

DOI:10.19826/j.cnki.1009-3850.2021.01004

## 藏北羌塘早古生代岩浆作用及其地质意义

解超明<sup>1,2,3</sup>, 李才<sup>1</sup>, 翟庆国<sup>4</sup>, 刘一鸣<sup>5</sup>, 王明<sup>1</sup>, 胡培远<sup>4</sup>, 范建军<sup>1</sup>

(1. 吉林大学地球科学学院, 吉林 长春 130061; 2. 吉林大学青藏高原地质研究中心, 吉林 长春 130061; 3. 自然资源部东北亚矿产资源评价重点实验室, 吉林 长春 130061; 4. 中国地质科学院地质研究所, 北京 100037; 5. 中国海洋大学海洋地球科学学院海底科学与探测技术教育部重点实验室, 山东 青岛 266100)

**摘要:**藏北羌塘早古生代岩浆作用及其构造演化对研究青藏高原早期演化历史以及羌塘盆地基底性质结构等具有重要科学意义。本文在综述前人研究基础上,系统总结了藏北羌塘地区早古生代岩浆岩的时空分布特征及年代学格架,初步探讨了青藏高原早古生代构造-岩浆事件对冈瓦纳大陆北缘构造演化以及羌塘盆地基底属性的约束。羌塘地区早古生代岩浆岩主要分布在日湾茶卡、都古尔、戈木日、本松错等地区,岩性以变质辉长岩、变质玄武岩、安山岩、花岗岩、变质流纹岩以及花岗片麻岩等为主。基于区域地质调查和年代学研究结果,羌塘地区早古生代发生了多期岩浆作用,分别为~500 Ma、~482 Ma、~474 Ma、~455 Ma、~438 Ma。这些岩浆岩可能是泛非造山运动结束后,冈瓦纳大陆北缘岩石圈伸展减薄的产物,并构成了羌南-保山板块早古生代的结晶基底,但有关伸展减薄的机制问题仍需开展进一步的研究工作,这些地质记录对恢复和反演青藏高原冈瓦纳大陆北缘的陆缘性质具有重要约束意义。

**关键词:**青藏高原;早古生代;岩浆岩;羌塘基底;冈瓦纳;特提斯

**中图分类号:** P588.11+5; P542.5

**文献标识码:** A

全球超大陆重建表明,早古生代以来,青藏高原南部长期处于冈瓦纳大陆北缘的大地构造背景,有关青藏高原的陆块早期生长、破坏以及大陆陆缘性质的研究,一直以来都是地学研究的前沿和热点(潘桂棠, 1994; 许志琴等, 2005; Cawood et al., 2007; 潘桂棠等, 2012; Pan et al., 2012; Zhu et al., 2012)。尽管青藏高原南部已经发现和报道了大量早古生代构造-岩浆事件的物质记录,然而有关青藏高原早古生代的地壳构造演化及岩石圈的时代、组成和空间结构等仍不清楚(潘桂棠等, 2006; Liu et al., 2020)。已有研究资料显示,冈瓦纳大陆北缘的性质存在较大分歧,一种观点认为冈瓦纳大陆北缘处于被动大陆边缘环境(Murphy et al., 1991; Miller et al., 2001),早古生代岩浆岩记录了泛非造山事件之后冈瓦纳大陆北缘的后碰撞伸展环境(Baig et

al., 1988; Gaetani et al., 1991; Liu et al., 2009; Li et al., 2016; Liu et al., 2018)。而另一种观点则认为冈瓦纳大陆北缘处于活动大陆边缘环境,早古生代岩浆活动是原(古)特提斯洋沿环冈瓦纳大陆北缘新的俯冲作用导致的安第斯型造山事件的产物(Cawood et al., 2007; Zhu et al., 2012; Zhang ZM et al., 2014)。

羌塘地区在构造上处于冈瓦纳大陆的最北缘,对于深入认识冈瓦纳大陆北缘的性质至关重要。羌塘地区位于青藏高原北部无人区,构造上夹持于班公湖-怒江和金沙江缝合带之间(图1),被龙木错-双湖-澜沧江缝合带进一步分割为羌南-保山板块和羌北-昌都板块(李才等, 2006)。近年来的研究显示,龙木错-双湖-昌宁-孟连-清迈缝合带是古特提斯洋主洋盆闭合的遗迹,可能代表了

收稿日期:2020-12-30;修回日期:2021-01-18

作者简介:解超明(1983—),男,教授,主要从事青藏高原基础地质研究。E-mail: xcmxcm1983@jlu.edu.cn

资助项目:国家自然科学基金项目(批准号:41872231, 41972236);自然资源部东北亚矿产资源评价重点实验室自主课题基金资助(编号:DBY-ZZ-18-06)

冈瓦纳大陆的北界(李才, 1987, 2008; 王立全等, 2008; Metcalfe, 2013; Zhai et al., 2016; 解超明等, 2020; 潘桂棠等, 2020)。羌塘中部保留了可能与(原)古特提斯洋演化相关的早古生代蛇绿岩(李才, 2008; 翟庆国等, 2010; 吴彦旺, 2013; 胡培远等, 2014; Zhai et al., 2016)、洋岛及海相沉积建造(Fan et al., 2015, 2017)和晚古生代—三叠纪中高级变质岩(Zhai et al., 2011a, b; Zhang XZ et al., 2014)。近年来, 地质调查和研究工作在羌塘中部陆续发现和报道了多处早古生代岩浆岩(胡培远等, 2010;

Pullen et al., 2011; 彭智敏等, 2014; 解超明等, 2015; Hu et al., 2015; Liu et al., 2016, 2018, 2020; Xie et al., 2017; Wang et al., 2020a, b), 为认识羌塘中部的构造演化、青藏高原早期陆壳生长以及冈瓦纳大陆北缘的性质等问题提供了重要线索和证据。

本文在综述前人研究基础上, 结合近年来1:5万区域地质调查取得的研究进展, 归纳和总结了藏北羌塘地区早古生代岩浆作用(不包含早古生代蛇绿岩)的产物及其形成期次, 初步探讨了羌塘早古生代构造—岩浆演化及其地质意义。

