····	400
第三节	钻井仪表·····	411
第四节	采油和修井的井下工具·····	415
第五节	采油测量仪表·····	425
第十一章	石油机械的控制与测量·····	438
第一节	石油钻机的气控系统·····	438
第二节	石油机械中的液压控制系统·····	445
第三节	石油机械中的电控制系统·····	453
第四节	钻井随钻测量系统·····	465
第五节	注水站自动控制和测量系统·····	469
第十二章	海洋石油钻采工艺及设备·····	477
第一节	概 述·····	477
第二节	海洋钻井平台·····	479
第三节	海上钻井·····	486
第四节	海上采油·····	500
参考文献	·····	511

石油工程基本知识

石油和天然气是能源的重要组成部分,是国家工业、农业和国防建设以及人民日常生活不可缺少的战略资源。它们都埋藏在地下几百米、上千米甚至超过万米的岩层中。为了寻找油气藏并开采石油天然气,需要极其复杂的钻井、采油工艺过程,需要使用一系列的石油机械设备。也就是说,石油机械工作者研究、设计、制造和使用石油机械设备的根本任务在于完全服务于石油、天然气及其开采过程。为此,有必要了解一些与石油、天然气有关的常识,学习石油开采的基本工艺知识。

本章简要介绍石油钻井、采油工艺过程和新技术发展,进而引出执行有关工艺技术的机械设备系统,初步展现完成复杂的钻井和采油过程所必需的关键设备,以便读者在后续各章节中作更深入的学习和研究。

第一节

石油、天然气常识

一、石油、天然气的性质和成因

石油、天然气是在地壳中所形成的可燃有机矿产,具有流动性,成分极为复杂。

(一) 石油的化学组成和物理性质

1. 石油的化学组成

石油主要由碳、氢两种元素组成,其中碳的质量占 80%~88%、氢占 10%~14%,另外还含有少量的氧、硫、氮,占 0.3%~7%。若石油中碳、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。

石油中的碳、氢、氧、硫、氮等元素一般以化合物形式存在。这些化合物可分为两大类:一类是烃,即碳氢化合物,是石油的主要组成部分,其质量分数在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少,但其化合物在石油中的质量分数有时可达30%,从而影响石油的质量,不利于石油的开采、炼制和加工。

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,将其分成性质相近的组,称为组分。每个组内包含性质相似的一部分化合物。

(1) 油质。油质是由碳氢化合物组成的淡色黏性液体,是石油的主要组成部分。若油质含量高,则石油质量相对较好。油质中含有的石蜡是一种熔点为 $37\sim 76\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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,不利于石油的开采。

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

(3) 沥青质。沥青质所含碳氢化合物比胶质更少,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。当胶质、沥青质含量高时,石油质量变差。

(4) 炭质。炭质以碳元素状态存在于石油中,含量很少,常称残炭。

2. 石油的物理性质

石油的物理性质包括颜色、密度、黏度、凝固点、溶解性、荧光性、导电性等。

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

(2) 密度。从地下采出来的石油称为原油。密度是标准条件下($20\text{ }^{\circ}\text{C}$, 0.101 MPa)单位体积原油的质量,单位为 t/m^3 或 g/cm^3 。原油密度与 $4\text{ }^{\circ}\text{C}$ 纯水密度的比值称为原油相对密度或比重,用符号 D_4^{20} 表示。原油的相对密度一般为 $0.75\sim 0.98$,即原油比水轻。通常,相对密度大于 0.92 的原油为重质油或稠油,相对密度介于 $0.88\sim 0.92$ 之间的原油为中质油,相对密度小于 0.88 的原油为轻质油。

(3) 黏度。原油流动时分子间会产生摩擦阻力,黏度即表示这种阻力大小。黏度小的原油的流动性好。原油黏度用符号 μ 表示,单位为 $\text{mPa}\cdot\text{s}$ (黏度的单位以前常用 P 或 cP), $1\text{ mPa}\cdot\text{s}=1\text{ cP}$ 。

