

کانه‌زایی رگه‌ای و چینه‌کران تنگستن (مس-طلا-روی) در ایران

سامان قادری^۱، ابراهیم راستاد^۲، نعمت‌اله رشیدنژاد عمران^۳ و محمد محجل^۲

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۲ دانشیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

^۳ استادیار، گروه زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت مدرس، تهران، ایران

تاریخ دریافت: ۱۳۹۱/۰۶/۱۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۲/۰۲/۳۱

چکیده

کانسارها و رخدادهای معدنی تنگستن (مس-طلا-روی) در ایران را می‌توان با توجه به خاستگاه، جایگاه زمین‌ساختی، پاراژنز کانیایی و فرایندهای مربوط به پیدایش و تشکیل آنها در دو گروه رده‌بندی کرد. دسته اول ذخایری هستند که در توالی آتشفشانی-رسوبی دگرگون‌شده تریاس-پسین-ژوراسیک میانی قرار داشته و گسترش آنها از روند لایه‌بندی (چینه‌سان) پیروی می‌کند. این کانسارها در جایگاه چینه‌ای خاص و در مرز واحدهای آتشفشانی با سنگ‌های کربناتی و در داخل کربنات‌ها قرار دارند. جایگاه ژئودینامیکی این کانسارها، احتمالاً ریف‌ت درون‌قاره‌ای است. دسته دوم ذخایری هستند که ژئوتری رگه-رگچه‌ای داشته و قطع‌کننده سنگ‌های رسوبی دگرگون‌شده گروه شمشک و توده‌های گرانیتویدی می‌زبان به سن ژوراسیک هستند. تشکیل این ذخایر توسط گسل‌ها، شکستگی‌ها و پهنه‌های برشی کنترل می‌شود. جایگاه ژئودینامیکی این کانسارها، احتمالاً حاشیه فعال قاره‌ای است. پاراژنز کانیایی گروه اول عمدتاً شلیت و سولفیدهای مس-روی-آهن است. در حالی که پاراژنز گروه دوم بیشتر ولفرامیت، شلیت، کالکوپریت، آرسنوپریت همراه با طلا و به‌ویژه بیسموت است.

کلیدواژه‌ها: کانه‌زایی تنگستن (مس-طلا-روی)، چینه‌کران، رگه‌ای، توالی آتشفشانی-رسوبی تریاس-ژوراسیک، توده‌های گرانیتویدی ژوراسیک، ریف‌ت درون‌قاره‌ای، حاشیه فعال قاره‌ای، ایران.

E-mail: Rastad@modares.ac.ir

*نویسنده مسئول: ابراهیم راستاد

۱- پیش‌گفتار

اولین فعالیت‌های معدنی برای استخراج تنگستن در ایران، همزمان با جنگ جهانی دوم (۱۳۱۶ تا ۱۳۲۰) و توسط یک گروه آلمانی، در کانسار چاه‌پلنگ جنوبی صورت گرفته است (جهانگیری و منصوری، ۱۳۸۶). استخراج این فلز استراتژیک، یک دهه بعد، در کانسارهای چاه‌پلنگ جنوبی (شرکت سهامی فلز انارک، ۱۳۳۵) و نظام‌آباد و رخدادهای معدنی روشت و بامسر (توسط یک شرکت آمریکایی، ۱۳۳۰ تا ۱۳۵۰)، به طور ناپیوسته ادامه پیدا کرده است (زینعلی، ۱۳۷۰). محصول استخراج شده به صورت کنسانتره و یا فلز خالص صادر می‌شده است.

با توجه به رخداد ناچیز ذخایر تنگستن در ایران و همچنین پایین بودن عیار و تناژ این ذخایر، در حال حاضر تنگستن در ایران تولید نمی‌شود و نیاز داخلی این فلز از راه واردات تأمین می‌شود که در سال‌های اخیر با رشد ۱۴ درصدی همراه بوده است (پایگاه ملی داده‌های علوم زمین کشور).

ذخایر تنگستن ایران، همانند بیشتر ذخایر تنگستن جهان در مزوزویک (سنوزویک) و در طی فازهای کوهزایی آلپی تشکیل شده‌اند. گفتنی است که کانه‌زایی تنگستن در سنوزویک، در ایران، بیشتر به صورت عنصر همراه رخ داده و تا کنون ذخایر قابل توجهی در این زمان گزارش نشده‌اند (قربانی، ۱۳۸۶).

کانه‌زایی تنگستن به صورت ذخایر اسکاران همراه با توده‌های گرانیتویدی ژوراسیک و الیگو-میوسن به ترتیب در منطقه ابراهیم‌عطارقرو (حسامی، ۱۳۸۲) و منطقه علم‌کوه-اکاپل (شرکت اکتشافات سراسری فلزات غیر آهنی ایران، مهندسین مشاور، ۱۳۷۳) کلاردشت رخ داده است که در این نوشتار به دلیل نبود اطلاعات آکادمیک از ذکر آنها صرف نظر شده است.

این نوشتار تلاش دارد تا با مروری بر دو نوع ذخایر چینه‌کران و رگه‌ای تنگستن (مس-طلا-روی) در ایران، ضمن تأکید بر جایگاه ژئودینامیکی آنها در تداوم پی‌جویی و اکتشاف آنها، با توجه به ویژگی‌های هر گروه، ضرورت مطالعات ژئوشیمی ایزوتوپی و توجه به اکتشاف طلای همراه با تنگستن نوع رگه‌ای را مورد تأکید قرار دهد. ضمناً نظر به مطالعات اخیر صورت گرفته (قادری و همکاران، ۱۳۹۰ الف)، در

کانسار رگه‌ای چاه‌پلنگ جنوبی داده‌های جدیدی از این کانسار به عنوان نمونه شاخص از کانسارهای رگه‌ای تنگستن (مس-طلا) ایران ارائه شده است.

۲- کانه‌زایی

کانه‌زایی چینه‌کران و رگه‌ای تنگستن در ایران (شکل ۱)، با سن مزوزویک، به صورت کانسارها و رخدادهای معدنی چندفلزی تنگستن (مس، طلا، روی، بیسموت، قلع و آرسنیک) در رسوبات و سنگ‌های آتشفشانی تریاس-ژوراسیک گروه شمشک و توده‌های گرانیتویدی به سن ژوراسیک رخ داده‌اند. این کانسارها براساس خاستگاه، جایگاه زمین‌ساختی، پاراژنز کانیایی، ژنز و فرایندهای مسئول تشکیل کانسار در دو گروه قرار می‌گیرند (قادری و همکاران، ۱۳۹۰ ب).

الف) ذخایر رگه‌ای تنگستن (مس-طلا): این دسته از ذخایر به صورت رگه-رگچه‌ای در پهنه‌های گسلی، برشی و همچنین شکستگی‌های موجود در توده‌های گرانیتویدی ژوراسیک و سنگ‌های رسوبی دگرگون‌شده سازند شمشک تشکیل شده‌اند. پاراژنز این دسته عمدتاً شامل ولفرامیت، شلیت، کالکوپریت، آرسنوپریت همراه با طلا و به‌ویژه بیسموت است. در شکل‌گیری این دسته از کانسارها، نقش فرایندهای دگرگونی، دگرشکلی و پلوتونیزم گرانیتویدی بسیار حائز اهمیت است. کانسارهای این دسته احتمالاً در موقعیت زمین‌ساختی حواشی فعال قاره‌ای (Razmara et al., 2011; Mohajjel et al., 2003) قرار دارند. این گروه از کانسارها، کانسارهای دارای ارزش اقتصادی ایران را تشکیل داده و در گذشته به دلیل محتوای بالای تنگستن و طلا استخراج می‌شده‌اند. در این ذخایر، مطالعه دقیقی بر روی چگونگی رخداد طلا صورت نگرفته و بیشتر مطالعات بر روی ژنز تنگستن متمرکز بوده است. از ذخایر این دسته می‌توان به کانسارهای چاه‌پلنگ جنوبی (قادری و همکاران، ۱۳۹۰ الف)، نظام‌آباد (Nezafati, 2006)، ده حسین (Nezafati, 2006) و تاریک‌دره (قوی و همکاران، ۱۳۸۹) اشاره کرد.

ب) ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران تنگستن (مس-روی): عناصر کانه‌ساز این ذخایر

جوی به اعماق، تشکیل شده‌اند. این نوع از رگه- رگچه‌ها فاقد کان‌زایی بوده و نشان‌دهنده پایان یافتن فاز کان‌زایی در کانسار چاه پلنگ جنوبی هستند. دگرسانی صورت گرفته در اطراف رگه‌های کوارتز اغلب ناچیز بوده و به‌سختی در صحرا، قابل تشخیص است. ولی دگرسانی آذرلیلی با ستبرای کمتر از ۲ متر در اطراف برخی از رگه- رگچه‌های کان‌دار به خوبی قابل مشاهده است. دگرسانی‌های اصلی مرتبط با کان‌زایی شامل انواع دگرسانی کلریتی، سیلیسی، سولفیدی، سریستی، کربناتی و آذرلیلی هستند.

خاطر نشان می‌سازد رخداد معدنی طلا (تنگستن) زرین که در ۵۰ کیلومتری جنوب خاور کانسار چاه پلنگ جنوبی قرار دارد (شکل ۲)، دارای سنگ میزبان توده گرانیتویدی (ژوراسیک) است که به درون ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌های سازند شمشک تزریق شده است. این توده گرانیتویدی از ۳ واحد مونوزوگرنیت، گرانودیوریت و ترونجیت تشکیل شده است. کان‌زایی در این اندیس توسط پهنه‌های برشی راستالغز راست بر قطع‌کننده واحد ترونجیتی کنترل می‌شود. شیلیت، آرسنوپیریت، پیریت و گالن، کان‌های این رخداد را تشکیل می‌دهند. بر اساس مطالعات ژئوشیمیایی، سنگ‌های توده گرانیتویدی زرین، در محدوده سنگ‌های کلسیمی-قلیایی قاره‌ای و پراآلمین از نوع توده‌های گرانیتویدی پس از کوهزایی قرار می‌گیرند (محجل و همکاران، ۱۳۸۷؛ Valizadeh et al., 2002).

