Archive of SID

کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و شکنای کانسار چاه‌باغ، منطقه معدنی موته، پهنه سنندج- سیرجان

نوشته: حسین کوهستانی*، دکتر ابراهیم راستاد*، دکتر نعمت‌الله رشیدنژاد عمران* و دکتر محمد محجل*

Gold Mineralization in Chah-Bagh Ductile-Brittle Shear Zones, Muteh Mining District, Sanandaj-Sirjan Zone

By: H., Kouhestani*, Dr. E. Rastad*, Dr. N. Rashidnejad Omran*, Dr. M. Mohajjel*

چکیده

کانسار طلای چاه‌باغ در بخش مرکزی پهنه سنندج- سیرجان و در ۶۰ کیلومتری جنوب‌باختری دلیجان، در منطقه معدنی موته قرار دارد. واحدهای سنگی رخنمون‌یافته در منطقه که در حد رخساره شیست‌سبز-آمفیبولیت زیرین دگرگون شده‌اند، شامل مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی اسیدی و آتشفشانی- رسوبی دگرگون‌شده و دگرشکل با امتداد عمومی شمال‌خاوری- جنوب‌باختری هستند که توده‌های نفوذی بازی (دایک و سیل) در آنها نفوذ کرده‌اند. سن این واحدها به دونین و حتی قدیمی‌تر نسبت داده شده است.

توالیهای سنگی رخنمون‌یافته در منطقه، تحت تأثیر فازهای متعدد و شدید دگرشکلی، نظم و ترتیب اولیه خود را از دست داده و ساختارها و فابریکهای متفاوتی را به وجود آورده‌اند. مهم‌ترین دگرشکلی و ساختار اصلی منطقه تحت تأثیر پهنه برشی شکل‌پذیر از نوع معکوس با مؤلفه راستگرد و روند ساختاری WNW (N۲۸۰-۲۹۰°) حاصل شده است. آثار این دگرشکلی به صورت میلونیتی‌شدن سنگها، گسترش برگوارگی غالب میلونیتی، خطواره کششی نافذ، چینهای جناغی و ... در سنگها تظاهر نموده است.

کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و شکنا رخ داده است. بیشترین تمرکز کانه‌زایی طلا در پهنه‌ای به درازای یک کیلومتر و پهنای متوسط تا ۶۰ متر، در امتداد شمال‌خاوری-جنوب‌باختری (N40-50E)، در پهنه برشی شکل‌پذیر دیده می‌شود. این تیپ کانه‌زایی که برای اولین‌بار در چاه‌باغ معرفی می‌شود، ژئومتری عدسی‌شکل و شیبی به سمت شمال‌باختری (N60-80W) دارد. نتایج حاصل از نمونه‌های برداشت‌شده از بخشهای سیلیسی‌شده این پهنه، میزان طلا را بین ۱۳/۲-۱/۸ گرم در تن نشان داده است. دگرشکلی در این پهنه به صورت پروتومیلونیت، میلونیت و اولترامیلونیت می‌باشد. کانه‌زایی تیپ شکنا، در امتداد گسلهای عادی با روند N40W و شیب مایل به سمت شمال‌خاوری رخ داده است. این تیپ کانه‌زایی شامل پهنه‌های سیلیسی- سولفیدی طلادار است. پهنه اصلی سیلیسی- سولفیدی طلادار چاه‌باغ ۱۰۰ متر درازا و ۵-۳ متر ضخامت داشته و دارای راستای عمومی N35W می‌باشد. نتایج حاصل از نمونه‌های برداشت‌شده از این پهنه سیلیسی- سولفیدی، میزان طلا را تا ۱/۸۲ گرم در تن نشان داده است. واحدهای سنگی دربرگیرنده این پهنه‌ها به طور عمده سنگهای آتشفشانی اسیدی و آتشفشانی- رسوبی دگرگونی (متاریولیت و فلسیک‌شیست) کاملاً دگرشکل می‌باشند. واحدهای فوق در پهنه‌های برشی تحت تأثیر دگرسانی قرار گرفته‌اند. شدت و نوع دگرسانی در واحدهای مختلف، متفاوت است. از مهم‌ترین دگرسانیها می‌توان به دگرسانی سریسیتی، کائولینیتی، اپیدوتی، تورمالینی، سیلیسی و سولفیدی اشاره کرد. دگرسانیهای سیلیسی و سولفیدی بیشترین گسترش را در بخشهای داخلی پهنه‌های برشی داشته و منطبق بر پهنه‌های کانه‌دار هستند.

بررسیهای انجام‌شده نشان‌دهنده ارتباط مکانی و زمانی دگرسانی با دگرشکلی است. از نظر مکانی، این ارتباط توسط انطباق پهنه‌بندی دگرسانی و دگرشکلی مشخص می‌شود. از سوی دیگر، فضاهای خالی که طی دگرشکلی شکل‌پذیر و فرایند میلونیتی‌شدن به وجود آمده و کاملاً هم‌روند با برگوارگی است و نیز ریزشکستگیهای موجود در پورفیروکلاستها که در حین جریان کاتاکلاستیک بلورها ایجاد شده‌اند، هر دو توسط کوارتزها و پیریتهای مرحله گرمابی به طور هم‌زمان پر شده‌اند، بیانگر همبستگی زمانی دگرسانی و دگرشکلی می‌باشد. نکته جالب این که، تغییرات عیار طلا با دگرشکلی و دگرسانی ارتباط نزدیک دارد. به طوری که عیارهای بالای طلا به بخشهای سیلیسی و سولفیدی‌شده به شدت دگرشکل (میلونیتی و اولترامیلونیتی) و پهنه‌های سیلیسی- سولفیدی طلاداری که در بخشهای داخلی پهنه‌های دگرسانی قرار گرفته‌اند، تعلق دارند.

کانی‌شناسی ماده معدنی بسیار ساده بوده و در نوع شکل‌پذیر شامل پیریت و کلکوپیریت و در نوع شکنا شامل پیریت، آرسنوپیریت و کلکوپیریت است. هیدروکسیدهای آهن و دیگر محصولات هوازده، این سولفیدها را در پهنه‌های دگرسانی همراهی می‌کنند. بر اساس مطالعات میکروسکوپی، کوارتز مهم‌ترین کانی سنگ‌ساز در کانسار چاه‌باغ است و به صورت سه نسل، به ترتیب کوارتز پیش از دگرشکلی، کوارتز مرحله اول گرمابی و کوارتز گرمابی همراه با سولفید

www.SID.ir

Archive of SID

(مرحله تأخیری) مشاهده می‌شود. بر اساس این مطالعات و بر مبنای روابط بافتی، کانیهای سولفیدی را می‌توان به دو نسل تفکیک کرد: سولفیدهای نسل اول شامل پیریت، آرسنوپیریت و کلکوپیریت، درشت‌دانه و شکل‌دار بوده و به صورت دانه‌های مجزا یا در امتداد سطوح ضعف (مانند شکستگیها یا مرز دانه‌ها) کوارتزهای نسل دوم و کوارتزهای پیش از دگرشکلی دیده می‌شوند. سولفیدهای نسل دوم با پیریت و کلکوپیریت ریزدانه و بی‌شکل مشخص شده و به صورت دانه‌پراکنده و بدون هیچ‌گونه نشانه دگرشکلی، در سنگهای دگرسان‌شده مشاهده می‌شوند.

بر اساس مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های تهیه‌شده از بخشهای پرعیار، طلا به صورت آزاد، چه درون باطله سیلیسی و چه در حاشیه کانیهای سولفیدی دگرسان‌شده، مشاهده نگردید. اما تجزیه الکترون‌میکروپروب و میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها نشان‌دهنده حضور طلا به صورت درگیر درشبکه کانیهای سولفیدی است. بر اساس این مطالعات، طلا با هر دو فاز پیریت و کلکوپیریت مشاهده می‌شود. همچنین این مطالعات بیانگر حضور نقره به صورت درگیر در شبکه کانیهای سولفیدی و به شکل آزاد در باطله سیلیسی است.

مطالعه نمونه‌های برداشت‌شده در راستای مقاطع لیتوژئوشیمیایی عمود بر روند پهنه‌های کانه‌دار نشان می‌دهد که در بین عناصر اصلی، سیلیسیم و هم‌روند با آن تیتانیم، گوگرد و آهن و در بین عناصر فرعی، آرسنیک، مولیبدن، تنگستن و کروم، در بخشهای به شدت دگرشکل و دگرسان‌شده، همراه با افزایش طلا افزایش می‌یابند. بر اساس این مطالعات، در بین عناصر REE، عناصر خاکی کمیاب سبک (به جز Eu) در نمونه‌های به شدت سیلیسی و سولفیدی‌شده دارای عیارهای بالای طلا، غنی‌شدگی نشان می‌دهند.

مطالعات انجام‌شده در مقیاسهای مختلف، عوامل کنترل‌کننده تمرکز کانه‌زایی در کانسار چاه‌باغ را پهنه‌های برشی (شکل‌پذیر و شکنا) و دگرسانی (سیلیسی و سولفیدی) نشان می‌دهد. نتایج این مطالعات و همچنین مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار چاه‌باغ با کانسارهای طلای تیپ کوهزایی حاکی از آن است که کانسار چاه‌باغ از نظر ویژگیهای زمین‌شناسی و کانه‌زایی، بیشترین شباهت را با این تیپ از کانسارهای طلا دارد.

کلید واژه‌ها: کانه‌زایی طلا، پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و شکنا، میلونیت، دگرشکلی، دگرسانی، چاه‌باغ، موته.

Abstract

Chah-Bagh gold deposit is located in central part of Sanandaj-Sirjan zone, 60 km southwest of Delidjan, in Muteh mining district. Rock units exposing in the area underwent greenschist to lower amphibolite metamorphism. They consist of NW-SE trending deformed and metamorphosed volcano-sedimentary and acidic volcanic rocks. These units, thought to be of Devonian or pre-Devonian age have been intruded by basic sills and dikes.

The rock units are characterized by several phases of intense deformation that lead to the generation of different fabrics and structures. The most important structure in the area is caused by WNW (N280-N290°) trending inverse dextral ductile shear zone. Mylonitization, extension of mylonitic foliation, penetrative stretching lineation, chevron folds, and etc. are generated by ductile deformation in the area.

Gold mineralization occurs in ductile and brittle shear zones. The maximum gold concentration occurs along 1 km long, 60 meters wide NW-SE trending (N40-50E) ductile shear zone. Ductile gold mineralization, reported for the first time in Chah-Bagh, has NW (N60-80W) dipping lenticular shape. Samples taken from silicified parts of this zone contain 1.8-13.2 ppm gold. Deformation in this zone occurs as protomylonite, mylonite and ulteramylonite. Brittle mineralization, including gold-bearing siliceous-sulfidic zones, occurs along N40W tending, NE dipping normal faults. The main gold-bearing siliceous-sulfidic zone in Chah-Bagh is 100 meters long and 3-5 meters wide with N35W general trend. Geochemical analysis of samples taken from this sulfide-siliceous zone indicates near 1.82 ppm of gold grades. The rock units hosting the above mentioned shear zones consist mainly of intensely deformed meta-acidic volcanic and volcano-sedimentary rocks (meta-rhyolite and felsic schist). These rock units have experienced different types of alteration with various intensities. The most important ones are sericitization, kaolinitization, epidotization, tourmalinization, silicification and solfidization. Silicified and sulfide alteration observed in the inner parts of alteration zones coincide with the ore-bearing zones.

Studies suggest temporal and spatial relation between alteration and deformation. Spatial relations are interpreted by overlapping alteration and deformation zones. Hydrothermal quartz and pyrites filled foliation parallel open spaces (generated during ductile deformation and mylonitization) and also micro-fractures of porphyroclasts (with grain cataclastic flow origin) simultaneously. These facts reflect temporal correlation between deformation and alteration. High gold contents are related to silicified highly-deformed mylonitic and ultramylonitic units and also sulfide-bearing zones coinciding with the inner parts of alteration zones.

Simple ore-mineral assemblages include pyrite and chalcopyrite in ductile shear zone and pyrite, arsenopyrite and chalcopyrite in brittle ones. Iron hydroxides and other weathering products accompany these sulfide minerals in the alteration zones. Based on microscopic studies, quartz, the main rock-forming mineral in Chah-Bagh deposit, is considered to be of three generations: pre-deformation quartz, first stage hydrothermal quartz and hydrothermal quartz accompanied by sulfide (late stage),

www.SID.ir

Archive of SID

respectively. Based on microscopic structural and textural studies, sulfide minerals can be divided into two different generations. The first generation consists of euhedral and coarse grain pyrite, arsenopyrite and chalcopyrite occurring in the form of segregated grains or along weak surfaces (such as fractures and grain boundaries) of second stage and pre-deformation quartz grains. The second generation of sulfides is characterized by undeformed disseminated fine grain anhedral pyrite and chalcopyrite in altered rocks.
In elevated gold-bearing samples, gold cannot be observed in siliceous gangue and altered sulfide mineral margins, however, electron microprobe analysis indicates invisible gold within the sulfide minerals. Based on these studies, gold has been observed with both pyrite and chalcopyrite phases. Silver exists as invisible within sulfide minerals and in the form of native one within siliceous gangue.
Lithogeochemical survey perpendicular to ore-bearing zones shows positive correlation between silica, titanium, sulfur, iron, arsenic, molybdenum, tungsten and chromium and high-grade zones are accompanied by deformation and alteration. Light rare earth elements (LREE except Eu) are enriched in sulfidized and silicified parts with elevated gold contents.
Controlling parameters for mineral concentration in Chah-Bagh deposit are shear zones (ductile and brittle) and alteration (silicification and sulfidization). Comparing Chah-Bagh main characteristics with orogenic gold deposits, Chah-Bagh has the most similarities with orogenic gold mineralization therefore it is considered to be of this type.

Keywords: Gold mineralization, Ductile and brittle shear zones, Mylonite, Deformation, Alteration, Chah-Bagh, Muteh.

۱– مقدمه

کانسارهای طلایی که در پی فرایندهای کوهزایی تشکیل می‌شوند، از گسترش وسیعی در فانروزوییک برخوردارند (Bierlein & Crowe, 2000; Goldfarb et al., 2001). این کانسارها که کانسارهای طلای کوهزایی نامیده شده‌اند (Groves et al., 1998)، نوع اقتصادی و بسیار مهمی از کانه‌زایی طلا در کمربندهای دگرگونی می‌باشند (Groves et al., 2003).

هرچند از مطالعه این کانسارها در ایران مدت زمان زیادی نمی‌گذرد، اما مطالعات چند سال اخیر صورت‌گرفته در پهنه دگرگونی- ماگمایی سنندج- سیرجان نشان می‌دهد که این پهنه با توجه به قرارگیری کانسارهای طلای تیپ کوهزایی مانند کرویان در بخش شمال‌باختری (حیدری و همکاران، ۱۳۸۲؛ حیدری، ۱۳۸۳)، موته در بخش مرکزی (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱؛ کوهستانی، ۱۳۸۳) و زرترشت در منتهی‌الیه جنوب‌خاوری (راستگوی مقدم و همکاران، ۱۳۸۲) دارای ویژگیهای کمربندهای دگرگونی میزبان این تیپ از کانسارهای طلا است (شکل ۱). بنابراین اکتشافات ناحیه‌ای در این پهنه و دیگر پهنه‌های مشابه در کشور اهمیت ویژه‌ای دارد و می‌تواند از نظر کانه‌زایی طلای تیپ کوهزایی مؤثر واقع گردد.

کانسار طلای چاه‌باغ در ۶۰ کیلومتری جنوب‌باختری دلیجان، در استان اصفهان واقع است. این کانسار در منطقه معدنی موته، در دره‌ای موسوم به کال‌شور و به فاصله ۲۵ کیلومتری باختر- جنوب‌باختری کارخانه استحصال طلا قرار دارد (شکل ۲). وجود آثار معدنکاری قدیمی (کار شدادی) و آثار باقیمانده از فعالیتهای معدنی قدیمی، حاکی از قدمت معدنکاری طلا در منطقه است. مطالعات و تحقیقات پیشین (صدیق، ۱۳۷۸؛ موریتز و غضبان، ۱۹۹۶ و ۱۹۹۵؛ حسنی و همکاران،۱۳۸۱ و رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱) کانه‌زایی طلا در منطقه موته را به پهنه‌های برشی شکنا در امتداد گسلهای عادی با راستای شمال‌باختری، مربوط می‌دانند. مطالعات تکمیلی رشیدنژاد عمران (۱۳۸۱) و تحقیق حاضر، بیانگر وجود یک پهنه برشی از نوع شکل‌پذیر تا شکل‌پذیر- شکنا در کانسار چاه‌باغ است. این تیپ کانه‌زایی (تیپ شکل‌پذیر) که برای نخستین بار معرفی می‌شود، قابل مقایسه با کانسار طلای کرویان (محجل و شمسا، ۱۳۸۱؛ حیدری، ۱۳۸۳) در استان کردستان است. از این‌رو مطالعه آن می‌تواند به عنوان یک الگو در اکتشاف رخدادهای مشابه طلا در پهنه‌های برشی واقع در پهنه سنندج- سیرجان و حتی سایر پهنه‌های ساختاری مشابه در ایران، مورد استفاده قرار گیرد.

