

辽宁大连地区震旦系甘井子组层序地层研究

吴子杰^{1,2}, 张国仁², 邱隆伟¹, 高福亮², 仲米山², 潘玉啟², 高永钊²

1. 中国石油大学(华东)地球科学与技术学院, 山东 青岛 266580;

2. 辽宁省地质勘查院有限责任公司, 辽宁 大连 116100

摘 要: 大连地区甘井子组是辽宁重要的新元古界层位, 发育大量的碳酸盐岩。运用经典层序地层学理论, 通过对野外实测剖面的综合分析, 对大连地区新元古界震旦系甘井子组进行层序地层学研究, 共识别出 5 个层序界面, 划分了 4 个三级层序, 15 个准层序组和 55 个准层序。甘井子组碳酸盐岩沉积可划分为局限台地亚相和开阔台地亚相, 进一步划分为潟湖、潮坪、潮下低能和浅滩微相。运用区域大地构造和天文旋回方法对甘井子组环境演化进行探讨, 认为其经历了局限台地→开阔台地→局限台地的演化过程。受扬子旋回末期低幅度的构造升降作用影响, 大连地区南关岭期末期—甘井子期出现了 5 次短暂暴露, 形成了 5 个层序界面。同时受周期性天文旋回的影响形成了准层序、层对等高频旋回。通过对大连地区甘井子组进行层序地层和沉积演化研究, 为探索辽东南地区的油气资源提供依据。

关键词: 震旦系; 甘井子组; 层序地层; 大连; 辽宁省

开放科学标志码(OSID):



DOI: 10.13686/j.cnki.dzyz.2020.04.001

STUDY ON THE SEQUENCE STRATIGRAPHY OF SINIAN GANJINGZI FORMATION IN DALIAN REGION, LIAONING PROVINCE

WU Zi-jie^{1,2}, ZHANG Guo-ren², QIU Long-wei¹, GAO Fu-liang², ZHONG Mi-shan², PAN Yu-qi², GAO Yong-zhao²

1. School of Geosciences, China University of Petroleum (East China), Qingdao 266580, Shandong Province, China;

2. Liaoning Institute of Geological Exploration Co., Ltd., Dalian 116100, Liaoning Province, China

Abstract: The Ganjingzi Formation of Dalian region is an important Neoproterozoic stratigraphic horizon in Liaoning Province where lots of carbonate rocks are developed. Based on the classical sequence stratigraphy theory, through the comprehensive analysis of field survey sections, the sequence stratigraphy of Sinian Ganjingzi Formation in Dalian is studied, and 5 sequence boundaries are identified, which are further divided into 4 third-order sequences, 15 parasequence formations and 55 parasequences. The sedimentary facies of carbonate rocks can be divided into restricted platform and open platform subfacies, and subdivided into lagoon, tidal flat, low-energy subtidal and shoal microfacies. The regional tectonics and astronomical cycles are used to discuss the environmental evolution of Ganjingzi Formation. It is believed that process went through restricted platform→open platform→restricted platform. Under the influence of low-amplitude tectonic uplift and subsidence at the end of Yangtze cycle, 5 short times of exposures took place during

收稿日期: 2020-02-27; 修回日期: 2020-04-16. 编辑: 黄欣、张哲.

基金项目: 辽宁省地质勘探矿业集团科研项目“辽宁中、新元古代—古生代层序地层划分对比研究”(编号 2017-03).

作者简介: 吴子杰(1987—), 男, 博士研究生, 工程师, 从事古生物资源调查、区域地质调查研究, 通信地址 辽宁省大连市金州区五一路 10 号, E-mail//midnight29@163.com

通讯作者: 邱隆伟(1967—), 男, 博士, 教授, 博士生导师, 研究方向为矿物岩石学、沉积学及储层地质学, 通信地址 山东省青岛市黄岛区长江西路 66 号, E-mail//qiuwlsd@163.com

the late Nanguanling period-Ganjingzi period in Dalian area, which formed 5 sequence boundaries. Meanwhile, effected by periodic astronomical cycles, the high-frequency cycles of parasequences are formed. The study on the sequence stratigraphy and sedimentary evolution of Ganjingzi Formation in Dalian region provides a basis for the oil-gas exploration in southeastern Liaoning Province.

Key words: Sinian; Ganjingzi Formation; sequence stratigraphy; Dalian; Liaoning Province

0 引言

20世纪50年代以来,海相碳酸盐岩一直是非常重要的油气勘探领域,随着全球油气勘探难度的增大,勘探对象日益复杂,但在今后相当长的时期内,海相碳酸盐岩仍将占据统治地位.新元古界—寒武系是重要的海相碳酸盐岩层位,四川盆地震旦系—寒武系安岳特大型气田的发现,证明了中国元古宇—寒武系找油气前景广阔.层序地层学是地质学领域内的一次理论性的变革,同时也是油气资源勘探领域最重要的理论方法.

