

文章编号: 0253-9985(2009)01-0108-08

老油气区精细勘探潜力与方法技术

侯连华¹, 邹才能¹, 匡立春², 王京红¹

(1. 中国石油天然气股份有限公司 石油勘探开发研究院, 北京 100083;

2. 中国石油天然气股份有限公司 新疆油田分公司, 新疆 克拉玛依 834000)

摘要: 根据富油气凹陷油气分布特征及剩余油气资源量分布规律, 提出富油气凹陷中的有利区带是下一步勘探重点, 主力勘探层系及上、下层系是精细勘探重点层位。在分析制约老油气区勘探关键问题基础上, 提出了一套老油气区精细勘探思路, 建立了针对不同储层及油藏类型的精细勘探方法技术(油气层识别、油气层保护、油气藏规模预测、提高油气产能等)。近几年, 该方法技术在老油气区精细勘探中得到了推广应用, 新增油气储量不断提高, 加快了老油气区油气发现速度, 与海上或新区相比勘探与开发成本明显降低, 投资回收期缩短, 提高了勘探效益。

关键词: 油气资源潜力; 富油气凹陷; 有利区带; 勘探方法技术; 精细勘探; 老油气区

中图分类号: TE132.1 文献标识码: A

Potential and technologies of refined exploration in mature oil and gas regions

Hou Lianhua¹, Zou Caineng¹, Kuang Lichun², Wang Jinghong¹

(1. PetroChina Exploration and Development Research Institute, Beijing 100083, China;

2. PetroChina Xinjiang Oilfield Company, Karamay, Xinjiang 834000, China)

Abstract: In order to further strengthen exploration in China's mature oil and gas regions, researchers studied the distribution of oil and gas reservoirs and residual oil and gas resources in petroliferous depressions and proposed that the key formations as well as those underlying and overlying them in the potential zones of these depressions be the future targets of refined exploration. Based on the analysis of exploration experiences in mature oil and gas regions, they put forward a new idea of refined exploration and established a set of approaches and technologies (including identification and protection of oil and gas layer, prediction of oil and gas reservoirs, oil and gas production enhancement, and etc.) aiming at different kinds of reservoirs and pools. Their wide application has resulted in large reserve growth. Compared with exploration in offshore and frontier areas, refined exploration in mature oil and gas regions has lower cost, shorter period of capital recovery, and higher economic returns.

Key words: hydrocarbon resource potential; petroliferous depression; favorable region; exploration methods and technologies; refined exploration; mature oil and gas region

老油气区概念国内、外有所差别, 国外是指某区域提交油气探明储量后一定范围内的勘探开发区; 国内是指勘探成熟区。按国际通行标准, 预探

井密度 $0.1 \sim 0.5$ 口/ km^2 为勘探成熟区^[1,2]; 本文老油气区是个定性概念, 系指勘探开发历史较长, 进一步勘探开发难度较大的地区。

收稿日期: 2008-06-23。

第一作者简介: 侯连华(1970—), 男, 博士、高级工程师, 油气综合勘探及评价。

基金项目: 国家重大科技专项(2008ZX05001-03); 中国石油天然气股份有限公司重大研究项目(040112-1), (06-01A-01-01)。

地下油气资源的隐蔽性决定了对其分布规律的认识不可能一次完成,是不断实践和深化认识的过程,理论和方法技术的创新及规律性认识都具有阶段性和片面性,经验和规律性认识应成为勘探的阶梯,同时也可能束缚了创新和勘探发现^[3],老油气区勘探要勇于创新 and 探索未知新领域,才能不断取得突破和发现。

从世界范围看,近15年,石油可采储量增长约 220×10^8 t,其中一半以上来自老油气区。美国自1950年以来新增石油可采储量的86%来自老油气区^[1],1978—1991年美国老油气区原油储量增加 35×10^8 m³,天然气储量增长 $37\,000 \times 10^8$ m³,占美国总探明储量增长量的90%,而老油气区剩余资源量占整个剩余资源量60%以上。老油气区在今后相当长时间内仍是美国探明储量增长和油气生产的主要领域^[1,4]。这一点在我国老油气区勘探中也逐步被证实^[5~8]。

老油气区精细勘探是通过对现有资料重新评价,获得新认识指导部署井位,通过钻井精细施工实现油层保护,通过油气层精细评价,提高油气层发现率。油气田发现是正确地质认识与适宜勘探技术的交集^[9],通过地质认识提高和技术进步,解决制约老油气区勘探的重大难题,实现油气储量增长。

