内蒙古西部额济纳旗及邻区石炭系—二叠系的储集条件

——石炭系—二叠系油气地质条件研究之二

卢进才, 陈高潮, 魏仙样, 李玉宏, 魏建设

LU Jin-cai, CHEN Gao-chao, WEI Xian-yang, LI Yu-hong, WEI Jian-she

中国地质调查局西安地质调查中心, 陕西 西安 710054

Xi'an Center of Geological Survey, China Geological Survey, Xi'an 710054, *Shaanxi, China*

摘要: 通过对研究区石炭系—二叠系碎屑岩沉积相纵向演化与平面展布特征、岩石学特征、成岩作用、孔隙类型的研究, 认为研究区石炭系—二叠系碎屑岩砂砾岩的发育程度、成分成熟度、结构成熟度等均受阿拉善古陆和马鬃山-拐子湖中间隆起带 2 个沉积物源的控制。南部以阿拉善古陆为主要沉积物源, 砂砾岩发育, 成分成熟度和结构成熟度均较高。由南向北阿拉善古陆作为物源的影响逐渐降低, 砂砾岩发育程度逐渐变差, 成分成熟度和结构成熟度亦逐渐变差。以粘土矿物及其相对含量、自生矿物特征等为主要依据, 对成岩作用阶段进行划分, 多数剖面以中成岩 A 期为主, 研究区北部、北山地区和受阿尔金走滑断裂影响的雅干一带, 受构造动力变质作用或岩浆热接触变质作用的影响进入中成岩 B 期。碎屑岩储集层孔隙演化受成岩作用的控制, 多数以溶蚀孔(缝)为主, 少数具有残余粒间孔, 总体来看孔隙发育较差。除碎屑岩储集层外, 各类碳酸盐岩、火山岩, 以及华力西期风化壳的各类岩石均可能成为重要的储集层类型。

关键词: 额济纳旗及其邻区; 石炭系—二叠系; 碎屑岩; 储集层; 成岩作用; 溶蚀孔(缝)

中图分类号: P534.45; P534.46; P618.13 **文献标志码**: A **文章编号**: 1671-2552(2011)06-0827-11

Lu J C, Chen G C, Wei X Y, Li Y H, Wei J S. Reservoir conditions of Carboniferous- Permian strata in Ejin Banner and its vicinities, western Inner Mongolia: a study of Carboniferous-Permian petroleum geological conditions (part 2). *Geological Bulletin of China*, 2011,30(6):827-837

Abstract: Based on the characteristics of vertical variation and plane distribution of Carboniferous-Permian clastic rock sedimentary facies, petrological features, diagenesis and pore types, the authors hold that the development degree and compositional and structural maturity of Carboniferous-Permian glutenite are controlled by two sedimentary derivations of Alxa ancient land and Mazongshan-Guaizihu central uplift belt. The sedimentary derivation in the south is Alxa ancient land, with the development of glutenite, and the compositional and structural maturities are both high. The effect of Alxa ancient land central uplift as the material source is decreased from south to north, with the gradual worsening of the glutenite development and the compositional and structural maturities. Based on clay mineral content and authigenic mineral characteristics, the authors divided the diagenesis into stages: most sections belong mainly to A stage of middle diagenesis, and the diagenesis of northern study area, Beishan area and Yagan area affected by Altun fault belongs to B stage of middle diagenesis, affected by tectonic dynamometamorphism or magmatic-thermal contact-metamorphism. Because pore evolution of the clastic rock reservoir is controlled by diagenesis, the pores are mostly dissolved pores (fractures), with only a few residual intergranular pore, and the pores are on the whole poorly-developed. Carbonate, volcanics and Variscan Stage weathering crust are likely to become important reservoir types.

Key words: Ejin Banner and its vicinities; Carboniferous-Permian; clastic rock; reservoir; diagenesis; dissolved pores (fractures)

收稿日期: 2011-02-21; **修订日期**: 2011-04-21

资助项目: 中国地质调查局国土资源大调查项目《西北地区中小盆地群油气资源远景调查》(编号: 1212010733506)

作者简介: 卢进才(1961-), 男, 教授级高级工程师, 从事石油天然气勘探与开发研究。E-mail: shiyou2002@163.com

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

中国地质调查局 2007 年启动的《西北地区中小盆地群油气资源远景调查》项目，以额济纳旗及其邻区为重点，以石炭系—二叠系为主要目的层开展了油气地质条件研究。研究结果表明，区内生烃条件优越，并获得了与石炭系—二叠系烃源岩有关的油气赋存信息，指示了良好的油气资源前景[1]。因此，开展储集条件初步评价，进一步分析区内油气地质条件，具有十分重要的意义。

由于区内油气地质工作程度极低，未能取得石炭系—二叠系钻井岩心。受样品采集条件的限制，本文以实测地表剖面和对露头样品进行的薄片或铸体薄片分析、电镜扫描分析等成果为依据，以阿木山组及其以上地层为重点，从沉积演化、砂砾岩分布、岩石学特征、成岩作用特征、孔隙类型等方面对可能的碎屑岩储集条件进行了研究，探讨了碎屑岩储集层的孔隙类型及其影响因素。同时，对碳酸盐岩、火山岩、风化壳等可能的储集层进行初步分析。

1 地层分布特征

研究区不同程度地发育了早石炭世岩关统—晚二叠世乐平统（吴家坪阶），对应的岩性地层为绿条山组—哈尔苏海组。早石炭世绿条山组、白山组和晚石炭世石板山组、岌岌台子组主要出露在北山地区，额济纳旗以东地区仅在好比如一带有出露。晚石炭世马平统及其以上地层在研究区内广泛出露。

石炭系—二叠系岩性组合为碎屑岩+碳酸盐岩+火山岩，野外露头剖面石炭系—二叠系残留碎屑岩+碳酸盐岩厚度达 3000~5000m。关于各层组的岩性特征和厚度，卢进才等[2]在《内蒙古西部额济纳旗及邻区石炭系—二叠系沉积建造与生烃条件——石炭系—二叠系油气地质条件研究之一》一文中进行了详细论述。

2 沉积演化与砂（砾）岩发育特征

2.1 沉积相纵向演化

石炭系—二叠系沉积相的纵向演化表现为 4 个由粗到细的沉积旋回（图 1）。由于盆地演化的不均一性或沉积超覆等因素，西北部自早石炭世早期的汤粑沟期开始接受沉积，沉积了绿条山组及其以上地层；东部恩格乌苏断裂以北自早石炭世晚期的旧司阶开始接受沉积，沉积了白山组及其以上地层。盆地发育的鼎盛时期为晚石炭世晚期的小独山期—早二叠世的紫松期，全区广泛分布阿木山组（西部为干泉组），表现为由西北向东南方向上超沉积。自早二叠世隆林阶开始沉积范围逐渐缩小，晚二叠世吴家坪阶仅额济纳旗—雅干一带以北接受了哈尔苏海组的沉积，表现为由南向北的下超沉积。由于沉积演化的差异，各剖面沉积旋回的发育存在差异。

