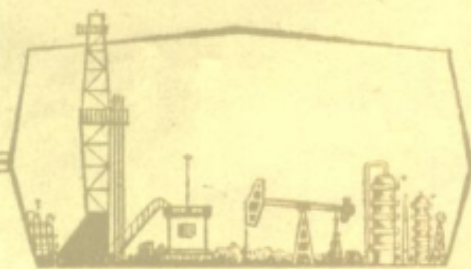


高等学校教学用书

# 石油地质学

张万选 张厚福 主编



石油工业出版社

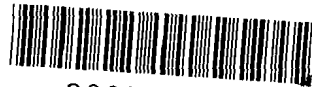
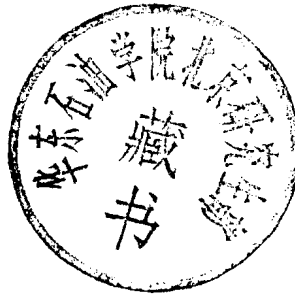
6195

# 石油地质学

张万选 张厚福 主编



2057/15



石油工业出版社

## 内 容 提 要

本书的基本内容是讲述石油及天然气的成因、运移和聚集的原理(油、气藏形成的基本条件和分布规律)。全书除绪论外,共分十一章:第一章讲述石油沥青类的理化性质,第二章讲述石油和天然气的成因,第三章讲述储集层和盖层,第四、五、六、七章讲述石油和天然气的运移、油气藏形成的基本条件和油气藏的类型,第八章讲述温度、压力与油气藏形成的关系,第九章讲述砂岩油气田及碳酸盐岩油气田,第十章讲述地壳上油气聚集的分布规律,第十一章是讲述含油气远景评价。

本书可作为高等院校石油地质专业的教材,并可供地球物理勘探、油田开发、测井等有关专业师生以及生产和科研单位的石油地质工作者作为参考书。

## 石 油 地 质 学

张万池 张厚福 主编

\*

石油工业部教材编译室编辑(北京902信箱)

石油工业出版社出版发行

(北京和平里七区十六号楼)

北京计量印刷厂排版

顺义县燕华营印刷厂印装

\*

787×1092毫米<sup>1</sup>/<sub>16</sub>; 开本19<sup>3</sup>/<sub>16</sub>; 印张492千字 印1—12,000

1981年8月北京第1版 1981年8月北京第1次印刷

书号: 15037·2294 定价: 2.10元

## 编者的话

1977年石油工业部召开了高等石油院校教材会议，决定编写全国高等石油院校通用教材《石油地质学》。

原北京石油学院石油地质教研室自1953年以来，根据历年教学经验的积累，曾陆续编写了一些《石油地质学》教材，作为高等学校教学用书。例如1954年校内铅印的《石油地质学》、1961年中国工业出版社公开出版的《石油地质学》教科书；又如1966年该教研室当时收集了大量国内外资料，编写的《石油地质学》教材，但由于文化大革命，未能公开出版，改为校内铅印。迁校山东后，教师们又分赴大庆、胜利、大港、四川、北京等地有关院校、厂矿及科研单位进行调研，收集资料，于1972年编写出《油区地质》和《油田地质》等校内铅印教材。在上述二十多年教材建设和教学经验积累的基础上，我们着手本教材的编写准备工作。

这次，我们对国内外石油地质学教材和主要参考书进行了比较广泛的调查研究，分析了美国A. I. 莱复生著《石油地质学》（1967年第二版）、英国G. D. 霍布逊主编《石油地质学的进展-I》（1977）、澳大利亚R. E. 查普曼著《石油地质学简明教程》（1976）、罗马尼亚K. 别卡和苏联И. 维索茨基合编《石油和天然气地质学》（1976）、日本土田定茨郎著《石油地质学》（纪文荣译，1974）和国内原北京地质学院T. E. 梁布兴和潘钟祥主编《石油地质学原理》（1959）等教材和参考书的特点，结合编者的教学经验，根据辩证唯物主义认识论的原则，建立了教材体系，拟定了编写大纲。在指导思想，力求做到加强基础理论、理论联系实际和反映国内外石油地质学发展的新水平。既要注意将石油地质学的基本原理同我国的石油地质特征相结合，又要尽量反映国内外石油地质学领域的新进展。力求符合我国社会主义现代化建设对高等石油地质人才的要求。

本教材由华东石油学院张万选、张厚福共同主编，西南石油学院赵松林、江汉石油学院罗柳忻参加编写。除绪论外，全书共分十一章，内容及分工如下：绪论、第二章石油和天然气的成因、第八章温度、压力与油气藏形成的关系、第九章第1节油气田的概念、第2节砂岩油气田、第十章地壳上油气聚集的分布规律等由张厚福编写；第一章石油沥青类的理化性质由罗柳忻编写，第三章储集层及盖层由赵松林编写（该两章由张厚福修改定稿）；第四章石油和天然气的运移、第五章油气藏形成的基本条件、第六章构造圈闭与构造油气藏、第七章地层圈闭与地层油气藏、第九章第3节碳酸盐岩油气田、第十一章含油气远景评价等由张万选编写。

1980年3月在河北省涿县石油工业部地球物理勘探局召开了教材审查会，由王尚文总地质师主审，成都地质学院童崇光副教授、华东石油学院黄醒汉副教授、大庆石油学院陈章明、西南石油学院韩耀文、华东石油学院熊继辉等同志参加审查，对教材从体系、内容、表现形式到出版要求都提出了许多宝贵意见。根据所提意见，本书又经过修改补充，于1980年5月完成定稿。

在本书编写过程中，石油工业部北京石油勘探开发科学研究院和各油、气田所属石油勘探开发研究院，以及地质部和中国科学院有关单位，都为我们提供了大量宝贵资料。因属内部报告，均未列入参考文献。对以上各方面的热情支持和帮助，我们表示衷心感谢。

