白云鄂博矿区碳酸盐脉状体的流体包裹体初步研究*

Preliminary Study on Fluid Inclusions of Bayan Obo Carbonate Vein-Like Bodies

秦朝建[1, 2] 裘愉卓[1]

（1 中国科学院地球化学研究所矿床地球化学开放研究实验室，贵州 贵阳 550002；
2 中国科学院研究生院，北京 100039）

Qin Chaojian[1,2] and Qiu Yuzhuo[1]

(1 Open laboratory of Ore Deposit Geochemistry, Institute of Geochemistry, CAS, Guiyang 550002, Guizhou, China;
2 Graduate School, Chinese Academy of Sciences, Beijing 100039, China)

摘 要 本文主要对碳酸盐脉状体流体包裹体进行了研究。研究结果表明：碳酸盐脉状体流体包裹体以气液包裹体为主，均一温度为 180～250°C， *w*(NaCleq)为 1.0%～14.6%，流体密度为 0.80～1.06 g/cm^3。对国外部分碳酸岩的流体包裹体研究也表现出类似的特点。而赋矿白云岩 H_{6-8} 与碳酸盐脉状体的流体包裹体均一温度为 259～365°C，*w*(NaCl eq)为 2.4%～9.0% ,流体密度为 0.60～0.88 g/cm^3，与矿区的碳酸盐脉状体流体包裹体特征存在着明显的差异，这反映了二者具有不同的岩石成因。

关键词 流体包裹体 碳酸盐脉状体 赋矿白云岩 碳酸岩 岩石成因 白云鄂博

白云鄂博矿床是世界上最大的 Fe-Nb-稀土矿床，前人已做过大量的研究工作。其矿床成因一直是中外地质学家争论的焦点，而赋矿白云岩（H6-8）的成因则是争论的核心问题（白鸽等，1996）。有关矿床的成因，曾先后出现过火山成因说、沉积成因说、岩浆成因说、沉积变质成因说等。早在 1960 年，白云鄂博矿区地质工作者已在宽沟背斜五台群中发现了碳酸岩脉，并以探槽揭露。梁有彬等（1982）也在西矿钻孔白云岩中发现了碳酸岩脉，对其成因尚少确凿证据，本文暂且称为碳酸盐脉状体。前人已对其做了不少的工作（中科院地球化学研究所，1988；陶克捷等，1998；杨学明等，1998；杨晓勇等，2000），有些学者认为是火成碳酸岩岩墙，并进而根据赋矿白云岩与其某种程度的类似性，并以小推大，认为赋矿白云岩也主要是岩浆成因的（陶克捷等，1998；杨学明等，1998）。前人对铁矿体及赋矿白云岩做了一定的流体包裹体研究（中科院地化所，1988；谢奕汉等，1995；任英忱等，2000；Smith et al., 2000a；2000b；秦朝建等，2001），但是至今尚未对矿区的碳酸盐脉状体的包裹体进行研究。本文试图从流体包裹体的角度对矿区碳酸盐脉状体进行初步研究，对其成因作一初步探讨。

1 地质背景

白云鄂博矿床位于内蒙古自治区中部，属华北大陆板块北部边缘，与内蒙古海西海洋板块相邻。本区

* 国家攀登计划预选项目资助(项目编号：95-预-25)

第一作者简介 秦朝建，男，1974年生，硕士，矿床地球化学专业。

出露地层主要为太古宙五台群、元古代白云鄂博群，以及第三系和第四系沉积物。对本区的构造格局、岩浆活动、成矿作用起决定作用的区域大断裂主要是北部近东西向的乌兰宝力格深大断裂及白云鄂博-白银角拉克大断裂。另外由于受近南北向水平压应力作用，近南北向的次级扭断裂也很发育。褶皱构造主要有北部宽沟背斜和南部的白云向斜。

除白云鄂博群地层中的火山岩外，侵入岩主要为海西期和加里东期的花岗岩及同期各阶段的辉长岩、辉绿岩、闪长岩和正长岩脉等。

碳酸盐脉状体主要分布于宽沟背斜轴部（都拉哈拉以西库伦以南片区）、东介勒格勒南北和主矿以北（顺层产出或是夹层），东部接触带和西矿地区也有少量产出，共有数十条之多，另外，在尖山附近和白云村东北2 km左右的公路边也有出露。根据碳酸盐脉状体的主要矿物成分，可以把它们分成方解石型、白云石型和含方解石的白云石型等三类，其分布尚无规律可循。

