

华北地台奥陶系碳酸盐岩 储集岩成因类型与展布

陈霞 徐辉

(华北石油地质局地质研究大队 郑州, 45007)

提 要 华北地台奥陶系是一套海相碳酸盐岩。作为油气的储集层是沉积成岩作用叠合加里东期、印支—燕山期、燕山—喜山期构造作用改造形成的。在漫长的地史过程中,演化出三种类型五大套储集层,其中第Ⅰ套蒸发潮坪层间溶解带和第Ⅱ套加里东期不整合面附近奥陶系侵蚀岩溶带,已是鄂尔多斯地区古生界天然气生产层。第Ⅳ套燕山—喜山期不整合面附近奥陶系基岩古潜山则是华北地区新生界石油富集体。第Ⅲ套沿印支—燕山期断裂带发育的岩溶储集岩,在西南部台缘区也有古生界天然气的产出。

关键词 沉积成岩 构造改造 侵蚀岩溶 层间岩溶 断裂岩溶 多旋回

第一作者简介 陈霞 女 37岁 工程师 石油与天然气地质。

华北地台地域辽阔,大致位于 $105.5^{\circ}\text{E} \sim 124^{\circ}\text{E}$ 和 $32^{\circ}\text{N} \sim 41.5^{\circ}\text{N}$ 之间。面积约 $1 \times 10^6 \text{km}^2$ 。早古生代发育一套稳定的浅海碳酸盐岩沉积。华北地台下古生界具有油气生成、运移和聚集的基本石油地质条件。据笔者多年研究,本文将重点讨论奥陶系碳酸盐岩储层成因和展布。

本区奥陶系碳酸盐岩储集层是以沉积为基础,构造变动为导向,成岩演化贯穿始终的三大地质因素共同作用下形成的。在漫长的地史过程中,先后演化出三种类型五大套储集层,其性能和空间分布各具特征。

1 奥陶系碳酸盐储集岩的沉积概况

奥陶纪华北地台主要为广覆性的海相碳酸盐岩沉积。本区早奥陶世早期的海浸是在晚寒武世基础上连续发展而来,接受了冶里组和亮甲山组浅海碳酸盐岩沉积。

早奥陶世马家沟—峰峰沉积期,本区发生大规模海浸,海水来自周缘海槽,地台中东部榆林、延安、太原、沁水、石家庄等大部分地区,主要沉积环境有以下七种类型:开阔海泥晶灰岩相、浅滩颗粒灰岩相、局限海云灰岩相、潮下或潮间盐湖石盐灰岩相,蒸发坪白云岩相。纵向上各带交替出现,在由海进到海退的多旋回发展过程中,云坪或灰云坪等极浅水区的沉积物,于海退时期频繁暴露,受到大气淡水淋滤,尤其是含膏云岩中的石膏团块、结核,柱状单晶极易溶解,于是沉积作用和早期淋溶结合发生层间岩溶作用,常形成溶蚀型白云岩储层,并为以后风化侵蚀期岩溶再改造奠定了基础。西缘向祁连海槽过渡的桌子山—同心—青龙山南北向狭长地带,其东侧为局限海和潮坪,西侧为开阔海和浅滩,由单一的海进旋回组成。

例如北段桌子山地区初期沉积数十米的浑水石英砂岩(三道坎组),中部变为清水纯灰岩(桌子山组),上部则为半深水相薄互层灰岩和泥岩(克里摩里组)。该向上变深的沉积演化序列缺乏蒸发盐岩和间歇暴露,直接影响准同生白云岩和早期淡水溶蚀储层的发育。其上部灰、泥岩互层更阻碍加里东运动隆升期风化侵蚀岩溶带的形成。地台的南缘西段,岐山至平凉地区为向秦岭深海过渡的沉积区,发育开阔海灰泥相和颗粒滩。岐山以东发育含膏云坪,灰云坪,虽然有向上变浅的海侵旋回存在,但不具有多个向上变浅的沉积演化序列,这也影响早期层间溶解储层的发育。峰峰沉积期以后,海水退至西南缘,华北地台主体结束早古生代沉积,进入长达1.5亿年之久的削蚀阶段。

