

非构造油气藏国内外研究现状及发展方向

林 雄 田景春

(成都理工学院)

[内容提要] 隐蔽圈闭油气藏的研究现状表明,随着勘探程度的不断提高以及石油地质和沉积学研究的深入,尤其是层序地层学研究的进一步加强,隐蔽圈闭油气藏将成为今后油气工作的重点勘探对象。因此,本文就隐蔽圈闭油气藏的分类、特征及实际意义进行深入论述,并就其发展趋势进行了总结,以期对我国今后油气勘探部署提供参考。

关键词 隐蔽圈闭油气藏 研究现状 发展趋势

1 概述

非构造油气藏也有人把它叫做隐蔽油气藏。在油气藏系列中隐蔽油气藏是一个重要组成部分,因此关于隐蔽油气藏的含义有人认为有两种理解^[1]:其一,认为隐蔽油气藏是指采用目前通用的勘探技术和方法找不到的油气藏,将各种岩性油藏、地层超覆油藏、地层不整合油藏、古地貌油藏,还有深层构造油藏、逆掩断层下盘油藏等统统包括在内。其地质含义不够确切或不严格,仅代表勘探技术水平或勘探已达到的程度;其二,认为隐蔽油气藏指的是非构造类型的、在沉积过程中形成的岩性油气藏、地层不整合或地层超覆油气藏以及古地貌油气藏等。就是说在一个含油气盆地受古构造条件、古地貌条件、古水流条件以及古盆地地质历史演化所控制的岩性变化和某些地层接触关系所形成的圈闭油气藏。这一说法“就给了地质科学上的某种含义”^[1]。笔者认为第二种的理解更为合理。

关于隐蔽油气藏的概念,最早是由卡尔(1880)提出的。1919年世界上发现了第一个非背斜油藏。威尔逊(1934)提出了非构造圈闭是“由于岩层孔隙度变化而封闭的储集层”的观点^[2]。莱复生(1936)提出了地层圈闭的概念^[3],并发表了题为“地层型油田”的论文。哈尔鲍蒂(1972)著文将地层圈闭、不整合圈闭、古地形圈闭等统称为隐蔽圈闭^[2]。

近20年来,随着世界石油勘探技术的发展和科学理论工作的深入,在新发现的油气藏中非构造油气藏占有不可忽视的地位。虽然这类油气藏目前在含油气盆地中还不占优势地位,但它所占的比例却不断增加,在部分盆地中甚至已占据优势地位。据哈尔鲍蒂统计,1972年世界上共有190多个储量在400万吨以上的大油田和80个储量在 $5 \times 10^{10} \text{m}^3$ 以上的大气田,其中隐蔽油藏有20个(占大油田总数的10.5%),隐蔽气藏有5个(占大气田总数的6.3%),合占大油气田总数的9.2%^[4]。据R. E. 金的资料(1975),大型隐蔽油气藏的可采储量占世界石油总储量的10%^[3],例如美国阿拉斯加北坡油田、委内瑞拉的玻利瓦湖岸油田、

① 本文1997年11月14日收稿,1998年5月27日收修改稿。

利比亚锡尔特盆地梅斯拉油田等都是世界著名的非构造圈闭大油田。

我国在油气勘探中,近年来也出现了隐蔽油气藏不断增长的趋势,如济阳坳陷,1977年隐蔽油气藏量占总储量的19.9%,产量占总产量的29%;南襄盆地岩性油气藏的储量占探明储量的84.6%;江汉盆地潜江组岩性油藏占总储量的28.4%;特别是克拉玛依油田、任丘油田,它们是世界上著名的非构造圈闭大油田,在我国国民经济发展中起着举足轻重的作用。

2 非构造油气藏的分类及评述

2.1 油气藏的分类及简要评述

“油气藏”是油气聚集的一个基本单元,赋存于单一圈闭中,具有统一的热力、压力系统和油(气)水界面。“圈闭”则是可捕获分散烃类,形成油气聚集的有利场所。它们由各类储集体与能阻挡油气继续运移的不同性质遮挡物相有机配置组成,在具有充足油气来源的条件下,存在圈闭是形成油气藏的必要条件。