由于编者受科学水平及教学水平的限制，书中会存在不少错误和缺点，恳切希望读者批评指正。

编者

# 目 录

结 论	(1)
第1节 石油地质学的任务和性质	(1)
第2节 石油地质学的内容	(2)
第3节 我国油气勘探简史	(2)
第4节 世界油气勘探简史	(5)
第5节 油气地质勘探动向	(8)
<b>第一章 石油沥青类的成分和性质</b>	(10)
第1节 石油沥青类的概念和组分	(10)
第2节 石油的成分和性质	(12)
一、石油的化学成分	(12)
二、石油的物理性质	(18)
第3节 天然气的成分和性质	(21)
一、天然气的化学成分	(21)
二、天然气的物理性质	(23)
第4节 固体沥青的成分和性质	(24)
第5节 石油沥青类中的C、H、S、O、N同位素	(26)
一、碳同位素	(26)
二、氢同位素	(27)
三、硫同位素	(27)
四、氧同位素	(28)
五、氮同位素	(28)
<b>第二章 石油和天然气的成因</b>	(29)
第1节 近代沉积中烃类生成过程的观察	(31)
第2节 油气生成的原始物质	(34)
一、分散有机物质的数量及分布	(34)
二、分散有机物质的类型及性质	(34)
第3节 油气生成的地质环境	(40)
一、地质条件	(40)
二、能源条件	(42)
第4节 油气生成的主要阶段及成熟度研究	(47)
一、生物化学生气阶段	(49)
二、热催化生油气阶段	(49)
三、热裂解生凝析气阶段	(52)
四、深部高温生气阶段	(52)
第5节 生油层的类型及其岩性-岩相特征	(53)
一、粘土岩类生油层	(53)
二、碳酸盐岩类生油层	(53)
第6节 生油岩的有机地球化学研究	(55)
一、有机物质的丰度指标	(55)
二、有机物质的成熟度指标	(56)

三、烃类转化指标	(60)
四、油源对比指标	(61)
第7节 問題討論	(65)
一、海相与陆相生油条件的对比	(65)
二、石油和天然气在成因上的关系	(66)
三、石油、油頁岩、煤在成因上的关系	(66)
第8节 油气成因問題的研究现状及今后展望	(68)
<b>第三章 儲集层和盖层</b>	(71)
第1节 岩石的孔隙性和渗透性	(71)
一、孔隙度(率)的概念及表示方法	(71)
二、渗透率的概念及表示方法	(72)
三、孔隙度与渗透率的关系	(75)
第2节 碎屑岩儲集层	(76)
一、碎屑岩儲集层的孔隙成因及儲集性质的影响因素	(76)
二、碎屑岩儲集层的形成条件及分布特征	(80)
第3节 碳酸盐岩儲集层	(81)
一、碳酸盐岩与砂岩儲集性质的比較	(81)
二、碳酸盐岩儲集空間的类型、特征及分布規律	(83)
三、碳酸盐岩儲集层的类型及其特征	(91)
第4节 其他岩类儲集层	(92)
一、火山岩儲集层	(92)
二、結晶岩儲集层	(93)
三、泥质岩儲集层	(94)
第5节 儲集层的研究	(95)
一、研究儲集层的物性	(95)
二、研究儲集层的分布	(95)
第6节 盖层及生儲盖組合	(96)
一、盖层	(96)
二、生儲盖組合	(97)
<b>第四章 石油和天然气的运移</b>	(99)
第1节 油气运移概述	(99)
第2节 油气运移的动力因素	(100)
一、地静压力	(100)
二、构造运动力	(102)
三、水压力	(102)
四、浮力	(105)
五、毛細管力	(107)
第3节 油气的初次运移	(109)
一、油气初次运移时的物理状态和主要“运载体”	(110)
二、油气初次运移的动力	(112)
三、油气初次运移的时期	(124)
四、研究石油初次运移对石油勘探的实际意义	(125)
第4节 油气的二次运移	(125)
一、油气二次运移时的物理状态和主要动力	(126)

二、二次运移的主要时期	(127)
三、二次运移的通道和距离	(128)
四、油气二次运移的主要方向	(129)
<b>第五章 油气藏形成的基本条件</b>	(134)
第1节 圈闭与油气藏的基本概念	(134)
一、圈闭与油气藏的基本概念	(134)
二、圈闭的度量	(135)
三、油气藏内油、气、水的分布	(136)
第2节 油气藏形成的基本条件	(139)
一、充足的油气来源	(139)
二、有利的生、储、盖组合	(141)
三、有效的圈闭	(144)
第3节 油气藏形成时间的确定	(149)
一、根据圈闭形成时间确定油气藏形成时间	(149)
二、根据生油岩主要排油期确定油气藏形成时间	(150)
三、根据饱和压力确定油气藏形成时间	(151)
四、气藏形成时间的确定	(152)
第4节 油气藏形成过程中几个问题的讨论	(153)
一、构造发展史对油气藏形成的作用	(153)
二、油气按比重的差异聚集	(155)
三、油气藏的再形成	(159)
第5节 油气藏的分类	(161)
<b>第六章 构造圈闭与构造油气藏</b>	(163)
第1节 背斜圈闭与背斜油气藏	(163)
一、背斜圈闭及背斜油气藏的类型	(164)
二、在背斜圈闭中油气藏的形成过程	(169)
第2节 断层圈闭与断层油气藏	(173)
一、断层圈闭的主要类型及其油气藏	(173)
二、断层在油气藏形成中的作用	(175)
三、断层油气藏的特点	(177)
第3节 刺穿接触圈闭及其油气藏	(178)
一、刺穿接触圈闭及刺穿接触油气藏的概念	(178)
二、形成机理和分布	(179)
三、刺穿接触油气藏的实例	(179)
第4节 裂缝性圈闭与裂缝性油气藏	(180)
一、概述	(180)
二、裂缝性油气藏的特点	(180)
三、裂缝性油气藏的实例	(181)
<b>第七章 地层圈闭与地层油气藏</b>	(185)
第1节 砂岩体原生地层圈闭及其油气藏	(185)
一、岩性尖灭体及透镜体地层圈闭的形成	(186)
二、岩性尖灭油气藏及透镜体油气藏举例	(187)
第2节 地层不整合遮挡圈闭及其油气藏	(190)
一、地层不整合遮挡圈闭的形成	(190)

