

استفاده از نسبت های $Ce/Yb, Rb/Sr, Sm/Eu$ و $F - Rb$ به منظور تشخیص و تفکیک گرانیت های S که دارای پتانسیل قلع هستند

نوشته : دکتر محمد حسن کریم پور*

Application of Sm/Eu , Rb/Sr , Ce/Yb and $F-Rb$ ratios to discriminate between Tin mineralized and non - mineralized S - type granites

By : Dr.M.H.Karimpour*

Abstract

Mashhad Granites and Granodiorites are divided into three groups based on their ages and composition: (1) Dehnow-Vakilabad-Kuhsangi Granodiorites and Quartz monzodiorites, (2) Sangbast Granite and (3) Khalaj- Gheslugh Biotite- muscovite Granite.

All these intrusives belong to S-type granite, The oldest are in the range of intermediate and the youngest are acidic in composition. Intrusive rocks in the area of Dehnow to Kuhsangi show trend of differentiation.

Major, trace and rare earth elements within the source rocks of porphyry Sn, Mo, and Cu deposits were compared and very distinct differences were noticed. Differentiation index, Rb/Sr , Ce/Yb , and (Sr^{87}/Sr^{86}) ratios can be used to identify the source rocks for porphyry Sn, Mo, or Cu.

Major, as well as trace and rare earth elements of Mashhad Granites and Granodiorites were compared with tin mineralized granites of the world. As a result, four diagrams were presented to be utilized in order to discriminate between Sn mineralized and non-mineralized granites. Such as Rb to the ratio of Sm/Eu , F to Rb and the three angle of $F, Rb, Sr + Ba$.

چکیده

گرانودیوریتها و گرانیت‌های مشهد براساس سن و ترکیب به سه گروه: (۱) گرانودیوریت و کوارتز - موزودیوریت‌های دهنو- وکیل‌آباد- کوهسنگی، (۲) گرانیت سنگبست و (۳) بیوتیت- مسکویت گرانیت و پگماتیت‌های خلج - قشلاق تقسیم می‌شوند. تمامی این مجموعه به گرانیت‌های سری S تعلق دارند. توده‌های قدیمتر در محدوده حنواسط و توده‌های جوانتر اسپدی‌اند. طیف تغریقی در توده‌های قدیمی محدوده دهنو- وکیل‌آباد- کوهسنگی به خوبی مشاهده می‌شود.

با بررسی و مقایسه عناصر جزئی و کمیاب سنگ منشأ کانسارهای قلع، مولیبدن و مس پورفیری دنیا نمودارهایی براساس انیسی رنگ و نسبت $(Ce/Yb, Rb/Sr)$ و (Sr^{87}/Sr^{86}) اولیه تهیه گردیده است. از این نمودارها در مراحل اولیه اکتشاف به منظور تشخیص و تعیین پتانسیل کانی‌سازی توده‌های نفوذی اسپد- حد واسط برای کانی‌سازی Cu, Sn و یا Mo پورفیری می‌توان استفاده نمود.

با مقایسه ترکیب عناصر جزئی و کمیاب گرانیت و گرانودیوریت‌های مشهد با گرانیت‌های قلع‌دار چهار نمودار مهم به دست آمده که از آنها جهت تشخیص گرانیت‌های S حاوی قلع در اکتشاف می‌توان کمک گرفت. مهمترین آن نمودار نسبت Sm/Eu به Rb است، دومی نمودار F به Rb و نمودار سوم $Rb, Ba + Sr, F$ می‌باشد.

گرانیت سنگگست و (۲) بیوتیت - مسکویت گرانیت و پگماتیت‌های خلج -

قشلاق (کریم‌پور و ولی‌زاده، ۱۳۷۴، نگاه کنید به شکل ۱)

گرانودیوریت و کوارتز مونوزیوریت‌های دهنو- کوهسنگی بعد از اولین فاز نگرگونی ناحیه‌ای (هرسینین) و قبل از دومین فاز نگرگونی (سیمپیرین مهانی) و بیوتیت- مسکویت گرانیت و پگماتیت‌ها بعد از دومین فاز نگرگونی ناحیه‌ای و قبل از کرتاسه نفوذ نموده‌اند.

ترکیب کانی‌شناسی گرانیت و گرانودیوریت‌های مشهد در جدول (۱) نمایش داده شده است. ترکیب کانی‌شناسی توده‌های منطقه مورد مطالعه بر نمودار استاندارد نامگذاری سنگهای آذرین (اشتریکایزن) ترسیم شده است (شکل ۲). توده‌های نفوذی مناطق دهنو- وکیل‌آباد- کوهسنگی از نوع کوارتز مونوزیوریت، منطقه سنگ بست در محدوده گرانیت ترسیم شده است (شکل ۲). این توده‌ها دارای بلورهای درشت آلکالی فلنسیپات است. توده‌های واقع در محدوده خلج، خواجه مراد و قشلاق از نوع گرانیت با رنگ روشن‌اند. این گرانیت‌ها با توجه به بیوتیت و مسکویت به بیوتیت - مسکویت گرانیت معرفی شده‌اند.

میزان فراوانی اکسیدهای اصلی، عناصر جزئی و کمپاب مجموعه توده‌های گرانیتی مشهد در جدول (۲) نشان داده شده است. برپایه شواهد صحرایی، ترکیب کانی‌شناسی، ژئوشیمی عناصر اصلی، جزئی و کمپاب و عدد پذیرش مغناطیس (Magnetic susceptability) این عدد برای گرانیتوئیدهای نوع S معمولاً کمتر از ۰/۳۵ است مجموعه گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌های مشهد به گرانیت‌های سری S تعلق دارند (کریم‌پور و ولی‌زاده، ۱۳۷۴).

گرانودیوریت و کوارتز مونوزیوریت‌های دهنو- وکیل‌آباد- کوهسنگی براساس نسبت‌های مولی $0/48$ تا $0/56$ $K/Na + K$ و $0/26$ تا $0/30$ C/CAF و عدد پذیرش مغناطیس $0/19$ تا $0/25$ هستند، این توده‌ها از گروه گرانیتوئیدهای نوع S می‌باشند (توده‌های منطقه دهنو در مرز گرانیتوئیدهای نوع S و A قرار می‌گیرند). توده‌های دهنو در مرز غنی از آلومینیوم و نیمه آلومینیوم واقع می‌شوند (شکل ۳). توده‌های وکیل‌آباد- کوهسنگی در محدوده غنی از آلومینیوم ترسیم شده‌اند (شکل ۳).

گرانیت‌های محدوده سنگگست براساس نسبت‌های مولی $0/56$ $K/Na + K$ و $0/26$ C/CAF و عدد پذیرش مغناطیس $0/14$ می‌باشند و از گروه گرانیت‌های نوع S هستند. با در نظر گرفتن نسبت مولی، $(A/NKC=1/0.86)$ این گرانیت‌ها نیز از نوع غنی از آلومینیوم‌اند (شکل ۳).

بیوتیت - مسکویت گرانیت‌های محدوده خلج، خواجه‌مراد و قشلاق براساس نسبت‌های مولی $0/6$ $K/Na + K$ و $0/22$ C/CAF و عدد پذیرش مغناطیس (کمتر از $0/1$) از گروه گرانیت‌های نوع S هستند. با در نظر گرفتن

بخش بزرگی از مس، مولیبدن و قلع جهان از کانسارهای نوع پورفیری استخراج می‌شود. از آن جای که این کانسارها همزایشی (Syngenetic) بوده و سنگ منشاء آنها توده‌های نفوذی اسید- حد واسط اند، لذا شناخت خاستگاه، موقعیت تکتونیکی و بررسی ترکیب شیمیایی مانگا نقش مهمی در شکل‌گیری مثل اکتشافی دارد.

