

DOI:10.19948/j.12-1471/P.2024.01.04

田德欣, 卢崇海, 曹煜昊, 等. 2024. 辽宁新元古代各阶段升降界面的再认识[J]. 华北地质, 47(1):43-51.

Tian Dexin, Lu Chonghai, Cao Yuhao, Xu Song, Li Biao, Liu Shuai, Lu Siqiao, Zhang Xiaoli. 2024. Re-understanding of the rising and falling Interface of each stage of Neoproterozoic period in Liaoning Province[J]. North China Geology, 47(1): 43-51.

辽宁新元古代各阶段升降界面的再认识

田德欣^{1,2}, 卢崇海^{1*}, 曹煜昊¹, 徐 耸¹, 李 彪¹, 刘 帅¹, 卢思桥³, 张晓丽⁴(1. 辽宁省矿产勘查院有限责任公司, 沈阳 110031; 2. 浙江有色地勘集团有限公司, 浙江 绍兴 312000;
3. 辽宁省地质矿产研究院有限责任公司, 沈阳 110032; 4. 沈阳市自然资源局浑南分局, 沈阳 110179)

摘 要:【研究目的】辽宁地区位于华北板块东北缘, 传统观点认为华北板块自吕梁-四堡运动之后直至古生代末期, 一直处于构造稳定期, 没有受到明显的构造运动影响。近年来研究结果表明, 辽宁地区新元古代时期构造运动相对较为频繁。前人根据大连地区 1/25 万区调(2001)确认的风化夷平面, 将辽宁新元古代时期的构造运动统称为晋宁运动, 并划分为四个次一级构造运动, 分别为万福升降运动(相当芹峪升降运动)、驼山升降运动、茶叶沟升降运动和大连升降运动, 其中驼山升降运动和茶叶沟升降运动的划分定义存在不准确, 其命名有待商榷, 需进一步研究探讨。【研究方法】本文以辽宁地区的新元古代地层为研究对象, 以区域地质调查资料为基础, 结合同位素测年资料对辽宁省新元古代升降运动进行了重新划分与定义。【研究结果】通过区域对比研究划分出晋宁运动和大连运动两个旋回和七个次一级的升降运动, 并将其对应于三次冰期、两次间冰期以及冰期前和冰期后。七个次一级的升降运动分别命名为芹峪升降、殷屯升降、大孤山升降、太子河升降、复州升降、南关岭升降和大连升降。殷屯升降、大孤山升降、太子河升降、复州升降和南关岭升降等五个次一级构造运动, 本次统称之为晋宁运动, 代表新元古代早期的构造运动; 新元古代中晚期(约 890~541 Ma), 辽宁地区缺失原兴民村组之上地层, 代表新一期构造运动抬升的产物, 本次将该期运动称之为大连运动, 与西北的柯坪运动和南方的澄江运动基本相当。芹峪升降界面标志着四堡运动的结束和晋宁运动的开始; 青白口系周家崴子组和王家坦子组之间的沉积间断称为南关岭升降, 南关岭升降界面标志着晋宁运动的结束和大连运动的开始; 大连升降界面(约 541 Ma)的确认, 标志着新元古代大连运动的结束和早古生代兴凯运动的开始。【结论】辽宁地区新元古代早期构造运动较为频繁, 存在三次冰碛作用和多处平行不整合界面, 可划分为晋宁运动和大连运动两个旋回以及七个次一级的升降运动, 为区域地层研究对比提供重要参考资料。

关 键 词: 辽宁; 新元古代; 升降运动; 冰期; 间冰期; 平行不整合界面

创 新 点: (1) 总结辽宁区域地质调查和年代学资料, 划分出三次冰期、两次间冰期及冰期前和冰期后的地层沉积; (2) 辽宁地区新元古代构造运动依次可划分为晋宁运动和大连运动两个旋回的七个次一级的升降运动。

中图分类号: P534.3

文献标志码: A

文章编号: 2097-0188(2024)01-0043-09

Re-understanding of the rising and falling Interface of each stage of Neoproterozoic period in Liaoning Province

TIAN Dexin^{1,2}, LU Chonghai^{1*}, CAO Yuhao¹, XU Song¹, LI Biao¹,
LIU Shuai¹, LU Siqiao³, ZHANG Xiaoli⁴

收稿日期: 2023-01-25

基金项目: 辽宁新元古代南华纪地层划分与对比研究(辽地科[2016] 04号)

作者简介: 田德欣(1989-), 男, 高级工程师, 硕士, 毕业于吉林大学, 主要从事区域地质调查与矿产普查工作, E-mail: 2272450096@qq.com;

*通讯作者: 卢崇海(1957-), 男, 教授级高级工程师, 主要从事区域地质调查及矿产勘查工作, E-mail: lnch99@163.com。

(1. Liaoning Institute of Mineral Exploration Co., Ltd., Shenyang 110031, China; 2. Zhejiang Nonferrous Geological Exploration Group Co., Ltd., Shaoxing 312000, China; 3. Liaoning Institute of Geology and Mineral Resources Co., Ltd., Shenyang 110032, China; 4. Hunnan Branch of Shenyang Natural Resources Bureau, Shenyang 110179, China)

Abstract: This paper is the result of regional geology.

