



石油高等院校特色教材

石油工程概论

孙艾茵 刘蜀知 刘绘新 编著



石油工业出版社
Petroleum Industry Press

石油教材出版基金资助项目

石油高等院校特色教材

石油工程概论

孙艾茵 刘蜀知 刘绘新 编著

石油工业出版社

内 容 提 要

本书以油气勘探开发为主线,系统地介绍了有关石油工业发展概况以及石油地质、石油勘探、石油开发、石油钻井、石油开采和油气集输等领域中的基本概念、原理和方法,是了解国内外石油工业发展以及油气勘探和生产技术的一本科普性读物。

本书可作为石油院校相关专业学生的教材,也可作为石油系统职工的培训教材,同时也可供对石油工业感兴趣的人员阅读参考。

图书在版编目(CIP)数据

石油工程概论/孙艾茵,刘蜀知,刘绘新编著.

北京:石油工业出版社,2008.3

石油高等院校特色教材.石油教材出版基金资助项目

ISBN 978-7-5021-6490-4

I. 石…

II. ①孙…②刘…③刘…

III. 石油工程-高等学校-教材

IV. TE

中国版本图书馆CIP数据核字(2008)第021990号

石油工程概论

孙艾茵 刘蜀知 刘绘新 编著

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

编辑部:(010) 64523579 发行部:(010) 64523620

经 销:全国新华书店

印 刷:中国石油报社印刷厂

2008年3月第1版 2008年3月第1次印刷

787×1092毫米 开本:1/16 印张:15

字数:382千字

定价:22.00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

前 言

石油是一种重要的战略资源，对国民经济的发展具有特殊的意义。石油工程是知识密集、技术密集、资金密集的行业，是综合应用多种学科的巨大工程。它主要涉及地质、物探、钻井、采油、油藏、储运等部门。

本教材应西南石油大学教学改革的需要，根据部分非石油专业人才培养方案和教学计划的要求而编写。它是石油院校相关专业学生学习石油工程专业知识的教材，同时也可作为石油工程专业学生学习主干专业课程之前学习石油工程导论选修课程的教材。

本教材共分八章，内容包括绪论、石油地质、石油勘探、石油开发、石油钻井、采油方法、油井增产原理、油品储存和运输等。教学中，可根据各专业课程教学大纲的具体要求而有所取舍。本教材适用于 32~64 学时的石油工程概论课。

本教材第一章、第六章、第七章、第八章由孙艾茵副教授编写，第二章、第三章、第四章由刘蜀知教授编写，第五章由刘绘新教授编写。全书由孙艾茵修改和统稿。

在本教材编写和出版过程中，得到了西南石油大学石油工程学院和教务处的大力支持，在此表示感谢！

由于本教材内容涉及领域广，加之编者水平有限、经验不足，错误和不妥之处在所难免，热忱希望广大师生提出宝贵意见。

编 者

2007 年 11 月

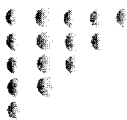
目 录

第一章 绪论	1
第一节 石油的定义与用途.....	1
第二节 石油工业.....	3
第三节 中国石油工业概况.....	4
第四节 世界石油工业简介	11
思考题	16
第二章 石油地质	17
第一节 地质的基本概念	17
第二节 油气藏的形成	27
第三节 油气藏流体分布及性质	35
第四节 油气层压力与温度	41
第五节 油气储量	45
思考题	50
第三章 石油勘探	51
第一节 油气田勘探对象	51
第二节 油气田勘探程序与任务	54
第三节 油气田勘探方法	56
第四节 地球物理测井	60
思考题	65
第四章 石油开发	66
第一节 油气田开发的主要研究内容	66
第二节 油田开发指标	68
第三节 流体在储集层中的流动	71
第四节 试井分析	77
第五节 开发层系的划分	79
第六节 油田开发方式	80
第七节 油田开发方案的调整	85
思考题	87
第五章 石油钻井	88
第一节 钻井方法	88
第二节 钻井设备及工具	91
第三节 钻井液	97
第四节 油气井控制.....	100

第五节 固井技术·····	105
第六节 完井方法·····	109
思考题·····	118
第六章 采油方法·····	119
第一节 自喷采油·····	119
第二节 气举采油·····	128
第三节 有杆泵采油·····	135
第四节 无杆泵采油·····	150
思考题·····	157
第七章 油井增产原理·····	159
第一节 注水·····	159
第二节 水力压裂·····	167
第三节 酸化·····	177
第四节 提高采收率·····	189
思考题·····	200
第八章 油品储存和运输·····	202
第一节 油品储存·····	202
第二节 油品的加热保温及损耗·····	210
第三节 输油泵和阀门·····	214
第四节 输油管道·····	218
第五节 油品装卸及输送·····	223
思考题·····	232
参考文献·····	233

第一章 绪论

DIYIZHANG



本章主要介绍石油的定义、石油的用途、中国石油工业概况、世界石油工业简介以及石油工业发展前景等内容。

第一节 石油的定义与用途

一、石油的定义

有人说：“石油是工业的血液。”这是因为石油在工农业生产中肩负着像血液一样的重要职责，是不可缺少的能源；天上飞的，地面跑的，没有石油都运转不动。有人说：“石油是现代文明的神经动脉。”这是因为没有石油，维持这个文明的一切工具，便告瘫痪。有人说：“石油是黑色的金子。”这是因为石油也是很重要的化工原料。把石油产品进行加工，可以制成重要的有机合成原料五千多种，它像黑色的金子，吸引着人们去开采。这些都说明：石油对于任何一个国家都是一种生命线，它对经济、政治、军事和人民生活的影晌极大。

