

东北地区早二叠世岩相古地理研究

李守军¹, 王秀静¹, 许超¹, 殷天涛², 张舒¹, 徐凤琳¹

(1. 山东科技大学 地球科学与工程学院, 山东 青岛 266590; 2. 中化地质矿山总局 山东地质勘查院, 山东 济南 250013)

摘要: 利用野外地质剖面、关键钻井剖面和区域地质资料, 在地层划分对比和构造格局研究基础上, 运用沉积相分析的方法, 探讨了东北地区早二叠世岩相古地理特征, 将早二叠世分为阿瑟尔期-亚丁斯克期、空谷期两个编图单元进行岩相古地理编图, 恢复了东北地区早二叠世的岩相古地理面貌。研究表明, 早二叠世东北地区主要发育半深海沉积体系、浅海陆棚沉积体系、碳酸盐台地沉积体系、无障壁海岸沉积体系、障壁海岸沉积体系及河流沉积体系; 阿瑟尔期-亚丁斯克期存在漠河古陆、松辽古陆、佳木斯古陆及华北北缘高地四个古陆, 物源区碎屑物质供应充分, 研究区为浅海、海陆交互及河流沉积区, 周边古陆的格局; 至空谷期, 松辽古陆消失, 研究区为浅海-半深海沉积, 周边古陆的格局。

关键词: 沉积相; 岩相古地理; 早二叠世; 东北地区

中图分类号: P531

文献标志码: A

文章编号: 1672-3767(2014)06-0004-15

Lithofacies Palaeogeography of Early Permian in Northeast China

Li Shoujun¹, Wang Xiujing¹, Xu Chao¹, Yin Tiantao², Zhang Shu¹, Xu Fenglin¹

(1. College of Earth Science and Engineering, Shandong University of Science and Technology, Qingdao, Shandong 266590, China;
2. Shandong Geological Prospecting Institute of China Chemical Geology and Mine Bureau, Jinan, Shandong 250013, China)

Abstract: Based on the study of stratigraphic division, correlation and structural pattern, field data of the measurement strata sections, pivotal drilling profile and the existing regional geological data were used to make the sedimentary facies analysis. The Early Permian tectonic lithofacies paleogeography in northeast China was analysed systematically and the lithofacies paleogeographic maps of Asselian-Artinskian and Kungurian of Early Permian were produced. The study shows that the sedimentary systems include bathyal sedimentary system, neritic shelf sedimentary system, carbonate platform sedimentary system, no barrier coast sedimentary system, barrier coast sedimentary system and river sedimentary system in northeast China during the Early Permian; in Asselian-Artinskian, the old lands were Mohe, Songliao, Jiamusi and the highlands of northern margin of north China with rich material source; the discussed area has developed the depositional pattern of shallow sea, the transitional zone between land and ocean, and the river areas surrounded by ancient land; in Kungurian, the old lands of Mohe, Jiamusi and the highlands of northern margin of north China still exist with a pattern of shallow-bathyal deposition surrounded by ancient land.

Key words: sedimentary facies; lithofacies paleogeography; Early Permian; Northeast China

岩相古地理研究与编图是重建地质历史中海陆分布、古地理再造和恢复沉积演化历程的重要手段^[1]。受测试手段与技术等影响, 以往对于东北地区早二叠世岩相古地理研究主要是较粗略的岩相古地理或局部地区的岩相古地理, 包括李莉^[2]、黄本宏^[3]、郭胜哲^[4-5]、余和中^[6]等, 因此对于东北地区岩相古地理的研究工

收稿日期: 2013-10-18

基金项目: 中国石化先导研究项目(YPH08054, YPH08059)

作者简介: 李守军(1962—), 男, 山东临朐人, 教授, 博士生导师, 主要从事地层古生物学及沉积古地理学的教学与科研工作。

E-mail: lishoujun@126.com

作还不够精细。沉积体系类型及其时空展布特征研究是油气及其他矿产勘查的基础,粗略的岩相古地理工作难以满足相关工作的需要^[7]。

本文基于“构造控盆,盆地控相”理论^[8],在野外实测地质剖面的基础上,利用东北各省区区域地质志和岩石地层、1:20万区调报告和部分1:5万区调资料以及石油、地质勘探、区域调查等部门资料,以地层划分对比^[9]和构造格局研究^[10]为基础,从点-线-面沉积相分析入手,恢复研究区早二叠世的岩相古地理特征,融合近年来东北地区地层精细划分、对比以及构造演化的新认识,将早二叠世按两个岩相古地理编图单元时期进行编图,即第一个时期为阿瑟尔期-亚丁斯克期,第二个时期为空谷期。文中采用的地层分区均为李守军等^[9]的方案。

1 早二叠世沉积相分析

东北地区早二叠世可以划分为4个地层大区、4个地层区及11个地层分区^[9]。主要发育半深海沉积体系、浅海陆棚沉积体系(潮控相)、碳酸盐台地沉积体系(包括局限台地、开阔台地相和台缘斜坡相)、无障碍海岸沉积体系(近滨)、障壁海岸沉积体系(潟湖、潮坪相)及河流沉积体系(河道、泛滥平原)。

1.1 阿瑟尔期-亚丁斯克期沉积相

1.1.1 兴安地层区

达莱-兴隆地层分区的新伊根河组(图1)、东乌-呼玛及乌兰浩特-哈尔滨地层分区的宝力高庙组,均发育河流沉积体系,包括河道亚相及泛滥平原亚相。

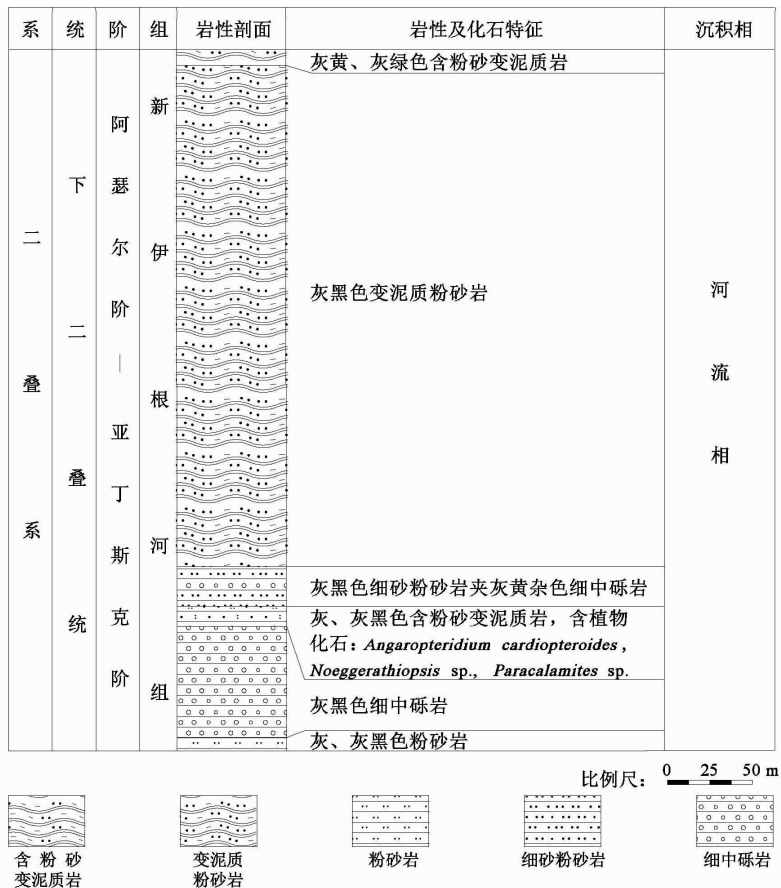


图1 内蒙古新伊根河组(阿瑟尔期-亚丁斯克期)沉积相图(剖面号:1)

Fig. 1 Sedimentary facies of Asselian-Artinskian Xinyigenhe Fm, in Inner Mongolia (Section No. 1)

1.1.2 松花江地层区

伊春-尚志地层分区的杨木岗组(图 2), 密山-宝清地层分区的珍子山组(图 3), 主要发育河道及泛滥平原亚相。杨木岗组广泛分布, 但零星出露, 以砂板岩为主夹少量碎屑岩及熔岩组合, 产丰富的安加拉型植物化石, 岩石普遍受到区域变质, 局部具热变质, 多呈灰黑色及黑色。珍子山组为正常碎屑岩夹煤层和少量凝灰质板岩的一套陆相碎屑岩组合, 岩性、厚度较稳定, 含安加拉植物群。