2.2 沉积相平面展布

研究区石炭纪—二叠纪为统一的裂谷盆地，发育典型的边缘相和典型的上超或下超沉积。碎屑岩岩性受沉积物源与沉积相的控制，南部以滨海相沉积为主，沉积物源区主要为敦煌-阿拉善-狼山古陆，岩性以砾（砂）岩为主，夹薄层粉砂质泥岩、泥岩（沼泽相），局部发育碳酸盐台地相；北部以滨—浅海相交互沉积为主，物源区主要为马鬃山-拐子湖隆起带的马鬃山古陆、赛罕陶来古陆和切刀古陆，岩性为砂（砾）岩与泥岩、粉砂质泥岩互层[2]。

2.3 砂（砾）岩发育特征

本文统计了主要实测剖面阿木山组、埋汗哈达组、阿其德组、哈尔苏海组等层段的砂（砾）岩厚度与碎屑岩厚度的比值（表 1）。多数剖面砂（砾）岩厚度占碎屑岩厚度的 50%以上。作为可能的储集层的细砂岩—粗砂岩发育程度差异较大，多数剖面细砂岩—粗砂岩厚度占碎屑岩厚度的 30%以上。除泥页岩集中发育层所夹砂岩为薄层砂岩段之外，一般以厚层块状为主，单砂岩厚度一般大于 5m，厚者可达数十米。

受沉积演化与沉积物源的控制，纵向上砂（砾）岩主要发育在正沉积旋回的下部，具有单层厚度大、粒度粗的特点，平面上砂（砾）岩/碎屑岩由南向北具有逐渐减小的趋势，单砂（砾）岩和作为可能的储集层的细—粗砂岩厚度/碎屑岩厚度亦由南向北逐渐减小。

3 储集层岩石学特征

由于研究区涉及范围大（面积约 $15\times10^4km^2$），沉积物源、水动力条件等差异大，各剖面、各层组岩石学特征存在显著的差异。

3.1 矿物成分

研究区南部以敦煌-阿拉善-狼山古陆为物源，各剖面石英含量较高，具有矿物成熟度较高的特点。如乌兰敖包剖面阿木山组以石英砂岩为主（图版Ⅰ-1），部分为长石质石英砂岩、岩屑质石英砂岩，石英

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

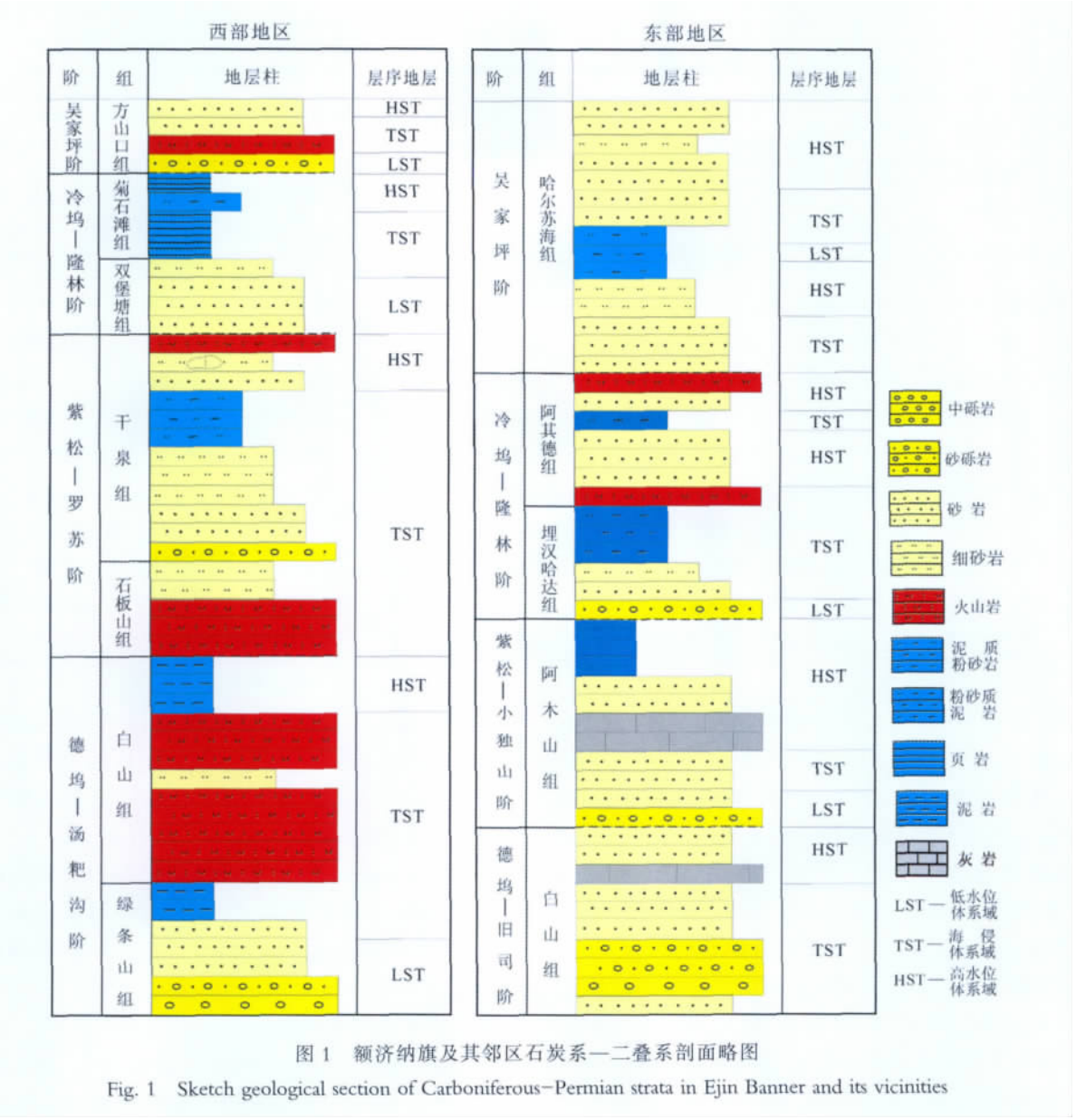


图 1　额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系剖面略图

Fig. 1　Sketch geological section of Carboniferous-Permian strata in Ejin Banner and its vicinities