中奥陶世平凉期的沉积环绕鄂尔斯特陆地西—南缘呈“L”形展布,岩性岩相变化大,可分内外两侧。内侧相带窄,其西缘以灰岩,泥云岩及泥页岩为主,南缘发育鲕粒滩,生物滩和滩后局限海灰岩夹云岩、页岩,属浅水台地相沉积。外侧位于桌子山—环县—岐山一带,属斜坡重力流和深水砂页岩相沉积,陇县一带还夹有多层凝灰岩。晚奥陶世背锅山期水域更加缩小,仅在西南缘部分地区发育浅水台地相灰岩和泥质灰岩沉积。晚奥陶世末,海水全部退出本区结束沉积,全面进入风化时期。

从全区观之,地台区为纯碳酸盐岩建造,台缘区为碳酸盐岩和碎屑岩混生建造,两大沉积区物质基础不同,导致了岩溶作用的差异,这从根本上制约了奥陶系储集岩的发育。

2 区域构造运动对奥陶系的改造

华北地台奥陶系经历加里东,印支、燕山和喜山运动多期构造变动,至今除鄂尔多斯地区保存较完整外,其它地区为破碎多变而又复杂的面貌。碳酸盐岩随之改造再改造成岩溶储集带和断块储集体。

2.1 加里东运动对奥陶系的改造

加里东运动在华北地台主要表现为“面”式升降。奥陶纪具有两期隆升:第一期怀远上升发生于亮甲山沉积期末,使亮甲山组至冶里组遭受不同程度削蚀,35°N以南尤甚,削蚀殆尽,而以北保存形式为南薄(枣庄58m)、北厚(北京西308m)。在侵蚀面之下发育岩溶带,其洞缝发育程度从南到北逐渐降低,据统计,南区通许、鹿邑、沈丘洞缝机遇率达18.3%,中区沁水,东明、临清下降至9%,北区冀中、黄骅不足1%。反映碳酸盐岩被改造程度随构造上升幅度呈南强北弱同步变化。第二期加里东末期抬升,其主体开始早,西—南缘推迟至中—晚奥陶世才上升为陆。主体抬升具有不均衡性,从区域地层展布分析,中区鄂尔多斯主体、沁水、临清、东明等地区峰峰组保存好,35°N以南(通许、鹿邑、沈丘)和39°N以北(京、津、唐地区)峰峰组剥蚀殆尽,在空间上构成南、北老,中间新的“向斜”构造。向斜南北两翼侵蚀严重,碳酸盐岩改造强度大,如侵蚀面之下洞缝机遇率南、北两翼高达25.43~33.3%,中区仅12.5%。

2.2 印支—燕山运动对奥陶系的改造

三叠纪中期开始,华北地台受印支运动影响,自北、南、东三面抬升,沉积向西退缩,鄂尔多斯地区继续拗陷,地台开始肢解。侏罗纪中晚期强烈的燕山运动使鄂尔多斯西缘大规模推覆冲断,南缘继续隆起,其主体成为完全独立的沉积盆地,内部燕山运动影响微弱,奥陶系被

深埋。吕梁山以东地区广泛褶皱断裂,同时发生区域构造应力场的改变,构造线由原来的东西向转换为北东向和北北东向。此外,与北东、北北东向压性断裂配套的北西向张性断裂亦较发育。这些断裂相继产生,使奥陶系切割分离,在不同方向构造线叠置复合的负向构造单元内奥陶系深埋;而在正向构造单元内,如吕梁、太行、武强—坝县褶皱带,五台—渤海、嵩山—淮北断隆区,奥陶系被强裂风化剥蚀,在侵蚀面之下改造成裂缝、孔、洞交织的块体,如文安、黄骅、倪丘集等地区,其洞缝机遇率达 33~50%,超过加里东构造期的改造强度。此外,地下水的活动随断裂带延伸数千米,引发深部岩溶,如淮北、鄂尔多斯西缘和南缘,于地下 1100 至 4520m 深处,均有沿燕山期断裂岩溶改造的奥陶系裂缝—溶蚀孔洞型碳酸盐储集岩发育。

