

doi:10.3799/dqkx.2013.052

青藏高原拉萨地块发现古元古代地体

何世平^{1,2}, 李荣社¹, 王超¹, 张宏飞², 计文化¹, 于浦生¹, 辜平阳¹, 时超¹

1. 西安地质矿产研究所, 陕西西安 710054

2. 中国地质大学地球科学学院, 湖北武汉 430074

摘要: 拉萨地块东部呈断块状分布的松多岩群包括岔萨岗岩组、马布库岩组和雷龙库岩组, 对其形成时代存在较大分歧. 通过高精度的 LA-ICP-MS(激光剥蚀等离子体质谱仪)锆石微区原位 U-Pb 同位素测年, 西藏工布江达县一带岔萨岗岩组变基性火山岩中获得 2450.3 ± 9.9 Ma 的不一致线上交点年龄, 为原岩形成时代, 属于古元古代早期, 是目前拉萨地块获得的最老基底同位素年龄值. 依据野外调研和新获得的同位素年代学数据, 结合新近完成的区域地质调查资料, 建议将原“松多岩群”解体, 新建工布江达岩群(Pt₁Gb), 松多岩群仅保留马布库岩组(AnOm)和雷龙库岩组(AnOl). 拉萨地块古元古代地体的发现, 对重新厘定该区前寒武纪基底格架、区域对比、构造归属划分以及寻找与前寒武纪相关的矿产具有重要意义.

关键词: 拉萨地块; 松多岩群; 古元古代早期; 锆石 U-Pb 年代学; 地球化学.

中图分类号: P587; P597+.3

文章编号: 1000-2383(2013)03-0519-10

收稿日期: 2012-05-11

Discovery of the Paleoproterozoic Terrane in Lhasa Block, Qinghai-Tibet Plateau

HE Shi-ping^{1,2}, LI Rong-she¹, WANG Chao¹, ZHANG Hong-fei²,JI Wen-hua¹, YU Pu-sheng¹, GU Ping-yang¹, SHI Chao¹

1. Xi'an Institute of Geology and Mineral Resources, Xi'an 710054, China

2. Faculty of Earth Sciences, China University of Geosciences, Wuhan 430074, China

Abstract: Songduo rock group includes Chashagang rock formation, Mabuku rock formation and Leilongku rock formation, which takes on fault blocks locating in the eastern Lhasa block, and its age has long been argued. The high accurate LA-ICP-MS zircon U-Pb isotope dating of meta-basic volcanic rock from Chashagang rock formation in Gongbujiangda County, Tibet, yielded a U-Pb upper-intercept age of 2450.3 ± 9.9 Ma. It is suggested a rock-forming age and the oldest isotopic age of basement of Lhasa block, belonging to the Early Paleoproterozoic. According to field investigation and the new data of geochronology, combining with new results from regional geological survey, we propose that “the original Songduo rock group” should be disintergrated, and re-establish a Gongbujiangda rock group. The Songduo rock Group only remain Mabuku rock formation (AnOm) and Leilongku rock Formation (AnOl). It is great significance to redefine the Precambrian basement framework, compare in region, subdivide tectonic units, and find minerals related with the Precambrian.

Key words: Lhasa block; Songduo rock group; Early Paleoproterozoic; zircon U-Pb geochronology; geochemistry.

0 引言

青藏高原位于冈瓦纳大陆和欧亚大陆汇聚、碰撞的特殊部位, 是地球上最年轻、规模最大的造山带 (Yin and Harrison, 2000), 其形成和演化一直是中外地球科学家关注和竞相研究的热点地区. 当前, 中外地质、地球化学、地球物理学家对青藏高原岩石圈

的结构和组成取得了比较一致的认识, 即它是由周缘大陆裂离出来具有不同构造属性的原始块体共建起来的, 这些块体在性质上属于相邻古大陆边缘的构造裂离碎块和塑性带, 并经历了特提斯漫长而复杂的演化、高原隆升和构造—岩浆作用叠加, 形成不同地质体相互交切的一系列碰撞造山带.

近年来, 人们在青藏高原显生宙以来 (尤其是特

基金项目: 中国地质大调查项目“青藏高原前寒武纪地质、古生代构造—古地理综合研究”(No. 1212010610102).

作者简介: 何世平(1963—), 男, 研究员, 主要从事大地构造、地球化学研究. E-mail: xakeyi@163.com

提斯洋演化历史)一系列重大基础地质问题,诸如沉积建造(刘文灿等,2002;Gehrels *et al.*,2003;朱同兴等,2003;周志广等,2004;程立人等,2005;陈守建等,2006)、蛇绿岩带(吴茂炳等,2003;史仁灯等,2005;李才等,2008;王立全等,2008)、高压—超高压变质岩带(姚宗富,1988;钟大赉和丁林,1995;Liu and Zhong,1997;丁林和钟大赉,1999;Li *et al.*,2006;杨经绥等,2006)、构造—岩浆作用(Sengor *et al.*,1991;莫宣学和潘桂棠,2006;康志强等,2009)、冈瓦纳相冷水生物群(孙巧缙和马华东,2002;王秉璋等,2002;Zheng *et al.*,2007)、冈瓦纳大陆北界(潘桂棠等,2004b;李才等,2006;王根厚等,2007)和高原隆升机制(Tapponnier *et al.*,2001;袁学诚等,2006;莫宣学等,2007;Zhang *et al.*,2008;莫宣学等,2009)等取得丰硕成果的同时,将视野集中于前寒武纪基底性质,力图探究高原形成演化的基础。然而,由于青藏高原复杂的演化历史、前寒武系出露的局限性、测试方法的制约以及人迹罕至的恶劣高原环境等,目前对前寒武纪基底的物质组成、变质地层格架及构造归属等方面的研究仍显薄弱,导致高原腹地和中南部一些变质地层是否属于前寒武纪基底一直存在较大争议,较为典型的有羌塘地块的戈木日群、前石炭纪宁多岩群(AnCN)、前石炭纪吉塘岩群(AnCJY),以及拉萨地块的前石炭纪嘉玉桥岩群(AnCJY)、前奥陶纪松多岩群(AnOS)等。

随着国土资源大调查 1:25 万区调工作的开展和地质科研的深入,从作为拉萨地块基底主体的念青唐古拉岩群中解体出大量显生宙花岗岩体(胡道功等,2003),使得拉萨地块的基底范围锐减。此外,通过表壳岩和变质深成体 SHRIMP 锆石 U-Pb 同位素年代学分析,纳木错西缘念青唐古拉岩群的年龄被限定在 $(787 \pm 9) \sim (748 \pm 8)$ Ma 之间(Hu *et al.*,2005)。那么,拉萨地块是否存在古老的变质基底?如果有,它形成于太古代还是元古代?这些问题对于印度板块北缘前寒武纪地壳结构和构造演化模式的任何方案(Yin and Harrison,2000;DeCelles *et al.*,2000;肖序常和李廷栋,2000)都是必须回答的关键问题,而原岩时代则是问题的关键。

拉萨地块东部的松多岩群最早由 1:100 万拉萨幅区调(西藏自治区地质局综合普查大队,1979)依据区域对比划为上二叠统,但缺少同位素年龄限定;《西藏自治区区域地质志》(西藏自治区地质矿产局,1993)归属石炭纪旁多群;1:20 万下巴淌幅区