– **کانسار تاریک‌دره:** این کانسار در شمال خاور ایران و در مرز زون‌های ساختاری ایران مرکزی و کپه‌داغ (خاور رشته‌کوه‌های بینالود) قرار دارد (شکل ۱) (Razmara et al., 2011). سنگ‌های دربرگیرنده کانسار، توده گرانیتویدی تربت‌جام (تریاس پسین؟) و شیل و ماسه‌سنگ‌های سازند میانکوهی به سن تریاس هستند. گسل فیروزکوه و گسل‌های تراسی-امتدادلغز فراوانی در منطقه دیده می‌شوند. گسل‌های رخداد در حاشیه توده و سنگ‌های سازند میانکوهی، از عوامل اصلی کنترل‌کننده کان‌زایی در این کانسار هستند. کان‌زایی در این کانسار در رگه‌های سیلیسی-کلسیتی آرسنوپیریت‌دار صورت گرفته است. از کان‌های اصلی آن می‌توان به شیلیت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت، پیریت و اورپیمنت اشاره کرد. طلا ظاهراً به‌صورت آزاد در رگه‌های معدنی دیده می‌شود. کانی‌های حاصل از دگرسانی شامل کوارتز، کلسیت و سریست هستند (قوی و همکاران، ۱۳۸۹).

– **کانسار ده‌حسین:** این کانسار در زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده زون سندنجد-سیرجان (Mohajjel et al., 2003) قرار دارد (شکل ۱). سنگ‌های میزبان کان‌زایی، ماسه‌سنگ‌های دگرگون شده ژوراسیک هستند (شکل ۳) که گسل‌ها و شکستگی‌های فراوانی در آنها رخ داده است. کان‌زایی به‌صورت رگه- رگچه‌های کوارتز سولفیددار صورت گرفته است. کان‌های اصلی، آرسنوپیریت، کالکوپیریت، فربریت، پیریت، بیسموت خالص و بیسموتینیت هستند. طلا در این کانسار به‌صورت غیر قابل رؤیت در آرسنوپیریت و کانی‌های بیسموت‌دار رخ داده است. از کانی‌های باطله اصلی می‌توان به کوارتز، سریست و تورمالین اشاره کرد. گسل‌ها و شکستگی‌ها، از عوامل اصلی کنترل‌کننده کان‌زایی در این کانسار هستند (عبدی، ۱۳۸۶؛ Nezafati, 2006).

– **کانسار نظام‌آباد:** این کانسار، مانند کانسار ده‌حسین در زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده زون سندنجد-سیرجان (Mohajjel et al., 2003; Ahmadi-Khalaji et al., 2007) قرار دارد (شکل ۱). سنگ میزبان این کانسار واحد کوارتزیدیوریت توده گرانیتویدی بروجرد است (شکل ۳). کان‌زایی در رگه‌های کوارتز تورمالین‌دار (شکل ۷) قطع‌کننده واحد کوارتزیدیوریت رخ داده است. از کان‌های اصلی آن می‌توان به شیلیت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت، پروتیت، پیریت و کانی‌های بیسموت اشاره کرد. طلا در این کانسار به‌صورت غیرقابل رؤیت در آرسنوپیریت و اداخل‌های بیسموت رخ داده است. کانی‌های اصلی حاصل از دگرسانی، کوارتز، تورمالین، سریست و کلسیت هستند. گسل‌ها و شکستگی‌ها،

همزمان با تشکیل توالی‌های آتشفشانی- رسوبی زیردریایی به صورت برون‌دیمی به محیط رسوبی افزوده شده‌اند. تحرک این عناصر کان‌ساز سبب تمرکز بعدی مواد معدنی در اثر فرایندهای دیاژنز، دگرگونی ناحیه‌ای و دگرشکلی، به‌صورت چینه‌سان- چینه‌کران، در مرز واحدهای آتشفشانی با سنگ‌های رسوبی و در داخل سنگ‌های کربناتی شده است. این گروه احتمالاً در محیط‌های ریفت درون قاره‌ای تشکیل شده و دارای پارائز تنگستن- مس (روی) بوده و فاقد طلا هستند. از ذخایر این دسته می‌توان به کانسار چاه کلب (شعله و همکاران، ۱۳۸۶)، رخداد‌های معدنی بامسر (عزیزپور مغوان، ۱۳۷۸) و آق‌بلاغ (عبدی، ۱۳۸۶) اشاره کرد.

با توجه به اهمیت ذخایر رگه‌ای و اقتصادی بودن آنها، ابتدا ذخایر رگه‌ای و سپس ذخایر چینه‌سان مورد بررسی قرار خواهند گرفت.

۲-۱. ذخایر رگه‌ای

– **کانسار چاه‌پلنگ جنوبی:** کانسار چاه‌پلنگ جنوبی در بخش میانی بلوک یزد (شکل ۲) با پی‌سنگ نئوپروتریویک پسین- کامبرین پیشین (Ramazani & Tucker, 2003) قرار دارد. این بخش از بلوک یزد در نئوپروتریویک پسین- کامبرین پیشین در موقعیت کمان‌ماگمایی قاره‌ای (Ramazani & Tucker, 2003) قرار داشته و در طول پالتوزویک- تریاس میانی توسط رسوبات پلازموری و فلات قاره‌ای پوشیده شده است (Wendt et al., 2005). در تریاس پسین، این بخش از بلوک یزد به دنبال برخورد با صفحه توران، به عنوان پیش‌بوم رشته‌کوه‌های کیمبرین عمل کرده و محل تجمع فلش‌های بیاض (تریاس پسین) و رسوبات مولاس گروه شمشک (ژوراسیک پیشین) شده است (Wilmsen et al., 2009; Zanchi et al., 2009; Bagheri & Stampfli, 2008).

کانسار چاه‌پلنگ جنوبی در جنوب خاور انارک و در یال جنوب باختری یک طاق‌دیس بزرگ با امتداد شمال باختری- جنوب خاوری قرار گرفته است. سنگ درونگیر کانسار، ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌های سازند شمشک هستند که در رخساره پایین شیب سبز دگرگون شده و دگرشکلی قابل ملاحظه‌ای از خود نشان می‌دهند. درجه دگرگونی سنگ‌ها خیلی پایین است، به‌طوری‌که بافت‌های رسوبی به‌خوبی در آنها حفظ شده‌اند (Romanko et al., 1984). گسل‌های تراسی-امتدادلغز منطقه که دارای امتداد شمال باختری- جنوب خاوری بوده و هم‌راستا با محور طاق‌دیس هستند، موجب رانده شدن یال جنوب باختری طاق‌دیس بر روی هسته آن شده‌اند (قادری و همکاران، ۱۳۹۰ الف). کان‌زایی در این کانسار به‌صورت رگه- رگچه‌های کوارتز تشکیل شده که در پهنه‌های گسلی نرمال، قطع‌کننده گسل‌های تراسی-امتدادلغز، متمرکز شده است (شکل ۴).

رگه- رگچه‌های موجود در کانسار چاه‌پلنگ جنوبی را می‌توان بر حسب پارائز کان‌ها و نوع کانی باطله و بافت و رنگ آنها به چهار دسته اصلی تقسیم کرد. الف) رگه- رگچه‌های نوع اول که حاوی کوارتزهای شیری- سفید، آپاتیت و فلدسپار پتاسیم هستند. (شکل ۵). کان‌های اصلی این رگه‌ها و لفرامیت همراه با اداخل‌هایی بسیار ریزی از آرسنوپیریت، کالکوپیریت و پیریت است. در این نوع از رگه- رگچه‌ها شیلیت، به مقدار کم، به صورت هم‌رشد با و لفرامیت تشکیل شده است. ب) رگه- رگچه‌های نوع دوم از کوارتز سفیدرنگ تشکیل شده‌اند که توسط مقدار کمی آپاتیت همراهی می‌شود (شکل ۶). شیلیت در این نوع رگه- رگچه‌ها به صورت هم‌رشد با آپاتیت در شکستگی‌های کوارتز و یا به صورت اداخل در داخل فازهای آرسنیک‌دار تشکیل شده است. طلا به صورت اداخل‌های بسیار ریز در شیلیت و یا هم‌رشد با آن، رخ داده است. از کان‌های سولفیدی این رگه- رگچه‌ها می‌توان به کالکوپیریت، بورنیت، پیریت، پروتیت، بیسموت طبیعی، نیکلین، کبالتیت، سولفیدهای مس- نیکل- آهن و اسفالریت اشاره کرد. ج) دسته سوم رگه- رگچه‌های کوارتز- هماتیت و د) دسته چهارم رگه- رگچه‌های تأخیری کربناتی هستند که قطع‌کننده رگه- رگچه‌های پیشین بوده و در اثر نفوذ آب‌های

رسوبات گروه شمشک یک هاله دگرگونی حرارتی در رسوبات ایجاد شده است. کانه‌زایی قلع (تنگستن) در توده، در ارتباط با واحد مونزوگرنیت-گرانودیوریت رخ داده است. از نظر ژئوشیمیایی، این توده گرانیتویدی پرآلومین-متآلومین بوده و جزو گرانیت‌های تیپ I و انتقالی بین تیپ‌های I و S قرار می‌گیرند. همچنین این توده گرانیتویدی دارای ویژگی‌های سری‌های ماگمایی کلسیمی-قلیایی پتاسیم بالا و ساب‌آلکالن-آلکالن است. ذوب بخشی سنگ‌های قاعده پوسته قاره‌ای به عنوان منشأ این توده گرانیتویدی پیشنهاد شده است (Esmaily et al., 2005).

۲-۳. ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران

– **کانسار چاه‌کَلپ:** این کانسار در محل اتصال بلوک لوت با زمین‌درز سیستان و در پایانه شمالی گسل امتدادلغز نایبند قرار دارد (شکل ۱). بخش کربناتی توالی آتشفشانی-رسوبی تریاس بالایی-ژوراسیک که تا رخساره شیت سبز-آمفیولیت پایینی دگرگون شده است، میزبان اصلی کانه‌زایی در کانسار است. کانه‌زایی به‌صورت لایه‌ای و عدسی‌شکل رخ داده است (شکل ۸). ۶ افق کانه‌دار در توالی آتشفشانی-رسوبی منطقه معدنی چاه‌کَلپ دیده شده است که ۳ افق در داخل شیت‌ها و ۳ افق در داخل آهک‌های دگرگون شده قرار دارند. کانه‌های اصلی در این کانسار شامل کالکوپریت، پیریت، شلیت، اسفالریت، پیروتیت و آرسنوپریت هستند که بافت‌های توده‌ای، نواری، برشی، لامینه، دانه‌پراکنده (شکل ۹) و پرکننده فضای خالی از خود نشان می‌دهند. کانی‌های کالک‌سیلیکاتی به فراوانی در منطقه معدنی دیده می‌شوند. کوارتز و کلیست، از محصولات دگرسانی به‌شمار می‌روند (شعله و همکاران، ۱۳۸۵).

