华北克拉通对罗迪尼亚超大陆事件的响应
——GOSEN连接假设

陆松年[1,2)]，相振群[2,3)]，李怀坤[2)]，王惠初[2)]，初航[2)]

1）山东科技大学，山东青岛，266510； 2）天津地质矿产研究所，天津，300170；
3）中国地质大学(北京)研究生院，北京，100083

内容提要：中元古代晚期—新元古代早期的华北克拉通与塔里木、扬子克拉通存在明显差异，那里没有十分强烈的与罗迪尼亚超大陆汇聚及裂解有关的热-构造事件的地质记录，因此对华北克拉通与罗迪尼亚超大陆的关联存在不同的推测。近年来，在郯庐断裂带两侧新元古代碎屑岩地层中，从辽宁的榆树砬子群，经山东烟台蓬莱群至土门群，陆续测得众多具经典格林威尔期的碎屑锆石年龄。这一信息与西伯利亚东南缘上里菲碎屑岩中的碎屑锆石年龄谱十分相似。这些碎屑锆石的时代均不是华北或西伯利亚本土所具有的特点，说明华北东缘、西伯利亚东南缘与劳伦大陆东南缘格林威尔造山带存在某种亲缘关系。根据这种推测，笔者等提出了劳伦大陆格林威尔造山带、西伯利亚东南缘和华北东部(GOSEN)连接的假设。

关键词：华北克拉通；碎屑锆石年龄谱；罗迪尼亚超大陆；GOSEN连接

罗迪尼亚超大陆是哥伦比亚超大陆解体后，于中元古代末期至新元古代早期形成的超级大陆。由于格林威尔及与其时代相近的造山作用使中元古代初期若干分离的大陆块逐步汇聚成超大陆。McMenamin等(1990)首先提出“Rodinia”超大陆的概念，指出罗迪尼亚是一个1 Ga前由大陆碰撞形成的全球性的超大陆。许多著名的前寒武纪地质学家在SWEAT假设(美国西南部与东南极汇聚)(Moores，1991)的基础上，对罗迪尼亚超大陆的古地理再造做了大量的探索性研究，其中较有影响的成果之一当数Hoffman(1991)所建立的新元古代时期超大陆复原图，该成果被许多文献引用。在他建立的超大陆复原图中，发生了以劳伦大陆为中心的聚合，东冈瓦纳(澳大利亚、印度和东南极)与其相邻，西伯利亚位于劳伦大陆的一侧，而另一侧遥相对应的则是波罗的、非洲和南美陆块群。上述早前寒武纪陆块主要以格林威尔时期(1290～990 Ma)造山带为缝合标志。在Hoffman的罗迪尼亚全球构造复原图的基础上，李正祥等(Li et al.，1996)讨论了中国华北与华南在超大陆中的位置，分别将华北和华南置于西伯利亚的两侧，并认为宽坪运动和四堡运动在时代上与格林威尔运动大致相当。经过20年的持续性研究，其中包括中国地质学家研究成果在内，对罗迪尼亚超大陆的认识已逐步深化，例如继SWEAT假设之后，陆续提出的AUSWUS和AUSMEX假设；冈瓦纳陆块群形成的时代及格林威尔造山带形成时限的界定；以及IGCP440(罗迪尼亚的汇聚与破裂)全球工作组于2008年提出的罗迪尼亚超大陆复原图(Li et al.，2008)及有关地区的研究成果等等。

在超大陆研究中，中国三大克拉通，即华北、扬子和塔里木克拉通对罗迪尼亚超大陆汇聚和裂解的响应成为这一时期研究的热点之一。众多的研究成果表明扬子和塔里木克拉通在新元古代早期发生了与大陆汇聚及裂解有关的热-构造事件，因而认为这两个克拉通卷入了超大陆的汇聚和裂解过程。但一系列高精度的年龄资料表明，与汇聚过程有关的地质事件集中在900～820 Ma之间，明显年轻于劳伦大陆格林威尔造山作用发生的时代。因此不应将这两个克拉通上的造山作用，如晋宁、武陵、四堡或塔里木造山作用的时代等同于格林威尔造山作用的时代。

注：本文为中国地质调查局“全国重要矿产资源潜力预测评价及综合”项目所属“全国重要矿产成矿地质背景研究”课题及“中国与亚洲地区关键地层划分与对比研究”项目(编号 1212010611802)资助成果。
收稿日期：2012-05-02；改回日期：2012-08-20；责任编辑：周健。
作者简介：陆松年，男，1940年生。研究员，长期从事中国前寒武纪地质研究。Email：tjlsongnian@sina.com。

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

与扬子和塔里木明显不同,在华北克拉通上缺少相似的大规模热-构造事件的地质记录,尽管在华北周缘陆续发现了新元古代早期侵入体,但分布范围及规模均难以与扬子和塔里木对比。因而,对华北克拉通与罗迪尼亚超大陆的关联提出了不同的推断(彭澎等,2002; Zhai et al., 2003)。近年来,在华北东部,沿郯庐断裂带两侧新元古代碎屑岩地层中,陆续发现众多经典格林威尔期碎屑锆石年龄信息,提供了探索华北与罗迪尼亚关联的可能。本文首先综合这些碎屑锆石年龄谱提供的物源区信息,并通过和西伯利亚克拉通的对比,探讨华北、西伯利亚及与劳伦大陆格林威尔造山带的关系。

1　华北克拉通东部格林威尔期碎屑锆石年龄谱信息

近十余年来,华北克拉通早前寒武纪研究已取得令人瞩目的进展,突出表现在对早前寒武纪表壳岩系统和热-构造事件的界定和逐步精确的年代格架的建立,以及对华北早前寒纪大地构造分区的划分。尽管对华北克拉通构造分区、划分原则及俯冲—增生—碰撞时代尚有不同的认识和重要分歧,但仍有一些共同点,且这些争论无疑会不断提高华北早前寒武纪研究工作水平。

与~1.85 Ga 时期吕梁造山带性质、分布范围及地理位置的不确定性相比,对造山作用以后裂解事件群的研究则取得了更多的共识。目前大致可确定华北在 1.8 Ga 以后的中元古代曾发生过 4 期与裂解有关的热-构造事件,分别是~1.78 Ga 的基性岩墙群和火山岩喷发、~1.70 Ga 的斜长岩-奥长环斑花岗岩组合。~1.62 Ga 超钾质火山岩及~1.32 Ga 华北北部辉绿岩床群的侵位等(Lu et al., 2008;陆松年等,2010)。但迄今尚未在华北克拉通内部及南、北缘发现与罗迪尼亚汇聚与破裂有关的大规模的热-构造地质事件记录。因此,华北与扬子、塔里木等新元古代早期岩浆活动发育的大陆块体之间有明显差异,它们在各种罗迪尼亚超大陆复原图中(如 Li et al., 2008)都保持较远的距离。最近在研究过程中,在华北克拉通东部新元古界碎屑岩层中,测得经典格林威尔期碎屑锆石的年代学信息,其特点与西伯利亚的 Uy 群十分相似,突显出华北克拉通未曾认识的一些地质演化信息,现重点介绍于后。

