

内蒙古东乌旗宝力高庙组地层划分及其同位素年代学研究

辛后田^{1,2}, 滕学建², 程银行²

(1. 中国地质大学(北京), 北京 100083; 2. 天津地质矿产研究所, 天津 300170)

摘要: 在1/5万内蒙古东乌旗狼麦温都尔地区的矿产远景调查工作中,首次按照岩性组合的差异,将宝力高庙组划分出以安山岩、安山质火山碎屑岩夹砂砾岩为主和以酸性火山岩—火山碎屑岩、炭质板岩、河流相砂砾岩为主的上、下段。在其中分别采集地层中的流纹岩、英安质晶屑凝灰岩和安山岩夹层样品,挑选其中的锆石进行U-Pb SHRIMP同位素测年,分别获得了上段 303.4 ± 6.7 Ma、 304.9 ± 3.1 Ma和下段 320.1 ± 7.2 Ma的年龄信息,地层时代为晚石炭世。该成果对研究古亚洲洋的闭合和晚华力西期成矿地质背景均具有十分重要的意义。

关键词: 宝力高庙组; 古亚洲洋; SHRIMP年龄; 晚石炭世

中图分类号: P597+3; P534.45

文献标识码: A

文章编号: 1672-4135(2011)01-0001-09

古亚洲洋构造域的二连—东乌旗成矿带,地处华北与西伯利亚板块之间的西伯利亚板块东南缘古生代陆缘增生带^[1],其中保存的大量晚古生代构造岩浆记录不仅记载了华北克拉通与西伯利亚地台汇聚的历史,也保留了古亚洲洋扩张、消亡及其与古大陆碰撞对接的痕迹,同时产出了一系列的金属矿床(点),是中国北方和蒙古南部最重要的铜、金和稀有金属矿产地^[2-5]。近年来,由于北邻蒙古国南部察干苏布尔加和欧玉陶勒盖等大型斑岩型铜金铂矿床的陆续发现,使得该区地学研究成为一个热点地区^[3]。

二连—东乌旗成矿带分布面积占基岩出露近1/3的为宝力高庙组(图1A),是一套陆相火山碎屑岩夹碎屑岩组合。根据在其中发现的化石,前人确定其地质时代为石炭纪—二叠纪^[6-7],而且组一级的地质单位下没有进一步的划分,给区域性的1/5万填图工作带来不便,同时粗略的年代厘定,也为古亚洲洋的闭合时限的研究以及二连—东乌旗的找矿方向的确定带来困难。为此,笔者在区域地质调查的基础上,对东乌旗狼麦温都尔地区的宝力高庙组进行了详细划分,在此基础上运用SHRIMP测年技术测得了宝力高庙组的地质时代。

1 宝力高庙组的区域分布

宝力高庙组主要分布在贺根山断裂带以北的二连—东乌旗一带(图1A),向北东延伸至尕拉城等地。其层型剖面位于东乌旗宝力高庙白云敖包^[7],是1960年1/100万呼和浩特幅工作时创建的,命名地上、下层位(即顶、底)不清。根据其原始含义,分布于宝力高庙和小坝梁、达布苏诺尔一带的宝力高庙组主要由砂砾岩和酸性火山岩构成。而在阿巴嘎旗乌兰敖包的次层型剖面^[7]上(1979年1/20万区调测制),下部的1~8层为安山岩、安山质凝灰岩等火山碎屑岩和粉砂质板岩、炭质板岩夹凝灰岩等,含植物化石;上部的9~20层则为英安质火山碎屑岩和砂砾岩、流纹岩等。

在二连北部的红格尔和查干敖包一带,宝力高庙组以碎屑岩特别细碎屑岩如粉砂质板岩、炭质板岩、变余粉砂岩等为主,火山岩的含量不到20%^①。其地层层序并非1/20万区调报告^②中描述的那样,下部碎屑岩、上部灰绿色、灰紫色安山岩夹砂岩,而是下部为安山岩、安山质火山碎屑岩,只是夹有较多的细碎屑岩;上部为砂砾岩、钙质砂岩和炭质砂岩、千枚

收稿日期: 2010-03-04

基金项目: 国家地质大调查: 1/5万内蒙古东乌旗狼麦温都尔地区矿产远景调查(基[2010]矿评01-09-15和矿调[2006]11-5)

作者简介: 辛后田(1969-),男,江苏人,副研究员,博士研究生,从事基础地质调查与研究。Email: tjxhoutian@cgs.gov.cn。

^①内蒙古地调院,1/25万红格尔幅(L90c004003)区调报告,2007

^②内蒙古地矿局第一区测队,1:20万K-49-(5)、K-49-(11),L-50-22,1979,1976

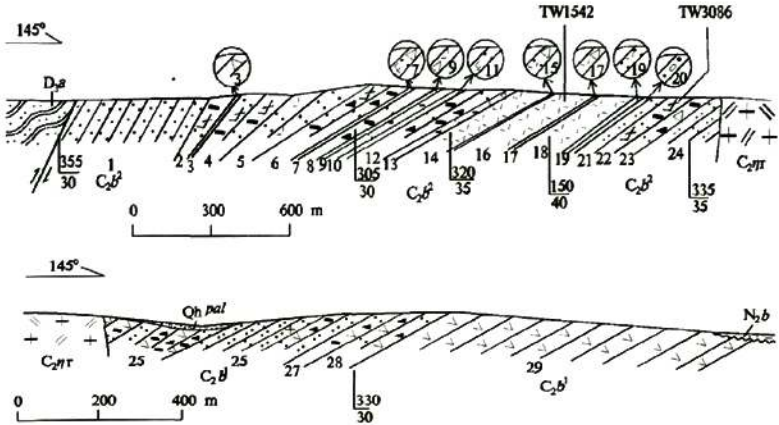


图2 巴润误门黑腊晚石炭世宝力高庙组(C₂b)实测剖面图
Fig.2 Section of the upper carboniferous Baoligaomiao Fm. in Baronwomenhela