石油外观上看是一种黑乎乎的油状粘稠液体。它是一种深藏于地下的可燃性矿物油，是一种不可再生的能源。据科学家分析：将来有可能开采的石油资源，1/3 在大陆，1/3 在浅海，1/3 在深海和两极。海洋将成为人们开采石油的重要基地。海洋里为什么会蕴藏着这么丰富的石油呢？原来，海洋里有数不清的生物和微生物。其中有居住在海底的珊瑚、藻类、软体动物及漂浮在海水中的浮游生物。它们繁殖很快，能产生大量的有机质，这些是生成石油的原材料。死亡的海洋生物遗体，跟泥沙一起沉积、埋藏在海底，在缺乏氧气的环境里，受到高温、高压和微生物的分解作用，最后就会变成一滴滴的石油。起先它们分散在各自的生成地，后来随着海底地形的变化，聚集到了一起，形成了储油盆。数不清的油滴聚集在一起，就成为有开采价值的石油矿藏。

那么，什么是石油呢？从实质上讲，石油是多种碳氢化合物的复杂混合物，或是多种烃的混合物。最初人们把自然界产出的油状可燃液体矿物称为石油，把可燃气称为天然气，把固态可燃油质矿物称为沥青。随着对这些矿物的深入研究，认识到石油、天然气和沥青在成因上互有联系，在组成上都属于碳氢化合物，因此将它们统称为“石油”。

1983 年第 11 届世界石油大会对石油定义为：石油 (Petroleum) 是自然界中存在于地下的以气态、液态和固态烃类化合物为主，并含有少量杂质的复杂混合物。原油 (Crude Oil) 是石油的基本类型，存在于地下储集层内，在常温、常压条件下呈液态。天然气

(Natural Gas)也是石油的主要类型,呈气相,或处于地下储集层时溶解在原油内,当采到地面,在常温、常压条件下从原油中分离出来时又呈气态。我们把从油井中采出来的未经加工的液态石油称为“原油”。但在工业界、日常应用中,通常“原油”与“石油”混用,并不加以区分。

二、石油的用途

石油是“百宝箱”,“宝”指的是烃,“百”形容石油中各种各样的烃非常多。现在,工农业生产、国防建设以及我们的日常生活,都与石油息息相关、密不可分。公路上奔驰的汽车,天空中翱翔的飞机,江河里航行的轮船,田野里的播种机、收割机,工地上的挖掘机、大吊车,军队中的坦克、装甲车等,为它们作动力的燃料——汽油、煤油和柴油都是从石油中提炼出来的。我们所用的塑料文具盒、圆珠笔,注射用的一次性针管、输液管、塑料袋,身上穿的化纤衣服等产品,也是由从石油中提炼出来的化工原料制成的。归纳起来,石油主要用于三个方面。

1. 作为能源

用石油作燃料,具有热能高,污染小,运输、使用方便,应用广泛等优点。原油经过炼制加工后,可以制得汽油、煤油、柴油等燃料。

汽油广泛应用于交通运输。燃烧 1kg 汽油所产生的热量分别相当于燃烧 1.4kg 的煤、1.5kg 的木炭、2.4kg 的木柴所产生的热量。汽油有不同的标号,标号越大,表示汽油的质量越好。

煤油过去主要用于照明。现在生产的航空煤油主要用作喷气式飞机的燃料。柴油广泛应用于农业、交通运输业、建筑业、采矿业等行业中。拖拉机、载重汽车、吊车、挖掘机等大型动力机械都是用柴油作燃料的。

液化石油气是很洁净的燃料。它在常温、常压下呈气态。把石油气压缩成液态装入钢瓶,就可以送往千家万户。目前,北京、上海等大城市正在对公共汽车等交通工具的动力进行改装,以液化石油气代替汽油,可以极大地减轻汽车尾气对大气的污染。

天然气是一种可燃气体,通常情况下它和原油相伴而生,称为伴生气。而从单纯气藏产出的天然气称为非伴生气。目前,天然气主要用作燃料,具有热能高、污染小、使用方便等优点。为解决城市空气污染问题,我国实施了“西气东输”工程,使许多城市已由原来用煤作燃料改为用天然气作燃料。

世界能源结构的演变趋势表明:未来三五十年内油气储量丰富,油气在世界能源消费构成中的主体地位不会改变。天然气有可能成为未来能源消费的主导方向。要转向以油气为主的能源供应路线。到 2050 年,我国一次能源供应构成中,油气的比重要从 25%~35% 提高到 40%~50%,一次电力的比重将从 10%~15% 上升到 15%~20%,煤炭的比重则由 55%~60% 降到 30%~35%。

2. 作为化工原料

石油是能源,也是优质的化工原料,是石油化学工业赖以生存和发展的物质基础。石油经过各种加工和处理,可以制成各种各样的化工原料。用这些原料可以制成众多的生产、生活用品,如塑料制品、合成纤维、合成橡胶、农药、化肥、炸药、染料等。

石油化工行业是国民经济的支柱产业。一家年产 8×10^4 t 合成橡胶厂一年的产品相当于

145 万亩^①橡胶园一年的产量。一家年产万吨的合成纤维厂一年生产的产品，相当于 30 万亩棉田一年生产的棉花，或从 250 万只羊身上一年剪下的羊毛。

俗话说，“羊毛出在羊身上”。可现在就有不出在羊身上的“羊毛”。例如，用石油作原料生产出来的合成纤维——腈纶，就与羊毛的特性相似。它蓬松卷曲，柔软保暖，有弹性，吸湿性好，洗后易干，而且比羊毛轻、强度高、耐腐蚀、耐日晒、不发霉、不虫蛀。利用腈纶的这些优点，可将腈纶与棉、毛混纺制成布料、毛线、人造毛皮、毛毯等。合成纤维还有棉纶、涤纶、丙纶、维纶等多种。它们正在逐步取代毛、棉制成各式各样的纺织品。另外，合成纤维在工业、国防等方面也有很广泛的用途。