کانسارهای مس پورفیری در کمربندهای زون فرورانش حاشیه قاره‌ها و جزایر کمائی کشف شده‌اند. سنگ منشاء آنها توده‌های نفوذی کالک آلکالن (نوع A) نیمه‌عمیق (نیوریت، کوارتزنیوریت، مونوزیوریت، مونوزیت و کوارتز مونوزیت) است. کانسارهای قلع پورفیری در کمربندهای برخورد قاره‌ای، مراحل اولیه شکل‌گیری کافت‌های برون قاره‌ای و زون فرورانش حاشیه قاره‌ای گزارش شده‌اند. سنگ منشاء آنها گرانیت‌های نوع S است. کانسارهای مولیبدن پورفیری با توده‌های گرانیتی، گرانودیوریتی و کوارتز مونوزیتی گزارش شده‌اند.

توده‌های نفوذی اسید- حواسط مناطق دهنو- وکیل‌آباد - کوهسنگی، خلج - خواجه مراد- قشلاق و سنگگست توسط نویسنده مقاله طی چندین سال مورد مطالعات گسترده و دقیق صحرایی و پتروگرافی قرار گرفته است. جهت مطالعه ژئوشیمی عناصر اصلی، جزئی و عناصر کمپاب و خواص مغناطیسی توده‌های مشهد نمونه‌برداری دقیق و مناسب صورت گرفت. تجزیه نمونه‌ها برای عناصر اصلی، جزئی و عناصر کمپاب و اندازه‌گیری خواص مغناطیسی در مرکز تحقیقات مواد معدنی دانشگاه تاسمانیا استرالیا انجام شده است.

توده‌های نفوذی مشهد از نوع گرانیت‌های S بوده و فاقد کانی‌سازی قلع هستند. ترکیب این توده‌ها با گرانیت‌های نوع S حاوی قلع دنیا مقایسه شده و در این ارتباط عناصری که دارای اختلاف شاخص بوده و از ویژگی مناسبی برخوردار بودند انتخاب شده‌اند. نمودارهای متعددی براساس عناصر مختلف ترسیم شده‌اند و چند نمودار که بهترین تفکیک بین گرانیت‌های S حاوی قلع و بدون قلع ایجاد شد انتخاب و در این مقاله معرفی شده‌اند.

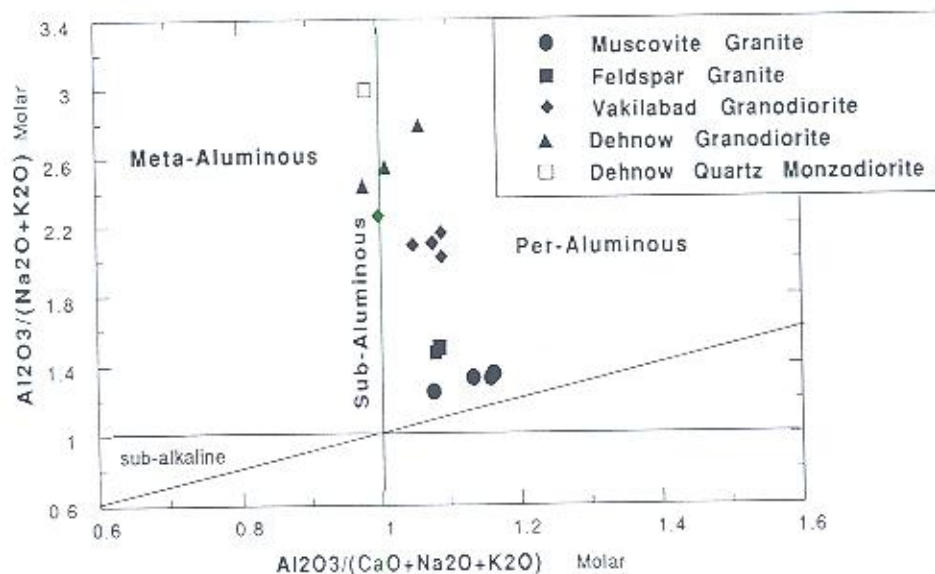
کانی‌شناسی و ژئوشیمی گرانیت و گرانودیوریت‌های مشهد

براساس مطالعات صحرایی و ژئوشیمیایی، گرانیت و گرانودیوریت‌های مشهد به سه گروه سنی تقسیم می‌شوند: (۱) گرانودیوریت و کوارتز مونوزیوریت‌های دهنو- وکیل‌آباد - کوهسنگی، (۲)

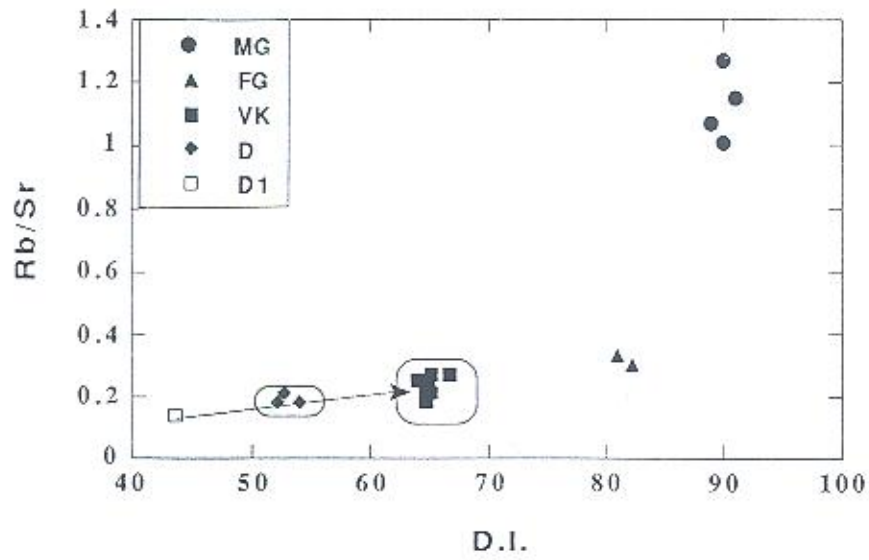
جدول ۱. میزان فراوانی عناصر جزئی و کسباب در گرانودیوریت و گرانیت‌های مشهد

بیوتیت - مسکویت گرانیت		گلدسپات	وکیل آباد - کو هستگی		دهنو		عناصر (ppm)
۲	۱	گرانیت	۲	۱	۲	۱	
۷	۷	۶	۲/۱	۲	۵	۲/۲	Sn
۲۵۲	۲۳۵	۱۸۱	۹۹	۱۰۰	۱۱۲	۷۵	Rb
۲۳۶	۲۰۲	۵۳۵	۲۲۸	۲۳۳	۵۱۲	۵۳۳	Sr
۷-۸	۶۱۱	۸۸۶	۴۹۲	۵۵۷	۲۶۶	۶۶۷	Ba
۲۶/۵	۲۵/۲	۵۰/۱	۲۲/۱	۲۱/۵	۳۲	۳۰	Nb
۱۳۲	۱۱۵	۱۸۲	۱۷۰	۱۳۵	۱۷۸	۲۷۷	Zr
۸/۵	۸/۳	۱۵/۷	۱۵/۴	۲۱/۲	۲۴/۲	۹/۸	Y
۱/۸۲	۱/۸۵	۴/۷۸	۹/۰۶	۹/۱۹	-	۱۴	Sc
N.A	N.A	N.A	۱/۷	۱/۳	۱/۱	۱	Mo
N.A	N.A	N.A	۲	۲/۵	۲	۱/۶	W
N.A	N.A	N.A	۵۵۰	۴۱۰	۲۸۰	۳۵۰	F
۱/۰۷	۱/۱۵	۰/۳۳	۰/۳۲	۰/۳۳	۰/۱۴	۰/۲۱	Rb/Sr
۲۷/۷۴	۲۹/۶۲	۱۲/۷۲	۶/۳۷	۶/۲۵	۳/۱۹	۴/۳۴	اندیس رنگ
۸۹/۷۳	۹۱/۰۲	۸۱	۶۴/۷	۶۴/۸۵	۴۳/۶	۵۲/۷	اندیس تفریق
-۱/۶۴	-۱/۶۰۶	-۱/۵۶	-۱/۴۸	-۱/۵۳	-۱/۵۵	-۱/۵۶	K/Na+K
-۱/۲۱	-۱/۳۴	-۱/۲۶	-۱/۳۷	-۱/۳۷	-۱/۲۸	-۱/۳۰	C/ACF
۱/۱۵۹	۱/۰۷۷	۱/۰۸۶	۱/۰۹	۱/۰۵	۱/۰۳۷	۱/۰۶	A/NKC

