

喜马拉雅造山带晚奥陶纪-早志留纪地质事件记录

高利娥¹⁾, 曾令森¹⁾, 胡古月²⁾

1) 大陆构造与动力学国家重点实验室, 中国地质科学院地质研究所, 北京, 100037;

2) 中国地质科学院矿产资源研究所, 北京, 100037

青藏高原是由“多陆块、多岛弧”组成, 自新元古代以来, 经历了长期的构造岩浆作用, 记录了“多洋盆、多俯冲、多期碰撞和多期造山”的动力学作用过程 (Hsu et al., 1995; Yin and Harrison, 2000), 又称为“造山的高原” (Dewey, et al., 2005; 许志琴等, 2006)。现有数据表明, 自~750 Ma 以来, 喜马拉雅陆块与冈瓦纳超大陆的微陆块 (拉萨、羌塘等) 经历了多期构造活动 (Hodges, 2000; Yin and Harrison, 2000; Stampfli et al., 2002; Gehrels et al., 2003& 2011; Yin, 2006)。这些事件包括 (1) >510 Ma, 泛非造山作用; (2) 510~480 Ma, 原特提斯洋向冈瓦纳大陆北缘俯冲过程中的安第斯型造山作用; (3) 大陆裂谷作用, 拉萨南缘和南羌塘内部形成了 370~340 Ma 碱性花岗岩; (4) 冈瓦纳超大陆内微陆块之间的碰撞, 如~210 Ma 南北羌塘碰撞, 和~240 Ma 南北拉萨碰撞; (5) 班公湖-怒江洋的早中生代俯冲作用及随后拉萨和羌塘的拼贴和碰撞; 和 (6) 中生代新特提斯洋北向俯冲消减, 随后的~50 Ma 印度板块和欧亚板块陆陆碰撞作用。如果喜马拉雅造山带经历了典型的威尔逊循环, 那么在寒武纪-奥陶纪原特提斯洋俯冲作用和石炭纪大陆裂谷作用之间缺少一期重要的构造过程, 即在奥陶纪-志留纪之间冈瓦纳大陆北缘是否存在碰撞作用?

在喜马拉雅造山带, 新的观测结果: (1) 特提斯沉积岩含大量年龄为 460~410 Ma 岩浆或变质成因的碎屑锆石 (Aikman et al., 2008; Gehrels et al., 2011); 和 (2) 喜马拉雅造山带高级变质岩变质矿物中常见时代为志留纪的组分, 如石榴子石中包裹 U-Th-Pb 年龄为 420~400 Ma 的独居石 (Martin et

al., 2007)。另外, 在羌塘地体内, (1) 中部日湾茶卡组的碎屑锆石包含有加里东期的年龄段, 和 (2) 龙木错以东的五指山等地发现中上泥盆统不整合于奥陶系-志留系之上 (夏军等, 2009)。这些奥陶纪-志留纪构造热事件的发现, 要求我们重新审视喜马拉雅造山带的构造演化模型, 获取新数据, 确定该期构造岩浆事件的岩石学和地球化学性质, 修正东冈瓦纳大陆北缘的构造演化模型。

1 地质背景

喜马拉雅造山带呈 E-W 向弧形展布, 自北向南依次为特提斯喜马拉雅带 (内部发育北喜马拉雅片麻岩穹窿)、高喜马拉雅带结晶岩系、低喜马拉雅岩系和次喜马拉雅岩系。它们之间的界限分别为藏南拆离系、主中央逆冲断层、主边界逆冲断层。在北喜马拉雅穹窿内, 断续分布着一系列串珠状穹窿, 在中国境内从西到东依次为: 纽库、马拉山、波绒、夏如、琐作、拉轨岗日、麻布加、萨迦、康玛、然巴、雅拉香波等。所有穹窿总体上显示了相似的特征, 核部由高级变质岩和侵入其中的花岗岩组成, 边部被浅变质或未变质的特提斯沉积岩系环绕, 两者之间的接触关系为韧性拆离断层。在高喜马拉雅带内, 淡色花岗岩带东西向延伸约两千余公里, 侵入高喜马拉雅结晶岩系中, 或卷入藏南拆离系下部宽阔的剪切带内, 呈不连续的岩床链或花岗岩小岩群出露。自西向东有马纳斯鲁、吉隆、珠穆朗玛、马卡鲁、定结、定日、错那等岩体。