二、地层不整合遮挡油气藏的形成条件	(191)
三、地层不整合遮挡油气藏的实例	(191)
第3节 地层超覆圈闭及其油气藏	(194)
一、地层超覆圈闭及其油气藏形成特点	(195)
二、地层超覆油气藏的实例	(195)
第4节 生物礁圈闭及其油气藏	(197)
一、近代生物礁	(197)
二、古代生物礁	(199)
三、生物礁油气藏的实例	(199)
<b>第八章 温度、压力与油气藏形成的关系</b>	(204)
第1节 地下温度及古地温的测定	(204)
一、地下温度及其来源	(204)
二、古地温的测定	(206)
第2节 地层压力及其测定	(209)
一、地层压力的基本概念	(209)
二、地层压力的来源	(210)
三、地层压力的纵向变化及异常原因	(212)
四、地层压力的测定	(217)
第3节 温度、压力对油气藏形成及分布的影响	(218)
一、油气生成阶段	(218)
二、油气运移阶段	(219)
三、油气聚集阶段	(220)
四、油气藏保存阶段	(221)
第4节 凝析气藏的形成及分布	(222)
一、临界温度及临界压力	(222)
二、凝析气藏的形成条件及分布规律	(224)
<b>第九章 油气田及其类型</b>	(226)
第1节 油气田的概念及其分类	(226)
第2节 砂岩油、气田类	(228)
一、砂岩体的成因类型	(228)
二、砂岩油、气田的形成及分布特征	(243)
第3节 碳酸盐岩油、气田类	(253)
一、世界碳酸盐岩油、气田的分布	(253)
二、碳酸盐岩油、气田的生、储、盖层组合	(254)
三、碳酸盐岩油、气田的主要类型	(255)
<b>第十章 地壳上油气聚集的分布规律</b>	(266)
第1节 油气聚集带及含油气区	(266)
第2节 含油气盆地及其类型	(270)
一、地台内部坳陷型含油气盆地	(272)
二、山前坳陷型含油气盆地	(275)
三、山间坳陷型含油气盆地	(277)
四、山前坳陷-地台边缘斜坡型含油气盆地	(279)
五、山前坳陷-中间地块型含油气盆地	(279)
第3节 我国油气资源分布轮廓	(280)



一、西北古生代褶皱区	(281)
二、康藏中、新生代褶皱区	(281)
三、二连-陕甘宁-四川沉陷带	(281)
四、松辽-渤海湾-江汉沉陷带	(283)
五、苏北、台湾及东南沿海区域	(283)
第4节 世界油气资源分布轮廓	(284)
一、亚洲诸板块及其边缘褶皱带	(284)
二、北欧板块及其边缘褶皱带	(284)
三、非洲板块及其边缘褶皱带	(286)
四、北美板块及其边缘褶皱带	(288)
五、南美板块及其边缘褶皱带	(288)
六、印度洋板块及其边缘褶皱带	(288)
<b>第十一章 含油气远景评价</b>	(290)
第1节 区域构造条件与生、储、盖组合的关系	(290)
一、盆地的基底结构及升降运动的不均衡性与生、储、盖层分布的关系	(290)
二、地壳运动的周期性控制生、储、盖组合的形成和发育	(291)
第2节 盆地内次级构造的形成及发展与油气聚集的关系	(292)
一、“二级”构造的形成及发展与油气聚集的关系	(292)
二、地层不整合与油气聚集的关系	(293)
第3节 岩相古地理条件与生、储、盖层的分布及油气聚集的关系	(294)
第4节 含油气远景评价的条件	(296)
一、区域构造条件	(296)
二、区域地层岩性岩相条件	(296)
三、圈闭条件	(296)
四、油气藏的保存条件	(297)
第5节 油气远景储量的估算方法	(297)
一、利用生油量预测油气远景储量	(297)
二、根据体积法估算油气远景储量	(300)
<b>参考文献</b>	(306)

# 绪 论

## 第1节 石油地质学的任务和性质

石油和天然气在国民经济中有着极其重要的作用，现在已经能够从中提炼出三千多种产品，应用到各个领域。在我国实现农业、工业、国防、科学技术四个现代化中，石油和天然气是非常宝贵的燃料、润滑油料及化工原料。石油，工业的血液，从石油中提炼的汽油、煤油、柴油等是汽车、拖拉机、火车、飞机、轮船的优质动力燃料，超音速飞机、火箭、导弹、飞船等现代化武器的燃料也离不开石油产品；石油和天然气发热量大、燃烧完全、运输方便等优点，使其在世界能源消费结构中所占的比例越来越大，1978年石油占50.2%、天然气占16.3%<sup>①</sup>。石油又是重要的润滑油料，从微小精密的钟表到庞大高速的发动机，都必须润滑才能转动，所以人们将润滑油料视为机器的“食粮”。

