

石油与天然气地质学

徐国盛 李仲东 罗小平 宋荣彩 等编



地质出版社

SHIYOU YU TIANRANQI DIZHIXUE

Xu Guosheng Li Zhongdong Luo Xiaoping Song Rongcai

ISBN 978-7-116-07822-2



9 787116 078222 >

定价：40.00元

石油与天然气地质学

徐国盛 李仲东 罗小平 宋荣彩 陈义才
袁海锋 叶 斌 邓 昆 吴昌荣 张小兵 编
丁晓琪 李 坤 过 敏

地 质 出 版 社

· 北 京 ·

内 容 提 要

本书共分4篇16章及绪论。绪论通过阐述油气在国民经济中的地位和作用,介绍了世界和我国油气工业的发展概况,以了解学习本课程的目的和意义,明确石油与天然气地质学的研究任务和学习内容。全书以油气成藏为主线,旨在阐明石油与天然气地质学的基本原理。第一篇分4章,重点阐述油、气、水的化学组成和物理性质、油气的现代成因理论和油气成藏的烃源岩、储层及盖层等基本要素。第二篇分3章,主要阐述油气成藏理论,包括从油气运移到聚集成藏的地质作用及过程。第三篇分3章,着重阐述油气赋存规律、油气藏保存与破坏机理和油气资源分布特征及评价方法。第四篇分6章,简要阐述非常规油气资源,如煤层气、页岩气、致密砂岩气、天然气水合物、重油沥青及油页岩的形成机理、分布特征和资源潜力。

本书可作为高等院校石油与天然气地质学相关专业的教材,融入了编者的教学经验和科研成果,也可供从事油气藏地质及开发工程的研究人员与工作人员参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油与天然气地质学 / 徐国盛等编. —北京:地质出版社, 2012. 8

ISBN 978-7-116-07822-2

I. ①石… II. ①徐… III. ①石油天然气地质 IV. ①P618.130.2

中国版本图书馆CIP数据核字(2012)第187223号

责任编辑:祁向雷 郁秀荣

责任校对:韦海军

出版发行:地质出版社

社址邮编:北京海淀区学院路31号,100083

电 话:(010) 82324508(发行部);(010) 82324577(编辑室)

网 址:<http://www.gph.com.cn>

电子邮箱:zbs@gph.com.cn

传 真:(010) 82310759

印 刷:北京地质印刷厂

开 本:787 mm × 1092 mm^{1/16}

印 张:28

字 数:682千字

印 数:1—4000册

版 次:2012年8月北京第1版

印 次:2012年8月北京第1次印刷

定 价:40.00元

书 号:ISBN 978-7-116-07822-2

(如对本书有建议或意见,敬请致电本社;如本书有印装问题,本社负责调换)

前 言

在我国，天然气地质学已于 20 世纪 80 年代中后期就从石油地质学中分离出来，成为一门独立的学科。而天然气与石油有着千丝万缕的联系，天然气也被称为“石油气”，因而天然气地质学与石油地质学在理论体系上是基本相同的，在内容上就难免会有部分重复。为了适应教学改革精简课程设置、减少课程内容不必要的重复之要求，本教材以成都理工大学所用相关教材为基础，将天然气地质学与石油地质学合并编写为《石油与天然气地质学》。

石油与天然气地质学是在油气勘探开发的实践中产生和形成的。石油工业的发展，伴随着科学技术的进步，石油与天然气地质学也要随之向前发展。新的发现，必然会产生新的认识、新的观点，使该学科在理论上进一步完善，内容上更加丰富和充实。本教材试图将新近的一些新发现、新认识、新观点融入相关章节之中，使其内容跟上时代的发展，这是本教材编写的初衷。