1.1　华北克拉通内部中—新元古界碎屑锆石年龄谱特征

华北克拉通内部中—新元古界碎屑锆石年龄谱特征可以蓟县剖面中元古界长城系常州沟组和新元古代青白口系长龙山组砂岩为代表(陆松年等,2009),碎屑锆石年龄谱表现为>1800 Ma 的太古宙和古元古代信息,其中大量新太古代晚期和古元古代晚期的碎屑锆石反映了华北克拉通地质演化过程中两期主要热-构造事件的重要特点(图 1)。笔者等和万渝生等从华北南缘河南省(未发表)及北京西山(万渝生等,2003)等地中—新元古代碎屑岩中测定的大量碎屑锆石年龄资料,谱系特征与图 1 十分相近,说明:①吕梁造山运动确系华北克拉通早前寒武纪一次重要的构造运动,它造成早前寒武纪变质基底隆升地表,使其成为中—新元古代地层中碎屑的剥蚀物源区;②这一物源区新太古代及古元古代

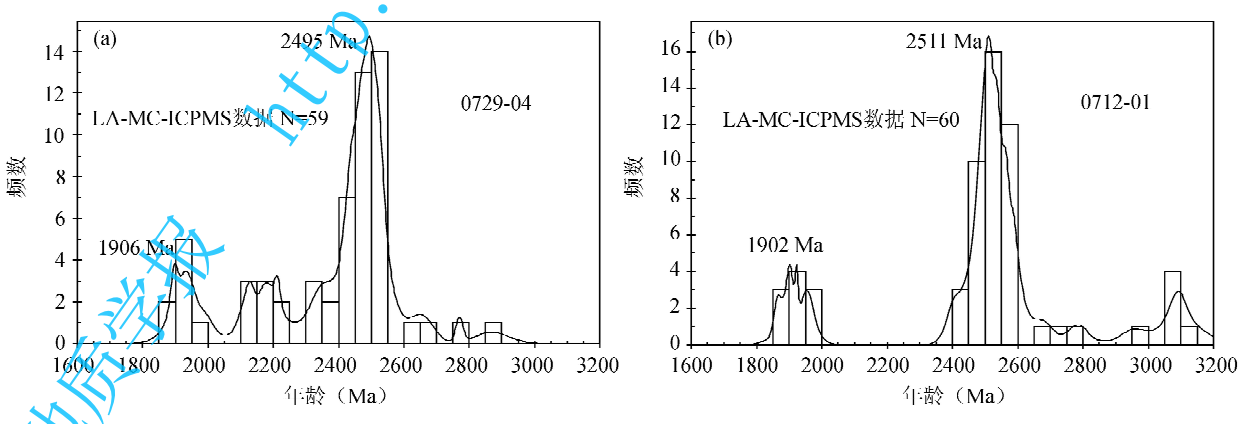


图 1　华北克拉通蓟县剖面中元古代长城系常州沟组(a)和新元古代青白口系长龙山组(b)砂岩碎屑锆石 U-Pb 年龄频率直方图(据陆松年等,2009)

Fig. 1　Detrital zircon ages spectra and relative age-probability curves from Changzhougou Formation of Changcheng System (a) and Changlongshan Formation of Qingbaikou System (b) in Jixian section (after Lu et al., 2009)

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

末期花岗质岩石侵入体是最重要的热事件的产物，未发现大量新于 1.8 Ga，特别是在新元古代地层中存在经典格林威尔期的碎屑锆石信息；③地表地质工作中未鉴别出华北克拉通内部存在大规模与罗迪尼亚超大陆汇聚及裂解有关的热-构造事件产物。

1.2 华北克拉通东部新的碎屑锆石年龄谱信息

华北克拉通东部沿现在郯庐断裂带两侧分布有榆树砬子群、蓬莱群和土门群等浅变质至未变质碎屑岩层，前人将它们的地层时代分别置于中元古代或新元古代。近期从上述碎屑岩层中获得大量经典格林威尔期碎屑锆石年龄信息，它们的碎屑锆石年龄谱特征与华北内部新元古代年龄谱大相径庭，提供了华北东部与罗迪尼亚超大陆联系的新信息，现综述如下(图 2)。

1.2.1 辽东榆树砬子群

榆树砬子组系长春地质学院辽东区测大队(1960 年)创名，创名地在庄河市蓉花山镇榆树砬子(现称蓉花山)。当时认为其与下伏盖县组呈整合接触，与上覆永宁组呈角度不整合接触，将其划属上辽河群，时代为太古宙❶。自建组以来，随着地质资料的不断丰富，其命名和划分方案存在多种意见，其地层时代曾分别归属古元古代、中元古代、新元古代青白口纪等。1998 年辽南片区总结项目认为榆树砬子组时代为中元古代。

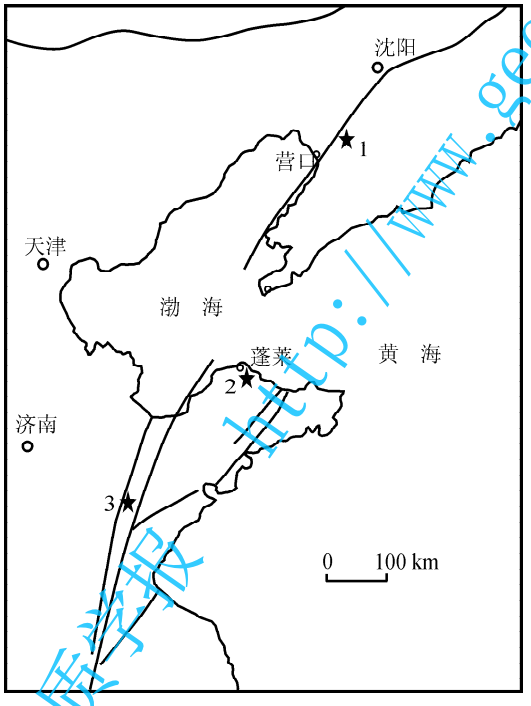


图 2 华北克拉通东部地区榆树砬子、土门、蓬莱群分布图

Fig. 2 Sketch map showing the distribution of Yushulazi, Tumen and Penglai Groups in the eastern NCC

1—榆树砬子群；2—蓬莱群；3—土门群

1—Yushulaizi Group; 2—Penglai Group; 3—Tumen Group

榆树砬子群主要出露于辽东庄河市蓉花山、三架山及盖州市太平庄一带。岩石虽经受绿片岩相浅变质作用的改造，但其宏观层序性、原生层理及沉积构造均清晰可辨。于海峰等(2010)依据岩石组合将该群划分为 2 个地层单位：下部以厚层石英岩为主，底部层位由铁矿层、含铁石英岩质角砾岩(仰山式铁矿)、厚层状石英岩及铁质绢云板岩组成；上部以石英岩夹片岩为特征，绢云石英片岩的出现为其主要标志，局部见大理岩扁豆体。区域范围内厚度为 215～4084 m。前人研究成果表明，辽东半岛榆树砬子群是经历了绿片岩相浅变质的滨浅海相碎屑岩含铁建造，其层位位于下伏辽河群和上覆永宁组之间，上、下界面均为不整合接触。

Luo 等(2006)在辽东盖州市东北云山沟的榆树砬子群中分别采集了绢云石英片岩和绢云片岩样品，经 LA-ICP-MS 测定，两件样品碎屑锆石年龄谱显示 2.6～2.5 Ga、2.2～1.9 Ga 和 1.4～1.0 Ga 等 3 个峰值(图 3)。前两个峰值与辽东新太古代变质基底和辽河群热-构造事件年龄一致，反映了它们的碎屑锆石物源区来源于辽东本土，而后一个峰值与经典格林威尔期造山事件的年龄大致耦合，并不是辽东地区所具有的热-构造事件年龄的特点，其物源区无疑是一个值得推敲和深思的问题。