(4) 凝固点。原油失去流动性时的温度或开始凝固时的温度称为凝固点。含蜡少、重组分含量低的原油的凝固点低,有利于开采和集输。凝固点在 $40\text{ }^{\circ}\text{C}$ 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。溶有天然气的石油的黏度小,有利于开采。

(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。借助荧光分析可鉴别岩样中是否含有石油。

(7) 导电性。石油为非导体,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。

(二) 天然气的化学组成和物理性质

1. 天然气的化学组成

天然气也是在地壳中生成的一种可燃有机矿产,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。按分布特征的不同,地壳中的天然气可分为分散型和聚集型两大类;按与石油产出的关系,又可分为伴生气和非伴生气。分散型天然气主要包括溶解于石油或水中的溶解气,吸附或游离于煤层的煤层气,以及封闭、冻结于水分子晶格中的甲烷等气分子形成的固态气水合物。聚集型天然气是单独运移而聚集的游离气,包括气藏气、气顶气和凝析气。只有大规模的游离气聚集才具有开发利用价值。

天然气的主要成分为甲烷(CH_4)、乙烷(C_2H_6)、丙烷(C_3H_8)和丁烷(C_4H_{10}),其中所含甲烷的质量分数可达80%以上。此外,天然气中还含有少量的二氧化碳(CO_2)、一氧化碳(CO)、硫化氢(H_2S)及氮(N_2)、氧(O_2)、氢(H_2)。

天然气中,乙烷以上的烃称为重烃。依据重烃含量的不同,可将天然气分为干气和湿气。干气中甲烷的质量占95%以上,湿气中含有5%~10%以上的乙烷、丙烷、丁烷等重烃。湿气常与油共生,是油田或气田中的伴生气。

2. 天然气的物理性质

天然气无色,有汽油味,可燃。天然气的物理性质包括密度、黏度和溶解性等。

(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) 黏度。气体黏度是气体内部摩擦阻力的表现,天然气黏度与其组成、压力和温度有关。

(3) 溶解性。天然气溶于石油和水,更容易溶于石油。

(三) 油气成因说

石油、天然气成因是石油地质界研究的重大课题,它涉及生物、化学、地质学等诸多学科。人类对此问题的认识,也是随着自然科学的发展和油气勘探开发的实践过程而不断深化的。目前基本上分为有机生成和无机生成两大学派。

有机成因说认为,石油和天然气是在地球上生物起源之后,在地质历史长期发展过程中,由保存在沉积岩中的生物有机质逐步转化而成的,即: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;这些淤泥又被后沉积的泥沙层覆盖,与空气隔绝处于缺氧还原环境;在漫长的时间长河中,在合适的地质、生物环境以及压力、温度等条件下,逐渐发生一系列复杂的分解、聚合和物理、化学演化过程,最终转变成石油或天然气。

无机成因说认为,包括烃类在内的有机化合物是在宇宙天体的长期复杂的无机演化过程中逐渐形成的,即:在地球深处的高温、高压和催化剂的作用下,水(H_2O)、二氧化

碳(CO_2)和氢(H_2)等简单无机物质发生复杂的化学反应,形成了石油和天然气。

目前,两种成因学说都有很多依据和比较充分的解释,不过有机成因说为多数人所接受和应用。

二、油藏、油田的概念

1. 石油地质知识

1) 地壳组成

地球自产生到现在已约有 45 亿~60 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。地壳厚度各处不等,最厚处达 70~80 km,最薄处只有 5~6 km,平均为 33 km,平均密度为 $2.7\sim 2.9\text{ g/cm}^3$,平均压力为 900 MPa,平均温度为 $15\sim 1\,000\text{ }^\circ\text{C}$;地幔平均深度为 2 900 km,平均密度为 $3.32\sim 5.66\text{ g/cm}^3$,平均压力为 136 800 MPa,平均温度为 $1\,500\sim 2\,000\text{ }^\circ\text{C}$;地核平均深度为 6 371 km,平均密度为 $9.71\sim 16\text{ g/cm}^3$,平均压力为 360 000 MPa,平均温度为 $72\,000\text{ }^\circ\text{C}$ 。

