

doi: 10.13745/j.esf.2016.06.009

内蒙古西部温都尔庙群的时代及其在中亚造山带中的位置

徐 备¹, 徐 严¹, 栗 进¹, 李群生²

1. 北京大学 造山带与地壳演化教育部重点实验室; 北京大学 地球与空间科学学院, 北京 100871

2. 内蒙古矿业科技研究院有限公司, 内蒙古 呼和浩特 010050

XU Bei¹, XU Yan¹, LI Jin¹, LI Qunsheng²

1. *The Key Laboratory of Orogenic Belts and Crustal Evolution (Ministry of Education), Peking University; School of Earth and Space Sciences, Peking University, Beijing 100871, China*

2. *Mining Sciences and Technology Institute Limited Company, Hohhot 010050, China*

XU Bei, XU Yan, LI Jin, et al. Age of the Ondor Sum Group in western Inner Mongolia and its position in the Central Asia Orogenic Belt. *Earth Science Frontiers*, 2016, 23(6): 120-127

Abstract: The Ondor Sum Group (OSG) in western Inner Mongolia can be divided into two parts; the lower part consists of ferrian quartzites, meta-volcanic rocks and sericite quartz schists; the upper part includes sericite quartz schists and quartzites mixed with localized carbonate rocks. In SHRIMP and ICP-MS geochronometric determination, one SHRIMP peak age of 460 ± 4 Ma and two detrital zircon peak ages of 417 Ma and 444 Ma were acquired from the meta-volcanic rocks in lower part and sericite quartz schists in upper part, respectively. These new data, combined with previous zircon dating indicate OSG developed from 500 Ma to 415 Ma. Composition of OSG suggests that it formed in the continental margins of the Songliao-Hunshandake block, which is called the “Ondor Sum Ocean” (OSO) in this paper, representing the Paleo Asian Ocean in China during the early Paleozoic. During the early-middle Paleozoic, OSO was subducted beneath the north China block in the south and Xing'an-Angin Sum block in the north, respectively; its main part formed the northern and southern accretionary wedges whereas its marginal part became the matrix of northern and southern mélanges. Deformation and metamorphism in OSG recorded the evolution process of the eastern Central Asia Orogenic Belt. Detrital zircon analyses of OSG demonstrate that its Precambrian source area is similar with the lower Paleozoic in Mongolia and different from that in the North China Craton (NCC), indicating there were other provenances for OSG.

Key words: Ondor Sum Group; Central Asia Orogenic Belt; western Inner Mongolia

摘 要: 内蒙古西部的温都尔庙群下部为含铁石英岩、变质火山岩与绢云石英片岩,上部由各类绢云石英片岩、石英岩组成,局部夹碳酸盐沉积。利用 SHRIMP 和 ICP-MS 定年方法,获得该群下部的变质火山岩时代为 (460 ± 4) Ma,上部绢云石英片岩中最年轻的峰值年龄为 417 Ma 和 444 Ma。结合已有的锆石年龄分析结果,本文认为温都尔庙群的发育时代可能为 500~415 Ma。根据温都尔庙群的物质组成,推测其形成于松辽—浑善达克地块周围的大陆边缘海域并命名为温都尔庙洋,代表我国境内早古生代时期的古亚洲洋。根据碰撞造山带理论探讨了温都尔庙群的构造位置,提出在早—中古生代时期,以温都尔庙群为代表的古亚洲洋发生了向南部华北地块和向北部兴安—艾力格庙地块的双向俯冲,其主体部分形成南、北两个加积楔,而其边缘部分卷入南、北混杂岩带成为基质,因此温都尔庙群的褶皱及变质历史记录中亚造山带东段的演化过程。对碎屑锆石年龄分布的研究表明,温都尔庙群的前寒武纪物源特征与蒙古国下古生界的相似,而与华北陆块

收稿日期: 2016-10-24; 修回日期: 2016-10-26

基金项目: 国家重点基础研究发展计划“973”项目(2013CB429806); 内蒙古自治区科技厅项目(2015—2018)

作者简介: 徐 备(1954—),男,教授,主要从事大地构造研究。E-mail: bxu@pku.edu.cn

显著不同,表明温都尔庙群的物源很可能来自华北陆块之外的前寒武纪古陆。

关键词:温都尔庙群;中亚造山带;内蒙古西部

中图分类号:P534.4;P542 文献标志码:A 文章编号:1005-2321(2016)06-0120-08

0 引言

内蒙古西部著名的温都尔庙群由原内蒙古地质局呼和浩特区测队于1960年创名,原指分布在内蒙古北部的一套以含铁石英岩或铁矿层为标志的浅变质岩系^[1],广泛分布于苏尼特左旗、苏尼特右旗、四子王旗和乌拉特后旗等地(图1中的A—D 4个区域)。对温都尔庙群形成时代的认识有早古生代^[3-4]、中元古代^[5-7]和新元古代^[8-10]等几种意见。例如有学者将温都尔庙群解释为与俯冲有关的早古生代蛇绿岩^[4];而有学者获得南带 Sm-Nd 和 Rb-Sr 等时线年龄为(961±66) Ma、(807±49) Ma 和(624±110) Ma,故认为其属于新元古代弧后盆地^[8-10],还有的学者根据全岩 Sm-Nd 同位素等时线年龄((1 511±76) Ma)将该群解释为华北板块北缘中段中元古代的被动型火山陆缘或古地体^[5,11]。近年来随着研究程度的加深和测试手段的改进,已经取得了更多和更可靠的年龄

数据,因此可以较精确地确定温都尔庙群的时代。同时由于区域大地构造研究的深化,对温都尔庙群的形成环境及构造背景、尤其是在古亚洲洋演化中的位置和作用有了进一步认识。本文旨在综合研究温都尔庙群时代及沉积环境的基础上,探讨其在古亚洲洋中的位置以及在中亚造山带形成时的构造单元归属。

