

成岩作用与砂层(岩)孔隙的演化

朱国华

(长庆油田勘探开发研究院)

提 要

本文论述了鄂尔多斯盆地南部的主力油层(侏罗纪延安统延₁₀砂层组)在成岩过程中的孔隙演化史。作者认为:

1.成岩作用改造砂层(岩)的过程,也是改造砂层(岩)中孔隙的过程,砂层(岩)中孔隙的演化史是原生孔隙不断消失和次生孔隙不断形成和消失的过程。

2.石英砂屑岩(Quartz arenite)的孔隙度降低,主要是成岩期自生矿物在砂岩孔隙中的沉淀作用造成的;含柔性碎屑组分多的砂屑岩,其孔隙度的降低主要是成岩期的压实作用造成的。

3.砂岩中碎屑矿物和自生矿物在成岩期的溶解作用,能产生可观的次生溶孔。本区延₁₀砂层组中的次生溶孔主要发育在富含长石的砂屑岩中。此外,还有受力破碎产生的裂隙孔和某些砂岩组分脱水产生的收缩孔等次生孔隙。

4.延₁₀砂层组中的次生溶孔,形成于沉积物已固结成岩的阶段。紧邻延₁₀砂层组之上的煤系地层和其下的三叠纪延长统泥质岩中有机质,在埋藏成岩热演化过程中所产生的二氧化碳,使地层水的PH值降低成为酸性水,这些水进入砂岩中,使其中的长石被溶蚀和高岭土化,从而产生了次生溶孔。

5.受沉积物源控制的砂岩碎屑组分,对砂岩原生粒间孔隙的保存和次生孔隙的发育有明显的控制作用。可以在查明沉积物源的基础上,预测砂岩原生孔隙和次生孔隙的有利分布区。

6.本区延₁₀砂层组的某些孔隙结构特殊性是成岩作用造成的。

引 言

决定砂岩油气储层性质的核心是砂岩的孔隙。砂岩中的孔隙既有原生的也有次生的。但至七十年代中期以前,人们还没有注意到次生孔隙在砂岩中的重要性,认为砂岩中的孔隙基本上都是原生的;因而只强调与原生孔隙关系密切的沉积相的研究,忽视与次生孔隙紧密相关的成岩作用的研究。

随着油气勘探、开发工作的进展和储层研究工作的不断深化,人们逐渐认识到砂岩储层中次生孔隙的重要性。新近发现的普鲁德霍湾大油田及北海的一些侏罗系油田的砂岩储层都属于次生孔隙型的储层。深层勘探也证明地下深处确有次生孔隙的形成,如南德克萨斯渐新统Frio层的近滨组合中,在3000米以下的深度发现了孔隙度达30%,渗透率达几百毫达西的砂岩。在那样深的部位,显然不可能保存下这么好的原生孔隙度。现已证明,Frio砂岩中的孔隙主要是在地下深处形成的次生孔隙。近期的研究认为:总的砂

岩孔隙中有 $1/3$ — $1/2$ 以上是次生的。

作者收集了鄂尔多斯盆地南部156口井中侏罗系延安统延₁₀砂层组的2000余块岩心,在肉眼观察和偏光显微镜研究的基础上,对其中136块岩心作了电镜扫描,200块岩心作了铸体薄片观察,还有少数样品作了压汞法毛管压力曲线研究和粘土分析。

一、延₁₀砂层组的基本特征

延₁₀砂层组是沉积在下伏三叠系延长组古侵蚀面上的一套河流相沉积,其上紧邻延₉煤系地层。在古河床部位是一套巨厚的块状砂岩(夹有细砾岩),向古河床两侧砂层变薄,粒度变细,并出现泥岩夹层。砂岩的碎屑矿物组分,主要受沉积物源控制。受西部物源控制的纯石英砂岩,主要分布于马岭油田中北区和宁陕古河西南的北部地区;长石砂岩和岩屑质长石砂岩,分布于受北部物源控制的宁陕古河东北侧;长石岩屑质石英砂岩(所含长石的绢云母化十分强烈),主要分布于受南部物源控制的马岭油田南区及其以南地区。其它地区为长石质石英砂岩分布区(图1)。

