

中国东北兴蒙-吉黑造山带造山作用结束的标志 ——来自晚三叠世磨拉石(大地构造相)的证据

辛玉莲, 任军丽, 彭玉鲸, 孙喜庆

(吉林省区域地质矿产调查所, 吉林 长春 130022)

摘要 中国东北兴蒙-吉黑造山带广泛分布着晚三叠世的磨拉石建造,最有代表性者,一是产于造山带的双阳盆地的大酱缸组,底部具磨拉石特征的粗陆碎,堆积厚度大于400 m,上部含煤沉积,产 *Drepanzamites-Glossophyllum*。二是产于华北陆块及其北部陆缘造山带结合带上的抚松白水滩盆地的小营子组,下段砾岩段为磨拉石建造,厚大于351 m;上部细陆屑沉积,见多层碳质粉砂岩,产 *Cycadocarpidium?* sp., *Uniohuag bogouensis?*。三是产于华北陆块上白山市石人镇石人盆地的小河口组,下段习称红石砬子砾岩,厚达570 m;上段北山含煤段产 *Danaeopsis-Glossophyllum*。它们与下伏早(中)三叠世地层或时代更老的地质体呈角度不整合接触,充分证明兴蒙-吉黑造山带造山作用完成于早(中)晚三叠世之间,即结束于早印支期。

关键词 晚三叠世 磨拉石 兴蒙-吉黑造山带 中国东北

ENDING OF THE MOUNTAIN-BUILDING MOVEMENT OF XING'AN-MONGOLIAN-JI-HEI OROGENIC BELT IN NORTHEAST CHINA: Evidence from Late Triassic molasse (geotectonic phase)

XIN Yu-lian, REN Jun-li, PENG Yu-jing, SUN Xi-qing

(Jilin Institute of Regional Geology and Mineral Resources Surveying, Changchun 130022, China)

Abstract: The Late Triassic molasse formations are widely distributed in Xing'an-Mongolian-Ji-Hei orogenic belt in Northeast China. Three of them are the most representative: 1) The Dajianggang formation in Shuangyan basin in the orogenic belt, with coarse terrestrial fragments more than 400 m thick in the bottom, and coal-bearing sediment containing *Drepanzamites-Glossophyllum* in the top. 2) The Xiaoyingzi formation in Baishuitan basin on the epicontinental orogenic belt of North China Landmass, with conglomerate over 351 m thick in lower member, and fine terrestrial fragment sediment in upper, with interbeds of carbonaceous siltstone and fossils of *Cycadocarpidium?* sp. *Uniohuag bogouensis?* 3) The Xiaohokou formation in Shiren basin on North China Landmass, with the Hongshilazi conglomerate up to 570 m thick in the lower member, and the upper coal-bearing Beishan member, containing *Danaeopsis-Glossophyllum*. These molasses formations contact the underlying Early/Middle Triassic or older strata with angular unconformity. Those thoroughly prove that the mountain-building movement of Xing'an-Mongolian-Ji-Hei orogenic belt was completed between Early/Middle and Late Triassic, which means it ended in Early Indosinian period.

Key words: Late Triassic; molasse; Xing'an-Mongolian-Ji-Hei orogenic belt; Northeast China

1 磨拉石建造与造山作用

“磨拉石”(molasse)一词自索修尔引入地质文献后^[1],就受到了建造学说研究者,特别是构造地质学家的重视,一直将其视为造山作用结束的典型标志。在传统造山学说盛行的时代,人们普遍认为磨拉石

建造是边缘拗陷和山间的典型沉积建造,是一套以陆相为主的巨厚的砾岩和砂岩占优势的沉积岩层。这种建造的岩石分选性很差,层理不规则,常见交错层理和波浪层理,相变急剧。它是地槽发展后期阶段的产物,由于地槽的褶皱隆起,山脉受到剧烈剥蚀,因而在山前

收稿日期: 2011-10-24 修回日期: 2011-12-05 编辑: 张哲

作者简介: 辛玉莲(1961—),女,地质高级工程师,从事野外地质普查工作,通信地址: 长春市东南湖大路2718号, E-mail: jilinqudiao@163.com

和山间拗陷中形成了快速堆积。我国祁连山地槽走廊边缘拗陷中就发育这种建造^[2]。即将磨拉石建造作为造山隆升剥蚀堆积的重要标志,而与下伏地层(或其他地质体)间所出现的区域性角度不整合或截合就成为鉴定构造运动发生时期的主要方法^[3-4]。

