

中朝板块元古宙板内地震带与盆地格局

乔秀夫

(中国地质科学院 地质研究所 北京 100037)

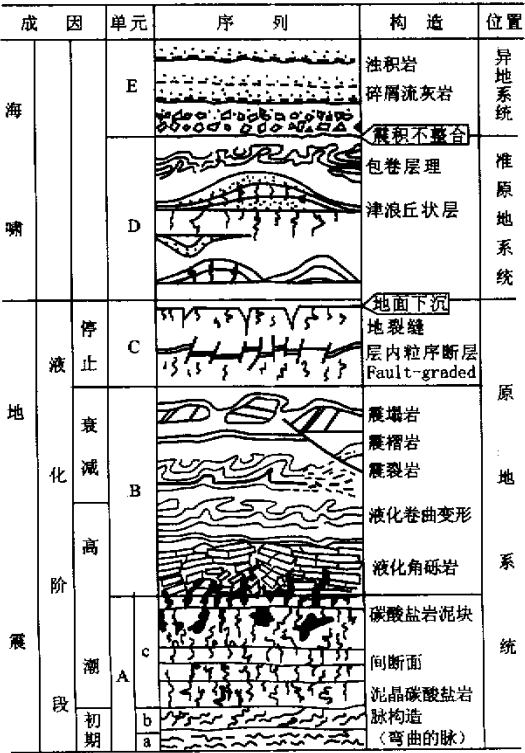
摘 要 地史中发生的强地震事件在地层中留下固定的记录(图 13) 这些记录在区域上呈带状分布, 代表地史中的地震带。中朝板块元古宙目前可识别出两个板内地震带(图 5)。中元古代板内地震带(1 700±200 Ma)西起太行山北段,经燕山山脉、辽宁西部、穿越辽河平原至辽宁北部的泛河流域分布,即燕山—泛河地震带,现今呈 NEE 向延伸。新元古代震旦纪地震带沿吉林南部、辽东半岛、山东中部及苏皖北部现今呈 NNE 走向分布,即古郯庐地震带(650±60 Ma)。上述两个板内地震带是元古宙不同时期超大陆裂解的响应。中元古代与新元古代两个不同方向的地震断裂带分别控制着两个时期的盆地边界。燕山泛河地震断裂带构成中元古代海盆南界(指现在的位置),形成向北开放的海域。古郯庐地震断裂带将中朝板块裂解为华北块体与胶辽朝块体。古郯庐地震断裂带构成震旦纪海域的边界,震旦纪海盆通过朝鲜半岛与当时的外海相连接,华北块体则为陆源剥蚀区。文内四幅古地理图(图 69)是以地震灾变思想为指导,以新的地层研究、对比为基础编制的,侧重反映了盆地的格局及其变化。根据地震、同沉积断裂新的思路,可提供地质学家重新认识与解释某些沉积矿床的成因,它们的成矿元素均来自地球深部而非地表风化作用。文中编制的古地理图将为这种解释提供盆地与事件背景。

关键词 中朝板块;板内地震带;燕山—泛河地震带;古郯庐地震带;华北块体;胶辽朝块体;盆地格局

中图分类号 P544;P539.1 **文献标识码** A **文章编号** 1005-2321(2002)03-0141-09

1 软沉积物中的地震液化记录

地史中发生的强地震事件在固结或未固结的沉积物中留下不同的记录。在未固结的软沉积物中主要表现为沉积物内部的液化作用及由此而引起的一系列变形构造。众多地质学家、地震学家及土建学家对沉积物中液化作用及形成的记录进行了系统的研究^[11]。图 1 碳酸盐岩地震液化序列系依据笔者 1994 年所提出的序列^[5],在 B 单元底部增添了液化角砾岩单元,它是液化作用形成的液化脉切穿、扰动软沉积物使之原地破碎形成角砾岩,这种碳酸盐角砾具有可拼合性。图 1 液化序列概括了一次强地震瞬时过程中,在碳酸盐软沉积物中的灾变事件记录,它提供了在碳酸盐岩以及其他沉积岩中识别地震事件的基本标志。在野外实际工作中,我们可在一个剖面中识别出图 1 中所有的单元,但更多的情况则是某几个单元的组合。



收稿日期 2002-07-03
基金项目 国家科学技术部国家攀登专项(95-专-04)
作者简介 乔秀夫(1930—)男,研究员,从事沉积学、地层学与灾变事件地层研究。

图 1 碳酸盐岩中的地震液化序列
(据乔秀夫等,1994 补充)