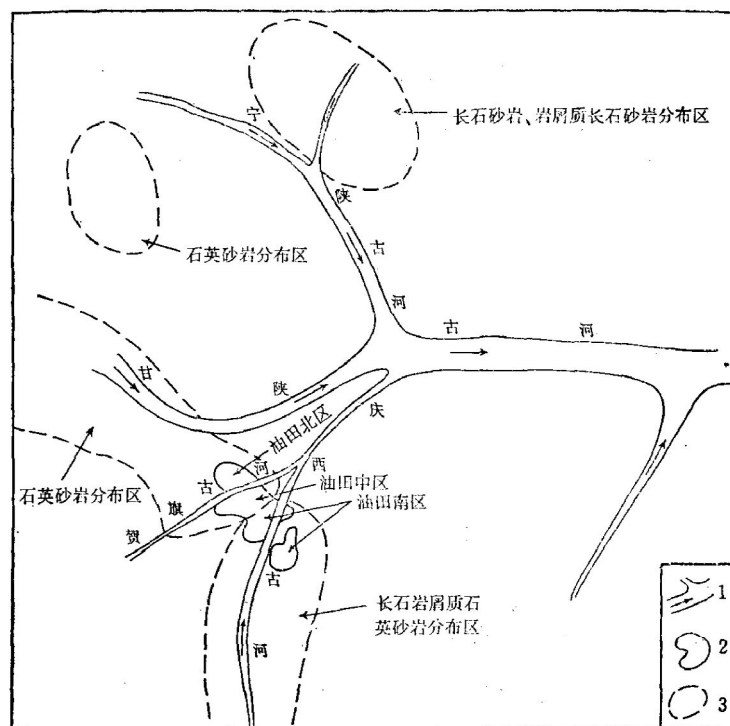


图1 鄂尔多斯盆地南部延₁₀砂层组沉积期物源方向和古水系

1.古水系及水流方向 2.马岭油田范围 3.已知各类砂岩分布区

二、成岩期砂岩孔隙度降低的原因

导致砂岩孔隙度降低的压实作用和自生矿物在砂岩孔隙中的沉淀作用,对不同类型的砂岩具有不同的重要性。

1. 纯石英砂屑岩(石英和燧石含量大于95%,陆源粘土含量小于3%)孔隙度的降低

压实作用对此类砂岩孔隙度的影响,比对含软组分多的砂岩孔隙度的影响小得多。当埋藏深度为1500—2000米时,其剩余原生粒间孔隙度仍可达15—25%。如马岭油田北150井的延₁₀砂岩,其埋深为1670米,镜下测定的剩余原生粒间孔的面孔隙度为17.50—19.67%(图版I—1)。石英砂粒无压实变形现象,说明石英砂的硬度大,不易压实变形。

因为此种砂岩在埋藏成岩过程中不易压实,长期保持了好的孔隙性和渗透性,有利于地下水在孔隙空间的渗流和沉淀出自生矿物^[1,2],并具有自生矿物生长的足够空间,因而常有较多自生矿物在其孔隙中析出。自生矿物的析出是此种砂岩孔隙度降低的主要原因。

本区延₁₀纯石英砂屑岩中,最发育的自生矿物是以次生加大形式出现的自生石英(图版I—1, II—3)。在油藏油水边界含水一侧的石英砂屑岩中,常见石英砂强烈次生加大(图版I—2),而使砂岩的孔隙性、渗透性变得极差,常在油藏外围形成一个低渗透带。马岭油田中北区之间的向斜部位,就存在这种低渗透带。以该带的227井为例,井深1644.34—1710.09米五块岩心的孔隙度仅8.1—13.9%,渗透率为0.1—16.8md,比其两侧含油区小得多(中区9号井的孔隙度达18.5—24.0%,渗透率97.6—1253md,北区略低于中区)。除石英次生加大外,此类砂岩中还常有其它自生矿物析出,常见的有硬石膏、白云石、菱铁矿、黄铁矿等。