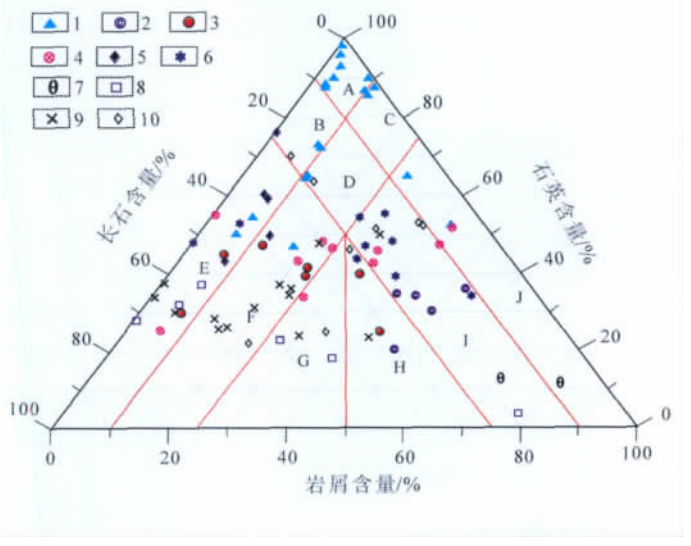


图 2　额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系矿物成分分类

Fig. 2　Classification of Carboniferous-Permian mineral composition in Ejin Banner and its vicinities

1—乌兰敖包剖面阿木山组；2—261 剖面阿木山组上段；3—264 剖面阿木山组中段；4—尚丹剖面阿木山组下段；5—埋汗哈达剖面埋汗哈达组；6—杭乌拉剖面埋汗哈达组；7—芦草井剖面菊石滩组；8—埋汗哈达剖面阿其德组；9—478 剖面哈尔苏海组下段；10—呼和音乌苏剖面哈尔苏海组上段；A—石英砂岩；B—长石质石英砂岩；C—岩屑质石英砂岩；D—长石岩屑质石英砂岩；E—长石砂岩；F—岩屑质长石砂岩；G—岩屑长石砂岩；H—长石岩屑砂岩；I—长石质岩屑砂岩；J—岩屑砂岩

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

表 1 研究区可能的储集层的发育程度

Table 1 Development degrees of potential reservoirs in the study area

剖 面	地 层	碎屑岩厚度/m	砾岩厚度/m	细—粗砂岩厚度/m	粉砂岩厚度/m	砂砾岩厚度小计/m	细—粗砂岩/碎屑岩	砂砾岩/碎屑岩
雅干霍东哈尔	哈尔苏海组上段	318.90	—	117.30	11.70	129.00	0.368	0.405
雅干南 478	哈尔苏海组下段	2531.6	4.99	1168.31	968.43	2141.73	0.461	0.846
埋汗哈达	阿其德组	1120.2	15.22	535.66	309.54	860.42	0.478	0.769
古硐井	菊石滩组	858.5	—	105.40	113.00	218.40	0.123	0.254
芦草井	菊石滩组	394.3	—	41.30	167.90	209.20	0.105	0.531
埋汗哈达	埋汗哈达组	646.9	22.40	211.10	121.00	354.50	0.326	0.548
杭乌拉	埋汗哈达组	449.7	18.10	175.40	104.10	297.60	0.390	0.662
261	阿木山组上段	977.4	3.50	259.34	435.27	698.11	0.265	0.714
264	阿木山组中段	153.9	21.66	80.88		102.54	0.526	0.666
查古尔	阿木山组下段	256.6		196.93	7.61	204.54	0.767	0.797
乌兰敖包	阿木山组下段	453.1	205.14	220.73	12.88	438.75	0.487	0.968
芒罕超克	阿木山组下段	745.91	—	283.91	281.17	565.08	0.381	0.758

含量一般在 60%以上,高者达 90%,平均 67.2%;长石含量 1%~15%,平均 11.0%;岩屑 0~16%,平均 8.8%,岩屑成分主要为火山岩和变质岩;胶结物平均 10.3%,以泥质和钙质(或铁方解石)胶结为主,部分硅质、铁质胶结(表 2)。

研究区中部受马鬃山-拐子湖中间隆起和敦煌-阿拉善-狼山古陆 2 个物源区的共同影响,矿物成分差异大。石英含量具有由南向北逐渐降低的趋势,反映由南向北敦煌-阿拉善-狼山古陆作为物源区的影响逐渐减小。如埋汗哈达剖面埋汗哈达组石英含量分布在 30%~55%之间,平均 41.2%;长石含量为 20%~43%,平均 30.8%;岩屑含量 5%~10%,平均 7.8%,岩屑成分以火山岩和变质岩为主,少量内碎屑;胶结物 10%~40%,平均 20.2%,胶结物以泥质和钙质为主,少量铁质胶结物(图版 Ⅰ-2)。其它剖面石英含量平均为 17.6%~33.3%;长石含量平均 16.7%~33.6%;岩屑含量平均 25.1%~37.5%,以火山岩屑和内碎屑(碳酸盐岩岩屑)为主,少量变质岩屑;胶结物含量普遍较南部剖面高,平均值达 9.2%~26.0%,以泥质和铁方解石为主。

研究区北部主要受马鬃山-拐子湖中间隆起带沉积物源区的控制,成分成熟度极低。如芦草井剖面菊石滩组石英平均含量仅为 8%,长石平均含量一般为 8.5%,岩屑含量达 70.0%,岩屑成分差异大,以火山岩屑为主(平均 51%),其次为灰岩岩屑(19.0%),胶结物含量平均 13.5%,主要为泥质和铁方解石,少量硅质。

综合分析认为,矿物成分成熟度由北向南逐渐变好,有利于储集层原始孔隙发育,结构成熟度中等—较好的碎屑岩主要发育在马鬃山-拐子湖中间隆起带以南地区。

3.2 矿物结构成熟度

受沉积物源、水动力条件、搬运方式、搬运距离等因素的影响,不仅各剖面结构成熟度存在显著的差异,而且同一剖面不同层段也差异较大。碎屑岩结构成熟度平面上的变化为:受敦煌-阿拉善-狼山古陆沉积物源区控制的剖面,结构成熟度高于受马鬃山-拐子湖中间隆起带物源区控制的剖面,马鬃山-拐子湖中间隆起和敦煌-阿拉善-狼山古陆 2 个物源区控制的剖面介于其间,即由南向北,碎屑颗粒分选和磨圆变差,胶结物含量增高。碎屑岩结构成熟度在纵向上的变化为:正旋回下部一般分选磨圆较差,向上逐渐变好。结构成熟度中等—较高、有利于原始孔隙发育的碎屑岩主要分布在各个沉积旋回的中上部,以厚层状中、细砂岩为主。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 2　储集层岩石学特征