1 制约老油气区精细勘探的关键问题及对策

1.1 关键问题

制约我国老油气区精细勘探的关键问题主要有:精细勘探领域和区带选择是否正确?现有油气成藏模式和控制因素是否概括全面?有无漏失油气层?漏失油气层规模多大?怎样提高油气层评价符合率?如何提高油气层产能?如何预测老油气区内有利区?这些问题的解决将使老油气区油气勘探取得新突破。

1.2 思路和对策

认识的突破是老油气区勘探获得突破的源泉,因此应注重地质问题的再评价,辩证地看待前人的认识,多学科综合研究,寻求符合地下地质情况的认识,通过方法技术创新保障老油气区勘探

突破和发现。

提出用富油气凹陷的富油气区带新认识指导优选有利区,从老井复查和剩余油气井点重新评价入手,开发新方法技术有效识别漏失油气层、预测油气藏规模,开发和采用新技术有效保护和识别油气层、提高油气产能,实现老油气区勘探新突破,是老油气区精细勘探的主要思路。主要对策如下:

1) 早期勘探技术存在盲区,丢失相当多标志不清、识别难度大、常规方法不易发现的油气层。开发新方法技术,通过老井重新复查和评价,解放和发现油气藏,实现老油气区主力层系的勘探突破。

2) 受勘探程度和认识限制,大规模勘探时主要围绕主力油气层进行,忽视了主力层系上、下层系的勘探,这些层系是老油气区精细勘探的主要目标之一。

3) 受储层岩性认识限制^[10],大规模勘探时主要以碎屑岩为主,精细勘探阶段对具备成藏条件的各种岩性都应成为勘探对象,扩大了勘探目标;对于物性普遍较差地区,寻找有利储层是关键^[11]。

4) 构造主体部位勘探程度较高,以往勘探中主要寻找构造油气藏,在主体构造翼部、凹陷周缘,勘探程度相对较低,漏失了岩性、地层和复合油气藏,大部分处于过去勘探技术的盲区内,需开发新方法技术描述和识别。

5) 对于成藏模式、成藏控因和油气分布规律复杂区域,以往认识偏差限制了油气发现,通过建立新模式、剖析油气成藏控因,指导油气勘探和发现。

6) 受当时油气层保护、油气层识别、试油工艺等技术条件限制,导致了一些油气层未被发现,导致了地质认识误区,通过开发和采用合适的油气层识别技术,改进钻采工艺和试油试采技术,可发现油气藏,甚至突破一个领域。

2 老油气区精细勘探的潜力与方向

2.1 富油气凹陷有利区带是勘探优先区域

20世纪50—60年代,伴随我国东部油气勘探实践,提出的“源控论”^[12]对指导油气田发现发挥

了重要作用。随着勘探程度提高及地质认识深入,又提出了“富生烃凹陷”^[13]、“富油气凹陷”^[14,15],指出资源空间分布的不均衡性,对指导重点勘探靶区选择有重要指导意义^[16]。

富油气凹陷“满凹含油”论的提出,使勘探跳出正向二级构造带局限,实现满凹找油气,勘探范围有了大规模拓展,丰富和发展了以往“定凹选带”勘探理念^[16],油气藏类型主要以岩性-地层型为主,油气分布呈现满凹含油趋势。

富油气凹陷“满凹含油”特征,不是指富油气凹陷到处都有油气,而是突出强调勘探和找油气范围的拓展^[17]。特别是构造及成藏条件复杂的有利区带,呈现出不同层系、不同区域均有可能分布油气藏,发育多种油气藏类型。我国富油气凹陷虽然经过了多年勘探,但剩余资源量大,其有利区带内存在以往勘探中漏失的油气层,以及尚未认识到的新层系,这是老油气区精细勘探的物质基础。因此,老油气区精细勘探重点应立足于富油气凹陷中的有利区带。

2.2 老油气区富油凹陷有利区带勘探潜力

据全国第三次油气资源评价结果,全国石油地质资源量 895×10^8 t,天然气地质资源量 44×10^{12} m³^[18]。截止2007年底,探明石油储量 270×10^8 t,探明率31%,处于勘探中期;探明天然气储量 5.9×10^{12} m³,探明率13.5%,处于勘探早期。特别是2000年以来,年均新增探明石油储量 9.8×10^8 t,年均新增天然气探明储量 $4\,851 \times 10^8$ m³,其中老油气区新增油气探明储量所占比例逐年提高。

2007年底,我国陆上28个主要含油气盆地老油气区累计探明石油地质储量 191×10^8 t,剩余石油地质资源量 286×10^8 t,探明率40%;累计探明天然气地质储量 4.2×10^{12} m³,剩余天然气地质资源量 21×10^{12} m³,探明率16.7%。按国际成熟盆地最终探明率70%计算,陆上主要盆地还可探明石油地质储量 143×10^8 t,天然气地质储量 16×10^{12} m³^[19]。