13. 灰绿色英安质含角砾岩屑晶屑凝灰岩	19.60 m
14. 灰白色块层状流纹岩	78.12 m
15. 浅灰色英安质火山角砾凝灰岩	5.97 m
16. 灰白色块层状流纹岩	93.14 m
17. 灰绿色英安质火山角砾岩	12.22 m
18. 浅灰绿色粉砂质凝灰岩	102.63 m
19. 灰绿色含粉砂层凝灰岩	9.16 m
20. 灰褐色砂砾岩	9.37 m
21. 浅灰绿色粉砂质凝灰岩	38.31 m
22. 浅灰色英安质晶屑凝灰岩	55.88 m
23. 灰绿色含角砾晶屑屑屑凝灰岩	49.32 m
24. 灰色凝灰质细砂岩	15.04 m

被石炭纪二长花岗岩(C₂ηr)侵入体破坏
上石炭统宝力高庙组下段(C₂b'):

地层厚度: > 725.82 m	
26. 灰色安山质晶屑岩屑凝灰岩	
夹灰黄色粉砂质凝灰岩	171.83 m
28. 黄绿色凝灰质粉砂岩夹晶屑凝灰岩,	
富含植物化石	192.93 m
29. 黄绿色安山质岩屑晶屑凝灰岩	
夹含角砾岩屑屑屑凝灰岩	35.79 m
30. 灰紫色、灰绿色安山质岩屑凝灰岩	
夹安山岩夹层	61.36 m
31. 深灰绿色、紫红色安山岩	263.91 m
未见底	

由上述剖面可知,宝力高庙组下部以安山岩、安山质火山碎屑岩为主,上部以流纹岩、流纹质-英安质等酸性火山碎屑岩夹正常沉积碎屑岩为主。这两套不同的岩性组合分布范围也有一定的规律性。

其中,阿日池格以南的敦达都兰-准都兰一带主要出露有灰紫色安山岩和灰黑色安山质晶屑凝灰

岩等火山碎屑岩,夹一层较厚的巨砾角砾岩,尤其熔岩胶结的巨砾角砾岩向东至达霍纳、准都兰等延续较好;该层位上部为深灰色、灰褐色安山质火山碎屑岩,包括岩屑凝灰岩、火山角砾岩、角砾状晶屑岩屑凝灰岩,以及熔结凝灰岩等岩类,分布在沙那嘎南侧得勒、珠儿狠敖老断裂以南地区。在宝力格苏木北侧满多尔塔拉-喇嘛沟一带,则为灰褐色、灰红色安山岩夹安山质凝灰岩、晶屑凝灰岩为主;喇嘛沟沟头则是以灰绿色凝灰质砂岩夹安山岩为主。上述地区岩石以安山岩、安山质火山碎屑岩为主,与实测剖面中25~29层相近,并夹有成熟度较低的砂砾岩,特别在敦达都兰-准都兰一带出露的则夹有安山质熔岩胶结的巨砾角砾岩标志层,标志着火山盆地初始开裂阶段的沉积相应,故置于宝力高庙组下段(C₂b')。

而在巴彦敖包一带出露的宝力高庙组以肉红色流纹岩为主,夹有流纹质角砾熔岩等;沙那嘎幅中部的狠麦温都尔向北东经东风大队幅的贝格其布墩、宝力高庙幅的包尔敖包特、古尔班,延至宝力格幅的敖包特浩来,均以流纹质凝灰岩、流纹岩夹泥质粉砂岩、泥岩、砂砾岩为主,在布拉格一带则出露富含植物化石的灰黑色炭质板岩、泥质粉砂岩地层;乃林浑迪一带在流纹岩和英安质晶屑凝灰岩中夹有较厚的成熟度相对较好的灰白色石英砂砾岩等河流相沉积地层。这些地区出露的岩石组合以剖面1~24层为代表,为一套英安质火山碎屑岩和灰白色块状流纹岩-英安岩等与正常沉积的细碎屑岩(灰白色中层状砂砾岩、夹深灰色-灰黑色含植物化石泥质粉砂岩)互层,划归为宝力高庙组上段(C₂b')。

上述宝力高庙组的不同岩石组合大多出露在巴

润谟门黑腊上石炭统宝力高庙组(C₂b)实测剖面中(图2)。剖面起点位于巴润谟门黑腊西侧1km处,顶部被安格尔音乌拉组逆冲推覆掩盖;终点位于阿布其查干敖包西侧1km处,未见底(图1B)。剖面中部晚石炭世二长花岗岩脉侵入,使得南北两侧的宝力高庙组上、下段之间未见直接接触。