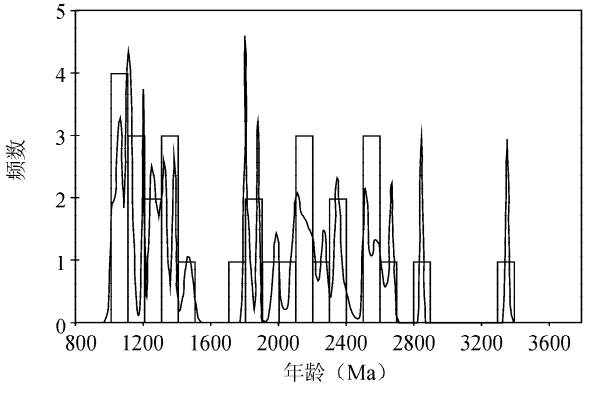


图 3 辽东盖州市榆树砬子群碎屑锆石年龄频率直方图
(据 Luo 等，2006 原始数据整理，
选择不协和度＜10％的数据点)

Fig. 3 The frequency histogram of detrital zircon ages from Yushulazi Group in Gaizhou City of Liaoning Province (the data according to Luo et al., 2006, disconcordance of selective points ＜10％)

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

1.2.2　山东蓬莱群

蓬莱群分布在鲁东胶北隆起区,自下而上分为豹山口组、辅子夼组、南庄组和香夼组,为一套由板岩、千枚岩、石英岩和石灰岩组成的地层。其时代过去多认为属(原)震旦纪。

Li 等(2007)曾利用从山东栖霞采集的 4 个蓬莱群样品,测得锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$比值,其对应的年龄值主要分布在 1000～1800 Ma,峰值为 1200 Ma 和 1600 Ma 左右(图 4)。原笔者认为华北克拉通大量地出露太古宙末期(2500 Ma 左右)和早元古代末期(1800 Ma 左右)的岩石,但在所分析的蓬莱群沉积岩几乎没有显示,排除了华北克拉通为主要沉积物源的可能。

由于蓬莱群中碎屑锆石年龄谱的重要性,笔者等于 2009 年 6 月对蓬莱群出露范围最大、露头最好的烟台长岛进行了现场考察(图 5),并通过碎屑锆石年龄谱的测定,获得蓬莱群辅子夼组 3 个碎屑岩样品的碎屑锆石年龄信息(初航等,2011)。烟台长岛蓬莱群辅子夼组主要为厚层石英岩夹薄层变粉砂岩,沉积构造显示该组已强烈变形,局部出现地层倒转(图 6、7)。

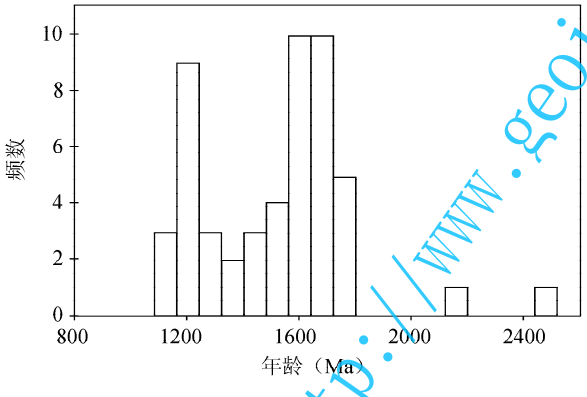


图 4　山东栖霞蓬莱群沉积岩碎屑锆石$^{207}Pb/^{206}Pb$年龄频率直方图(据 Li 等, 2007)

Fig. 4　The frequency histogram of $^{207}Pb/^{206}Pb$ detrital zircon ages from the sedimentary rock of Penglai Group, Aixia County, Shandong Province(after Li et al., 2007)

获得的 3 个样品测试数据统计结果的直方图及频率曲线见图 8。

根据统计结果,我们得出了如下初步结论:

第一,笔者所获得的测试结果与 Li 等(2007)的测试结果基本一致,表明栖霞一带的蓬莱群与烟台长岛的蓬莱群具有相同的碎屑锆石年龄谱特征和相同的物源区,应是同一盆地的同一时代地层单元。



图 5　烟台长岛蓬莱群辅子夼组石英岩及变粉砂质岩夹层

Fig. 5　Quartzite and interbedded metasilty rocks from Fuzikuang Formation of Penglai Group in Changdao County of Yantai



图 6　烟台长岛蓬莱群辅子夼组石英岩中的斜层理(指示地层为正常层序)

Fig. 6　Cross bedding showed by quartzite from Fuzikuang Formation of Penglai Group, Changdao County of Yantai (indicating the normal succession)



图 7　烟台长岛蓬莱群辅子夼组石英岩顶面的波痕指示了地层的倒转

Fig. 7　Ripple mark developing on the top surface of quartzite from Fuzikuang Formation of Penglai Group, Changdao County of Yantai (indicating the reversed succession)

第二,图中显示最年轻一组碎屑锆石年龄峰值接近 1000 Ma,该数据制约了蓬莱群最大沉积时代。由于它被寒武系不整合覆盖,因此该群的地层时代

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

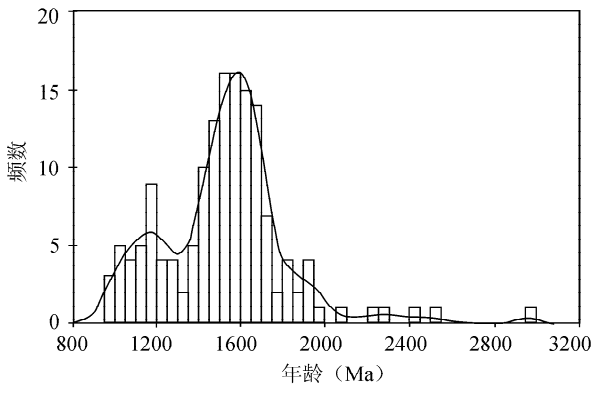


图 8 烟台长岛蓬莱群锆石 U-Pb 同位素年龄频率直方图及曲线图（154 个测点，不谐和度＜10%）（据初航等，2011）

Fig. 8 Frequency histogram and curve of U-Pb detrital zircon ages from Penglai Group in Changdao County of Yantai (154 points of measurement, disconcordance ＜10%, after Chu Hang et al., 2011)

目前只能限定在最年轻碎屑锆石与寒武纪之间的新元古代，而不能给出更精确的估计。

第三，所测样品碎屑锆石年龄谱显示中元古代碎屑锆石占有绝对优势，而其中两个峰值特别突出，一是 1600 Ma，二是 1000～1200 Ma，说明这两期岩浆岩为蓬莱群辅子夼组提供了大量碎屑物源。

第四，上述辅子夼组中元古代两组锆石年龄信息不是华北本土所具特征（＞1800 Ma），当时应有一个非华北的剥蚀源区提供大量 1600 Ma 及中元古代晚期包括锆石在内的碎屑物质。

1.2.3 山东土门群

土门群分布于山东省中南部，呈北北东向带状展布，自下而上分为黑山官组、二青山组、佟家庄组、浮莱山组和石旺庄组。黑山官组与下伏新太古代二长花岗片麻岩呈角度不整合接触，主要岩性下部为浅色含砾石英砂岩，中部为灰绿含海绿石砂岩夹少量页岩，上部为紫红色、灰绿色含粉砂粘土层岩夹薄层含海绿石细砂色薄层岩，顶部有古风化面。二青山组与下伏黑山官组为平行不整合，主要岩性下部为灰红色含海绿石砂岩，中部为灰紫红色薄层灰岩、隐晶灰岩，上部为紫红色板状钙质页岩夹薄层灰岩或泥灰岩。佟家庄组在本区上前寒武系中出露最广。与下伏二青山组为平行不整合接触，主要岩性下部为含砾砂岩、砂岩及细砂岩，中上部为黄绿色页岩夹紫红色页岩、薄层灰岩发育。浮莱山组与下伏佟家庄组呈平行不整合。主要岩性下部为薄层细砂岩、粉砂岩夹灰色页岩，上部为薄层细—粉砂岩夹含泥砂质条带灰岩、灰岩或砂质灰岩。石旺庄组与下伏浮莱山组呈平行不整合。主要岩性为灰岩、白云质灰岩、灰质白云岩，含叠层石。与上覆下寒武统五山组呈平行不整合接触。

