



全国高校素质教育教材研究编审委员会审定

中国石油企业技术创新 管理理论与实践

董秀成 刘炳义 高 建 编著



 中国科学技术出版社

图书在版编目(CIP)数据

中国石油企业技术创新管理理论与实践/董秀成等编著. —北京: 中国科学技术出版社, 2007.4

ISBN 978-7-5046-4754-2

I. 中… II. 董… III. 石油工业—工业企业管理—技术革新—研究—中国
IV. F426.22

中国版本图书馆CIP数据核字(2007)第105223号

自2006年4月起本社图书封面均贴有防伪标志, 未贴防伪标志的为盗版图书。

中国石油企业技术创新管理理论与实践

董秀成 刘炳义 高 建 编著

责任编辑: 周晓慧 许 慧

特约编辑: 李玉清

责任印制: 王 沛

封面设计: 张骥年

出版发行: 中国科学技术出版社

社 址: 北京市海淀区中关村南大街 16 号 邮编: 100081

电 话: 010-62103210 传真: 010-62183872

排 版: 科士洁文印中心

印 刷: 北京正道印刷厂

开 本: 787mm×1092mm 1/16

印 张: 12.625

字 数: 296 千字

版 次: 2007年8月第1版

印 次: 2007年8月第1版印刷

书 号: ISBN 978-7-5046-4754-2/F·509

定 价: 38.60 元

版权所有 翻印必究

如有印装质量问题, 请将本书寄回编委会由我们负责为您调换

地址: 北京市海淀区交大东路 62 号西楼 208 室 100044

目 录

第一章 绪论	1
第一节 科学技术对石油工业的推动作用	1
一、科学技术推动了石油产储量的不断提高	1
二、科学技术降低了石油勘探开发的成本	3
三、技术创新在我国石油企业中的重要作用	6
第二节 石油企业技术创新的研究意义、现状、理论依据和方法	10
一、技术创新的研究目的与意义	10
二、技术创新的研究现状	11
三、技术创新研究的理论依据	14
四、技术创新研究的方法与技术路线	16
第二章 国外石油企业技术创新体系研究	18
第一节 技术创新体系概述	18
一、企业组织结构	18
二、技术创新组织体系的设计和选择	22
三、技术创新项目的组织形式	23
第二节 国外石油公司技术创新体系	27
一、国外石油公司技术创新体系概述	27
二、国外石油公司技术创新体系的特点	38
第三章 石油企业技术创新战略	41
第一节 技术创新战略比较分析	41
一、自主创新	41
二、模仿创新	42
三、模仿创新造就后发优势	43
四、模仿创新实现石油工业技术跨越发展	43
第二节 基于元胞自动机的石油企业技术创新竞争演化研究	45
一、概述	45
二、元胞自动机的基本特征及其扩展	45
三、基于元胞自动机的石油企业技术创新竞争演化的系统仿真	46
第三节 石油企业技术跨越战略研究	48
一、石油企业技术跨越战略	48

二、石油企业技术跨越战略拐点分析	49
三、石油技术跨越战略核心技术族分析	51
第四章 石油企业技术创新项目管理	53
第一节 国外石油企业技术创新项目管理	54
第二节 石油技术创新项目运作机制	55
一、收集信息	55
二、项目立项	57
三、项目计划编制	57
四、项目组织形式与管理方式	57
五、项目过程管理	57
第三节 石油技术创新项目管理	59
一、项目评估	59
二、项目可行性研究	59
三、项目中评估	59
四、项目验收	59
第四节 石油技术创新项目执行	60
一、项目经费管理	60
二、项目管理信息汇报	60
三、项目成员考核	61
第五节 案例：哈里伯顿公司	61
一、对研究与开发的认识	61
二、对产品的定义	62
三、对产品生命周期的理解	63
四、产品开发模式	63
五、研究与开发管理模式	66
六、研究与开发项目的具体运作	67
七、对失败项目的管理	69
八、对研究与开发资产的管理	69
第五章 石油企业技术创新能力评价	70
第一节 技术创新能力与核心竞争力培育	70
一、企业技术积累	70
二、技术创新能力	73
三、企业核心竞争力及其培育	75
第二节 石油企业技术创新评价	80
一、石油企业技术创新指标体系构建原则	81
二、指标定量化与指标体系构建	82
三、石油企业技术创新评价指标实际应用	84

第六章 石油企业合作创新研究	87
第一节 技术创新模式.....	87
一、自主创新.....	87
二、模仿创新.....	92
三、合作创新.....	98
第二节 石油企业合作创新研究.....	102
一、石油企业合作创新成本——收益分析.....	103
二、石油技术创新项目合作伙伴选择.....	111
第七章 石油企业技术创新成本、效益和风险	119
第一节 技术创新的成本与收益.....	119
一、技术得到成本和效益.....	119
二、技术转换成本及效益.....	121
三、技术创新的经济特性.....	122
第二节 技术创新投入的阻力与对策.....	123
一、技术创新投入的阻力.....	124
二、技术创新投入的对策.....	124
第三节 技术创新风险.....	125
一、技术风险.....	125
二、市场风险.....	125
三、财务风险.....	126
四、政策风险.....	126
五、生产风险.....	126
六、管理风险.....	126
第四节 石油企业技术创新风险评价与规避.....	126
一、技术创新风险分析.....	126
二、石油企业技术创新风险评价.....	129
三、石油企业技术创新风险规避.....	132
第五节 技术创新成功因素.....	136
一、技术创新成功的特征.....	136
二、技术创新成功的过程因素.....	138
三、技术创新成功的其他因素.....	138
第八章 石油企业技术创新的激励	140
第一节 技术创新激励的基本框架.....	140
一、我国技术创新激励的问题.....	140
二、技术创新激励的基本框架.....	141
第二节 技术创新的主要激励.....	141
一、产权激励.....	141