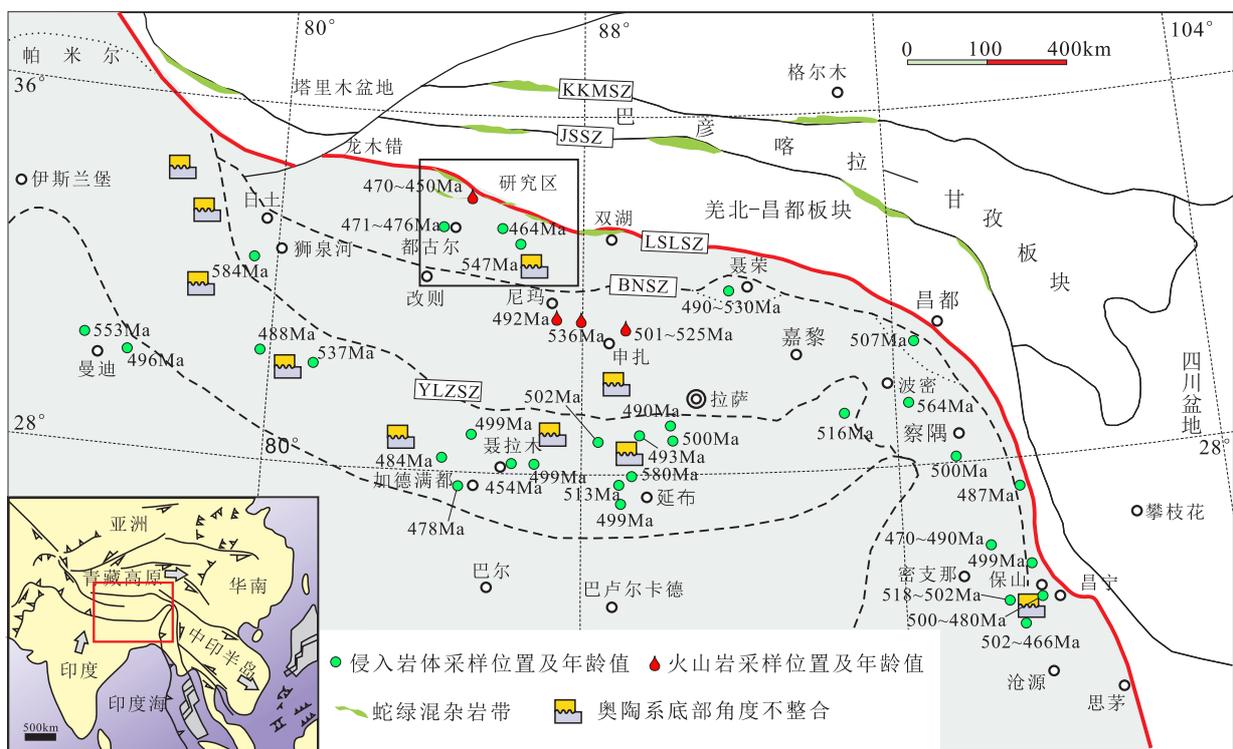


图1 青藏高原大地构造单元及早古生代岩浆岩分布图

数据来源(Liu et al., 2016, 2019, 2020 及其参考文献): KKMSZ—康西瓦—坤南—玛沁板块缝合带; JSSZ—金沙江缝合带; LSLSZ—龙木错—双湖—澜沧江—昌宁—孟连—清迈缝合带; BNSZ—班公湖—怒江缝合带; YLZSZ—雅鲁藏布江缝合带

Fig. 1 Tectonic framework of the Tibetan Plateau showing the distribution of Early Paleozoic igneous rocks

## 1 早古生代岩浆岩组合及产状

羌塘中部早古生代岩浆岩主要分布在都古尔、戈木日、日湾茶卡、黑白岭(图2)和本松错等地区, 其中以都古尔和戈木日地区最为发育, 岩体规模较大, 岩石组合复杂, 目前研究程度最高。

都古尔地区出露的岩石类型主要包括变质辉长岩、变质玄武岩、安山岩、花岗片麻岩等(Hu et al., 2015; Liu et al., 2016, 2018, 2019; Wang et al.,

2020b)。变质辉长岩出露于都古尔以南, 规模较小, 侵位于前奥陶系云母石英片岩和变质石英砂岩中, 中细粒辉长结构, 块状构造, 经历了后期绿片岩相的改造。变质玄武岩和安山岩出露于都古尔南, 面积均较小, 与围岩前奥陶系变质砂岩接触关系不清, 均经历了绿片岩相改造。花岗质片麻岩在都古尔地区广泛发育, 呈岩基状, 与围岩呈侵入接触或构造接触, 变形强, 局部发育韧性变形带, 主要岩性包括条带状花岗片麻岩、眼球状花岗片麻岩、片麻

状花岗岩、花岗质糜棱岩。

戈木日地区以发育花岗片麻岩和花岗岩为主 (Hu et al., 2015; Wang et al., 2020a, b), 岩体规模较大, 呈岩基状, 岩性主要包括新鲜花岗岩、弱变形花岗岩、眼球状花岗岩、花岗质糜棱岩等, 局部发生了强烈的韧性变形, 片麻理发育, 矿物定向明显, 钾长石斑晶受后期韧性剪切作用呈眼球状, 围岩主要为前奥陶系变质碎屑岩。

本松错花岗岩体位于本松错以北 3 km, 变形较强, 岩性主要为花岗岩和眼球状花岗岩, 发生了较明显的变形作用而呈现出片麻状构造, 围岩为前奥陶纪变质碎屑岩, 被晚三叠世花岗岩侵入。岩相学

研究表明本松错地区的早奥陶世花岗岩为碱长花岗岩 (彭智敏等, 2014; Hu et al., 2015)。

日湾茶卡地区发育规模较大的中—晚奥陶世双峰式火山岩 (解超明等, 2015), 主要出露在日湾茶卡以北的月亮湖、黑白岭地区 (图 2)。岩石组合主要为变质玄武岩和变质流纹岩, 近东西向条带状呈夹层产于中—上奥陶统达瓦山组之中, 岩石经历了低绿片岩相变质作用, 变形较为强烈。围岩主要为变质石英砂岩、长石石英杂砂岩、石英杂砂岩、千枚岩与薄层变质砂岩等典型的深水复理石沉积 (Xie et al., 2017)。

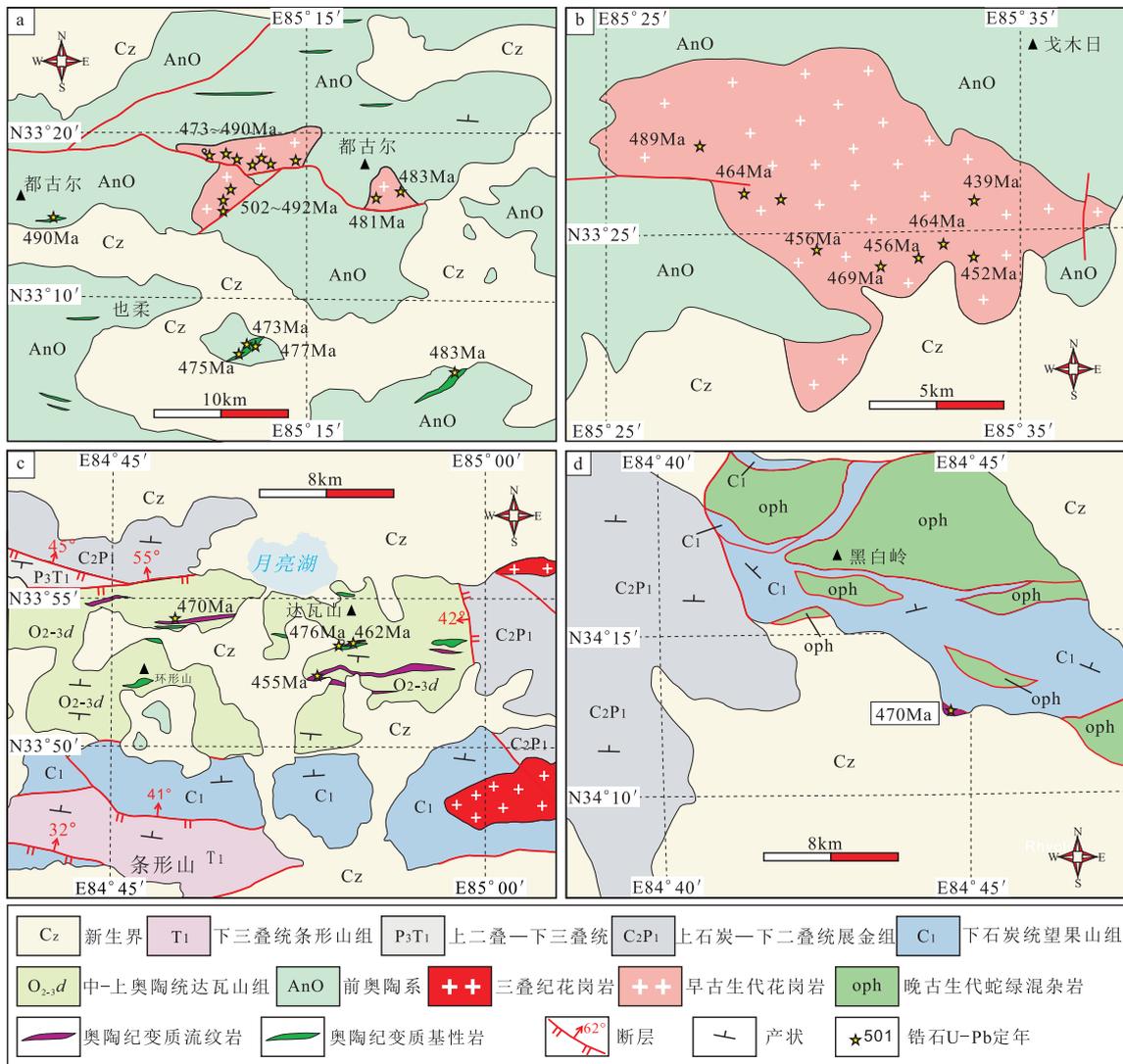


图 2 青藏高原羌塘中部都古尔、戈木日、月亮湖及黑白岭地区早古生代岩浆岩地质图

数据来源于表 1 中参考文献

Fig. 2 Geological map showing the distribution of the Early Palaeozoic magmatic rocks in Duguer, Gemuri, Yuelianghu and Heibailinging area, central Qiangtang, Tibet

