

矿物润湿性对储层烃类包裹体形成制约的实验研究

陈勇^{1,2)}, 葛云锦¹⁾, 周振柱¹⁾, 毛毳¹⁾

1) 中国石油大学(华东)地球资源与信息学院, 山东青岛, 266555;

2) 提高石油采收率国家重点实验室, 中国石油天然气集团公司, 北京, 100083

内容提要: 储层矿物润湿性制约了流体的微观流动特性, 从而影响流体在储层的微观分布特征。油和水在矿物表面的润湿性差异导致油气充注过程中形成不同特征的流体包裹体类型。矿物表面实验分析表明, 对于水和原油而言, 石英具有较明显的亲水性, 而方解石的亲水性和亲油性差别不大。轻质油(汽油)在矿物表面完全铺展, 储层矿物具有明显的亲油性。通过在不同油气条件下的人工合成包裹体实验模拟和天然储层中的流体包裹体观察分析, 讨论了矿物润湿性对储层流体包裹体形成制约作用及其对成岩作用的影响。实验结果证实, 由于轻质油的润湿性很强, 在充注过程中容易发生侵位驱排水, 明显影响矿物晶体生长, 成岩作用受到抑制, 流体包裹体难以形成, 包裹体数量显著减少; 而重油充注过程的影响不是特别明显。总的来看, 石英比方解石更具有亲水性, 在同样条件下, 油气在充注过程中相对难以进入石英颗粒的微裂隙中, 而容易进入方解石微裂隙, 因此在方解石中更容易形成烃类包裹体。

关键词: 矿物润湿性; 储层; 流体包裹体; 成岩作用

储层流体包裹体在油气成藏与成岩作用等领域有着广泛的应用, 流体包裹体形成的微观过程决定了包裹体的产状、类型、相态等特征, 最终导致在包裹体的分析测试结果中存在差异。但是人们关于储层流体包裹体形成的微观过程了解还不是很多。储层岩石矿物的润湿性对储层中油、气、水的分布及流动行为有重要的影响, 不少学者对储层岩石的润湿性(鄢捷年, 1998; 李素梅等, 1998; 张曙光等, 2001; Bennett et al., 2004; Salim et al., 2008; 王斐等, 2009)和油气包裹体的形成机制(张志坚等, 1994; 潘长春等, 1996; Zhang et al., 1996)进行过深入探讨, 但关于储层流体与矿物表面作用的微观行为、矿物润湿性与流体包裹体形成的关系涉及不多。为了合理解释分析测试结果, 就有必要对储层流体包裹体形成的微观过程进行研究。油和水对矿物晶体的表面作用力会影响到哪种流体优先进入晶体缺陷, 从而影响成岩作用和包裹体的形成(陈勇等, 2009)。本文在对储层主要矿物的润湿性测试和人工合成烃类包裹体实验的基础上, 分

析了矿物润湿性对储层流体包裹体形成过程的制约作用以及油气充注对储层成岩作用的影响。

1 储层矿物润湿性特征

润湿是由于液体固体表面排挤在固体表面所产生的一种界面作用。易被润湿的表面称为亲液(水)表面, 其矿物称为亲液(水)矿物; 反之称为疏液(水)表面和疏液(水)矿物。润湿性是表征矿物表面重要的物理化学特征之一, 取决于矿物表面不饱和键力与偶极水分子相互作用的强弱, 常用接触角表示润湿性。陆现彩等(2003)曾对一些矿物的润湿性进行过分析和讨论。本次研究考虑到便于人工合成包裹体实验的实现, 主要选取两种典型的储层矿物(石英和方解石)的润湿性进行了分析, 选择去离子水、97# 汽油(代表轻质油端元组分)和原油(重质油)三种典型端元组分流体进行对比。分析实验在中国石油大学(华东)生物工程技术中心完成, 仪器为界面分析仪, 矿物润湿性测试界面照片如图 1 所示, 分析

注: 本文为国家自然科学基金项目(编号 40902040)、中央高校基本科研业务费专项资金(编号 10CX05004A)、山东省自然科学基金项目(编号 Y2008E25)、中国石油科技创新基金研究项目(编号 2010D-5006-0106)和油气资源与探测国家重点实验室开放课题(编号 2009006)资助成果。

收稿日期: 2010-01-22; 改回日期: 2010-12-24; 责任编辑: 周健。

作者简介: 陈勇, 男, 1976 年生。副教授, 博士, 从事流体包裹体和油气地球化学研究工作。Email: yongchenzy@upc.edu.cn。

DOI: CNKI: 11-1951/P. 20110329. 1737. 047 网络出版时间: 2011-3-29 17:37

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/11.1951.P.20110329.1737.047.html>