调(西藏自治区地质矿产局,青海省区调综合地质大队,1:20 万下巴淌(沃卡)幅区域地质调查报告,1994)在该岩群的绿片岩中测得 Sm-Nd 等时线年龄 466 Ma、石英片岩中测得 Rb-Sr 等时线年龄 507.7 Ma,将其划为前奥陶纪松多岩群;《西藏自治区岩石地层》(夏代祥和刘世坤,1997)和“青藏高原研究中心”(中国地质调查局成都地质矿产研究所,2004)将其划为早石炭世诺错组(C_1nc)和中石炭—早二叠世来姑组(C_2P_1l);1:25 万门巴区幅(吉林大学地质调查研究院,1:25 万门巴区幅(H46C002002)区域地质调查报告,2005)、嘉黎县幅(西藏自治区地质调查院,1:25 万嘉黎县幅(H46C002003)区域地质调查报告,2005)和林芝县幅(云南省地质调查院,1:25 万林芝县幅(H46C003003)区域地质调查报告,2003)区调沿用 1:20 万下巴淌幅区调的划分方案,将其时代暂定为前奥陶纪;根据松多岩群绿片岩 2 个样品给出了 1516 Ma 的 Sm-Nd 表面年龄(杨德明等,2005),认为可能反映了松多岩群变质基性岩的成岩年龄为中、新元古代。松多岩群包括 3 个岩组,目前对 3 个岩组的上下关系存在分歧,一种意见认为自下而上为盆萨岗岩组、马布库岩组和雷龙库岩组,另一种意见则认为 3 个岩组应该倒置。因此,松多岩群的形成时代和(变质)地层序列具有很大程度的不确定性,尤其是新近在拉萨地块松多—工布江达一带发现了榴辉岩带(杨经绥等,2006),使松多岩群受到越来越多研究者的关注(杨经绥等,2007)。松多岩群形成时代的确定对深入研究拉萨地块基底组成,进行青藏高原区域对比和探讨高原早期构造演化历史具有重要意义。

因为锆石具有较高的封闭温度、在变质作用过程中的化学稳定性以及对 U 和 Pb 的保存能力,本文采用 LA-ICP-MS 技术,对松多岩群盆萨岗岩组的变基性火山岩进行了锆石 U-Pb 定年,以岩浆岩的结晶年龄来限定其成岩时代,发现了古元古代变质地体。

1 区域地质背景

研究区位于拉萨地块东部,班公湖—怒江缝合带与雅鲁藏布江缝合带之间,西藏工布江达县一带(图 1)。拉萨地块南北宽约 300 km,东西延长近 2000 km。在西构造结,由于印度板块向北西方向的挤压突出,拉萨地块西延至狮泉河变窄;在东构造

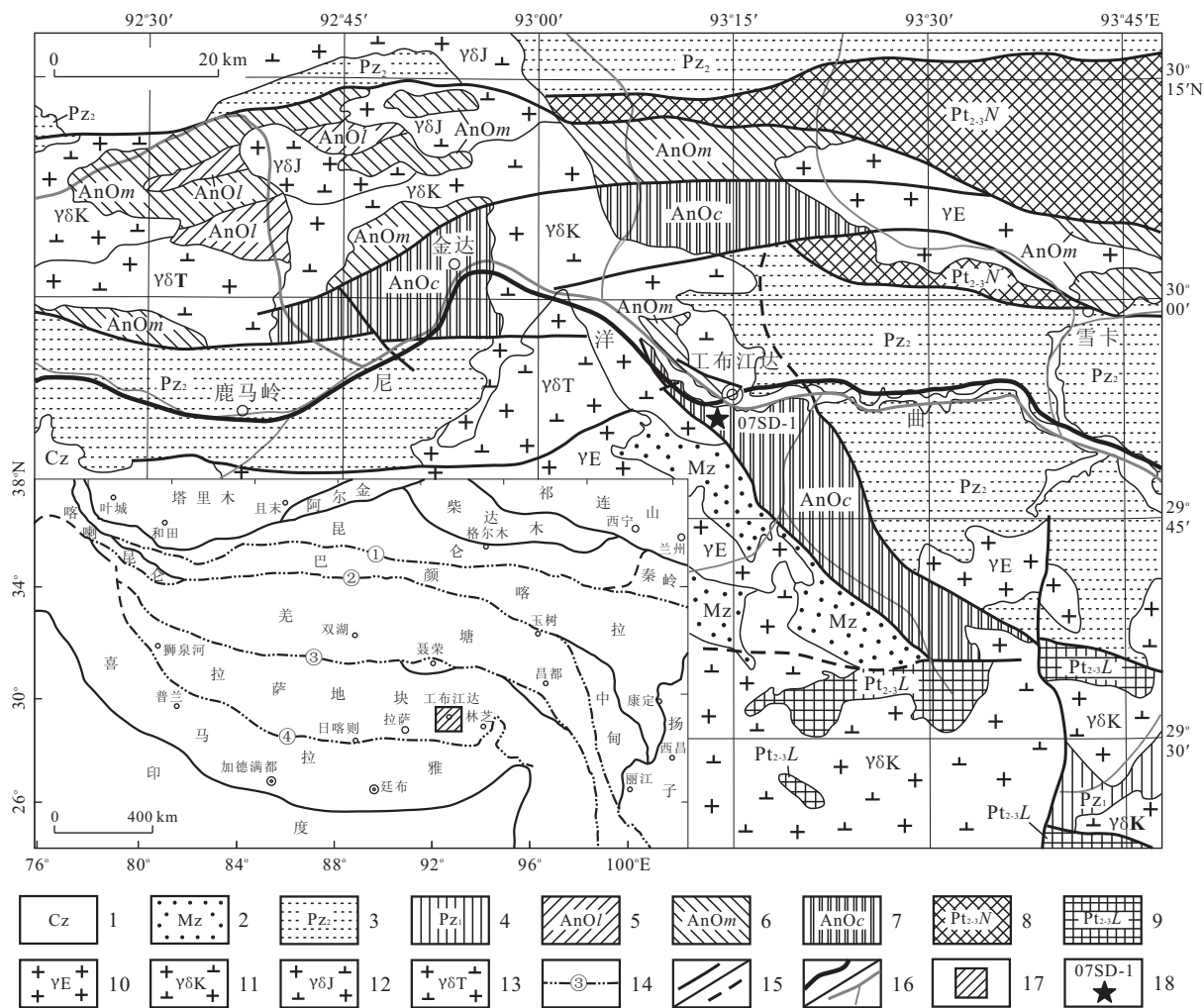


图1 拉萨地块东部西藏工布江达县一带地质简图

Fig. 1 Eastern Lhasa block in Gongbujiangda County, Tibet

1. 新生界; 2. 中生界; 3. 上古生界; 4. 下古生界; 5. 前奥陶系松多岩群雷龙库岩组; 6. 前奥陶系松多岩群马布库岩组; 7. 前奥陶系松多岩群盆萨岗岩组; 8. 中新元古界念青唐古拉岩群; 9. 中新元古界林芝岩群; 10. 古近纪花岗岩; 11. 白垩纪花岗岩闪长岩; 12. 侏罗纪花岗岩闪长岩; 13. 三叠纪花岗岩闪长岩; 14. 缝合带及编号; 15. 断裂/推测断裂; 16. 公路/水系; 17. 研究区范围; 18. 采样位置及编号; ① 康西瓦—木孜塔格—玛沁—勉县—略阳缝合带; ② 西金乌兰—金沙江缝合带; ③ 班公湖—怒江缝合带; ④ 雅鲁藏布江缝合带

结, 同样由于印度板块向东北方向的挤压突出, 在绕过东构造结后拉萨地块的走向由近东西向转向南北向. 拉萨地块以发育冈底斯中、新生代岛弧及活动陆缘火山—沉积岩系为最主要的特征, 最古老的基底岩系为中新元古代念青唐古拉岩群, 因此也有人称其为冈底斯造山带或冈底斯—念青唐古拉地块, 晚古生代—中生代时期隶属于冈瓦纳大陆北缘的冈底斯—喜马拉雅构造区(潘桂棠等, 2004a).

