



中国石油天然气工业上游 技术政策研究报告



中国石油天然气工业上游
科技发展战略课题组

魏一鸣 方朝亮 等 编
李景明 延吉生



科学出版社
www.sciencep.com

中国石油天然气工业上游 技术政策研究报告

魏一鸣 方朝亮 李景明 延吉生 等编

“十五”国家重大科技攻关项目“中国大中型油(气)田勘探
开发关键技术研究”之课题
“我国石油天然气工业上游科技发展战略”研究成果

科学出版社
北京

内 容 简 介

本报告根据“十五”国家科技攻关重大项目“中国大中型油(气)田勘探开发关键技术研究”中设立的“我国石油天然气工业上游科技发展战略研究”课题的部分研究成果编写而成。从地质技术、勘探技术、钻井技术、开发技术、储运技术、煤层气技术、替代能源技术、海洋油气技术和海外油气开发技术等领域,系统地论述了石油天然气工业持续发展的社会需求及我国石油天然气工业可持续发展面临的机遇与挑战,全面地介绍了我国石油天然气工业上游技术的发展趋势和技术问题,提出了优先发展的技术领域,并讨论了一系列保障措施。

本报告有助于政府、企业和相关研究人员全面认识石油天然气工业上游技术的发展趋势,为科学决策提供参考。

图书在版编目(CIP)数据

中国石油天然气工业上游技术政策研究报告/魏一鸣等编. —北京:科学出版社,2006

ISBN 7-03-016669-8

I. 中… II. ①魏… III. ①石油工业-技术政策-研究报告-中国②天然气工业-技术政策-研究报告-中国 IV. F426.22

中国版本图书馆 CIP 数据核字(2005)第 155446 号

责任编辑:李 锋 罗 吉 李久进/责任校对:朱光光

责任印制:钱玉芬/封面设计:陈 敬

科 学 出 版 社 出 版

北京东黄城根北街16号

邮政编码:100717

<http://www.sciencep.com>

中国科学院印刷厂印刷

科学出版社发行 各地新华书店经销

*

2006年1月第 一 版 开本:787×1092 1/16

2006年1月第一次印刷 印张:12 3/4

印数:1—1 500 字数:286 000

定价:38.00 元

(如有印装质量问题,我社负责调换〈科印〉)

中国石油天然气工业上游技术政策研究报告

学术指导

贾承造(院士) 苏义脑(院士) 韩大匡(院士)

编辑委员会

主 任 孙 洪

副主任 田保国 沈建忠

委 员 (按姓氏拼音排序)

陈宝万	陈 健	董 杰	董伟良	窦宏恩	窦立荣	范 英
方朝亮	方德巍	冯三利	巩学刚	关晓东	韩大匡	胡爱梅
胡丹丹	贾承造	焦建玲	李安定	李东旭	李 剑	李景明
李小地	李小军	林 建	刘兰翠	刘 旭	马家骥	马晓微
沈 伟	史 斗	宋东昱	苏义脑	田作基	汪海阁	王国力
王经荣	王 宇	魏一鸣	温鸿钧	吴 刚	徐鸣雨	徐伟宣
延吉生	余金海	张建民	张永刚	钟树德	周建平	周煜辉

前 言

21 世纪以来,世界的政治经济军事形势呈现出新的格局,我国的改革开放也进入了一个关键的时期,我国实现全面小康社会的目标对能源发展提出了更高的要求。在此形势下,我国石油天然气工业面临三大战略任务:第一,石油天然气作为重要的一级能源要为实现全面小康社会提供能源和化工原料,以拉动国家 GDP 总值翻两番达到 3.9 万亿美元的目标;第二,在美伊战争后,在世界针对油气资源进行日益激烈的经济竞争、政治斗争甚至发生石油军事战争的情况下,油气资源供应要确保我国能源安全的需要;第三,油气工业的发展面临生态环境带来的挑战。由于我国人口众多、资源相对缺少、需求快速增长、资金有限,期望同时实现这三大战略目标,将是一个十分艰巨而复杂的任务,依靠科技进步和制度创新是实现上述战略目标的有效途径,因此,制订石油天然气工业的科技发展战略是其中的关键。在“十五”国家科技攻关重大项目“中国大中型油(气)田勘探开发关键技术研究”中设立了“我国石油天然气工业上游科技发展战略”研究课题。课题组将“我国石油天然气工业上游技术政策研究”纳入为课题的研究内容之一,因此,本报告是在这一课题的部分研究成果的基础上编写而成的。