含油区的情况有所不同,这与油气充满砂岩孔隙后,对自生矿物沉淀所起的抑制作用有关,因而砂岩仍保持了良好的孔隙性和渗透性(图版I—1、4, II—3)。

2. 长石岩屑质石英砂屑岩(石英和燧石50—60%,深度蚀变长石和柔性岩屑15—20%,一般长石和岩屑15—20%,陆源粘土小于5%)、长石砂屑岩和岩屑质长石砂屑岩孔隙度的降低

压实作用是此类砂岩在成岩期孔隙度降低的主要营力。由于所含大量柔性颗粒极易压实变形,导致颗粒间的嵌合和粒间孔隙的大量消失(图版I—7, II—4)。在埋藏深度与纯石英砂屑岩相似条件下,其粒间孔的面孔隙度就小于5%。以南70井为例,井深1396.15—1445.73米四块岩心的面孔隙度为0.89—4.18%。

成岩期自生矿物在孔隙中的沉淀,对此类砂岩孔隙度降低并不重要。这首先是由于压实作用使砂岩的孔隙度迅速降低,严重地影响了地下水在孔隙空间的渗流和从中沉淀出自生矿物的可能。此外,孔隙的迅速减少也限制了自生矿物的生长空间。所以此类砂岩中的自生矿物胶结物往往很少(一般少于8%),而且多以交代陆源碎屑组分的形式出现。

自然,在含油区,此类砂岩中自生矿物的析出,必然受到进一步的限制。

本区还有一种含长石和岩屑的石英砂屑岩(图版I—3),但所含长石和岩屑没有蚀变或蚀变程度很浅,所以孔隙缩小的原因与纯石英砂屑岩相似。

3. 富含陆源粘土砂岩孔隙度的降低

由于粘土易压实变形,这种砂岩在成岩过程中的孔隙缩小,也是由压实作用引起的。不论其碎屑矿物属何种类型和粒度若何,只要陆源粘土含量达10%以上,储油物性就得很差(孔隙度小于15%,渗透率小于3—5md)。

三、砂岩中次生孔隙的形成和孔隙度的增加

现已证明：地下深处很多高孔隙度砂岩中的孔隙，并非未遭破坏的原生粒间孔隙，而是碎屑颗粒、自生胶结物、自生交代物被地下水溶蚀而成的次生孔隙。世界上很多重要砂岩油气藏的孔隙是次生的^[3,4]，如著名的普鲁德霍湾油田及北海侏罗系油田。也只是在近年，对砂岩中次生孔隙的重要性才有了比较深刻的认识（图2）。

各种物理、化学生物作用及其综合作用，使砂岩组分发生碎裂、收缩和溶蚀，均能使砂岩产生次生孔隙。但古代砂岩的绝大部分次生孔隙是化学溶蚀成因的，而且往往与成岩期砂岩体附近地层中，有机质热演化过程的脱羧基作用有关。

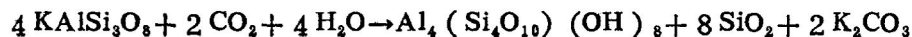
次生孔隙更重要的意义还在于：它把砂岩有效孔隙度的范围，扩大到有效原生粒间孔的埋藏极限以下，扩大了深层油气勘探的领域。烃类的生成和初次运移，主要发生在有效原生孔隙度遭受破坏的埋藏极限以下。因此，烃类初次运移和聚集，通常受次生孔隙分布的控制。