二、技术的商品化激励·····	143
三、市场激励·····	144
四、政府激励·····	145
五、行政激励·····	147
第三节 案例：H 公司企业技术创新激励·····	149
一、H 公司概况·····	149
二、H 公司技术创新体系的基本框架·····	149
三、H 公司技术创新组织体系·····	150
四、研究与开发项目管理·····	151
五、研究与开发人员管理·····	152
第九章 石油企业技术创新知识产权·····	153
第一节 国外知识产权保护·····	153
第二节 国内知识产权保护·····	155
第三节 知识产权制度在技术创新中的作用·····	157
一、激励发明创造·····	157
二、有效配置技术创新资源·····	157
三、促使新技术商品化和市场化·····	158
四、保护技术创新成果，并有利于市场形成公平有序竞争的法律环境·····	158
五、有利于引进先进技术和外部资金·····	158
第四节 企业技术创新工作中的知识产权管理·····	159
第五节 案例：国内石油石化领域专利现状·····	161
一、国内石油石化领域专利申请的概况·····	161
二、国外公司在中国申请石油石化专利的概况·····	163
三、国内石油石化专利状况对比·····	163
第十章 中国石油企业技术创新体系及配套机制研究·····	165
第一节 中国石油企业技术创新体系的历史演变·····	165
一、起步阶段（1949～1958 年）：技术创新体系初步形成·····	165
二、全面建设阶段（1958～1966 年）：大范围油田级研发机构纷纷成立·····	166
三、曲折前进阶段（1966～1972 年）：文化大革命对石油科技的影响·····	167
四、纵深发展阶段（1972～1978 年）：直属研究机构、企业二级研发 机构纷纷建立，研发体系基本形成纵深发展，三级研发体系基本形成·····	168
五、完善与改革阶段（1978～1997 年）：专业覆盖面、院所规模不断 扩大，条件不断改善发展完善，专业齐全、规模扩大、条件不断改善·····	168
六、深化改革阶段（1998～1999 年）：石油石化企业大重组·····	169
七、不断完善阶段（2000 年～）：技术创新的不断完善·····	169
第二节 中国石油集团公司技术创新的总体战略目标·····	170
一、总体思路及战略目标·····	170

二、技术中心建设战略目标.....	171
第三节 中国石油企业技术创新体系建设构建——以 CNPC 为例.....	174
一、技术创新体系构建方案一.....	175
二、技术创新体系构建思路二.....	177
第四节 油田工程技术服务企业技术创新体系构建——以某地区石油工程 技术服务公司为例.....	178
一、技术创新体系构建方案一.....	178
二、技术创新体系构建方案二.....	181
第五节 中国石油企业技术创新配套机制研究.....	183
一、知识产权管理.....	183
二、技术市场贸易.....	185
三、技术创新激励机制.....	187
四、石油企业知识共享体系.....	188
参考文献.....	190

第一章 绪 论

第一节 科学技术对石油工业的推动作用

一、科学技术推动了石油产储量的不断提高

石油产储量增长是石油工业经济增长的第一因素，在历史上科学技术进步为石油产储量的增长提供了巨大动力。

（一）科学技术进步推动世界石油产储量的提高

20 世纪 60~70 年代，世界上曾流行石油储量短缺，石油工业很快步入穷途的预言。然而 1970 年以后，世界石油工业的发展完全否定了这种悲观论调。1971~1996 年的 26 年间，世界石油总产量为 806.4 亿吨，但新增储量达到 1 610 亿吨。到 1997 年初，全球石油探明储量已由 1971 年的 729.4 亿吨上升到 1 537.2 亿吨，石油储采比由 28.3 提高到 43.1。1980~1999 年的 20 年间，全球年石油产量基本保持在 30 亿吨左右，其间累计采出原油 600 多亿吨，而世界石油剩余探明可采储量 1980 年为 880 亿吨，到 1999 年不但没有减少，反而增加到 1 386 亿吨。2000 年世界石油和天然气剩余探明储量分别为 1 409 亿吨和 149 万亿立方米，可谓是“越采越多”。