我们对康玛片麻岩穹窿和马拉山-吉隆构造域内古生代岩浆热事件进行了 U-Pb 年代学和 Hf 同位素特征的研究, 结合造山带内已发表的数据, 探

注: 本文为国家自然科学基金项目 (编号 41425010, 41273034), 中国地质调查局工作项目 (编号 12120115027101), 公益性行业科研专项 (201511022) 和中国地质科学院地质研究所基本科研业务费项目 (编号 J1516) 的成果。

收稿日期: 2015-09-27; 改回日期: 2015-09-28; 责任编辑: 章雨旭。

作者简介: 高利娥, 女, 1983 年生。博士, 助理研究员。地球化学专业。Email: liegao09@163.com。

讨喜马拉雅造山带古生代构造演化历史。

2 数据及结果

2.1 锆石年代学数据

锆石年代学数据显示 (1) 康玛片麻岩穹窿内侵入到花岗质片麻岩中的淡色花岗岩结晶时代为 438~465 Ma, 明显晚于该穹窿的主体花岗片麻岩的原岩形成年龄 500~560 Ma (Sharer et al., 1986; Lee et al., 2004); (2) 馬拉山片麻岩穹窿内, 淡色花岗岩含峰期为 447~433 Ma 继承性锆石, 石英片岩记录了~447 Ma 和~375 Ma 两期碎屑岩浆型锆石年龄 (高利娥等, 2015); (3) 藏南拆离系内, 眼球状花岗质片麻岩的变质年龄为 465~438 Ma 和~414 Ma; (4) 吉隆地区, 眼球状花岗质片麻岩的变质作用时间为 447 Ma (高利娥等, 2015)。这些初步的、有限的、数据不符合喜马拉雅造山带已有的年代学格架, 表明喜马拉雅造山带可能经历了有待深入探讨的晚奥陶纪-早志留纪构造岩浆事件。

2.2 锆石 Hf 同位素数据

为了确定晚奥陶纪-早志留纪花岗岩或花岗质片麻岩的 Hf 同位素组成特征, 利用 MC-ICP-MS 对康玛淡色花岗岩和吉隆眼球状花岗质片麻岩中锆石进行了原位 Hf 同位素测试。测试结果为: (1) 康玛淡色花岗岩中 (T0526-LG, T0527-LG, T0906), 振荡环带锆石域的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t) = -7.3 \sim -0.0$, 表明这些淡色花岗岩的源岩为地壳物质, 同时混入少量地幔物质; (2) 吉隆眼球状花岗质片麻岩中显示模糊化振荡环带的大部分锆石具有高度变化的 Hf 同位素比值, $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 为 $-15.9 \sim -3.0$, 个别均一化的灰白色变质边部 (年龄 < 36 Ma) 具有正的 $\varepsilon_{\text{Hf}}(t)$ 值, $+0.1 \sim +5.0$, 可能表明眼球状花岗质片麻岩在新生代变质作用过程中加入年轻的地壳流体。

3 讨论及结论

为了探讨冈瓦纳超大陆在古生代构造演化过程, 我们较系统全面的总结、对比了南羌塘、拉萨和喜马拉雅带等冈瓦纳超大陆微陆块内古生代构造热事件 (图 1), 得出: (1) 南羌塘、拉萨、喜马拉雅带内古生代安第斯型俯冲作用引起的岩浆作用时间分别为: 537~492 Ma、532~464 Ma、512~467 Ma (Xie et al., 2010; Zhu et al., 2011, 2012a&b; Guynn et al., 2012; Wang et al., 2012); (2) 南羌塘和拉萨在 364~351 Ma (Pullen et al., 2011) 与 361~341