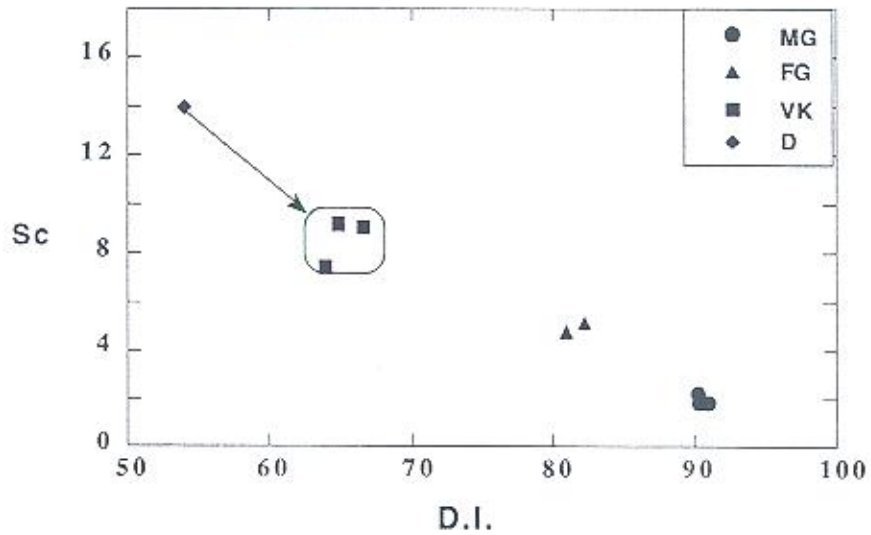
N.A - تجزیه نشده



شکل ۱. مجموعه توده‌های گرانودیوریتی و گرانیت‌های مشهد در محدوده فوق آلمینیوم واقع شده‌اند



شکل ۲. نمودار اندیس تفریق (D.I.) و نسبت Rb/Sr، ترکیب و میزان تفریق نوده‌های مشهد بررسی و مقایسه شده‌اند، [D و D₁ = دهنو، VK = وکیل آباد، FG = فلدسپات گرانیت و MG = بیوتیت - مسکویت گرانیت] شده‌اند.



شکل ۳. نمودار اندیس تفریق (D.I.) و Sc، ترکیب و میزان تفریق نوده‌های مشهد بررسی و مقایسه شده‌اند [D = دهنو، VK = وکیل آباد، FG = فلدسپات گرانیت و MG = بیوتیت - مسکویت گرانیت]

نحوه تعیین پتانسیل توده‌های نفوذی برای کانی‌سازی قلع، مولیبدن و یامس پورفیری

کانسارهای Cu, Mo, Sn پورفیری از جمله کانسارهای همزایشی هستند که توسط محلول‌های ماگمایی بر شرایط مناسب تشکیل می‌شوند. سنگ خاستگاه آنها توده‌های نفوذی اسید تا حدواسط است. کانسارهای قلع پورفیری و نوعی از مولیبدن پورفیری همراه گرانیت‌ها و مس پورفیری و نوع دیگر مولیبدن پورفیری همراه توده‌های کوارتز مونزونیت و کواتزنیوریت تشکیل می‌شوند. از آن جایی که نگرسانی (Alteration) موجب تغییرات کانی‌شناسی شده است، تعیین نام و نوع سنگ غالباً خالی از اشکال نیست. مجموعه‌ای از عناصر اصلی، کمپاب و جزئی کانسارهای پورفیری مورد مقایسه و بررسی قرار گرفتند و بر نتیجه چند نمودار مهم به دست آمده است. (شکل‌های ۷ الف، ب و پ)

Moorbath, et al., 1982, Gustafson and Hunt., 1967, Karimpour, 1982)

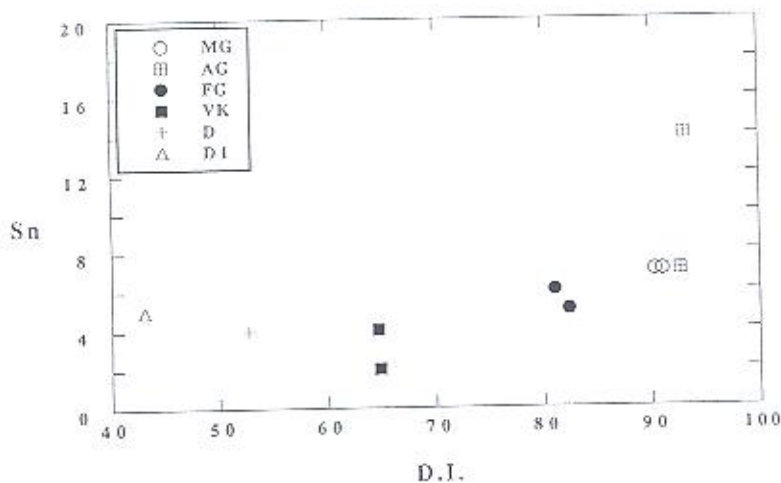
,Laughlin et al., 1969, Christmas and others, Kesler and Walker, 1975

(Taylor and Fryer, 1967, Simmons and Hedge, 1978, Ivanov and

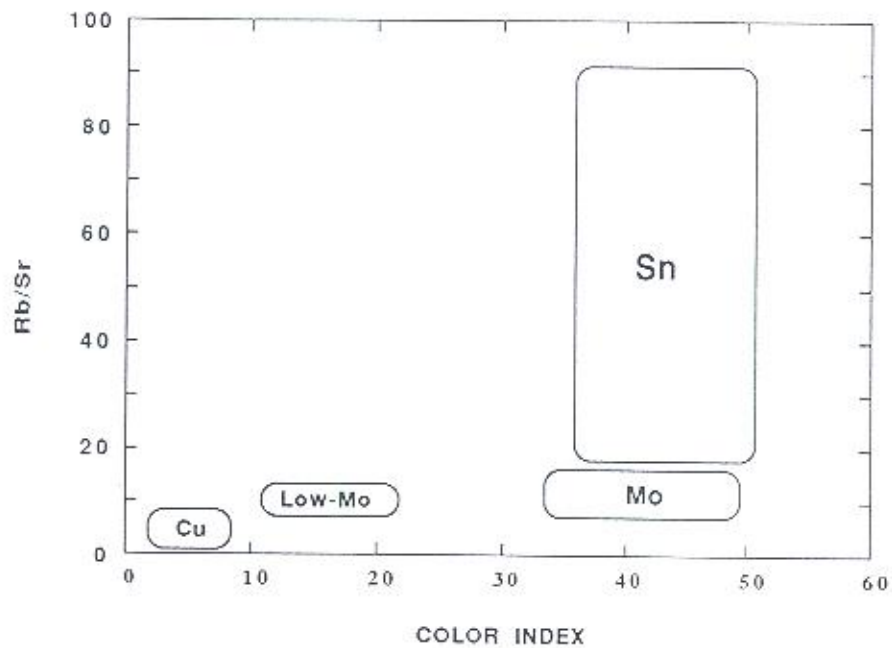
مسکویت، گاردت و نسبت مولی ۱/۱ $A/NKC >$ این گرانیت‌ها نیز از نوع غنی از آلومینیوم‌اند (شکل ۳).