[Objective] Liaoning area is located in the northeast margin of the North China plate. The traditional view is that Liaoning area has been in a period of tectonic stability from the Lv Liang-Sibao movement to the end of the Paleozoic era and has not been affected by the obvious tectonic movement. However, In recent years, the results show that the Neoproterozoic tectonic movement in Liaoning area is relatively frequent. According to the weathering-planation surface confirmed by Liaoning 1: 250 000 Dalian regional surveys (2001), the tectonic movement in Neoproterozoic period in Liaoning Province was collectively called Jinning Movement, and divided into four sub-tectonic movements, namely, Wanfu vertical movement (equivalent to Qinyu vertical movement), Tuoshan vertical movement, Chayegou vertical movement and Dalian vertical movement. Among them, There is an inaccuracy in the classification and definition of the vertical movements of Tuoshan vertical movement and Chayegou vertical, and their naming needs further research and exploration. **[Methods]** This paper takes the Neoproterozoic strata in Liaoning Province as the research object, based on regional geological survey data and combined with chronological data, to redefine the Neoproterozoic vertical movement in Liaoning Province. **[Results]** Through regional comparative research, two cycles of Jinning Movement and Dalian Movement, as well as seven sub level vertical movements, were identified, corresponding to three glaciation, two interglacial periods, and pre and post glacial periods. The seven sub level vertical movements are named Qinyu vertical movement, Yintun vertical movement, Dagushan vertical movement, Taizihe vertical movement, Fuzhou vertical movement, Nanguanling vertical movement, and Dalian vertical movement. The five sub level tectonic movements, including the Yintun vertical movement, Dagushan vertical movement, Taizihe vertical movement, Fuzhou vertical movement, and Nanguanling vertical movement, are collectively referred to as the Jinning movement, representing the early tectonic movement of the Neoproterozoic period. In the mid to late Neoproterozoic era (about 890-541 Ma), the strata above the original Xingmincun Formation were missing in the Liaoning region, representing the product of the uplift of the new tectonic movement. This movement is referred to as the Dalian Movement, which is similar to the Keping Movement in the northwest and the Chengjiang Movement in the south. The Qinyu lifting interface marks the end of the Sibao Movement and the beginning of the Jinning Movement. The sedimentary discontinuity between the Zhoujiaweizi Formation and Wangjiatanzi Formation of the Qingbaikou System is called the Nanguanling vertical movement. The Nanguanling uplift and subsidence interface marks the end of the Jinning Movement and the beginning of the Dalian Movement. The confirmation of the Dalian lifting interface (about 541 Ma) marked the end of the Neoproterozoic Dalian Movement and the beginning of the Early Paleozoic Xingkai Movement. **[Conclusions]** The early Neoproterozoic tectonic movements in the Liaoning region were relatively frequent, with three glaciation and multiple parallel unconformity interfaces, which can be divided into two cycles: the Jinning Movement and the Dalian Movement, as well as seven sub level vertical movements, providing important reference materials for regional stratigraphic research and comparison.

Key words: Liaoning; Neoproterozoic; vertical movement; glacial period; interglacial period; parallel unconformity interface

Highlights: (1) Summarized the geological survey and chronological data of Liaoning region, divided it into three glacial periods, two interglacial periods, and pre glacial and post glacial sedimentary strata. (2) The Neoproterozoic tectonic movement in Liaoning region can be divided into seven sub level vertical movements, which are two cycles: the Jinning Movement and the Dalian Movement.

About the first author: Tian Dexin, male, born in 1989, master degree candidate, senior engineer, graduated from Jilin University, mainly engaged in Regional geological survey and mineral survey; E-mail: 2272450096@qq.com.

About the corresponding author: Lu Chonghai, male, born in 1957, bachelor's degree, professor of engineering, graduated from Changchun Geological College, mainly engaged in Regional geological survey and mineral survey; E-mail: lnc99@163.com.

Fund support: Supported by research project of Liaoning Provincial Geological and Mineral Exploration Bureau (No. [2016]04).

20世纪末期,前人根据格林威尔造山运动及其造山带的识别和对比,提出“Rodinia”超大陆的构造假说(Mcmenamin M A S and Mcmenamin D L S, 1987; Hoffman P F, 1991; Dalziel I W D, 1997);随着对其研究逐渐深入,众多学者对超大陆的聚合与裂解等关键问题逐渐达成一定共识:(1)超大陆的主要聚合过程发生在中元古代的晚期(距今1 200~1 000 Ma);(2)超大陆的解体发生在新元古代早期(距今900~700 Ma)(郝杰和瞿明国, 2004),而构成中国大陆的主体的诸多陆块如华北、扬子、塔里木等板块的基底都形成于中元古代末期,而盖层沉积形成于新元古代中期(郝杰和瞿明国, 2004),综上所述它们的形成可能与“Rodinia”超大陆的聚合与裂解过程有一定的联系,因此对于我国中新元古代地层、有关地质体及构造演化的研究显得格外重要。

在我国境内与格林威尔造山运动相呼应的构造运动,前人称之为“晋宁运动”,系指云南晋宁地区下震旦统(现称下南华统)“澄江砂岩”与中元古界“昆阳变质岩系”及峨山花岗岩之间不整合面所代表的一次强烈的区域造山运动(Mish B F, 1942)。随着区域地质研究的深入,众多学者对晋宁不整合面的划分存在较大分歧。一种观点认为“晋宁不整合面”代表着扬子陆块震旦系(今南华系)沉积盖层与基底之间的构造界面,因此将南华系的底界面视为晋宁运动不整合面,并将其时代确定在距今800 Ma左右,将新元古代早期(距今1 000~800 Ma)划分为晋宁造山旋回。该观点得到众多学者的认可和引用,将国内同期构造运动统称为“晋宁运动”(程裕淇, 1994;胡克等, 1996;中国地层表, 2015)。另一种观点认为晋宁运动代表的是发生在中元古代晚期的一次区域性构造运动,晋宁不整合面的位置应定义在已发生变形、变质的中元古界及其侵入体的顶界,而不论其上覆是何时代地层,同时将晋宁运动的时限划分为1 400~1 000 Ma(郝杰和瞿明国, 2004;刘鸿允等, 1980;刘鸿允, 1991)。还有一种观点认为上述两种不整合面分别代表晋宁运动的早、晚两个不同阶段,将晚期晋宁运动上限年龄延伸至740 Ma,将震旦系归属至澄江运动的产物(王鸿祯, 1986)。