板块构造学说的兴起,使磨拉石建造作为一种大地构造相而被赋予了新的含义^[5-12]。从动力学环境分析,磨拉石建造盆地可划分为离散(拉张)型、聚敛(挤压)型和转换(剪切)型3种成因类型。在碰撞(挤压)造山统一的动力学作用下,前陆发育挤压盆地,造山带核心既可能有挤压盆地也可能有拉张盆地,而后陆多为拉张盆地。它们是造山作用递进发展的产物,通常盆地的堆积出现由深变浅、由海相向陆相转化,沉积以退积序列为特征,并可能经受同造山期变形变质改造,记录了造山作用行将结束的全部过程。因此,前陆挤压型磨拉石盆地的堆积与下伏地层表现为平行不整合接触,局部亦可呈现为角度不整合。当造山作用结束,造山区整体由挤压转向为伸展环境时,板块发生新的裂解,伴随着拉张和走滑作用的递进,此时亦形成新的磨拉石建造,无疑它可作为新的构造阶段(或威尔逊旋回)沉积地层的底部层序。它与前者的重要区别,一是不受先存板块体制(前陆造山带核心—后陆)的空间格架制约,表现为新的空间布局;二是无一例外地磨拉石堆积与下伏老的地质体为区域性角度不整合接触;三是普遍伴有火山作用,火山岩以偏碱性为主,不同程度地显示出双模式的火山活动的特征。由此看来,剖析一个造山带(区)某一(或几个)特定时期的磨拉石的特征,将为某一构造阶段造山作用的结束、新一构造阶段的启程提供强有力的科学证据。

2 研究区晚三叠世的磨拉石

曾有多位研究者对研究区内晚三叠世的磨拉石及其底部的区域性角度不整合所代表的早印支期构造运动进行过不同程度的具体研究^[13-20],确认中国东北晚三叠世磨拉石分布广泛,既出现在兴蒙—吉黑造山带内,亦出现在华北陆块及其北缘的结合带(即传统的槽台边界)上,同时还见于华北陆块北部的吉南—辽北地区。现择其典型将实际资料简介如下(图1)。

2.1 大酱缸组下部粗陆屑(砾岩、砂岩)

该磨拉石建造发育于中生代双阳盆地的南缘,代表性剖面为小石棚—炮顶子实测剖面:

上覆地层 早侏罗世板石顶子组底砾岩

~~~~~角度不整合~~~~~

大酱缸组 上段 含煤岩系 (*Drepanamites-Glosophyllum* 植物组合)

—————整合—————

下段 磨拉石段 (总厚 436.9 m)

- |                                                                                                                                        |         |
|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 4. 黑色板岩—砂岩—砾岩韵律层, 共见 9 个韵律层, 由底部至顶部单个韵律层中的砾岩层的厚度渐减                                                                                     | 35.7 m  |
| 3. 灰色砾岩, 岩石特征与 1 层相似                                                                                                                   | 66.9 m  |
| 2. 灰色砾岩, 含砂砾粗砂岩夹板岩                                                                                                                     | 164.4 m |
| 1. 杂色砾岩, 色调杂, 砾石成分除下伏地层的灰岩、板岩、火山岩外, 尚有花岗岩、脉石英等, 呈棱角状—次圆状, 分选性较差, 大小混杂, 大者可达 30~40 cm, 常见者 5~10 cm, 杂基胶结, 局部为接触胶结和孔隙胶结, 胶结物以棱角—次棱角状粗砂为主 | 169.2 m |

与该磨拉石产出的基底古构造环境相一致的磨拉石堆积还可见于珲春—东宁火山盆地, 在高家炉测得其剖面为:

上覆地层 托盘沟组上段火山岩 (K-Ar 年龄 218.63 Ma)

—————整合—————

托盘沟组下段磨拉石段 (总厚大于 122.1 m)

- |                                                                                                             |         |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---------|
| 7. 杂色复成分砾岩                                                                                                  | 40.48 m |
| 6. 灰褐色含砾砂岩夹中粒砂岩                                                                                             | 16.40 m |
| 5. 杂色复成分砾岩                                                                                                  | 14.07 m |
| 4. 灰绿色—灰褐色含砾杂砂岩                                                                                             | 4.16 m  |
| 3. 灰绿、灰褐、灰色砾岩中夹中粒杂砂岩及粉砂岩扁豆体, 产 <i>Neocalamites</i> sp., <i>Dityophyllum</i> sp., <i>Glossophyllum</i> ? sp. | 19.92 m |
| 2. 杂色砾岩                                                                                                     | 64.30 m |
| 1. 灰绿色含砾砂岩                                                                                                  | 2.75 m  |

~~~~~角度不整合~~~~~

下伏地层 古生代粉砂质板岩

剖面中的砾岩砾石占岩石的 80% 以上, 成分复杂, 有变质安山岩、变质粉砂岩、斜长角闪岩、二长花岗岩、闪长岩、霏细岩、脉石英等。砾石的三轴差异明显, $a > b > c$, 并多呈次棱角—次浑圆状, 分选性差, 大小混杂, 直径大者可达 30~40 cm, 小者仅 0.2~0.5 cm, 以孔隙式胶结为主。