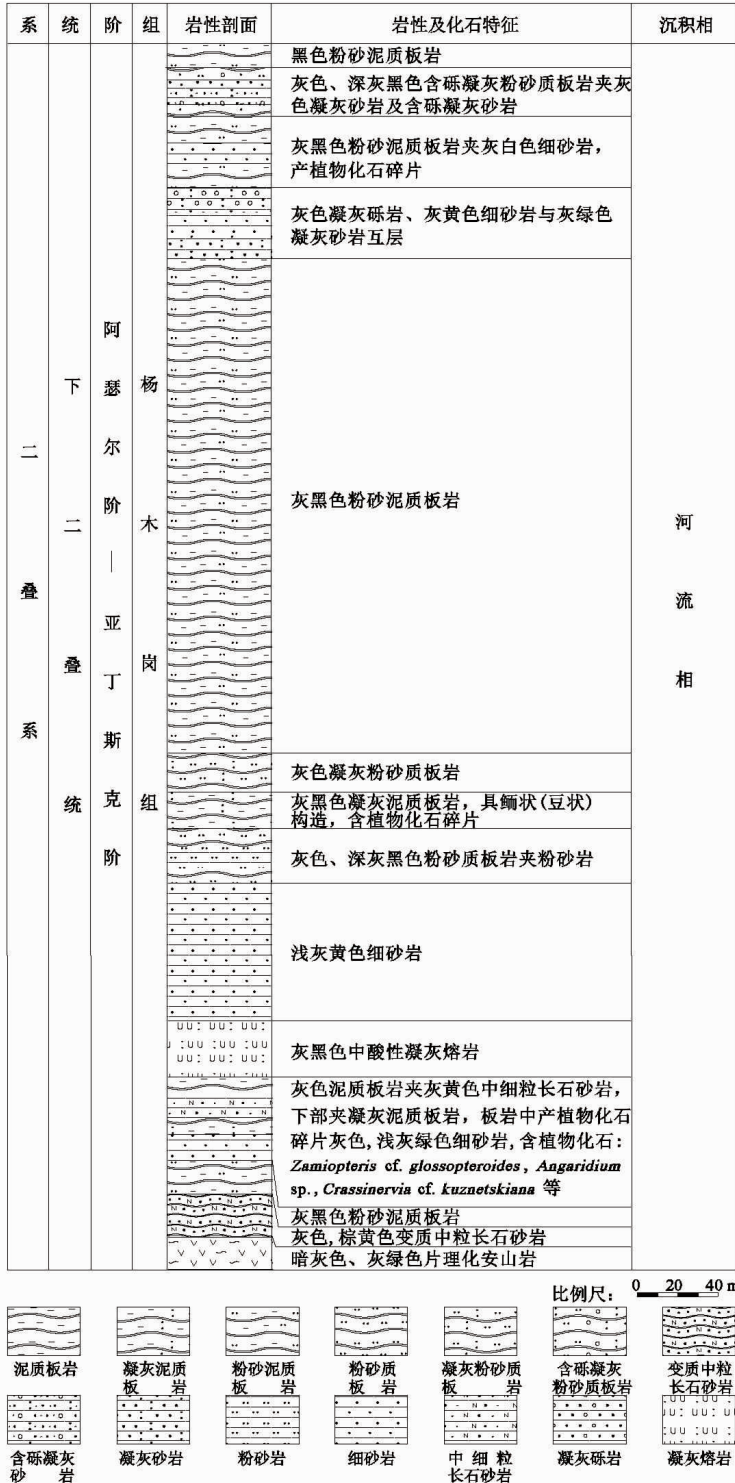


图 2 黑龙江省杨木岗组(阿瑟尔期-亚丁斯期)沉积相图(剖面号:3)

Fig. 2 Sedimentary facies of Asselian-Artinskian Yangmugang Fm. in Heilongjiang Province (Section No. 3)

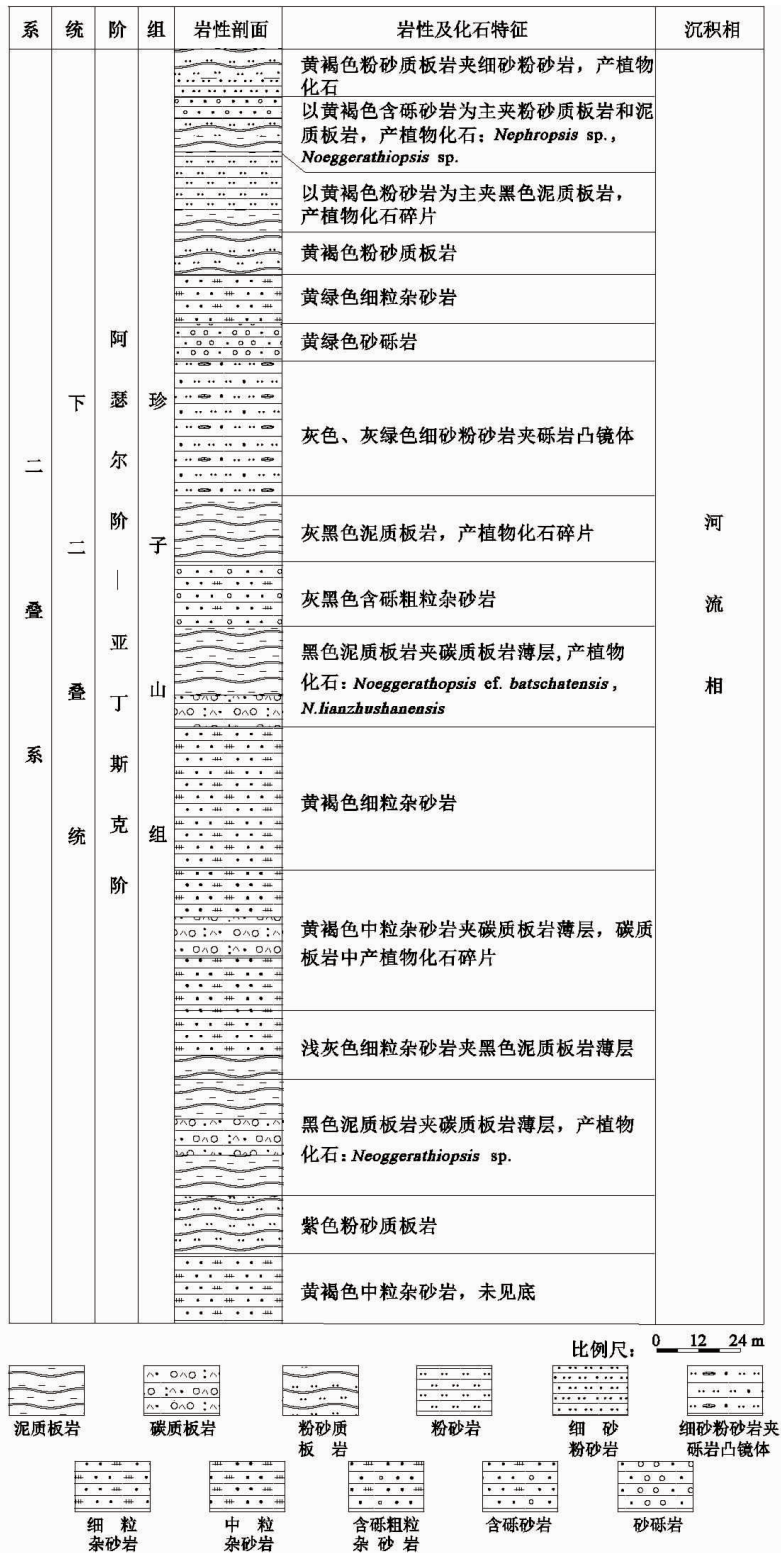


图 3 黑龙江省珍子山组(阿瑟尔期-亚丁斯期)沉积相图(剖面号:6)

Fig. 3 Sedimentary facies of Asselian-Artinskian Zhenzishan Fm, in Heilongjiang Province (Section No. 6)