2.3 喜山运动对奥陶系的改造

喜山运动波及本区,鄂尔多斯主体虽然缓慢抬升,而奥陶系至今仍埋藏于 2500m 以下,免遭破坏。山西、鲁西和燕山地区继续隆起,奥陶系长期裸露削蚀。华北断块区内由早期的隆起转化以稳定沉降为主的大地构造环境,由于区域构造应力场再次改变,北北东向构造带由压性转变为张性,促进了裂隙活动和拉张作用发展,构成特有的多凹多凸、隆拗相间的地质格局。在隆起和凸起的高部位及断层的上升盘,如任丘、仓县、菏泽、济阳、保定、南宫等地区,奥陶系经过前期强裂改造,又叠加本期侵蚀岩溶和沿多组系断裂的岩溶再改造,分别于始新世或渐新世或中新世沉降,先后被下第三系或上第三系覆盖,埋藏于 2500~6000m 以下。结果在喜山期不整合面之下奥陶系基岩突起部分,形成极有意义的侵蚀—潜山、褶皱—侵蚀潜山或断块—侵蚀潜山等储集体。其洞缝机遇率高达 30~100%。潜山除顶部具有风化壳和喀斯特岩溶相外,深部随地壳升降地下水位变动发育多层溶蚀带。

3 奥陶系碳酸盐岩成岩演化

成岩环境决定了成岩作用的性质,成岩作用则控制孔隙演化,三者构成因果关系。本区奥陶系碳酸盐岩主要经历海水(底)成岩、埋藏成岩,大气淡水成岩三大环境。加里东期的“面”式升降和以后的构造运动导致三种成岩环境交叉进成,属于开放性非持续埋藏成岩体系。主要的成岩作用有脱水压实,新生矿物转化,自生矿物沉淀,重结晶、交代、溶解、充填、压实等。其中建造孔隙者是白云岩化和溶解,起封闭破坏孔隙者是沉淀充填。

3.1 海水成岩环境与演化

本环境与沉积环境密切相关,华北地台各海域或各时期沉积发展的差异,使沉积物具有正常海水和咸化海水两类不同的海底成岩环境,它直接影响成岩作用的性质和孔隙演化。

3.1.1 正常海水成岩环境

属于正常海水成岩环境的层段有地名北区和西缘的冶里组,亮甲山组。华北海的马家沟组 2、4、6 段,秦、祁海的三道坎组、桌子山组,克里摩里组和平凉组与背锅山组。其开阔海相的灰泥沉积物,通过文石转化并压实脱水致密化成岩。浅滩相的颗粒,通过 1~2 个世代马牙状,纤维状或晶粒状方解石沉淀胶结成岩。它们的原生粒间孔均逐渐消失。如果浅滩的顶部具有暴露机会,将受大气降水溶蚀形成粒内孔或发生混合水白云岩化进一步形成晶间孔。

3.1.2 咸化海水成岩环境

属于咸化海水成岩环境的层段主要有马家沟组 1. 3. 5. 段, 地台中区的冶里, 亮甲山组。蒸发潮坪和上潮坪极浅水环境里的沉积物, 在准同生时期因“蒸发泵”作用, 孔隙间的正常海水浓缩成咸盐水, 随着石膏的晶出镁钙比值增高, 灰泥被富镁咸水交代生成准同生白云岩。这些位于海退相序中的含膏云岩, 在频繁的暴露中常接受大气淡水淋溶, 石膏最先溶解生成铸模孔, 随之准同生白云岩的微孔隙溶蚀扩大为晶间溶孔和球粒间溶孔, 它与层间缝, 成岩干裂匹配, 形成顺层分布的微缝—微孔隙型白云岩储层。当上覆继续沉积膏盐, 该孔隙层被保护。近年鄂尔多斯东区马家沟组膏盐层之中和之下发现的天然气藏已证实了这些孔隙的存在。