含砾粗—中粗粒杂砂的碎屑物占岩石的 65% 左右, 粒度以 0.3~1.0 mm 为主, 磨圆、分选均较差, 胶结物为泥质、铁质、硅质, 多为孔隙式和接触式胶结。反映出其成分和结构成熟度均较低。

此外, 在东宁南村南约 2 km 的路旁, 可见南村组底部砾岩角度不整合于早(中)三叠世柯岛组之上。底砾岩之上的火山岩近期获得锆石 U-Pb LA-CIP-MS 年龄 217 ± 1 Ma 和 214 ± 1 Ma^[21]。在伊春延寿地区有无晚三叠世地层, 当前虽然存在着不同的认识, 本文赞同将伊春—延寿地区的冷山组和(或)风山屯组划入晚三叠世。尚志市冷山东剖面和伊春市十二林场二段剖面的冷山组和(或)风山屯组底部均有砾岩或凝灰砾岩存在^[2], 暗示该区亦可能发育有晚三叠世的磨拉石。

2.2 白水滩组下部粗陆屑(砾岩、砂岩)

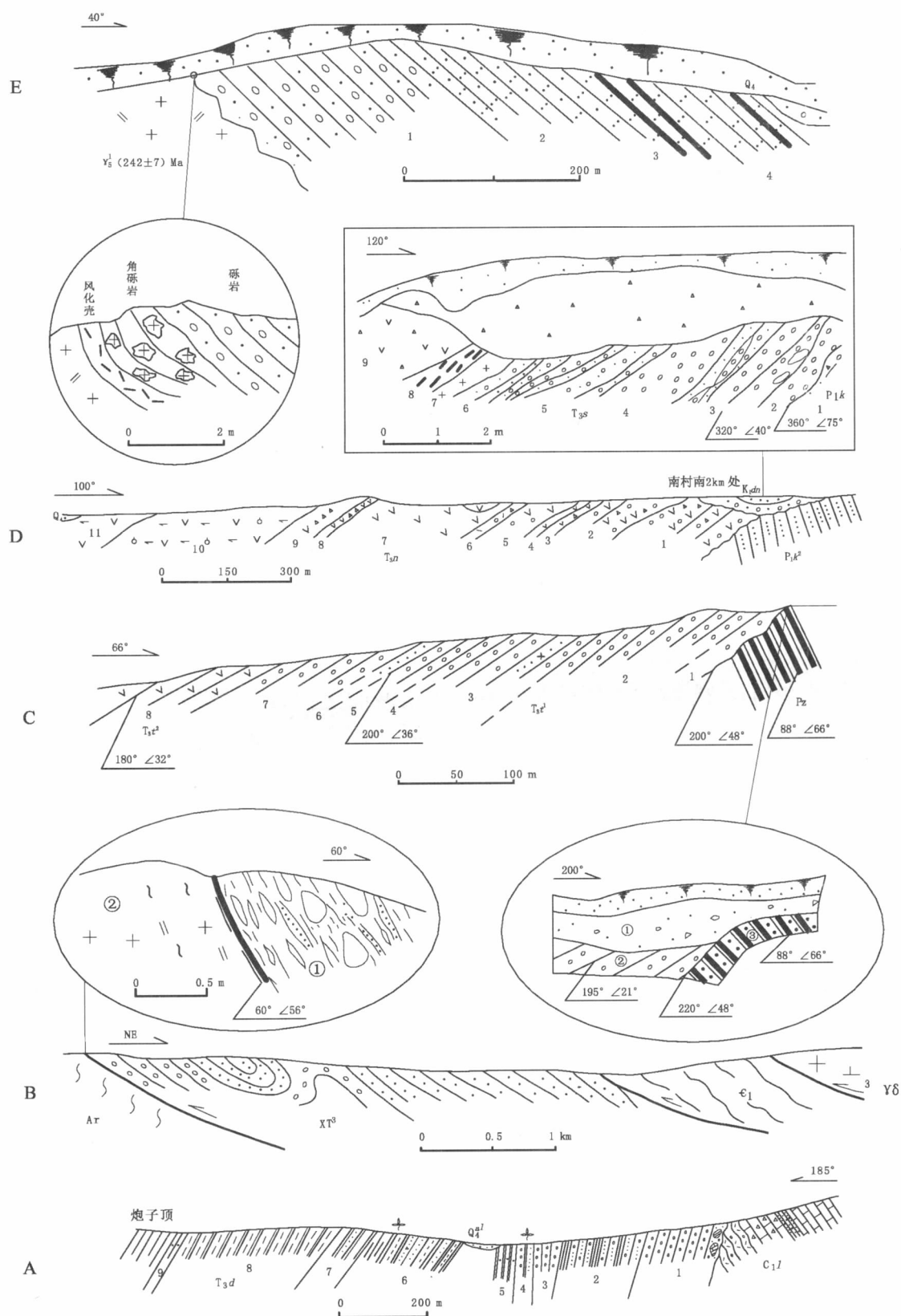


图1 吉林、黑龙江省三叠世地层底部磨拉石与下伏地层角度不整合实测剖面及素描图

Fig. 1 Profiles of the molasses in the bottom of Triassic strata and underlying strata with angular unconformity in Jilin and Heilongjiang provinces
A—双阳炮顶子—小石棚剖面(1:20 万长春市幅, 1978); B—抚松白水滩林场剖面(1:20 万桦树林子幅, 1978); C—珲春市高家炉剖面(1:5 万五道沟幅, 1985); D—黑龙江东宁县南村煤矿剖面(1:20 万老黑山幅, 1981); E—东丰县小四平剖面(1:25 万辽源幅, 2004)

该磨拉石建造发育于抚松县抚松林场中生代白水滩盆地。其重要之处系该盆地恰巧坐落在传统槽台说之界线上,即盆地北缘基底为古生代变质岩所形成的构造岩片吊水壶群,盆地南缘基底为太古宙变质深层侵入体^[23]。在高力沟测其剖面为:

上覆地层 白水滩组上段 砂砾岩夹碳质岩段 (产 *Cycadocarpidium?* sp., *Unio huangbogouensis?*)

| | |
|--------------------------|--------|
| ——整合—— | |
| 白水滩组下段 磨拉石段 (总厚 215.1 m) | |
| 4. 灰白色含砾砂岩 | 57.2 m |
| 3. 灰色砾岩 | 1.70 m |
| 2. 黑灰色花岗质砂、砾岩 | 27.1 m |