我们认为,我国石油天然气工业上游科技发展的指导思想是:树立和落实以人为本的全面、协调、可持续发展的科学发展观,注重基础,发展理论;通过科技创新,为实现我国经济平稳快速发展、社会全面进步、资源持续有效利用、环境不断改善的目标,走新型工业化道路,建设资源节约型的和谐社会,提供强有力的科技支撑和保障。

与此同时,我们还认为,我国石油天然气工业上游科技发展战略的总体目标是:为实现利用较少的油气和其他资源消耗达到 GDP 再翻两番的战略目标提供有力的科学技术支撑和政策保障;主要通过科技进步,自主创新,突破制约我国油气工业上游持续快速发展的技术瓶颈,实现油气资源的高效开发利用;通过加强科技创新体系建设,力争在某些关键技术和基础理论研究领域取得突破,形成具有中国特色的油气技术创新路线,带动油气工业上游及相关产业实现跨越式发展。

围绕我国石油天然气工业上游科技发展战略的指导思想和总体目标,我们在开展我国石油天然气工业上游技术政策研究中,坚持贯彻了以下原则:依托我国石油天然气工业上游科技发展战略的研究成果,既考虑油气资源的高效开发利用,又兼顾生态环境保护,既能指导未来五年本领域的技术发展,同时也应该具有一定的前瞻性(考虑到 2020 年),还要体现科技为产业发展服务的宗旨。

通过研究,我们提出我国石油天然气工业上游技术政策的总体思路是:以提高油气上游的勘探、钻井能力为优先,以保障油气高效开发为重点,以油气的安全供应和生态环境改善为前提,协调解决关键技术落后、开发效率低下和政策法规不完善三大问题;坚持自主创新与引进吸收相结合,突破油气工业上游发展的关键技术,加强集成创新能力,建立有中国特色的石油天然气科学技术体系;坚持近期目标与远期目标相结合,既要满足 2010 年以前油气上游技术发展的需要,又要考虑到 2010~2020 年实现油气工业上游可

持续发展的长远需求。

报告从总述、地质技术、勘探技术、钻井技术、开发技术、油气储运、煤层气技术、替代能源技术、海洋技术和海外油气开发技术十个方面,研究了我国石油天然气工业上游技术的发展趋势,提出了优先发展的技术选择,并讨论了一系列保障措施。

在课题研究与报告的编写过程中,尽管课题组的全体成员付出了艰苦的努力,但限于我们的知识修养和学术水平,本报告一定存在诸多缺陷与不足,甚至是错误,恳请同行学者不吝赐教!我们共同祝愿:我国石油天然气工业上游技术蓬勃发展,可持续创新能力不断提高,并将为保障国家的能源安全和实现全面小康社会做出新的贡献!

魏一鸣

2005年10月20日

目 录

前言

第 1 章 油气资源可持续发展的社会需求	1
1.1 我国油气资源的供应能力	1
1.2 未来我国油气资源的需求预测	4
1.3 我国主要油气资源的保障程度	5
1.4 我国油气资源现状对油气工业上游技术提出新的挑战	7
第 2 章 我国油气工业可持续发展的主要制约因素	9
2.1 地质技术的主要制约因素	9
2.2 油气勘探技术面临的主要问题.....	11
2.3 钻井工程的主要特点与存在问题.....	14
2.4 油气开发技术面临的问题与挑战.....	18
2.5 油气储运业的发展与面临的形势.....	23
2.6 海洋油气的发展状况与技术挑战.....	26
2.7 煤层气产业与勘探开发状况.....	27
2.8 海外勘探与钻采状况.....	32
2.9 替代能源技术面临的主要问题.....	33
第 3 章 我国油气工业上游技术发展趋势及国内外技术现状	42
3.1 地质技术现状与趋势.....	42
3.2 勘探技术发展趋势.....	46
3.3 钻井技术的国际比较.....	50
3.4 国内外油气开发技术发展趋势.....	54
3.5 油气储运技术前沿.....	59
3.6 海洋油气勘探开发技术发展趋势.....	61
3.7 煤层气技术发展趋势.....	71
3.8 海外油气开发技术趋势.....	78
3.9 替代技术发展趋势.....	78
第 4 章 我国油气工业上游技术领域存在的 key 技术问题	86
4.1 地质技术领域的基础理论与关键技术.....	86
4.2 勘探技术领域的关键技术.....	89
4.3 钻井技术发展的实现途径.....	97
4.4 开发技术领域布局	101
4.5 油气储运关键技术	112
4.6 海洋油气技术布局	114
4.7 煤层气技术规划	119

