

海上油田 高效开发新模式探索与实践

周守为 著



Effective Development of Offshore Oilfield
Probe & Practice

石油工业出版社

海上油田

高效开发新模式探索与实践

周守为 著

石油工业出版社

图书在版编目 (CIP) 数据

海上油田高效开发新模式探索与实践/周守为著.

北京: 石油工业出版社, 2007.5

ISBN 978-7-5021-6055-5

I. 海…

II. 周…

III. 海上油气田-油田开发-研究

IV. TE58

中国版本图书馆 CIP 数据核字 (2007) 第 056532 号

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.cn

发行部: (010) 64210392

经 销: 全国新华书店

印 刷: 保定彩虹印刷有限公司

2007 年 5 月第 1 版 2007 年 5 月第 1 次印刷

787×1092 毫米 开本: 1/16 印张: 12.5

字数: 150 千字 印数: 1—2500 册

定价: 50.00 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

序 言

在党中央国务院“科学发展、协调发展、和平发展”方针的指引下，改革开放以来，我国国民经济持续 20 年高速发展。随着我国国民经济的持续、快速发展和人民生活水平的不断提高，对石油的需求也持续、快速增长，供需矛盾日益凸现出来，已经成为制约我国经济、社会发展的主要瓶颈，且对外依存度不断增加，直接影响国家安全。这种日益严峻的石油供需矛盾，对实现 2020 年我国 GDP 翻两番，全面建成小康社会的伟大战略目标构成了巨大的障碍。为此，国家制定了“从全球战略着眼，保证油气资源的长期稳定供给，以实现全面建成小康社会的中国可持续发展油气资源战略”。此战略要求：必须充分“发挥国内油气资源的基础性保障作用”，以保证我国油气的稳定供给。但是，以我国现有的原油储量和现有技术，到 2020 年我国原油供给能力远远满足不了国家需要。因此，必须以国内现有油气资源为基础创新思维，创立新的理论、新的思路、新的模式，发展和集成新的技术来大力加强石油勘探，做好储量和产量的接替；大幅度提高已开发油田的采收率，充分做好老区挖潜；实现难采储量的经济开发。在上述三个方面中，对于油田开发的重点是从第二、三方面争取有所突破。其中尽可能提高已开发油田的采收率和原油产量一直是石油工作者的奋斗目标，但由于历史的原因和科技发展过程的限制，国内外油田开发至今都沿袭着一次采油、二次采油、三次采油的阶段进行。

20 世纪 40 年代以前，采油依靠地层自身能量进行（即一次采油），其采收率低。之后，发展了以注水恢复和保持油藏能量为主的二次采油技术，使油藏采收率大幅度提高到 30% 以上，二次采油

成为到目前为止全世界仍然广泛采用的主要采油方法。从 20 世纪 60 年代起,在二次采油的基础上,发展了以化学驱、气驱、热力驱为主的所谓三次采油。这些都是进一步大幅度提高采收率应该采用的有效技术,但由于其难度大和成本高,在国内外至今没有很好的建立和发展。不过我国的聚合物驱技术得到了重大发展,特别是在大庆油田、胜利油田……等取得重大成果,达到了国际领先水平,但是仍然无法在高温、高矿化度油藏和海上油田有效应用。这些类型油田的采收率最多只能达到二次采油的水平。

近二十多年来,我国海上石油取得了重大发展,成为我国石油工业的支柱之一,是实现“发挥国内油气资源的基础性保障作用”不可缺少的必要组成部分。但是,由于海上油田开发本身的特点:一般生产设施的寿命都在 20~25 年,平台面积狭小,没有足够空间,投资成本也很高,井距一般为陆地油田井距的 2~3 倍;我国海上油气田多为稠油油田,而且具有疏松砂岩和多层系河流相沉积的地质特点,使它的开发难度和提高采收率难度比陆上油气田显得更为困难,陆上油田很多有效技术难以很好应用,反之,潜力也更大。因此用新的思路探索一种新的模式,采取与之配套的新的关键技术,就显得更为重要。全世界的海上稠油油田,至今也没有跳出传统开采模式,其采收率只能达到二次采油的水平。显然依旧沿袭国内外这种开发模式,就不能很好地满足国家对石油的迫切需要。