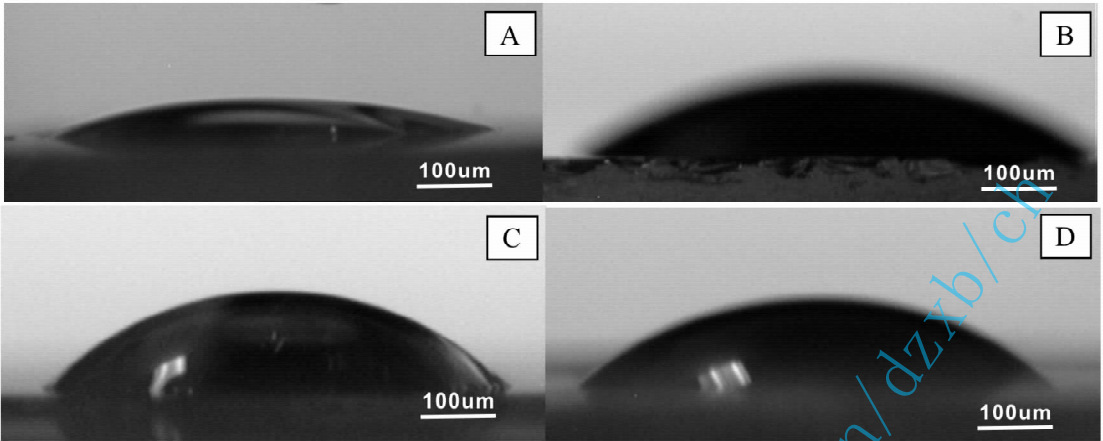


图 1 矿物表面与流体界面照片

Fig. 1 Photos of interface between mineral and fluid

A—石英/水界面照片;B—石英/原油界面照片;C—方解石/水界面照片;D—方解石/原油界面照片
A—Photo of interface between quartz and water; B—photo of interface between quartz and crude oil;
C—photo of interface between calcite and water; D—photo of interface between calcite and crude oil

表 1 矿物润湿性测试结果

Table 1 Test results for wettability of minerals

样品	左接触角(°)	右接触角(°)	平均接触角(°)	表面能 1(J/m ²)	表面能 2(J/m ²)	粘附功(W)
石英-汽油	铺展					
方解石-汽油	铺展					
石英-水	17.01	15.89	16.45	69.99	69.85	142.62
方解石-水	45.84	46.16	46.00	56.05	52.27	123.37
石英-原油	31.64	35.28	33.46	62.79	61.24	133.54
方解石-原油	41.94	41.94	41.94	58.32	55.35	126.95

结果见表 1,表中数据为测量 3 次后的平均值。

测试结果(表 1)表明,汽油在石英和方解石矿物均出现铺展现象,说明具有很强的润湿性,这个结果与陆现彩等(2003)研究的正庚烷(汽油的重要成分之一)在所测矿物的各结晶面多表现为铺展现象很相似。原油在矿物上的接触角较小,粘附功较大,暗示矿物都具有亲油性。对于石英而言,水和原油的润湿性差异相对较大,水的平均接触角明显小于原油的接触角,说明石英矿物具有明显的亲水性。而水和原油在方解石表面润湿性差异不是很大,原油润湿性略好于水,表现出亲油性略强于亲水性。陆现彩等(2003)曾对一些常见矿物的润湿性进行了研究,其测出水在各矿物表面的接触角多在 90°以上,其中石英、方解石、微斜长石的接触角可达 140°以上,在测试的过程中发现水滴可在上述表面上稳定保持 10 min 之久。水在萤石表面的接触角为 75°,水滴大约在 2 min 后即铺展,而水在云母解理面上的接触角仅有 14°,水滴铺展迅速。由此可以看出,由于测试时控制的时间不一致,可能导致接触