3.2 埋藏成岩环境与演化

加里东运动中晚期, 华北地台全面隆升, 奥陶系成为非持续性埋藏。它在隆升之前处于浅埋藏环境, 经过志留纪—早石炭世削蚀到中石炭世—三叠纪沉降, 埋深加大至 3000m 以下为深埋藏环境。两个环境具有不同的成岩演化。

3.2.1 浅埋藏成岩环境

沉积物埋藏初期成岩环境与沉积环境仍具有内在联系: 如下马家沟组上段和上马家沟组上段中上部的沉积物前期处于正常海水成岩环境, 而埋藏后不久就分别受到上覆上马家沟组下段和峰峰下段的咸海水向下渗透交代形成白云岩, 秦祁过渡海域内侧的天池—环县—渭北地区桌子山组或马家沟组在本阶段也受到华北海咸海水侧向渗透影响发生咸水或混合水白云化。它们均生成了似层状或凸镜状粉细晶白云岩体。随着咸海水向下或向外侧渗透减弱, 依次生成云岩—灰云岩—云灰岩—云(豹)斑灰岩, 白云化交代作用向深部或远端逐渐消失。本套白云岩晶形好晶粒大, 具有菱形晶体支撑抗压好的骨架孔隙, 其它层段, 在此成岩环境中主要表现为: 压溶微缝合线, 霉球状黄铁矿化, 颗粒灰岩类被第三世代胶结物填盈以及亮甲山组普遍硅化。

3.2.2 中—深埋藏成岩环境

中石炭世开始本区逐渐沉降, 奥陶系又被埋藏, 当埋深达到 1500m 以下, 随温度压力升高, 岩石中有机组分转化脱羧基释放 CO_2 形成酸性水, 沿前期缝洞重新溶蚀和大型压溶缝合线。上覆的石炭二叠系煤系进入成岩压实时期也不断排出酸性水, 沿奥陶系风化壳或裂缝进入碳酸盐岩内, 从而加剧了早期层间溶蚀和加里东期风化壳岩溶改造, 导致缝洞岩溶的发育。随地化环境演化晚期变为偏碱性水, 溶解被矿物沉淀替代, 洞缝内析出危害孔隙的铁白云石含铁方解石及不溶粘土残余。

印支—燕山运动期间奥陶系的成岩演化明显分异。鄂尔多斯盆地以沉降为主, 早白垩世末奥陶系埋藏于 3300 以下。碳酸盐岩主要发生重卤水交代作用(重晶石、天青石、莹石、硬石膏等)及斑块状黄铁矿化。在此深度范围, 由于白云岩有较强的抗压性, 仍能保持一定的孔隙, 如果孔隙中充盈油气则更可抑制自生矿物沉淀。地台东区以回返上升剥蚀为主。

新生代, 华北断块区属负向构造单元内的奥陶系被埋藏于 2500~6000m 深处, 成岩变化也主要是重卤水交代和黄铁矿化。本阶段仅沿深断裂带附近的溶蚀能建设孔隙。

3.3 大气淡水成岩环境与演化

奥陶系地表出露带的大气淡水成岩环境共有三期; 成岩早期, 加里东隆升期, 燕山—喜山构造期, 它是储层孔隙发育的重要时期。

3.3.1 成岩早期大气淡水环境

奥陶纪时期蒸发潮坪和颗粒滩浅水相区,尤其是前者的新固结沉积物,在海退过程中因间歇暴露而受到大气淡水频繁影响,发生去膏化、去云化等层向溶解现象,形成团块状、针柱状、结核状膏模孔及白云岩晶间内与粒内溶孔,这就是前已述及的溶蚀型白云岩储层。