根据国家海上石油发展的迫切需要和我国海上石油勘探开发的难点和特点,作者根据他在海洋石油 20 多年的实践经验和潜心研究,在 1999 年提出了将一、二、三次采油模糊的概念,并着力于与之配套的“钻井压裂”、“适度出砂”、“早期注聚”等系列技术的研究,后经 6~7 年的实践探索和完善,形成了本书中提出的“模糊一、二、三次采油界限,通过技术创新和创新技术集成,使油田在投产初期迅速达到高峰产量并高速开采,始终保持旺盛生产能力,

采取钻井压裂、适度出砂、早期注水、注水即注聚、注水注聚相结合。通过以聚合物驱为主的提高采收率技术、钻井导流技术、电潜螺杆泵举升技术和地面除砂工艺等技术体系，在最短的时间内采出更多的原油，达到最大采收率”完整的海上油田高效开发新模式。

按照新的开发理念，在渤海油田成功进行了单井的注聚试验后又进行了井组的注聚试验，均获得成功，其钻井压裂适度出砂技术通过 200 多口井的试验，平均产能提高 3~4 倍，利用这一新的开发模式，成功开发了全世界海上最稠的南堡 35—2 油田（11°API），旅大 10—1 油田从开发方案开始就全面应用了该思路。实践证明这种新的开发模式和配套技术已为渤海油田产量再上台阶提供了必要的理论基础和技术支持。

这一开发模式的提出和实践，为海上油气田的开发开辟了一条新的途径。它既可以使我国海上油气资源得到充分利用，也可以在相同的海上油气设备的有效寿命期内生产出更多的原油，从而为解决我国对原油增长的迫切需要做出重大贡献，对海洋油田的开发也将起到促进作用。目前此模式仍在不断探索、不断完善中。我们希望能有更多的专家、学者和现场工作者能够投入到这一新领域的研究和实践之中，为实现我国日益增长的能源需求进行有益的探索。



2007 年 4 月 10 日

前 言

目前,世界石油工业正面临着极大的挑战。油气储量增长乏力,难以满足全球日益增长的油气消费需要。根据 2005 年 BP 发布的能源统计资料,全球对于油气的需求正在强劲增长。1981 年的油、气消费量各为 $29.9 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $1.47 \times 10^{12} \text{ m}^3$, 而到 2004 年已分别达到 $40.4 \times 10^8 \text{ t}$ 和 $2.69 \times 10^{12} \text{ m}^3$ 。根据国际能源署 (IEA) 发布的世界能源展望预测,从 2000 年到 2030 年世界石油需求预计年均增长 1.6%, 到 2030 年将达到 $57.69 \times 10^8 \text{ t}$; 天然气的需求量年均增长 2.4%, 到 2030 年达到 $42.03 \times 10^8 \text{ t}$ 油当量。未来油、气仍将在世界一次能源需求中居主导地位,到 2030 年油气需求占世界一次能源总需求的 65%。

在陆上石油资源日益减少之际,海洋石油无疑会成为世界石油供应的重要来源。世界已发现石油可采储量有 $700 \times 10^8 \text{ t}$, 其中大型海洋油田占了 41%, 这些油田分布在少数几个地区。海上还有很多地区勘探程度低,有的地区甚至还没有勘探过,因此存在较大的勘探开发潜力。

过去几十年,石油工业从陆上到内陆水域再到近海不断扩张。1950 年驳船首次用于近海勘探,1956 年出现了海洋钻井船,1964 年半潜式钻井船问世。近海石油生产始于 20 世纪 40 年代,到 60 年代产量不过 $14 \times 10^4 \text{ t/d}$, 而到 2005 年已接近 $360 \times 10^4 \text{ t/d}$, 占世界原油产量近三分之一。相比之下,陆上石油在 1963 年才达到 $360 \times 10^4 \text{ t/d}$ 。与陆上石油开发不同的是,海洋石油生产一直持续发展,实际上,陆上原油生产在近 20 多年基本保持稳定,而海洋石油已经

成为世界石油生产的主要增长点。

据 Mackay 咨询公司统计, 2003 年世界海洋石油产量达 $12.57 \times 10^8 \text{t}$, 约占世界石油总产量的 34.1%。1992—2002 年世界石油产量年均增长率为 1.1%, 海洋石油产量年均增长率为 3.5%, 世界海洋石油产量的增长速度是世界石油生产总量增速的 3 倍多。预计今后几年海洋石油生产将以更高的速率增长。