۲– زمین‌شناسی

کمپلکس شیست‌سبز با سن دونین و حتی قدیمی‌تر(رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱) واحد دربر دارنده کلیه فعالیتهای معدنکاری طلا در منطقه موته است. این کمپلکس در محدوده کانسار چاه‌باغ، مجموعه‌ای از سنگهای آتشفشانی اسیدی و آتشفشانی- رسوبی دگرگون‌شده و دگرشکل با امتداد عمومی شمال‌خاوری- جنوب‌باختری است که توده‌های نفوذی بازی (دایک و سیل) و اسیدی در آنها نفوذ کرده‌اند.

مجموعه‌های رخنمون‌یافته در محدوده معدنی چاه‌باغ شامل سنگهای زیر است (شکل۳):

شیستهای سبز: این واحد که در محدوده کانسار گسترش زیادی دارد، بیشتر به صورت توف و گدازه‌های مافیک، به ندرت به شکل دایک و سیلهای بازی، دیده شده و فرایندهای دگرشکلی و دگرگونی را در حد رخساره شیست‌سبز تحمل کرده است. از نظر پاراژنز کانیایی از اکتینولیت، کلریت،

www.SID.ir

Archive of SID

اپیدوت، فلدسپار قلیایی، روتیل، اسفن و مگنتیت تشکیل شده‌اند. کانیهای بیوتیت، آپاتیت، لوکوکسن، هیدروکسیدهای آهن و گاه پیریت، کم‌وبیش در نمونه‌های مختلف این سنگها دیده می‌شوند. از مشخصات بارز این سنگها، دگرشکلی و چین‌خوردگی است که برگوارگی سنگها را تحت تأثیر قرار داده و سبب ایجاد ریزچینهای تخت گردیده که محور آنها به موازات برگوارگی عمومی سنگ است.

فلسیک‌شیستها: این سنگها، در واقع سنگهای دگرگونی آتشفشانی- رسوبی (مخلوط رسوبات پلیتی و توفهای اسیدی دگرگونی) هستند که در حد رخساره شیست‌سبز دگرگون شده‌اند. این سنگها در تناوب با دیگر برونزدهای منطقه به طور مکرر دیده می‌شوند، اما رخنمون اصلی آنها در محل کانسار و شمال‌باختری محدوده معدنی است. پارامترهای دگرشکلی مانند برگوارگی چین‌خورده، تبلور دوباره، فابریکهای C/S و دگرشکلی شکنا در آنها به خوبی دیده می‌شود. از نظر پاراژنز کانیایی به طور عمده از کوارتز، فلدسپار پتاسیم، فلدسپار پلاژیوکلاز، بیوتیت و مسکوویت و کانیهای کدر تشکیل شده‌اند. سریسیت، کلریت و کلسیت، به عنوان کانیهای ثانویه، کم‌وبیش حضور دارند.

متاریولیتها: این سنگها به صورت روانه‌های اسیدی در تناوب با واحدهای فلسیک‌شیستی دیده شده و فرایندهای دگرگونی و دگرشکلی را همراه با دیگر نهشته‌ها متحمل شده‌اند. کوارتز، میکا، پلاژیوکلاز و فلدسپار پتاسیم از کانیهای اصلی آنها به شمار می‌روند. زیرکن و آپاتیت از کانیهای فرعی و هیدروکسیدهای آهن، پیریت، لوکوکسن و فرآورده‌های ثانویه ناشی از دگرسانی کانیها، نیز از دیگر سازنده‌های این سنگها هستند.

ریولیت میلونیتی: این واحد در خاور دره کال‌شور و درون پهنه برشی شکل‌پذیر قرار دارد. به دلیل کرنش بسیار بالای پهنه برشی، ساخت گنیسی نشان داده و به یک میلونیت تبدیل شده است (شکل۴). کناره‌های آن توسط گسلهایی هم روند با امتداد توده (N80W/NE)، محدود می‌شود. از نظر ترکیب کانی‌شناسی از پورفیروکلاستهای فلدسپار قلیایی، کوارتز، پلاژیوکلاز سدیم، بیوتیت و مسکوویت تشکیل شده‌اند.

متابازیتها: این دسته از سنگها، اساساً به صورت سیل و دایک بازی (متادیوریت و متاگابرو) در مجموعه‌های دگرگونی منطقه جایگزین شده و در حاشیه خود هاله‌های گرمایی به ضخامت چند ده سانتی‌متر ایجاد نموده‌اند. بخشی از این سنگها، دگرگونی در حد رخساره مرز شیست‌سبز به آمفیبولیت یا رخساره بالای شیست‌سبز را متحمل شده‌اند. مجموعه کانی‌شناختی آنها شامل پیروکسن، آمفیبول، پلاژیوکلاز، بیوتیت، کانیهای کدر، کوارتز، اپیدوت، زوئیسیت، کلینوزوئیسیت، کلریت، کلسیت و سریسیت است. این سنگها که در حین زمین ساخت کششی جایگزین شده‌اند، اگرچه با کانه‌زایی طلا ارتباطی ندارند، اما جایگزینی آنها در طول برخی گسلهای اصلی و صفحات محوری چینها نشان‌دهنده حضور نقاط ضعف ساختاری با عمق زیاد است که مجرایی برای سیالهای گرمایی و جریان مذاب گوشته‌ای فراهم آورده است. به اعتقاد Bierlein et al.(2004) ، این سنگها ارتباط زمانی و مکانی نزدیکی با نفوذیهای پس از زمین ساختی دارند.

در خاور دره کال‌شور توده گرانیتی رخنمون دارد که به دلیل دگرشکلی بالا به میلونیت تبدیل شده است. این توده گرانیتی با وسعتی حدود ۹-۸ کیلومترمربع، در پهنه برشی شکل‌پذیر رخنمون یافته است. بافت ماگمایی دانه‌ای، ناهمسان‌دانه، گاه نسبتاً درشت و تجمعی بوده و کوارتز، پلاژیوکلاز سدیم و کم‌وبیش بیوتیت، از سازنده‌های اصلی آن هستند. در طی دگرشکلی در پهنه‌های برشی شکل‌پذیر، بافت و ساخت اولیه گرانیتی متحول گردیده و تشکیل نوارهای تیره از کانیهای میکایی (بیشتر بیوتیت) و کانیهای روشن از کوارتز و فلدسپار با فابریک میلونیتی داده است و همین امر موجب گردیده تا سنگهای گرانیتی میلونیتی با گنیس مشابه گردد (شکل۴). حضور این توده گرانیتوییدی در محدودهٔ کانسار نشان از گرادیان زمین‌گرمایی بالای این ناحیه در زمان تشکیل آن دارد. بنابراین نفوذ این توده را می‌توان در پهنه برشی شکل‌پذیر، هم‌زمان با فرایند زمین‌ساختی منطقه در نظر گرفت (Groves et al., 1998). سن جایگزینی این توده را بر اساس سن توده‌های مشابه که از گرانیتهای شمال موته حاصل شده است (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱)، می‌توان به رویداد کرتاسه میانی- پایانی نسبت داد.

۳- ساختار و دگرشکلی

مطالعات ساختاری انجام‌شده در محدوده کانسار چاه‌باغ نشان‌دهنده تأثیر فازهای متعدد و شدید دگرشکلی در منطقه است، به طوری که توالیهای سنگی رخنمون‌یافته در منطقه تحت تأثیر این فازها نظم و ترتیب اولیه خود را از دست داده و واحدهای سنگی مختلف با ساختارها و فابریکهای متفاوت را به وجود آورده‌اند. نوع و شدت دگرشکلی ایجادشده، یکسان نبوده و انواع دگرشکلیهای شکل‌پذیر تا شکنا به همراه واحدهای کمتر دگرشکل‌شده تا واحدهای به شدت دگرشکل‌شده در منطقه قابل مشاهده است. مهم‌ترین دگرشکلی که ساختار منطقه چاه‌باغ را به وجود آورده، تحت تأثیر پهنه برشی شکل‌پذیر حاصل شده است. آثار این دگرشکلی به صورت میلونیتی‌شدن سنگها، گسترش برگوارگی غالب میلونیتی، خطواره کششی نافذ، چینهای جناغی و ... در سنگها تظاهر نموده است.

بر اساس بررسیهای ساختاری انجام‌شده در منطقه، سه روند عمده از مقیاس رخنمون تا میکروسکوپ قابل تشخیص است که قابل مقایسه با روندهای ناحیه‌ای در منطقه می‌باشد. الف) روند شمال‌باختری- جنوب‌خاوری که

www.SID.ir

Archive of SID

مهم‌ترین روند ساختاری موجود در منطقه بوده و موازی با پهنه برشی و دگرشکلی شکل‌پذیر، پهنه‌های دگرسانی و کانه‌زایی، سطوح محوری چینها و رگه‌های معدنی طلادار بخش شکنای منطقه می‌باشد. ب) روند خاوری- باختری که با گسلهای معکوس از نوع راستگرد مشخص شده و محدودکننده توده نفوذی گرانیتی منطقه و همچنین سیلها و دایکهای موجود در منطقه است. ج) روند شمال‌خاوری- جنوب‌باختری که با گسلش معکوس مشخص شده و مهم‌ترین نقش را در تکوین ساختاری و شکل‌گیری برونزدهای منطقه ایفا می‌کند.

۳-۱- پهنه برشی شکل‌پذیر چاه‌باغ

پهنه برشی شکل‌پذیر چاه‌باغ به درازای ۳ و پهنای ۲ کیلومتر، از دره چاه‌باغ شروع و تا جنوب‌باختر گرانیت چشمه‌دستار (شمال‌باختر موته)، امتداد می‌یابد(شکل ۵). این پهنه برشی از نوع معکوس با مؤلفه راستگرد بوده (صدیق، ۱۳۷۸) و روند ساختاری WNW (N۲۸۰-۲۹۰°) دارد. شدت دگرشکلی در این پهنه به حدی است که کانیهای تیره و روشن از همدیگر جدا شده و حالت نواری یافته‌اند (شکل۴). این حالت نواری، ظاهری گنیس‌مانند به سنگها داده است. ولی برداشتهای صحرایی حاکی از تغییرات ساخت یا فابریک سنگ است که تحت تأثیر دگرشکلی یاد شده حاصل گشته و تغییری در ترکیب سنگ مشاهده نمی‌گردد. با توجه به کانیهای موجود که شامل کوارتز، فلدسپار و میکا است، رخساره دگرگونی در حد شیست‌سبز و دگرشکلی آن شدید و به صورت فابریک میلونیتی می‌باشد. در این پهنه برشی، همه سنگهای موجود، تحت تأثیر دگرشکلی برشی قرار گرفته و برگوارگی میلونیتی بسیار فراگیر و خطواره کششی در آنها گسترش یافته است. روند برگوارگی میلونیتی، همان روند برگوارگی مرحله دوم دگرشکلی منطقه است که راستای N۲۹۵ -۳۰۵° را نشان می‌دهد و شیب زیادی (۸۰° -۶۰) به سوی شمال‌خاوری و گاهی به صورت تقریباً قائم، شیب خیلی زیاد به سوی جنوب‌باختری دارد.

آثار و شواهد پهنه انتقالی شکل‌پذیر- شکنا در پهنه برشی چاه‌باغ توسط ساختارهای دوپلکس، شکستگیهای برشی‌کششی و دسته رگه‌های برشی‌کششی مشخص می‌شود. ساختار دوپلکس تجمعی از قطعات جداشده توسط گسل در حین گسلش بوده (Twiss & Moores, 1992) و در نمونه‌های منطقه نماینده حرکت برشی از نوع راندگی است (شکل۶). شکستگیهای برشی‌کششی در واحدهای منطقه شکل S داشته و حرکت چپگرد را مشخص می‌کنند (شکل۷). دسته رگه‌های برشی‌کششی در سنگهای واقع در بخشهای درونی پهنه برشی با دگرشکلی شکل‌پذیر شدید در حد اولترامیلونیت، دیده می‌شود. این دسته رگه‌ها بر اساس ژئومتری و ارتباط مکانی نسبت به یکدیگر، به سه نوع دسته رگه‌های موازی با برگوارگی، دسته رگه‌های عمود بر برگوارگی و دسته رگه‌های بدون جهت‌یافتگی خاص قابل تفکیک می‌باشند. دو نوع اول توسط کانیهای اپیدوت، کلریت، لوکوکسن، اکسیدهای آهن، کوارتز (نهان بلورین) و سولفید پر شده‌اند، در حالی که نوع سوم عمدتاً توسط اپیدوت و گاه اپیدوت+کوارتز پر شده‌اند.

درجه دگرشکلی در یک پهنه برشی خاص، از حاشیه‌ها به طرف مرکز پهنه برشی افزایش شدیدی نشان می‌دهد (Sibson & Scott, 1998; Zhou & Wang, 1999). هرچند در پهنه برشی چاه‌باغ این حالت به وضوح دیده نمی‌شود، اما شدت دگرشکلی کم‌وبیش از خارج پهنه به سمت داخل، در راستای عمود بر پهنه برشی افزایش می‌یابد. وجود دو نوع دانه‌بندی پورفیروکلاست و زمینه ریزبلور، از مشخصه واحدهای دگرشکل‌شده منطقه در مقیاس میکروسکوپی است که بیان‌کننده دگرشکلی متفاوت در سراسر پهنه برشی است. در واقع هر چه تفاوت اندازه بین پورفیروکلاستها و زمینه کمتر شود، به طرف واحدهای به شدت دگرشکل‌شده نزدیک‌تر می‌شویم. بر همین اساس، انواع دگرشکلی واحدهای سنگی موجود در پهنه برشی چاه‌باغ را می‌توان به صورت پروتومیلونیت، میلونیت و اولترامیلونیت از هم تفکیک کرد:

پروتومیلونیت: این نوع میلونیتها در بخشهای بیرونی پهنه برشی چاه‌باغ قرار گرفته و گسترش نسبتاً زیادی در خارج از پهنه دگرسانی دارند. پهنه پروتومیلونیتی از پروتولیتهای کمتر دگرشکل‌شده تشکیل شده (Zhou & Wang, 1999) و به علت این که کمتر تحت تأثیر دگرشکلی واقع شده‌اند، دانه‌بندی درشت‌تری داشته و کمتر خردشدگی نشان می‌دهند. از ویژگیهای این نوع میلونیتها که در ریولیت میلونیتی شمال دره چاه‌باغ مشاهده می‌شوند، وجود برگوارگی ضعیف و غیرپیوسته در رخنمونهای سنگی بوده و برگوارگی شاخص میلونیتی در آنها دیده نمی‌شود. کوارتز، فلدسپار و میکا از کانیهای اصلی تشکیل‌دهنده این سنگها بوده و کانیهای کدر (بیشتر سولفیدها) به ندرت حضور دارند.

میلونیت: پهنه میلونیتی به وسیله سنگهای به شدت دگرشکل‌شده با ویژگی برگوارگی و رخ گسترده جدید، مشخص می‌شود (Zhou & Wang,1999). این واحد که بیشترین گسترش را در پهنه برشی از خود نشان می‌دهد با توسعه برگوارگی میلونیتی پیوسته در مقیاسهای مختلف مشخص می‌شود (شکل ۸). این امر سبب سهولت تشخیص آنها از واحدهای پروتومیلونیتی کمتر دگرشکل‌شده می‌گردد. به دلیل تحمل شدت دگرشکلی بیشتر نسبت به واحد پروتومیلونیتی، تفاوت اندازه بین پورفیروکلاستها و زمینه به مراتب کمتر است. پورفیروکلاستها بیشتر شامل بلورهای فلدسپار و کمتر دانه‌های کوارتز است. بافت ساروجی در این سنگها نسبت به پروتومیلونیتها توسعه بیشتری دارد. کانیهای اصلی تشکیل

www.SID.ir

Archive of SID

دهنده واحدهای میلونیتی منطقه شامل کوارتز، فلدسپار، میکا (بیشتر بیوتیت قهوه‌ای) و کانیهای کدر (سولفید) است که کاملاً جهت‌یافته هستند. حضور بیوتیت قهوه‌ای همروند با برگوارگی و پدیده‌های سایه واتنشی پورفیروکلاستهای فلدسپار، نشان‌دهنده رخداد میلونیتی در حد رخساره بالایی شیست‌سبز (زیر رخساره بیوتیت) می‌باشد (Mather, 1970; Goujou et al, 1988).