2.2.1 区域勘探潜力

剩余石油资源主要分布在我国东、西部地区。东部剩余资源量约 139×10^8 t,占总剩余资源量48%;西部剩余资源量约 108×10^8 t,占总剩余资

源量38%,中部剩余资源相对较少,仅占总剩余资源量14%。

中、西部地区天然气剩余资源比较富集。西部剩余资源量约 9.5×10^{12} m³,占总剩余资源量45%;中部剩余资源量约 7.2×10^{12} m³,占总剩余资源的34%。

2.2.2 大型含油气盆地勘探潜力

从盆地剩余油气地质资源分布看,石油剩余地质资源集中分布于松辽、塔里木、渤海湾、鄂尔多斯以及准噶尔五大含油气盆地,均在 30×10^8 t以上,五大含油气盆地剩余石油资源总量达 211×10^8 t,约占总剩余石油地质资源量的74%。天然气剩余地质资源集中分布于塔里木、四川、鄂尔多斯及柴达木、松辽和准噶尔六大盆地,约 17×10^{12} m³,占总剩余资源量81%。

2.2.3 重点盆地主要区带勘探潜力

1) 石油勘探重点区带

松辽、塔里木、渤海湾、鄂尔多斯以及准噶尔5大主要含油气盆地剩余石油资源区块分布相对集中,剩余石油资源主要分布于:松辽盆地的古龙-长岭凹陷、渤海湾盆地的辽河西部凹陷、辽河东部凹陷、大民屯凹陷、东营凹陷、沾化凹陷、冀中拗陷的饶阳凹陷、黄骅拗陷的歧口凹陷以及鄂尔多斯盆地靖安和陇东地区、准噶尔盆地的玛湖-昌吉拗陷、腹部中浅层和塔里木盆地的环满加尔地区等12大富油区带中,资源丰度在 $10 \times 10^4 \sim 20 \times 10^4$ t/km²,最高可达 68×10^4 t/km²,拥有剩余石油地质资源量 190×10^8 t,占5大盆地剩余石油地质资源量的66%。上述有利区带是我国陆上未来石油勘探发现新储量的重点盆地及区带。

2) 天然气勘探重点区带

塔里木、四川、鄂尔多斯、柴达木、松辽和准噶尔盆地6大盆地剩余天然气资源的富集程度相对较高。塔里木盆地的库车拗陷、西南拗陷、中央隆起,四川盆地的川东和川西地区,鄂尔多斯盆地的北部、陕北斜坡、柴达木盆地的东部拗陷,松辽深层中央隆起带,准噶尔盆地陆东-五彩湾等10大富气区带,剩余天然气资源量均在 1.0×10^{12} m³以上,10大区带剩余天然气资源量 15×10^{12} m³,占6大盆地剩余天然气资源量的91%。上述区带是未来老油气区天然气勘探主体。

3 老油气区勘探突破的关键

地质认识和成藏控因正确认识是老油气区勘探突破的关键。老油气区经过较长时间勘探,形成了固定的油气藏类型、成藏模式和油气分布规律,这些模式和规律在一定阶段内对勘探具有积极指导意义,但同时又成为发现的障碍。通过对固有认识中疑点、相互矛盾数据的再评价,修正、完善和创新模式,使地质认识发生飞跃,从而开创老油气区油气勘探新局面^[20]。这里通过准噶尔盆地西北缘上盘石炭系和大民屯古潜山两个老油区精细勘探实例予以说明。

3.1 准噶尔盆地西北缘上盘石炭系

由于前陆冲断带内断裂影响,以前地震资料品质较差,对断裂识别和刻画较难,以往主要靠钻井获取地质认识,认识存在局限性。认为该区是受岩性和断层控制的断块岩性油藏,断层起封闭遮挡作用,安山岩是主要储层,主要寻找安山岩分布断块(图1),限制了该领域勘探拓展^[21,22]。

2005年在该区重新采集了53条高精度二维地震测线,井震结合建立了新模式。提出该区石炭系与上覆地层间断时间长达83 Ma,形成了整体风化的巨型地层不整合遮挡圈闭,安山岩、凝灰岩、火山角砾岩、玄武岩和变质砂砾岩等各种岩性均能形成良好储层。断裂对储层物性具有良好改造作用,同时断裂对风化起促进作用,沿断裂储层物性变好,改变了以往勘探中认为断裂起封闭作用的认识,有效储层在不整合面以下厚度大,断裂发育处油层厚度更大(图2),断裂与不整合对储层改造作用相互叠加形成了断裂-不整合复合型地