宋子新等（1993）根据土门群沉积岩相将上述 5 组分为 3 部分：下部从黑山官组、二青山组至佟家庄组为海进形成的地层序列；中部为频繁振荡潮坪环境中形成的浮莱山组；上部则为稳定潮坪条件下沉积的含叠层石碳酸盐地层。但根据下述碎屑锆石年龄谱特征，佟家庄组—浮莱山组与下伏黑山官组及二青山组有明显差异，反映当时剥蚀源区有了新的变化。蚀源区分析似乎将佟家庄组与浮莱山组置于土门群中部为宜。

笔者等曾对土门群碎屑岩进行过系统采样，其中在土门群北部露头区昌乐县新二甲村土门群中所采集的黑山关组底部紫红色岩屑砂岩，直接不整合覆于新太古代二长花岗片麻岩之上，碎屑锆石主要反映太古宙变质基底的时代。同时南部莒县黑山关组之上二青山组碎屑锆石年龄主体均大于 1800 Ma（图 9，10），反映了华北剥蚀源区的重要特点。



图 9 莒县土门群二青山组下部紫红色长石石英砂岩夹粉砂质页岩野外露头照片

Fig. 9 Outcrop of mauve feldspathic quartz sandstone and intercalated silty shale, from lower Erqingshan Formation of Tumen Group in Ju City

然而，从莒县土门群佟家庄组（图 11）中开始出现大量大于 1800 Ma 的锆石与少量 1200 Ma 左右锆石年龄混生的现象，其上的浮莱山组砂岩（图 12）碎屑锆石中则测得众多格林威尔期的年代学信息，其碎屑锆石年龄谱与黑山关组及二青山组的特点大相径庭。表 1 系浮莱山组 10SD07 样品的测定结果，在 70 个测点中，选取谐和度介于 90%～110% 的数据，其频率直方图见图 13。测定结果表明碎屑锆石 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 的年龄主要介于 1800～1000 Ma 之间，两个主峰值分别为 1363 Ma 和 1221 Ma。这

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

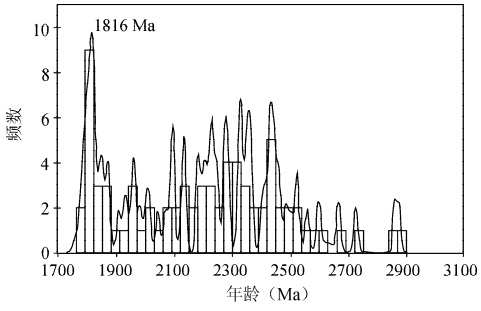


图 10　莒县二青山组下部紫红色长石石英砂岩(样品 10SD-01)碎屑锆石年龄频率直方图

Fig. 10　The frequency histogram of detrital zircon ages from mauve feldspathic quartz sandstone of lower Erqingshan Formation In Juxian County (sample 10SD-01)



图 11　沂南-沂水-莒县交界处的土门群,佟家庄组底部出现含海绿石粗砂岩

Fig. 11　Photographs showing the coarse glauconite sandstone in the base of Tongjiazhuang Formation from Tumen Group, in the borderland of Yinan-Yishui-Juxian County



图 12　沂南-沂水-莒县交界处的土门群,浮来山组下部砂、页岩互层(样品 10SD07 采自其中的砂岩层)

Fig. 12　Alternate sandstone and shale, From lower fulaishan Formation of Tumen Group, in the borderland of Yinan-Yishui-Juxian County (sample 10SD07 is from layers of sandstone)

一结果与胡波博士在山东沂水县东南佟家庄组碎屑

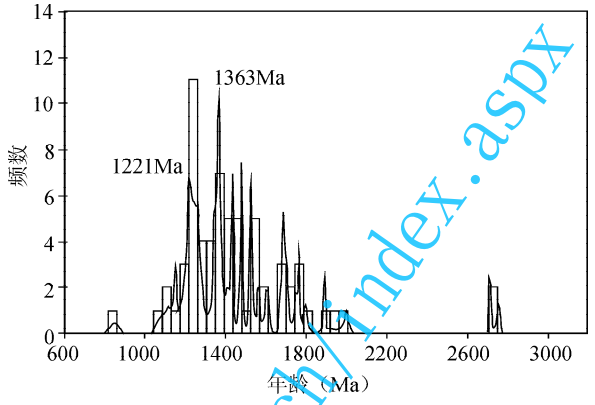


图 13　莒县浮来山组石英砂岩(10SD07)碎屑锆石 MC-LAICP-MS U-Pb 年龄频率直方图

Fig. 13　The frequency Histogram of MC-LAICP-MS U-Pb detrital zircon ages from the quartz sandstones of Fulaishan Formation in Juxian County(10SD07)

锆石年龄谱的研究结果十分相似[2]。在他通过 CAMECA U-Pb 年龄测定结果中(07YS03B 石英砂岩),显示了 4 个主要峰值,分别是 1147～1244 Ma、1308～1390 Ma、1467～1538 Ma 和 1561～1608 Ma,而大于 1800 Ma 的锆石数量同样极少。

这些小于 1800 Ma,特别是 1200 Ma 左右的锆石年龄并不是华北克拉通基底剥蚀区的特征,测定结果中部分碎屑锆石年龄落在经典格林威尔造山作用时代范围内,暗示了土门群中部分砂岩沉积时与具有经典格林威尔造山期锆石的剥蚀源区之间可能存在某种亲缘关系。

上述榆树砬子群、蓬莱群和土门群等新元古代碎屑岩锆石年龄谱的共同特征是发育劳伦大陆格林威尔造山期的碎屑锆石年龄,这一特征同样保存在西伯利亚克拉通上里菲的碎屑岩地层中。

2　西伯利亚东南缘 Verkhoyansk 中—新元古代地层序列及特征

西伯利亚克通拉及周缘的中—新元古代地层类型多样,地层厚度及沉积环境差异较大,由于缺少可供地层对比的精确同位素年龄,不同类型层序之间的对比仍存在较大困难。

覆盖在西伯利亚克拉通之上的里菲-文德地层层序极好地保存在西伯利亚地台及其东南缘的 Verkhoyansk 褶皱推覆带中,后者被视为西伯利亚古大陆经典的被动陆缘。它们之间被中生代的 Nelkan-Kyllakh 推覆带相隔。在 Verkhoyansk,里菲-文德地层厚达 14 km,是俄罗斯最完整的剖面之一。

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

表 1 莒县浮来山组长石石英砂岩(10SD07)碎屑锆石 MC-LA-ICPMS 测试结果

Table 1 Rusults of U-Pb detrital zircon isotope analysis from feldspathic quartz sandstones of Fulaishan Formation (10SD07) in Jucheng area