## 2 早古生代岩浆岩年代学格架与锆石 Hf 同位素特征

前人已对羌塘地区早古生代岩浆岩做了大量的锆石年代学工作(表1)。本文通过对羌塘地区已获得的早古生代岩浆锆石(1100点)统计分析,在都古尔地区已经获得的521颗锆石U-Pb定年结果显示,岩浆锆石的年龄峰值集中分布于~476 Ma(图3a);戈木日地区获得了162颗岩浆锆石,锆石U-Pb年龄出现多期年龄峰值,分别为~435 Ma、~456 Ma、~485 Ma(图3b);本松错地区获得74颗岩浆锆石,锆石U-Pb年龄出现~457 Ma和~483 Ma两期年龄峰值(图3c);月亮湖及黑白岭地区的变质火山岩中获得60颗岩浆锆石,年龄峰值集中在464 Ma(图3d)。综上所述,羌塘地区早古生代岩浆岩的时代可细分为5期,分别为~500 Ma、~482 Ma、~474 Ma、~455 Ma和~438 Ma(图4a),其时代整

体略晚于青藏高原南部的早古生代花岗岩(刘一鸣,2017;Liu et al., 2020)。

在羌塘中部已经获得早古生代岩浆锆石 Hf 同位素测试点 450 点,锆石 Hf 同位素特征基本一致(图4b),仅3点的  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$  为正,其余 447 点均为负值,二阶段模式年龄均为新元古代以前,远远大于锆石的结晶年龄。反映了这些早古生代岩浆岩具有大致相同的岩浆源区,为羌塘地区基底属性的研究提供了重要信息。

## 3 早古生代岩浆岩的构造意义

### 3.1 羌塘基底性质

羌塘是否存在古老结晶基底一直存在着较大分歧(李才,2003;Liu et al., 2016)。一种观点认为:羌塘地区存在前寒武纪基底(王成善等,2001;黄纪钧,2001;李永铁,2001;谭富文等,2008,2009;王剑,2020),并可能存在太古宙陆核(Wang et al., 2001)。

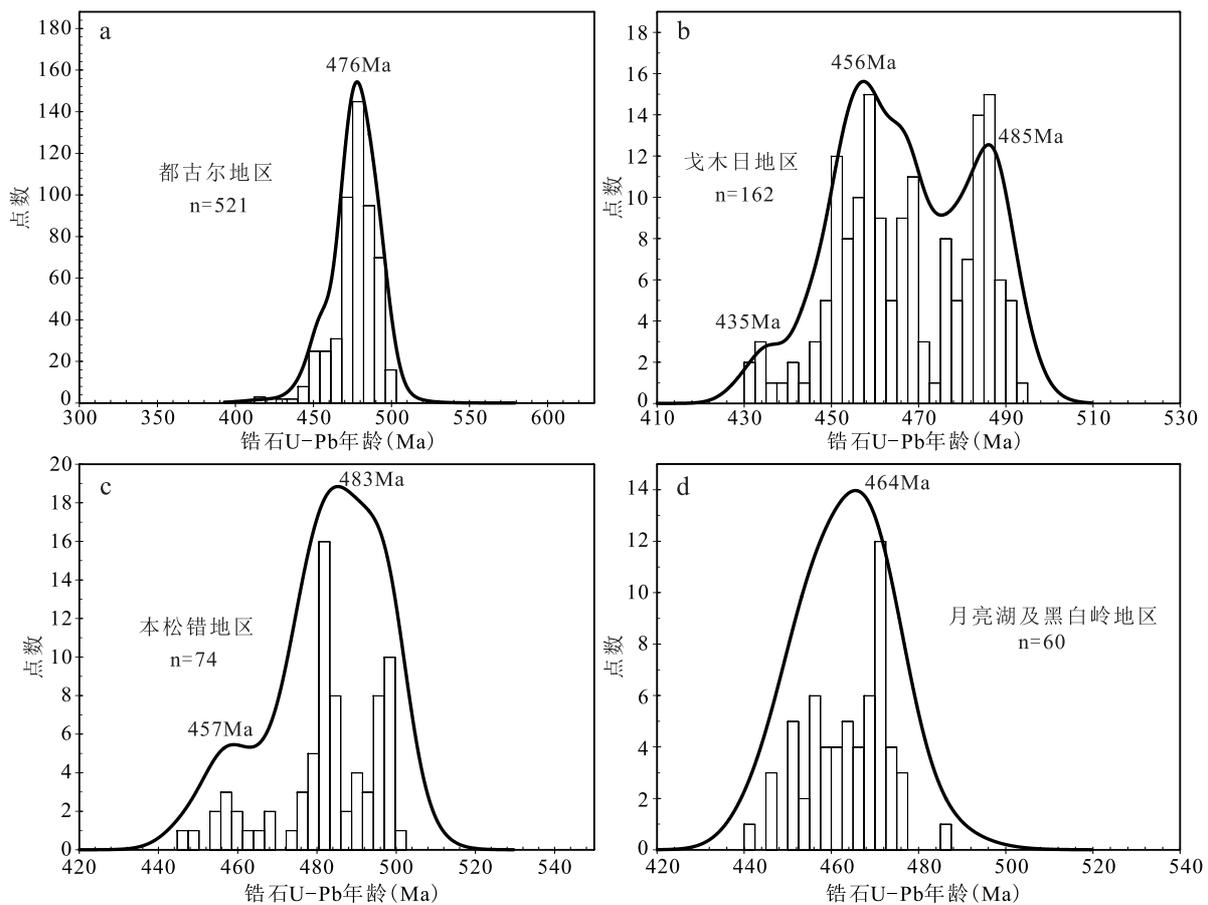


图3 青藏高原羌塘中部都古尔、戈木日、本松错以及月亮湖和黑白岭地区早古生代岩浆岩锆石U-Pb年龄相对概率图  
数据来源于表1中参考文献

Fig. 3 Relative probability diagrams of the zircon U-Pb age data for the Early Paleozoic magmatic rocks from Duguer, Gemuri, Yuelianghu and Heibailinging areas, central Qiangtang, Tibet

表1 青藏高原羌塘中部早古生代岩浆岩年龄数据统计表

Table 1 Summary of age data for the Early Paleozoic magmatic rocks from central Qiangtang