3 沉积环境与古生物化石特征

东乌旗地区的宝力高庙组与建组剖面宝力高庙白云敖包的地层层序和岩石组合大体一致。下段岩性主要为安山岩、安山玄武岩、集块(熔)岩,火山角砾岩、熔结凝灰岩、浆屑凝灰岩、晶屑岩屑凝灰岩为主的中性火山熔岩、火山碎屑岩,底部为分选中等、磨圆差、多呈块层状构造或被安山质熔浆胶结的角砾岩,是火山盆地开裂之初的近源堆积特征。其上火山活动渐强,火山喷发的中心在达霍纳、沙那嘎巴嘎和塔尔巴格吐一带,既有溢流相的安山岩,更有大量的安山质火山碎屑岩夹层。大规模的爆发相火山碎屑岩的出现,代表了陆相火山活动达到了高潮。

宝力高庙组上段主要是中性火山喷发减弱(或结束)之后的又一次火山活动,岩性以流纹岩、英安岩等溢流相酸性熔岩和英安质晶屑(岩屑)凝灰岩及大规模的正常沉积的河流相沉积岩为主,由底部向上,火山岩的分布渐少,与次层型剖面—乌兰敖包剖面特征相似。其中砂砾岩多以灰白色石英砂岩、细砾岩为主,碎屑多为磨圆度、分选度较好的石英颗粒构成,且在砂岩层中见水平层理、交错层理等构造,灰白色石英砂岩与灰黑色粉砂岩的互层指示了河流相沉积的二元结构。在布拉格和准萨拉一带夹有较多的钙质砂岩透镜体和灰黑色页片状泥岩,组分中含有较多的有机质,并常见有属安加拉植物群化石的存在,指示了封闭河湾或泻湖相的沉积环境。

宝力高庙组中富含植物化石,除前人发现的 *Noeggerathiopsis subangusta* Zal, *Noe. Theodori* *Noe. cf. derzavini* 等科达类植物化石和 *Tingia hamaguchii* *kon'no*, *Bothrodendron* sp., *Angaropteridium cwdipterooides* (Schmalh) zal 等植物化石外,在布拉格和准萨拉一带新发现其中含有 *N. otozamioides* Sze et Lee (耳状脉羊齿), *Neuropteris* sp (脉羊齿), *Calamites* sp (芦木), *Paracalamites* sp (副芦木), *Noeggerathiopsis* sp (匙叶), *Noe. lotifolia* *Neuburg* (牛角状匙叶), *Noe. derzavini* *Neuburg* (带匙叶),

Noe. theodori tschirkoro et zalessky (提奥多尔匙叶), *Noe. cf. candalepensis* Zal. (坎德尔匙叶相似种), *Noe. cf. synensis* (辛西恩匙叶相似种), *Noe. cf. lotifolia* *Neuburg* (牛角状匙叶相似种)等植物化石。

从上述化石来看, *Neuropteris otozamioides* Sze et Lee 和 *Bothrodendron* sp. 是晚石炭世的产物,在晚石炭世太原组中常见,脉羊齿也是华夏植物群的典型分子^[8-10];而 *Angaropteridium cwdipterooides* (Schmalh) zal, 则常见于俄罗斯库兹涅斯克、霍尔维杨等地区的晚石炭世地层中, *Noe. cf. lotifolia* *Neuburg*, *Noe. derzavini* *Neuburg* 和 *Noe. cf. candalepensis* Zal. 等化石是晚石炭世—早二叠世地层中的常见分子,分布在中国的准噶尔、蒙古国阿尔泰山和俄罗斯的西伯利亚、米努辛等地的晚石炭世地层中,这些化石都是典型的安加拉植物群分子^[11-13]。综合上述古生物化石,宝力高庙组的地层时代应为晚石炭世。此外,除脉羊齿为华夏植物群的典型分子外,其余多为安哥拉植物群的成分,但也说明宝力高庙组沉积时期二连—东乌旗地区出现了暖水型植物和冷水型植物混生现象。

4 锆石 SHRIMP 定年

为准确地确定宝力高庙组的地层年代,本次工作在准都兰和巴彦敖包两地分别对该组下段的安山岩和上段的流纹岩、英安质晶屑凝灰岩分别进行了 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年龄测定。具体采样地见图1B,其中流纹岩和英安质晶屑凝灰岩的样品分布在剖面的第22层和第16层(图2)。

锆石分选在河北省廊坊地质调查研究所完成。样品经常规的粉碎淘洗后,磁选(去除磁性矿物)和重液分离,然后在双目镜下人工挑选纯度在99%以上的锆石。将挑选的锆石送北京离子探针中心制靶,即用环氧树脂将高纯度的锆石和标样固定在一个薄的圆柱体上,利用不同型号的砂纸和磨料将锆石磨平(打去其中的一半大小)抛光。在此基础上将样靶中的每一颗锆石颗粒在光学显微镜下进行正交偏光和单偏光照相;并对制备好的样品送北京大学电子系实验室用扫描电子显微镜进行阴极发光成像观察,查明锆石内部生长层的分布和结构。最后在北京离探中心实验室的高分辨率高灵敏度离子探针 SHRIMP II 仪器上进行锆石 U-Pb 同位素定年测试。样品的 Pb/U 值是根据测量时标样的 U¹⁰⁷/U-Pb/U 关系

和样品的UO/U来标定的,样品中的U、Th和Pb的含量是根据标样的Zr、U、Th的含量和测定的Zr、U、Pb值来校正的。测定的标样来自TEMORA锆石,每测3个点后插入一次标样测定,以便及时校正。测定分析流程和原理参见文献^[14-15],测试数据的计算处理采用ISOPLOT程序处理^[16]。