3.3.2 加里东隆升期大气淡水成岩环境

加里东中晚期隆升全区先后进入漫长的风化剥蚀阶段,在剥蚀面以下 200m 左右。尤其是 0~100m 深度范围的碳酸盐岩,受大气水侵蚀形成淡水渗溶带和潜溶带及喀斯特岩溶相。它的发育程度受岩性控制,石灰岩溶解速度快,而形成大型溶蚀洞缝,白云岩有晶间孔与早期层间溶解为基础,溶解度高,所以大中小型溶蚀洞都发育,据岩芯样品统计白云岩孔隙度平比灰岩高 2.5 倍。地台西南缘克里摩里组,平凉组及背锅山组上部为泥质碳酸盐岩,富含粘土阻碍岩溶发展,难以形成溶蚀孔隙带,其受古构造和古地貌位置以及水流速度制约,例如鄂尔多斯地区本带地震反射 T₁ 波组明显为振幅不连续的低速低组层,侵蚀面下具有高差为 30~100m 起伏且洞缝连通的潜台和残丘。发育多孔白云岩,膏模孔白云岩及岩溶坍塌造成的角砾层,均为天然气勘探的目的层。此外,怀远期抬升,使亮甲山组或冶里组出露地表削蚀,其风化面之下亦具有侵蚀岩溶带,常见孤立分散的小型晶洞与溶孔。据研究,该侵蚀面之下发育的中细晶白云体因叠加多期及白云岩化,尤其是上覆马家沟组早期咸海水向下渗透白云化的次生加大与对晶间孔及溶蚀孔洞普遍充填,致使岩石结构致密化影响了它的储集性。

表 1 华北地区不同时期侵蚀面以下的奥陶系溶蚀洞缝机遇率统计

Table 1 Statistical data of solution pore and solution cavity frequency
Ordovician reservoirs of under the erosion of North China area

侵蚀面 以下 深度 (m)	加里东期			燕山期			喜山期		
	钻遇该 深度总 钻井数 (口)	放空 漏失 井数 (口)	频率 (%)	钻遇该 深度总 钻井数 (口)	放空 漏失 井数 (口)	频率 (%)	钻遇该 深度总 钻井数 (口)	放空 漏失 井数 (口)	频率 (%)
0~50	115	10	87	145	45	31	115	36	31.3
50~200	104	23	22.12	93	21	22.6	39	9	2
大于 200	65	8	12.3	57	3	53	13	2	15.4

3.3.3 燕山—喜山构造期

奥陶系于该构造期除鄂尔多斯盆地保存较好外,地台的西南缘和吕梁及太行地区因大规模隆起至今裸露削蚀,而华北断块区内在隆起与西起部位又经历亿年之久的地表出露改造。本期的侵蚀岩溶由于剧烈的构造活动使地形高低崎岖,加之中—新生代高等植物繁茂使生物成因的 CO₂ 大量加入提高了大气水溶蚀能力,负向地形河与湖泊星罗棋布并向下切割,致使地表迳流向碳酸盐基岩垂直和侧向渗透蚀刻,导致在自生岩溶基础上又叠合他生岩溶双重作用,故此具有空前的溶蚀强度和规模。根据 260 余口钻井洞缝机遇率统计(表 2),岩溶相主要发育于侵蚀面下 0~200m 深度内,最发育的部位是 0~50m,因其顶部土壤相很

薄,故能形成孔—洞—缝贯通的网络系统和缝隙极发育的溶塌角砾层孔隙带。同时侵蚀岩溶作用和构造作用结合形成多种类型碳酸岩潜山储集体。根据冀中地区的研究,潜山顶部不仅具有孔隙发育的风化带,而且深部随地下潜水面的升降,发育多层水平溶蚀带和顺层溶蚀带,例如任丘潜山在风化面至原始油水界面之间,仅喜山运动的孔店、沙3、沙4三个时期,先后发育三个水平溶蚀带。古潜山已成为华北地区“新生古储”有可观产能的油气藏类型,如已开发的任丘、孤岛、义和庄等“新生古储”油藏。