1 内蒙古西部构造单元划分

已有研究将内蒙古西部分为三个前寒武纪地块,其间为两个造山带。这三个地块从北向南依次为兴安—艾力格庙地块、松辽—浑善达克地块和华北地块。两个造山带分别称为北部造山带和南部造山带(图1)^[2,12-13]。

1.1 三个前寒武纪地块概况

兴安—艾力格庙地块上报道的前寒武纪岩石主要位于中西部。孙立新等^[14]在地块中部苏尼特左旗以东15 km处测得二长花岗岩和黑云母二长花岗

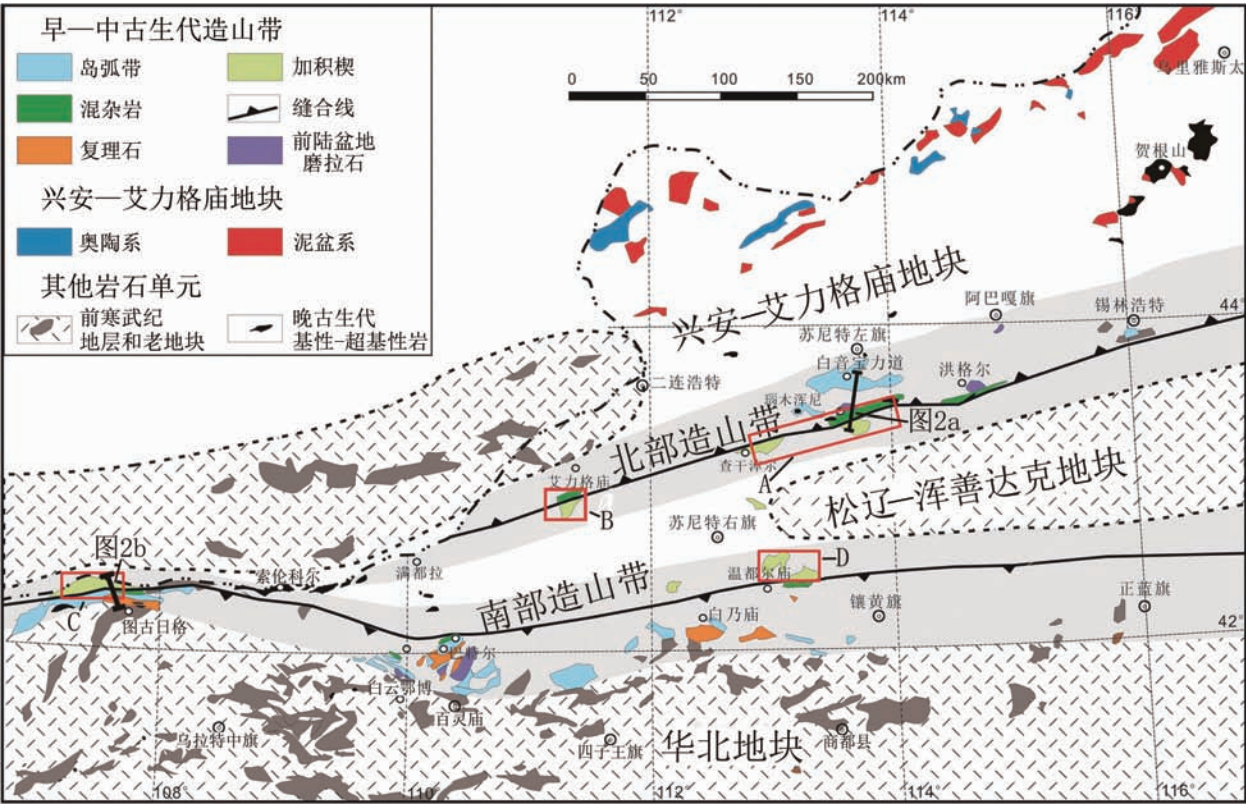


图1 内蒙古西部古生代构造单元划分^[2]

Fig. 1 Paleozoic tectonic units in western Inner Mongolia^[2]

片麻岩的年龄(ICP-MS 方法)为($1\ 516\pm31$)Ma 和 ($1\ 390\pm17$) Ma。Xu 等^[13]在地块西部艾力格庙地区的绢云石英片岩中获得最年轻的碎屑锆石峰值年龄为 1 180 Ma;而在其西北部蒙古国境内的 Hutag Uul 地区,二云母花岗岩的年龄为(952 ± 8) Ma^[15]。这些数据表明存在大范围的前寒武纪地层,因此兴安—艾力格庙地块具有古地块的性质。

华北地块作为前寒武纪地块已有大量研究成果,本文不再赘述。

松辽—浑善达克地块的概念由笔者^[12]提出,与原“松辽地块”的区别是主要强调地块向西端延入浑善达克沙漠覆盖地区。目前已有的前寒武纪年龄数据来自地块东部,例如裴福萍等^[16]报道了长春附近钻孔岩心的火山角砾岩和变质辉长岩年龄分别为 ($1\ 808\pm21$) Ma 和($1\ 873\pm13$) Ma;王颖等^[17]报道了在其以北的变质闪长岩 SHRIMP 锆石年龄为 ($1\ 839\pm7$) Ma。

