

吉黑东部花岗岩类的副矿物组合特征

李俊杰

(沈阳地质矿产研究所, 沈阳 110033)

摘 要 :吉黑东部花岗岩类分布广泛,形成历史漫长,岩石类型齐全。按成因类型划分,以 I 型为主, A 型次之, S 型较少, M 型极少。各类型花岗岩副矿物组成具有明显特点,因此可以利用副矿物和其组合特征作为划分花岗岩成因类型的判别标志。

关键词 :花岗岩类; 副矿物; 吉黑东部

1 吉黑东部花岗岩类概述

吉林、黑龙江东部花岗岩类广泛出露,在小兴安岭—张广才岭山区构成一条近南北走向的巨型花岗岩带,长约 1500 km,宽 150~180 km,规模之大,世界罕见^[1~3]。这些花岗岩类形成于漫长的地质历史中,自太古宙至新生代均有产出^[4]。其中,以中生代和古生代花岗岩类居多,其次是元古宙和太古宙花岗岩类。从空间分布看,太古宙、元古宙花岗岩类出露在龙岗地块和佳木斯地块中,早古生代花岗岩类分布在龙岗地块北侧^[5]和佳木斯地块以南的广大地区^[6],新生代花岗岩类小岩体仅见于长白山区。岩石类型齐全,以二长花岗岩、花岗闪长岩、碱长花岗岩(包括碱性花岗岩)最为发育,钾长花岗岩、英云闪长岩次之,有少量石英闪长岩、石英正长岩和极少的蛇绿岩套中的钠长岩及与石英正长岩共生的霓霞正长岩等。按成因类型划分,以 I 型为主, A 型次之, S 型较少^[7]。此外,上述钠长岩和延边地区与辉长岩共生的斜长花岗岩可能属 M 型。各成因类型花岗岩的富矿物组成具有鲜明的特点,下面仅就龙岗地块以北的所谓吉黑地槽区内各时代花岗岩体的副矿物特征进行讨论。

2 副矿物的种类及出现频率

吉黑东部花岗岩中副矿物的种类繁多,根据 589 个人工重砂样品的统计,已经确定的近 60 种,按副矿物中所含主要元素可大体划分为 9 类。

(1) 稀有元素矿物:锆石(100)、曲晶石(20)以及黑稀金矿、铌铁矿、铌钽铁矿;

(2) 稀土元素矿物:独居石(16)、褐帘石(14)、磷钼矿(2.3),以及硅钼矿、氟钽铈矿、氟碳钙铈矿、褐钨铌矿;

(3) 放射性元素矿物:钍石(13)、铌钽铀矿;

(4) 钨钼族元素矿物:白钨矿(12)、辉钼矿(7.1)、锡石(1.5)及黑钨矿、泡铋矿、辉铋矿;

(5) 亲铜元素矿物:黄铁矿(61)、方铅矿(9.3)、辰砂(3.2)、毒砂(2.0)、黄铜矿(2.5)、辉铜矿、自然铅(1.0)、自然铜,以及

闪锌矿、辉铋矿、雄黄、孔雀石;

(6) 铁族元素矿物:磁铁矿(85)、钛铁矿(54)、榍石(53)、赤铁矿(22)、褐铁矿(28)、锐钛矿(17)、金红石(13)、白钛石(6.5)、板钛矿(1.4)以及钛磁铁矿、硅铁矿;

(7) 挥发份元素矿物:磷灰石(92)、萤石(12)、电气石(9.3);

(8) 造岩元素矿物:绿帘石(28)、石榴石(18)、辉石(1)、尖晶石(1)以及夕线石、十字石、橄榄石、黝帘石、刚玉;

(9) 单元素矿物:自然金(1)、石墨。

在上述各副矿物后面括弧内的数字表示其在区内花岗岩中出现的频率百分数,未有括弧者出现的频率不足百分之一。副矿物出现的频率愈大说明其分布愈普遍。可见,吉黑东部花岗岩类中出现频率最高的副矿物当属锆石,在所有样品中均有。其次是磷灰石、磁铁矿、黄铁矿、钛铁矿、榍石,它们出现的频率介于 100~50 之间。再次是褐铁矿、赤铁矿、绿帘石、曲晶石、独居石、石榴石、萤石,它们出现的频率在 30~10 之间。出现频率更少,介于 10~1 之间的有电气石、方铅矿、辉钼矿、白钛石、辰砂、黄铜矿、磷钼矿、毒砂、锡石、板钛矿、辉石、尖晶石、自然金、自然铅等。