2 流体包裹体岩相学特征

本次主要研究了CD13、BN-13、CD17、CD18、CV31、CV32共6条碳酸盐脉状体，据地质产状、围岩蚀变和流体包裹体等方面的差异分成3 组分别进行讨论：

（1）CD13围岩为石英砾岩，有钠闪石化、钠辉石化、霓长岩化现象，围岩有岩石破碎现象，脉边缘有围岩捕虏体。BN-13在尖山以北混合岩中，围岩蚀变特点与CD13十分相似。

脉体中心岩石中的流体包裹体主要为气液包裹体、气体包裹体、含CO_2多相包裹体、纯CO_2包裹体等。气液包裹体气液比在5%～30%之间，少数达到30%～60%；包裹体一般较小，为2～8 μm ；形态规则，多呈菱形、长方形等负晶状，孤立分布。少数矿物内部发现有熔融包裹体和熔融－流体包裹体。流体包裹体的特征表明其可能为岩浆成因的流体包裹体。重晶石中包裹体形态规则，呈长方柱状、圆粒状、斜四边形、椭圆粒、长条状等。霓石：包裹体较多，但大小仅为2～5 μm，以至无法辨认相态。

边缘岩石流体包裹体十分发育，主要为气-液二相包裹体，少数为液体包裹体，气液比5%～30%； 包裹体一般较小，为负晶状、不规则状等；孤立或沿解理或微裂隙分布。重晶石中包裹体特征与碳酸盐矿物相似，霓石中包裹体多，但很小，仅2～5 μm，以至无法辨认相态。

（2）CD17、CD18 产于宽沟北混合岩中，主要由碳酸盐矿物和重晶石组成。CD17 围岩有钠闪石化、霓长岩化，脉体中有钾长石脉和金云母；CD18 围岩发生强钠闪石化，脉状体及临近围岩中有金云母化。

白云石矿物中流体包裹体十分发育，以液体包裹体和气液包裹体为主，气液比10%～20%；多数细小，一般仅2～10 μm，形态规则，多为菱形、柱状、板状等规则形态，多沿解理或微裂隙发育；有极少数含液相CO_2包裹体。重晶石中包裹体特征与碳酸盐矿物十分相似。

（3）CV31、CV32 产于白云鄂博镇东北混合岩和碱性岩（辉长岩）中，主要为碳酸盐矿物——方解石，还有少量的磁铁矿、云母等，脉状体及围岩中有金云母化现象。

大多数颗粒内包裹体不发育，少数颗粒内发育盐水溶液包裹体，主要为气液2相包裹体，气液比5%～10%。少数可达20%～40%；包裹体较为细小，仅3～8 μm；形态般较规则，负晶状、弯管状、丁字管状等；多沿长轴方向排列，沿解理或微裂隙分布。

3 流体包裹体测温研究

碳酸盐脉状体、国外部分碳酸岩以及矿体白云岩流体包裹体显微测温结果见表 1。

4 碳酸盐脉体与赋矿白云岩及国外典型火成碳酸岩流体包裹体的对比

白云岩流体包裹体与矿区的碳酸盐脉状体相比，具有较大差异，前者包裹体类型多样，为气-液 2 相盐

表 1　碳酸岩、碳酸盐脉状体矿体、白云岩流体包裹体显微测温统计特征

	主矿物	包裹体类型	均一温度/°C	盐度/w（$NaCl_{eq}$）/%	流体密度/(g/cm^3)
国外典型	碳酸盐	A、B、(C)	140～215	2.0～1.5	0.87～0.98
碳酸岩	重晶石	A、B、(C)	145～～341	5.3～6.6	0.86～0.96
BN-13	碳酸盐	（A）、B (C)	190～250	4.0～8.2	0.80～0.92
CD13	重晶石	（A）、B、(C)	87～285	1.0～6.5	0.78～0.97
CD17、CD18	碳酸盐	A、B	145～201	13.5～14.5	0.98～1.06
	重晶石	A、B、(C)	160～290	2.0～16	0.77～1.03
CV31、CV32	方解石	A、B	170～210	9.0～12.0	0.93～0.98
赋矿白云岩	白云石	（A）、B、C、D	259～365	2.4～9.0	0.60～0.88

