

文章编号: 0253-9985(2007)05-0557-07

正确的勘探战略、决策是我国油气勘探持续发展的关键

王庭斌

(中国石化 石油勘探开发研究院, 北京 100083)

摘要: 人的正确思维在油气勘探中起着至关重要的作用, 正确的勘探决策与勘探战略是发现大油气田的根本, 用统一的准则处理影响决策的各种偏向, 在油气勘探的全过程中, 根据最新的地质资料, 不断地调整、改变勘探决策与勘探战略是确保我国油气勘探持续发展的关键。

关键词: 风险与不确定性; 勘探战略; 油气勘探决策

中图分类号: TE122.1 **文献标识码:** A

Correct strategies and decisions being critical for the sustainable development of oil/gas exploration in China

Wang Tingbin

(Research Institute of Petroleum Exploration & Production, SINOPEC, Beijing 10083 China)

Abstract People's correct thinking plays an important role in oil/gas exploration. Correct exploration decisions and strategies are the basis for discovering large oil/gas fields. To ensure a sustainable development of oil/gas exploration in China, the same set of standards should be used to eliminate factors that might affect the right decisions, and exploration decisions and strategies should be continuously adjusted and changed based on the latest geological data in the whole process of exploration.

Key words risk and uncertainty; exploration strategy; oil/gas exploration decision

由于勘探的难度加大, 发现大油气田的机率减小, 为了唤起人们对世界油气勘探的信心, 强调人的创造性在油气勘探中的作用, W.E. Pratte 等人把美国地质界自 20 世纪 40 年代以来发表的有关找油哲学的论著汇编成专著《Oil is first found in the mine—the philosophy of exploration》(《石油首先发现于人们的头脑中》)。书中的许多论点是我们所熟悉的, 如 W.E. Pratte 和 P.A. Dickey 用生动的实例阐述了“思想方法是找油难以逾越的障碍”“石油是靠思想发现的”等哲理, 这不仅激励了美国地质学家在美国发现了更多的石油, 改变了美国石油已经枯竭的悲观

论调, 也激励着世界各国的地质学家坚定了对世界油气资源前景的信心, 近半个世纪以来不断有大油气田发现, 世界石油工业取得了辉煌的业绩^[1, 2]。

自 20 世纪 70 年代至 20 世纪末, 世界上已发现了大油气田 149 个 (1970 年全世界有大油气田 278 个, 其中大油田 203 个, 大气田 75 个), 到 2000 年大油气田数增为 427 个 (其中大油田 276 个, 增加 73 个; 大气田 151 个, 增加 76 个); 在 1990—2000 年的 10 年间, 全世界新发现大油气田 77 个 (其中大油田 37 个, 大气田 40 个) (图 1); 在 2000—2005 年间又发现了 31 个大油气田。