目前,许多国内外学者从不同角度出发,提出了油气藏的各种分类方案达上百种。各种分类方案持不同的划分原则与依据,大致可概括为以下几种:(1)形态分类法^[5],如H. O. 布罗德按油气藏形态,将其分为层状、块状、透镜状油气藏。此种分类法的优点在于,比较简明,让人一目了然,同时比较形象;它的缺点是不能反映油气藏形成的基本条件,因此不能很好地指导油气藏勘探和开发,给实际应用带来不便。(2)圈闭成因分类法,如莱复生按油气圈闭成因的基本差异,分之构造圈闭、地层圈闭和混合圈闭等三大类型^[3]。圈闭是决定油气藏形成的基本条件,不同的构造、地层条件下,圈闭的成因不同,油气藏的特点不同,油气藏的类型也当然不同。因此,根据圈闭成因对油气藏进行分类,能够充分反映各种不同类型油气藏的形成条件,反映各油气藏类型之间的区别和联系,预测一个新含油气区可能出现的油气类型,从而对不同类型的油气藏采取不同的勘探方法和部署方案。所以,此种分类法的优点是有益于揭示和预测受成因控制的同类型油气聚集带的形成规律和分布,制定合理的勘探战略部署。(3)以油气圈闭形态为主,成因为辅的分类方法,如B. B. 西门诺维奇等人提出的分类方案,将油气藏分为圈闭顶部弯曲、侧向遮挡、岩性封闭等三大类型圈闭,再按不同成因分为13个亚类^[5]。此种分类法的缺点在于分类过细,在实际操作中带来诸多不便,不能很好地指导油气藏勘探和开发工作。(4)按油气相态分类法,分为气藏、油藏、气顶油藏、带油环气藏、凝析气藏等十大类型^[6]。(5)按油气产量和储量规模分类,分为工业性、非工业性和小、中、大、巨型油气藏等^[5]。

2.2 非构造油气藏的分类及简要评述

本文中的非构造油气藏的分类是以圈闭成因为主,圈闭方式和遮挡方式为辅作为划分非构造油气藏的基本原则,并且考虑陆相盆地非构造油气藏形成的地质特点与分布,共分为四大类,即岩性圈闭、地层圈闭、混合圈闭、水动力圈闭等油气藏类型。此种分类法的优点在于:从科学性和实用性出发,因为对油气圈闭进行科学的成因分类,有益于揭示和预测受成因控制的同类型油气聚集带的形成规律和分布,制定合理的勘探战略部署。对油气圈闭形态和遮挡方式的确切区分以及考虑油气藏形成的地质特点与分布,有利于解决油气勘探的战术问题,提高勘探成效。

3 非构造油气藏的特征及实际意义

3.1 岩性圈闭油气藏

岩性圈闭是在沉积作用或成岩、后生作用下,使储集岩体的岩性或物性发生突变,被不透透层所包围或遮挡而形成的圈闭。按岩性圈闭的不同成因与遮挡条件差异,可将岩性圈闭油气藏进一步划分为以下六个亚类^[5]:储集层上倾尖灭,古河道砂岩,透镜状岩封闭,裂隙、层间缝,物性封闭,生物礁圈闭等油气藏。

1. 储集层上倾尖灭油气藏

这种类型的油气藏是由于储集层沿其上倾方向发生尖灭或岩性侧变,并被不透透岩层所围限而形成可遮挡且油气聚集其中而形成的。它的特征是储集体往往穿插、尖灭在生油岩体中,具有充足的油源和良好的生储盖组合,成为早期的油捕。在我国老君庙油田西部围翼第三系白杨河群的L5、L6油气藏(图1)以及松辽盆地斜坡的富拉尔基地区都属于这类油气藏。在国外,这类油气藏也很多,例如美国得克萨斯州华顿县匹开特山油田的渐新统弗里奥层砂岩(图2)。