1.1.3 延边地层区

东宁-汪清地层分区的杨木岗组主要发育河道亚相及泛滥平原亚相(图 2)。山秀岭组下部发育浅海陆

棚沉积体系,主要发育潮控浅海陆棚沉积相(图 4)。山秀岭组是以含瓣灰岩、生物碎屑灰岩、粒屑灰岩、结晶灰岩为主的一套地层,下部有凝灰岩,上部也夹有薄层火山碎屑岩,盛产瓣、腕足类及海百合茎。

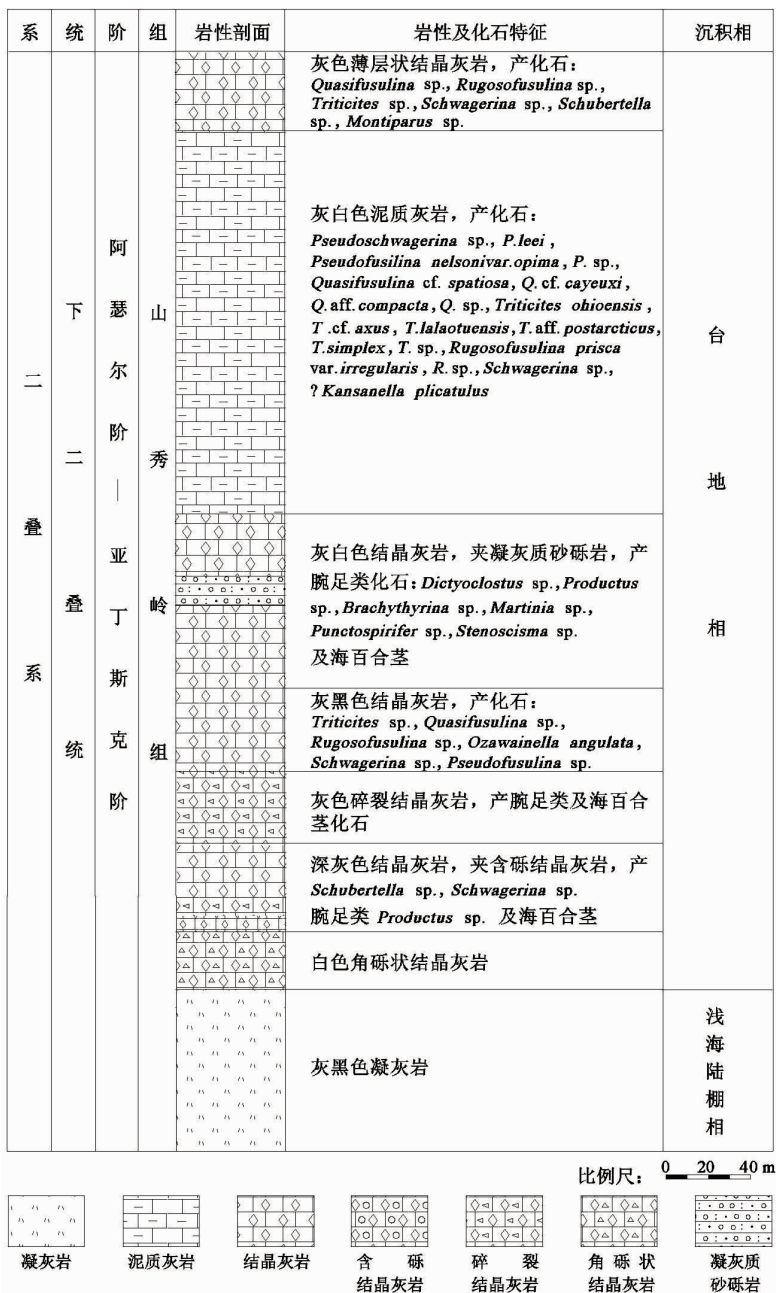


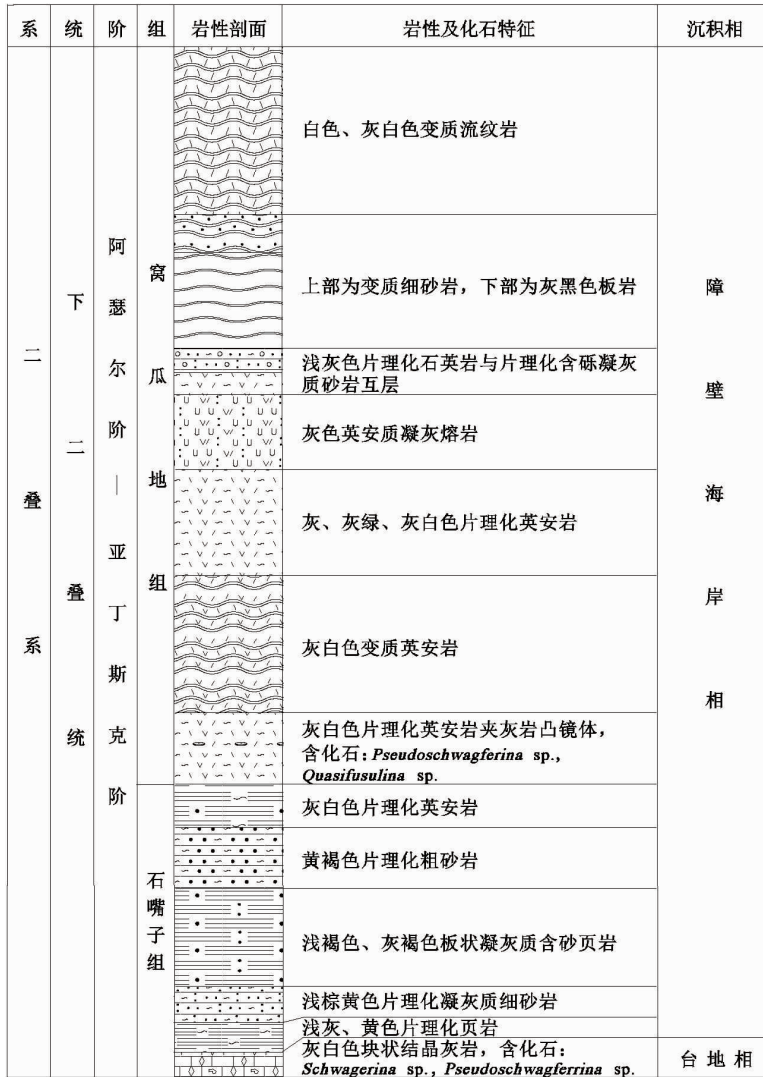
图 4 吉林省山秀岭组(阿瑟尔期-亚丁斯克期)沉积相图(剖面号:8)

Fig. 4 Sedimentary facies of Asselian-Artinskian Shanxiuling Fm. in Jilin Province (Section No. 8)

1.1.4 内蒙古草原地层区

锡林浩特-磐石地层分区的阿木山组主要发育开阔台地相及台缘斜坡相。石嘴子组(图 5)、窝瓜地组(图 5)及格根敖包组主要发育潟湖相及近滨相。阿木山组主要岩性为生物灰岩、白云质灰岩、角砾灰岩、砂质灰岩、结晶灰岩,局部夹硅质条带、钙质砂岩等。碎屑岩夹层的多少与所处的位置有关,纯碳酸盐岩地层厚近千米,随碎屑岩夹层的增多,厚度减小,与本巴图组碎屑岩呈指状交错或上下叠覆关系,含丰富的瓣和珊瑚

化石。石嘴子组是以碎屑岩为主夹有薄层灰岩的一套地层(下部细砂岩、砂质页岩互层沉积;中部页岩、灰岩互层沉积;上部页岩、砂岩互层沉积),岩性变化不大,为向上变粗的逆粒序,产瓣化石。窝瓜地组是以海相火山岩及凝灰岩为主的一套地层,上部流纹岩、凝灰岩夹薄层灰岩和砂岩,下部英安岩、英安质角砾岩夹凝灰岩、薄层灰岩,厚度、岩性横向上稳定分布,其中灰岩中产瓣化石。格根敖包组主要为安山质熔岩、凝灰质碎屑岩和英安质火山碎屑岩,局部夹生物灰岩透镜体,多层含腕足类化石,植物化石除单独出现外,时与腕足类同层发现。