收稿日期: 2007-07-20

第一作者简介: 王庭斌 (1936—), 男, 教授级高级工程师, 石油地质

中国地质矿产信息研究院报导室, 西方矿产勘查哲学, 中国地质矿产信息研究院情报研究所, 1992

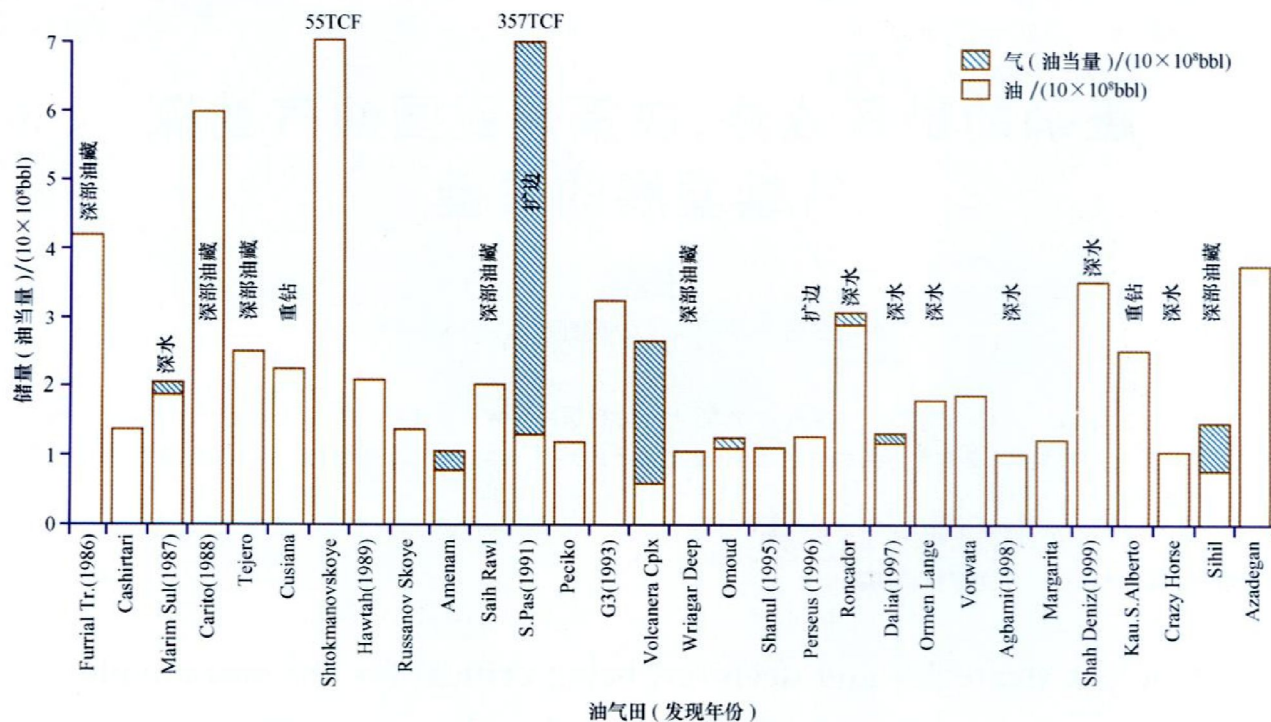


图 1 1986—1999 年按年代顺序划分的“超巨型”发现^[1]

Fig. 1 Super-large oil/gas discoveries during 1986 and 1999

图 1 中的一些大油气田主要依靠先进的技术方法,如深水区的大油气田只有在现今勘探技术条件下才有可能发现。但是,那些扩边、油田内加深、重新钻探所发现的大油气田,虽然也有技术发展的因素,但主要是靠思路开拓的结果。因为,即使是有最完善的找油技术,但是你不认为有油,怎么可能去勘探呢。

进入 21 世纪,世界进入了经济全球化和以智力为主要发展动力时代。经济全球化将把世界经济从国家经济时代推向区域经济与全球经济时代;以智力为主要发展时代说明了在科学技术快速发展的今天,知识经济的水平、创新能力和高技术的发展状况关系着一个国家、民族的前途和命运。

21 世纪世界经济发展特点必然影响到世界石油工业,世界石油工业的竞争将更加激烈。为了适应形势发展,世界大油公司一方面实行“强强联合”,一方面努力将“找油哲学”——勘探思路与最新技术成果相结合,确定自己的勘探战略和决策原则,并根据本公司所确定的勘探战略原则研制勘探决策软件,使油气勘探决策逐步实现了准确、

快速、量化、图形化与可视化,有效地指导勘探,发现了更多的大油气田。

为此,自 20 世纪 80 年代后期开始,许多石油地质学家,运用计算机技术将“找油哲学”思想与科技进步及世界油气形势结合,研讨与油气勘探决策、勘探战略有关的重大问题,发表了多篇论著,例如 1988 年 Henry Amenson 等^[3]发表了“石油的发现原则和勘探战略”,R. A. Baker 发表了“何时放弃成藏组合和勘探对象为宜”,1992 年美国石油地质家协会 (AAPG) 出版了一部专集——《The Business of Petroleum Exploration》(油气勘探的经营)^[4],1999 年 Michall R. Smith 编著了《Reserves Acquisitions》(储量的获得)^[5],2000 年 AAPG 出版的《International Oil and Gas Ventures A Business Perspective》(国际油气风险投资的业务透视)一书,2001 年 AAPG 出版了《Risk Analysis and Management of Petroleum Exploration Ventures》(石油勘探冒险事业的经营管理与风险分析)^④,对油气勘探决策与勘探战略所涉及的许多重要问题展开了深入研讨。