由于上述问题存在,造成下震旦系(今南华系)的底界不确定性,限制了新元古界地层对比与研究,阻碍了对我国新元古代构造及演化的认识。目前对新元古代地层和地质体的研究多集中于扬子板块和华北板块南缘(宋芳等, 2019;李凤杰等, 2019;卢定彪等, 2019;王玉冲等, 2018;蔡雄飞等, 2018;马义波等, 2015;邓乾忠等, 2015;周豪, 2014;孙海清等, 2014;譙文浪等, 2013;厉建华等, 2013;韩瑶等, 2015;冯乐等, 2015;武铁山, 2002;陶建华和胡明安, 2006;牛绍武等, 2013, 2018;旷红伟等, 2023;庞科等, 2021),相比对于华北板块的北缘研究新成果极少(高林志等, 2010;牛绍武和辛后田, 2012;牛绍武等, 2017;吴子杰等, 2016;卢崇海等, 2015, 2018, 2021;田德欣等, 2018;曹煜昊等, 2020a, 2020b;张林等, 2021;康天骏, 2022;吴昊, 2018;张雷雷, 2011),辽宁地区位于华北板块东北缘,出露大面积的新元古界地层,且出露较为完整连续(吴昊, 2018;张雷雷, 2011)。该地区新元古界沉积地层是否受到晋宁运动或澄江运动的影响?辽宁地区在新元古界存在几次大的构造运动?通过对辽宁地区新元古界地层的研究可以很好的对我国北方地区新元古代构造演化形成的期次及特征进行限定。

本次工作通过对辽宁地区新元古界十六个岩石地层单位进行对比与研究发现,辽宁地区新元古代时期存在三次冰碛作用事件(卢崇海等, 2015, 2018;田德欣等, 2018;曹煜昊等, 2020a, 2020b)、第一次冰期前陆相沉积作用,两次间冰期和第三次冰期后的海相沉积作用,在此期间形成的多处平行不整合界面,结合同位素测年资料和前人划分方案对辽宁省新元古代升降运动进行了重新划分和定义,由老至新分别称之为芹峪升降、殷屯升降、大孤山升降、太子河升降、复州升降、南关岭升降和大连升降,共计7次一级构造运动(表1)。

1 芹峪升降运动

芹峪升降运动为乔秀夫(1974)命名,原定义由新元古代青白口纪下马岭组(现厘定为中元古界)与下伏中元古代蓟县纪铁岭组平行不整合界面表达(辽宁省区域地质志, 1989)。薛知照(1962, 1963)

表1 辽宁地区新元古界岩石地层单位划分及构造运动对比

Table 1 Division of Neoproterozoic lithostratigraphic units and correlation of tectonic movement in Liaoning area

辽宁省区域地质志(1989) 辽宁省新区域地质志(2014修编)				大连1/25万区调报告 (2001)				本 文 (2016~2023)									
辽宁省地区		时代 (Ma)	构造运动	大连地层小区		时代 (Ma)	构造运动	铁岭殷屯地区		本溪卧龙、桥头、南芬、桓仁地区		瓦房店-旅顺地区		冰期	时代 (Ma)	构造运动	
寒武系	碱厂组	541	金州上升 兴凯运动	寒武系	碱厂组	570	金州升降 清家滩升降 大连升降	寒武系	碱厂组	寒武系	碱厂组	寒武系	碱厂组	541	金州升降 清家滩升降 大连升降 (结束)		
	大林子组			寒武系	大林子组			寒武系	碱厂组	寒武系	碱厂组	寒武系	碱厂组				
	葛屯组			寒武系	葛屯组			寒武系	碱厂组	寒武系	碱厂组	寒武系	碱厂组				
震旦系	兴民村组	780	太子上升	震旦系	兴民村组	800	茶沟沟升降 800	震旦系	兴民村组	震旦系	兴民村组	震旦系	兴民村组	720	大连升降 (开始?) 南关岭升降		
	崔家屯组				崔家屯组				崔家屯组		崔家屯组		崔家屯组				
	马家屯组				马家屯组				马家屯组		马家屯组		马家屯组				
	十三里台组				十三里台组				十三里台组		十三里台组		十三里台组				
	营城子组				营城子组				营城子组		营城子组		营城子组				
	甘井子组				甘井子组				甘井子组		甘井子组		甘井子组				
青白口系	南关岭组	1000	芹峪上升	青白口系	南关岭组	1000	万福运动	青白口系	南关岭组	青白口系	南关岭组	青白口系	南关岭组	1020	太子河升降 大孤山升降 殷屯升降		
	长岭子组				长岭子组				长岭子组		长岭子组		长岭子组				
	桥头组				桥头组				桥头组		桥头组		桥头组				
	南芬组				南芬组				南芬组		南芬组		南芬组				
中元古界	榆树砬子组	1000	芹峪上升	中元古界	榆树砬子组	1000	万福运动	中元古界	榆树砬子组	中元古界	榆树砬子组	中元古界	榆树砬子组	1200	芹峪升降		
	永宁组				永宁组				永宁组		永宁组		永宁组				

注:▲▲▲冰期

把燕山区青白口系与蓟县系之间沉积间断或微角度不整合界面称为铁岭运动。上述二人的认识基本一致,只是地层单位的时代归属不同(辽宁省区域地质志,1989)。铁岭运动提出后基本未被沿用,通常对该运动界面称为芹峪上升。

笔者在辽南桂云花和华铜镇一带观察到青白口系永宁组与中元古界榆树砬子组之间存在着明显角度不整合界面(图1a)或微角度不整合界面(图

1b),发育10~15 cm厚古风化壳(图2A),二者交角在10°~35°不等,笔者仍以芹峪升降运动称之。

芹峪升降运动在辽西地区处于隆起阶段,无青白口系沉积(辽宁省区域地质志,1989)。辽北、辽东和辽南地区在新元古界出现新的拗陷,沉积了青白口系陆源河流相永宁组,下伏地层为中元古界榆树砬子组或雾迷山组(辽宁省区域地质志,1989)。因此,在辽北、辽东和辽南地区,芹峪升降运动由青