位置	样品号	岩性	年龄方法	年龄 (Ma)	$\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$	$T_{\text{DM2}}$ (Ma)	参考文献
都古尔	06GT144	花岗片麻岩	锆石U-Pb	476 ± 5			Pullen et al., 2011
都古尔	06AQ140	花岗片麻岩	锆石U-Pb	475 ± 5			Pullen et al., 2011
都古尔	06AQ129	花岗片麻岩	锆石U-Pb	474 ± 5			Pullen et al., 2011
都古尔	06AQ135	花岗片麻岩	锆石U-Pb	474 ± 5			Pullen et al., 2011
都古尔	6-12-06-6	花岗片麻岩	锆石U-Pb	474 ± 4			Pullen et al., 2011
都古尔	ET6	花岗片麻岩	锆石U-Pb	492 ± 2	-4.9 ~ -2.9	1496 ~ 1610	Liu et al., 2016
都古尔	ET8	花岗片麻岩	锆石U-Pb	501 ± 2	-3.8 ~ -1.1	1406 ~ 1553	Liu et al., 2016
都古尔	ET10	花岗片麻岩	锆石U-Pb	502 ± 2	-7.4 ~ -3.3	1528 ~ 1757	Liu et al., 2016
都古尔	T1	辉长岩	锆石U-Pb	490 ± 9			Liu et al., 2018
都古尔	T9	玄武岩	锆石U-Pb	483 ± 3			Liu et al., 2018
都古尔	T2	安山岩	锆石U-Pb	472 ± 5			Liu et al., 2018
都古尔	T3	安山岩	锆石U-Pb	480 ± 6			Liu et al., 2018
都古尔	T4	安山岩	锆石U-Pb	475 ± 4			Liu et al., 2018
都古尔	T6	花岗片麻岩	锆石U-Pb	454 ± 5	-7.1 ~ -3.9	1677 ~ 1883	Liu et al., 2018
都古尔	Ge0818-1	镁铁质包体	锆石U-Pb	490 ± 3	-7.4 ~ -3.4	1667 ~ 2065	Wang et al., 2020a
都古尔	Ge0818-2	花岗片麻岩	锆石U-Pb	486 ± 3	-16.5 ~ -3.1	1751 ~ 3225	Wang et al., 2020a
都古尔	Ge0818-3	花岗片麻岩	锆石U-Pb	484 ± 3	-5.5 ~ -3.0	1646 ~ 1806	Wang et al., 2020a
都古尔	Ge0818-4	花岗片麻岩	锆石U-Pb	475 ± 3	-7.7 ~ -2.7	1688 ~ 1938	Wang et al., 2020a
都古尔	Ge0817-1	花岗片麻岩	锆石U-Pb	485 ± 3	-7.7 ~ -1.1	1534 ~ 1947	Wang et al., 2020a
都古尔	Ge0817-2	花岗片麻岩	锆石U-Pb	476 ± 3	-18.6 ~ -0.3	1715 ~ 2637	Wang et al., 2020a
都古尔	Ge0817-4	花岗片麻岩	锆石U-Pb	473 ± 3	-8.1 ~ -2.5	1606 ~ 2155	Wang et al., 2020a
都古尔	Ge0817-6	花岗片麻岩	锆石U-Pb	473 ± 3	-5.6 ~ -0.9	1508 ~ 1801	Wang et al., 2020a
都古尔	DG1022	花岗片麻岩	锆石U-Pb	483 ± 5	-8.5 ~ -0.8	1054 ~ 1989	Wang et al., 2020a
都古尔	DG1031	花岗片麻岩	锆石U-Pb	481 ± 8	-8.6 ~ -3.0	1643 ~ 1996	Wang et al., 2020a
戈木日	GE08191	花岗岩	锆石U-Pb	485 ± 3	-8.5 ~ -3.6	1687 ~ 1992	Hu et al., 2015
戈木日	GE09195	花岗岩	锆石U-Pb	480 ± 3	-7.3 ~ -3.0	1643 ~ 1915	Hu et al., 2015
戈木日	15T803	淡色花岗岩	锆石U-Pb	460 ± 4	-12.6 ~ -4.0	1990 ~ 2236	Wang et al., 2020a
戈木日	15T804	淡色花岗岩	锆石U-Pb	456 ± 4	-11.0 ~ -5.7	1796 ~ 2124	Wang et al., 2020a
戈木日	15T805	淡色花岗岩	锆石U-Pb	456 ± 2	-23.5	1710 ~ 2629	Wang et al., 2020a
戈木日	15T806	淡色花岗岩	锆石U-Pb	469 ± 2	-10.8 ~ -4.4	1720 ~ 2122	Wang et al., 2020a
戈木日	15T807	淡色花岗岩	锆石U-Pb	456 ± 3	-20.1 ~ -2.5	1547 ~ 2695	Wang et al., 2020a
戈木日	15T808	淡色花岗岩	锆石U-Pb	464 ± 2	-14.7 ~ -1.8	1729 ~ 2364	Wang et al., 2020a
戈木日	15T810	淡色花岗岩	锆石U-Pb	455 ± 2	-13.6 ~ -3.9	1684 ~ 2282	Wang et al., 2020a
戈木日	GMR15-1	花岗岩	锆石U-Pb	489 ± 2	-3.9 ~ -10.1	1704 ~ 2094	Wang et al., 2020b
戈木日	GMR15-2	花岗岩	锆石U-Pb	439 ± 4	-6.5 ~ -16.6	1827 ~ 2466	Wang et al., 2020b
本松错		花岗质片麻岩	锆石U-Pb	465 ± 5			胡培远等, 2010
本松错	D1168	花岗质片麻岩	锆石U-Pb	496 ± 4	-4.0 ~ 1.9	1561 ~ 1718	彭智敏等, 2014
本松错	D1169	花岗质片麻岩	锆石U-Pb	497 ± 3	-5.5 ~ 1.0	1531 ~ 1816	彭智敏等, 2014
本松错	BS08031	花岗岩	锆石U-Pb	486 ± 4	-7.1 ~ -3.5	1680 ~ 1905	Hu et al., 2015
本松错	BS08034	花岗岩	锆石U-Pb	481 ± 3	-7.7 ~ -4.1	1349 ~ 1922	Hu et al., 2015
月亮湖	R12T4	变质流纹岩	锆石U-Pb	454 ± 2			解超明等, 2015
月亮湖	RT5	变质流纹岩	锆石U-Pb	461 ± 3			Xie et al., 2017
月亮湖	RT2	变质流纹岩	锆石U-Pb	470 ± 10	-2.1 ~ -4.5	1436 ~ 1567	Xie et al., 2017
月亮湖	RT12	变质玄武岩	锆石U-Pb	476 ± 8			Xie et al., 2017
黑白岭	L12	变质流纹岩	锆石U-Pb	467 ± 4			Xie et al., 2017

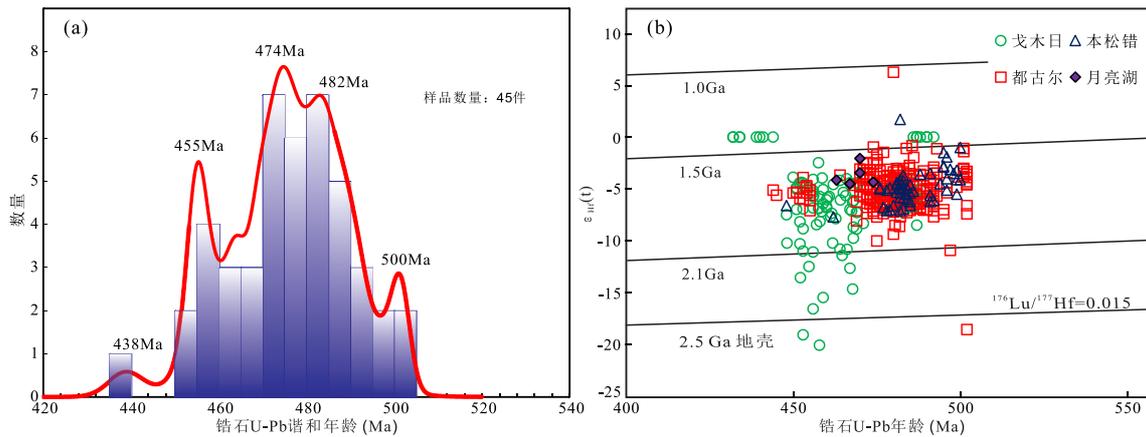


图4 羌塘中部早古生代岩浆锆石U-Pb相对概率图及 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ -锆石U-Pb图解

数据来源于表1中参考文献

Fig. 4 Diagrams of relative probability and  $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ -zircon U-Pb ages of Early Paleozoic magmatic rocks from central Qiangtang