Ma (Veevers, 2004; Ji et al., 2012; Zhu et al., 2012b; 董昕等, 2010; 王莉等, 2013; 吴兴源等, 2013) 时段发生了大陆裂谷作用引起的碱性岩浆事件; (3) 喜马拉雅带记录了 465~438 Ma、~410 Ma 和 364~335 Ma 的变质作用, 中羌塘记录了 427~422 Ma 麻粒岩相峰期变质作用, 接着 392~389 Ma 和 365~355 Ma 发生了退变质作用 (Zhang et al., 2014); (4) 同时, 喜马拉雅带含有 465~435 Ma 期间的岩浆作用。以上对冈瓦纳超大陆三个微陆块之间岩浆作用和变质作用的变比, 可能表明这些微陆块之间在奥陶纪—志留纪期间发生过碰撞作用。同时, 我们对这三个微陆块中已发表的岩浆型、变质型、碎屑型、继承型锆石 Hf 同位素进行了分析 (图 2)。初步得出: 470~430 Ma 期间, Hf 同位素比值处于最高值, 可能也暗示着奥陶纪—志留纪期间发生了微陆块之间的碰撞作用。

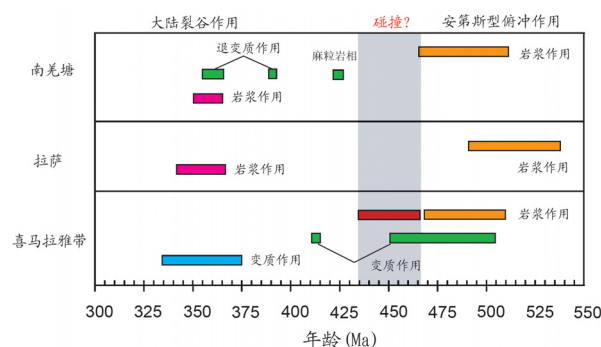


图 1 喜马拉雅带、拉萨和南羌塘冈瓦纳超大陆微陆块之间古生代构造热事件对比

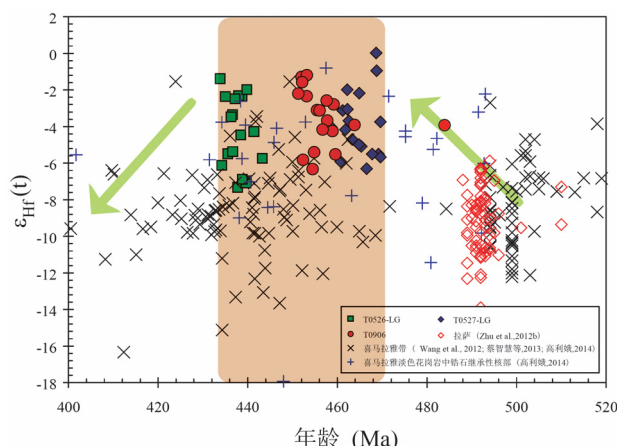


图 2 喜马拉雅带、拉萨和南羌塘冈瓦纳超大陆微陆块内古生代 Hf 同位素特征

在青藏高原北部的柴北缘地体中, 蓝片岩、榴辉岩和麻粒岩的变质时代为 450~420 Ma (Song et

al., 2006; Mattinson et al., 2006&2009; Zhang et al., 2008&2009; Zhang et al, 2010; Yu et al., 2012)、北祁连包含有加里东期的俯冲杂岩(许志琴等, 1994)。这些事实表明: 喜马拉雅地区和青藏高原内部诸地体记录的古生代岩浆作用和变质作用具有可对比性, 对于恢复青藏高原古生代的古地理格架具有参考意义。