3. 其他用途

从石油中还可以炼制出润滑油、石蜡和沥青。这些产品也广泛应用于人们的生产和生活之中。

一切机器，无论大小，都要加上润滑油或润滑脂，以减少摩擦和磨损，才能顺利运转。石蜡的用途很多，蜡烛会给我们带来光明；过生日时插上蜡烛，会增添欢乐、喜庆的气氛；在棉纱中加入少量石蜡，可使纺织品柔软、光滑、富有弹性；石蜡还可以制取洗涤剂、分散剂、润滑脂等。沥青为人类的交通事业做出了默默无闻的贡献。有了它，才有了宽阔的柏油马路。沥青具有很好的粘结性、绝缘性、隔热性以及防水、防腐等性能，被广泛应用于铁路枕木、地下管道及建筑防腐，水库堤坝防渗透，地下电缆防漏电等。

科学家还以石油为原料，通过实验制造出了合成蛋白。有些国家已把合成蛋白用作饲料，它将来很可能作为食品出现在人们的餐桌上。

第二节 石油工业

石油工业主要从事石油勘探、石油开发、石油加工和基础原材料生产。涉及勘查技术与工程（含石油地球物理勘探、地球物理测井）、资源勘查工程、石油工程（含钻井、采油、油藏工程）、油气储运工程和加工等专业方向。石油工业由“上游”和“下游”两大部分构成，上游包括石油勘探与石油开采，下游包括石油炼制与石油加工。

目前，我国有三大国有石油公司：中国石油天然气集团公司、中国石油化工集团公司和中国海洋石油总公司。

中国石油天然气集团公司（简称“中国石油集团”，英文缩写 CNPC）是根据国务院机构改革方案，于 1998 年 7 月在原中国石油天然气总公司的基础上组建的特大型石油石化企业集团；系国家授权投资的机构和国家控股公司；是实行上下游、内外贸、产销一体化、按照现代企业制度运作，跨地区、跨行业、跨国经营的综合性石油公司。作为中国境内最大的原油、天然气生产、供应商和最大的炼油化工产品生产、供应商，中国石油集团业务涉及石油天然气的勘探开发、炼油化工、管道运输、炼化产品销售、石油工程技术服务、石油机械加工制造、石油贸易等各个领域。在中国原油、天然气生产、加工和市场中占据主导地位。中国石油集团在《财富》杂志 2007 年公布的世界 500 强企业排名中名列第 24 位（按年营业

① 1 亩=666.7m²。

收入排序)。中国石油集团在中国境内东北、华北、西北、西南等广大地区拥有 13 个大型、特大型油气田企业；16 个大型、特大型炼油化工企业；19 个石油销售企业；一大批石油、石化科研院所和石油施工作业、技术服务、机械制造企业。在中东、北非、中亚、俄罗斯、南美等地区拥有近 30 个油气勘探开发和生产建设项目。2006 年中国石油集团在国内生产原油 $1.06636 \times 10^8 \text{t}$ ，生产天然气 $442.1 \times 10^8 \text{m}^3$ ，加工原油 $1.24067 \times 10^8 \text{t}$ ；同时在海外获取权益原油产量 $2807.3 \times 10^4 \text{t}$ ，天然气 $38.0 \times 10^8 \text{m}^3$ 。2006 年实现销售收入 8936.5 亿元，利润总额 1857.6 亿元、净利润 1057.6 亿元，利润在国内企业中位居榜首。

中国石油化工集团公司（简称“中国石化集团”，英文缩写 Sinopec）是 1998 年 7 月国家在原中国石油化工总公司基础上重组成立的特大型石油石化企业集团；是国家授权投资的机构和控股公司。中国石油化工集团公司主营业务包括：原油、天然气的勘探、开采、储运、销售和综合利用；石油炼制；汽油、煤油、柴油的批发；石油化工及其他化工产品的生产、销售、储存和运输；石油石化工程的勘探设计、施工、建筑安装；机电设备制造；替代能源产品的研究、开发、应用；自营和代理各类商品和技术的进出口业务；技术信息及咨询服务。中国石油化工集团在《财富》杂志 2007 年公布的世界 500 强企业排名中名列第 17 位。2006 年中国石化集团在国内生产原油 $4016.7 \times 10^4 \text{t}$ ，生产天然气 $72.7 \times 10^8 \text{m}^3$ ，加工原油 $1.57 \times 10^8 \text{t}$ 。2006 年实现主营业务收入 10646.7 亿元，实现利税 1390.3 亿元，其中利润 672.4 亿元。

中国海洋石油总公司（简称“中国海油”，英文缩写 CNOOC）是 1982 年 2 月成立的国家石油公司，负责在中国海域对外合作开采海洋石油、天然气资源。经过二十多年的发展，中国海洋石油总公司已由原先单纯从事油气开采的纯上游公司演变为主业突出、产业链完整的综合型企业集团。形成了油气勘探开发、专业技术服务、基地服务、化工化肥炼化、天然气及发电、金融服务等六大板块。2006 年中国海洋石油总公司国内外油气总产量 $4033 \times 10^4 \text{t}$ 油当量，海外权益产量 $580 \times 10^4 \text{t}$ ；实现销售收入 1324 亿元，利润达到 490 亿元。

