

DOI: 10.16056/j.1005-7676.2016.02.013

碳酸岩的判别、岩石成因及构造背景

郭小飞^{1,2}

(1. 中国科学院广州地球化学研究所, 同位素地球化学国家重点实验室, 广州 510640;
2. 中国科学院大学, 北京 100049)

摘要: 碳酸岩指碳酸盐矿物体积分数在 50% 以上的火成岩, 其时空上与碱性-超基性岩石密切相伴。总结了岩浆碳酸岩和沉积碳酸盐岩的判别特征, 简要阐述了碳酸岩的岩石成因及其形成的构造背景。由于碳酸岩在探讨地幔交代作用和成岩、成矿过程中具有重要的意义, 而且对寻找矿产资源具有重大价值, 使得这类岩石一直以来受到国内外地质学家的重视。

关键词: 碳酸岩; 判别特征; 地幔交代; 岩石成因; 构造背景

中图分类号: P588.12*1

文献标志码: A

文章编号: 1005-7676 (2016) 02-0058-03

Discrimination, Petrogenesis and Tectonic Setting of Carbonatite

GUO Xiaofei^{1,2}

(1. State Key Laboratory of Isotope Geochemistry, Guangzhou Institute of Geochemistry,
Chinese Academy of Sciences, Guangzhou 510640, China;
2. University of Chinese Academy of Sciences, Beijing 100049, China)

Abstract: The kind of igneous rocks with the volume fraction of carbonate mineral more than 50% is referred to carbonatite, which is temporally and spatially linked with alkaline-ultrabasic massif. This paper summarizes the discrimination features between magmatic carbonatites and sedimentary carbonate rocks, meanwhile briefly describes petrogenesis and tectonic setting of carbonatites. Since carbonatites are of great significance in exploring mantle metasomatism and diagenetic and metallogenetic processes and searching for mineral resources, this type of rock has been subject to domestic and foreign geologists.

Key words: carbonatite; discrimination feature; mantle metasomatism; petrogenesis; tectonic setting

引言

早在 1889 年, A. G. Horbom 就开始对瑞典阿尔诺岛 (Alnoisland) 岩浆杂岩中的“石灰岩”进行调查, 1921 年 W. C. 布劳格首次提出岩浆成因的碳酸岩概念^[1]。1960 年 10 月, 坦桑尼亚东部的一个火山口喷出大量碳酸盐熔体^[2], 1993 年 6 月现代活火山

Oldoinyo Lengai 喷出碱质碳酸岩熔岩^[3], 证明自然界存在碳酸盐岩浆, 可以生成碳酸岩。由于火成碳酸岩本身往往就构成了具重要战略意义的稀土矿体, 如我国内蒙古白云鄂博火成碳酸岩岩墙群以及四川、西秦岭等地的碳酸岩^[4-6], 并且还带有特定的大地构造背景信息, 所以它一直受到国内外地质学家的重视^[7]。本文总结了岩浆碳酸岩和沉积碳酸盐岩的判别

收稿日期: 2016- 03- 22

作者简介: 郭小飞(1990—), 男, 江西吉安人, 博士研究生在读, 中国科学院广州地球化学研究所, 构造地质学专业, 主要研究方向: 构造地球化学。

特征, 简要阐述了碳酸岩的岩石成因及其形成的构造背景, 为碳酸岩的研究提供一些素材。

1 碳酸岩的判别

碳酸岩是由方解石、白云石、菱镁矿等碳酸盐矿物(其体积分数一般超过 50%) 所组成的火成岩, 碳酸岩岩体常与共生的基性、超基性岩、碱性岩构成超基性-碱性-碳酸岩杂岩体^[8]。按主要元素化学成分, 碳酸岩可以分为钙质、镁质、铁质、和碱质碳酸岩 4 种化学类型。其产出可以是侵入, 也可以喷出, 侵入岩常呈岩株、岩脉、岩墙, 喷出岩则呈火山颈、熔岩流等。地质历史时期至今, 已发现的碳酸岩年龄涵盖太古宙至今^[9]。