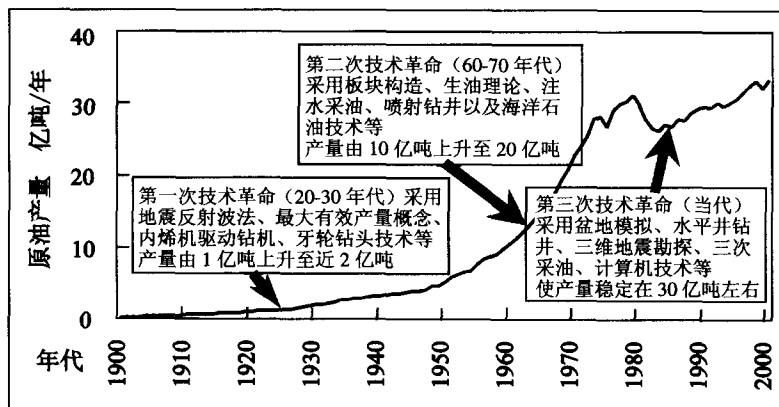


图 1-1 世界石油产量增长

世界石油工业储产量稳步增长，其决定性因素是科学技术的进步。特别是近年来世界石油勘探面临更加严峻的形势，勘探向深层、深水 and 边远地区、极地地区等地下和自然地理条件困难的地区发展。勘探成熟度越来越高，已发现油气田的勘探成熟区仍然是常规油气勘探的主战场。由寻找构造圈闭向寻找隐蔽圈闭发展；由寻找巨型油气藏向同时注重寻找中、小型油气藏的方向发展。

在世界范围内，直到 20 世纪 20 年代，由于没有出现能使石油工业快速发展的石油技术，这段时间内其进展不大。

20 世纪 20~50 年代，在石油勘探方面，由“前期地质时期”进入背斜理论时期。重力、地震折射波和地震反射法开始使用，从而使人们在平原和盆地地区都能从事油气勘探活动。微古生物学、沉积学、地层学和古地理学等被引入石油地质领域；石油钻井技术进入发展时期，出现了大马力钻机、新型牙轮钻头，并有了化学处理剂以改进钻井液和固井水泥的性能，提高了固井质量，也发展了深水钻井和完井技术。油田开采方面，由密集钻井、盲目开采到开始懂得地下油藏是一个统一的水动力系统，提出了最大有效产量的概念。同时发展了蒸汽法开采稠油，广泛应用注水开发技术，等等；采油工艺也得到发展，井下无杆泵开始使用，酸化等改造油层的技术有了发展。由于科学技术的进步，这段时间的年产量由 9 437 万吨上升到 19 316 万吨。储量增长也十分迅速，1925~1930 年，世界年平均发现原油约 27 亿吨；1935~1940 年，年平均发现石油约 41 亿吨；1940~1950 年，年平均发现石油为 33~35 亿吨。

20 世纪 60~70 年代，石油地质理论方面诞生了板块构造理论；地震勘探技术方面出现了叠加技术和数字记录仪，同时数字计算机也进入石油行业，数字处理中心替代了原来的模拟回放中心；钻井方面发展了喷射钻井、定向钻井和优选参数钻井，发展了 PDC 钻头和泡沫水泥固井技术；油田开发方面，广泛使用注水提高油层压力、大型水力压裂技术、蒸汽吞吐开采剩余油和稠油的方法。由于科学技术的进步，这段时间年平均发现石油 37~56 亿吨，原油年产量由 10 亿吨上升到 20 亿吨。

20 世纪 80 年代以来，新的科学技术革命为石油工业的发展注入的新的活力，特别是以计算机、信息技术为特征的知识经济为石油工业的发展带来了新理论、新方法和新工艺，主要有：油气系统、盆地模拟、油藏描述和数值模拟等，同时还包括水平井、分枝井钻井技术、小曲率半径水平井、连续油管钻井、自动化钻井，高分辨率地震、3D、4D 地震及地震资料处理解释一体化技术，层析成像、核磁测井、成像测井，油气生产自动化与优化运行、远程生产等。这些科学技术的进步使石油储量继续保持增长的态势，全球原油年产量维持在 30 亿吨左右，2000 年甚至达到了 35 亿吨（见表 1-1）。

表 1-1 世界石油工业产量增长简表

	第一次技术革命	第二次技术革命	第三次技术革命	...	
时间	1920~1930 年	1960~1970 年	当代	1999 年	2000 年
产量	由 9 437 万吨上升至 19 316 万吨	由 10 亿吨上升至 20 亿吨	维持在 30 亿吨左右	32 亿吨	35 亿吨

（二）推动中国石油产储量稳步增长

从中国石油工业的发展现实来看，50 多年来的中国石油工业发展史就是一部科学技术进步史。过去 50 多年，既是中国石油工业由小变大、由弱变强的发展过程，也是石油科学技术由浅薄、单一到深入广泛的发展过程。每一次重大发现，每一个难题的解决，无一不是依赖科学技术。正是由于石油科学技术的不断进步，才使中国石油产储量实现稳步增长。其 50 多年来的发展大体可分为三个阶段：

表 1-2 世界探明储量增长情况简表

年份	剩余可采储量 (亿吨)	年份	剩余可采储量 (亿吨)	年份	剩余可采储量 (亿吨)
1950	130.0	1990	1 364.9	1996	1 389.7
1960	372.6	1991	1 357.6	1997	1 411.3
1970	751.1	1992	1 365.8	1998	1 411.3
1975	731.7	1993	1 368.7	1999	1 385.8
1980	892.0	1994	1 363.7	2000	1 402.8
1985	959.1	1995	1 374.1		

1. 重大发现阶段 (1949~1968 年)