– **رخداد معدنی بامسر:** این رخداد معدنی نیز در زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده زون سندنجد-سیرجان (Mohajjel et al., 2003) قرار دارد (شکل ۱). سنگ‌های میزبان رخداد معدنی، عمدتاً کالک-شیت و توف سیلیسی توالی آتشفشانی-رسوبی تریاس پسین-ژوراسیک میانی و آهک‌های چرتی دگرگون‌شده هستند (شکل ۳). کانه‌زایی در این رخداد معدنی به‌صورت لامینه (شکل ۱۰)، لایه‌ای و رگچه‌ای بوده و رگچه‌ها درون عدسی‌های همخوان با لایه‌بندی تشکیل و محدود شده‌اند. در رخداد معدنی بامسر نیز ۶ افق کانه‌دار شناسایی شده است. پاراژنز ماده معدنی شامل شلیت، کالکوپریت، آرسنوپریت، پیریت، پیروتیت و اسفالریت است. توالی آتشفشانی-رسوبی، جایگاه چینه‌ای خاص، رخساره کربناتی-چرتی و فرایندهای دگرگونی ناحیه‌ای، عوامل کنترل‌کننده کانه‌زایی در این رخداد معدنی به‌شمار می‌روند (عزیزپور مغوان، ۱۳۷۸؛ قادری و همکاران، ۱۳۸۴).

– **رخداد معدنی آق‌بلاغ:** این رخداد نیز در زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده، پهنه ساختاری سندنجد-سیرجان (Mohajjel et al., 2003) قرار دارد. میزبان کانه‌زایی در این رخداد، کالک‌شیت‌ها و آهک‌های چرتی دگرگون شده و متاولکانیک‌های بازیک و اسیدی هستند. بافت‌های اصلی کانه‌ها شامل لامینه، نواری، عدسی‌شکل، دانه‌پراکنده و جانشینی هستند. شلیت، پیریت، کالکوپریت و اسفالریت، کانی‌شناسی ماده معدنی را تشکیل می‌دهند. ولکانیسم زیردریایی، فرایندهای دیاژنز و دگرگونی ناحیه‌ای و رخداد پهنه‌های برشی، مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده کانه‌زایی در این رخداد به‌شمار می‌آیند (عبدی، ۱۳۸۶).

۳- بحث

۳-۱. ذخایر رگه‌ای

در فائروزیبیک، غنی‌شدگی عنصر تنگستن در پوسته زمین، در محیط‌های فرورانش قاره‌ای، که توسط فرایندهای چندگانه ذوب دوباره، اختلاط ماگمایی و دگرگونی مشخص می‌شوند، صورت گرفته است (BGS, 2011; Schubert et al., 2006). در این حواشی فعال قاره‌ای، کانسارهای تنگستن تیپ رگه‌ای بلافاصله در موقعیت پشت کمان ماگمایی (شکل ۱۱)، در حالی که کانسارهای تیپ اسکارن و پورفیری

از عوامل اصلی کنترل‌کننده کانه‌زایی هستند (قادری و همکاران، ۱۳۸۴؛ حق‌نظر، ۱۳۸۶؛ Nezafati, 2006).

– **کانسار قلع (تنگستن) شاهکوه:** این کانسار در مرز خاوری بلوک لوت، و در توده گرانیتویدی شاهکوه (۱۶۵ میلیون سال) و رسوبات دگرگون شده گروه شمشک قرار دارد (شکل ۱). مونزوگرنیت و گرانودیوریت سنگ‌شناسی اصلی توده گرانیتویدی شاهکوه را تشکیل می‌دهند که توسط فاز جوان‌تر سینوگرنیتی قطع شده‌اند. رخنمون‌های کوچکی از سنگ‌های میکروگرنیتی نیز در این توده مشاهده می‌شود. ماسه‌سنگ‌ها و شیل‌های سازند شمشک در حد رخساره شیت سبز-آمفیولیت دگرگون شده‌اند (Esmaily et al., 2005). تشکیل توده گرانیتویدی شاهکوه تقریباً همزمان با دگرگونی و دگرشکلی سنگ‌های میزبان، در یک پهنه برشی فعال صورت گرفته است (Mahmoudi et al., 2010). کانه‌زایی قلع (تنگستن) در رگه‌های کوارتز-تورمالین موجود در بخش شمال و شمال باختری توده گرانیتویدی و زون‌های برشی موجود در رسوبات دگرگون شده، به صورت کانه‌های کاسیتريت، شلیت، کالکوپریت و پیریت رخ داده است (Esmaily et al., 2005).

۲-۲. توده‌های گرانیتویدی میزبان ذخایر رگه‌ای

توده‌های گرانیتویدی، که میزبان کانه‌زایی ذخایر رگه‌ای تنگستن-طلای ایران هستند، دارای ویژگی‌های تقریباً مشابه بوده و در موقعیت حاشیه قاره‌ای فعال، در محل کمان و یا پشت کمان ماگمایی، تشکیل شده‌اند. این توده‌ها در مراحل آغازین فرورانش و یا در مراحل پایانی فرورانش تشکیل شده (Razmara et al., 2011; Ahmadi-Khalaji et al., 2007) و از انواع توده‌های I و S هستند. شواهد تزریق همزمان با فعالیت‌های زمین‌ساختی در این توده‌ها، توسط جهت‌یافتگی ترجیحی کانی‌های تشکیل‌دهنده سنگ، وجود بافت‌های میولینیتی، پهنه‌های برشی و شکل کشیده توده‌ها مشخص می‌شود. همچنین وجود گسل‌ها و شکستگی‌ها، تأثیر فعالیت‌های زمین‌ساختی پس از تشکیل توده‌ها را ثابت می‌نماید (Esmaily et al., 2005; Ahadnezhad et al., 2010).

توده گرانیتویدی تربت جام با سن تریاس پسین-ژوراسیک پیشین (۴) از ۳ واحد گرانودیوریتی، کوارتز-مونزودیوریت و کوارتز-دیوریت تشکیل شده است، که کانه‌زایی طلا-تنگستن بیشتر در ارتباط با واحد کوارتز-دیوریت است. این توده گرانیتویدی از نظر ویژگی‌های ژئوشیمیایی متآلومین تا کمی پرآلومین بوده و جزو سری‌های ماگمایی کلسیمی-قلیایی پتاسیم بالا و ساب‌آلکالن قرار می‌گیرند. ویژگی اصلی این توده گرانیتویدی، I-type بودن آن است که مشخصه اصلی زون‌های فرورانش است (Razmara et al., 2011).

مجموعه گرانیتویدی بروجرد با سن ژوراسیک میانی (۱۶۹ میلیون سال) نیز در موقعیت حاشیه فعال قاره‌ای (کمان ماگمایی) جایگزین شده و از ۳ واحد گرانودیوریت، مونزوگرنیت و کوارتز-دیوریت تشکیل شده‌اند. کانه‌زایی تنگستن-طلا در این مجموعه، در واحد کوارتز-دیوریت رخ داده است. از نظر ژئوشیمیایی، این مجموعه گرانیتویدی متآلومین تا کمی پرآلومین بوده و جزو گرانیت‌های شاخص تیپ I قرار می‌گیرد. مجموعه گرانیتویدی بروجرد جزو گرانیت‌های کمان آتشفشانی مرتبط با حاشیه قاره‌ای فعال بوده و دارای ویژگی‌های سری‌های ماگمایی کلسیمی-قلیایی پتاسیم بالا و ساب‌آلکالن است (Ahmadi-Khalaji et al., 2007). شواهد ایزوتوپی نشان‌دهنده سنگ منشأ پوسته‌ای (Ahmadi-Khalaji et al., 2007) و به‌ویژه پوسته زیرین (Nezafati, 2006) برای ماگمای سازنده مجموعه گرانیتویدی بروجرد هستند.

توده گرانیتویدی شاهکوه با سن ژوراسیک میانی (۱۶۵ میلیون سال) در حاشیه قاره‌ای فعال (پشت کمان ماگمایی) جایگزین شده و از واحدهای مونزوگرنیت، گرانودیوریت، سینوگرنیت و میکروگرنیت تشکیل شده است. گرانیت‌های گرازینی شده در بخش خاوری توده رخنمون دارند. تحت تأثیر نفوذ این توده به درون

آتشفشان-رسوبی و با شکل عدسی همخوان با لایه‌بندی، لامینه، نواری، دانه پراکنده و جانمایی در محل تغییر رخساره سنگ‌های آتشفشانی به سنگ آهک‌های چرت‌دار رخ داده است. شواهدی از جمله، عدم ارتباط زمانی و مکانی افق‌های کانه‌دار با توده‌های گرانیتوئیدی و عدم پیروی کانه‌زایی از گسل‌ها و شکستگی‌ها، تأییدی بر تشکیل این ذخایر به صورت چینه‌سان-چینه‌کران در توالی‌های آتشفشان-رسوبی تریاس پسین-ژوراسیک میانی هستند. شلیت کانی اصلی تنگستن در ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران است که توسط کالکوپریت، اسفالریت همراهی می‌شود (BGS, 2011). مهم‌ترین کانه تنگستن در ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران ایران نیز شلیت است که همراه با مقادیر کمتری اسفالریت، کالکوپریت و آرسنوپریت تشکیل شده است. عناصر دارای ارزش اقتصادی این دسته از ذخایر تنگستن و مس هستند (جدول ۲).