更为重要的是石油和天然气作为化工原料的总趋势已经形成，乙烯、丙烯、丁二烯，苯、甲苯、二甲苯，乙炔，萘等化学工业应用的主要基础原料多来自石油和天然气。目前，77%的乙烯是从天然气加工分离出来的乙烷和丙烷热解制成<sup>②</sup>，这种活泼多变分子的衍生物成为石油化学工业的主干原料，所以往往用乙烯产量来衡量一个国家的石油化学工业水平；丙烯有87%来自石油炼制操作，主要用途是生产高辛烷值汽油；苯、甲苯、二甲苯等环状有机化合物现在主要来自石油，它们都是汽油的重要辛烷值组分。上述石油化工产品的范围很广，既包括各种染料、农药、医药，又包括生产量大、应用面广的三大合成材料（即合成纤维、合成橡胶、合成塑料），还有重要的无机化工产品，如合成氨及硫磺等。合成氨是主要的化学肥料，1976年世界上70%以上合成氨都来自天然气或石油。上述这些品种繁多的石油化工产品都是国民经济不可缺少的重要材料。

所以，在我们建设社会主义现代化强国的过程中，发展石油和天然气工业有着十分重要的意义。

作为石油地质工作者的任务就是要更快地找到更多、更大的油、气宝藏，查明地下油、气资源，为高速发展石油工业奠定物质基础。我们伟大的祖国辽阔广大，在九百六十万平方公里土地上和那一望无际的沿海大陆架，沉积盆地星罗棋布，沉积岩系分布普遍，不仅有面积巨大的陆相沉积盆地，而且拥有海相碳酸盐岩系异常发育的广大区域，蕴藏着丰富的石油和天然气资源。而石油和天然气深埋地下，又是流体，控制它们分布的自然条件很复杂；那么，究竟是哪些条件，如何控制地壳上油气资源的分布？应该到何处去寻找油、气宝藏？这就是石油地质学所要回答的主要问题。

石油地质学是矿床学的一个分支，是在石油和天然气勘探及开采的大量实践中总结出来的一门新兴学科。它是石油及天然气地质勘探专业的专业理论基础课。学习这门课程的目的是培养学生学会以辩证唯物主义为指导，综合运用地质、物理、化学及生物等学科的基础知

<sup>①</sup> 据《World Oil》，1979，V.189，No.5。

<sup>②</sup> Heldman J.D., ……; 石油化学品，美国大百科全书（中译本），科学出版社。

识,来认识油、气矿藏的形成及分布规律,明确寻找油、气的方向,以便为调查、勘探及开发油、气矿藏奠定理论基础;并且在实际工作中,全面地、综合地、辩证地分析各个区域的具体地质特征,揭露和解决一个又一个矛盾,科学地预测区域的含油气远景。

## 第2节 石油地质学的内容

从油、气的生成到油、气矿藏的形成,是矛盾不断发展和转化的过程。在石油和天然气的生成阶段,主要矛盾是有机物质能否向石油及天然气转化?当各种条件具备,有机物质达到成熟界限,则可生成石油和天然气;在油、气生成之后,这些分散状态的油、气能否聚集起来形成油、气矿藏就成为主要的问题,换言之,这时的主要矛盾就是油气分散与集中的对立,若集中居矛盾的主要方面就能形成油、气矿藏;在油、气矿藏形成之后,事物的发展并未结束,在一定条件下,分散又可能转化为矛盾的主要方面,导致油、气矿藏的破坏,这些分散的油气在遇到新的合适条件时,仍然能够再集中,导致油、气矿藏的再形成;……。如此波浪式地循环,不断向前发展,这就是自然界石油和天然气从生成到油、气矿藏形成的客观发展过程。所以,我们可将石油和天然气的生成、运移、聚集、破坏、再聚集、……,视为一个统一的发展过程,今天地壳上油、气矿藏的分布规律,正是油、气藏形成与破坏对立统一的结果。

所以,在建立石油地质学的课程体系时,必须由表及里、由浅入深,正确反映上述客观事物本身的发展规律,以便使学生从掌握感性认识逐步发展到理性认识,又从理性认识能动地指导石油地质的生产实践及科学研究。我们按照这种认识规律,将整个课程内容分为十一章,建立了以下体系:首先阐明什么是石油和天然气,它们有哪些特征?使学生获得初步的感性认识;随着认识过程的深化,从感性发展到理性,系统讲授石油和天然气的成因及油气藏形成的基本原理,分析温度和压力对油气藏形成全过程的影响;在掌握了油气藏——油气聚集基本单元形成机理的基础上,着重对砂岩油气田和碳酸盐岩油气田的形成条件及分布特征进行了系统分析,然后逐步扩大到油气聚集带、含油气区及含油气盆地等各级油气聚集单元,扼要介绍我国及世界油气资源的分布轮廓;最后,再回到实践中去改造世界、指导生产和科学研究,教给学生一些思路,使其善于综合应用本课程的基本理论和其他地质基础知识,学会对一个区域进行含油气远景评价,科学地指出寻找油、气宝藏的方向。

在选择各部分的具体内容时,根据我国生产实践和科学研究的需要,纵观国内外石油地质科学及石油有机地球化学的现代发展水平,比较详细地阐述了油气成因和油气藏、油气田的形成条件及分布特征,充实了基本理论部分的内容。

## 第3节 我国油气勘探简史

我国是世界上最早发现、开采和利用石油及天然气的国家之一,根据史料记载已有三千多年的历史。由于天然气比石油更易从地层中逸出,遇到野火、雷鸣就会燃烧,因此,在历史上认识天然气早于石油。