在地质理论上研究建立了陆相石油地质理论, 推翻了西方一些地质学家认为陆相地层支离破碎、形不成大中型油气田的错误见解, 为中国石油工业发展奠定了科学基础。依靠背斜说理论、模拟磁带地震勘探技术、电法测井技术和优质快速钻井技术等, 于 1955 年发现了克拉玛依油田, 特别是 1959 年和 1964 年相继发现了大庆油田和渤海湾油区(大港、胜利、辽河)。这一批油田储量和产量至今仍占陆上石油产储量的 80% 以上, 1968 年全国原油产量达到 1 600 万吨。

2. 快速增长阶段 (1969~1978 年)

在地质勘探方面, 完善和发展了陆相石油地质理论——源控论, 即东部地区不同盆地第三系地层皆围绕生油中心, 并在其四周可形成一系列不同类型的油藏。依靠这个理论和继续发展的古潜山找油理论, 并采用新一代二维数字地震技术、喷射钻井技术等, 在陕甘宁、江汉、江苏及华北发现了一批岩性、断块和古潜山油田。油田开发方面, 以大庆油田为代表, 研究发展了分层注水、分层测试、分层开采技术; 渤海湾油区研究发展了断块油田开采技术, 使原油产量每年递增 1 000 万吨, 到 1978 年以任丘油田投入开发为标志, 中国原油产量突破了 1 亿吨大关, 跻身世界产油大国的行列。

3. 稳步上升阶段 (1979~现在)

在“稳定东部, 发展西部, 油气并举”方针的指引下, 加强了西部地区的勘探力度。西部地区地面地下条件十分复杂, 勘探开发难度更大。通过采用一系列新理论、新方法、新工艺, 油气勘探有了重大突破, 油气产储量增长进入稳步上升阶段, 特别是天然气探明储量上升较快, 为西气东输提供了坚实的资源保证。自 1980 年以来, 东部主力油田进入高含水阶段, 每年自然递减 2 000 万吨以上。通过采用调剖、堵水、层系调整以及三次采油提高采收率技术, 不仅抑制了油田减产, 反而使东部各油田产量有所增加。大庆油田实施“稳油控水”技术, 已使石油年产量连续 25 年稳产 5 000 万吨。

二、科学技术降低了石油勘探开发的成本

降低成本是石油企业提高经济效益的重要手段, 随着勘探开发环境的日益复杂化, 石油企业更是把降低成本作为其基本经营战略, 而依靠科学技术进步降低勘探开发成本是其主要途径。

(一) 降低了国际石油公司勘探开发成本

国际石油公司竞争战略已进入依靠高新技术取胜的时代, 其实质就是通过科学技术

创新, 依靠新理论、新技术、新工艺来降低石油勘探成本、开发成本和操作成本, 进而提高竞争力。在这一战略思想指导下, 国际石油公司 20 世纪 90 年代以来特别重视高新技术的大力开发与实施, 为油气勘探开发成本的不断降低起到了巨大作用。

国外石油公司控制原油成本主要有以下几方面措施: ①靠合理投资决策防止成本升高; ②靠新型经营管理体制控制成本; ③靠科学技术开发和应用降低成本; ④靠精减队伍、限制开支节约成本, 等等。其中, 石油科学技术进步对降低石油成本起到了巨大作用。近 10 年来, 西方大石油公司勘探开发成本下降了 40.8%, 生产成本下降了 24%, 完全成本下降了 33.8%。

从 1999 年高油价情况下美国前 50 家大石油公司成本下降的数据也可可见一斑: 1999 年美国前 50 家大石油公司的每桶油当量储量的勘探开发及购置成本合计下降了 42%, 降至 5.13 美元, 其中勘探开发成本约下降 60%, 降至 5.18 美元, 是 1995 年以来的最低水平。1999 年储量替补总成本比近三年 (1996~1998 年) 的储量替补平均成本低 16%, 尽管其中购买储量的成本上升了 27%, 达到 5.01 美元/桶油当量。1999 年, 随着石油天然气价格的上升, 石油税收也有所提高。尽管如此, 这 50 家石油大公司的油气生产成本仍下降了 4.6%, 降至 3.53 美元/桶, 创近五年来的最低水平。下面以图表方式进一步说明近年来国际石油公司的成本变化情况, 见表 1-3、表 1-4、图 1-2。

表 1-3 美国 11 家大石油公司的油气成本变化情况 (美元/桶油当量)

	1986 年	1995 年	变化情况
发现成本*	7.93	4.59	-42.1%
生产成本	4.71	4.09	-13.2%
总成本	12.64	8.68	-31.3%

注释: 发现成本包括勘探成本和开发成本

表 1-4 七大石油公司近十年勘探成本变化 (桶/美元)