Fig.1 Vibrational liquefaction seismic sequence in carbonate rocks

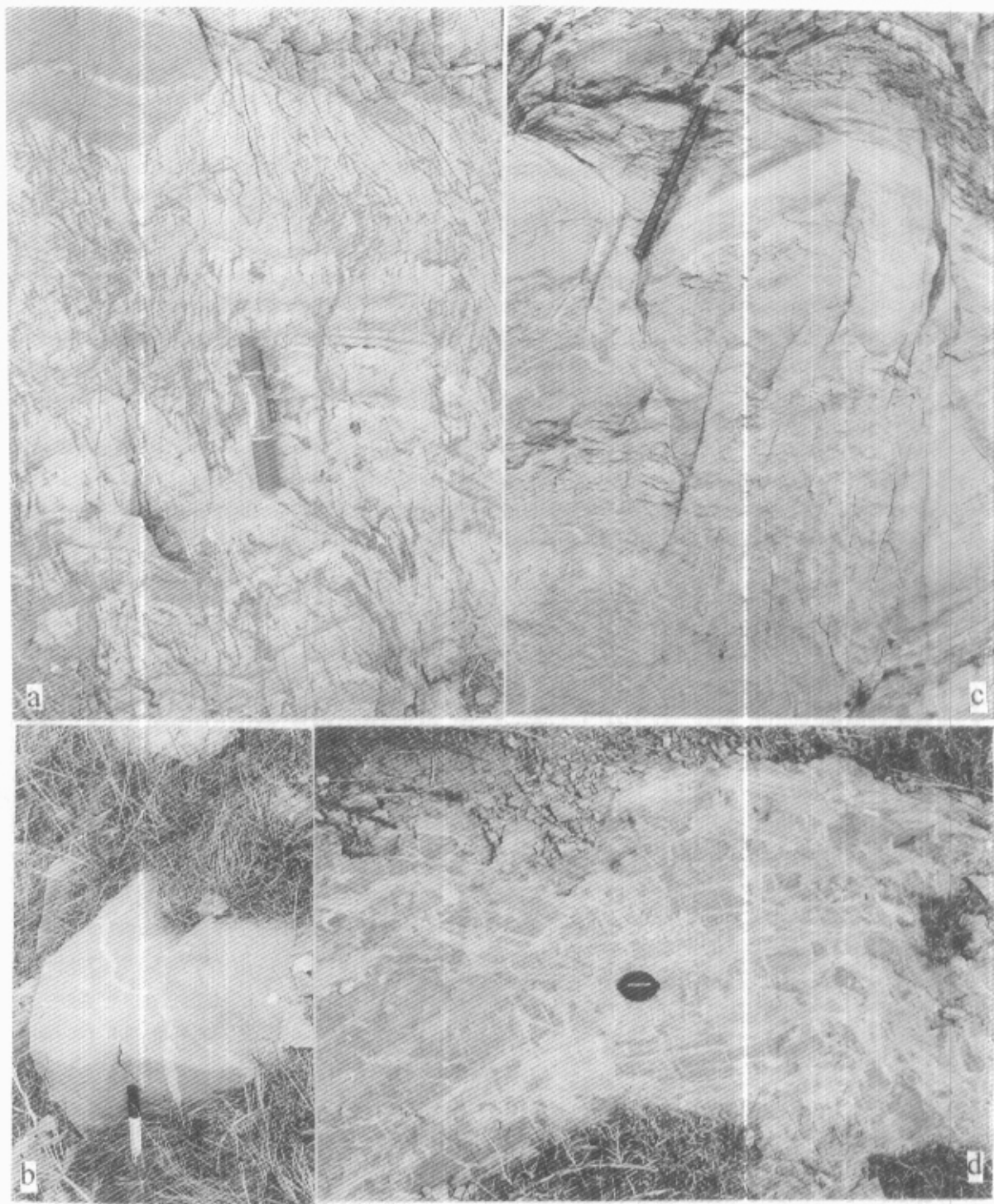


图 2 碳酸盐岩中的地震液化记录

Fig.2 Records of seismic liquefaction in carbonate rocks

a—液化泥晶脉与层内微断层,图 1 中 A 单元与 C 单元(辽宁大连市金石滩海岸,震旦系兴民村组);b—地震液化泥晶脉在层面及垂直于层面的表现,它呈现板状体,图 1 中 A 单元(辽宁省瓦房店市小灵山震旦系营城组);c—地裂缝及粒序断层,图 1 中 C 单元(辽宁省大连市金石滩海岸)图的中部呈 Y 字形断裂为地裂缝,铅笔处为当时的古地面,可清楚看到古地面上新的碳酸盐沉积物向下贯入地裂缝,地裂缝的下方为两行密集的微断层(粒序断层);d—液化碳酸盐角砾岩,图 1 中 B 单元(辽宁省旅顺龙头尾)



图3 地层中的地震液化记录

Fig.3 Records of seismic liquefactoon in strata

a—北京昌平区十三陵,长城系串岭沟组页岩中弯曲的液化砂岩脉(据宋天锐)相当于图1碳酸盐岩地震序列中A单元;
b—北京十三陵串岭沟组中地震引起的液化卷曲变形 相当于图1中B单元(据宋天锐);c—液化泥晶脉,脉向上层面及下层面两个方向流动穿刺纹层,迫使纹层围绕脉的两端弯曲,黑色比例棒1cm,图1中A单元(河南省嵩山青白口系何窑组,标本由高林志采集);d—深色液化泥晶脉(箭头所指)与深色泥晶纹层相连通,由深色纹层液化形成直立的泥晶脉,泥晶脉又为层内断层(粒序断层)错碎,表明为液化作用后期岩层缩水,体积收缩的结果,图1中A单元及C单元(江苏徐州铜山县震旦系九顶山组);e—层内正断层(图1中C单元),箭头所指为上盘移动方向,直立弯曲的液化泥晶脉(图1中A单元)为上升盘,这张照片表明 地震引起的泄水作用形成直立的液化泥晶脉,液化作用停止后,沉积物由于失水体积收缩,迫使泥晶脉弯曲,随之发生层内错断(安徽宿县金山寨村震旦系望山组);f—液化泥晶脉在岩层两个断面的表现,呈板状体(金山寨望山组)

图 2,3 给出了遭受地震时,地层中在原地形成的事件单元以及共生单元组合(图 1 中的 A,B,C 单元),它们均选自中朝板块元古宙地层。

2 地震时间分布与板内地震带

图 4 列出了 1 700~600 Ma 中朝板块板内具强地震灾变记录的 27 个岩组,这些地震记录是笔者及其研究集体近 10 年来调查并进行了不同程度的研究而确认的。某些文献最近大量报道的地震事件岩组尚未列入图 4 中。