第三节 中国石油工业概况

一、中国石油史

1. 我国古代石油的发现与利用

石油和石油的衍生物，在一定条件下会出露于地表，所以很早就被人类发现和利用。古人以石油照明、药用以及作为润滑剂，以天然气熬盐，用沥青涂船防腐和作建筑材料等。

西周时期，我国就有了发现天然气的记载。东周时，四川的劳动人民在临邛（今四川邛州市）开凿盐井时发现了天然气，并把产出天然气的井，形象地称为“火井”。临邛因有“火井”而出名，在南北朝时被定名为“火井镇”，隋朝时又改名为“火井县”。后来在我国的陕西、甘肃、云南、湖北、河北、浙江、江西等许多地方都发现了天然气。随着对天然气性能的逐渐认识，我国古代人民开始了有目的地开采和利用天然气。据史书记载，从晋朝起，古代人民就开始利用天然气熬盐、煮饭和照明了。

西汉时期，陕北延安一带的人们就采集漂浮在水面上的石油，用作燃料。到了北宋年间，又把石油加工成石烛，用来照明。元代以后，用石油生产石烛的规模越来越大，并且出

现了加工石烛的工场。到了明代，陕北人又用石油熬制出了点灯用的油，这说明四百多年前，我国就已经初步掌握了从石油中提炼灯油的技术。

在古代，石油还被作为药物使用。我们的祖先对石油的药用性能曾做过很多尝试和研究。早在南北朝时，石油就被作为药物治疗脱发。明代伟大的医药学家李时珍曾详细地总结了古代劳动人民利用石油作为药物的经验，指出石油可以“主治小儿惊风，可以与它药合做丸散，涂疮癣虫癩……”。

利用石油烟制墨，是我国古代的一个独特发明。从汉代以来，我国多用松烟墨。北宋科学家沈括制出了黑光如漆的油烟墨。由于油烟墨比松烟墨好，一时间民间大量制造，流传很广。

世界上最早记载有关石油的文字，见于我国东汉史学家班固（公元 32~92 年）所著的《汉书》中。书中记有“高奴^①有洧水可燃”。历史上，石油曾被称为石漆、膏油、肥、石脂、脂水、可燃水等。在我国古代，对石油、天然气的研究做出重大贡献的是北宋科学家沈括。在九百多年前，沈括就首先提出了“石油”这个名字。沈括在 11 世纪末成书的《梦溪笔谈》中说：“鄜延境内有石油，旧说高奴县出脂水，即此也。”1080 年沈括曾在延长一带对石油的产状、性能、用途等作过实地考察。在世界古代科学著作中，他是论述石油最详的第一人。沈括预言：“此物后必大行于世。”今天这已被实践所证实。

2. 卓筒井的发明

我国古代钻井技术的发展，大致可以分为大口浅井和小口深井两个阶段。北宋以前开凿的井，一般为大口浅井，以后开凿的井多为小口深井。大口浅井是由人直接下入井底，用锹、镐等简单工具开挖出来的；小口深井是用专门的打井机械开凿而成的，人们叫它“卓筒井”。

打卓筒井（图 1-1）需要较复杂的设备和较先进的工具。北宋中期，随着冶铁业的发

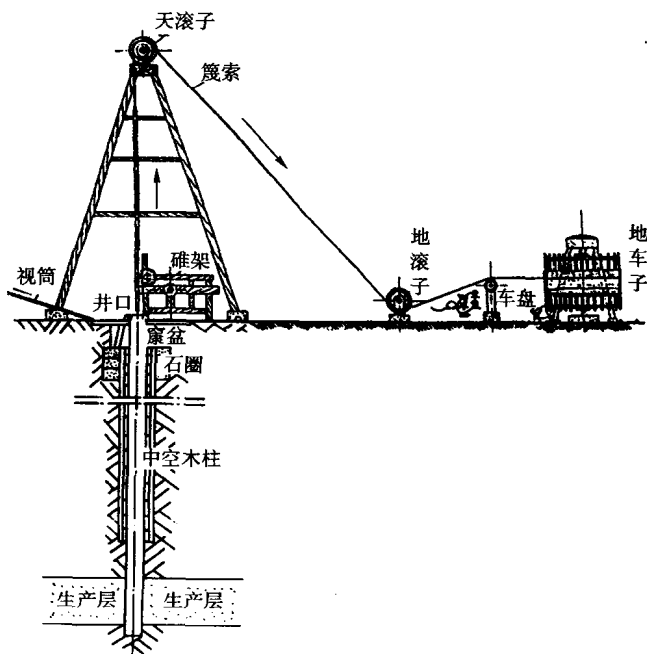


图 1-1 打卓筒井示意图

① 高奴在今陕西省延长一带，洧水是今延河一条支流。

展，劳动工具得到不断创新和改造。滑轮、杠杆等简单机械的发明与应用，为卓筒井技术的发明创造了必备的条件。

关于卓筒井的施工方法，在苏轼著的《东坡志林》上曾经有过记载。开凿这种井所用的钻头只有碗口那么大，而深度可以达到几丈。古代钻凿一口卓筒井，至少要四五年，有的需要十余年时间。

古代发现的石油，仅仅是少量露出地面的油苗。为了得到更多的石油，就需要打开地下的宝库。四川省自贡市 1835 年钻成了一口天然气井，井深 1001.42m。这是近代世界上第一口超千米的深井。后来，这口井被国务院批准为全国重点保护文物。

我国古代发明的打卓筒井技术，是世界钻井史上的一项伟大创举。后来，该技术传入西方各国，推动了世界石油工业、采矿工业的兴起和发展，对造福人类做出了卓越的贡献，因此被国外誉为世界石油“钻井之父”、中国的“第五大发明”。英国学者李约瑟在列举中国传入欧洲的重大发明时称：“中国的卓筒井技术，在 11 世纪就传入西方。1900 年以前，世界上所有的深井，都是采用中国人创造的方法打成的。”