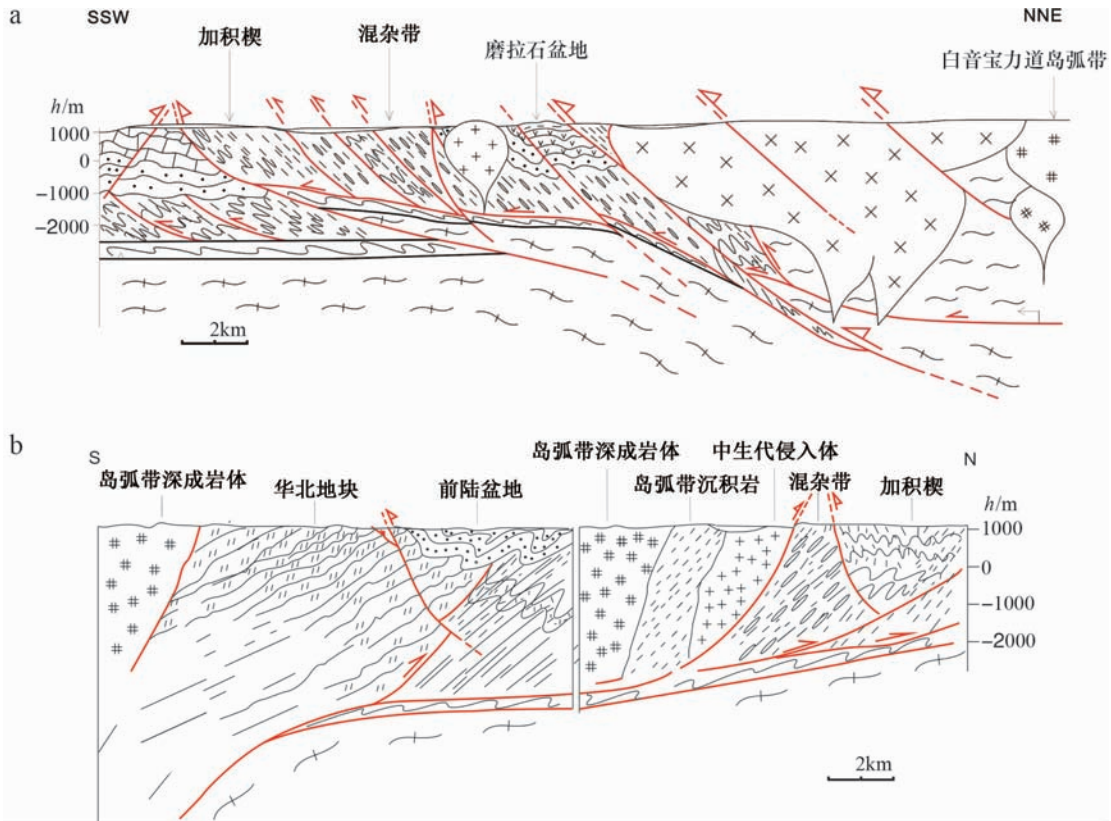
1.2 北部造山带和南部造山带

1.2.1 北部造山带

北部造山带是由于松辽—浑善达克地块向北面

的兴安—艾力格庙地块俯冲形成的^[2]。它西起四子王旗的艾力格庙地区,向东经苏尼特左旗到锡林浩特,再向北东方向经扎兰屯、嫩江延伸到黑河,延伸上千 km。造山带内从北向南可识别 4 类构造单元:(1)岛弧带;(2)缝合带;(3)前陆磨拉石盆地;(4)加积楔。苏尼特左旗以南地区发育造山带的典型剖面(图 2a)。岛弧带的深成岩包括闪长岩及花岗岩,并已经获得大量年龄数据,确认其形成时代为 490~423 Ma^[17-19]。岛弧带的火山岩主要为 445~439 Ma 的酸性岩,可分为初始岛弧(490~464 Ma)、大陆岛弧(445~439 Ma)和同碰撞(424~423 Ma)等 3 个发育阶段^[20]。缝合带以混杂岩为标志,见于艾力格庙、瑙木浑尼和洪格尔一线,延伸 400 余 km^[2,21],由超基性岩、石英岩、大理岩、绿片岩和蓝片岩岩块以及温都尔庙群绢云石英片岩的基质组成。代表前陆盆地建造的是苏尼特左旗南部晚泥盆世色日巴彦敖包组的紫红色砾岩和砂岩,它们不整合在混杂岩之上,属于造山期后的磨拉石建造。

在缝合线附近或以南,作为加积楔的温都尔庙群由含铁石英岩、绿泥石英片岩、变质玄武岩、变质安山



a—北部造山带;b—南部造山带。
图 2 北部造山带和南部造山带的构造剖面^[2]

Fig. 2 Tectonic sections of the northern and southern orogenic belts^[2]

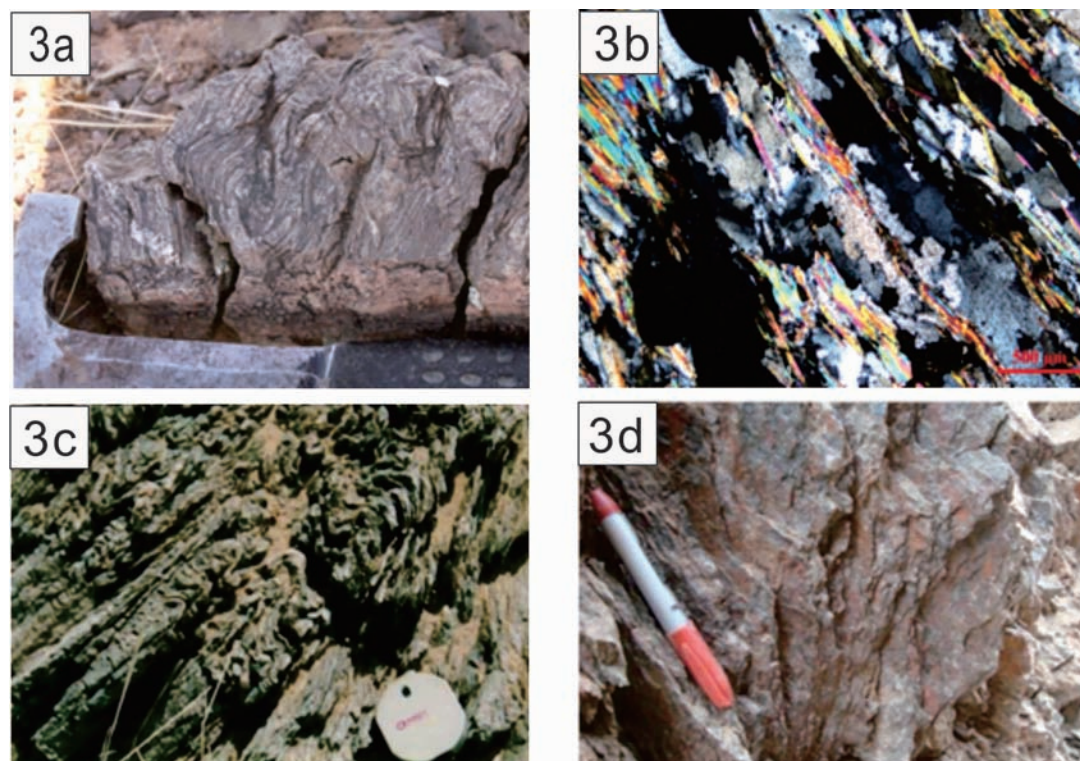
岩和绿色阳起石片岩(绿泥片岩)互层以及薄层绿帘石大理岩组成,局部为长英质千枚岩。这些岩石变形强烈,发育两期褶皱变形,区域上表现为大范围连续发育的片理 S1,原始层理已被完全置换(图 3a,3b)。第一期变形形成具有近直立或向南倒转的紧闭褶皱,枢纽为 NE-SW 方向。第二期褶皱的叠加使早期面理 S1 在大范围内表现为向北倾斜,构成总体向南倒转的褶皱带。在哈拉干和查干乌拉地区,温都尔庙群出露面积约 60 km²,可以识别出宽约 2 km 的连续褶皱,由 S1 的再褶皱组成的向形和背形构造。