| 1. 灰色砾岩 | 129 m |
| ——断层—— | |

太古宙变质深层侵入体 (花岗质片麻岩)

该剖面南西 18 km 处白水滩剖面可见磨拉石堆积的厚度增至 351.4 m, 并夹有一层厚约 39.9 m 的辉石安山岩。两剖面所见砾岩砾石成分复杂,沿盆缘观察,有随地而异之变,多呈棱角状,磨圆度差,分选差,大小混杂,大者可达 50 cm,常见者砾径在 1~10 cm 之间,以孔隙式胶结为主,局部为接触胶结,显示出未经搬运之特征。所见粗砂岩、砂岩,其砂屑亦多具棱角状、分选差的特点。

产出构造环境相同的剖面目前未见报道,情况相近的有辽源小四平盆地,位于传统槽台边界的北侧,那里晚三叠世地层亦称大酱缸组,上段含煤段产 *Anthrophyopsis leeiana*-*Cycadocarpidium* 植物组合^[24],下段磨拉石段砾岩、砂岩沉积不整合覆盖于早印支期二长花岗岩之上 (锆石 U-Pb SHRIMP 年龄 242 ± 7 Ma)。类似的接触关系还见于蛟河西土山 (下伏花岗岩黑云母 K-Ar 年龄 245.8 Ma)、永吉县锅盔顶子长缺沟西山和汪清县天桥岭地区。

2.3 小河口组下部粗陆屑 (砾岩、砂岩)

该磨拉石建造出露于白山市石人盆地西北缘苇塘沟—小河口—红石砬子一带。小河口北山实测剖面所见层序为:

上覆地层 上段习称北山含煤岩系 (产 *Danaeopsis*-*Glossophyllum* 植物组合)

| | |
|---|---------|
| ——整合—— | |
| 下段红石砬子砾岩 (磨拉石) 段 (总厚大于 77.5 m) | |
| 5. 黄色长石杂砂岩,杂质较多,泥铁质胶结,底部为含砾砂岩,砾石直径 0.5~1.5 cm | 14.99 m |
| 4. 灰色巨砾岩,砾石成分主要为石英岩、灰岩及长石石英砂岩,砾径大者达 60 cm,一般为 20~30 cm,磨圆度较差,见棱角—次棱角状砾石,分选性较差,砂质充填,钙质胶结,向上渐变为砾岩 | 29.83 m |

3. 暗紫色砾岩,岩性与 1 层相似,唯砾径相对较小,大者为 20 cm,一般为 8~10 cm 20.07 m

2. 灰色砾岩,砾石成分以灰岩、石英岩为主,少量长石石英砂岩等,次棱角—次浑圆状 6.02 m

1. 黄色巨砾岩夹砾岩,砾石成分复杂,以石英岩、灰岩为主,少量长石石英砂岩、脉石英、变质岩等,砾径大者为 40~50 cm,小者 4.8 cm,次棱角—次圆状,分选差,砾石大小混杂,不显层次,粗砂孔隙充填,钙质胶结 6.65 m