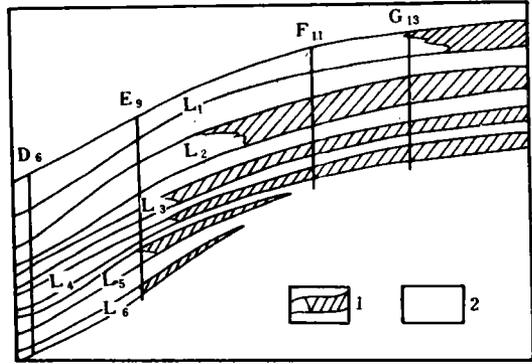


图1 老君庙田L5、L6岩性尖灭油气藏横剖面图 (据张万选等)1979)
1. 储层;2. 盖层

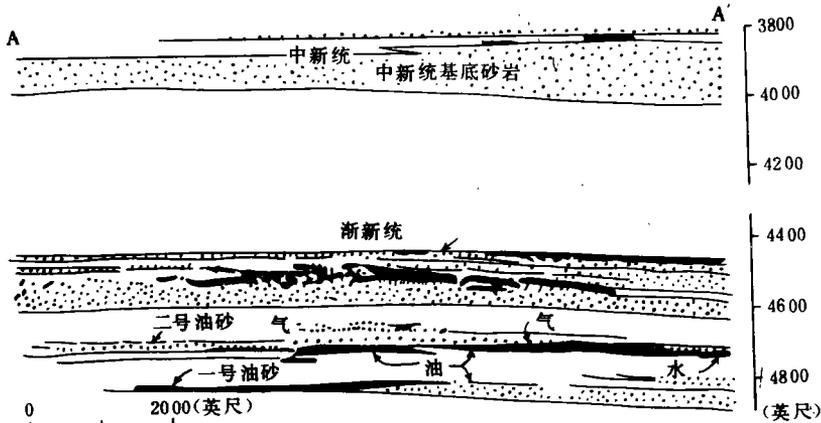


图2 得克萨斯州华顿县匹开特山脊油田的砂岩尖灭油气藏剖面图(据莱复生)

2. 古河道砂岩岩性油气藏

此种类型油气藏的圈闭条件主要受岩性变化带、河岸侧翼遮挡和断层遮挡等因素控制,组合成多种成因河道砂圈闭类型,有边滩、心滩和河道浊积岩等圈闭类型。岩性圈闭所处的沉积环境及其与油源岩接触关系是各不相同的。它们的油源可以来自同期生油岩,也可来自下伏地层的生油岩。我国东营凹陷南坡的梁家楼油藏就是古河道砂岩岩性油气藏(图3)。

3. 透镜岩性气藏

透镜状岩性油气藏系指形成于四周被非渗透岩层所包围的各种透镜状、条带状或不规则状渗透性储集岩中的油气藏。它们的特点是:(1)油气藏完全受砂岩体的形态与分布控制,油气可全部充满或有底水垫托;(2)在透镜体内部油气分布仍受现今构造控制,高部位含气,底部含水;(3)透镜状砂岩体的规模大小是决定油气的富集程度与油气藏规模的主要因素之一;(4)潜伏的透镜状含油气砂体通常成组或成带出现,组成油气聚集带,其规模与走向

