

伦坡拉盆地下第三系储层的 成岩作用和储集性能的成岩控因

艾华国 朱宏权 张克银 曾涛 罗宇

摘要 区内下第三系储层经历了压实、胶结、溶蚀、破裂等一系列成岩作用，成岩作用十分复杂，成岩现象也十分丰富，特征十分明显。储层储集性能的成岩控因研究表明，压实作用、胶结作用是使储层物性变差、孔隙度降低的两个重要成岩控因；而溶蚀作用，特别是深埋溶蚀作用是改善储层储集性能、使储层物性变好的成岩控因之一。

关键词 成岩作用 成岩控因 伦坡拉盆地

第一作者简介 艾华国 男 41岁 高级工程师 沉积 储层 油气田开发

The Diagenetic Controlling-factors of Reservoir Property and Diageneses of Reservoir of Lower-Tertiary in Lunpola Basin, Tibet

Ai Huaguo Zhu Hongquan Zhang Keyin Zeng Tao Luo Yu

(Jing Zhou Exploration Intitute, New Star Oil Company, China, Jingzhou, Hubei 434100)

Abstract

Lower-Tertiary reservoir in Lunpola Basin underwent a series of diagenesis, such as compaction, cementation, solution, cracking et al. The diagenesis was very complex, the diagenetic phenomenon is very rich and the diagenetic characters is very obvious. The diagenetic controlling-factors study of reservoir property show that compaction, cementation are two important diagenetic-factors which make physical property bad and porosity down in reservoir. Solution, particularly solution in deep burial is one of important diagenetic controlling-factors which improved reservoir property and make physical property well in reservoir.

Key words diagenesis diagenetic controlling-factor Lunpola Basin

伦坡拉盆地发育巨厚的下第三系和极薄的第四系，中间缺失上第三系。下第三系厚4 000 m，以碎屑岩为主，自下而上分为始新统牛堡组(E_{2n})和渐新统丁青湖组(E_{2d}) (表1)〔1〕。

沉积环境研究表明：区内牛堡期—丁青湖组广泛发育冲积扇、扇三角洲、滨浅湖、半深湖—深湖沉积环境。

冲积扇沉积物的特点是：大套棕色、棕红色砾岩、砂砾岩夹灰质粉砂岩、粉砂质

泥岩，砾石呈次棱角状—次圆状，分选较差，具洪积层理。

剖面上，扇三角洲沉积物具下细上粗的特点，纵向上自下而上可分成前三角洲沉积，扇三角洲前缘沉积和扇三角洲平原沉积。前扇三角洲为一套灰色、深灰色泥岩、灰质泥岩夹薄层灰色粉砂岩、泥质粉砂岩沉积；而扇三角洲前缘沉积自下而上为灰色、深灰色、绿灰色泥岩、灰质泥岩、粉砂岩，灰色、灰白色、褐色细—粗粒砂岩、含砾砂岩、砂砾岩、砾岩，前积结构发育；扇三角洲平原以棕色、褐色砾岩、砂质砾岩、含砾粗—细砂岩沉积为主，夹有棕色、褐色粉砂岩、粉砂质泥岩，块状层理、平行层理发育。

滨浅湖沉积特征为：灰色泥岩、灰质泥岩与灰色、褐色粉—细砂岩互层，波状交错层理、水平层理发育。

半深湖—深湖沉积物以灰色泥岩、灰质泥岩、泥质灰岩为主，偶夹粉砂岩，水平层理发育。

盆内沉积相带分布特点为：冲积扇绕盆缘呈裙边分布；大小不等的扇三角洲发育，由盆缘向滨浅湖呈扇形展布；滨浅湖在盆地南部、北部呈狭窄带状分布；半深湖—深湖分布于盆地中央。

区内以碎屑岩储层为主，区域上集中分布于北部逆掩推覆带和南部冲断隆起带，纵向上，以牛堡组、丁一段发育最好〔2〕。储集体以河道砂体、扇三角洲砂体和滨浅湖砂体为主，储集岩既有砾岩，砂砾岩，也有中—细粒石英砂岩、岩屑石英砂岩、岩屑砂岩及粉砂岩。

砾岩：砾石90%~92%，主要为粉砂岩砾石，碳酸盐岩砾石、砂岩砾石及少量中—酸性喷出岩砾石和泥页岩砾石，砾径2~20 mm，填隙物10%±，其中碳酸盐胶结物3%~8%，碎屑颗粒分选中等，次圆—次棱角状，并以线、凹凸接触为主，岩石成分成熟度和结构成熟度中等—较差。