比例尺: 0 40 80 m

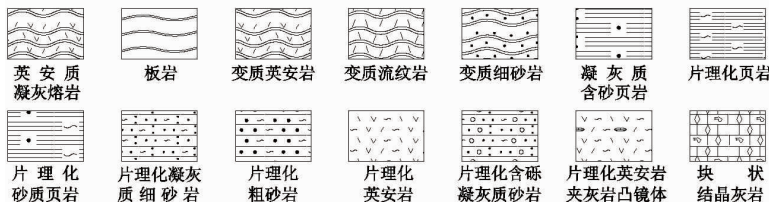


图5 吉林省窝瓜地组及石嘴子组(阿瑟尔期-亚丁斯克期)沉积相图(剖面号:12,13)

Fig. 5 Sedimentary facies of Asselian-Artinskian Woguadi and Shizuizi Fm. in Jilin Province (Section No. 12 and No. 13)

赤峰地层分区的石嘴子组主要发育开阔台地相(图 6),酒局子组主要发育河道亚相及泛滥平原亚相(图 6)。酒局子组主要岩性为砂页岩(板)岩,含煤,局部夹灰岩透镜体,为陆相或海陆交互相沉积,分布于赤峰地区,产植物和腕足化石。

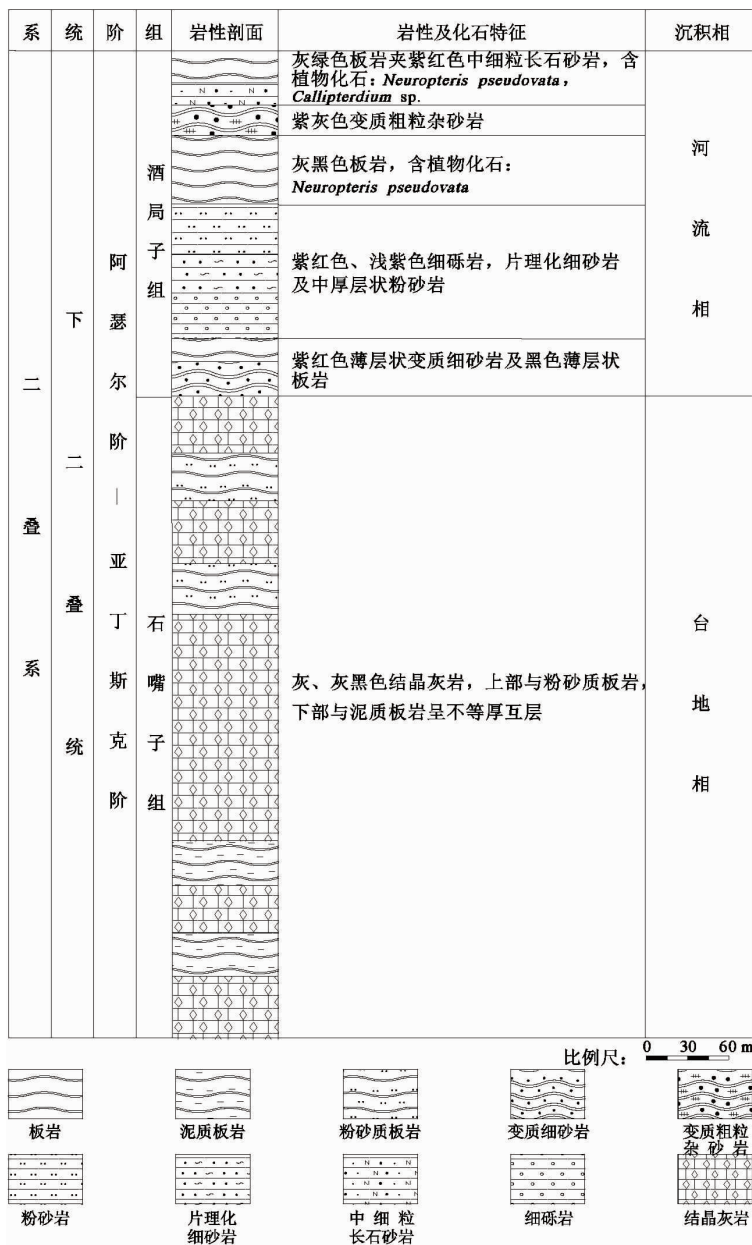


图 6 内蒙古酒局子组及石嘴子组(阿瑟尔期-亚丁斯克期)沉积相图(剖面号:14,15)

Fig. 6 Sedimentary facies of Asselian-Artinskian Jiujuzi and Shizuizi Fm. in Inner Mongolia (Section No. 14 and No. 15)

1.2 空谷期沉积相

1.2.1 兴安地层区

乌兰浩特-哈尔滨地层分区的大石寨组和杜尔伯特板岩组(图 7),为浅海陆棚相沉积,主要为潮控浅海陆棚相。

1.2.2 松花江地层区

伊春-尚志地层分区的青龙屯组,主要由安山岩、玄武安山岩及火山碎屑岩组成,为河流沉积体系,主要为河道亚相(图 8)。

密山-宝清地层分区的二龙山组为一套以杂色中性、中基性火山岩为主的陆相火山沉积建造。岩石组合

特点为凝灰岩与熔岩交替出现,根据该组出现的陆源碎屑岩沉积,推断其也为河道亚相。

1.2.3 延边地层区

东宁-汪清地层分区的双子桥组以正常沉积的泥质岩、粉砂岩及砂岩为主,夹有多层中性、中酸性火山岩,河流相沉积,主要为天然堤亚相(图9)。平阳镇组为一套富含碳质的浅海相泥质岩,局部夹灰岩凸镜体或凝灰岩及沉凝灰岩。发育台地沉积体系和障壁海岸沉积体系,主要沉积相为局限台地相和潟湖相(图9)。

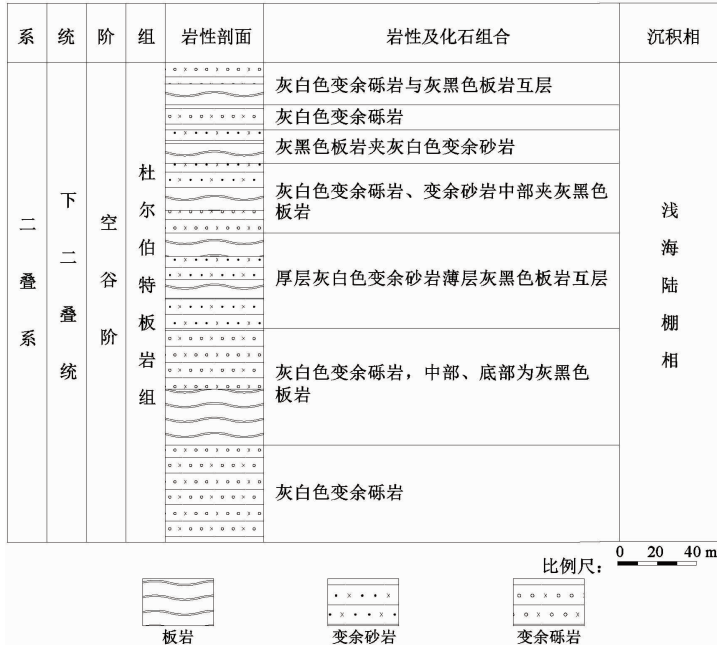


图7 黑龙江省杜尔伯特板岩组(空谷期)沉积相图(剖面号:2)

Fig. 7 Sedimentary facies of Kungurian Duerbotebanyan Fm. in Heilongjiang Province (Section No. 2)

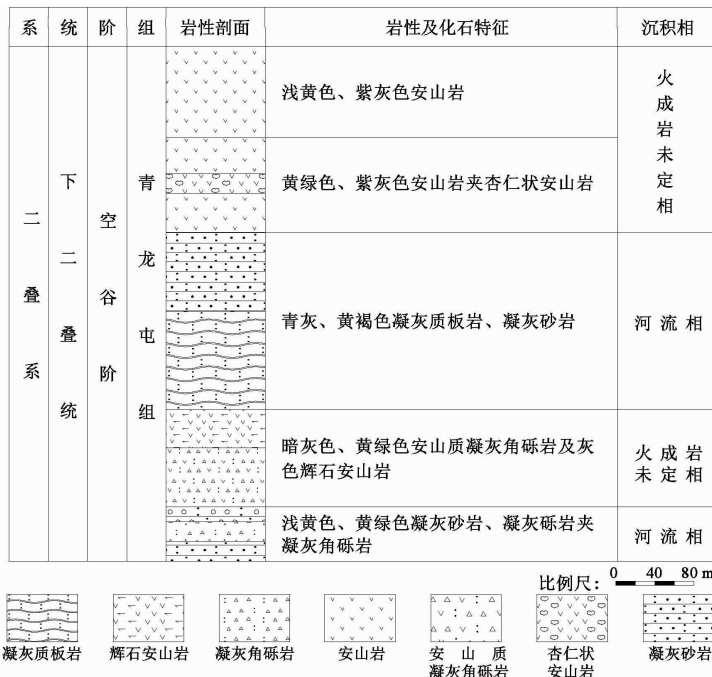


图8 黑龙江省青龙屯组(空谷期)沉积相图(剖面号:3)