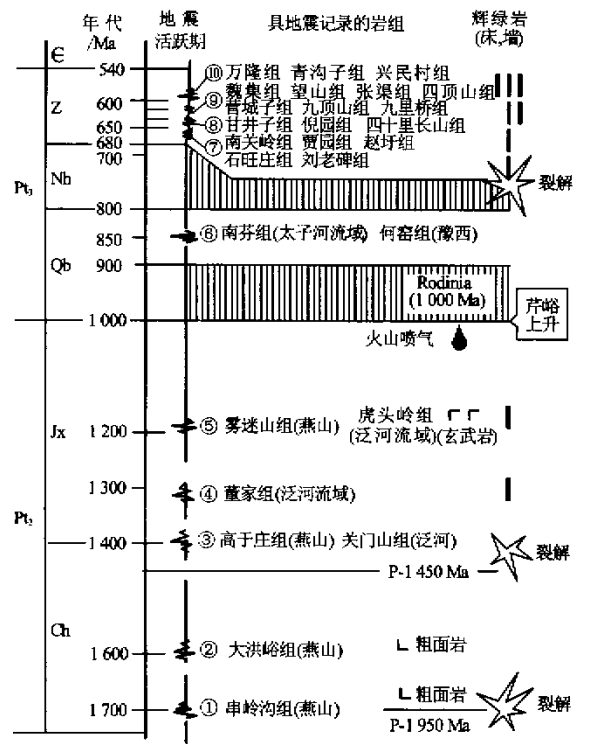


图 4 中朝板块元古宙板内强地震事件岩组

Fig. 4 Strong seismic catastrophic records of intraplate in Proterozoic on Sino-Korean Plate

中元古代(1 800~1 000 Ma)的 1 700~1 200 Ma 期间是一个近 500 Ma 的地震长周期,在这个长周期中有 5 个地震活跃期(图 4 中①~⑤)。约 1 200~850 Ma 为无地震或少地震的长周期。约 650~600 Ma 为第二个长周期,近 50 Ma 的时期内有 4 个地震活跃期。从中元古代到新元古代每个地震长周期的时限缩段,而每个地震长周期中地震活跃期则更加密集,活跃期之间平静期更加缩短。

第二个地震长周期中,特别是晚震旦世 4 个地震活跃期(图 4 中⑦~⑩),每个活跃期的时间间隔仅为 78 Ma,可能是 Rodinia 超大陆从 800 Ma 开始裂解(breaking up),至震旦纪达到裂解高潮时在中朝板块板内的响应^[12]。王鸿祯提出地史中曾 5 次出现联合古陆, P-1 950 Ma, P-1 450 Ma 为中元古代中的两个联合大陆^[13],图 4 中串岭沟组时期及高于庄组时期的地震事件,很可能是中元古代不同时期联合古陆裂解在板内的响应。

中元古代与新元古代的地震分布于中朝板块内部的不同地区,中元古代地震事件位于燕山—辽宁北部泛河流域(图 5),构成中元古代燕山—泛河

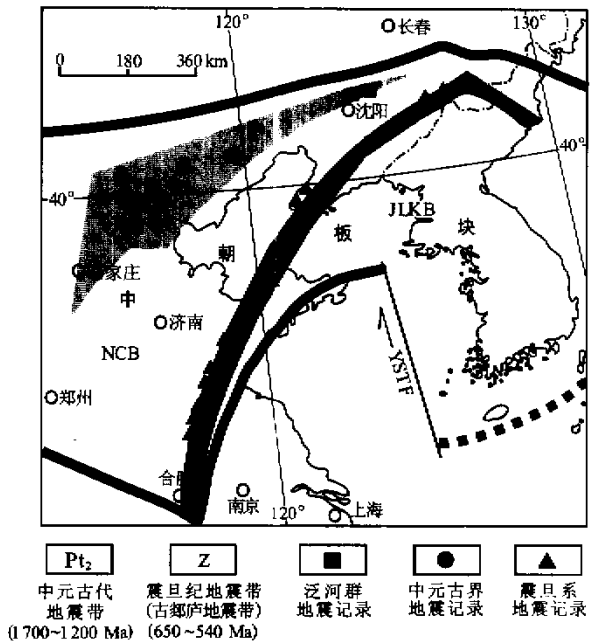


图 5 中朝板块元古宙板内地震带

(据乔秀夫等,1999 修正)

Fig. 5 Intraplate seismic belt in Proterozoic on Sino-Korean Plate NCB—华北块体 JLBK—胶辽块体; YSTF—黄海转换断层(中生代)

板内地震带。现今呈 NNE 走向的新元古代地震带大体沿现今郯庐断裂带分布,即震旦纪古郯庐带^[5,6,14]。这两个板内地震带分别控制了中、新元古代海域边界与古盆地格局。

3 中朝板块中、新元古代盆地格局

同沉积断裂构造、火成岩活动及伴随的强地震

带构成了中元古代的盆地边界,新元古代随着地震带的位置变化,海域及盆地边界也相应变化。

3.1 中元古代早期(相当于早长城世)盆地格局 (图6)

长城纪早期海域位于板块的北部。南部及东、西部广大地域为侵蚀区。古地理最明显特征是高山耸立,高山之间为由断层控制的裂陷谷地,即燕山裂陷槽(aulacogen)。

密云—平泉—凌源与滦县—抚宁—建昌两条同沉积断裂控制的狭长谷地构成裂陷槽的轴部,沿着谷地(靠密云—兴隆—平泉—凌源断裂一侧)为河流沉积(常州沟组下部砾岩、砂岩),谷地两侧为冲积扇、洪积扇(和政军,2000)^[15]。燕山裂陷谷地被与之斜交的多条平行的同沉积断裂(具转换断裂性质)截切。沿谷地边界断裂及斜切转换断层是强地震分布区^[15]。早长城世地震分布除与断裂伴生外,并与火成岩活动密切相关^[16]。常州沟组上部砂岩及串岭沟组为代表的晚期海侵越过密云—兴隆—平泉—凌源断裂超覆于裂陷槽的肩部,至赤城—北票以北

(内蒙地轴)与外海相连接。滦县—建昌地震断裂则构成海域的南部边界(指现在地理位置)。新的研究表明“内蒙地轴”由古元古界及中元古界变质地层组成(张炯飞等,2000)^[17],并未构成盆地的北部隆起区,解决了长期困扰地质学家的关于中元古代海盆地与外海连通的问题。