3 不同时代花岗岩中副矿物的组合类型

3.1 新太古代—古元古代花岗岩类的副矿物

新太古代—古元古代花岗岩类代表性岩体的副矿物总体特点是:(1) 副矿物种类少,据现有资料仅发现 20 余种,其中主要是磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石、独居石和黄铁矿,锆石和独居石是主要的稀有、稀土元素矿物。(2) 副矿物总含量较低,其最高值为 1298.5×10^{-6} ,最低值仅 41.5×10^{-6} 。有 9 种副矿物含量小于 1×10^{-6} ,且多数是几粒至十几粒。另外在不同岩体中,即使岩石类型相同,其副矿物含量相差也相当悬殊。(3) 出露在黑龙江东部的林口—桦南间的黑背、建堂、通天、罗泉等 4 个岩体的岩石类型虽有差别,但副矿物种类和含量彼此很相近,这可能与其在空间上相近,产于相同的构造背景下及成因

收稿日期:2004-08-09。张哲编辑。

基金项目:“中国地质科学院”吉黑东部花岗岩成因演化及其与成矿关系的研究”。

类型相近有关。(4) 贯通副矿物为磁铁矿、锆石、磷灰石。(5) 副矿物组合类型可划分为①磁铁矿—钛铁矿—独居石型；②磁铁矿—榍石—石榴石型；③磁铁矿—锆石—石榴石型。

3.2 早古生代花岗岩类的副矿物

本区早古生代花岗岩类代表性岩体的副矿物种类和含量与上述新太古代—古元古代花岗岩类对比,其特点是:(1) 副矿物种类稍有增加,已有近 30 种矿物,其中主要是磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石和榍石。主要的稀有、稀土元素矿物是锆石、磷灰石及榍石。出现了曲晶石,反映出岩浆结晶过程中物理化学条件的变化。还出现有较多的硫化物矿物,如磁黄铁矿、闪锌矿、辉钼矿、毒砂、辰砂等。其中,黑龙江的小西的硫化物矿物种类多,含量高,这可能与该岩体含有铅锌矿化存在一定关系。(2) 副矿物总含量较高,最高值已达 7935.4×10^{-6} ,多数岩体在 100×10^{-6} 以上,但也有极少数样品仅 6×10^{-6} 左右。有约 $1/3$ 的副矿物含量小于 1×10^{-6} 。在同一成因类型花岗岩中,某种副矿物的含量差别有的极为悬殊,如榍石,在黄泥河岩体中达 748.8×10^{-6} ,而黑龙江的鸡岭岩体为 0.2×10^{-6} ,吉林的四楞山岩体则只有几十粒。(3) 副矿物组合类型的划分。早古生代早期花岗岩类中黑龙江东部的楚山、湖水、大百顺 3 个岩体基本上是磁铁矿—钛铁矿—磷灰石组合,石场岩体属磷灰石型,而胡铁岭岩体为磁铁矿—锆石型;早古生代中晚期花岗岩类中,多数可划归为磁铁矿—钛铁矿—锆石—磷灰石—榍石型,基本反映出 I 型花岗岩类的副矿物组合特点;吉林的泉眼沟岩体作为 S 型花岗岩则为石榴石—磁铁矿组合,小西林和亮甲山两岩体虽亦为 S 型花岗岩,但副矿物组合上特点并不明显。(4) 早古生代早期和中晚期花岗岩类之间在副矿物种类上似有微小差别,早古生代早期各岩体均含有一定数量的褐帘石,而早古生代中晚期岩体只在两个岩体中存在;早古生代中晚期岩体中硫化物矿物种类和数量均明显高于早古生代早期花岗岩类。