Fig. 8 Sedimentary facies of Kungurian Qinglongtun Fm. in Heilongjiang Province (Section No. 3)

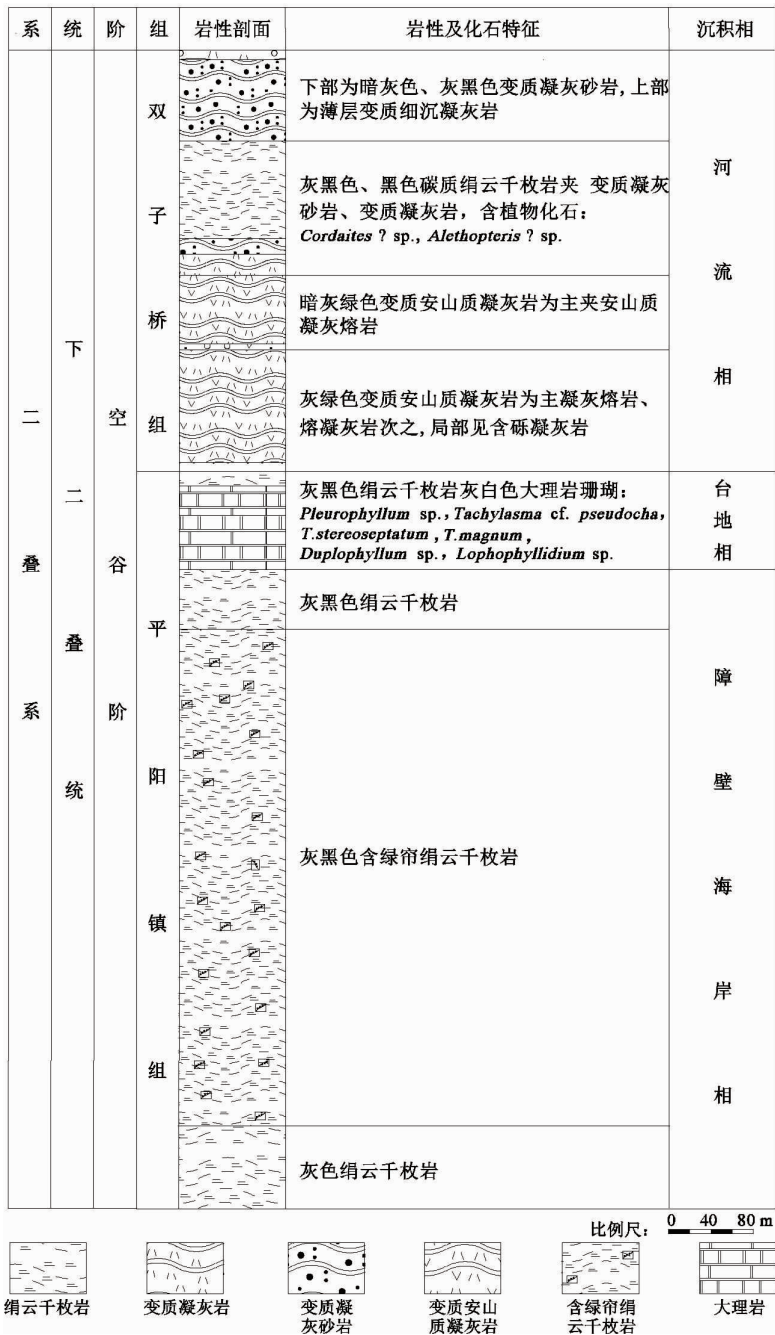


图 9 黑龙江省平阳镇组及双桥子组(空谷期)沉积相图(剖面号:5,6)

Fig. 9 Sedimentary facies of Kungurian Pingyangzhen and Shuangqiaozi Fm. in Heilongjiang Province (Section No. 5 and No. 6)

1.2.4 内蒙古草原地层区

赤峰地层分区的三面井组为一套浅海至滨海相碎屑岩组合,下部常含燧石石灰岩和生物碎屑灰岩。发育台地相和障壁海岸相,主要为局限台地相和潮坪相沉积(图 10)。额里图组为滨海相沉积,下部发育台地相(图 10)。

锡林浩特-哈尔滨地层分区的寿山沟组,其海陆交互相碎屑岩普遍发生浅变质,沉积构造以单向斜层理及波状层理较发育,发育台地相,主要是开阔台地相;顶部层位为无障壁海岸沉积体系,为近滨亚相(图 11)。大河深组为台地沉积体系和障壁海岸沉积体系,主要沉积相为局限台地相和潮坪相(图 11)。大石寨组的火

山岩系以中酸性熔岩和凝灰岩为主,碎屑岩夹层不稳定,喷发沉积环境为浅海、滨海,沉积相为潮控浅海陆棚相(图 12)。

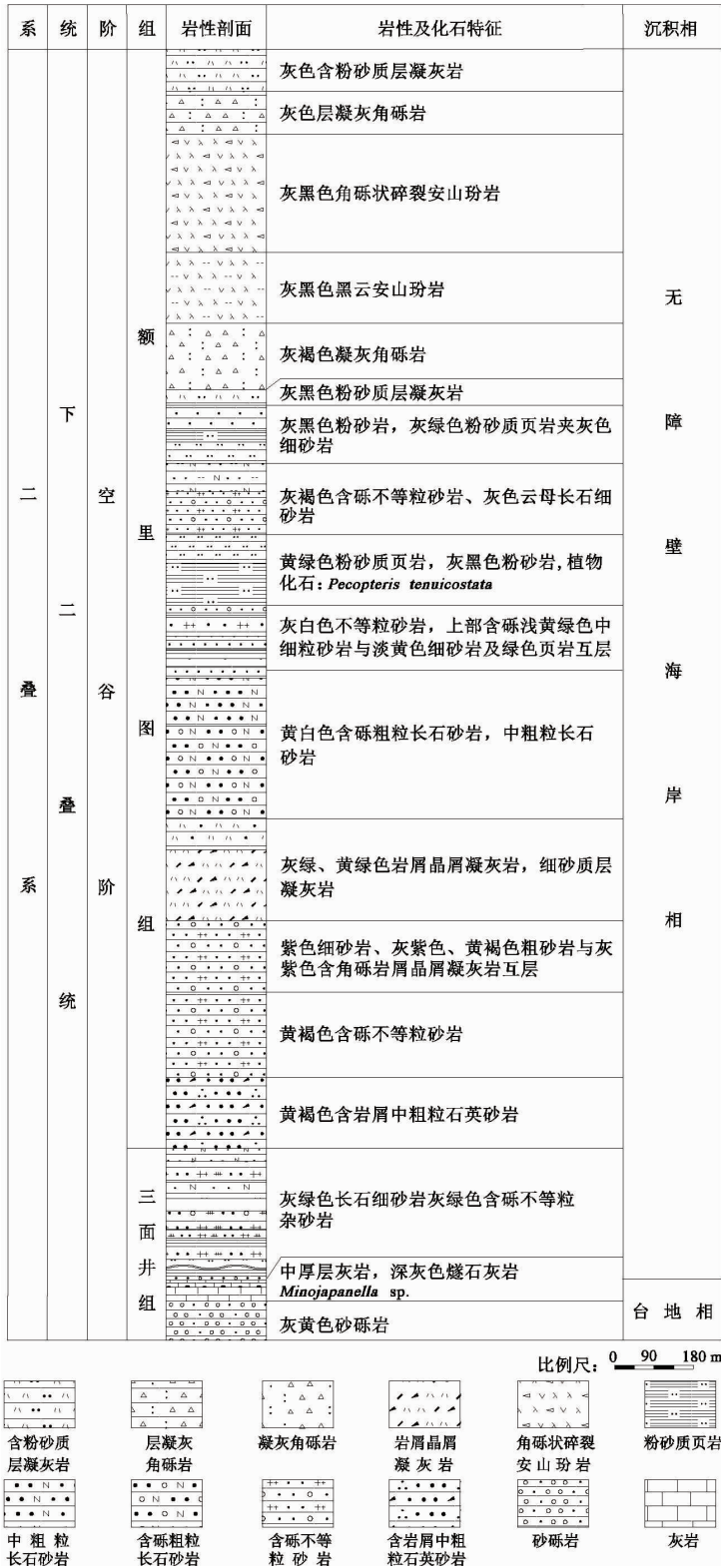


图 10 内蒙古三面井组及额里图(空谷期)沉积相图(剖面号:9,10)

