

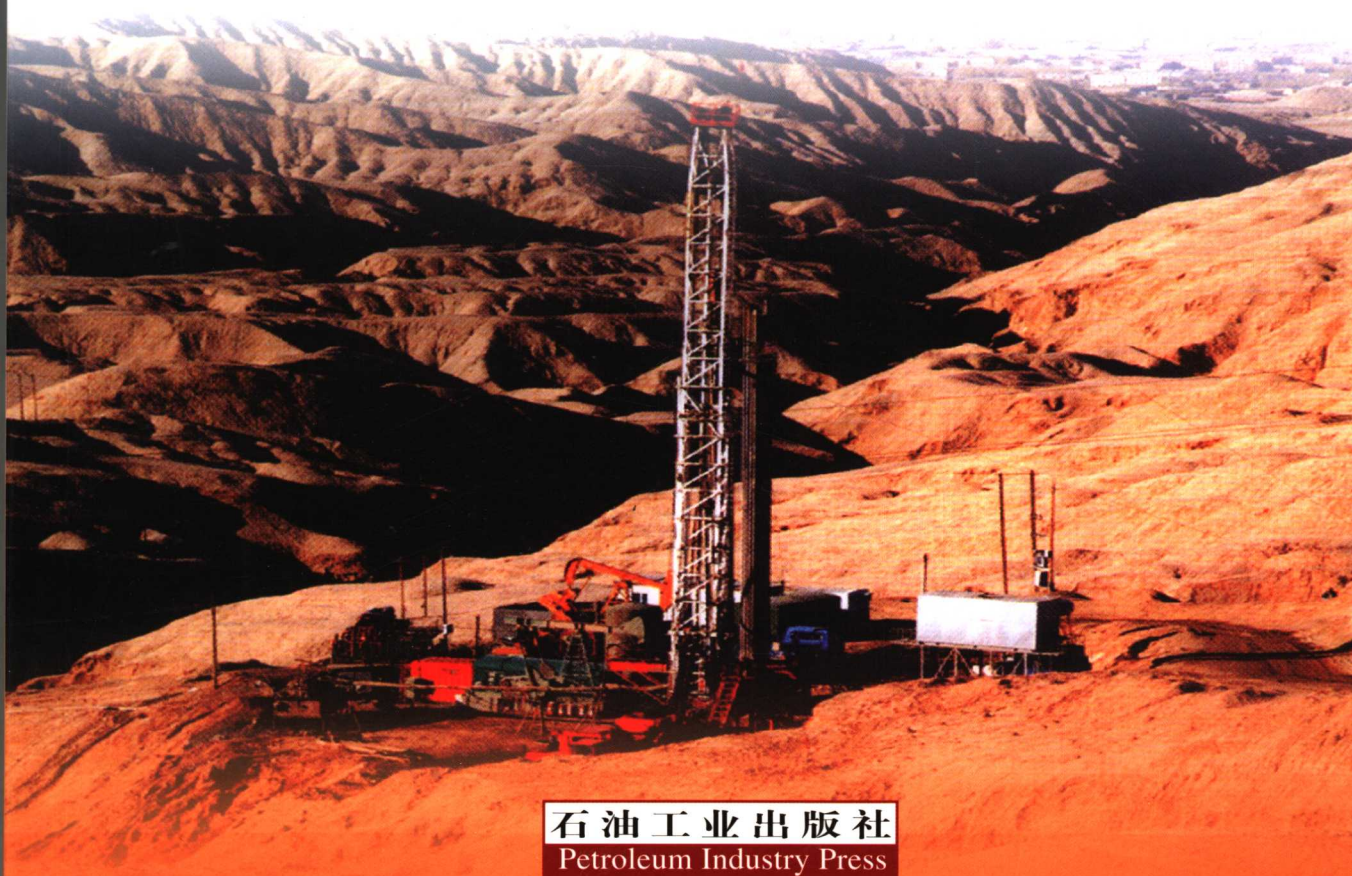


普通高等教育“十一五”国家级规划教材

高等院校石油天然气类规划教材

油气田勘探

庞雄奇 主编 张一伟 主审



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

普通高等教育“十一五”国家级规划教材
高等院校石油天然气类规划教材

油气田勘探

庞雄奇 主编 张一伟 主审

石油工业出版社

内 容 提 要

本书从油气勘探工程的系统观出发,全面介绍了油气田勘探的预测理论与技术方法、勘探程序与工作部署、勘探项目设计与管理、勘探综合评价与决策等方面的基本内容,对现代海洋油气勘探作了概略性的介绍。教材在内容体系上力求展示油气勘探的最新成果和进展,反映理论和技术的最新动态,并根据历史唯物主义的世界观,从勘探的历史经验和教训两方面阐述油气勘探阶段的部署原则。

本书可以作为高等院校油气地质与勘探专业本科生教材,也可以供从事油气勘探的地质工作人员、项目管理人员以及其他相关学科的研究人员参考。

图书在版编目 (CIP) 数据

油气田勘探/庞雄奇主编.