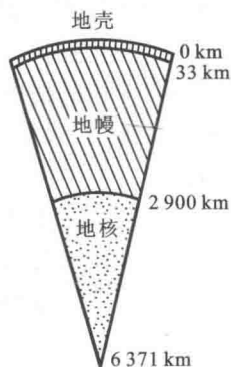


图 1-1 地球的内部结构示意图

地壳由岩石组成,岩石依成因的不同可分为三大类:火成岩、变质岩和沉积岩。火成岩(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;变质岩是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,改变原来的成分和结构变质而成的新的岩石,如石灰石变成大理石;由火成岩、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、溶解而形成的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、固结的岩层为沉积岩。沉积岩中有层次、孔隙、裂缝和溶洞,并有各种古代动植物残骸遗迹,从而形成化石。

2) 沉积岩的特点

沉积岩分为砂岩、泥岩和石灰岩。普通的砂粒由泥质或石灰质胶结而成,依颗粒直径不同可分为砾石($>1\text{ mm}$)、粗砂岩($0.5\sim 1\text{ mm}$)、中砂岩($0.25\sim 0.5\text{ mm}$)、细砂岩($0.1\sim 0.25\text{ mm}$)和粉砂岩($0.01\sim 0.1\text{ mm}$)。砂岩具有孔隙,可以储存流体(油、气、水)。岩石孔隙体积与岩石总体积之比称为孔隙度。由于存在孔隙,在压力作用下能通过油、气、水,称为渗透性。砂岩(孔隙大)和灰岩(裂缝发育)都是渗透性好的岩石。普通的泥土(颗粒直径小于 0.01 mm)经成岩作用后,呈块状的称泥岩,呈薄片层状的泥岩称为页岩,富含石油质的页岩称为油页岩。油页岩可以提炼石油。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,石灰石常有裂缝和溶洞,石油和天然气可储存其中。

目前已发现的油气田中,99%以上的油气储集在沉积岩的孔隙、裂缝和溶洞中,其中的砂岩和石灰岩储集层中几乎各占一半。

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,称这种断裂为断层。



图 1-2 背斜构造图



图 1-3 向斜构造图

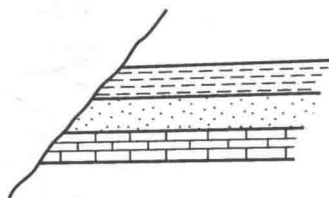


图 1-4 单斜构造图

2. 油气藏

有机淤泥层中的有机物质,在成岩过程中逐渐转化成石油或天然气,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,油气便排开孔隙水,发生运移,并在圈闭中聚集,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。圈闭中只聚集了石油,称为油藏;只聚集了天然气,称为气藏;二者同时聚集,若采出的 1 t 石油中能分离出 1 000 m³ 以上天然气,称为油气藏。习惯上所说的油气藏是上述三者的统称。凡储存的油气质较多,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气构造。

圈闭通常由三部分组成:储集层,为油气提供具有孔隙的空间;盖层,阻止油气向上逸散;遮挡物,阻止油气侧向运移。圈闭是油藏形成的基本条件,因此一般以圈闭成因为依据,将油气藏划分为五大类。

(1) 构造油气藏。由于地壳运动使地层发生变形或变位而形成的构造圈闭,在构造圈闭中的油气聚集称为构造油气藏,它是迄今最重要的油气藏。按照构造圈闭的成因,构造油气藏又可分为背斜油气藏、断层油气藏、裂缝油气藏以及岩体刺穿油气藏。图 1-5 所示为背斜油气藏示意图,图 1-6 所示为断层油气藏示意图。在世界石油和天然气的产量及储量中,背斜油气藏居首位,约占 75%。

(2) 地层油气藏。储集层是由于纵向沉积连续性中断而形成的地层圈闭,在地层圈闭中的油气聚集称为地层油气藏。地层油气藏又可分为潜山油气藏、地层不整合遮挡油气藏和地层超覆油气藏。图 1-7 所示为地层油气藏主要类型及其与非地层油气藏之间的区别示意图。其中,B,C 是位于不整合面之上的地层超覆油气藏;D,E 为不整合面之下的地层油气藏,分别为潜山油气藏和不整合遮挡油气藏;A,F 分别为岩性尖灭油气藏和背斜油气藏。