大连地区地处辽东半岛南部,辽宁省的最南端.研究区内新元古代和古生代地层发育,其中新元古代震旦纪地层发育完整、出露连续,是多个组级岩石地层单位的层型剖面所在地.甘井子组由松下进1931年创名,原称甘井子阶,创名地点位于辽宁省大连市南关岭以北一带.分布于大连南关岭、大连湾,旅顺长岭子,金州曲家村、三十里台,瓦房店泡崖、谢屯、李家屯等地^[1].甘井子组是指整合于南关岭组之上、营城子组之下的一套局限台地相碳酸盐岩建造,以厚层白云岩为其主要特点.上世纪80年代,曾有学者对辽东半岛南部的震旦系地层划分与厘定^[2-3]、晚前寒武纪的古地磁学^[4]、晚前寒武纪叠层石^[5]、微体藻类化石群^[6]等开展研究工作;90年代学者们进一步对大连地区的地层进行了研究探讨^[7];进入21世纪,学者们开始对大连地区新元古代的地震灾变事件^[8]、白齿构造^[9]进行研究.以往的研究工作更多地注重以整个新元古界为研究对象,或者研究内容集中在古生物、岩石地层划分以及事件地层等方面,在层序地层方面研究成果较少.张国仁等对大连金州地区震旦纪—早寒武世地层格架做了初步的研究工作,将金州地区的青白口系和尚山组及震旦系长岭子组、南关岭组、甘井子组划分为一个三级层序,并认为甘井子组为高位体系域的上

部^[10].孟祥化等从微亮晶(白齿构造)碳酸盐事件方面对中朝板块新元古代地层做了层序地层概略性讨论,将甘井子组划分了3个三级层序,并与吉林浑江、河南鲁山、鲁中、淮南等地区进行对比^[9].王德海较为系统地对比了吉辽徐淮地区的新元古代地层做了研究工作,针对辽南地区甘井子组其同样划分了3个三级层序,并对其体系域做了简要论述^[11].

由于不同时期研究目的不同,又受工作精度、工作手段以及资料的限制,大连地区新元古界层序地层划分的级别、数量及其内部组成上仍有较多争议,且前人并未对层序内部的准层序模式以及准层序组结构特征等进行研究.因此大连地区的震旦系仍有需要进一步研究讨论的问题,特别是运用层序地层学理论对震旦系形成、演化等进行讨论.本文依托层序地层专项研究项目^①,利用最新野外数据和层序地层学近年来的新认识、新方法、新理论,对甘井子组进行层序地层研究,并对其沉积相以及沉积环境演化进行探讨,以期对辽东南新元古界油气资源的探索提供依据.

1 地质概况

研究区在大地构造上隶属于柴达木—华北板块(Ⅲ)华北陆块(Ⅲ₅)辽东新元古代—古生代拗陷带(Ⅲ₅⁷)大连新元古代—古生代拗陷(Ⅲ₅⁷⁻⁶)(图1a)^[12].研究表明吕梁运动出现的第一夷平面标志着华北板块的刚性基底(太古宙—古元古代变质结晶基底)基本形成,而后伴随着华北板块西、北部出现多个裂陷,华北板块东部持续隆起,再经芹峪运动华北板块运动发生转换,东部地区开始裂陷^[13],大连新元古代—古生代拗陷也因此形成.区内侵入岩集中分布于金州、普兰店、松树、万家岭以东,杏树屯、城子坦、庄河以北地区.岩浆侵入活动具多旋回多阶段特点,岩石类型以二长花岗岩、花岗闪长岩为主,闪长岩类为辅,基性—超基

① 吴子杰,等.辽宁中、新元古代—古生代层序地层划分对比研究.辽宁省地质勘查院有限责任公司,2019.