区内出露的地层由老到新为: 中新元古代念青唐古拉岩群、中新元古代林芝岩群、前奥陶纪松多岩群以及显生宙地层. 这些地层被断裂分割或被中—新生代中酸性岩侵入. 念青唐古拉岩群呈断块状出露于研究区北部, 为一套角闪岩—麻粒岩相变质

(Hu *et al.*, 2004)的各类片麻岩、斜长角闪岩、二云母石英片岩、绿泥片岩夹钾长透辉大理岩、透辉石麻粒岩. 林芝岩群是 1:25 万林芝县幅区调新建的构造地层单位, 由于念青唐古拉群原始命名地未指定层型剖面, 被花岗岩体破坏后多呈残体状零星出露, 且距离卧龙—林芝一带变质杂岩分布区较远(东西长达数百公里), 该图幅用“林芝岩群”命名测区内的变质杂岩系, 以代替原始定义的念青唐古拉群. 林芝岩群呈断块状分布于研究区的南部, 为一套低角闪岩—麻粒岩相变质的黑云斜长角闪片岩、角闪斜长片麻岩、斜长角闪变粒岩、含蓝晶夕线石榴二云片岩和少量黑云变粒岩、大理岩、石英岩、紫苏角闪斜长麻粒岩.

松多岩群在区域上呈断块状出露于西藏东部墨竹工卡县门巴区、工布江达县和林芝县西北,夹持于念青唐古拉岩群和林芝岩群之间,主要为一套低绿片岩—低角闪岩相变质的云母片岩、阳起(角闪)片岩、片麻岩、石英片岩及大理岩。该岩群包括岔萨岗岩组、马布库岩组和雷龙库岩组 3 个次级地层单位,多以层序不完整的构造岩片叠置产出,与周边地层为断层接触或被中生代花岗岩类侵入,岩石的片理或片麻理产状与区域构造线基本一致,均呈近东西向展布。

岔萨岗岩组(AnOc)主要为绿帘绿泥钠长片岩、阳起石片岩、角闪绿帘石片岩,局部夹少量绢云石英片岩及大理岩透视镜体。弱变质域可残留有变基性火山岩、变中酸性火山岩,被少量变辉长岩侵入。变辉长岩中的辉石和斜长石顺片理方向被拉长,拉伸线理发育。变酸性火山岩中的石英、斜长石斑晶顺片理方向被压扁拉长,原流纹构造发生了变形改造,片理产状: $28^{\circ} \angle 60^{\circ}$ 。变质程度为低绿片岩相,原岩以基性火山岩为主(张森琦等,2000),少量中酸性火山岩和酸性火山岩。

马布库岩组(AnOm)岩性以含石榴钠长白云石英片岩、二云石英片岩、黑云石英片岩为主,有少量绿帘白云石英片岩、阳起石片岩、石英岩。变质程度为高绿片岩相—低角闪岩相,原岩以成熟度较低的杂砂岩、岩屑砂岩、泥岩为主(张森琦等,2000)。

雷龙库岩组(AnOl)以含石榴石英岩为主夹少量含石榴绢云钠长石英片岩。变质程度为高绿片岩相—低角闪岩相,原岩以成熟度相对较高的石英砂岩、杂砂岩为主(张森琦等,2000)。

2 同位素测年

2.1 样品采集

同位素测年样品采自西藏工布江达县城东南约 2 km 河谷西侧(地理坐标: $29^{\circ}52'32.1''N$, $93^{\circ}14'12.7''E$, 海拔高程 3 514 m)。采集对象为前奥陶纪松多岩群岔萨岗岩组变基性火山岩(样号: 07SD-1), 样品重量约 55 kg。变基性火山岩较为新鲜,呈深灰绿色,具斑状结构,块状构造,片理化发育,斑晶和基质均沿片理方向呈定向排列,斑晶为次闪石化角闪石(2%)和弱钠黝帘石化斜长石(3%),基质为微晶角闪石(48%)、斜长石(43%)及少量方解石(2%)、不透明矿物(2%); SiO_2 含量在 47.36%~50.33% 之间,属于变基性岩类。岔萨岗岩组变基性火山岩岩

石组合及地球化学组成总体显示裂谷特征(成果另文发表)。

2.2 分析测试条件

锆石单矿物挑选在国土资源部河北省地质矿产局廊坊实验室完成,将岩石样品(07SD-1)破碎至 30~50 目,经常规浮选和磁选方法分选后,得到约 150 粒锆石。在双目镜下挑选出形态较为完整、无裂痕、无包裹体的锆石约 120 粒作为测定对象。在实验室将分选出的锆石晶体粘在环氧树脂胶上固制成靶,把粘有锆石的一面抛磨至约一半,使锆石内部充分暴露,然后进行锆石显微(反射光和透射光)照相、阴极发光(CL)显微图像研究及 LA-ICP-MS 锆石微区 U-Pb 同位素组成测定。

锆石的阴极发光(CL)图像在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成。采用美国 Gatan 公司生产的阴极荧光光谱仪(型号 Mono CL3+)进行锆石内部结构显微照相分析。

锆石 U-Pb 同位素组成分析在西北大学大陆动力学国家重点实验室,通过激光剥蚀电感耦合等离子质谱(LA-ICP-MS)仪完成。激光—电感耦合多接收等离子质谱(LA-ICP-MS)仪由美国 PE 公司生产的 ELAN6100DRC 型 ICP-MS 和德国 Lambda Physik 公司的 ComPex102 ArF 准分子激光器(工作物质 ArF, 波长 193 nm)以及 MicroLas 公司的 GeoLas200M 光学系统联机组成。采用国际标准锆

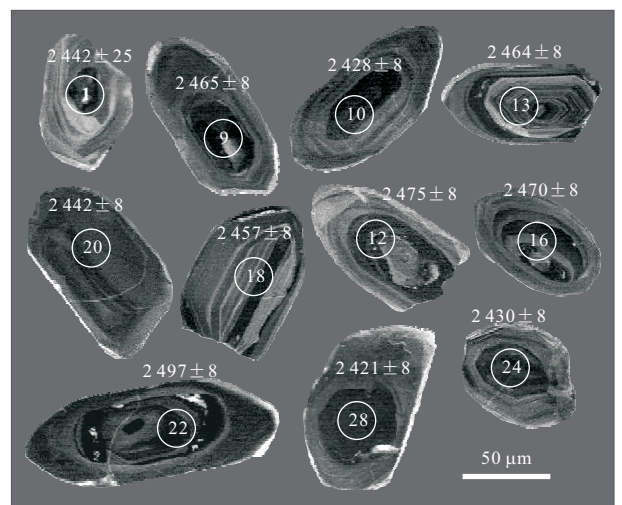


图 2 松多岩群岔萨岗岩组变基性火山岩锆石 CL 图像(单位:Ma)

Fig. 2 CL images of zircons from meta-basic volcanic rock in Chasagang rock formation of Songduo rock group. 锆石中的圆圈内为同位素测年激光剥蚀的示意范围,相应的编号为测点号,其他数字为 $^{207}Pb/^{206}Pb$ 年龄和误差