本区延₁₀砂岩中的次生溶孔，主要由长石等陆源碎屑的溶蚀作用而成。

1. 长石的高岭土化和溶蚀产生的溶孔

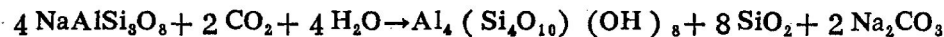
延₁₀砂层组中长石的高岭土化十分普遍，发生在沉积物已固结的成岩晚期及后生期。由于这一阶段的压实作用已十分微弱，因而长石高岭土化后能保持良好的高岭石晶间孔（图版Ⅱ—2、6），其中残留下来的长石残晶的光性方位仍保持一致（图版Ⅱ—6）；由于长石高岭土化是在地下深处发生的，地球化学条件十分稳定，高岭石的结晶过程也十分缓慢，因而结晶程度极好，晶粒粗大，一般晶径可达5—40微米，这不同于表生带形成的高岭石。

长石的高岭土化是在酸性地下水的作用下发生的，其反应式如下：



钾长石

高岭石



钠长石

高岭石

据文献资料报道^[3,4]，地下深处酸性水的形成，与沉积物中所含有机质，在热演化过程中的去羧基作用所产生的CO₂有关。本区延₁₀砂层组含有碳化植物碎屑和炭质条带，其上紧邻煤层和炭质页岩，下伏延长统中也富含有机质，这些有机质在成岩晚期至后生期，去羧基作用过程中产生的CO₂溶于地层水中，使其变成酸性，提供了长石高岭土化和长石溶蚀的地球化学条件。

长石发生高岭土化过程中，地层水从长石分子中带走了钾和二氧化硅，生成的高岭石体积仅相当于长石的46.4%，因而能产生次生孔隙。本区延₁₀砂层组中，此类高岭石

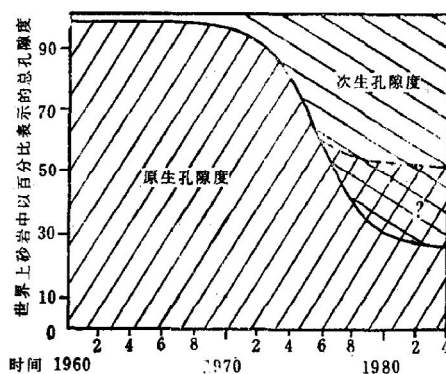


图2 对砂岩孔隙度解释结果的演变

有机质热演化过程的脱羧基作用有关。

晶间孔的孔径可达1—10微米，连通性较好。在一些油田边水区的岩心中，常见沥青充填于高岭石晶间孔中（图版Ⅰ—6），说明油气可以进入此类孔隙。

长石的溶蚀，也是在富含 CO_2 的酸性地下水作用下发生的，特别是当地层水中富含有机酸的条件下。长石分解后，难溶的铝硅酸盐可形成易溶的有机酸盐被带走。当迁移着的地层水中溶解的铝硅酸盐达到过饱和时，它又在砂岩某些部位的孔隙中沉淀出来，形成孔隙充填的自生高岭石。所以长石的溶蚀和高岭土化很可能是同时发生的。长石的溶蚀一般优先沿解理方向发生，所以其溶孔常平行解理方向（图版Ⅱ—1、7）。本区延₁₀砂层组中长石的溶蚀十分发育，其溶孔体积常大于未溶长石残晶的体积，但由于形成于压实作用微弱的成岩晚期至后生期，因而其残晶的光性方位仍保持一致，溶孔也保存完好。长石的溶孔孔径远大于高岭石晶间孔，连通性良好。

2. 含白云石燧石岩屑中白云石的溶蚀而成的次生粒内孔隙

本区纯石英砂岩中有多量含白云石的燧石碎屑，其物源是盆地西缘下古生界、震旦亚界中的燧石层。所含白云石常在延₁₀砂层组成岩过程中，被溶去而成次生粒内溶孔（图版Ⅱ—5）。其形成阶段与长石的溶蚀和高岭土化相同，也是由于地下酸性水的作用。