宝力高庙组下段的安山岩测年样品取自研究区南部的准都兰地区,在阴极发光图像上锆石总体显示颜色较深,将背景调亮后锆石特征显示出不同的两组(图3上):一组呈长柱状,颜色较暗,U、Pb含量高,并且自形环带发育,Th/U为1.7~2.3,含包裹体,U、Pb含量高,岩浆锆石特征明显,其中的6个测年数据的结果集中在一致线上,经²⁰⁴Pb校准后的²⁰⁶Th/²³⁸U表面年龄加权平均值为320.1±7.2 Ma(图3下);另一组破碎状,颜色较浅,U、Pb含量低,环带也发育,Th/U比0.45~0.67,也显示岩浆锆石的特征,其中1.1号²⁰⁶Th/²³⁸U表面年龄(经²⁰⁴Pb校准)为2210.3±9.7 Ma,²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb表面年龄(经²⁰⁴Pb校准)为2254±22 Ma,显然二者吻合较好,即测年结果位于一致线上;而14.1,15.1两个测点的测年结果均为370 Ma左右;3.1,7.1,13.1三个测点均测自岩浆锆石边部的新生变质锆石,年龄为235 Ma左右(图3,表1)。

宝力高庙组上段英安质晶屑凝灰岩的锆石颗粒较大,多大于200 μm,自形环带发育,有残留核,偶见亮化边,Th/U比0.4~0.6,岩浆锆石特征明显(图4)。测年结果中除9.1号测点获得了一个270 Ma的年龄外,其余11测点²⁰⁶Th/²³⁸U年龄均在305 Ma左右,经过²⁰⁴Pb校准后的²⁰⁶Th/²³⁸U表面年龄加权平均值为304.9±3.1 Ma(图4,表2),代表了火山岩岩浆作用的年龄。

宝力高庙组上段灰白色流纹岩样品位于英安质晶屑凝灰岩的上部层位。测年样品(T1542-1)的锆石CL图像显示,锆石多具振荡环带构造,有残留核,岩浆锆石特征明显(图5)。11个测点中的10个测得其U、Th含量极高,Th/U比0.6~0.8,经²⁰⁴Pb校准后的²⁰⁶Th/²³⁸U其表面年龄加权平均值为303.4±6.7 Ma,指示了岩浆作用的年龄。而9.1测点为锆石残留核部的测点,其U含量高于其它测得,而Th含量则较低,Th/U比仅为0.12,变质锆石的特征明显,测得其表面年龄²⁰⁶Th/²³⁸U(经²⁰⁴Pb校准)为2320±9.5 Ma;表面年龄²⁰⁷Pb/²⁰⁶Pb(经²⁰⁴Pb校准)为2393±8.1 Ma,基本在谐和线上,表明该年龄值也是可信的(图5,表3)。

综合上述三个锆石U-Pb SHRIMP法测得的精确同位素年龄数据,表明工作区宝力高庙组的地层年代为介于305~320 Ma之间,其中安山岩(研究区初始火山喷发)的同位素年龄320 Ma,为晚石炭世早期,相当于巴什基尔阶;而上段流纹岩、英安质晶屑凝灰岩的同位素年龄303~305 Ma,为莫斯科阶。这些年龄数据的获得,不仅确立了宝力高庙组的地层时代为晚石炭世,也提示上宝力高庙上、下段划分的可靠性。此外,对侵入于宝力高庙组的花岗岩进行SHRIMP测年也分别获得了299.2 Ma、301.5 Ma和302.5 Ma^①(图1B),进一步佐证了宝力高庙组的地层时代不晚于3亿年,即为晚石炭世的可能。

其中,TW1196和TW1542两个样品中均测得2.2~2.3 Ga的年龄信息(都是在谐和线上的年龄值),可能反映了源区继承锆石的年龄信息,即宝力高庙组火山岩是由2.2 Ga形成的达里甘嘎古前寒武纪微陆块熔融而成的。TW1196获得的2个370 Ma的年龄信息,与新近二连-东乌旗地区获得的早华力西期岩浆事件活动的年龄值一致(周志广广告)。多个测得的230 Ma年龄信息也与二连-东乌旗地区存在印支期的花岗岩岩浆作用的时代一致,可能代表了宝力高庙组地层中存在的韧性变形事件的年龄。

5 结论

利用SHRIMP定年,准确地确定了宝力高庙组下段初始的火山喷发年龄为320 Ma,即宝力高庙组的时代不老于该年龄值;而上段的酸性火山岩的年龄为303~305 Ma。结合古生物化石资料,宝力高庙组的地层时代可以确定为晚石炭世。此外,在不同的岩石中均获得古元古代年龄信息,指示兴蒙造山带存在前寒武纪微陆块基底。

宝力高庙组为一套陆相火山岩-碎屑岩建造,古生物化石指示了其形成时代处于晚石炭世至早二叠世之间。根据东乌旗地区的野外调查,宝力高庙组可以划分出两段:下段以安山岩夹碎屑岩为主,上段以酸性火山岩-火山碎屑岩夹砂砾岩、炭质页岩为主。其中下段所夹碎屑岩中的古植物化石多为中-晚石炭世的分子,上段则出现早二叠世的分子,并出现暖水型植物化石分子与冷水型植物群混生现象;同时,同位素测年结果也印证了这一划分方案的