本教材主要是为石油与天然气地质学相关专业的本科生编写的。首先，本教材大纲将本课程定位为专业的入门课。考虑学生初涉专业，结合笔者多年的教学经历，内容从认识本学科的研究对象——油、气、水入手，进而追述油气的成因，以及地下油气如何形成人们所要寻找的油气藏，循序渐进地阐述油气成藏的地质学原理；进一步阐述油气赋存规律、油气藏保存与破坏机理和油气资源分布特征及评价方法；最后阐述已成为常规能源的战略性补充能源的非常规油气资源，如煤层气、页岩气、致密砂岩气、天然气水合物、重油沥青及油页岩的形成机理、分布特征和资源潜力，旨在为后续专业课程的学习打好基础。因此，本教材在融入新认识、新观点、新理论的同时，从本学科的专业基础性质出发，注重阐明石油与天然气地质学的基本原理。至于有关本学科深层次的理论问题，留待研究生的相应课程去解决。

在本书的编写过程中，得到了成都理工大学刘树根、曹俊兴、陈洪德、

沈忠民等教授的大力支持，还得到了石油地质系李国蓉教授和能源学院办公室黎文同志的具体关心和指导。在此，对上述提到的和未提及的对本书的编写给予关心、支持和帮助的所有单位和人员一并表示衷心的感谢。特别感谢所引用的参考文献的所有国内外专家学者。

本书绪论由李仲东编写；第一章由李仲东、过敏编写；第二章由罗小平编写；第三章由丁晓琪编写；第四章由过敏、李仲东编写；第五章由吴昌荣、徐国盛编写；第六章由叶斌编写；第七章由徐国盛、袁海锋编写；第八章由罗小平编写；第九章由袁海锋、罗小平、李坤编写；第十章由李坤、陈义才编写；第十一章由宋荣彩编写；第十二章、第十三章由邓昆编写；第十四章由宋荣彩编写；第十五章由张小兵编写；第十六章由张小兵、宋荣彩编写。书中基本素材收集，图件、表格整理、清绘，参考文献整理等工作由吴庆勋、鲜志尧、徐猛、赵廷严、李娟、刘军、李辉、王霄完成。全书由李仲东、徐国盛、宋荣彩审稿，徐国盛统稿。

由于编者和统稿者的水平所限，书中可能存在不足乃至错误之处，敬请同行专家及读者给予批评指正。

编者

2012年1月

目 录

前 言	
绪 论	(1)

第一篇 油气成因理论及成藏基本要素

第一章 油气藏中的流体	(10)
第一节 石油	(10)
一、石油的概念及化学组成	(10)
二、石油的分类	(14)
三、石油的物理性质	(16)
四、海相石油与陆相石油的基本区别	(19)
第二节 天然气	(20)
一、天然气的概念及产状	(20)
二、天然气的化学组成	(22)
三、天然气的物理性质	(23)
四、天然气与石油的区别	(29)
第三节 油田水	(30)
一、油田水的概念与来源	(30)
二、油田水的产状	(31)
三、油田水的化学组成和矿化度	(31)
四、油田水的类型	(33)
五、油田水的物理性质	(35)
第四节 油气的稳定同位素	(35)
一、稳定同位素的基本知识	(35)
二、油气中的稳定碳、氢同位素	(36)
思考题	(39)
第二章 油气的成因与烃源岩	(40)
第一节 石油成因概述	(40)
一、无机成因说概述	(40)
二、有机成因说概述	(41)
三、早期有机成因说	(41)