——断层——
下伏地层 奥陶系马家沟群灰岩

该剖面之西南红石砬子村桥北,磨拉石的厚度剧增至 750 m。根据对剖面主要层进行砾石成分和砾径的测量统计,发现其剖面结构 (图 2) 和上述剖面完全一致,即从剖面底部至顶部,形成从巨砾岩—砾岩—巨砾岩—砾岩的两次明显的旋回性堆积的特点,暗示与沉积盆地形成初期的裂解作用呈现为高强度、快节奏的脉动节律。

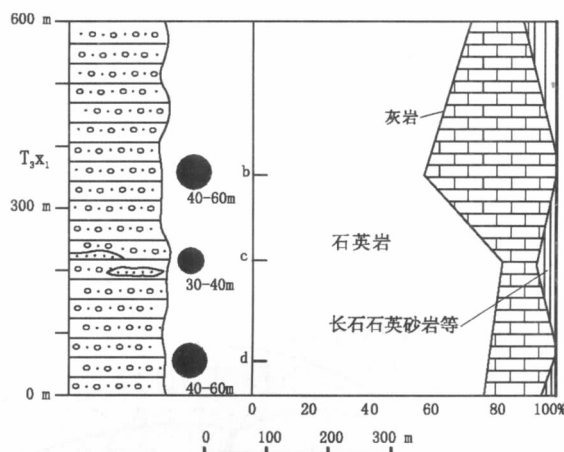


图 2 小河口组红石砬子磨拉石砾径及成分统计图
(据 1:20 万浑江市、集安幅, 1976, 修改)

Fig. 2 Statistics for the pebble sizes and composition of the Hongshilazi molasses of Xiaohekou formation
(modified from the 1:200 000 Hunjiang and Jian Sheet, 1976)

在华北陆块北部与上述红石砬子建造可以对比的为辽西的羊草沟组,其上段含煤岩系所产植物组合完全可与北山含煤岩系比较,而所产的动物化石组合又与抚松地区的小营子组相似。在正层成型剖面所见下段粗陆屑 (砾岩、砂岩) 堆积可见厚度仅 42.9 m 角度不整合于高于庄组之上。但更重要是其在石门沟、小房申及东坤头营子一带,角度不整合于下三叠统红砬子组或中三叠统后富隆山组之上^[25-26]。

3 岩浆活动及构造热事件同位素测年资料佐证

前人在将三叠纪花岗岩和造山带 (或板块构造) 的

关系进行有机结合研究时,就曾明确提出:研究区240~230 Ma的A型花岗岩带是早中三叠世挤压造山带的产物。而其物质成分象征着过渡性陆壳演化为初级成熟陆壳。它是松嫩-佳木斯-龙岗三地块区间的活动带构造体制发生关键性转变的物质表现之一,是“古吉黑造山带”演化结束的一项重要标志^[27-31]。虽然其时所撰论文中之部分岩体时代为后来高精度测年资料正确修订^①,但新近又发表的一些高精度测年数据进一步支持了上述认识的正确性。

在索伦-西拉木伦河段,最有代表性的实例为林西双井子二云母花岗岩,多数研究者都视其为后碰撞阶段的标志性岩浆活动事件。几乎在不同时期的造山带中此类淡色花岗岩的侵位,即象征造山作用行将结束进入陆内俯冲作用的结果。双井子二云母花岗岩,无论是从矿物学上(原生白云母含量达1%~4%)还是岩石学上(富SiO₂、Al₂O₃和碱质)都具该类岩体共同特征。该岩体侵入晚古生代增生碰撞杂岩,自身又受到了强烈的韧性构造变形^[32-33]。获得锆石U-Pb表面年龄229~238 Ma,和谐年龄233 Ma,恰恰提供了早印支运动岩浆活动进入晚期的强有力的证据。

辽北段,在四平-营口(下延河盆地东缘)断裂两侧,新识别出两条同碰撞岩带。西侧为法库带,即该区原划“北辽河群”,其主要部分实际上是由深成侵入体及火山-沉积岩系经韧性剪切作用而形成的变形变质岩系。对其进行系统的⁴⁰Ar-³⁹Ar年代等研究后,确认其变形变质作用发生在晚二叠世—早中三叠世(⁴⁰Ar-³⁹Ar年龄262~231 Ma)^[34]。而对十间房花岗岩进行的锆石U-Pb SHRIMP的测定,获284±3 Ma、263±6 Ma和241±6 Ma^[35]。最年轻的一组年龄同样已跨入了早三叠世。表明这是索伦-西拉木伦河的东延。东侧为西平带,前面所提到的吉林东丰小四平盆地,被晚三叠世砾岩沉积不整合覆盖的小四平二长花岗岩,其锆石U-Pb SHRIMP年龄242±7 Ma。在其西南松树咀和尖山子两处二长花岗岩,相同方法所获锆石U-Pb年龄均为243±5 Ma。同样表明它们与索伦-西拉木伦河的可比性。