归纳研讨的主要议题有:人在油气勘探中的

中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院. 国际上油气投资环境与经营实践. 石油地质科技动态, 2001

④中国石油化工股份有限公司石油勘探开发研究院. 油气勘探的风险分析. 石油地质科技动态, 2002

重要作用; 石油的发现原则和勘探战略; 影响战略制定的主要因素; 对区域勘探决策有意义的各种生产因素; 成藏组合的选择与评价; 何时放弃成藏组合和勘探对象为宜; 勘探风险与不确定性分析; 影响不确定性判断的各种偏向; 提高估算可性度和建立估算可性度的方法; 制定勘探策略的一些具体技术方法; 其他非技术性问题。阅读上述论著, 结合我们的经历与实践, 很有启发。

1 思想方法

思想方法往往是人们找油难以逾越的障碍, 要使油气勘探取得成功, 需要有创新与冒险精神。

我们在一个地区工作多年, 积累了丰富的经验, 对该区地质情况有了深入的了解, 在油气勘探中有许多成功的范例。但丰富的经验又常常成为我们的包袱, 缺乏进取与冒险精神, 阻碍发现更多的油气田。川东北地区飞仙关组是目前四川盆地最有前景的新的天然气勘探领域, 但在 10 年前, 我们还认为飞仙关组在四川盆地属裂缝型储层, 勘探前景不大。之所以得出这样的认识是基于四川盆地其他地区的勘探结果。但是在 20 世纪 60 年代发现飞仙关组是建南气田的主力产层; 20 世纪 70 年代在雷音铺构造飞仙关组获工业天然气, 储集条件变好; 20 世纪 80 年代发现飞仙关组是铁山气田的主力气层。受制于原有认识的束缚, 没有重视飞仙关组储集条件向川东北地区变好的趋势。直至 20 世纪 90 年代后期, 在川东北地区以石炭系为主要目的层勘探的过程中, 才发现了川东北地区飞仙关组是优质储层, 相继发现了渡口河、罗家寨等以飞仙关组优质储层构成的气田^[6]; 随后, 由于勘探思路的进一步开拓, 三维地震资料的精细描述技术的进步, 对区内下三叠统飞仙关组鲕滩及上二叠统长兴组生物礁储集条件预测精度的提高, 进一步认识到区内下三叠统飞仙关组鲕滩及上二叠统长兴组生物礁储层储集条件的发育程度是找寻大气田的关键, 从以背斜构造为主的勘探战略转变为岩性-构造圈闭为主, 发现了普光大气田^[7], 并在普光气田周边发现了毛坝、大湾、老君场、清溪场等一批气田。由于勘探决策的正确, 勘探思路的转变以及技术水平的提高, 迅速地改变了川东北地区的天然气勘探局面, 在不到 10 年的时间里, 川东北区探明天然气

地质储量已超过 $5\,000 \times 10^8 \text{ m}^3$, 成为四川盆地天然气最重要的接替区。这个实例表明了人的正确思维在油气勘探工作中起着至关重要的作用, 即正确的勘探决策与勘探战略的制定是发现大油气田的根本。

2 油气勘探最关键的决策不是选择待勘探的远景圈闭, 而是选择勘探的盆地或成藏层带

我国含油气盆地地质条件复杂, 油气前景及主控因素差异甚大, 如何将有限资金更多的集中在最有前景的盆地和最有利的油气聚集带, 获取最大的经济效益, 是制定勘探决策与勘探战略的关键。在勘探部署中, 我们重视圈闭的落实情况是必要的, 但是圈闭是否处于最有利的成藏层带以及在有利成藏层带中的位置更为重要。在论证与讨论井位部署时, 对圈闭的上述地质条件的论述与研究并不够深入, 致使对未获得油气发现的钻后评估总结多数是: 构造部位不准、没有钻在构造最佳部位、储集条件变差、缺乏封盖条件等, 很少涉及对该区油气聚集有关基本地质条件的进一步分析、评估与论述。之所以如此, 主要是我们的勘探决策与勘探部署研究简单地认为在有利油气区带中的圈闭都具有油气前景, 过分地强调了远景圈闭的落实与否是勘探成败的关键。事实上, 在含油气盆地有利区带内, 地质条件及控油因素也十分复杂, 而不仅限于圈闭条件的落实程度。