早在三千多年前(公元前1122~770年间)周代《易经》就有了“上火下泽”、“火在水上”、“泽中有火”等记载,阐明了可燃的天然气在地表湖泊水面所出露的气苗。

最早的石油记载见于一千九百多年前班固著《汉书·地理志》:“高奴,有洧水,可薰”。

高奴系指今陕西省延安县一带，洧（音渭）水是延河的一条支流，蕪乃古代燃字。这是描述水面上有象油一样的东西可以燃烧。可见早在近两千年前我国就发现了能够燃烧的陕北石油。

公元267年晋朝张华著《博物志》详细描述了甘肃省酒泉县石油的特征：“酒泉延寿县南山出泉水，大如笱，注地为沟，水有肥，如肉汁，取著器中，始黄后黑，如凝膏，然极明。……彼方人谓之石漆水”。表明当时称石油为石漆水，且已开始观察和采集，用作膏车和燃烧、照明。

九世纪初唐朝李延寿在《北史·西域传》中记载了“（龟兹）西北大山中，有如膏者流出成川，行数里入地，状如醍醐，甚臭”。龟兹即今新疆南部库车一带，远在一千一百多年前我国就发现库车一带的沥青宛如奶酪一样粘稠，具有臭味。

科学术语“石油”是北宋著名科学家沈括在《梦溪笔谈》中首次提出的：“鄜延境内有石油，旧说高奴县出脂水，即此也”。“石油……生于水际沙石，与泉水相杂惘惘而出”。他在描述了陕北富县、延安一带石油的性质和产状后，进一步推论了石油的利用远景：“此物后必大行于世，……盖石油至多，生于地中无穹，不若松木有时而竭”。他还第一次用油烟做墨，即现代的所谓炭黑。

在历史上，石油不仅用于润滑、照明、燃烧和医药，而且很早就用于军事上。《元和郡县志》记载公元576年，酒泉人民用油烧毁突厥族攻城的武器，保全了酒泉城。北宋神宗六年（公元1073年）在京都汴梁军器监设有专门的“猛火油作”，加工石油制作兵器。

我国四川劳动人民最早利用天然气煮盐在世界上都是闻名的。晋朝常璩（音渠）在《华阳国志》中记载了二千二百年前（公元前221~210年）的秦始皇时代，四川临邛县郡（即今邛崃县）西南劳动人民钻井开采天然气煮盐的情景：“有火井，夜时，光映上照。民欲其火，先以家火投之，顷许如雷声，火焰出，通耀数十里，以竹筒盛其光藏之，可拽行终不灭也。井有二水，取井火煮之，一斛水得五斗盐”。有时一口火井可烧盐锅七百口。

随着天然气煮盐，促进了我国钻井技术的迅速发展。公元前256~251年秦朝李冰为蜀守时就发明了顿钻，并在四川广都成功地钻成了第一口采盐井。至公元前221~210年，四川邛崃出现了用顿钻钻凿的天然气井。

我国在世界上是最早开发气田的国家，四川自流井气田的开采约有两千年历史。《自流井记》关于“阴火潜燃于炎汉”的报导表明，早在汉朝就已在自流井发现了天然气。据《富顺县志》记载，晋太康元年（公元280年）彝族人梅泽在江阳县（今富顺自流井）发现石缝中流出泉水，“饮之而咸，遂凿石三百尺，咸泉涌出，煎之成盐”。自流井即因这口井自喷卤水而得名。

宋末元初（十三世纪），已大规模开采自流井的浅层天然气。《富顺县志》描述“火井在县西九十里，深四、五丈，径五、六寸，中无盐水”。1840年钻成磨子井，在1200米深处钻达今三迭系嘉陵江统石灰岩第三组深部主气层，强烈井喷，火光冲天，号称“火井王”，估计日产气量超过40万立方米。“经二十余年犹旺也”（见《自流井记》）。从汉朝末年开，在自流井大规模开采天然气煮盐以来，共钻井数万口，采出了几百亿立方米天然气和一些石油。这样长的气田开采历史在世界上也是罕见的。

我们中华民族的祖先，以其勤劳、勇敢和智慧，在认识、利用和开采石油及天然气资源方面一直走在世界前列，积累了丰富的知识和宝贵的经验，给我们留下了一笔极其珍贵的文化遗产。

可是，近百年来，由于帝国主义的侵略和掠夺，由于封建主义和官僚资本主义的长期统治，靠推销“洋油”来剥削中国人民。帝国主义为了扼杀我国的石油工业，把中国当作他们倾销石油的市场，恶意捏造“中国贫油论”，诸如“亚洲腹地，包括……中国大部分……几无石油蕴藏之可能”。“中国东北部绝大部分地区……没有含油可能性”。“中国东部大平原是一近期拗陷区，……要在这个沉积区找到石油，那是偶然的”等等。这些谬论使我国具有光辉历史的石油及天然气工业，解放前陷入奄奄一息的悲惨境地。全国只有两个地质调查队，几十个地质勘探人员，百分之九十以上的面积没有进行过石油地质调查。石油产量少得可怜，从1904~1949年四十五年间，全国只有几个小油田，石油累计产量不超过310万吨（表绪-1）。

表绪-1

我国解放前1904~1949年原油产量表

年 代	产 量(吨)	年 代	产 量(吨)
1904	122	1941	243082
1905	464	1942	308064
1910	561	1943	320970
1915	2569	1944	300346
1920	1132	1945	175657
1925	3526	1946	101010
1930	65229	1947	65903
1935	125895	1948	89035
1940	172311	1949	121000