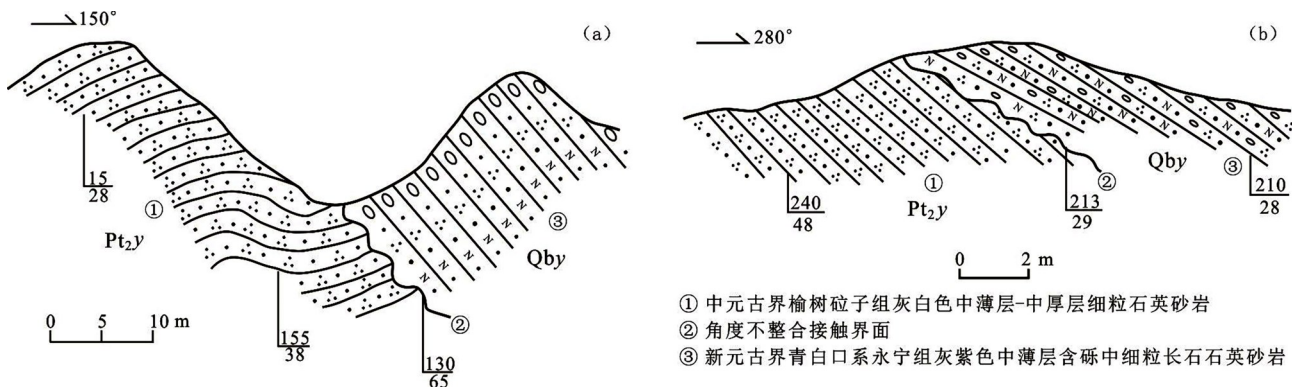


图1 辽南桂云花(a)和华铜镇(b)地区永宁组与榆树砬子组角度不整合接触关系素描图

Fig.1 Sketch of angular unconformity contact relation between Yongning Formation and Yushulazi Formation in Guiyunhua (a) and Huatongzhen (b) area, southern Liaoning Province

白口系永宁组与中元古界榆树砬子组或雾迷山组呈角度或微角度不整合界面表达。辽宁新一轮区域地质志称该界面为万福运动(辽宁省新区域地质志,待刊),表达的意思与芹峪升降运动一致。

芹峪升降运动主要表现在辽北、辽东桓仁、辽南万福、桂云花、复州、旅顺等地,该运动形成了不同方向的拗陷盆地,在盆地中主要堆积了以青白口系陆源河流相沉积。依据康天骏(2018)在瓦房店地区对永宁组下部泥质粉砂岩样品进行锆石 SHRIMP U-Pb 定年,获得碎屑锆石最小峰值年龄为 $1\,213.6 \pm 8.6$ Ma,说明永宁组年龄下限小于 $1\,213.6 \pm 8.6$ Ma。庞科等(2021)根据基性侵入体年龄和碎屑锆石年龄,统计认为辽南地区钓鱼台组、南芬组的沉积年龄可大致限定在 $\sim 1\,157 \sim 909$ Ma。本次工作于瓦房店华铜镇地区榆树砬子组中采集长石石英砂岩样品进行了锆石 LA-ICP-MS U-Pb 定年,获得碎屑锆石最小 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 峰值年龄和谐和年龄分别为 $1\,887$ Ma 和 $1\,254 \pm 24$ Ma(数据暂未报道)。结合本溪地区青白口系永宁组与钓鱼台组的不整合接触关系,及底部与中元古界榆树砬子组呈角度不整合接触关系,因此,推测该界面形成时限约在 $1\,200$ Ma 之后。芹峪升降界面标志着四堡运动的结束和晋宁运动的开始。

2 殷屯升降运动

殷屯升降运动为本次研究命名。命名地点位于辽北铁岭殷屯地区。由新元古界青白口系殷屯组与下伏新元古界永宁组呈平行不整合接触界面表达(卢崇海等,2018)。该界面在辽北殷屯地区出露的殷屯组冰碛杂砾岩与下伏青白口系永宁组灰紫色含砾中粗粒长石石英砂岩呈平行不整合接触(卢崇海等,2018)(图2B);瓦房店地区永宁盆地中观察到青白口系殷屯组冰碛杂砾岩与下伏永宁组呈平行不整合接触(图2C, D),发育 $5 \sim 10$ cm 古风化壳,本文把这一构造运动界面称之为殷屯升降。

殷屯升降运动主要表现在芹峪升降运动时期形成的拗陷盆地中,在经历了短暂的沉积间断之后,于拗陷盆地永宁组之上堆积的一套冰碛杂砾岩组合(张林等,2021),堆积厚度约在 $25 \sim 1\,700$ m 不等,主要分布在辽北铁岭和辽南永宁凹陷盆地中。

辽南殷屯组主要围绕永宁盆地展布。殷屯组冰碛杂砾岩为辽宁地区新元古界第一次冰碛事件作用的产物(卢崇海等,2018)。殷屯升降运动的形成时限仍需进步研究。

3 大孤山升降运动

大孤山升降运动为本次研究新命名的升降界面。命名地点位于瓦房店市大孤山滨海一带。由新元古界殷屯组与新元古界陈千户组呈平行不整合接触界面表达。该界面在辽北殷屯地区表现为平行不整合或整合接触关系(卢崇海等,2018),在瓦房店永宁盆地中表现为平行不整合接触关系,在复州大孤山地区可见该界面发育 $0.5 \sim 1$ m 厚红色氧化壳,由殷屯组复成分砾石构成,胶结相对较为松散(图2E)。瓦房店地区大部分地段殷屯组与陈千户组接触部位被中生代次火山岩(杏仁状玄武安山玢岩)所充填,次火山岩厚几十米至上百米不等。