注： A 为 1 相液体包裹体；B 为气-液 2 相包裹体；C 为含子晶包裹体；D 为 CO_2 包裹体。

水溶液包裹体、含 CO_2 包裹体、纯 CO_2 包裹体、含子晶包裹体和有机质包裹体。包裹体大小一般为 2～10 μm，气-液包裹体气液比为 20%～30%，部分>50%；CO_2 包裹体中 CO_2 含量一般>40%；包裹体形态一般为不完全负晶状，也有一些包裹体出现卡脖子现象（拉伸、阻断等），孤立分散分布与呈面状、群状分布相结合,显示出强烈的区域变质和流体蚀变特征。表明其原生成因的流体包裹体在经历了后期构造、热液活动后，只有很少一部分保存下来，多数流体包裹体遭受后期区域和构造变质的影响和热液交代活动的强烈改造。并且有愈靠近矿体、热液交代作用愈强的趋势。萤石中包裹体特征与白云石中十分相似。国外碳酸岩在包裹体类型、组合、气液比、形态、分布等方面与与碳酸盐脉状体特征十分相似。

矿区的碳酸盐脉状体流体包裹体在均一温度、盐度、流体密度等方面都与赋矿白云岩有很大地区别，这反映了二者具有完全不同的成岩机制，它们分别属于不同的成岩成矿体系。

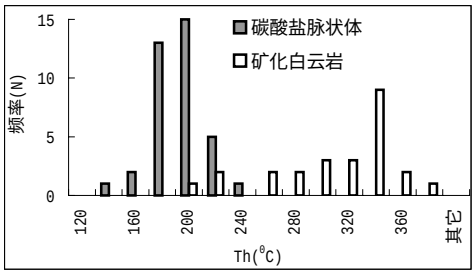


图 1　碳酸盐脉状体-矿化白云岩包裹体均一温度直方图

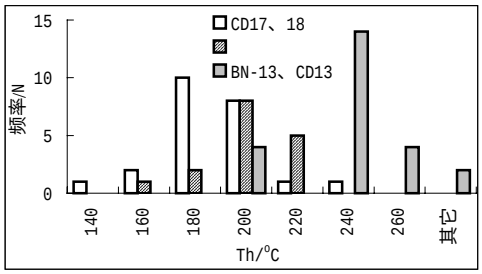


图 2　碳酸盐脉状体包裹体均一温度直方图

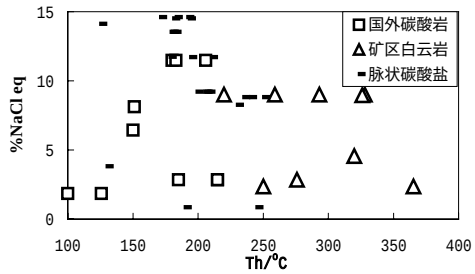


图 3　盐度-均一温度图解

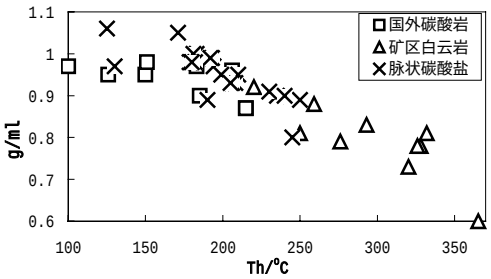


图 4　均一温度-流体密度图解

由包裹体岩相学特征和显微测温结果可以看出，碳酸盐脉状体流体性质与国外一些典型的碳酸岩流体

包裹体特征相似，明显地显示出岩浆-热液型成因特征：主要以盐水溶液包裹体为主，属于 K-Ca-CO_3^{2-}-F^--H_2O 溶液体系，而矿体白云岩流体包裹体则以盐水溶液和 CO_2 流体为主，并具有低盐度的特征，反映在成矿溶液上为 K-Ca-HCO_3^--CO_2-H_2O 流体体系（中科院地化所,1988）。低温测试表明赋矿白云岩包裹体中含有大量来源於沉积变质作用的有机质。