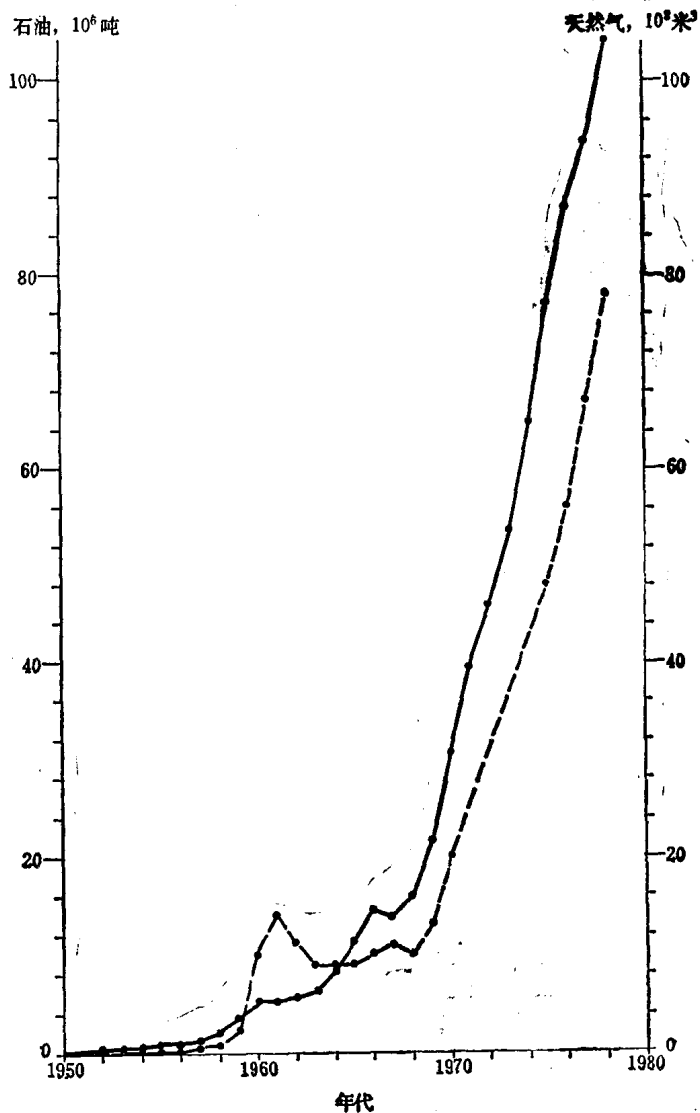
1949年中华人民共和国诞生后，在中国共产党和毛主席的英明领导下，坚决贯彻自力更生、艰苦奋斗的精神，发现了许多油、气田，石油年产量成倍上升，从解放前夕1948年的近九万吨，至七十年代末期就突破了一亿吨大关。早在1963年敬爱的周恩来总理就向全世界庄严宣告：“我国石油基本自给，中国人民使用‘洋油’的时代已经一去不复返！”我们伟大的祖国彻底甩掉了“贫油”帽子，一跃而为石油出口国。这是多么翻天覆地的变化啊！

回顾新中国的石油勘探历史，大致经历了三个阶段：解放后前十年为第一阶段，开展全国石油普查，老一代地质学家李四光、黄汲青、潘钟祥、孙健初、谭锡畴、李春昱等陆续做过一些重要的石油地质调查研究工作，勘探重点在西部四川、陕甘宁、酒泉、准噶尔、柴达木、吐鲁番、民和等盆地，地表油气显示较多，已有少数油、气田，地层出露较好，构造比较明显，除原有的老君庙、延长、圣灯山等油、气田继续详探开发外，又陆续发现克拉玛依、冷湖、油砂山、鸭儿峡、蓬莱镇、南充等等油田和川南一批气田，石油工业有了显著进展，但还没有根本改变进口石油的局面。1959年9月松辽盆地松基3井喷油使我国石油勘探工作进入了第二阶段，将石油勘探的重点从西部转向东部大平原，在六十年代初期，我国处在极端困难的情况下，开展了“松辽找油大会战”，拿下了大庆油田；从此，捷报频传，接连发现山东的胜利油田（1963）、天津的大港油田（1964）等等，石油年产量迅速增长（图绪-1），根本改变了我国石油工业落后的面貌。1975年任丘古潜山油田的发现，打开了石油勘探的新领域，首次在古老的震旦亚界白云岩中找到了巨大的地层油藏，标志着我国石油勘探工作进入了第三阶段，油气勘探向着更广阔的领域发展，不仅在中、新生界陆相地层，而且在古生界和震旦亚界海相地层中寻找油气宝藏；不仅找背斜、断层等构造油气藏，而且注意勘探古潜山、地层超覆、古三角洲、古河道等多种类型地层油气藏；甚至将勘探区域更加扩大到边远的塔里木盆地和东南沿海大陆架。

解放三十年来，我国油气勘探工作取得了辉煌成就，发现了一大批油、气田，油、气产量持续稳定增长，1979年产油量达1.06亿吨，产气量达140万亿米<sup>3</sup>。图绪-1表示了新中国成立三十年来油、气产量的增长情况。

与此同时，我国还成长起来一支油气地质勘探和科学研究的队伍。在石油地质理论研究领域也做出了很大贡献。在生油理论方面，破除了“中国贫油论”的理论束缚，批判了国外唯海相生油论的偏见，建立了陆相沉积盆地能够大量生油并形成大型油气田的新理论，找到了一批重要的陆相大油田。在储集层研究方面，根据大量井下资料，对古三角洲和古河床砂岩体储集特征进行了宏观和微观研究，找出了形成高产油气田的有利地区；近几年来，扩大到研究碳酸盐岩和岩浆岩-变质岩储集层，尤其是对古岩溶和裂

缝的形成条件及分布规律的研究，取得了可喜的成就。随着油气勘探经验的不断积累，从中国大地构造特征出发，不但总结了背斜、断层等类构造油、气藏的形成和分布规律，而且对“自生自储”、“新生古储”和“古生新储”等复杂的聚油规律有了系统的认识，初步掌握了我国油气宝藏的形成及分布规律，为更大规模地开展油气勘探工作奠定了坚实的理论基础。我们相信：在不久的将来，中国大陆及其东南沿海必将成为世界上一个极其重要的产油气区域。