1.2.2 南部造山带

南部造山带起因于松辽—浑善达克地块向南面的华北地块俯冲。这是一条长 1 500 km 以上的早—中生代造山带,从西向东沿图古日格、温都尔庙、正镶白旗、敖汉旗到吉中—延吉一线分布。从北向南可识别出 4 个造山带构造单元,即加积楔、混杂岩带、岛弧带和前陆盆地。图古日格地区的造山带构造剖面如图 2b。最南部的岛弧带发育于华北地块北缘,由岛弧火山岩和深成岩带组成。从西向东包括图古日格地区包尔汉图群火山岩及侵入岩(453~425 Ma)^[2]、达茂旗北部侵入岩(452~446 Ma)^[22]、温都尔庙地区白乃庙群火山岩及侵入岩(474~437 Ma)^[19,23]、

正镶白旗二长花岗岩((457±11) Ma)^[24]及吉中地区张家屯英云闪长岩((443±5) Ma)^[25]等。该带以北即为混杂岩带,由著名的温都尔庙乌兰沟混杂岩为代表,包括橄榄岩、辉长岩、斜长花岗岩等岩块和由温都尔庙群绢云石英片岩等构成的基质^[3-4,10,26]。混杂岩带多处含蓝片岩,其中的蓝闪石和多硅白云母测得变质年龄为 449~453 Ma^[4,27]。前陆盆地沉积为晚志留世徐尼乌苏组复理石建造,不整合覆于温都尔庙群褶皱变质地层或岩浆岩之上,标志着南部造山带的结束。

在缝合带以北,由温都尔庙群组成的加积楔分布于乌拉特后旗图古日格、四子王旗西北部到苏尼特右旗南部一带,具有连续的褶皱变形和绿片岩相变质(图 3c)。典型露头见于乌拉特后旗索伦科尔以西图古日格、四子王旗北部脑木更、苏尼特右旗南桑达来等地,其基本层序包括下部桑达来音呼都格组灰绿色绿泥片岩夹褐色含铁石英岩及透镜状大理岩、变质基性玄武岩和蚀变安山岩—安山玄武岩;上部由哈尔哈达组灰绿和灰红色绿泥石英片岩、绢云石英片岩、薄层石英岩等互层组成。加积楔内温都尔庙群岩石均遭受两期以上褶皱变形,原始层理已被片理所置换(图 3d),其变质程度为绿片岩相到低角闪岩相^[28]。



3a—紧闭褶皱;3b—绢云石英片岩的镜下照片;3c—多期褶皱;3d—片理。

图 3 温都尔庙群的变形和变质特征

Fig. 3 Deformation and metamorphic characters of the Ondor Sum Group

2 温都尔庙群时代研究的新进展

温都尔庙群出露于苏尼特左旗南部的哈拉干、查干乌拉和二道井地区、四子王旗的艾力格庙地区、乌拉特后旗的图古日格地区和苏尼特右旗的温都尔庙地区(图 1)。近年来对各个地区的温都尔庙群进行了 SHRIMP 和 ICP-MS 方法的锆石年代学测定,分述如下。

2.1 苏尼特左旗南部

本区温都尔庙群出露约近百 km²(图 1 的 A 区域)。徐备等^[29]对哈拉干附近的片理化灰绿色变质基性火山岩(12-34,表 1)进行了 SHRIMP 锆石年代测定。这些火山岩呈薄层状分布于含铁石英岩和绢云石英片岩之中,三者同步褶皱,片理一致,这表明它们应属连续的沉积-火山岩建造,故推测它们是同时形成的,因此可以用变质基性火山岩的原岩时代代表温都尔庙群的形成时期。12 个分析点构成的加权平均年龄为(460±4) Ma(图 4)。在苏尼特左旗西南的二道井地区,李承东等^[28]对长英质千枚岩(10NM140)的碎屑锆石测定结果显示加权平均年龄为(463±2) Ma。