3.3 晚古生代花岗岩类的副矿物

本区晚古生代花岗岩类代表性岩体的副矿物种类及其含量特点:(1) 副矿物种类亦近 30 种,与上述早古生代花岗岩类副矿物种类相近。在具体矿物种类上增加了磷钇矿、方铅矿、黑稀金矿,减少了锐钛矿、毒砂、石墨和黄铜矿。(2) 副矿物含量上有明显增多,多数样品中副矿物总量 1000×10^{-6} ,个别样品可达 15000×10^{-6} 。单个副矿物含量如磁铁矿达到 10000×10^{-6} ,榍石 3513×10^{-6} ,磷灰石 313×10^{-6} ,锆石 263×10^{-6} 。但约有 $1/2$ 的副矿物含量小于 1×10^{-6} 。(3) 从副矿物种类和含量看,区内晚古生代花岗岩类,无论是早中期者,亦无论是晚期者,其副矿物组合均以磁铁矿—榍石—磷灰石—锆石为主,少数为磁铁矿—钛铁矿—榍石组合或磁铁矿—独居石组合。

3.4 早中生代花岗岩类的副矿物

本区早中生代花岗岩类中副矿物从种类、含量及其共生组合,与上述前古生代和古生代花岗岩相比有明显差别,其突出之点在于:(1) 副矿物种类较多,已达 40 种。除了一般常见的铁钛矿物和硅酸盐矿物外,以含有较多的稀有、稀土元素及放射

性元素矿物为特点。其中,稀有元素矿物除锆石外,最常见有变种锆石—曲晶石的普遍出现,且含量一般较高,有的甚至超过锆石的含量,如清水碱性花岗岩体。其次尚见有铌铁矿、铌钛铀矿、硅铍铌矿等。(2) 岩石类型不同的花岗岩体,其副矿物种类含量彼此间差别极大。通常,在花岗闪长岩、二长花岗岩中副矿物种类较少,一般只有十几种,而在碱长花岗岩和碱性花岗岩中副矿物种类多达 30~40 种。前者如黑龙江的闹枝沟、蜂蜜山岩体,后者如永续、清水、小白岩体等。(3) 虽然副矿物种类繁多,但其总含量并不高,一般只有 1000×10^{-6} 左右,只极个别样品达到 17000×10^{-6} 。(4) 副矿物组合大致可分为两种主要类型:①磁铁矿—榍石—磷灰石—锆石型,如蜂蜜山岩体;②磁铁矿—赤铁矿—曲晶石—锆石,如清水、小白、永续岩体等。此外,东清岩体为磁铁矿—独居石—磷灰石—锆石组合,是较为特殊的一种副矿物组合。

3.5 晚中生代花岗岩类的副矿物

本区内晚中生代花岗岩中副矿物在种类上比较少,一般只有 20 种上下,与区内新太古代—古元古代花岗岩中副矿物大体相当;在含量上,与区内各时代花岗岩中副矿物相比也是较少的,最高含量 6447×10^{-6} ,最低 1×10^{-6} ,一般 $40 \times 10^{-6} \sim 2000 \times 10^{-6}$ 。若与南岭燕山期花岗岩中副矿物多达 90 余种,总含量多在 500×10^{-6} 以上,最高可达 13466×10^{-6} 的情况^[9]相比,其差别是十分明显的。

就副矿物共生组合类型来看,区内晚中生代花岗岩类比较复杂多样,有①磁铁矿—锆石型,如石长花岗闪长岩体和草帽山花岗斑岩体;②磁铁矿—榍石—锆石型,如鹤岗钨子花岗岩体和小呼兰河正长花岗岩体;③磁铁矿—褐铁矿—锆石型,如大顶子二长花岗岩体;④磁铁矿—石榴石—钛铁矿型,如莫里青二长花岗岩体;⑤曲晶石—钛铁矿—锆石型,如白石砬子碱性花岗岩体,它以曲晶石的异常发育和缺失磁铁矿为最大特点。