3. 石英溶蚀产生的次生孔隙

陆源石英颗粒和石英次生加大边的溶蚀，在延₁₀砂层组中十分普遍（图版Ⅰ—1、4）。石英的溶蚀都是从其边缘开始，溶蚀的结果扩大了原生粒间孔隙，或使已被石英次生加大而缩小了的原生粒间孔隙再度增大，对改善砂岩的孔隙性和渗透性有一定作用。石英的溶蚀紧接长石高岭土化和溶蚀阶段之后，因为长石在发生上述变化时，大量消耗了地层水中的 CO_2 ，同时在水中富集了长石中分解出来的钾和钠，使地层水渐趋碱性，造成石英溶蚀的有利条件。

4. 其它砂岩组分溶蚀产生的次生孔隙

常见的有各种岩石碎屑中某些组分的溶蚀。其形成阶段与长石的溶蚀和高岭石化相同。

5. 非溶蚀作用产生的次生孔隙

最常见的是水化云母脱水收缩产生的次生孔隙和砂岩受力后破裂而生成的次生孔隙（图版Ⅰ—5）。与次生溶孔相比，这些非溶蚀成因的次生孔隙微不足道。

四、砂岩成分、结构对次生孔隙发育的控制作用

由于溶孔占有次生孔隙的绝大部分（>90%），故主要讨论砂岩成分、结构对次生溶孔发育的控制作用。

1. 成分的控制作用

次生溶孔的绝大部分是砂岩中长石溶蚀和高岭土化产生的，所以在富含长石的砂屑岩中特别发育。马岭油田南70井和宁陕古河以北的定43井的七块此类砂岩的统计，溶孔面孔隙度达2.02—5.10%，而剩余原生粒间孔的面孔隙度仅0.13—4.42%。这些样品用岩心分析方法测定的孔隙度为14.7—18.0%，远大于所测定的面孔隙度值，其超过部分代表了显微镜下很难识别和测定的微孔隙（<5 μ ）量，它们主要分布在粘土杂基和蚀变很

深的碎屑组分中, 由于过小, 其成因很难确定。

纯石英砂屑岩的次生溶孔, 远不如上述砂岩中那样发育。马岭油田北150井与姬塬古山地东坡定44井、定47井等五块岩心的统计, 其次生溶孔(主要由石英溶蚀而成)的面孔隙度为0.15—1.72%, 而剩余原生粒间孔隙的面孔隙度则达11.56—19.67%。说明次生溶孔在此类砂岩中并不重要。

2. 沉积结构的控制作用

次生溶孔主要发育在少含陆源粘土的砂屑岩中, 因为此种砂岩中地下水的渗流比较容易, 为次生溶蚀作用提供了良好条件。富含陆源粘土的砂岩, 由于地下水的渗流条件很差, 因而次生溶孔极不发育。

五、成岩作用和孔隙演化史在砂岩储层研究中的应用

1. 结合沉积物源和沉积相预测不同性质孔隙发育带的分布

本区延₁₀砂层组的孔隙发育带, 既受沉积相带的控制, 也受成岩作用的控制。宁陕古河东北侧的北部和马岭油田南区及其以南地区的延₁₀砂层组是一套富含长石(蚀变深)和柔性岩屑的岩屑质长石砂岩、长石砂岩和长石岩屑质石英砂岩, 压实作用的影响强烈, 原生孔隙被严重破坏, 而长石溶蚀和高岭土化形成的次生溶孔极为发育, 是次生溶孔发育区。沉积物源的研究表明: 宁陕古河东北侧的北部, 延₁₀砂层组的沉积物来自其北的岩浆岩、结晶片岩母岩区; 马岭油田南区及其以南地区延₁₀砂层组的物源则来自其南的岩浆岩、结晶片岩母岩区。所以, 上述地区延₁₀河床相砂岩体分布区是寻找次生溶孔发育带的有利地区, 但不可能找到好的原生粒间孔隙发育带。研究区内的其它地区, 延₁₀砂层组的沉积物主要来自盆地西缘沉积岩母岩区, 已钻各井的资料证明是一套纯石英砂岩和长石质石英砂岩, 压实作用轻微, 原生粒间孔隙保存较好, 次生溶孔相对不发育。这一带延₁₀河床相砂岩体分布区是寻找原生粒间孔发育带的有利地区, 但不可能找到大量好的次生孔隙发育带。