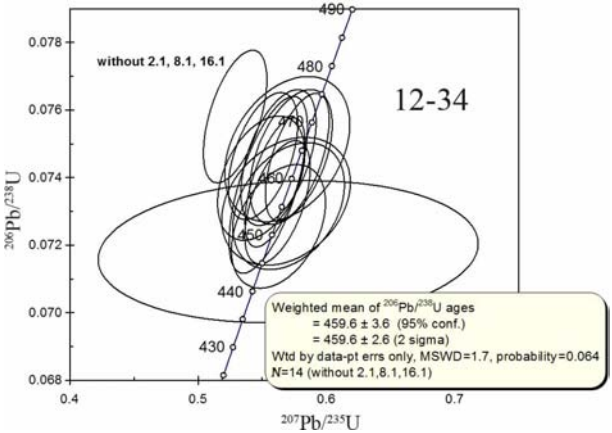


图 4 苏尼特左旗南哈拉干地区温都尔庙群变质火山岩的 SHRIMP 锆石年龄

Fig. 4 SHRIMP zircon data of meta-volcanic rock from the Ondor Sum Group in Helagan area, southern Sunid Zuqi

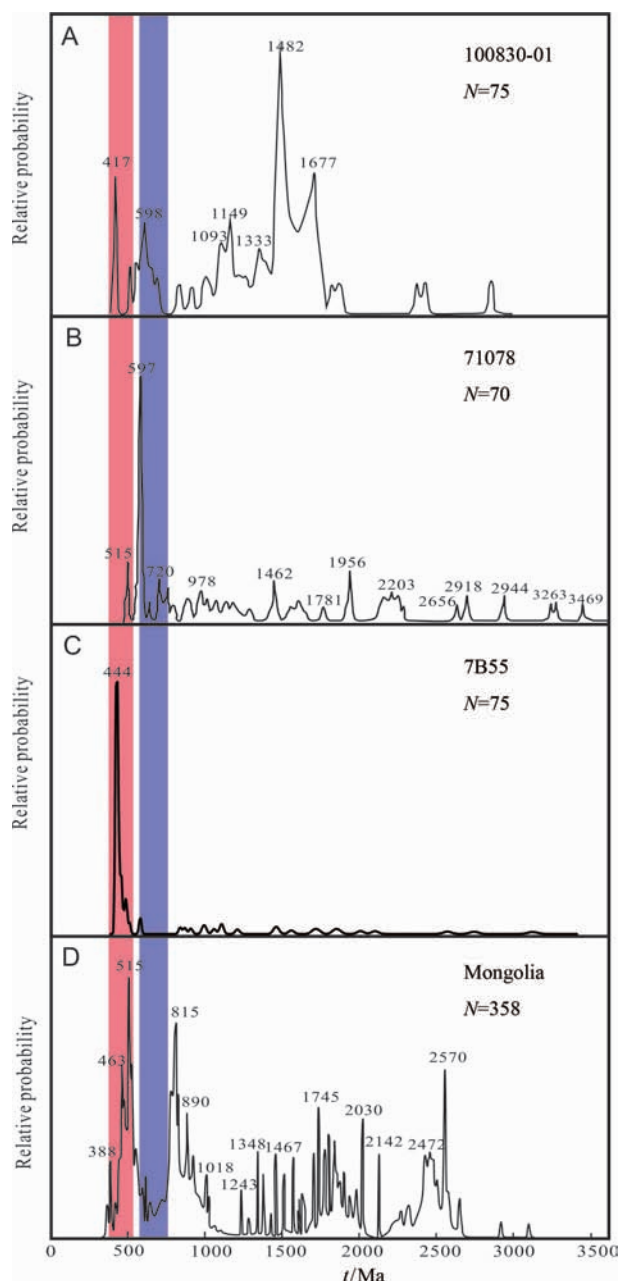
在温都尔庙群出露的最南端查干乌拉地区,绢云石英片岩(71078)的碎屑锆石图谱显示,最年轻的 3 颗锆石介于 500~516 Ma,有 15 颗锆石形成 597 Ma 的峰值,其余的 57 颗分布于 6~32 亿年范围内(图 5B)。这表明该区温都尔庙群形成于早古生代早期,但以接受大量前寒武纪碎屑为特征,暗示源区可能靠近前寒武纪陆块。

表 1 温都尔庙群变质火山岩的 SHRIMP 锆石年龄分析结果

Table 1 SHRIMP zircon data for meta-volcanic rock in the Ondor Sum Group

测点号	$w_B/10^{-6}$		$^{232}\text{Th}/^{238}\text{U}$	$w(^{206}\text{Pb}_c)$ /%	$w(^{206}\text{Pb}^*)$ / 10^{-6}	$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		^{207}Pb		$^{207}\text{Pb}^*$ / $^{206}\text{Pb}^*$	误差 (\pm)/%	$^{207}\text{Pb}^*$ / ^{235}U	误差 (\pm)/%	$^{206}\text{Pb}^*$ / ^{238}U	误差 (\pm)/%
	U	Th				年龄/Ma	年龄/Ma	年龄/Ma	年龄/Ma						
12-34-1.1	605	238	0.41	0.43	38.9	464.0 \pm 4.6	350 \pm 39	0.053 51	1.7	0.551	2.0	0.074 64	1.0		
12-34-2.1	713	621	0.90	1.05	38.4	387.8 \pm 4.2	320 \pm 75	0.052 8	3.3	0.451	3.5	0.062 00	1.1		
12-34-3.1	380	224	0.61	0.73	23.8	451.5 \pm 4.5	462 \pm 54	0.056 2	2.5	0.563	2.7	0.072 56	1.0		
12-34-4.1	364	217	0.62	0.99	23.1	456.0 \pm 4.6	462 \pm 76	0.056 2	3.4	0.568	3.6	0.073 30	1.1		
12-34-5.1	339	164	0.50	0.20	21.8	463.8 \pm 4.9	400 \pm 41	0.054 71	1.8	0.563	2.1	0.074 60	1.1		
12-34-6.1	264	158	0.62	4.42	17.0	447.0 \pm 5.2	514 \pm 230	0.057 6	11	0.570	11	0.071 81	1.2		
12-34-7.1	498	331	0.69	0.34	31.4	455.8 \pm 4.5	437 \pm 34	0.055 62	1.5	0.562	1.9	0.073 27	1.0		
12-34-8.1	556	364	0.68	0.40	33.3	432.5 \pm 4.3	327 \pm 45	0.053 0	2.0	0.507	2.2	0.069 40	1.0		
12-34-9.1	383	193	0.52	0.09	24.6	463.8 \pm 4.6	457 \pm 32	0.056 13	1.4	0.577	1.8	0.074 61	1.0		
12-34-10.1	354	191	0.56	0.19	23.1	471.1 \pm 4.8	222 \pm 37	0.050 59	1.6	0.529	1.9	0.075 81	1.1		
12-34-11.1	352	173	0.51	0.09	22.3	459.4 \pm 4.7	411 \pm 30	0.054 97	1.3	0.559 9	1.7	0.073 86	1.1		
12-34-12.1	315	160	0.52	0.78	20.0	455.2 \pm 4.6	475 \pm 65	0.056 6	2.9	0.571	3.1	0.073 16	1.0		
12-34-13.1	373	259	0.72	0.54	23.8	460.1 \pm 4.5	364 \pm 52	0.053 8	2.3	0.549	2.5	0.073 99	1.0		
12-34-14.1	306	163	0.55	0.27	19.7	463.9 \pm 4.9	438 \pm 45	0.055 6	2.0	0.572	2.3	0.074 61	1.1		
12-34-15.1	435	201	0.48	0.17	27.6	458.9 \pm 6.4	393 \pm 39	0.054 52	1.7	0.555	2.2	0.073 8	1.4		
12-34-16.1	100	62	0.64	0.71	4.35	315.3 \pm 4.5	534 \pm 120	0.058 1	5.5	0.402	5.7	0.050 13	1.4		
12-34-17.1	200	87	0.45	0.44	12.9	465.3 \pm 5.3	420 \pm 74	0.055 2	3.3	0.569	3.5	0.074 85	1.2		