吉中段,指辽源安义-盘石大玉山一带,它被挟持于伊舒和敦密两大断裂带间。近年作者之一在辽源西保安铁锰矿北侧近东西的韧性剪切带,对遭受韧性变形的花岗质糜棱岩,在近含矿岩系和远含矿岩系处取二样分析,其锆石组成复杂,揭示了该区地壳演化的多重信息(另文讨论),但所获最年轻一组锆石U-Pb

SHRIMP年龄分别为236±3 Ma和231±5 Ma,证明这里确实存在早印支期的构造岩浆热事件。在盘石大玉山花岗岩,根据所获锆石U-Pb SHRIMP年龄248±4 Ma,认为这是西拉木伦河—长春—延吉板块缝合带的最后闭合时间^[36]。此外,大玉山花岗岩侵入的呼兰群黄莺屯组下段黑云片麻岩的黑云母及石英白云母片麻岩的白云母分别获得⁴⁰Ar-³⁹Ar坪年龄223.6±0.8 Ma和229.2±4.6 Ma^[37]。采集侵入呼兰群1号岩体角闪橄榄岩,获⁴⁰Ar-³⁹Ar坪年龄302.20±6.30 Ma和246.00±5.70 Ma。黄莺屯组下段石榴黑云片麻岩的黑云母和小三个顶子组蓝晶白云岩的白云母⁴⁰Ar-³⁹Ar坪年龄分别为223.6±0.80 Ma和224.40±4.00 Ma,相应的等时线年龄为221.90±2.79 Ma和223.27±4.53 Ma。据此推断,中亚蒙古褶皱带东段造山作用方式可能经历了由最初的软碰撞造山到陆-陆叠覆造山的连续过程,同位素年龄显示最终的陆-陆叠覆造山时间为225 Ma^[37-38]。

值得注意的是,对分布于永吉小梨河地区余富屯组的一套变质火山岩,尽管对其成因年代、变质作用(高压相系还是中压相系)尚有不同认识,但对火山成因的绿帘石硅质岩中的锆石所作的U-Pb测年,环带中心为290±3 Ma,边部239±11 Ma^[39]。显然,后者代表了变质作用(或变质峰期)所发生的时间,即已进入中三叠世,应划入早印支构造幕。

安图-图们段,情况相对复杂,除去在大地构造上是否划属中亚造山带的最东端等存有不同认识外,对区内根据花岗岩所提出的早三叠世板块拼合的认识有待于今后的进一步检验^[40-41]。嗣后,又在和龙百里坪似斑状二长花岗岩获得锆石U-Pb(²⁰⁶Pb/²³⁸U)加权平均年龄245±6 Ma、245±3 Ma和248±2 Ma,提出该岩体主体形成于中生代初期,并认为与整个中亚造山带花岗岩都显示其相似特征^[42]。即该区存在着与陆-陆拼接相关的早三叠世同碰撞型花岗岩。其中也应包括安图亮兵二长花岗岩,锆石U-Pb SHRIMP年龄247±1 Ma。这与在开山屯获草坪镁铁-超镁铁质岩全岩Rb-Sr等时线年龄(245.23±16.84) Ma^[43],安图水库南公路隘口韧性剪切带花岗质糜棱岩⁴⁰Ar-³⁹Ar坪年龄230.97±0.38 Ma、等时线年龄231.95±0.63 Ma及反等时线年龄232.62±0.38 Ma^[44]提供的早印支期构造热事件存在的证据完全吻合。

4 结论

(i) 依据古生物学资料和相关火山岩的高精度同

①张允平,唐克东,吴福元,等. 华北板块与西伯利亚板块之间重大地质构造问题综合研究报告. 沈阳地质矿产研究所,吉林大学. 2004.