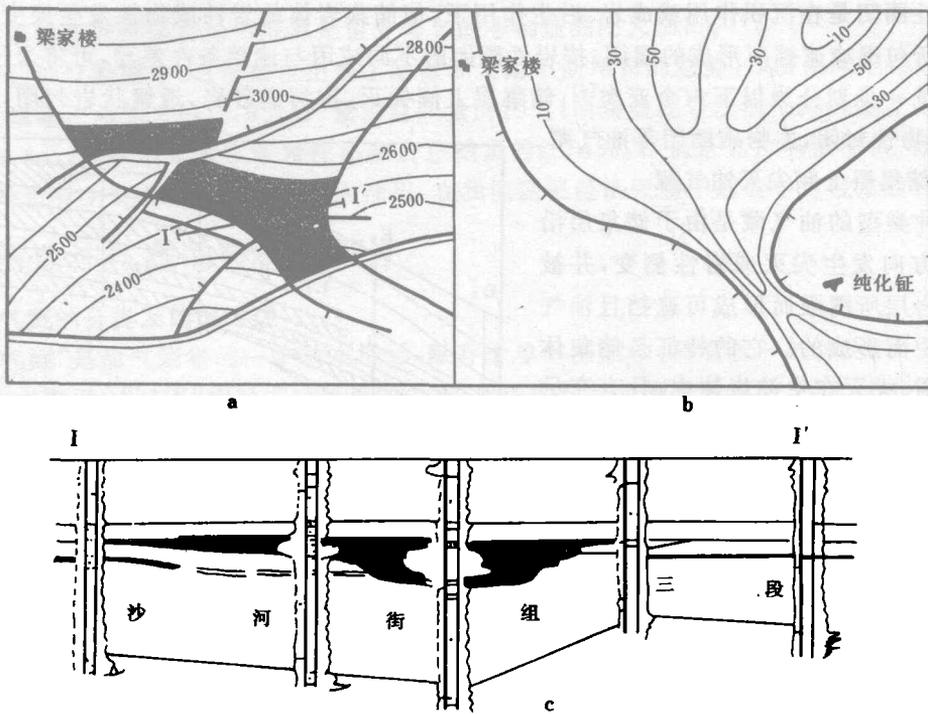


图3 梁家楼新渐统古河道砂岩油藏(据胜利油田资料改编,引自胡见义等《非构造油气藏》,1996)
a. 油藏平面图, b. 油层砂岩等厚图, c. 油藏剖面图

决定于沉积的古地理环境;(5)透镜状砂体常与尖灭型砂体在分布上有一定的组合关系。这种油气藏在国内外都很多,如我国新疆北部准噶尔盆地南的独山子油田第三系上褐色岩系中有相当数量的砂岩透镜体油气藏;美中堪萨斯州格林乌德县及勃特勒的鞋带油藏等等(图4)。

4. 裂隙、层间缝岩性油气藏

在成岩作用、成岩后生作用和构造力作用下,各种致密和性脆岩层,如致密灰岩、白云岩、砂岩、泥灰岩等可形成层间裂隙或局部裂缝发育区,油气就储集在其中,形成裂隙、层间缝岩性圈闭,这样的油气藏叫裂隙、层间缝岩性油气藏。它的特点是:(1)油气分布主要受裂缝系统控制,且裂缝和层间缝分布不均匀;(2)含油层段变化大,油气分布范围不规则,可分布在构造的各个部位,有的甚至分布于向斜部位;(3)单井产能变化大,日产油量由数吨至近千吨不等,一般初期产量高,产量不稳定,产能递减快;(4)大部分为自生自储成油组合,原油性质好,如松辽盆地古龙地区的泥岩裂缝油藏、潜北地区泥岩裂缝油藏等(图5)。这种油藏在外国也常见,如苏联西伯利亚盆地中鄂毕油区及其西侧发现了15个这样的油田,并且大萨雷姆油田的176号井日初产油高达5000m³。

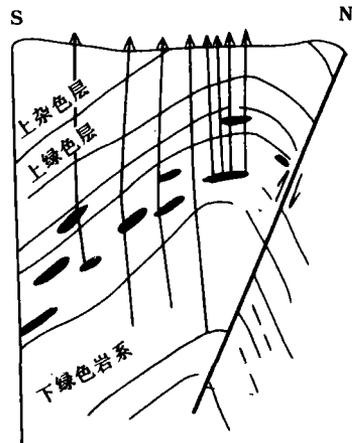


图4 新疆独山子油田第三系砂岩透镜体油气藏横剖面图(据张万选等,1979)^[7]

7. 物性封闭油气藏

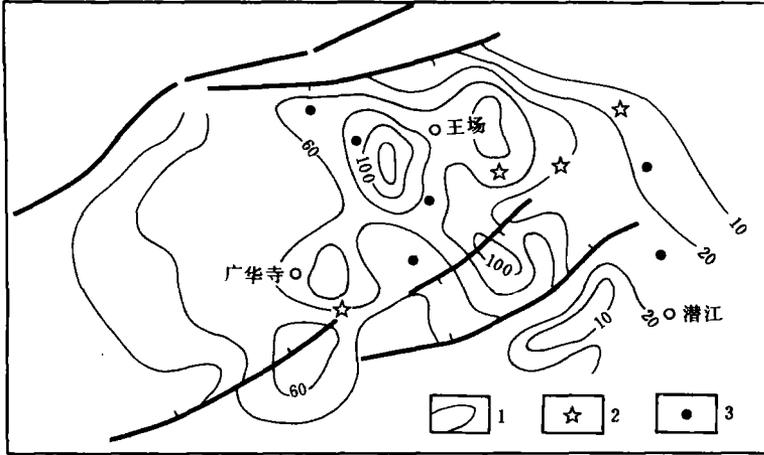


图5 潜北地区泥岩裂缝油藏分布图(据江汉油田)