Fig. 10 Sedimentary facies of Kungurian Sanmianjing and Elitu Fm. in Inner Mongolia (Section No. 9 and No. 10)

系	统	阶	组	岩性剖面	岩性及化石特征	沉积相					
二	叠	下	空	大		灰白、浅灰色灰岩, 夹灰黑色灰岩, 珊瑚: <i>Lytolasma</i> sp., <i>Tachylasma</i> sp., <i>Lophophylidium</i> sp., <i>Verbeekina</i> sp.	台地相				
						灰绿色、黄褐色、浅紫红色钙质砂岩	障壁海岸相				
						灰白、灰色凝灰质砂岩与灰黑色板岩互层, 夹凝灰岩, 植物: <i>Cardionura</i> sp. <i>Noeggerathiopsis</i> sp.					
						深灰色含大量砂砾灰岩, 底部为灰绿色钙质砂岩, 含 <i>Monodioxodina</i> sp. 苔藓虫: <i>Waagenopyllum</i> sp.	台地相				
						灰色凝灰质砂岩, 含植物化石: <i>Noeggerathiopsis</i> sp.	障壁海岸相				
						灰色、黄褐色流纹质含砾凝灰岩, 底部为含砾层凝灰岩					
						灰白色流纹岩, 夹流纹质凝灰岩	火成岩				
						深灰色、灰绿色安山质凝灰岩, 夹安山岩					
						浅黄褐色流纹质凝灰岩, 夹流纹岩、凝灰岩					
						银灰色千枚状粉砂岩					
					系	统	阶	组		浅紫灰色结晶质灰岩, 局部含燧石结核	无障壁海岸相
										灰色厚层状结晶灰岩, 含 <i>Schwagerina</i> sp.	
			寿山沟组		银灰色千枚状粉砂岩	台地相					

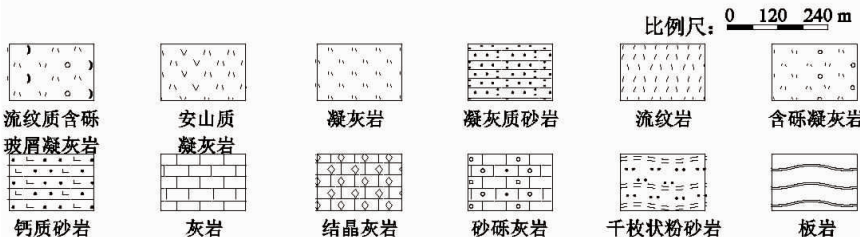


图 11 吉林省寿山沟组及大河深组(空谷期)沉积相图(剖面号:12,13)

Fig. 11 Sedimentary facies of Kungurian Shoushangou and Daheshen Fm. in Jilin Province (Section No. 12 and No. 13)

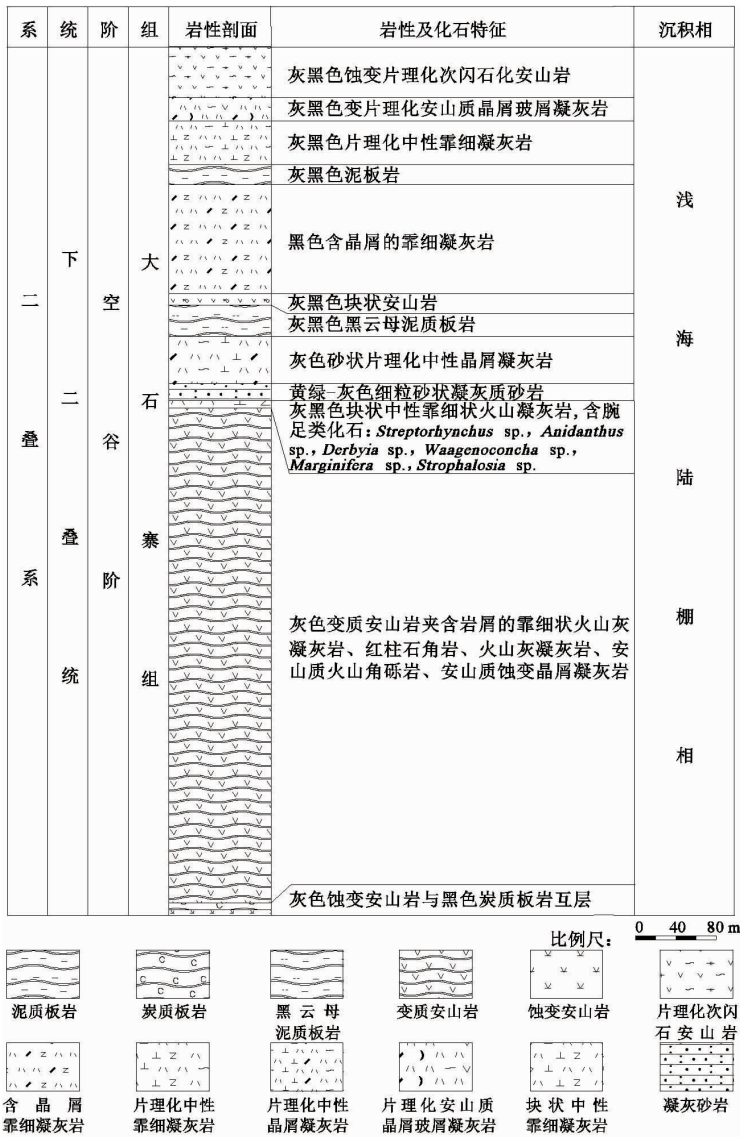


图 12 内蒙古大石寨组(空谷期)沉积相图(剖面号:7)