تقسیم‌بندی کانسارهای تنگستن بر مبنای فاصله زمانی و مکانی از مرکز آتشفشانی به نزدیک به منشأ (Proximal) و دور از منشأ (Distal) توسط پژوهشگران مختلفی صورت گرفته است. (Cheilletz, 1988) در مقاله خود، با عنوان مروری بر کانسارهای تنگستن چینه‌سان، تقسیم‌بندی جامعی از این کانسارها ارائه می‌دهد. کانسارهای نزدیک به منشأ، با نسبت بالای سنگ‌های آتشفشانی به رسوب، رخداد پلوتونیزم و توسعه دگرسانی سنگ دیواره، وجود رگه-رگچه‌های کوارتز-سریست مشخص می‌شوند. در کانسار چاه کلپ و رخدادهای معدنی بامسر و آق‌بلاغ فعالیت انفجاری شدید، پلوتونیزم و دگرسانی شدید سنگ دیواره رخ نداده است. از سوی دیگر، حجم سنگ‌های رسوبی در توالی آتشفشانی-رسوبی نیز بالاست. همچنین، رگه-رگچه‌های کوارتز-سریست در ذخایر مزبور دیده نشده‌اند (شکل ۱۳). بنابراین، شواهد یادشده می‌تواند نشان‌دهنده دور از منشأ بودن این ذخایر باشد (شعله و همکاران، ۱۳۸۶؛ عزیزپور مغوان، ۱۳۷۸؛ Plimer, 1978؛ Cheilletz, 1988). جایگاه ژئودینامیکی ذخایر تیپ رگه‌ای حاشیه‌های فعال قاره‌ای است که در آن رسوبات ماسه‌سنگی و شیلی دچار دگرگونی و دگرشکلی شده و سپس توده‌های گرانیتوئیدی به داخل آنها تزریق می‌شوند. در حالی که در ذخایر تیپ چینه‌سان-چینه‌کران توالی‌های آتشفشانی-رسوبی میزبان کانه‌زایی در محیط‌های ریفت درون قاره‌ای تشکیل می‌شوند (جدول ۳).

ولفرامیت، شلیت، آرسنوپریت، کالکوپریت و کانی‌های بیسموت کانه‌های اصلی در رگه-رگچه‌های کوارتز ذخایر تیپ رگه‌ای هستند، در حالی که شلیت، کالکوپریت و اسفالریت کانه‌های موجود در لامینه‌ها و نوارهای ذخایر تیپ چینه‌سان-چینه‌کران هستند (جدول ۳). تنگستن، قلع و بیسموت در ذخایر تیپ رگه‌ای و تنگستن و مس در ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران، عناصر دارای ارزش اقتصادی را تشکیل می‌دهند. طلا به صورت آزاد و یا غیرقابل رؤیت در فازهای آرسنیک و بیسموت‌دار، فقط در ذخایر تیپ رگه‌ای رخ داده است (جدول ۳).

توده‌های گرانیتوئیدی، گسل‌ها و شکستگی‌ها در ذخایر تیپ رگه‌ای، جایگاه چینه‌ای خاص در توالی‌های آتشفشانی-رسوبی، فرایندهای دیاژنز و دگرگونی ناحیه‌ای در ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران، مهم‌ترین عوامل کنترل‌کننده کانه‌زایی به شمار می‌روند (جدول ۳).

۴- نتیجه‌گیری

اصولاً کانسارهای تنگستن تیپ رگه‌ای در موقعیت‌های زمین‌ساختی حواشی فعال قاره‌ای، در مناطق پشت کمان قاره‌ای که میزان برهم‌کنش بین پوسته و گوشته بالا می‌باشد، تشکیل می‌شوند (Mao et al., 2007; Schubert et al., 2006). کمرنده‌های برخوردی قاره‌ای، کمان‌های ماگمایی قاره‌ای و مناطق بازشدگی قاره‌ای، از دیگر محیط‌های زمین‌ساختی تشکیل کانسارهای تنگستن تیپ رگه‌ای هستند (Sinclair, 1996). ذخایر رگه‌ای تنگستن (مس-طلا) ایران احتمالاً در جایگاه

در فاصله دورتری از کمان ماگمایی تشکیل می‌شوند (Schubert et al., 2006). ذخایر رگه‌ای تنگستن-طلای ایران، همانند نمونه‌های شاخص دنیا، احتمالاً در جایگاه ژئودینامیکی حاشیه‌های فعال قاره‌ای (شکل ۱۲) (Mohajjel et al., 2003; Razmara et al., 2011; Ahmadi-Khalaji et al., 2007) ناشی از فروورانش پالتوتیس (کانسار تاریک‌دوره) و نئوتیس (کانسارهای ده‌حسین و نظام‌آباد در پهنه دگرگونی سندنچ-سیرجان، کانسار شاهکوه در خاور بلوک لوت و کانسار چاه‌پلنگ جنوبی در توالی‌های رسوبی دگرشکل و دگرگون شده بلوک یزد) تشکیل شده‌اند (جدول ۳).

سنگ دیواره کانسارهای تنگستن تیپ رگه‌ای، اساساً شامل سنگ‌های رسوبی، مانند ماسه‌سنگ‌های گریوکی، اسلیت و شیل، دارای درجه گریوکی ضعیف هستند و در برخی موارد توده‌های گرانیتوئیدی میزبان رگه-رگچه‌های تنگستن‌دار هستند (Liu & Ma, 1993). سنگ درونگیر ذخایر رگه‌ای ایران، رسوبات شمشک و توده‌های گرانیتوئیدی هستند که دگرشکلی بالایی را تحمل کرده‌اند. توده‌های گرانیتوئیدی میزبان کانه‌زایی در این کانسارها به طور شاخص از انواع I و S بوده و جزو سری‌های ماگمایی کلسیمی-قلیایی پتاسیم بالا و ساب‌آلکان به شمار می‌روند (جدول ۳). کانه‌زایی تنگستن-طلا بیشتر در ارتباط با واحد کوارتزادیوریت این توده‌های گرانیتوئیدی است (قادری و همکاران، ۱۳۹۰ ب).

کانی‌شناسی کانسارهای تنگستن تیپ رگه‌ای ممکن است ساده یا بسیار پیچیده بوده و به طور عمده از کوارتز و ولفرامیت تشکیل شده است. در برخی کانسارها شلیت نیز دارای اهمیت است (BGS, 2011; Schubert et al., 2006). مولیبدنیت، آرسنوپریت، پیریت، پیرویت، سولفیدهای فلزات پایه، کانی‌های بیسموت، هماتیت و سولفوسالت‌ها، از دیگر کانه‌های موجود در این تیپ کانسارها هستند (Elliot et al., 1986). کانه‌های تنگستن در ذخایر تیپ رگه‌ای ایران شامل ولفرامیت (کانسار چاه‌پلنگ جنوبی)، فربریت (کانسار ده‌حسین) و شلیت (کانسارهای چاه پلنگ جنوبی، نظام‌آباد، تاریک‌دوره و شاهکوه) هستند. محتوای سولفیدی این ذخایر پایین بوده و توسط آرسنوپریت، پیریت، کالکوپریت و کانی‌های بیسموت مشخص می‌شوند (جدول ۳). قلع، مولیبدن، فلزات پایه و طلا، از جمله عناصری هستند که همراه با تنگستن در ذخایر تیپ رگه‌ای تشکیل می‌شوند (BGS, 2011; Liu & Ma, 1993). عناصر دارای ارزش اقتصادی ذخایر رگه‌ای ایران، تنگستن، طلا (قلع) هستند که توسط مقادیر غیر اقتصادی مس همراهی می‌شوند (جدول ۱). طلا به صورت آزاد و غیرقابل رؤیت در کانی آرسنوپریت و کانی‌های بیسموت‌دار رخ داده است. دگرسانی‌های شاخص در کانسارهای تنگستن تیپ رگه‌ای شامل سیلیسی، سریستی، مسکویت، فلوریتی، سولفیدی، تورمالینی، کلریتی و بیوتیتی هستند (Liu & Ma, 1993). انواع دگرسانی سیلیسی، سولفیدی، کربناتی، سریستی و تورمالینی از دگرسانی‌های اصلی همراه با کانه‌زایی ذخایر رگه‌ای ایران هستند (جدول ۳).

۳-۲. ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران

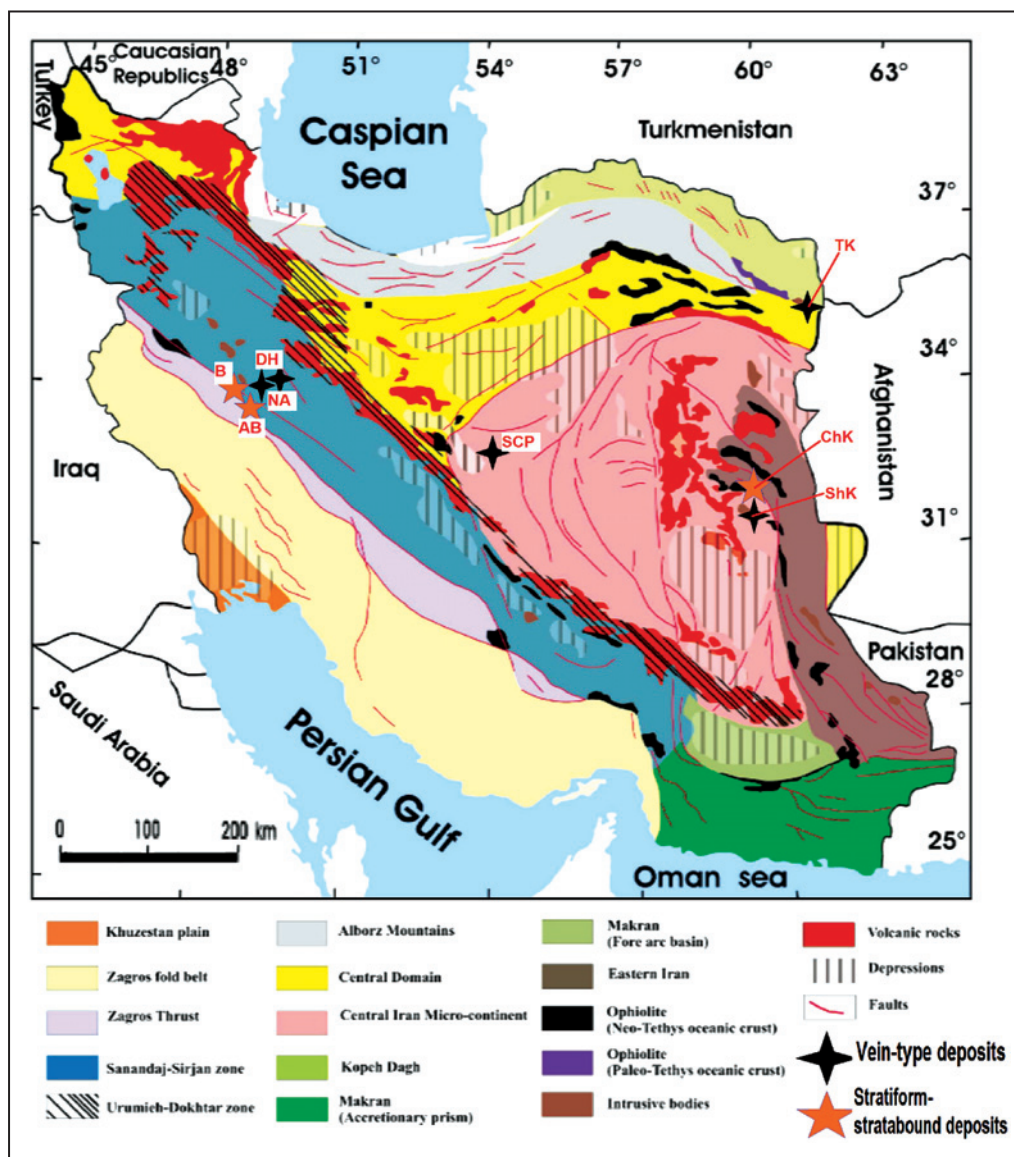
کانسارهای تنگستن چینه‌سان-چینه‌کران در محیط‌های ریفت درون قاره‌ای و همراه با توالی‌های آتشفشانی-رسوبی که در آنها رسوبات شیمیایی مرتبط با فعالیت‌های آتشفشانی زیردریایی دارای غنی‌شدگی اولیه تنگستن هستند، تشکیل می‌شوند (BGS, 2011). ذخایر تنگستن چینه‌سان-چینه‌کران ایران احتمالاً در محیط‌های ریفتی درون قاره‌ای (مرتبط با شکل‌گیری اقیانوس نئوتیس) تریاس پسین-ژوراسیک زیرین (بلوک لوت و پهنه سندنچ-سیرجان) که محیط مناسبی برای فعالیت آتشفشانی زیردریایی و نهشت مجموعه‌های آتشفشانی-رسوبی بوده‌اند (شکل ۱۲)، تشکیل شده‌اند.