4.8	海外油气勘探开发技术系列	120
4.9	替代能源领域的关键技术	122
第5章	油气工业上游技术领域政策选择	130
5.1	大力发展勘探开发基础理论研究,突破技术瓶颈	130
5.2	积极发展油气地质技术,提高油气藏勘探水平	132
5.3	大力发展地球物理技术,促进油气增储上产	135
5.4	大力发展钻井技术,保障勘探开发的顺利进行	138
5.5	大力发展油气田开发技术,保障“稳油兴气”战略	142
5.6	积极发展油气储运技术,保障储运系统安全	154
5.7	加快发展海洋油气工程技术,促进海洋资源利用	160
5.8	大力发展煤层气勘探开发技术,加快产业化步伐	165
5.9	发展海外油气战略技术,提高国际竞争力	167
5.10	大力发展油气替代技术,缓解油气供应压力	174
第6章	我国油气工业上游技术政策的保障措施	182
6.1	指导方针	182
6.2	战略目标	182
6.3	保障措施	184
	致谢	193

第1章 油气资源可持续发展的社会需求

石油天然气资源（以下简称“油气资源”）作为一种不可或缺的基础能源和化工原料，在国民经济与人民生活中占据着重要的地位，被誉为“工业的血液”，同时，它也是一种战略物资，在国防和国家安全领域发挥着不可替代的作用。油气是一种地缘性很强的商品，在世界上的分布极不均匀，由于其主要的生产国和需求国相分离，油气便成为了国际贸易的重要商品。油气还是一种需求价格弹性比较小、与国际政治密切相关的特殊商品。所以，世界各国都把油气工业的发展放在一个特殊重要的地位，把油气工业的发展战略纳入到经济发展和国家安全的总体框架中进行研究。

未来 5~15 年，是我国国民经济和社会发展的关键时期。面对经济全球化步伐不断加快，世界油气资源竞争日趋激烈，科学技术飞速发展的新形势，制定和实施适应新形势需要的油气工业上游技术政策，明确今后一段时期我国油气工业上游技术发展的战略目标和重点，对于积极推动技术创新能力和产业技术水平的提高，促进我国油气工业上游领域的持续有效快速发展，从而为国民经济和社会发展奠定坚实的资源基础，具有重要的战略意义。

1.1 我国油气资源的供应能力

1.1.1 我国油气资源生产消费状况

自 1993 年以来，我国石油消费进入快速增长阶段，石油消费量年均增长 1347 万 t，年均递增 7%。2000 年以来石油消费增长进一步加快，年均增长 2150 万 t，年均递增 8.9%。2003 年我国原油总产量 1.693 亿 t，进口原油 1.283 亿 t，原油消费总量为 2.752 亿 t，已成为世界第二大石油消费国，如图 1.1 所示。

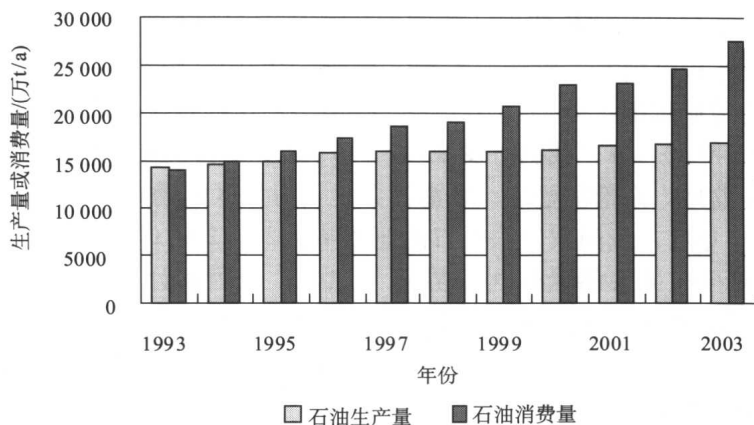


图 1.1 1993~2003 年我国石油的生产与消费量比较

从图 1.1 中可以看出, 1993~2003 年, 我国石油生产量没有显著的提高 (年均递增 1.65%), 而同期石油消费量却大幅度提高 (年均递增 7%)。1994 年开始, 我国油气的生产供给已经不能满足我国油气消费的需求, 而且两者之间的缺口越来越大。

1993~2003 年, 我国天然气的生产呈大幅度上升趋势, 年均增长 7.8%; 同期, 我国天然气的消费也呈逐步上升趋势 (年均增长 7.43%)。到目前为止, 我国的天然气生产基本可以满足国内经济生产、居民生活的需求, 但是, 随着我国经济的发展和环境问题的突出, 我国对天然气的需求将大幅度增加, 届时, 国内的生产能力将不能满足其需求, 如图 1.2 所示。