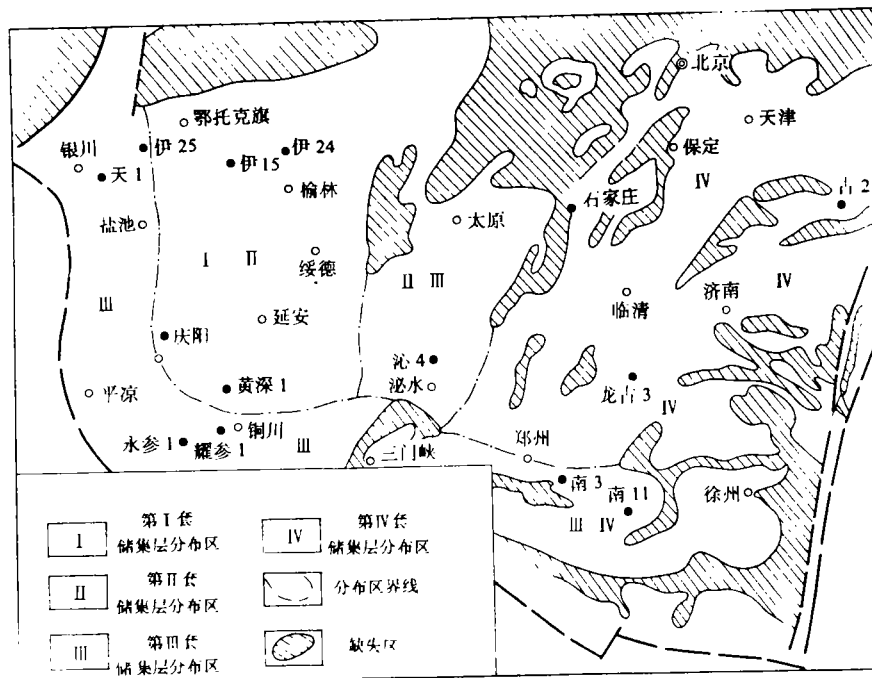


图1 华北地台奥陶系碳酸盐储集岩分布略图

Fig. 1 Ordovician Carbonate reservoirs distributed map of North China platform

在本期断裂破碎带附近,地表或地下淡水,沿断裂系统下渗数千米,引发深部碳酸盐岩溶蚀,形成小型孔洞缝和角砾岩。本类岩溶在西—南缘显得颇为突出,例如西缘天1井3938~3988m 克里摩里组中上部的角砾藻灰岩,伊25井4200~4520m的桌子山组粉细晶白云岩,南缘耀参1井1122~1448m的平凉组灰岩,还有淮北地区南11井4500m的马家沟组白云岩,均发育沿断裂带纵向延伸的深溶型孔洞缝和晶间溶孔,较好地改善了深埋藏碳酸盐岩的孔渗性。

4 奥陶系碳酸盐岩储层类型及展布

奥陶系碳酸盐岩在不同地史时期历经从建造到改造再改造形成三种成因类型五大套储层:第一种类型为蒸发潮坪相白云岩层间溶蚀带储层;第二种类型为古风化淋滤带储层,第

三种类型为沿断裂带纵向延伸深溶型储层。储层形成顺序和分布特征划分为以下五套。

4.1 第 I 套蒸发潮坪相白云岩层间溶解带储层

奥陶纪,蒸发潮坪及相关相带碳酸盐沉积物经准同生和成岩白云岩,再接受早期间歇暴露淡水淋滤,形成多种形态膏模孔、白云岩晶间孔并与层间缝,羽状干裂缝匹配为微缝孔隙型白云岩储层。孔隙度 2~3%,渗透性差,它在鄂尔多斯东区北段天然气涌和气异常甚活跃。位于马 3、5 段下部和马 2、4 段上部膏盐层之中和膏盐层之下,纵向距奥陶系顶面 100m 之下,已脱离加里东风化带影响,呈横向延伸层状展布。现今主要保存于鄂尔多斯东区如乌审旗、榆林、绥德、米脂、靖边、延安等地(图 1)。

