

文章编号: 1001-6112(2011)05-0499-06

东北地区石炭—二叠系储层特征与评价

武英利, 朱建辉, 张欣国

(中国石油化工股份有限公司 石油勘探开发研究院 无锡石油地质研究所, 江苏 无锡 214151)

摘要:通过大量的野外观察以及露头样品的微观分析和物性测试,对东北地区石炭—二叠系的储层条件进行了初步分析。东北地区石炭—二叠系分布广泛,海相、陆相均很发育,总体上具有从石炭到二叠系由海相向陆相转变的规律;地层以灰岩和碎屑岩为主,局部地区为火山碎屑岩。东北地区石炭—二叠系储集性能较差。石炭系 I 类储层主要分布在二连的西南部,II 类储层主要分布在二连东北部以及松南的磐石一带,III 类储层主要分布于三江以及松北部分地区;二叠系 I 类储层主要分布在松北的伊春附近以及二连的林西官地,II 类储层主要分布于二连东部的西乌珠穆沁旗附近以及松南的永吉附近,III 类储层主要分布在内蒙古的镇赉县附近。

关键词:储层特征;储层评价;石炭系;二叠系;东北地区

中图分类号: TE122.2⁺⁴

文献标识码: A

Characteristics and evaluations of reservoirs in Carboniferous—Permian, Northeast China

Wu Yingli, Zhu Jianhui, Zhang Xinguo

(Wuxi Research Institute of Petroleum Geology, SINOPEC, Wuxi, Jiangsu 214151, China)

Abstract: According to field observations and outcrop sample tests, the conditions of Carboniferous—Permian reservoirs in Northeast China have been studied. Carboniferous and Permian strata are widespread in Northeast China. Both marine and continental facies are found and the marine facies changes to the continental facies from Carboniferous to Permian. Limestone and clastic rock are the dominant formation compounds, and in some region, pyroclastic rock accounts for the largest proportion. The reservoir conditions of Carboniferous—Permian are usually poor. As to Carboniferous strata, the type-I reservoirs mainly locate in the southwest of Erlian city, and the type-II in the northeast of Erlian city and in Panshi city (south of the Songliao Basin), and the type-III in Sanjiang county and the north of the Songliao Basin. As to Permian strata, the type-I reservoirs distribute in Yichun city (north of the Songliao Basin) and Guandi town of Linxi county of Erlian city, and the type-II around West Ujimqin (east of Erlian city) and Yongji county (south of Songliao Basin), and the type-III around Zhenlai county of Inner Mongolia.

Key words: reservoir characteristics; reservoir evaluation; Carboniferous; Permian; Northeast China

松辽盆地及其周缘地区古生界海相地层分布广泛,前人对该地区古生界的研究认为,石炭—二叠系具备良好的油气源岩条件^[1-5],这为该区扩大新的油气资源勘探领域提供了重要前提和基础。本文通过野外观察及室内样品测试分析,对松南、松北、二连、三江 4 个地区的石炭—二叠系储层进行了评价,旨在为寻找油气有利区域提供依据。

1 岩性特征

东北地区石炭系以碳酸盐岩为主,局部地区有

碎屑岩和火山碎屑岩存在;其中碳酸盐岩储集岩主要岩石类型为生物碎屑灰岩及砂屑灰岩等,灰岩中的填屑物以充填亮晶方解石胶结物为主,其次充填灰泥基质。二叠系储层主要以碎屑岩为主,兼有少量灰岩;碎屑岩主要以细砂岩和粉砂岩为主,碎屑颗粒主要为石英、长石、岩屑,大多以泥质接触孔隙式胶结。

1.1 石炭系岩性特征

根据地层对比^[6-9],石炭系在整个东北地区的不同区域表现为不同的岩性组;松南地区为下石炭

收稿日期:2010-01-10;修订日期:2011-08-20。

作者简介:武英利(1979—),女,硕士,从事油气勘探开发综合研究。E-mail:wuyli.syky@sinopec.com。

基金项目:中国石油化工股份有限公司科技项目(TPH08071)。

统鹿圈屯组、上石炭统磨盘山组及石咀子组；松北地区为上石炭统唐家屯组和杨木岗组；三江地区为上石炭统珍子山组；二连地区为下石炭统白家店组、上石炭统家道沟组和阿木山组等。