3 要根据最新勘探成果反复研究油气潜力, 不断调整勘探思路与部署

对于一个地区油气潜力的评价, 国内外基本相近 (表 1), 离不开“生、储、盖、运、圈、保”6 个方面, 所需要研究的内容也比较通用。例如对于源岩, 必需回答: 盆地中是否有源岩, 源岩的类型、体积 (厚度和分布)、成熟度, 是以油为主还是以气为主, 成油、成气的主要关键时期, 是否得以保存, 等等。但是, 就是这样一些问题, 即使在最有前景的含油气盆地和油气聚集带, 也要持续不断的反复研究, 并且要根据勘探的最新成果, 不断地充实、完善, 不断地调整勘探思路与勘探部

署,才能确保井位部署在最有前景区带的最佳位置。

4 要用统一的准则处理风险和不确定性,避免影响不确定性判断的各种偏向

油气勘探具有高风险、高投入和高回报特点,风险和发现不可分开,风险和不确定性并非同义词,因为风险意味着遭受损失的危险,不确定性是反映我们对区内地质条件的认识程度。

但是在制定勘探决策及勘探战略时,要根据风险和不确定性的重要程度,用统一的准则处理风险和不确定性,认识不确定性,并尽量使其降低对制定勘探决策及勘探战略的影响。有多种偏向影响对不确定性的判断(表 2),例如对远景圈闭储量连续高估、动机性偏向对远景评价的错误估算、缺乏实际经验以及对地质条件认识不足等因素对油气资源前景的偏低与偏高估算、对地质条件及技术方法判断的过于自信导致对其评价的失误、用于类比的油气田规模分布缺乏代表性等等。

表 1 关于一个地区油气潜力的问题^[4]
Table 1 Issues concerning oil/gas potential of a certain area

因 素	问 题
源岩 (生成油气并向储层输送油气的岩石)	盆地中是否有源岩?
	源岩的体积有多少? 能生成多少油气?
	源岩类型? 是生油还是生气? 或两者兼有?
	源岩的成熟度? 它们在何时生成油气?
储层 (保存油气的岩石)	储层是否存在或推测存在?
	它们的可能孔隙度和渗透率有多大?
	它们的厚度有多大?
	储层可能有多大的油气产能?
封盖层 (位于储层之上且油气不能渗透的岩层)	是否存在油气长期运移不能渗透的封盖层?
	它们是否位于储层的上方?
圈闭 (确保储层被封盖层包围的地质构造)	盆地中是否存在推测或确定的潜在圈闭?
	如果有圈闭,规模如何? 属于什么类型?
	它们是否分布在与源岩相连的运移通道上?
	它们是否大体形成于源岩主生油气时期?

表 2 影响不确定性判断的各种偏向
Table 2 Various factors that might interfere with the right judgment

偏向类型	常见例子
过分自信	预测范围太窄,表明估算者的准确性远低于他们自己认为的水平,常对勘探结果感到意外
代表性差	根据小样本建立的模型不具备统计意义,所选模型可能没有代表性
可获得性	喜欢引用最新或最诱人的实例,但不考虑它们在自然界出现的实际频度,想象力的局限制约了可能解释的数量
固定思维	估算时削弱了所要求的反复反复再反复的分析过程,因此低起点会导致更低的最终估算值,高起点导致更高的估算值,保守的估算者很难接受很大的估算结果的可能性
未认识的局限性	地质家在预测未来的油气发现时,可能忽视对此类发现有影响的非地质因素
过分乐观	勘探者为了推销项目而夸大储量规模或成功几率
保守性	技术人员可能认为对勘探项目估计过高比低估更坏,因此失之于过分强调安全性

各种因素所造成的偏见也影响对勘探风险的决策与判断 (表 3)。Tversky 和 Kahneman (1981) 曾用“决策构思”一词来表述“决策者对行动、结果以及与特别选择相伴的所有事件的思考”, 表明“构思效应”在油气勘探和生产决策中的重要作用。例如: 有的决策者宁愿要小的“确实的东西”, 而不愿意参与有较大赢利的风险投资, 他就不会去冒较大的风险; 有的决策者愿意冒大风险以获取大的回报。