کانه‌زایی در ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران به صورت لایه‌ای، دانه پراکنده، توده‌ای و عدسی‌های همخوان با لایه‌بندی رخ می‌دهد (Plimer, 1978). کانه‌زایی در ذخایر چینه‌سان-چینه‌کران ایران، همزمان با رسوب‌گذاری توالی

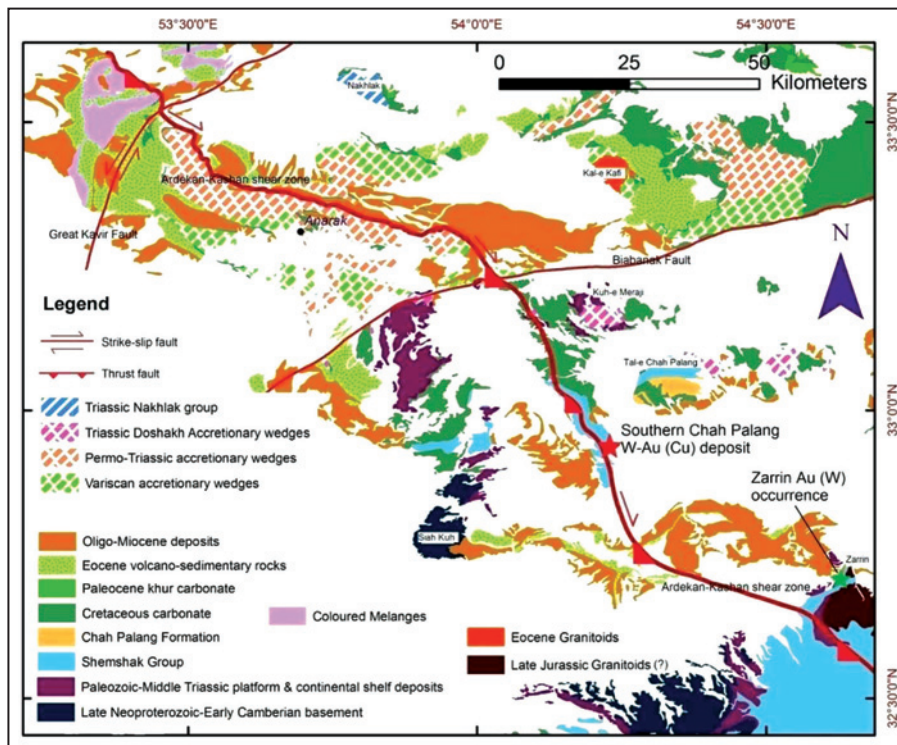
برخلاف حجم زیاد مطالعات انجام شده بر روی ذخایر تنگستن ایران، منشأ سیالات کانسار ساز و ویژگی های فیزیکوشیمیایی آنها هنوز ناشناخته مانده است. بنابراین انجام مطالعات ایزوتوپی پایدار و سیالات در گریز برای تعیین منشأ سیالات کانسار ساز و دما و شوری آنها، در این ذخایر ضروری به نظر می رسد. بر خلاف ذخایر تیپ چینه سان- چینه کران که سن کانه زایی آنها برابر با سن تشکیل سنگ درونگیر است (تریاس پسین- ژوراسیک پیشین)، سن دقیق کانه زایی در ذخایر تیپ رگه ای نامشخص بوده، از این رو، ضرورت انجام مطالعات ایزوتوپی ناپایدار، برای تعیین سن ذخایر تیپ رگه ای کاملاً احساس می شود.

خاطر نشان می سازد مطالعات پیشین انجام شده بر روی ذخایر رگه ای، عمدتاً بر روی ژنر تنگستن متمرکز بوده و نحوه رخداد طلا (اغلب به صورت غیر قابل رؤیت) مورد بررسی قرار نگرفته است. با این دیدگاه و با توجه به افزایش قیمت طلا، امید است در آینده مطالعات دقیق تر و جامع تری بر روی ژنر این کانسارها صورت گیرد.

ژئودینامیکی حواشی قاره ای فعال، در کمان های ماگمایی قاره ای، تشکیل شده اند. به طور کلی، محیط های ریف درون قاره ای که در آنها توالی های آتشفشانی- رسوبی در تناوب با همدیگر قرار دارند، مناسب ترین مکان برای تشکیل کانسارهای تنگستن چینه سان- چینه کران هستند (Cheilietz, 1988). ذخایر چینه سان- چینه کران تنگستن (مس- روی) ایران، احتمالاً در محل ریف های درون قاره ای تشکیل شده اند. توالی های آتشفشانی- رسوبی مرتبط با بازشدگی اقیانوس نئوتتیس در مناطق مختلف ایران از جمله پهنه سندج- سیرجان و بلوک لوت گسترش زیادی داشته و میزان کانسار چاه کلب و رخداد معدنی بامسر هستند و برخلاف فاصله نسبتاً زیاد، سن سنگ درونگیر آنها یکسان (تریاس پسین- ژوراسیک پیشین) است. ولکانیسم زیر دریایی در محیط های یاد شده، تأمین کننده عناصر کانه ساز بوده است که تحت تأثیر فرایندهای دیاژنز و دگرگونی بعدی، تمرکز ماده معدنی در محل تماس واحدهای آتشفشانی و سنگ های کربناتی و در داخل سنگ های کربناتی صورت گرفته است.

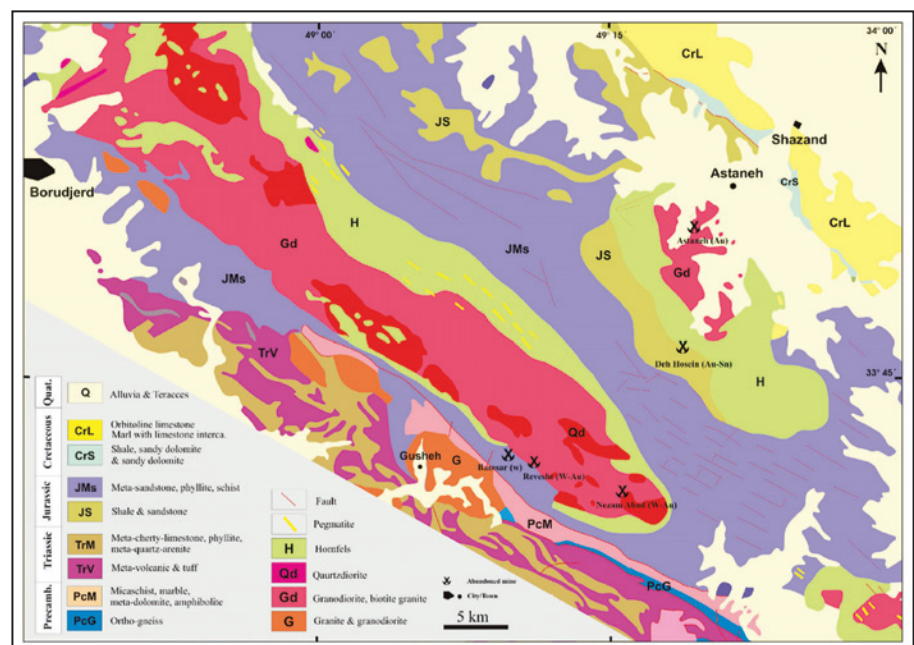


شکل ۱- موقعیت ذخایر تنگستن (مس- طلا- روی) در نقشه ساختاری ایران. کانسار چاه پلنگ جنوبی (SCP)، کانسار تاریک دره (TD)، کانسار ده حسین (DH)، کانسار شاهکوه (ShK)، کانسار نظام آباد (NA)، کانسار چاه کلب (ChK)، رخداد معدنی بامسر (B)، رخداد معدنی آق بولاغ (AB) و بلوک یزد (YB)، بلوک طبس (TB)، بلوک لوت (LB)، (بر اساس آقابناتی، ۱۳۸۵).