前人研究^[10-13]认为，石炭纪东北地区发生了不同程度的海侵海退，接受了不同类型的沉积；早石炭世海相沉积占绝对优势，主要为滨浅海相、半深海相沉积；晚石炭世，陆相和海相沉积均发育，前者略占优势。从野外剖面观察来看，下石炭统主要发育以滨浅海相沉积为主的灰岩，纵向上表现为中上部灰岩发育较多，下部或底部层位碳酸盐岩与碎屑岩互层分布。该区上石炭统的岩性变化受岩相控制，南部以灰岩沉积为主，局部发育生物碎屑灰岩；北部地区以陆相碎屑岩为主，松北地区还发育了大量的火山碎屑岩。由于东北地区幅员广阔，由西向东、由南向北上石炭统地层岩性横向差异变化较大。

松南地区上石炭统主要为浅海相陆源碎屑建造、碳酸盐岩建造及碧碧角斑岩建造；主要岩性为灰色厚层状灰岩，其次为灰黑色粉砂岩、砂岩、凝灰岩及大理岩，局部地区夹杂酸性火山岩。根据薄片鉴定，灰岩以方解石为主，方解石主要为泥晶；含少量硅质，硅质为自生石英晶体及石英聚合体斑点条带状分布；分布少许生物碎屑，多是棘皮骨板(图版 A)。

松北地区上石炭统野外剖面中可见更多的火山岩建造，为变质酸性火山碎屑岩夹沉积岩；主要为黄褐、灰黑色片理化流纹质凝灰熔岩，灰绿色片理化凝灰质砂岩、安山岩、粉砂岩等。野外观察到唐家屯组剖面以凝灰熔岩为主，含部分火山碎屑岩、流纹岩等；杨木岗组已经过度到陆相沉积环境，为一套正常沉积岩与凝灰质碎屑岩交替出现的河湖相沉积，岩性为灰黑色板岩、细粒砂岩、凝灰质砂岩及砾岩夹凝灰熔岩。

三江地区上石炭统珍子山组为粗细相间的韵律性陆相碎屑沉积，下部沉积物粒度较粗，由粗—细粒岩屑砂岩、砾岩、凝灰质砂岩夹板岩组成；上部粒度较细，板岩增多，含煤层，岩性为细—粗粒岩屑砂岩夹板岩，含植物化石。

二连地区内蒙古草原的南部地区，上石炭统家道沟组岩性为黑色板岩、紫红色细砂岩、黄绿色砂岩，部分地区有礁灰岩。野外观察了敖汉旗地区家道沟和牛古吐乡的家道沟组，其岩性主要有千枚岩、岩屑砂岩和灰岩等。薄片鉴定结果表明，家道沟组中的碎屑岩颗粒多为中—细砂粒(图版 B)。碎屑矿物主要为石英，碎屑颗粒以杂基孔隙—基底式胶结，杂基主要为水云母及蒙脱石粘土矿物。内

蒙古草原的东部地区的上石炭统阿木山组与南部的呈明显差异，为一套台地相碳酸盐岩沉积，主要岩性以厚层灰岩，生物碎屑灰岩为主夹砂岩、砂砾岩，富含、珊瑚和腕足类等海相化石；在西乌珠穆沁旗浩勒图高勒镇猴头庙以北山头，出露一套灰色厚层块状灰岩和生物碎屑灰岩，镜下鉴定表明该组碳酸盐岩岩石由密集分布的生物碎屑组成(图版 C)。

1.2 二叠系岩性特征

根据地层对比^[6-9]，二叠系在整个东北地区的不同区域表现为不同的岩性组；松南地区为范家屯组、一拉溪组及杨家沟组；松北地区为土门岭组、五道岭组及红山组；三江地区为平阳镇组和青沟子组；二连地区为格根敖包组及林西组。

在东北地区二叠系地层中，碳酸盐岩沉积与碎屑岩沉积均有分布，其中碳酸盐岩沉积主要见于早二叠世及晚二叠世初期的部分海域，而碎屑岩沉积在二叠系普遍发育，尤其在上二叠统中占绝对优势^[10-15]。东北地区由于岩相变化比较大，范家屯组为浅海相沉积，一拉溪组为浅海相—海陆交互相，是一套滨海—海陆交互相，鸡东平阳镇组为深水湖相沉积，杨家沟组为浅湖相沉积，五道岭组为浅湖相沉积，林西组为滨浅湖—半深湖相沉积，青沟子组砂岩与深灰色泥岩互层，属较深水的滨浅湖相沉积。上二叠统纵向上由浅海向陆相湖盆转变，形成了早期碳酸盐岩与碎屑岩互层、晚期以碎屑岩储集岩为主的特征。由岩相古地理的分布特征推测，灰岩储集层分布在东北地区的南部，而碎屑岩储集层主要分布在东北地区的北部。