表 1 拉萨地块松多岩群谷萨岩组变基性火山岩单颗粒锆石 LA-ICP-MS U-Pb 同位素测年结果

Table 1 The results of the LA-ICP-MS U-Pb isotopic dating for the single-grain zircon from meta-basic volcanic rock in Chasagang rock formation of Songduo rock group

样点编号	同位素比值										同位素含量($\mu\text{g} \cdot \text{g}^{-1}$)																									
	$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		$^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$		$^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$		$^{208}\text{Pb}/^{232}\text{Th}$		^{206}Pb		^{207}Pb		^{208}Pb		^{232}Th		^{238}U		Th/U													
	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	比值	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ	年龄	1σ
07SD-1-01	0.160	0.002	0.951	0.095	0.427	0.004	0.135	0.001	2.442	25	2.370	10	2.288	19	2.269	22	9.45	1.396	42	270	39	33.06	107.13	749.63	0.14											
07SD-1-02	0.162	0.002	0.879	0.098	0.443	0.005	0.166	0.002	2.335	30	2.331	12	2.326	21	2.325	25	56.67	2.251	40	457	53	145.75	426.92	1101.38	0.39											
07SD-1-03	0.156	0.002	0.264	0.091	0.431	0.004	0.120	0.001	2.414	8	2.364	9	2.308	20	2.292	19	0.64	1.613	0.1	297	31	25.27	88.32	855.13	0.10											
07SD-1-04	0.171	0.002	0.137	0.060	0.261	0.003	0.017	0.000	2.564	8	1.996	9	1.494	14	3.43	3	96.49	4.052	15	816	52	121.47	2.977	47	3.545	16	0.84									
07SD-1-05	0.159	0.002	11.010	0.108	0.503	0.005	0.114	0.001	2.442	8	2.524	9	2.628	22	2.190	18	13.86	2.658	65	498	21	29.72	108.97	1.205	73	0.09										
07SD-1-06	0.161	0.002	10.963	0.111	0.493	0.005	0.118	0.001	2.471	8	2.520	9	2.582	22	2.253	19	12.05	854	52	167	70	95.72	318.65	387.25	0.82											
07SD-1-08	0.160	0.002	10.744	0.105	0.488	0.005	0.132	0.001	2.451	8	2.501	9	2.564	22	2.501	21	9.88	2.008	55	378	45	48.02	152.99	938.58	0.16											
07SD-1-09	0.161	0.002	10.400	0.105	0.469	0.005	0.107	0.001	2.465	8	2.471	9	2.479	21	2.050	18	4.95	1.313	0.6	257	92	90.84	307.79	566.64	0.54											
07SD-1-10	0.157	0.002	11.152	0.109	0.514	0.005	0.094	0.001	2.428	8	2.536	9	2.673	22	1.823	15	69.29	2.908	0.2	540	55	66.62	296.25	1.291	61	0.23										
07SD-1-11	0.157	0.002	10.265	0.100	0.474	0.005	0.095	0.001	2.423	8	2.459	9	2.503	21	1.841	15	4.35	3.154	28	584	50	69.57	306.21	1.517	30	0.20										
07SD-1-12	0.162	0.002	9.125	0.090	0.409	0.004	0.041	0.000	2.475	8	2.351	9	2.209	19	809	7	46.89	3.245	91	620	57	45.66	469.18	1.812	20	0.26										
07SD-1-13	0.161	0.002	11.404	0.112	0.514	0.005	0.116	0.001	2.464	8	2.557	9	2.676	22	2.221	18	6.85	2.867	96	544	55	211.02	762.45	1.272	40	0.60										
07SD-1-14	0.157	0.002	11.405	0.112	0.526	0.005	0.110	0.001	2.426	8	2.557	9	2.725	23	2.118	17	<0.54	2.468	11	458	36	42.40	161.09	1.070	86	0.15										
07SD-1-15	0.161	0.002	10.473	0.104	0.471	0.005	0.137	0.001	2.470	8	2.478	9	2.487	21	2.600	22	1.312	0.1	4.12	61	1.795	75	1.301	97	1.360	0.4	0.85									
07SD-1-16	0.161	0.002	11.208	0.110	0.504	0.005	0.137	0.001	2.470	8	2.541	9	2.631	22	2.597	21	17.37	2.331	49	444	17	71.48	218.79	1.056	0.2	0.21										
07SD-1-17	0.155	0.002	9.540	0.094	0.447	0.005	0.111	0.001	2.401	8	2.391	9	2.381	20	2.124	17	<0.57	1.040	14	190	25	57.98	219.58	531.41	0.41											
07SD-1-18	0.160	0.002	10.038	0.099	0.455	0.005	0.109	0.001	2.457	8	2.438	9	2.416	21	2.098	17	<0.37	904	78	171	07	110.25	423.09	454.11	0.93											
07SD-1-19	0.161	0.002	9.641	0.095	0.434	0.004	0.116	0.001	2.468	8	2.401	9	2.323	20	2.219	19	4.23	1.422	0.5	270	73	39.45	142.68	748.25	0.19											
07SD-1-20	0.159	0.002	10.365	0.101	0.474	0.005	0.115	0.001	2.442	8	2.468	9	2.500	21	2.204	18	15.54	2.737	95	513	11	86.62	315.55	1.319	0.8	0.24										
07SD-1-21	0.161	0.002	10.328	0.101	0.465	0.005	0.092	0.001	2.468	8	2.465	9	2.461	21	1.779	15	14.74	2.940	46	559	63	41.91	191.20	1.443	80	0.13										
07SD-1-22	0.164	0.002	11.338	0.112	0.502	0.005	0.107	0.001	2.497	8	2.551	9	2.621	22	2.054	17	56.92	2.445	83	492	93	208.87	670.04	1.077	87	0.62										
07SD-1-23	0.156	0.002	11.159	0.109	0.517	0.005	0.115	0.001	2.418	8	2.536	9	2.688	22	2.193	18	1.86	2.481	67	458	51	159.94	585.63	1.094	87	0.53										
07SD-1-24	0.158	0.002	10.137	0.100	0.467	0.005	0.119	0.001	2.430	8	2.447	9	2.469	21	2.265	19	6.09	1.366	0.6	254	18	64.58	228.59	668.15	0.34											
07SD-1-26	0.160	0.002	8.565	0.084	0.388	0.004	0.077	0.001	2.455	8	2.293	9	2.115	18	1.501	12	19.17	3.206	29	636	60	140.15	670.95	1.615	0.9	0.42										
07SD-1-27	0.155	0.002	9.406	0.093	0.439	0.004	0.102	0.001	2.407	8	2.378	9	2.346	20	1.958	17	2.43	1.196	77	219	69	31.63	130.50	622.34	0.21											
07SD-1-28	0.157	0.002	11.105	0.109	0.514	0.005	0.145	0.001	2.421	8	2.532	9	2.673	22	2.738	23	30.08	3.935	97	728	55	85.45	247.20	1.748	12	0.14										
07SD-1-29	0.157	0.002	11.373	0.111	0.527	0.005	0.078	0.001	2.419	8	2.554	9	2.728	23	1.518	13	49.82	4.215	59	779	45	32.04	172.42	1.826	24	0.09										
07SD-1-30	0.161	0.002	11.092	0.108	0.500	0.005	0.111	0.001	2.465	8	2.531	9	2.614	22	2.128	17	9.66	3.893	54	739	87	356.53	1.347	93	1.777	38	0.76									

注: LA-ICP-MS U-Pb 同位素含量和年龄测试在西北大学大陆动力学国家重点实验室完成, 使用 Andersen(2002)的方法进行了普通铅校正, 谱和度 = ($^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$)/($^{206}\text{Pb}/^{238}\text{U}$) \times 100.