串岭沟组沿燕山裂陷槽轴部为障壁深水黑色泥质沉积,而在肩部则为典型浅海沉积。盆地西北部著名的串岭沟组中鲕状、肾状赤铁矿(宣龙式铁矿),实际是由藻颗粒及叠层石吸附铁质形成。有关铁质来源过去均解释为陆源搬运至浅海海岸带形成。如图6所示,串岭沟组海域向北与外海相连,北部无陆源物供应;其西部(山西、河北东部)基底岩石(太古宇、古元古界)风化壳并不十分发育,铁质来源并不充分,作为稳定的铁元素实际很难向海域迁移。在宣龙式铁矿的顶、底板层位中有多个由砂岩脉及泥质脉组成的震积岩,宣龙铁矿盆地侧边为赤城—密云—滦县同沉积断裂。断裂及伴生的地震均表明这

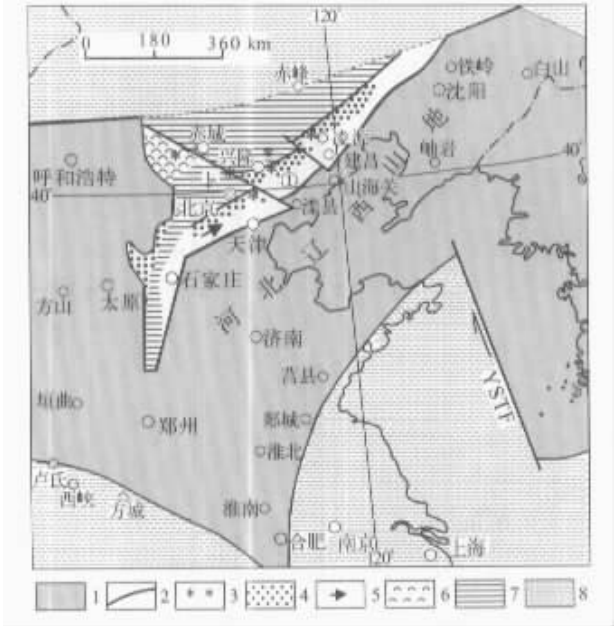


图6 中朝板块早长城世(1800-1600 Ma)古地理格局

Fig.6 Paleogeographical framework of early Changcheng Period(1800-1600 Ma) on Sino-Korean Plate
1—侵蚀区 2—同沉积断裂 3—与同沉积断裂伴生的地震事件(震积岩分布区) 4—河流(砂岩、长石石英砂岩); 5—河流流向 6—滨海含铁沉积区(宣龙式叠层石赤铁矿); 7—海侵超覆区(含砂页岩与极薄层砂岩互层); 8—开阔海较深水沉积 ①燕山裂陷槽; YSTF—黄海转换断层(中生代后期)

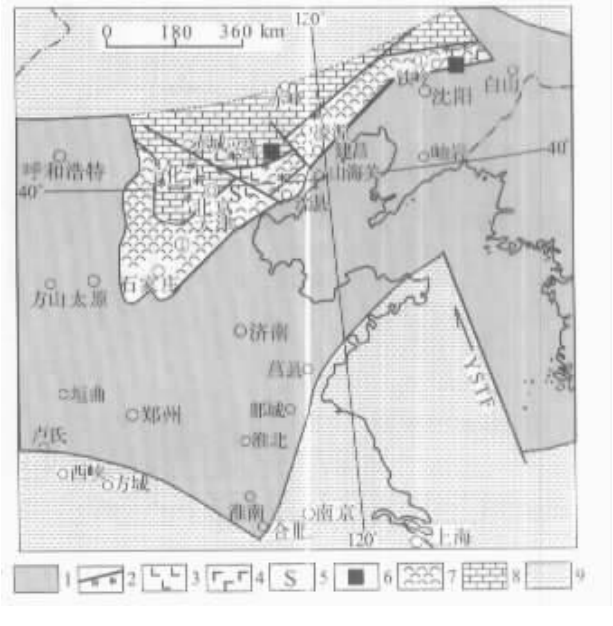


图7 中朝板块晚长城世—蓟县纪(1600-1000 Ma)古地理格局

Fig.7 Paleogeographical framework of late Changcheng Period-Jixian Period(1600-1000 Ma) on Sino-Korean Plate
1—侵蚀区 2—同沉积断裂及其伴生的地震事件(大洪峪组,高于庄组,雾迷山组及泛河群震积岩分布区) 3—火山喷发(大洪峪组富钾粗面岩) 4—二道沟组玄武岩 5—火山喷气孔(铁岭组灰岩中) 6—铅锌硫化物矿带(燕山高于庄组高板河铅锌矿与辽北泛河流域关门山组铅锌矿) 7—潮坪带(叠层石、藻席灰岩、白云岩) 8—较深水沉积区(高于庄组灰岩) 9—开阔浅海沉积 ①燕山—泛河裂陷槽; YSTF—黄海转换断层(中生代后期)

里是地球深部物质十分活跃的地区,铁元素来源于深部,至地表被藻类吸附形成富铁沉积。为什么在串沟组沉积的广阔海岸带,只有宣化龙关地区形成有经济价值铁矿层,用铁元素来源于深部可能合理地解释了目前的地质记录。

山西吕梁山地区汉高山砂岩、小两岭安山岩及晋南、豫西的西洋河群、熊耳群历来作为中元古代早期的岩组。最近在熊耳群中获得单颗粒锆石 U-Pb 年龄 1.95 Ga,认为熊耳群为古元古界^[18]。因此,吕梁—陕豫三叉裂陷槽^[19]有可能为古元古代裂陷槽,则中元古代盆地只限于中朝板块北部。

3.2 晚长城世—蓟县纪(1 600±100 Ma)盆地格局(图7)