Table 2　Sedimentological characteristics of reservoirs

剖面	地层	石英/%	长石/%	岩屑/%					其它/%		胶结物/%	
				火山岩	变质岩	碳酸盐岩	泥质岩	灰岩内碎屑	云母	重矿物	泥质+cal	硅质
雅干	哈尔苏海组上段	32	17.8	19	—	少量	—	4.5	—	—	26.3	少量
478	哈尔苏海组下段	23.2	33.1	13.8	—	11.3	少量	—	—	—	14.7	少量
埋汗哈达	阿其德组	17.6	36.6	21.8	—	6.6	4	少量	少量	少量	9.2	少量
古佣井	菊石滩组	41.3	15.3	14.0	11.3	少量	—	—	—	—	7.0	3.3
芦草井	菊石滩组	8.0	8.5	51.0		19.0	—	—	—	—	13.5	少量
埋汗哈达	埋汗哈达组	41.2	30.8	7.8	7.8	—	—	少量	—	—	20.2	少量
杭乌拉	埋汗哈达组	31.17	16.7	30.22	30.22	少量			少量	少量	14.8	少量
261	阿木山组上段	27.5	17.8	37.5	—	—	—	—	—	—	14.8	少量
264	阿木山组中段	27.5	29.5	16.8	—	8.3	—	—	—	—	16.4	少量
查古尔	阿木山组下段	33.3	23.3	18.3	—	—	—	少量	—	—	22.7	少量
乌兰敖包	阿木山组下段	67.2	11.5	8.8	少量	少量	少量	—	1	少量	10.3	少量

注:.不仅各剖面岩屑成分差别大,而且同一剖面样品间差别也大,统计的平均含量的代表性有限;cal—方解石

4　成岩作用与孔隙演化

4.1　成岩作用阶段划分

沉积物沉积之后的埋藏过程、构造形变的动力作用过程、构造运动抬升到地表的风化作用过程等统称为成岩作用过程。根据成岩作用过程中的岩石所发生的物理化学变化,成岩作用阶段可进一步划分为:压实与压溶作用、胶结作用、交代与重结晶作用、溶蚀作用等[3-4]。成岩作用过程不仅使原有的矿物组合发生改变,或形成新的矿物组合,而且储集层的孔隙结构和类型也发生巨大的变化,原始粒间孔大量减少或消失,形成以溶蚀孔隙或裂缝为主的孔隙类型。

应凤祥等根据有机质、粘土矿物、自生矿物等的特征,将碎屑岩成岩作用划分为早成岩作用阶段(A、B 期)、中成岩阶段(A、B 期)和晚成岩作用阶段(表 3)[3]。粘土矿物含量作为主要标志[4-5],早成岩作用阶段 A 期 I/S 层间比 S>70%,早成岩作用阶段 B 期 I/S 层间比 S 为 50%~70%;中成岩作用阶段 A 期 I/S 层间比 S 为 15%~<50%,中成岩作用阶段 B 期 I/S 层间比 S <15%,高岭石的消失也是中成岩作用阶段的标志;晚成岩作用阶段 I/S 层间比 S 消失。

参照应凤祥等的划分标准[3],以粘土矿物成分和含量(伊/蒙混层层间比(I/S)、伊利石、绿泥石、高岭石)、I/S 中 S 层的含量(%)为主要依据,结合自生矿物含量及其特征、碎屑颗粒接触类型等,对区内石炭系—二叠系成岩作用阶段进行划分。

各剖面 I/S 中的 S 层含量为 15%~30%;除雅干南部哈尔苏海组和尚丹剖面阿木山组中段粘土矿物中未检测到高岭石外,其它剖面均具有高岭石成书页状分布(图版 Ⅰ-4),相对含量差异大(为 0.8%~16.6%),高岭石相对含量与 I/S 中的 S 层含量呈正相关(图 3);部分样品见叶片状绿泥石,弯曲片状伊利石;自生矿物中方解石常见(图版 Ⅰ-3),以亮晶为主,部分为含铁方解石,少数样品见亮晶白云石(个别为泥晶);石英加大常见,以Ⅰ~Ⅱ级为主,个别为Ⅲ级。

溶蚀作用主要为长石溶蚀,部分样品见长石完全溶蚀形成铸模孔(或被充填),少数样品见碳酸盐胶结物溶蚀。颗粒接触关系主要为点—线状接触。因此,划分的碎屑岩成岩作用阶段以中成岩 A 期或

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

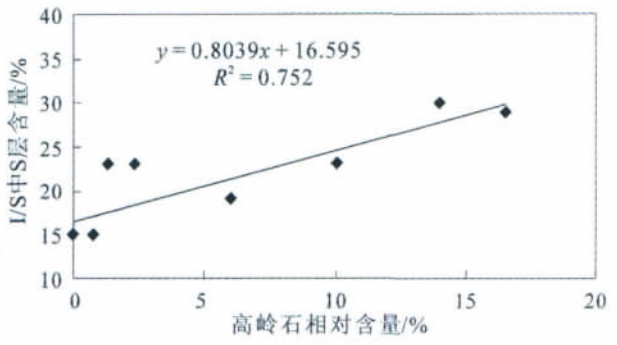


图 3 高岭石相对含量与 I/S 中 S 层的含量

Fig. 3 Relationship between the relative content of kaolinite and S in I/S

中成岩 A~B 期为主(表 4),部分剖面进入中成岩作用阶段 B 期。

4.2 构造动力作用对成岩作用阶段的影响

研究区多数剖面成岩作用主要受埋藏过程的影响,部分剖面构造动力作用的影响较大。因此,各剖面成岩作用与孔隙演化程度亦存在差异。

石炭系—二叠系沉积之后,区内主要经历了 2 次较为强烈的构造作用,其一为华力西末期南北向构造挤压作用,其二为燕山末期由北向南的推覆作用,表现为由北向南构造动力作用减弱。此外,阿尔金走滑断裂是一条长期活动的断裂,北山地区受其影响较银-额(银根-额济纳旗)盆地强烈,银-额盆地内部主要在雅干一带见一系列左行走滑断层。受构造作用的影响,六驼山—雅干一线以北、北山地区和受阿尔金走滑断裂影响的雅干—灰石山一带成岩作用程度明显高于其它地区,进入中成岩作用阶段 B 期(或中成岩作用阶段 A~B 期),I/S 中的 S 层含量为 15%。高岭石消失,自生方解石以含铁方解石为主,碎屑颗粒呈线状接触,次生孔隙极少,发育 1~2 期裂缝,早期裂缝通常被方解石充填,晚期裂缝成为有效的储集空间。