注:表中所有误差为 1 σ , Pb_c 和 Pb* 分别代表普通铅和放射性成因铅;用实测的²⁰⁴Pb。表中的 12-34-2.1,12-34-8.1 和 12-34-16.1 不参加年龄的加权平均。



A—四子王旗艾力格庙石英岩;B—苏尼特左旗南查干乌拉绢云石英片岩;C—乌拉特后旗图古日格绢云石英片岩;D—蒙古国早—中新生代碎屑锆石数据^[30]。

图5 温都尔庙群定年结果

Fig.5 Dating results of the Ondor Sum Group

2.2 四子王旗北部

温都尔庙群集中出露于艾力格庙地区,东西长约13 km,南北宽约7 km(图1的B区域)。主要岩性为绢云石英片岩、二云母石英片岩、(含铁)石英岩等,并有绿片岩夹层。李瑞彪^[21]对温都尔庙群中石英岩样品100830-01进行了LA-ICP-MS分析。从年龄直方图(图5A)中可见,75个数据点主要可以分为407~421 Ma($n=3$)、444~715 Ma($n=8$)、750~

1 362 Ma($n=18$)、1 365~1 899 Ma($n=39$)等几组年龄。此外,还有两个较老的年龄,分别为2 400 Ma和2 800 Ma。最年轻的一组锆石的平均年龄为417 Ma,可作为该区温都尔庙群的形成时代下限。

2.3 乌拉特后旗西北部

在乌拉特后旗北部的中蒙边境附近图古日格地区,温都尔庙群出露总面积约65 km²(图1的C区域),可分为上段(厚度为1 279 m)和下段(厚度为1 395 m),两段间为连续接触关系。上段以各类绢云石英片岩为主,下段以含铁石英岩、绿泥片岩与绢云石英片岩互层为特征,其层序与苏尼特左旗南部温都尔庙群基本相同。徐备等对上段的绢云石英片岩(7B55)进行了ICP-MS碎屑锆石分析,在75个数据中,有21个分散于8~30亿年,9个为5~6亿年,其余45个数据非常集中,形成444 Ma的峰值(图5C)。这说明图古日格地区温都尔庙群的沉积碎屑主要来源于此时期的岩浆活动,故可用此数据约束该群的最早形成时间。

2.4 苏尼特右旗南部

该区温都尔庙群分布于哈尔滨以南到图林凯以北地区,是温都尔庙群出露最为完整的地区(图1的D区域),可分为上、下两个组,下部称为桑达来音呼都格组,上部称为哈尔滨组^[1]。桑达来音呼都格组主要为灰绿色绿泥片岩夹褐色含铁石英岩及透镜状大理岩,顶部为蚀变安山岩—安山玄武岩,其中安山岩的时代为 (470 ± 2) Ma^[28]。该组底部为蛇绿岩组分的斜长花岗岩和变质辉长岩,分别获得 (490 ± 7) Ma、 (480 ± 2) Ma的SHRIMP锆石年龄^[19]。哈尔滨组由绿泥石英片岩、绢云石英片岩、薄层石英岩等互层组成。两个组的岩石均发生强烈变形,原始层理已被片理所置换,具绿片岩相到低角闪岩相变质。李承东等^[28]对哈尔滨组石英岩的碎屑锆石分析结果表明,最年轻的一组锆石($n=7$)加权平均年龄为 (431 ± 4) Ma,而较老一组锆石介于445~480 Ma,平均年龄为 (463 ± 3) Ma($n=47$),除此之外有5颗锆石的年龄为5~15亿年。其中 (431 ± 4) Ma的年龄可代表温都尔庙群的形成时代下限。

3 讨论

3.1 温都尔庙群的时代厘定

从上述变质火山岩、绢云石英片岩和石英岩等的锆石年龄测定可以确定,温都尔庙群主体应形成

于早一中古生代。而早期研究使用 Sm-Nd 分析方法所得到的 $(1\ 511\pm76)$ Ma 的全岩等时线年龄^[5],可能由于遭受较强变质作用影响了同位素体系,故导致形成假等时线,因此该年龄是不真实的。