随着我国国民经济的快速发展, 对石油的需求也不断提高。过去 10 年, 中国对石油的需求已增长两倍。2006 年, 我国原油表观消费量达到 $34655 \times 10^4 \text{t}$, 比 2005 年增长 9.3%。其中, 国内原油供给量 $1.8 \times 10^8 \text{t}$, 同比仅增长 1.7%; 石油净进口 $1.6 \times 10^8 \text{t}$, 同比增长 19.6%, 对外依存度上升到 47%, 预计 2009 年将超过 50%。伴随中国经济的持续快速发展, 石油短缺日益成为国家能源安全的核心问题。海上油田原油生产在满足国民经济对石油的强大需求中起着重要作用。2006 年全国石油总产量 $1.8 \times 10^8 \text{t}$, 其中 15% 来自海上油田。

近年来, 我国石油接替资源量和后备可采储量日趋紧张, 而在勘探上寻找新资源的难度却越来越大。经过几十年开采, 陆上油田已进入中高含水期, 如何保持高速高效开发海洋石油资源已成为未来国家能源战略的重点。因此, 探索海上油田高效开发模式、努力提高海上油田的开发效益和采收率具有重要战略意义。

解决能源紧缺的主要途径有以下几个方面: 第一是加大勘探力度, 争取找到更多的油气田以供开发, 包括“走出去”, 在世界其他地区寻找更多油气田参与开发; 第二是将已找到的油气田, 特别是已找到的边际油气田、稠油油田和因经济效益差无法开发的油气田尽快开发; 第三是在已开发的油气田中, 将油藏性质很差、油稠、疏松砂岩型的油田, 特别是海上多油水系统复杂砂岩型油田的采收率迅速提高。

作者多年从事海上油气田勘探、开发和生产工作，通过实践，针对海上疏松砂岩型稠油油田提出了开发新模式以及提高采收率新思路，对解决能源紧缺的第二和第三类途径进行了有益的探索。这种开发新模式的主要内涵是：模糊一、二、三次采油界限，通过技术创新和创新技术集成，使油田在投产初期迅速达到高峰产量并高速开采，始终保持旺盛生产能力；采取钻井压裂、控制适度出砂、早期注水、注水即注聚、注水注聚相结合等技术；通过以聚合物驱为主的提高采收率技术、钻井导流技术、电潜螺杆泵举升技术和地面除砂工艺等技术体系，在最短的时间内采出更多的原油，达到最大采收率。

由于作者水平有限，加之海上油田高效开发新模式仍然处于探索阶段，书中难免有不妥之处，恳请读者批评指正。

目 录

1 油田传统开发模式	(1)
1.1 世界海上油田开发现状	(1)
1.2 我国石油开发现状	(5)
1.3 中国海上油田特点与开发策略	(12)
1.4 油田传统开发模式	(21)
2 海上油田高效开发新模式探索	(25)
2.1 高效开发新模式的基本思想	(25)
2.2 海上油田高速开发现状	(28)
2.3 提高产能的技术研究	(31)
2.4 改善驱替效果的技术研究	(60)
2.5 模糊一、二、三次采油阶段的高效开发新模式	(66)
2.6 新模式实施的技术可行性	(74)
2.7 海上油田高效开发新模式的雏形	(81)
3 支撑海上油田高效开发新模式的关键技术	(85)
3.1 聚合物驱提高原油采收率技术	(85)
3.2 钻井压裂适度出砂技术	(96)
3.3 高效举升技术	(120)
3.4 小结	(123)
4 海上油田高效开发新模式在渤海油田的实践	(125)
4.1 钻井压裂适度出砂技术在渤海油田的应用	(126)
4.2 聚合物驱提高采收率技术在渤海绥中 36-1 油田的应用	(139)

4.3	高效开发新模式在旅大 10-1 油田的试验	(165)
4.4	小结	(179)
5	海上油田高效开发新模式的发展趋势和展望	(180)
5.1	现阶段新模式存在的问题及研究方向	(181)
5.2	技术发展展望	(184)
参考文献		(186)