岩相变化差异导致了沉积岩岩性的差异，不同地区二叠系储集岩岩性变化如下：

松南地区范家屯组岩性以黑色、灰绿色粉砂岩，灰绿色灰岩、凝灰岩，灰黄、灰紫色粗砂岩为主，产珊瑚、腕足等化石。野外观察了吉林大绥河乡治新村剖面，范家屯组灰色厚一块状灰岩段，岩石中构造裂缝、裂隙及溶蚀缝隙很发育，纵横交错，在溶蚀缝充填的方解石中亦有细小铁质及碳质充填(图版 D)；一拉溪组为浅海相—海陆交互相的中酸性火山碎屑沉积岩建造，主要为凝灰砾岩、凝灰岩、中酸性熔岩；杨家沟组以陆相砾岩、砂板岩及砂岩等为主。

松北地区土门岭组岩性主要为黑色泥质板岩、粉砂质板岩、粉砂岩、细砂岩夹大理岩透镜体，产腕足类、瓣鳃类及植物化石。五道岭组表现为以火山碎屑岩为主，岩性主要由灰黑色—灰绿色安山玢岩及其凝灰熔岩、凝灰岩组成，局部出现中酸性凝灰

熔岩。

三江地区的平阳镇组见到由绢云千枚岩夹大理岩,含珊瑚,并且向南至老黑山大理岩变厚,并有燧石大理岩夹层,地层厚度增大至 1 200 m;至珙春县,变成以石英砂岩为主。青沟子组由砂板岩与砂砾岩组成,局部为中性火山岩。

二连地区二叠系岩性大体表现为碎屑岩与灰岩互层,主要为黄绿色砂岩、粉砂岩、灰色生物碎屑岩和硅质岩,含大量腕足类、珊瑚和少量苔藓虫,不含蕨;薄片鉴定表明,灰岩主要由粉—泥晶方解石组成。岩石中溶蚀缝发育,内充填粉—细晶方解石;具缝合线构造。碎屑岩矿物主要有石英、岩屑、长石;石英有波状消光,可见少许颗粒有溶蚀边缘分布较多燧石颗粒;岩屑多是火山喷出岩(图版 E)。

2 储集层的物性特征

东北地区上古生界地质年代较老,埋深比较大,其岩性特征、成岩演化及变质程度对储层的物性有一定的影响,整体上表现为储集性能较差。根据样品测试结果,石炭系孔隙度为 0.13%~29.61%,平均孔隙度为 4.44%;渗透率为(0.004 83~3.89)×10⁻³ μm²,平均值为 0.32×10⁻³ μm²;二叠系孔隙度为 0.23%~18.04%,平均 2.44%;渗透率为(0.004 78~0.845)×10⁻³ μm²,平均 0.007 2×10⁻³ μm²。从统计数据可以看出,石炭系储层物性好于二叠系;同时石炭系物性变化较大,二叠系物性相对变化较小。

2.1 石炭系储集性能

铸体薄片资料分析表明,石炭系储集岩的储集空间类型有裂缝、晶间缝、缝和缝、晶模孔及粒内溶孔等。通过对石炭系储层物性数据分析,其孔隙度主要分布在 0~1% 以及大于 10% 两个区间(图 1a),其中 0~1% 区间的样品数占总数的 38.89%,

5%~10% 区间内没有数值存在,大于 10% 的样品数占总数的 16.67%;渗透率基本分布在(0~0.05)×10⁻³ μm² 范围之内(图 1b)。

物性较好的样品点主要分布在二连地区白家店组,该组主要为薄层状灰紫色生物碎屑礁灰岩。据铸体薄片资料分析,孔隙发育尚好,铸体充填粒内、粒间溶蚀孔隙(图版 F),局部铸体孔隙边缘可见沥青、铁泥质混合物,孔隙分布较均匀,少量粒屑及填隙物呈浸染状;铸体充填的裂隙发育(图版 G),裂隙最宽处约为 0.3 mm;岩片的面孔率为 2.16%~6.95%。以上特征表明,后期改造是该地区孔隙较好的原因,表现为孔隙度较大,范围为 11.74%~29.61%。总体来看二连地区石炭系碳酸盐岩储层物性相对最好。