近年来对温都尔庙群下部桑达来音呼都格组的年代学研究表明,在属于北部造山带中变质火山岩中获得的 SHRIMP 锆石年龄为 (460 ± 4) Ma,在南部造山带桑达来音呼都格组安山岩的 ICP-MS 锆石年龄为 (470 ± 2) Ma 以及英安岩锆石 SHRIMP 年龄为 (458 ± 3) Ma^[19],故可将温都尔庙群下部的形成时代厘定为 470~455 Ma。上部为哈尔哈达组,按照本文报道的同位素年龄,可将其形成时代限定在 455~415 Ma。

而作为温都尔庙群中洋壳蛇绿岩的组分,包括超基性岩、基性岩和斜长花岗岩等,仅见于南部造山带的混杂岩带中,变质辉长岩及斜长花岗岩的锆石 SHRIMP 年龄分别为 (480 ± 2) Ma 和 (490 ± 7) Ma^[19],故可将其形成时期确定为 497~477 Ma。

综上,温都尔庙群的时代可以厘定为 500~415 Ma。

3.2 温都尔庙群在古亚洲洋中的位置与形成环境

温都尔庙群的下部组合桑达来音呼都格组主要为石英岩+含铁石英岩+铁矿层+绿泥片岩(变火山岩),偶夹透镜状大理岩,反映火山活动和与其有关的铁质、硅质的大量富集,但碳酸盐沉积的出现表明不会是深海环境,且其中石英岩有较多的前寒武纪碎屑,因此桑达来音呼都格组不能归为深海大洋环境,可能属于具有火山活动的大陆边缘。

温都尔庙群上部的哈尔哈达组由各类绢云石英片岩、石英岩组成,局部夹碳酸盐沉积,形成大理岩薄层或透镜体;沉积碎屑以石英为主,成分成熟度高。这些特点反映原岩以碎屑岩夹碳酸盐岩层序为主。绢云石英片岩中碎屑锆石的年龄图谱显示含大量古老陆块碎屑。与桑达来音呼都格组相比,哈尔哈达组应为更稳定的大陆边缘环境。

李承东等认为,温都尔庙群是一套包含大洋洋壳、洋内弧等不同成因、形成于寒武纪—中志留世的增生杂岩,但本文认为该群主体构成南、北两个造山带的加积楔,它代表松辽—浑善达克地块周围的大陆边缘海域,笔者将其称为“温都尔庙洋”。

3.3 温都尔庙群在中亚造山带构造演化中的意义

古亚洲洋的闭合导致中亚造山带的形成,在内蒙古西部地区,这个过程的表现形式是“温都尔

庙洋”转变为中亚造山带东南部的加积楔,记录了从稳定的沉积阶段转变为碰撞造山阶段的过程。从图 1 可见,连续分布的温都尔庙群夹持于松辽—浑善达克地块西端的两条缝合线之间,分别构成北部造山带南部和南部造山带北部的两个加积楔。强烈的碰撞造山活动导致加积楔内温都尔庙群大范围的构造变形,同时经历绿片岩相变质。而被俯冲作用带到缝合带的温都尔庙群则成为南、北两个混杂岩中的基质部分。在北部造山带中混杂岩被晚泥盆世砾岩不整合覆盖,在南部造山带中则被志留系徐尼乌苏组复理石地层不整合覆盖,代表中亚造山带的结束。

总之,以温都尔庙群为代表的古亚洲洋发生了向南部华北地块和向北部兴安—艾力格庙地块的双向俯冲,其主体部分形成南、北两个加积楔,而边缘部分卷入南、北混杂岩带成为其基质,因此温都尔庙群的褶皱及变形记录了中亚造山带东段的形成过程。

3.4 温都尔庙群中前寒武纪碎屑锆石的意义

碎屑锆石年代分析显示(图 5)温都尔庙群不存在华北陆块特有的 18 亿和 25 亿年的峰值,因此可以推测“温都尔庙洋”没有接受来自华北地块的物源,其发育过程与华北地块没有关系。另一个特征是除了最年轻的 417~550 Ma 的年龄外,样品中 590~720 Ma 的锆石年龄很多,这暗示该时期在温都尔庙洋附近曾发生大规模岩浆活动,不能排除是 Rodinia 超大陆裂解的岩浆活动响应。另外值得注意的是,碎屑锆石图谱中的元古宙时期锆石大量出现,这与蒙古国下古生界的碎屑锆石分布图相似(图 5D)^[30],表明温都尔庙洋的主要物源来自华北地块之外的前寒武纪古陆,但需更进一步的解读。

4 结论

(1)温都尔庙群的形成时代为 500~415 Ma,形成于松辽—浑善达克陆块周围的大陆边缘海域,代表我国境内早一中古生代时期的古亚洲洋。

(2)以温都尔庙群为代表的古亚洲洋发生了向南部华北地块和向北部兴安—艾力格庙地块的双向俯冲,其主体部分形成南、北两个加积楔,而边缘部分卷入南、北混杂岩带成为其基质,因此温都尔庙群的褶皱及变质记录了中亚造山带东段的形成过程。