年 份	阿莫科	BP	雪佛龙	埃克森	莫比尔	壳牌	德士古	年平均
1990	2.91	4.55	3.65	3.28	3.82	2.78	3.24	3.46
1991	3.69	2.40	6.50	7.22	6.32	1.80	3.16	4.44
1992	5.29	1.77	4.18	2.52	5.21	3.58	5.54	4.01
1993	2.90	2.24	2.51	2.33	2.26	1.89	2.17	2.33
1994	1.83	1.99	1.43	2.62	2.96	2.05	1.18	2.01
5 年平均	3.32	2.59	3.65	3.59	4.11	2.42	3.06	3.25
1995	2.38	1.47	0.99	1.24	2.08	2.95	1.40	1.79
1996	1.52	1.18	1.33	1.12	0.87	1.57	1.50	1.30
1997	1.00	0.82	1.27	0.60	0.86	0.74	0.96	0.89
1998	1.49	1.40	0.63	1.18	1.53	1.19	-	-
1999	0.35	1.02	0.59	1.35	0.75	0.72	-	-
5 年平均	1.35	1.06	1.20	0.84	1.01	1.56	1.23	1.18

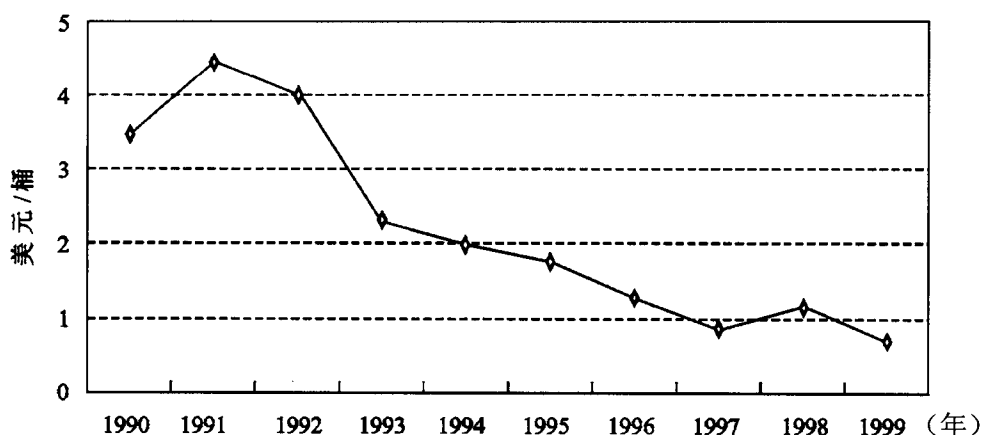


图 1-2 国际大石油公司近十年成本下降趋势

(二) 科学技术进步降低了中国石油勘探开发成本

长期以来, 中国油气的勘探开发成本普遍较高, 严重地影响了石油企业经济效益的增长。但是近些年的情况也发生了变化, 表现在中国油气的勘探开发成本出现了下降的趋势。以中石化股份公司为例, 近三年成本下降情况如表 1-5 所示。

表 1-5 1997~1999 年中石化股份公司油气成本数据

单位: 美元/桶油当量

时 间	1997	1998	1999	三年平均
单位勘探成本	1.18	1.07	0.73	0.99
单位勘探开发成本	4.6	3.69	2.88	3.72

资料来源: 根据中石化股份公司上市招股说明书测算

鄂尔多斯盆地在“九五”期间, 油气勘探取得了举世瞩目的成就, 勘探效益也逐年提高, 平均探明每桶当量油气可采储量成本仅 0.36 美元, 远远低于中国石油股份公司 1.48 美元/桶的平均水平。

20 世纪 90 年代中期以来, 中国油气勘探开发成本不断下降是由综合因素造成的: 一是勘探开发的投入增长不快; 二是勘探开发的领域相对集中于成熟地区; 三是大力推进科学技术进步。其中, 科学技术进步在油气勘探开发成本的持续下降方面起到了决定性的作用。科学技术进步在降低中国油气勘探开发成本中的作用主要表现在以下几个方面:

一是在油气田开发方面。针对中国油气藏类型复杂, 储层非均质性的特点, 通过多年来的联合攻关, 已经基本形成了一整套解决“复杂特殊油气田”的行之有效的理论和技术, 如高含水油田油藏精细描述、剩余油监测和“稳油控水”、聚合物驱三次采油等技术。低渗、特低渗油田开采与稠油开采也有了一定的进展, 并形成系列配套技术。

二是在物探技术方面。中国在引进的同时, 研制了 24 位遥测地震仪及 30 吨级可控震源, 地震分辨率有了一定的提高。西部地区应用三维地震勘探技术, 大大提高了勘探效益。国产地震勘探解释和油藏描述软件也不断完善。

三是在钻井工程方面。形成了喷射钻井、优选参数钻井、定向井与丛式井、各类水平井、深井超深井,高陡构造钻井等各种类型和各种地质条件下的钻井配套技术,包括钻井工艺、钻井液完井液、钻机改造与井下工具研制等。此外,在岩石力学、岩石可钻性、井壁稳定机理、钻井管材工具失效分析、地层压力预测、油层保护等方面的基础研究也取得了长足的进展。

四是在测井技术方面。以成像测井和核磁测井为核心的油气层识别和评价技术,为准确描述储层特征和油气分布,提高探井和评价井的油层识别率,特别是评价和识别特殊岩性、低阻等复杂油气层发挥了极其重要的作用。

三、技术创新在我国石油企业中的重要作用

为了更详细地分析科学技术在石油工业中的重要作用,通过下面三个典型实例来进行剖析。这三个典型实例分别代表了中国新开发的油气田、持续稳产的油气田和产储量重新增长的油气田,由此可以更有力地说明科学技术在石油工业发展中的特殊作用。