角的数据有所不同,但是对于同一方法的测定结果是可以比较的。而且在不同的结晶方位,由于晶体的各向异性,接触角存在差异表明矿物表面自由能存在明显的非均质性。

2 人工合成烃类包裹体实验

流体包裹体的形成过程记录矿物与流体的相互作用过程,其中有物质和能量的交换,因而通过实验人工合成烃类包裹体可以研究烃类包裹体的捕获过程及含油气流体条件下矿物晶体的生长情况,进而研究水-烃-岩的相互作用机制(Balitsky et al., 2007;倪培等,2007,2008;陈勇等,2008,2009;葛云锦等,2009)。人工合成流体包裹体是在设定的温度、压力和成分流体条件下,人为地促使无包裹体矿物生长或裂隙愈合而形成流体包裹体(Teinturier et al., 2004)。人工流体包裹体有助于更好地研究自然条件下生成的流体包裹体,为研究工作提供理论依据(Bourdet et al., 2008;Pironon et al., 2008)。为了探讨储层矿物润湿性对流体包裹体形成过程的

影响,分别设计了有关石英和方解石的人工合成烃类包裹体实验进行对比,实验过程与步骤叙述如下,部分详细细节可参考已发表文章(陈勇等,2009;葛云锦等,2009)。

本次研究采用人造石英和冰洲石作为主矿物(包裹体含量极少),将晶体切割成尺寸合适的小四方短柱,放入去离子水中进行超声波清洗,清除其表面的杂物。将石英晶体短柱加热至 350℃ 使得矿物中的原生包裹体全部爆裂后迅速投入去离子水中淬火冷却使其产生微裂隙,然后取出放入干燥箱中干燥待用。选取一定长度的金管(外径约 5 mm,壁厚约 0.2 mm,长度约 5 cm),一端封闭后,依次加入汽油(或原油)、过量 SiO_2 粉末及 NaCl 溶液和已产生微裂隙的石英短柱,最后焊封金管的另一端。将冰洲石晶体短柱加热至 290℃ 使得矿物中的原生包裹体全部爆裂,淬火和干燥的方法与石英相同。选取一定长度的金管(尺寸如上所述),一端封闭后,依次加入汽油(原油)、 CaCO_3 粉末及 NaCl 溶液和已产生微裂隙的冰洲石短柱,最后焊封金管的另一端。焊封好的金管确保没有液体泄漏后放入高温高压釜中准备实验。

实验中加入的汽油为 97# 汽油,颜色为淡黄色,成分相对简单,组成成分分子量较低,可以代表轻质油。加入的原油为成分较为复杂的重质油,黑色,密度大,较粘稠。为便于结果对比,实验中对石英和方解石矿物体系加入的盐水和油水比保持一致,即:NaCl 溶液浓度为 4%(质量百分数),加入试样油水比均为 3:7,合成实验条件也一致,为 300℃,50 MPa,时间为 15 d。共进行 4 组对比试验,即分别在汽油和原油条件下的石英与方解石中人工合成烃类包裹体实验。上述合成烃类包裹体实验在中国石油大学(华东)地球化学与岩石圈动力学开放实验室的高温高压实验室完成。

3 烃类包裹体特征分析

3.1 人工合成烃类包裹体特征

本文主要讨论矿物润湿性对储层包裹体形成和分布的影响,因此主要描述合成包裹体与矿物润湿性有关的特征。将制备好的人工合成包裹体薄片放在显微镜下观察,可以看到矿物及其中的合成包裹体分布具有如下重要特征。

(1)合成的包裹体多数沿裂隙成线状分布,有的明显可见裂隙愈合痕迹,表明在实验条件下可以通过矿物微裂隙愈合捕获流体形成包裹体,如图 2A 所

示,盐水包裹体和烃类包裹体可以同时形成。这证实含油气条件下晶体可以继续生长,水-岩反应并没有停止,成岩作用继续进行,仍然可以形成包裹体。

(2)油易润湿亲油性矿物表面而进入微裂隙中,在多数样品中可见到被油浸染而未愈合形成包裹体的微裂隙,由于石英更具有亲油性,合成实验中未愈合的裂隙较多。由于汽油(轻质油)在矿物表面的润湿性很强,在汽油条件下未愈合的裂隙相对较多,如图 2B 所示。

(3)实验结果显示方解石中合成烃类包裹体的数量(图 2C)和比例明显高于石英(图 2D)。

(4)对于同一种矿物而言,汽油条件下合成的包裹体体积较大,在 10~80 μm 之间,多为两相,气液比在 10%~30% 之间,形状多样,烃类包裹体体积相对较大,数量少,如图 2E 所示。而加入原油的实验中合成包裹体较小,多在 10 μm 以下,但烃类包裹体数量明显增多,如图 2F 所示。