با استفاده از اندیس تفریق (برصد کوارتز) + آلبیت + پتاسیم فلدسپات نورماتیو (D.I.) و نسبت Rb/Sr و Sc ترکیب و میزان تفریق توده‌های نفوذی مشهود مقایسه شده‌اند (شکل‌های ۴ و ۵). ترکیب ماگما بر سه مرحله زمانی، متفاوت است. توده‌های قنیمتر ترکیب حد واسط و توده‌های جوانتر اسیدی‌اند. احتمالاً ماگمای اولیه توده‌های نمو - وکیل آباد - کوهسنگی مشترک بویه و پهنده تفریق موجب تغییرات در ترکیب آنها شده است (شکل‌های ۴ و ۵). ماگمای مناطق گرانیت سنگبست و بیوتیت - مسکویت گرانیت خلج - خواجه مراد هرکدام خاستگاه مستقل داشته است. میزان Zr, Nb, F, Mo, W, Sn بر توده‌های نفوذی و زون‌های محدود اسکارنی که در مجاور این توده‌ها تشکیل شده‌اند تجزیه و مورد بررسی قرار گرفته‌اند. (جدول ۲). در تمامی توده‌ها میزان $Mo \cong 1ppm$, $Sn < 6ppm$, $W = 1/6 - 4ppm$, $F = 250 - 560ppm$ است.

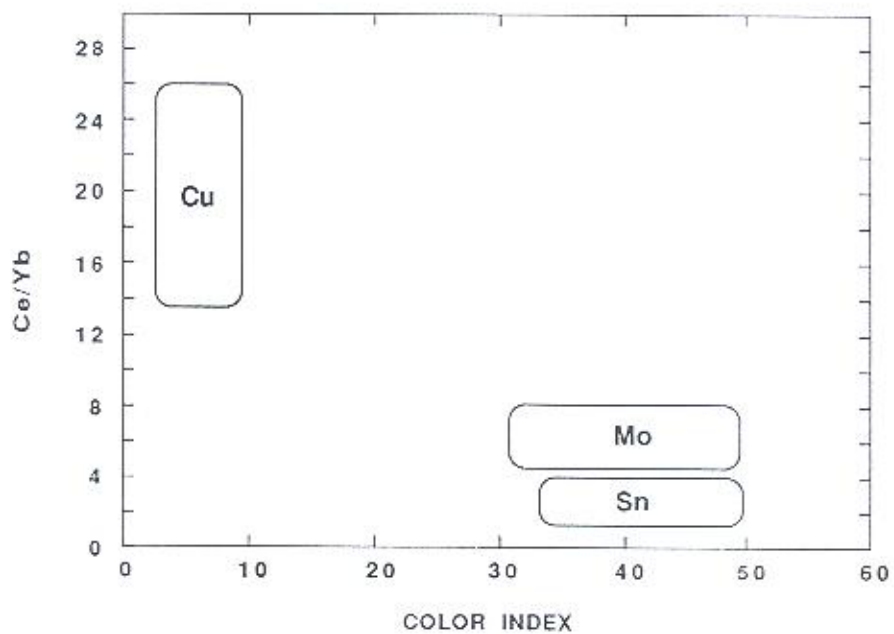
تغییرات در میزان Sm توده‌های گرانیتی و گرانودیوریتی ترسیم و مقایسه شدند (شکل ۴). میزان Sn توده‌ها، میزان Sn توده‌ها و اسکارن‌های محبوسه وکیل آباد تا ۲ تا ۵ ppm، خواجه مراد ۷ ppm و دایکهای آلبیتی حداکثر ۱۲ ppm است. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که مجموعه توده‌های نفوذی اسید - حدواسط مشهود برای کانی‌سازی Mo, W, Sn پتانسیل ندارند.



شکل ۴. نمودار بررسی تغییرات میزان Sn (ppm) ضمن افزایش اندیس تفریق (D.I.) در توده‌های مشهود. [D و D_۱ - دهنو، VK = وکیل آباد، FG - فلدسپات گرانیت، AG = آلبیت گرانیت و MG = بیوتیت - مسکویت گرانیت].



شکل ۵ الف. سنگ منشأ کانسارهای Sn، Mo و Cu پورفیری با استفاده از اندیس رنگ و نسبت Rb/Sr به طور روشن از یکدیگر جدا شده‌اند.



شکل ۵ ب. سنگ منشأ کانسارهای Sn، Mo و Cu پورفیری با استفاده از اندیس رنگ و نسبت Ce/Yb از یکدیگر تفکیک شده‌اند.

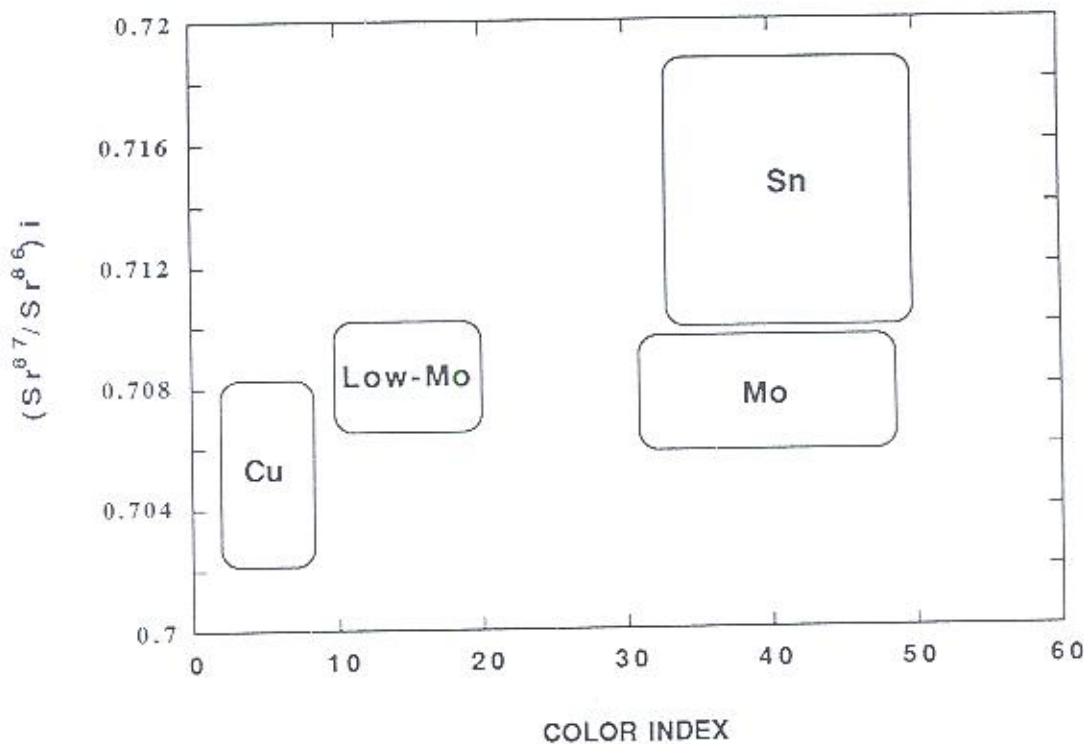
تفکیک گرانیت‌های S حاوی قلع و بدون قلع

مجموعه گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌های مشهد به سری S تعلق دارند و فاقد کانی‌سازی قلع‌اند. به منظور دستیابی به یک مدل مناسب ژئوشیمیایی برای اکتشاف کانسارهای قلع پورفیری مجموعه عناصر اصلی، جزئی و کمپاب توده‌های مشهد با گرانیت‌های S سنگ منشأ کانسارهای قلع پورفیری دنیا مقایسه و مورد بررسی قرار گرفتند.