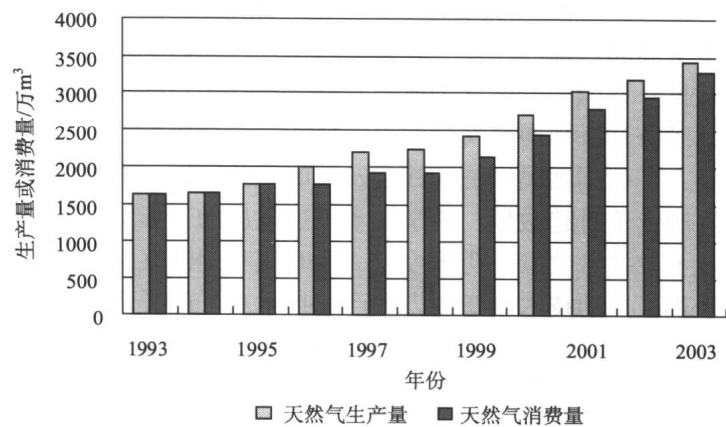


图 1.2 1993~2003 年我国天然气的生产与消费量比较 (不含香港地区)

油气资源属于不可再生资源, 而随着我国经济的快速发展, 我国未来经济生产、生活中对油气的消费需求越来越大, 如何解决油气资源的供需矛盾, 已经成为我国目前的首要问题。

1.1.2 油气资源供给的自然状况

1. 国内来源及分布状况

根据新一轮油气资源评价资料, 我国油气资源集中分布在松辽、渤海湾、鄂尔多斯、四川、塔里木、准噶尔、渤海、莺琼、东海、珠江口 10 个大型的含油气盆地中, 石油和天然气的地质资源量分别为 814 亿 t 和 37.79 万亿 m³, 油气地质资源总量分别占全国的 78.2% 和 80.4%。我国待发现的油气资源主要位于中西部的塔里木、准噶尔、鄂尔多斯和四川盆地, 东部的松辽、渤海湾盆地, 海域区的渤海、南海和东海盆地。

截至 2003 年年底, 我国累计探明石油地质储量 234.2 亿 t, 累计探明石油可采储量为 65 亿 t, 剩余石油可采储量位居世界第十二位; 中国累计天然气探明地质储量为 3.86 万亿 m³, 累计探明天然气可采储量为 2.46 万亿 m³, 剩余天然气可采储量为 2.08 万亿 m³, 位居世界第十五位。但是, 我国人口众多, 人均石油和天然气资源的拥有量分别仅占世界平均水平的 1/6 和 1/7。

2. 国外进口来源

1) 进口来源及进口量

1994 年开始,我国已经开始成为石油净进口国,并且进口量越来越大,进口来源也越来越趋于多元化。2003 年,我国石油进口总量达到 1.283 亿 t,中东、亚太、西非、原苏联是我国石油进口的主要来源地,进口量分别为 5180 万 t、3400 万 t、1570 万 t 和 1190 万 t, 占我国总进口量的 88.4%, 如图 1.3 所示。

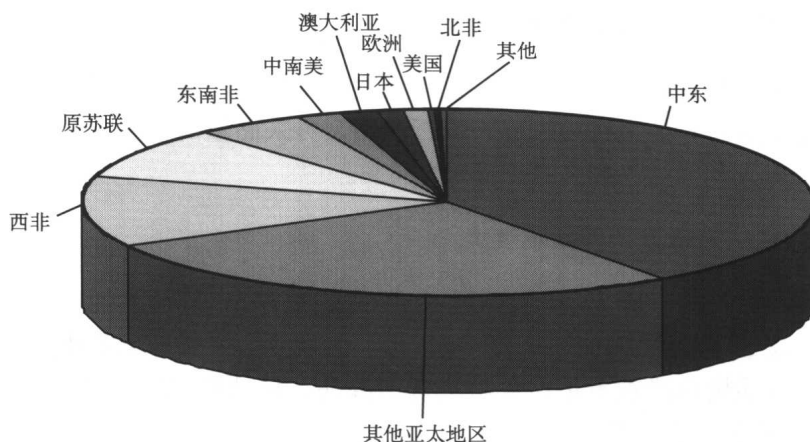


图 1.3 2003 年我国石油进口主要来源

2) 我国油气地缘政治状况

从我国能源地缘政治来看,我国东部及东南部面临着钓鱼岛—台湾岛—东沙群岛—南沙群岛—马六甲海峡沿海一线的“群岛锁链”封锁;我国在东北亚地区与俄罗斯的油气外交屡屡遭到日本的重重阻挠;美、英等国在阿富汗、中东、里海等地区的军事进入及经济政治利诱也给我我国向西部发展筑起了屏障;我国油气运输的南部“生命线”也控制在其他国家手内。总体来看,我国世界地缘政治已经处于四面被包围态势,如何突破包围或者反包围,以保证我国能源通道生命线的稳定和持续,已经成为国家安全的重要组成部分和紧迫问题。因此,制定科学的、协调的、稳定的全面小康社会能源战略具有极强的实际意义。

