

碳酸盐岩成岩作用对油气储层孔隙类型的影响

董宇晴

新疆大学 地质与矿业工程学院

DOI:10.12238/gmsm.v7i2.1650

[摘要] 碳酸盐岩成岩作用是影响油气储层孔隙类型的重要因素。在此基础上,对碳酸盐岩成岩过程中溶蚀、压实、淋滤、热解等因素进行了系统的研究,并讨论了这些成岩作用对储层孔隙类型的影响机制。分析不同成岩作用下孔隙类型的变化规律,揭示碳酸盐岩成岩作用与储层孔隙演化的关系。这对油气勘探开发工作的成败起着至关重要的作用。

[关键词] 碳酸盐岩; 成岩作用; 孔隙类型; 油气储层

中图分类号: F416.1 **文献标识码:** A

Influence of carbonate diagenesis on pore types in oil and gas reservoirs

Yuqing Dong

School of Geology and Mining Engineering, Xinjiang University

[Abstract] The diagenesis of carbonate rocks is an important factor affecting the pore types of oil and gas reservoirs. On this basis, a systematic study was conducted on factors such as dissolution, compaction, leaching, and pyrolysis during the diagenesis process of carbonate rocks, and the impact mechanism of these diagenetic processes on reservoir pore types was discussed. Analyze the variation patterns of pore types under different diagenetic processes, and reveal the relationship between carbonate diagenesis and reservoir pore evolution. This plays a crucial role in the success or failure of oil and gas exploration and development work.

[Key words] carbonate rock; diagenesis; pore type; oil and gas reservoirs

引言

储层孔隙类型是影响油气储集性能的一个重要因素。碳酸盐岩储层是一类重要的油气勘探类型,其成岩作用对孔隙类型有重要影响。碳酸盐岩的成岩作用包括溶蚀、压实、淋滤和热力作用,它们之间存在着一定的联系和相互作用。对碳酸盐岩成岩过程中孔隙类型的影响进行深入研究,是油气勘探与开发的关键。

1 碳酸盐岩成岩作用的基本概念和分类

1.1 碳酸盐岩的特征与分类

碳酸盐沉积岩主要包括方解石、白云石和菱镁石等多种类型的碳酸盐矿物。碳酸岩是由气候、水和生物等多种因素共同作用形成的,以浅水环境为主。根据其粒度、成因、化学组成和构造特征,对其进行了分类。根据粒度可划分为粘质碳酸盐岩、黏质碳酸盐岩及珊瑚礁碳酸盐岩;根据其成因可划分为:沉积、变质及微晶-洞型碳酸盐岩;根据其化学组成,可划分为石灰岩、长石岩、白云岩、岩浆岩;根据其岩石构造可划分为结晶型碳酸盐岩、骨架型和微晶型碳酸盐岩。在认识碳酸盐岩成因、性质及勘探开发中,采用的各种划分准则,应根据研究目的而有所区别。

1.2 成岩作用的基本概念

成岩作用是由温度、压力和流体等外部因素共同作用而引起的一系列物理化学变化。在碳酸盐岩油藏中,成岩过程对岩石的成分、结构与性能有显著的影响。首先,在岩石形成过程中,温度是一个重要的影响因素。在不同地质条件下,碳酸盐矿物会发生热裂解、结晶、溶解等作用。在高温条件下,热化学过程会导致储层孔隙结构及连通性发生变化,进而对储层渗流物性产生一定的影响。其次,在成岩过程中,压强是一个主要的驱动因素。在压力作用下,碳酸盐岩储层发生压实,孔隙度下降,孔隙连通性下降。另外,压力也会造成胶结作用,形成胶结物,充填孔隙,从而对油气运移、封存产生一定的影响。此外,流体还对岩石的成岩过程起着重要的作用。流体包括地下水、油气流体、热水等,在岩体中进行溶解、溶蚀、沉积、交换等活动。流体运移与反应引起了储层孔隙形状及尺寸的改变,从而对储层孔隙类型及渗透率产生直接的影响^[1]。