北京:石油工业出版社,2006.8

普通高等教育“十一五”国家级规划教材.高等院校石油天然气类规划教材

ISBN 7-5021-5547-3

I. 油…

II. 庞…

III. 油气田-油气勘探-高等学校-教材

IV. P618.130.8

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2006) 第 056573 号

出版发行:石油工业出版社

(北京安定门外安华里 2 区 1 号 100011)

网 址: www.petropub.com.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 石油工业出版社印刷厂

2006 年 8 月第 1 版 2006 年 8 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 18

字数: 456 千字 印数: 1—2000 册

定价: 27.00 元

(如出现印装质量问题,我社发行部负责调换)

版权所有,翻印必究

《油气田勘探》编写组人员名单

主 编：庞雄奇

副主编：张树林 吴欣松

主 审：张一伟

副主审：方祖康

参与编写的教师及单位（按姓氏笔画排序）：

代宗仰 西南石油大学

吴欣松 中国石油大学（北京）

杨明慧 中国石油大学（北京）

张树林 大庆石油学院

庞雄奇 中国石油大学（北京）

武富礼 西安石油大学

郭甲世 长江大学

前 言

《油气田勘探》作为《石油地质学》的延伸和实践部分,是以石油地质学关于油气生成、油气藏形成和油气田分布规律的基本理论和油气勘探的经济规律为指导,系统阐述油气勘探预测理论、油气勘探方法与技术、油气勘探程序与部署、油气勘探综合评价与决策、油气勘探管理的一门综合性应用学科。如果说,石油地质学是找油的理论地质学,那么,油气田勘探就是找油的方法地质学。

20 世纪 60 年代初,由北京石油学院石油地质教研室首次在石油高校本科生中开设了《油气田勘探》课程,并以大庆油田勘探经验为基础,集体编写了第一本《油气田勘探》教材。80 年代初,华东石油学院在重新补充国内外油气田勘探资料和一些新方法的基础上,由张一伟教授主编了新的《油气田勘探》教材,这些教材的出版对于推动我国油气田勘探方法学的研究,培养复合型综合勘探人才起到了积极作用。1985 年,在原石油工业部的组织和领导下,胡朝元、张一伟、查全衡等合作编著了《油气田勘探及实例分析》,供勘探高级专门人才的继续教育和业务培训使用。90 年代,丁贵明、张一伟等编著了《油气田勘探工程》一书,各石油院校也相继出版了一些各有特色的勘探教材,较有代表的是吴欣松、张一伟、方朝亮编著出版的《油气田勘探》教材。

近十几年来,随着油气勘探在理论、技术方面的迅速发展以及大的石油公司重组上市,油气勘探的新术语、综合研究的新方法不断涌现,油气勘探的组织管理与立项也都相继发生了较大变化。为适应石油高校教学工作的需要,在石油工业出版社的协调下,由各石油高校长期担任该课程教学任务的教师,在广泛吸收以前各教材及教学参考书多方面优点的基础上,建立了本教材的内容体系,合作编写了《油气田勘探》这本教材。本教材的编著和出版凝聚了几代人的辛勤努力、研究成果和教学成果。

《油气田勘探》从油气勘探工程的系统观出发,全面介绍了油气田勘探的预测理论与技术方法、勘探程序与工作部署、勘探项目设计与管理、勘探综合评价与决策等方面的基本内容,对现代海洋油气勘探作了概略性的介绍。教材在内容体系上力求展示油气勘探的最新进展,反映勘探理论和技术的最新动态,并根据历史唯物主义的世界观,从勘探的历史经验和教训两方面,阐述油气勘探阶段的部署原则。

全书共分十章,其中第一章由庞雄奇、张树林、代宗仰编写,第二章由庞

雄奇、代宗仰、杨明慧编写，第三章、第十章由张树林编写，第四章、第五章和第九章一、二、四节由吴欣松编写，第六章、第七章由郭甲世编写，第八章由代宗仰编写，第九章三、五、六节由武富礼编写。全书由庞雄奇教授主编，张树林副教授和吴欣松副教授为副主编，由庞雄奇、吴欣松统稿。

本书由欧亚科学院院士和俄罗斯自然科学院院士张一伟教授〔中国石油大学（北京）〕主审，方祖康教授（大庆石油学院）协审，他们对本书的体系框架以及勘探阶段划分、勘探部署原则等内容方面提出了宝贵的意见和建议，并对本书进行了认真仔细的审阅。在本书的编写过程中得到了中国石油大学（北京）资源与信息学院朱筱敏教授、大庆石油学院地球科学学院卢双舫教授的帮助，在此一并表示感谢。

由于水平有限，书中一定存在着缺点和不妥之处，欢迎读者，尤其是主讲教师们批评指正。

编者

2006年5月

目 录

第一章 绪 论	(1)
第一节 油气勘探在国民经济中的地位和作用.....	(1)
第二节 油气勘探工作的基本性质.....	(4)
第三节 《油气田勘探》课程的性质与主要内容.....	(7)
第四节 油气勘探发展简史.....	(8)
第五节 科学的找油世界观.....	(15)
复习思考题.....	(18)
第二章 油气勘探预测理论	(19)
第一节 油气勘探方向预测.....	(19)
第二节 油气勘探领域预测.....	(29)
第三节 油气勘探区带预测.....	(43)
第四节 油气勘探目标预测.....	(49)
复习思考题.....	(60)
第三章 油气勘探技术方法	(61)
第一节 油气地面地质调查.....	(61)
第二节 油气地球化学勘探.....	(64)
第三节 油气非地震物探.....	(67)
第四节 油气地震勘探.....	(70)
第五节 油气钻探.....	(77)
第六节 实验室分析测试.....	(92)
复习思考题.....	(95)
第四章 油气勘探程序	(96)
第一节 油气勘探程序的概念.....	(96)
第二节 国内外主要的油气勘探程序.....	(97)
第三节 本教材采用的油气勘探程序.....	(100)
第四节 执行油气勘探程序应遵循的原则.....	(101)
复习思考题.....	(104)
第五章 油气勘探阶段	(105)
第一节 大区概查.....	(105)
第二节 盆地普查.....	(109)
第三节 区域详查.....	(114)
第四节 圈闭预探.....	(120)
第五节 油气藏评价.....	(127)
第六节 滚动勘探开发.....	(131)
复习思考题.....	(137)