位素测年数据,研究区晚三叠世磨拉石建造分布广泛,确证无疑。其角度不整合之下,取出下伏最年轻的地层在造山带内为(中)下三叠统卢家屯组及层位相当的地层,在华北陆块为中三叠统后富隆山组,从而可确认为这里曾发生过强烈的早印支期构造运动。

(2) 通过东丰小四平盆地晚三叠世地层以底砾岩整合覆盖的二长花岗岩所获锆石 U-Pb SHRIMP 年龄 242 ± 7 Ma 的启迪,我们追踪索隐,重塑了西起西拉木伦河,东到图们,在早中三叠时期确实存在的一条蔚为壮观的早印支期构造岩浆岩带。只不过是进入辽吉地区后,因受后期构造-岩浆作用强烈的改造和破坏,以致呈现为一个“若明若暗、若隐若现”的模糊外貌。但最终还是有力地佐证了区内角度不整合其上的晚三叠世磨拉石建造系兴蒙-吉黑造山带造山作用结束的标志。

(3) 从全球构造、超大陆旋回理论看,研究区早印支构造运动系对全球 Pangaea 联合古陆的形成的积极响应。而晚三叠世磨拉石及相伴的广泛的火山活动形成,也是与 Pangaea 超大陆大约于 224 Ma 裂解事件有关。因而这里的晚三叠世磨拉石不同于下伏的早中三叠世的磨拉石(另文讨论),它代表一次造山作用结束并经风化剥蚀而后再裂陷沉积的过程。该界面包含造山作用和风化剥蚀的时间间隔,成为新一套沉积地层的底部层序,即是威尔逊旋回的初始——属离散型大地构造相系中裂解型磨拉石相,不同于碰撞型大地构造相系中前陆盆地的磨拉石相。

兴蒙-吉黑造山带磨拉石(相)的研究,尚未见专门报道,笔者也是初步探究,在此提出问题,以期引起讨论。

参考文献:

- [1] 别尔金 H A. 构造地质学术语汇编(第四部分) [M]. 杨振德,常承法,译. 北京:中国工业出版社,1965:1—108.
- [2] 地质辞典办公室,编. 地质辞典(一) 普通地质 构造地质分册 [M]. 北京:地质出版社,1983:1—457.
- [3] 李四光. 关于改进构造地质工作的几点意见 [J]. 地质论评,1965,23(4):1—12.
- [4] 尹赞勋,张守信,谢翠华. 论褶皱幕 [M]. 北京:科学出版社,1978:1—106.
- [5] 夏邦栋,方中,吕洪波,等. 磨拉石与全球构造 [J]. 石油实验地质,1989(4):314—319.
- [6] Hus K J, Sum S, Li J L, et al. Tectonics of South China: Key to understanding West Pacific geology [J]. Tectonophysics,1990,183:9—39.
- [7] 李继亮. 碰撞造山带大地构造相 [A] // 现代地质学研究文集(上). 南京:南京大学出版社,1992:9—21.
- [8] 郝杰,杨美芳. 东南地区磨拉石地层及其大地构造意义 [A] // 李继亮,编. 东南大陆页岩圈结构与地质演化. 北京:冶金工业出版社,1993:55—59.
- [9] 许靖华,崔可锐,施央申. 一种新型的大地构造相模式和弧后碰撞造山 [J]. 南京大学学报,1994(3):381—389.
- [10] 周鼎武,董云鹏,华洪,等. “磨拉石建造”和“不整合”在地层对比中的意义 [J]. 地质论评,1996,42(5):416—423.
- [11] 许靖华,孙枢,王晨,等. 中国大地构造相图(1:400万) [M]. 北京:科学技术出版社,1998.
- [12] 潘桂棠,肖庆辉,陆松年,等. 大地构造相的定义、划分、特征及其鉴定标志 [J]. 地质通报,2008,27(10):33—57.
- [13] 崔盛芹,李锦蓉. 试论中国滨太平洋带的印支运动 [J]. 地质学报,1983,57(1):51—61.
- [14] 崔盛芹,李锦蓉,孙家树,等. 华北陆块北缘构造运动序列及区域构造格局 [M]. 北京:地质出版社,2000:1—326.
- [15] 王五力,郑少林,张立君,等. 中国东北环太平洋构造地质学 [M]. 北京:地质出版社,1995:1—267.
- [16] 彭玉鲸. 吉林省东部印支旋回的划分 [A] // 中国科学院沈阳地质矿产研究所集刊,1984(9):63—68.
- [17] 彭玉鲸,苏养正. 吉林中部地区地质构造特征 [A] // 中国科学院沈阳地质矿产研究所集刊,1997(5-6):335—357.
- [18] 彭玉鲸,赵成弼. 古吉黑造山带的演化与陆壳的增生 [J]. 吉林地质,2001,20(2):1—9.
- [19] 彭玉鲸,纪春华,辛玉莲. 中俄朝毗邻地区古吉黑造山带岩石及年代记录 [J]. 地质与资源,2002,22(2):65—75.
- [20] 彭玉鲸,殷长建,周晓东. 古吉黑造山带的演化与超大陆旋回 [A] // 中国地质调查局,编. 二十世纪末中国区域地质调查与研究进展. 北京:地质出版社,2003:291—307.
- [21] Wen-Liang Xu, Wei-Qiang Ji, Fu-Ping Pei, et al. Triassic volcanism in eastern Heilongjiang and Jilin provinces, NE China: Chronology, geochemistry, and tectonic implications [J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2009,34:392—402.
- [22] 黑龙江省地质矿产局. 黑龙江省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社,1993:1—734.
- [23] 刘大瞻,刘跃文,花艳秋. 华北板块北缘东段上三叠统的若干特征 [J]. 吉林地质,1992,11(4):1—7.
- [24] 赵衍华,杨树源. 大网羽叶属 (*Anthrophyopsis*) 在我国东北东丰的首次发现 [J]. 吉林地质,1998,17(2):8.
- [25] 辽宁省地质矿产局. 辽宁省区域地质志 [M]. 北京:地质出版社,1989:1—856.
- [26] 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,1997:1—247.
- [27] 李之彤,赵春荆. 吉黑东部晚三叠世岩浆活动及其与板块构造的关系 [J]. 中国地质科学院院报,1988(18).
- [28] 李之彤,赵春荆. 东北北部三叠纪 A 型花岗岩的初步研究 [A] // 沈阳地质矿产研究所集刊,1992(1).
- [29] 彭玉鲸,王占福. 吉林省中部 A 型花岗岩带的确定及其构造意义 [J]. 吉林地质,1995,14(3):31—43.
- [30] 赵春荆,彭玉鲸,党增欣,等. 吉黑东部构造格架及地壳演化 [M]. 沈