图绪-1 新中国石油和天然气产量增长曲线  
实线—石油，虚线—天然气

#### 第4节 世界油气勘探简史

在世界各地石油和天然气很早就被人们发现了，中国古代文献上关于石油和天然气的记载已有两、三千年历史，这是人类历史上最早的记载。在欧洲和中东将大量天然气苗当成

“永恒之火”，拜火教盛行。一些油、气苗、地沥青和各种沥青矿藏的地面露头<sup>①</sup>，曾被视为奇迹吸引了不少游客。在人类历史上，石油在宗教、医药、照明、润滑、建筑、火攻等方面都起过重要作用。

最初，只有土法人工挖的浅井开采，并将石油当作商品买卖。公元前220年我国四川已用顿钻钻凿了天然气井，公元1835年在四川自流井钻的“兴海井”深度已达1001.4米，从三迭系石灰岩中采出了天然气。十九世纪后半叶，俄国（1848年在比比-埃巴特）、美国（1859年在宾夕法尼亚州）相继钻成了各自的第一口产油井后，资本家追求利润，石油工业得到了发展。在这个时期，人们从石油中提炼煤油点灯照明，称为石油工业发展缓慢的“煤油时代”。二十世纪初，内燃机的广泛使用促进了石油工业蓬勃发展，从1900~1940年，石油主要用于提炼汽油，可称为“汽油时代”。1940年后，化学工业的发展需要利用石油产品作为基础原料，提炼出的三千多种产品渗透到国民经济的各个领域，同时石油、天然气及其产品还是世界各国的动力燃料，在世界能源消费结构中已占60~70%。所以现代石油工业已发展到“燃料和化工原料时期”。

近代石油工业是在世界资本主义发展时期发展起来的。由于石油具有良好的燃烧性能，能给资本家带来巨大利润，各国资本家疯狂钻采石油，在1860~1890三十年间，原油产量几乎以每五年增加一倍的速度剧增（表绪-2），当时俄国产油量居世界首位，美国发展也甚迅速。由于发现一个高产油田，高产自喷井能使资本家发财致富，所以在石油工业中充满着投机与竞争，资本家争先恐后在本国滥采石油，往往一个油田被几家公司分采，不保护油层压力，致使能量过早枯竭，油田遭到破坏。二十世纪初美、俄等国石油工业就是这样畸形发展起来的。

表绪-2 世界历年石油总产量

年 代	产量(万吨)	年 代	产量(万吨)
1860	7	1925	14640
1865	37	1930	19320
1870	80	1935	22680
1875	130	1940	29450
1880	410	1945	35540
1885	500	1950	53845
1890	1050	1955	79701
1895	1420	1960	108142
1900	2043	1965	155951
1905	2946	1970	232412
1910	4490	1975	266155
1915	5920	1977	301690
1920	9440	1978	303243

帝国主义垄断集团利用资本输出，控制了许多不发达国家的石油资源，首先侵入墨西哥、委内瑞拉、加拿大和印度尼西亚等国，后来在中东发现极为丰富的石油资源后，石油垄断集团纷纷侵入中东各国，先后控制了伊朗、伊拉克、科威特、沙特阿拉伯等国的石油开采

<sup>①</sup>在油气勘探工作中，将石油、天然气、各种固体沥青及其所属岩石和衍生物在地面上的露头，称为地面油气显示。其中用肉眼可以直接观察到的则叫做油、气苗。凡地面油气显示能指明油、气在该区存在者，叫直接标志，如油苗、气苗、含油岩石、固体沥青、泥火山、含沥青岩石等等；凡地面油气显示不能确切指明油、气在该区存在者，叫间接标志，如盐水泉、粉末状石膏、自然硫等等。

权，使中东石油产量急剧增长。六十年代初期，中东各国相继实行石油国有化，丰富的石油资源才回到中东各国手中。现在，除上述四国外，中东的土耳其、叙利亚、巴林、卡塔尔、阿布扎比、阿曼和阿拉伯联合酋长国等都产石油，并在波斯湾发现了许多海上油、气田。1978年中东的石油产量已达10.46亿吨，占世界总产量的34.5%。其中沙特阿拉伯、伊朗、伊拉克、科威特和阿拉伯联合酋长国几年来的石油产量一直居世界前茅（表绪-3）。

在世界石油开采史中，美国的石油年产量长期居世界首位，第二次世界大战结束后，苏联相继开发了伏尔加-乌拉尔和西西伯利亚等新区，发现若干大油、气田，至1975年产量超过了美国，居世界第一位。

近二十年来，北非撒哈拉大沙漠、西非尼日尔河三角洲、西欧北海和东亚中国都陆续发现了许多大油、气田，大大改变了世界油气资源分布不平衡的状态，尼日利亚、利比亚、阿尔及利亚和中国都成为世界主要产油国（表绪-3）。尤其是中国东南沿海大陆架吸引了世界许多国家石油地质界的注意力。

表绪-3 世界主要产油国家（未包括我国）1976~1978年产量表<sup>①</sup>

国 家	产量,万吨	1976		1977		1978	
		产 量	位 次	产 量	位 次	产 量	位 次
苏 联	52694		1	55358	1	58442	1
美 国	41338		3	41463	3	44636	2
沙 特 阿 拉 伯	42415		2	45711	2	40148	3
伊 朗	29896		4	28709	4	26102	4
伊 拉 克	11592		6	11482	5	11904	5
委 内 瑞 拉	11663		5	11345	6	10907	6
利 比 亚	9824		8	10431	8	10048	7
阿拉伯联合酋长国	9725		9	10038	9	9351	8
科 威 特	9723		10	9047	10	9110	9
尼 日 利 亚	10529		7	10542	7	8998	10
印 度 尼 西 亚	7643		11	8543	11	8369	11
墨 西 哥	4070		14	4972	14	6216	12
加 拿 大	6379		12	6194	12	6207	13
阿 尔 及 利 亚	5337		13	5678	13	5678	14
世界总产量		291565		301690		303243	