(一) 综合勘探技术创新导致塔里木盆地库车坳陷克拉2气田的发现

1. 克拉2气田概况

克拉2气田位于库车坳陷克拉苏构造带东段,于1998年1月发现,发现井为克拉2井。2000年4月完成评价勘探工作,根据 $1\text{km}\times 0.75\text{km}$ 二维地震测网、5口探井加高水平的前期油藏描述技术,探明天然气地质储量为 $2\,506.1\times 10^8$ 立方米,可采储量为 $1\,879.58\times 10^8$ 立方米。

2. 前期油藏描述技术

克拉2气田评价勘探过程的最大特点是:滚动式的勘探部署和滚动式的油藏描述。克拉2气田是经过3次二维地震测网部署、4轮5口探井钻探而探明的,从发现到探明仅用了两年时间。前期油藏描述技术在克拉2气田平价勘探和储量计算过程中,发挥了重要的作用。

前期油藏描述技术,指从发现油气藏到探明储量过程中,即评价勘探阶段,使用的综合性勘探评价方法,其目的是综合应用地震、钻井、录井、测井、试油、试采、分析化验等资料建立含油气地质体模型、描述圈闭及油气藏形态,研究油气藏类型和特征,指导勘探部署实现以尽可能少的探井控制或探明更多的油气储量的目的。

3. 先进实用的勘探工程技术

克拉2气田通过开展山地地震、钻井、测试、测井等勘探技术的攻关和新技术的推广应用,保证了高质量地取全取准各项资料,确保了安全施工作业,实现了高速度、高水平、低成本、高效益探明大气田的目的。

(1) 库车山地地震勘探技术

塔里木油田分公司组织物探局和四川山地公司联合攻关,形成了一整套适合库车山地地震资料采集、处理的技术系列,使地震资料品质明显提高;通过引进、消化、吸收国外冲断构造体系的最新理论和思路,库车地震地质构造建模和解释技术逐渐成熟,为库车坳陷油气勘探提供了目标。

(2) 克拉2气田钻井技术

克拉2气田完井5口,进尺20 840m。在钻井过程中,大力推广偏轴钻具组合和井下动

力钻具+PDC 钻头的防斜快钻技术,并开展钻头设计与选型技术研究,大幅度提高了钻井速度;应用平衡压力钻井技术和高密度防漏堵漏钻井液技术,实现了安全钻井和保护气层的目的;高压气层小间隙固井技术的研究与推广,保证了固井质量;管理上,实行总包与日费结合的激励性钻井生产经营管理模式。钻井技术的提高,大大缩短了钻井周期,节约了成本。

通过在钻井液体系、钻头选型、动力钻具使用、平衡压力钻井和高压气层小间隙固井等 5 个方面进行技术攻关,经过两轮四口评价井的实践,特别是在第二轮两口评价井克拉 203、克拉 204 井上,钻井技术取得了突破性的进展,钻井速度得到了实质性的提高。

(3) 高压气井测试技术

1998 年开始,塔里木油田分公司组织了山前高压气井测试技术攻关,重点解决地面油气控制和井下压力控制两个关键技术环节,形成了“两套测试压井液、两种测试方式、四种测试管柱组合,井口采用高压控制头”的超高压气井测试配套技术,安全、快速、成功地完成了克拉 2、201、203、204 井的测试工作,最终共测试 5 井 30 层,并对克拉 201 井进行了 4 段修正等时试井,对克拉 203 井进行了试采,取全、取准地层测试资料,取得流体分析样 198 个,其中 PVT 样 8 个。

(4) 测井新技术推广应用

5 口井全部使用 CSU 测井系列,目的层除常规测井外,还增测了地层倾角测井,克拉 2、201、203、204 井还应用阵列感应(AIT)、偶极横波(DSI)及地层微电阻率扫描成像测井(FMS)等技术,保证了气水界面的识别,提高了发现和识别油气层的能力,提高了测井储层参数计算精度。在克拉 203、204 两口井成功地应用了快速平台测井技术(PE_x),大大地提高了复杂井的测井效率和质量。为了确保测井资料品质,提高测井技术含量,先后在 4 口井进行了测井新技术的推广应用,系统引进并应用了斯仑贝谢公司 20 世纪 90 年代最新的成像测井系统——MAXIS-500。主要技术有:阵列感应成像测井(AIT)、偶极横波成像测井(DSI)、快速平台测井(PE_x)、小井眼扫描成像测井(FMS),为完成探明储量发挥了重要作用。

(二) 油田开发技术创新保证了大庆油田持续高产和稳产

大庆油田的开发技术在中国油田开发中非常具有代表性,特别是对“八五”期间油田的开发环境进一步恶化的情况。大庆油田以稳产为中心,以挖掘油田可采储量潜力、降低投资和成本、提高经济效益为目标,制定了油田开发方针和实施措施,对一些关键技术开展综合研究,在油田持续稳产上见到了明显效果,为“九五”以至更长时期的稳产奠定了技术基础。