Rongfu Pei and Dawei Hong, 1995, Tsusue and others, 1987, Rattgan, 1964 Hutvhisson, 1983, Hosking, 1977, Hosking, 1978, Lemann, and other, 1989, Neiva, 1984, Keqin and Jinchu 1986, Lemeyre, 1987, Pollard, 1988, Zhongxing and others, 1986, Ying, 1987, Zhengsu, 1900, Jinchu and other 1989, Houqun and other

Sponior, 1981

از اندیس رنگ $(\frac{SiO_2 + K_2O + Na_2O}{CaO + MgO + FeO})$ و نسبت Rb/Sr (شکل ۷ سالف) و نسبت Ce/Yb (شکل ۵ب) در مراحل اولیه اکتشاف جهت تشخیص نوع کانی‌سازی پورفیری می‌توان استفاده نمود. اندیس رنگ سنگ منشأ مس پورفیری کمتر از ۰.۱۰، مولبدن پورفیری با عیار کم ۱۰ تا ۲۰، قلع پورفیری و مولبدن پورفیری با عیار بالا ۳۵ تا ۵۰ است. نسبت Rb/Sr سنگ منشأ قلع پورفیری عیار پائین ۰/۳ تا ۰/۸ و مس پورفیری ۰/۵ تا ۰/۹ است. اگرچه سنگ منشأ قلع پورفیری و مولبدن پورفیری با عیار بالا از نوع گرانیتی است و اندیس رنگ آنها یکسان (۲۲ تا ۵۰) است، اما نسبت Rb/Sr و Ce/Yb آنها اختلاف اساسی دارد (شکل‌های ۷ الف و ب).

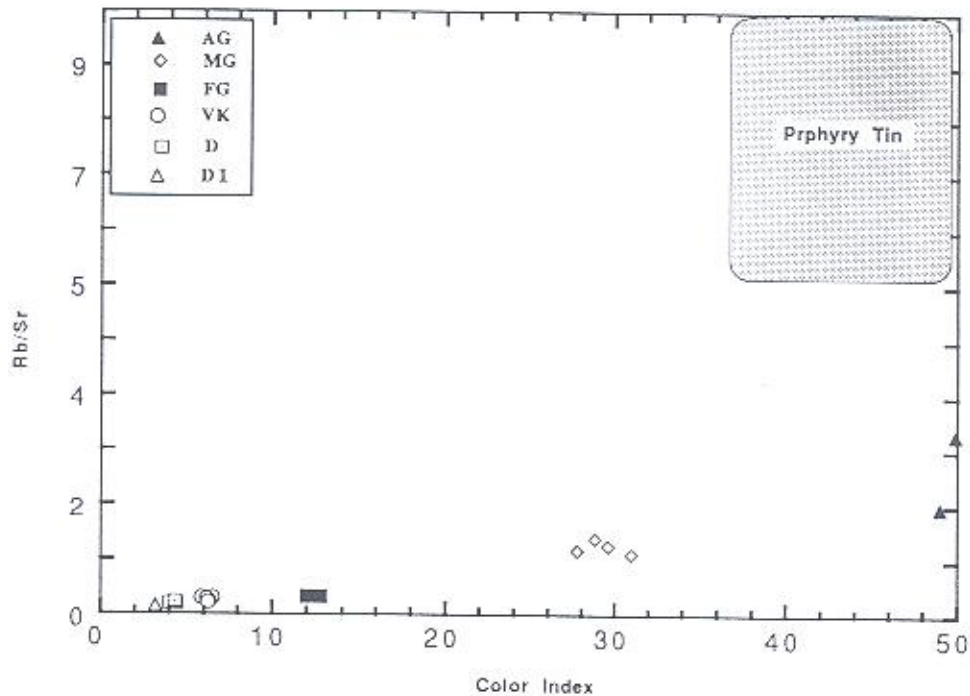


شکل ۵ ب. سنگ منشأ کانسارهای Sn، Mo و Cu پورفیری با استفاده از اندیس رنگ و نسبت (Sr^{87}/Sr^{86}) اولیه کاملاً از یکدیگر جدا شده‌اند

Rb/(ppm)	Sm/Eu	نام معدن
۱۱۰۰-۸۰۰	۲۵	Yanbei چین
N.A	۳۲-۲۰	Nanling چین جنوب
N.A	۱۸	Yinyan چین
۱۵۰۰-۵۴۳	۳۵-۲۰	Blue Tier استرالیا
۷۰۰-۵۰۰	۱۲۰-۴۰	Herberton استرالیا
۸۰۰	۶۰-۲۰	آلاسکا
۳۵۰	۷۰-۵۰	جنوب غرب ژاپن
۹۷۰-۰۳۰	N.A	تایلند
۲۱۰	۲/۲	مسکویت گرانیت خواجه مراد
۱۸۰	۱۳	فلدسپات گرانیت سنگ پست
۱۰۰	۱/۲	گرانودیوریت (وکیل آباد)

N.A - تجزیه نشده است

جدول (۲) میزان Rb و نسبت Sm/Eu در گرانیت‌های حاوی قلع و توده‌های مشهد



شکل ۶. نمودار تغییرات اندیس رنگ و نسبت Rb/Sr، ترکیب توده‌های مشهد با گرانیت‌های حاوی قلع پورفیری مقایسه شده‌اند. میزان نسبت Rb/Sr در گرانیت‌های حاوی قلع ۱۰۰ تا ۱۰۰۰ است که در این نمودار حداکثر تا ۱۰۰ ترسیم شده است [D و D1 = ده‌ن، VK = وکیل آباد، FG = فلدسپات گرانیت، MG = بیوتیت - مسکویت گرانیت و AG = آبلت گرانیت]

مشاهده است. کاهیدگی Eu در گرانیت‌های مشهد بسیار ناچیز است. به منظور مقایسه میزان Eu در گرانیت‌های حاوی قلع دنیا و توده‌های مشهد و دستیابی به یک مدل اکتشافی از نسبت Sm/Eu استفاده شد و نمودار شکل (۹) ترسیم گردید.

نسبت Sm/Eu در گرانیت‌های S حاوی قلع ۲۰ تا ۱۲۰ و در توده‌های دهنو- وکیل آباد ۱/۲ و خواجه مراد ۲/۴ است. میزان Rb (ppm) گرانیت‌های قلع‌دار ۴۰۰ تا ۵۰۰۰ (در زون‌های گرایزن تا ۸۰۰۰) و توده‌های مشهد ۱۰۰ تا ۲۰۰ است.