3. 我国古代第一口油井和第一口气井

我国明代学者曹学佺在他的《蜀中广记》中曾记载：明朝正德年间（公元 1506—1522 年），四川乐山一带，在开凿盐井的时候，偶然发现有大量“油水”冒上来。这种“油水”引燃以后，可用于夜间照明。于是便继续挖掘了几口井，专门采集“油水”。美国的德雷克于 1859 年 5 月在宾夕法尼亚州打出了一口 21.69m 深的油井；俄国的谢苗诺夫于 1848 年在黑海沿岸上打了一口油井。由此可以看出，我国最早的油井比美国、俄国开凿的油井早了三百多年。

我国不仅是世界上第一口油井的开凿者，也是世界上第一口气井的开凿者。以前，西方学者大都以为世界上最早开凿天然气井的是英国。英国是 1668 年开始开采天然气的，而我国古书上记载，东汉时期（公元 25—220 年），就在四川开凿出了著名的临邛火井。由此可以看出，我国开凿天然气井的历史，比英国至少早 1500 年。

4. 我国最早开发的油田

我国最早开发的油田，是台湾省的苗栗油田。1861 年，一个叫邱苟的人，在新竹县东南的出磺坑一带发现了油苗。于是，他就在那里挖了一个 3m 深的坑，每天可采集到 6kg 原油。他用这种原油点亮马灯，还把剩余的原油卖给当地农民，用于点灯或治病。这件事很快引起了人们的注意。清朝政府知道后，便于 1876 年收归官办，并从美国请来了技师，买来了钻井机器，于 1878 年在苗栗钻凿出了第一口油井，每天产油约 750kg。

中国内地最早开发的油田是陕北的延长油田。延长油田位于我国陕西省的延长县。虽然早在两千年前我们的祖先就在这里发现了石油，但真正投入开发却是近百年的事。1840 年鸦片战争后，帝国主义列强纷纷把侵略的魔爪伸向中国，大肆掠夺我国的资源。德、日、美、俄都想获得陕北石油的开采权。有识之士为了保护祖国的石油资源，1904 年提出了开办“延长油矿”的主张。1905 年清政府批准成立了延长石油官厂，聘请日本技师到延长进行调查，最终得出了延长地区石油储藏浅、油质好的结论。1907 年延长候补知县洪寅聘日本技师佐藤弥市郎等 7 人，从日本购得钻机及炼油设备。当年 4 月在延长县西门外勘定井位、安装钻机；6 月 5 日开钻；9 月 6 日钻到井深 68.89m 处见油，每日可产原油 150~200kg；再向下钻进，于 9 月 10 日钻到井深 81m 处完井，名曰“延一井”，初期日产量 1t。

此井开采 10 年后，最高日产油量达到 1.25t，以后逐渐减少，至 1934 年枯竭停产，总计产油 2550t。1978 年，该井加深至 118m，压裂后，初日产原油 3.9t；1985 年 8 月，再加深到 152m，压裂后初日产原油 3t。随着油井的开采，“延一井”上的采油工具也由原来的橇台机器变为现代的抽油机。1985 年延长油矿建矿 80 周年的时候，原国务院副总理兼石油部部长康世恩为“延一井”题词“中国陆上第一口油井”。1996 年 11 月 20 日，“延一井”被国务院公布为全国重点保护文物。

5. 中国石油工业的摇篮

1935—1938 年，孙健初等人曾三次深入荒无人烟的甘肃祁连山地区实地考察。经过研究分析，认为玉门石油河畔的老君庙一带具备储藏油气的有利条件。根据孙健初确定的井位，1939 年 3 月开始挖掘一号井。5 月 6 日，从延长油矿运来钻机开始钻井。8 月 11 日钻至 115.5m 时，发现油层，日喷原油 10t 左右。由此发现了老君庙油田，拉开了玉门油田开发的序幕。从 1939 年到 1949 年，玉门油田共生产原油近 50×10^4 t，占同期全国原油总产量的 90% 以上。不仅能满足西北各省工业和民用的需要，同时也有力地支援了中国人民的抗日战争和解放战争。

1949 年 9 月 28 日，玉门油田获得解放，时任军事总代表的康世恩宣布接管油田。根据彭德怀“要把玉门建设成为我国石油工业的摇篮”的指示，康世恩发动广大职工积极生产原油，对解放军进军新疆和解放全国给予了强有力的支援。新中国成立后，玉门油田得到了党和政府的极大关怀和重视，被列为全国重点建设单位。油田的建设得到了全国四面八方的大力支援。到 1957 年，玉门油田的原油年产量从 1949 年的 9×10^4 t 增长到 75.54×10^4 t，占当年全国原油年产量的 87.78%。新华社于 1957 年 10 月 8 日向全世界宣布：中国第一个石油工业基地在玉门建成。1958 年，玉门油田原油产量突破百万吨大关，1959 年达到 140×10^4 t 的高峰，撑起了当时中国石油的半壁江山。

20 世纪 50 年代后期，我国石油工业开始进入大发展时期，玉门油田曾先后调出 7.8 万余人、设备 2000 多台套，从人力、技术、设备等方面有力地支援了全国各油田的建设。今天，无论是在茫茫的戈壁，还是在辽阔的草原，从天山之麓到渤海之滨，从江南水乡到华北平原，“凡有石油处，就有玉门人”。