图7主要反映1 600±100 Ma,即大洪峪组至雾迷山组沉积时期古地理,海域仍位于北部。长城纪早期的断裂仍控制盆地格局,深水碳酸盐岩位于

由断裂控制的裂陷槽轴部。燕山裂陷槽向东延伸至辽北泛河流域。有地震记录的最高层位为雾迷山组(燕山)及辽北泛河群虎头岭组,1 200 Ma之后伸展作用结束,裂陷槽停止发展。中元古代中期(1 600±100 Ma)是一个充满基性岩侵位与火山爆发、频繁发生地震及断裂活动的海盆地^[12, 20, 21]。沿裂陷槽轴部密云—兴隆—平泉断裂分布的黄铁矿—铅锌硫化物矿带(高板河铅矿)及铁岭泛河流域的关门山铅锌矿,其成因均与沿海底断裂来自深部喷出的富金属的热水或喷气相关联^[22]。1 600±100 Ma强地震活跃时期也是一个造矿期。

3.3 青白口纪(1 000±80 Ma)盆地格局(图8)

1 000 Ma很可能是全球超大陆(Rodinina)形成时期,中朝板块与扬子板块联接一体或相距较近。中朝板块主体经过芹峪上升(1 000±90 Ma)长期剥蚀^[23, 25],已完全准平原化,海水淹没了大部分地区,整个青白口纪盆地为极浅水海盆。除辽北铁岭泛河流域会试屯群于北沟组,太子河流域南芬组及豫西有地震记录外(图4),整个盆地很少地震及构

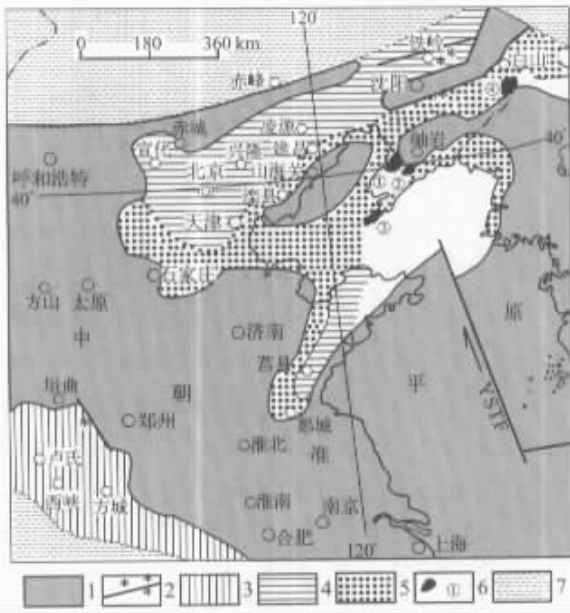


图8 中朝板块青白口纪(1 000±80 Ma)古地理格局(Rodinina 古大陆上沉积)

Fig. 8 Paleogeographical framework of Qingbaikou Period (1 000±80 Ma) on Sino-Korean Plate

1—侵蚀区 2—同沉积断裂及其伴生的地震事件(泛河会试屯群下部,太子河南芬组及豫西何窑组震积岩) 3—青白口纪潮坪为主沉积区(砂岩、页岩、叠层石灰岩) 4—晚青白口世滨海浅海沉积区 5—晚青白口世早期相对障壁海(下马岭组黑色页岩),后期浅海(龙山组石英砂岩,景儿峪组泥晶灰岩); 6—晚青白口世中后期海侵超覆区(龙山组,景儿峪组及相当层位) 7—晚青白口世早期陆相盆地(山区河流为主) ① 永宁盆地 ② 步云山盆地 ③ 旅大盆地 ④ 苇沙河盆地; 7—开阔海沉积区, YSTF—黄海转换断层(中生代后期)

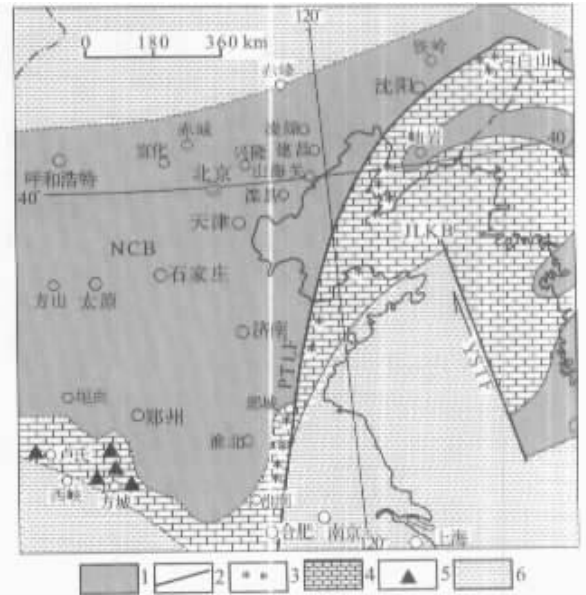


图9 中朝板块震旦纪(680±50 Ma)古地理格局(Rodinina 裂解期格局)

Fig. 9 Paleogeographical framework of Sinian (680±50 Ma) on Sino-Korean Plate

1—侵蚀区 2—同沉积断裂 3—与断裂伴生的地震事件(震积岩) 4—浅海(下部为碎屑岩垫板,上部为海侵碳酸盐岩上超) 5—山岳冰川—冰海沉积(上震旦统顶部罗圈组); 6—开阔海沉积区, PTLF—古郯庐断裂, NCB—华北块体; JLKB—胶辽块体, YSTF—黄海转换断层(中生代)

造活动,也无火山爆发痕迹。板块南部(豫西)青白口纪盆地从 1 000 Ma 开始发展,为典型潮坪沉积;板块北部盆地则从 900 Ma 开始,与北部开阔海有陆地障壁,形成内陆海。内陆海通过辽东半岛、朝鲜半岛北部与当时的外海连通,其地形很类似于今天的渤海。这种障壁环境可能是青白口统下马岭组黑色层形成的古地理背景。