石 91500 和 GJ-1 作为标准样品,激光束剥蚀孔径为 $30\ \mu\text{m}$,剥蚀深度为 $20\sim 40\ \mu\text{m}$,激光脉冲为 $10\ \text{Hz}$,能量为 $32\sim 36\ \text{mJ}$. 实验中采用 He 作为剥蚀物质的载气,同位素组成用锆石 91500 进行外标校正. 样品的同位素比值及元素含量计算采用 GLITTER (Ver 4.0, Macquarie University) 程序,并按照 Andersen 的方法 (Andersen, 2002) 进行同位素比值校正,以扣除普通铅的影响. 放射成因铅的含量根据 Stacey 所给出的地壳平均铅同位素组成进行了普通铅校正. 年龄计算及谐和图的绘制采用 Isoplot (Ver 3.0) (Ludwig, 2003) 程序完成. 详细分析步骤和数据处理方法参见相关文献 (Gao *et al.*, 2003; 袁洪林等, 2003).

2.3 锆石特征

松多岩群岔萨岗岩组变基性火山岩中获得的锆石呈浅黄色—浅褐色半自形短柱状 (部分残缺锆石属于碎样时机械破损), 粒径多在 $80\times 50\sim 150\times 70\ \mu\text{m}$. 锆石 CL 图像呈现深灰色, 内部多发育宽缓的环带结构或条带状结构, 外围具有较窄的浅色变质边 (图 2); 不同部位的 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 年龄值基本一致, Th/U 比值一般在 $0.13\sim 0.93$ 之间 (表 1), 多数大于 0.20 , 具典型的同期岩浆结晶锆石特征, 应为成岩锆石.

2.4 U-Pb 测年结果

松多岩群岔萨岗岩组变基性火山岩锆石经普通铅校正后, U-Pb 测试结果列于表 1, 锆石有效测试点共 28 个.

锆石测试点在 U-Pb 谐和图上呈线性分布, 构成一条不一致线 (图 3). 不一致线与谐和线上交点年龄为 $2\ 450.3\pm 9.9\ \text{Ma}$, 下交点年龄为 $-231\pm 250\ \text{Ma}$, $\text{MSWD}=3.7$. 28 个测试点 $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 比值接近, 在 $0.155\sim 0.171$ 之间, 表明这些锆石为同期岩浆结晶成因. $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄集中于 $2\ 335\sim 2\ 564\ \text{Ma}$ 之间, 表面年龄加权平均值为 $2\ 450\pm 13\ \text{Ma}$, 该值在误差范围之内与谐和线上交点年龄一致. 考虑到岩石经历了后期变形变质改造, 发生了一定的 U、Pb 放射性同位素的变化, ^{206}Pb 、 ^{235}U 、 ^{207}Pb 、 ^{238}U 含量及其比值均变化较大, $^{207}\text{Pb}/^{206}\text{Pb}$ 表面年龄加权平均值难以反映真实年龄, 而不一致线与谐和线上交点年龄则可以很好地反映岩石的成岩年龄. 因此, 上交点年龄 $2\ 450.3\pm 9.9\ \text{Ma}$ 应为松多岩群岔萨岗岩组变基性火山岩的形成年龄; 下交点年龄 $-231\pm 250\ \text{Ma}$ 误差较大, 且与事实不符, 不具有明确的地质意义.

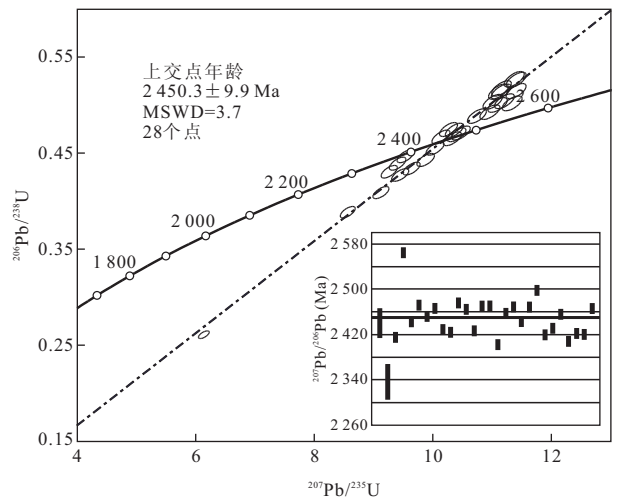


图 3 松多岩群岔萨岗岩组变基性火山岩锆石 U-Pb 年龄谐和图 (单位: Ma)

Fig. 3 U-Pb concordia diagram of zircons from meta-basic volcanic rock in Chasagang rock formation of Songduo rock group

3 讨论

目前, 拉萨地块已报道最老的地质体同位素年龄为念青唐古拉岩群, 较为可靠的为纳木错西缘念青唐古拉岩群中表壳岩和变质深成岩的锆石 SHRIMP U-Pb 年龄 $748\sim 787\ \text{Ma}$, 并被认为该岩群的形成时代与喜马拉雅结晶岩系的形成时代相当 (Hu *et al.*, 2005); 在西藏班戈节浪垭地区获得念青唐古拉岩群斜长角闪岩中角闪石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 同位素变质年龄为 $845\pm 1.02\ \text{Ma}$ (朱志勇等, 2004). 此外, 在林芝县普拉镇八拉一金星一带林芝岩群斜长角闪岩中获角闪石 $^{40}\text{Ar}-^{39}\text{Ar}$ 坪年龄为 $946.29\pm 0.81\ \text{Ma}$ (尹光候等, 2006). 总之, 在区域上念青唐古拉岩群可与林芝岩群对比, 两者的时代暂置于中—新元古代或新元古代.

LA-ICP-MS 法锆石微区 U-Pb 同位素测年结果表明, 西藏工布江达县一带松多岩群岔萨岗岩组变基性火山岩的形成年龄为 $2\ 450.3\pm 9.9\ \text{Ma}$, 相当于古元古代早期, 是目前拉萨地块获得的最老基底同位素年龄值, 表明拉萨地块局部残存有早前寒武纪变质地体.

依据野外地质调研和新获得同位素年龄数据, 建议将原“松多岩群”解体, 松多岩群仅包括马布库和雷龙库两个岩组, 在未获得可靠时代依据之前, 其时代仍沿用 $1:20$ 万下巴淌幅区调的前奥陶纪划分方案; 将原“松多岩群”岔萨岗岩组升级, 新建一个非