第六章 油气勘探项目设计	(138)
第一节 油气勘探项目设计的基本概念.....	(138)
第二节 油气勘探项目总体设计.....	(143)
第三节 油气勘探单项工程设计.....	(145)
第四节 油气勘探项目可行性研究.....	(160)
复习思考题.....	(166)
第七章 油气勘探综合评价	(167)
第一节 油气资源与储量.....	(167)
第二节 大区评价.....	(174)
第三节 盆地评价.....	(181)
第四节 区带评价.....	(188)
第五节 圈闭评价.....	(195)
第六节 油气藏评价.....	(200)
复习思考题.....	(212)
第八章 油气勘探决策	(214)
第一节 油气勘探决策的重要性.....	(214)
第二节 油气勘探决策的层次.....	(218)
第三节 油气勘探决策方法.....	(224)
复习思考题.....	(232)
第九章 油气勘探管理	(233)
第一节 油气勘探的矿权管理.....	(233)
第二节 油气勘探的市场管理.....	(235)
第三节 油气勘探的组织管理.....	(237)
第四节 油气勘探的项目管理.....	(240)
第五节 油气勘探的健康、安全与环境管理.....	(247)
第六节 油气勘探的成果管理.....	(253)
复习思考题.....	(257)
第十章 海洋油气勘探概论	(258)
第一节 海洋与陆地油气勘探的差异性.....	(258)
第二节 海洋油气勘探的方法与技术.....	(260)
第三节 中外海洋油气勘探概况.....	(266)
复习思考题.....	(274)
参考文献	(275)

第一章 绪 论

油气田勘探是一门综合性的应用科学。它是根据油气成藏机理和油气在地壳中的分布规律,采用现有的勘探方法与技术,以达到经济、高效、快速地寻找、发现和探明油气田为目的的一门科学。

我国是世界上仅次于美国的第二大石油消费国,2004年原油进口 1.2×10^8 t,加强油气田勘探是摆在我国油气工作者面前的一项十分艰巨而紧迫的任务。油气田勘探的过程就是一个对地下地质情况和油气分布规律的反复调查、实践与认识的过程。渊博的专业知识、丰富的勘探经验、敏锐的洞察力、大胆的猜测、果断的决策是油气勘探家成功的秘诀。本章主要介绍油气勘探在国民经济建设中的地位和作用、油气勘探工作的基本性质、《油气田勘探》课程的性质与主要内容、油气勘探发展简史等。

由于油气在地壳中分布的复杂性和不确定性,使得油气田勘探成为一门地区性和探索性很强的学科。油气田勘探不但是一项综合运用地质、物探、化探、钻井、录井、测井、试油等多工种联合作业,以寻找、发现、探明油气地质储量为目的的系统工程;同时也是一项资金密集、技术密集、风险巨大、利润颇丰的高科技产业。在这个产业中包含了沉积学、构造地质学、石油地质学、地球物理学、地球化学、勘探经济学、管理学等多学科专门知识。因此,要求从事油气勘探的石油工作者不仅要具备“大胆预测、勇于创新”的专业素质,还要具备“坚韧不拔、永不言败”的心理素质。

第一节 油气勘探在国民经济中的地位和作用

一、石油天然气的重要性

石油是重要的战略物资,被称为工业的血液,对交通、国防、石油化工、工农业生产都有举足轻重的作用,大到宇宙飞船、航天飞机、轮船、火车、汽车,小到家用电器中的冰箱、洗衣机、电视机等无不与石油产品有关。我国96%的乙烯、99%的合成橡胶、30%的合成氨、66%的塑料等化工产品,都是以油气为原料生产的。油气产量的增长,还为高产高效的农业和交通运输业的发展,提供了原料、燃料支持。在我国,国民经济的支柱产业包括机械、电力、石化、汽车和建筑等5个部门,其中石化和汽车都要依靠石油工业。在财政上缴方面,石油行业与烟草、石化、电力一道成为四大金刚支柱产业。石油工业是国民经济的基础产业,石油关系我国的经济命脉,没有石油,就不可能有国民经济今天的状况。1995年,石油与天然气在我国能源消费构成中的比例为21.9%,以石油为主要燃料和原材料的工业部门的产值约占全国工业总产值的1/6左右。到1995年,中国总计出口原油 3.85×10^8 t、成品油 9857×10^4 t,创汇710多亿美元。到1996年,陆上石油工业累计实现财政上缴2870亿元,相当于国家预算内投资的4.1倍。也就是说,国家对石油每投入1元钱,就回报了4元钱。1980年到1995年,我国国内生产总值翻了两番,石油产量的稳定增长是一个重要的保障因素。

我国原油年产量由1949年的 12×10^4 t,上升到2003年的 1.7×10^8 t,居世界第五位。

1980 年以来,我国的能源总消耗量每年增长约 5%,是世界平均增长率的近 3 倍。2003 年,中国已经成为仅次于美国的世界第二大石油消费国。未来 20 年,我国石油需求增长较快,预计到 2020 年,我国石油需求量为 $4.5 \times 10^8 \text{t}$,年均递增 12%,天然气在一次能源消费中,所占比例将由目前的 2.7% 增长到 10% 以上。