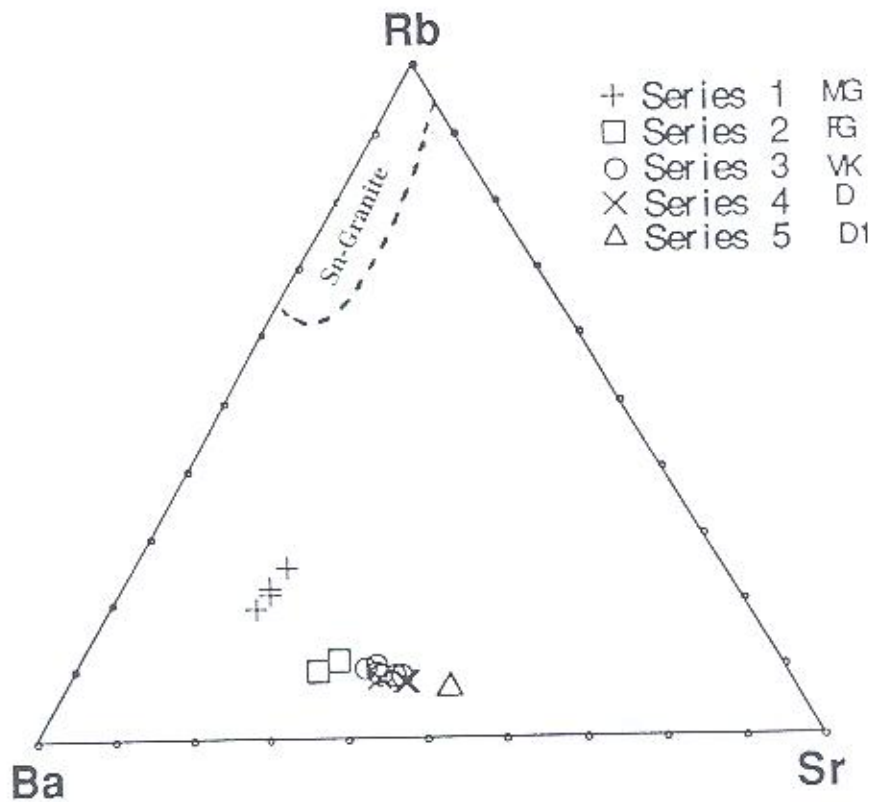
میزان F (ppm) گرانیت‌های S حاوی قلع ۳۰۰۰ تا ۸۰۰۰ و در گرانیت‌های بدون قلع ۳۰۰ تا ۷۰۰ و حداکثر تا ۱۵۰۰ (ppm) است (شکل ۱۰). در شکل (۱۰) گرانیت‌های حاوی قلع از بدون قلع از یکدیگر تفکیک شده‌اند. همچنین در مثلث Ba + Sr, Rb, F گرانیت‌های S حاوی قلع از گرانیت‌های S بدون قلع کاملاً تفکیک شده‌اند (شکل ۱۱)

1987, Xie Yihan and others, 1988, Sial 1987, Pitcher, 1997, Horbe and others, 1991, Silitoe, Richard H., 1996

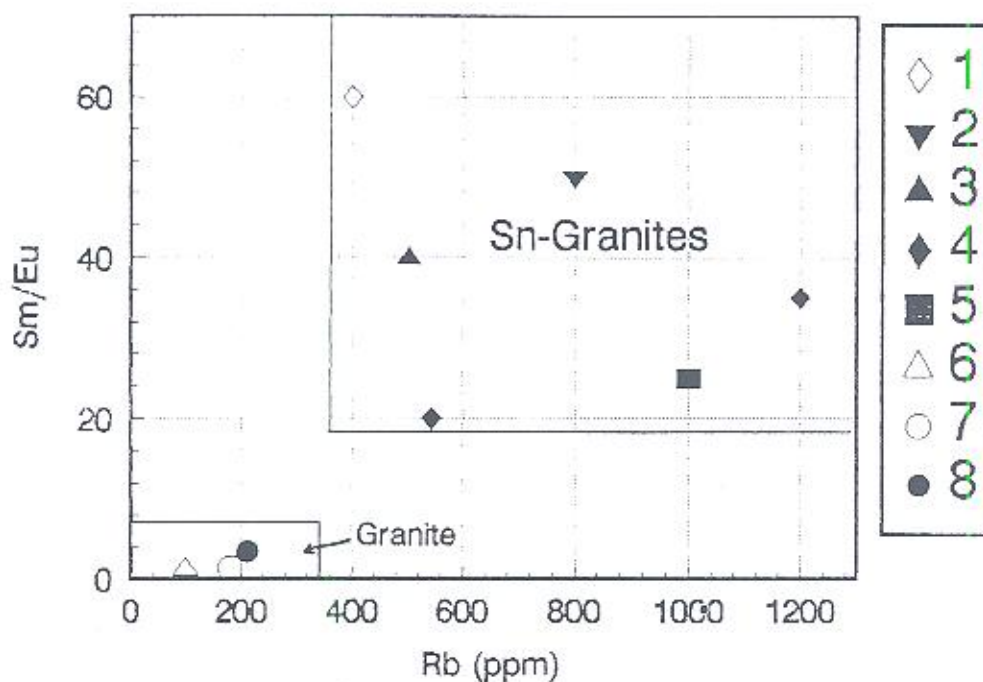
اختلاف قابل توجهی در خصوص میزان فراوانی بعضی از عناصر در گرانیت‌های مشهد و گرانیت‌های قلع‌دار مشاهده گردید (جنول ۳). با استفاده از این عناصر نمودارهای متعددی ترسیم گردیدند. چند نمودار که بهترین تفکیک را بین گرانیت‌های S حاوی قلع و بدون قلع نشان می‌دهد، در این مقاله معرفی شده‌اند. این نمودارها (شکل‌های ۹، ۱۰، ۱۱) برای اولین بار توسط نویسنده مقاله تهیه شده است.

در نمودار انیسیس رنگ و نسبت Rb/Sr (شکل ۸) گرانیت‌ها و گرانودیوریت‌های مشهد به لحاظ نسبت Rb/Sr اختلاف زیاد با محدوده توده‌های حاوی قلع دارند.

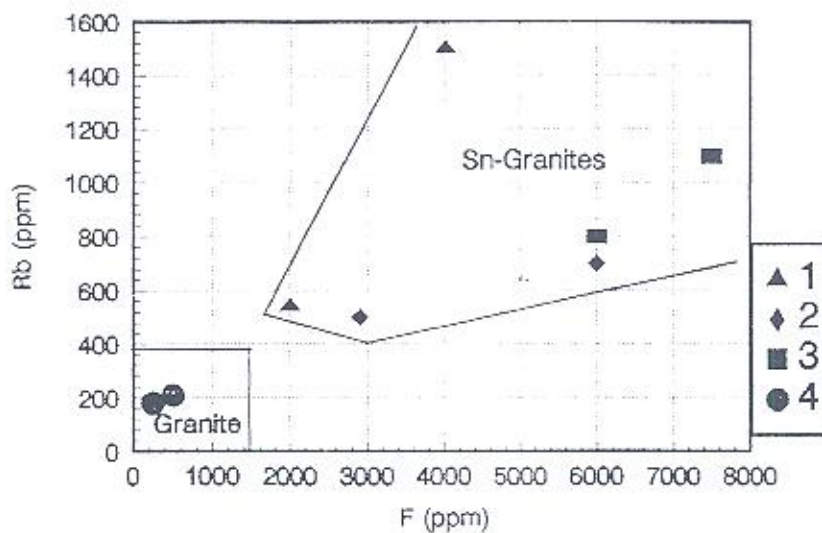
ضمن بررسی نمودارهای عناصر کم‌یاب گرانیت‌های S قلع‌دار نکته جالب توجه کاهیدگی (آنومالی منفی) عنصر Eu بود که در تمامی آنها قابل