样品号	含量 ($\times10^{-6}$)		同位素比值							误差相关	年龄(Ma)						谐和度(%)
	Pbt	U	$^{232}Th/^{238}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$			$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		
			Ratio	Ratio	(%)	Ratio	(%)	Ratio	(%)		Age	1σ	Age	1σ	Age	1σ	
10SD07-01	218	47	1.14	0.0862	0.32	2.6857	0.97	0.2258	0.88	0.905	1344	6	1325	7	1313	10	99
10SD07-02	211	84	0.57	0.0948	0.24	3.4804	0.85	0.2662	0.80	0.944	1525	4	1523	7	1521	11	99
10SD07-05	262	33	2.03	0.0899	1.42	2.6453	3.50	0.2133	3.04	0.866	1433	27	1313	26	1247	34	94
10SD07-06	64	23	0.67	0.0834	0.81	2.4705	1.72	0.2151	1.71	0.994	1280	15	1268	12	1256	19	99
10SD07-07	241	102	0.57	0.0923	0.28	3.0582	0.81	0.2405	0.78	0.962	1473	27	1422	6	1389	10	97
10SD07-08	138	31	1.08	0.0773	1.72	1.8149	3.93	0.1705	3.61	0.918	1128	34	1051	26	1015	34	96
10SD07-09	154	21	1.29	0.1036	0.69	4.1578	1.37	0.2911	1.23	0.898	1700	13	1666	11	1647	18	98
10SD07-10	453	179	0.48	0.0926	0.19	3.2885	0.86	0.2577	0.85	0.984	1480	4	1478	7	1478	11	99
10SD07-11	196	129	0.79	0.0803	0.66	1.9317	2.66	0.1746	2.63	0.989	1206	13	1092	18	1037	25	94
10SD07-12	272	38	1.16	0.1068	0.39	4.2810	1.09	0.2910	1.10	0.900	1746	7	1690	9	1647	16	97
10SD07-13	239	61	0.79	0.0868	0.39	2.7912	1.37	0.2334	1.34	0.978	1367	8	1353	10	1352	16	99
10SD07-14	185	151	0.30	0.0809	0.22	2.3201	0.79	0.2081	0.77	0.971	1220	9	1218	6	1219	9	99
10SD07-15	841	167	2.07	0.0752	1.09	1.3891	4.67	0.1341	5.15	0.900	1076	21	884	28	811	39	91
10SD07-16	145	51	0.83	0.0822	2.81	1.9422	1.02	0.1717	2.89	0.900	1250	56	1096	7	1021	28	92
10SD07-17	231	62	0.66	0.0926	0.27	3.2492	0.82	0.2546	0.76	0.929	1480	5	1469	6	1462	10	99
10SD07-18	571	103	1.05	0.0906	0.21	3.0845	0.75	0.2471	0.73	0.971	1439	4	1429	6	1424	9	99
10SD07-19	574	178	0.93	0.0949	0.51	2.6509	2.87	0.2027	2.87	0.900	1526	14	1315	21	1190	31	90
10SD07-20	675	171	1.06	0.0873	1.73	2.1312	6.86	0.1767	5.11	0.745	1369	6	1159	47	1049	50	90
10SD07-21	259	37	1.34	0.0904	0.53	3.0188	1.97	0.2422	1.87	0.948	1435	5	1412	15	1398	24	98
10SD07-22	402	91	1.19	0.0810	0.53	2.2615	1.48	0.2026	1.42	0.958	1221	10	1200	10	1189	15	99
10SD07-23	135	23	1.46	0.0799	1.00	1.9771	1.89	0.1795	1.05	0.759	1195	20	1108	9	1064	10	96
10SD07-24	161	44	0.81	0.0920	0.33	2.9843	0.91	0.2353	0.62	0.882	1533	7	1404	5	1362	8	96
10SD07-25	430	104	0.86	0.0903	0.25	3.0239	0.78	0.2430	0.75	0.965	1431	4	1414	6	1402	9	99
10SD07-26	444	66	0.94	0.1176	2.45	5.3986	3.61	0.3277	1.06	0.294	1920	43	1885	31	1827	17	96
10SD07-27	245	91	0.66	0.0819	0.35	2.3317	1.09	0.2065	1.04	0.959	1244	7	1222	8	1210	12	99
10SD07-28	589	128	1.42	0.0983	0.93	2.5544	2.18	0.1887	2.60	0.900	1592	17	1288	16	1114	27	85
10SD07-29	985	51	3.04	0.1228	0.69	5.7276	1.65	0.3386	1.59	0.961	1998	12	1936	14	1880	26	97
10SD07-30	239	43	1.36	0.0893	0.58	2.9049	1.20	0.2361	1.12	0.934	1410	11	1383	9	1367	14	98
10SD07-31	138	51	0.64	0.0930	0.36	3.2089	1.06	0.2503	0.99	0.936	1488	7	1459	8	1440	13	98
10SD07-32	393	59	1.26	0.1079	0.25	4.5542	0.77	0.3062	0.73	0.947	1765	4	1741	6	1722	11	98
10SD07-33	198	28	1.64	0.0892	0.78	2.9844	2.03	0.2428	1.91	0.943	1409	19	1404	15	1401	24	99
10SD07-34	271	72	0.84	0.0922	0.29	3.1842	1.03	0.2506	1.01	0.979	1472	6	1453	8	1442	13	99
10SD07-35	82	25	0.92	0.0861	1.23	2.6475	2.02	0.2233	1.92	0.950	1340	24	1314	15	1299	23	98
10SD07-36	403	86	0.91	0.1037	0.26	4.2322	0.88	0.2961	0.89	0.900	1691	4	1680	7	1672	13	99
10SD07-37	193	31	1.24	0.1029	0.41	4.1425	0.97	0.2920	0.88	0.912	1677	7	1663	8	1651	13	99
10SD07-38	284	77	0.87	0.0966	0.30	3.2561	0.79	0.2445	0.76	0.960	1561	6	1471	6	1410	10	95
10SD07-39	110	48	0.59	0.0830	0.60	2.4350	1.62	0.2127	1.53	0.945	1270	13	1253	12	1243	17	99
10SD07-40	132	30	1.05	0.0826	0.63	2.4464	1.36	0.2150	1.26	0.932	1259	8	1256	10	1255	14	99
10SD07-41	323	63	2.49	0.0674	1.11	0.9671	1.89	0.1042	1.85	0.979	850	23	687	9	639	11	92
10SD07-42	475	62	1.64	0.1035	0.33	4.1815	1.17	0.2930	1.15	0.981	1688	6	1670	10	1657	17	99
10SD07-43	201	35	1.61	0.0828	0.70	2.3713	1.29	0.2077	1.13	0.874	1265	14	1234	9	1217	13	98
10SD07-44	500	131	1.14	0.0874	0.31	2.7704	0.82	0.2300	0.75	0.921	1369	7	1348	6	1334	9	99
10SD07-45	416	72	1.82	0.0818	0.64	2.2838	3.08	0.2028	3.17	0.900	1240	13	1207	22	1190	34	98
10SD07-46	1032	604	3.98	0.1771	0.30	1.7002	1.24	0.0697	1.28	0.900	2626	5	1009	8	435	5	20
10SD07-47	240	34	2.06	0.0815	1.50	2.1273	3.01	0.1892	2.52	0.838	1235	30	1158	21	1117	26	96
10SD07-48	338	71	1.10	0.0948	0.31	3.4691	0.85	0.2655	0.78	0.926	1524	6	1520	7	1518	11	99
10SD07-49	280	109	0.70	0.0827	0.34	2.4656	0.84	0.2162	0.75	0.889	1262	11	1262	6	1262	9	99
10SD07-50	26	11	0.66	0.0770	0.90	1.9750	1.38	0.1862	1.11	0.809	1120	18	1107	9	1101	11	99
10SD07-51	154	102	0.41	0.0875	0.25	2.8494	0.88	0.2363	0.82	0.940	1372	5	1369	7	1367	10	99