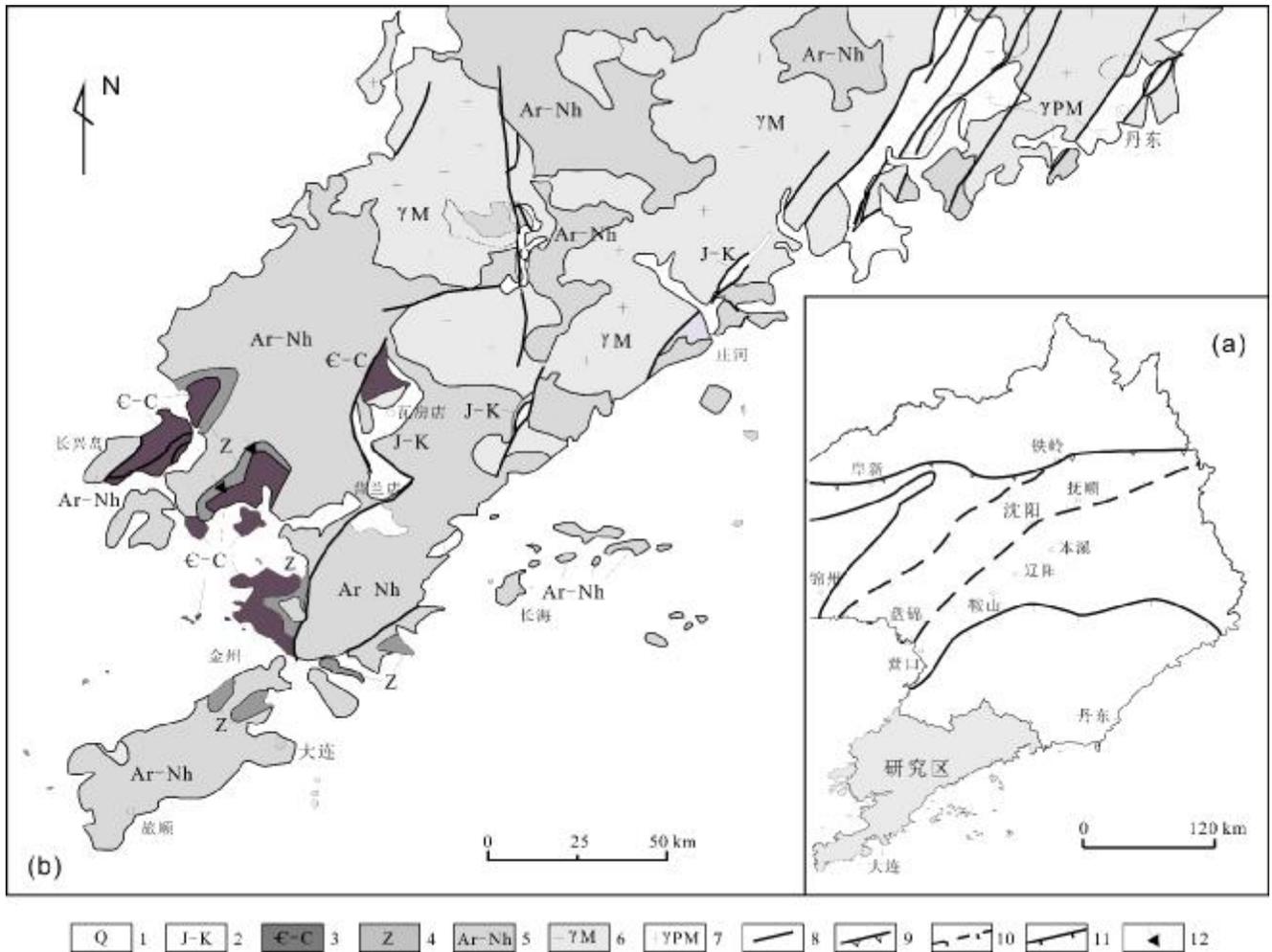


图 1 大连及周边地区大地构造位置及地质简图

Fig. 1 Geotectonic location and geological sketch maps of Dalian and surrounding areas

1—第四系(Quaternary); 2—中生界(Mesozoic); 3—古生界(Paleozoic); 4—震旦系(Sinian); 5—前震旦系(pre-Sinian); 6—中生代岩体(Mesozoic rock mass); 7—前中生代岩体(pre-Mesozoic rock mass); 8—断层(fault); 9—二级构造单元界限(boundary of second-order tectonic unit); 10—三级构造单元界限(boundary of third-order tectonic unit); 11—四级构造单元界限(boundary of fourth-order tectonic unit); 12—剖面(section)

性岩类少量分布,其侵入时代为新太古代、古元古代、中元古代、古生代、三叠纪、侏罗纪和白垩纪,其中以三叠纪、侏罗纪岩浆侵入活动最强烈,所形成的杂岩体分布广、面积大,呈大型复式岩基产出(图 1b)。

区内沉积地层发育,地层区划属华北地层区辽东地层分区。出露地层有太古宇变质表壳岩组合,古元古界辽河群,中元古界榆树砬子组,新元古界青白口系、南华系、震旦系,古生界寒武系、奥陶系、石炭系、二叠系,中生界侏罗系、白垩系及新生界第四系(图 1b)。甘井子组是震旦系的组级岩石地层单位,与下伏的南关岭组统称为五行山群。其底部以浅灰色叠层石白云岩为标志与下伏南关岭组分界,顶部以白云岩消

失出现砂屑灰岩为标志被寒武系碱厂组超覆。甘井子组分为 3 个岩性段:一段为浅灰色薄层粉晶白云岩、中厚层叠层石白云岩、浅灰色砂屑砾屑白云岩,局部见有燧石结核及条带;二段以出现凝块石白云岩为分界标志而不同于一段,其主要由深灰色中厚层细晶砂状凝块石白云岩、灰色中厚层纹层状粉晶白云岩、灰色薄层燧石条带砂屑灰质白云岩偶夹中厚层中粗粒石英砂岩组成;当白云岩颜色变为浅灰色且出现叠层石则为三段,三段岩性为浅灰色中厚层叠层石白云岩、粉灰色薄—中层含砾屑细晶白云岩等。本组岩性以白云岩为主,各地变化不大,形成环境为较局限的潟湖环境。在大连复州一带中部有时夹中厚层石英砂

岩,沿走向尖灭,大连市区-旅顺一带没有见及.本组厚度由北向南逐渐加大,复州袁家沟厚 347.8 m,旅顺信台子厚达 613.8 m.