四、晚期有机成因说	(42)
第二节 石油成因的现代理论	(43)
一、有机起源的证据	(43)
二、有机质的形成	(43)
三、有机质的分布和类型	(48)
四、促使有机质转化成烃的因素	(53)
五、有机质成岩演化与油气生成的阶段性	(59)
六、有利于油气生成的地质环境	(65)
七、油气成因理论的几个相关问题	(68)
第三节 天然气的成因	(73)
一、天然气的生成特点	(73)
二、天然气成因类型及基本特征	(74)
三、不同成因类型天然气的鉴别	(86)
第四节 烃源岩评价	(88)
一、概述	(88)
二、有机质的数量	(88)
三、有机质的类型	(91)
四、有机质的成熟度	(93)
第五节 油气地球化学对比	(102)
一、对比的意义和依据	(102)
二、常用对比参数的选择	(103)
三、对比结果分析	(107)
思考题	(108)
第三章 油气储层	(109)
第一节 概述	(109)
第二节 储层的物理性质	(109)
一、孔隙性	(109)
二、渗透性	(112)
三、孔隙结构	(115)
四、储层的非均质性	(117)
第三节 储层类型及特征	(119)
一、碎屑岩储层	(119)
二、碳酸盐岩储层	(128)
三、其他类型储层	(137)
思考题	(140)
第四章 油气盖层及生储盖组合	(141)
第一节 盖层的概念及类型	(141)
一、盖层的概念	(141)

二、盖层的分类	(141)
第二节 盖层的封闭机理	(142)
一、物性封闭	(142)
二、超压封闭	(143)
三、烃浓度封闭	(144)
第三节 盖层评价	(145)
一、盖层的岩矿性质	(146)
二、盖层的物理性质	(146)
三、盖层的分布	(147)
第四节 生储盖组合	(149)
一、生储盖组合的概念	(149)
二、生储盖组合的分类	(149)
思考题	(150)

第二篇 油气成藏理论

第五章 石油和天然气的运移	(151)
第一节 油气运移概述	(151)
第二节 油气的初次运移	(152)
一、初次运移的概念	(152)
二、初次运移的相态	(153)
三、初次运移的动力	(157)
四、初次运移的通道	(162)
五、初次运移的模式	(163)
第三节 油气的二次运移	(164)
一、二次运移的概念	(164)
二、二次运移的相态	(165)
三、二次运移的动力和阻力	(165)
四、二次运移中的流体势	(169)
五、二次运移的通道	(175)
六、二次运移的方向、距离和时期	(181)
思考题	(191)
第六章 圈闭和油气藏	(192)
第一节 圈闭和油气藏概述	(192)
一、圈闭和油气藏的概念	(192)
二、圈闭和油气藏的度量	(195)
三、圈闭和油气藏的分类	(198)

第二节 构造圈闭和构造油气藏	(199)
一、背斜圈闭与背斜油气藏	(199)
二、断层圈闭与断层油气藏	(207)
三、裂缝性圈闭及其油气藏	(214)
四、刺穿圈闭和刺穿油气藏	(218)
第三节 地层圈闭和地层油气藏	(220)
一、岩性圈闭及其油气藏	(221)
二、不整合圈闭及其油气藏	(228)
三、礁型圈闭及其油气藏	(235)
四、沥青封闭油气藏	(238)
第四节 水动力圈闭及油气藏	(238)
一、水动力圈闭的形成机制	(238)
二、水动力油气藏的基本特征和主要类型	(239)
第五节 复合油气藏	(242)
一、复合圈闭及其油气藏的基本概念和分类	(242)
二、复合油气藏的主要类型及实例	(243)
思考题	(245)
第七章 油气藏的形成	(247)
第一节 油气聚集的一般规律	(247)
一、油气在圈闭中聚集的机理	(247)
二、油气在不同圈闭中的聚集模式	(248)
三、油气在圈闭中的聚集过程	(250)
四、油气在系列圈闭中的差异聚集	(252)
五、圈闭封闭烃柱最大高度	(257)
第二节 油气藏形成的基本地质条件	(260)
一、充足的油气源	(260)
二、良好的储层	(261)
三、有利的生储盖组合	(262)
四、有效的大容积圈闭	(264)
五、较好的运移条件	(266)
六、优越的保存条件	(266)
七、优质的时空配置	(269)
第三节 油气成藏动力学	(270)
一、概念	(270)
二、油气成藏动力学研究思路和内容	(273)
三、油气成藏动力学研究技术	(276)
四、油气成藏动力学展望	(277)
第四节 油气成藏年代学	(277)