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

续表 1

样品号	含量 ($\times10^{-6}$)		同位素比值							误差相关	年龄(Ma)						谐和度 (%)
	Pbt	U	$^{232}Th/^{238}U$	$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$			$^{207}Pb/^{206}Pb$		$^{207}Pb/^{235}U$		$^{206}Pb/^{238}U$		
			Ratio	Ratio	(%)	Ratio	(%)	Ratio	(%)		Age	1σ	Age	1σ	Age	1σ	
10SD07-52	214	44	1.28	0.0989	0.47	3.7320	1.92	0.2737	1.86	0.968	1606	9	1578	15	1559	26	98
10SD07-53	122	52	0.66	0.0871	0.31	2.8020	0.75	0.2333	0.66	0.886	1365	1	1356	6	1352	8	99
10SD07-54	275	122	0.71	0.0880	0.37	2.8399	0.97	0.2339	0.84	0.861	1383	7	1366	7	1355	10	99
10SD07-55	265	101	0.91	0.0858	0.94	2.5157	1.06	0.2130	1.55	0.900	1332	18	1277	8	1245	18	97
10SD07-56	251	173	0.66	0.0809	0.22	2.0875	0.67	0.1871	0.65	0.978	1220	8	1145	5	1106	7	96
10SD07-57	397	81	1.01	0.1913	0.20	13.8171	1.21	0.5242	1.22	0.900	2753	8	2737	11	2717	27	99
10SD07-58	645	103	2.33	0.1045	0.28	4.2056	1.08	0.2920	1.02	0.944	1706	5	1675	9	1651	15	98
10SD07-59	73	84	0.41	0.0781	0.30	2.0981	0.93	0.1949	0.87	0.929	1150	6	1148	6	1148	9	99
10SD07-60	504	91	1.39	0.1866	0.19	13.1922	1.23	0.5128	1.20	0.975	2712	4	2694	12	2669	26	99
10SD07-61	278	104	0.96	0.0868	0.28	2.7224	0.85	0.2276	0.78	0.915	1355	6	1335	6	1322	9	99
10SD07-62	275	85	1.06	0.0863	0.27	2.7534	0.83	0.2314	0.76	0.906	1346	5	1343	6	1342	9	99
10SD07-63	22	64	0.06	0.1097	0.33	4.8193	0.91	0.3189	0.93	0.900	1795	10	1788	8	1785	14	99
10SD07-64	66	29	1.11	0.1068	2.75	3.6083	3.02	0.2452	2.40	0.796	1746	50	1551	24	1414	30	90
10SD07-65	242	90	0.45	0.1157	0.21	5.4339	0.89	0.3407	0.88	0.986	1891	4	1890	8	1890	14	99
10SD07-66	416	98	1.15	0.0813	0.27	2.2789	0.78	0.2035	0.73	0.933	1228	0	1206	6	1194	8	99
10SD07-67	51	15	1.09	0.0813	1.48	2.0851	1.87	0.1862	1.31	0.702	1229	29	1144	13	1101	13	96
10SD07-68	225	58	0.92	0.0811	0.47	2.2076	1.33	0.1974	1.24	0.928	1233	9	1183	9	1161	13	98
10SD07-69	23	11	0.05	0.0792	2.07	1.9524	4.25	0.1788	3.62	0.851	1176	36	1099	29	1060	35	96
10SD07-70	87	53	0.41	0.0627	2.38	0.4569	5.23	0.0527	3.59	0.687	698	45	382	17	331	12	85

表 2　西伯利亚东南缘里菲系及文德系地层层序

Table 2　Stratigraphic sequence of Riphean and Vendian in the southeastern margin of Siberia Craton

系	群	时代(Ma)		岩性
		据 Khudoley 等，2001 资料	据 Cullers 等，2002 资料	
文德	Yudoma	650～540	650～540	陆源碎屑岩及碳酸盐岩地层互层
上里菲	Uy	1000～650	1030～1000	长石砂岩、硬砂岩、页岩、粉砂岩、玄武岩
	Lakhanda			灰岩及页岩
中里菲	Kerpyl	1350～1000	1350～1050	页岩、粉砂岩、石英砂岩、长石砂岩
	Aimchan			白云岩、页岩、粉砂岩、石英砂岩
下里菲	Uchar	1650～1350	1650～1350	白云岩、页岩、粉砂岩、石英和长石砂岩

西伯利亚东南缘的里菲-文德自下而上分为下里菲 Uchur 群(1650～1350 Ma)、中里菲 Aimchan 和 Kerpyl 群(1350～1000 Ma)、上里菲 Lakhanda 和 Uy 群(1000～650 Ma),以及文德系 Yudoma 群(650～540 Ma),但对各群的时限仍有不同认识(表 2)。

古流向及沉积相的趋势指示 Uchur、Aimchan 和 Kerpyl 群的大部分的物源区是来自西北部的西伯利亚克拉通。这一推断与砂岩的矿物及化学成分相符,而且物源区以花岗岩成分为主。Uy 至 Yudoma 群砂岩的物质成分既来自西北部的西伯利亚,又来自东部非西伯利亚物源区。Uy 群中的硬砂岩反映存在局部的再循环造山带至弧形造山带物源区。微量及稀土元素地球化学特征指示源区为新于太古宙的岩石,碎屑锆石年龄谱支持这一结论(Robert et al., 2002)。

碎屑锆石年龄谱资料指示西伯利亚东南缘里菲和文德沉积盆地的碎屑供给既来自西北部稳定克拉通(西伯利亚),又来自东部再循环的造山带(非西伯利亚)。从太古宙岩层中输入的碎屑量并不多,在沉积期间,东部物源区的作用愈来愈重要。早里菲地层的物源区主要来源于西部的西伯利亚,中里菲则有西部和东部两个物源区,而晚里菲的物源区主要来源于东部的非西伯利亚区(Khudoley et al., 2001)。

Uy 群砂岩形成的构造背景与下伏的其他里菲系砂岩存在重要差异,沉积相和厚度变化指示 Uy 群中—上部沉积时,盆地东部和盆地内部是十分重要的源区。Rainbird 等(1998)对 Uy 群顶部砂岩进行了碎屑锆年测定,共测定了 31 个点,其中 27 个点的$^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄值介于 1500～1050 Ma 之间,其

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

他 4 个点的年龄分别为 1798±25 Ma、2074±39 Ma、2660±14 Ma 和 2709±8 Ma。显然 1500～1050 Ma 的碎屑锆石不是来自西伯利亚本土，而是非西伯利亚的异地来源。嗣后俄罗斯地质学家(Khudoley et al.，2001)在西伯利亚东南缘 Uy 群砂岩中又测定了 92 粒碎屑锆石，其中仅有 3 粒时代上属于太古宙，在 49 粒古元古代碎屑锆石中有 47 粒的时代新于 2100 Ma，而其他 40 粒碎屑锆石的时代则介于 1600～1000 Ma 之间。因此，可确定西伯利亚克拉通太古宙岩层并不是 Uy 群砂岩的主要碎屑供给区。相反在这些中—新元古代里菲和文德系盆地外侧东部一定有一个新的物源区，并且这个物源区与西伯利亚东南大陆边缘之间存在过一次造山过程，使二者在 Uy 群沉积前最终拼贴在一起，为 Uy 群提供了中元古代的碎屑锆石。一些学者(如 Rainbird et al.，1998；Khudoley et al.，2001)根据 Uy 群与劳伦大陆碎屑岩锆石年龄谱的相似性(图 14)，进一步提出了西伯利亚与劳伦大陆连接的假设。