同样由碳酸盐矿物组成的沉积碳酸盐岩(如石灰岩、白云岩), 与碳酸岩相比, 二者的判别特征是: 1) 许多碳酸岩呈火成岩瘤和颈状岩体产出, 其边缘伴有霓长岩化, 并携带往往具有流动构造的围岩捕虏体。许多其他的碳酸岩则呈岩墙、岩脉和锥层岩席产出, 并具有明显的横切关系和冷凝边^[10]。而沉积碳酸盐岩具有沉积层理而缺乏岩浆碳酸岩的火成特征。2) 碳酸岩一般由方解石或白云石组成基本矿物, 常含少量硅酸盐矿物(如霓石), 副矿物有磷灰石、磁铁矿、锆石、独居石及其他稀有、稀土元素矿物。后者是与碳酸盐岩的区别点。3) 岩浆碳酸岩与沉积碳酸盐岩的碳、氧以及 Sr-Nd-Pb 等同位素明显有所不同。岩浆碳酸岩常富含 Nb、Tr、Sc、Sr、Ba、La、Ce 和 Th 等, 而沉积碳酸盐岩往往缺乏这些元素。 $\omega(\text{P}_2\text{O}_5)$, $\omega(\text{SiO}_2)/\omega(\text{Na}_2\text{O})$, $\omega(\text{SiO}_2)/\omega(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$, $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)/\omega(\text{Na}_2\text{O})$, $\omega(\text{Al}_2\text{O}_3)/\omega(\text{Na}_2\text{O}+\text{K}_2\text{O})$ 以及 $\omega(\text{K}_2\text{O})/\omega(\text{Na}_2\text{O})$ 比值像微量元素和稳定同位素一样可以作为鉴别岩浆碳酸岩与沉积碳酸盐岩的标志之一^[11]。4) 岩浆碳酸岩是在温压高的内生条件下形成的, 高温高压实验岩石学研究表明, 与碳酸岩熔体形成相关的部分熔融作用可以发生在地幔软流圈^[12], 而沉积碳酸盐岩一般形成温度较低。

2 碳酸岩的岩石成因

碳酸岩既可由碳酸岩岩浆直接凝固形成原生岩浆碳酸岩, 也可由岩浆晚期(或期后)富含碳酸盐的溶液交代形成交代碳酸岩^[10]。实验研究证明, 在大陆地壳岩石部分熔融时随着压力增加岩浆的 SiO_2 质量分数将愈来愈低。花岗岩浆的形成深度在 30 km 左右, 在 40~50 km 厚的地壳基础上近固相线部分熔融的产物乃是正长岩, 而岩浆碳酸岩则更可能形成于 110 km 左右的深度下^[13]。碳酸岩岩浆上升和

演化的不同阶段, 即在不同的温压条件下, 液态不混溶和/或结晶分异作用程度不同, 会产生化学成分不同的碳酸岩^[14]。例如, 在白云鄂博地区的碳酸岩浆演化过程中, 随着碳酸岩岩脉中方解石矿物组分的增加, Sr 和 LREE 的含量呈明显富集趋势, 这可能正是其巨量稀土元素富集的内在机制^[15]。另外, 上地幔某些区域的高导现象可能与地幔橄榄岩含碳酸盐熔体有关^[16]。

虽然 Liu^[17]在东喜马拉雅发现疑似壳源火成碳酸岩的存在, 并提出在全球碳循环中喜马拉雅和藏南晚中新世以来扮演了“碳汇”的角色。然而根据实验岩石学和各种地球化学特征, 碳酸岩熔体普遍被认为来源于上地幔^[18-19]。碳酸岩作为一种特殊类型的岩浆岩, 关于其成因主要有 3 种代表性观点: 1) 直接来源于软流圈地幔或者岩石圈地幔的部分熔融作用^[20]; 2) 碳酸岩-硅酸盐母体岩浆的分离结晶作用^[21]; 3) 碳酸盐熔体与硅酸不饱和的硅酸盐熔体的液态不混溶作用^[22]。由于碳酸岩的矿物成分岩石化学和地球化学组成复杂, 因此碳酸岩的起源和成因很难用单一的成因机制给予解释^[23]。