大孤山升降运动界面仅限于辽北铁岭地区和辽南瓦房店永宁凹陷盆地中。依据庞科等(2021)在钓鱼台组取得最小碎屑锆石 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄($1\,040 \pm 24$ Ma)推测大孤山升降运动界面形成时限约在 $1\,100$ Ma 左右,其他地区表现不明显。该界面代表了辽宁第一次冰碛事件结束,经历一定时间的沉积间断后,陆源间冰期陈千户组河流-冲积扇相沉积开始。

4 太子河升降运动

太子河升降运动由辽宁省区域地质志编写组(1989)命名。命名地点主要位于辽东地区。由太子河地区原厘定的震旦系桥头组(现称为青白口系桥头组)与下伏厘定的青白口系南芬组之间的平行不整合界面表达。在大连-复州地区则表现为整合接触,辽西地区处于抬升期缺失该时段沉积。依据庞科等(2021)统计的桥头组碎屑锆石 LA-ICP-MS $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 最年轻年龄($1\,020 \pm 36$ Ma)、最小峰值年龄($1\,104$ Ma)和侵入桥头组的基性岩墙斜锆石年龄(923 ± 22 Ma),本次研究将太子河升降运动形成时限重新厘定为 $1\,020$ Ma 左右。以青白口系桥头组与下伏南芬组间的平行不整合接触界面表达(田德欣等,2018)。

太子河升降运动界面在辽东桓仁地区见到桥

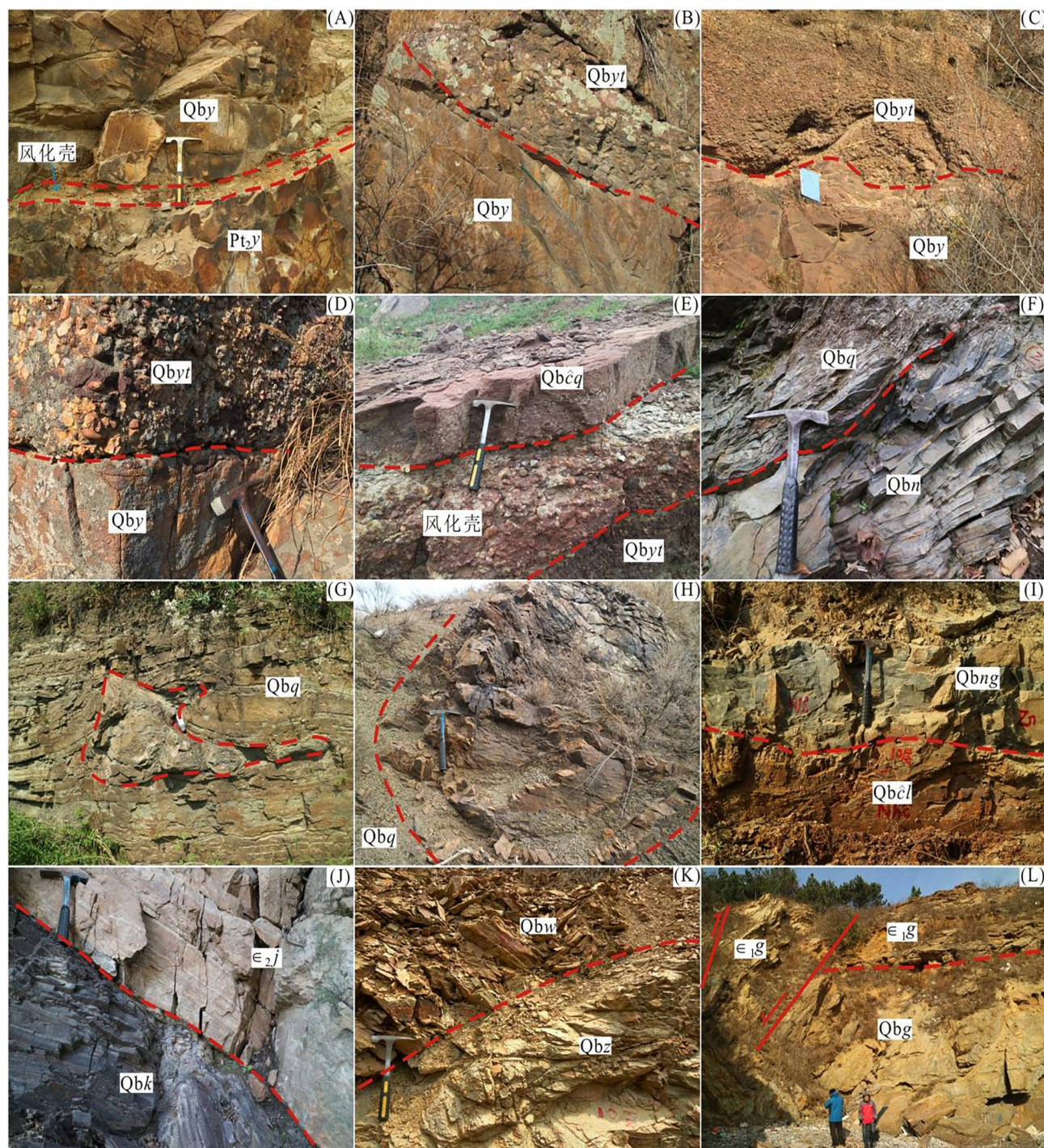


图2 辽宁地区新元古界各岩石地层单位野外沉积特征

Fig.2 Field sedimentary characteristics of Neoproterozoic lithostratigraphic units in Liaoning area