3.4 震旦纪(680~540 Ma)盆地格局(图9)

中朝板块从 800 Ma 开始,整体上升,缺失南华纪(800~680 Ma)与早震旦世沉积(图4),震旦纪盆地格局发生根本性变化,即古郯庐断裂地震带产生,古郯庐断裂将中朝板块分隔为华北块体(NCB)与胶辽朝块体(JLKB)。晚震旦世海域主要位于古郯庐断裂之东(指现今位置),而华北块体的主体部分则作为其陆源区。古郯庐断裂控制了胶辽朝海盆地界线,华北块体的晚震旦世沉积仅分布于其南部边缘。

统一的中朝板块从 680 Ma 开始裂解,650 Ma 裂解为两个块体,沿裂解带强地震频繁发生及基性岩墙(床)侵位^[12,26,27],这种盆地格局可解释为 Rodinia 超大陆裂解在中朝板块的板内响应。

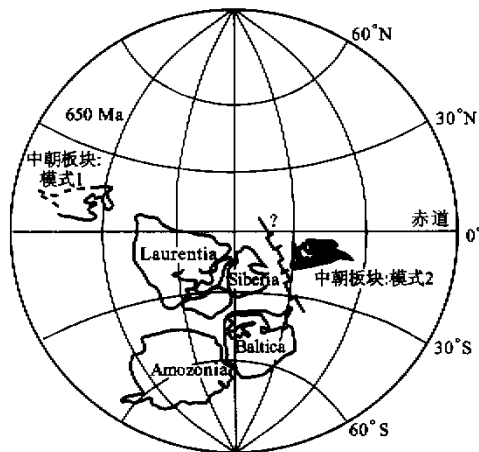


图10 650 Ma(震旦纪)中朝板块在 Rodinia 古大陆再造中的位置
(据张世红 2000)^[28]

Fig.10 Paleogeographic positions of the Sino-Korean Plate(Rodinia at 650 Ma reconstruction)

扬子板块南华纪南沱期冰川消融后,导致震旦纪海平面上升才淹没了中朝板块的胶辽朝块体与华北块体的南部边缘。

中朝板块在 Rodinia 古大陆再造图中模式2(张世红 2000),胶辽朝块体紧邻大洋裂开的一侧(图

10)震旦纪海盆通过朝鲜半岛与当时的外海相连,而华北块体则为其陆源区。图9震旦纪古地理盆地格局与古地磁研究的结果相一致^[28]。

4 结语

中朝板块元古宙盆地边界由地震断裂带控制(图69),是本文对盆地形成的动力作用解释。盆地格局有两个重要转换期:一为青白口纪,由中元古代板块北部向北开放的海域,广大南部地区为侵蚀区转变为板块北部、东部及南部均有沉积。震旦纪为第二个转折时期,海域主要在板块东部(胶辽朝块体)及华北块体南部边缘,是一个向东开放(指现今方位)的海域,而华北块体为陆源区。古郯庐地震断裂带构成震旦纪盆地的边界,它的全球构造意义是 Rodinia 裂解在板内的响应。

中朝板块 1 800 Ma 固结,经历 3 次内部裂解:1 700、1 400、650 Ma。始自震旦纪结束于晚石炭世早期的裂解期^[12,14],中朝板块实际被分割为两个块体,块体之间的界线为古郯庐带。晚中生代沿古郯庐断裂重新裂开形成晚中生代以来的板内裂谷盆地。因此,郯庐断裂带两侧地质体的不连续是两个不同块体上不同地质作用演化的结果,不必用郯庐断裂巨大平移来解释。

References[参考文献]:

- [1] PLINT A G. Liquefaction, fluidization and erosional structures associated with bituminous sands of the Bracklesham Formation (middle Eocene) of Dorset, England [J]. *Sedimentology*, 1983, 30(4): 525-535.
- [2] LIU Ying, XIE Junpei. *Sand Soil Seismic Vibrational Liquefaction* [M]. Beijing: Seismology Publishing House, 1984. 1-327 (in Chinese). [刘颖, 谢君裴. 沙土震动液化 [M]. 北京: 地震出版社, 1984. 1-327.]
- [3] FENG Xianyu. Study on the deformation caused by seismic vibrational liquefaction [J]. *Inland Earthquake*, 1989, 3(4): 209-307 (in Chinese). [冯先岳. 地震振动液化变形的研究 [J]. 内陆地震, 1989, 3(4) 209-307.]
- [4] PLAZIAT J C, PURSER B H, PHILOBOS E. Seismic deformation structure of the NW Red Sea (Egypt) [J]. *Bull Soc Geol France*, 1990, 8(3): 419-434.
- [5] QIAO Xiufu, SONG Tianrui, GAO Linzhi, et al. Seismic sequence in carbonate rocks by vibrational liquefaction [J]. *Acta Geologica Sinica*, 1994, 7(3): 243-265 (English edition). [乔秀夫, 宋天锐, 高林志, 等. 碳酸盐岩地震液化序列 [J]. 地质学报, 1994, 68(1): 16-34.]