松南地区石炭系储层物性相对较好,如鹿圈屯组钙质砂岩的孔隙度为 4.45%,渗透率为 0.031 1×10⁻³ μm²。根据扫描电镜资料分析,鹿圈屯组的孔隙类型以晶间微孔隙和溶蚀孔隙为主;石咀子组的孔隙类型以微裂隙和粘土矿物内的微孔隙为主。粘土矿物高岭石和伊利石主要分布在孔隙较发育的地方。根据铸体薄片资料分析,可以看出鹿圈屯组以细砂结构为主,分选较好,孔隙式胶结,粒内溶蚀铸体充填,偶见超大溶蚀洞(图版 H),岩片的面孔率小于 1%。石咀子组中裂缝发育(图版 I),裂缝呈纵横交错分布,发育多期裂缝,形成机制复杂,有待进一步研究。无论是野外观察中看到的磐石县官马的石咀子组碳酸盐岩中形成的大型溶蚀溶洞,还是从岩性和物性特征都可以看出,松南地区石炭系碳酸盐岩地层具有良好的储集能力。

2.2 二叠系储集性能

铸体薄片资料分析表明,二叠系储集岩的储集空间类型有构造裂缝、裂隙、溶蚀缝等。通过对二叠系储层物性数据的分析(图 2),可以看出其孔

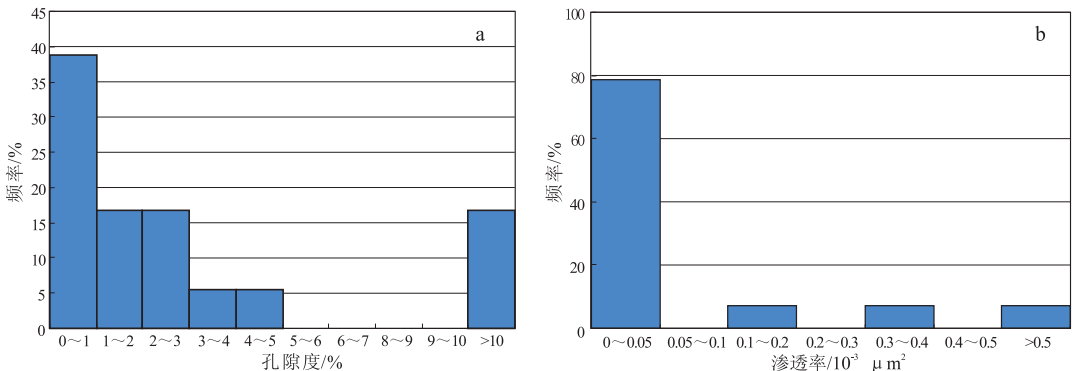


图 1 东北地区石炭系孔隙度、渗透率分布

Fig. 1 Porosity and permeability of Carboniferous, Northeast China

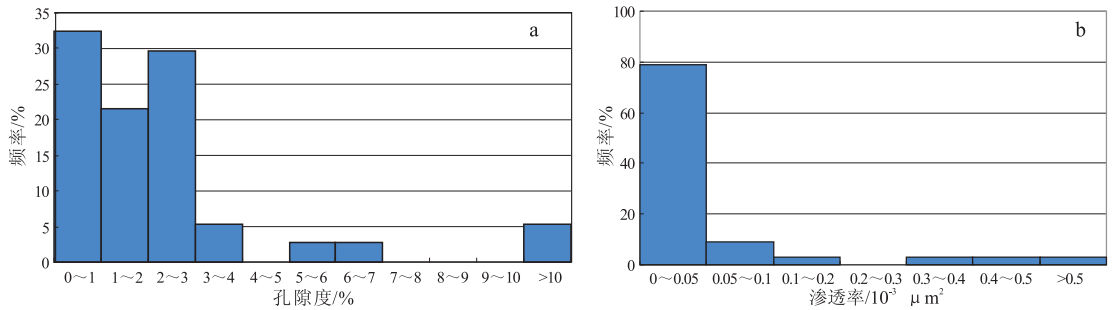


图 2 东北地区二叠系孔隙度、渗透率分布

Fig. 2 Porosity and permeability of Permian, Northeast China

孔隙度分布范围较广, 主要分布在 0~3% 之间(图 2a); 渗透率基本分布在 $(0 \sim 0.05) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 范围之内, 占总数的 78.79%。