1. 潜二段油页岩等厚线; 2. 出油井; 3. 油气显示井

物性封闭油气藏是指成岩作用与后生作用,如压实、胶结、硅化、沉淀、结晶、重结晶、交代、溶解等作用影响下,使岩石物性发生变化而形成的物性封闭油气藏,其中包括致密层局部渗透形成的油气藏,以及含油气储集层因二次胶结、硅化等作用被区域性致密化形成的封结型油气藏。压实、胶结、硅化作用一般使岩石中的孔隙减小,但有些胶结作用会保护原生孔隙或产生微孔隙。重结晶、交代、溶解作用通常会产生次生孔隙,使岩层孔隙增大。在交代作用和深解作用下,使致密石灰岩产生局部白云岩化高渗透带,这是致密层局部渗透化的最常见情况,世界上已发现了许多这种类型的油气藏,如北美地台密执安盆地中部的深河油田(图6)。

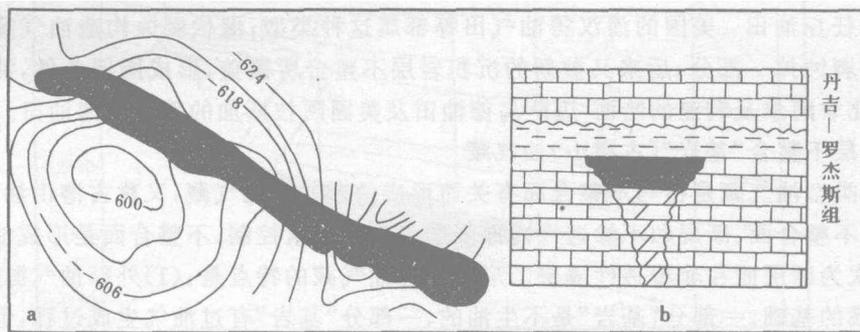


图6 深河白云岩化物性封闭油田(据胡见义等)

a. 中泥盆统罗杰斯组顶面构造图; b. 白云岩化灰岩油藏剖面图

6. 生物礁圈闭油气藏

生物礁圈闭指被非渗透层包围或侧向遮挡的生物礁储集岩体所形成的圈闭。此类圈闭油气藏可有以下几种圈闭方式:(1)整个生物礁形成统一的古地貌突起圈闭,油气藏居于岩礁突起顶部,底部有底水(如利比亚的因蒂萨尔油田);(2)因礁体内部岩体、物性不均匀变化,油、气仅分布于礁体内部的局部渗透带中,油气藏受礁体古地貌与岩性双重控制,在礁体范围内出现了干井,如我国的建南气田;(3)生物礁产状呈背斜状,油气藏受礁体与背斜构造的双重因素控制,如苏联旧卡赞科夫油气田。

3.2 地层圈闭油气藏

地层圈闭是指由构造运动引起的沉积间断、剥蚀、超覆沉积等作用下,储集岩体沿地层

不整合面或侵蚀面被非渗透岩层围限或遮挡而形成的油气圈闭条件。按照圈闭所处的位置、产状、遮挡条件,可将地层圈闭油气藏进一步分为以下三个亚类^[6]:不整合面以上的地层超覆油气藏、不整合面以下的地层不整合遮挡油气藏和地层不整合“基岩”油气藏。

1. 地层超覆油气藏

当海水或湖水向盆地边缘斜坡或隆起翼部水进时,在不整合面上形成了层超覆的旋回沉积,旋回底部的年青储集层不整合地超覆在时代较老的不渗透岩层上,而储层本身又被连续沉积的不渗透层覆盖,具有良好的顶、底板遮挡层,从而形成地层超覆圈闭,这样的油气藏称为地层超覆油气藏。地层超覆油气藏的主要特点是它主要分布于地质历史上的水陆交替地带,海、湖盆地斜坡边缘带,盆地内部古隆起、古凸起的周边,多呈舌状、裙边式断续分布。如我国东营的单家寺油藏、辽河凹陷的齐家油藏和柴达木盆地的马海气藏等。在国外也发现了很多这种类型的油气藏,如美国著名的东得克萨斯油田的油气藏及蒙大拿州的克特克油气藏等。