进入 20 世纪 90 年代，玉门油田提出了“东山再起，再现青春”的响亮口号，以玉门为主体，先后开发了吐哈油田和青西油田。今天，玉门油田正在焕发新的青春。

6. 我国最大的油田

大庆油田位于黑龙江省西部、松嫩平原中部，地处哈尔滨和齐齐哈尔两市之间。油田南北长 140km，东西最宽处 73km，总面积 5470km^2 。

20 世纪 50 年代后期，国家先后对松辽盆地北部、海拉尔盆地、依兰—舒兰地堑、三江盆地等进行了石油勘探。1959 年 4 月 11 日正式开钻的松辽盆地的第三口基准井——松基三井，9 月 26 日喷出了原油，成为发现大庆油田的标志。

传来这一特大喜讯正值中华人民共和国成立 10 周年大庆前夕，当时黑龙江省的省委书记欧阳钦到现场祝贺时，提议把这个新发现的油田定名为“大庆油田”。从此大庆油田这个响亮的名字就和中国石油工业辉煌发展的历程紧紧地联系在一起了。

为了摘掉“贫油国”的帽子，1960 年 3 月，党中央决定由余秋里亲自领导，调集 37 个厂矿及院校的职工、刚毕业的学生以及 3 万多名复转军人会师大庆，展开了一场气贯长虹的

石油大会战。以铁人王进喜为代表的石油职工，克服了难以想象的困难，仅用了一年零三个月时间，就摸清楚了该地区的含油面积和储量，不到两年就初步建成了我国最大的石油生产基地。1963年，大庆油田原油年产量就达到四百多万吨。1963年12月3日，周恩来在第二届全国人民代表大会上庄严宣告：“我国石油基本自给，中国人民使用‘洋油’的时代一去不复返了。”1964年初，毛泽东发出“工业学大庆”的号召。从此，大庆油田成为中国工业的一面旗帜。

1976年，大庆油田年产油量突破 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 。进入20世纪80年代后，大庆油田走“科技兴油”之路，积极进行科学实验和技术攻关，形成了具有中国特色的石油地质开发理论。经过广大石油职工的不懈努力，大庆油田原油年产量连续27年稳定在 $5000 \times 10^4 \text{t}$ 以上，达到了世界同类油田开发的先进水平。2006年，大庆油田生产原油 $4340.5 \times 10^4 \text{t}$ ，天然气 $24.5 \times 10^8 \text{m}^3$ ，实现油气当量 $4535.9 \times 10^4 \text{t}$ 。

大庆油田在党和国家的亲切关怀下，为我国石油工业的快速发展做出了突出的贡献。在创造了巨大物质财富的同时，还培育出了“三老四严”、“四个一样”的优良工作作风和“爱国、创业、求实、奉献”的大庆精神。进入21世纪，大庆油田与时俱进，开拓创新，正以崭新的面貌屹立于祖国大地，创造出石油工业新的辉煌。

7. 我国现代石油工业成长历程

1949年，我国原油产量只有 $12 \times 10^4 \text{t}$ ，其中天然原油 $7 \times 10^4 \text{t}$ ，人造原油 $5 \times 10^4 \text{t}$ ；天然气年产量为 $0.1 \times 10^8 \text{m}^3$ ；石油探明储量为 $2900 \times 10^4 \text{t}$ ；原油加工能力为 $17.5 \times 10^4 \text{t}$ ①。

我国现代石油工业是与新中国一起成长起来的年轻工业。20世纪50年代前期，我国积极恢复玉门、延长油矿以及东北的人造石油工业，同时在西北勘探石油。1952年底，全国原油产量达到 $43.5 \times 10^4 \text{t}$ 。1956年发现克拉玛依油田，这是新中国成立后石油勘探上的第一个突破。20世纪50年代中后期石油勘探战略东移。1959年9月26日东北松辽盆地的松基三井喷油，揭开了开发大庆油田的序幕。1958年9月兰州炼油厂第一期工程建成投产。这是中国第一个年加工能力 $100 \times 10^4 \text{t}$ 的大型炼油厂。1953年10月北京石油学院（现中国石油大学）成立。1955年7月石油工业部成立。1958年10月石油科学研究院成立。1958年11月，我国第二所石油院校四川石油学院（现西南石油大学）成立。

1963年，我国原油年产量达到了 $648 \times 10^4 \text{t}$ ，基本上满足了国内需要，从根本上改变了我国石油工业的落后面貌。随后，我国又相继发现和开发了胜利油田、大港油田、辽河油田和华北油田，使全国原油产量迅速增长。从1973年起，中国开始对日本等国出口原油，为国家换取了大量外汇。1978年我国原油年产量突破 $1 \times 10^8 \text{t}$ ，从此跨入了世界产油大国的行列。1985年，全国原油年产量达到 $1.25 \times 10^8 \text{t}$ ，排名世界第六位。20世纪90年代，中西部地区油气勘探开发取得突破性进展，相继发现和开发了塔里木油田、吐哈油田，初步形成了油气资源的接替区。同时，我国在渤海、东海和南海三大海域的油气勘探开发取得了成功。1996年，我国海洋石油年产量首次突破 $1000 \times 10^4 \text{t}$ ，标志着中国海洋石油工业跨上了新台阶。

到2000年，全国原油年产量达到 $1.62 \times 10^8 \text{t}$ ，连续13年名列世界第5位；天然气产量 $227 \times 10^8 \text{m}^3$ ，名列世界第15位。到2006年，原油年产量达到 $1.84 \times 10^8 \text{t}$ ，仍居世界第5位；天然气产量达到 $595 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