参 考 文 献 / References

- 蔡志慧, 许志琴, 段向东, 李化启, 曹汇, 黄学猛. 2013. 青藏高原东南缘滇西早古生代早期造山事件. 岩石学报, 29(6): 2123~2140.
- 董听, 张泽明, 耿官升, 刘峰, 王伟, 于飞. 2010. 青藏高原拉萨地体南部的泥盆纪花岗岩. 26(7): 2226~2232.
- 高利娥. 2014. 藏南马林山-吉隆裂谷带深熔事件及其构造动力学意义. 中国地质科学院博士学位论文. 北京: 中国地质科学院, 1~365.
- 高利娥, 曾令森, 许志琴, 王莉. 2015. 喜马拉雅造山带加里东期构造作用: 以马林山-吉隆构造带为例. 岩石学报, 031(05): 1200~1218.
- 王莉, 曾令森, 高利娥, 陈振宇. 2013. 藏南冈底斯岩基东南缘早白垩世高镁-高 Sr/Y 含单斜辉石闪长岩. 岩石学报, 29(6): 1977~1994.
- 吴兴源, 王青, 朱弟成, 赵志丹, 陈越, 贾黎黎, 郑建平, 莫宣学. 2013. 拉萨地体南缘早石炭世花岗岩类的起源及其对松多特提斯洋开启的意义. 岩石学报, 29(11): 3716~3730.
- 夏军, 王陆太, 钟华明, 童劲松, 鲁如魁, 王明. 2009. 青藏高原龙木错地区志留纪大型古三角洲沉积体系的识别及其意义. 地质通报, 28(9): 1267~1275.
- 许志琴, 徐惠芬, 张建新, 李海兵, 朱志直, 曲景川, 陈代璋, 陈金禄, 杨开春. 1994. 北祁连走廊南山加里东俯冲杂岩增生地体及其动力学. 地质学报, 68(1): 1~15.
- 许志琴, 杨经绥, 李海兵, 张建新, 曾令森, 姜枚. 2006. 青藏高原与大陆动力学——地体拼合碰撞造山及高原隆升的深部驱动力. 中国地质, 33(2): 221~238.
- Aikman A B, Harrison T M, Lin D. 2008. Evidence for Early (>44 Ma) Himalayan Crustal Thickening, Tethyan Himalaya, southeastern Tibet. Earth and Planetary Science Letters, 274(1~2): 14~23.
- Dewey J F. 2005. Orogeny can be very short. Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America, 102: 15286~15293.
- Gehrels G E, Kapp P, DeCelles P, Pullen A, Blakey R, Weislogel A, Ding L, Guynn J, Martin A, McQuarrie N and Yin A. 2011. Detrital zircon geochronology of pre-Tertiary strata in the Tibetan-Himalayan orogen. Tectonics 30, TC5016.
- Gehrels G E, Decelles PG, Martin A, Ojha T P and Pinhasi G. 2003. Initiation of the Himalayan orogen as an early Paleozoic thin-skinned thrust belt. GSA today, 13(9): 4~9.
- Guynn J, Kapp P, Gehrels G E and Ding L. 2012. U-Pb geochronology of basement rocks in central Tibet and paleogeographic implications. Journal of Asian Earth Sciences, 43(1): 23~50.
- Hodges K V. 2000. Tectonics of the Himalaya and southern Tibet from two perspectives. Geological Society of America Bulletin, 112(3): 324~350.
- Hsu K J, Pan G and Sengor A M C. 1995. Tectonic evolution of the Tibetan plateau: A working hypothesis based on the archipelago model of orogenesis. International Geology Review, 37: 473~508.
- Ji W Q, Wu F Y, Chung S L and Liu C Z. 2012. Identification of Early Carboniferous Granitoids from Southern Tibet and Implications for Terrane Assembly Related to the Paleo-Tethyan Evolution. The Journal of Geology, 120: 531~541.
- Lee J, Hacker B R, Wang Y. 2004. Evolution of North Himalayan gneiss domes: structural and metamorphic studies in Mabja Dome, southern Tibet. Journal of Structural Geology, 26: 2297~2316.
- Martin A J, Gehrels G E and DeCelles P G. 2007. The tectonic significance of (U, Th)/Pb ages of monazite inclusions in garnet from the Himalaya of central Nepal. Chemical Geology, 244: 1~24.
- Mattinson C G, Menold C A, Zhang J X and Bird D K. 2009. Paragneiss zircon geochronology and trace element geochemistry, North Qaidam HP/UHP terrane, western China. Journal of Asian Earth Sciences, 35: 298~309.
- Mattinson C G, Wooden J L, Liou J G, Bir D K and Wu C L. 2006. Age and Duration of Eclogite-facies Metamorphism, North Qaidam HP/UHP Terrane, Western China. American Journal of Science 306, 683~711.
- Pullen A, Kapp P, Gehrels G E, Ding L, Zhang Q. 2011. Metamorphic rocks in central Tibet: Lateral variations and implications for crustal structure. Geological Society of America Bulletin, 123: 585~600.
- Schärer U, Xu R H and Allègre C J. 1986. U (Th) Pb systematics and ages of Himalayan leucogranites, south Tibet. Earth and Planetary Science Letters, 67(2): 191~204.
- Song S G, Zhang L F, Niu Y L, Su L, Song B and Liu D Y. 2006. Evolution from oceanic subduction to continental collision: A case study of the Northern Tibetan Plateau inferred from geochemical and geochronological data. Journal of Petrology, 47: 435~455.
- Stampfli G M, Borel G D. 2002. A plate tectonic model for the Paleozoic and Mesozoic constrained by dynamic plate boundaries and restored synthetic oceanic isochrones. Earth and Planetary Science Letters, 196: 17~33.
- Veevers J J. 2004. Gondwanaland from 650~500 Ma assembly through 320