1993 年我国成为石油净进口国,2003 年全国原油净进口为 $9735 \times 10^4 \text{t}$ 。预计到 2020 年,石油对外的依存度有可能接近 60%。

2003 年我国天然气产量继续保持增长态势,达 $341.28 \times 10^8 \text{m}^3$,比上年增长 6.8%,全年平均月产量达 $28.44 \times 10^8 \text{m}^3$ 。天然气产能和产量迅速增长,为改变我国能源结构和城市能源洁净化起到积极作用。

根据我国经济发展和资源状况,国产石油和天然气仍不能完全满足国民经济发展对优质能源的需求,且供需缺口还将逐步拉大。我国在开发国内天然气资源的同时,还要充分利用国外资源。预计 2010 年需进口管道天然气和液化天然气约 $300 \times 10^8 \text{m}^3$,2015 年进口管道天然气和液化天然气约 $400 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

上述分析表明,中国目前已经成为全球石油天然气需求的第二大国,石油天然气对我国经济的发展将产生举足轻重的影响。

二、油气工业的基本构成

石油工业主要由上游的石油勘探开发和下游的石油炼制、化工两部分组成。以全球大的石油公司为例,如美国的埃克森美孚石油公司 (Exxon Mobil Corp.)、雪佛龙—德士古石油公司、大陆菲利普斯石油公司、西方石油公司、优尼科石油公司 (Unocal)、康菲石油公司 (ConocoPhillips)、英国荷兰的壳牌石油公司 (Shell)、俄罗斯的尤科斯石油公司 (Yukos),其工业体系也主要由以上两部分组成。

中国目前从事石油勘探开发及石油化工的企业主要有四家,即中国石油天然气集团公司 (简称中石油)、中国石油化工集团公司 (简称中石化)、中国海洋石油总公司 (简称中海油)、中国化工集团总公司 (简称中化工),现以中石油的工业体系为例简述中国石油工业的构成。

中国石油天然气集团公司在中国石油工业发展的 50 多年里拥有石油石化上下游一体化的完整业务体系,是世界上主要的石油石化生产商和综合服务商之一。公司业务涵盖了石油天然气勘探开发、石油炼制、石油化工、油气储运、油品销售、天然气利用、国际石油贸易,以及石油石化技术服务、工程建设承包、装备制造和基地服务等。

1. 石油天然气勘探与开发

石油天然气的勘探与开发是石油工业的主体,其开展的业务包括地球物理勘探、钻井工程、测井、录井、试油、井下作业、油田生产、建筑施工、勘察设计等行业。

2. 石油炼制与石油化工

石油炼制与石油化工是石油工业的下游主体行业,它是负责对从地下开采出来的石油进行冶炼,变成人们日常生产、生活所需的各种成品油 (如汽油、煤油、柴油)。以及通过对石油产品的深度加工,将石油变成人们日常生产、生活所需的各种化工产品 (如化肥、塑料、合成纤维、合成橡胶、染料、油漆等)。

3. 油气储运

油气储运是现代石油工业中的“桥梁”与“纽带”。从油气的生产地到炼油厂和石化厂往往相距甚远,这就需要将油气通过一定的方式从生产地运到消费地,同时当成品油或原油

生产过剩时，又需要一定的方式把它们储存起来。为达到上述目的，我国先后花巨资建成了大庆—秦皇岛“八三”输油管道，以及塔里木—北京、上海等地的“西气东输”管线。并在大连、青岛、上海、广东等地建成了若干个大型的石油战略储备基地。

4. 油品销售与国际石油贸易

面对大量的石油产品，如何将他们销售出去，并赚回巨额的商业利润是石油公司最关心的问题。为此国际、国内各大石油公司都在本国或他国建立起了自己的成品油销售网络，同时大量开展国际间的石油贸易。

5. 石油天然气机械设备制造

无论是油气的勘探开发，还是油气储运、石油炼制或石油化工都是在一定的机械设备的基础上完成的。我国石油企业目前拥有门类齐全的石油机械和石油化工装备制造体系，能够制造物探、钻井、测井、采油、管道、炼油化工等方面所需要的多种设备、仪器仪表和零配件等。

中国石油天然气工业在勘探开发的实践中，形成了以陆相成油为代表的石油地质理论体系，建成了从科学研究、勘探开发、炼油工程建设、储存运输到装备制造的完整石油工业体系。在油气勘探开发的众多领域拥有自身特色的先进技术，石油物探和钻井技术也具有一定的竞争力，为世界油气工业发展做出了贡献。

三、油气勘探在石油工业中的地位和作用

1. 油气勘探是油气工业的排头兵

油气工业是由油气勘探→油气开发→油气储运→油气炼制→油气化工→油气销售等构成。而油气勘探又是由地质勘探、地球化学勘探、地球物理勘探、油气钻探等构成。油气钻探工作又包括：录井、测井、固井、试油等。从油气工业的构成中可以看出，油气工业是建立在油气田或油矿之上的大型系统产业链（图 1-1）。油气勘探开发是石油工业的主体，只有通过勘探发现大油气田，才能为石油化工提供充足的物质来源。没有油气勘探上的大发现，就不会有油气工业发展上的大突破。