2. 地层不整合遮挡油气藏

地层不整合遮挡圈闭及其油气藏主要是与潜伏剥蚀突起及潜伏剥蚀构造有关。剥蚀突起或剥蚀构造被后来沉积的不渗透层所覆盖,就形成地层不整合遮挡圈闭,油气在其中聚集就形成地层不整合遮挡油气藏。这种油气藏的特点是:油气的来源主要来自其上覆沉积的生油坳陷,它们的运移通道以不整合面或有关的断层为主。因此,地层不整合遮挡油气藏中的油气储集层时代常比生油岩的时代老,即所谓的“新生古储”。对于这类油气藏,又可归纳为两种情况:一种是潜伏剥蚀突起油气藏;另一种是潜伏剥蚀构造油气藏。潜伏剥蚀突起油气藏是指古地形突起被上覆不渗透地层所覆盖形成圈闭条件,油气聚集其中而形成的油气藏,如我国的任丘油田、美国的潘汉得油气田等都属这种类型;潜伏剥蚀构造油气藏是原来的古构造被剥蚀掉一部分,后来又被新的沉积岩层不整合所覆盖,形成圈闭条件,油气集中而成的,如北非阿尔及利亚的哈西-迈萨乌德油田及美国阿拉斯加的普德霍湾油田。

3. 地层不整合“基岩”(古潜山)油气藏

这种类型油气藏是指与不整合面有关而形成的“基岩”油气藏,又称古潜山油气藏。其圈闭主要受不整合面、断层和不渗透性内部隔层等三个因素控制,不整合面是形成油气圈闭的基础;其次为断层面和非渗透性隔层。形成这种油气藏的特点是:(1)外部油气源是形成“基岩”油气藏的基础。一部分“基岩”是不生油的,一部分“基岩”有过油气生成过程,但缺乏良好保存条件。(2)生油岩与“基岩”储集体直接接触,以及断层面和不整合面等共油通道成为“基岩”油气藏形成的必要条件。(3)经构造断裂、物理风化和化学风化作用,使由不同岩类组成的“基岩”储集体遭受风化、淋漓、溶蚀而成为渗透性能良好的缝洞裂缝系统。(4)按形成古潜山圈闭的三个要素,并结合其储层类型,可将古潜山油气藏分为五个亚类:①碳酸盐岩古潜山油气藏,如我国渤海湾盆地冀中坳陷的任丘油田、加拿大的帕尔克曼碳酸盐岩古潜山油田;②变质岩古潜山油气藏,如我国辽河西部凹陷的杜家台变质岩基岩油田、美国加利福尼亚州豪金谷东侧边缘的爱迪生变质岩基岩油田;③花岗岩古潜山油气藏,如埃及的胡尔加达花岗岩古潜山油藏、我国辽河油田的东胜花岗岩古潜山油田;④火山岩古潜山油气藏,如美国墨西哥湾盆地的利顿泉喷发岩古潜山油田;⑤碎屑岩古潜山油气藏,如澳大利亚东部的普斯兰盆地的哈利布特碎屑岩古潜山油田。

3.3 混合型圈闭油气藏

混合型圈闭是指由于受两种以上地质遮挡因素所形成的圈闭,如构造、岩性尖灭、断层和地层不整合等诸因素间的相互配合而形成的构造-岩性圈闭、断层-岩性圈闭、断层-地层圈闭以及岩性-地层圈闭等,油气储集于其中,就形成了混合型圈闭油气藏。这种油气藏的特点是易于形成陆相湖盆及海滨环境。这种油气藏比一般的地层型或岩性型圈闭油气藏更常见,如我国松辽盆地的新立油田及克拉玛依油田八区乌尔禾组油藏(图7)都属断层-岩性混合圈闭的油藏。这类油藏在外国也常见,如美国普拉德霍湾油田。