^①天津地质调查中心,1/5万狼麦温都尔地区矿调报告,2010

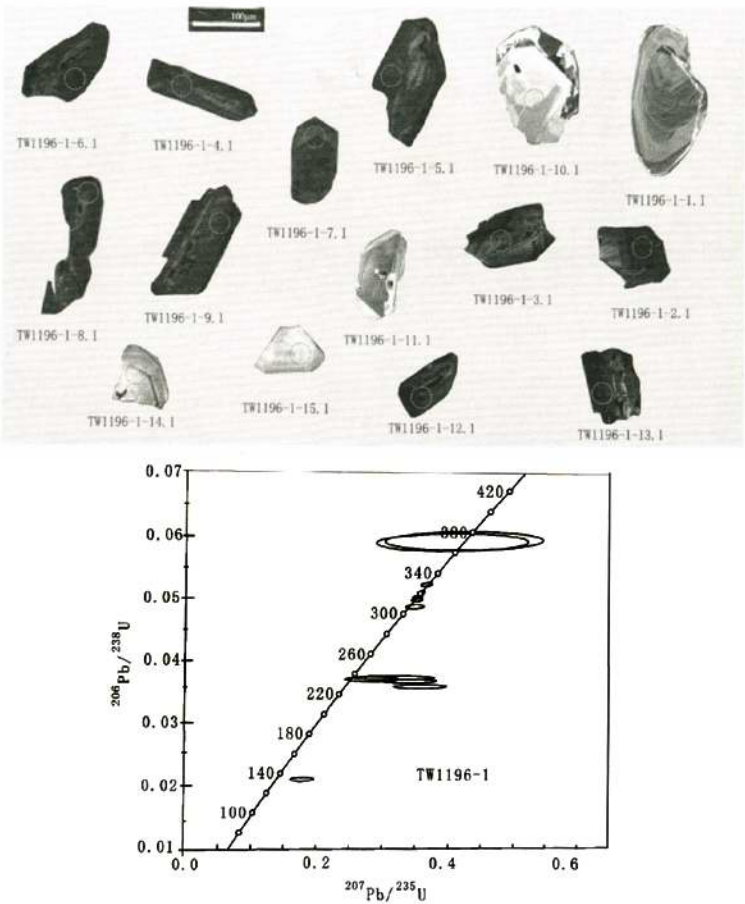


图3 准都兰地区宝力高庙组下段安山岩锆石CL图像(上)及其U-Pb SHRIMP 年龄(下)
Fig.3 SHRIMP U-Pb concordia diagrams and CL images for zircons from the andesite in upper member of the Baoligaomiao Formation,Zundulan areas

表1 准都兰地区宝力高庙组下段安山岩(TW1196-1)锆石U-Pb SHRIMP 测年结果
Table 1 SHRIMP U-Pb isotopic datas for zircons from the andesite (sample TW1196-1) in upper member of the Baoligaomiao Formation, Zundulan areas

Spot	²⁰⁶ Pbc (%)	U (μg/g)	Th (μg/g)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* (μg/g)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄	²³⁸ U/ ²⁰⁶ Pb		²⁰⁷ Pb/ ²⁰⁶ Pb		²³⁵ U/ ²⁰⁶ Pb	
							比值	± (%)	比值	± (%)	比值	± (%)
1.1	0.12	491	325	0.68	173	2 210.3± 9.7	2.442	0.52	0.143 30	1.20	2.445	0.52
2.1	0.13	6 957	11 930	1.77	301	316.6± 1.2	19.840	0.38	0.053 63	0.52	19.865	0.38
3.1	5.39	2 246	4 843	2.23	76.2	236.5± 1.3	25.321	0.37	0.106 40	4.10	26.770	0.57
4.1	0.11	2 344	4 871	2.15	103	321.0± 1.4	19.564	0.44	0.053 68	0.83	19.585	0.45
5.1	0.57	1 529	2 744	1.85	64.5	307.2± 1.3	20.373	0.43	0.058 28	1.50	20.489	0.44
6.1	0.28	3 957	6 387	1.67	172	316.6± 1.0	19.807	0.30	0.054 95	0.95	19.863	0.31
7.1	2.71	2 382	1 077	0.47	78.1	234.9± 1.6	26.210	0.61	0.078 90	4.80	26.940	0.70
8.1	0.40	4 280	7 439	1.80	193	329.1± 1.3	19.018	0.39	0.055 86	0.75	19.094	0.40
9.1	0.35	3 353	7 318	2.26	144	313.7± 1.0	19.986	0.32	0.055 89	0.71	20.056	0.33
10.1	1.68	64	44	0.72	15.9	1 618.0± 22.0	3.446	1.50	0.120 20	1.80	3.504	1.50
11.1	1.69	565	846	1.55	10.4	134.5± 1.3	46.630	0.85	0.076 10	2.30	47.440	0.95
12.1	3.77	4 494	8 164	1.88	144	227.9± 1.3	26.743	0.30	0.104 02	0.79	27.790	0.57
13.1	4.59	2 996	5 374	1.85	99.4	233.3± 1.2	25.891	0.36	0.105 02	0.66	27.140	0.52
14.1	4.68	148	62	0.43	7.9	371.6± 5.9	16.060	1.30	0.091 70	2.70	16.850	1.60
15.1	4.44	144	65	0.47	7.65	370.2± 5.7	16.170	1.30	0.087 70	3.60	16.920	1.60