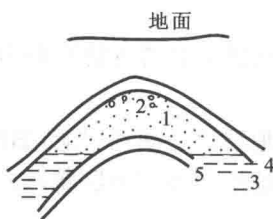


图 1-5 背斜储油构造示意图

1—油;2—气;3—水;4—不渗透泥岩盖层;
5—不渗透泥岩底层

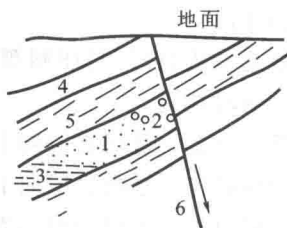


图 1-6 断层遮挡储油构造示意图

1—油;2—气;3—水 4—砂岩;5—泥岩;
6—不渗透断层

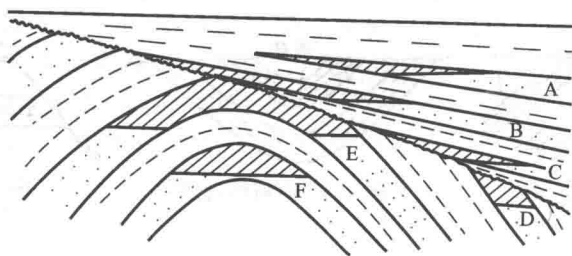


图 1-7 地层油气藏主要类型及其与非地层油气藏之间的区别示意图

(3) 岩性油气藏。由于储集层的岩性或物性变化所形成的岩性圈闭中聚集了油气,故称为岩性油气藏。根据储集体的类型,岩性油气藏可分为砂岩、泥岩、碳酸岩和火成岩四种类型,主要为砂岩。按照圈闭的成因,岩性油气藏又可分为砂岩上倾尖灭油气藏、砂岩透镜体油气藏、物性封闭岩性油气藏和生物礁油气藏四类。

(4) 水动力油气藏。由水动力与非渗透岩层联合形成的圈闭,使静水条件下油气难于聚集的地方形成了油气聚集,故称为水动力油气藏。图 1-8 所示为水动力油气藏示意图。

(5) 复合油气藏。如果储集层上方和上倾方向是由构造、地层、岩性和水动力等因素中的两种或两种以上因素共同封闭而形成的圈闭,则称为复合圈闭。其中,聚集了油气的圈闭称为复合油气藏。图 1-9 所示为复合油气藏示意图。



图 1-8 构造鼻型水动力油气藏示意图



图 1-9 构造-岩性型复合油气藏示意图

近年来,国内外还发现了大量的非常规储集层油藏,如火成岩油藏、泥岩油藏等;也发现了非常规天然气聚集,如煤层气藏、深盆气藏等。

3. 油气田和含油气盆地

从石油地质上说,油气田是指单一局部构造,同一面积内油藏、气藏或油气藏的总和。若该局部构造范围内主要为油藏,则称为油田;主要为气藏,则称为气田。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。

油气田也可以进行分类。按照地层岩性分类,油气田可分为砂岩性油气田和碳酸岩油气田两类。按照控制产油气面积的地质因素分类,油气田可分为构造油气田、地层油气田、岩性油气田和复合油气田四大类。通常所说的大庆油田、胜利油田等主要是从地理意义上称呼的,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。

某一地质历史时期内,地壳曾经稳定下沉并接受了巨厚沉积物的统一沉降区,称为沉积盆地。发现油气田的沉积盆地,称为含油气盆地。

三、我国油气勘探前景

根据有关资料,世界石油储量居世界第1位的国家是沙特阿拉伯,其次为加拿大、伊朗、伊拉克等,俄罗斯居第8位,美国和中国分别居第11位和第12位。作为更清洁高效的能源,天然气越来越得到重视,以 $1\ 000\text{ m}^3$ 天然气折合 1 t 石油计算,天然气总探明储量当量与石油总探明储量当量持平。到21世纪上半叶,天然气可能成为第一能源。俄罗斯天然气储量居世界第1位,其次为伊朗、卡塔尔、沙特阿拉伯,美国居第6位,中国居第22位。