认为羌塘盆地基底由元古代变质岩系构成并具双层结构,其下为结晶“刚性基底”,上部为变质“塑性基底”,“刚性基底”和“塑性基底”之间为角度不整合接触(王成善等,2001;Wang et al., 2001)。另一种观点认为羌塘南北具有不同基底,羌南-保山板块具有冈瓦纳型泛非-早古生代结晶基底,羌北具有扬子型晋宁期基底(李才,2003;王鸿祯等,2007)。李才等结合多年野外调查和研究工作,将羌塘中部过去认为的上太古-元古界戈木日群、果干加年山群、玛依岗日群和阿木岗群解体为晚石炭世-早二叠世和晚三叠世的地层(李才等,2005,2010)。玛依岗日以南的下古拉地区发现了含化石的早古生代地层,存在早奥陶世阿伦尼克期沉积(李才等,2004;程立人等,2007)。碎屑锆石研究表明,羌塘地区的浅变质碎屑岩具有亲冈瓦纳大陆的特征,碎屑锆石年龄分布可以与安多、滇西怒江、保山以及印度板块内部和喜马拉雅造山带中发育的大量580~470 Ma早古生代花岗岩质岩石相对比,记录了冈瓦纳大陆北缘泛非运动晚期岩浆活动(DeCelles et al., 2000;Cawood et al., 2007;Pullen et al., 2008;宋述光等,2007;董春燕等,2011)。

本文系统总结了羌塘中部发育的早古生代岩浆岩,在羌塘中部日湾茶卡、都古尔、戈木日以及本松错地区发育了以辉长岩、玄武岩、安山岩、花岗岩、流纹岩以及花岗片麻岩为主要岩石组合的岩浆记录,年代学研究结果已经表明,早古生代发生了5期岩浆作用,分别为~500 Ma、~482 Ma、~474 Ma、~455 Ma和~438 Ma。结合前人地球化学及同位素的研究(Pullen et al., 2011;Hu et al., 2015;Liu et

al., 2016, 2018, 2019, 2020;Xie et al., 2017;Wang et al., 2020a, b),本文初步认为,羌塘中部的早古生代岩浆作用构成了羌南-保山板块早古生代的结晶基底。

羌北-昌都板块还未发现确切的古老基底,研究程度依然较低。西昆仑、柴达木等地的前寒武地层与塔里木陆块具有很好的相似性(陆松年,2001,2004)。1:25万地质调查在青海省玉树地区的长青可、江达、小苏莽、罗麦等,到巴塘以西的金沙江西岸所出露的中元古界和新元古界(姚宗富,1992;刘世坤,1992),获得了一批具有晋宁期年龄信息的资料,并指出沿龙木错-西金乌兰湖-金沙江-哀牢山一带断续出露的元古界地层,基本都属于扬子古陆的基底,位于扬子古陆西缘的一个活动带上。这些零星出露的地层应该是扬子板块晋宁期基底碎块(潘桂棠等,2004)。在昌都地区宁多岩群变质碎屑岩中发现了 $3981 \pm 9$  Ma的碎屑锆石,2854~3505 Ma碎屑锆石具有负的 $\epsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值和3784~4316 Ma的两阶段Hf模式年龄,暗示宁多岩群物源区残留可能有少量更古老(冥古宙)的地壳物质(何世平等,2013;Ding et al., 2015)。青海玉树县小苏莽一带宁多岩群黑云斜长片麻岩(副变质岩)的最新蚀源区年龄为 $1044 \pm 30$  Ma,代表宁多岩群形成时代的下限;侵入宁多岩群的片麻状黑云母花岗岩(古侵入体)的形成年龄为 $991 \text{ Ma} \pm 4 \text{ Ma}$ ,可代表宁多岩群形成时代的上限。相当于中元古代末-新元古代初(Ding et al., 2015)。上述研究也进一步表明,羌北-昌都板块应具有扬子板块晋宁期基底,而与羌南-保山板块的基底存在着明显的差异。

### 3.2 早古生代冈瓦纳大陆北缘陆缘性质

目前对冈瓦纳大陆北缘早古生代的陆缘性质存在两种不同的认识,一些学者认为冈瓦纳大陆北缘处于活动大陆边缘环境,早古生代岩浆活动是原特提斯洋沿环冈瓦纳大陆北缘新的俯冲作用导致的安第斯型造山事件的产物(Cawood et al., 2007; Zhu et al., 2012; Zhang ZM et al., 2014),青藏高原南部的早古生代岩浆作用与原(古)特提斯洋的俯冲消减作用有关(Hu et al., 2013, 2015; Ding et al., 2015; Wang et al., 2020a, b;),并发生了随后的微陆块的碰撞拼贴(王晓先等, 2011; Zhu et al., 2012)。该观点的主要依据是这期岩浆事件的时代比典型泛非造山带年轻 30 ~ 50 Ma (Cawood et al., 2007),而且基本分布在冈瓦纳大陆的北缘,其大地构造位置不在典型泛非造山带之中。另外,泛非造山运动代表了各地块之间最终碰撞焊接形成冈瓦纳大陆,而不是在冈瓦纳大陆北缘。碎屑锆石资料表明拉萨地块应起源于澳大利亚北缘(Zhu et al., 2011),这一古地理重建表明早古生代岩浆岩在冈瓦纳大陆北缘是广泛存在的。拉萨地块上发育的早古生代岩浆岩被解释为安第斯型岩浆岩(Zhu et al., 2012; Hu et al., 2013; Ding et al., 2015),在现今的喜马拉雅造山带中还识别出了同时代的变质和变形记录(Zhu et al., 2011; 许志琴等, 2015; Argles et al., 1999; Gehrels et al., 2003, 2006a, b)。在羌南-保山和拉萨地块发现了寒武系和奥陶系之间的不整合(李才等, 2010; 杨耀等, 2014),这些不整合的特征与喜马拉雅板块上发育的同时期的不整合相似,表明这一不整合广泛存在于冈瓦纳大陆北缘。

另一些学者认为早古生代岩浆岩可能形成于泛非造山运动之后的后碰撞伸张拆离环境主要证据有:(1)早古生代岩浆作用同位素年龄相较于冈瓦纳大陆内典型的泛非造山带普遍年轻 30 ~ 50 Myr,例如东非造山带为 570 ~ 520 Ma, Piniarra 造山带为 560 ~ 520 Ma, Kuunga 造山带为 560 ~ 520 Ma (Cawood et al., 2007);(2)在原特提斯冈瓦纳大陆边缘缺乏早古生代安第斯型的岩浆作用和变质变形作用;(3)喜马拉雅板块上的 Mandi 玄武岩(496 Ma)形成于板内伸展环境(Miller et al., 2001);(4)拉轨岗日变质核杂岩中花岗片麻岩形成于泛非运动由同碰撞向后碰撞转化的阶段(辜平阳等,