综上所述,由于石油天然气在我国能源战略中具有极为重要的地位,因此,在我国全面建设小康社会、加快现代化建设的进程中,我们必须高度重视和妥善解决油气资源的可持续发展问题。当前我国油气消费进入快速增长时期,油气资源短缺已成为经济和社会发展的主要制约因素,必须抓紧制定和实施油气资源可持续发展战略。就此问题,温家宝总理曾做出以下指示:一要加强国内石油天然气勘探开发,保持国内原油持续稳产,加快天然气发展;二要充分利用国际国内两个市场、两种资源,积极发展多种形式的国际合作,建立经济、安全、稳定的油气供应渠道;三要加快科技进步,大力提高油气资源开发、加工和利用效率;四要坚持开发与节约并重、节约优先的方针,采取经济、法律和必要的行政手段,全面推进油气节约使用;五要积极发展新能源和可再生能源,大力开发石油替代产品,优化能源生产结构和消费结构;六是立足当前、放眼长

远，建立石油储备制度，完善多方面、系统性的石油保障和风险规避体系，维护国家石油安全。

1.1.3 油气资源供给的基本特征

概括起来，我国油气资源供给与需求的特征是：总量欠丰，人均不足，分布不均，质量较差。

1. 油气资源总量欠丰，人均资源严重不足

我国石油可采储量位居世界第十二位，天然气剩余可采储量位居世界第十五位，而我国人均石油剩余可采储量约为世界人均石油剩余可采储量的 8%，人均天然气剩余可采储量约为世界人均天然气剩余可采储量的 6%。

2. 油气资源的总体质量差，开采难度大

已发现的油气田中，除大庆、胜利等东部重要油田外，其他油气田单位面积储量普遍较小，低品位油气田占多数，而且埋藏较深、类型复杂，开采工艺技术要求高。剩余可采储量中，优质资源严重不足，低渗或特低渗油、稠油和埋深大于 3500m 的油气田超过 50%，未来难开采的比重将增大。

3. 油气资源地理分布不均衡，主要集中在欠发达地区

陆上石油资源主要集中在东部的松辽盆地、渤海湾盆地和西部的鄂尔多斯盆地、塔里木盆地和准噶尔盆地；陆上天然气资源主要集中在中部区、西部区和东部区。近海的石油资源主要集中在渤海海域、珠江口盆地、北部湾盆地；天然气资源主要集中在近海的南海北部、东海及渤海海域。因此，在经济落后地区油气资源相对丰富，而在经济发达地区，油气资源相对贫乏。

1.2 未来我国油气资源的需求预测

自改革开放以来，我国的经济保持了高速发展的势头，而能源强度则呈现出下降的趋势，虽然在下降的幅度上有些波动，但总的趋势是持续下降的。这一特点引起了国内外学术界和产业界的高度关注。我们通过将能源强度的变化分解为结构份额和效率份额，得出了能源强度的变化主要来源于效率份额的结论。能源强度反映的是能源的利用效率，其变化本质上是科学技术进步、管理水平提高和体制创新的结果，正是这些方面的进步带来了过去 20 年我国能源强度的大幅度下降。

石油天然气是重要的基础能源，是多个国民经济生产部门不可或缺的投入物资，与各部门的产出和国内生产总值（GDP）的增长有着内在的逻辑关系。我们应用能源投入产出模型对我国未来的经济发展进行了分析，在全面实现小康社会目标的前提下，研究了各种情景下能源需求量和能源强度的变化，是对我国能源需求和对石油天然气需求的有效预测。