3 讨论

从以上叙述中我们可以看到中—新元古代地层中华北克拉通内部与东部碎屑锆石年龄谱的明显差异。从华北东部辽东榆树砬子群、山东蓬莱群和土门群部分碎屑岩中测得的众多中元古代时期的锆石年龄不能从现在华北出露地表的岩石中找到源区的踪迹。新获得的资料透视出一个新问题，即这些碎屑锆石来源于何处？榆树砬子群、蓬莱群和土门群四周被早前寒武纪变质基底所围限，这些早前寒武纪的变质基底不可能提供大量中元古代的碎屑锆石。其可能性之一是在华北东侧现在的海区位置曾存在过一个陆源剥蚀区为蓬莱群等提供了大量中元古代时期的碎屑锆石。这个剥蚀区必须具备两个最重要特征：一是中元古代 1600 Ma 左右的花岗质岩石比较发育，二是格林威尔期的岩浆活动强烈，从而为上述地层中的碎屑岩提供了以这两个时代为主的中元古代碎屑锆石。

Ernst 等曾统计了全球 15 个地区中—新元古代的热-构造事件，其中劳伦和波罗的大陆中元古代热-构造事件最发育(Ernst et al.，2008 文中图 2)，比较符合蓬莱群等物源区的要求。在 Condie 等的统计图中也表明劳伦大陆中元古代火成岩省和碎屑岩中格林威尔期锆石的高频率的出现有可能作为蓬莱群等的锆石源区(Condie et al.，2009 文中图 10、11)。

根据碎屑锆石年龄谱的相似性，笔者推测劳伦大陆东南缘的格林威尔造山带、西伯利亚克拉通东南缘和华北克拉通东缘可能在中—新元古代之交存在过某种连结，这种连结可称为“GO(格林威尔造山带)—S(西伯利亚克拉通东南缘)—EN(华北克拉通东缘)假设”或“GOSEN 连接”。在这个假设中格林威尔造山带是一隆起区，也是最重要的物源区，为西伯利亚克拉通东南缘的 Uy 群和华北克拉通东缘的榆树砬子群、蓬莱群和土门群中的部分碎屑岩提供了经典格林威尔造山期的碎屑锆石(图 15)。因此，尽管华北克拉通现在范围内未鉴别出与罗迪尼亚超大陆汇聚和破裂有关的强烈的热-构造事件，但根据碎屑锆石年龄谱提供的信息，有理由推测华北和西

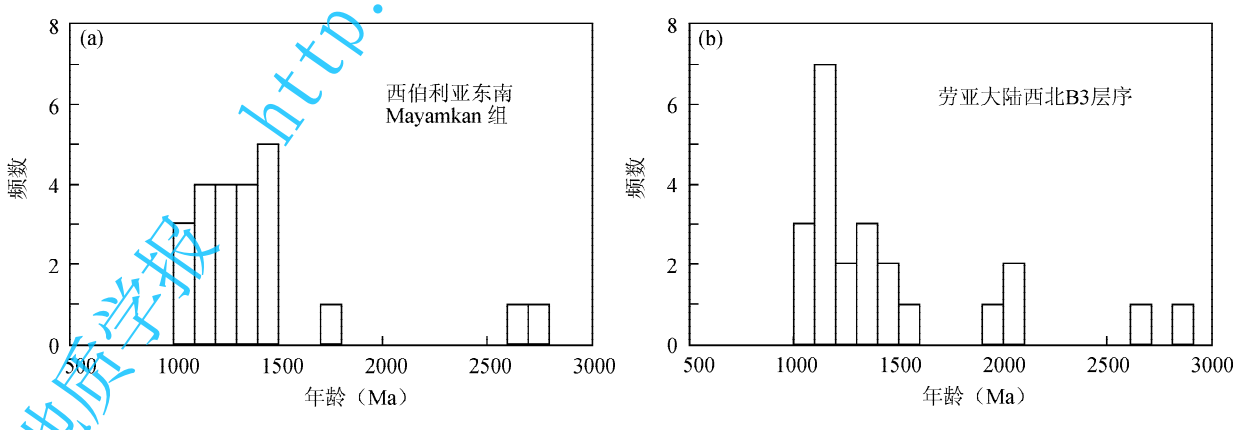


图 14 西伯利亚东南 Uy 群 Mayamkan 组(a)及劳伦大陆西北部新元古代砂岩碎屑锆石 ^{207}Pb-^{206}Pb 年龄频率直方图(b)(据 Rainbird 等，1996，1998)

Fig. 14 The frequency histograms of ^{207}Pb-^{206}Pb detrital zircon ages from Mayamkan Formation of Uy Group in southeastern Siberia Craton (a) and from the Neoproterozoic sandstone in northwestern Laurentia (b) (after Rainbird et al., 1996, 1998)

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

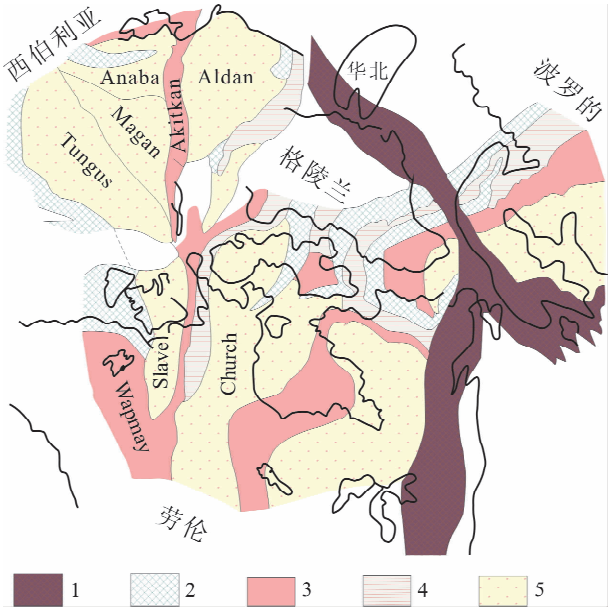


图 15　格林威尔造山带—西伯利亚—华北东部(GOSEN)连接假设示意图(据 Rainbird 等,1998 修改)

Fig. 15　Scheme of Grenville Orogen—Siberia and eastern NCC connection (GOSEN) Joining Hypothesis (Modified after Rainbird et al. ,1998,)

1—格林威尔造山带(1.3～1.0 Ga);2—褶皱带(2.0～1.9 Ga);3—新地壳(2.0～1.9 Ga);4—再造(约 2.0～1.9 Ga);5—新地壳(3.0～2.7 Ga,局部>3.0 Ga)

1—Grenville orogenic belts (1.3～1.0 Ga);2—fold belts (2.0～1.9 Ga);3—new crust (2.0～1.9 Ga);4—reworked (ca. 2.0～1.9 Ga);5—new crust (3.0～2.7 Ga, Locally>3.0 Ga)

伯利亚克拉通仍然卷入了罗迪尼亚超大陆的汇聚过程,并且格林威尔造山带、西伯利亚克拉通东南缘和华北克拉通东缘可能存在过某种连结,只是由于超大陆破裂后的多次热-构造事件的叠加改造或海平面升降影响,曾经存在过的超大陆汇聚的踪迹多数已不复存在。但除去碎屑锆石年龄谱的相似性外,中元古代时期古地磁资料和新元古代初期基性岩的活动也提供了华北、西伯利亚和劳伦亲缘关系的佐证(Pei et al. , 2006)。

必须强调,超大陆的复原是一个难度极大的科学问题,其制约因素十分复杂,本文提出的"GOSEN 连接"也仅仅是主要根据碎屑锆石年龄谱这一单因素所进行的推测,还需要更多的资料进行补充、修定,但愈来愈多的资料支持华北克拉通卷入了罗迪尼亚超大陆事件,也支持华北、西伯利亚和劳伦大陆之间有更多的相似性。

谨以此文纪念程裕淇院士诞辰一百周年,感恩先生生前对我们的教诲,追思先生对地质科学,特别是前寒武纪地质学、变质地质学、地层学等诸多领域的杰出贡献。工作过程中得到山东科技大学王明镇教授和山东省地质调查院王世进总工等大力支持,笔者在此表示衷心感谢。

注　释

❶ 长春地质学院辽东区测大队新金分队. 1960. 1∶20 万"新金县"幅区域地质测量报告书.