1 油田传统开发模式

1.1 世界海上油田开发现状

1897 年, 美国最先在加利福尼亚州西海岸用木栈桥打出第一口海上油井, 开创了人类海上石油开发的先例。1920 年, 委内瑞拉在马拉开波湖利用木制平台钻井, 发现了一个大油田。1922 年, 苏联在里海巴库油田附近用栈桥进行海上钻探成功。20 世纪 40—60 年代, 随着焊接技术和钢铁工业的发展, 相继出现了钢质固定平台、坐底式平台、自升式平台等钻井装置, 使海上油气开采范围扩大到 30m 水深的海域。1947 年, 美国人在墨西哥湾建造了钢铁平台。1950 年, 出现了移动式海洋钻井装置, 大大提高了钻井效率。20 世纪 60 年代后, 随着电子计算机技术和造船、机械工业的发展, 建成了各种大型复杂的海上钻井、采集、储输设施, 促进了海上油气开采的迅速发展。近年来, 海洋石油产量在世界总产油量中所占比重越来越大, 到 2005 年, 产量已接近 $360 \times 10^4 \text{ t/d}$, 占世界石油产量近三分之一。

2005 年波斯湾/中东地区是世界海洋石油最大的产油区, 其后依次是北海、西非、墨西哥湾、亚洲/澳大利亚、巴西、中国、里海、俄罗斯/北极等地区。在近海石油总产量中, 浅水地区产量为 $290 \times 10^4 \text{ t/d}$, 深水地区为 $50 \times 10^4 \text{ t/d}$ 。天然气产量总计为 $23 \times 10^4 \text{ t/d}$, 主要产自浅水区。

到 2005 年, 近海石油总可采储量达 $720 \times 10^8 \text{ t}$ (其中原油 $650 \times 10^8 \text{ t}$, 天然气 $70 \times 10^8 \text{ t}$), 已生产了 $290 \times 10^8 \text{ t}$, 剩余可采储量约

$430 \times 10^8 \text{t}$ 。最重要的海洋石油发现地分布在上述主要产区，而中国近海、里海、俄罗斯/北极地区的勘探程度还比较低，其他产油区的勘探成果也十分有限。

几十年来，海上石油发现可大致分为三个勘探阶段。1940—1972 年为第一阶段。在此期间，1947 年美国墨在西哥湾发现第一个近海油田，随后人们在波斯湾发现了第一批超大油田，在西非发现第一个海上油田，后期在北海发现了巨大油田。另有 2 个重大发现分别在澳大利亚和中国。这个阶段总共发现石油可采储量 $283 \times 10^8 \text{t}$ ，年均获得发现 $12 \times 10^8 \text{t}$ ，发现规模平均 $1.1 \times 10^8 \text{t}$ 。

第二阶段为 1973 至 1990 年。在此期间，北海、墨西哥、里海、俄罗斯/北极都有重大发现，美国墨西哥湾和巴西先后于 1983 年和 1984 年发现了本区的第一个深水大油田。另外，印度和加拿大在近海各获得一个重要发现，西非、亚洲/澳大利亚地区、美国墨西哥湾浅水区继续有所发现。在这个阶段，发现石油可采储量总计达 $244 \times 10^8 \text{t}$ ，年均 $13 \times 10^8 \text{t}$ ，平均规模为 $0.2 \times 10^8 \text{t}$ 。

第三阶段为 1991 年至今。在此期间，巴西、安哥拉、尼日利亚、美国墨西哥湾 4 个主要地区有深水重大发现，在北海、里海、中国也有几个重大发现，亚洲/澳大利亚、西非浅水区、波斯湾的发现规模较小。在此阶段，发现石油可采储量总计 $173 \times 10^8 \text{t}$ ，年均发现 $11 \times 10^8 \text{t}$ ，发现平均规模 $0.16 \times 10^8 \text{t}$ 。其中，深水和超深水发现 $63 \times 10^8 \text{t}$ ，年均 $4.2 \times 10^8 \text{t}$ 。

世界最大的近海石油产区也是陆上富集石油系统。波斯湾/中东地区是世界最大石油产区，也是最大的海上储量富集区。西非主要油产区是两个近海产区，而且陆上的石油产区储量十分可观。墨西哥湾也是世界级的产油区，该地区的美国和墨西哥也拥有丰富的陆上石油系统。亚洲/澳大利亚地区广大，包括几个国家，但已发现的含油盆地构造相连、生油过程相同，石油主要产自该地区复杂