3 碳酸岩的构造背景

目前已发现的 400 余处碳酸岩广泛分布于各大洲及部分洋岛中, 但大多产于克拉通大陆裂谷带和板块内部^[8], 然而板块边缘(造山带)也有碳酸岩产出, 如川西喜马拉雅碰撞造山带岩浆碳酸岩可能是受印度大陆板片与扬子大陆板片的俯冲影响, 新生代软流圈物质上涌引起富集地幔熔融形成, 并发生于青藏高原东缘始新世-渐新世从转换压扭向转换张扭转变过度的构造背景下^[5]。另外, 位于西秦岭造山带甘肃礼县新生代火山喷发碳酸岩也并非典型大陆裂谷岩浆作用的产物, 而与软流圈的上涌有关^[6], 并可能有俯冲洋壳的贡献^[24]。

不光是在大陆内部, 最近在大西洋中部发现了少数碳酸岩体刺穿大洋地壳。从已知的碳酸岩体的产状和构造环境可知, 碳酸岩既可以产生于拉张岩石圈构造背景, 也能够产生于因挤压而派生的引张岩石圈构造背景^[25]。大陆岩石圈早已稳定之后的拉张, 随着时间演化, 拉张的深度愈来愈大, 因而 SiO_2 不饱和的正长岩愈来愈发育, 直至出现岩浆碳酸岩^[13]。在白云鄂博裂谷系长期缓慢拉张的背景下, 华北克拉通北缘的岩石圈地幔始终处于低程度部分熔融状态, 促使大量碳酸岩浆形成, 持续的分离结晶作用也造成大量 LREE 在最晚期的方解石型碳酸

岩浆中聚集, 并造就了现如今世界级的白云鄂博超大型稀土矿床^[15]。

4 结语

沉积岩中的一个大类碳酸盐岩, 分布极广、研究程度较高、应用领域广阔。而作为与沉积碳酸盐岩相对的一种特殊类型的岩浆岩——碳酸岩, 它的产出极少, 常与基性、超基性岩、碱性岩构成杂岩体, 并具有特定大地构造意义。碳酸岩是 Cu、Nb、U、Ta 等具重要战略意义的稀土矿体赋存岩石, 是很好的工业生产生活原料。随着人们对于这类岩石认识的加深以及新的技术手段的出现, 在判别碳酸岩的属性、探讨岩石成因及其形成的构造背景上将会有更加显著的效果。加强对碳酸岩的研究, 不管是对科学研究还是国民经济发展都能提供良好助力。