二连地区林西组的长石岩屑砂岩孔隙度为 18.04%, 渗透率为 $0.311 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$; 西乌珠穆沁旗组的黄褐色含砾砂岩孔隙度为 6.56%, 渗透率为 $0.845 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$ 。从扫描电镜图上也可以看出砂岩微裂隙发育(图版 J), 储集性能较好。

松北地区红山组粒间孔隙不发育, 见微裂隙分布(图版 K), 孔隙特征为以粒间残余的极微孔隙(图版 L)、粘土矿物间的微孔隙以及岩屑内的微孔隙为主; 胶结类型主要为片状粘土矿物伊利石充填式。

松南地区的一拉溪组最大孔隙度为 3.94%, 整个松南地区的孔隙度较低。

三江地区青沟子组分选中等, 孔隙式胶结, 胶结物以粘土矿物、碳酸盐矿物为主, 局部可见沥青充填孔隙; 裂缝发育, 孔隙发育差, 可见少许粒内、粒间铸体充填。

总体而言, 二连地区的林西组、西乌珠穆沁旗组, 松北地区的红山组, 松南地区的一拉溪组以及三江地区的青沟子组等物性相对较好。

3 石炭—二叠系储层综合评价

通过对石炭—二叠系各层位岩性特征及物性特征的研究, 进行综合分析, 划分出不同级别的储层, 总体来说东北古生界存在 3 类储层。I 类储层: 碎屑岩储集层中砂岩厚度较大, 大部分地区砂岩厚度在 300~500 m 之间, 碎屑岩的物性较好, 孔隙度大于 10%, 渗透率大于 $0.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 一般为滨浅湖相的砂岩; 碳酸盐岩储集层中灰岩厚度大于 700 m, 其中以生物碎屑灰岩为主, 物性好, 孔隙度大于 5%, 渗透率大于 $0.03 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 并且裂缝发育, 有大量的溶孔、溶洞, 多为滨浅海相的生物碎屑灰岩。II 类储层: 碎屑岩储集层中砂岩厚度

介于 300~500 m, 物性较好, 孔隙度为 2%~10%, 渗透率大于 $(0.01 \sim 0.03) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 多为浅湖相, 岩性为粗—细砂岩; 碳酸盐岩储集层中, 灰岩厚度介于 300~700 m, 物性较好, 孔隙度为 1%~5%, 渗透率大于 $(0.01 \sim 0.03) \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 多为滨浅海相, 以灰岩为主, 夹部分砂岩, 有一定的裂缝改造, 孔洞较发育。III 类储层: 碎屑岩储集层中砂岩厚度介于 500~700 m 之间, 物性较好, 孔隙度小于 2%, 渗透率小于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 多为半深湖相, 以粉—细砂岩为主; 碳酸盐岩储层灰岩厚度介于 100~300 m 之间, 物性较好, 孔隙度小于 1%, 渗透率小于 $0.01 \times 10^{-3} \mu\text{m}^2$, 多为滨海沼泽相, 一般为灰岩与砂岩互层。

针对不同级别的储层绘制出了石炭—二叠系储层平面展布示意图(图 3, 4)。从图 3 可以看出, 石炭系 I 类储层主要分布在二连西南部以赛 51 井位为代表的地区以及奈曼旗地区, 此类地区以碳酸盐岩为主, 粒屑以生物碎屑为主, 孔洞缝十分发育, 岩心薄片观察有构造裂缝、晶间孔、晶间溶孔、晶内溶孔、小型溶洞等储集空间; II 类储层主要分布在二连东北部地区以及松南的磐石一带, 以生物灰岩为主, 相对物性较好; III 类储层主要分布在三江地区以及松北部分地区。

从图 4 可以看出, 二叠系 I 类储层主要分布在松北地区的伊春附近, 以及二连地区的林西官地, 以红山组与林西组为代表, 砂岩厚度较大, 物性较好; II 类储层主要分布在二连东部的西乌珠穆沁旗附近, 以及松南地区的永吉附近, 以砂岩为主; III 类储层主要分布在内蒙古地区的镇赉县附近。

4 结论

1) 石炭系的碳酸盐岩储层物性优于砂岩物性。从灰岩厚度分布可以看出, 内蒙古东南部的白家店组、家道沟组及松南地区的鹿圈屯组上部、石咀子组、磨盘山组灰岩分布广泛, 厚度比较大; 二连地