- [6] QIAO Xiufu, SONG Tianrui, LI Haibing, et al. *Genetic Stratigraphy of the Sinian and Lower Cambrian Strata in South Liaoning Province—Guidebook of the National Scenic Area of Jinshitan Beach* [M]. Beijing: Science Press, 1996. 1-174 (in Chinese). [乔秀夫, 宋天锐, 李海兵, 等. 辽东半岛南部震旦系—下寒武统成因地层 (附大连市金石滩海岸国家级风景区旅游导游 [M]. 北京: 科学出版社, 1996. 1-174.]
- [7] FAIRCHILD I J, EINSELE G, SONG Tianrui. Possible seismic origin of molar tooth structures in Neoproterozoic carbonate ramp deposit, north China [J]. *Sedimentology*, 1997, 44: 611-636.
- [8] MORETTI M. Soft-sediment deformation structures interpreted as seismites in middle-late Pleistocene aeolian deposits (Apulian foreland, southern Italy) [J]. *Sedimentary Geology*, 2000, 135: 137-156.
- [9] PRATT B R. Oceanography, bathymetry, and syndepositional tectonics of a Precambrian intracratonic basin: integrating sediments, storms, earthquakes and tsunamis in Belt Supergroup (Helena Formation, ca. 1.45 Ga), western North America [J]. *Sedimentary Geology*, 2001, 141-142: 371-394.
- [10] QIAO Xiufu, GAO Linzhi, PENG Yang, et al. Seismic event, sequence and tectonic significance in Canglangpu Stage in Paleotianlu Fault Zone [J]. *Science in China (Series D)*, 2002, 45 (9): 781-791 (English edition). [乔秀夫, 高林志, 彭阳, 等. 古鄯庐带沧浪铺阶地震事件、层序及构造意义 [J]. 中国科学 (D), 2001, 31 (11): 911-918.]
- [11] QIAO Xiufu, PENG Yang, GAO Linzhi. Interpretation of the seismic origin of Permian limestone dike in northwestern Guangxi [J]. *Geological Bulletin of China*, 2002, 21 (2): 102-104 (in Chinese). [乔秀夫, 彭阳, 高林志. 桂西北二叠纪灰岩墙 (脉) 的地震成因解释 [J]. 地质通报, 2002, 21 (2): 102-104.]
- [12] QIAO Xiufu, GAO Linzhi. Earthquake events in Neoproterozoic and Early Paleozoic and its relationship with supercontinental Rodinia in North China [J]. *Chinese Science Bulletin*, 2002, 45 (10): 931-935 (English edition). [乔秀夫, 高林志. 华北中新元古代及早古生代地震灾变事件及与 Rodinia 的关系 [J]. 科学通报, 1999, 44 (16): 1753-1758.]
- [13] WANG Hongzhen. Speculations of earth's rhythms and continental dynamics [J]. *Earth Science Frontiers*, 1997, 4 (3-4): 1-12 (in Chinese). [王鸿祯. 地球的节律与大陆动力学的思考 [J]. 地学前缘, 1997, 4 (3-4): 1-12.]
- [14] QIAO Xiufu, GAO Linzhi, PENG Yang. *Neoproterozoic in Paleotianlu Fault Zone—Catastrophe, Sequence, Biostratigraphy* [M]. Beijing: Geological Publishing House, 2001. 1-128 (in Chinese). [乔秀夫, 高林志, 彭阳. 古鄯庐带新元古界——灾变·层序·生物 [M]. 北京: 地质出版社, 2001. 1-128.]
- [15] HE Zhengjun, SONG Tianrui, DING Xiaozhong, et al. The early synsedimentary faulting of the Mesoproterozoic Yanshan Rift and its influence on event sedimentation [J]. *Journal of Paleogeography*, 2000, 2 (3): 83-91 (in Chinese). [和政军, 宋天锐, 丁孝忠, 等. 燕山中元古代裂谷早期同沉积断裂活动及其对事件沉积的影响 [J]. 古地理学报, 2000, 2 (3): 83-91.]
- [16] SONG Tianrui, HE Zhengjun, DING Xiaozhong, et al. A study of geological event records in the Proterozoic Chuanlinggou Formation of Ming Tombs District, Beijing [J]. *Geological Review*, 2000, 46 (4): 400-406 (in Chinese). [宋天锐, 和政军, 丁孝忠, 等. 北京十三陵中元古代串岭沟期地质事件的探索 [J]. 地质评论, 2000, 46 (4): 400-406.]
- [17] ZHANG Jiongfei, ZHU Hongchen. On the Jixian-type Mid-Proterozoic sedimentary environment and the character of Inner Mongolian Axis [J]. *Jilin Geology*, 2000, 19 (4): 11-16 (in Chinese). [张炯飞, 祝洪臣. 关于蓟县型中、上元古界沉积环境及内蒙地轴的性质 [J]. 吉林地质, 2000, 19 (4): 11-16.]
- [18] ZHAO Taiping, ZHOU Meifu, JIN Chengwei, et al. Discussion on age of the Xiong'er Group in southern margin of North China Craton [J]. *Chinese Journal of Geology*, 2001, 36 (3): 326-334 (in Chinese). [赵太平, 周美夫, 金城伟, 等. 华北陆块南缘熊耳群形成时代讨论 [J]. 地质科学, 2001, 36 (3): 326-334.]
- [19] QIAO Xiufu, ZHANG Dequan, WANG Xueying, et al. A preliminary study on isotope geochronology of the Xiyanghe Group from southern Shanxi Province and its geological significance [J]. *Acta Geological Sinica*, 1985, 59 (3): 258-269 (in Chinese). [乔秀夫, 张德全, 王雪英, 等. 晋南西阳河群同位素年代学研究及其地质意义 [J]. 地质学报, 1985, 59 (3): 258-269.]
- [20] SONG Tianrui, HE Zhengjun, DING Xiaozhong, et al. A study of event message-bearing sedimentary rocks of the Proterozoic Dahongyu Formation from the Ming Tomb District, Beijing [J]. *Acta Petrologica ET Mineralogica*, 2000, 19 (4): 323-332 (in Chinese). [宋天锐, 和政军, 丁孝忠, 等. 北京十三陵元古宙大红峪组含事件信息的沉积岩研究 [J]. 岩石矿物学杂志, 2000, 19 (4): 323-332.]
- [21] HE Zhengjun, SONG Tianrui, DING Xiaozhong, et al. Sedimentary record of the Proterozoic Changchengian volcanic events in Beijing and its neighbouring area [J]. *Acta Sedimentologica Sinica*, 2000, 18 (4): 510-514 (in Chinese). [和政军, 宋天锐, 丁孝忠, 等. 北京及邻区长城纪火山事件的沉积记录 [J]. 沉积学报, 2000, 18 (4): 510-514.]
- [22] XIA Xuehui, LIU Changtao, YAN Fei, et al. The geochemistry and submarine exhalative genesis of sulfide black shale in Xinglong district, Hebei [J]. *Geochimica*, 1999, 28 (5): 496-504 (in Chinese). [夏学惠, 刘昌涛, 闫飞, 等. 河北兴隆地区硫化物黑色页岩地球化学及海底喷气成因研究 [J]. 地球化学, 1999, 28 (5): 496-504.]
- [23] QIAO Xiufu. Investigation on stratigraphy of the Qingbaikou Group of the Yanshan Mountains, North China [J]. *Scientia Geologica Sinica*, 1976, 3: 246-265 (in Chinese). [乔秀夫. 青白口群地层研究 [J]. 地质科学, 1976, 3: 246-265.]
- [24] QIAO Xiufu, GAO Mai. Carbonate Pb-Pb isotopic dating of Qingbaikou System in North China and its significance [J]. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 1997, 22 (1): 1-7 (in Chinese). [乔秀夫, 高励. 中国北方青白口系碳酸盐岩 Pb-Pb 同位素测年及意义 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1997, 22 (1): 1-7.]