①综合美国《World Oil》发表资料，以7.2桶折合1公吨石油换算。

海上油气勘探开展较晚，尽管早在1900年从俄国里海沿岸和美国西岸码头钻了第一批海上井，但是真正离岸在浅水区从沉没驳船上的第一批海上钻井，是到1930年从美国路易斯安那州滨外、委内瑞拉马拉开波湖和苏联里海巴库附近才开始的。1928~1930年委内瑞拉首先发现蒂·胡安纳和巴恰奎罗两个海上大油田后，许多国家都相继重视开展海上油气勘探，钻探技术设备陆续有了显著改善，从海边陆缘钻定向井（1938）、滨外固定平台（1946）、可移动式钻井装置（1954）、自升式钻井装置（1955）、到半沉浸式钻井装置（1958）等等，高度自动化的海上钻井装置大量投产，大大促进了海上油气勘探的迅速发展，现在全世界已有45个国家在海上取得了油气勘探成果，发现了三百多个海上油、气田。1976年海上油田产量已达4.6亿吨，占世界总产量的15%，今后必将成倍增长。



## 第5节 油气地质勘探动向

世界石油工业的发展,已有一百多年历史。公元1860年世界石油产量只有7万吨<sup>①</sup>,至1978年已增达30.32亿吨,约增长了43675倍,全球共约累计采出了500亿吨石油。1978年世界探明原油储量787.68亿吨、天然气储量67.08万亿立方米<sup>②</sup>。事实上,世界油气勘探尚有很大潜力,全球共有600个沉积盆地,其中约200个尚未或很少勘探;240个已进行一定程度勘探,但尚未见工业发现;目前产出了工业石油的盆地只有160个<sup>③</sup>。据美国M.T.哈尔布特<sup>④</sup>估计:世界沉积盆地中约有50%最终将会采出工业石油,所以至少尚有100多个未勘探盆地会产出石油。1979年9月在罗马尼亚首都布加勒斯特召开的第十届世界石油会议估计:世界石油总可采储量预测为3000亿吨,到目前为止,在已探明的油田中,尚余可采储量约1000亿吨,预计还可以找到的潜在储量约有1500亿吨。展望世界各国油气地质勘探动向,可以归纳为下列诸方面:

(1)寻找多种类型油气藏:尽管多年来油气勘探及开发对象都是以背斜油气藏为主,但是,自从20世纪二十年代末期在委内瑞拉马拉开波盆地发现了著名的玻利瓦尔湖岸大油田(1917)、美国得克萨斯州发现了潘汉德-胡哥顿大气田(1918)后,查明其中的油、气聚集与背斜构造无关,而是受地层超覆、断层、地层不整合及古潜山等封闭控制。因此,油气勘探不再单纯根据“构造学说”寻找背斜油气藏,而是更加广泛地发展为多种类型油气藏,特别是地层油气藏和裂缝油气藏已经日趋重要。现在,地震地层学、沉积学、岩相古地理学及地质力学等学科的进展,大大促进了多种类型油气藏的和勘探。

(2)向深部钻探:随着浅层油气藏的逐年开发,随着科学技术的发展,井深超过6000米(20000英尺)的超深井钻探日渐增多,向深部地层寻找油气资源。我国在四川盆地于1977年成功地钻成一口7175米深的超深井。美国安纳达科盆地是世界上超深井最为集中的探区<sup>⑤</sup>,1974年在沃希托县完成了世界最深井,深达9583.2米(31441英尺),1972年在贝卡姆县7335~7482.1米深处钻开了世界最深产气层。从钻探结果来看,在深部地层中发现气藏和凝析气藏的数量大大超过油藏,因此,随着超深井钻探增多,研究凝析气藏和纯气藏的形成及分布规律问题也逐渐引起人们的注意。

(3)寻找新探区:随着老探区油气资源的开发和消耗,在美国、苏联等石油工业发展较早的国家,明显感到“能源危机”的威胁;一些发展中国家则深刻认识到靠发展石油工业来繁荣国民经济是一条有效捷径。因此,近二十年来,中国、阿尔及利亚、利比亚、尼日利亚等国突然跃居世界主要产油国的行列,中国东部大平原、苏联西西伯利亚、北非撒哈拉大沙漠、西非尼日尔河三角洲、西欧北海、澳大利亚吉普斯兰及美国阿拉斯加都是近来发现的主要新探区;最近,中国的塔里木盆地和东南沿海、加拿大的北极地区都开始引人注目地投入了油气勘探工作。随着这些新探区的发现和开发,逐渐改变了世界油气资源分布的面貌。

(4)向海洋发展:随着大陆油气资源的消耗,随着海洋地球物理勘探和海上钻井技术装

<sup>①</sup>P.D.托瑞等:世界石油资源,第六届世界石油会议报告论文集第八卷(中译本),1965年,中国工业出版社。按7.2桶折合为一公吨石油,1立方英尺折合为0.02832立方米天然气计算,下同。

<sup>②</sup>美国杂志《World Oil》,1979, Vol.189, No.3,将英制换算为公制。

<sup>③</sup>Halbouty M.T.: Acceleration in global exploration—Requirement for survival,《Bull. AAPG》,1978, Vol.62, No.5, pp.739~751.

<sup>④</sup>《Oil & Gas J.》,1977, Vol.75, No.21.