❷ 胡波. 2009. 化德群和土门群沉积岩碎屑锆石研究:对华北克拉通基底及元古宙盆地演化的指示意义. 中国科学院研究生院博士学位论文,1～198.

参　考　文　献

初航,陆松年,王惠初,相振群,刘欢. 2011. 山东长岛地区蓬莱群辅子夼组碎屑锆石年龄谱研究. 岩石学报,27(4):1017～1028.

陆松年,李怀坤,王惠初,陈志宏,郑健康,相振群. 2009. 秦-祁-昆造山带元古宙副变质岩层碎屑锆石年龄谱研究. 岩石学报,25(9):2195～2208.

陆松年,李怀坤,相振群. 2010. 中国中元古代同位素地质年代学研究进展述评. 中国地质, 37(4):1002～1013.

彭澎, 刘文军, 翟明国. 2002. 华北陆块对 Rodinia 超大陆的响应及其特征. 岩石矿物学杂志,21(4):343～355.

宋子新,王战. 1993. 鲁中南上前寒武系土门群的时代归属问题. 西安地质学院院报,15(2):22～30.

万渝生,张巧大,宋天锐. 2003. 北京十三陵长城系常州沟组碎屑锆石 SHRIMP 年龄:华北克拉通盖层物源区及最大沉积年龄的限定. 科学通报,48(18):1970～1975.

于海峰,董万德,何振清,郝永利,谭文刚. 2010. 辽东半岛四堡旋回地质作用及其构造意义——以辽东榆树砬子组为例. 地质与资源, 19(3):224～229.

Condie K C, Belousova E, Griffin W L, Sircombe K N. 2009. Granitoid events in space and time: constraints from igneous and detrital zircon age spectra. Gondwana Research, 15: 228～242.

Cullers R L, Podkovyrov V N. 2002. The source and origin of terrigenous sedimentary rocks in the Mesoproterozoic Ui Group, southeastern Russia. Precambrian Research, 117: 157～183.

Ernst R E, Wingate M T D, Buchan K L, Li Z X. 2008. Global record of 1600～700 Ma Large Igneous Provinces (LIPs): implications for the reconstruction of the proposed Nuna (Columbia) and Rodinia supercontinents. Precambrian Research, 160:159～178.

Hoffman P F. 1991. Did the break out of Laurentia turn Gondwana insideout? Science, 252: 1409～1412.

Khudoley A K, Rainbird R H, Stern R A, Kropachev A P, Heaman L M, Zanin A M, Podkovyrov V N, Belova V N, Sukhorukov V I. 2001. Sedimentary evolution of the Riphean Vendian basin of southeastern Siberia. Precambrian Research, 111:129～163

Li X H, Chen F K, Guo J H, Li Q L, Xie L W, Siebel W. 2007. South China provenance of the lower-grade Penglai Group north of the

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx

Sulu UHP orogenic belt, eastern China: evidence from detrital zircon ages and Nd-Hf isotopic composition. Geochemical Journal, 41: 29～45.

Li Z X, Zhang L, Powell C M. 1996. Positions of the East Asian cratons in the Neoproterozoic supercontinent Rodinia. Aust. J. Earth Sci., 43: 593～604.

Li Z X, Bogdanova S V, Collins A S, Davidson A, Waele B D, Ernst R E, Fitzsimons I C W, Fuck R A, Gladkochub D, Jacobs J, Karlstrom K E, Lu S N, Natapov L M, Pease V, Pisarevsky S A, Thrane K, Vernikovsky V. 2008. Assembly, configuration, and break-up history of Rodinia: a synthesis. Precambrian Research, 160: 179～210.

Lu S N, Zhao G C, Wang H C, Hao G J. 2008. Precambrian metamorphic basement and sedimentary cover of the North China Craton: a review. Precambrian Research, 160: 77～93.

Luo Yan, Sun Min, Zhao Guochun, Li Sanzhong, Xia Xiaoping. 2006. LA-ICP-MS U-Pb zircon geochronology of the Yushulazi Group in the eastern Block, North China Craton. International Geology Review, 48: 9, 828～840.

McMenamin M A S, McMenamin D L S. 1990. The Emergence of Animals: the Cambrian Break Through. New York: Columbia University Press, 1～12.

Moores E M. 1991. Southwest US East Antarctica (SWEAT) connections: a hypothesis. Geology, 19: 425～428.

Pei J L, Yang Z Y, Zhao Y. 2006. A Mesoproterozoic paleomagnetic pole from the Yangzhuang Formation, North China and its tectonics implications. Precambrian Research, 151: 1～13.

Rainbird R H, Jefferson C W, Young G M. 1996. The early Neoproterozoic sedimentary Succession B of northwest Laurentia: correlations and paleogeographic significance. Geol. Soc. Am. Bull., 108: 454～470.

Rainbird R H, Stern R A, Khudoley A K, Kropachev A P, Heaman L M, Sukhorukov V I. 1998. U-Pb geochronology of Riphean sandstone and gabbro from southeast Siberia and its bearing on the Laurentia-Siberia connection. Earth and Planetary Science Letters, 164: 409～420.

Zhai M G, Shao J A, Hao J, Peng P. 2003. Geological Signature and Possible Position of the North China Block in the Supercontinent Rodinia. Gondwana Research, 6(2): 171～183.

Response of the North China Craton to Rodinia Supercontinental Events

——GOSEN Joining Hypothesis

LU Songnian[1,2], XIAN Zhenqun[2,3], LI Huaikun[2], WANG Huichu[2], CHU Hang[2]

1) *University of Shandong Science and Technology, Qingdao*, 266510;

2) *Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, CGS, Tianjin*, 300170;

3) *China University of Geology (Beijing), Beijing*, 100083

Abstract

The North China Craton (NCC) was clearly different from the Yangtze and Tarim cratons during the late Mesoproterozoic to early Neoproterozoic period because no distinct geological records have been found about the thermotectonic events related to assembly and breakup of the Rodinia Supercontinent. Therefore, various assumptions occur regarding relation between the NCC and the Rodinia. In recent years, some typical Grenville ages were successively yielded using the detrital zircons from the Yushulaiz Group in Liaoning, Penglai and Tumen groups in Yantai of Shandong, all of them belonging to the Neoproterozoic clastic strata distributing on both sides of the Tanlu fault. The data are similar to those from the Upper Riphean at the southeastern margin of Siberia Craton. The ages of these zircons are not characteristic of the NCC and Siberian craton, indicating that there is a close relation between the eastern margin of the NCC, the southeastern margin of Siberian craton, and the Grenville Orogen. On the basis of the assumption, we propose a hypothesis (GOSEN joining hypothesis) that the Grenville Orogen, the southeastern margin of Siberia and eastern NCC was linked.

Key words: North China Craton; detrital zircon ages; Rodinia; GOSEN hypothesis

地质学报 http://www.geojournals.cn/dzxb/ch/index.aspx