砂砾石：砾石60%~75%，常为碳酸盐岩砾石，粉砂岩砾石，砂岩砾石，泥、页岩砾石，中—酸性喷出岩砾石；填隙物30%~40%，主要为各种粒级砂和泥，少量碳酸盐胶结物(2%~5%)，砾径2~8 mm，次圆—次棱角状，分选较差，常以点—线接触为主，岩石成分成熟度和结构成熟度均较差。

中—细粒石英砂岩：碎屑颗粒65%~75%，其中石英占碎屑的85%~90%，长石2%~7%、岩屑5%~10%，局部含有较多的内碎屑，填隙物25%~35%，其中碳酸盐胶结物20%~30%，泥—微晶基质5%~10%，碎屑粒径0.1~0.5 mm，分选中等—较好，次圆—次棱角状，碎屑颗粒以点—线接触为主，接触式—孔隙式胶结，岩石成分成熟度和结构成熟度中等—较好。

表1 伦坡拉盆地第三系地层层序简表

Table 1 Stratum Sequences of Eogene in Lunpola Basin

地层			岩性	反射界面代号	层序代号	界面特征
统	组	段				
渐新	丁青	三段	棕色、灰色泥岩、页岩、油页岩、粉—细砂岩	T ₃		顶界面为削截不整合，底界面在盆地内部为整合接触，盆地边缘为不整合接

统	湖组		灰色泥页岩夹油页岩、薄层砂岩、泥灰岩、底部有油砂岩，大于200 m	T ₄		触，地震剖面上，底界面为连续反射同相轴，区域上可连续追踪对比
		一段	灰色砂、砾岩与泥岩互层200~400 m	T ₅		
始新统	牛堡组	三段	灰棕色、灰色泥岩夹油页岩、粉—细砂岩、凝灰岩，700~1100 m	T ₇		顶界面在盆地内部为整合接触，在盆地边缘为削截接触，底界面为整合接触，区域上分布广泛，地震剖面上为弱反射，同相轴不连续，不易追踪对比
		二段	棕色、灰绿色泥页岩，粉砂岩，砂、砾岩夹凝灰岩、油页岩、泥灰岩，800~1200 m	T ₈		
		一段	紫红色砂岩、砂砾岩、砾岩夹灰色、棕色泥岩，大于400 m	T ₉		
中生界基底						

中—细粒岩屑石英砂岩：碎屑颗粒70%~87%，其中石英占碎屑的75%~80%，长石1%~3%，岩屑13%~20%，主要有硅质岩岩屑、泥岩岩屑、粉砂岩岩屑、碳酸盐岩岩屑及少量火山岩岩屑和内碎屑；填隙物13%~30%，其中杂基5%，胶结物8%~25%，主要为方解石和铁质，碎屑粒径0.1~0.5 mm，分选中等—较好，次圆—次棱角状，常以点—线接触为主，接触式—孔隙式胶结，岩石成分成熟度和结构成熟度中等。

中—细粒岩屑砂岩，碎屑颗粒70%~85%，其中石英占碎屑的65%~70%，长石1%~5%，岩屑26%~35%，主要为硅质岩岩屑，泥岩、粉砂岩岩屑，碳酸盐岩岩屑，少量中—酸性喷出岩岩屑，填隙物15%~30%，其中杂基2%~10%，胶结物10%~20%，主要为铁质和碳酸盐胶结物，碎屑粒径0.1~0.5 mm，次圆—次棱角状，以点—线接触为主，接触式—孔隙式胶结，岩石成分成熟度和结构成熟度中等—较差。

粉砂岩：陆源碎屑70%~80%，且以石英为主，少量长石和云母，杂基5%~15%，胶结物5%~20%，主要为铁质和碳酸盐胶结物，碎屑粒径0.1~0.05 mm，分选较好，但磨圆度较差，碎屑多以点—线接触为主，岩石成分成熟度较高，结构成熟度中等。

1 主要的成岩作用及其特征

西伦1井、西伦2井、西伦3井、西伦5井、藏1井的82块岩心样品和牛堡桥、蒋日阿错、伦坡日、西伦5井~藏1井区4条露头剖面的28块岩样的铸体薄片、阴极发光、电子探针、扫描电镜、X衍射研究和地质分析表明：牛堡组和丁一段储层现今虽埋藏不深(500~2500 m)，但成岩作用复杂，成岩现象丰富，常见的成岩作用有：压实、溶蚀、胶结、破裂等，其特征如下：

1.1 压实作用

区内储集岩所遭受的压实作用十分强烈，产物特征非常清楚，常见的有塑性颗粒

形变，硬性颗粒破裂、其特征如下：

位于硬质颗粒(如石英、硅质岩岩屑，长石等)中的条状弹性或柔性颗粒(如云母片、页岩岩屑、浅变质岩屑)，因受不均匀压力作用，弯曲变形、断裂，常呈束状或发散状(图版 -1)。有时可见混杂于碎屑颗粒中的砂屑、同生泥岩屑，因挤压变形，形成假基质或假杂基。