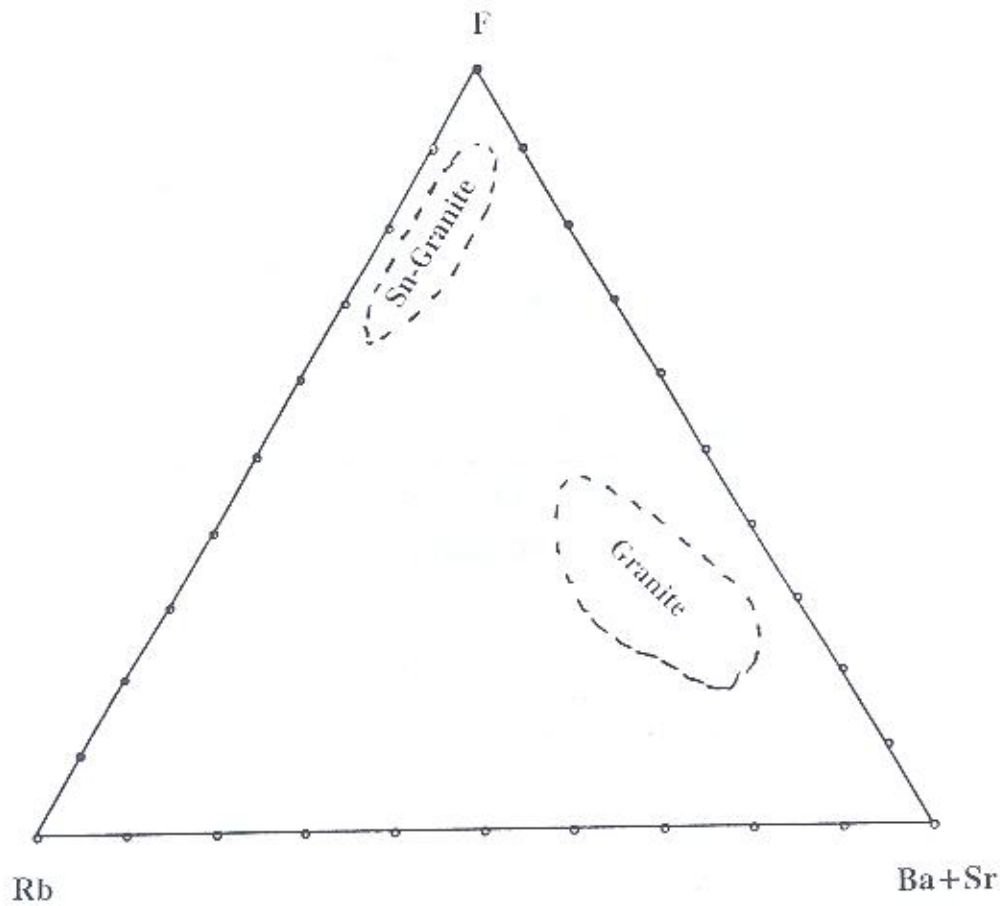
شکل ۱۱. مثلث Rb, Ba, Sr ترکیب توده‌های مشهد ترسیم و با سنگ منشاکانسان‌های قلع پوزفیبری مقایسه شده است
{D₁ و D - دهنو، VK - وکیل آباد، FG - فلندسپات گرانیت و MG - بیوتیت - مگنیت گرانیت}



شکل ۸. ترکیب گرانودیوریتها و گرانیت‌های مشهد و سنگ منشأ کانسارهای قلع یورفبری در نمودار تغییرات (Rb) و نسبت Sm/Eu ترسیم و مقایسه شده‌اند (۱-ژاپن، ۲-آلاسکا، ۳-استرالیا، ۴-استرالیا، ۵-چین، ۶-وکیل آباد، ۷-فلدسپات گرانیت سنگ بست، ۸-یونیت - مسکویت گرانیت خلیج - فنلاند)



شکل ۹. گرانیت‌های حاوی قلع و بدون قلع با استفاده از میزان فراوانی Rb و F از یکدیگر تفکیک شده‌اند (۱- استرالیا (Blue tire)، ۲- استرالیا (Herberton)، ۳- چین (Yanbei)، ۴- وکیل آباد - کوهسنگی).



شکل ۱۰. مثلث F, Rb, Sr + Ba گرانیت‌های حاوی قلع و بدون قلع از یکدیگر کاملاً تفکیک شده‌اند.

نتیجه‌گیری

گرانیت‌های S حاوی قلع و بدون قلع را می‌توان در مراحل ابتدایی اکتشاف با استفاده از چند نمودار از یکدیگر جدا کرد. نمودار نسبت Sm/Eu به Rb، نمودار Rb به F و مثلث F, Rb, Ba + Sr که براین تحقیق به دست آمد، بسیار مفید و کارسازند.

در مراحل اولیه اکتشاف مقدماتی با تجزیه توپ‌های نفوذی و تعیین اندیس رنگ، و نسبت‌های Ce/Yb, Rb/Sr با استفاده از شکل‌های (الف، ب) پتانسیل توپ‌های نفوذی برای کانی‌سازی قلع پورفیری، مولیبدن پورفیری و یا مس پورفیری را می‌توان مشخص نمود.

جدول (۳) میزان Sr, Ba, F, Rb نسبت Sm/Eu در گرانیت‌های S حاوی فلج دنیا و گرانیت‌های مشهد

منابع	Rb/Ba	Sr(ppm)	Ba(ppm)	F(ppm)	Rb(ppm)	Sm/Eu	نام معدن
Zhengsu, 1990	۲۵-۱۶	۲۳-۱۸	۶۵-۳۵	۷۰۰۰-۶۰۰۰	۱۱۰۰۰-۸۰۰۰	۲۵	چین گرانیت‌های Yambel
Xie Yihan and others, 1988	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	۱۸	چین گرانیت‌های Yanyan
Yang Chaoqun, 1985	۲۱	۳۵	۳۵	۱۳۰۰-۳۶۰۰	۱۰۶۰-۷۵۶	۶۵-۲۰	جنوب خاوری چین گرانیت‌های Gianlishan
Yu Shoujun and others, 1985	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	۷۵	جنوب خاوری چین گرانیت‌های Yoaganshan
Yu Shoujun and others, 1985	N.A	N.A	N.A	N.A	N.A	۴۵	جنوب خاوری چین گرانیت‌های Xihuashan
Higgins and others, 1985	۱۵	۳۱-۹	۳۵	۴۰۰۰-۲۰۰۰	۱۵۰۰۰-۵۴۳	۳۵-۲۰	استرالیا با تویت Blue Tier
Pollard, 1988	۱۰۰-۲۰	۱۹-۵	۳۵-۵	۶۰۰۰-۲۳۰۰	۷۰۰۰-۵۰۰	۱۲۰-۴۰	استرالیا منطقه Emuford (Herberton)
Horbe and others, 1981	۱۱۵-۳۳	۲۰	۳۲	۵۰۰۰	۵۱۰۰-۶۷۰	۹۵-۱۵	پرتغال (شمال خاوری) گرانیت Maderia
Akio Tsususe, 1987	۱۷	۲۰	۲۵	N.A	۳۵۰	۷۰-۵۰	یاجن ژاپن گرانیت Sanyo
Lemann, and other, 1983	۳۰-۵۵	۹-۱	۸۵-۳۸	N.A	۲۵۷۰-۱۱۰۰	N.A	تایلند گرانیت‌های Thai-Burmese
Charusiri, and others, 1985	۷۵-۳۰	۱۴-۹	۸۵-۲۰	N.A	۱۳۹۰-۶۸۰	N.A	جنوب تایلند جزیره Phuket توده Kathu
کریم‌پور ۱۳۷۸	۰/۳۲	۲۳۴-۲۰۴	۷۰۸-۶۱۱	N.A	۲۱۰	۳/۴	مسکویت گرانیت خواجه مراد
کریم‌پور ۱۳۷۸	۰/۲	۵۲۵	۸۸۶	۴۵۰	۱۸۰	۱۳	گرانیت سنگ‌بست
کریم‌پور ۱۳۷۸	۰/۱۸	۵۳۳-۴۵۰	۶۶۷-۴۵۰	۳۷۵	۱۰۰	۱/۲	گرانیت‌بورت (وکیل آباد)