层油藏。2005—2007年在新模式指导重新勘探,新增探明石油储量超过 1×10^8 t。

3.2 大民屯凹陷古潜山

大民屯古潜山发育跨越太古代、元古代、古生代、中生代等多个时期。近40年勘探历史,以前认为:油气通过烃源岩与古潜山接触区和断裂向下运移聚集成藏,古潜山油气藏受圈闭幅度和埋藏深度控制,只有幅度较大、埋藏较浅的古潜山才能成藏,存在统一油水界面,因此,确定大民屯古潜山油水界面为-2 400 m,该认识长期禁锢着向深层古潜山探索^[23]。

通过对古潜山成藏控因和模式研究发现,古潜山具有近油源成藏条件,良好盖层,断裂、不整合和有利岩性储层等良好输导体系,存在新生古储、侧向运移成藏条件。古潜山与上覆烃源岩接触区、下盘烃源岩发育位置、断裂控制着古潜山油气藏发育及油水界面。烃源岩与潜山深度位置的匹配及接触关系,潜山形成时间与油气成藏匹配关系是关键。可形成多个油水界面纵向叠加的油气藏分布模式,油水界面从边台古潜山的-2 400 m,扩展到静安堡古潜山的-3 200 m,再到安福屯古潜山的-3 900 m(图3)。

认识到并非所有岩性均能形成储层,岩石中暗色矿物含量由低到高形成储层由易而难,已知岩石形成有利储层由易到难的顺序为石英岩、浅粒岩、变粒岩、混合花岗岩、中酸性火山岩、片麻岩、辉绿岩、角闪岩。不同岩性组合控制有利储层分布,提出了古潜山内部干层之下可发育油气层,水层之下通过非渗透层遮挡可发育油气层,完善了古潜山成藏模式,突破了以往成藏模式限制,扩大了勘探范围。