2. 用成岩作用研究砂岩的储油物性

本区延₁₀砂层组的储油物性有不少特殊性, 强烈的成岩作用是造成这些特殊性的主要原因。

(1) 不同碎屑组分砂岩间的差异压实, 是导致沉积结构相似砂岩的孔隙结构和储油物性相差悬殊的基本原因。

马岭油田南区的延₁₀砂层组是一套河床相中、粗砂岩和砾状砂岩, 其中很多是含陆源粘土很少(<3%)、沉积结构良好的砂岩。虽然此类砂岩的孔隙度, 并不比油田北区粒度、沉积结构相似的纯石英砂岩低, 但其渗透性相差悬殊。这是为什么呢? 研究证明: 由于南区延₁₀砂层组中含大量柔性碎屑组分, 成岩期压实作用的影响强烈, 因而那些孔径较大, 连通性较好的原生粒间孔隙和喉道被严重破坏, 所保留下来的主要是大量假杂基(柔性颗粒压实变形而成), 蚀变颗粒内的微孔隙, 以及一部分次生溶孔, 因而孔隙喉道和渗透性极小(表1、2, 图3)。

油田中北区的延₁₀纯石英砂屑岩, 在埋深与南区延₁₀砂岩相似条件下, 压实作用要

表1 不同成岩作用对砂岩储油物性的影响

井 区	粒 度	主要成岩作用	陆 源 粘 土 %	孔 隙 度 %	渗 透 率 md
马岭油田南区南70井	细砾、砂砾、砾状、粗、中粗砂。	压实作用	23, 1/3, 2.1	23, 13.2/17.3, 15.7	23, 1.0/10.1, 4.9
马岭油田中区各井	同 上	胶结作用 石英次生加大	23, 0/2, 1.0	21, 8.2/22.4, 16.5	22, 2.0/3460, 547

表2 不同成岩作用对砂岩储油物性、孔隙结构的影响

井 区	粒 度	主要成岩作用	陆源粘土%	孔 隙 度 %	渗透率 md	>7.5微米 孔隙半径%	平均孔隙半 径(微米)
马岭油田南区南70井	细砾、砂砾、砾状、粗、中粗砂	压实作用	7, 1/3, 2.1	7, 14.3/17.3, 15.9	7, 1.0/10.1, 4.8	7, 0/1.5, 0.6	0.3
马岭油田中区各井	同 上	胶结作用 石英次生加大	5, 1/2, 1.2	5, 14.7/21.5, 17.6	5, 105/717, 340	5, 27/47.5, 39.9	4.0