A-辽南华铜镇地区中元古界榆树砬子组与新元古界青白口系永宁组呈微角度不整合接触;B-铁岭地区青白口系永宁组与殷屯组呈平行不整合接触;C、D-辽南复州地区青白口系永宁组与殷屯组呈平行不整合接触;E-瓦房店地区青白口系殷屯组与陈千户组呈平行不整合接触;F-辽东桓仁地区青白口系桥头组与南芬组呈平行不整合接触;G-本溪市桥头地区青白口系桥头组中冰筏坠石;H-瓦房店市岳山地区青白口系桥头组中冰筏坠石;I-瓦房店市复州城地区青白口系长岭子组与南关岭组呈平行不整合接触;J-辽东地区青白口系康家组与寒武系碱厂组呈平行不整合接触;K-大连羊圈沟地区青白口系周家崴子组与王家坦子组呈平行不整合接触;L-大连满家滩地区青白口系干岛子组与寒武系葛屯组呈平行不整合接触

头组与南芬组平行不整合接触(图2F),接触界面凹凸不平,呈波浪状,沉积间断较短,风化壳不明显。在本溪桥头一带和瓦房店岳山一带出露的桥头组中见有冰筏坠石现象(田德欣等,2018)(图2G,H)。该运动界面为辽宁地区第二次海相冰碛作用事件起始界面。该界面之上沉积的桥头组、康家组及长岭子组主要沿前期构造运动形成的拗陷盆地中展布。形成的时限约在1 020 Ma左右。代表了辽宁地区新元古代第一次间冰期沉积结束和第二次冰期开始的一个界面。

5 复州升降运动

复州升降运动为本次研究新命名的升降运动,命名地点位于瓦房店市复州城。由新元古界长岭子组与南关岭组之间平行不整合界面表达。在瓦房店复州城地区由长岭子组与南关岭组呈平行不整合接触界面表达,接触界面凹凸不平,呈波浪状,沉积间断时间较短,风化壳不明显(图2I),南关岭组为一套海相沉积的泥晶灰岩和硅质灰岩,长岭子组为一套海相沉积的钙质千枚岩、钙质板岩,页岩和粉砂岩,二者之间发育5~10 cm风化壳。在辽东地区由青白口系康家组与寒武系碱厂组呈平行不整合接触界面表达(图2J)。

辽东地区从青白口系康家组至寒武系碱厂组经历了近500 Ma间断期;辽南长岭子组沉积之后,也是辽宁地区第二次冰期事件结束期。复州升降运动之后辽南地区接受了辽宁地区第二次间冰期海相沉积,相继沉积了厚度巨大的南关岭组、甘井子组、营城子组、十三里台组、马家屯组、崔家屯组海相碳酸盐建造和第三次冰期周家崴子组海相冰碛堆积,第二次间冰期沉积与第三次冰期沉积属于一个连续的沉积过程,且第三次冰期沉积时间较短。这些沉积物质主要集中于复州新元古代凹陷盆地中。复州升降运动形成时限推测在990 Ma左右(需进一步年代学研究佐证)。该升降界面代表了辽宁地区第二次冰碛事件结束和第二次间冰期沉积。

6 南关岭升降运动

南关岭升降运动为本次研究新命名的升降运

动,命名地点位于大连市羊圈沟。由新元古界青白口系王家坦子组与周家崴子组呈平行不整合接触界面表达。该升降界面仅限于大连复州-甘井子一带。

在大连羊圈沟见到青白口系周家崴子组与上覆王家坦子组呈平行不整合接触关系(图2K),顶部王家坦子组为一套海相沉积的灰绿色粉砂质页岩,底部周家崴子组为一套海相冰期沉积的灰白色含海绿石细粒石英砂岩,两者发育5~10 cm厚风化壳,主要成分为灰白色细粒石英砂岩砾石,胶结相对松散(曹煜昊等,2020b)。该界面同时也为辽宁地区第三次周家崴子期冰碛事件结束期。在周家崴子组中见有冰筏坠石和冰晶痕、雹晶痕等冰碛作用遗迹(曹煜昊等,2020b);在第三次冰碛沉积事件结束后,相继沉积了王家坦子组和干岛子组,王家坦子组产有丰富的类水母化石,干岛子组中产有灰紫色叠层石化石(洪作民等,1991),说明此时地球温度炎热、偏高,有利于生物分子的繁殖和发展。

前人在王家坦子组中获得多个页岩全岩Rb-Sr等时线年龄 677 ± 53 Ma、 650 ± 10 Ma(王东方等,1984); 649 ± 20 Ma、 650 ± 19 Ma(朱士兴,1994); 600 ± 26 Ma、 650 ± 19 Ma(王东方和林蔚兴,1988)等数据,因此将王家坦子组厘定为南华系沉积地层(曹煜昊等,2020b)。最新侵入崔家屯组与原兴民村组的基性岩墙LA-ICP-MS $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 锆石年龄为 924 ± 28 Ma, SIMS $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 斜锆石年龄 924 ± 5 Ma(庞科等,2021)。侵入原兴民村组的基性岩墙LA-ICP-MS $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 锆石年龄为 900 ± 34 Ma, SIMS $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 斜锆石年龄 886 ± 5 Ma(庞科等,2021)。据此,推测南关岭升降运动结束时限应为910 Ma左右。该界面代表了辽宁地区第三次冰碛事件结束后开始沉积的一个界面。

7 大连升降运动

大连升降运动是由辽宁省地质矿产调查院新命名的升降运动(辽宁省新区域地质志,待刊),命名地点主要位于辽南地区。由辽南地区原厘定为震旦系兴民村组与上覆下寒武统葛屯组间的平行不整合界面表达。该升降界面仅限于大连复州-甘井子一带。