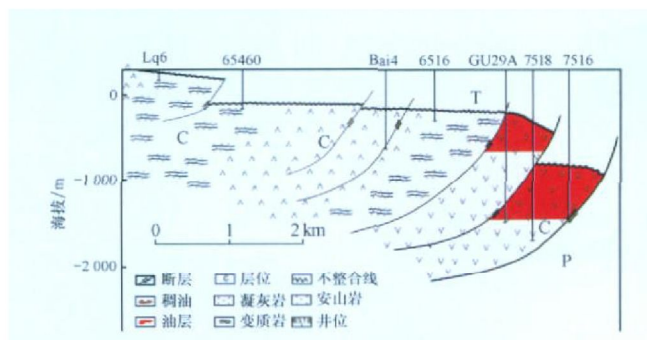


图1 断块-岩性油藏模式

Fig. 1 Fault block-lithologic oil reservoir

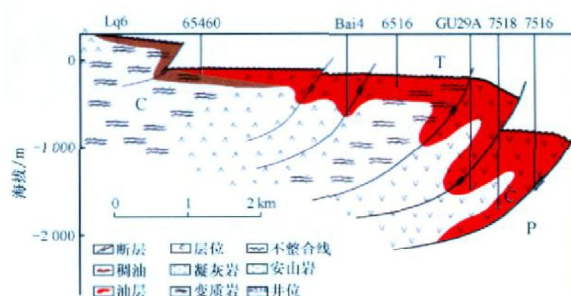


图2 断裂-不整合复合地层油藏模式

Fig. 2 Fault-unconformity composite oil reservoir

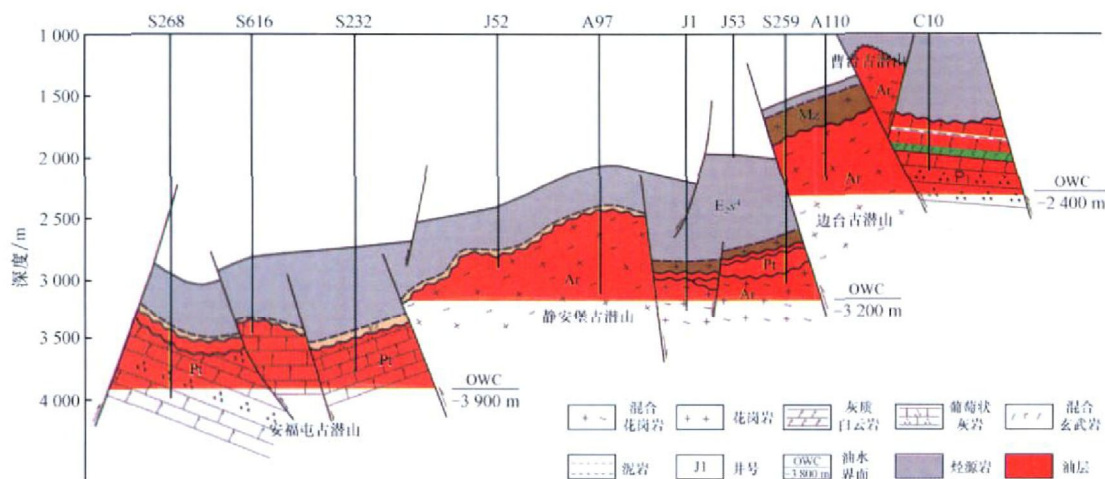


图3 大民屯古潜山油藏模式

Fig. 3 Buried hill oil reservoir in Damintun

在新认识指导下,对辽河凹陷基底结构、岩性分布、断裂特征进行重新评价,落实、发现了兴隆台、大民屯凹陷西部、中央、东部4个潜山油气富集区带。使古潜山勘探在沉寂多年后又有大发现,2006年以来已探明石油储量超过 1.5×10^8 t,提交三级石油储量超过 3×10^8 t,展示了古潜山良好勘探潜力和前景。

4 老油气区精细勘探方法技术

方法技术进步是发现和提高复杂油气藏产量的有效手段^[24]。我国老油气区规模勘探阶段,由于方法技术的限制,漏失了一些常规方法技术不易发现的油气层。随着方法技术进步,这些勘探盲区逐步显现,成为现实领域,发展适用主导技术是勘探突破的必备手段,开发了多种适用于老油气区精细勘探的方法技术。

4.1 油气层识别方法技术

油气层识别新方法技术主要解决老井漏失油气层重新识别和评价,新钻井油气层有效识别和评价难题。

4.1.1 录井方法

录井资料是油气层信息的第一手资料,但影响因素很多。以往直接使用没有处理的录井资料进行油气层识别,符合率较低,录井资料只能作为油气层识别的定性辅助手段。提出了恢复原始地

层信息方法,得到油气层识别的统一定量资料 and 标准,对老井复查,新发现许多油气层,提高了新井油气层识别符合率。

1) 气测录井油气层识别方法

通过岩石破碎含油气量模型获得进入井筒的破碎油气量,利用渗滤含油气量模型获得进入井筒的渗滤油气量,二者之和便是进入井筒中的理论油气总量;通过钻速、排量、钻头直径、钻井液性质等参数的气测校正模型得到气测标准化值,利用气测组份与流体性质关系模型获得进入井筒实际总油气量。通过进入井筒的理论与实际油气总量关系模型,得到被评价层的油气饱和度,该方法大大提高了气测资料油气层的识别精度,特别是提高了气层和轻质油层识别精度。

2) 地化录井油层识别方法

地化录井因受岩心、井壁取心、岩屑等不同样品来源,取样时间、分析手段和过程、分析仪器、流体性质等影响,造成了油层识别和评价的精度较低。在影响因素校正基础上,建立了不同样品来源、地化参数与流体性质关系模型,得到了反映地层真实含油性参数,进而得到储层含油饱和度,实现对油层的识别和评价。该方法大大提高了油层识别精度,特别是提高了中质和重质(稠)油层的识别精度^[25~27]。

4.1.2 测井方法

1) 低阻油气层识别方法

低电阻油气层是以往老油气区勘探中漏失较

多的一类。通过建立不同低电阻率成因机理的油气层识别方法,如分散粘土含量的阳离子交换量模型、高矿化度的地层水电阻率求取模型、黄铁矿含量的电阻率校正模型、高束缚水饱和度的求取模型等方法,提高了低电阻油气层的识别精度,对多个油田的老井复查发现了大量低电阻率油气层。

2) 复杂油气层识别方法

复杂储层主要指岩性、储集空间的复杂。针对火山岩、变质岩等复杂岩性储层,开发了通过岩心、元素测井(ECS)、常规测井的岩性联合识别方法,提高岩性识别精度。针对复杂储层,利用露头、岩心、成像测井、核磁测井标定常规测井资料的裂缝、流动孔隙、束缚孔隙求取方法,提高了复杂储层评价精度。

4.2 油气藏规模描述预测技术

地震资料是确定油气藏空间分布规模的有效手段,以往油气藏空间分布规模的地震预测精度不高的主要原因是地震资料品质差、预测方法不完善。在老油气区通过重新采集地震资料,开发叠前反演、油气检测、全三维有效圈闭描述等新方法技术,提高了油气藏规模预测精度。方法技术应用在冀东和大民屯古潜山油藏勘探中收到了很好效果,发现了许多复杂油气藏已探明区之外的油气层,扩大了油气藏规模。