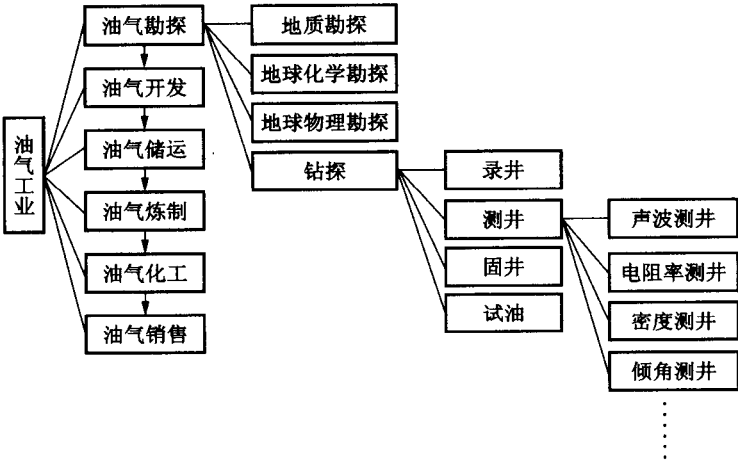


图 1-1 油气勘探在石油工业中的地位

2. 油气勘探是油气工业可持续发展的保障

无论在国内市场还是在国外市场，只有通过勘探不断地发现油气田，才能为油气工业的发展提供充足的油气后备储量。而目前，制约我国油气工业发展的瓶颈是油气资源接替紧张，中国油气资源相对不足，使得我国油气工业对外依存度越来越高。要实现中国石油工业

的可持续发展，必须大力加强油气勘探。只有发现一批大中型油气田，使我国油气的探明储量和产量有一个较大幅度的提高，才能从根本上改变目前我国油气工业与国民经济发展不协调的局面。

目前，由于中国石油工业上游资金长期短缺，勘探投入长期“欠债”，再加上多年的强化开采，致使新增探明储量不足，后备储量难以跟上，可以动用的可采储量逐年下降，新增探明可供开采储量已低于当年采出量。一些大油田产量已经开始出现下滑现象，石油生产“入不敷出”，产储“赤字”已有显现，并且这种情况目前还在持续。如果任其发展下去的话，必将严重制约我国石油工业的进一步发展。要改变这种现状就必须大力加强油气勘探，努力增加石油后备储量，保持必要的石油自给率，以维持油气工业的可持续发展。

中国石油天然气集团公司领导在高层发展会议中指出：“油气工业的上游业务是公司盈利的支柱，也是中石油公司的优势所在，必须始终坚持把油气勘探放在首位，努力寻找优质高效资源，提高油田开发水平，实现原油产量稳中有增，保持在国内市场的主导地位”。这充分体现了油气勘探在石油工业中的地位和作用。

3. 没有油气勘探就没有像样的油气工业

我国石油工业从小到大，由弱变强的几十年发展历程表明，一个国家的强大石油工业是建立在其充足的油气资源基础之上的。建国初期我国油气资源短缺，帝国主义对我国进行包括能源在内的经济封锁，我国油气工作者硬是在“一穷二白”的基础上，在铁人“有条件要上，没有条件创造条件也要上”的口号下，通过艰苦创业，经过多年石油勘探会战，陆续勘探发现克拉玛依、大庆、辽河、胜利、大港、华北、吐哈等大油气田。这些大油气田的发现和开发奠定了新中国石油工业的基础，也使中国的油气工业形成了一个包括勘探→开发→储运→炼制→化工→销售的一个完整的油气工业体系。

在油气工业体系形成过程中，国家培养建立了一支具备雄厚油气地质基础理论、掌握现代油气勘探技术的科技队伍。这支队伍为我国油气勘探开发的增储上产做出了杰出的贡献，他们是中国石油工业的奠基石。

日本和其他一些西方发达国家都是石油消费大国，由于受国土面积限制，石油资源匮乏，油气勘探工作难以开展，石油主要依赖进口，其石油工业主要是以石油炼制和化工为主，难以形成完整的油气工业体系。

因此，可以说一个国家没有勘探发现大的油气田，其油气工业就要受制于人，这个国家也就很难形成一个像样的油气工业体系。

第二节 油气勘探工作的基本性质

一、油气勘探是一项系统工程

油气勘探是以石油地质学中的油气生成、油气藏形成、油气田分布规律等理论为指导，通过采用科学的勘探程序、合适的技术方法、先进的管理部署，以达到经济、有效、高速地寻找、发现和探明油气地质储量为目的的系统工程。

油气勘探首先要通过地质调查、物探、化探、钻井等多工种的联合作业，系统采集反映勘探对象地质特点的资料，然后综合利用地层学、沉积学、构造地质学、储层地质学、石油地质学、地球物理学、地球化学、勘探经济学、管理学等多学科专门知识，对勘探对象进行地质评价、资源量评价以及勘探经济评价。油气勘探是一项综合性非常强的系统工程，这项

系统工程是一个不断缩小靶区，逐步逼近目标（油气田）的过程。

油气勘探遵循“先找后探”原则。首先从沉积盆地的整体上去认识区域地质特征和石油地质特征，分析油气藏形成的基本条件，预测有利的生油凹陷和含油气区带；然后在有利的区带内，开展以地震和地质研究为主要内容的勘探工作，分析区带的成藏条件和成藏规律，选择有利的钻探目标；再在此基础上开展以钻井为主要方法，以发现油气田为目的的勘探工作；最后，对于已经发现的油气田，要进一步通过钻井与其他方法的配合，取得各方面的资料，探明油气田和地质储量。