总之, 领导者的思维决定了“构思效应”不同, 风险也就不同; “成功概率”认为低概率风险投资者通常都过于肯定 (风险过低), 高概率投资则常常不够肯定 (过高风险); “错误行动与不行动”是指人们在将错误行动所引起的损失与不行动所引起的损失做对比, 所有这些偏见都会对决策产生不利的影响。

5 对所有的评价、决策参数都要考虑风险与不确定性

在综合考虑其风险性与不确定性的基础上, 对所有待勘探区决策有意义的参数不仅要用统一的标准综合评价、分级, 如勘探程度、沉积岩体积、地质类型、钻井密度、钻井深度、探井的成功率、单井产能、单位面积剩余资源潜量、总探明率、所发现油气田的数量及储量大小等 (表 4), 以便更科学的决策重点勘探地区及领域。

虽然对区域勘探决策有意义的地质因素多为我们所熟悉, 并经常考虑。关键是对每项勘探决策参数既要考虑风险, 也要考虑不确定性。并且要用统一的方式处理风险和不确定性, 尽量避免影响不确定性和风险判断的各种偏向, 准确认识

表 3 偏见影响风险决策^[3]
Table 3 Biases influencing risk decisions

偏见名称	常见例子
构思效应	比起等量的赢利, 决策者愿冒更大的风险来防止损失
在先利益	决策者倾向于在项目开始时而不是在项目后期冒险
维持一贯的参照体系	决策者更愿意在走运的一轮中而不是在不走运的一轮中投资
成功概率	宁可采用可理解成功率高的投资而不用成功率低的第二个投资, 即便第二个投资的 EV 值明显更佳
错误行动和不错误行动	由于害怕批评或丧失个人地位, 经理们宁肯担当不做出任何决策的风险而不愿意采取可能导致相同损失的行动
制定决策的人数	集体比个人更富于冒险精神
工作量和投资规模	宁愿做大规模投资而不愿做小买卖, 特别是当决策者忙的时候
个人熟悉程度	舒适的偏向, 决策者在他们已有成功经历的交易和环境中更富于冒险精神

表 4 需要估算的地质技术参数^[4]
Table 4 Technical parameters of geosciences that needs to be estimated

尺 度	厚度、面积、体积、深度
油藏	净总比、孔隙度、渗透率、可采油气百分比、气油比、含水饱和度
井动态	初产量、递减百分比
地化数据	烃源岩类型、总有机碳含量、成熟度、成分
运移	阻挡、扩散、路径
圈闭完整性	盖层有效性、渗漏、水冲刷
时间匹配	油气运移与圈闭产生的时间
前期费用	土地、钻井、完井、地质技术数据采集、管理费
油气发现概率	地质几率因素、商业和经济储量门限
井口价格	地区与国际影响、历史真实油价的极限数据

不确定性及其风险, 尽量降低对勘探决策的影响。

6 要适时调整、改变勘探决策与勘探战略

通常, 在特定的构造带、成藏层带或盆地内, 油气田储量(预计的最终开采量)的规模分布具有明显的常规对数正态分布特征, 一般说来, 大油气田主要发现在勘探早期, 以后主要发现中小型油气田, 在最后阶段一般以小型为主(图 2)。因此, 在一个地区 5 年内未获重大发现, 地质家就要仔细地重新审定勘探决策是否正确。勘探决策既包括地质条件, 也包括技术条件, 甚至包括政治、民族、安全、法规、自然环境等多方面因素。如果上述诸多因素并不影响其勘探决策, 据油气地质条件分析在该区实施勘探的决策是正确的, 就需要重新考虑勘探思路和部署是否得当。如果勘探思路和部署是得当的, 就需要考虑所采用的技术方法是否得当以及现有技术条件能否完成任务。如果所采用的技术方法是得当的, 现有技术条件是可行的, 就要考虑井位是否处于最佳位置。如果井位是处于最佳位置, 技术方法也没有失误, 就应该重新考虑我们对该区地质条件的认识是否符合客观实际。是哪些地质条件的不同影响了我们对区内勘探的成功, 下一步我们应该开展哪些研究工作? 要进一步重新审定勘探思路和部署是否得当、重新审定勘探决策是否正确以及是否要放弃基地的问题, 并且运用统计数学等多种方法提高勘探决策的精度和可信度, 如类比应用地学技术模型法、多种独立估算法(特尔斐法、同行和委员