4.3 孔隙演化特征

机械压实作用:研究区石炭系—二叠系沉积之后经历了深埋作用阶段,强烈的机械压实作用使碎屑颗粒呈压嵌致密状接触,原生孔隙大部分消失(图版 Ⅰ-1、2),残留了少量原生粒间孔。

胶结作用:发生在成岩作用的各个阶段,主要为自生粘土矿物胶结(高岭石、伊利石、蒙皂石、绿泥石等粘土矿物的充填)、钙质胶结(方解石和铁方解石)和硅质胶结(长石、石英次生加大或形成自生石英)。各剖面胶结物成分基本类似,以自生粘土矿物和方解石为主,少量硅质胶结。不同剖面或同一剖面不同层段胶结物含量差别较大,一般大于 10%,高者可达 26.3%。胶结作用使原生孔隙进一步减少甚至消失(图版 Ⅰ-3~7)。残余粒间孔的发育程度与胶结物含量呈负相关,区内埋汗哈达剖面阿其德组胶结物含量为 9.2%,是统计的剖面中胶结物含量最低的,其残余粒间孔较发育。

压溶作用:埋藏过程中受化学成岩作用的影响发生压溶作用,一方面,长石、石英溶解,为硅质胶结提供了物质基础,另一方面颗粒溶解形成压溶缝,对储集条件起到改善作用。区内压溶作用并不十分普遍,因此胶结物中硅质含量低,仅少数薄片中见压溶缝(图版 Ⅰ-8)。

交代作用:交代作用在多数薄片样品中可见,主要为方解石和粘土矿物交代长石。对孔隙的影响表现为先期方解石和粘土矿物交代长石,后期方解石或者粘土矿物溶解,有利于次生孔隙的形成。

溶蚀作用:溶蚀作用是影响石炭系—二叠系储集条件的最重要的成岩作用过程,主要表现为碎屑颗粒(主要是岩屑和长石)和次生矿物(方解石和粘土矿物)的溶蚀,形成粒间溶孔、粒内溶孔、溶模孔等(图版 Ⅰ-9、图版 Ⅱ-1),使储集条件得到改善,成为主要的储集空间类型。

破裂作用:研究区进入中成岩作用 B 期(或 A~B 期)的样品常见破裂作用形成的微裂缝,部分可见 2 期裂缝,多数被方解石和菱铁矿充填,少数未被充填的裂缝成为重要的储集空间(图版 Ⅱ-2)。

碎屑岩的孔隙类型、特征与成岩作用阶段有密切的关系,处于中成岩作用阶段 A 期的剖面见少量残余粒间孔,以发育粒间溶孔和粒内溶孔为主,部分剖面见连通良好的粒间孔或粒间溶孔;处于中成岩作用阶段 B 期(或中成岩作用阶段 A~B 期)的剖面无粒间孔,仅发育少量粒间溶孔和粒内溶孔,部分见裂隙和溶缝。

虽然石炭系—二叠系碎屑岩成岩作用强烈,储集层物性较差,但薄片中常见各类孔隙或裂缝充填沥青(图版 Ⅱ-3),说明具有油气聚集的过程,为碎屑岩应是区内主要储集层提供了佐证。其平面展布特征为:由北向南砂砾岩比例增加,结构成熟度和矿物成分成熟度变高,对储集条件有利。

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

表 3　碎屑岩成岩阶段划分及其鉴定标志

Table 3　Division and identification of diagenetic stages of clastic rocks

埋藏成岩期		最高古地温/℃	有机质				粘土岩		砂岩固结程度	砂岩中自生矿物										溶解作用		接触类型	孔隙类型
期	亚期		R_o/%	T_{max}/℃	孢粉颜色/TAI	成熟阶段	I/S中S/%	I/S混层分带		蒙皂石	S/I混层	高岭石(K)	伊利石(I)	绿泥石(C)	石英加大级别	方解石	铁白云石	长石加大	钠长石化	浊沸石	榍石	长石及岩屑	碳酸盐岩	
同生成岩期		古常温	(1) 海绿石、鳞绿泥石的形成；(2) 同生结核的形成；(3) 平行层理面分布的菱铁矿微晶及斑块状泥晶；(4) 分布于粒间和颗粒表面的泥晶碳酸盐岩																					
早成岩期	A	常温~65	<0.35	<430	淡黄<2	未成熟	>70	蒙皂石带	弱固结—半固结														原生孔发育	点状
	B	>65~85	0.35~0.50	430~435	黄2.0~2.5	半成熟	70~50	无序混层带	半固结—固结			书页状或蠕虫状	针状	球状		泥晶	泥晶							原生孔及少量次生孔	
中成岩期	A	>85~140	0.5~1.3	>435~460	桔黄—棕>2.5~3.7	成熟	<50~15	有序混层带	固结							亮晶	亮晶							次生孔发育	点—线状
	B	>140~170	>1.3~2.0	>460~490	棕黑>3.7~4	高成熟	≤15	超点阵有序混层带					丝发状	叶片状		含铁								次生孔减少，并出现裂缝	
晚成岩期		>170~200	>2.0~4.0	>490	黑>4	过成熟	混层消失	绿泥石伊利石带					片状											裂缝发育	线—缝合线
风化—表生成岩期		古常温或常温	(1) 低价铁矿物（如黄铁矿、菱铁矿、铁白云石、铁方解石、黑云母、绿泥石、海绿石等）的褐铁矿化；(2) 褐铁矿的浸染现象；(3) 碎屑颗粒表面的高价铁的氧化膜；(4) 新月形碳酸盐岩胶结物及重力胶结；(5) 渗流充填物；(6) 表生钙质结核；(7) 硬石膏的石膏化；(8) 表生高岭石；(9) 溶解孔洞																					