4.3 油气层保护和提高产能技术

4.3.1 储层改造技术

1) 合适压裂规模技术

压裂是提高致密储层油气井产量的有效措施,压裂规模应控制在一定范围之内,并非规模越大越好。以前勘探中,由于压裂设备和技术的限制,压裂规模一般不大,压裂后油气井产量提高不大,随着压裂技术和设备性能的提高,压裂规模不断扩大,但产量却出现了随着压裂规模呈拟正态分布特点,当压裂超过合适规模后会对储层造成损伤,导致产量下降,因此,确定合适压裂规模是提高产能的有效措施。

2) 致密储层裸眼压裂技术

针对致密、裂缝储层裸眼完井,裸眼段长、滤失量大的特点,采取裸眼井段下部填砂,上部座裸

眼封隔器,调控施工井段,油管大排量注入($6.0 \sim 8.0 \text{ m}^3/\text{min}$),环空背压等配套措施,实现致密裂缝性储层裸眼压裂技术,使压裂后油井自喷期长,初期产量高,产量递减慢。该技术对火山岩、变质岩等致密裂缝性储层改造效果良好,压裂后油井平均增产8倍以上。同时,可采用酸化方法改善储层物性,提高油井产能,常规酸化液对该类储层改造效果较差,硝酸粉末($\text{HCl} + \text{HF} + \text{HNO}_3$)等酸化液^[28]的应用取得了很好效果,如在欧利坨子油田欧52井火山岩应用硝酸粉末酸化压裂技术后,提高了岩石溶蚀率10%~20%,原油产量由常规压裂的 6.96 t/d ,增加到 84.4 t/d ^[28]。

3) 多级注入酸压闭合酸化技术

对裂缝不发育,孔隙连通性差的低渗储层,常规一次压裂方法往往不能获得好效果,油层产量提高不多。可采用胶凝酸体系的前置液—胶凝酸—前置液—胶凝酸—闭合酸—顶替液多级注入酸压闭合酸化技术,使储层压裂规模逐步扩大,储层物性逐级改善。如准噶尔盆地准东北三台石炭系油藏,1985年发现,产量很低,限制了开发,如北32井常规试油为干层,常规压裂后试油两层,产量分别为 $1.996, 1.027 \text{ t/d}$ 。2005年对该区块重新评价,钻探北403、北404两口井,采用胶凝酸体系多级注入酸压闭合酸化技术,北403井日产油 15 t ,北404井进一步优化设计,加大施工规模,配酸量由北403井的 $9.5 \text{ m}^3/\text{m}$ 提高到 $13.0 \text{ m}^3/\text{m}$,施工后, 5 mm 油嘴日产油 91.6 t 。

4) 低渗水敏储层压裂液配伍技术

低渗储层采用近(欠)平衡水基泥浆钻井使钻井中对储层的污染控制在较小范围内,压裂采用混合原油、模拟地层水配置的特级胍胶及表面活性剂压裂液体系及配套压裂工艺,使对被改造层的污染降到最小,提高了原油产量。如准噶尔西北缘乌夏地区二叠系百口泉组,水敏指数大于0.6,渗透率小于 $5 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$,采用上述技术后,原油产能提高6倍以上^[29],将传统改造技术不能获得工业油流的储层,改造成工业油流。

4.3.2 薄稠油层水平井技术

对油层厚度小于 5 m 的薄油层,当物性较差或原油粘度较大时,单层开采产量一般达不到工业油流标准。对这类油层可采用水平井技术,使直井不能动用的薄油层到达工业开采产能。如准

噶尔西北缘九区侏罗系稠油层,原油粘度 20℃时超过 55 000 mPa·s,直井热采油层厚度下限为 5 m。如 99436 井油层厚 4.8 m,直井热采日产油 0.8 t,采用水平井热采技术开发后,平均单井产量上升为 16 t/d,实现了薄油层储量动用开发。

4.3.3 复杂井筒压力体系的近(欠)平衡钻井技术

老油气区在以往勘探中对油层保护重视程度不够,使得一些敏感性复杂储层的油气层没有及时发现,或被发现后。在老油气区注水开发油层之下地层勘探中,油气层保护显得更重要,老油气区已注水开发层系局部地层压力大大高于原始地层压力,以前在这些地区之下的勘探,主要是增加钻井液密度防止井喷,造成了储层严重污染,影响了油气层发现。我国已开发油田 87%采用注水开采,老油区注水开发层系之下地层的勘探油气层保护显然是大范围的。近几年对老油气区注水开发油层之下的勘探,采用了增加技术套管技术,即在钻过注水开发高压层之后,钻开目的层之前下一套技术套管,然后,采用近(欠)平衡钻进,有效保护了目的层,提高了勘探成功率。