3.2 天然储层中的烃类包裹体特征

在储层矿物中的烃类包裹体分布有一个显著特征:方解石中相对富集烃类包裹体,而石英中烃类包裹体数量相对较少,在储层中同时存在这两种矿物时,这种情况更为明显。图 3 为东营凹陷民丰洼陷丰 8 井储层岩芯照片,砂岩中有方解石脉穿插,油气充注过程对方解石和石英矿物都有浸染作用。为研究油气充注过程对矿物中包裹体形成的影响,沿方解石脉横切制作薄片,在显微镜下观察包裹体特征。对脉体边缘石英微裂隙和加大边中烃类包裹体与方解石中的烃类包裹体进行显微荧光对比观察,结果如图 4 所示,可以看出方解石中的烃类包裹体数量和比例明显大于石英中的烃类包裹体数量和比例,这充分证实含油气充注条件下,方解石中更容易捕获流体形成烃类包裹体。

4 讨论

4.1 含油气条件下储层流体包裹体形成机制

一般认为油气充注过程只要发生成岩作用就会形成油气包裹体,悬浮油滴分布在盐水溶液中,矿物结晶生长时,捕获盐水溶液,形成盐水溶液包裹体;捕获油滴,形成含全烃的油气包裹体(实际上含微量的水);二者一起捕获就形成既含油气又含盐水溶液的包裹体(施继锡等,1987)。研究也证实镜下观察纯油相的油气包裹体中含有水(Pironona et al., 2000;曹剑等,2006),表明油气包裹体的形成可能与水有着密切关系。根据矿物与水 and 油的润湿性差