石英、长石等硬性颗粒受强烈应力作用，发生脆性破裂(图版 -2)。此外，区内储层的(碎屑)颗粒以线接触为主，并见凹凸接触(图版 -3)。

1.2 溶蚀和胶结作用

溶蚀作用是储集岩的重要成岩作用之一，特别是溶蚀空间的形成，它起着十分重要的作用。根据被溶物、充填物的成份和结构以及溶蚀孔洞的特征，可将区内储层的溶蚀作用分为多期。而胶结作用是使储集岩孔隙度降低的最重要的成岩作用之一，区内储层的胶结作用特别发育，按其产物的成分(特别是微量元素)、结构，以及与周缘矿物的比邻关系等，也可将区内牛堡组、丁一段储集岩中的胶结作用分为多期，它们的特征为：

1.2.1 浅埋溶蚀作用

牛堡组、丁青湖组沉积物脱离湖底、河底成岩环境后，进入浅埋成岩环境，由于温、压增高，原生孔隙快速减少，迫使孔隙流体沿颗粒周缘加速运动，致使颗粒周缘遭受不同程度的溶蚀，进一步扩大前期的剩余孔隙，形成扩大粒间溶孔、粒缘溶孔，孔隙大小0.01~0.2 mm，孔隙度5%~15%，被含铁方解石、白云石充填(图版 -4)。

1.2.2 浅埋胶结作用

该作用形成的胶结物等轴粒状，一般大小0.05~0.35 mm，以粉晶为主，偶见细晶，充填于前期形成的溶孔，且向中心，晶体变大，该胶结物常为含铁方解石(图版 -7)或含铁白云石，阴极发光橙红色，主要元素和主要微量元素的比值为： $(Ca/Mg=1.766-1.798(白云石) \sim 25.51(方解石), Fe/Mn=4.589-7.638(白云石) \sim 15.761(方解石), Fe/Fe+Mn=0.01914-0.0726(白云石))$ 。

1.2.3 深埋溶蚀作用

中新世—第四纪，由于牛堡组、丁一段埋至门限深度以下，其储层间的源岩开始大量生烃，干酪根释放大量羧基和酚基，这些羧基和酚基溶于地层水中形成了大量羧酸，产生对长石等陆源碎屑、碳酸盐基质和颗粒、特别是前期形成的碳酸盐胶结物的溶蚀，形成粒间溶孔，粒内溶孔(图版 -5)，粒缘溶孔、铸模孔，孔隙大小0.05~0.2 mm，孔隙度一般，5%~10%，局部高达15%，部分被自生钠长石和铁方解石、铁白云石充填，部分被沥青、黄铁矿充填。

1.2.4 深埋胶结作用

按胶结物成分、结构将深埋胶结作用分为如下期：

(a)次生加大胶结和钠长石胶结：该期胶结发生于深埋早期，镜下见石英或长石加大边绕母体石英或长石呈窄条嵌边生长，一般宽0.01~0.07 mm，干净透明，与母体石英或长石界线清楚，常以泥质脏边为界。电镜观察见自形的锥状微晶石英垂直于石英颗粒表面生长，紧密堆积，另外，在粒间孔、粒间溶孔内见自形的钠长石先绕碎屑颗粒呈栉壳状生长，然后向孔隙中心、晶粒变大(图版 -8)。

(b)铁白云石胶结

该胶结作用发生于深埋中—晚期，于钠长石胶结物形成之后，分布于钠长石晶间溶孔或残余粒间溶孔内，这类胶结物为铁白云石，晶粒粗大，以细—粗晶为主，自形或半自形，晶面粗糙，双晶纹发育(图版 -8)。阴极射线下不发光，微量元素常具二低

(低锰 $MnO=0.1\%$ ，低钡 $BaO=0.04\%$)，一高(高铁， $FeO=11.93\%$)，二无(无 K_2O ，无 SrO)之特征，主要元素及微量元素比值为： $Ca/Mg=2.73$ ， $Fe/Mn=119.87$ ， $Fe/Fe+Mn=0.12151$ ，上述特征表明，该期胶结物形成于温度较高，埋藏较深的还原成岩环境。

(c)自生高岭石、绿泥石胶结

扫描电镜下常见半自形微晶书册状高岭石充填于粒间(溶)孔内(图版 -9)，并见小于 $1\mu m$ 晶间孔，另见竹叶状绿泥石组成的绒球状集合体充填于粒间溶孔，常与自生白云石共生(图版 -10)。