该技术在大民屯及兴隆台古潜山,准噶尔西北缘上盘石炭系等老油区勘探中效果明显。如兴隆台潜山马古 1 井,3 816 m 钻遇古潜山后,下技术套管,采用 1.01 g/cm³ 钻井液欠平衡揭开古潜山 234.9 m,有效保护了古潜山油层,发现了马古 1 潜山油藏,新增石油地质储量超过亿吨。

5 老油气区精细勘探实效

我国老油气区精细勘探中形成了一套思路和方法技术,推广后加快了老油气区油气发现和探明速度,使当年来源于老油气区的探明可采油气储量比例不断提高。2007 年该比例上升到 82.3%,与老油气区大规模开展精细勘探之前相比提高了 20%(图 4),勘探成效显著。如准噶尔西北缘精细勘探后油气探明储量增长速度是其未开展前的 4 倍以上。

老油气区油气勘探可利用以前的基础设施,减少勘探投入,近几年,我国老油气区精细勘探成本、投资回收期分别是边远区或海上油气田的 1/4 和 1/8。表明老油气区精细勘探是获得较好经济效益并能近期赢利的最佳途径,我国油气储量增长高峰预计与美国相差近 30 年,老油气区精细勘探刚得到重视,老油气区新增油气储量将迎来一个新高峰。

我国老油气区精细勘探的主要对象包括以前及目前主要勘探层系的挖潜和老油气区内新区新层系勘探,这一点已被勘探证实^[3,5,14]。近几年,通过精细勘探在准噶尔、辽河凹陷、渤海湾、松辽、四川、鄂尔多斯、柴达木等盆地探明可采油气储量超过数亿吨,展现出老油气区很好的精细勘探前景。随着认识程度的不断提高,勘探层系不断扩大,剩余可采储量将不断增加,会远远超过目前剩余可采储量规模,构造、岩性及成藏条件复杂的富

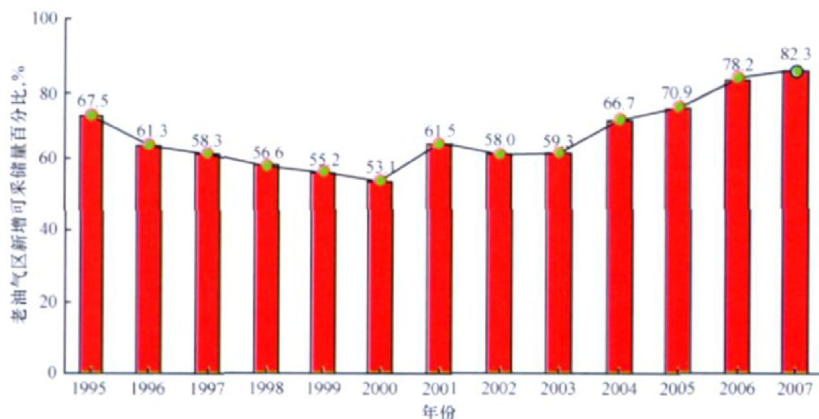


图4 中国老油气区石油新增可采储量占当年新增可采储量情况

Fig. 4 Share of annual additional recoverable oil reserves from mature oil and gas regions in the total additional recoverable oil reserves of China in the same year

油气区带,叠合盆地中下组合、前陆盆地掩伏带和推覆体内部等是重点。

6 结论

1) 富油气凹陷有利区带是老油气区精细勘探重点,以往勘探的重点层系是寻找漏失油气层的重点,主力层系的上、下层系是寻找新油气层的重点。

2) 更新地质认识、重建成藏模式、正确剖析成藏控因、整体评价是老油气区精细勘探成功的基础。

3) 制约老油气区勘探关键技术难题的解决与新方法技术的应用是精细勘探成功的保障。

4) 老油气区勘探潜力大、效益好,是今后一段时间内勘探和储量增长重点。

致谢:本文课题及研究中得到了中国石油股份有限公司勘探与生产分公司及多家油田公司领导 and 专家帮助,中国石油勘探开发研究院及多家油田单位参加了部分工作,在此表示衷心感谢。