اولترامیلونیت: این سنگها که در مرکز پهنه برشی شکل‌پذیر یا نزدیک آن واقع می‌شوند (Zhou & Wang, 1999)، تحت تأثیر بیشترین شدت دگرشکلی واقع شده‌اند، به طوری که بافت اولیه سنگ کاملاً از بین رفته، دانه‌های پورفیروکلاست موجود در آن کاملاً ریز شده و تفاوت اندازه بین پورفیروکلاست و زمینه به حداقل ممکن رسیده است. برگوارگی میلونیتی در این واحدها به خوبی شکل گرفته است. این واحدها از نظر بافتی بسیار شبیه به میلونیتها می‌باشند، با این تفاوت که در آنها ریزشدگی پورفیروکلاستها و تبلور دوباره یا به عبارتی دیگر، بلوغ بافتی به دلیل شدت دگرشکلی، بیشتر گسترش یافته و دانه‌های اصلی تخت‌تر و درازتر شده‌اند (شکل۹). ریز شدن دانه‌ها و تشکیل برگوارگی میلونیتی، چین‌خوردن برگوارگی و تشکیل نوارهای شکنجی S شکل که از نشانه‌های دگرشکلی در شرایط شکل‌پذیر است، در واحدهای سنگی اولترامیلونیتی منطقه به خوبی توسعه یافته‌اند (شکل۱۰). توسعه ریزدانه‌ها، مشخصه واحدهای اولترامیلونیتی است. این امر نشان‌دهنده کاهش شدید در اندازه دانه بلور- پلاستیک، هم‌زمان با زمین ساخت بوده و معمولاً با اندکی تبلوردوباره و بازیافت بلوری همراهی می‌شود (Worku,1996). ریزدانه‌های فوق دارای خاموشی موجی هستند که این حالت نشان‌دهنده تکرار دگرشکلی است (Zhou & Wang, 1999).

۳-۲- فابریکهای تعیین‌کننده سوی برش

بر اساس مطالعات انجام‌شده، فابریکهای تعیین‌کننده سوی برش در پهنه برشی چاه‌باغ شامل فابریکهایC/S و C’، ساختار میکاماهی، پورفیروکلاستهای پوششی نوع سیگما (σ) و چینهای برشی Z شکل می‌باشد. فابریکهای S به صورت دانه‌های کوارتز و فلدسپاتی در سنگها توسعه یافته‌اند. فابریکهای C شامل یک‌سری صفحات نزدیک به هم است که به موازات دیواره پهنه برشی قرار گرفته و تقریباً موازی برگوارگی هستند. در بخشهای بیرونی پهنه برشی چاه‌باغ، این فابریکها با زاویه‌ای نزدیک به ۴۵ درجه نسبت به هم قرار گرفته‌اند، اما در بخشهای داخلی به دلیل شدت بالای دگرشکلی، تقریباً به موازات هم دیده شده و به همراه آنها فابریکهای C’ ظاهر می‌شود. فابریکهای C/S و C’ موجود در پهنه برشی چاه‌باغ نماینده حرکت برشی راستگرد می‌باشند. ساختار میکاماهی، در واقع بلورهای منفرد میکایی لوزی‌شکل و یا تجمعی از بلورهای میکایی است که به شکل ماهی دیده می‌شود. این ساختار در واحدهای سنگی موجود در پهنه برشی چاه‌باغ نماینده حرکت برشی راستگرد است. پورفیروکلاستهای نوع سیگمای مشاهده‌شده در واحدهای سنگی منطقه، هسته‌ای از جنس ارتوکلاز و گاه کوارتز و پیریت در مقیاس رخنمون و میکروسکوپ با دنباله‌هایی از جنس خود پورفیر و یا زمینه بوده و نمایانگر حرکت برشی راستگرد هستند (شکل۱۱). چینهای Z شکل، چینهای بسته با زاویه بین‌یالی کم تا متوسط بوده و در سنگهای واقع در بخشـــهای داخلی پهنه برشی چاه‌باغ، نشان‌دهنده راستای برشی راستگرد است.

۳-۳-دگرشکلی شکنا

دگرشکلی شکنا آخرین مرحله دگرشکلی موجود در منطقه بوده و سبب شکل‌گیری برونزدها به صورت کنونی شده است. این دگرشکلی شامل گسلهای معکوس، مورب لغز، عادی و درزه‌ها می‌باشد که از این بین، گسلهای عادی با روند عمومی شمال‌باختری- جنوب‌خاوری و شیب مایل به سوی شمال‌خاوری با کانه‌زایی همراه است. گسل اصلی چاه‌باغ که پهنه سیلیسی- سولفیدی کانه‌دار در امتداد آن جایگزین شده است، روند N35W دارد.

۴-دگرسانی

دگرسانی گرمابی عامل اصلی در ته‌نشست اغلب کانه‌ها بوده و از نظر زمانی و مکانی ارتباط نزدیکی با کانه‌سازی دارد(Lobato et al, 1998). بررسیهای انجام‌شده در محدوده کانسار چاه‌باغ نشان می‌دهد که دگرسانیهای موجود در منطقه، در پهنه‌های دگرشکل‌شده و در مجموعه سنگهای آتشفشانی- رسوبی دگرگونی و کاملاً دگرشکل‌شده رخ داده است. شدت و نوع دگرسانی یکسان نبوده و دگرسانی در واحدهای سنگی مختلف، متفاوت است. از مهم‌ترین دگرسانیها می‌توان به دگرسانی سریسیتی، کائولینیتی، اپیدوتی، تورمالینی، سیلیسی و سولفیدی اشاره کرد.

۴-۱-دگرسانی تورمالینی

این دگرسانی در منطقه چاه‌باغ گسترش کمی دارد و تنها در گرانیت میلونیتی دیده می‌شود.این دگرسانی به صورت رگه‌های کوارتز- تورمالینی غنی از پیریت اکسیده به ضخامت ۳۰ سانتی‌متر و در داخل بخشهای سیلیسی‌شده به ضخامت تا ۰/۵ متر رخ داده است. در مقطع نازک، رگه‌ها به طور وسیع از کوارتز بی‌شکل (تا ۲ میلی‌متر)، کانیهای تورمالین آبی و سبز تا قهوه‌ای‌رنگ نیمه‌خودشکل تا خودشکل (۴ میلی‌متر) و پیریتهای شکل‌دار تا نیمه‌شکل‌دار سالم و اکسیده (۲ تا ۵ میلی‌متر) تشکیل شده‌اند.

۴-۲-دگرسانی کائولینیتی

این دگرسانی در کانسار چاه‌باغ، در مناطقی که سنگهای فلسیک‌شیستی و متاریولیتی گسترش دارند، از دگرسانی فلدسپار پتاسیم حاصل شده است. این دگرسانی بیشتر در امتداد شکستگیها و گسلهای موجود دیده می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

۴-۳-دگرسانی سریسیتی

این دگرسانی در بیشتر سنگهای منطقه دیده شده، رنگ خاکستری‌روشن داشته و از گسترش زیادی در سنگهای دگرگون‌شده برخوردار است. سریسیت به صورت ورقه‌های کوچک (۵۰-۵ میکرون) در زمینه، بسیار فراوان بوده و اغلب در جهت برگوارگی کشیدگی نشان می‌دهند.

۴-۴-دگرسانی اپیدوتی

دگرسانی اپیدوتی شدت زیادی در منطقه داشته و تقریباً در تمام واحدهای سنگی منطقه دیده می‌شود. این دگرسانی به صورت پراکنده و یا پرکننده رگه‌های موجود، به همراه دیگر کانیها مانند کوارتز، آلبیت و سریسیت دیده می‌شود. اپیدوتی‌شدن، همچنین به صورت جانشینی دروغین در قالب بلورهای پیریت دیده شده و گاه آثار پیریت باقیمانده در آنها قابل مشاهده است.

۴-۵-دگرسانی سیلیسی

دگرسانی سیلیسی در بخشهای داخلی پهنه‌های برشی بیشترین شدت را دارد. در مقیاس رخنمون، این دگرسانی به صورت بخشهای سخت و برجسته و با ریخت خشن، با ضخامت ۰/۵ تا چند متر به رنگ سرخ و زرد (رنگ اکسیدهای آهن) دیده می‌شود. این دگرسانی در بخش شکل‌پذیر، هم‌روند با راستای پهنه برشی (یا صفحات برش) و در بخش شکنا به صورت رگه‌هایی در راستای عمود بر برگوارگی واحدهای سنگی منطقه است که دلالت بر تشکیل آنها در طی فرآیندهای دگرشکلی حاصل از پهنه‌های برشی است. در بخش شکل‌پذیر، دگرسانی سیلیسی به صورت لامینه‌ها و نوارهای با ضخامت متفاوت(میلی‌متر تا سانتی‌متر) و همچنین رگه‌های کنترل‌شده توسط ترکها و نوارهای متراکم (Zhang et al., 2003) و بخشهای سیلیسی‌شده نامنظم کنترل‌شده توسط برگوارگی و رخ دگرشکلی در راستای هم‌روند با برگواره میلونیتی (Ferkous & Leblanc, 1995) مشاهده می‌شود که نشانه تشکیل هم‌زمان آن با برگواره میلونیتی غالب در منطقه است (شکل۱۲). بخش دیگری از دگرسانی سیلیسی در منطقه، به صورت سیلیسی‌شدن بخشهایی از سنگ دیواره است. این نوع دگرسانی یا به صورت جانشینی سنگ دیواره توسط سیلیس به همراه سولفید می‌باشد که در اثر اکسیدشدن سولفید به رنگ سرخ و زرد دیده می‌شود و یا این که در اثر پرشدگی درزه‌ها و شکستگیهایی است که روند خاصی نداشته و به سنگ بافت شبکه‌ای داده است (Zhang et al., 2003).

۴-۶- دگرسانی سولفیدی

دگرسانی سولفیدی از شدت و پراکندگی یکسانی در سراسر پهنه دگرسانی برخوردار نبـــوده و به طور معمول به مناطق کانه‌زایی محدود است (Lobato et al., 1998). به طور کلی گسترش این دگرسانی به سمت بخشهای داخلی پهنه‌های دگرشکلی افزایش می‌یابد، به طوری که بیشترین شدت آن در واحدهای به شدت دگرشکل‌شده میلونیتی و اولترامیلونیتی واقع است. این دگرسانی عموماً با دگرسانی سیلیسی همراه است. این نوع از دگرسانی با رنگ زرد و سرخ حاصل از هوازدگی سولفیدها به هیدروکسیدهای آهن (لیمونیت، هماتیت و گوتیت) به راحتی در صحرا قابل تشخیص است. مهم‌ترین محصولات این دگرسانی شامل پیریت، کلکوپیریت و آرسنوپیریت می‌باشد. پیریت عمده‌ترین کانی سولفیدی بوده و دیگر سولفیدها در پهنه‌های دگرسانی آن را همراهی می‌کنند. این کانیها به صورت دانه‌پراکنده و به ندرت جهت‌یافته در سنگهای میزبان دگرشکل مشاهده می‌شوند.

۵- ارتباط دگرسانی و دگرشکلی

شدت و گسترش دگرسانی گرمابی وابسته به دسترسی سیالات گرمابی به سنگهای دیواره است که خود به طور عمده توسط دگرشکلی کنترل می‌شود(Zhou & Wang, 1999). بررسیهای صحرایی و میکروسکوپی انجام‌شده در پهنه‌های برشی شـــکل‌پذیر چاه‌باغ، نشـــان‌دهنده ارتباط مکانی و زمانی دگرســـانی گرمابی با دگرشـــکلی می‌باشد (کوهستانی و همکاران، ۱۳۸۳a). از نظر مکانی، این ارتباط توسط انطباق پهنه‌بندی دگرسانی و دگرشکلی به خوبی نمایان می‌شود. بدین صورت که بیشترین شدت دگرسانی سیلیسی و سولفیدی محدود به بخشهای داخلی پهنه‌های برشی که متحمل دگرشکلی در حد میلونیت و اولترامیلونیت شده‌اند، می‌گردد. اما دگرسانیهای سریسیتی، کائولینیتی و اپیدوتی که تنها با تهی‌شدگی ضعیف شیمیایی سنگ دیواره مشخص می‌شوند، در پهنه‌های پروتومیلونیتی رخ داده‌اند. از نظر زمانی نیز بین دگرسانی گرمابی و دگرشکلی ارتباط وجود دارد. بدین صورت که فضاهای خالی که در طی دگرشکلی شکل‌پذیر و فرایند میلونیتی‌شدن به وجود آمده و کاملاً هم‌روند با برگوارگی است (دسته رگه‌های برشی‌کششی نوع اول) و همچنین ریزشکستگیهای موجود در پورفیروکلاستها در حین جریان کاتاکلاستیکی بلورها، هر دو توسط کوارتزها و پیریتهای مرحله گرمابی به طور هم‌زمان پر شده‌اند. این امر مبین دگرسانی هم‌زمان با دگرشکلی تعبیر می‌شـــود (Zhou & Wang, 1999). از طرف دیگر دگرشکلی کوارتز گرمابی اولیه (نسل دوم) و دانه‌های پیریت نسل اول که در پاسخ به دگرشکلیهای مرحله بعدی رخ می‌دهد، نشان‌دهنده تأثیر فازهای مختلف دگرشکلی بر کانیهای تشکیل‌شده در مراحل مختلف دگرسانی گرمابی بوده و مبین همبستگی زمانی دگرسانی و دگرشکلی است.

با توجه به این مطالب، می‌توان گفت که در منطقه چاه‌باغ، فعالیت دگرسانی کاملاً در کنترل دگرشکلی بوده و کانیهای ایجادشده توسط سیالهای

www.SID.ir

Archive of SID

گرمابی، توسط دگرشکلی و شدت آن کنترل می‌شوند، یعنی ارتباط مثبتی بین دگرسانی و دگرشکلی وجود دارد.

۶-کانه‌زایی

کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ با توجه به بررسیهای صحرایی و آزمایشگاهی و موقعیت زمین‌شناختی و ساختاری به دو تیپ قابل تفکیک می‌باشد (شکل ۱۳):

الف-کانه‌زایی تیپ شکل‌پذیر: این تیپ که بیشترین تمرکز کانه‌زایی طلا در منطقه چاه‌باغ را شامل می‌شود، در پهنه‌ای به درازای یک کیلومتر و پهنای متوسط تا ۶۰ متر، در امتداد N40-50E، با ژئومتری عدسی‌شکل و شیبی به سمت شمال‌باختری(N60-80W) رخ داده است. سنگهای درونگیر ماده معدنی شامل تناوبی از فلسیک‌شیستها و متاریولیتهای دگرسان‌شده است که به شدت دگرشکل شده‌اند. این واحدها به صورت متناوب با واحدهای شیست‌سبز (کمرپایین و کمربالا با عیار در حد کلارک، 10ppb≤) قرار گرفته‌اند. بخش اصلی اکتشافات انجام‌شده در این بخش به صورت ترانشه و تونلهای کوچک و بزرگ در راستای هم‌روند و یا عمود بر برگوارگی (جهت بررسی کانه‌زایی هم‌روند با برگوارگی) است که در واحدهای فلسیک‌شیستی و متاریولیتی دگرشکل و دگرسان‌شده حفر شـــده‌اند (شکل۱۴).

بخشی از این پهنه بیشتر شامل توفهای ریولیتی با میان‌لایه‌هایی از گدازه ریولیتی دگرگون و دگرشکل است که تحت تأثیر دگرسانی آرژیلیتی، سیلیسی و سولفیدی قرار گرفته و حضور هیدروکسیدهای آهن ناشی از اکسیدشدن سولفیدها (عمدتاً پیریت)، موجب رنگ سرخ، قهوه‌ای و زرد آن شده است. گاهی شدت دگرسانیهای فوق به حدی است که به سنگها ظاهری نرم و خاک‌مانند داده است. از نظر دگرشکلی، این واحدها تا حد میلونیت دگرشکل شده‌اند. نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت‌شده از ترانشه‌های حفرشده بر روی این بخش نشان می‌دهد که عیارهای بالای طلا (۱/۴۸ گرم در تن) به بخشهای به شدت دگرشکل با دگرسانی سیلیسی و سولفیدی محدود است. بخش اصلی این پهنه دربردارنده گدازه‌های متاریولیتی با میان‌لایه‌هایی از توف ریولیتی دگرگون و دگرشکل است که ظاهری خشن به مجموعه داده است. تغییرات مشاهده‌شده در این واحد نسبت به واحد فلسیک‌شیستی از نظر دگرشکلی و دگرسانی بیشتر است. دگرسانی سیلیسی و سولفیدی که بی‌هنجاریهای اصلی طلا را شامل می‌شوند، به این بخش تعلق دارند. واحدهای سیلیسی‌شده دارای فابریک میلونیتی و اولترامیلونیتی با ژئومتری عدسی‌شکل و هم‌روند با برگوارگی غالب منطقه، به این بخش از پهنه برشی محدود شده و فابریک میلونیتی در مقیاسهای مختلف در آنها به خوبی مشاهده می‌شود. نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت‌شده از بخشهای سیلیسی‌شده، میزان طلا را تا ۱۳/۲ گرم در تن نشان می‌دهد که بیانگر ارتباط قوی بین عیارهای بالای طلا با واحدهای میلونیتی و اولترامیلونیتی به شدت دگرسان‌شده (سیلیسی و سولفیدی) است. ضخامت بخشهای سیلیسی‌شده سولفیددار از چندین سانتی‌متر تا حدود ۲ متر متغیر است.