1. 稳油控水技术

大庆、拉萨、杏油田在高含水中、后期开采阶段,结合本油田实际(液油比急剧增长,地面工程难以适应,油层非均质严重,导致各类井、层开采不平衡),采用稳油控水的开发模式,有计划地优选调整措施来实现各类井的产液和含水结构调整,达到了控制水量增长的目的,实现了较长时间的油田稳产。

2. 先导性开发试验技术

超前进行先导性开发工艺试验的目的是超前认识油田开发客观规律和技术难点,从而超前组织科学技术攻关,做好工艺技术准备。在“八五”期间,为了适应高含水中、

后期油田高产稳产的需要,开展了 27 项先导性矿场试验,并普遍取得了重要成果。为了研究二次加密后各类油层中剩余油的分布特征,在“八五”后期,于大庆长垣北部三大开发区分别开辟三次加密试验区,研究可采储量可以增加多少、井网的经济密度极限是多少、加密井网的效益与储集层发育特征的关系和三次加密的布井方法等。这些试验不仅为“八五”期间执行“稳油控水”方针提供了科学依据,也为取得巨大的开发效益提供了技术保证;同时为“九五”乃至更长时期的油田高产稳产提供了重要的技术保证。

3. 表外储层开发技术

该技术首先研究表外储层的地质特征,即研究其岩性、物性和含油性;第二是确定其含油结构,划分为斑块状结构、薄层状结构和条带状结构;第三是确定其平面分布模式;第四是确定表外储层储量计算参数,进行地质储量计算。

根据油井分层测试资料、注水井吸水剖面资料及密闭取心检查井岩心资料分析,虽然在采取一、二次加密调整及大量改造挖潜的条件下,目前有一部分表外储层厚度已经动用,但其剩余潜力还比较多且相对集中。

4. 聚合物驱油技术

经过 23 年的科学技术攻关和矿场试验,通过国家级“八五”重点科学技术项目攻关,大庆油田形成了聚合物驱油的配套研究能力,初步形成了现场应用的聚合物质量评价技术、聚合物驱数值模拟技术、聚合物驱油综合调整技术等 8 项配套技术,并已由先导性试验步入工业化应用阶段。

5. 外围油田开发技术

主要包括以地震—地质综合研究预测技术为核心的沉积环境描述技术,目的层砂体预测技术,相对高丰度区块优选技术,井位设计技术,井网系统与砂体的优化匹配技术,滚动实施组织管理方法和设计井位再优化技术,开发指标预测的数模结果差异放大技术,以砂体为基础的注采系统设计技术,“两早、三高、一适时”(“两早”指早注水、早分层注水;“三高”指注采井网具有较高的水驱控制程度,注水初期和油井见效前要采用较高注采比注水,注高质量的水;“一适时”指适时进行注采系统调整)的注水开发技术等。

6. 剩余油分布研究技术

油田进入高含水期后,通过对油田二次加密,结合密井网试验区油层的水淹状况及密闭取心资料,对油层的动用状况及剩余油的宏观和微观分布状况进行了深入研究,为油田今后调整挖潜及规划部署提供了重要依据。

7. 油藏精细描述技术

高含水后期油藏精细描述技术主要是以现代沉积理论为指导,利用密井网测井曲线及取心井的岩心资料,进行精细地质研究。主要内容是将油层在垂向上细分沉积单元,在平面上细分沉积微相,详细解剖砂体内部结构,实现了油藏描述和储集层参数预测的计算机化。

8. 油藏数值模拟技术

将引进的黑油模型、组分模型、化学驱模型、热采模型等大型软件广泛移植于国产大型机和微机,加进了自行研制的前、后处理软件,改进了化学驱模型等软件,增加了功能。应用这套技术研究了油田开发中的一批机理问题和方案、规划设计问题。水驱数值模拟技术已在油田推广应用,聚合物驱数值模拟技术也在矿场试验中应用。

9. 二次加密调整技术

“八五”期间,大庆主力油田全面进行二次加密调整,5年投产二次加密井近7000口,新建产能超过1千万吨,对油田继续稳产起到了重要作用。

(三) 石油工程技术创新使玉门老油田焕发青春

玉门油田作为新中国第一个石油工业基地,已有60多年的勘探开发历史。属于高成熟勘探盆地,二维地震测网已达 $1\text{km}\times 0.5\text{km}$,完成探井540口,平均每平方千米0.2口探井。1998年前累计探明石油地质储量 9006×10^4 吨,勘探工作没有取得实质性进展,一直没有形成储量接替。油田经过60多年的开发,已采出可采储量的83%,使玉门油田陷入困境,油田的生存面临严重的危机。

玉门油田清醒地认识到,作为一个资源型企业,资源是企业生存和发展的根本,要实现油田的生存和发展,就必须寻找新的油气资源和新的储量。为此,玉门油田提出了“十五”期间“新增储量上亿吨,产量重上百万吨,让玉门油田再现青春”的目标。在集团公司的决策下,将酒西盆地确定为重点。在认真分析盆地的勘探程度和勘探历程中不难发现,酒西盆地的油气勘探有两个显著的特点:一是先隆后拗的勘探历程决定了坳陷区勘探程度远低于主要油田所处的隆起区;二是在以往的勘探中应用技术层次较低,导致众多勘探目标未能及时发现。