注: 测试单位为中国地质科学院北京离子探针中心

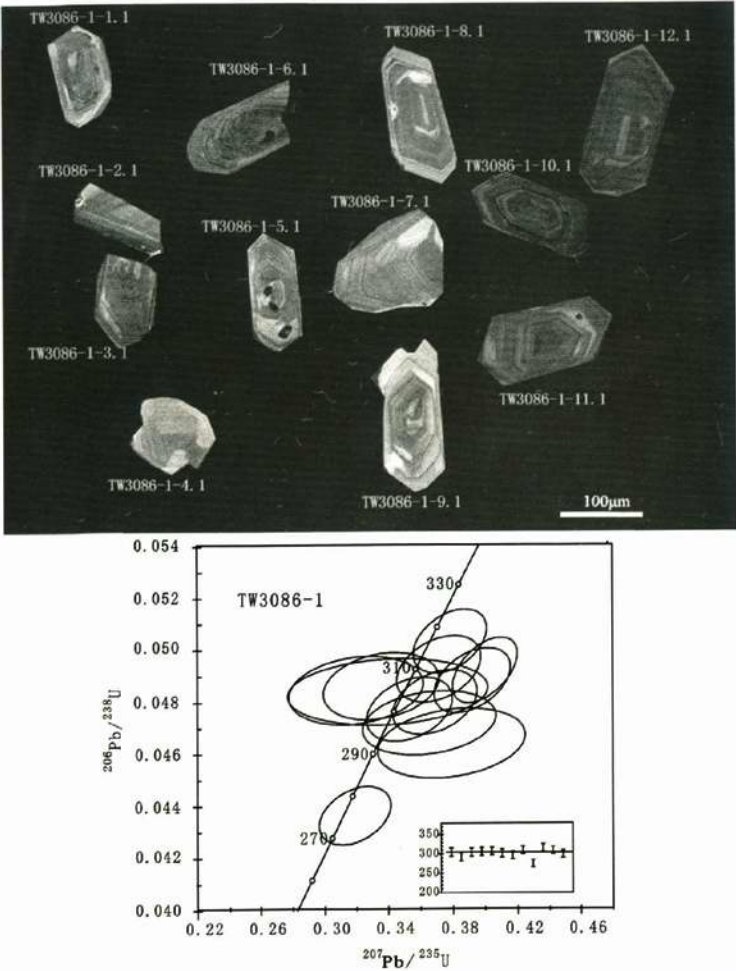


图4 乃林浑迪地区宝力高庙组上段英安质晶屑凝灰岩锆石CL图像(上)及SHRIMP年龄(下)
Fig.4 SHRIMP U-Pb concordia diagrams and CL images for zircons from the dacitic crystal tuffs in upper member of the baoligaomiao formation in nailinhundi areas

表2 乃林浑迪地区宝力高庙组上段英安质晶屑凝灰岩(TW3086-1)锆石U-Pb SHRIMP 测年结果
Table 2 SHRIMP U-Pb isotopic datas for zircons from the dacitic crystal tuffs(sample TW3086-1) in upper member of the Baoligaomiao Formation in Nailinhundi areas

Spot	²⁰⁶ Pbc (%)	U (μg/g)	Th (μg/g)	²³² Th/ ²³⁸ U	²⁰⁶ Pb* (μg/g)	²⁰⁶ Pb/ ²³⁸ U 年龄	²⁰⁷ Pb/ ²³⁵ Pb 年龄	²⁰⁷ Pb* / ²⁰⁶ Pb*		²⁰⁷ Pb* / ²³⁵ U		²⁰⁶ Pb* / ²³⁸ U	
								比值	± (%)	比值	± (%)	比值	± (%)
1.1	1.34	296	118	0.41	12.50	305.0±5.3	92±200	0.047 9	8.5	0.320	8.7	0.048 45	1.8
2.1	1.40	241	146	0.63	9.75	292.5±5.5	576±170	0.059 2	7.7	0.379	7.9	0.046 42	1.9
3.1	0.85	311	134	0.45	13.00	304.7±5.2	235±280	0.050 9	12.0	0.339	12.0	0.048 40	1.7
4.1	1.29	232	85	0.38	9.82	306.0±5.2	196±160	0.050 0	6.9	0.335	7.1	0.048 62	1.7
5.1	0.72	337	149	0.46	14.20	307.4±5.0	539± 79	0.058 2	3.6	0.392	4.0	0.048 83	1.7
6.1	0.81	328	180	0.57	13.70	302.2±5.0	444± 97	0.055 8	4.4	0.369	4.7	0.048 00	1.7
7.1	0.99	312	130	0.43	12.80	297.3±5.0	458±160	0.056 1	7.3	0.365	7.5	0.047 20	1.7
8.1	0.72	405	161	0.41	17.30	310.1±5.2	399± 97	0.054 7	4.3	0.372	4.6	0.049 28	1.7
9.1	0.66	408	174	0.44	15.40	275.4±4.6	329± 99	0.053 0	4.4	0.319	4.7	0.043 64	1.7
10.1	0.46	483	204	0.44	21.00	316.6±5.0	393± 82	0.054 5	3.6	0.378	4.0	0.050 34	1.6
11.1	0.43	360	183	0.53	15.30	309.8±5.1	565± 62	0.058 9	2.8	0.400	3.3	0.049 23	1.7
12.1	0.56	308	119	0.40	12.70	300.6±5.0	357±110	0.053 7	4.7	0.353	5.0	0.047 73	1.7