在预测模型中主要考虑了技术进步、人口的变化、经济总量和人均收入的增长以及相应的生活模式的变化、城市化进程等因素的影响。预测的结果如下（图 1.4）。

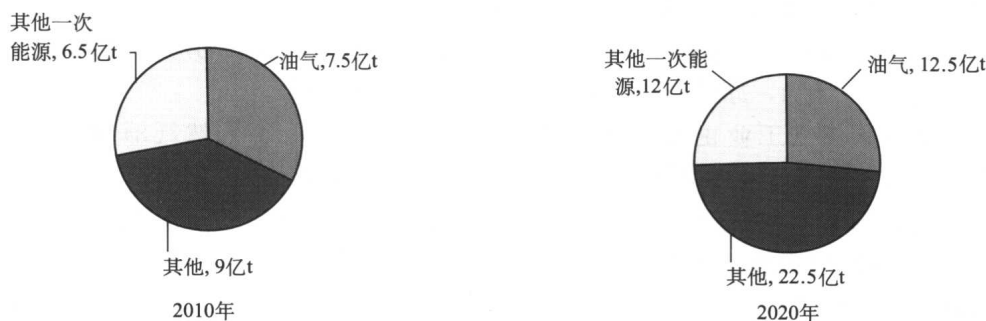


图 1.4 2010 年、2020 年我国能源需求预测

(1) 2010 年，我国的能源强度（油当量）为 1.07t/万元（1997 年不变价），能源需求总量为 22 亿~24 亿 t 油当量，其中一次能源需求量为 13 亿~15 亿 t 油当量，石油天然气需求量为 7 亿~8 亿 t 油当量。

(2) 2020 年，我国的能源强度（油当量）为 0.99t/万元（1997 年不变价），能源需求总量为 47 亿 t 油当量，其中一次能源需求量为 23 亿~26 亿 t 油当量，石油天然气需求量为 12 亿~13 亿 t 油当量。

预测结果及相应的灵敏度分析表明：对能源需求量影响较大的因素是人口因素和收入因素，特别是，对占能源消费主体的第二产业和第三产业的能源消费量；影响最大的因素只有收入因素，或者说是经济发展水平。所以，随着经济的发展和人民收入水平的提高，能源需求量的增长是必然趋势。控制人口可以在一定程度上抑制能源需求量增长的趋势。

对能源强度的变化影响最大的因素是技术进步，所以，未来的能源规划必须依靠科技进步。只有加快科技的发展才能降低能源强度，从而减缓能源需求总量的增长。

2010 年的能源强度的预测是 1.3667，比 1997 年的 1.7655 有所降低；对 2020 年的预测是 1.4162，又有所回升。我们知道，20 世纪的最后 20 年，伴随着经济的高速增长，我国的能源强度一直在大幅度地下降。但是，能源强度的下降是有限度的，而我国能源强度下降的谷底可能就会发生在未来的 20 年之内。所以，我们对未来能源需求量的增长决不可低估，实现小康社会的能源保障任务十分艰巨。

1.3 我国主要油气资源的保障程度

由于 2020 年以前，我国经济发展仍将处在快速上升阶段，GDP 增长速度将保持在 7% 以上；汽车工业和石化工业将加快发展；城镇人口将大幅上升；农村用油的比重将增加。在诸多因素控制下，预计 2020 年以前我国石油消费会保持较高的增长速度。

按照国务院的要求，到 2020 年国内要把石油消费量控制在 4.5 亿 t 以内。2003 年我国生产原油 1.7 亿 t，以大庆和胜利油田为代表的主力油田综合含水率已超过 88%，

可采储量采出程度达到 75%，已进入产量递减阶段。到 2020 年已开发老油田的产量还可以保持在 6000 万 t 左右。同时，通过加强新区勘探增加储量和加快难采储量的开发，到 2020 年新区产量预计可达到 1.2 亿~1.4 亿 t，这样全国原油产量将保持在 1.8 亿 t 左右；而我国对石油的需求量 4 亿~5 亿 t，可见，我国未来石油的短缺现象十分严重，缺口 2.2 亿~3.2 亿 t，原油产量只能保证需求的 36%~45%。

目前我国天然气工业正处于加快发展时期，预计 2005 年天然气消费量约为 600 亿 m³，国内天然气产量为 500 亿~550 亿 m³，缺口为 50 亿~100 亿 m³；预计 2010 年天然气消费量约为 1000 亿 m³，国内天然气产量为 800 亿~900 亿 m³，缺口为 100 亿~200 亿 m³；2020 年天然气消费量约为 2000 亿 m³，国内天然气产量为 1300 亿~1500 亿 m³，缺口为 500 亿~700 亿 m³。而且，21 世纪上半叶天然气在我国能源消费结构中的比重将继续快速增长，届时天然气在我国一次能源消费结构中的比重将达到 10%，天然气缺口的填补问题将更加严峻。