1.2.5 淡水溶蚀作用

淡水溶蚀作用可分为：早表生淡水溶蚀作用和晚(今)表生淡水溶蚀作用，由于今表生溶蚀作用对改善有效储集空间意义不大，在此暂不研究。

早表生淡水溶蚀作用始于始新世末，特别是中新世，由于早喜马拉雅运动的影响，区内牛堡组、丁青湖组被抬升，暴露于古地表，遭受大气淡水的作用，石英、长石、岩屑等陆源碎屑和浅埋成岩环境形成的含铁方解石遭受不同程度的溶蚀，形成粒间溶孔、粒内溶孔、粒缘溶孔、溶缝、溶洞，尔后被淡水胶结物(无铁方解石、玉髓、石英等)充填(图版 -6)。

1.2.6 早表生大气淡水胶结作用

按成份，这期胶结物有两种，一为等轴粒状亮晶方解石、白云石(图版 -6)，粉—细晶级，充填于溶孔中，表面干净透明，且向孔隙中心，晶体变大，其成份为无铁方解石($Ca/Mg=103.47\sim 227.89$)、无铁白云石($Ca/Mg=2.099\pm$)， Fe/Mn 为 0.009469 (白云石)、阴极发光橙黄色；二为玉髓或自生石英，充填于(残余)溶孔中(图版 -6)。

1.3 破裂作用

碎屑颗粒受应力作用后，形成破碎缝(图版 -2)，有时，进一步遭受溶蚀，形成破裂—溶蚀缝，并见云母及粘土矿物集合体沿裂缝分布。

此外，区内储集岩的交代作用也较发育，常见的有高岭石化，伊利石化及碳酸盐化。

2 储层储集性能的成岩控因

研究表明，影响区内储层物性的因素除了沉积条件外，成岩作用也是最重要的因素之一。其中压实、溶蚀、胶结作用是最重要的三个因素。

2.1 压实作用——使储层孔隙度降低的成岩控因之一

Breed和Wegl(1973)在实验室按不同分选等级，以人工排列研究了砂层孔隙度，研究表明，分选极差的砂层的平均孔隙度为 27.9% ；分选极好的砂层的平均孔隙度为 42.4% ，分选中等的砂层的平均孔隙度为 34% 〔3〕。根据区内储层砂粒的分选情况，推测未经压实砂岩的原始孔隙度平均为 $40\%\pm$ 。正如图1所示，当埋深在 $0\sim 700\text{ m}$ 时，随着埋深加大，孔隙度呈直线下降，并于埋深 $700\text{ m}\pm$ ，孔隙度下降到 $9\%\pm$ ，也就是说在埋深小于 700 m 的深度范围内，压实作用是使孔隙度降低的主要因素，当埋深在 $700\sim 1000\text{ m}$ 时，孔隙度变化较小，当埋深大于 1000 m 时，孔隙度又随埋深加大呈直线下降，由此可见 $700\sim 1000\text{ m}$ 为次生孔隙发育段。从采自不同井深的薄片观察来看，埋深较浅处，碎屑颗粒以点接触为主，埋深较大处，碎屑颗粒以线接触为主，钻井剖面自上而下，碎屑颗粒由点接触过渡到点、线接触，最后到达以线接触为主，并见凹凸接触，从而进一步验证了在浅埋成岩环境里，压实作用是影响物性(特别是孔隙度)最重

要成岩作用之一。

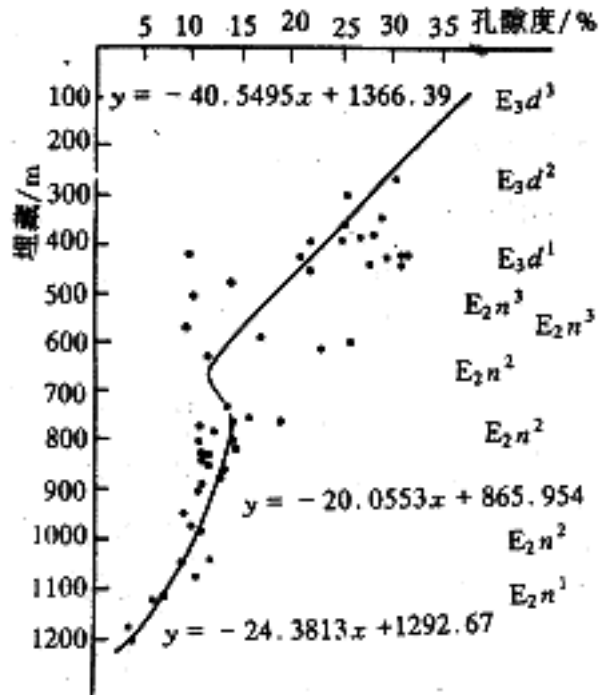


图1 西藏伦坡拉盆地孔隙度与埋深关系图(长井)