(3)温都尔庙群的前寒武纪物源特征与蒙古国下古生界的相似,而与华北地块显著不同,表明物源来自华北地块之外的前寒武纪古陆。

参考文献

- [1] 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.
- [2] Xu B, Charvet J, Chen Y, et al. Middle Paleozoic convergent orogenic belts in western Inner Mongolia (China): Framework, kinematics, geochronology and implications for tectonic evolution of the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Gondwana Research*, 2013, 23: 1342-1364.
- [3] 祁思敬, 胡晓, 丁傅权, 等. 内蒙古板块运动的证据及与地槽演化的关系[M]. 北京: 地质出版社, 1981: 54-65.
- [4] 唐克东, 颜竹筠, 张允平, 等. 关于温都尔庙群及其构造意义[G]//中国北方板块构造文集. 沈阳: 辽宁科学技术出版社, 1983: 186-208.
- [5] 徐备, 陈斌, 张臣, 等. 华北板块北缘中段含铁变质岩系的时代和构造环境初探[J]. *地质评论*, 1994, 40(4): 307-311.
- [6] 徐备. 内蒙北部温都尔庙群北带沉积环境及构造意义[J]. *地质科学*, 1998, 33(4): 406-411.
- [7] 徐备. 华北板块北缘元古代年代地层格架及其形成过程[J]. *现代地质*, 1999, 13(2): 219-220.
- [8] 聂凤军, 裴荣富, 吴良士, 等. 内蒙古温都尔庙群变质火山-沉积岩 Sm-Nd 同位素研究[J]. *科学通报*, 1994, 39(13): 1211-1214.
- [9] 张臣, 吴泰然. 内蒙古温都尔庙群变质基性火山岩 Sm-Nd, Rb-Sr 同位素年代研究[J]. *地质科学*, 1998(1): 25-30.
- [10] 吴泰然, 张臣, 万基虎. 内蒙古温都尔庙地区温都尔庙群的形成环境和构造意义[J]. *高校地质学报*, 1998, 4(2): 168-175.
- [11] 邵济安. 中朝板块北缘中段地壳演化[M]. 北京: 北京大学出版社, 1991.
- [12] 徐备, 赵盼, 鲍庆中, 等. 兴蒙造山带前中生代构造单元初探[J]. *岩石学报*, 2014, 30(7): 1841-1857.
- [13] Xu B, Zhao P, Wang Y Y, et al. The pre-Devonian tectonic framework of Xing'an-Mongolia Orogenic Belt (XMOB) in North China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 2015, 97: 183-196.
- [14] 孙立新, 任邦方, 赵凤清, 等. 内蒙古锡林浩特地块中元古代花岗岩麻岩的锆石 U-Pb 年龄和 Hf 同位素特征[J]. *地质通报*, 2013, 32(2/3): 327-340.
- [15] Yarmolyuk V V, Kovalenko V I, Sal'nikova E B, et al. Geochronology of igneous rocks and formation of the Late Paleozoic South Mongolian active margin of the Siberian continent[J]. *Stratigraphy and Geological Correlation*, 2008, 16(2): 162-181.
- [16] 裴福萍, 许文良, 杨德彬, 等. 松辽盆地基底变质岩中锆石 U-Pb 年代学及其地质意义[J]. *科学通报*, 2006, 51(24): 2881-2887.
- [17] Chen B, Jahn B M, Wilde S, et al. Two contrasting Paleozoic magmatic belts in northern Inner Mongolia, China: Petrogenesis and tectonic implications[J]. *Tectonophysics*, 2000, 328(1/2): 157-182.
- [18] Shi Y R, Liu D Y, Zhang Q, et al. The petrogenesis and SHRIMP dating of the Baiyinbaolidao adakitic rocks in southern Suzuqi, Inner Mongolia[J]. *Acta Petrologica Sinica*, 2005, 21(1): 143-150.
- [19] Jian P, Liu D Y, Kröner A, et al. Time scale of an early to mid-Paleozoic orogenic cycle of the long-lived Central Asian Orogenic Belt, Inner Mongolia of China: Implications for continental growth[J]. *Lithos*, 2008, 101: 233-259.
- [20] Chen Y, Zhang Z C, Li K, et al. Geochemistry and zircon U-Pb-Hf isotopes of Early Paleozoic arc-related volcanic rocks in Sonid Zuoqi, Inner Mongolia: Implications for the tectonic evolution of the southeastern Central Asian Orogenic Belt[J]. *Lithos*, 2016, 264: 392-404.
- [21] 李瑞彪. 内蒙古二连浩特南部艾力格庙地区造山带构造演化[D]. 北京: 北京大学, 2013.
- [22] 张维, 简平. 内蒙古达茂旗北部早古生代花岗岩类 SHRIMP U-Pb 年代学[J]. *地质学报*, 2008, 82(6): 778-787.
- [23] Zhang W, Jian P. SHRIMP dating of Early Paleozoic granites from North Damaoqi, Inner Mongolia[J]. *Acta Geologica Sinica*, 2008, 82(6): 778-787.
- [24] 秦亚, 梁一鸿, 邢济麟, 等. 内蒙古正镶白旗地区早古生代 O 型埃达克岩的厘定及其意义[J]. *地学前缘*, 2013, 20(5): 106-114.
- [25] 裴福萍, 王志伟, 曹花花, 等. 吉中地区早古生代英云闪长岩的成因: 锆石 U-Pb 年代学和地球化学证据[J]. *岩石学报*, 2014, 30(7): 2009-2019.
- [26] Xiao W J, Windley B F, Hao J, et al. Accretion leading to collision and the Permian Solonker suture, Inner Mongolia, China: Termination of the central Asian orogenic belt[J]. *Tectonics*, 2003, 22: 288-308. doi: 10.1029/2002TC001484.
- [27] De Jong K, Xiao W J, Windley B F, et al. Ordovician $^{39}\text{Ar}/^{40}\text{Ar}$ phengite ages from the blueschist-facies Ondor Sum subduction-accretion complex (Inner Mongolia) and implications for the Early Paleozoic history of continental blocks in China and adjacent areas[J]. *American Journal of Science*, 2006, 306(10): 799-845.
- [28] 李承东, 冉皞, 赵利刚, 等. 温都尔庙群锆石的 LA-MC-ICPMS U-Pb 年龄以及构造意义[J]. *岩石学报*, 2012, 28(11): 3705-3714.
- [29] 徐备, 史冠中, 赵盼. 内蒙古西部温都尔庙群与古亚洲洋东段的构造演化[J]. *地质构造*, 2011, 19: 28-29.
- [30] Rojas-Agramonte Y, Kröner A, Demoux A, et al. Detrital and xenocrystic zircon ages from Neoproterozoic to Palaeozoic arc terranes of Mongolia: Significance for the origin of crustal fragments in the Central Asian Orogenic Belt[J]. *Gondwana Research*, 2011, 19(3): 751-763.