一、传统的地质综合分析方法	(278)
二、成岩矿物定年分析方法	(282)
三、流体包裹体分析方法	(283)
四、有机岩石学分析方法	(285)
五、古地磁学分析方法	(285)
六、碘同位素定年分析方法	(286)
思考题	(286)

第三篇 油气分布规律

第八章 油气赋存规律	(287)
第一节 含油气盆地	(287)
一、含油气盆地概述	(287)
二、含油气盆地的结构和构造	(287)
三、含油气盆地的分类	(289)
四、不同类型盆地的含油气特征	(295)
第二节 含油气系统	(305)
一、含油气系统的概念	(305)
二、含油气系统的组成	(305)
三、含油气系统的命名及分类	(307)
四、含油气系统的研究	(308)
第三节 油气田和油气聚集带	(316)
一、油气田	(316)
二、油气聚集带	(320)
第四节 油气分布规律	(327)
一、油气在层位上的分布	(327)
二、油气在地域上的分布	(328)
三、油气在深度上的分布	(332)
思考题	(334)
第九章 油气藏保存与破坏	(335)
第一节 油气藏的保存	(335)
一、盖层的分布与油气保存	(335)
二、断层的封闭与油气保存	(339)
第二节 油气藏的破坏与油气再分布	(343)
一、概述	(343)
二、引起油气藏破坏的地质作用	(343)
三、油气藏的再形成	(346)

四、油气藏破坏的产物	(349)
思考题	(353)
第十章 油气资源分布及评价	(354)
第一节 油气资源概念及序列	(354)
一、油气资源概念	(354)
二、油气资源分类体系	(354)
第二节 中国油气资源分布特征	(355)
一、中国油气资源量	(355)
二、中国油气资源分布概况	(356)
第三节 世界油气资源分布特征	(360)
一、世界油气资源量	(360)
二、世界油气资源分布概况	(360)
第四节 油气资源评价系统简介	(362)
一、油气资源评价的目的	(362)
二、油气资源评价的基本内容与对象	(362)
三、油气资源评价的主要方法及关键参数	(363)
四、油气资源评价的主要层次	(366)
思考题	(369)

第四篇 非常规油气资源

第十一章 非常规油气资源概述	(370)
第一节 全球油气资源形势	(370)
第二节 非常规油气资源的地位和作用	(371)
第三节 非常规油气资源的特点	(373)
第十二章 煤层气	(375)
第一节 煤层气的概念及基本特征	(375)
一、煤层气的概念	(375)
二、煤的分类与组成	(375)
三、煤化作用与煤成烃	(376)
第二节 煤储层特征	(376)
一、煤储层孔隙系统	(376)
二、煤储层微裂缝系统	(378)
三、煤储层的渗透性	(378)
第三节 煤层气赋存状态及产出机理	(379)
一、煤层气的赋存状态	(379)
二、煤层气的产出机理	(379)

第四节 煤层气的形成及分布	(379)
一、煤层气系统的定义	(379)
二、煤层气地球化学特征	(380)
三、煤层气的形成与演化过程	(380)
四、煤层气分布规律	(381)
第五节 煤层气资源潜力	(381)
一、煤层气资源评价	(381)
二、煤层气资源潜力	(381)
思考题	(382)
第十三章 页岩气	(383)
第一节 页岩及页岩气的基本特征	(383)
一、页岩类型与成因	(383)
二、页岩气地质特征	(384)
第二节 页岩气储层特点	(386)
一、岩石矿物组成	(386)
二、页岩储层孔渗特征	(386)
三、页岩微裂缝特征	(386)
四、页岩储层含气性特点	(386)
五、页岩储层评价标准	(387)
第三节 页岩气形成和分布特征	(387)
一、页岩气形成过程	(387)
二、页岩气分布特征	(388)
三、页岩气分布控制因素	(388)
第四节 页岩气的勘探开发及资源潜力	(389)
一、页岩气勘探开发技术	(389)
二、页岩气资源潜力	(390)
思考题	(392)
第十四章 致密砂岩油气	(393)
第一节 致密砂岩油气的概念及研究内容	(393)
一、概念	(393)
二、研究内容	(393)
第二节 致密砂岩油气储层特征	(394)
一、储层岩石学特征	(394)
二、储层储集空间	(394)
三、储层孔隙结构	(397)
四、储层致密化成因	(398)
第三节 致密砂岩油气形成与分布特征	(401)
一、致密砂岩油气水性质	(401)
二、致密砂岩地层水分布特征	(402)