本次工作将原震旦系兴民村组解体,划分为周家崴子组、王家坦子组和干岛子组(曹煜昊等, 2020b),将大连运动界面重新厘定为新元古界干岛子组与寒武系葛屯组之间平行不整合接触界面(图2L),底部干岛子组为一套海相沉积的深灰色中厚层细晶灰岩,顶部为寒武系葛屯组粉砂岩夹页岩,其中间断时限近350 Ma,发育1~2 m厚古风化壳,成分主要为干岛子组灰岩(图3)。通过接触界面、同位素年代学等方面资料研究,笔者认为在辽南地区缺失南华纪、震旦纪时期沉积物堆积,总体处于抬升期。大连升降运动结束时限约在541 Ma。

自殷屯升降运动开始-大连升降运动结束,其时限跨度约650 Ma,根据锆石U-Pb测年结果,辽宁地区缺少~890~541 Ma沉积地层,整体处于抬升阶段。因此本次研究以890 Ma为界,1 200~890 Ma期间构造运动称之为晋宁运动,890~541 Ma期间构造运动称之为大连运动,相当于西北地区的柯坪运动和南方的澄江运动(郝杰和瞿明国,2004;程裕淇,1994)。

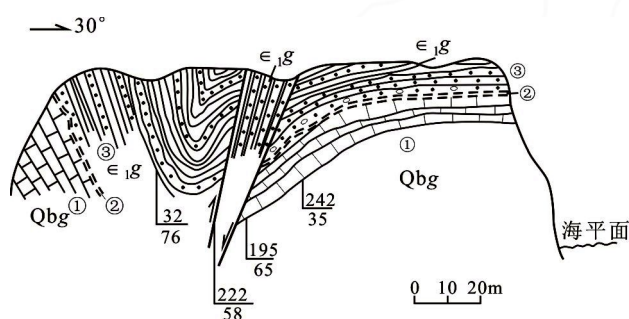


图3 大连满家滩地区寒武系葛屯组与青白口系干岛子组呈平行不整合接触关系素描图

Fig.3 Sketch of Parallel unconformities between the Gandaozi Formation of the Qingbaikou System and the Getun Formation of Cambrian in Manjiatan area, Dalian city

①青白口系干岛子组深灰色细晶灰岩;②古风化壳(厚1~2 m),③寒武系葛屯组黄褐色粉砂岩夹页岩

8 结语

辽宁地区在新元古代构造运动相对较为频繁,总体呈现地壳抬升-风化剥蚀-沉降再沉积的过程,理顺了辽宁新元古代构造运动的基本序次,先后经历了7次一级升降运动,依次为芹峪升降、殷屯升

降、大孤山升降、太子河升降、复州升降,南关岭升降和大连升降。本次工作结合了辽宁地区三期冰碛作用事件,新增加了四次升降运动,即殷屯升降运动、大孤山升降运动、复州升降运动和南关岭升降运动。其中,殷屯升降运动代表了辽宁地区第一冰碛事件的开始;太子河升降运动代表了第二次冰期开始的一个界面,为新元古界各岩石地层单位的划分提供了重要依据,同时对辽宁地区新元古代构造演化进行了很好的约束。

中文参考文献

- 蔡雄飞,叶琴,肖明元. 2018. 对南华系下统莲沱组 CIA 值寒冷气候认识的几点商榷—以鄂西神农架、湘西北南华系莲沱组为例[J]. 岩石矿物学杂志, 37(04):621-636.
- 曹煜昊,田德欣,卢崇海. 2020a. 华北地台北缘辽北地区南华系沉积初步研究[J]. 地质论评, 66(06):1477-1485.
- 曹煜昊,田德欣,卢崇海,等. 2020b. 辽南新元古界“震旦系兴民村组”解体及沉积环境分析[J]. 东北大学学报(自然科学版), 41(08):1188-1194.
- 程裕淇. 1994. 中国区域地质概论[M]. 北京:地质出版社, 369-384.
- 邓乾忠,石先滨,杜小峰. 2015. 神农架蚂蝗沟地区南华系岩石地层序列与沉积特征[J]. 资源环境与工程, 29(02):124-131.
- 冯乐,李壮福,陆鹿,等. 2015. 徐州地区新元古界下部具白齿构造碳酸盐岩事件成因探讨[J]. 高校地质学报, 21(02):203-214.
- 高林志,张传恒,陈寿铭,等. 2010. 辽东半岛细河群沉积岩碎屑锆石 SHRIMP U-Pb 年龄及其地质意义[J]. 地质通报, 29(08):1113-1122.
- 韩瑶,张传恒,刘子荟,等. 2015. 浙江浦江新元古界平水群沉积特征、碎屑锆石年龄及构造古地理格局探讨[J]. 地质论评, 61(06):1270-1280.
- 郝杰,瞿明国. 2004. 罗迪尼亚超大陆与晋宁运动和震旦系[J]. 地质科学, 39(1):139-152.
- 洪作民,黄镇福,刘效良. 1991. 辽东半岛南部上寒武系地质[M]. 北京:地质出版社, 1-173.
- 胡克,姜琦刚,周建波,等. 1996. 华北地台南缘晋宁运动的初步研究[J]. 地质通报, (1):31-35.
- 康天骏. 2022. 辽东半岛永宁组沉积地质特征与构造古地理意义[D]. 中国地质大学(北京).
- 旷红伟,柳永清,耿元生,等. 2023. 中国中-新元古代地层研究进展及建议划分、对比方案[J]. 地质学报, 97(12):3961-4019.
- 李凤杰,雷玉龙,龚光林,等. 2019. 湘西南南华系大塘坡组锰矿地球化学特征与沉积环境分析:以湖南靖州照洞锰矿床为例[J]. 地球科学, 44(10):3484-3494.
- 厉建华,钱迈平,姜杨. 2013. 苏皖北部下寒武统对前南华系的超覆[J]. 地层学杂志, 37(02):232-241.
- 辽宁省地质矿产调查院,辽宁省地质勘察院. 待刊. 中国人民共和国