2013),都古尔花岗片麻岩具有后碰撞的亲缘性(Liu et al., 2016);(5)寒武系和奥陶系之间的角度不整合在羌南、拉萨、喜马拉雅和保山板块上广泛发育(Garzanti et al., 1986; Gehrels et al., 2003, 2006a, b; Cawood et al., 2007; 李才等, 2010),角度不整合的特征显示其更倾向形成于伸展拆离环境而不是碰撞造山环境(张天羽, 2018);(6)龙木错-双湖-澜沧江板块缝合带中寒武纪蛇绿岩的发现(吴彦旺, 2013; 胡培远等, 2014),说明在寒武纪时该洋盆已经在羌南和羌北之间形成,早古生代,羌南-保山板块是冈瓦纳大陆北缘的重要组成部分;(7)通过对早古生代多期岩浆作用形成的锆石 Lu-Hf 同位素的分析,主体呈现  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$  为负的特征,二阶段模式年龄揭示了羌南-保山板块是以古-中元古代的老地壳为主。对古老地壳的改造一般主要发生在俯冲增生造山带和碰撞造山带的形成过程中。然而,与俯冲有关的岩浆活动,由于洋壳的参与,常常会导致锆石 Hf 同位素组成明显向亏损的地幔特征漂移,而且会产生正  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$  值。相反,与拆离作用、造山带塌陷或岩石圈伸展有关的碰撞后岩浆作用导致拆沉的大陆碎块的熔融,从而驱动  $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$  呈现负值趋势(Liu et al., 2019)。大陆地壳的崩塌和最终的裂隙通常伴随着相对少量的镁铁质岩浆作用和地壳生成,这与羌塘中部早古生代的岩浆岩组合相一致。挤压和伸展之间是相辅相成的,在现今的喜马拉雅造山带已得到证实(杨文采等, 2019),所以东西冈瓦纳大陆之间的泛非期陆陆碰撞造山运动,势必会引起南北向的伸展运动。因此,羌塘中部的早古生代岩浆岩也可能是在泛非造山运动结束后,发生陆陆碰撞后的伸展构造环境中形成的,甚至是在伸展拉张的裂谷构造环境中形成(Liu et al., 2020)。羌南板块发育新元古代晚期(548 Ma)的玄武岩(Wang et al., 2015),所以推测在新元古代晚期冈瓦纳大陆北缘很可能已经存在伸展运动。伴随着岩石圈去跟作用,幔源岩浆的上涌导致了岩石圈的部分熔融和相应的岩浆活动(图 5),但这期岩浆活动在冈瓦纳大陆北缘相对较少。大规模的伸展拆离事件主要发生在早古生代,主要在羌南、拉萨、喜马拉雅、保山和贡山板块上广泛发育的多期大规模酸性岩浆作用和少量的基性岩浆作用(杨学俊等, 2012)。寒武系和奥陶系之间的不整合可能形成于伸展背景下的断陷盆地中。

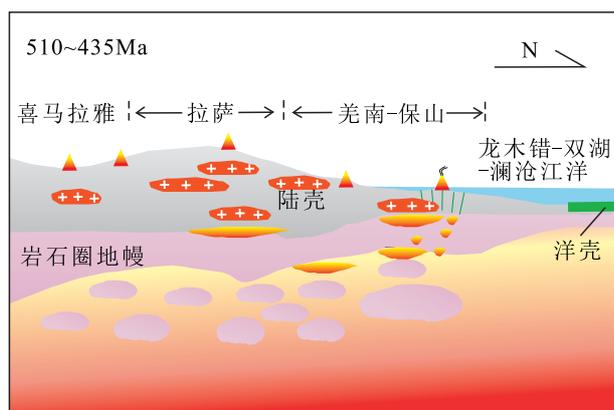


图5 青藏高原南部早古生代构造-岩浆演化模式图

Fig. 5 Tectonic-magmatic evolution model of southern Qinghai-Tibet Plateau during the Early Paleozoic

综上所述,尽管目前已经识别出了青藏高原南部早古生代岩浆岩形成于伸展构造背景,但羌塘中部早古生代岩浆岩形成的伸展构造背景究竟是由于原(古)特提斯洋的俯冲所导致,还是泛非造山运动结束后陆陆碰撞后岩石圈去根作用所导致,目前尚无定论。早古生代冈瓦纳大陆北缘性质的研究程度依然很低,还有待寻找更多的地质证据去佐证。

## 4 结论

(1)藏北羌塘地区早古生代岩浆岩包括变质辉长岩、玄武岩、安山岩、变质流纹岩、花岗岩及花岗片麻岩等。岩浆作用可以划分为5期,分别为~500 Ma、~482 Ma、~474 Ma、~455 Ma、~438 Ma。

(2)藏北羌塘地区早古生代岩浆岩可能是泛非造山运动结束后,冈瓦纳大陆北缘岩石圈伸展减薄的产物,构成了羌南-保山板块早古生代的结晶基底。

(3)藏北羌塘地区早古生代岩浆岩记录了冈瓦纳大陆北缘形成演化的关键信息,多样的岩石类型和多期次的岩浆作用反映了其形成构造背景的复杂性。随着对其研究工作的不断深入,有望获得冈瓦纳大陆北缘陆缘性质及形成演化的关键信息。

几十年来,我们的青藏高原基础地质研究团队始终得到潘桂棠先生的关心指导、支持和帮助,我们取得的成果同样也凝聚着潘先生心血。潘先生八十华诞之际,谨以此文向先生致以衷心的感谢和诚挚的祝福,祝潘先生健康长寿!

## 参考文献(References):

- Argles T W, Prince C I, Foster G L, et al., 1999. New garnets for old? Cautionary tales from young mountain belts[J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 172: 301-309.
- Baig M S, Lawrence R D, Snee L W, 1988. Evidence for late Precambrian to early Cambrian orogeny in northwest Himalaya, Pakistan [J]. *Geological Magazine*, 125: 83-86.
- Cawood P A, Johnson M R W, Nemchin A A, 2007. Early Palaeozoic orogenesis along the Indian margin of Gondwana; tectonic response to Gondwana assembly [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 255: 70-84.
- DeCelles P G, Gehrels G E, Quade J, et al., 2000. Tectonic implications of U-Pb zircon ages of the Himalayan Orogenic Belt in Nepal [J]. *Science*, 288: 497-499.
- Ding H X, Zhang Z M, Dong X, et al., 2015. Cambrian ultrapotassic rhyolites from the Lhasa terrane, south Tibet; evidence for Andean-type magmatism along the northern active margin of Gondwana [J]. *Gondwana Research*, 27(4): 1616-1629.
- Fan J J, Li C, Wang M, et al., 2015. Features, provenance, and tectonic significance of Carboniferous-Permian glacial marine diamictites in the Southern Qiangtang-Baoshan block, Tibetan Plateau [J]. *Gondwana Research*, 28, 1530-1542.
- Fan J J, Li C, Wang M, et al., 2017. Remnants of late Permian-Middle Triassic ocean islands in northern Tibet: Implications for the late-stage evolution of the Paleo-Tethys Ocean Tibetan Plateau [J]. *Gondwana Research*, 44: 7-21.
- Gaetani M, Garzanti E, 1991. Multicyclic history of the northern India continental margin (northwestern Himalaya) [J]. *American Association of Petroleum Geologists Bulletin*, 75: 1427-1446.
- Garzanti E, Casnedi R, Jadoul F, 1986. Sedimentary evidence of a Cambro-Ordovician orogenic event in the northwestern Himalaya [J]. *Sedimentary Geology*, 48: 237-265.
- Gehrels G E, DeCelles P G, Martin A, et al., 2003. Initiation of the Himalayan Orogen as an early Paleozoic thin-skinned thrust belt [J]. *GSA Today*, 13: 4-9.
- Gehrels G E, DeCelles P G, Ojha T P, et al., 2006a. Geological and U-Pb geochronologic evidence for early Paleozoic tectonism in the Dadeldhura thrust sheet, far-west Nepal Himalaya [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 28: 385-408.
- Gehrels G E, DeCelles P G, Ojha T P, et al., 2006b. Geologic and U-Th-Pb geochronologic evidence for early Paleozoic tectonism in the Kathmandu thrust sheet, central Nepal Himalaya [J]. *Geological Society of American Bulletin*, 118: 185-198.
- Hu P Y, Li C, Wang M, et al., 2013. Cambrian volcanism in the Lhasa terrane, southern Tibet; Record of an early Paleozoic Andean-type magmatic arc along the Gondwana proto-Tethyan margin [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 77: 91-107.
- Hu P Y, Zhai Q G, Jahn B M, et al., 2015. Early Ordovician granites from the South Qiangtang terrane, northern Tibet: implications for the early Paleozoic tectonic evolution along the Gondwanan proto-