在能源消费结构中,2003年时北美、欧洲地区的油气消耗占 $65\%\sim 67\%$,煤炭只占 20% ;在世界能源平均消费结构中,油、气所占的比例分别达 37.3% 和 23.9% ;在我国的能源消费中,油、气比例虽然有所提高,但煤炭仍占 68.3% ,油、气分别只占 22.9% 和 2.7% 。石油和天然气具有发热量大、燃烧完全、运输方便、环境污染小等优点,我国的能源消费结构中,油气所占比例必然会明显增加。

我国油气资源的分布受区域大地构造特征控制。按照大地构造特征,中、新生代以来,我国板块可分为西部聚敛区、东部扩张区、中部过渡区三种不同的构造格局,可将我国含油盆地相应分为三大类,归属于三个含油气大区。

(1) 西部造山带挤压型盆地。属西部含油气大区,包括准噶尔、塔里木、柴达木、藏北羌塘、土哈、河西走廊等盆地。其中,塔里木盆地面积约 56万 km^2 ,是我国最大的盆地;准噶尔盆地面积约 13.4万 km^2 ,是我国大型含油气盆地之一。

(2) 东部裂谷带拉张型盆地。属东部含油气大区,包括松辽、渤海湾、江汉、黄海-苏北、北部湾、莺歌海、琼东南、珠江口、台湾西部、南海中央太平-礼乐滩等盆地。其中,松辽盆地包括东北三省,面积 26万 km^2 ,是我国最大的含油气盆地之一,大庆油田就位于松辽盆地内;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 km^2 ,胜利、大港、辽河、任丘和渤海等油田就位于此盆地内。我国海域辽阔,大陆架宽广,渤海、黄海、东海的海域总面积达 360万 km^2 ,水深 200 m 以内的大陆架为 130万 km^2 ,不包括南中国海盆地,石油资源量为 $225\times 10^8\text{ t}$ 。

(3) 中部克拉通过渡型盆地。属中部含油气大区,位于前两大区之间,自北向南,有二连、鄂尔多斯、四川、楚雄等大型盆地。其中,四川盆面积 19万 km^2 ,该盆地内已发现了许多油气田,主要是气田;鄂尔多斯盆地位于我国黄河河套地区,面积约 33万 km^2 ,长庆

油气田就位于该盆地内。

我国的非常规油气资源包括稠油、沥青、焦油砂、油页岩、煤层气、致密岩天然气、深盆地气、天然气水合物等,这些资源在我国也非常丰富。

四、油气资源勘探

油气资源勘探的任务是寻找油气田,以发现和查明油气田为宗旨。勘探分为普查阶段和勘探阶段。前者包括区域概查、面积普查和构造详查三个阶段,后者是探明油气田。

我国石油天然气勘探程序基本包括:区域勘探,主要是划分和优选含油气盆地,提交盆地远景资源量,同时对其进一步开展勘探,划分和优选含油气体系,查清远景资源量的空间分布;圈闭预探,主要是识别圈闭,优选圈闭,提交圈闭潜在资源量,发现油气藏,提交预测储量;油气田(藏)评价勘探,即对已获工业油气流的圈闭进行勘探,提交控制储量和探明储量。

目前进行油气勘探的主要方法和技术有四种。

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

地球物理法包括地球物理勘探和地球物理测井,是一种应用高新技术的勘探方法。

(1) 地球物理勘探。根据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,判断是否有储油气构造。

(2) 地球物理测井。采用专用的测井仪器(如数控测录系统),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

通过航空、航天遥感技术所获得的遥感信息,对油气遥感信息进行处理可得到油气地质遥感图像,对油气地质遥感图像进行处理和解释可寻找油气资源。随着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。利用遥感图像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,可直接从遥感图像上提取、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。

随着勘探技术的发展,尤其是直接找油技术的发展,油气勘探程序必将进一步简化。