- 辽宁省新区域地质志(修订版)[M].
- 辽宁省地质矿产调查院. 2001. 辽宁 1:25 万大连市等四幅区调报告[R]. 沈阳: 辽宁省地质矿产调查院, 19-24.
- 辽宁省地质矿产勘查局. 1989. 辽宁省区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1-856.
- 刘鸿允, 董榕生, 李建林, 等. 1980. 论震旦系划分与对比问题[J]. 地质科学, 15(4):307-321.
- 刘鸿允. 1991. 中国震旦系[M]. 科学出版社, 117-125.
- 卢崇海, 邢德和, 张耀华, 等. 2015. 辽宁南华系殷屯组及永宁组冰碛岩沉积特征[J]. 地质与资源, 24(06):511-520.
- 卢崇海, 田德欣, 李彪, 等. 2018. 辽北地区新元古代原殷屯组岩石地层单位的重新划分及其地质意义[J]. 世界地质, 37(04):1085-1091.
- 卢崇海, 刘振伟, 曹煜昊, 等. 2021. 辽西阜新夏家沟地区新元古界殷屯组发现的意义[J]. 地质与资源, 30(05):521-525+554.
- 卢定彪, 肖加飞, 林树基, 等. 2019. 黔湘桂交界地区南华系划分—基于连续完整的贵州从江县黎家坡南华系剖面[J]. 地质通报, (Z1):200-207.
- 马义波, 唐佐其, 谯文浪, 等. 2015. 贵州梵净山地区南华系—志留系沉积体系特征及其演化[J]. 贵州地质, 32(01):15-20+26.
- 牛绍武, 辛后田. 2012. 辽东半岛南部中新元古界地层的重新厘定[J]. 地质调查与研究, 35(01):1-15.
- 牛绍武, 辛后田, 林晓辉. 2013. 华北地台南缘苏—鲁—皖地区中—新元古界的重新划分与对比[J]. 地质调查与研究, 36(3):161-172.
- 牛绍武, 辛后田, 王树庆. 2017. 中—朝地台南华系的内涵、厘定及其地质意义[J]. 地质调查与研究, 40(04):241-252+262.
- 牛绍武, 辛后田, 刘欢, 等. 2018. 论中国拉伸纪淮南系的建立[J]. 地质调查与研究, 41(04):241-257.
- 庞科, 唐卿, 万斌, 等. 2021. 华北地台胶辽徐淮地区中—新元古代地层研究进展[J]. 地层学杂志, 45(04):467-492.
- 谯文浪, 汪建国, 陈武. 2013. 贵州丹寨地区南华系地层地球化学特征及其对古气候、古环境的意义[J]. 地质科学, 48(03):847-859.
- 全国地层委员会. 2015. 中国地层表(试用稿)[M]. 北京: 地质出版社.
- 宋芳, 牛志军, 何壹砚, 等. 2019. 湘中地区南华系沉积序列、物源特征及区域对比[J]. 地球科学, 44(09):3074-3087.
- 孙海清, 黄建中, 杜远生, 等. 2014. 扬子地块东南缘南华系长安组同位素年龄及其意义[J]. 地质科技情报, 33(02):15-20+27.
- 陶建华, 胡明安. 2006. 闽中地区中新元古代东岩组地层的含矿性研究[J]. 中国地质, 33(2):418-426.
- 田德欣, 卢崇海, 蔡新明, 等. 2018. 辽南新元古代桥头组海相冰碛沉积事件[J]. 世界地质, 37(04):1092-1100.
- 王东方, 林蔚兴. 1988. 对震旦系辽南群的再认识[J]. 地质评论, 34(3):231-239.
- 王东方, 王集源, 林蔚兴. 1984. 辽东前寒武系同位素地质年代学研究[J]. 科学通报, 29(14):872.
- 王鸿祯. 1986. 论中国前寒武纪地质时代及年代地层的划分[J]. 地球科学, (5):5-11.
- 王玉冲, 旷红伟, 彭楠, 等. 2018. 扬子克拉通北缘神农架南华系莲沱组寒冷气候的沉积学证据: 冻融构造[J]. 古地理学报, 20(04):579-594.
- 吴昊. 2018. 辽宁本溪新元古界上部沉积学特征及构造属性[D]. 中国地质科学院.
- 吴子杰, 王烜, 潘玉啟, 等. 2016. 辽东本溪地区新元古界青白口系岩石地层格架及模型[J]. 地质找矿论丛, 31(01):87-91.
- 武铁山. 2002. 华北晚前寒武纪(中—新元古代)岩石地层单位及多重划分对比[J]. 中国地质, 29(2):147-154.
- 张雷雷. 2011. 辽东半岛南部新元古界地层划分与对比[D]. 山东科技大学.
- 张林, 曹煜昊, 阮昕, 等. 2021. 辽北地区南华系地球化学特征及其对沉积环境的制约[J]. 矿产勘查, 12(09):1861-1870.
- 周豪. 2014. 四川盆地及其边缘南华系地层划分与对比[D]. 中国矿业大学.
- 朱士兴. 1994. 华北地台中、上元古界生物地层序列[M]. 地质出版社.

References

- Dalziel I W D. 1997. OVERVIEW: Neoproterozoic-Paleozoic geography and tectonics: Review, hypothesis, environmental speculation[J]. Geological Society of America Bulletin, 109(1): 16-42.
- Hoffman P F. 1991. Did the breakout of Laurentia turn Gondwana inside out?[J]. Science, 252(5011):1409-1412.
- Mcmenamin M A S and Mcmenamin D L S. 1987. The Emergence of Animals : the Cambrian breakthrough[M]. New York: Columbia University Press, 1-217.
- Mish B F. 1942. The Sinian strata in the eastern - central Yunnan Province. Chinese Science Bulletin, 16: 1-12.