如上所述,虽然区内晚中生代花岗岩中副矿物种类和含量均较少,但其副矿物组合类型却较复杂,这与花岗岩类成因类型多样、岩体产状多样及岩体形成条件复杂有关。

4 不同成因类型花岗岩的副矿物

利用副矿物组合和某些副矿物特征作为划分花岗岩成因类型的判别标志,这在我国华南花岗岩类研究中作了成功的尝试^[9,10]。

根据各花岗岩体的地质产状、岩石学—矿物学标志、岩石化学—地球化学特征以及稳定同位素组成^[8]等,将吉黑东部花岗岩类划分为 I 型、S 型、A 型三种成因类型。这 3 种类型花岗岩类代表岩体的副矿物组成已如上述。如果从成因类型角度将各时代的 I 型、S 型、A 型 3 种类型花岗岩的副矿物组成再加以综合分析,就可以看出其间的差别尚较明显,3 种类型花岗岩各有其特点。

4.1 三种成因类型花岗岩中副矿物的种类和含量

前已述及,本区花岗岩中已发现的副矿物约 60 种,它们在 3 类花岗岩中的分布是不同的。初步统计表明(表 1):(1) 在 I

型花岗岩中,副矿物种类较少,一般只有 20 余种,主要的有磁铁矿、榍石、磷灰石、绿帘石、锆石、褐帘石和金属硫化矿物。以富含铁钛矿物为特征,除上述磁铁矿、榍石外,钛铁矿、金红石、锐钛矿亦常见。副矿物总的含量虽然变化范围较大($4 \times 10^{-6} \sim 17472 \times 10^{-6}$),相对来说是较高的,一般均在 500×10^{-6} 以上。其中铁钛矿物占总量的 76% 强。有时,样品中仅磁铁矿含量就达 $1000 \times 10^{-6} \sim 10000 \times 10^{-6}$ 数量级,如蜂蜜山岩体中磁铁矿竟达 16797×10^{-6} 。(2) 在 S 型花岗岩中,副矿物种类相对于 I 型来说多一些,通常有 30 多种,主要有钛铁矿、磁铁矿、锆石、磷灰石、独居石、石榴石等,其次,较之 I 型花岗岩含有较多的稀有、稀土元素矿物(如曲晶石、磷钇矿)和挥发份元素矿物(如电气石、萤石)。虽然铁钛矿物仍占主要部分,但其含量明显减少,特别是磁铁矿含量减少相对地更加明显,有的 S 型花岗岩中不含磁铁矿。在副矿物总含量上较 I 型花岗岩低得多,一般在 500×10^{-6} 以下,当然少数样品含量亦较高,如泉眼沟岩体为 535×10^{-6} ,东清岩体 2742×10^{-6} 。香水园岩体 1350×10^{-6} 。(3) 在 A 型花岗岩中的副矿物种类是区内 3 类花岗岩中最多的,通常可

达 40 多种或更多,主要副矿物有曲晶石、赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石。曲晶石及赤铁矿的经常和大量出现乃 A 型花岗岩类的一大特点,这可能与这类花岗岩系岩浆结晶晚期产物有关,此时岩浆中多含挥发份且岩浆定位深度较浅。A 型花岗岩中副矿物组成的另一特点是含有较多种类的稀有、稀土元素矿物及挥发份元素矿物,如黑稀金矿、铌铁矿、硅铍钇矿等。其副矿物总含量一般介于 I 型和 S 型花岗岩之间。

4.2 三类花岗岩中特有的副矿物

统计表明 3 种成因花岗岩中还各自特有某些种类副矿物。如:I 型花岗岩中特有的副矿物有钛磁铁矿、硅铁矿、辉石、橄榄石;S 型花岗岩中特有的副矿物有黑钨矿、夕线石、十字石、石墨、刚玉;A 型花岗岩中特有的副矿物有铌铁矿、黑稀金矿、硅铍钇矿、氟钛铈矿、氟碳钙铈矿。

4.3 三类花岗岩类中副矿物组合

花岗岩类中的副矿物组合是多种多样的,若按 3 种成因类型花岗岩分别进行统计,都可能看出彼此间的区别所在。I 型花岗岩类最基本的副矿物组合是磁铁矿 + 榍石 + 磷灰石 + 锆石,