的近海盆地,也可来自陆上产区。北海与巴西的石油几乎全都产自近海区。中国近海、里海与俄罗斯/北极地区有如下特点:陆上产量和储量相当大,地质上石油系统规模大,目前近海石油产量不多但发展很快,海洋石油发现数量和勘探活动有限。

目前的近海油田一般位于被动陆缘构造,储集岩的沉积环境以非海相至海相砂岩为主,储集岩的地质年代为新生代和中生代。深水大油田的油气聚集带为特有的新生代浊积岩油藏,是典型的构造圈闭和构造/地层复合圈闭。

20 世纪 90 年代以来,勘探成功率高,发现的油气田储量大、产量高、效益显著,深水油气备受跨国石油公司青睐,发展迅速。因此,多数海域的油气开采逐步向深水区转移,在全球掀起了深水油气勘探开发的高潮,投资不断增加。据估计,近年来,深水油气勘探开发投资年均增长 30.4%,2004 年增加到 220 亿美元。1999 年作业水深为 2000m,2002 年达 3000m。深水油气勘探成绩显著,储量和产量快速增加。1990 年以来,全球获近百个深水油气发现,其中亿吨级储量规模的超过 30%。2000 年,深水油气储量占海洋油气储量的 12.3%,比十年前增长约 8%。2004 年,全球海洋油气勘探获 20 个重大深水发现。1998—2002 年有 68 个深水项目,约 15×10^8 t 油当量投产;2003—2005 年则增至 144 个深水项目,约 42.6×10^8 t 油当量投产。2004 年深水石油产量 20×10^8 t 约占世界石油产量的 5%。

2005 年,海上油田勘探开发总投资已从 2001 年的约 690 亿美元增加到约 900 亿美元,深海油气勘探开发投资从 2001 年的约 92 亿美元增加到约 140 亿美元。全球深海钻井投资随之不断增加,水深纪录不断刷新,不断获得深海重大油气发现,油气产量持续增长。预计 2010 年,全球深海油气勘探开发投资将达到约 200 亿美元,较 2005 年增长 43%;全球深海钻井支出将从 2005 年的 84.3 亿

美元增加到 161 亿美元；深海油气产量占全球海上油气总产量的份额将分别从 2005 年的 11.4% 和 7.2% 上升到 2010 年的 20% 和 9%。

世界对海上石油寄予厚望。由于浅水油气产量的下降、勘探开发技术的进步及深水油气田平均储量规模巨大，许多石油公司都竞相涉足深海，展示了世界海洋石油工业良好的发展前景。

技术进步是促使海洋油气产量快速增长的最主要动力。海上精细地震数据采集和处理技术、移动式钻井平台、水平井开发技术、FPSO 系统、水下生产系统等先进技术的采用，大大节约了海洋油气勘探开发成本，海上最小经济开发储量不断下降。

新型的项目组织形式及创新的开发模式也是海上油田开发成功的关键因素。随着跨国石油公司开展的海上油田开发项目的增多，新经验和新技术迅速在全球推广，简易平台技术、依托式开发技术及联合开发模式，推动了海上油田产量的不断攀升。

海上油田开发属于高风险、高投资项目，油气田建设首先要考虑经济效益。生产建设设施要尽量简化，做到开发井数少、单井产能高、生产期短，这样才能使经济效益尽量高，尽快回收投资并获得利润。因此，高速开发是海洋石油工业的一大特点。利用天然水驱、大生产压差、大油嘴、大泵生产、枯竭式高速开采是国外海上油田的主要开发模式。

最近几年来我国渤海湾地区发现了一大批稠油砂岩油田。国外海上也有与这些油田的地质特点相类似的油田，如美国加利福尼亚的东威明顿（East Wilmington）、亨廷顿滩（Huntington Beach）和贝塔（Beta）油田，英国北海的开普顿（Captain）和阿尔巴（Alba）油田，委内瑞拉马拉开波湖的拉古尼拉斯（Lagunillas）油田。其中东威明顿、亨廷顿滩和拉古尼拉斯油田海、陆各半，它们都是在 20 世纪 60 年代以前投产的，开发技术同陆上油田基本类似。其他三个油田都是海上油田，20 世纪 80 年代后投产，采用了一些新