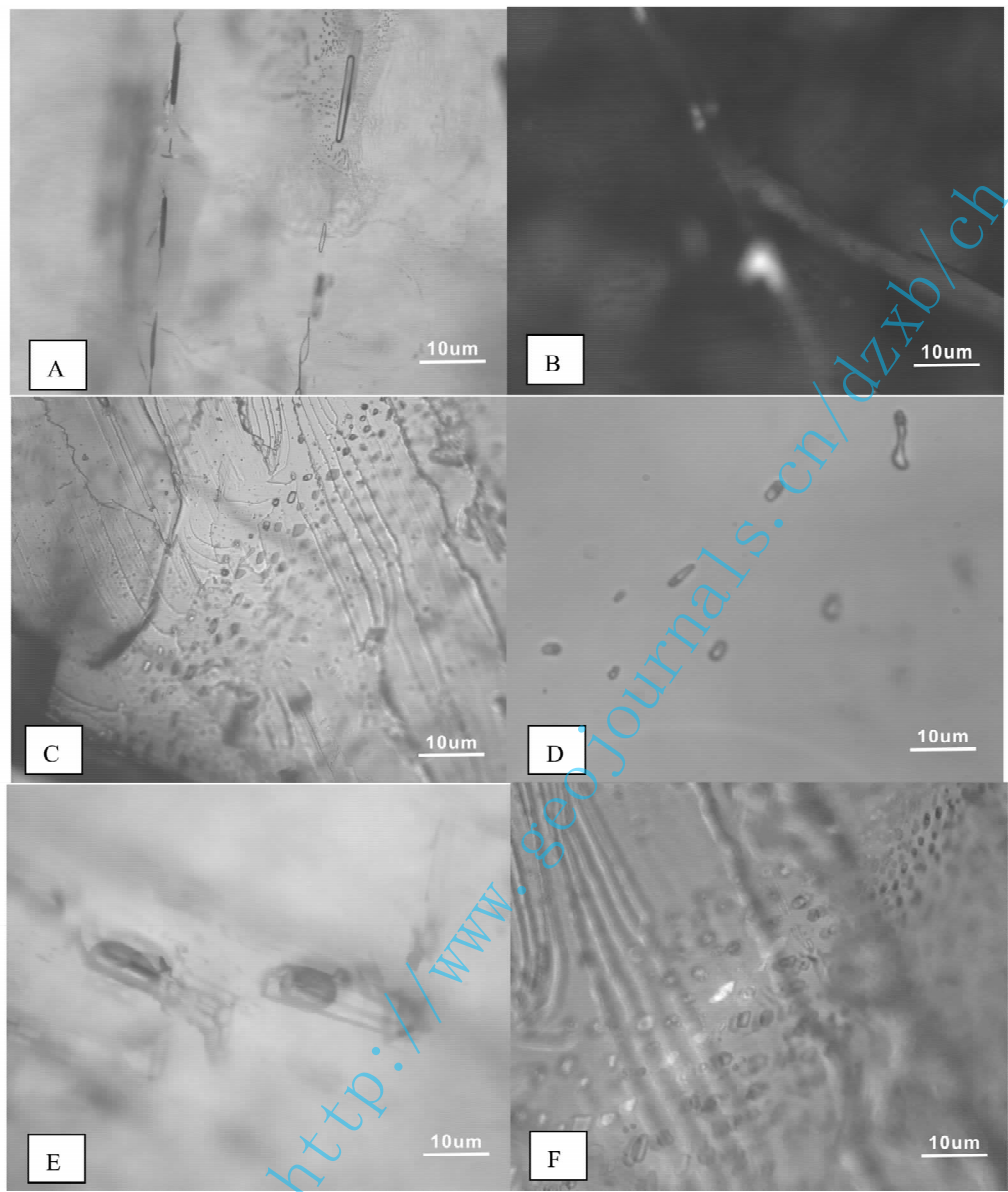


图 2 人工合成样品显微照片

Fig. 2 Micro-photos of synthetic samples

A—沿裂隙形成的包裹体;B—因油气浸染未愈合的裂隙;C—方解石中的合成包裹体;D—石英中的合成包裹体;
E—汽油条件下方解石中的合成包裹体;F—原油条件下方解石中的合成包裹体

A—Inclusions along cranny; B—cranny dip-dyed by oil; C—synthetic inclusions in calcite; D—synthetic inclusions in quartz;
E—synthetic inclusions in calcite with gasoline; F—synthetic inclusions in calcite with crude oil

异,再考虑到油气侵位的影响,推测矿物微裂隙中的流体相态可能有以下 4 种情况(如图 5 所示)。

(1)亲油矿物微裂隙中水先侵位,后期油浸染裂隙,局部替代水,以含油滴水相为主(图 5A),油相与矿物裂隙壁接触,矿物生长在一定程度上受到抑制,但只要裂隙中的水相存在并不断供应物质,晶体可以继续生长,可以捕获油滴及水相物质形成包裹体。包裹体的相态可能为含油盐水包裹体、油-水两相包裹体、油-气-水三相包裹体等。

(2)亲油矿物微裂隙全部被油浸染,裂隙中几乎全部为油相(图 5B),矿物生长在很大程度上受到抑制,如果裂隙边缘晶体可以继续生长,可以形成几乎为纯油相的包裹体,但这类包裹体一般数量较少。

(3)亲油矿物微裂隙中以含油滴水相为主(图 5C),但油相与矿物裂隙壁之间被水膜隔开,裂隙中的水相可以不断供应物质,晶体继续生长,成岩作用基本不受影响,形成的包裹体类型以含烃盐水包裹体为主。

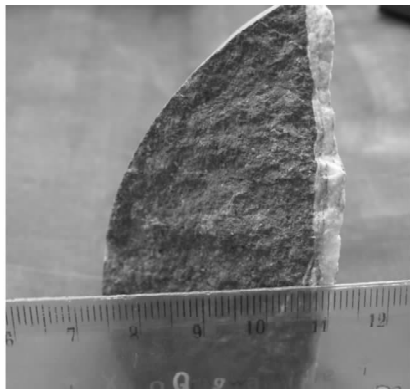


图 3 东营凹陷民丰洼陷丰 8 井砂岩储层中的方解石脉
Fig. 3 Calcite vein in sandstone reservoir of well Feng 8 in Minfeng sag of Dongying depression

(4)亲油矿物微裂隙中全部被水相侵占(图 5D),水相可以不断供应物质,晶体继续生长,成岩作用不受影响,形成的包裹体类型以盐水包裹体为主。

4.2 矿物润湿性与储层流体包裹体分带特征关系

油水包裹体共生现象,特别是烃类包裹体和盐水包裹体分带的现象在储层包裹体常见,我们曾对此报道过(陈勇等,2009)。而通过本次研究认为,微

观上矿物中烃类包裹体和盐水包裹体分带现象主要与流体优先侵位有关。特别对于方解石而言,由于油水润湿性差异不大,对于不同的裂隙(或晶体缺陷)就可能对应不同的相带(油相或者水相),这样就造成有的裂隙是水相先进入,有的裂隙是油先进入,后期流体很难把已经进入的流体驱排出来,这样先进入的流体就容易保留在裂隙里面被捕获形成包裹体,因此出现了盐水包裹体和烃类包裹体分带的现象。而宏观上来看,由流体密度差异造成储层空间上的油水分带特征应该是储层流体包裹体类型、GOI 指数等分带的主要原因。