- 阳 辽宁大学出版社, 1996: 1—186.
- [31] 赵成弼, 勒克, 齐成栋, 等. 珲春地区早印支期 I-A 型花岗岩系的特征及其大地构造意义 [J]. 吉林地质, 2001, 20 (1): 1—11.
- [32] 邓晋福, 赵海玲, 赖绍聪, 等. 白云母/二云母花岗岩形成与陆内俯冲作用 [J]. 地球科学——中国地质大学学报, 1994, 19 (2): 139—147.
- [33] 李锦轶, 高立明, 孙桂华, 等. 内蒙古东部双井子中三叠世同碰撞壳源花岗岩的确定及其对西伯利亚与中朝古板块碰撞时限的约束 [J]. 岩石学报, 2007, 23 (3): 565—582.
- [34] 张晓辉, 王辉, 李铁胜. 辽北法库构造岩系的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 年代学研究及其意义 [J]. 中国科学 D 辑 地球科学, 2004, 34 (6): 504—513.
- [35] 张晓辉, 宿文姬, 王辉. 辽北法库构造岩系的 SHRIMP 年代学研究及与华北地台北缘边界 [J]. 岩石学报, 2005, 21 (1): 135—142.
- [36] 孙德有, 吴福元, 张艳斌, 等. 西拉木伦河-长春-延吉板块缝合带的最后闭合时间——来自吉林大玉山岩体的证据 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2004, 34 (2): 174—181.
- [37] 郝爱华, 任洪茂, 张宝福, 等. 吉林中部呼兰群同位素年代学及其地质意义 [J]. 吉林大学学报 地球科学版, 2003, 33 (1): 15—18.
- [38] 郝爱华, 葛玉辉, 李绪俊, 等. 中蒙古造山带东段造山事件的 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素年代学证据 [J]. 中国地质, 2006, 33 (5): 1059—1065.
- [39] 张春艳. 吉林省东部古生代变质杂岩的构造意义 [D]. 吉林大学博士学位论文, 2009: 1—76.
- [40] 赵成弼, 勒克, 齐成栋, 等. 珲春地区早印支期 I-A 型花岗岩系的特征及其大地构造意义 [J]. 吉林地质, 2001, 20 (1): 1—11.
- [41] 张艳斌, 吴福元, 路孝平. 论延边地区“三叠纪同碰撞-碰撞后花岗岩” [A] // 第三届花岗岩成因与地壳演化学术讨论会论文摘要集. 南京 南京大学, 2004: 151—153.
- [42] 张艳斌, 吴福元, 翟明国, 等. 和龙地块的构造属性与华北地台北缘东段边界 [J]. 中国科学 D 辑 地球科学, 2004, 34 (9): 795—806.
- [43] 彭玉鲸, 赵成弼. 吉黑造山带的演化与陆壳增生 [J]. 吉林地质, 2001 (2): 1—9.
- [44] 齐成栋, 纪春华, 韩江, 等. 吉林省敦化地区晚三叠世碱性-亚碱性侵入杂岩体的特征及构造背景分析 [J]. 吉林地质, 2003 (3): 12—18.