根据我国油气资源持续发展的总目标，我们可以得出我国 2020 年经济、社会与能源消费的指标值（表 1.1）。

表 1.1 实现我国油气资源持续发展的总目标（由葛家理教授提供）

指标	方案 1	方案 2	指标说明
我国 2020 年小康社会 GDP 量/万亿美元	3.9	3.9	是 2000 年 GDP 总量的 4 倍，相当于翻两番
人口总量/亿人	13	13	2000 年人口为 12.73 亿
人均 GDP/万美元	0.3	0.3	2002 年人均 950 美元
设计能源拉动强度/(t/10 ⁶ 美元)	400	281	相当于加拿大 2000 年水平
2020 年我国能源（标准油）需求/亿 t	16	11	分别比 2000 年增加 1.97 和 1.35
人均能源（标准油）消费/[t/(人·a)]	1.2	0.84	分别比 2000 年增加 1.92 和 1.34
人均油气消费当量/[t/(人·a)]	0.38~0.42	0.38~0.42	比 2000 年增加 2.45 倍
2020 年石油消费量/亿 t	4	4	分别占能源总消费的 25%和 36%
2020 年天然气消费量/亿 m ³	1000~1500	1000~1500	分别占能源总消费的 6.5%~9.4%和 9%~13.6%
2020 年自产量			
油/亿 t	2	2	
气/亿 m ³	1000	1000	
2020 年缺口量			
油/亿 t	2	2	
气/亿 m ³	0~500	0~500	

到 2020 年，我国石油需求的缺口将在 2.2 亿~3.2 亿 t，天然气需求的缺口为 500 亿~700 亿 m³。解决这一缺口的主要途径有两种：一是开展国际石油贸易，这是解决我国石油需求缺口的主要途径。我国应加快建立多元稳定的国际石油贸易网络，形成比较完善的国际石油贸易体系。二是参与海外石油勘探开发，提高获得权益油的能力。根据发展趋势，经过努力，2020 年我国海外权益油有可能达到 7000 万 t 以上。我国石油供应格局将由以国内为主逐步转变为以国外为主。2020 年我国石油对外依存度将达到 60%。

1.4 我国油气资源现状对油气工业上游技术提出新的挑战

进入 21 世纪,随着国民经济的持续快速发展,国家对油气的需求越来越大,油气供应和能源安全问题日益突出;世界石油科技发展迅猛,国际石油市场的竞争空前激烈;与此同时,社会对环境保护和开发利用替代能源的要求也越来越高。

这一系列的国内外环境的变化,使我国的油气工业上游技术领域面临着严峻的挑战。主要表现为:

1) 供需矛盾加剧,须大力发展油气上游技术以提高供应能力

可以预计,在未来 15 年内,我国国民经济将继续保持较快的增长速度。这无疑将进一步加剧国内油气的供需矛盾。根据有关预测,到 2020 年,我国石油的对外依存度将超过 60%。天然气的对外依存度将超过 50%。

油气的供需矛盾,已经成为制约我国国民经济和社会发展的瓶颈,直接关系到国家能源安全,关系到小康社会目标的实现和我国的可持续发展。作为国内油气供应的支柱产业,我国的油气工业上游领域在未来的 5~15 年内将面临前所未有的严峻挑战。

作为第一生产力,科技对我国石油工业发展的影响是巨大的。目前,科技进步对我国石油工业的贡献率已经超过了 50%。随着科技的不断发展,石油工业特别是上游勘探开发领域,对技术的依赖程度会越来越高,技术进步对石油工业的贡献率也将会越来越大。

因此,为了增强国内油气的自主供应能力,必须提高我国油气工业上游技术的创新能力和创新水平,为保持国内油气产量的稳产,保证国内油气的基础供应,缓解油气供需矛盾发挥应有的作用。

2) 世界石油工业的上游发展越来越依靠技术进步,对我国油气工业上游技术的发展提出了严峻挑战

石油工业是技术程度十分密集的产业,它的发展时刻离不开技术的进步。特别是近 10 年来,世界石油科技的发展进入了一个高新技术发展阶段,上游技术的发展更是异常迅速,研发、应用高新技术已经成为世界各大石油公司提高核心竞争力、谋求更大发展的主要手段。尤其是在降低勘探开发成本方面,技术进步发挥了无法替代的巨大作用。据统计,由于高新技术的推广应用,世界近 10 年油气平均勘探开发成本下降了 60%,而同期探明储量则增加了 60%。

经过几十年的发展,我国的油气上游技术已经取得了巨大的进步,解决了勘探开发中一系列技术难题,一些优势技术和特色技术处于国际领先水平。但是,与世界先进水平相比,我们的总体技术水平还比较落后,主体技术仍存在着较大的差距,直接影响了勘探开发成本的降低和效益的提高。如果没有技术上的重大突破,大幅度降低成本将难以实现。因此,我们必须进一步发展高新技术,实现油气上游技术领域的跨越式发展,通过技术进步促进油气上游业务的可持续发展。