参考文献

- [1] 陈云程, 韦复才. 岩浆成因的碳酸岩型矿床及其岩溶富化[J]. 中国岩溶, 1988(S2): 55-60.
- [2] Dawson J B. Sodium carbonate lavas from Oldoinyo Lengai, Tanganyika[J]. Nature, 1962, 195(4846): 1075-1076.
- [3] Bell K, Simonetti A. Carbonatite magmatism and plume activity: implications from the Nd, Pb and Sr isotope systematics of Oldoinyo Lengai[J]. Journal of Petrology, 1996, 37(6): 1321-1339.
- [4] 王希斌, 郝梓国, 李震, 等. 白云鄂博——一个典型的碱性-碳酸岩杂岩的厘定[J]. 地质学报, 2002, 76(4): 501-524.
- [5] 田世洪, 侯增谦, 袁忠信, 等. 川西喜马拉雅期碰撞造山带岩浆碳酸岩的地幔源区特征——Pb-Sr-Nd 同位素证据[J]. 岩石学报, 2006, 22(3): 669-677.
- [6] 喻学惠, 莫宣学, 苏尚国, 等. 甘肃礼县新生代火山喷发碳酸岩的发现及意义[J]. 岩石学报, 2003, 19(1): 105-116.
- [7] 范宏瑞, 谢奕汉, 王凯怡, 等. 碳酸岩流体及其稀土成矿作用[J]. 地学前缘, 2001, 8(4): 289-295.
- [8] 秦朝建, 裘愉卓. 岩浆(型)碳酸岩研究进展[J]. 地球科学进展, 2001, 16(4): 501-507.
- [9] Woolley A R, Kjarsgaard B A. Carbonatite occurrences of the world: map and database[M]. Canada: Geological Survey of Canada, 2008.
- [10] Le Bas M J, 王奎仁. 碳酸盐岩岩浆[J]. 地质地球化学, 1982(7): 16-21.
- [11] 刘铁庚. 岩浆碳酸岩与沉积碳酸盐岩造岩元素的鉴别特征[J]. 矿物岩石, 1988, 8(2): 50-60.
- [12] Sweeney R J. Carbonatite melt compositions in the Earth's mantle[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1994, 128(3): 259-270.
- [13] 洪大卫, 王式洗, 韩宝福, 等. 碱性花岗岩的构造环境分类及其鉴别标志[J]. 中国科学(B 辑), 1995, 25(4): 418-426.
- [14] Nelson D R, Chivas A R, Chappell B W, et al. Geochemical and isotopic systematics in carbonatites and implications for the evolution of ocean-island sources[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 1988, 52(1): 1-17.
- [15] Yang Kuifeng, Fan Hongrui, Santosh M, et al. Mesoproterozoic carbonatitic magmatism in the Bayan Obo deposit, Inner Mongolia, North China: Constraints for the mechanism of super accumulation of rare earth elements[J]. Ore Geology Reviews, 2011, 40(1): 122-131.
- [16] 黄小刚, 黄晓葛, 白武明. 碳酸盐化橄榄岩的电性研究[J]. 地球物理学报, 2012, 55(9): 3144-3151.
- [17] Liu Yan, Berner Z, Massonne H J, et al. Carbonatite-like dykes from the eastern Himalayan syntaxis: geochemical, isotopic, and petrogenetic evidence for melting of metasedimentary carbonate rocks within the orogenic crust[J]. Journal of Asian Earth Sciences, 2006, 26(1): 105-120.
- [18] Yaxley G M, Green D H, Kamenetsky V. Carbonatite metasomatism in the southeastern Australian lithosphere[J]. Journal of Petrology, 1998, 39(11/12): 1917-1930.
- [19] Chen Wei, Kamenetsky V S, Simonetti A. Evidence for the alkaline nature of parental carbonatite melts at Oka complex in Canada[J]. Nature Communications, 2013, 4(10): 4857-4861.
- [20] Gittins J. The origin and evolution of carbonatite magmas[M] // Bell K. Carbonatites: genesis and evolution. London: Unwin Hyman, 1989: 580-600.
- [21] Wyllie P J. Discussion of recent papers on carbonated peridotite, bearing on mantle metasomatism and magmatism[J]. Earth and Planetary Science Letters, 1987, 82(3): 391-397.
- [22] Anderson T. Magmatic fluids in the Fen carbonatite complex, SE Norway: evidence of mid-crustal fractionation from solid and fluid inclusions in apatite [J]. Contrib Mineral Petrol, 1986, 93(4): 491-503.
- [23] Lee W J, Wyllie P J. Petrogenesis of carbonatite magmas from mantle to crust, constrained by the system CaO-(MgO+FeO*)-(Na₂O+K₂O)-(SiO₂+Al₂O₃+TiO₂)-CO₂ [J]. Journal of Petrology, 1998, 39(3): 495-517.
- [24] Su Benxun, Zhang Hongfu, Sakyi P A, et al. Compositionally stratified lithosphere and carbonatite metasomatism recorded in mantle xenoliths from the Western Qinling (Central China) [J]. Lithos, 2010, 116(1): 111-128.
- [25] 杨学明, 杨晓勇, LeBas M J. 碳酸岩的地质地球化学特征及其大地构造意义[J]. 地球科学进展, 1998, 13(5): 457-466.