的技术和工艺,尽量少钻井少建平台,设备小型化,采用水平井技术,甚至开展了注聚合物室内试验(开普顿油田)。虽然各个油田情况不同,但其基本开发模式都是早期注水,采用稀井网,开发层系划分较粗;中后期采用分注、分采及堵水等工艺措施。而开普顿油田则基本采用水平井尤其是长水平井段的水平井进行开发,在 40km^2 的含油面积上钻了40口水平井。这些油田尽管开展了一些碱水驱、二氧化碳非混相驱、聚合物驱的室内试验或现场试验,但并未扩大应用。也就是说,这几个油田的开发基本上处于二次采油阶段。

1.2 我国石油开发现状

1.2.1 我国已探明油田分布状况及特征

1.2.1.1 已探明石油储量分布

我国已发现油田主要分布在东部地区的渤海湾和松辽等盆地。截至2002年底,探明石油地质储量 $163.3 \times 10^8\text{t}$,占全国总探明石油地质储量的72.4%;西部地区的准噶尔、鄂尔多斯等盆地,探明石油地质储量为 $44.3 \times 10^8\text{t}$,占全国总探明石油地质储量的19.6%;近海探明石油地质储量为 $18.0 \times 10^8\text{t}$,占全国总探明石油地质储量的8%。探明石油储量的埋藏深度以中浅层(500~2000m)为主,其储量占总储量的66%。

1.2.1.2 已发现油田地质储量规模

截至2003年底,在已发现油田中,特大型油田(大于 $10 \times 10^8\text{t}$)一个,即著名的大庆油田,含油面积 920km^2 ,地质储量 $41.7 \times 10^8\text{t}$,占全国总储量的18.5%。大型油田($1 \sim 10 \times 10^8\text{t}$)41个,地质储量 $89 \times 10^8\text{t}$ 。大型和特大型油田的数量虽然仅占油田总数的

7.3%，但地质储量却占到了 57.9%。东部地区的大型油田，石油地质储量 $100.1 \times 10^8 \text{t}$ ，占全国总储量的近 40%。油田储量以中丰度（ $100 \sim 300 \times 10^4 \text{t/km}^2$ ）的为主，占总储量的 44%；其次是高丰度（ $>300 \times 10^4 \text{t/km}^2$ ）的油田，占总储量的 31%。

1.2.1.3 已发现油田的储层特征及流体性质

我国油田大部分属于陆相河流—三角洲沉积的砂岩油藏。陆相沉积的水体规模小、变化大，储层砂体平面上分布面积小，纵向上往往有数十层、上百层砂岩和泥质岩间互，形成一定规模的多层砂（砾）岩油藏，因此造成严重的层间非均质性。储层天然能量低，边底水不活跃。同一油藏内的储层渗透率差异悬殊，可达数十倍到上千倍。东部渤海湾地区地质构造运动频繁，断裂发育，断层纵横交错，储集层被切割成破碎的小断块，导致油水分布十分复杂。

已发现石油储量以特高渗（ $>1000 \text{mD}$ ）和中渗（ $50 \sim 500 \text{mD}$ ）储量为主，分别占储量的 33% 和 24%，低渗（ $<50 \text{mD}$ ）储量占总储量的 28.1%。但在近五年发现的储量中，50% ~ 60% 是低渗储量。

陆相生油母质中腐殖质较多，生成的原油粘度较高，且油藏埋深多为中浅层，油层温度较低，因此，地下原油粘度以中粘度以上为主，其中，中粘度（ $5 \sim 20 \text{mPa} \cdot \text{s}$ ）的储量占 44%，高黏度（ $20 \sim 50 \text{mPa} \cdot \text{s}$ ）占 7.5%，稠油（ $>50 \text{mPa} \cdot \text{s}$ ）占 14.3%。原油含蜡量和凝固点较高。

1.2.2 我国油田开发现状

1.2.2.1 概况

截至 2003 年底，全国已投入开发油田 470 个，共计动用石油探明地质储量 $177.0 \times 10^8 \text{t}$ ，动用可采储量 $57.0 \times 10^8 \text{t}$ 。其中东部动用可采储量占 81.6%，西部占 13%，海上占 5.4%。全国已动用储量