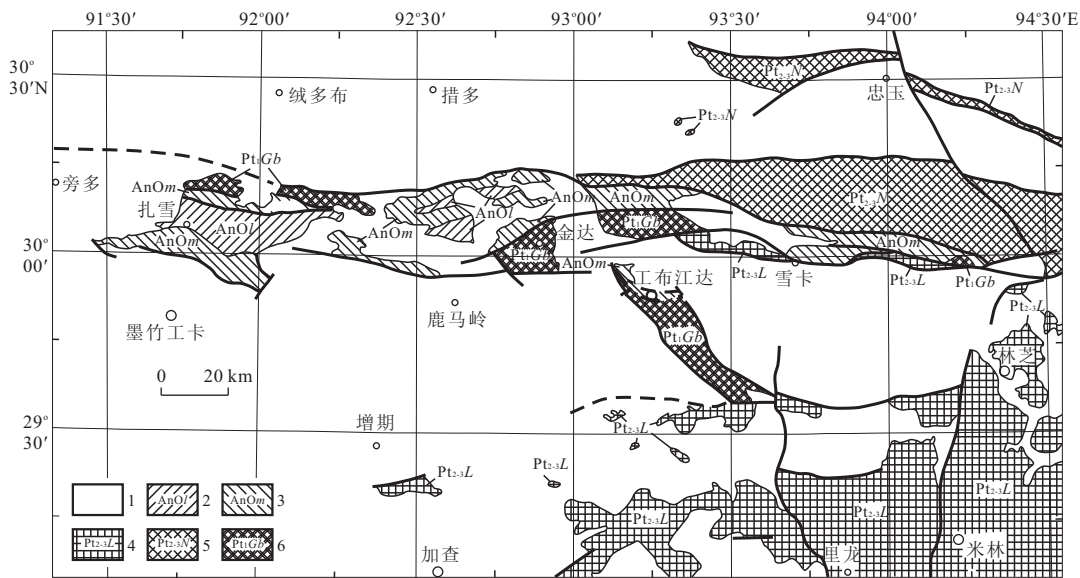


图 4 拉萨地块东段西藏工布江达县一带前寒武系分布

Fig. 4 Precambrian of the eastern Lhasa block in Gongbujiangda County, Tibet

1. 显生宇; 2. 前奥陶系松多岩群雷龙库岩组 (AnOl); 3. 前奥陶系松多岩群马布库岩组 (AnOm); 4. 中新元古界林芝岩群 (Pt₂₋₃L); 5. 中新元古界念青唐古拉岩群 (Pt₂₋₃N); 6. 古元古代工布江达岩群 (Pt₁Gb)

正式群级地层单位“工布江达岩群 (Pt₁Gb)”。

新建的工布江达岩群 (Pt₁Gb) 仅分布于拉萨地块东部, 呈近东西向断块状分布于西藏墨竹工卡县的扎雪、工布江达县以及林芝县西北 (图 4)。主要岩性以灰绿色、绿灰色和深灰色黑云母片岩、二云片岩、绿泥—绿帘云母片岩、绿泥—绿帘角闪片岩为主, 中间夹有 (磁铁) 石英片岩、变酸性火山岩、绢云千枚岩、薄层大理岩, 及少量浅粒岩和变质较深的斜长片麻岩。其原岩以基性火山岩为主, 含少量中酸性火山岩、酸性火山岩和碎屑岩。变质程度主要为低绿片岩相。时代为古元古代早期。

拉萨地块古元古代早期变质地体的发现可为重新厘定该区前寒武纪基底格架提供重要支撑, 为区域对比和构造归属划分提供依据, 对该区今后寻找磁铁石英岩型铁矿和绿岩型金矿提供基础地质背景资料。

4 结论

(1) 利用 LA-ICP-MS 锆石微区 U-Pb 同位素测年方法, 获得原“松多岩群”岔萨岗岩群变基性火山岩形成年龄为 2 450. 3 ± 9. 9 Ma。

(2) 从原“松多岩群”中发现古元古代早期变质地体, 建议命名为工布江达岩群 (Pt₁Gb)。

(3) 将原“松多岩群”进行了解体, 新厘定的松多

岩群仅包括马布库岩组 (AnOm) 和雷龙库岩组 (AnOl) 两个次级地层单位。

致谢: 衷心感谢刘良教授和吴元宝教授对论文提出的建设性意见。在数据测试过程中得到柳小明教授、弓虎军、李平、武鹏和唐卓的有益帮助, 在此亦表示谢意。

References

Andersen, T., 2002. Correction of Common Lead in U-Pb Analyses that do not Report ²⁰⁴Pb. *Chemical Geology*, 192(1-2): 59-79. doi:10. 1016/S0009-2541(02)00195-X

Bureau of Geology and Mineral Resources of Xizang Autonomous Region, 1993. *Regional Geology of Xizang (Tibet) Autonomous Region*. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).

Chen, S. J., Li, R. S., Ji, W. H., et al., 2006. Study of the Late Maokouan (Permian) Hiatus in Northern Qinghai-Tibet Plateau. *Journal of Stratigraphy*, 30(3): 231-236 (in Chinese with English abstract).

Cheng, L. R., Zhang, Y. C., Zhang, Y. J., 2005. Discovery of the Ordovician Strata in Xianza County, Tibet and Its Significance. *Journal of Stratigraphy*, 29(1): 38-41 (in Chinese with English abstract).

Chengdu Institute of Geology and Mineral Resources of China Geology Survey, 2004. *The Geological Map of the Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau and Adjacent Areas (1: 1 500 000)*. Chengdu Cartographic Publishing

- House, Chengdu (in Chinese).
- 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. *Science*, 288(5465): 497—499. doi: 10.1126/science.288.5465.497
- Ding, L., Zhong, D. L., 1999. Metamorphic Characteristics and Geotectonic Implications of the High-Pressure Granulites from Namjagbarwa, Eastern Tibet. *Science in China (Ser. D)*, 26(5): 385—397 (in Chinese).
- Gao, S., Liu, X. M., Yuan, H. L., et al., 2003. Analysis of Forty-two Major and Trace Elements in USGS and NIST SRM Glasses by LA-ICP-MS. *Geochimica et Cosmochimica Acta Supplement*, 67(18): 116.
- Gehrels, G. E., DeCelles, P. G., Martin, A., et al., 2003. Initiation of the Himalayan Orogen as an Early Paleozoic Thin-skinned Thrust Belt. *GSA Today*, 13(9): 4—9.
- Group of Comprehensive Survey of Bureau of Geology of Xizang Autonomous Region, 1979. Report on 1:1 000 000 Regional Geological Survey of Lhasa Amplitude. Geological Publishing House, Beijing (in Chinese).
- Hu, D. G., Wu, Z. H., Jiang, W., et al., 2004. *P-T-t* Path of Mafic Granulites Metamorphism in Northern Tibet and Its Geodynamical Implications. *Acta Geologica Sinica*, 78(1): 155—165. doi:10.1111/j.1755-6724.2004.tb00687.x
- Hu, D. G., Wu, Z. H., Jiang, W., et al., 2005. SHRIMP U-Pb Age and Nd Isotopic Study on the Nyainqentanglha Group Complex in Tibet. *Science in China (Ser. D)*, 48(9): 1377—1386. doi: 10.1360/04yd0183
- Hu, D. G., Wu, Z. H., Ye, P. S., et al., 2003. SHRIMP U-Pb Ages of Zircons from Dioritic Gneiss in the Nyainqentanglha Mountains, Tibet. *Geological Bulletin of China*, 22(11—12): 936—940 (in Chinese with English abstract).
- Kang, Z. Q., Xu, J. F., Wang, B. D., et al., 2009. Geochemistry of Cretaceous Volcanic Rocks of Duoni Formation in Northern Lhasa Block: Discussion of Tectonic Setting. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 34(1): 89—104 (in Chinese with English abstract).
- Li, C., Dong, Y. S., Zhai, Q. G., et al., 2008. Discovery of Eopaleozoic Ophiolite in the Qiangtang of Tibet Plateau: Evidence from SHRIMP U-Pb Dating and Its Tectonic Implications. *Acta Petrologica Sinica*, 24(1): 31—36 (in Chinese with English abstract).
- Li, C., Huang, X. P., Zhai, Q. G., et al., 2006. The Longmu Co-Shuanghu-Jitang Plate Suture and the Northern Boundary of Gondwanaland in the Qinghai-Tibet Plateau. *Earth Science Frontiers*, 13(4): 136—147 (in Chinese with English abstract).
- Li, C., Zhai, Q. G., Dong, Y. S., et al., 2006. Discovery of Eclogite and Its Geological Significance in Qiangtang Area, Central Tibet. *Chinese Science Bulletin*, 51(9): 1095—1100. doi: 10.1007/s11434-006-1095-3
- Liu, W. C., Liang, D. Y., Wang, K. Y., et al., 2002. The Ordovician Discovery in the Kangma Region of South Tibet and Its Geological Significance. *Earth Science Frontiers*, 9(4): 247—248 (in Chinese).
- Liu, Y., Zhong, D., 1997. Petrology of High-pressure Granulites from the Eastern Himalayan Syntaxis. *Journal of Metamorphic Geology*, 15(4): 451—466. doi:10.1111/j.1525-1314.1997.00033.x
- Ludwig, K. R., 2003. User's Manual for Isoplot 3.0: A Geochronological Toolkit for Micro-soft Excel. Berkeley Geochronology Center, Special Publication, (4).
- Mo, X. X., Pan, G. T., 2006. From the Tethys to the Formation of the Qinghai-Tibet Plateau: Constrained by Tectono-magmatic Events. *Earth Science Frontiers*, 13(6): 43—51 (in Chinese with English abstract).
- Mo, X. X., Zhao, Z. D., Zhou, S., et al., 2007. On the Timing of India-Asia Continental Collision. *Geological Bulletin of China*, 26(10): 1240—1244 (in Chinese with English abstract).
- Mo, X. X., Zhao, Z. D., Zhu D. C., et al., 2009. On the Lithosphere of Indo-Asia Collision Zone in Southern Tibet: Petrological and Geochemical Constraints. *Earth Science—Journal of China University of Geosciences*, 34(1): 17—27 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Wang, L. Q., Zhu, D. C., 2004a. Thoughts on Some Important Scientific Problems in Regional Geological Survey of the Qinghai-Tibet Plateau. *Geological Bulletin of China*, 23(1): 12—19 (in Chinese with English abstract).
- Pan, G. T., Zhu, D. C., Wang, L. Q., et al., 2004b. Bangong Lake-Nu River Suture Zone—The Northern Boundary of Gondwanaland: Evidence from Geology and Geophysics. *Earth Science Frontiers*, 11(4): 371—382 (in Chinese with English abstract).
- Sengör, A. M. C., Cin, A., Rowley, D. B., et al., 1991. Magmatic Evolution of the Tethyside: A Guide to Reconstruction of Collage History. *Palaeogeography, Palaeoclimatology, Palaeoecology*, 87(1—4): 411—440. doi: 10.1016/0031-0182(91)90143-F
- Shi, R. D., Yang, J. S., Xu, Z. Q., et al., 2005. Recognition of MOR- and SSZ-type Ophiolites in the Bangong Lake Ophiolite Mélange, Western Tibet: Evidence from Two Kinds of Mantle Peridotites. *Acta Petrologica et Mineralogica*, 24(5): 397—408 (in Chinese with English abstract).
- Sun, Q. L., Ma, H. D., 2002. Discovery of Monodioxodina in