三、致密砂岩压力系统	(403)
四、致密砂岩油气分布特征	(403)
五、致密砂岩油气分布的控制因素	(403)
第四节 致密砂岩油气的资源潜力	(404)
一、致密砂岩油气勘探开发历程	(404)
二、致密砂岩油气资源潜力	(404)
思考题	(405)
第十五章 天然气水合物	(406)
第一节 天然气水合物的概念及特征	(406)
一、天然气水合物概念	(406)
二、天然气水合物组构特征	(406)
三、天然气水合物的性质	(406)
四、天然气水合物的地质背景	(408)
第二节 天然气水合物的形成机理	(409)
一、温压条件	(409)
二、烃类来源	(409)
三、储集特征	(410)
四、运移过程	(411)
第三节 天然气水合物的分布特征及资源潜力	(411)
一、全球天然气水合物的分布特征及资源潜力	(411)
二、我国天然气水合物的分布特征及资源潜力	(412)
三、天然气水合物资源评价方法	(413)
思考题	(413)
第十六章 其他非常规油气资源	(414)
第一节 重油沥青(油砂)	(414)
一、重油沥青的物化性质	(414)
二、重油沥青的圈闭类型及分布	(416)
三、重油沥青的形成与演化	(417)
四、重油沥青的聚集成藏机理	(420)
第二节 油页岩	(423)
一、油页岩特征	(424)
二、油页岩的分布	(424)
三、油页岩的利用	(425)
第三节 水溶气	(426)
一、水溶气的组成特征	(426)
二、水溶气富集的因素	(427)
三、水溶气脱溶成藏机制	(429)
四、水溶气资源概况	(430)
思考题	(431)
参考文献	(432)

绪 论

一、油气在国民经济中的地位和作用

1. 油气作为能源的基本特点

石油与天然气是重要的能源和化工原料。油气易燃且燃烧充分、热值高（表 0-1）、污染相对较小；其发热量相当于煤的 1.5 倍，发电效率则相当于煤的 3 倍；油气密度小、具流动性，可用管道长距离输送；相对易于开采，投产快，投资回报率高。其产品广泛地用于工业、农业、国防及人类日常生活的各个领域。

表 0-1 不同种类燃料的发热量

燃料种类	发热量	燃料种类	发热量
	千卡·kg ⁻¹		千卡·kg ⁻¹
木柴	2000~2500	无烟煤	6500
泥炭	2000~3500	石油	10000
褐煤	2000	汽油	11000
烟煤	5000	天然气	7000~12000

2. 石油是现代工业的血液

蒸汽机的发明和应用，促进了人类以煤炭作为能源的大量需求。内燃机的问世又刺激了人类对石油的需求，改变了世界的能源结构，石油逐步与煤炭一起成为世界能源的主导。石油的生产和消费迅速增长，以油气为原料的乙烯，是合成纤维、合成塑料和合成橡胶等三大合成材料的基本化工原料，其产品已超过 5000 余种。尽管随着环境意识的加强和可再生能源（包括水电、地热、风能、太阳能和生物质能等）的发展，可再生能源的消费比例有所上升，但专家预测，至少在 2050 年前，石油和天然气作为能源消费主角的地位是难以替代的。