5 讨论和结论

无论是碳酸盐矿物，还是可以对比的其它矿物，碳酸盐脉状体与参比的国外典型碳酸岩在包裹体类型、包裹体组合、均一温度、盐度、流体密度、成分等方面十分相似，在包裹体形态、大小、分布等显微特征方面也十分相似。反映了二者具有相同或相似的岩石成因。二者之间的细微差异可能与在成岩时的地质环境存在一定的差异或成岩的不同阶段有关。可以认为本区的碳酸盐脉状体可能与碱性岩浆或碱性热液活动有密切的关系。在 CD13 和 BN13 两条脉中发现有熔融包裹体和熔体-流体包裹体，这是岩浆成因的无可争辩的证据，也在 CV31 中发现富子晶包裹体。最近据倪培介绍，在白云鄂博碳酸盐脉状体中发现了几个富子晶的包裹体，推断为盐熔体包裹体，可以作为火成成因的证据。

碳酸盐脉体与赋矿白云岩相比在包裹体类型、包裹体组合、均一温度、盐度、流体密度、成分等各方面都有较大的差异。我们认为碳酸盐脉状体与矿体白云岩具有不同的岩石成因（中科院地化所，1988；杨晓勇等，2000）。赋矿白云岩 H6-8 在沉积成岩后经历了广泛的区域变质和流体交代作用，局部遭受强烈的构造变质作用。

基于以上几点，我们认为：

（1）矿区的脉状碳酸盐为岩浆－盐熔体成因，而不同地区脉体在成因方面有一定的差异；

（2）赋矿白云岩 H_{6-8} 与矿区的碳酸盐脉状体具有不同的岩石成因。矿体白云岩在形成后经历了广泛的区域变质和流体交代作用。包裹体中的有机质来源于沉积作用。

（3）不同地段的碳酸盐脉状体具有不同的岩石成因或成岩过程的不同阶段。

近年来同位素研究也反映出矿区碳酸盐脉状体与赋矿白云岩具有不同的物质来源（中科院地化所，1988）,但同位素在反映岩石成因时仍然缺乏充分的依据。

目前，白云鄂博矿区碳酸盐脉状体的流体包裹体的研究工作还比较有限，对于确定其成因或成岩阶段还有一定的局限性。今后应进一步加强这方面的研究工作。

参 考 文 献

白鸽,袁中信,等著. 1996. 白云鄂博矿床地质特征和成因论证[M]. 北京:地质出版社.

秦朝建,裘愉卓. 2001. 岩浆（型）碳酸岩研究进展.地球科学进展[J]. 16(4),500～507.

任英忱,王凯怡. 2000. 白云鄂博超大型 REE-Fe-Nb 矿床研究[A]. 见：涂光炽 等著，中国超大型矿床（I）[C].北京：地质出版社.10～26.

陶克捷,杨主明,张培善,等. 1998. 白云鄂博矿区周围火成碳酸岩岩墙地质特征[J]. 地质科学, 33:73～83

谢奕汉,王英兰,张汝藩. 1995. 白云鄂博矿床流体包裹体中稀土矿物的发现[J]. .科学通报, 40(20)1870～1872.

杨晓勇,张雨旭,郑永飞,等. 2000. 白云鄂博矿床白云岩与微晶丘和碳酸岩墙的碳氧同位素对比研究[J]. 地质学报, 74(2)169～180.

杨学明,杨晓勇,张培善. 1998. 白云鄂博碳酸盐矿物的矿物化学成分标型特征[J]. 高校地质学报, 4(1)34～42.

中国科学院地球化学研究所 著.白云鄂博矿床地球化学[M].北京:科学出版社,1988.

Smith M.P. and Henderson P. 2000. Preliminary fluid inclusion constraints on fluid evolution in the Bayan Obo Fe-REE-Nb deposit, Inner Mongolia, China. Economic Geology, 95:1371～1388.

Smith M.P., Henderson P., Campbell L. S. 2000. Fractionation of the REE during hydrothermal processes: constraints from the Bayan Obo Fe-REE-Nb deposit, Inner Mongolia, China[J]. Geochimica et Cosmochimica Acta, 64(18)：3141～3160.