表 2 华北地台奥陶系碳酸盐岩储层物性统计表

Table 2 Physical properties of the Ordovician Carbonate reservoir in North China Platform

成因	层位	地区	储集类型	孔隙度(%)			渗透率 ($1 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$)		喉道宽度 (μm)		
				平均	高	低	高	低	R50	最大	
蒸发潮坪层间溶解带 (第 I 套储层)	峰峰组	鄂尔多斯	微缝—微孔隙 型白云岩	2	6.99	0.58	0.82	<0.1			
3											
加里东中晚期 风化淋滤带 (第 II 套储层)			中—北	孔隙型 白云岩	8.9	19.8	2.00	316.00	0.01	0.90	21.58
				裂缝—溶蚀孔 洞型白云岩	3.9	19.9	1.0	40.6	0.01	2.07	25.57
		缝隙型溶 塌角砾岩		6.00	15.00	2.06	1110.0	<0.1	0.03 0.17	4.00	
沿断裂缝线状深溶带 (第 III 套储层)	西缘 南缘	裂缝—溶孔(洞) 灰岩、白云岩	3.18	10.00	0.31	13.30	<0.1	0.03 0.17	4.00		
喜山期不整合面下 碳酸盐岩古潜山 (第 IV 套储层)	马家沟组	华北	孔洞缝复合型 白云岩、灰岩	6.55	21.00	0.60	757.20	<0.1	0.1 0.9	18.00	
			溶缝—溶洞型 石灰岩	1.65	15.80	0.20	4531.7	<0.1	0.3		
			缝隙型 溶塌角砾岩	9.43	22.14	1.12	395.0	<0.1	0.15 2.5	10.00	
怀远上升期风化淋 滤带(第 V 套储层)	亮甲山组 治里组		溶洞—溶孔隙型 细中晶白云岩	1 2	3.51	0.07	61.85	<0.1	<0.15		

4.2 第 II 套加里东中晚期古风化淋滤带多孔白云岩、溶塌角砾岩储层

加里东中晚期隆升使奥陶系出露地表长期风化侵蚀,其碳酸盐岩在前期白云化和层间溶解基础上加剧淋滤改造,于近地表 200m 深度以内形成多孔型白云岩,裂缝—溶蚀孔洞型白云岩、灰岩、缝隙型溶塌角砾岩,并有网状风化缝、溶缝和构造缝匹配。孔隙度平均 3.90~8.9%,渗透率较好者 $20 \sim 300 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ (表 2),它就是鄂尔多斯中区古生界日产百万方天然气的产层。本类储层全区皆有分布,鄂尔多斯地区发育于侵蚀面之下,百米以上的潜台,残

丘等正向古地貌单元内。华北地区则主要发育于侵蚀面之下 50~200m 深度内,如表 1 所列其洞缝机遇率达 12~22%,而 0~50m 深度仅 8.7%。推测这种现象与奥陶系地表出露带的岩性岩相有关,前者主要为蒸发潮坪含膏云岩相,有利于侵蚀岩溶发展,后者出露带主要为开阔相泥晶灰岩相,相对不利于侵蚀岩溶发展,而其 50m 以下常是峰峰组下段膏云岩,故岩溶作用增强。本类储层以现今保存完好程度而论则是鄂尔多斯地区。

4.3 第Ⅱ套沿断裂带纵向深入横向局限的线状深溶型孔洞—裂缝和构造角砾岩储层

主要发育于燕山期或喜山期断裂带附近岩溶作用纵向深入数千米呈线状发展,形成溶蚀孔洞缝和构造角砾间缝隙与构造裂缝,重溶缝合线匹配为横向分布局限的储集层。孔隙度平均 3%,渗透率好者 $13.3 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。已在鄂尔多斯西缘和南缘分获日产万方和百余方古生界天然气。其分布除该区外,还有淮北地区。