二、油气勘探是一项科学研究活动

油气田勘探是一项地区性强、探索性强的科学研究活动。主要表现在两个方面：一方面，勘探的对象是确定的，它是某一区域或某一盆地，埋深、边界条件、地层年代等都是确定不变的。对于某一盆地或地区获得的认识不能套用到其他盆地或地区。另一方面，勘探的对象和范围随着世界油气工业的发展是不断变化的，时常遇到新问题、新情况。海相地层与陆相地层油气地质条件差异大、断陷盆地与坳陷盆地油气富集规律不同，即便在地质条件类同的同一类盆地，油气成藏条件和机制也因地而异。在资料有限、技术水平有限、人类认知有限而问题无限的情况下，开展油气田勘探是一项探索性极强的科学研究活动。

油气勘探工作的对象是地下不同规模的地质体。影响油气田形成和分布的地质因素可达数十种甚至上百种之多，最主要的包括构造与演化特征、沉积与地层特征、油气生排与运聚特征、油气成藏期后改造与破坏等，而不同的地区，其地表地质条件也千差万别，往往只具相似性而无相同性。不论勘探程度是低还是高，获得的资料是少还是多，地质解释的多解性依然存在。

具有探索精神是每一位勘探人员必须具备的良好素质。目前世界油气勘探条件日益复杂，勘探难度日益增加，勘探领域不断扩大。正如伟大的科学家牛顿所说，“没有大胆的猜测，就没有伟大的发现”。但是，这种大胆的猜测，尤其是关键性的决策工作必须建立在详实的基础资料、渊博的理论和丰富的勘探经验的基础之上。“石油首先存在于地质家的头脑之中”，石油地质家可以根据地质条件的相似性，利用已知的成油模式对可能发现的油气藏类型、储量规模进行预测，从而提高勘探的成功率。

三、油气勘探是高科技产业

1. 油气勘探投资大

由于油气勘探工作的特殊性，需要从各方面采取地下地质信息，取得各种各样的数据，所以需要投入各种先进的仪器设备。因此，勘探的资金投入很大，包括地震勘探费、钻井工程费、租地费、分析测试费、资料处理与解释费、综合研究费等。在我国东部地区，一口深约 3 000m 的探井，钻井费用一般需要上千万元人民币，而在地表条件和地质情况复杂的西部地区，如塔里木盆地，探井进尺成本高达 15 000 元/m，6 000m 以上的探井钻井费用就达亿元人民币。

2. 油气勘探风险大

油气勘探涉及的因素复杂，情况多变，头绪众多，它必然面临各种各样的风险，包括地质风险、工程风险、自然灾害风险、政治经济风险等。地质风险是油气勘探中面临的最主要风险因素。尽管地质学家和勘探家可以通过多种方法来预测一个目标区或者局部圈闭的含油气性，但由于油气藏的形成与保存所要求的条件是十分苛刻的，而地下的不确定因素很多，所以地质风险往往是难以预测的。有的看来把握很大的地方，结果却一无所获，而有时久攻

不破的地方，却突然有了重大发现，“峰回路转、柳暗花明”。美国东得克萨斯油田的发现、普鲁德霍湾大油田的发现，便是石油勘探随机性、偶然性的生动说明。世界油气勘探经验表明，预探井的成功率大致在 15% 左右。随着世界油气勘探难度的日益增加，勘探领域的日趋复杂，油气勘探的地质风险性也不断加剧。正是由于地下地质条件的极其复杂性，加上部分人为因素的影响，在勘探过程中，经常遇到井喷、卡钻、井眼坍塌等工程事故，轻则造成勘探周期延长，重者可能造成探井报废、设备严重损坏，给勘探工作带来巨大损失。

另一个在油气勘探中经常存在的风险便是自然灾害风险，尤其在海洋油气勘探中，由于台风、海啸、海底地震、海底火山活动常常引起灾难性的破坏。我国的“渤海 2 号沉船”事件曾使我国海上石油工业蒙受了巨大的经济损失。

一个国家的体制变革，也会对石油工业的发展产生较大的影响。众所周知，由于前苏联的解体和政体的变革，严重地冲击着俄罗斯的石油工业，其原油年产量从原来的 $6 \times 10^8 \text{ t}$ 降到 1994 的 $3.5 \times 10^8 \text{ t}$ 。海湾战争的爆发也极大地影响着波斯湾地区的石油工业。

原油油价的频繁波动也在不时地冲击着世界石油市场，1997 年至 1998 年初，由于世界原油市场的萧条，国内原油走私的猖獗，加之受东南亚金融危机的影响，我国石油勘探开发行业遭受了前所未有的严重创伤。

除此之外，一个地区或者世界性的经济发展状况，一个国家的油价、税制、石油政策，也会给油气勘探造成很大的影响，经济因素在一定程度上制约着勘探活动的方向和规模。第一次世界大战后，世界油气勘探中心在中东地区，使中东成为世界最大的石油储量基地；20 世纪 60 年代后，勘探中心逐渐向北海转移，使北海成为最大的非 OPEC 石油生产区；80 年代后，国际石油公司蜂拥至拉美，尤其是委内瑞拉；而最近几年，国际石油公司开始将勘探力量集中到了里海周边地区。促使世界油气勘探中心不断迁移的因素主要包括稳定的政治经济环境、丰富的油气资源、宽松的投资政策等。

3. 油气勘探技术密集

正因为油气田勘探投资大，面临的风险多，迫使它采用各种高科技手段（如卫星遥感技术，三维地震叠前深度偏移处理技术，井下和井间成像技术等），使用各种高精尖的仪器设备（如电子显微镜、岩心 CT 扫描、电子探针、同位素质谱仪），引进功能强大的计算机硬件及软件系统，油气勘探的科技含量之高绝不亚于任何其他产业。我国自行研制生产的第一代超速银河巨型计算机，首先投入应用的领域之一是国防工业，另一重要的领域就是石油地球物理资料处理与解释。不仅如此，油气勘探行业还集中了石油地质、地球物理、钻探工程、经济管理各方面的高级专门人才，实行多学科、多兵种的联合协同作战。