1.3 碳酸盐岩成岩作用的分类

碳酸盐岩的成岩类型对其油气藏的形成与演化具有十分重要的意义。通过对不同类型岩石成因的研究,可以从多个方面对岩石成岩过程进行分类,从而更好地认识岩石成因的本质与机

理。在这些研究中,普遍采用的方法是根据成岩作用的温度区间来划分。在40-130℃的低温成岩过程中,经历了溶蚀、交代、胶结、蚀变等多种过程。中温成岩过程的期次为130-200℃,以压实、晶间胶结及石英岩化为主。其中,高温成岩作用时间超过200℃,经历了热液作用、热化学作用和变质作用。此外,还可以根据岩石成岩的化学性质对岩石进行分类。氧化还原是在成岩过程中,通过氧化、还原等过程,使岩石中的元素赋存形态和空间分布发生变化。交代作用是在成岩过程中,在岩石与水的相互作用过程中,所产生的一系列化学变化,主要有交代胶结、交代溶蚀等。蚀变是碳酸盐矿物在成岩过程中所产生的化学或物理变化。碳酸盐岩储层的各种成因类型,对认识和评价碳酸盐岩油气藏的成因、性质及勘探开发都有重要的意义。

2 成岩作用对油气储层孔隙类型的影响机制

2.1 成岩作用对孔隙发育的控制因素

成岩作用是影响油气藏形成的一个重要因素。成岩作用过程中,不同的物理、化学变化对储层孔隙类型及分布有一定的影响。另外,成岩作用是控制孔隙发育的重要因素。首先,成岩作用时间、程度是影响孔隙发育的主要因素。成岩期不同,对孔隙发育有不同的影响。例如,压实作用具有压缩、粘结的作用,可显著降低孔隙的孔隙度及连通性。溶蚀作用使碳酸盐矿物溶解,形成孔隙,促进孔隙发育。其次,成岩作用类型及强度对孔隙发育也有一定的影响。成岩作用的类型及强度,决定着成岩作用的物理化学性质。例如,晶间胶结就是一种高强度的胶结,它能使颗粒之间发生化学反应,使孔隙、渗透率下降。碳酸盐岩压实作用主要受埋深、压强大小的影响,压实作用可使原有孔隙受到压缩或封闭。另外,沉积环境、沉积物质等因素也是影响成岩作用及孔隙发育的重要因素^[2]。不同的沉积环境、物质,会引起不同的物理化学变化,进而对孔隙类型及分布产生影响。例如,海洋碳酸盐由于氧化-还原环境的改变以及生物活动的影响,会产生各种类型的胶结、溶蚀作用,从而对孔隙发育产生影响。

2.2 溶蚀作用对孔隙类型的影响

溶蚀作用是储层普遍存在的一种成岩作用,对储层孔隙类型及分布有重要影响。溶蚀作用是指在地质作用下,水或其他介质使岩石中某些矿物溶解,从而形成孔隙或使已有孔隙扩大的现象。首先,溶蚀可以改变孔隙的形状和尺寸。在溶蚀作用下,部分可溶矿物溶出,使原有孔隙增大或形成新孔隙。这些孔的形貌与尺寸受溶液运动、化学反应等因素的影响,如高流速的溶液易形成长形孔,低流速的溶液易形成球状孔。其次,溶蚀对孔隙连通性有一定的影响。不同矿物的耐溶度不同,溶蚀时不同矿物之间会发生溶解,从而改变孔隙连通性。如石英晶体表面抗酸能力强,不易溶蚀,因此,在溶蚀过程中,石英晶体附近的溶腔常呈封闭状态,各孔间不连通。溶解作用还影响了孔隙的分布。溶蚀时,矿物溶解速率与溶液流速不一致,溶液在某些部位滞留,使溶腔、孔隙发育较强。同时,不同层位、不同岩性的溶蚀作用也不尽相同,甚至同一类型岩石在不同部位可能发育不同类型的溶蚀孔隙。

2.3 胶结作用对孔隙类型的影响

胶结作用作为一种重要的成岩作用,对油气储层孔隙类型及分布有重要影响。胶结作用是指在沉积物成岩作用下,原有孔隙内岩石颗粒间形成胶结物,降低孔隙度,降低其连通性的过程。首先,胶结可以改变孔隙的形状和尺寸。成岩作用形成的胶结物充填了原有孔隙,使孔隙缩小或消失。不同类型的胶结物具有不同的充填方式与形貌,如碳酸盐岩以晶间胶结的方式充填于岩石颗粒间,在孔隙较大处形成胶结物,进而改变孔隙的形态与尺寸。其次,胶结作用对孔隙连通性有一定的影响^[3]。在胶结作用过程中,由于胶结物的形成,使原来相互连通的孔不能连通,使储层渗透率下降。胶结物能填满孔隙,形成一座胶结桥,隔绝了原来相互连通的孔隙。同时,胶结物可形成胶结膜,覆盖孔隙,使孔隙连通性进一步下降。胶结作用也影响孔隙分布。不同类型胶结物在成岩期的分布及部位也各不相同。例如,石英胶结一般出现在砂岩颗粒表面或颗粒间,碳酸盐矿物胶结在碳酸盐岩缝洞中普遍存在。不同类型胶结物具有不同的胶结特征和形成机理,对孔隙分布及连通性有不同的影响。