2 层序划分及特征

层序内部可进一步划分体系域、准层序组及准层序.因盆地中不整合面所限定的沉积旋回在规模上存在很大的差异,故层序等级被学者提了出来.本文在 Catuneanu 等^[14]提出的标准化建议基础上,改进了 Vail 等^[15]的划分思想,将层序划分出 5 个级别,即巨层序(一级)、超层序(二级)、层序(三级)、准层序组(四级)、准层序(五级),其中四级和五级为高频旋回层序.在三级层序内部进行划分时,要对其进行以海泛面为界的体系域(system tract,缩写 ST)、准层序组(para-sequence set,缩写 PSS)、准层序(para-sequence,缩写 PS)的划分.根据最大海泛面和初始海泛面将层序划分出低位体系域、海侵体系域、高位体系域.最大海泛面(maximum flooding surface,缩写 mfs)是层序中最大海侵达到的位置时所形成的界面,以从退积式准层序组合转换为加积式或进积式准层序组合为特征,它是海侵体系域的顶界面,上覆的高水位体系域的前积层前端下超于最大海泛面之上.而体系域是由次一级别的水退或者水进控制的旋回,一个体系域可以由 1 个或者多个准层序组组成,不同的体系域中准层序组的叠置样式也各不相同,有加积型、进积型和退积型.一个准层序组一般包含若干个准层序,其代表一次单一的水退到水进的沉积过程.六级或者更小的旋回一般情况下仅在稳定的台地或盆地中具有一定的对比意义.

在识别出三级层序边界进而对三级层序进行划分的同时,根据层序底部边界的类型,将三级层序边界归纳为 3 类,即 I 型层序边界(SB₁)、II 型层序边界(SB₂)和 III 型层序边界(SB₃).当海平面下降至低于台地或滩的边缘时,形成 I 型层序边界, I 型层序边界判别标志包括古土壤层、古风化壳、上下地层沉积相错位、深切谷等; II 型层序边界是在层序形成期间,海平面下降到恰好处于或者刚刚低于台地或滩的边缘处,内台地出露于地表,外台地和台地边缘可能经历过短暂的暴露,由于 II 型层序界面难以保存,其识别标志相对较少,识别标志有上覆层上超、海岸上超的向下迁移、轻微裁削

的陆表暴露等,但这类界面在沉积滨线坡折的向陆一侧难以识别,因此确定此类界面的最有效、方便的方法是研究准层序组叠置样式的变化^[16];后期淹没不整合台地^[17]和淹没不整合面^[18-19]相继被提出,III 型层序界面也得到推广使用^[20].

经过详细的剖面研究及区域追索,综合以往的研究成果,在实测袁家沟剖面、大炮望山剖面(图 1b)的基础上,依据地层结构、层序样式、层序界面、古生物化石等因素对大连地区甘井子组进行了层序地层划分.共识别出 1 个 I 型层序界面(SB₁)和 4 个 II 型层序界面(SB₂),并将研究区甘井子组划分为 4 个三级层序(编号 ZS3~ZS6, ZS1 和 ZS2 为南关岭组内部层序)、15 个准层序组和 55 个准层序(图 2、3).

2.1 ZS3 层序

该层序对应甘井子组一段中、下部,相当于剖面 13~18 层,层序厚度约 145 m.层序底界面之下为南关岭组二段厚层叠层石灰岩,之上为薄—微薄层白云岩.界面处岩性突变,沉积相发生转化,界面上下准层序组叠置方式发生转换,为 II 型层序界面(SB₂).层序顶界为一段上部 18 层厚层叠层石白云岩顶面.层序由海侵体系域(TST)和高位体系域(HST)组成.

TST 位于层序的底部,对应剖面的 13 层,厚度约 6 m,有 1 个准层序组(PSS1),准层序组内可识别出 2 个准层序.每个准层序均由薄层白云岩和中层白云岩组成,准层序内体现为向上中层白云岩增多变厚.准层序组则表现为退积型地层结构.