4.3 不同油气对储层流体包裹体形成和成岩作用的制约

油气充注是否抑制储层的成岩作用一直存在争议,许多学者对此做过研究(Richard et al., 1998; Joyce et al., 1998; 蔡进功等,2003)。本次实验证实了不同性质原油对矿物的生长影响不同。实验结果显示,加入汽油的样品中合成包裹体数量较少,加入原油样品中的包裹体数量则相对较多。由于轻质油的润湿性好,容易进入微裂隙侵位排挤水相物质,从而影响了矿物质传递,阻碍了矿物晶体生长。轻

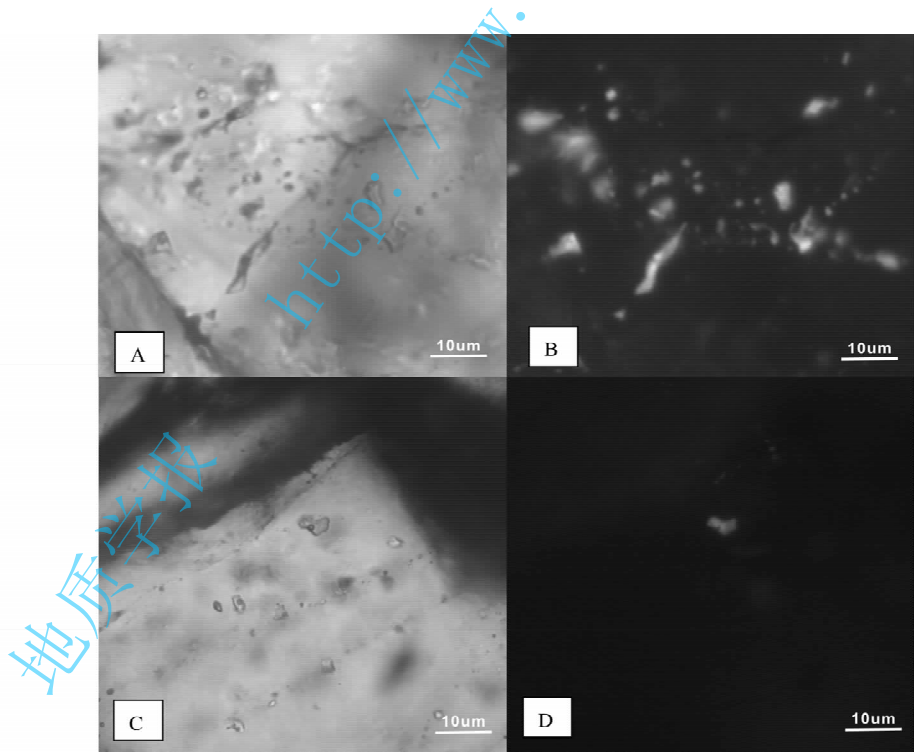


图 4 东营凹陷民丰洼陷丰 8 井天然储层中的包裹体
Fig. 4 Fluid inclusions in natural reservoir of Well Feng 8 in Minfeng sag of Dongying depression
A—方解石中的包裹体;B—对应照片 A 的荧光;C—石英中的包裹体;D—对应照片 C 的荧光
A—Fluid inclusions in calcite; B—corresponding to picture A, fluorescent light; C—fluid inclusions in quartz;
D—corresponding to picture C, fluorescent light

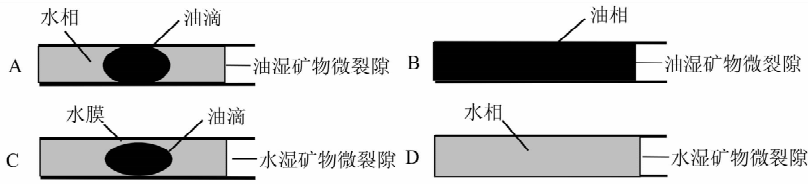


图 5 储层矿物微裂隙中流体的可能分布状态

Fig. 5 Possible distributions of fluids in cranny of minerals in reservoir

质油润湿性好的原因可能是轻质油含极性组分较少,与水的互溶性较差,当其占据了大部分空隙空间时,对水的排替能力较强,从而抑制了矿物晶体生长(Bennett et al., 2004)。袁东山等(2007)对黄骅凹陷地区的石英矿物中油气包裹体的研究认为,石油充注到一定程度后,胶结作用将会停止,后期进入储层的原油可能未被捕获。由于随着油气成熟度增高,后期原油中轻组分含量会更多,而轻组分的润湿性很强,这正好证实了矿物润湿性对晶体生长的制约作用。另一方面,由于石英具有亲水性,油气在充注过程中难以进入石英颗粒的微裂隙或晶体缺陷,因而难以形成烃类包裹体。