Fig.1 The relationship between porosity and burial depth in Lunpola Basin, Tibet (Well Chang 10)

2.2 胶结作用——使储层孔隙度降低的成岩控因之一

国内外沉积、成岩研究专家通过多年的潜心工作，越来越认识到胶结作用是使储层孔隙度变差的重要成岩控因之一。而胶结期次、每期胶结物对孔隙度的影响是近年来成岩研究课题之一，正如图2所示，随着胶结物含量增加，岩石孔隙度降低，当胶结物含量 < 10% 时，随着它的含量增加，岩石孔隙度迅速降低，当胶结物含量在 10% ~ 30% 时，随着它的含量增加，孔隙度缓慢减小，不管怎样，两者间呈明显地负相关。如前所述，区内发育多期胶结作用，其中，最重要的是浅埋胶结作用和深埋胶结作用，前者与压实作用掺合，使大量的原生孔隙和次生孔隙破坏得所剩无几，而后者大量破坏了深埋溶蚀产生的次生孔隙，是破坏有效孔隙的主要因素，从研究的储层层位来看，丁一段储层主要是浅埋胶结作用破坏孔隙，牛三段储层主要是大气淡水胶结作用和浅埋胶结作用破坏孔隙，而牛二段储层主要是浅埋胶结和深埋胶结作用破坏孔隙。

2.3 溶蚀作用——增加储层孔隙度的成岩控制因素之一

成岩作用和孔隙演化研究表明，溶蚀作用是形成次生孔隙的主要成岩作用之一，它对于改善储层储集性能起到积极作用。区内储层在成岩过程中发生多期溶蚀作用，主要的有：早表生淡水溶蚀作用，浅埋溶蚀作用，深埋溶蚀作用。早表生溶蚀作用和浅埋溶蚀作用虽在成岩过程中形成一定数量的溶孔，但随后的淡水胶结作用和浅埋胶结作用使其遭受很大破坏，但所剩的残余溶孔、溶缝，有利于深埋成岩环境地层水流动，有助于深埋溶蚀作用的发生。深埋溶蚀作用产生 5% ~ 10% 的粒间溶孔、粒

内溶孔、粒缘溶孔，尽管形成的孔隙度不高，但它形成时或形成后，正好是油气运、聚期，即与油气运聚成藏期匹配良好而成为有效孔隙，所以深埋溶蚀作用对于有效储层的形成具有建设性的作用，是改善储层储集性能的成岩控因之一。