گرانیت میلونیتی خاور دره کال‌شور، واحد دیگری از این پهنه را تشکیل می‌دهد که دارای چندین پهنه دگرسانی با راستای N65W، رنگ ظاهری سرخ تا قهوه‌ای و زرد با طول تا چند صد متر و چند ده متر ضخامت، است. دگرسانیهای موجود در این واحد شامل سیلیسی، پیریتی، آرژیلیتی، سریسیتی و گاه تورمالینی است. در این پهنه‌های دگرسانی، بخشهای سیلیسی‌شده به ضخامت تا ۰/۵ متر و رگه‌های کوارتز- تورمالینی غنی از پیریت اکسیده، با ضخامت حدود ۳۰ سانتی‌متر دیده می‌شود. تجزیه نمـــونه‌های برداشت‌شـــده از این بخشـــهای سیلیسی و رگه‌های کوارتز- تورمالینی، بی‌هنجاریهایی از طلا تا ۰/۱ گرم در تن را مشخص کرده است. کانی سولفیدی اصلی این پهنه پیریت است که اندکی کلکوپیریت آن را همراهی می‌کند.

ب-کانه‌زایی تیپ شکنا: کانه‌زایی تیپ شکنا در کانسار چاه‌باغ همانند دیگر کانسارها و معادن طلای موته، در امتداد گسلهای عادی با روند N40W و شیب مایل به سمت شمال‌خاوری رخ داده است. این تیپ کانه‌زایی که در بخش باختری منطقه دیده می‌شود، شامل پهنه‌های سیلیسی سولفیددار است که لایه‌های مجاور خود را قطع کرده‌اند. واحدهای فلسیک‌شیستی و متاریولتی میزبان پهنه‌ها تا حد پروتومیلونیت- میلونیت دگرشکل شده و دگرسانیهای سریسیتی، اپیدوتی و کائولینیتی در آنها گسترش زیادی دارند. دگرسانی سیلیسی و سولفیدی در بخشهای داخلی پهنه‌های برشی شدت زیادی داشته و به پهنه‌های کانه‌دار محدود می‌گردد. پهنه‌های سیلیسی سولفیددار، بافت برشی داشته و نتایج تجزیه نمونه‌های برداشت‌شده از آنها مقدار طلا را تا ۱/۸۲ گرم در تن مشخص کرده است که نشان‌دهنده ارتباط نزدیک کانه‌زایی با بخشهای داخلی پهنه‌های برشی و دگرسانی شدید سیلیسی و سولفیـــدی است. پهنه اصلی سیلیسی- سولفیدی طلادار چاه‌باغ ۵-۳ متر ضخامت و راستای عمومی N35W داشته و کانی سولفیدی اصلی آن پیریت است که با مقداری آرسنوپیریت، کلکوپیریت و محصولات هوازده آنها همراهی می‌شود. این پهنه‌های کانه‌دار، برگوارگی مربوط به زمان دگرشکلی را قطع کرده و به زمان پس از دگرشکلی شکل‌پذیر مربوط می‌باشند (شکل۱۵).

در مقیاس ناحیه‌ای، محیط تشکیل توالیهای آتشفشانی- رسوبی منطقه (کمپلکس شیست‌سبز)، یک محیط کافت درون قاره‌ای نافرجام از نوع اولاکوژن (پالئوزوییک، پیش از دونین) است (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱).

www.SID.ir

Archive of SID

کانه‌زایی طلا در بدو امر، در مراحل تشکیل و توسعه این حوضه کافتی به عنوان یک پتانسیل اولیه(پیریتهای طلادار) و به صورت چینه‌سان-چینه‌کران، دانه‌پراکنده و عدسیهای کشیده از نوع آتشفشانی- برونده‌می تشکیل شده‌اند. کانسار چاه‌باغ در پهنه برشی شکل‌پذیر واقع شده و کانه‌زایی اولیه مورد رونقشی قرار گرفته است، به طوری که کانه‌زایی طلا را می‌توان نتیجه عملکرد دگرسانی در نظر گرفت. با این وجود، چون سرگذشت این کانسار نمی‌تواند جدا از سرگذشت دیگر کانسارهای منطقه موته باشد، بنابراین این منشأ را نیز می‌توان برای کانسار چاه‌باغ در نظر گرفت.

۷- ارتباط کانه‌زایی با دگرشکلی و دگرسانی

رابطه بین کانه‌زایی طلا، دگرشکلی و دگرسانی برای کمربندهای کوهزایی میزبان طلای کوهزایی پذیرفته شده است. بر اساس مطالعات انجام‌شده، بین تغییرات عیار طلا، دگرشکلی و دگرسانی ارتباط نزدیکی وجود دارد. کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ به پهنه‌های برشی شکل‌پذیر و شکنا محدود است (کوهستانی و همکاران، ۱۳۸۲). بیشترین تمرکز طلا (تا ۱۳/۲ گرم در تن) در پهنه برشی شکل‌پذیر، هم‌روند و هم‌خوان با برگوارگی میلونیتی و راستای برش و در بخش شکنا در امتداد گسلهای کششی عادی با روند N40W (تا ۱/۸۲ گرم در تن) است. این امر بیانگر ارتباط مکانی و زمانی کانه‌زایی با دگرشکلی است. همچنین نوع دگرسانی و کانه‌زایی همراه آن، خود توسط دگرشکلی و ویژگیهای سیال در طی فرایندهای کوهزایی کنترل می‌شود (Kerrich & Wyman, 1990). این ارتباط که برای بیشتر کانسارهای طلای کوهزایی گزارش شده، با عیارهای بالای طلا در بخشهای سیلیسی و سولفیدی پهنه‌های برشی کانسار چاه‌باغ مطابقت دارد. این مطالب همگی بیانگر انطباق شدت دگرسانی و دگرشکلی با بخش‌های عیاردار طلا در کانسار چاه‌باغ بوده و با عیارهای گرفته‌شده مطابقت دارد (شکل ۱۶).

۸-کانی‌شناسی و توالی پاراژنتیکی کانه‌ها

مطالعات میکروسکوپی و نتایج تجزیه‌دستگاهی نمونه‌های کانه‌دار پهنه‌های برشی کانسار چاه‌باغ، نشان‌دهنده کانی‌شناسی ساده این کانسار است. کانیها از نوع سولفیدی، اکسیدی و سیلیکاتی بوده و به صورت اولیه (هیپوژن) و یا ثانویه (سوپرژن) تشکیل شده‌اند. پاراژنز کانیها در پهنه‌های دگرسان‌شده کانه‌دار به صورت زیر است:

۸-۱-کانیها

کوارتز مهم‌ترین کانی سنگ‌ساز کانسار طلای چاه‌باغ را تشکیل می‌دهد. فلدسپار (پلاژیوکلاز، فلدسپار قلیایی)، سیلیکاتهای کلسیم (ولاستونیت، لارنیت)، کانیهای میکایی (بیوتیت، مسکوویت و سریسیت)، اسفن، اپیدوت، زیرکن، کلینوکلر و کانیهای رسی (کائولینیت، هالویزیت، آلونیت، استونیت، جیسموندین، ایلیت و مونتموریلونیت) دیگر کانیهای سنگ‌ساز را در کانسار چاه‌باغ تشکیل می‌دهند. در این بین فلدسپارها حجم بیشتری داشته و پس از کوارتز فراوان‌ترین کانی سنگ‌ساز به شمار می‌آیند.

مطالعات میکروسکوپی نمونه‌های دگرسان‌شده نشان‌دهنده سه نوع کوارتز است که به ترتیب شامل کوارتزهای پیش از دگرشکلی، کوارتز مرحله اول گرمابی و کوارتز گرمابی همراه با سولفید (مرحله تأخیری) هستند.

کوارتزهای پیش از تغییرشکل، حاصل دگرسانی نبوده و در سنگهای دگرسان‌شده به صورت پورفیروکلاست دیده می‌شوند. این کوارتزها که ابعادشان تا ۲ میلی‌متر نیز می‌رسد، در زیر میکروسکوپ ظاهری کثیف از خود نشان داده و تبلور دوباره یافته‌اند (شکل۱۷). بافت ساروجی در پورفیروکلاستها به خوبی دیده می‌شود (شکل۱۸). کوارتز مرحله اول گرمابی ابعاد ۰/۱۵ تا ۰/۲۵ میلی‌متر، ظاهری روشن و شفاف داشته و در رگچه‌ها و مجموعه دانه‌ای به هم پیوسته دیده می‌شوند (شکل۱۷). بافت دگرشکلی در آنها نیز کم‌وبیش دیده می‌شود ولی به خوبی کوارتزهای پیش از دگرشکلی توسعه نیافته است. معمولاً این کوارتزها توسط رگچه‌ها و شکستگی‌های سولفیددار تأخیری قطع می‌شوند که دلیلی بر تشکیل این دسته از کوارتزها پیش از کوارتزهای مرحله تأخیری گرمابی می‌باشد. این نسل از کوارتزها، در مرحله اول دگرشکلی برشی شکل‌پذیر تشکیل شده و معمولاً پیش‌درآمد مرحله اصلی کانه‌زایی طلا نیز می‌باشند (Zhou & Wang, 1999). تشکیل این کوارتزها تحت شرایط تبلور دوباره دینامیکی، از طریق مهاجرت مرز دانه و چرخش ریزدانه‌ها می‌باشد (Kolb et al., 2003). کوارتزهای گرمابی همراه با سولفید (مرحله تأخیری) به صورت ریزبلور با ابعاد کمتر از ۲۰۰ میکرون و همراه با سولفیدها دیده می‌شوند. این نسل از کوارتز در مراحل نهایی فعالیت گرمابی تشکیل شده و در اطراف کوارتزهای پیش از دگرشکلی و کوارتزهای مرحله اول گرمابی و درون ریزشکستگیهای آنها قرار دارند (شکل۱۷).

۸-۲-کانه‌های سولفیدی

پیریت، آرسنوپیریتهای مس‌دار، کلکوپیریت، کوولیت و دیژنیت کانه‌های سولفیدی را در کانسار چاه‌باغ تشکیل می‌دهند. این کانیها به صورت دانه‌پراکنده و به ندرت جهت‌یافته در سنگهای میزبان دگرریخته مشاهده می‌شوند.

پیریت

این کانی در کانسار چاه‌باغ فراوان‌ترین کانه سولفیدی در پهنه‌های دگرسان‌شده کانه‌دار بوده و تقریباً بیش از ۹۰ درصد کانه‌های سولفیدی موجود را تشکیل می‌دهد. پیریت به صورت دانه‌های درشت شکل‌دار یا دانه‌های ریز بی‌شکل همراه با کوارتز و دیگر سولفیدها دیده شده و میزان آن به شدت به سمت مرکز پهنه‌های برشی افزایش می‌یابد. بر اساس

www.SID.ir

Archive of SID

مطالعات انجام‌شده در مقیاس میکروسکوپی، بر مبنای روابط بافتی می‌توان پیریتهای موجود در واحدهای دگرسان‌شده را به دو نسل تفکیک کرد:

الف) نسل اول پیریت به صورت بلورهای خودشکل و درشت‌دانه در اندازه‌های تا ۲ میلی‌متر دیده شده و اکثراً جهت‌یافته و دارای ظاهری لامینه‌مانند هستند (شکل۱۹). این پیریتها هم‌زمان با دگرشکلی و هم‌روند با برگوارگی میلونیتی تشکیل شده‌اند، به طوری که تحت تأثیر تنش، تغییرشکل از خود نشان داده و همراه با کانیهای دیگر سنگ در جهت عمود بر راستای بیشترین محور تنش، کشیدگی نشان می‌هند (شکل۲۰). شکستگیهایی که این بلورها و قطعات خردشده مرتبط را قطع می‌کنند، توسط سولفیدهای نسل دوم و کوارتزهای همراه، سیمانی و پر شده‌اند. این وقایع نشان‌دهنده شکل‌گیری نسبتاً زودتر این نوع پیریتها (نسل اول) نسبت به پیریتهای ریز (نسل دوم) اما بعد از کوارتزهای مرحله اول گرمابی (نسل دوم) می‌باشد.

ب) پیریتهای نسل دوم به صورت پیریتهای بی‌شکل تا نیمه‌خودشکل و ریزبلوری است که اندازه آنها به ندرت از ۱۰۰ میکرون تجاوز می‌کند. این پیریتها بیشتر به صورت دانه‌پراکنده در واحدهای دگرسان‌شده مشاهده شده و به ندرت جهت‌یافتگی ضعیفی به موازات برگوارگی از خود نشان می‌دهند.

آرسنوپیریتهای مس‌دار

آرسنوپیریت بعد از پیریت فراوان‌ترین فاز سولفیدی در پهنه برشی شکنای کانسار چاه‌باغ بوده و به صورت دانه‌های درشت شکل‌دار (ارتورومبیک)، نیمه‌شکل‌دار تا بی‌شکل همراه با پیریت و کوارتز مشاهده می‌شود. این کانیها به صورت بلورهای مجزا و یا مجموعه‌ای از چند بلور در کنار هم دیده می‌شوند. این کانیها در اثر دگرسانی، از حاشیه به کوولیت و دیژنیت(به علت داشتن مس در شبکه)تبدیل شده‌اند(شکل۲۱).

کلکوپیریت

کالکوپیریت به میزان پایین و همراه با کوارتز و دیگر فازهای سولفیدی مشاهده می‌شود. این کانی به صورت دانه‌های درشت و ریزبلور که از حاشیه به کوولیت و دیژنیت دگرسان شده‌اند، مشاهده می‌شود و مقدار آن به سمت بخشهای درونی پهنه‌های برشی دگرسان‌شده بیشتر می‌شود. بر اساس روابط بافتی می‌توان کلکوپیریتهای موجود در واحدهای دگرسان شده را به دو نسل تفکیک کرد:

الف) کلکوپیریتهای نسل اول به صورت بلورهای درشت بی‌شکل تا نیمه‌خودشکل و اندازه تا ۵ میلی‌متر دیده می‌شوند. این نسل همراه با پیریتهای نسل اول مشاهده شده و با آنها هم‌رشدی نشان می‌دهد (شکل ۲۲).

ب) نسل دوم کلکوپیریت به صورت بلورهای بی‌شکل و دانه‌پراکنده در اندازه‌های تا ۱۵۰ میکرون و همچنین میانبارهای ریز در داخل بلورهای آرسنوپیریت دیده می‌شود.

کوولیت و دیژنیت

کوولیت و دیژنیت حاصل دگرسانی کانیهای آرسنوپیریت مس‌دار و کلکوپیریت بوده و در طول حاشیه‌ها و شکستگیهای آنها جانشین شده‌اند.

۸-۳-نقره

تجزیه الکترون‌میکروپروب و میکروسکوپ الکترونی نمونه‌ها نشان‌دهنده حضور نقره در شبکه کانیهای سولفیدی و به شکل آزاد درون باطله سیلیسی است. بر اساس این مطالعات، نقره در تمامی فازهای سولفیدی موجود بوده و بیشترین میزان آن مربوط به کلکوپیریتها است، به طوری که کلکوپیریتهای درشت‌بلور نسل اول تا wt% ۰/۲ و کلکوپیریتهای ریزبلور نسل دوم تا wt% ۰/۱۱ نقره در شبکه خود دارند. همچنین این مطالعات حضور نقره به صورت دانه‌های آزاد تا ابعاد ۵ میکرون را درون باطله سیلیسی مشخص کرده است.

۸-۴-طلا

بر اساس مطالعات میکروسکوپی و تجزیه‌های میکروسکوپ الکترونی و الکترون‌میکروپروب طلا به صورت دانه‌های آزاد درون باطله سیلیسی و یا حاشیه سولفیدهای دگرسان‌شده مشاهده نشد. اما نتایج تجزیه ۳ عدد از این نمونه‌ها توسط دستگاه الکترون‌میکروپروب، بیانگر حضور طلا در شبکه کانیهای سولفیدی است. بر اساس این مطالعات، طلا با هر دو فاز پیریت و کلکوپیریت دیده می‌شود اما این نتایج برای آرسنوپیریت چندان قابل اعتماد نیست.

بر اساس این مطالعات، میزان طلا در پیریتهای درشت‌بلور نسل اول تا wt% ۰/۰۷ ؛ پیریتهای ریزبلور نسل دوم تا wt% ۰/۲۴ ؛ کلکوپیریتهای درشت‌بلور نسل اول تا wt% ۰/۲۱ و کلکوپیریتهای ریزبلور تا wt% ۰/۴۶ می‌رسد.