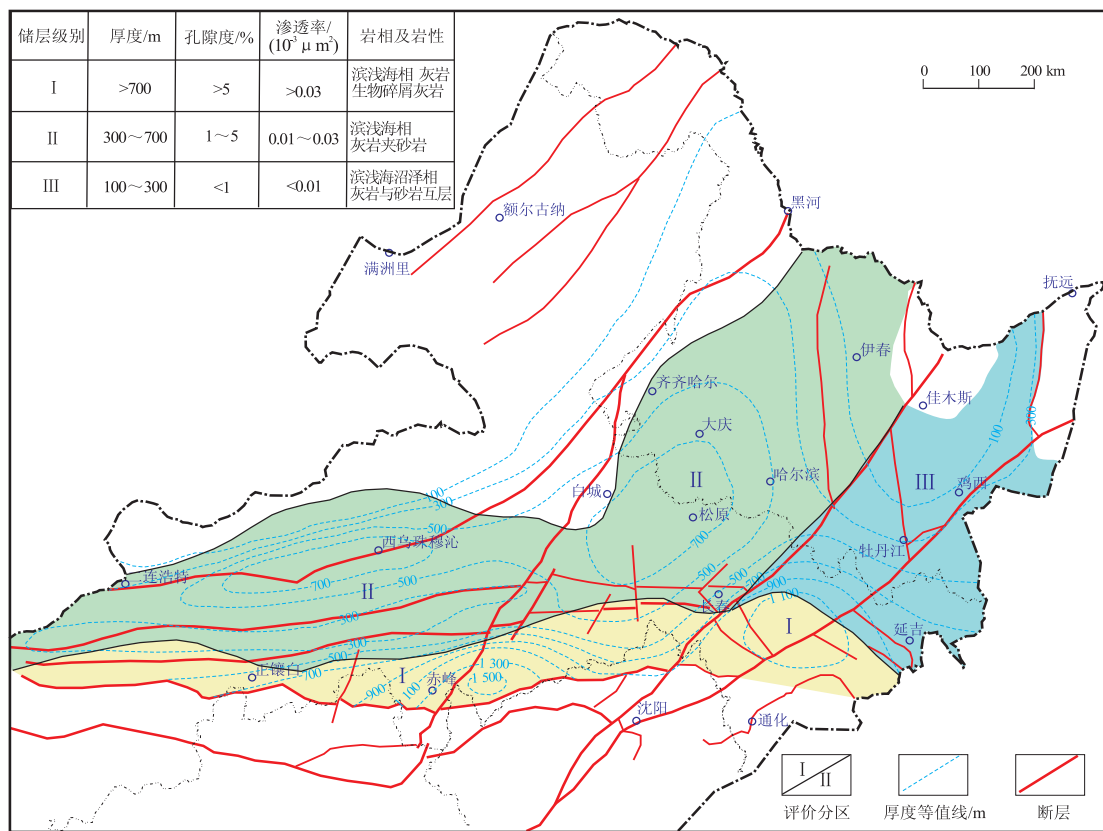


图 3 东北地区石炭系储层评价示意

Fig. 3 Reservoir evaluation of Carboniferous, Northeast China

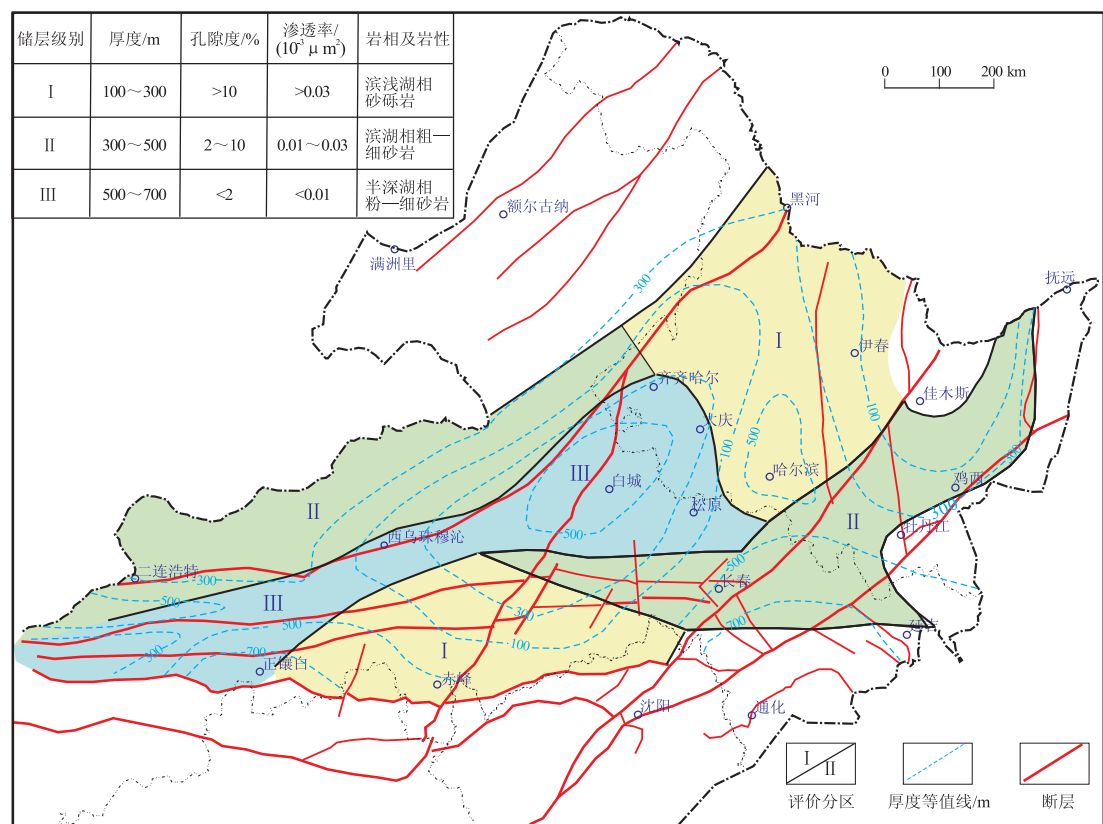


图 4 东北地区二叠系储层评价示意

Fig. 4 Reservoir evaluation of Permian, Northeast China

区的阿木山组也具有一定厚度的灰岩,具有良好的储集空间。

2)二叠系储层以砂岩为主,其中松北地区的红山组、松南地区的一拉溪组及二连地区的林西组砂岩厚度较大,相对物性较好,部分层段可以作为储层。

参考文献:

[1] 康玉柱. 中国古生代海相油气资源潜力巨大[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 699-706.

[2] 张永生, 王延斌, 卢振权, 等. 松辽盆地及外围地区石炭系—二叠系烃源岩的特征[J]. 地质通报, 2011, 30(2-3): 214-220.

[3] 刘晓艳, 杜鸿烈, 陈章明, 等. 松辽盆地边缘石炭—二叠系地表石油显示及其地质意义[J]. 地球化学, 2001, 30(4): 390-394.

[4] 任战利, 萧德铭, 迟元林. 松辽盆地基底石炭—二叠系烃源岩生气期研究[J]. 自然科学进展, 2006, 16(8): 974-979.