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

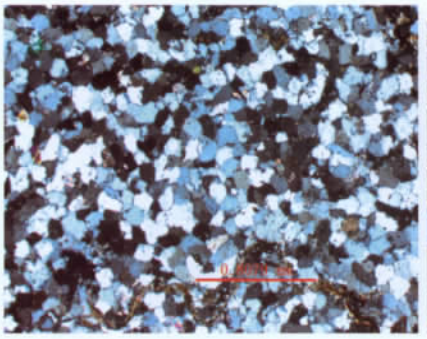
表4 粘土矿物成岩作用阶段划分

Table 4 Division of diagenetic stages of clay minerals

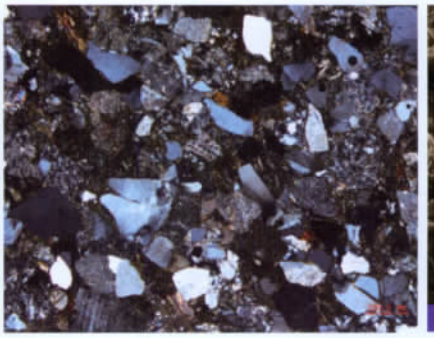
层位	剖面名称	粘土总量/%	粘土矿物含量/% 伊/蒙混层(I/S) 相对	伊/蒙混层(I/S) 绝对	伊利石(I) 相对	伊利石(I) 绝对	高岭石(K) 相对	高岭石(K) 绝对	绿泥石(I) 相对	绿泥石(I) 绝对	I/S中S层含量/%	样品数/件	矿物变化	成岩阶段	孔隙特征
哈尔苏海组上段	呼和音乌苏	8.67	19.75	1.76	31.25	3.37	—	—	49.00	3.54	15	4	颗粒紧密接触，少见粘土矿物绢云母化	中成岩B期	以粒间、粒内溶孔为主，偶见残余粒间孔
哈尔苏海组下段	雅干南478	7.63	19.88	1.64	37.63	3.42	—	—	42.50	3.08	15	5	颗粒紧密接触，少见粘土矿物绢云母化	中成岩B期	以粒间、粒内溶孔为主，偶见残余粒间孔
阿其德组	埋汗哈达	4.34	24.00	1.09	46.67	1.75	10.00	0.52	19.33	0.98	23	3	碎屑结构完好，紧密接触	中成岩A期	粒间、粒内溶孔为主，见连通良好的粒间孔
	杭乌拉	9.50	23.0	2.18	24.00	2.28	14.0	1.33	39.00	3.70	30	1	结构完好，紧密接触	中成岩A期	少量粒内溶孔
菊石滩组	古峒井	5.08	8.67	0.42	64.33	3.24	1.33	0.12	25.67	1.30	23	3	紧密接触，粘土矿物绢云母化	中成岩A~B期	少量粒内溶孔
埋汗哈达组	埋汗哈达	5.33	35.67	1.95	48.33	2.60	2.00	0.08	14.00	0.71	30	3	结构完好，紧密接触	中成岩A期	少量粒内溶孔
	杭乌拉	6.41	23.00	1.62	22.55	1.59	2.36	0.47	57.30	3.33	23	11	碎屑结构完好，紧密接触	中成岩A~B期	少量粒内溶孔
阿木山组	乌兰敖包	8.08	24.14	2.01	55.00	3.77	6.00	0.62	28.00	3.41	19	5	碎屑结构完好，紧密接触	中成岩A~B期	粒间、粒内溶孔为主，偶见残留粒间孔
阿木山组中段	264	3.27	32.14	1.06	32.57	0.96	16.57	0.62	18.71	0.63	29	7	碎屑结构完好，紧密接触	中成岩A期	粒间、粒内溶孔为主，见微裂缝
阿木山组下段	查古尔	16.06	19.20	2.62	30.20	3.40	0.80	0.02	49.80	10.02	15	5	紧密接触，部分颗粒变形	中成岩B期	少量溶孔、溶缝
	尚丹	18.80	24.00	4.59	50.00	9.32	—	—	26.00	4.91	15	4	碎屑结构完好，紧密接触	中成岩B期	少量粒间、粒内溶孔
	芒罕超克	7.14	35.00	2.36	37.00	2.56	2.50	0.19	25.50	2.05	30	2	碎屑结构完好，紧密接触	中成岩A~B期	少量粒间、粒内溶孔

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

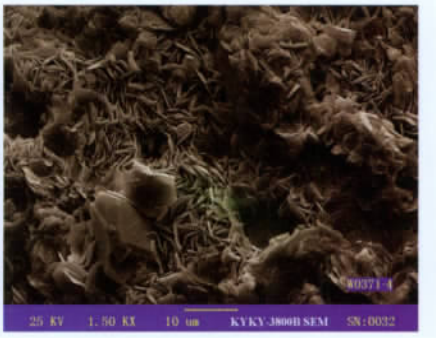
图版 I　Plate I



1. 09WL2-B5，成分成熟度和结构成熟度较高的石英砂岩,乌兰敖包剖面阿木山组下段



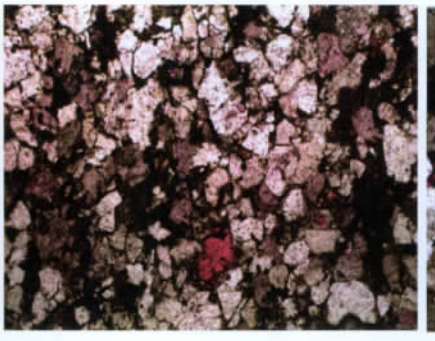
2. 08MHHD-08b1,成分成熟度和结构成熟度低的岩屑长石杂砂岩，埋汗哈达剖面埋汗哈达组



3. 08HWD-21b1,杭乌拉剖面埋汗达哈达组，碎屑颗粒间充填片状粘土质及它形结构方解石



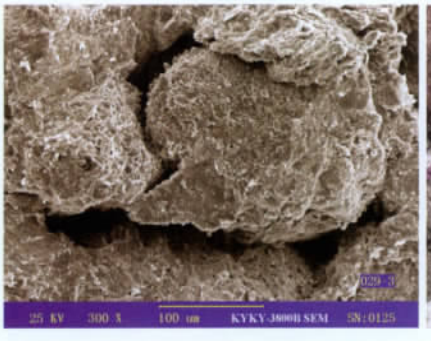
4. 09Y264-C2, 264 号界标剖面阿木山组，长石粒内溶孔中充填片状高岭石



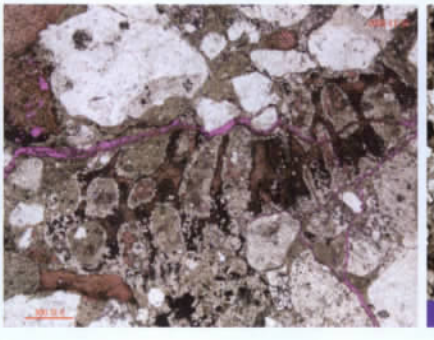
5. 08HWD-83b2，杭乌拉剖面埋汗哈达组，岩屑砂岩,碎屑颗粒呈压嵌致密状接触