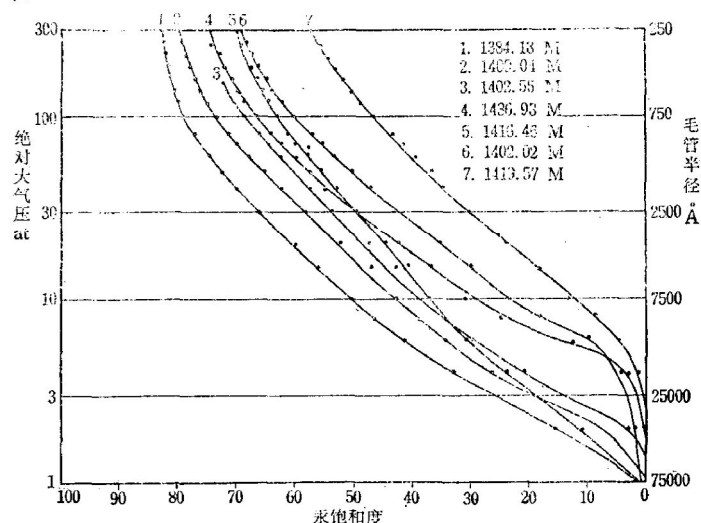
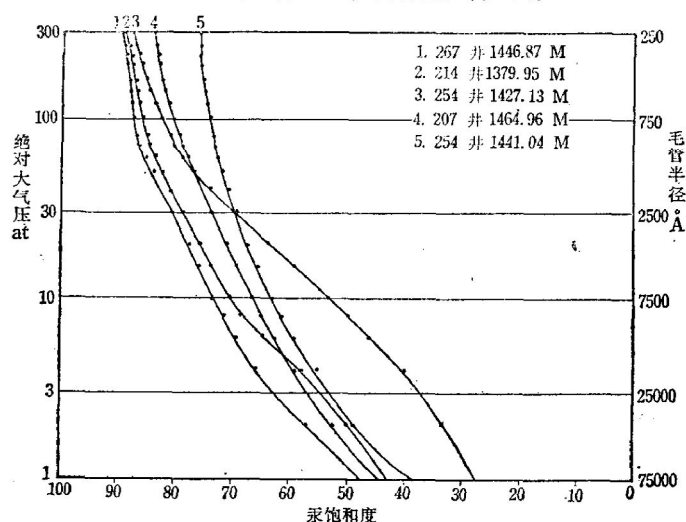
注：各表数据表示法：样品数， $\frac{\text{最小值}}{\text{最大值}}$ ，平均值

小得多。虽然成岩期的石英次生加大，对原生粒间孔隙有一定的破坏作用，但仍保存了相当数量的孔径较大，连通较好的原生粒间孔隙和喉道，因而当其总的孔隙度与南区延₁₀砂岩相似的情况下，其渗透率则要高得多（表1、2，图4）。

（2）本区延₁₀砂层组中成岩期自生伊利石的析出^[5]，起了阻止石英次生加大，保护粒间孔隙的作用。

自生伊利石均呈薄膜状分布于陆源砂粒的周围，结晶轴C平行于砂粒周界（图版I—8）。这种产状的自生伊利石，当其厚度超过10微米时，被其包围的陆源石英砂就不发生次生加大，这可能与伊利石膜的分隔作用有关。

由于本区延₁₀砂层组的石英次生加大十分发育，特别是在油藏边界含水一侧的砂岩中更为突出，使砂岩的孔隙度和渗透率变得很差。但只要砂岩

图3 南70井延₁₀砂岩毛管压力曲线图4 中区延₁₀砂岩毛管压力曲线

中有自生伊利石的存在,就能使孔隙不受破坏而维持原状。

结 论

孔隙演化史不仅是砂岩孔隙在量上的演化史,也是砂岩孔隙结构的演化史。它直接关系到与勘探油气紧密相关的地下孔隙发育带的分布,也影响着油田开发过程中,地下流体在砂岩孔隙中的渗流特征和开发效果。

要弄清砂岩的孔隙演化史,必须全面研究砂岩的成岩史,并紧密结合沉积史及与此相关的构造运动和沉积物源区母岩性质的研究。

地下流体性质是影响成岩作用的重要因素。因此,研究古水文及油气运移聚集也是阐明砂岩成岩史的重要环节。

(收稿日期 1981年11月16日)

参 考 文 献

- [1] H.布拉特, G. V. 米德顿, R. C. 穆雷等, 1972, 沉积岩成因。沉积岩成因翻译组译, 科学出版社, 1978。
- [2] 罗宾·巴瑟斯特, 1971, 碳酸盐沉积物及其成岩作用。中国科学院地质研究所翻译组译, 科学出版社, 1977。
- [3] Hayes, J. B., 1979, Sandstone diagenesis—the hole truth. Aspects of diagenesis. (Ed. P. A. Scholle et al.) SEPM spec. pub. No. 26.
- [4] Schmidt, V. and McDonald, D. A., Secondary reservoir porosity in the course of sandstone diagenesis. AAPG continuing education course note series, No. 12.
- [5] Wilson, M. D. and Pittman, E. D., 1977, Authigenic clay in sandstones, recognition of influence on reservoir properties and paleoenvironmental analysis. J. Sed. Petrol., Vol. 47, No. 1.