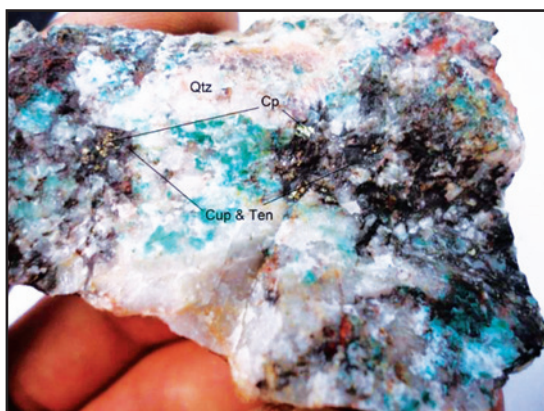


شکل ۲- موقعیت کانسار تنگستن - طلا (مس) چاه پلنگ جنوبی و رخداد معدنی طلا (تنگستن) زرین در پهنه برشی راست‌الغز راست‌بر در بخش میانی بلوک یزد (تلفیق نقشه‌های ۱:۲۵۰,۰۰۰ اردکان (Haghypour et al., 1972), انارک (Sharkovski et al., 1978), خور (Bagheri et al., 2009; Perfiliev et al., 1978;), (Bagheri & Stampfli, 2008).

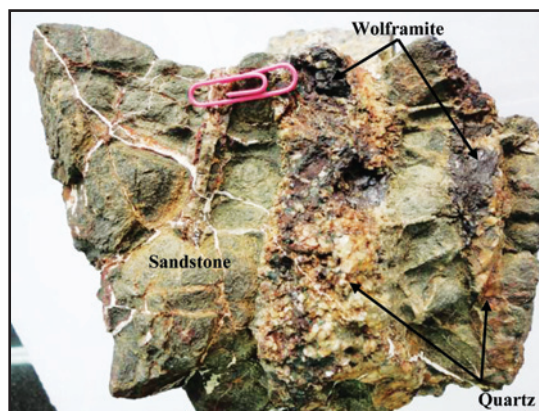
شکل ۳- موقعیت کانسارهای تنگستن - طلا (مس) نظام آباد، ده‌حسین و رخداد معدنی تنگستن (مس-روی) بامسر در بخشی از نقشه زمین‌شناسی پهنه سندانج-سیرجان میانی (Nezafati, 2006).



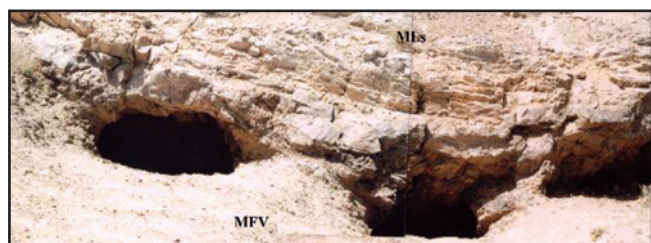
شکل ۴- رگه - رگچه‌های کوارتز کانه‌دار در پهنه گسلی، بخش جنوبی کانسار چاه پلنگ جنوبی، جهت دیده به سمت جنوب خاور.



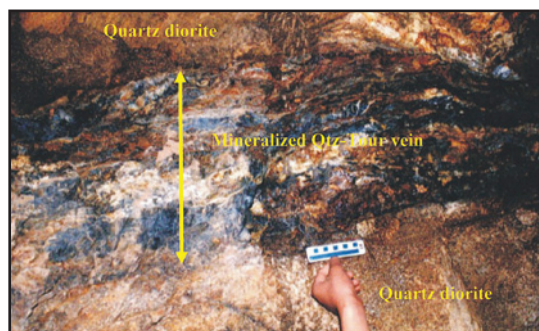
شکل ۶- نمونه دستی از رگه- رگچه‌های کوارتز سفید رنگ نوع دوم حاوی کانی‌های سولفیدی در کانسار چاه پلنگ جنوبی.



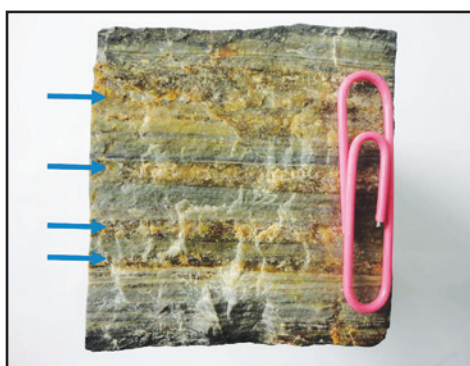
شکل ۵- نمونه دستی از رگه- رگچه‌های کوارتز شیری- سفید رنگ نوع اول حاوی ولفرامیت در کانسار چاه پلنگ جنوبی.



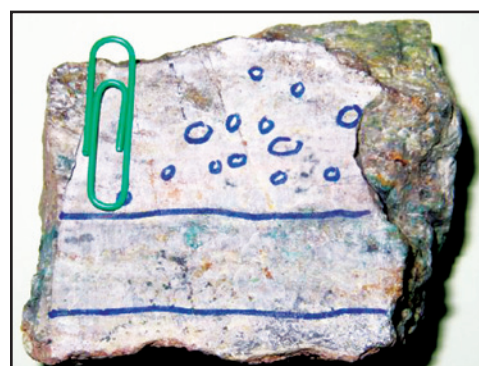
شکل ۸- کانه‌زایی همروند لایه‌بندی تنگستن (مس) در قاعده و در داخل سنگ‌آهک‌های دگرگون شده در توالی آتشفشانی- رسوبی کانسار چاه کلپ. کنده کاری‌های قدیمی همروند با لایه‌بندی سنگ‌آهک دگرگون شده (MIs) و در مرز با سنگ‌های آتشفشانی- رسوبی (MFV) رخ داده است (شعله و همکاران، ۱۳۸۶).



شکل ۷- نمایی از رگه- رگچه‌های کوارتز- تورمالین شلیت دار با سنگ میزبان کوارتز دیوریتی در کانسار نظام‌آباد (Nezafati, 2006).

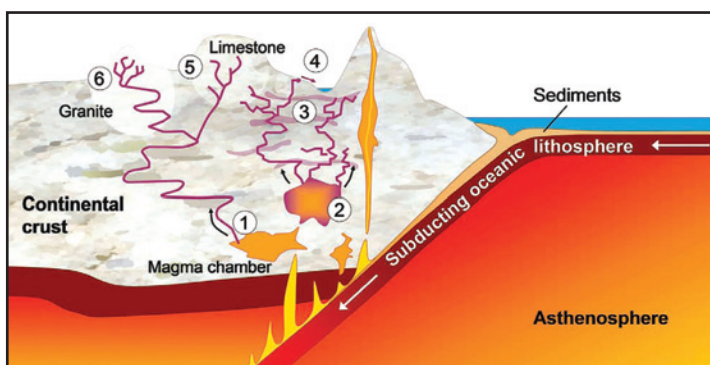


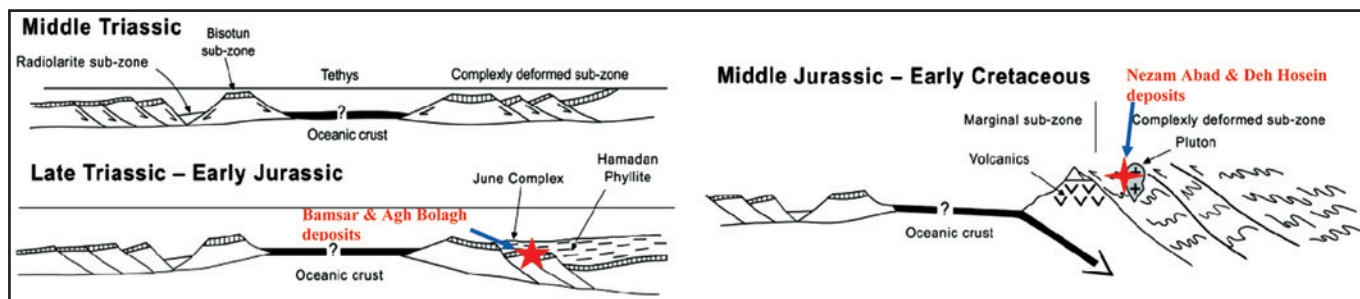
شکل ۱۰- نمونه دستی از لایه‌های شلیت- گارنت اسکارنی در رخداد معدنی تنگستن (مس- روی) بامسر (عزیزپور مغوان، ۱۳۷۸).



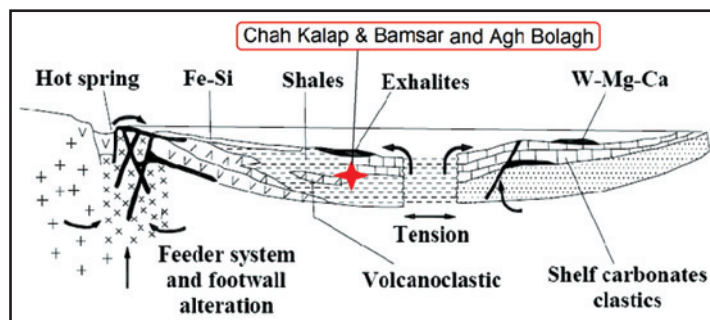
شکل ۹- بافت دانه پراکنده و لایه‌های شلیت (مشخص شده با مائیک) در کانسار تنگستن (مس) چاه کلپ (شعله و همکاران، ۱۳۸۶).

شکل ۱۱- موقعیت قرارگیری تیپ‌های اصلی کانسارهای تنگستن در محیط‌های فرورانش قاره‌ای (Schubert et al., 2006). (۱) منطقه دارای غنی‌شدگی کم و بی‌هنجار از تنگستن، (۲) کانسارهای کوچک و کم‌عیار پگماتی، (۳) کانسارهای رگه‌ای و استوک‌ورک (مشابه کانسارهای چاه پلنگ جنوبی و نظام‌آباد)، (۴) کانسارهای پلاستی، (۵) کانسارهای اسکارن و (۶) کانسارهای پورفیری.





شکل ۱۲- جایگاه زمین‌ساختی احتمالی ذخایر چینه‌سان- چینه‌کران بامسر و آق‌بلاغ در محیط‌های ریف‌ت درون قاره‌ای (تریاس پسین- ژوراسیک پیشین) و ذخایر رگه‌ای نظام‌آباد و ده‌حسین در حاشیه‌های فعال قاره‌ای (ژوراسیک میانی- کرتاسه پیشین) در پهنه سهندج- سیرجان میانی (بر اساس Mohajjel et al., 2003 با تغییرات).



شکل ۱۳- جایگاه زمین‌ساختی احتمالی ذخایر تنگستن (مس-روی) چینه‌سان- چینه‌کران (چاه‌کلپ- بامسر و آق‌بلاغ) ایران (بر اساس Cheilietz, 1988).