会评议、技术小组研究、钻后评估等)。

总之, 何时应停止一个地区的勘探, 何时用新方法更换已过时的方法等都是战略决策的重要内容。作为勘探家在勘探的全过程中, 必须根据勘探进程所获得的最新地质资料, 不断地修正对该区油气前景的认识, 并且要随着每一阶段的勘探结果不断地调整、改变其勘探决策与勘探战略, 使之获得最佳效果。

7 勘探阶段有时效性

一个地区及一个领域的勘探工作取得显著成果进入开发阶段以后, 对该地区及该领域的勘探工作就应宣布结束, 完成其历史使命。在没有新的思路 and 新的领域(地区)的情况下, 不宜继续、长时间地停留在这个地方或这个领域。因为大油气田总是最先容易发现。当取得重要发现后一段时间内没有重大发现, 表明最有前景的油气田已被你发现, 作为勘探家你已经完成了历史任务, 剩下的油气田应该由开发家们去继续发现。

世界石油界讨论、强调的这些原则实际上是我们所熟悉的, 但有时却被忽视。例如为了怕担风险, 求安全, 喜欢在发现井和油田周围以及别人已发现的工区附近钻井, 其结果是不能最大限度的使用有限的力量与资金; 又如总想每口井都成功等等。在此重温这些原则, 希望有助于开阔思路, 总结经验。

“十五”以来, 我们在四川、渤海湾、塔里木、鄂尔多斯、准噶尔、松辽等含油气盆地均取得了重要进展, 在一些新的领域和地区发现了一批大油气田^[8-9]。其中特别要指出的有: 在渤海湾盆地的渤中坳陷及周边地区, 发现了南堡、蓬莱 19-3 为代表的多个储量超亿吨级大油田; 以济阳坳陷为主的隐蔽油藏勘探取得了重要进展, 发现了多个储量超千万吨的大、中型油田^[10]; 塔里木盆地阿克库勒凸起区以塔河油田为代表的以奥陶系古风化壳为主要储层的大型油田, 探明石油地质储量超过 $6 \times 10^8 \text{ t}$ ^[11]; 库车坳陷以克拉 2 大气田为代表的一批大、中型气田群, 实现了“西气东输”战略; 准噶尔盆地中央隆起区发现了一批含油气构造, 新增了亿吨级大油田; 鄂尔多斯盆地北部上古生界发现了以苏里格气田为代表的一批大、中型气田, 在三叠系发现了中国近年来最大的陆相油田; 松辽

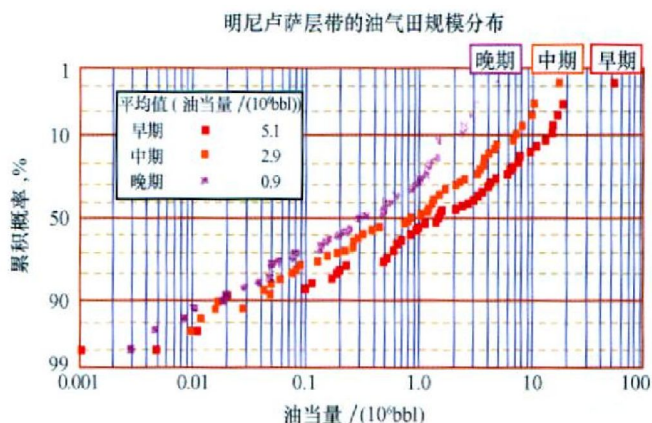


图 2 油气田规模分布随成藏层带勘探成熟而发生变化^[4]

Fig. 2 Distribution of field scales changing with exploration maturity of plays^[4]

盆地的岩性油气藏及火山岩油气藏的勘探取得了重大进展,发现了以徐家围子气田为代表的一批火山岩油气田^[12];四川盆地川东北地区下三叠统飞仙关组及上二叠统长兴组天然气勘探取得了重大进展,发现了普光大气田,成为继川东石炭系之后重要的接替领域^[7];川西地区的天然气勘探从中、浅层向深层拓展,在新场构造上发现数口高产工业气井,形成了以深层为主的浅-中-深层综合立体勘探开发格局^[13];南海珠江口盆地白云坳陷在深水区钻探的 LW 1-1 井获高产气流。