- Tethyan margin[J]. *Lithos*, 220–223:318–338.
- Li G J, Wang Q F, Huang Y H, et al., 2016. Petrogenesis of middle Ordovician peraluminous granites in the Baoshan block; Implications for the early Paleozoic tectonic evolution along East Gondwana[J]. *Lithos*, 245:76–92.
- Liu S, Hu R Z, Gao S, et al., 2009. U-Pb zircon, geochemical and Sr-Nd-Hf isotopic constraints on the age and origin of Early Palaeozoic I-type granite from the Tengchong-Baoshan Block, Western Yunnan Province, SW China[J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 36: 168–182.
- Liu Y M, Li C, Xie C M, et al., 2016. Cambrian granitic gneiss within the Central Qiangtang terrane, Tibetan Plateau; implications for the early Paleozoic tectonic evolution of the Gondwanan margin [J]. *International Geology Review*, 28(9):1043–1063.
- Liu Y M, Xie C M, Li C, et al., 2018. Breakup of the northern margin of Gondwana through lithospheric delamination: Evidence from the Tibetan Plateau[J]. *The Geological Society of America*, 131:3–4.
- Liu Y M, Li S Z, Santosh M, et al., 2019. The generation and reworking of continental crust during early Paleozoic in Gondwanan affinity terranes from the Tibet Plateau [J]. *Earth-Science Reviews*, 190: 486–497.
- Liu Y M, Li S Z, Santosh M, et al., 2020. The passive margin of northern Gondwana during Early Paleozoic: Evidence from the central Tibet Plateau[J]. *Gondwana Research*, 78:126–140.
- Metcalf I, 2013. Gondwana dispersion and Asian accretion: Tectonic and palaeogeographic evolution of eastern Tethys [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 66, 1–33.
- Miller C, Thöni M, Frank W, et al., 2001. The early Palaeozoic magmatic event in the Northwest Himalaya, India; source, tectonic setting and age of emplacement[J]. *Geological Magazine*, 138:237–251.
- Murphy J B, Nance R D, 1991. Supercontinent model for the contrasting character of Late Proterozoic orogenic belts [J]. *Geology*, 19: 469–472.
- Pan G T, Wang L Q, Li R S, et al., 2012. Tectonic evolution of the Qinghai-Tibet plateau [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 53: 3–14.
- Pullen A, Kapp P, Gehrels G E, et al., 2008. Triassic continental subduction in central Tibet and Mediterranean-style closure of the Paleo-Tethys Ocean[J]. *Geology*, 36:351–354.
- Pullen A, Kapp, Gehrels G E, et al., 2011. Metamorphic rocks in central Tibet. lateral variations and implications for crustal structure[J]. *Geological Society of America Bulletin*, 123:585–600.
- Rowley D B, 1996. Age of initiation collision between India and Asia: review of the stratigraphic data [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 145:1–13.
- Wang G Z, Wang C S, 2001. Disintegration and age of basement metamorphic rocks in Qiangtang, Tibet, China[J]. *Science in China (Series D: Earth Sciences)*, 44(S1):86–93.
- Wang H T, Zhai Q G, Hu P Y, et al., 2020a. Early Paleozoic granitic rocks of the South Qiangtang Terrane, northern Tibetan Plateau; Implications for subduction of the Proto- (Paleo-) Tethys Ocean [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 204, <https://doi.org/10.1016/j.jseae.2020.104579>.
- Wang H T, Zhai Q G, Hu P Y, et al., 2020b. Late Cambrian to Early Silurian Granitic Rocks of the Gemuri Area, Central Qiangtang, North Tibet: New Constraints on the Tectonic Evolution of the Northern Margin of Gondwana [J]. *Acta Geologica Sinica (English Edition)*, 94(4):1007–1019.
- Wang M, Li C, Fan J J, 2015. Geochronology and geochemistry of the Dabure basalts, central Qiangtang, Tibet: evidence for ~ 550 Ma rifting of Gondwana [J]. *International Geology Review*, 57: 1791–1805.
- Xie C M, Li C, Fan J J, et al., 2017. Ordovician sedimentation and bimodal volcanism in the Southern Qiangtang terrane of northern Tibet: Implications for the evolution of the northern Gondwana margin[J]. *International Geology Review*, 59(16):2078–2105.
- Zhai Q G, Jahn B M, Wang J, et al., 2016. Oldest paleo-Tethyan ophiolitic mélange in the Tibetan Plateau [J]. *Geological Society of America Bulletin*, 128, 355–373.
- Zhai Q G, Jahn B M, Zhang R Y, et al., 2011a. Triassic subduction of the Paleo-Tethys in northern Tibet, China: evidence from the geochemical and isotopic characteristics of eclogites and blueschists of the Qiangtang Block [J]. *Journal of Asian Earth Sciences*, 42: 1356–1370.
- Zhai Q G, Zhang R Y, Jahn B M, et al., 2011b. Triassic eclogites from central Qiangtang, northern Tibet, China: petrology, geochronology and metamorphic P-T path [J]. *Lithos*, 125:173–189.
- Zhang X Z, Dong Y S, Li C, et al., 2014. Silurian high – pressure granulites from Central Qiangtang, Tibet: Constraints on early Paleozoic collision along the northeastern margin of Gondwana [J]. *Earth and Planetary Science Letters*, 405:39–51.
- Zhang Z M, Dong X, Santosh M, et al., 2014. Metamorphism and tectonic evolution of the Lhasa terrane, Central Tibet [J]. *Gondwana Research*, 25:170–189.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, et al., 2011. Lhasa terrane in southern Tibet came from Australia [J]. *Geology*, 39:727–730.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, et al., 2012. Cambrian bimodal volcanism in the Lhasa Terrane, southern Tibet: Record of an early Paleozoic Andean-type magmatic arc in the Australian proto-Tethyan margin [J]. *Chemical Geology*, 328:290–308.
- 程立人, 陈寿铭, 张以春, 等, 2007. 藏北羌塘南部发现早古生代地层及意义 [J]. *地球科学*, 32(1):59–62.
- 董春艳, 李才, 万渝生, 等, 2011. 西藏羌塘龙木错 – 双湖缝合带南侧奥陶纪温泉石英岩碎屑锆石年龄分布模式: 构造归属及物源区制约 [J]. *中国科学: 地球科学*, 41(3):299–308.
- 辜平阳, 何世平, 李荣社, 等, 2013. 藏南拉纳岗日变质核杂岩核部花岗岩片麻岩的地球化学特征及构造意义 [J]. *岩石学报*, 29(3): 756–768.
- 何世平, 李荣社, 王超, 等, 2013. 昌都地块宁多岩群形成时代研究: 北羌塘基底存在的证据 [J]. *地学前缘*, 20(5):15–24.
- 何世平, 李荣社, 王超, 等, 2011. 青藏高原北羌塘昌都地块发现 ~ 4.0Ga 碎屑锆石 [J]. *科学通报*, 56(8):573–582.