مقایسه آماری بین تعداد نقاط تجزیه شده نسبت به تعداد نقاطی که بیانگر حضور طلا هستند، نشان می‌دهد که پیریتهای ریزبلور نسل دوم و همچنین کلکوپیریتهای درشت‌بلور نسل اول، حمل‌کننده‌های اصلی طلا هستند. این بررسی با عیارهای طلا به دست آمده از واحدهای عیاردار انطباق خوبی نشان می‌دهد، به طوری که عیار طلای نمونه‌های غنی از پیریتهای ریزبلور برابر ۹/۲ و ۱۳/۳ گرم در تن و نمونه‌های غنی از کلکوپیریتهای درشت‌بلور نسل اول برابر ۷ گرم در تن به دست آمده است.

www.SID.ir

Archive of SID

۸-۵-کانه‌های اکسیدی و کربناتی

کانه‌های اکسیدی شامل هیدروکسیدهای آهن (هماتیت، گوتیت، لمونیت، لپیدوکروسیت و ژاروسیت) و کانه‌های کربناتی شامل آزوریت و مالاکیت بوده که حاصل تأثیر فرایندهای هوازدگی و سوپرژن بر روی کانه‌های سولفیدی پیریت و کلکوپیریت می‌باشند.

۸-۶- توالی پاراژنزی

بر اساس مطالعات انجام‌شده در مقیاس صحرایی، نمونه دستی، میکروسکوپی و همچنین نتایج تجزیه‌های الکترون‌میکروپروب و میکروسکوپ الکترونی، توالی پاراژنتیک کانیها و کانه‌های کانسار طلای چاه‌باغ با توجه به ارتباط دگرشکلی، دگرسانی و کانه‌زایی رسم شد که در شکل ۲۳ آورده شده است.

۹- ژئوشیمی

به منظور آگاهی از فراوانی، چگونگی توزیع و رفتار ژئوشیمیایی طلا و دیگر عناصر همراه در رخنمونهای سنگی منطقه، بخشهای کانه‌دار و دگرسانی همراه و نیز شناسایی عوامل کنترل‌کننده ساختاری و سنگ شناختی در تمرکز طلا و دیگر عناصر همراه، همچنین پراکندگی و رفتار عناصر خاکی کمیاب (REE) در محدوده کانسار چاه‌باغ، اقدام به نمونه‌گیریهای لیتوژئوشیمیایی و معدنی شد. نتایج بررسیهای انجام‌شده به شرح زیر است:

۹-۱- ژئوشیمی عناصر اصلی و کمیاب

بررسیهای انجام‌شده در راستای مقاطع لیتوژئوشیمیایی عمود بر روند پهنه‌های کانه‌دار نشان‌دهنده تغییرات ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی در واحدهای سنگی میزبان و دربرگیرنده پهنه‌های کانه‌دار با شدت دگرشکلی و نوع دگرسانی متفاوت، می‌باشد. بر اساس این مطالعات، در بین عناصر اصلی، سیلیسیم و هم‌روند با آن تیتانیم، گوگرد و آهن و در بین عناصر فرعی آرسنیک، مولیبدن، تنگستن و کروم بیشترین همبستگی را با طلا در بخشهای پرعیار از خود نشان داده و همراه با افزایش طلا در بخشهای به شدت دگرشکل و دگرسان‌شده، افزایش نشان می‌دهند. ارتباط مثبت این عناصر با طلا نشان‌دهنده ارتباط این عناصر با شدت و نوع دگرسانیهای سیلیسی و سولفیدی می‌باشد (کوهستانی و همکاران، ۱۳۸۳b). مقدار نقره در بخشهای مختلف پهنه‌های کانه‌دار پایین است. با این وجود، میزان این عنصر به سمت واحدهای به شدت دگرشکل و دگرسان‌شده افزایش نشان می‌دهد، به طوری که نسبت طلا به نقره در این بخشها تا ۴ و گاه بیشتر نیز می‌رسد. بر اساس Ferkous & Leblanc(1995) ، مقدار بالای طلا در پهنه‌های غنی از سولفید در طول بخشهای سیلیسی‌شده، نشان می‌دهد که کانه‌سازی محصول دگرسانی است. نتایج مطالعات ژئوشیمیایی نشان می‌دهد که به جز طلا و سیلیسیم، سایر عناصر افزایش یافته، ماهیت کالکوفیل دارند. این تمرکز که در واحدهای به شدت سولفیدی‌شده رخ داده است، بیانگر نقش کمپلکسهای بی‌سولفیدی در انتقال طلا است. حضور نسبتاً پایین فلزات پایه در کانسار چاه‌باغ، این مطلب را تأیید می‌کند.

بر اساس ضرایب همبستگی محاسبه‌شده در ماتریس همبستگی عناصر، طلا بیشترین همبستگی مثبت را با پتاسیم و تنگستن و به میزان کمتر با سیلیسیم دارد. طلا همبستگی مثبت ضعیفی با آرسنیک، آهن، گوگرد و سرب نشان می‌دهد. همچنین طلا بیشترین همبستگی منفی را به ترتیب با عناصر سدیم، آلومینیم و وانادیم و به میزان کمتر با نیکل، کبالت و روی نشان داده و کمترین همبستگی منفی را با مولیبدن و آنتیموان دارد (شکل ۲۴). همبستگی مثبت طلا با عناصر مزبور با ماهیت اسیدی منطقه انطباق خوبی نشان می‌دهد.

۹-۲- ژئوشیمی عناصر خاکی کمیاب (REE)

برای درک بهتر ژئوشیمی این عناصر، بخصوص تحرک آنها در طول واکنشهای سیال- سنگ وابسته به تشکیل کانه و در نهایت دریافت اطلاعاتی برای ارتباط بین تحرک REE و رخداد کانه‌زایی، میزان این عناصر در ۱۴ نمونه از سنگهای درونگیر، سنگهای دگرگون و دگرشکل‌شده و کانسنگ سیلیسی- سولفیدی بخش رگه‌ای کانسار چاه‌باغ اندازه‌گیری شد. بر اساس این مطالعات، طلا با عناصر خاکی کمیاب سبک، همبستگی مثبت (Eu همبستگی منفی دارد) و با عناصر خاکی کمیاب سنگین، همبستگی منفی نشان می‌دهد (شکل ۲۵).

غنی‌شدگی عناصر خاکی کمیاب سبک در نمونه‌های با عیار بالای طلا که به شدت سیلیسی و سولفیدی شده‌اند، بیانگر تأثیر دگرسانی گرمابی در تجمع عناصر فرار و متحرک (LREE) است (Ferkous&Leblanc,1995). این مطلب با رویدادهای توزیع REE در کوارتزهای گرمابی (دگرسانی سیلیسی) کانسارهای طلا که دارای ارتباط مثبت بین طلا و LREE هستند (Novgorodova et al., 1984)، مطابقت دارد. با وجود همبستگی مثبت و منفی عناصر خاکی کمیاب و طلا، این عناصر یک همبستگی مثبت بالایی (بجز La وDy) را با خود نشان می‌دهند. این امر بیانگر تحرک کم این عناصر در واحدهای دگرسان و دگرشکل‌شده منطقه با دگرگونی شیست‌سبز بالایی-آمفیبولیت زیرین می‌باشد.

۱۰- نتیجه‌گیری

با توجه به مطالب عنوان شده در بالا، کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ در دو مرحله صورت گرفته است:

مرحله نخست کانه‌زایی شامل کوارتز، پیریت (± طلا و نقره)، آرسنوپیریت مس‌دار (± نقره) و کلکوپیریت (± طلا و نقره) است. این مرحله از

www.SID.ir

Archive of SID

کانه‌زایی که معمولاً پیش‌درآمد مرحله اصلی کانه‌زایی طلاست (Zhou & Wang, 1999) سبب غنی‌شدگی نسبی واحدهای دگرشکل‌شده منطقه گردیده است، به طوری که بی‌هنجاریهایی در حد ۲-۱ گرم در تن در واحدهای پروتومیلونیتی منطقه مشاهده می‌شود.

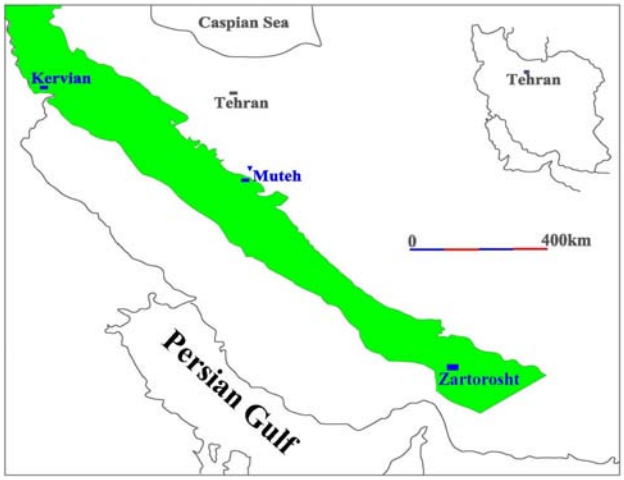
مرحله دوم کانه‌زایی شامل طلا، نقره، کوارتز، پیریت، کلکوپیریت است. این مرحله، فاز اصلی کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ بوده و طی آن واحدهای پرعیار در بخشهای داخلی پهنه‌های دگرشکلی و دگرسانی تشکیل شده‌اند.

انطباق عیارهای بالای طلا در کانسار چاه‌باغ با بخشهای داخلی پهنه‌های برشی که بیشترین شدت دگرسانی (سیلیسی و سولفیدی) و دگرشکلی (میلونیتی و اولترامیلونیتی) را دارند، بیانگر ارتباط مکانی مثبت بین دگرشکلی، دگرسانی و کانه‌زایی است. همچنین رخداد کانیهای سولفیدی (± طلا) در رگه‌های کوارتزی هم‌روند با برگوارگی (پهنه برشی شکل‌پذیر) و رگه‌های کوارتزی قطع‌کننده برگوارگی (پهنه برشی شکنا)، بیانگر تهنشست هم‌زمان کوارتزها و سولفیدها (± طلا) طی یک رخداد گرمابی یکسان است(Uemoto, 2002). بنابراین می‌توان کانه‌زایی طلا در کانسار چاه‌باغ را به فرایند دگرسانی گرمابی (سیلیسی و سولفیدی) مرتبط دانست که در پهنه‌های برشی، در اثر نفوذ حجم قابل توجهی سیالهای دارای گوگرد، سیلیسیم، طلا و ... صورت گرفته است. این امر بیانگر نقش اساسی تشکیل سولفید در تهنشست طلا از محلول بوده (Phillips&Groves,1983) و به طور مستقیم به فرایند سولفیدی‌شدن مرتبط است، به طوری که طلا جزئی از دگرسانی سنگ دیواره به شمار می‌رود (Lobato et al., 1998).

مقایسه ویژگیهای ساختاری، نوع سنگ میزبان، دگرسانیها، پاراژنز و مشخصات کانه‌سازی کانسار چاه‌باغ با کانسارهای طلای کوهزایی (Groves et al., 1998, 2003; Kerrich et al., 2000) حاکی از آن است که کانسار چاه‌باغ از نظر ویژگیهای زمین‌شناسی و کانه‌زایی، بیشترین شباهت را با کانسارهای این تیپ دارد (جدول ۱).

تشکر و قدردانی

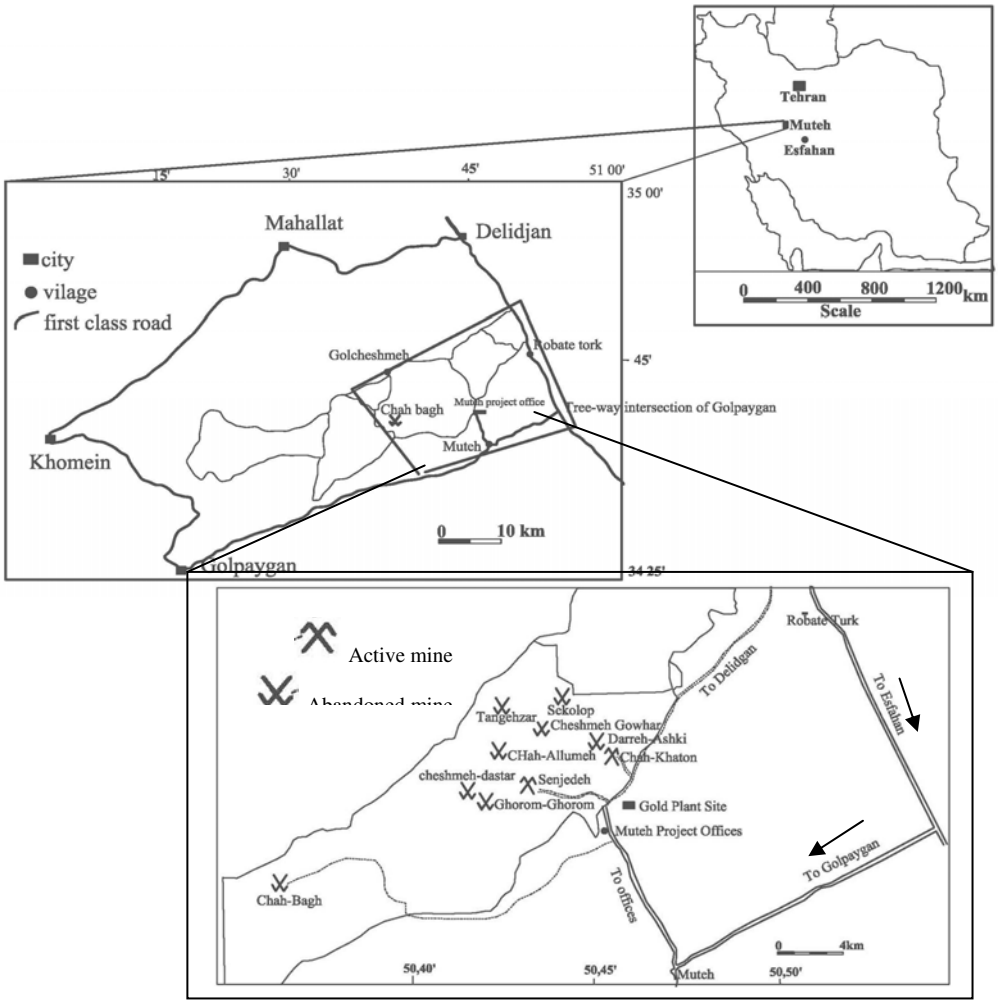
بدین وسیله بر خود لازم می‌دانیم تا از حوزه معاونت محترم پژوهشی دانشگاه تربیت‌مدرس که ما را در انجام این تحقیق یاری رساندند و همچنین مسئولان و کارکنان محترم مجتمع طلای موته که در فراهم آوردن امکانات تجزیه آزمایشگاهی و اسکان یاری‌رسانمان بوده‌اند، تشکر و قدردانی نماییم.



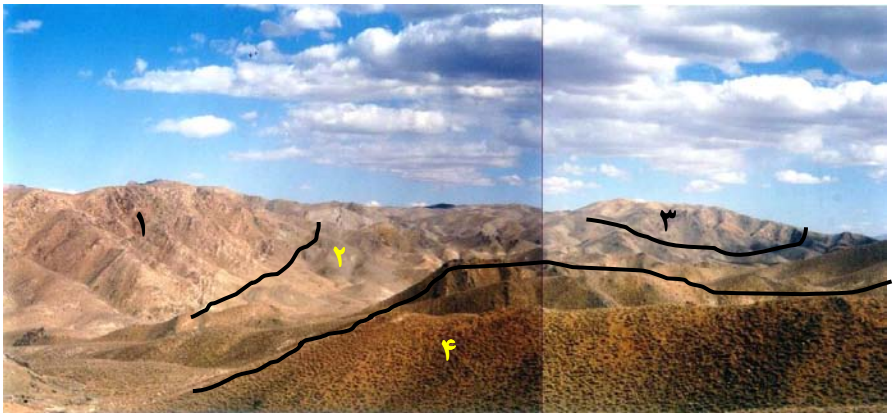
شکل ۱- موقعیت کانسارهای طلای موته، کرویان و زرترشت در پهنه سنندج- سیرجان.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل۲- موقعیت جغرافیایی و راههای دسترسی به کانسار چاه‌باغ و معادن فعال سنجده و چاه‌خاتون و دیگر کانسارهای طلا در منطقه معدنی موته.