这些具有导向性的重要进展表明: 1) 东部老油区还有比较巨大的资源潜力, 仍是今后 5~10 年石油储量增长的主要地区; 2) 西部地区已具备了形成油气战略接替的地质与技术条件; 3) 中部地区不仅可以成为“西气东输”的重要基地, 也将成为重要的石油生产基地; 4) 中国古生界不仅有丰富的天然气, 在一定的地质条件下还可以找到大型油田; 5) 近海海域地质条件虽差异较大, 但油气前景很广; 6) 我国已从纯陆相碎屑岩中找油向海相克拉通盆地的碳酸盐岩延展^[14 15]。

这些重大发现, 既坚定了人们对我国油气前景的信心, 也对制定我国 21 世纪石油工业“国内为主、海外为辅”持续发展战略提供了可靠的资源基础。

总结取得巨大进展的因素固然很多, 如对地质认识程度的深化、技术的不断进步, 更重要的是勘探决策者对我国油气勘探的信心以及正确的勘探战略与科学的部署, 不断地开拓思路, 针对不同类型盆地石油成藏条件确定的指导思想及勘探技术方法, 坚持不懈地工作的结果^[9 16 17]。

经过 50 多年的努力, 我国已成为世界产油大国之一, 油气储产量还在继续稳步增长。为了 21 世纪中国石油工业的持续发展, 不仅需要继续完善陆相地层的石油地质理论及相应的勘探技术方法, 研究海相地层油气地质理论及新的技术方法, 更重要的是要结合最新勘探成果, 运用符合中国地质条件的先进的地质理论及技术方法, 研究我

国不同类型含油气盆地、区带地质特征、成藏条件, 科学地制定勘探决策与勘探战略, 是我国发现更多的大油气田, 确保 21 世纪我国油气工业持续发展的关键。

参 考 文 献

- 1 Pettingill H S, Repsol Y P F. Giant field discoveries of the 1990s [J]. *The Leading Edge*, 2001, 7: 698-704
- 2 Hallouty M. Giant oil and gas fields of the decade 1900-2000 [R]. AAPG Annual Convention, 2001
- 3 Amenson H. Oil discovery principles exploration strategy [J]. *Oil & Gas Journal*, 1988, 86(42): 81-84
- 4 Stimetz R. The business of petroleum exploration [C]. AAPG, 1992
- 5 Smith M R. Reserves acquisitions (2nd edition) [M]. *Financial Times Energy*, 2000, 27-40
- 6 冉隆辉, 谢姚祥, 王兰生. 从四川盆地解读中国南方海相碳酸盐岩油气勘探 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(3): 289-294
- 7 马永生, 郭旭升, 郭彤楼, 等. 四川盆地普光大气田的发现与勘探启示 [J]. *地质论评*, 2005, 51(14): 477-480
- 8 蔡希源. 中国石化油气勘探回顾与展望 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(6): 715-721
- 9 范士芝, 刘德来. 中国石油“十五”期间油气勘探主要科技进展 [J]. *中国石油勘探*, 2006, 11(4): 58-60
- 10 张善文. 济阳坳陷第三系隐蔽油气藏勘探理论与实践 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(6): 731-740
- 11 翟晓先. 塔河大油田新领域的勘探与实践 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(6): 751-761
- 12 杨辉, 张研, 邹才能, 等. 松辽盆地北部徐家围子断陷火山岩分布及天然气富集规律 [J]. *地球物理学报*, 2006, 49(4): 1136-1143
- 13 杨克明. 川西坳陷须家河组天然气成藏模式探讨 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(6): 784-793
- 14 张抗. 近 20 年中国石油储量变化分析 [J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(5): 584-589
- 15 金之钧, 蔡立国. 中国海相油气勘探前景、主要问题与对策 [J]. *石油与天然气地质*, 2006, 27(6): 722-730
- 16 王庭斌. 中国大中型气田成藏的主控因素及勘探领域 [J]. *石油与天然气地质*, 2005, 26(5): 572-583
- 17 王庭斌, 冯福凯. 中国天然气地质特征及勘探前景 [J]. *石油与天然气地质*, 1992, 13(3): 237-244

(编辑 陈喜禄)