4. 油气勘探利润巨大

油气勘探虽然投资规模大，风险性强，但其巨额的经济回报也是其他项目所不能比拟的。以大庆油田为例，1998 年，在油田含水率已达到 85% 以上的情况下，依然创利润 130 亿人民币，2004 年大庆油田上缴国家的利税达到 269 亿元，居各大企业之首。伟大的化学家诺贝尔正是从他在巴库和波斯湾地区的油气勘探中敛聚了巨额的财富，借助他的石油勘探事业，使得他的名字与一项世界科学大奖紧紧联系在一起。许多世界大亨（如洛克菲勒等）都是靠石油而发家致富的。当今世界最富有的国家、最发达的地区、最活跃的企业都与油气联系在一起。

综上所述之，地区性强与探索性强、资金密集与技术密集、风险巨大与利润巨额构成了油气勘探的基本特点。寻找和发现更多的油气田，探明更多的油气地质储量是每个石油勘探工作者

的主要责任；促进国民经济发展，提高人民生活质量一直是油气田勘探工作者的奋斗目标。

第三节 《油气田勘探》课程的性质与主要内容

一、《油气田勘探》课程的基本性质

《油气田勘探》是一门综合性的应用学科，是一门方法地质学。它是应用油气地质理论和现有的勘探技术去经济、高效、快速地寻找、发现和探明油气田。

作为油气地质与勘探专业的大学本科生，它是一门必需的专业技能课。学好这门课，必须具备下列 4 方面的基础知识。

(1) 数、理、化、外语和计算机方面的知识。没有这些知识就意味着没有接受过高等教育，没有这些知识就不可能进行专业化课程的学习和实践。

(2) 地质基础课方面的知识，主要包括：地层学、古生物学、构造地质学、地球化学、岩石学、矿物学等。没有这些知识就不能从事地质资源与地质工程方面的课程学习，没有这些知识就不可能在地球科学方面进行探索研究工作。

(3) 专业基础课方面的知识，主要包括：有机地球化学与油气地球化学勘探、地球物理与油气地球物理勘探、岩石物理与油气钻探、油气资源遥感探测等。没有这些知识就不可能从事油气勘探工作，没有这些知识就不可能深入地开展油气地质与勘探方面的探索研究工作。

(4) 专业课方面的知识，主要包括：油气地质学与油矿地质学（或油气藏地质学），前者主要阐述油气生、排、运、聚与成藏的地质理论；后者主要阐述油气藏的地质特征，没有这些知识就不能从地质理论上把握油气在盆地中的分布规律，油气勘探就缺少地质理论指导。

上述 4 方面的知识与《油气田勘探》课程的关系可用图 1-2 表示。

二、《油气田勘探》课程的主要内容

《油气田勘探》课程的主要内容就是以石油地质学的基本原理、油气田勘探的经济规律为指导，系统介绍油气分布预测理论、油气勘探方法与技术、油气勘探程序与阶段、油气勘探项目设计与综合评价、油气勘探决策与管理。这 5 个方面的有机统一，构成了整个《油气田勘探》课程的基本内容体系。

我们可以将油气田勘探系统工程作一个形象的比喻（图 1-3）：各种勘探预测理论与找油模式是人类从事油气勘探工作智慧的结晶，是指导油气勘探工作的理论基础；各种勘探技术方法的应用，目的是全方位采集反映地下地质情况的各种信息，是开展油气勘探的资料基础。二者构成了勘探工作的两个重要立足点。搞好勘探项目的可行性研究及部署设计工作，加强跟踪研究与勘探综合评价是勘探工作的两击重拳，更是防范和降低勘探风险的有力武器，二者缺一不可。勘探决策工作就是勘探的大脑和指挥中心，而勘探管理贯穿着勘探的各个方面和各个环节，是勘探工作的中心和心脏。在整个勘探过程中，必须选择最佳路线，遵循科学的勘探程序，才能实现快速、高效、经济地发现和探明油气田的根本目标。

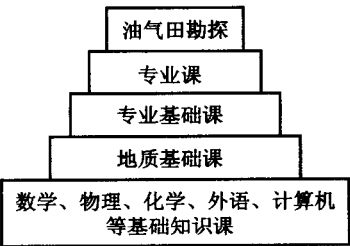


图 1-2 油气地质与勘探专业人员的知识结构

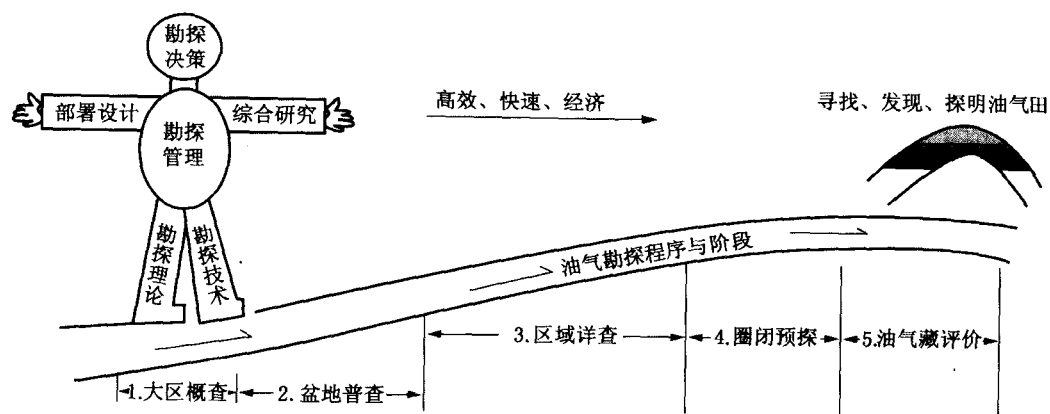


图 1-3 《油气田勘探》课程研究内容图解

本教材将分油气勘探预测理论、油气勘探技术方法、油气勘探程序、油气勘探阶段、油气勘探项目设计、油气勘探综合评价、油气勘探决策、油气勘探管理和海洋油气勘探 9 个部分对油气田勘探进行较为系统的介绍。