DIAGENESIS IN RELATION TO EVOLUTION OF PORES IN SANDSTONE

Zhu Guohua

(Research Institute of Petroleum Exploration and Development, Changqing Oil field)

Abstract

In Maling oilfield and its vicinity, the process of pore evolution in Yan-10 sandstones of Jurassic during diagenesis is discussed in this paper. The main conclusion proposed are as follows:

- 1) The pore evolution is in fact a process of gradual substitution of secondary pores for the primary ones;
- 2) The decrease of porosity in quartz arenites is mainly due to the precipitation of authigenic minerals in the sandstone pores during diagenesis, while the decrease of porosity in arenites with more flexible component is mainly caused by

compaction during diagenesis,

3) The secondary solution pore mainly developed after its diagenetic stage by dissolution and kaolinization in arenite which is abundant in feldspar. This process is likely to be related to the decarboxylation of organic matter in interbedded coal seams and carbonaceous shales by thermalization,

4) The clastic constituents of sandstone controlled by source material distinctly affect the development of pores. Therefore, the primary and secondary pores in sandstones favourable can be predicted on the basis of finding out the source material of sediments,

5) Diagenesis obviously affects on the texture and the uniformity of pores in sandstones.

美国石油地质学家米歇尔·哈尔布蒂来华讲学

美国著名石油地质学家哈尔布蒂,应中国石油学会石油地质学会的邀请,于五月上旬来京讲学。参加这次学术活动的有有关院校、科研单位及部分油田的专家、教授和石油地质工作者约100人。哈尔布蒂作了题为“盆地和勘探方向”、“隐蔽圈闭——地层、古地貌和不整合圈闭的勘探”、“利用遥感资料寻找油气田”等三个学术报告。报告后进行了座谈,解答了与会者提出的问题。在报告和座谈中大家认为,他的下列观点,值得我们参考:

1. 世界上油气勘探的前途是光明的,未探明的石油储量大致与已探明的石油储量相等,未探明的天然气储量则比已探明的天然气储量要多得多。哈尔布蒂按板块学说将盆地分为三大类型,即收敛盆地、扩散盆地、内陆盆地。扩散盆地主要分布于大西洋沿岸,收敛盆地主要分布于太平洋沿岸,这两类盆地都分布于近海地区,所以近海地区有很大远景。中国大陆架是最有远景的地区之一,预测石油可采储量400—600亿桶,其中南中国海为100—200亿桶。

2. 未来世界大部分石油储量将在隐蔽圈闭中发现。寻找隐蔽圈闭的重点要放在地层学、古地貌学、古地理学、古构造学、古生物学、孢粉学的详细研究。利用地球物理资料寻找隐蔽圈闭的方法正处在研究过程中,主要是分析地震层速度,用计算机处理获得彩色剖面,技术很复杂。这种方法如获得成功,对寻找隐蔽圈闭就具有决定性意义。

对于勘探程度比较高的地区,仍然会有新的油气储量发现,主要是地层圈闭和其它隐蔽油气藏以及深层。在老区找油要有新思想、新概念、新手段,才能打开新局面。

3. 卫星图象可以发现地面构造、断层及有用矿产迹象。一个新区在进行勘探之前获得这些资料有助于指导勘探,节约大量资金。阅读图象时要注意季节和太阳照射的距离,以便去伪存真、正确判读。判读员对图象要仔细反复阅读,看的时间越长,收获越多,发现的迹象也越多。但卫星遥感资料只是帮助油气勘探的一种手段,不是一种单独的方法,单纯利用遥感资料找油,今天不可能,今后也办不到。它必须与地质资料、地球物理资料相互结合,进行综合解释。

与会者认为,这次讲学对我国沿海大陆架勘探、老探区隐蔽油藏勘探和利用遥感资料进行油气田勘探等方面问题,都有一定的启发。

(童晓光)