HST 相对较厚,厚度约 139 m,包括 4 个准层序组(PSS2~PSS5).其中 PSS2 由 4 个准层序组成,准层序由厚层白云岩及薄层白云岩单岩性韵律互层,且呈向上变厚的趋势,在 PS2.2 和 PS2.4 两个准层序的顶部,发育厚层的叠层石白云岩.准层序整体表现为向上白云岩增厚的特点. PSS3 仅识别出 1 个准层序,准层序特征同 PS2.2. PSS4 和 PSS5 均可识别出 4 个准层序,每个准层序均由白云岩与厚层叠层石白云岩构成,向上整体呈变厚趋势.两个准层序组则同样表现向上变厚的特点. HST 包含的 4 个准层序组整体均表现为进积型地层结构特点.

最大海泛面位于 13 层顶面,海泛面之下准层序组为退积型结构,向上转换为进积式准层序组合,该界面位于层序的底部,呈现出层序早期海水快速入侵,后期

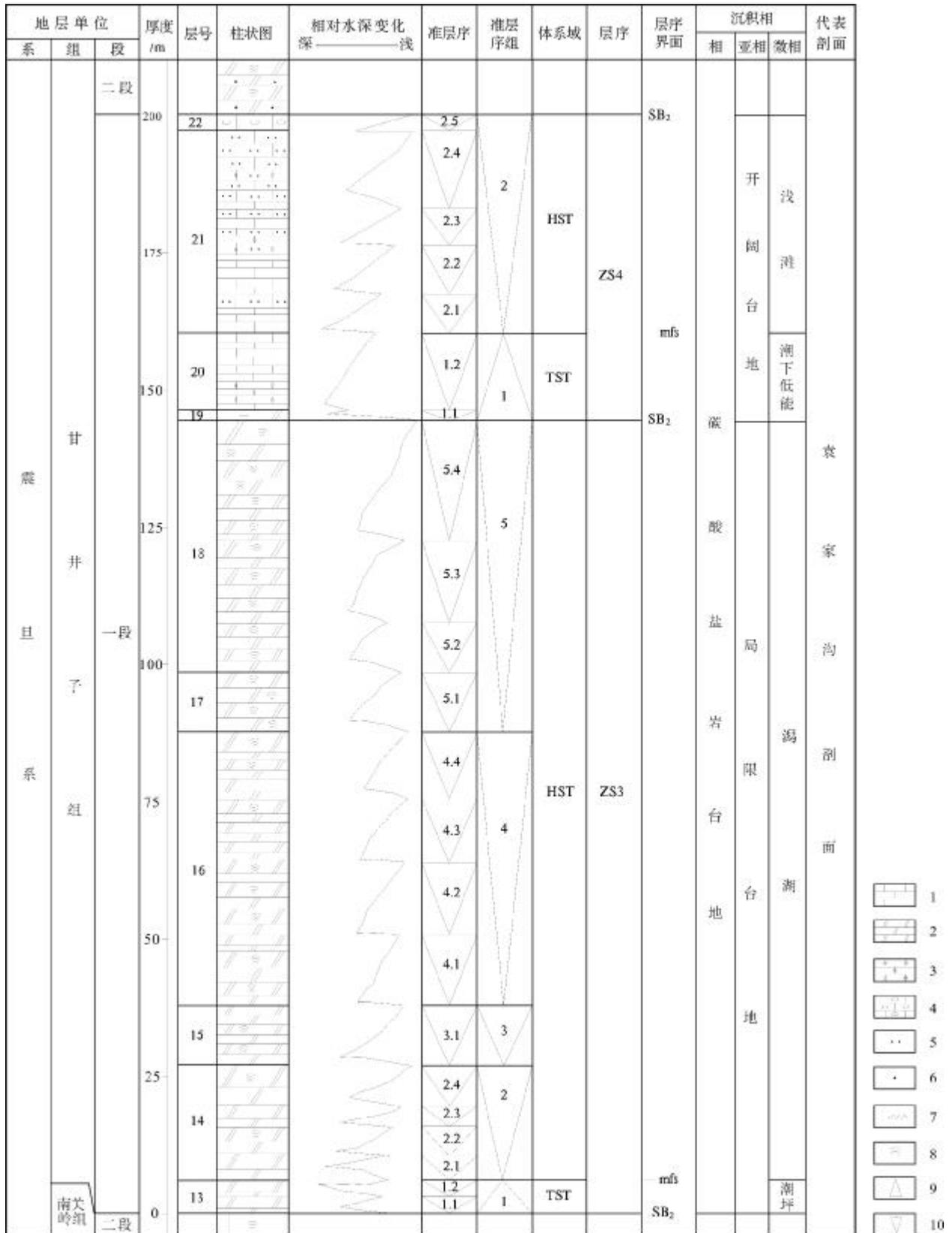


图 2 甘井子组 ZS3~ZS4 层序特征

Fig. 2 Characteristics of ZS3-ZS4 sequences of Ganjingzi Formation

1—灰岩(limestone); 2—白云岩(dolomite); 3—砾屑灰岩(calcirudite); 4—结晶灰岩(crystalline limestone); 5—泥晶灰岩(micrite); 6—粉砂(silt); 7—细砂(fine sand); 8—泥质条带(pelitic strip); 9—叠层石(stromatolite); 10—向上变深(upward deepening); 11—向上变浅(upward shallowing)