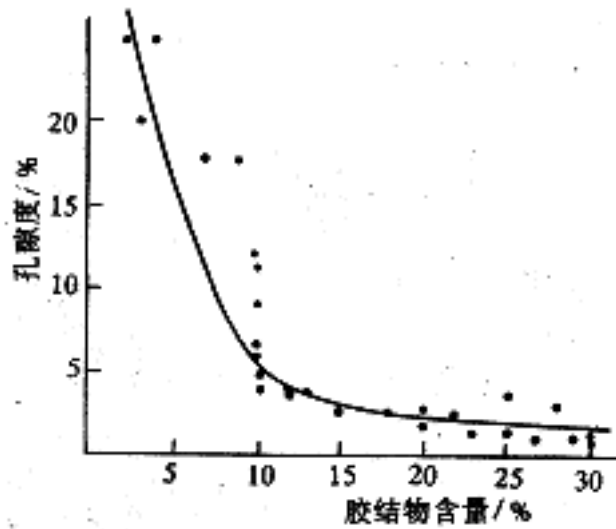


图2 胶结物含量与岩石孔隙关系图

Fig.2 The relationship between the content of cement and porosity

3 结论

储层的成岩作用和储集性能的成岩控因研究表明：

1)区内储层所遭受的成岩作用十分复杂，成岩现象十分丰富，主要的成岩作用有：压实作用、溶蚀作用、胶结作用以及破裂作用等。

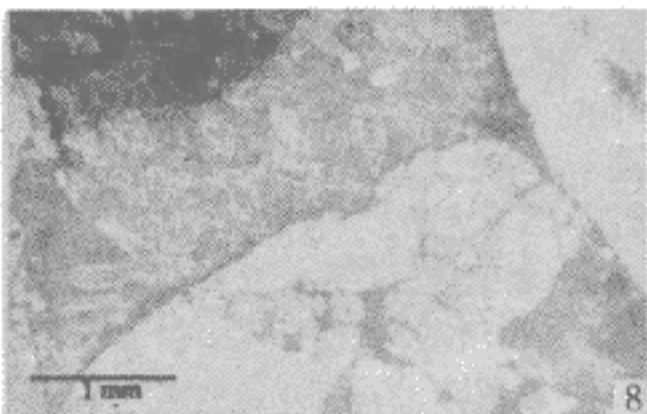
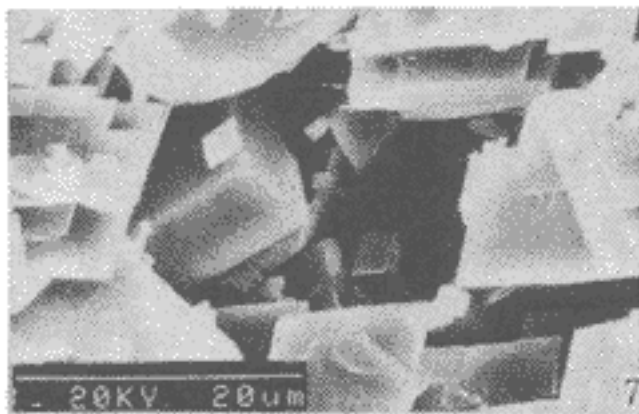
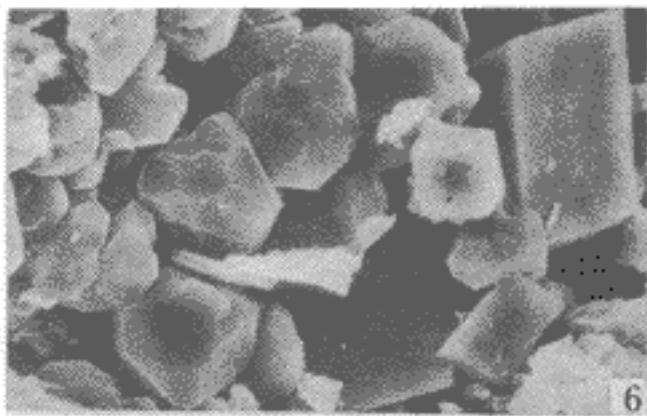
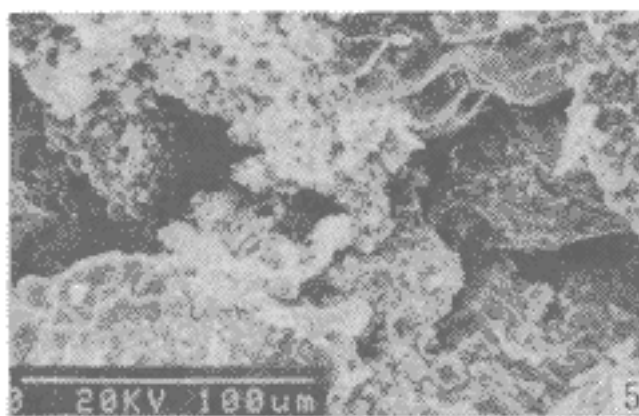
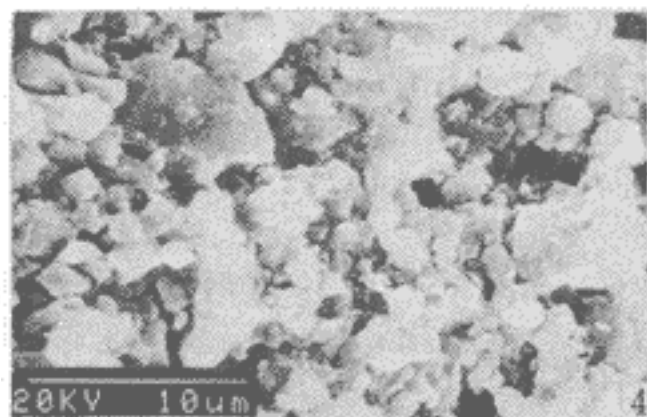
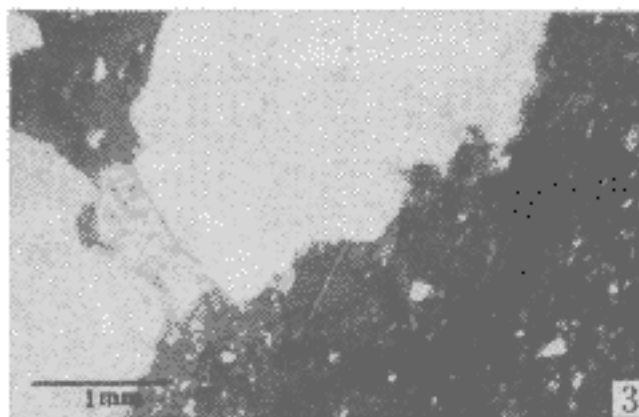
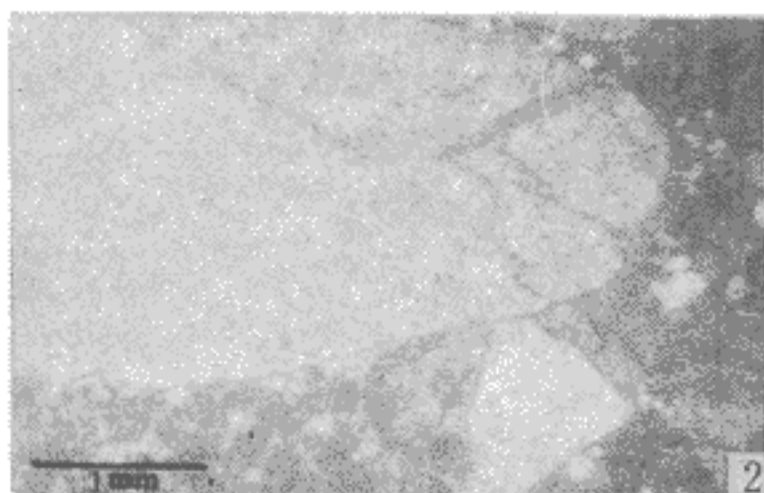
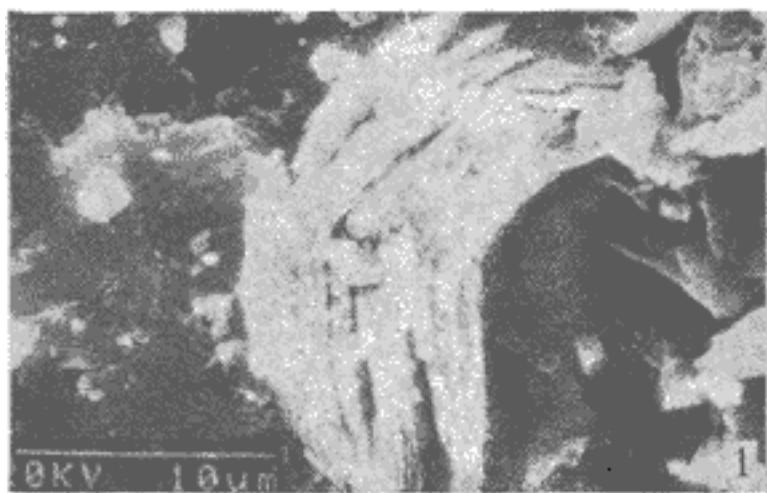
2)压实作用、胶结作用是使储层物性变差、孔隙度降低的二个重要成岩控因；而溶蚀作用产生的次生孔隙，增加了储层的孔隙度，特别是深埋溶蚀作用，对于有效储层的形成具有积极的建设性作用，是改善储层储集性能的最重要的成岩控因之一。