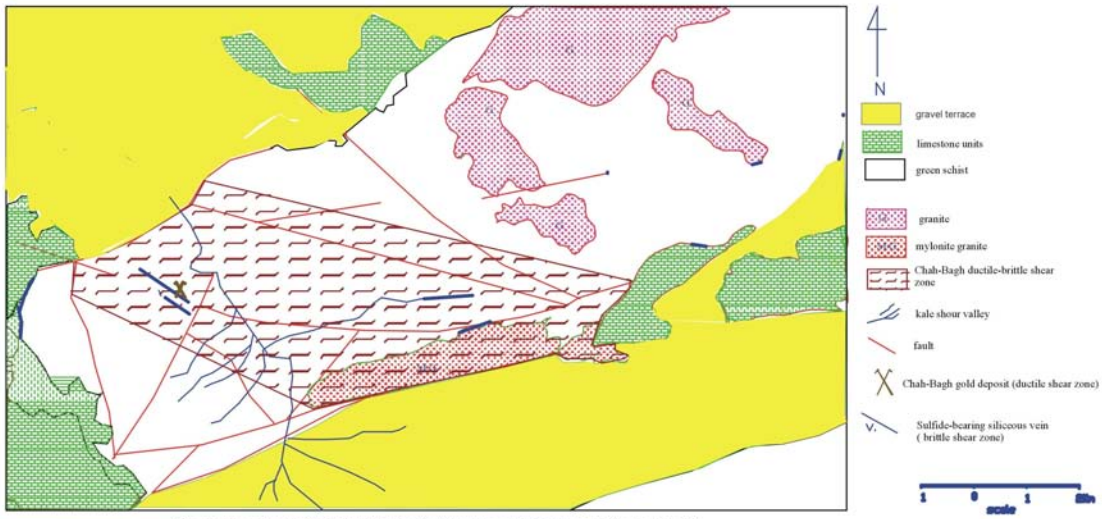


شکل۳- نمایی عمومی از برخی واحدهای سنگی منطقه چاه‌باغ. ۱- ریولیت میلونیتی، ۲- شیستهای سبز، ۳- گرانیت میلونیتی، ۴- فلسیک‌شیست؛ نگاه به سمت S70E

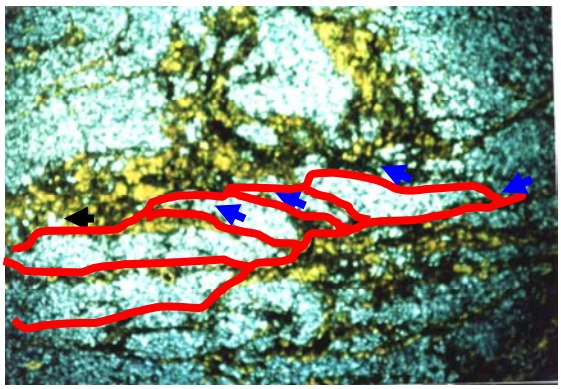
www.SID.ir

Archive of SID

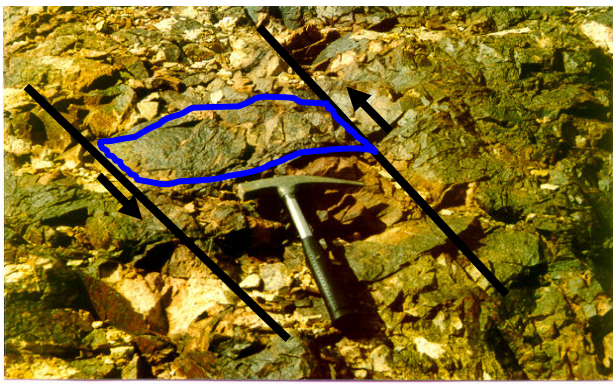
شکل۴- حالت نواری و ساختار میلونیتی ناشی از جدایش کانیهای تیره و روشن در سنگهای پهنه برشی چاه‌باغ. شدت دگرشکلی ظاهری گنیس‌مانند به سنگها داده است. الف) ریولیت میلونیتی، ب)گرانیت میلونیتی.



شکل ۵- نقشه زمین‌شناسی پهنه برشی چاه‌باغ و موقعیت کانسار چاه‌باغ



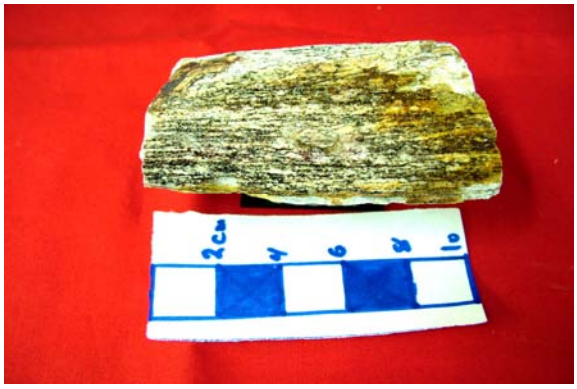
شکل۶- گسترش ریزساختار دوپلکس از نوع راندگی در میلونیتهای منطقه. نور پلاریزه متقاطع، 1/0.04x



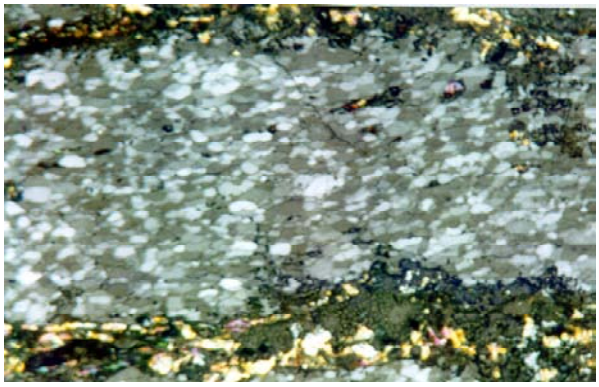
شکل۷- شکستگیهای برشی کششی از نوع S شکل با راستای برشی چپگرد. گرانیت میلونیتی خاور دره کال‌شور. نگاه به سمت شمال

www.SID.ir

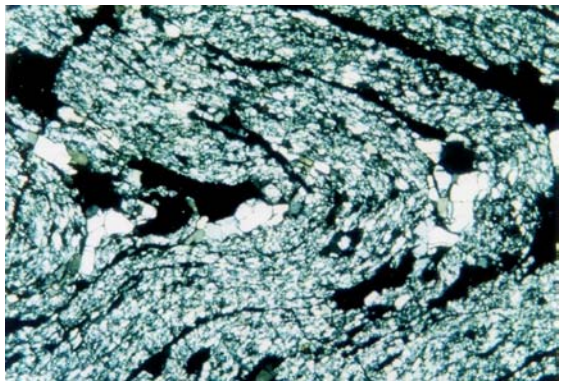
Archive of SID



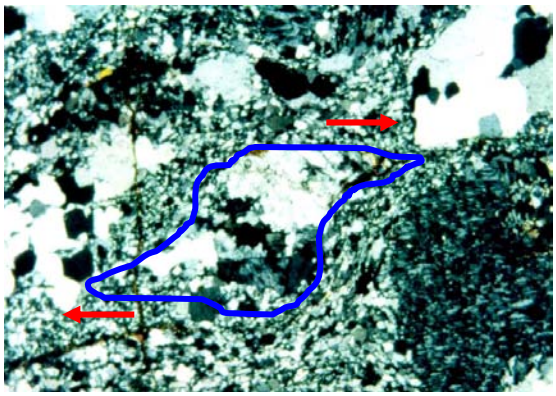
شکل۸- گسترش برگوارگی میلونیتی در واحدهای به شدت دگرشکل‌شده و میلونیتی منطقه.



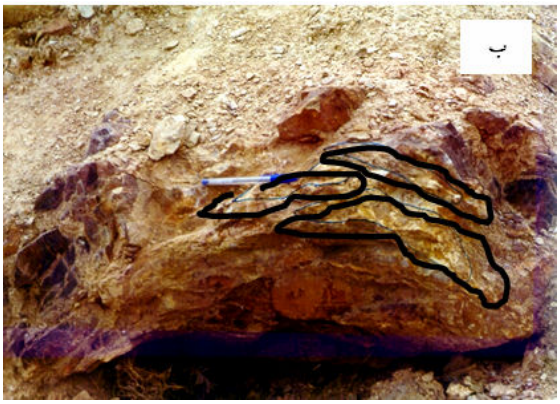
شکل۹- گسترش برگوارگی میلونیتی ناشی از سوگیری ترجیحی کانیهای روشن در واحدهای متاریولیتی به شدت دگرشکل‌شده (اولترامیلونیت). نور پلاریزه متقاطع، 6.3/0.20x



شکل۱۰- ریزدانه‌شدن دانه‌های کوارتز و فلدسپار، تشکیل برگوارگی میلونیتی، ریزچین‌خوردگی برگوارگی، تشکیل ریزنوارهای شکنجی S شکل و تشکیل فضاهای خالی سدل‌مانند در واحدهای اولترامیلونیتی که توسط کوارتزهای تبلوردوباره یافته پر شده‌اند. نور پلاریزه متقاطع، 2.5/0.08x



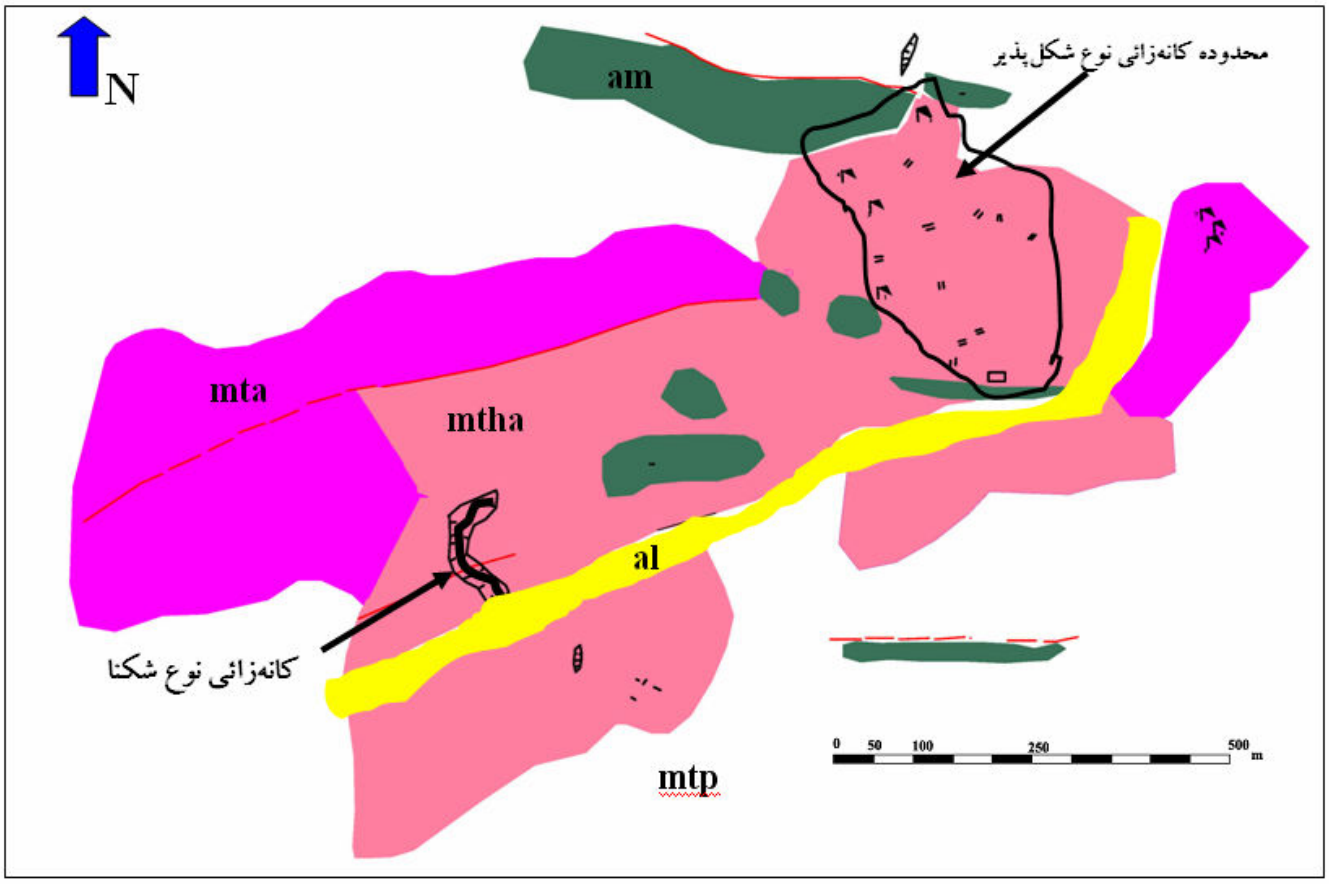
شکل۱۱- پورفیروکلاستهای پوششی نوع سیگما (σ) با هسته و دنباله‌هایی از جنس ارتوکلاز نشان‌دهنده سوی برشی راستگرد. نور پلاریزه متقاطع، 2.5/0.08x



شکل۱۲- نمایی از توسعه دگرسانی سیلیسی هم‌روند با برگوارگی چیـــــره منطقه. الف) لامینه‌های سیلیسی در فلسیک‌شیستهای به شدت دگرسان‌شـــده ب) بخشهای عدسی‌شکل هم‌روند با برگوارگی واحد متاریولیتی، نگاه به سمت S30W . (برگوارگی واحدها توسط خودکار نشان داده شده است).

www.SID.ir

Archive of SID

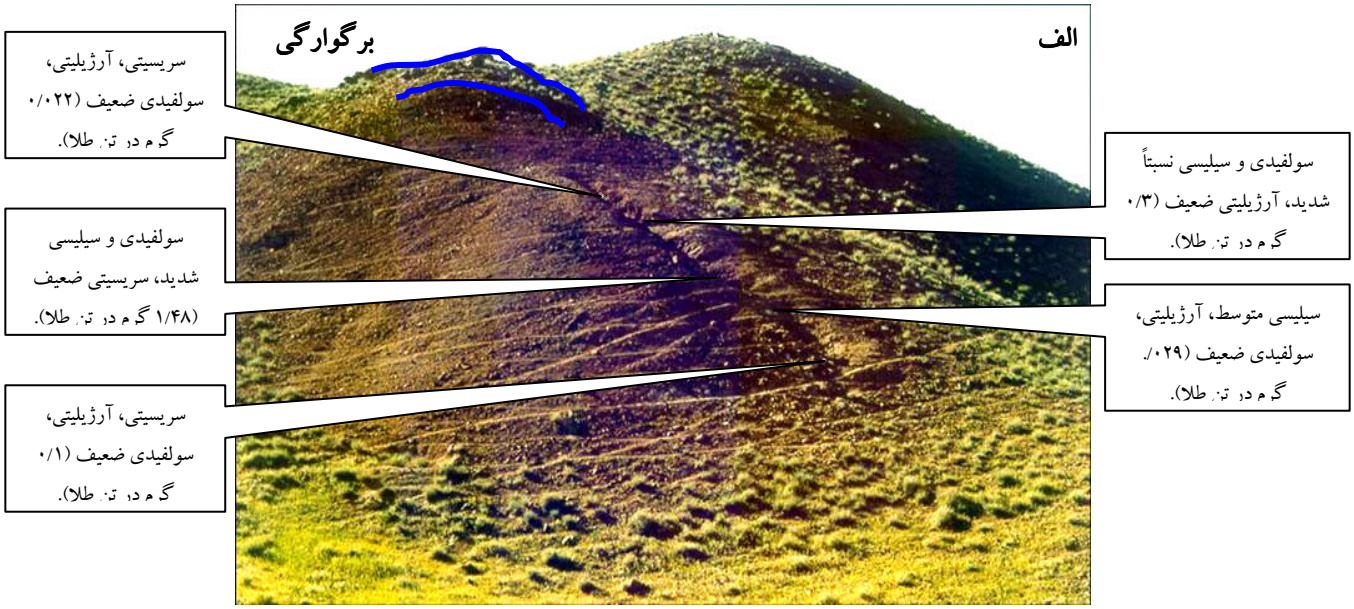


شکل۱۳- بخشی از نقشه زمین‌شناسی ۱:۵۰۰۰ کانسار چاه‌باغ و موقعیت انواع تیپهای کانه‌زایی شکل‌پذیر و شکنای آن.