缓慢后退的极不对称型海平面变化曲线。

2.2 ZS4 层序

该层序对应甘井子组一段上部,对应剖面的19~22层,层序厚度约55 m,该层序属于开阔台地环境的沉积层序。层序底界为ZS3层序的顶界,界面以下为进积型地层结构,向上转换为退积型叠置方式,界面处无明显暴露标志,为Ⅱ型层序界面(SB₂),层序顶界为甘井子组一段顶部界面。由海侵体系域(TST)和高位体系域(HST)组成。

TST位于层序的底部,厚度约14 m,由薄层泥晶灰岩和灰岩构成1个准层序组(PSS1),内含2个准层序,其中PS1.1为海水突然加深形成的薄层泥质条带白云岩,无韵律性。PS1.2则由薄层泥晶灰岩与灰岩互层组成。TST总体表现为退积型结构,为潮下低能沉积环境。

HST由1个准层序组(PSS2)构成,共识别出5个准层序。PS2.1由薄层灰岩与中层含砂屑灰岩韵律性互层构成,指示了向上水体变浅的过程。PS2.2与PS2.1相比,其准层序顶部出现泥晶。PS2.3与PS2.4砂屑较前两个层序有所增多,说明积环境逐渐向陆迁移,陆源供给开始增多。PS2.5则出现了砾屑灰岩,反映了水深达到了最低。HST总体为进积型地层结构,反映出海水逐渐变浅的过程。

最大海泛面位于20层顶面,海泛面之下准层序组为退积型结构,向上转换为进积式准层序组合,该界面位于层序的中下部,为层序早期海水较快速入侵的产物,界面以上为层序后期海水缓慢后退的产物,相对海平面变化曲线为不对称型。

2.3 ZS5 层序

该层序对应甘井子组二段和三段的下部,相当于剖面的23~26层,层序厚度大于200 m。该层序形成于局限台地环境,是震旦系相对较厚的层序。层序特征见图3。其层序底界与甘井子组一段顶界面吻合,界面以下为海退进积型地层叠置方式,向上转换为海侵退积型地层结构,界面处未发现暴露标志,为Ⅱ型层序界面(SB₂)。界面以下为厚层砾屑灰岩,以上为薄层砂屑白云岩,岩性突变,说明此处有沉积间断。层序顶界面位于甘井子组三段下部,对应剖面第26层顶面。由海侵体系域(TST)和高位体系域(HST)组成。

TST位于层序的底部,由2个准层序组(PSS1~

PSS2)组成,两者内部均含有4个准层序,其中PS1.1~PS1.4由砂屑白云岩和含叠层石白云岩构成,PS2.1~PS2.4由薄—中层白云岩和含小型叠层石白云岩组成。TST的2个准层序组均表现为向上变细变薄的退积型地层结构。

HST由4个准层序组(PSS3~PSS6)构成,其中PSS3和PSS4均含有5个准层序,其准层序由薄层白云岩和中层—厚层叠层石白云岩构成。PSS5可识别出4个准层序,其准层序由薄层含燧石结核白云岩和中层—厚层白云岩组成。PSS6则仅识别出2个准层序,其由薄层白云岩和厚层藻白云岩构成,顶部为巨厚层藻白云岩。HST的准层序组总体表现为海退进积型地层结构特征。

最大海泛面位于24层中下部薄层白云岩中,最大海泛面之下为2个退积型准层序组,之上为4个进积型准层序组,该界面位于层序的下部,表现为早期海水较快速入侵,后期缓慢后退的不对称型相对海平面变化曲线。

2.4 ZS6 层序

该层序对应甘井子组三段中、上部,相当于剖面的27~30层,层序厚度大于72 m。该层序形成于局限台地潮坪环境。层序特征见图3。其层序底界位于剖面26层的顶界面,界面以下是厚层叠层石白云岩,界面上则突变为薄层粉晶白云岩。界面处准层序组叠置方式由进积型变为退积型,界面处未发现暴露标志,为Ⅱ型层序界面(SB₂)。其顶界与甘井子组顶界面一致,界面以上为寒武系碱厂组,区域上为平行不整合界面,界面处见风化壳,局部地区见底砾岩,为Ⅰ型层序界面(SB₁)。层序由海侵体系域(TST)和高位体系域(HST)组成。