- the Vicinity of Muztag, East Kunlun, Xinjiang. *Geological Bulletin of China*, 21(1): 48 (in Chinese).
- Tapponnier, P., Xu, Z. Q., Roger, F., et al., 2001. Oblique Stepwise Rise and Growth of the Tibet Plateau. *Science*, 294 (5547): 1671—1677. doi: 10.1126/science.105978
- Wang, B. Z., Song, T. Z., Wang, J., et al., 2002. Discovery of a Cold-water Fauna in the Mount Buka Daban Area, East Kunlun. *Geological Bulletin of China*, 21 (7): 411—414 (in Chinese with English abstract).
- Wang, G. H., Liang, D. Y., Zhang, W. J., et al., 2007. Tectono-paleogeographic Characteristics in Northeastern Tibet, China and Spatial-temporal Transition of the Northern Boundary of Gondwana. *Geological Bulletin of China*, 26(8): 921—928 (in Chinese with English abstract).
- Wang, L. Q., Pan, G. T., Li, C., et al., 2008. SHRIMP U-Pb Zircon Dating of Eopaleozoic Cumulate in Guoganjianian Mt. from Central Qiangtang Area of Northern Tibet—Considering the Evolvement of Proto- and Paleo-tethys. *Geological Bulletin of China*, 27(12): 2045—2056 (in Chinese with English abstract).
- Wu, M. B., Ye, X. R., Liu, C. Y., et al., 2003. Plume-type Magmatism in the Yarlung Zangbo Ophiolites, Tibet—Evidence from the Helium and Argon Isotopic Compositions. *Geological Bulletin of China*, 22(9): 670—674 (in Chinese with English abstract).
- Xia, D. X., Liu, S. K., 1997. Stratigraphy (Lithostratic) of Xizang Autonomous Region. China University of Geosciences Press, Wuhan (in Chinese).
- Xiao, X. C., Li, T. D., 2000. Tectonic Evolution and Uplift of Qinghai-Xizang (Tibet) Plateau. Guangdong Science & Technology Press, Guangzhou (in Chinese).
- Yang, D. M., He, Z. H., Huang, Y. C., et al., 2005. Metamorphism Characteristics of Songduo Group in Menba Township Mozhugongka County, Tibet and the Discussion on Its Age. *Journal of Jilin University (Earth Science Edition)*, 35(4): 430—435 (in Chinese with English abstract).
- Yang, J. S., Xu, Z. Q., Geng, Q. R., et al., 2006. A Possible New HP/UHP (?) Metamorphic Belt in China: Discovery of Eclogite in the Lasha Terrane, Tibet. *Acta Geologica Sinica*, 80(12): 1787—1792 (in Chinese with English abstract).
- Yang, J. S., Xu, Z. Q., Li, T. F., et al., 2007. Oceanic Subduction-type Eclogite in the Lhasa Block, Tibet, China: Remains of the Paleo-Tethys Ocean Basin? *Geological Bulletin of China*, 26(10): 1277—1287 (in Chinese with English abstract).
- Yao, Z. F., 1988. Discovery of the Glaucofane-bearing Rock in Northern Tibet. *Regional Geology of China*, 2: 190 (in Chinese).
- Yin, A., Harrison, T. M., 2000. Geologic Evolution of the Himalayan-Tibetan Orogen. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28: 211—280. doi: 10.1146/annurev.earth.28.1.211
- Yin, G. H., Bao, G., Yang, S. S., et al., 2006. The Granulites and Ages of the Nyingchi Group Complex in the Nyingchi Region, Xizang. *Sedimentary Geology and Tethyan Geology*, 26(3): 8—15 (in Chinese with English abstract).
- Yuan, H. L., Wu, F. Y., Gao, S., et al., 2003. LA-ICP-MS Zircon U-Pb Age and REE of Cenozoic Pluton in NE China. *Chinese Sci. Bull.*, 48(14): 1511—1520 (in Chinese).
- Yuan, X. C., Li, T. D., Xiao, X. C., et al., 2006. 3D Lithospheric Structure of the Qinghai-Tibet Plateau and Hydraulic Pressure Machine Model of the Plateau Uplift. *Geology in China*, 33(4): 711—729 (in Chinese with English abstract).
- Zhang, K. X., Wang, G. C., Cao, K., et al., 2008. Cenozoic Sedimentary Records and Geochronological Constraints of Differentiated Uplift of the Qinghai-Tibet Plateau. *Science in China (Ser. D)*, 51(11): 1658—1672. doi: 10.1007/s11430-008-0132-2
- Zhang, S. Q., Wang, B. Z., Wang, J., et al., 2000. Constitution and Metamorphism of the Songduo Group in the South Margin of Gandise-B Type Mountain Chain in Tibet. *Journal of Xi'an Engineering University*, 22(3): 5—10 (in Chinese with English abstract).
- Zheng, Y. Y., Xu, R. K., Wang, C. Y., et al., 2007. The First Discovery of Permian Conodont Fauna from Peri-Gondwana Cool Water Facies in Tibet, China. *Chinese Science Bulletin*, 52(9): 1231—1237. doi: 10.1007/s11434-007-0168-2
- Zhong, D. L., Ding, L., 1995. Discovery of High-pressure Basic Granulite in Namjagbarwa Area, Tibet, China. *Chinese Science Bulletin*, 40(14): 1343 (in Chinese).
- Zhou, Z. G., Liu, W. C., Liang, D. Y., 2004. Discovery of the Ordovician and Its Basal Conglomerate in the Kangmar Area, Southern Tibet—with A Discussion of the Relation of the Sedimentary Cover and Unifying Basement in the Himalayas. *Geological Bulletin of China*, 23(7): 655—663 (in Chinese with English abstract).
- Zhu, T. X., Wang, A. H., Zou, G. F., et al., 2003. New Discovery of Sedimentary Covers-basal Conglomerate in the Himalayas, Tibet. *Geological Bulletin of China*, 22