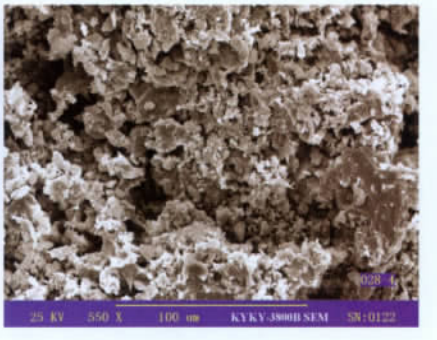
6. 08HWD-112,杭乌拉剖面埋汗达哈达组，岩屑砂岩,见残余粒间孔和粒间溶孔



7. 09YAQ-C1,埋汗哈达剖面阿其德组,粒间孔隙喉道连通良好



8. 08HWD-57,杭乌拉剖面埋汗哈达组岩屑砂岩,发育压溶缝



9. 09YHH-C4,呼和音乌苏剖面哈尔苏海组,发育粒内溶孔,连通性较好

5　其它储集岩类型

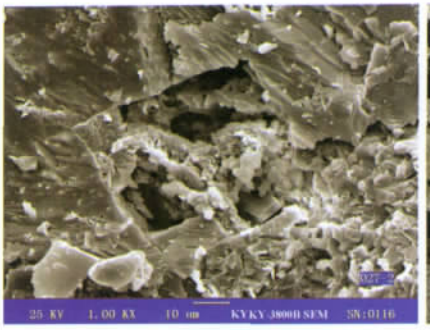
5.1　碳酸盐岩储集层

石炭系—二叠系碳酸盐岩分布广泛，包括台地相微晶或亮晶灰岩(局部分布有生物灰岩),台地斜坡相生物碎屑(粒屑或砾屑)灰岩、鲕粒灰岩和潮间、潮上带或碳酸盐岩砂滩等相带的具有陆源碎屑混入的砂质内碎屑灰岩。

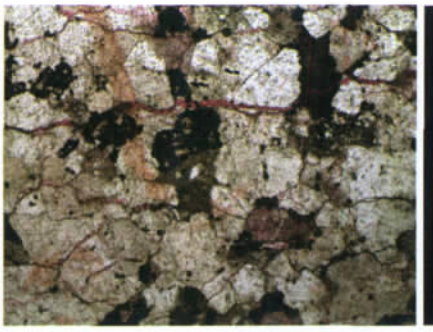
台地相微晶或亮晶灰岩、生物(主要为珊瑚)灰岩,台地斜坡相生物碎屑(粒屑或砾状)灰岩(图版 II-4)、鲕粒灰岩等在阿木山组(研究区东部的 264、乌力吉山恨剖面和研究区西部的岌岌台子、大白山等剖面)和埋汗哈达组(研究区东部的杭乌拉、乌哈西比剖面)中常见,由于分布的不稳定性,覆盖区有待地球物理勘探进一步研究。这类碳酸盐岩除少部分残留生物格架孔外,很少有原生孔隙残留[6],但后期构造改造形成的裂缝较发育，方解石溶蚀形成溶蚀孔,部分白云岩化形成白云石晶间孔或晶间溶孔(图

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net

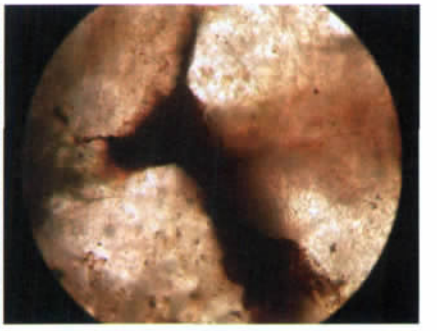
图版 II Plate II



1. 09YHH-C3,呼和音乌苏剖面哈尔苏海组,颗粒被溶蚀形成次生溶模孔



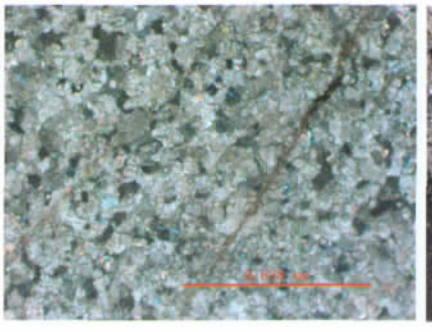
2. 09YWL2-C5,中粒岩屑石英砂岩,粒间孔充填沥青,微裂隙未被充填,乌兰敖包剖面阿木山组



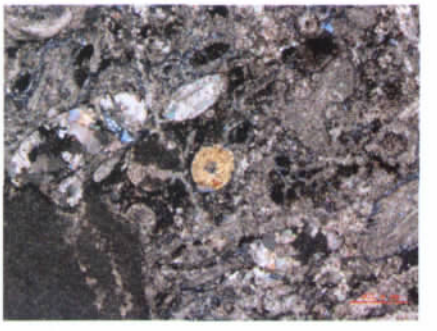
3. 09-Y478-1,碎屑岩孔隙中充填沥青,油浸透射光下为红褐色或黑色,478 剖面哈尔苏海组下段



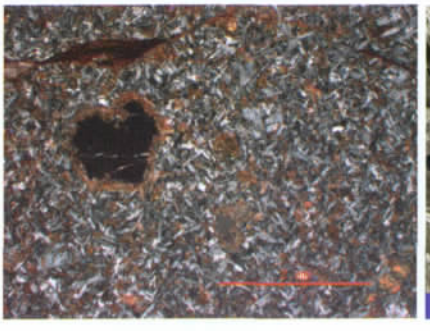
4. 08HWD-46b1-1, 白云质生物碎屑灰岩,生物碎屑以珊瑚为主,见体腔孔,杭乌拉剖面埋汗哈达组



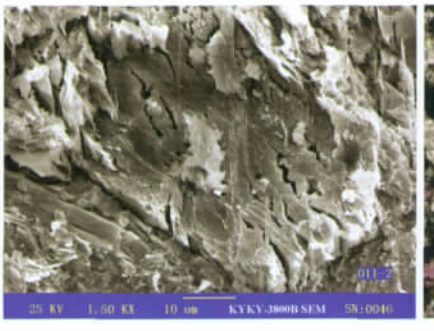
5. 09264(2)-B1,细晶白云岩,具晶间孔或晶间溶孔, 微裂缝被方解石充填,264 剖面阿木山组中段