另一方面,如果晶体生长过程受到干扰少,晶体缺陷较小,则形成的包裹体也较小,反之则形成的包裹体较大。通过实验结果对比发现,加入汽油时方解石中形成的包裹体个体明显比加入原油时合成的包裹体要大,反映了轻质油对方解石晶体生长抑制作用较强,导致裂隙没有得到较好的愈合,阻止包裹体形成。而对于石英也有类似的结果,汽油条件下,石英中几乎没有烃类包裹体形成;重油条件下形成少数烃类包裹体。这些现象都充分说明由于轻质油(高成熟度油气)的润湿性强于重质油,从而对储层包裹体的形成和成岩作用的抑制作用更强。此外,原油重质组分——非烃、沥青质中的极性组分也可能改变储层的润湿性(鄢捷年,1998),有助于烃类包裹体的形成。

在同等条件下,由于原油和水在方解石表面的润湿性差异不大,油水侵位的争夺能力相当;而原油和水在石英表面的润湿性差异较大,油水侵位的争夺能力差别大。因此,实验结果显示方解石中合成烃类包裹体的数量(图 2C)和比例明显比石英中的烃类包裹体多(图 2D)。这个结果暗示油气充注对砂岩储层成岩作用的抑制效果可能强于碳酸盐岩储层。

5 结论

(1)对于原油和水,石英具有明显的亲油性,方解石具有亲油性,但与水的亲油性差异不大;对于汽油(轻质油)和水而言,石英和方解石都具有明显的亲油性。

(2)通过人工合成烃类包裹体实验和实际储层样品分析证实,在油气充注过程中,轻质油条件下易发生油气侵位,阻止晶体生长,形成的烃类包裹体数量少,对成岩作用的抑制作用较强;重质油条件下相对容易形成烃类包裹体,包裹体数量较多,对储层成岩作用影响相对较小。

(3)原油和水在方解石表面的润湿性差异不大,油水侵位的争夺能力相当,储层方解石中容易形成烃类包裹体;而原油和水在石英表面的润湿性差异较大,由于原油润湿性弱,油气难以进入石英晶体微裂隙或晶格缺陷中,石英中不易形成烃类包裹体。

(4)油和水在矿物表面的润湿性差异导致油气充注过程中形成不同特征的流体包裹体类型。

参 考 文 献

- 蔡进功,张枝焕,朱筱敏,谢忠怀,李艳霞,刘洪军,袁东山. 2003. 东营凹陷烃类充注与储集层化学成岩作用. 石油勘探与开发, 30(3): 79~83.
- 曹剑,姚素平,胡文瑛,张义杰,王绪龙,张越迁,唐勇. 2006. 油气包裹体中水的检出及其意义. 科学通报, 51(13): 1583~1588.
- 陈勇,葛云锦. 2008. 人工合成烃类包裹体研究进展. 地质论评, 54(6): 731~737.
- 陈勇,葛云锦,周瑶琪,刘超英,周振柱,毛鑫. 2009. 实际储层温压条件下成功合成碳酸盐岩烃类包裹体及其启示意义. 地学前缘, 16(1): 11~16.
- 葛云锦,陈勇,周瑶琪,周振柱. 2009. 不同油水比条件下人工合成碳酸盐岩烃类包裹体特征实验研究. 地质学报, 83(4): 542~549.
- 李素梅,张爱云,王铁冠. 1998. 原油极性组分的吸附与储层润湿性及研究意义. 地质科技情报, 17(4): 65~70.
- 陆现彩,侯庆锋,尹琳,赵连泽,刘显东. 2003. 几种常见矿物的接触角测定及其讨论. 岩石矿物学杂志, 22(4): 397~400.
- 倪培,王一刚. 2007. 人工合成烃类包裹体的实验研究. 岩石学报, 23(9): 2033~2038.

倪培, 孟凡巍. 2008. 碳酸盐岩中烃类包裹体的人工合成实验研究. 岩石学报, 24(1):161~165.

潘长春, 周中毅, 解启来. 1996. 油气和含油气包裹体及其在油气地质地球化学研究中的意义. 沉积学报, 14(4):15~23.

施继锡, 李本超, 傅家谟, 刘德汉, 彭平安. 1987. 有机包裹体及其与油气的关系. 中国科学(B辑), 3:318~325.

王斐, 岳湘安, 徐绍良, 张立娟, 赵仁保, 侯吉瑞. 2009. 润湿性对水在微管和岩芯中流动特性的影响. 科学通报, 54(7):972~977.