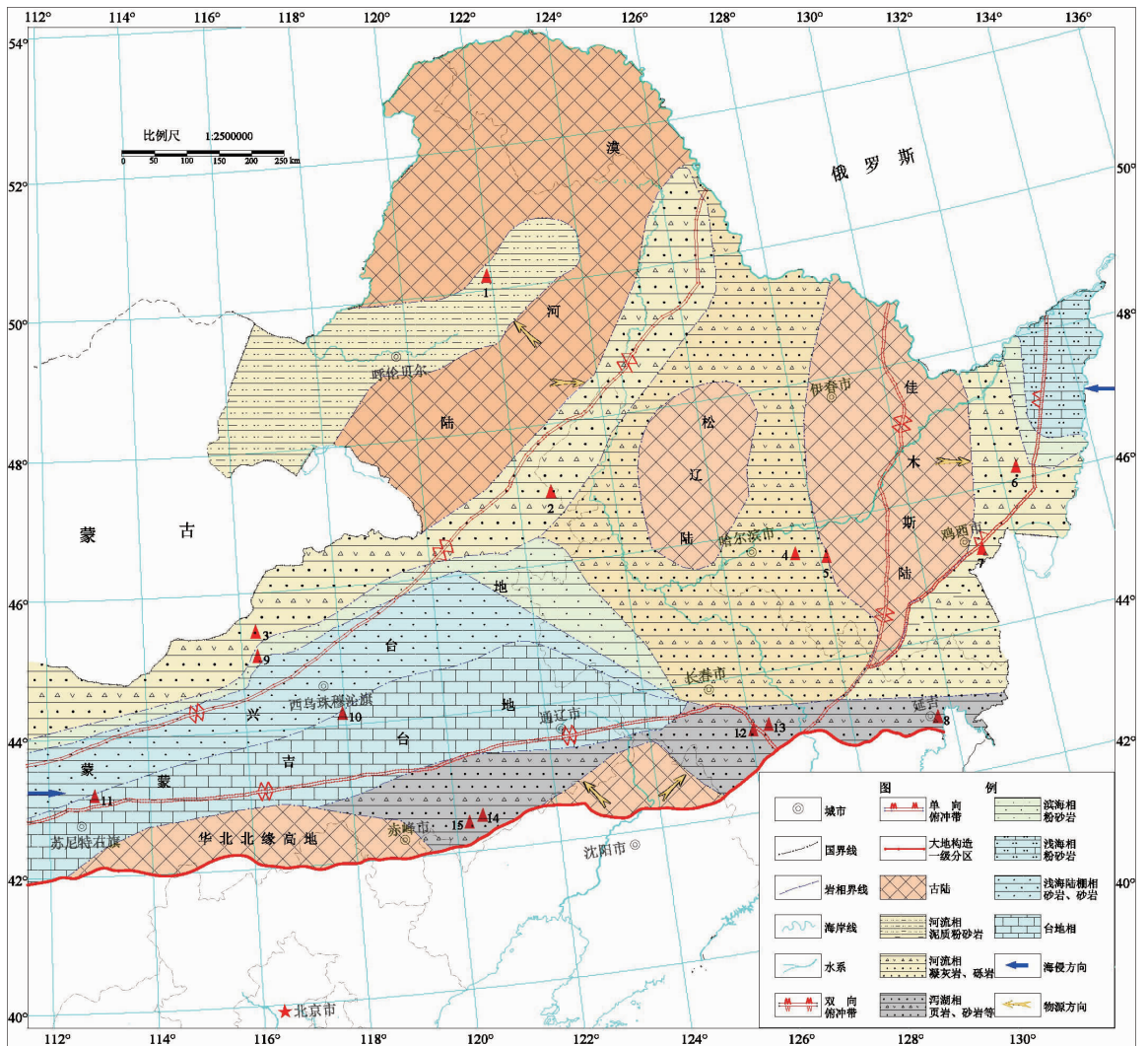
Fig. 12 Sedimentary facies of Kungurian Dashizhai Fm. in Inner Mongolia (Section No. 7)

2 岩相古地理特征

二叠纪古亚洲洋盆处于闭合阶段,并具有西早东晚的特征^[10]。东北地区早二叠世广泛发育海相沉积。该时期,许多地质剖面中发现丰富的保存良好的植物化石,这证实了东北地区大部分区域是海相夹陆相或海陆交互相沉积,海岸线变动较频繁^[3]。该区普遍发育滨浅海-海陆交互相沉积。

2.1 阿瑟尔期-亚丁斯克期岩相古地理特征

阿瑟尔期-亚丁斯克期,研究区呈主体浅海、海陆交互及河流沉积区,周边古陆的格局(图 13)。该时期南部的广大海域为苏尼特左旗-敖汉旗-磐石浅海区,自西方进行海侵,物源来自周边古陆。其中,乌兰浩特-白城以北为滨海相砂岩等正常碎屑岩类沉积区;乌兰浩特-白城以南至锡林浩特-科尔沁右翼中旗-科尔沁左翼中旗一带为浅海陆棚相砂岩广泛沉积区;锡林浩特-科尔沁右翼中旗-科尔沁左翼中旗一带为台地相灰岩沉积区;翁牛特旗-四平一带为瀉湖相泥页岩、钙质粉砂岩、砂岩沉积区,此沉积区一直向东延伸至吉林延吉一带。苏尼特左旗-敖汉旗-磐石浅海区的南部为古陆剥蚀区,因此,可提供丰富的碎屑物质。由浅海区向



1. 内蒙古额尔古纳右 16 旗伊力根牧场新伊根组剖面; 2. 内蒙古扎赉特旗幅宝力高庙组剖面; 3. 内蒙古阿巴嘎旗乌兰敖包宝力高庙组剖面; 4. 黑龙江省尚志市杨木岗组剖面; 5. 黑龙江省木兰县幅杨木岗组剖面; 6. 黑龙江省宝清珍子山组剖面; 7. 黑龙江鸡东县西大翁杨木岗组剖面; 8. 吉林市龙井市开山屯镇山秀岭组剖面; 9. 内蒙古东乌珠穆沁旗盐池北格根敖包剖面; 10. 内蒙古西乌珠穆沁旗米韩高巧高鲁阿木山组剖面; 11. 内蒙古苏尼特右旗幅阿木山组剖面; 12. 吉林省磐石县官马乡窝瓜地组剖面; 13. 吉林省磐石县石嘴子组剖面; 14. 内蒙古酒局子南山家道沟酒局子组剖面; 15. 内蒙古酒局子南山家道沟石嘴子组剖面

图 13 东北地区阿瑟尔期-亚丁斯克期岩相古地理图

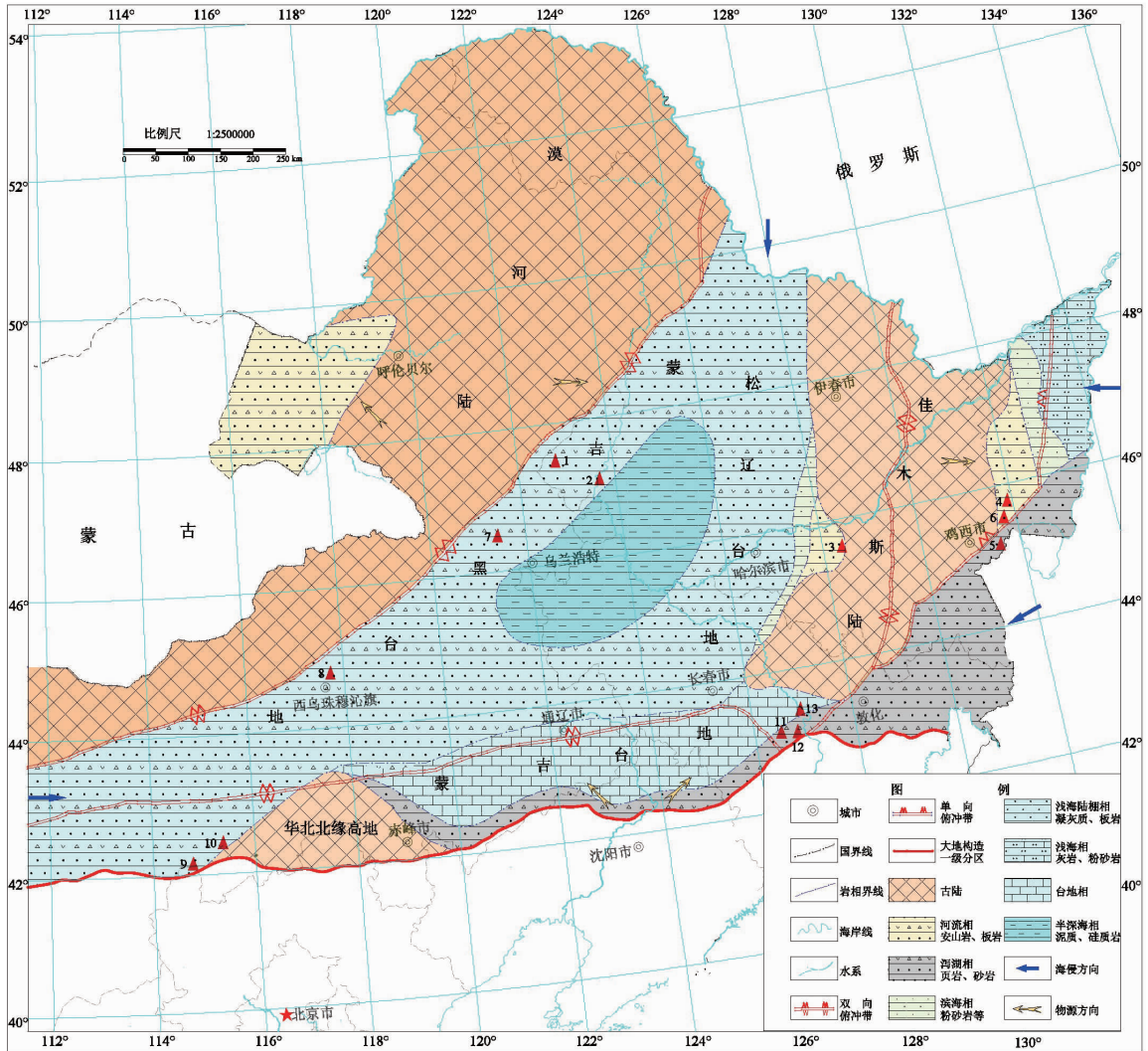
Fig. 13 Lithofacies palaeogeography of Asselian-Artinskian in Northeast China