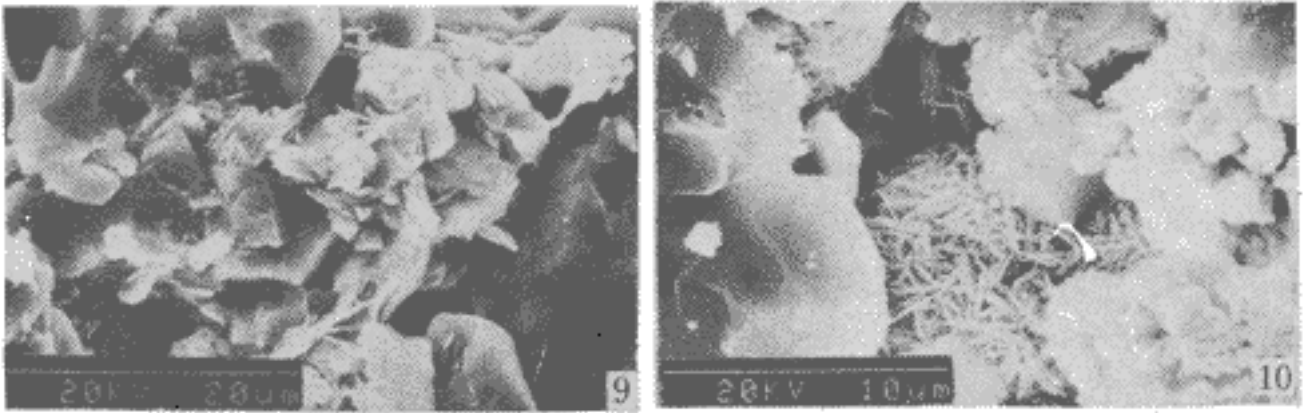
中国新星石油公司研究项目《西藏伦坡拉盆地下第三系主要含油气层系储层研究》部分成果