3) 油气跨国经营战略的实施,对油气工业上游技术的发展提出了新的要求

据统计,我国石油资源的最终可采储量仅占世界石油可采储量的 3% 左右,石油剩余可采储量丰度仅为世界平均值的 37%。随着我国石油需求的不断扩大和国内增储稳

产成本的逐步提高，积极利用国外油气资源、建立多元化的石油贸易体系、保证我国油气资源的长期稳定供应势在必行。为了更好地利用两个市场、两种资源，我国的石油公司将大踏步地进军海外。

多年来，我国的技术研发主要是针对国内业务需求来开展的。很多技术具有很强的区域性甚至是限制性，需要进行改进才能应用，同时还要发展一些新的技术。与国内相比，海外油气勘探开发的风险性更强，更注重快速收回投资。这就需要我们研发针对海外业务需求的技术。

一方面，我们应当研发、应用海外业务发展中的关键技术，依靠技术进步取得更大的效益；另一方面，我们还应当尽快缩小与世界先进水平之间的差距，使我们在激烈的国际竞争中处于比较主动和有利的地位，以便在更广阔的领域赢得更多的商机。

总之，我国的油气工业上游技术领域面临着经济与社会、国际与国内等方方面面的诸多问题。与此同时，油气上游技术领域的自身发展方面还面临着一系列具体的技术难题。这些技术难题，已经成为制约石油工业上游发展的关键问题。

第2章 我国油气工业可持续发展的主要制约因素

2.1 地质技术的主要制约因素

2.1.1 天然气勘探对象更趋于复杂

1. 勘探对象多分布于地面条件复杂的地区

鄂尔多斯、四川、塔里木、柴达木四大盆地是我国陆上未来寻找大型气田的主战场,但这里地面条件相当复杂,自然环境相当恶劣。

鄂尔多斯盆地地貌大致以古长城为界,以南为沟壑纵横的黄土高原,黄土厚度200~300m;以北为沙漠草原,地势相对平坦,其间分布活动沙丘和草滩。随勘探领域向东、向西、向南扩展,地震勘探难度大、交通相对不便的黄土塬地区将占重要地位。

四川盆地被龙泉山、华蓥山分割成3个自然景观不同的地区。龙泉山以西为川西平原,龙泉山、华蓥山之间为川中丘陵,华蓥山以东为谷岭相间的复杂地貌。未来寻找大气田的最有利地区为华蓥山以东的川东北地区,复杂的地面条件势必加大勘探的难度。

塔里木盆地腹部为被称为死亡之海的塔克拉玛干沙漠所覆盖,南北两个山前带为典型的山地地貌。库车坳陷、塔西南山前带是塔里木盆地未来寻找大气田的主要领域,复杂的地面条件加大了地震勘探的难度,同时加大了选择井位的难度。

柴达木盆地西部沟壑纵横、峭壁陡立、荒丘遍布,盆地东部盐沼广布、遍地盐碱,加之海拔2600~3200m,高寒缺氧,自然环境极为恶劣。

2. 勘探对象普遍具埋深大、物性差、圈闭条件复杂的特点

陆上主要含气盆地除柴达木盆地东部三湖地区、四川盆地川西侏罗系、塔里木巴楚地区主要勘探目的层埋深小于3000m外,寻找大气田重点勘探领域的四川盆地川东飞仙关鲕滩、四川盆地川西须家河组、塔里木盆地库车坳陷、塔里木盆地塔西南山前带、鄂尔多斯盆地上古生界、松辽盆地火山岩气藏、准噶尔盆地南缘等主要目的层的埋深均大于3000m。

储层物性较差是我国天然气储层的普遍特征。我国碎屑岩储层岩性复杂,岩石的结构成熟度和矿物成熟度普遍较低,导致储层非均质性强。如鄂尔多斯上古生界砂岩储层主要以低孔、低渗为特征,一般需压裂改造后才能获得工业产能;四川盆地的侏罗系砂岩储层,埋深虽浅,但仍需压裂改造才能获得工业产能;塔里木盆地库车坳陷第三系、白垩系储层物性普遍较好,但部分埋深大的砂岩气藏(如大北2、迪那11等)也需要通过酸化提高产能。我国碳酸盐岩储层由于时代较老,多进入成岩作用晚期阶段,基质孔隙度和渗透率都较低,由于裂缝和溶孔的存在,对物性有所改善,但未能从根本上改变低孔、低渗的特征。