mtp : فیلیـــــت، شیست‌سبز، سریسیت‌شیست mtha : متاتوف سیلیسی به شدت دگرسان‌شده با بین لایه‌هایی از متاریولیت mta : بیشتـــر متاریولیت (گدازه فلسیک) با میزان کمی متاتوف سیلیسی (فلسیک‌توف) am : آمفیبولیت سبزتیره، آمفیبولیت‌شیست al : رسوبات عهد حاضر

www.SID.ir

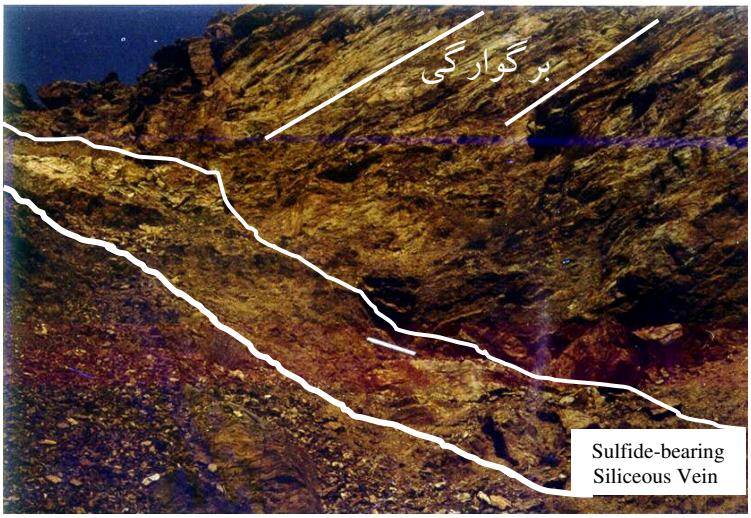
Archive of SID



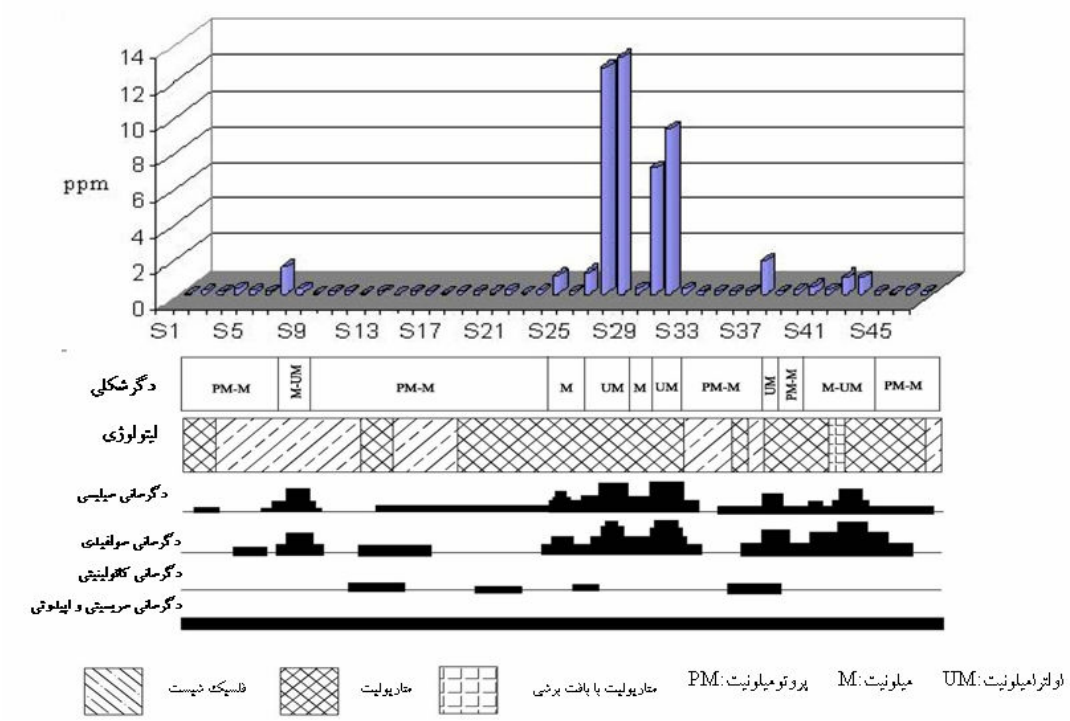
شکل۱۴- نمایی از ترانشه‌ها و تونلهای حفر شده در بخشهای به شدت دگرشکل و دگرسان‌شده پهنه برشی شکل‌پذیر درکانسار چاه‌باغ.
الف) ترانشه عمود بر روند برگوارگی واحدهای فلسیک‌شیستی. به تغییرات عیار بر حسب نوع دگرسانی توجه شود. نگاه به سمت N55E
ب) تونل شماره ۳ هم‌روند با برگوارگی واحدهای متاریولیتی با میان‌لایه‌های فلسیک-شیستی، نگاه به سمت S25E

www.SID.ir

Archive of SID



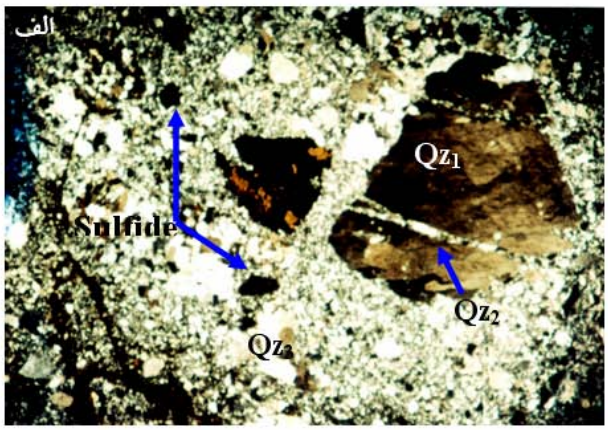
شکل۱۵- نمایی از پهنه سیلیسی سولفیدی طلادار اصلی چاه‌باغ و ترانشه حفرشده بر روی آن. به قطع‌شدگی واحدهای میزبان (فلسیک‌شیست با میان‌لایه‌های متاریولیتی) توجه کنید. مقیاس (نقشه) ۸۰ سانتی‌متر درازا دارد. نگاه به سمت N30W

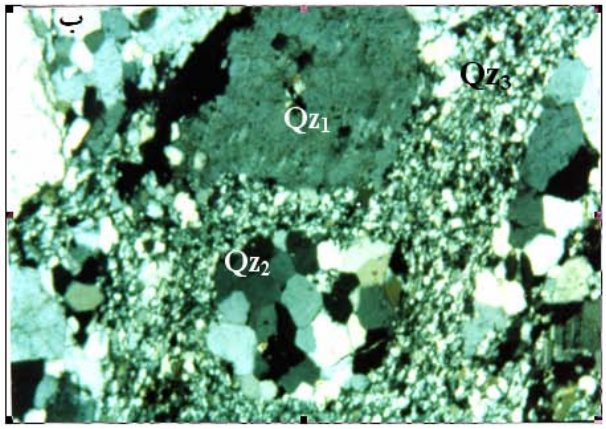


شکل ۱۶- نمایی کلی از ارتباط بین تغییرات عیار طلا با شدت دگرشکلی و نوع دگرسانی سنگهای میزبان در کانسار چاه‌باغ. به عیارهای بالای طلا که منطبق بر بخشهای اولترامیلونیتی- میلونیتی و دگرسانیهای سیلیسی و سولفیدی است، توجه کنید.

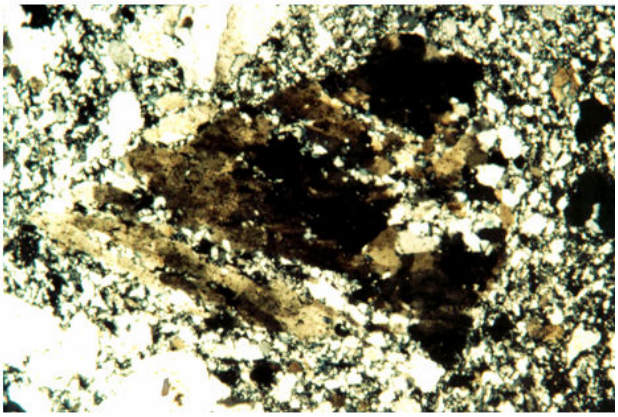
www.SID.ir

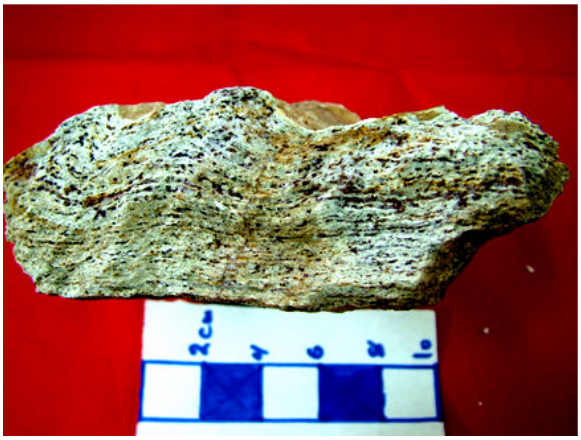
Archive of SID





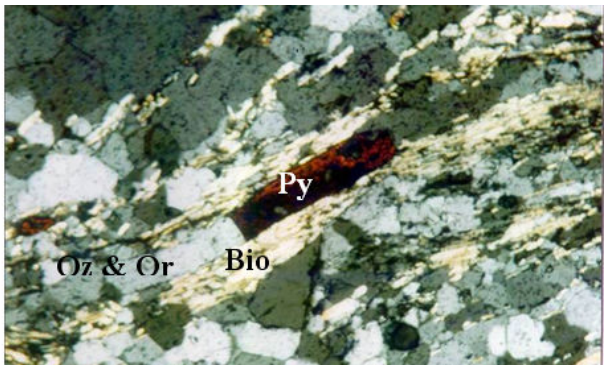
شکل۱۷- نمایی میکروسکوپی از کوارتزهای مرحله اول گرمابی (نسل دوم) با ظاهر روشن و شفاف. الف)کوارتز نسل دوم (Qz2) به صورت رگچه کوارتزهای قبل از دگرشکلی (پورفیروکلاست (Qz_1)) را قطع کرده است. نور پلاریزه متقاطع، 1/0.04x ب) کوارتز نسل دوم به صورت تجمع دانه‌ای تبلوردوباره یافته با بافت موزاییکی. نور پلاریزه متقاطع ، 2.5/0.05x ؛ در هر دو تصویر کوارتزهای گرمابی نسل سوم (Qz3) همراه با سولفید با ظاهری کدرتر و ریزتر دیده می‌شوند که در اطراف دو نسل قبلی و داخل ریزشکستگیهای آنها قرار گرفته‌اند.



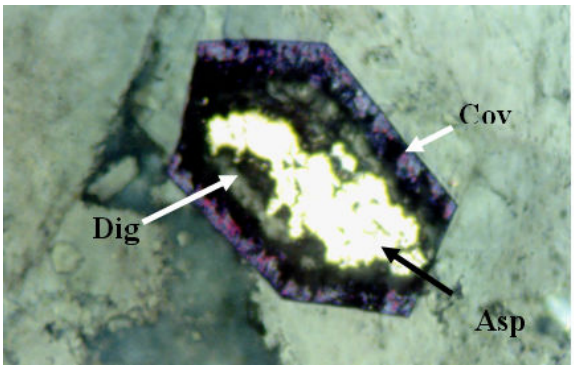


شکل۱۸- گسترش بافت ساروجی (وسط تصویر- سمت راست) در کوارتزهای پورفیروکلاست. نور پلاریزه متقاطع، 2.5/0.08x

شکل۱۹- نمایی از برگوارگی میلونیتی در واحدهای فلسیک‌شیستی به شدت دگرشکل‌شده همراه با پیریتهای خودشکل نسل اول (دانه‌های تیره هم‌روند با برگوارگی) که در اثر اکسایش به هیدروکسیدهای آهن تبدیل شده‌اند.



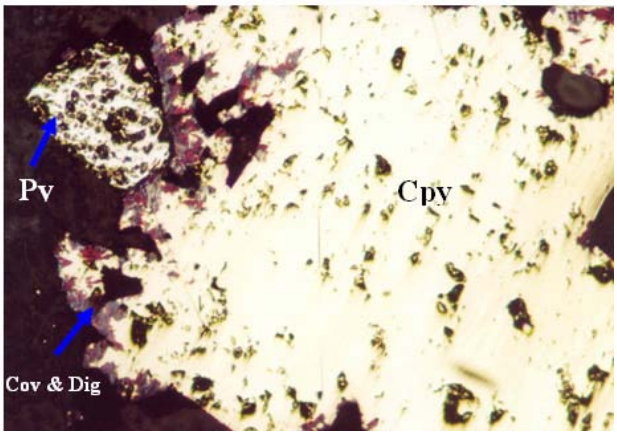
شکل۲۰- نمایی از پیریت خودشکل نسل اول که در راستای بیشترین محور تنش کشیده شده و هم‌روند با برگوارگی قرار گرفته است. پیریت در اثر اکسایش به هیدروکسید آهن تبدیل شده است. نور پلاریزه متقاطع، 6.3/0.20x



شکل۲۱- نمایی از بلور ارتورومبیک آرسنوپیریت (Asp) که از حاشیه به دیژنیت (Dig) و کوولیت (Cov) دگرسان شده است. نور بازتابی بدون آنالیزور، 20x/0.40 Oil

www.SID.ir

Archive of SID



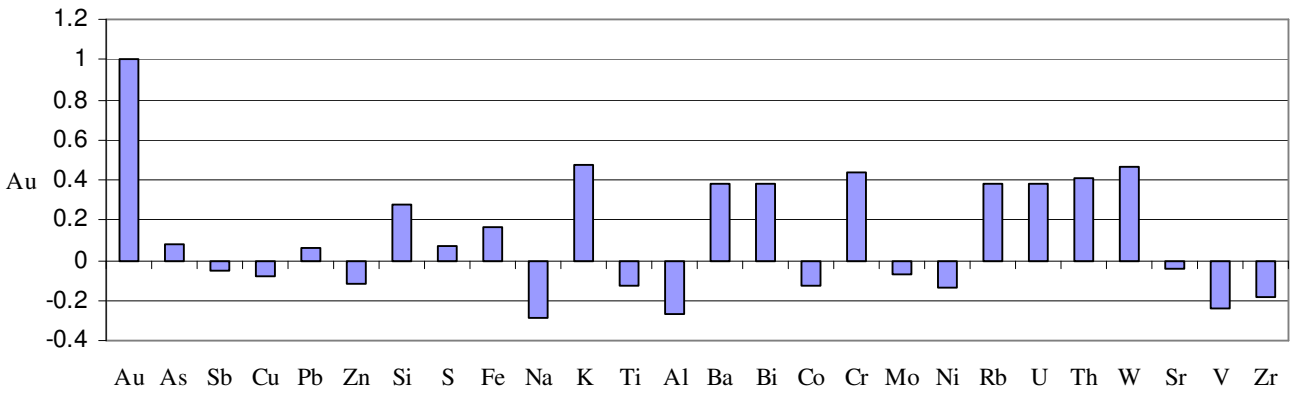
شکل۲۲- نمایی از کلکوپیریت درشت‌بلور نسل اول (Cpy) در کنار پیریت با بافت مجوف (نسل اول). کلکوپیریت از حاشیه به کوولیت و دیژنیت دگرسان شده است. نور بازتابی بدون آنالیزور، 20x/0.40 Oil

Minerals		Pre-deformation	Hydrothermal			Weathering
			Stage I	Stage II		
				First Phase	Second Phase	
Pyrite	Type I					
	Type II					
Arsenopyrite						
Chalcopyrite	Type I					
	Type II					
Covellite						
Digenite						
Gold						
Silver						
Fe-Oxides						
Malachite & Azurite						
Quartz	Type I					
	Type II					
	Type III					
Feldspar						
Phyllosilicates						
Epidote						
Clay Minerals						
Textures	Disseminated					
	Laminated					
	Vein & veinlet					

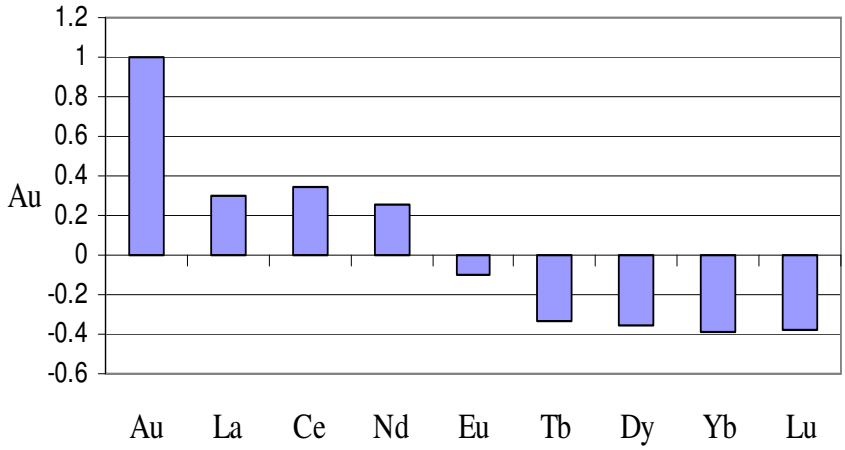
شکل۲۳- توالی پاراژنتیک کانیها و بافت ماده معدنی در کانسار چاه‌باغ.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۲۴- نمودار همبستگی طلا و عناصر همراه در نمونه‌های برداشت‌شده از مقاطع لیتوژئوشیمیایی عمود بر روند پهنه‌های کانه‌دار کانسار چاه‌باغ.



شکل ۲۵- نمودار همبستگی عناصر خاکی کمیاب و طلا در نمونه‌های برداشت‌شده از پهنه‌های کانه‌دار.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱- مقایسه ویژگیهای اصلی کانسار چاه‌باغ با کانسارهای طلای کوهزایی.