2.4 压实作用对孔隙类型的影响

压实作用就是地层受压后孔隙空间受到压缩或缩小的过程,它是一种复杂的地质现象。这种成岩作用显著地影响了油气储层孔隙类型及分布。首先,孔隙的形状会发生变化,由原来的圆球状、椭圆形孔隙,变为扁平状,或变形为新的形状。其次,孔隙连通性下降,可能造成孔隙连通性缩小或封闭,使孔隙连通性降低。另外,压实也使岩石的孔隙度降低,即孔隙空间所占的比例降低。孔隙度的减小限制了油藏流体的储存量和渗流能力。最后,压实也改变了孔隙类型。一些本来就存在的特殊孔隙,由于受到挤压,可能消失或转化为其他类型的孔隙。因此,在勘探开发过程中,必须综合考虑成岩作用对油气藏的影响,采取相应的技术措施来克服这些制约,从而提高油气藏的储存量与利用效率。

2.5 热化学作用对孔隙类型的影响

热化学作用是指地层在高温、化学条件下所发生的反应,它直接影响着孔隙的类型。热化学作用主要是通过溶蚀、结晶、热解、胶结等作用来改变孔隙。溶解是一种最普通的热化学反应。岩石中的矿物在高温和化学条件下会溶解。碳酸盐矿物如方解石可溶蚀而形成各种类型的孔隙,如溶孔等。这些溶蚀作用既可以对已有的溶蚀孔进行填充或扩大,又可以形成新的溶蚀孔。结晶过程也是影响热化学反应的另一重要因素。在高温或化学条件下,溶液中的溶质会发生晶化,从而形成固态粒子^[4]。这些固体颗粒会填充原有的孔隙,使孔隙变得更小,连通性更差。如在硅酸盐岩中,高温流体作用可使硅酸盐矿物晶体化,填满已存在的孔隙,使储层孔隙变小。热解是一种与有机物有关的热化学过程。在高温条件下,有机物可分解为气态或液态产物。这种热裂解作用破坏了原有孔隙,形成了新的裂隙和毛管孔。尤其对页岩气而言,热解有机质会释放出大量页岩气。胶结作用也是影响热化学过程的另一重要因素。在高温或化学条件下,胶结物在

溶液中会沉淀成胶结物。这些胶结物能够填充已有孔隙，降低储层孔隙度。对于碳酸盐岩储层来说，胶结作用是影响孔隙类型的重要因素，胶结物既可充填已有孔隙，也可形成新孔隙。

3 结论

通过上述文章理论分析，了解到碳酸盐岩成岩作用对油气储层孔隙形态、连通性及分布的影响机制。在此基础上，分析不同成岩作用类型对孔隙的影响，揭示碳酸盐岩成岩作用与储层孔隙演化的关系。成岩作用对储层孔隙类型的影响是认识油气藏形成与演化的关键，也是油气勘探与开发的基础。

[参考文献]

[1]屈海洲.碳酸盐岩微孔隙的分类、成因及对岩石物理性

质的影响[J].石油与天然气地质,2023,44(05):1102-1117.

[2]熊连桥.坎波斯盆地南部白垩统硅化碳酸盐岩储层成因及演化[J].石油学报,2023,44(10):1612-1623+1649.

[3]钱一雄,武恒志,周凌方.深埋条件下微生物碳酸盐岩成岩作用与孔隙演化——以四川盆地西部中三叠统雷口坡组为例[J].石油与天然气地质,2023,44(01):55-74.

[4]李峰峰,叶禹,余义常.碳酸盐岩成岩作用研究进展[J].地质科技通报,2023,42(01):170-190.

作者简介：

董宇晴(1999--),女,汉族,河南新乡人,硕士,从事油气沉积地质学研究方面的工作。