① 均未包括台湾省。

二、中国油气资源与生产

我国幅员辽阔，拥有广阔的近海大陆架，具有形成石油、天然气的良好条件。可能有石油、天然气分布的沉积盆地面积达 $670 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，在世界各国沉积岩面积位次中居第三位，其中陆上面积约占 $520 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，近海大陆架面积约占 $150 \times 10^4 \text{ km}^2$ ，大大小小的沉积盆地有 500 余个。

由于石油、天然气形成的环境比较复杂，我国油气资源的分布很不均衡。石油资源主要集中在东北地区、环渤海地区、西北地区和东南部海域；天然气资源主要分布于中部地区和西北地区。根据我国含油、气盆地的地质特征和勘探程度，可划分为 6 个含油、气区，它们是：

- (1) 东部含油气区——主要包括东北和华北地区；
- (2) 中部含油气区——主要包括陕甘宁和四川、重庆地区；
- (3) 西部含油气区——主要包括新疆、青海和甘肃西部地区；
- (4) 南部含油气区——主要包括江苏、浙江、安徽、福建、广东、湖南、江西、云南、贵州和广西等省区；
- (5) 西藏含油气区——包括昆仑山脉以南、横断山脉以西地区；
- (6) 海上含油气区——包括东南沿海大陆架和南海海域。

中国油气资源相对丰富。根据 2005 年公布的中国第三次油气资源评价初步结果，全国石油总资源量约 $1021 \times 10^8 \text{ t}$ ，其中陆上约 $775 \times 10^8 \text{ t}$ ；天然气总资源量为 $47 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，其中陆上 $38.9 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。资源量是根据地质理论和有关技术预测的、远景的量。资源量中经过钻井、测试证实的那一部分油气含量叫储量。储量与资源量既有联系又有区别。通过对不同类型盆地、凹陷储量增长规律的分类研究，认为中国的最终石油可采资源量约为 $140 \times 10^8 \sim 160 \times 10^8 \text{ t}$ ，最终天然气可采资源量约为 $10 \times 10^{12} \sim 15 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。从整体上看，目前中国石油探明程度为 33%，处于勘探中期阶段，仍然具有较大的发展潜力；天然气探明程度不足 10%，尚处于勘探早期阶段，属于快速增长期。

未来 15~20 年内，随着勘探投入的增加，中国天然气储量将进入高基值稳定增长阶段。年均增长量为 $1500 \times 10^8 \sim 2000 \times 10^8 \text{ m}^3$ 。储量增长将为提高天然气产量奠定资源基础。石油资源勘探难度虽然不断加大，但从石油资源总量和平均探明程度分析，中国石油资源还有较大的潜力。通过加大勘探力度、提高采收率、增加资金投入、科技创新提高技术水平等手段，可以有效弥补产能递减，实现稳产增产目标，并有可能发现大型油田。

中国的非常规资源也很丰富。煤层气资源量约 $30 \times 10^{12} \text{ m}^3$ ，在世界上仅次于俄罗斯、加拿大，排在第三位；油页岩、油砂和沥青等也有一定的储量；中国海域还蕴藏着丰富的天然气水合物资源，可以作为常规油气资源的补充。

现在，全国有 25 个省、自治区和直辖市以及近海海域共发现了 700 多个油气田，形成了 6 大油气区。陆上建成了大庆、胜利、辽河、新疆、长庆、四川、中原、华北、大港、吉林、江汉、青海、河南等 20 多个主要生产基地。截止到 2005 年底，我国累计探明石油地质储量 250 多亿吨，累积可采储量 $70 \times 10^8 \text{ t}$ ，剩余可采储量还有 $25 \times 10^8 \text{ t}$ 。2006—2010 年，中国原油年产量将维持在 $1.8 \times 10^8 \sim 2.0 \times 10^8 \text{ t}$ 之间。目前中国的储采比只有 14:1，而中

东国家达到 80 : 1, 世界平均水平也是 40 : 1。中国天然气探明储量主要集中在 10 个大型盆地, 依次为渤海湾、四川、松辽、准噶尔、莺歌海—琼东南、柴达木、吐哈、塔里木、渤海、鄂尔多斯。在近几年能源紧缺的背景下, 中国陆地和海上气田的开发都得到了较快的发展。截止到 2004 年底, 我国天然气累计探明地质储量为 $4.1 \times 10^{12} \text{m}^3$ 。中国天然气储量的增长已由幼年期进入了青年期。2005 年我国天然气的储采比为 45 : 1, 远高于我国石油的储采比。据预测, 到 2010 年和 2020 年天然气累计探明储量可能分别达到 $4.9 \times 10^{12} \text{m}^3$ 和 $7.5 \times 10^{12} \text{m}^3$, 这就意味着至少到 2020 年中国天然气的储量增长仍保持着青年期的特点。同时, 我国天然气产量也将快速增长, 2010 年达到 $900 \times 10^8 \sim 1100 \times 10^8 \text{m}^3$, 2020 年达到 $1500 \times 10^8 \sim 1700 \times 10^8 \text{m}^3$ 。

三、发展方针和任务

中国是一个油气生产大国, 同时也是油气消费大国。2006 年我国一年生产的原油是 $1.84 \times 10^8 \text{t}$, 但我们消耗了 $3.30 \times 10^8 \text{t}$, 其中的 $1.46 \times 10^8 \text{t}$ 从国外进口, 对外依存度在 44% 左右。国际能源机构预测, 2010 年中国消费原油总量的 50% 需要从国外进口。油气作为能源, 是一种重要的战略物资, 从一定意义上来说, 谁掌握了石油, 谁就掌握了世界的经济命脉。为此, 必须尽快采取相应的对策措施, 加快改革和发展。在极力稳定东部老油田产量的同时, 积极勘探开发西部新区和海上油气资源, 使之成为战略接替油区。中国政府要求石油、石化企业努力走出去, 到海外寻找资源, 这也是我们必须的选择。