- [25] QIAO Xiu-fu , GAO Lin-zhi , GAO Mai . Event stratigraphy and sequence stratigraphy of Neoproterozoic in North China [J] . *Earth Science—Journal of China University of Geosciences* , 1999 , 10(2) : 93-101(English edition) .
- [26] PAN Guo-qiang , Kong Qing-you , WU Jun-qi , et al . Geochemical feature of Neoproterozoic diabase sill in Xuzhou-Suzhou area [J] . *Geological Journal of China Universities* , 2000 , 6(1) : 53-63 (in Chinese) . [潘国强 , 孔庆友 , 吴俊奇 , 等 . 徐宿地区新元古代辉绿岩床地球化学特征 [J] . 高校地质学报 , 2000 , 6(1) : 53-63 .]
- [27] PAN Guo-qiang , LIU Jiarun , KONG Qing-you , et al . Study on Sinian geologic events in Xuzhou-Suzhou area and discussion on their origin [J] . *Journal of China Universities* , 2000 , 6(4) : 566-575(in Chinese) . [潘国强 , 刘家润 , 孔庆友 , 等 . 徐宿地区震旦纪地质事件及其成因讨论 [J] . 高校地质学报 , 2000 , 6(4) : 566-575 .]
- [28] ZHANG Shihong , LI Zhengxiang , WU Huaichun , et al . New paleomagnetic results from the Neoproterozoic successions in southern North China Block and paleogeographic implications [J] . *Science in China(Series D)* , 2000 , 43(Suppl) : 233-244 (English edition) . [张世红 , 李正祥 , 吴怀春 , 等 . 华北地台新元古代古地磁研究新成果及其古地理意义 [J] . 中国科学 (D) 2000 , 30(增刊) : 138-147 .]

INTRAPLATE SEISMIC BELT AND BASIN FRAMEWORK OF SINO-KOREAN PLATE IN PROTEROZOIC

QIAO Xiu-fu

(Institute of Geology , CAGS , Beijing 100037 , China)

Abstract : Strong earthquake happened in the earth history left fixed records in strata , and those seismic records show a belt-type distribution in zones , which stand for the seismic belts in the earth history . Presently , two intraplate seismic belts of Proterozoic can be identified in Sino-Korean Plate (Fig. 5) . Intraplate seismic belt of Mesoproterozoic is distributed along the Yanshan Mountains , the west of Liaoning , passing through the plain of Liaohe River and the Fanhe River areas ; it is called the Yanshan-Fanhe Seismic Belt (1700-200 Ma) which extends along NEE direction presently . The Sinian seismic belt of Neoproterozoic is distributed along the south of Jilin , the Liaodong Peninsula , the middle of Shandong and the north of Jiangsu-Anhui , and now is distributed in NEE trend ; it is called the Paleo-Tanlu Seismic Belt (650-600 Ma) . The two intraplate seismic belts mentioned above are the responses to the supercontinental breaking up in various stage of Proterozoic (Fig. 4) . Two seismic fault belts with different directions in Mesoproterozoic and Neoproterozoic control the basin boundaries of the two stages respectively . The Yanshan-Fanhe Seismic Fault Belt constitutes the south boundary (present position) of the Mesoproterozoic basin , and forms the sea area opening toward the north . The Paleo-Tanlu Seismic Fault broke up the Sino-Korean Plate into the North China Block (NCB) and the Jiao-Liao-Korea Block (JLKB) (Fig. 9) . The boundary of the Sinian sea area is constituted by the Paleo-Tanlu Seismic Belt , and the Sinian sea basin connected with the open sea of that time through the Korea Peninsula ; whereas the North China Block is a land-source area . Four brief paleogeographic maps of Sino-Korean Plate in Proterozoic (Fig. 69) emphasize on reflecting the basin framework and its changes ; and they were compiled on the foundation of the new study and comparison of the strata and with the instructions from the thought of the seismic catastrophe . The thoughts from the seismic and syndepositional faults could provide some new ideas for geologists to distinguish and to explain some origins of sedimentary mineral deposit , in which all the elements came from the interior of the earth , not from the surface weathering . According to the above explanation , the paleogeographic maps in this paper will show the background of the relationship between the depositional basin and the stratigraphic events .

Key words : Sino-Korean Plate ; intraplate seismic belt ; Yanshan-Fanhe Seismic Belt ; Paleo-Tanlu Seismic Belt ; North China Block ; Jiao-Liao-Korea Block ; basin framework