鄯捷年. 1998. 原油沥青质在油藏岩石表面的吸附特性. 石油勘探与开发, 25(2):78~82.

袁东山, 张枝焕, 朱雷, 刘洪军. 2007. 油气聚集对石英矿物成岩演化的影响. 岩石学报, 23(9):2315~2320.

张曙光, 刘景龙, 邓颖. 2001. 储层岩石表面接触角的不确定性研究. 矿物岩石, 21(1): 48~51.

张志坚, 张文淮. 1994. 碎屑岩储层中有机包裹体的形成机制研究. 地质科技情报, 13(1):53~59.

Balitsky V S, Prokofev V Y, Balitskaya L V. 2007. Experimental study of the interaction of mineral-forming hydrothermal solutions with oil and their joint migration. Petrology, 15(3): 211~223.

Bennett B, Buckman J O, Bowler B F J, Larter S R. 2004. Wettability alteration in petroleum systems: the role of polar non-hydrocarbons. Petroleum Geoscience, 10: 271~277.

Bourdet J, Pironon J. 2008. Strain response and re-equilibration of CH₄-rich synthetic aqueous fluid inclusions in calcite during pressure drops. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72:2946~2959.

Joyce E N, Norman H O, Michael D S, Ivor R S, Natalia K F. 1998. The relationship between petroleum emplacement and carbonate reservoir quality: examples from Abu Dhabi and the Amu Darya Basin. Marine and Petroleum Geology, 15: 57~72.

Pironon J, Bourdet J. 2008. Petroleum and aqueous inclusions from deeply buried reservoirs: experimental simulations and consequences for overpressure estimates. Geochimica et Cosmochimica Acta, 72: 4916~4928.

Pironon J, Thiéry R, Teinturier S, Walgenwitz F. 2000. Water in petroleum inclusions: evidence from Raman and FT-IR measurements, PVT consequences. Journal of Geochemical Exploration, 69~70: 663~668.

Richard H W, Norman H O, Craig S P. 1998. Can oil emplacement prevent quartz cementation in sandstones? Petroleum Geoscience, 4:129~137.

Salim A, Sausse J, Pironon J, Fourar M, Le Carlier de Veslud C. 2008. 3D confocal scanning laser microscopy to quantify contact angles in natural oil-water mixtures. Oil & Gas Science and Technology - Rev. IFP, 63(5): 645~655.

Teinturier S, Pironon J. 2004. Experimental growth of quartz in petroleum environment. Part I: procedures and fluid trapping. Geochimica et Cosmochimica Acta, 68(11):2495~2507.

Zhang W H, Zhang Z J, Ming H L, Wu G, Ye S. 1996. A study on organic inclusions in elastic reservoir rocks and their application to the assessment of oil and gas accumulations. Chinese Journal of Geochemistry, 15: 249~257.

Experimental Study of the Constraint of Minerals Wettability on Hydrocarbon-Bearing Inclusion Forming in Reservoir

CHEN Yong^{1, 2)}, GE Yunjin¹⁾, ZHOU Zhenzhu¹⁾, MAO Cui¹⁾

1) College of Geo-resources and Information, China University of Petroleum, Qingdao, Shandong, 266555;
tate Key Laboratory of Enhanced Oil Recovery, China National Petroleum Corporation, Beijing, 100083

Abstract

The wettability of minerals constrains the characteristics of micro-flow and distribution of fluids in reservoirs. The difference of wettability between oil and water lead to different types fluid inclusions formed in reservoirs. Experimental analysis of mineral surfaces show that quartz is distinct hydrophilic, but the wettability of calcite is no obvious difference between water and crude oil. Gasoline extend completely on quartz and calcite, it means that all minerals are oleophilic for light oil. Experiments of synthetic hydrocarbon-bearing inclusions and analysis of fluid inclusions from natural reservoir indicate that wettability have great effect on forming of fluid inclusions and diagenesis in reservoir. Results of experiments proved that it have significantly effect on mineral crystal growth, diagenesis be suppressed, and the number of hydrocarbon-bearing inclusions decrease during accumulation of light oil. However, it does not remarkable effect on diagenesis and forming of inclusions during emplacing of heavy oil. Overall, it is more difficult for oils to inter cracks of quartz than calcite during accumulation of oil and gas because quartz is more hydrophilic than calcite. So, it is always more hydrocarbon-bearing inclusions in calcite than quartz in same reservoir.

Key words: wettability of minerals; reservoir; fluid inclusions; diagenesis