(5):367—368(in Chinese).

Zhu, Z. Y., Wang, T. W., Li, C., 2004. Metamorphic Characteristics of Nyainqentanglha Group in Jielangya Area of Bange, Tibet. *Global Geology*, 23(2):128—133(in Chinese with English abstract).

附中文参考文献

- 陈守建,李荣社,计文化,等,2006. 青藏高原北部茅口晚期地层缺失研究. *地层学杂志*, 30(3):231—236.
- 程立人,张以春,张予杰,2005. 藏北申扎地区早奥陶世地层的发现及意义. *地层学杂志*, 29(1):38—41.
- 丁林,钟大赉,1999. 西藏南迦巴瓦峰地区高压麻粒岩相变质作用特征及其构造地质意义. *中国科学(D辑)*, 26(5):385—397.
- 胡道功,吴珍汉,叶培盛,等,2003. 西藏念青唐古拉山闪长质片麻岩锆石 U-Pb 年龄. *地质通报*, 22(11—12):936—940.
- 康志强,许继峰,王保弟,等,2009. 拉萨地块北部白垩纪多组火山岩的地球化学:形成的构造环境. *地球科学——中国地质大学学报*, 34(1):89—104.
- 李才,董永胜,翟庆国,等,2008. 青藏高原羌塘早古生代蛇绿岩—堆晶辉长岩的锆石 SHRIMP 定年及其意义. *岩石学报*, 24(1):31—36.
- 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. *地学前缘*, 13(4):136—147.
- 刘文灿,梁定益,王克友,等,2002. 藏南康马地区奥陶系的发现及其地质意义. *地学前缘*, 9(4):247—248.
- 莫宣学,潘桂棠,2006. 从特提斯到青藏高原形成:构造—岩浆事件的约束. *地学前缘*, 13(6):43—51.
- 莫宣学,赵志丹,周肃,等,2007. 印度—亚洲大陆碰撞的时限. *地质通报*, 26(10):1240—1244.
- 莫宣学,赵志丹,朱弟成,等,2009. 西藏南部印度—亚洲碰撞带岩石圈:岩石学—地球化学约束. *地球科学——中国地质大学学报*, 34(1):17—27.
- 潘桂棠,王立全,朱弟成,2004a. 青藏高原区域地质调查中几个重大科学问题的思考. *地质通报*, 23(1):12—19.
- 潘桂棠,朱弟成,王立全,等,2004b. 班公湖—怒江缝合带作为冈瓦纳大陆北界的地质地球物理证据. *地学前缘*, 11(4):371—382.
- 史仁灯,杨经绥,许志琴,等,2005. 西藏班公湖存在 MOR 型和 SSZ 型蛇绿岩——来自两种不同地幔橄榄岩的证据. *岩石矿物学杂志*, 24(5):397—408.
- 孙巧缙,马华东,2002. 新疆东昆仑木孜塔格一带首次发现单通道蛭(*Monodioxodina*)动物群. *地质通报*, 21(1):48.
- 王秉璋,宋泰忠,王瑾,等,2002. 东昆仑布喀达坂峰地区发现二叠纪冷温动物群. *地质通报*, 21(7):411—414.
- 王根厚,梁定益,张维杰,等,2007. 藏东北构造古地理特征及冈瓦纳北界的时空转换. *地质通报*, 26(8):921—928.
- 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. *地质通报*, 27(12):2045—2056.
- 吴茂炳,叶先仁,刘春燕,等,2003. 雅鲁藏布江蛇绿岩中幔柱型岩浆作用——来自氦、氩同位素的证据. *地质通报*, 22(9):670—674.
- 西藏自治区地质矿产局,1993. 西藏自治区区域地质志. 北京:地质出版社.
- 西藏自治区地质局综合普查大队,1979. 1:100 万 H-46 拉萨幅区域地质调查报告. 北京:地质出版社.
- 夏代祥,刘世坤,1997. 西藏自治区岩石地层. 武汉:中国地质大学出版社.
- 肖序常,李廷栋,2000. 青藏高原的构造演化与隆升机制. 广州:广东科技出版社.
- 杨德明,和钟铎,黄映聪,等,2005. 西藏墨竹工卡县门巴地区松多岩群变质作用特征及时代讨论. *吉林大学学报(地球科学版)*, 35(4):430—435.
- 杨经绥,许志琴,耿全如,等,2006. 中国境内可能存在一条新的高压/超高压(?)变质带——青藏高原拉萨地块中发现榴辉岩带. *地质学报*, 80(12):1787—1792.
- 杨经绥,许志琴,李天福,等,2007. 青藏高原拉萨地块中的大洋俯冲型榴辉岩:古特提斯洋盆的残留? *地质通报*, 26(10):1277—1287.
- 姚宗富,1988. 西藏北部发现含蓝闪石类岩石. *中国区域地质*, 2:190.
- 尹光候,包钢,杨淑胜,等,2006. 西藏林芝地区林芝岩群麻粒岩及时代讨论. *沉积与特提斯地质*, 26(3):8—15.
- 袁洪林,吴福元,高山,等,2003. 东北地区新生代侵入体的锆石激光探针 U-Pb 年龄测定与稀土元素成分分析. *科学通报*, 48(14):1511—1520.
- 袁学诚,李廷栋,肖序常,等,2006. 青藏高原岩石圈三维结构及高原隆升的液压机模型. *中国地质*, 33(4):5—10.
- 张森琦,王秉璋,王瑾,等,2000. 西藏冈底斯 B 型山链南缘松多群的构成及其变质变形特征. *西安工程学院学报*, 22(3):5—10.
- 钟大赉,丁林,1995. 西藏南迦巴瓦峰地区发现高压麻粒岩. *科学通报*, 40(14):1343.
- 中国地质调查局成都地质矿产研究所,2004. 1:150 万青藏高原及邻区地质图和说明书. 成都:成都测绘出版社.
- 周志广,刘文灿,梁定益,2004. 藏南康马奥陶系及其底砾岩的发现并初论喜马拉雅沉积盖层与统一变质基底的关系. *地质通报*, 23(7):655—663.
- 朱同兴,王安华,邹光富,等,2003. 喜马拉雅地区沉积盖层底砾岩的新发现. *地质通报*, 22(5):367—368.
- 朱志勇,王天武,李才,2004. 西藏班戈节浪垭地区念青唐古拉群变质作用特征. *世界地质*, 23(2):128—133.