酒西盆地勘探要解决四个方面的难点:一是油藏属深层裂缝性隐蔽油气藏,油藏不易识别;二是油藏埋深大(4200~4700m),油藏的控制因素及油气富集规律不清;三是油藏位于深湖一半深湖亚相生油坳陷中,储层不清;四是油藏油气水层识别不准,测井解释与试油结果差异较大。

因此,在分析盆地特殊的勘探历程和勘探程度后,玉门油田确定了酒西盆地新一轮油气勘探的思路:用新思路下凹找油,把青西坳陷作为主攻方向,应用勘探新理论、新技术、新方法,实现酒西盆地油气勘探新突破。其中,以下四项配套的油气勘探技术发挥了重要作用:

1. 应用成像测井和三维地震综合解释技术,搞清了裂缝性油气藏控制因素和油气高产规律,并探索出一套在三维地震数据体上识别油气富集区的方法。通过此项技术达到了选准勘探目标、提高探井成功率的目的,连续三年取得100%探井成功率,并钻探了一批百吨以上高产油气流井。

2. 应用FMI成像测井资料,准确识别复杂储层;应用DSI核磁测井,识别储层的有效性;应用FTI划分油气水层,找准射孔井段,进而形成了一套应用成像测井资料准确识别复杂裂缝性储层的方法。1998年以来完钻探井,全面采用固井完井的方法,同时针对识别出的油气层,精确射开油气层,再进行深度酸化,使油井产量得以大幅度提高。

3. 探索出一套近平衡钻井和油气层保护技术。针对1989年以前用重钻井液和重晶石粉反复压井造成油层严重污染的深刻教训,玉门油田探索出一套近平衡钻井的方法,在1998年以后的钻井过程中,严格控制钻井液密度,严禁使用重晶石粉压井,同时在打开油气层段前加入油层保护剂。近平衡钻井技术和油气层保护技术的运用,使完井后的探井油层的污染程度大大降低。

4. 针对青西油田油层为裂缝溶孔性储层的特点,采用深度酸化技术,最大限度地解放油气层,大幅度提高单井产量。根据青西油田油层岩性为泥质白云岩、砾岩的特点,

经试验研究形成了适合青西地区的深度酸化技术系列。经现场实施,深度酸化效果显著,如柳 102 井产量由酸化前的 $13\text{m}^3/\text{d}$ 增至 $126\text{m}^3/\text{d}$ 。

上述四项勘探新技术的综合运用,使玉门油田搞清了深层复杂裂隙溶孔性油气藏的控油因素和油气富集规律;攻克了湖相裂隙溶孔性油气藏勘探技术难关;创造了青西地区井井成功,并相继钻探了一批日产油 $100\sim 500\text{m}^3$ 高产油气流井的辉煌业绩;基本探明了近亿吨级储量规模的青西油田。仅用 3 年的时间找到了油田过去 60 多年才找到的地质储量,彻底扭转了玉门油田长期无储量接替的被动局面,使玉门油田的原油产量自 2000 年开始稳步回升,预计 3~5 年内将达到年产 100 万吨的规模,实现了玉门油田的扭亏脱困,使老油田重新焕发了青春。

第二节 石油企业技术创新的研究意义、现状、

理论依据和方法

一、技术创新的研究目的与意义

(一) 技术创新的研究目的

党的“十六”大报告指出:走新型工业化道路,必须发挥科学技术作为第一生产力的重要作用,注重依靠科技进步和提高劳动者素质,改善经济增长质量和效益。因此,必须加强基础研究和高新技术研究,推进关键技术创新和系统集成,实现技术跨越式发展;鼓励科技创新,在关键领域和若干科技发展前沿掌握核心技术和拥有一批自主知识产权,深化科技和教育体制改革,加强科技教育同经济的结合,完善科技服务体系,加速科技成果向现实生产力的转化。

建设具有国际竞争力的跨国石油企业对技术创新提出了新的要求。技术创新能力的高低是决定石油企业国际竞争力的首要因素。实施技术创新战略,提高技术创新能力,已成为石油企业提高国际竞争力、实现整体发展战略目标的一项十分紧迫的任务。如何在新形势下的国内外竞争中取得优势,如何实施有效的技术创新战略,已成为国内外学者与石油企业关心的焦点,也是本书研究的核心目的。

(二) 技术创新的研究意义

中国加入 WTO 以后,哈里伯顿、斯伦贝谢、贝克休斯等著名国际技术服务公司不断进入国内市场,中国石油企业将面临越来越激烈的技术竞争。国外技术服务公司在技术、资金和管理等方面都占据较强的优势,将对国内工程技术的发展构成很大威胁,成为技术服务市场中最重要的竞争对手。

在与国外大石油公司竞争更为直接、更为激烈的今天,我国的石油企业只有依靠科技进步,加快技术创新的步伐才能提高市场竞争能力,拓宽自己生存和发展的空间。中国石油企业在科技进步和研发体系建设方面已经取得了巨大成就。新中国成立以来,我国石油工业得到了快速发展,与此同时,石油科技工作也取得了很大的成绩。50 多年来,石油科研共取得 1.5 万多项重大科技成果。其掌握了从石油工业上游到下游一整套先进的理论与技术,在陆相石油地质理论、大型非均质砂岩油田开发、渤海湾复式油气区滚