- Ma merger in Pangea to 185–100 Ma breakup: Supercontinental tectonics via stratigraphy and radiometric dating. *Earth-Science Reviews*, 68: 1–132.
- Wang X X, Zhang J J, Santosh M, Liu J, Yan S Y and Guo L. 2012. Andean-type orogeny in the Himalayas of south Tibet: Implications for early Paleozoic tectonics along the Indian margin of Gondwana. *Lithos*, 154: 248–262.
- Xie C M, Li C, Su L, Wu Y W, Wang M, Yu H. 2010. La-ICP-MS U–Pb dating of zircon from granites-gneiss in the Amdo area, northern Tibet, China. *Geological Bulletin of China*, 29: 1737–1744.
- Yin A, Harrison T M. 2000. Geologic evolution of the Himalayan-Tibetan orogen. *Annual Review of Earth and Planetary Sciences*, 28: 211–280.
- Yin A. 2006. Cenozoic tectonic evolution of the Himalayan orogen as constrained by along-strike variation of structural geometry, exhumation history, and foreland sedimentation. *Earth-Science Reviews*, 76(1–2): 1–131.
- Yu S Y, Zhang J X, Pablo García D R. 2012. Geochemistry and zircon U–Pb ages of adakites from the Dulan area of the North Qaidam UHP terrane, north Tibet: constraints on the timing and nature of regional tectonothermal events associated with collisional orogeny. *Gondwana Research*, 21(1): 161–179.
- Zhang G B, Song S G, Zhang L F and Niu Y L. 2008. The subducted oceanic crust within continental-type UHP metamorphic belt in the North Qaidam, NW China: evidence from petrology, geochemistry and geochronology. *Lithos*, 104: 99–118.
- Zhang G B, Zhang L F and Song S G. 2009. UHP metamorphic evolution and SHRIMP geochronology of a meta-ophiolitic gabbro in the North Qaidam, NW China. *Journal of Asian Earth Sciences*, 35: 310–322.
- Zhang J X, Mattinson CG, Yu S Y, Li J P. 2010. U–Pb zircon geochronology of coesite-bearing eclogites from the southern Dulan area of the North Qaidam UHP terrane, northwestern China: spatially and temporally extensive UHP metamorphism during continental subduction. *Journal of Metamorphic Geology*, 28(9): 955–978.
- Zhang X Z, Dong Y S, Li C, Deng M R, Zhang L, Xu W. 2014. Silurian high-pressure granulites from Central Qiangtang, Tibet: Constraints on early Paleozoic collision along the northeastern margin of Gondwana. *Earth and Planetary Science Letters*, 405: 39–51.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Dilek Yildirim, Wang Q, Ji W H, Dong G C, Sui Q L, Liu Y S, Yuan H L, Mo X X. 2012b. Cambrian bimodal volcanism in the Lhasa Terrane, southern Tibet: Record of an early Paleozoic Andean-type magmatic arc in the Australian proto-Tethyan margin. *Chemical Geology*, 328: 290–308.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Mo X X, Chung S L, Hou Z Q, Wang L Q, Wu F Y. 2011. The Lhasa Terrane: Record of a microcontinent and its histories of drift and growth. *Earth and Planetary Science Letters*, 301: 241–255.
- Zhu D C, Zhao Z D, Niu Y L, Wang Q, Yildirim Dilek, Dong G C, Mo X X. 2012a. Origin and Paleozoic Tectonic Evolution of the Lhasa Terrane. *Geological Journal of China Universities*, 18(1): 1–15.