我国天然气资源丰富, 但生产规模很小, 远未进行充分的勘探、开发和利用。我国在天然气利用方面远低于世界的平均水平。全球天然气占总能源消费的 20% 以上, 而这一比重在我国只有 3%, 甚至低于印度的 8%。

我国是石油消费大国, 但石油资源使用不尽合理。能耗高、效率低、浪费现象比较严重。因此, 节约能源, 特别是石油资源就显得非常重要了。在石油的利用效率上, 我国每千美元 GDP 是 0.2t, 而美国是 0.1t。利用效率不高体现在两个方面: 一是就石油、石化本身而言, 在生产过程中, 没有把最好的宝贵资源全部变成成品油; 另外在使用过程中, 无论是我们的电力用油、汽车用油与国外相比都有很大的差别。比如说我们使用燃料油发电, 这本身就是一种浪费。

基于上述缘由, 我国石油工业的发展方针是: “立足国内、开拓国际、加强勘探、合理开发、厉行节约、建立储备。”我国石油工业将实施市场化、国际化、低成本、科技创新和持续重组战略。重点进行结构调整, 改善石油储采结构, 提高天然气对原油产量的比例、增加境外份额油与国内原油的比例, 优化油气在我国一次能源消费结构中的比例。以较小的经济代价换取石油的长期稳定供应, 保障国民经济持续稳定健康发展。大力加强油气勘探, 合理有效地开发和利用有限的资源。加速发展天然气工业, 积极改善储采结构和消费结构。严格执行厉行节约的法规, 抑制不合理消费。逐步建立和完善国家战略储备体系, 稳步发展石油替代产品。提高应对突发事件的能力, 保障国家石油供应的安全。

在“十一五”期间, 我国石油工业发展的任务和政策是: 加大石油、天然气资源的勘探力度。加强油气资源调查评价, 扩大勘探范围。重点开拓海域、主要油气盆地和陆地油气新区。开展煤层气、油页岩、油砂、天然气水合物等非常规油气资源的调查勘探, 推进油气勘探开发主体的多元化。实行油气并举, 稳定增加原油产量, 提高天然气产量。加强老油田稳

产改造，延缓老油田的产量递减。加快深海海域和塔里木、准噶尔、鄂尔多斯、柴达木、四川盆地等地区的油气资源开发。坚持平等合作、互利共赢，扩大境外油气资源的合作开发。在沿海地区适度建设进口液化天然气项目。扩建和新建国家石油储备基地。加快油气干线管网和配套设施的规划建设，逐步完善全国油气管线网络。建成西油东送、北油南运的成品油输送管道。适时建设第二条西气东输管道及陆路进口油气管道。

第四节 世界石油工业简介

一、世界石油工业发展史

国外首先提出石油（Petroleum）一词的是德国人乔治·拜耳，他于公元1556年在一篇论文中提到石油。在拉丁文中，Petra指岩石，Oleum指油，合在一起意即岩石中的油。一般认为，近代石油工业是从1859年美国的E. L. 德雷克在宾夕法尼亚州钻成第一口井开始的。其后的90多年间，美国的石油产量一直居世界第一，约占该时期世界总产量的50%~70%。海湾地区的油气资源最为丰富，居世界第一。1908年，伊朗率先在海湾发现了油田，但由于地处沙漠，加之工业水平较低，直到第二次世界大战后才迅速发展起来。俄国从1863年开始生产石油，由于油气资源丰富，加上十月革命后工业水平较高，很快成长为产油大国。20世纪50年代以来，苏联陆续发现和开发了伏尔加乌拉尔和西西伯利亚两大油气区。自1975年起，苏联原油年产量超过美国，今天俄罗斯的原油产量仍居世界前列。世界海洋石油的勘探开发是1890年在美国加利福尼亚州的海边开始的。

20世纪40年代是世界发现油田的最活跃时期。到60年代达到顶峰，进入70年代发现油田的数量急剧减少。从石油使用的角度看，世界石油发展史可以概括为三个阶段。

1. 煤油时代

近代石油工业是从19世纪50年代开始缓慢发展起来的。当时，人们仅从石油中提炼煤油，用来点灯照明。煤油灯成为当时世界上最时髦、最明亮的灯。至于石油中比煤油轻的汽油和比煤油重的其他组分，则被当作易燃易爆的危险品或又脏又臭的废品，弃之唯恐不及。

2. 汽油时代

1878年内燃机发明成功；1885年汽车开始问世。大量的汽车需要汽油；摩托车、螺旋桨飞机、汽艇等用的也是内燃机，也需要汽油。但石油中所含的汽油组分有限，于是把重质组分加热裂化成汽油组分的裂化工艺应运而生，从而促进了石油工业的发展。1900—1940年，原油主要用来提炼汽油，因而被称为汽油时代。

3. 燃料和化工原料时代

1940年以后，化学工业的发展，需要用石油产品作为它的优质原料，逐步形成了新兴的以石油和天然气为原料的石油化学工业。从1951年起到1967年，美国等发达国家基本上完成了石油代替煤炭成为首要能源的历史性变革。加之近代喷气式飞机和航天事业的发展，要求高质量的石油产品作为燃料。石油工业就必然发展到燃料和化工原料时代。

1973年发生了世界第一次石油危机，油价大幅度上涨，结束了廉价油的时代。这也促使各国寻找新的替代能源并努力提高降耗节能水平，但石油的燃料和化工原料时代仍将在很长的历史时期内持续下去。