表 1 吉黑东部不同成因的花岗岩副矿物组合类型
Table 1 The assemblage types of accessory minerals from granitoids in Eastern Jilin and Heilongjiang Provinces

成因类型	岩体	主要的副矿物组合类型
I 型花岗岩	石场屯	磁铁矿 + 榍石 + 磷灰石 + 锆石
	棉田	磁铁矿 + 锆石 + 榍石 + 磷灰石
	苇河	磁铁矿 + 榍石 + 磷灰石 + 绿帘石 + 锆石 + 石榴石 + 褐帘石
	石砚	磁铁矿 + 榍石 + 锆石 + 褐帘石 + 绿帘石 + 黄铁矿 + 磷灰石
	高岭	磁铁矿 + 榍石 + 黝帘石 + 磷灰石 + 黄铁矿 + 锆石 + 钽石
	横道河子	磁铁矿 + 榍石 + 磷灰石 + 锆石
	二道甸	磁铁矿 + 榍石 + 锆石 + 磷灰石
	蜂蜜山	磁铁矿 + 锆石 + 曲晶石 + 绿帘石 + 榍石 + 独居石 + 磷灰石
	白石山	磁铁矿 + 锆石 + 榍石 + 磷灰石 + 绿帘石 + 钽石
	吕店大山	磁铁矿 + 榍石 + 褐帘石 + 磷灰石 + 锆石
	楚山	锆石 + 磷灰石 + 褐帘石 + 黄铁矿 + 石榴石 + 钛铁矿 + 独居石 + 钽石
S 型花岗岩	鸡岭	锆石 + 赤铁矿 + 电气石 + 钛铁矿 + 榍石 + 磷灰石 + 褐帘石 + 板钛矿
	泉眼沟	石榴石 + 磁铁矿 + 榍石 + 锆石 + 磷灰石 + 独居石 + 钛铁矿
	黄泥河	独居石 + 磁铁矿 + 锆石 + 榍石 + 曲晶石 + 磷灰石
	东清	磁铁矿 + 石榴石 + 独居石 + 磷灰石 + 锆石 + 榍石 + 钛铁矿
	大石头	磁铁矿 + 石榴石 + 锆石 + 钛铁矿 + 独居石 + 磷灰石
	香水园	石榴石 + 磁铁矿 + 锆石 + 磷灰石 + 榍石
	永丰	独居石 + 磷灰石 + 磁铁矿 + 钛铁矿 + 锆石 + 褐帘石 + 钽石
	大王折子	磁铁矿 + 钛铁矿 + 榍石 + 磷灰石 + 独居石 + 钽石 + 褐帘石 + 褐钇铌矿
A 型花岗岩	红石砬子	赤铁矿 + 锆石 + 独居石 + 曲晶石 + 磁铁矿
	小白	磁铁矿 + 赤铁矿 + 钛铁矿 + 锆石 + 榍石 + 曲晶石 + 磷灰石 + 白钛矿
	清水	锆石 + 曲晶石 + 磁铁矿 + 赤铁矿 + 磷灰石 + 萤石 + 黄铁矿 + 绿帘石
	东风南	磁铁矿 + 萤石 + 锆石 + 曲晶石 + 黄铁矿 + 榍石 + 辉钼矿
	永续	磁铁矿 + 赤铁矿 + 锆石 + 独居石 + 黄铁矿 + 曲晶石 + 萤石 + 褐帘石 + 重晶石
	白石砬子	曲晶石 + 钛铁矿 + 锆石 + 独居石 + 磷灰石 + 榍石
	寒葱沟	曲晶石 + 磷灰石 + 独居石

其中,磁铁矿和榍石的含量常常很高。S 型花岗岩类最基本的副矿物组合似乎应为石榴石 + 独居石 + 钛铁矿,但有些岩体磁铁矿含量仍很高。相对来说,S 型花岗岩类在副矿物组合标志上不如 I 型花岗岩类那样鲜明。A 型花岗岩类最基本的副矿物组合是曲晶石 + 锆石 + 独居石 + 钛铁矿,此外,一些 A 型花岗岩体中萤石及含铌副矿物的出现也是很特征的。