注: 测试单位为中国地质科学院北京离子探针中心

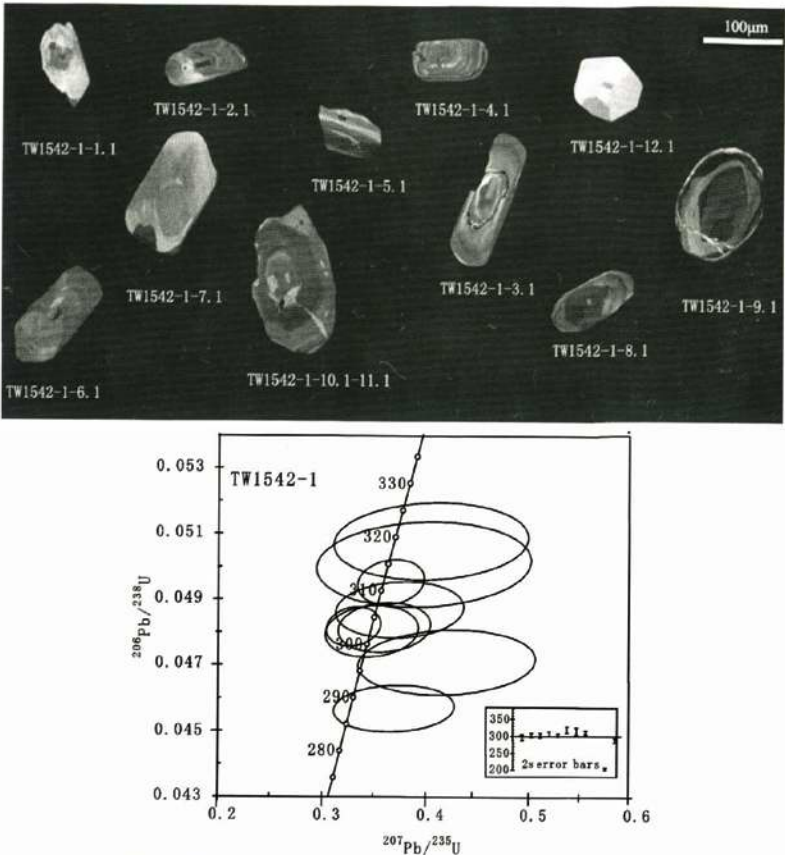


图5 乃林浑迪地区宝力高庙组上段流纹岩(T1542-1)锆石CL图像(上)及SHRIMP 年龄(下)
Fig.5 SHRIMP U-Pb concordia diagrams and CL images for zircons from the rhyolite in upper member of the Baoligaomiao Formation in Nailinhundi areas

表3 乃林浑迪地区宝力高庙组上段流纹岩(TW1542-1)锆石U-Pb SHRIMP 测年结果
Table 3 SHRIMP U-Pb isotopic datas for zircons from the rhyolite(sample TW1542-1) in upper member of the BaoligaomiaoFormation in Nailinhundi areas

Spot	^{206}Pbc	U	Th	$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$^{206}\text{Pb}^*$	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$	$^{207}\text{Pb}/^{235}\text{Pb}$	$^{207}\text{Pb}^*/^{206}\text{Pb}^*$		$^{207}\text{Pb}^*/^{235}\text{U}$		$^{206}\text{Pb}^*/^{238}\text{U}$	
	(%)	(µg/g)	(µg/g)		(µg/g)	年龄	年龄	比值	± (%)	比值	± (%)	比值	± (%)
1.1	2.91	131	102	0.81	5.45	296.6±4.0	768±280	0.064 8	13.0	0.421	13.0	0.047 08	1.4
2.1	1.80	227	132	0.60	9.57	303.1±3.1	380±180	0.054 2	8.1	0.360	8.2	0.048 14	1.0
3.1	1.86	275	117	0.44	11.60	302.4±3.2	308±190	0.052 5	8.5	0.348	8.6	0.048 03	1.1
4.1	2.29	292	169	0.60	12.50	306.4±3.5	448±240	0.055 9	11.0	0.375	11.0	0.048 68	1.2
5.1	0.97	431	310	0.74	18.00	303.3±2.4	182±120	0.049 7	5.2	0.330	5.3	0.048 17	0.8
6.1	4.12	137	99	0.75	6.24	319.2±4.8	523±340	0.057 8	15.0	0.405	15.0	0.050 77	1.5
7.1	4.12	101	59	0.60	4.55	314.9±5.3	516±380	0.057 6	17.0	0.398	17.0	0.050 06	1.7
8.1	1.05	302	228	0.78	13.00	311.6±2.8	356±130	0.053 6	5.7	0.366	5.8	0.049 53	0.9
9.1	0.17	476	54	0.12	177.00	2 320.0±9.5	2 394± 8.1	0.154 28	0.5	9.214	0.7	0.433 2	0.5
10	1.81	343	203	0.61	9.64	223.5±2.4	398±210	0.054 7	9.6	0.242	9.7	0.032 07	1.2
11	2.36	250	138	0.57	10.00	287.9±2.9	557±230	0.058 7	10.0	0.370	10.0	0.045 68	1.0