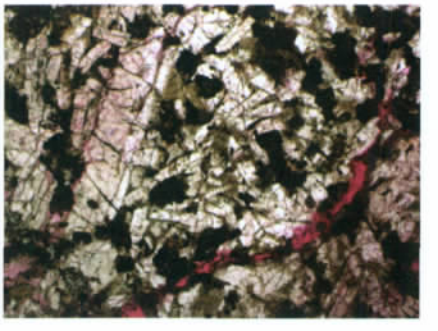
6. 08HWD-29b1-7, 硅质生物碎屑粉晶灰岩,生物碎屑以海百合为主,杭乌拉剖面埋汗哈达组



7. 09CSGB5, 玄武岩,具气孔(大小一般0.5~2mm),或被方解石、绿泥石、石英所充填,查古尔-尚丹阿木山组



8. 09YCG-C1, 玄武岩, 发育原生裂缝(收缩裂缝)和溶蚀孔隙,查古尔剖面阿木山组



9. 09YHH-C2, 辉长辉绿岩, 见斑晶溶孔、原生微裂缝与次生裂缝,呼和音乌苏剖面哈尔苏海组上段

版 II-5)。

区内广泛分布的潮间与潮上带碳酸盐岩砂滩等相带形成的砂质内碎屑灰岩, 主要为含岩屑内碎屑(或生物碎屑)灰岩和含长石石英内碎屑(或生物碎屑)灰岩(图版 II-6),部分为细砂屑白云岩。这类碳酸盐岩在研究区分布较广,各剖面、各层组均有分布,厚度差异大(一般几米)。以裂缝和溶蚀孔发育为主, 砂屑白云岩发育晶间孔或晶间溶孔。

5.2 火山岩储集层

研究区石炭系的德坞阶、小独山阶和二叠系的孤蜂阶上部—冷坞阶、吴家坪阶等,不同程度地发育以中酸性、中性火山岩为主的玄武岩、火山角砾岩或火山角砾岩熔岩,或发育具凝灰质结构的沉火山岩、

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved. http://www.cnki.net

辉长辉绿岩、安山岩等,是石炭系—二叠系重要的储集层类型。

研究区石炭纪—二叠纪时期与准噶尔盆地、三塘湖盆地具有类似的地质背景,火山岩岩石学特征、孔隙结构类型与准噶尔盆地、三塘湖盆地亦类似[7-8]。根据对区内样品进行薄片(或铸体薄片)、电镜、阴极发光等分析所获得的资料,火山岩中常见的孔隙类型既有形成阶段的原生孔隙与裂缝[9],也有火山岩埋藏成岩和风化过程中形成的次生孔隙与裂缝。

原生孔隙包括气孔、晶间孔、收缩孔和砾(粒)间孔,主要分布在玄武岩、安山岩与火山碎屑岩或火山角砾岩熔岩中,原生孔隙在成岩过程中多被方解石充填,部分残留(图版Ⅱ-7)。

原生裂缝包括冷凝收缩缝、收缩节理、砾间裂缝等,在玄武岩、安山岩、火山角砾岩、火山角砾岩熔岩中都有发现(图版Ⅱ-8)。收缩缝、收缩节理的宽度、长度差异受斑晶体大小的控制(图版Ⅱ-8、9),一般较小,后期亦被方解石或绿泥石等自生矿物充填。

次生孔隙包括斑晶溶蚀孔、基质溶蚀孔、杏仁体溶蚀孔,以及各类蚀变或交代矿物的溶蚀孔,在玄武岩、安山岩、辉长辉绿岩和火山角砾岩中均可见到。

次生裂缝包括构造缝与溶蚀缝,在各类火山岩中均可见到。次生裂缝规模一般较原生裂缝大,对储集空间贡献也较原生裂缝大[8],是火山岩储集层中重要的储集空间类型(图版Ⅱ-9)

5.3　风化壳储集层

受华力西末期—印支期挤压抬升作用的影响,研究区石炭系—二叠系沉积之后经历了长期的风化剥蚀,顶部风化壳各类岩性均可能发育裂隙与溶蚀孔(缝),是区内重要的储集层类型。额济纳旗地区 X 井石炭系—二叠系顶部灰白色石英闪长岩裂隙与溶蚀孔(缝)发育,钻遇良好的油气显示,是顶面风化壳作为储集层的佐证。

6　结　论

(1)石炭系—二叠系碎屑岩广泛分布,是区内主要的储集岩类型,具有由北向南砂砾岩发育程度增加、矿物成分成熟度变高、结构成熟度变好等特点,有利储集层主要分布在马鬃山-拐子湖中间隆起带以南地区。

(2)石炭系—二叠系碎屑岩储集层成岩作用强烈,原生孔隙不发育,仅残留了少量粒间孔,溶蚀孔隙是碎屑岩的主要孔隙类型,以粒间溶孔为主,发育少量粒内溶孔和铸模孔。

(3)各类碳酸盐岩、火山岩和各类岩石的顶面风化壳发育裂缝或溶蚀孔缝,也是区内不应忽视的储集层类型。

致谢:叶芳研究员承担了本项目的薄片鉴定工作,在此表示衷心的感谢。

参考文献

[1]卢进才,魏仙样,魏建设,等.内蒙古西部额济纳旗及其邻区石炭系—二叠系油气地质条件初探[J].地质通报,2010,29(2/3):330-340.

[2]卢进才,陈高潮,魏仙样,等.内蒙古西部额济纳旗及邻区石炭系—二叠系沉积建造与生烃条件——石炭系—二叠系油气地质条件研究之一[J].地质通报,2011,30(6): 811-826.

[3]朱筱敏.沉积岩石学[M].北京:石油工业出版社,2008:35-153.

[4]吕瑞文,含宗元,卢文鹏,等.鄂尔多斯盆地上古生界盒 8 储层成岩作用[J].油气地质与采收率,2009,16(4):47-52.

[5]张关龙,刘文汇,郑冰,等.济阳坳陷石炭—二叠系储层成岩作用及孔隙演化[J].海相油气地质,2009,14(3):1-9.

[6]何生,杨智,何治亮,等.准噶尔盆地腹部超压顶面附近深层砂岩碳酸盐胶结作用和次生溶蚀孔隙形成机理[J].地球科学,2009,34(5):759-768.

[7]刘为付,刘双龙,孙立新.三塘湖盆地二叠系火山岩储层特征研究[J].新疆石油地质, 2004, 21(6):483-486.

[8]刘喜顺,郭建华,张晓萍.准噶尔盆地西北缘火山岩岩石学与孔隙特征及演化模式研究[J].天然气地球科学,2009,20(4):525-530.

[9]张绍臣,陈雯雯,鲁怡.火山岩储层岩石物理特征的综合研究方法[J].大庆石油地质与开发,2009,(2):15-19.

© 1994-2012 China Academic Journal Electronic Publishing House. All rights reserved.　http://www.cnki.net