[5] 余和中, 蔡希源, 韩守华, 等. 松辽盆地石炭—二叠系烃源岩研究[J]. 沉积与特提斯地质, 2003, 23(2): 62-66.

[6] 内蒙古地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.

[7] 吉林省地质矿产局. 吉林省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1989.

[8] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1993.

[9] 任战利, 崔军平, 史政, 等. 中国东北地区晚古生代构造演化及后期改造[J]. 石油与天然气地质, 2010, 31(6): 734-742.

[10] 杨铭辉, 郭力, 赵洪涛, 等. 松辽盆地南部东南隆起区储层特征[J]. 石油实验地质, 2006, 28(4): 330-334.

[11] 王成文, 马志红, 孙跃武, 等. 晚古生代海相地层: 东北地区油气勘查的一个新层系[J]. 世界地质, 2008, 27(2): 113-118.

[12] 余和中. 松辽盆地及周边地区石炭纪—二叠纪岩相古地理[J]. 沉积与特提斯地质, 2001, 21(4): 70-83.

[13] 关德师, 陈章明, 杜鸿烈, 等. 东北地区石炭—二叠系岩相古地理及石油地质条件分析研究[C]// 谯汉生, 罗治斌, 李先奇. 中国东部深层石油勘探论文集. 北京: 石油工业出版社, 2001: 54-78.

(编辑 徐文明)

图版