4.4 第Ⅳ套喜山期不整合面之下的碳酸盐岩古潜山储集体

华北断块区的奥陶系经历加里东期印支期燕山期特别是喜山期构造运动多期次改造,反复的侵蚀与断裂岩溶作用最终于喜山期不整合面之下 0~200m 深度尤其是 50m 深度内,作为古老的基岩在其突起部分,具有极发育的次生孔隙,如针孔状蜂窝状白云岩、多孔状藻团粒白云岩、溶孔溶洞灰岩,缝隙状溶塌角砾层,均与构造缝,风化缝,溶缝匹配形成潜山储集体。孔隙度平均 6.5~9.5%,渗透率高者 $390 \sim 4500 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。展布于太行山以东中新代断陷区,如冀中、黄骅、济阳、菏泽等地区。

4.5 第Ⅴ套怀远期风化淋滤带白云岩储集层

怀远上升时期华北地台“面”式抬升,在冶里组和亮甲山组侵蚀面之下至 200m 深度内发育溶蚀孔洞型白云岩储层。但是其内次生白云岩体的发育不同程度破坏了本期孔隙。孔隙度平均 2%,渗透率高者 $60 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。主要展布于 109.3E 以东和 39°N 以南地区。

本区油气生产实践业已证实奥陶系碳酸盐岩储层是重要的产层,其中第 I、Ⅱ套储层与古生界天然气聚集,第Ⅳ套储层与新生界石油聚集,均匹配成产能可观的油气藏。因此,对其深入研究,对于华北和鄂尔多斯地区的油气勘探布署和目的层确定具有决策性意义。

参 考 文 献

- [1] 华北石油勘探开发设计研究院编著,1989,华北碳酸盐岩潜山油藏开发,64~101,石油工业出版社。
- [2] 张抗,1989,鄂尔多斯断块构造和资源,101~142,陕西科学技术出版社。
- [3] 王少昌,郝石生,1989,鄂尔多斯地区下古生界天然气分布特征及远景,天然气地质论文集,49~56,石油工业出版社。
- [4] 徐辉,1992,华北地区下古界白云岩的类型与储集性,石油实验地质,14(1):68~77。

The Origin and Occurrence of Ordovician Carbonate Rock Reservoir of North China Platform

Chen Xia Xu HUi

(Geological Research Brigade, North China Bureau of Petroleum Geology)

Abstract

The Ordovician in north China platform consists of marine carbonate rocks. As oil and gas reservoirs. They are formed by the combination of sedimentation, tectonism and diagenesis. Three sets of reservoir were formed during geology history. The first type of reservoir region is paleo-weathered and tectonic rocks. They occur in the central part of Ordos Mesozoic and Cenozoic fault depressions in east of the Taihang mountain which distributed from the 109.3 E to the 39 N area. The second type of the reservoir are deep fault rock solution zones, which are mostly developed along Yanshan or Himalaya fault zone. They mainly occur in the south-western margin. The third type of reservoir is evaporating strand flat solution reservoir, which mainly occurs in the central-eastern part of the Ordos. The three reservoirs can be divided into five types and their occurrences can be determined. 1. The Ordovician dolomite reservoirs formed by the sedimentation. 2. Then dolomite and solution collapse reservoir formed by the sedimentation and the Caledonian tectonism. 3. The carbonate rock reservoir formed by the sedimentation and the Indosinian-Yanshan tectonisms. 4. The carbonate rock reservoir formed by the sedimentation and the multiple cyclic tectonism. 5. The solution pore and cavity dolomite reservoir formed by the sedimentation-diagenesis and Huaiyuan tectonism. The practices of the oil and gas exploration and production have proven that the oil reservoir can be formed by the combination of the Ordovician carbonate rock reservoirs and the Mesozoic-Cenozoic hydrocarbon. It is important to study the Ordovician carbonate rock reservoirs to the hydrocarbon exploration of the Ordos.