北过渡为广大的陆相河流沉积区,乌珠穆沁旗-扎赉特旗一线,西北侧为细条带状河流相砾岩-砂岩-泥质粉砂岩等正常沉积碎屑岩类及凝灰岩等火山碎屑岩沉积区,物源来自其西北侧的漠河古陆剥蚀区。继续向东过渡为河流相砂岩、泥岩、砂页岩等碎屑岩类沉积区,物源来自其东侧的松辽古陆,与东宁、密山、宝清一带的河流相泥岩、泥质粉砂岩、砂岩等沉积区相通,形成了河流相碎屑岩沉积环绕佳木斯古陆的格局。继续向东过渡为饶河滨浅海区,其海侵方向来自东方。除上述各相沉积区之外,研究区西北方向还发育河流相砂岩、泥质粉砂岩沉积区,大致为鄂伦春自治旗-陈巴尔虎旗一带,物源来自漠河古陆。

2.2 空谷期岩相古地理特征

空谷期,研究区呈主体为浅海-半深海沉积,周边古陆的格局(图 14)。空谷期较阿瑟尔期-亚丁斯克期的海侵面积不断扩大,形成南北相通,东西相连的特征。该时期的广大海域称为内蒙古-吉林-黑龙江广海,海侵来自北、西、东三个方向,物源来自东、西、南三方古陆。苏尼特左旗-哈尔滨一带为浅海陆棚相砂岩、泥岩正常碎屑岩沉积及凝灰岩等火山碎屑岩沉积区,其中,大庆-白城一带为泥岩沉积区,由于钻井资料所限,推

测为半深海相沉积。该区向东过渡为滨海相砂岩沉积区,延寿一带发育河流相凝灰砂岩,局部为火山岩沉积区。林西-磐石一线与敖汉旗-库伦旗-铁岭一线为台地相灰岩沉积区,向南、向东分别过渡为狭长细条带状潟湖相粉砂岩、钙质砂岩、页岩沉积区,一直向东、东北方向延伸至饶河南部区域。密山-宝清一带发育河流相粉砂质泥岩、凝灰砂岩、凝灰岩、凝灰角砾岩等正常碎屑岩及火山碎屑岩沉积,局部为厚度较大的安山岩、玄武安山岩等火山岩沉积,物源来自其西侧的佳木斯古陆及火山喷发。继续向东过渡为饶河滨浅海区,海侵方向来自东方。本区古陆主要为三大块:西北部的额尔古纳-东乌珠穆沁旗古陆,面积最大,为东部海域的主要物源区;东侧的佳木斯古陆,为其西、东、南三方沉积区提供物源;西南侧多伦-赤峰古陆,为其周边的沉积区提供丰富的碎屑物质。



1. 黑龙江省龙江县济沁河乡石灰窑大石寨组剖面; 2. 黑龙江省大庆市杜尔伯特蒙古族自治县杜尔伯特板岩组剖面; 3. 黑龙江省延寿县玉河乡青龙屯南山青龙屯组剖面; 4. 黑龙江省密山市二龙山林场二龙山组剖面; 5. 黑龙江省鸡东县石灰窑平阳镇组剖面; 6. 黑龙江省鸡东县石灰窑双桥子组剖面; 7. 内蒙古科尔沁右翼前旗大石寨金家店南山大石寨组剖面; 8. 内蒙古西乌珠穆沁旗幅大石寨组剖面; 9. 内蒙古河北省康保县三面井村东南三面井组剖面; 10. 内蒙古正蓝旗额里图牧场额里图组剖面; 11. 吉林省磐石县寿山沟组剖面; 12. 吉林省桦甸县榆木桥乡寿山沟石灰窑寿山沟组剖面; 13. 吉林省桦甸县常山乡大河深烟筒砬子剖面和营林村西山大河深组剖面

图 14 东北地区空谷期岩相古地理图

Fig. 14 Lithofacies palaeogeography of Kungurian in Northeast China

3 结论

1)早二叠世东北地区广泛发育海相沉积,空谷期较阿瑟尔期-亚丁斯克期的海侵面积不断扩大,主要发育半深海沉积体系、浅海陆棚沉积体系、碳酸盐台地沉积体系、无障壁海岸沉积体系、障壁海岸沉积体系及河流沉积体系。

2)阿瑟尔期-亚丁斯克期的古陆包括漠河古陆、松辽古陆、佳木斯古陆及华北北缘高地,研究区呈主体为浅海、海陆交互及河流沉积区,周边古陆的格局;空谷期古陆为漠河古陆、佳木斯古陆及华北北缘高地,研究区呈主体为浅海-半深海沉积,周边古陆的格局。

3)早二叠世东北地区的岩相带在南部地区的蒙吉台地相呈EW向展布,此带以北的大部分地区岩相多呈NS向展布。

参考文献:

- [1]刘鸿允. 中国古地图研制发展的脉络与前景[J]. 第四纪研究, 1996(3):246-252.
Liu Hongyun. The course and prospect of the studys on the paleogeographic map of China[J]. Quaternary Sciences, 1996 (3):246-252.
- [2]李莉,谷峰. 内蒙-吉林亚区早二叠世早期的沉积特征及古地理轮廓[J]. 中国地质科学院院报, 1984(8):107-121.
Li Li, Gu Feng. The sedimentary characteristics and palaeogeography profile of Inner Mongolia-Jinlin in the early of Early Permian[J]. Chinese Academy of Geological Sciences, 1984(8):107-121.
- [3]黄本宏. 东北北部石炭二叠纪陆相地层及古地理概况[J]. 地质论评, 1982(28):395-401.
Huang Benhong. Permo-Carboniferous terrestrial deposits and paleogeographic features in the northern part of Northeast China[J]. Geological Review, 1982(28):395-401.
- [4]郭胜哲. 中国东北及内蒙古地槽区二叠纪岩相古地理[J]. 中国地质科学院沈阳地质矿产研究所刊, 1995(4):19-32.
Guo Shengzhe. The lithofacies palaeogeography of Northeast China and Inner Mongolia geosynclinal zone in Permian[J]. Chinese Academy of Geological Sciences, Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources Bulletin, 1995(4):19-32.
- [5]郭胜哲, 苏养正, 池永一, 等. 吉林、黑龙江东部地槽区古生代生物地层及岩相古地理[M]. 北京:地质出版社, 1992:71-146.
- [6]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.
Yu Hezhong. Sedimentary facies and palaeogeography of the Songliao Basin and its peripheral areas during Carboniferous-Permian time[J]. Sedimentary Geology and Tethyan Geology, 2001, 21(4):70-83.
- [7]杨宝忠, 夏文臣, 杨坤光. 吉林中部地区二叠纪岩相古地理及沉积构造背景[J]. 现代地质, 2006, 20(1):61-68.
Yang Baozhong, Xia Wenchen, Yang Kunguang. The lithofacies paleogeography and tectonic setting of the central of Jilin in Permian[J]. Geoscience, 2006, 20(1):61-68.
- [8]刘宝珺, 许效松. 中国南方岩相古地理图集[M]. 北京:科学出版社, 1994:1-18.
- [9]李守军, 赵秀丽, 贺森, 等. 东北地区晚古生代地层划分与对比[J]. 山东科技大学学报:自然科学版, 2014, 33(3):1-10.
Li Shoujun, Zhao Xiuli, He Miao, et al. The division and correlation of the Late Paleozoic strata in Northeast China[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science, 2014, 33(3):1-10.
- [10]李守军, 赵秀丽, 贺森, 等. 东北地区晚古生代构造背景与格局[J]. 山东科技大学学报:自然科学版, 2014, 33(4):1-5.
Li Shoujun, Zhao Xiuli, He Miao, et al. The structural background and pattern of the Late Paleozoic in Northeast China[J]. Journal of Shandong University of Science and Technology: Natural Science, 2014, 33(4):1-5.

(责任编辑:高丽华)