二、世界油气工业发展概况

油气原始的和利用 早在公元前 4000 年左右，印度河流域就有建筑物使用了地沥青。公元前 5 世纪，古波斯帝国的首都苏萨城附近就出现了手工挖掘的油井。15 世纪，欧洲出现了小规模石油市场，主要用于医药、润滑剂等。古代人们把天然气出露地表燃烧的现象叫做“长明火”。在欧洲东南部和亚洲西南部，“长明火”曾被发现并视之为圣火。位于小亚细亚南部沿岸地带被称做希麦拉的山上，据说“长明火”已燃烧了两三千年，但很少被利用。

现代石油工业的诞生 18 世纪欧洲的工业革命，促使人们改变农耕生活习惯，对照明有了更高的需求。1782 年法国人发明了煤油灯，用煤油灯取代动植物油照明，标志着灯油时代的开始。1849~1850 年，罗马尼亚和波兰相继建成了 3 座炼油厂生产灯油，从此出现了具有工业意义的炼油厂。1854 年，比塞尔成立了“纽约宾夕法尼亚石油公司”，使用顿钻于 1859 年 8 月 28 日在距地表 21.69m 的地下打出了高质量的石油。这是世界上第一口用机械钻出的油井，由此宣告了现代石油工业的诞生。

石油工业的早期发展阶段 1878年出现了燃油的炉子，对石油的利用从光能发展到热能。紧接着，1879年爱迪生发明了电灯，预示着石油利用的灯油时代即将结束。1880年汽油发动机问世；1882年柴油发动机诞生；1885年德国人戴姆勒和本茨分别制造了世界上最早的汽车，这又为石油开辟了新用途，促进了早期石油工业的发展。全世界原油产量由1859年的300t增加到2009年的 35.25×10^8 t。

20世纪石油工业的发展 20世纪早期，伴随着汽车工业的发展和飞机的问世，石油工业进一步兴起。但第二次世界大战之前，石油主要还是作为能源。第二次世界大战期间，诞生了不少新的石油化工产品，尼龙等石化产品成了军需品，石油在军事领域的重要地位得到进一步加强。第二次世界大战后，石油的用途扩展到发电。1955年汽车第一次用上了塑料外壳，促进了汽车工业的急剧发展和石油化工业的兴起，显示出石油不仅是宝贵的能源，而且是重要的石油化工原料，导致世界对石油需求的逐年上升。20世纪以来，世界油气探明储量与产量持续增长（表0-2）。

表0-2 世界石油、天然气储量和产量增长表

储产量	油				天然气			
	储量/ 10^8 t	增加/%	产量/ 10^8 t	增加/%	储量/ 10^{12} m ³	增加/%	产量/ 10^{12} m ³	增加/%
1859年			0.000003					
1900年			0.2014					
1920年			0.9929					
1950年	130		5.3845		0.80		0.1851	
1960年	364	180	10.8142	100	16.99	112	0.4483	142
1970年	739.92	103	23.2605	115	41.61	145	1.0282	129
1980年	877.88	17	28.6293	23	76.88	85	1.5435	50
1985年	933.86	6	25.5034	-11	97.73	27		
1992年	1365.8	46	30.0147	18	138.26	41		
1998年	1411.28	3	33.1512	10	145.60	5	2.3478	
2005年	1770.60	25	35.9000	8	154.36	6	2.7826	18
2009年	1855.23	4	35.2500	-1	177.10	14	2.8665	2

世界石油工业发展表明，油气勘探至今仍是一个高投资、高风险、高利润、高垄断的行业之一。油气作为世界上主要的一次性能源和重要的战略物资，不仅与各国的经济发展密切相关，而且在政治、军事、外交上亦占重要地位。随着易勘探的领域越来越复杂，未来油气勘探的难度将会越来越大。隐蔽油气藏及非常规油气藏将成为今后勘探的主要目标。