TST位于层序的下部,由1个准层序组(PSS1)组成,共识别出5个准层序(PS1.1~PS1.5),准层序由薄层粉晶白云岩和砾屑白云岩构成,两者组成向上层厚度变厚的旋回。准层序组则表现为整体向上变薄变细的退积型结构。

HST也由1个准层序组(PSS2)构成,其内部可识别出4个准层序(PS2.1~PS2.4)。准层序由薄层白云岩和中—厚层砾屑灰岩构成,两者组成向上砾屑增多的旋回。准层序组则表现为向上砾屑灰岩逐渐增多的进积型叠置方式。

最大海泛面位于 28 层顶部中层砾屑白云岩之上的薄层白云岩中,最大海泛面之下为 1 个退积型结构准层序组,之上为 1 个进积型准层序组,该界面位于层序的中部偏下位置,表现为早期海水缓慢入侵,晚期缓慢后退的对称型相对海平面变化曲线。

3 沉积相及沉积环境演化

3.1 沉积相

根据上述分析并结合以往研究成果^[8-9,21],甘井子组是一套碳酸盐岩沉积岩系,应为碳酸盐台地相。本研究依据金振奎等^[22]对碳酸盐岩沉积相的分类原则,将其进一步划分为开阔台地和局限台地亚相。

开阔台地指水深在正常浪基面之下,水体循环良好且海底富氧的台地。其与广海之间没有障壁或只有不起封闭作用的低幅度障壁^[22],主要沉积泥岩、泥灰岩、生物碎屑灰岩等。本研究将其进一步分为潮下低能和浅滩两个微相。潮下低能微相位于潮下带,为水体循环良好的低能环境,甘井子组 ZS4 层序的海侵体系域为潮下低能沉积微相,其主要沉积了薄—微薄层泥晶灰岩和薄层灰岩。浅滩微相是以颗粒石灰石为主的浅水环境,甘井子组 ZS4 层序的高位体系域为典型的浅滩微相,其主要由薄—中层的砂屑灰岩构成。

局限台地指水深在正常浪基面之下、水体循环受限、海底贫氧或缺氧的台地,其盐度不正常,多高于正常海盐度^[22]。其沉积主要为薄层—厚层灰泥石灰岩或白云岩。本研究进一步将其分为潟湖和潮坪两个微相。甘井子组以干旱气候下蒸发泵白云石化形成的薄层含砂砾屑白云岩为主,ZS3 层序的海侵体系域以及 ZS6 层序均为潮坪微相。潟湖微相则对应 ZS3 层序的高位体系域以及 ZS5 层序,主要沉积厚层白云岩。

3.2 沉积环境演化

大连地区震旦纪扬子旋回进入晚期发展演化阶段,南关岭期伊始,瓦房店—庄河一线以南的大连海盆继续沉降,接受震旦纪碳酸盐岩—碎屑岩建造沉积。甘井子组就是大连海盆沉降的产物之一。通过层序地层分析,认为大连地区震旦系甘井子组经历了局限台地→开阔台地→局限台地的演化过程。在甘井子组形成之前,大连地区接受南关岭组碳酸盐岩沉积,为广阔的台地环境。在南关岭组 ZS2 层序形成之后,由于扬子旋回的持续构造抬升,大连地区海平面开始下降并

发生沉积间断,ZS2 层序顶部暴露地表,形成 ZS3 的层序底界面。而后海水逐渐入侵,被海水覆盖的地区开始再次沉积,形成甘井子组 ZS3 层序。由于一部分地区并未被海水覆盖,此时 ZS3 沉积区并未与广海直接相连而形成了局限台地。ZS3 层序形成之后,区内再一次经历大规模的海退,并发生沉积间断,形成 ZS4 底界面。伴随着新一轮规模更大的海侵过程,原本裸露地表的地区均被海水淹没,形成了开阔台地,ZS4 开始形成,初期为低能的深水环境,沉积形成了以粉晶灰岩和薄层灰岩为主的 ZS4 海侵体系域。后期开始发生海退,沉积环境由潮下低能开始转变为浅滩,此时沉积的主要是砂屑灰岩。随着海水的逐渐退去,ZS4 停止沉积,而伴随着第三次和第四次的海侵事件,形成了 ZS5 和 ZS6 层序,由于天文旋回的影响,在层序的内部体现出了具有规律性的低级别海侵和海退过程中,沉积环境一直为局限台地,仅仅是在其潟湖和潮坪环境中过渡重复。

综上所述,甘井子组沉积环境的演化主要受到扬子旋回晚期构造运动和周期性天文旋回两大因素的影响,虽然扬子旋回晚期并无较大的构造抬升和沉降作用,但频繁的低幅度的构造升降时有发生。这些低幅度的运动促使大连地区南关岭期末期—甘井子期出现了 5 次短暂暴露,形成了 5 个层序界面,由界面限定了 4 个三级层序。而层序内部的低级别旋回则更多的受到了周期性天文旋回的影响,形成了准层序、层对等高频旋回。