جدول ۱- عیار تنگستن، طلا و مس در ذخایر رگه‌ای تنگستن- مس- طلای رگه‌ای ایران.

عیار عنصر	کانسار	چاه پلنگ جنوبی	نظام‌آباد	ده‌حسین	تاریک‌دره	شاهکوه
طلا (گرم بر تن)	۴/۲	۰/۱۰۵ تا ۳۶/۲	۰/۲۴	۱۳/۳ تا ۰/۰۵	۸ تا ۱	؟
تنگستن (درصد)	۰/۶۶	۰/۳۴	۰/۲۴	۰/۱۹	۲۶ گرم بر تن (قلع ۱۶۱ گرم بر تن)	؟
مس (درصد)	۳/۹	حد اکثر ۱۰	حد اکثر ۱۰	حد اکثر ۱۰	۱/۵ تا ۰/۵	حد اکثر ۱/۸
منبع	جهانگیری و منصوری (۱۳۸۶)	Nezafati (2006)	Nezafati (2006)	قوی و همکاران (۱۳۸۹)	Esmaily et al. (2005)	

جدول ۲- عیار تنگستن و مس در ذخایر تنگستن (مس) چینه‌سان- چینه‌کران ایران.

عیار عنصر	کانسار	چاه کلپ	بامسر	آق‌بلاغ
تنگستن (درصد)	۰/۳۳	۰/۱۱	؟	؟
مس (درصد)	؟	؟	؟	؟

جدول ۳- مقایسه ویژگی‌های مهم ذخایر رگه‌ای تنگستن (مس-طلا- بیسموت) و چینه‌سان- چینه‌کران تنگستن (مس-روی) ایران.

کانسار و ویژگی‌ها	ذخایر رگه‌ای							ذخایر چینه‌سان- چینه‌کران	
	چاه پلنگ جنوبی	ده‌حسین	نظام‌آباد	تاریک‌دره	شاهکوه	بامسر	آق‌بلاغ	چاه کلپ	
جایگاه زمین‌ساختی و زمین‌شناسی	بلوک یزد، حاشیه فعال قاره‌ای	زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده سهندج-سیرجان	زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده سهندج-سیرجان	کوه‌های بینالود، مرز ایران مرکزی با کپه‌داغ	حاشیه خاوری بلوک لوت، حاشیه فعال قاره‌ای	زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده زون سهندج-سیرجان	زیرپهنه با دگرشکلی پیچیده زون سهندج-سیرجان	محل اتصال بلوک لوت با زمین‌درز سیستان	
سنگ درونگیر	ماسه‌سنگ‌های دگرگون‌شده سازند شمشک	ماسه‌سنگ‌های رسوبی دگرگون شده ژوراسیک	واحد کوارتز دیوریت توده گرانیتیویدی پروجرد	سازند میانکوهی و توده گرانیتیویدی تربت‌جام (تریاس بالایی)	توده گرانیتیویدی شاهکوه و رسوبات گروه شمشک	توالی آتشفشانی- رسوبی تریاس پسین- ژوراسیک	کالک‌شیست و متاولکانیک‌های تریاس پسین	توالی آتشفشانی- رسوبی ژوراسیک در بخش کربناتی	
بافت و ساخت	رگه- رگچه‌های کوارتز شیری- سفید و کوارتز سفید رنگ	رگه- رگچه‌های کوارتز سولفیددار	رگه‌های کوارتز- تورمالین	رگه‌های سیلیسی- کلسیتی آرسنوپیریت دار	رگه- رگچه‌های کوارتز- تورمالین	لامینه، رگه‌های کوچک قطع‌کننده لایه‌بندی	لامینه، نوری، عدسی‌شکل، دانه‌پراکنده، جانشینی	لایه‌ای و عدسی، هم‌روند با برگواگی شیست‌ها	
کانی‌شناسی ماده معدنی	ولفرامیت، شلیت، کالکوپیریت، بورنیت، نیکلین، کبالتیت، بیسموت طبیعی	آرسنوپیریت، کالکوپیریت، پیریت، بیسموت خالص، بیسموت تینیت	شلیت، کالکوپیریت، آرسنوپیریت، پیریت، کانی‌های بیسموت	شلیت، آرسنوپیریت، کالکوپیریت، پیریت، مارکاسیت، اریپمنت، رآنگار	کاستریت، شلیت، کالکوپیریت، پیریت	شلیت، پیریت، آرسنوپیریت، اسفالریت، کالکوپیریت، پیرویت	شلیت، کالکوپیریت، پیرویت، اسفالریت	شلیت، کالکوپیریت، پیرویت، اسفالریت، فربریت	

کانسار ویژگی‌ها	ذخایر رگه‌ای							ذخایر چینه‌سان - چینه کران	
	چاه پلنگ جنوبی	ده حسین	نظام آباد	تاریک دره	شاهکوه	بامسر	آق‌بلاغ	چاه کلب	
عناصر دارای ارزش اقتصادی	طلا، تنگستن (مس)	طلا، تنگستن، مس (قلع)	طلا، تنگستن، مس (قلع)	طلا، تنگستن، مس (بیسموت، تلوریم، نقره)	قلع (تنگستن)	تنگستن، مس (روی)	تنگستن - مس (روی)	مس (تنگستن، روی)	
نحوه رخداد طلا	ادخال‌های ریز در داخل و یا هم‌شد با شلیت‌های رگه - رگچه‌های کوارتز سفید حاوی سولفید	غیرقابل رؤیت در آرسنوپیریت و کانی‌های بیسموت‌دار	غیرقابل رؤیت در آرسنوپیریت و ادخال‌های بیسموت	رخداد طلا به صورت آزاد	فاقد طلا (۴)	فاقد طلا	فاقد طلا	ناچیز	
کانی‌های حاصل از دگرسانی	کلریت، کوارتز، سریسیت، کربنات‌ها	کوارتز، سریسیت، تورمالین، مونازیت	کوارتز، کلریت، سریسیت، تورمالین، کلریت و دولومیت	کوارتز، کلریت، سریسیت	کوارتز، تورمالین، سریسیت، کلریت	کوارتز، کلریت، کانی‌های کالک - سیلیکاتی	کوارتز، کلریت، دولومیت، کلریت	کلریت، کوارتز، کانی‌های کالک - سیلیکاتی	
منشأ سیال کانه‌دار	ماگمایی - جوی (ایزو توپ اکسیژن)	دگرگونی - ماگمایی (ایزو توپ اکسیژن)	دگرگونی - ماگمایی (ایزو توپ اکسیژن و بور)	نامشخص	نامشخص	نامشخص	نامشخص	نامشخص	
عوامل کنترل‌کننده کانه‌زایی	توده‌های گرانیتی، گسل‌های نرمال	توده‌های گرانیتی، گسل‌ها و شکستگی‌ها	توده گرانیتی، بروجر، گسل‌ها و شکستگی‌ها	توده گرانیتی، تربت‌جام، گسل‌ها و شکستگی‌ها	توده گرانیتی، شاهکوه، گسل‌ها و شکستگی‌ها	توالی آتشفشانی - رسوبی، جایگاه چینه‌ای خاص، دیاژنز و دگرگونی ناحیه‌ای	توالی آتشفشانی - رسوبی، جایگاه چینه‌ای خاص، دیاژنز و دگرگونی ناحیه‌ای	توالی آتشفشانی - رسوبی، جایگاه چینه‌ای خاص، دیاژنز و دگرگونی ناحیه‌ای	
منبع	(قادری و همکاران، الف ۱۳۹۰ و جهانگیری و منصوری، ۱۳۸۶)	(Nezafati, 2006) و (عبدی، ۱۳۸۶)	(Nezafati, 2006) (حق نظر، ۱۳۸۶) و (قادری و همکاران، ۱۳۸۴)	(قوی و همکاران، ۱۳۸۹)	Esmaily et al., 2005	(عزیزپور مغوان، عبدی، ۱۳۷۸) و (قادری و همکاران، ۱۳۸۴)	(عبدی، ۱۳۸۶)	(شعله و همکاران، ۱۳۸۵)	

کتابنگاری

آقاباتی، س. ع.، ۱۳۸۵ - زمین‌شناسی ایران، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور، ۶۰۶ صفحه.

جهانگیری، ح. و منصوری، ا.، ۱۳۸۶ - گزارش اکتشاف قلع و تنگستن در منطقه چاه پلنگ جنوبی، طرح اکتشاف سراسری ذخایر معدنی، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

حسامی، ع. ف.، ۱۳۸۲ - پروژه اکتشاف نیمه تفصیلی تنگستن قروه، شرکت کانی کاوان خاور، سازمان صنایع و معادن استان کردستان، وزارت صنایع و معادن.

حق نظر، م.، ۱۳۸۶ - پتروژنز و کانه‌زایی تنگستن در بخش جنوب خاوری توده گرانیتی‌ی بروجر، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تهران، ۱۳۵ صفحه.

زینعلی، ح.، ۱۳۷۰ - گزارش اکتشافات تفصیلی در منطقه نظام‌آباد اراک، سازمان زمین‌شناسی کشور.

شرکت اکتشافات سراسری فلزات غیر آهنی ایران (مهندسین مشاور)، ۱۳۷۳ - طرح پی‌جویی مواد معدنی استان مازندران، مطالعات فلزات موجود در اسکارن‌های ناحیه کلاردشت، اداره کل معادن و فلزات استان مازندران، وزارت معادن و فلزات.

شعله، ع.، راستاد، ا. و باباخانی، ع. ر.، ۱۳۸۶ - کانه‌زایی بروندمی - آتشفشان‌زاد چینه‌سان تنگستن (مس - روی) در کانسار چاه کلب (جنوب بیرجند) و افق‌های کانه‌دار آن، فصلنامه علوم زمین، سال هفدهم، شماره ۶۵، صفحه ۸۰ تا ۹۹.

عبدی، م.، ۱۳۸۶ - بررسی لیتوژئوشیمیایی و خاستگاه کانی‌سازی در کانسارهای تنگستن - قلع (مس) ده حسین و نظام‌آباد و مقایسه آن با کانسار بامسر، جنوب‌باختر شازند اراک، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۳۱۸ صفحه.

عزیزپور مغوان، م.، ۱۳۷۸ - ژئوشیمی، کانی‌شناسی و ژنز اثرهای معدنی تنگستن اسکارنی بامسر و رگه‌ای روشت و مقایسه آنها با کانسار تنگستن نظام‌آباد (شازند اراک)، پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تربیت مدرس، ۱۶۲ صفحه.