NA = تجزیه نشده است



کریمپور، محمدحسن و ولیزاده، محمدولی ۱۳۷۴- منشاء و موقعیت تکتونیکی گرانیت‌های جنوب مشهد، مجله علوم دانشگاه تهران، جلد ۲۱، شماره ۱، بهار، ص ۷۱-۸۲

References

- Charusiri, W., Pongsapich and S. Vedchakachana, 1986- Petrological and geochemical studies of granites of Kathu plutons of Phuket Island. Spitzjorn Thailand: Geosea V proceedings Vol.1. Geol. Soc. Malaysia. Bulletin 19, pp.261-280.
- Chrism, L., Baadsgaard, H., Folinsbee, R.E., Fritz, P., Krouse, H.R., and Sasaki, 1969- Rb/Sr, S, O-isotopic analysis indicating source and date of contact metasomatic copper deposits, Craigmont, British Columbia, Canada: Econ., Geol., V. 64, PP.479-488.
- Gustafson, L.B., and Hunt, J.B., 1975- The porphyry copper deposit at El Salvador, Chile: Econ. Geol., V 70, PP.857-912.
- Higgins, N.C., Solomon, M., and Varne, R., 1985- The genesis of the Blue Tier batholith, northeastern Tasmania, Australia. Lithos 18, pp. 129-149.
- Horbe, M.A., Horbe, A.C., Costi, H.C., and Teixeira, J.T., 1991- Geochemical characteristics of cryolite tin-bearing granites from the Pitina mine, northwestern Brazil- areview: Journal of geoch. Explo. v.40, pp.227-249.
- Hougun, Liu and Yang Shiyi, 1987- REE geochemistry and origin of some granitic bodies related to tin polymetallic deposits in Nanling region: Mineral Deposits, pp. 16-20.
- Hosking, K.F.G., 1978- Tin distribution patterns: Bull. Geol. Soc. of Malaysia No. 11, pp. 1-71.
- Hosking, K.F.G., 1977- Known relationships between the hard rock tin deposits and the granites of southeast Asia: Geol. Soc. Malaysia, bull. Geol. Soc. Malaysia, Bull. 9, pp.141-157.
- Hutchison, 1983- Circum-Pacific- Plutonic Terranes: Memoir 159, Geol. Soc. of Am.
- Ivanov, V.V., and Spomior, Yu, N., 1981- Petrographic-geochemical criteria for estimation of the scale of tin ore mineralization during preliminary metallogenic investigation: Geoch. Intern. pp. 148-158.
- Karimpour, M.H., 1982- petrology, geochemistry, and genesis of the A.O. porphyry copper complex in Jackson and Grand Counties northwestern Colorado: Ph.D thesis, University of Colorado, Boulder, 251p.
- Keqin Xu and Zhu Jinchu 1986- Tin/Tungsten bearing granites in south China and their metallogenic relations: Geol. Malaysia, pp.579-599
- Kesler, S.E., and Walker., 1975- Intrusive rocks associated with porphyry copper mineralization in island arc areas: Econ. Geol., V.70., pp.515-526.
- Lameyre, Jean, 1987- The role of granites in the evolution of the crust example of the French crustal segment: International Symposium on granites and associated mineralizations, pp. 15-18.
- Sial, A.N., 1987- Granitic rocks of northeast Brazil: International Symposium on granites and associated mineralizations, pp. 61-70.
- Laughlin, A.W., Rehring, W.A., and Muager, R.L., 1969- K-Ar chronology and sulfur and strontium isotope ratios at the Questa mine, New Mexico: Econ. Geol., V., 64, pp.903-909.
- Lehmann, Bernd and C. Mahawat, 1989- Metallogeny of tin in central Thailand: A genetic concept, Geology, P.D., and Piccoli, P.M., 1989, Tectonic discrimination of granitoids: Geol. Soc. of Am. Bull., v.101, p.635-643.



- Maniar, P.D., and Piccoli, P.M., 1989- Tectonic discrimination of granitoids: Geol. Soc. of Am. Bull., v.101, p. 635-643.
- Moorbath, S., Hurney, P.M., and Fairbairn, H.W., 1967- Evidence for the origin and age of some mineralized Laramide intrusive of the southwestern United States: Econ. Geol., V. 62, pp. 228-236.
- Naiva, A.M.R., 1984- Geochemistry of tin-bearing granitic rocks: Chemical Geology, 43, pp. 241-256.
- Pitcher, W.S., 1997- The nature and origin of granite: Second Ed. Chapman & Hall 387p.
- Pollard, P.J., 1988- Petrogenesis of tin-bearing granites of the Emuford district, Herberton tinfield, Australia: Australian J. of Sciences 35, pp. 39-57.
- Rattigan, J.H., 1964- Geochemical characteristics of Australian granitic rocks in relation to the occurrence of tin: Ph.D thesis, University of New South Wales.
- Rongfu Pei and Dawei Hong, 1995- The granites of south China and their metallogeny: Episodes: Vol. 1& 2. pp.77-82.
- Sillitoe, Richard H., 1996- Granites and metal deposits: Episodes, Vol.,19, No.4., pp. 126-133.
- Simmons, E.C., and Hedge, C.E., 1978- Minor-trace elements and Sr-isotope geochemistry of Tertiary stocks, Colorado mineral belt: Cont. to Mineralogy and Pet., V.67., pp.379-396.
- Streckeisen, A.L., 1976- To each plutonic rocks its proper name: Earth Sci. Rev., 12, pp.1-133.
- Taylor, S.R., and Fryer, B.J., 1982- Rare earth element geochemistry as an aid to interpreting hydrothermal ore deposits: Metallization Associ. with acid magmatism, Edited by A.M. Evans, J., Wiley & Sons, p.357-365.
- Tsusesu, Akio and others, 1987- Granitic rocks of southwest Japan: Trace elements evidence regarding their differentiation, REE patterns: Mining Journal, 37(4)pp.267-278.
- Tsusesu, Akio and others, 1988- Granitic rocks of southwest Japan: Trace elements evidence regarding their differentiation, 2 Ba, Rb, Sr relationships, Mining Journal, 38(6)pp. 505-515.
- Yang Chaoqun, 1985- On specialization of granitoids of different genetic types in south china: The crust the significance of granites gneisses in the lithosphere, Theophrastus publications S.A Athens. pp 365-386.
- Yihan Xie and others, 1988- Physical-chemical condition and material sources for mineralization of the Yinyan porphyry tin deposits: Mineral Deposits, pp.45
- Ying, He, 1987- The relationship of alkaline metasomatism to tungsten metallization in Xihuashan, Jiangxi, 1987, Mineral Deposits, pp. 27
- Yu Shoujan, Deng Tiejun, Lu Renhong, Chen Zhizhong, He Zhongrong and Yang Yucheng, 1985- A Study of rock-forming characteristics and evolutionary rules of the transformation type of granites of the early Yenshanian period in southern China: The crust the significance of granites gneisses in the lithosphere, Theophrastus publications S.A Athens. pp. 439-462.
- Zhengsu, Zhu 1900- Geological feature and metallogenetic type of the Yanbei tin deposit in Huichang county, Jiangxi province: Mineral Deposits, pp. 327-331.
- Zhongxing, Yuan and others, 1986- The rare earth elements geochemistry of Lingshan tungsten-tin bearing granites and their applications to petrogenesis of granites: Geosea V Proceedings, V.1., Geol. Soc., Malaysia, April, pp.249-259.

* گروه زمین‌شناسی، دانشگاه فردوسی مشهد

* Department of Geology, Faculty of Science, Ferdowsi University, Mashhad, Iran