注：测试单位为中国地质科学院北京离子探针中心

正确性。这一划分方案适用于整个二连-东乌旗的宝力高庙组分布区。

结合3亿年形成的花岗岩具有偏碱性花岗岩的特征和早泥盆世贺根山蛇绿岩套的存在；以及二

连-东乌旗普遍存在泥盆纪海相沉积等地质事实，表明此处的海陆变迁发生在晚泥盆世至晚石炭世之间，成矿地质背景与找矿方向和北侧南蒙古具有较大的不同。

致谢:北京离探中心宋彪研究员指导了测年工作并对测年数据进行了计算,天津地调中心赵凤清研究员和李上森研究员均对本文提出了宝贵意见,在此表示感谢。

参考文献:

- [1] 李锦轶,张进,杨天南,等. 北亚造山区南部及其毗邻地区地壳构造分区与构造演化[J]. 吉林大学学报(地球科学版). 2009,39(4):584–605.
- [2] 洪大卫,王式光,谢锡林,等. 试析地幔来源物质成矿域[J]. 矿床地质,2003,22(1):41–55.
- [3] Perello J, Cox D, Garamav D, et al. Oyu Tolgoi, Mongolia: Siluro-Devonian porphyry Cu-Au(Mo) and high-sulfidation Cu mineralization with a Cretaceous chalcocite blanket[J]. Econ. Geol., 2001, 96:1407–1428.
- [4] Berzina A N, Sotnikov V I, Ponomarchuk V A, et al. Temporal periods of formation of Cu – Mo porphyry deposits, Siberia and Mongolia [A]. Stanley C J, et al., eds. Mineral deposits: Processes to processing[C]. Rotterdam. 1999,1: 321–324.
- [5] Berzina A P, Sotnikov V I and Berzina A N. Porphyry Cu_Mo deposits and geodynamic settings, Siberia, Mongolia [A]. In: Stanley C J, et al., eds. Mineral deposits: Processes to processing[C]. Rotterdam. Balkema. 1999,1: 317–320.
- [6] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区岩石地层[M]. 武汉: 中国地质大学出版社, 1996.
- [7] 内蒙古自治区地质矿产局. 内蒙古自治区区域地质志[M]. 北京: 地质出版社, 1991.
- [8] Walter H, Breckle S W. Ecological systems of the Geobiosphere 1, Ecological principles in global perspective. Translated by Gruber S. Berlin: Springer-Verlag, 1985,15–40.
- [9] 刘化清,袁剑英,苏醒,等. 晚古生代中国大陆与欧美地区植物群之间的差异及其原因. 地球科学进展,1999,14(3):269–272.
- [10] Wang Ziqiang. Palaeovegetation and plate tectonics: palaeo-phytogeography of North China during permian and triassic times[J]. Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology, 1985,49(1–2):25–45.
- [11] Meyen SV. The Carboniferous and Permian floras of Angara and a synthesis[J]. Biological Memories. 1982,7(1):1–109.
- [12] Vakhrameev VA, Dobruskina IA, Zaklinskaya ED et al. Paleozoic and Mesozoic floras of Eurasia and phytogeography of this time[J]. Trams. Geol. Inst. Acad. Sci. USSR, 1970, 208.
- [13] 吴绍祖. 新疆石炭 – 二叠纪植物地理区的形成与演变[J]. 新疆地质. 1993,11(1):14–22.
- [14] Compston W, Williams I S, Meyer C. U–Pb gesochronology of zircons from lunar breccia 73217 using a sensitive high mass-resolution ion microprobe. Proceedings of the 14th Lunar and Planetary[J]. Science Conference, Part 2. J Geophys Res, 1984,89:B525–534.
- [15] 宋彪,张玉海,王渝生. 锆石 SHRIMP 样品靶制作、年龄测定及有关现象讨论[J]. 地质论评, 2002,48 (增刊): 26–30.
- [16] Ludwig K R. Isoplot/Ex version 2.4. A geochronological tool-kit for Microsoft Excel[J]. Berkeley Geochron Centre Spec Publ, 2000,1–56.

Stratigraphic Subdivision and Isotope Geochronology Study on the Baoligaomiao Formation in the East Ujimqin County, Inner Mongolia

XIN Hou-tian^{1,2}, TENG Xue-jian², CHENG Yin-hang²

(1. China University of Geosciences, Beijing, 100083, China;

2. Tianjin Institute of Geology and Mineral Resources, Tianjin 300170, China)

Abstract: During the 1:50 000 mineral resource prospect investigation in the Mahonondor area of East Ujimqin Qi, Inner Mongolia, the authors firstly divided the Baoligaomiao Formation into two rock unite members: the lower member is made of the andesites, andesitic volcanoclastics and sandstone-conglomerates, and the upper member consists of the rhyolites, dacitic tuff, carbonaceous slate and the fluvial deposit sandstone-conglomerates. In this study, zircons were chosen from the andesite, rhyolites and dacitic tuff to analyse their U-Pb isotope. Their SHRIMP ages are 303.4 ± 6.7 Ma, 304.9 ± 3.1 Ma in the upper member and 320.1 ± 7.2 Ma in the lower member, which means they formed in late Carboniferous Period. This conclusion has a very important significance for studying the Paleo-Asian Ocean and ore-forming geological background in late Hercynian.

Keywords: Baoligaomiao Fm; the Paleo-Asian ocean; zircon SHRIMP U-Pb age; upper carboniferous