ویژگی‌های اصلی	کانسارهای طلای کوهزائی	کانسار چاه‌باغ
محدوده سنی سنگ-های دربرگیرنده کانسار	آرکئن میانی-ترسیر، بطور عمده در آرکئن پایانی، پروتروزوئیک پایینی، پالئوزوئیک میانی-پایانی و ژوراسیک-ترسیر	پالئوزوئیک میانی-بالائی (؟) (رشیدنژاد عمران، ۱۳۸۱)
موقعیت تکتونیکی	محیط‌های کوهزائی افزایشی ناشی از همگرائی و فرورانش پوسته اقیانوسی و در نهایت برخورد صفحات (محدوده‌های نابرجا)	بر اساس مطالعات مختلف، محیط فرورانشی و برخورد صفحه عربی با ایران
جایگاه ساختاری	کمربندهای دگرگونی و دگرشکلی حاشیه فعال قاره‌ای که توده‌های نفوذی با ترکیب حدواسط تا اسیدی در آن جایگزین شده‌اند. گسل‌های عمیق با شیب تند تا متوسط در طول مراحل آخر فشارشی-کششی نیز از دیگر مشخصات آنها است	شمال باختری پهنه دگرگونی-ماگمائی سنندج-سیرجان و در زیر پهنه با دگرشکلی پیچیده (محجل، ۱۹۹۷) که در آن گسل‌های تراستی با امتداد شمال‌خاوری -جنوب باختری گسترش یافته است
سنگ‌های میزبان	متفاوت، اما در کانسارهای با سن فانروزوئیک توالی‌های آتشفشانی-رسوبی گسترش بیشتری دارند	فلسیک‌شیست‌ها و متاریولیت‌های کاملاً دگریخته
درجه دگرگونی سنگ‌های میزبان	دگرگونی ناحیه‌ای پیشرونده با رخساره‌های شیست‌سبز زیرین-گرانولیت زیرین، عمدتاً رخساره شیست‌سبز (پایینی-بالائی)	دگرگونی ناحیه‌ای با درجه رخساره شیست‌سبز تا آمفیبولیت زیرین
ارتباط با توده‌های نفوذی	از نظر زمانی و مکانی با توده‌های نفوذی ارتباط دارند، اما ارتباط ژنتیکی مشاهده نمی‌شود. نقش توده‌ها تأمین حرارت و بالابردن گرادیان زمین گرمائی منطقه است	توده‌های نفوذی سنگ میزبان کانه‌زائی نمی‌باشد. شواهد موجود بیانگر عدم ارتباط ژنتیکی اما نقش شار حرارتی در تمرکز کانه و دگرشکلی می‌باشد
عوامل کنترل‌کننده کانه‌زائی	فاکتورهای فیزیکوشیمیائی، زمین‌شناسی و ساختمانی عمل‌کننده در مقیاس ناحیه‌ای اما عوامل اصلی، دگرسانی و کنترل‌کننده‌های ساختاری قوی شامل گسل‌ها یا پهنه‌های برشی و چین‌ها می‌باشند	پهنه‌های برشی (شکل‌پذیر و شکنا) و دگرسانی (سیلیسی و سولفیدی)
گسترش و ابعاد کانسار	درازای متغیر (معمولاً بین ۵ تا ۱۰ کیلومتر) و پهنائی تا ۰/۱ کیلومتر و گسترش عمقی تا ۲-۱ کیلومتر	درازای یک کیلومتر و پهنای متوسط تا ۶۰ متر برای بخش شکل‌پذیر و درازای تا ۳۰۰ متر و پهنای ۵-۳ متر در بخش شکنا
نوع کانه‌سازی	متفاوت، سدل‌ریف‌ها، جانشینی سنگ‌های غنی از آهن، رگه‌های بزرگ، دسته رگه‌ها و عدسی‌شکل در واحدهای دگریخته و دگرسان‌شده	ژئومتری عدسی‌شکل و رگه و رگچه‌های هم‌روند با برگوارگی در بخش شکل‌پذیر و رگه‌ای در بخش شکنا
زمان کانه‌سازی	مراحل آخر تکتونیک، هم‌زمان (رخساره آمفیبولیت) تا بعد (رخساره شیست‌سبز) از اوج دگرگونی	شواهد موجود بیانگر کانه‌سازی بعد تا هم‌زمان با اوج دگرگونی برای بخش شکل‌پذیر و بعد از اوج دگرگونی برای رگه‌های بخش شکنا می-باشد
دگرسانی هیدروترمالی	بطور عمده شامل کربناتی، آلبیتی، سریسیتی، سیلیسی، سولفیدی، کلریتی، تورمالینی و لیستونیتی می‌باشد که بطور کامل به نوع سنگ میزبان وابسته است	عمدتاً شامل سریسیتی، کائولینیتی، اپیدوتی، تورمالینی، آلبیتی، سیلیسی و سولفیدی می‌باشد
عناصر کانه‌ساز	طلا و نقره	طلا (نقره)
پاراژنز	مرحله نخست: کوارتز، کربنات‌های آهن-منیزیم-کلسیم، آرسنوپیریت، پیریت (±طلا)، آلبیت، سریسیت، کلریت، شنلیت، استیبنیت، پیروتیت، تتراهیدریت، کالکوپیریت و تورمالین مرحله دوم: طلا، گالن، اسفالریت و تلوریدها	مرحله نخست: کوارتز، پیریت (±طلا و نقره)، آرسنوپیریت‌مس‌دار (±نقره)، کالکوپیریت (±طلا و نقره) مرحله دوم: طلا، نقره، کوارتز، پیریت، کالکوپیریت
شرایط دمائی	بر اساس مطالعات انجام شده بین ۱۸۰ تا ۶۰۰ درجه سانتی‌گراد. بطور عمده کانه‌سازی بین محدوده دمائی ۵۰±۳۵۰-۲۲۰ درجه سانتی‌گراد رخ می‌دهد	کانی‌های دگرسانی همراه کانه‌سازی بیانگر دمای تشکیل تحت شرایط شیست‌سبز (۳۲۰-۲۴۰ درجه سانتی‌گراد) می‌باشد (موریتز و غضبان، ۱۹۹۵، ۱۹۹۶)
جایگاه کانه‌سازی	کانه‌سازی در بخش‌های داخلی پهنه‌های برشی بوده و شدت آن در ارتباط با شدت دگرشکلی می‌باشد. فضاهای حاصل از دگرشکلی شکل‌پذیر (فابریک‌های ساختاری و رگه‌های هم‌روند و رگچه‌های بودن جهت‌یابی خاص) و دگرشکلی شکنا (فضاهای گسلی) مناسب هستند	کانه‌زائی در بخش‌های داخلی پهنه‌های برشی و درون فضاهای ساختاری هم‌روند با برگوارگی (فابریک‌های C/S) بخش شکل‌پذیر و فضای گسل‌های کششی نرمال در بخش شکنا رخ داده است
فابریک و بافت شاخص	فابریک میلونیتی (پروتومیلونیت-اولترامیلونیت) و بافت ساروجی در بخش شکل‌پذیر و فابریک کاتاکلاستیکی و بافت برشی در بخش شکنا	مطالعات میکروسکوپی بیانگر گسترش فابریک میلونیتی و بافت ساروجی در بخش شکل‌پذیر و فابریک کاتاکلاستیکی و بافت برشی در بخش شکنا می‌باشد
فلزات همراه	Au, Ag, Sb, As, W, Hg, Bi, Mo, Cu, Pb, Zn Au/Ag avg 5	Au, Ag, W, Mo, As, Cu, Pb, Zn Au/Ag avg 2.5
سیالات کانه‌ساز	شوری پایین، غنی از $N_2 \pm CH_4 \pm Co_2, H_2O$	شوری پایین (عدم حضور گسترده سولفید فلزات‌پایه) و غنی از S, H_2O و CO_2 (LOI بالا)
ژنز	گروهی تمرکز کانه‌زائی را به سیالات دگرگونی آزادشده در بخش‌های عمیق پوسته و حرکت آنها به سمت بالا و از طریق مجاری عبوری (پهنه‌های برشی) مرتبط می‌دانند. گروه دیگر، نفوذ آب‌های جوی به داخل پوسته و گرم شدن و صعود این سیالات را که همراه با غنی‌شدگی و تمرکز طلا از سنگ‌های دربرگیرنده می‌باشند را مرتبط با کانه‌زائی می‌دانند. بعضی نیز هر دو عامل را مرتبط می‌دانند	با توجه به شواهد موجود می‌توان تمرکز کانه‌زائی در بخش شکل‌پذیر را به سیالات دگرگونی پیشرونده و در بخش شکنا را به اختلاط آب‌های جوی گرم شده با سیالات دگرگونی قهقرائی مرتبط دانست

www.SID.ir

Archive of SID

کتابنگاری

حسنی، ح.، محجل، م.، صدیق، م.، ۱۳۸۱- تحلیل ساختاری سنگ‌های دگرگونه منطقه موته (خاور گلپایگان) و ارتباط آن با کانی‌سازی طلا، امیرکبیر، سال سیزدهم، شماره ۵۰، صص ۲۳۳-۲۲۵.

حیدری، س. م.، ۱۳۸۳- کانی‌شناسی، ژئوشیمی و فابریک کانه‌زائی طلا در پهنه برشی خمیری منطقه کرویان (جنوب‌غرب سقز، استان کردستان). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت‌مدرس.

حیدری، س. م.، راستاد، ا.، محجل، م.، نبیان، ا.، ۱۳۸۱- رخداد کانه‌زائی طلا در پهنه برشی دگرسان کرویان. بیست و یکمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

راستگوی مقدم، غ. ر.، رشیدنژاد عمران، ن.، راستاد، ا.، برنا، ب.، ۱۳۸۲- کانه‌زائی طلا در پهنه‌های برشی منطقه معدنی زرترشت در زون سنندج-سیرجان (جنوب‌غرب سبزواران). بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور

رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۸۱- پترولوژی و ژئوشیمی سنگ‌های متاولکانو-سدیمنتری و پلوتونیک منطقه موته (جنوب دلیجان) با نگرشی ویژه به خاستگاه و کانی‌سازی طلا. رساله دکتری، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت‌مدرس، ۴۰۴ ص.

صدیق، م.، ۱۳۷۸- تحلیل ساختاری سنگ‌های دگرگونه در ناحیه موته. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت‌مدرس، ۹۳ ص.

کوهستانی، ح.، ۱۳۸۳،- زمین‌شناسی، کانی‌شناسی، ، ژئوشیمی و فابریک کانه‌زایی طلا در پهنه‌های برشی ناحیه چاه‌باغ در منطقه معدنی موته (جنوب‌غرب دلیجان، استان اصفهان). پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد، دانشکده علوم پایه، دانشگاه تربیت‌مدرس.

کوهستانی، ح.، راستاد، ا.، رشیدنژاد عمران، ن.، ۱۳۸۲- کانه‌زائی طلا در پهنه‌های برشی خمیری و شکنای ناحیه چاه‌باغ، منطقه معدنی موته (جنوب‌باختری دلیجان، اصفهان). بیست و دومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

کوهستانی، ح.، راستاد، ا.، رشیدنژاد عمران، ن.، محجل، م.، ۱۳۸۳a- دگرشکلی، دگرسانی و نقش آنها در کانه‌زائی طلا در پهنه‌های برشی کانسار چاه‌باغ، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

کوهستانی، ح.، رشیدنژاد عمران، ن.، راستاد، ا.، ۱۳۸۳b- تحولات ژئوشیمیایی عناصر اصلی و فرعی و ارتباط آنها با کانه‌زائی طلا در پهنه‌های برشی کانسار چاه‌باغ، بیست و سومین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

محجل، م.، شمسا، م. ج.، ۱۳۸۰- فابریک سنگ‌های طلادار منطقه کرویان. نوزدهمین گردهمایی علوم زمین، سازمان زمین‌شناسی و اکتشافات معدنی کشور.

References

Bierlein, F. P., Crowe, D. E., 2000- Phanerozoic Orogenic lode gold deposits. Rev. Econ. Geol. 13: 103-139

Bierlein, F. P., Christie, A. B., Smith, P. K., 2004- A comparison of orogenic gold mineralisation in central Victoria (Aus.), Western South Island (N.Z.) and Nova Scotia (Can.): implication for variation in the endowment of Paleozoic metamorphic terrains. Ore Geol. Rev. Article in press.

Ferkous, K., Leblanc, M., 1995-Gold mineralization in the West Hoggar shear zone, Algeria, Min. Dep.., 30: 211-224.

Goldfarb, R. J., Groves, D. I., Gardoll, S., 2001- Orogenic gold and geologic time: a global synthesis. Ore Geol. Rev. 18: 1-75.

Goujou, J. C., Golberg, J.M., Leyreloup, A.F., 1988- Reaction de decarbonation et de formation de biotite et de plagioclase ou de plagioclase et defeldspath K dans les roches calcaro-pelitiques de la Ballongue (zone Nord Pyreneenne). C.R. Acad. Sci. Paris 307/11:39-44

Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Gebre-Mariam, M., Hagemann, S. G. Robert, F., 1998- Orogenic gold deposits: a proposed classification in the context of their crustal distribution and relationship to other gold deposit types.Ore Geol.Rev.13: 7-27.

Groves, D. I., Goldfarb, R. J., Robert, F., Hart, C.J.R., 2003- Gold deposits in metamorphic belts: overview of current understanding, outstanding problems, future research and exploration significance. Econ. Geol. 98: 1-29

Kerrich, R, Wyman, D. A., 1990- The trace element systematizes of igneous rocks in mineral exploration: an overview. Geol. Assoc. Can., Geol. Short Course Notes 12, pp. 1-50

Kerrich, R., Goldfarb, R. J., Groves, D. I., Garwin, 2000- The geodynamic of world-class gold deposits: characteristics, space-time distribution and origins. In: Hagemann, S. G., Brown, P.E., (ed.), Gold in 2000, Rev. in Econ. Geol. 13: 501-551

Kolb, J., Kisters, A. F. M., Meyer, F. M., Siemes, H., 2003-Polyphase deformation of mylonites from the Renco gold mine (Zimbabwe): identified by crystallographic preferred orientation of quartz. J. Struc. Geol. 25: 253-262

Lobato, L. M., Viera, F. W. D. R., Rebeiro-Rodrigues, L. C., Pereira, L. M. M., Menezes, M. G. D., Junqueira, P. A., Pereira, S. L. M., 1998- Styles of hydrothermal alteration and gold mineralizations associated with the Nova Lima group of the Quadrilatero Ferrifero: part 1, description of selected gold deposits. Revista Brasileira de Geociencias 28: 339-354

www.SID.ir

Archive of SID

Mather, G.D., 1970-The biotite isograd and the lower greenschist facies in the Dalradian rocks of Scotland.J.Petrol.11:253-275

Moritz, R. & Ghazban, F., 1995- Gold mineralisation in the Precambrian basement of the Zagros Belt, Esfahan Province, Iran, Min. Dep., Pasava, Kribek & Zak (ed). pp. 161-164

Moritz, R. & Ghazban, F., 1996-Geological and fluid inclusion studies in the Muteh gold district, Sanandaj-Sirjan zone, Esfahan Province, Iran, Schweiz Mineral. Petrogr. Mitt. 76: 85-89

Novgorodova, M. I., Veretennikov, V. M., Boyarskaya, R. V., Drynkin, V. I., 1984- Geochemistry of trace element in gold-bearing quartz. Geochem. Int. 21: 101-113

Phillips, G. N., Groves, D. I., 1983- The nature of Archean gold bearing fluids as deduced from gold deposits of western Australia. J. Geol. Soc. Aus. 30: 25-39

Sibson, R. H., Scott, J., 1998- Stress/fault controls on the containment and release of overpressured fluids: Examples from gold-quartz vein systems in Juneau, Alaska, Victoria, Australia and Otago, New Zealand. Ore Geol. Rev. 13: 293-306

Twiss, R. J., Moores, E. M., 1992- Structural geology. W. H. Freeman and Com. New York, 415 p.

Uemoto, T., Ridley, J., Mikucki, E., Groves, D. I., Kusakabe, M., 2002- Fluid chemical evolution as a factor in controlling the distribution of gold at the Archean Golden Crown lode gold deposit, Murchison province, Western Australia. Econ. Geol. 97: 1227-1248

Worku, H.,1996- Structural control and metamorphic setting of the shear zone-related Au vein mineralization of the Adola Belt (southern Ethiopia) and its tectono-genetic development. J. African. Earth Sci. 23: 383-409 .

Zhang, L., Shen, Y., Ji, J., 2003- Characteristics and genesis of Kanggur gold deposit in the eastern Tianshan mountains, NW China: evidence from geology, isotope distribution and chronology. Ore Geol. Rev. 23: 71-90

Zhou, Y., Wang, Z., 1999- Altered ductile shear zone host type of gold deposits from south China: a case study. J. Geoscience. of China 1: 23-38

*بخش زمین‌شناسی، دانشگاه تربیت‌مدرس، تهران، ایران

*Geology Dep., Tarbiat Modarres University, Tehran, Iran

www.SID.ir