综合上述不同成因类型花岗岩副矿物组成特点,仿照张绍立等(1984)的方法,可将出现频率和含量均具成因特征的副矿物以及各类型花岗岩特有的副矿物,作为判别花岗岩成因类型的标志之一。

5 结论

综上所述,有关吉黑东部不同时代不同成因花岗岩类的副矿物特征可以作出如下初步结论:

- (1) 吉黑东部不同时代花岗岩类的副矿物种类和含量是不同的。以晚古生代和早中生代花岗岩类中副矿物种类较多,含量亦高。
- (2) 吉黑东部不同成因花岗岩类中副矿物种类和组合有明显区别。I 型花岗岩类副矿物种类较少,主要有磁铁矿、榍石、磷灰石、绿帘石、锆石、褐帘石等,含量相对较高;S 型花岗岩类副矿物种类较多,主要有钛铁矿、磁铁矿、锆石、磷灰石、独居石、石榴石等,含量相对较低;A 型花岗岩类副矿物种类最多,主要有曲晶石、赤铁矿、磁铁矿、钛铁矿、锆石、磷灰石等,含量中等。3 种成因花岗岩类尚有其特有的副矿物。
- (3) 副矿物共生组合和某些副矿物的稀土元素分布模式及 Sn 值可作为判别花岗岩成因类型的重要标志。

参考文献:

[1]李之彤,赵春荆.我国东北部花岗岩类的时空分布规律[A].见:徐克勤,涂光炽编.花岗岩地质和成矿关系[C].南京:江苏科学技术出版社,1984.128—135.

[2]李之彤,赵春荆.小兴安岭—张广才岭花岗岩带的形成与演化[A].见:李之彤编.中国北方花岗岩及其成矿作用论文集[C].北京:地质出版社,1991.76—82.

[3]吴福元,孙德有,林强.东北地区显生宙花岗岩的成因与地壳增生[J].岩石学报,1999,15(2):181—189.

[4]李之彤,赵春荆,朱群.吉黑东部花岗岩类的形成和演化[A].见:中国地质学会编.“七五”地质科技重要成果学术交流论文选集[C].北京:北京科学技术出版社,1992.237—240.

[5]陈作文,赵春荆,李之彤,等.吉林南部加里东期花岗岩带[J].沈阳地质矿产研究所所刊,1982,(3):29—46.

[6]赵春荆,李之彤,马万昌,等.佳木斯中间地块的地质特征及其对区域地质构造发展的影响[A].中国北方板块构造论文集(第一集)[C].北京:地质出版社,1986.

[7]方文昌.吉林省花岗岩类及成矿作用[M].长春:吉林科学技术出版社,1992.

[8]李之彤,朱群.吉黑东部花岗岩类的稳定同位素组成[J].岩石矿物学杂志,2001,20(3):353—359.

[9]地矿部南岭项目专题组.南岭花岗岩地质及其成因和成矿作用[M].北京:地质出版社,1989.

[10]张绍立,王联魁,朱为方.华南花岗岩类两个成岩成矿系列的副矿物组合特征和某些副矿物中的微量元素[A].见:徐克勤,涂光炽编.花岗岩地质和成矿关系[C].南京:江苏科学技术出版社,1984.634—644.

CHARACTERISTICS OF THE ASSEMBLAGES OF ACCESSORY MINERALS IN GRANITOIDS IN EASTERN JILIN AND HEILONGJIANG PROVINCES

LI Jun-jie

(Shenyang Institute of Geology and Mineral Resources, Shenyang 110033, China)

Abstract: The granitoids broadly distributed in eastern Jilin and Heilongjiang Provinces have a long forming history with complete types. Genetically, the granites are mainly of I-type, with subordinate A-type, minor S-type and rare M-type. The assemblages of accessory minerals of the granites show evident characteristics, which can be the classification criteria for the granites.

Key words: granitoids; accessory minerals; Eastern Jilin and Heilongjiang Provinces

作者简介:李俊杰(1962—),女,高级工程师,1986年毕业于长春地质学院,现从事项目管理工作,通讯地址:沈阳市北陵大街25号,邮政编码:110033.