4 结论

1)以准层序为基本研究单元对辽宁大连地区甘井子组进行层序地层研究,共划识别出 5 个层序界面,划分了 4 个三级层序(ZS3~ZS6),15 个准层序组和 55 个准层序,总结了准层序的沉积模式及准层序组的叠置样式。

2)通过综合研究认为甘井子组形成于碳酸盐岩沉积相,其中 ZS3、ZS5、ZS6 为局限台地亚相,可进一步划分为潟湖和潮坪微相;ZS4 为开阔台地沉积亚相,可进一步分为潮下低能和浅滩微相。

3)结合区域大地构造对甘井子组环境演化进行探讨,认为其经历了局限台地→开阔台地→局限台地的演化过程,受扬子旋回末期低幅度的构造升降作用影

响,大连地区南关岭期末期—甘井子期出现了5次短暂暴露,形成了5个层序界面。同时受周期性天文旋回的影响形成了准层序、层对等高频旋回。

参考文献:

- [1]辽宁省地质矿产勘查开发局. 辽宁省岩石地层[M]. 武汉:中国地质大学出版社,1997:25-26.
- [2]张丕孚. 辽东半岛南部震旦系的厘定[J]. 长春地质学院学报,1981(4):27-37.
- [3]吴振文,柏青. 数学地质方法在辽东半岛南部晚前寒武纪地层划分对比中的应用[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊(第10号). 沈阳:辽宁科学技术出版社,1984:168-209.
- [4]高荣繁,范义青,林蔚兴,等. 辽东半岛南部晚前寒武纪的古地磁学的初步研究[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊(第6号). 沈阳:辽宁科学技术出版社,1983:122-141.
- [5]卜德安. 辽东半岛南部晚前寒武纪叠层石组合特征及其地质意义[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊(第10号). 沈阳:辽宁科学技术出版社,1984:64-106.
- [6]卜德安. 辽南震旦纪甘井子组微体藻类化石群的研究及其意义[C]//中国地质科学院沈阳地质矿产研究所所刊(第14号). 沈阳:辽宁科学技术出版社,1986:13-28.
- [7]张丕孚. 辽南晚前寒武纪地层层序问题的研讨[J]. 地层学杂志,1994,18(3):228-231.
- [8]彭阳,杨天南,乔秀夫,等. 大连上震旦统地震灾变事件研究[J]. 地质学报,2001,75(2):221-227.
- [9]孟祥化,葛铭,刘燕学. 中朝板块新元古代微亮晶(白齿构造)碳酸盐事件、层序地层和建系研究[J]. 地层学杂志,2006,30(3):211-222.
- [10]张国仁,张长捷,韩晓平. 大连金州地区震旦纪—早寒武世地层格架[J]. 辽宁地质,1994(1/2):144-153.
- [11]王德海. 吉辽徐淮新元古代层序地层和岩相古地理及海相烃源岩发育特征[D]. 北京:中国地质大学(北京),2007.
- [12]辽宁省地质勘查院. 中国区域地质志辽宁志[M]. 北京:地质出版社,2017:1175.
- [13]段吉业,刘鹏举,夏德馨. 浅析华北板块中元古代—古生代构造格局及其演化[J]. 现代地质,2002,16(4):331-338.
- [14]Catuneanu O, Abreu V, Bhattacharya J P, et al. Towards the standardization of sequence stratigraphy[J]. Earth-science Reviews, 2009,94(1/2):1-33.
- [15]Vail P R, Audemard F, Bowman S. The stratigraphic signatures of tectonics, eustasy and sedimentology: Cycles and events in stratigraphy[J]. AAPG Bulletin, 1991,11(3):617-659.
- [16]王华,肖军,崔宝琛,等. 露头层序地层学研究方法综述[J]. 地质科技情报,2002,21(4):15-22.
- [17]Tucker M E, Wright V P. Carbonate sedimentology[M]. Oxford: Blackwell Science, 1990:24(3):401-402.
- [18]Schlager W. The paradox of drowned reefs and carbonate platforms[J]. Geological Society of America Bulletin, 1981,92(4):197-211.
- [19]Schlager W. Drowning unconformities on carbonate platforms[M]//Crevello P D, Wilson J L, Sarg J F, et al. Controls on Carbonate Platforms and Basin Development. SEPM Society for Sedimentary Geology, 1989:15-25.
- [20]梅冥相. 淹没不整合型碳酸盐三级旋回层序——兼论碳酸盐台地的“凝缩作用”[J]. 岩相古地理,1996,16(6):24-33.
- [21]张雷雷. 辽东半岛南部新元古界地层划分与对比[D]. 泰安:山东科技大学,2011.
- [22]金振奎,石良,高白水,等. 碳酸盐岩沉积相及相模式[J]. 沉积学报,2013,31(6):965-979.