- 胡培远,李才,苏犁,等,2010.青藏高原羌塘中部蜈蚣山花岗片麻岩锆石U-Pb定年—泛非与印支事件的年代学记录[J].中国地质,37(4):1050-1061.
- 胡培远,李才,吴彦旺,等,2014.龙木错—双湖—澜沧江洋的打开时限:来自斜长花岗岩的制约[J].科学通报,59(20):1992-2003.
- 黄纪钧,2001.羌塘盆地基底构造特征[J].地质学报,75(3):333-337.
- 解超明,李才,范建军,等,2015.青藏高原羌塘中部中—上奥陶统达瓦山组的建立及意义[J].地质通报,34(10):1812-1820.
- 解超明,李才,李光明,等,2020.西藏松多古特提斯洋研究进展与存在问题[J].沉积与特提斯地质,40(2):1-13.
- 李才,程立人,张以春,等,2004.西藏羌塘南部发现奥陶纪—泥盆纪地层[J].地质通报,23(5-6):602-604.
- 李才,黄小鹏,翟庆国,等,2006.龙木错—双湖—吉塘板块缝合带与青藏高原冈瓦纳北界[J].地学前缘,13(4):136-147.
- 李才,吴彦旺,王明,等,2010.青藏高原泛非—早古生代造山事件研究重大进展—冈底斯地区寒武系及泛非造山不整合的发现[J].地质通报,29(12):1733-1736.
- 李才,翟庆国,程立人,等,2005.青藏高原羌塘地区几个关键地质问题的思考[J].地质通报,24(4):295-301.
- 李才,1987.龙木错—双湖—澜沧江板块缝合带与石炭二叠纪冈瓦纳北界[J].长春地质学院学报,17(2):155-166.
- 李才,2003.羌塘基底质疑[J].地质论评,49(1):5-9.
- 李才,2008.青藏高原龙木错—双湖板块缝合带研究二十年[J].地质论评,54(1):105-119.
- 李永铁,罗建宁,卢辉楠,等,2001.青藏高原地层[M].北京:科学出版社.
- 刘世坤,1992.藏东金沙江一带元古界的大地构造意义[J].西藏地质,1:16-21.
- 刘一鸣,2017.青藏高原羌南—保山板块550~450 Ma岩浆事件—兼论冈瓦纳大陆北缘基底构造演化[D].吉林大学,博士学位论文.
- 陆松年,2004.初论“泛华夏造山作用”与加里东和泛非造山作用的对比[J].地质通报,23(9-10):952-958.
- 陆松年,2001.从罗迪尼亚到冈瓦纳超大陆—对新元古代超大陆研究几个问题的思考[J].地学前缘,4(10):441-448.
- 潘桂棠,莫宣学,侯增谦,等,2006.冈底斯造山带的时空结构及演化[J].岩石学报,22(3):521-533.
- 潘桂棠,王立全,李荣社,等,2012.多岛弧盆系构造模式:认识大陆地质的关键[J].沉积与特提斯地质,32(3):1-20.
- 潘桂棠,王立全,朱弟成,2004.青藏高原区域地质调查中几个重大科学问题的思考[J].地质通报,23(1):12-20.
- 潘桂棠,1994.全球洋陆转换中的特提斯演化[J].特提斯地质,18:23-40.
- 潘桂棠,王立全,耿全如,等,2020.班公湖—双湖—怒江—昌宁—孟连对接带时空结构——特提斯大洋地质及演化问题[J].沉积与特提斯地质,40(03):1-19.
- 彭智敏,耿全如,王立全,等,2014.青藏高原羌塘中部本松错花岗质片麻岩锆石U-Pb年龄、Hf同位素特征及地质意义[J].科学通报,59(26):2621-2629.
- 宋述光,季建清,魏春景,等,2007.滇西北怒江早古生代片麻状花岗岩的确定及其构造意义[J].科学通报,52(8):927-930.
- 谭富文,陈明,王剑,等,2008.西藏羌塘盆地中部发现中高级变质岩[J].地质通报,27(3):351-355.
- 谭富文,王剑,付修根,等,2009.藏北羌塘盆地基底变质岩的锆石SHRIMP年龄及其地质意义[J].岩石学报,25(1):139-146.
- 王成善,伊海生,李勇,等,2001.西藏羌塘盆地地质演化与油气远景评价[J].北京:地质出版社,1-59.
- 王鸿祯,张世红,2007.全球前寒武纪基底构造格局与古大陆再造问题[J].地球科学—中国地质大学学报,27(5):467-481.
- 王剑,2020.论羌塘盆地油气勘探前景[J].地质论评,66(5):1091-1113.
- 王立全,潘桂棠,李才,等,2008.藏北羌塘中部果干加年山早古生代堆晶辉长岩的锆石SHRIMP U-Pb年龄—兼论原—古特提斯洋的演化[J].地质通报,27(12):2045-2056.
- 王晓先,张进江,杨雄英,等,2011.藏南吉隆地区早古生代大喜马拉雅片麻岩锆石SHRIMP U-Pb年龄、Hf同位素特征及其地质意义[J].地学前缘,18(2):127-139.
- 吴彦旺,2013.龙木错—双湖—澜沧江洋历史记录—寒武纪—二叠纪的蛇绿岩[D].吉林大学,博士学位论文.
- 许志琴,杨经绥,梁凤华,等,2005.喜马拉雅地体的泛非—早古生代造山事件年龄记录[J].岩石学报,21(1):1-12.
- 杨文采,江金生,瞿辰,等,2019.西藏新生代裂谷系成因的探讨[J].地质论评,65(2):267-279.
- 杨学俊,贾小川,熊昌利,等,2012.滇西高黎贡山南段公养河群变质基性火山岩LA-ICP-MS锆石U-Pb年龄及其地质意义[J].地质通报,31(2-3):264-276.
- 杨耀,赵中宝,苑婷媛,等,2014.藏北羌塘奥陶纪平行不整合面的厘定及其构造意义[J].岩石学报,30(8):2381-2392.
- 姚宗富,1992.青海玉树县长青可地区元古界地层特征[J].西藏地质,1:1-6.
- 翟庆国,王军,李才,等,2010.青藏高原羌塘中部中奥陶世变质堆晶辉长岩锆石SHRIMP年代学及Hf同位素特征[J].中国科学(D辑),40(5):565-573.
- 张天羽,2018.青藏高原及邻区早古生代构造运动:以寒武系与奥陶系不整合为例[D].吉林大学,博士学位论文.

## The Early Paleozoic magmatism in Qiangtang, northern Tibet and its geological significance

XIE Chao-ming<sup>1,2,3</sup>, LI Cai<sup>1</sup>, ZHAI Qing-guo<sup>4</sup>, LIU Yi-ming<sup>5</sup>, WANG Ming<sup>1</sup>, HU Pei-yuan<sup>4</sup>, FAN Jian-jun<sup>1</sup>

(1. *College of Earth Science, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*; 2. *Research Center for Tibetan Plateau, Jilin University, Changchun 130061, Jilin, China*; 3. *Key Laboratory of Mineral Resources Evaluation in Northeast Asia, Ministry of Land and Resources of China, Changchun 130061, Jilin, China*; 4. *Institute of Geology, Chinese Academy of Geological Sciences, Beijing 100037, China*; 5. *Frontiers Science Center for Deep Ocean Multispheres and Earth System, Key Laboratory of Submarine Geosciences and Prospecting Techniques, Ministry of Education, College of Marine Geosciences, Ocean University of China, Qingdao 266100, China*)

**Abstract:** The Qiangtang early Paleozoic magmatism and its tectonic evolution are of great significance for the study of the early evolution of the Qinghai-Tibet Plateau and the basement properties and structures of the Qiangtang basin. This paper systematically summarizes the spatial and temporal distribution characteristics and chronological framework of the Early Paleozoic magmatic rocks in the Qiangtang region of northern Tibet, and preliminarily discusses the constraints of the Early Paleozoic tectonic-magmatic events and the tectonic evolution in the northern margin of Gondwana and the basement properties of the Qiangtang Basin on the Qinghai-Tibet Plateau. The results show that the magma records with metagabbro, metabasalt, andesite, granite, metarhyolite and granitic gneisses as the main rock assemblages developed in Riwan Chaka, Duguer, Gemuri, and Bensongco areas in central Qiangtang. The results of regional geological survey and chronology indicate that the Qiangtang had experienced a strong Early Paleozoic episodic magmatism, which can be subdivided into 5 stages, namely ~500 Ma, ~482 Ma, ~474 Ma, ~455 Ma and ~438 Ma respectively. In reference to previous geochemical and isotopic data, we preliminary speculate the Early Paleozoic magmatism in central Qiangtang may be a result of lithospheric extension on the northern margin of Gondwana after Pan-African orogenic movement. They constitute the Early Paleozoic crystalline basement of Southern Qiangtang-Baoshan Plate. The magmatic records play an important role in constraining the northern continental margin of Gondwana in the Qinghai-Tibet Plateau.

**Key words:** Tibet; early Paleozoic; magmatism; Qiangtang basement; Gondwana; Tethys