三、我国油气工业发展简史

1. 我国古代油气的发现和利用

我国是世界上发现、收集、命名、使用和炼制石油最早的国家之一。关于石油的文字

记载，最早见于1900多年前东汉历史学家班固所著《汉书·地理志》中的“高奴，有洧水可燃”。在5世纪初（北魏）酈道元著的《水经注》中即有介绍从石油中提炼润滑油的记述。11世纪北宋时的“猛火油作”，亦属石油炼制加工机构。公元977年北宋李昉编著的《太平广记》中曾出现“石油”一词。而后在公元11世纪，北宋杰出的科学家沈括（1031~1095年）对自然产出的石油作了一定的观察研究，并将其正式命名为“石油”。他在其所著的《梦溪笔谈》中写道：“富延境内有石油，旧说高奴县出石脂水即此也。”在石油掘采方面，《元统一志》中提及，“在延安县南迎河凿开一井，岁纳一百一十斤；又延川……永坪村有一井，岁办四百斤，……”。可见，至少在元朝时已有油井生产，较之“世界第一口油井”至少早500年。

石油利用方面，我国主要用于照明、膏车、医药等。偶尔还用于战争，如三国时赤壁之战（公元208年），即是用膏油浇入柴草之中火烧战船。明代《格古要论》中谈及陕北石油时写道：“当地人用皮革盛装，煎制后用于点灯。”较现代石油工业的灯油时期也早数百年。

我国有关天然气的文字记载最早见于《易经·下经夬传》中“泽中有火”，推测为天然气在水面燃烧的现象。较为可靠的发现天然气的记载，是公元前256~251年秦孝文王时，李冰任蜀守，在四川邛崃一带开凿盐井时发现了天然气，并引发通天大火，被称之为火井。这口取盐遇气的井，可以说是世界上第一口天然气井。而后天然气被用于照明和熬盐。晋朝常璩在《华阳国志》中记有：“临邛县郡西南二百里……有火井，夜时光映上昭……火焰出，通耀数十里，以竹筒盛其光，藏之可拽行，终日不灭也……。”

我国古代对天然气的开发也是世界上最早的。远在汉朝就在四川自贡的自流井发现气田。不过到13世纪以前多以采盐为主。到了13世纪（宋末元初）自流井的浅层气已经大规模开采。到1835年，兴海井钻穿了三叠系嘉陵江组灰岩嘉五段主气层，井深1001.4m，日产气约5000~6000m³，1840年又钻成井深1200m的磨子井，钻达嘉陵江组嘉三段主气层，发生强烈井喷，火光冲天，三十里外可见，估计日产气40×10⁴m³以上，当时称之为火王井。由此可见，在现代石油工业诞生之前，作为油气勘探开发所必需的钻井工艺，在我国已达到了很高的水平。到明代，我国的钻井水平已形成了一套完整的工艺技术。据宋应星所著《天工开物》一书中记载，我国在17世纪30年代前即已总结定型了现在的钻井程序。

综上所述，应该说我国古代对油气的发现、开发和利用等诸方面都走在世界前列。

2. 我国近代石油工业

1840年到新中国成立前这百余年间，一方面是世界石油工业作为一个新兴的工业快速发展，需要寻找市场；另一方面，我国社会制度落后，战乱不断，束缚着我国石油工业的发展。鸦片战争打开了我国的门户，各帝国主义国家都把我国作为其“洋油”市场，美国、沙俄甚至日本都纷纷向我国出口“洋油”；与此同时，这些国家又派出石油地质技术人员来我国勘探石油，试图掠夺我国石油资源。在经过有限的工作未能如愿时，这些所谓的专家又断然得出“中国贫油”的结论。国际国内诸多不利因素，窒碍了我国石油工业的发展。

从1907年日本人在陕西省钻探的延长油田投入开发，直到1949年新中国成立为止的40多年中，仅有老君庙和独山子两处油田；气田则除宋元时代遗留下来的自流井老