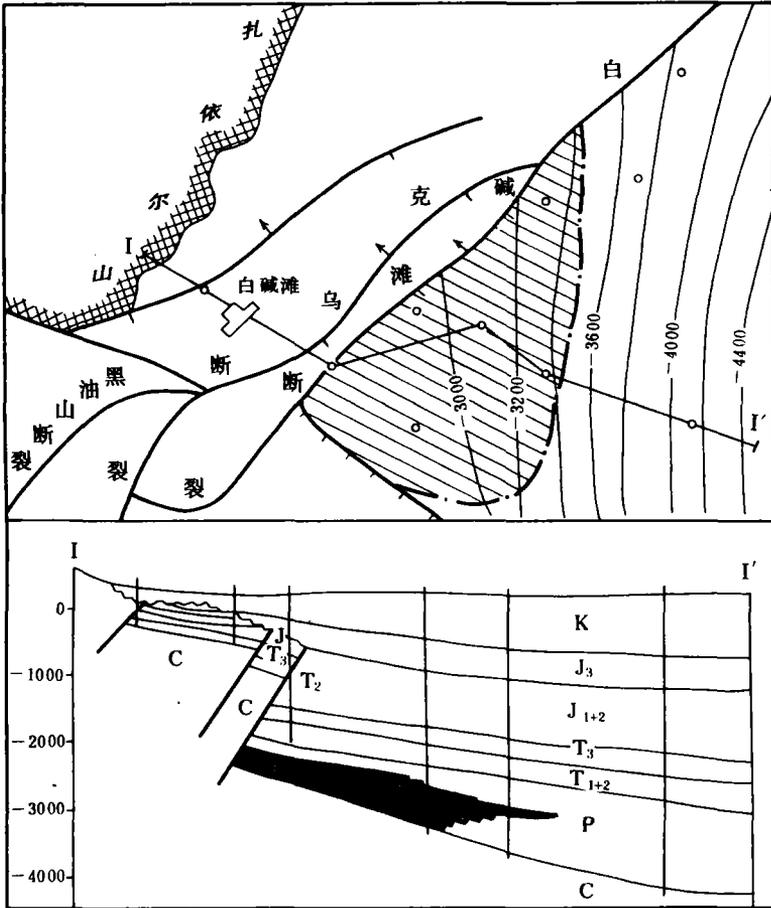


图7 克拉玛依油田八区乌尔禾组断层-岩性油藏(据新疆石油管理局资料)

3.4 水动力圈闭油气藏

在岩性相同、构造上未闭合的地层中,当渗透地层水的动力压力与油气运移的浮力方向相反、大小相等时,可阻挡住聚集油气,从而形成水动力圈闭油气藏^[6]。这种油气藏的特点是易于形成地层产状微弯曲的构造鼻、挠曲和台阶状,在碎屑岩和碳酸盐岩储集层中均可出现。如我国酒泉西部盆地的单北水动力圈闭油藏,苏联巴尔科莫兹水动力圈闭油藏。

4 非构造油气藏的发展方向

世界上大多数容易发现的油气聚集都已被发现,这并不是一种新颖的见解。近年来我们已经多次听到和读到了这个见解。对过去几十年的统计表明,世界上发现的构造油气藏的成功率不仅在数量上,而且在质量上或经济价值上都在下降,也就是说,现在我们已经认识到

容易找到的油气已经被发现。因此,我们必须把注意力转向难以发现的油气聚集,必须把勘探方向转向有目的地探寻隐蔽圈闭。但是,要想找到它们,地质学家们及有关的地质人员应该更加重视对隐蔽圈闭的精心勘探,这种勘探工作和重点必须放在地层学、古地貌学、古地理学、古构造学、古生物学及古生态学的详细研究上。

世界上人人都面临着挑战,对我们这些地质工作者来说,挑战就是要找到这些隐蔽圈闭油气藏。我相信随着我们勘探程度的不断提高和沉积岩相古地理研究的深入以及地震地层学的进展,将会发现更多的隐蔽圈闭油气藏,为世界石油工业的发展作出贡献。

参 考 文 献

- 1 田在艺等. 隐蔽油气藏的勘探. 中国隐蔽油气藏勘探论文集. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1984
- 2 杨万里. 隐蔽油气藏勘探的实践与认识. 中国隐蔽油气藏勘探论文集. 哈尔滨:黑龙江科学技术出版社,1984
- 3 A. I. 莱复生.《石油地质学》. 北京:地质出版社,1975
- 4 劳伯特, E. 金.《地层圈闭油气田》上、下册. 北京:石油工业出版社,1979
- 5 胡见义、徐树宝等. 非构造油气藏. 北京:石油工业出版社,1986
- 6 潘钟祥. 石油地质学. 北京:地质出版社,1986
- 7 张万选、张厚福. 石油地质学. 石油工业出版社,1979

The nonstructural oil and gas pools: perspectives

Lin Xiong Tian Jinchun
Chengdu University of Technology

ABSTRACT

The nonstructural oil and gas pools are referred to as subtle trap oil and gas deposits, and as an important part in the oil and gas accumulation in some basins. The present paper gives an overall outline of classification, characteristics and perspectives of subtle trap oil and gas deposits. Particular attention should be drawn to subtle traps in the future, and the emphasis for prospecting and exploration of these subtle traps should be placed upon the integrated studies of stratigraphy, palaeomorphology, palaeogeography, palaeotectonics, palaeontology and palaeoecology.

Key words: subtle trap oil and gas deposits, current status of research, perspectives