第四节 油气勘探发展简史

一、世界油气勘探发展简史

油气勘探的历史是石油工业发展历史的缩影，回顾 100 多年世界油气田勘探发展历史，可以将其初步划分为如下 3 个阶段。

1. 油气田勘探的原始发展阶段（1859 年以前）

早在 1859 年以前，古巴比伦、古埃及和古希腊都有使用石油的记录。其中中国是最早使用和开发石油的国家之一，拉美、欧洲、俄罗斯等地区也有一些使用和发现石油的记载。

这一时期在油气田勘探开发利用上，主要是开采天然露头的石油，即使有一些油气开发活动，也并非商业性的，石油生产的规模很小，对世界工业进程影响甚微。生产出的石油主要被加工成煤油用于照明。因此，该时期又被称为“煤油时代”或“灯油时代”。

在大规模的西方资产阶级工业化革命之前，由于人们对油气需求不大，科学技术比较落后，所以对油气勘探缺乏规律性认识。这一时期油气勘探具有以下特征：

（1）关于油气成因，没有统一的认识，更没有科学的解释。对地表存在的油气苗现象，更多的是用宗教或迷信的方式加以解释。

（2）在油气勘探方法和找油理论上，我国和欧美等西方发达国家主要是根据地表油气苗来判断地下油气田的存在。在勘定井位上，“观龙脉”确定井位，“看风水”定井位，“甩帽子”定井位等在这一时期非常盛行。如美国一个油矿公司的地质技师偏爱在印第安人的祖坟附近钻井勘探；而另一个石油勘探者则戴一顶旧的牛仔帽在大草原上骑马飞驰，帽子随风飞起飘落在地上的位置，就是钻井的位置。汉廷尉扶嘉临终之时，据“三牛对马岭”之地势提出云阳井位。这些观点无不充满了浓郁的迷信色彩，是对地质情况认识的肤浅和无知造成的。由于自然科学技术的落后，这一时期还没有地球物理勘探方法和地球化学勘探方法。

（3）在钻井上，主要使用的是简易的顿钻。1720 年四川地区采用顿钻成功钻探盐井 295

口，到 1785 年增加到 413 口，其中有天然气井 11 口，这是世界上的首批采气井。1835 年钻成深达 1 001.4m 的“兴海井”，这口井日产天然气 5 000~8 000m³。大约在 1840 年，当磨子井钻到 1200m 深处的主气层（三叠系嘉陵江组第 3 层石灰岩）时，发生了强烈的井喷，火光冲天，15km 外都能看到，这口井估计日产气量在 $40 \times 10^4 \text{m}^3$ 以上，人们称其为“火井王”。

(4) 在油气产量上，直到 1860 年的全球石油产量只有 $7 \times 10^4 \text{t}$ ，可见这一时期的石油工业是相当落后的。

2. 油气田勘探的快速发展阶段（1859 年至 1960 年）

1) 世界石油工业初创时期

从 1859 年 8 月，一位叫埃·德雷克（1819—1881）（图 1-4 左）的人用他发明的钻机在美国宾夕法尼亚州泰特斯维尔镇打出石油，引发了一场能源革命。德雷克井成为近代石油工业诞生的标志（图 1-5）。1870 年，29 岁的洛克菲勒（图 1-4 右）创立了美孚石油公司。19 世纪 70 年代至 80 年代，美国俄亥俄州利马油田的勘探开发和“潮水输油管”的建成，使美孚石油公司成为世界石油巨人。1882 年，美孚合并全美 40 家石油公司，成立了“标准石油托拉斯”。从 1860 年到 1890 年的 30 年间，世界原油产量几乎以每 5 年增加一倍的速度剧增。

1906 年，皇家荷兰石油公司与英国壳牌石油公司合并为足以与标准石油公司抗衡的英荷皇家壳牌石油公司。

1911 年，美国联邦最高法院宣判标准石油托拉斯违反禁止垄断法，必须分解。标准石油托拉斯又被解体为 40 个公司，其中 33 个独立，7 个仍保留标准石油的名称，如新泽西标准石油（1972 年改名为埃克森石油公司）、雪佛龙（Chevron）、阿莫科（Amoco）等。



图 1-4 埃·德雷克和约翰·D·洛克菲勒肖像

2) 世界石油工业快速发展时期

从世界石油工业发展简史可以看出，1914 年至 1960 年是世界跨国石油公司的兴起时期，也是世界油气勘探事业的兴旺发达时期。这期间经历了两次世界大战，第一次世界大战证明了石油的作用，汽车工业的发展极大地带动了石油工业的成长，汽油取代煤油成为主要的石油产品，这一时期被称为“汽油时代”。

第二次世界大战是人类历史上一场空前的、史无前例的浩劫。但是，这场战争也促进了