作者单位：中国新星石油公司勘探研究院 湖北荆州 434100

参考文献

- 1 马立祥，张二华，鞠俊成等.西藏伦坡拉盆地下第三系沉积体系域基本特征.地球科学—中国地质大学学报，1996，22(2)：174～178
- 2 黄宗和.藏北伦坡拉盆地下第三系储层展布研究，西藏地质，1994，12(2)：161～168
- 3 郑浚茂，庞敏.碎屑储集岩的成岩作用研究.武汉：中国地质大学出版社，1989.78～82





图版说明 1.云母挤压弯曲变形、断裂并发育微裂缝。西伦3井, E_2n^3 , XL_3-8 , 707.99 m; 扫描电镜; 2.石英受强烈应力作用, 发生脆性破裂。藏1井—西伦5井剖面, E_2n^3 , n-20, 单偏光; 3.常见碎屑颗粒以线、凹凸接触为主。西伦2井, E_2n^3 , XL_2-4 , 1842.08 m, 单偏光; 4.碎屑颗粒和浅埋藏胶结作用形成的半自形的胶结物遭溶蚀, 形成粒间溶孔、粒缘溶孔, 西伦3井, E_2n^3 , XL_3-17 , 1679.02 m, 扫描电镜; 5.碎屑颗粒边缘遭受溶蚀, 进一步扩大前期剩余孔隙, 形成粒间溶孔、粒缘溶孔。牛堡桥剖面, E_2n^3 , n-4, 扫描电镜; 6.自形石英, 方解石充填于粒间孔。西伦5井, E_2n^3 , XL_3-14 , 1360.2 m, 扫描电镜; 7.自生方解石充填于溶孔、溶洞内, 并见残余溶孔和晶间孔。方解石遭溶蚀, 形成晶间溶孔。西伦3井, E_2n^3 , XL_2-5 , 405.02 m扫描电镜; 8.自生钠长石绕碎屑颗粒栉壳状生长, 晶体向孔隙中心变大, 晶间孔、晶间溶孔充填铁白云石。西伦2井, E_2n^3 , XL_2-4 , 1842.02 m, 单偏光; 9.半自形书册状微晶高岭石充填于粒间(溶)孔。西伦2井, E_2n , XL_2-10 , 扫描电镜; 10.竹叶状绿泥石集合体充填于残余粒间孔、粒间溶孔, 并与自生白云石共生。西伦3井, E_2n^3 , XL_3-8 , 707.99 m, 扫描电镜。

收稿日期: 1997-12-04 收修改稿日期: 1998-05-12

伦坡拉盆地下第三系储层的成岩作用和储集性能的成岩控因

作者: [艾华国](#), [朱宏权](#), [张克银](#), [曾涛](#), [罗宇](#), [Ai Huaguo](#), [Zhu Hongquan](#), [Zhang Keyin](#), [Zeng Tao](#), [Luo](#)

作者单位: [中国新星石油公司勘探研究院, 湖北荆州, 434100](#)

刊名: [沉积学报](#) 

英文刊名: [ACTA SEDIMENTOLOGICA SINICA](#)

年, 卷(期): 1999, 17(1)

被引用次数: 5次

参考文献 (3条)

1. [马立祥](#); [张二华](#); [鞠俊成](#) [西藏伦坡拉盆地下第三系沉积体系域基本特征](#) 1996(02)
2. [黄宗和](#) [藏北伦坡拉盆地下第三系储层展布研究](#) 1994(02)
3. [郑浚茂](#); [庞敏](#) [碎屑储集岩的成岩作用研究](#) 1989

引证文献 (5条)

1. [杜佰伟](#), [谭富文](#), [陈明](#) [西藏伦坡拉盆地沉积特征分析及油气地质分析](#)[期刊论文]-[沉积与特提斯地质](#) 2004(4)
2. [王海琦](#), [曹正林](#), [张小军](#), [白涛](#), [孙德才](#), [马锦龙](#) [柴西南切克里克6号区域古近系储层微观孔隙结构及其控制因素](#)[期刊论文]-[兰州大学学报\(自然科学版\)](#) 2011(2)
3. [邓虎成](#), [周文](#), [丘东洲](#) [西藏伦坡拉盆地油砂资源潜力分析](#)[期刊论文]-[桂林工学院学报](#) 2008(2)
4. [刘成林](#), [焦鹏程](#), [王弭力](#), [杨智琛](#), [李树德](#), [陈永志](#) [罗布泊第四纪含盐系成岩作用特征研究](#)[期刊论文]-[沉积学报](#) 2003(2)
5. [牛海青](#), [陈世悦](#), [张鹏](#), [鄢继华](#) [准噶尔盆地乌夏地区二叠系碎屑岩储层成岩作用与孔隙演化](#)[期刊论文]-[中南大学学报\(自然科学版\)](#) 2010(2)

本文链接: http://d.wanfangdata.com.cn/Periodical_cjxb199901016.aspx