参 考 文 献

- Emil D A, David H R. The enigma oil and gas field growth [J]. AAPG Bulletin, 1994, 78(3): 321- 332
- 张抗. 对中国石油可采资源量的讨论[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(1): 7- 11
- 张善文. “跳出框框”是老油区找油的关键[J]. 石油勘探与开发, 2004, 31(1): 12- 14
- Kerr D R, Jirik L A. Fluvial architecture and reservoir compartmentalization in the Oligocene middle Frio Formation, South Texas[J]. Gulf Coast Association of Geological Societies Transactions, 1990, 40: 373- 380
- 李丕龙, 张善文, 宋国奇, 等. 济阳成熟探区非构造油气藏深化勘探[J]. 石油学报, 2003, 24(5): 10- 15
- 郭元岭, 蒋有录, 赵乐强, 等. 成熟探区油气勘探资源接替战略方法研究[J]. 石油学报, 2007, 28(1): 20- 26
- 王俊玲, 郑和荣. 中国东部成熟探区剩余油气资源潜力及重点勘探领域[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 296- 300
- 郑和荣, 胡宗全, 张忠民, 等. 中国石化东部探区潜山油气藏勘探前景[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(4): 313- 321
- 周玉琦. 油气勘探的辩证思维和方法——从事油气勘探活动的心得体会[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 545- 551
- 张义杰, 董大忠. 油气田发现是正确地质认识与适宜勘探技术的交集——以准噶尔盆地陆梁隆起西部油气勘探为例[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 564- 569
- 赵贤正, 卢学军, 王权. 华北油地层- 岩性油藏勘探发现与启示[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 597- 604
- 邹才能, 侯连华, 匡立春, 等. 准噶尔盆地西缘二叠- 三叠系扇控成岩储集相成因机理[J]. 地质科学, 2007, 42(3): 587- 601
- 胡朝元. 生油区控制油气田分布——中国东部陆相盆地进行区域勘探的有效理论(源控论)[J]. 石油学报, 1982, 3(2): 9- 13
- 龚再升, 陈斯忠, 郭水生, 等. 中国近海大油气田[M]. 北京: 石油工业出版社, 1997. 110- 120
- 牛嘉玉, 王玉满, 谯汉生. 中国东部老油区深层油气勘探潜力分析[J]. 中国石油勘探, 2004, 9(1): 33- 40
- 袁选俊, 谯汉生. 渤海湾盆地富油气凹陷隐蔽油气藏勘探[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(2): 130- 133
- 赵文智, 邹才能, 汪泽成, 等. 富油气凹陷“满凹含油”论——内涵与意义[J]. 海相油气地质, 2003, 8(3): 130- 142
- 郭元岭, 蒋有录, 赵乐强, 等. 济阳拗陷预探井失利地质原因分析[J]. 石油学报, 2005, 26(6): 52- 56
- 汪民. 我国石油地质资源量达 895 亿 t[J]. 石油工程建设, 2007, 33(6): 68
- 王俊玲, 郑和荣. 中国东部成熟探区剩余油气资源潜力及重点勘探领域[J]. 石油与天然气地质, 2003, 24(3): 296- 300
- 王震亮, 朱玉双, 耿鹏, 等. 准噶尔盆地西北缘现今水动力分布特点[J]. 石油与天然气地质, 2002, 23(4): 348- 352
- 陈新, 卢华复, 浦世照, 等. 准噶尔盆地西北缘断裂体系分形特征与油气藏分布[J]. 石油与天然气地质, 2006, 27(4): 517- 521
- 孟卫工, 李晓光, 刘宝鸿. 辽河拗陷变质岩古潜山内幕油藏形成主控因素分析[J]. 石油与天然气地质, 2007, 28(5): 584- 589
- 解国军, 金之钧, 肖焕钦, 等. 成熟探区未发现油藏规模预测[J]. 石油勘探与开发, 2003, 30(3): 16- 18
- Ofstad K, Kittilsen E J, Marrack P A. Improving the exploration process by learning from the past[A]. Norwegian Petroleum Society Special Publications, 2000. 57- 63
- 侯连华, 林承焰, 王京红, 等. 含油层早期产能预测方法[J]. 石油大学学报(自然科学版), 2003, 27(1): 11- 13
- 侯连华, 林承焰, 王京红, 等. 原油密度、黏度的地化热解评价方法[J]. 石油勘探与开发, 2002, 29(2): 72- 76
- 孟卫工. 富油气拗陷深化勘探做法和体会[J]. 中国石油勘探, 2005, (4): 10- 15
- 薛新克, 侯连华. 乌尔禾油田克拉玛依组储层敏感性差异及工艺措施优选[J]. 石油天然气学报, 2007, 29(3): 67- 70

(编辑 高 岩)