قادری، س.، راستاد، ا.، رشیدنژاد عمران، ن. و محجل، م.، ۱۳۹۰ الف - کانه‌زایی تنگستن (مس - طلا) در پهنه‌های برشی منطقه چاه پلنگ جنوبی، بلوک یزد، شمال اردکان، دومین همایش انجمن زمین‌شناسی اقتصادی ایران، دانشگاه لرستان.

قادری، س.، راستاد، ا.، قادری، م.، رشیدنژاد عمران، ن. و محجل، م.، ۱۳۹۰ ب - کانه‌زایی رگه‌ای و چینه کران تنگستن (مس - طلا) در ایران، با تأکید بر کانسار چاه پلنگ جنوبی، جنوب خاور انارک، سی‌امین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

قادری، م.، فردین دوست، ز. و هرین، ج.، ۱۳۸۴ - مطالعه عناصر خاکی نادر در شلیت‌های ذخایر تنگستن جنوب‌باختر آستانه اراک، مجله بلورشناسی و کانی‌شناسی ایران، سال سیزدهم، شماره ۱، صفحه ۲۹ تا ۴۲.

قربانی، م.، ۱۳۸۶ - زمین‌شناسی اقتصادی ذخایر معدنی و طبیعی ایران، انتشارات آراین زمین، جلد اول، ۵۱۵ ص.

قوی، ج.، کریم‌پور، م. ح.، قادری، م.، رحیمی، ب. و مظاهری، س. ا.، ۱۳۸۹ - زمین‌شناسی و زون‌های کانی‌سازی در محدوده اکتشافی طلا - تنگستن تاریک دره، شمال تربت‌جام، شمال خاوری ایران، چهاردهمین همایش انجمن زمین‌شناسی ایران و بیست و هشتمین گردهمایی علوم زمین، دانشگاه ارومیه.

محجل، م.، مسعودی، ف. و شاگرد کانی، ف.، ۱۳۷۸ - پهنه برشی زرین (شمال اردکان) و اهمیت زمین‌ساختی آن در خردقاره ایران مرکزی، مجله پژوهشی دانشگاه اصفهان، جلد ۳۴، شماره ۵، صفحه ۲۶۱ الی ۲۷۶.

References

- Ahadnezhad, V., Valizadeh, M. V., Deevsalar, R. & Rasouli, J., 2010- The field and microstructural study of Malayer plutonic rocks, west of Iran, *Journal of Geopersia*, 1, p. 59-69.
- Ahmadi-Khalaji, A., Esmaily, D., Valizadeh, M. V. & Rahimpour-Bonab, H., 2007- Petrology and geochemistry of the granitoid complex of Boroujerd, Sanandaj-Sirjan zone, western Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 29, p. 859-877.
- Bagheri, S. & Stampfli, G. M., 2008- The Anarak, Jandaq and Posht-e-Badam metamorphic complexes in central Iran: New geological data, relations and tectonic implications, *Tectonophysics*, 451, p. 123-155.
- Bagheri, S., Buchs, D., Salari, T. & Nabavi, M., 2009- Neogene tectonics of the Anarak area in the Central Iran, 7th Swiss Geoscience Meeting, Abstract Volume.
- British Geological Survey (BGS), 2011- Tungsten, Mineral Profile, p. 1-32.
- Cheilletz, A., 1988- Stratiform tungsten deposits: a review, *Geologie en Mijnbouw*, 67, p. 293-311.
- Elliot, J. E., Kamilli, R. J., Miller, W. R. & Livo, K. E., 1986- Vein and greisens Sn and W deposits (Models 15a-c), In: Cox, D.P., Singer, D.A. (eds.), *Mineral Deposits models*, U.S. Geological Survey Bulletin 1693, p. 62-69.
- Esmaily, D., Nedelec, A., Valizadeh, M. V., Moore, F. & Cotten, J., 2005- Petrology of the Jurassic Shah-Kuh granite (eastern Iran), with reference to tin mineralization, *Journal of Asian Earth Sciences*, 25, p. 961-980.
- Haghipour, A., Pelissier, G., Bolourchi, M. H., Valeh, N. & Aghanabati, A., 1972- Geological map of Ardekan, 1:250000 Series Sheet, Geological Survey of Iran (GSI).
- Liu, Y. & Ma, D., 1993- Vein-type tungsten deposits of China and adjoining regions, *Ore Geology Reviews*, 8, p. 233-246.
- Mahmoudi, S., Masoudi, F., Corfu, F. & Mehrabi, B., 2010- Magmatic and metamorphic history of the Deh-Salm metamorphic complex, Eastern Lut block, (Eastern Iran), from U-Pb geochronology, *International Journal of Earth Sciences*, 99, p. 1153-1165.
- Mao, J. W., Xie, G. Q., Guo, C. L. & Chen, Y. C., 2007- Large-scale tungsten-tin mineralization in the Nanling region, South China: metallogenic ages and corresponding geodynamic processes (in Chinese with English abstract), *Acta Petrol Sinica*, 23, p. 2329-2338.
- Mohajjel, M., Fergusson, C. L. & Sahandi, M. R., 2003- Cretaceous-Tertiary convergence and continental collision, Sanandaj-Sirjan, western Iran, *Journal of Asian Earth Sciences*, 21, p. 397-412.
- Nezafati, N., 2006- Au-Sn-W-Cu Mineralization in the Astaneh-Sarband area, West Central Iran, Ph.D thesis, University of Tübingen, Germany, 128 p.
- Perfiliev, Y., Aistov, L., Melnikov, B., Krivyakin, B., Remizov, N., Selivanov, E. & Romanko, E., 1978- Geological map of Khur, 1:250000 Series Sheet, Geological Survey of Iran (GSI).
- Plimer, I. R., 1978- Proximal and distal stratabound ore deposits, *Mineralium Deposita*, 13, p. 345-353.
- Ramezani, J. & Tucker, R., 2003- The Saghand region, Central Iran: U-Pb geochronology, petrogenesis and implications for Gondwana tectonics, *American Journal of Science*, v. 303.
- Razmara, M., Yousefi, M., Kavooosi, N., Rashidi, S. & Rahim Panah, M., 2011- The geochemical, mineralogical and characterization of mineralization zones in quartz diorite, quartz monzodiorite and granite associations (suite) of Tarik Darreh (Torbat-e Jam) area by multispectral data (RS) and Artificial Neural Networks (ANN) methods, *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*, 5, p. 1595-1604.
- Romanko, E., Kokorin, Y., Krivyakin, B., Susov, M., Morozov, L. & Sharkovski, M., 1984- Outline of metallogeny of Anarak area (Central Iran), V/O Technoexport, Contract 73105, Report TE/no. 21-1984, 136 p.
- Schubert, W. D., Lassner, E. & Walser, P., 2006- Geology of tungsten, The ITIA's Technical Consultancy continues its series on the many aspects of tungsten, p. 1-10.
- Sharkovski, M., Filichev, I., Selivanov, E., Susov, M., Dvoryankin, A., Amidi, S. M., Davoudzadeh, M. & Romanko, E., 1978- Geological map of Anarak, 1:250000 Series Sheet, Geological Survey of Iran (GSI).
- Sinclair, W. D., 1996- Vein-stockwork tin, tungsten, in *Geology of Canadian Mineral Deposit Types*, (ed.) Eckstrand, O.R., Sinclair, W.D., Thorpe, R.I., Geological Survey of Canada, 8, p. 409-420.
- Valizadeh, M. V., Omrani, J. & Moritz, R. P., 2002- Petrogenesis of the gold bearing Zarrin Granite. *Iranian International Journal of Science*, 3(2), p. 171-185.
- Wendt, J., Kaufmann, B., Belka, Z., Farsan, N. & Karimi-Bavandpur, A. R., 2005- Devonian- Lower Carboniferous stratigraphy, facies patterns and palaeogeography of Iran, Part II. Northern and Central Iran, *Acta Geologica Polonica*, v. 55, no. 1, p. 31-97.
- Wilmsen, M., Fursich, F., Seyed-Emami, K., Majidifard, M. R. & Taheri, J., 2009- The Cimmerian orogeny in the northern Iran: Tectonic-stratigraphic evidence from the foreland, *Terra Nova*, 21, p. 211-218.
- Zanchi, A., Zanchetta, S., Garzanti, E., Balini, M., Berra, F., Mattei, M. & Muttoni, G., 2009- The Cimmerian evolution of the Naxos-Anarak area, Central Iran, and its bearing for the reconstruction of the history of the Eurasian margin, *Geological Society of London*, v. 312, p. 261-286.

Vein-Type and Stratabound W (Cu-Au) Mineralization in Iran

S. Ghaderi ¹, E. Rastad ^{2*}, N. Rashidnejad-Omran ³ & M. Mohajjel ²

¹M.Sc. Student, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

²Associate Professor, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

³Assistant Professor, Department of Geology, Tarbiat Modares University, Tehran, Iran

Received: 2012 September 09

Accepted: 2013 May 21

Abstract

Tungsten (Cu-Au-Zn) deposits and occurrences in Iran can be divided into two separate categories based on their genesis, tectonic setting, mineral paragenesis and related processes inherent in their formation. The first category contains deposits, which are located in metamorphosed Late Triassic-Middle Jurassic volcano-sedimentary sequences, and their distribution is indicated by layering. These deposits are located in a specific stratigraphic position and are concentrated in contact of volcanic units with carbonate rocks. The geodynamic setting of this category probably is intracontinental rifting. The second category contains deposits located in metamorphosed sedimentary rocks of the Shemshak group and Jurassic granitoids. These deposits have vein-veinlet geometry and their formation is controlled by faults, fractures and shear zones. The geodynamic setting of this category probably is active continental margins. The mineral paragenesis of the first group generally contains scheelite and Cu-Fe-Zn sulfides, whereas the paragenesis of the second group is wolframite, scheelite, chalcopyrite, arsenopyrite, with gold and specifically bismuth.

Keywords: Tungsten (Cu-Au-Zn) Mineralization, Stratabound, Vein-Type, Triassic- Jurassic Volcano-Sedimentary Sequence, Jurassic Granitoids, Intracontinental Rift, Active Continental Margin, Iran.

For Persian Version see pages 305 to 314

*Corresponding author: E. Rastad; E-mail: Rastad@modares.ac.ir